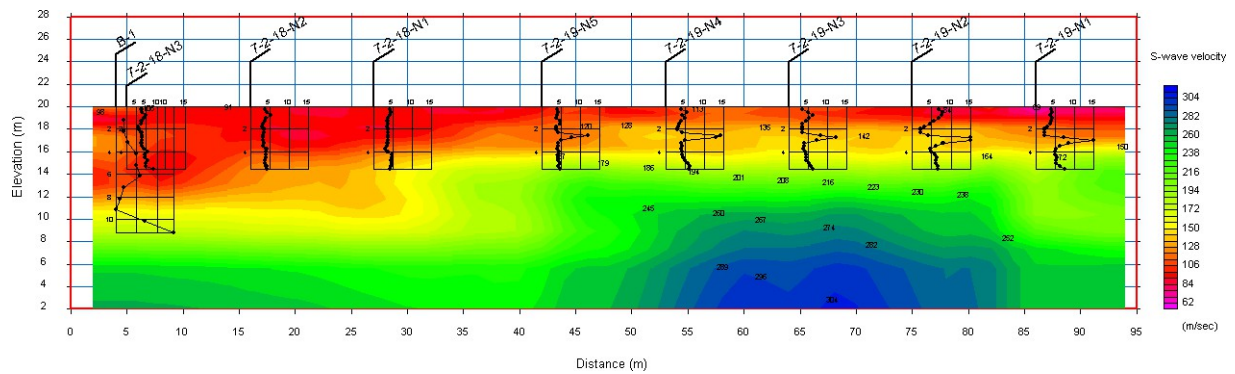
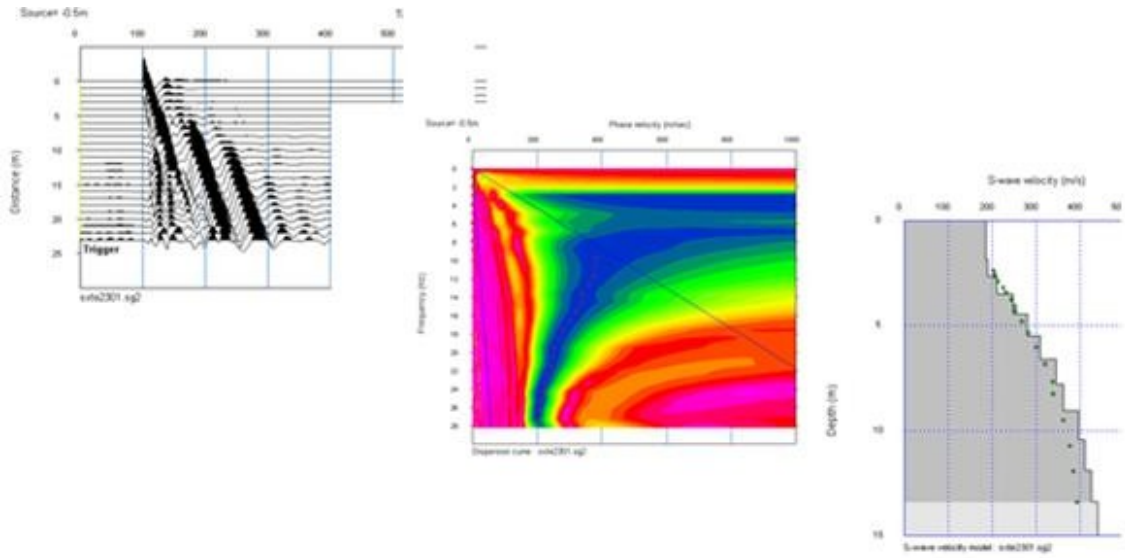


SEISIMAGER/SW ユーザーズ マニュアル

弾性表面波解析ソフトウェア

バージョン4.0
p/n 770-00118-01

2025年1月




©ジオメトリックス社

2005, 2006, 2009, 2025

















林光一／デブ・アンダーウッド／クレイグ・リップス



目次







1	はじめに	1
2	ソフトウェアのインストール	5
3	データ収集.....	10
3.1	1D MASWデータ収集.....	11
3.1.1	1D MASW測量ジオメトリ	13
3.1.1.1	1D MASWサーベイのスプレッド構成.....	13
3.1.2	ジオメトリックス地震計コントローラソフトウェアによる1次元MASWサーベイデータ取得.....	13
3.1.2.1	1D MASWサーベイ SCSセットアップ.....	14
3.1.2.2	セットアップ後 - 1D MASWデータの取得、表示、品質チェック.....	20
3.2	MAMデータ収集.....	25
3.2.1	MAM測量ジオメトリ	26
3.2.1.1	MAMサーベイのスプレッド構成.....	26
3.2.2	ジオメトリックス地震計コントローラソフトウェアによるMAM調査データ取得.....	29
3.2.2.1	MAMサーベイ SCSセットアップ.....	29
3.2.2.2	セットアップ後 - MAMデータの取得、表示、品質チェック.....	35
3.3	2D MASWデータ取得.....	38
3.3.1	2D MASW測量ジオメトリ	40
3.3.1.1	固定レシーバー・スプレッド構成.....	41
3.3.1.2	連続固定受信機スプレッド構成.....	42
3.3.1.3	ロールアロング・エンドオン・スプレッド構成.....	44
3.3.2	ジオメトリックス地震計コントローラソフトウェアによる2次元MASW調査データ取得.....	45
3.3.2.1	2D MASWサーベイ SCSセットアップ.....	46
3.3.2.2	セットアップ後 - 2D MASWデータの取得、表示、品質チェック.....	54
4	ウィザードを使ったデータ分析	54
4.1	表面波解析ウィザード	55
4.1.1	アクティブソース1D MASWウィザード.....	55
4.1.2	パッシブソース（微動）1D MAMウィザード.....	78
4.1.3	アクティブソース2D MASWウィザード.....	90
4.1.3.1	GeoPlotモジュールの表面波解析関数.....	119
4.2	アクティブ・ソースとパッシブ・ソースの組み合わせ.....	156
4.2.1	1次元MASWとMAMの結果を組み合わせる.....	156
4.2.2	2D MASWとMAMの結果を組み合わせる.....	163




5	シーシメジャー/SW-プロ機能と性能	174
5.1	H/Vの反転.....	174
5.1.1	H/Vデータ収集と処理	174
5.1.1.1	H/Vスペクトラムの理論	174
5.1.1.2	H/Vデータ収集.....	175
5.1.1.3	H/Vデータ分析.....	177
5.1.1.4	H/Vスペクトルデータ解析ウィザード	177
5.2	高次モードを使った反転.....	192
5.2.1	SeisImager/SWで高次モードを扱う方法	198
5.2.1.1	最大値と平均値	199
5.2.1.2	セットアップ (位相速度計算)	199
5.2.1.3	厚み変化による反転	200
5.2.1.4	遺伝的アルゴリズムを用いた反転.....	201
5.2.1.4.1	遺伝的アルゴリズムを用いたインバージョンのパラメータ.....	202
5.2.1.4.2	遺伝的アルゴリズムを用いた逆変換の制約条件.....	203
5.2.1.5	遺伝的アルゴリズムを用いた高次モードを含む2次元逆解析	207
5.2.1.6	愛の波の高次モード	210
5.3	分散曲線とH/Vのジョイントインバージョン.....	212
6	pickwin モジュール表面波解析関数	213
6.1	ファイルメニュー	213
6.1.1	Open Waveform (SEG2) File [ctrl+O] 	214
6.1.2	合成波形ファイル (.8hd) を開く	215
6.1.3	ピックファイルを開く	216
6.1.4	ピックファイルの保存	217
6.1.5	グループ (ファイルリスト)	219
6.1.5.1	ファイルリストの作成.....	220
6.1.5.2	ファイルリストの作成 (フォルダの選択)	227
6.1.5.3	ファイル一覧を開く.....	228
6.1.5.4	保存ファイルリスト (テキスト)	229
6.1.5.5	保存ファイルリスト (XML)	231
6.1.5.6	ファイルリストの表示 [ctrl+g]	232
6.1.5.7	ジオメトリの設定.....	233
6.1.5.7.1	垂直スタック.....	237
6.1.5.7.2	CTB受信ポジションファイルのインポート	238
6.1.5.8	アトム/McSEIS-MT(Neo).....	239
6.1.5.8.1	Atom/McSEIS (NEO) ファイルを開き、ファイルリストを作る	239
6.1.5.8.2	MT-neoコントローラ発売	245
6.1.5.9	ファイルを追加 (ファイルを選択< 50 ファイル).....	245
6.1.5.10	ファイルを追加する (フォルダを選択)	245
6.1.5.11	トレースヘッダーのレシーバー位置の無視.....	246
6.1.5.12	オープン・テキスト・データ・ファイル (ヘッダー付き複数列データ)	246




6.1.5.13	テキストデータファイルを開く (設定オプション付き複数カラムデータ)	247
6.1.5.14	テキストデータファイルの保存 (マルチカラム)	248
6.1.5.15	セギオプション	248
6.1.6	最近のファイル	249
6.1.7	出口	250
6.2	編集/表示メニュー	251
6.2.1	ソース/レシーバーの場所を編集する [CTRL+R]	252
6.2.2	クリップボードにコピー	254
6.2.3	表示画像をファイルに保存 [CTRL+I]	255
6.2.4	すべての表示画像をファイルに保存	256
6.3	表面波解析メニュー	256
6.3.1	位相速度-周波数変換 [CTRL+D]	258
6.3.2	スタック・アズ・ショット相互相関 (SCC) ギャザー (1Dアクティブデータ)	262
6.3.3	ピック位相速度 (1D)	271
6.3.4	位相速度カーブの表示 (1D)	275
6.3.5	ショット相互相関 (SCC) ギャザーの計算	276
6.3.5.1	SCCギャザーの計算	277
6.3.5.2	スタックSCCギャザーズ	277
6.3.6	1次元パッシブデータの空間自己相関 (SPAC)	277
6.3.7	CMP相互相関 (CMPCC) ギャザーの計算	283
6.3.8	位相速度-周波数変換とピッキング (2D/3D)	286
6.3.9	位相速度カーブの表示 (2D/3D) <WaveEQ起動	289
6.3.10	フーリエスペクトルの計算	290
6.3.11	H/Vスペクトラムを表示	293
6.3.12	高度なオプション	295
6.3.12.1	H/Vの設定最大周波数	295
6.3.12.2	設定位相速度-周波数ビュー	296
6.3.12.3	コヒーレンスを正常化する	296
6.3.12.4	フーリエスペクトルを計算する前にDCを取り除く	296
6.3.12.5	フーリエ・スペクトルを計算する前に線形傾向を取り除く	297
6.4	加工メニュー	297
6.4.1	BPF (コス・ファンクション・テーパー)	298
6.4.2	DCを取り除く	298
6.4.3	縦型スタック	299
6.4.4	相互相関	300
6.4.5	自己相関	301
6.4.6	ミュート	301
6.4.6.1	ミュート (ピック到着)	301
6.4.6.2	ミュート (見かけのペロシティ)	303
6.4.7	コネクト (連結)	304
6.4.8	ブロック分割	308
6.5	オプションメニュー	309
6.5.1	寸法	310

6.5.2	アトム.....	313
6.5.2.1	コンポーネントのセットアップ.....	313
6.5.3	メートルとメートル/秒、フィートとフィート/秒.....	314
6.5.4	言語.....	315
6.5.5	メニューの種類.....	315
6.6	ツールボタン.....	316
6.6.1	元に戻す  and Redo 	316
6.6.2	ノーマライズ 	317
6.6.3	Show Previous Waveform File  and Show Next Waveform File 	319
6.6.4	Coarse Contour Color 	319
6.6.5	ファインコンターカラー 	320
6.6.6	Wiggle Line  and Shaded Black 	320
6.6.7	波形の表示  and Show Geometry 	321
6.6.8	周波数領域 	322
6.6.9	時間領域 	323
7	waveeq モジュールの機能.....	324
7.1	ファイルメニュー.....	324
7.1.1	1次元位相速度曲線またはH/Vスペクトルファイル(.rst)を開く.....	325
7.1.2	1次元位相速度曲線またはH/Vスペクトルファイル(.rst)の保存.....	325
7.1.3	データベースから1次元位相速度曲線またはH/Vスペクトルをインポート.....	327
7.1.4	データベースの1次元位相速度曲線またはH/Vスペクトルの更新.....	327
7.1.5	1次元位相速度曲線またはH/Vスペクトルをデータベースにアップロード.....	328
7.1.6	1次元位相速度曲線またはH/Vスペクトルファイル(xml)を開く.....	328
7.1.7	1次元位相速度カーブまたはH/Vスペクトルファイル(xml)の保存.....	329
7.1.8	2D/3D位相速度曲線ファイル(.pvs)を開く 	329
7.1.9	2D/3D位相速度曲線ファイル(.pvs)の保存 	330
7.1.10	Print [CTRL+P] 	331
7.1.11	印刷プレビュー.....	332
7.1.12	ページ設定.....	333
7.1.13	標高データファイルのインポート.....	334
7.1.14	1次元解析結果を表形式(.txt)で保存する.....	336
7.1.15	フォルダパス.....	338
7.1.16	高度なオプション.....	339
7.1.16.1	2D/3D解析用に1D解析結果ファイル(.rstまたは.xml)を開く.....	339

7.1.16.2	H/Vファイルを開く	339
7.1.16.3	オープン・デプス	340
7.1.16.4	UCLAのデータベースファイルを開く	340
7.1.16.5	デプスプロファイルの保存	340
7.1.16.6	選択した分散カーブをCSV形式のファイル(.csv)に保存	341
7.1.16.7	XMLオプション	342
7.1.16.7.1	調査タイプを選択	342
7.1.16.8	NIED	343
7.1.16.8.1	フォルダを開く	343
7.1.16.8.2	サブフォルダをXMLに変換する	344
7.1.17	出口	344
7.2	編集メニュー	345
7.2.1	Undo 	345
7.2.2	削除	345
7.2.3	クリップボードにコピー [CTRL+C]	346
7.2.4	表示画像をファイルに保存 [CTRL+]	346
7.2.5	すべての表示画像をファイルに保存する	346
7.3	メニューを見る	347
7.3.1	軸構成 [CTRL+A]	348
7.3.2	分散曲線	348
7.3.3	Frequency/Period 	350
7.3.4	3Dグリッド/ランダム	351
7.3.4.1	幾何学	352
7.3.4.2	位相速度のある幾何学	352
7.3.4.3	S波速度を伴うジオメトリー	352
7.3.4.4	AVS30Mを使用したジオメトリー (100 FT)	353
7.3.4.5	RMSEを用いた幾何学	353
7.3.4.6	HVSR付きジオメトリー ピーク周波数	354
7.3.4.7	HVSRピーク振幅を持つジオメトリー	354
7.3.4.8	HVSR付きジオメトリー ピーク・クラリティ	355
7.3.4.9	標高のある幾何学	355
7.3.4.10	J-SHIS地形分類によるジオメトリー	356
7.3.4.11	J-SHIS地形分類に基づくAVS30mによるジオメトリー	357
7.3.4.12	国土地理院の地形分類による幾何学	358
7.3.4.13	背景	358
7.3.4.13.1	なし	359
7.3.4.13.2	標高 (国土地理院)	359
7.3.4.13.3	国土地理院の地形分類	360
7.3.4.13.4	J-SHIS地形分類	360
7.3.4.14	色の設定	361
7.3.4.15	サイト名を表示	362
7.3.4.16	ジオメトリーをKMLファイルに保存する	363
7.3.4.17	高度なオプション	364
7.3.4.17.1	円の大きさ	364
7.3.4.17.2	サークル・アウトライン	364

7.3.5	一つの  、次の  、全ての  分散曲線を表示する。	365
7.3.6	分散カーブの表示 (オプション)	365
7.3.7	Show Amplification 	366
7.3.8	p波速度を表示	367
7.3.9	変換後のN値を表示	367
7.3.10	N値ファイルを開く	369
7.3.11	N値を表示	372
7.3.12	PS結果ファイルを開く	373
7.3.13	PSの結果を表示	374
7.3.14	AVSをIBCに表示	375
7.3.15	水面の深さを表示	380
7.3.16	Show Layer Boundary 	382
7.3.17	Show Apparent Velocity Model (VR) 	384
7.3.18	有効深度を表示 (VR最小)	385
7.3.19	有効深度を表示 (VR最大)	386
7.3.20	VSとデプスを表示	387
7.3.21	定波長ラインの設定	389
7.3.22	標準偏差 (H/V) を表示	392
7.3.23	標準偏差 (H/Vピーク) を表示	394
7.3.24	不確実性を示す (速度モデル)	396
7.3.25	基準速度モデルの表示	398
7.3.26	ボトムレイヤーの切り捨て	399
7.3.27	高度なオプション	400
7.3.27.1	VR40を表示 (m)	400
7.3.27.2	オープン・ボーリングXML	400
7.3.27.3	土壌コラムを表示	401
7.3.27.4	シフトボーリング深さ	401
7.3.27.5	岩盤速度を表示	401
7.3.27.6	分散カーブの品質を表示	402
7.3.27.7	モノクロームの背景	402
7.3.28	オールマイティ	403
7.3.28.1	SPACを表示	403
7.3.28.2	回帰線の表示	403
7.4	H/Vカーブメニュー	404
7.4.1	スムージング	405
7.4.2	リサンプリング (その他)	406
7.4.3	ゲート外のデータポイントの削除	407
7.4.4	最小と最大を設定する。ピックピークH/V [CTRL+H] への周波数の設定	409
7.4.5	補間	410
7.4.6	平均同頻度データ	412
7.4.7	MHVRからEHVR	414
7.4.8	初期モデル (2レイヤーモデル)	414
7.4.9	初期モデル (3Dモデルデータベースより)	416
















7.4.10	初期モデル (K-Net/KiK-netデータベースより)	417
7.4.11	初期モデル (ダウンホール地震探査より)	418
7.4.12	比較	420
7.4.13	比較 (全データ)	422
7.4.14	理論的EHVRの計算	423
7.4.15	逆転	424
7.4.15.1	ピーク調整	425
7.4.15.2	LSM (VSのみ)	429
7.4.15.3	EHVRによる逆転	430
7.4.15.4	GA (VSのみ)	431
7.4.15.5	GA (厚さのみ)	434
7.4.15.6	GA (VSと厚さ)	436
7.4.16	解釈	438
7.4.16.1	岩盤深度の抽出	438
7.4.16.2	HVSRと岩盤の深さの関係	439
7.4.16.3	平均	439
7.4.17	高度なオプション	439
7.4.17.1	セサミ基準	440
7.5	分散曲線メニュー	440
7.5.1	スムージング (個々のカーブ)	441
7.5.2	スムージング (2Dメディアンフィルター)	442
7.5.3	補間	442
7.5.4	平均同頻度データ	445
7.5.5	ピックを値で削除する	447
7.5.6	ゲート外のピックを削除 [CTRL+X]	447
7.5.7	ゲート間のピック削除 [CTRL+B]	449
7.5.8	低品質データの削除	451
7.5.9	上位モードの削除	452
7.5.10	高度なオプション	453
7.5.10.1	スムージング (複数の曲線)	453
7.5.10.2	リサンプリング (その他)	454
7.5.10.3	低品質リミットの設定	454
7.5.10.4	セットアップ 上位モード選択	455
7.6	速度モデルメニュー	457
7.6.1	水平スムージング (2D)	457
7.6.2	水平スムージング (3D)	458
7.6.3	垂直方向のスムージング	458
7.6.4	Show Velocity Model  , Show Three Models  , Show All Models 	459
7.6.5	ショーモデル (オプション)	460
7.6.6	等価速度を表示	461
7.6.7	速度モデルデータの編集 [CTRL+M]	462
7.6.8	ウォーターテーブルの設置	464
7.6.9	新しいレイヤーの境界を挿入する (マウス操作)	465
7.6.10	速度の変更 (3D: マウス操作)	468
7.6.11	地震学的解釈	468

7.6.11.1	UBCまたはIBCサイト分類の表示	469
7.6.11.2	1次元増幅	470
7.6.12	速度モデルデータベース	472
7.6.12.1	3Dモデルから速度プロファイルを見つける (日本またはカリフォルニア)	472
7.6.12.2	3Dモデル(日本またはカリフォルニア)から2D/3Dデータの速度プロファイルを求める	472
7.6.12.3	物理探査データベースから速度分布を求める	472
7.6.12.4	1次元位相速度曲線またはH/Vスペクトルをデータベースにアップロードする	473
7.6.12.5	物理量データベースからサイトを選択	474
7.6.12.6	SeisImagerデータベースのセットアップ	474
7.6.13	高度なオプション	475
7.6.13.1	固定VPと密度	475
7.6.13.2	Vpと v_s の関係	476
7.6.13.3	密度	477
7.6.13.4	Nと v_s の関係	478
7.6.13.5	奥行き軸の表示	479
7.6.13.6	ボトムレイヤーの追加	479
7.6.13.7	ボトムレイヤーの削除	480
7.6.13.8	GA検索エリアを表示	480
7.6.13.9	GAパラメータの設定	481
7.6.13.10	GA RMSEを表示	481
7.6.13.11	最小値と最大値を切り捨てる速度	482
7.6.13.12	水平平均 (2D)	484
7.6.13.13	岩盤ベロシティのセットアップ	485
7.6.13.14	標準レイヤーの境界を適用する	486
7.6.14	オールマイティ	486
7.6.14.1	地震学的解釈	486
7.6.14.1.1	1次元増幅	487
7.6.14.1.2	1次元増幅 (波形)	487
7.6.14.1.3	全モデルでHオーバーVを計算	488
7.6.14.2	旅行時間の計算	488
7.6.14.3	滑らかさの計算	489
7.7	MASW/MAM (1D)メニュー	489
7.7.1	初期モデル	490
7.7.2	反転 (LSM)	494
7.7.3	反転 (LSM、N付き)	500
7.7.4	アドバンスド・インバージョン	500
7.7.4.1	LSM (厚さのみ)	501
7.7.4.2	LSM (v_s と厚さ)	503
7.7.4.3	GA (v_s のみ)	504
7.7.4.4	GA (v_s と厚さ)	509
7.7.4.5	GAメンバーの理論データをすべて表示	517
7.7.4.6	GAメンバーの1Dアンプリフィケーションを計算する	517
7.7.5	Comparison 	518
7.7.6	ショー・ベロシティ・モデル  	518

7.7.7	速度モデリング (1D)	519
7.7.7.1	新しい速度モデルの生成.....	519
7.7.7.2	新しい速度モデルの生成 (ダウンホール地震探査から)	522
7.7.7.3	合成データを「観測データ」に変換する	523
7.7.8	波形モデリング.....	526
7.7.8.1	有限差分法 (2D)	527
7.7.8.2	離散波数法 (3D P-SV)	527
7.7.8.3	離散波数法 (3D P-SVおよびSH)	530
7.7.8.4	高度なオプション	530
7.7.8.4.1	離散波数法 (3D: 微動モデル)	530
7.7.8.4.2	離散波数法 (3D-3C: 微動モデル)	531
7.7.8.4.3	離散波数法 (3D: ソース深度変更)	531
7.7.9	高度なオプション.....	532
7.7.9.1	N値との比較.....	532
7.7.9.2	PSとの比較.....	532
7.7.9.3	皿.....	533
7.7.9.4	プレートモデルの反転 (1D)	533
7.7.9.5	感度分析	534
7.7.9.6	SPACインバージョン	534
7.7.9.7	最小値と最大値の取得速度モデル (.rstファイルから)	535
7.7.9.8	最小値と最大値の取得速度モデル (GA結果より)	535
7.7.9.9	表面波モード	536
7.7.9.9.1	愛の波動への変化	536
7.7.9.9.2	レイリー波への変更	536
7.7.9.10	単位.....	537
7.7.9.10.1	フィートへの変換.....	537
7.7.9.10.2	メートルに変換	541
7.8	MASW/MAM (2D/3D) メニュー	542
7.8.1	2D速度モデル表示<GeoPlot起動.....	542
7.8.2	3D速度モデルの表示<GeoPlot3D起動	543
7.8.3	初期モデル.....	543
7.8.4	反転 (2D/3D: 全データ)	543
7.8.5	反転 (2D/3D: 全データ)	544
7.8.6	逆転 (Nあり)	544
7.8.7	アドバンスド・インバージョン.....	545
7.8.7.1	GA (2D: 平均データ)	545
7.8.7.2	GA (2D: 個人データ)	548
7.8.7.3	初期モデル (補間)	549
7.8.7.4	GAデータのRMSエラーによるモデルの並べ替え.....	549
7.8.7.5	セットモデル数	550
7.8.8	全データのRMSを計算する.....	550
7.8.9	2D.....	551
7.8.9.1	ウェイポイントに緯度と経度を設定する	551
7.8.9.2	距離範囲外の分散カーブの削除.....	551
7.8.10	3D.....	552
7.8.10.1	コーナーに緯度と経度を設定.....	552

7.8.10.2	グリッドデータをランダムデータに変換する	552
7.8.10.3	ランダムデータをグリッドデータに変換する	553
7.8.11	測量設計 (3D)	553
7.8.11.1	新規調査	554
7.8.11.2	アクイジション・ジオメトリー	554
7.8.11.3	オプションを見る	555
7.8.11.4	新しい3D速度モデルの生成	555
7.8.11.5	理論分散曲線の計算	555
7.8.11.6	合成データを "観測データ" に変換する	556
7.8.12	高度なオプション	556
7.8.12.1	全データの1Dアンプリフィケーションを計算する	557
7.8.12.2	GA結果	557
7.8.12.3	すべての分散カーブ/モデルの編集を許可する	557
7.8.12.4	現在の速度モデルを他のすべての分散曲線にコピーする	558
7.8.12.5	2D/3D解析	558
7.8.12.5.1	2Dデータを3Dデータに変換する (XY位置の設定)	559
7.8.12.5.2	XまたはXY位置ファイルの読み込みと適用	559
7.8.12.5.3	2Dデータを3Dデータに変換する (XY位置ファイルのインポート)	560
7.8.12.5.4	各分散曲線を1D RSTまたはXMLファイルとして保存	560
7.8.12.6	静的品質評価	561
7.8.12.7	カスタムカラー	561
7.8.12.7.1	カスタム分散カーブリストの保存	561
7.8.12.7.2	カスタム分散曲線リストを開く	562
7.8.12.8	単位	562
7.8.12.8.1	フィート/メートルへの変換	562
7.8.13	オールマイティ	563
7.8.13.1	反転 (2D: 個別データ)	563
7.8.13.2	プレートモデルの反転 (2D)	563
7.8.13.3	開相速度曲線 (データのみ)	564
7.9	オプションメニュー	564
7.9.1	寸法	564
7.9.2	設定	566
7.9.2.1	最大値	566
7.9.2.2	平均値	567
7.9.2.3	セットアップ (位相速度計算)	567
7.9.2.4	セットアップ (H/V計算)	569
7.9.2.5	セットアップ (アンプ)	569
7.9.2.6	セットアップ (DWMによる全波計算)	570
7.9.2.7	群速度保存	570
7.9.2.8	パーゼンウィンドウバンド	571
7.9.3	メートルとメートル/秒、フィートとフィート/秒	571
7.9.4	サイト名と座標	572
7.9.5	言語	573
7.9.5.1	英語、日本語、中国語、スペイン語	573
7.9.6	ニューラルネットワーク	574
7.9.6.1	トレーニングデータのエクスポート	575

7.9.6.2	観測されたH/Vデータをエクスポート.....	575
7.9.6.3	トレーニングデータを表示.....	575
7.9.6.4	ランダムモデル.....	576
7.9.6.5	オープンスタンダードのデータおよび/またはモデルファイル(.jsonまたは.txt).....	576
7.9.6.6	オープンモデル.....	577
7.9.6.7	セーブモデル.....	577
7.9.6.8	レビューモデル.....	578
7.9.6.9	トレーニングデータの保存.....	578
7.9.6.10	観測データの保存.....	579
7.9.6.11	インポート予測速度プロファイル (標準速度モデル).....	580
7.9.6.12	波形データの計算.....	581
7.9.6.13	位相速度イメージの計算.....	582
7.9.7	高度なオプション.....	582
7.9.7.1	クリップボードコピーのためのY軸テキストの反転.....	583
7.9.7.2	GeoPlot.exeの場所の設定.....	583
7.9.7.3	GeoPlot3D.exeの場所の設定.....	583
7.9.7.4	Pickwin.exeの場所の設定.....	584
7.9.7.5	SeisImagerMap.exeの場所の設定.....	584
7.9.7.6	パラレルプロセッシング.....	585
7.9.7.7	オンラインデータベースを利用する.....	585
7.9.7.8	糸を使う.....	586
7.9.8	オールマイティ.....	586
7.9.8.1	レイヤーモデル分析.....	587
7.9.8.1.1	L.S.M.反転 (vsとH: マルチレイヤー、マルチカーブ).....	587
7.9.8.1.2	L.S.M.インバージョン (2レイヤー).....	588
7.9.8.1.3	2レイヤー分析.....	588
7.9.8.1.4	モデルを選択.....	589
7.9.8.1.5	ベスト・ソリューション.....	589
7.9.8.1.6	セーブベスト・ソリューション.....	590
7.9.8.2	スパック.....	590
7.9.8.2.1	最小位相速度を設定する.....	591
7.9.8.3	均質モデル.....	592
7.9.8.3.1	1D.....	593
7.9.8.3.2	1D (コンプレックス).....	593
7.9.8.3.3	1D (減衰).....	593
7.9.8.3.4	2D.....	594
7.9.8.3.5	2D (減衰).....	594
7.9.8.3.6	3D.....	595
7.9.8.3.7	円 (vx).....	595
7.9.8.3.8	サークル (vz).....	596
7.9.8.3.9	可変グリッドの比較.....	596
7.9.8.3.10	子羊の問題.....	597
7.9.8.3.11	ラムの問題 (2).....	598
7.9.8.3.12	ラムの問題 (3).....	599
7.9.8.3.13	ラムの問題 (2キロ).....	600
7.9.8.3.14	平面波 (1次元周波数領域解法).....	601
7.9.8.3.15	平面波 (1次元時間領域解法).....	602

7.10	ヘルプメニュー	.....	602
7.10.1	バージョン情報.....		603
7.10.2	セイスイメージャードットコム.....		603
7.11	ツールボタン		603
7.11.1	波形振幅の拡大  and Reduce Waveform Amplitude	.....	603
7.11.2	水平スケールの縮小  水平スケールの縮小と拡大	.....	604
7.11.3	垂直スケールの拡大  および垂直スケールの縮小	.....	604
7.11.4	前を表示  and Show Next	.....	604
7.11.5	ホーム  and End	.....	604
7.11.6	Calculate Theoretical Dispersion Curve by Fundamental Mode	.....	604
7.11.7	高次モードによる理論分散曲線の計算	.....	604
7.11.8	分散カーブの選択  分散カーブの修正	.....	605

付録

付録A	Basic Processing Flows	A-2
付録B	Data Examples and Quality Control	B-1
付録C	H/V Theory	C-1
付録D	Tutorials and Example data	D-1
付録E	Short Course Presentations	E-1
付録F	References and Recommended Reading.....	F-1

1 はじめに

SeisImager/SW™へようこそ！ SeisImager/SWは、マルチチャンネルの能動・受動波源（微動）表面波データを解析できる、使いやすく強力なプログラムです。SeisImager/SWには、以下の基本的な手順を実行する必要があります：

- データの入力と表示
- データの表示コントロールする。
- データファイルに変更/修正を、保存する。
- 分散曲線の計算と編集
- 一次元せん断波速度曲線のデータを反転させる。
- 二次元せん断波速度断面のデータを反転させる。
- 結果をグラフィカルに表示する。

SeisImager™は、屈折、坑内、地表の波浪データ解析のための7つのモジュールで構成されるマスタープログラムです。個々のモジュールは、Pickwin™、Plotrefa™、WaveEq™、PSLog™、SPACPlus™、GeoPlot™です。表面波解析ウィザード™は独立したモジュールではなく、Pickwin、WaveEq、GeoPlotの特定の関数を自動的に呼び出して解析プロセスを案内します。SeisImagerの全体構造を以下に示します：

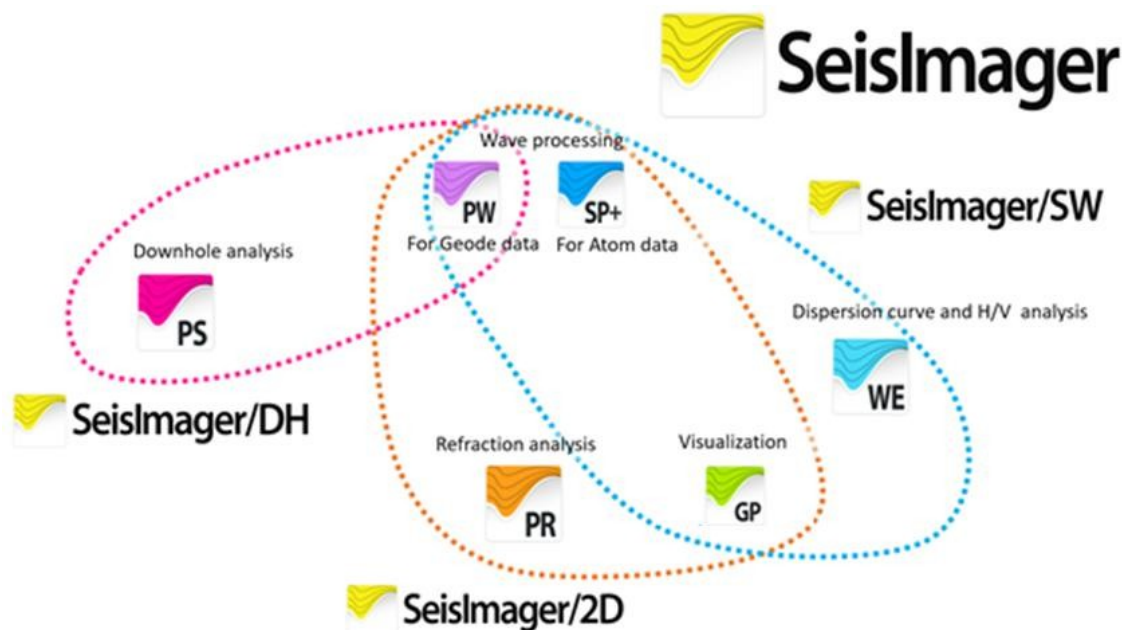


図1： SeisImager ファミリーのアプリケーション。

PickwinとWaveEqは表面波データ解析に使用される主なモジュールで、SeisImager/SWと呼ばれるプログラムを構成しており、2つのパッケージが用意されている。2つ目のパッケージであるSeisImager/SW-2Dは、マルチチャンネルのアクティブおよびパッシブソース（微動）データの1次元（1D）解析が可能で、WaveEqで表示されるせん断波速度（ v_s ）の単一曲線を出力します。GeoPlotは一般的なデータ可視化のための独自のスタンドアロンモジュールであることに注意。このマニュアルでは、2D表面波解析プロセスに必要なGeoPlot関数のみを取り上げます。GeoPlotの完全なドキュメントはGeoPlot [マニュアルを参照してください](#)。

屈折データ解析については、PickwinとPlotrefaでSeisImager/2Dというプログラムを構成しています。SeisImager/2Dには別の[マニュアル](#)があり、PickwinとSeisImager/SWは重複しているため、Pickwinの共通メニューの説明についてはSeisImager/2Dのマニュアルを参照してください。

SeisImagerは40、75時間、250時間のレンタルも可能です。レンタルパッケージには、デフォルトでSeisImager/2DとSeisImager/SW-2Dの両方が含まれています。

本マニュアルのセクション2では、ソフトウェアのインストールについて説明する。第3章ではデータ取得方法について、第4章ではウィザードを使ったデータ解析について説明します。セクション5では、SeisImager/SW-Pro™の機能と性能について説明します。第6章ではPickwinの表面波関数について、第7章WaveEQ関数について説明します。付録Aでは基本的な処理の、付録Bではデータの品質管理について説明しています。いくつかの理論にも触れていますが（付録C参照）、このマニュアルは表面波のマルチチャンネル解析（MASW）や微動アレイ測定（MAM）に関する専門書ではありません。本ソフトウェアで採用されている解析手法の背後にある原理を理解するために、地震学と数学の主要な原理をそれなりに理解していることを前提としています。付録Dには、例題データ付きのオンラインチュートリアルへのリンクがあり、付録Eには、短いコース教材へのリンクのリストがあります。最後に、表面波の理論と技術に関する推奨図書のリストについては、付録Fを参照のこと。

このマニュアルは印刷することもできますが、**オンライン・リソースとして設計されており、多くの内部および外部ハイパーリンクが含まれています**。このマニュアルは半定期的に更新され、常に最新版が当サイトから[ダウンロード](#)できます。ナビゲーションを簡単にするため、Acrobat Readerのナビゲーションツールバーを必ず表示してください（この記事を書いている時点では、トグルスイッチはF8です）：



図2: Acrobat Readerのナビゲーションツールバー。

Acrobat Readerに上記のツールバーがない場合は、リンクをクリックした後、**Alt+左矢印**で前のビューに戻ります。

このマニュアルはカラーを多用しているため印刷する場合はカラーを使うことを強くお勧めします。

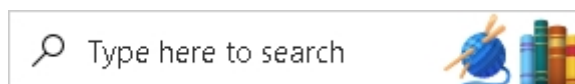
最後に、このマニュアルとソフトウェア自体に対する建設的なご批判をお待ちしております。ご意見がございましたら、seismicsales@geometrics.comまでご連絡ください。

注: 本書はSeisImager/SWの全バージョンの全機能をカバーする一般的なマニュアルです。ソフトウェアにはいくつかのレベルがあり、それぞれ異なる機能を備えています。本マニュアルに記載されている機能がお使いのソフトウェアに含まれていない場合は、ご購入いただいたソフトウェアのレベルにその機能が含まれていないためです。

注: SeisImager/SWには、ごく使用されない機能が多く含まれています。一般的なユーザーには必要ありません。完全性を期すため、これらの機能は説明されていませんが、このマニュアルに含まれており、私たちのサポート・メールへのポイントが記載されています。利用したいと思われる機能がありましたら、SeisImager サポートまでご連絡ください。

注意: SeisImager/SWは非常に複雑なソフトウェアであるため、1つのセッションで多くの異なるモデルを実行したり、モジュール間でユニットの競合が発生したりすると、不安定になり、偽の結果が表示されることがあります。したがって、新しいモデルを実行するには、アプリケーションの新しいインスタンスを開始するのが最善です。プログラムが不安定な場合は、以下の手順に従ってください:

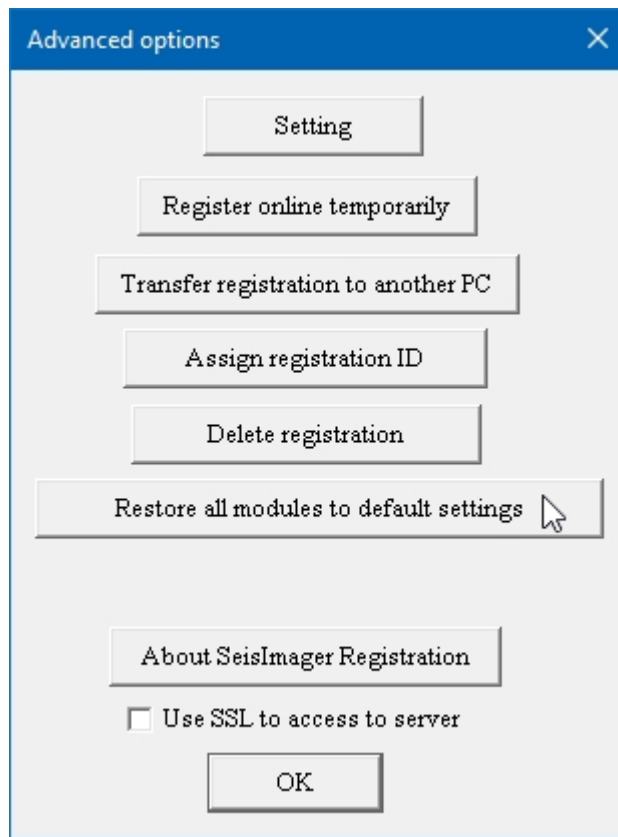
- すべてのSeisImagerモジュールを閉じる。
- ウィンドウズの検索ボックスで



"SeisImager Registration" と入力してください。以下のように表示されます:



- *View or change registration* を選択します。SeisImagerの登録画面が表示されます。ダイアログボックスが表示されます。
- Advanced options (右上) を選択し、Restore all modules to default settings (すべてのモジュールをデフォルト設定に戻す) を押し、OKを押します。



注: このマニュアルの中で、特定のメニュー項目がグレーアウトしていることがあります。これには2つの理由がある。最も一般的な理由は、その機能がそのデータセットまたはその時点に適用できないことです。もう一つの理由は、いくつかの項目があなたのライセンスでは利用できない可能性があることです。

このマニュアルをお読みになる前に、MASW、MAM、H/V のデータ収集と解析に関するビデオをご覧くださいと有益です:

[地震波の概要 \(5:48\)](#)

[1D MASW \(アクティブソース\) フィールドセットアップとデータ取得 - Geode地震計 \(4:53\)](#)



[SeisImager/SWを用いた1D MASW \(アクティブソース\) データ処理 \(30:53\)](#)

[アトム地震計の現場運用とプロ \(9:37\)](#)

[原子データのMAMとH/V分析 \(28:53\)](#)

[Atom-1C地震計による\(50:40\)1次元MASW\(能動震源\)とMAM\(受動震源\)の取得と解析](#)

2 ソフトウェアのインストール

SeisImagerのUSBスティックは、(1)プログラムの試用評価用、(2)1つまたは複数のプログラムの購入、レンタル、アップグレード用、(3)SeisImager/2DのLiteバージョンを含むES-3000™、Geode™、StrataVisor NZXP™、Atom™地震計の購入時に提供されます。USBにはすべてのプログラムとドキュメントが含まれています。

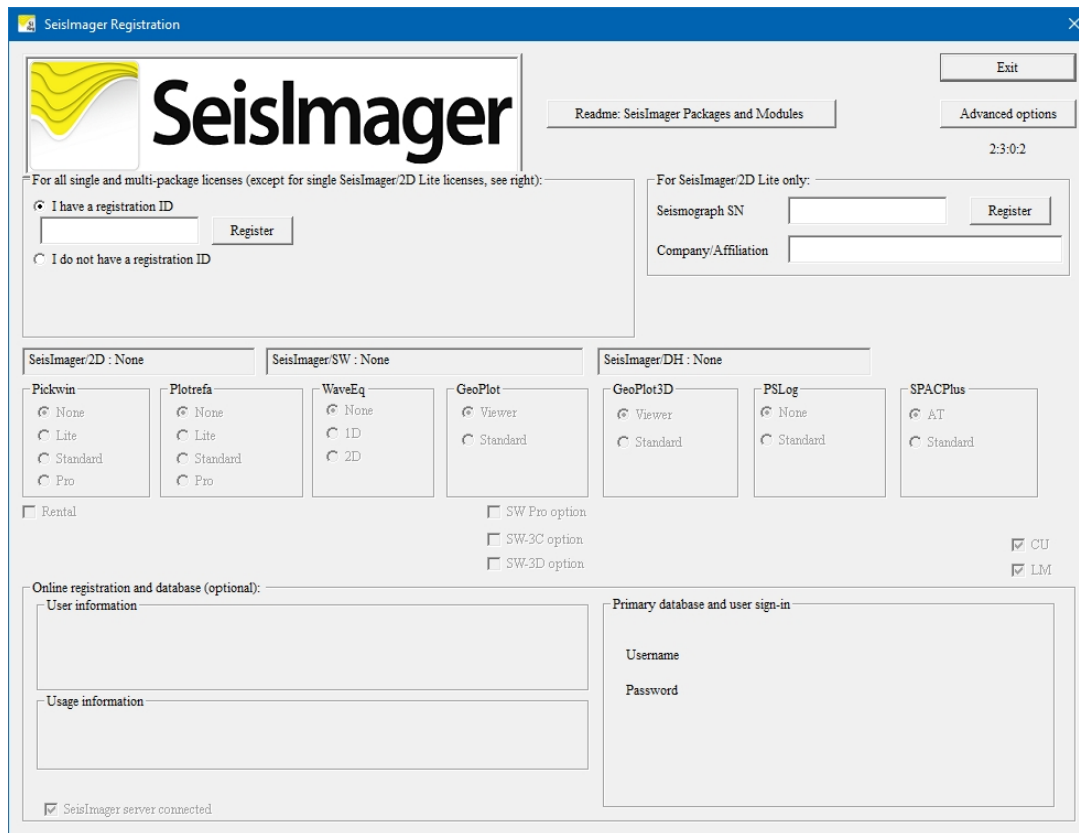
時折、USBのリリースとリリースの間にソフトウェアのリリースが行われることがあります。このような場合、USBには最新バージョンを[ダウンロードする](#)ようにとのメッセージが表示されます。

注: USBにそのような指示が記載されていない場合でも、SeisImagerは頻繁に更新されるため、インストール前に最新のソフトウェアをダウンロードしてインストールするのが最善の方法です。USBは、特にインターネットに接続していない場合に便利です。しかし、インターネット接続が場合は、インストール用のUSBを完全に省略することを強くお勧めします。その場合必ず最新のダウンロードしてください。

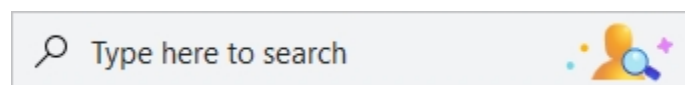
注意: ソフトウェアをインストールするには、管理者権限が必要です。管理インストール後、下位レベルの権限を持つユーザーがソフトウェアを使用できます。

ソフトウェアをインストールまたはアップデートするには、**SeisImager.msi**（またはSeisImager_XXXX.msi）という名前のファイルをクリックします。SeisImagerがすでにコンピュータにインストールされている場合は、削除または修復を促すプロンプトが表示されます。ソフトウェアを削除し、SeisImager.msiを再度実行し、プロンプトに従ってください。

インストールが完了すると、登録画面が表示されます：

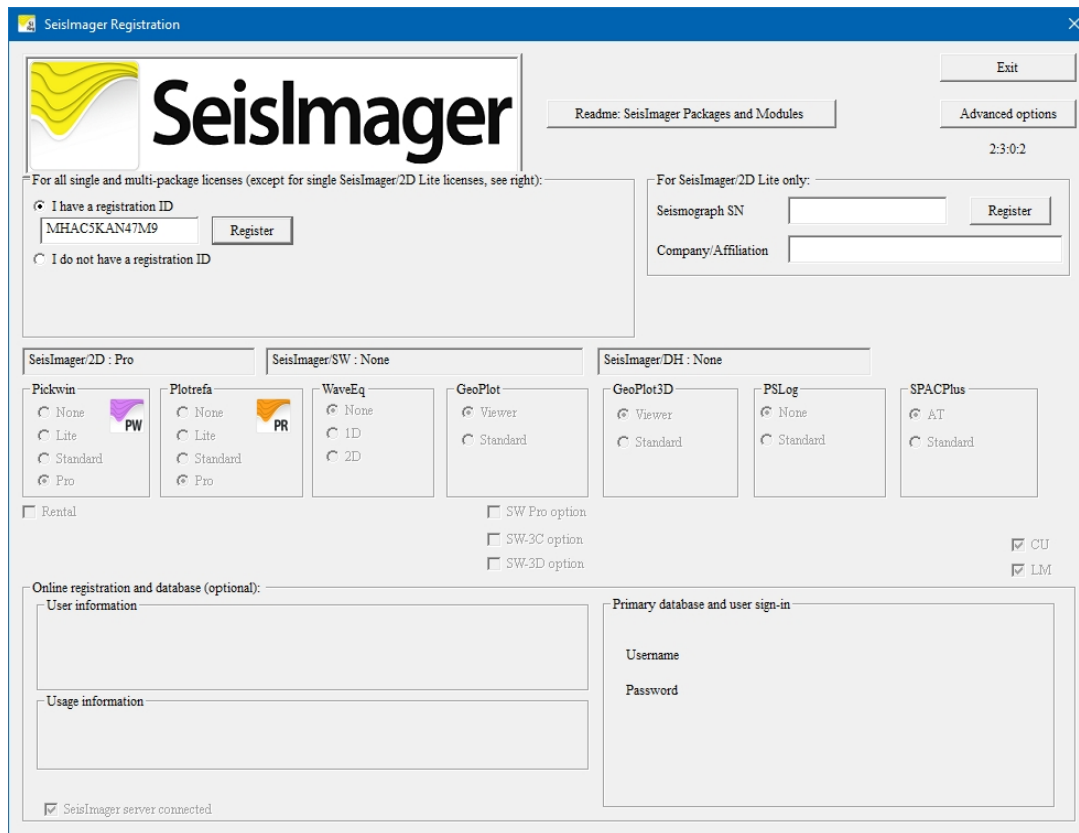


すでに登録IDをお持ちの場合は、その旨を明記の上、し、*Register*を押してください。登録IDをお持ちでない場合は、*登録IDをお持ちでない*をクリックし、キーワードと注文番号、または地震計のシリアル番号を support@geometrics.com まで送信してください。購入またはレンタルした製品を有効にする登録IDが発行されます。デスクトップの左下にあるWindowsの検索ボックスに「SeisImager Registration」と入力すると、後でこの画面に戻ることができます：



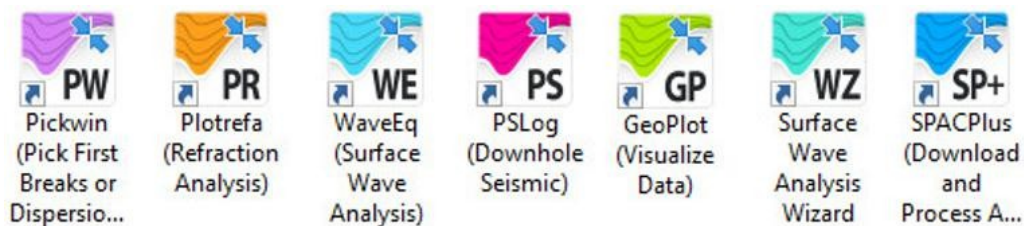
登録IDによって有効にされたプログラムは、一連のメッセージで報告されます。*OK*をクリックで各メッセージを受け入れる。

これらのメッセージが表示された後、レジスターには以下のように登録されたプログラムが反映されます。この場合、Pickwin Pro™とPlotrefa Pro™が登録されているプログラムです。



通常、ソフトウェアのアップグレードをインストールする場合、再登録は必要ありませんが、2007年4月より前のバージョンからアップグレードする場合は、再登録が必要です。

インストールされたプログラムモジュールは、以下のデスクトップのアイコンから直接開くことができます：

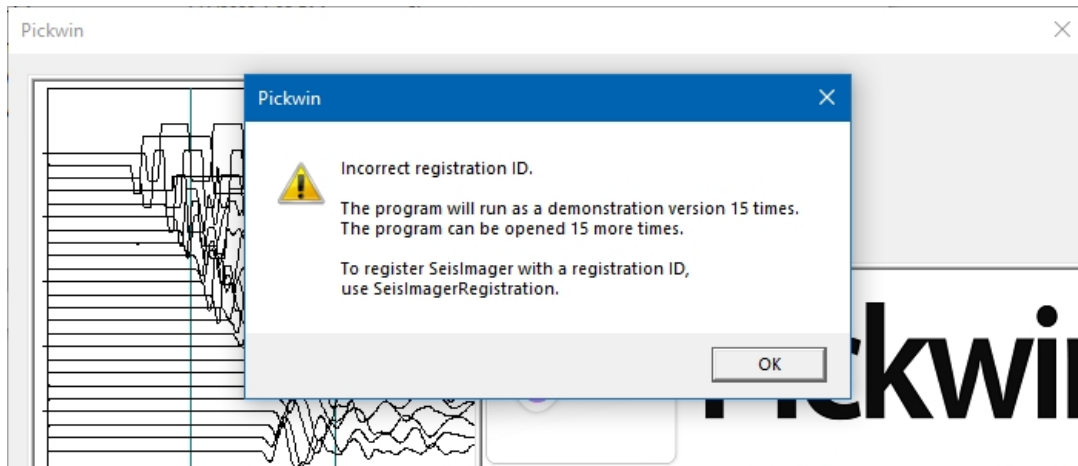



表面波解析ウィザードは独立したモジュールではなく、Pickwin、WaveEq、GeoPlot の特定の関数を自動的に呼び出して、解析説明します。すべてのアイコン（ショートカット）は、購入済みまたは使用予定のプログラムに関係なくデスクトップにコピーされます。デスクトップがごちゃごちゃしないように、様々なショートカット用のフォルダを作成するとよいでしょう。また権利を購入/レンタルしていないショートカットを削除することもできます。

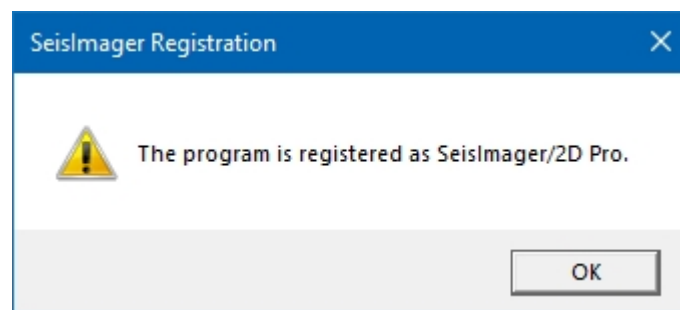
ソフトウェアの使用を開始するには、適切なショートカットをダブルクリックします。

登録されたインストールでは、モジュールが開き、使用できるようになります。他の登録されたモジュールも使用可能です。

未登録のインストールがデモ実行されている場合、以下のメッセージが表示されます。OKを押ししてください。

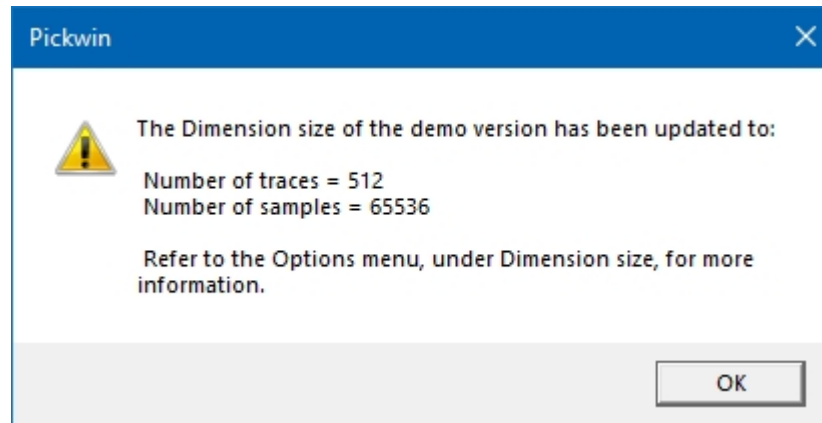


デモ15回使用した後に登録IDを入力するには、Windowsの検索ボックス（左下）で"SeisImager"と入力し、上記の  SeisImager Registration プログラムを検索します。登録プログラムを開き、注文番号と地震計のシリアル番号（地震計と一緒にソフトウェアを購入した場合）をご記入の上、support@geometrics.com。受信後、登録IDを入力し、OKボタンを押してください。以下のようなメッセージが表示されます：



ソフトウェアが登録されると、デモバージョンのデータ入力寸法は、購入したプログラムの制限を反映するように更新されます。以下のようなメッセージが表示されます。

の下にある。OKを押してください。



これで、すべての可能な登録経路の説明が終わった。

前述の通り、SeisImager/2DのLiteバージョンはすべての地震計の購入に無料で付属しています。したがって、地震計と一緒にSeisImager/SWを購入された場合は、SeisImager/2DのLiteバージョンもご利用いただけます。SeisImager/2DのLite版またはその他のライセンスをまだお持ちでない方で、ご注文を希望される方は、support@geometrics.com までご連絡ください。

SeisImagerスイートを使用する際の一般的な推奨事項は、ソフトウェアモジュールを一旦終了して再度開くか、ソフトウェアモジュールの2つ目のインスタンスを開いて新しい別の分析を開始することである。プログラムは効率的で素早く起動するので、これは簡単にでき、データ処理時の複雑さを防ぐことができる。

レポートのグラフィック作成やデータ処理の文書化については、SeisImagerにはプリンターやpdfにグラフィックを印刷する機能や、PNG、JPG、BMP、GIF形式で画像を保存する機能があります。また、[Hyperionics](#)社のHyperSnap[®]のようなスクリーンキャプチャプログラムがあると便利です。ビットマップ画面キャプチャは、処理の必要な段階ですばやく簡単に作成でき、Microsoft Wordや他のアプリケーションにインポートするために保存できます。

より高度なグラフィックスのためには、[ジオメトリックスのGeoPlot](#)をご検討ください。

3 データ収集

SeisImager/SWには、3つの主な処理フロー（2つは活断層データセットの解析用、もう1つは受動断層データセット用）の機能があります。このセクションでは、ES-3000、SmartSeis ST、Geode、およびStrataVisor NZ地震計を使用した具体的なセットアップ手順とともに、SeisImager/SWに入力するためのこれらのデータタイプの収集方法について説明します。表面波についての簡単な紹介とともに、データ収集およびデータ解析ソフトウェアの基本的な操作方法についても説明します。

表面波理論および調査方法に関する詳細な議論については、公表されている文献を参照されたい（[付録F](#)、ページF-1参照）。

分散、すなわち周波数による位相速度の変化は、表面波利用される基本的な特性である。せん断波速度(v_s)は、表面波の分散特性の数学的反転によって計算することができる。表面波の分散は、表層付近の環境で一般的な速度層が存在する場合に顕著になることがあります。このアプリケーションでは、レイリー波を扱います。レイリー波はグラウンドロールの支配的な成分であるため、「グラウンドロール」とも呼ばれます。表面波には他にも種類がありますが、SASW（Spectral Analysis of Surface Waves）、MASW（Multi-channel Analysis of Surface Waves）、またはMAM（Microtremor Array Measurement）の文脈で使用される場合、「表面波」という用語はレイリー波を意味するようになっています。

表面波の発生方法には2種類ある。「アクティブ・ソース」とは、地震エネルギーをジオフォンの広がりに対して特定の位置で意図的に発生させ、ソースエネルギーが地中に導入されたときに記録を開始することを意味する。これは、「微動探査」とも呼ばれ、「屈折微動」（または商業用語の「ReMi」）探査と呼ばれこともある「パッシブ震源」探査とは対照的である。パッシブ震源探査では、時間的な区切りはなく、ジオフォンの広がりに対して様々な（通常は未知の）場所で、文化的ノイズ、風、波動などによって発生したエネルギーによる周囲の振動が記録される。

表面波のエネルギーは、地表の深さとともに指数関数的に減衰する。波長の長い（つまり、周期が長く、周波数が低い）表面波は、より深く伝わるため、より深い速度構造に関する情報を多く含む。波長の短い（つまり周期が短く周波数が高い）表面波は浅いところを伝わるため、浅いところの速度構造に関する情報が多く含まれる。

このような観点から、ジオフォンの広がりとは近接していることから、より高い周波数のアクティブソースの表面波はより浅い速度構造を、より低い周波数のパッシブソースの表面波はより深い速度構造を解像すると言える。パッシブ波源探査が必要なほど対象深度が深い場合、浅い深度を十分にサンプリングすることが非常に重要です。より浅い断面は、平均IBC v_{s100} (UBC v_{s30}) 曲線と v_s 断面の有用性に比較的大きな影響を与える。SeisImager/SWでは、活断層と受動断層の調査結果を組み合わせることで、分解能と全体的な調査深度の範囲を最大化することができます。

3.1 1D MASWデータ収集

アクティブソースの表面波調査用の地震エネルギーは様々な方法で作ることができるが、地面を叩くためのスレッジハンマーは、低コストで入手しやすいアイテムであり、ほとんどの表面近傍の調査には十分なエネルギーである傾向があるため、推奨される。もちろん、スレッジハンマーがすべての状況に適しているとは限らず、実際に使用する震源は調査の規模や目的に合わせて調整する必要がある。エネルギーが発生したことを地震計に知らせるために、ハンマーと地震計の間のインターフェースとしてトリガースイッチが使用される。

スレッジハンマーが地面を叩くと、地震計に信号が送られ、記録が開始される。

12 ページの [表 1](#) は、アクティブソースの 1 次元 MASW サーベイで推奨されるパラメータをまとめたものです。ほとんどのパラメータは自明であるが、サンプリングの深度範囲に関連するため、さらに考慮すべき 2 つの設定は、広がり長とジオフォンの間隔である。

表面波は波長を3で割った深さまでサンプリングする。さらに、表面波探査では、サンプリングできる最長波長は広がり長と同じ長さであると仮定される。したがって、広がり長さを決めるには、対象深度の2倍が経験則として良い（とされている）。しかし、アクティブソースとパッシブソースの結果を組み合わせる場合、パッシブソースサーベイはより深い深度をサンプリングするために使用することができるため、アクティブソースサーベイの広がり長は、常に関心のある深度の2倍の長さである必要はありません。アクティブソースの調査広がり長さを決定するために、ソースエネルギーが伝播する最大距離と、関心のある最も浅い深度を考慮することをお勧めします。

スレッジハンマーによる活断層調査の場合、ジオフォンの間隔は1.5~3メートル（5~10フィート）が推奨される。24チャンネルの地震計を使用する場合、1.5メートル（5フィート）のジオフォンの間隔を使用すると、35メートル（115フィート）の広がり長さになります。1/2波長（または広がり長さ）の経験則を適用すると、サンプリングの深さは約17.5メートル（58フィート）となる。サイトの材質や条件によっては、音源エネルギーが35メートル（115フィート）のオフセットまで強く伝搬しない場合があり、スタッキングが必要になったり、ジオフォンの間隔を狭めたりする必要があります。信号の伝搬、ジオフォンの間隔、拡散長のバランスを見つける必要があります。提案された記録パラメータが適切であることを確認するために、サイト固有のテストと判断を常に適用する必要があります。

アクティブソースの調査のみを行い、より深い深度を測定するためのパッシブデータを持たない場合は、スプレッドの長さを対象深度の約2倍に等しくすることを推奨する。さらに、アクティブソースの調査では、2つ（またはそれ以上）のスプレッドを含めることができます。1つはより短いスプレッドと軽い重量のハンマーで、もう1つはより長いスプレッドと重い重量のハンマー（または他のソース）で、深度の範囲を十分にサンプリングします。

パラメータ	セッティング
スプレッド構成	リニア。
スプレッドの長さ	パッシブ・ソース・データで補完する場合は、関心深度とほぼ等しい。パッシブ・ソース・データがない場合は、関心深度の約2倍に等しい*。
ジオフォン間隔	1.5~3メートル（5~10フィート）。*
ジオフォンの総数	12人以上、最低16人が望ましい。
ジオフォンタイプ	4.5 Hz垂直ジオフォン、舗装された地面での調査用ベースプレート付き。
撮影場所	最低1発、スプレッドのインラインとオフエンド（どちらかの端）に位置する。
オフセットに近いショット	スプレッドの長さの約10%から20%。スプレッドの長さの約40%の位置に追加ショットを打つことが推奨される。
ソース機器	スレッジハンマー（最も一般的）、8ポンド（3.6 kgs）、16ポンド（7.2 kgs）、20ポンド（9 kgs）、スプレッドの長さ*、ストライカープレートの増加によりハンマー重量をスケールアップ。
トリガー	ハンマースイッチをスレッジハンマーの柄にテープで固定し、地震計のトリガーポートに接続。
サンプル間隔	0.5ミリ秒。
レコードの長さ	1~2秒；表面波列を捉えるのに十分な長さ。
スタッキング	データの質を高めるために必要に応じて、静かな時間帯を待って撮影する。

*本文中の前述も参照のこと。

表1: 1次元MASWの取得パラメータ。

3.1.1 1Dマスウ測量ジオメトリー

測量のジオメトリーは、ショットと受信機の空間的な関係を記述する。受信機の広がり、いくつかの構成とショット（複数可）に対する相対的な間隔を持っています。1回の調査でショットが1つまたは数個の場合、ジオメトリーは単純で、追跡し記録するのは簡単です。ショットの数が増え、特に2D MASW調査（セクション3.3、38ページ）のようにスプレッドの位置が変わると、ジオメトリの記録にはより多くの注意と労力が必要になります。

3.1.1.1 1D MASWサーベイのスプレッド構成

1次元 MASW 測量では、リニアスプレッド構成が使用される（[図3](#)）。ジオフォンは地表に直線状に配置され、スプレッドケーブル（黒線）で相互接続されている。最初と最後のアクティブなジオフォン間の距離がスプレッド長であり、ショット位置と最も近いアクティブなジオフォン間の距離がニアオフセットである。その結果得られる v_s 曲線は、スプレッドの平均値であるため、スプレッドの中心に位置する必要がある。

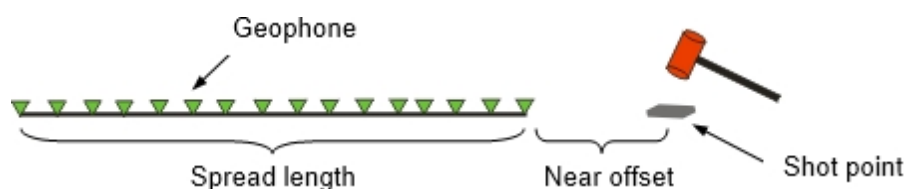


図3: 1次元MASWサーベイのスプレッド構成。

3.1.2 ジオメトリックス地震計コントローラーソフトウェアによる1D MASWサーベイデータ取得

ES-3000、SmartSeis ST、Geode、StrataVisor NZ地震計用のジオメトリックス地震計コントローラーソフトウェア（SCS）を使用したデータ収集のセットアップを説明します。SEG-2ファイルフォーマットでデータを記録する他の地震計も使用できます。このセクションでは、表面波データの取得に不可欠なソフトウェアのダイアログボックスについて説明します。メニューとダイアログボックスは、ソフトウェアのメニューバーの左から右に表示される順に説明します。このセクションで説明されていない他のダイアログボックスでパラメータを設定したい場合もあります。SCSの完全な説明については、お使いの地震計に固有の別冊マニュアルを参照してください。また、システムハードウェアの設定方法についても、地震計のマニュアルを参照してください。

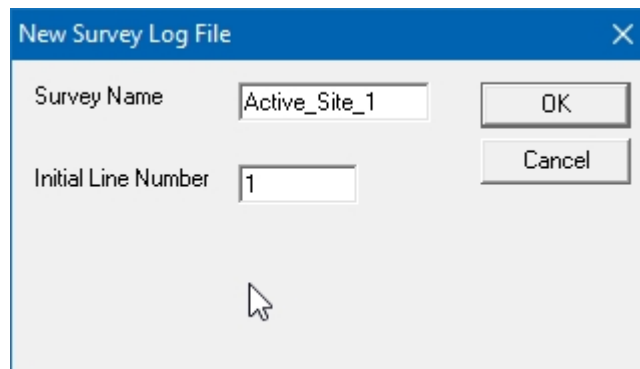
最初にSCSをインストールします。インストールが完了したらデスクトップのアイコン、またはスタートメニューの「すべてのプログラム」| *Geometrics, Seismodule Controller*からSCSを起動します。



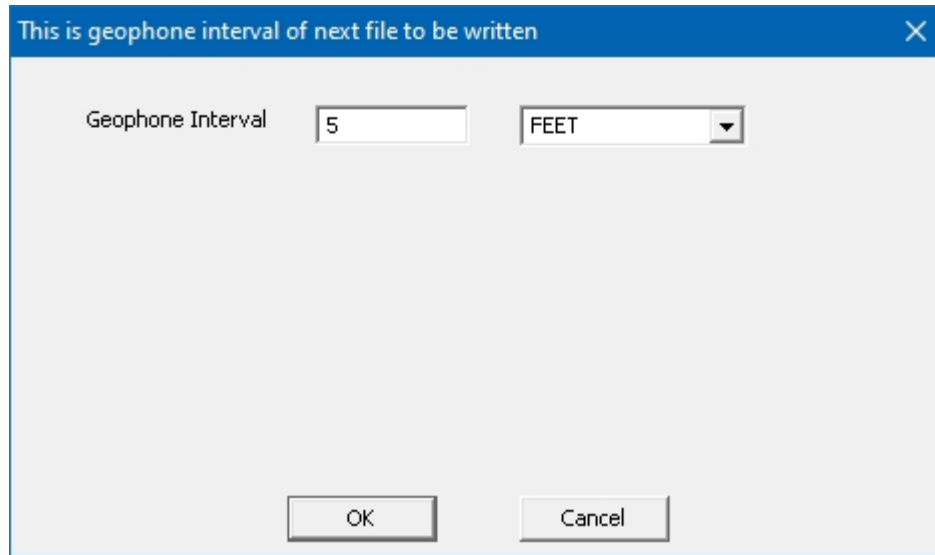
PC に初めて SCS をインストールする場合、12桁のコードが表示され、登録パスワードが要求されます。12桁のコードをコピーしてメールに貼り付け、地震計のシリアル番号と一緒にsupport@geometrics.com に送信してください。40桁の登録パスワードが送信されます。コードや登録パスワードは、タイプミスや言い間違いが起こりやすいので、Eメールをお勧めします。

3.1.2.1 1Dマスウ・サーベイSCSセットアップ

まず、調査名と最初の行番号を割り当てるために、| **新規調査**を選択します。サーベイ名は、サーベイ中に管理されるサーベイログの名前として使用されます。パラメータの設定やハードドライブへのファイルの書き込みなど、調査中のすべてのソフトウェア操作は調査ログに保存されます。サーベイログはテキストファイルで、後で参照するために呼び出すことができます。終了したら **OK** を押します。



次に、*Geom| Geophone interval* (ジオフォン間隔) を選択し、ライン内の各ジオフォン間の距離と適用する単位を設定します。完了したら **OK** を押します。



This is geophone interval of next file to be written

Geophone Interval

OK Cancel

次に、*Geom| Group/Shot Locations* を選択し、測量ジオメトリを設定します。ジオメトリダイアログボックスでは、マウスではなくキーボードキーで操作することをお勧めします。上下の矢印キーで行の間にカーソルを移動し、左右の矢印キーで列の間にカーソルを移動します。*Backspace*キーは左矢印キーと同じ機能であることに注意。

スプレッドのグラフィック表示の下に、パラメータは行と列として表示される。行の名前は左側に表示され、列の名前はスプレッドのグラフィックのすぐ下に表示されているトレース番号である。*Interval*のセルは、入力された値がトレース1と2、2と3などの間の距離であることを示すためにオフセットされている。

This is geometry of next file to be written

Shot coordinate

	<input type="text" value="2.50"/>						
	△	△	△	△	△	△	△
	1	2	3	4	5	6	7
Trace	1	2	3	4	5	6	
Interval	<input type="text" value="5.00"/>	<input type="text" value="5.00"/>	<input type="text" value="5.00"/>	<input type="text" value="5.00"/>	<input type="text" value="5.00"/>	<input type="text" value="5.00"/>	
Geophone coordinate	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="5.00"/>	<input type="text" value="10.00"/>	<input type="text" value="15.00"/>	<input type="text" value="20.00"/>	<input type="text" value="25.00"/>	
Gain	<input type="text" value="LOW 24"/>	<input type="text" value="LOW 24"/>	<input type="text" value="LOW 24"/>	<input type="text" value="LOW 24"/>	<input type="text" value="LOW 24"/>	<input type="text" value="LOW 24"/>	
Use	<input type="text" value="DATA"/>	<input type="text" value="DATA"/>	<input type="text" value="DATA"/>	<input type="text" value="DATA"/>	<input type="text" value="DATA"/>	<input type="text" value="DATA"/>	
Freeze	<input type="text" value="NO"/>	<input type="text" value="NO"/>	<input type="text" value="NO"/>	<input type="text" value="NO"/>	<input type="text" value="NO"/>	<input type="text" value="NO"/>	

USE LEFT/RIGHT KEYS SHIFT SHOT POINT BY PHONE INTERVAL
OR ENTER NEW SHOT LOCATION.
PRESS ENTER WHEN DONE.
DOWN KEY FOR PHONE INTERVAL

Ripple (In Feet)

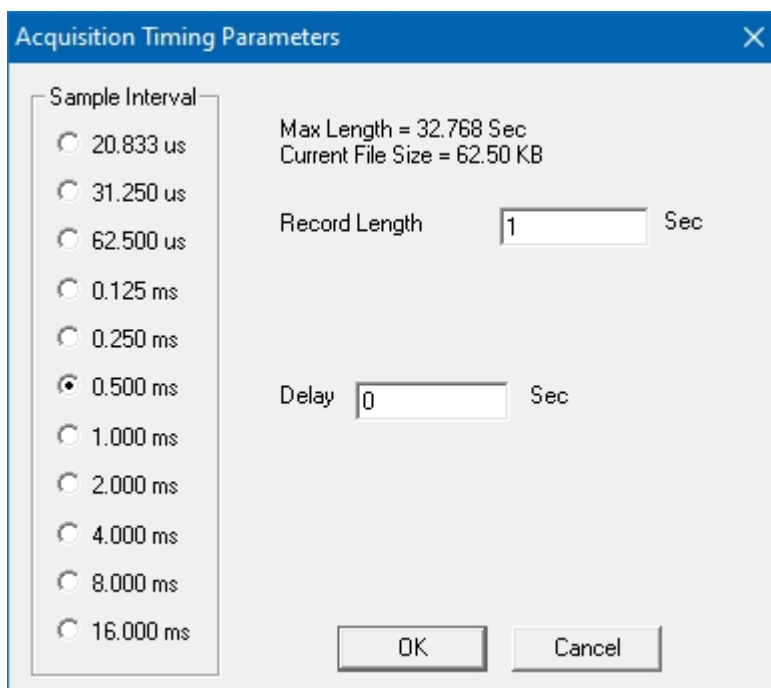
前のダイアログボックスで入力した *Geophone Interval* が表示されます。ショット座標とジオホン座標の初期値はゼロですが、好きな数値座標系を使うことができます。値を変更した場合、*Ripple* がチェックされていれば（デフォルト）、その他のジオホン座標に「波及」します。

地震計とジオフォンのケーブルは、地震計が常に「ハイサイド」になるように配線されていることに注意してください。つまり、ネイティブ構成では、地震計に最も近いチャンネルまたはジオフォンが常に最も高いチャンネル番号になります。例えば、24チャンネルのGeode地震計が標準的な24テイクアウトのスプレッドケーブルに接続されている場合、ラインがセットアップされると、Geodeに最も近いジオフォンはチャンネル24に接続されます。さらにこの点について、震源位置を地震計に最も近い端から外したい場合は、ショット座標の値を0からジオフォン24の座標より大きい適切な値に変更する必要があります。ショットがスプレッドのどの端に位置するかが決まったら、その位置を反映するようにショット座標を設定します。

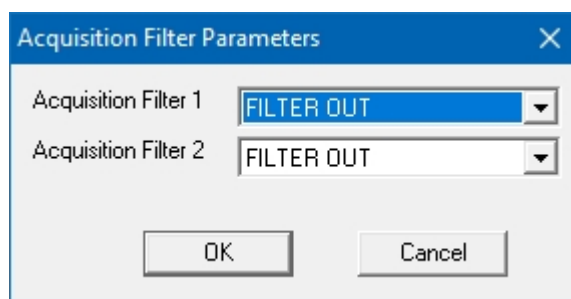
注: 間違ったジオメトリで記録されたデータは、データ処理時にSeisImager/SWで簡単に再割り当てできます。

Gain（デジタル化する前にシグナルをブーストする量）と *Use*（チャンネルをどのようにするか）の行のデフォルト設定は調整不要です。表示されているデフォルト設定と異なる場合は、変更してください。すべてのチャンネルで、*Use* の行は *Data* になっているはずですが、*Gain*（ゲイン）は後続のメニューで変更する。完了したら *OK* を押す。

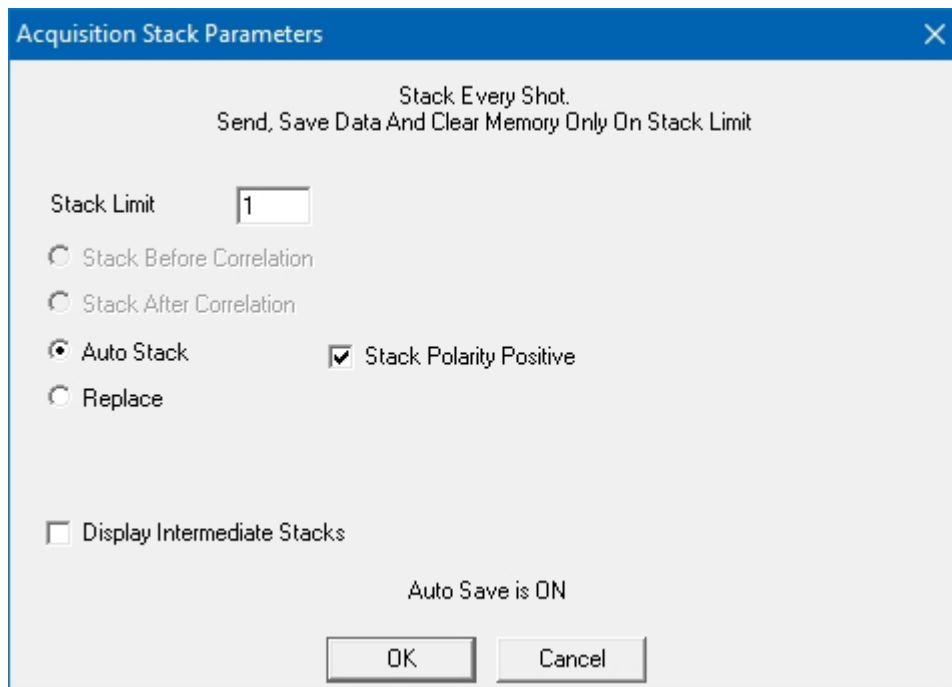
次に、*Acquisition* | *Sample Interval/Record Length* を選択し、データ収集タイミングパラメータを設定する。*Delay* はゼロに設定する。完了したらOKを押す。



次に、*Acquisition* | *Acquisition filters* を選択する。獲得フィルタの設定を確認する。取得フィルタは永続的で、"取得" ("表示"に対して) フィルタでフィルタリングされたデータは不可逆的にそうなる。表面波データを収集するときは、取得フィルタは通常必要ではないので、*Filter Out*の設定で無効にする。完了したらOKを押す。

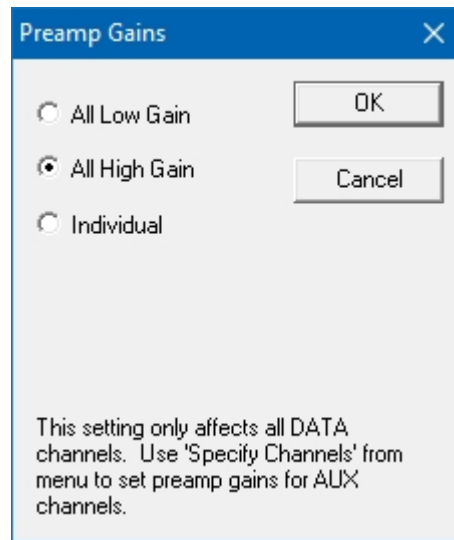


次に *Acquisition* | *Stack Options* を選択し、スタッキングパラメータを設定します。スタッキングとは、各ショットポイントでストライカープレートを繰り返し叩き、ファイルを収集しながら加算することで、S/N比を向上させる方法です。コヒーレントな信号は加算され、インコヒーレントなノイズはキャンセルされます。多くの場合、スタッキングは必要ないため、*Stack Limit*のデフォルト値は1に設定されています。しかし、都市環境でノイズが多い場合や、遠方のトレースの信号品質が低い場合は、スタッキングが役立ちます（ただし、アクティブ・ソース・サーベイで「ノイズ」と呼ばれるものは、パッシブ・ソース・サーベイで記録された「信号」であることを覚えておいてください）。S/N比はスタック数の平方根で増加するため、スタックの利点は～8～10スタック後に先細りし始める。8スタックするには、*Stack Limit*に8と入力する。完了したらOKを押す。



次に *Acquisition* | *Preamp Gains* を選択し、ゲインを *All High Gain* (36dB) に設定します。オール・ロー・ゲイン (*All Low Gain*) は 24 dB に相当し、不均一なゲイン設定が必要な場合に適用されます。撮影地点に最も近いジオフォンが信号によってオーバードライブされ、記録された波形がクリップされるほど近くにある場合があります。このような状況では、近接したチャンネルに 24 dB、それ以外のチャンネルに 36 dB の *Individual* ゲイン設定を使用することができます。完了したら *OK* を押します。

注意: 最初のブレイクだけが重要な屈折率調査とは異なり、表面波調査では波形全体が必要であるため、クリッピングは厳重に避けなければなりません。ゲインを値に設定してもクリッピング (地震計の赤いトレース) が発生する場合は、ハンマーを小さくするか、ハンマーをよりソフトに振ってください。クリッピングが問題となる場合の記録オプションについては、地震計のマニュアルの「フリーズ」機能を参照してください。

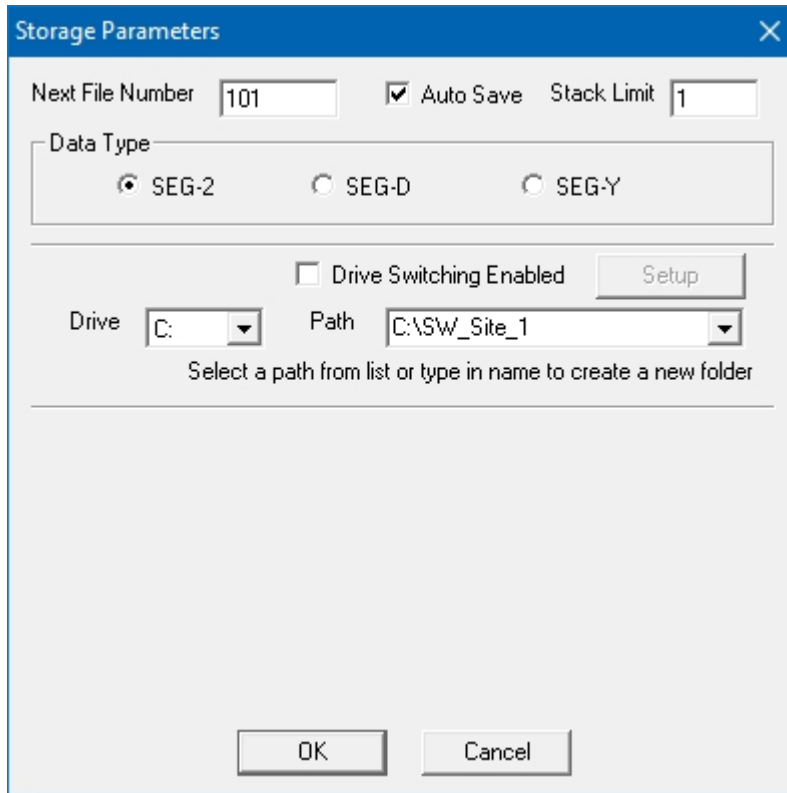


次に、*File | Storage parameters* を選択し、データ保存パラメーターを設定する。次のファイル番号には指定します。保存するたびに、ファイル名は自動的に1ずつ増えます。SEG-2フォーマットの場合、ファイル拡張子.datが数値名に付加されます（ジオメトリックス地震計）。調査ラインはライン1と呼ばれるため、推奨される開始ファイル番号は101です。

Auto Save にチェックを入れると *Stack Limit* に後、各ファイルが自動的に保存されます。このチェックを外すと、各ファイルを手動で保存（およびクリア）する必要があります。*Stack Limit* は、前の **Acquisition Stack Parameters** ダイアログボックスで入力した内容を反映します。

保存データのパスには、任意のフォルダ名を入力します。完了したらOKを押します。

注: SCSを使用してフォルダを作成する場合、フォルダは1つしか深くできません。



The image shows a 'Storage Parameters' dialog box with the following fields and controls:

- Next File Number: 101
- Auto Save:
- Stack Limit: 1
- Data Type: SEG-2, SEG-D, SEG-Y
- Drive Switching Enabled: (with a Setup button)
- Drive: C: (dropdown)
- Path: C:\SW_Site_1 (dropdown)
- Instruction: Select a path from list or type in name to create a new folder
- Buttons: OK, Cancel

これは SCS の 1D MASW 測定のセットアップに欠かせない最後のダイアログボックスです。

3.1.2.2 セットアップ後 - 取得、表示、品質チェック

1次元MASWデータ

セットアップが完了したら、データ収集の開始です。SCS のメインウィンドウの例を以下に示します。ノイズモニターウィンドウのトレース数は地震計のチャンネル数と一致しており、この例では24のトレースが表示されています。

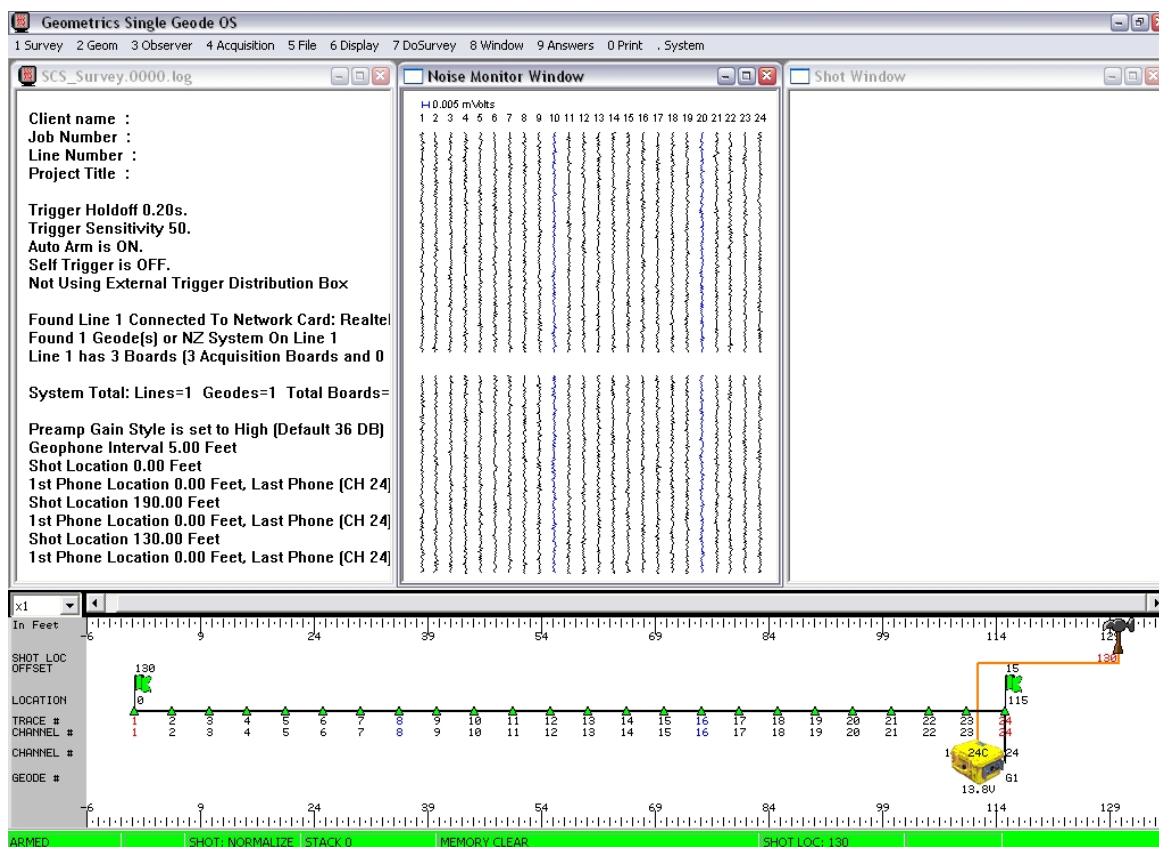


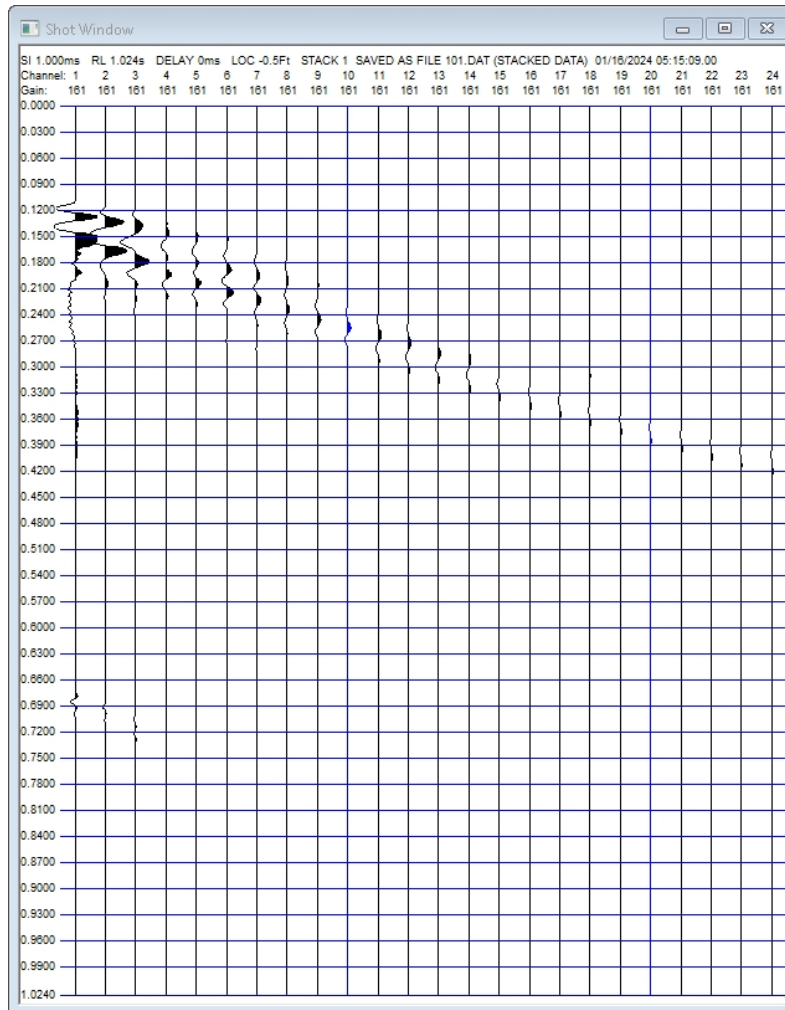
図4: SCS メインウィンドウ

データを記録する前に、ノイズモニターウィンドウを使ってラインをチェックします。最も近いジオフォンの上部を軽く叩き、どのトレースが最も大きな応答を示すかを見ます。各ジオホンの応答レベルがほぼ同じであることを確認します。異常なノイズレベルのトレースがある場合は、ライン上を歩いて、内部のセンサーエレメントが自由に振動できることを確認します（方向で上下に軽く振ります）。データを収集する前に、すべてのトレースが正しく応答していることを確認するのがベストプラクティスです。

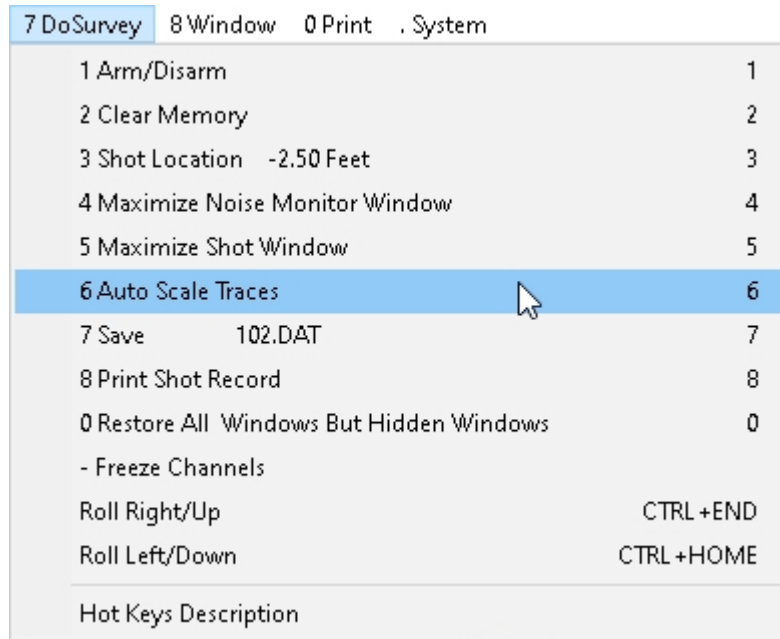
次に、ウィンドウ下部のステータスバーが**武装状態**を示し、緑色に点灯していることを確認する。まずショートカットキー "I" を押して武装状態をオフに切り替え、ハンマーでストライカープレートを叩く練習をしましょう。

準備ができれば、1を押してシステムを武装状態に戻し、撃った場所でハンマーを振る。システムが作動し、ショットが記録されたことを確認する。典型的なアクティブデータセットは、1つ（または必要に応じてそれ以上）のショット記録で構成される。クリッピングを示す赤いトレースがないことを確認する。

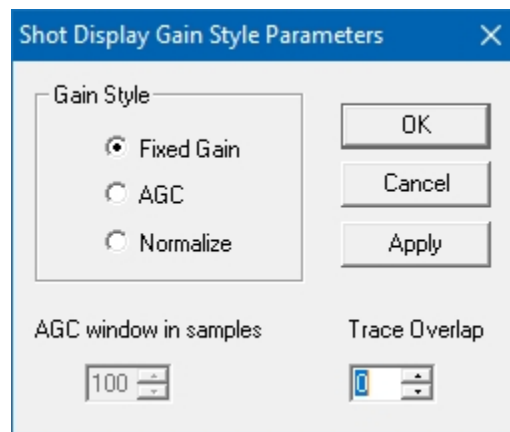
初めてデータを表示するときは、おそらく表示ゲインの調整が必要でしょう。発生する可能性のある条件として、以下の記録のように、すべてのトレースで信号が表示されない場合があります。



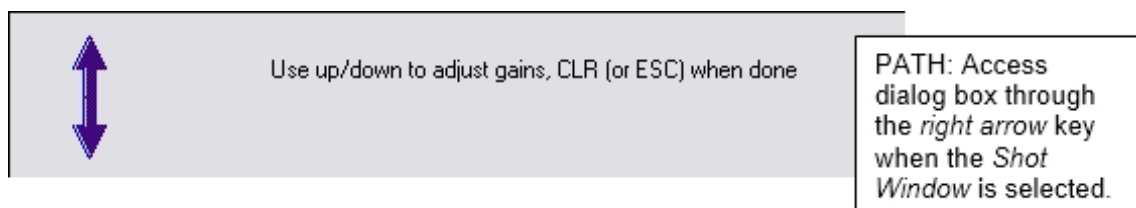
表示ゲインを調整するには、*Auto Scale Traces* を選択するか、ショートカットキー "6" を押します。*Auto Scale Traces* を選択すると、ソフトウェアはショットウインドウ内の各トレースの割り当てスペースを最適化するゲインを見つけます。



さらにゲインを調整するには、*Shot Window*をハイライトし、右矢印キーを使用して表示ゲインコントロールをアクティブにします。右矢印キーを押したときに**Shot Display Gain Style Parameters**ダイアログボックスが表示されたら、*Fixed Gain*を選択します。完了したらOKを押します。



もう一度右矢印キーを押し、指示ボックスの指示に従い、上下矢印キーを使用する。矢印キーですべてのチャンネルのゲインを同量ずつ増減します。



Escキーで終了。

ショット・ウィンドウは、Page DownキーとPage Upキーで拡大縮小し、上下矢印キーで上下にスクロールすることもできます。

最終的な表示設定は、以下のようなショット記録になるはずだ：

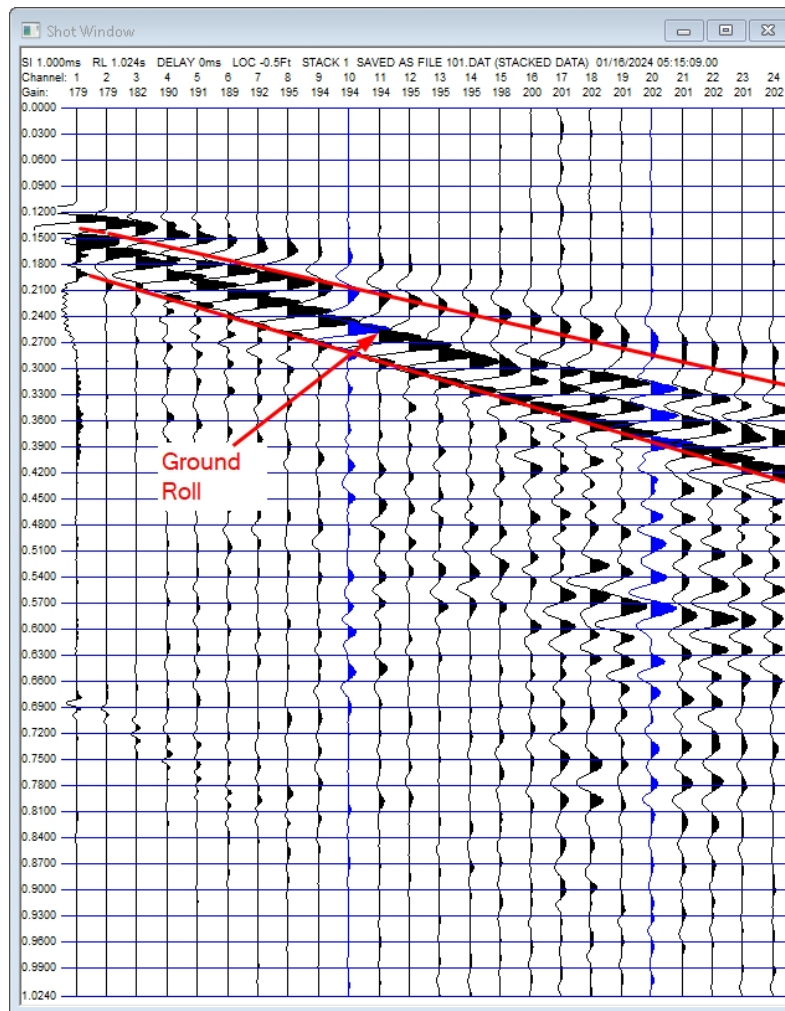


図5: グランドロール。

注意: 赤いトレースはクリッピングを示します。クリップしているトレースがある場合は、アキュイジション・ゲインの設定を調整し、データを再記録する必要があります。

表示パラメータが最適化されたら、分散性表面波の存在を確認する。表面波は、記録中の他のイベントよりも比較的周波数が低く、振幅が大きく、速度が遅い。地表が"くさび形"または"扇形"に回転している場合は分散を示している。目視による分析に加え、SeisImager/SWを使用して分散をフィールドチェックする方法については、セクション4 (54ページ) を参照してください。

アクティブ・ソースの記録を収集し、データに満足したら、該当する場合はパッシブ・ソースの調査に進む。

3.2 MAMデータ取得

パッシブ音源探査では、地震計は文化的騒音、交通、工場、風、波動などによって発生する周囲の振動を記録する。地震計を作動させるタイミング装置はない。

理想的な振動源は、定常的で、一定レベルで、アレイサイズに対して遠くにある。SeisImager/SWの空間自己相関（SPAC）法を用いた微動データ解析の基本的な仮定は、信号波面が平面的で安定しており、等方性（あらゆる方向から来る）であることであり、これにより音源の位置に依存しない。音源が比較的離れている場合（アレイの長さとはほぼ等しいかそれ以上）、高レベルの断続的なノイズ（近くを通過する車のような）が許容されます。断続的なノイズ源が近くにある場合でも通常は少なくとも20個の長いレコード（各32秒）を記録することで対策できます。長いレコードは、レコードを時間領域から周波数領域に変換する際にスムーズな入力を可能にし、多くのレコードは周囲の振動を統計的に確実に表現します。

[表2](#)は、推奨されるパッシブソースの捕捉パラメータをまとめたものである。

パラメータ	セッティング
スプレッド/アレイ構成	L字型、三角形、円形、線形、またはカスタム。
配列サイズ	関心深度の1倍以上。
ジオフォン間隔	アレイの構成やサイズに合わせて調整。
ジオフォンの総数	スプレッドの構成により様々。
ジオフォンタイプ	4.5Hzの垂直ジオフォン、舗装された地面での調査用のベースプレート付き。代わりに、利用可能であれば、特に対象深度が30m（100フィート）の場合は、1または2Hzの地震計を使用することができる。
トリガー	手動キーボードトリガー。
サンプル間隔	2ミリ秒（ms）。
レコードの長さ	各レコード32秒（s）、合計20レコード以上。

表2: MAM取得パラメータ。

3.2.1 MAM測量ジオメトリー

続ける。

3.2.1.1 MAMサーベイ・スプレッドの構成

SeisImager/SWでは、4種類のパッシブソース拡散またはアレイ構成がプリセットされており、カスタムオプションも可能です。図6から図10（縮尺は図示していません）は、様々なプリセット設定を示しています。図3と同様に、黒い線はスプレッドケーブルを表し、緑の逆三角形はジオフォンを表しています。

4つのプリセットアレイのうち、1つは線形アレイ、3つは2Dアレイである。しかし、SeisImager/SWで使用されているSPACメソッドは、音源の位置に依存しないため、すべてのアレイタイプのデータを扱うことができます。

リニアアレイを考える。微動が測線に平行に伝播する場合、表面波の位相速度は直接計算できる。逆に、微動が測線に対して垂直に伝播し、同時にすべてのジオフォンに到達する場合は、位相速度を計算することはできません。伝播角度が平行から垂直になるにつれて、見かけの位相速度は増加する。実際には、微動の震源位置は様々であり、エネルギーは多方面から放射され、ジオフォンに対して未知の角度を持つ。伝播角度が未知であるため、線形アレイの場合、SPACのような震源位置に依存しない方法を使用しない限り、計算された位相速度は実際の位相速度よりも高くなる可能性があります。

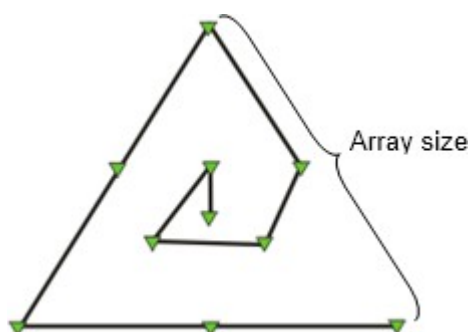


図6: 10個のジオフォンを用いたMAM調査の正三角形拡散配置（「トライアングル10」）の地図図。

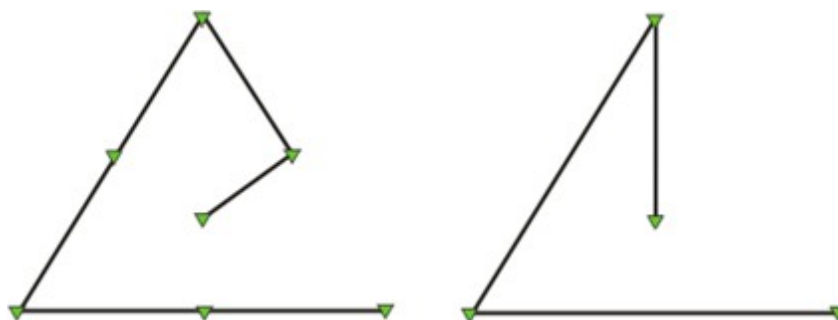


図7: MAM調査の正三角形の広がり7つの三角形と4つの三角形)。

三角形配列（図6と図7）の場合、**配列サイズ**は一辺の長さとして定義される。その結果、 v_s 曲線はアレイの平均となり、したがって三角形の中心に位置することになる。

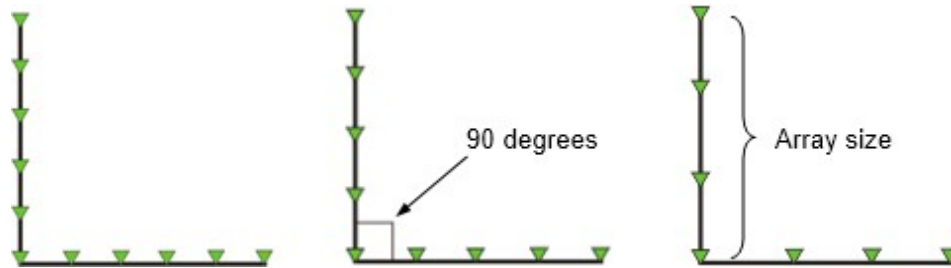


図8: MAM調査のL字型スプレッド構成 (ジオフォン11個 (「L11」)、9個 (「L9」)、7個 (「L7」)) の地図図。

L字型場合 (図8)、L字の枝の間の通常60度から90度だが、技術的には0度まで小さくすることができる。両方の枝の長さは同じで、アレイのサイズは枝の長さに等しい。結果として得られる v_s 曲線は、アレイの平均であり、それに応じて、Lの2つの枝の間の原点または原点付近に本質的に位置する必要がある。L字型アレイは現場で最も簡単にセットアップできる2次元アレイである。アクティブソースの調査後に、アレイの2分の1を90度回転させ、必要なアレイサイズになるようにジオフォンの間隔を調整することで、簡単に構築することができます。

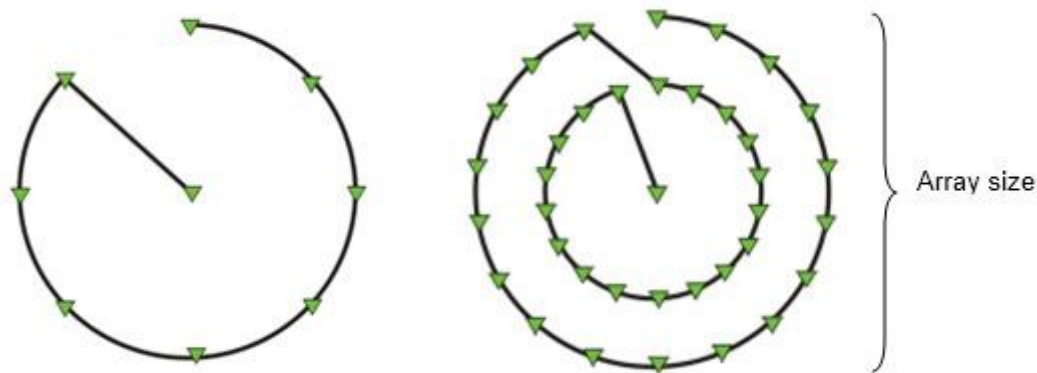


図9: MAMサーベイサークルの配置図 (1つのサークルに8つの外側のジオフォンと1つの中央のジオフォンを配置したもの (「シングルサークル9」) と、2つのサークルに18のジオフォンと1つの中央のジオフォンを配置したもの (「ダブルサークル37」))。

二重円37配列 (図9) の場合、内側の円の直径は外側の円の半径の2分の1に等しい。すべての円アレイでは、アレイのサイズは外側の円の直径に等しい。結果として得られる v_s 曲線はアレイの平均であり、それに応じて円の中心に位置するはずである。

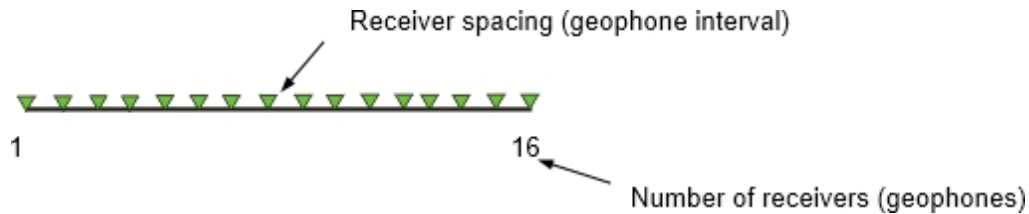


図10: ジオフォンに1つずつ、全チャンネルを使用したMAMサーベイのリニアスプレッド構成。

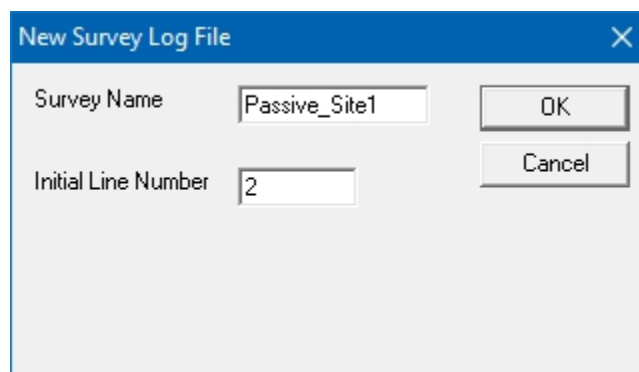
リニアアレイの場合（図 10）、受信機間隔はジオフォンの間隔に等しく、受信機数はジオフォンの数に等しい。その結果、 v_s 曲線はアレイの平均となり、スプレッドの中心に位置することになる。

3.2.2 ジオメトリックス地震計コントローラーソフトウェアによるMAM調査データ収集

MAM 測量のデータ収集のセットアップには、1D MASW 測量のセットアップでを使用したものと同じダイアログボックスを使用します。このセクションでは、1D MASWサーベイのセットアップをすでに行っていること、1D MASWサーベイを補足するために同じ場所でMAMサーベイを行うこと、MAMアレイタイプがL11で関心深度が約 30m（100フィート）であることを想定しています。MAM 測量は、2D MASW を補足するために実施することもできる。1D MASW のセットアッププロセスの紹介と、両方のサーベイセットアップに共通するダイアログボックスの詳細については、13 ページのセクション [3.1.2](#) を参照してください。

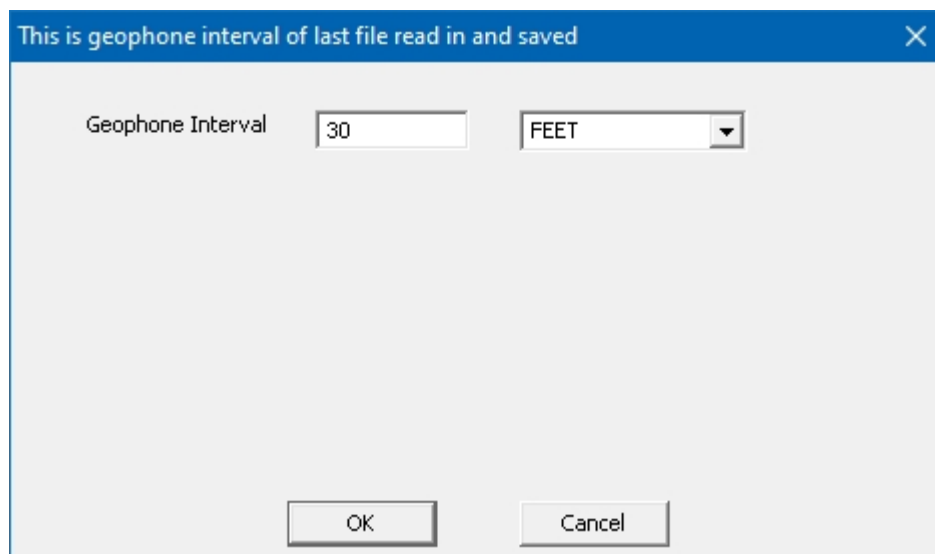
3.2.2.1 マムサーベイSCSセットアップ

まず、Survey | *New Survey* を選択し、*Survey Name* と *Initial Line Number* を割り当てます。*Initial Line Number* が 2 の場合は、Line 1 とは異なるジオフォンの持つ新しいライン構成であることを示します。



次に、Geom | *Geophone Interval*（ジオフォン間隔）を選択し、アクティブなジオフォン間の距離を該当する単位で反映するように設定します。一般的には

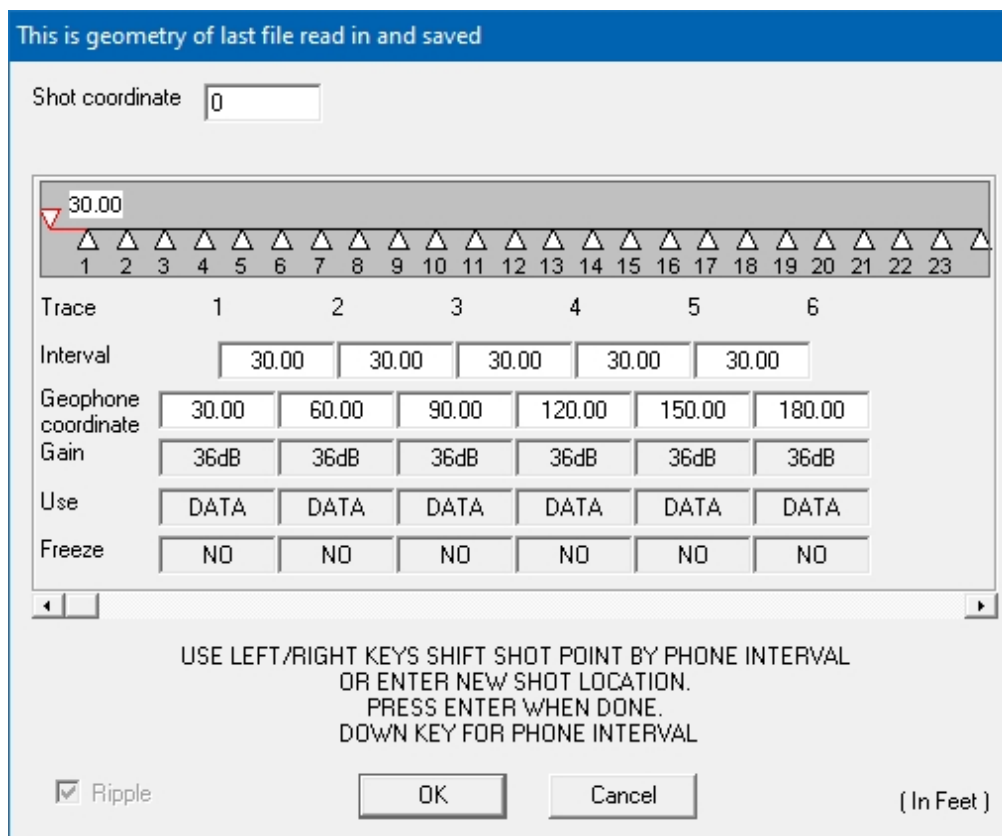
MAM場合は、データ処理時にSeisImager/SWで完全なジオメトリ（コンフィギュレーションとアレイサイズ）が設定されるため、これは必須ではありません。



This is geophone interval of last file read in and saved

Geophone Interval

次に、*Geom| Group/Shot Locations* を選択して、測量ジオメトリを設定します：



This is geometry of last file read in and saved

Shot coordinate

Trace	1	2	3	4	5	6
Interval	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Geophone coordinate	30.00	60.00	90.00	120.00	150.00	180.00
Gain	36dB	36dB	36dB	36dB	36dB	36dB
Use	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA
Freeze	NO	NO	NO	NO	NO	NO

USE LEFT/RIGHT KEYS SHIFT SHOT POINT BY PHONE INTERVAL
OR ENTER NEW SHOT LOCATION.
PRESS ENTER WHEN DONE.
DOWN KEY FOR PHONE INTERVAL

Ripple (In Feet)

1つのアクティブソースがないため、ショット座標は適用されず、ゼロに設定されるべきである。

2D (L字型、三角形、円形) のほとんどのMAMアレイ構成では、地震計の総チャンネル数よりも少ないチャンネル数で記録している可能性が高い。使用していないチャンネルは停止しておく必要があります。デッドチャンネルの削除はSeisImager/SWで行うことができますが、地震計取得時に削除するのが最も効率的です。

チャンネルを無効/有効にするには、Acquisition| Specify を選択します。上記と同じダイアログボックスが表示される。Ripple ボックスのチェックを外し、Use という名前の行で、"4" キーと右矢印キー を使用して、ジオフォンが接続されていないチャンネルを個別に非アクティブにします。

例1A:

30 フィート間隔のスプレッドケーブルを持つ 16 チャンネルの地震計の場合、30 フィート間隔のジオフォンを持つ L11 アレイでは、ジオフォンに接続されていないスプレッドの端にあるチャンネルは非アクティブになります。これは、チャンネル 11 が L の角に位置する場合はチャンネル 1 から 5、チャンネル 6 が L の角に位置する場合はチャンネル 12 から 16 に相当する。

例1Aを終了する。

例1B:

5m間隔のケーブルで24チャンネルの地震計を設置し、10m間隔でジオフォンを配置したL11アレイで、チャンネル12をLの角に配置した場合、チャンネル1、3、5、7、9、11、13、15、17、19、21、23、24は機能停止。

This is geometry of next file to be written

Shot coordinate

0.00

2 4 6

Trace	1	2	3	4	5	6
Interval	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Geophone coordinate	0.00	30.00	60.00	90.00	120.00	150.00
Gain	HIGH 36	HIGH 36	HIGH 36	HIGH 36	HIGH 36	HIGH 36
Use	INACTIVE	DATA	INACTIVE	DATA	INACTIVE	DATA
Freeze	NO	NO	NO	NO	NO	NO

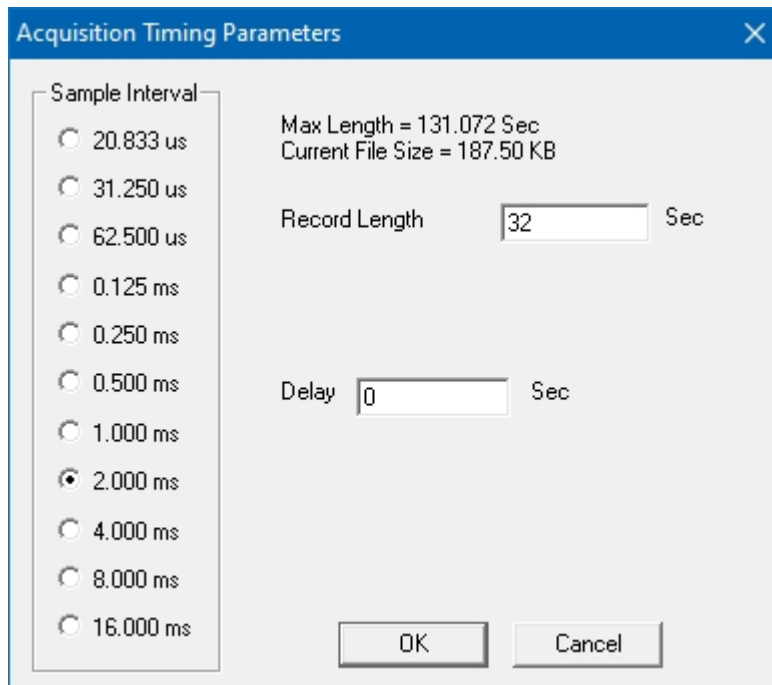
1 - DATA, 2 - AUX, 3 - N/A, 4 - INACTIVE
 USE LEFT/RIGHT KEYS TO SELECT CHANNEL.
 PRESS ENTER WHEN DONE.
 UP KEY FOR PREAMP GAIN, DOWN FOR CHANNEL FREEZE

Ripple (In Feet)

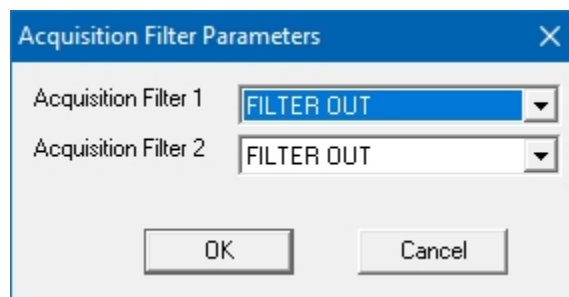
例1Bを終了する。

ジオメトリダイアログボックスにはジオフォンの線形配置のみが表示され、実際の2Dアレイのグラフィックは表示されません。したように、完全なジオメトリはデータ処理 SeisImager/SW で設定されます。ここでの主な設定は、未使用チャンネルの無効化です。

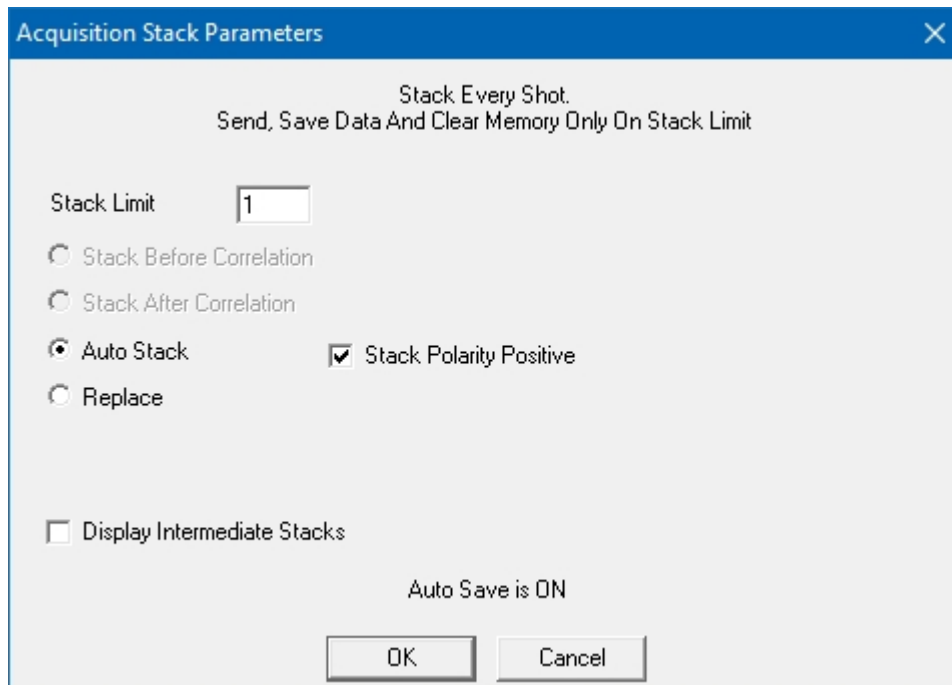
次に、*Acquisition| Sample Interval/Record Length* を選択し、*アクイジション・タイミング・パラメーター*を設定する：



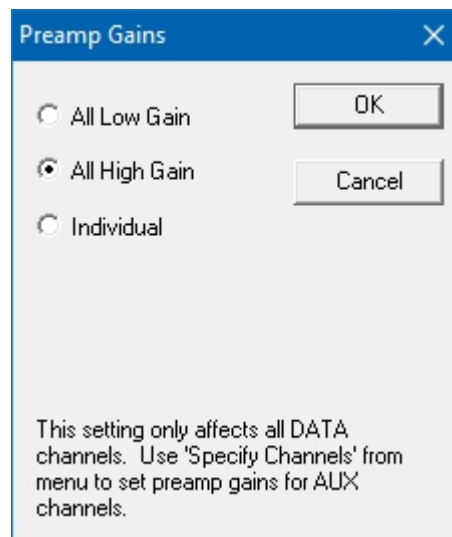
次に、*Acquisition* | *Acquisition Filters* を選択して、アキュジションフィルターが無効になっていることを確認します。を選択し、それぞれに *FILTER OUT* を選択する。



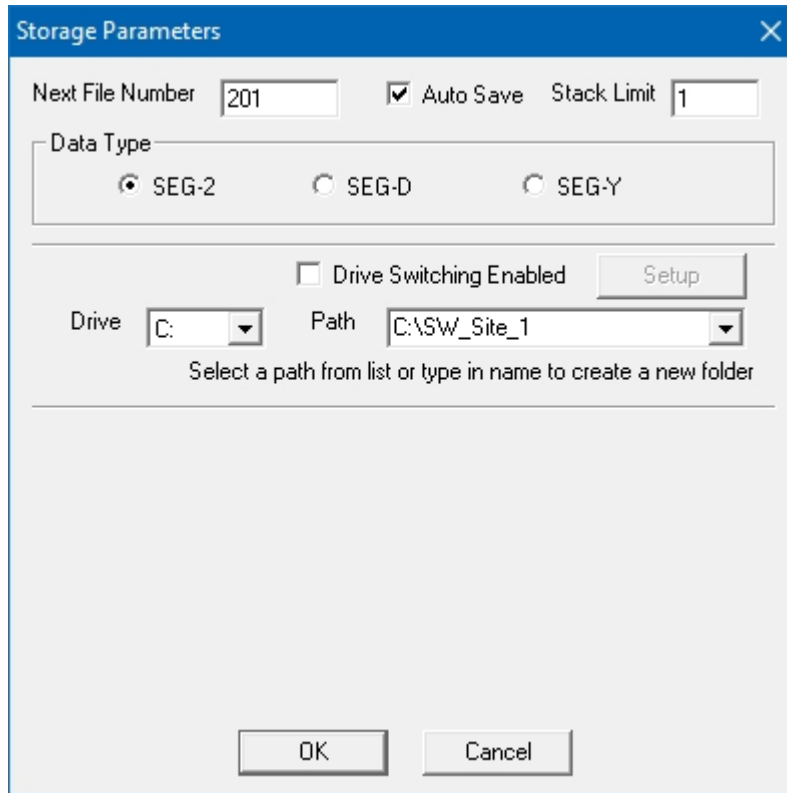
次に、*収集 / スタックオプション* を選択し、スタックは MAM 調査には適用するため、スタック制限を 1 に設定します。



次に *Acquisition* | *Preamp Gains* 選択し、ゲイン設定が *All High Gain* になっていることを確認します。



次に、*File* | *Storage Parameters* を選択し、*Next File Number* を設定する。サーベイラインはライン呼ばれるので、*Next File Number* を201に設定する。*Auto Save* はオンのまま、*Stack Limit* は設定します。*Path of saved data* には、任意のフォルダ名を入力します。



The image shows a 'Storage Parameters' dialog box with the following fields and controls:

- Next File Number: 201
- Auto Save:
- Stack Limit: 1
- Data Type: SEG-2, SEG-D, SEG-Y
- Drive Switching Enabled: (with a Setup button)
- Drive: C: (dropdown)
- Path: C:\SW_Site_1 (dropdown)
- Instruction: Select a path from list or type in name to create a new folder
- Buttons: OK, Cancel

このダイアログボックスはMAMサーベイのセットアップに必要な不可欠な最後のダイアログボックスです。

3.2.2.2 セットアップ後 - MAMデータの取得、表示品質チェック

セットアップが完了したら、データ収集の開始です。SCS のメインウィンドウの例を以下に示します。1D MASW 測定の場合と同様に、データ収集を開始する前にシステムチェックを行います。ウィンドウ下部のステータスバーが *Armed* 状態（緑色）を示していることを確認します。

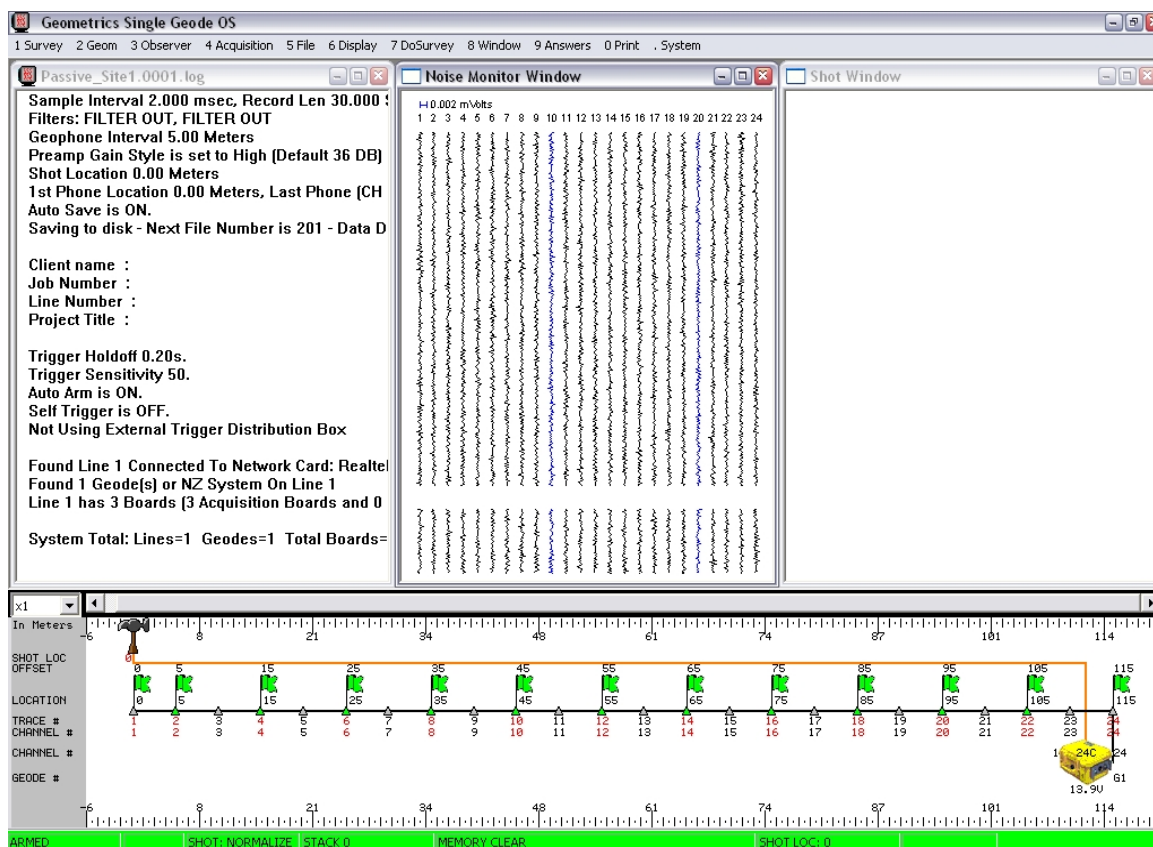
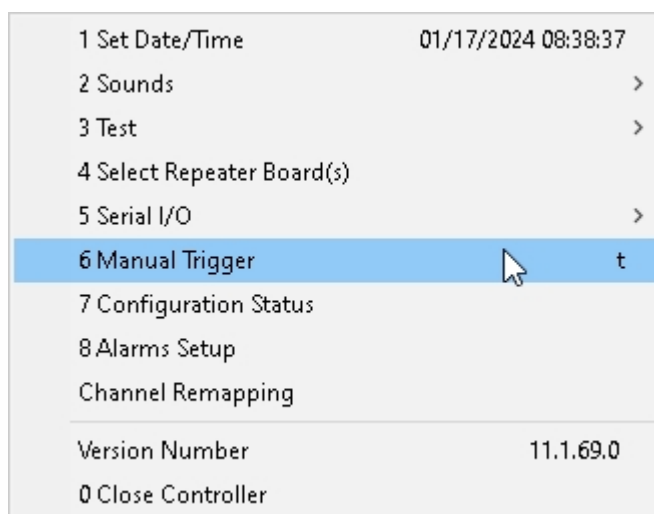


図11: SCS のメインウィンドウ。

準備ができれば、ショートカットキー "t" を押すか、System | Manual Trigger を選択して、手動でトリガーをかける。



トリガー後、記録が取得され保存されるまで待つ。少なくともあと19回繰り返す。ステータス・バーを参照し、記録の取得段階をモニターする。記録長32秒×20レコードで640秒、合計約10分。

典型的なパッシブ・ソースの記録を以下に示す。で表示ゲインを調整する必要があるかもしれません。オートスケールトレース ("6"ショートカットキー)。

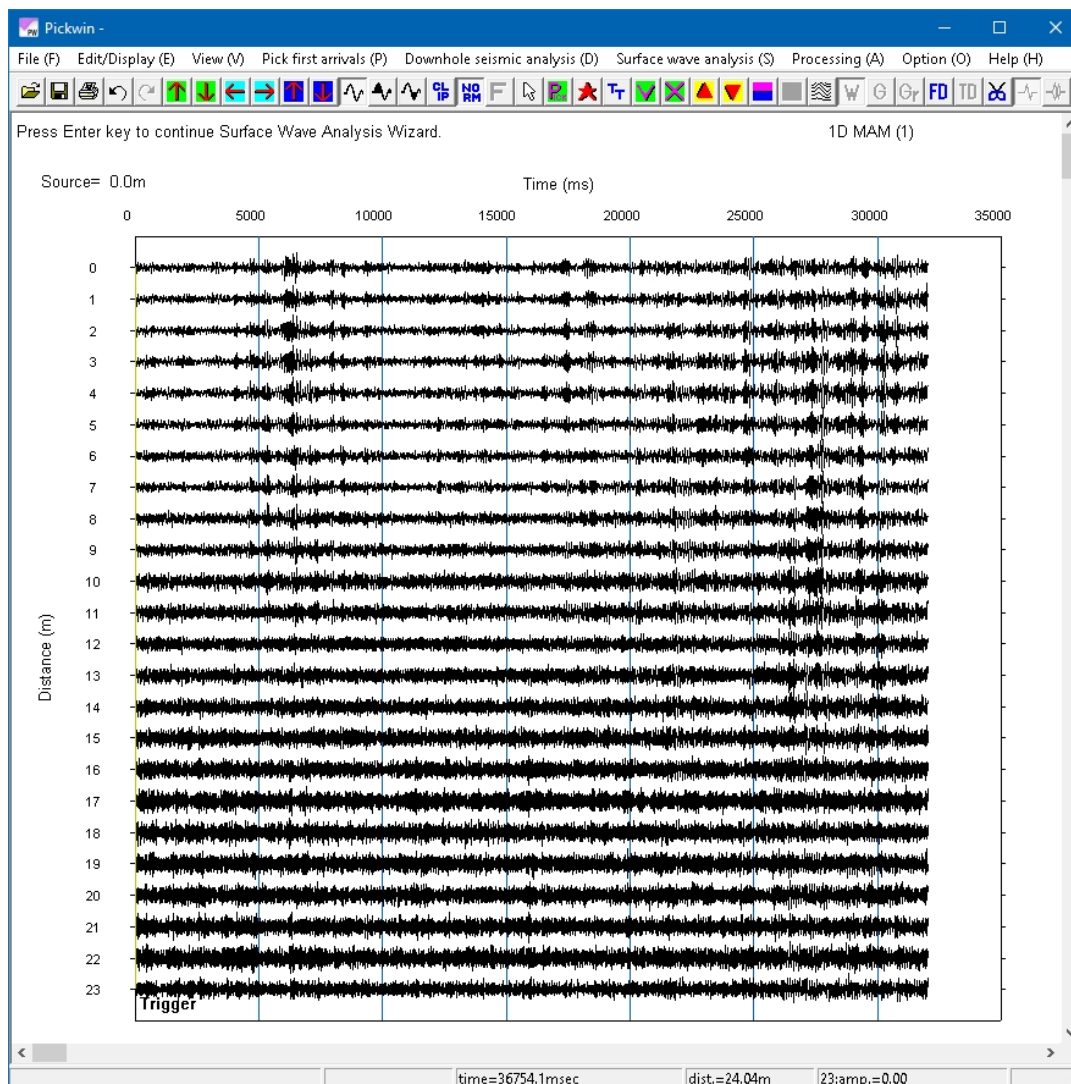


図12: 典型的なパッシブ・ソースの記録。

車が通過した時などにコヒーレントなノイズが発生する可能性がある。振幅の孤立した変動は、通常、データ品質に大きな影響を与えることはありません。記録全体を通して、またトレース間で振幅が大きく変化することなく、安定したレベルの信号が理想的です。

視覚的な分析に加え、データ品質のより高度なチェック、セクション4 (54ページ) および5.3 (212ページ) を参照のこと。

3.3 2D MASWデータ取得

2D MASW 測量では、1D MASW 測量と同様、アクティブソースを使用し、ジオフォンを直線的に配置します。ただし、1ショットではなく、複数のショットを段階的に撮影し、ジオフォンの広がり、調査ラインの長さによっては固定されない場合があります。(ここで、1Dと2Dはそれぞれ v_s 曲線または断面という結果の種類を意味し、広がり形状を意味するものではないことを覚えておいてください)。多数のショットレコードを取得することで、SeisImager/SW は v_s 断面を計算することができます。

[表 3](#) は、アクティブソースの 2 次元 MASW 測量に使用したパラメータをまとめたものである。[3.1 節](#) (11 ページ) のジオフォンの間隔と広がり長の選択に関する議論が適用される。パッシブソースのデータは利用できないか、利用できたとしても 1 次元 v_s カーブを補うだけであるため、アクティブソースのエネルギーレベルは、可能な最大浸透深度に大きく関係する。

パラメータ	セッティング
スプレッド構成	リニア。
スプレッドの長さ	ないと仮定した場合、関心の深さの約2倍に相当。パッシブソースデータで補完した場合、関心の深さにほぼ等しい。
ジオフォンの総数	12人以上、最低16人が望ましい。
ジオフォン間隔	1.5～5m (5～20フィート)：利用可能なチャンネル数と必要なスプレッドの長さに応じて調整。
ジオフォンタイプ	4.5Hzの垂直ジオフォンで、舗装された地面での調査用にベースプレートが付いて。
パラメータ	セッティング
撮影場所	スプレッドの構成に応じて、適切なオフセットと間隔で複数のインラインロケーションを設定。
オフセットに近いショット	スプレッドの長さの約10%～20% (ロールアロング・エンドオン・スプレッドのように、このパラメータがジオフォン間隔の2分の1にならないコンフィギュレーションに適用される)。
ソース機器	スレッジハンマー (最も一般的なもの)、8ポンド (3.6kg)、16ポンド (7.2kg)、20ポンド (9kg)、スプレッドの長さに応じてハンマー重量を増やし、ストライカープレートも増やす。
トリガー	ハンマースイッチをスレッジハンマーの柄にテープで固定し、地震計のトリガーポートに接続。
サンプル間隔	0.5ミリ秒。
レコードの長さ	1～2秒、表面波列を捉えるのに十分な長さ。
	データの質を高めるために必要に応じて、静かな時間帯を待って撮影する。

表3: 2D MASWの取得パラメータ。

3.3.1 2Dマスウ測量ジオメトリ

MASW 測量の基本的な線形ジオメトリは、セクション [3.1.1](#) の 13 ページに記載されている。直線的な広がりは一単純ですが、多数のショットをし、場合によってはジオフォンの広がりを増加させることで、2D MASW 測量のジオメトリはより複雑になります。2D MASW のジオメトリを説明するために、以下のセクションでは Pickwin によって生成されたより高度なプロットを使用します。図は 24 チャンネルの例に基づいています。表4は、このセクションで示される Pickwin ジオメトリプロットで使用される記号を説明しています。

サークル/ドットカラー	意味
ティールブルー	シュートポイント
イエロー	トレース（波形）が読み込まれた受信機。
ブラック	格子点（実際のジオメトリでは意味がない）。

表4: 2次元MASW ジオメトリ・プロットの属性。

2次元MASW測量で使用されるジオメトリ、特に *ロールアロング・エンドオン・スプレッド* の構成は、反射法地震学から採用されているため、見覚えがあるかもしれません。SeisImager/SWはまた、反射の概念である *ミッドポイント*（ソースとレシーバーのペアの中間点）と、同じミッドポイントを持つトレースの集まりである *コモンミッドポイント（CMP）ギャザー* を利用します。SeisImager/SWは、任意のスプレッド構成に対してショットレコード内のすべてのトレースのペアを相互相関させ、CMPによってすべての相関トレースを収集し、次に時間領域で等しい間隔を持つトレースをスタックする（Hayashi and Suzuki, 2004）。これらの追加ステップは、最終的な v_s 断面の横方向の解像度と精度を効果的に向上させることにより、オリジナルのMASW技術を進化させます。

[図13](#)の上段(1)は、ショット記録(1b)とCMPギャザー(1c)のCMP分布を示している。CMPによる収集(1c)と追加（スタッキング）は、サンプリングに焦点を合わせるため、S/N比と横分解能を向上させる。下段(2)は、CMPの概念が表面波法にどのように適用されるかを示している。1D MASWのショット記録による解析(2b)は、1D MASWが全波長にわたって平均化された単一の v_s 提供するため、解像度の問題は生じない。

スプレッドの長さ。1次元MASW v_s 曲線を使って v_s 断面を構成することもできるが、最初にCMPで処理することにより (2c)、横方向の分解能と精度が向上する。

	Single channel record	Shot record	CMP gather
1. Distribution of sampling for reflection methods	<p>1a.</p>	<p>1b.</p>	<p>1c.</p>
	Original surface wave method (SASW)	New surface wave method (MASW)	Advanced surface wave method (CMP-based MASW)
2. Distribution of sampling for active-source surface wave methods	<p>2a.</p>	<p>2b.</p>	<p>2c.</p>

図13: 2D MASWに適用されるCMPコンセプト。

もう1つの問題は、必ずしもメリットとなるわけではないが、むしろ注意すべきことであり、必要に応じて考慮すべきことである。折り返しが多いほど、S/N比が高くなることに注意してください。その結果、折り返しが最大となる中間点から調査ラインの両端にかけて、横方向のサンプリングが減少します。これを考慮した調査方法については後述する。

3.3.1.1 固定レシーバー・スプレッド構成

2D MASW 測定の最も単純な構成は、**固定受信スプレッド**である (図 14)。ジオフォンは固定された位置に一列に設置され、ショットはスプレッド内を移動する。最初のショットは、ジオフォン間隔の2分の1のニアオフセットでオフエンドに配置されます。その後、ショットはジオフォンの間隔に等しい増分で進められ、後続のショットはジオフォンの中間に位置します。ショット番号が増加するにつれて、ショットの位置は調査距離を1インターバル進む。

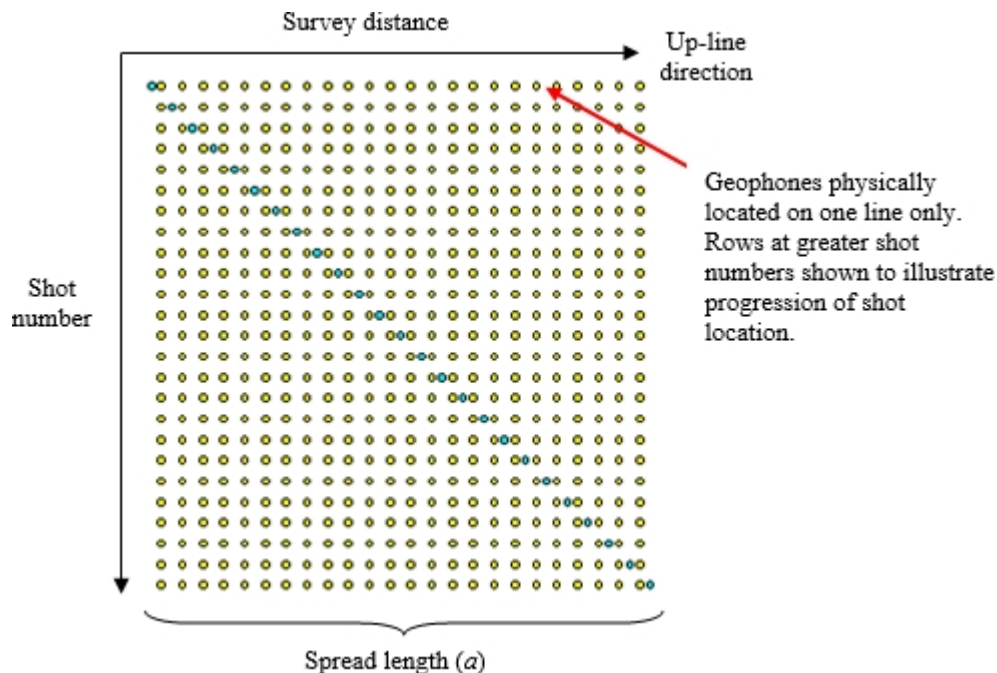


図14: 2D MASW固定受信機のスプレッド構成。

最後のショットは、同じようにジオフォンの間隔の2分の1のニアオフセットで反対側の端に位置している。

スプレッド長 (a) はアクティブなジオフォンが存在する調査ラインの長さに等しい。調査深度は約 $a/4$ から $a/2$ である。

受信機スプレッドの固定は、対象ラインの長さがあまり長くない場合、調査エリアが狭い場合、利用できるチャンネルや時間・労力が限られている場合に有効である。

ショット間隔がジオフォンの間隔に等しい場合、折れ線は中央のショット、つまり中央の2つのジオフォンの間で最も大きくなり、その両側で先細りになる。先細りの影響は、深部での分析精度を低下させる。調査対象ライン全体で完全な折り返しが必要な場合は、[連続固定受信スプレッド](#) (3.3.1.2 節) または [ロールアロングエンドオンスプレッド](#) (3.3.1.3 節) を使用する。

3.3.1.2 連続固定レーザー・スプレッド構成

多くの場合、1回の固定受信機スプレッドでは、対象とする調査ラインの長さをカバーするのに十分ではありません。そこで、固定受信機スプレッドを連続的に使用することができる。一組のショットを撮影し、過去の受信機をライン上に移動させ、別のショットで再開する (図15)。まず、スプレッドAが設定され、12ショット（エンドショット1ショットとインナーズプレッドショット11ショット）が撮影される。サブスプレッドA1からのレーザーはアップラインに進められ、サブスプレッドB1となる。さらに12ショット（インナーズプレッド）の撮影が再開され、サブスプレッドA2がアップラインに進められ、サブスプレッドB2となる。各ショットには24のライブチャンネルがある。このプロセスは、関心のあるサーベイラインの長さが終了するまで続けられる。

をカバーした。

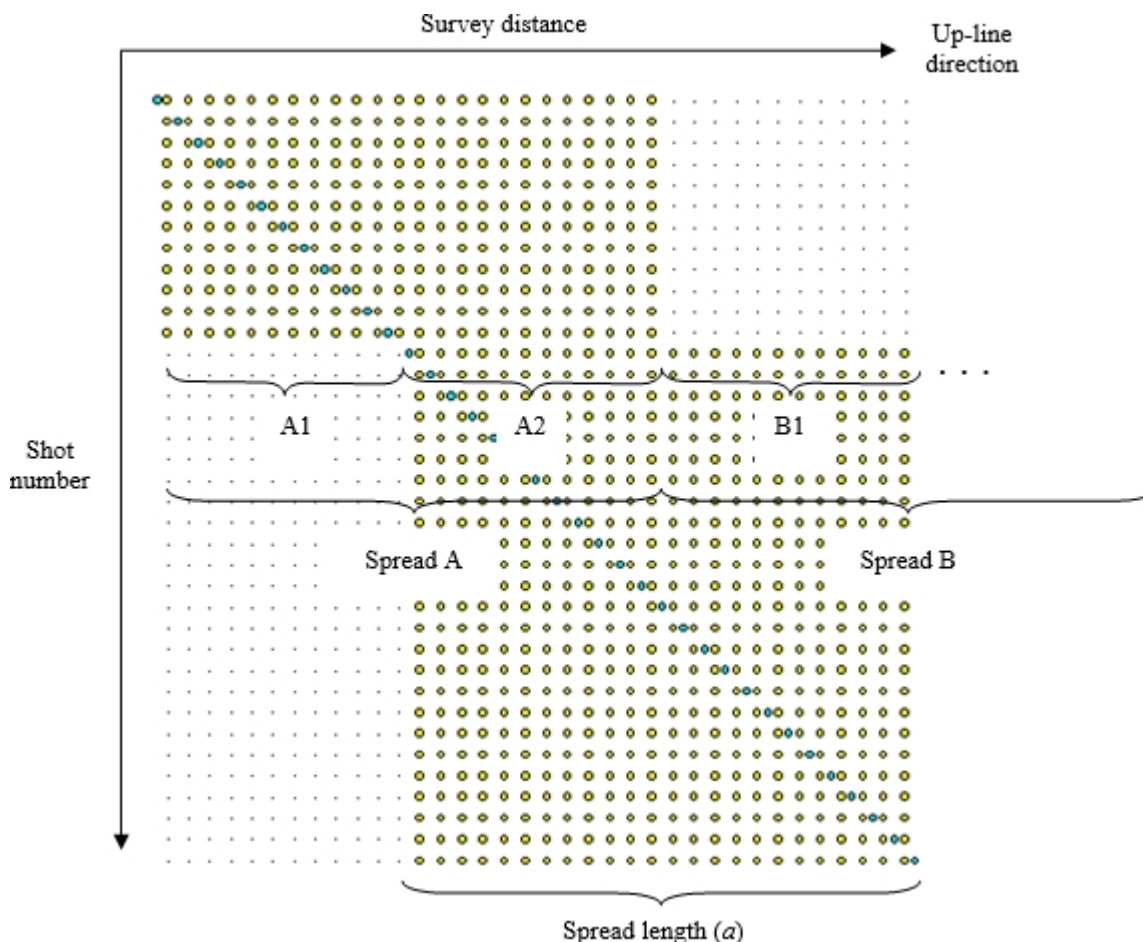


図15: 2D MASW連続固定受信機ジオメトリ。

拡散長(a)はアクティブなジオフォンが存在する調査ラインの長さに等しい。調査深度は約 $a/2$ である。

折り返しは、始点から終点までのショット数が、1ショットあたりのアクティブなジオフォンの数の半分に等しくなったときにフル値となり、終点から終点までの残りショット数が、1ショットあたりのアクティブなジオフォンの数の半分に等しくなったときにフル折り返しが先細りし始めます（この場合も、ショット間隔がジオフォンの間隔に等しい場合）。図15の例では、ジオフォン12と13の間（サブスプレッドA1とA2の間）のショット13でフルフォールドが開始されます。フルフォールドの位置を調査対象ラインの始点と終点に配置できるように、調査地点にはスペースを空けておくのがベストプラクティスです。2mの間隔で12個のジオフォンを先細りにした折れ線は24mに相当し、調査対象ラインが x に相当する場合、全調査ラインは $24m+x+24m$ に相当する。

この捕捉方法では、地震計チャンネルの2分の1に相当する数の取出口を持つスプレッドケーブルが必要である。これにより、最初のスプレッドケーブルと関連するジオフォンを

をピックアップし、中間点で前進させる。図 15 の例では、24 チャンネルの地震計の場合、2 本の 12 テイクアウトケーブルが必要です。さらに、3本目のスプレッドケーブルとジオフォンのセットがあれば、サブスプレッドB1を事前にセットアップすることができ、各ショットセットの間のダウンタイムを最小限に抑えることができます。

調査ラインが非常に長い場合、受信機のスプレッドを連続的に固定するのは面倒になる。この方法を進化させ、効率を高めたのが、ロールアロングエンドオンスプレッド構成である。

3.3.1.3 ロールアロング・エンドオン・スプレッド構成

長い測量ラインでは、連続的な固定受信機のスプレッドに比べて、より自動化された手段で効率的にスプレッドを進める必要がある。ロールアロング・エンドオン・スプレッド構成を使用してこれを実現するには、3つの方法がある。

方法A: ソフトウェアによるロールアロング: 最近の地震計のほとんどは、ソフトウェアによってアクティブなチャンネルをロールアロングすることができます。地震計は、実際のライブチャンネル数よりも多くのチャンネルを必要とします。例えば、24チャンネルが必要なライブチャンネル数である場合、48ジオフォンを備えた48チャンネルの地震計がセットアップされます。

ソフトウェアのロールアロングを使用し、24のライブチャンネルを合計48までロールする。最初のショットでは、チャンネル1-24がアクティブになり、2番目のショットでは、チャンネル2-25がアクティブになります。チャンネル25-48がアクティブな最後のショットの後、スプレッドの前半がピックアップされ、連続固定受信スプレッドのようにアップラインに移動します。ソフトウェアロールアロングは、アクティブなスプレッドをロールするためだけでなく、ジオメトリ座標をロールする他の方法にも使用されることに注意してください。

方法B: 陸上ストリーマ: ジオフォンは地面に重力接触する「ストリーマ」に固定され、通常、手またはATVなどの車両で牽引される。ストリーマは車両に設置された地震計に接続され、ジオフォンの数は記録チャンネルの数と等しく、すべてのチャンネルは各ショットのためにアクティブに保たれる。震源は通常、車両とストリーマの間、またはストリーマのダウンライン端に位置し、その位置は各ショット後にストリーマとともにインクリメントされる。

方法C: 機械式ロールボックス (ロールアロングスイッチとも呼ばれる): 別個のボックスをスプレッドケーブルと地震計の間に接続し、入出力ケーブル一式と連動させる。スプレッドケーブルの取出し数は、地震計のチャンネル数よりも多く、通常は100%である。ロールボックスは、チャンネルとテイクアウト間の接続を機械的に回転させることによって、地震計チャンネルをアップラインに進めることができます。例えば、合計48個のテイクアウトを持つスプレッドケーブルは、48チャンネルの入力と24チャンネルの出力を持つロールボックスに接続され、24チャンネルの地震計に送信されます。最初のショットでは、チャンネル1-24がテイクアウト1-24に接続され、テイクアウト25-48は切り離される。最初のショットの後、チャンネル接続はロールボックスのダイヤルを回すことで進められ、チャンネル1が切り離され、チャンネル25が接続される。ソースロケーションはアクティブスプレッドとともにインクリメントされる。

すべてのシナリオにおいて、ショットは通常、測量線の長さの約10%から20%に相当するオフセットがある。

図16は、固定受信機スプレッド構成をライン端で使用したロールアロング・エンドオン・スプレッド構成を示している。

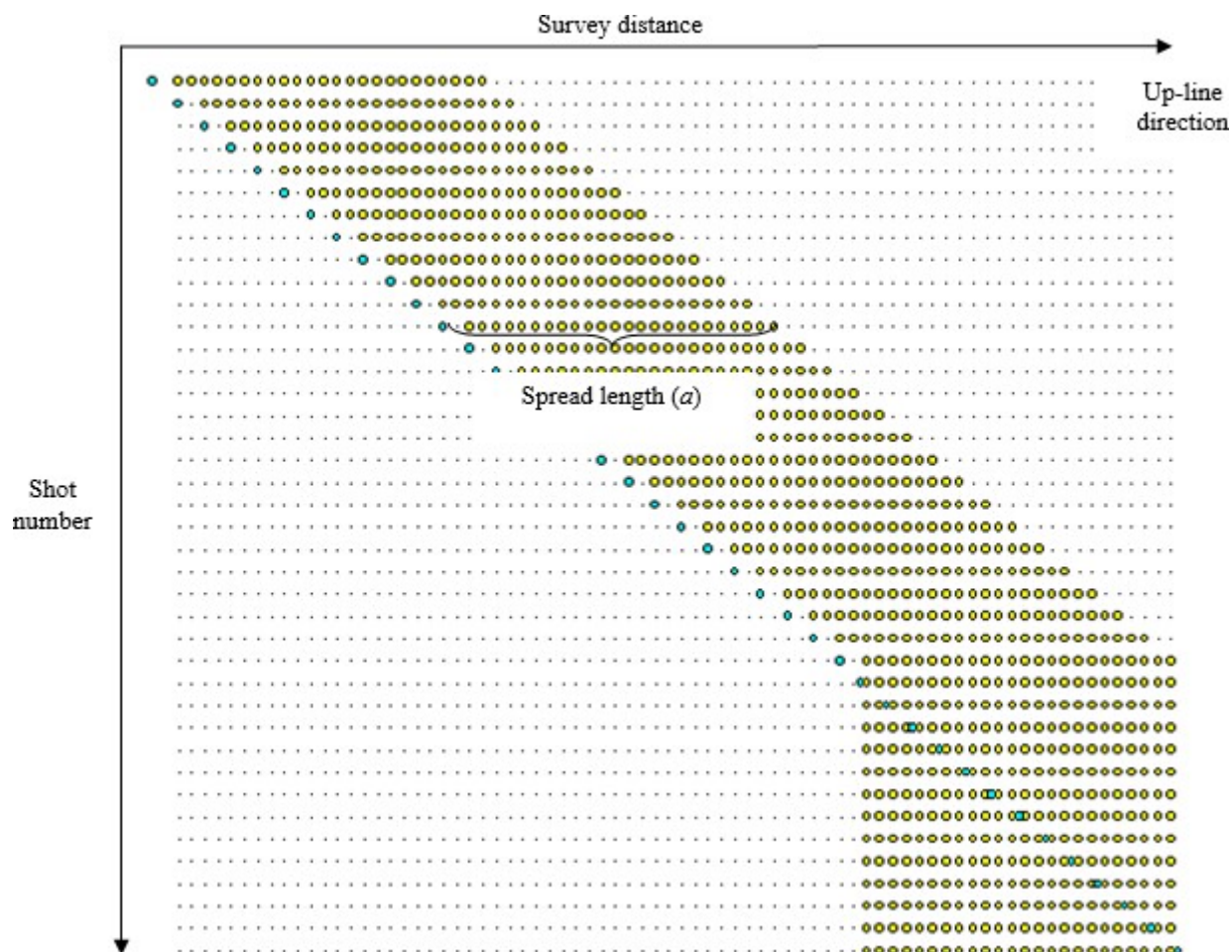


図16: 2D MASWロールアロング・エンドオン・ジオメトリー。

拡散長(a)は、アクティブなジオフォンが存在する調査ラインの長さに等しい。調査深度は約 $a/2$ である。フォールド値は他のスプレッド構成と同様に決定される。

3.3.2 ジオメトリックス地震計コントローラソフトウェアによる2次元 MASW調査データ取得

2D MASW 測量のデータ収集セットアップには、1D MASW 測量のセットアップで使ったものと同じダイアログボックスに加え、高度なジオメトリ設定のためのダイアログボックスがいくつかあります。このセクションでは、1D MASW 測量のセットアップを既に行ったことを前提に、2D MASW 測量の新しいダイアログボックスのみを説明します。ダイアログボックスについては、[3.1.2 節](#) (13 ページ) を参照してください。

1D MASWのセットアッププロセスと、両サーベイのセットアップに共通するダイアログボックスの詳細については、こちらをご覧ください。

3.3.2.1 2Dマスウ・サーベイ scs セットアップ

1次元と2次元のMASW測定のセットアップの違いは、ジオメトリである。前述したように、2D MASW 測定では、インクリメントされた位置で多数のショットが行われ、ジオフォンの広がりには固定されている場合もあれば、固定されていない場合もあります。ジオメトリは取得中に自動的に更新され、ファイルヘッダに記録されることもあれば、観測者のノートに手書きで記録され、データ処理中に SeisImager/SW で割り当てられることもあります。各ショットの後にソフトウェアでジオメトリを手動で更新することも可能ですが、通常、生産が遅くなるためお勧めできません。

SCS は、使用するスプレッド構成と SCS roll-along 機能の有無によって、ショット座標のみを自動的にインクリメントするように設定することも、ショット座標とレシーバ座標の両方を自動的にインクリメントするように設定することもできます。SCS roll-along 機能があり、取得中にファイルヘッダにジオメトリを記録する場合は、このセクションに進んで SCS をセットアップします。SCS roll-along 機能がない場合、および/またはデータ処理時に SeisImager/SW でジオメトリを割り当てる場合は、このセクションを読み飛ばしてください。

セクション [3.1.2.1](#) (14ページ冒頭) が完了すると、*固定受信スプレッド*、*連続固定受信スプレッド*、または*ロールアロングエンドオンスプレッド*の構成に応じて、ショットと受信座標が自動的にインクリメントされるように設定することができます。

受信機のスプレッドを固定した設定の場合、ショット座標はショット毎に自動的に進むように設定されている。まず、[Geometry]ダイアログボックスを使用して、ショットの開始位置がスプレッドからジオフォン間隔の 1/2 だけずれていることを確認します。Geom| Group/Shot Locations を選択します：

This is geometry of next file to be written

Shot coordinate

	2.50							
	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	1	2	3	4	5	6	7	8
Trace	1	2	3	4	5	6		
Interval	5.00		5.00		5.00		5.00	
Geophone coordinate	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00		
Gain	HIGH 36	HIGH 36	HIGH 36	HIGH 36	HIGH 36	HIGH 36		
Use	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA		
Freeze	NO	NO	NO	NO	NO	NO		

USE LEFT/RIGHT KEYS SHIFT SHOT POINT BY PHONE INTERVAL
OR ENTER NEW SHOT LOCATION.
PRESS ENTER WHEN DONE.
DOWN KEY FOR PHONE INTERVAL

Ripple (In Feet)

例1C:

固定受信機の広がり、ジオフォンの間隔が 10 フィート、最初のジオフォンの座標が 100 フィートの場合、最初のショットは 95 フィートに設定されます:

This is geometry of next file to be written

Shot coordinate

5.00

1 2 3 4 5 6 7 8

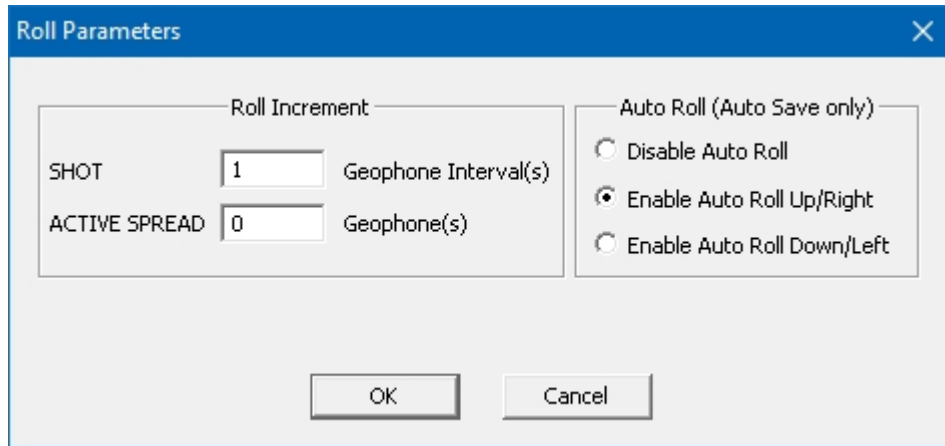
Trace	1	2	3	4	5	6
Interval	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	
Geophone coordinate	100.00	110.00	120.00	130.00	140.00	150.00
Gain	HIGH 36	HIGH 36	HIGH 36	HIGH 36	HIGH 36	HIGH 36
Use	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA
Freeze	NO	NO	NO	NO	NO	NO

USE LEFT/RIGHT KEYS SHIFT SHOT POINT BY PHONE INTERVAL
 OR ENTER NEW SHOT LOCATION.
 PRESS ENTER WHEN DONE.
 DOWN KEY FOR PHONE INTERVAL

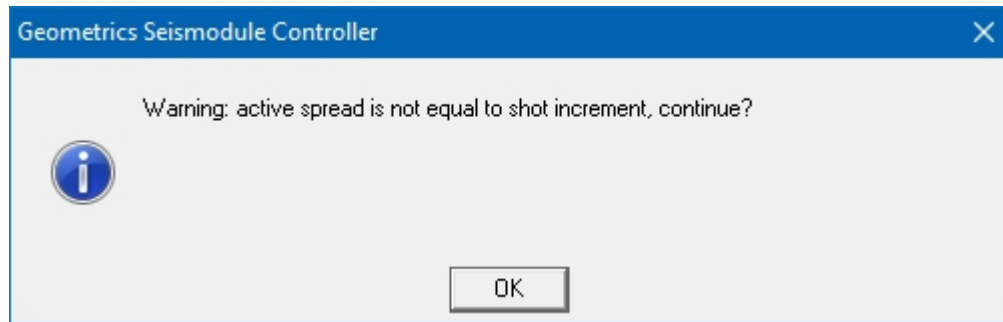
Ripple (In Feet)

例1Cを終了する。

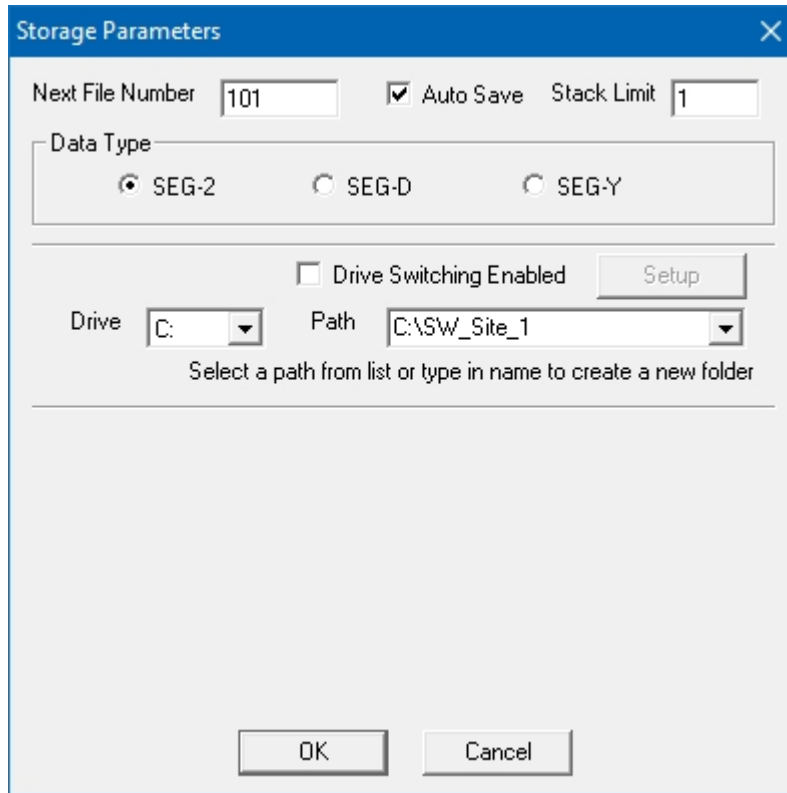
次に、**Roll Parameters** ダイアログボックスでショット座標のローリングを設定します。*Geom| Roll Parameters* を選択します。ショットロールインクリメント (*Shot Roll Increment*) には1を指定します。ショット開始座標がジオフォンの間隔の半分だけずれている場合、*Shot Roll Increment* を1にすると、残りのショットはジオフォンの中間に配置されます。*Enable Auto Roll Up/Right* にチェックを入れると、ショットを「右」つまり上方向に進めることができます。ショットがジオフォンスプレッドの右側にある場合は、"left" またはダウンラインにロールします。完了したらOKを押します。



*Shot Roll Increment*と*Active Spread Roll Increment*が等しくない場合、警告が表示される。この、受信機のスプレッドは固定されており、ショットとともにロールすることはないはずなので、警告を無視してOKを押す。



次に、自動ローリングで*自動保存*を有効にします。*File | Storage Parameters*を選択する：



The image shows a 'Storage Parameters' dialog box with the following fields and options:

- Next File Number: 101
- Auto Save:
- Stack Limit: 1
- Data Type:
 - SEG-2
 - SEG-D
 - SEG-Y
- Drive Switching Enabled: (with a Setup button)
- Drive: C: (dropdown)
- Path: C:\SW_Site_1 (dropdown)
- Text below Path: Select a path from list or type in name to create a new folder
- Buttons: OK, Cancel

- 連続固定受信スプレッド構成の場合、ショット座標は、固定受信スプレッドと同じように、各ショットの後に自動的に進むように設定されます。また、前半のジオフォンを上方向に進めた後、ジオフォンが占める新しい位置の座標をジオメトリダイアログボックスで割り当てる必要があります。

例1D:

ジオフォンの間隔が 10 フィート、最初のジオフォンの100 フィートで、連続した固定レシーバーのスプレッドの場合、開始ショット座標は 95 フィートに設定される。ジオフォン座標はジオフォン 1 が 100 フィート、ジオフォン 12 が 210 フィート、ジオフォン 24 が 330 フィートに設定される。


This is geometry of next file to be written

Shot coordinate

5.00							
△	△	△	△	△	△	△	△
1	2	3	4	5	6	7	8

Trace	1	2	3	4	5	6
Interval	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	
Geophone coordinate	100.00	110.00	120.00	130.00	140.00	150.00
Gain	HIGH 36	HIGH 36	HIGH 36	HIGH 36	HIGH 36	HIGH 36
Use	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA
Freeze	NO	NO	NO	NO	NO	NO

USE LEFT/RIGHT KEYS SHIFT SHOT POINT BY PHONE INTERVAL
 OR ENTER NEW SHOT LOCATION.
 PRESS ENTER WHEN DONE.
 DOWN KEY FOR PHONE INTERVAL

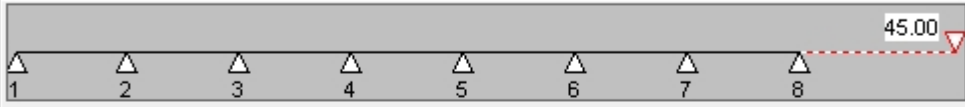
Ripple 

(In Feet)

ジオフォンの前半がライン上に進んだ後、継続座標は220～450フィートに設定され、次のスタートショット座標は215フィートに設定される。

This is geometry of next file to be written

Shot coordinate



Trace	1	2	3	4	5	6
Interval	<input type="text" value="10.00"/>	<input type="text" value="10.00"/>	<input type="text" value="10.00"/>	<input type="text" value="10.00"/>	<input type="text" value="10.00"/>	<input type="text" value="10.00"/>
Geophone coordinate	<input type="text" value="100.00"/>	<input type="text" value="110.00"/>	<input type="text" value="120.00"/>	<input type="text" value="130.00"/>	<input type="text" value="140.00"/>	<input type="text" value="150.00"/>
Gain	<input type="text" value="HIGH 36"/>	<input type="text" value="HIGH 36"/>	<input type="text" value="HIGH 36"/>	<input type="text" value="HIGH 36"/>	<input type="text" value="HIGH 36"/>	<input type="text" value="HIGH 36"/>
Use	<input type="text" value="DATA"/>	<input type="text" value="DATA"/>	<input type="text" value="DATA"/>	<input type="text" value="DATA"/>	<input type="text" value="DATA"/>	<input type="text" value="DATA"/>
Freeze	<input type="text" value="NO"/>	<input type="text" value="NO"/>	<input type="text" value="NO"/>	<input type="text" value="NO"/>	<input type="text" value="NO"/>	<input type="text" value="NO"/>

USE LEFT/RIGHT KEYS SHIFT SHOT POINT BY PHONE INTERVAL
 OR ENTER NEW SHOT LOCATION.
 PRESS ENTER WHEN DONE.
 DOWN KEY FOR PHONE INTERVAL

Ripple (In Feet)

例1Dを終了する。

ロールアロングエンドオン Spredd構成の場合、ジオメトリのセットアップは、ソフトウェアロールアロング（[方法A](#)）、ランドストリーマー（[方法B](#)）、またはメカニカルロールボックス（[方法C](#)）のいずれかを使用するローリング方法（セクション[3.3.1.3](#)、44ページ）に依存する。

[方法A](#)を使ってセットアップする場合、ショット記録ごとにチャンネル番号が一様になるように、サブセット（通常はチャンネルの4分の1または2分の1）を非アクティブにする。ジオフォンのアクティブ Spreddは、非アクティブ化されたチャンネルを通過します。最初のうちは非アクティブなチャンネルは連続していますが、アクティブなチャンネルが上方向に進むにつれて、下方向に非アクティブなチャンネルが増え、上方向に非アクティブなチャンネルが減っていきます。

例1E:

[方法A](#)を使用したロールアロング・エンドオン・ Spreddの場合、総チャンネル数が48、各ショットのライブチャンネル数が24であるため、チャンネル25から48は非アクティブとなる。

This is geometry of next file to be written

Shot coordinate

4.00

1 2 3 4 5 6 7 8 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47

Trace	22	23	24	25	26	27
Interval	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
Geophone coordinate	142.00	144.00	146.00	148.00	150.00	152.00
Gain	HIGH 36	HIGH 36	HIGH 36	HIGH 36	HIGH 36	HIGH 36
Use	DATA	DATA	DATA	INACTIVE	INACTIVE	INACTIVE
Freeze	NO	NO	NO	NO	NO	NO

1 - DATA, 2 - AUX, 3 - N/A, 4 - INACTIVE
 USE LEFT/RIGHT KEYS TO SELECT CHANNEL.
 PRESS ENTER WHEN DONE.
 UP KEY FOR PREAMP GAIN, DOWN FOR CHANNEL FREEZE

Ripple (In Meters)

OK を押すと、SCS のメインウィンドウのジオメトリツールバーに、ジオフォン 25 から 48 のシンボル（赤丸で囲んだもの）が灰色で表示され非アクティブ化が反映されます。

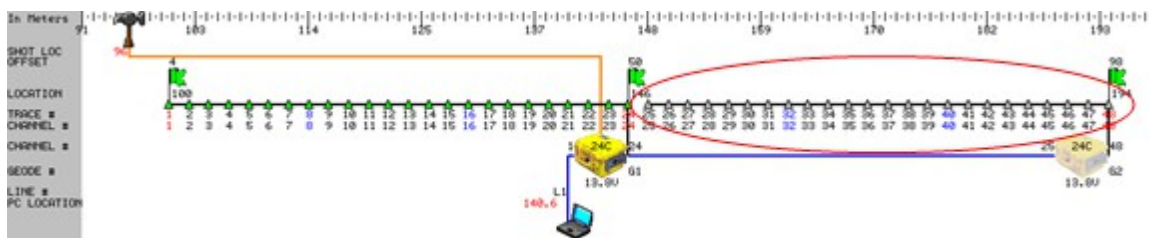
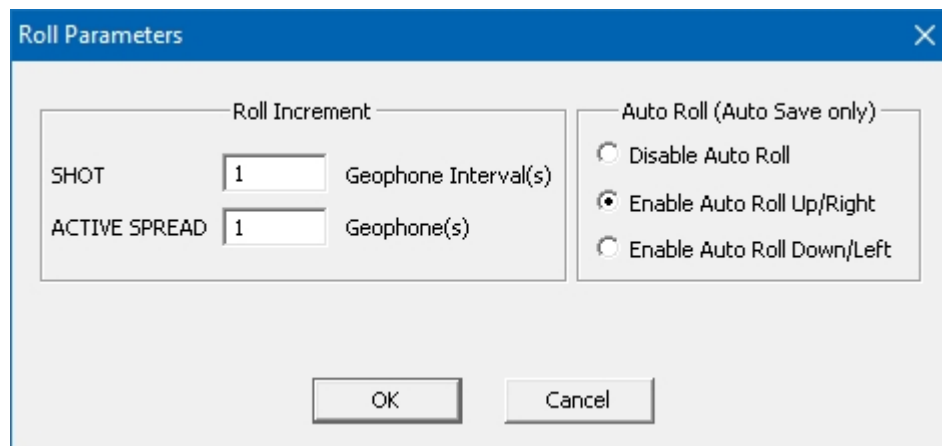


図17: ジオメトリツールバー

ショットロールインクリメント (*Shot Roll Increment*) とアクティブスプレッドインクリメント (*Active Spread Increment*) は両方とも 1 に設定されており、ショット座標とアクティブなジオフォンのセットは、各ショット後に 1 インターバルずつ進みます。Enable Auto Roll Up/Right にチェックを入れると、"右"、つまりアップラインにロールします。



例1Eを終了する。

[方法B](#)と[方法C](#)を使ってセットアップする場合、どのチャンネルもソフトウェアで非アクティブにし、ショットとジオフォンの座標の両方を各ショットの後に進める。機械式ロールボックスを使用する[方法C](#)の場合、チャンネルとジオフォンの接続を設定するダイヤルも、各ショット後に座標と同期して進める必要があります。

SCSのロールアロング機能についての詳しい説明は、ご使用の地震計の別冊マニュアルをご参照ください。

3.3.2.2 セットアップ後 - 取得、表示、品質チェック

2D MASWデータ

セットアップが完了したら、データ収集を開始します。1D MASW調査でも説明したように、取得を開始する前に同じシステムチェックを行い、データ表示を最適化するために同じ調整を行い、同じデータ品質分析を実行します。

アクティブ・ソースの記録を収集し、データに満足したら、該当する場合はパッシブ・ソースの調査に進む。

4 ウィザードを使ったデータ分析

SeisImager/SWは、アクティブな震源に対しては1次元および2次元のMASW、パッシブな震源に対してはMAMデータ解析が可能です。1次元解析では v_s 曲線が、2次元解析では v_s 断面図が出力されます。

注意単位を変更した場合、WaveEQの位相速度プロットの軸のリミットを変更しなければならない場合があります。

注: 一般的に、ウィザードを実行する前に、Pickwin、WaveEQ、GeoPlotの単位を確認し、3つのモジュールすべてを終了するのが最善です。これを怠ると、エラーが発生し

プログラムが不安定になる。この、モジュールを工場出荷時のデフォルトにリセットすることで解決します。3ページの注記を参照してください。

4.1 表面波解析ウィザード

第1章 (1 ページ) と第2章 (5 ページ) で説明したように、Pickwin、WaveEq、GeoPlot の各モジュールは SeisImager/SW を構成しており、表面波解析ウィザードはこれら3つのモジュールの関数を自動的に呼び出して処理のフローを説明します。1次元 MASW 活断層データ (4.1.1 節、55 ページ)、MAM 受動断層データ (4.1.2 節、78 ページ)、2次元 MASW 活断層データ (4.1.3 節、90 ページ) の処理フローがあります。

このセクションでは、ウィザードの操作、処理の流れ、基本的なダイアログボックスのパラメーターについて説明します。メニュー項目とダイアログ・ボックス・パラメーター (詳細メニューの一部の項目を含む) の完全な説明と解説については、セクション5.3 (212ページ) とセクション7 (324ページ) を、処理フローを手動で再現できるようにウィザードで使用される関数の順序付きリストについては、付録A (A-2ページ) を参照してください。

一般的な処理の流れは以下の通り:

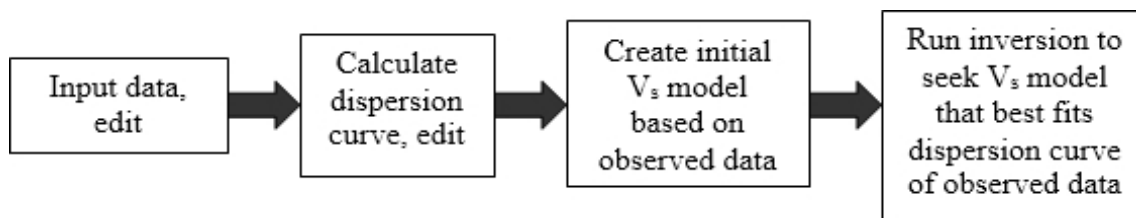


図18: 表面波処理の流れ。

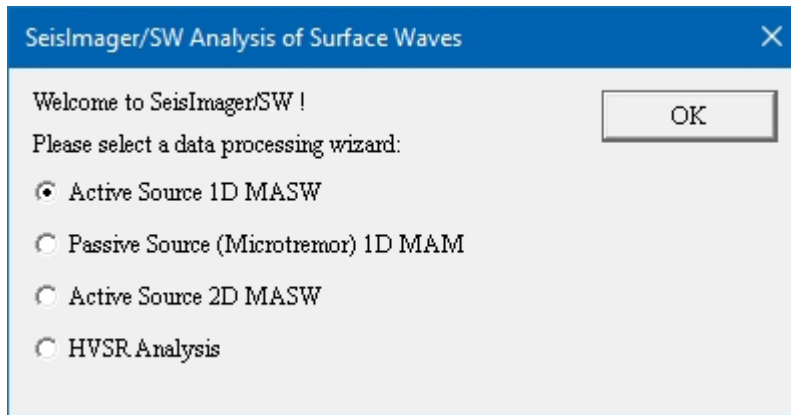
ウィザードはEnterキーに基づいている。いつでも、メニューを入力することで、ウィザードを手動で書き直すことができる。完全な1Dデータセットは、少なくとも1つのアクティブソースファイルとパッシブソースファイルのセットで構成され、完全な2Dデータセットは一連のアクティブソースファイルで構成されます (合計数は調査によって異なります)。パッシブソースの結果は、より深いコントロールのために2D MASWデータセットと統合することもできます。データセットの統合はウィザード外で手動で行います (セクション4.2、156 ページ)。

4.1.1 アクティブソース1D MASWウィザード

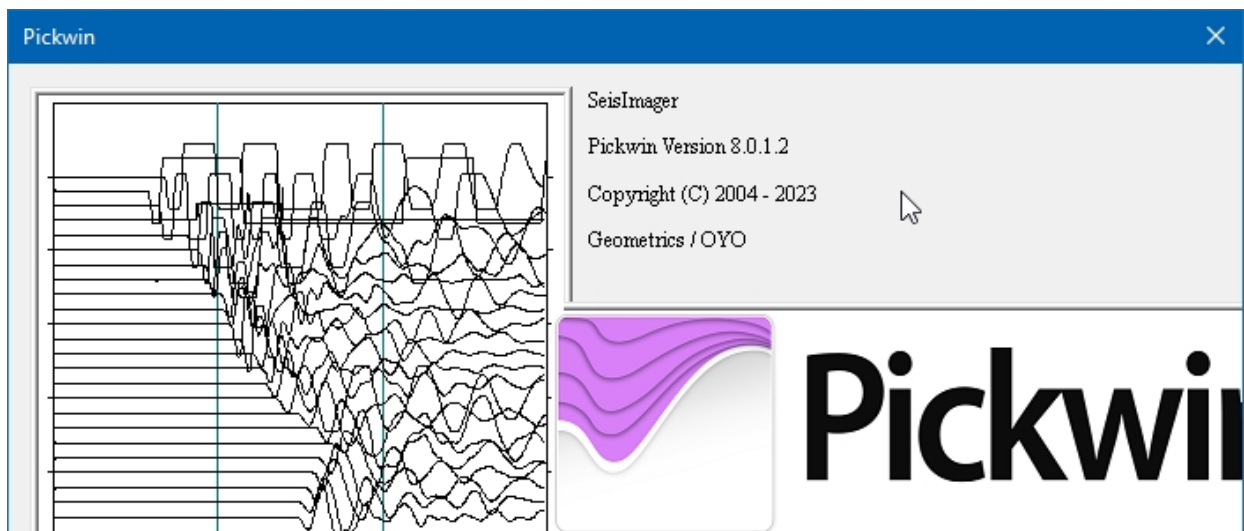
表面波解析ウィザードのアイコンをダブルクリックします。



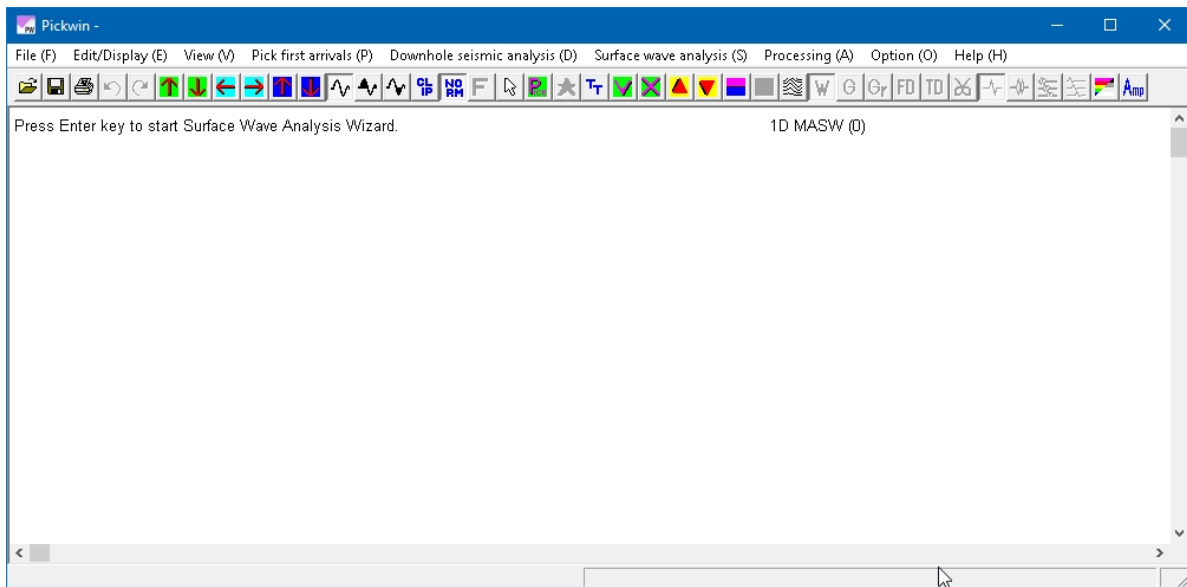
SeisImager/SW Analysis of Surface Waves ダイアログボックスが表示されます。Active-source 1D MASWを選択してOKを押す。



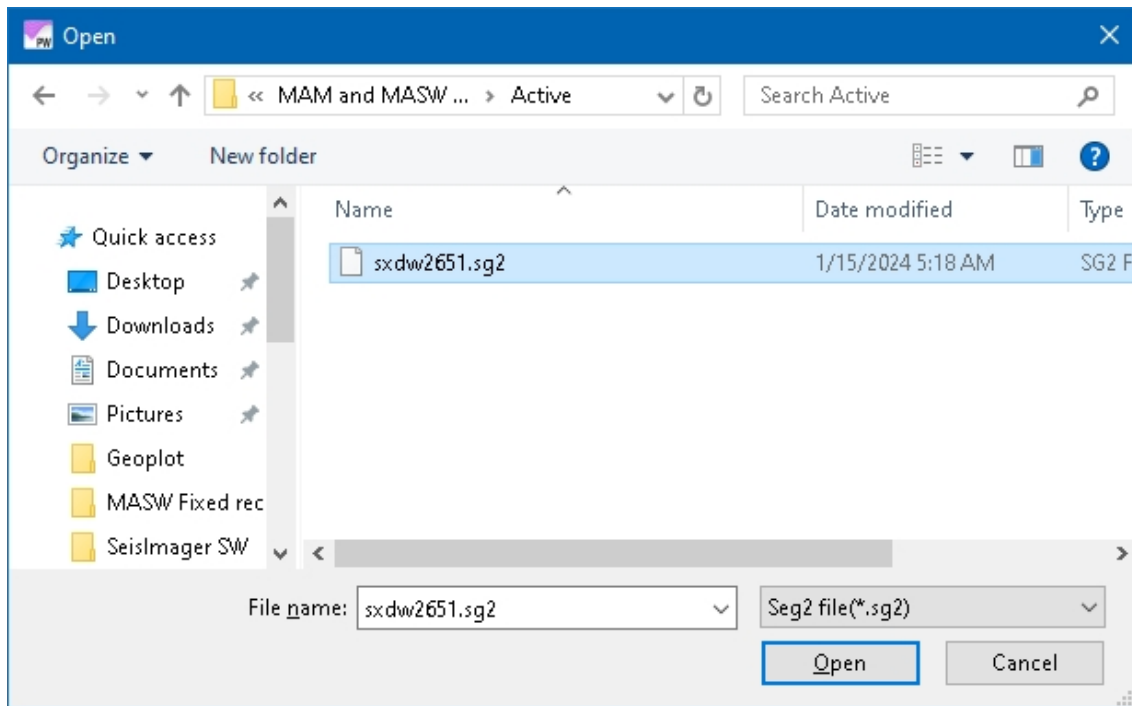
Pickwinモジュールが立ち上がる。



Pickwinのメインウィンドウが表示されます。ウィザードは**ファイルメニュー**と**表面波解析メニュー**から関数を呼び出します。ウィンドウ左上の指示に従ってEnterキーを押して開始します。



最初のステップは、アクティブソースのデータファイルを入力することです。ファイルをハイライトし、*Open*を押します。(Enter キーを使ってもよい)。



波形ファイルが表示されます。

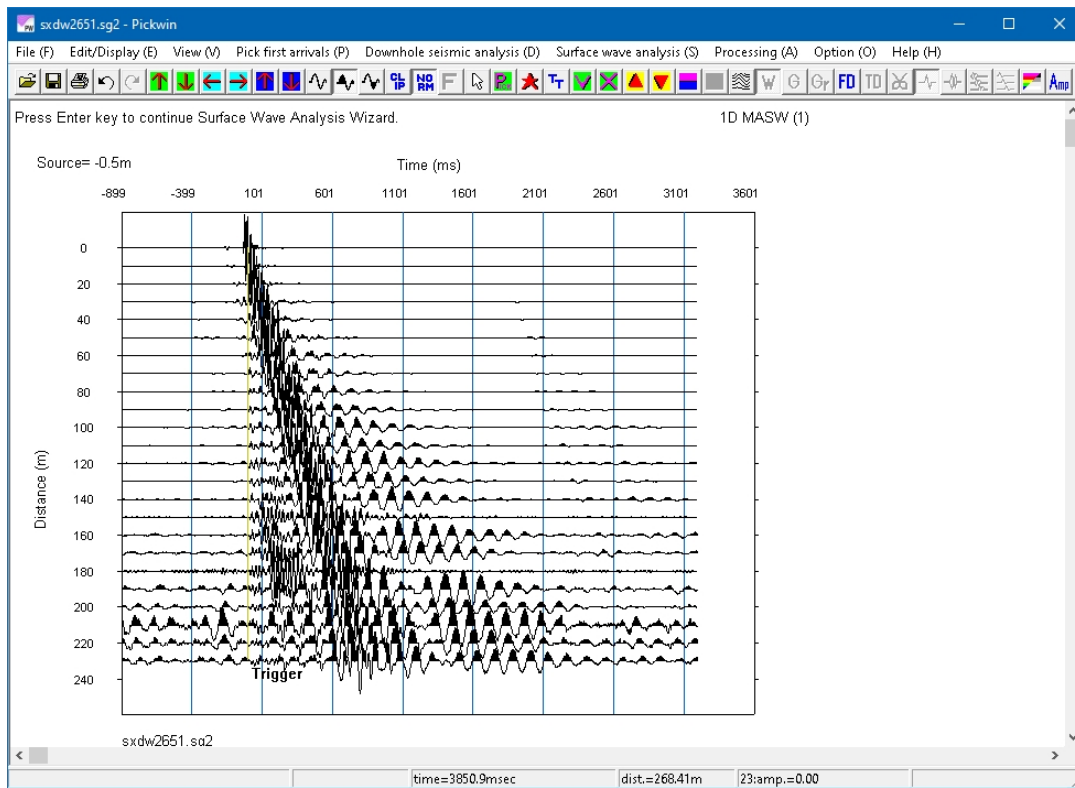
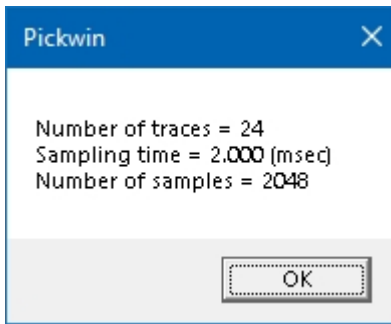
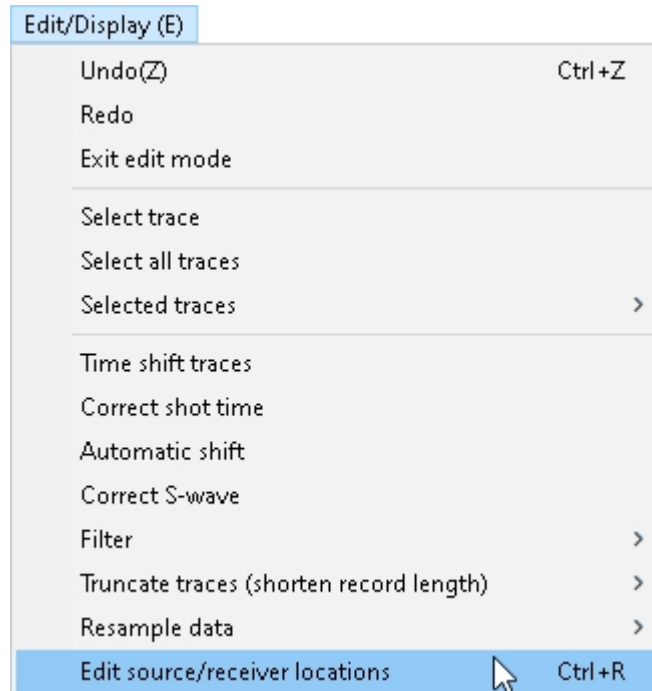


図19: ショットの記録。

表示されたユニットラベルが正しくない場合は、**Edit/Display** メニューを開き、*Edit source/receiver locations* を選択します。



Geometryダイアログボックスが表示され、*Units*設定でメートルとフィートから選択できる。*単位*設定は、ダイアログボックスに表示される単位ラベルに影響するだけでなく、分散曲線を選択するために使用される[最小位相速度]のデフォルト値 (35 m/sまたは150 ft/s) を更新します。一度設定すると (そしてPickwinを閉じると)、割り当てられた単位はそれ以降ウィザードを使用するときに呼び出されます。**(新しい単位設定を登録するにはPickwinを閉じる必要があります)**。ウィザードの最後にPickwinを閉じるだけで、新しい*単位*設定が登録されます。

ジオメトリダイアログボックスには、撮影時にファイルヘッダに保存されたソース座標とレシーバ座標も表示されます。エラーがある場合は、*Shot* 座標と *Group interval* に正しい値を入力して、ここで修正します。*Set* を押して新しい *Group interval* を適用し *Geophone* 座標を再計算します。完了したら *OK* を押す。

Geometry

Shot coordinate: -0.5

Units: meters feet

Number of channels: 24

Group interval: 10 (Set)

First geophone coordinate: 0

Channel	1	2	3	4	5	6
Interval	10	10	10	10	10	
Geophone coordinate	0	10	20	30	40	50

Buttons: OK, Cancel, Open geometry file, Save geometry file, Back, Next

波形ビューでは、表示を最適化するために設定を変更することができます。これらの設定はすべて屈折データ処理用のSeisImager/2Dと共通です。完全な説明はSeisImager/2Dの[マニュアル](#)を参照してください。

必要な主な機能は、波形振幅 ボタン、水平スケール ボタン、水平ス ール ボタン、水平スケール ボタン、水 スケール ボタン、水平スケール ボタンです。

ボタン、Vertical scale ボタン、Normalize ボタン。完了したら、Enterキーを押

して続行する。

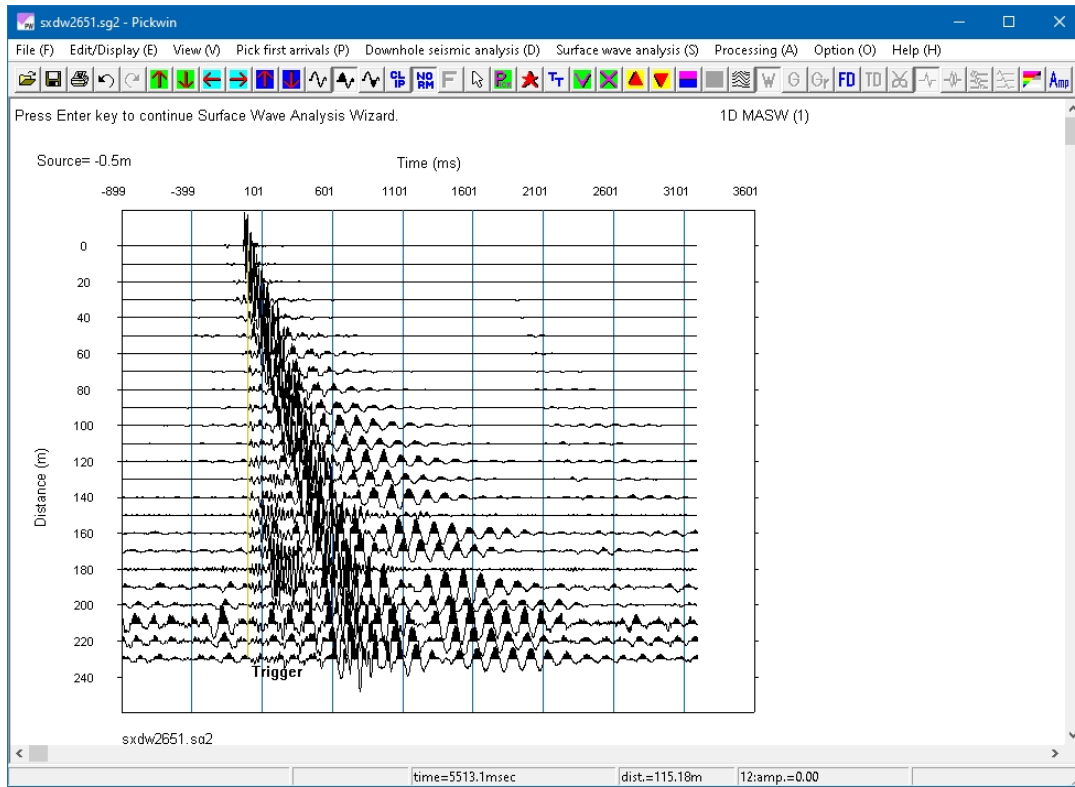
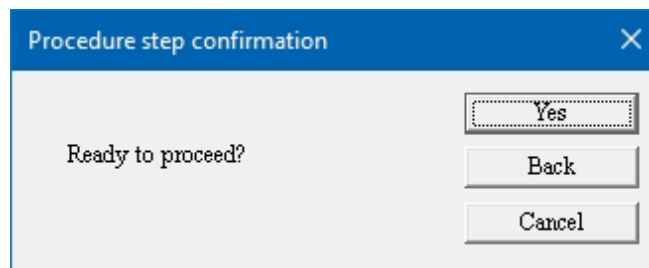


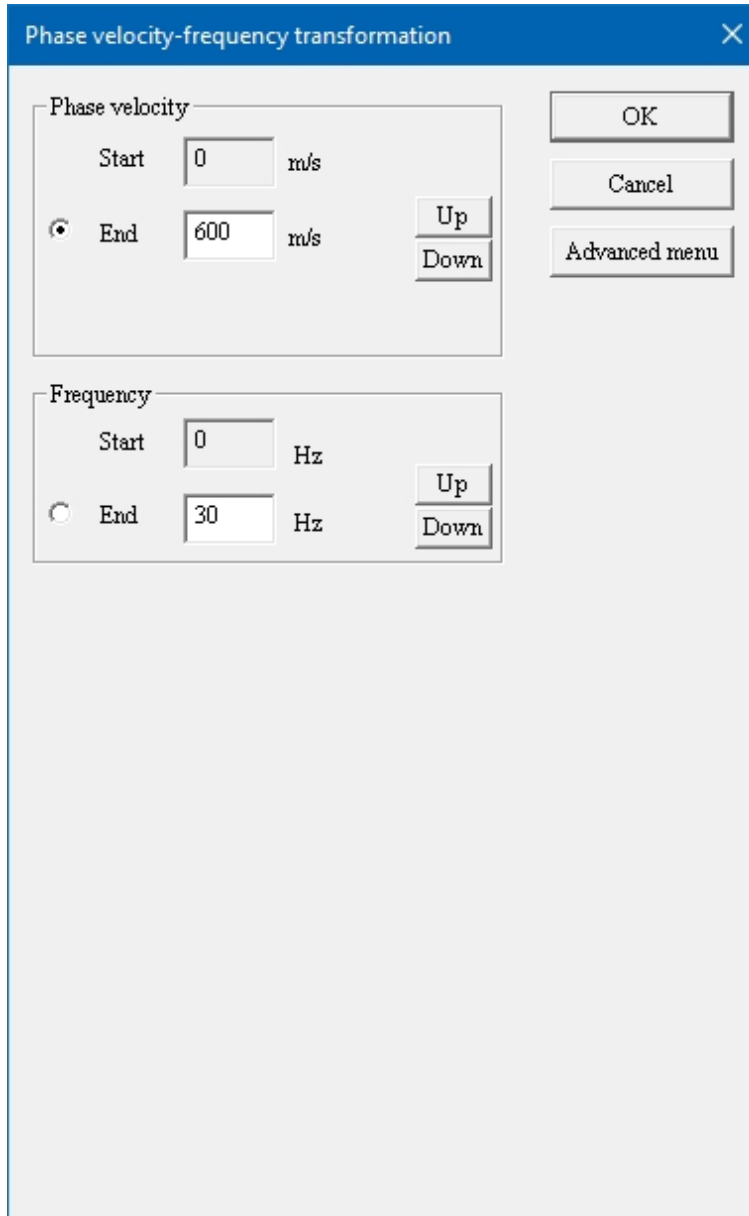
図20: 波形ビュー。

できたらYesを押す。



次に、位相速度を計算するためのパラメータを設定する。位相速度エンド(Phase Velocity End)は、あなたのサイトで予想される最大速度に合わせて設定します。

Frequency End のデフォルト値は、ほとんどの場合に適している。高周波数端での基本波モードのペロシティの程度を見るには、より高い値を入力することができる。完了したらOKを押す。



Phase velocity-frequency transformation

Phase velocity

Start 0 m/s

End 600 m/s

Up

Down

OK

Cancel

Advanced menu

Frequency

Start 0 Hz

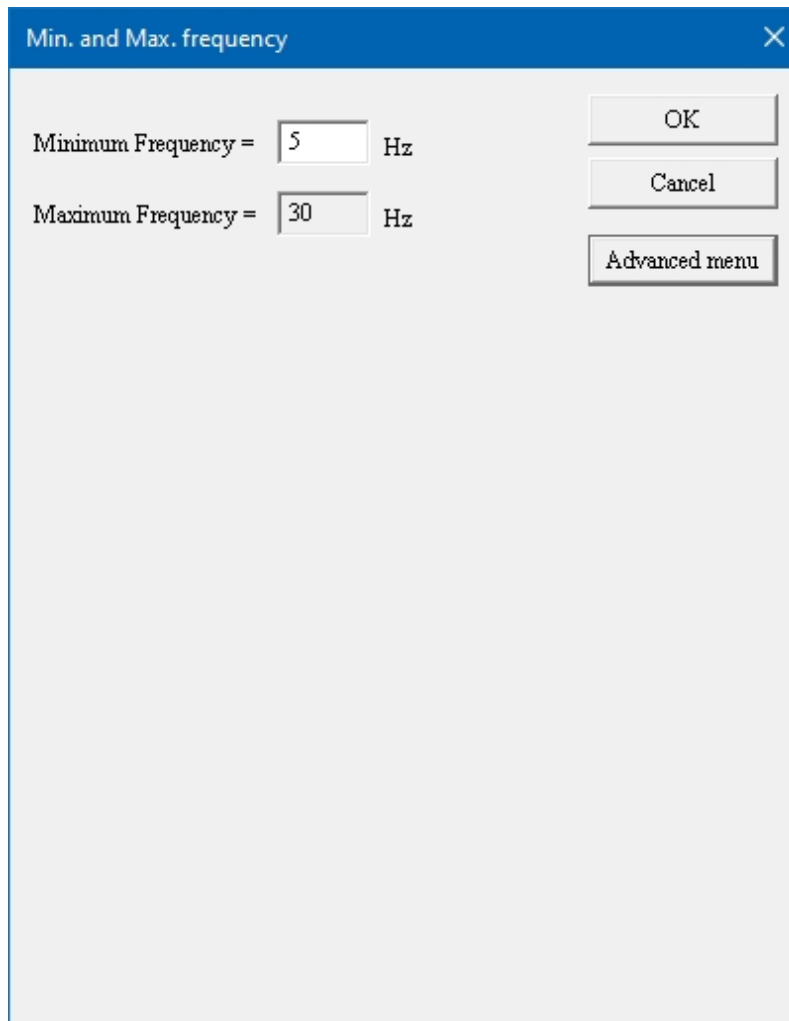
End 30 Hz

Up

Down

次に、位相速度-周波数プロットの分散定義する最大振幅を選択するためのパラメータを設定します。最小周波数のデフォルト値は、4.5 Hz のジオフォンを使用した場合は 5 Hz です。他のジオフォンを使用した場合は、そのジオフォンの固有振動数を入力するか、またはデフォルト値を使用して、ソフトウェアがその端に向かって振幅の最大値をピックアップしようとします（悪いピックアップは後で手動で削除できます）。

最大周波数は、前のダイアログボックスで入力された値を反映する。完了したらOKを押す。



Min. and Max. frequency

Minimum Frequency = 5 Hz

Maximum Frequency = 30 Hz

OK

Cancel

Advanced menu

計算が完了すると、自動的に決定された最大振幅が赤い点で示された位相速度-周波数プロットが表示される:

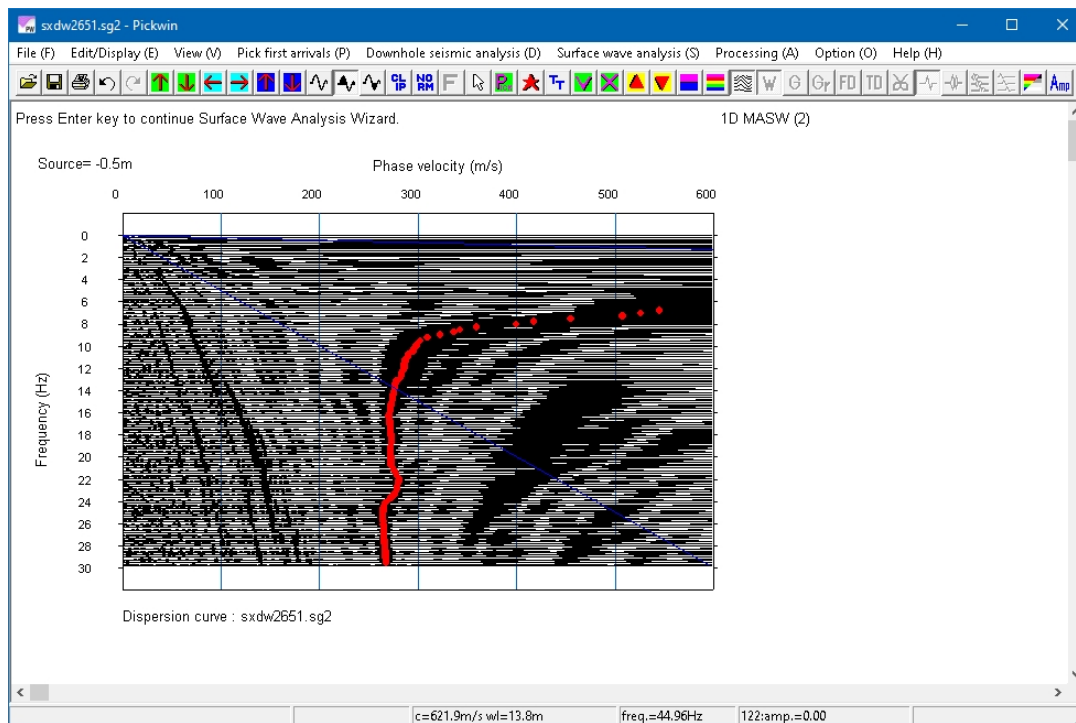



図21: ピックによる位相速度-周波数プロット。

位相速度-周波数プロットのデフォルトの表示設定は、*Wiggle trace*  *Shaded black* です。通常、分散曲線
 は色付きの等高線の方がわかりやすい。細かい色を選択
 コンター  ボタンでカラープロットに切り替え、*Waveform amplitude*   ボタンを使用します。
 水平スケール   ボタン、垂直スケール   ボタンで表示を最適化。

手動でピックを作成または編集する必要がある場合は、希望のピック位置でクリックすることで行うことができま
 す。最大値を特定するために、プロット上でマウスをドラッグすると、実際の振幅の値がタスクバー
 12:amp.=0.87285、コロンの前の値が周波数で、次の値が振幅です。自動的に決定されたピックを元に戻すには、
 表面波解析メニューを開き、位相速度のピック(1D)を選択します。

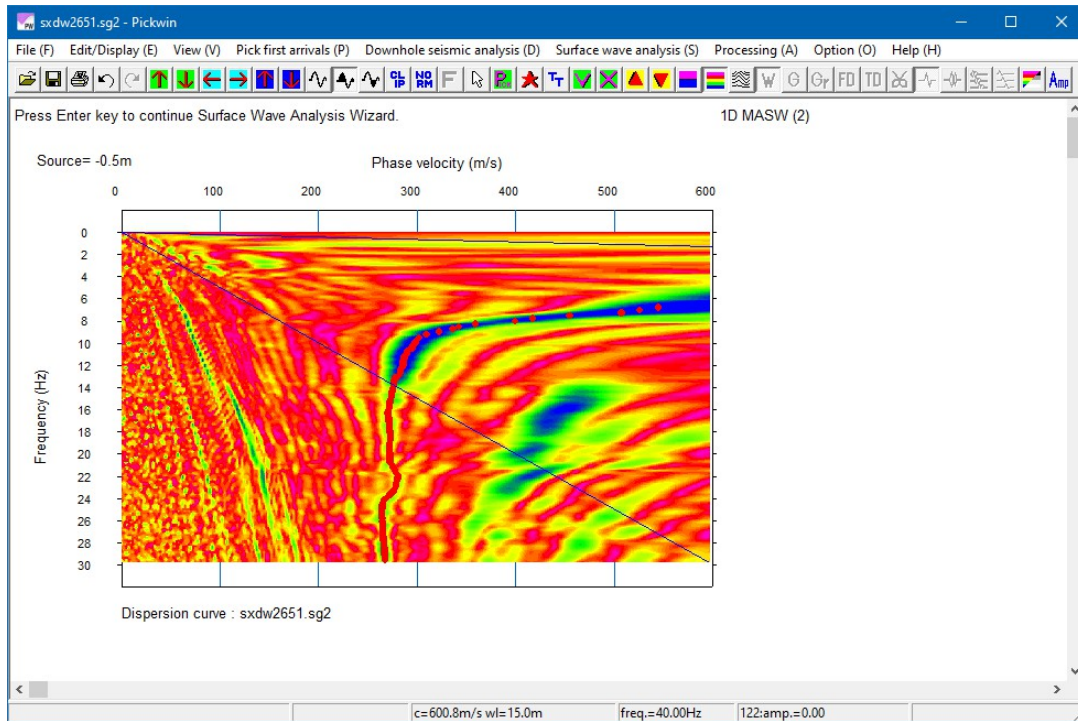
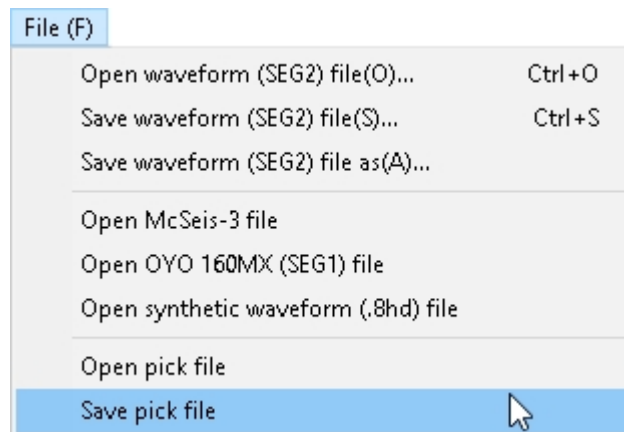
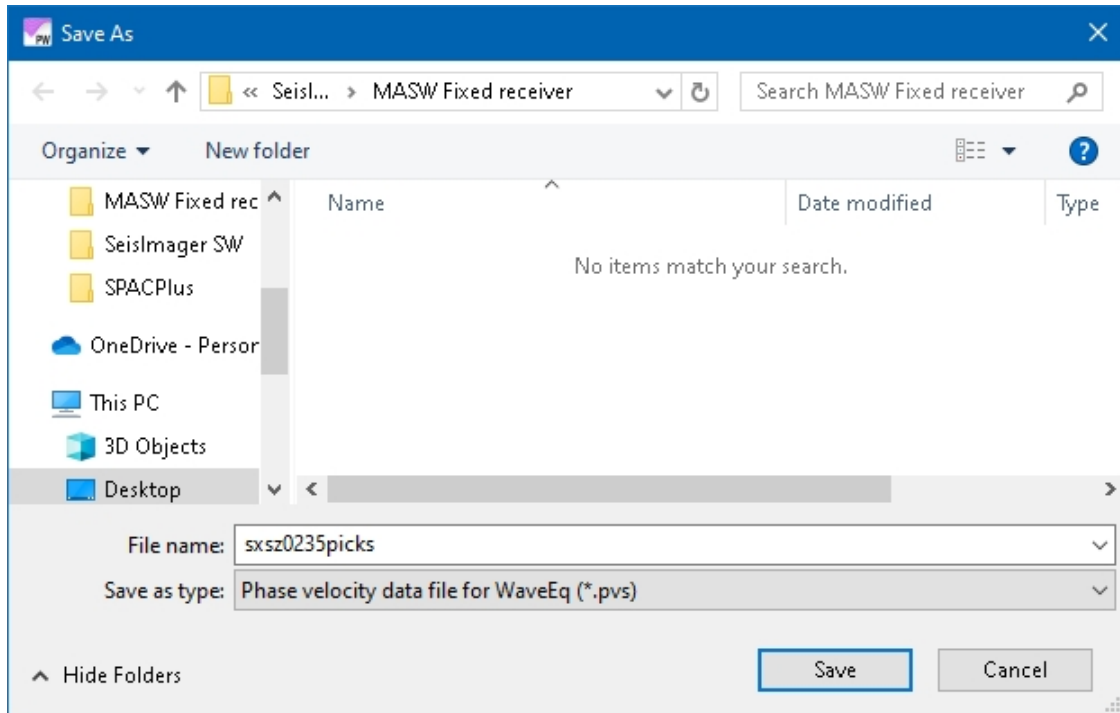


図22: ピックによるカラー位相速度-周波数プロット。

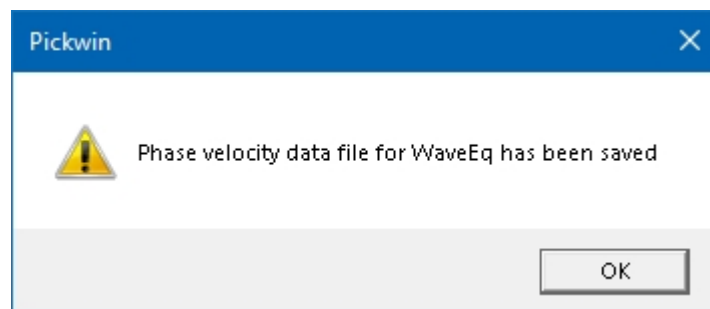
分散曲線のピックを保存しておく、後でまた入力できるようになります。これを行うには、**File** メニューを開き、*Save pick file* を選択する。



拡張子 *.pvs* のファイル名を割り当て、*Save* を押す。



ファイルが保存されたら、OKを押す。



ファイルが保存されると、分散曲線はピックを結ぶピンクの線が表示される。保存したピックを再入力する方法については、[6.1.3項](#)（216ページ）を参照のこと。

*Enter*キーを押して続ける。

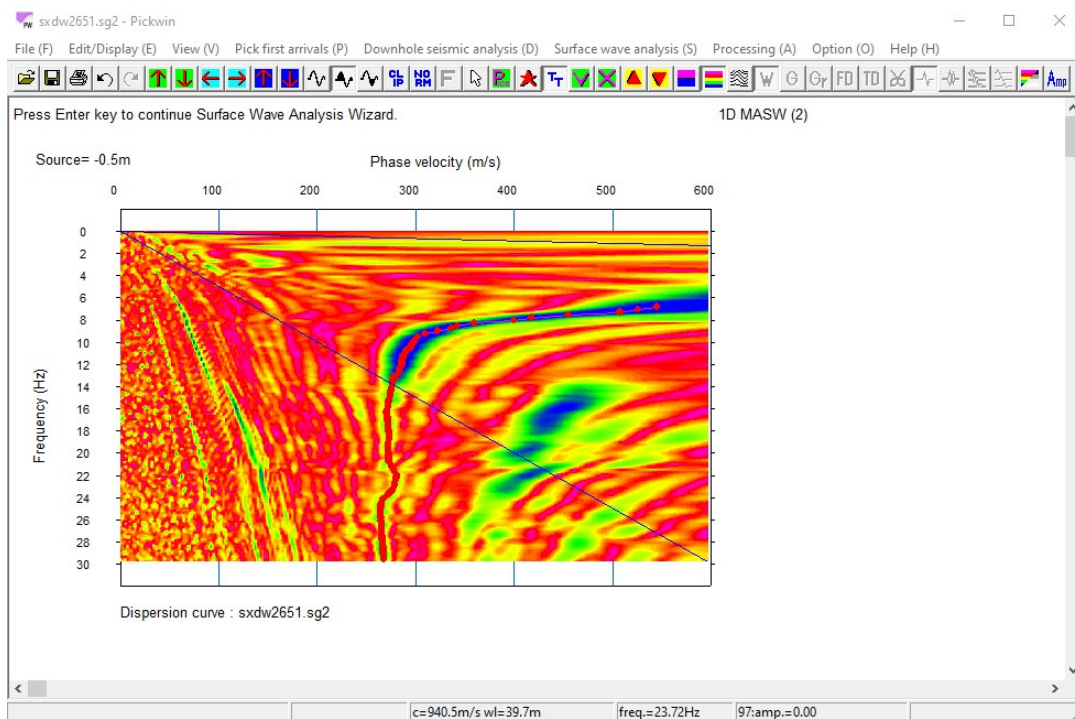
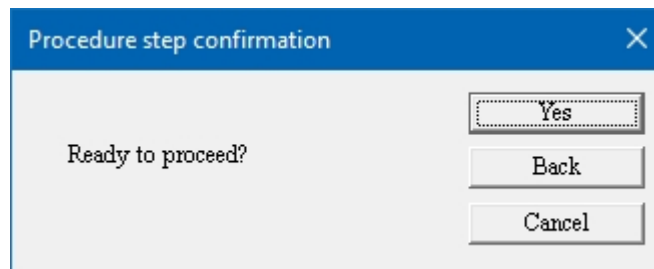
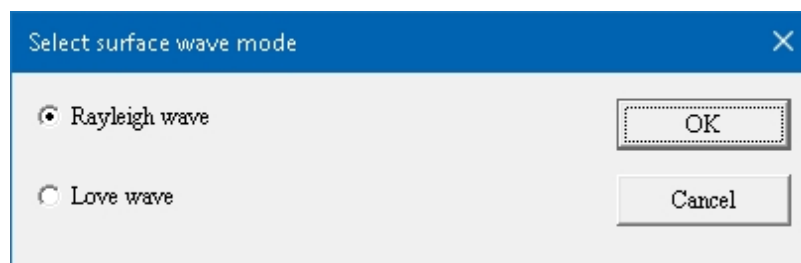


図23: ピックを線で結んだ位相速度-周波数プロット。

できたらYesを押す。



レイリー波かラブ選択するプロンプトが表示されます。(表面波の研究の大部分はレイリー波を使用しています)。



次に、WaveEqモジュールが起動し、分散曲線が表示される。なお、WaveEq、
位相速度は縦軸に、周波数は横軸にプロットされる。このから、ウィザードは **Dispersion curves** と **MASW (1D)** メニューから関数を呼び出します。

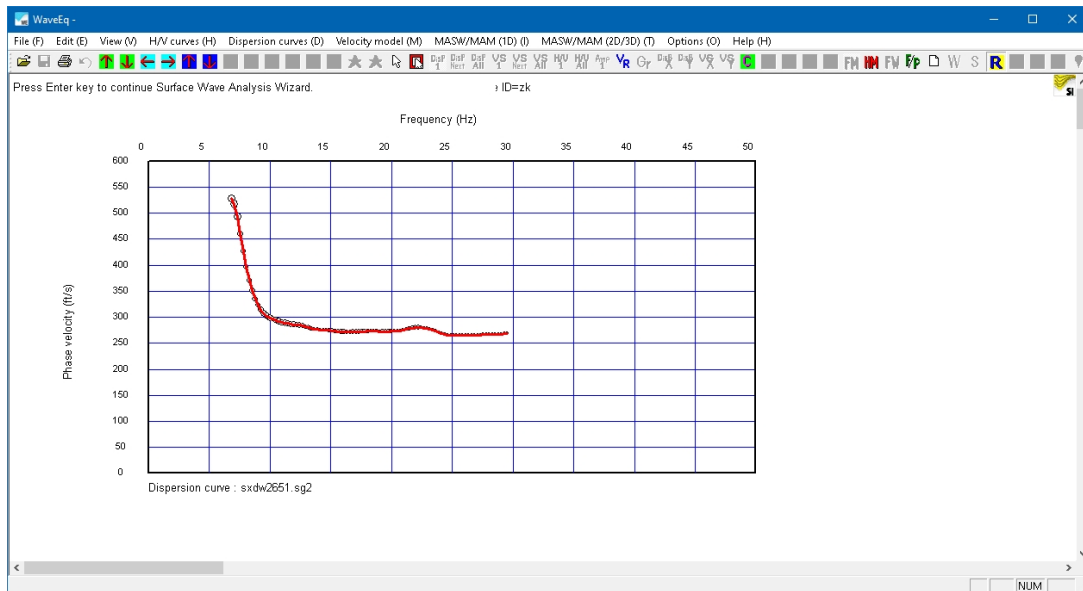


図24：分散曲線プロット。

プロットスケールの調整が必要な場合は、**View**メニューを開き、*Axis configuration*を選択します。



X軸とY軸の最大スケールと間隔に必要な値を入力する。完了したらOKを押す。

	Minimum	Maximum	Interval	Unit
X-axis	0	50	5	Hz
Y-axis	0	600	50	ft/sec

次に、必要に応じて分散カーブを編集する。一般的に、カーブの低域と高域の端にはノイズの多いピックがあります。

ウィンドウ左上の指示に従ってください。赤いゲートがアクティブなゲートです。右と左の矢印キーを使って、削除したい周波数までのゲートの位置を決めます。*Enter*キーを押して右側のゲートをアクティブにし、同じように矢印キーを使ってゲートの位置を決めます。完了したら*Enter*キーを押すと、不要なデータが削除されます。

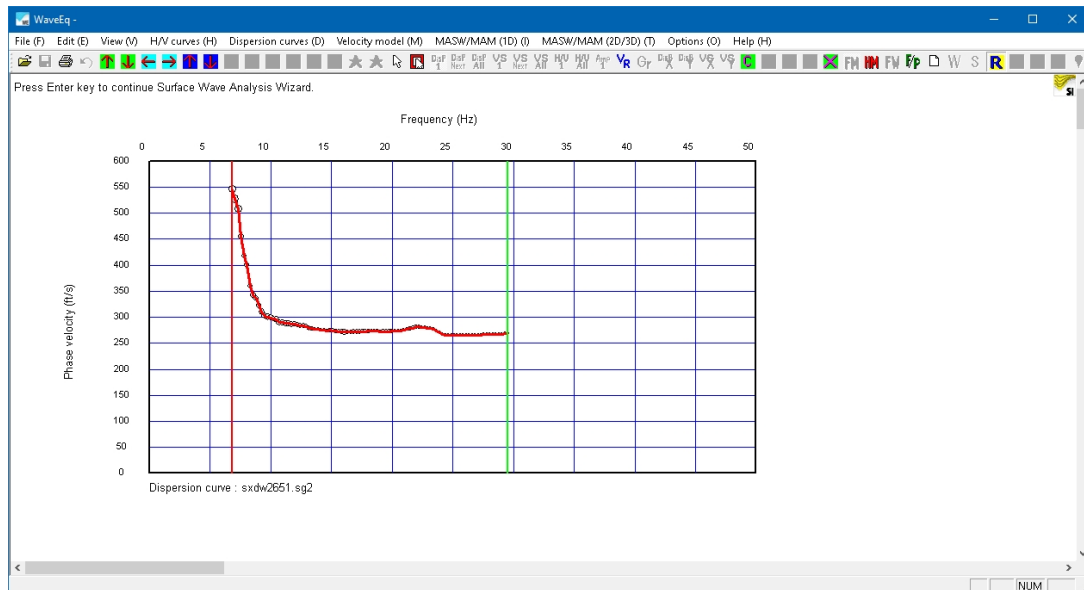


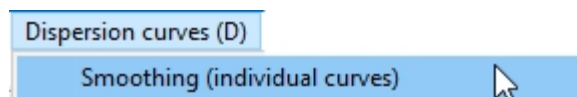


図25: ゲートによる分散曲線プロット。

曲線の両端にあるノイズの多いピックに加え、曲線内に外れ値がある場合があります。外れ値は、*Selection* () (*選択*) ボタンを押し、上の外れ点を選択し、*Delete*キーを押すことで削除できる。完了したら、 をもう一度押し、*選択*ボタンを無効にする。

カーブにノイズなジッターがある場合は、**Dispersion curves**メニューを開き、*Smoothing (individual curves)*を選択することで平滑化することができる。選択すると、カーブは自動的にスムージングされます。



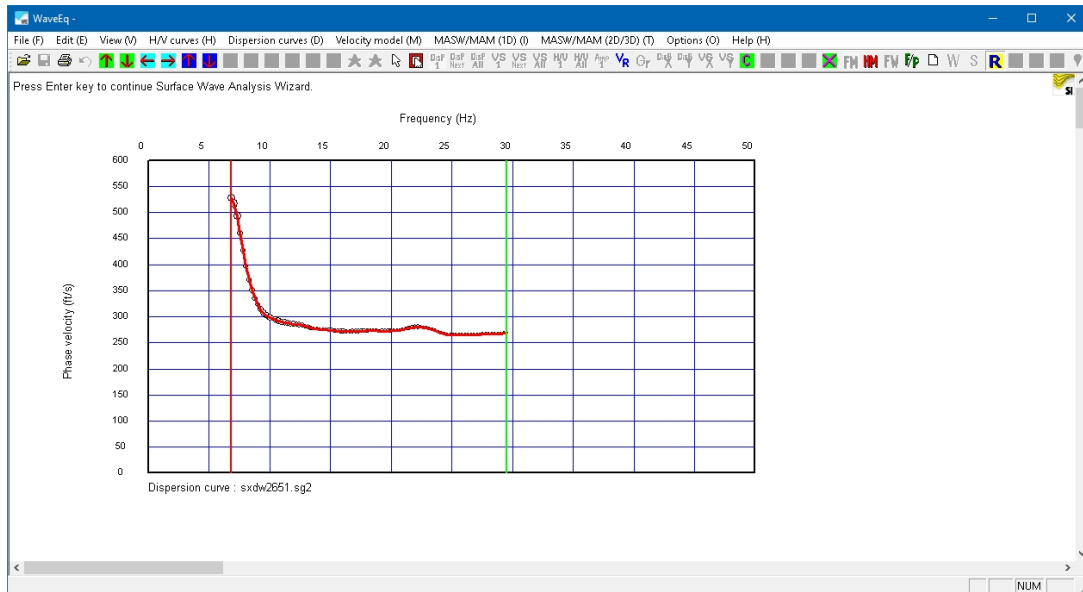
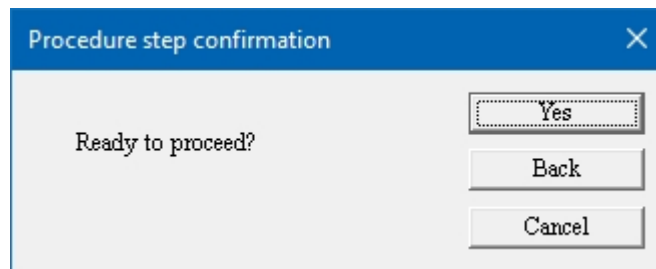


図26: 平滑化された分散曲線。

必要であれば、右矢印キーと左矢印キーを使用して、左側のゲートをデータを削除したい周波数以下に配置する。次に *Enter* キーを押して右側のゲートをアクティブにし、矢印キーを使って同じようにゲートの位置を決めます。

完了したら、*Enter*キーを押して続行する。準備ができた

ら *Yes* を押してください。



次に、深さによる v_s の初期モデルを設定する。ソフトウェアのデフォルト設定では、3分の1波長近似から初期モデルを計算する。Depth の値については、まずスプレッド長の2分の1から始めるのがよい推定値である。レイヤー数のデフォルト値は、ほとんどの場合に適している。完了したら *OK* を押す。

Initial model for inversion ✕

Depth = ft

of layer =

初期モデルが表示さ。Enter キーを押して続行します。

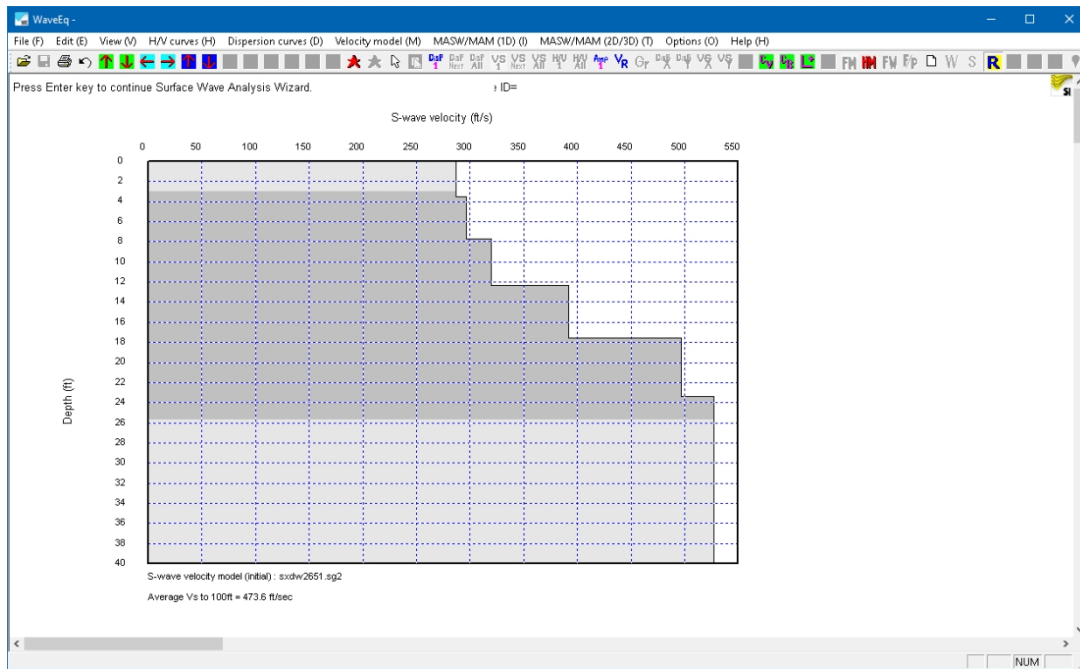
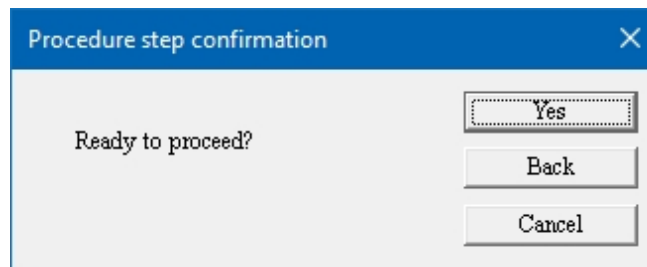


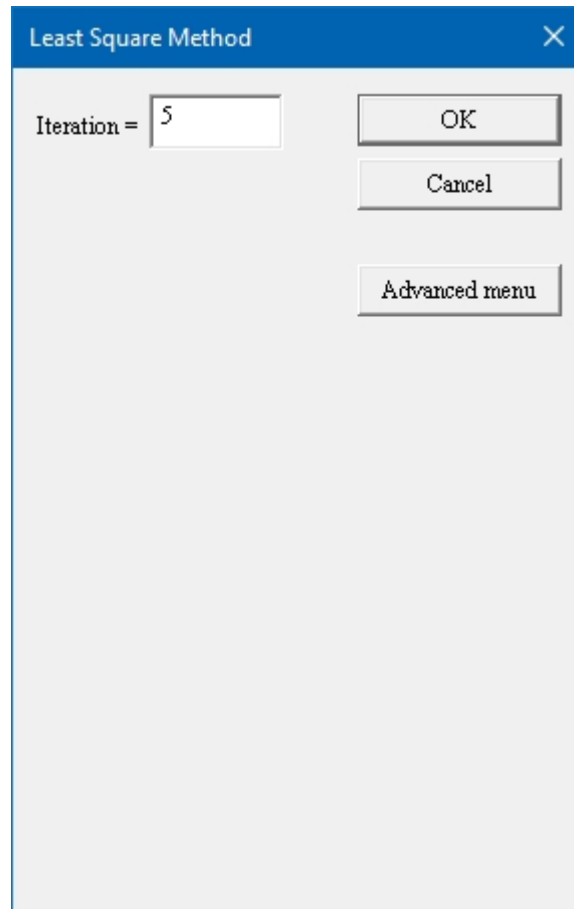
図27: 初速度モデル。

できたらYesを押す。



次に、インバージョンの反復回数を設定します。このソフトウェアは、修正された初期モデルデータと観測データとの最適なフィットに収束するために、指示された反復します。

ほとんどの場合、*Iteration*のデフォルト値である5が適している（通常、10回以上の反復は必要ない）。完了したら *OK* を押してください。



完了すると、最終的な v_s 曲線が表示される：

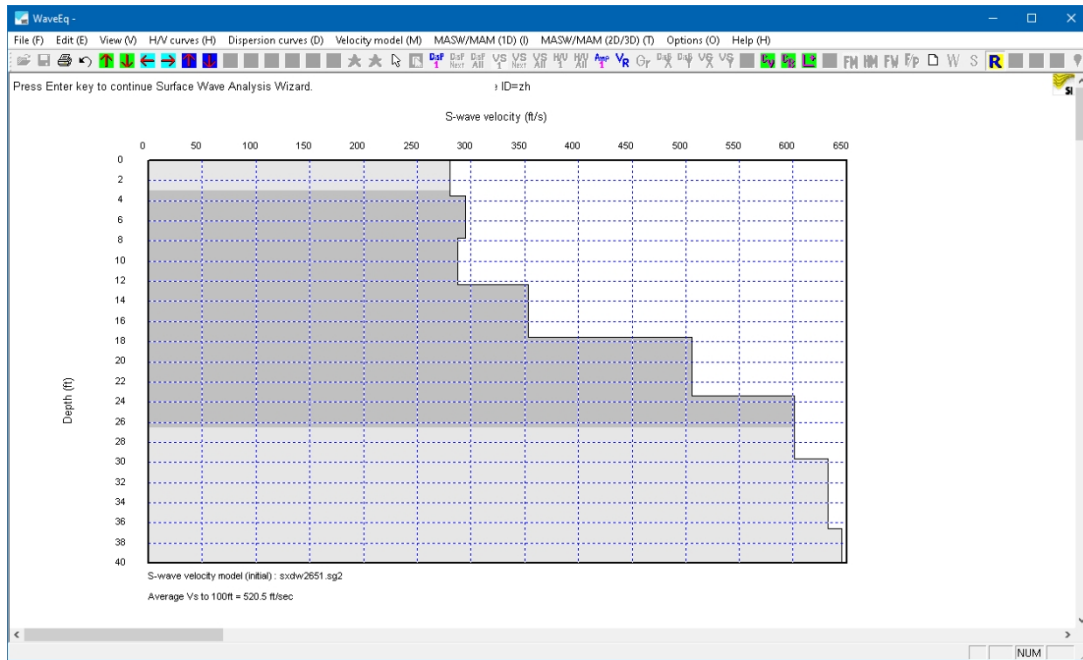



図28: 最終的な v_s 曲線。

見かけの速度モデルを表示  ボタンを押すと、3分の1波長近似（赤い点）がオーバーレイ表示されます。デフォルトでは、データの限界に注意を喚起するために、最も深い見かけの速度からモデルの色合いが薄い灰色に変わります。

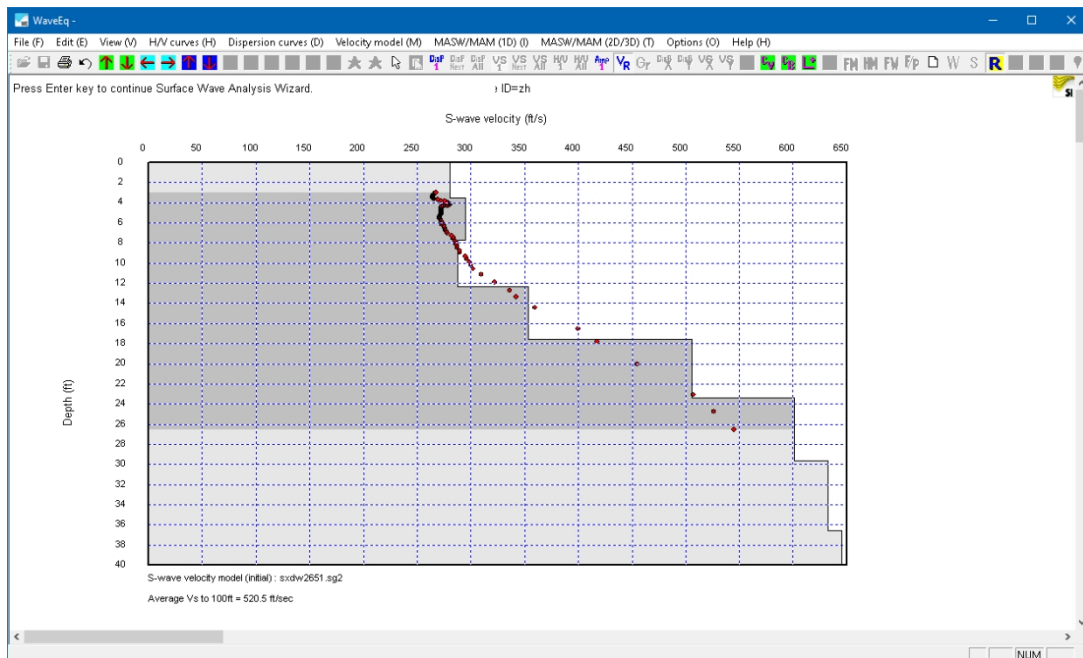
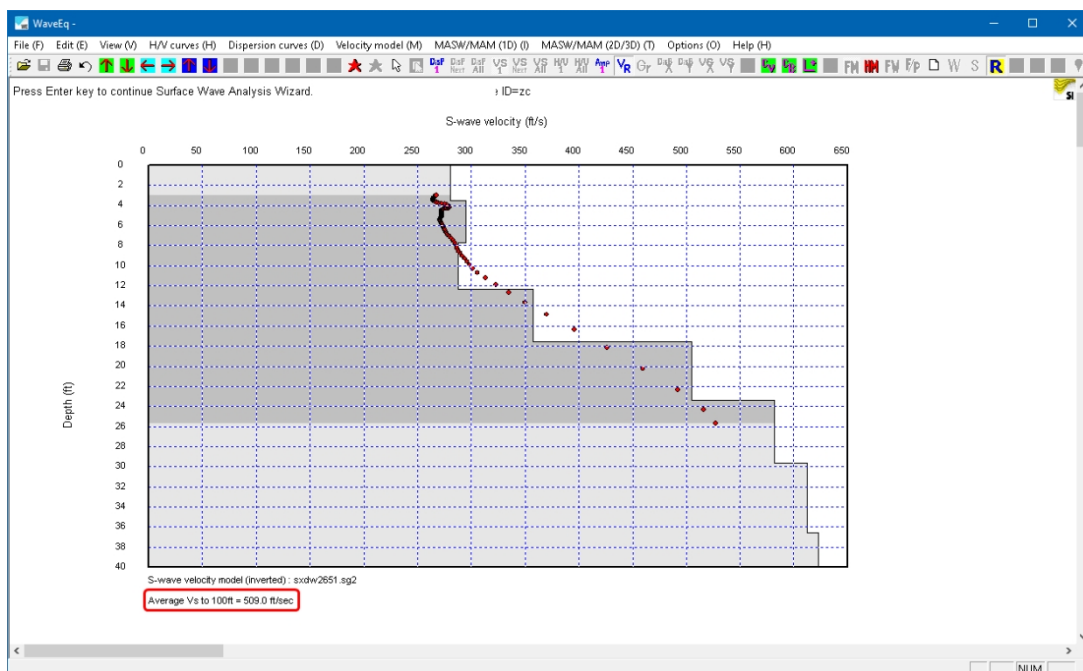
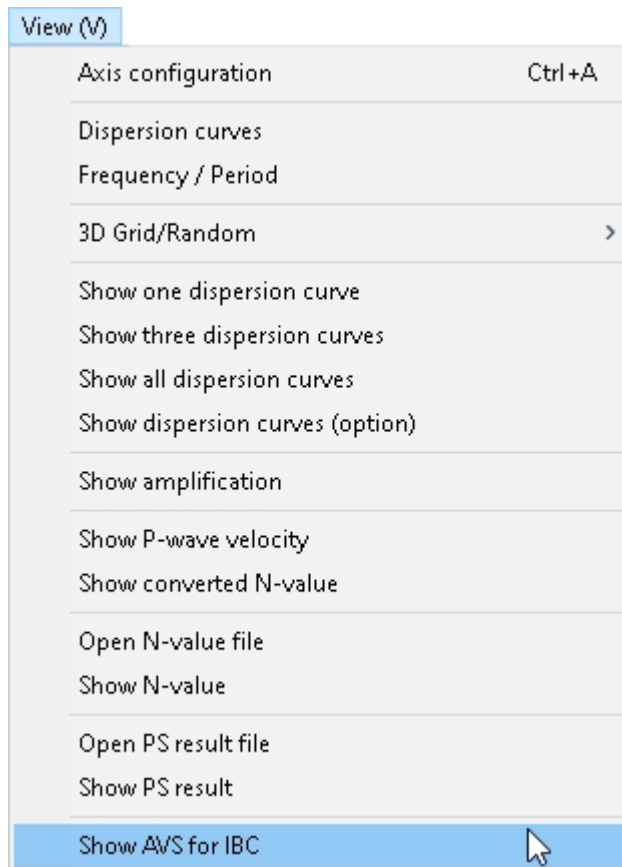


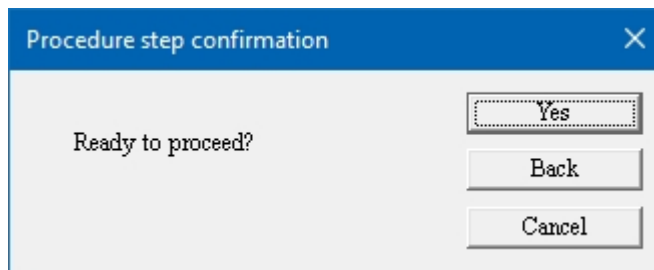
図29: 見かけの速度をオーバーレイした最終 v_s 曲線。

水深までのコントロールが良好であれば、View メニューを開き、*Show AVS for IBC* を選択し、 v_s の平均値を計算して表示する。

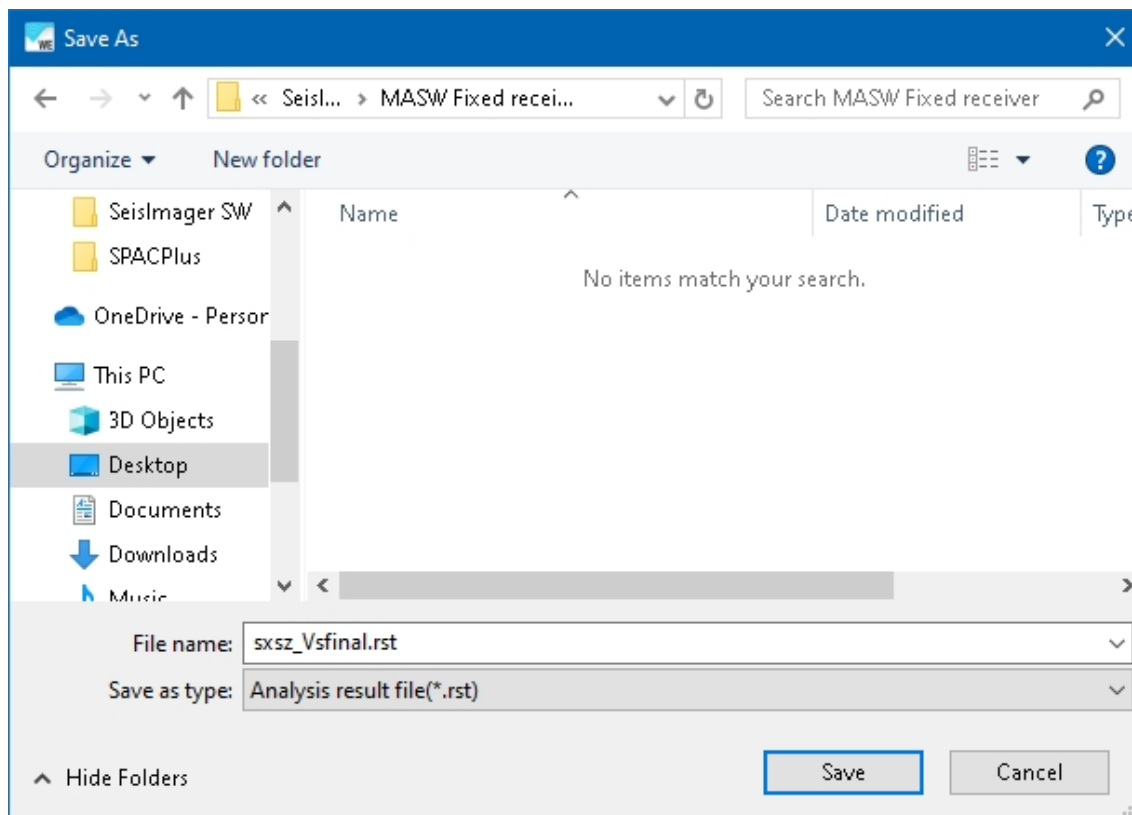


完了したら、Enterキーを押して続行する。



できたら *Yes* を押す。



最後に、保存する。拡張子 *.rst* のファイル名を割り当て、*保存* を押す。



ファイルが保存されたら、計算された分散曲線と観測された分散曲線のフィットをチェックする。 *Show one*

dispersion curve  ボタンを押すと、元の分散曲線が表示されます。 *比較*  ボタンを押すと、計算された分散曲線（黒線）を重ね合わせ、不一致の程度を視覚的に評価することができます。2つの曲線間のマッチングエラーは、時間（ms）単位とパーセンテージで、データセットディレクトリの *RMSE.txt* というファイルに保存されます。誤差は約5%以下であるべきですが、データセットによって異なる。

mismatches の高い場合は、急激な変化や異常値などの分散カーブの異常、またはカーブの低周波側と高周波側の低品質でノイズの多いピックが原因で可能性が高い。 mismatches は最終的な v_s カーブにも現れ、通常は非現実的な速度インバージョンや勾配となります。数学的インバージョンは分散曲線のこれらの側面をモデル化できるかもしれませんが、表面波はその物理的性質上、比較的突発的で小規模な速度異常を解決することはできません。分散曲線をダブルチェックし、一致度を改善するためにプロセスを再実行する必要があります。

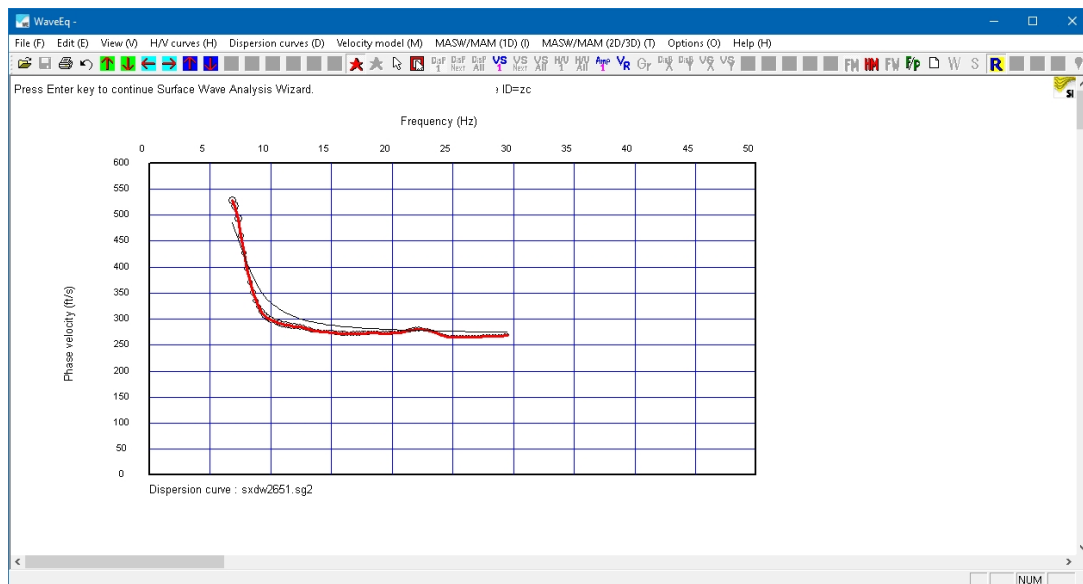
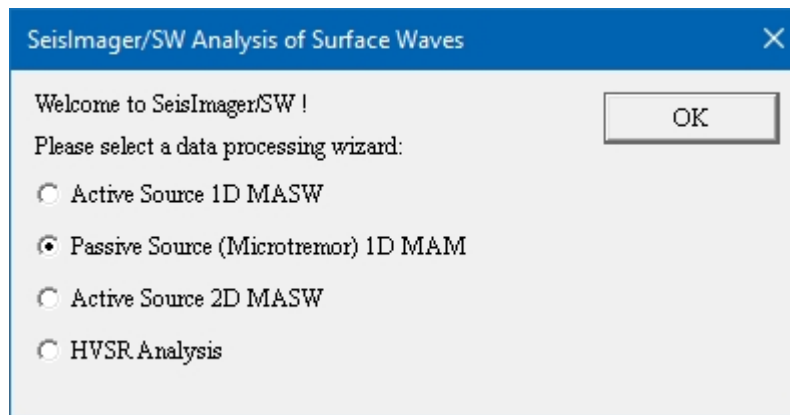


図30: 分散曲線の計算値（黒）と観測値（赤）の比較。

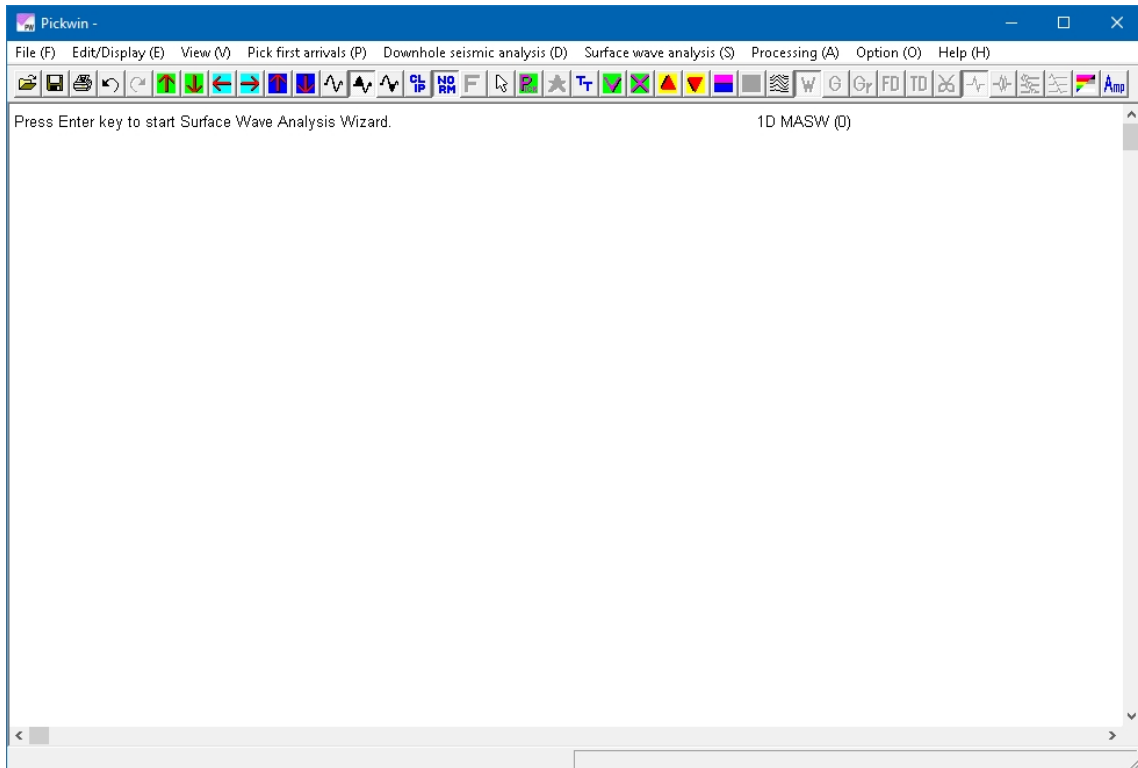
4.1.2 パッシブソース（微動）1D MAMウィザード

パッシブソース 1D MAM ウィザードの手順は、アクティブソース 1D MASW ウィザード（セクション [4.1.1](#)、55 ページ）と基本的に同じですが、MAM 測定のジオメトリを設定する手順が追加されています。このセクションでは、*Active-source 1D MASW Wizard* を既に使用し、ウィザードの手順と一般的な機能を理解していることを前提としています。プロセスの新しい部分については詳しく説明しますが、共通するステップの完全な説明についてはセクション [4.1.1](#) を参照してください。2つの処理フローの主な違いは、データファイルの数と入力方法である。

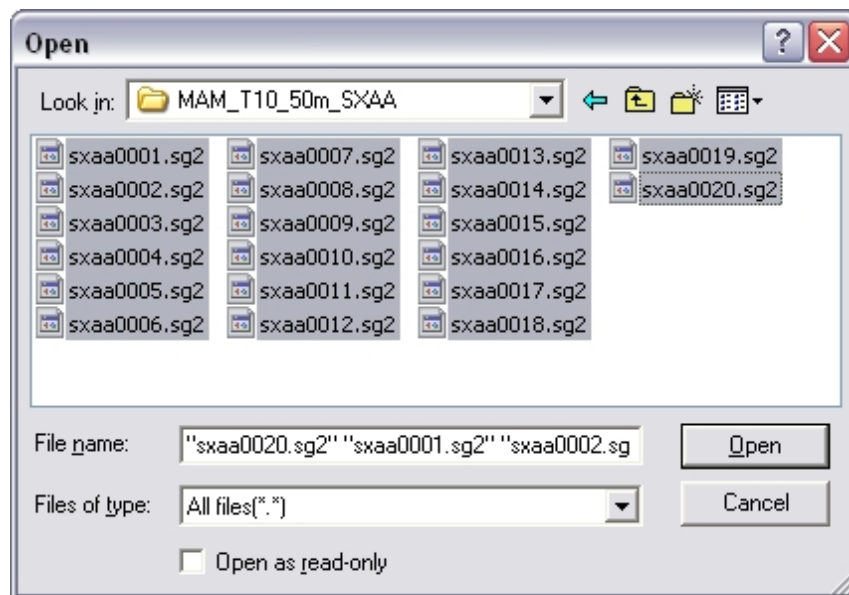
表面波解析ウィザードのアイコンをダブルクリックする。パッシブソース（微動）1D MAMを選択し、OKを押す。



Pickwinのメインウィンドウが表示されます。Enterキーを押して開始します。



最初のステップはデータセットの入力である。すべてのデータファイルを一入力する。Shiftを使って、データセットの最初のファイルから最後のファイルまでをハイライトし、Openを押し。



選択した開いたら、OKを押す。

波形ファイル先頭がされます。単位を設定します。

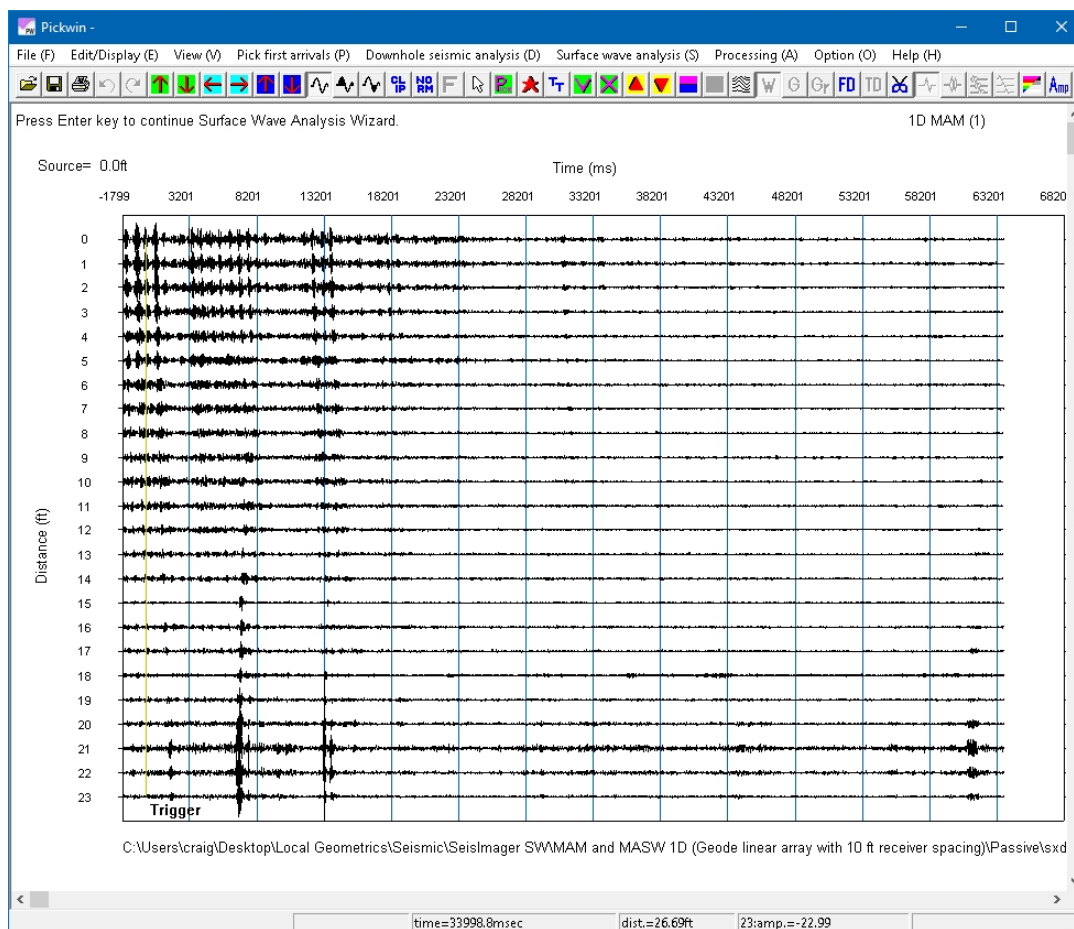







図31: MAMレコード。

ほとんどのアクティブ・ソース・データと異なり、パッシブ・ソース・データの品質を時間領域でショット記録を見ることで評価することは通常困難である。周波数領域  ボタンを押すと、データを素早く周波数領域に変換することができます。表示は、各トレースの周波数コンテンツまたはスペクトルのプロットに変わります。

周波数領域ボタンを押した後、右の水平スケール  ボタンを押すか、右矢印キーを数回押して、周波数スケールを拡大する。理想的なのは、トレース間で同じような周波数を含み、周波数スケールの下端で支配的なエネルギーを持つことである。図32に示すスペクトラム・プロットの例は、高品質のパッシブ・ソース・データを示している。

波形ビューに戻るには、Time domain  ボタンを押します。

ファイルをスクロール、Show previous waveform (前の波形を表示)  と Show next (次の波形を表示)  ボタンをクリックする。

波形ビューから、Enter キーを押して続行します。

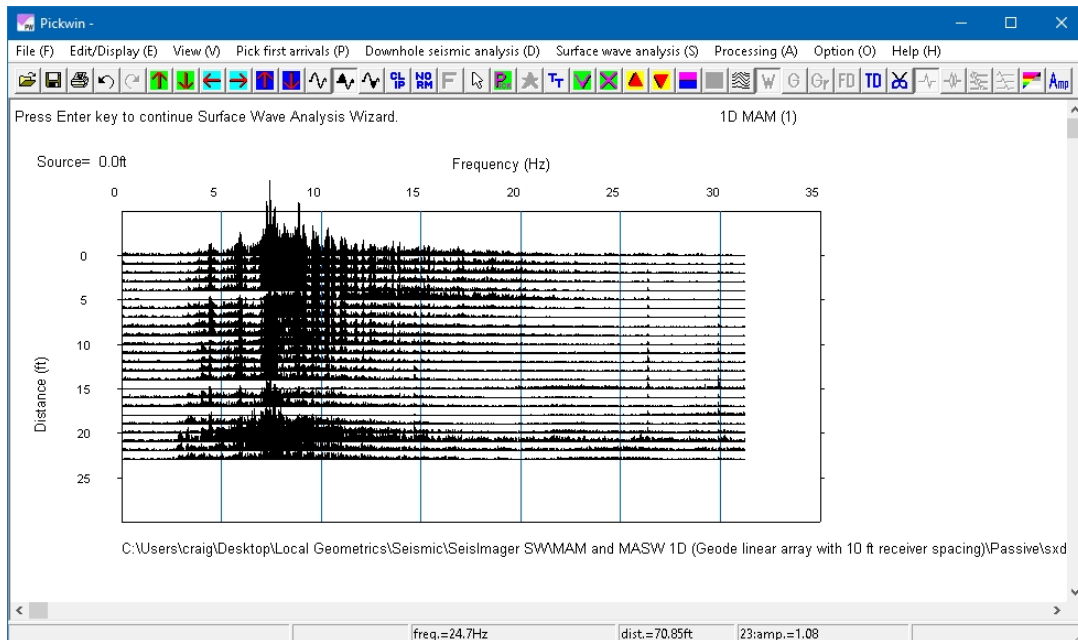
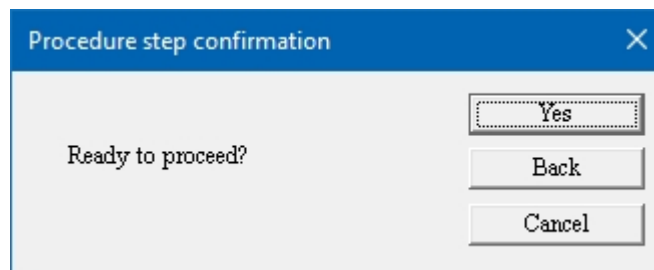


図32: スペクトルプロットの例。

できたらYesを押す。



次に、SPAC 計算のためのアレイジオメトリを設定する。使用する2Dアレイタイプとアレイサイズを選択するか、リニアアレイを選択し、受信機間隔と受信機数を入力します。

この例は、アレイサイズ50トライアングル10アレイに基づいています。完了したらOKを押す。

SPAC for passive data
✕

Geometry

Default arrays

2D arrays

Triangle

Triangle 4

Triangle 7

Triangle 10

Triangle 13

L shape

L 3

L 5

L 7

L 9

L 11

L 13

Single circle 9

Double circle 37

CCA

CCA3 Use center receiver

CCA6

Linear array

Linear array

Receiver spacing = ft

Number of receivers =

L shape 24

L 24 (12th geophone is at corner)

Rotation = degrees

Manual array

DAS

DAS data

OK

Cancel

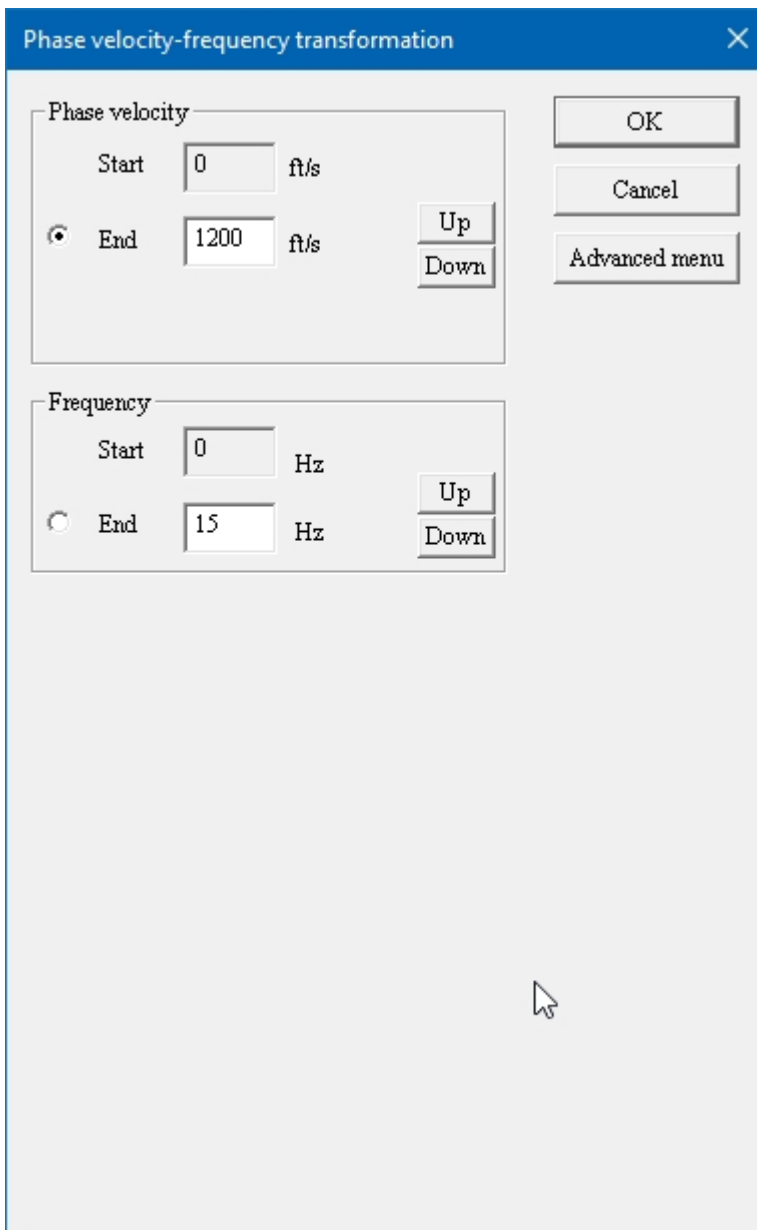
Advanced menu

Open array file

残りのステップは、*Active-source 1D MASW Wizard*と同じです。位相速度の計算と分散曲線の選択に進みます。

パッシブ・ソース・エネルギーは、一般的に、より深く、より高い速度で移動するので、アクティブ・ソース・ウィザードで使用されたものよりも、より高い *Phase Velocity End* を設定したいでしょう。

Frequency End のデフォルト値は、ほとんどの場合に適している。高周波数端での基本波モードのベロシティの程度を見るには、より高い値を入力することができる。完了したらOKを押す。



Phase velocity-frequency transformation

Phase velocity

Start 0 ft/s

End 1200 ft/s

Up

Down

Frequency

Start 0 Hz

End 15 Hz

Up

Down

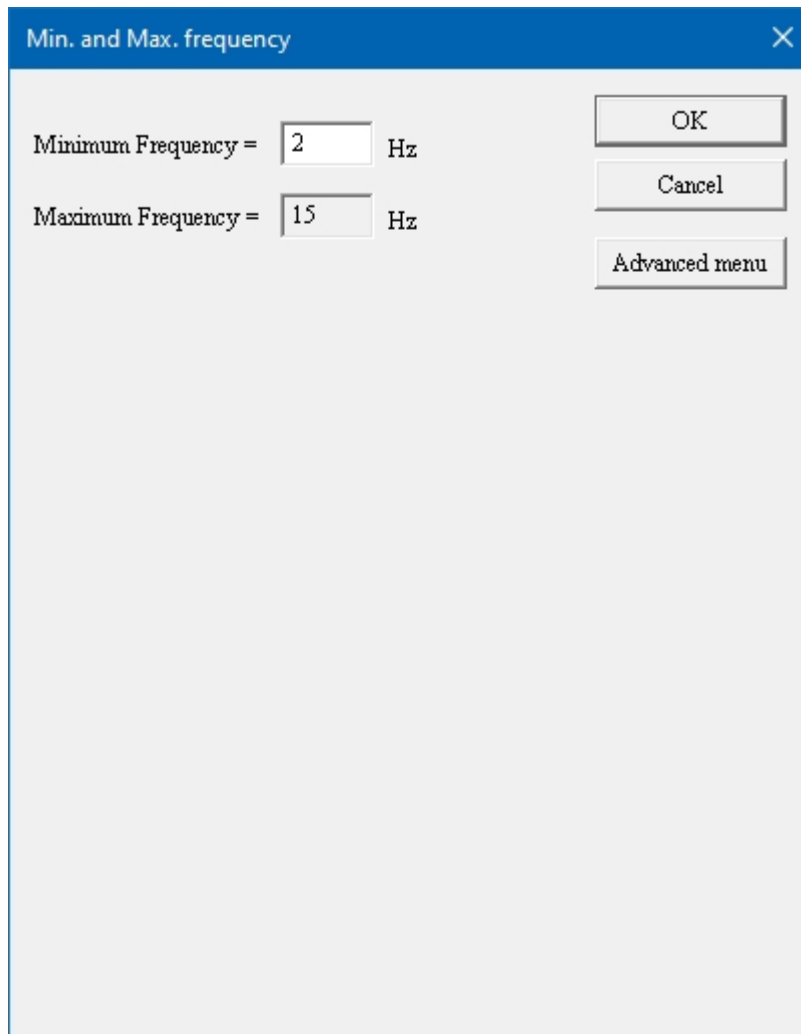
OK

Cancel

Advanced menu

最小周波数のデフォルト値は 2Hz である。4.5Hzのジオフォンをした場合、ジオフォンの特性によって減衰はするものの、4.5Hz以下のエネルギーが記録されている可能性がある。

ソフトウェアが振幅の最大値を選ぼうとするため、デフォルト値の2Hzのままにしておく推奨する（悪いピックは後で手動で編集できる）。



Min. and Max. frequency

Minimum Frequency = 2 Hz

Maximum Frequency = 15 Hz

OK

Cancel

Advanced menu

位相速度-周波数プロットを細かい色の等高線に変換し、ゲインを調整し、自動的に決定された分散曲線ピックをチェックする。必要であれば、分散曲線ピックを保存します。

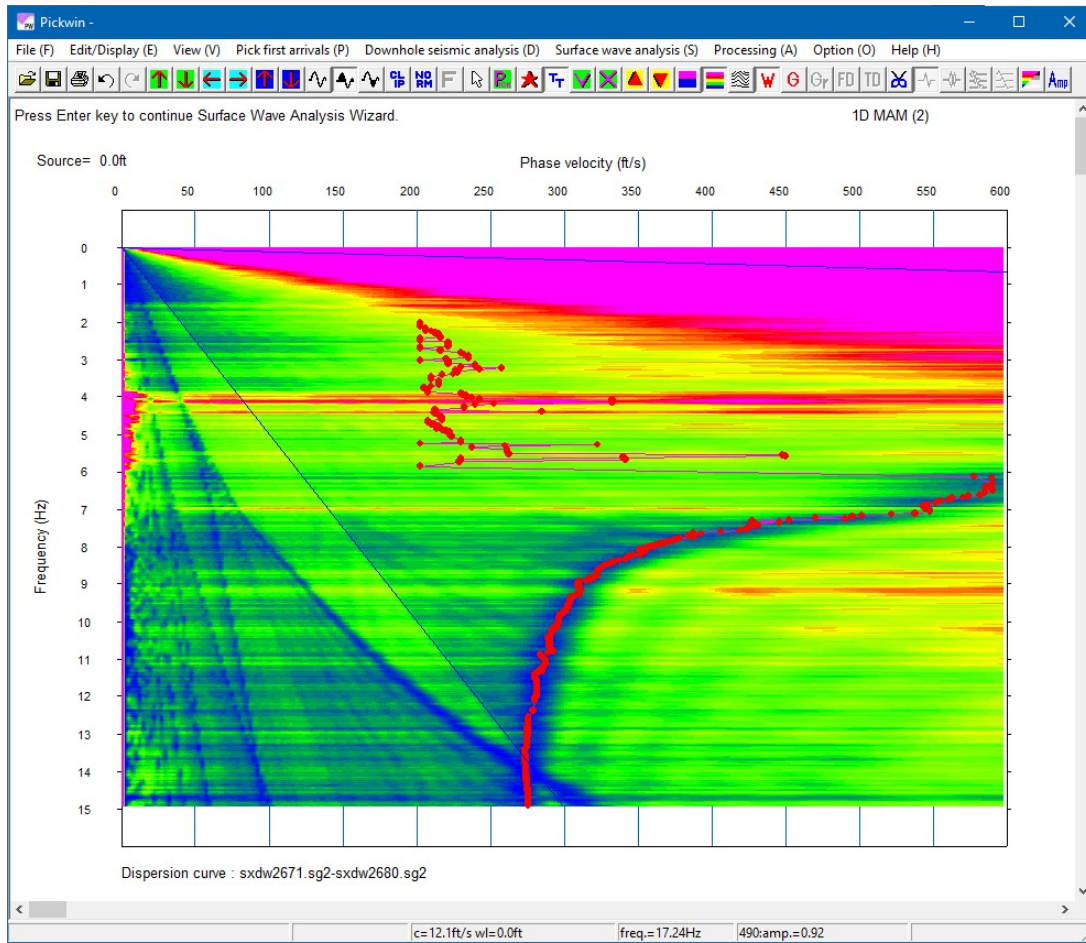
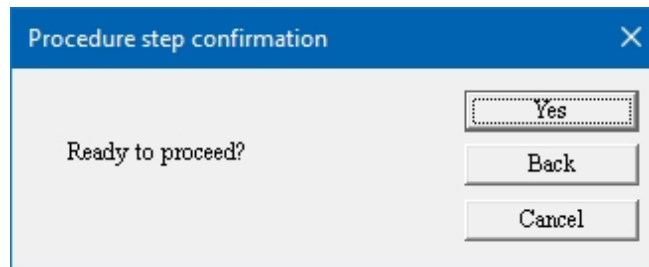


図33: 分散曲線をピックした位相速度-周波数プロット。



分散曲線がWaveEqにインポートされたら、必要に応じて、ゲート、...、...、...、...、...を使って曲線を編集します。
選択ボタン、および/またはスムージング（個々の曲線）。

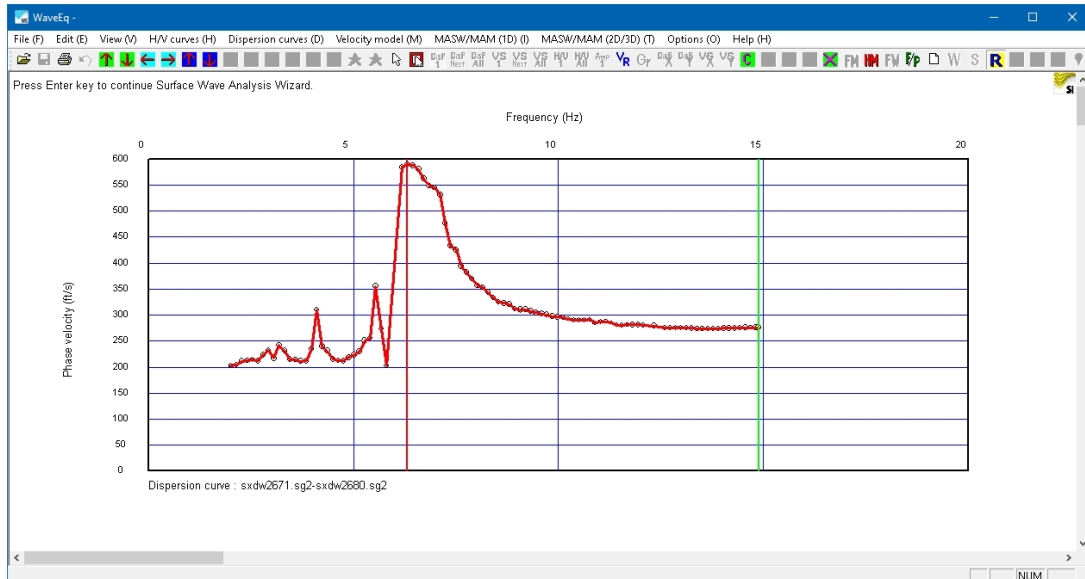


図34：分散カーブと、カーブの端にあるスプリアスやノイズを除去するためのゲート。

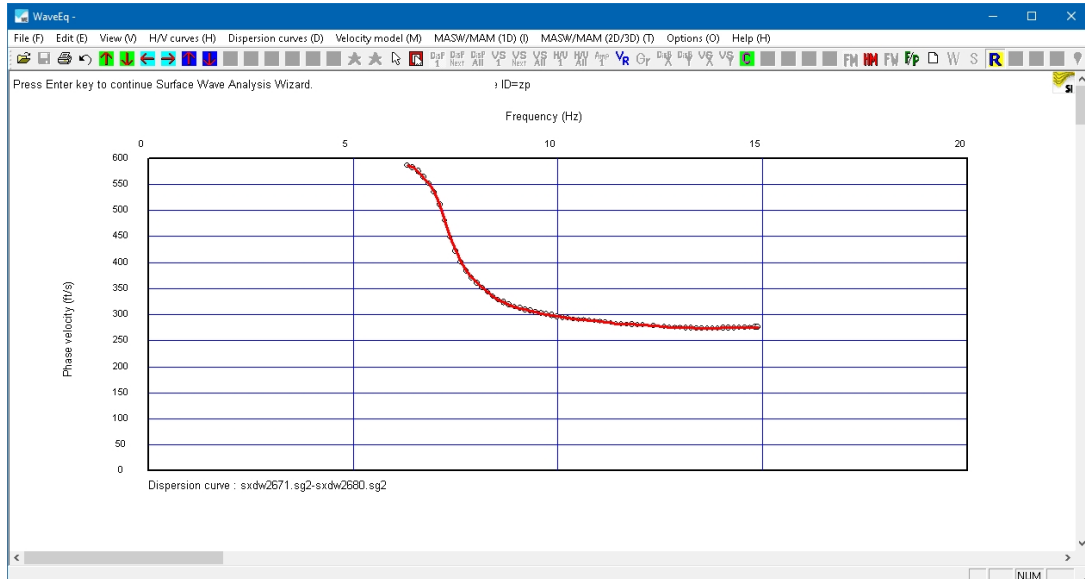


図35：トリミングして平滑化した分散曲線。

初期 v_s 最大深度を設定する。最初に設定する深さの目安は、配列の長さである。デフォルト値を受け入れるか、またはIterationの値を必要に応じて増やします。

Initial model for inversion ✕


OK

Cancel

Advanced menu

Depth = ft

of layer =



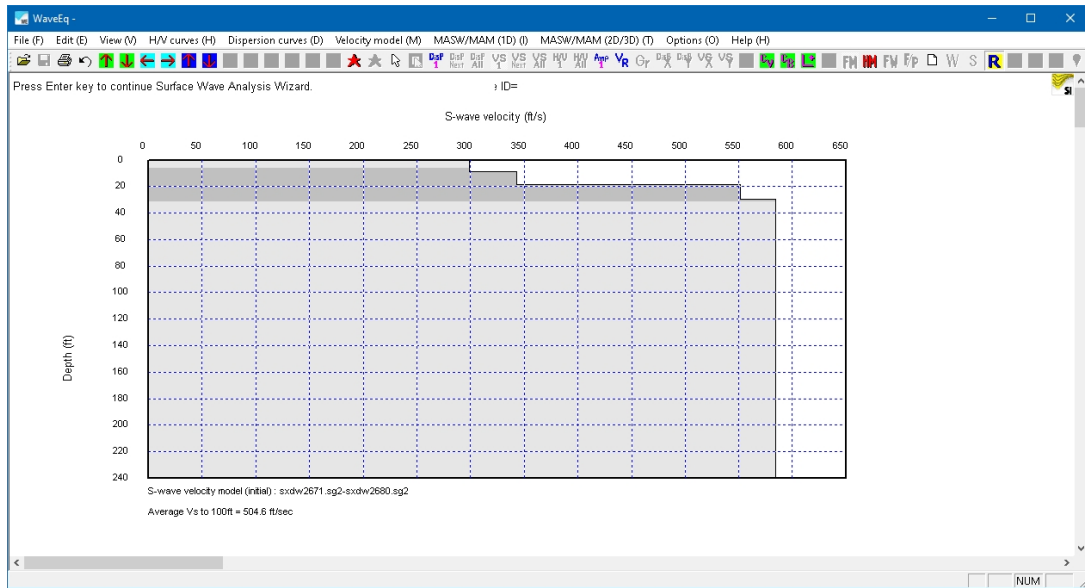
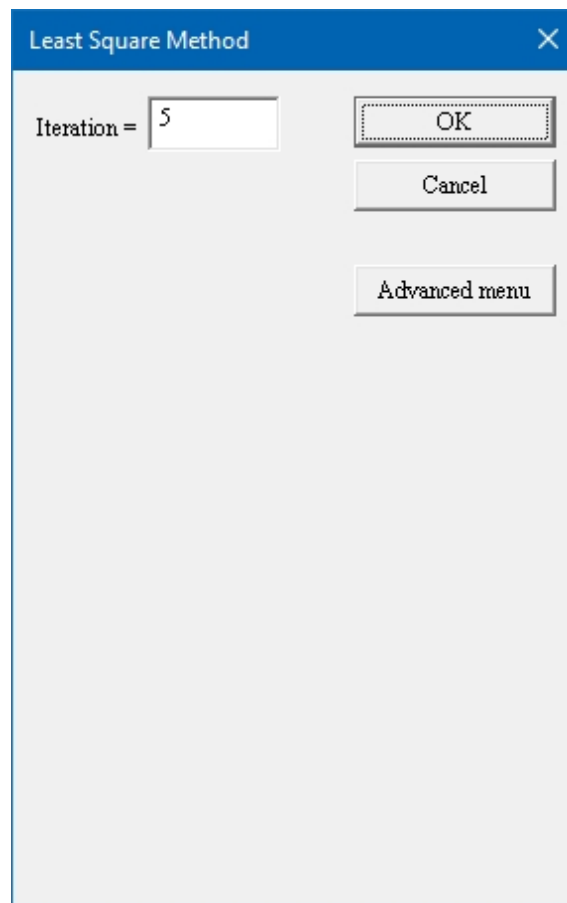


図36: v_s の初期モデル。



インバージョンが完了すると、最終的な v_s 曲線が表示されます。実際の浸透深度範囲の表示については、*見かけの速度モデル*を表示 **VR** ボタンを押して、3分の1波長近似を重ね合わせます。深度30 m (100 ft) までのコントロールが良好であれば、**View** メニューを開き、*Show AVS for IBC* を選択して平均 v_s 値を計算し表示します。

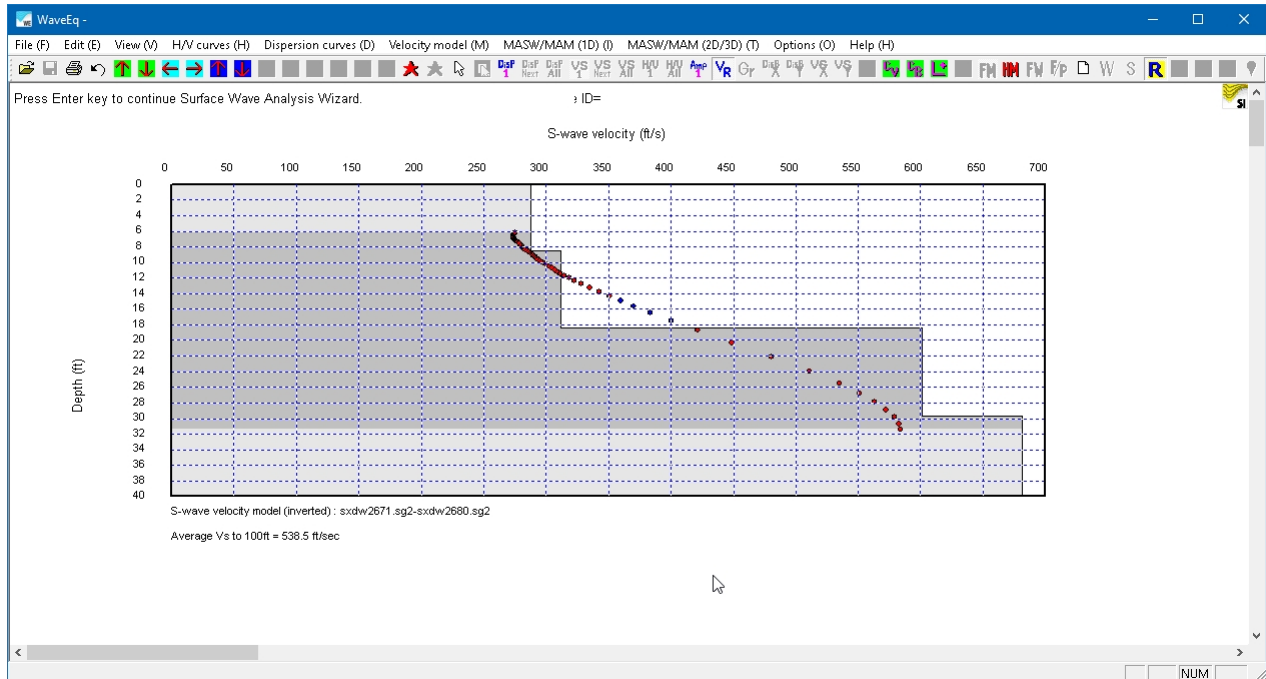


図37: v_R を示した v_s 曲線 (赤い点)。

最後に、結果を保存してウィザードを完了し、計算された分散曲線と観測された分散曲線のフィットをチェックします。

ある地点から得られた能動的および受動的ソースの分散曲線を組み合わせ、サンプリングされた深度範囲全体にわたって1つの高分解能の v_s 得る方法については、セクション4.2の156ページを参照のこと。

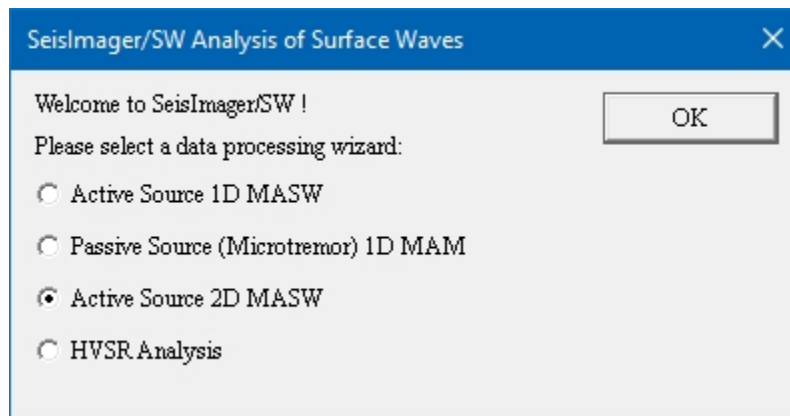
4.1.3 アクティブソース2D MASWウィザード

Active-source 2D MASW ウィザードのプロセスは、*Active-source 1D MASW* ウィザード（セクション [4.1.1](#)、55 ページ）や *Passive-source 1D MAM* ウィザード（セクション [4.1.2](#)）と基本的に同じですが、2D MASW 測定のジオメトリを設定するためのステップが追加されています。このセクションでは、Pickwin、WaveEq、GeoPlot をカバーする 2D MASW ウィザードプロセスの完全な処理を提供します。GeoPlot は一般的なデータ可視化のための独立したモジュールであることに注意してください。このマニュアルでは、セクション [4.1.3.1](#) (Page 119) において、2D MASW の初期および最終 v_s 断面を見るために必要な GeoPlot 関数のみを取り上げています。GeoPlot の完全なドキュメントは [GeoPlot マニュアル](#) を参照。

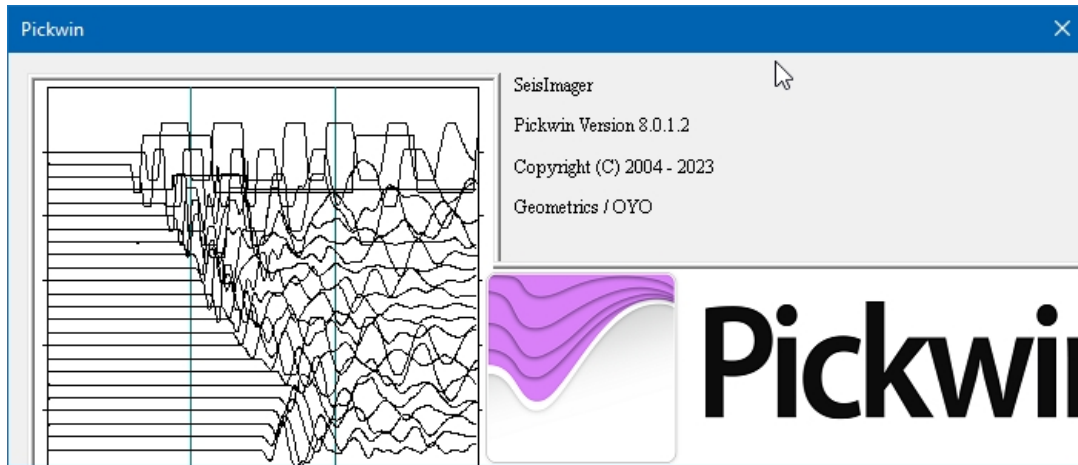
表面波解析ウィザードのアイコンをダブルクリックします。



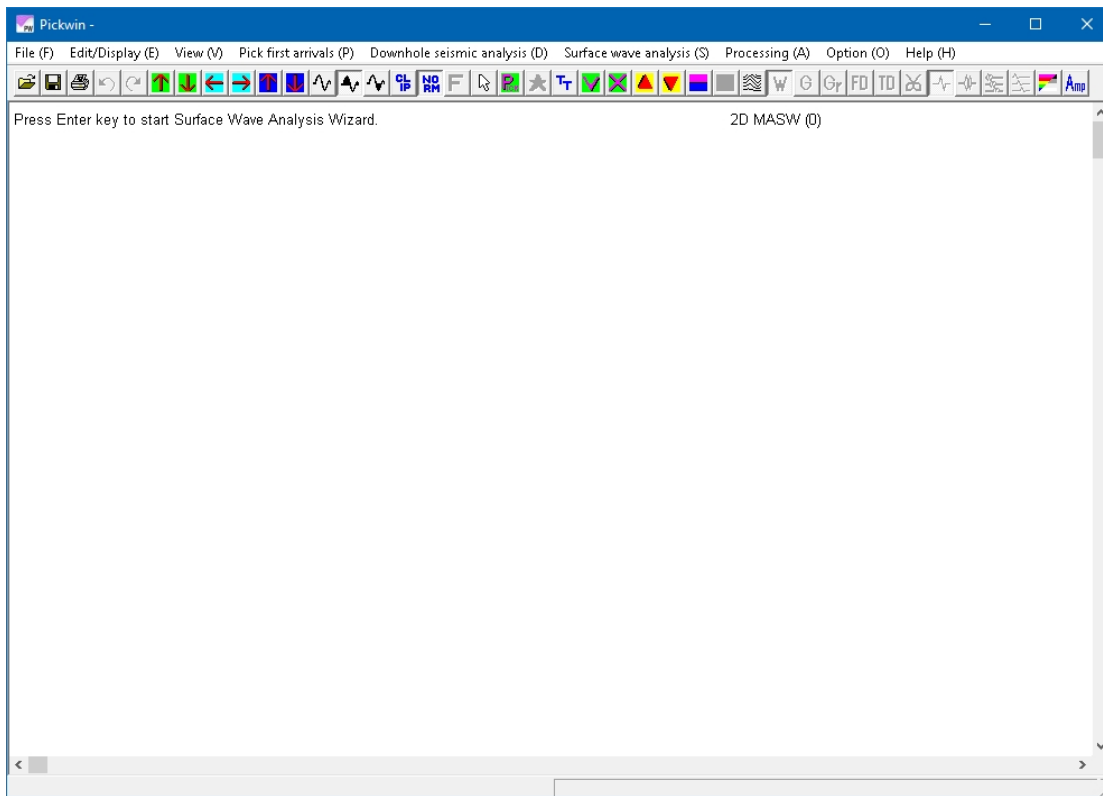
SeisImager/SW Analysis of Surface Waves ダイアログボックスが表示れます。*Active-source 2D MASW* を選択して **OK** を押す。



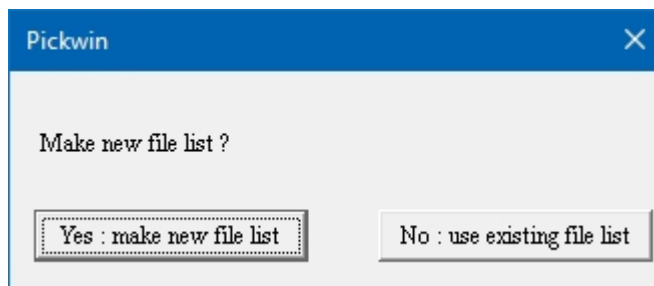
Pickwinモジュールが立ち上がる。



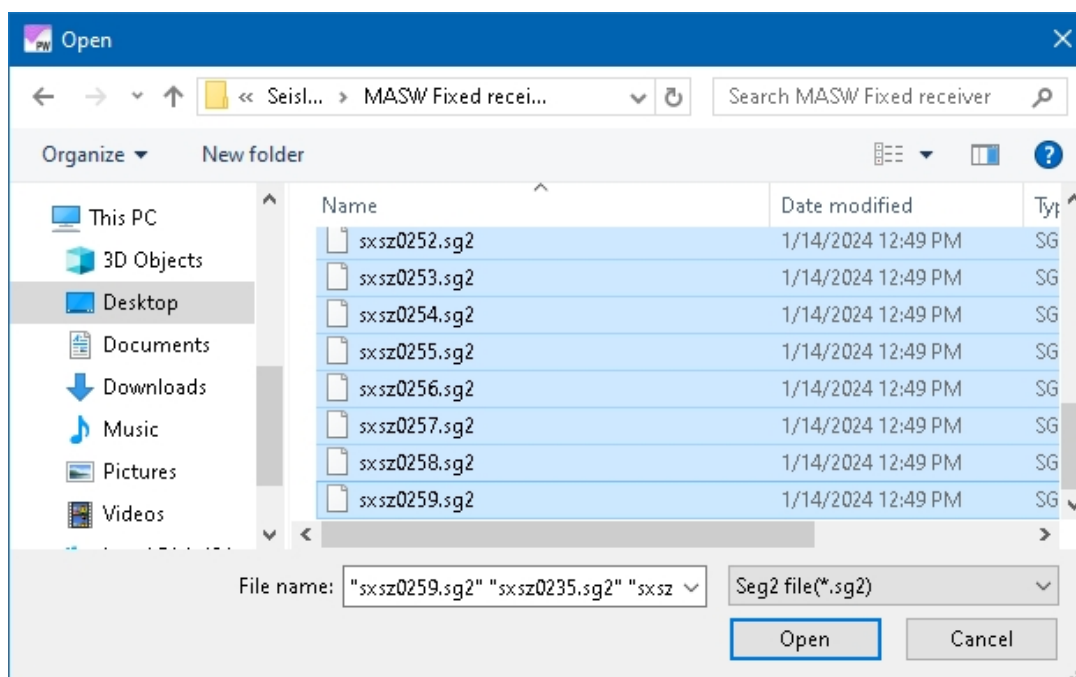
Pickwinのメインウィンドウが表示されます。ウィザードは**ファイル**メニューと**表面波解析**メニューから関数を呼び出します。ウィンドウ左上の指示に従って**Enter**キーを押して開始します。



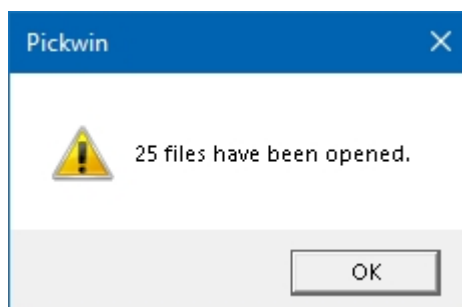
最初のステップはデータセットの入力である。すべてのデータファイルを度に入力する。これは、新しいファイル・リストをすることによって行う。はい: **新しいファイルリストを作成する**を選択する。



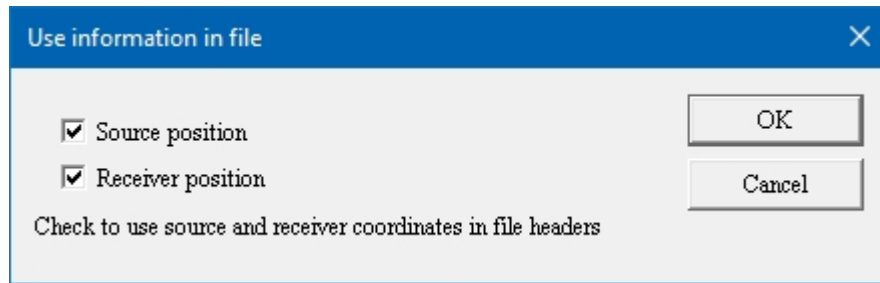
Shiftキーを使ってデータセットの最初のファイルから最後のファイルまでをハイライトし、Openを押す。



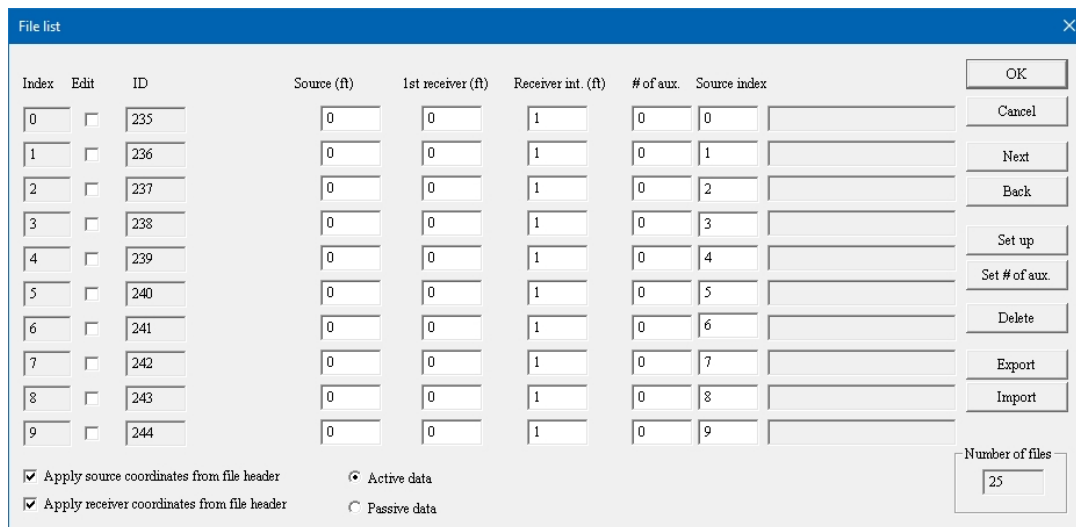
選択した開いたら、OKを押す。



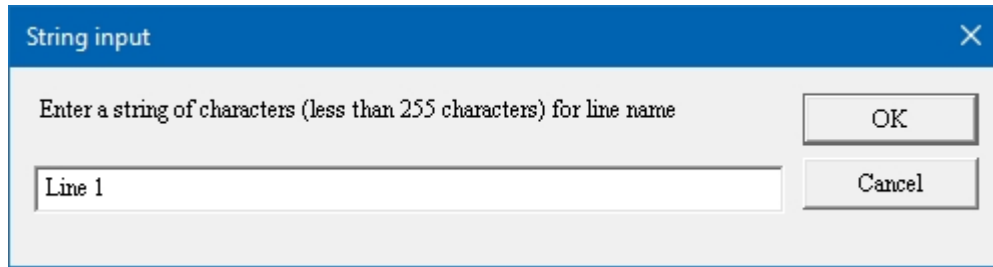
次に、ファイルヘッダに保存されているソース座標とレシーバ座標をジオメトリに使用どうかを指定します。ウィザードの、正しいソース座標とレシーバ座標がファイルヘッダーに保存されていることを前提としています。その前提で作業する場合は、Source position と Receiver position にチェックを入れて、ヘッダー情報をジオメトリに適用します。完了したら OK を押します。



ファイルのリストが **File list** ダイアログボックスに表示されます。ヘッダーの座標を適用する場合、*Source*、*1st Receiver*、*Receiver int.* の列には反映されないことに注意してください。(座標を手動で入力する必要がある場合は、*Set up* を押して、ジオメトリを記述するパターンを入力します。座標を手動で入力する方法については、[223](#) ページを参照してください)。完了したら *OK* を押す。



次に、ファイルリストに一意的な行名を付ける：



波形ファイル・グループの先頭が表示されます：

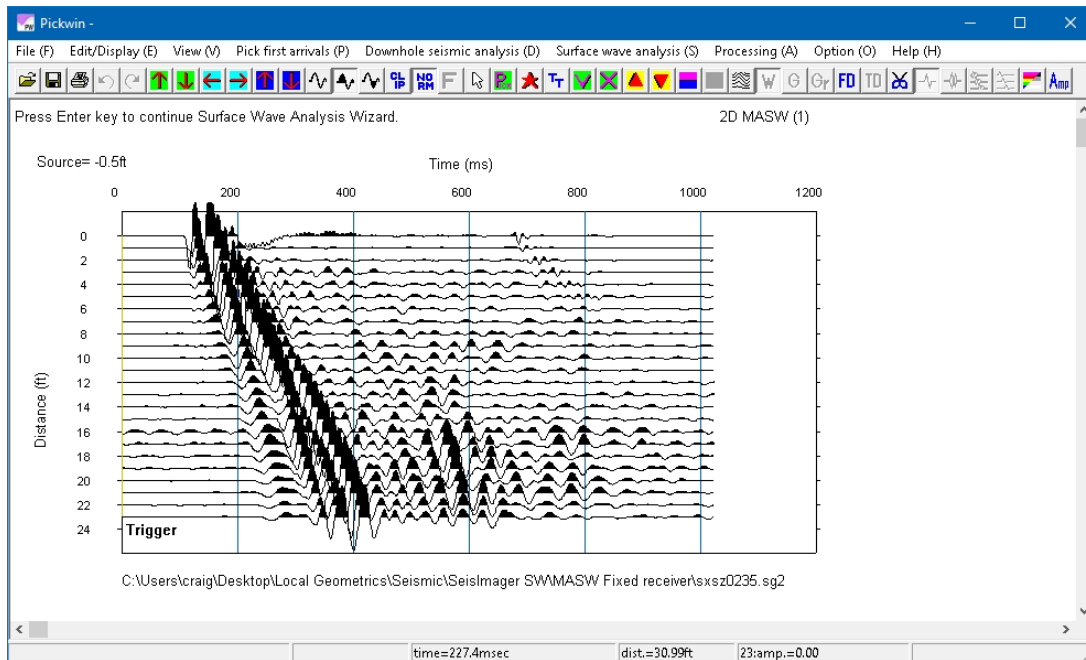
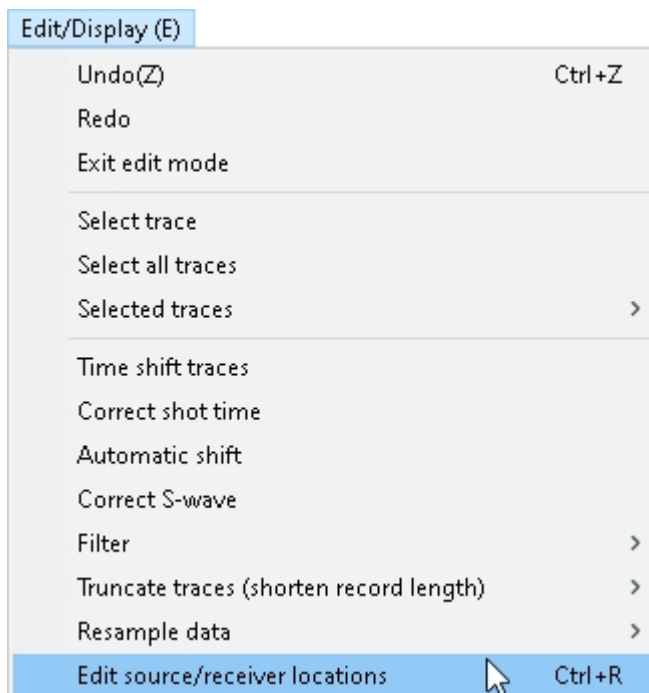
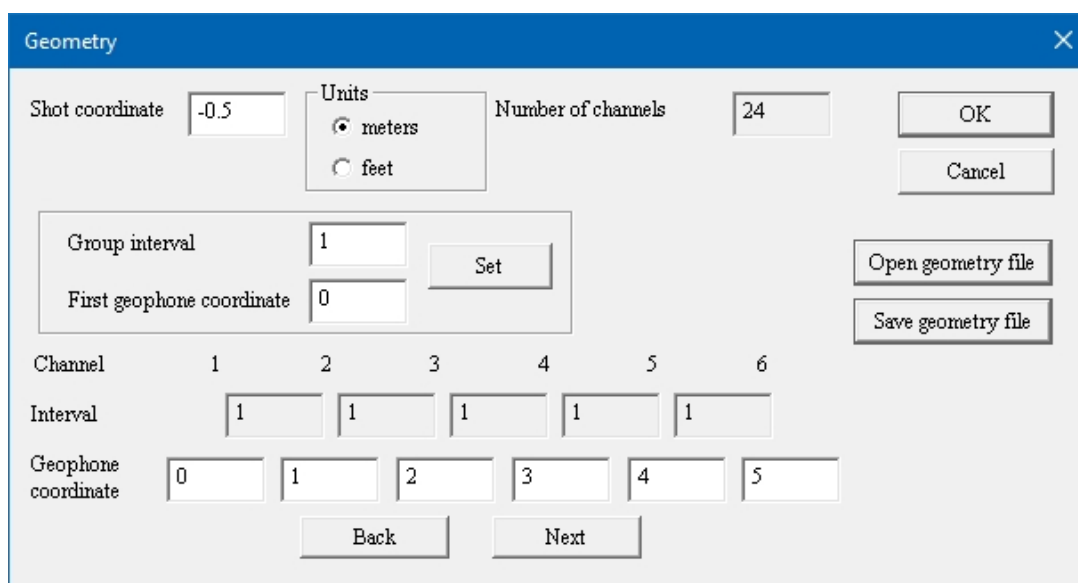


図38： 波形プロット、2Dアクティブ・ソース、固定スプレッド。

ユニットを確認します。ユニットラベルが正しくない場合、**Edit/Display** メニューを開き、*Edit source/receiver locations* を選択します。












Geometry ダイアログボックスが表示され、*Units* 設定でメートルとフィートを選択できます。単位設定は、ダイアログボックスに表示される単位ラベルに影響し、35 m/sまたは150 ft/sである最小位相速度のデフォルト値を更新します。一度設定されると（そしてPickwinが閉じられると）、割り当てられた単位はウィザードの次回以降の使用時に呼び出されます。



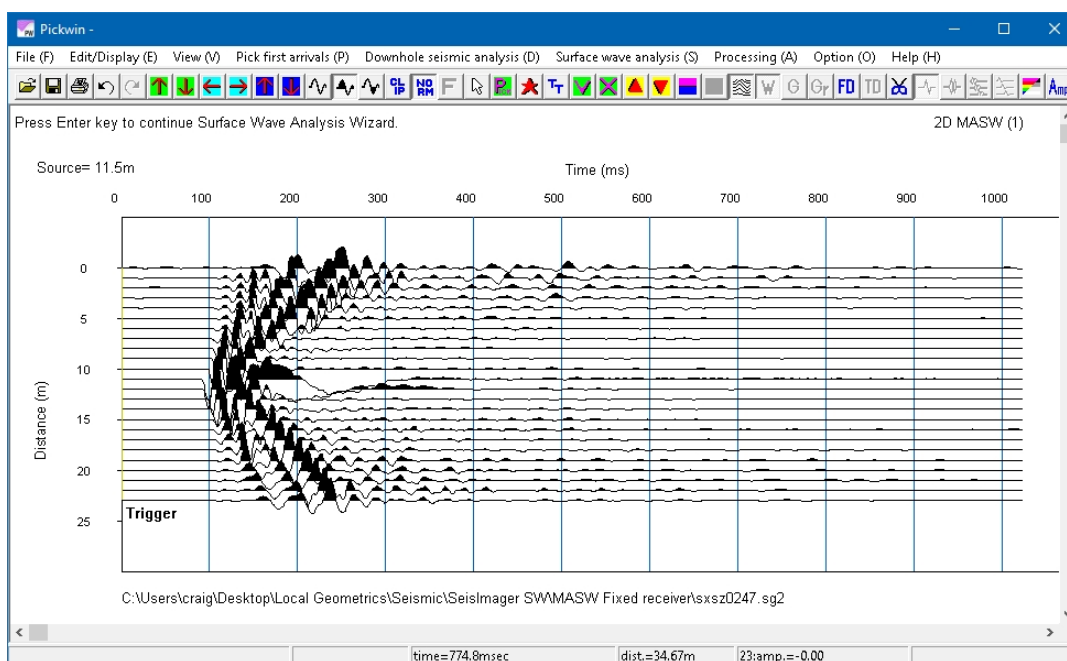
注意: 誤った単位を割り当てると、分散曲線の計算に誤差が生じるので、単位が正しいことを確認することが重要である。

Pickwinウィザードが終了したら（WaveEQが）、Pickwinを閉じるだけで新しいUnits設定が登録れます。

波形ビューでは、表示を最適化するために設定を変更することができます。これらの設定はすべて屈折データ処理用の SeisImager/2D と共通です。完全な説明については SeisImager/2D の [マニュアル](#) を参照してください。必要な主な機能は、Waveform amplitude   ボタン、Horizontal scale   ボタン、Vertical scale   ボタン、Normalize  ボタンです。

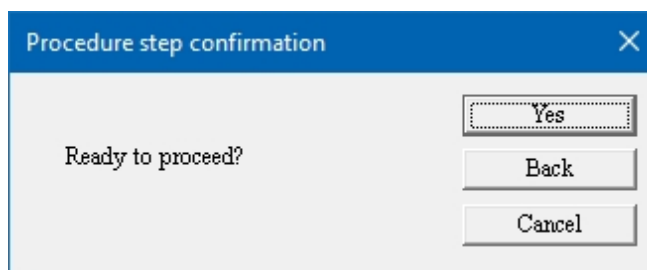
ファイルをスクロール、Show previous waveform（前の波形を表示  と Show next（次の波形を表示 ）を使用します。ボタンをクリックする。

完了したら、Enterキーを押して続行する。

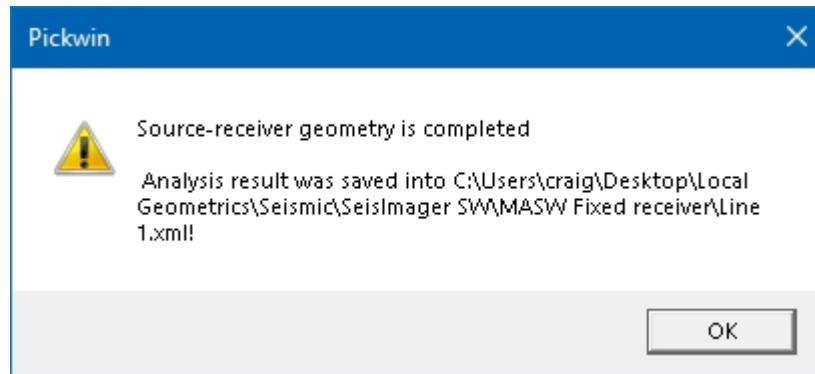


図B9: 波形プロット、2D アクティブ・ソース、固定スプレッド。

ジオメトリの計算と割り当てを続行する準備ができたなら、Yes を押す。



ジオメトリ計算が完了すると、ジオメトリ割り当てを含むファイルリストが.xmlファイルに、設定したタグを付けます。OK を押す。このリストは、ジオメトリを再割り当てすることなく、後で直接開くことができます。



ジオメトリのプロットが表示されます。Enter キーを押して続行する。

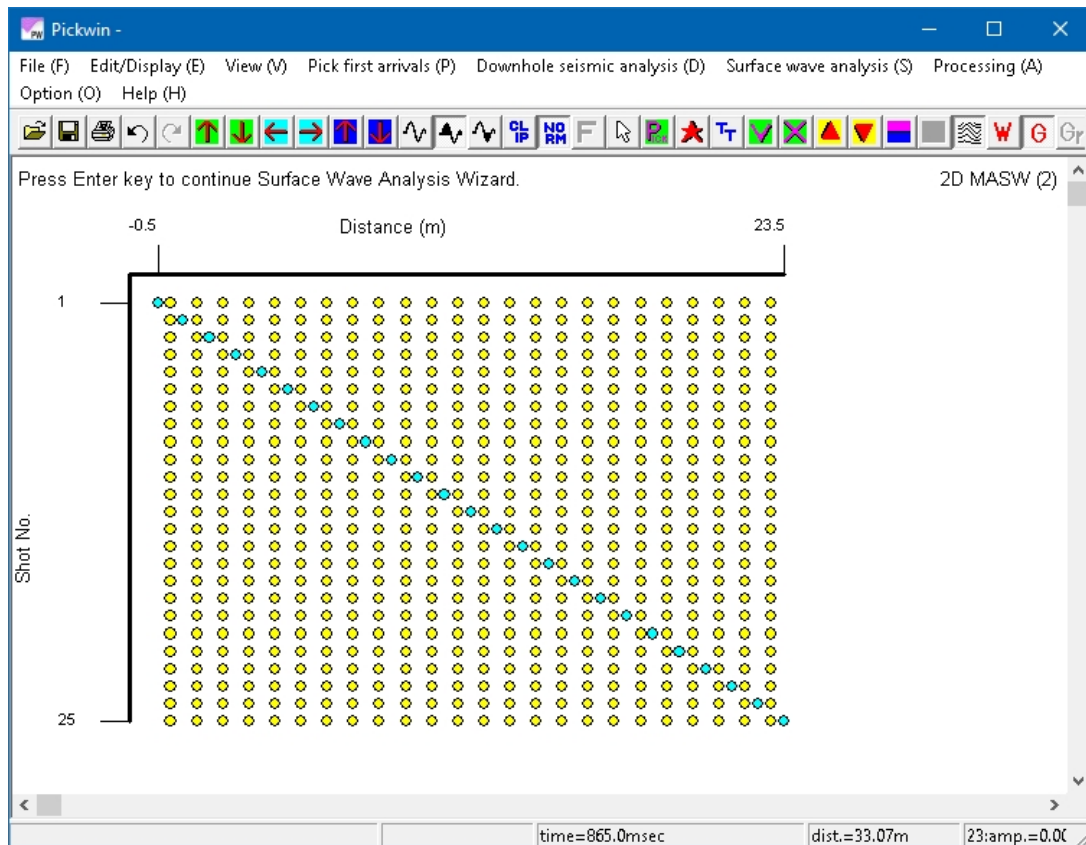
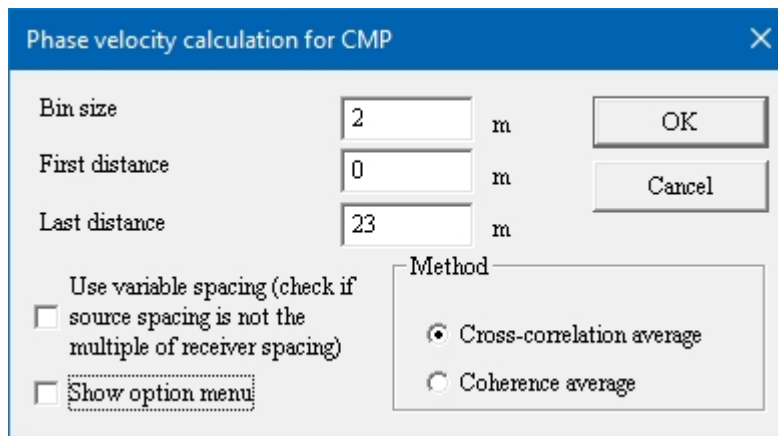
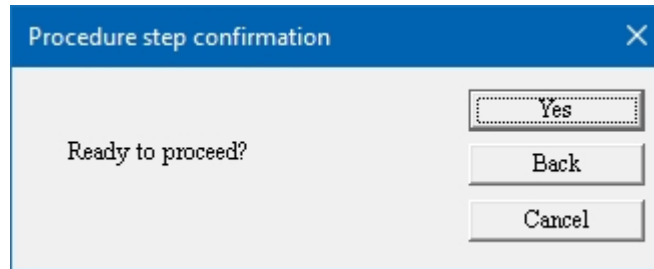


図40: ジオメトリ・プロット、2Dアクティブ・ソース、固定スプレッド。

できたらYesを押す。



次に、CMP 相互相関ギャザーを計算する。*First distance*と*Last distance*はジオフォンスプレッドの最初と最後の座標から取得し、*Bin size*はジオフォン間隔の2倍として自動的に計算されます。*Bin*サイズはデフォルト値を推奨します。

ビンのサイズを大きくすると、最終的な v_s 断面の解像度が低下する。

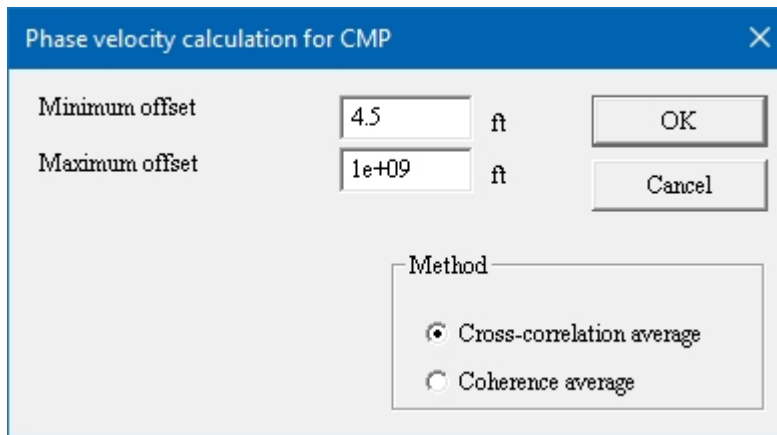
ソース間隔が一定でない場合は、*Use variable spacing*ボックスをチェックします。このパラメーターの意味は、例で説明するのが一番わかりやすい:

受信機間隔が公称3m程度に変化すると仮定する。このパラメータが10%に設定されている場合、3.2メートルまたは2.9メートルの間隔は3メートルとみなされる。しかし、3.4メートルの間隔は3.4メートルとみなされる。

一般的には、ジオフォンの間隔の倍数である一定のソース間隔を使用することを推奨します。



オプションメニューのShowをチェックすると、オフセットの最小値と最大値を入力するプロンプトが表示されます：



Phase velocity calculation for CMP

Minimum offset: 4.5 ft

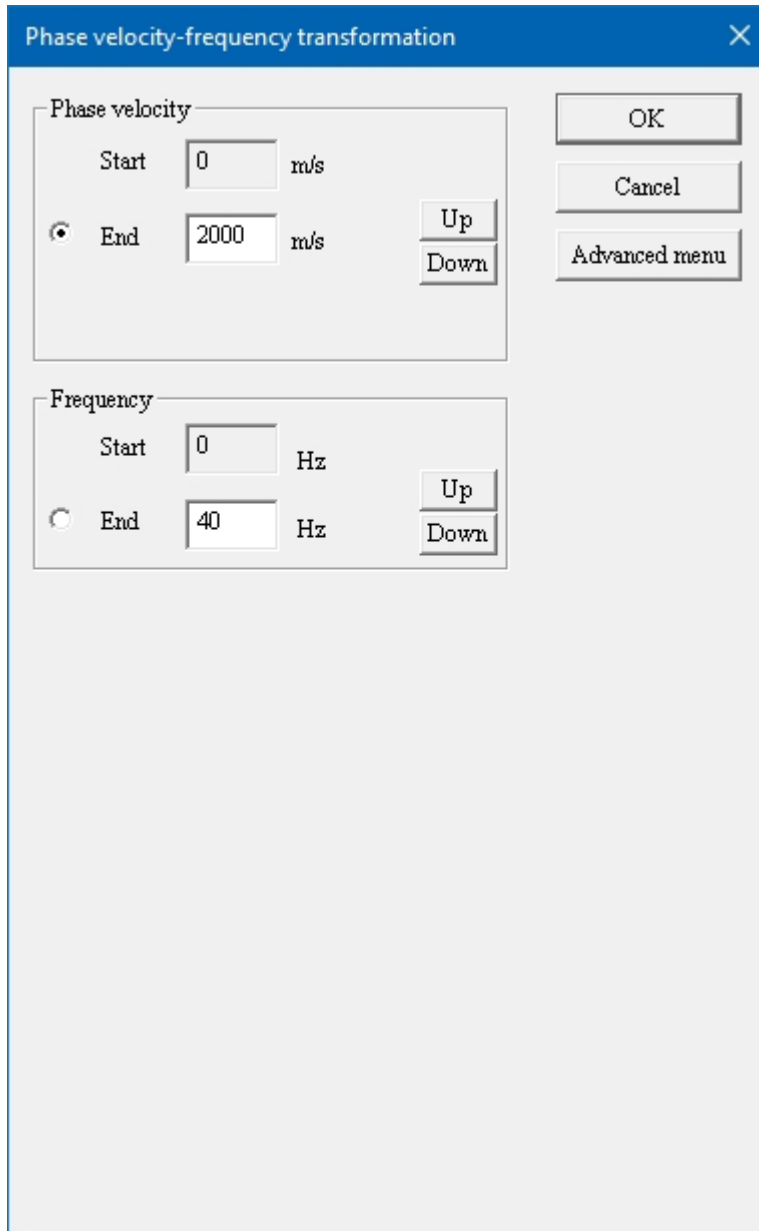
Maximum offset: 1e+09 ft

Method:

- Cross-correlation average
- Coherence average

最も一般的に使用される方法は、*相互相関平均*である。*相互相関平均*と*コヒーレンス平均*の主な違いは、前者が時間領域の計算であり、後者が周波数領域の計算であることである。結果は基本的に98%の確率で同じであり、*相互相関平均*が推奨される方法である。

完了したらOKを押す。



Phase velocity-frequency transformation

Phase velocity

Start m/s

End m/s

OK

Cancel

Advanced menu

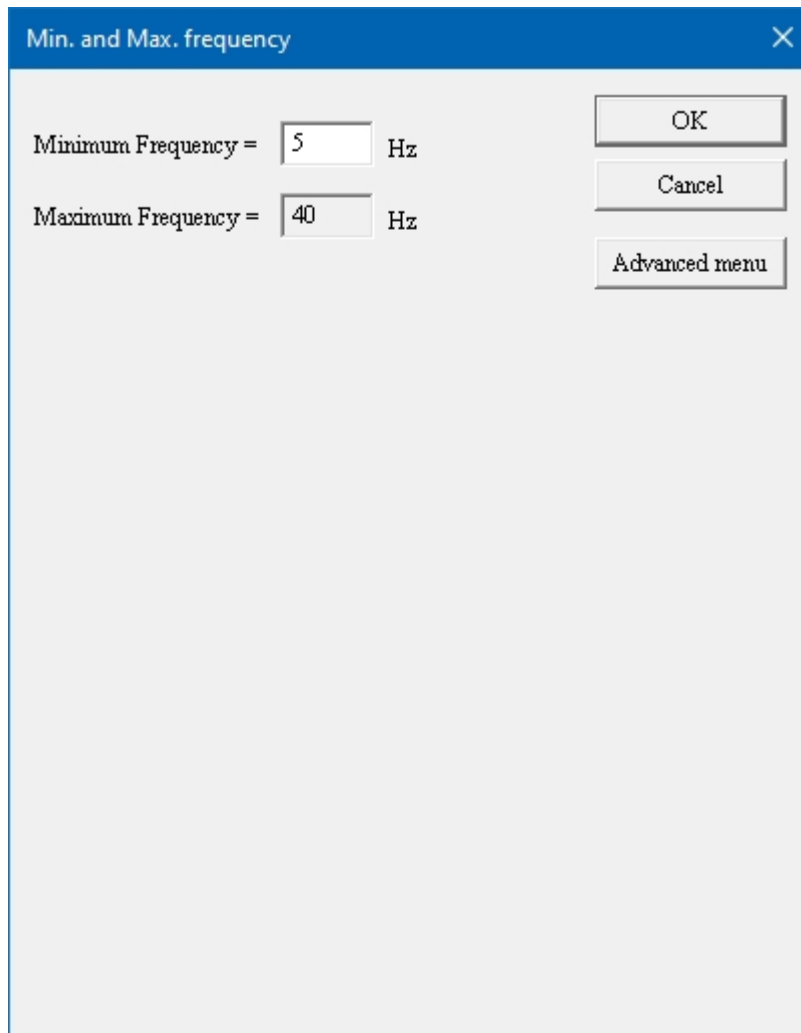
Frequency

Start Hz

End Hz

次に、CMP相互相関ギャザーの位相速度を計算するためのパラメータを設定します。*Phase Velocity End*（位相速度終了）は、サイトで予想される最大速度に合わせて設定します。

Frequency End のデフォルト値は、ほとんどの場合に適している。高周波数端での基本波モードのベロシティの程度を見るには、より高い値を入力することができる。完了したらOKを押す。



Min. and Max. frequency

Minimum Frequency = 5 Hz

Maximum Frequency = 40 Hz

OK

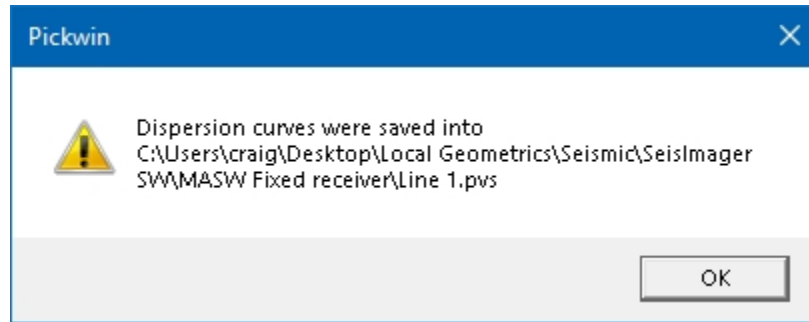
Cancel



Advanced menu

次に、位相速度-周波数プロット上の分散定義する最大振幅を選ぶためのパラメータを設定する。*最小周波数*のデフォルト値は、4.5 Hz のジオフォンを使用した場合、5 Hz です。他のジオフォンを使用した場合は、そのジオフォンの固有振動数を入力するか、デフォルト値を使用して、ソフトウェアがその端に向かって振幅の最大値のピックを試みるようにします（悪いピックは後で手動で削除できます）。

*最大周波数*は、前のダイアログボックスで入力された値を反映する。完了したらOKを押す。

位相速度の計算と分散曲線のピックアップが完了すると、ピックは自動的に該当するタグが付けられた *.pvs* ファイルとして保存されます。OK を押します。保存されたピックを再入力する方法については、セクション[6.1.2](#)（215ページ）を参照してください。



CMP 相互相関ギャザーのグループの最初のものが表示されます。ファイルをスクロールするには、*Show previous waveform* 、*Show next waveform* 。

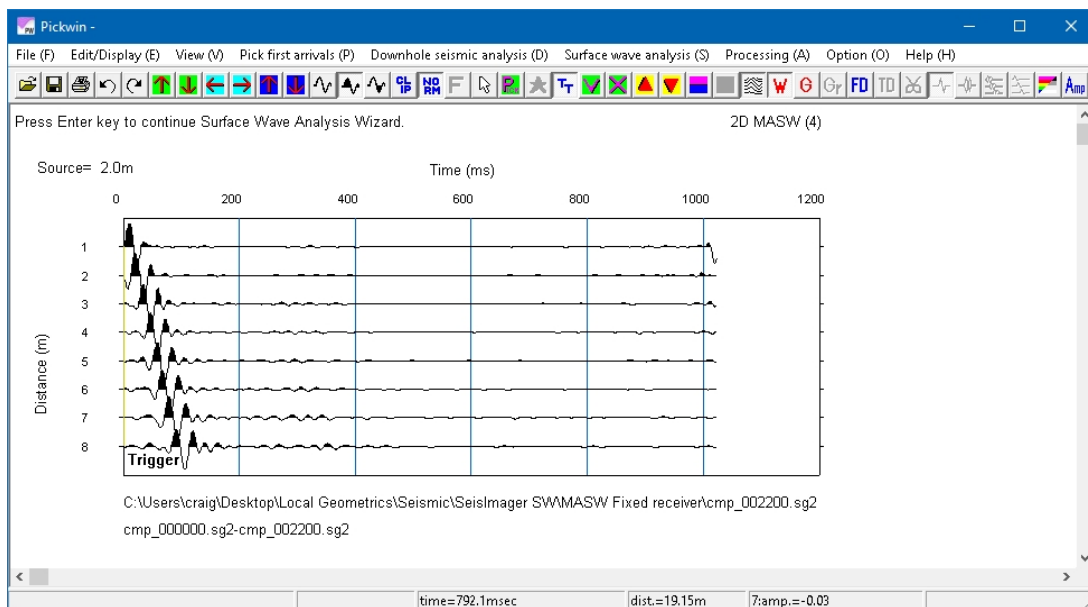



図41: CMPの相互相関ギャザー。

特定のジオメトリを持つファイルを表示するには、ジオメトリ  ボタンを押してジオメトリ ビューに切り替えます。現在波形ビューに表示されている波形ファイルのジオメトリは、赤で強調表示されます。

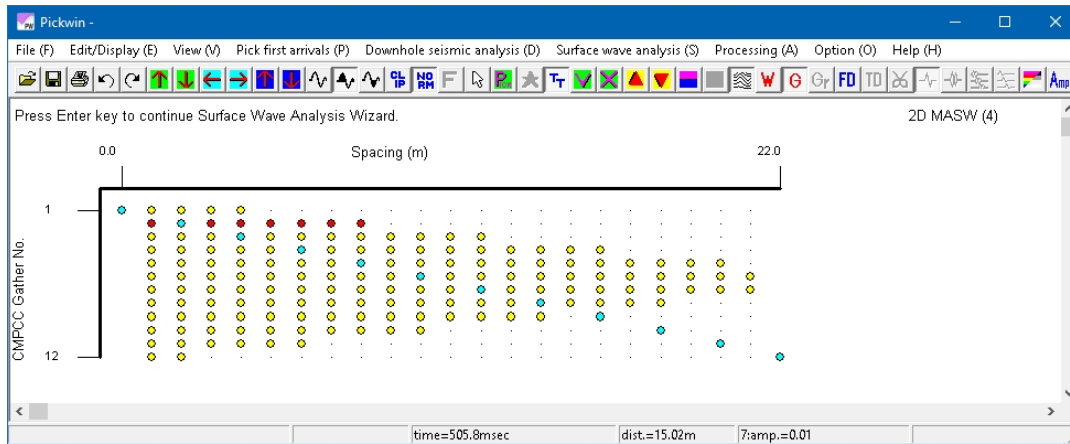




図42: 形状プロット。図41のトレース位置を赤で示す。

Show previous waveform  と Show next waveform  ボタンを使用して、表示する波形ファイルのジオメトリを選択します。

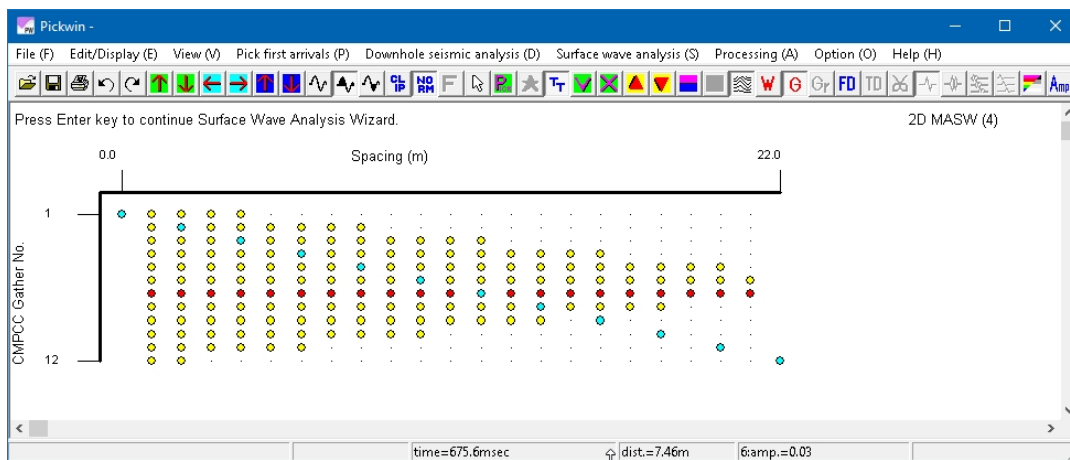


図43: ジオメトリファイルのページング

選択したファイルを表示するには、波形  ボタンを押してトグルバックします。

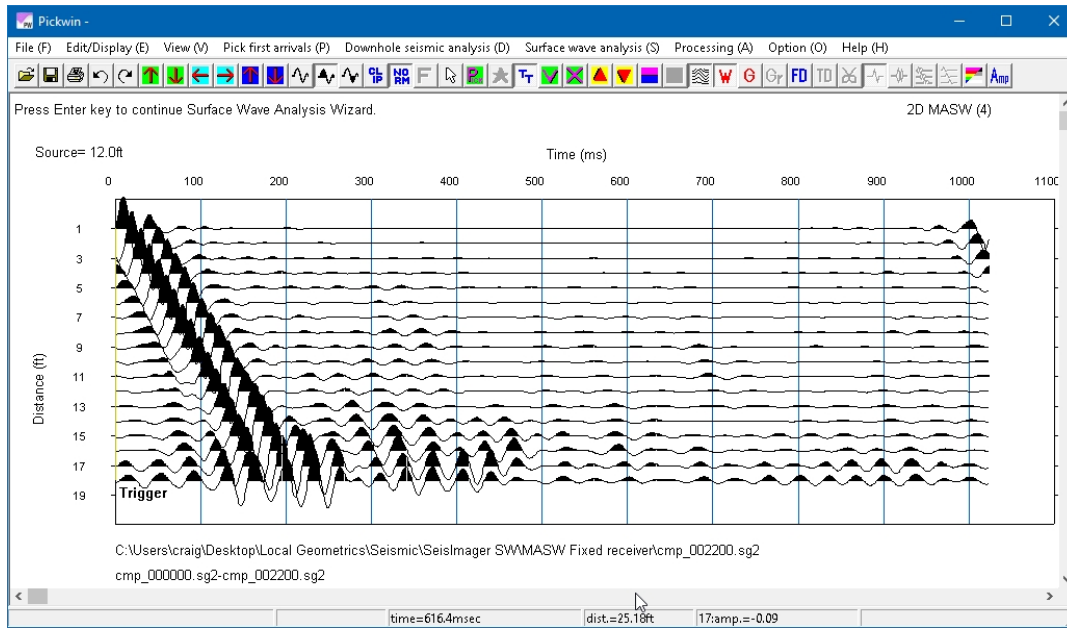
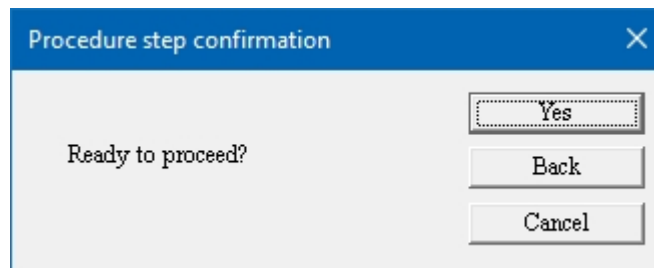


図44: 波形ボタンを押すと、[図43](#) れる。の赤い点に対応するファイルが表示さ

Enterキーを押して続行する。準備ができた

らYesを押してください。



次に、WaveEqモジュールが起動し、分散曲線が表示される。この、ウィザードは**Dispersion curves**と**MASW (2D)**メニューから関数を呼び出します。

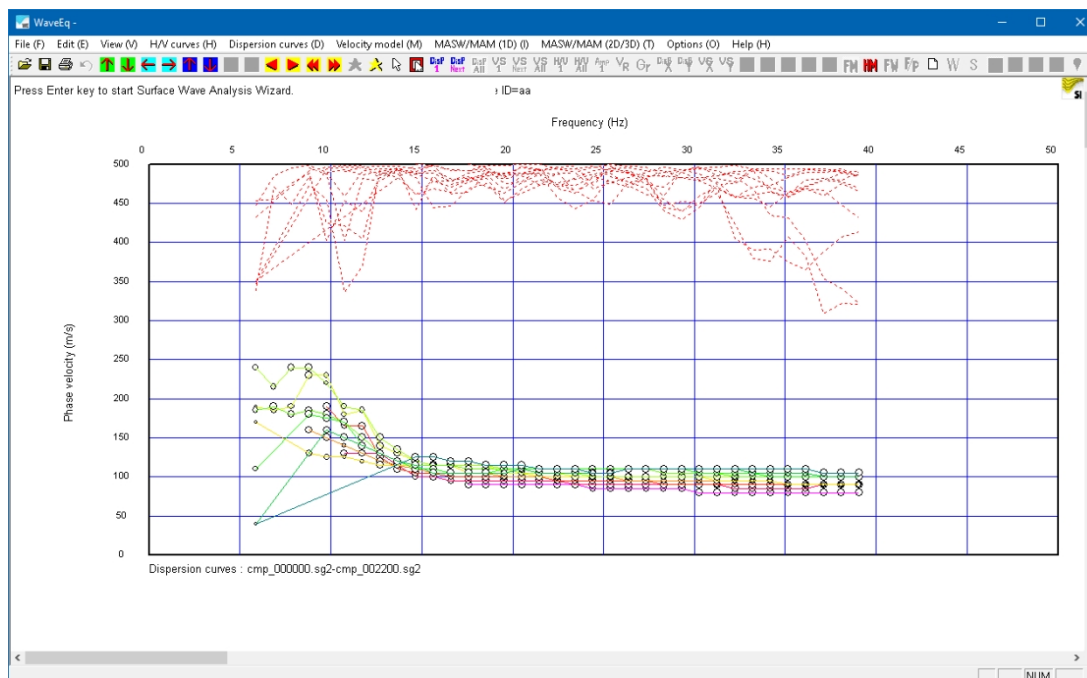


図45：分散曲線。

プロットスケールの調整が必要な場合は、**View**メニューを開き、*Axis configuration*を選択します。



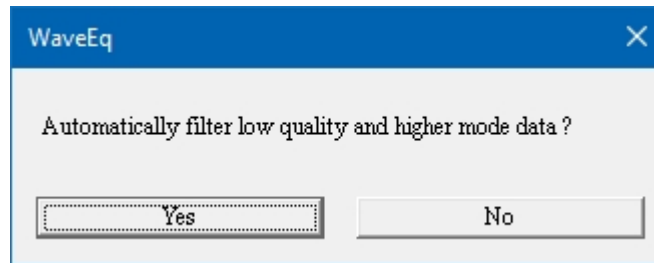
X軸とY軸の最大スケールと間隔に必要な値を入力する。完了したらOKを押す。

Enterキーを押して続ける。

次に、3つの分散曲線編集機能があり一般的に分散曲線上に存在する、低品質、ノイズの多い、より高いモードのピックを除去する

反転における不安定性。これらの機能のデフォルト設定は、ほとんどのケースに適している。分散曲線編集機能の完全な説明については、セクション7.5、ページ440を参照してください。

はい」を選択する。



編集した分散曲線が表示される。Enter キーを押して続行する。

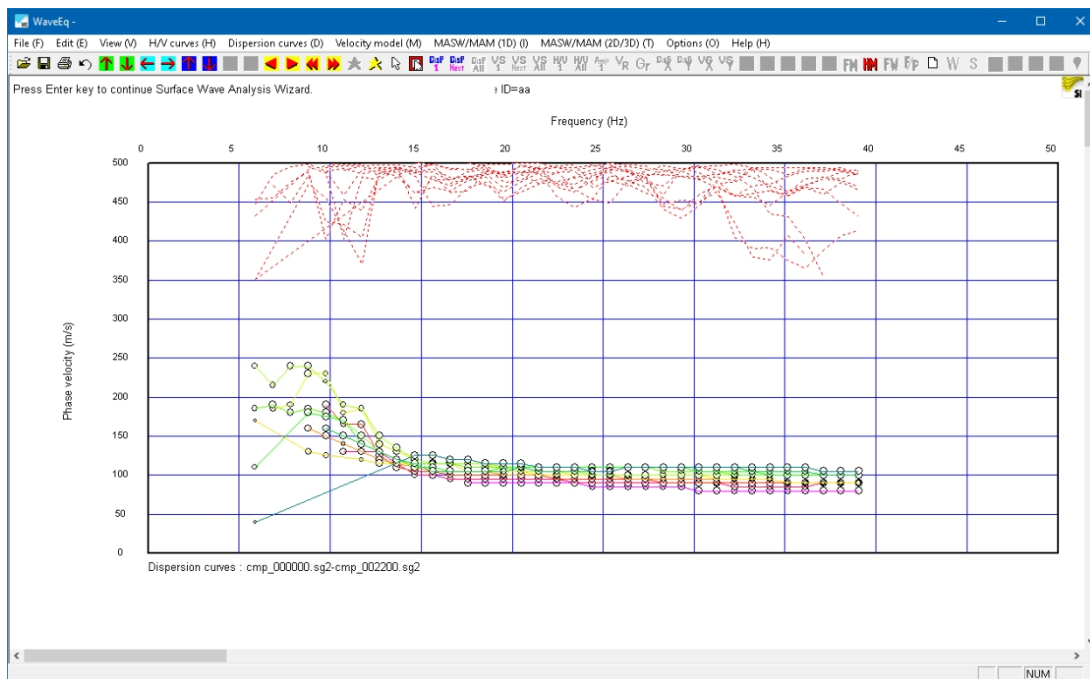
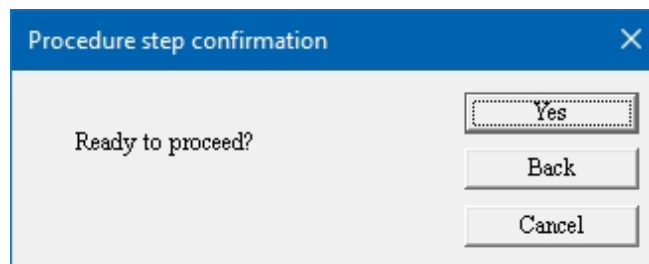
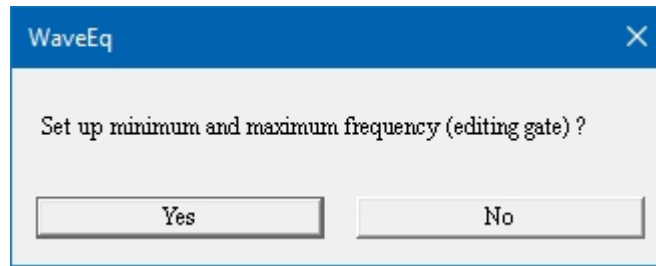


図46: フィルタリングされた分散曲線。低品質で高いモードのデータは除去されている。

できたらYesを押す。



はい」を選択する。



ウィンドウ左上の指示に従ってください。赤いゲートがアクティブなゲートです。右矢印キーと左矢印キーを使用して、削除したい周波数-位相速度ポイントまでゲートを配置する。Enter キーを押して右側のゲートをアクティブにし、矢印キーで同じように位置決めする。完了したら、Enter キーを押してゲートの外側のピックを削除する。

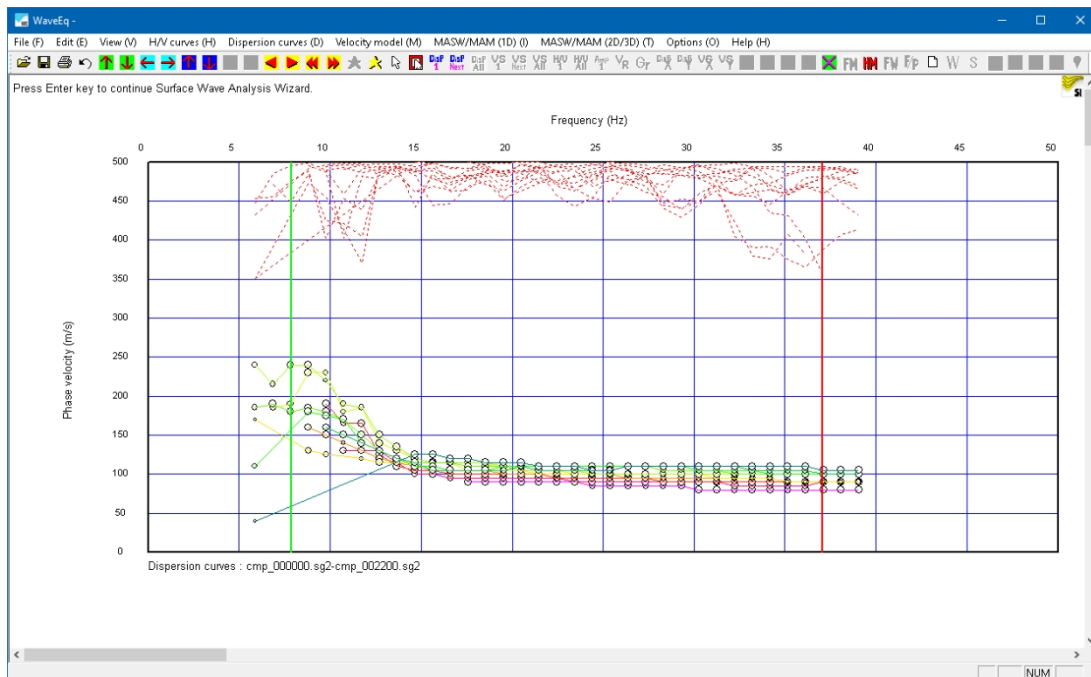


図47: ゲートを使用した分散曲線の編集。

編集した分散曲線が表示される。Enter キーを押して続行する。

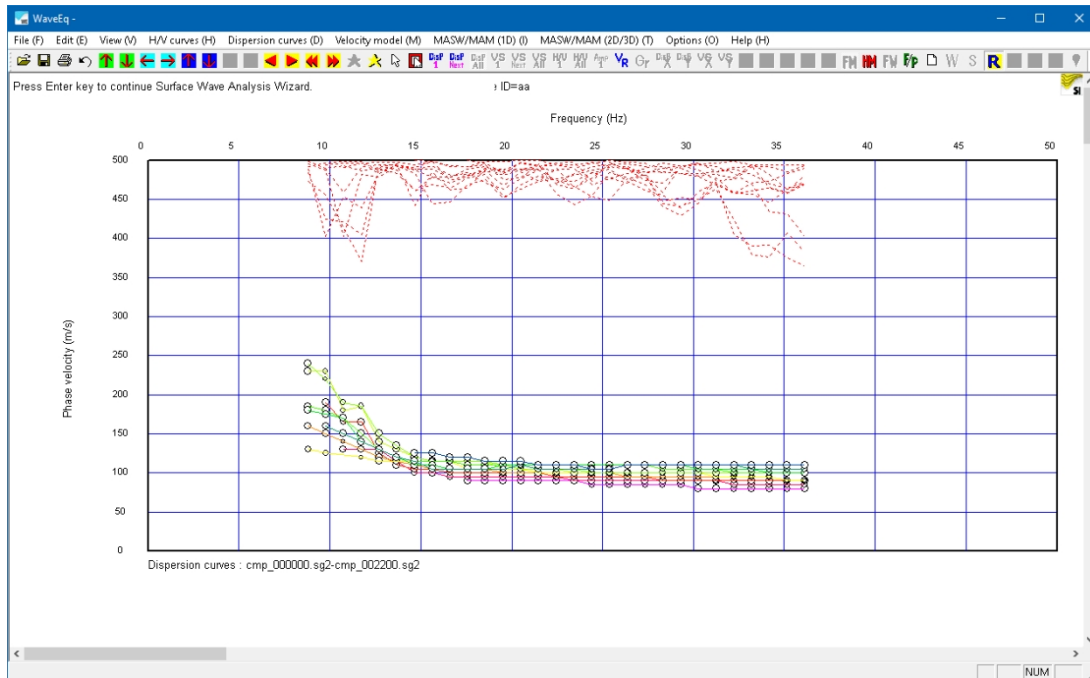
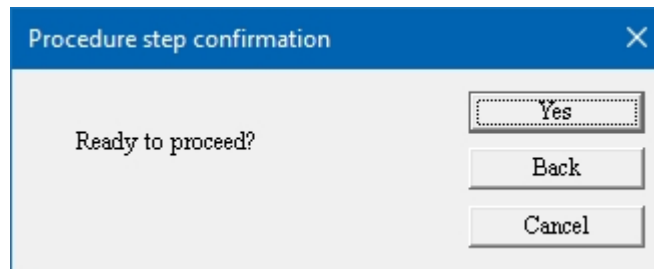
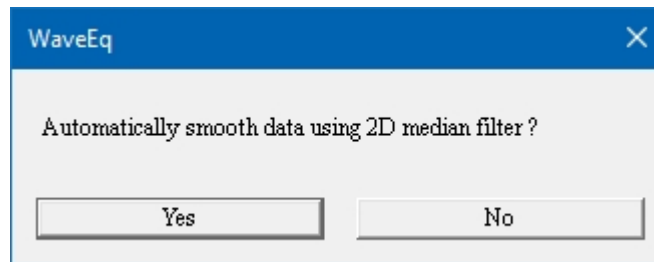


図48: トリミングされた分散曲線。

できたらYesを押す。



はい』を選択する。



編集した分散曲線が表示される。

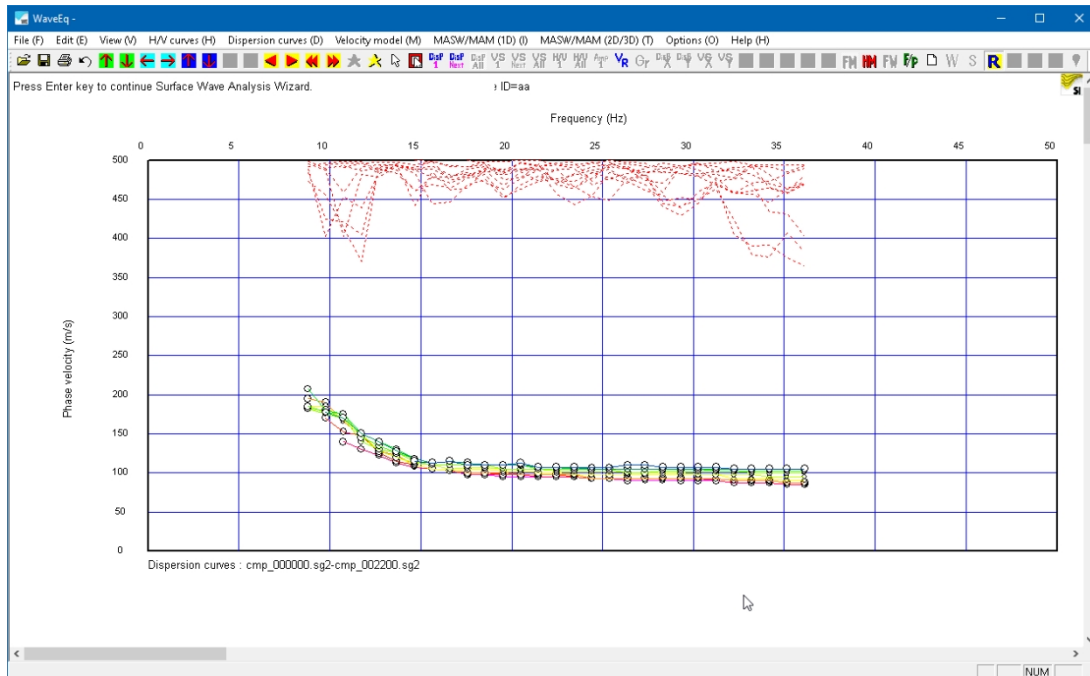
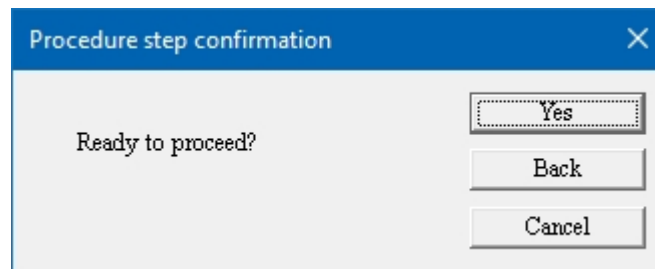


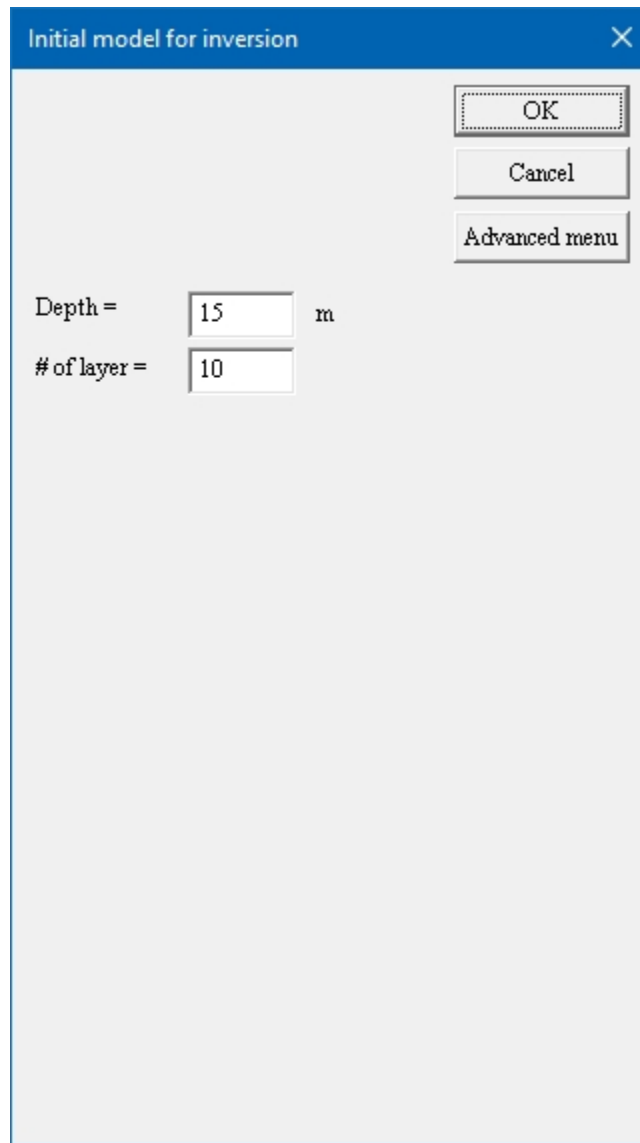
図49: 平滑化された分散曲線。

これが最後の編集ステップです。Enterキーを押して続けます。準備ができた

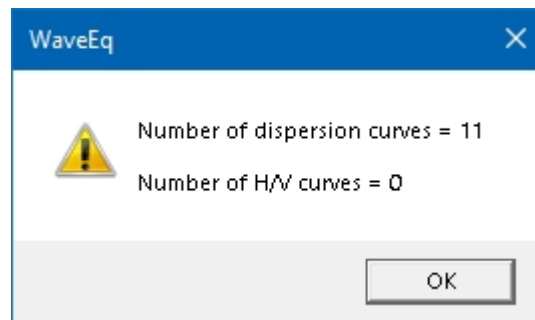
らYesを押してください。



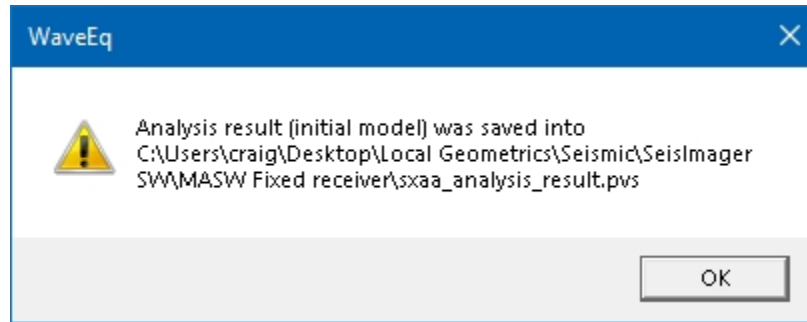
次に、深さによる v_s の初期モデルを設定する。これらの個々の曲線は、初期断面モデルを補間するために使用される。ソフトウェアのデフォルト設定では、3分の1波長の近似値から初期モデルを計算します。*Depth* (深さ) の値については、まずスプレッド長の2分の1から始めるのがよい推定値です。*Number of layers* のデフォルト値は、ほとんどのケースに適しています。完了したらOKを押す。



初期断面モデルが計算されると、モデルに使用されたカーブの数が報告されます。OKを押します。



初期モデルファイルが自動的に保存されます。OKを押してください。



個々の初期モデルのグループの最初のものが表示される。

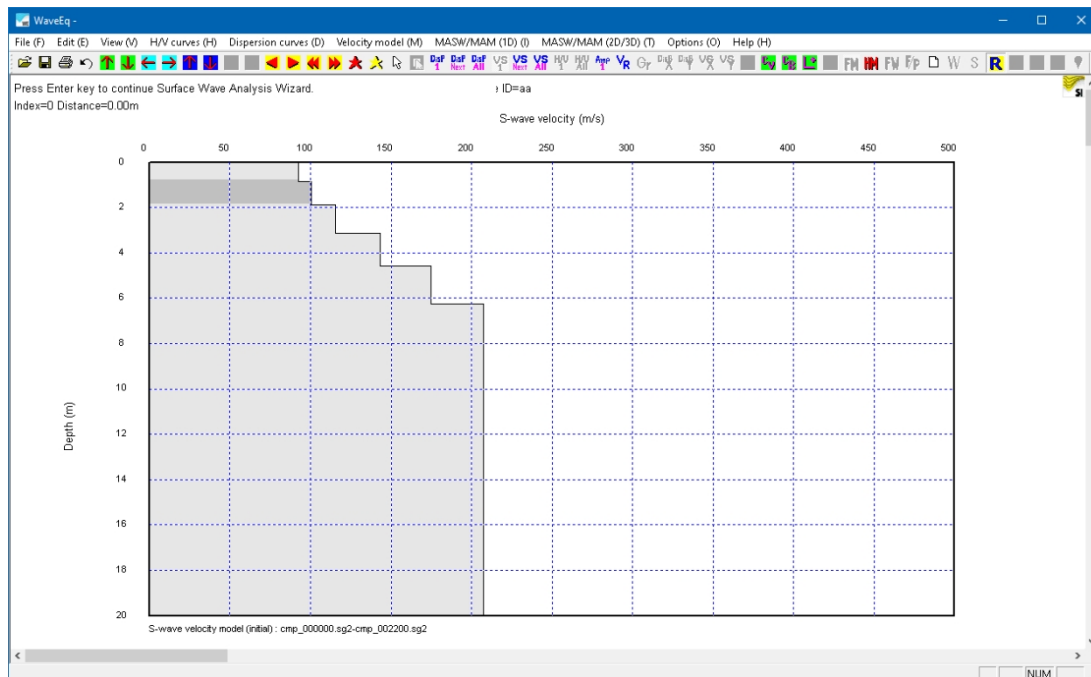


図50: いくつかの初速モデルの一つ。








ベロシティカーブの表示をコントロールするには、*Velocity section 1*  と *Velocity section next*  ボタンを使って、それぞれ1つ、または3つのカーブを一度に表示します。どちらの設定でも、*Show previous*  と *Show next*  ボタン、*Home*  と *End*  表示を移動できます。*Velocity section all*  ボタンは、すべてのベロシティカーブを表示します。



図51: 複数の初速モデルの表示。









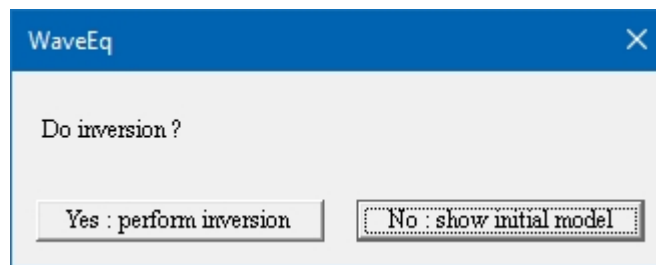
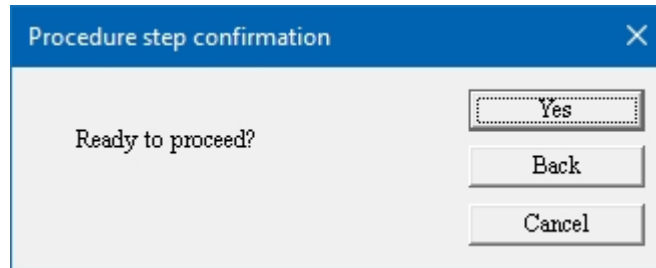
見かけの速度モデルを表示  ボタンを押すと、3分の1波長近似（赤い点）がオーバーレイ表示されます。デフォルトでは、データの限界に注意を喚起するために、最も深い見かけの速度からモデルの色合いが薄い灰色に変わります。



図52: 1/3波長近似を示す速度モデル。

分散カーブについては、分散カーブ  と分散カーブ次  ボタン、前の表示  と次の表示  ボタン、ホーム  と終了  ボタン、分散カーブすべて  ボタンは、速度カーブ表示の説明と同じ働きをする。



GeoPlot で初期断面モデルを表示するには、*No: show initial model* を選択します（このステップをスキップするには、*Yes: perform inversion* を選択します）。

GeoPlot モジュールが起動します。OK を押す。初期 vs 断面の表示に使用される GeoPlot 関数については、セクション [4.1.3.1](#)、ページ 119 を参照。

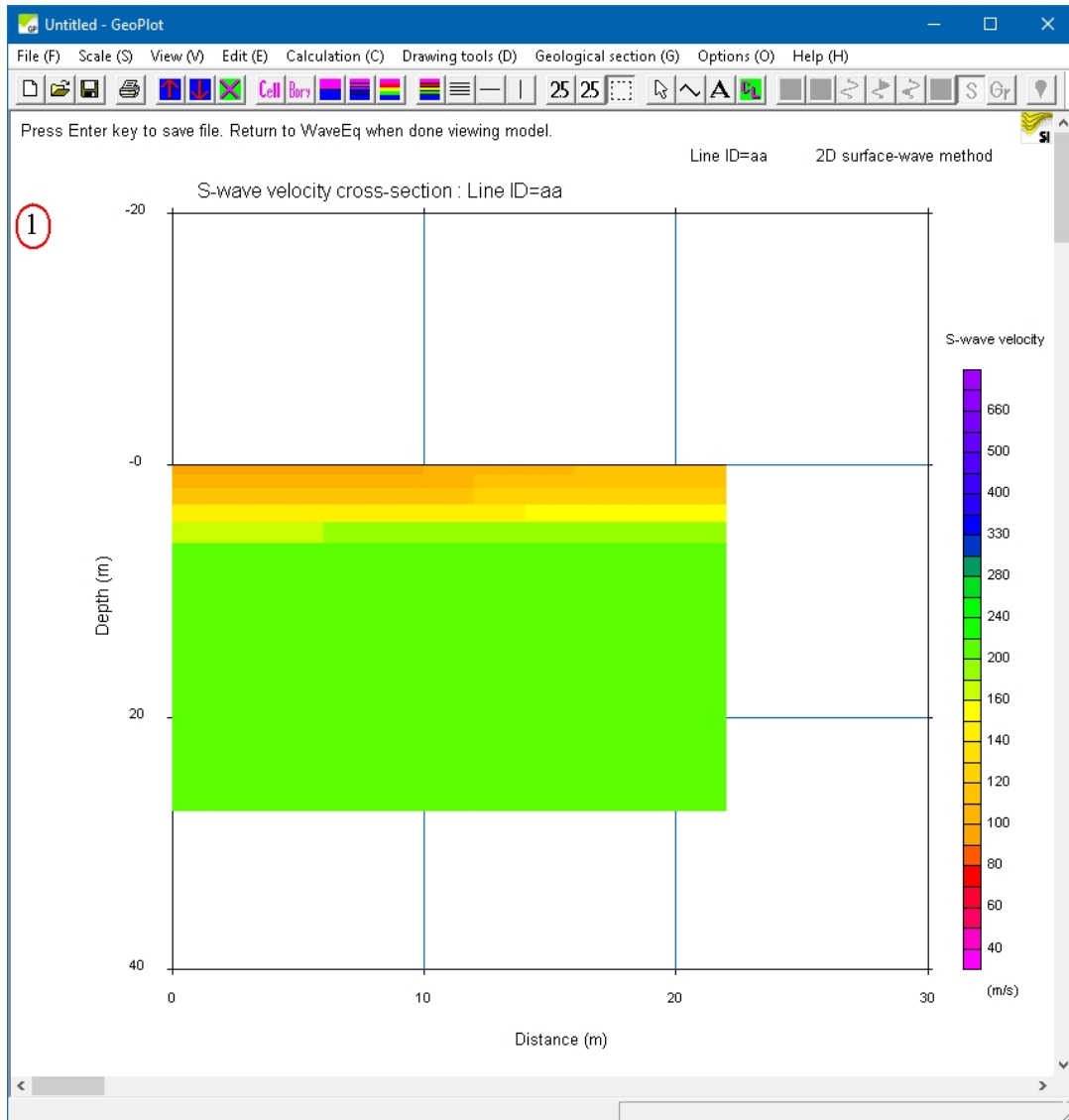
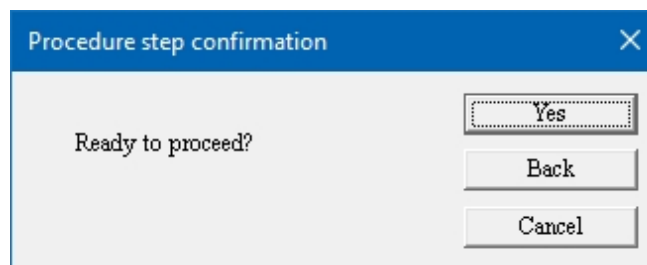


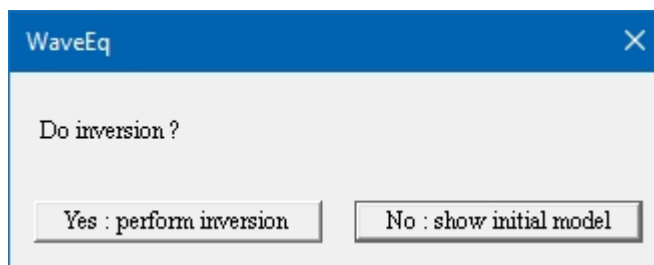
図53: 初期モデル。

GeoPlotで初期モデルを表示し終わったら、*Enter*キーを押してファイルを保存、WaveEqに戻ってインバージョンを実行します。

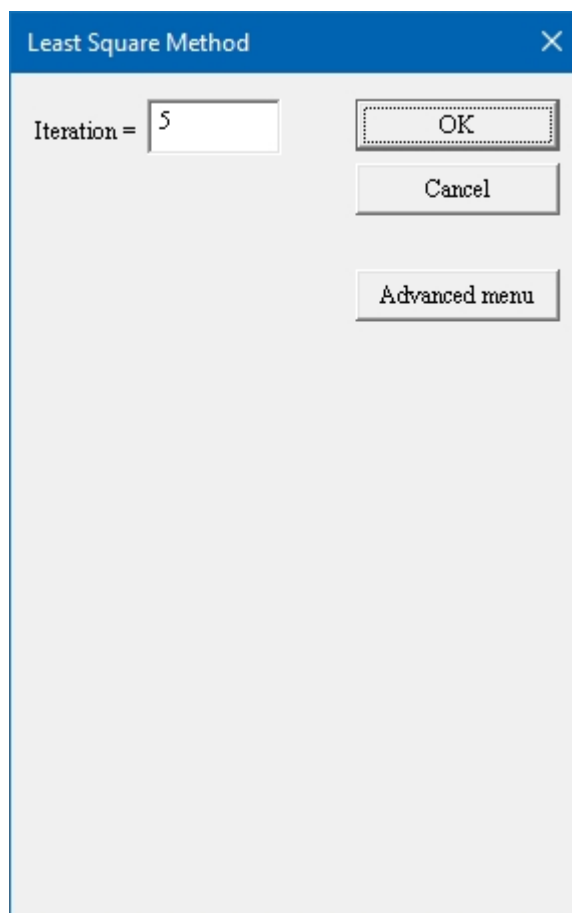
WaveEqで*Enter*押し、準備ができれば*Yes*を押す。



Yesを選択：反転を行う。

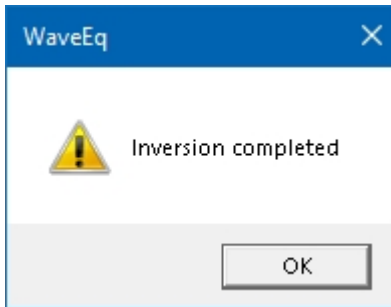


インバージョンの反復回数を設定します。このソフトウェアは、修正された初期モデル・データと観測データとの最適なフィットに収束するために、指示された回数を反復します。デフォルト値の5は、ほとんどのケースに適しています。完了したらOKを押します。

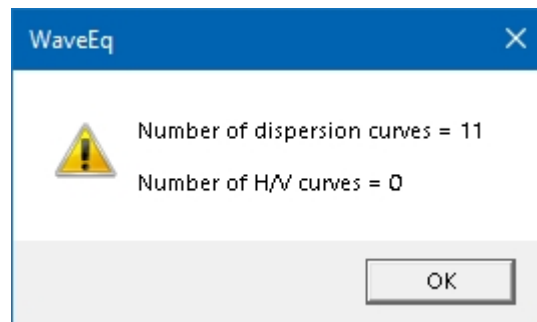


データセットのサイズによっては、逆解析に計算量が多くなり、完了までに時間がかかる場合があることに注意してください。また、Iterationの値が大きいほど、処理にかかります。Windowsのタスクマネージャーでは、WaveEqが「応答なし」と表示されることがありますが、メモリ使用量が動的に変化している場合は、プロセスが正常に実行されていることを示しています。

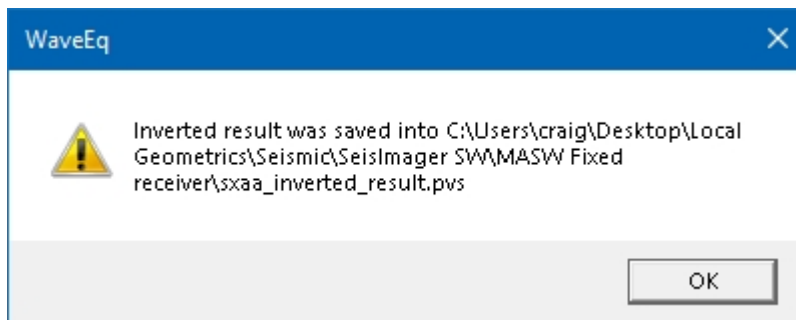
反転が完了したら、OKを押す。



最終的な断面モデルが計算されると、モデルに使用されたカーブの数が報告されます。OKを押します。







最終モデルファイルが自動的に保存されます。OKを押ししてください。



個々の最終モデルのグループの最初のものが表示される。



図54: 複数の最終プロット。

計算された分散曲線と観測された分散曲線のフィットをチェックする。Show one dispersion curve  ボタンを押して、オリジナルの分散1つ表示する。次に、**比較**  ボタンを押して、計算された分散曲線（黒い線）を重ね合わせ、不一致の程度を視覚的に評価する。2つの曲線間のマッチングエラーは、時間（ms）単位とパーセンテージで、データセットディレクトリのRMSE.txtというファイルに保存されます。誤差は約5%以下であるべきですが、データセットによって異なります。   ボタンを使って、さまざまな分散曲線比較のページをめくることができます。

ミスマッチの高い場合は急激な変化や異常値などの分散カーブの異常、またはカーブの低周波側と高周波側の低品質なノイズの多いピックによるものである可能性が高い。ミスマッチは最終的な v_s カーブにも現れ、通常は非現実的な速度インバージョンや勾配となります。数学的インバージョンは分散曲線のこれらの側面をモデル化することができるかもしれませんが、表面波はその物理的性質上、比較的突発的で小規模な速度異常を解決することはできません。分散曲線をダブルチェックし、一致度を改善するためにプロセスを再実行する必要があります。

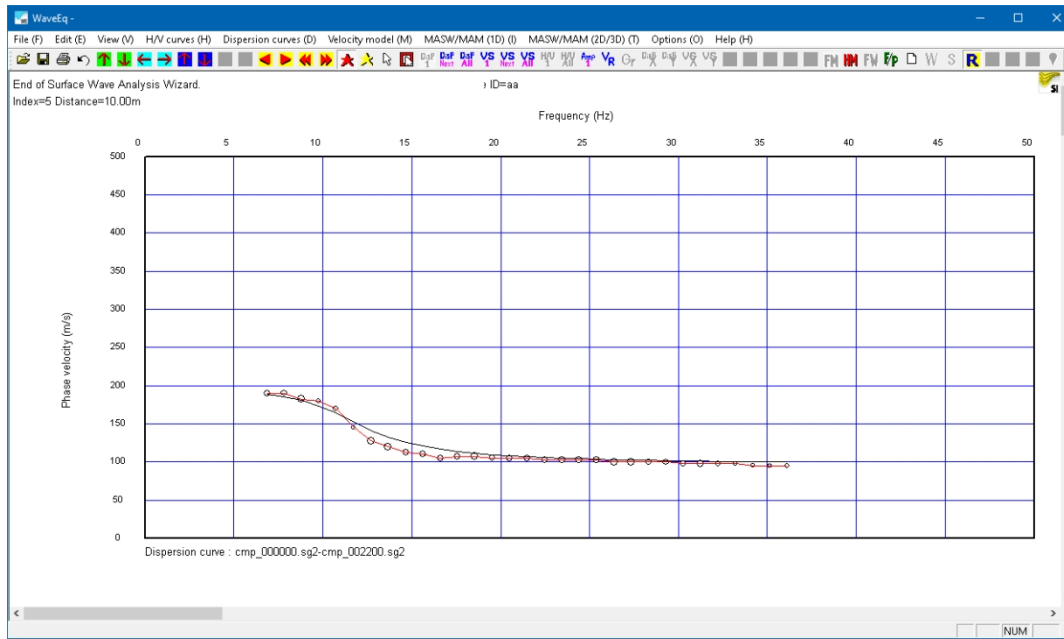
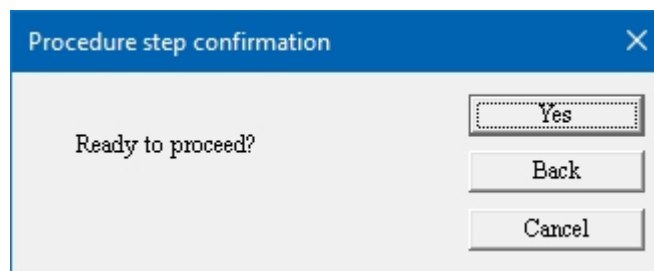


図55: オリジナル (赤) と計算 (黒) の分散曲線。

Enterキーを押して続ける。Yesを押して進

みます。



GeoPlot モジュールが再び起動し、最終的な v_s モデルを表示します。OK を押す。最終的な v_s 断面を表示するために使用する GeoPlot 関数については、次節(4.1.3.1)を参照。

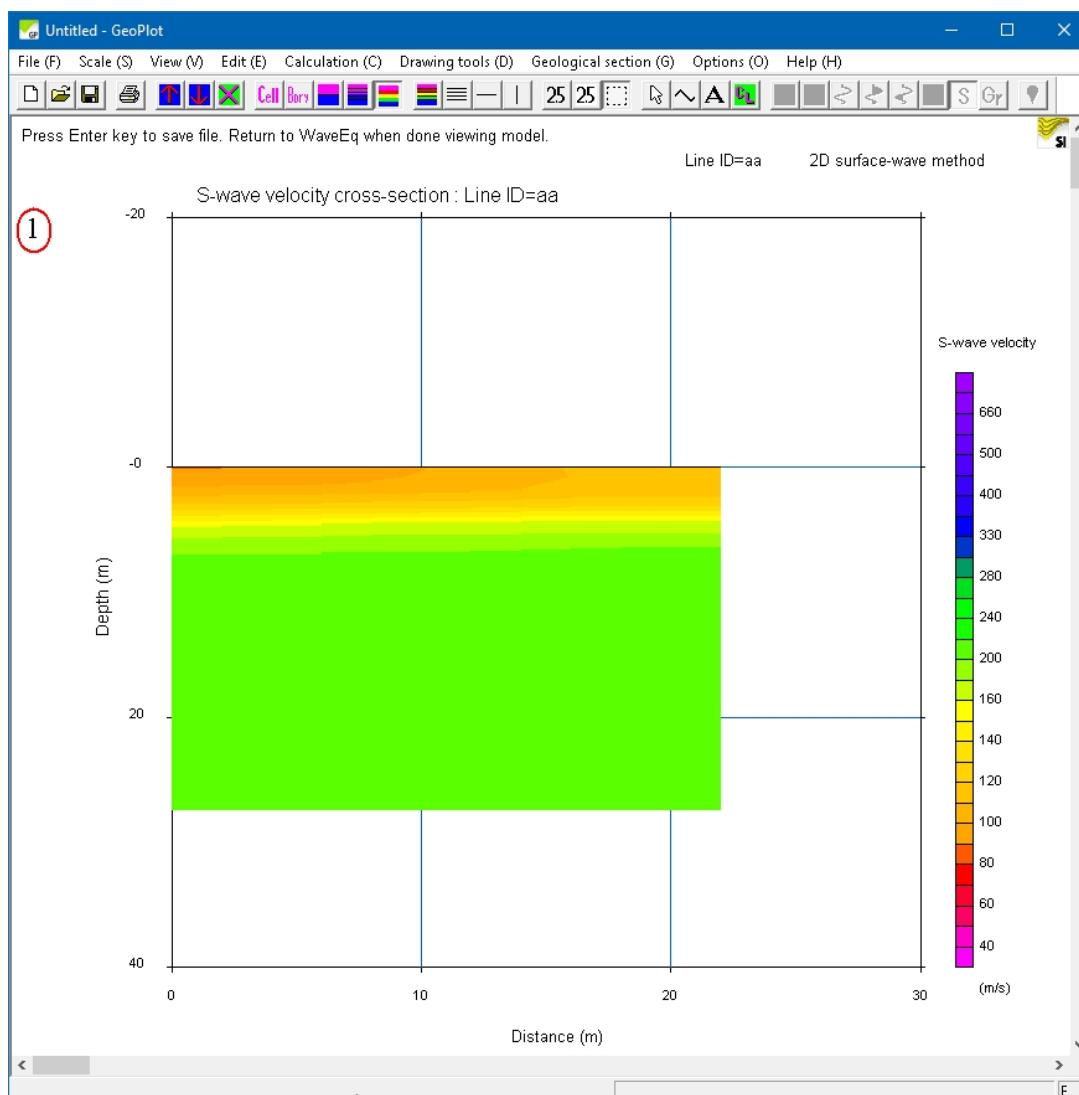


図56: 最終的な V_s モデル。

与えられたサイトについて、能動的および受動的ソースの分散曲線を組み合わせ、断面の深度範囲を最大化する方法については、セクション4.2の156ページを参照のこと。

4.1.3.1 GEOPLOTモジュールの表面波解析機能

表面波解析ウィザードがGeoPlotを起動すると、GeoPlotのメインウィンドウが表示され、対象モデルが表示されます。対象モデルは初期モデルでも最終モデルでもかまいません。モデルの輪郭は赤色で表示され、編集可能な状態であることを示します。

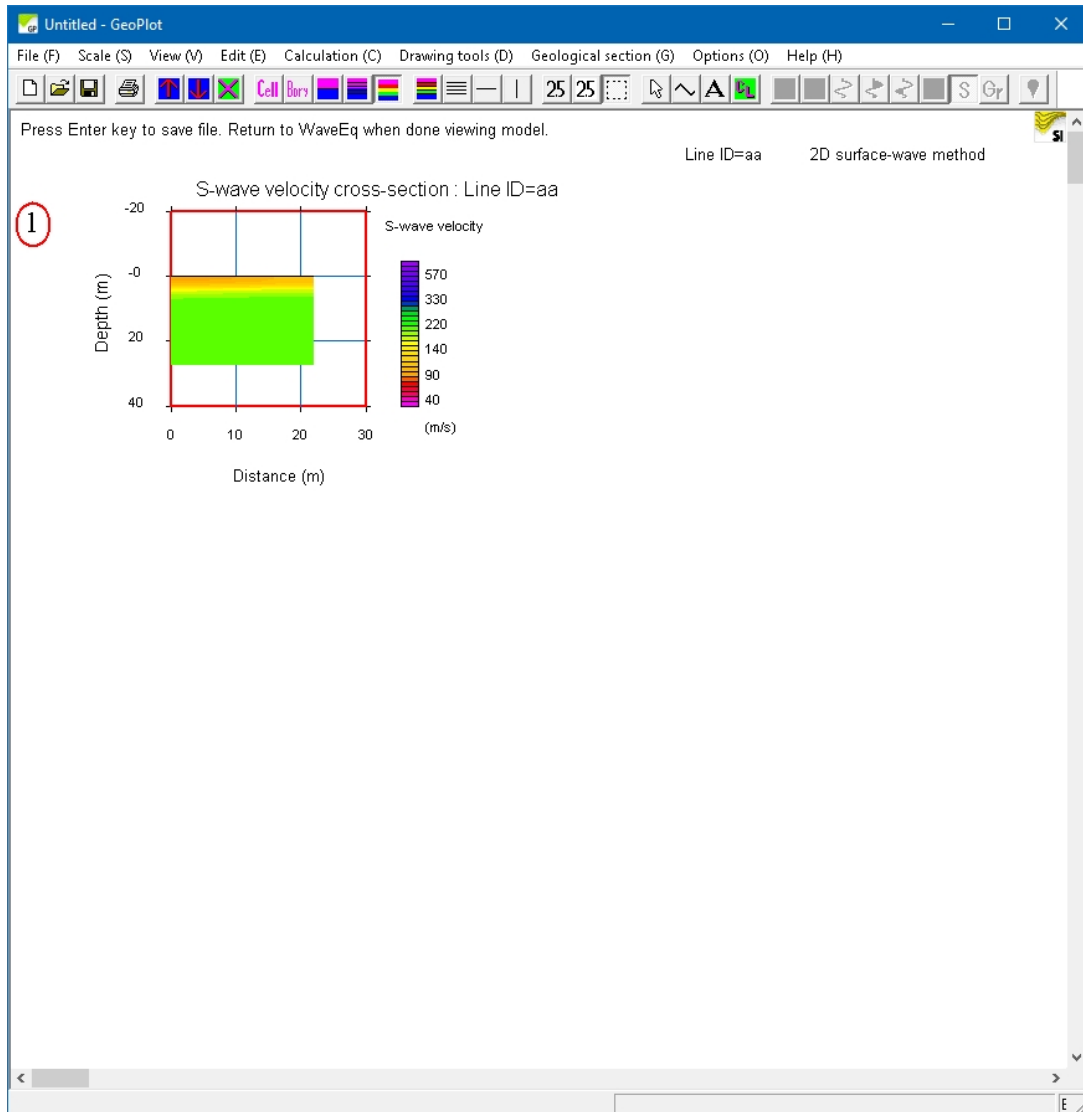
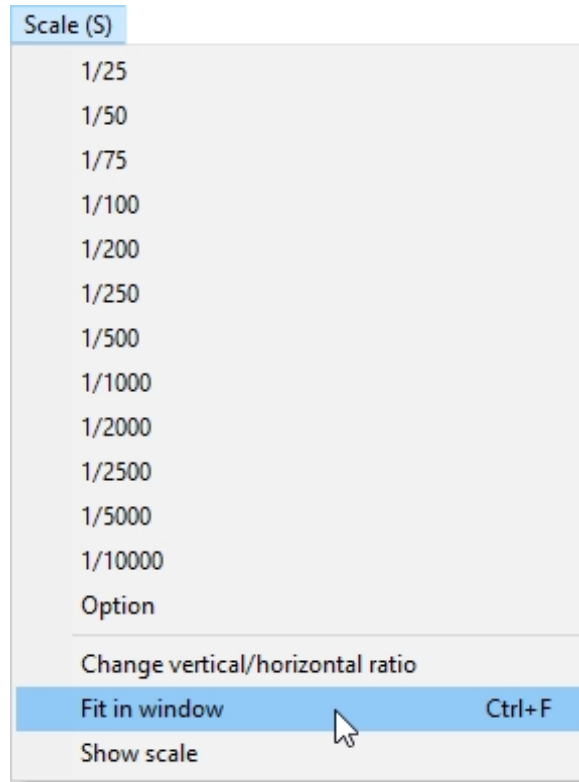
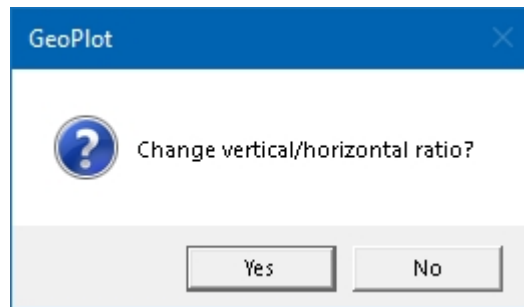




図57: 2D速度モデル。

モデルの表示を最適化するには、まずScaleメニューを選択し、Fit in windowを選択して表示領域を最大化します。



Yesを押してディスプレイをオートスケールする。



拡大  と 縮小  ボタンを使用して、プロットサイズをさらに調整します。

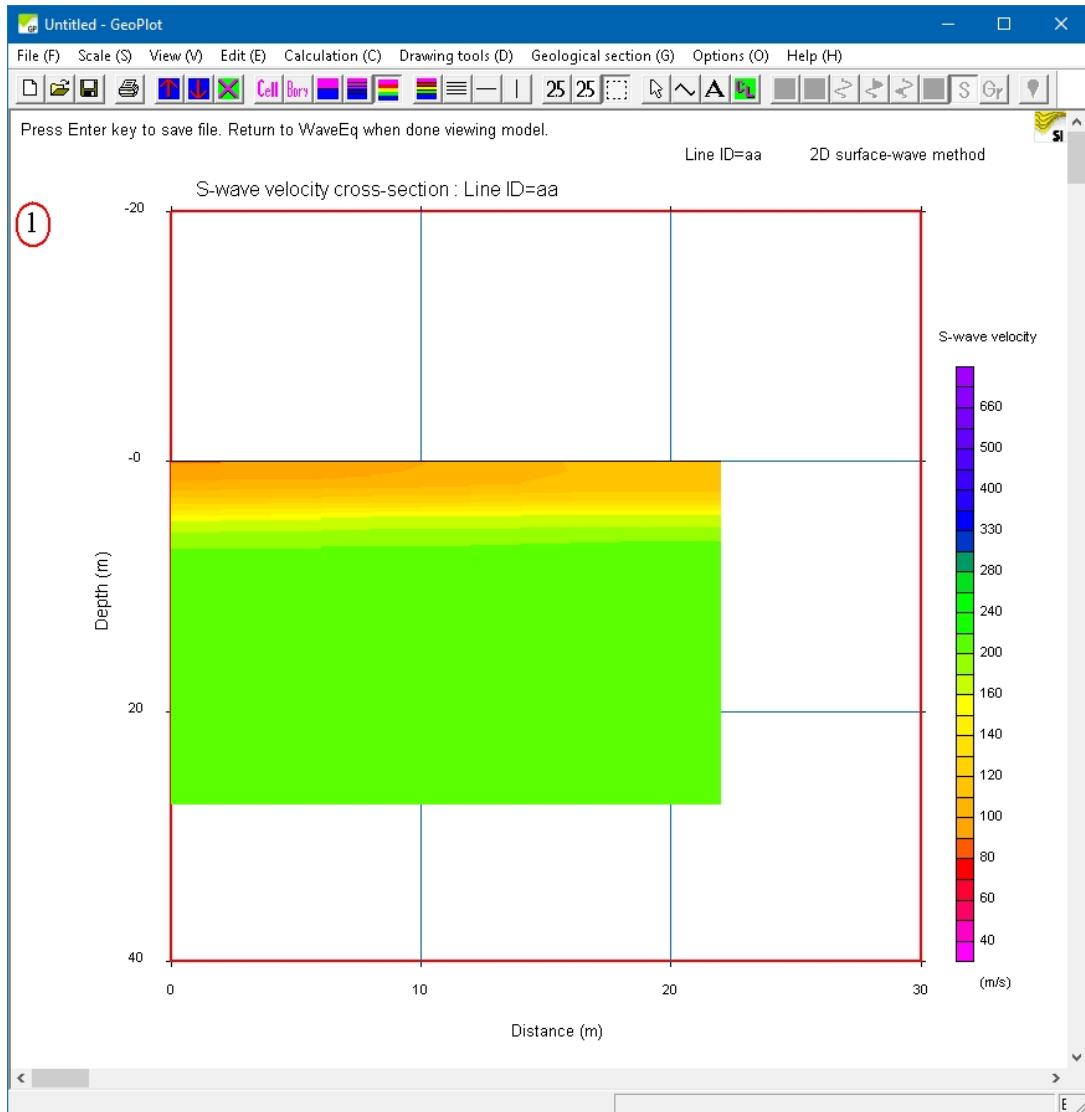
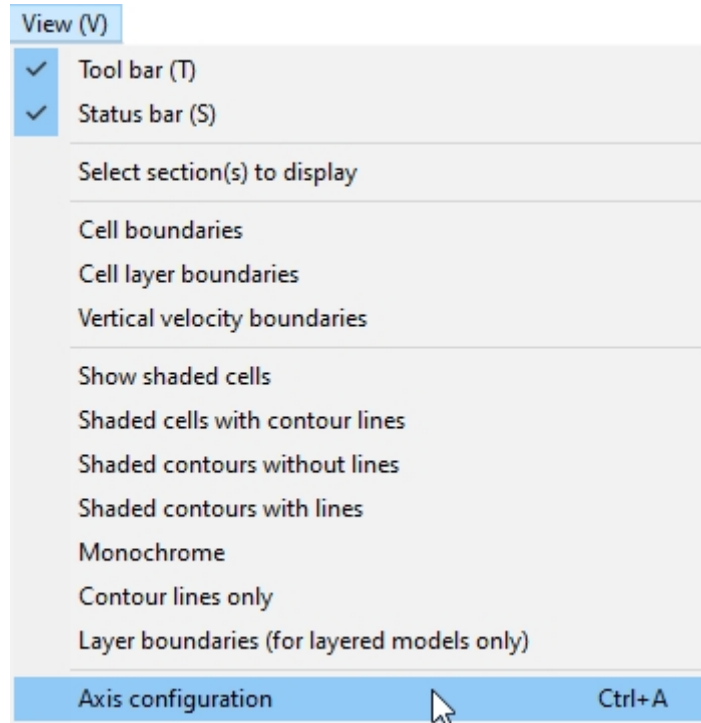
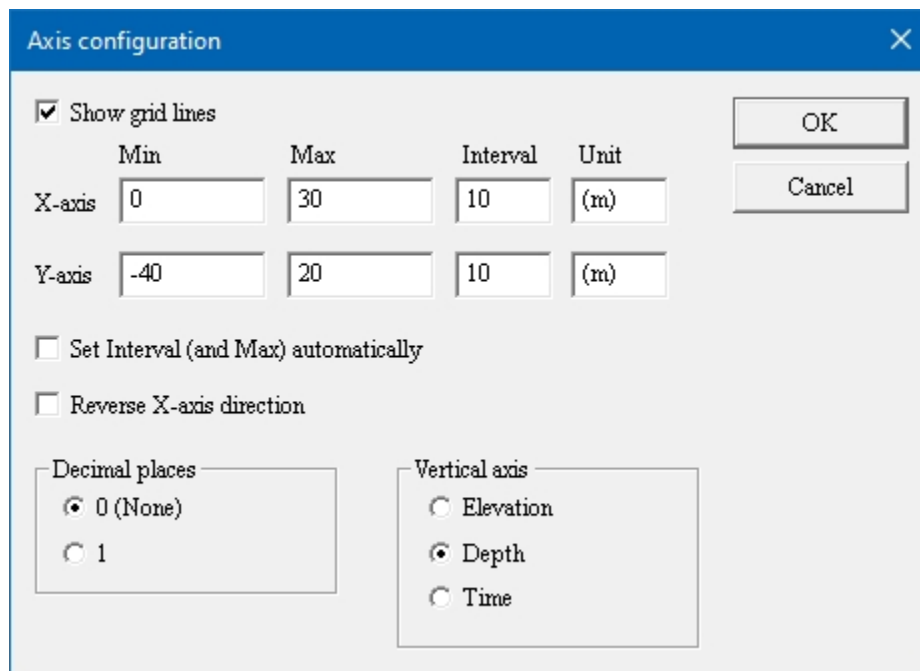


図58: 再スケーリングされた2D速度モデル。

軸の調整が必要な場合は、**View** メニューを *Axis configuration* を選択します。

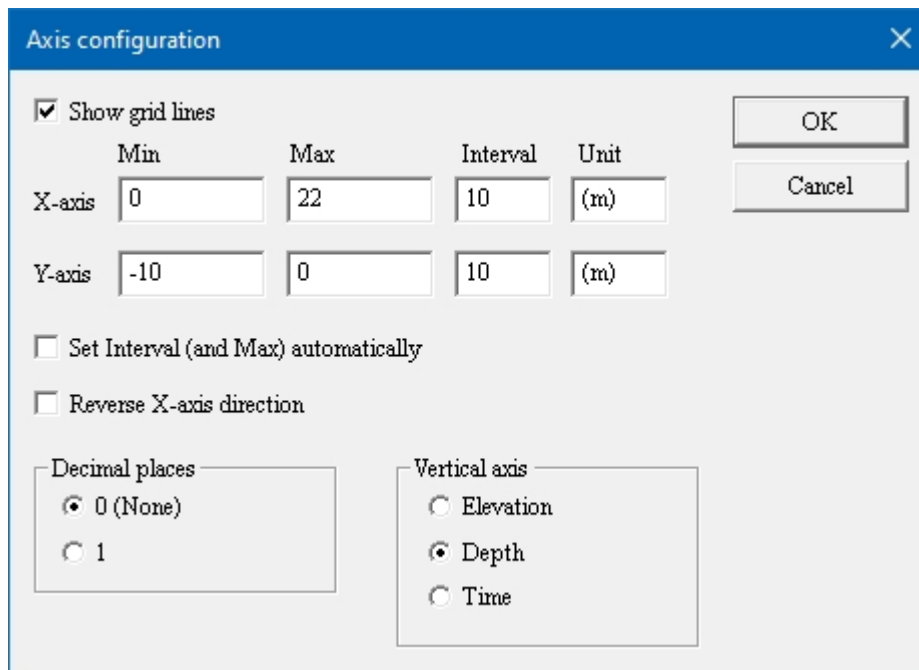


X軸とY軸のMin、Max、およびIntervalに必要な値を入力します。単位ラベルフィールドには、WaveEqからモデルと共にインポートされた単位が反映されます。ラベルを変更するには、Unitフィールドに必要なテキストを入力します。



Show grid lines をチェックすると、各ティックマークに青い水平線と垂直線が表示されます。Set Interval (and Max) automatically (間隔 (および最大値) を自動的に設定する) をチェック、目盛り間隔が動的に

このモードでは最大値を固定することはできない。最大値はこのモードでは固定できない。Decimal places 0 (None) または 1 は、軸の目盛り間隔の有効桁数を設定する。Vertical軸にDepth (デフォルト) が選択されている場合、値はゼロ以下の正の値になり、逆にElevationが選択されている場合、値はゼロ以下の負の値になる。



The image shows a dialog box titled "Axis configuration" with a close button (X) in the top right corner. It contains the following elements:

- A checked checkbox labeled "Show grid lines".
- Two rows of input fields for "X-axis" and "Y-axis". Each row has four fields: "Min", "Max", "Interval", and "Unit".

	Min	Max	Interval	Unit
X-axis	0	22	10	(m)
Y-axis	-10	0	10	(m)
- Two buttons on the right: "OK" and "Cancel".
- Two unchecked checkboxes: "Set Interval (and Max) automatically" and "Reverse X-axis direction".
- Two groups of radio buttons:
 - "Decimal places" with options "0 (None)" (selected) and "1".
 - "Vertical axis" with options "Elevation", "Depth" (selected), and "Time".

必要であれば、断面に沿っておおよその貫通深さを示すこともできる。[図52](#)を参照。1/3波長の法則によると、その位置（断面の左端）での浸透は、上の[図58](#)に示されているよりもかなり小さいことに注意してください。一般的に、浸透は広がり中央付近で最も深く、両端に向かって先細りになる傾向がある。これは、両端に向かうにつれて周波数範囲が比較的狭くなり、深さ方向の浸透が制限されるためです。

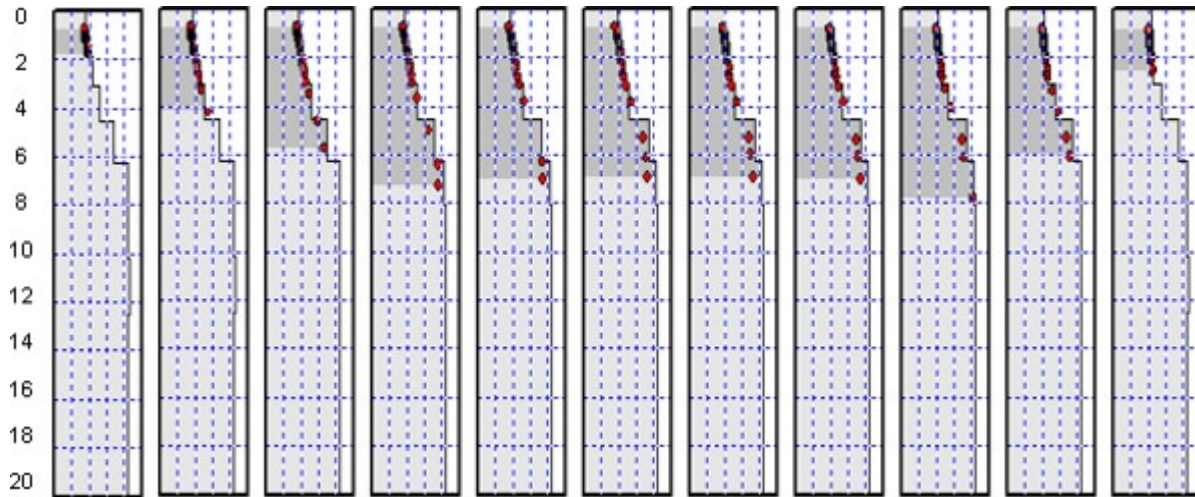


図59: 11の V_S プロファイルを並べてプロットしたもの。

図59は、調査ラインに沿った各 V_S プロファイルを示している。最大 V_R （赤い最大深度、濃い灰色から薄い灰色への変化で示される）が両端に向かって先細りになっていることに注意。最大 V_R はデータの「信頼性」の尺度であり、浸透深度の良い推定値である。View| Advanced options| Show reliability（信頼性を表示）を選択すると（これはトグルスイッチ）、これが断面に反映されるのがわかる：

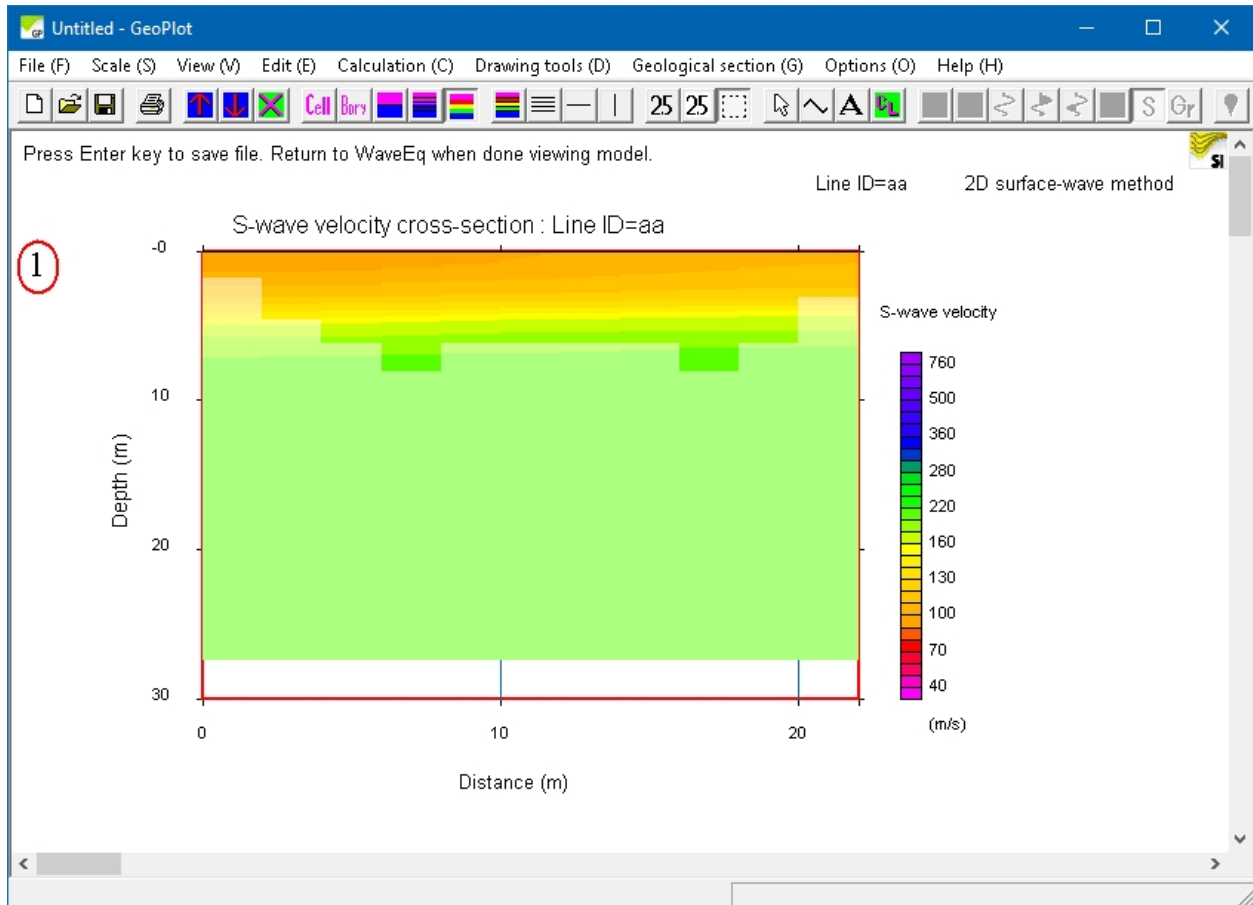


図60: 信頼性の表示を有効にしたS波速度セクション。図59と。比較

淡い色のゾーンは「信頼できないゾーン」である。このゾーンの上部は
1/3波長近似（最大 v_R ）におおよその浸透深度。

必要であれば、信頼できないデータを削除し、信頼できるゾーンのみを表示することもできる。ためには、*Edit|Advanced options| Delete unreliable data* を選択する：

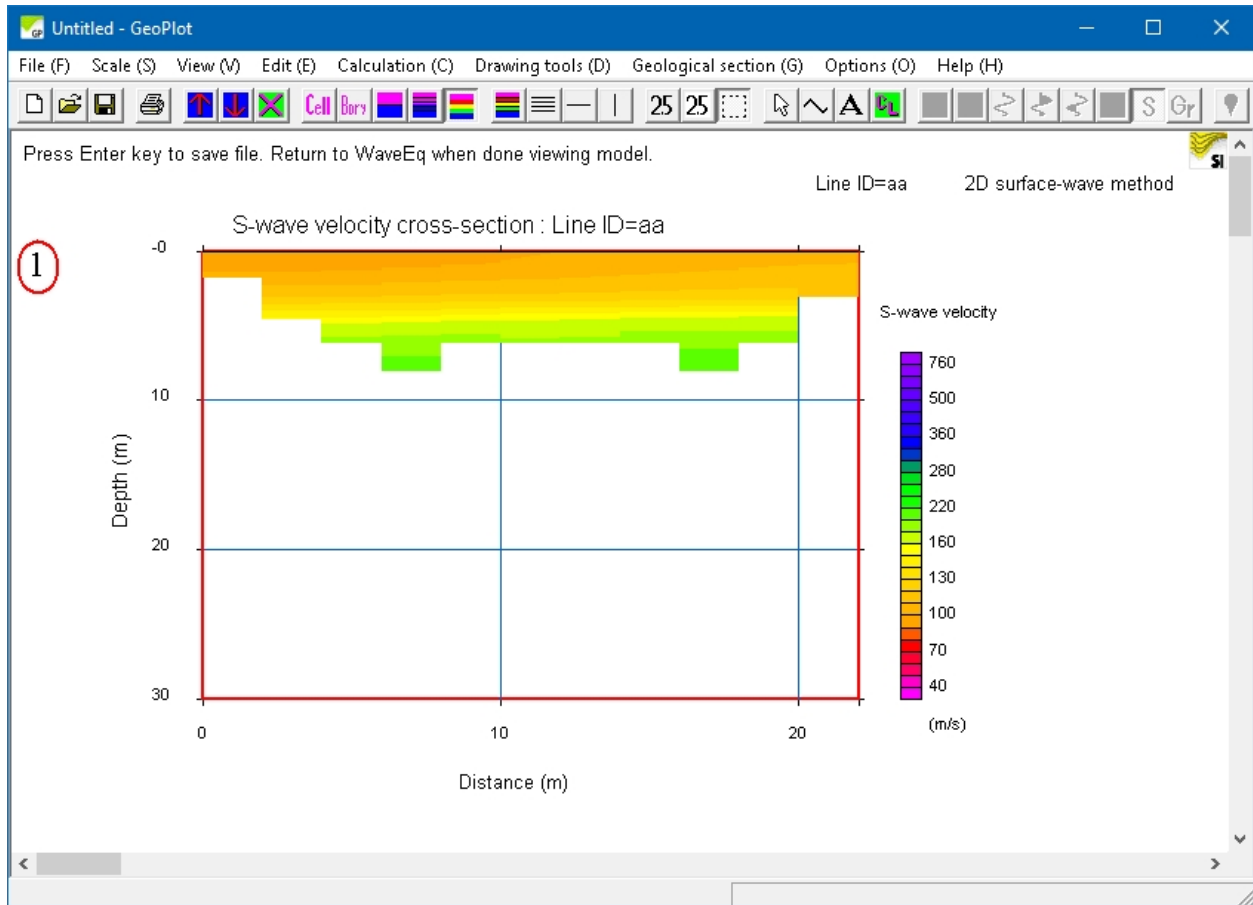
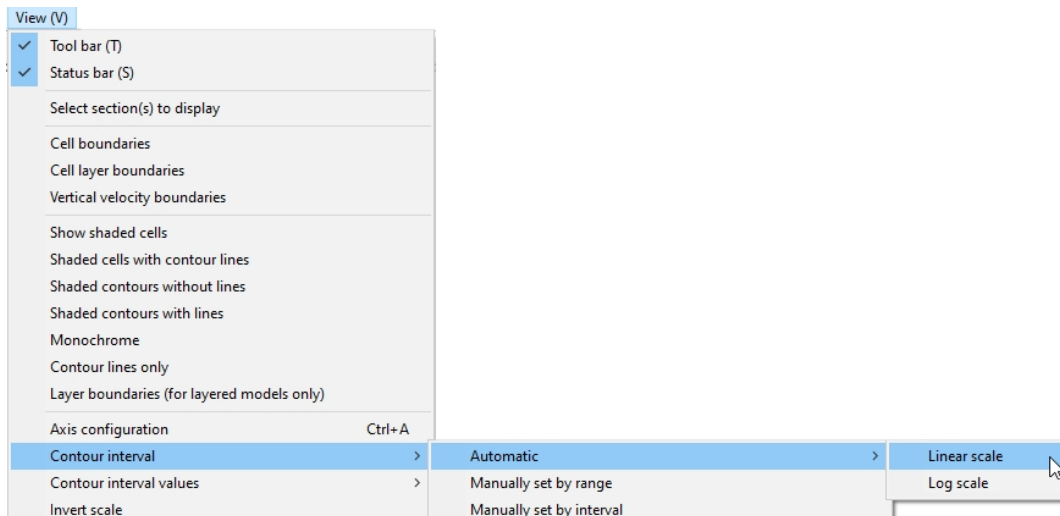


図61: 信頼できないデータをしたS波速度セクション。

次に、必要であれば、「表示」メニューを開き、「等高線間隔 / 自動リニアスケール」を選択して、等高線間隔を自動的に調整します。



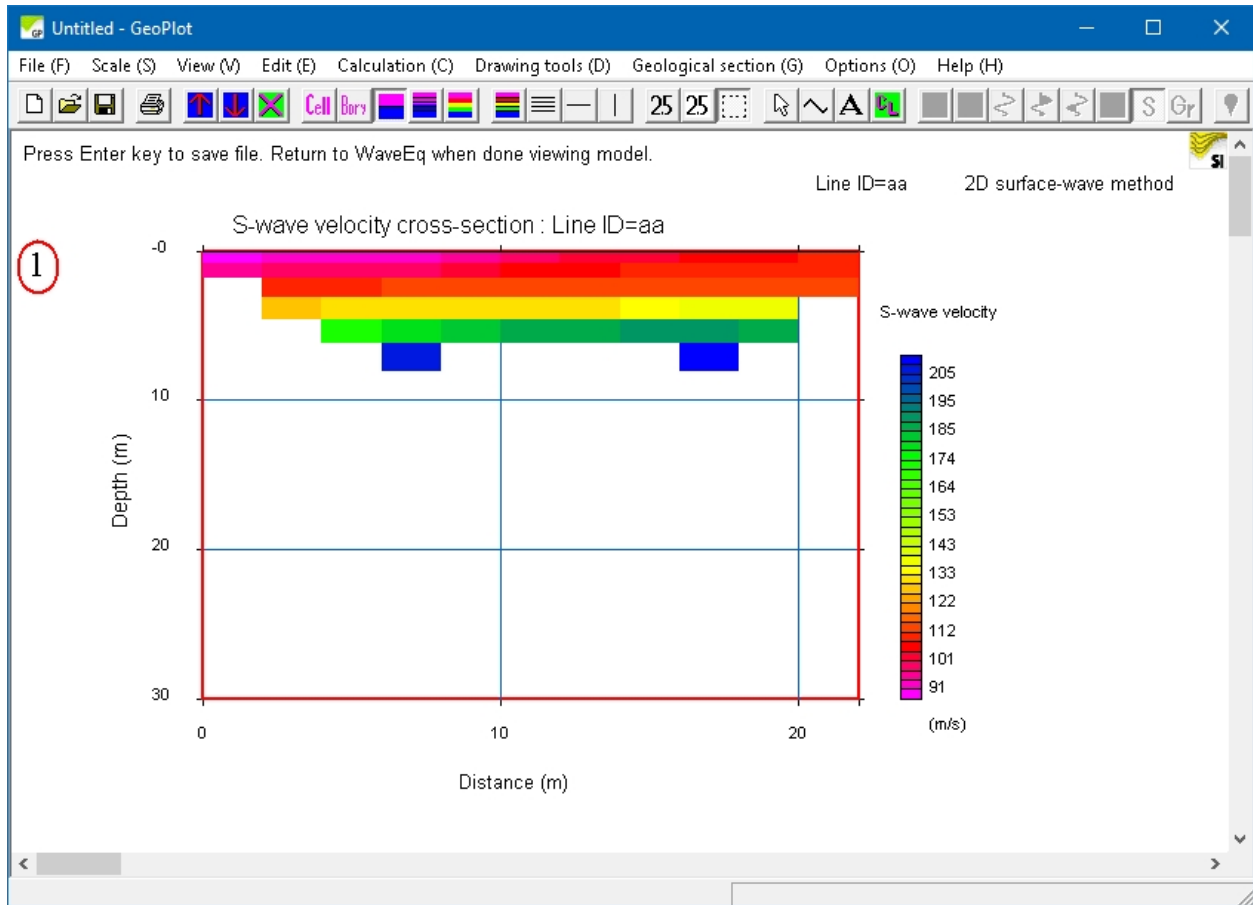


図62: 2D速度モデル、粗い速度コンター。赤い輪郭と赤い丸で囲まれた数字は、セクションがアクティブで編集可能であることを示している。

Fine color contour  ボタンを押して、ディスプレイの解像度を上げる。

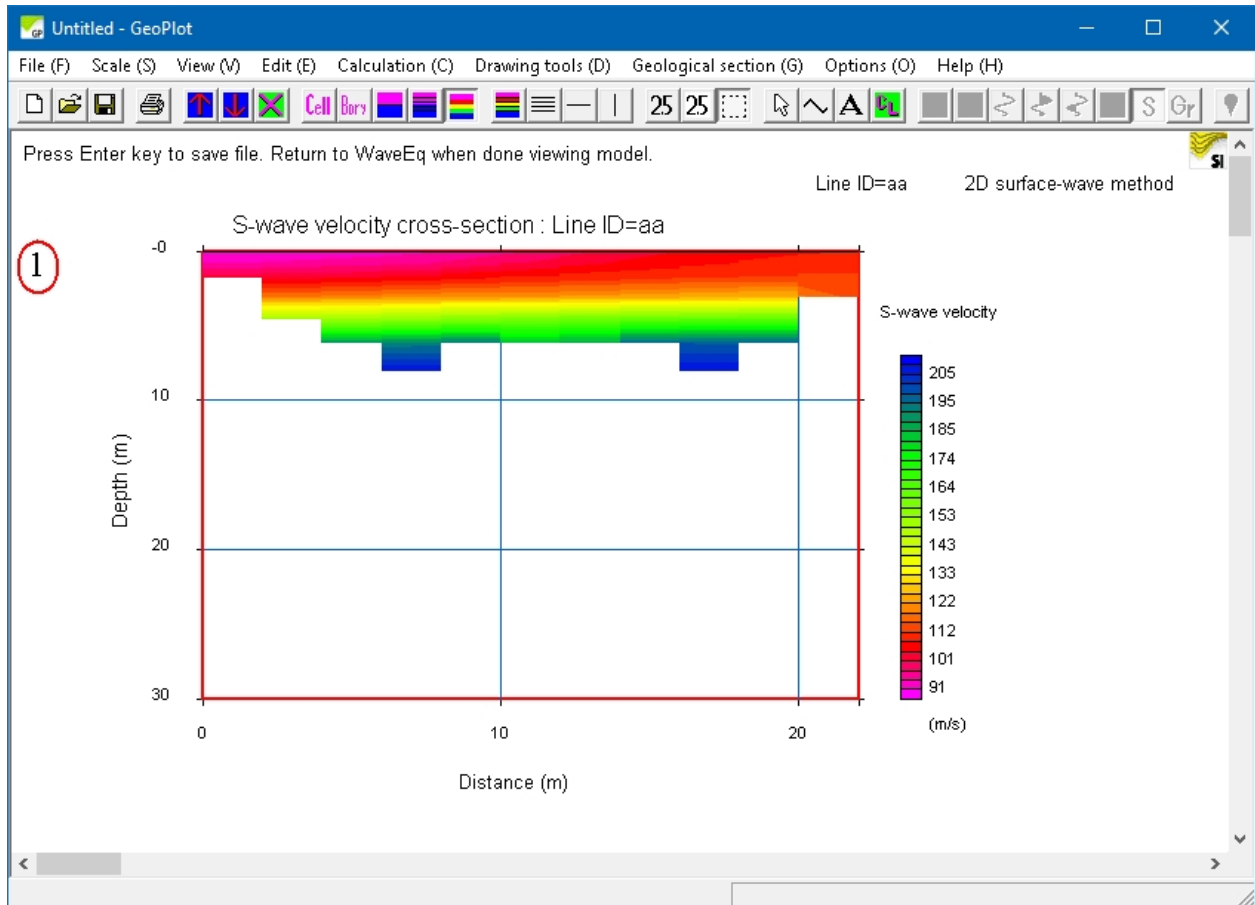


図63: 2D速度モデル、細かい速度コンター。

便宜上図59を繰り返すと、1次元 v_s 曲線と2次元速度セクションを比較することができる:

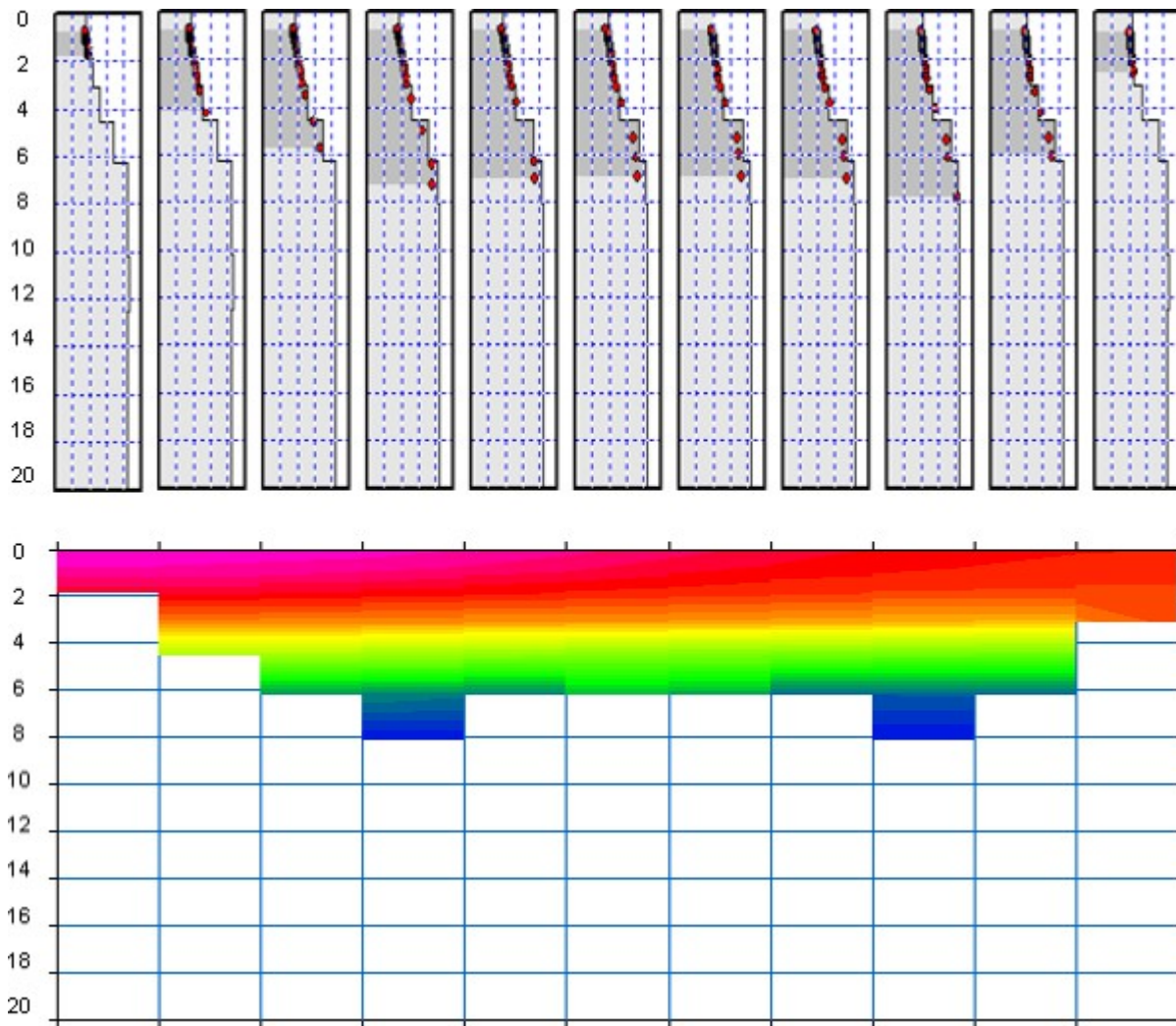


図64: 信頼性の低いデータを削除した1次元 v_s 曲線とS波速度セクションの比較。

軸を調整し、スケールを変更すると、以下のようになる：

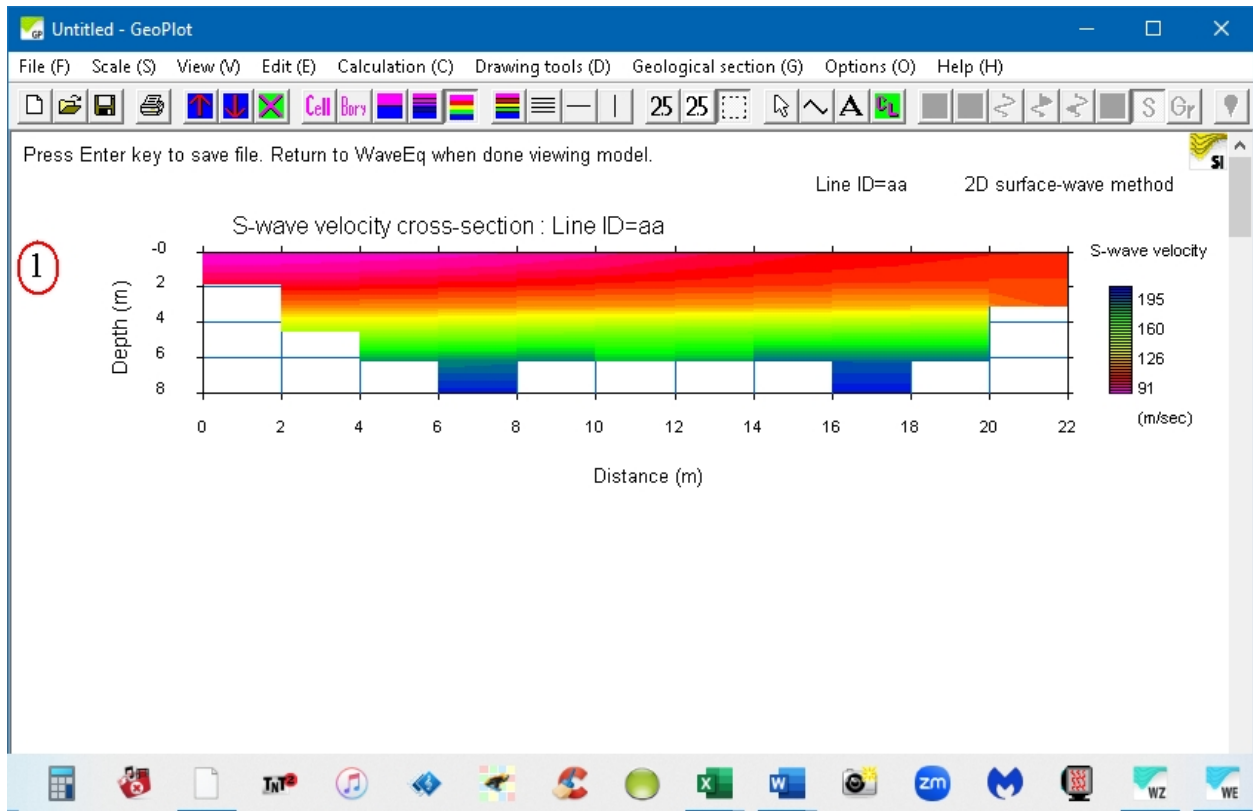
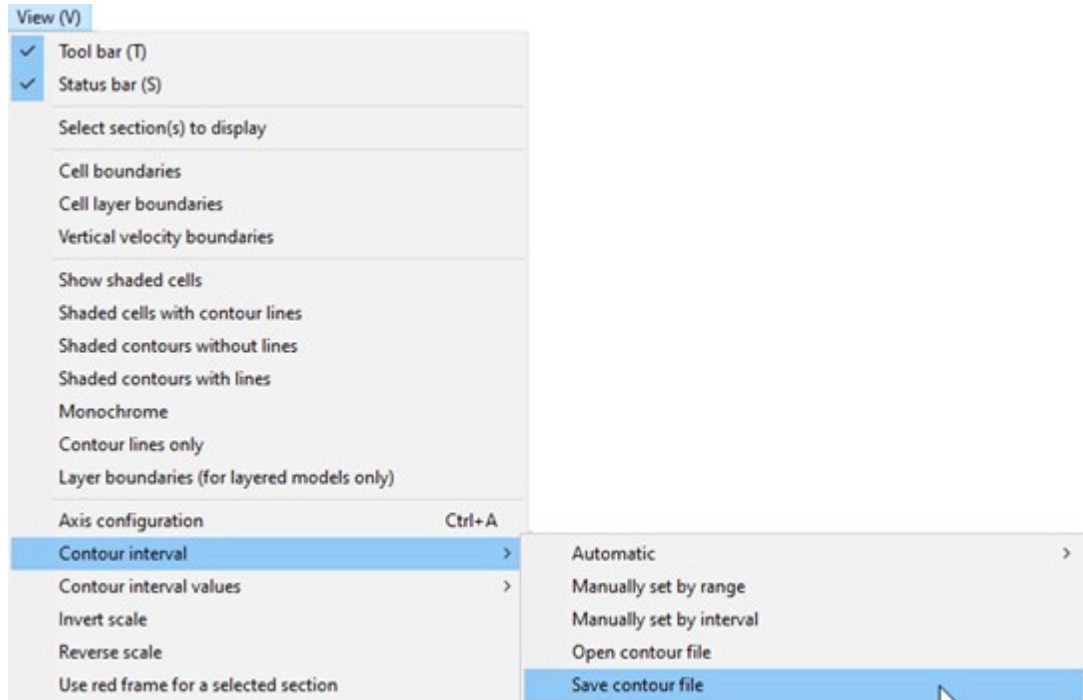


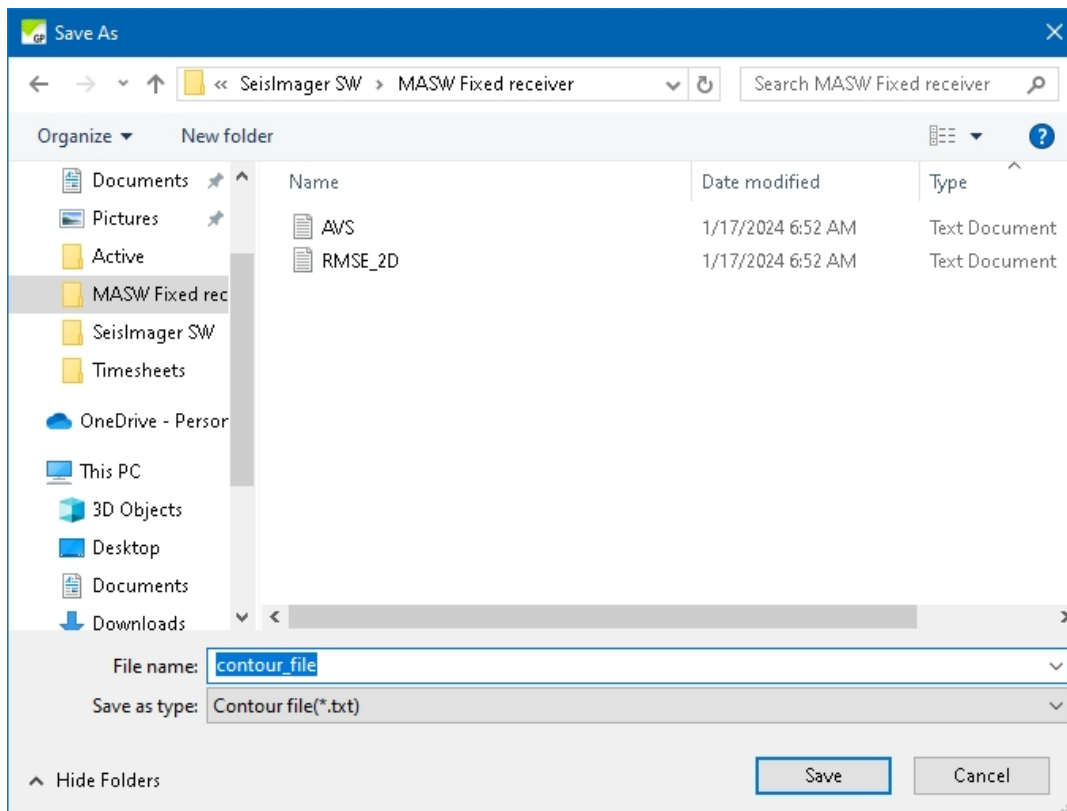
図65：最終S波速度セクション。

ベロシティ・セクションを保存するにはいい機会だ。

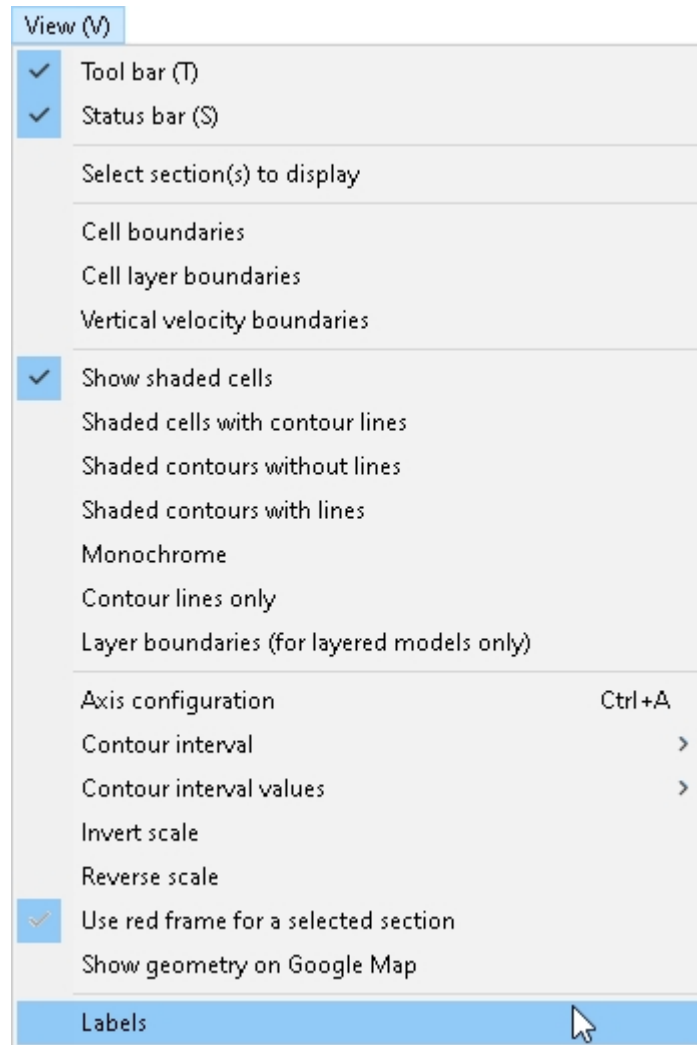
カスタム輪郭ファイルを保存して、後で再び適用できるようにするには、**[表示]** メニューを **[輪郭 / 輪郭ファイルを保存]** を選択します。



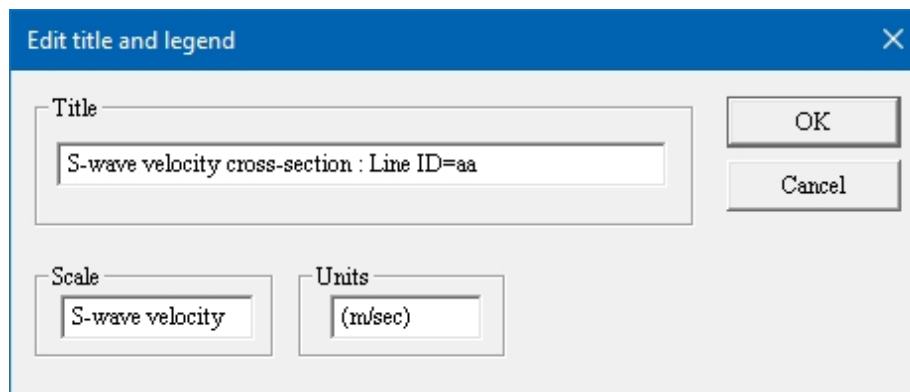
ファイル名を指定し、*Save*を押す。



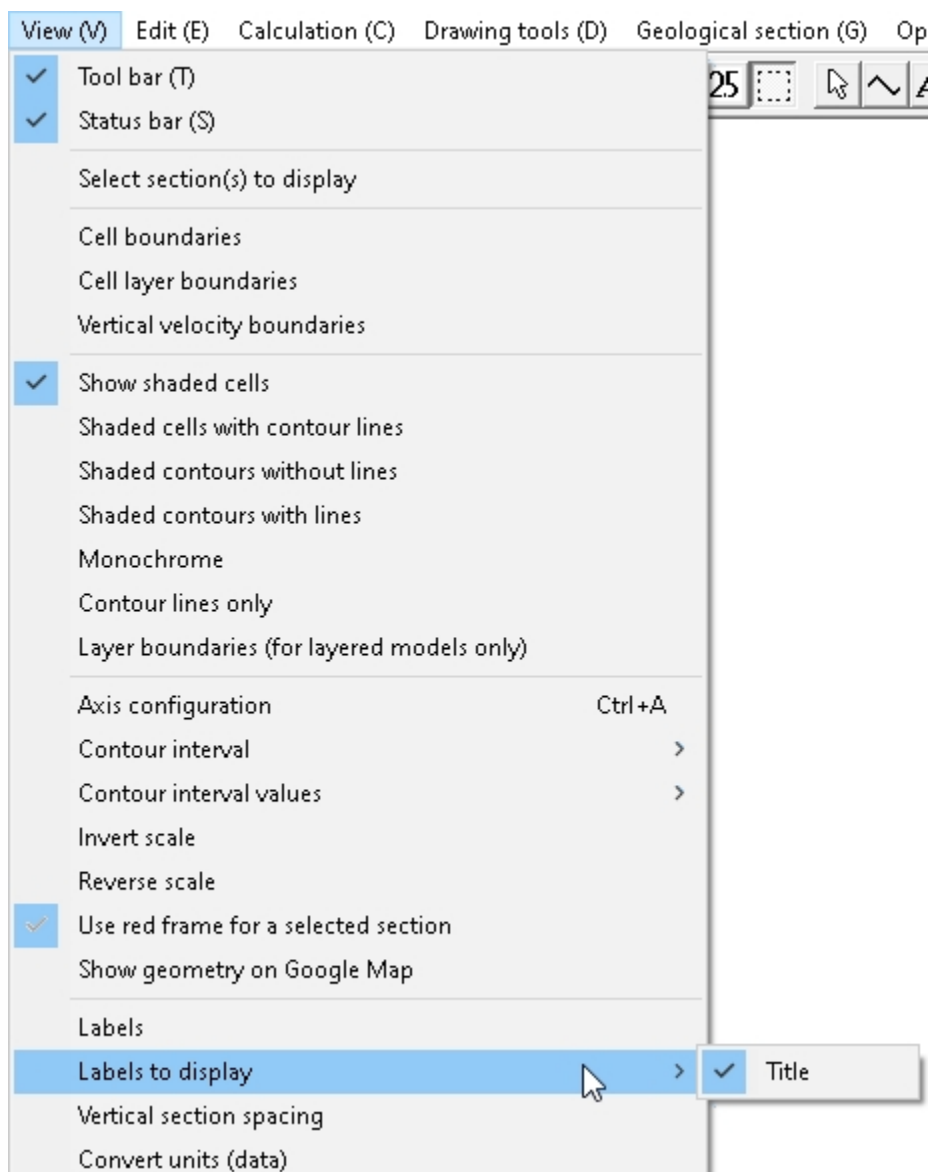
次に、**表示メニュー**を開き、**ラベル**を選択して断面のタイトルを編集します。



Title (タイトル)、*Scale* (スケール)、*Units* (単位) フィールドに希望のテキストを入力し、完了したらOKを押す。



タイトルを表示したくない場合は、「表示」メニューを開き、「表示するラベル」を選択し、「タイトル」のチェックを外す。

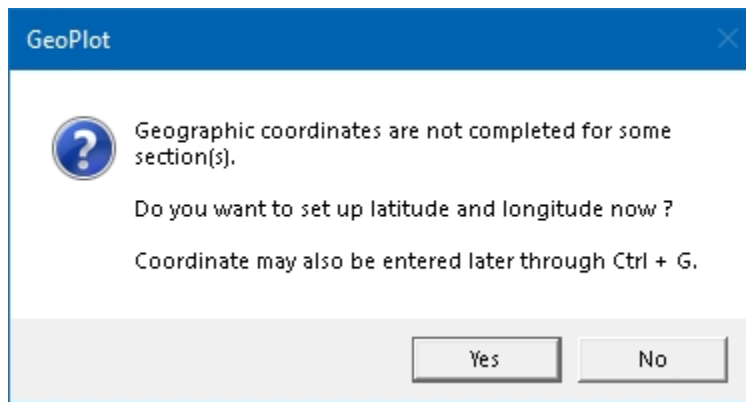


GeoPlot ファイルを保存するには今がよい機会です。ウィザードを実行している場合、*Enter* キーを押すと、ファイルは自動的に拡張子 *.geo* で命名され保存されます。*OK* を押して *WaveEq* に戻り、ウィザードを続けます。

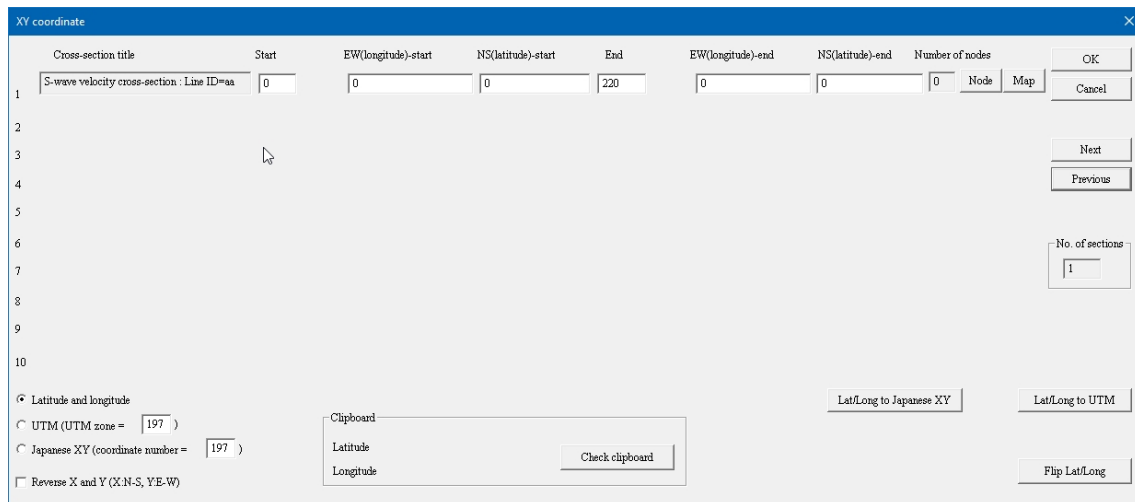
ファイルを手動で保存するには、**File** メニューを開いて *Save GeoPlot file as* を選択します。



この時点で、測量線に緯度と経度の座標を追加するかどうか尋ねられることがあります：

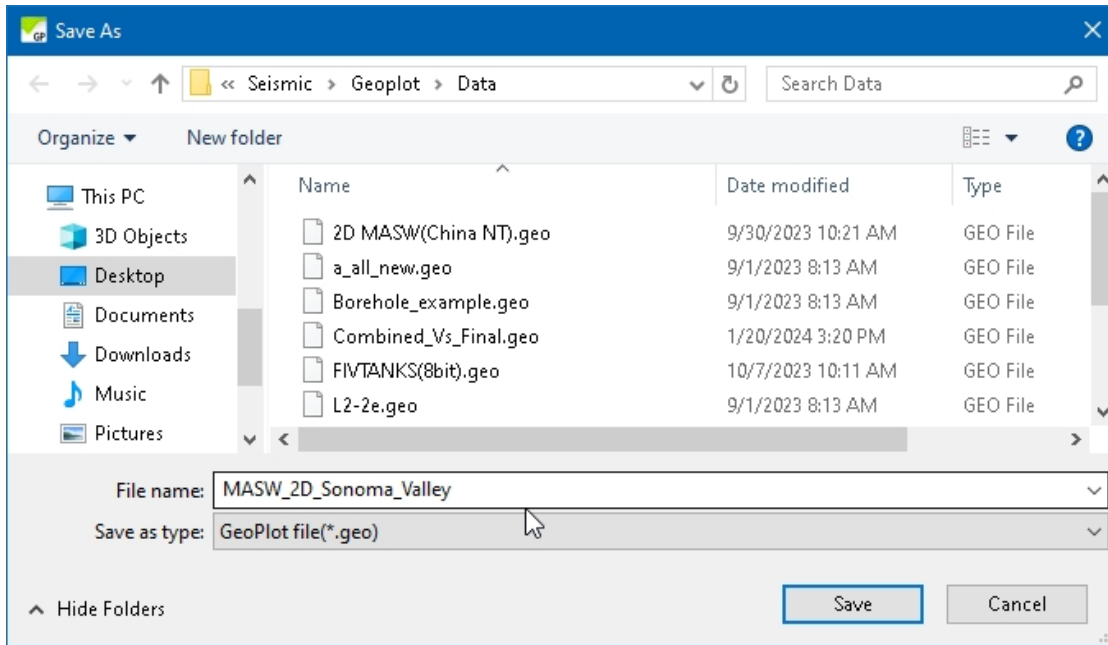


Yesと答えると、以下のダイアログが表示されます：

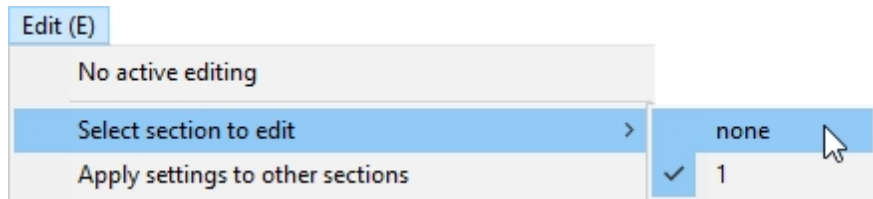


座標を入力し、OKを押します。UTM座標を選択した場合は、必ず正しいUTM Zoneを指定してください。

拡張子.geoのファイル名を割り当て、Saveを押す。



編集が終わったら、**Edit** メニューを開き、*Select section to edit* | *none* を選択し、断面を非アクティブにし、赤いアウトラインをオフにする。



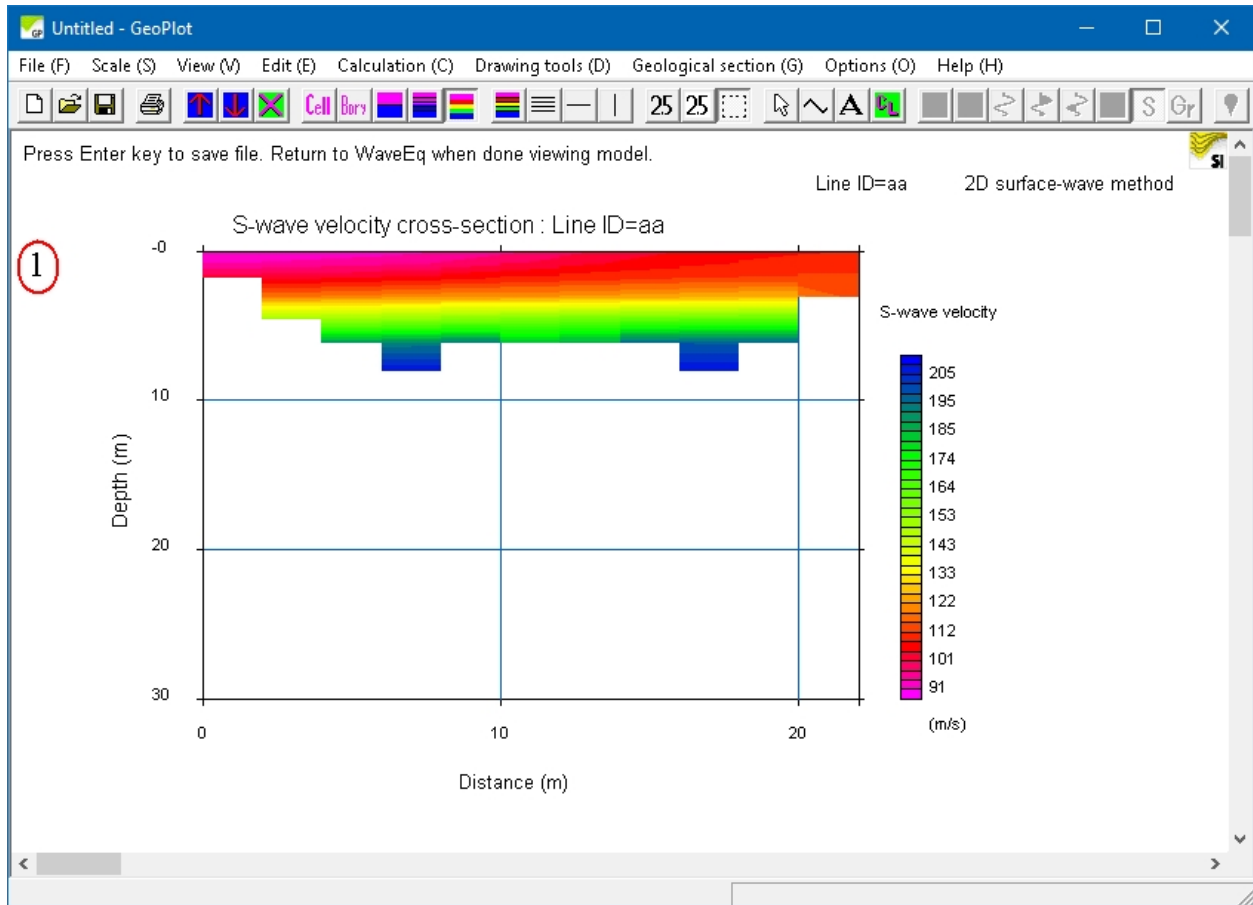
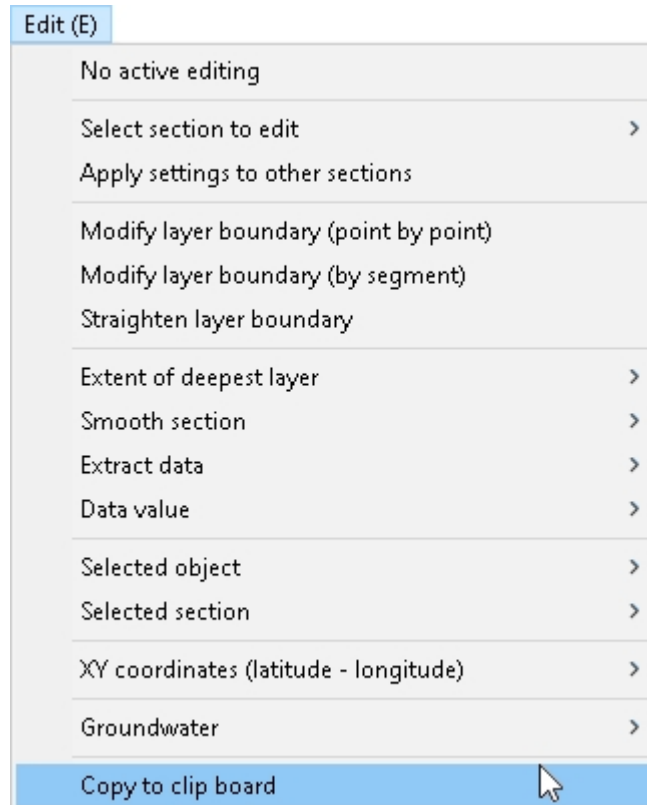
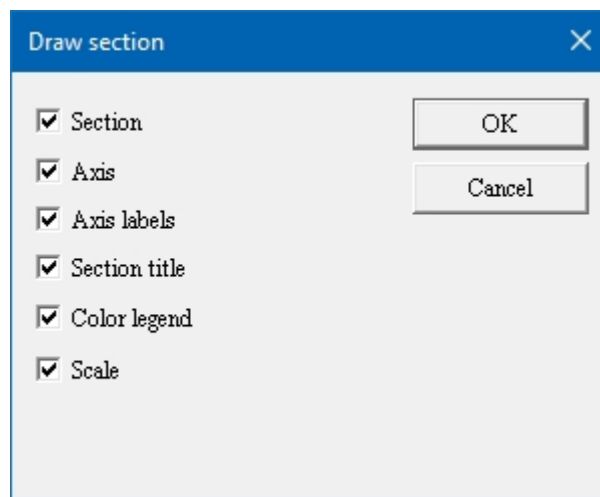


図66: 非アクティブ化された速度セクション (赤い輪郭が削除されている)。

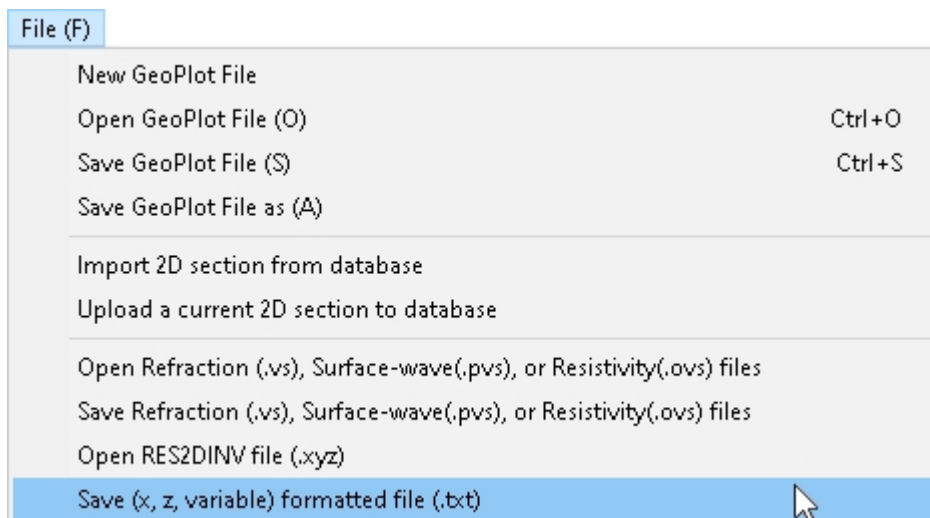
レポートのグラフィック用に断面の画像をキャプチャするには、「編集」メニューを開き、「クリップボードにコピー」を選択し、画像を選択したプログラムに貼り付ける。



クリップボードにコピー (オプション) では、画像キャプチャに含まれる機能を選択できます。



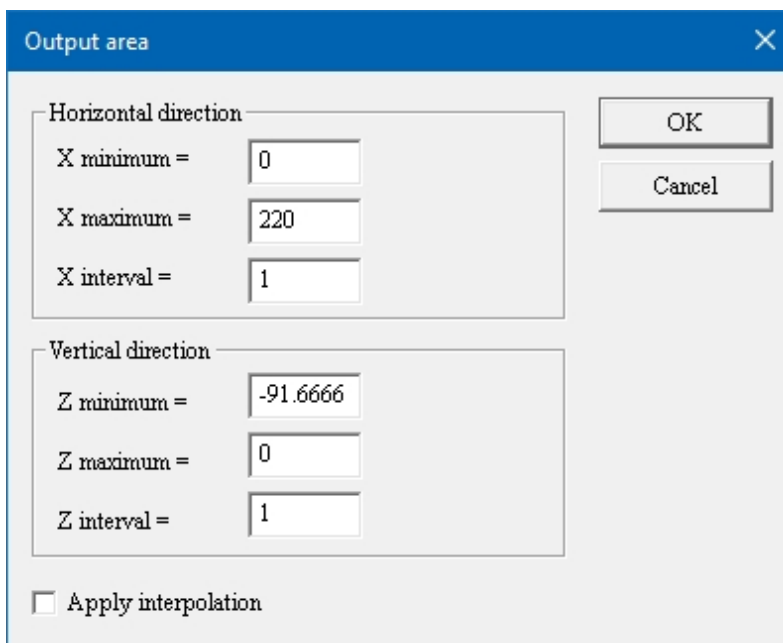
他のデータ可視化入力するために断面データをテキスト形式で出力するには、**File** メニューを開き、*Save (x, z, variable) formatted file (.txt)* を選択します。



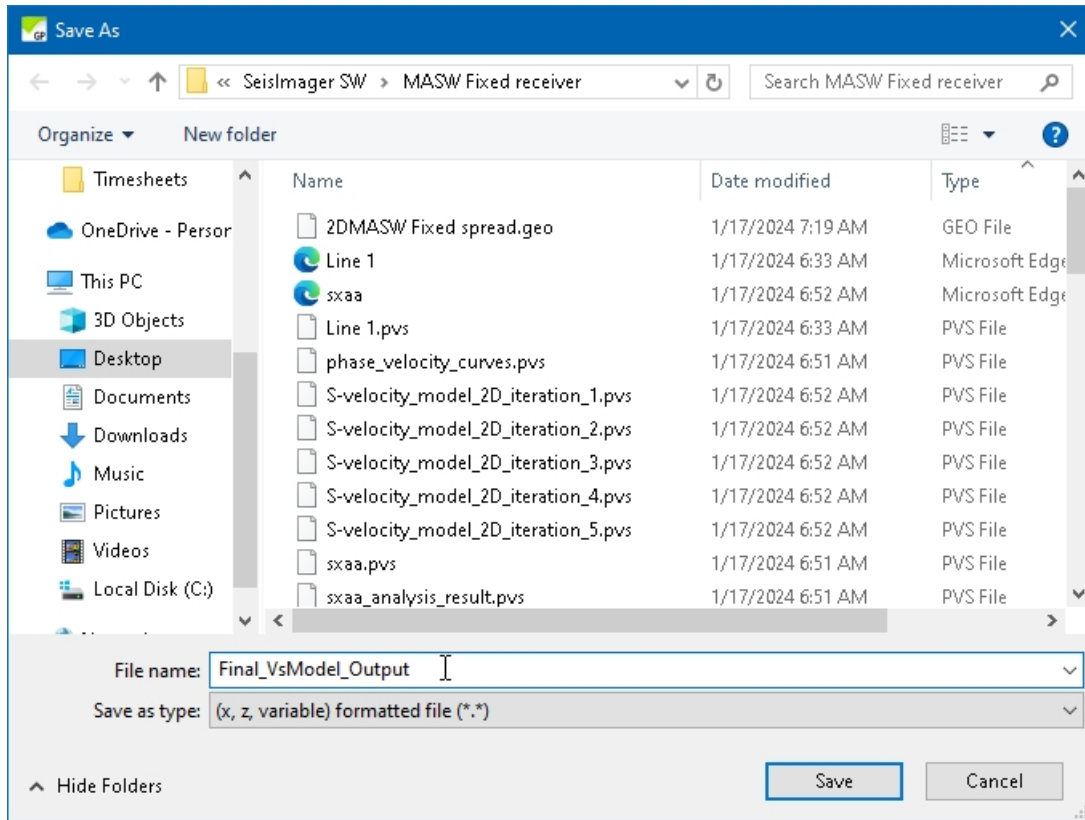
拡張子.txtのファイル名を割り当て、Saveを押す。グリッド付きデータを保存するオプションが表示されます:



Yesを選択すると、以下のダイアログボックスが表示されます:



最小値、最大値、間隔、および補間を適用するかどうかを入力する。OKを押す。補間の効果は、vs 滑らかにすることである。効果を見るには、両方の方法を試してください。



ファイルはスペースで区切られたフォーマットで、X値、Z値、Z値での速度が行にリストされている。

```

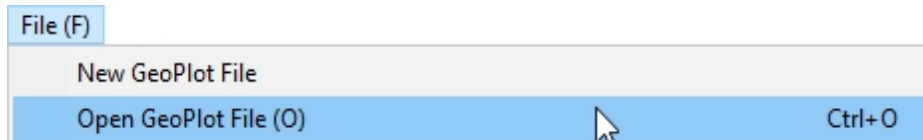
File Edit Format View Help
1.000000 -0.416667 89.006432
1.000000 -1.354167 96.938095
1.000000 -2.500000 108.305878
1.000000 -3.854167 135.894211
1.000000 -5.416667 172.795578
1.000000 -7.187500 210.539566
1.000000 -9.166668 211.330093
1.000000 -11.354167 211.934021
1.000000 -16.250002 211.519745
1.000000 -23.750004 212.247375
3.000000 -0.416667 90.061234
3.000000 -1.354167 97.540207
3.000000 -2.500000 107.649139
3.000000 -3.854167 136.355057
3.000000 -5.416667 173.584854
3.000000 -7.187500 210.356049
3.000000 -9.166668 211.422745
3.000000 -11.354167 211.990723
3.000000 -16.250002 211.561691
3.000000 -23.750004 212.252686
5.000000 -0.416667 91.776703
5.000000 -1.354167 98.207123
5.000000 -2.500000 108.412323
5.000000 -3.854167 138.872208
5.000000 -5.416667 176.404007
5.000000 -7.187500 210.022690
5.000000 -9.166668 211.712189
5.000000 -11.354167 212.136398
5.000000 -16.250002 211.658096
5.000000 -23.750004 212.263031
7.000000 -0.416667 93.154724
7.000000 -1.354167 98.845818
7.000000 -2.500000 109.155174
7.000000 -3.854167 140.962204
7.000000 -5.416667 180.282761
7.000000 -7.187500 209.232758
7.000000 -9.166668 212.091675
Ln 1, C 100% Windows (CRLF) UTF-8
    
```

その他の便利な GeoPlot 関数には次のようなものがあります：

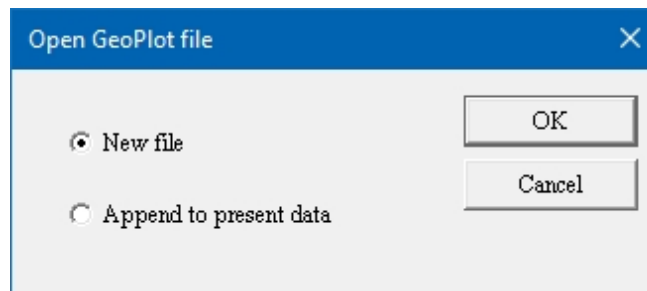
- を開き、他の断面を追加する。
- 保存された輪郭ファイルを適用する。

- コンター間隔の表示する。
- 速度スケールを反転させ、逆にする。
- ある断面の設定を他の断面に適用する。

例えば、あるデータセットの初期モデルと最終モデルなどである。例えば、あるデータセットの初期モデルと最終モデルなど。すでに1つの断面が開かれている状態で、**File**メニューを開き、*Open GeoPlot file*を選択すると、別の断面が開かれ、表示に追加されます。



*Append to present data*を選択し、*OK*を押す。



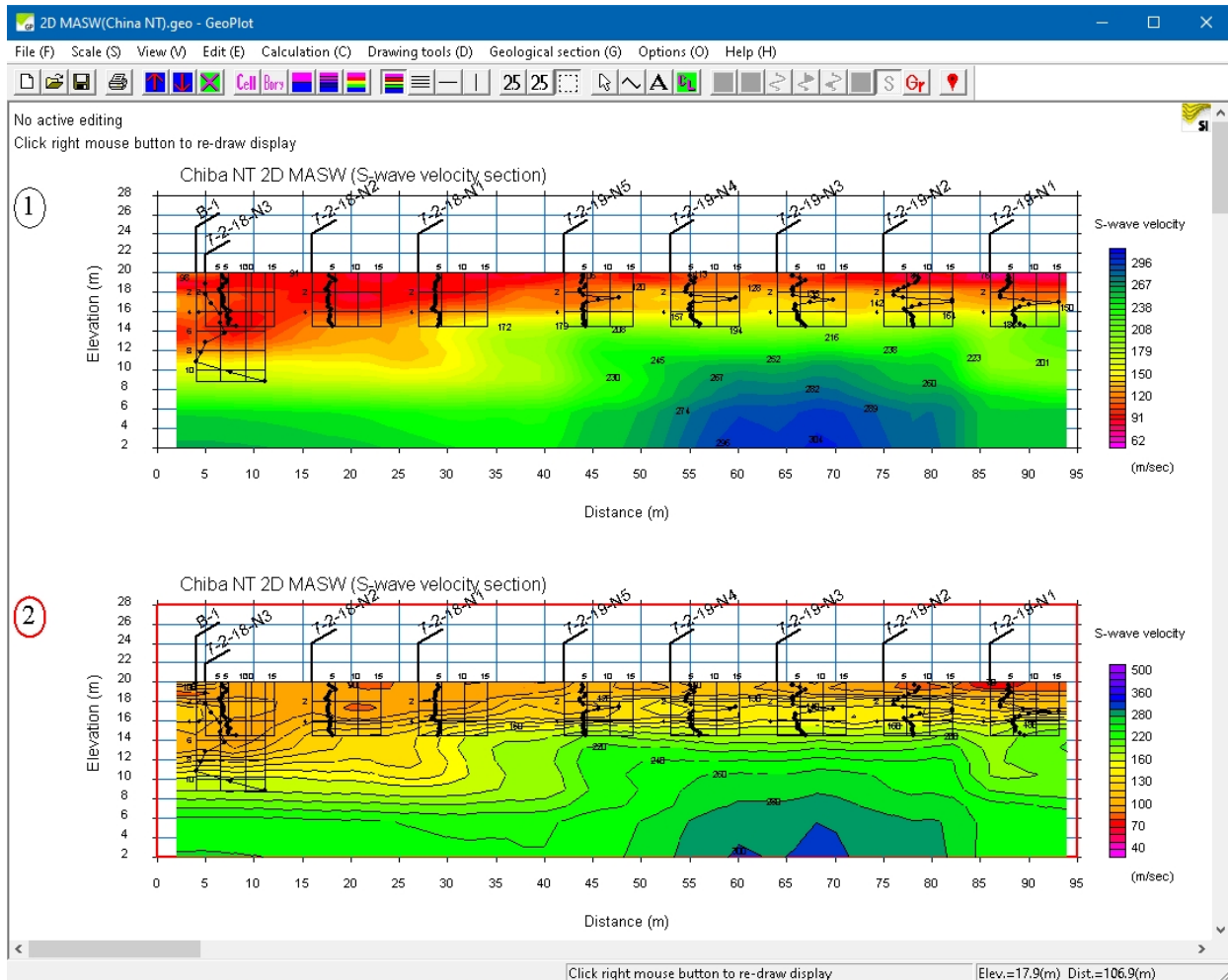
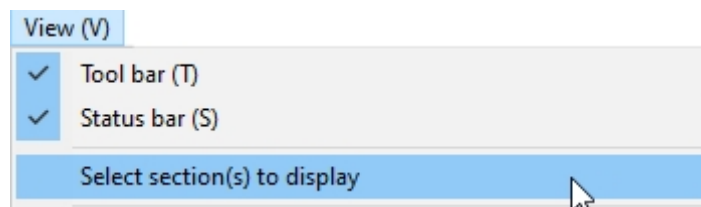
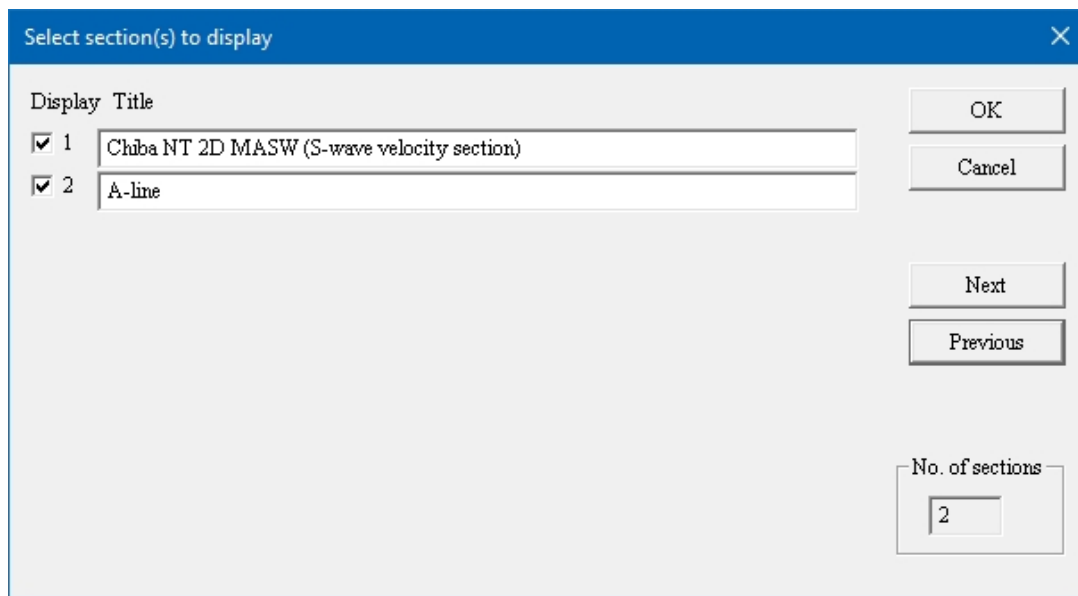


図67: 速度断面積を追加して一度に複数の断面積を表示する。丸で囲まれた数字と赤い輪郭は、現在アクティブなセクションを示す。

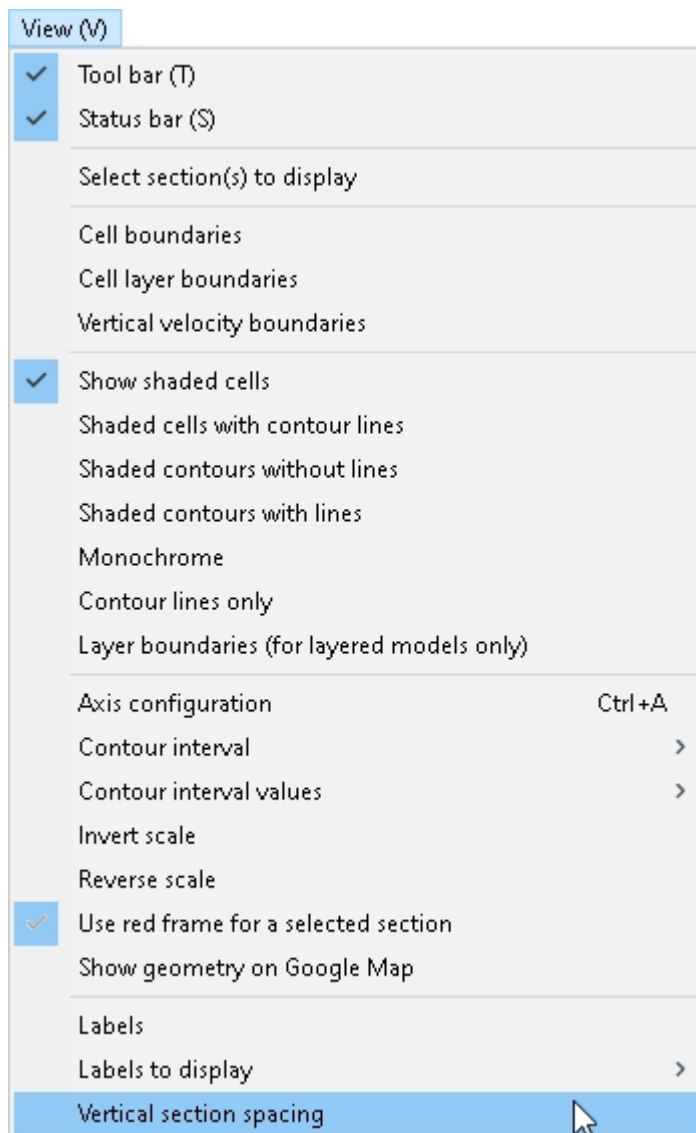
クロスセクションを選択するには、クロスセクション番号をクリックします。選択されると、断面番号と断面の輪郭を囲む円が赤くなります。断面が表示されている場合は、「表示」メニューから「表示する断面を選択」を選択し、表示されている断面のチェックを外してください。



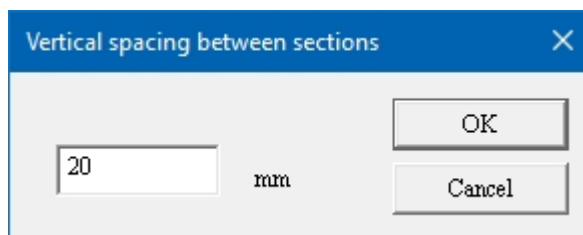


断面間の垂直方向の間隔を変更するには、「表示」メニューを開き、以下を選択します。

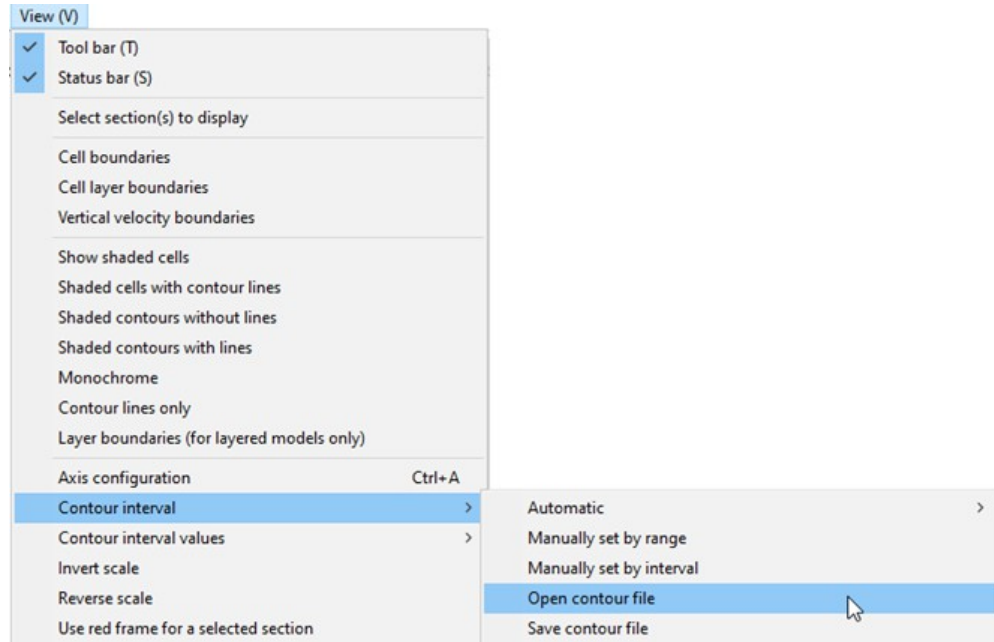
垂直セクションの間隔。



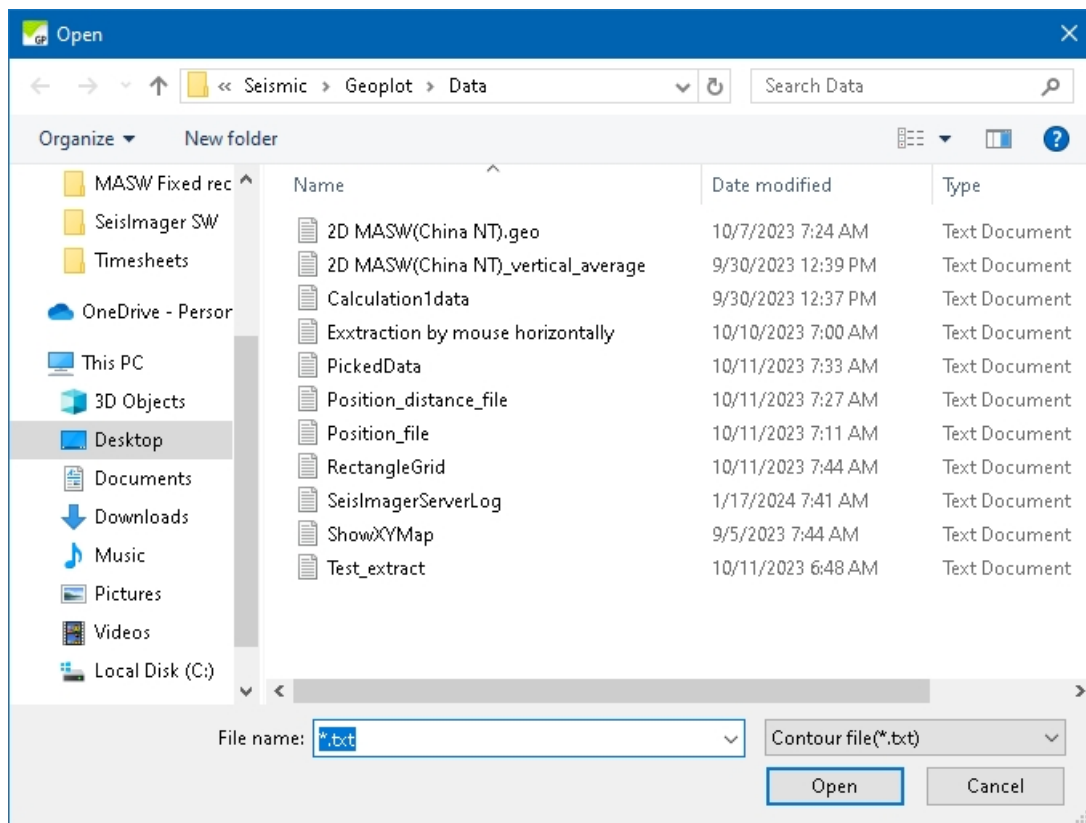
希望の間隔を入力し、OKを押す。



保存したカスタムコンターファイルを別の断面に適用するには、**View** メニューを開いて **コンター間隔 | コンターファイルを開く**。



コンターファイルをハイライトし、*Open*を押す。



コンター値をオーバーレイするには、「表示」メニューを開き、「コンター区間の値」 | 「値を表示」を選択します。

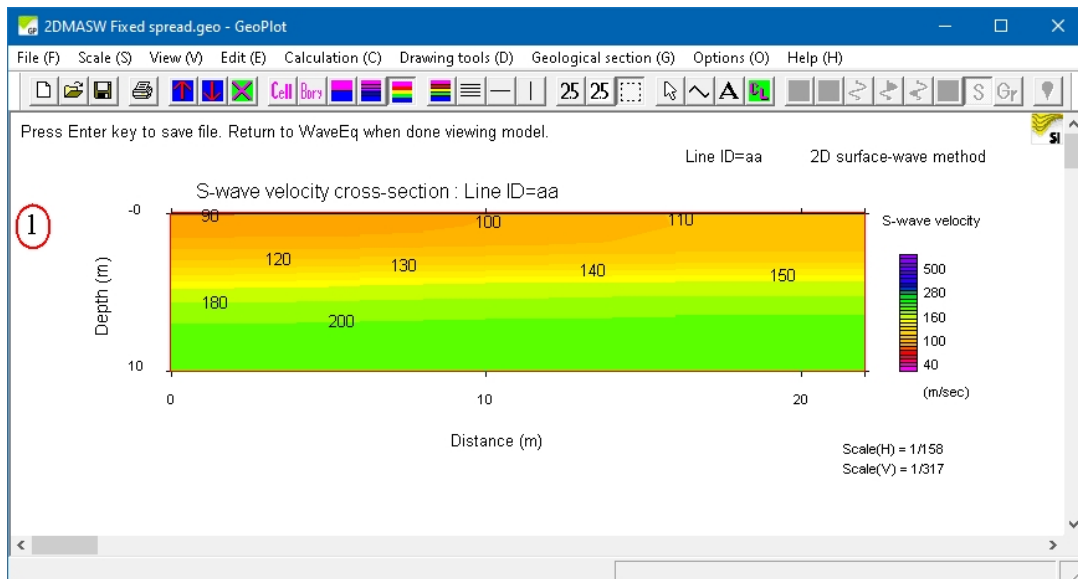
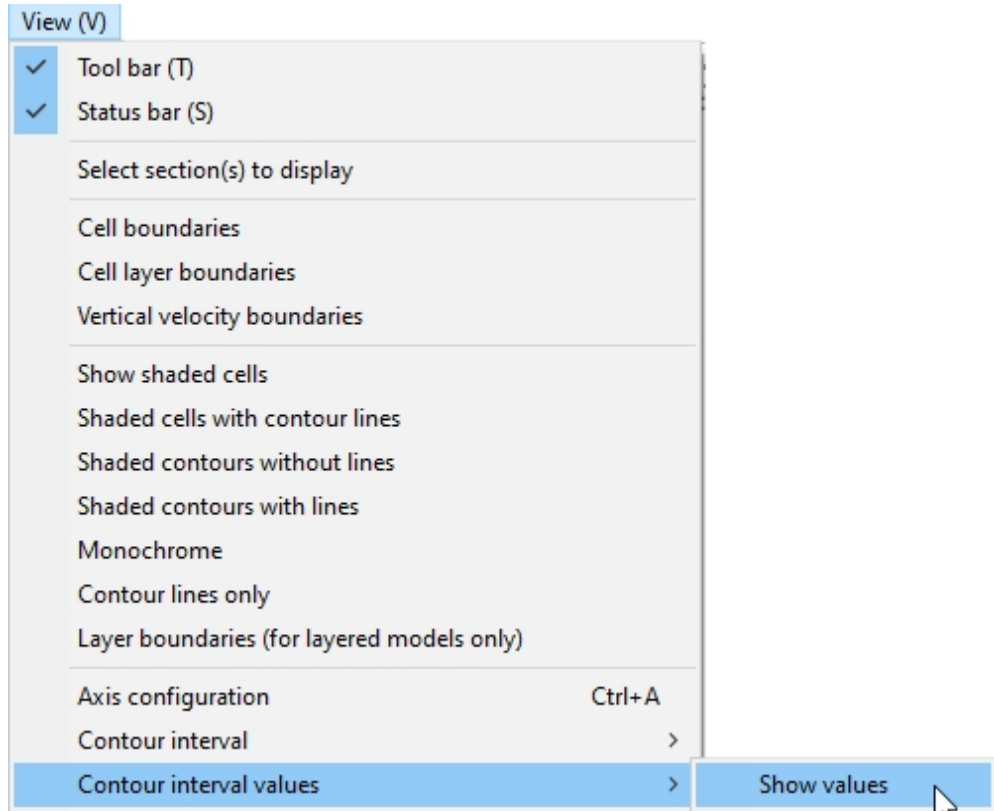
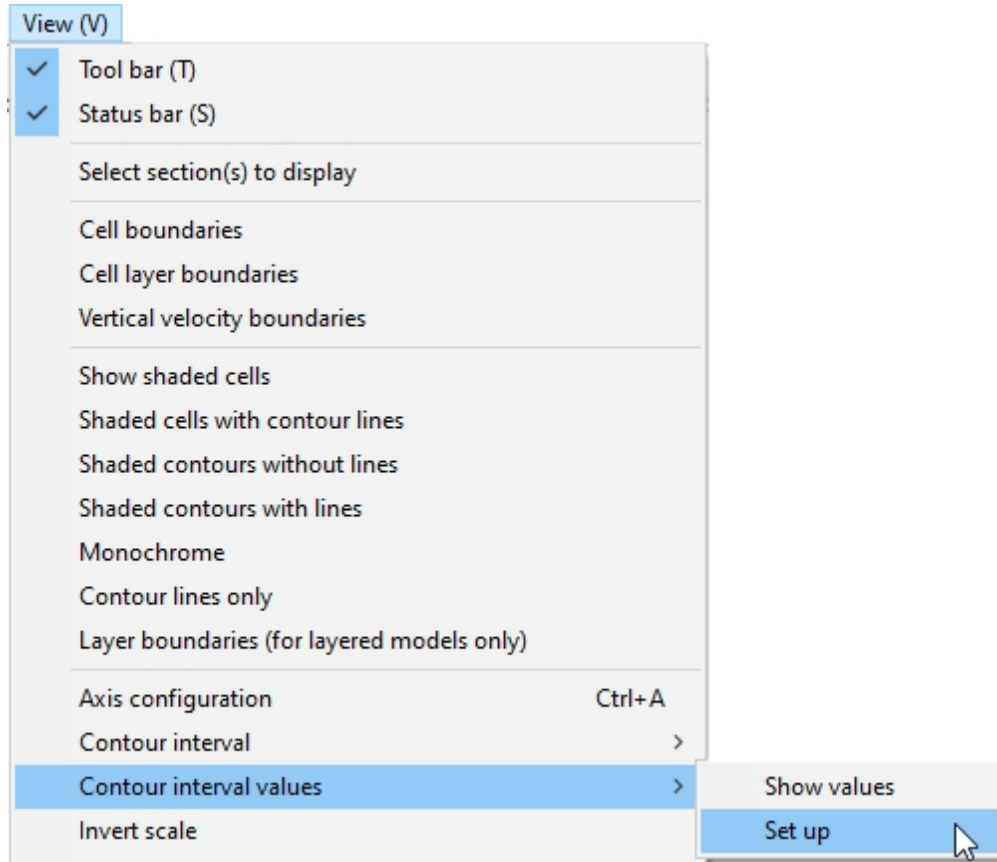
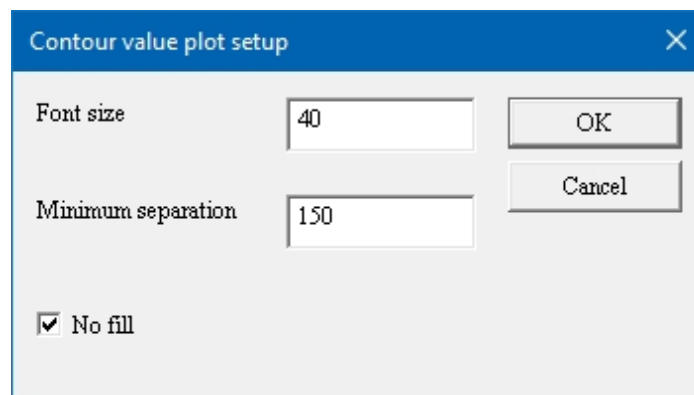


図68: コンター間隔ラベルの表示。

等高線間隔値のフォントサイズを大きくする必要がある場合は、「表示」メニューを開き、「等高線間隔値 / 設定」を選択します。



必要に応じてフォントサイズを増減する。値が表示されるデフォルトの最小間隔は、ほとんどのいます。塗りつぶしなしがチェックされている場合（デフォルト）、値の後ろに背景はありません。



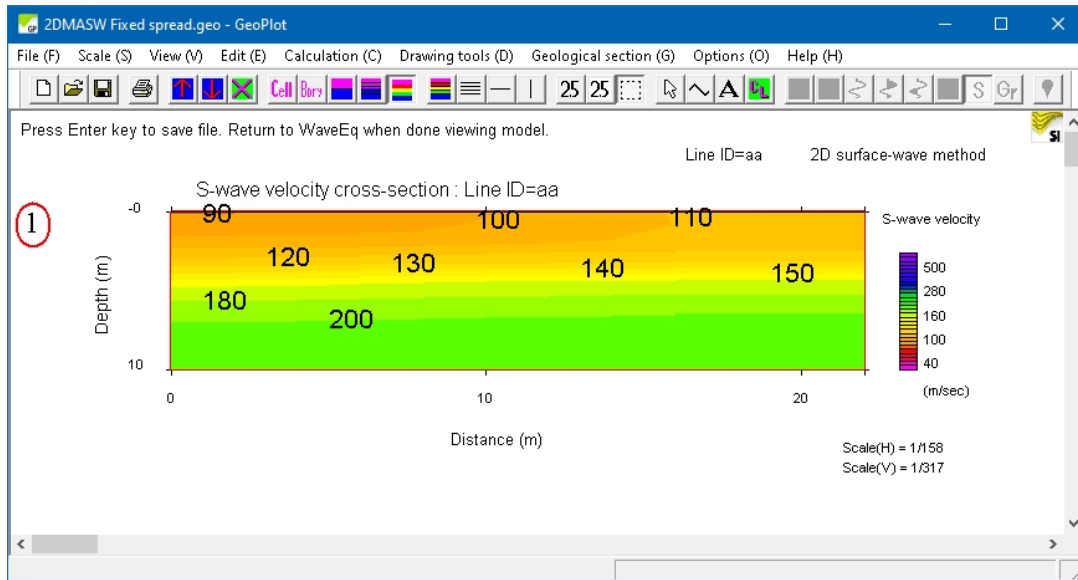


図69: 等高線間隔のラベルをフォントサイズを大きくして見やすくする。

No fillのチェックを外すと背景が白になります:

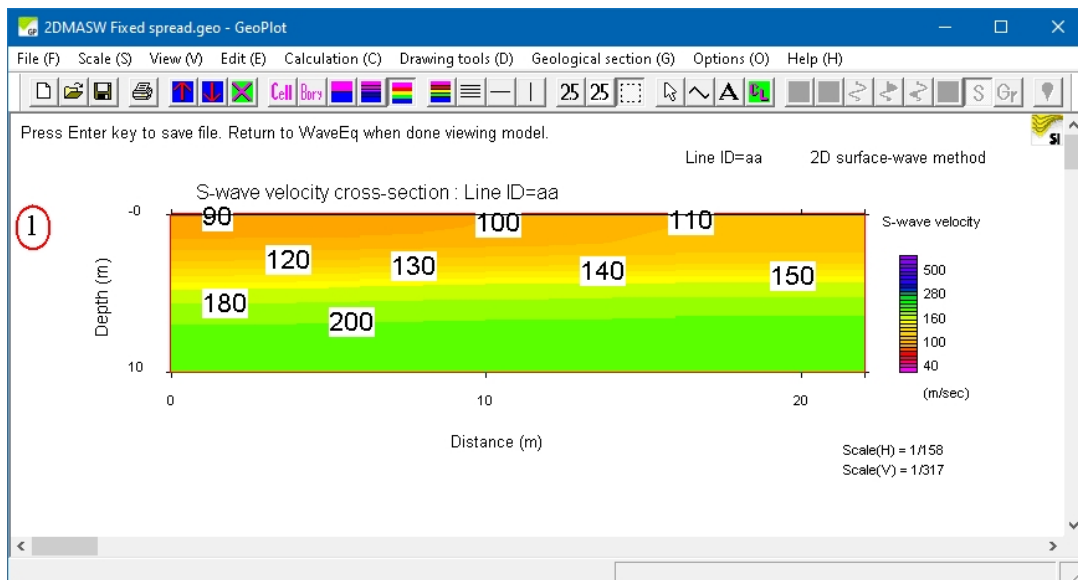


図70: 白い背景を追加して、輪郭間隔ラベルをより見やすくする。

上のセクションで使われている色と輪郭は、「標準的な」表面波の色である。これらはお好みで変更することができます。簡単な方法は、**View**メニューを開き、*Contour interval* | *Automatic* | *Linear scale*を選択する。

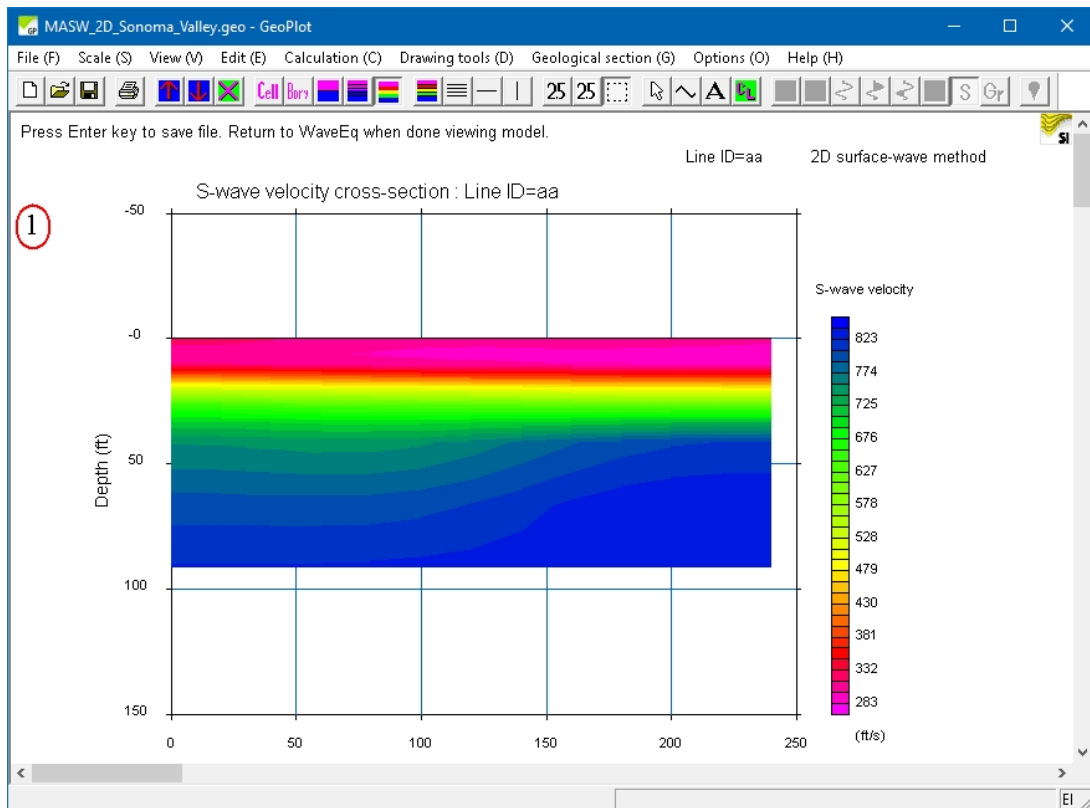
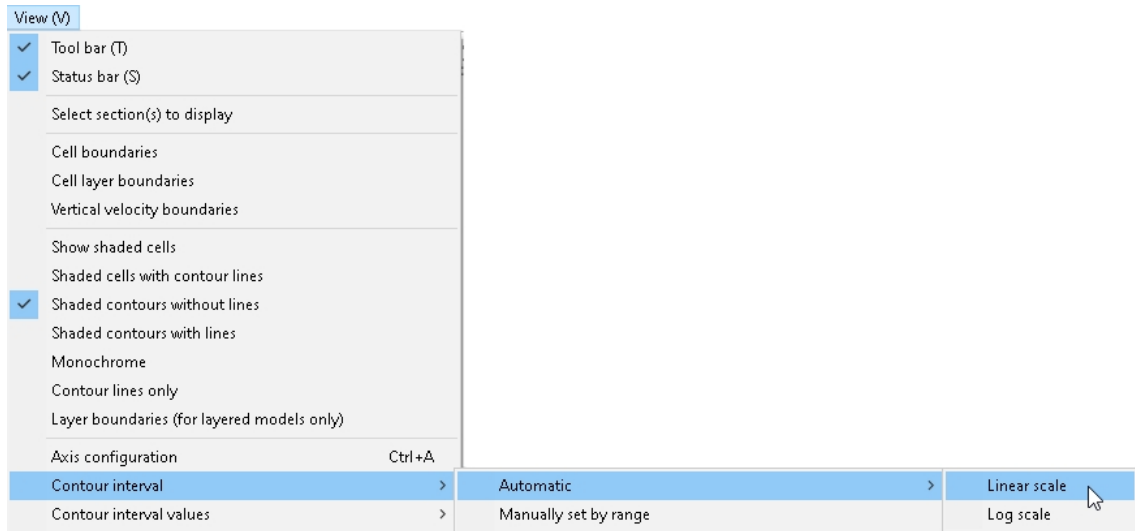
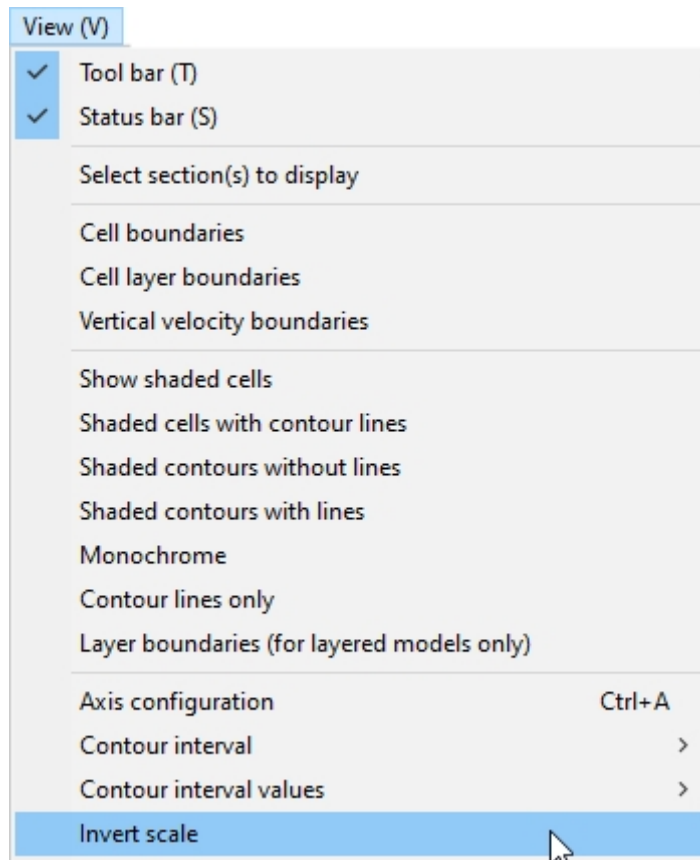


図71：非標準色で表示された断面。

スケールのカラー・グラデーションを反転させるには、「表示」メニューを開き、「スケールを反転」を選択します。



注: この機能は、標準的な表面波のコンターとカラー (図 69 と図 70) では機能しません。

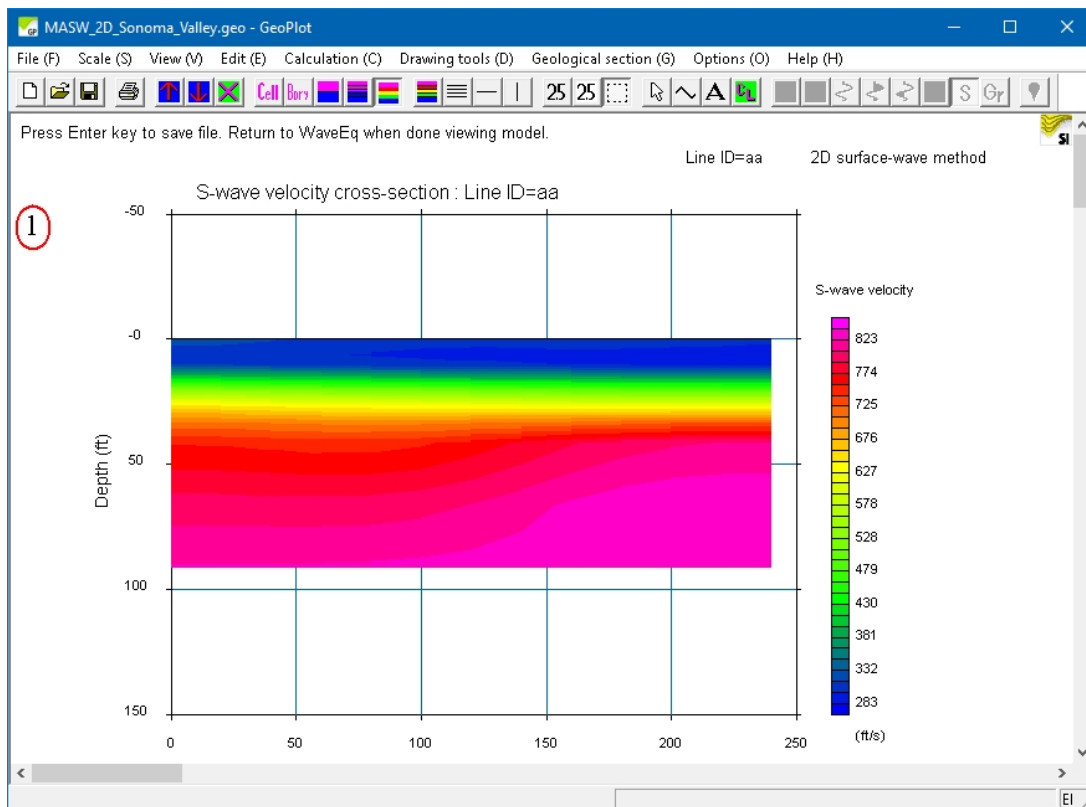
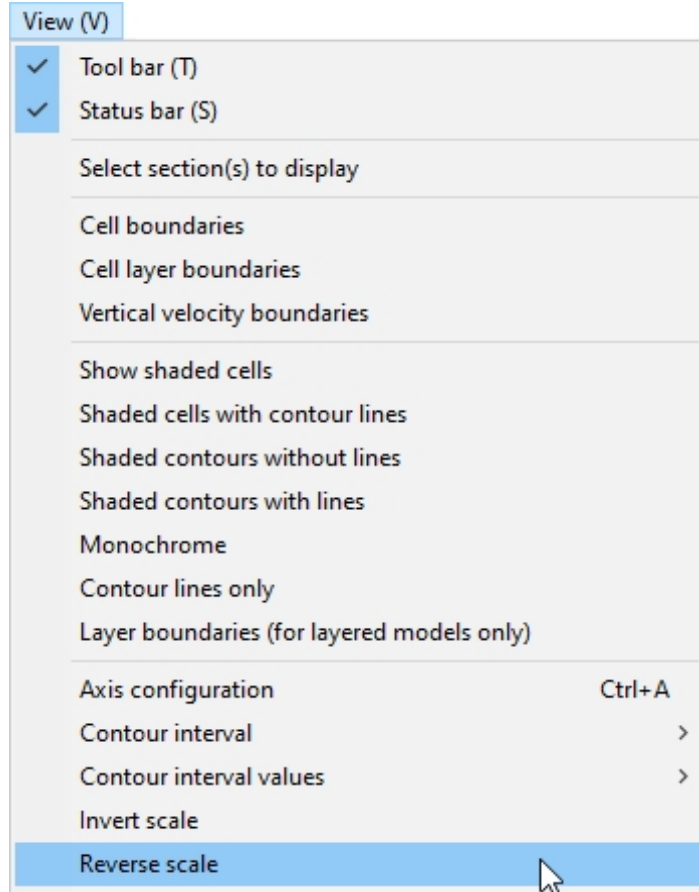


図72: 速度カラスケールの反転 (図71との: 標準表示された断面比較色以外で)。

目盛りの方向を反転させ、下方向に目盛りが大きくなるようにするには、「表示」メニューから逆スケール。



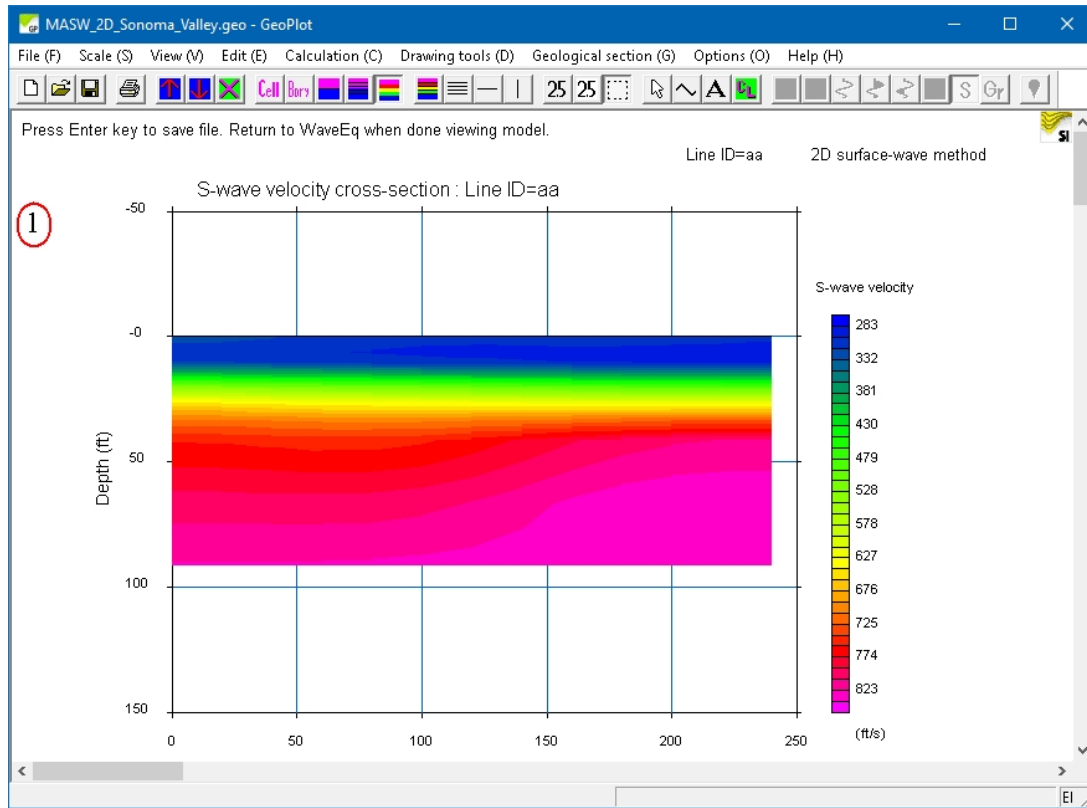
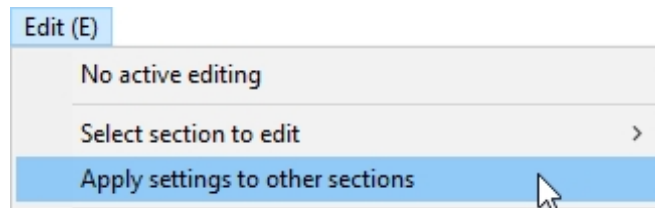
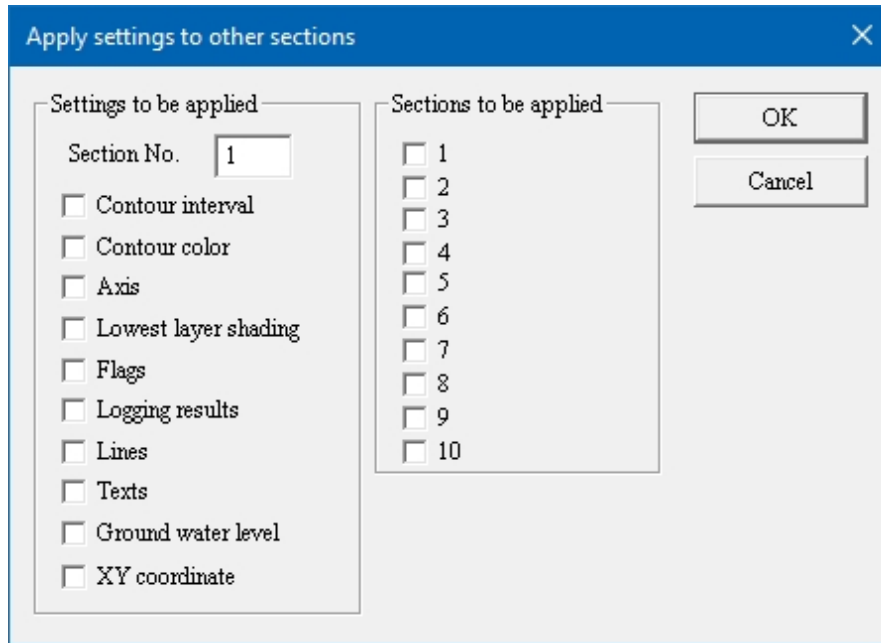


図73: 速度スケールバーの極性を反転 (図72と比較)。

指定した断面の設定を現在の適用するには、**Edit** メニューを開き、*Apply settings to other sections* を選択する。



アクティブな断面番号から適用する設定にチェックを入れ、適用する断面でチェックした他の断面に適用する属性を指定します。



4.2 アクティブ・ソースとパッシブ・ソースの組み合わせ

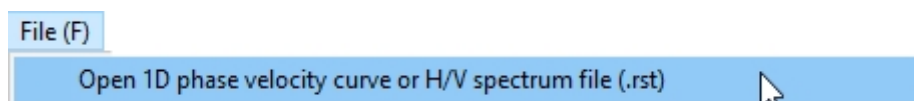
一般的に、MASWデータセットは周波数が高く、MAMデータセットは周波数が低い。一旦、能動的および受動的な音源の分散曲線があるサイトについて選択されると、サンプリングされた全深度範囲にわたって最高の解像度を得るために曲線を組み合わせることは簡単です。このセクションでは、すでにウィザードを使用し、処理の流れに慣れていることを前提としています。

4.2.1 1Dマスウとマムの結果を組み合わせる

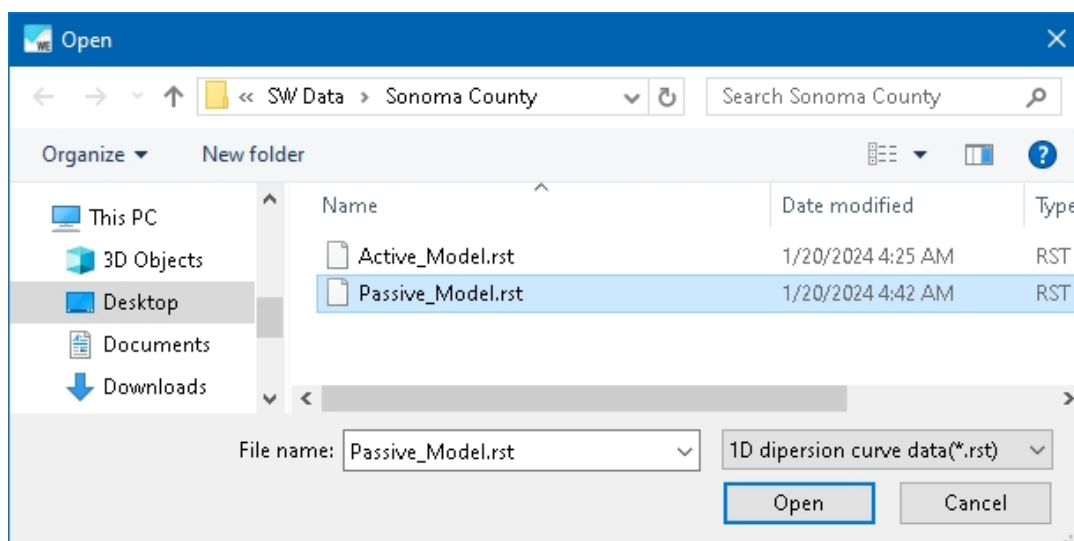
WaveEqアイコンをダブルクリックします：



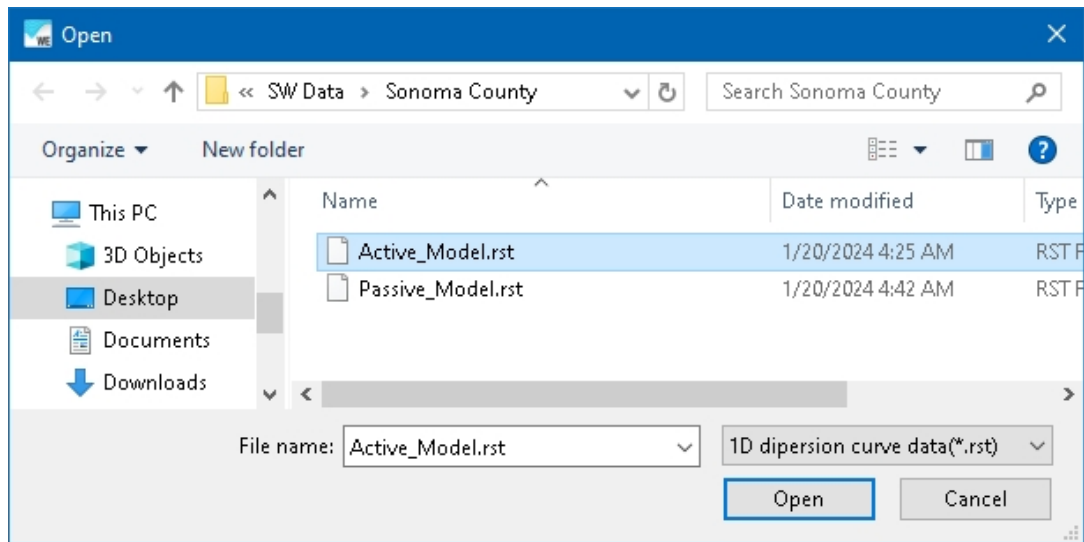
Fileメニューを開き、*Open 1D phase velocity curve or H/V spectrum file (.rst)* を選択して、1D MASW active-またはMAM passive-sourceデータセットの分散曲線結果ファイルを開く。



この例では、パッシブ・ソースの結果ファイルが最初に開かれる。一般に、生の分散曲線を入力するのが最善であり、スムージングは合成曲線に適用される。ファイルをハイライトし、*Open*を押します。



1次元MASWデータセットの結果ファイルを開くには、同じ**ファイルメニュー**機能を使用する。



1D MASW 分散曲線と MAM 曲線を組み合わせるには、*Append to present data* を選択する。完了したらOKを押す。



例えば、同じブレッドのアクティブ・ソース・ショットを追加するなど、追加する分散カーブがある場合は、これらの手順を繰り返します。

通常、分散曲線はいくらか重なっている。カーブが揃っていない場合は、ピックをダブルチェックしてください。通常、パッシブ・ソースの分散カーブの高域側、またはアクティブ・ソースの分散カーブの低域側のピックにノイズやスプリアスがことが問題です。

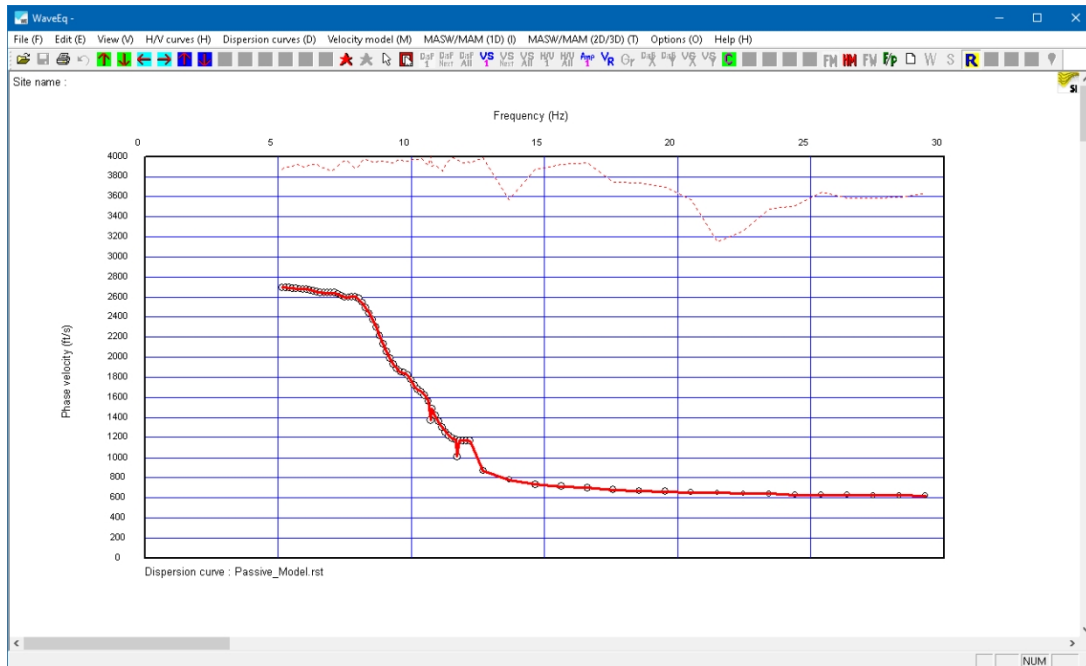
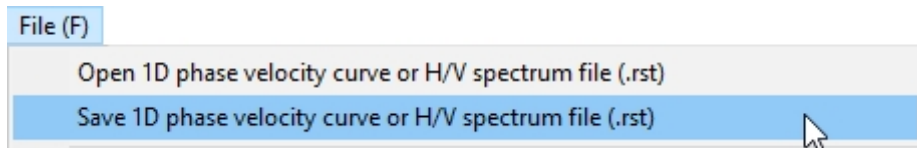
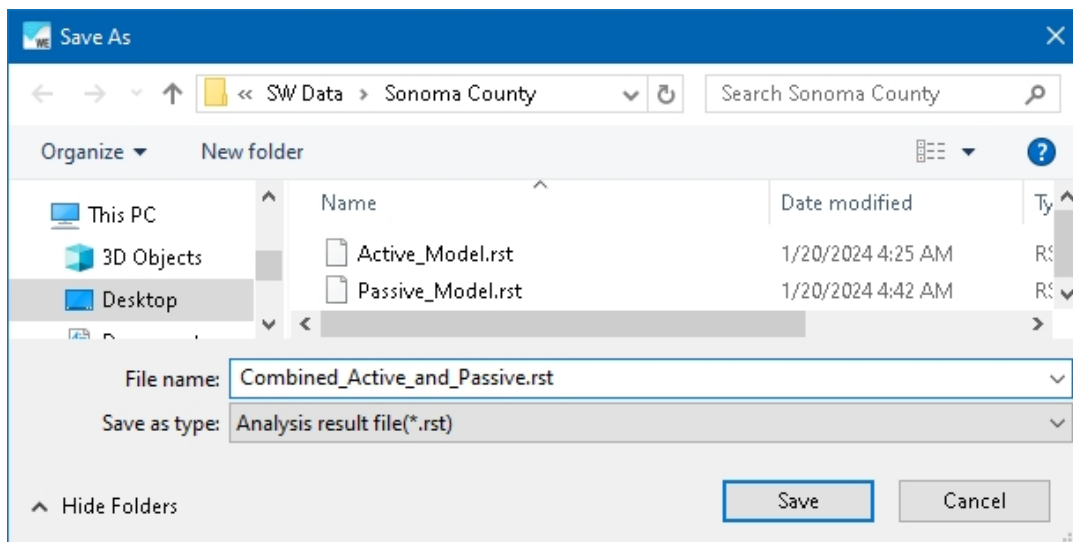


図74: 1次元MASWとMAMの複合分散曲線。

Fileメニューを開き、*Save 1D phase velocity curve or H/V spectrum file (.rst)* を選択して、合成結果を新しいファイルとして保存する。



拡張子.rstのファイル名を割り当て、*Save*を押す。



必要に応じて分散曲線を編集し、必要に応じて編集結果を新しいファイルとして保存する。

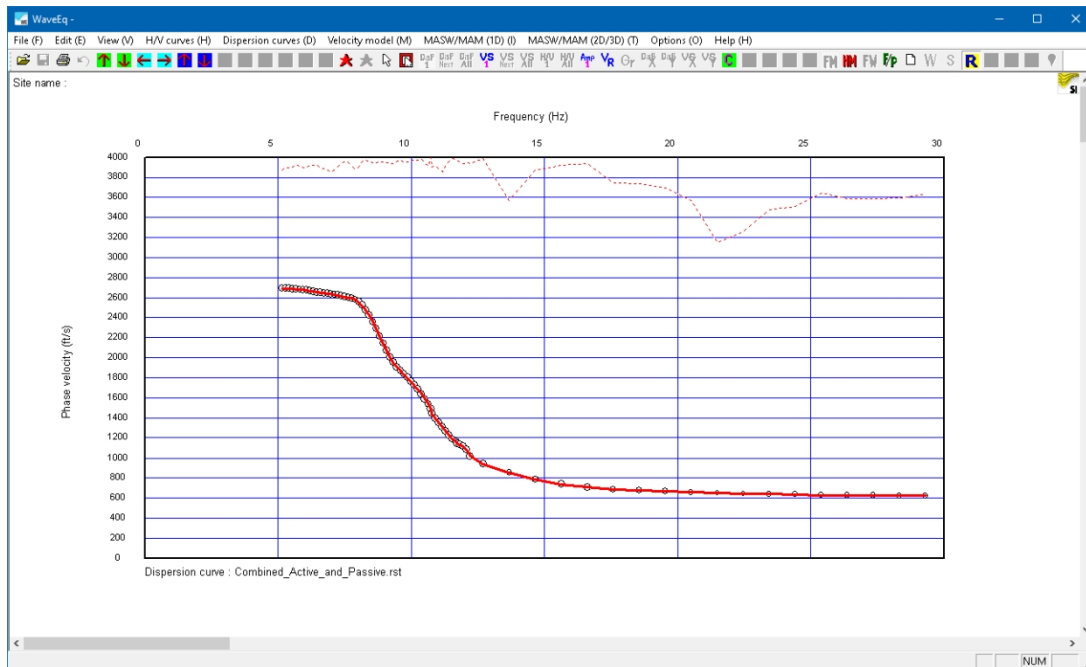
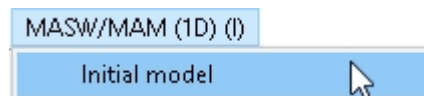


図75: 編集された複合分散曲線。

MASW (1D)メニューを開き、*Initial model*を選択して初期モデルを生成する。



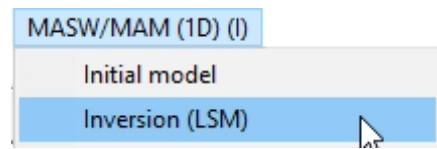
初期モデルの最大深度を設定する。

Initial model for inversion ✕

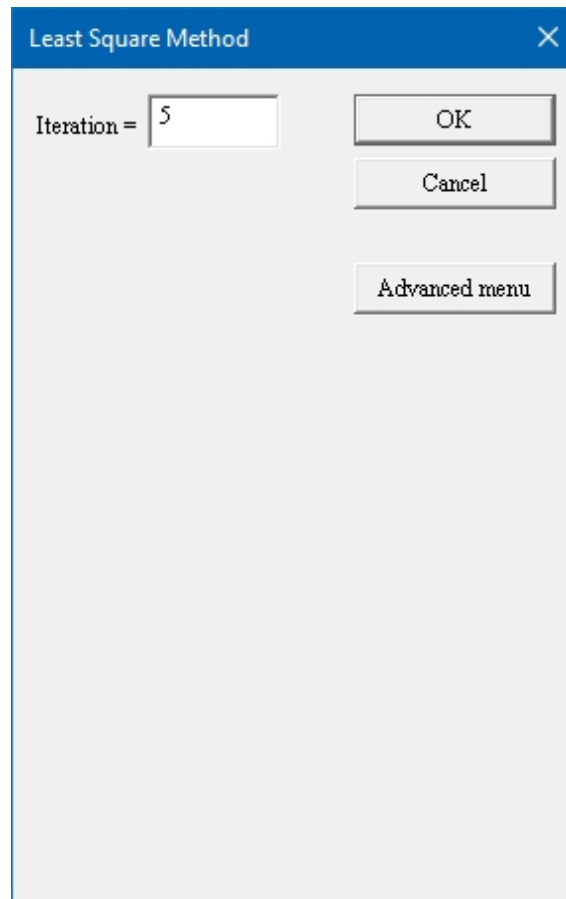
Depth = ft

of layer =

MASW (1D)メニューを開き、*Inversion (LSM)*を選択してインバージョンを実行します。



*Iteration*はデフォルト値を受け入れるか、希望に応じて増やす。



完了すると、最終的な v_s 曲線が表示される。

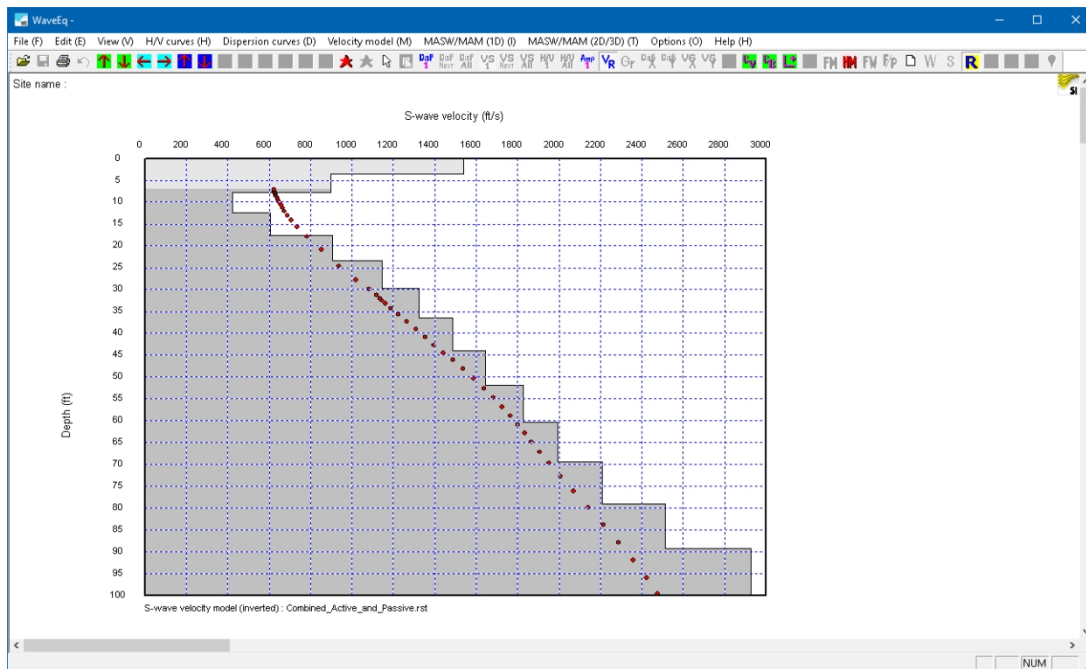


図76: 最終的な v_s 曲線。

分散曲線ビューで、観測された分散曲線と計算された分散曲線を比較する。

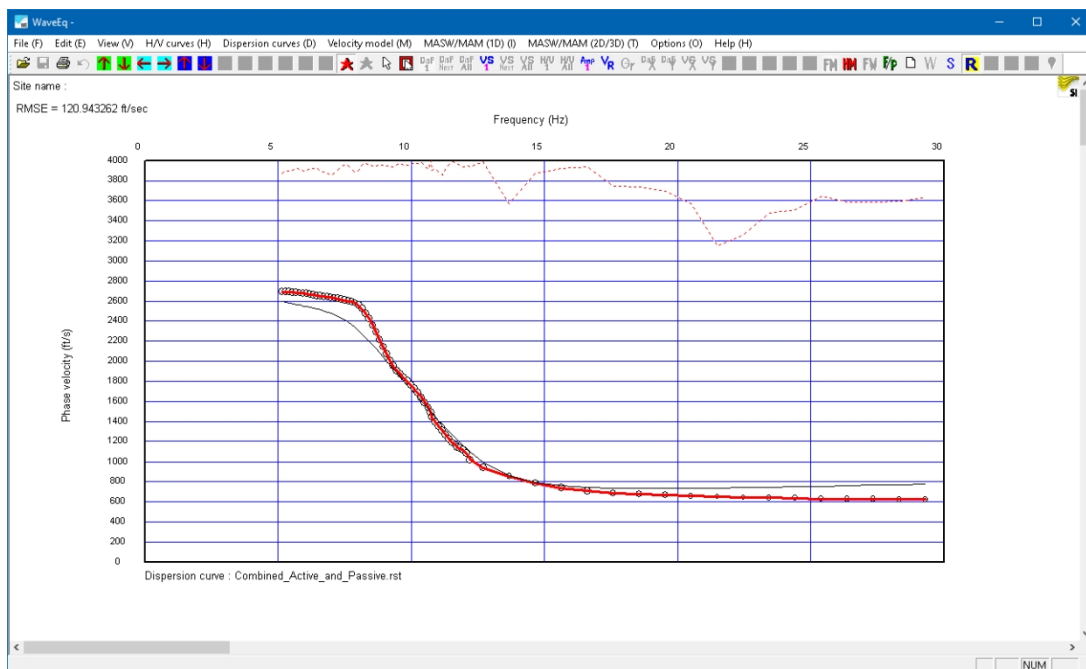


図77: 観測分散曲線と計算分散曲線。

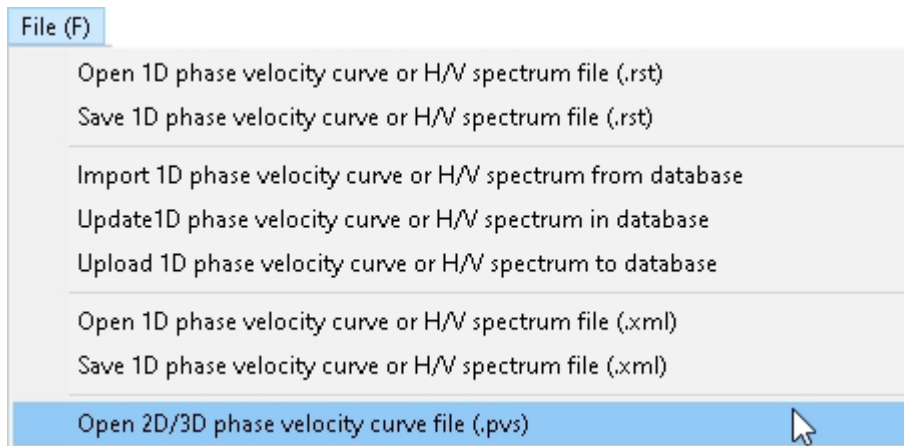
Fileメニューを開き、*Save 1D phase velocity curve file (.rst)*を選択して最終結果を保存します。

4.2.2 2Dマスウとマムの結果を組み合わせる

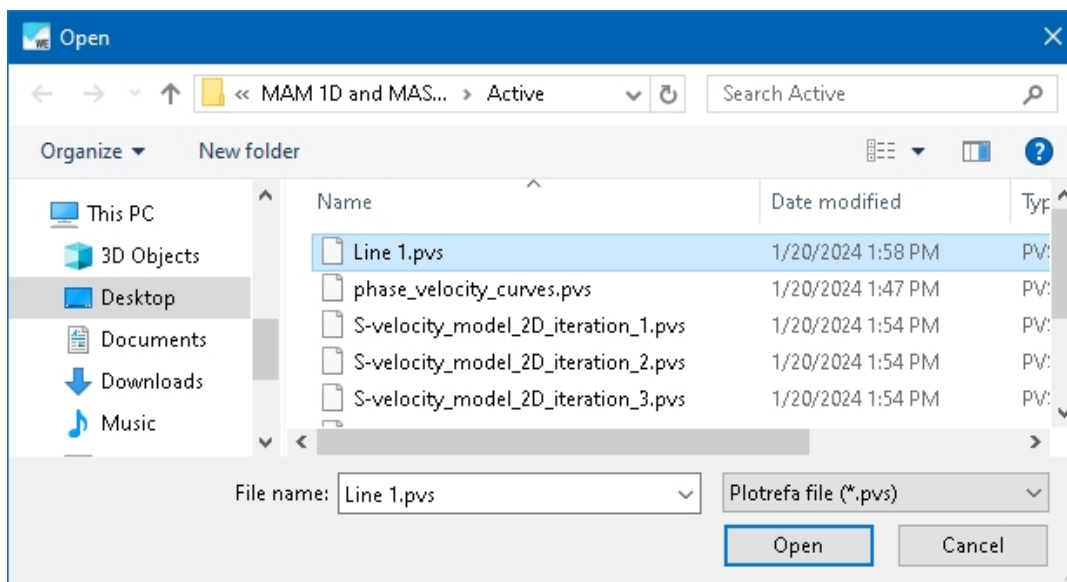
WaveEqアイコンをダブルクリックします。



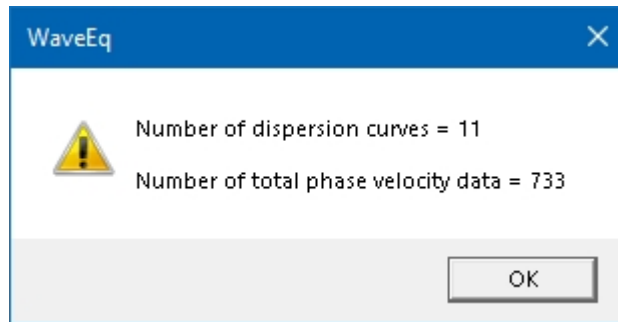
2次元MASWデータセットの分散曲線結果ファイルを開くには、Fileメニューを開き、*Open 2D/3D Phase Velocity Curve File (.pvs)*を選択します。



一般的に、生の分散曲線を入力し、スムージングが合成曲線に適用されるようにするのが最善である。ファイルをハイライトし、*Open*を押します。



インポートされた分散カーブの数が表示されます。OKを押す。



分散曲線グループの最初のもが表示される。

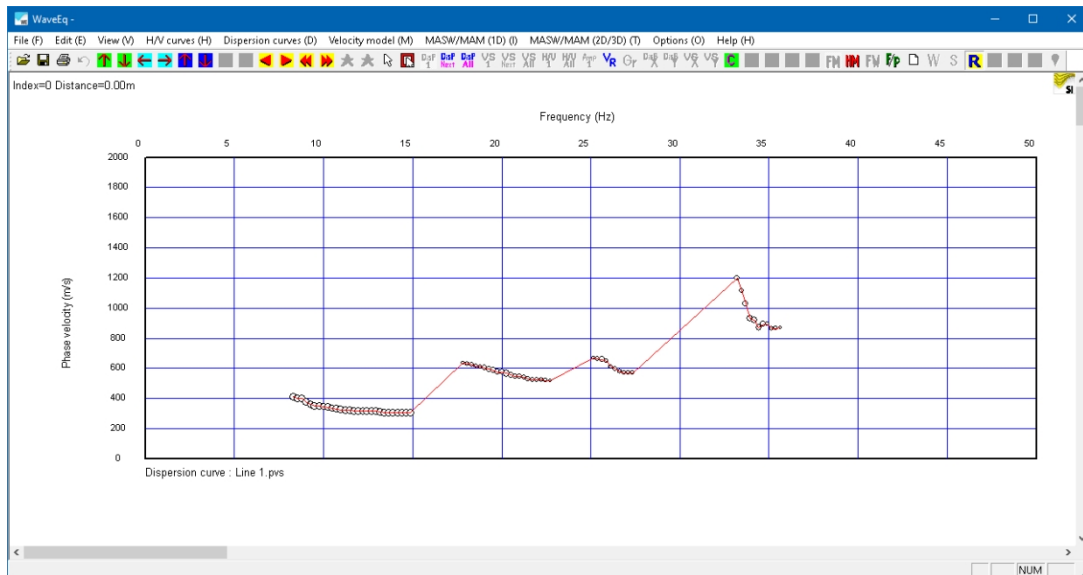
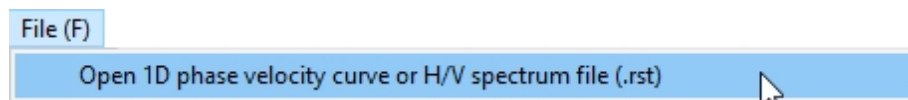


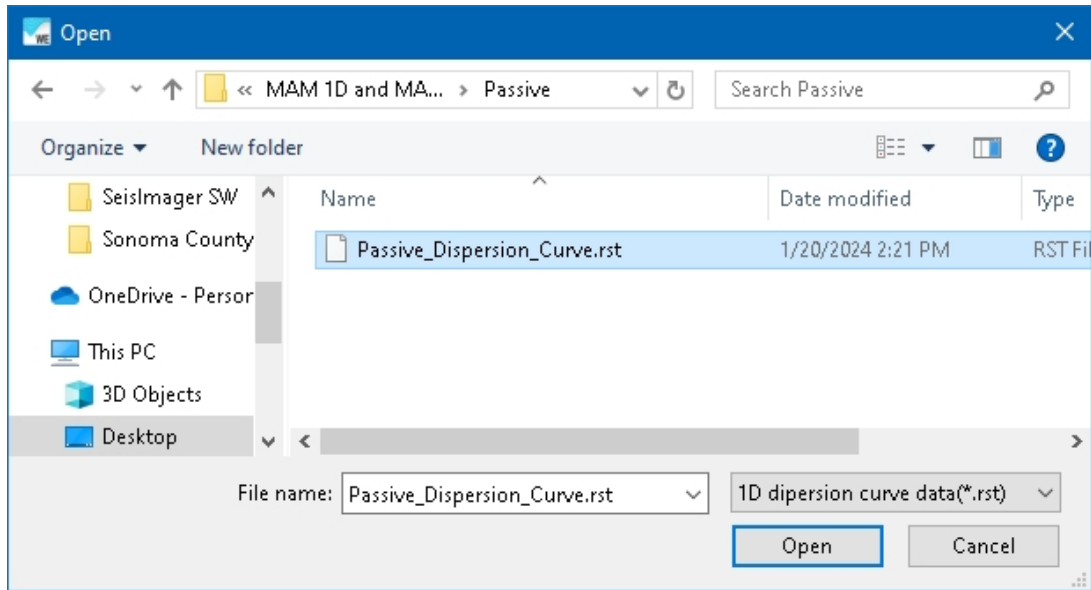
図78: 未加工、未編集の2D MASW 分散曲線。高い注意。

必要に応じて分散曲線を編集する。

Fileメニューを開き、*Open 1D phase velocity curve or H/V spectrum file (.rst)*を選択して、MAMデータセットから分散曲線を開く。



ファイルをハイライトし、「開く」を押す。



Append to present data を選択して、MAM分散曲線と2D MASW分散曲線を組み合わせる。完了したらOKを押す。



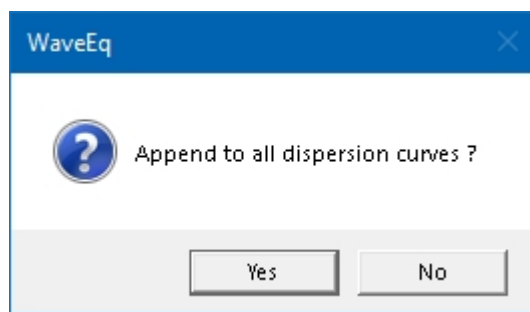
ベロシティ・モデルが検出された場合は、それを追加することが推奨される：



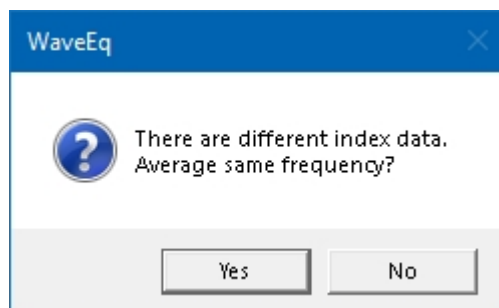
次に、MAM 分散曲線を現在表示されている 2D MASW 分散曲線のみが付加するか、すべての 2D MASW 分散曲線に付加するかを尋ねるプロンプトが表示される。MAM 分散曲線はそれぞれの MASW 曲線に付加されるべきである。1つの MASW 曲線にのみ追加すると、隣接するデータがない深度で速度異常が発生する。分散曲線

すべてのMASW曲線に対するMAM分散曲線は、2D MASW調査ラインを横断するMAM分散曲線を効果的に外挿する。MAMデータの水平分解能がサンプリング深度にほぼ等しいことを考慮すると、75mまたは100mの長さの2D MASW調査ラインにわたってMAMの結果を外挿することは合理的である。しかし、これは外挿であるため、注意して行う必要があり、速度に大きな変動が存在すると考えられる場合には推奨されません。

Yes をMAM分散曲線が各2D MASW分散曲線に追加される。



複合分散曲線グループの最初のもが表示される。MAM分散曲線とMASW分散曲線は、通常、いくつか重なっている。その場合、次のような表示される：



カーブがうまく揃っていない場合は、ピックを再チェックしてください。通常、パッシブソースの分散カーブの高域側、またはアクティブソースの分散カーブの低域側のピックにノイズやスプリアスがあることが問題です。それらが基本的に一致している場合、最も一般的な対処法は、上記のプロンプトに「はい」と答えて平均を取ることです。

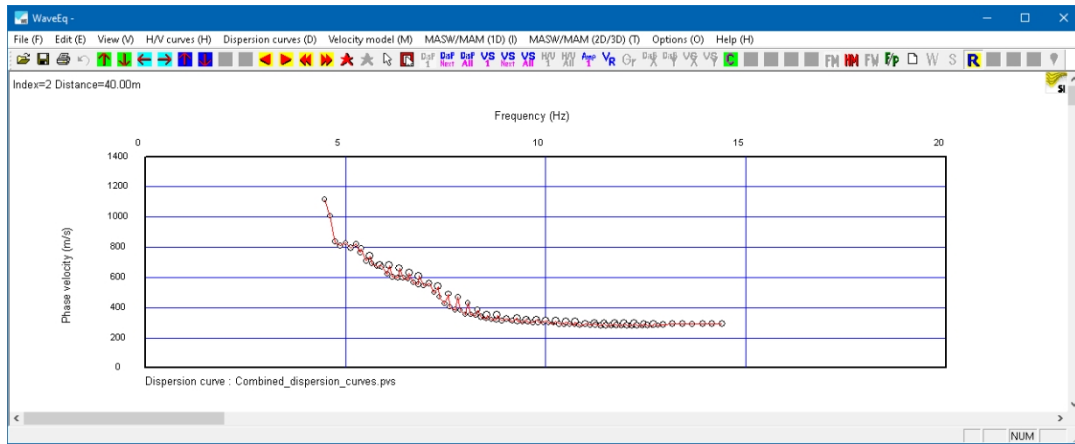
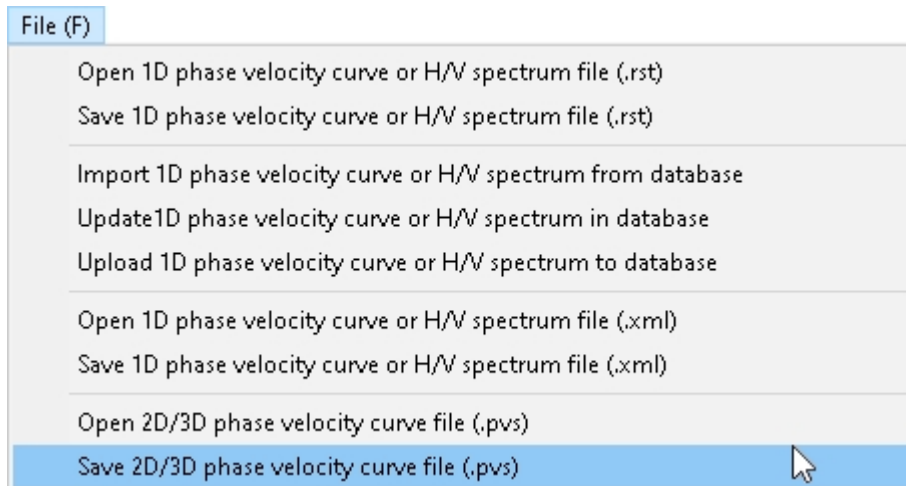
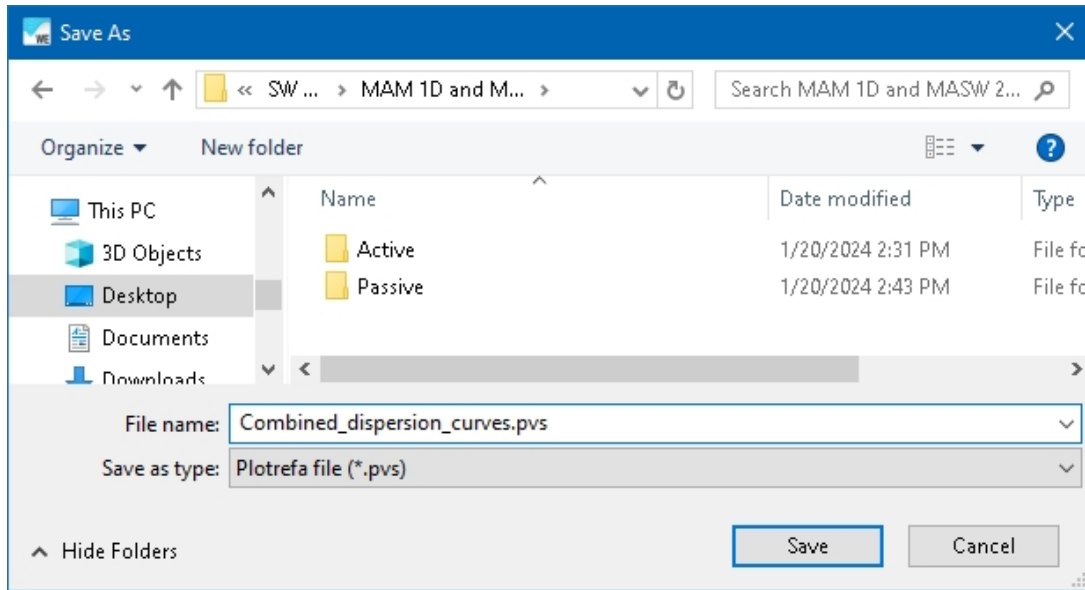


図79: 2次元MASWとMAMの複合分散曲線。

Fileメニューを開き、*Save 2D/3D phase velocity curve file (.pvs)* を選択して、合成結果を新しいファイルとして保存します。



拡張子 *.pvs* のファイル名を割り当て、*Save* を押す。



必要に応じて分散曲線を編集し、必要に応じて編集結果を新しいファイルとして保存する。

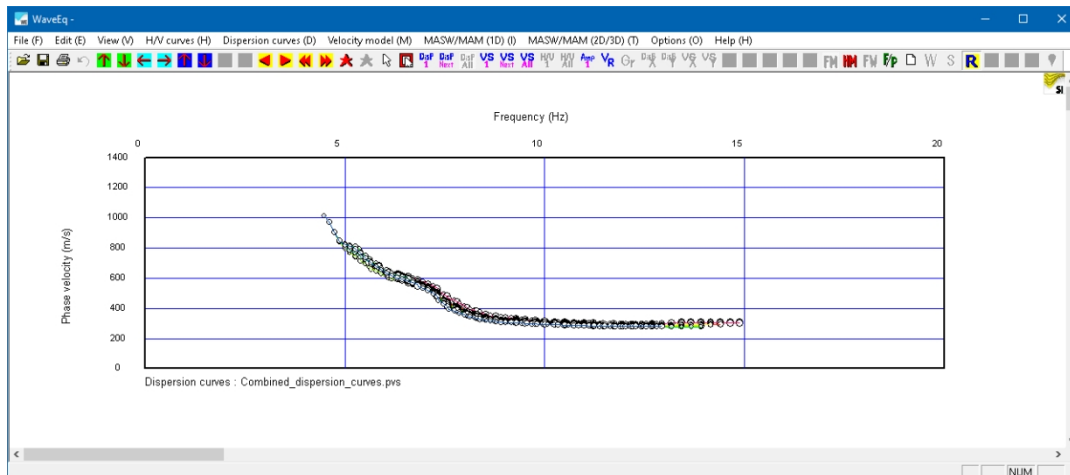
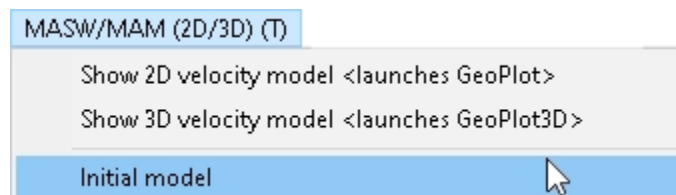
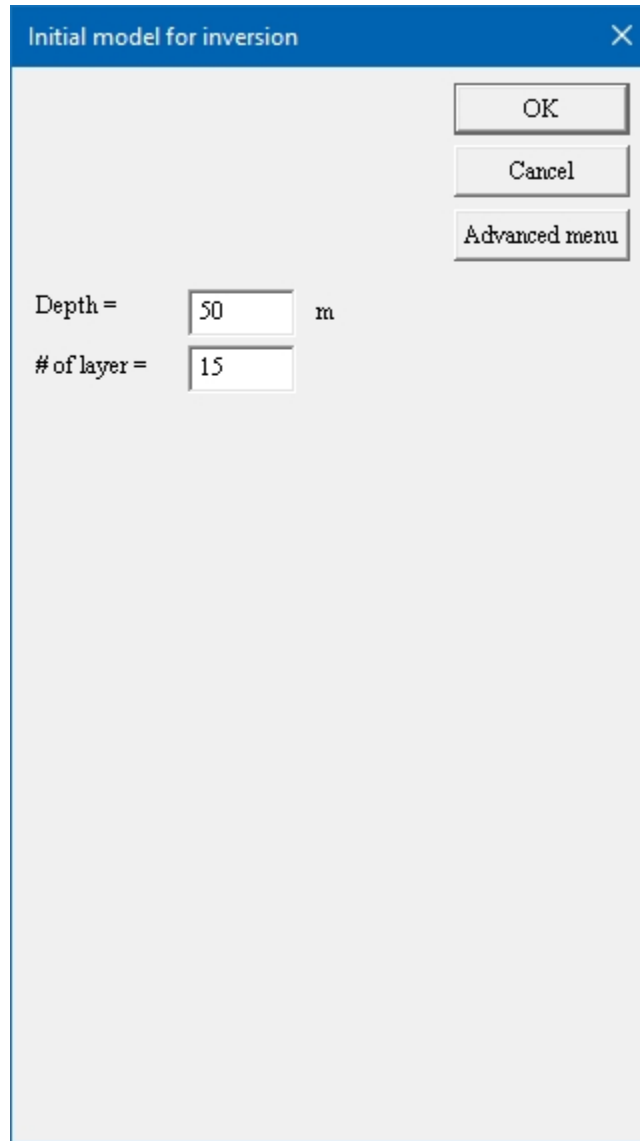


図80: 2D MASWとMAMの分散曲線の編集と合成。

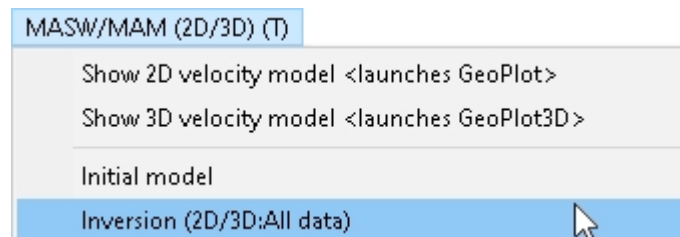
MASW/MAM (2D/3D)メニューを開き、*Initial model*を選択して初期モデルを生成する。



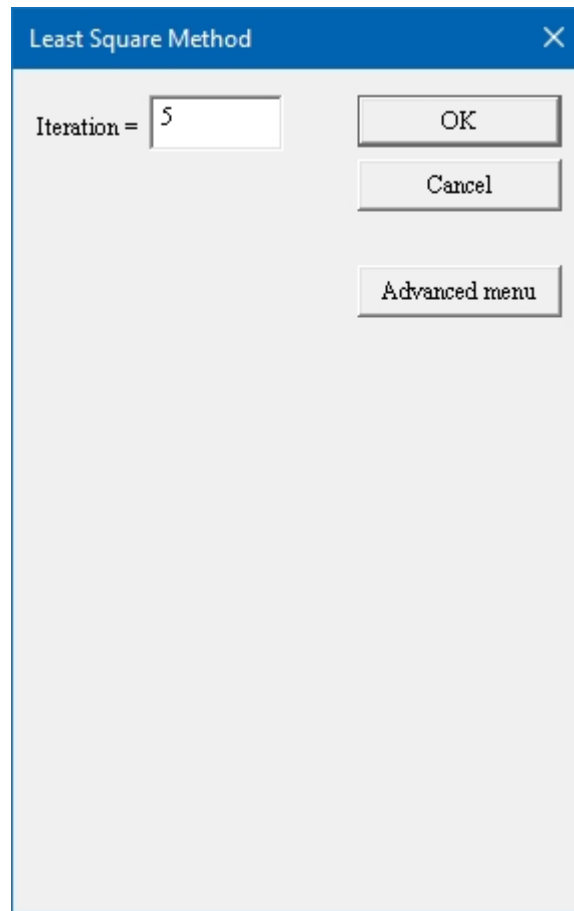
初期モデルの最大深度を設定する。



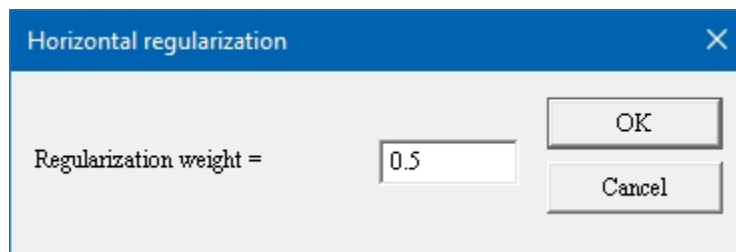
MASW/MAM (2D/3D) メニューを開き、インバージョン (2D/3D: 全データ) を選択してインバージョンを実行します。



Iteration はデフォルト値を受け入れるか、希望に応じて増やす。



1次元の v_s モデルは大きく変化する可能性があるため、"正則化の重み"の入力を求められます:



2D断面の "滑らかさ" の度合いを設定します。ほとんどの場合、デフォルト値の0.5で十分です。

データセットのサイズによっては、逆解析に計算量が多くなり、完了までに時間がかかる場合があることに注意してください。また、*Iteration* の値が大きいほど、処理にかかります。Windowsのタスクマネージャーでは、WaveEqが「応答なし」と表示されることがありますが、メモリ使用量が動的に変化している場合は、プロセスが正常に実行されていることを示しています。

反転が完了すると、個々の最終モデルのグループの最初のものが表示される。

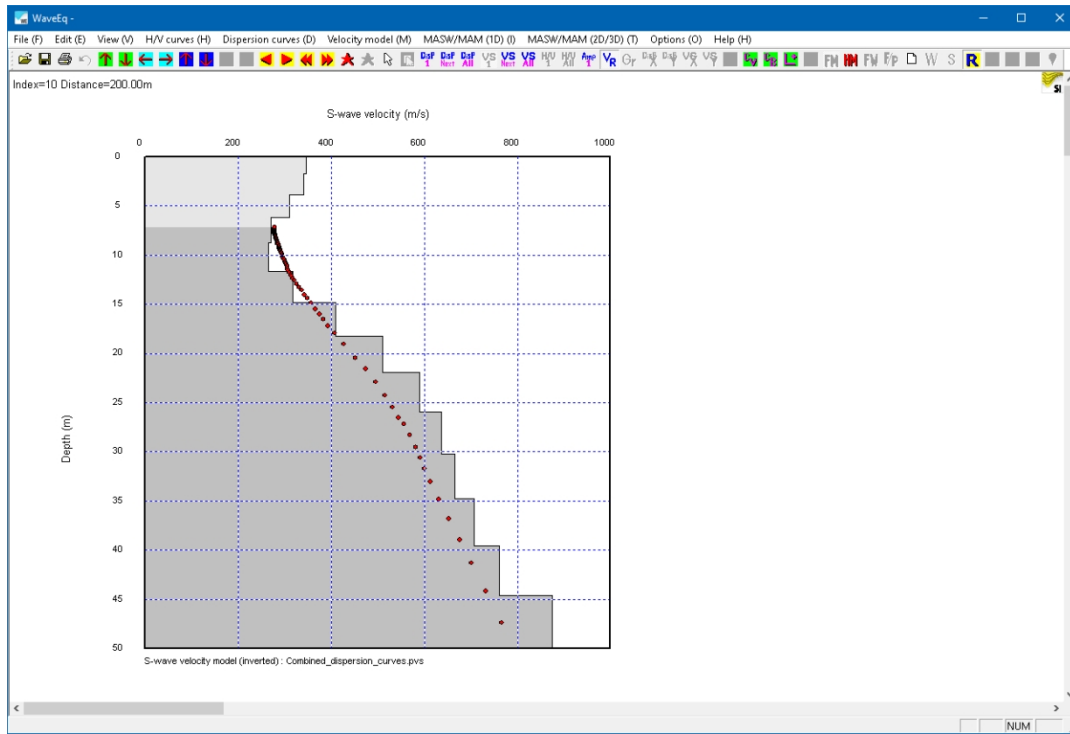
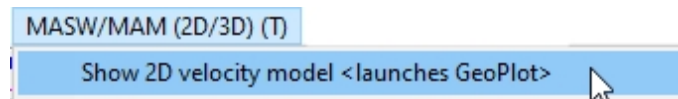


図81: 最終的な v_s モデルのグループの最初。

MASW/MAM (2D/3D)メニューを開き、*Show 2D velocity model* を選択して、最終的な断面モデルを GeoPlot で表示します。



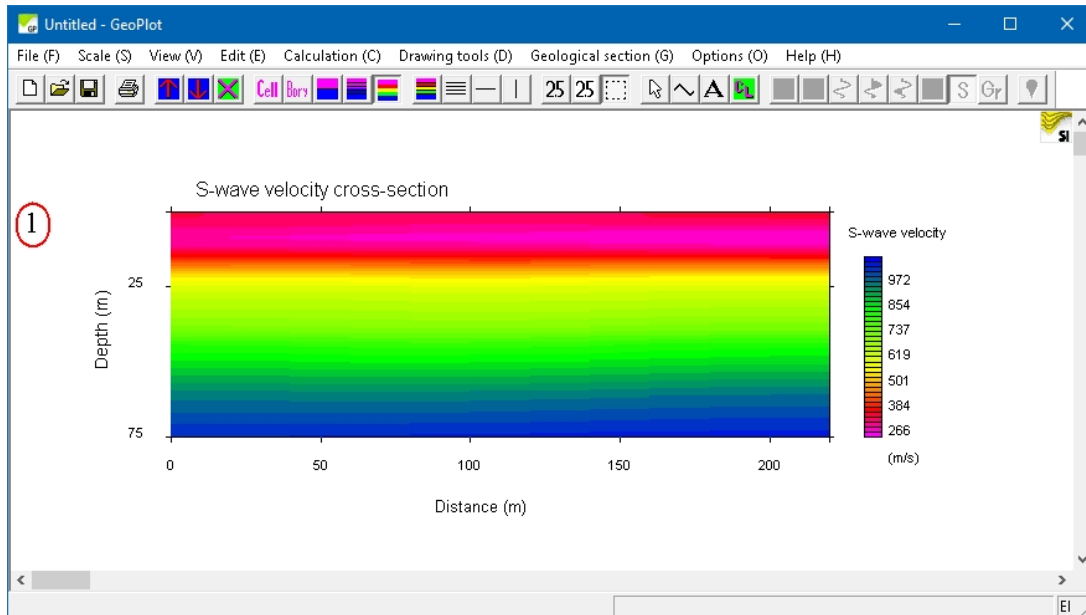
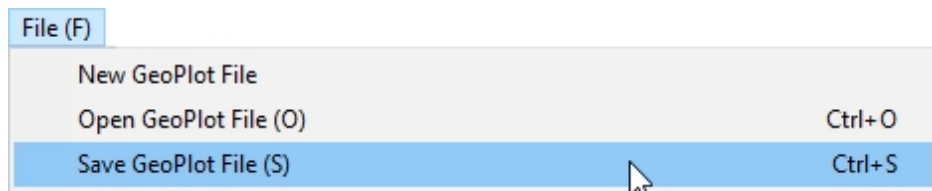
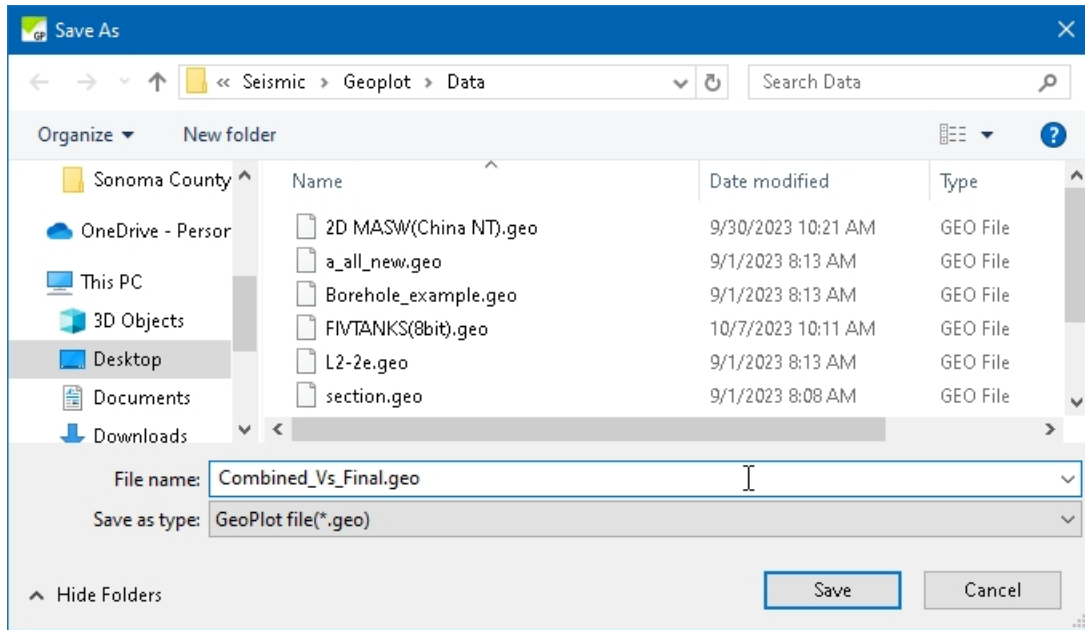


図82: 最終速度断面。

File (ファイル) メニューを開き、*Save GeoPlot File (ジオプロットファイルの保存)* を選択して、最終モデル表示を .geo ファイルとして保存します。



拡張子 .geo のファイル名を割り当て、*Save* を押す。



分散曲線ビューで、観測された分散曲線と計算された分散曲線を比較する。

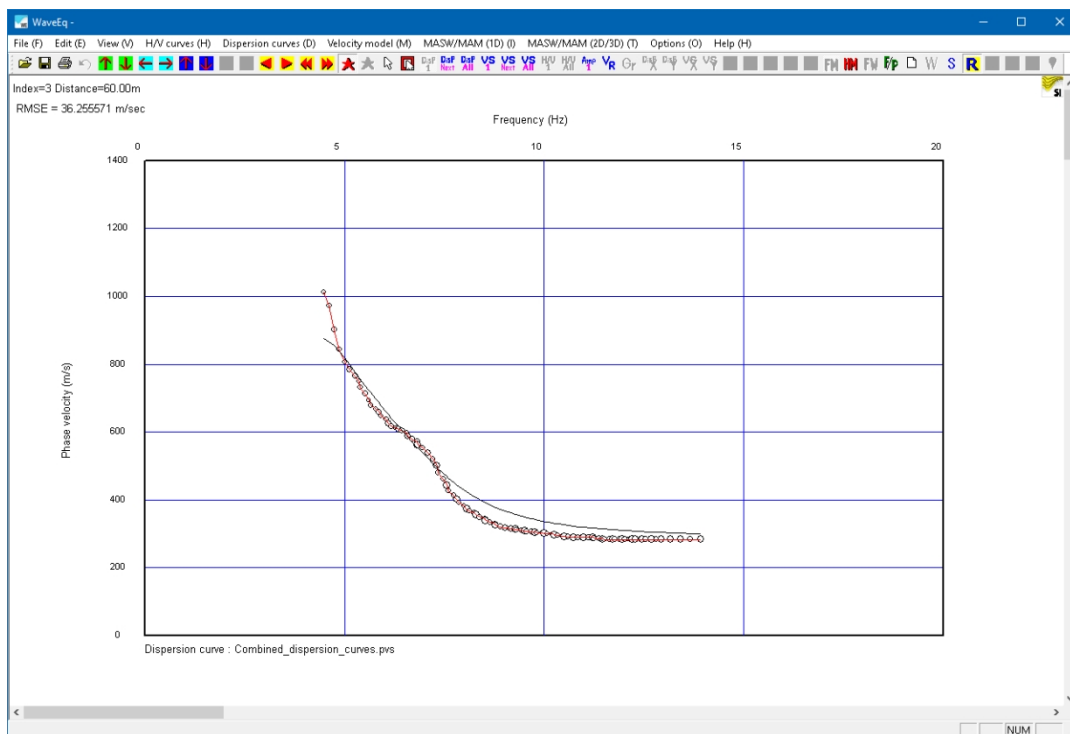


図83: 観測された分散曲線と計算された分散曲線。

Fileメニューを開き、*Save 2D phase velocity curve file (.pvs)*を選択して最終結果を保存します。

5 SEISIMAGER/SW- PRO: 特徴と機能

SeisImager/SW-Proの追加機能

- 1) H/VデータをS波速度のために反転する機能（次のセクション）。
- 2) 分析に上位モードのデータを含める（セクション [5.2](#)、192 ページ）。
- 3) H/Vと分散曲線のジョイントインバージョン（セクション [5.3](#)、212ページ）。

これらの特徴については後述する。

5.1 H/Vの反転

SeisImager/SW-Proでは、分散曲線と同様にS波速度のインバージョンにH/V曲線を使用することができます。現在のところ、H/Vカーブ処理は1次元解析にのみ利用可能です。注意しなければならないのは、 v_S のためのH/V曲線のインバージョンは、分散曲線データのインバージョンほどロバストではないということです。そのため、H/Vデータのみから正確なS波速度モデルを得ることは難しい。しかし、事前情報を利用することで、適切な初期モデルを推定し、インバージョンの精度を高めることができます。H/Vデータを分散曲線データと統合してジョイントインバージョンを行うこともできます。H/Vデータを統合することで、分散曲線インバージョンの精度と浸透深度を向上させることができます。174ページから始まるセクション [5.1.1](#) を参照。

5.1.1 H/Vデータ収集と処理

続ける。

5.1.1.1 H/Vスペクトラムの理論

単一観測点における3成分微動測定は、地震のサイト特性の推定に広く用いられてきた。この方法は、中村法、HVSR (Horizontal Vertical Spectral Ratio)、または単に H/V と呼ばれてきました。SeisImager/SW アプリケーションおよび本マニュアルでは、3 成分微動測定について「H/V」という言葉を使用しています。

この数十年間、H/Vの理論は論争的となってきた。従来のH/V理論では、微動は主に体波であり、H/Vのピーク周波数はサイトの共振周波数に対応するとされていた。この理論に基づき、岩盤深度(D_2)はH/Vのピーク周波数(f)から以下のように計算される:

$$D_2 = v_{S1} \div f \div 4$$

ここで、 v_{S1} は第1層のS波速度である。

近年、微動は主に表面波からなり、H/Vはレイリー波の楕円率に対応するという説が一般的になっている。

SeisImager/SWは後者の説を前提とし、観測されたH/Vデータを理論的なレイリー楕円率と比較するH/Vのインバージョンを導入している。理論的なH/Vの計算では、レイリー波やラブ波の高次モードを考慮することができる。図84は、従来のH/V理論と最新のH/V理論の比較図である。

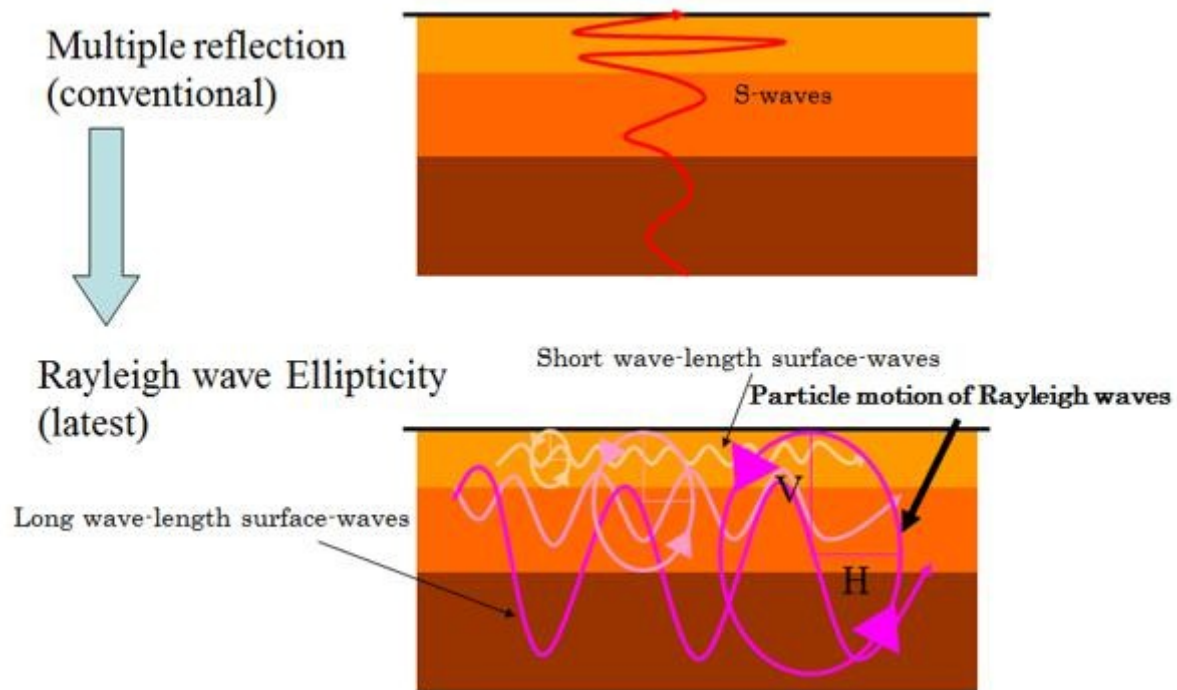


図84: H/Vの従来理論 (上) と最新理論 (下)。

5.1.1.2 H/Vデータ収集

典型的なH/Vスペクトラムのデータセットを以下に示す:

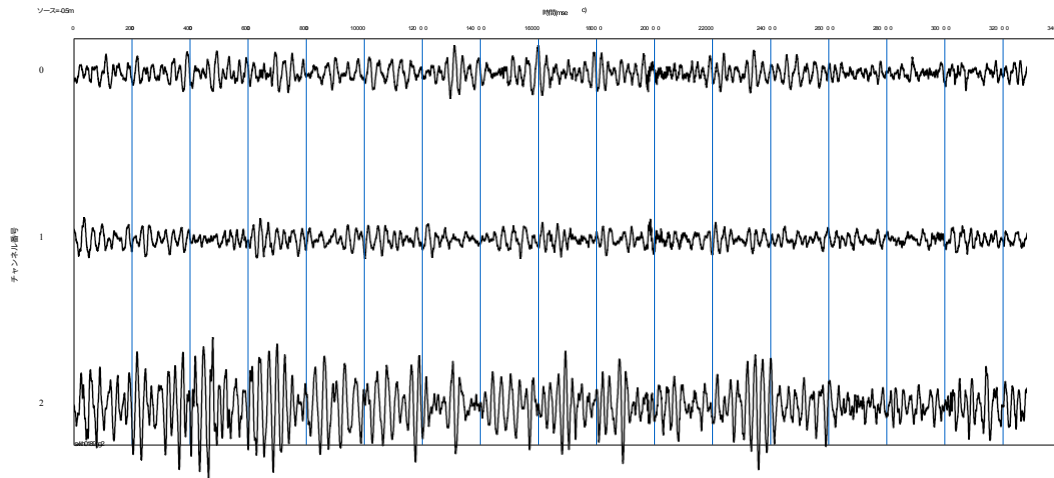


図85: 典型的なH/Vデータセット。

H/V分析では、文化的騒音、交通、工場、風、発生する3成分の環境振動を使用する。理想的な振動源は定常で一定である。H/V解析の基本的な仮定は、震源は無限の距離にあり、地震エネルギーは安定かつ等方的（あらゆる方向から来る）であることです。この仮定に最適に対応し近似するために、H/V解析では長い記録長が必要となります。必要な記録長は調査深度によって異なります。調査深度が深ければ深いほど、必要な記録長くなります。表5は、典型的な必要記録長と調査深度の関係を示している。

調査深度 (m)	必要な合計記録長さ (分)	サンプル間隔 (ms)	サンプル数	ファイルレコード長さ (秒)	ファイル数
<5	5	2	16384	32	10
2-30	10	4	16384	64	10
30-100	20	8	16384	128	10
100+	30	8	16384	128	15

表5: 典型的な必要記録の長さや調査深度の関係。

調査の深さは、処理の周波数関係する。調査深度が深いほど、長周期のジオフォンや地震計が必要となる。調査深度に必要な周波数範囲とセンサーを表6に示す。

最大深度 調査 (m)	最低周波数 (Hz)	センサー
100	0.5	4.5Hz
1000	0.2	1Hzまたは2Hz
>1000	<0.2	長期 地震計

表6: 調査深度に応じた必要周波数範囲とセンサー。

5.1.1.3 H/Vデータ分析

このセクションでは、H/V スペクトルデータ解析ウィザードと関連機能について説明します。ウィザードは、PickwinモジュールとWaveEqモジュールから特定の関数を自動的に呼び出し、解析順を追って説明します。H/Vウィザードと関連関数は、SeisImager/SW-1DとSeisImager/SW-2Dの両方のパッケージに含まれています。

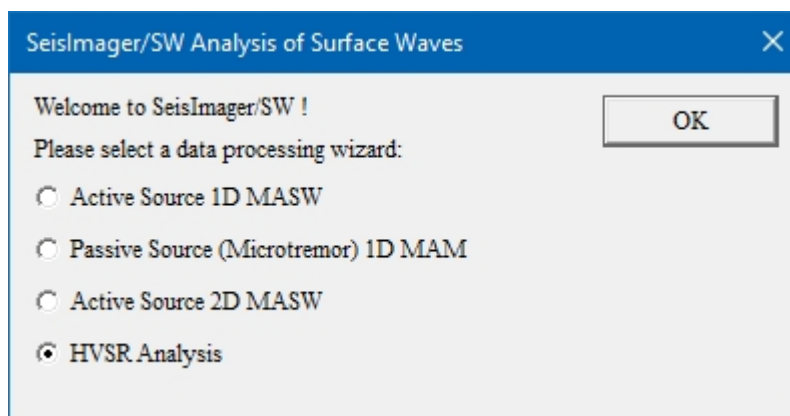
いくつかの理論についても触れているが、本マニュアルはH/V スペクトル（中村）法に関する論文ではない。本ソフトウェアが採用している解析手法の背後にある原理を理解するために、地震学と数学の主要な原理をそれなりに理解していることを前提としている。推奨図書リストについては[付録F](#)を参照のこと。

5.1.1.4 H/Vスペクトルデータ解析ウィザード

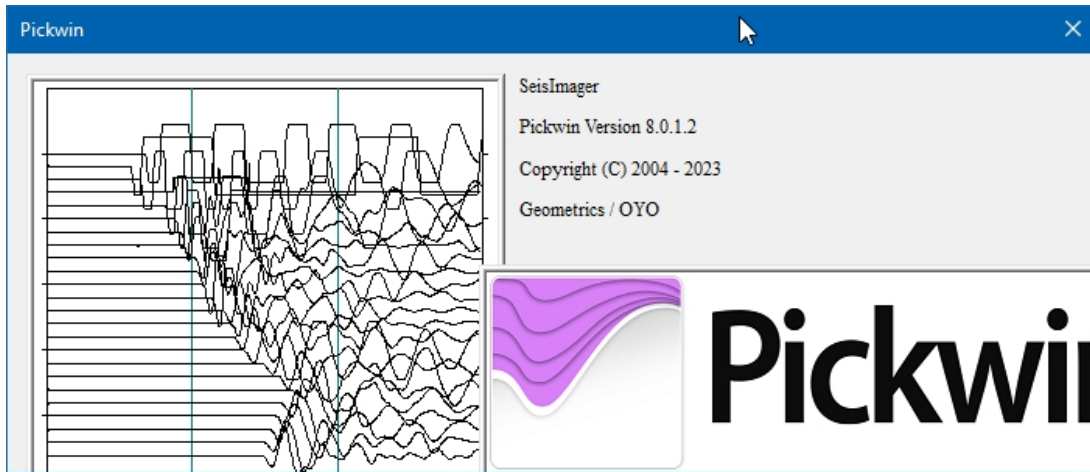
表面波解析ウィザードのアイコンをダブルクリックします：



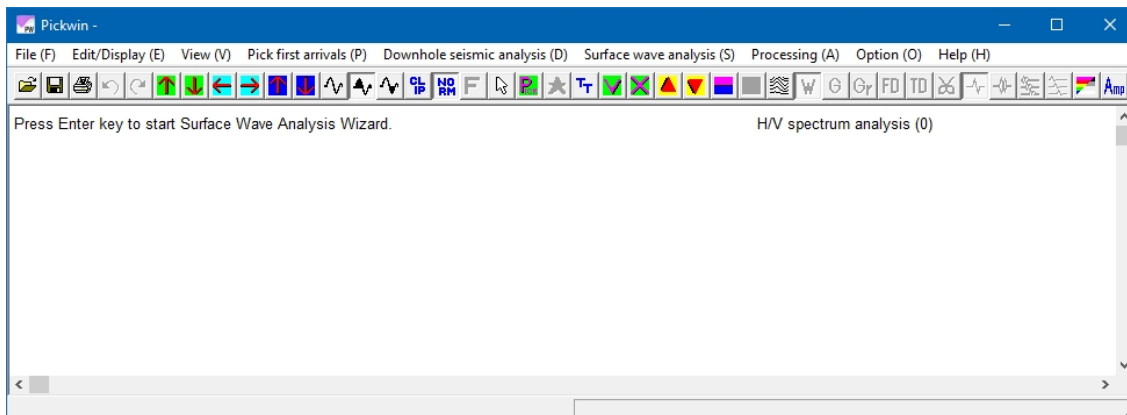
SeisImager/SW Analysis of Surface Waves ダイアログボックスが表示されます。H/VS Analysis を選択してOKを押します：



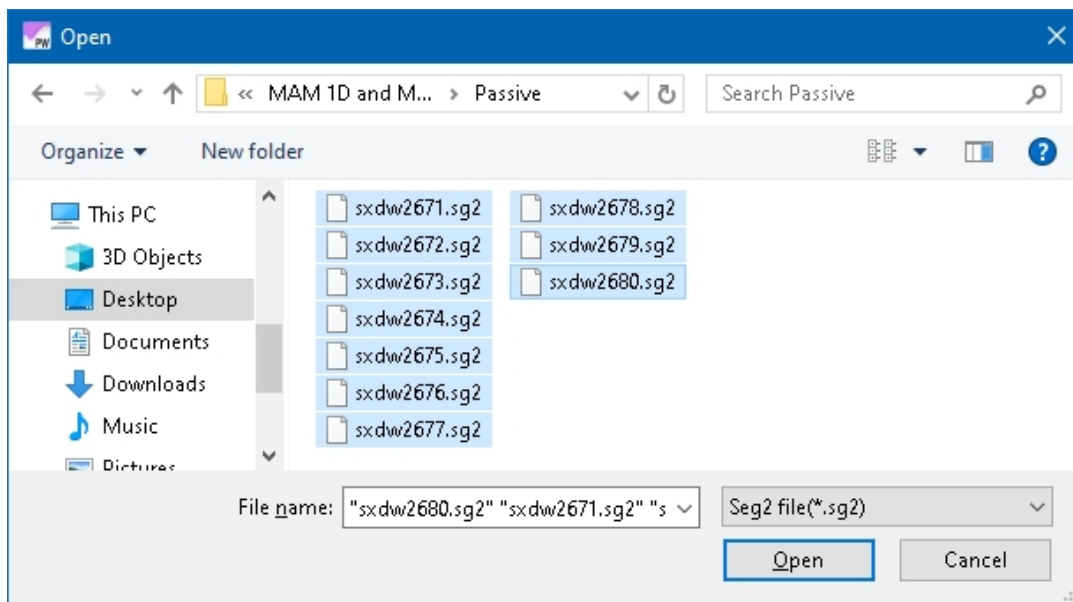
Pickwinモジュールが起動します：



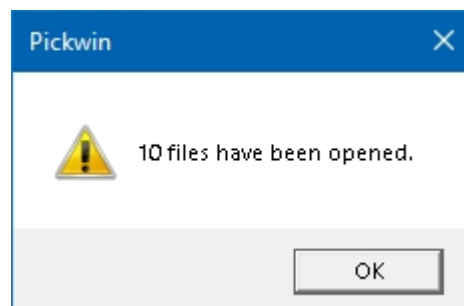
Pickwinのメインウィンドウが表示されます。ウィザードは**ファイル**メニューと**表面波解析**メニューから関数呼び出しします。ウィンドウ左上の指示に従って**Enter**キーを押して開始します。



最初のステップは、データセットを入力することである。すべてのデータセット・ファイルを一入力する。Shiftを使ってデータセットの最初のファイルから最後のファイルまでをハイライトし、Openキーを押す。



選択したファイルが開いたら、OKを押す。



波形ファイルの最初のグループが表示されます。この例では、24チャンネルの地震計が使用されており、ファイルには、2つの水平および1つの垂直ジオフォンコンポーネントからのトレースに加えて、21個のシステムノイズのトレースが含まれています。ノイズのトレースは、ウィザードの後の削除されます。

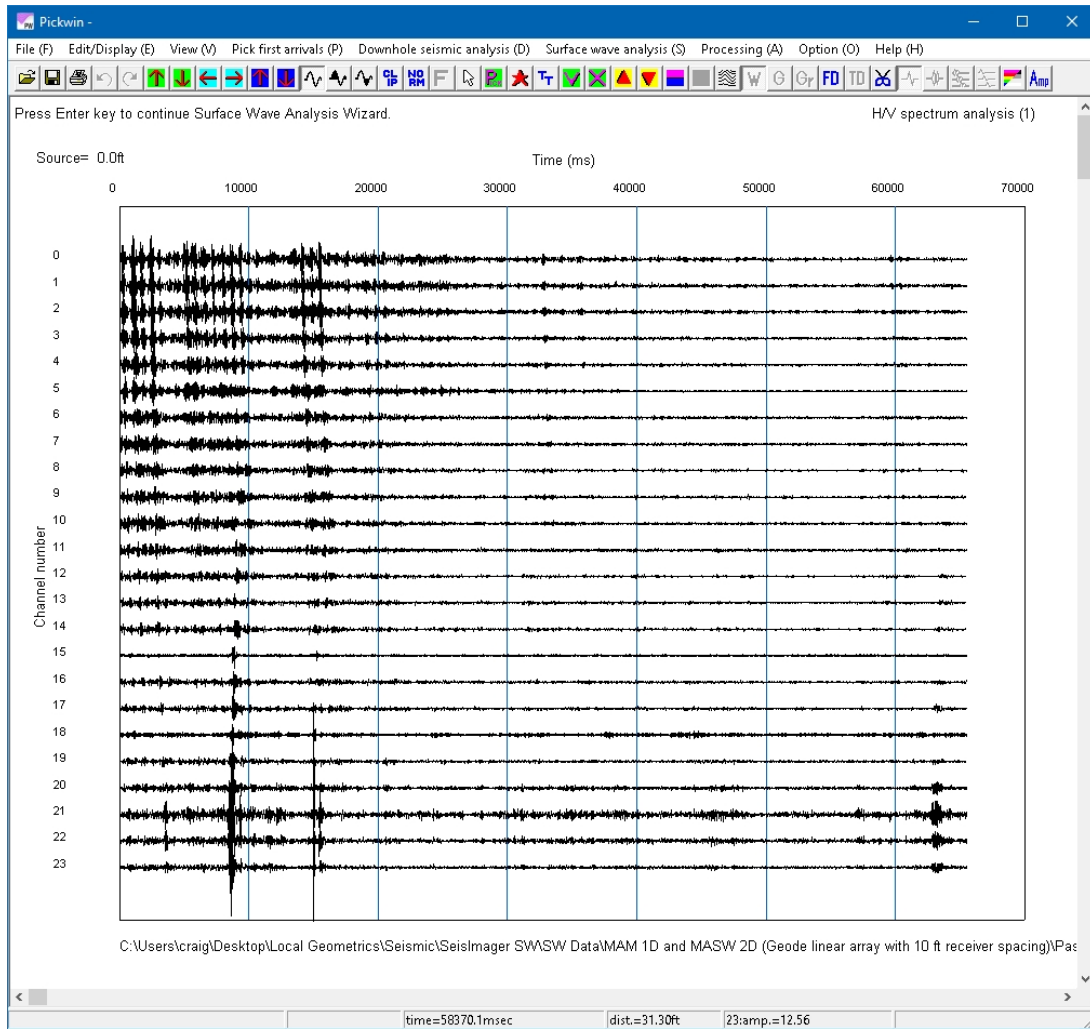
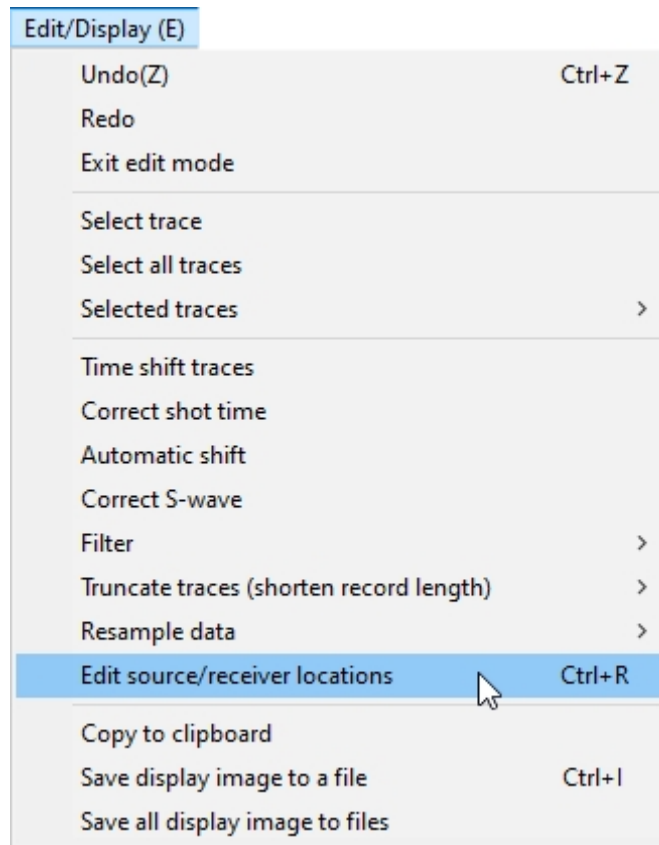


図86: MAM波形ファイル。

表示されたユニットラベルが正しくない場合は、**Edit/Display** メニューを開き、*Edit source/receiver locations* を選択します:



Geometryダイアログボックスが表示され、*Units*の設定でメートルとフィートから選択できます。*単位*の設定は、ダイアログボックスに表示される単位ラベルに影響します。一度設定すると（そしてPickwinを閉じると）、割り当てられた単位はそれ以降ウィザードを使用する際に呼び出されます。**(新しい単位設定を登録するにはPickwinを閉じる必要があります)**。ウィザードの最後にPickwinを閉じるだけで、新しい*単位*設定が登録されます。

Geometry ダイアログボックスは、取得時にファイルヘッダに保存されたソース座標とレシーバ座標も報告します。これはH/Vスペクトルデータセットには適用されません。完了したらOKを押す。

Geometry
✕




Shot coordinate

Units
 meters
 feet

Number of channels

Group interval
 First geophone coordinate

Channel	1	2	3	4	5	6
Interval	<input style="width: 30px;" type="text" value="1"/>	<input style="width: 30px;" type="text" value="1"/>	<input style="width: 30px;" type="text" value="1"/>	<input style="width: 30px;" type="text" value="1"/>	<input style="width: 30px;" type="text" value="1"/>	<input style="width: 30px;" type="text" value="1"/>
Geophone coordinate	<input style="width: 30px;" type="text" value="0"/>	<input style="width: 30px;" type="text" value="1"/>	<input style="width: 30px;" type="text" value="2"/>	<input style="width: 30px;" type="text" value="3"/>	<input style="width: 30px;" type="text" value="4"/>	<input style="width: 30px;" type="text" value="5"/>

波形ビューでは、表示を最適化するために設定を変更することができます。これらの設定はすべて屈折データ処理用の SeisImager/2D と共通です。完全な説明については SeisImager/2D の [マニュアル](#) を参照してください。必要な主な機能は、Waveform amplitude  ボタン、Horizontal scale  ボタン、Vertical scale  ボタンです。完了したら、Enterキーを押して続行する。

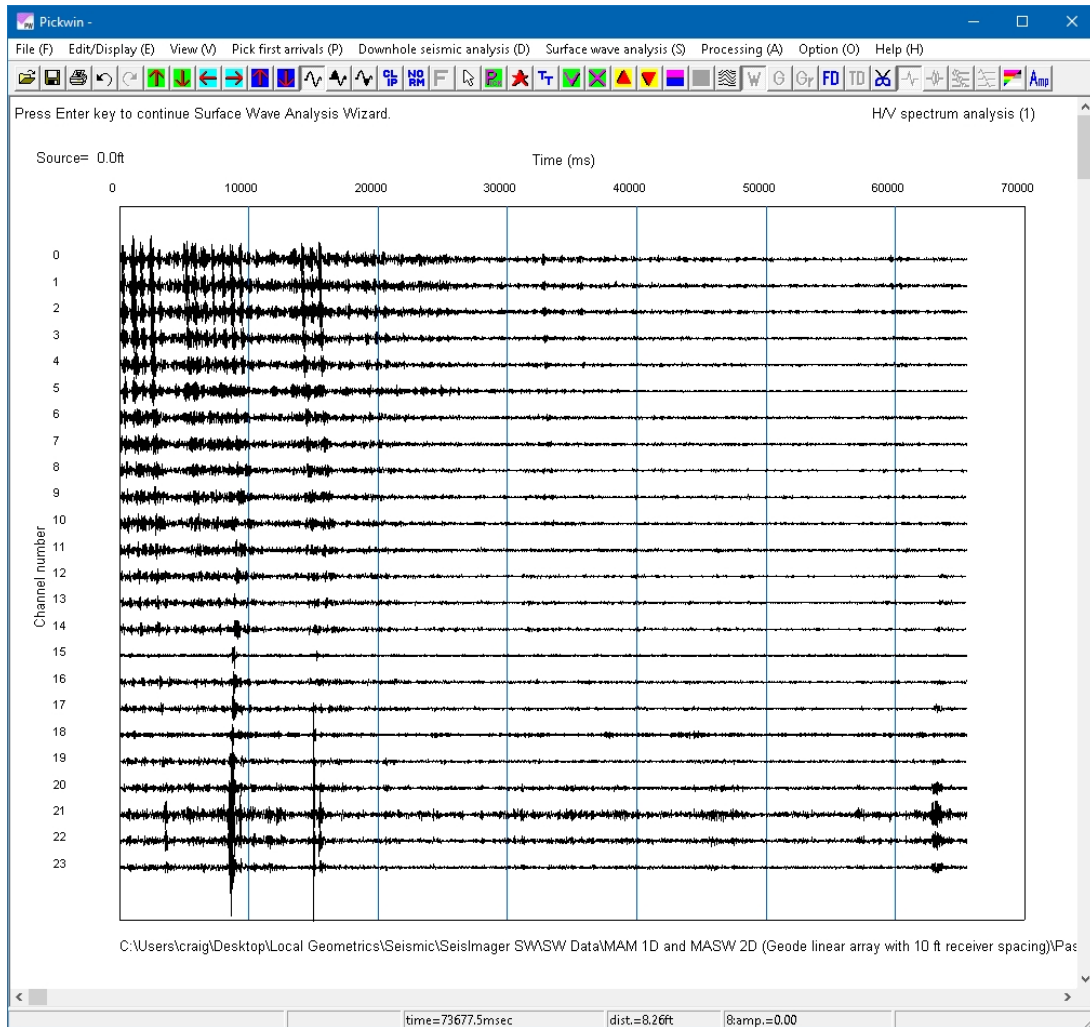
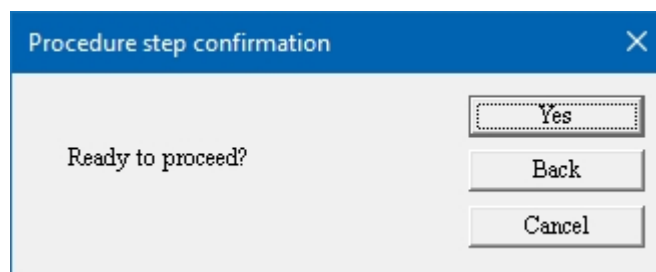
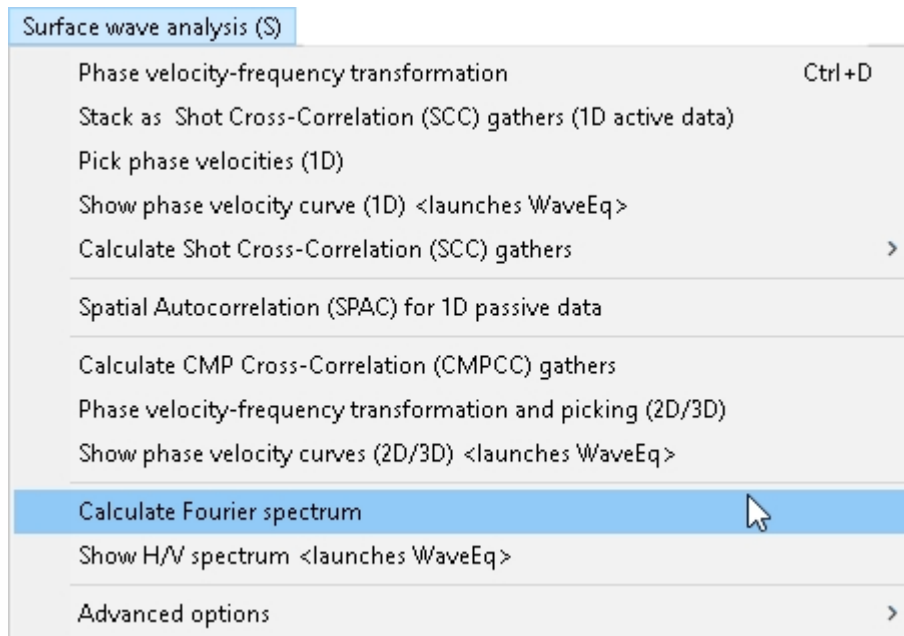


図87: MAM波形ファイル。

できたらYesを押す。



次に、フーリエ・スペクトルが計算される。ウィザード外でこの関数を実行するには
 表面波解析 フーリエスペクトルを計算する:



計算が完了すると、スペクトルが表示される。*Enter* キーを押して続行する。

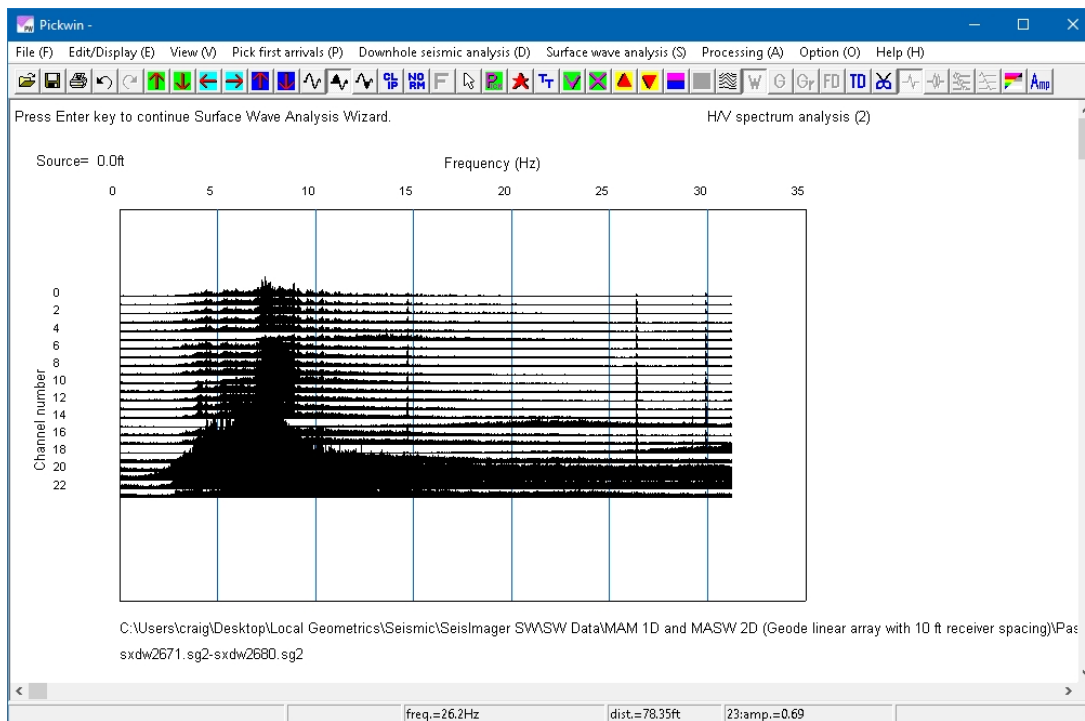
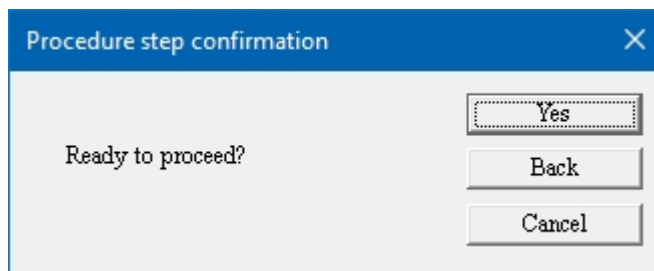
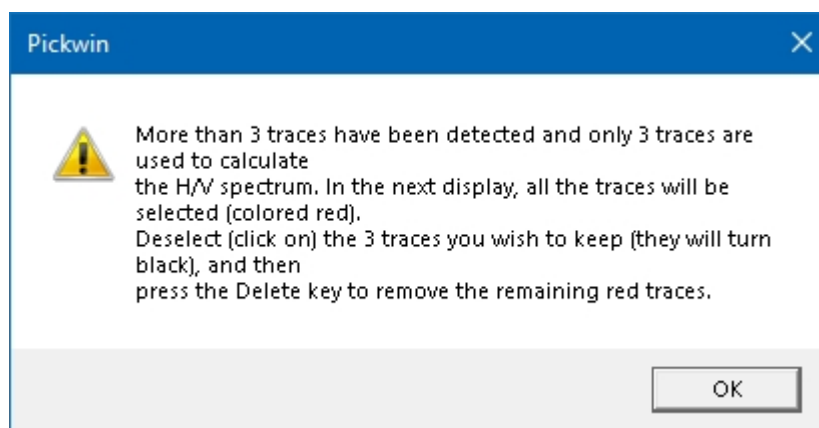


図88: 図87の。波形ビューの周波数領域ビュー

できたら*Yes*を押す。



3つ以上のトレースがある場合、以下のメッセージが表示されます。H/V分析では、3つのトレース（2つの水平成分と1つの垂直成分）のみが使用されます。不要なトレースは以下のように削除してください:



OKを押すと、すべてのトレースが選択されます（赤色）。

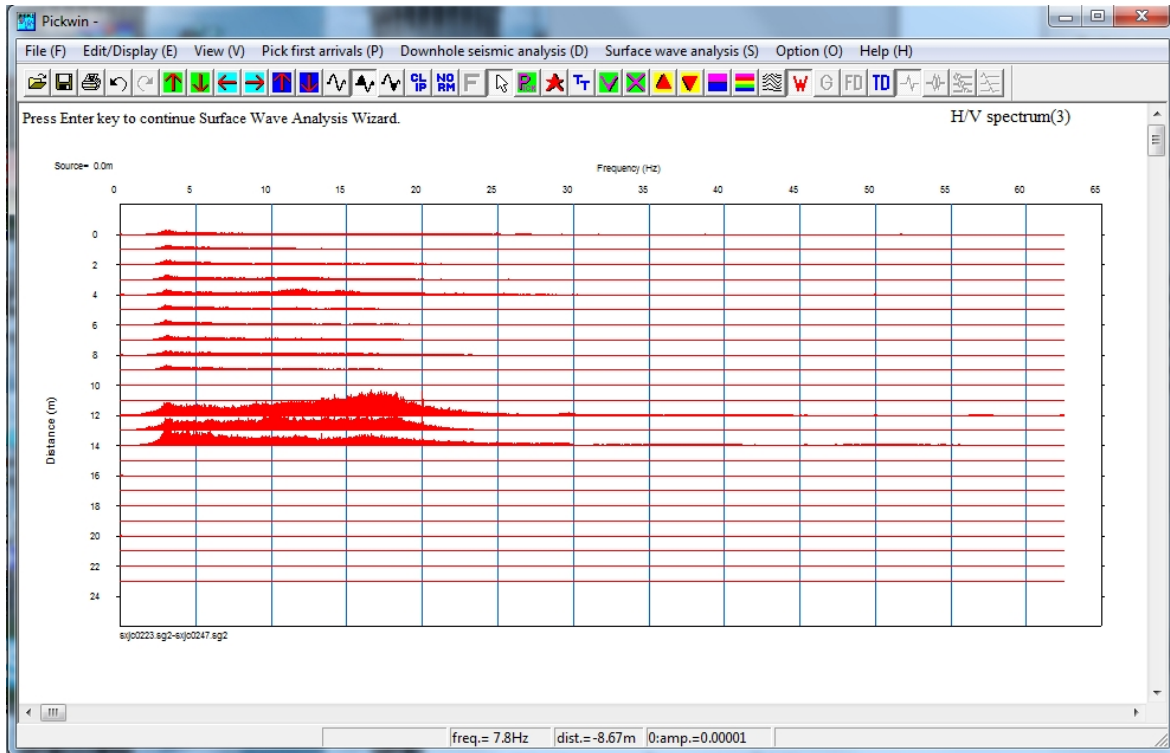


図89: スペクトルプロット、全トレースを選択。

3つのトレースの選択を解除する（クリックする）（黒くなります）。

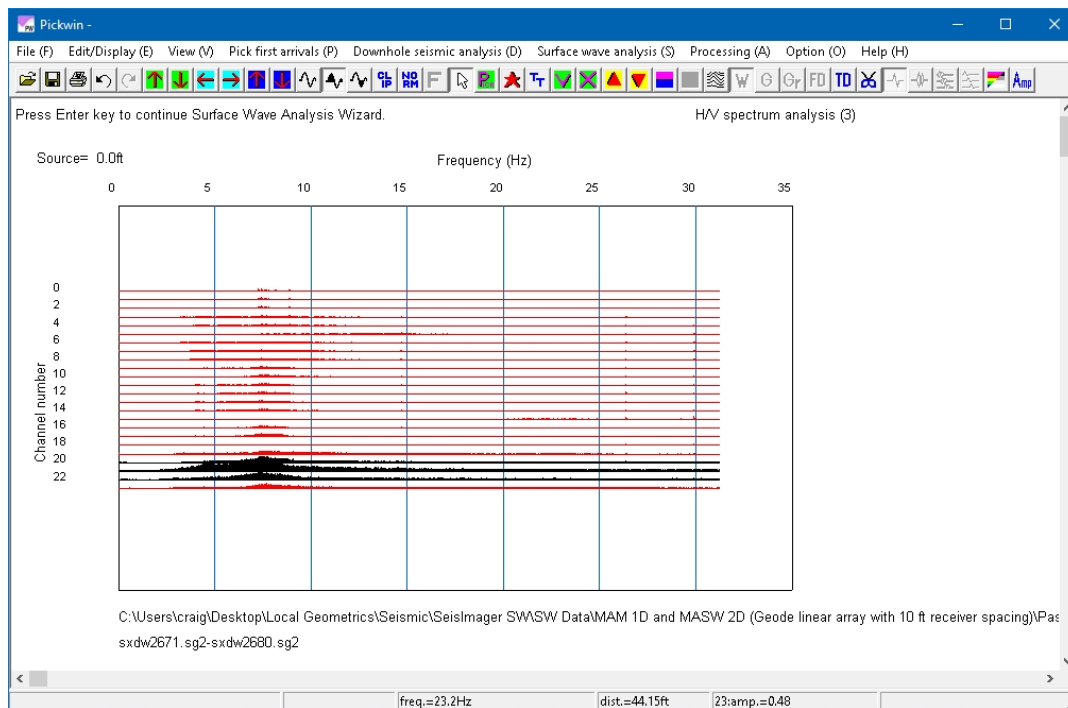


図90: スペクトルプロット、3つのトレースを選択。

Deleteキーを押して、残りの赤いトレースを削除する。3つのトレースが残ります。

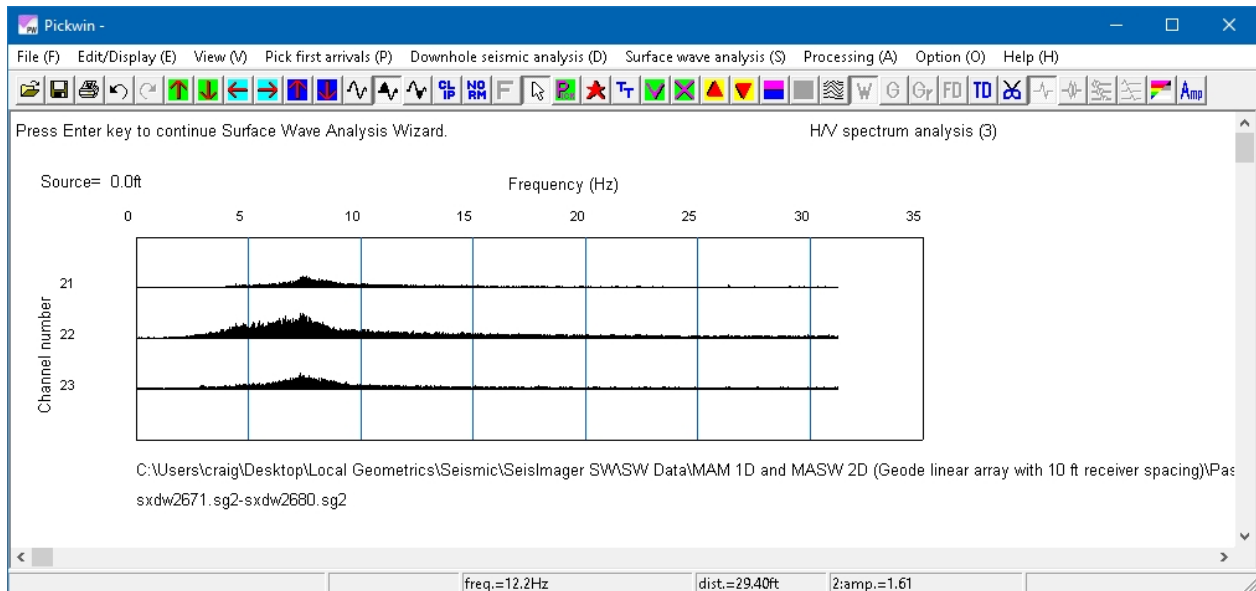
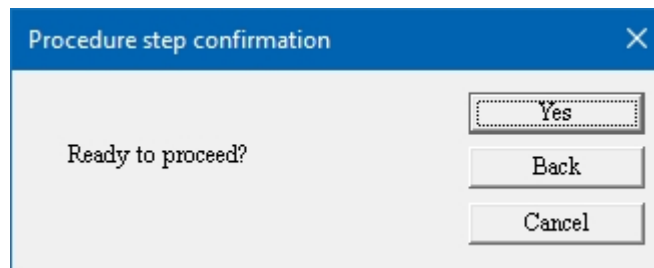
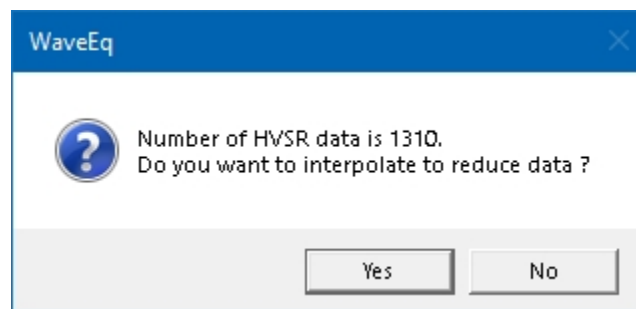
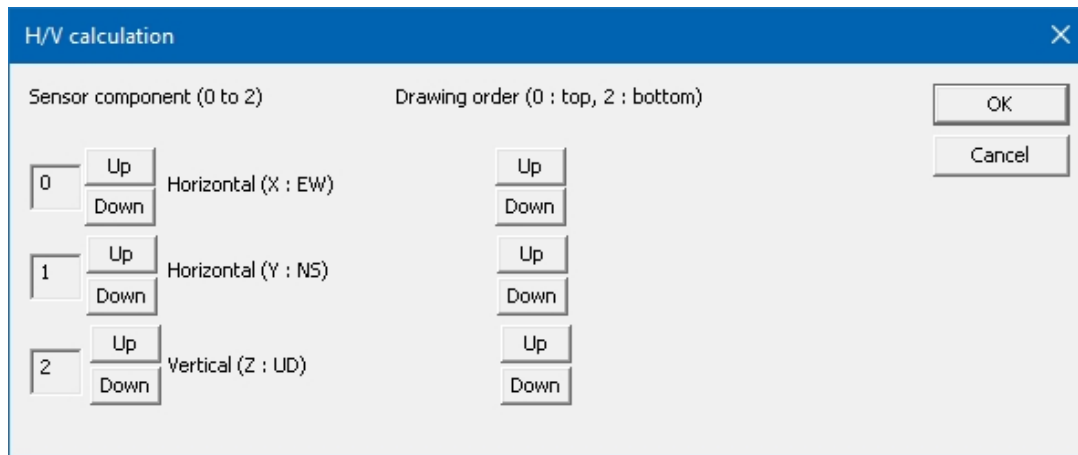


図91: スペクトルプロット、選択したトレースはすべて削除。

Enterキーを押して続行する。準備ができたならYesを押してください。



H/V計算ダイアログボックスが表示されます。上へ(Up)ボタンと下へ(Down)ボタンを使って各コンポーネントを設定する。チャンネル番号のインデックスは0から開始し、3つのトレースが残っている場合は0、1、2のいずれかでなければなりません。準備ができたならOKを押す。



Pickwinでフーリエスペクトルが計算されると、スペクトルはWaveEqにインポートするためにメモリに保持されます。WaveEqは、詳細な編集、分析、最終レポートの図表作成に使用されます。

WaveEqは別に開くことができ、3成分のスペクトルデータを含むテキストファイルを読み込むことができます。しかし、WaveEqを自動的に起動し、Pickwinで計算したばかりのスペクトルをインポートするには、この1ステップが最も簡単な方法です。このステップでは、H/Vが自動的に計算され、WaveEqに表示されます。

以下は、WaveEqで表示されるH/Vカーブの例である。H/Vのピーク周波数はオレンジ色の円でマークされ、ピーク周波数の値はウィンドウの左下に表示されている：

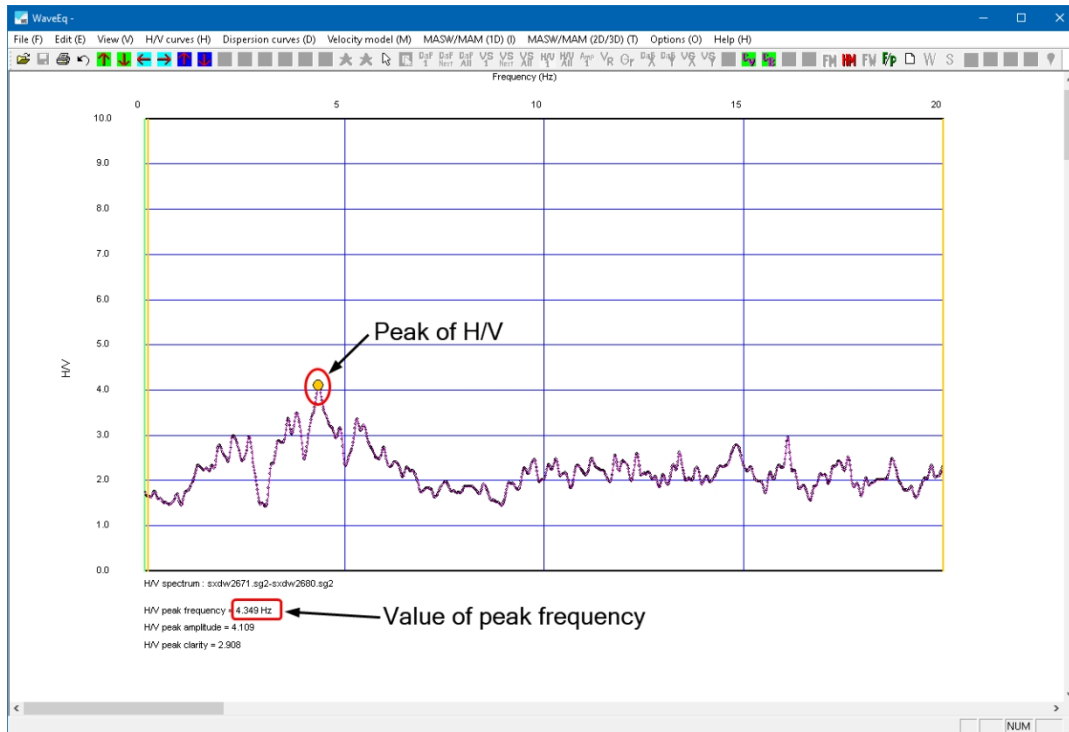
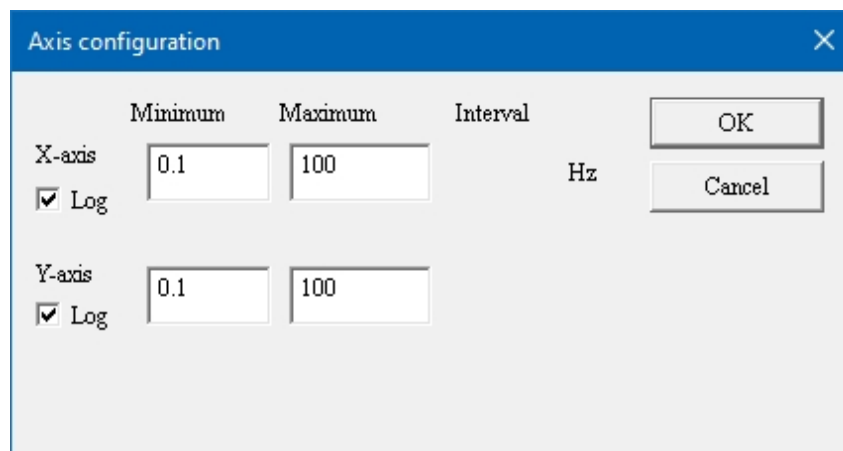


図92: ピークを示すH/Vプロット。

プロットスケールの調整が必要な場合は、*View| Axis configuration* を選択するか、*Ctrl+A* を押します。

X軸とY軸の最小、最大スケール、および間隔に必要な値を入力します。両軸とも線形または対数スケールでプロットできる。完了したらOKを押す。



	Minimum	Maximum	Interval
X-axis	0.1	100	Hz
Y-axis	0.1	100	

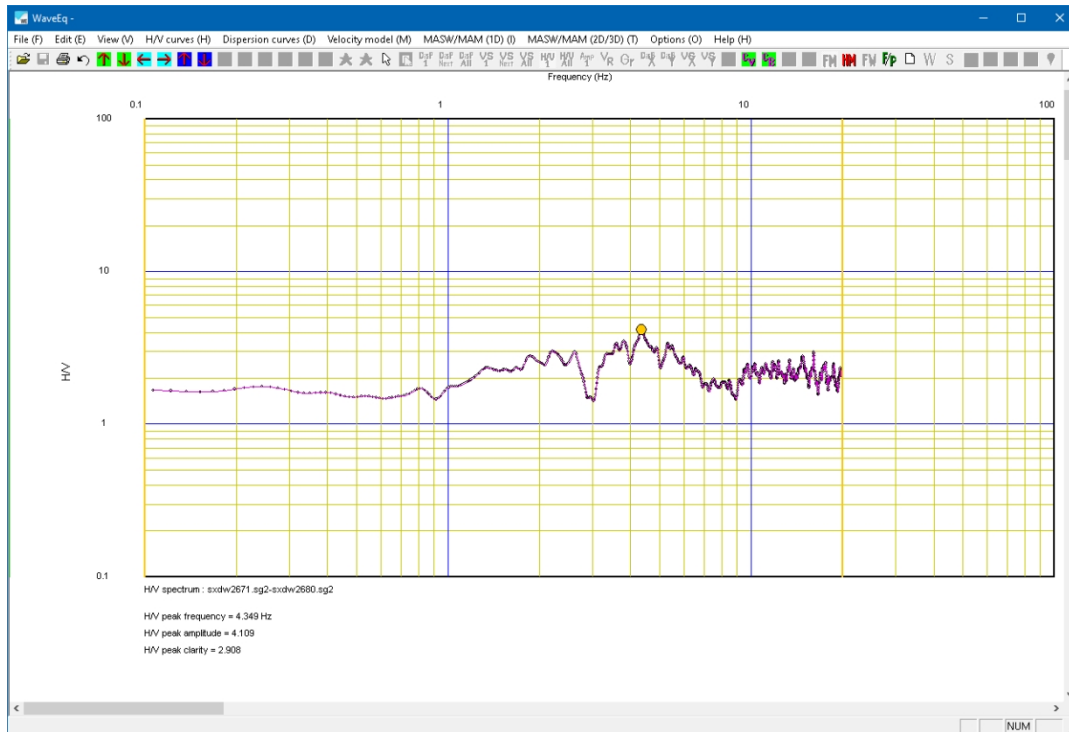


図93: 対数プロットしたH/V。

次に、H/Vカーブを編集する。H/Vカーブでは、低い周波数のデータはより深い構造の情報を含み、高い周波数のデータはより浅い構造の情報を含む。注目する周波数と深さの目安を表7にまとめる。

周波数 (Hz)	関心深度 (メートル)
0.1~0.5	>100
0.5から2	20~100
2~10	2~20
>10	<2

表7: 頻度と関心の深さ。

対象深度外のH/Vデータは意味がないので削除した方がよい。ウィンドウ左上の指示に従って。

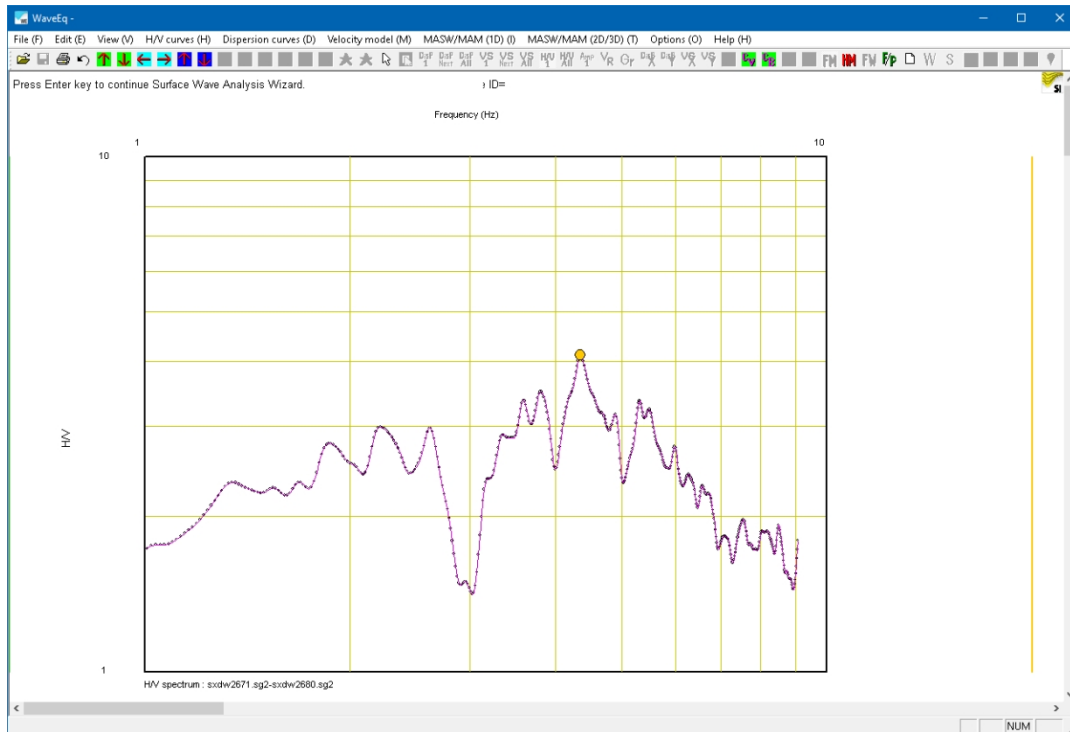
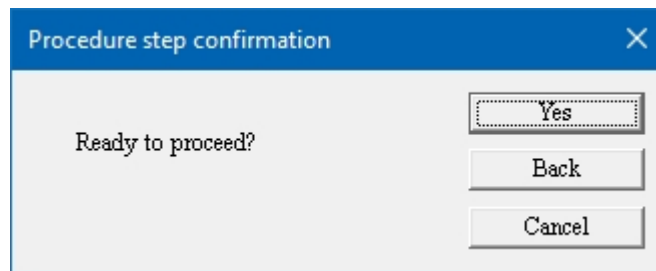
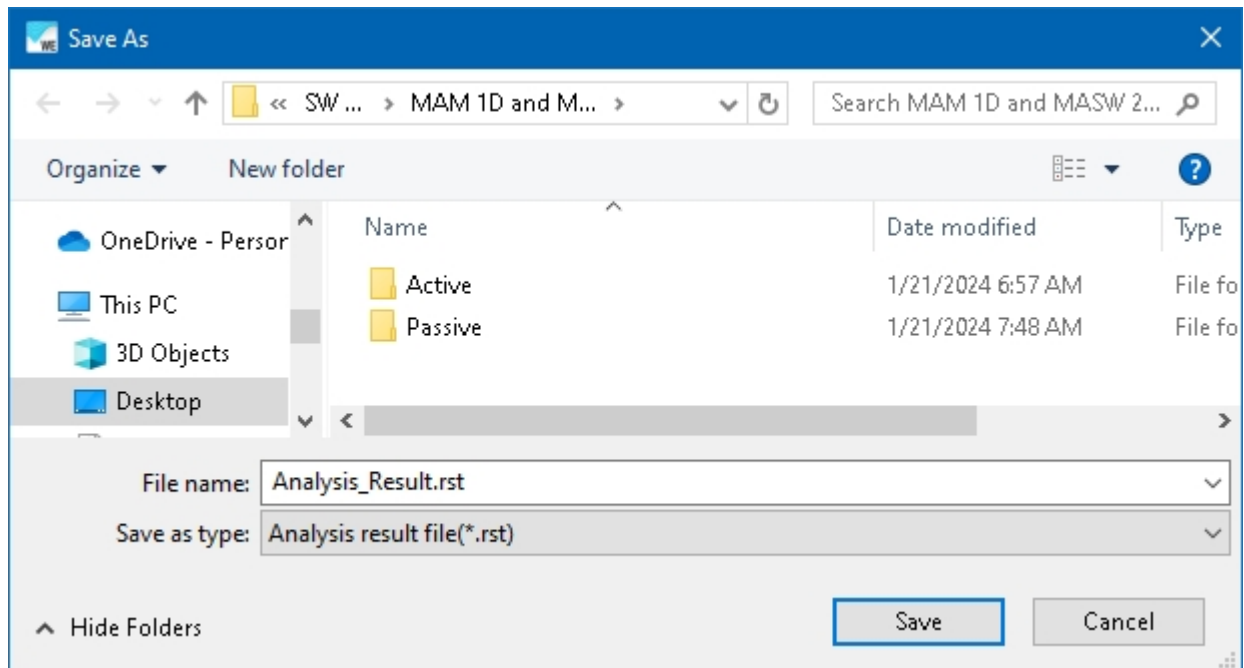


図94: 最終的なH/Vプロット。

できたらYesを押す。



最後に、保存する。拡張子.rstのファイル名を割り当て、保存を押す。



5.2 高次モードによる反転

従来の表面波データの解析では、分散曲線は主に基本モードで構成されていると考えるのが一般的であった。低速度層の上に高速度層が重なっているモデルや、低速度層の中に高速度層が埋め込まれているモデルなど、いくつかのタイプの速度構造では、より高いモードが支配的である可能性があります。インバージョンに高速モードを含めるために、SeisImager/SW-Proは、GA（Genetic Algorithm）や可変層厚でのインバージョンなど、いくつかの新しいアルゴリズムを導入しました。下の図95は、より高いモードを含む位相速度-周波数プロットを示しています。

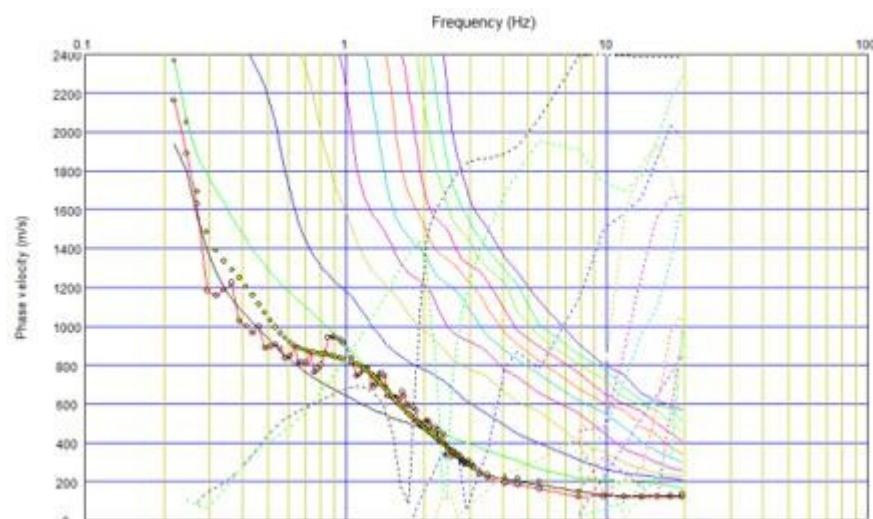


図95: 基本モード（点）と高次モード。

SeisImager/SW (Proのみ) では、インバージョンに高次モードを含めることができるため、複雑な速度構造をより正確に解析することができます。SeisImager/SW-Proの解析では、観測された位相速度モードと理論的な位相速度モードは識別されません。

能動表面波法では、マルチチャンネル表面波解析 (MASW) 法 (Park et al., 1999) を用いて各周波数で計算した最大振幅位相速度を観測データとする。パッシブ表面波法では、観測されたコヒーレンスと空間自己相関 (SPAC) 法 (Aki, 1957) により計算されたベッセル関数との誤差が最小となる位相速度を観測データとする。アクティブ表面波とパッシブ表面波データの位相速度イメージの例を以下の図96に示す。

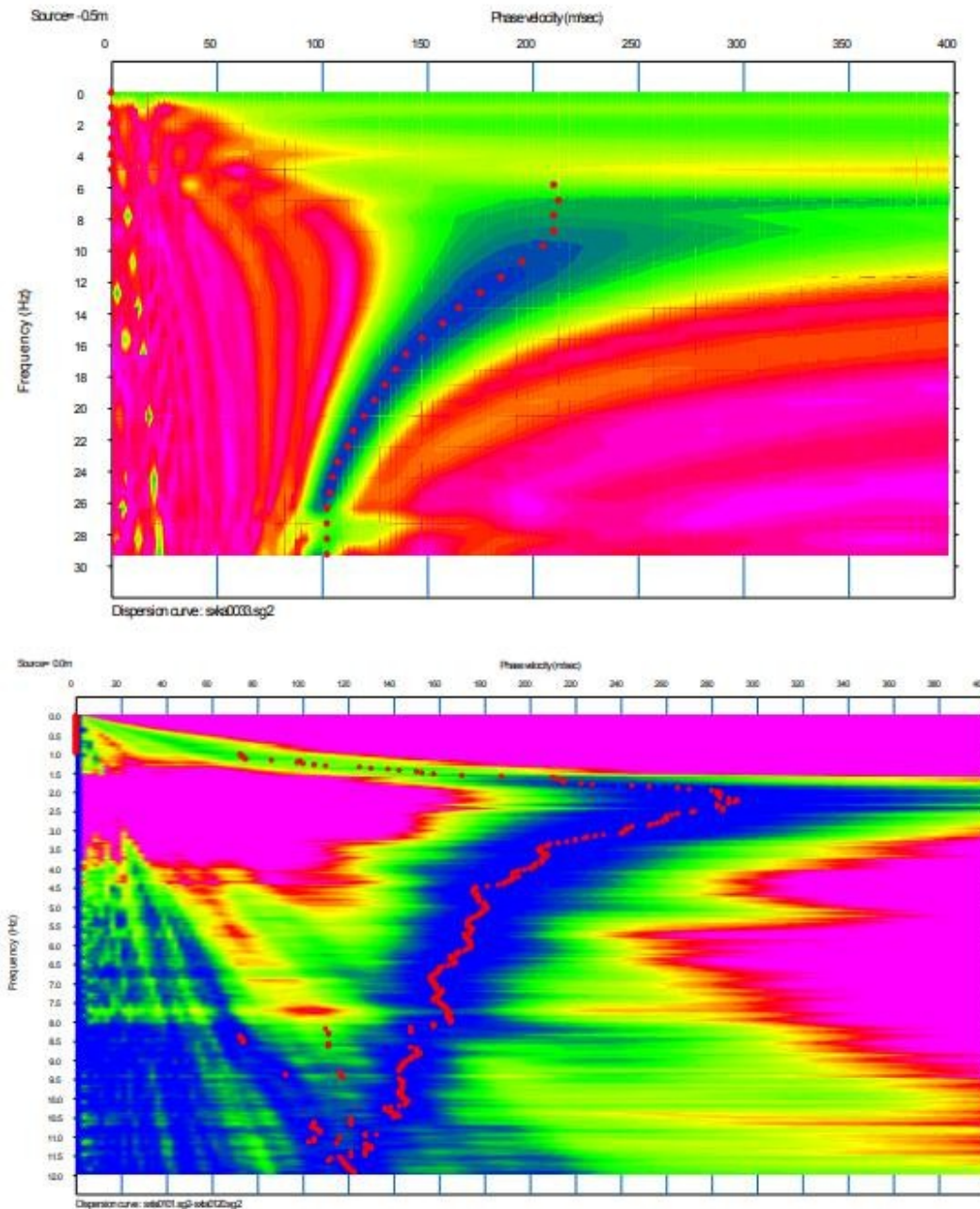


図96: アクティブ (上) とパッシブ (下) の表面波データの位相速度画像の例。

高次モードの位相速度の計算では、位相速度とその相対振幅（媒体応答）の両方が同時に計算される。理論的な位相速度の定義は次の2通りある。第一に、位相速度は各周波数で最大の相対振幅を持つ速度として定義される。第二に、位相速度はすべてのモードの加重平均として定義される。相対振幅は加重平均データの計算に使用される。「最大」は第1の方法で計算された位相速度に対応し、「平均」は第2の方法で計算された位相速度を指す。WaveEqでは、レイリー波の場合、最大振幅で計算された位相速度が水色の丸で、平均化された位相速度が黄色の丸で表示されます。ラブ波のそれぞれ青と緑で示される。図、図97の速度モデルにおける理論上の「最大」位相速度と「平均」位相速度の例である。高次モードの例については、Hayashi (2012) を参照されたい。

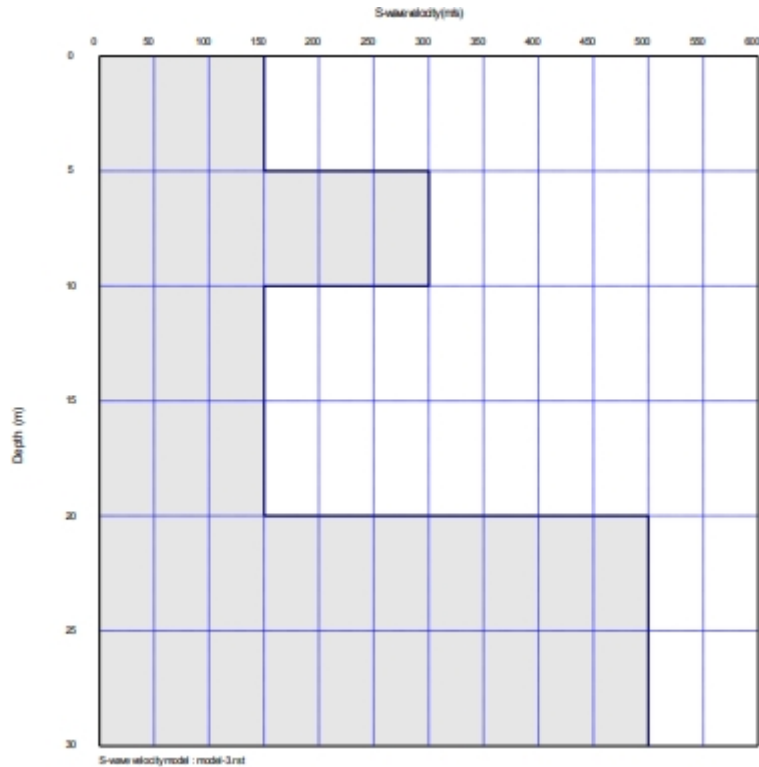


図97: 速度モデルの例。

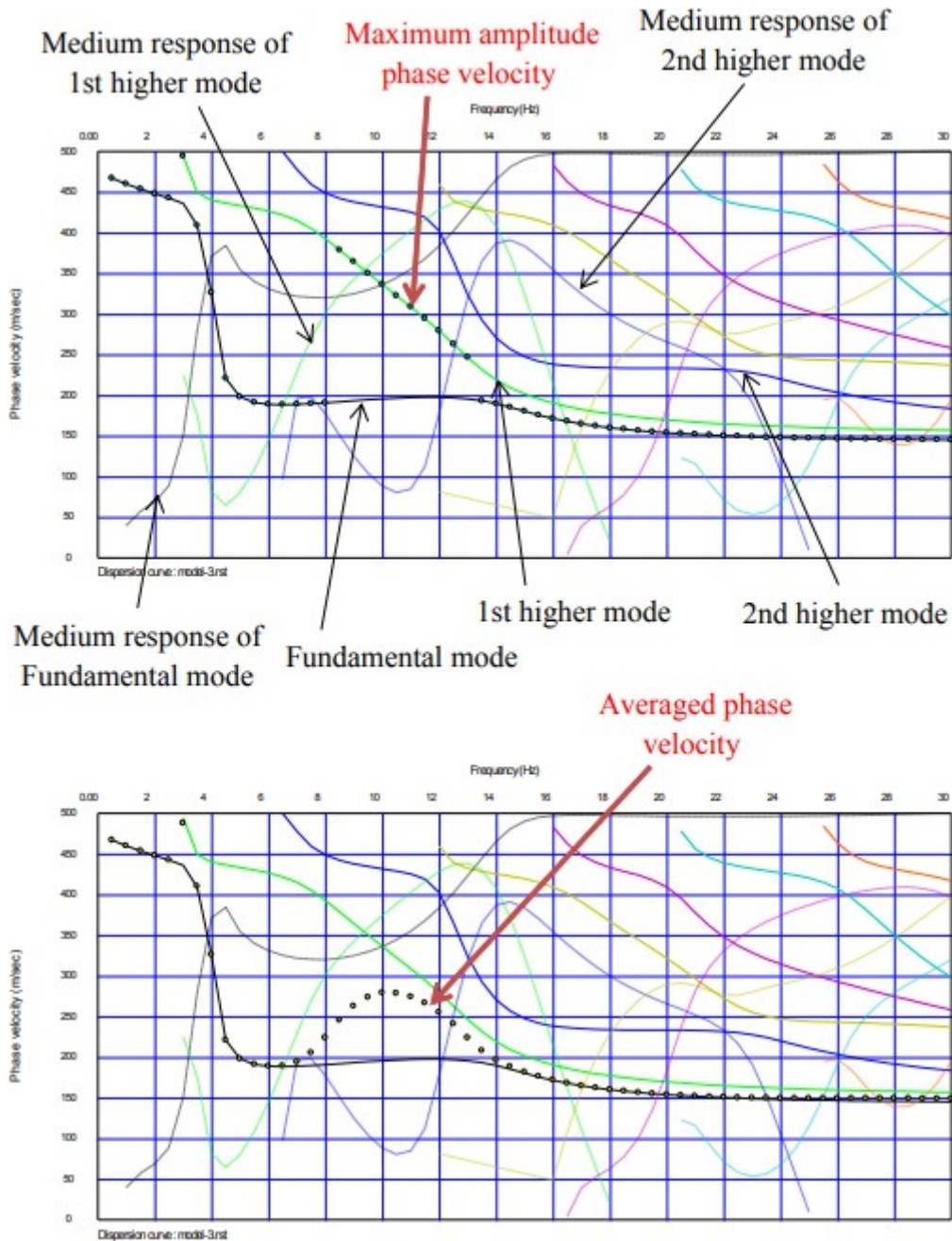


図98: 図97に示した速度モデルの理論的な「最大」位相速度(上)と「平均」位相速度(下)の例上の図に示した中程度の応答曲線は、基本モードに対する指定モードの相対振幅に対応している。

高次モードを含む理論位相速度の計算方法については、確立されたルールはない。観測データでは、ジオフォンのアレイサイズが対象波長よりも相対的に大きければ、異なるモードを分離することができる。一般に、能動的表面波探査法では、受動的表面波探査法に比べて、対象波長に対して比較的大きなアレイを使用する。

そこで、アクティブ法では「最大」位相速度を用い、パッシブ法では「平均」位相速度を用いることを提案する。

図99は、図97に示した速度モデルに対する理論位相速度画像である。上図と下図は、それぞれMASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) とSPAC (Passive Method) で計算した分散曲線である。MASWデータは96mのリニアアレイで取得され、SPACデータは10mの三角アレイで取得された。MASWの分散曲線は "最大" 位相速度に似ており、SPACの結果は "平均" 位相速度に似ていることは明らかである。図 100 は、アレイのサイズや形状による位相速度の変化の例を示している。この例では、図 97 に示した速度モデルの合成データが使用されている。アレイサイズを大きくすると、異なるモードの位相速度が明瞭に分離されることは明らかである。

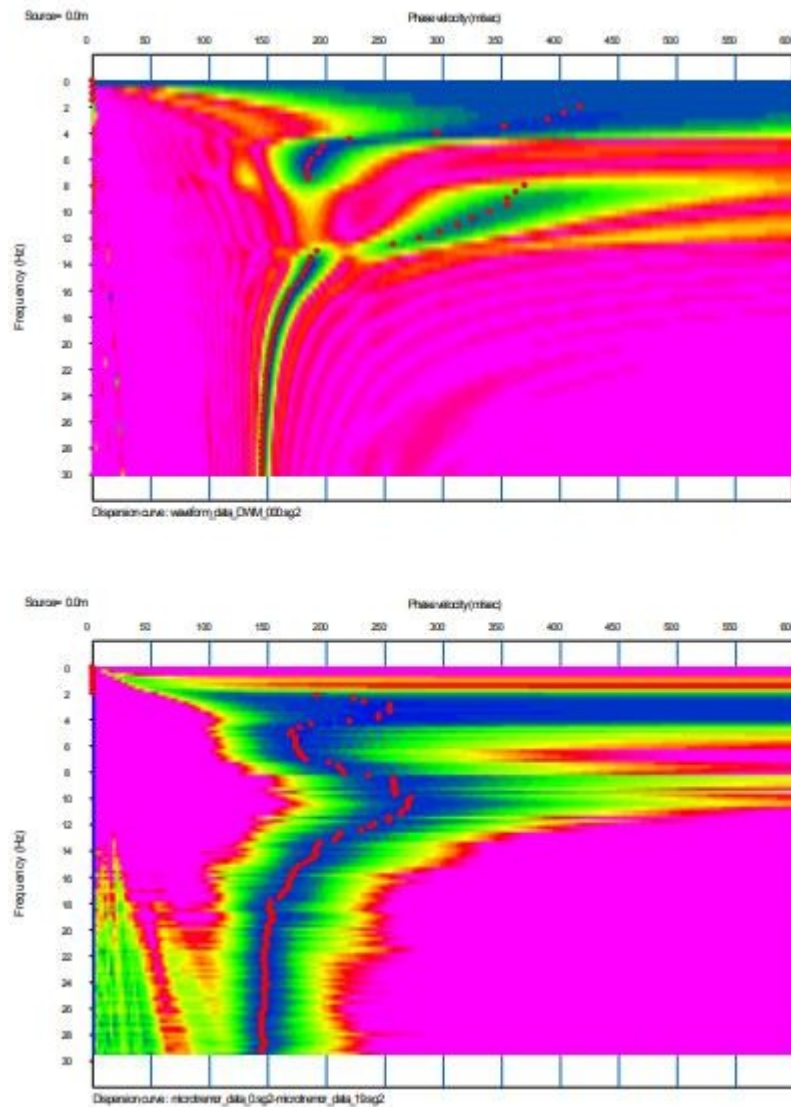


図99: 図97に示した速度理論位相速度画像。上がアクティブ法(MASW)、下がパッシブ法(SPAC)の位相速度曲線。

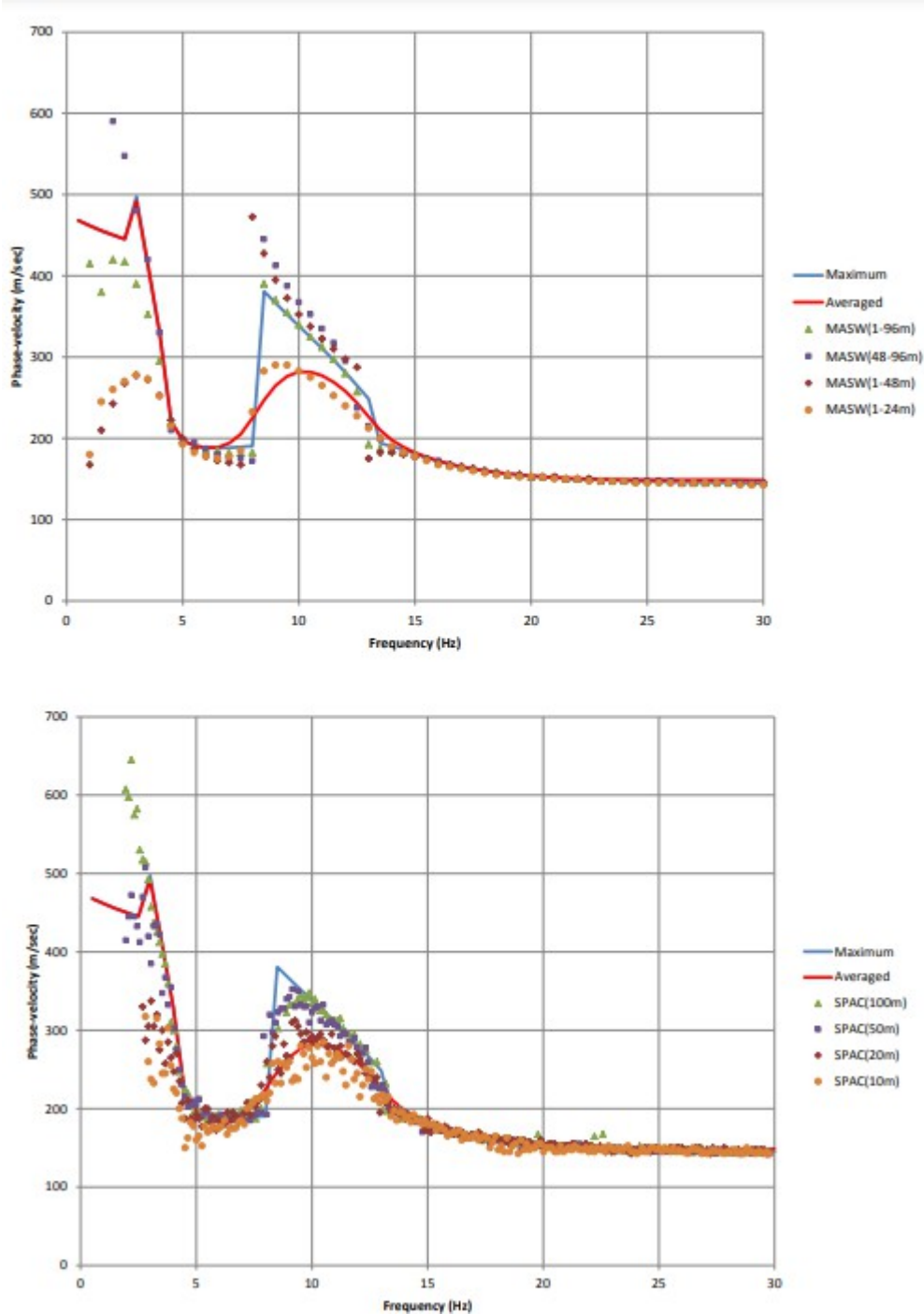


図100: アレイのサイズや形状によるMASWとSPACで計算した位相速度の変化。計算には図97の速度モデルの合成データを使用。

高次モードのデータは、理論 H/V の計算においても重要である。SeisImager/SW では、理論 H/V は 2 つの定義されます。1 つ目の H/V の定義はレイリー波基本モードに対応するもので、2 つ目の方法はレイリー波とラブ波の高次モードを仮定するものです。高次法では、レイリー波と媒質の応答の楕円率

(レイリー波とラブ波の(相対振幅)を各モードについて計算する。水平振幅と垂直振幅は楕円率と中応答値から計算される。図101に理論的なH/Vの例を示す。黒実線はレイリー波基本モードのH/V、黄丸はレイリー波とラブ波の高次モードを示す。

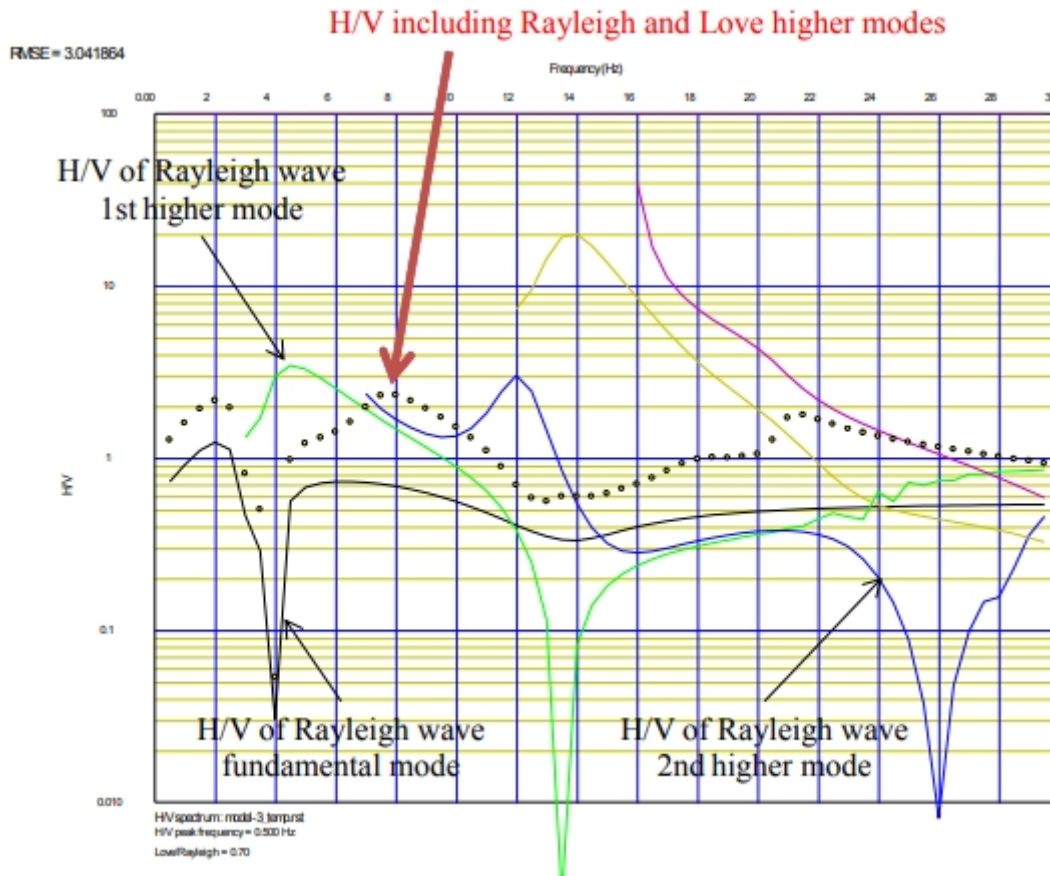
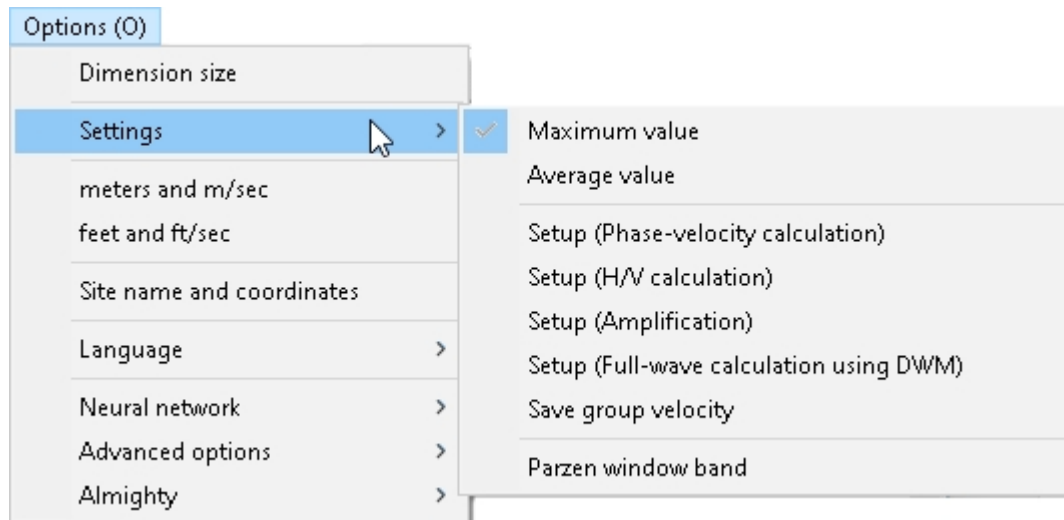


図101: 図97に示した速度モデルの理論H/Vの例

5.2.1 SEISIMAGER/SWで高次モードを扱う方法

基本モードおよび上位モードの計算は、ツールバーの **FM** および **HM** ボタンを選択することで起動できます。基本モードまたは高次モードのボタンがアクティブになったら、理論分散曲線計算ボタン **★** 選択すると、WaveEq は指定されたモードを計算します。なお、理論分散曲線計算の設定は、インバージョン処理で使用する理論データのフォワードモデリングにも適用されます。上位モード計算の詳細設定は、*Options | Settings* で変更できます:



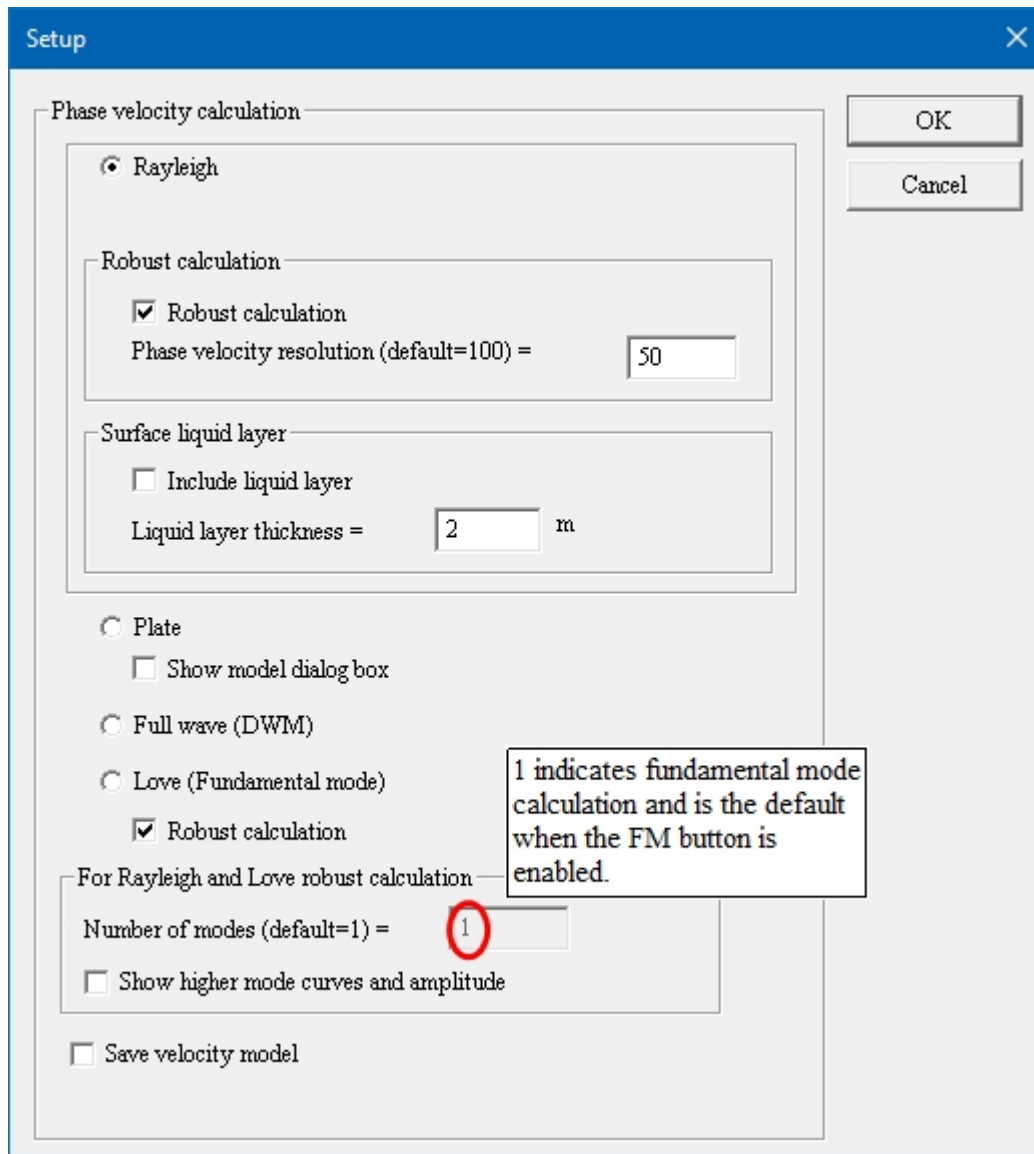
5.2.1.1 最大値と平均値

前述のように、理論位相速度は「平均値」または「最大値」の分散曲線を仮定して計算することができます。設定|サブメニューの[最大値]または[平均値]を有効にすると、計算方法が切り替わります。MASW と SPAC では、それぞれ *Maximum value* と *Average value* を使用することをお勧めします。

5.2.1.2 セットアップ（位相速度計算）

Options | *Settings* | *Setup (Phase velocity calculation)* を選択して、位相速度の上位モード計算の設定を変更します。基本モード計算が選択されると（ツールバーの **FM** を押す）、次のダイアログボックスが表示されます。*Number of modes*（モード数）はハードワイヤで1になっていることに注意してください。

HM を選択した場合、モード数は変更可能で、より大きな数字になる。モード数には5~20を使用する。計算時間は積分したモード数に比例する。ほとんどの場合、5~10モードを計算するのが適当である。低速度の層の下にある高速度の薄層に起因する顕著な高次モードがデータに含まれている場合は、20 から 50 を使用する。



5.2.1.3 厚みの変化による反転

SeisImager/SWでは、一定の層数と層厚を仮定してS波の値を計算します。インバージョンでは、通常10~20層と多くの層が必要となり、インバージョンの柔軟性がやや制限されます。SeisImager/SW-Proでは、インバージョンにおいて各層の厚さを最適化することもできます。データの特性や調査目的に応じて、適切な速度モデルのパラメータ化とインバージョン手法を選択することができます。表8は、モデルのパラメータ化とインバージョン手法の推奨される選択をまとめたものです。

		モデルのパラメータ化	
		層数が少ない (7層未満)	多層モデル (≥ 10層)
データ	1次元分散曲線	VSと厚み	VSのみ
	1D H/V	VSと厚さ 厚さのみ	VSのみ
	1次元分散 カーブとH/V	VSと厚み	VSのみ
	2D分散 カーブス	VSのみ	VSのみ

表8: モデルのパラメタリゼーションに応じたインバージョンにおける未知数の推奨選択。

5.2.1.4 遺伝的アルゴリズムによる反転

ように、複雑な速度構造では、特定の周波数帯域で高次モードが支配的になり、分散曲線が不連続に見えることがある。高次モードは "最大"位相速度と "平均"位相速度として表すことができる。図99に示すように、「平均」位相速度は一般に滑らかで連続的であるが、「最大」位相速度は不連続である。SeisImager/SWはインバージョンに非線形最小二乗法 (LSM) を使用するため、「最大」位相速度曲線のような不連続な分散曲線は扱えず、高次モードを含む可能性がある。一般に、基本モードと高次モードを正しく分離することは困難であり、ヤコビアン行列に基づく従来のインバージョン手法を適用することはできません。

これらの困難を克服するために、SeisImager/SW-Proは遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm) を用いた新しいインバージョン手法を導入しました (Yamanaka and Ishida, 1995)。遺伝的アルゴリズム(GA)17は、自然進化の過程を模倣した探索手法であり、最適化問題や探索問題に対する有用な解を生成するために日常的に使用されている。この手法は大域的な探索手法として特徴付けられ、局所的な極小値での収束を緩和することができる。GAの明確な欠点は、従来の反復的な非線形最小二乗法に比べ、大量の前方モデリングを必要とすることである。

一般に、インバージョンの計算時間は、データ量の増加、層数の増加、GAの使用の有無、高次モードの含まれ方などに応じて増加します。データの特性、モデルのパラメタリゼーション、調査の目的に応じて適切なインバージョン手法を選択する。分散曲線とH/V曲線の計算方法の概要を表に示す。

9.選択のための一般的なガイドラインを表10にまとめた。

Data	Acquisition method	Modes	Appearance	Forward modeling	Inversion
Dispersion curve	Active (MASW)	Fundamental	Discontinuous	Fundamental	LSM
		Higher	Continuous	Maximum	GA
	Passive (MAM)	Fundamental	Discontinuous	Fundamental	LSM
		Higher	Continuous	Averaged	LSM or GA
H/V	Passive	Fundamental	Discontinuous	Fundamental	GA
		Higher	Discontinuous	Averaged	GA

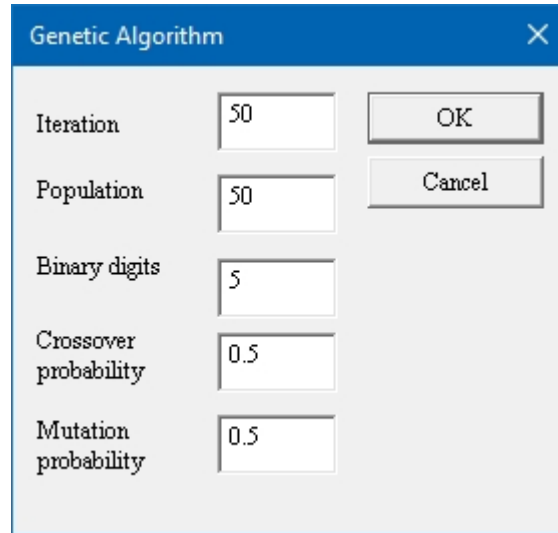
表9: 分散曲線とH/V曲線の計算方法。

Data	Data acquisition	Forward modeling	Model	
			Small layer number (<7 layer)	Multi-layer model (10 layer <)
1D dispersion curve (fundamental mode)	MASW or MAM	Fundamental	LSM, GA	LSM
1D dispersion curve (higher mode)	MASW	Maximum	GA	GA
	MAM	Averaged	LSM, GA	LSM
1D H/V	H/V	Fundamental	GA	GA
	H/V	Averaged	GA	GA
1D dispersion curve and H/V	MAM and H/V	Fundamental	GA	GA
		Averaged	GA	GA
2D dispersion curve (fundamental mode)	MASW	Fundamental	LSM	LSM
2D dispersion curve (higher mode)	MASW	Maximum	GA	GA

表10: モデルのパラメタリゼーションと高次モードによるインバージョン手法の選択

5.2.1.4.1 遺伝的アルゴリズムを用いたインバージョンのパラメータ

GA (Genetic Algorithm: 遺伝的アルゴリズム) を使用してインバージョンを実行すると、以下のダイアログボックスが表示されます。GAとは、多くのモデルがランダムに作成されるランダム探索のことです。最終的なモデルが観測されたデータにどの程度フィットするかは、インバージョンで使用されたモデルの数や他のいくつかの要因に依存します。GAで計算されるモデルの総数は、「反復」の数×「母集団等しい。GAの計算時間は、組み込まれたモデルの総数に正比例します。反復回数と母集団数はともに20から100の間で指定できます。ほとんどの場合、デフォルト値 (50) が適している。

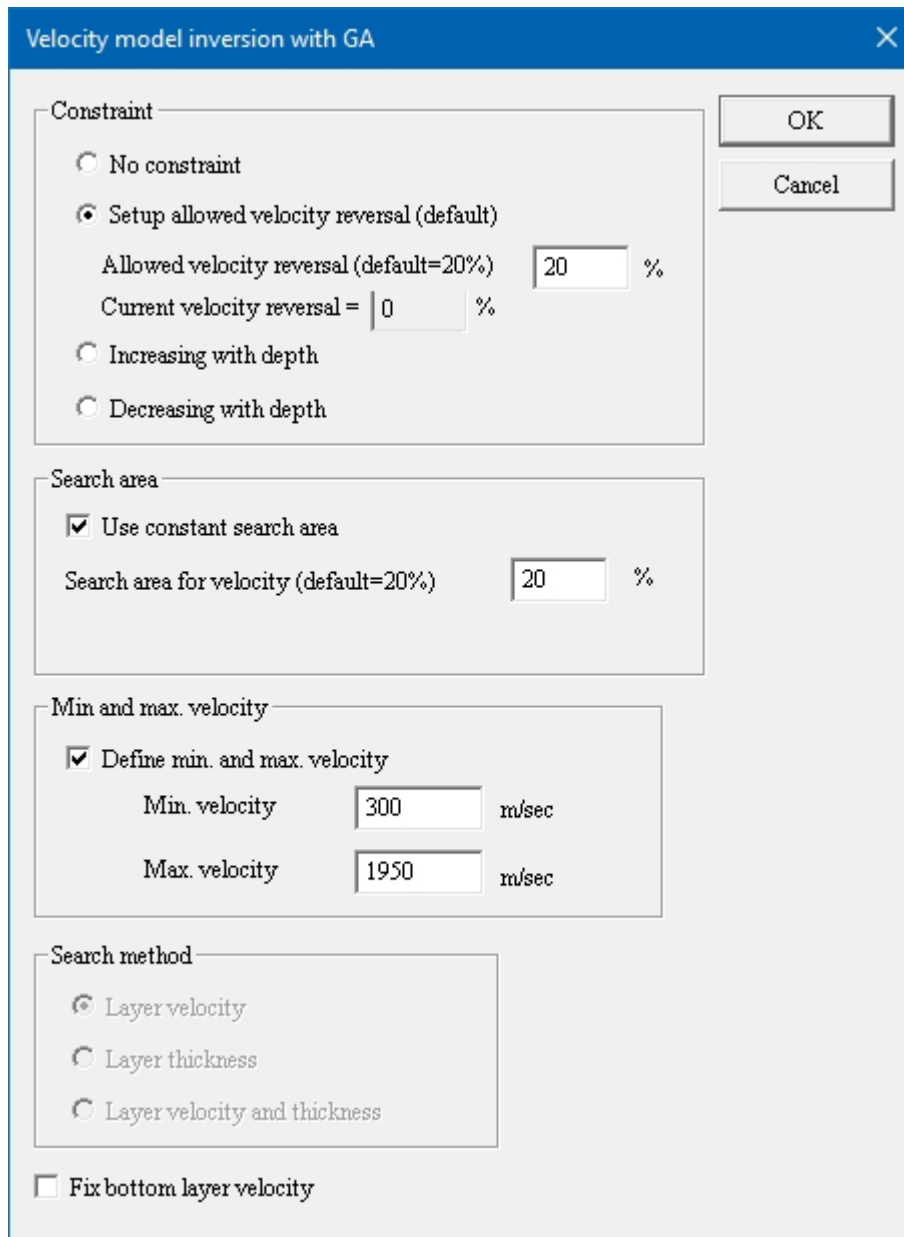


The image shows a dialog box titled "Genetic Algorithm" with a close button (X) in the top right corner. The dialog contains five input fields and two buttons. The input fields are labeled "Iteration", "Population", "Binary digits", "Crossover probability", and "Mutation probability". The values entered in these fields are 50, 50, 5, 0.5, and 0.5, respectively. The "OK" button is located to the right of the "Iteration" field, and the "Cancel" button is located to the right of the "Population" field.

Parameter	Value
Iteration	50
Population	50
Binary digits	5
Crossover probability	0.5
Mutation probability	0.5

5.2.1.4.2 遺伝的アルゴリズムによる逆変換の制約条件

GAパラメータの初期設定後、以下のダイアログが表示されます:



A) 制約

4つの異なる速度モデルを仮定することができる。代表的な分散曲線と流速モデルを以下の図にまとめた。どのモデルでも、最下層（最も深い層）の流速が最も大きいことに注意。

A.1) 制約なし

各層の速度は、最下層を除いてどのような値でもかまいません。制約条件なしのインバージョンは不安定になる傾向があるので、このオプションは注意して使用することをお勧めします。

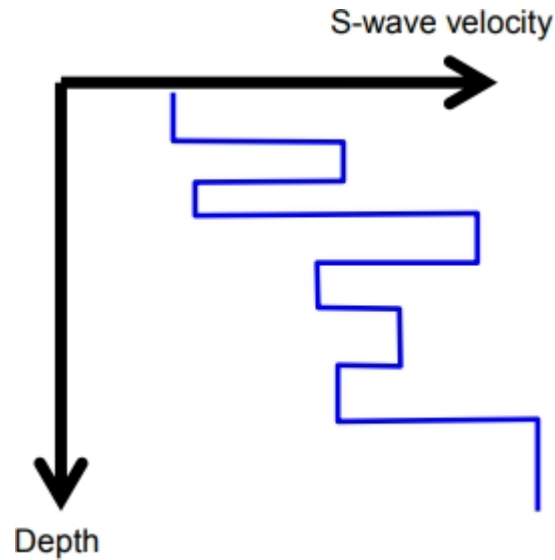


図102: 制約のないS波速度モデル。

A.2) セットアップで速度反転が可能に

最大速度に対する全速度逆転（反転）をパーセントで定義する。全速度逆転(反転)は、速度減少(a+b+c)の合計です。全速度逆転(P)は、最大速度dを用いて次式で表される。

$$P(\%) = \frac{a + b + c}{d} \times 100$$

Allowed velocity reversal (P)オプションは、速度反転のパーセンテージを設定することができる。自然地盤は、特に浅い（100mより浅い）領域で、わずかな速度反転があるかもしれません。そのため、デフォルト値として許容速度反転の20%が選択されています。S波速度は一般的に深度が深くなるほど増加するため、調査深度が100mを超える場合は *Increasing with depth* オプションを使用することをお勧めします。

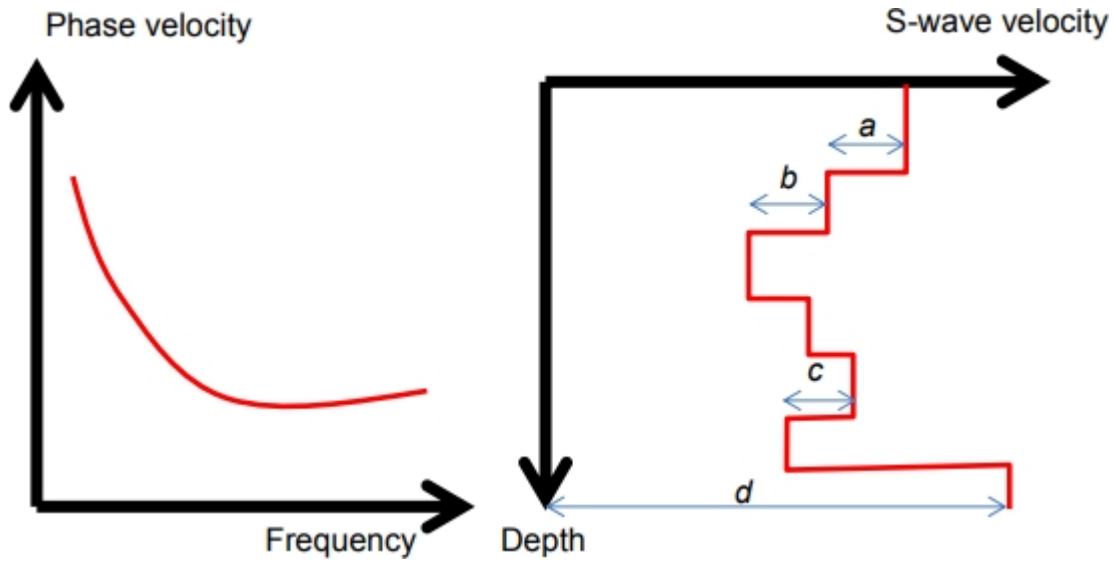


図103: 速度インバージョンによるS波速度モデル。

A.3) 深さとともに増す

このオプションでは、速度は深度とともに増加しなければならない。このオプションは、位相速度が周波数の低下とともに滑らかに増加する場合、または調査深度が100mを超える場合に適している。

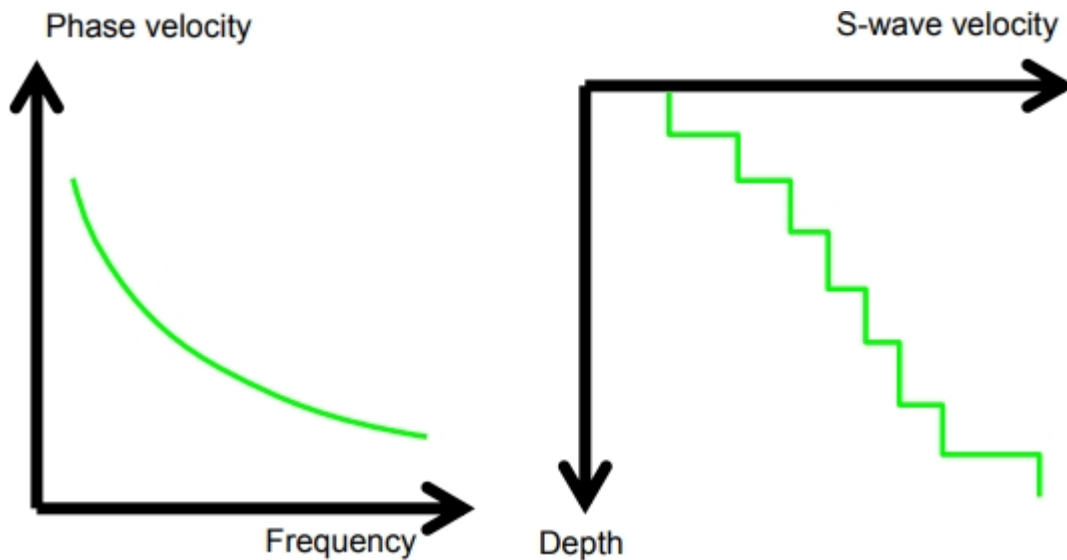


図104: 深さとともに速度が増加するS波速度モデル。

A.4) 深さとともに減少

このオプションでは、底層を除いて、深さとともに速度が減少しなければならない。位相速度が周波数の増加とともに増加する場合に、このオプションを使用する。自然地盤では一般にS波速度は深さとともに増加するので、位相速度は周波数に反比例するのが普通である。このオプションに関連する分散曲線とS波速度構造は非常に珍しい。深さとともに減少するS波速度の値は、通常、舗装された表面、堤防、土壌改良などの人工的な構造物と関連している。

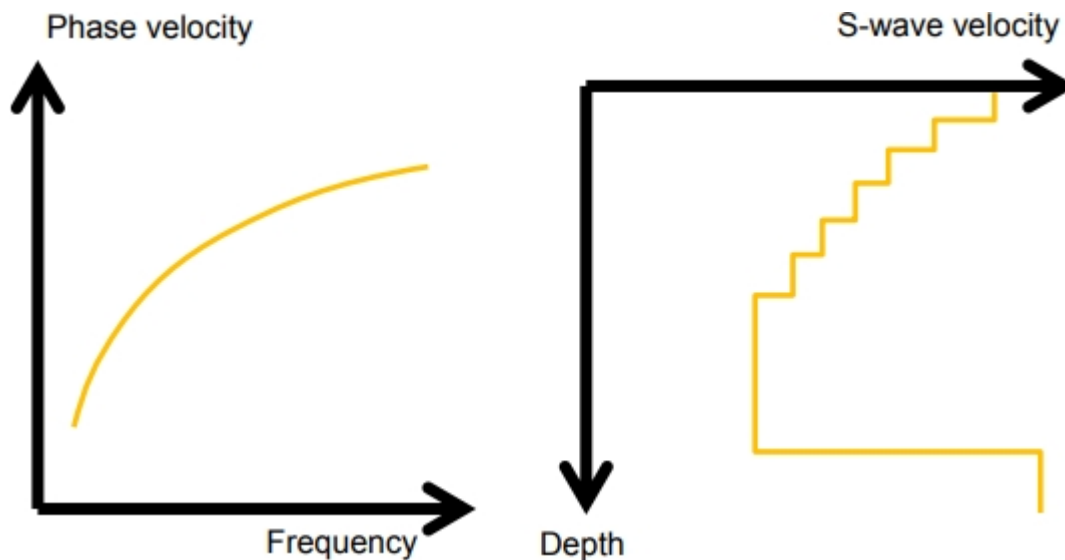


図105: 深さとともに速度が減少するS波速度モデル。すべての方法は、底層が最も高いS波速度を仮定している。

5.2.1.5 遺伝的アルゴリズムを用いた高次モードを含む2次元逆解析

遺伝的アルゴリズムは、高次モードのデータを取り込むために推奨されるインバージョン手順である。[5.2.1.4節](#)(201ページ)で述べたように、高次モードの分散曲線は不連続であり、従来のインバージョン手法では最適に扱えない可能性がある。遺伝的アルゴリズムによるアプローチは、不連続な高次モードのデータをより最適に取り扱うことができる。遺伝的アルゴリズムは非線形最小二乗法に比べて時間がかかるため、SeisImagerはすべての分散曲線に単純に適用することはしません。Genetic Algorithmは、調査ラインに沿ったすべてのデータのうち、1つの場所、つまり1つの分散曲線と関連する1Dモデルにのみ適用されます。他の地点の速度モデルは、1つの地点に適用された遺伝的アルゴリズムの計算結果によって変更されます。このため、インバージョンは「擬似2Dインバージョン」と呼ぶ方が良いでしょう。下の図106は、遺伝的アルゴリズムを用いた2Dインバージョンの処理の流れを示しています。インバージョンの手順は以下のように要約されます: まず、すべての位置の分散曲線と関連する1次元速度モデルに対して、理論位相速度が計算されます(図107)。観測された位相速度と理論位相速度が比較され、残差(RMSE:

二乗平均平方根誤差) がすべての位置について計算される。最大の残差 (RMSE) を持つ分散曲線と関連する1次元速度モデルが選択される。遺伝的アルゴリズムを使用したインバージョンが最大の残差を持つ1次元モデルに適用されます。遺伝的アルゴリズムにより、多数の速度モデルがランダムに生成され、そのモデルの理論位相速度が計算されます。すべての速度モデルと関連する理論位相速度は、インバージョン中にメモリに保存されます (図108)。最も残差の大きい1次元モデルに対する遺伝的アルゴリズムの結果が、その場所に使用されます。他の場所については、記憶された理論位相速度が各観測分散曲線と比較され、誤差が最小となる1次元モデルが各場所のモデルに使用される (図109)。遺伝的アルゴリズムを用いたインバージョンの詳細については、201ページのセクション [5.2.1.4](#) を参照。

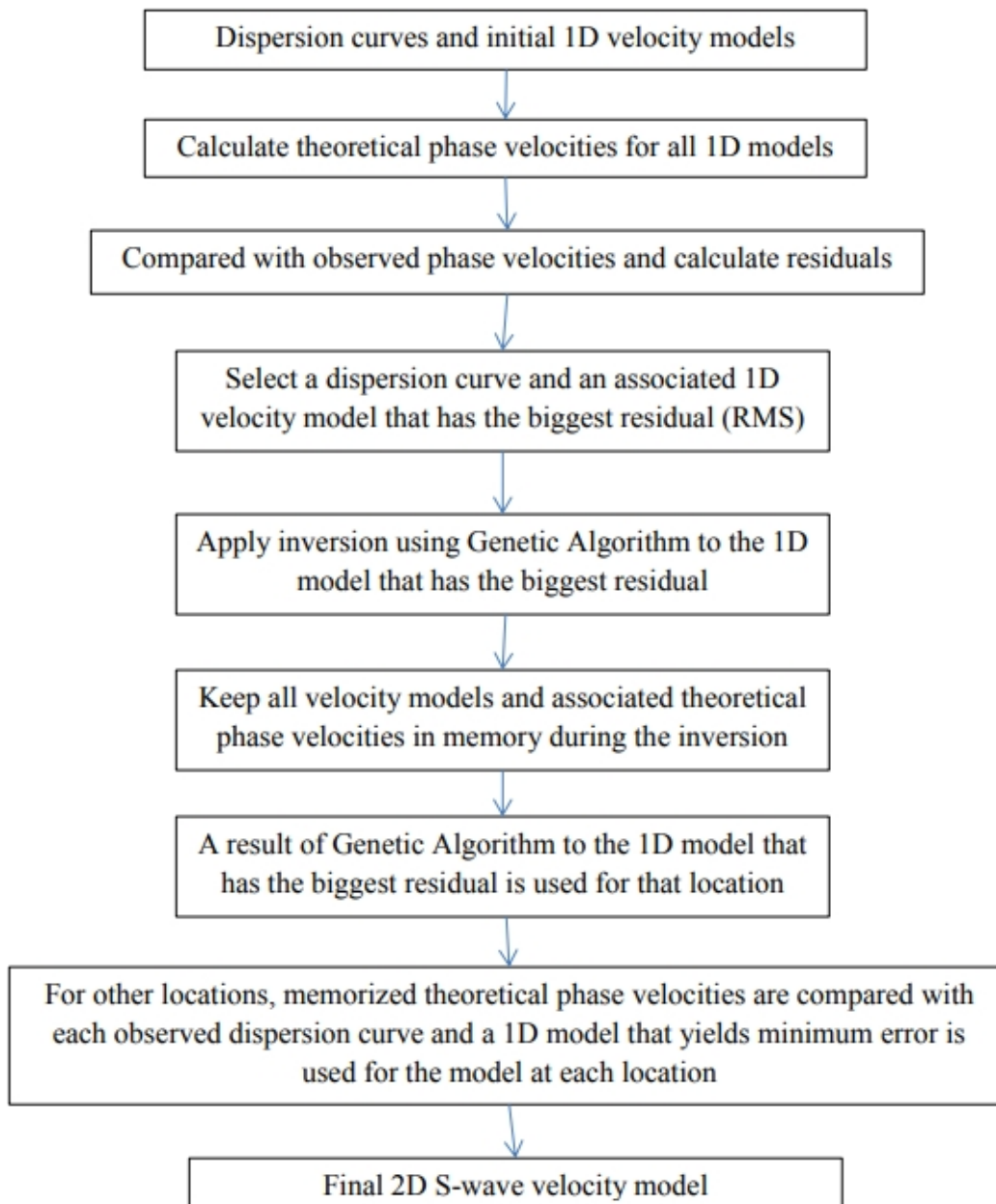


図106: 遺伝的アルゴリズムを用いた2次元インバージョンの処理フロー。

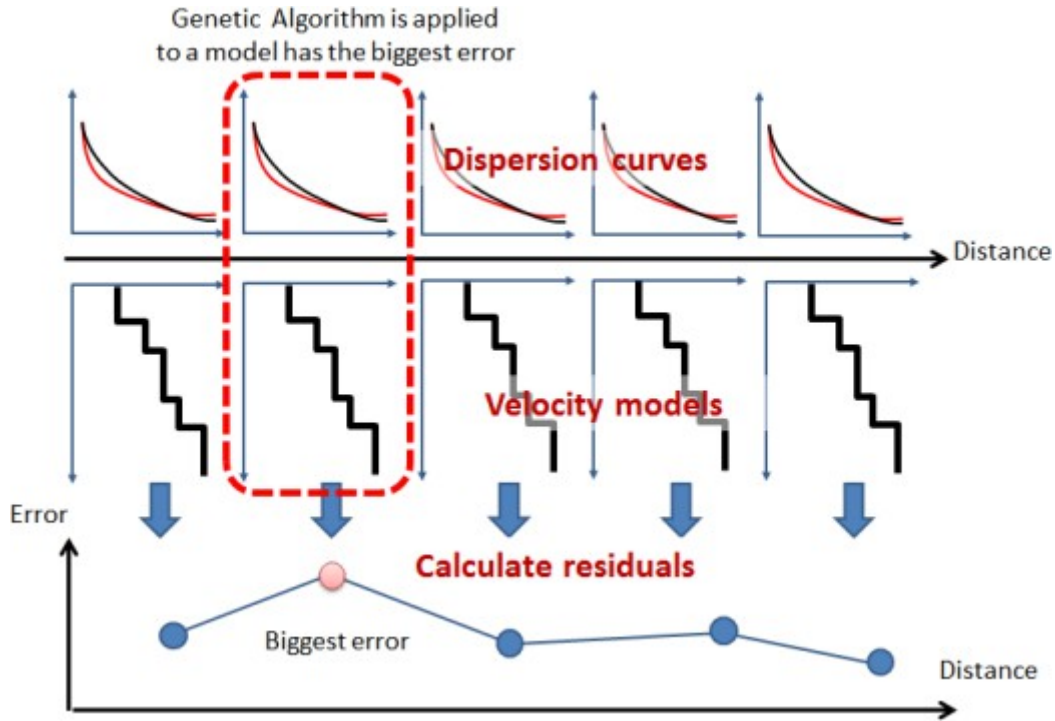


図107: 2Dにおける遺伝的アルゴリズムによる分散曲線と速度モデルの選択。

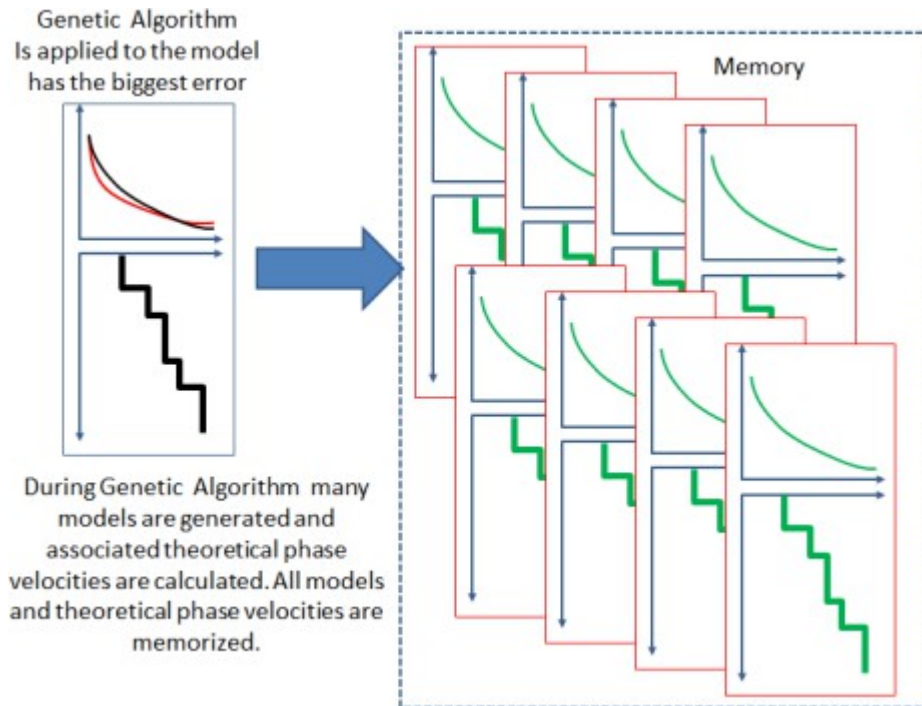


図108: すべての速度モデルと関連する理論位相速度は、遺伝的アルゴリズムを使用したインバージョンの間、メモリに保持される。

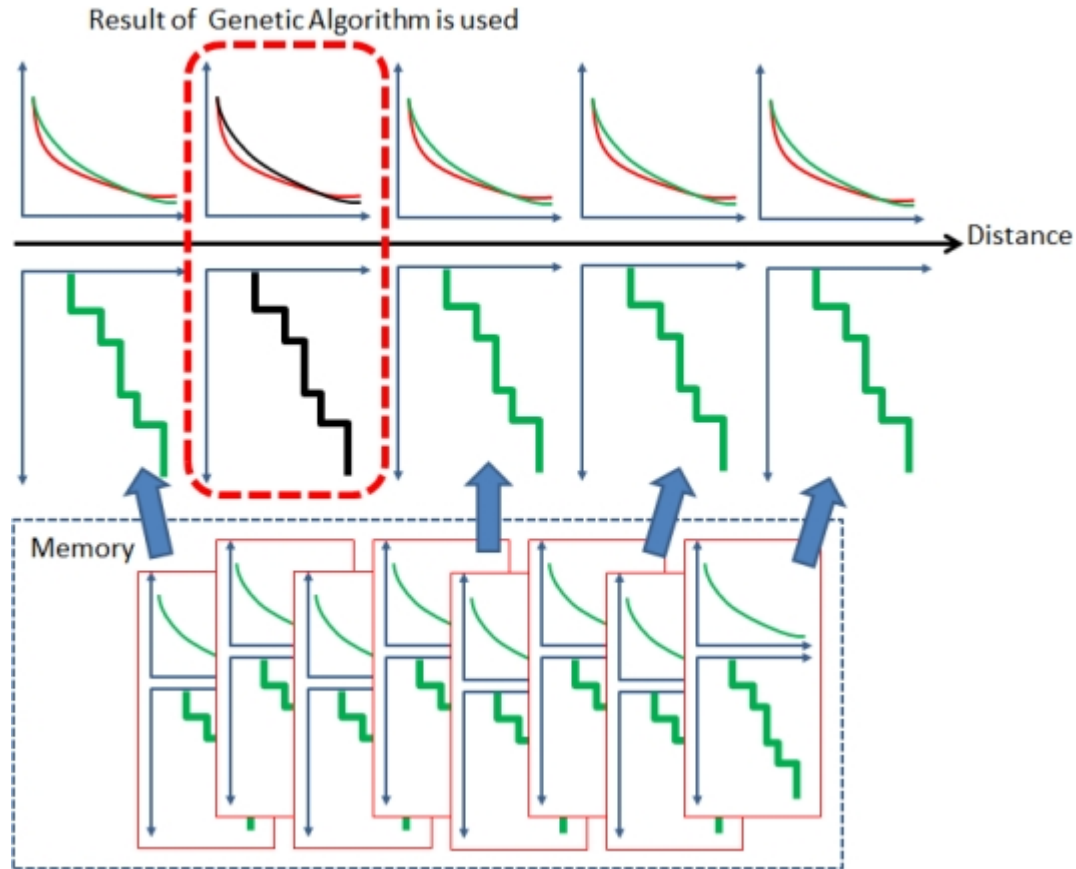


図109: 記憶された理論位相速度は、観測された各分散曲線と比較され、誤差が最小となる1次元モデルが各位置のモデルに使用される。

5.2.1.6 愛の波の高次モード

ラブ波の高次モードを計算し、反転に使用することができます。レイリー波とラブ波は、ツールバーのボタン（レイリー波は **R**、ラブ波は **L**）で切り替えることができます。図 110 では、ラブ波の基本モードが青い線で示されています。高次モードの計算では、「最大」モードと「平均」モードがそれぞれ青と緑で示されている。

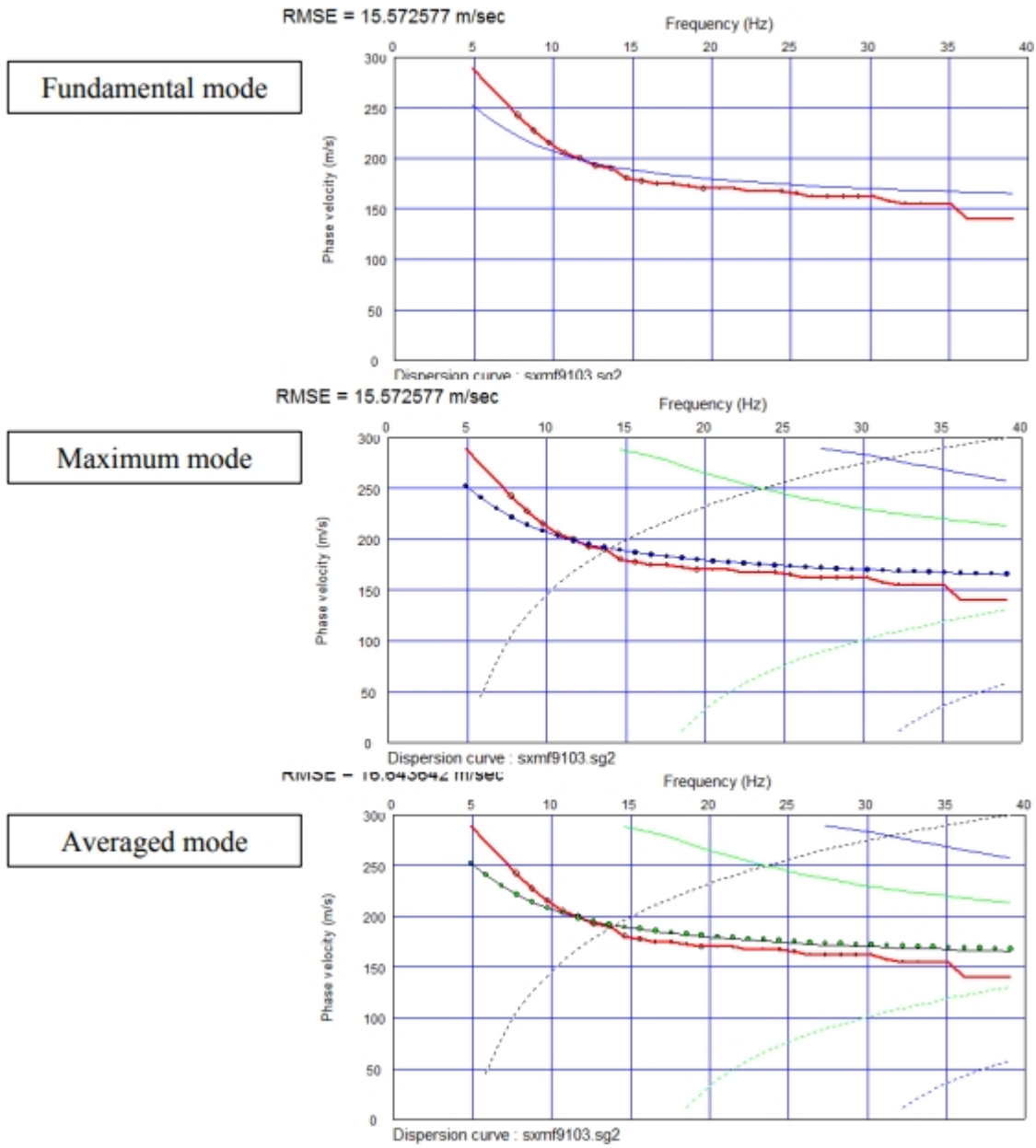


図110: ラブ理論分散曲線の表示。

5.3 分散曲線とH/Vのジョイント・インバージョン

位相速度データとH/Vデータを同時にインバージョンに用いることで、モデルをさらに制約することができる（Suzuki and Yamanaka, 2010）。前述のように、H/Vデータのみから正確な速度モデルを得ることは困難です。分散曲線インバージョンの解は一般に一意ではなく、必ずしも正確とは限りません。H/Vと位相速度データをジョイントインバージョンスキームに組み込むことで、より制約のある最終モデルを作成することができ、調査の深度も増す可能性があります。一般的に、H/Vデータに含まれる情報は分散曲線データに比べると限られています。したがって、位相速度とH/Vデータの両方がある場合は、データのミスフィットが十分に小さくなるまで、位相速度データを使用してS波速度モデルを構築する方がよい。観測された位相速度と理論的な位相速度の誤差が十分に小さくなると、H/Vデータをインバージョンプロセスに組み込むことができます。推奨される処理の流れを以下に示す（図111）。ジョイントインバージョンの例については、504 ページのセクション [7.7.4.3](#) を参照してください。

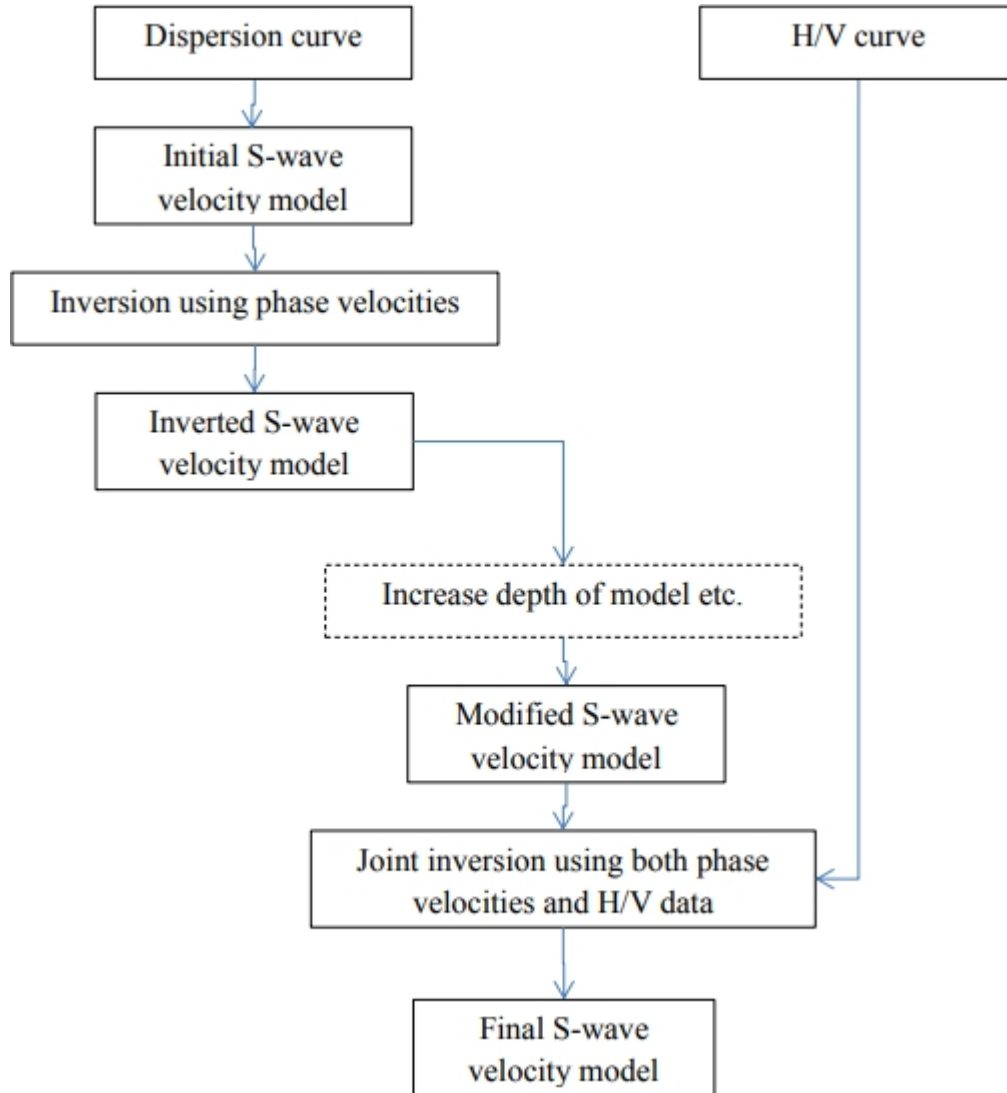


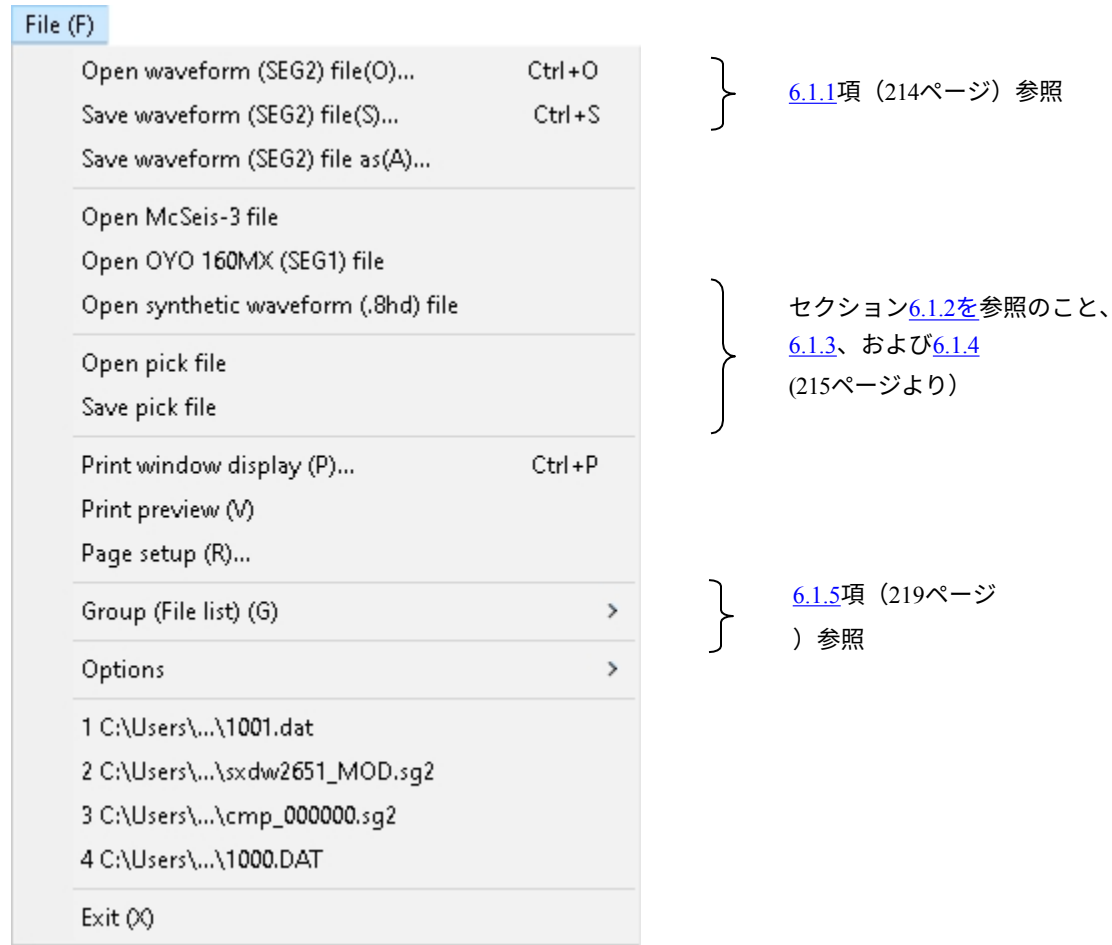
図111: ジョイント・インバージョンの処理フロー。

6 PICKWINモジュールの表面波解析関数

続ける。


6.1 ファイルメニュー

この、表面波データ処理に不可欠な、または独自に使用される File メニュー関数について説明します。SeisImager/SW、SeisImager/2D共通のFileメニュー機能については、別冊のSeisImager/2D [マニュアル](#)をご参照ください。



6.1.1 波形 (seg2ファイルを開く [Ctrl+o]

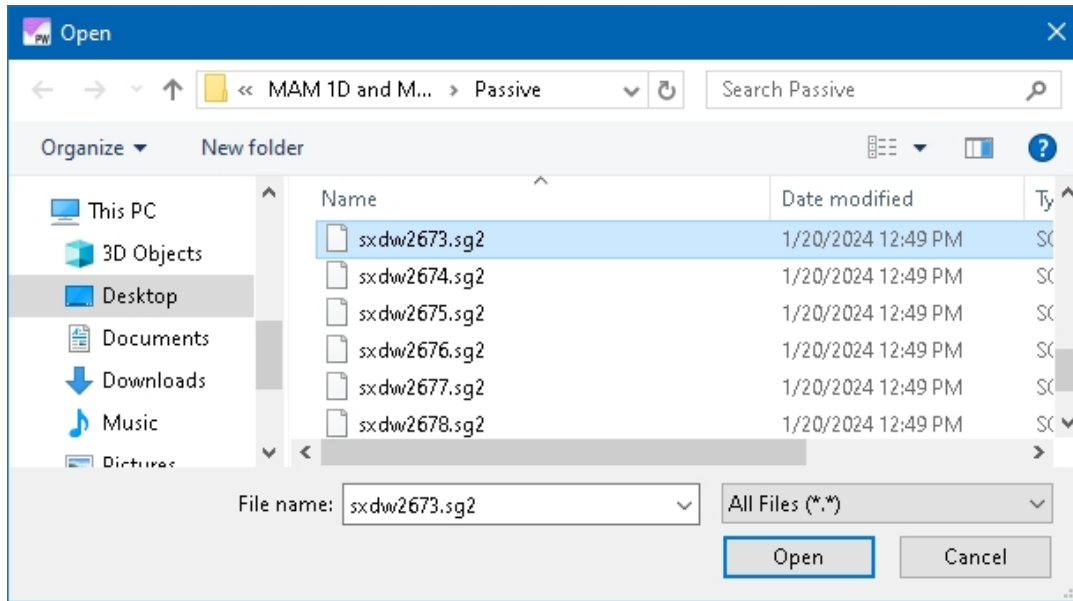
File (F)

Open waveform (SEG2) file(O)...  Ctrl+O

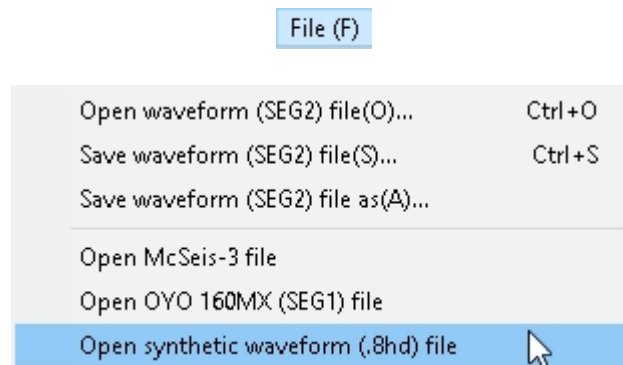
SEG-2 フォーマットの 1D MASW アクティブ・ソース・データ・ファイルを開くには、*Open Waveform (SEG2 file)* を選択します。

データ収集に使用した地震計の機種によっては、SEG-2形式の用に *Files of type* の設定を調整する必要があります。ジオメトリクスの地震計は拡張子 *.dat*、OYOの地震計は拡張子 *.sg2* を使用します。

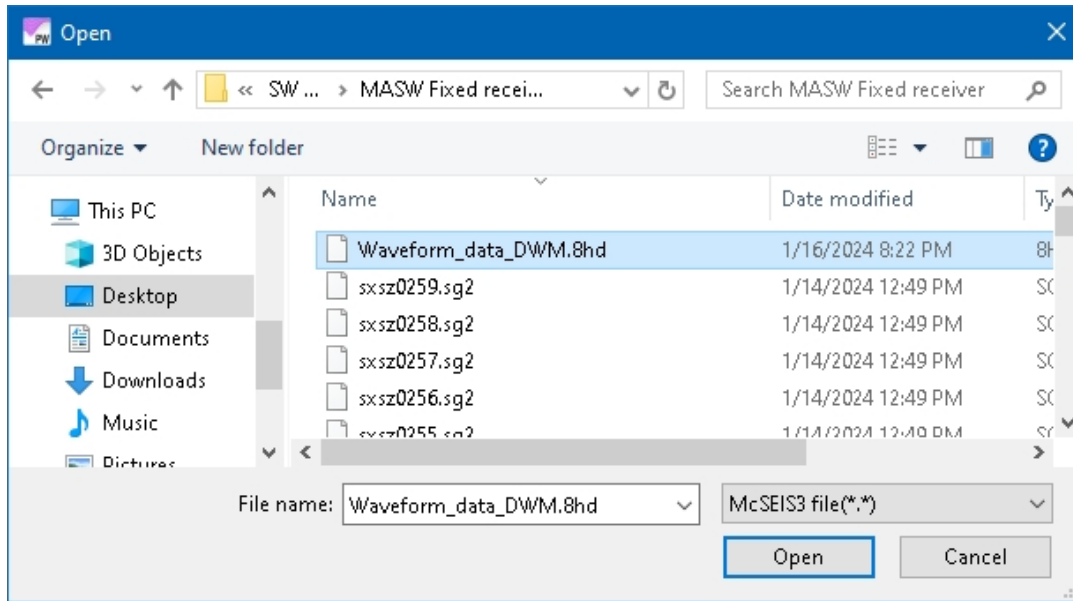
ファイルの種類を設定したら、ファイルをハイライトして「開く」を押します。



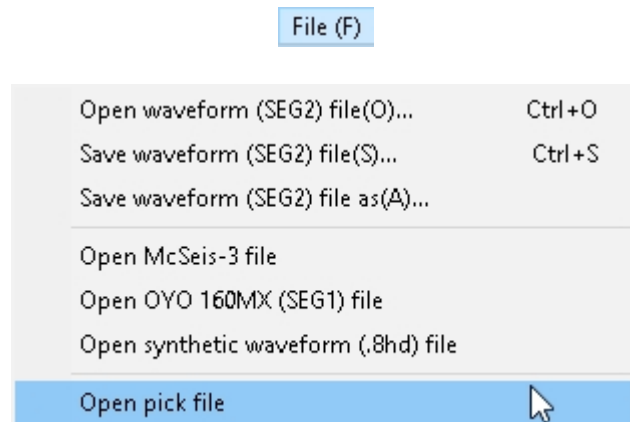
6.1.2 合成波形ファイル(.8HD)を開く



合成速度モデルから生成された波形ファイルを開くには、*Open synthetic waveform (.8hd) file* を選択します。ファイルをハイライトし、*Open* を押します。

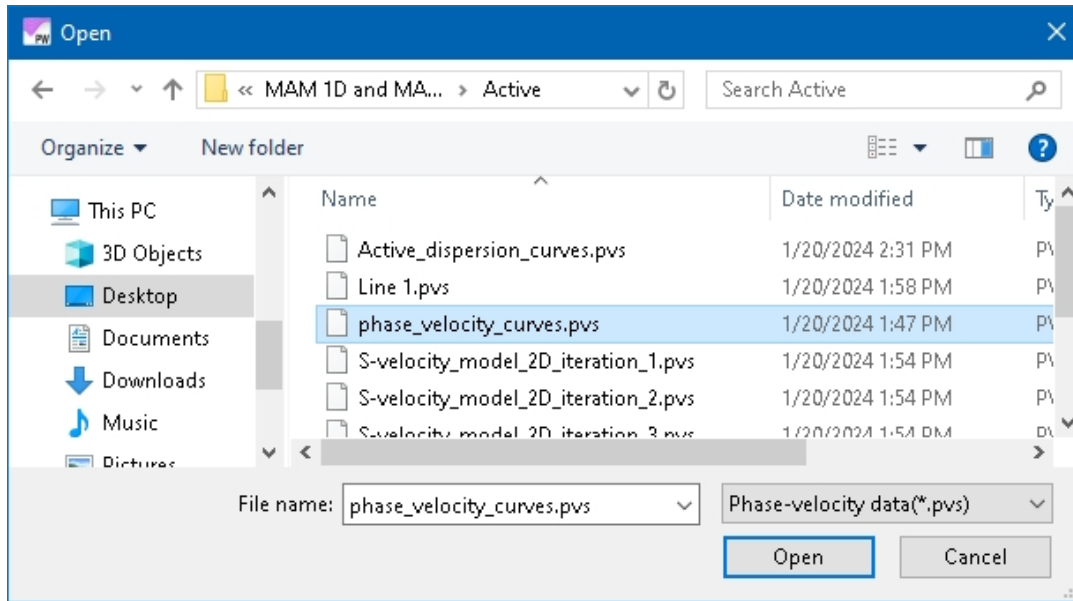


6.1.3 ピックファイルを開く



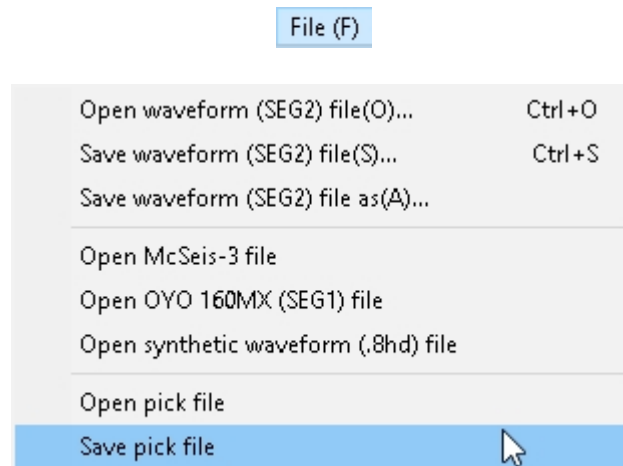
この機能を正しく使用するには、すでにデータが処理されているインスタンスではなく、新しい Pickwin のインスタンスから開始する必要があります。事前に開いている他の Pickwin ウィンドウを閉じる必要はありません。

Open pick file は、*.pvs* という拡張子で保存された分散カーブピックのファイルを開くために使用します。まず、分散カーブ・ピックの元と波形ファイルを、該当する *Open <> file* 機能または *Open file list* 機能を使用して開きます。_____> *file* 機能または *Open file list* 機能を選択して開きます。次に、*Open pick file* を選択します。*Files of type* の設定を調整して *Phase velocity data (*.pvs)* のタイプを表示し、ファイルをハイライトして *Open* を押します。

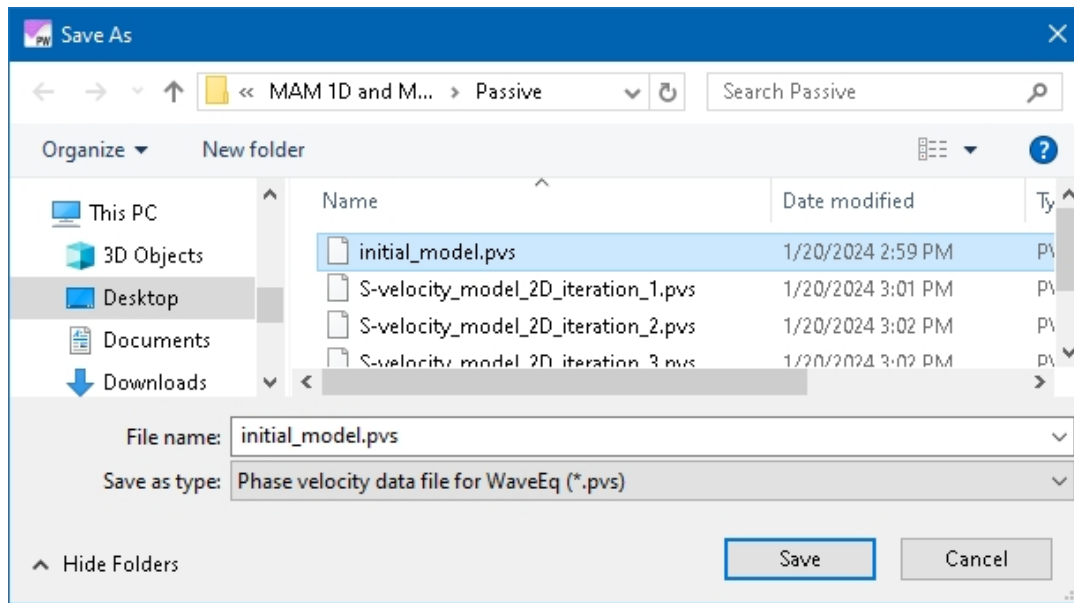


位相速度が再計算されるまで、分散曲線ピックは表示されない。位相速度の計算方法については、セクション[6.2.2](#) (254ページ) を参照。

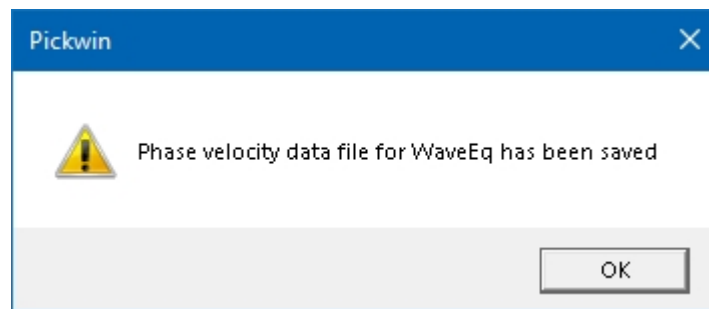
6.1.4 ピックファイルの保存



分散曲線ピックを保存するには、*Save pick file* を選択する。拡張子 *.pvs* のファイル名を指定し、*Save* を押します。



ファイルが保存されたことを確認するメッセージが表示されます。OKを押してください。



位相速度-周波数プロット図では、ピックはピンクの結ばれる。

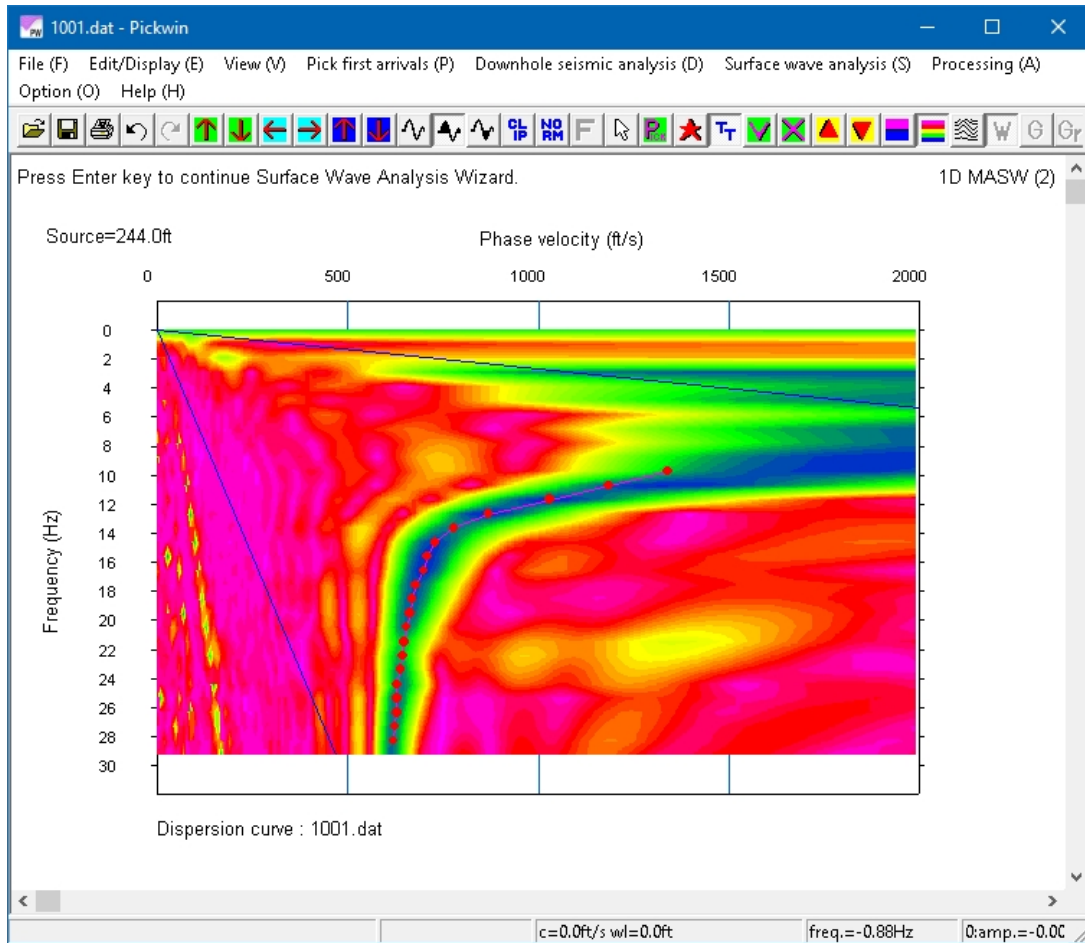
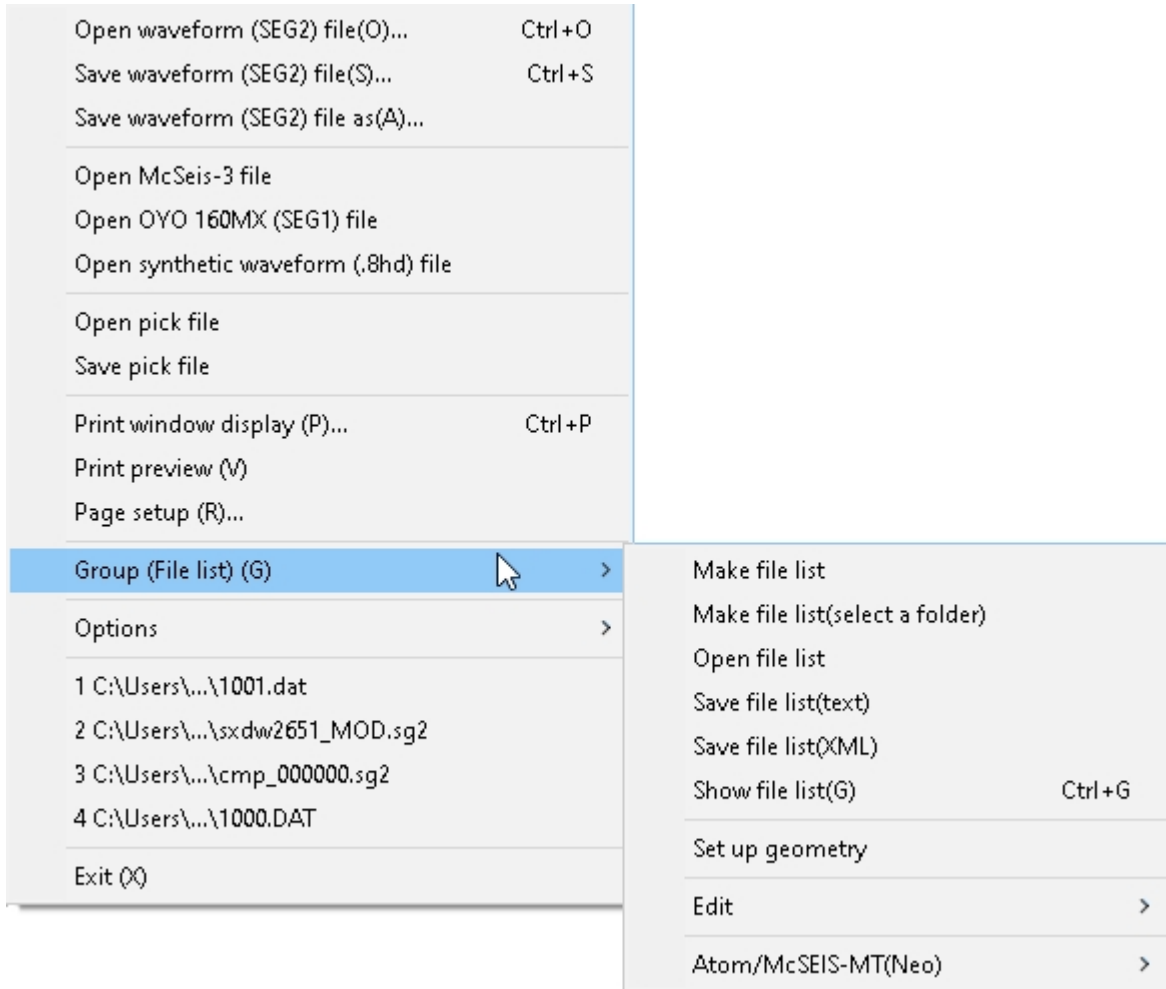


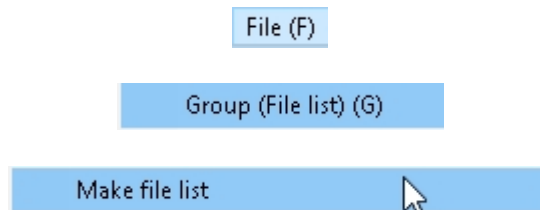
図112: 位相速度-周波数プロット。

6.1.5 グループ (ファイルリスト)

グループ (ファイルリスト) に含まれる機能により、MAMや2D MASWデータセットと同様に、レコードの範囲を処理することができる。

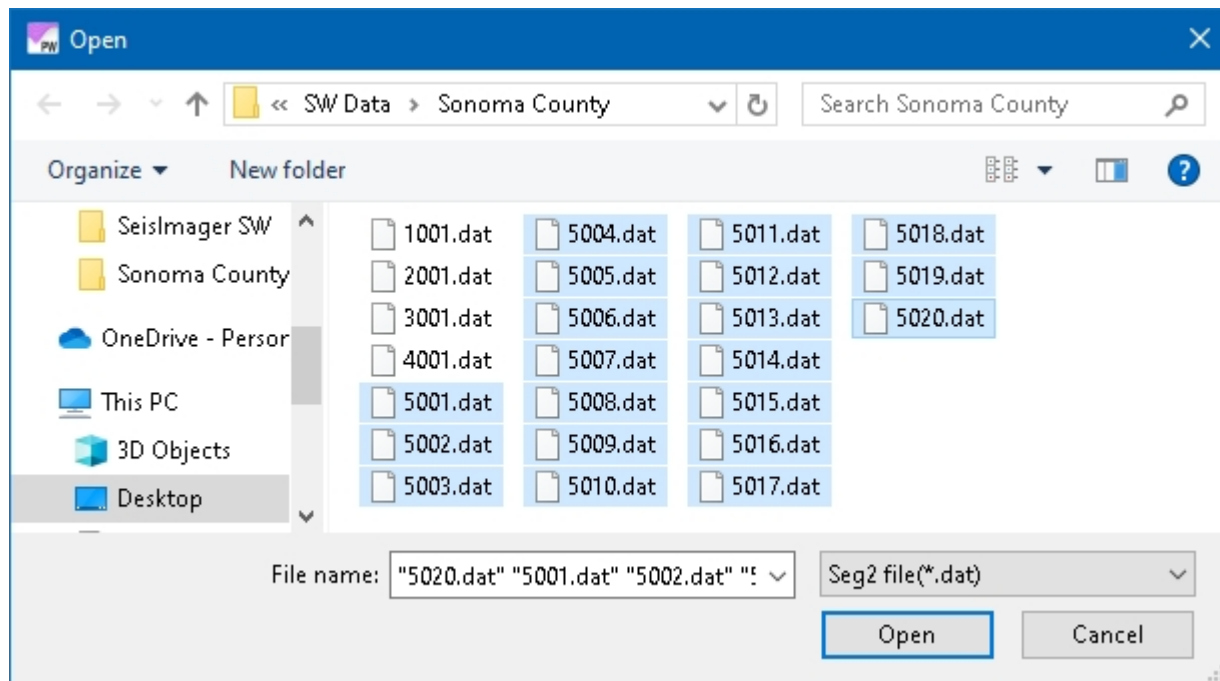


6.1.5.1 ファイルリストの作成

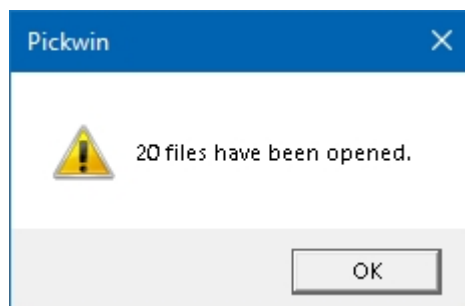


ファイルリストとは、任意のデータファイルの目録であり、関連するフィールドファイルの識別番号、ソースおよびレシーバの位置など、各波形トレースの必須含まれています。MAM や 2D MASW など、複数のファイルをまとめて処理する調査の場合は、ファイルリストを作成してデータセットを入力する必要があります。

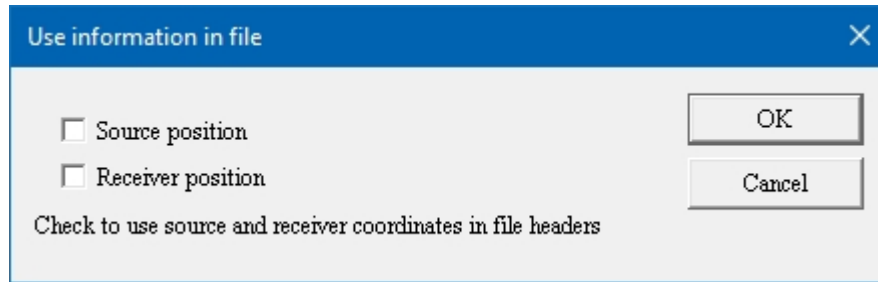
ファイルのリストを作成するには、*Make File List* を選択する。*Files of type* を設定した後、*Shift* キーでファイルの範囲を選択するか、*Control* キーで個々のファイルを、開くデータファイルのセットをハイライトします。*Files of type* の設定で*All files*が表示されている場合、不用意にデータファイル以外を選択すると解析エラーの原因となりますのでご注意ください。



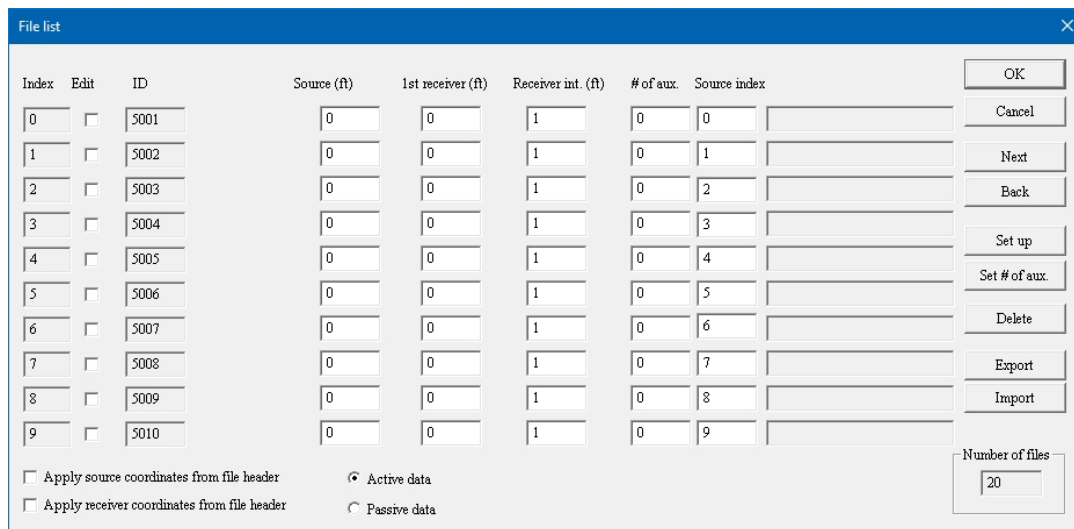
ファイルが入力されていることを確認するメッセージが表示されます。*OK*を押してください。



次に、ジオメトリを設定するプロンプトが表示されます。MAMデータセットの場合、ソース位置は適用されず、スプレッド/アレイのジオメトリは別のダイアログボックスで設定します。ファイルヘッダーに保存されている座標は不要なので、*Source position* (ソース位置) と *Receiver position* (レシーバー位置) のボックスのチェックは外したまま、*OK*を押します。

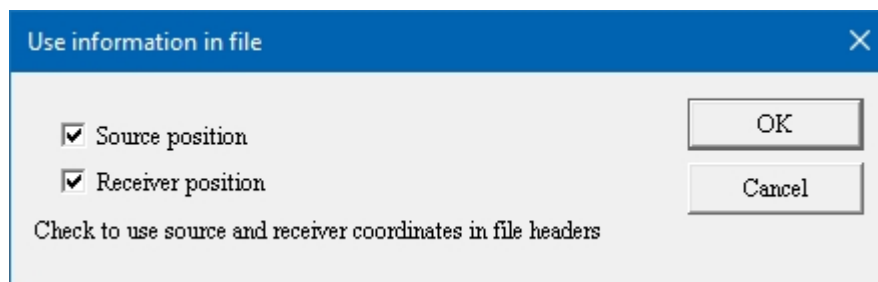


次に、ファイルリストダイアログボックスに、ファイルIDごとにリストされたデータファイルが表示されます。MAM データセットの場合は、何もする必要はありません。OK を押して、波形ファイルの表示に進みます。



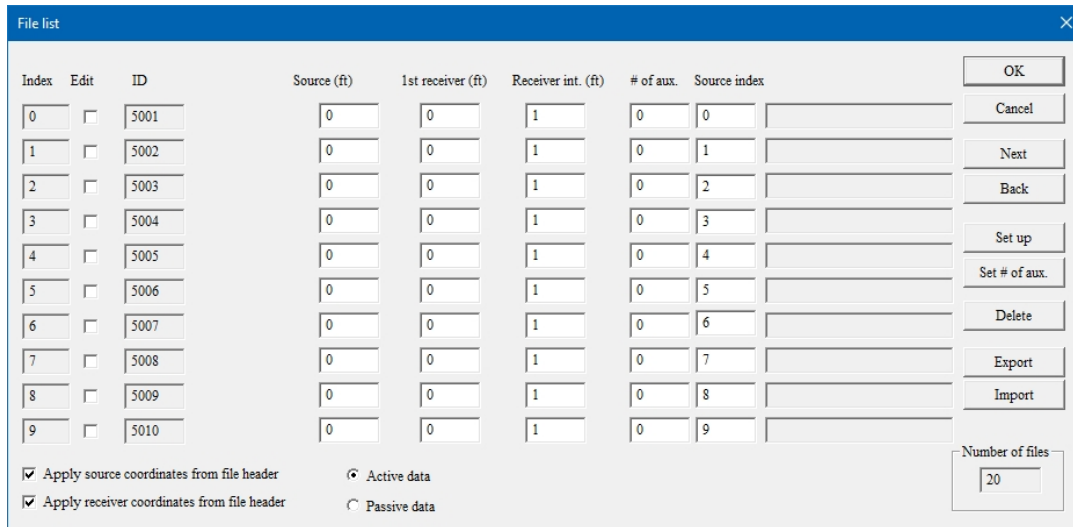
2D MASWデータセットの場合、ジオメトリが撮影時のファイルヘッダーに保存されている場合は、次のチェックボックスをオンにします。

ソース位置とレシーバー位置の座標を適用し、OK を押します。



次に、**ファイルリスト** ダイアログボックスに、ファイル ID ごとにリストされたデータファイルが表示される。前のダイアログボックスで *Source position* と *Receiver position* にチェックを入れても、*Source*、*1st Receiver*、*Receiver int.* の列には、ファイルヘッダーの実際の値はまだ表示されないことに注意してください。

前のダイアログボックスで [ソース位置] と [レシーバー位置] をチェックすると、このダイアログボックスの [ファイルヘッダからソース座標を適用] オプションと [ファイルヘッダからレシーバー座標を適用] オプションが有効になります。これらのオプションをチェックすると、ファイルヘッダからの座標が適用されます。

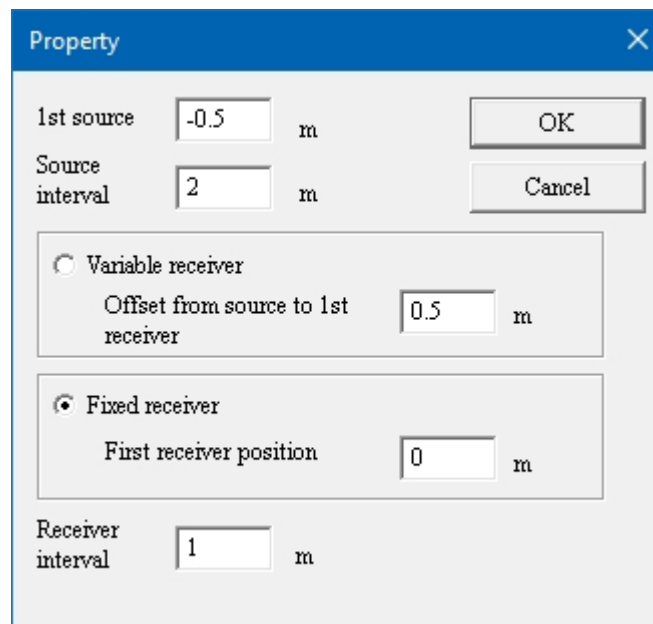


File list dialog box showing a table of source and receiver parameters. The table has columns for Index, Edit, ID, Source (ft), 1st receiver (ft), Receiver int. (ft), # of aux., and Source index. The table contains 10 rows of data. Below the table are checkboxes for 'Apply source coordinates from file header', 'Apply receiver coordinates from file header', 'Active data', and 'Passive data'. On the right side, there are buttons for OK, Cancel, Next, Back, Set up, Set # of aux., Delete, Export, and Import. At the bottom right, there is a 'Number of files' field with the value 20.

Index	Edit	ID	Source (ft)	1st receiver (ft)	Receiver int. (ft)	# of aux.	Source index
0	<input type="checkbox"/>	5001	0	0	1	0	0
1	<input type="checkbox"/>	5002	0	0	1	0	1
2	<input type="checkbox"/>	5003	0	0	1	0	2
3	<input type="checkbox"/>	5004	0	0	1	0	3
4	<input type="checkbox"/>	5005	0	0	1	0	4
5	<input type="checkbox"/>	5006	0	0	1	0	5
6	<input type="checkbox"/>	5007	0	0	1	0	6
7	<input type="checkbox"/>	5008	0	0	1	0	7
8	<input type="checkbox"/>	5009	0	0	1	0	8
9	<input type="checkbox"/>	5010	0	0	1	0	9

ファイル・ヘッダから座標をインポートする場合は、"*Apply source coordinates from file header*" と "*Apply receiver coordinates from file header*" にチェックが入っていることを確認します。OK を押して、波形ファイルの表示に進みます。

ファイルヘッダから座標をインポートしない場合は、*Source*、*1st Receiver*、*Receiver int.* の各欄に座標値を個別に入力するか、*Set up* ボタンでジオメトリパターンを設定して適用します。デフォルトのセットアップパラメータは以下の通りです。



Property dialog box showing receiver settings. It includes fields for 1st source (-0.5 m), Source interval (2 m), and Receiver interval (1 m). There are two receiver options: Variable receiver (with Offset from source to 1st receiver set to 0.5 m) and Fixed receiver (with First receiver position set to 0 m). Buttons for OK and Cancel are present.

1st Source 最初のショットの位置。ソース間隔は各ショットの間隔。

ローリングスプレッドで収集されたデータセット、つまりジオフォンの位置が固定されていない場合は、*Variable receiver* オプションをチェックします。*Offset from source to 1st receiver* は、ショットから最も近いライブジオホンまでの距離（ニアオフセット）です。このラインは、1(st)地点から1(st)地点まで撮影されたと仮定します。

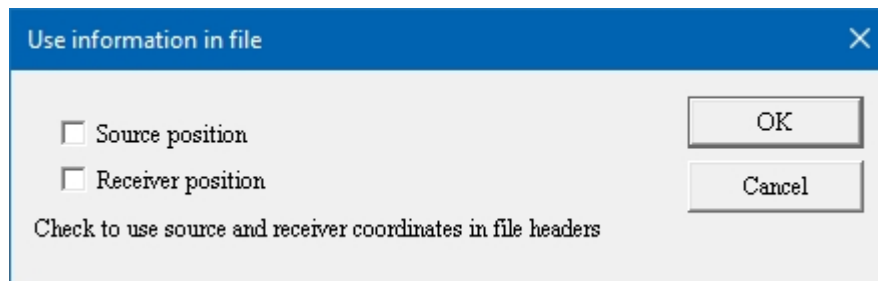
最も低いチャンネル番号から最も高いチャンネル番号まで、ソース間隔は正の数で示される。もしデータが最も低いチャンネル番号に向かって撮影されたのであれば、震源インターバルは負の数値を持ち、震源がこの方向に転がったことを示します。このケースは、ジオメトリクスの地震計を使用している場合に発生する可能性があり、地震計（およびPCコントローラー）に最も近いチャンネルがデフォルトで最も高く、最初のショットはこの端に位置しています。

固定レシーバースプレッドで取得されたデータセット（ショットがスプレッドの中を移動した）の場合は、固定レシーバーオプションをチェックする。最初の受信機の位置は、最初のライブジオフォンの位置です。

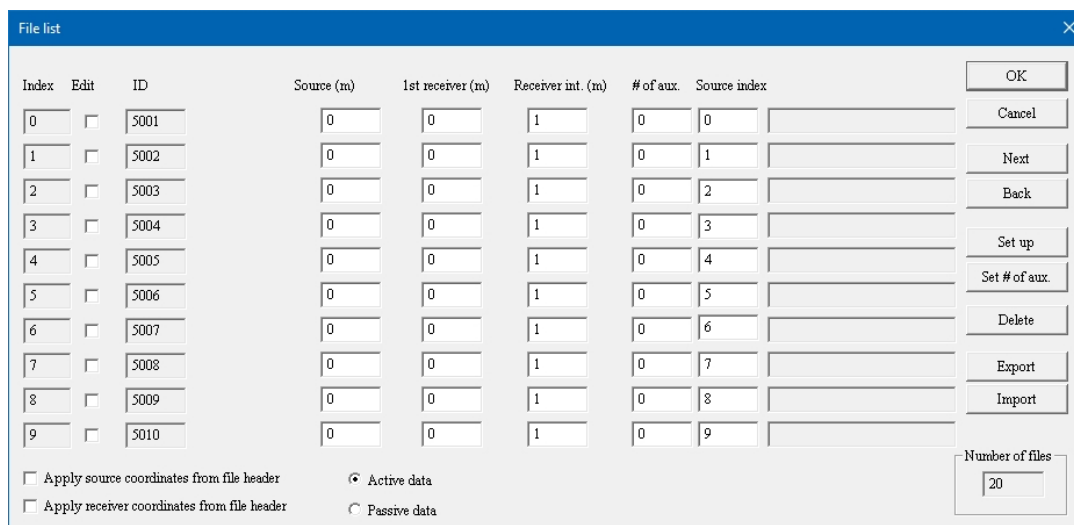
受信間隔は、ジオフォンの間隔である。

例 2A: [2次元 MASW](#) データセット（ファイルヘッダ座標なし）に固定受信ジオメトリを設定する。このデータセットは、最初と最後のショットが0.5 mのニアオフセットでオフエンドになっている97ショット、0~23 mに配置された24個のジオフォン、1 mの等間隔で配置されたソースとレシーバーで構成されています。

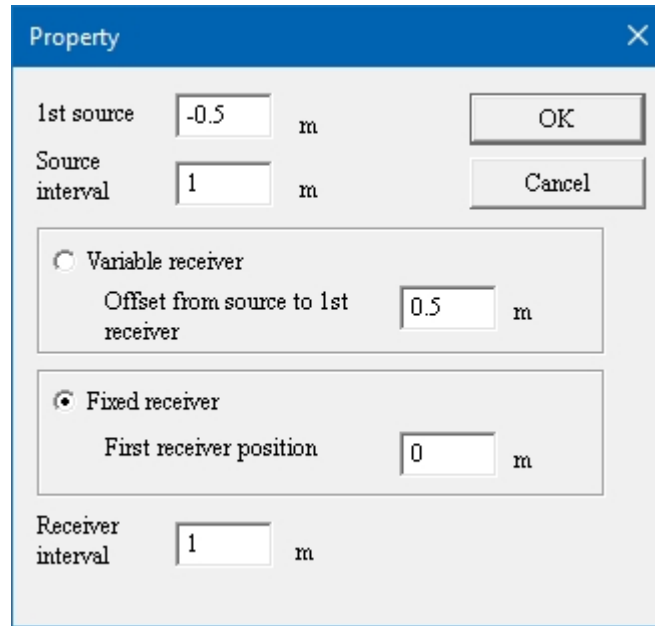
ジオメトリプロンプトから、ソースポジションとレシーバーポジションはチェックされていない。



File list ダイアログボックスにはファイル ID が表示されますが、*Source*、*1st Receiver*、*Receiver int.* の列にはデフォルト値しか表示されません。また、*[Apply source coordinates from file header]* と *[Apply receiver coordinates from file header]* はチェックされていません。



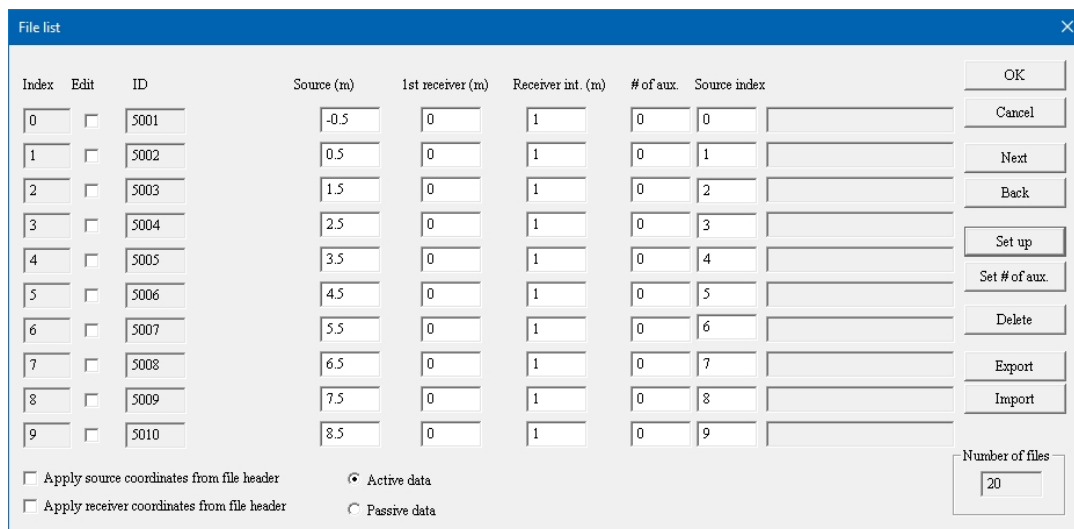
Set up ダイアログボックスで、該当するジオメトリ値を入力し、適用する。



Property dialog box showing source and receiver settings:

- 1st source: -0.5 m
- Source interval: 1 m
- Receiver type: Fixed receiver
- Offset from source to 1st receiver: 0.5 m
- First receiver position: 0 m
- Receiver interval: 1 m

File list ダイアログボックスにジオメトリパターンが反映されるようになりました。



File list dialog box showing a table of source and receiver parameters:

Index	Edit	ID	Source (m)	1st receiver (m)	Receiver int. (m)	# of aux.	Source index
0	<input type="checkbox"/>	5001	-0.5	0	1	0	0
1	<input type="checkbox"/>	5002	0.5	0	1	0	1
2	<input type="checkbox"/>	5003	1.5	0	1	0	2
3	<input type="checkbox"/>	5004	2.5	0	1	0	3
4	<input type="checkbox"/>	5005	3.5	0	1	0	4
5	<input type="checkbox"/>	5006	4.5	0	1	0	5
6	<input type="checkbox"/>	5007	5.5	0	1	0	6
7	<input type="checkbox"/>	5008	6.5	0	1	0	7
8	<input type="checkbox"/>	5009	7.5	0	1	0	8
9	<input type="checkbox"/>	5010	8.5	0	1	0	9

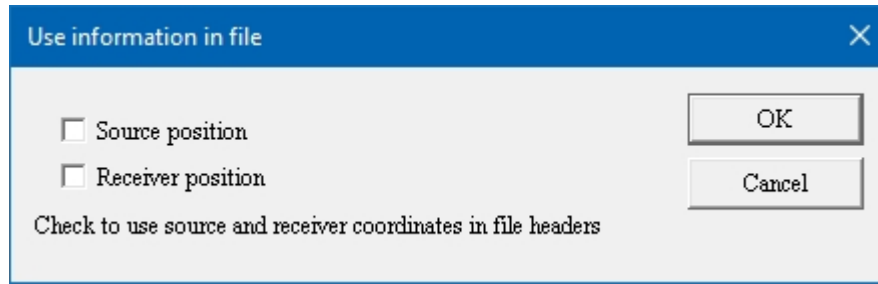
Additional options and controls:

- Apply source coordinates from file header
- Active data
- Apply receiver coordinates from file header
- Passive data
- Number of files: 20

例2Aを終了する。

例 2B: [2次元 MASW データセット](#) (ファイルヘッダ座標なし) の可変レーバジオメトリの設定。このデータセットは、ニアオフセット 4 m、0~46 m に配置された 24 個のジオフォン、2 m の等しいソースおよびレーバー間隔を持つ 25 個のショットで構成されています。

ジオメトリプロンプトから、ソースポジションとレーバーポジションはチェックされていない。



Use information in file

Source position

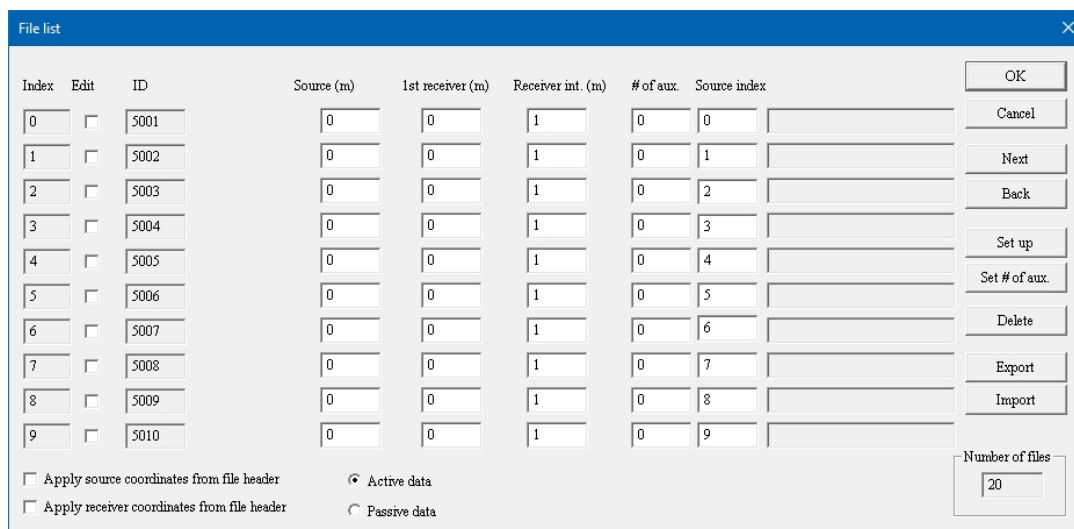
Receiver position

Check to use source and receiver coordinates in file headers

OK

Cancel

File list ダイアログボックスにはファイル ID が表示されますが、*Source*、*1st Receiver*、*Receiver int.* の列にはデフォルト値しか表示されません。また、*[Apply source coordinates from file header]* と *[Apply receiver coordinates from file header]* はチェックされていません。



Index	Edit	ID	Source (m)	1st receiver (m)	Receiver int. (m)	# of aux.	Source index
0	<input type="checkbox"/>	5001	0	0	1	0	0
1	<input type="checkbox"/>	5002	0	0	1	0	1
2	<input type="checkbox"/>	5003	0	0	1	0	2
3	<input type="checkbox"/>	5004	0	0	1	0	3
4	<input type="checkbox"/>	5005	0	0	1	0	4
5	<input type="checkbox"/>	5006	0	0	1	0	5
6	<input type="checkbox"/>	5007	0	0	1	0	6
7	<input type="checkbox"/>	5008	0	0	1	0	7
8	<input type="checkbox"/>	5009	0	0	1	0	8
9	<input type="checkbox"/>	5010	0	0	1	0	9

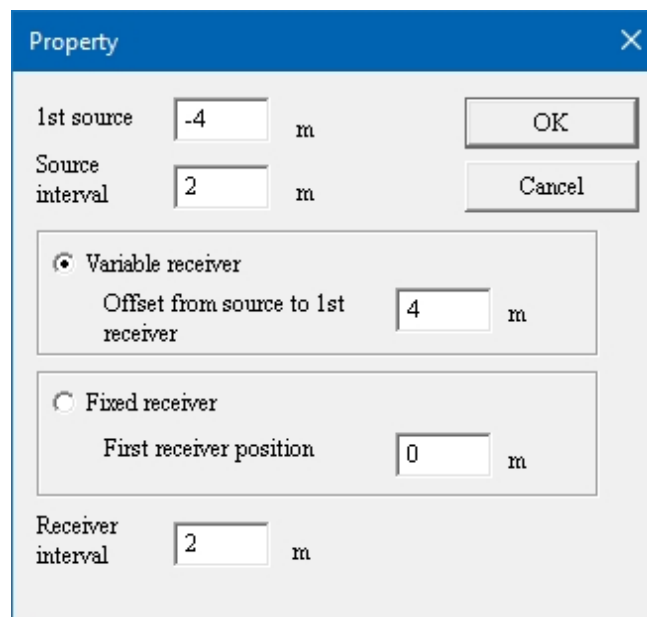
Apply source coordinates from file header Active data

Apply receiver coordinates from file header Passive data

Number of files: 20

OK, Cancel, Next, Back, Set up, Set # of aux., Delete, Export, Import

以下のダイアログボックスに該当するジオメトリ値を入力し、適用する：



Property

1st source: -4 m

Source interval: 2 m

Variable receiver

Offset from source to 1st receiver: 4 m

Fixed receiver

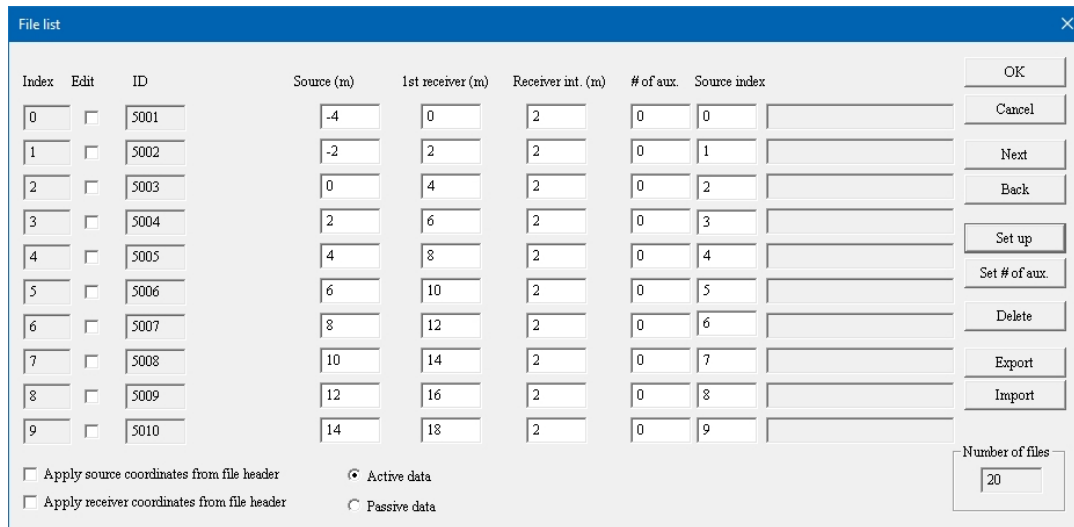
First receiver position: 0 m

Receiver interval: 2 m

OK

Cancel

File list ダイアログボックスにジオメトリパターンが反映されるようになりました。



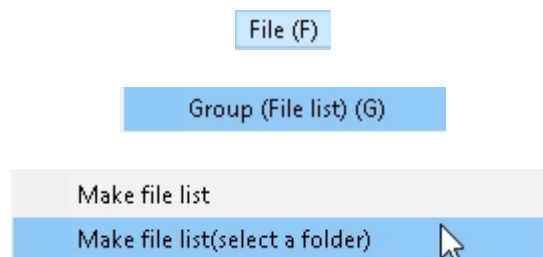
例2Bを終了する。

ファイルリストダイアログボックスの追加機能として、「次へ」ボタンと「戻る」ボタンがあり、それぞれ次または最後の10個のファイルIDをスクロールすることができます。OYO地震計のユーザーの場合、補助チャンネルが自動的に記録されます。補助チャンネルの数は、*Set # of Aux.* ボタンを押すことで表示できます。削除したいファイルがある場合は、そのファイルIDの横にある *Edit* ボックスをチェックし、*Delete* ボタンを押してください。

ファイル・リスト ダイアログ・ボックスでジオメトリの割り当てが完了したら、“OK” を押して変更を保存し、波形ファイルの表示に進みます。

割り当てられたジオメトリを再度表示するには、*[Show File List]*機能でいつでも**[File list]**ダイアログボックスに直接アクセスできます。

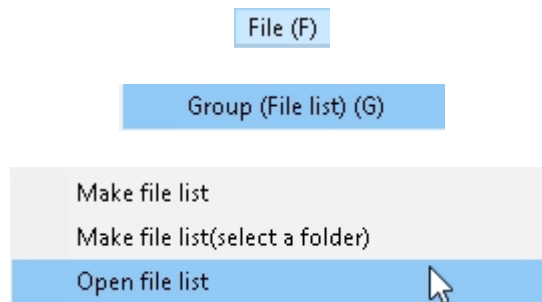
6.1.5.2 ファイルリストの作成（フォルダの選択）



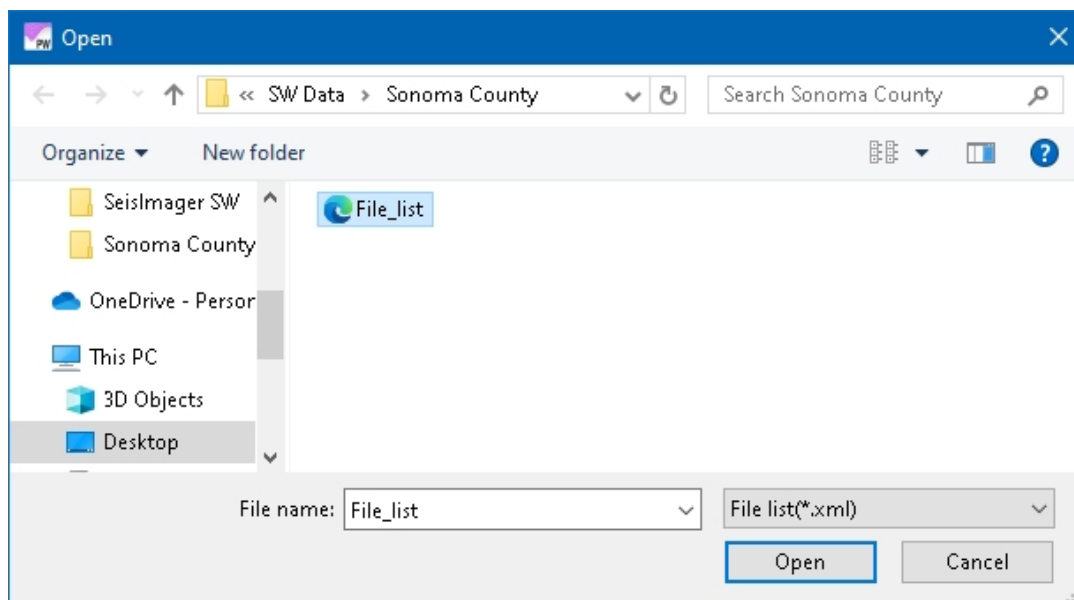
この機能は上記の *Make File List* と同じですが、この場合は地震波形ファイルがフォルダを選択するだけです。ファイルを選択する必要はありません。

フォルダ内の波形ファイルがれます。フォルダ内に多数の波形ファイルがある場合に便利です。

6.1.5.3 ファイル一覧を開く



.txtまたは.xml保存されている既存のファイルリストを開くには、「ファイルリストを開く」を選択します。ファイルリストをハイライトし、「開く」を押します。



ジオメトリが割り当てられた波形ファイルが表示されます。

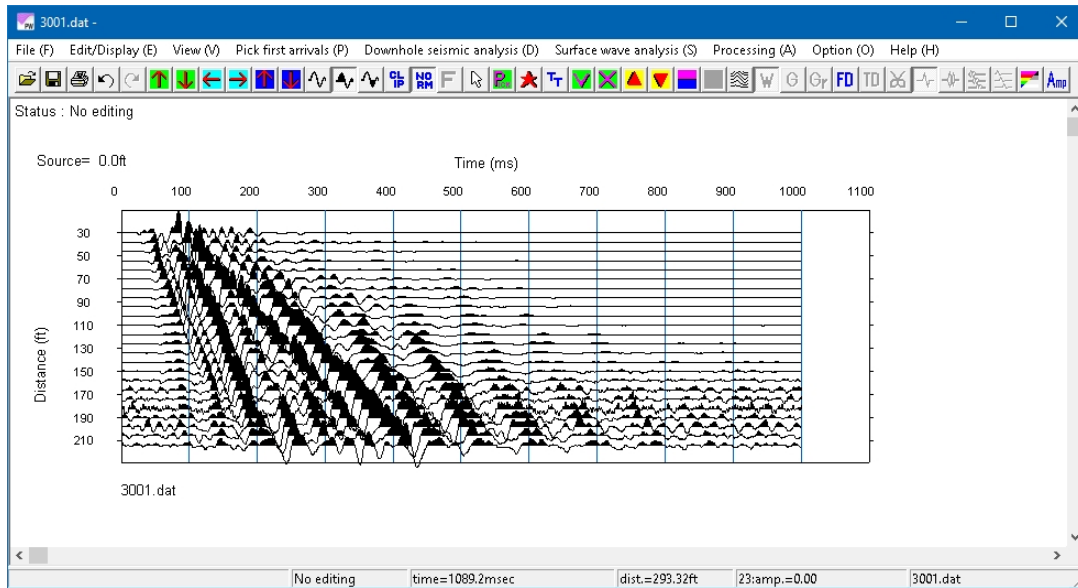
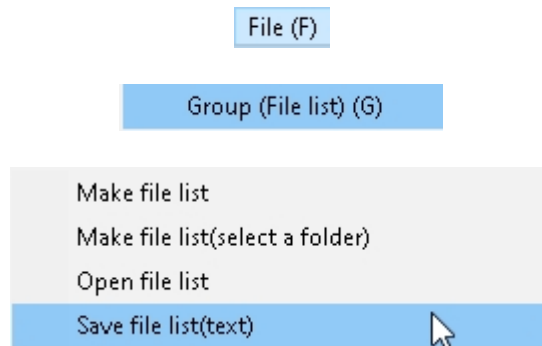


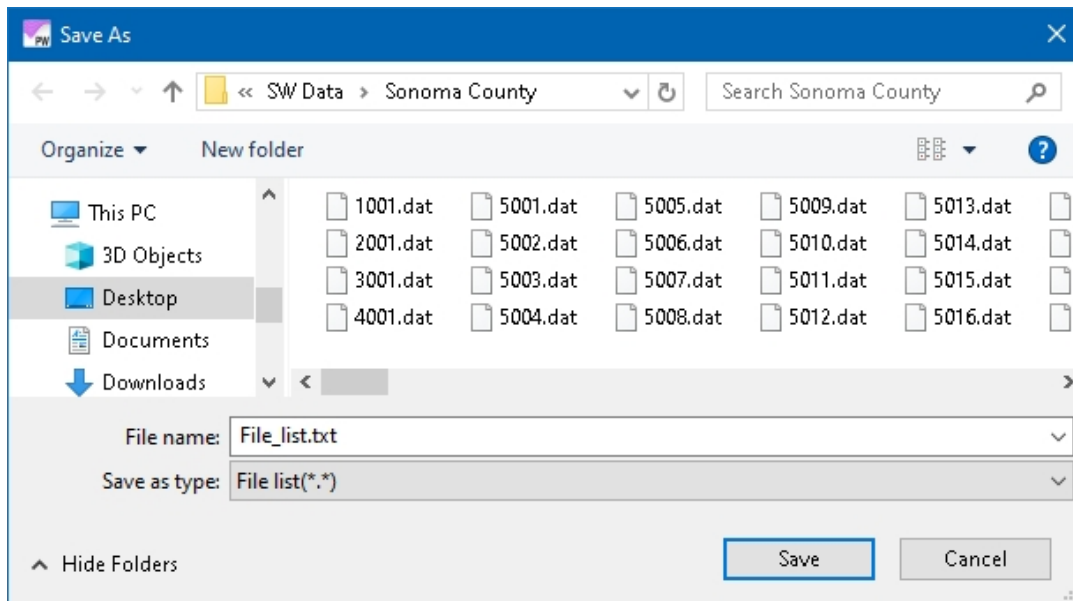
図113: 波形表示。

6.1.5.4 保存ファイルリスト (テキスト)

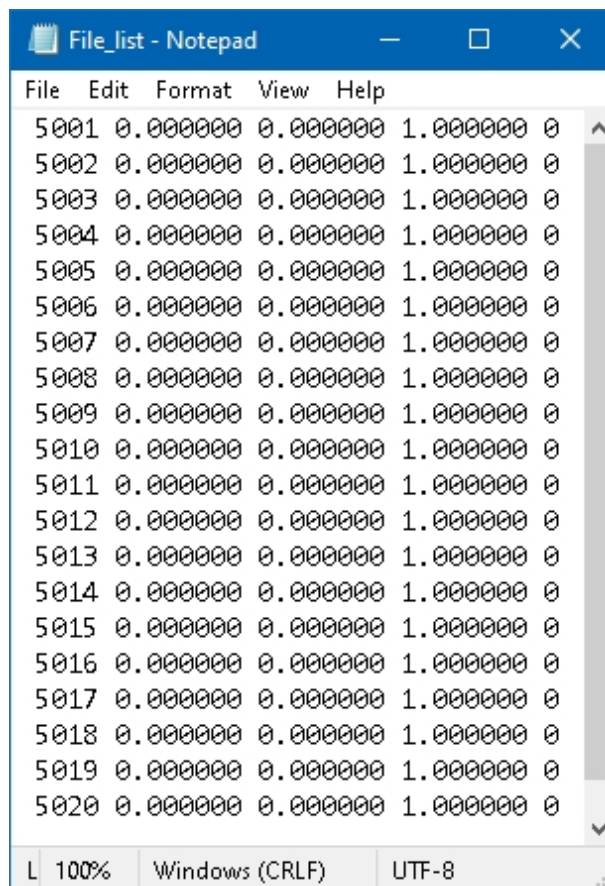


ファイルリストが生成されたら、*Save file list (text)* を選択してテキストファイルとして保存できる。ファイルリストは常にデータセット・ディレクトリに保存する必要がある。

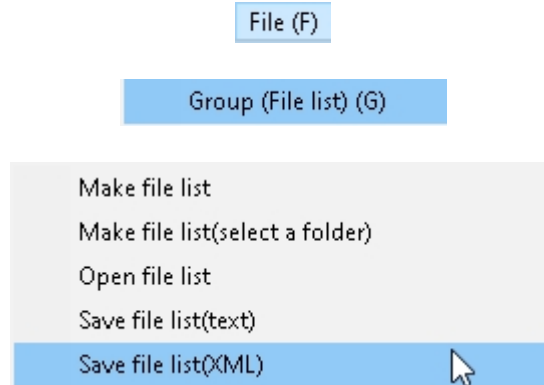
拡張子.txtのファイル名を割り当て、*Save*を押す。



ファイルは、ファイルID、ショット位置、ジオフォンの位置、受信間隔、補助チャンネル番号でスペース区切りの列でフォーマットされている。

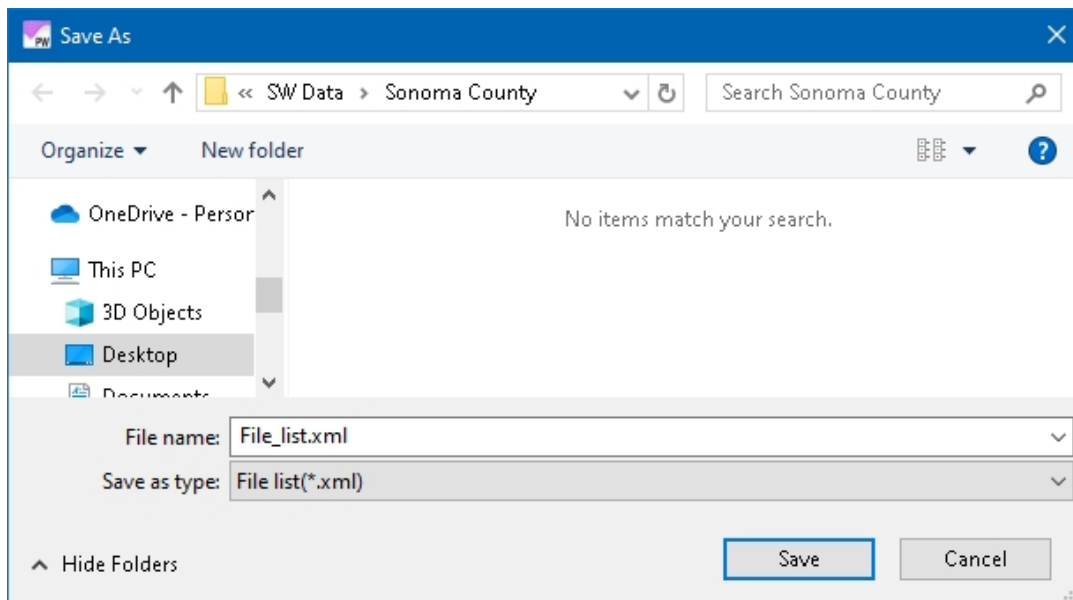


6.1.5.5 保存ファイルリスト(xml)



ファイルリストが生成されたら、*Save file list (xml)* を選択して、*.xml*ファイルとして保存することができる。ファイルリストは常にデータセット・ディレクトリに保存する必要がある。XMLフォーマットとデータセット・ディレクトリは、2D MASWウィザードで使用されるデフォルトのフォーマットとファイルの場所です。

拡張子*.xml*のファイル名を割り当て、*Save*を押す。



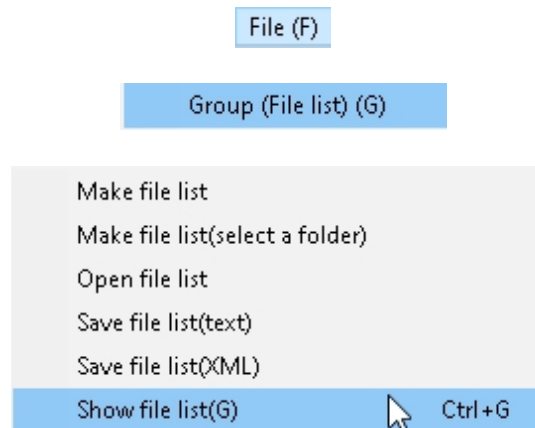
ファイルはXMLでフォーマットされ、先頭に一般的なライン情報があり、次に各ファイルIDのショット位置、ジオフォンの位置、受信間隔、補助チャンネル番号が続く。

```

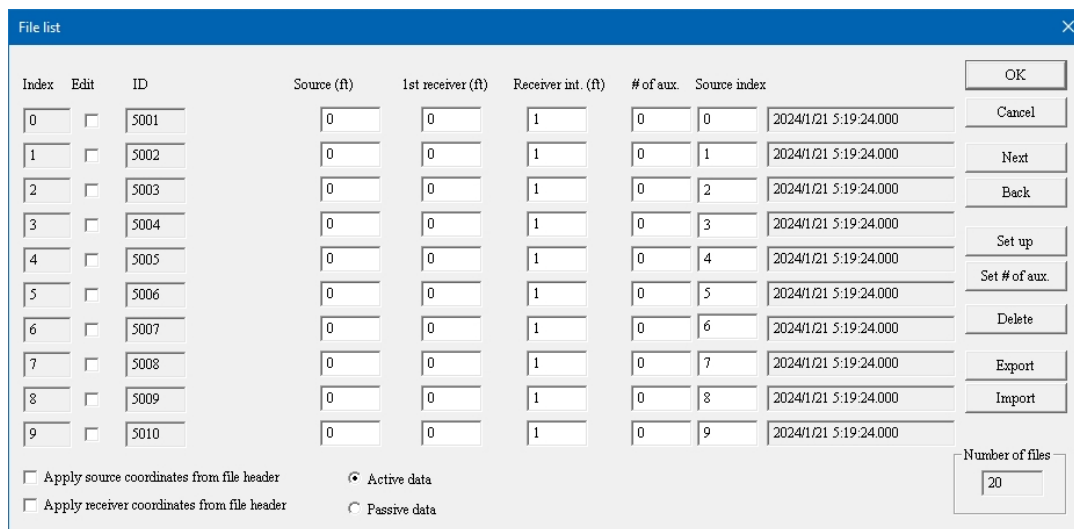
<?xml version="1.0" encoding="Shift_JIS" ?>
- <line>
  <line_name>line_name</line_name>
  <line_id>0</line_id>
  <sxw_menu>0</sxw_menu>
  <file_type>0</file_type>
  <apply_source_position>0</apply_source_position>
  <apply_receiver_position>0</apply_receiver_position>
- <file_list>
  - <file>
    <file_name>sxlb0201.sg2</file_name>
    <id>201</id>
    <file_type>0</file_type>
    <shot_distance>-0.500000</shot_distance>
    <first_receiver>0.000000</first_receiver>
    <receiver_interval>1.000000</receiver_interval>
    <number_of_auxiliary>0</number_of_auxiliary>
  </file>
  - <file>
    <file_name>sxlb0202.sg2</file_name>
    <id>202</id>
    <file_type>0</file_type>
    <shot_distance>0.500000</shot_distance>
    <first_receiver>0.000000</first_receiver>
    <receiver_interval>1.000000</receiver_interval>
    <number_of_auxiliary>0</number_of_auxiliary>
  </file>

```

6.1.5.6 ファイルリストを表示 [CTRL+G]



File list ダイアログボックスを開くには、*Show file list* を選択します。**ファイル リスト** ダイアログ ボックスが表示され、サブジェクト データセットの現在のジオメトリ割り当てが反映されます。

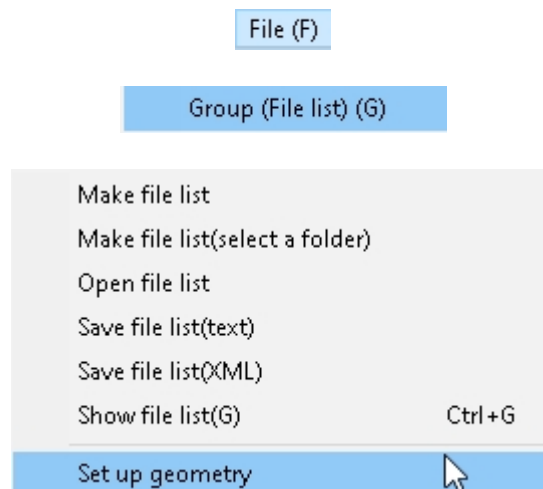


Index	Edit	ID	Source (ft)	1st receiver (ft)	Receiver int. (ft)	# of aux.	Source index
0	<input type="checkbox"/>	5001	0	0	1	0	0
1	<input type="checkbox"/>	5002	0	0	1	0	1
2	<input type="checkbox"/>	5003	0	0	1	0	2
3	<input type="checkbox"/>	5004	0	0	1	0	3
4	<input type="checkbox"/>	5005	0	0	1	0	4
5	<input type="checkbox"/>	5006	0	0	1	0	5
6	<input type="checkbox"/>	5007	0	0	1	0	6
7	<input type="checkbox"/>	5008	0	0	1	0	7
8	<input type="checkbox"/>	5009	0	0	1	0	8
9	<input type="checkbox"/>	5010	0	0	1	0	9

Apply source coordinates from file header Active data
 Apply receiver coordinates from file header Passive data

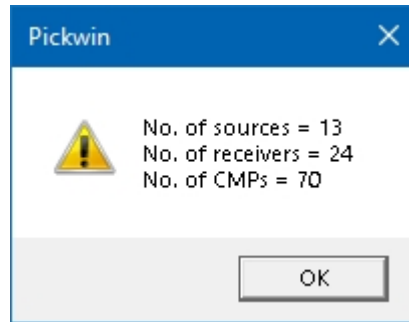
Number of files: 20

6.1.5.7 ジオメトリの設定

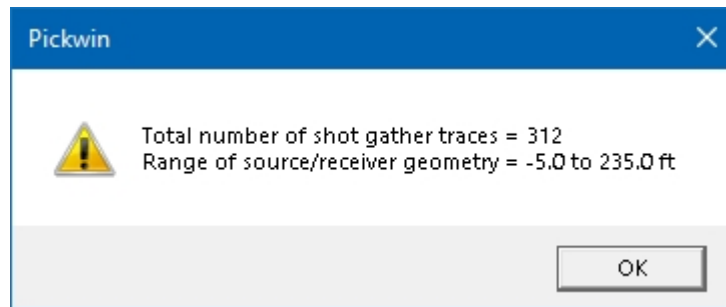


SeisImager/SW の 2D MASW 処理では、分散計算の前に CMP 位置の計算が必要です (3.3.1 節40 ページ) 参照)。
震源位置と受信位置を含む 2D MASW ファイルリストは、CMP 位置を求めるために使用されます。

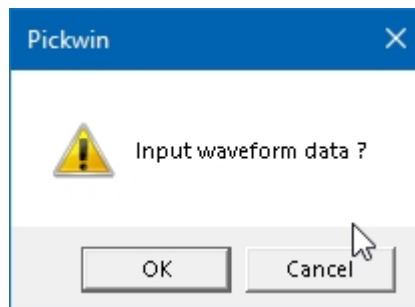
2D MASWファイルリストのCMP位置を計算するには、**ジオメトリの設定**を選択します。最初に、ソース座標とレシーバー座標を使用して CMP の数と位置が計算されます。ファイルリストで検出されたソースとレシーバーの数と、ソースとレシーバーの座標から計算されたCMPの数のレポートが表示されます。OKを押します。



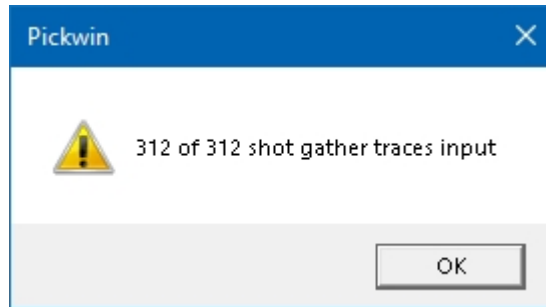
次に、波形トレースの総数と測量ジオメトリの最大範囲が計算され、レポートされます。OKを押します。



ここまで、波形は個々のトレースではなく、トレースの集合体として扱われてきた。当然ながら、撮影時には、トレースは共通のショット位置によってショットレコード（または「ショットギャザー」）に集められる。この時点で、各トレースの波形には個別にCMP座標が割り当てられ、後のステップでトレースをCMP位置ごとにCMP相互相関ギャザーに組み立てることができます。前の計算でエラーが検出されなければ、OKを押して波形データを入力する。



CMP座標が割り当てられたトレースの数が報告され、前に報告されたショットギャザートレースの合計と同じになるはずで、OKを押す。



完了すると、ソースとレシーバのジオメトリのプロットが表示されます。

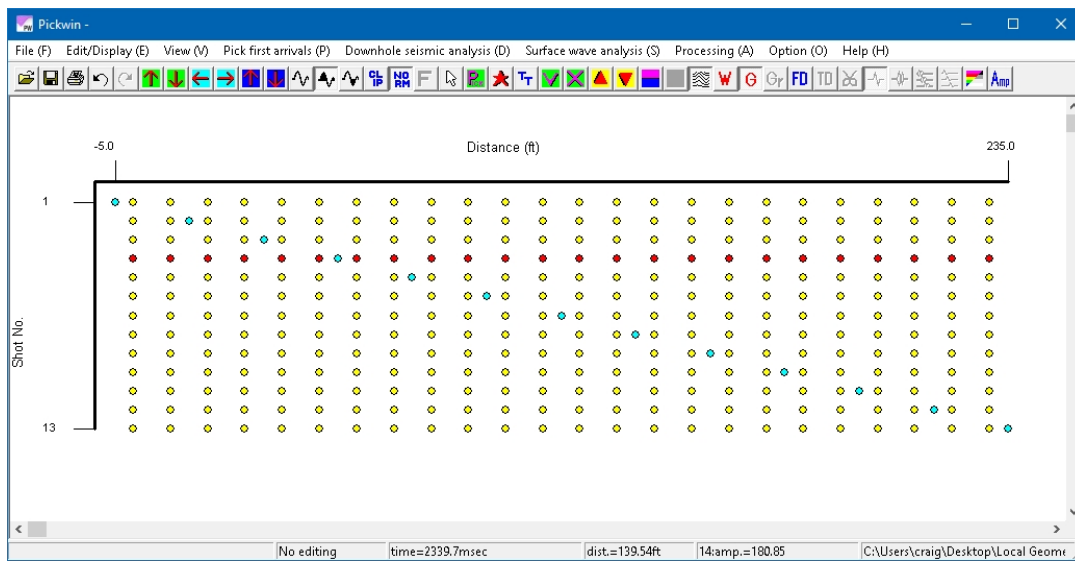






図114: ソースとレシーバーのジオメトリ。

表 11 は、ジオメトリ・プロットで使用されるすべての属性をまとめたものである。横軸-距離は測量線に沿った距離である。縦軸のショット番号は、データが順次収集されたときのショット番号である。

サークル/ドットカラー	意味
ティールブルー	シュートポイント
イエロー	トレースが読み込まれたレシーバー。
ダークブルー	トレースが読み込まれていないレシーバー。
レッド	トレースが選択され、波形表示で確認できるレシーバー。
ブラック	格子点（実際のジオメトリでは意味がない）。

表 11: 2次元MASW ジオメトリ・プロットの属性。

ジオメトリ・ビューでは、"Show previous waveform"（前の波形を表示 ）と "Show next waveform"（次の波形を表示 ）ボタンを使用して、表示する波形ショット・レコードを選択できます。これらのボタンは、波形ビューで波形スクロールするためにも使用できます。これらのボタンは、波形ビューで波形ファイルをスクロールするのにも使用できます。Waveform  と Geometry  ボタンを押すと、ビューが切り替わります。

エラーが発生し、波形データが入力されていない場合、ジオメトリ・プロットでは、波形トレースが欠落している各受信機に濃い青色の丸が表示されます。入力エラーが発生した場合は、すべてのデータセットファイルが1つのディレクトリにあることと、ジオメトリの割り当てが正しいことを再確認し、ジオメトリの設定プロセスからやり直してください。

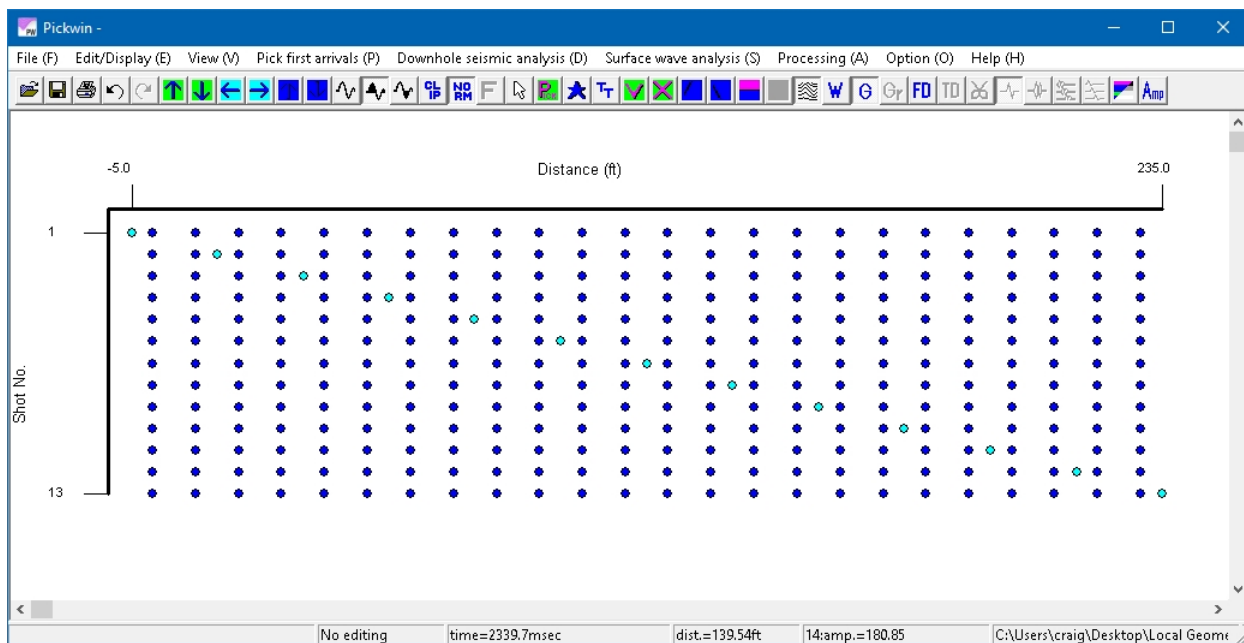
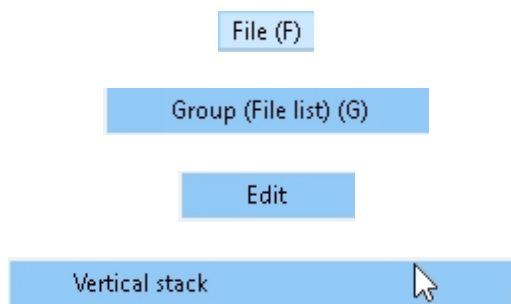


図115: ソースとレシーバーのジオメトリ。青丸はこれらの点のトレースが欠けていることを示す。

6.1.5.7.1 垂直スタック



垂直スタッキングは、AtomまたはMcSeis-MT Neo収集ユニットを使用したMASWデータ収集の後に最も採用される。垂直スタッキングは、MASWインバージョンに至るプロセスの一部です。一般的なプロセスは以下の通りです：

1. Atomファイルのイベントを検出（SPACPlus）。
2. ショットギャザーを切り出し、SEG-2ファイル（SPACPlus）として保存します。ファイルはファイルリストとして保存される。
3. SPACPlusで作成したファイルを使用するか、PickwinでSEG-2ファイルのファイルリストを作成する。
4. ピックウィンでシュートを重ねる。

5. 撮影ジオメトリーを設定する。

6. 通常通り処理する（セクション4、54ページ）。

データをスタックするには、まずショットギャザーにソースインデックスを割り当てる必要があります。スタックするショットレコードの各セットは、同じソースインデックスを持っている必要があります：

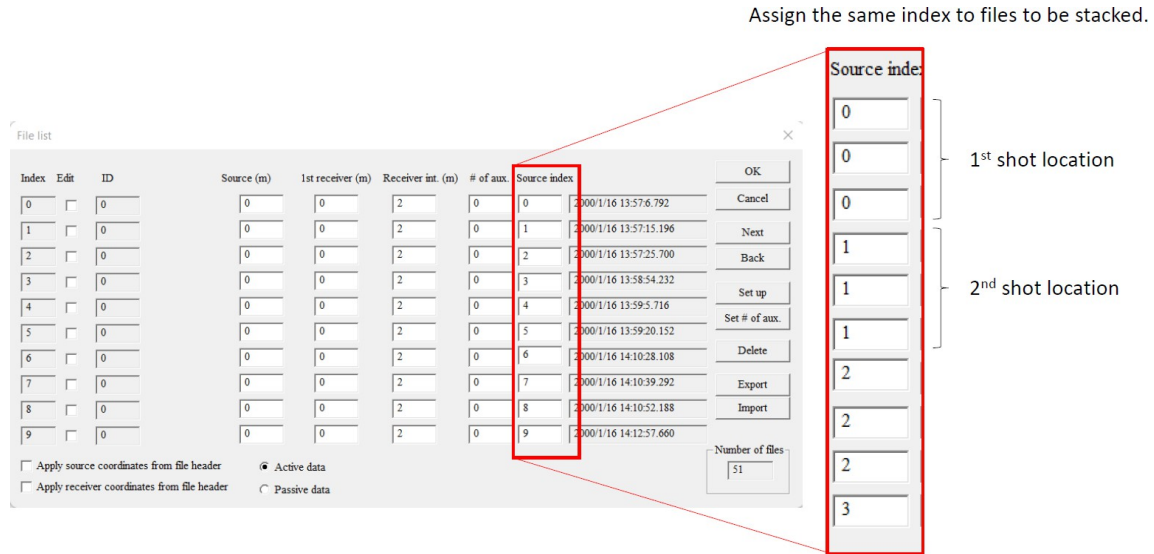
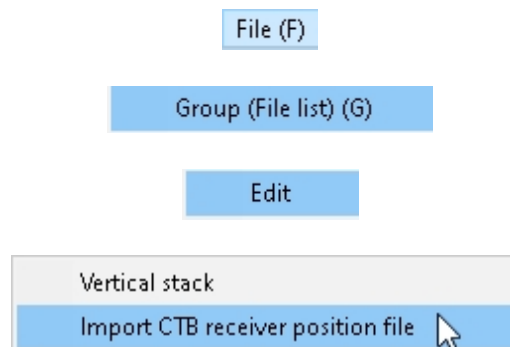


図116: 垂直スタッキング前のソースインデックスの設定。

ソース・インデックスが更新されたら、File| Group (File List)| Edit| Vertical stack を選択します。レコードがスタックされて表示され、スタックされたレコードのパスとファイル名が波形表示の下に表示されます。

6.1.5.7.2 CTB受信ポジションファイルのインポート



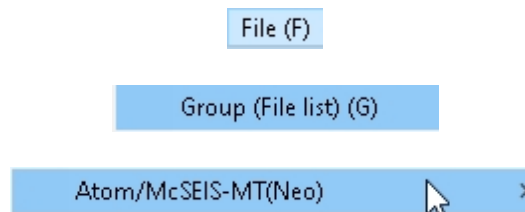
前述したように、AtomとMcSeis MT Neo地震計は連続記録を行います。それぞれの地震サンプルには、GPSで参照されたUTC時間がタグ付けされます。これらの1チャンネルまたは3チャンネルのモジュールを使用してセットアップする過程で、モジュールの電源は非同期的に投入され、一部のモジュールは他のモジュールよりも早くデータ記録を開始します。すべてのモジュールが起動し、記録されると、実際のデータ収集が開始されます。このため、各モジュールのデータの多くはゴミとなり、その程度はモジュールによって異なる。

これは、Geodeのような地震計を使用する従来の方法とは大きく異なり、すべてのチャンネルが同時に記録を開始し、しばしばソーストリガーを参照する。

AtomまたはMcSeis MT データを処理する前に、Geodeまたは他の従来地震計で取得したように、前処理を行い、従来のSEG-2フォーマットに保存する必要があります。

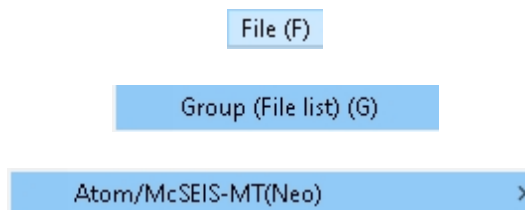
SPACPlusは生のAtomまたはMcSeis MT Neoファイルを読み込みます。そして、すべてのモジュールからのデータを自動的に検査し、「共通時間ブロック」に分割する。典型的なMASW調査では、3つの共通時間ブロックがあります。1つは「ハドルテスト」（Atom/SPACPlusのマニュアルを参照）、1つはアクティブデータ、1つはパッシブデータです。これらの共通タイムブロックは、SeisImager/SWとWaveEQを使用してMASW処理を行うためにSEG-2形式で保存することができます。

6.1.5.8 atom/mcseis-mt(neo)



続ける。

6.1.5.8.1 atom/mcseis(neo)のファイルを開き、ファイルリストを作成する。

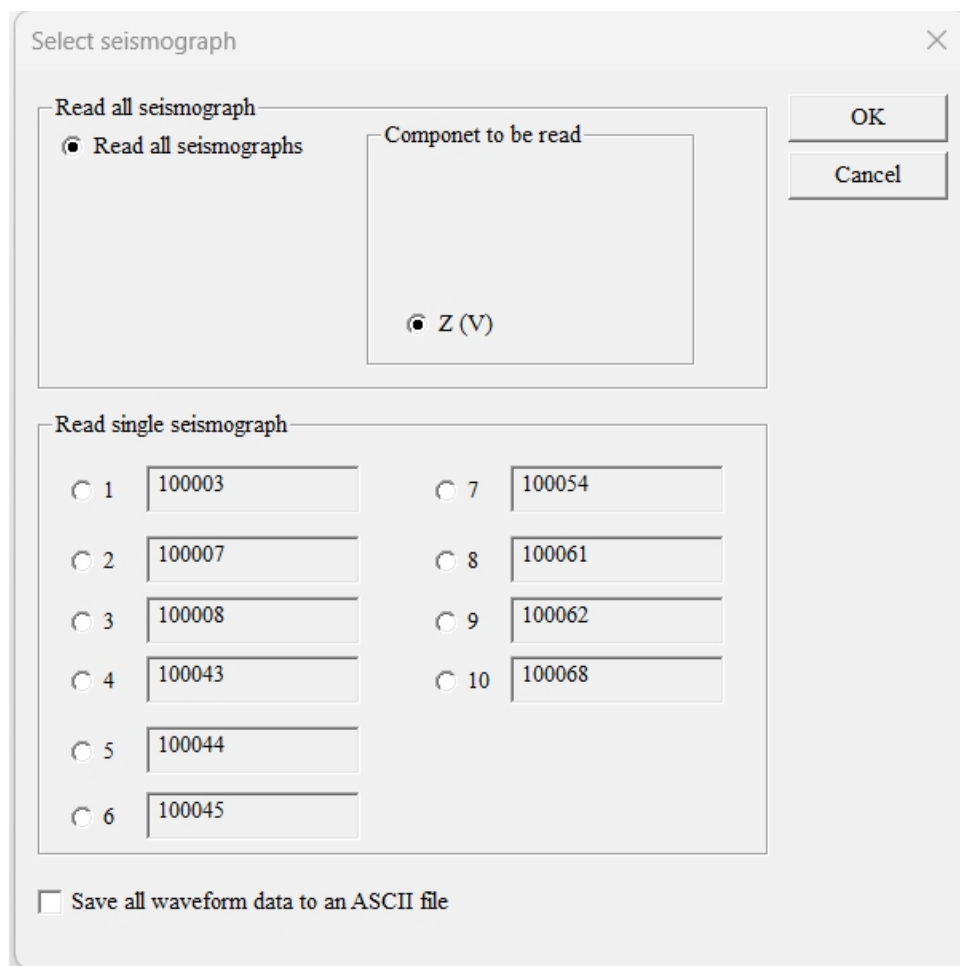


Open Atom/McSEIS-MT(NEO) files and make file list

注: この機能は便宜上ここに含まれていますが、SPACPlusを使ってデータを「共通時間ブロック」に前処理し、SEG-2ファイルに保存することをお勧めします。SPACPlusには、通過車両などのパッシブデータからノイズイベントを除去するツールなど、便利なツールが用意されています。これらのツールはここでは利用できない（SPACPlusのマニュアルを参照）。

この機能は、生のAtomまたはMcSeis MT Neoファイルのグループを開き、ファイルリストを作成し、一連のSEG-2ファイルとして自動的に保存されます。

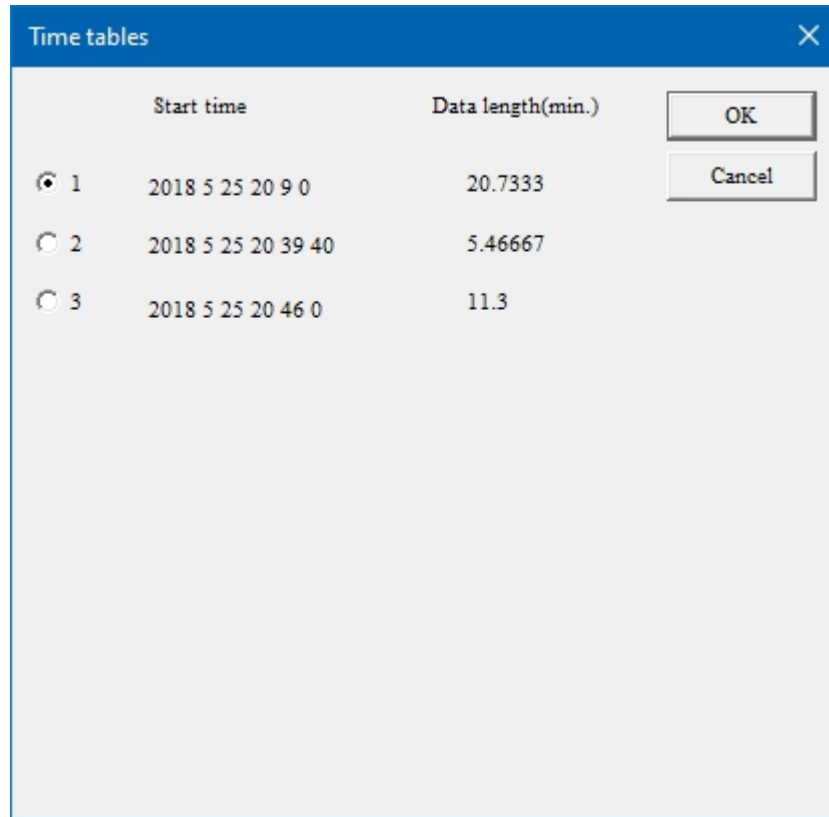
ファイルのある選択します。以下の画面が表示されます:



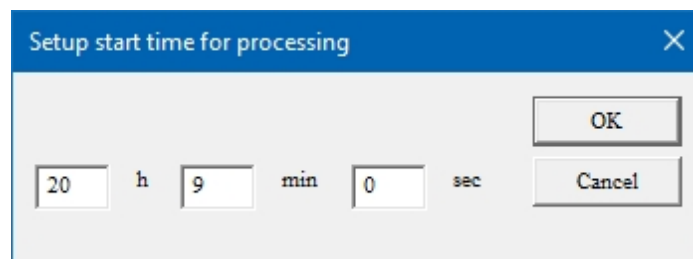
どの地震計の読み込みたいかを選択します（一般的にはすべての地震計のデータを一度に読み込みたいでしょう。）次に、どのコンポーネントを読み込むかを指定します。多くの場合、単一チャンネルユニットを使用することになり、その場合、検出される単一成分はZ（垂直）と仮定されます。

グループファイルを作成する過程で、すべてのAtom/McSeisデータをASCII波形ファイルに保存することもできます。

OKを押すと以下のように表示される:



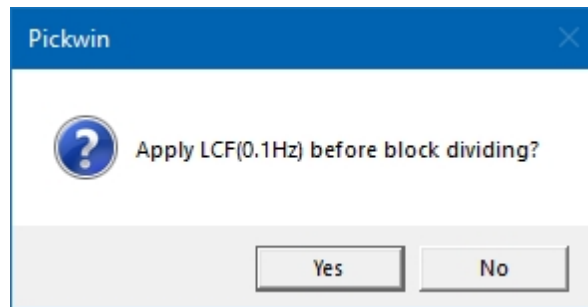
これは3つのデータブロックが検出されたことを示している。それぞれの地震計は3回オンとオフを繰り返した。各データブロックの先頭には日付とUTC時刻が記されている。この場合、最初のデータブロックから始めます。OKを押すと、開始時刻を編集する機会が与えられます:



もう一度OKを押すと、次のようなジオメトリー表示が。

MTNeo Geometry													
Number of seismographs =		10										OK	
Number of traces =		10											
Number of samples =		311000											
	Latitude	Longitude	X (m)	Y (m)	Spacings (m)								
100003	37.400425	-121.888982	598334.88	4139873.44	100068	100062	100061	100054	100045	100044	100043	100008	100007
100007	37.400603	-121.889035	598329.93	4139893.17	25.46	32.55	32.44	17.60	29.06	49.41	44.10	25.52	
100008	37.400833	-121.889038	598329.33	4139918.69	9.15	21.55	12.54	8.80	23.50	39.34	26.68	25.52	
100043	37.400743	-121.889280	598308.06	4139908.45	25.39	33.63	16.32	32.20	40.19	45.10	23.61		
100044	37.400628	-121.889478	598290.65	4139895.48	18.80	16.09	15.71	26.52	23.86	21.70			
100045	37.400528	-121.889283	598308.04	4139884.59	30.26	18.01	33.37	34.08	20.52				
100054	37.400548	-121.889107	598323.66	4139887.00	16.38	7.78	24.22	15.79					
100061	37.400698	-121.889112	598323.02	4139903.63	8.21	16.18	16.65						
100062	37.400598	-121.889278	598308.40	4139892.36	9.15	18.46							
100068	37.400618	-121.889137	598320.91	4139894.73	12.73								

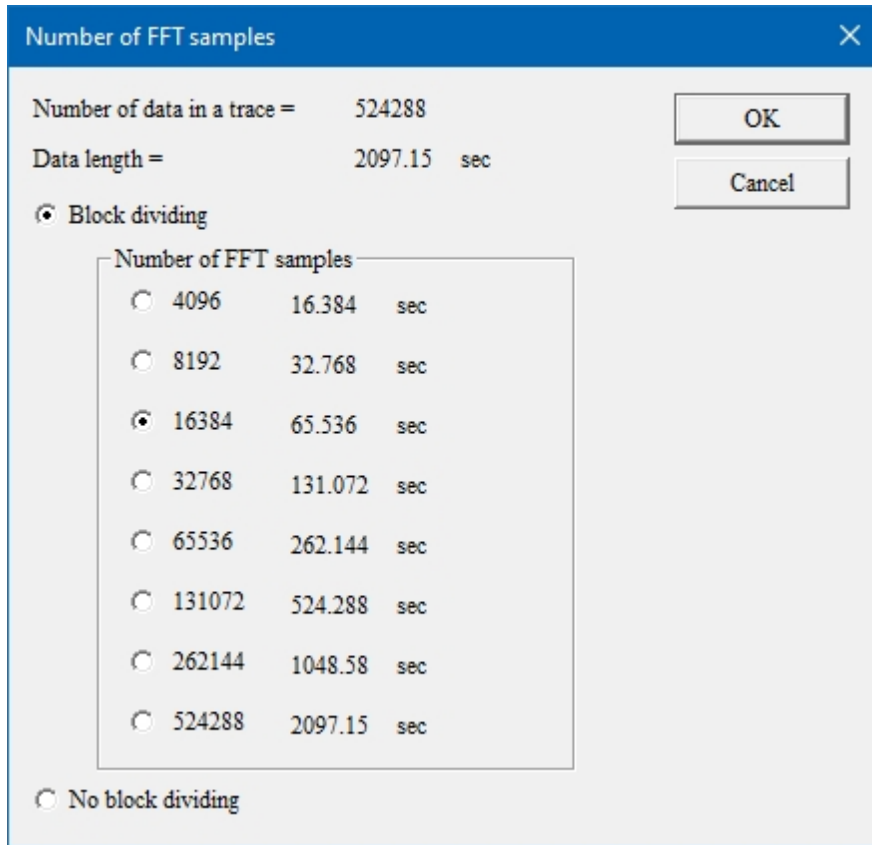
表面波ファイル、特にパッシブデータのファイルは非常に長く（そして大きく）なる傾向がある。管理しやすくするために、各トレースを一連の短いトレースに分割するのが通常望ましい。その前に、データに0.1Hzのローカットフィルターをかけることができます：



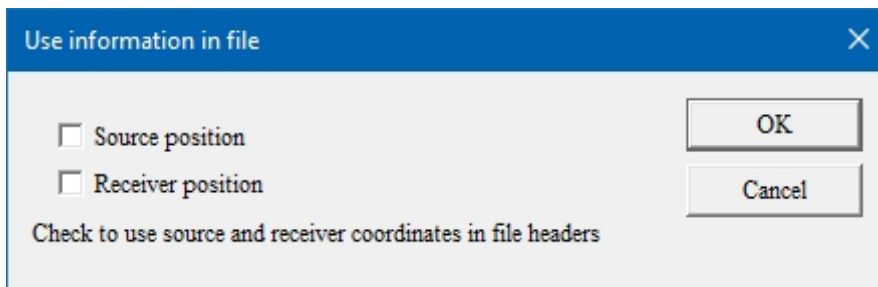
一般的にフィルターは必要なく、強い直流成分がない限り、ここでNoを押すべきである。

次のダイアログボックスでは、"ブロック分割"の有効/無効を設定し、各"サブ"トレースの長さを設定する。一般的には、16kまたは32kサンプル（またはそれ以下）のトレースで作業するのが望ましい。標準的なパッシブ・データのサンプル間隔を4ミリ秒とすると、これは1分または2分に相当する。

トレース長を選択し、OKを押す。



次に、ソースとレシーバの位置をファイルヘッダから読み込むかどうかを尋ねられる。この情報は空間自己相関の前に取り込まれます。



OKを押す。

ファイルリストが表示されます。データがパッシブかアクティブかを指定し、OKを押します。



File list

Index	Edit	ID	Source (m)	1st receiver (m)	Receiver int. (m)	# of aux.	Source index
0	<input type="checkbox"/>	0	0	0	1	0	0
1	<input type="checkbox"/>	1	0	0	1	0	0
2	<input type="checkbox"/>	2	0	0	1	0	0
3	<input type="checkbox"/>	3	0	0	1	0	0
4	<input type="checkbox"/>	4	0	0	1	0	0
5	<input type="checkbox"/>	5	0	0	1	0	0
6	<input type="checkbox"/>	6	0	0	1	0	0
7	<input type="checkbox"/>	7	0	0	1	0	0
8	<input type="checkbox"/>	8	0	0	1	0	0
9	<input type="checkbox"/>	9	0	0	1	0	0

Apply source coordinates from file header Active data
 Apply receiver coordinates from file header Passive data

OK Cancel Next Back Set up Set # of aux. Delete Export Import

Number of files: 37

各トレースの最初のデータブロックが表示される。この場合、各1チャンネルのアトムが10個あり、時間ブロックは37個ある。  ボタンを使ってタイムブロックをスクロールすることができる。各タイムブロックはすでに SEG-2 ファイルとして保存されており、そのパスはトレース表示の下に表示されます。

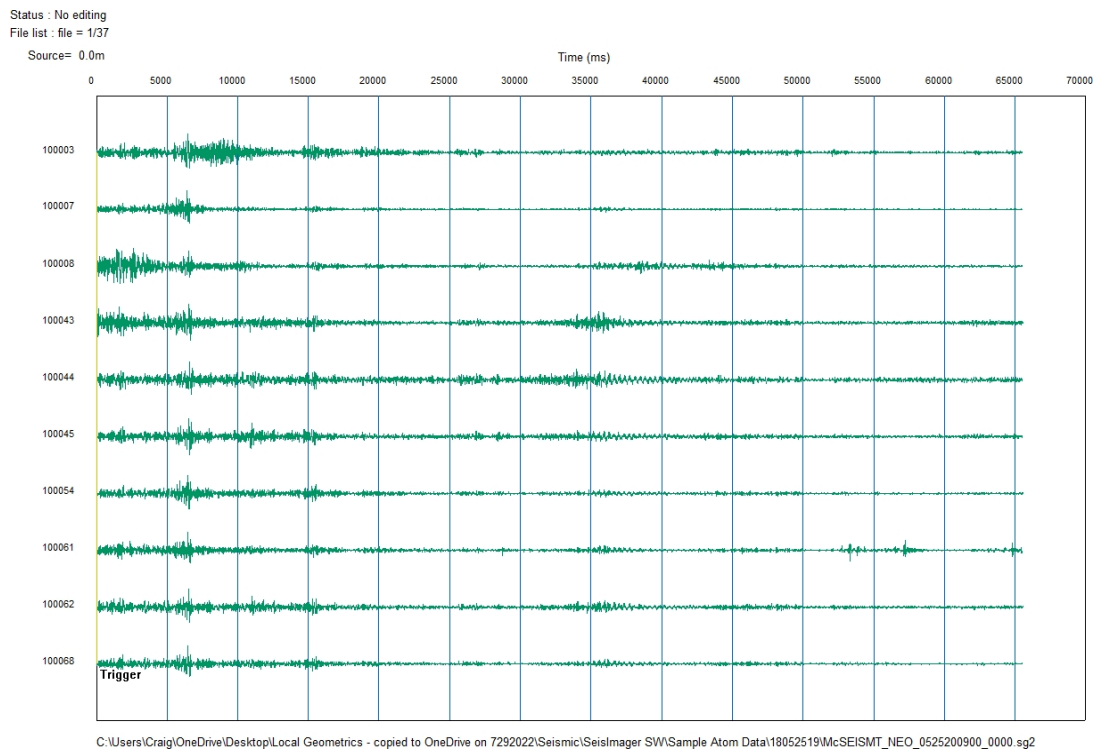
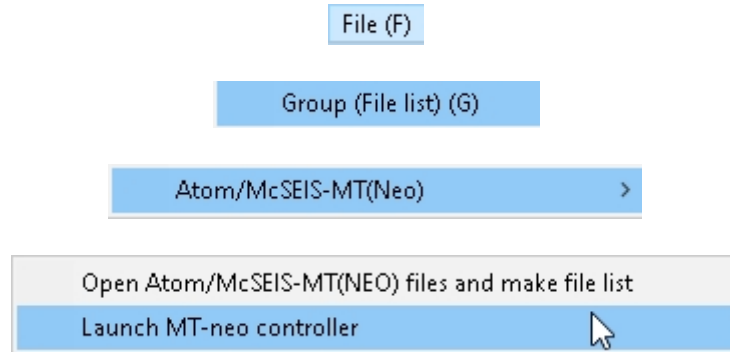


図17: AtomまたはMcSeisからの波形表示。

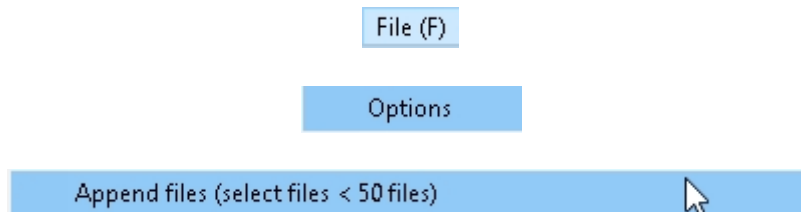
これで通常通りの手続きができます。[A-5](#)ページのステップ3をご覧ください。

6.1.5.8.2 MT-NEOコントローラーを起動



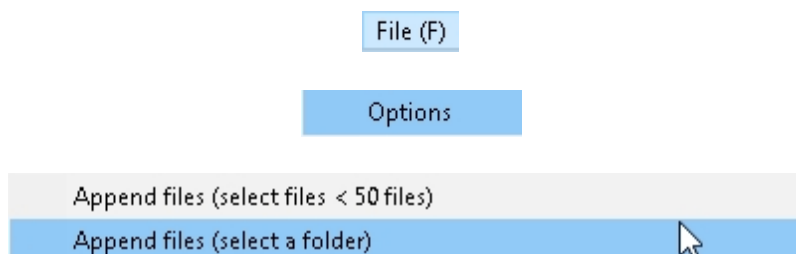
Pickwinは、応用地質株式会社のMcSeis MT Neo地震計のデータ収集コントローラとして使用できます。この機能はそのコントローラを起動します。

6.1.5.9 ファイルを追加 (ファイルを選択< 50ファイル)



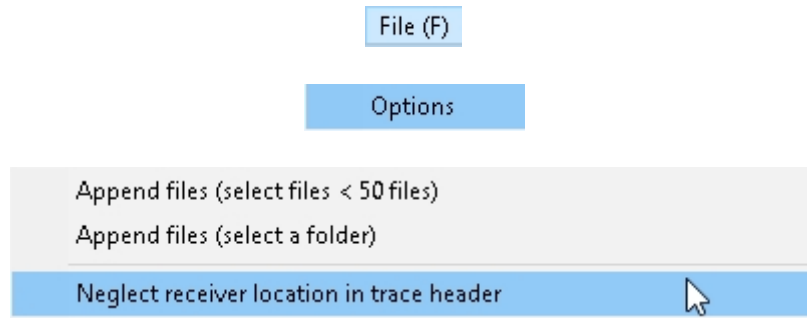
この機能により、ファイル読み込みダイアログボックスが開き、最大49個のSEG-2ファイルを選択して一緒に追加することができます。

6.1.5.10 ファイルを追加する (フォルダを選択)



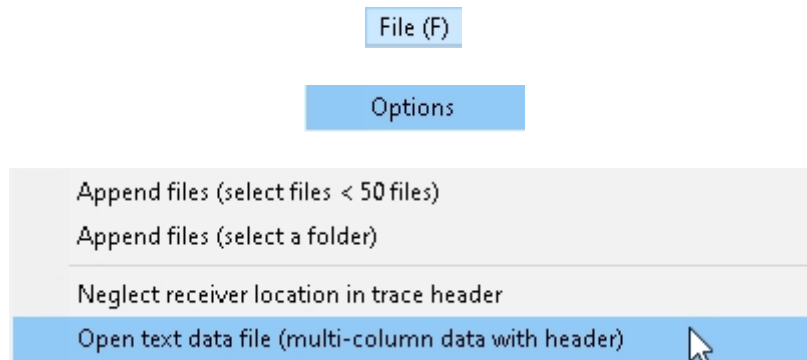
この機能は、選択したフォルダ内のすべてのファイルをまとめて追加します。まとめて追加するファイル数が多い場合に便利です。

6.1.5.11 トレースヘッダ内のレシーバの位置を無視する



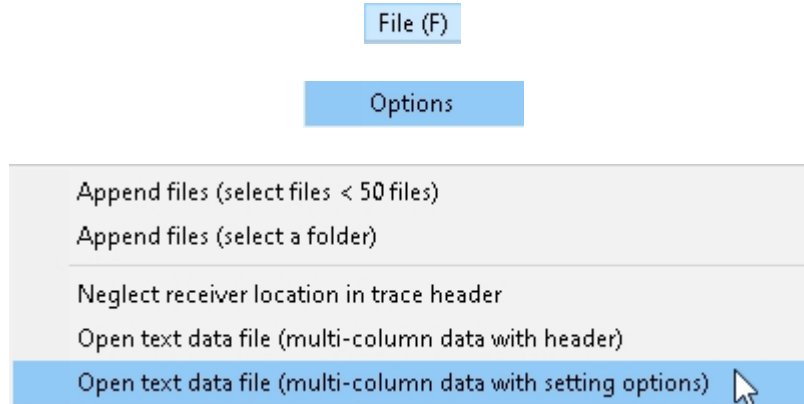
現地でトレースヘッダーに正しい受信位置を記録しなかった場合、このオプションを選択することで、トレースヘッダーを無視することができます。

6.1.5.12 テキストデータファイルを開く（ヘッダー付き複数カラムデータ）

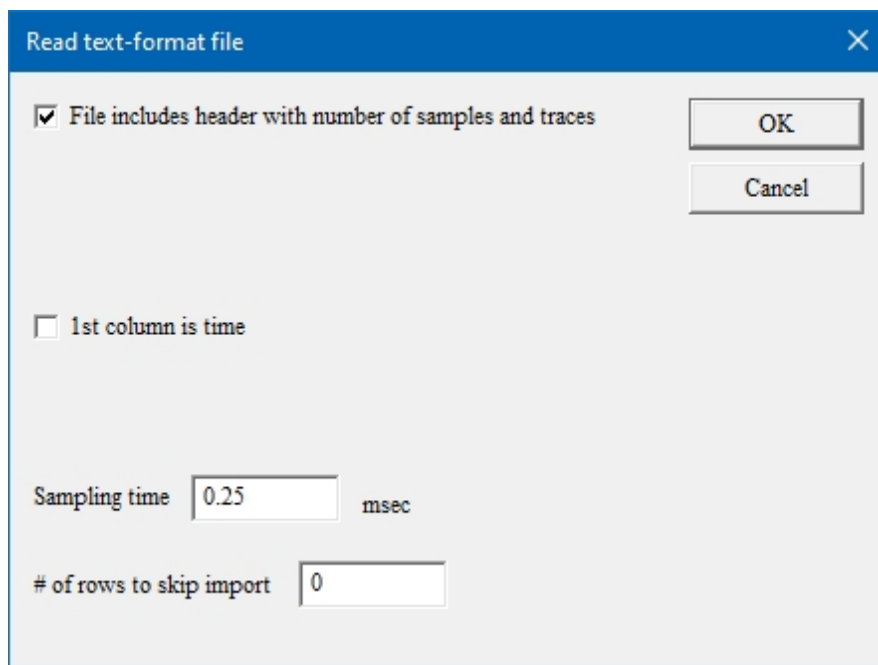


このオプションを選択すると、ASCII テキスト形式で保存した波形ファイルを開くことができます（[下記6.1.5.14](#) セクションを参照）。

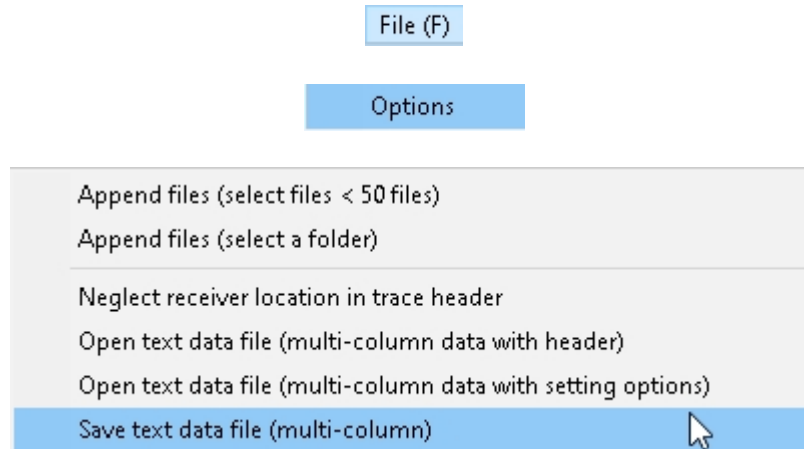
6.1.5.13 テキストデータファイルを開く（設定オプション付き複数カラムデータ）



このオプションを選択すると、ASCII テキスト形式で保存した波形ファイルを開くことができます（[下記6.1.5.14](#)をセクション参照）。この場合、以下のパラメータを入力するプロンプトが表示されます：

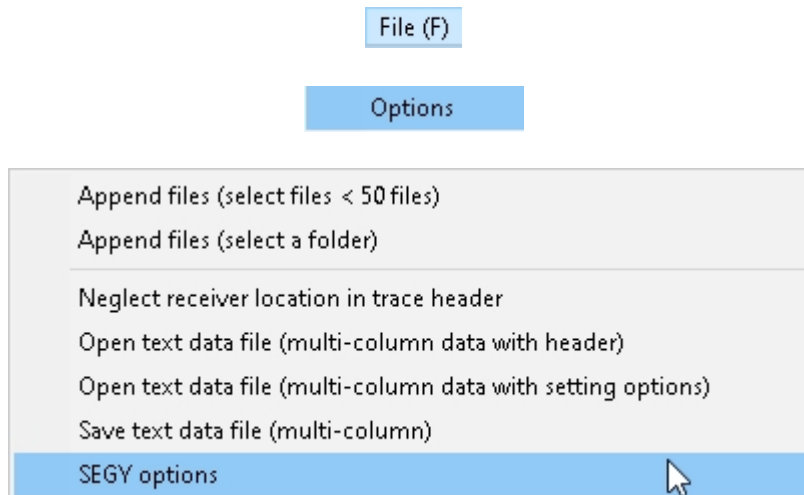


6.1.5.14 テキストデータファイルの保存（マルチカラム）

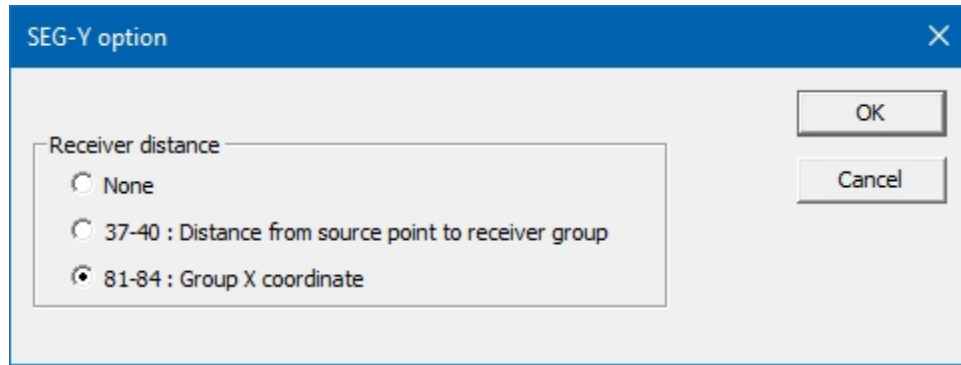


波形ファイルを ASCII テキスト・保存できます。波形ファイルを読み込んで、テキスト・データ・ファイル（マルチカラム）を保存を選択します。ファイル名を入力するプロンプトが表示されます。

6.1.5.15 セギーオプション



この項目を選択すると、以下のダイアログが表示されます：



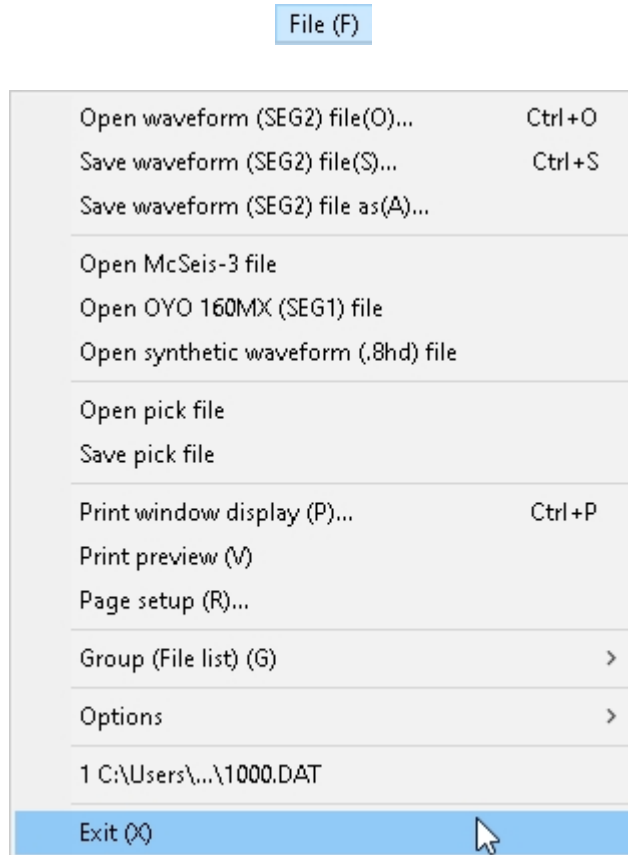
受信距離または座標の適切なヘッダー位置を選択する。フィールドに記録されていない場合は、*None*を選択する。

6.1.6 最近のファイル

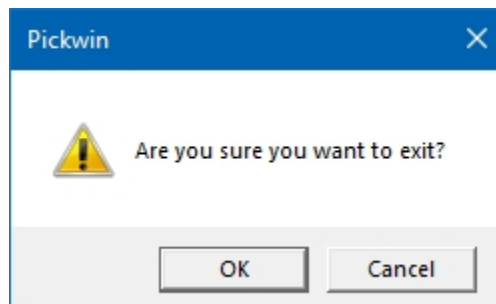


Pickwinで最後に開いた4つのファイルが**ファイル**メニューに表示されます。これらのファイルを開くには、ファイルをクリックしてください。

6.1.7 退場



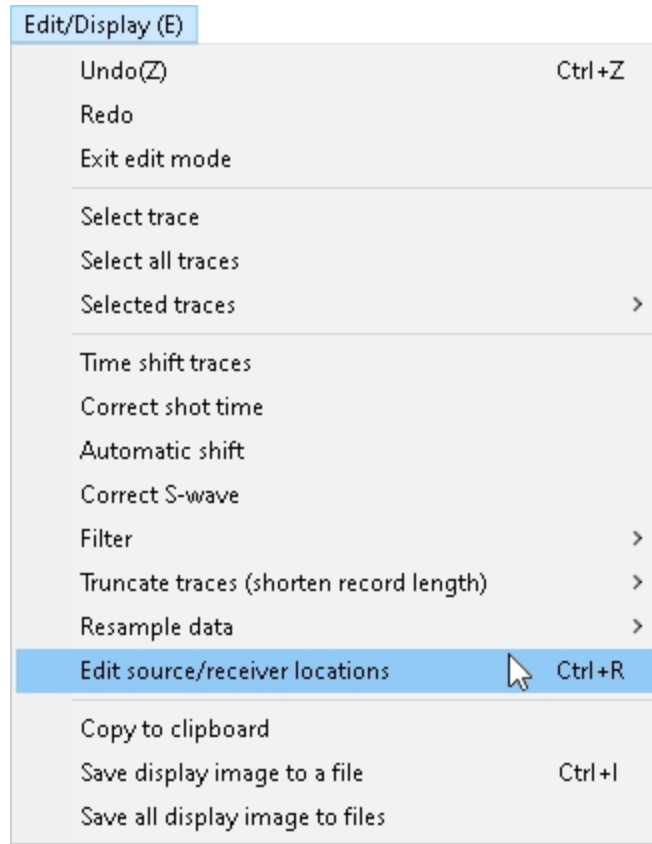
Pickwin モジュールを終了するには、**終了**を選択します。次のダイアログボックスが表示されます：



OKを押してPickwinを終了するか、キャンセルを押してPickwinの使用を続行します。

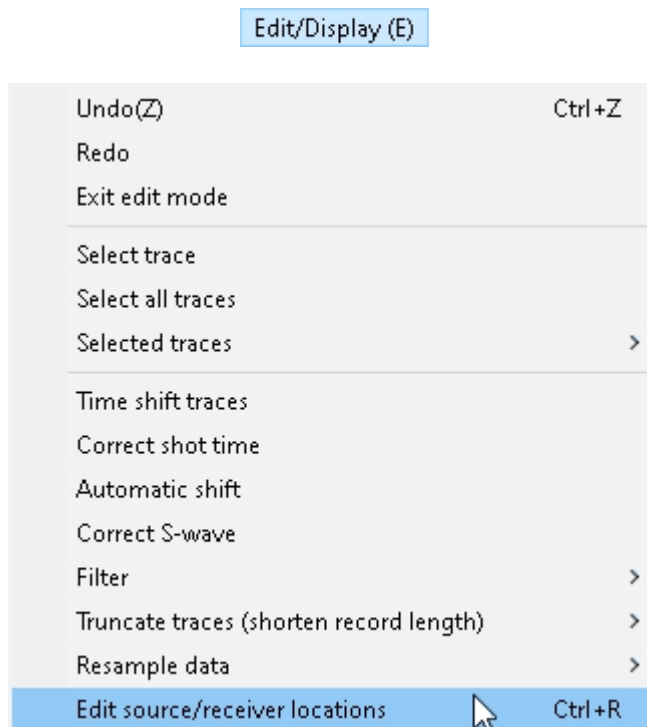
6.2 編集/表示メニュー

このセクションでは、表面波データ処理に必須または独自に使用される単一の**編集/表示**メニュー機能を取り上げます。SeisImager/SW と SeisImager/2D に共通する **Edit/Display** メニュー機能については、別冊の SeisImager/2D [マニュアル](#)を参照してください。



} 次のセクション
(6.2.1)を
参照。

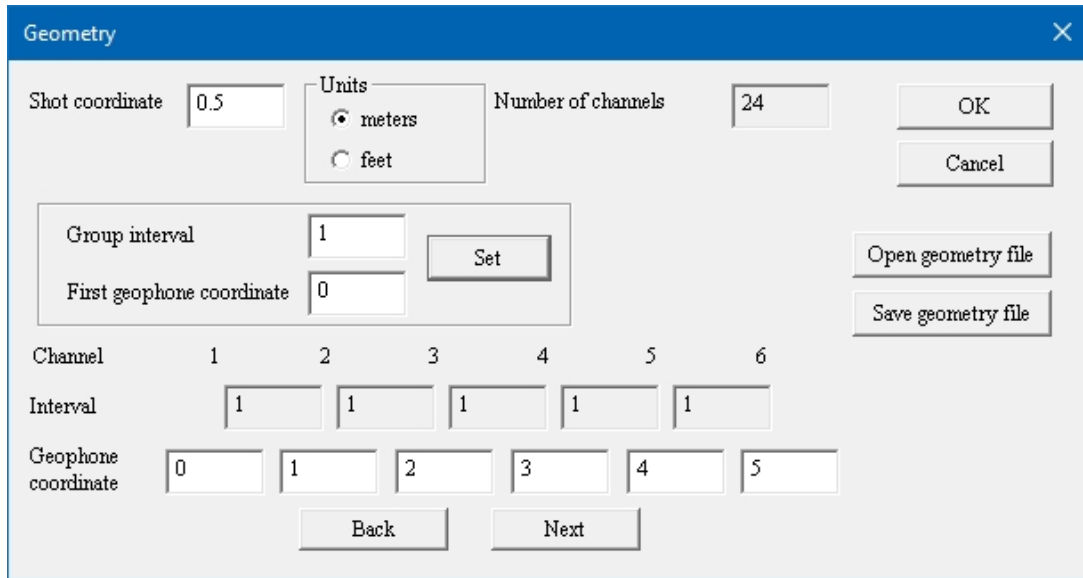
6.2.1 ソース／レシーバーの場所を編集する [CTRL+R]



ディスプレイやダイアログボックスに表示されるユニットラベルを変更するには、*Edit source/receiver locations* を選択して **Geometry** ダイアログボックスを開きます。

ジオメトリ (Geometry) ダイアログ・ボックスでは、単位を選択でき、波形の取得時にファイル・ヘッダに保存された座標、または現在表示されている1つの波形ファイルのファイル・リストに保存された座標を表示します。

単位ラベルを設定するには、メートルとフィートから選択する。単位設定は、35m/secまたは150ft/sである最小位相速度のデフォルト値も更新します。一度設定すると（そしてPickwinを閉じると）、割り当てられた単位はその後のプログラムの使用時に呼び出されます（**新しい単位設定を登録するにはPickwinを閉じる必要があります**）。



Geometry

Shot coordinate Units meters feet Number of channels OK Cancel

Group interval Set First geophone coordinate Open geometry file Save geometry file

Channel	1	2	3	4	5	6
Interval	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>	
Geophone coordinate	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="5"/>

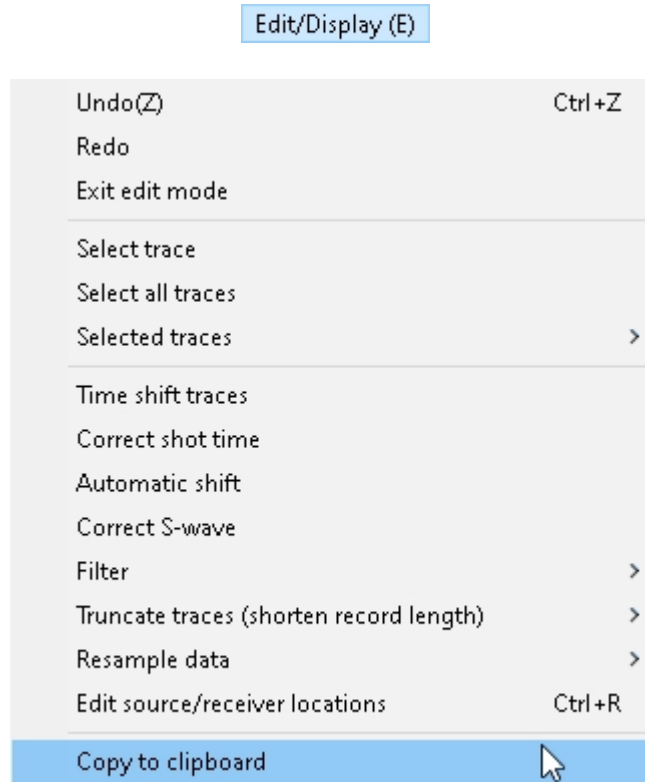
Back Next

ジオメトリダイアログボックスは、1D MASW のシングルショット記録のソース-レシーバジオメトリの設定や編集にも使用できます。2D MASW の場合は、*File list* と *Set up geometry* 機能を使用します。

単一の 1D MASW ショット記録のジオメトリを設定または編集するには、*ショット座標*にショットの位置を入力します。*Group interval* と *First geophone coordinate* を入力し、*Set* を押してすべての *Geophone 座標*を計算する。*Next* と *Back* を使って、6 チャンネル座標値をスクロールすることができる。完了したら *OK* を押して、変更を適用します。変更を保存するには、**File** メニューから *Save SEG2 file* を選択して新しい SEG-2 ファイルを保存する必要があります。

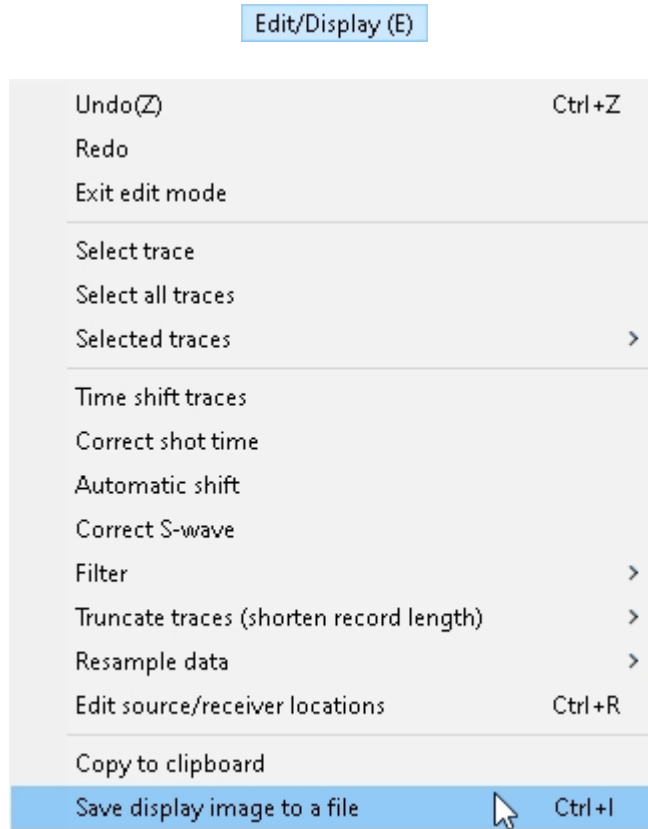
。

6.2.2 クリップボードにコピー



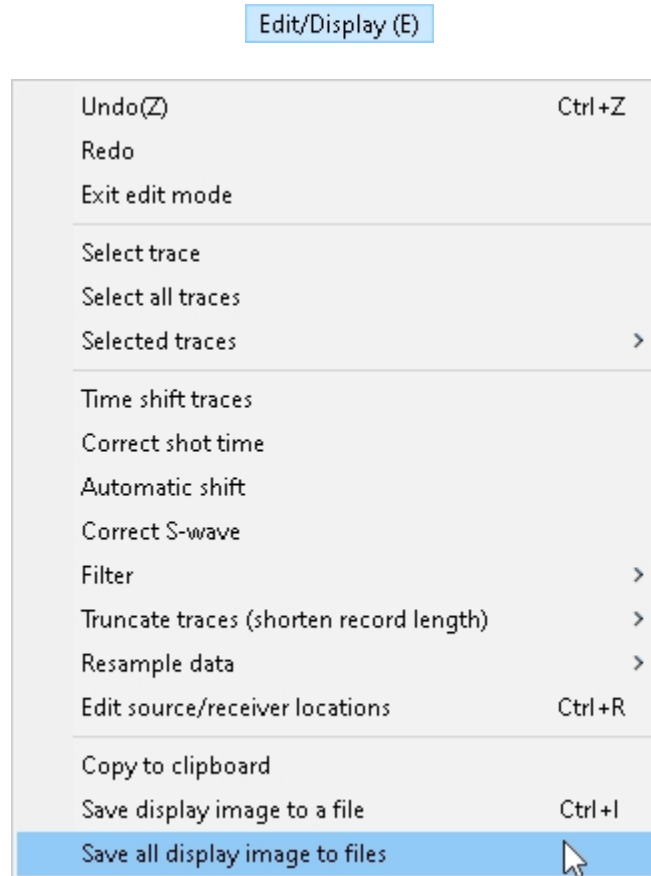
この機能は、画面上にあるものは何でもクリップボードにコピーする。その後、Microsoft Word[®]などのサードパーティ製アプリケーションに貼り付けることができます。

6.2.3 表示画像をファイルに保存 [CTRL+I]



この機能は、画面に表示されているものをPNG、JPG、BMP、またはGIF保存します。

6.2.4 すべての表示画像をファイルに保存する



ファイルリストで作業している場合、この機能はファイルリスト内のすべてのショットギャザー（または位相速度画像）をPNG、JPG、BMP、またはGIFファイルに保存します。

6.3 表面波解析メニュー

表面波解析メニューには、位相速度の計算や分散曲線のピックアップに必要な機能が含まれています。メニューは5つのセクションに分かれており、一番上は1D MASW（アクティブ）およびMAM（パッシブ）データ処理に関連する機能、2番目は1D MAM（パッシブ）データ処理（SPAC）、3番目は2D/3D MASW（アクティブ）およびMAM（パッシブ）データ処理、4番目はH/Vデータ処理、5番目は詳細オプションです。SeisImager/SW-1Dをご購入の場合、3番目のセクションはグレーアウトされています。SeisImager/SW-2Dをご購入の場合は、5つのセクションすべてがアクティブになります。

Surface wave analysis (S)

- Phase velocity-frequency transformation Ctrl+D
- Stack as Shot Cross-Correlation (SCC) gathers (1D active data)
- Pick phase velocities (1D)
- Show phase velocity curve (1D) <launches WaveEq>
- Calculate Shot Cross-Correlation (SCC) gathers >

- Spatial Autocorrelation (SPAC) for 1D passive data

- Calculate CMP Cross-Correlation (CMPCC) gathers
- Phase velocity-frequency transformation and picking (2D/3D)
- Show phase velocity curves (2D/3D) <launches WaveEq>

- Calculate Fourier spectrum
- Show H/V spectrum <launches WaveEq>

- Advanced options >

{ 1D機能 (アクティブおよびパッシブ)
 { 1Dファンクション (パッシブ)
 { 2D/3D機能 (アクティブ/パッシブ)
 { H/V機能

6.3.1 位相速度-周波数変換 [CTRL+D]

Surface wave analysis (S)

Phase velocity-frequency transformation

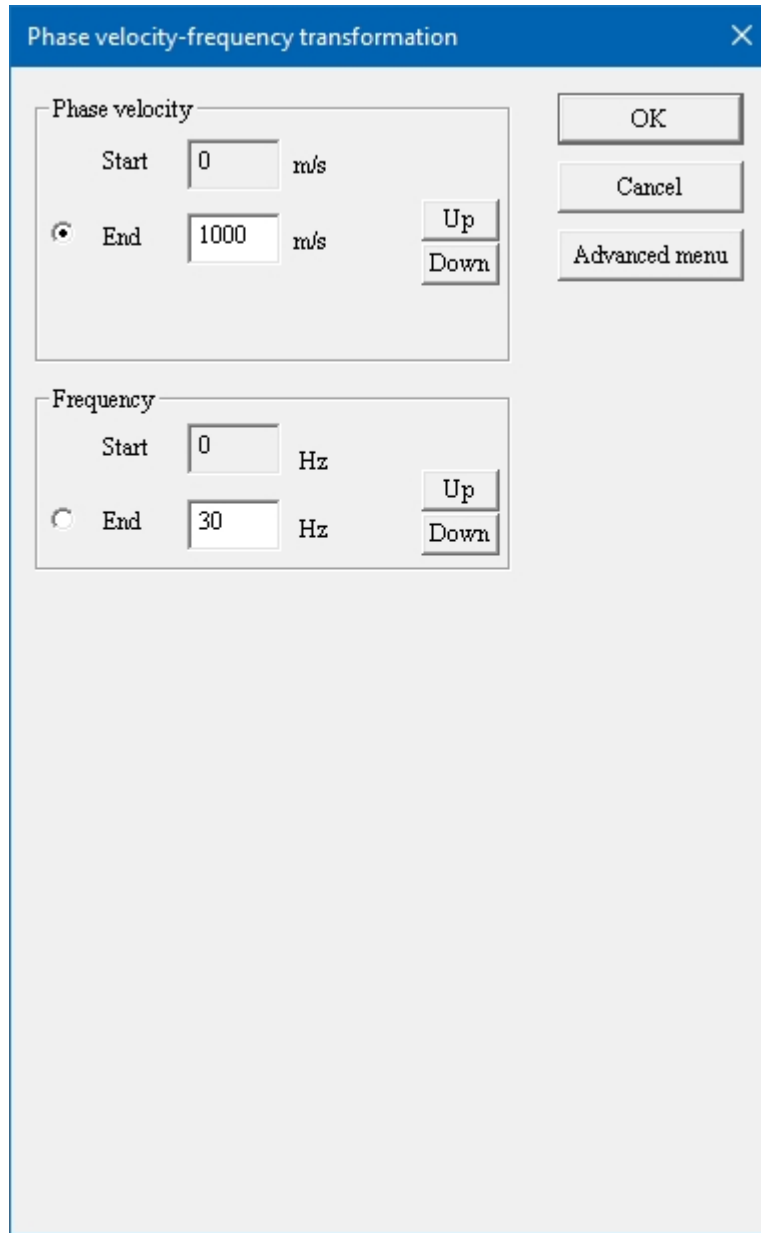


Ctrl+D

1つのMASWショットレコードまたはCMP相互相関ギャザーを時間領域から周波数領域に変換し、各周波数の位相速度を計算するには、*位相速度-周波数変換*を選択します。

MAMデータセットの場合、同じ関数を使用して位相速度-周波数プロットを作成するが、最初にデータセットを2D空間自己相関関数で処理する必要がある。完全な説明はセクション[6.3.6](#) (277ページ) を参照。

選択したら、*位相速度-周波数変換*ダイアログボックスで位相速度計算の境界を設定します。ラジオボタンは、PC内蔵の地震計でソフトウェアを使用する場合にのみ適用されるため、無視することができます。



Phase velocity-frequency transformation

Phase velocity

Start m/s

End m/s

Frequency

Start Hz

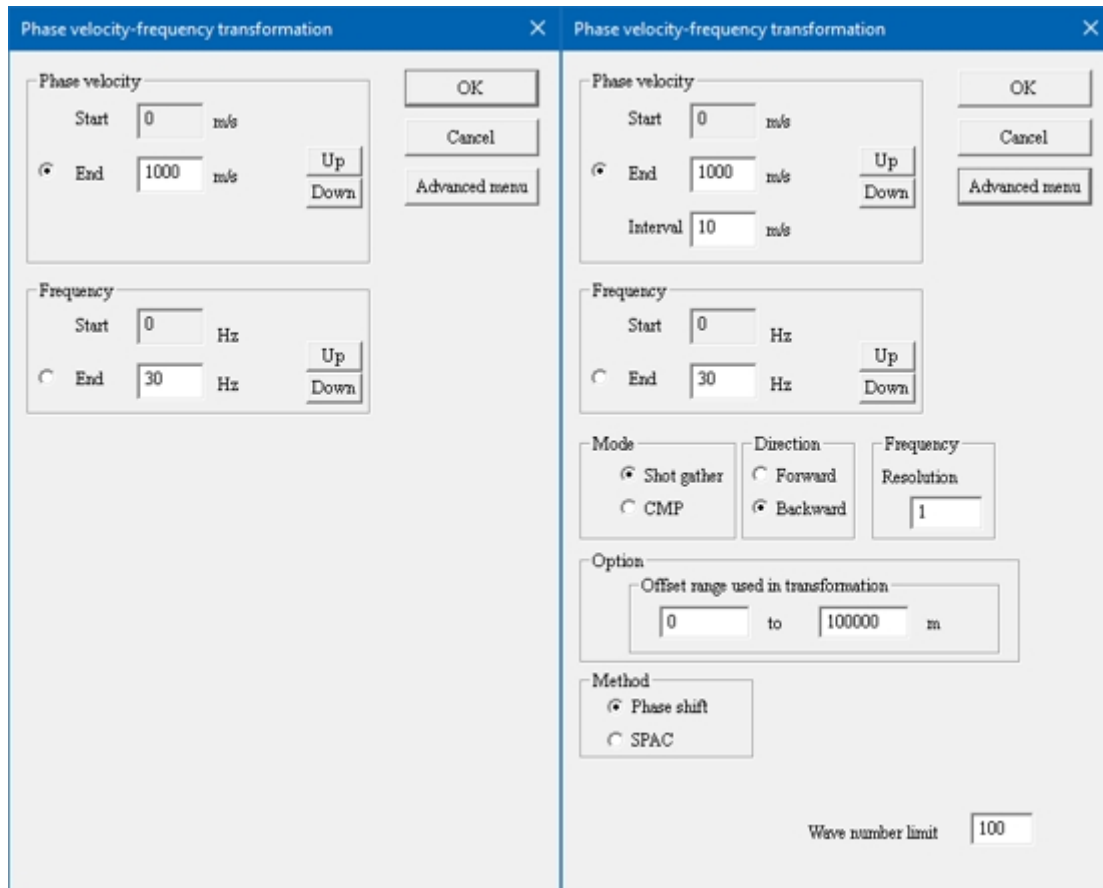
End Hz

開始位相速度と開始周波数は0に固定される。

End Phase Velocity には、その予想されるおおよその最大速度を入力します。計算された位相速度-周波数プロットの終端速度が低すぎたり高すぎたりする場合は、単純に計算を再実行できます。

End Frequency は、基本波モードの表面波信号の帯域幅を捉えるようにデフォルト値を調整する。デフォルト値の30Hzは、ほとんどの場合に適している。この設定を試してみたい場合は、この値を調整して計算を再実行するのが簡単です。

デフォルトのダイアログボックスでは、**Advanced** メニューは表示されません。*Advanced*メニューを押すと、アクティブ・ソース（左図）およびパッシブ・ソース（右図）デフォルト値を持つ残りのパラメータが表示されます。これらのパラメータは、処理されるデータのタイプに応じてソフトウェアによって自動的に更新されます。通常、設定を変更する必要はありません。



Phase Velocity Interval（位相速度間隔）は、計算が指示された速度の範囲をステップスルーする分解能を定義します。この値を大きくすると分解能が低下します。ピッキングの段階で、位相速度-周波数プロットの分解能が不足している場合は、この値を小さくすることで分解能を向上させることができます。

ショットギャザーまたはCMPギャザーのモードは、ショットギャザーのトレースをCMPギャザーにアセンブルする2D MASW処理に適用されます。このパラメータは、処理されるデータのタイプに応じてソフトウェアによって自動的に更新される。

前方とは、ショット座標が最初のジオフォンの座標より小さいことを意味する。後方とは、ショット座標が最初のジオフォンの座標より大きいことを意味する。ソフトウェアは、すべてのトレースで同じゲインが使用されたと仮定し、自動的に方向を決定しようとします。これは、最初と最後のトレースの振幅を比較することによって行われます。最後のトレースの振幅の方が小さければ、ソフトウェアは後方向と仮定し

逆方向の場合はその逆。個別のゲイン録音した場合は、ソフトウェアが正しく方向を決定したかどうかを確認するとよいでしょう。

周波数分解能は、位相速度をどれだけ細かく計算するかを制御する。この値を大きくすると、分解能は小さくなる。この値は1より小さくすることはできず、整数でなければならない。

Offset range used in transformation (トランスフォームで使用するオフセットの範囲) は、トランスフォームで使用するトレースの範囲を設定する。これは差であり、実際の座標ではない。Offsetはショットから任意のレシーバーまでの距離です。これは主に、2D MASW データ処理で近地点効果をミュートするために使用され、1D MASW には適用されません。

Method は、どのような手順が使用されるかを示す。このパラメータは、処理されるデータのタイプに応じてソフトウェアによって自動的に更新されます。アクティブソースデータ処理の場合、*Method* は *Phase shift* です。パッシブ・ソース・データ処理の場合、*Method* は *SPAC by 2D* です。*波数制限*は、SPACBessel関数をフィッティングする際にエイリアシングを避けるために使用される高周波数制限です。デフォルト値の100は比較的大きく、ほとんどの場合に適しています。

変換が完了すると、位相速度-周波数プロットが表示される。各周波数の適合度に対応するピーク「振幅」の傾向は明らかであろう。S/N比が周波数とともに低下する傾向があるため、周波数が下がるにつれてピークの幅が広がる一般的である。

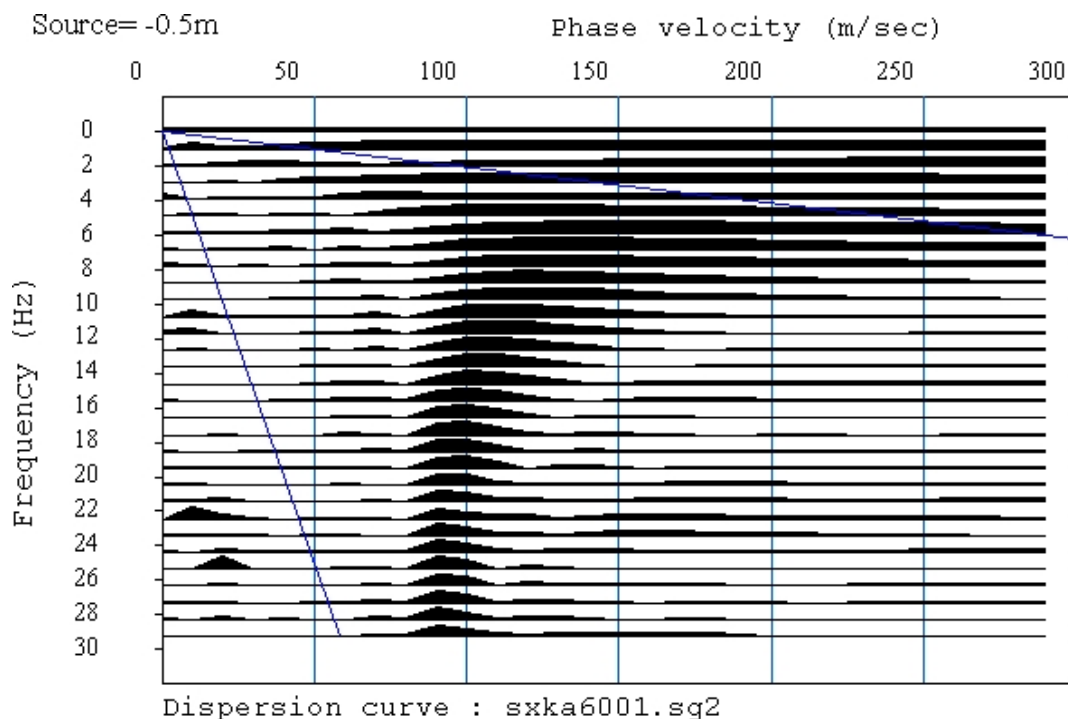
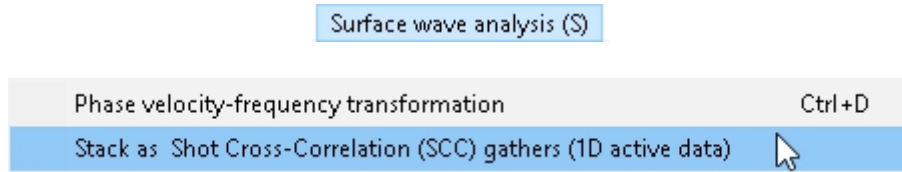


図118: 位相速度-周波数プロット。

6.3.2 スタック・アズ・ショット相互相関 (SCC) ギャザー (1Dアクティブデータ)



1D MASW 処理では、ショット位置の異なるショットを時間領域でスタックすることはできない。例えば、下図のような対向する2つのエンドショットは、生データのままで一緒に処理することができません。SeisImagerは、まずショット相互相関 (SCC) ギャザーを計算し、SCCギャザーをスタックする必要があります。その後、スタックされたSCCギャザーから位相速度画像を計算することができます。

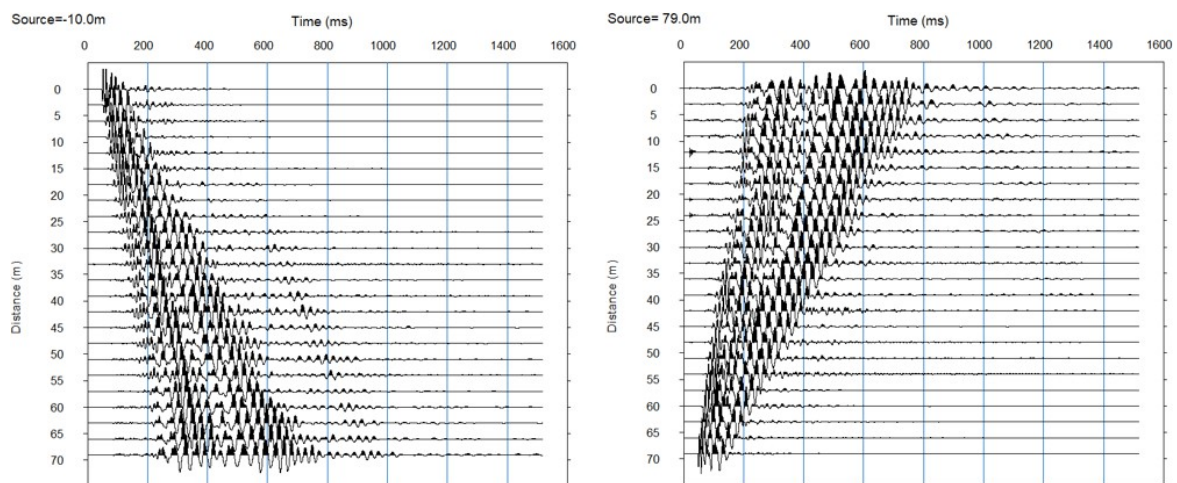


図119: ショットの相互相関ギャザー。

SCCの概念を以下に示す:

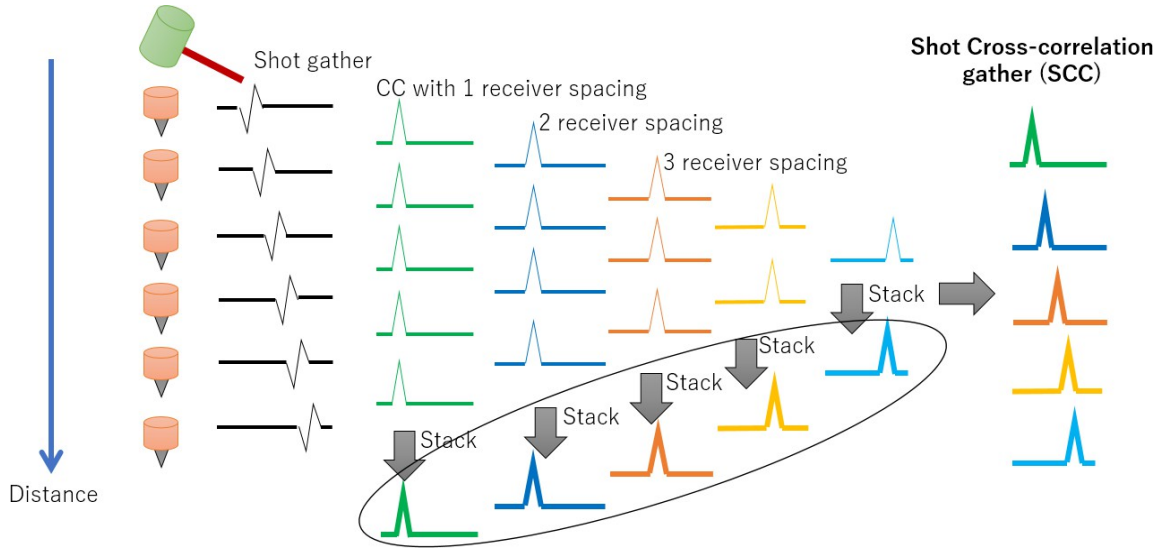
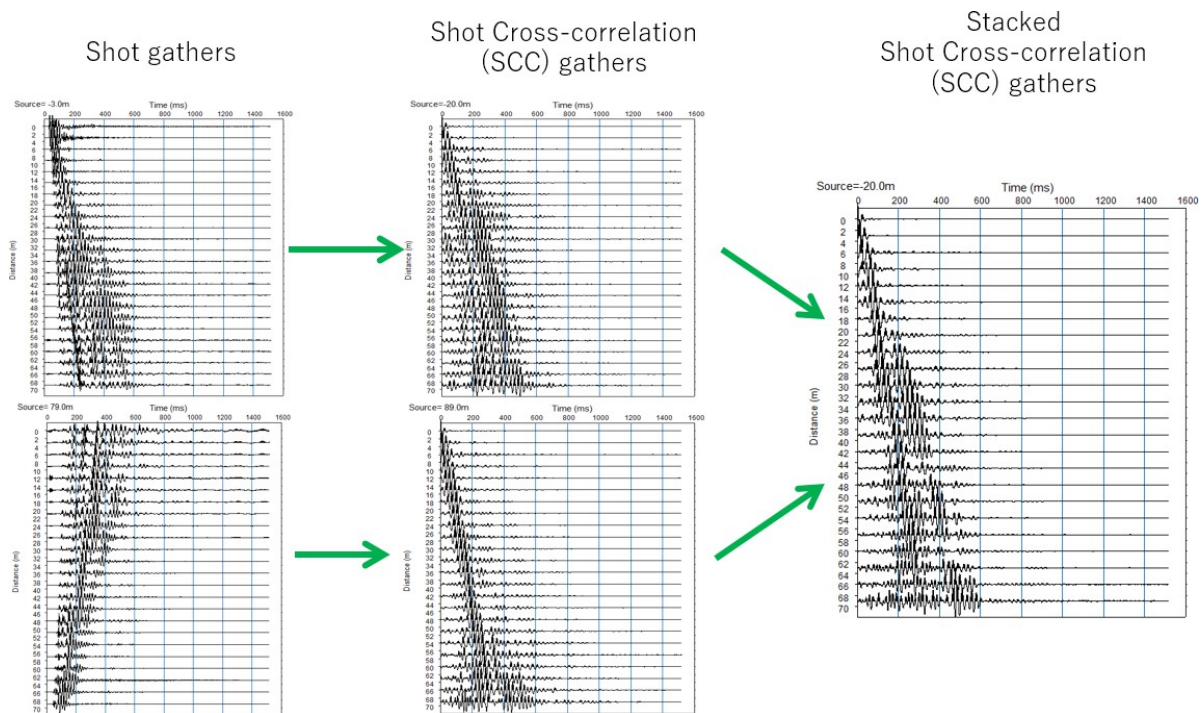


図120: ショット相互相関ギャザー (SCC)。



上記の概略図を2ショットギャザーを使って以下にまとめる:

図121: 2つのショットギャザーのSCCをスタックしたものの。

処理の流れを [図122](#) に示す。

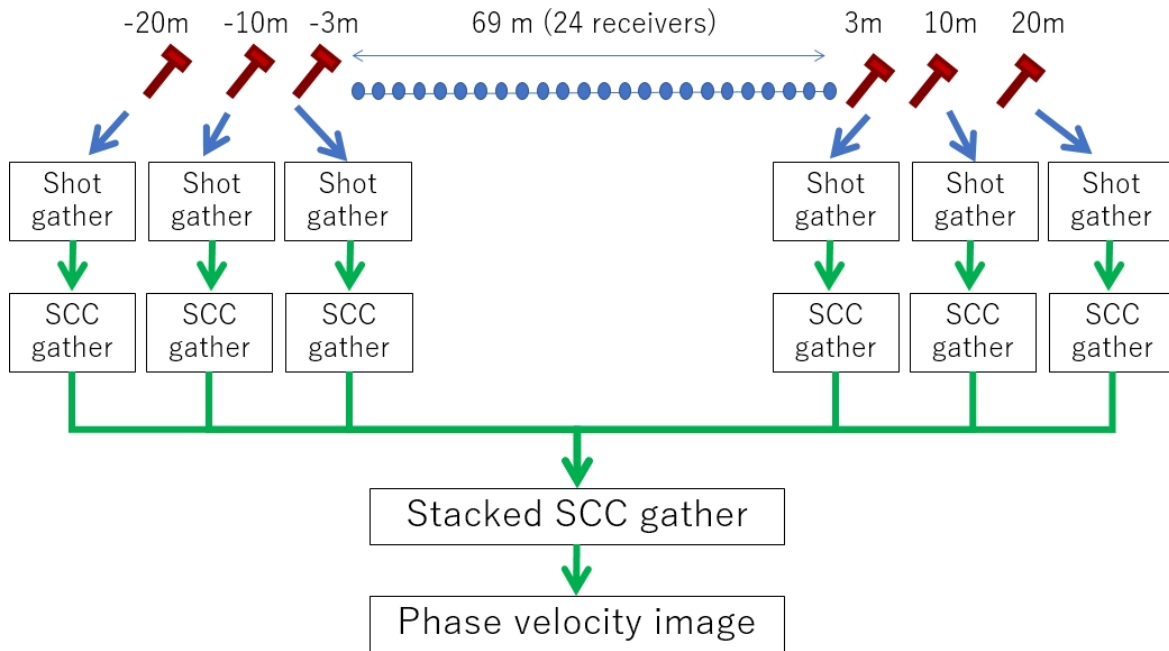
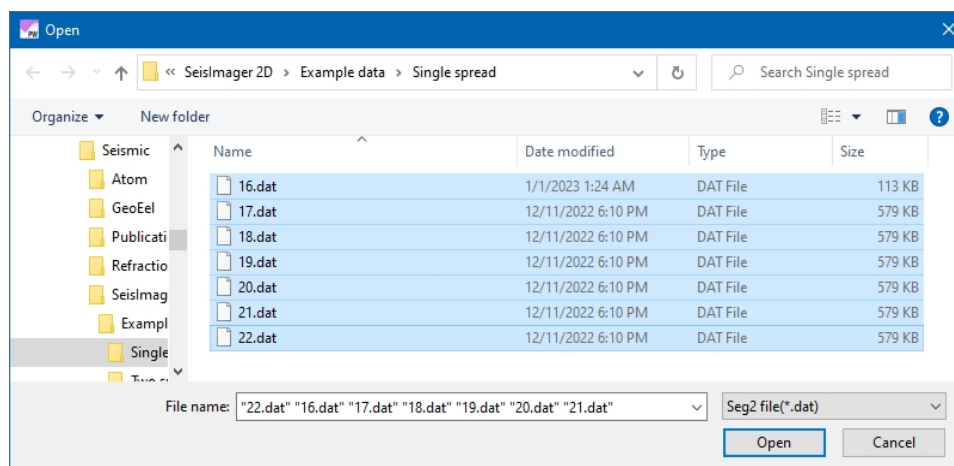
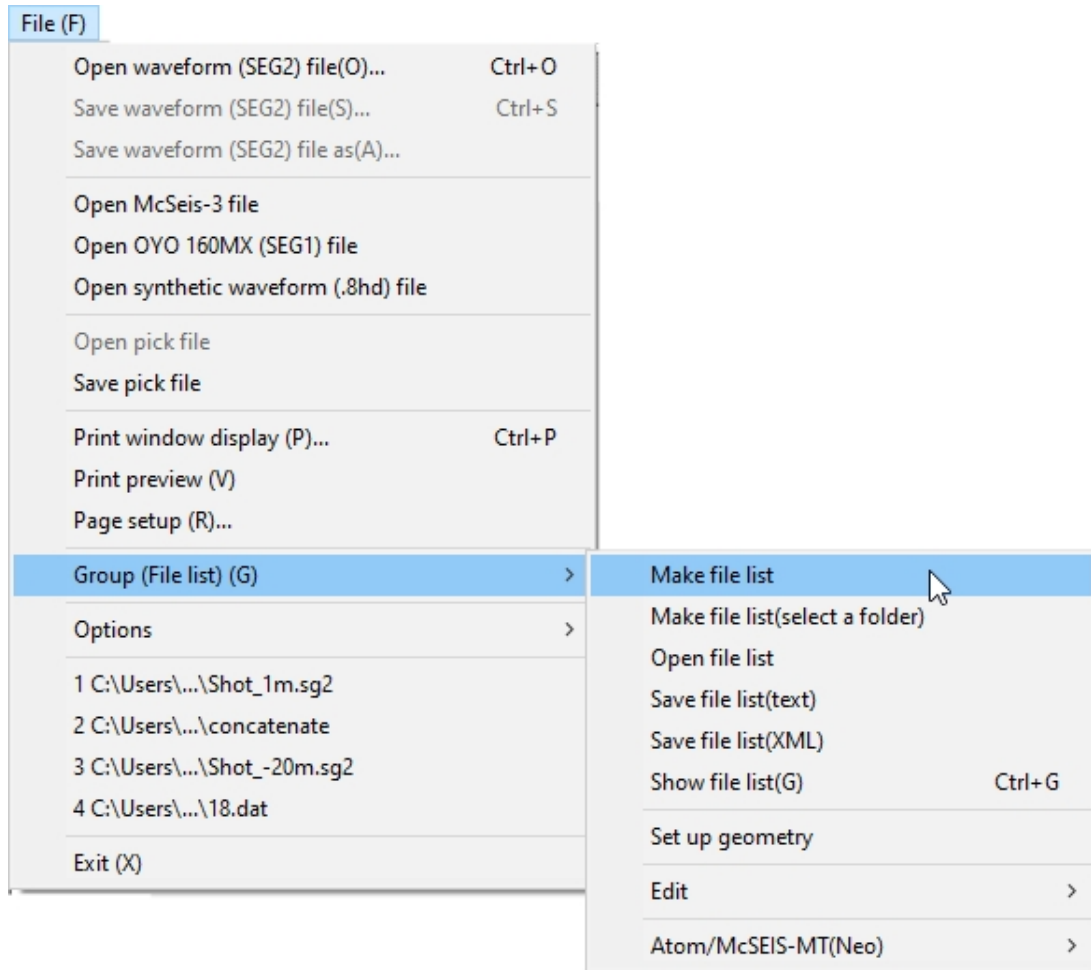


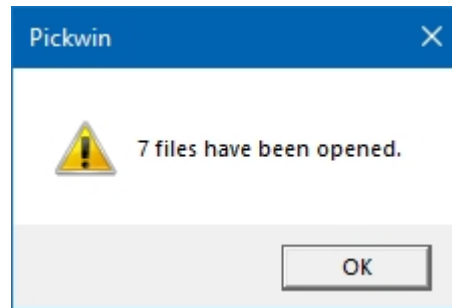
図122: 生ショットギャザーからスタックドショット相関ギャザーを用いた位相速度画像への処理の流れ。

SCCを計算し積み重ねるには、以下の手順を使用する：

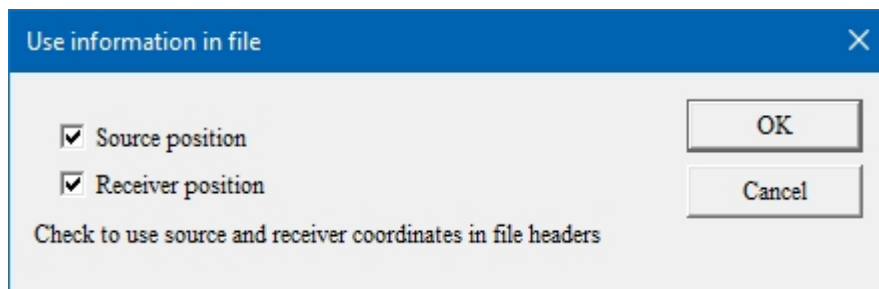
1. 生で撮影したギャザーのリストファイルを作成する：



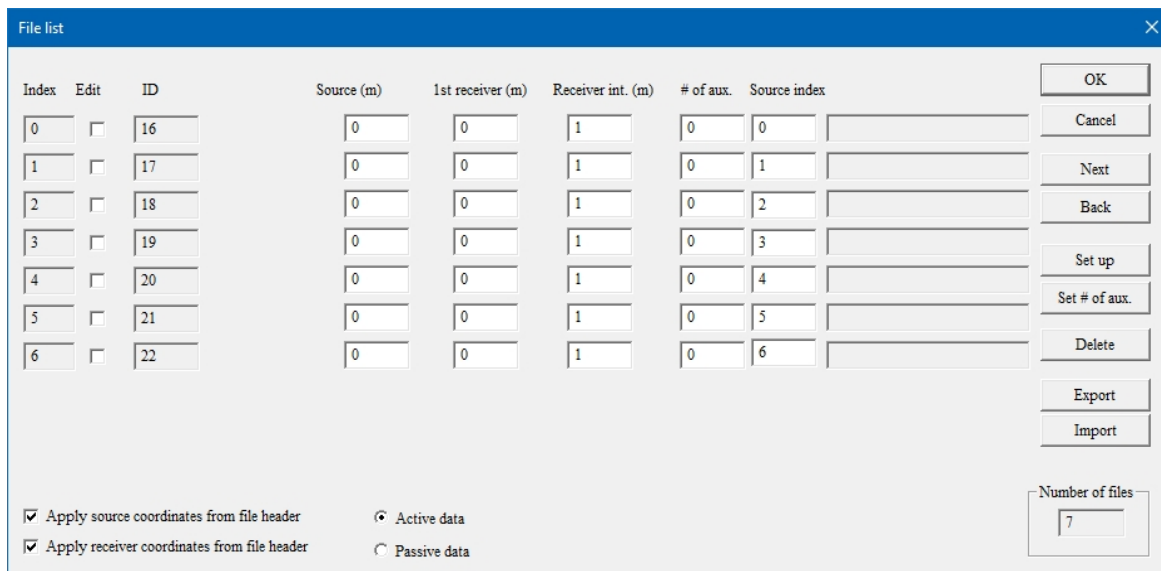
2. ファイル数を確認する:

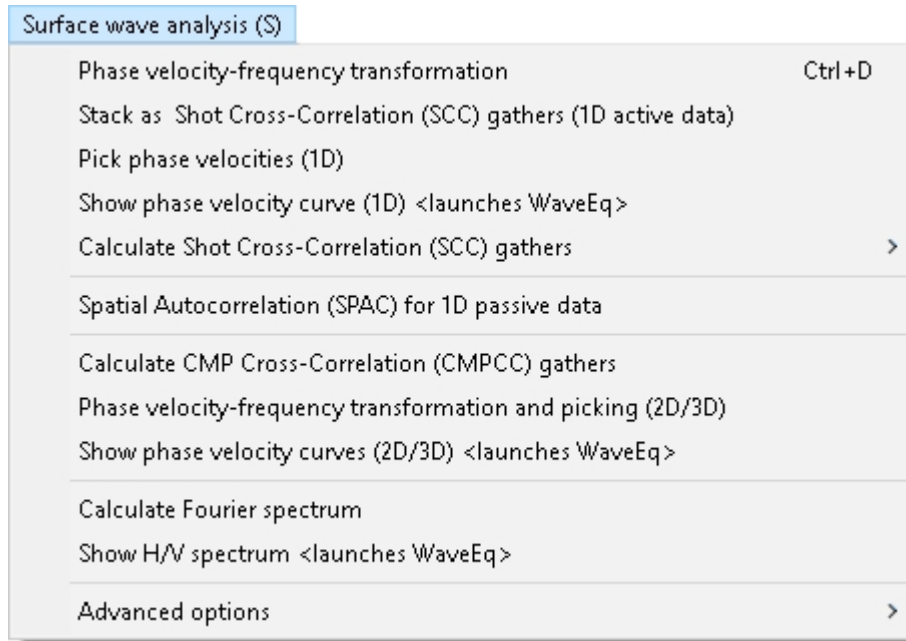


3. ソースとレシーバーのポジションボックスをチェックする（ヘッダーで正しいことを前提とする）:

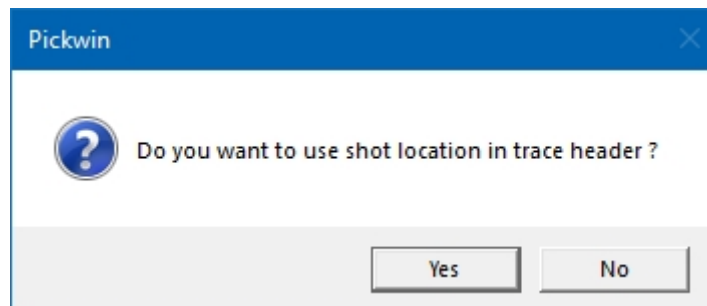


4. ファイルIDを確認し、ソースとレシーバーの場所を更新する:

5. 表面波解析メニューで、*Stack as Shot Cross-correlation (SCC) gathers (1D active data)* を選択する:



6. 各ファイルに正しいショット位置が含まれていれば、*Yes*を押す。そうでない場合は*No*を選択し、プログラムはトレース振幅に基づいてショット位置を推測する。



計算されたSCCギャザーがされる。ファイル（トレース）間でタイムシフトがないことを確認する。

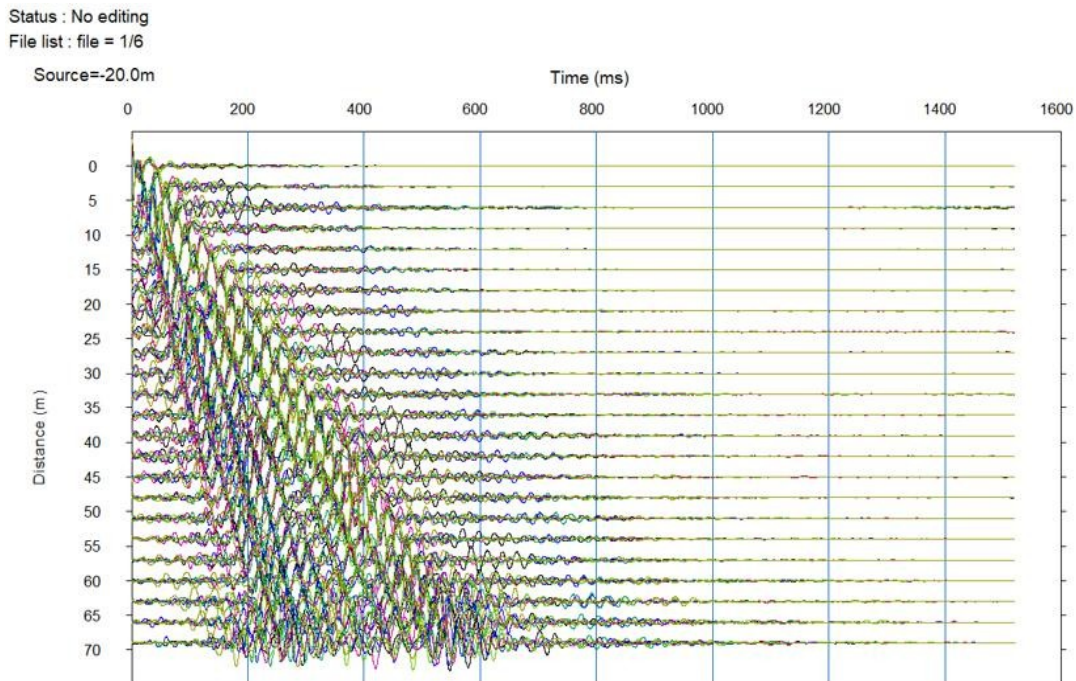
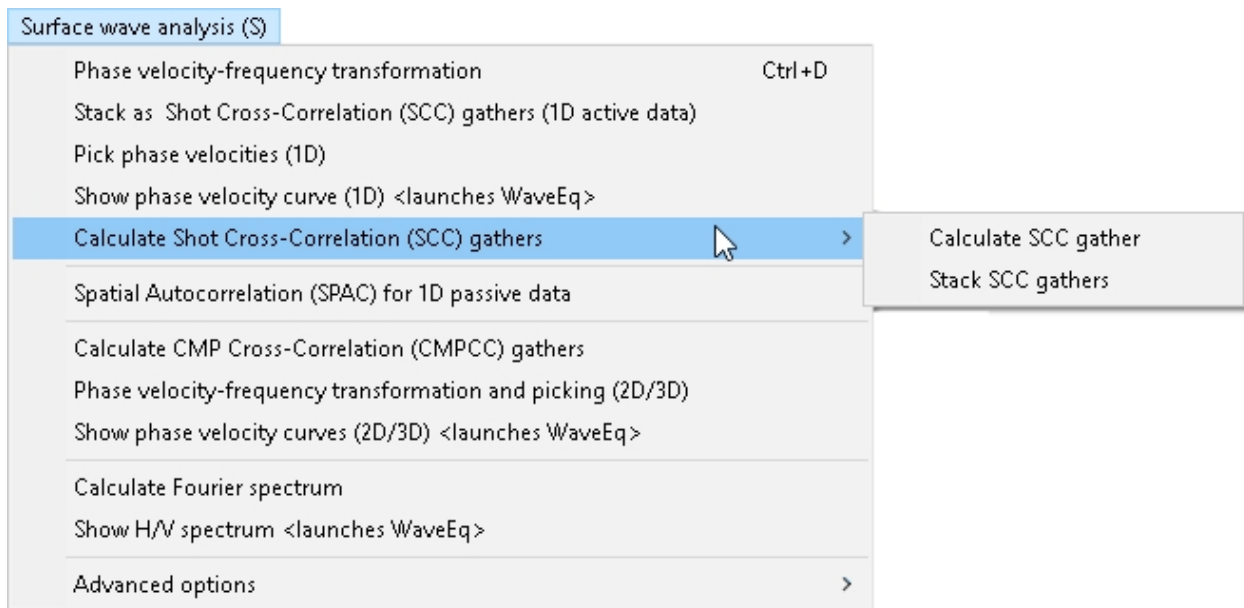


図123: SCCギャザーの計算値。

SCCギャザーを積み重ねる。

7. 表面波解析メニューで、*Calculate Shot Cross-correlation (SCC)* を選択する。|
 スタックSCCが集まる:



積み重ねられたSCCギャザーが表示される:

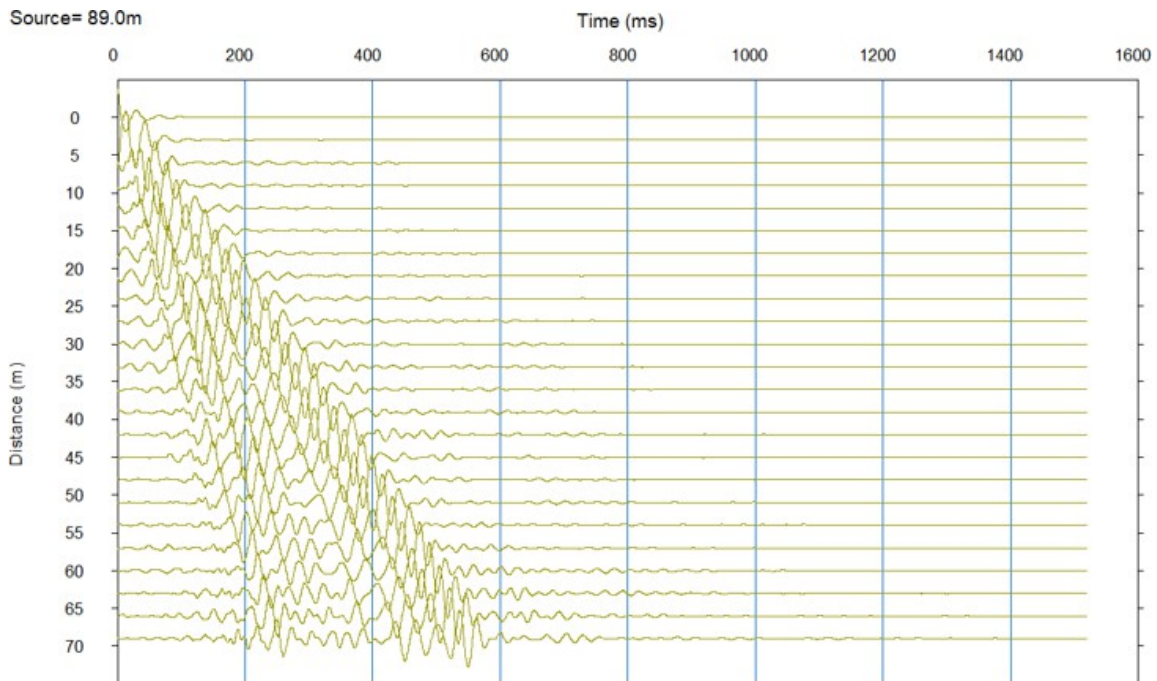
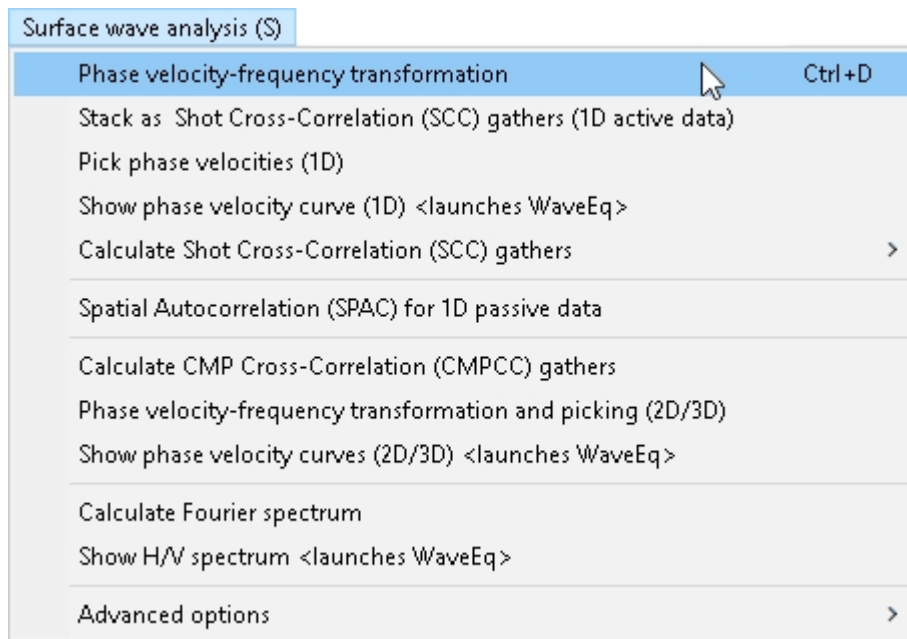


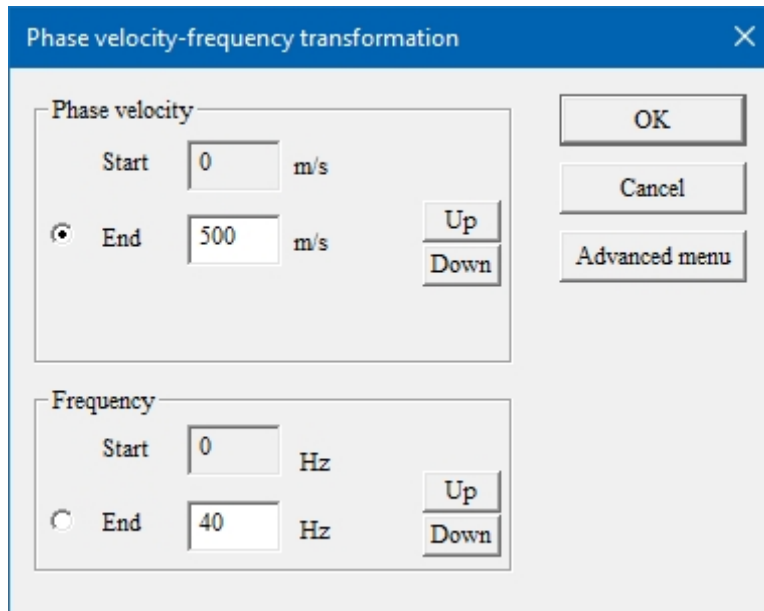
図124: スタックされたSCCギャザー。

これで位相速度画像を計算する準備ができました。

8. 表面波解析メニューで、*位相速度-周波数変換*を選択する:



9. 表示パラメーターを設定し、OKを押す:



位相速度画像が表示される:

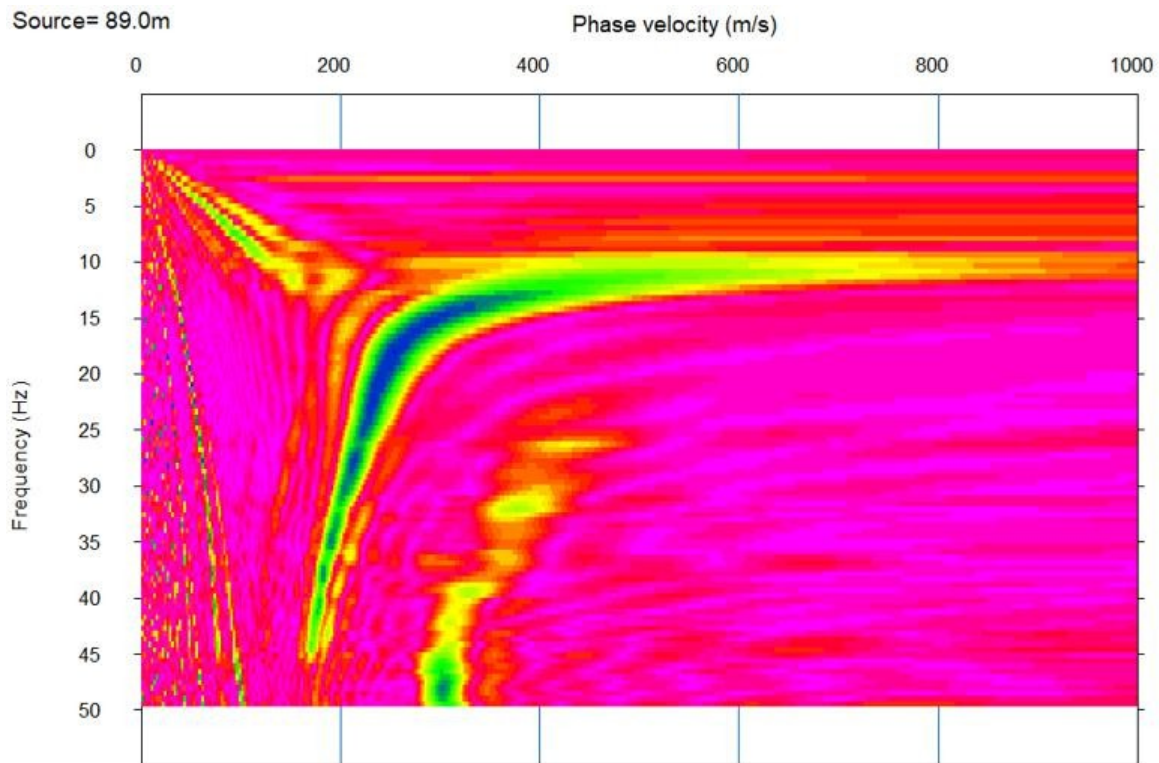
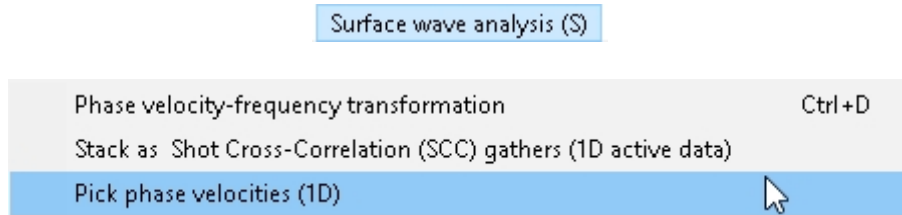


図125: 位相速度-周波数プロット。

6.3.3 ピック位相速度 (1D)

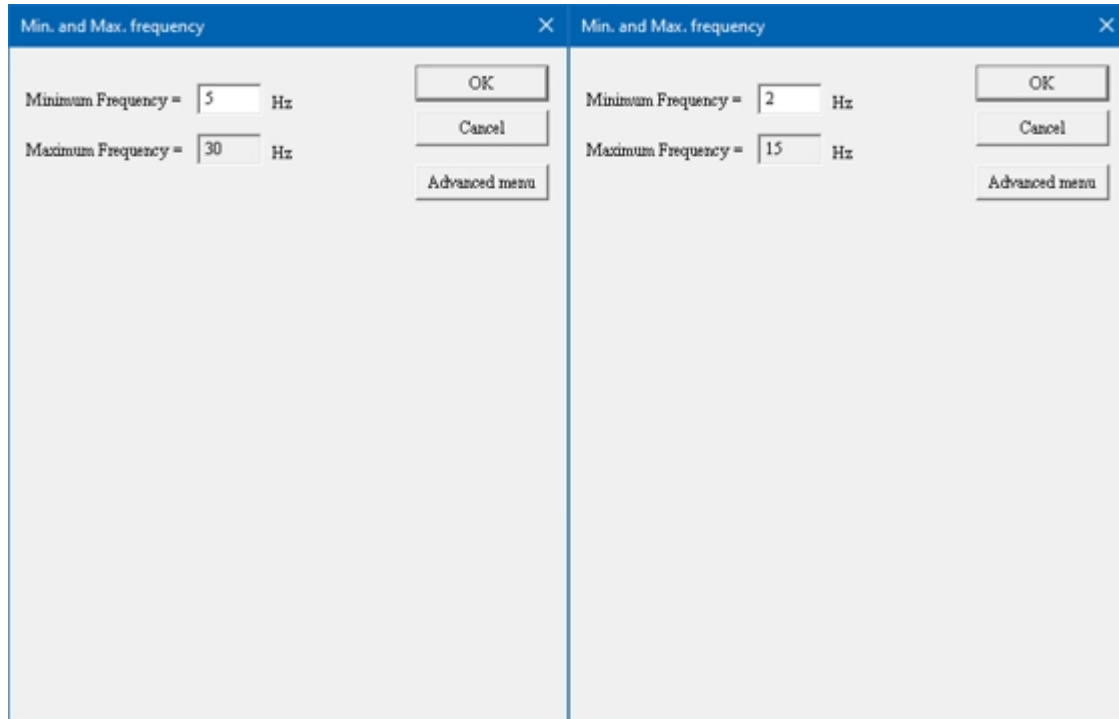


分散曲線を定義する位相速度-周波数プロット上の最大振幅を自動的にピックするには、*位相速度をピック(1D)*を選択します。

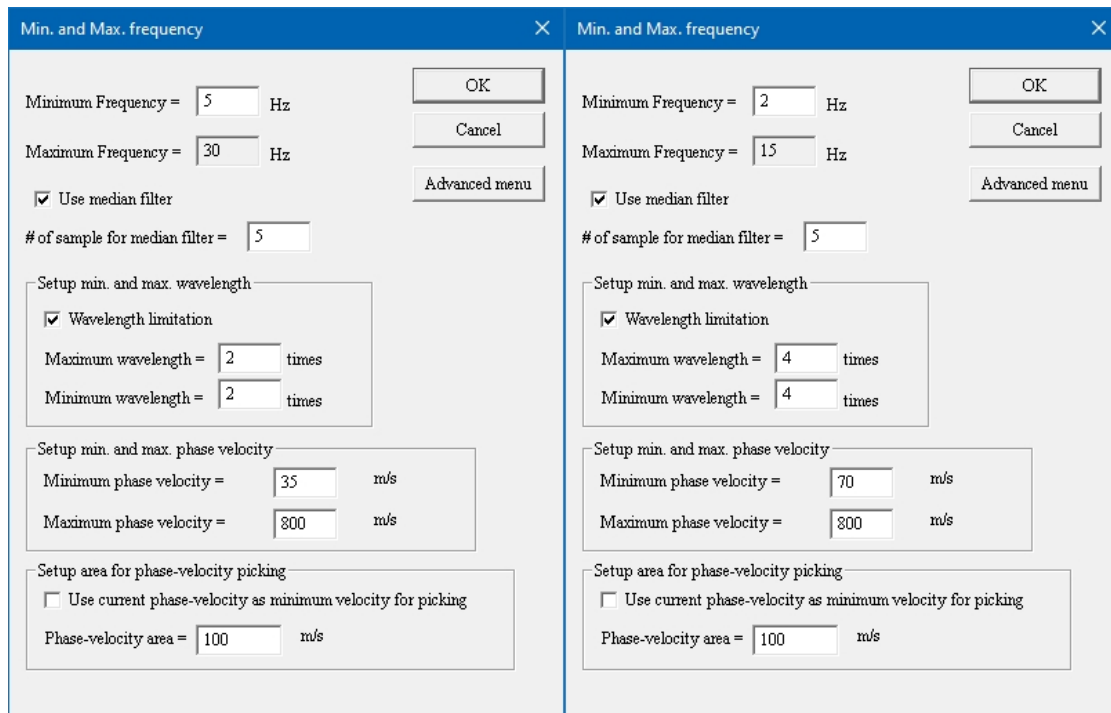
Min.およびMax.Frequencyダイアログボックスで、自動ピッキングの周波数境界を設定する。**Frequency**ダイアログボックスで設定します。アクティブソースのデータ処理（左図）では、4.5 Hz のジオフォンを使用したと仮定して、*最小周波数のデフォルト値*は 5 です。

パッシブソースのデータ処理（右図）では、2 Hz の地震計がされたと仮定して、*最小周波数のデフォルト値*は 2 になっています。もしデータセットが4.5Hzのジオフォンで取得されたものであれば、必要であれば*最小周波数*を5まで上げることができます。しかし、5Hz以下の信号が存在する可能性があり、2Hzと5Hzの間で行われたスプリアスピックは手動で簡単に削除することができます。この値が正確であることは重要ではありません。

*Maximum Frequency*に表示される値は、**Phase velocity-frequency transformation**ダイアログボックスで設定した値に最も近い値をフーリエ空間に反映したものです。



デフォルトのダイアログボックスでは、**Advanced** メニューは表示されません。*Advanced*メニューを押すと、アクティブ・ソース（左図）およびパッシブ・ソース（右図）デフォルト値を持つ残りのパラメータが表示されます。これらのパラメータは、処理されるデータのタイプに応じてソフトウェアによって自動的に更新されます。通常、設定を変更する必要はありません。



分散曲線が自動的にピックされた後、*Use Median filter* がチェックされていれば、ノイズの多いピックを除去するためにメディアンフィルターが適用される。メジアンフィルターは、メジアンフィルターのサンプル数で大きさを決める移動窓フィルターである。ノイズの多いピックに対して高い耐性を持たせるためには、サンプル数を設定する。ほとんどの場合、デフォルト値の5が適している。

Wavelength limitation は、ピッキングに使用する波長(位相速度÷周波数)の境界を定義します。このオプションをチェックすると、定義された制限がピッキングに使用されます。*最大波長制限*は、オフセットまたはアレイの長さの合計に入力したスカラー値を掛けて計算されます。*最小波長リミット*は、ジオフォンの間隔に入力されたスカラー値を乗じた値で計算されます。アクティブ・ソース処理の場合、デフォルト値は2、パッシブ・ソース処理の場合、デフォルト値は4です。

位相速度-周波数プロットでは、*Maximum wavelength* 設定は、上側の青い線 (x 軸にほぼ平行) の傾き (x/y) を制御し、*Minimum wavelength* は、下側の青い線 (y 軸にほぼ平行) の傾きを制御する。ピッキングの限界、つまり青い線の間隔を広げるには、*Maximum wavelength* に4より大きい値、*Minimum wavelength* に4より小さい値を入力します。*最大波長*と*最小波長*の詳細については、B-8 ページを参照してください。

*最小位相速度*は、ピックが行われる最低位相速度である。アクティブ・ソース・場合、単位がメートルに設定されているかフィートに設定されているかによって、デフォルトそれぞれ35 m/sまたは150 ft/sである。パッシブ・ソース・データの場合は、70 m/sまたは70 ft/sです。*最大位相速度*は、ピックがされる最高位相速度です。すべてのデータで、単位に関係なく、デフォルト値は1000 m/sまたはft/sです。

位相速度-周波数プロットでは、ピーク振幅の傾向が明らかになるはずである。低周波側の特定の位相速度以下のノイズしかないようであれば、分散曲線に関連する振幅の速度範囲にピックを集中させるために、*最小位相速度*にその速度を入力すべきである。そうしないと、信号よりも大きな振幅のノイズがピックされてしまう。より高い周波数側では、より高いモードがある場合、そのモードと基本モード間の速度を*最大位相速度*に入力することで、より高いモードに関連する振幅がピックされるのを防ぐことができます(これらの制限を設定しても、WaveEqで分散曲線をさらに編集する必要がある場合があります)。

ピッキングが完了すると、分散曲線ピック(赤い点)を含む位相速度-周波数プロットが表示されます。

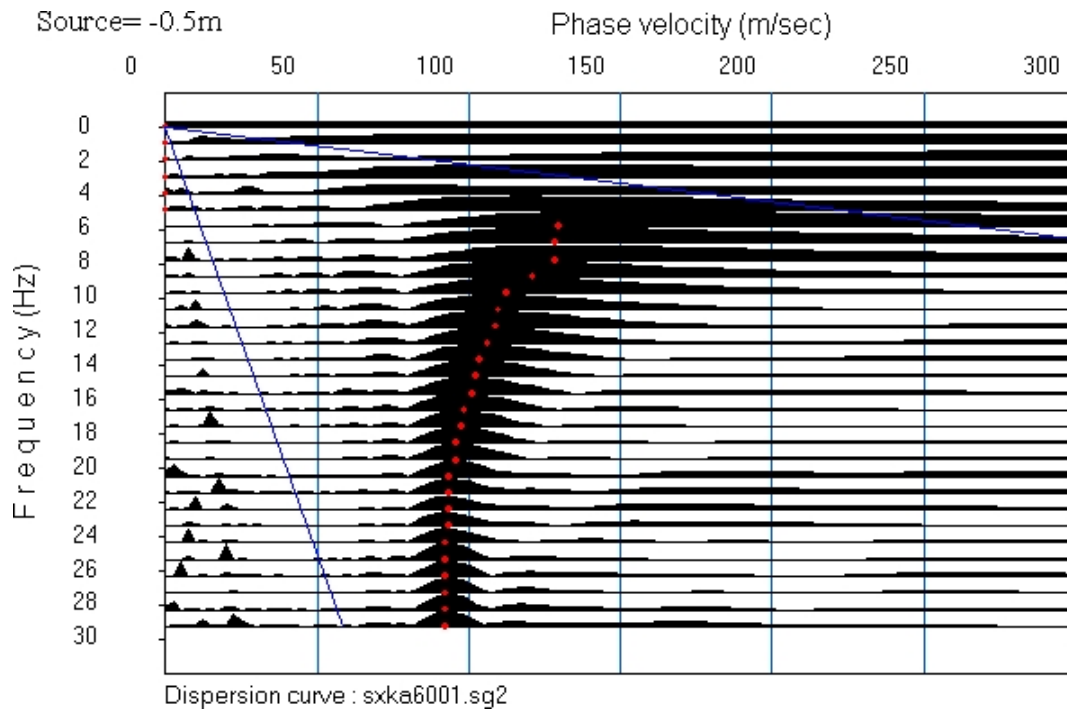









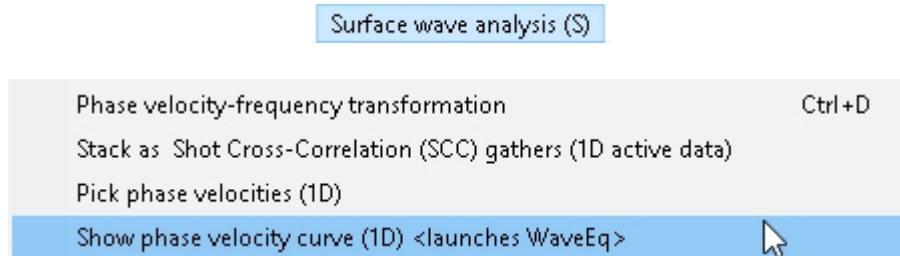
図126: ピーク周波数をピックアップした位相速度-周波数プロット。

各周波数の数学的な最大振幅で自動的にピックアップされる。位相速度と x と y のペアが分散曲線を定義します。自動ピックアップは、マウスを使って手動で編集することができます。新しいポイントを個別にクリックするか、周波数の範囲でマウスをドラッグして新しいピックアップの範囲を設定します。マニュアル・ピック

ファイン・カラー・コンター  ボタンを使ってカラープロットに切り替え、波形振幅  、水平スケール   および垂直スケール   ボタンを使用して、ゲインとスケールを最適化します。(これらの機能はSeisImager/2Dと共通です。完全な説明はSeisImager/2Dの [マニュアル](#) を参照してください)。最大値を特定するために、プロット上でマウスをドラッグすると、振幅値が下のバー `12:amp.=0.87285` に表示されます。

Y軸上にあるピックアップは位相速度が0となり、自動的に以降の分析から除外される。

6.3.4 位相速度カーブの表示 (1D)



WaveEqは詳細な編集、インバージョン、追加解析に使用します。別に開いて.pvsファイルを読み込むこともできますが、この1ステップで自動的にWaveEqを起動し、Pickwinでピックアップしたばかりの分散曲線をインポートする最も簡単な方法です。

WaveEqを自動的に起動し、Pickwinから分散曲線をインポートするには、*位相速度曲線を表示 (1D)* を選択します。

WaveEqが起動し、分散曲線プロットが表示されます。Pickwinで設定した単位ラベルはれます。WaveEqでは、*位相速度*が縦軸に、*周波数*が横軸にプロットされることに注意してください。このプロットの完全な説明については、[7.3.2](#) (節348 ページ) を参照してください。

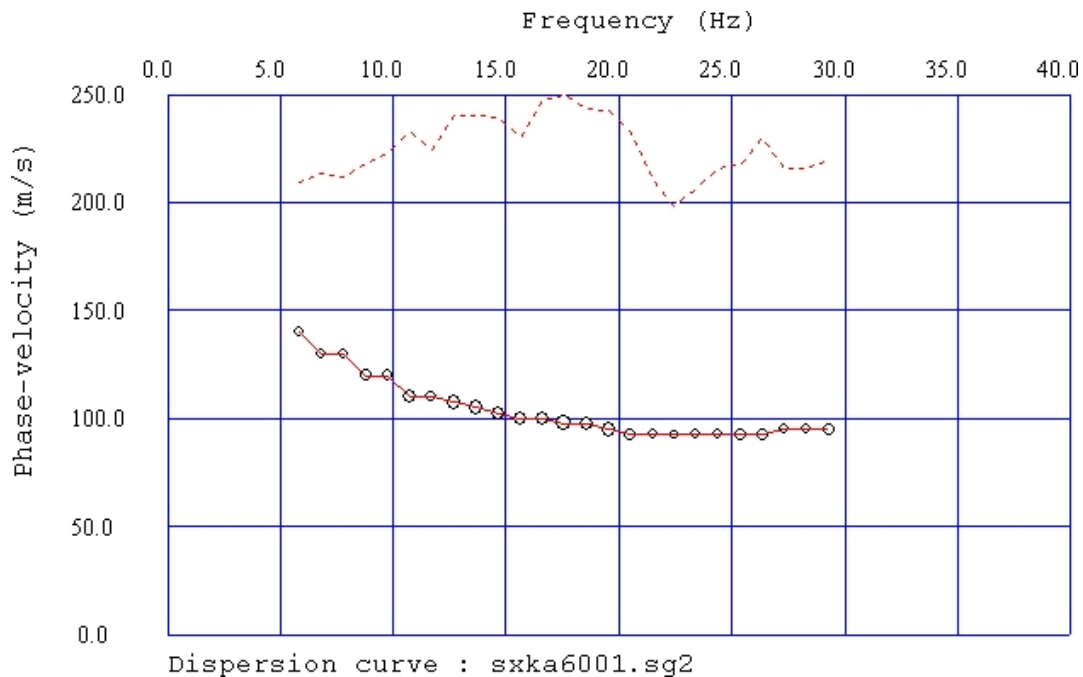
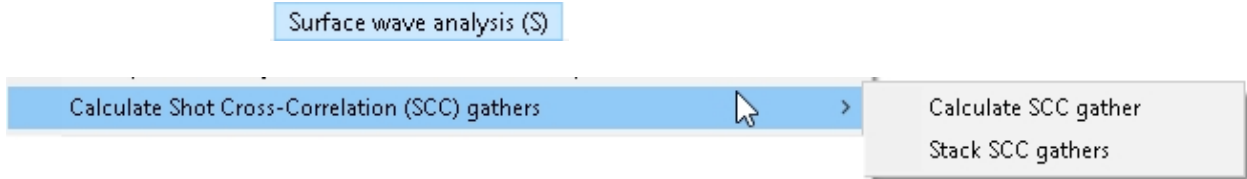


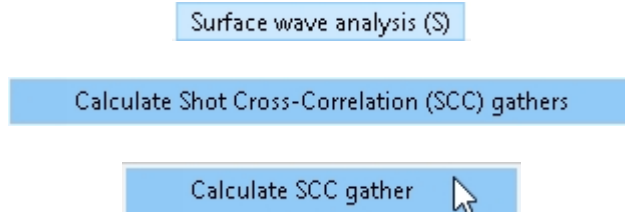
図127: 分散曲線。品質プロットを含む。

6.3.5 ショット相互相関 (SCC) ギャザーの計算



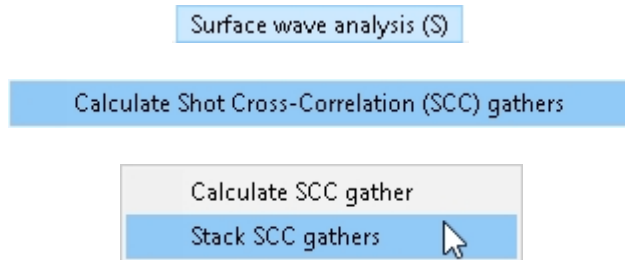
このメニューの機能は、[6.3.2](#) 節で説明したものと同じです。唯一の違いは、[6.3.2](#) で説明したメニュー項目がファイルリストに対して機能のに対し、このメニューでは個々のショットギャザーに対して機能することです。しかし、プロセスは同じです。一般的に、これらの機能を個々のショットギャザーに適用することはまれであり、このメニューの項目はほとんど使用されない。

6.3.5.1 SCCギャザーの計算



[上記6.3.2項を参照](#)のこと。

6.3.5.2 スタックサックギャザーズ

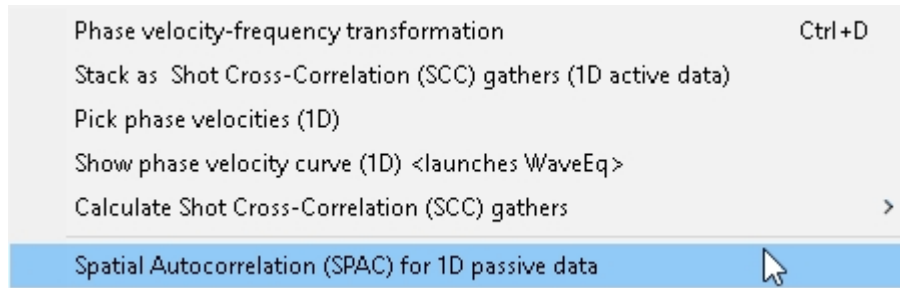


[上記6.3.2項を参照](#)のこと。

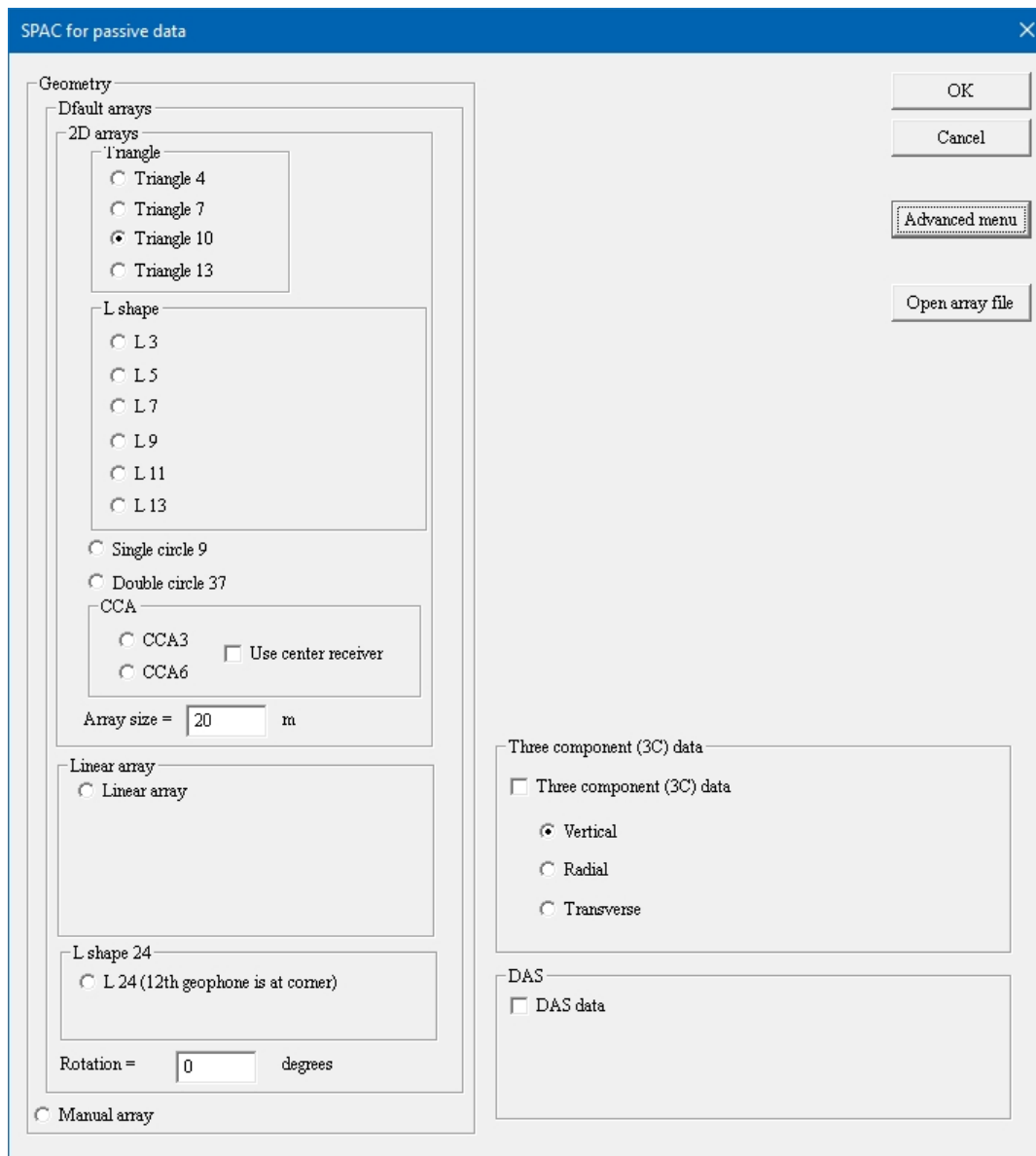
6.3.6 1次元パッシブデータの空間自己相関(SPAC)

MAMデータセットの場合、機能2D空間自己相関は、SPAC法を使用して、受信機アレイ内の複数の観測点間の信号のコヒーレンシーを解析します（ソースの位置に依存しません）。信号のコヒーレンシースペクトルが分かれば、理論的なコヒーレンシーと観測されたコヒーレンシーの間のベストフィットを見つけることによって位相速度を決定することができます。SeisImager/SW法におけるSPAC法の使用に関するチュートリアルは[こちら](#)をご覧ください。

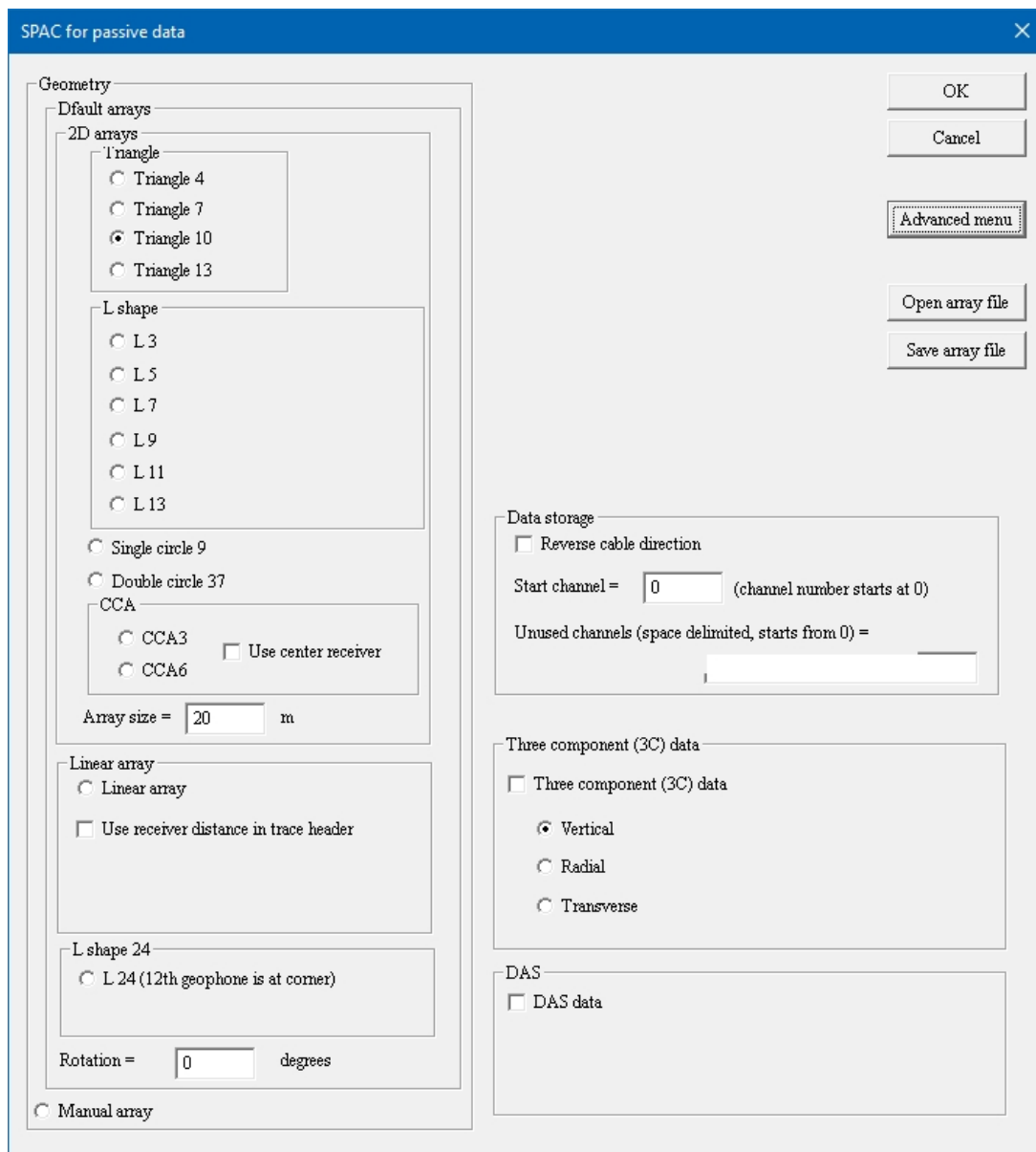
Surface wave analysis (S)



選択したら、**2D SPAC** ダイアログボックスでパッシブソースアレイのジオメトリを設定する。異なるアレイタイプとアレイサイズについては、[セクション3.2](#) (26ページ) を参照。

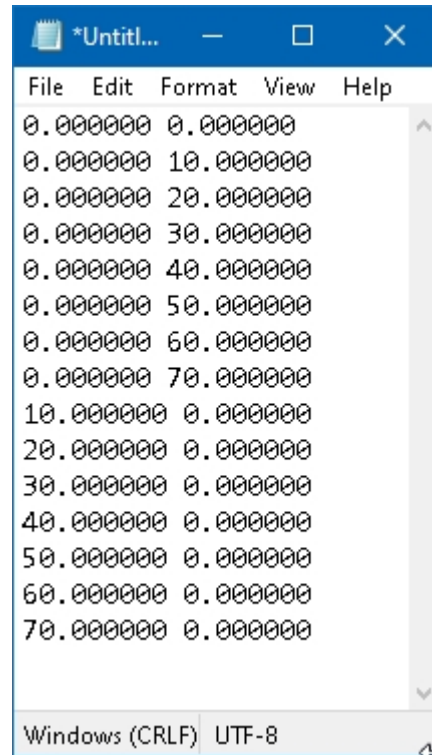


デフォルトのダイアログボックス形式では、**Advanced** メニューは表示されない。*Advanced*メニューを押すと、*Manual array*の定義、*Open array file*、*Save array file*、*Data storage parameters*のオプションが表示される。

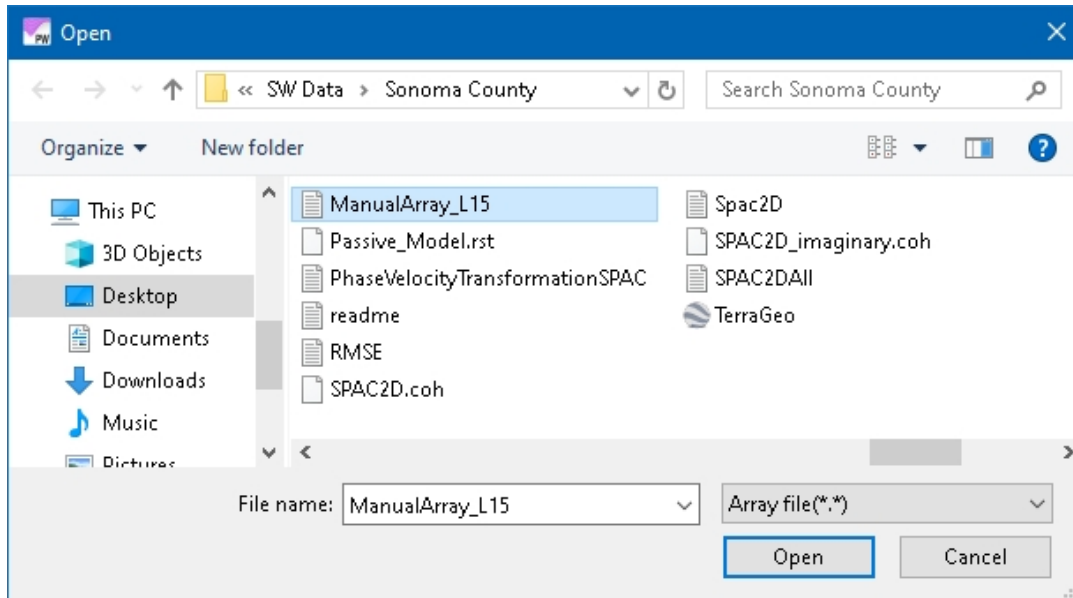


データストレージにより、特定のレイ形状を他の適用することができる。リバーシブル方向はチャンネルの順番を反転させ、スタートチャンネルは新しいスタートチャンネル番号を設定し、未使用チャンネルはデッドチャンネルまたは未使用チャンネルを削除することができます。

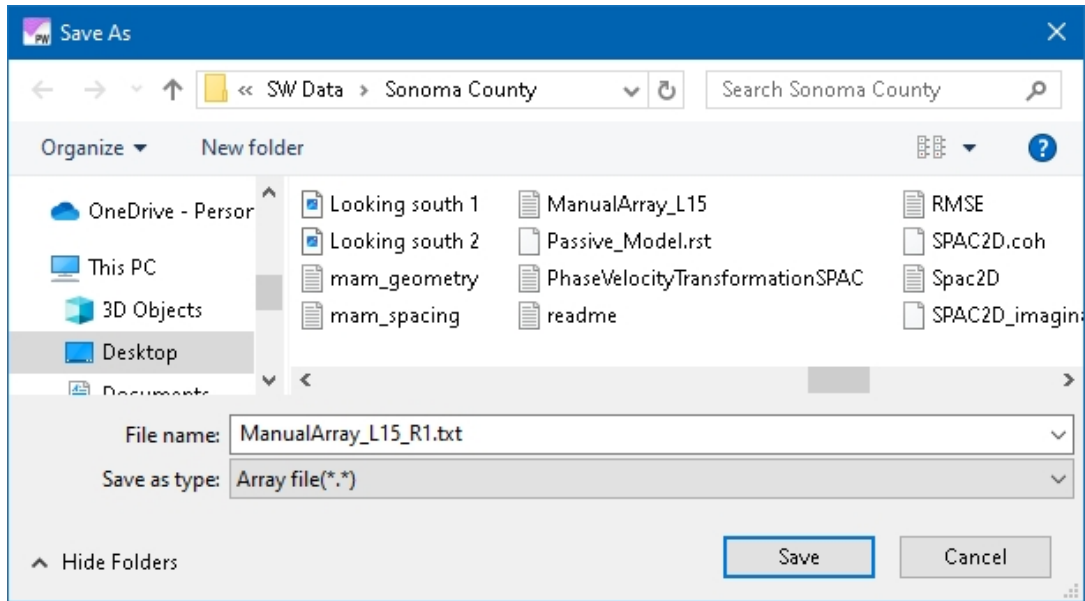
もしあなたの配列が標準的なジオメトリのいずれかに適合しない場合、*マニュアル配列*は単純なスペース区切りのテキストファイルで定義することができる。



アレイファイルが準備できたら、*Open array file* を押し、ファイルをハイライトし、*Open* を押す。



既存のArrayファイルに変更を加えた場合は、*Save array file* を押してファイルを修正するか、別の名前での新しいファイルを保存する。



2次元空間自己相関処理が完了すると、信号のコヒーレンシープロットが表示されます。

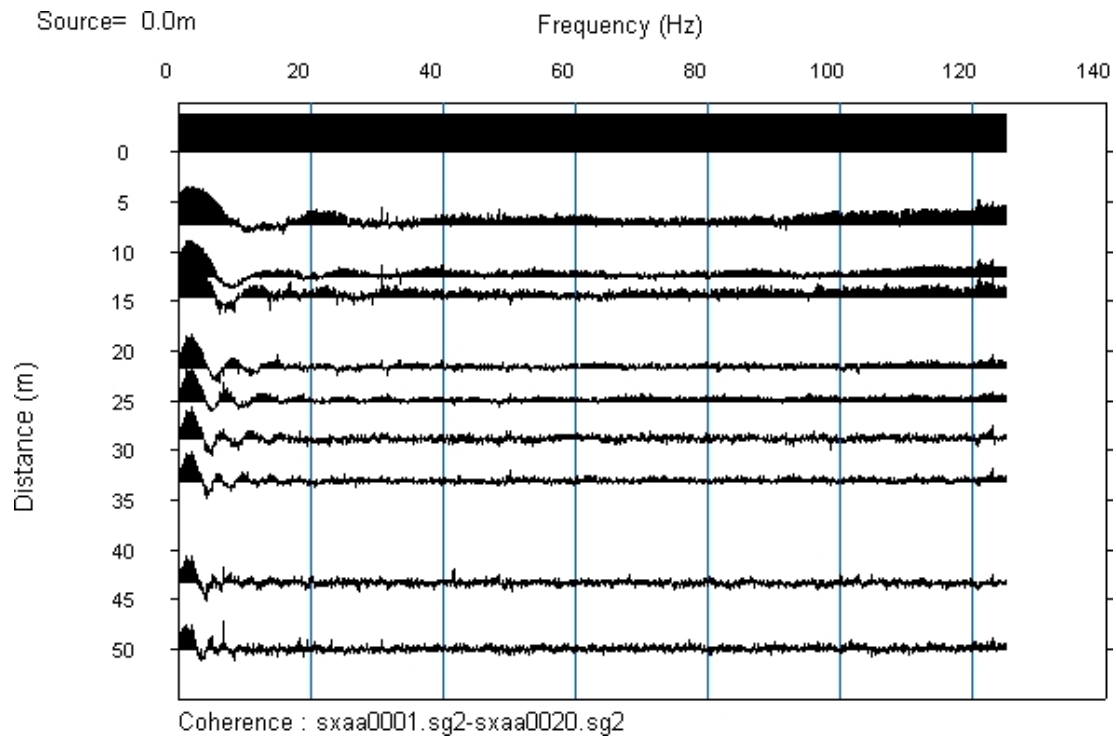


図128: 信号コヒーレンシーのプロット。

コヒーレンスとは、この場合、10個のジオフォンで構成される三角形アレイ（アレイの大きさは50m）において、各ジオフォンのペア間の類似性のことである。

を距離としてY軸にプロットし、これら2つのトレース間のコヒーレンスを周波数の関数としてX軸にプロットした。

ジオフォンの分離がゼロの場合、コヒーレンスは1となり、全周波数に渡って黒く塗られたバー（水平線）で示されます。一般的に、ジオフォンの分離が大きくなると、コヒーレンスは小さくなります。また、コヒーレンスは周波数が低いほど高く、高いほど低くなる傾向があります。

コヒーレンシー曲線の形状は、1Dアレイではコサイン関数、2Dアレイではベッセル関数（減衰コサイン関数）となる（上図）。それぞれの分離のコヒーレンシー曲線は（理想的なデータセットと考えられるものから計算された）良い形をしています。これを60フィートのLIIアレイのコヒーレンシープロットと比較すると、0以上のすべての分離でコヒーレンスが低いことがわかります（下図）。

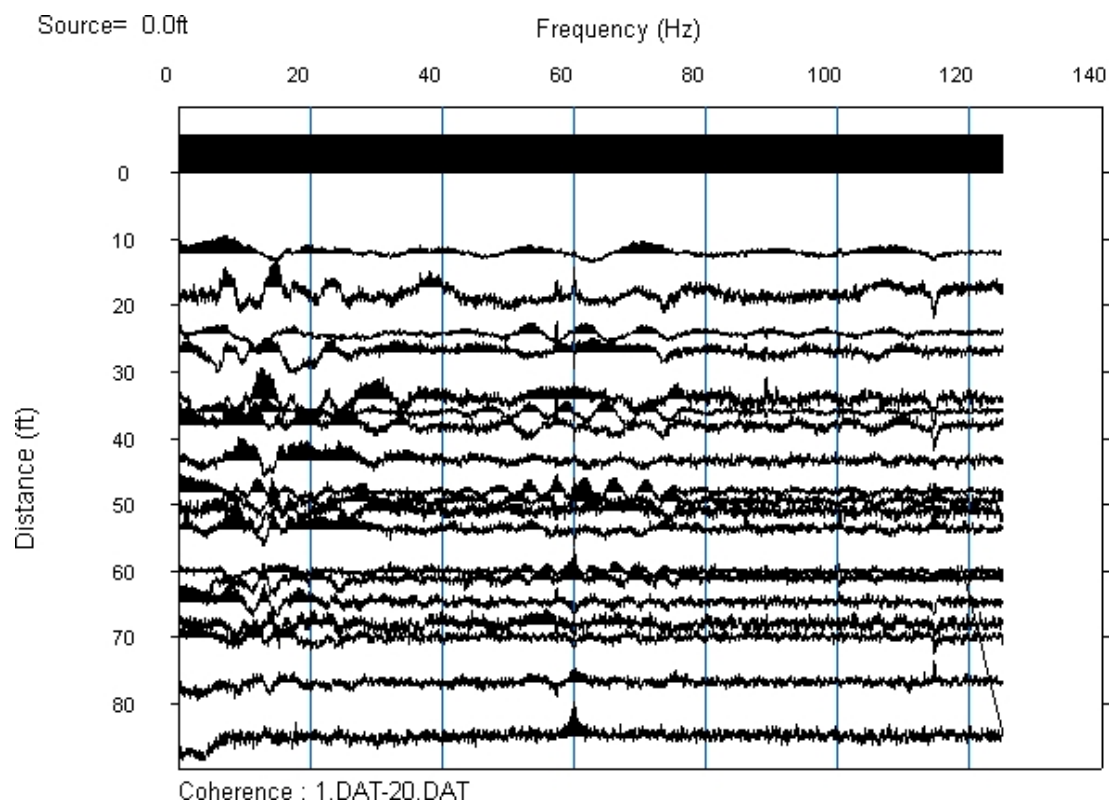


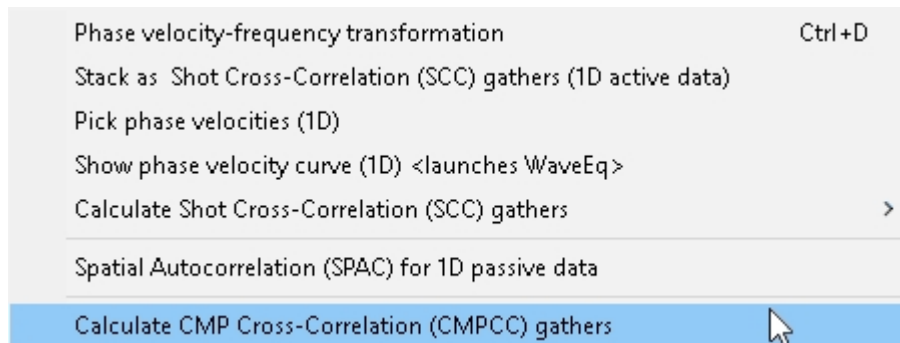
図129: 非ゼロセパレーションでのコヒーレンシーの悪さを示すコヒーレンシープロット。

、コヒーレンスはすぐに計算でき、MAMデータセットが良い結果をもたらすかどうかを確認するために簡単に実行できる。

6.3.7 CMP相互相関 (CMPCC) ギャザーの計算

[SW-2D以上]

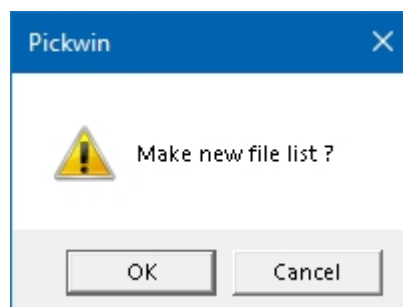
Surface wave analysis (S)



2次元MASWデータセットのファイルリストとジオメトリの割り当てが完了したら、トレースをCMP相互相関ギャザーに組み立てることができます。このステップには、各ショットレコードの各トレースペア間の相互相関の計算、CMPによる相関トレースの収集、および等しい間隔を持つ相関トレースの時間領域スタッキングが含まれます。その結果、従来の2次元MASWよりも横方向の分解能と精度が向上。このプロセスの詳細については、Hayashi and Suzuki (2004) を参照されたい。

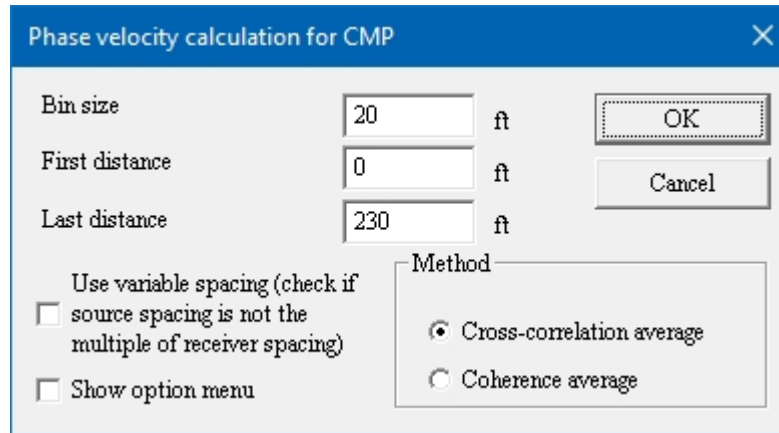
まず、**Group (File List)** メニュー、*Open File List* または *Make File List and Set up Geometry* を使用して、ジオメトリを割り当てたファイルを開きます。開いたら、*Surface Wave Analysis | Calculate CMP Cross-correlation (CMPCC) Gathers* を選択します。

新しい（異なる）ファイルリストを作成するよう促される。新しいファイルリストは、メモリーに保持されている既存のファイルリストを使用して作成される。新しいファイルリストでは、既存のファイルリストのソースとレシーバーの場所が、CMPの場所とCMPの相互相関ギャザーの名前に置き換えられます。OKを押します。

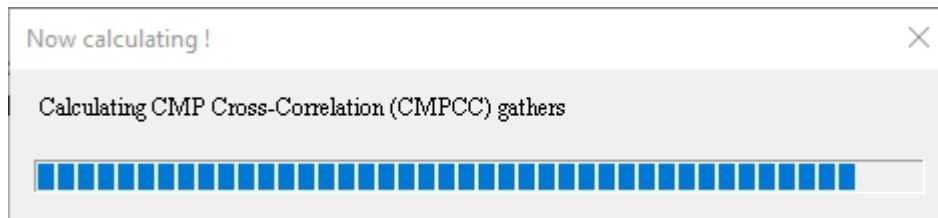


次に、位相速度計算用のCMPを編成するためのパラメータを設定する。ビンのサイズは、受信間隔の2倍として自動的に計算されます。このアプリケーションでは、ビンは測量ラインを分割する離散的な長さです。1つのビン内では、トレースは中点に基づいてソートされます。

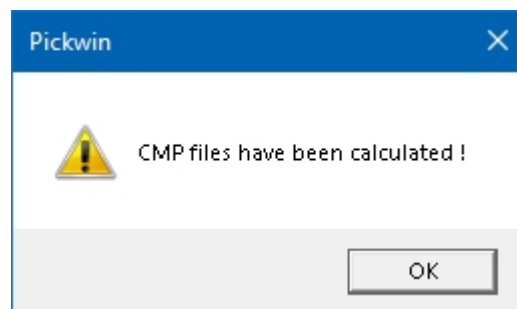
ビンのサイズを大きくすると、最終的なVS断面の分解能が低下する。*Bin* サイズを大きくすると、最終的な_{VS}断面の分解能が低下する。*Bin size* のデフォルト値は、ほとんどの場合に適している。*First distance* と *Last distance* は、ファイルリスト内の受信機スプレッドの最初と最後の座標から取られる。*OK* を押す。



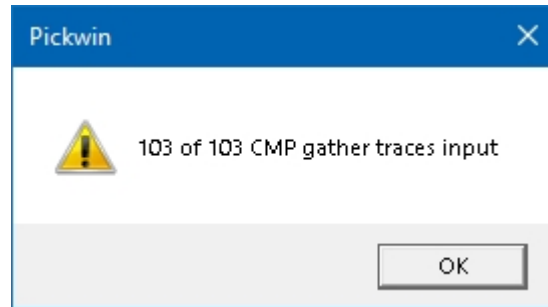
CMP相互相関トレースが計算され、CMP相互相関ギャザーが組み立てられる。新しいCMP相互相関ギャザーのSEG-2ファイル群がデータセットディレクトリに *cmp_XXXXXX.sg2* という名前書き込まれる。



CMP相互相関ギャザーが計算され、組み立てられたことを確認するメッセージが表示されるので、*OK* を押します。



CMPギャザーの数が報告されるので、*OK* を押す。



CMP相互相関ギャザーの計算が完了すると、CMP相互相関ギャザーのジオメトリのプロットが表示される。ジオメトリのプロット属性と表示機能については、[6.1.5.7項](#)（233ページ）の[表5](#)を参照してください。

横軸の *Spacing* は、相互相関トレースの分離または空間分布である。縦軸の *CMPPC Gather No.* は、CMP相互相関ギャザーの数。

この例では、トレースの多いセンターショットで最も高いフォールドが発生している。

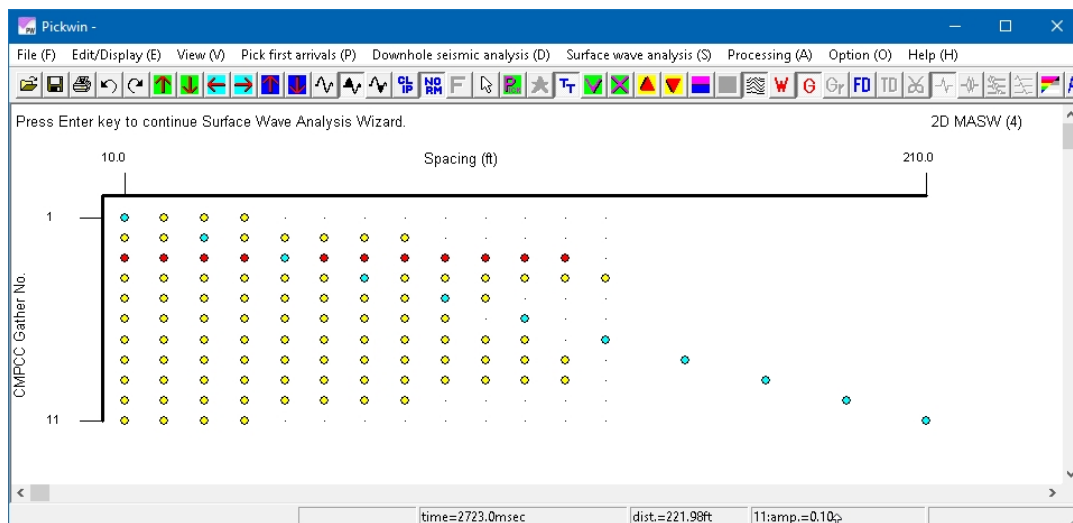
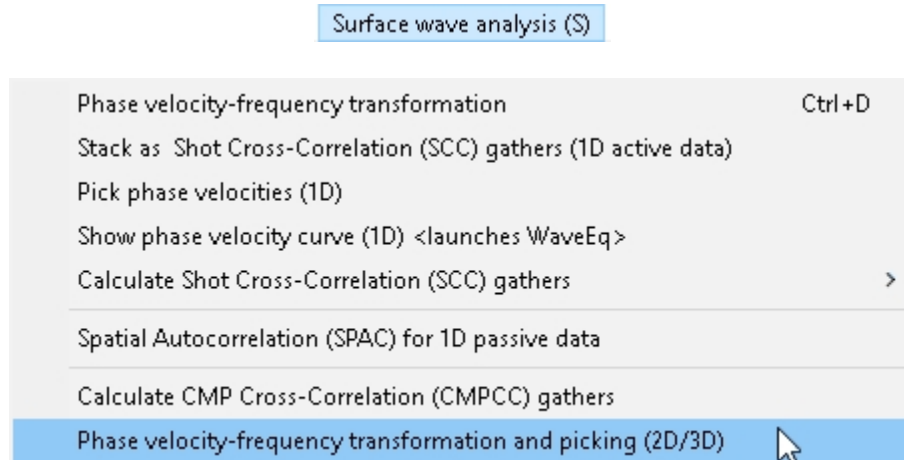


図130: CMPの相互相関ギャザーの形状。トレースカウントが最も高いセンターショットで最も高いフォールドが発生している。

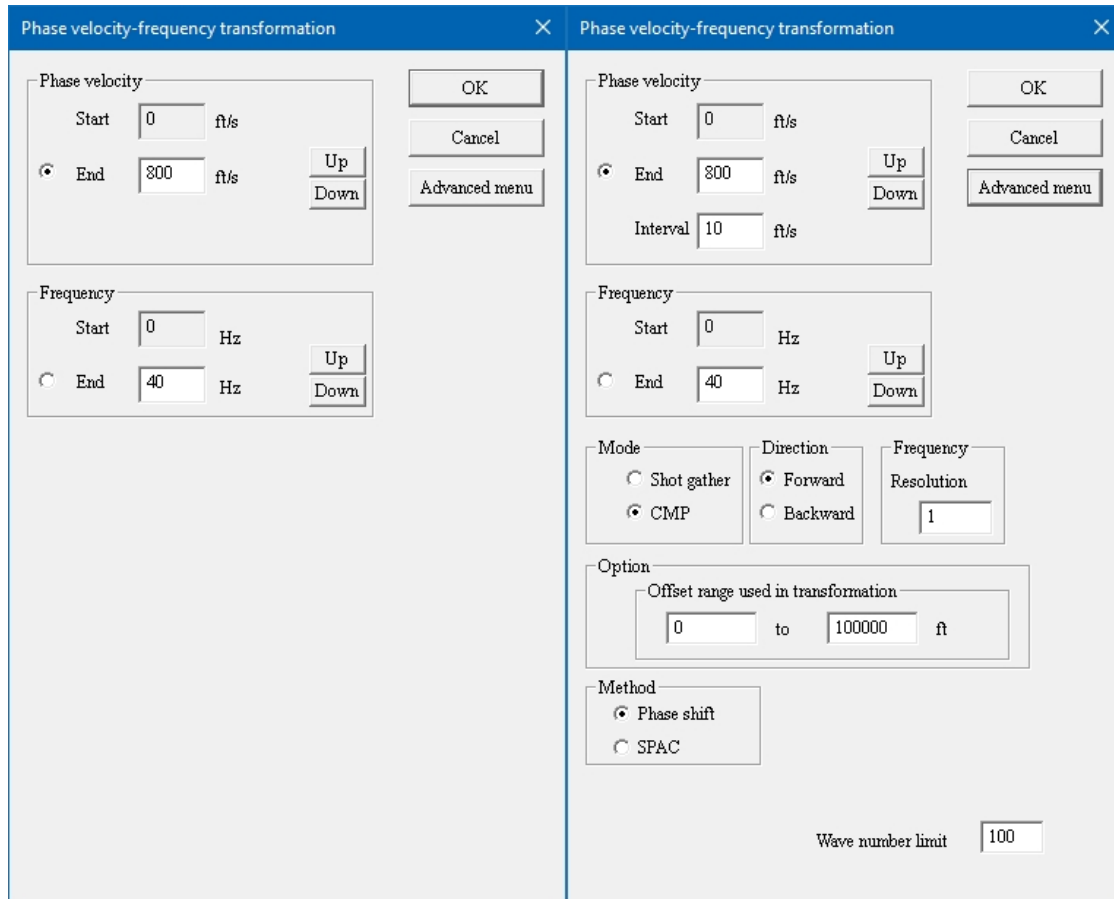
6.3.8 位相速度-周波数変換とピッキング (2D/3D)

[SW-2D以上]

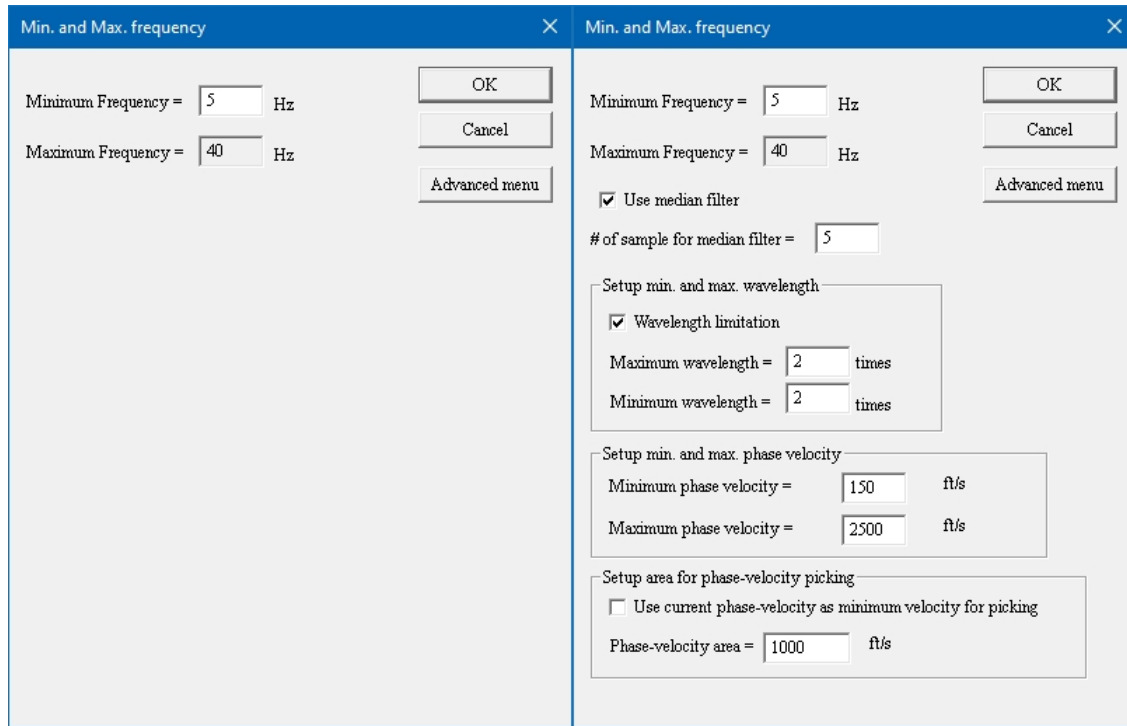


CMPの相互相関ギャザーを収集したら、*位相速度-周波数変換とピッキング (2D/3D)* を選択して、時間領域のギャザーを周波数領域に変換し、各周波数の位相速度を計算し、分散曲線を定義する最大振幅をピッキングします。2D MASWの場合、変換とピッキングはこの1つの機能に統合されます。

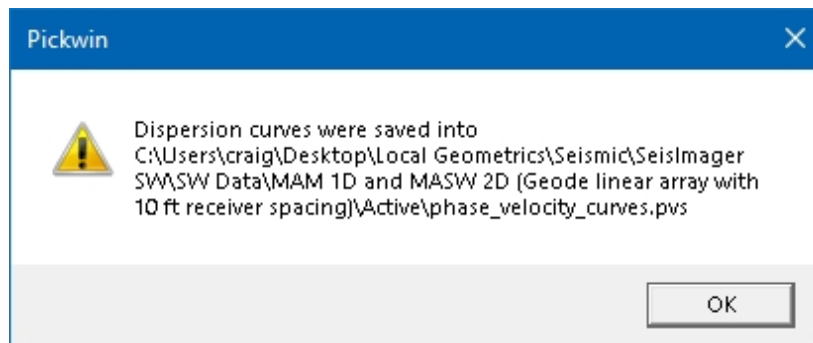
位相速度-周波数変換ダイアログボックス（左に表示、右に**Advanced**メニュー）は、258ページのセクション[6.3.1](#)で説明したものと同じです。完了したらOKを押します。



次に、**Min.Frequency**ダイアログボックス（左図とAdvancedメニューは右図）が自動的に表示されるので、各カーブの振幅の最大値を自動的に選ぶことができます。**Min. and Max.Frequency**ダイアログボックスは271ページのセクション6.3.説明したものと同じです。完了したらOKを押す。高度な機能が変更されることはほとんどなく、通常はデフォルト設定のままでよい。必要であれば、support@seisimager.comお問い合わせください。

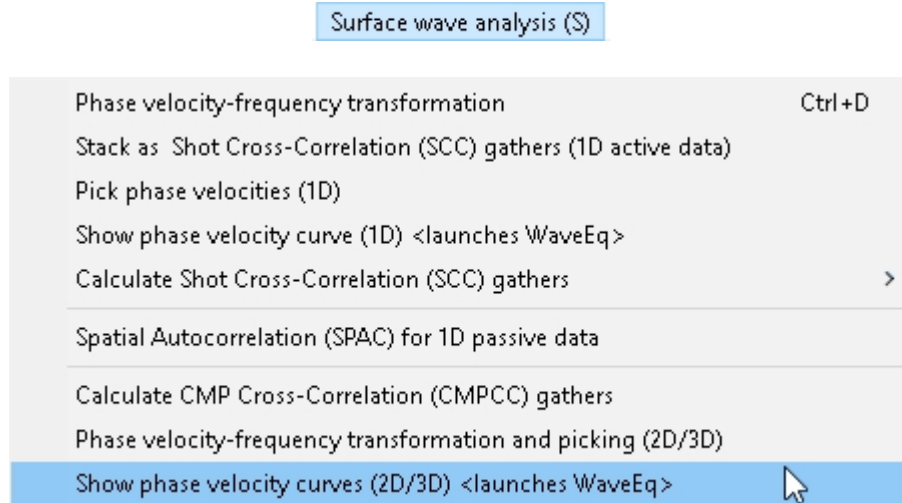


ピッキングが完了すると、2D MASWデータセットには多数の含まれるため、個々の分散曲線はすべてPickwinには表示されません。ピッキングは自動的に.pvsファイルとしてデータセットディレクトリに保存され、WaveEqにインポートするためにメモリに保持されます。



6.3.9 位相速度カーブの表示 (2D/3D) <WAVEEQ起動

[SW-2D以上]



WaveEqは詳細な編集、インバージョン、追加解析に使用します。WaveEqを個別に開き、.pvsファイルを読み込むこともできますが、この1ステップで自動的にWaveEqを起動し、Pickwinでピックアップしたばかりの分散曲線をインポートするのが最も簡単な方法です。

*Show phase velocity curves (2D/3D)*を選択すると、WaveEqが自動的に起動し、Pickwinから分散曲線がインポートされます。

WaveEqが起動し、分散曲線プロットが表示されます。Pickwinで設定した単位ラベルはれます。WaveEqでは、*位相速度*が縦軸に、*周波数*が横軸にプロットされることに注意してください。このプロットの完全な説明については、440 ページから始まるセクション [7.5](#) を参照してください。



図131: 分散曲線。



6.3.10 フーリエ・スペクトルの計算

Surface wave analysis (S)

- Phase velocity-frequency transformation Ctrl+D
- Stack as Shot Cross-Correlation (SCC) gathers (1D active data)
- Pick phase velocities (1D)
- Show phase velocity curve (1D) <launches WaveEq>
- Calculate Shot Cross-Correlation (SCC) gathers >
- Spatial Autocorrelation (SPAC) for 1D passive data
- Calculate CMP Cross-Correlation (CMPCC) gathers
- Phase velocity-frequency transformation and picking (2D/3D)
- Show phase velocity curves (2D/3D) <launches WaveEq>
- Calculate Fourier spectrum ▶

データを周波数ドメインに変換するには（例えば H/V スペクトルを計算する前に、次のセクションを参照）、まず *File| Group (File list)| Make file list* を選択してファイルリストを作成し、変換する時間ドメインの波形ファイルを選択します。または、フォルダ

変換したい波形ファイルだけが含まれている場合は、*File| Group (File list)| Make file list (フォルダを選択)* を選択します。すべての波形ファイルが自動的に読み込まれます（第 6.1.5.2 節、227 ページ）。

最初の波形ファイルが表示されます。ツール・バーの   ボタンを使ってスクロールできます。

Status : No editing
 File list : file = 1/13

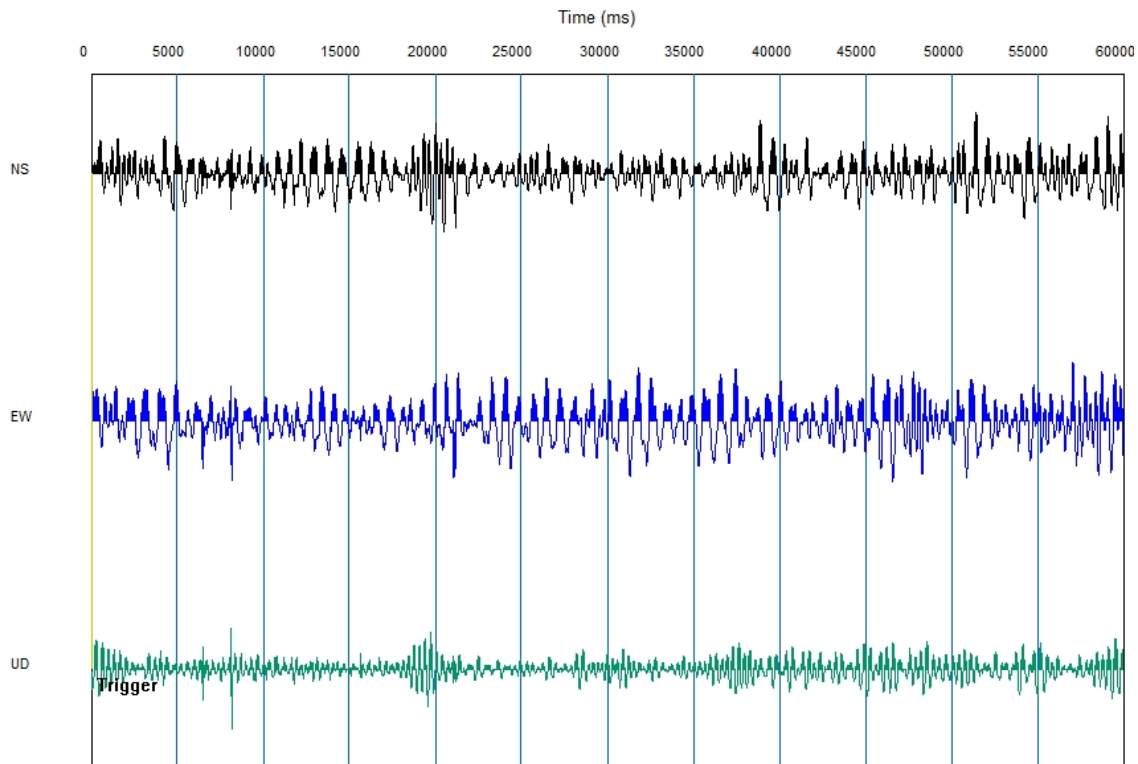


図132: 3コンポーネットのタイムドメインプロット。

この例では、13個の3成分ファイルを用意した（上に示したのは1ファイルのみ）。各トレースの長さは1分である。

後で使うためにファイルリストを保存しておく良い機会だ。XMLは最も便利なフォーマットである。*File| Group (File list)| Save file list (XML)* を選択する。ファイル名を入力するプロンプトが表示されます。

次に、*Surface wave analysis| Calculate Fourier spectrum* を選択する：

Status : No editing
File list : file = 12/13

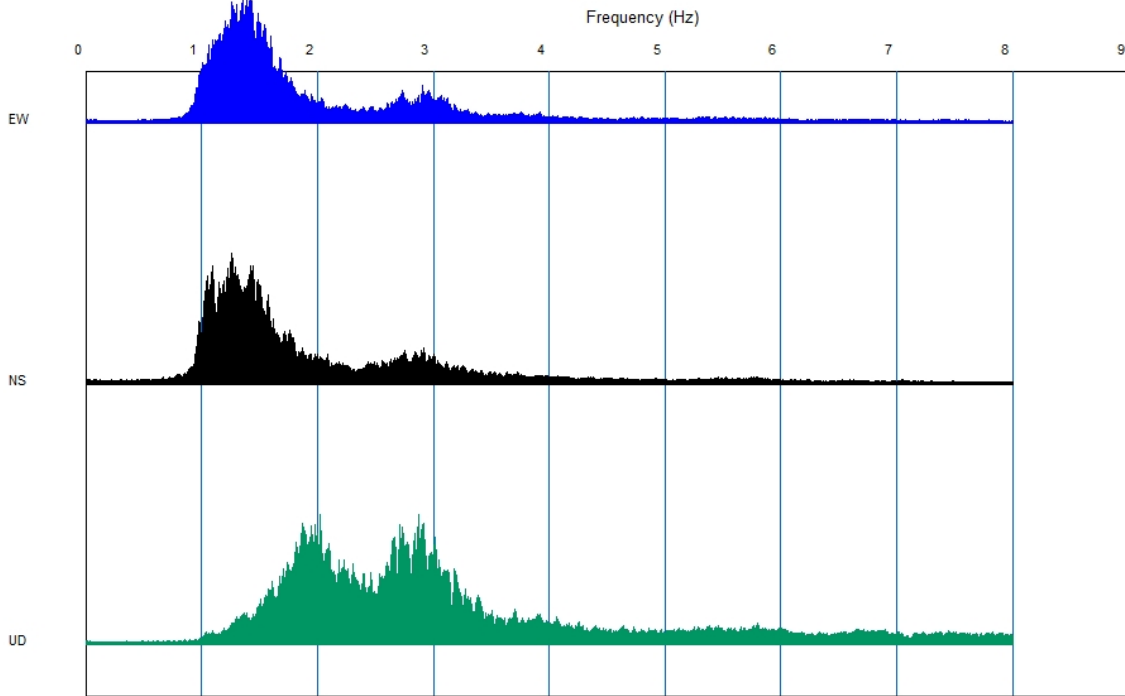
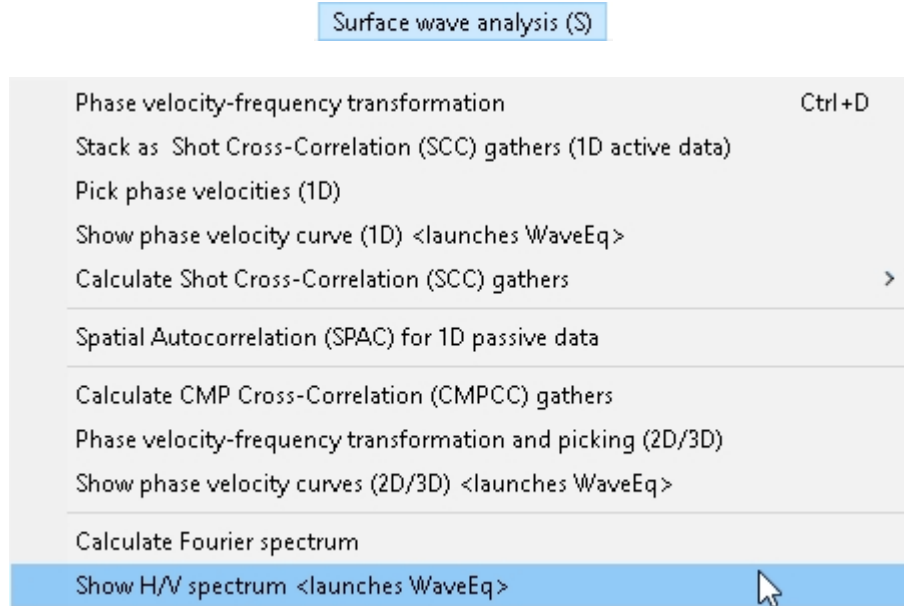


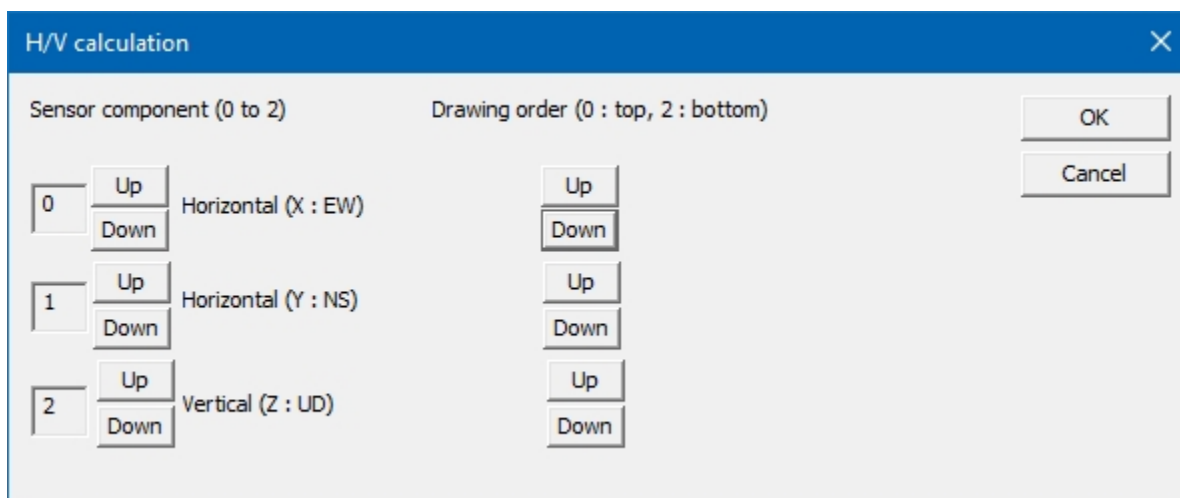
図133: 周波数領域で表示された3成分パッシブ・データ。

データは周波数変換されている。

6.3.11 h/vスペクトルを表示



H/V スペクトルを表示するには、*Surface wave analysis* | *Show H/V spectrum* を選択します。これで自動的に WaveEQ が起動します。



必要に応じて部品番号と図面順序を編集し、*OK* を押す:

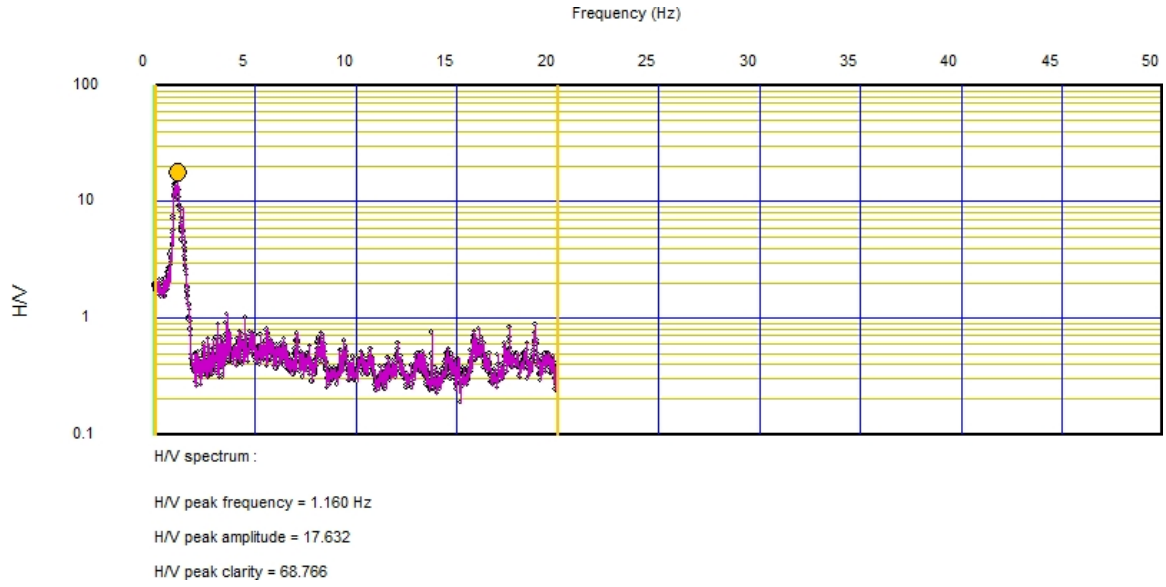
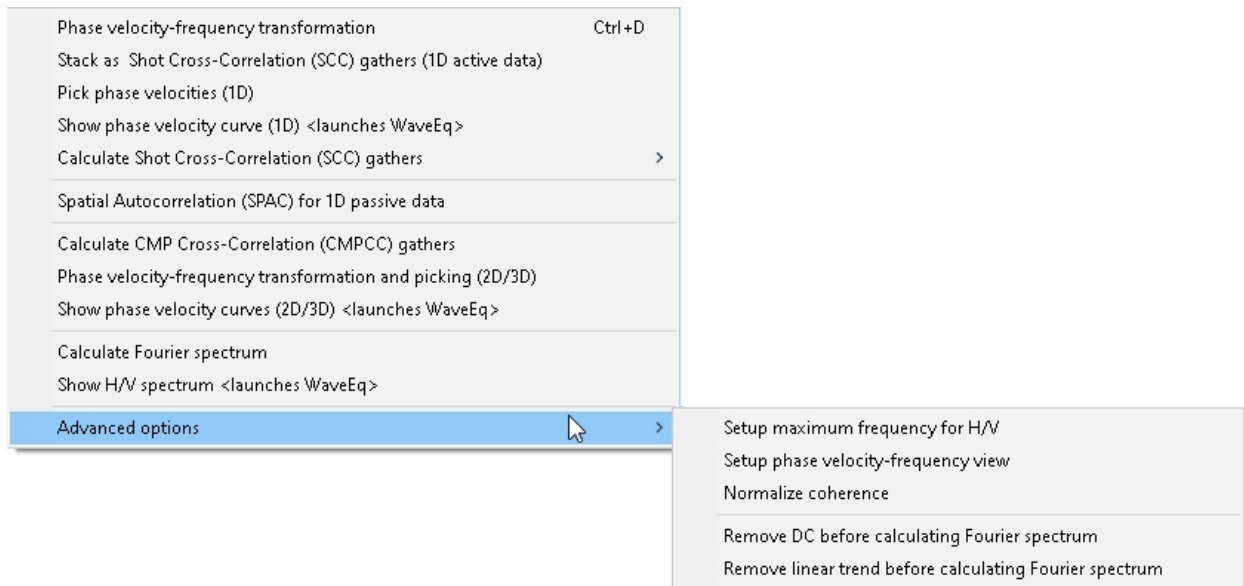


図134: H/Vスペクトル。

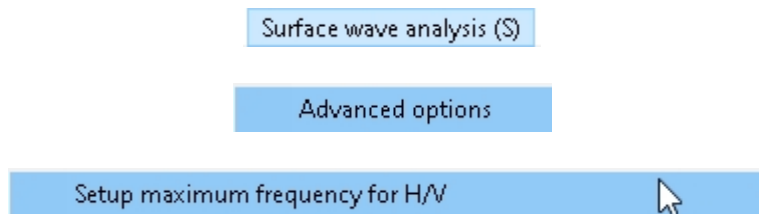
H/Vスペクトルが表示される。

6.3.12 高度なオプション



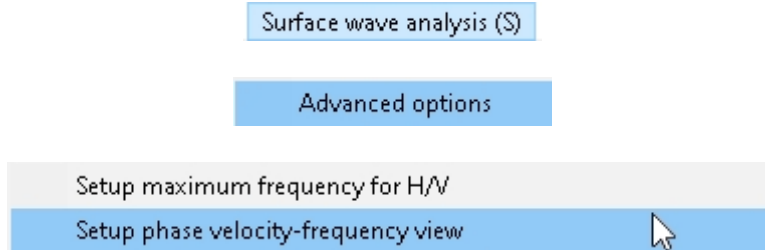
続ける。

6.3.12.1 H/Vの最大周波数の設定



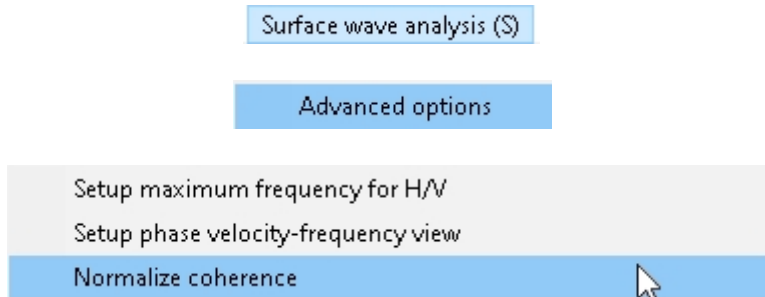
support@seisimager.com。

6.3.12.2 セットアップ位相速度-周波数ビュー



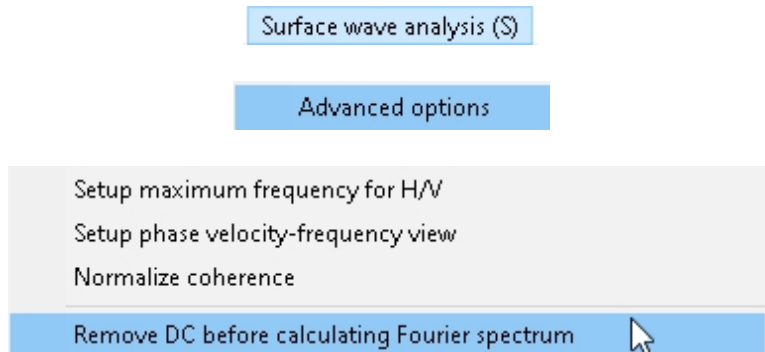
support@seisimager.com。

6.3.12.3 コヒーレンスを正常化する



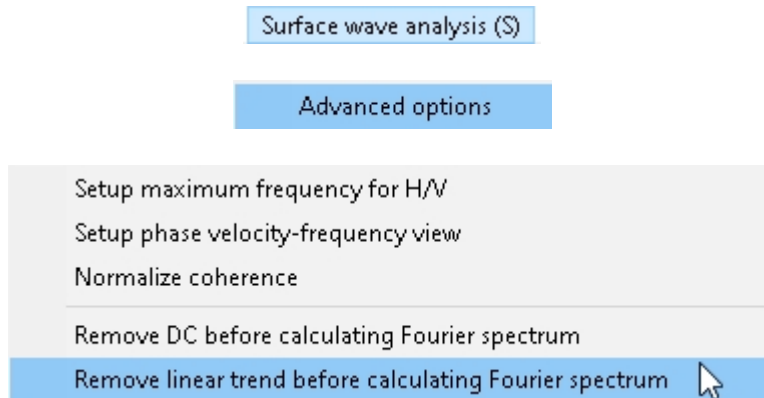
support@seisimager.com。

6.3.12.4 フーリエ・スペクトルを計算する前にDCを取り除く



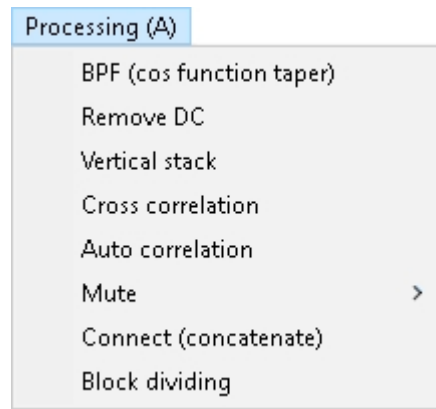
フーリエ・スペクトルを計算する前に、データ中のDC成分を除去したい場合は、これを有効にする。

6.3.12.5 フーリエ・スペクトルを計算する前に線形傾向を取り除く



フーリエ・スペクトルを計算する前に、データの線形トレンドを除去したい場合は、これを有効にします。

6.4 加工メニュー



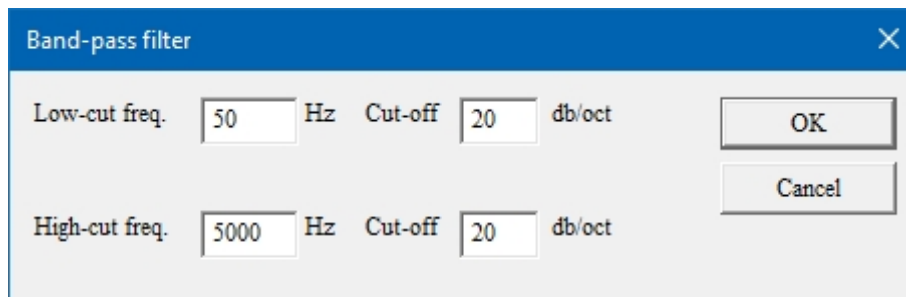
Processingメニューには、屈折データと表面波データの役立つ様々なデータ処理ツールが含まれています。

6.4.1 BPF（コス・ファンクション・テーパー）

Processing (A)

BPF (cos function taper)

これはバンドパスフィルタで、特定のフィルタリングパラメータを設定できる：



Band-pass filter dialog box showing the following settings:

Low-cut freq.	50	Hz	Cut-off	20	db/oct	OK Cancel
High-cut freq.	5000	Hz	Cut-off	20	db/oct	

各波形ファイルを個別にフィルタリングする必要があります。バンドパス・フィルタを無効にするには、[Undo] ボタンをクリックする。

注： データをフィルタリングして保存すると、フィルタリングされた保存されます。

6.4.2 リムーブDC

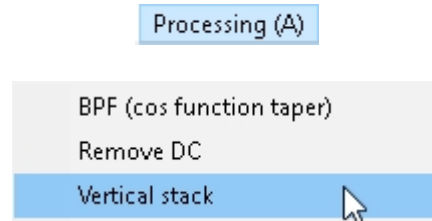
Processing (A)

BPF (cos function taper)

Remove DC

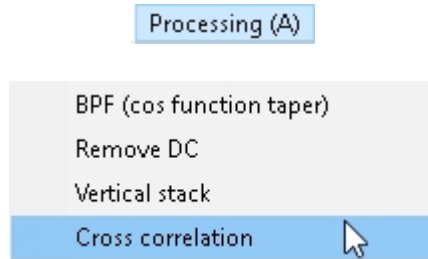
この機能は、トレースに存在する可能性のあるDCオフセットを除去します。


6.4.3 垂直スタック



2つ以上のレコードを垂直にスタック（合計）することができる。これは、スタックが現場で行われなかった場合に便利である。単に2つ以上のファイルと一緒にアペンド（セクション6.1.5.9、ページ245）し、*処理* **垂直スタック**を選択します。

6.4.4 相互相関



どのトレースに対しても、すべてのトレースを相互相関させることができます。これを行うには、 ボタンを押してオペレーターを選択し、目的のトレースをクリックする必要があります：

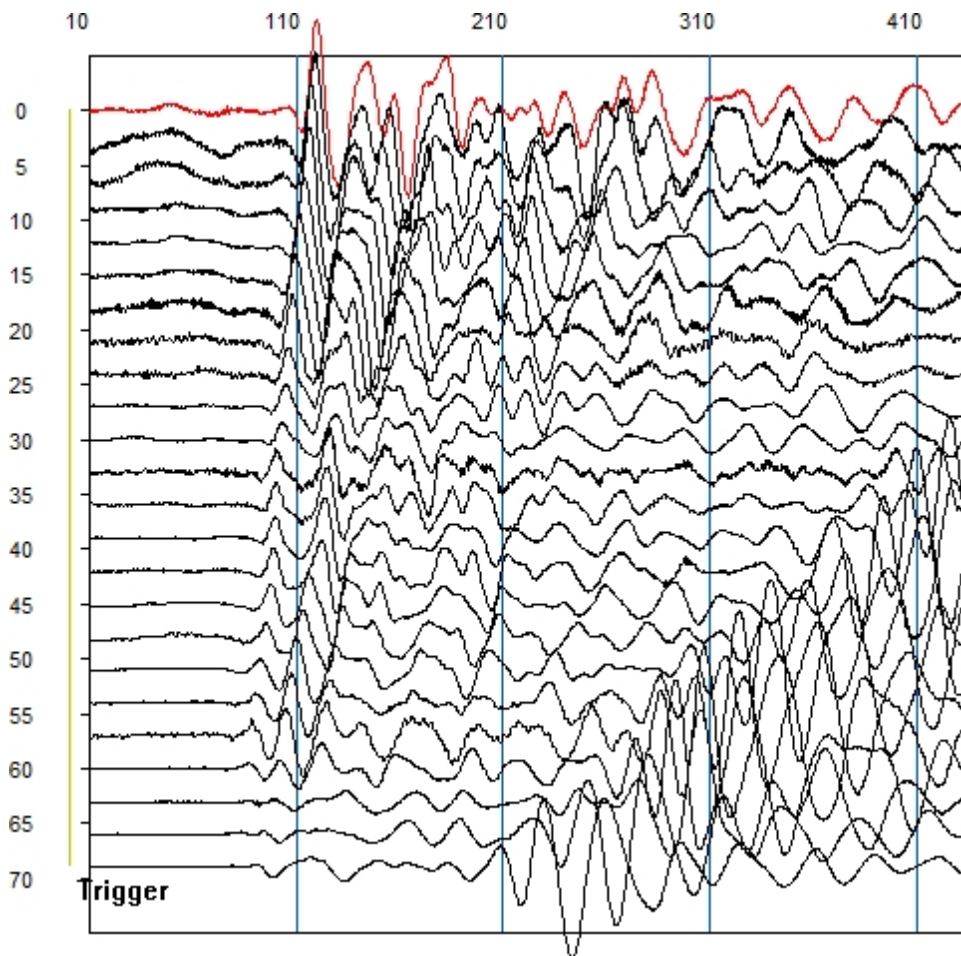
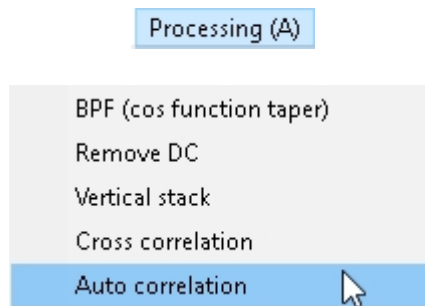


図135: 相互相関のために選択されたオペレーター (赤)。

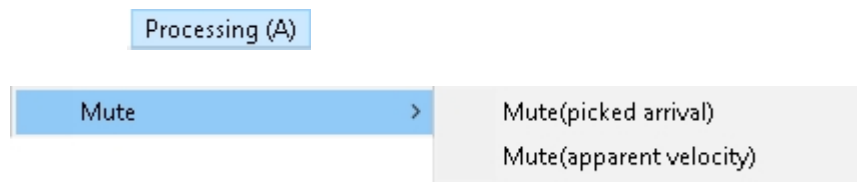
選択したトレースが赤くなります。*相互相関*を選択すると、レコード内のトレースがオペレータと相互相関されます。

6.4.5 自己相関



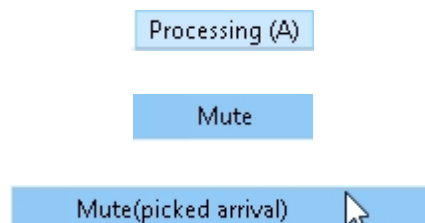
この機能は、各トレースをそれ自身と自動相関させる。

6.4.6 ミュート



ピックされた到着または速度に基づいてレコードをミュートすることができる。

6.4.6.1 ミュート（ピック到着）



最初の到着に基づいてミュートをするには、到着を選び、ミュート（選んだ到着）を選択します。

Click left mouse button to move one pick or drag to move a range of picks.
Source= 69.0m

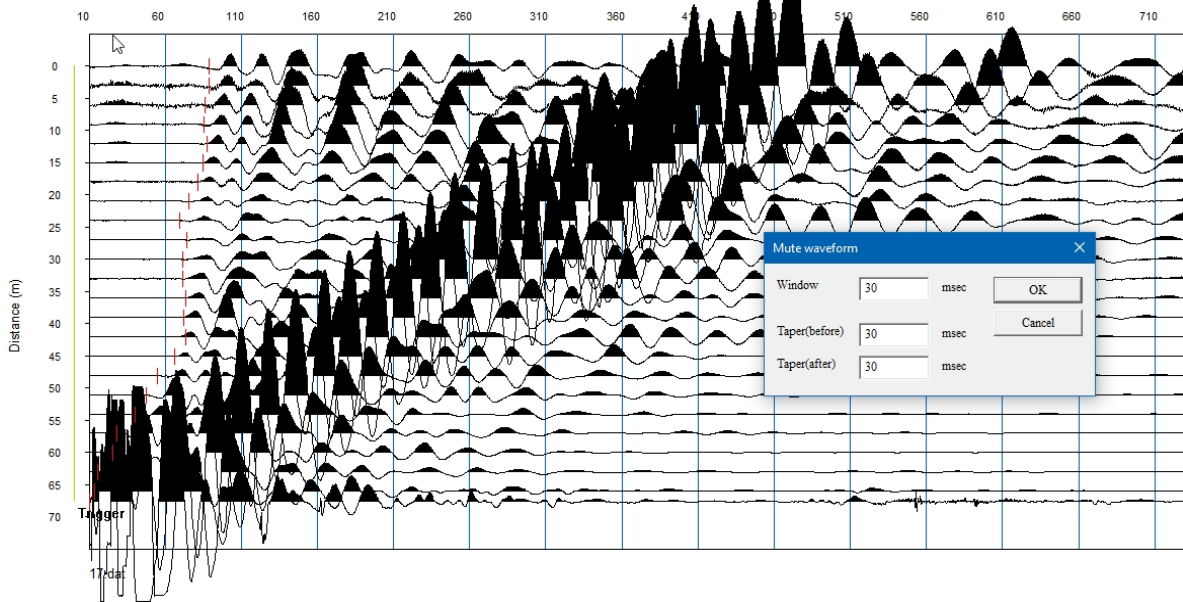


図136: MASWの記録と最初の到着ピック。

ミュートパラメーター（上記参照）を設定し、OKを押します。レコードはこれらのパラメータに従ってミュートされます。この例では、最初のブレイクの前後のトレースをミュートすることにしました：

Click left mouse button to move one pick or drag to move a range of picks.
Source= 69.0m

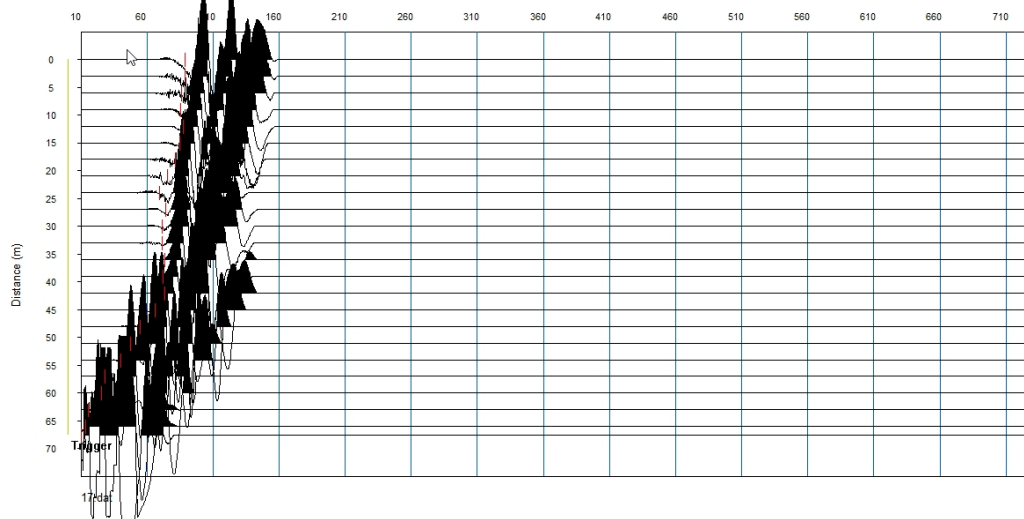
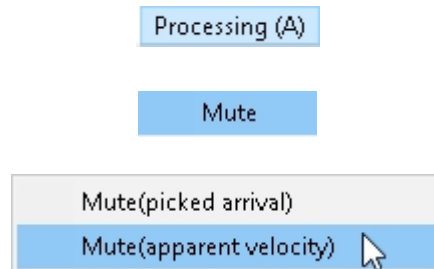


図137: 屈折の記録は最初の到着に基づいてミュートされている。

6.4.6.2 ミュート（見かけのベロシティ）



また、見かけの速度に基づいてトレースをミュートすることもできます。これは、周波数領域（表面波解析など）作業する場合に最も便利ですが、屈折適用できません。保存したい速度の範囲を入力します：

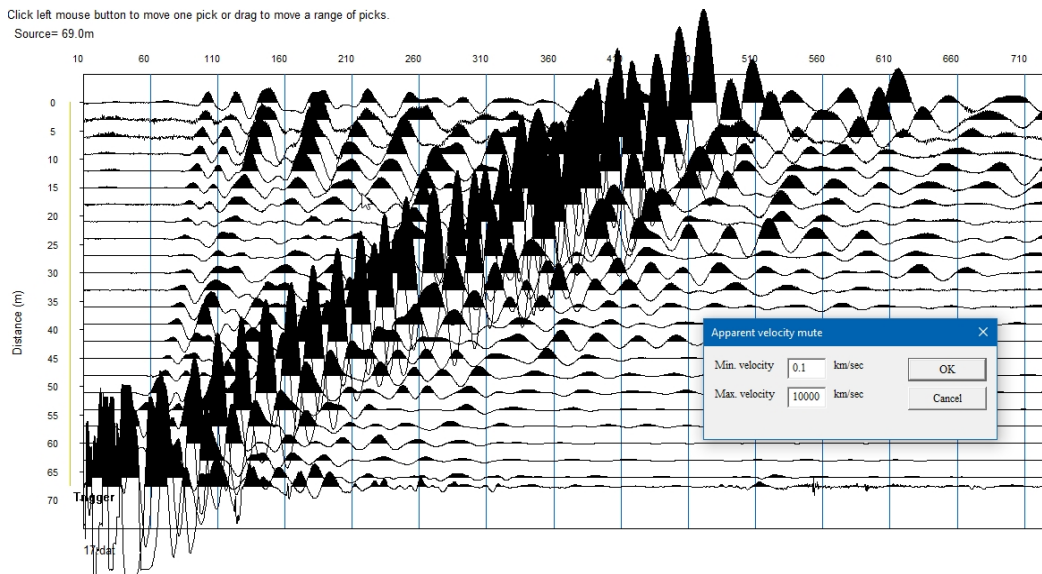


図138: アンミュート屈折記録。

OKを押す。

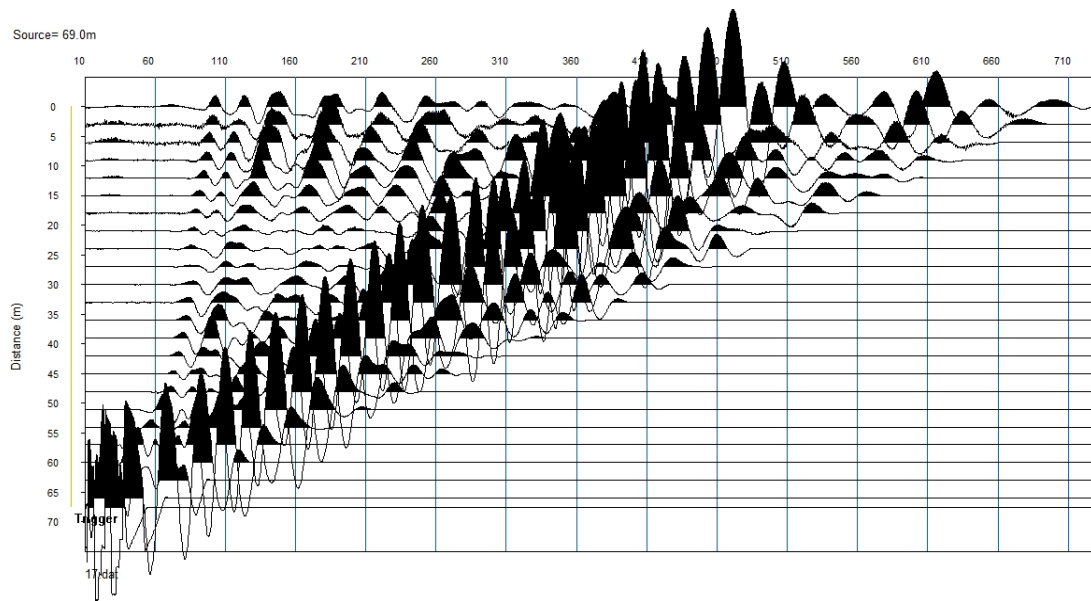
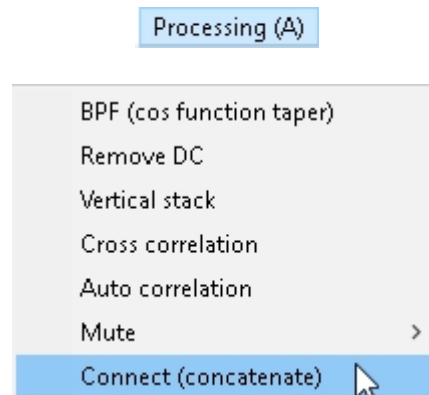


図139: 屈折の記録を速度に基づいてミュートしたもの。

一般的に、屈折ミュートが適用されることはほとんどない。

6.4.7 コネクト (連結)



"concatenate" (連結) を使えば、時間的にファイルを端から端まで連結することができる。これは、データが多く小さなファイルに分割されている場合に便利である。手順は以下の通り:

- 1) 波形開く。
- 2) 2つ目の波形ファイルを開き、"New"ではなく"Append"を選択してデータを表示します。
- 3) 2.をさらに8回まで繰り返す。1ステップで10ファイルまでまとめて追加できる。
- 4) セレクト処理 コネクト (連結)

5) 連結ファイルのファイル名を入力するプロンプトが表示されます。

これは例で説明するのが一番わかりやすい。波形

ファイルを開きます:

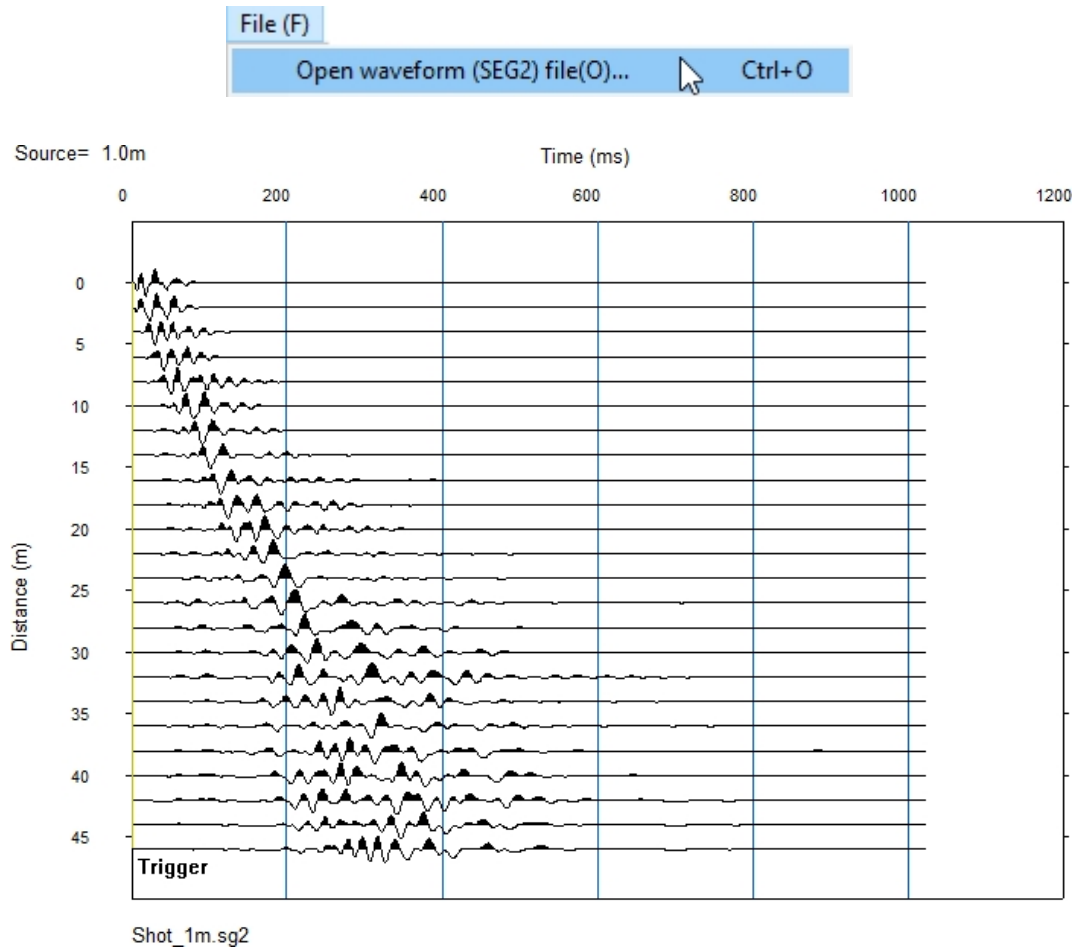
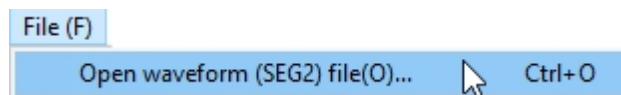


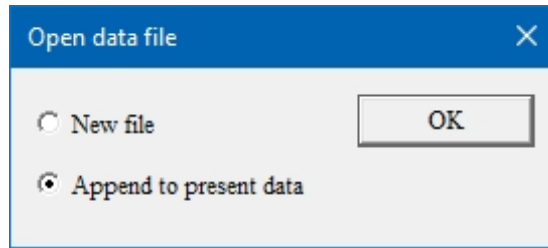
図140 波形ファイル波形ファイル。

典型的なシングルショットの 24 チャンネル MASW ファイルで、1024 サンプル/トレースです。2つ

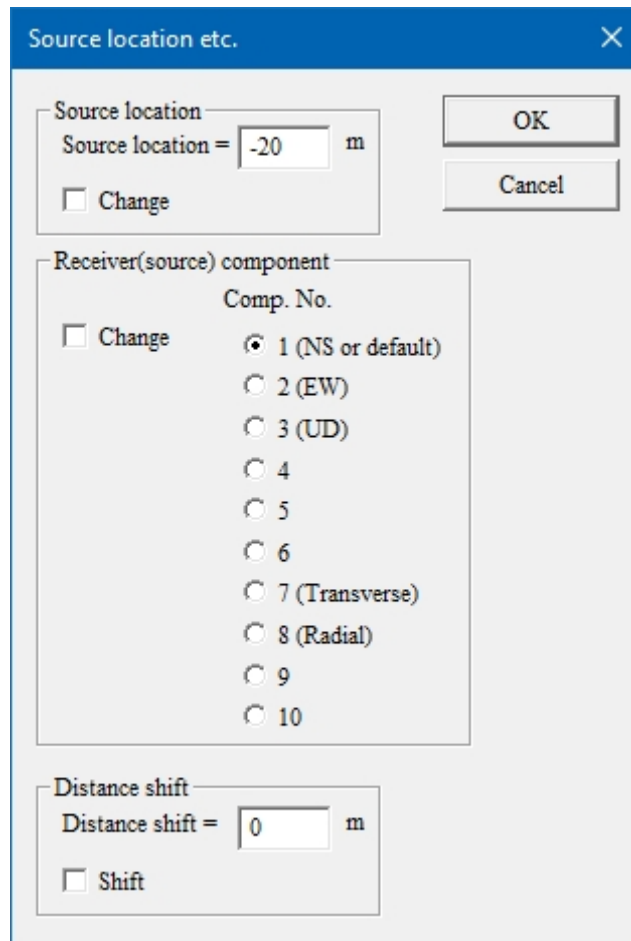
目の波形ファイルを開きます:



それを最初に追加する:



必要な調整を行う:



OKを押す。

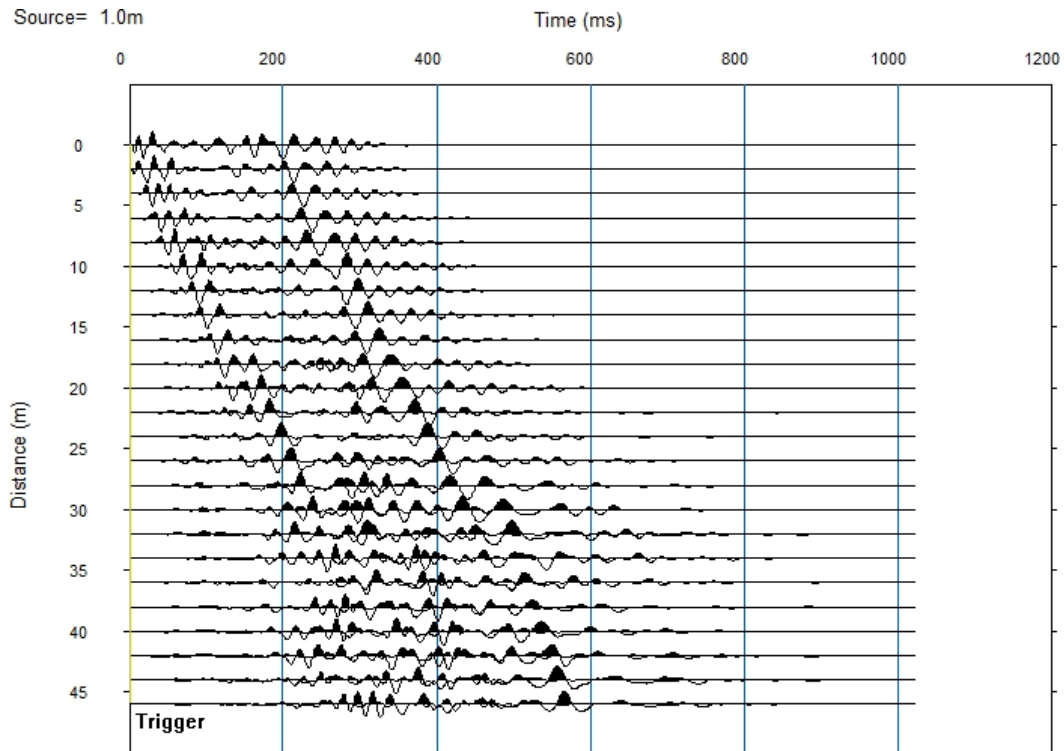
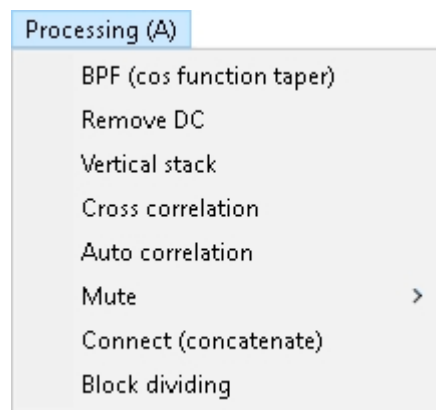


図141: 2つの波形ファイルをアペンドもの。

2つのファイルは一緒に追加された。

連結するすべてのファイルがされるまで、必要に応じてこれを繰り返す。処理 接続 (連結) を選択

する:



プロンプトが表示されたら、連結ファイルのファイル名を指定する。

現在、追加されたファイルは時間的に連結されている。各トレースは 2048 サンプルである。

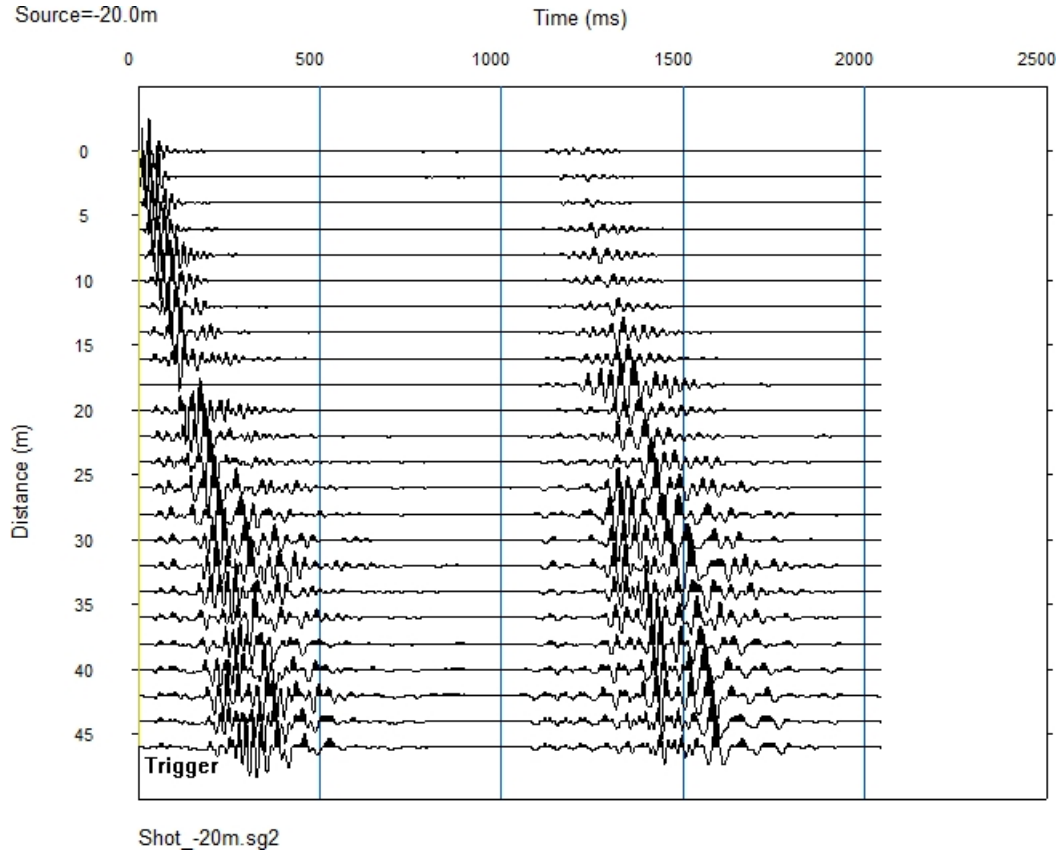
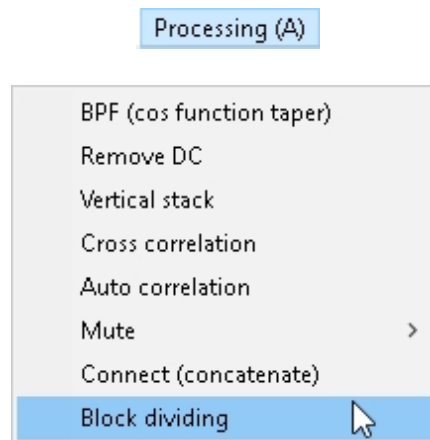


図 142: 連結された波形ファイル。

注: 追加/連結するファイルが10個以上ある場合は、セクション[6.1.5.9](#) (245ページ) を参照してください。

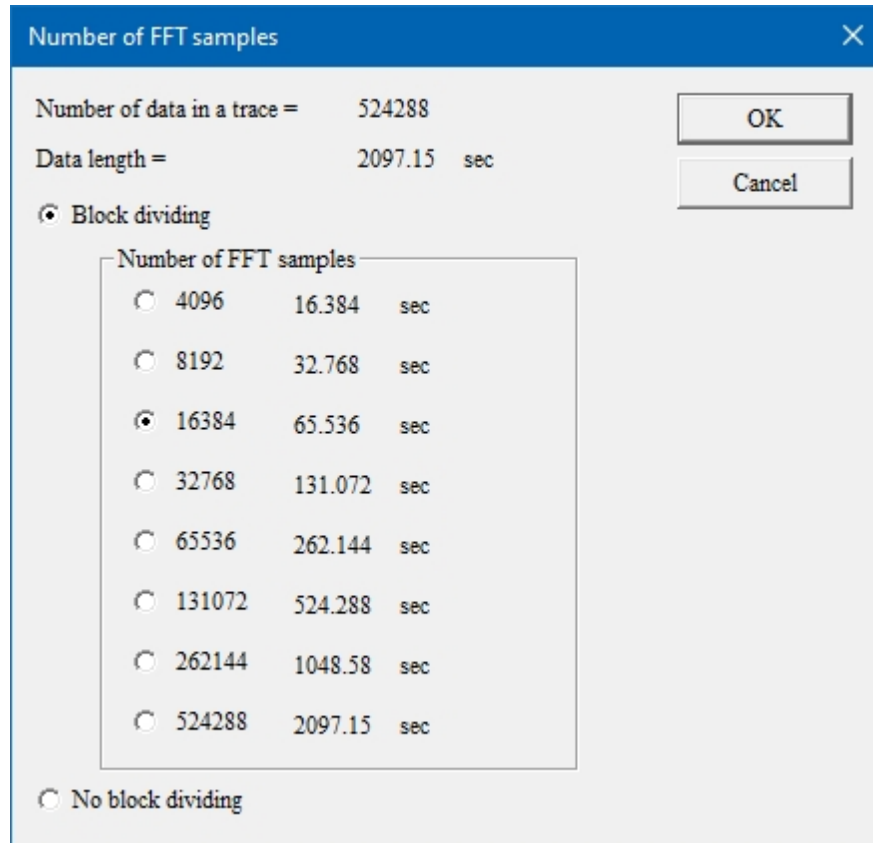
6.4.8 ブロック分割



この機能は連結の逆で、ファイルが管理できない場合に便利です。これは、AtomやMcSeis MT Neo地震計を使用している場合、特にパッシブ表面波データを記録している場合によく見られます。

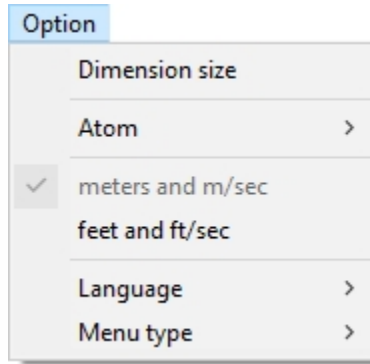
これは例によって説明するのが一番わかりやすい。次のダイアログボックスでは、"ブロック分割"の有効/無効を設定し、各"サブ"トレースの長さを設定します。一般的には、16kまたは32kサンプル（またはそれ以下）のトレースで作業するのが望ましい。標準的なパッシブデータのサンプル間隔を4ミリ秒とすると、これは1〜2分に相当する。

トレース長を選択し、OKを押す。

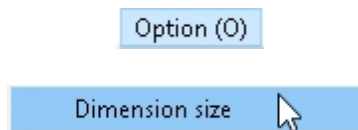


6.5 オプションメニュー

Optionメニューには、プログラムコントロールとディスプレイ設定が含まれています。



6.5.1 寸法サイズ



番組データの入力許容値を表示または変更するには、**寸法サイズ**を選択します。

現在のサイズは、*Maximum* サンプルと *Maximum* トレースの現在の寸法を反映し、*Maximum* は可能な限り大きな寸法を示す。通常、*Maximum* サンプル数を変更する必要はない。処理を高速化するために、*Maximum* トレース数を128から64に変更することは有用ですが、これは位相速度プロットの分解能を低下させます。パッシブ音源データセットのトレース数が多い場合（たとえば48以上）には、**最大トレース数**を増やす必要があります。

Dimension size

WARNING: The default program dimensions may be increased; however, your PC memory may be insufficient for larger dimensions. You may encounter an error next time you try to open the program and the dimensions will need to be reduced. To reduce the dimensions, press the Shift key when double-clicking the program icon (consult the manual for full details).

OK

	Present size	Maximum
Maximum samples	65536	10000000
Maximum traces	512	100000
Maximum files		2000

Change dimension size

Password for upgrade

Your keyword is rf7ubmga

3 P3 S2 M Neo PSL SW3D 0

寸法を変更するには、新しい値を入力し、*Change dimension size*にチェックを入れ、*OK*を押す。

Dimension size

WARNING: The default program dimensions may be increased; however, your PC memory may be insufficient for larger dimensions. You may encounter an error next time you try to open the program and the dimensions will need to be reduced. To reduce the dimensions, press the Shift key when double-clicking the program icon (consult the manual for full details).

OK

	Present size	Maximum
Maximum samples	128000	10000000
Maximum traces	512	100000
Maximum files		2000

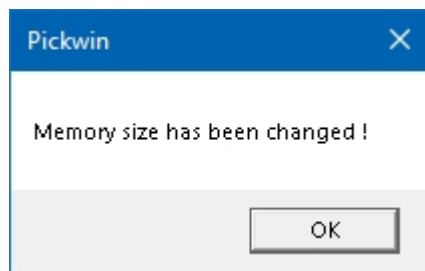
Change dimension size

Password for upgrade

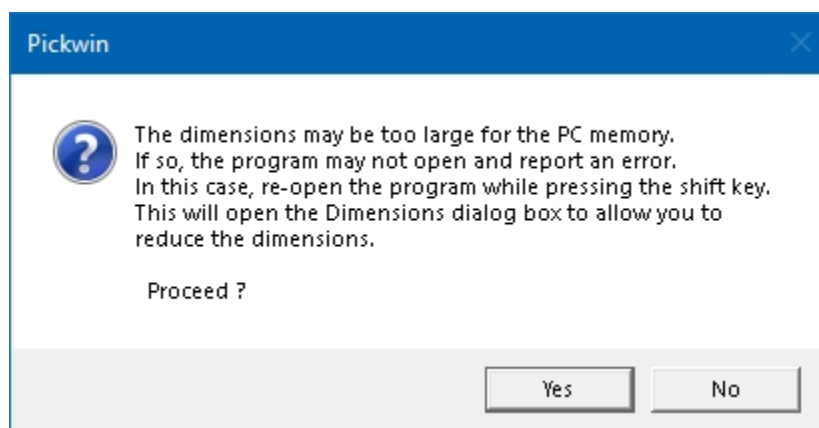
Your keyword is rf7ubmga

3 P3 S2 M Neo PSL SW3D 0

OK を押し、プログラムを再起動する。



最大トレース数 (*Maximum traces*) に1024のような非常に大きな値を入力すると、プログラムを再起動する前に警告メッセージがされます。先に進まず、*No*を選択して寸法を小さくすることをお勧めします。



続行した結果、実際にPCのメモリが不足していた場合、プログラムは開くことができなくなります。値を下げてプログラムを回復するには、*Shift*キーを押しながらプログラムのアイコンをダブルクリックして、**Dimension size**ダイアログボックスを直接開きます。

注意: 上記の表示されるのではなく、単にプログラムがクラッシュすることがあります。その場合は、[3](#)ページで説明したシステムのデフォルトに戻してください。

ウィザードは、効率的に実行するために、自動的に標準寸法をデフォルトとします。標準以外の寸法を使用するには、データを手動で処理する必要があります。

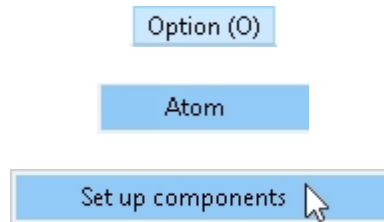
プログラムのアップグレードを購入した場合、新しい登録パスワードを**Dimension size**ダイアログボックスの *Password for upgrade* フィールドに直接入力することができますが、代わりにSeisImager Registrationプログラムを介してアップグレードすることを強くお勧めします。

6.5.2 アトム



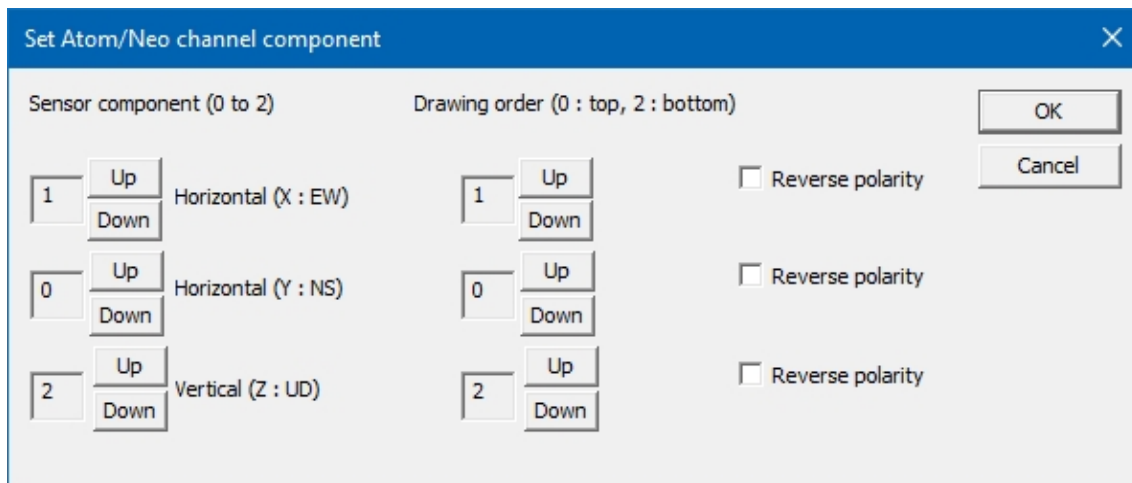
続ける。

6.5.2.1 コンポーネントのセットアップ

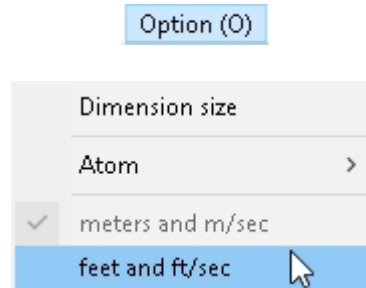


AtomとMcSeis Neoには、3成分ジオフォンで動作するための3成分モジュールが含まれています。3Cジオフォンには多くのメーカーやモデルがあり、その配線はすべて異なっています。このため、どのコンポーネントがEWで、どれがNSで、どれが垂直かを定義する必要があります。

デフォルト値は、ジオメトリックス社から販売されているメーカーとモデル（この）、Sunfull™ PS-2B 3C ジオフォンのものです。他のジオフォンを使用する場合は、メーカーからコンポーネントと極性情報を入手する必要があります。

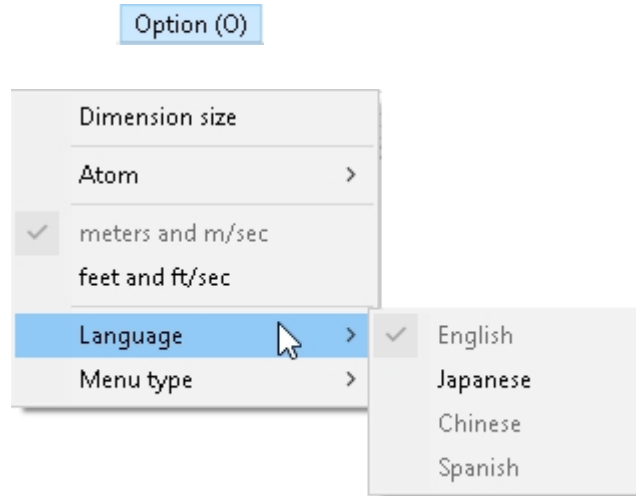


6.5.3 メートルとメートル/秒、フィートとフィート/秒



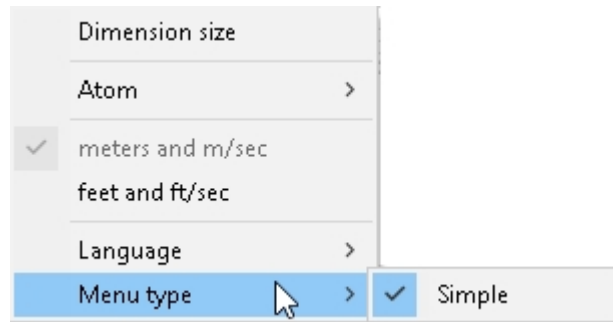
*m*と*m/sec*または*ft*と*ft/sec*を選択して、希望する単位ラベルを選択する。設定はディスプレイラベル、ダイアログボックスラベル、および該当するデフォルト値に反映されます。

6.5.4 言語

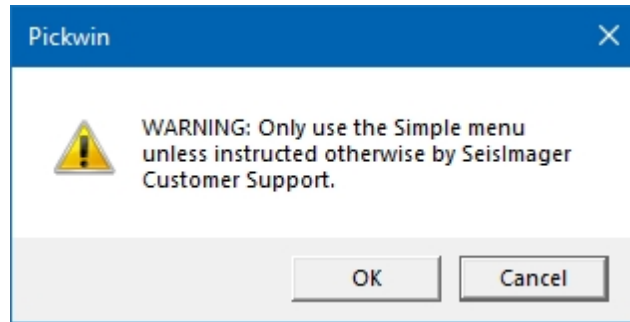


お好きな言語をお選びください。本稿執筆時点（2025年1月）では、中国語とスペイン語が開発中です。

6.5.5 メニュータイプ



SeisImagerには、Simpleのチェックを外した場合にのみ使用できる、非常に特殊なアプリケーションのための高度なオプションが含まれています。これらは文書化されていないため、Geometricsの監督下でのみ使用する必要があります。Simpleのチェックが外れている場合、以下の警告が表示されます：



上記のOKを押すと、これらの機能（主に処理）にアクセスできるようになります。support@seisimager.com。シンプル・メニューに戻るには、Option|等を選択します。|メニュータイプ シンプル。

6.6 ツールボタン



図143: Pickwin ツールボタン

表面波データ処理に不可欠な、あるいは独自に使用されるボタンバー機能について説明。SeisImager/SW、SeisImager/2D共通のボタンバー機能については、別冊のSeisImager/2D [マニュアル](#)をご参照ください。

6.6.1 元に戻す と

波形ファイルまたはデータセットに対して位相速度-周波数変換が計算された後、Undo ボタンを押すと位相速度プロットがキャンセルされます。

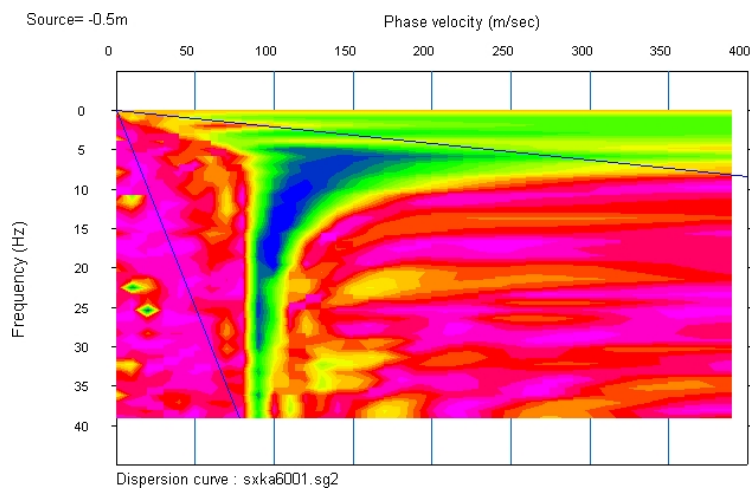


図144: 位相速度-周波数プロット。

単一ファイル（ショットまたはCMP相互相関収集）の場合、*Undo*ボタンを押した後、波形ファイルが表示されます。

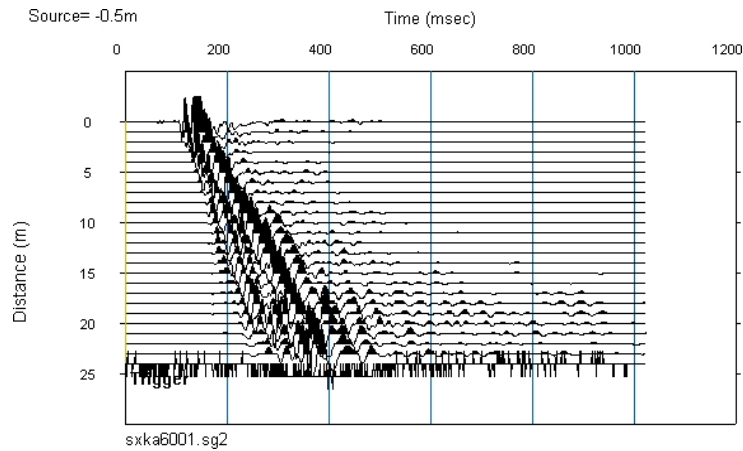


図145: *Undo*押した後の波形ファイル。

パッシブソースデータセットの場合、*Undo* ボタンを押すと Coherency プロットが表示されます。

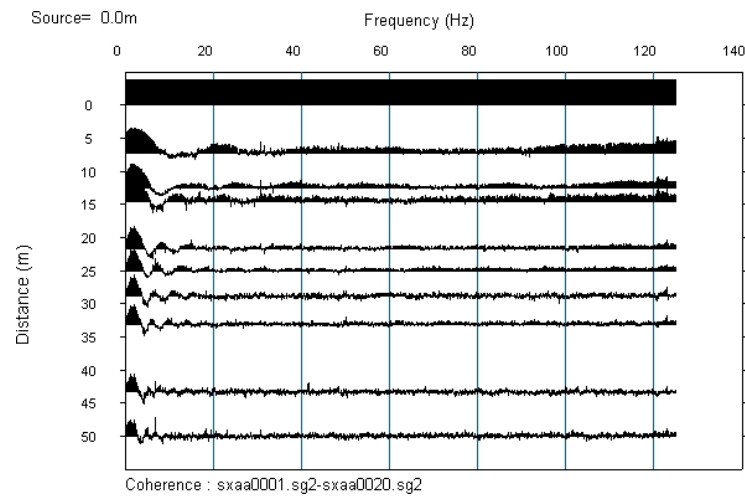


図146: *Undo*押した後のコヒーレンシープロット。

どちらの場合も、位相速度プロットに戻るには、*Redo* ボタンを押します。*Undo* と *Redo* 機能は1サイクルしか実行されないため、*Undo* を再度押すと波形ファイルとコヒーレンシ・ファイルが見つからなくなり、プログラムを再起動する必要があることに注意してください。

*Undo*ボタンは、最適な分析パラメータがまだわかっておらず、繰り返しテストが必要な場合に非常に便利です。

6.6.2 ノーマライズ

トレースが正規化されると、各トレースの最大振幅が等しくなる。低振幅のトレース（音源から遠いトレース）は、最大振幅が高振幅のトレースと等しくなるように"アップ"される。これにより、レコード全体のトレースの外観が均等化され、アクティブソースの表面波列を見ることができます。

ノーマライズをオフにすると、ソースから離れたトレースの信号は見えなくなる。

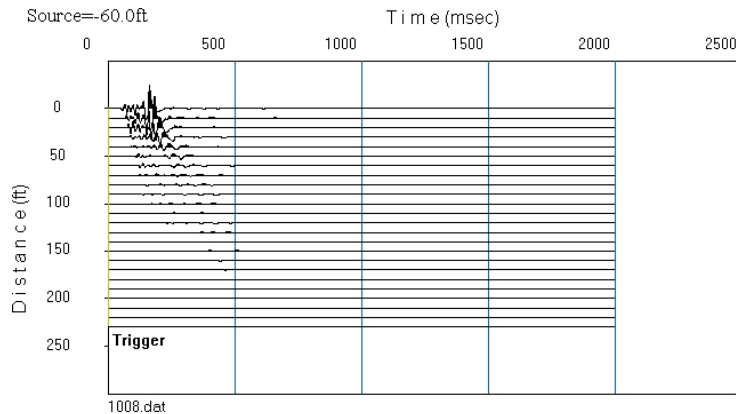


図147: ノーマライズを無効にした波形ファイル。

ノーマライズをオンにすると、すべての距離のトレース上の信号が見える。

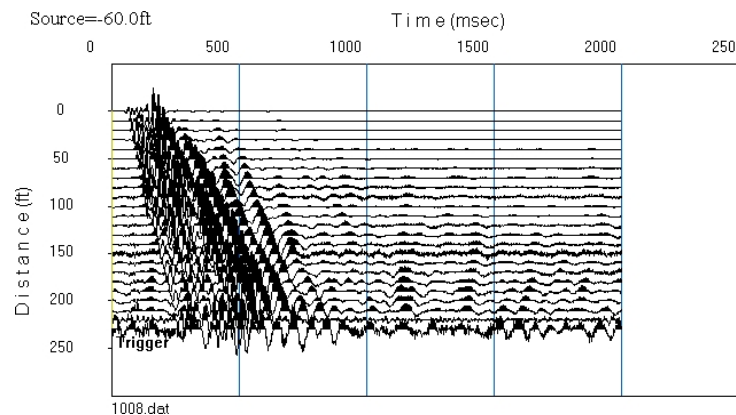


図148: ノーマライズを有効にした波形ファイル。

パッシブ・ソースの表面波データでトレース間の変動を観察するには、ノーマライズをオフに必要があります。*Normalize* をオンにした状態で、トレース4から7の外観に注目してください。

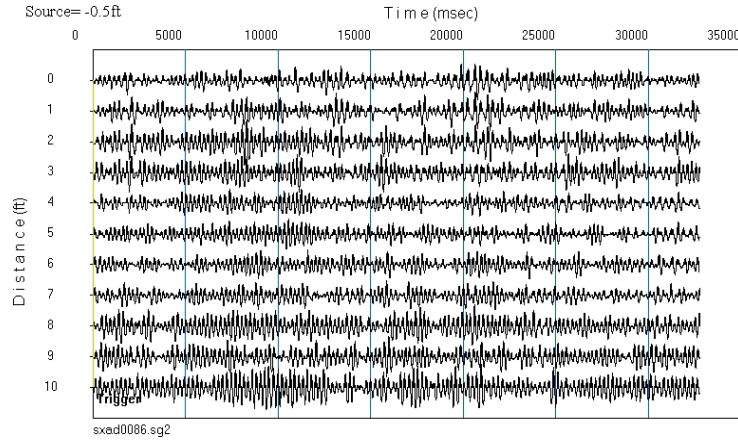


図149: ノーマライズを有効にしたMAMレコード。

ノーマライズをオフにすると、トレース4から7はわずかに振幅が大きくなる。

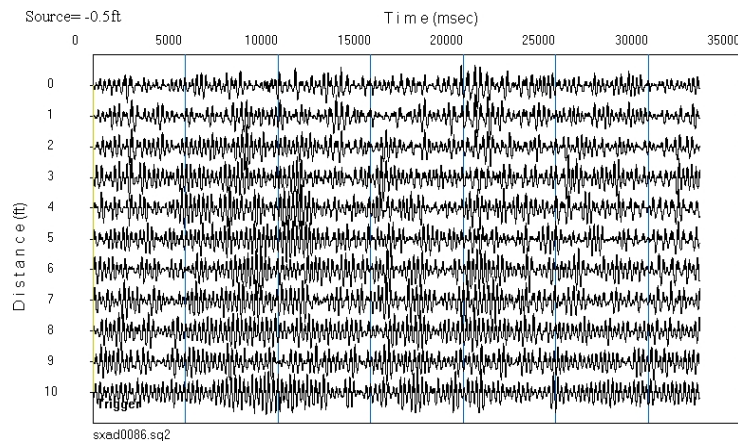


図150: ノーマライズを無効にしたMAMレコード。

6.6.3 SHOW PREVIOUS WAVEFORM FILE と SHOW NEXT WAVEFORM FILE

複数の波形ファイル（ショットまたはCMP相互相関ギャザー）を入力した場合、「前の波形ファイルを表示」ボタンと「次の波形ファイルを表示」ボタンでファイルをスクロールすることができます。

6.6.4 粗い輪郭の

位相速度-周波数プロット表示がカラーグラデーションで強調される。粗い等高線カラースケールを適用するには、粗い等高線カラーボタンを押す。

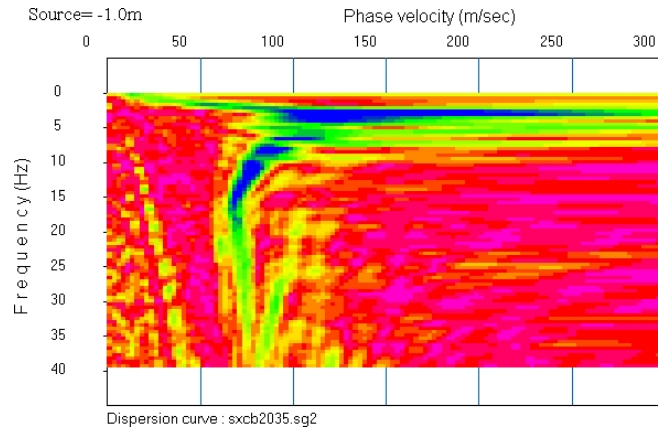


図151: 位相速度-周波数プロットと粗いカラーコンター。

6.6.5



位相速度-周波数プロット表示がカラーグラデーションで強調される。細かい等高線カラースケールを適用するには、*Fine contour color* ボタンを押す。細かい設定にすると、スクリーンに描くのに少し時間がかかるが、*粗いコンターカラー*に比べてより滑らかなグラデーションが得られる。

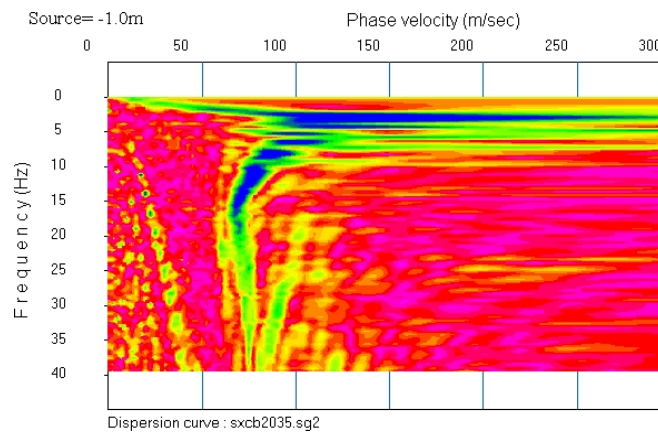


図152: 位相速度-周波数プロット。

6.6.6

WIGGLE LINE



AND SHADED



位相速度-周波数プロットのデフォルトのトレース表示は、それぞれ*Wiggle line*と*Shaded black*ボタンに対応する正の側に陰影を付けた黒い線である。

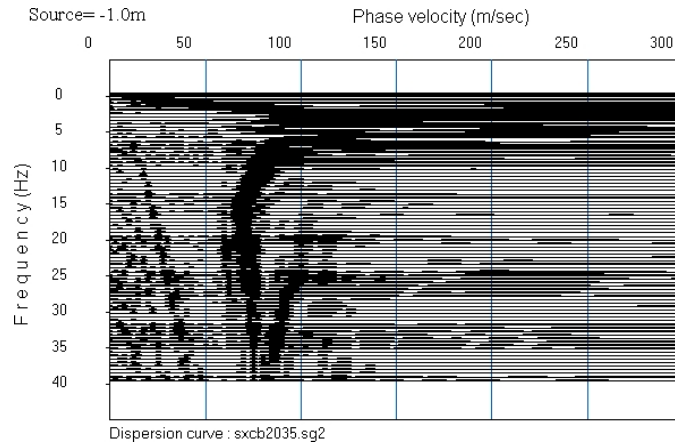


図153: **Wiggle trace**と**Shaded black**を有効にして表示された波形プロット。

6.6.7 波形の表示 と表示

ジオメトリが計算され、指定したデータセットに適用されると、*Show waveforms* ボタンと *Show geometry* ボタンが有効になり、2つのビューを切り替えることができます。*Show geometry*ビューでは、*Show previous waveform file*および *Show next waveform file*ボタンで、ショットまたはCMP相互相関ギャザーのジオメトリを選択できます。

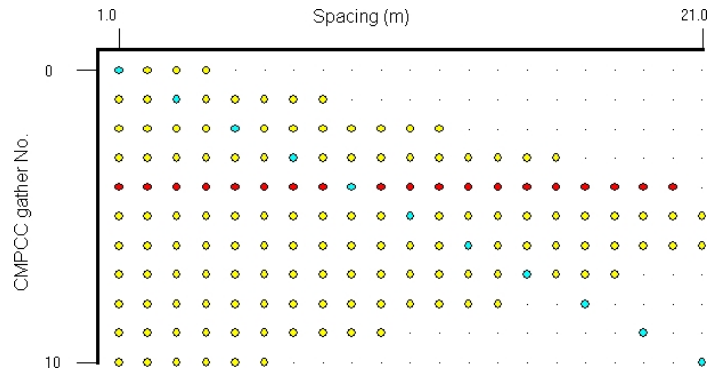


図154: ジオメトリ・プロット。

Show waveforms ボタンを押すと、選択したジオメトリに関連するギャザーが表示されます。

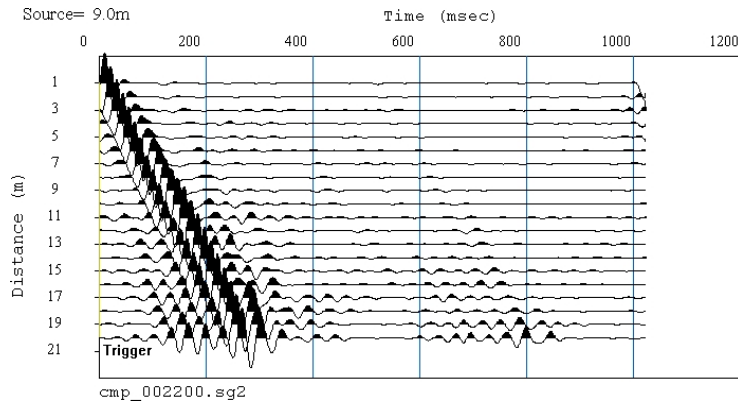



図155: 波形プロット。

6.6.8

周波数

*周波数領域*ボタンは、時間領域の波形ファイルを周波数領域に変換します。*Frequency domain* ボタンを押すと、波形記録から、各トレースの周波数コンテンツまたはスペクトルのプロットに表示が変わります。周波数スケールを拡大し、下端をズームするには、右の *Horizontal scale*  ボタンを押すか、右矢印キーを押す必要があります。

ほとんどのアクティブ・ソース・データと異なり、パッシブ・ソース・データの品質を時間領域で波形記録を見ることで評価することは通常困難である。トレース間の周波数コンテンツが類似していれば、より高品質なデータであることを示す。

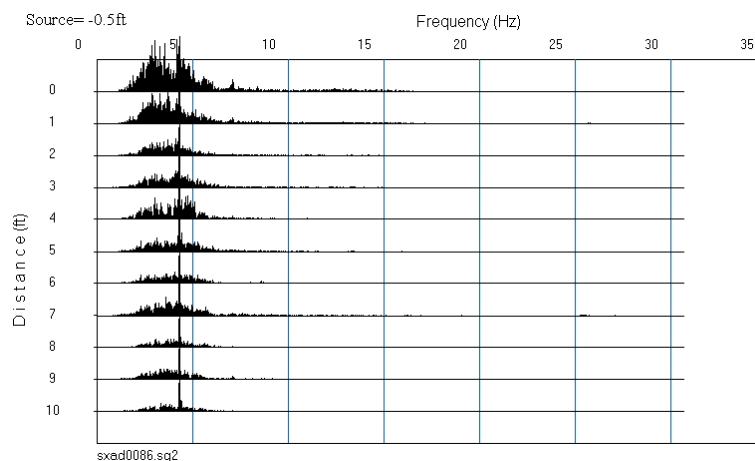


図156: コヒーレンシープロット。

トレース間で周波数が均一でない場合は、データの質が低いことを示している。

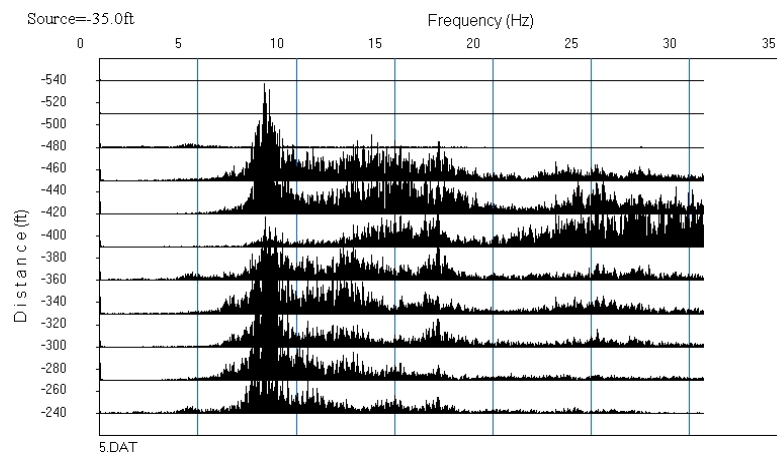


図157: 図156のコヒーレンスプロットを水平に伸ばしたものの。

6.6.9 時間

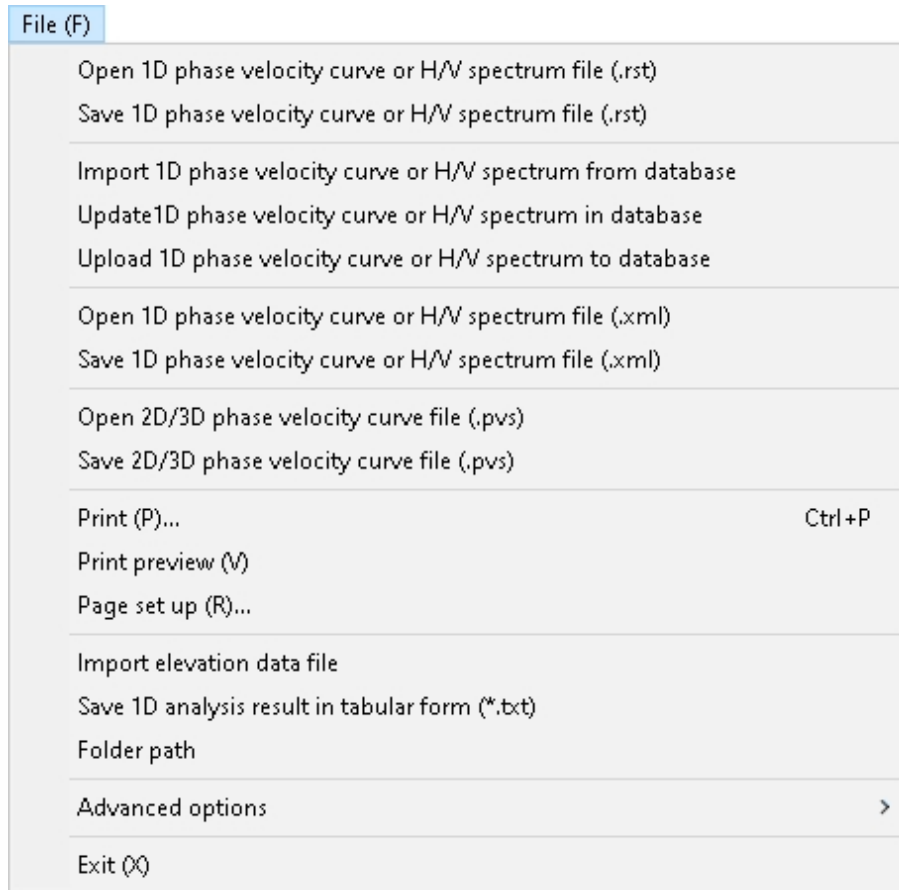
Time Domain ボタンを押すと、*Frequency domain* ビューから切り替わります。

7 WAVEEQモジュールの機能

続ける。

7.1 ファイルメニュー

File メニューには、WaveEq の結果ファイルを開いたり、さまざまなファイルをインポートおよびエクスポートしたり、印刷したりする機能があります。



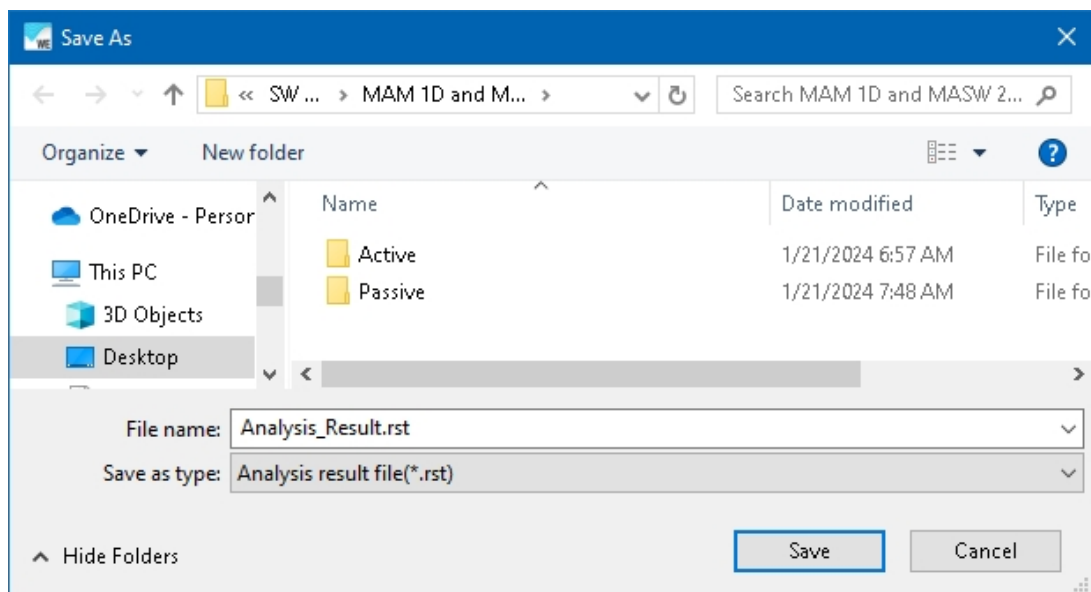
7.1.1 1次元位相速度曲線またはH/Vスペクトルファイル(.rst)を開く

File (F)

Open 1D phase velocity curve or H/V spectrum file (.rst)

拡張子.rstで保存された単一の分散曲線、 v_s 曲線、またはH/Vスペクトル・ファイルを開くには、*Open 1D phase velocity curve or H/V spectrum file (.rst)*を選択します。

ファイルをハイライトし、「開く」を押す。



7.1.2 1次元位相速度曲線またはH/Vスペクトルファイル(.rst)の保存

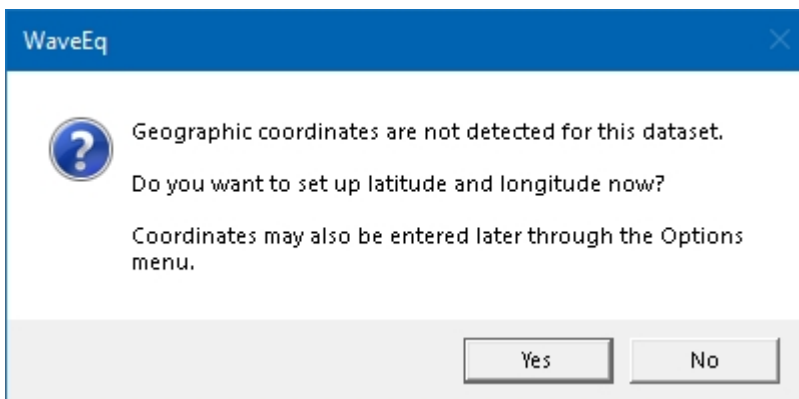
File (F)

Open 1D phase velocity curve or H/V spectrum file (.rst)

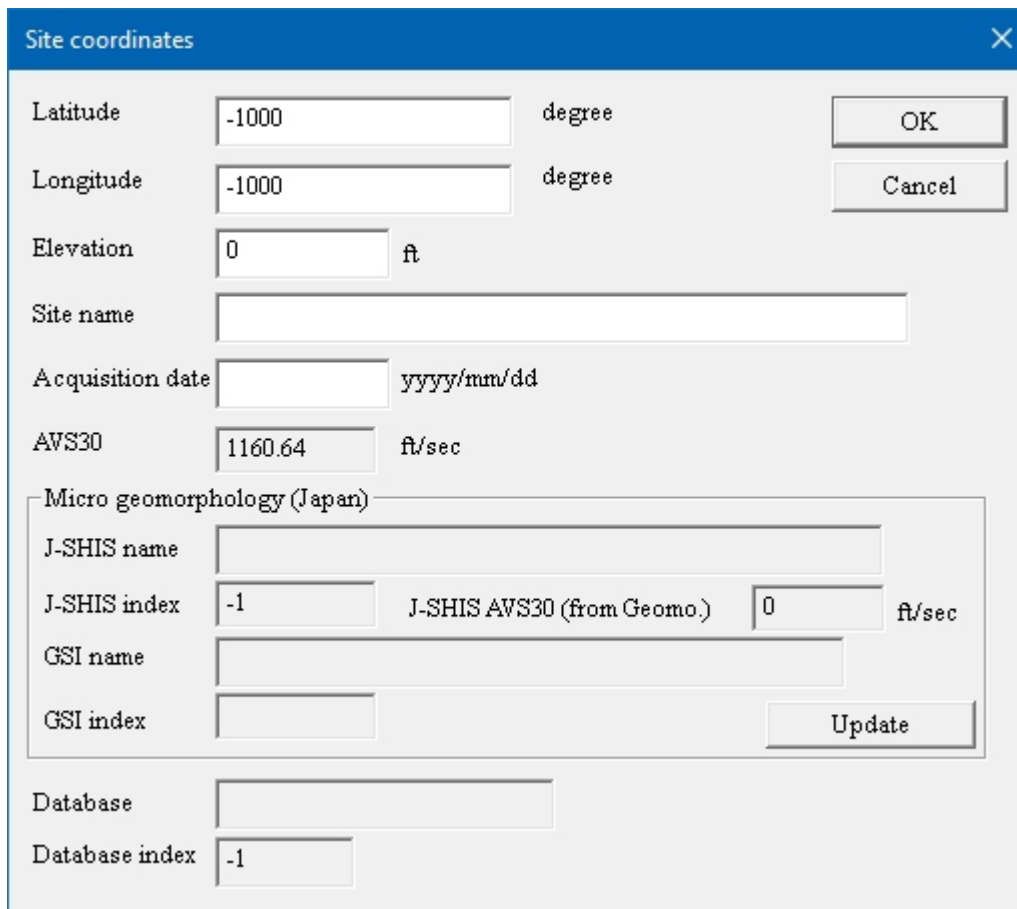
Save 1D phase velocity curve or H/V spectrum file (.rst)

単一の分散曲線、 v_s 曲線、またはH/Vスペクトルファイルを保存するには、*Save 1D phase velocity curve or H/V spectrum file (.rst)*を選択します。カーブファイルは、処理フローのどの時点でも保存できます。

緯度と経度の入力がまだの場合は、ここで「はい」と答えてください。緯度と経度をまだ入力していない場合は、ここで「はい」と答えて入力してください:



以下のダイアログが表示される。パラメータは自明であろう。



Site coordinates

Latitude: degree

Longitude: degree

Elevation: ft

Site name:

Acquisition date: yyyy/mm/dd

AVS30: ft/sec

Micro geomorphology (Japan)

J-SHIS name:

J-SHIS index: J-SHIS AVS30 (from Geomo.): ft/sec

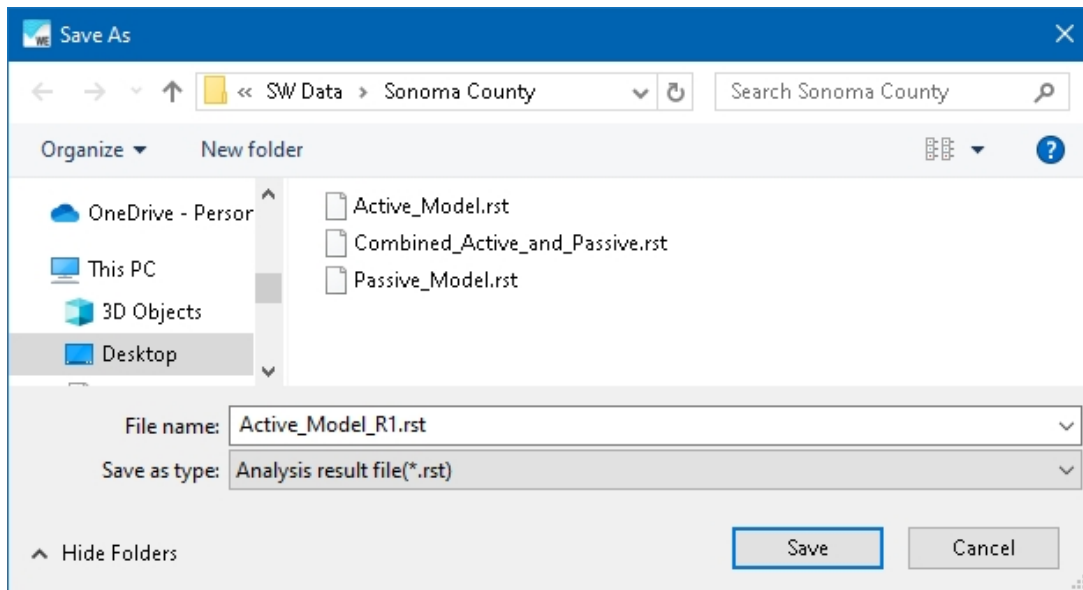
GSI name:

GSI index:

Database:

Database index:

拡張子 *.rst* のファイル名を割り当て、*Save* を押す。



7.1.3 データベースから1次元位相速度曲線またはH/Vスペクトルをインポート

File (F)

Open 1D phase velocity curve or H/V spectrum file (.rst)
 Save 1D phase velocity curve or H/V spectrum file (.rst)
 Import 1D phase velocity curve or H/V spectrum from database

support@seisimager.com。

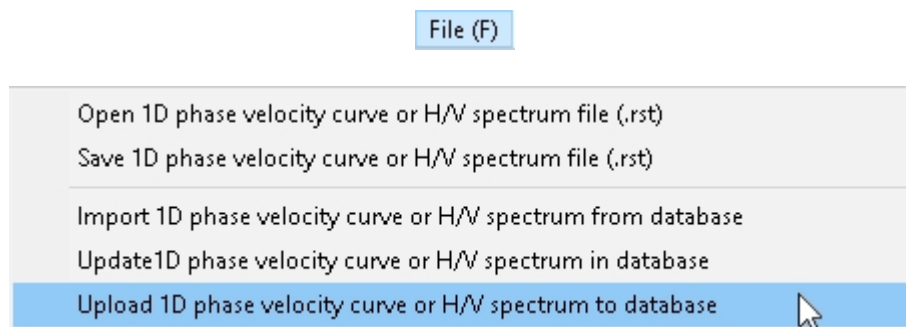
7.1.4 1次元位相速度曲線またはH/Vスペクトルの更新 データベース

File (F)

Open 1D phase velocity curve or H/V spectrum file (.rst)
 Save 1D phase velocity curve or H/V spectrum file (.rst)
 Import 1D phase velocity curve or H/V spectrum from database
 Update 1D phase velocity curve or H/V spectrum in database

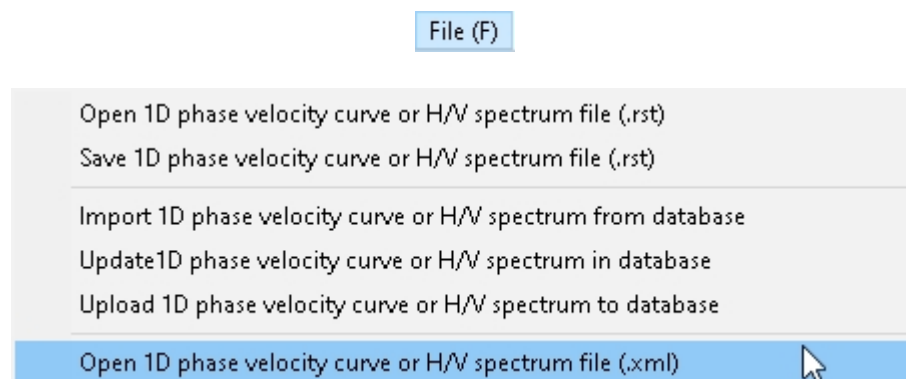
support@seisimager.com。

7.1.5 1次元位相速度曲線またはH/Vスペクトルをアップロードするデータベース



support@seisimager.com。

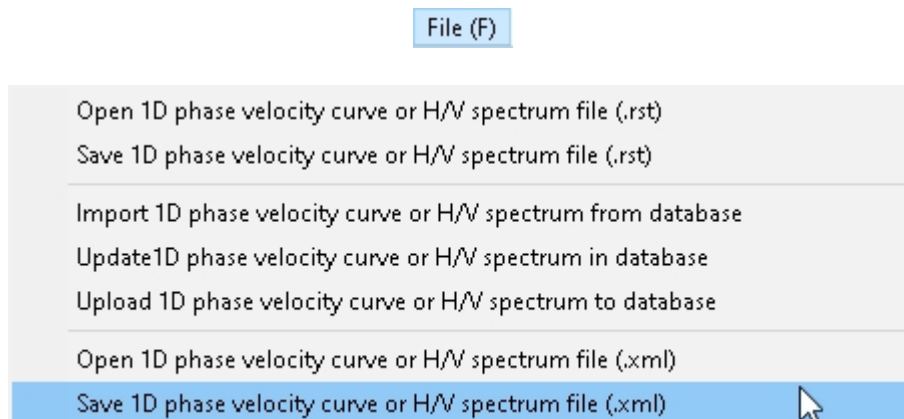
7.1.6 1次元位相速度曲線またはH/Vスペクトルファイル(XML)を開く



拡張子 *.xml* で保存された単一の分散曲線、 v_s 曲線、または H/V スペクトル・ファイルを開くには、*Open 1D phase velocity curve or H/V spectrum file (.xml)* を選択します。

ファイルをハイライトし、「開く」を押す。

7.1.7 1次元位相速度カーブまたはH/Vスペクトルファイル(.XML)の保存

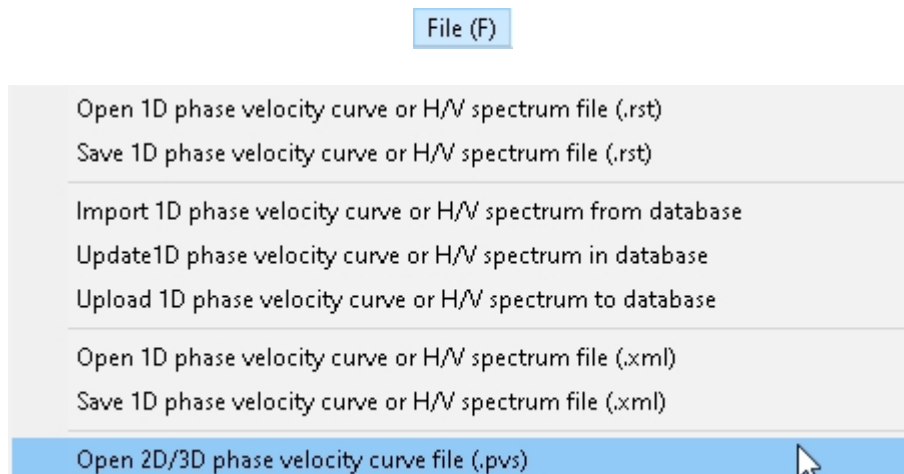


単一の分散曲線、 v_s 曲線、またはH/Vスペクトル・ファイルをxml保存するには、*Save 1D phase velocity curve or H/V spectrum file (.xml)*を選択します。カーブファイルは処理フローのどの時点でも保存でき、保存した時点の結果が反映されます。

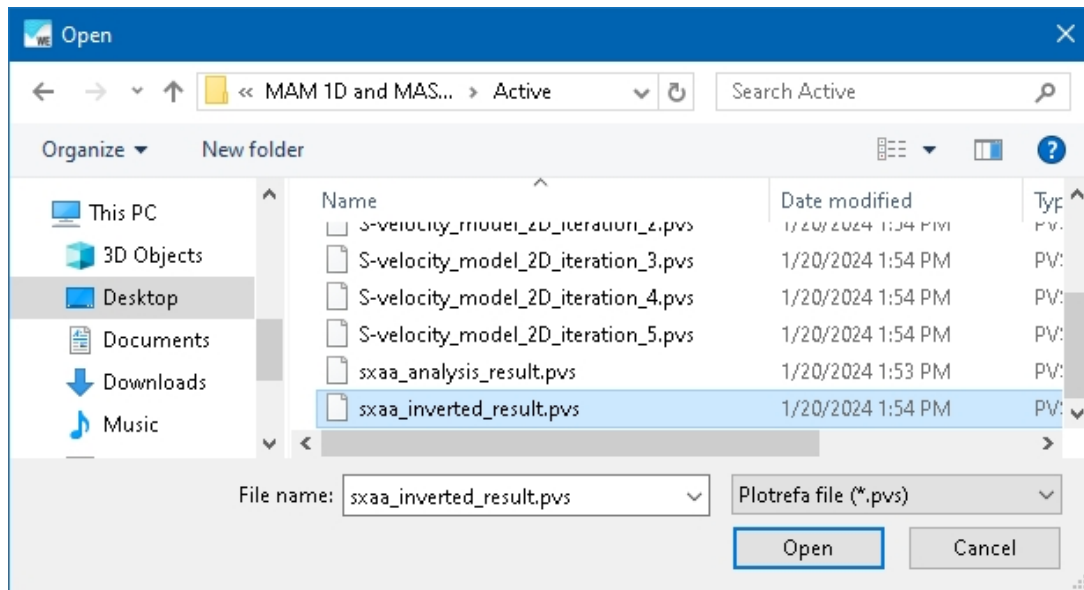
拡張子.xmlのファイル名を割り当て、*Save*を押す。

7.1.8 2D/3D位相速度曲線ファイル(.PVS)開く

[SW-2D以上]



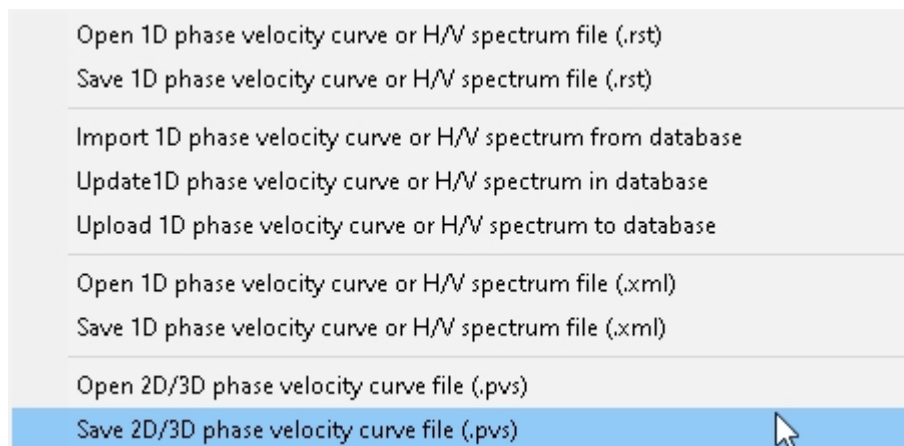
拡張子.pvsで保存された一連の分散曲線を開くには、*Open 2D Phase Velocity Curve File (.pvs)*を選択します。ファイルをハイライトして、*Open*を押します。



7.1.9 2D/3D位相速度曲線ファイル(.pvs)保存

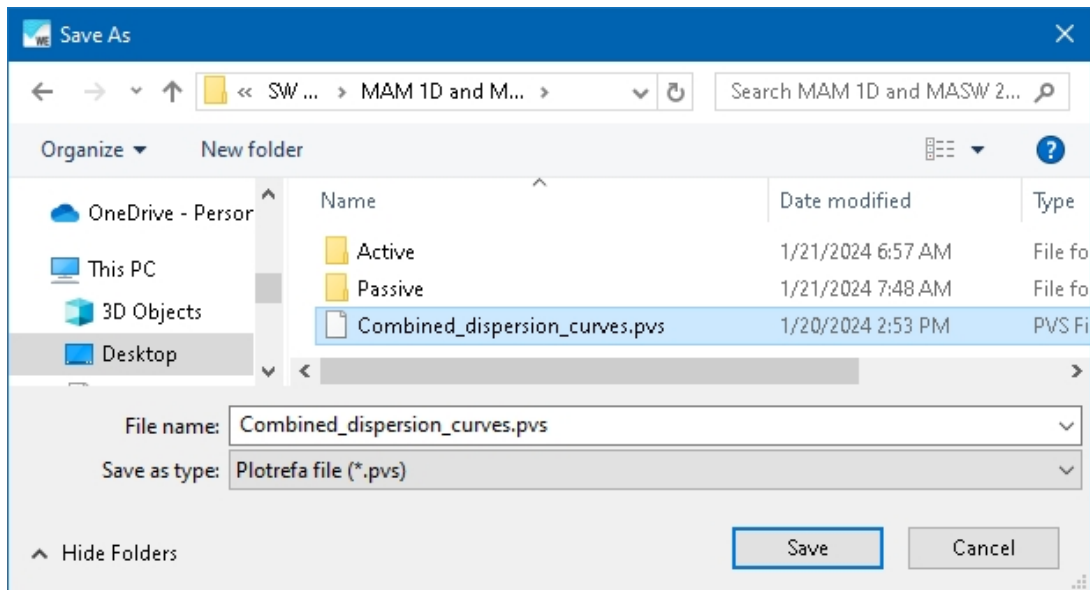
[SW-2D以上]

File (F)



分散曲線のセットを保存するには、*Save 2D Phase Velocity Curve File (.pvs)* を選択します。カーブファイルは処理フローのどの時点でも保存でき、保存時の結果が反映されます。

拡張子 *.pvs* のファイル名を割り当て、*Save* を押す。

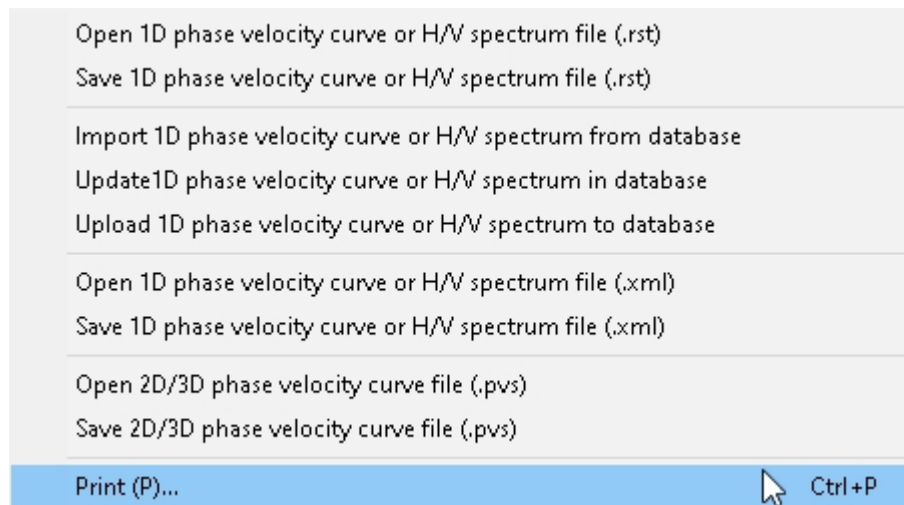


7.1.10

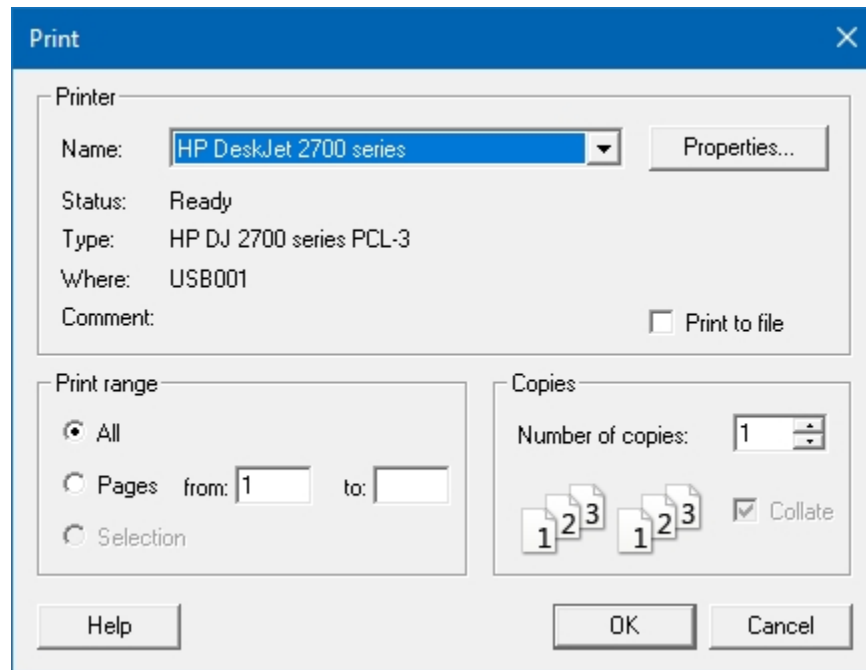
PRINT [CTRL+P]



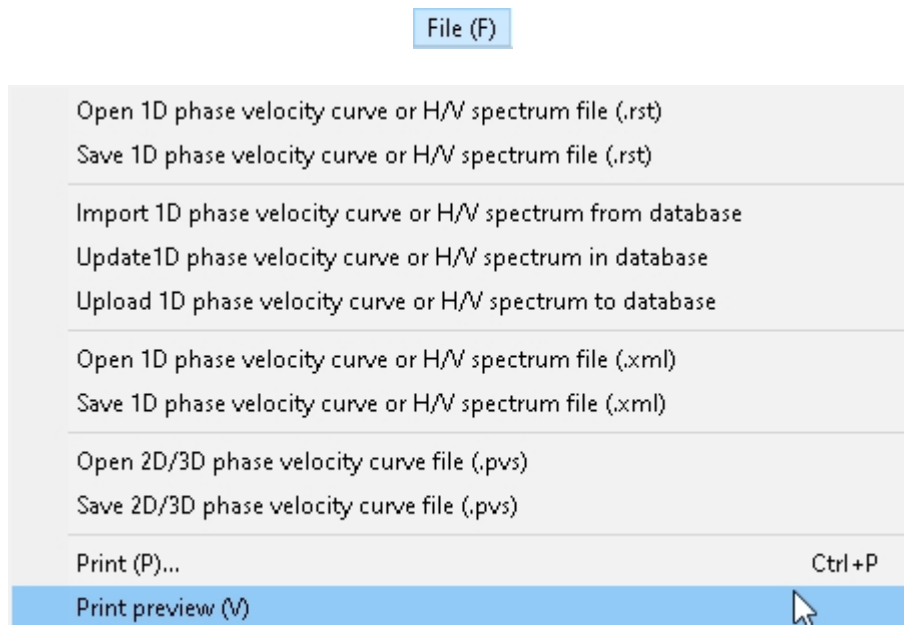
File (F)



現在のWaveEq表示を印刷するには、*Print*を選択するか、*Ctrl+P*を押すか、*Print* 。



7.1.11 印刷プレビュー



印刷前にWaveEq表示をプレビューするには、*印刷プレビュー (V)* を選択します。

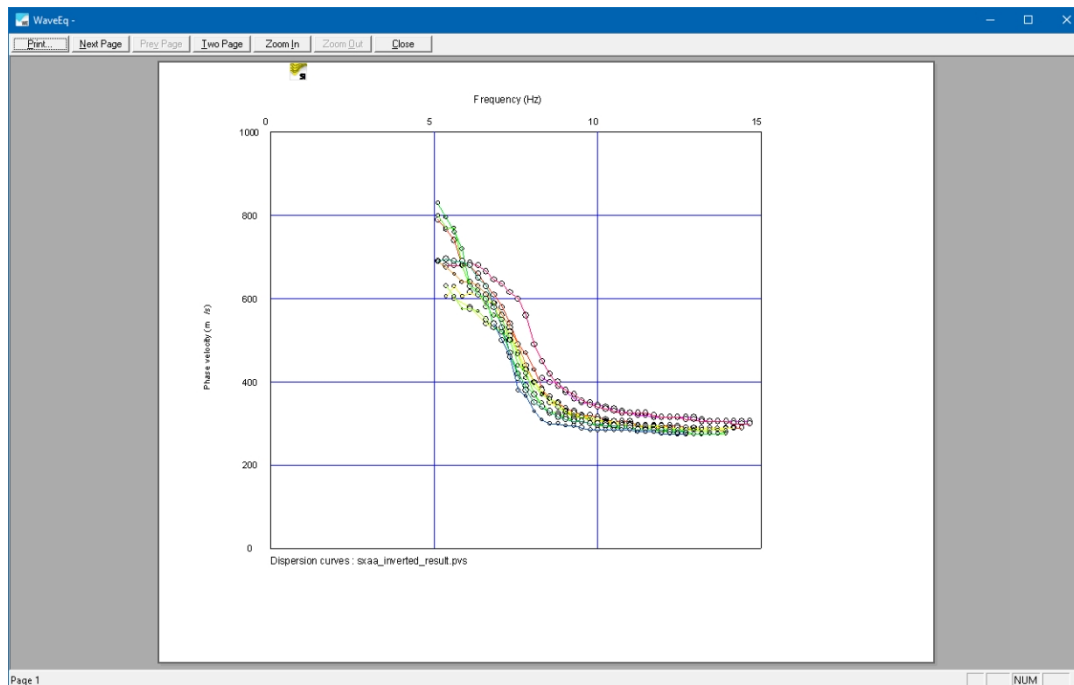


図158: WaveEQのディスプレイ。

7.1.12 ページ設定

File (F)

Open 1D phase velocity curve or H/V spectrum file (.rst)
 Save 1D phase velocity curve or H/V spectrum file (.rst)

Import 1D phase velocity curve or H/V spectrum from database
 Update 1D phase velocity curve or H/V spectrum in database
 Upload 1D phase velocity curve or H/V spectrum to database

Open 1D phase velocity curve or H/V spectrum file (.xml)
 Save 1D phase velocity curve or H/V spectrum file (.xml)

Open 2D/3D phase velocity curve file (.pvs)
 Save 2D/3D phase velocity curve file (.pvs)

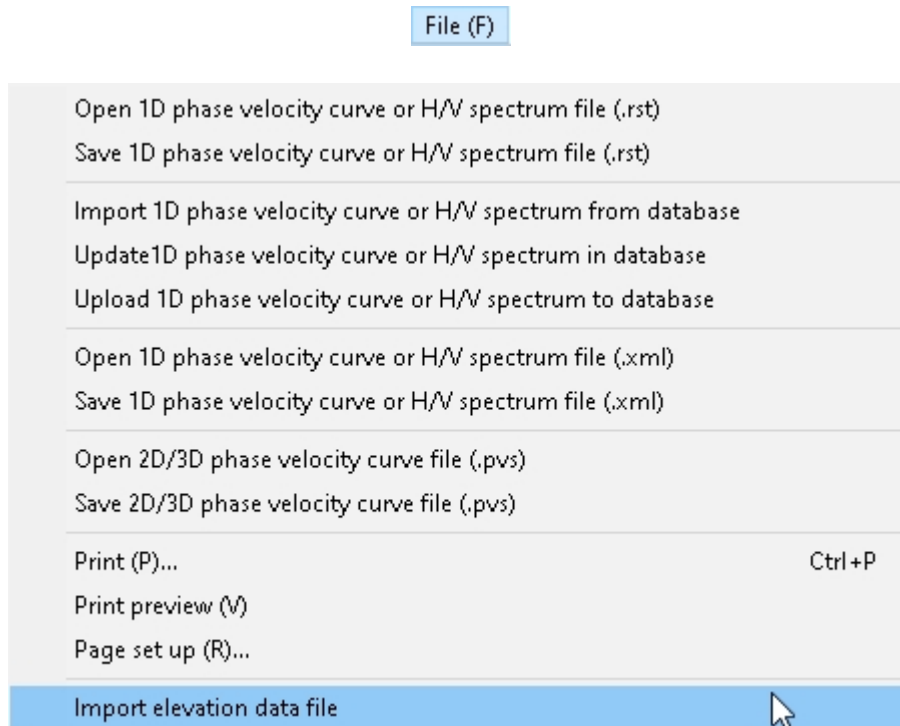
Print (P)... Ctrl + P

Print preview (V)

Page set up (R)...

印刷するページを設定するには、ページ設定を選択します。

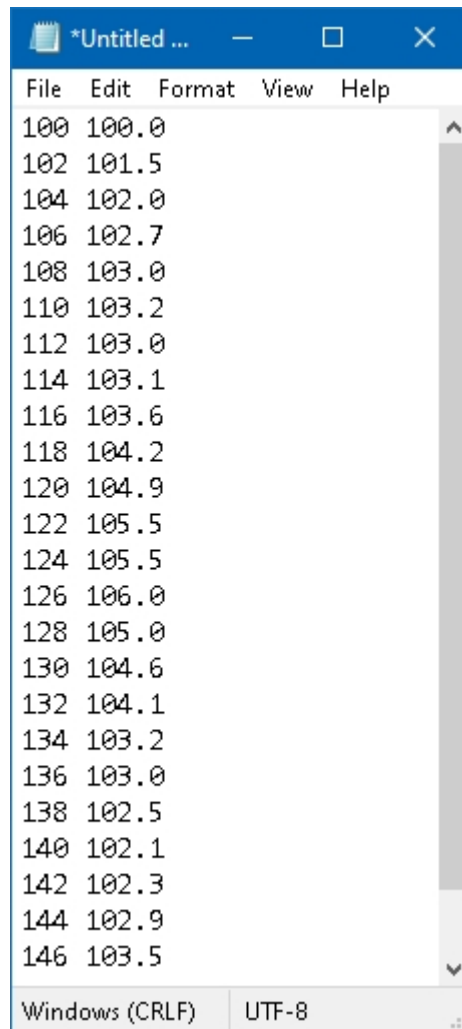
7.1.13 標高データファイルのインポート



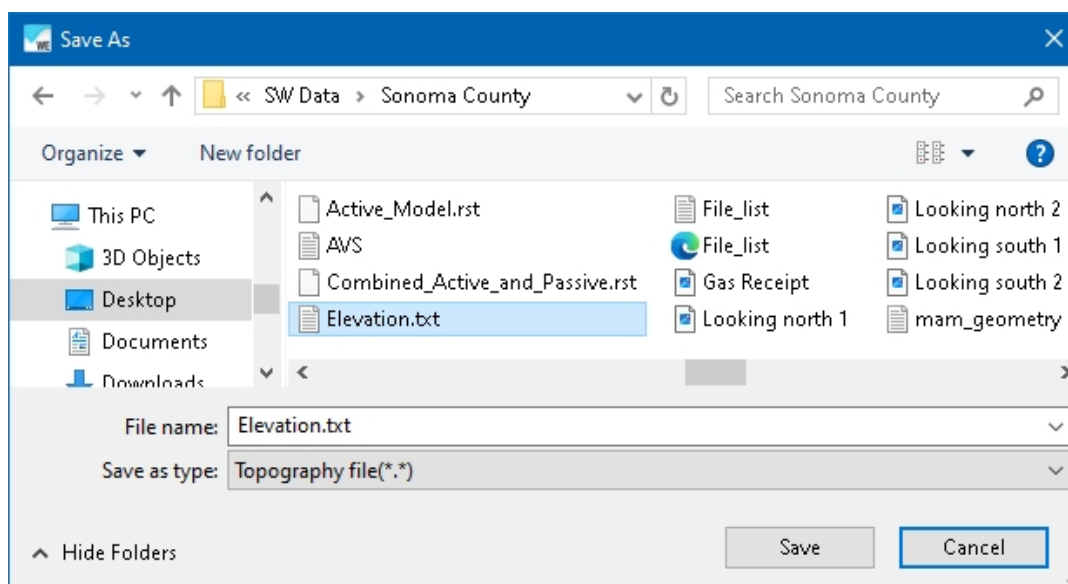
測量線の標高をインポートし、2D MASW の初期断面図および最終断面図にプロットすることができます。標高はデータ解析には組み込まれず、プロットにのみ使用されます。

このため、調査は概ね平坦な場所で行うことが推奨される。標高の多少の変動は許容され、特にパッシブ・ソース調査の場合は平均化されるだろうが、平坦な地面がベストである。

単純なスペース区切りのテキストファイルとして標高ファイルを作成する。最低でも2つの座標が必要で、その間の値は補間される。座標はジオフォンとショットの位置と完全に一致する必要はなく、測量ラインの端からはみ出すことも可能です。

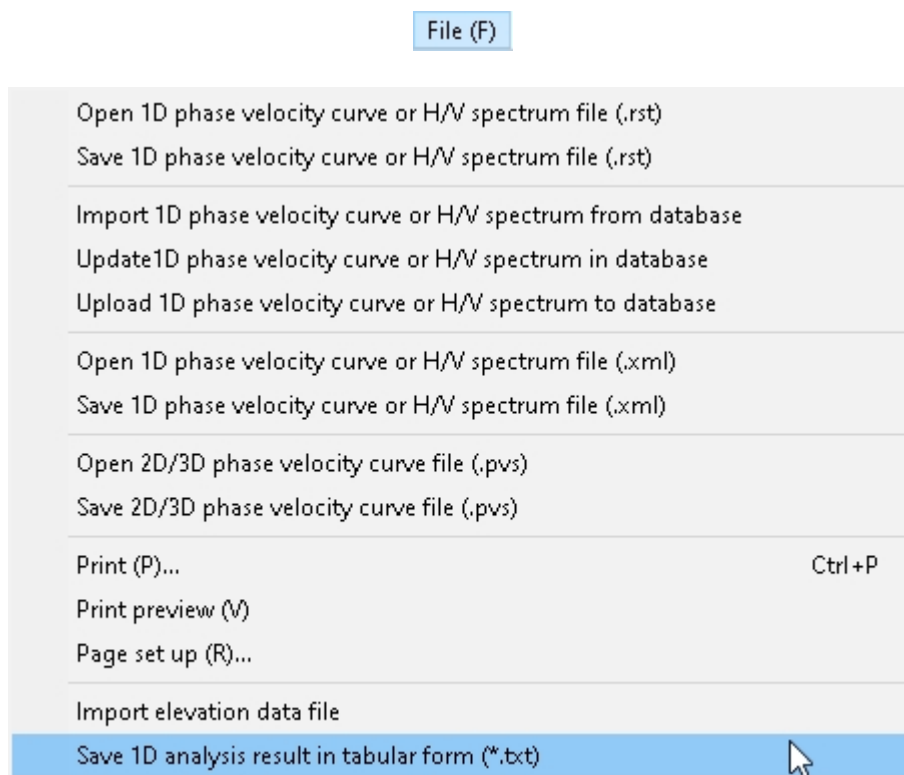


標高ファイルを開くには、*標高データファイルのインポート*を選択し、ファイルをハイライトして、*開く*を押します。



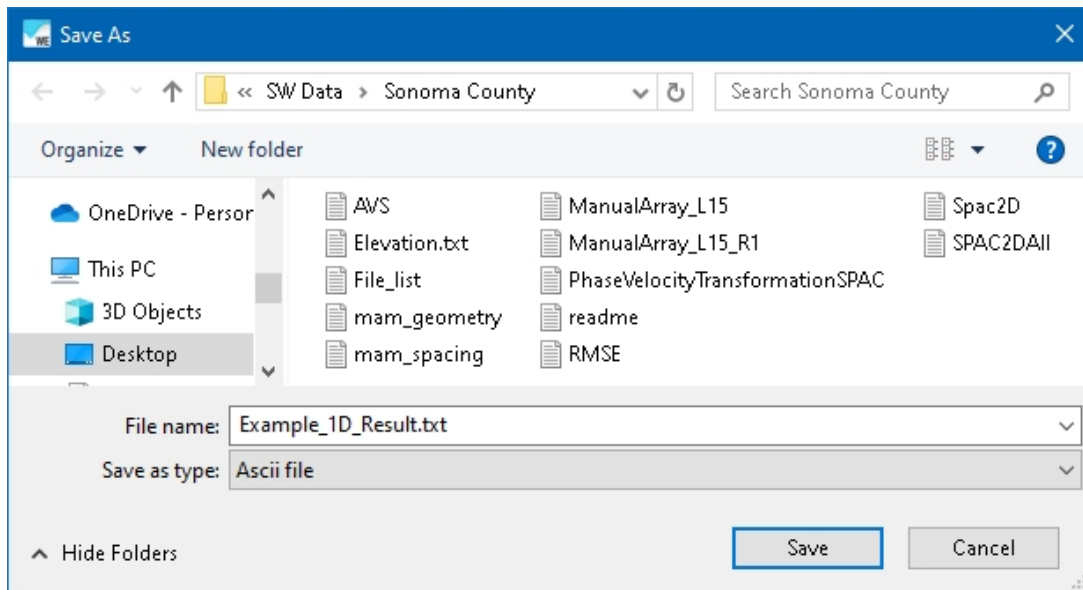
ここでインポートしない場合は、**File** メニューを開き、*Open topography data file* を選択して標高データを GeoPlot にインポートすることもできます。

7.1.14 1次元解析結果を表形式(.TXT)で保存する

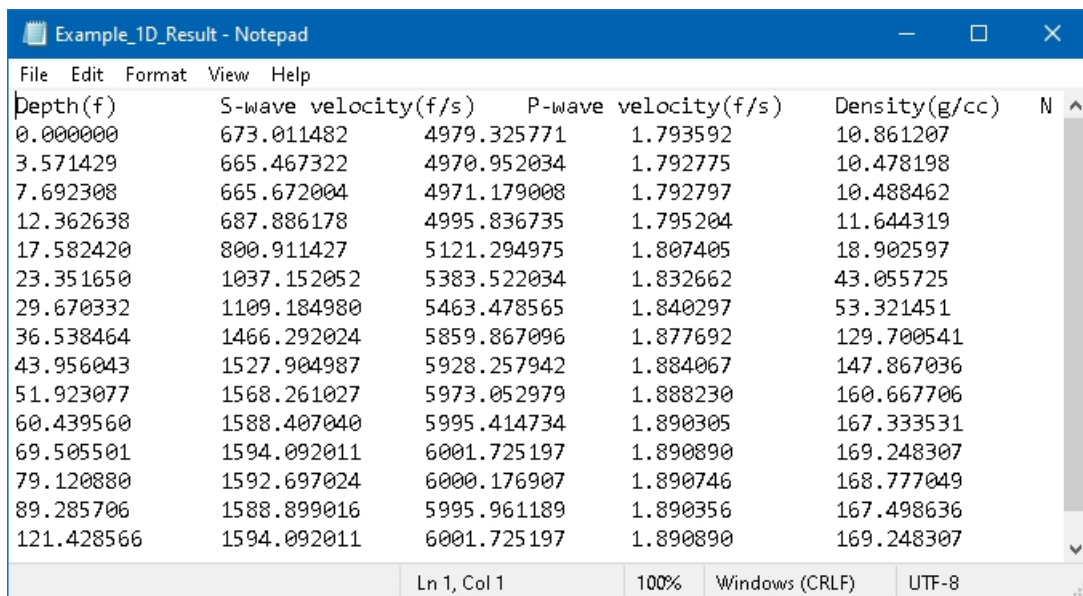


1次元MASWまたはMAMデータセットの最終解析結果を表形式で保存するには、*Save 1D analysis result in tabular form (.txt)*を選択します。

拡張子.txtのファイル名を割り当て、*Save*を押す。



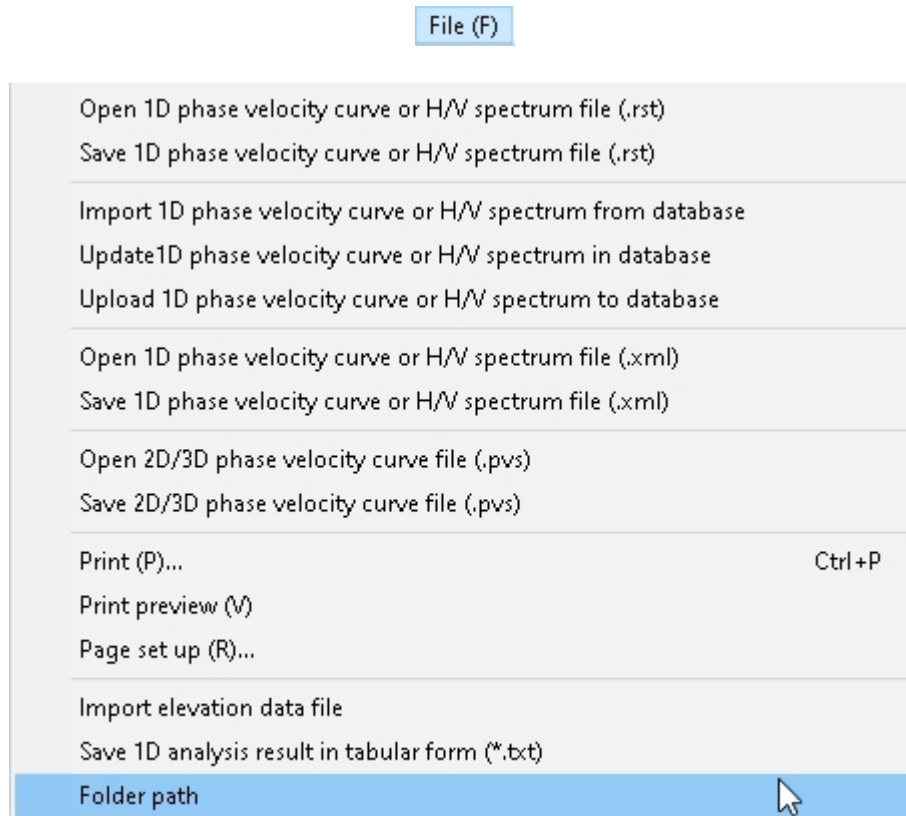
このファイルは、深度、 S 波速度、 p 波速度、密度、および N （ブローカウント）を含む単純なテキストファイルである。等価 p 波速度、密度、および N の計算に使用される関係については、475ページの7.6.13.1節を参照。



Depth(f)	S-wave velocity(f/s)	P-wave velocity(f/s)	Density(g/cc)	N
0.000000	673.011482	4979.325771	1.793592	10.861207
3.571429	665.467322	4970.952034	1.792775	10.478198
7.692308	665.672004	4971.179008	1.792797	10.488462
12.362638	687.886178	4995.836735	1.795204	11.644319
17.582420	800.911427	5121.294975	1.807405	18.902597
23.351650	1037.152052	5383.522034	1.832662	43.055725
29.670332	1109.184980	5463.478565	1.840297	53.321451
36.538464	1466.292024	5859.867096	1.877692	129.700541
43.956043	1527.904987	5928.257942	1.884067	147.867036
51.923077	1568.261027	5973.052979	1.888230	160.667706
60.439560	1588.407040	5995.414734	1.890305	167.333531
69.505501	1594.092011	6001.725197	1.890890	169.248307
79.120880	1592.697024	6000.176907	1.890746	168.777049
89.285706	1588.899016	5995.961189	1.890356	167.498636
121.428566	1594.092011	6001.725197	1.890890	169.248307

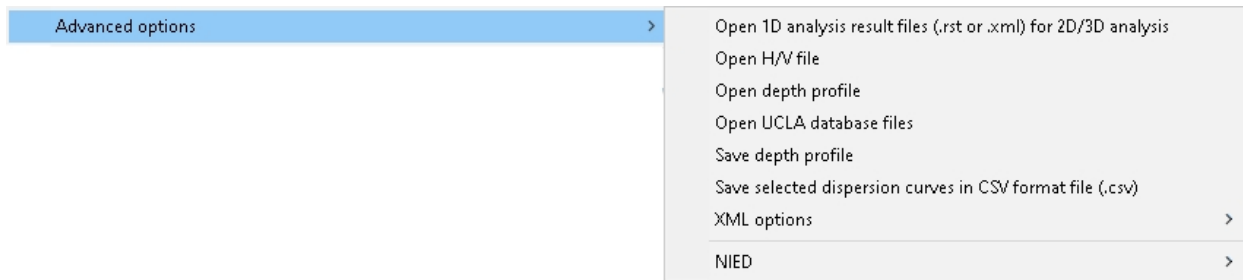
表12: 1D結果ファイル。

7.1.15 フォルダパス



WaveEQ は、ベロシティモデルを作成するときに、いくつかのファイルを自動的に生成します。ほとんどの場合、これらのファイルを参照することはありません。これらの自動生成ファイルのパスは、デフォルトでオリジナルデータを読み込んだフォルダになります。データファイルの乱雑さを避けたい場合は、(WaveEQの外で)別のフォルダを作成し、*Folder Path*を選択して、新しいフォルダを自動生成ファイルのパスとして選択します。

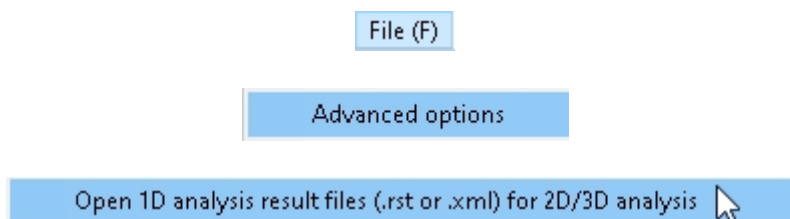
7.1.16 高度なオプション



以下のサブメニューの中には、変更される可能性があり、文書化されていない項目もあります。これらの項目が使用されることは稀であり、使用される場合は一般的に Geometrics 社のサポートが必要です。

7.1.16.1 2D/3D解析用の1D解析結果ファイル(.RSTまたは.XML)を開く

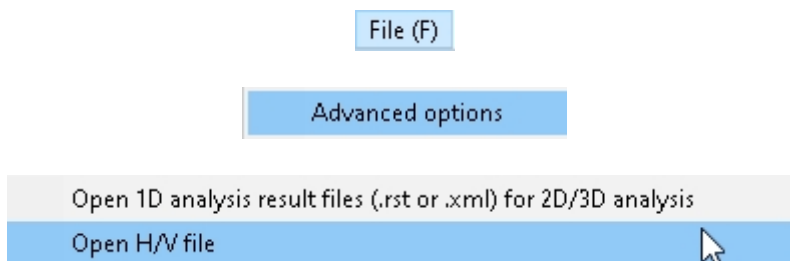
[SW-2D以上]



一連の1次元 v_s プロファイルがある場合、それらをすべて一度に開いて2次元または3次元解析を行うことができる。

7.1.16.2 H/Vファイルを開く

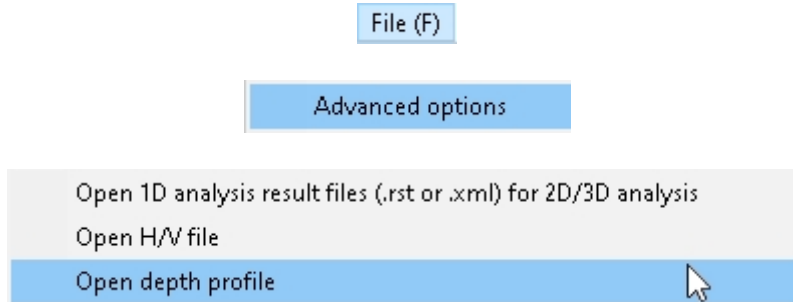
[SW-2D以上]



support@seisimager.com。

7.1.16.3 オープン・デプス

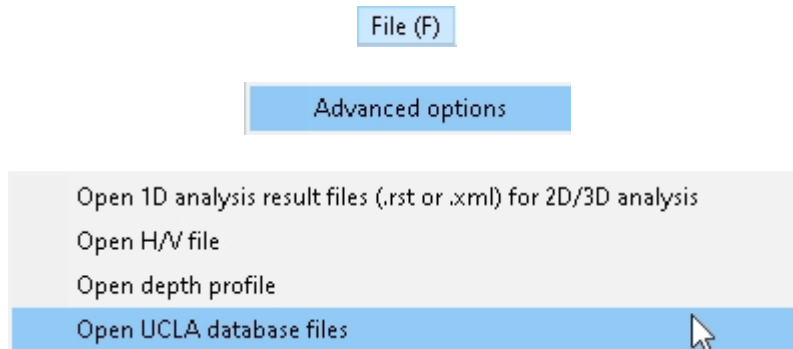
[SW-2D以上]



support@seisimager.com。

7.1.16.4 uclaのデータベースファイルを開く

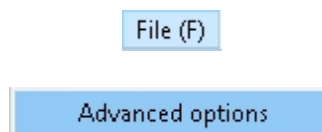
[SW-2D以上]

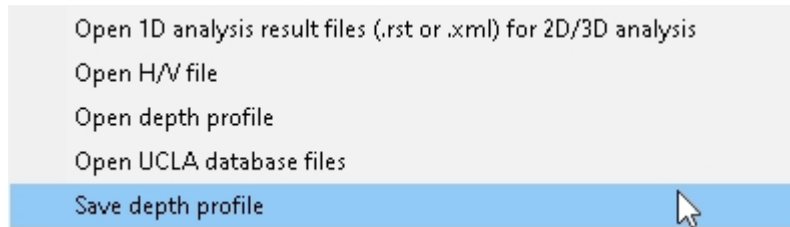


support@seisimager.com。

7.1.16.5 デプスプロファイルの保存

[SW-2D以上]

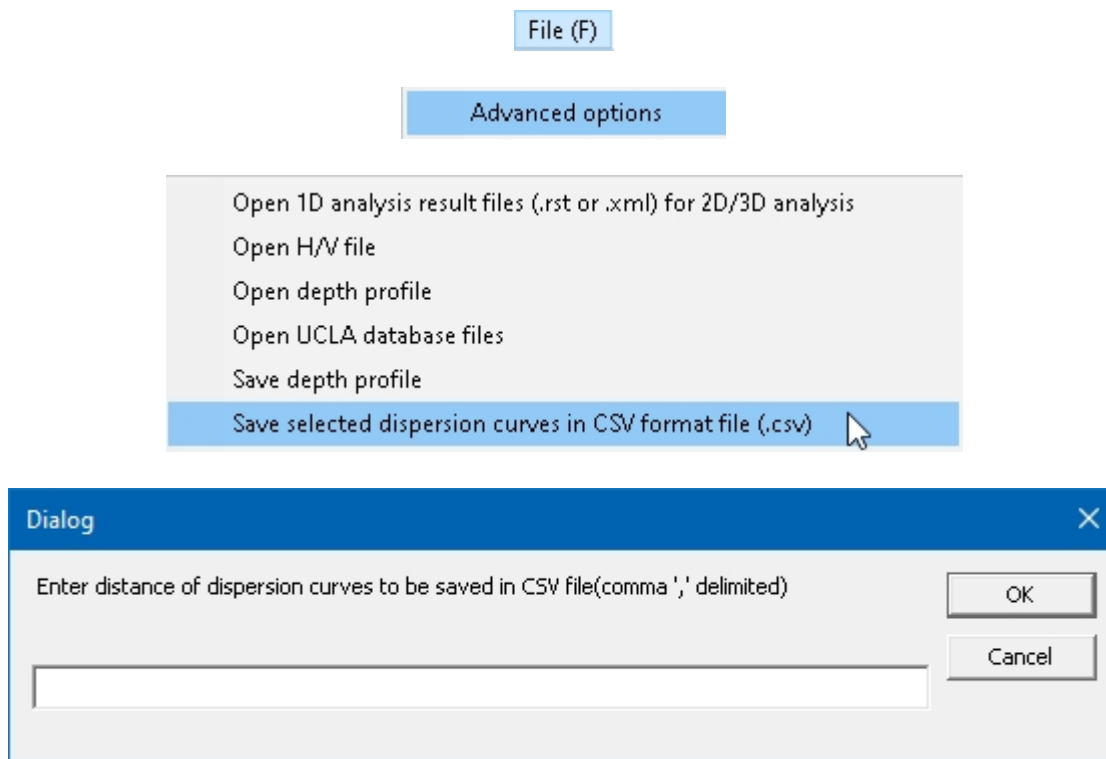




support@seisimager.com。

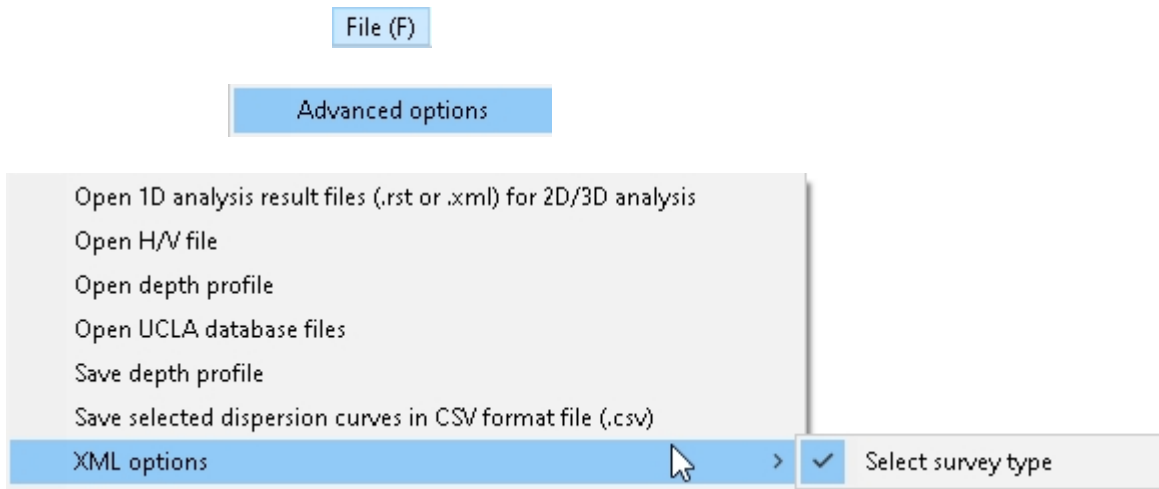
7.1.16.6 選択した分散カーブをCSV形式のファイル(.csv)に保存する。

[SW-2D以上]



この機能により、個々の分散曲線を個別のCSVファイルに保存し、Excel[®] またはその他のサードパーティ製ソフトウェアにインポートすることができます。

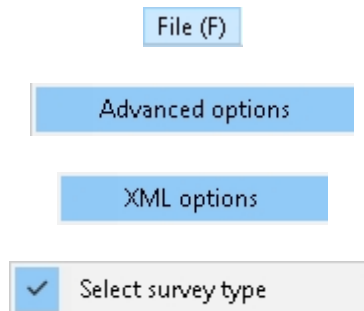
7.1.16.7 XMLオプション



続ける。

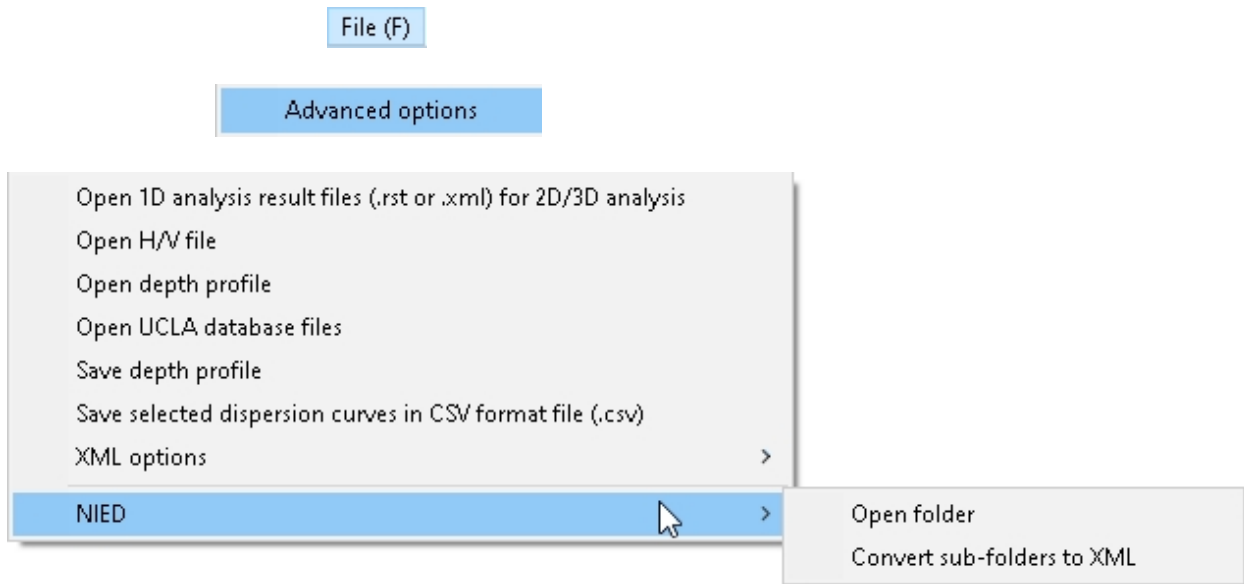
7.1.16.7.1 調査タイプを選択

[SW-2D以上]



support@seisimager.com。

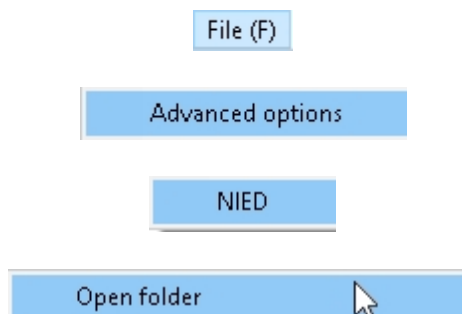
7.1.16.8 国立医薬品食品衛生研究所



続ける。

7.1.16.8.1 フォルダーを開く

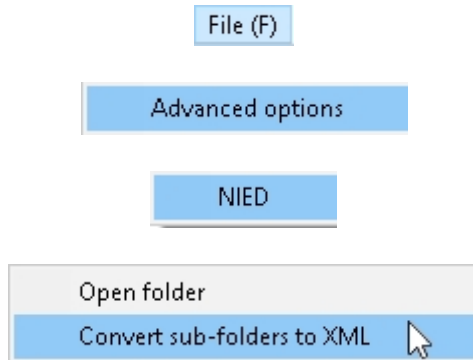
[SW-2D以上]



support@seisimager.com。

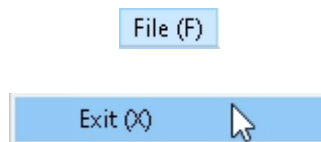
7.1.16.8.2 サブフォルダをXMLに変換する

[SW-2D以上]

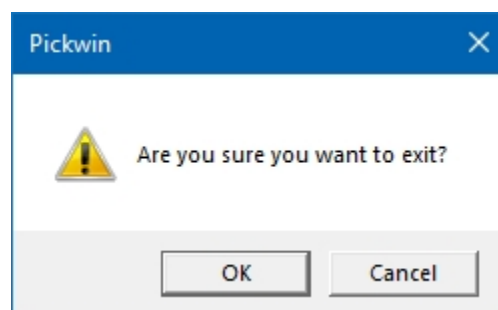


support@seisimager.com。

7.1.17 退場



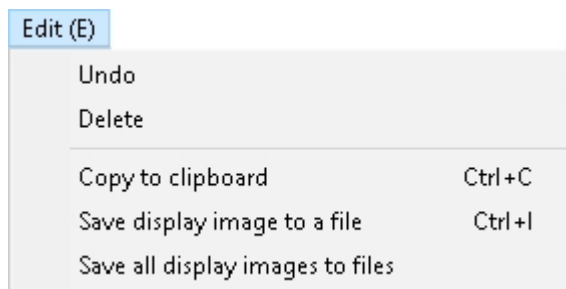
WaveEq モジュールを終了するには、*Exit* を選択します。次のダイアログボックスが表示されます：



OK を押して WaveEq を終了するか、*Cancel* を押して WaveEq の使用を続行します。

7.2 編集メニュー

編集]メニューには、編集を行ったり取り消したりする機能や、グラフィック表示をクリップボードにコピーする機能があります。





7.2.1



Edit (E)

Undo

元に戻す(Undo)機能は、分散曲線を選択(*Select dispersion curve* )または分散曲線を修正(*Correct dispersion curve*

 ボタンを使って、分散曲線上のポイントの削除または再配置をそれぞれ元に戻すために使うことができます。

Undoはすべての機能に適用されるわけではありません。


7.2.2

削除

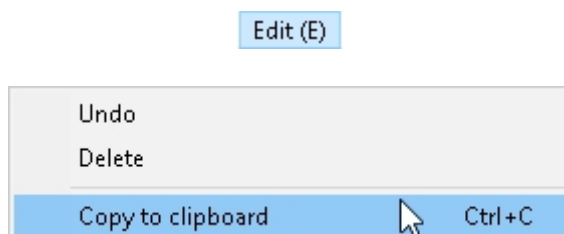
Edit (E)

Undo

Delete

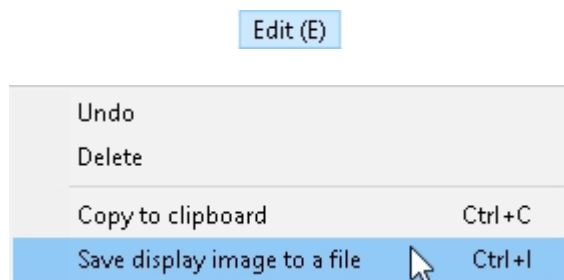
Delete 機能または *Delete* キーは、*Select dispersion curve*  ボタンを使って分散曲線上のポイントを選択したときに有効になる。分散曲線上のポイントを削除するには、*Select dispersion curve* ボタンを使って編集をアクティブにし、マウスを使って削除したい分散曲線上のポイントを選択する。選択された点は赤くハイライトされる。選択した点を削除するには、*Delete* を選択するか、*Delete* キーを押す。

7.2.3 クリップボードにコピー [CTRL+C]



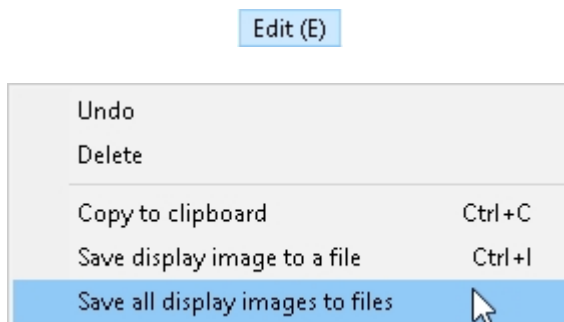
現在の表示をクリップボードにコピーしてMicrosoft Wordや他のアプリケーションに貼り付けるには、クリップボードにコピーを選択します。

7.2.4 表示画像をファイルに保存 [CTRL+I]



この機能は、画面に表示されているものをPNG、JPG、BMP、またはGIF保存します。

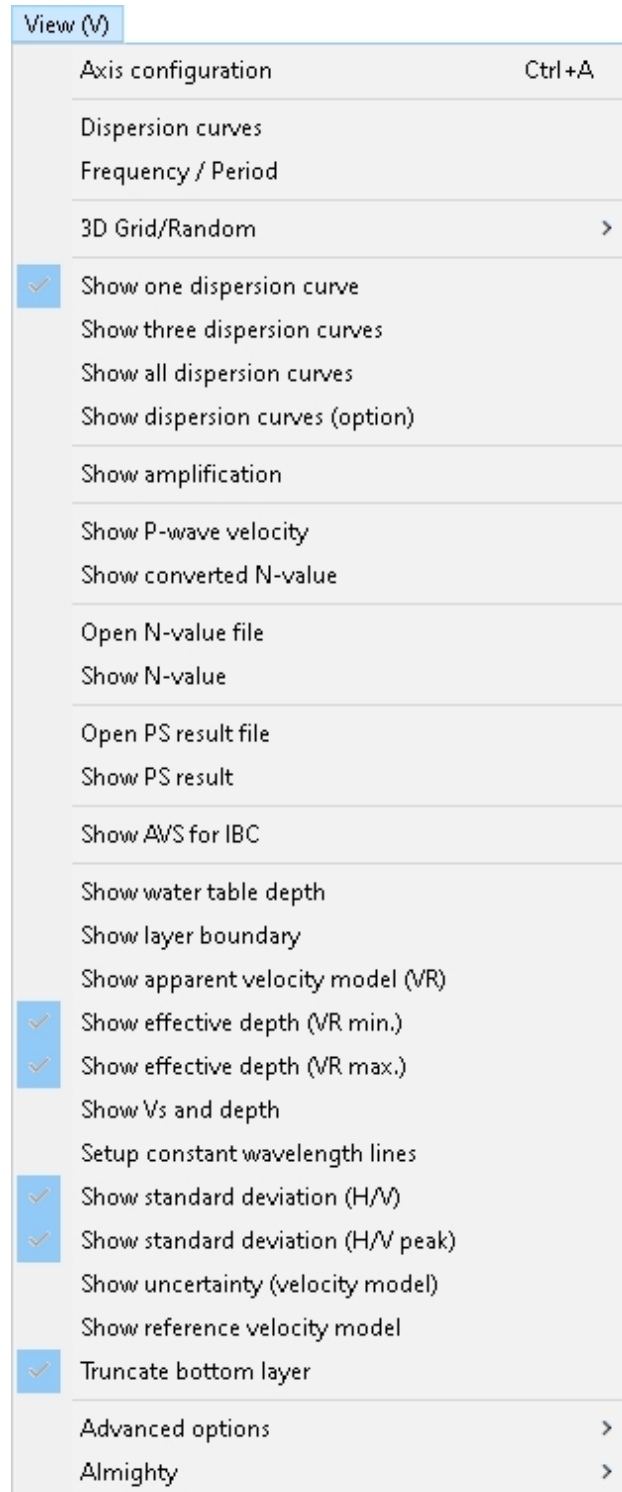
7.2.5 すべての表示画像をファイルに保存



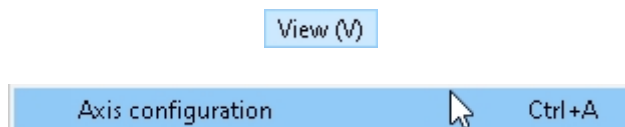
ファイルリストで作業している場合、この機能はファイルリスト内のすべてのショットギャザー（または位相速度画像）をPNG、JPG、BMP、またはGIFファイルに保存します。

7.3 メニューを見る

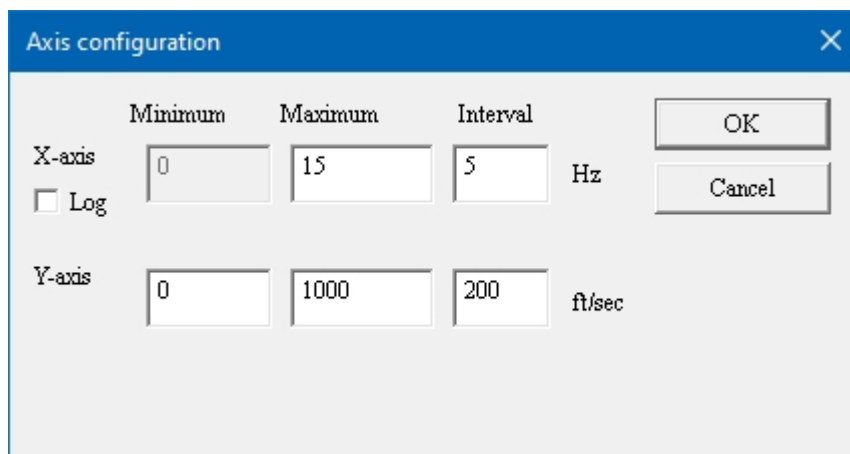
表示メニューには、スケールの設定、表示の変更、他の種類のデータのオーバーレイやインポートなどの機能があります。



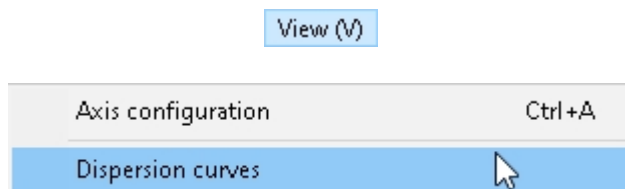
7.3.1 軸構成 [CTRL+A]






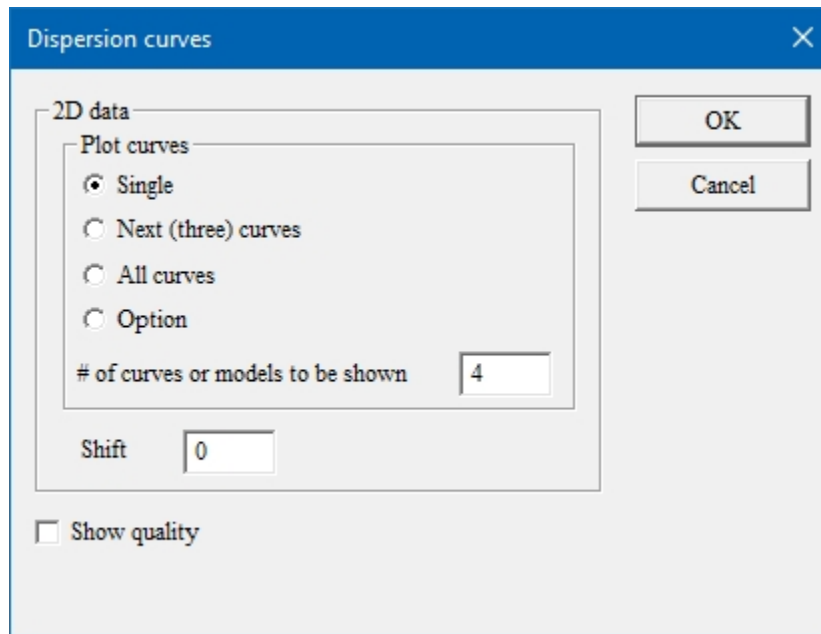
分散曲線または速度曲線プロットの軸スケールを設定するには、**軸設定**を選択します。X軸とY軸の**最小値**はゼロに固定されます。**最大値**は外側の限界を設定します。間隔は、小区分のサイズです。



7.3.2 分散曲線



分散曲線ダイアログ・ボックスは、分散曲線の表示方法を制御します。**曲線のプロット**オプションでは、**[1つの分散曲線]**、**[次の分散曲線(3つの分散曲線)]**、または**[すべての分散曲線]**を表示することができます。これらの設定は、それぞれ **Show one dispersion curves** 、**Show next dispersion curves** 、**Show all dispersion curves**  ボタンに対応しています。



Single と *Show one dispersion curve* ボタンは1つの分散曲線を赤で表示する。*Next (three) curves* と *Show next dispersion curves* ボタンは、1つの分散曲線を赤で表示し、下降線に隣接する分散曲線を緑で、上昇線に隣接する分散曲線を青で表示。*All curves* および *Show all dispersion curves* ボタンは、赤、青、緑で始まるすべての曲線を表示し、残りの曲線は色で区別されるが未定義である。すべてのカーブが表示されている場合、個々のカーブではなく、全体的な傾向を見分けることが目的であるため、これらのカーブは未定義である。

Option (オプション) ラジオボタンをチェックし、数値を入力することで、カーブの数をカスタマイズして設定することもできます。◀▶ ボタンを使用してカーブをスクロールできます。

Shift は、入力された値で一括シフトさせることができます。

品質を表示する(Show quality) がチェックされている場合(デフォルト)、破線の品質曲線が各分散曲線とともに表示される。品質曲線は、分散曲線を定義するデータポイントの品質の相対的な指標であり、以下に示すようにデータポイントの円の大きさに対応している。すべてのデータポイントが高品質 (大きな円) である場合、曲線は主に平坦になります。しかし、S/N比のばらつきにより、品質曲線は比較的高品質の高いデータポイント (小さい円) と低いデータポイント (小さい円) にそれぞれ相関する山と谷を持つ。

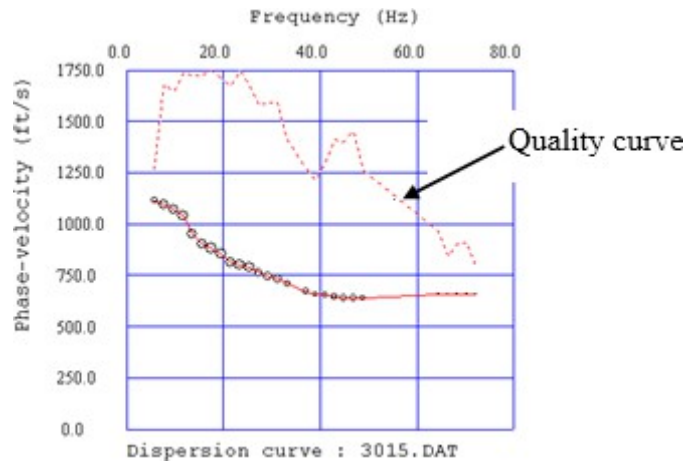
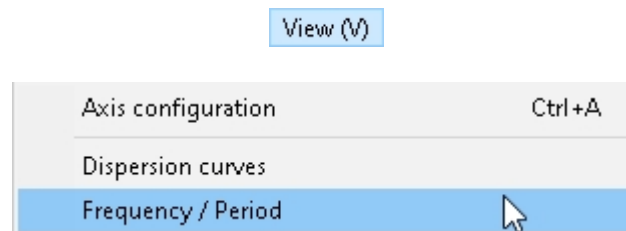



図159: 位相速度プロットと品質曲線。

Single、*Next (three) curves*、または *All curves* の表示では、品質曲線は関連する分散曲線と同じ色になります。クオリティの詳細については、453ページの[7.5.8節](#)および[7.5.10節](#)を参照してください。

7.3.3 周波数/周期



*Frequency/period*機能と*Frequency/period*  ボタンは、分散曲線の表示を周波数（サイクル/秒）と周期（秒、周波数の逆数）の間で切り替えることができます。

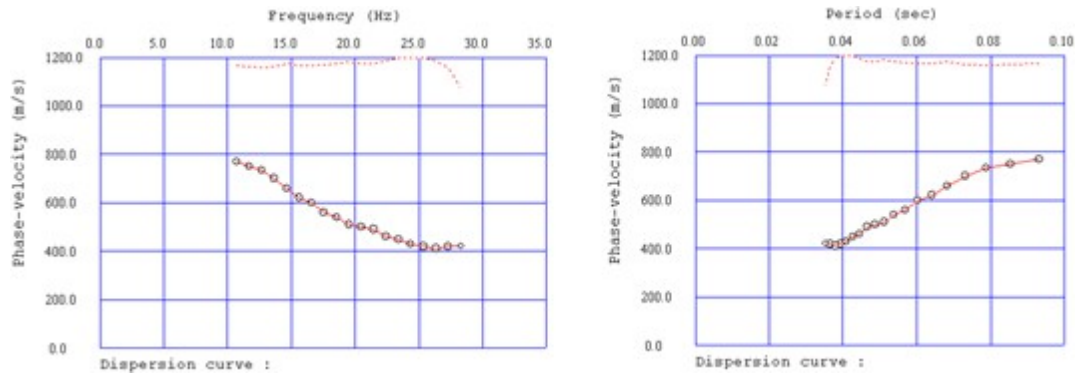
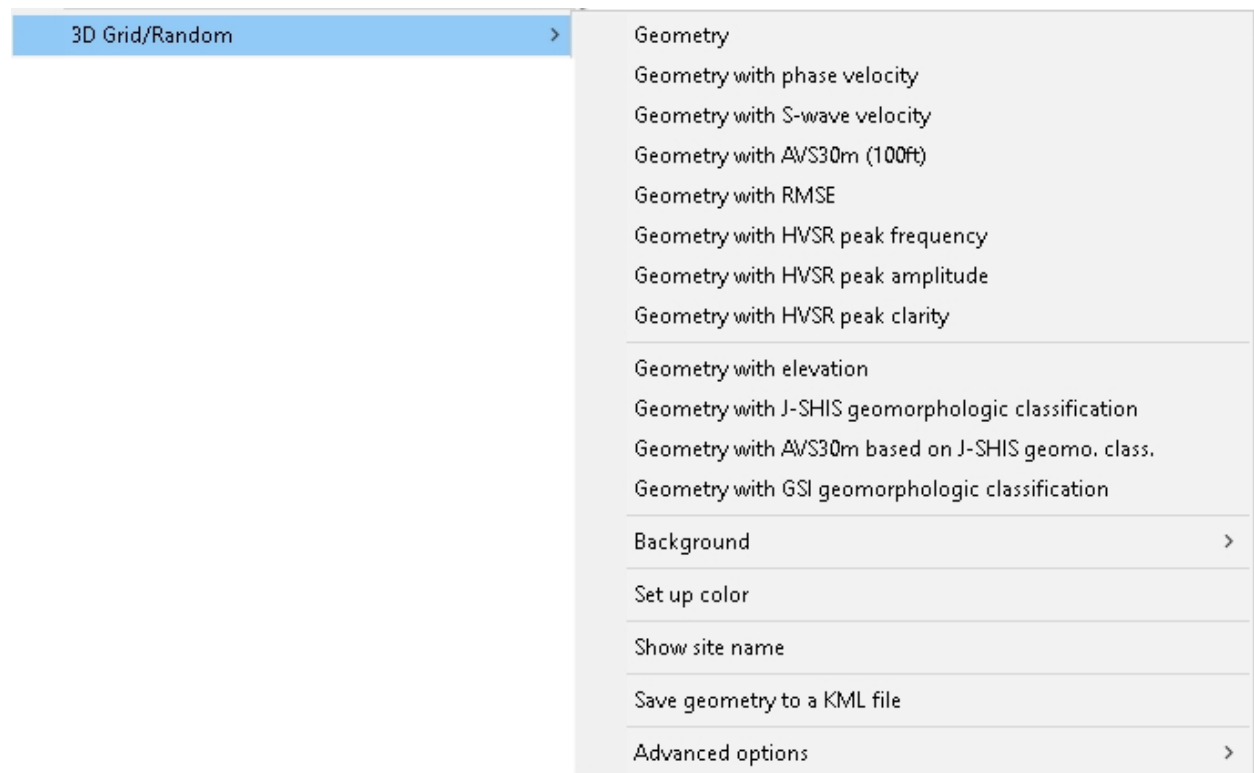


図160: 位相速度対周波数 (左) と位相速度対周期 (右)。

秒単位で考える方が、建物などの自然周期に直結して直感的かもしれない。

7.3.4 3Dグリッド/ランダム

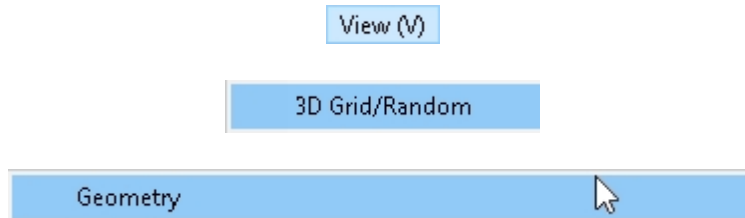
View (V)



このメニューの項目は、この[チュートリアル](#)でカバーされています。チュートリアルに記載されていない内容については、support@seisimager.com までお問い合わせください。

7.3.4.1 幾何学

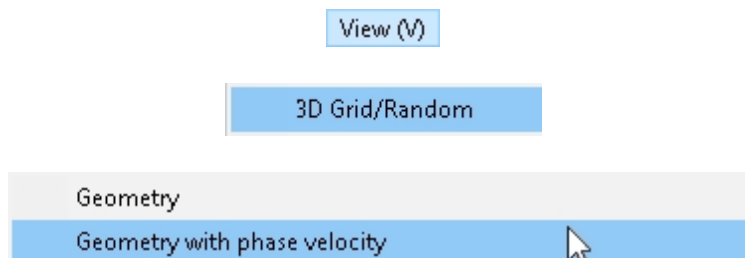
[SW-3D]



[チュートリアル](#)をご覧ください。ご質問がチュートリアルにない場合は、support@seisimager.com までご連絡ください。

7.3.4.2 位相速度のあるジオメトリー

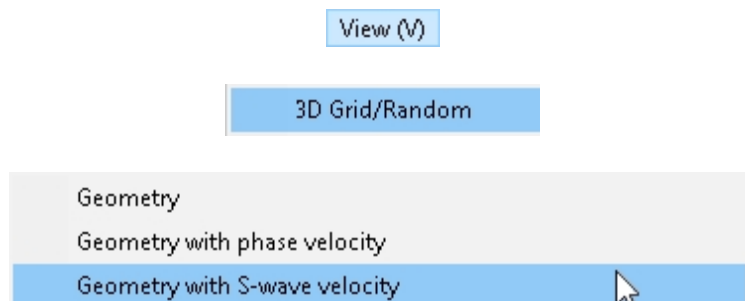
[SW-3D]



[チュートリアル](#)をご覧ください。ご質問がチュートリアルにない場合は、support@seisimager.com までご連絡ください。

7.3.4.3 S波速度を伴うジオメトリー

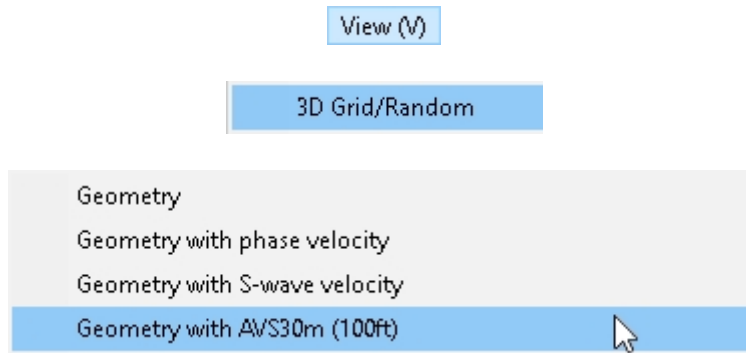
[SW-3D]



[チュートリアル](#)をご覧ください。ご質問がチュートリアルにない場合は、support@seisimager.com までご連絡ください。

7.3.4.4 avs30m (100フィート) のジオメトリ

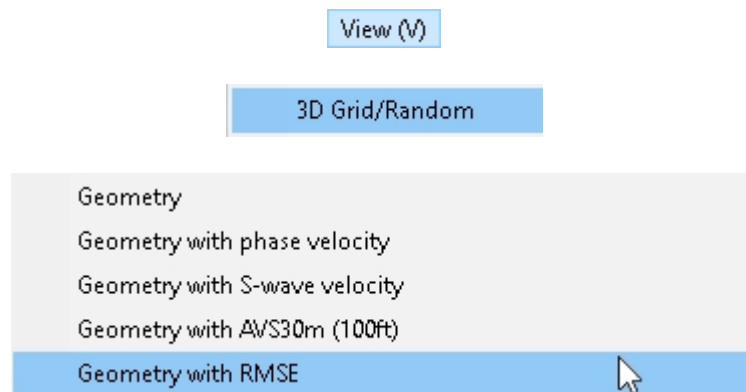
[SW-3D]



[チュートリアル](#)をご覧ください。ご質問がチュートリアルにない場合は、support@seisimager.com までご連絡ください。

7.3.4.5 rmseによるジオメトリ

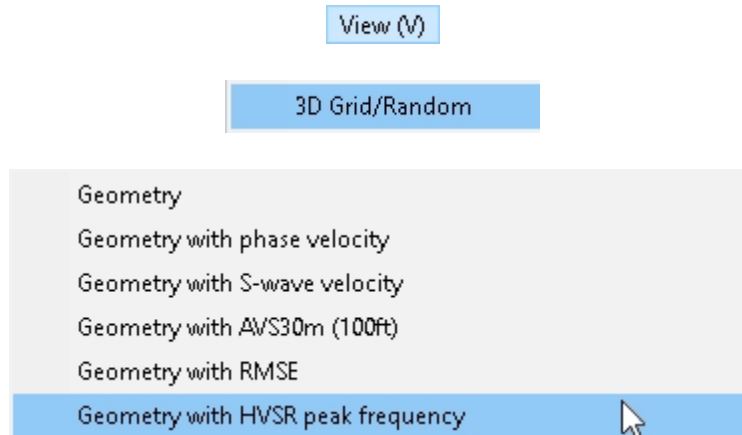
[SW-3D]



[チュートリアル](#)をご覧ください。ご質問がチュートリアルにない場合は、support@seisimager.com までご連絡ください。

7.3.4.6 HVSRピーク周波数を持つジオメトリー

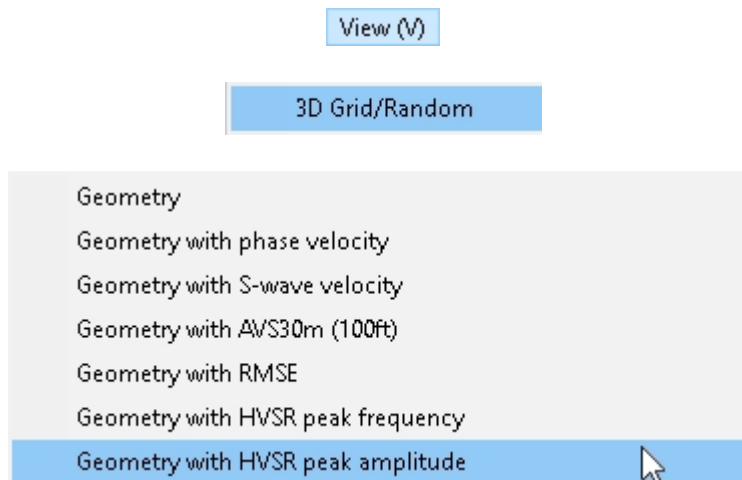
[SW-3D]



[チュートリアル](#)をご覧ください。ご質問がチュートリアルにない場合は、support@seisimager.com までご連絡ください。

7.3.4.7 HVSRピーク振幅を持つジオメトリー

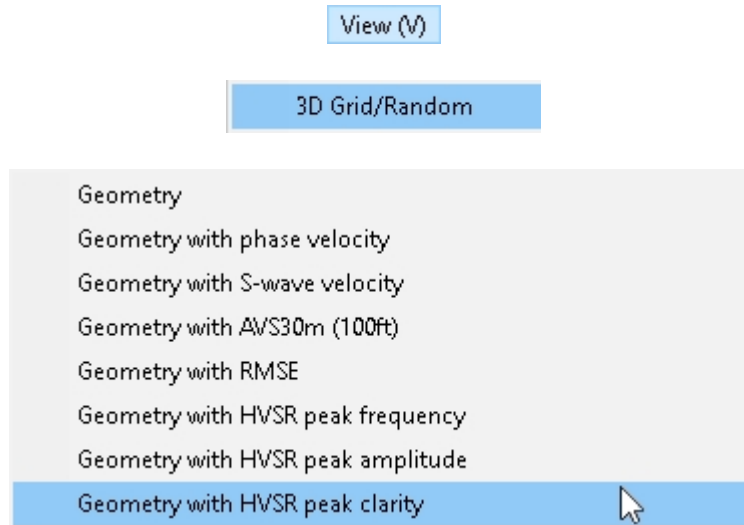
[SW-3D]



[チュートリアル](#)をご覧ください。ご質問がチュートリアルにない場合は、support@seisimager.com までご連絡ください。

7.3.4.8 HVSРピーククラリティを備えたジオメトリー

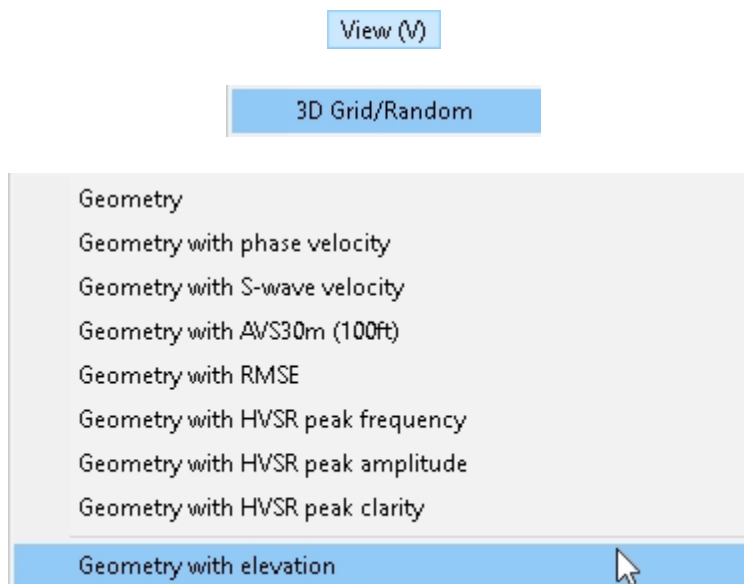
[SW-3D]



[チュートリアル](#)をご覧ください。ご質問がチュートリアルにない場合は、support@seisimager.com までご連絡ください。

7.3.4.9 標高のあるジオメトリー

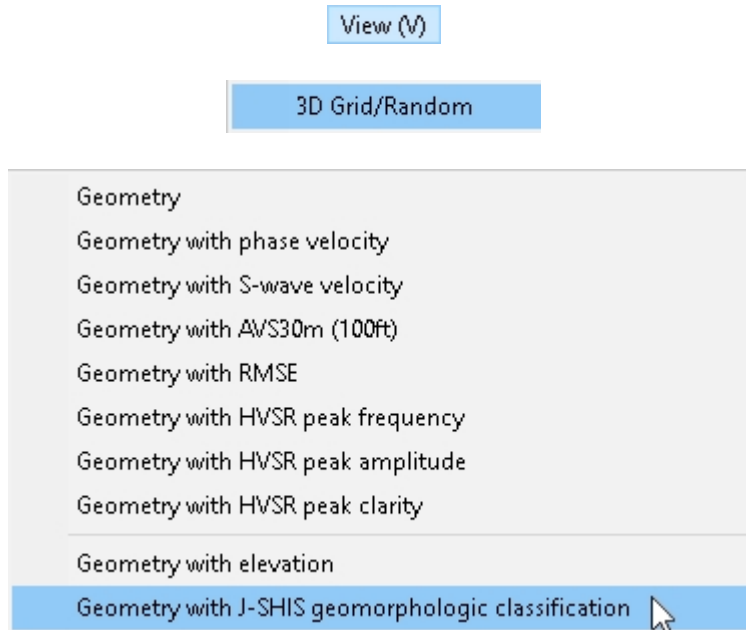
[SW-3D]



[チュートリアル](#)をご覧ください。ご質問がチュートリアルにない場合は、support@seisimager.com までご連絡ください。

7.3.4.10 J-SHIS地形分類によるジオメトリ

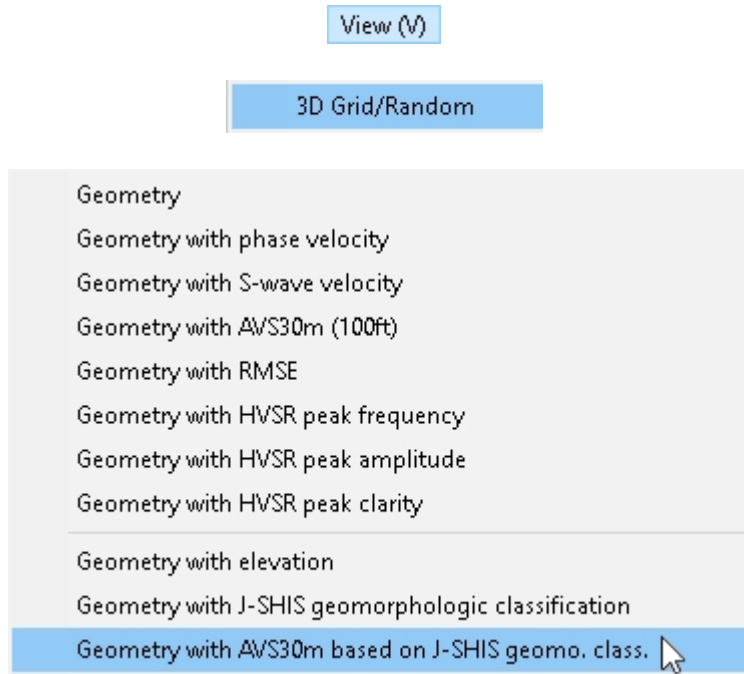
[SW-3D]



[チュートリアル](#)をご覧ください。ご質問がチュートリアルにない場合は、support@seisimager.com までご連絡ください。

7.3.4.11 J-SHIS地形分類に基づくAVS30Mによるジオメトリ

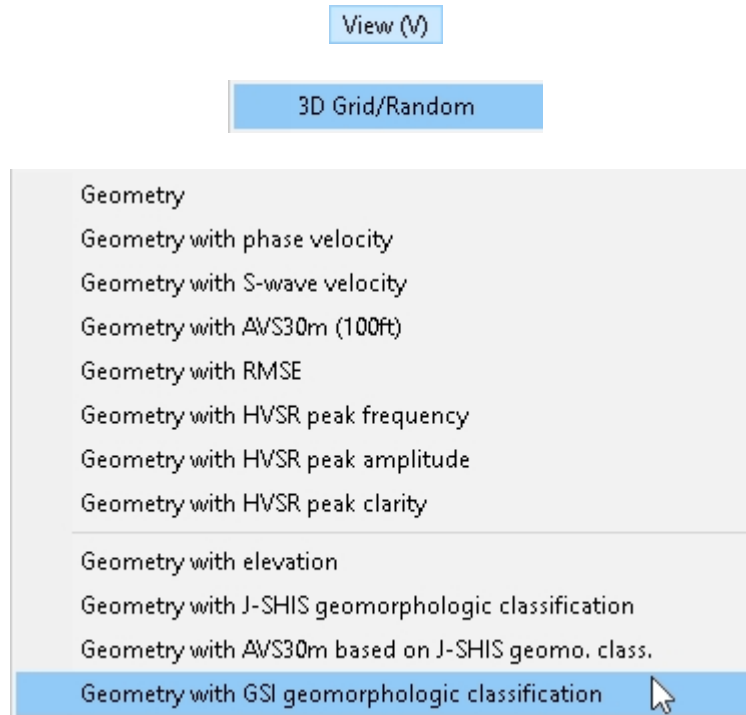
[SW-3D]



[チュートリアル](#)をご覧ください。ご質問がチュートリアルにない場合は、support@seisimager.com までご連絡ください。

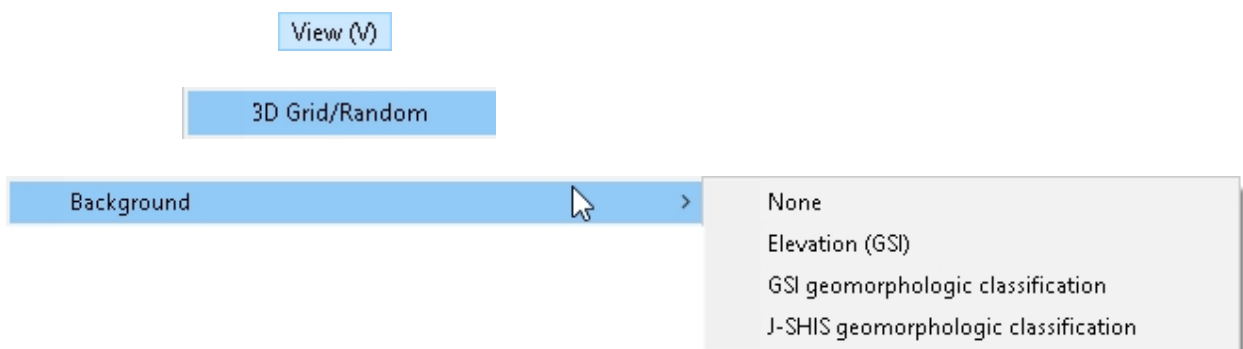
7.3.4.12 国土地理院の地形分類によるジオメトリー

[SW-3D]



[チュートリアル](#)をご覧ください。ご質問がチュートリアルにない場合は、support@seisimager.com までご連絡ください。

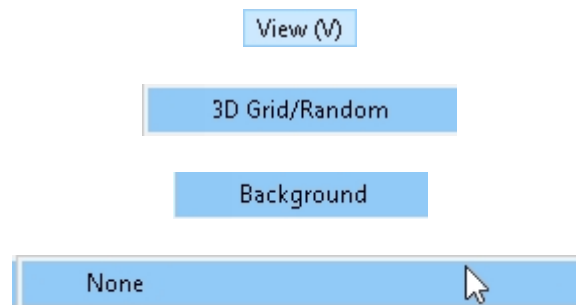
7.3.4.13 背景



続ける。

7.3.4.13.1 なし

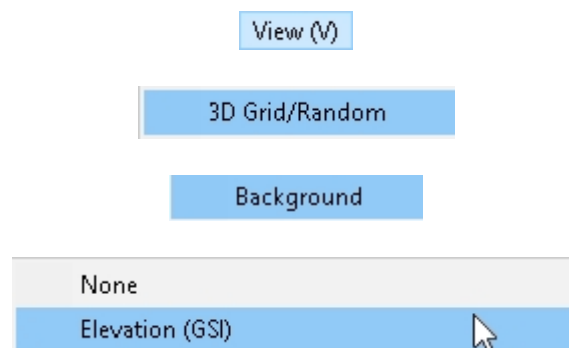
[SW-3D]



[チュートリアル](#)をご覧ください。ご質問がチュートリアルにない場合は、support@seisimager.com までご連絡ください。

7.3.4.13.2 標高

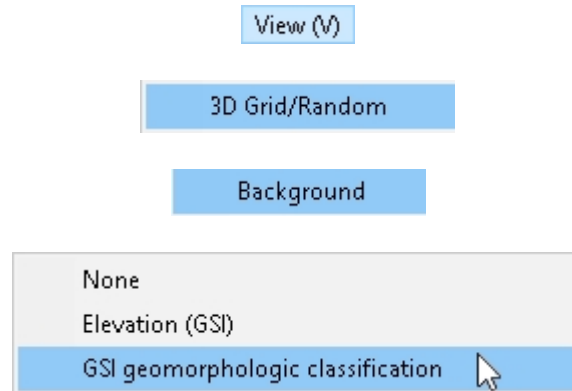
[SW-3D]



[チュートリアル](#)をご覧ください。ご質問がチュートリアルにない場合は、support@seisimager.com までご連絡ください。

7.3.4.13.3 国土地理院の地形分類

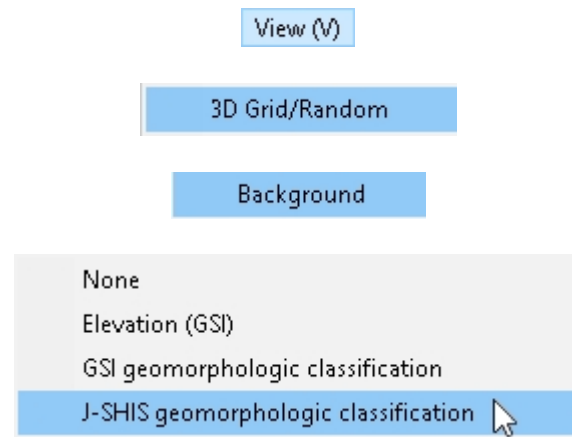
[SW-3D]



[チュートリアル](#)をご覧ください。ご質問がチュートリアルにない場合は、support@seisimager.com までご連絡ください。

7.3.4.13.4 J-SHIS地形分類

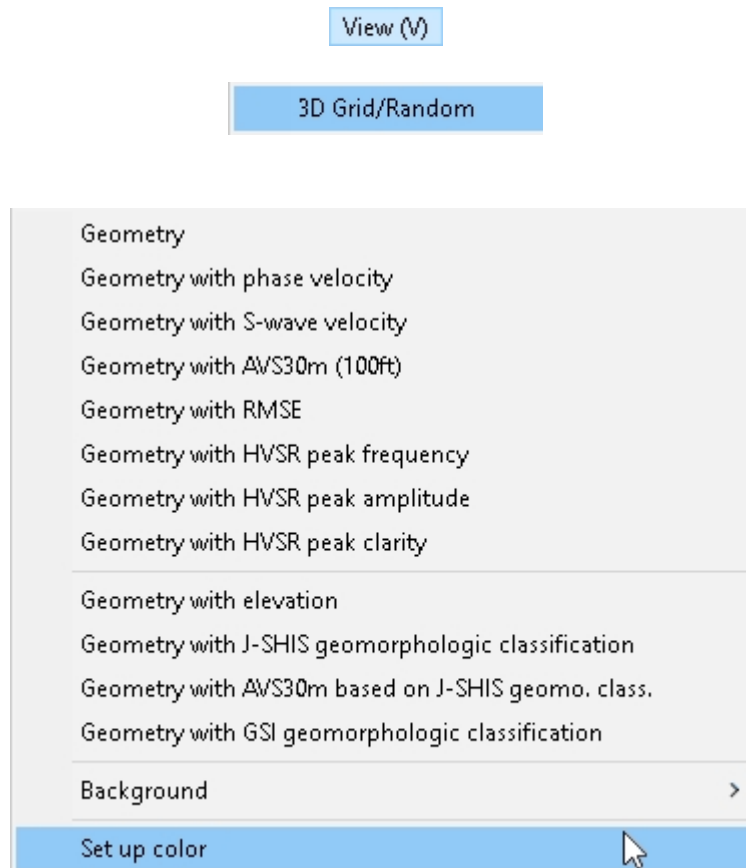
[SW-3D]



[チュートリアル](#)をご覧ください。ご質問がチュートリアルにない場合は、support@seisimager.com までご連絡ください。

7.3.4.14 カラー設定

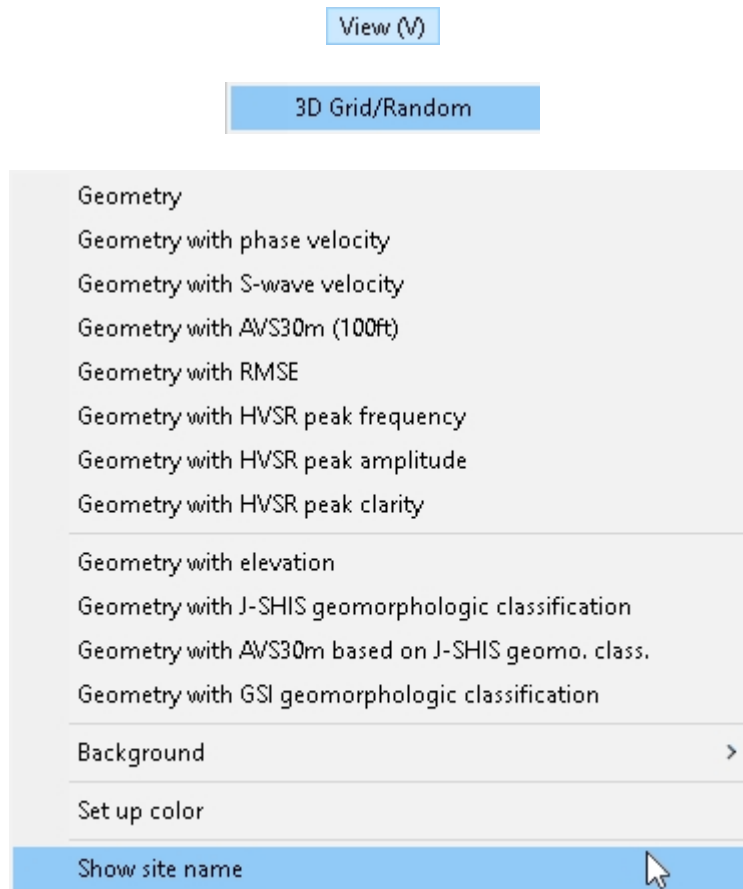
[SW-3D]



[チュートリアル](#)をご覧ください。ご質問がチュートリアルにない場合は、support@seisimager.com までご連絡ください。

7.3.4.15 サイト名を表示

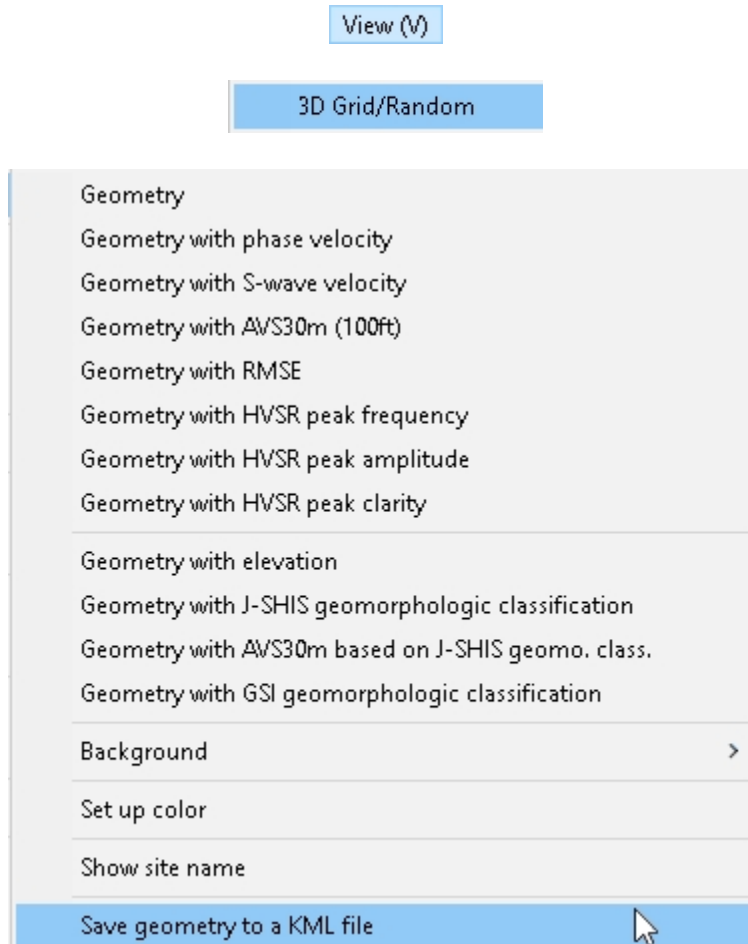
[SW-3D]



[チュートリアル](#)をご覧ください。ご質問がチュートリアルにない場合は、support@seisimager.com までご連絡ください。

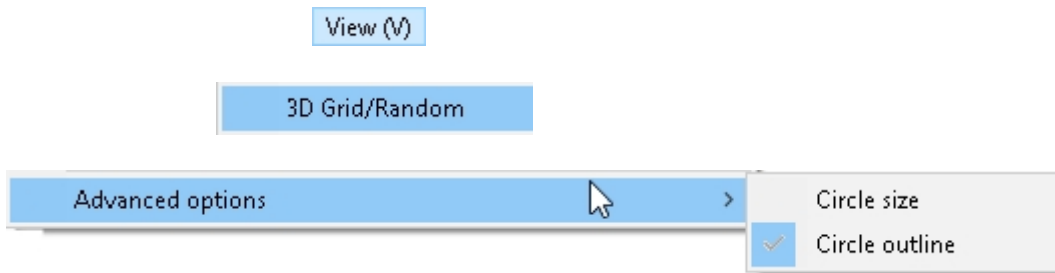
7.3.4.16 ジオメトリをKMLファイルに保存

[SW-3D]



[チュートリアル](#)をご覧ください。ご質問がチュートリアルにない場合は、support@seisimager.com までご連絡ください。

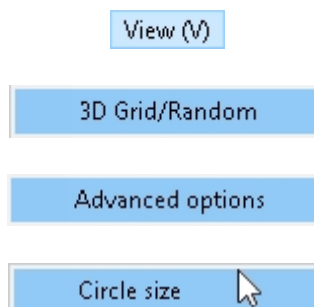
7.3.4.17 高度なオプション



続ける。

7.3.4.17.1 サークルサイズ

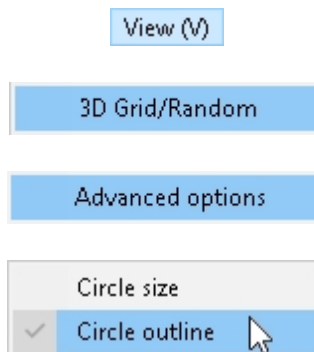
[SW-3D]



support@seisimager.com。

7.3.4.17.2 サークル・アウトライン

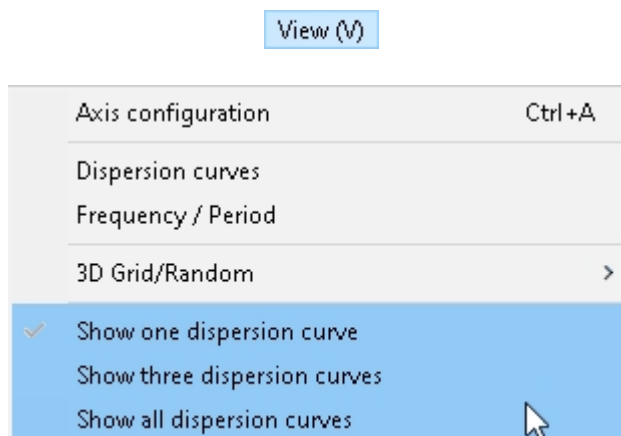
[SW-3D]



support@seisimager.com。

7.3.5 一つの 、次の 、全ての 分散カーブを表示する。

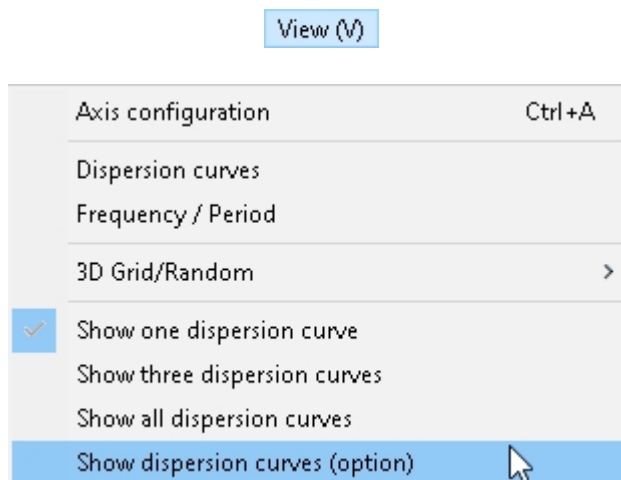
[SW-2D以上]



Show one dispersion curves, *Show Next (three) dispersion curves*, *Show all dispersion curves* は、[7.3.2](#) 項(348 ページ)のボタン・バー機能に関連するメニュー項目です。これらのメニュー項目を選択すると、セクション [7.3.2](#) で説明したメニューの設定が上書きされます。

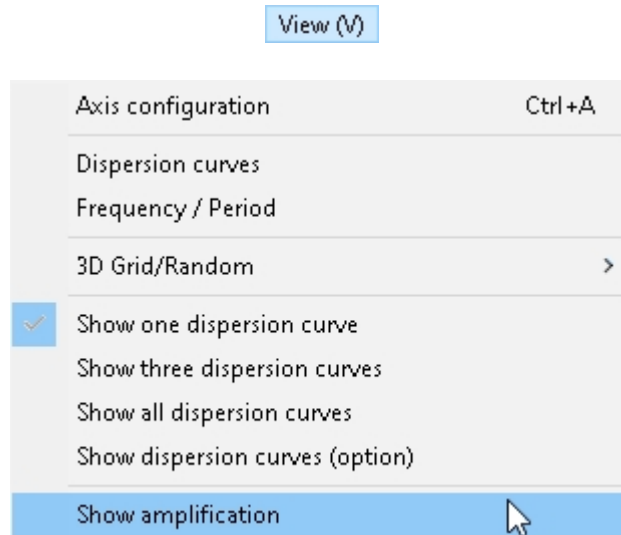
7.3.6 分散カーブの表示 (オプション)

[SW-2D以上]




表示する分散曲線の数をカスタム設定した場合 (セクション [7.3.2](#), ページ 348 を参照)、*Show Dispersion Curves (Option)* を選択すると、カスタム数の分散曲線が表示されます。

7.3.7 ショーの



H/Vカーブを表示する際、グラウンド増幅カーブを表示するには

|*Show Amplification* を表示するか、 ボタンを押す：

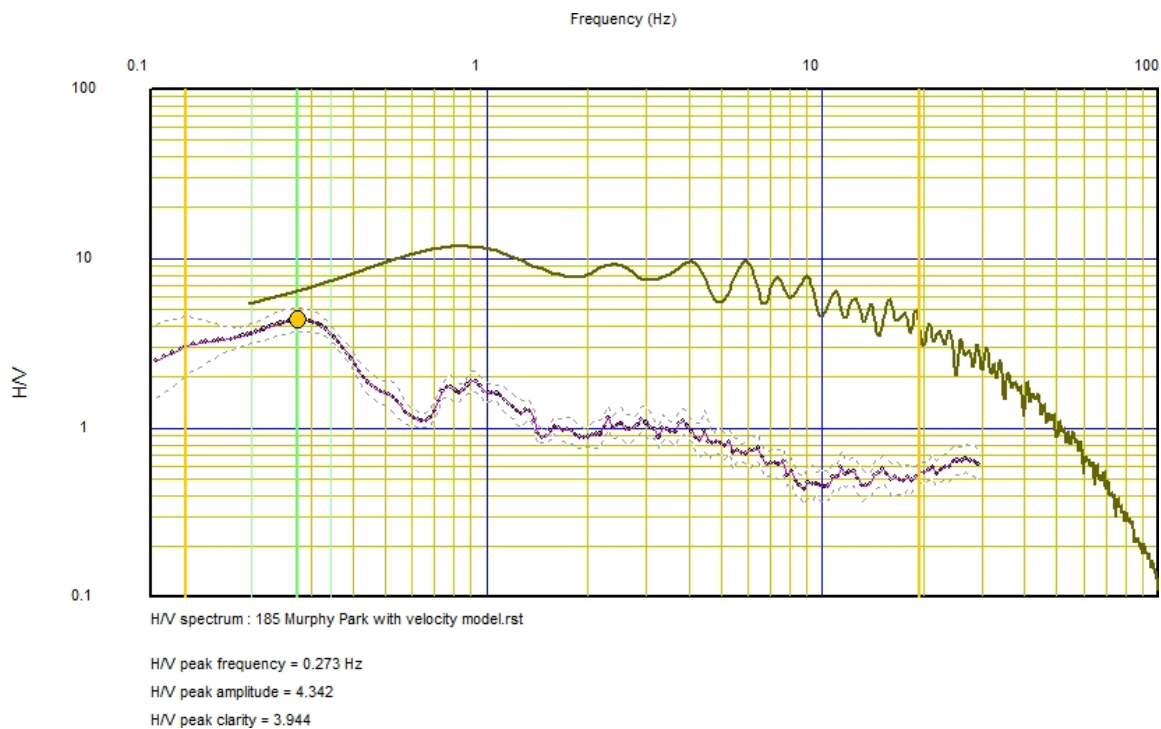
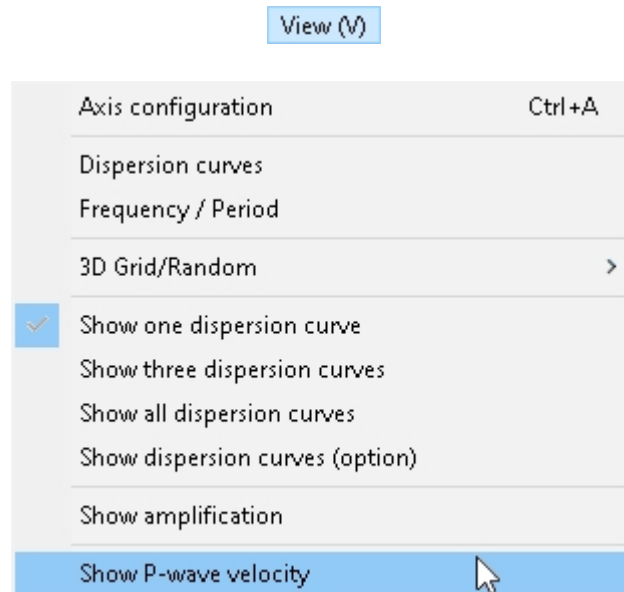


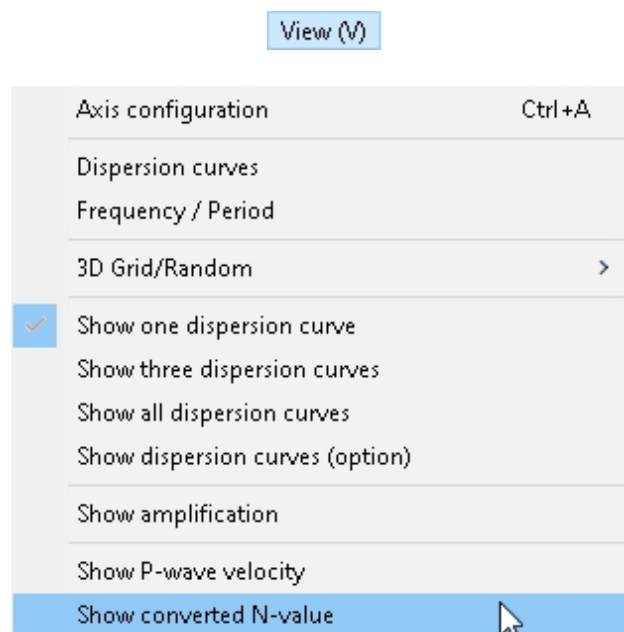
図161: H/V曲線 (紫) とグラウンド増幅プロット (濃い緑)。

7.3.8 P波速度を表示



このトグルスイッチにより、p波の速度プロファイルを表示できる。 v_p には緑色の曲線が表示され、横軸には v_p 対応する2番目の目盛りが表示されます。

7.3.9 変換後のN値を表示



変換されたN値を表示するには、*Show converted N-value* をクリックする。N値の赤い表示され、横軸にはN値に対応する3番目の目盛りが表示されます。

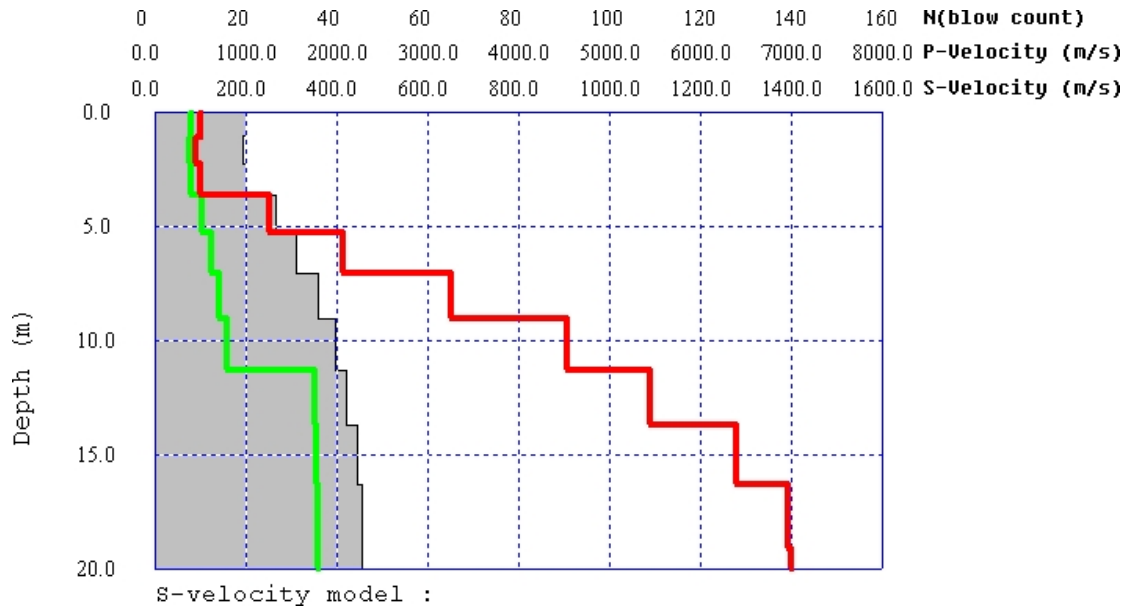
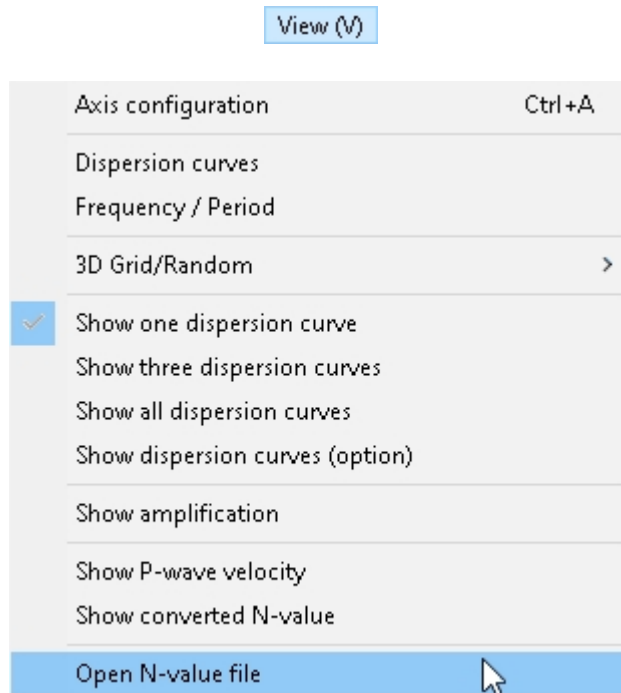


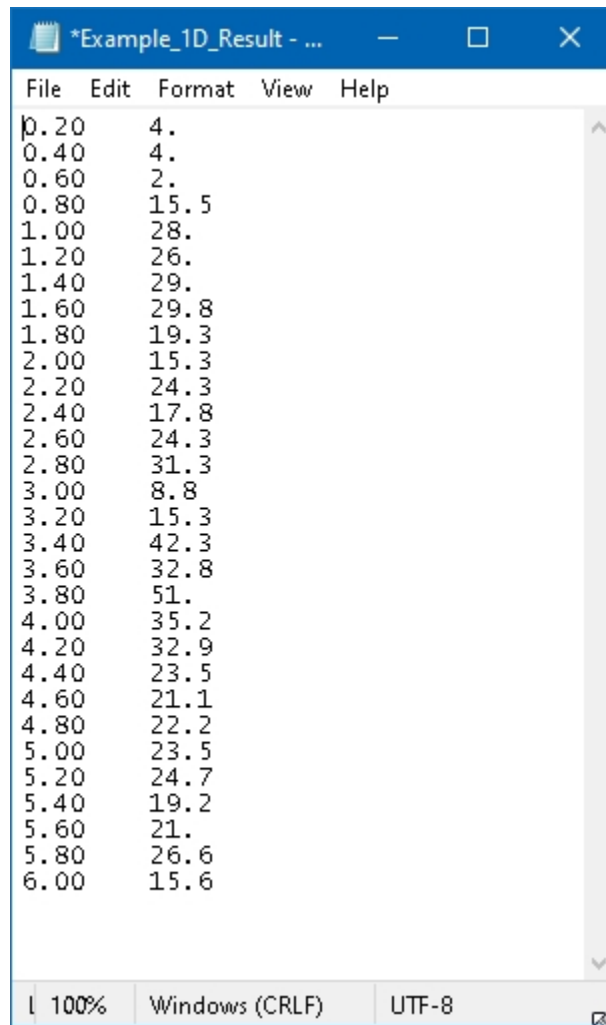
図162: p波速度 (緑) とブローカウントを重ねたVs曲線。

v_p 値と N 値は、**Velocity model** メニューの *Advanced options | v_p and v_s relationship* と *Advanced options | N and v_s relationship* で定義された方程式を使用して計算される。詳細については、476 ページのセクション [7.6.13.2](#) を参照してください。

7.3.10 N値ファイルを開く

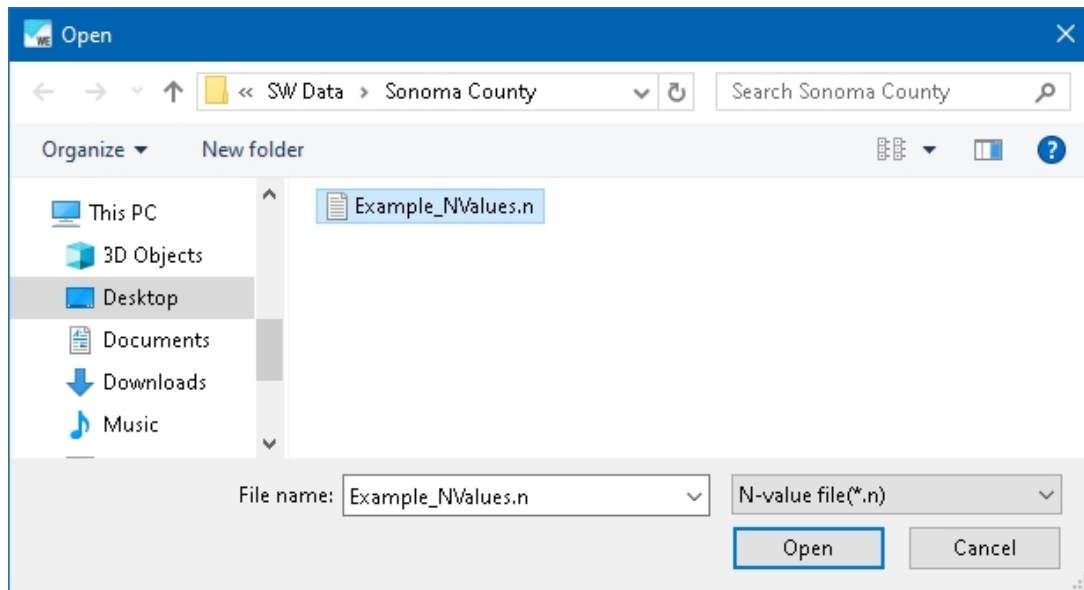


測定されたN値は、インバージョンに使用される初期 v_s モデルを定義するために使用することができます。値は、各行に深度と対応するN値を持つスペースまたはタブ区切りのテキストファイルでフォーマットされます。ファイルの拡張子は *.n* または *.txt* です。



File	Edit	Format	View	Help
0.20	4.			
0.40	4.			
0.60	2.			
0.80	15.5			
1.00	28.			
1.20	26.			
1.40	29.			
1.60	29.8			
1.80	19.3			
2.00	15.3			
2.20	24.3			
2.40	17.8			
2.60	24.3			
2.80	31.3			
3.00	8.8			
3.20	15.3			
3.40	42.3			
3.60	32.8			
3.80	51.			
4.00	35.2			
4.20	32.9			
4.40	23.5			
4.60	21.1			
4.80	22.2			
5.00	23.5			
5.20	24.7			
5.40	19.2			
5.60	21.			
5.80	26.6			
6.00	15.6			

ファイルが準備できたら、「N値ファイルを開く」を選択し、ファイルを「開く」を押します。拡張子が.txtの場合は、「ファイルの種類」で「すべてのファイル」を選択し、リストに表示されるようにする必要があります。



N値は、初期 v_s モデルが作成されるまでメモリに保存され、その時点で初期モデルがN値とともに表示される。N値ファイルを開いた場合、デフォルトでは初期モデルはN値に基づいている。詳細は[7.7.1項](#)（490ページ）を参照。

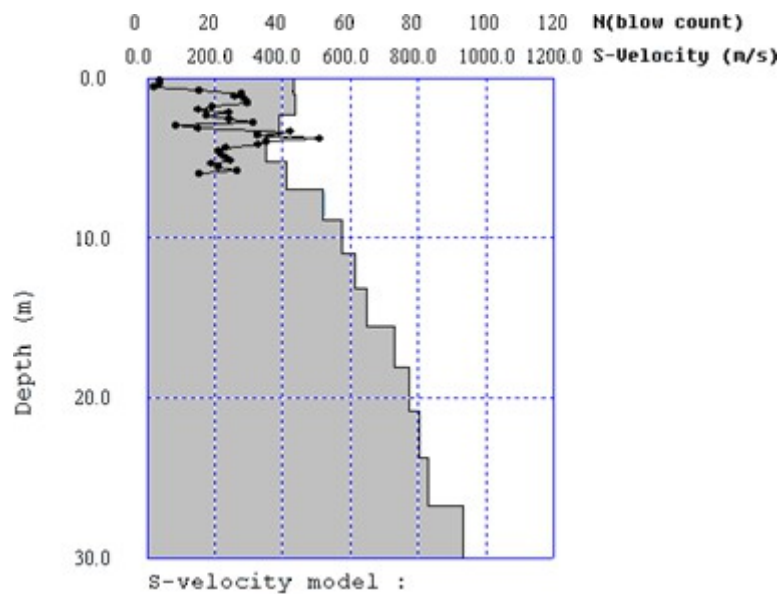
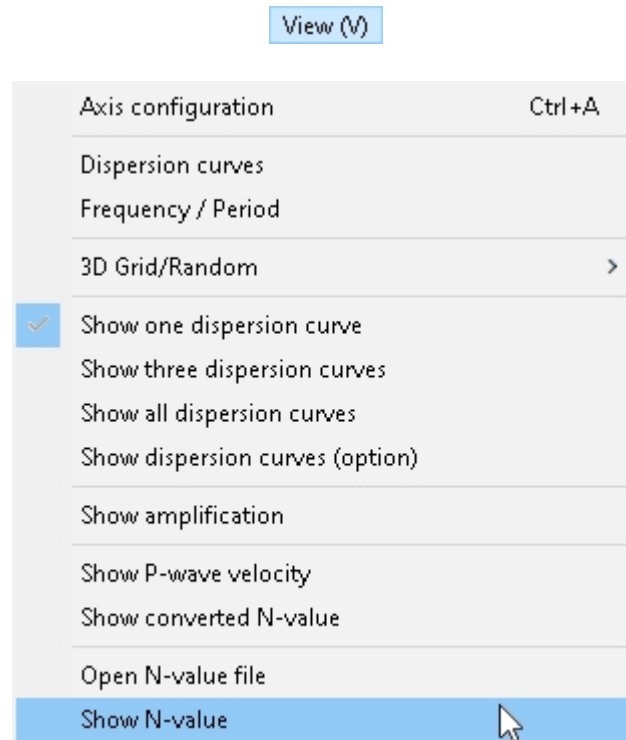


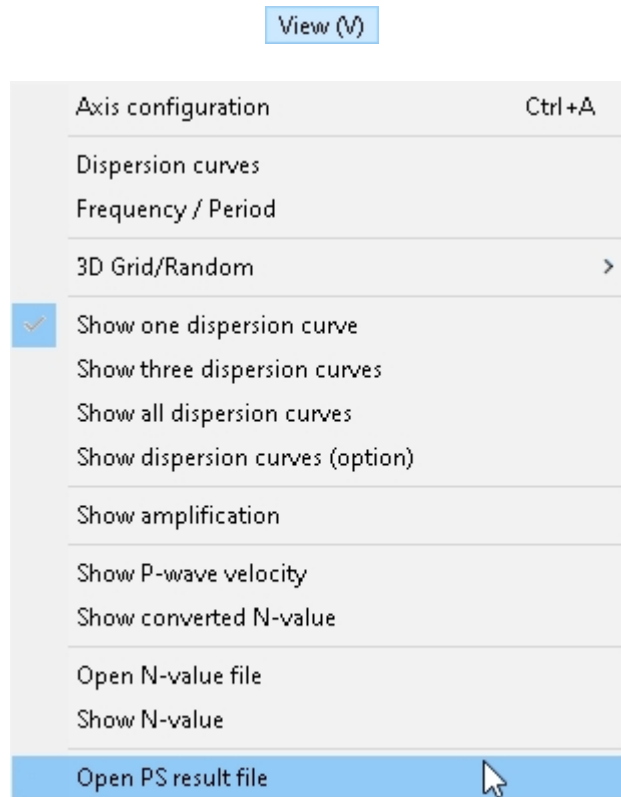
図163: v_s の初期モデルとN値。

7.3.11 N値を表示

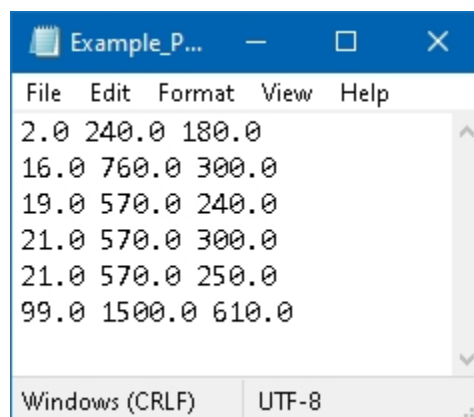


vs曲線の表示をN値あり／なしを切り替えるには、*Show N-value* を選択する。

7.3.12 PS結果ファイルを開く



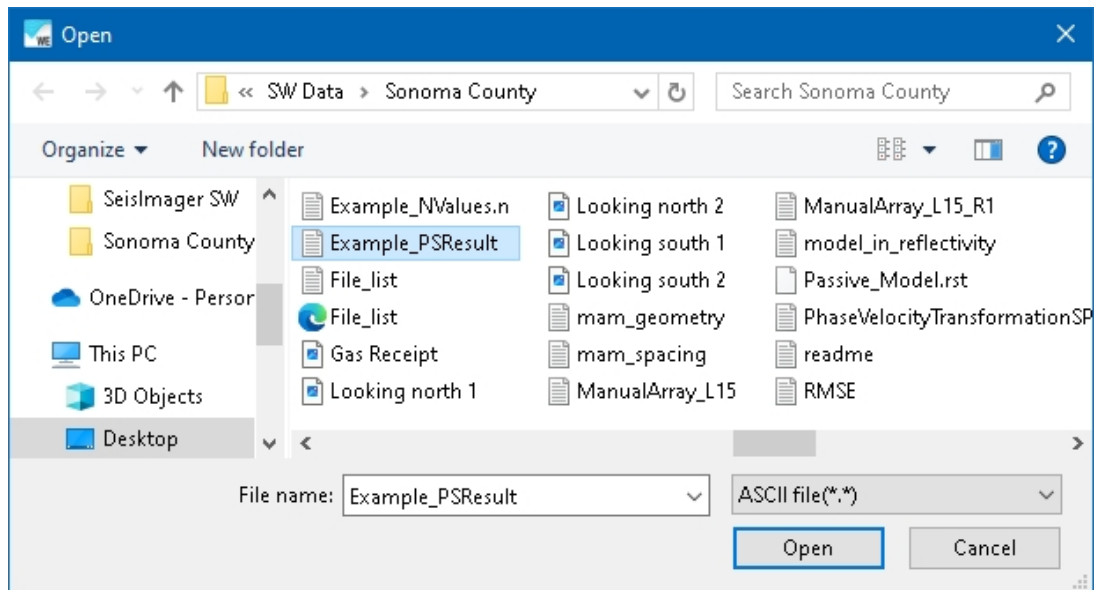
一旦、流速モデルが作成されると、測定された V_p と v_s の値を入力し、比較したり、モデルを改良したりすることができる。値は、各行に深度と対応する V_p と v_s の持つ、スペースまたはタブ区切りのテキストファイルにフォーマットする必要がある。ファイルの拡張子は問わない。



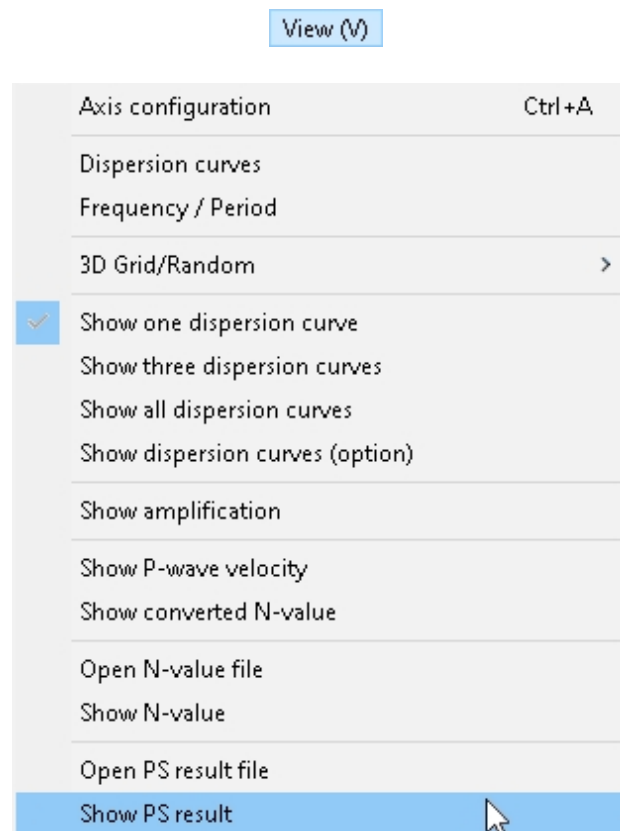
Depth	V_p	v_s
2.0	240.0	180.0
16.0	760.0	300.0
19.0	570.0	240.0
21.0	570.0	300.0
21.0	570.0	250.0
99.0	1500.0	610.0

表13: PS結果ファイル。

ファイルが準備できたら、「PS結果ファイルを開く」を選択し、ファイルをハイライトして「開く」を押す。

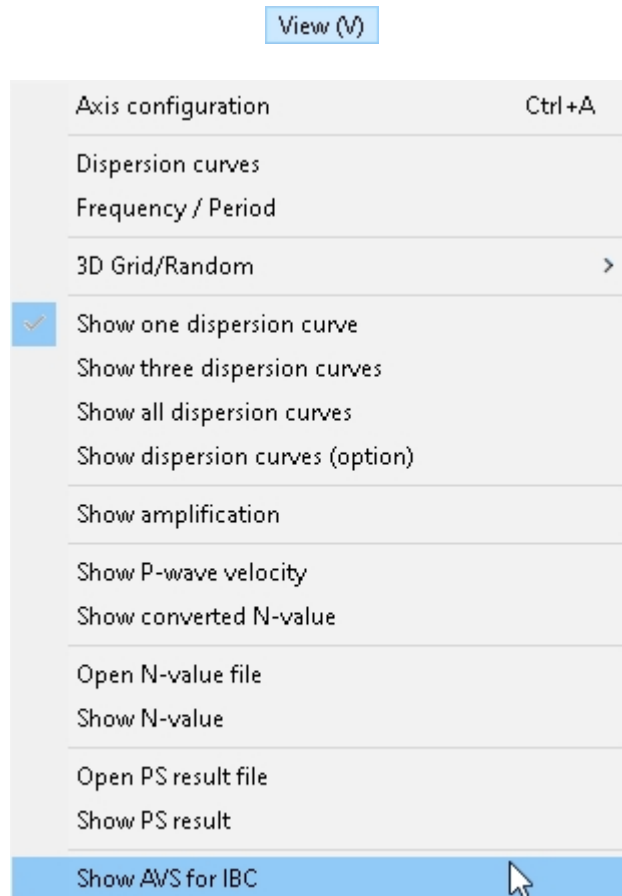


7.3.13 PSの結果を表示



測定された V_p と v_s データのあるモデルとないモデルを切り替えて表示するには、以下を選択する。
PSの結果を表示する。

7.3.14 IBCのアベレージを表示



2000年および2003年の国際建築基準法(IBC)1615.1.5項の式16-22および式16-44で定義された平均 v_s を計算するには、*Show AVS for IBC*を選択する。計算された平均 v_s は、適用される単位で速度モデルの下部に表示されます。

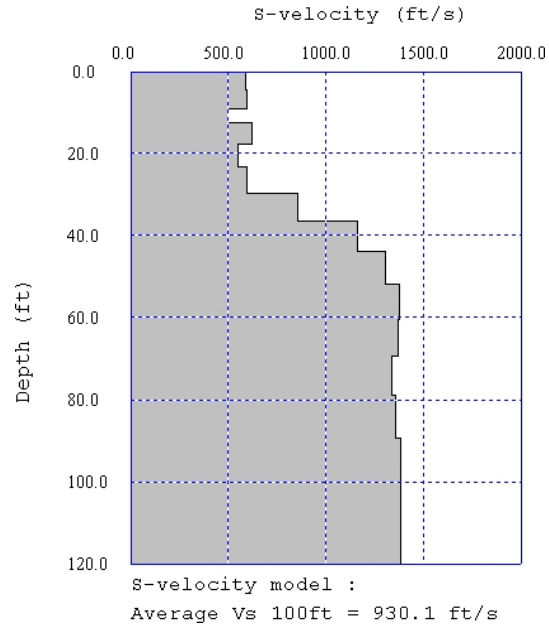


図164: AVSを下部に配置した v_s モデル。

計算結果はデータセットディレクトリのAVS.txtという名前のテキストファイルに保存される。最初の行は、計算に使用した適用単位と最大深度を報告します。以下は各層ごとに1行ずつ、計6列のデータです。左から右への列は、層番号(No.)、せん断波速度(v_s)、遅さ(sl)(速度の逆数)、層厚(d)、層厚を v_s で割った値(Tot. v_s)、全層厚(Tot. d)である。最後の行は、IBC $v_{s100}/UBC v_{s30}$ の値を報告している。この例では、2番目の層 (No.1) の厚さは3.132フィート (d) で、層の厚さ対 v_s 比は13.024秒 (Tot. v_s)、この層の底部での総深さは7.692フィート (Tot.d) である。

```

AVS.txt - Notepad
File Edit Format View Help
0/15 0.673011 1.485859 0.003571
1/15 0.665467 1.502703 0.007692
2/15 0.665672 1.502241 0.012363
3/15 0.687886 1.453729 0.017582
4/15 0.800911 1.248578 0.023352
5/15 1.037152 0.964179 0.029670
6/15 1.109185 0.901563 0.036538
7/15 1.466292 0.681992 0.043956
8/15 1.527905 0.654491 0.051923
9/15 1.568261 0.637649 0.060440
10/15 1.588407 0.629562 0.069505
11/15 1.594092 0.627316 0.079121
12/15 1.592697 0.627866 0.089286
13/15 1.588899 0.629367 0.121429
14/15 1.594092 0.627316 99.121429
Unit=f Depth=100.000001 # of Layers=14
No. Vs S1 d Tot. Vs Tot. d
0 0.673 1.486 3.571 5.307 3.571
h=3.571429 v=673.011475
1 0.665 1.503 4.121 11.499 7.692
h=4.120879 v=665.467346
2 0.666 1.502 4.670 18.515 12.363
h=4.670331 v=665.671997
3 0.688 1.454 5.220 26.103 17.582
h=5.219782 v=687.886169
4 0.801 1.249 5.769 33.307 23.352
h=5.769230 v=800.911438
5 1.037 0.964 6.319 39.399 29.670
h=6.318681 v=1037.152100
6 1.109 0.902 6.868 45.591 36.538
h=6.868132 v=1109.184937
7 1.466 0.682 7.418 50.650 43.956
h=7.417582 v=1466.291992
8 1.528 0.654 7.967 55.864 51.923
h=7.967032 v=1527.905029
9 1.568 0.638 8.516 61.295 60.440
h=8.516483 v=1568.260986
10 1.588 0.630 9.066 67.002 69.505
h=9.065937 v=1588.406982
11 1.594 0.627 9.615 73.034 79.121
h=9.615384 v=1594.092041
12 1.593 0.628 10.165 79.416 89.286
h=10.164827 v=1592.697021
13 1.589 0.629 10.714 86.159 100.000
AVS100 = 1160.6 f/s
Ln 1, Col 1 100% Windows (CRLF) UTF-8

```

表14: AVS.txt.

2000年と2003年の国際建築基準法（IBC）のセクション1615.1.5、式16-23と16-45で定義された平均Nも、N値ファイルを開いていれば計算されます。

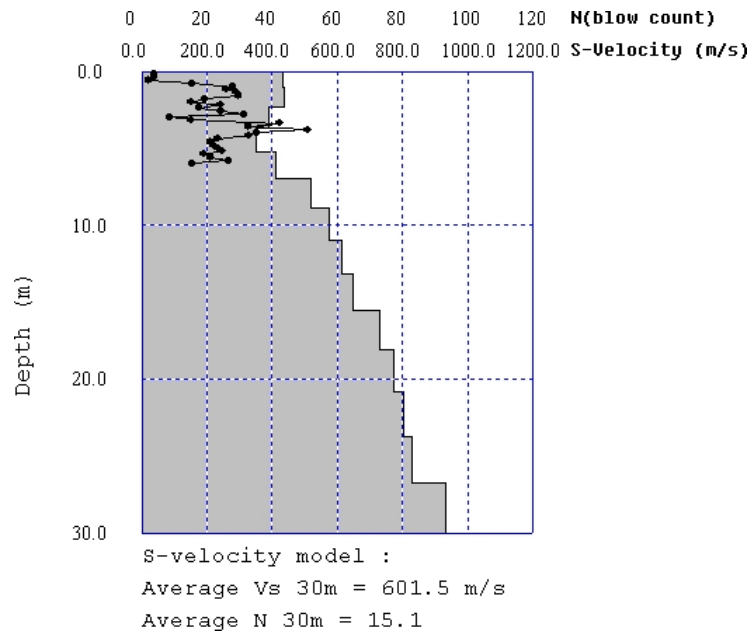
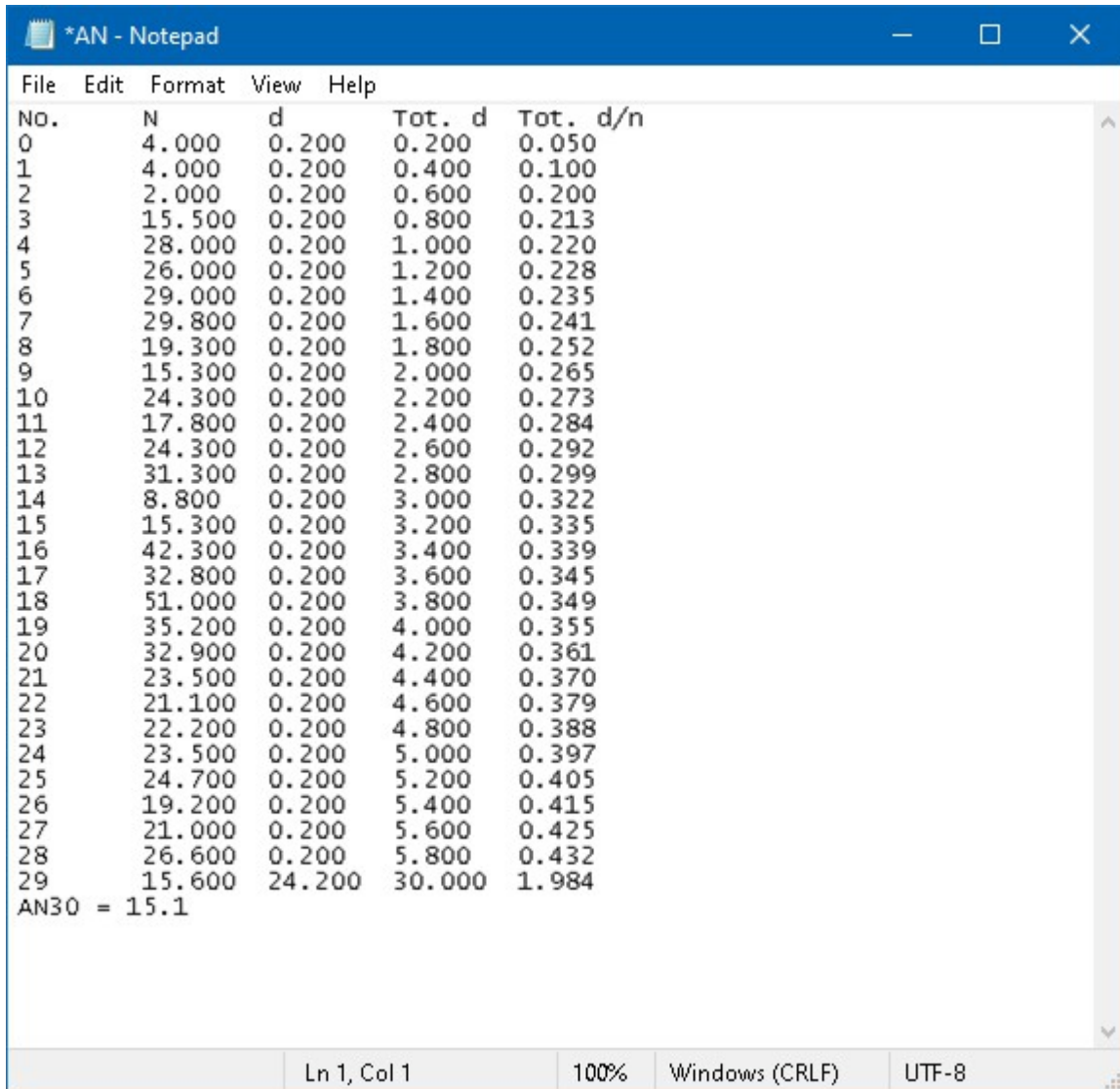


図165: N値による v_s モデル。

結果はデータセット・ディレクトリのAN.txtという名前のテキスト・ファイルに保存される。データは5列あり、各層に1行ずつある。左から順に、層番号 (No.)、N値 (N)、層厚 (d)、全層厚 (Tot.d)、層厚をN値で割った値 (Tot.d/n) である。最後の行は、IBC N100/UBC N30の値を報告する。この例では第2層 (No.1) の厚さは0.2メートル (d) で、層の厚さ対N0.1 (Tot.d/n)、この層の底部の総深さは0.4メートル (Tot.d) である。



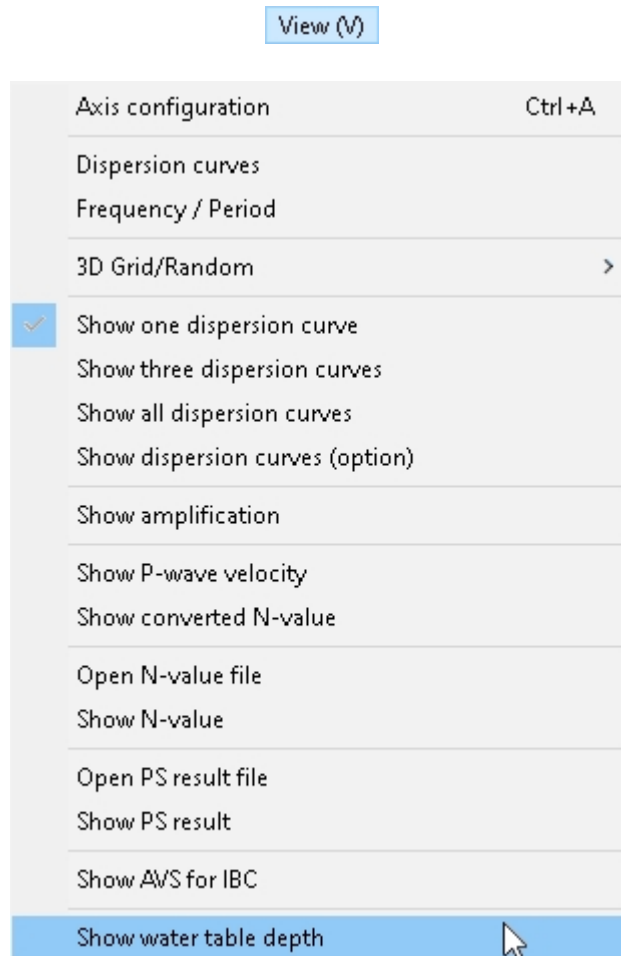
No.	N	d	Tot. d	Tot. d/n
0	4.000	0.200	0.200	0.050
1	4.000	0.200	0.400	0.100
2	2.000	0.200	0.600	0.200
3	15.500	0.200	0.800	0.213
4	28.000	0.200	1.000	0.220
5	26.000	0.200	1.200	0.228
6	29.000	0.200	1.400	0.235
7	29.800	0.200	1.600	0.241
8	19.300	0.200	1.800	0.252
9	15.300	0.200	2.000	0.265
10	24.300	0.200	2.200	0.273
11	17.800	0.200	2.400	0.284
12	24.300	0.200	2.600	0.292
13	31.300	0.200	2.800	0.299
14	8.800	0.200	3.000	0.322
15	15.300	0.200	3.200	0.335
16	42.300	0.200	3.400	0.339
17	32.800	0.200	3.600	0.345
18	51.000	0.200	3.800	0.349
19	35.200	0.200	4.000	0.355
20	32.900	0.200	4.200	0.361
21	23.500	0.200	4.400	0.370
22	21.100	0.200	4.600	0.379
23	22.200	0.200	4.800	0.388
24	23.500	0.200	5.000	0.397
25	24.700	0.200	5.200	0.405
26	19.200	0.200	5.400	0.415
27	21.000	0.200	5.600	0.425
28	26.600	0.200	5.800	0.432
29	15.600	24.200	30.000	1.984

AN30 = 15.1

表15: AN.txt。

平均 v_s と N を計算する場合は、30 m または 100 ft までの信頼できる情報があることを推奨する。 v_s モデルは深度 30m または 100ft まで拡張できるが、記録された表面波は実際にはその深度までサンプリングされていない可能性がある。浸透深度の推定方法については、[7.3.15 節](#)を参照のこと。

7.3.15 水面の深さを表示



速度水位深度を表示するには、**水位深度を表示する**を選択します。下図のように標準的な水位記号の青い線が表示されます。水位深度が設定されていない場合、線は深度ゼロでプロットされます。水位深度は464ページの[7.6.8節](#)で説明した別のメニューで設定します。

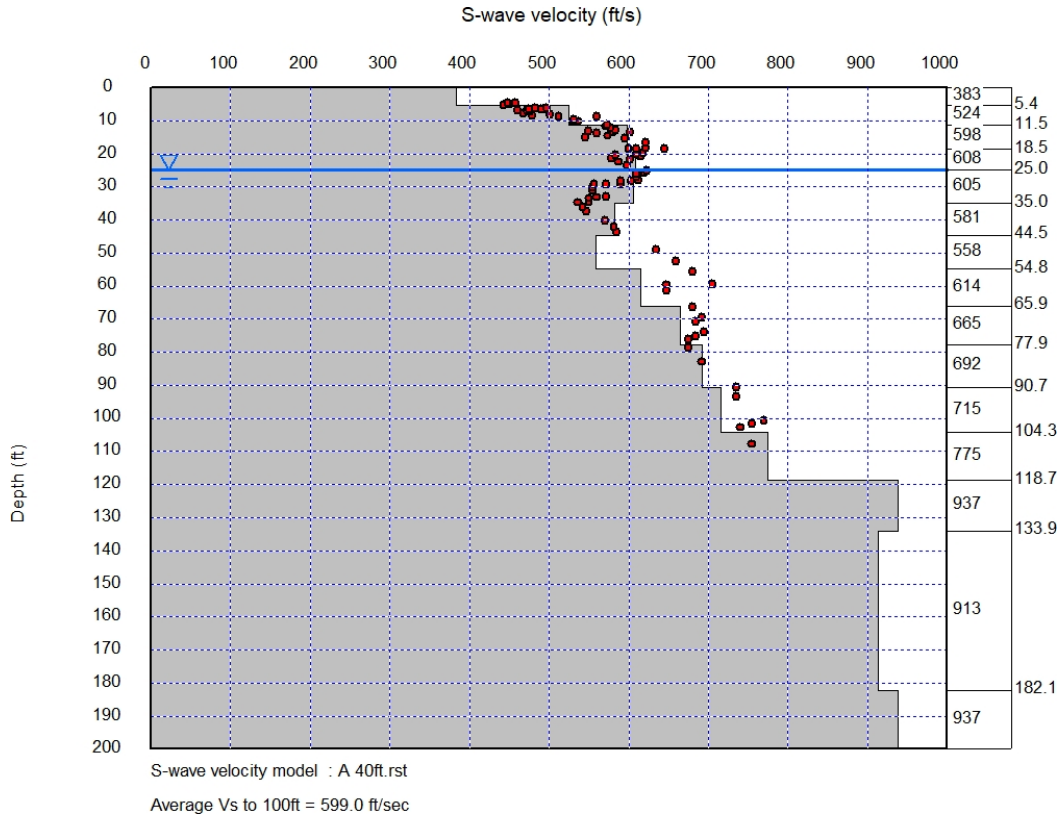
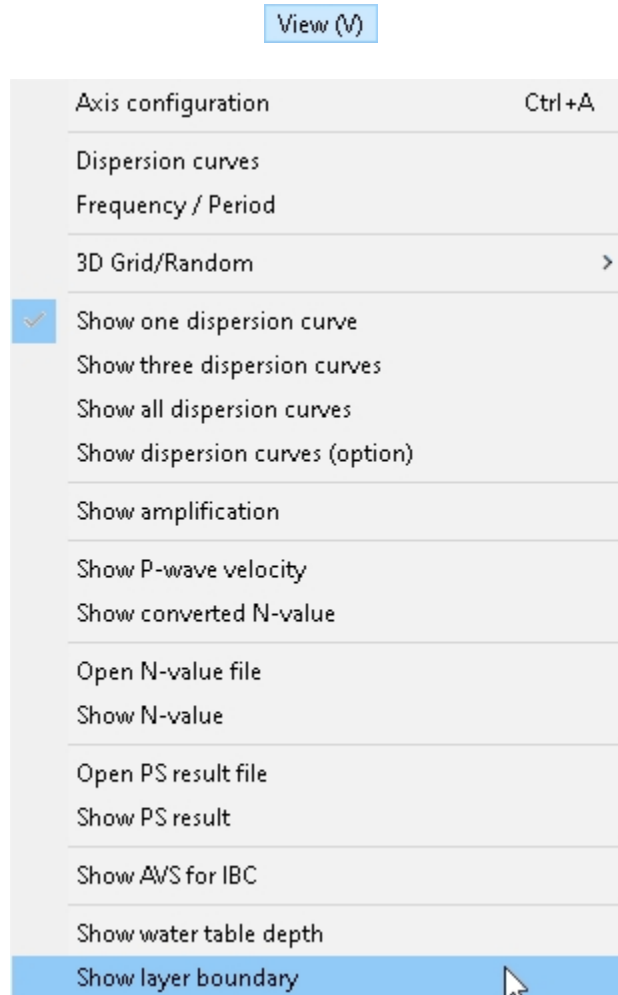




図166: 示す速度モデル。

7.3.16 レイヤー表示



層境界を表示]を選択するか、[速度モデルを修正]ボタン  ボタンを押すと、プロフィールのレイヤーの輪郭が黒い水平線で表示されます。マウスを使って、いずれかのレイヤーの垂直エッジを新しいドラッグして、 v_s カーブを修正することができます。分散曲線ビューで、比較  ボタンを押すと、変更したモデルに対して計算された分散曲線を見ることができます。このように v_s 手動で観測データにフィットさせることができる。

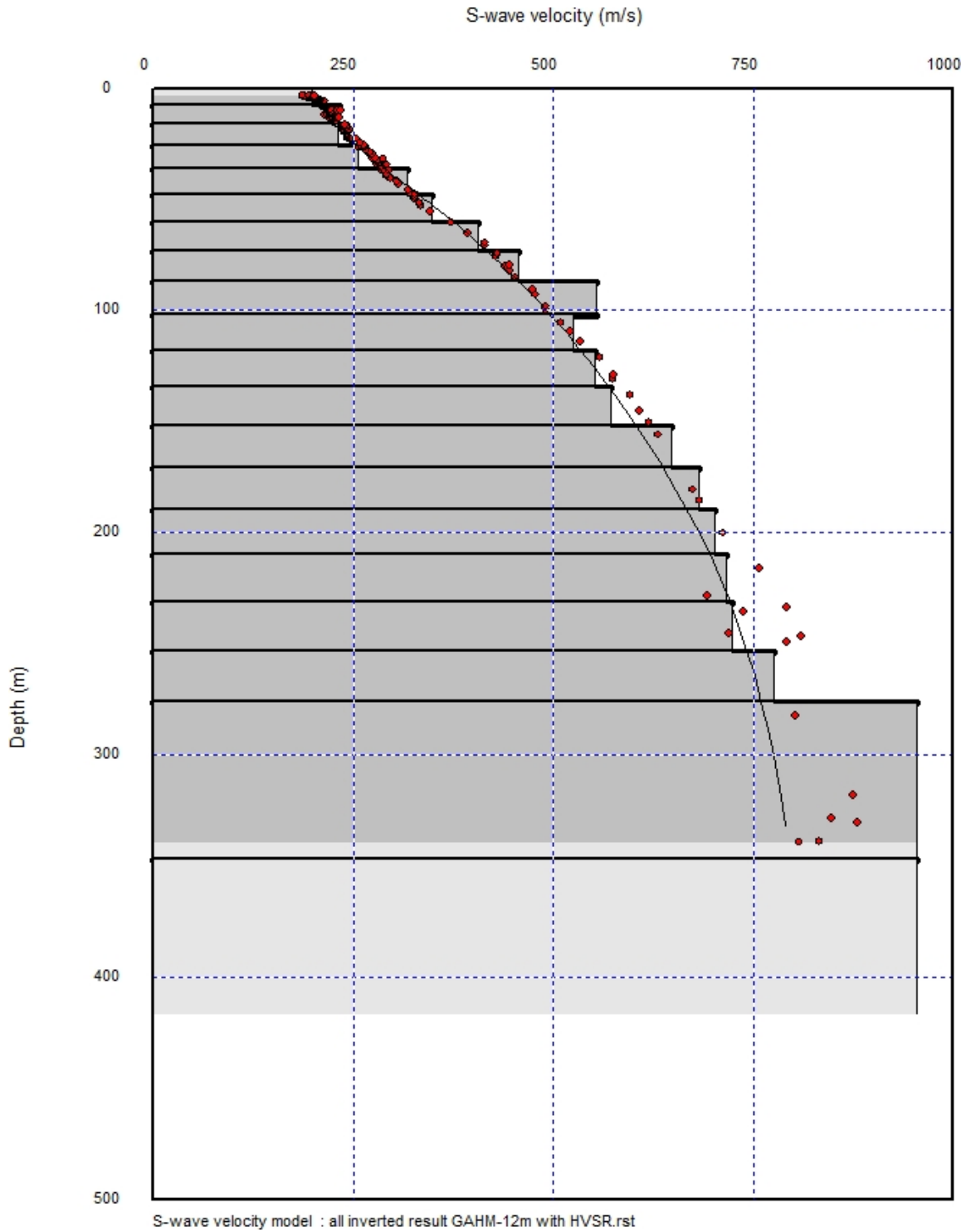
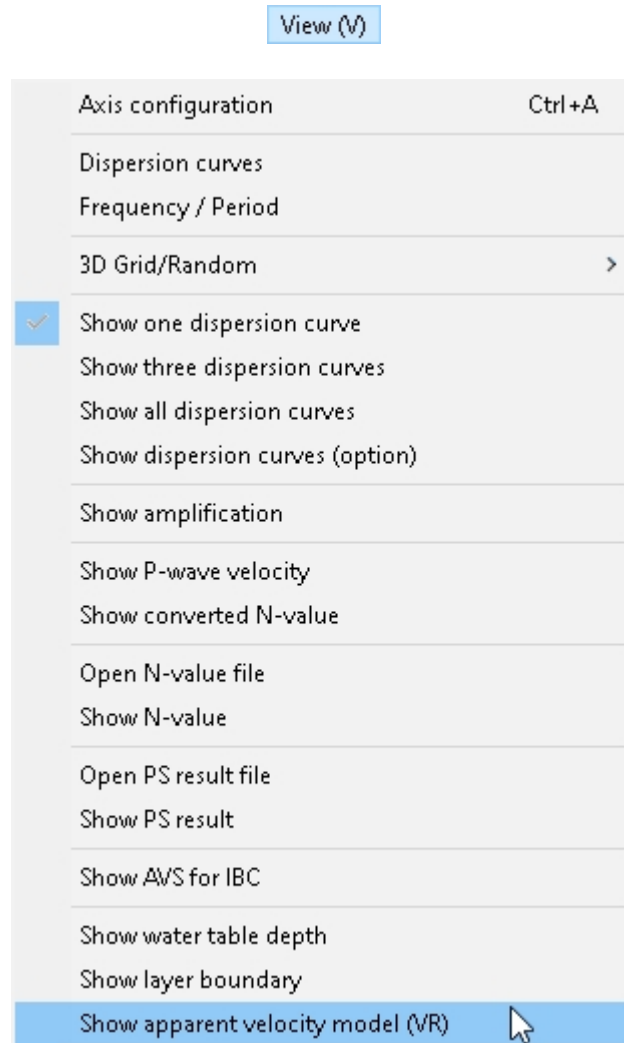


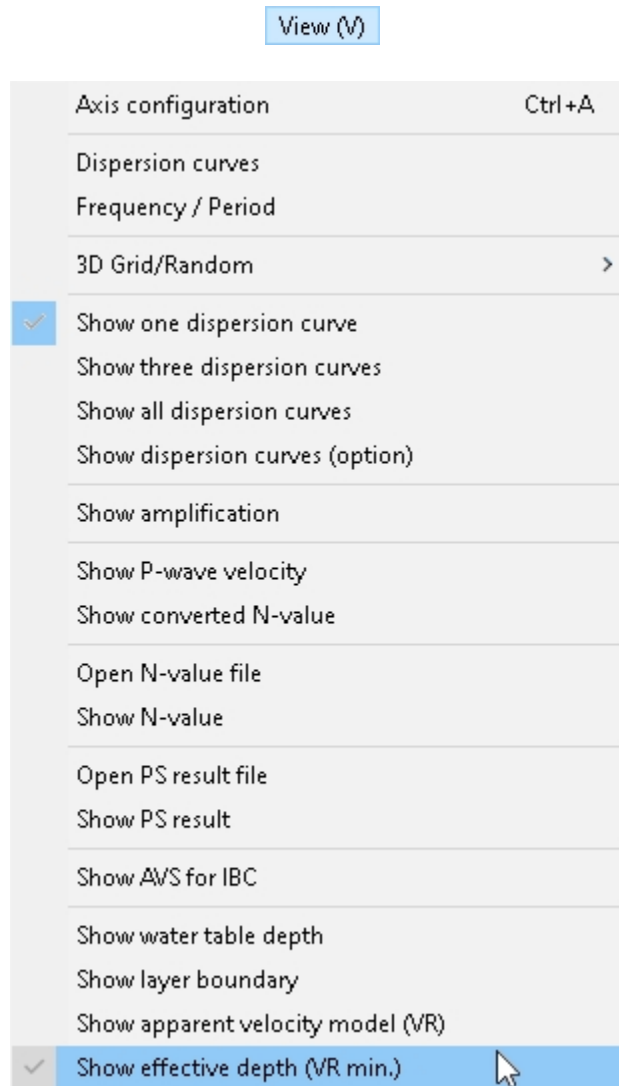
図167: レイヤー境界が編集用にハイライトされたVsモデル。

7.3.17

見かけの速度モデル^(VR)

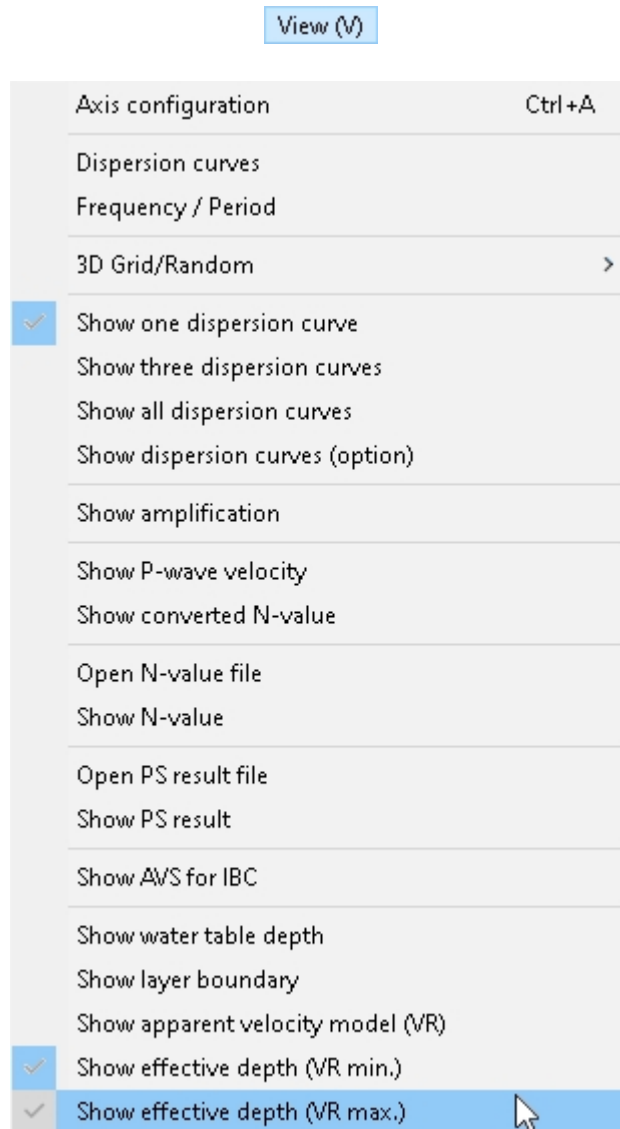
見かけの速度モデルを表示^(VR)を選択するか、見かけの速度モデル^(VR) ボタンを押すと、3分の1波長近似が赤い点でプロットされます。分散曲線の各ポイント（位相速度、周波数）を使って波長が計算され（位相速度周波数）、経験的に決定された浸透深度の推定値から3分の1が掛けられます。その計算された深さで、関連する位相速度がプロットされる。この近似値は、実際の浸透深度範囲の最良の指標となる。

7.3.18 有効深度を示す (v_R 最小)



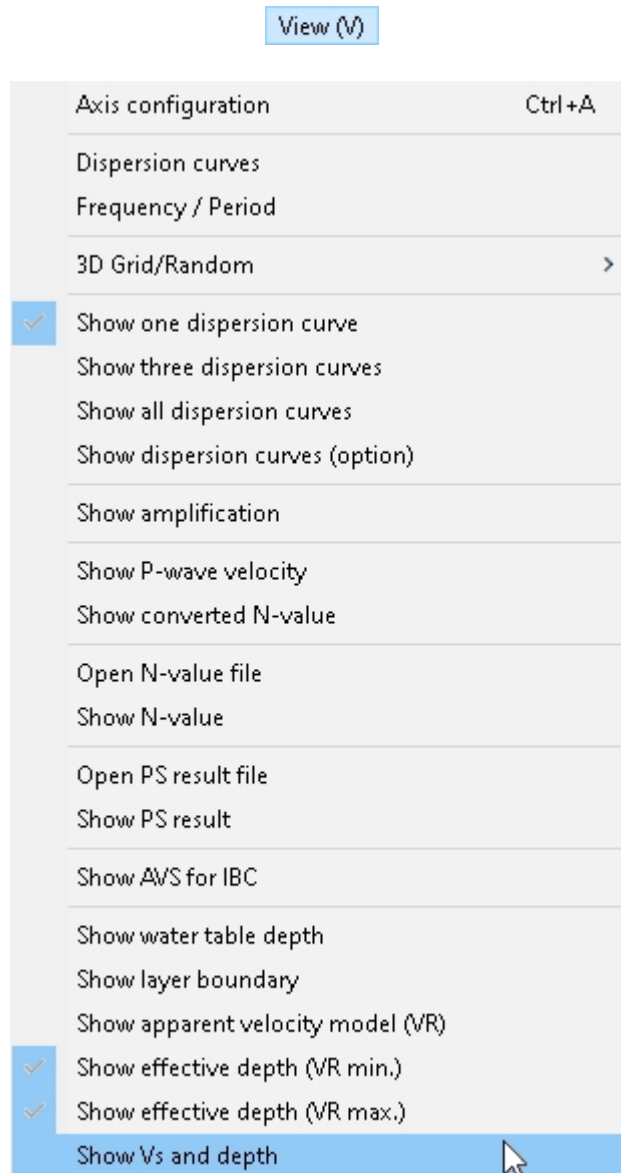
Show effective depth (v_R min) は、水面から最も浅い赤い点まで、プロファイルを薄いグレーで表示します。この設定は、データの限界に注意を促すためにデフォルトでオンになっています。

7.3.19 有効深度を表示 (VR最大)



有効深度(VR_{max})は、プロファイルの最も深い赤い点から下に向かってライトグレーに影をつけます。

7.3.20 対と深さを示す



IBCの V_{S100} / U_{BC} の V_{S30} の値を計算するために使用されるレイヤー情報を表示します。

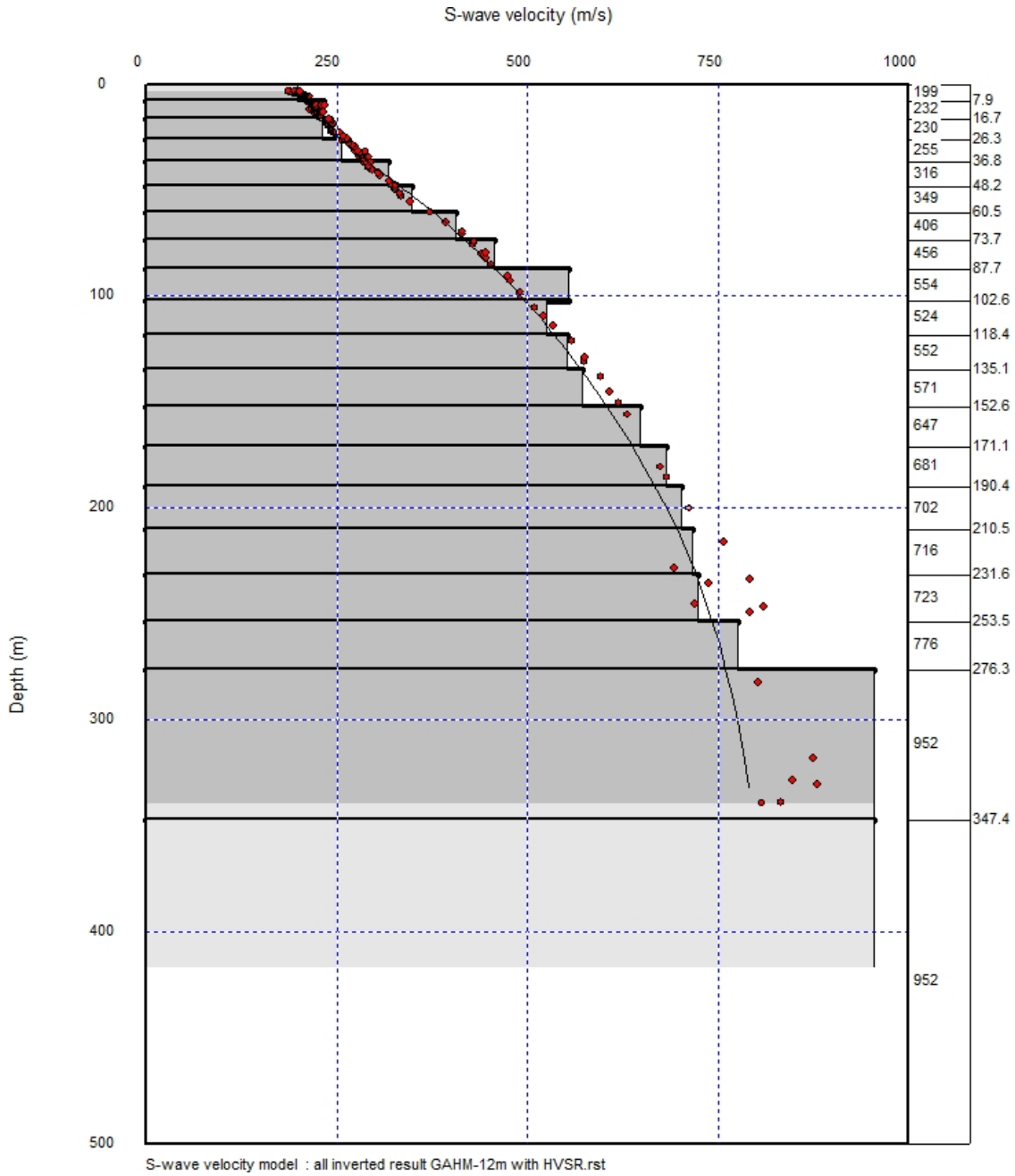
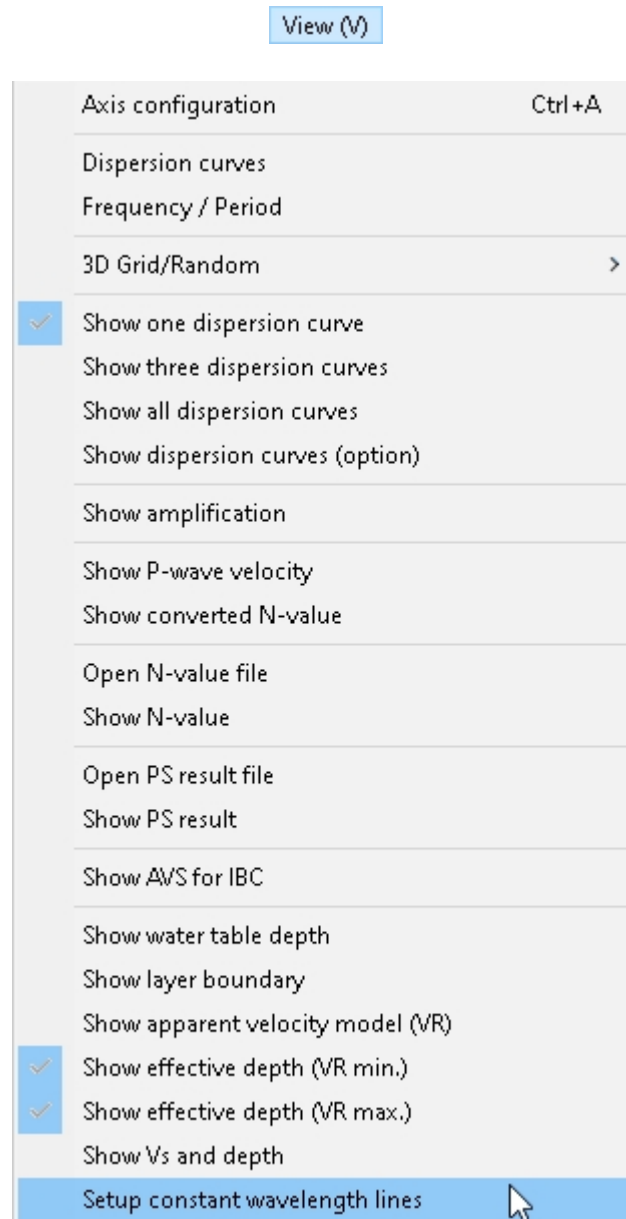
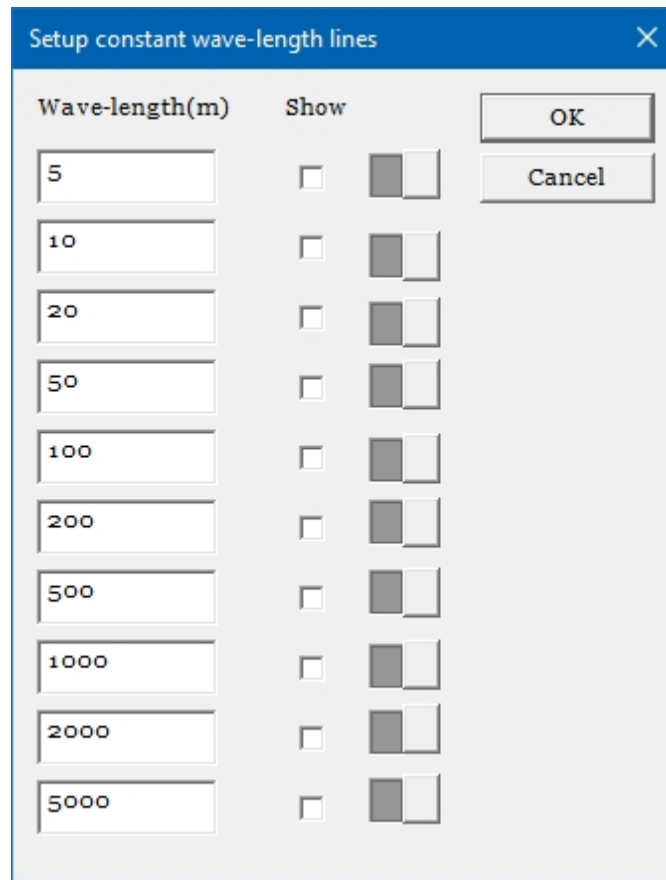



図168: 図167のVsモデルを右軸にレイヤー情報を表示したもの。

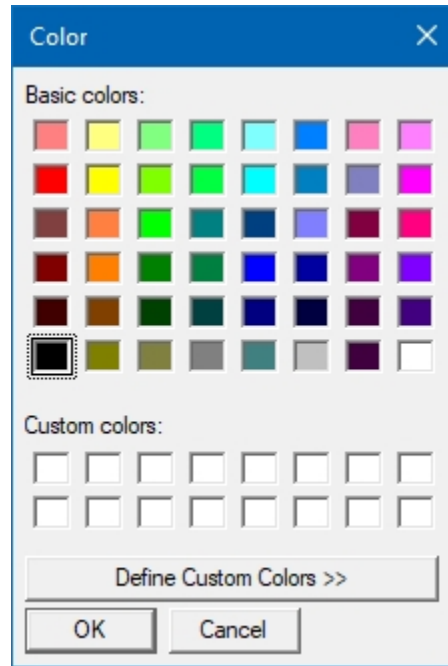
7.3.21 定波長ラインの設定



分散曲線プロットに一定の波長の線を表示したい場合は、**View** メニューを開き、*Setup constant wavelength lines* を選択します。次のようなダイアログが表示されます：



デフォルトを使用するか、希望の波長をメートル単位で入力し、適切なボックスにチェックを入れる。特定の線の色を設定するには、対応する  ボタンを押してカラーパレットを表示します：



終わると、分散曲線プロットに波長一定の線が現れます:

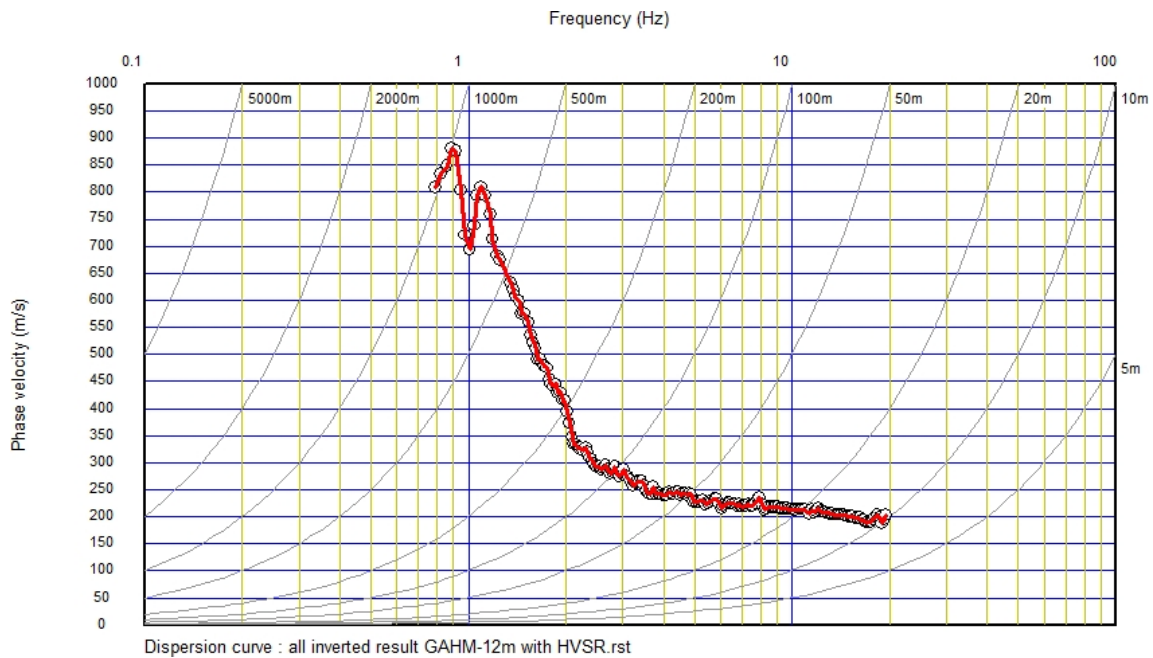
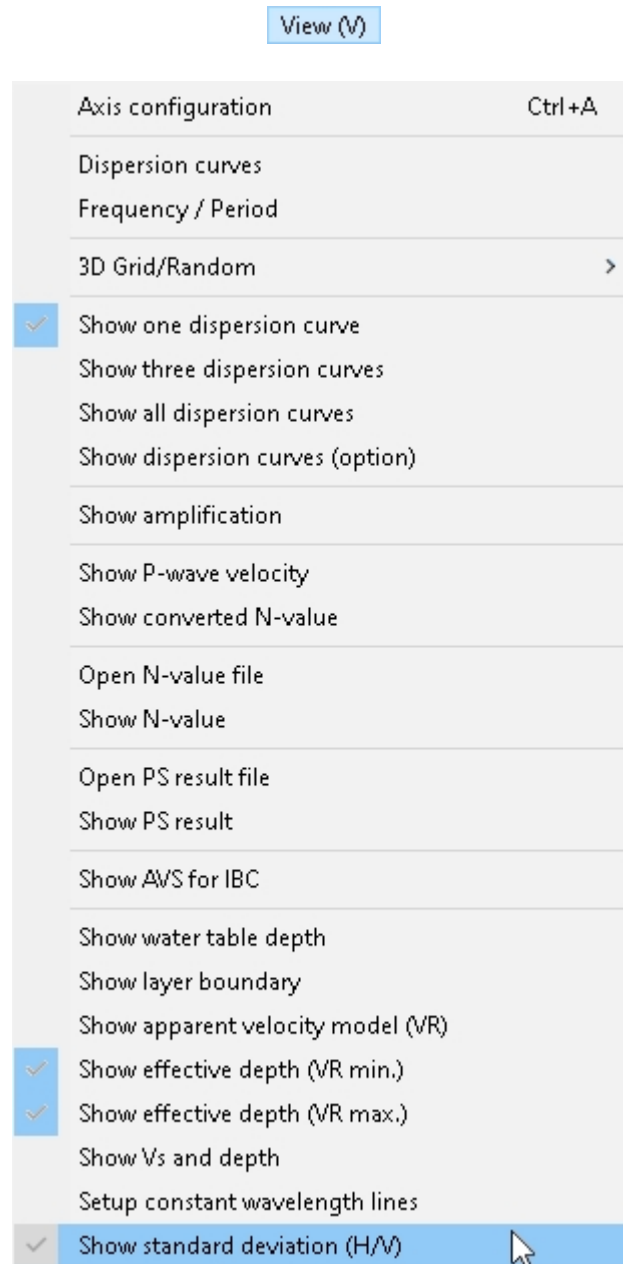


図169: 波長一定の線を示す分散曲線。

7.3.22 標準偏差 (H/V) を表示



H/Vカーブの標準偏差を表示するには、*View | Show Standard Deviation (H/V)* を選択する：

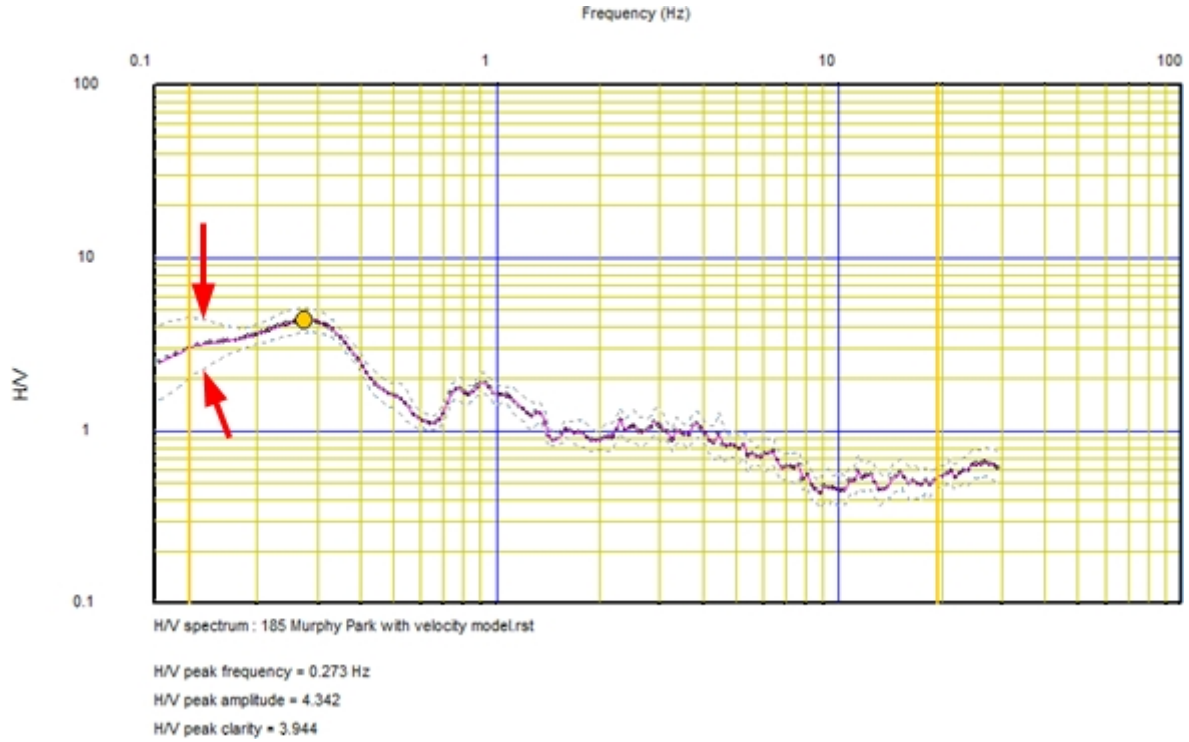
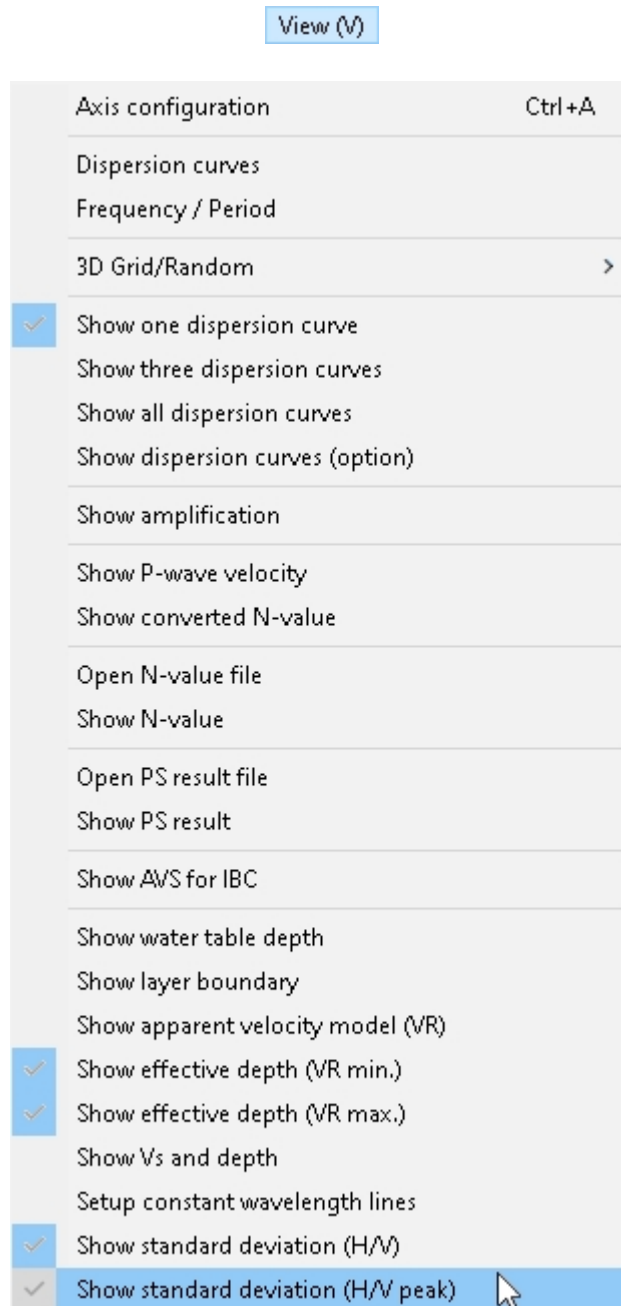


図170: 標準偏差線をH/Vプロット。

標準偏差は、H/Vカーブの上下にあるグレーの点線で示されている。

7.3.23 標準偏差の表示 (H/Vピーク)



同様のH/Vピークの標準偏差を表示することもできる:

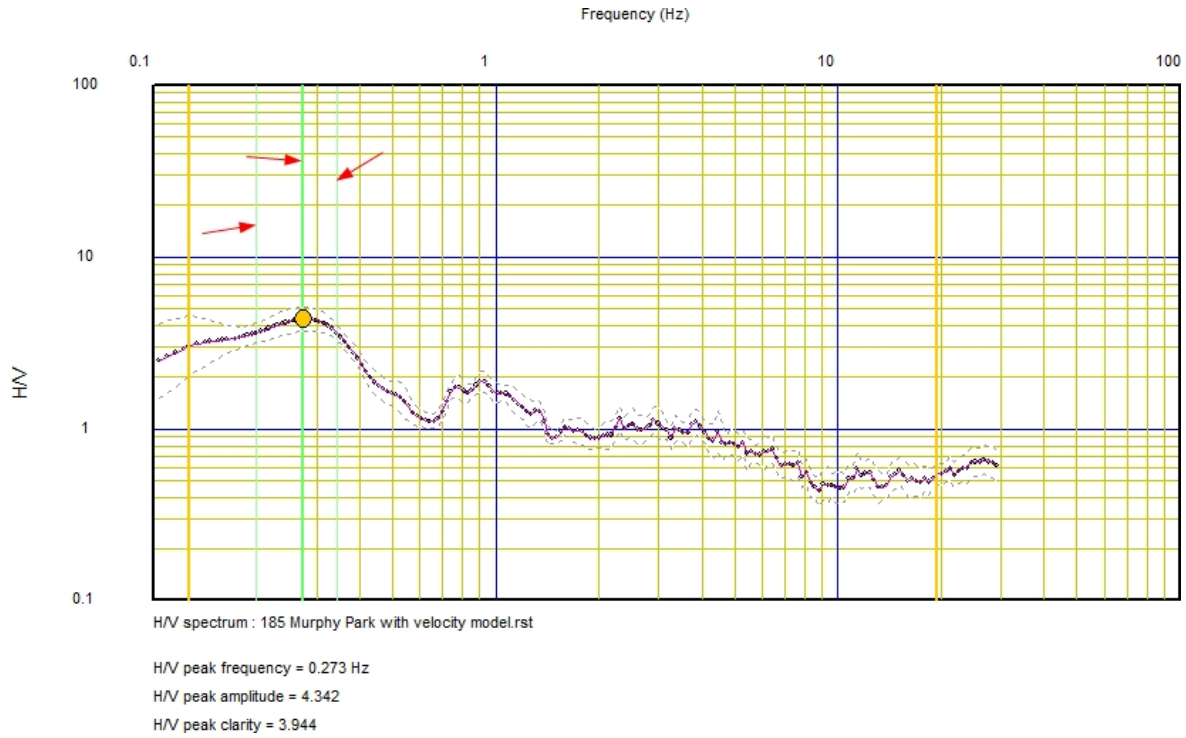


図171: H/Vピークの標準偏差。

上赤い矢印を参照。H/Vカーブのピークは緑の太い線で表されている。標準偏差は両側の細い緑の線で表される。

7.3.24 不確か性を示す（速度モデル）



遺伝的アルゴリズムを使用していた場合、以下のように、この機能を使ってVSプロファイルの不確か性を表示することができます。

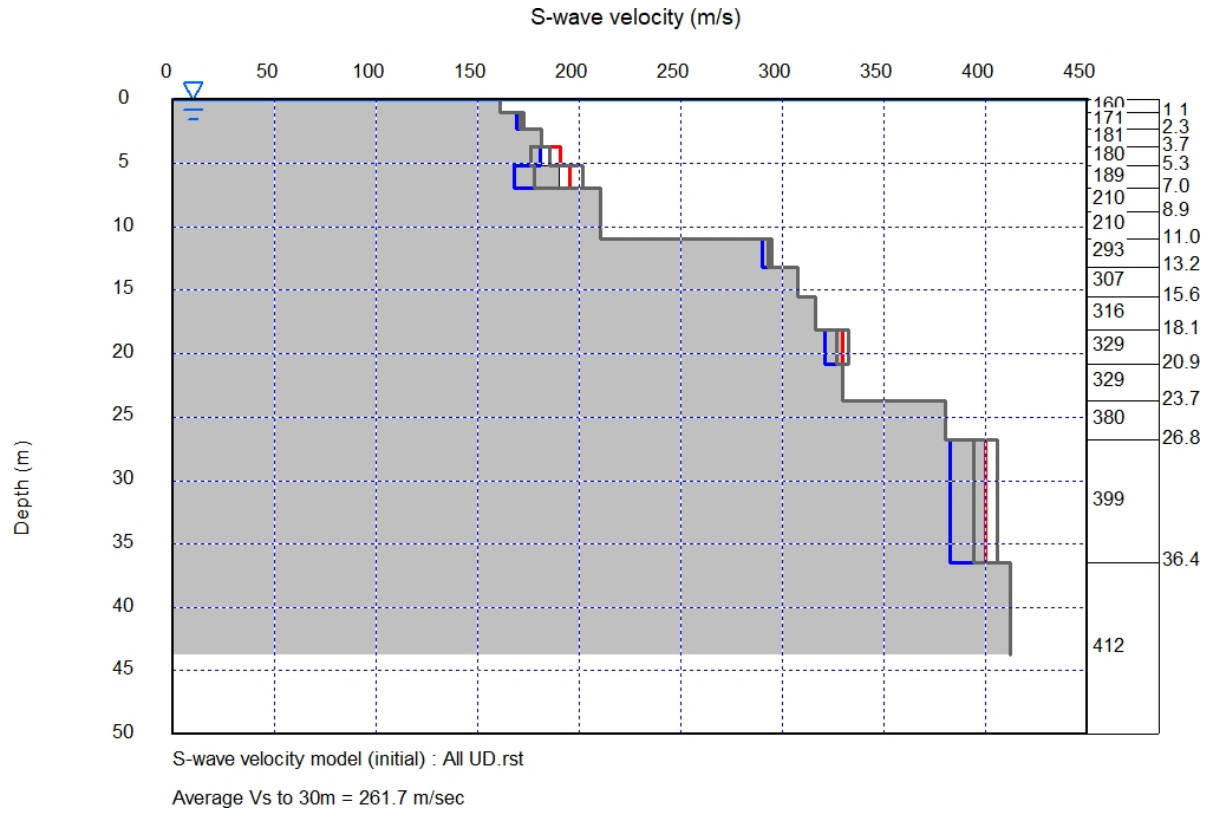
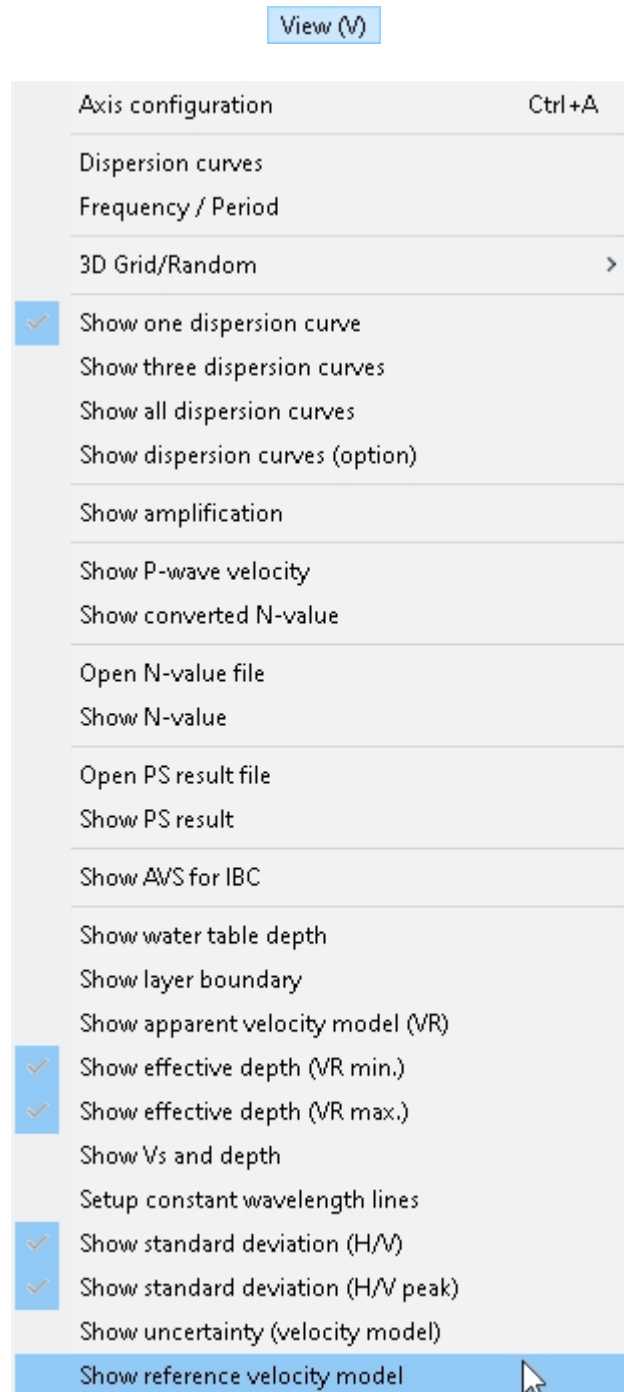


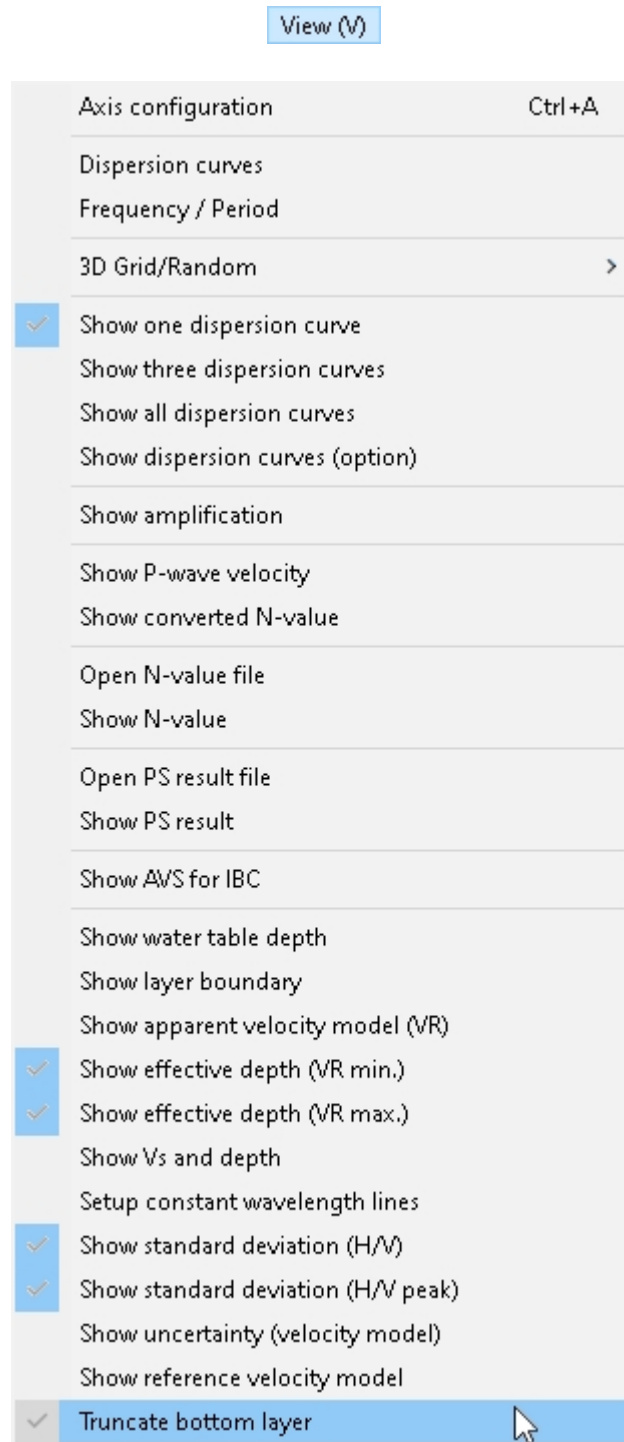
図172: 速度の不確かさを示す V_s モデル。

7.3.25 基準速度モデルを表示



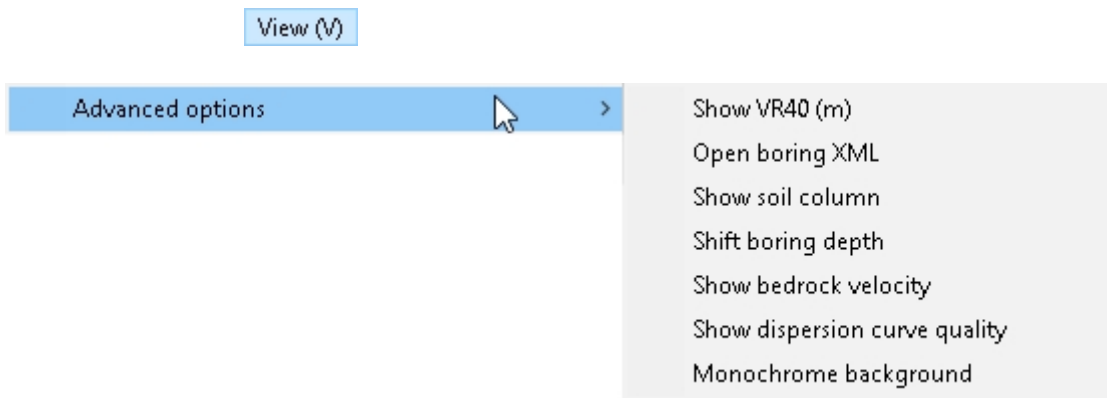
support@seisimager.com ◦

7.3.26 ボトムレイヤーの切り捨て



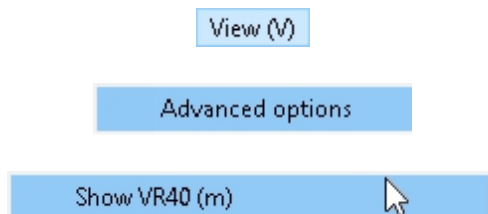
多くの場合、速度モデルの最下層は必要以上に厚くなっています。このオプションを選択すると、厚さをより妥当な値に減らすことができます。

7.3.27 高度なオプション



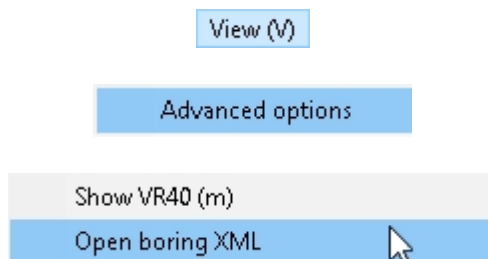
以下のサブメニューの多くの項目はめったに使用されませんが、使用される場合は一般的にジオメトリックスのサポートが必要です。

7.3.27.1 ショー VR40 (M)



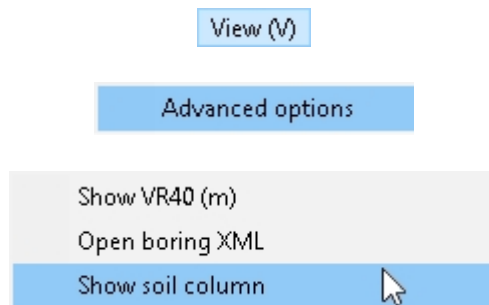
VR40はVS30に近似しているが、メートル単位の深さではなく波長に基づいている。

7.3.27.2 オープン・ボーリングXML



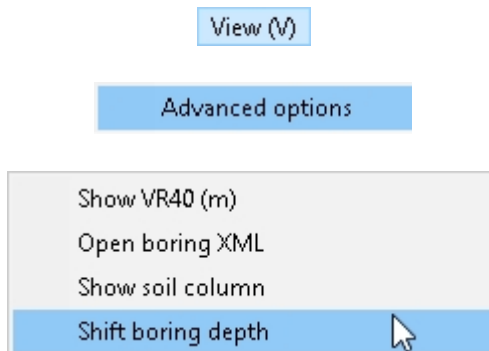
support@seisimager.com。

7.3.27.3 土壌コラムを表示



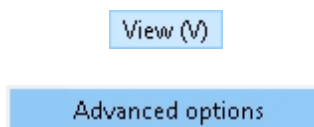
support@seisimager.com。

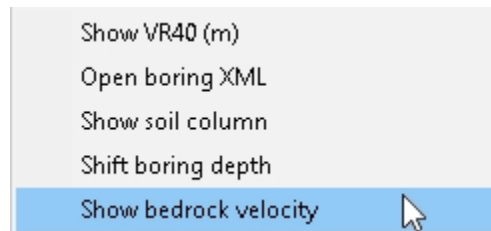
7.3.27.4 シフトボーリングの深さ



support@seisimager.com。

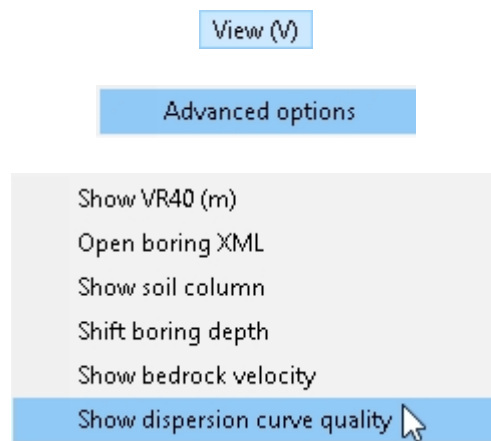
7.3.27.5 岩盤の速度を表示





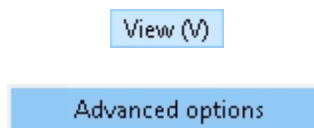
support@seisimager.com。

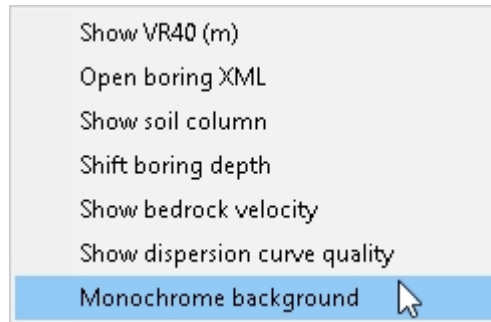
7.3.27.6 分散カーブの品質を表示



これは348ページのセクション7.3.2で説明されているのと同じです。図 159：位相速度を参照プロットと品質曲線。

7.3.27.7 モノクロームの背景





support@seisimager.com。

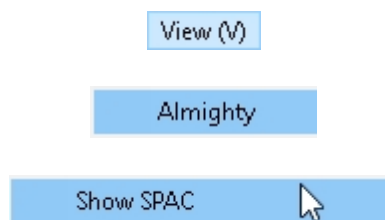
7.3.28 アルマイティ



以下のサブメニューの項目は、ジオメトリックスの内部使用のみを目的としています。

7.3.28.1 ショースペース

[ジオメトリックスの社内使用のみ]



7.3.28.2 回帰線の表示

[ジオメトリックスの社内使用のみ]



7.4 H/Vカーブメニュー

H/V curves (H)	
Smoothing	
Resampling (every other)	
Delete data points outside of gate	
Set min. and max. frequency to pick peak H/V	Ctrl+H
Interpolation	
Average same frequency data	
MHVR to EHVR	
Initial model (2 layer model)	
Initial model (from 3D model database)	
Initial model (from K-NET/KiK-net database)	
Initial model (from downhole seismic)	
Comparison	
Comparison (for all data)	
Calculate theoretical EHVR	
Inversion	>
Interpretation	>
Advanced options	>

7.4.1 スムージング

H/V curves (H)

Smoothing

理論的なH/V曲線は一般的に滑らかである。しかし、観測されたノイズが多くH/Vのピーク周波数を定義するのが難しい場合が多い。スムージングは、安定したピーク周波数を定義するのに役立ちます。WaveEqは、観測されたH/Vカーブを滑らかにするためにParzenウィンドウを適用することができます。*Smoothing* を選択して、パーゼン窓を適用します。パーゼン窓の窓帯を設定します。窓帯域を大きくすると、H/Vカーブが滑らかになります。デフォルト値はほとんどの場合に適しています。

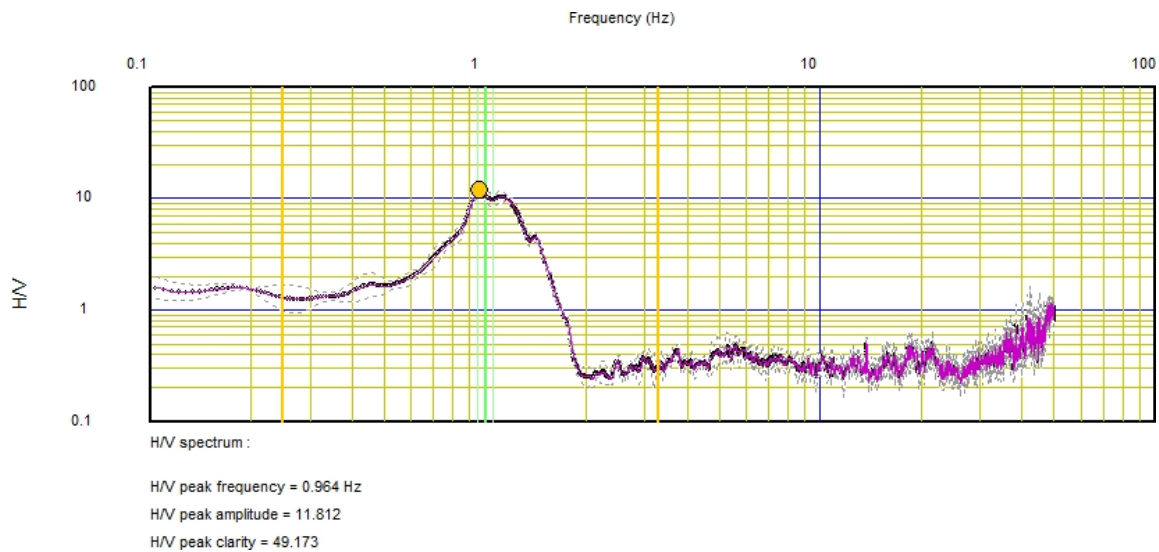


図173: 生のH/Vデータ。



Enter float number

Enter window band in Hz (default=0.061)

0.5

OK

Cancel

以下は帯域幅0.5パーゼン窓を使ったH/Vカーブの例である。

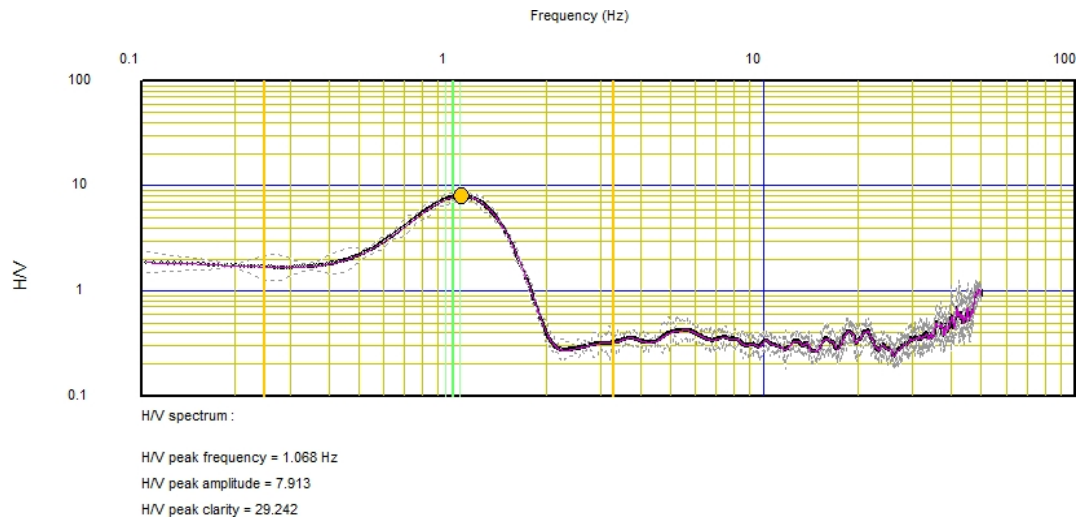
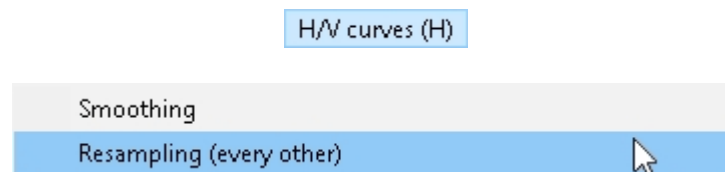


図174: 平滑化されたH/Vデータ。

7.4.2 リサンプリング (隔週)



H/V の反転を行う場合に使用する。H/Vデータの周波数間隔 (Δf) は、FFTの計算に使用する時間領域波形データの長さで定義されます。その方程式は

$$\Delta f = \frac{1}{T}$$

ここで、TはFFT計算の長さ (秒) であり、1ファイル (SEG2ファイルとして不連続に記録されたデータ) または1ブロック (連続的に記録されたデータ) のデータ長と同じである。

H/Vデータポイントの数は、1ファイルまたは1ブロックのデータサンプル数の半分である。

一般的に観測データの数は数百以上であり、インバージョンを適用するには大きすぎます。したがって、インバージョンを適用する前にデータを再サンプリングする必要があります。インバージョンを適用する場合は、サンプル数を100以下にします。

H/Vデータを再サンプリングするには、**再サンプリング (1おき)** を選択する。この操作は数回行うことができます。以下は、何度かリサンプリングした後のデータの例です:

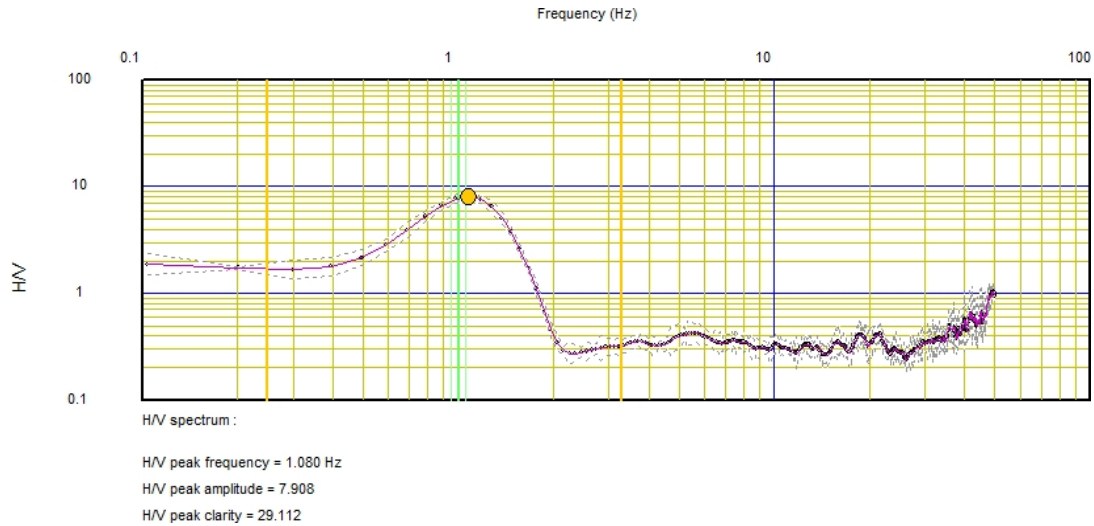
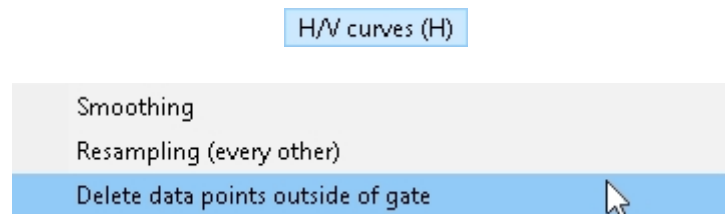


図175: リサンプリングされたH/Vカーブ。

7.4.3 ゲート外のデータポイントを削除



関心のある周波数以外の H/V データは意味がないので、削除したほうがよい。不要な H/V データを削除するには、*Delete data points outside of gates* を選択するか、*Ctrl+X* を押す。

ウィンドウ左上の指示に従ってください。赤いゲートがアクティブゲートです。

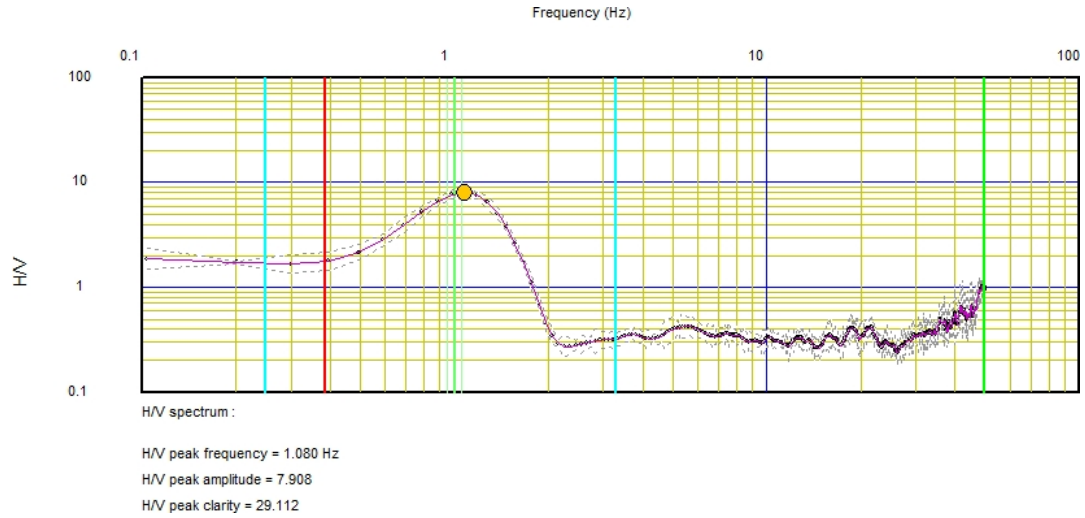


図176: ゲートを使ってH/Vカーブをトリミングする。

右矢印キーと左矢印キーを使用して、左側のゲートをデータを削除したい周波数以下に配置します。次に *Enter* キーを押して右側のゲートをアクティブにし、*矢印キー*で同じようにゲートの位置を決めます。

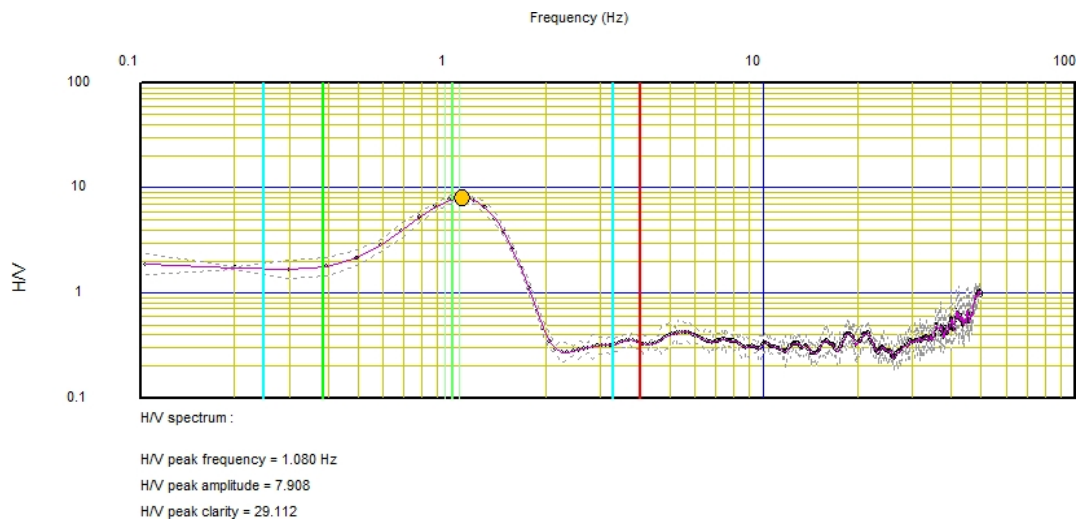


図177: ゲートを使ってH/Vカーブをトリミングする。

データを削除するには *Enter* キーを押します。

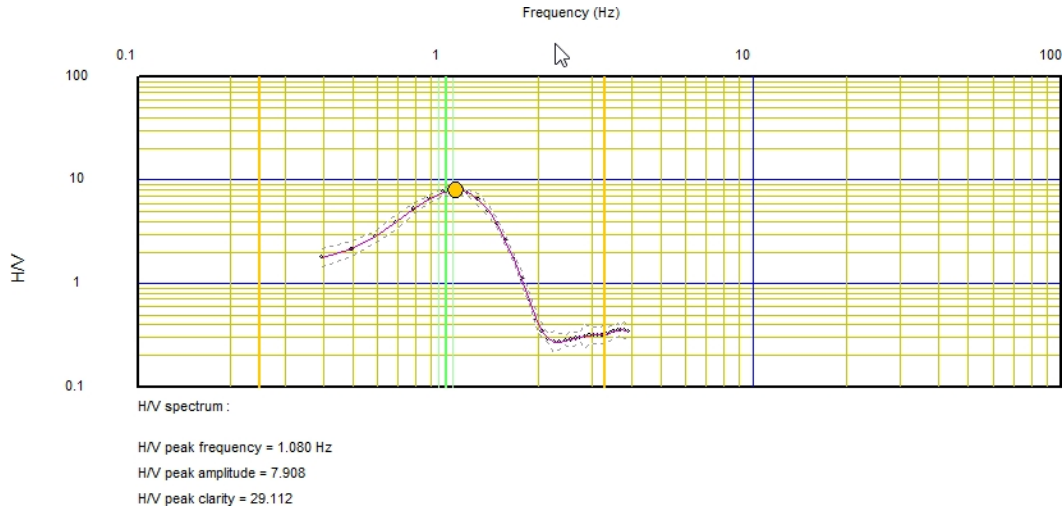
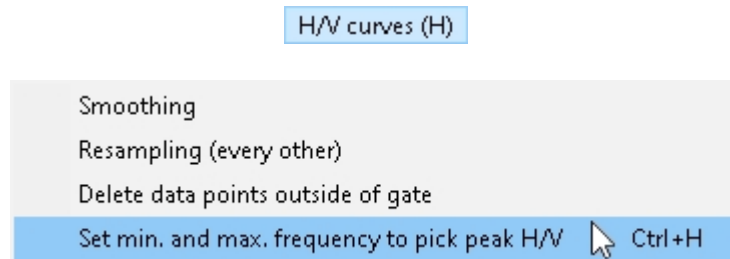


図178: トリミングされたH/Vカーブ。

7.4.4 最小と最大を設定する。ピークH/V [CTRL+H] をピックする周波数を設定する。



これは、H/Vピーク周波数がピックされる周波数範囲を定義する。ゲートは、前述のデータ削除と同様に設定する。周波数範囲は2本のオレンジ色の縦線で示される:

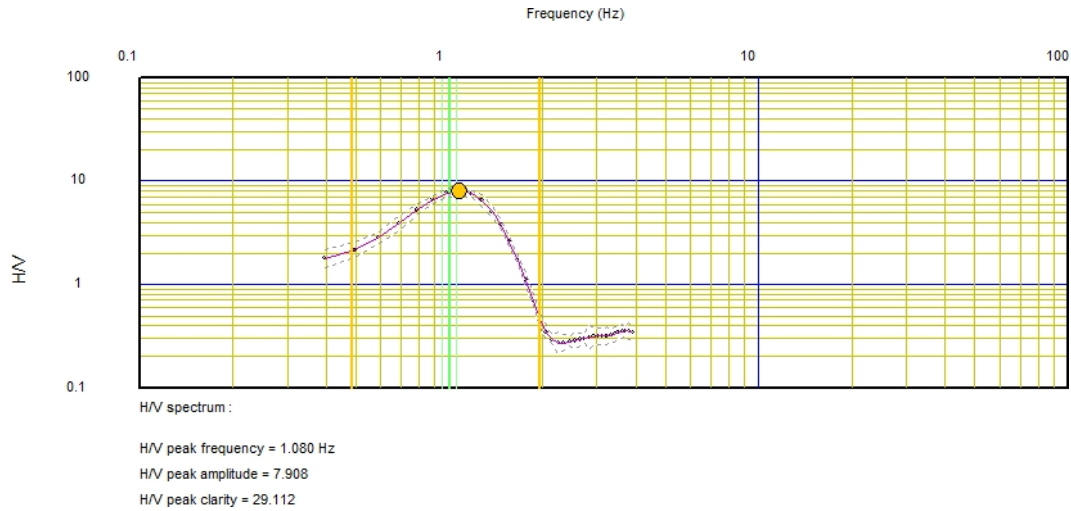
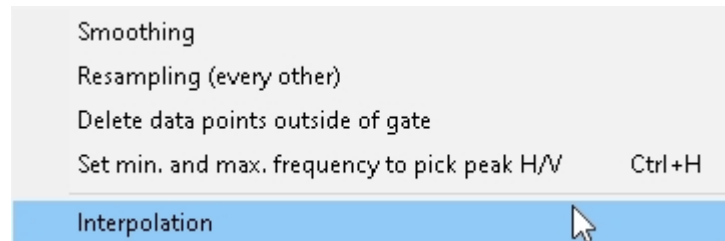


図179: H/Vピークの周波数範囲の定義。

7.4.5 補間

H/V curves (H)



補間は、H/Vカーブを構成するデータポイントの数を減らす別の方法に過ぎない。リサンプリング（上述）とは異なり、補間は元の周波数コンテンツを保持しない。一般的には、これは重要ではありませんが、そうすることを好む実務家もいます。ほとんどの場合、どちらの方法でも構わない。

補間を選択すると、整数の入力を求められます。これは、補間後にH/Vカーブに残るデータポイントの数です。

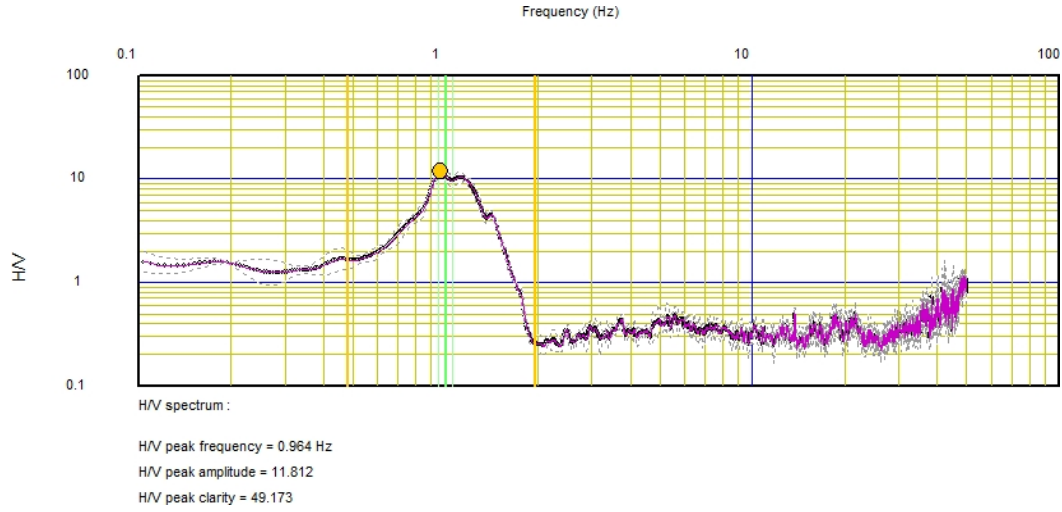


図180: 未補正のH/Vカーブ。

Enter integer number ✕

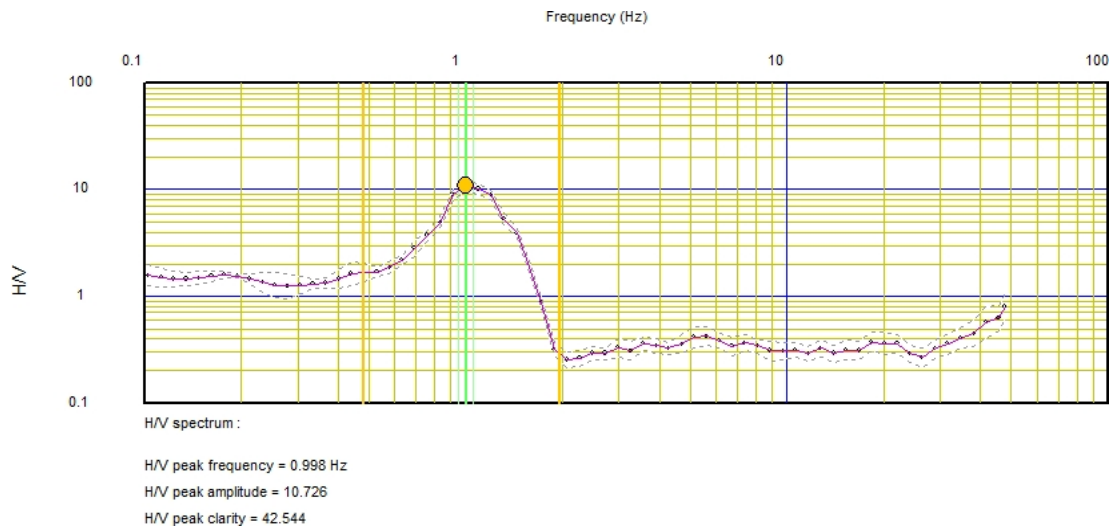
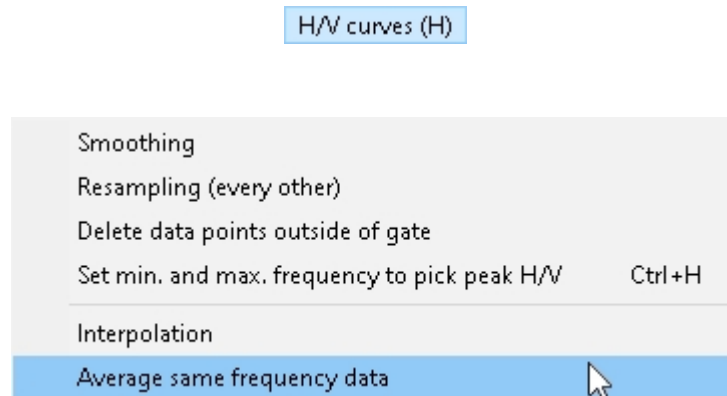


図181: 補間されたH/V曲線。

7.4.6 平均同頻度データ



サイトアセスメントを行う際、複数のサウンディングを行うことは珍しくない。そのような場合、特に、それらのサウンディングが比較的近接している場合には、すべてのサウンディングの平均を取ることが望ましい場合があります。そのためには、最初の H/V カーブを読み込みます。プロンプトが表示されたら、*New data* を選択します：



次に、一緒に平均化したい残りの曲線を読み込むが、*Append* をそれぞれのデータを表示する。様々な H/V 曲線が同じプロット一緒に表示されます：

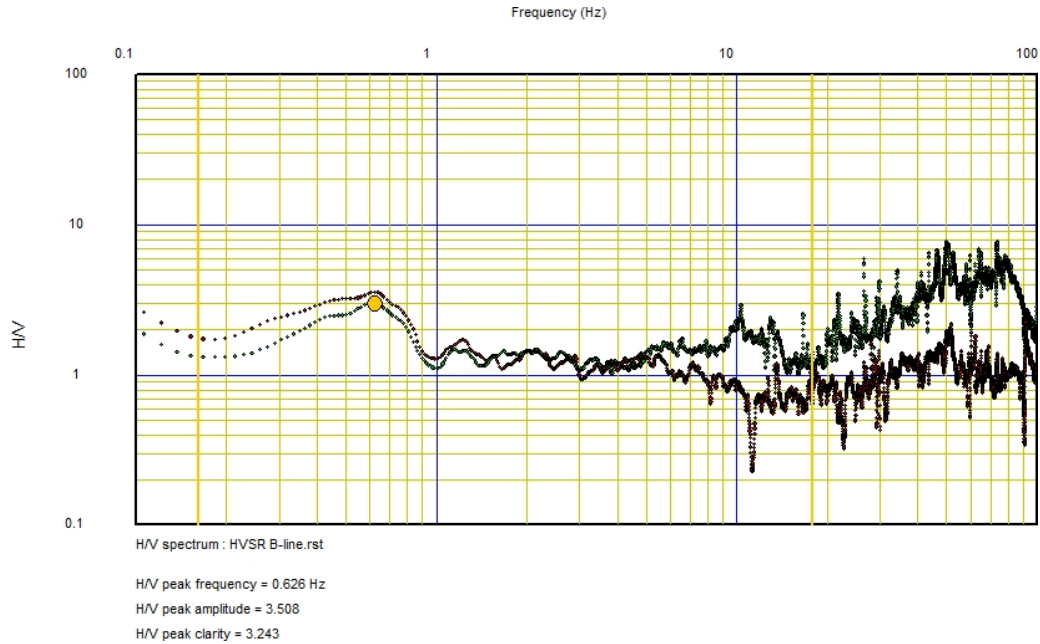


図182: 2つのH/Vカーブをプロットしたもの。

上のプロットでは、2つのH/Vカーブが読み込まれている。これらを平均化するには、*H/V curves | Average same frequency data* を選択する。様々なカーブが平均化され、平均カーブが表示されます：

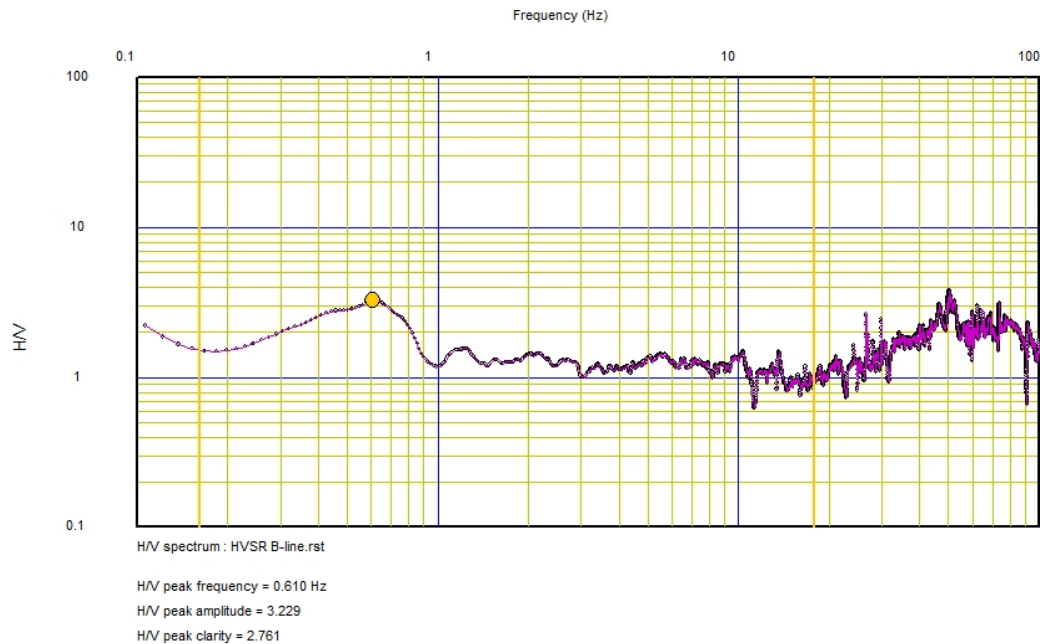
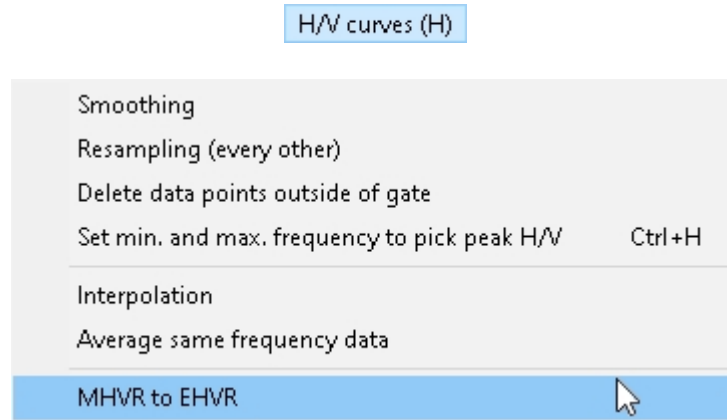


図183: 図182の、H/V曲線の平均値

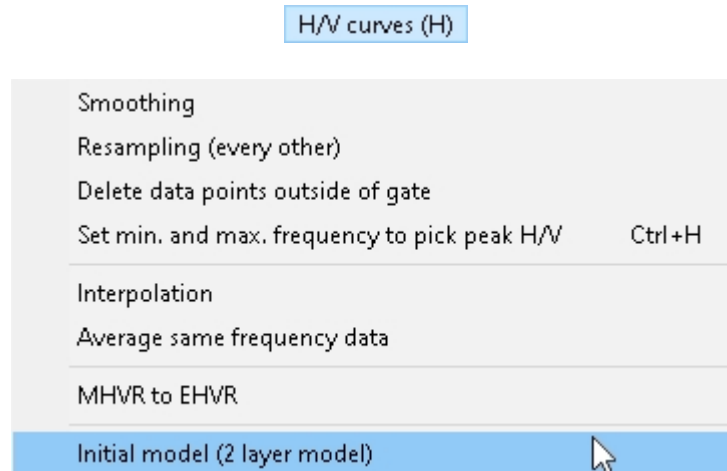
7.4.7 MHVR TO EHVR



support@seisimager.com。

7.4.8 初期モデル (2レイヤーモデル)

[SWプロ]



H/V解析用の初期速度モデルを作成するには、*H/V Curves* | *Initial model (2 Layer Model)*を選択します。初期モデルは2層速度モデルです。第1層(v_{s1})のS波速度を設定します。

Enter float number
✕

1st layer velocity (m/s)

200

OK

Cancel

第2層までの深さ (D_2) はH/V (f) のピーク周波数で以下のように計算される:

$$D_2 = V_{s1} \div f \div 4.$$

第2層 (v_{s2}) のS波速度は自動的に v_{s1} の3倍に設定される。OKを押すと、初期のS波速度モデルが表示される。

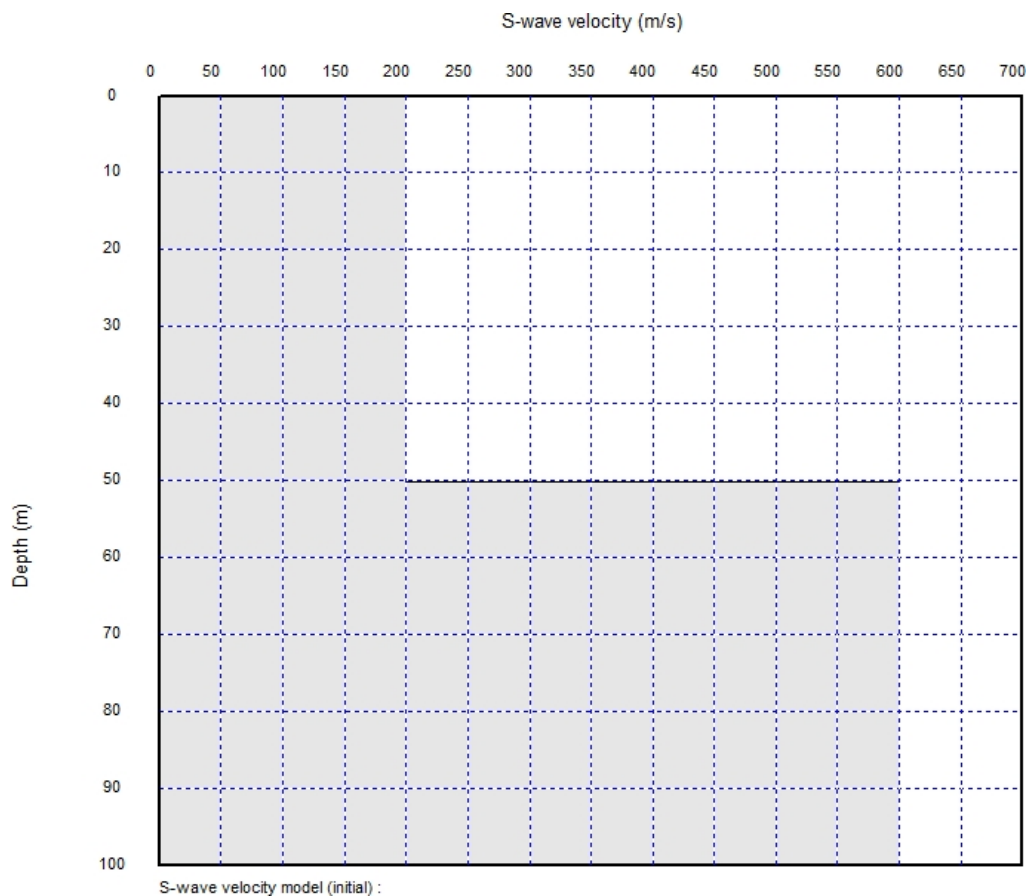


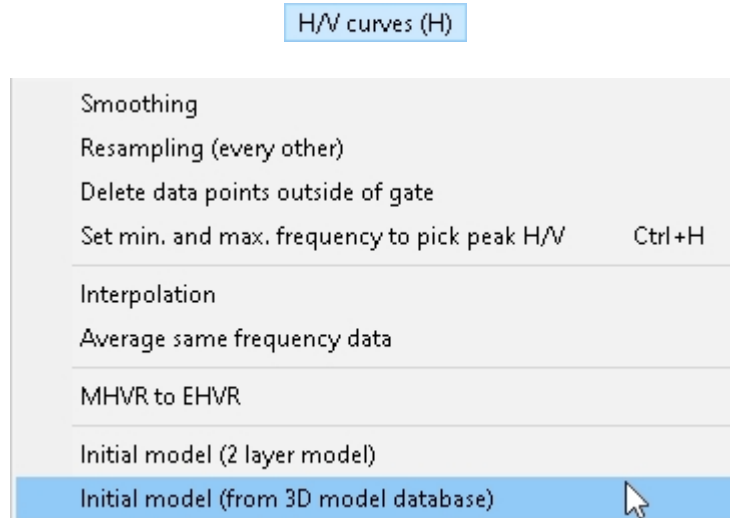
図184: 初期S波速度モデル。

注: 単一のレイヤーしか表示されない場合は、縦軸を調整する必要があるかもしれません。表示 / 軸構成 をクリックし、Y軸の最大値を増やします。

H/Vデータのみを用いたインバージョンは、本質的に一意性がなく不安定であることに注意してください。H/Vデータのみでのインバージョンに頼らず、位相速度データ、掘削ログ、地質情報などの他の情報を取り入れることをお勧めします。

7.4.9 初期モデル (3Dモデルデータベースより)

[SWプロ]

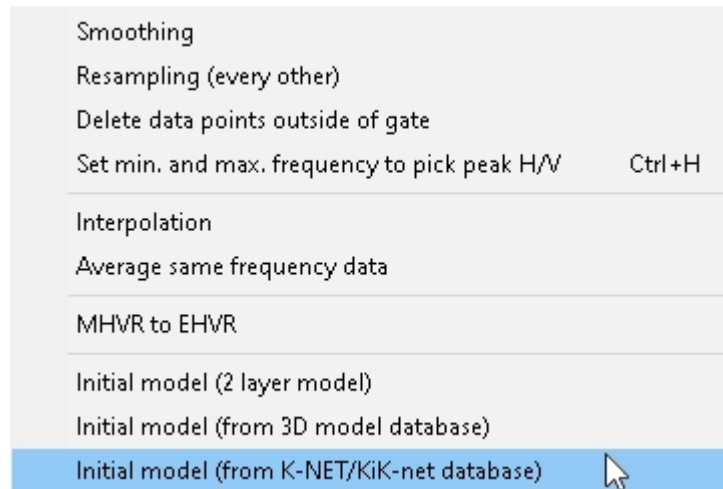


これは、3Dコミュニティの速度に基づいた初期モデルを作成する。日本国内とアメリカのサンフランシスコ湾とロサンゼルス地域でのみ利用可能です。support@seisimager.comまでお問い合わせください。

7.4.10 初期モデル (K-NET/KiK-NETデータベースより)

[SWプロ]

H/V curves (H)

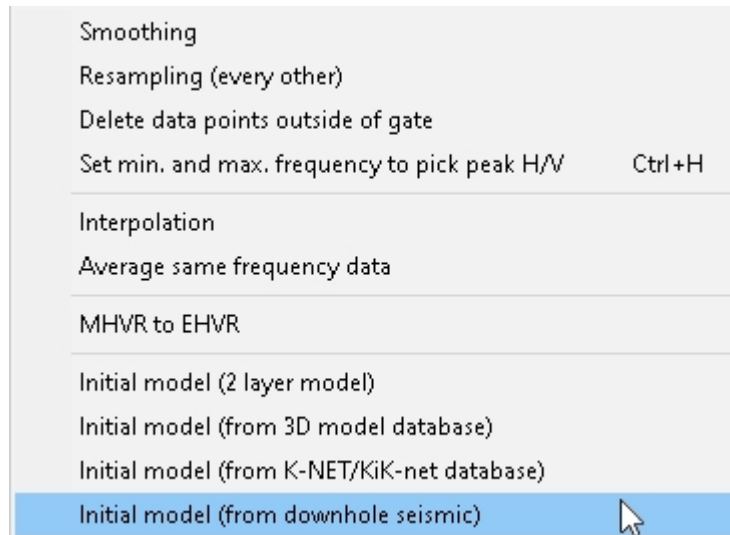


京都大学が開発したK-Net/KiK-net Databaseをベースにした初期モデルを作成します。 support@seisimager.com。

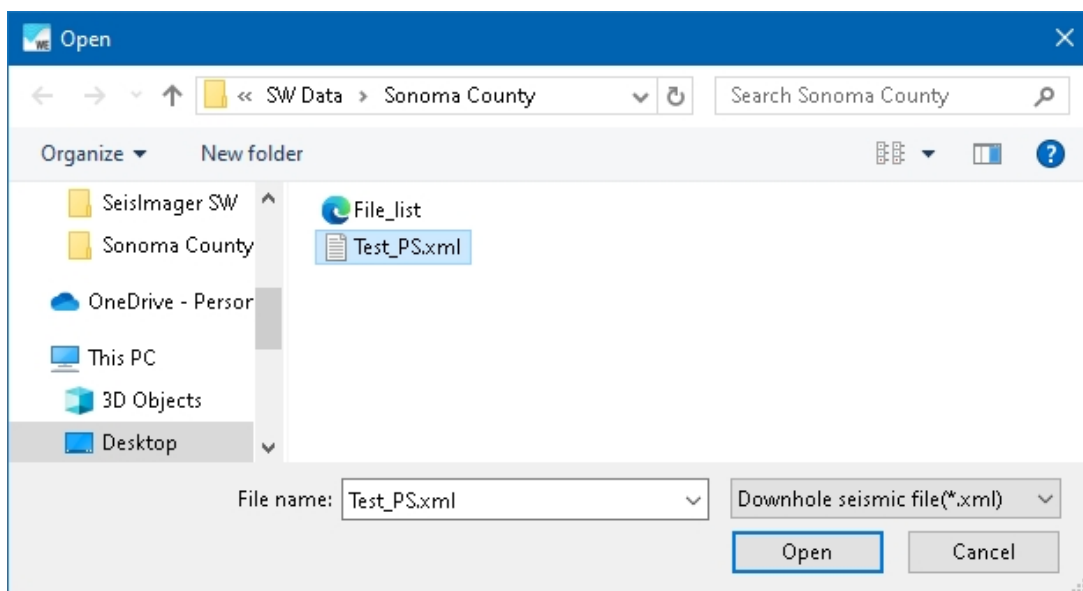
7.4.11 初期モデル（ダウンホール地震探査より）

[SWプロ]

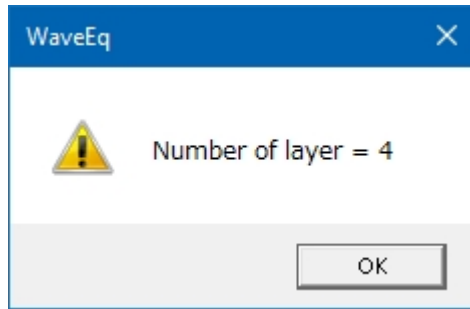
H/V curves (H)



地震検層に基づくH/V解析のための初期速度モデルを作成するには、*H/V Curves* | *Initial model (from downhole seismic)* を選択する。SeisImager/DH (PSLog) で保存されたXMLファイルを速度モデルとして使用することができます。ファイルをハイライトし、*Open* を押します。



モデルのレイヤー数が表示されます。OKを押して確定します。



速度モデルが表示されます。

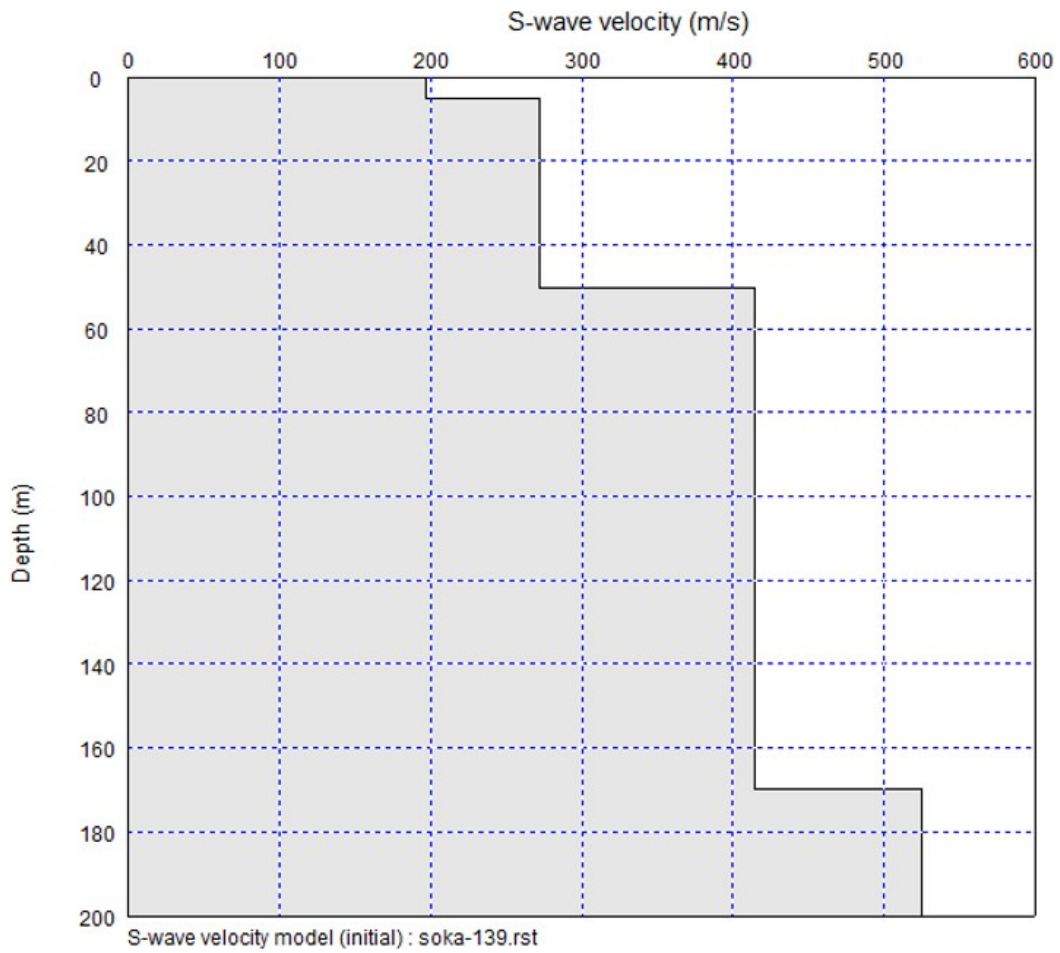
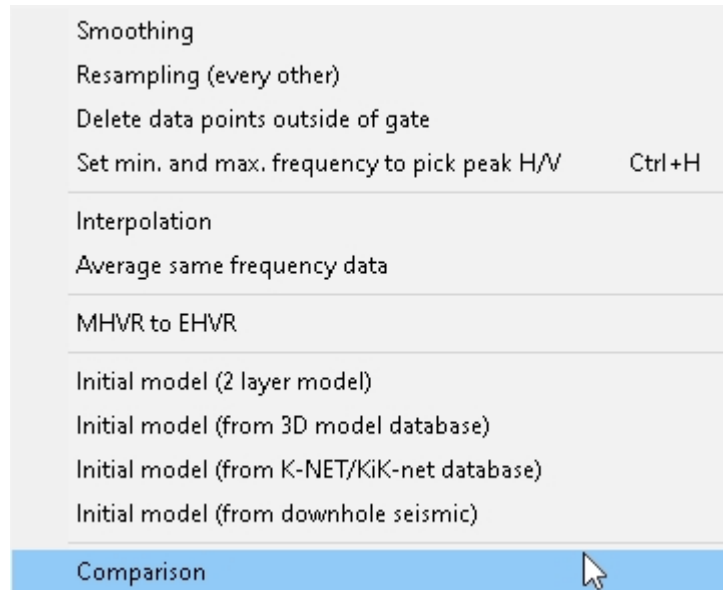



図185: 坑内調査による初期速度モデル。

7.4.12 比較

H/V curves (H)



理論的なH/V曲線を計算し、観測されたH/V曲線に重ねるには、*H/V Curves*を選択します。

| **比較**または**理論分散曲線計算**  ボタンを押す。計算された曲線は黒い表示されます。計算されたH/V曲線を表示から削除するには、**理論分散曲線を計算**するボタンをもう一度押します。

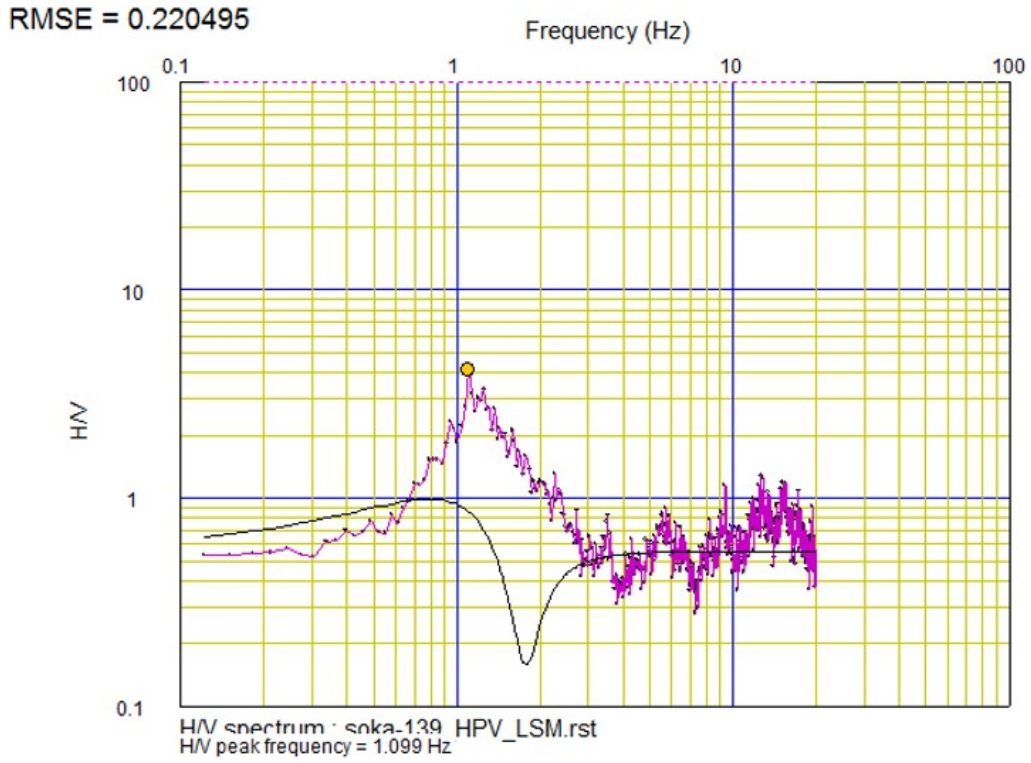
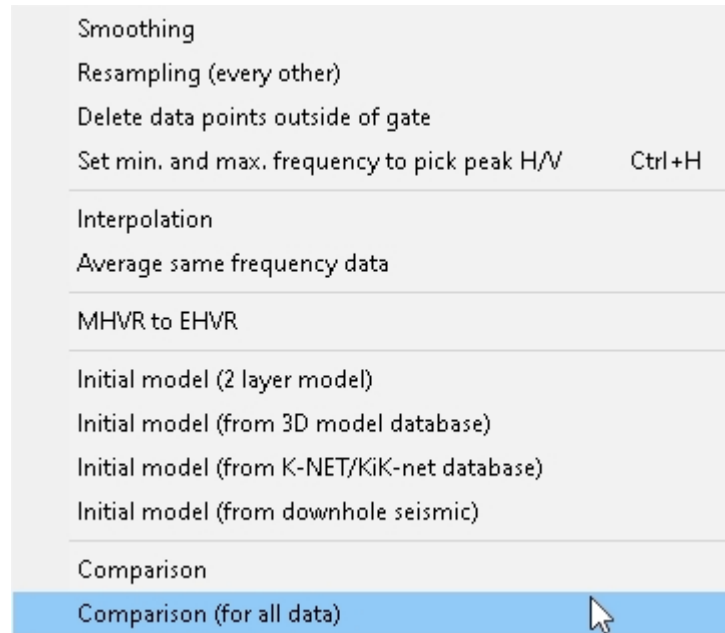


図186: 理論値 (黒) と観測値のH/V曲線。

7.4.13 比較 (全データ)

[SW-2D以上]

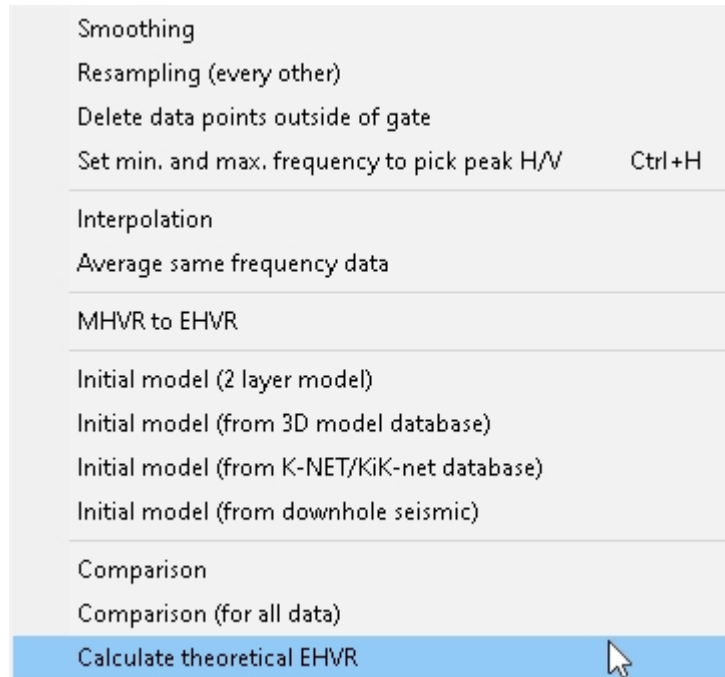
H/V curves (H)



support@seisimager.com。

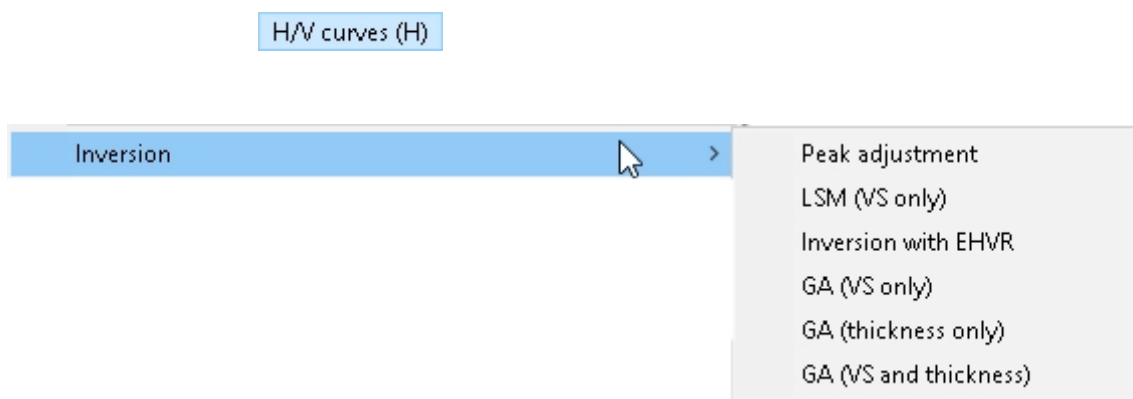
7.4.14 理論上のEHVRを計算する

H/V curves (H)





support@seisimager.com。

7.4.15 逆転



H/Vカーブ / インバージョンには、H/Vデータのインバージョンのための関数が含まれています。インバージョンにはいくつかの方法があります。観測データ、サイト条件、調査目的に応じて適切な方法を使用してください。H/Vデータのインバージョンは、分散曲線データのインバージョンに比べて不安定であることを忘れないでください。少ない反復回数で、結果の妥当性を注意深くチェックすることをお勧めします。

すべての反転機能は、基本モードのみ、または基本モードと上位モードのH/Vカーブのデータを使用して実行できます。 ボタンが選択されている場合は基本波モードのみを使用し、 ボタンが選択されている場合は基本波モードと高次モードの両方を使用します。

位相速度とH/Vの測定値があれば、分散曲線とH/Vスペクトルのジョイントインバージョンを行うことができます。ジョイントインバージョンは、*MASW (1D) | Advanced inversion* の関数を使用します。

観測されたH/Vデータと理論的なH/Vデータ（左）と初期速度モデル（右）の例を以下の議論に使用する。初期モデル（モデルA）は6層モデルである。理論H/Vデータは初期モデルに対して計算されたものである。

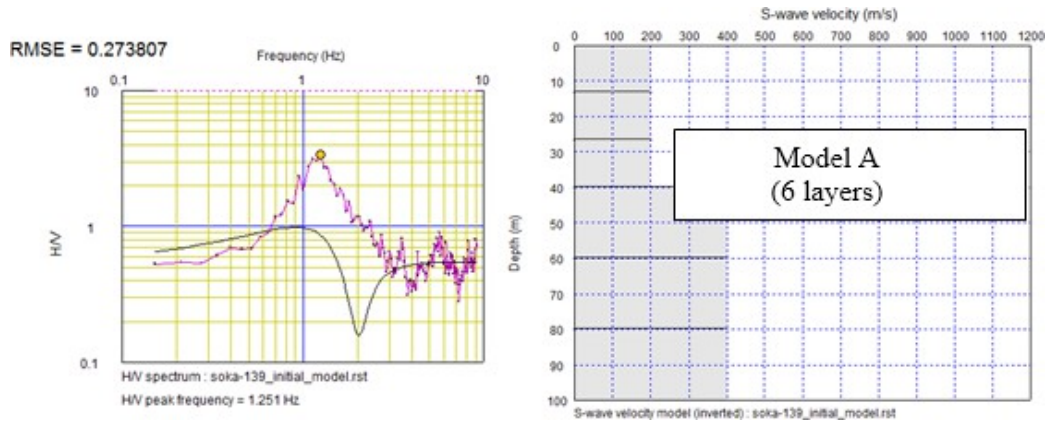
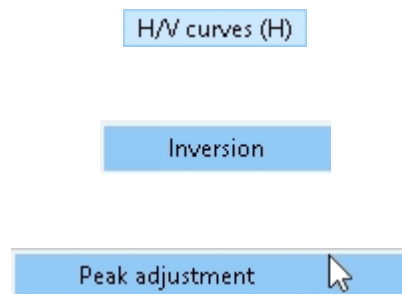



図187: 観測されたH/V曲線 (左) と計算された初速度モデル。

7.4.15.1 ピーク調整



計算されたH/Vピークが観測されたピークと等しくなるように調整することで、 v_s モデルを微調整することができる。そのためには、H/Vカーブを読み込む。  を押して速度モデルを表示する:

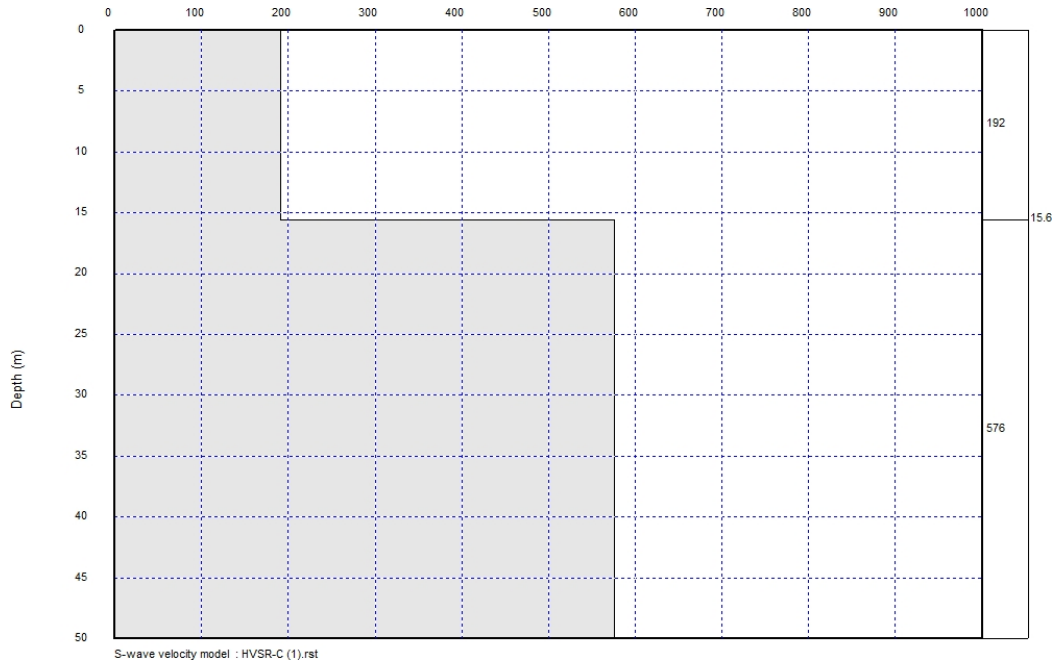



図188: VSモデル。

この場合、調整前の層境界は15.6メートルであることに注意。ここで、 を押して、測定されたH/Vカーブを表示する：

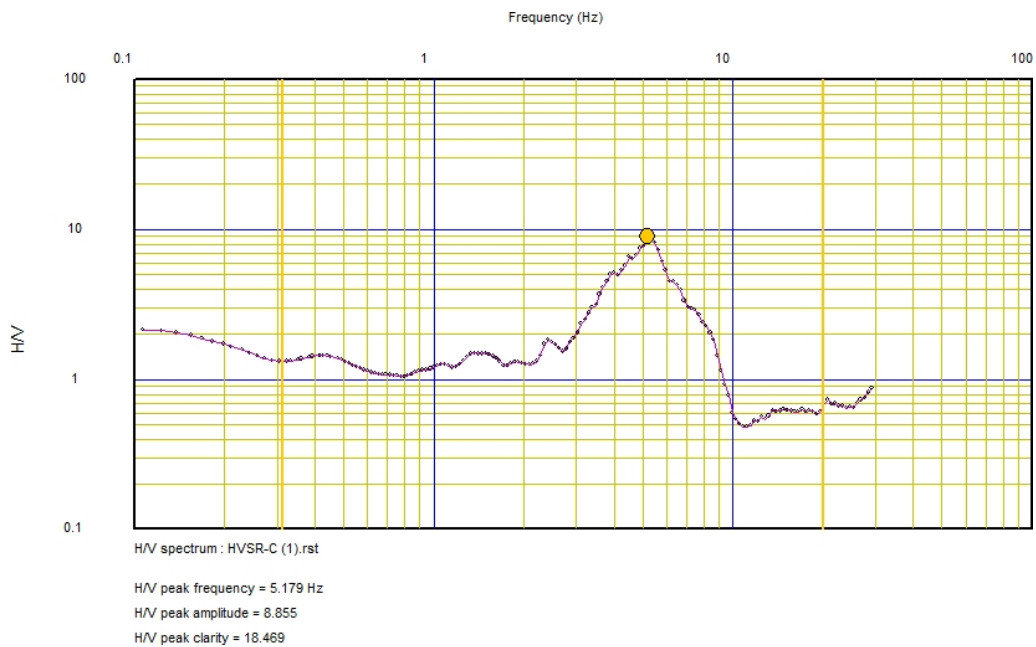


図189: 図188の。速度モデルのH/V曲線

次に、 を押して、理論上のH/Vカーブを表示する：

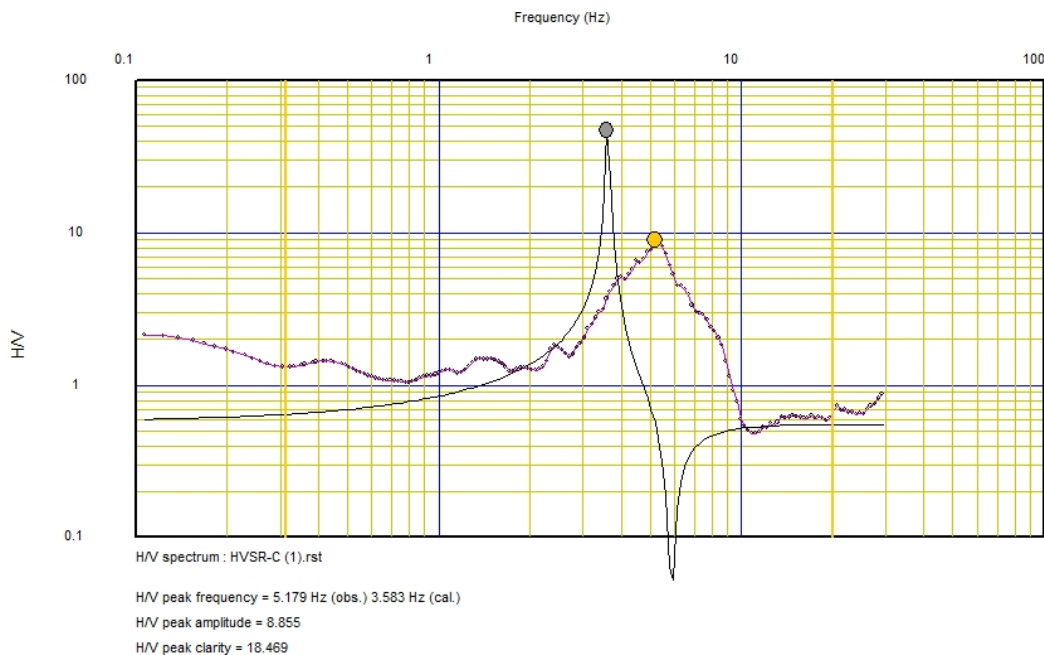


図190: H/Vピークの測定値と計算値。

計算されたピークと測定されたピークとの周波数オフセットに注意する。次に、H/Vを選択します。|
 反転 ピーク調整。以下のダイアログが表示されます:



Enter float number

Enter maximum depth to be modified (m)

30

OK

Cancel

この数値は～20～40メートルの範囲で設定できますが、デフォルト値の30メートルで90%の場合は十分です。このパラメーターについてサポートが必要な場合は、support@seisimager.com。

OKを押すと、計算されたH/Vピークが測定されたH/Vピークと一致するように v_s モデルが修正されます:

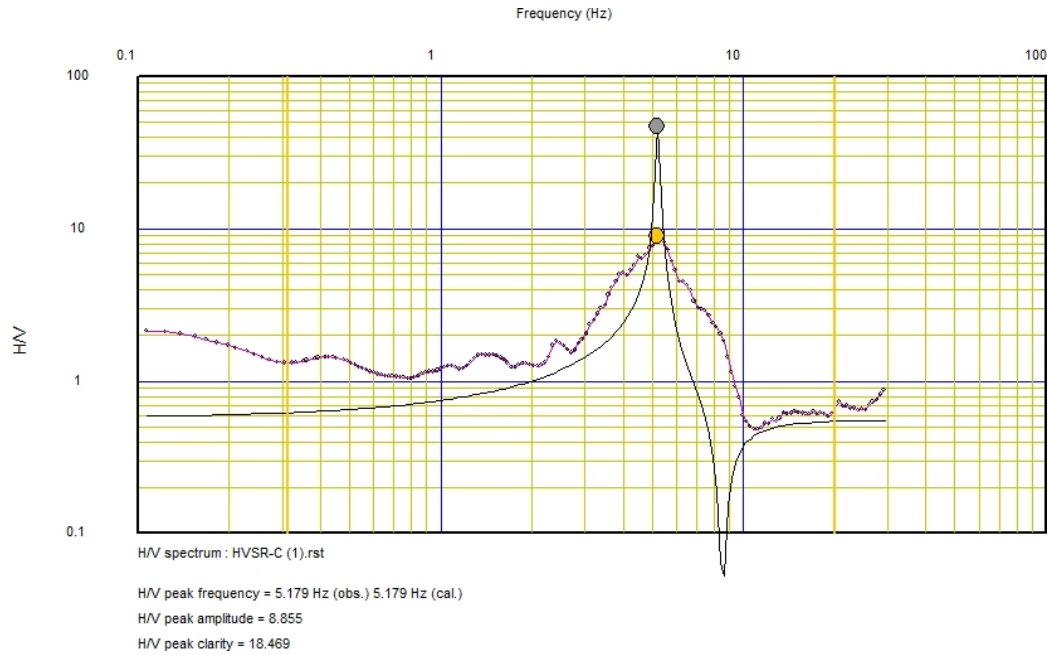


図191: 調整後のHVカーブ。

調整後の v_s モデルを以下に示す。上のオリジナルと比較してください。

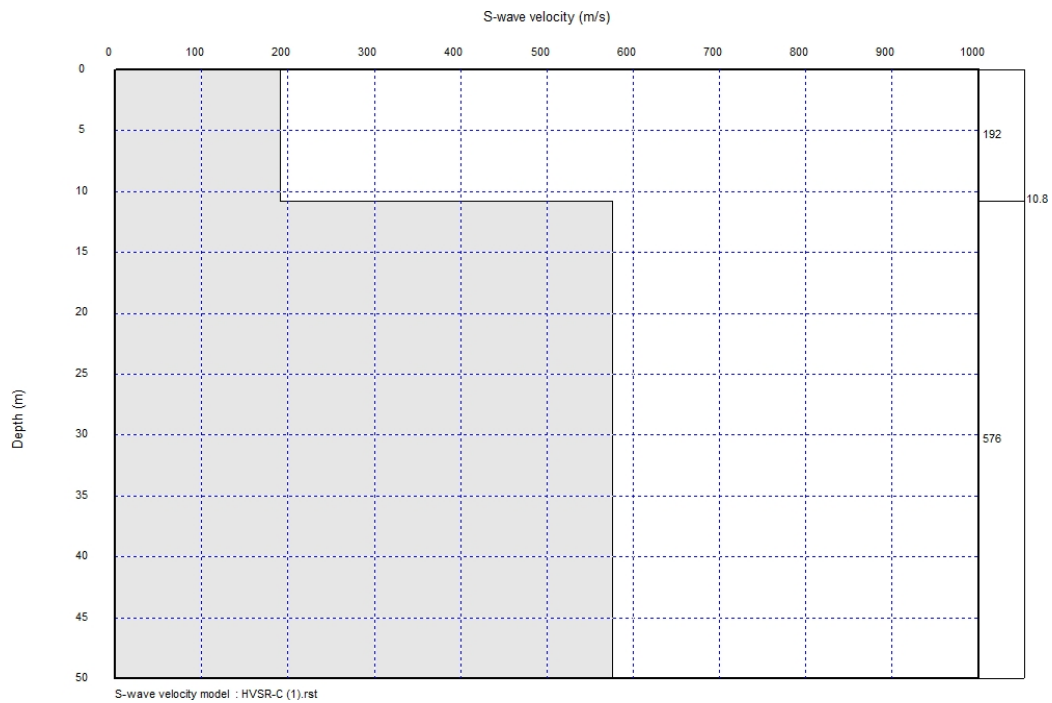
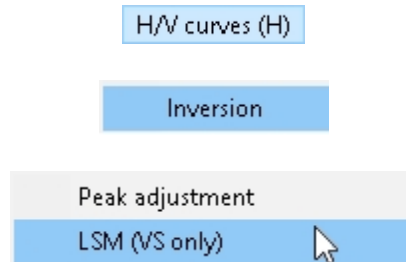


図192: 調整された速度モデル。

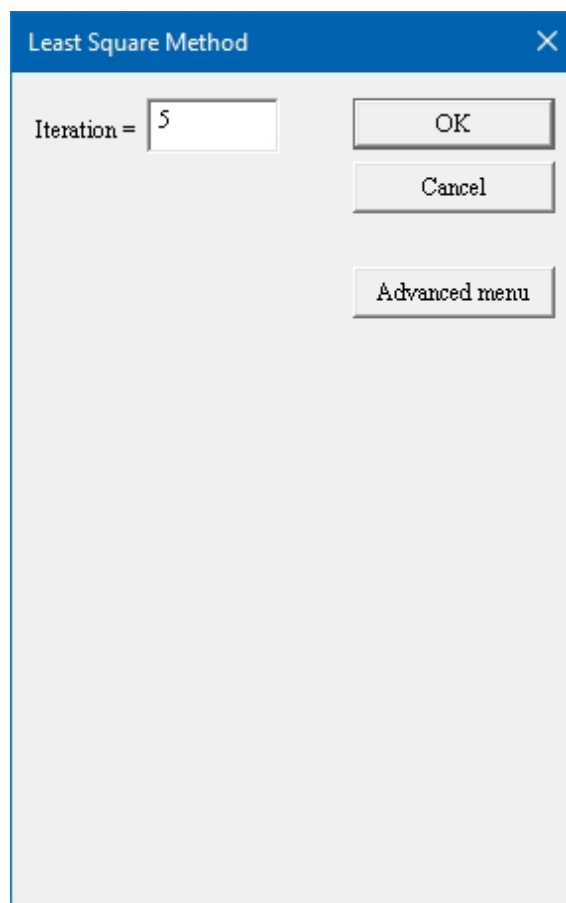
7.4.15.2 LSM (vsのみ)

[SWプロ]



S波速度モデルは非線形最小二乗推定され、層厚は一定に保たれる。インバージョンにおける観測データはH/Vデータであり、インバージョンにおける未知パラメータは各層のS波速度である。

反転の反復回数を設定します。デフォルトのIterationの値は5で、ほとんどの場合に適しています。



反転結果の例を以下に示す。観測されたH/Vと理論上のH/Vの、初期モデル（[モデルA](#)、424ページ）よりも小さい。

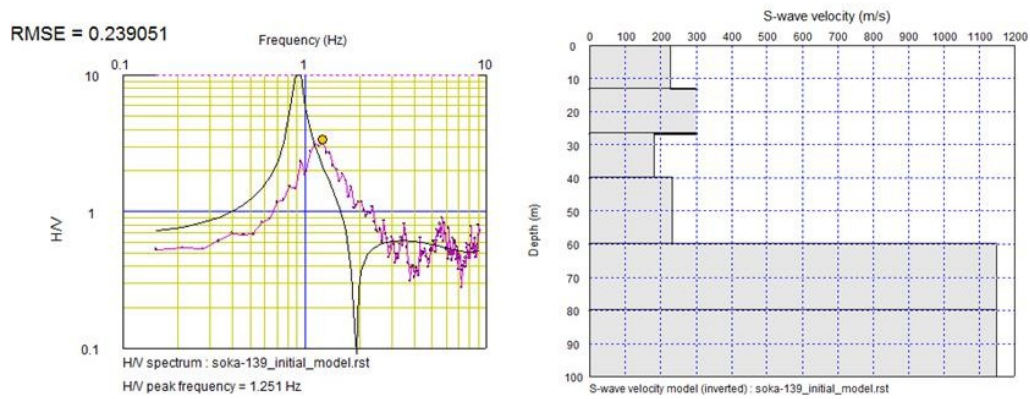
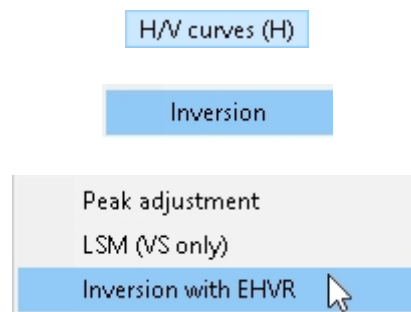


図193: H/Vピークの測定値と計算値 (左) と V_s モデル (右)。

7.4.15.3 ehvrによる反転

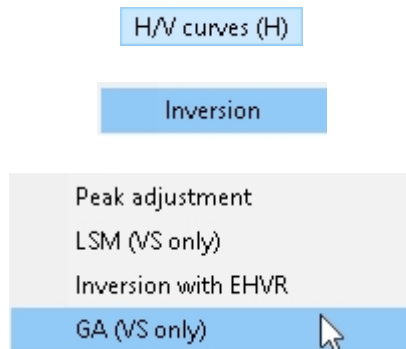
[SWプロ]



support@seisimager.com。

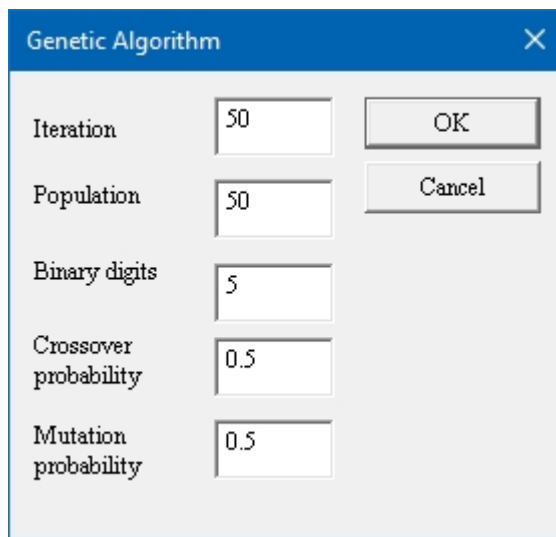
7.4.15.4 GA (vsのみ)

[SWプロ]



この場合、S波速度モデルは遺伝的アルゴリズムによって推定される(GAの詳細については201ページから始まる5.2.1.4節から5.2.1.6節を参照)。インバージョンで観測されるデータは、H/Vの絶対値とH/Vスペクトルのピーク周波数です。インバージョンにおける未知のパラメータは、各層のS波速度です。

遺伝的パラメータを設定します。デフォルト値(Iteration=50, Population=50, Binary digits=5, Crossover probability=0.5, Mutation probability=0.5)はほとんどの場合に適しています。OKボタンを押して次に進みます。



現場の状況に応じて、制約のパラメータを設定します。(support@seisimager.com。)OKボタンを押して次に進みます。

Velocity model inversion with GA

No constraint

Setup allowed velocity reversal (default)

Allowed velocity reversal (default=20%) %

Current velocity reversal = %

Increasing with depth

Decreasing with depth

Search area

Use constant search area

Search area for velocity (default=20%) %

Min and max. velocity

Define min. and max. velocity

Min. velocity m/sec

Max. velocity m/sec

Search method

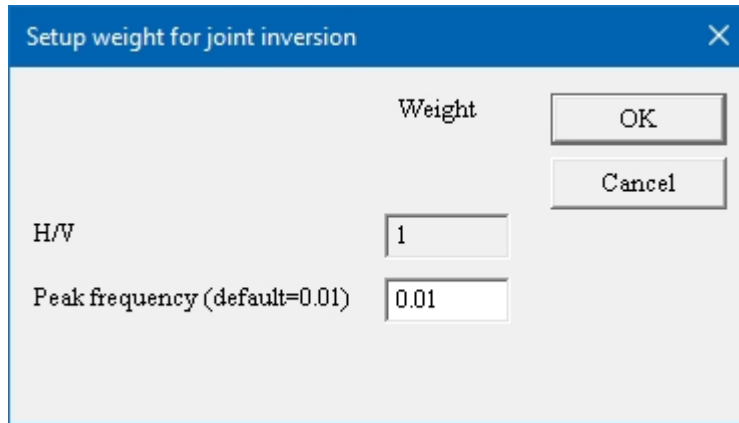
Layer velocity

Layer thickness

Layer velocity and thickness

Fix bottom layer velocity

観測重みを設定する。ピーク周波数のデフォルト値 0.01 は、ほとんどの場合に適しています。OK を押して反転を開始する。



反転結果の例を以下に示す。観測値と理論上のH/Vの誤差は、初期モデル ([モデルA](#)、424ページ) よりも小さくなっている。

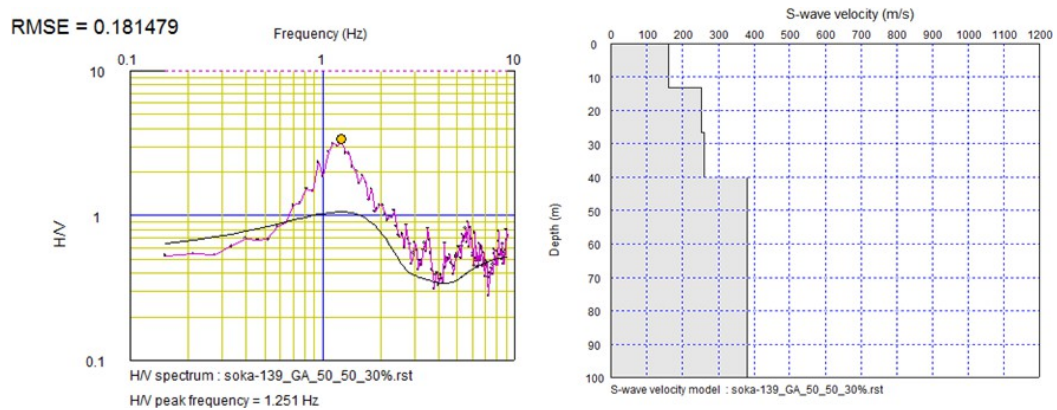
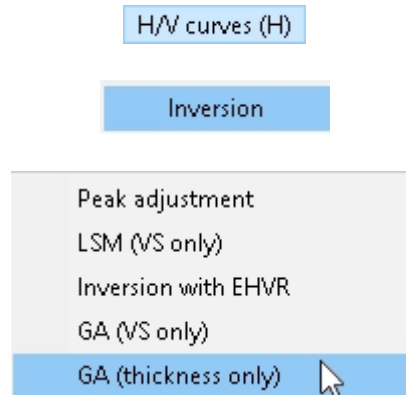


図190: H/Vピークの測定値と計算値 (左) と V_s モデル (右)。

7.4.15.5 ga (厚さのみ)

[SWプロ]



ここでは、S波速度モデルを遺伝的アルゴリズムによって推定する。アルゴリズム (GA については 201 ページから始まる [5.2.1.4](#) 節から [5.2.1.6](#) 節を参照)。インバージョンにおける観測データは、H/Vの絶対値とH/Vスペクトルのピーク周波数です。インバージョンにおける未知のパラメータは、各層の厚さです。層の厚さはS波速度に比べて推定が難しい。層数はできるだけ少なくする。初期モデル (モデルB) として2層モデルを用いる。

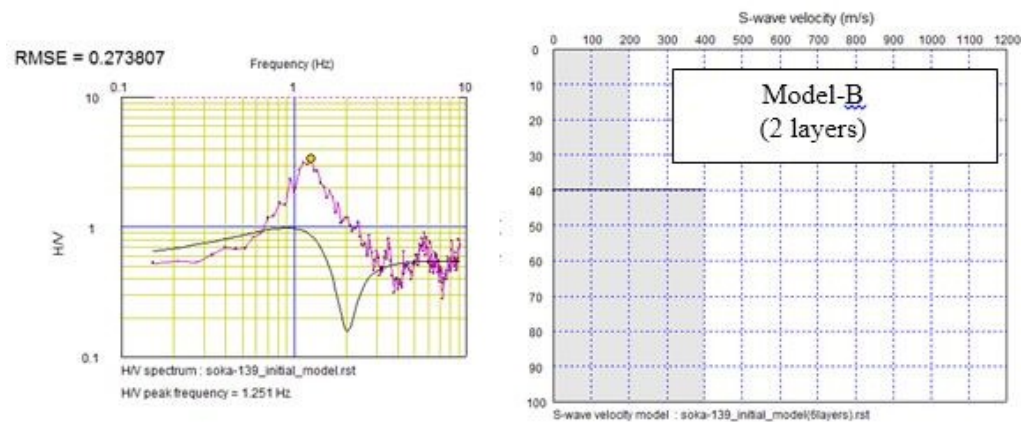


図194: H/Vピークの測定値と計算値 (左) とVsモデル (右)。

現場の状況に応じて、制約のパラメータを設定します。OK進みます。support@seisimager.comまでお問い合わせください。

Velocity model inversion with GA ✕

Current velocity reversal = %

Search area

Use constant search area

Search area for thickness (default=20%) %

Search method

Layer velocity
 Layer thickness
 Layer velocity and thickness

反転結果の例を以下に示す。観測値と理論値H/Vの誤差は、初期モデル（モデルB）よりも小さくなっている。

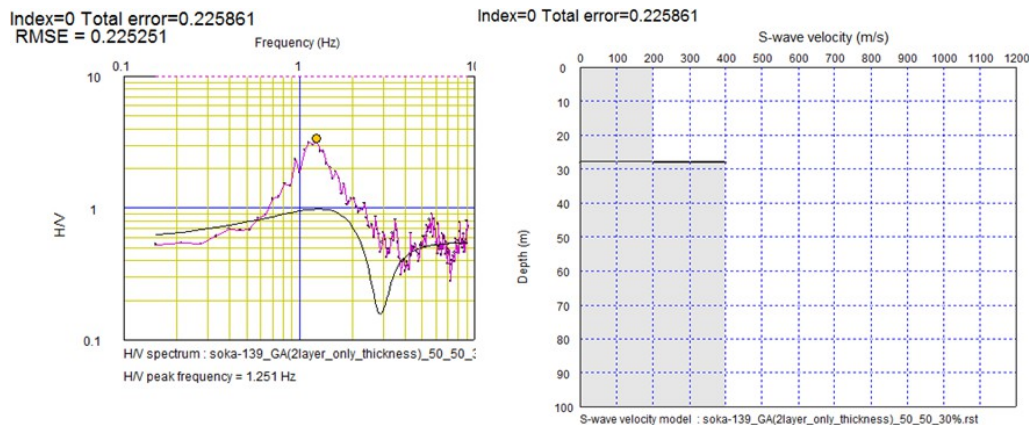
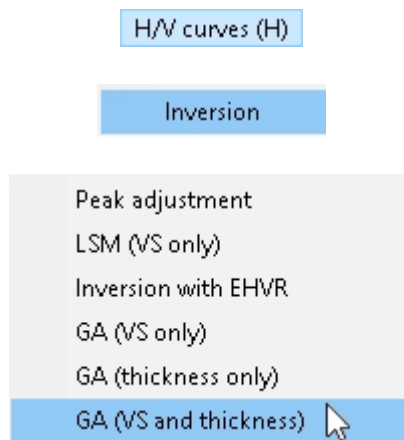


図195: H/Vピークの測定値と計算値 (左) と V_s モデル (右)。

7.4.15.6 ga (対厚)

[SWプロ]



S波速度モデルは遺伝的アルゴリズムによって推定される。アルゴリズム (GA については 201 ページから始まる [5.2.1.4](#) 節から [5.2.1.6](#) 節を参照)。インバージョンにおける観測データは、H/Vの絶対値とH/Vスペクトルのピーク周波数です。インバージョンにおける未知のパラメータは、厚さとS波速度です。層厚とS波速度を同時に推定することは、S波速度のみを推定するインバージョンに比べて困難です。層数はできるだけ少なくします。前節で述べた2層モデル (モデルB) を初期モデルとして使用する。

Velocity model inversion with GA

No constraint

Setup allowed velocity reverse (default)

Allowed velocity reverse (default=20%) %

Current velocity reverse = %

Increasing with depth

Decreasing with depth

Search area

Use constant search area

Search area for velocity (default=20%) %

Search area for thickness (default=20%) %

Min and max. velocity

Define min. and max. velocity

Min. velocity m/sec

Max. velocity m/sec

Search method

Layer velocity

Layer thickness

Layer velocity and thickness

Fix bottom layer velocity

反転結果の例を以下に示す。観測値と理論値H/Vの誤差は、初期モデル（モデルB）よりも小さくなっている。

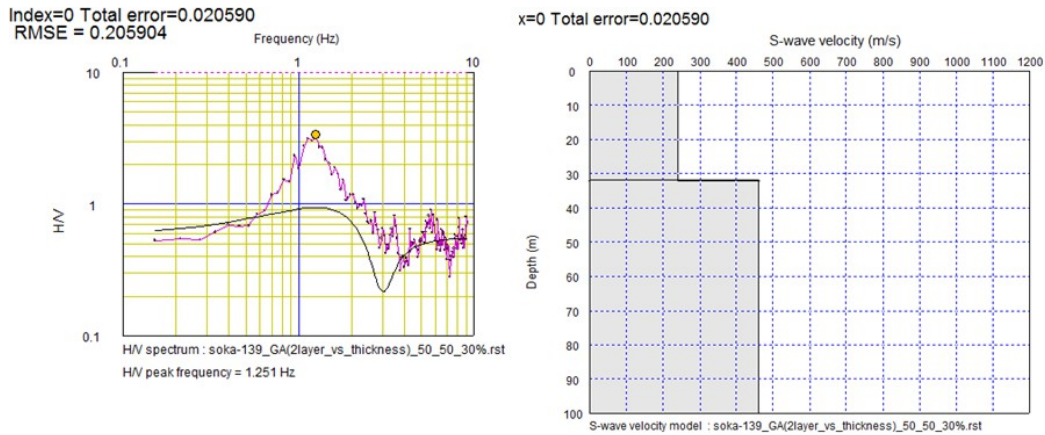
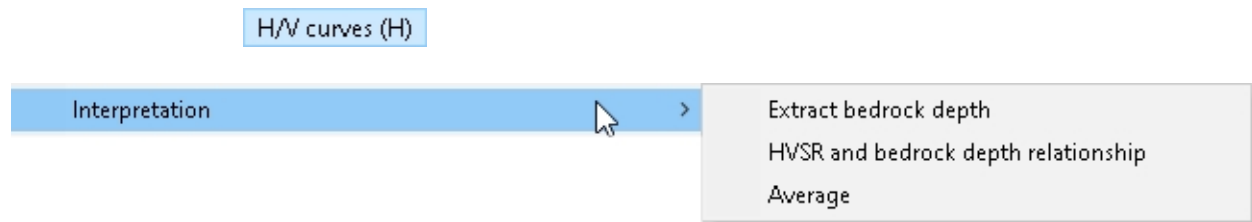


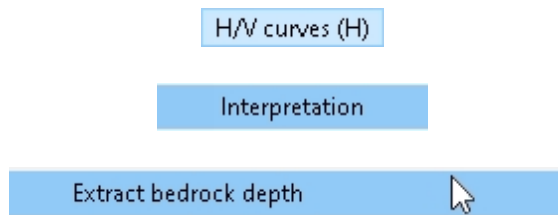
図196: H/Vピークの測定値と計算値 (左) とVsモデル (右)。

7.4.16 解釈



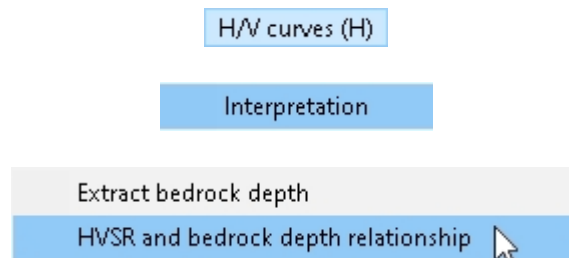
以下のサブメニューの項目はめったに使用されませんが、使用される場合は一般的にジオメトリックスのサポートが必要です。

7.4.16.1 岩盤の深さを抽出する



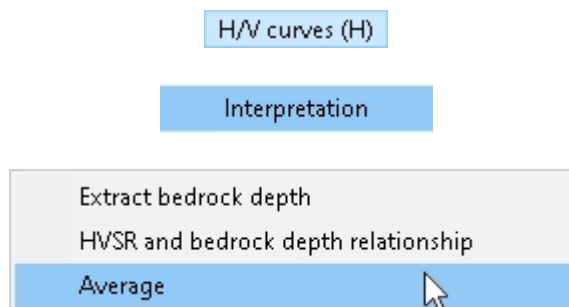
support@seisimager.com。

7.4.16.2 HVSRと岩盤の深さの関係



support@seisimager.com。

7.4.16.3 平均



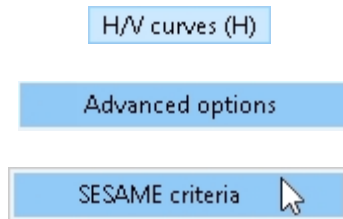
support@seisimager.com。

7.4.17 高度なオプション



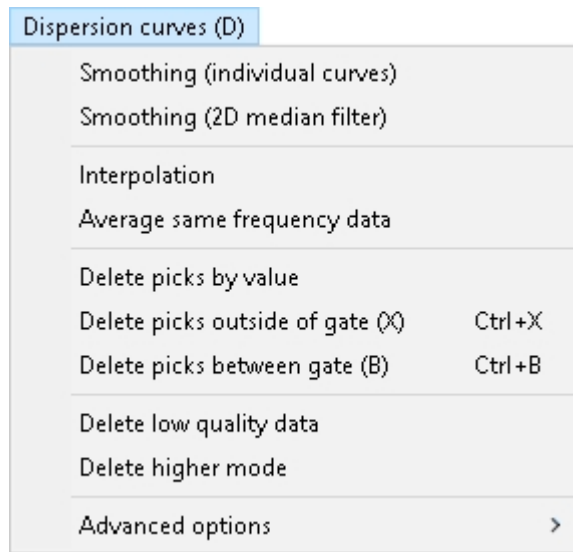
以下のサブメニューの項目はほとんど使用されませんが、使用される場合は一般的にジオメトリックスのサポートが必要です。

7.4.17.1 ゴマ基準



support@seisimager.com。

7.5 分散曲線メニュー



分散曲線メニューでは、データポイントの削除や曲線のスムージングなど、分散曲線のさまざまな編集が可能です。特に、外れたデータポイント、ノイズの多いジッター、高次モードなどを除去するためには、編集が重要になります。分散曲線上の比較的小さなスケールの異常は表面波法では解決できず、インバージョンにおける不安定性や最終結果における非現実的な側面の原因となる可能性があります。編集の際には、分散曲線の全体的な傾向を維持する必要があります。

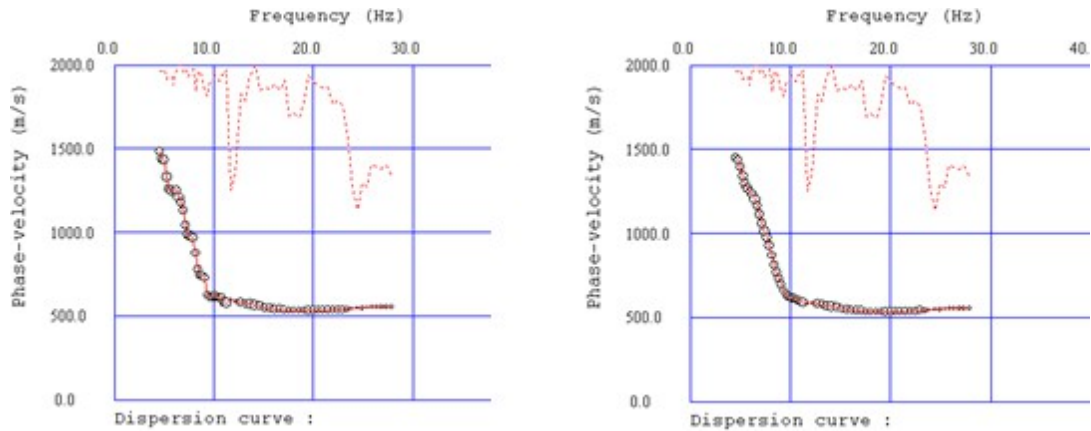


図197: 生の分散曲線 (左) と平滑化した分散曲線 (右)。

7.5.1 スムージング (個別カーブ)

Dispersion curves (D)

Smoothing (individual curves)

1つの分散曲線をスムージングするには、スムージング (個々の曲線) を選択する。このプロセスは、周波数隣接する3つのデータポイントの使用して、1つの個別の分散曲線を再計算します。元の分散曲線 (左図) は、ノイズの多いジッターが少なく、データポイントが均等に分散した、より滑らかな曲線に変換される (右図)。

複数の分散曲線を持つ2Dデータセットに適用した場合、この処理は個々の曲線に作用する。元の曲線 (左図) はすべて、ノイズの多いジッターが少なく、データポイントが均等に分散したより滑らかな曲線 (右図) に変換される。

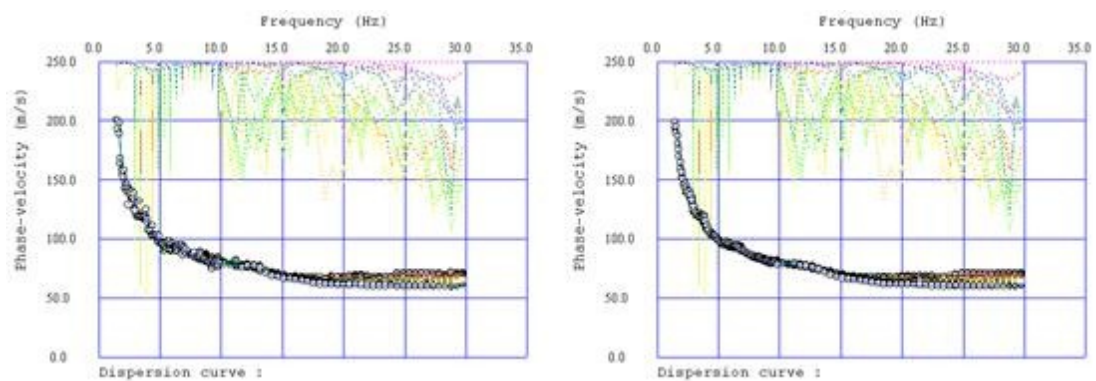


図198: 生の分散曲線 (左) と平滑化した分散曲線 (右)。

スムージング (個々の曲線) は周波数方向に適用されるため、2Dデータセットによっては、曲線から曲線へスムージング関数を方が好ましい結果が得られることがあります。

7.5.2 スムージング (2Dメディアンフィルター)

[SW-2D以上]

Dispersion curves (D)

Smoothing (individual curves)

Smoothing (2D median filter)

2Dデータセットの分散曲線間を平滑化するには、平滑化 (2D中央値フィルタ) を選択する。このプロセスは、曲線から曲線への隣接する5つのデータポイントの中央値を使用して、分散曲線のセットを再計算します。元の分散曲線 (左図) は、外れたデータ点が少なく、個々の曲線間の相対的な差が保持された、より滑らかな曲線に変換される (右図)。

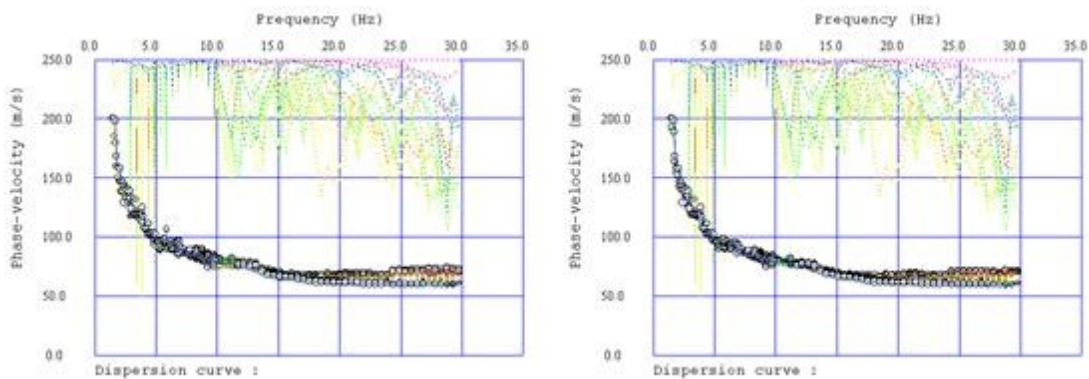


図199: 生の分散曲線 (左) とフィルター処理した分散曲線 (右)。

7.5.3 補間

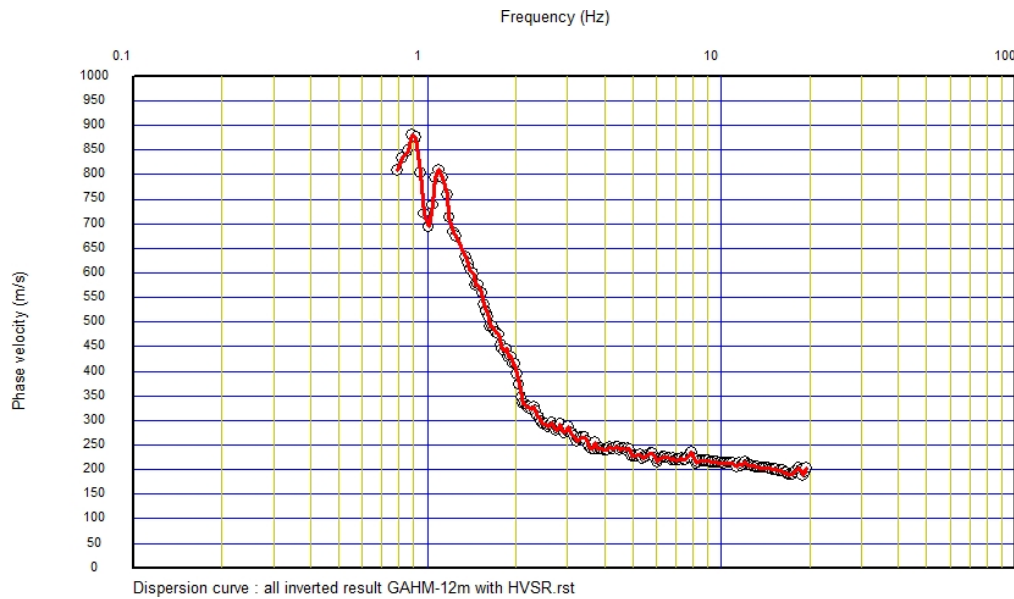
Dispersion curves (D)

Smoothing (individual curves)

Smoothing (2D median filter)

Interpolation

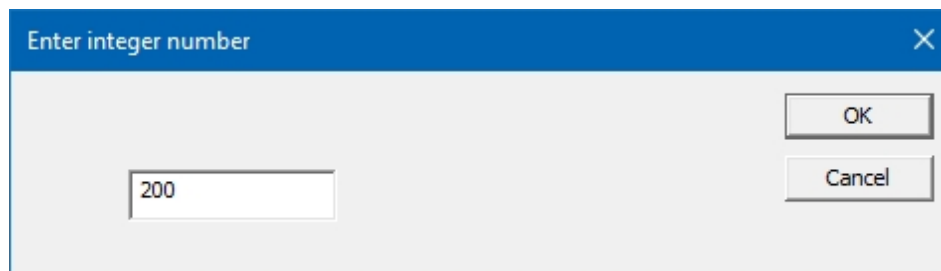
分散曲線がオーバーサンプリングされ、多数の位相速度が得られると、インバージョンに長い時間がかかることがあります。インバージョンを行う前に、分散曲線を再サンプリングして補間するのが有利な場合もあります。その



ためには、分散曲線を読み込みます。

図200: 生の分散曲線。

Dispersion curves | *Interpolation* を選択します。次のダイアログが表示されます:



数値が小さいほど、再サンプルされた曲線のポイントが少なくなる。たとえば、この場合、点の数を1/2減らすには100と入力する。再サンプリングされた分散曲線を以下に示す。

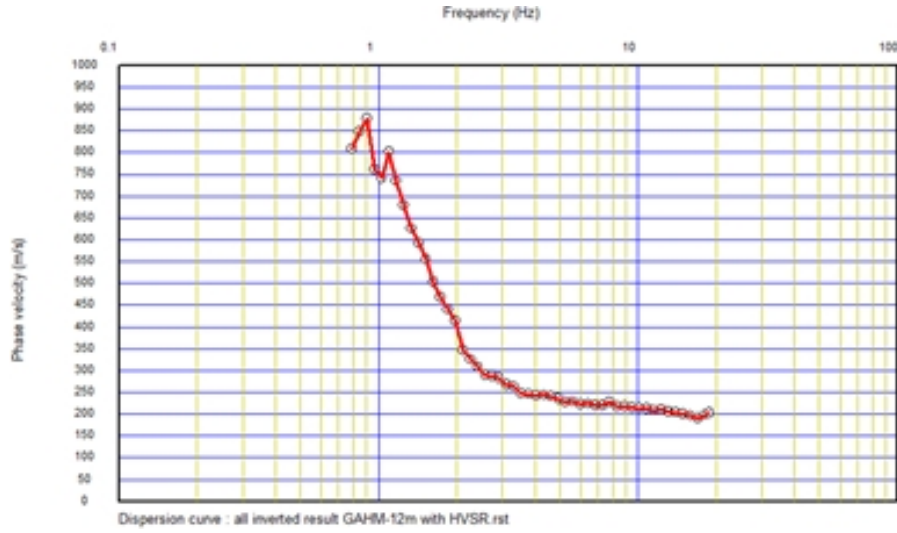
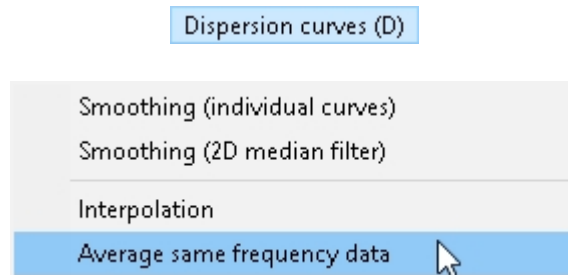
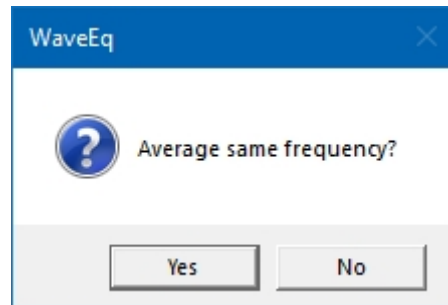


図201：補間された分散曲線。

7.5.4 平均同頻度データ



分散曲線は、以下の手順で平均化することができる。分散曲線を読み込んで表示する。次に、平均化したい残りの曲線を読み込んで追加する。追加された各曲線について、平均化するように指示される：



平均化前にカーブを編集場合は、「Yes」を押します。一方、平均化する前にカーブを表示または編集したい場合は、「No」を押します。

この例では、以下のように2つの分散曲線を。

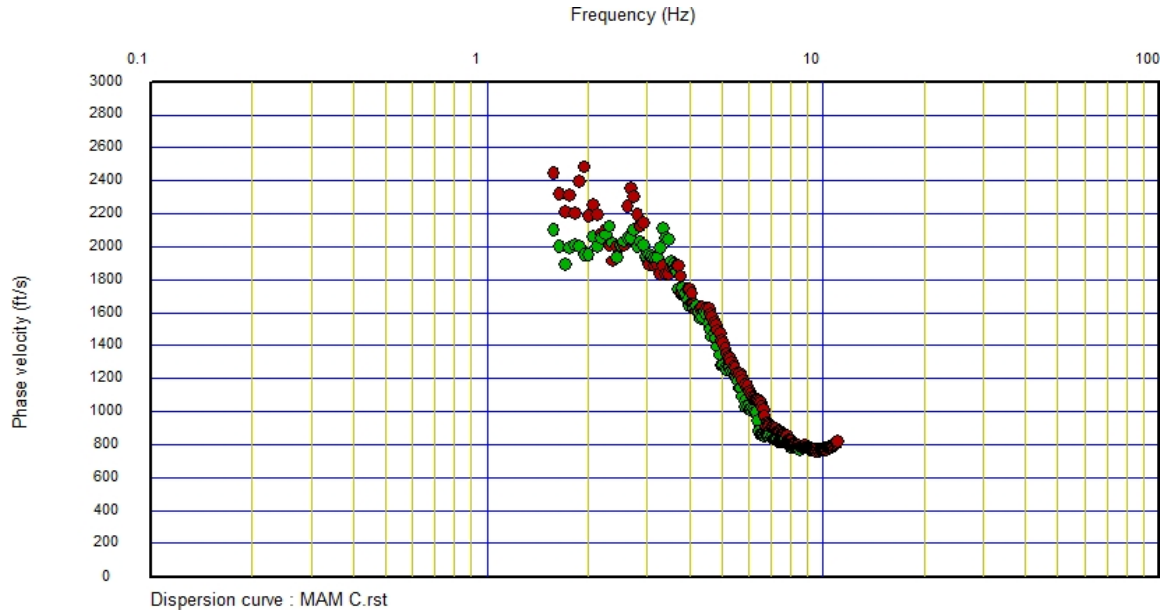


図202: 平均化れる2つの分散曲線。

平均するかどうか尋ねられたので、「いいえ」を選んだ。平均化準備ができたなら、*Dispersion curves | Average same frequency data* を選択すると、2つの曲線が平均化されて表示されます:

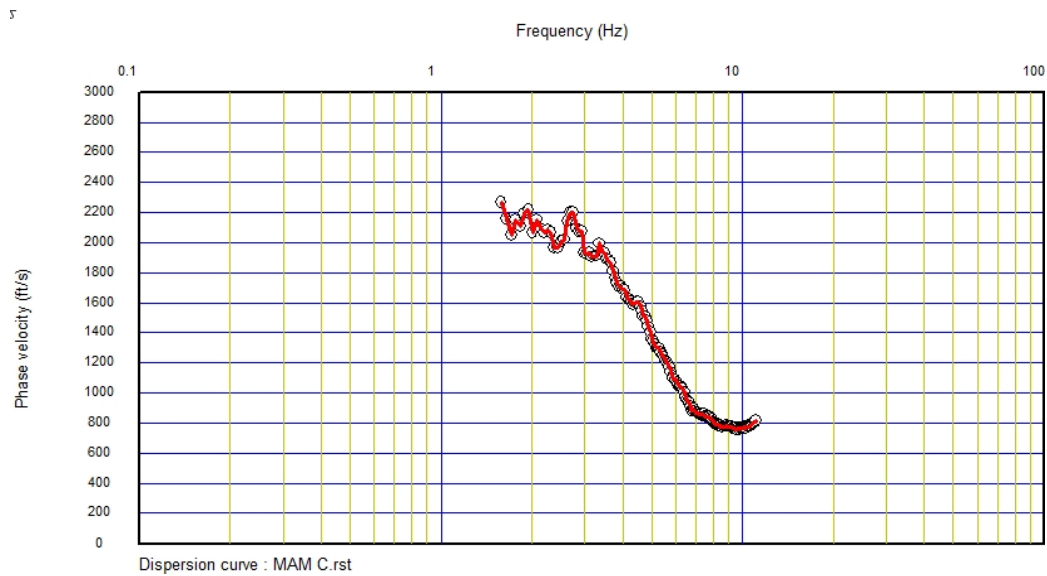
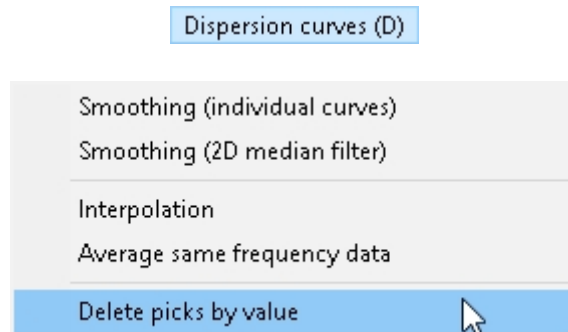
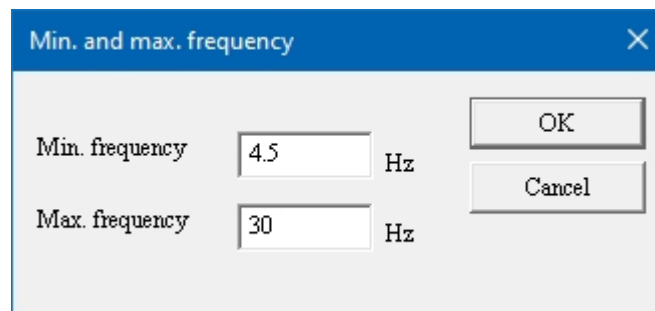


図203: 図202の。周波数平均分散曲線

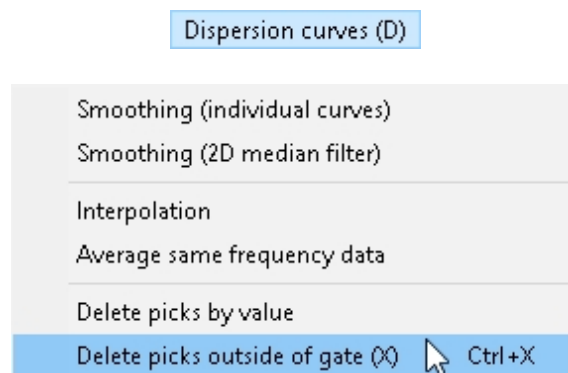
7.5.5 ピックを値で削除



特定の値を入力してゲート周波数の最小値と最大値を設定するには、*Delete picks by value* を選択します。



7.5.6 ゲート外のピックを削除 [CTRL+X]



別の方法として、周波数範囲を視覚的に設定することもできる。*Delete picks outside of gate* を選択すると、分散曲線プロット上に2つのゲートが表示される (図204の左図)。必要であれば、*Esc* キーを押して終了する。

赤はアクティブなゲート、緑は非アクティブなゲートを示す。右矢印キーと左矢印キーを使用して、赤色のゲートを新しい最小周波数 (図204の右側) に移動します。

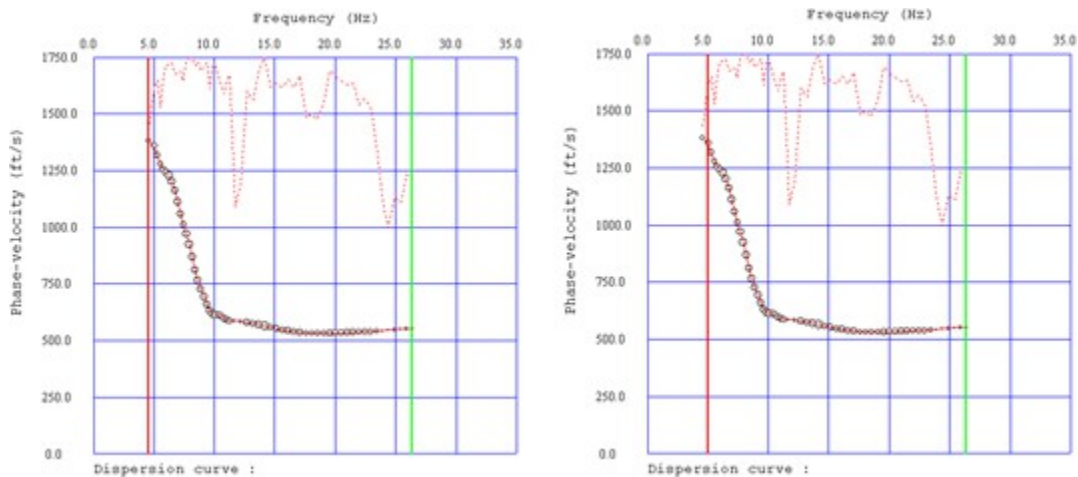


図204: ゲートを使用して分散カーブの両端をトリミングする。

最初のゲートが配置された後、*Enter* キーを押すと次のゲートがアクティブになる。矢印キーを使用して、ゲートを新しい最大周波数に移動します (図205の左図)。完了したら [*Enter*] キーを押すと、トリムされた分散曲線が表示されます (図205の右図)。

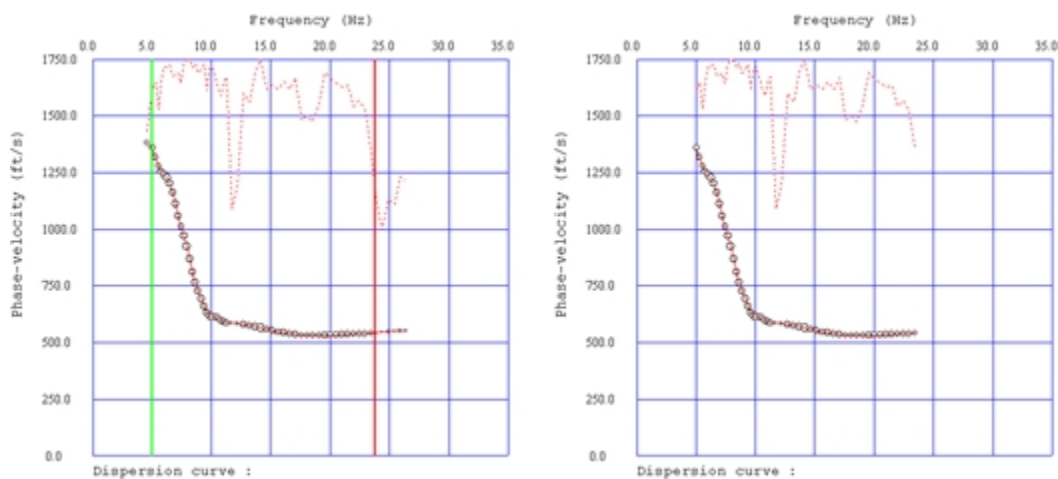


図205: トリミングされた分散曲線 (右)。

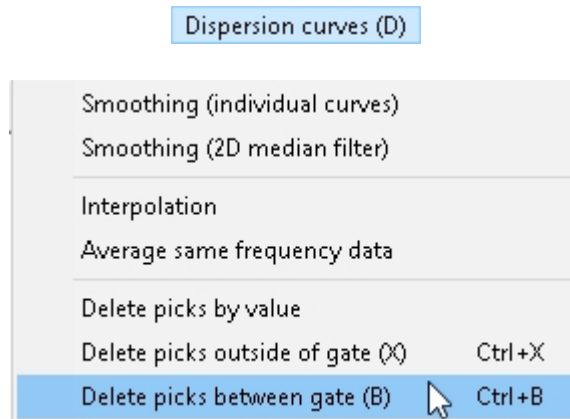
ゲートを設定する際には質の悪いポイントやスプリアスのあるポイントだけを除外する。一般に、低周波数側では位相速度が低下し始め、分散曲線は次のように傾く。

位相速度をy軸にプロットした場合)。この位相速度の低下は、低周波数でのピーク振幅が明瞭でなくなるため、通常、ピッキングが難しくなることによるアーチファクトである。

注: Shiftキーを押しながらゲート設定を微調整する。

高周波数端の新しい最大周波数をどこに設定するかを決定するために、品質線を使用して、品質が低下し始める場所を評価することができる（通常、高周波数で振幅が弱い）。品質に加えて、位相速度が上昇し始めたら、それは高いモードエネルギーに関連している可能性が高いので、それらのポイントは削除すべきである。

7.5.7 ゲート間のピックを削除 [CTRL+B]



ゲート内のポイントを削除するには、*ゲート間のピックを削除*を選択する。ゲートの位置は、*ゲート外のピック削除*の説明と同じですがアクティブでないゲートは表示されません。

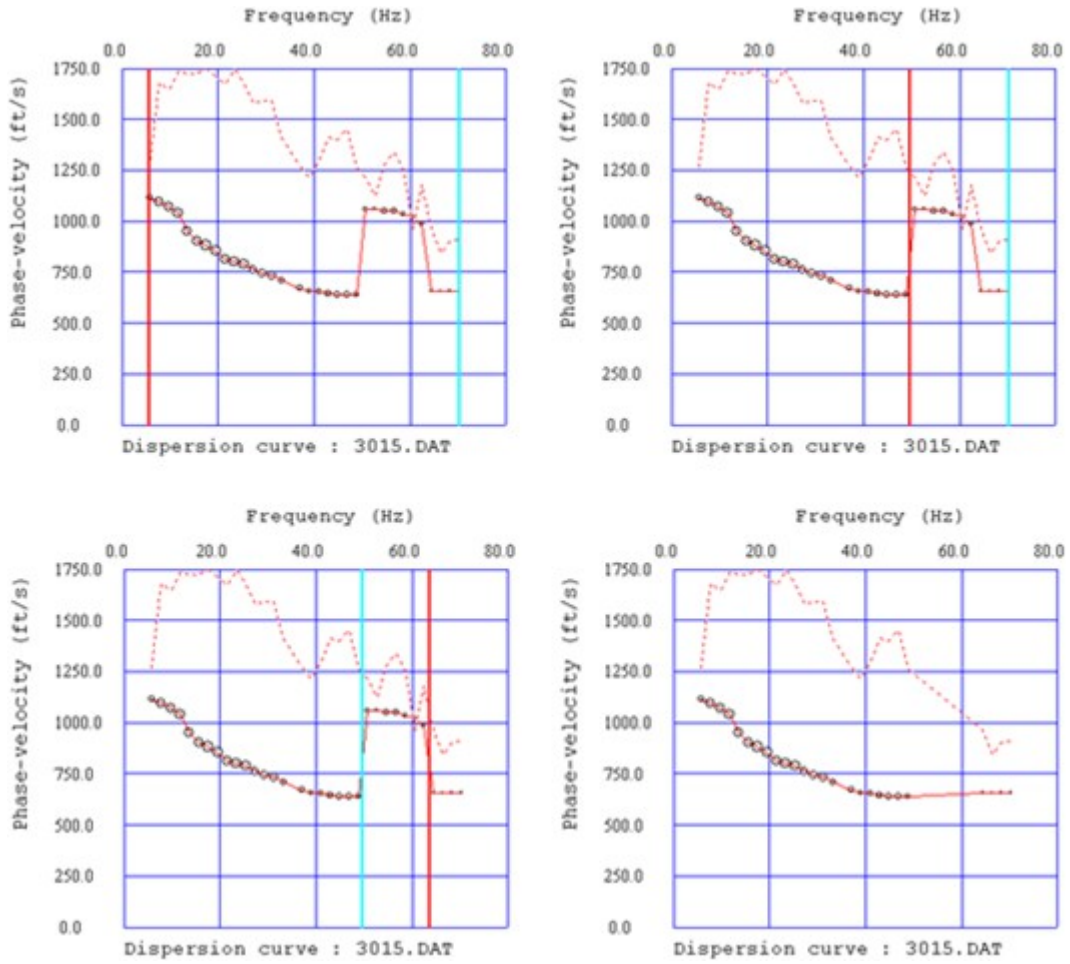
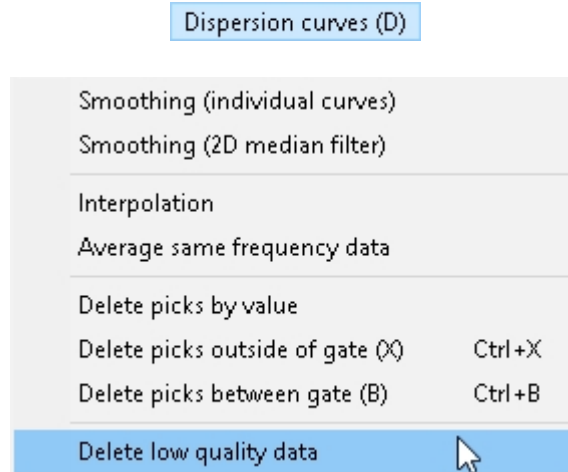



図206: 分散曲線からスプリアスデータ(この場合は高次モード)を取り除く。

7.5.8 低品質データの削除



低品質ピックを自動的に削除するには、**低品質データの削除**を選択します。低品質の許容誤差は、*Advanced options* | *Setup low quality limit* で設定します。品質許容差を調整する方法については、453ページの7.5.10節を参照してください。

選択すると、品質制限を下回るすべてのポイントが削除されます（下図右）。変更を元に戻すには、*Undo*  ボタンを押します。

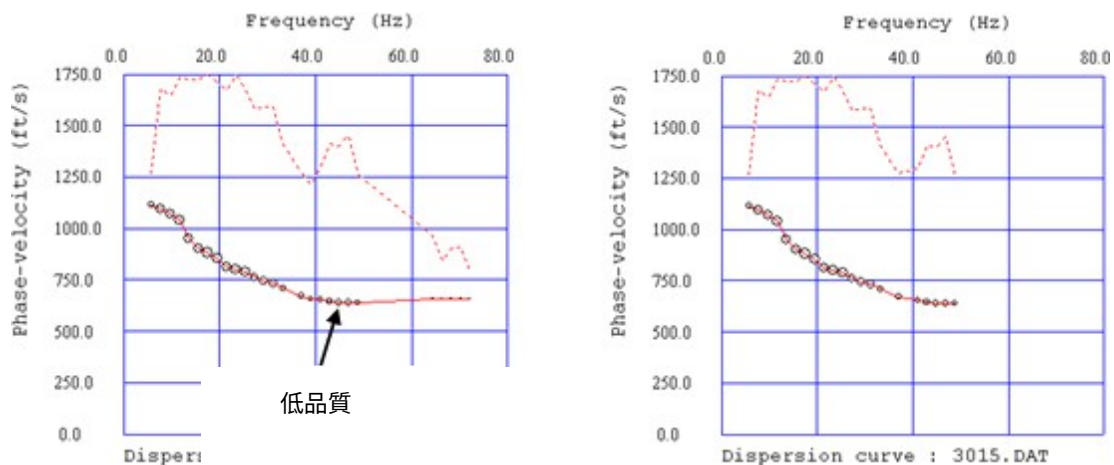
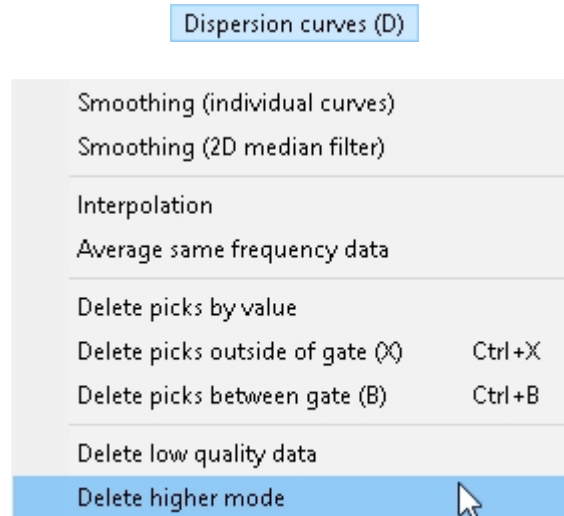


図207: 分散曲線から低品質なデータを取り除く。

7.5.9 上位モードを削除



分散曲線に高次モードのピックがされた場合（下図左）、*Delete higher mode* を選択してピックを自動的に削除する（下図右）。高次モードの許容誤差は、*Advanced options | Setup higher mode selection* で設定します。高次モードの許容誤差を調整する方法については、453 ページ「[7.5.10](#)」を参照してください。

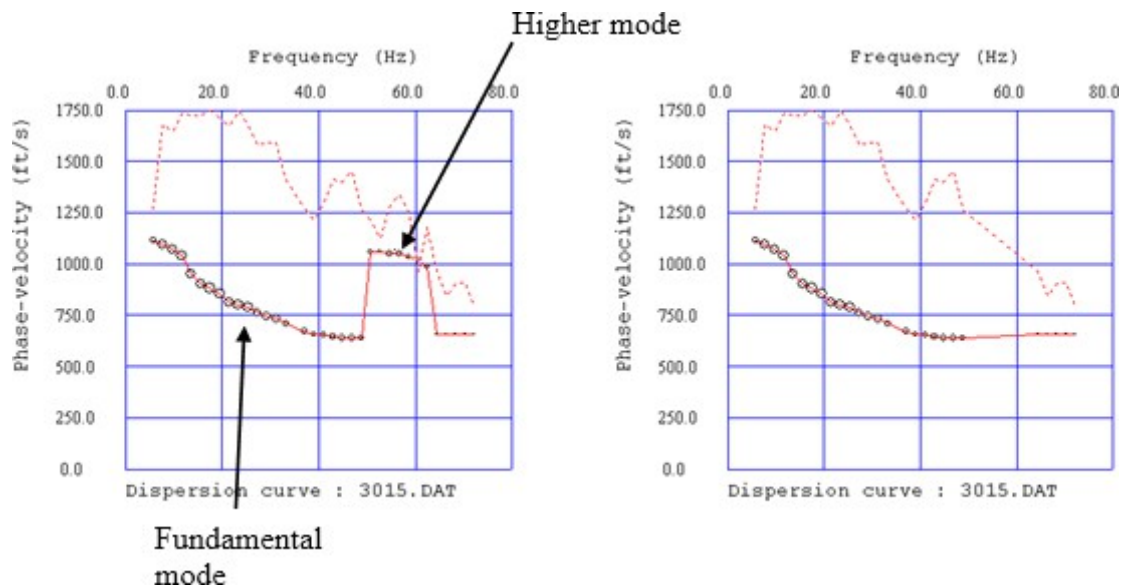
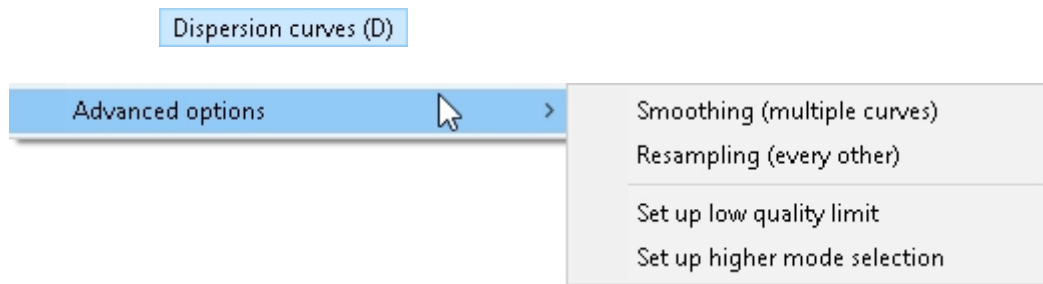


図208：分散曲線から高次モードのポイントを削除。

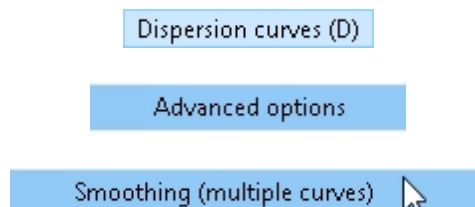
7.5.10 高度なオプション



続ける。

7.5.10.1 スムージング（複数カーブ）

[SW-2D以上]



2Dデータセットの分散曲線間をスムージングするには、スムージング（複数曲線）を選択する。このプロセスはスムージング（2D中央値フィルタ）（セクション7.5.2、442ページ）と似ているが、中央値の代わりに隣接する5つのデータポイントの平均値が使用される点異なる。元の分散曲線（下図左）は、より外れたデータ点の少ないより滑らかな曲線に変換されるが、個々の曲線間の相対的な差は最小化される（下図右）。

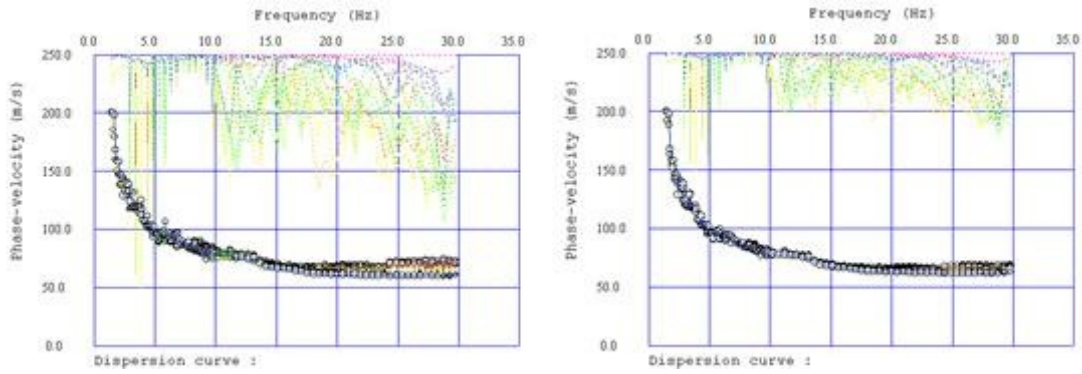
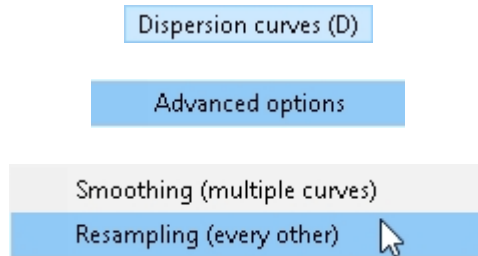


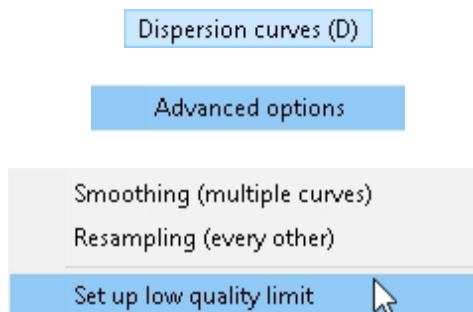
図209: 分散曲線の平滑化。

7.5.10.2 リサンプリング (隔週)

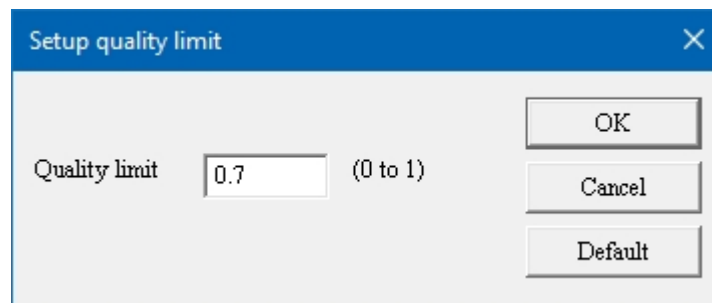


リサンプリング (1おぎ) は、データセットをデシメーション (1つおきにサンプルを削除) して処理を高速化するために使用される。

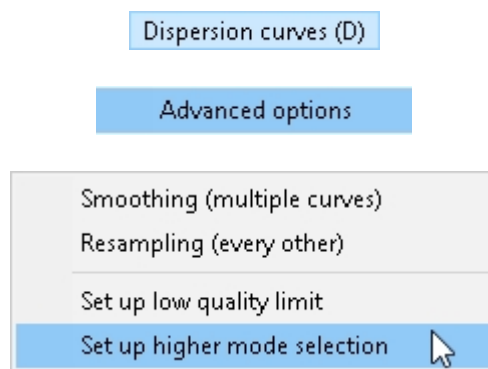
7.5.10.3 低品質リミットの設定



Setup low quality limit (低品質リミットの設定) により、低品質データの削除機能が選択されたときに使用されるフィルタのリミットを設定することができます。品質は、各データセットの最高信号に対して正規化された相対測定値です。品質は、分散曲線プロットの品質線とデータポイントの円の大きさに示されます。可能な最大の円サイズは1.0に等しく、可能な最小の円サイズはドットで、これはゼロに等しい。デフォルトの品質限界値は0.7で、これは品質線が相対スケールの70%以下になると、関連するデータポイントが削除されることを意味します。デフォルトの品質限界値は、ほとんどの場合に適しています。



7.5.10.4 セットアップ 上位モード選択



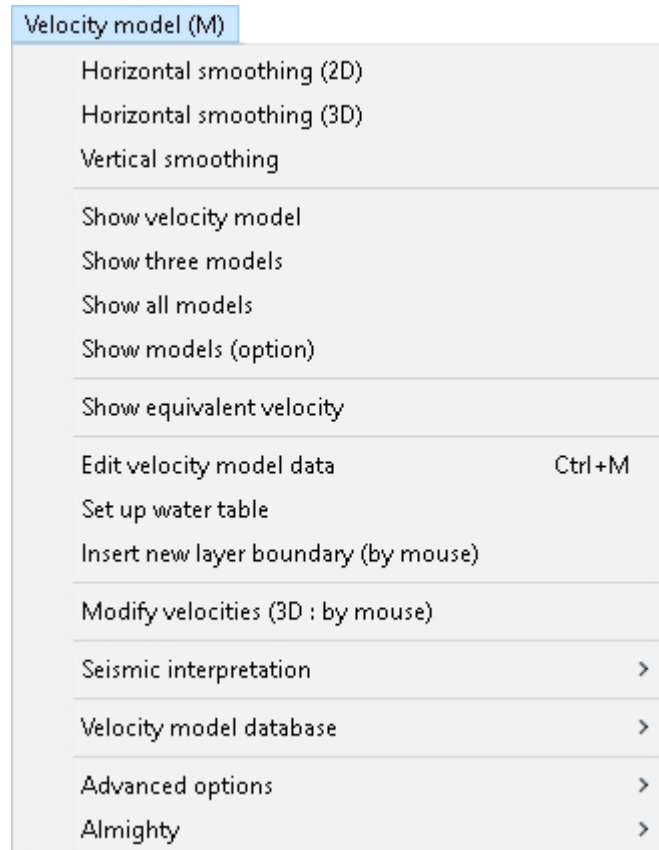
Setup higher mode の選択により、*Delete higher mode* 機能が選択されたときに使用されるフィルタ・リミットを設定することができます。デフォルトのファンダメンタルモードのリミット値は1.2であり、任意のデータポイントの値が隣接する値より20%大きい場合、それらのポイントが削除されることを意味する。この値は 1.0~5.0 の間で設定できる。高次モードの最大深度は、3分の1波長近似から決定される深度であり、それ以下では関連するデータ・ポイントは許可されない。

Higher mode selection ✕

Fundamental mode limit	<input type="text" value="1.2"/>		<input type="button" value="OK"/>
Higher mode maximum depth	<input type="text" value="25"/>	ft	<input type="button" value="Cancel"/>
			<input type="button" value="Default"/>

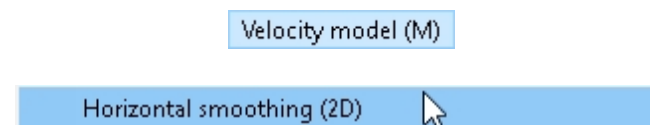
7.6 速度モデルメニュー

速度モデルメニューでは、速度モデルを計算するためのパラメータの編集とできます。さらに、表示コントロールや解釈のための解析も含まれています。



7.6.1 水平スムージング (2D)

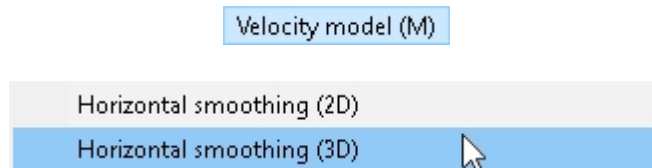
[SW-2D以上]



2Dデータセットの個々の速度モデル間を水平にスムージングするには、**水平スムージング(2D)**を選択します。この処理では、モデル間の隣接する3つのデータポイントの平均を使用して、速度モデルのセットを再計算します。元の速度モデル間の急激な横方向の速度勾配はすべて平滑化されます。

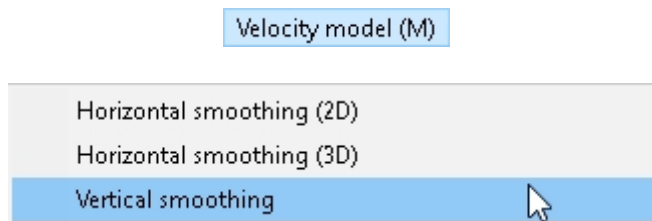
7.6.2 水平スムージング (3D)

[SW-3D]



水平スムージング(3D)は非常に専門的で、めったに使われない機能です。support@seisimager.comお問い合わせください。

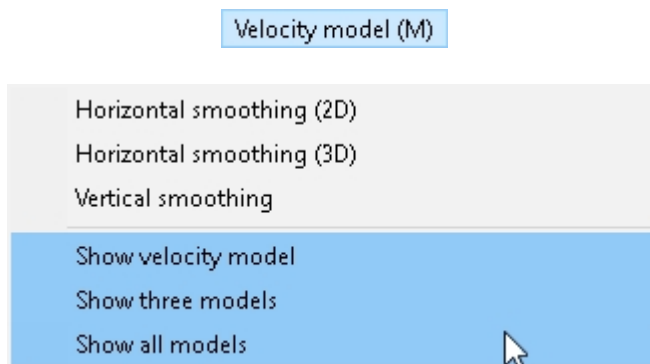
7.6.3 垂直スムージング






2Dデータセットの個々の速度モデルを垂直にスムージングするには、**垂直スムージング**を選択します。このプロセスは、深さ方向に隣接する3つのデータポイントの平均を使用して、個々の速度モデルを再計算します。元の速度モデルの鋭い垂直方向の速度勾配はすべて平滑化されます。

7.6.4 SHOW VELOCITY MODEL , SHOW THREE MODELS , SHOW ALL MODELS

[SW-2D以上]



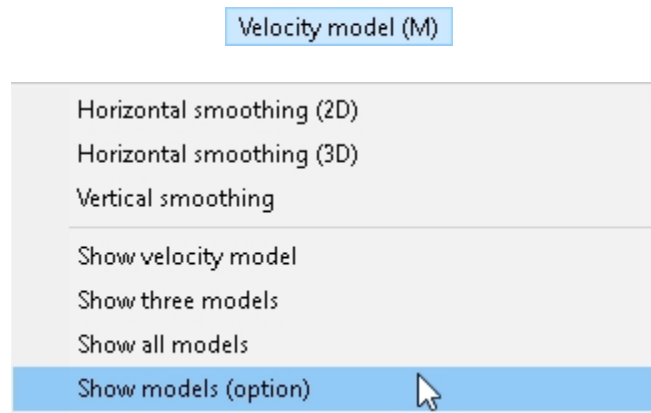
速度モデルが存在すると、*Show velocity model* 、*Show three models* 、*Show all models*  を使って表示をコントロールする。

Show velocity model (速度モデルを表示) と関連するボタンは、1つの速度モデルを黒で表示し、グレーのシェーディングで表示します。3つのモデルを表示(*Show three models*)と関連するボタンは、1つのモデルを赤で表示し、ダウンラインに隣接するモデルを緑で、アップラインに隣接するモデルを青で、合計3つのモデルを表示する。すべてのモデルを表示(*Show all models*)と関連するボタンは、赤、青、緑で始まるすべてのモデルを表示します。全モデルを表示することで、個々のモデルではなく、全体的な傾向を見分けることができるからです。

速度モデル表示ボタンは、分散曲線から速度モデル表示に切り替えるのに便利です。

7.6.5 ショーモデル (オプション)

[SW-2D以上]



セクション7.3.2(ページ 348)では、*Option*を選択し、カーブの数を入力することで、一表示される分散カーブの数をカスタマイズする方法を説明しています。これは、速度モデルの数にも適用されます。例えば、5つの分散曲線を表示する場合、*Velocity model | Show models (option)* を選択すると、以下のモデルだけが表示されます。

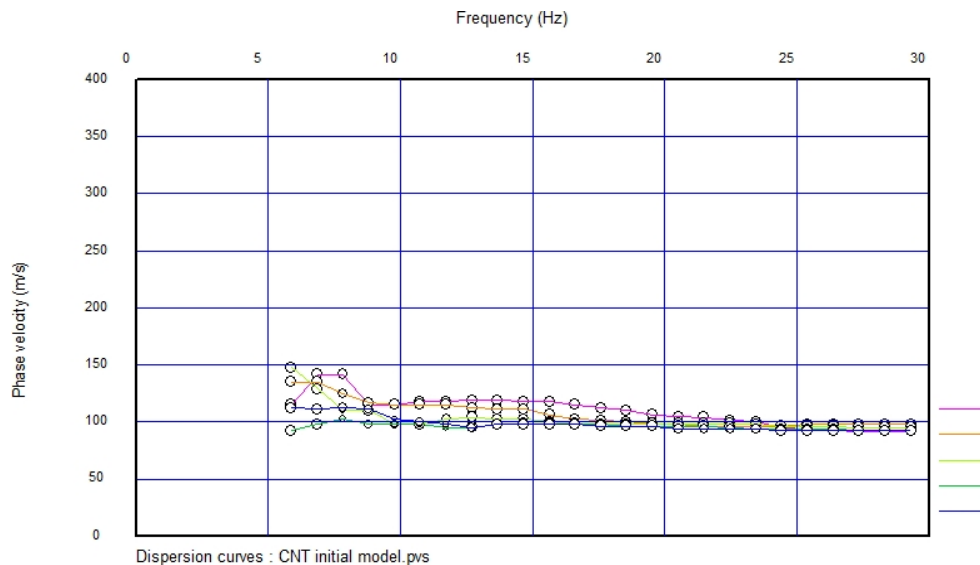


図210: 分散曲線。

表示された分散曲線について

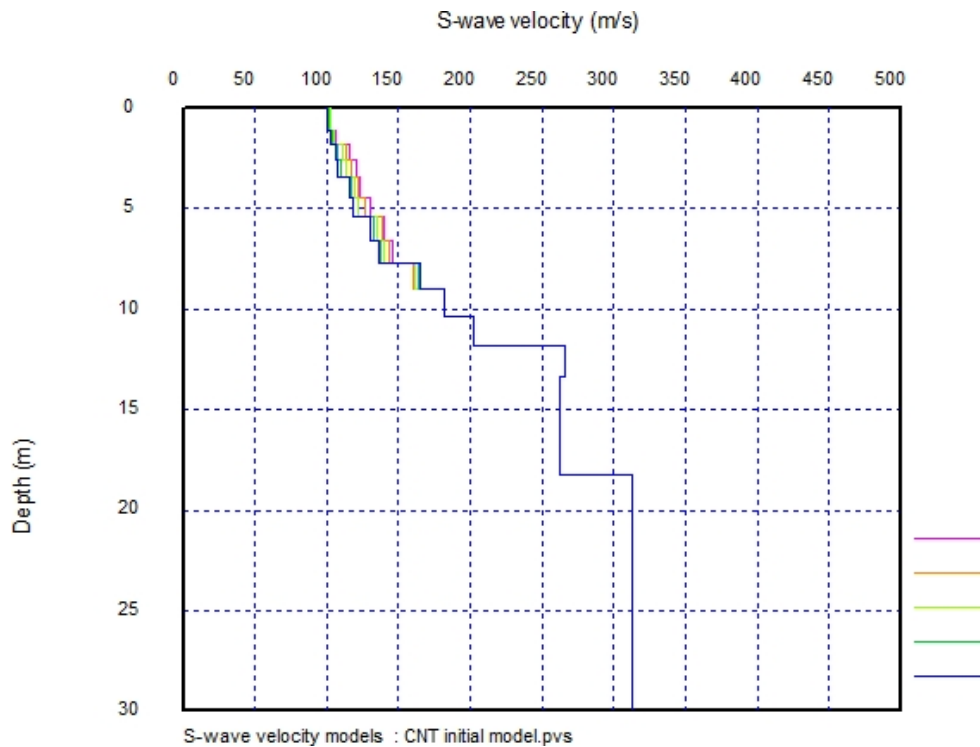
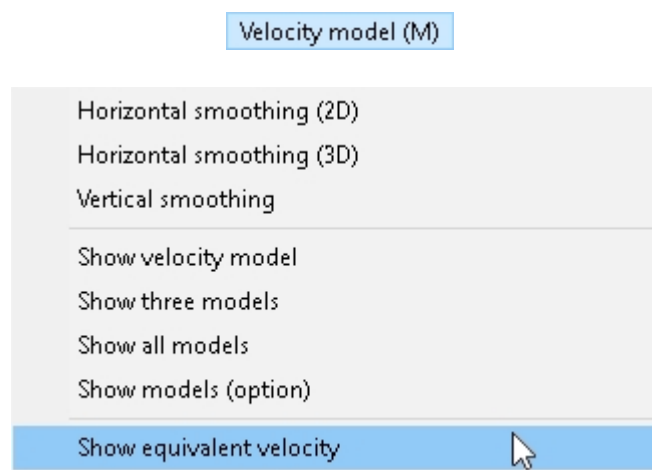


図211: 図210の。分散曲線に対応する速度モデル

分散曲線をスクロールするのと同じように、  ボタンを使ってモデルをスクロールすることができる。

7.6.6 等価速度を表示



このオプションを切り替えることで、"等価" (平均) 速度を表示することができる:

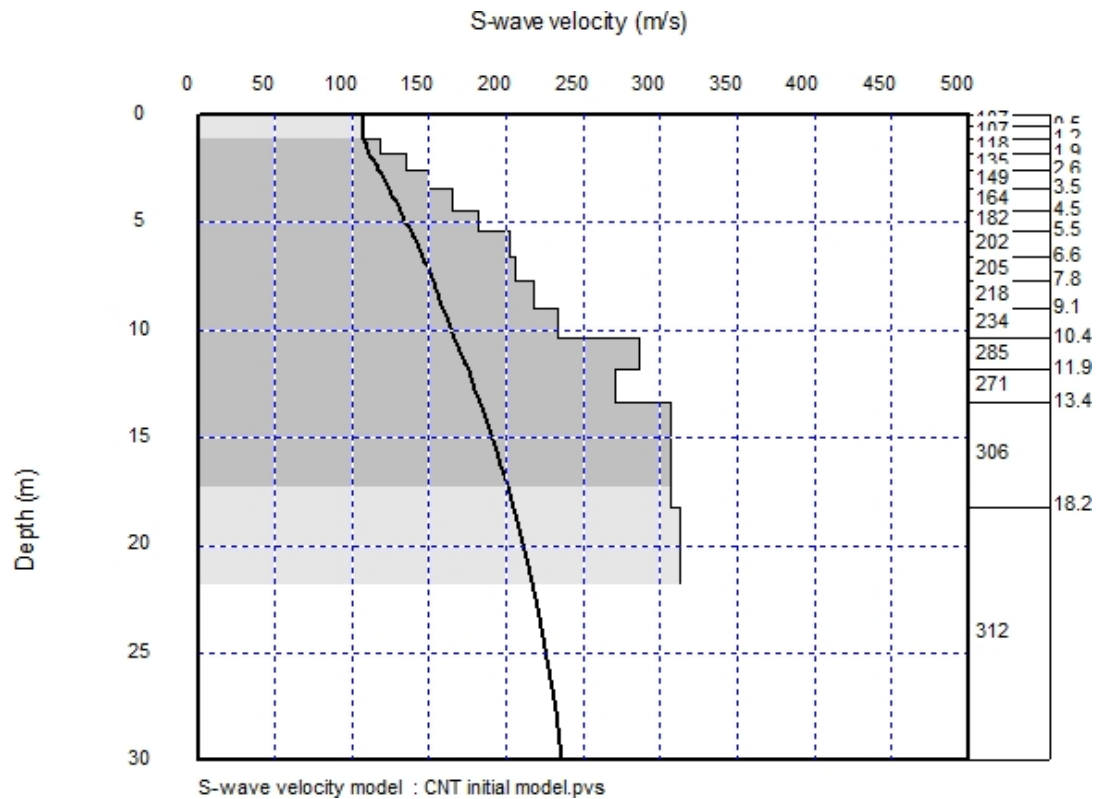
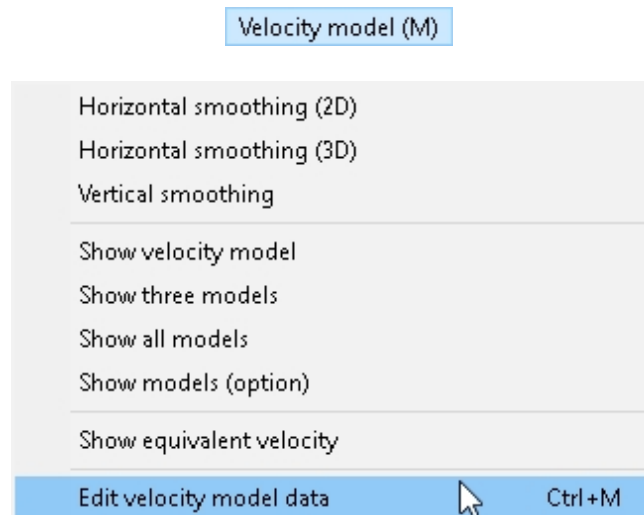
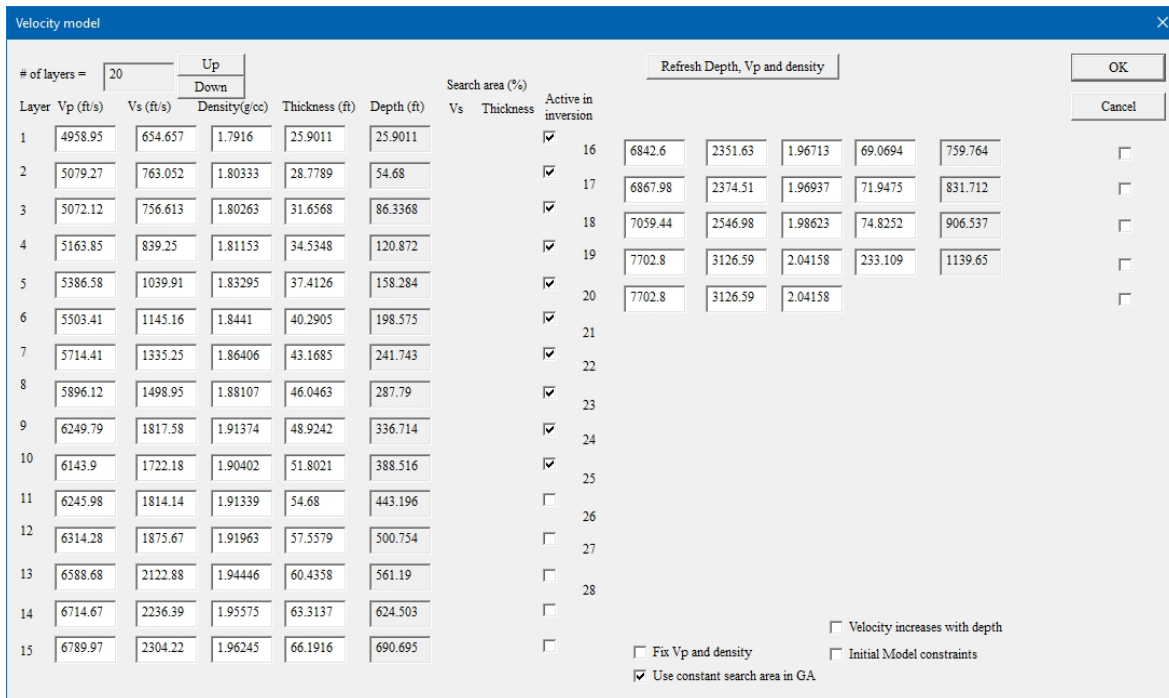


図212: 平均速度持つ速度モデル。

7.6.7 速度モデルデータの編集 [CTRL+M]



必要に応じて、速度モデルデータを手動で編集することができます。 *Velocity model* | *Edit velocity model data* を選択します:



Layer	Vp (ft/s)	Vs (ft/s)	Density(g/cc)	Thickness (ft)	Depth (ft)	Search area (%)	Active in inversion
1	4958.95	654.657	1.7916	25.9011	25.9011		<input checked="" type="checkbox"/>
2	5079.27	763.052	1.80333	28.7789	54.68		<input checked="" type="checkbox"/>
3	5072.12	756.613	1.80263	31.6568	86.3368		<input checked="" type="checkbox"/>
4	5163.85	839.25	1.81153	34.5348	120.872		<input checked="" type="checkbox"/>
5	5386.58	1039.91	1.83295	37.4126	158.284		<input checked="" type="checkbox"/>
6	5503.41	1145.16	1.8441	40.2905	198.575		<input checked="" type="checkbox"/>
7	5714.41	1335.25	1.86406	43.1685	241.743		<input checked="" type="checkbox"/>
8	5896.12	1498.95	1.88107	46.0463	287.79		<input checked="" type="checkbox"/>
9	6249.79	1817.58	1.91374	48.9242	336.714		<input checked="" type="checkbox"/>
10	6143.9	1722.18	1.90402	51.8021	388.516		<input checked="" type="checkbox"/>
11	6245.98	1814.14	1.91339	54.68	443.196		<input type="checkbox"/>
12	6314.28	1875.67	1.91963	57.5579	500.754		<input type="checkbox"/>
13	6588.68	2122.88	1.94446	60.4358	561.19		<input type="checkbox"/>
14	6714.67	2236.39	1.95575	63.3137	624.503		<input type="checkbox"/>
15	6789.97	2304.22	1.96245	66.1916	690.695		<input type="checkbox"/>

Refresh depth, v_p and density を押して、 v_s - v_p と v_p -密度の関係を使用して v_s と密度を更新する。

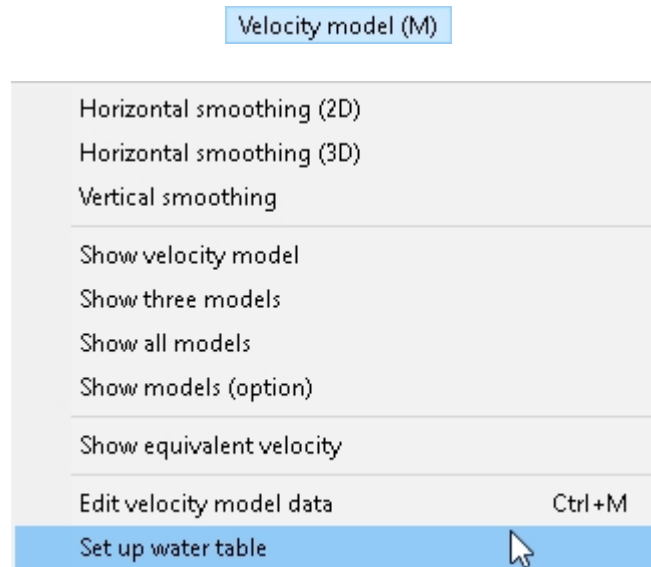
v_p と密度をダイアログに表示された値に保つには、*Fix v_p and density* にチェックを入れます。このボックスのチェックを外すと、 v_p と密度は v_s から自動的に計算されます。

遺伝的アルゴリズムの探索半径を個別に設定したい場合は、*Use constant search area in GA* のチェックを外します。この機能はほとんど使用されません。 support@seisimager.com お問い合わせください。

Velocity increases with depth (深さとともに速度が増す) をチェックし、深さとともに速度が増すようにする。

初期モデル制約をチェックして、インバージョンで変更される v_s の領域 ($\pm 30\%$) を設定する。

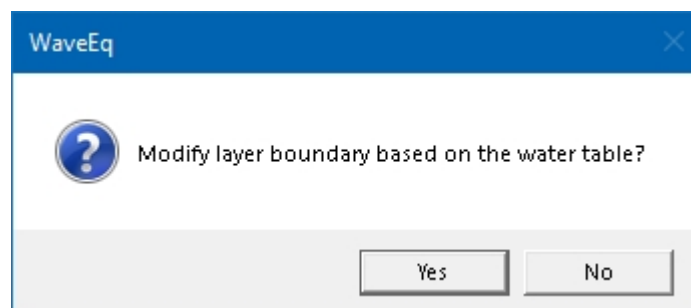
7.6.8 ウォーターテーブルの設置



流速モデルが作成されると、**水位設定**を使って水位深度を設定することができます。デフォルトの水位はゼロなので、該当する値を入力してOKを押す。

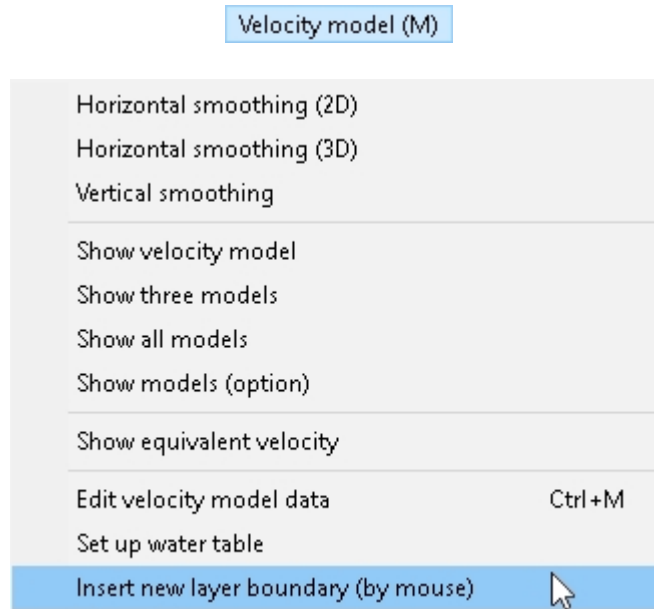


モデル層の境界が水位深度に配置されるように調整されます。プレス「はい」で確定する。



これで水位が設定された。**表示**メニューを開き、**[水位深度を表示]**を選択すると、水位が流速モデル上の標準水位シンボルと青い線が表示されます。

7.6.9 新しいレイヤーの境界を挿入（マウス操作）



新しいレイヤーを挿入するには、*Velocity*|*Insert new layer boundary*を選択し（マウスで）、レイヤーを挿入する深さをクリックします。下は未編集の速度モデルです：

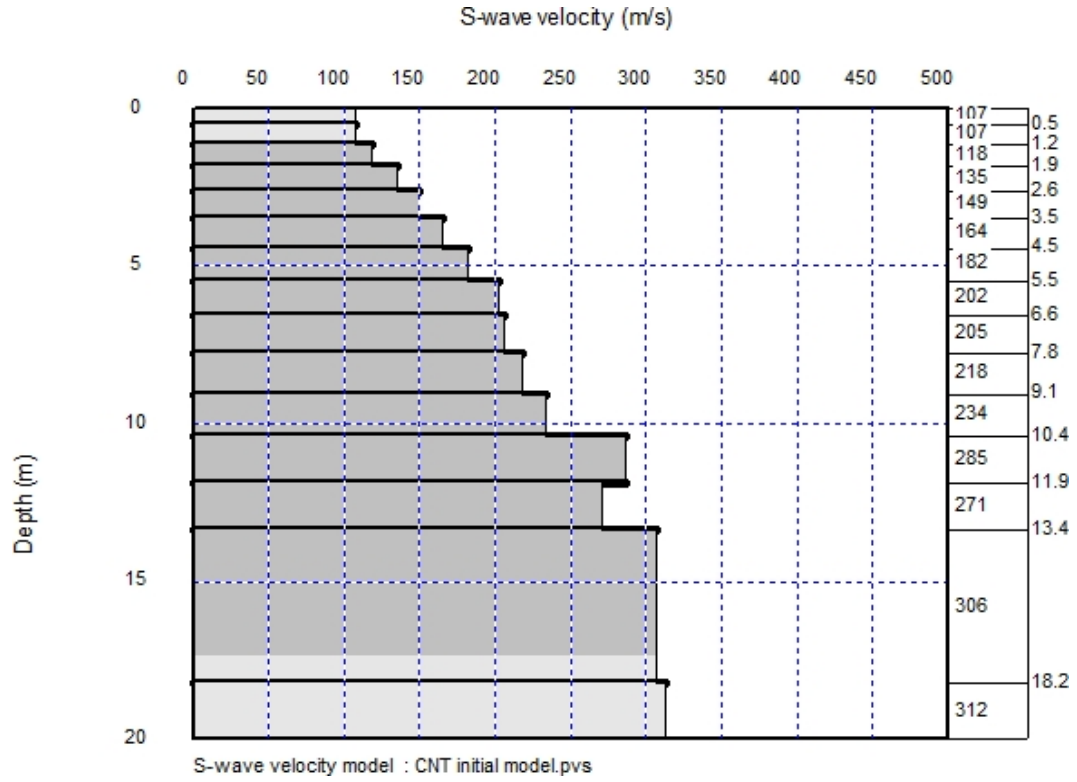


図213: v_s モデル。

次は同じモデルで、14.6メートルの位置に新しいレイヤーを挿入した:

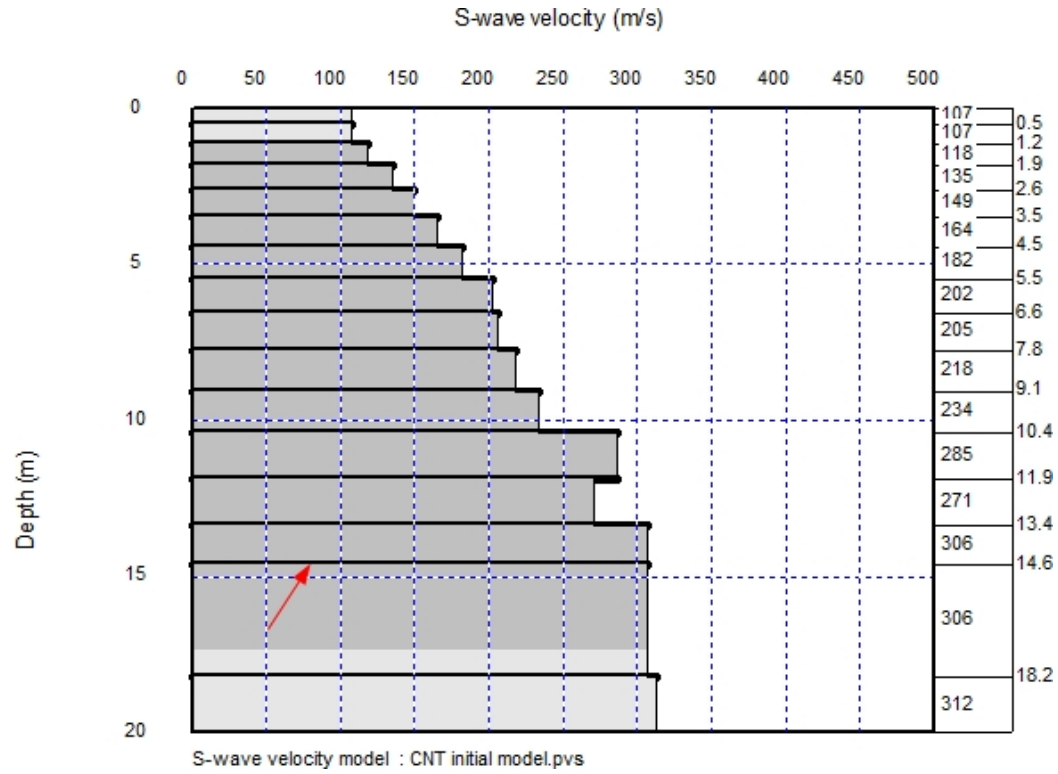
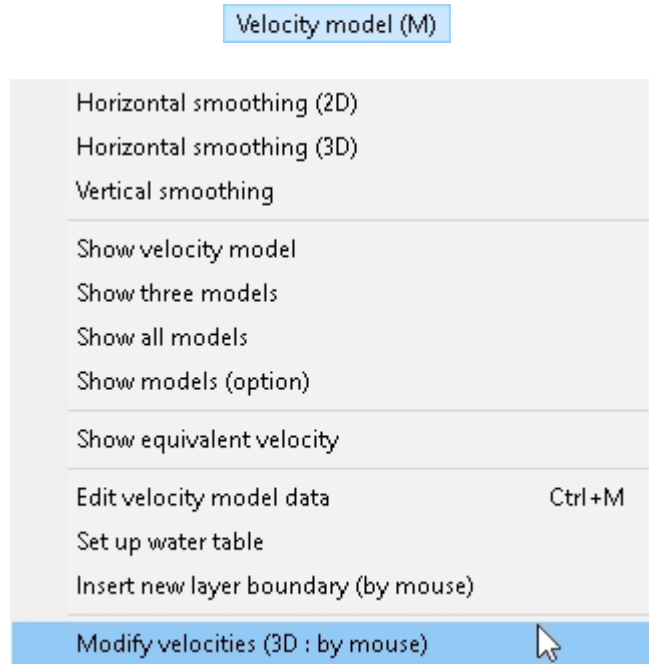


図214: 新しいレイヤーをした図213の速度モデル。

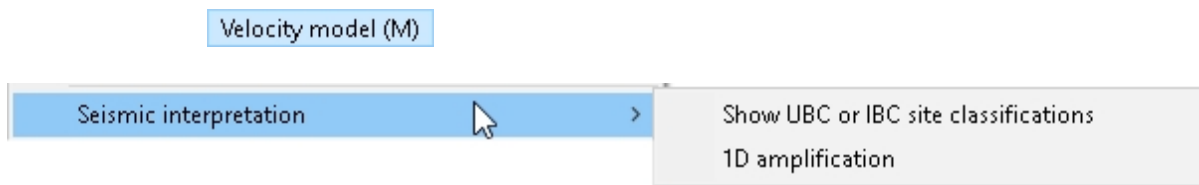
新しいレイヤーの速度を更新するには、セクション[7.6.7](#) (462ページ) を参照のこと。

7.6.10 速度の変更 (3D: マウス操作)



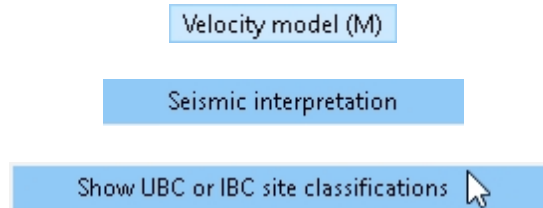
この機能により、3D内の速度を修正することができます。 support@seisimager.com。

7.6.11 地震学的解釈



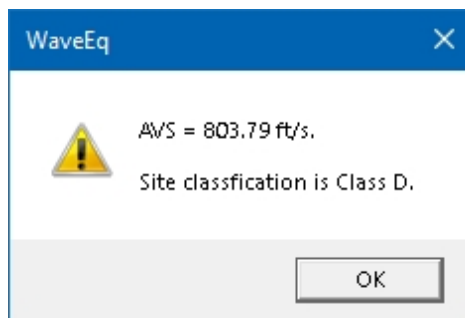
次の2つのセクションに示すように、任意の速度モデルに対してサイト分類と地盤増幅率を表示することができる。

7.6.11.1 UBCまたはIBCのサイト分類を表示



セクション7.3.14(375ページ)に記載されている平均 v_{s0} の計算に加え、*UBC*又は*IBC*のサイト分類を選択することにより、関連するサイト分類を決定することができる。は統一建築基準法(1997)であり、メートル単位を使用している。IBC (2000年、2003年) はUBCに基づいているが、英語単位を使用している。詳細は、Building Seismic Safety Council (1997)、International Code Council (2000, 2003)、Underwood and Hayashi (2005)を参照のこと]。

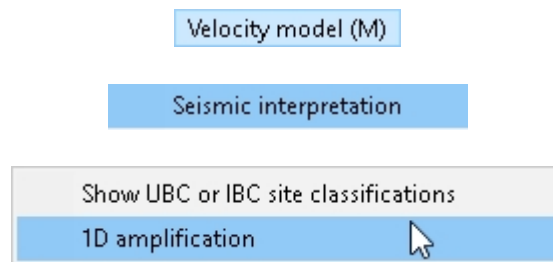
「*UBC*または*IBC*のサイト分類を表示」を選択すると、平均 v_{s0} が計算され、関連するサイト分類とともに表示される (表16)。




Site class	Soil type	UBC V_s30	IBC V_s100
Class A	hard rock	$V_s30 > 1,500$ m/s	$V_s100 > 5,000$ ft/s
Class B	rock	$760 < V_s30 \leq 1500$ m/s	$2,500 < V_s100 \leq 5,000$ ft/s
Class C	very dense soil, soft rock	$360 < V_s30 \leq 760$ m/s	$1,200 < V_s100 \leq 2,500$ ft/s
Class D	stiff soil	$180 < V_s30 \leq 360$ m/s	$600 < V_s100 \leq 1,200$ ft/s
Class E	soft soil	$V_s30 < 180$ m/s	$V_s100 < 600$ ft/s
Class F	soils requiring site specific evaluation	Non-applicable	Non-applicable

表 16: UBC/IBC サイト分類。

7.6.11.2 1d増幅



Velocity Model| Seismic Interpretation| 1D 選択するか、 を押して、多重反射に基づくSH波の増幅を計算する。

モデルB (44ページ) の増幅の例を以下に示します。アンプリフィケーションは、H/V スペクトラム・ディスプレイ上に太い黄土色の線で表示されます。

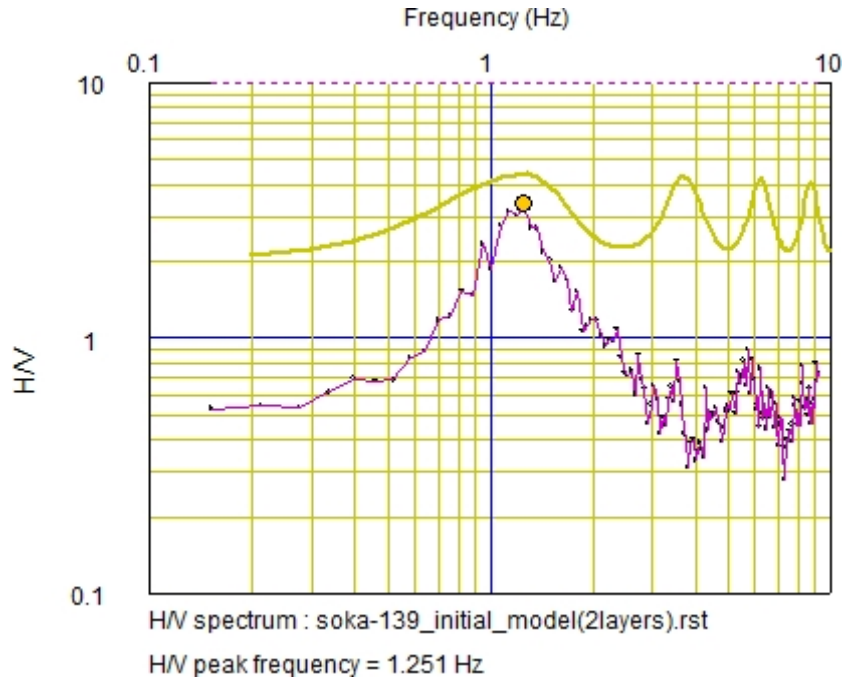
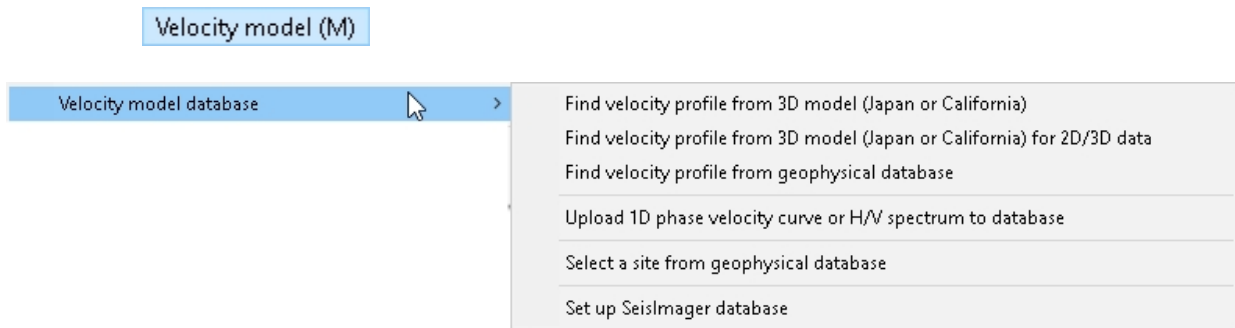


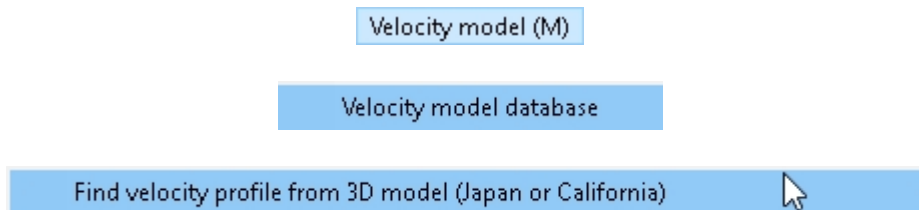
図215: H/V曲線と対応する増幅曲線。

7.6.12 速度モデルデータベース



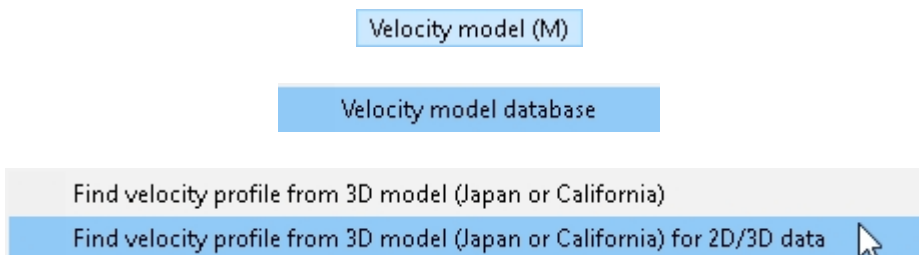
以下のサブメニューの項目はめったに使用されませんが、使用される場合は一般的にジオメトリックスのサポートが必要です。

7.6.12.1 3Dモデルから速度プロファイルを検索する（日本またはカリフォルニア州）



support@seisimager.com。

7.6.12.2 3Dモデル（日本またはカリフォルニア）から2D/3Dデータの速度プロファイルを求める



support@seisimager.com。

7.6.12.3 物理探査データベースから速度分布を求める

Velocity model (M)

Velocity model database

Find velocity profile from 3D model (Japan or California)

Find velocity profile from 3D model (Japan or California) for 2D/3D data

Find velocity profile from geophysical database

support@seisimager.com。

7.6.12.4 1次元位相速度曲線またはH/Vスペクトルをアップロードするデータベース

Velocity model (M)

Velocity model database

Find velocity profile from 3D model (Japan or California)

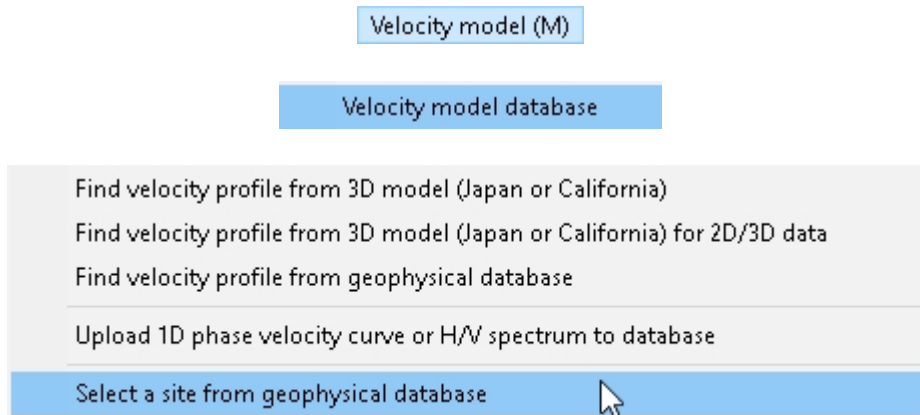
Find velocity profile from 3D model (Japan or California) for 2D/3D data

Find velocity profile from geophysical database

Upload 1D phase velocity curve or H/V spectrum to database

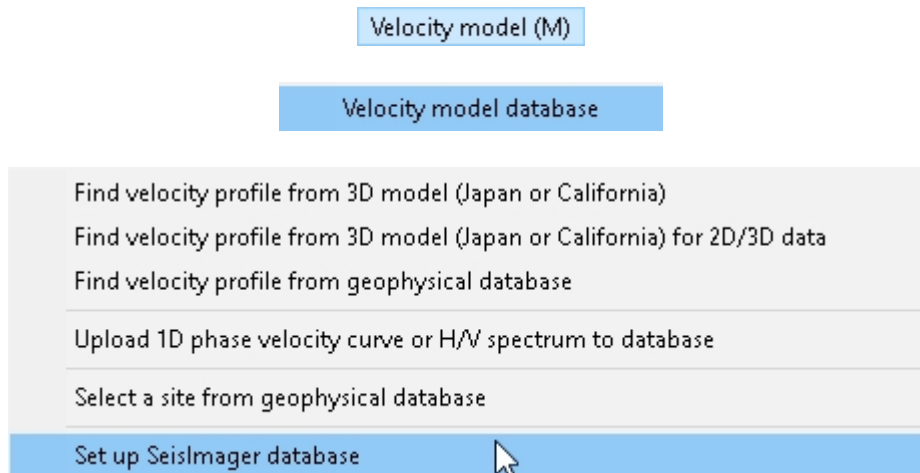
support@seisimager.com。

7.6.12.5 物理量データベースからサイトを選択



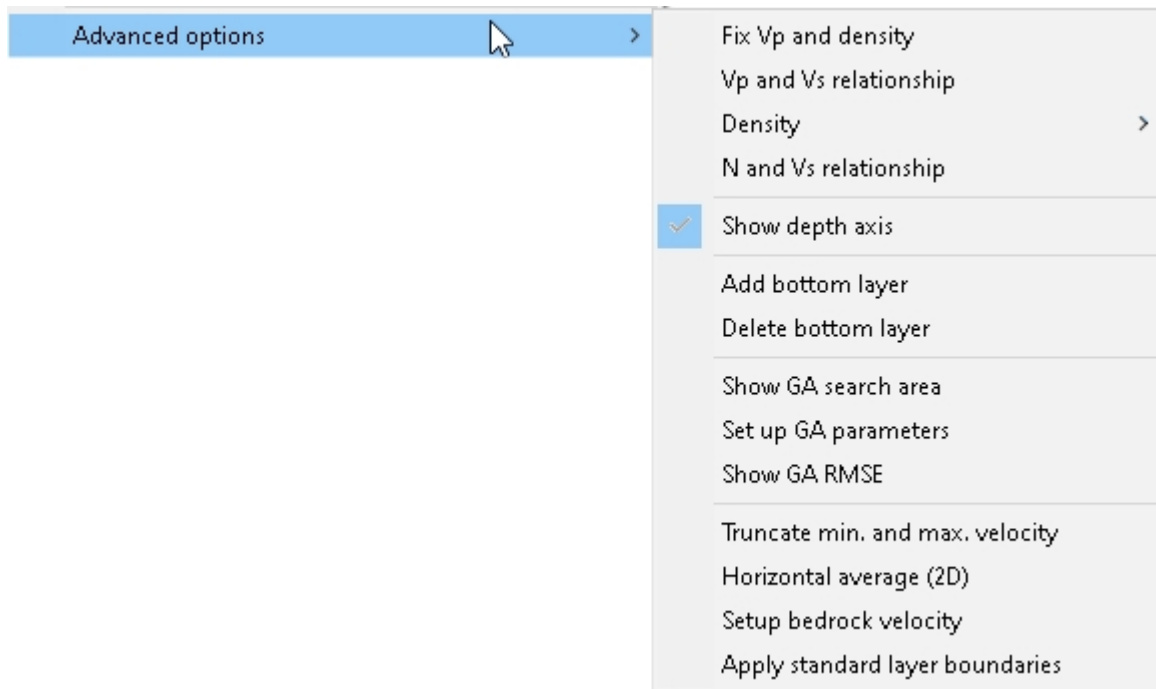
support@seisimager.com。

7.6.12.6 SEISIMAGERデータベースのセットアップ

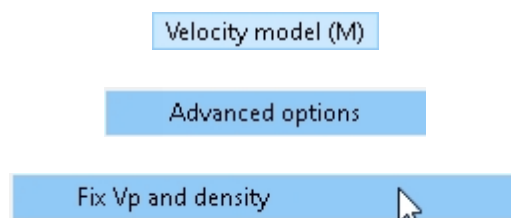


support@seisimager.com。

7.6.13 高度なオプション

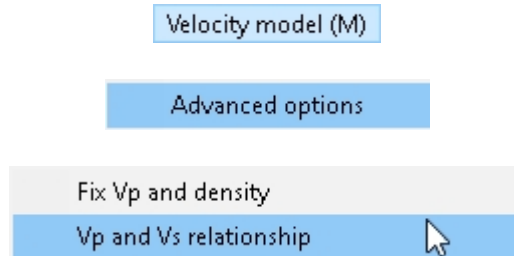


7.6.13.1 VPと密度を固定する



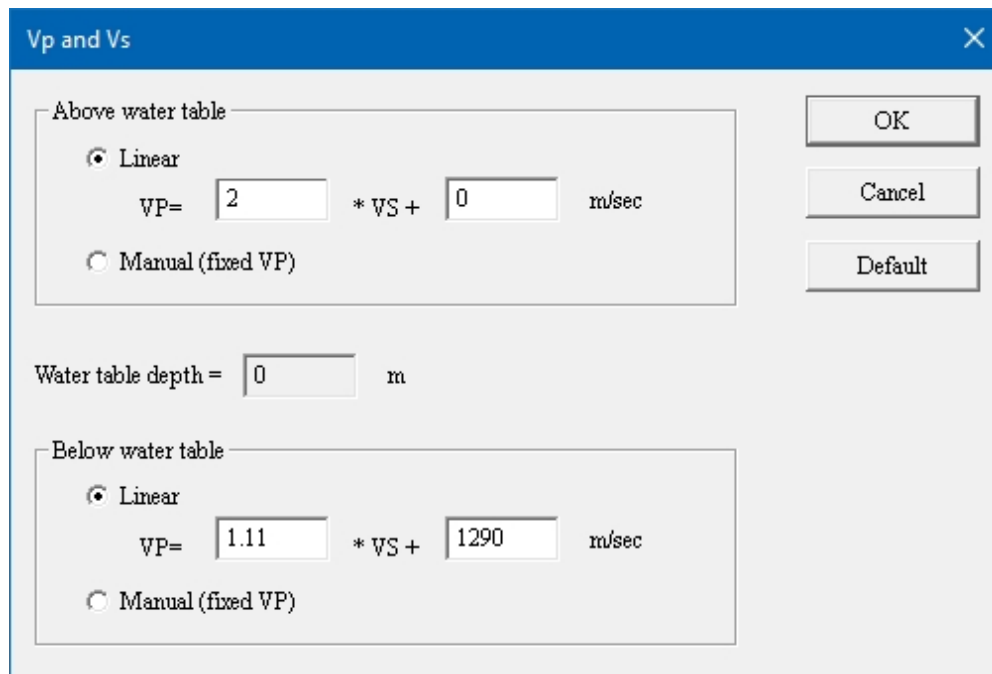
Fix v_p and Density はめったに使用されませんが、使用される場合は一般的にGeometrics社のサポートが必要です。この機能については、support@seisimager.comまでお問い合わせください。密度オプションも同様です。

7.6.13.2 VPとvsの関係



Vpとvsの関係ダイアログボックスでは、vsからVpを計算する方程式をカスタマイズすることができます。

vsからVpを計算するためのデフォルトの方程式を変更するには、Vpとvsの関係を選択する（ダイアログボックスは、上に表示されているメートル単位が選択されている場合、下に表示されている英語単位が選択されている場合）。式は、水位設定ダイアログボックス（セクション7.6.8、ページ464）の速度モデルメニューで設定された水位深さで、水位上と水位下に定義することができます。水位上のデフォルトの方程式は単純に $2v_s$ である。水位下のデフォルトの式はKitsunezaki (1990)のものである。相速度に対する v_p の影響は通常最小であり、これらの関係はほとんどのモデルに適している。


 A dialog box titled 'Vp and Vs' with a close button (X) in the top right. It contains two sections: 'Above water table' and 'Below water table'. Each section has a radio button for 'Linear' (selected) and 'Manual (fixed VP)'. The 'Above water table' section shows the equation $Vp = 2 * Vs + 0$ m/sec. The 'Below water table' section shows the equation $Vp = 1.11 * Vs + 1290$ m/sec. A 'Water table depth = 0 m' field is located between the two sections. On the right side, there are three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Default'.

Vp and Vs
✕

Above water table

Linear
 VP= * VS + ft/sec

Manual (fixed VP)

Water table depth = ft

Below water table

Linear
 VP= * VS + ft/sec

Manual (fixed VP)

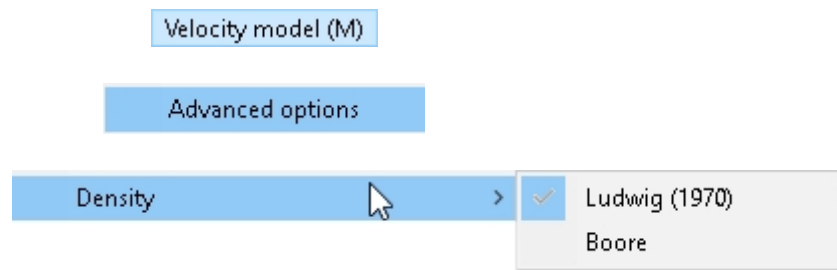
OK

Cancel

Default

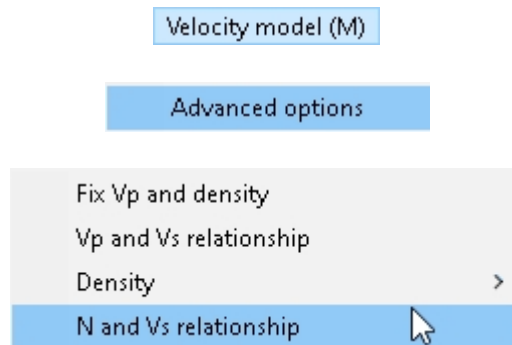
リレーションシップは、*Manual*を選択し、 v_p 値を入力することで手動で設定することもできます。表示メニューの「PS結果ファイルを開く」。

7.6.13.3 密度



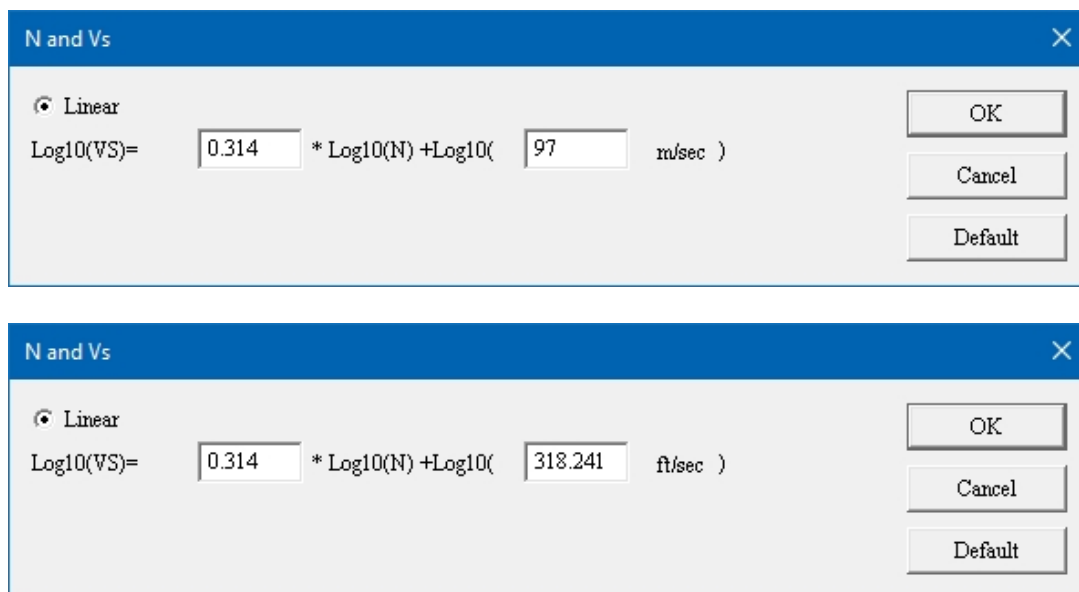
この機能のデフォルトはLudwig (1970)で、変更されることはほとんどありません。 support@seisimager.com。

7.6.13.4 nと v_s の関係



NとVSの関係ダイアログボックスでは、 v_s からNを計算する方程式をカスタマイズできる。

v_s からNを計算するためのデフォルトの方程式を変更するには、Nと v_s の関係を選択する（表示されているのがメートル単位を選択したダイアログボックス、表示されているのが英語単位を選択したダイアログボックス）。デフォルトの方程式は Imai and Tonouchi (1982)のものである。この関係はほとんどのモデルに適している。

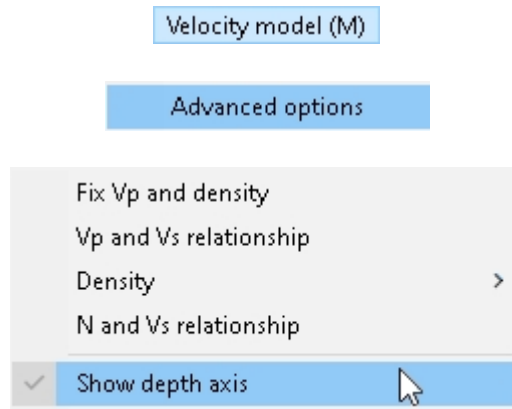


該当する場合、密度の計算式は以下の通りである [Ludwig *et al.* (1970)].

$$\rho = 1.2475 + 0.399v_p - 0.026v_p^2$$

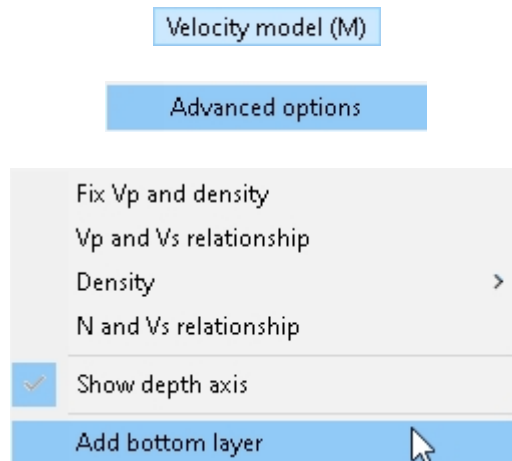
デフォルト値に戻すには、*Default* を押す。

7.6.13.5 デプス軸を表示



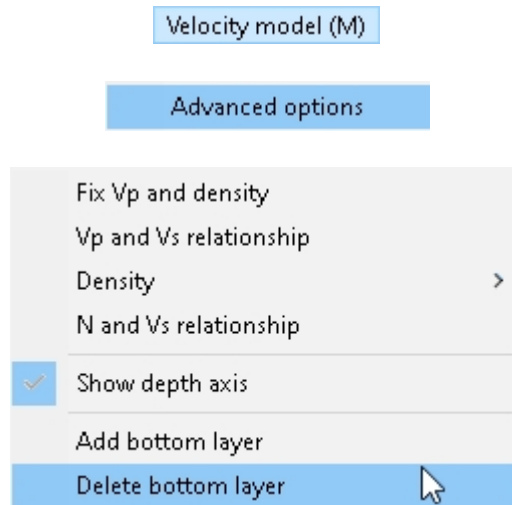
support@seisimager.com。

7.6.13.6 ボトムレイヤーの追加



support@seisimager.com。

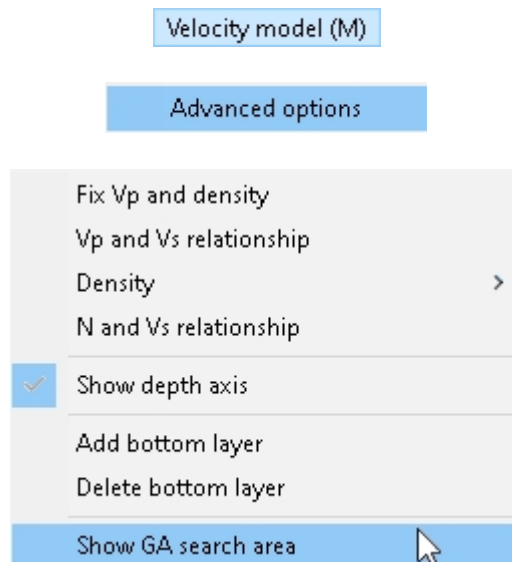
7.6.13.7 ボトムレイヤーの削除



support@seisimager.com。

7.6.13.8 検索エリアを表示する

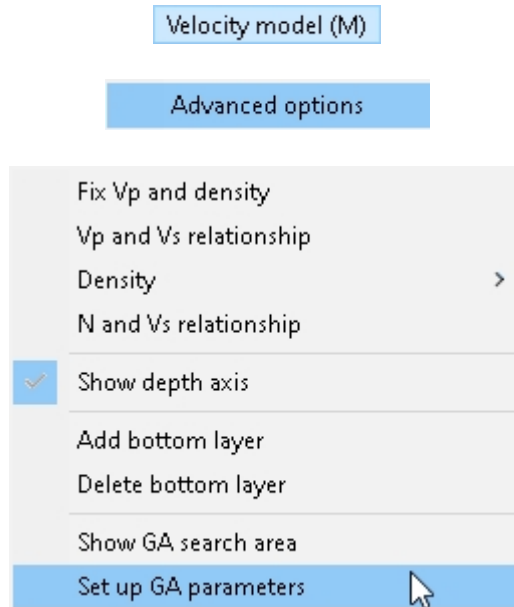
[SWプロ]



support@seisimager.com。

7.6.13.9 GAパラメータの設定

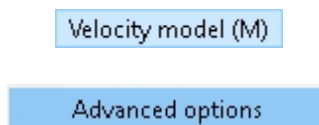
[SWプロ]

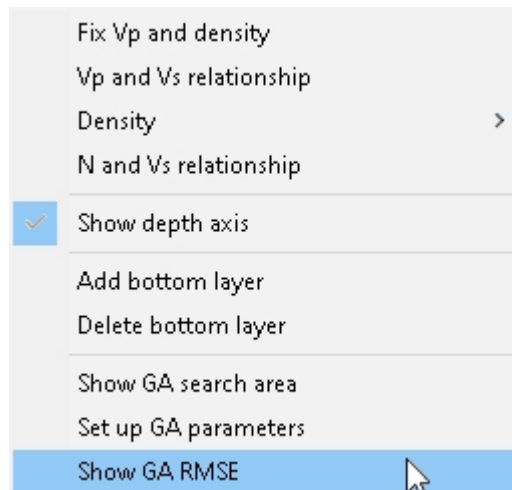


support@seisimager.com。

7.6.13.10 GA RMSEを表示する

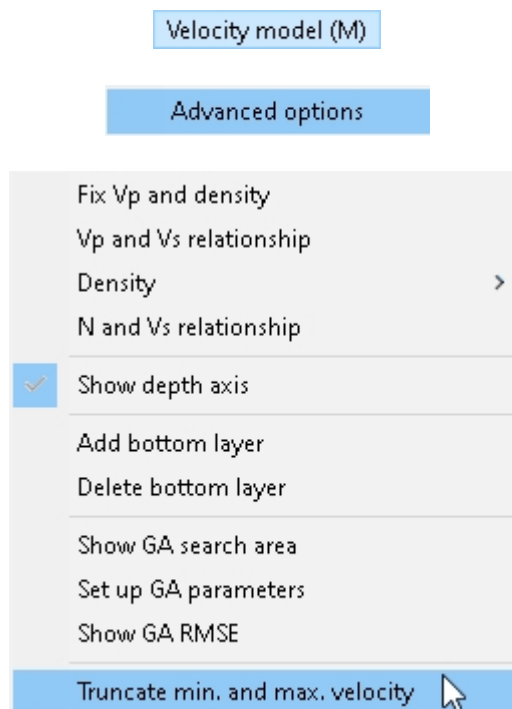
[SWプロ]





support@seisimager.com。

7.6.13.11 最小値と最大値を切り捨てる速度



指定された速度モデルの最小速度と最大速度を設定するには、*Truncate min. and max. velocity*を選択して、次のダイアログボックスを表示します。

Min. and max. velocity
✕

Min. velocity	<input style="width: 80%;" type="text" value="94.57"/>	m/sec	<input style="width: 90%;" type="button" value="OK"/>
Max. velocity	<input style="width: 80%;" type="text" value="310.099"/>	m/sec	<input style="width: 90%;" type="button" value="Cancel"/>

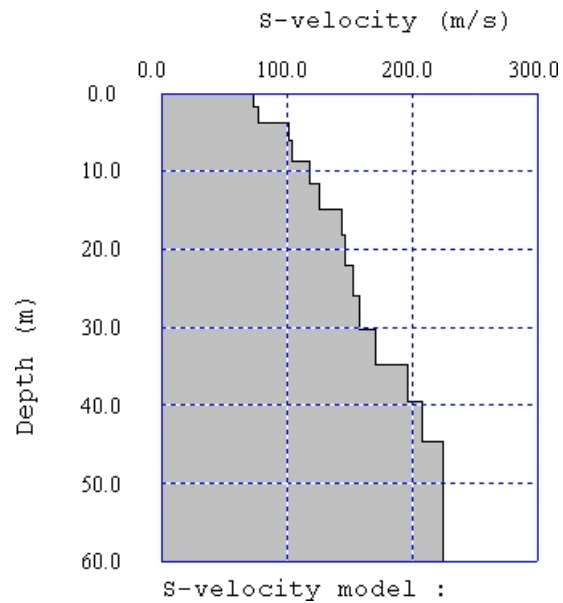


図216: v_s モデル。

新しい境界を設定するには、必要に応じて新しい値を入力し、OKを押します。最大速度 (Max. velocity) に入力した値は、再度変更するか、新しいWaveEqインスタンスを開かない限り、そのWaveEqセッションで保持されることに注意してください。

Min. and max. velocity
✕

Min. velocity	<input style="width: 80%;" type="text" value="335"/>	ft/sec	<input style="width: 90%;" type="button" value="OK"/>
Max. velocity	<input style="width: 80%;" type="text" value="1950"/>	ft/sec	<input style="width: 90%;" type="button" value="Cancel"/>

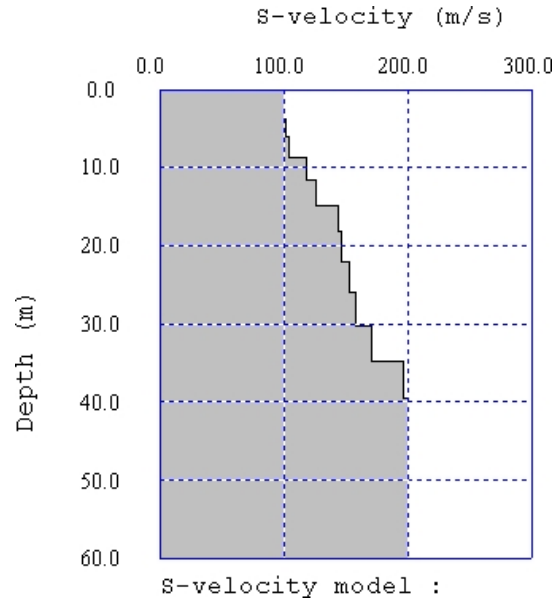
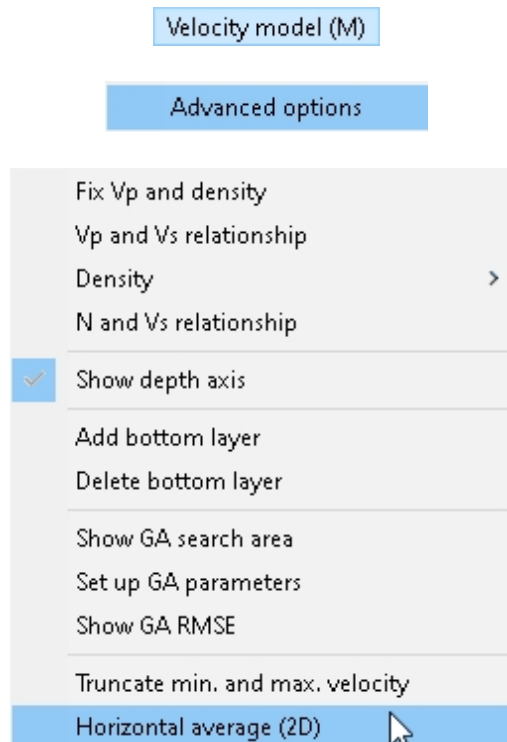


図217: 図216の。速度モデルを切り詰めたもの

通常、最小速度と最大速度の切り捨ては、ゼロから初期モデルを構築するとき使用される。

7.6.13.12 水平平均 (2D)



断面速度モデルを距離方向に一様にするには、**水平平均(2D)**を選択します。このプロセスでは、各深度での平均値を使用して速度モデルを再計算します。水平方向にばらつきのある元のモデル（下図左）は、単純化された水平方向に一様なモデル（下図右）に変換されます。

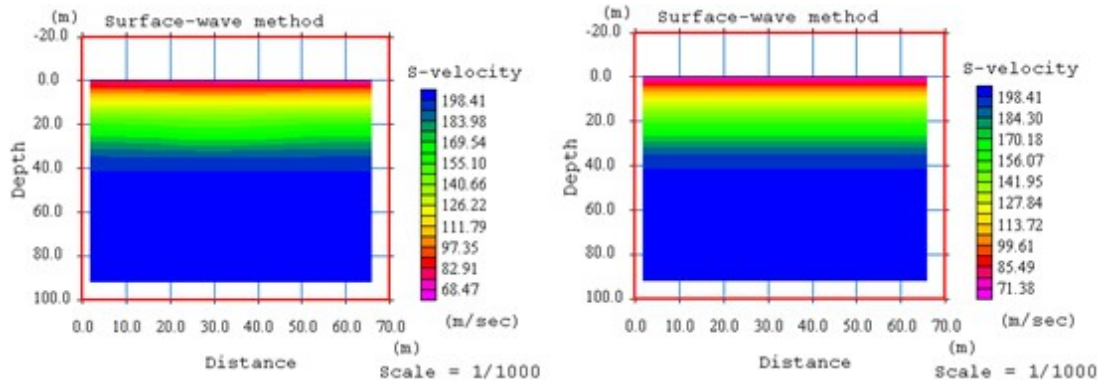
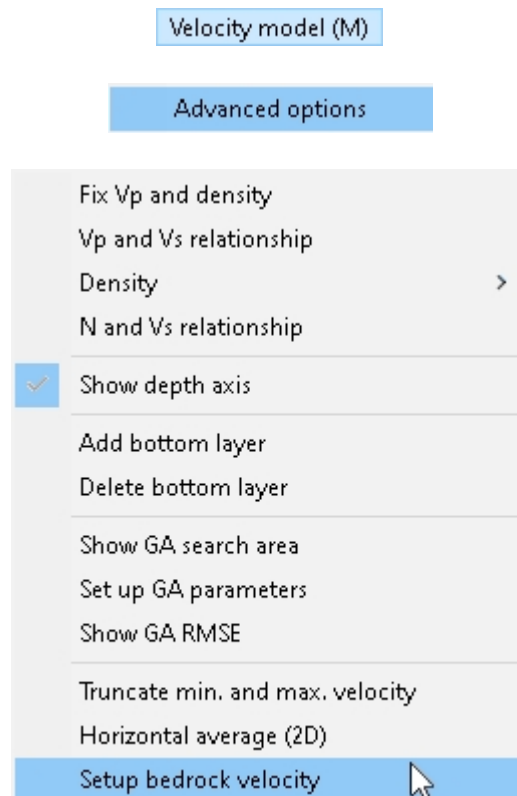


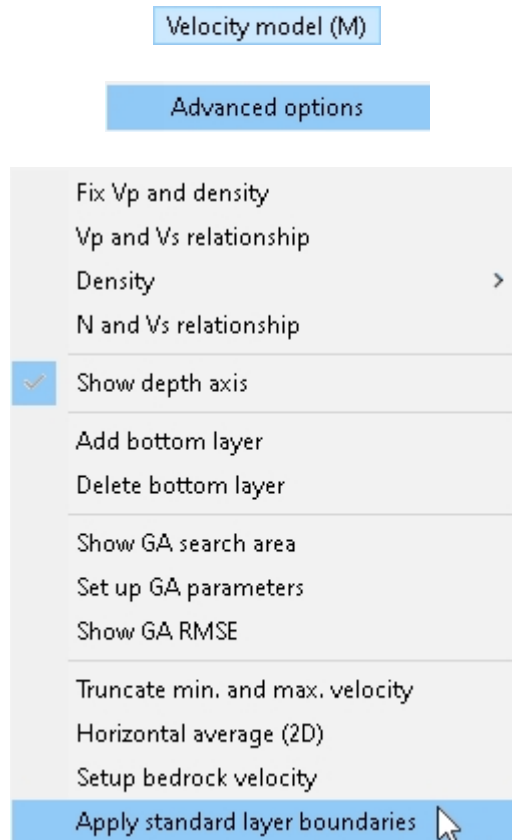
図218: オリジナル速度モデル (左) と水平平均モデル (右)。

7.6.13.13 岩盤速度の設定



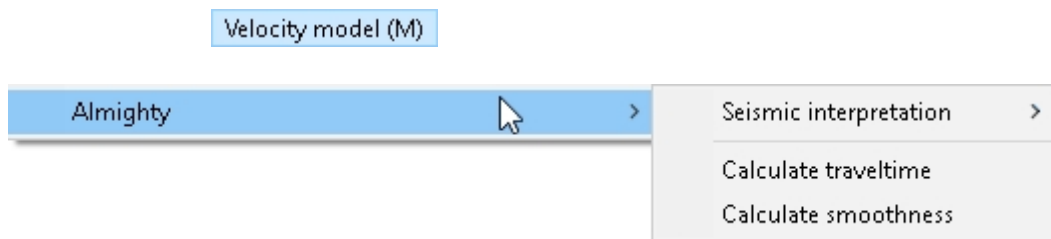
support@seisimager.com。

7.6.13.14 標準レイヤーの境界を適用する



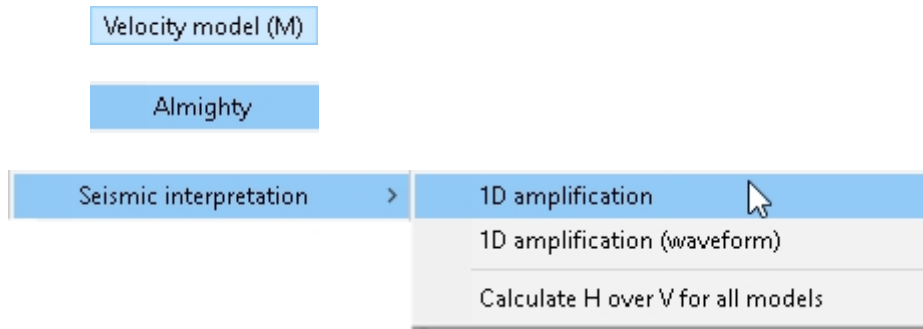
support@seisimager.com。

7.6.14 アルマイティ



以下のサブメニューの項目は、ジオメトリックス社内部でのみ使用されます。

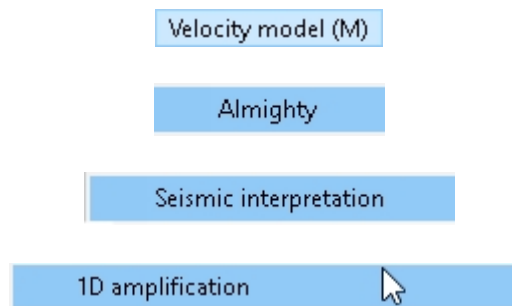
7.6.14.1 地震学的解釈



続ける。

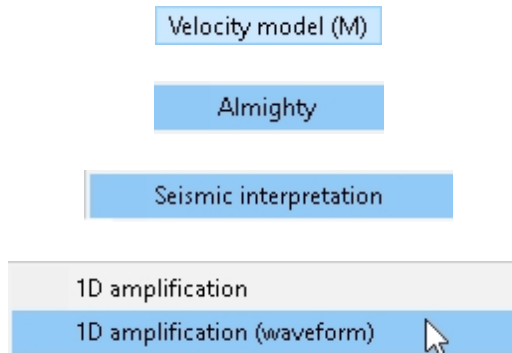
7.6.14.1.1 1d増幅

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



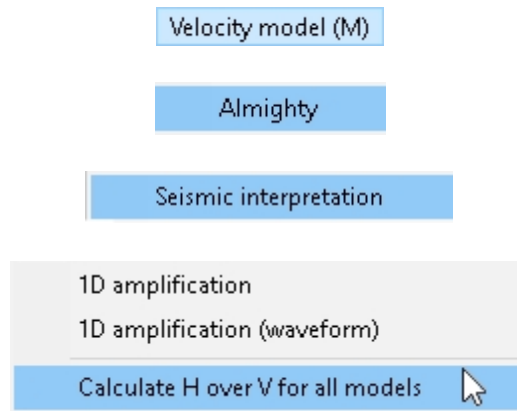
7.6.14.1.2 1次元増幅（波形）

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



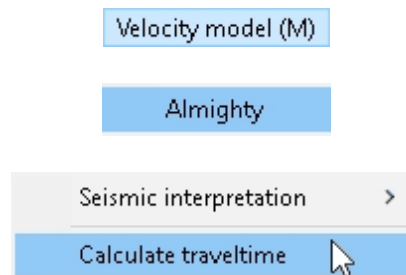
7.6.14.1.3 すべてのモデルについて、VよりHを計算する

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



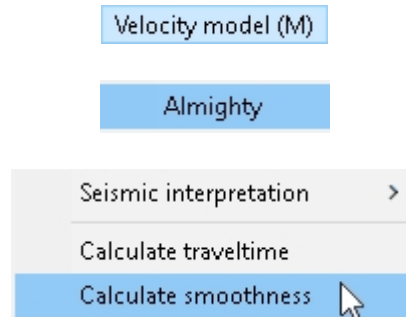
7.6.14.2 移動時間の計算

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



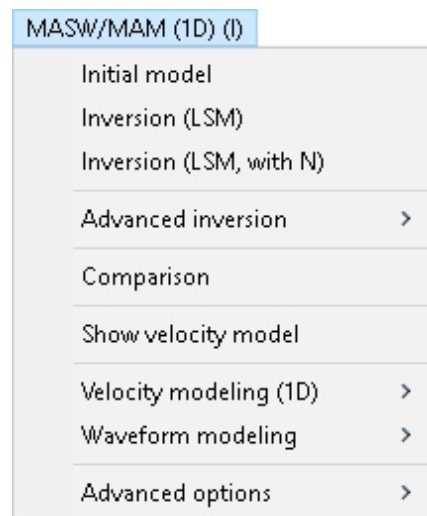
7.6.14.3 滑らかさの計算

[ジオメトリクスの社内使用のみ]




7.7 MASW/MAM (1D) メニュー

MASW/MAM(1D)メニューには、主に1Dデータセットの初期モデルを計算する機能と、修正された初期モデルデータと観測データとの最適なフィットを求めるインバージョンの実行機能が含まれています。その他のモデリング含まれています。MASWという用語はアクティブ・ソース・サーベイを指しますが、MAMデータセットの解析にも同じ機能が適用されます。

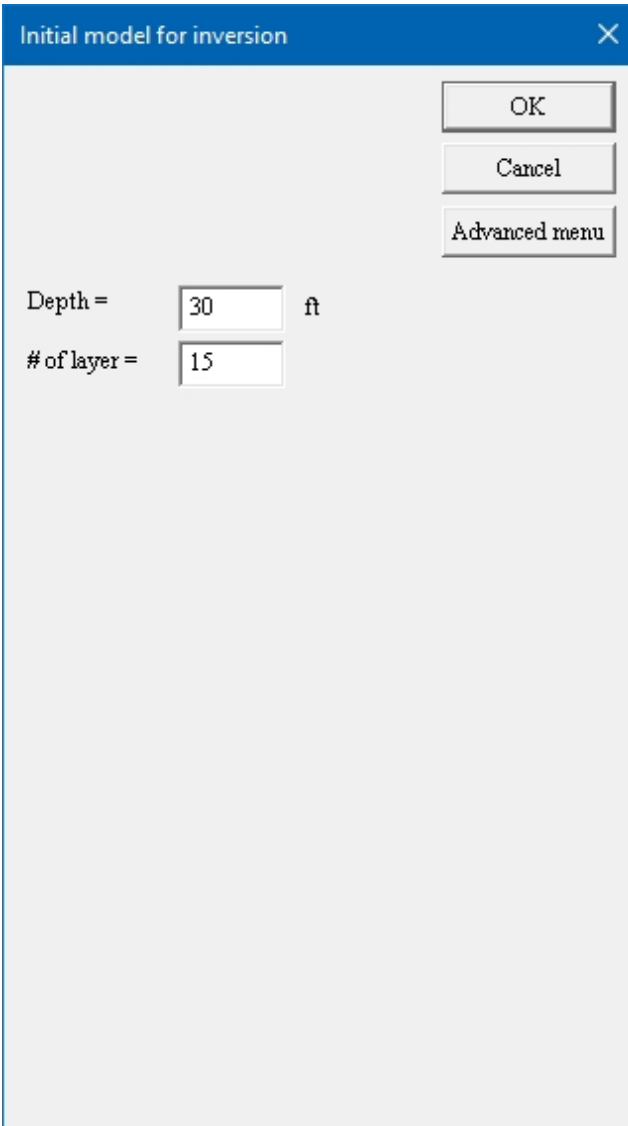


7.7.1 初期モデル

MASW/MAM (1D) (I)

Initial model 

初期 v_s モデルはインバージョンの出発点である。1つの分散曲線に対して初期モデルを生成するには、初期モデルを選択します。インバージョン用の初期モデルダイアログボックスには、デフォルトでは深度と層数のみが表示されます。ほとんどの場合モデルの最大深度のみを入力する必要があり、層数はデフォルト値の15が適しています。



Initial model for inversion

OK

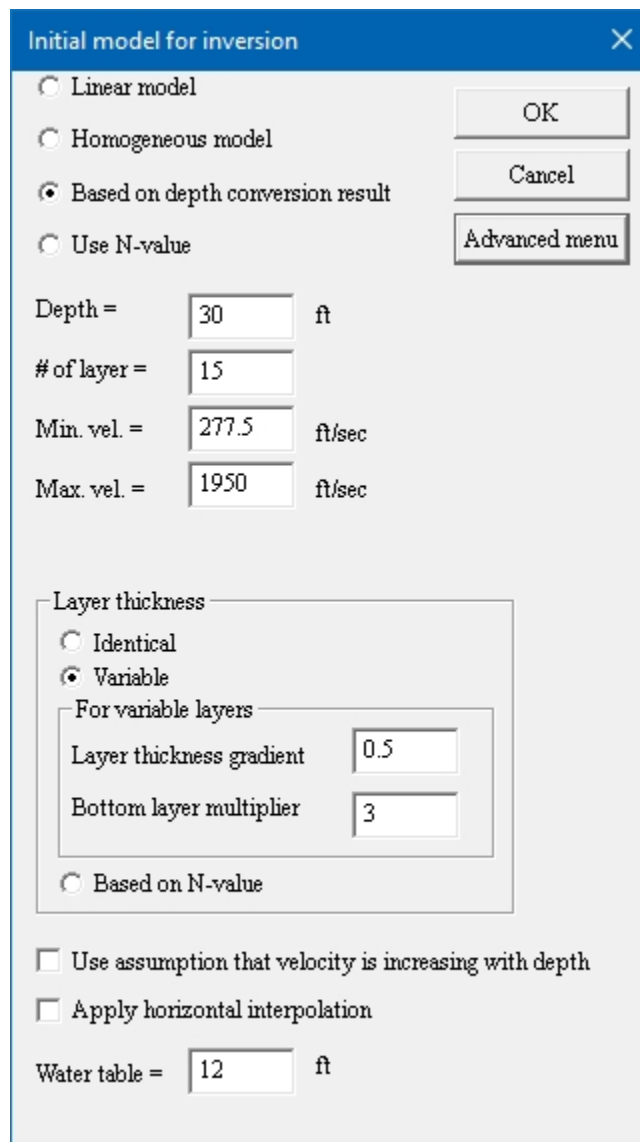
Cancel

Advanced menu

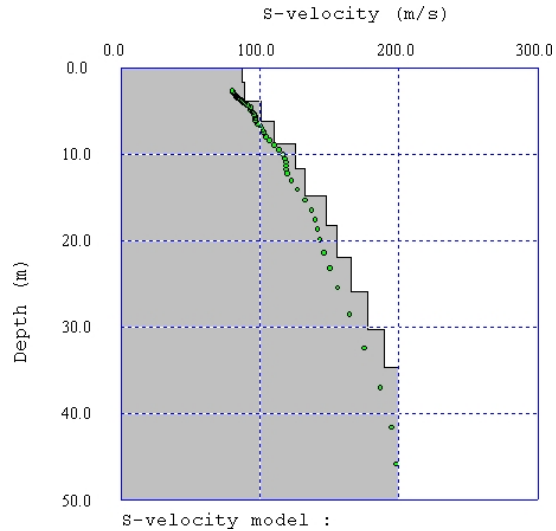
Depth = ft


of layer =

*Advanced*メニューを押すと、残りのパラメーターがデフォルト値で表示されます。通常、これらの設定を変更する必要はありません。これらのパラメーターに関するヘルプは、support@seisimager.com までお問い合わせください。



初期モデルは、デフォルトで *Based on depth conversion result* を使用して計算されます。この方法は、 v_s の推定に位相速度の1.1倍を使用し、深度の推定に3分の1波長近似を使用する。**最小(位相)速度と最大(位相)速度は自動的に割り当てられ、分散曲線で観測された低い値と高い値に直接対応します。最大速度は自動的に最深層に割り当てられます。**

図219: v_s の初期モデル。

あるいは、初期モデルは、線形モデル、均質モデル、またはN値使用によるN値を使って構築することができます。線形モデル（下図左）は、最小速度から始まり、ほぼ最大速度で終わる直線に沿って構築されます（レイヤーの数と構成によっては、モデルは正確に最大速度まで拡張されない場合があります）。均質モデル（下図右）は、深さによる速度の変化はなく、最小速度と最大速度は同じ値です。Show apparent velocity model  ボタンを押すと、Based on depth conversion result modelとLinear modelおよびHomogeneous modelを視覚的に比較することができます。

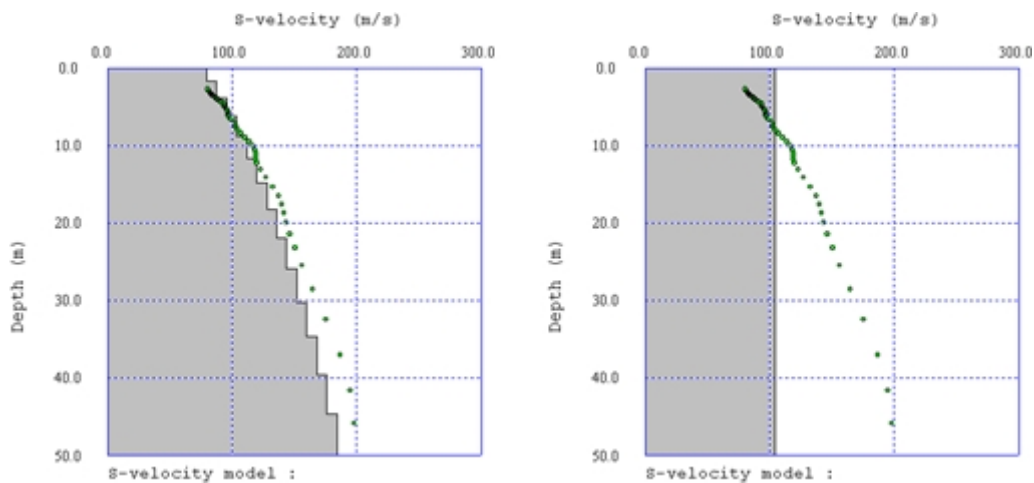
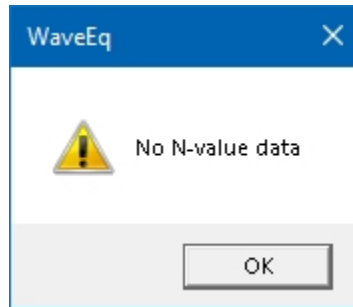


図220: 線形初期モデル（左）と均質初期モデル（右）。

N値に基づいて初期モデルを作成するには、「N値を使用」を選択する。モデルの深さは自動的に最も深いN値に設定される。N値ファイルは、ViewメニューのOpen N-value fileですすでに開いている必要があります。開いていない場合は、その旨が表示されます。OKを押してN値ファイルを開き、初期モデルに戻る。



レイヤーの厚さはすべてのモデルに適用されます。同一」を選択すると、すべてのレイヤーの厚さが等しくなります。デフォルトでは、レイヤーの厚さは可変に設定されているため、レイヤーの厚さは深さとともに増加します。レイヤーの厚さのグラデーションは、深さによって厚さがどのように増加するかを制御します。値が1の場合、勾配はなく、レイヤーの厚さは同じになります。値が1より小さいと、深さとともにレイヤーが厚くなり、値が小さくなるにつれて、厚くなる大きくなります。デフォルト値の0.5はほとんどのいる。

底層乗数は、上層に対する底層の厚さを制御する。最下層（モデル半空間のすぐ上の層）の厚さは、計算された分散曲線に大きな影響を与えます。上層の層よりも厚く設定すると、インバージョンが安定します。層の厚さ勾配が適用された後、最下層の厚さに乗数値が掛けられます。乗数のデフォルト値は3で、ほとんどのモデルに適しています。

N値に基づいてレイヤーの厚さを設定するには、*Based on N-value* を選択します。上述したように、N値ファイルはすでにViewメニューのOpen N-value fileで開いている必要があります。

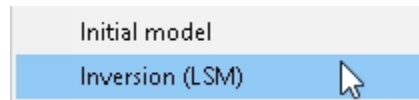
最終的な v_s モデルで流速の逆転を認めないようにするには、流速が深さとともに増加するという仮定を使用するをチェックする。地表付近（特に舗装された）や水位では、間隙水圧の小さな速度逆転が見られることがよくあるため、この設定はチェックしないままにしておくことをお勧めします。この設定は、より高いモードが検出され、最終結果への影響を抑えたい場合に役立ちます。

初期断面モデルでは、デフォルトで水平補間を適用がチェックされており、一連の速度曲線間の補間による構築が可能になっている。

インバージョン用の初期モデルダイアログボックスの設定は、ダイアログボックスを開くたびにデフォルト値に戻ります。

7.7.2 反転

MASW/MAM (1D) (I)



観測データと最もよく一致する v_s 計算するには、*反転 (LSM)* を選択します。この数学的プロセスは最小二乗法に基づくもので、簡単に言うと、観測データとの差を最小化するために初期モデルデータを繰り返し修正します。何度か繰り返された後、修正された初期モデルが最終モデルとして出力される。完全な説明は林(2003)を参照。

例として以下の分散曲線、H/V スペクトル、初期モデルを使用する。このメニューで行うインバージョンは、各層のS波速度を変えるだけであり、初期モデルの層数は大きくなければならない（10～20層）。

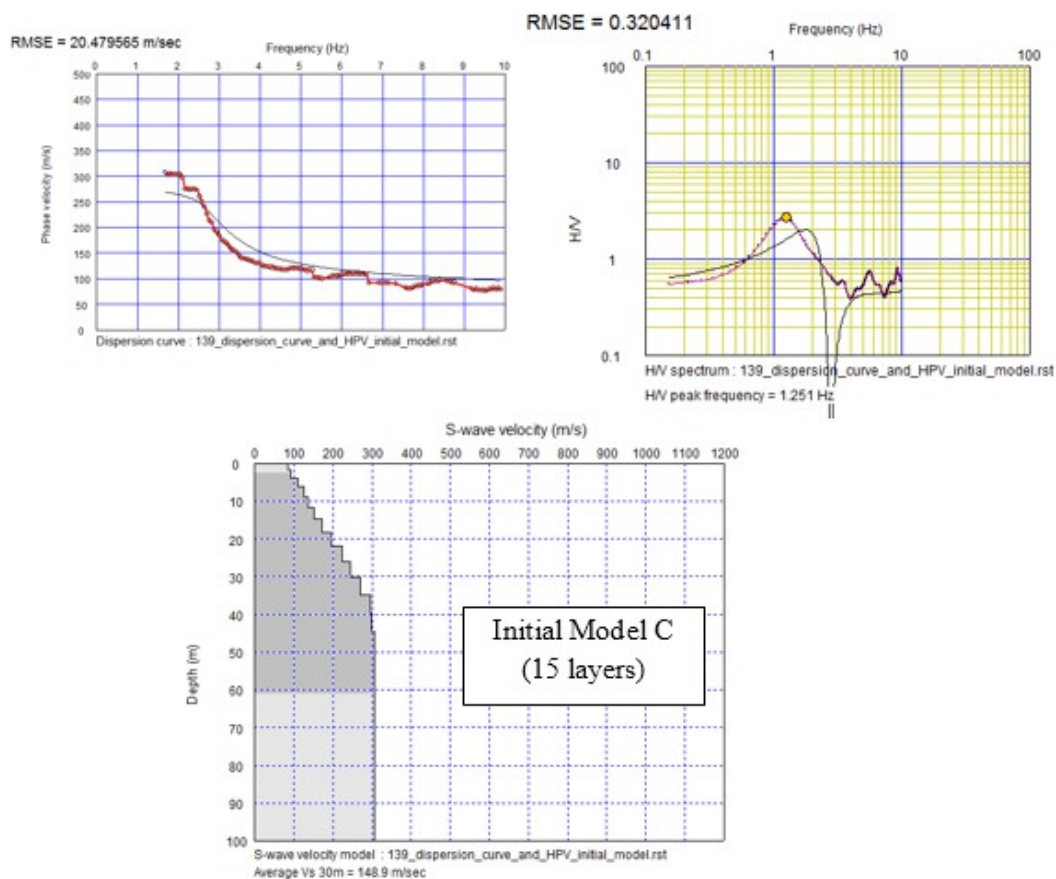
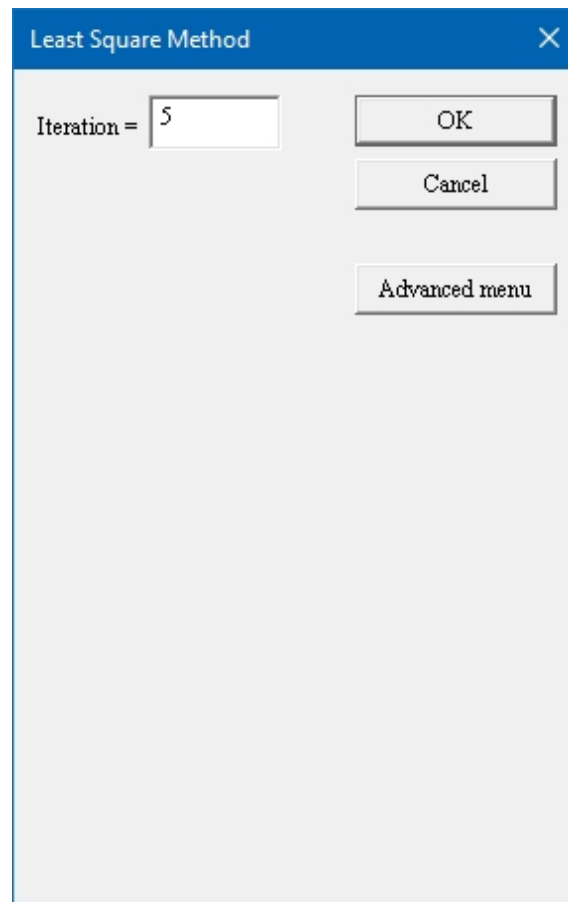


図221: 分散曲線、H/Vスペクトル、初期例。

反転(LSM)を選択すると、**最小二乗法**ダイアログボックスが表示されます。
パラメータのデフォルト値は5である。



反復とは、初期モデルのデータを比較し、観測データと最もよく一致するように修正する回数のことである。反復の間に、改善された新たな出発使用されるため、誤差やミスマッチは減少するはずだ。反復の概念は以下のフローチャートで示される。

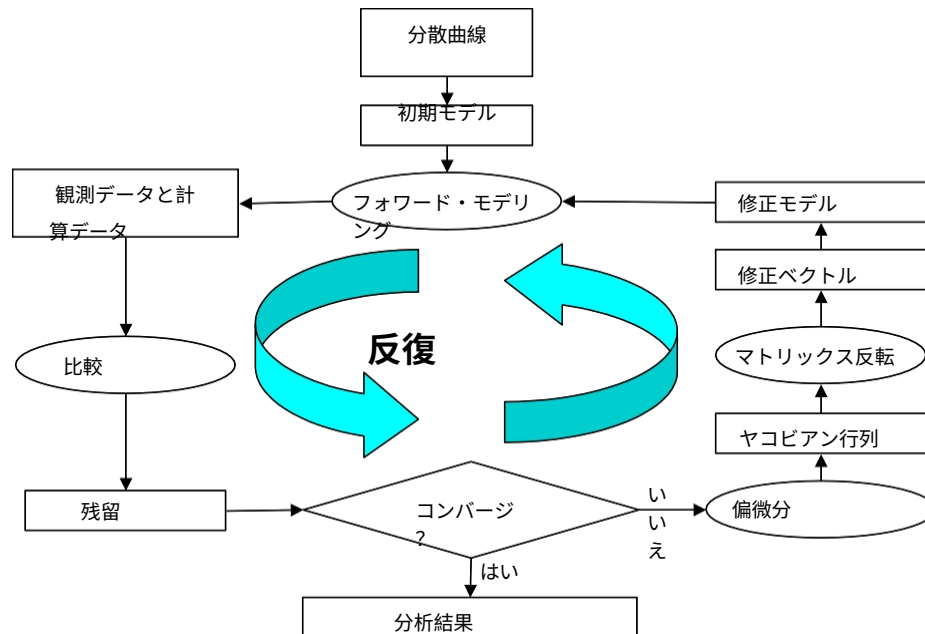
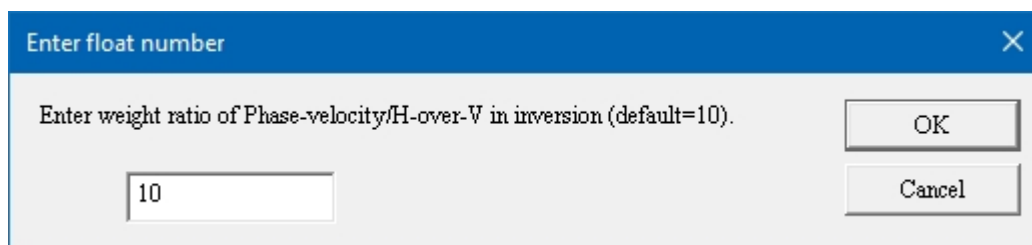


図222: 反復フローチャート。

デフォルトの *Iteration* 値は5で、ほとんどのケースに適している。これは、修正された初期モデルデータと観測されたデータとの間のミスマッチを最小化するための追加試行が可能になります。

インバージョンにおける位相速度とH比を設定します。値が大きいほど分散曲線データの比重が大きくなります。デフォルト値は10で、ほとんどのいます。



OKを押すとインバージョン処理が始まり、速度 (m/sまたはft/s) とパーセント (%) の誤差が表示されます。繰り返しのたびに誤差は減少し、最終的な誤差は約5%未満になるはずですが、これはデータセットによって異なります。

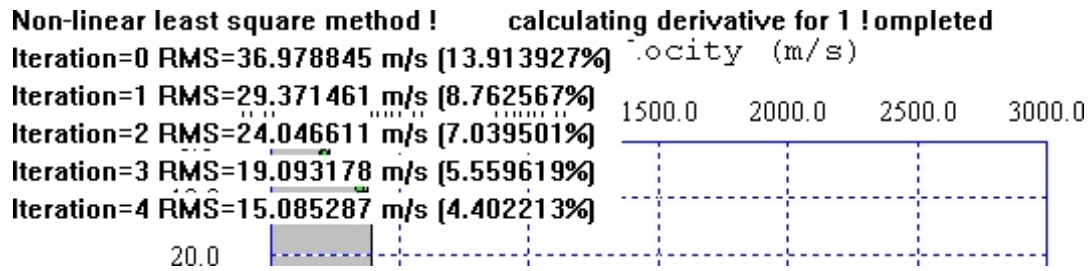
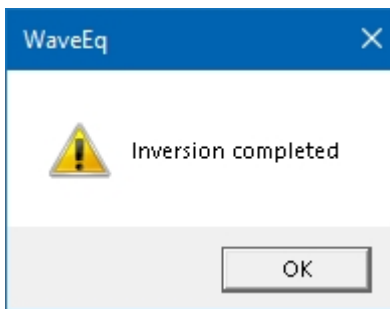


図223: 最小二乗分析中に画面に表示される反復プロセス。

反転が完了したら、OKを押す。



最終的な誤差値は、データセット・ディレクトリの*RMSE.txt*というファイルに保存される。

インバージョン中にエラーが増加した場合は、プロセスは終了します。処理を再度実行する前に、初期モデル設定、インバージョンパラメータ、オプションメニューで選択した単位を確認し、必要に応じて修正する必要があります。

反転結果の例を以下に示す。観測された位相速度と理論位相速度、H/Vの誤差は、初期モデル（[モデルC](#)、504ページ）よりも小さくなっている。

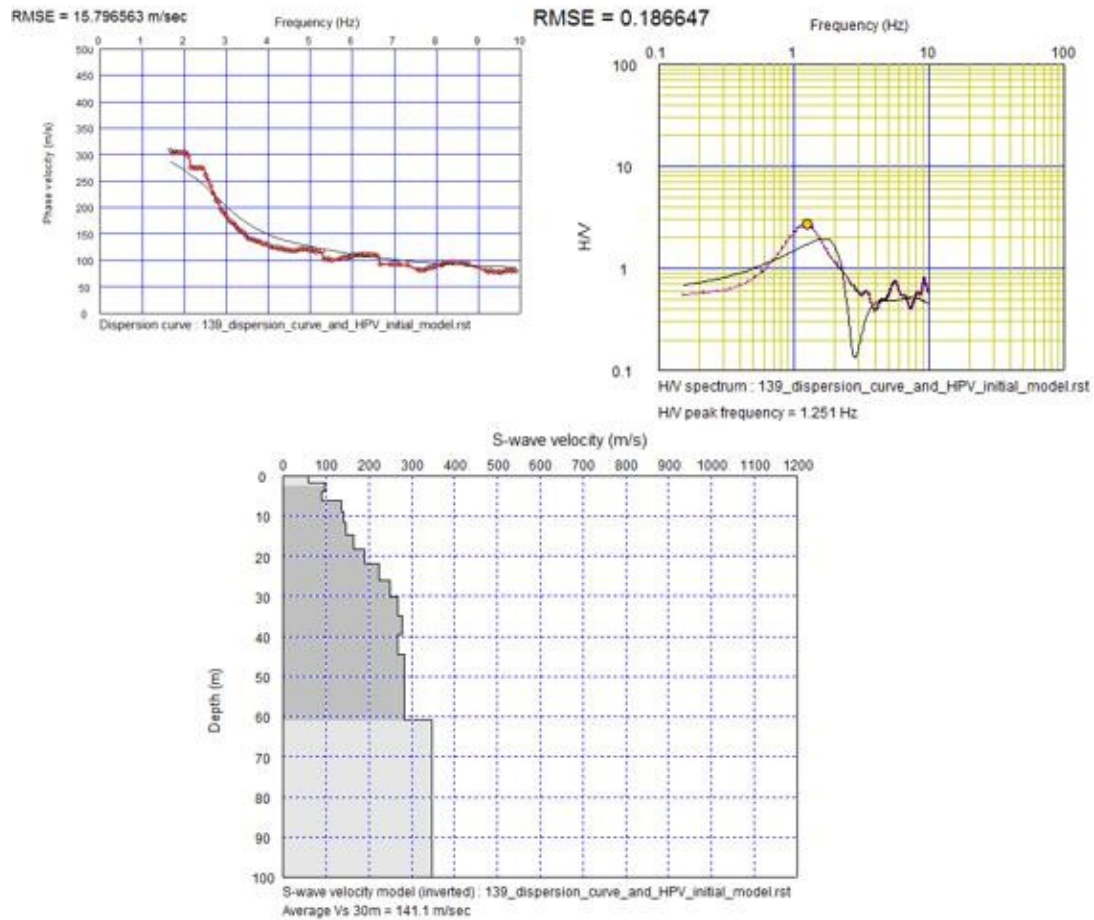
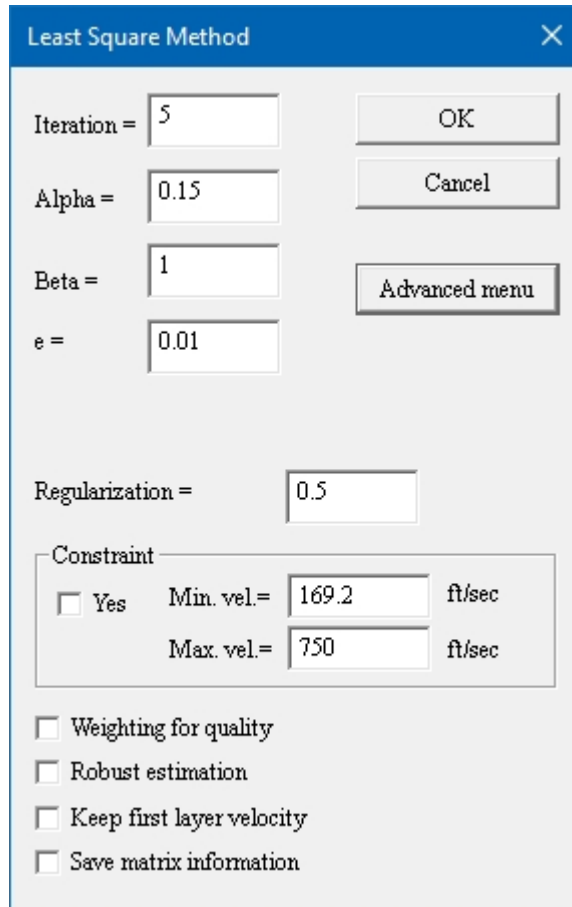


図224: 反転した結果。

*Advanced*メニューを押すと、残りのパラメーターがデフォルト値で表示されます。通常、これらの設定を変更する必要はありません。



The dialog box titled "Least Square Method" contains the following controls:

- Iteration =
- Alpha =
- Beta =
- e =
- Buttons: OK, Cancel, and Advanced menu
- Regularization =
- Constraint section:
 - Yes
 - Min. vel. = ft/sec
 - Max. vel. = ft/sec
- Options section:
 - Weighting for quality
 - Robust estimation
 - Keep first layer velocity
 - Save matrix information

AlphaとBetaの設定は、それぞれ減速と加速によって行列の反転を最適化する。Alpha乗数は論理値の最大値である1が最も安定性が低い。1より小さい値を設定すると安定性は増しますが、計算量が多くなるため、処理が遅くなります。ゼロを指定すると、この係数はキャンセルされる。

Alphaは、反転を安定させるために最初の反復で使用されるため、この名前が付けられました。プロセスが安定すると、AlphaにBetaを掛けて反転速度を上げます。ベータ値が1の場合、加速は行われず、1より大きい値が加速に使用されます。

eは、安定化の効果を持つダンピング・パラメーターでもある。

正則化は行列平滑化の一種で、各深度層にわたる大きな速度勾配を制御するために働く。スムージングの度合いが高く、横方向の速度勾配の許容度が低い場合は、低い値を使用する。値1は、スムージングなしと同じである。過度なスムージングが適用されると、すべての層が人為的に似てしまう。

Alpha、Beta、e、およびRegularizationの値を変更する必要はほとんどありません。これらのパラメータに非論理的な値を指定すると、誤った結果が得られます。

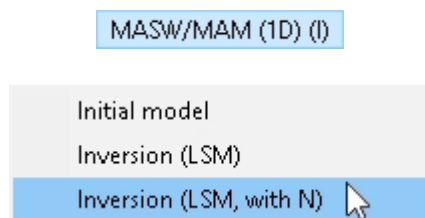
制約に「はい」を選択すると、インバージョンの下限と上限を制限するために、表示された最小（位相）速度と最大（位相）速度を使用します。これは、速度に関する正確な知識を持っている場合に便利です。そうでない場合は、分散曲線で観測された低い値と高い値に直接対応するデフォルト値が自動的に割り当てられます。

品質に対する重み付けは、分散曲線ピックの品質をインバージョンに組み込む。ロバストな推定では、誤差の大きいデータの重みを小さくします。最初の層の速度を保持することで、最も浅い層の速度が変化するのを防ぎます。これは、最初の層が舗装のように既知の高い速度を持つ場合に有効です。

行列情報を保存するをチェックすると、各反復のヤコビアン行列がデータセットディレクトリのMatrix.txtというファイルに保存されます。

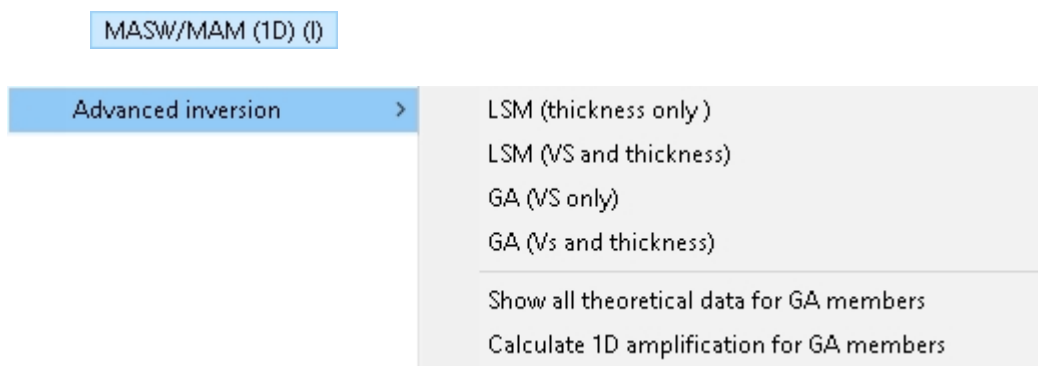
最小二乗法ダイアログボックスのパラメータは、WaveEqを開くたびにデフォルト値に戻ることに注意してください。

7.7.3 反転



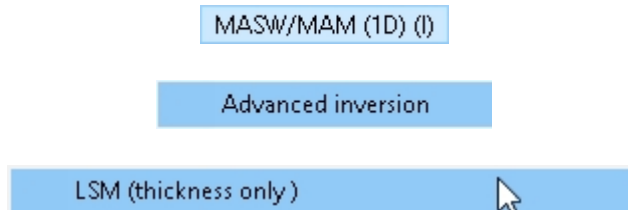
初期モデルを構築するためにN値を使用する場合は、*Inversion*の代わりに*Inversion with N*を選択してください。最小二乗法ダイアログ・ボックスの設定は、 e のデフォルト値が0.1であることと、正規化が0.5であることを除いて、セクション7.7.2（494ページ）で説明したものと同じです。

7.7.4 アドバンスド・インバージョン



多くの反転オプションがある。以下はその例である。

7.7.4.1 LSM (厚さのみ)



MASW/MAM (1D)| Advanced Inversion| LSM (thickness only) を選択し、各層の厚さを変更したインバージョンを実行します。例として次の分散曲線と初期モデル（モデルD）を使用します。このメニューで実行されるインバージョンは、各層の厚みを変更するだけであり、層の数は少ない（3から7）方がよい。

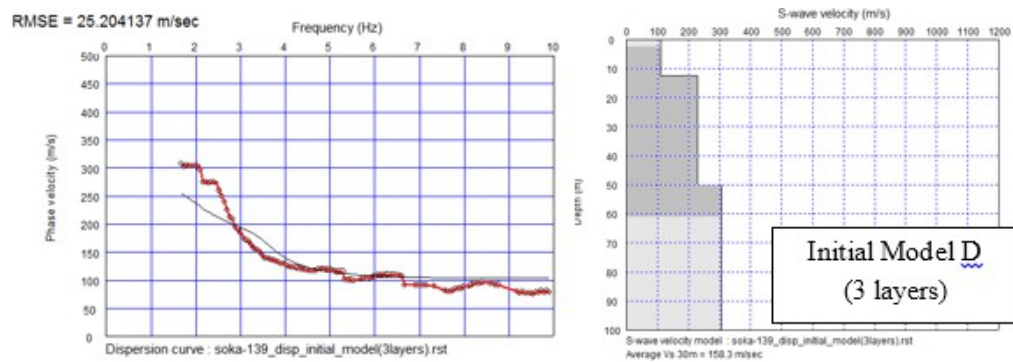
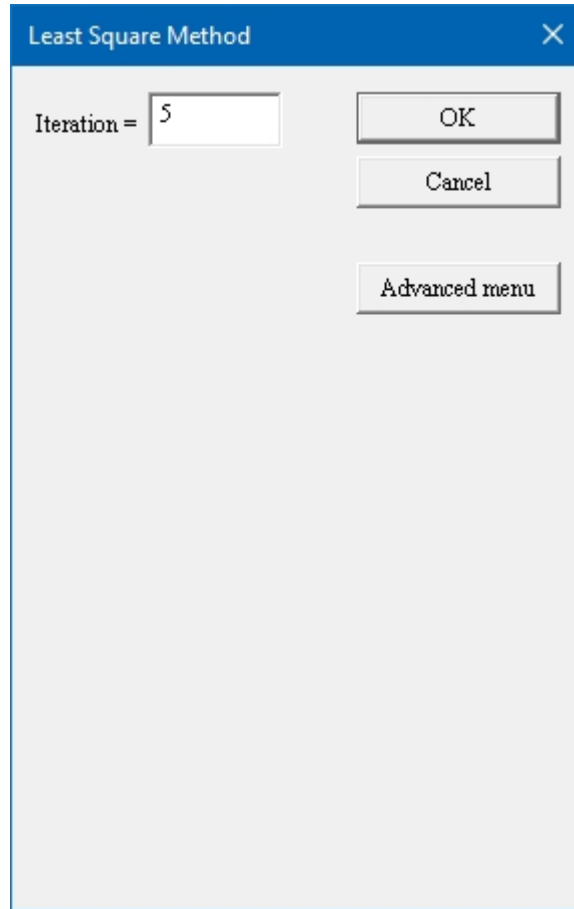


図225：速度モデルと分散曲線の例。

反転の反復回数を設定します。デフォルトのIterationの値は5で、ほとんどの場合に適しています。



反転結果の一例を以下に示す。観測された位相速度と理論的な位相速度の誤差は、初期モデル（モデルD）よりも小さくなっている。

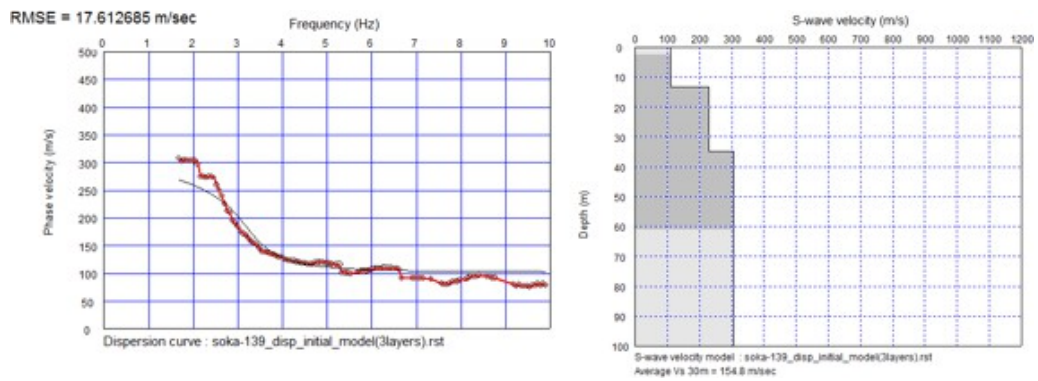
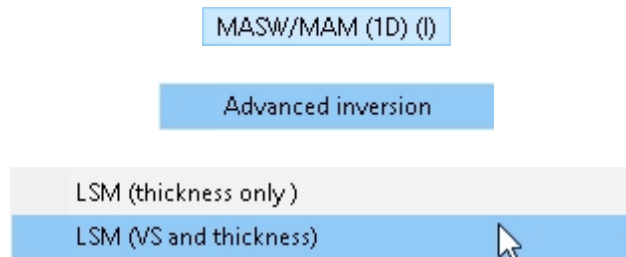


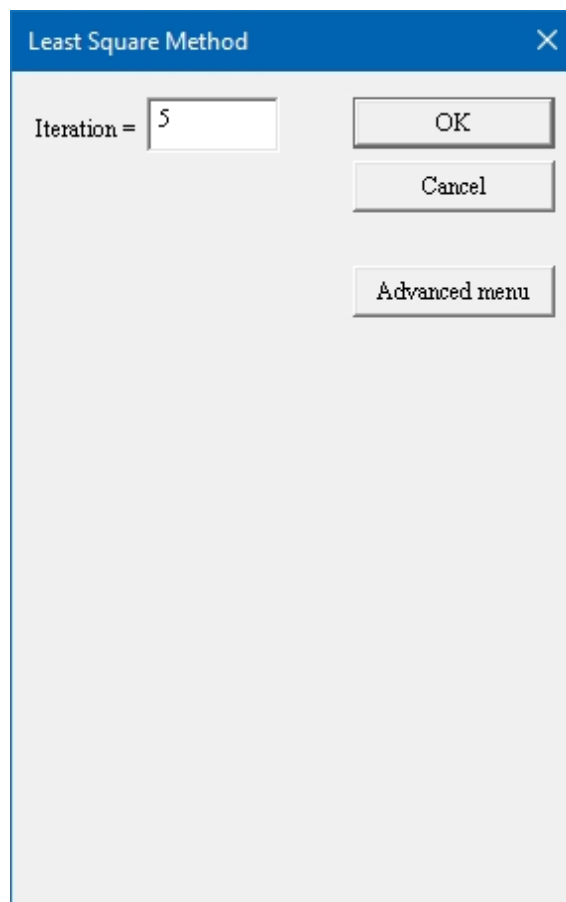
図226：反転した結果。

7.7.4.2 LSM (対厚)



*MASW/MAM (1D)| Advanced inversion| LSM (VS and thickness)*を選択すると、各層のS波速度と厚さの両方をするインバージョンを行うことができます。このメニューで行うインバージョンは、各層のS波速度と層厚の両方を変更するので、層数は少なめ（3～7層）にしておくといでしょう。初期モデルDを例に説明します。

反転の反復回数を設定します。デフォルトの*Iteration*の値は5で、ほとんどの場合に適しています。



反転結果の一例を以下に示す。観測された位相速度と理論的な位相速度の誤差は、初期モデル（モデルD）よりも小さくなっている。

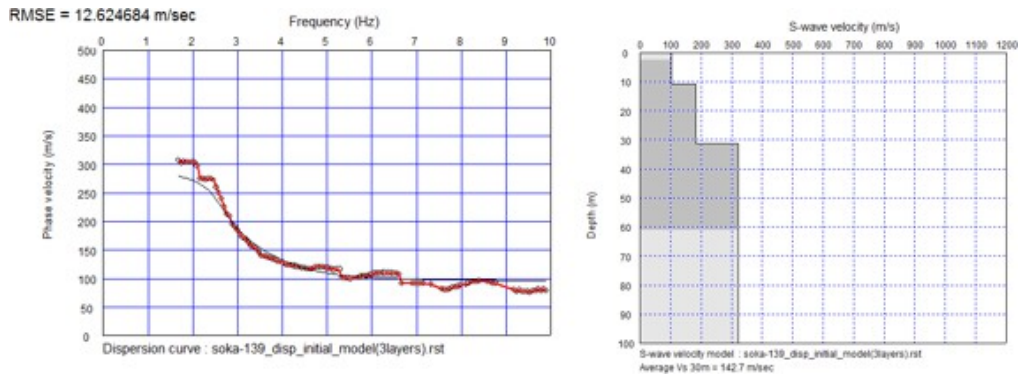
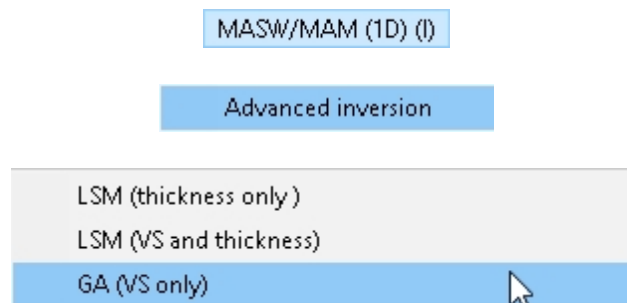


図27： 逆転の結果。

7.7.4.3 GA (vsのみ)

[SWプロ]



MASW/MAM (1D)| Advanced inversion| GA (VSのみ)を選択すると、S波速度のみを変更するインバージョンを行うことができます。このメニューでは、分散曲線のみを使用するインバージョンと、分散曲線とH/Vスペクトルの両方を使用するジョイントインバージョンが実行できます。このメニューで行うインバージョンは、各層のS波速度を変化させるので、初期モデルの層数を多く（10～20層）する必要があります。モデルCを例に説明する。

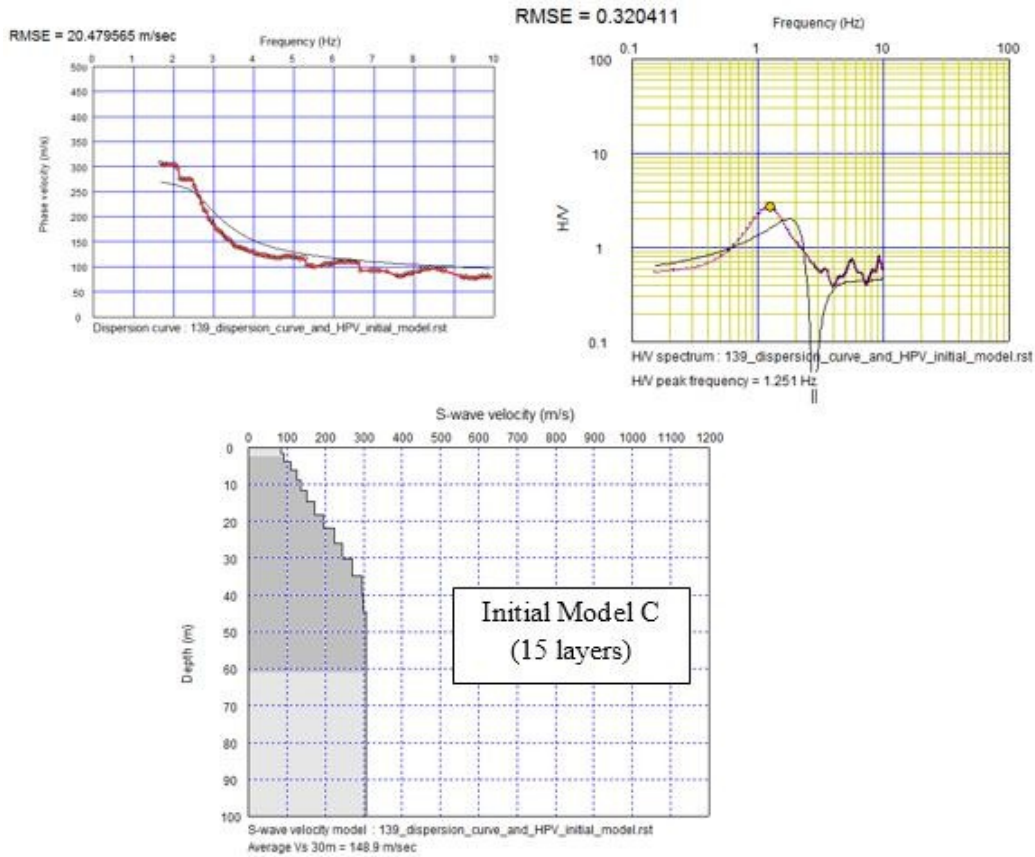
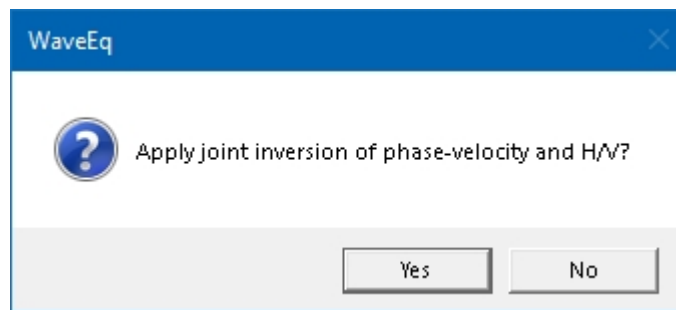
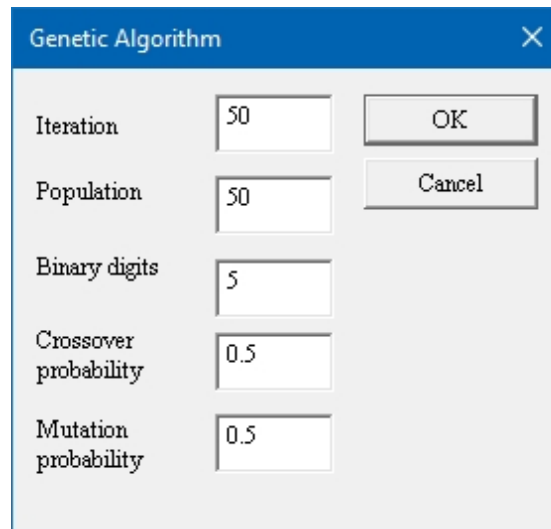


図228: 分散曲線、H/V曲線、 v_s 例。

位相速度とH/Vの両方のデータが含まれている場合、下図のようなダイアログボックスが表示されます。位相速度とH/V適用する場合は、*Yes*を押します。位相速度データのインバージョンのみを適用する場合は、*No*を押します。



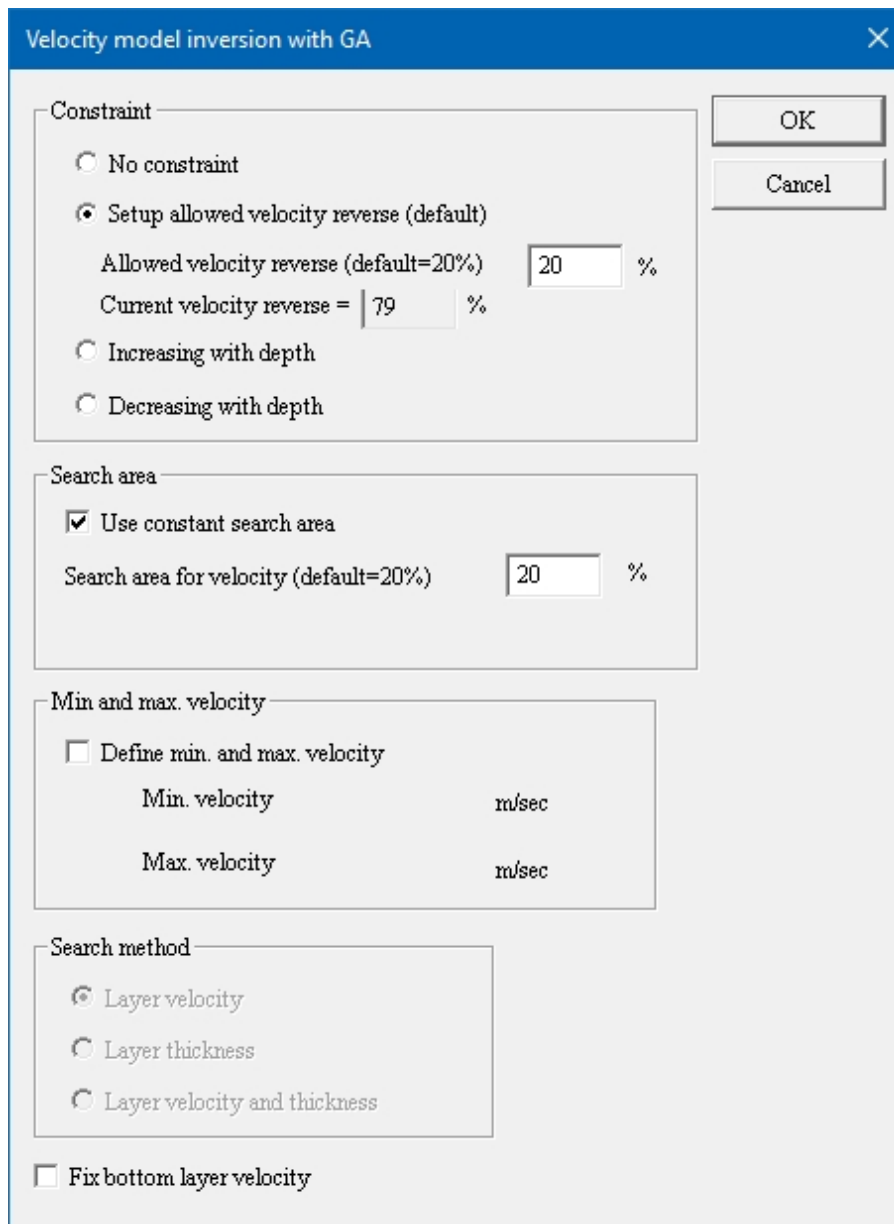
遺伝的パラメータを設定します。デフォルト値(Iteration=50, Population=50, Binary digits=5, Crossover probability=0.5, Mutation probability=0.5)はほとんどの場合に適しています。OKボタンを押して次に進みます。



The image shows a dialog box titled "Genetic Algorithm" with a close button (X) in the top right corner. The dialog contains five input fields for parameters, each with a corresponding label to its left. To the right of the input fields are two buttons: "OK" and "Cancel".

Parameter	Value
Iteration	50
Population	50
Binary digits	5
Crossover probability	0.5
Mutation probability	0.5

サイトの条件に基づいて制約のパラメータを設定します。OKボタンを押して次に進みます。

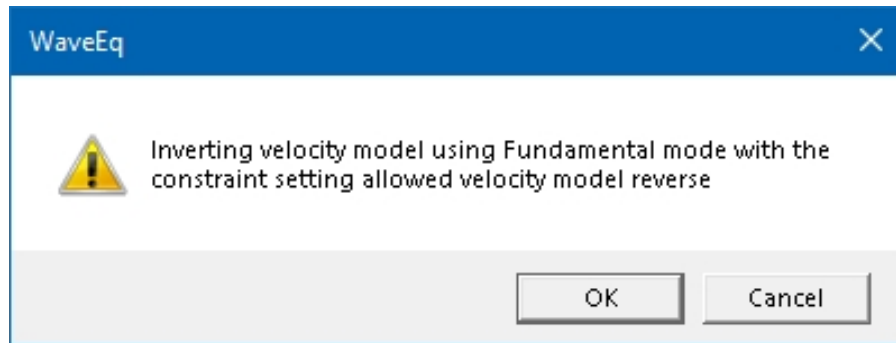


The dialog box titled "Velocity model inversion with GA" contains the following sections and controls:

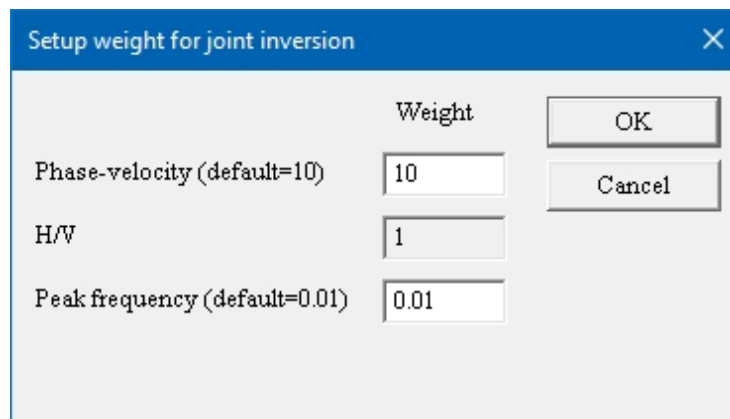
- Constraint**
 - No constraint
 - Setup allowed velocity reverse (default)
 - Allowed velocity reverse (default=20%) %
 - Current velocity reverse = %
 - Increasing with depth
 - Decreasing with depth
- Search area**
 - Use constant search area
 - Search area for velocity (default=20%) %
- Min and max. velocity**
 - Define min. and max. velocity
 - Min. velocity m/sec
 - Max. velocity m/sec
- Search method**
 - Layer velocity
 - Layer thickness
 - Layer velocity and thickness
- Fix bottom layer velocity

Buttons: OK, Cancel

反転の設定を確認します。OKを押して続けます。



インバージョンにおける位相速度、H/V、H/V のピーク周波数の比を設定します。値が大きいほど、分散曲線データをより重視します。デフォルト値（10と0.01）は、ほとんどの場合に適しています。



反転結果の例を以下に示す。観測された位相速度と理論的な位相速度との誤差は、初期モデル（[モデルC](#)、44ページ）よりも小さくなっている。

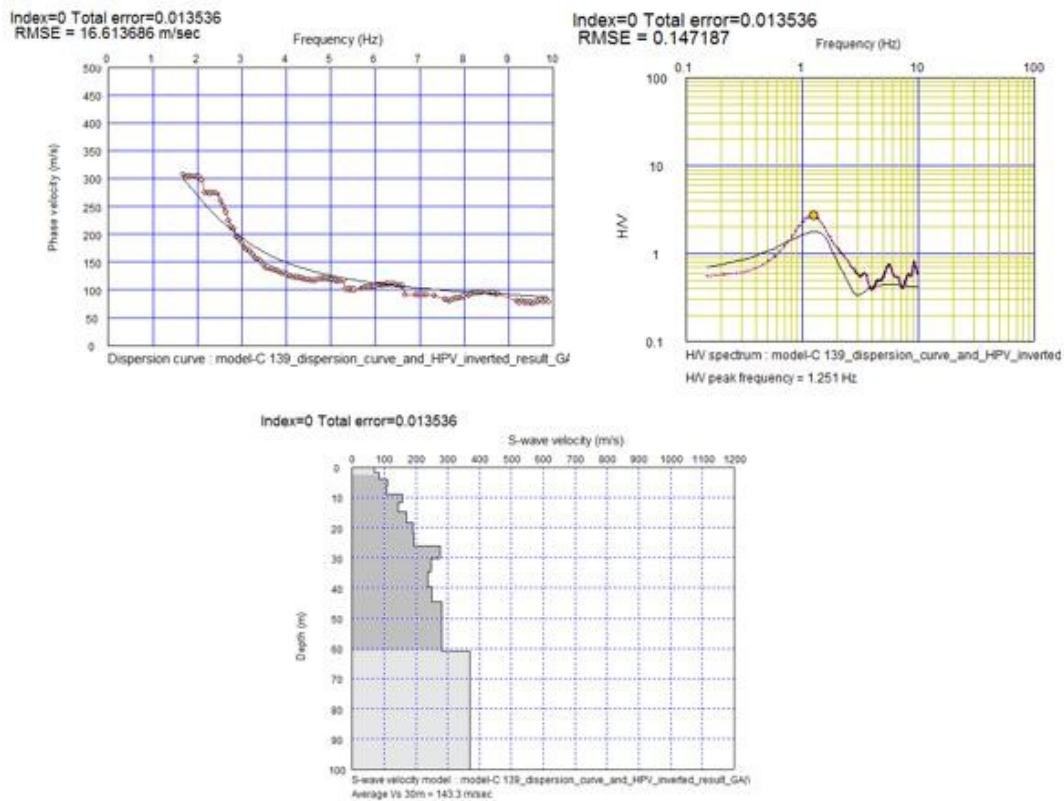


図229：反転した結果。

7.7.4.4 ga (対厚)

[SWプロ]

MASW/MAM (1D) (I)

Advanced inversion

LSM (thickness only)

LSM (Vs and thickness)

GA (Vs only)

GA (Vs and thickness)

MASW/MAM (1D)| Advanced inversion| GA (Vs and thickness)を選択すると、各層のS波速度と厚さの両方を変更するインバージョンを実行できます。インバージョンでは

分散曲線を使用するインバージョンと、分散曲線と H/V スペクトルの両方を使用するジョイント・インバージョンは、このメニューから実行できます。このメニューで行うインバージョンは、S波速度と各層の厚さの両方を変えるので、層の数は少なめ（3～7）にするのがよい。

A) ファンダメンタルモードを使用した例 イニシ

ヤル モデルDを例に挙げる。

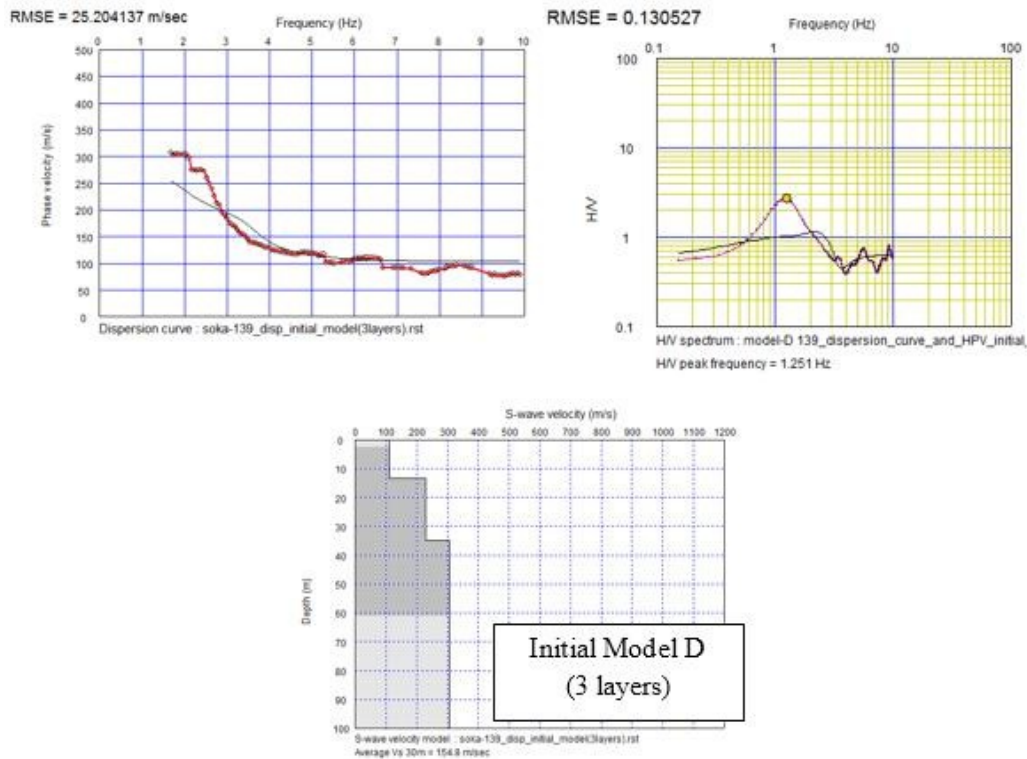
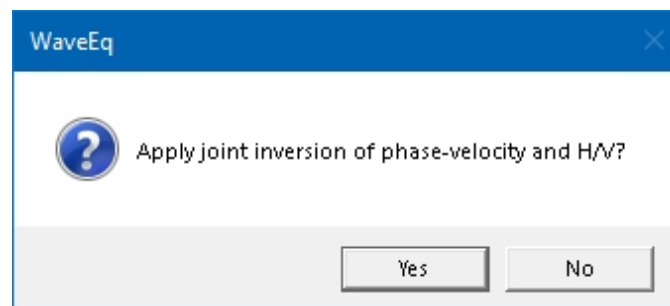
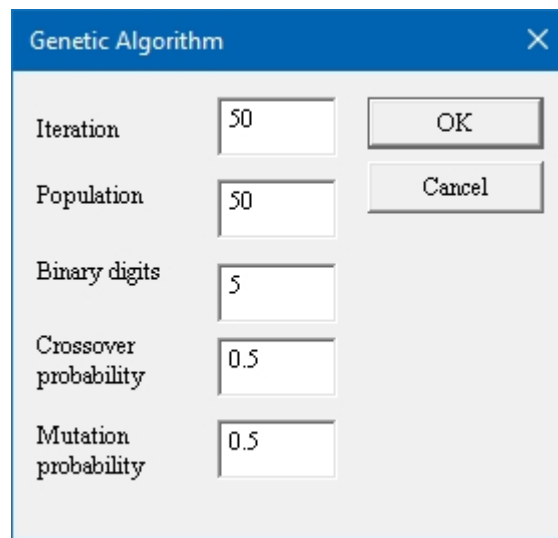


図230: 分散曲線、H/V曲線、 v_s 例。

位相速度とH/Vの両方のデータが含まれている場合、下図のようなダイアログボックスが表示されます。位相速度とH/V適用する場合は、*Yes*を押します。位相速度データのインバージョンのみを適用する場合は、*No*を押します。



遺伝的パラメータを設定します。デフォルト値(Iteration=50, Population=50, Binary digits=5, Crossover probability=0.5, Mutation probability=0.5)はほとんどの場合に適しています。OKボタンを押して次に進みます。



Parameter	Value
Iteration	50
Population	50
Binary digits	5
Crossover probability	0.5
Mutation probability	0.5

サイトの条件に基づいて、制約のパラメータを設定します。(support@seisimager.com お問い合わせください。) OK ボタンを押して次に進みます。

Velocity model inversion with GA

No constraint

Setup allowed velocity reverse (default)

Allowed velocity reverse (default=20%) %

Current velocity reverse = %

Increasing with depth

Decreasing with depth

Search area

Use constant search area

Search area for velocity (default=20%) %

Min and max. velocity

Define min. and max. velocity

Min. velocity m/sec

Max. velocity m/sec

Search method

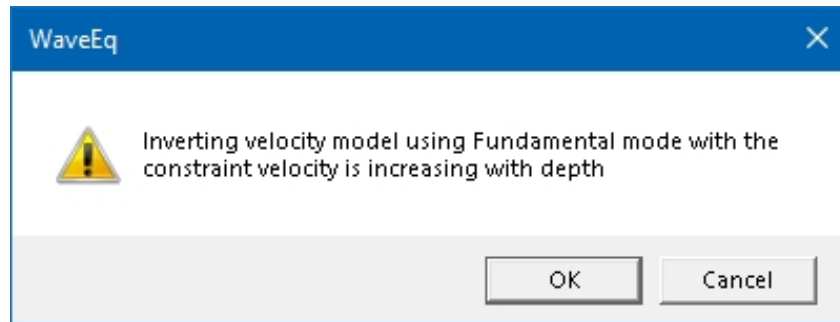
Layer velocity

Layer thickness

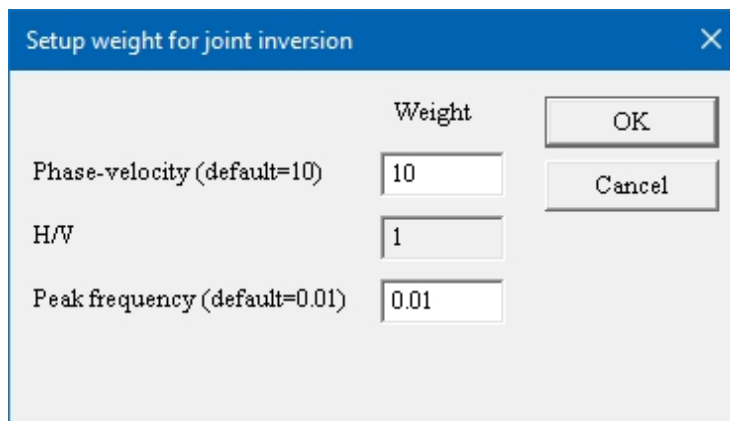
Layer velocity and thickness

Fix bottom layer velocity

反転の設定を確認します。OKを押して続けます。



インバージョンにおける H/V の位相速度とピーク周波数の比を設定します。値を大きくすると、分散曲線データの比重が大きくなります。デフォルト値（10と0.01）は、ほとんどの場合に適しています。



反転結果の例を以下に示す。観測された位相速度と理論的な位相速度との誤差は、初期モデル（[モデルD](#)、510ページ）よりも小さくなっている。

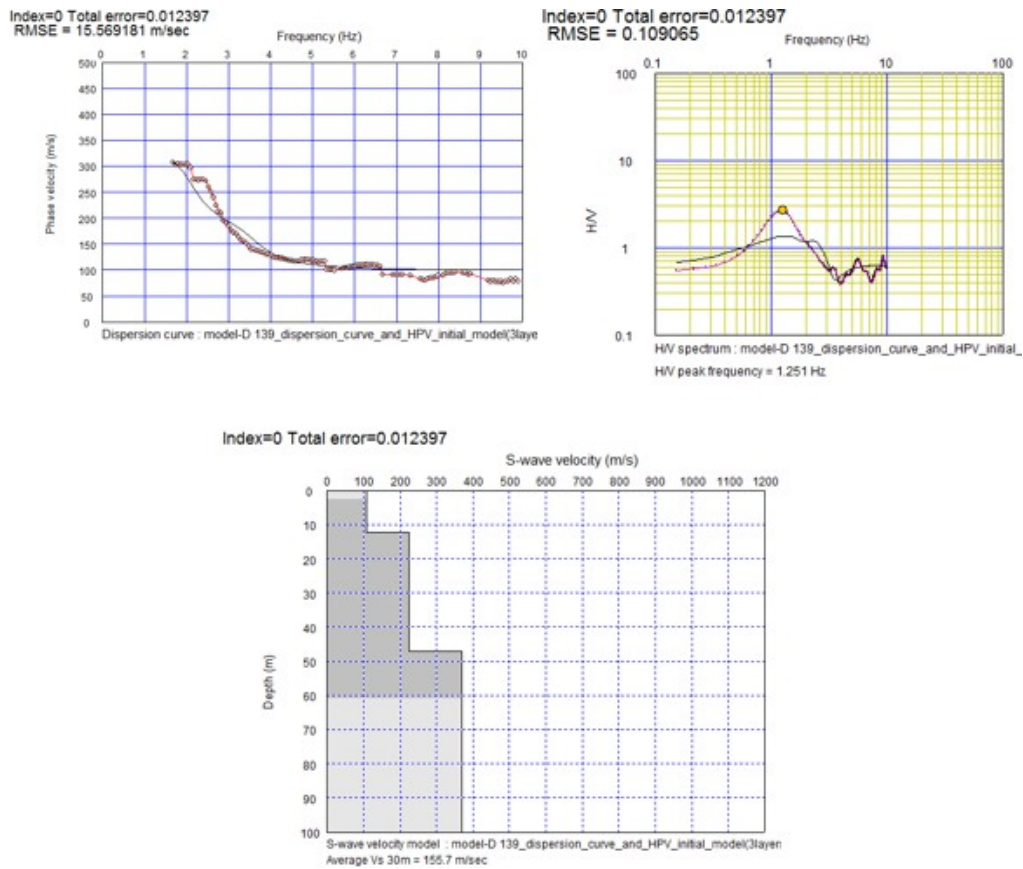





図231: 反転した結果。

B) 上位モードを使用した例。

 ボタンを押すと、上位モードを使って反転が適用されます。初期[モデルD](#)が例として使われている。 ボタンを押すと、基本モードと高次モードの理論的な分散曲線（または H/V）が、平均化された（有効モード）または最大位相速度（または H/V）とともに表示されます。 ボタンを押すと、高次モードを考慮した逆変換が行われます。

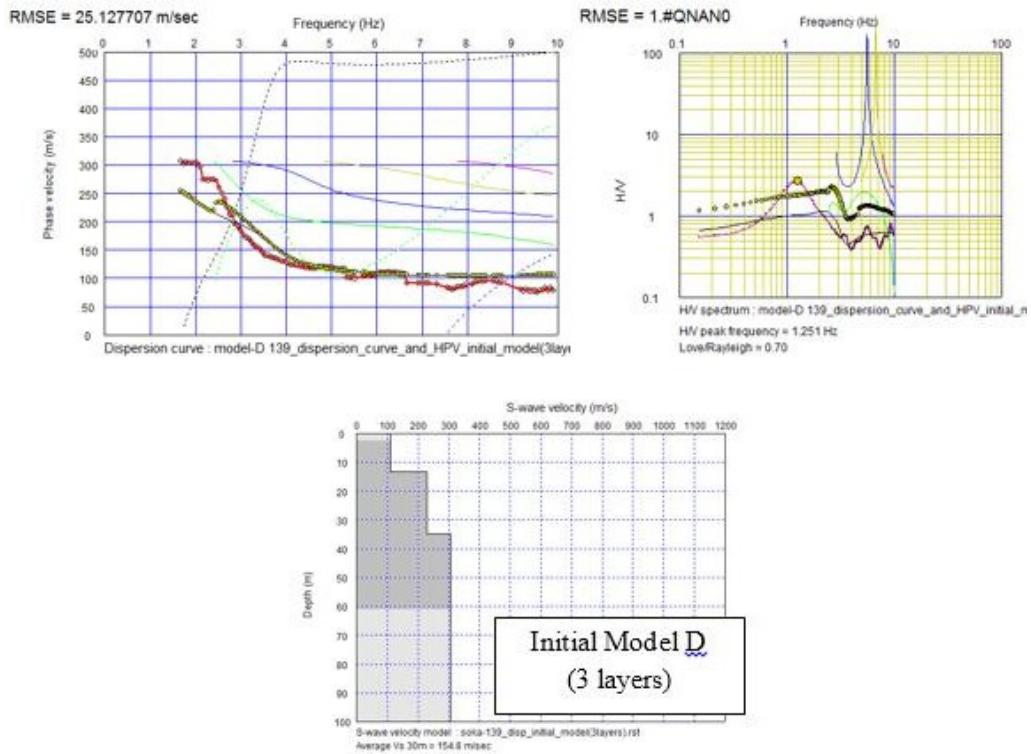
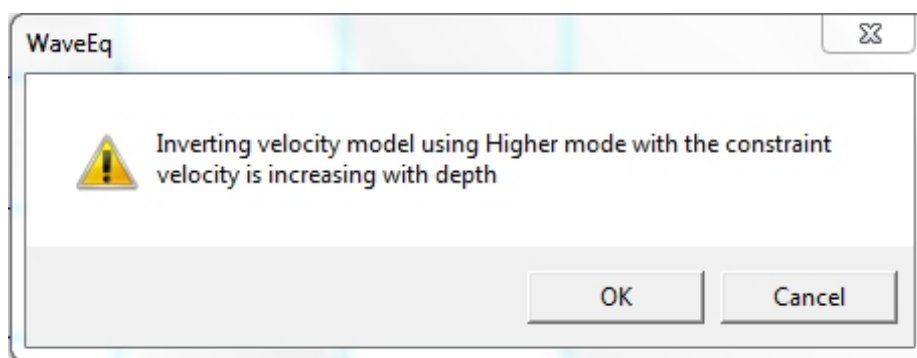
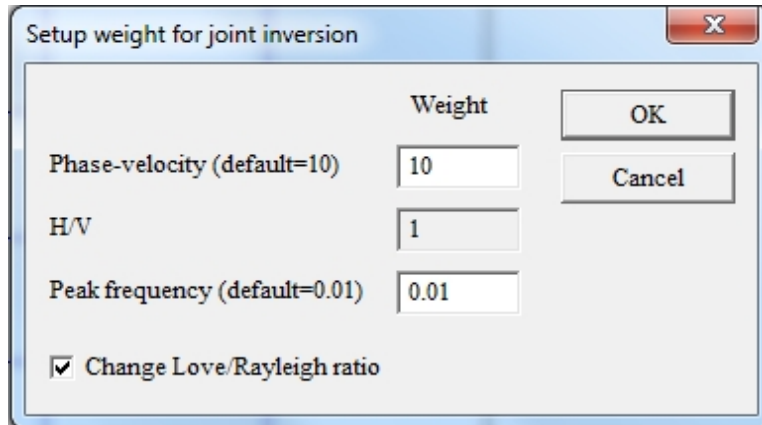


図232: 分散曲線、H/V曲線、 v_s 例。

反転の手順は、基本モードを使った反転とまったく同じです。下図のダイアログボックスで、より高いモードを使用することを確認してください。



反転中にラブ/レイリー比を自動的に変更することができます。



反転結果の例を以下に示す。観測された位相速度と理論的な位相速度との誤差は、初期モデル（[モデルD](#)、510ページ）よりも小さくなっている。

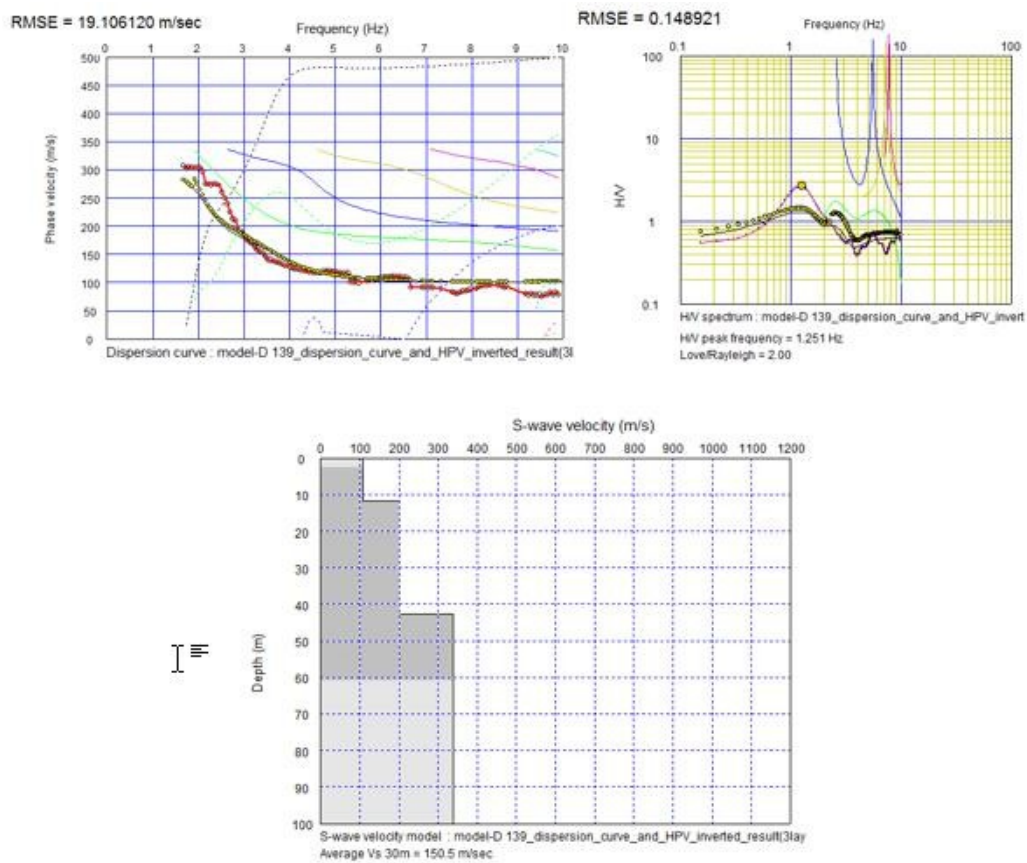
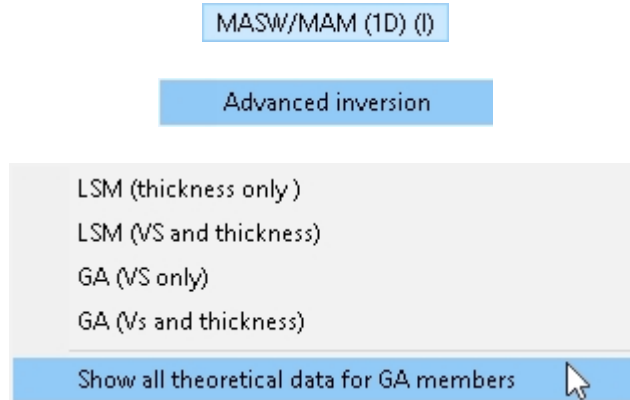


図233: 反転した結果。

7.7.4.5 GAメンバーの理論データをすべて表示

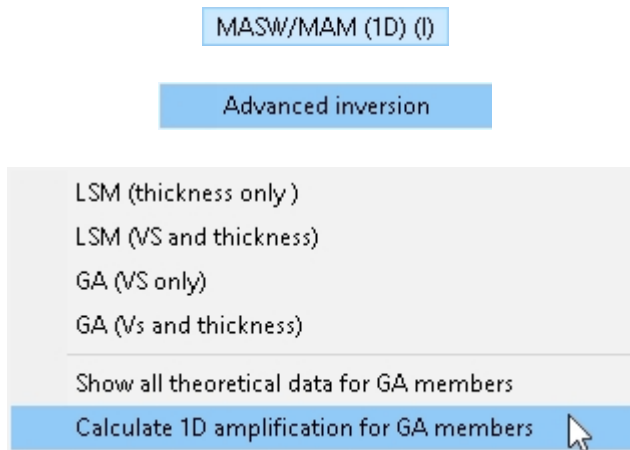
[SWプロ]



support@seisimager.com。

7.7.4.6 GAメンバーの1Dアンプリフィケーションを計算する

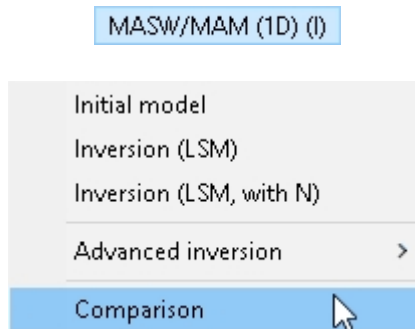
[SWプロ]




support@seisimager.com。

7.7.5

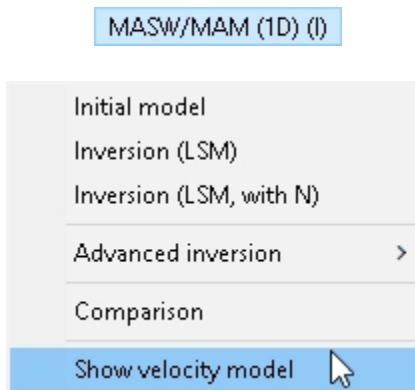
比較




観測された分散曲線に理論分散曲線を計算して重ねるには、*比較*を選択するか、*理論分散曲線の計算*  ボタンを押します。計算された曲線は黒い線で表示されます。計算された分散曲線を表示から削除するには、*理論分散曲線の計算* ボタンをもう一度押します。

7.7.6

速度モデルを表示



分散曲線表示から速度モデル表示に切り替えるには、*Show velocity model* を選択するか、*Show velocity model*  ボタンを押します。

7.7.7 速度モデリング (1D)

MASW/MAM (1D) (I)

Velocity modeling (1D) >


Generate new velocity model
 Generate new velocity model (from downhole seismic)
 Convert synthetic data to "observed" data

続ける。

7.7.7.1 新しい速度モデルの生成

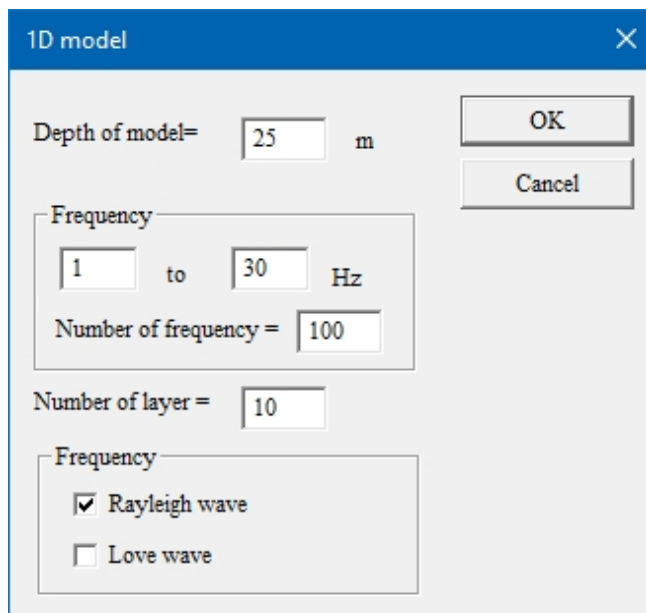
MASW/MAM (1D) (I)

Velocity modeling (1D)

Generate new velocity model 

合成速度モデルは、波形ファイルから独立して簡単に作成できます。モデリングは、調査の計画、ボアホールデータのモデリング、さまざまな結果のテストや比較に役立ちます。速度モデルのパラメータを設定するには、

*Modeling (1D)*を選択するか、*Creating a new velocity model for modeling*  ボタンを押します。



Depth of model は、モデルの最大深度を示す。デフォルトの周波数範囲はアクティブ・ソースからの浸透深度をシミュレートするのに適している。*Depth of model*が30mまたは100ftを超える場合は、下限の周波数を0.2Hzに設定し、より深いサンプリング深度をシミュレートする必要があります。

周波数範囲は、*Number of frequency* で割られ、分散カーブの分解能を設定する。初期値の *Number of frequency* は 60 で、デフォルトの周波数範囲に適している。周波数範囲を大幅に広げる場合は、*Number of frequency* もそれに合わせてスケールアップする必要があります。ラブ波を解析に使いたい場合は、*Love wave* をチェックしてください。

注: 表面波法では、ラブ波はほとんど使われない。

OKを押すと、次のような均質モデルが表示される。関連する分散曲線はまだ存在しない。

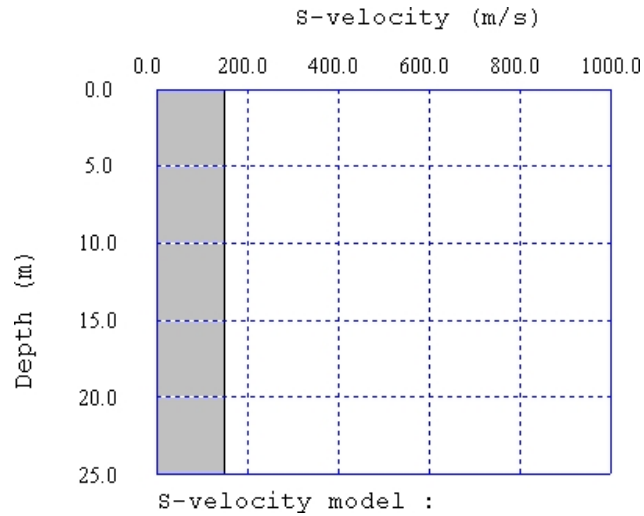



図234: 均質モデル。

速度モデルを修正するには、*Correct velocity model*  ボタンを押します。モデルレイヤーを定義する水平の黒い線が表示されます。マウスを使ってレイヤーの垂直エッジをクリックすると、選択されたレイヤーのエッジが赤くなります。エッジを目的の速度までドラッグします。

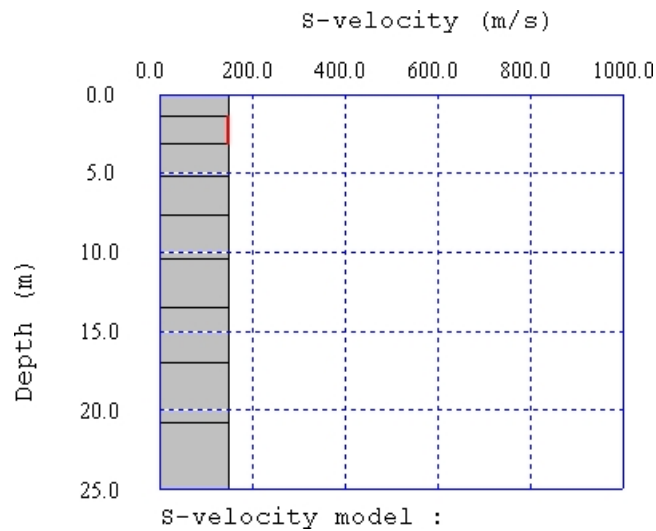


図235: レイヤーをした均質モデル。

残りのレイヤーを配置し、必要であればウォーターテーブルをセットする。

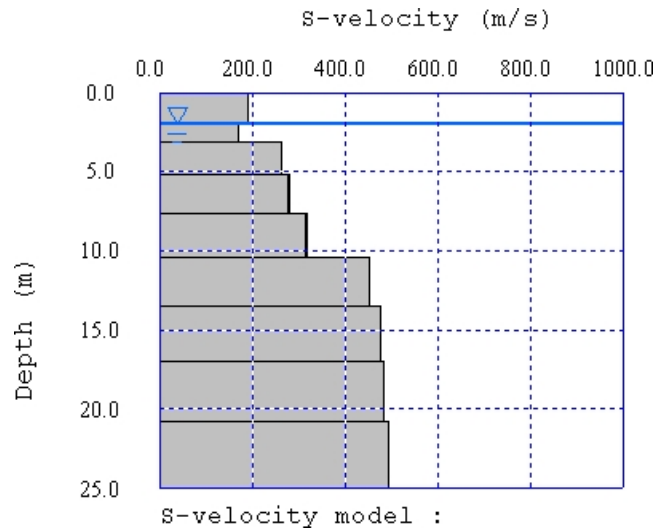
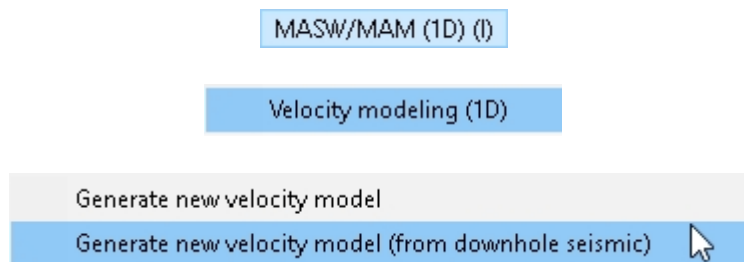


図236: 含む最終モデル。

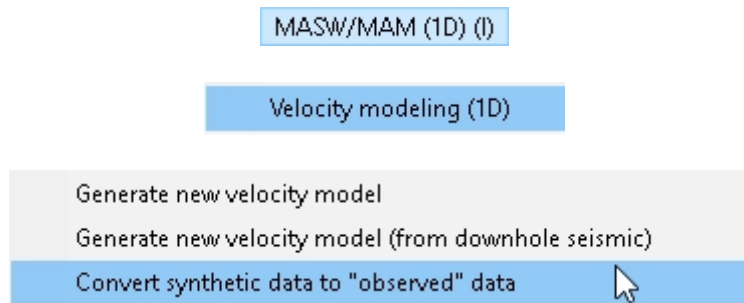
セクション7.7.9 (532ページ) を参照し、調査のシミュレートと分散曲線の生成によるモデリングを継続。

7.7.7.2 新しい速度モデルの生成 (ダウンホール地震探査から)



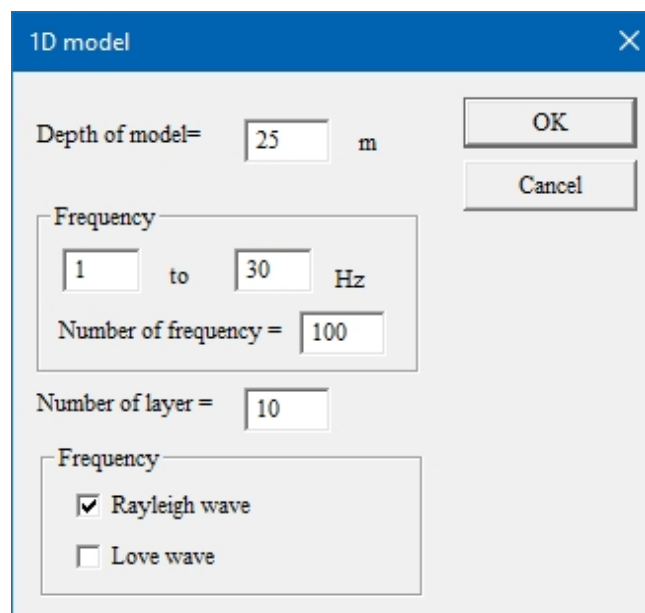
support@seisimager.com。

7.7.7.3 合成データを「観測データ」に変換する





以下の手順で、合成データを「観測データ」に変換することができる。

MASW/MAM (1D)| Velocity Modeling (1D)| Generate New Velocity Model を選択します。次のダイアログボックスが表示されます：



モデルのパラメータを任意に設定し、OKを押す。必要であれば、レイヤーの追加（セクション7.6.9、ページ465）とベロシティの変更（セクション7.6.7、ページ462）によりモデルを修正する。モデルが作成されたら（下記参照）、

 ボタンを押し、 ボタンを押す。合成位相速度曲線が表示されます：

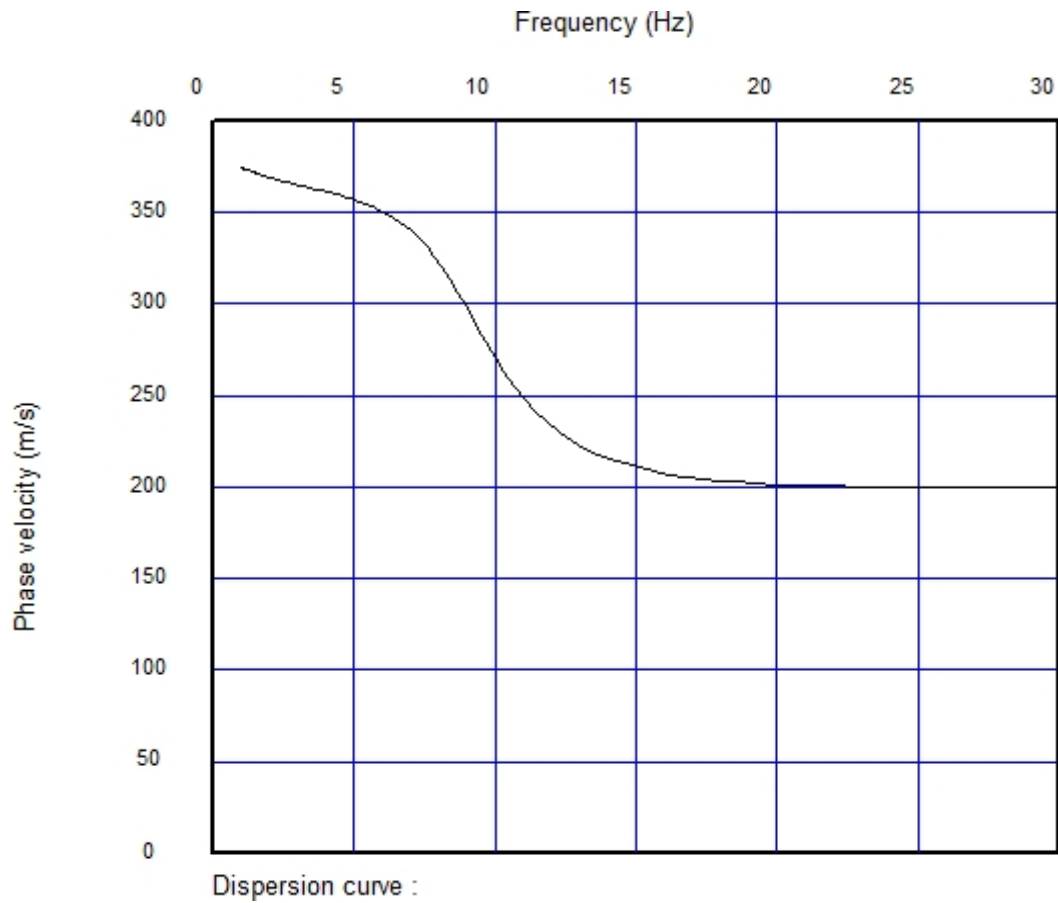


図237: 合成分散曲線。

観測変換するには、*MASW/MAM (1D) | Velocity Modeling (1D) | Convert synthetic data to "observed" data* を選択する。

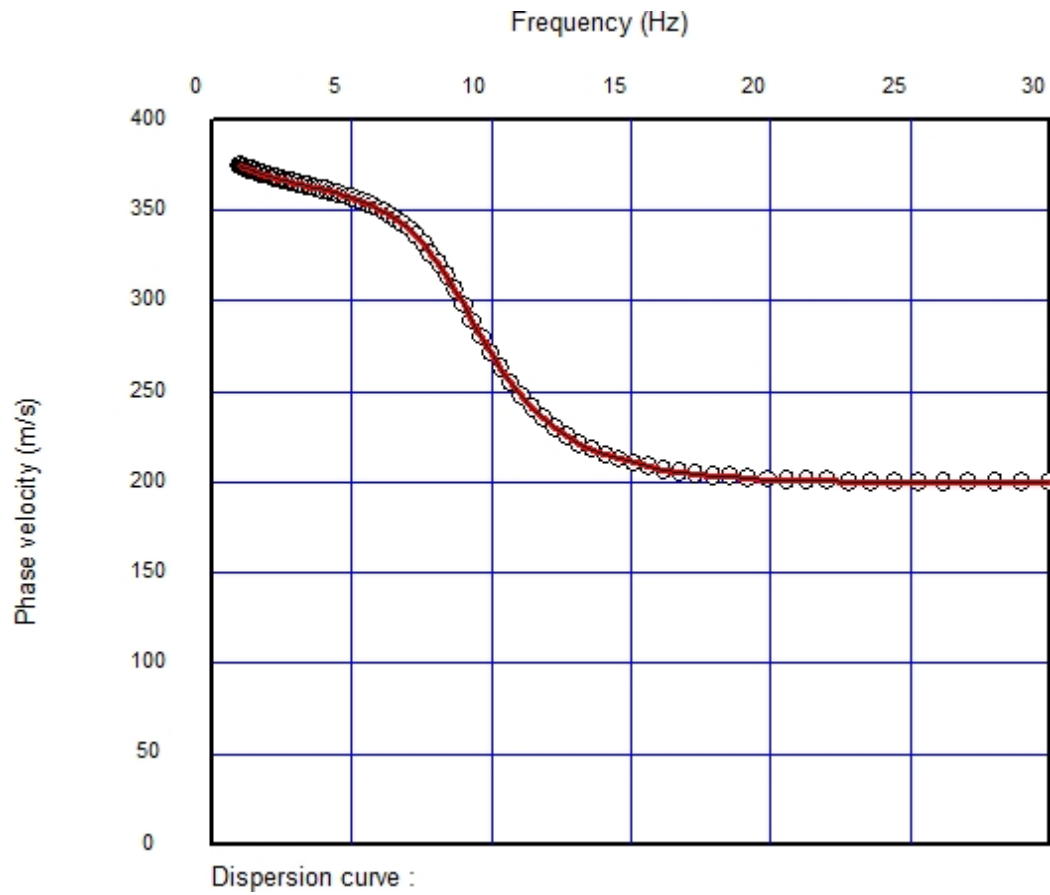


図238: 「観測された」分散曲線。

このデータは、アプリケーションによって "実データ" または "観測データ" として認識され、そのように扱うことができる。

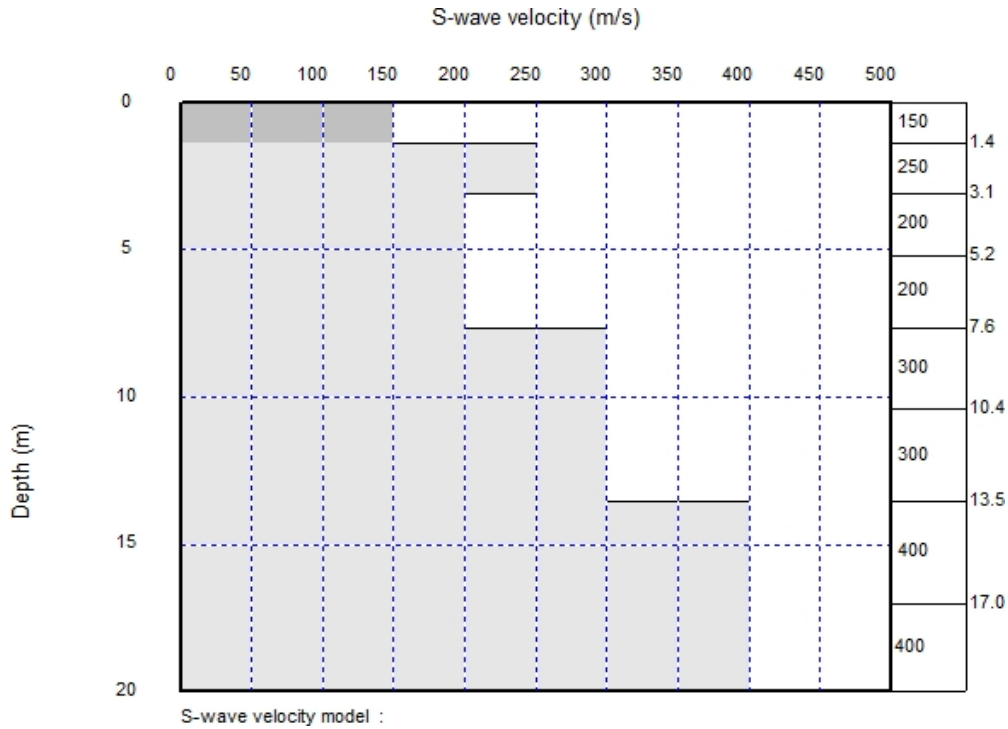


図239: 「観測された」速度モデル。

7.7.8 波形モデリング

MASW/MAM (1D) (I)

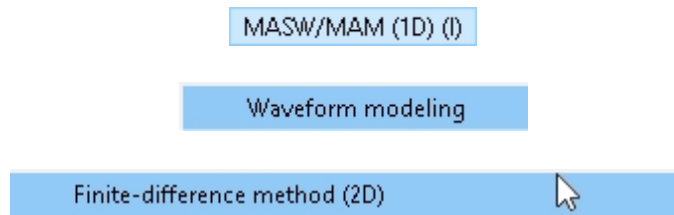
Waveform modeling >

- Finite-difference method (2D)
- Discrete wave-number method (3D P-Sv)
- Discrete wave-number method (3D P-Sv and SH)
- Advanced options >

続ける。

7.7.8.1 有限差分法 (2D)

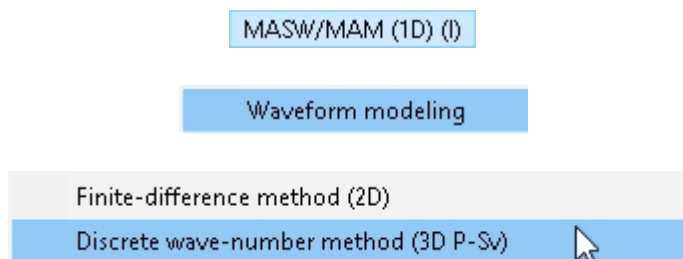
[SWプロ]



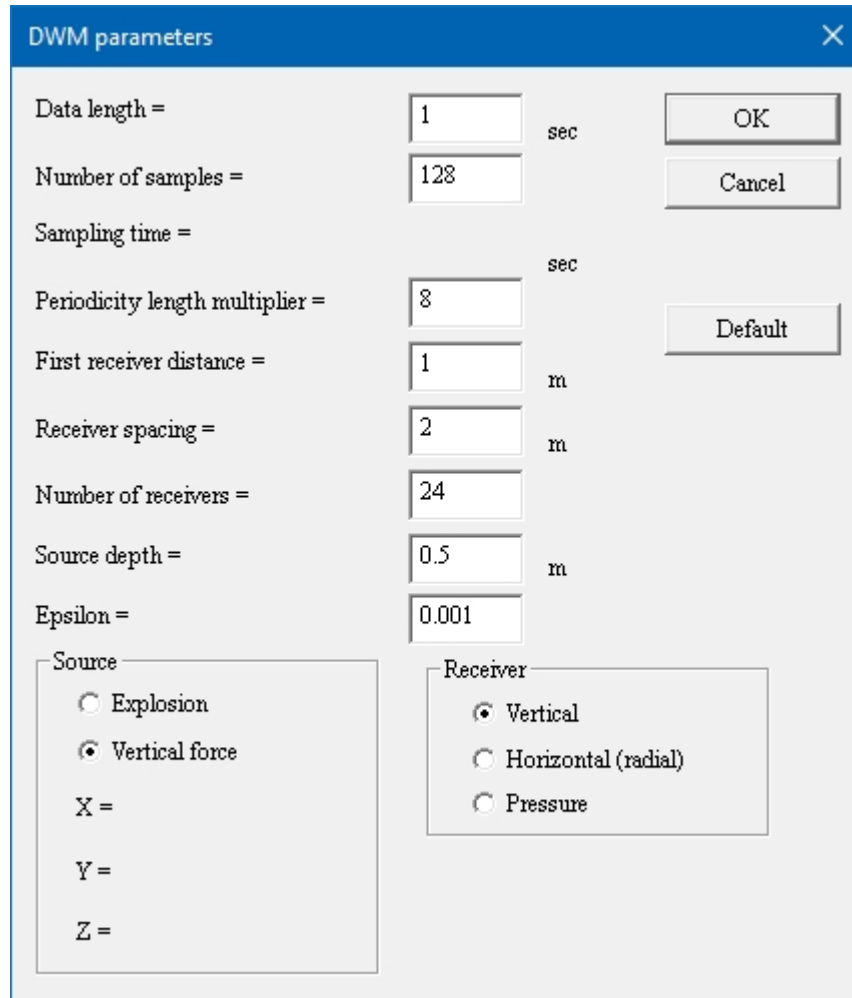
support@seisimager.com。

7.7.8.2 離散波数法 (3D P-SV)

[SWプロ]



合成速度モデルが存在すると、分散曲線を計算するために合成波形ファイルを生成する必要があります。シミュレーションできるのは、アクティブソースの波形ファイルのみです。波形ファイルを生成するには、*波形モデリング / 離散波数法 (3D P-Sv)* を選択します。**DWM パラメータ** ダイアログ ボックスの設定で、波形記録の計算方法を決定します：



データ長 (*Data length*) は、時間における記録長である。サンプル数はフィールドでの取得に使用されるサンプル間隔に関連し、1秒を128サンプルで割ると7.8ミリ秒のサンプル間隔になります。これは1次元 MASW 測定の現場で一般的に使用される値よりもはるかに大きいですが、128 の値で十分であり、計算の負荷が少なくなります。

Periodicity length multiplier は、計算の大きさを定義するもので、ほとんどのデフォルト値が適している。受信機間隔 (*Receiver spacing*) は単にジオフォンの間隔であり、受信機数 (*Number of receivers*) はチャンネル数である。1次元 MASW 測定の現場で使用される値に値については、[3.1 節](#) (11 ページ) を参照してください。ソース深度 (*Source depth*) は、ソースの地表面下の深さです。イプシロンは計算の精度を制御し、デフォルト値はほとんどの場合に適しています。

デフォルト値に戻すには、*Default* を押す。

OK を押すと、対応する波形ファイルが計算され、自動的に Pickwin に表示されます。

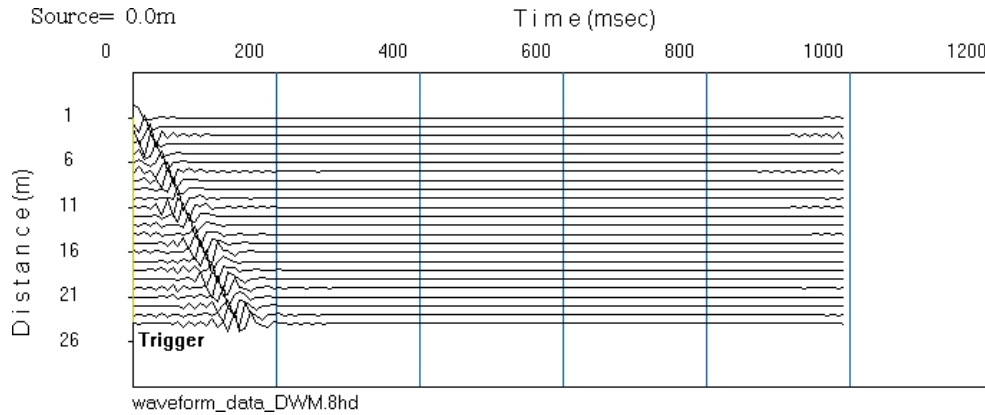


図240: 合成波形ファイル。

波形ファイルは自動的にカレント・ディレクトリにファイル名
`waveform_data_DWM.8hd`.

合成波形ファイルがフィールドレコードであるかのように、位相速度の計算と分散曲線のピックを行う。

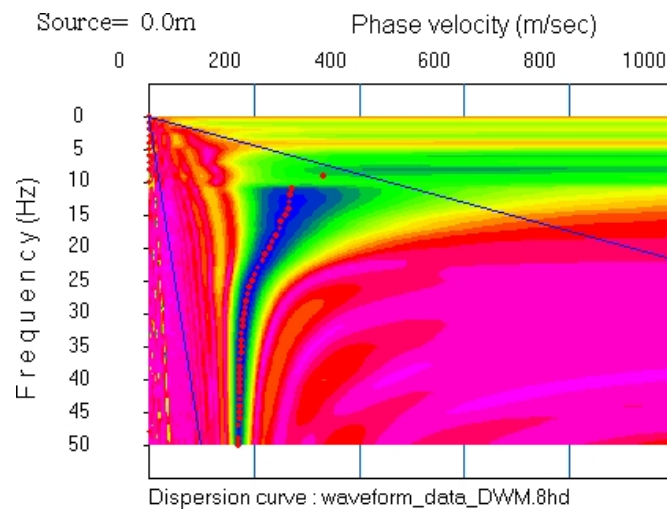
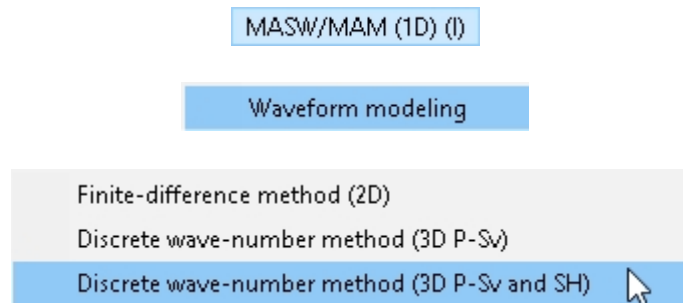


図241: 図240の。合成波形ファイルに対応する位相速度-周波数プロット

分散曲線ピックをWaveEqにインポートし、初期モデルを設定し、インバージョンを実行します。その他のモデリング機能については、[7.11.7節](#)（604ページ）を参照してください。

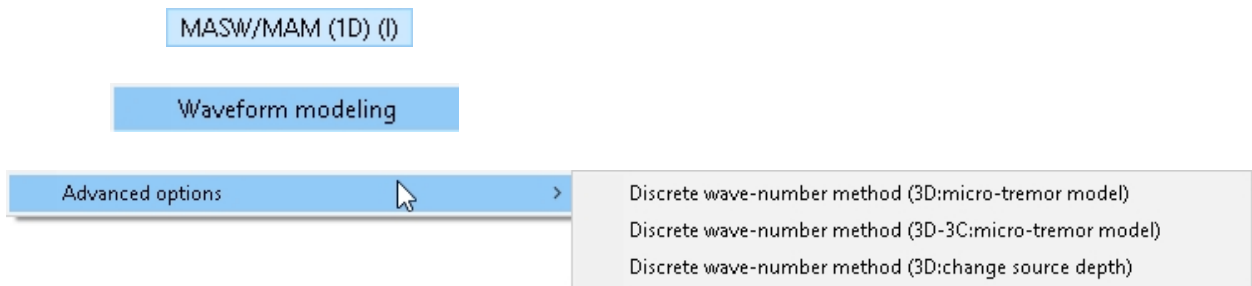
7.7.8.3 離散波数法 (3D P-SV および SH)

[SWプロ]



support@seisimager.com。

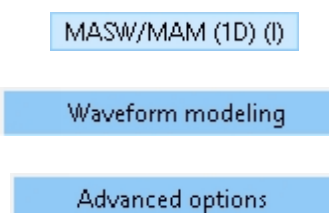
7.7.8.4 高度なオプション

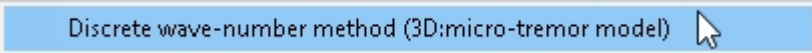


以下のサブメニューの項目はめったに使用されませんが、使用される場合は一般的にジオメトリックスのサポートが必要です。

7.7.8.4.1 離散波数法 (3D: 微動モデル)

[SWプロ]

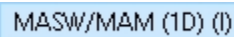


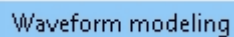

 Discrete wave-number method (3D:micro-tremor model)

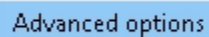
support@seisimager.com。

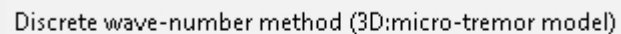
7.7.8.4.2 離散波数法 (3D-3C: 微動モデル)

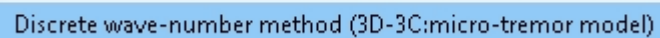
[SWプロ]


 MASW/MAM (1D) (I)


 Waveform modeling


 Advanced options

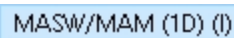

 Discrete wave-number method (3D:micro-tremor model)

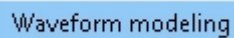

 Discrete wave-number method (3D-3C:micro-tremor model)

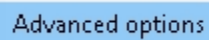
support@seisimager.com。

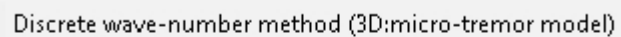
7.7.8.4.3 離散波数法 (3D: ソース深度の変更)

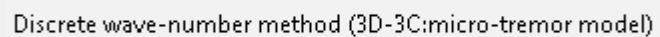
[SWプロ]

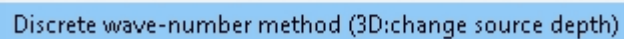

 MASW/MAM (1D) (I)


 Waveform modeling


 Advanced options

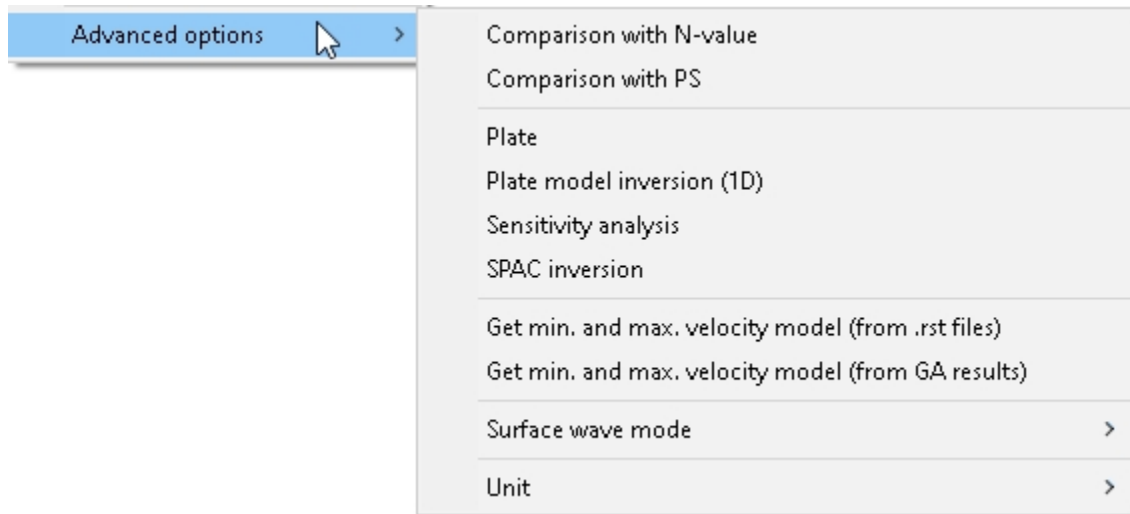

 Discrete wave-number method (3D:micro-tremor model)


 Discrete wave-number method (3D-3C:micro-tremor model)


 Discrete wave-number method (3D:change source depth)

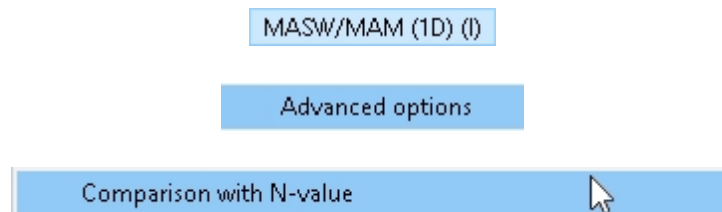
support@seisimager.com。

7.7.9 高度なオプション



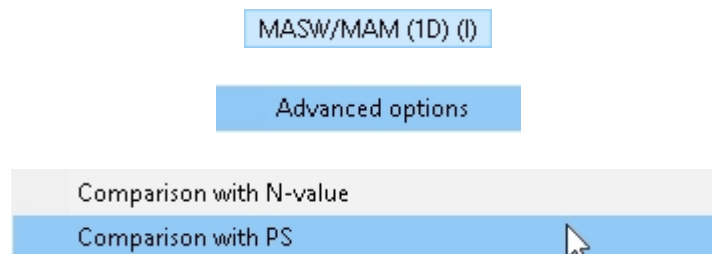
以下のサブメニューの機能は専門性が高く、ほとんど使用されません。 support@seisimager.com お問い合わせください。

7.7.9.1 N値との比較



support@seisimager.com。

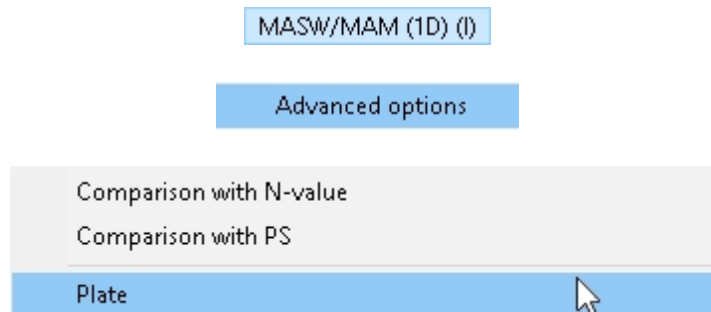
7.7.9.2 PSとの比較



support@seisimager.com。

7.7.9.3 プレート

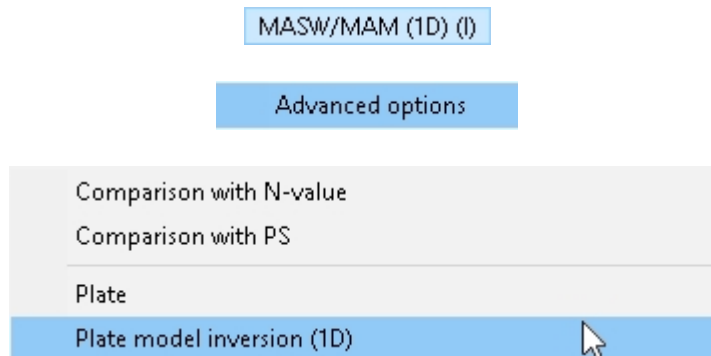
[SWプロ]



support@seisimager.com。

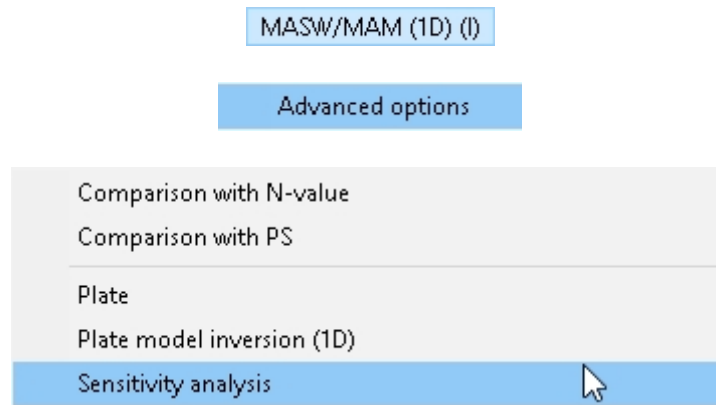
7.7.9.4 プレートモデルの反転 (1D)

[SWプロ]



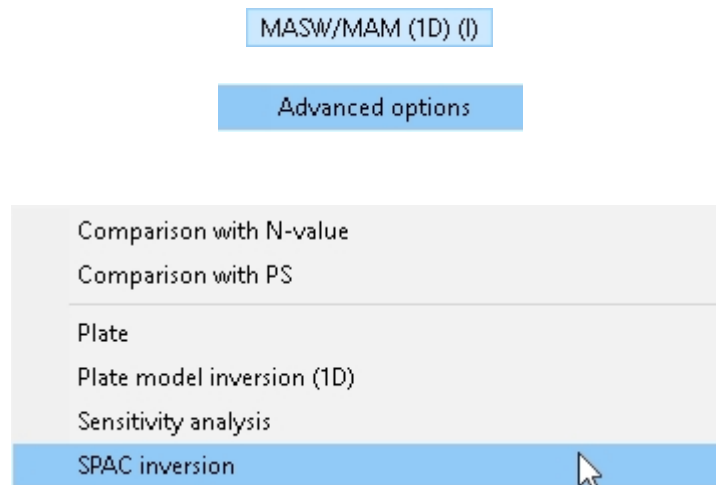
support@seisimager.com。

7.7.9.5 感度分析



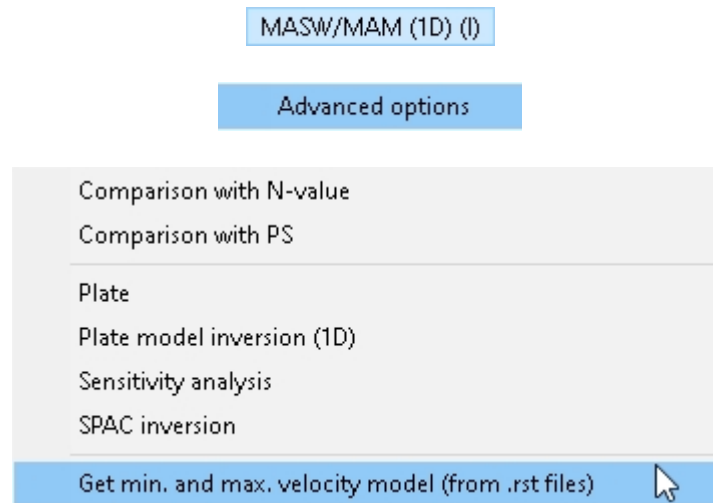
support@seisimager.com。

7.7.9.6 スペース・インバージョン



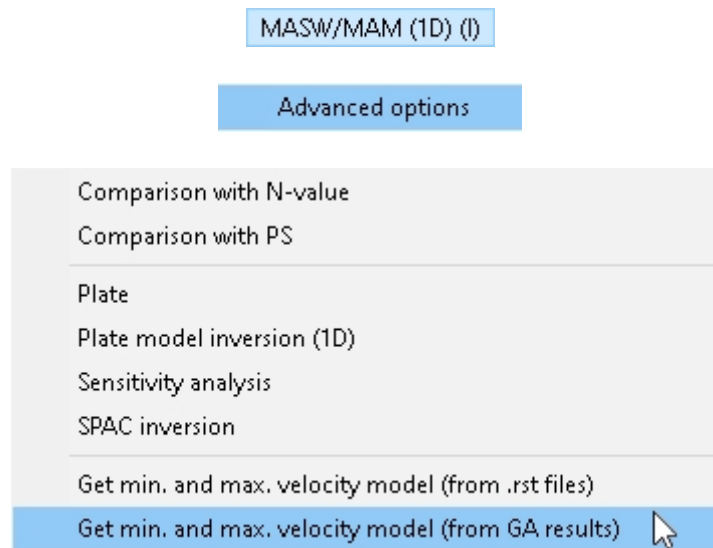
support@seisimager.com。SPAC反転の[こちら](#)をご覧ください。

7.7.9.7 最小値と最大値の取得速度モデル（.RSTファイルから）



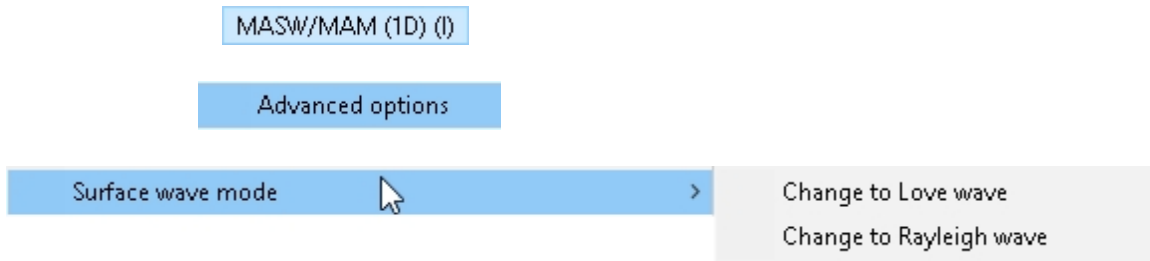
support@seisimager.com。

7.7.9.8 最小値と最大値の取得速度モデル（GA結果より）



support@seisimager.com。

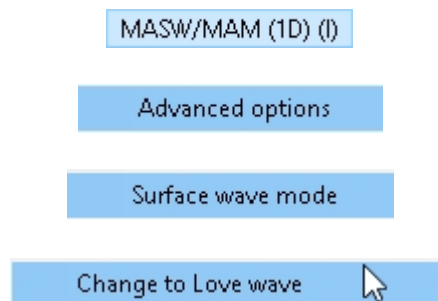
7.7.9.9 表面波モード



続ける。

7.7.9.9.1 ラブ・ウェーブに変更

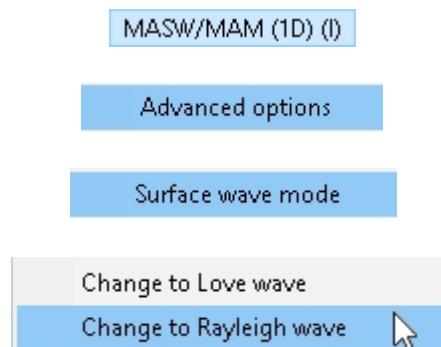
[SW-3C以上]



support@seisimager.com。

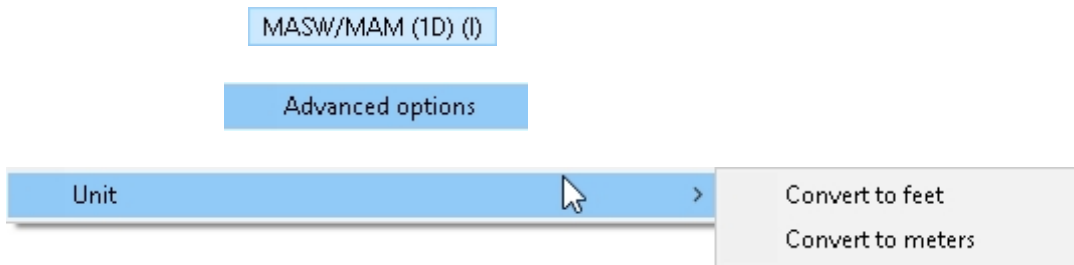
7.7.9.9.2 レイリー波への変更

[SW-3C以上]



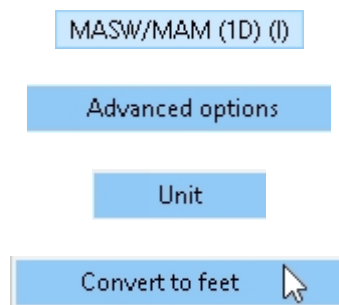
support@seisimager.com。

7.7.9.10 ユニット



次の2つのサブメニューを使用して、メートルとフィートの間で単位を変更することができます。

7.7.9.10.1 フィートへの変換



モデルの単位をftやft/secからmやm/secに変換してもよいし、その逆でもよい。同じ分散曲線とモデルの次の表示を見比べてください。最初のペアはmとm/sec、2番目のペアはftとft/secである。

注: 単位を変換する際には、軸のリミット [Ctrl+A] を調整する必要があります。

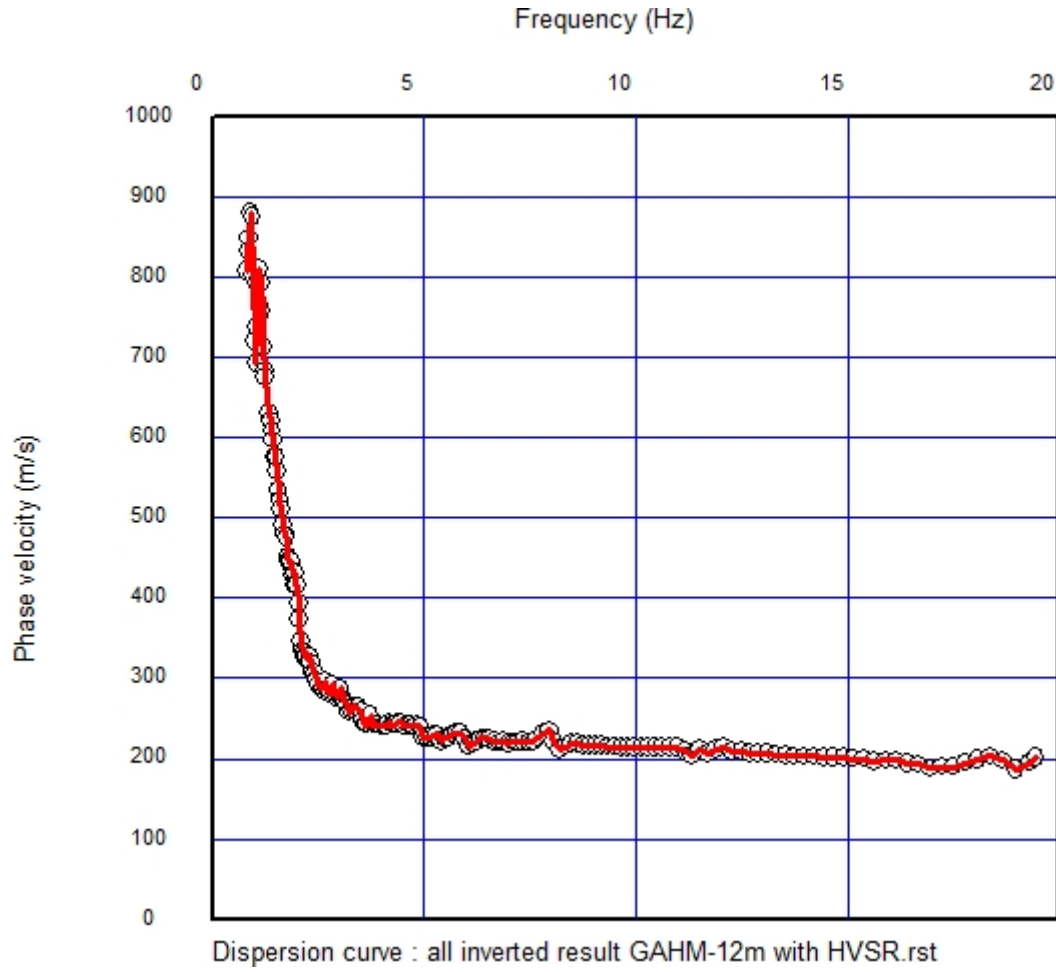


図242: m/sec単位で表示される分散曲線。

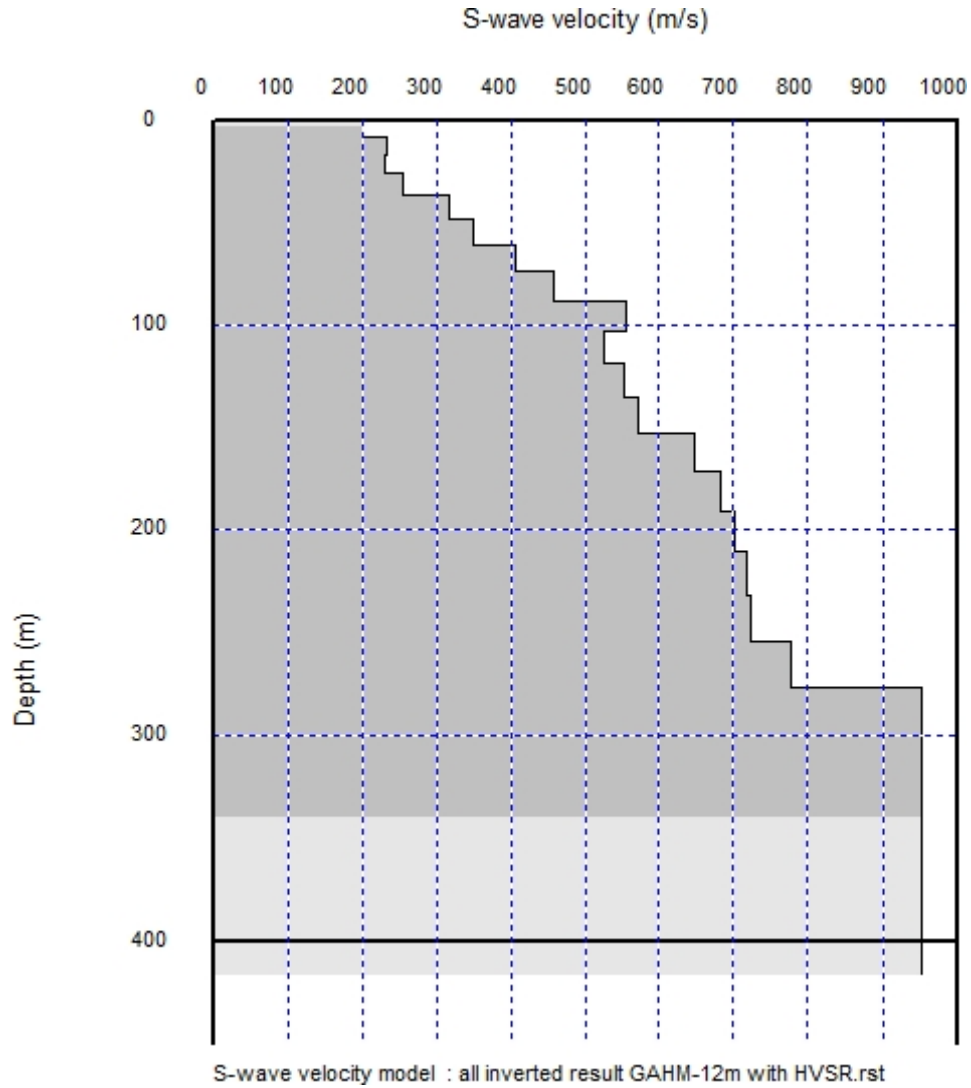


図243: mとm/secで表示される速度モデル。

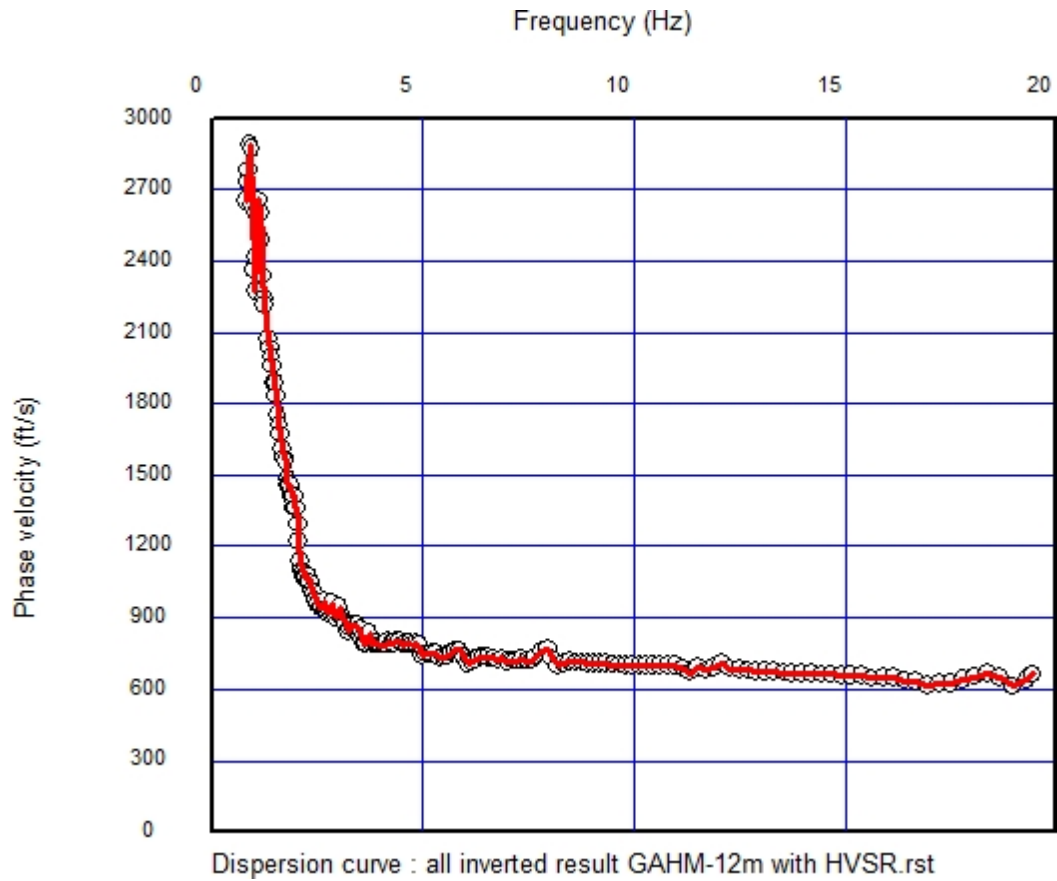


図244: 図242の分散曲線をft/secで表示。

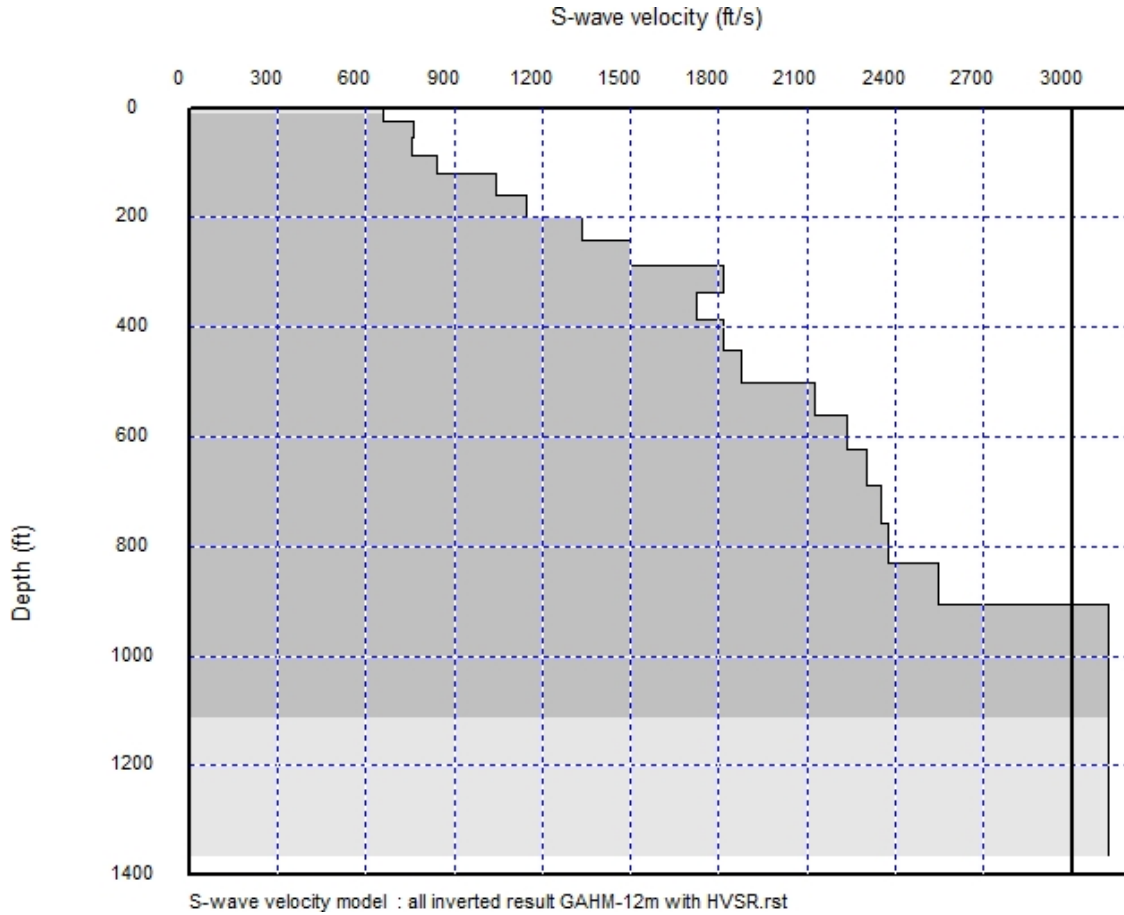
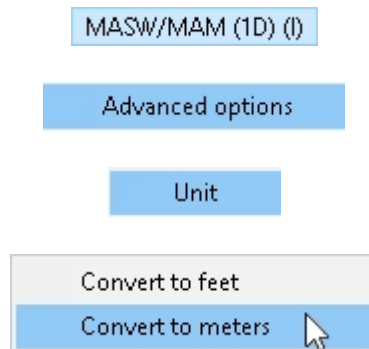


図245: ftとft/secで表示された図243の速度モデル。

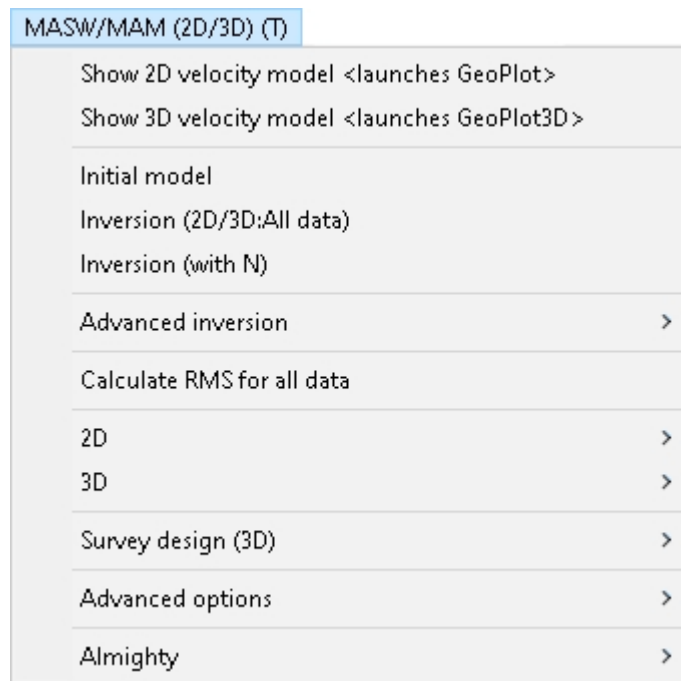
7.7.9.10.2 メートルに変換



これは、前節で説明したことのちょうど逆である。

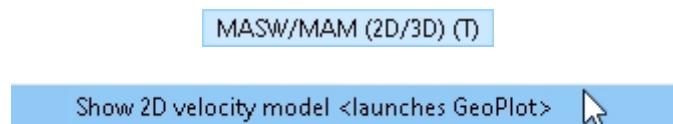
7.8 MASW/MAM (2D/3D) メニュー

MASW/MAM(2D/3D)メニューには、2次元データセットの初期モデルを計算する機能と、修正された初期モデルデータと観測データとの最適なフィットを求めるインバージョンを実行する機能が含まれています。SeisImager/SW-1Dを購入された方は、このメニューは使用できません。



7.8.1 2D速度モデルを表示する<GEOPLOTT>を起動する

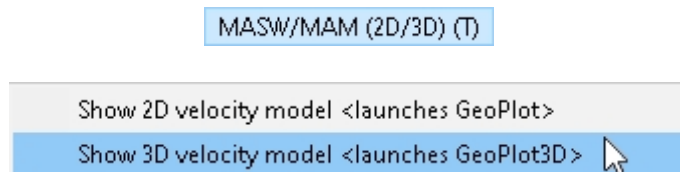
[SW-2D以上]



一連のCMP相互相関収集に初期モデルまたは最終モデルが存在する場合、GeoPlotで「2D速度モデルを表示」を選択することで、該当する断面モデルを表示することができます。WaveEqで設定した単位ラベルは引き継がれます。GeoPlotでの表示パラメータの設定については、セクション [4.1.3](#) (90ページ) を参照してください。

7.8.2 3D速度モデルを表示 <GEOPlot3D起動

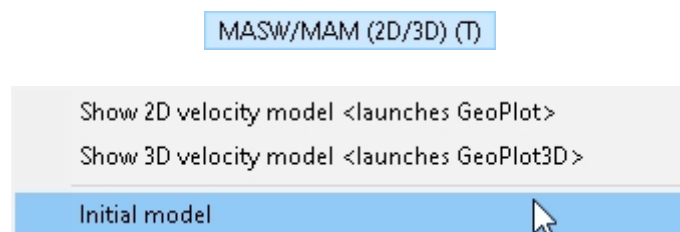
[SW-2D以上]



support@seisimager.com。この[チュートリアル](#)が役に立つかもしれません。チュートリアルをご覧になりたい方は、データセットの例を[ご覧](#)ください。

7.8.3 初期モデル

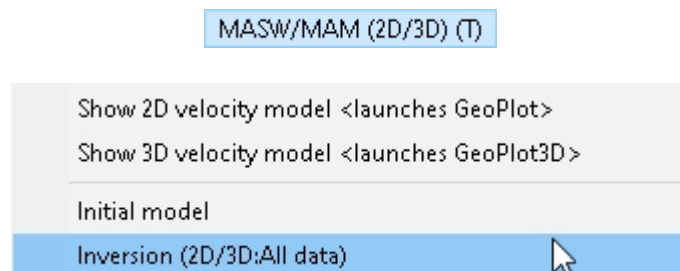
[SW-2D以上]



vsの初期断面インバージョンの出発点である。2D MASWの場合、初期断面モデルはCMP相互相関ギャザーの個々の1D初期モデルから補間されます。ギャザーのセットから初期断面モデルを生成するには、*初期モデル*を選択します。**Initial model for inversion**ダイアログボックスの設定は、[7.7.1節](#)(490ページ)で説明したものと同じですが、デフォルトで*Apply horizontal interpolation*がチェックされており、一連の1Dモデル間の補間によって断面モデルが構築されるようになっています。

7.8.4 反転 (2D/3D: 全データ)

[SW-2D以上]

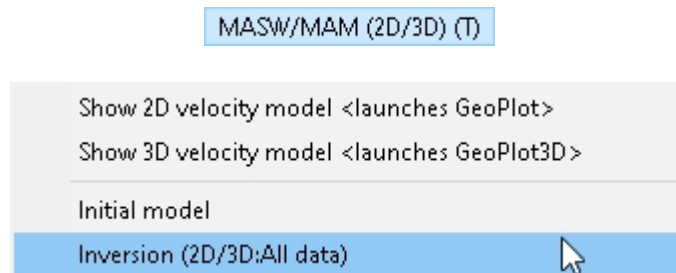


インバージョン(2D/3D: All Data)とインバージョン(with N)の処理は計算量が多く、データセットのサイズによっては完了までに時間がかかる場合があります。また

*Iteration*の値が大きいほど、プロセスにかかる時間は長くなります。Windowsのタスクマネージャーでは、WaveEqは「応答していません」と表示されることがありますが、メモリ使用量が動的に変化している場合は、プロセスが正常に実行されていることを示しています。

7.8.5 反転 (2D/3D: 全データ)

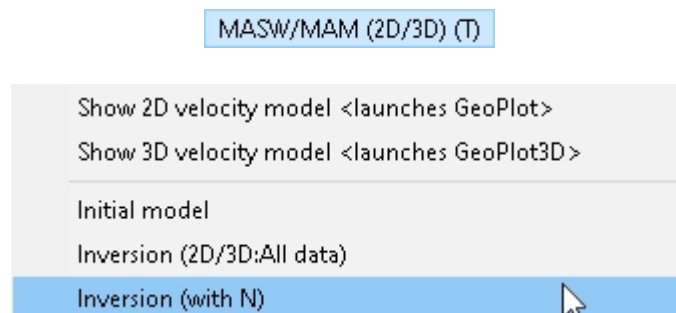
[SW-2D以上]



観測データと最もよく一致する *vs* 断面を計算するには、*Inversion (2D/3D:All Data)* を選択します。最小二乗法ダイアログボックスの設定は、[7.7.2](#)項(494ページ)で説明したものと同じですが、*e*のデフォルト値が0.1、*正規化*のデフォルト値が0.5となっています。

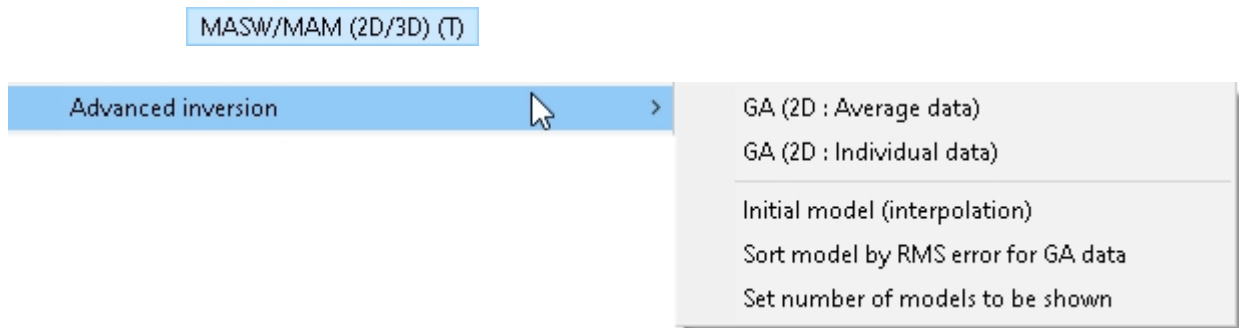
7.8.6 逆転 (Nあり)

[SW-2D以上]



初期モデルの構築にN値を使用する場合は、*Inversion (2D/3D:All Data)*の代わりに*Inversion (with N)*を選択します。最小二乗法ダイアログ・ボックスの設定は、*e*のデフォルト値が0.1であり、*正規化*が0.5であることを除いて、セクション[7.7.2](#) (ページ 494)で説明したものと同じです。

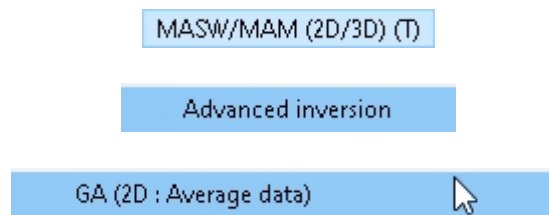
7.8.7 アドバンスド・インバージョン



SeisImagerにはいくつかの高度なインバージョンツールがあります。以下のサブメニューの項目の多くはほとんど使用されませんが、使用される場合は、通常、Geometrics社のサポートが必要です。

7.8.7.1 ガ (2d: 平均データ)

[SWプロ]



*MASW/MAM (2D/3D) | Advanced inversion | GA (2D: 平均データ)*を選択すると、遺伝的アルゴリズム(GA)を使用して2次元データにインバージョンを適用。

初期2次元流速断面、1次元分散曲線例、流速モデルを以下に示す。

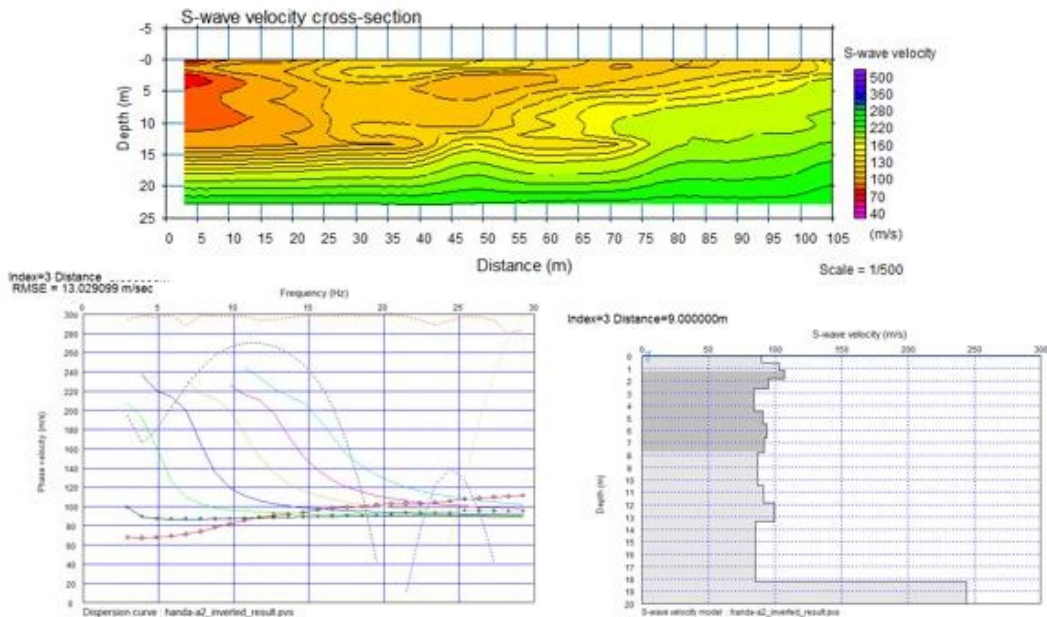


図246: 2次元速度セクション、1次元分散曲線、1次元 v_s 例。

遺伝的パラメータを設定します。デフォルト値(Iteration=50, Population=50, Binary digits=5, Crossover probability=0.5, Mutation probability=0.5)はほとんどの場合に適しています。OKボタンを押して次に進みます。

Genetic Algorithm ✕

Iteration	<input type="text" value="50"/>	<input type="button" value="OK"/>
Population	<input type="text" value="50"/>	<input type="button" value="Cancel"/>
Binary digits	<input type="text" value="5"/>	
Crossover probability	<input type="text" value="0.5"/>	
Mutation probability	<input type="text" value="0.5"/>	

サイトの条件に基づいて、制約のパラメータを設定します。(support@seisimager.com ください。) OK ボタンを押して次に進みます。

Velocity model inversion with GA

No constraint

Setup allowed velocity reversal (default)

Allowed velocity reversal (default=20%) %

Current velocity reversal = %

Increasing with depth

Decreasing with depth

Search area

Use constant search area

Search area for velocity (default=20%) %

Min and max. velocity

Define min. and max. velocity

Min. velocity m/sec

Max. velocity m/sec

Search method

Layer velocity

Layer thickness

Layer velocity and thickness

Fix bottom layer velocity

反転結果の一例を以下に示す。観測された位相速度と理論的な位相速度の誤差は、初期モデルよりも小さくなっている。

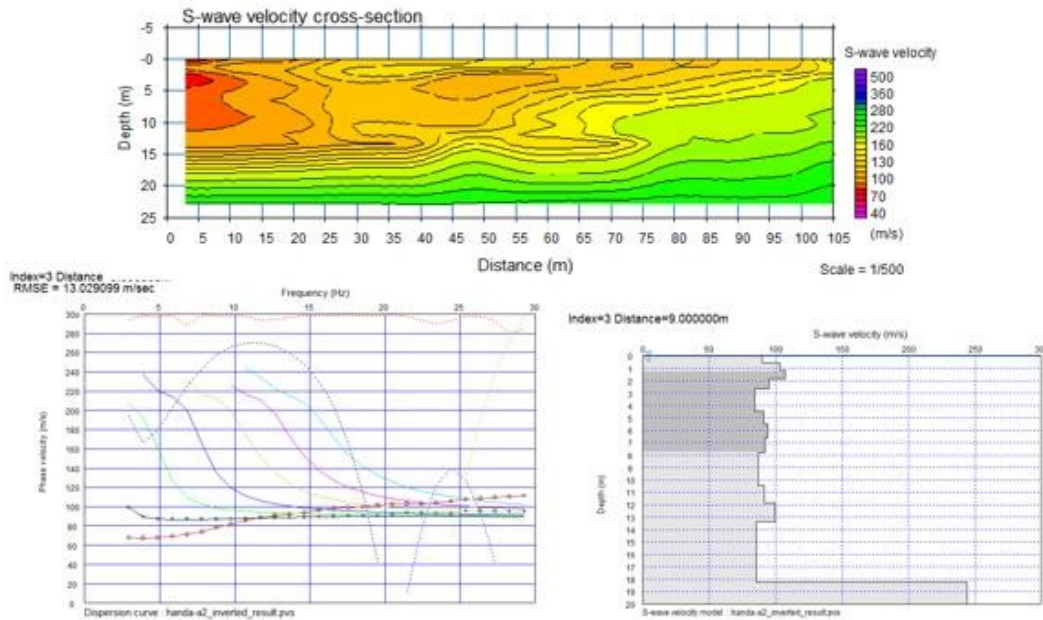
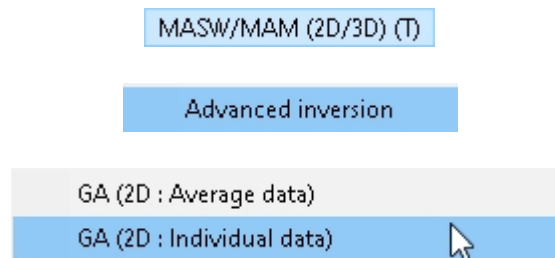


図247: 逆転の結果。

7.8.7.2 ガ (2D: 個人データ)

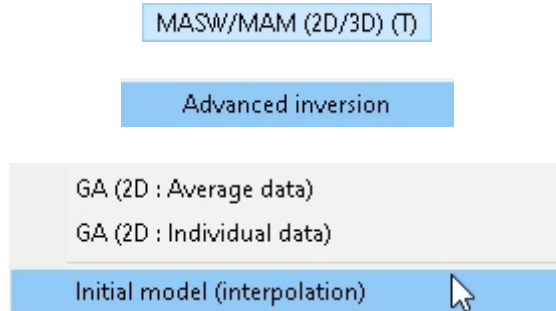
[SWプロ]



support@seisimager.com。

7.8.7.3 初期モデル（補間）

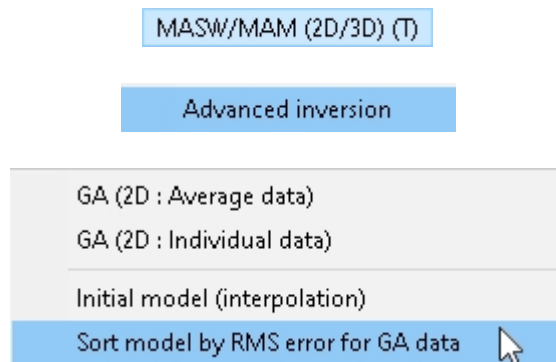
[SW-2D以上]



support@seisimager.com。

7.8.7.4 GAデータのRMSエラーによるモデルの並べ替え

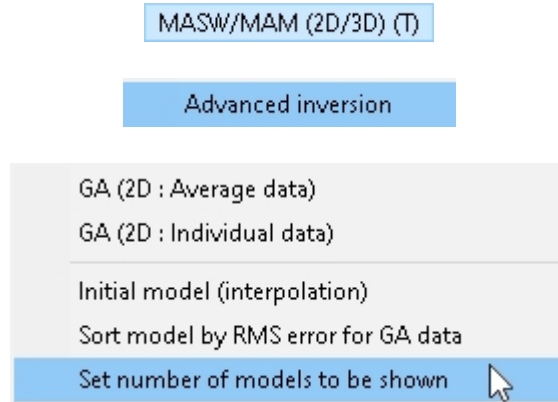
[SWプロ]



support@seisimager.com。

7.8.7.5 表示モデル数の設定

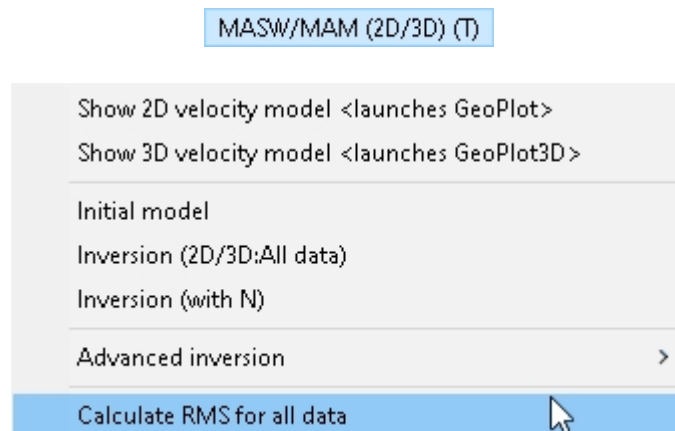
[SWプロ]



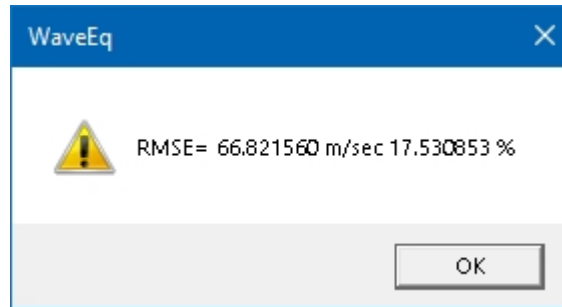
support@seisimager.com。

7.8.8 全データのRMSを計算する

[SW-2D以上]

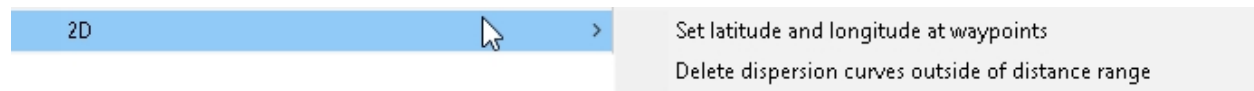


インバージョンのRMS誤差を計算するには、*すべてのデータのRMSを計算*を選択します。RMS誤差は、速度（m/sまたはft/s）とパーセント（%）で報告されます。誤差は約5%以下であることが望ましいですが、データセットによって異なります。



7.8.9 2D

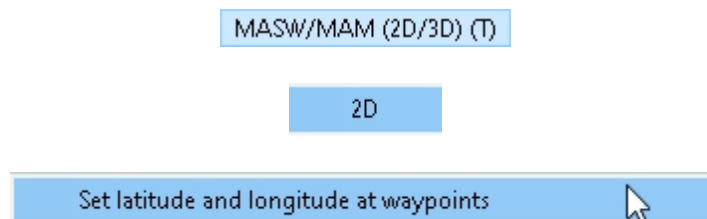
MASW/MAM (2D/3D) (T)



以下のサブメニューの項目はめったに使用されませんが、使用される場合は一般的にジオメトリックスのサポートが必要です。

7.8.9.1 ウェイポイントに緯度と経度を設定する

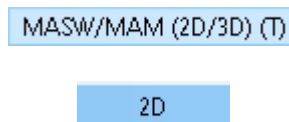
[SW-2D以上]

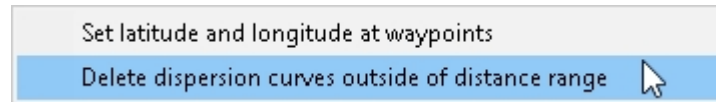


support@seisimager.com。

7.8.9.2 距離範囲外の分散カーブの削除

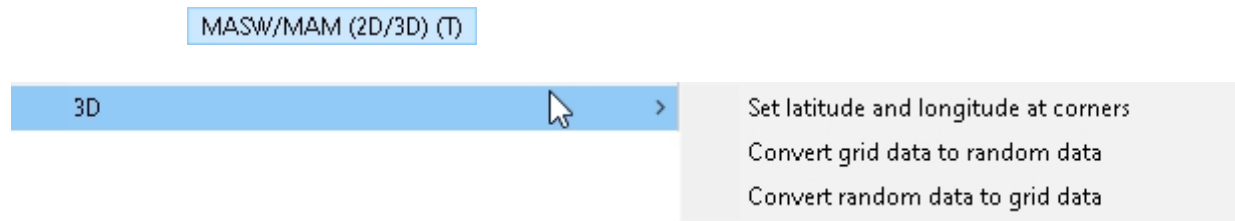
[SW-2D以上]





support@seisimager.com。

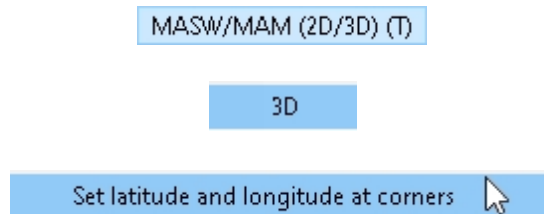
7.8.10 3D



以下のサブメニューの項目はめったに使用されませんが、使用される場合は一般的にジオメトリックスのサポートが必要です。

7.8.10.1 コーナーに緯度と経度を設定

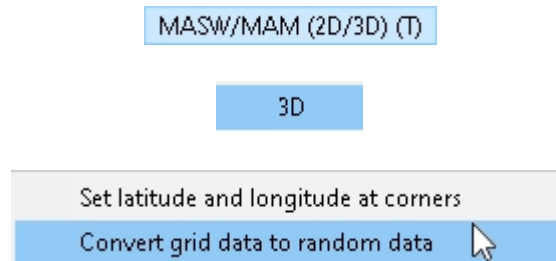
[SW-3D]



support@seisimager.com。

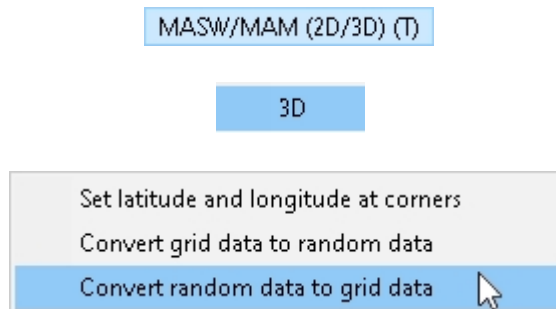
7.8.10.2 グリッドデータをランダムデータに変換

[SW-3D]

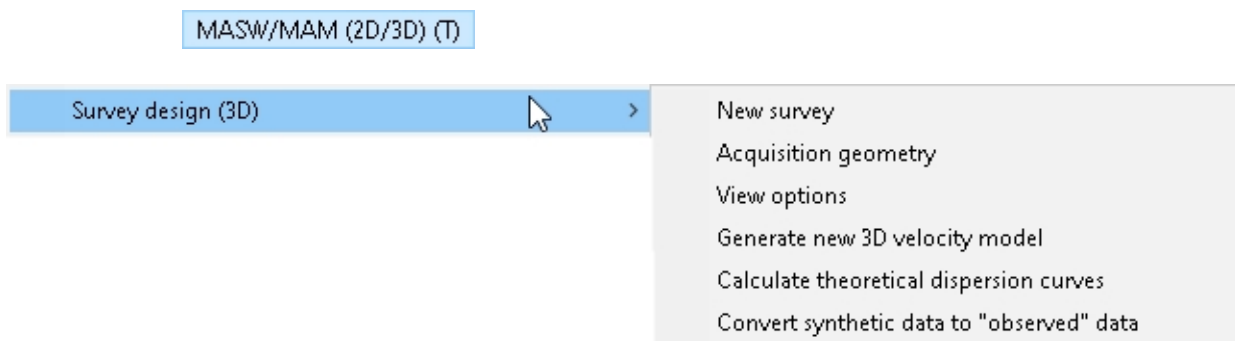

support@seisimager.com。

7.8.10.3 ランダムデータをグリッドデータに変換

[SW-3D]


support@seisimager.com。

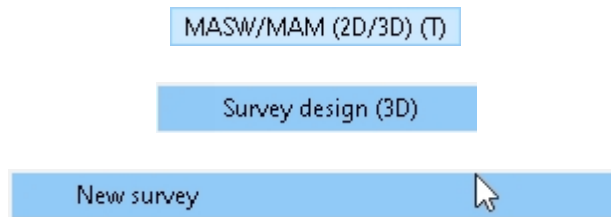
7.8.11 測量デザイン (3D)



以下のサブメニューの項目はめったに使用されませんが、使用される場合は一般的にジオメトリックスのサポートが必要です。

7.8.11.1 新しいアンケート

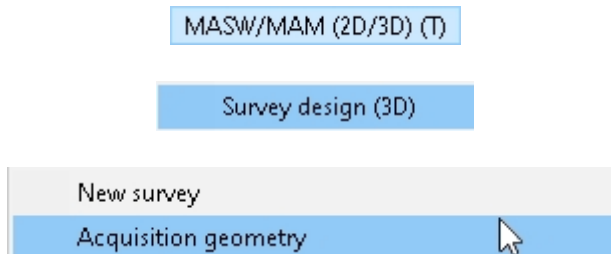
[SW-3D]



support@seisimager.com。

7.8.11.2 獲得ジオメトリー

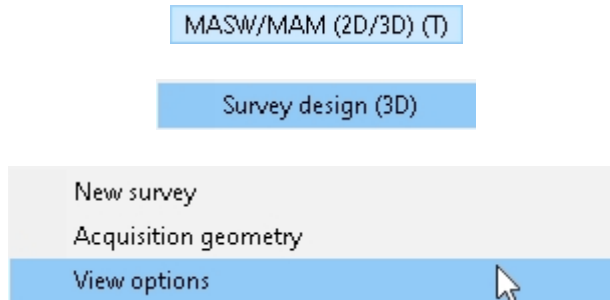
[SW-3D]



support@seisimager.com。

7.8.11.3 オプションを見る

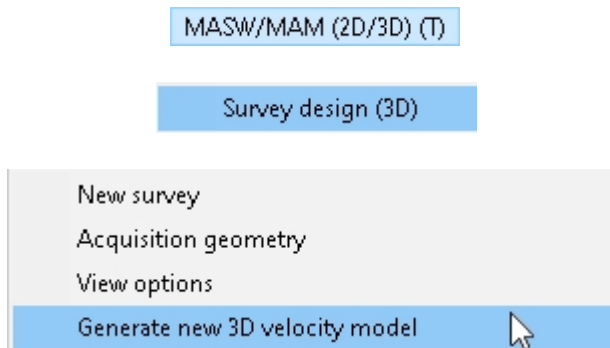
[SW-3D]



support@seisimager.com。

7.8.11.4 新しい3D速度モデルの生成

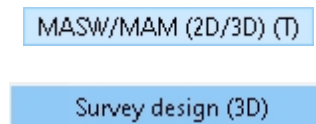
[SW-3D]

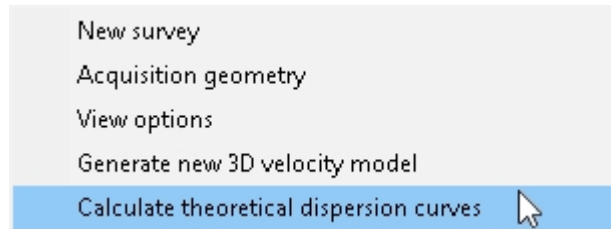


support@seisimager.com。

7.8.11.5 理論分散曲線の計算

[SW-3D]

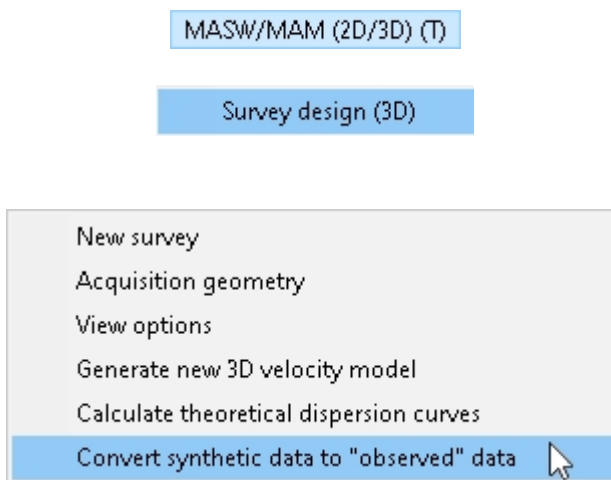




support@seisimager.com。

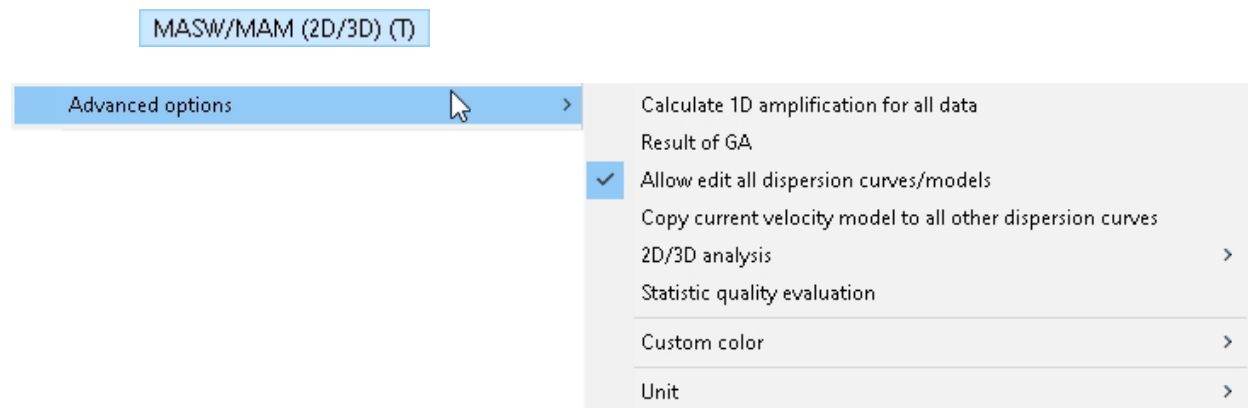
7.8.11.6 合成データを「観測データ」に変換する

[SW-3D]



support@seisimager.com。

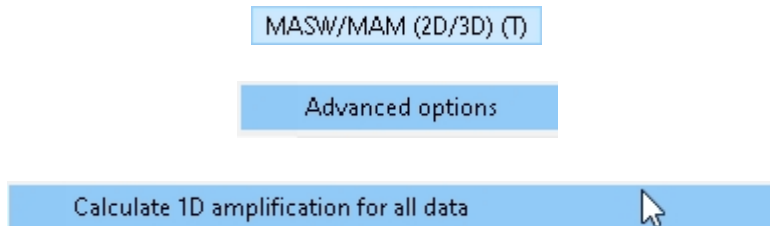
7.8.12 高度なオプション



以下のサブメニューの多くの項目はめったに使用されませんが、使用される場合は一般的にジオメトリックスのサポートが必要です。

7.8.12.1 全データの1次元増幅率を計算する

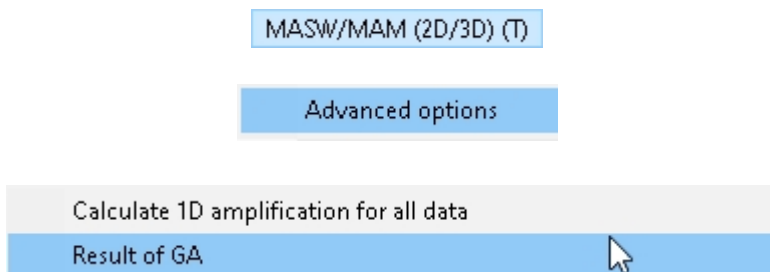
[SW-2D以上]



support@seisimager.com。

7.8.12.2 GA結果

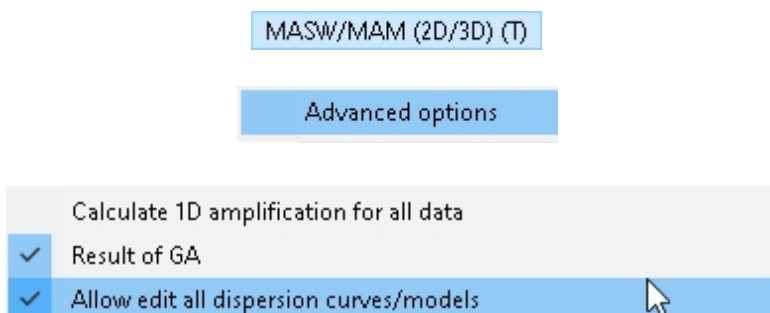
[SWプロ]



support@seisimager.com。

7.8.12.3 すべての分散カーブ／モデルの編集を許可する

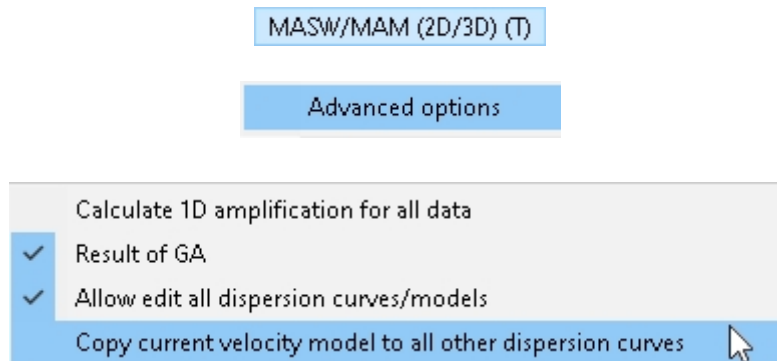
[SW-2D以上]



support@seisimager.com。

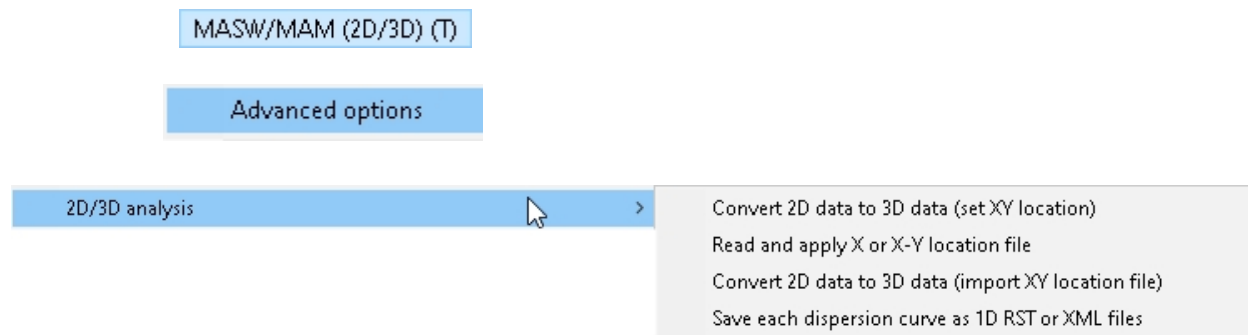
7.8.12.4 現在の速度モデルを他のすべての分散曲線にコピーする

[SW-2D以上]



support@seisimager.com。

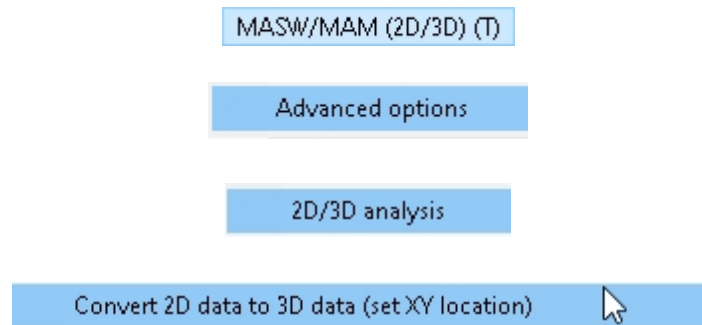
7.8.12.5 2D/3D解析



以下のサブメニューの項目はめったに使用されませんが、使用される場合は一般的にジオメトリックスのサポートが必要です。

7.8.12.5.1 2Dデータを3Dデータに変換（XY位置の設定）

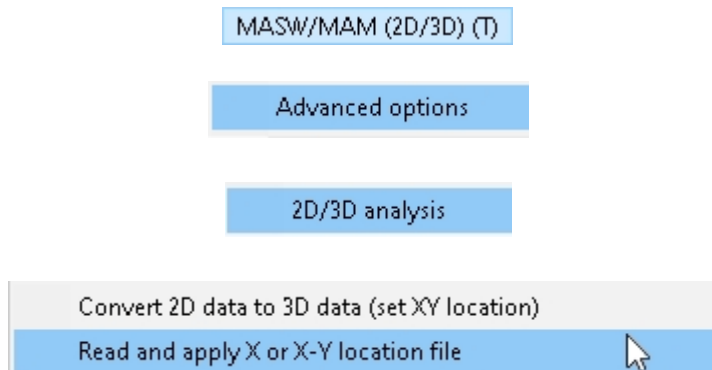
[SW-3D]



support@seisimager.com。

7.8.12.5.2 XまたはXY位置ファイルの読み込みと適用

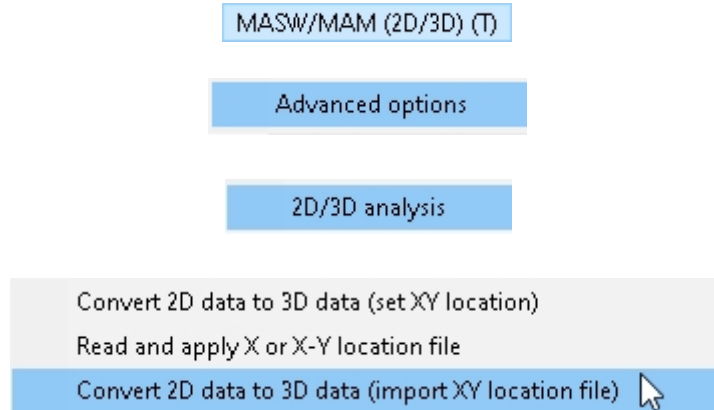
[SW-3D]



support@seisimager.com。

7.8.12.5.3 2Dデータを3Dデータに変換（XY位置ファイルのインポート）

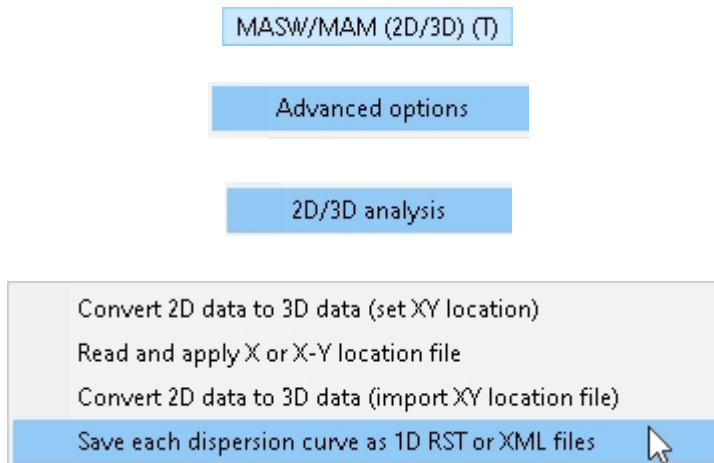
[SW-3D]



support@seisimager.com。

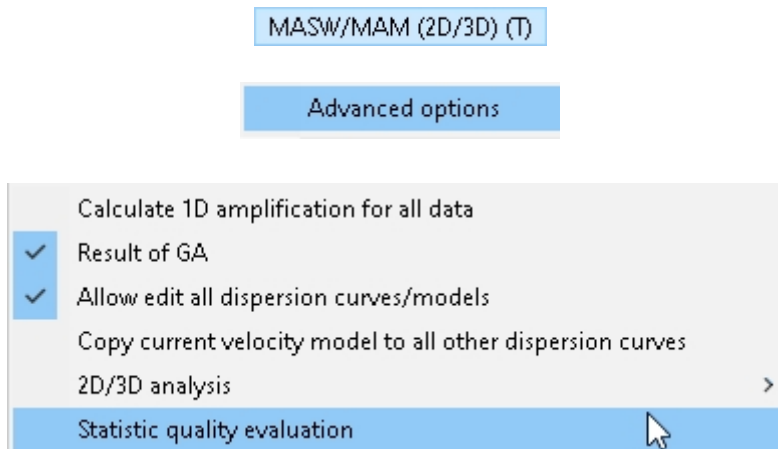
7.8.12.5.4 各分散曲線を1D RSTまたはXMLファイルとして保存する。

[SW-3D]



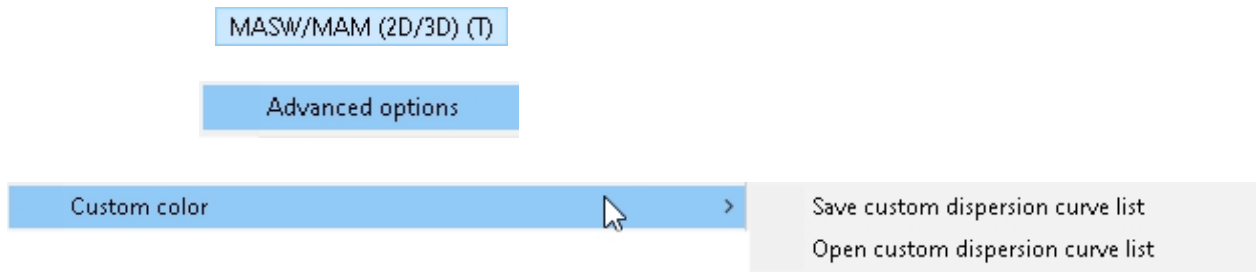
support@seisimager.com。

7.8.12.6 静的品質評価



support@seisimager.com。

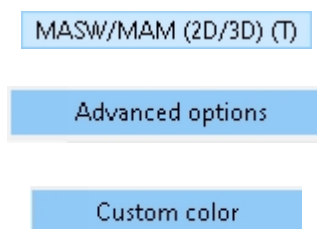
7.8.12.7 カスタムカラー

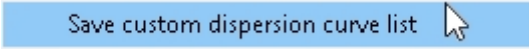


以下のサブメニューの項目はめったに使用されませんが、使用される場合は一般的にジオメトリックスのサポートが必要です。

7.8.12.7.1 カスタム分散曲線リストの保存

[SW-2D以上]

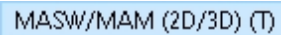
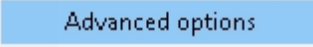
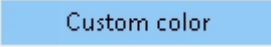
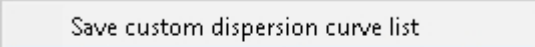
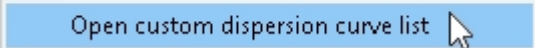




support@seisimager.com。

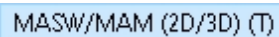
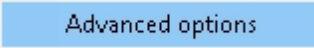
7.8.12.7.2 カスタム分散曲線リストを開く

[SW-2D以上]

support@seisimager.com。

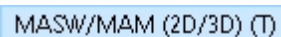
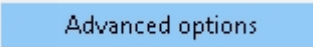
7.8.12.8 ユニット

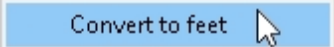





続ける。

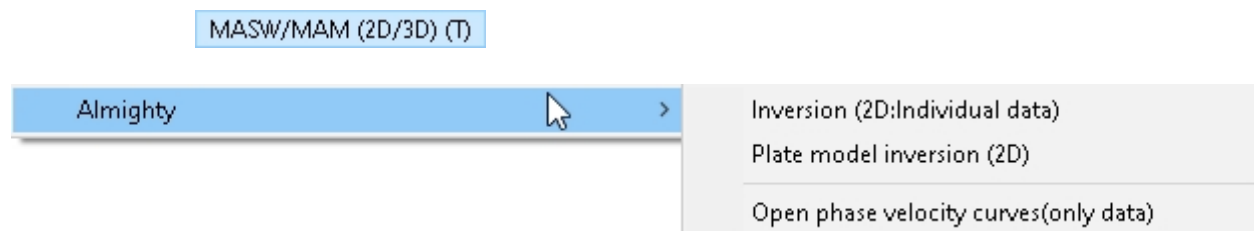
7.8.12.8.1 フィート/メートルへの変換



セクション7.7.9.10.1 (537ページ)に記載されている同様の方法で、2Dモデルと3Dモデルの単位を変換することができます。フィート単位で作業している場合は、「メートルに変換」と表示され、その逆も同様です。

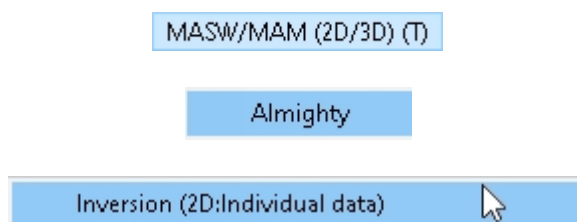
7.8.13 アルマイティ



以下のサブメニューの項目はめったに使用されませんが、使用される場合は一般的にジオメトリックスのサポートが必要です。

7.8.13.1 反転 (2D: 個別データ)

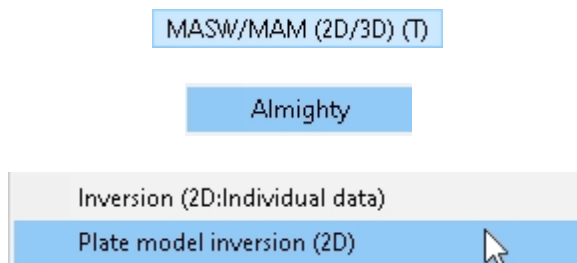
[SWプロ]



support@seisimager.com。

7.8.13.2 プレートモデル・インバージョン (2D)

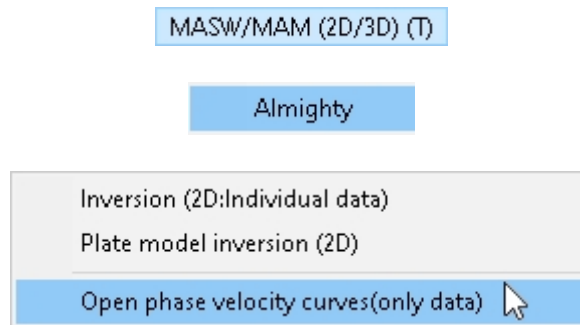
[SWプロ]



support@seisimager.com。

7.8.13.3 開相速度曲線（データのみ）

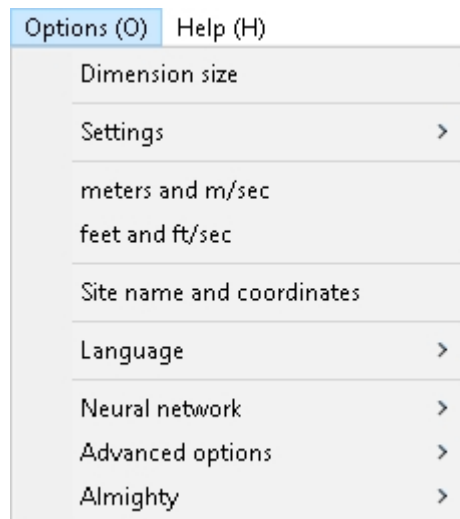
[SWプロ]



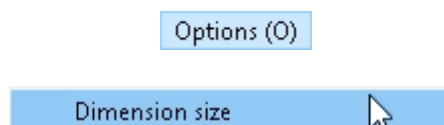
support@seisimager.com。

7.9 オプションメニュー

Options（オプション）メニューには、プログラムのコントロールと設定が含まれています。

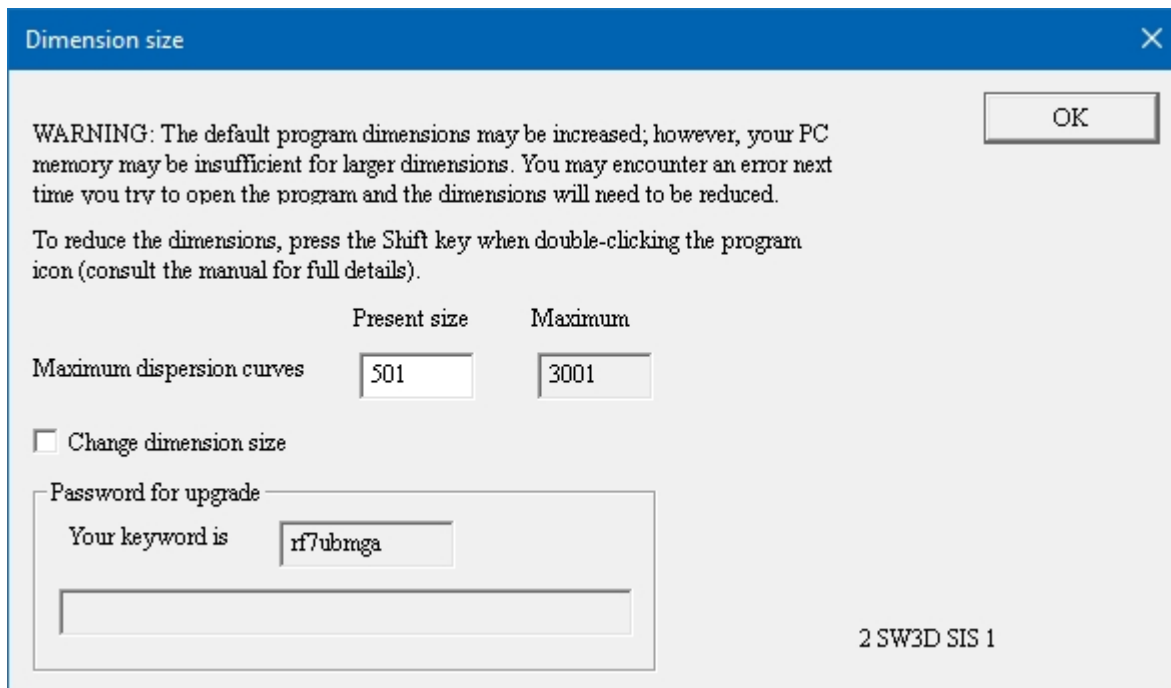


7.9.1 寸法サイズ

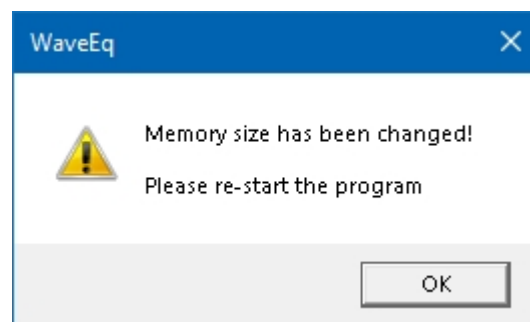


番組データの入力許容値を表示または変更するには、*寸法サイズ*を選択します。

現在のサイズは、2D MASWの現在の最大分散曲線数を反映している。2001のMaximumは可能な限り高い値である。数値を変更するには、新しい数値を入力し、*Change dimension size* をチェックし、*OK* を押す。



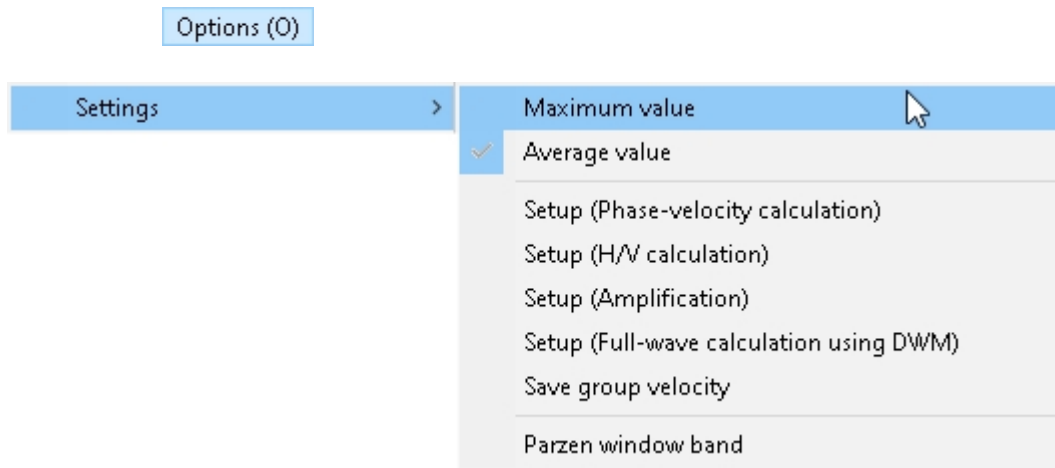
OK を押し、プログラムを再起動する。



ウィザードは、効率的に実行するために、自動的に標準寸法をデフォルトとします。標準以外の寸法を使用するには、データを手動で処理する必要があります。

プログラムのアップグレードを購入した場合、新しい登録パスワードを**Dimension size**ダイアログボックスの *Password for upgrade* フィールドに直接入力することができますが、代わりにSeisImager Registrationプログラムを介してアップグレードすることを強くお勧めします。

7.9.2 設定



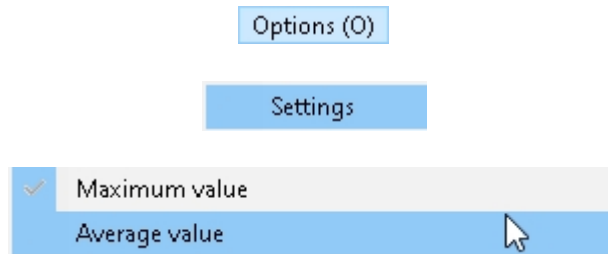
オプション]-[設定]で様々なパラメータを設定できます。以下のサブメニューの中には、ほとんど使用されない項目もあり、使用される場合は、通常、ジオメトリックスのサポートが必要です。

7.9.2.1 最大値



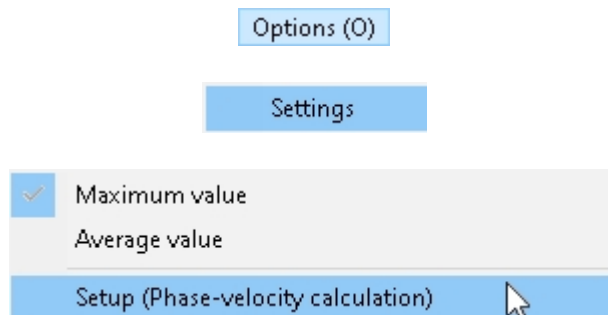
理論位相速度は、「平均値」または「最大値」の分散曲線を仮定して計算することができます。オプション]-設定]で最大値または平均値を有効にして、方法を切り替えます。MASWでは最大値、SPACでは平均値を使用することをお勧めします。

7.9.2.2 平均値

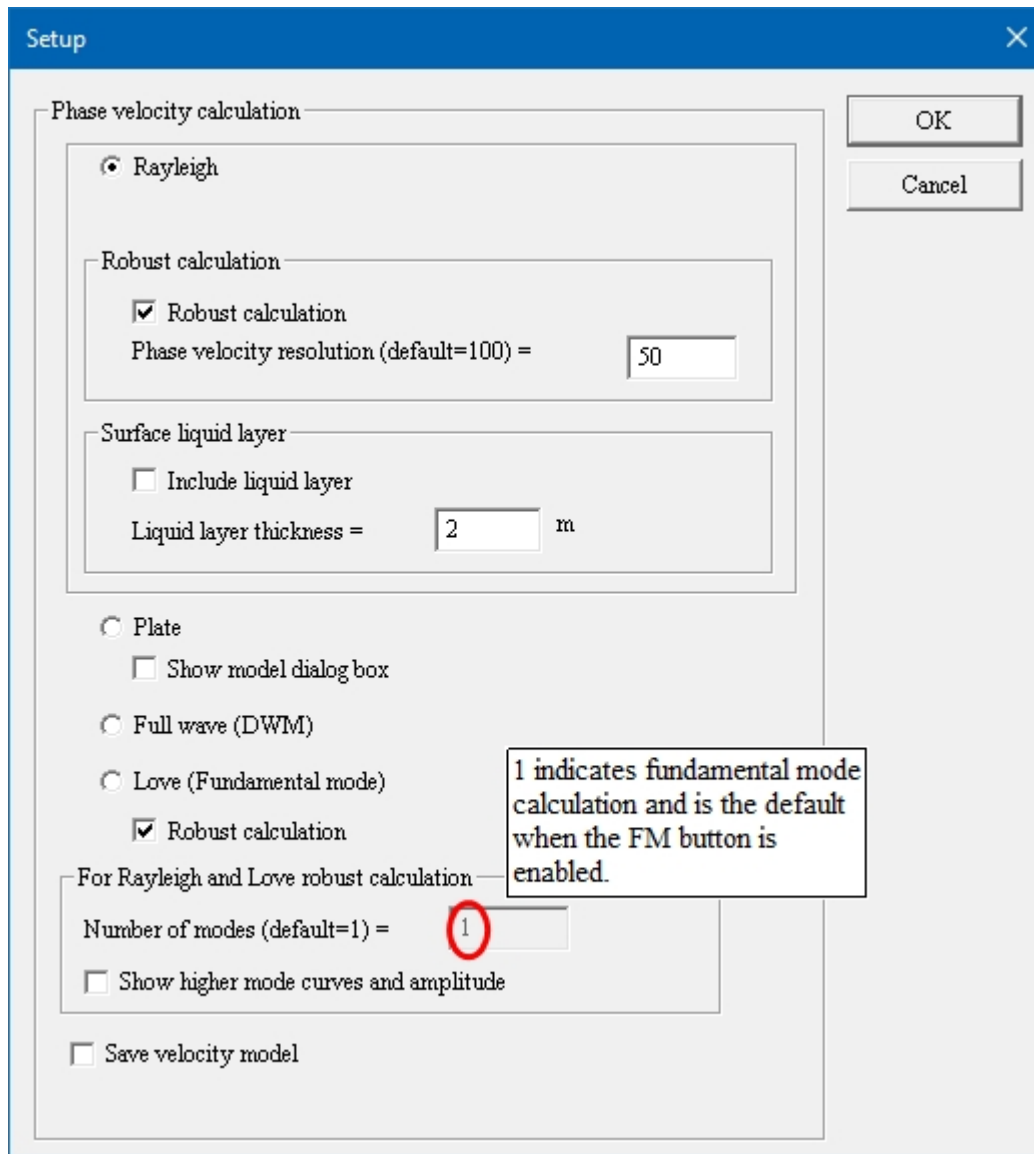


前節を参照のこと。

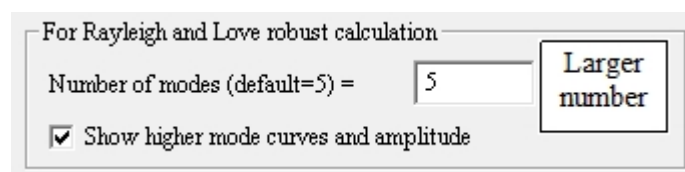
7.9.2.3 セットアップ（位相速度計算）



位相速度の上位モード計算の設定を変更するには、*Options* | *Settings* | *Setup (Phase velocity calculation)* を選択します。基本モードの計算を選択すると、次のダイアログボックスが表示されます。(ダイアログを開く前に **FM** を押してください。) モード数はハードワイヤで 1 に設定されていることに注意してください。

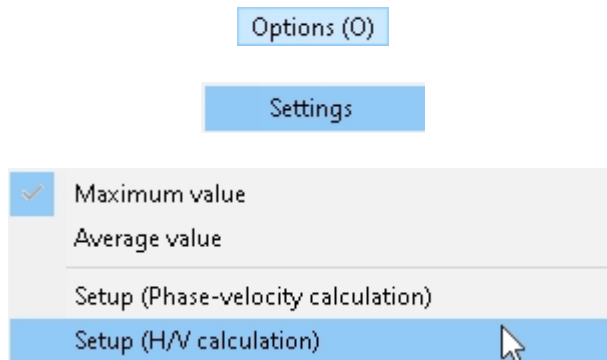


より高いモード計算を選択した場合（ダイアログを開く前に **FM** を押す）、モード数のデフォルトは5。モード数には5~20を使用する。積分モード数は計算比例する。ほとんどの、5~10モードの計算が適しています。低速度層の下にある高速度薄層による高次モードがデータに含まれている場合は、大きな数 (20 から 50) を使用する。



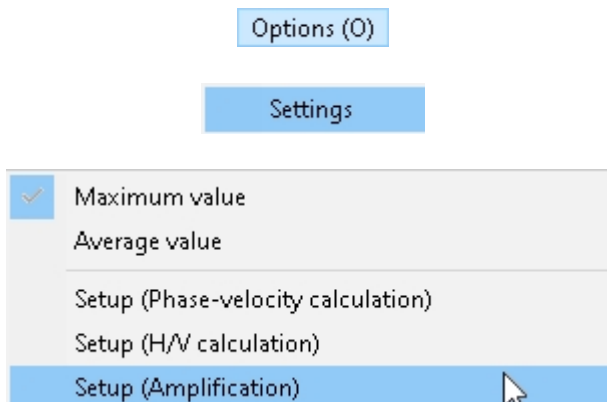
上位モードでの作業については、セクション [5.1.1](#) (174ページ) を参照のこと。

7.9.2.4 セットアップ (h/v計算)



support@seisimager.com。

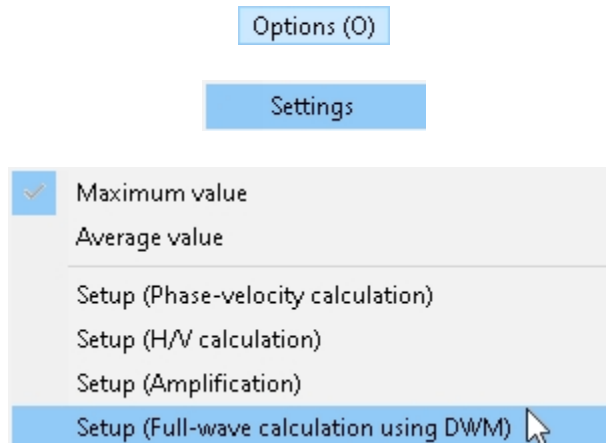
7.9.2.5 セットアップ (アンプ)



support@seisimager.com。

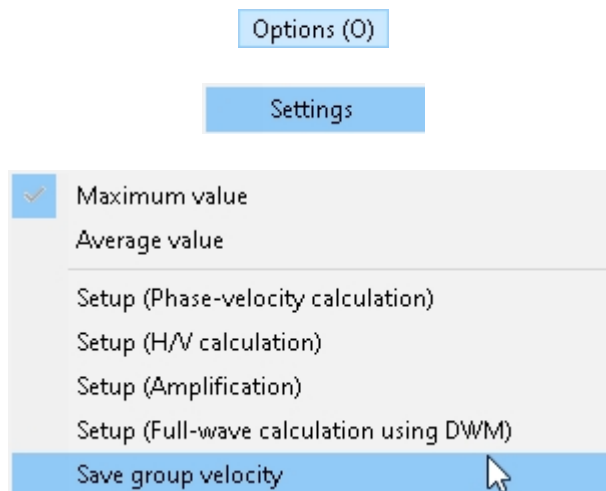
7.9.2.6 セットアップ (DWMによる全波計算)

[SWプロ]



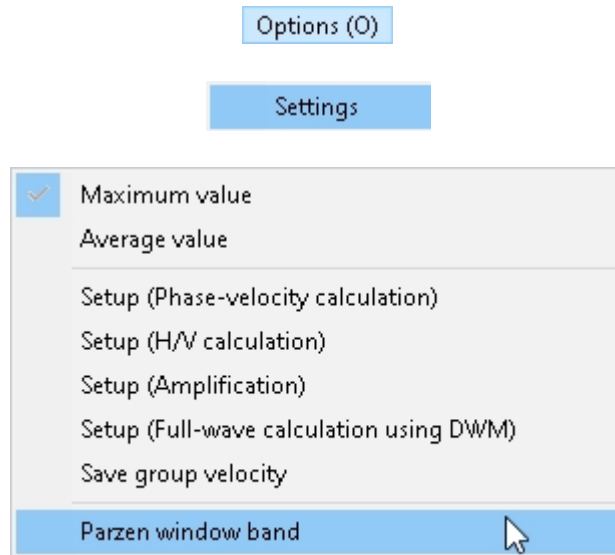
support@seisimager.com。

7.9.2.7 群速度保存



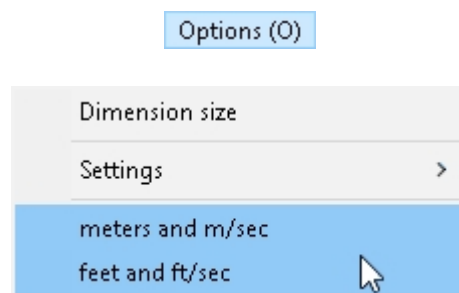
support@seisimager.com。

7.9.2.8 パーゼンウィンドウバンド



support@seisimager.com。

7.9.3 メートルとメートル/秒、フィートとフィート/秒



*m*と*m/sec*または*ft*と*ft/sec*を選択して、希望する単位ラベルを選択する。設定はディスプレイラベル、ダイアログボックスラベル、および該当するデフォルト値に反映されます。

7.9.4 サイト名と座標

Options (O)

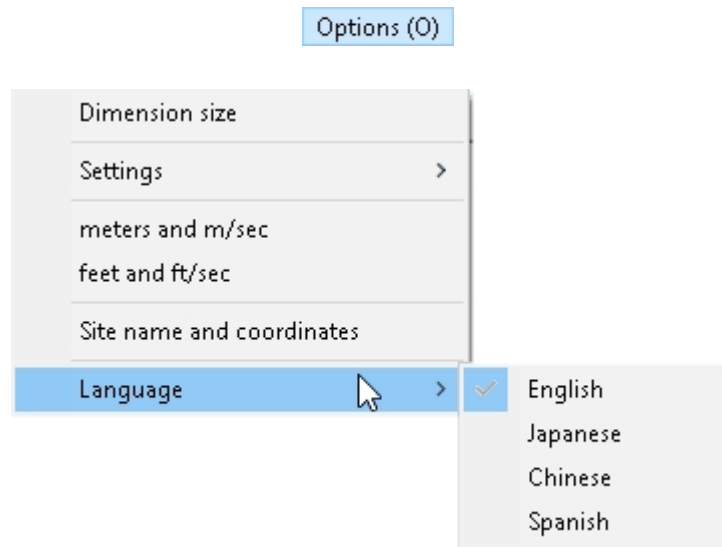
Dimension size
 Settings >
 meters and m/sec
 feet and ft/sec
Site name and coordinates

Site coordinates ×

Latitude	<input type="text" value="47.526123046875"/>	degree	
Longitude	<input type="text" value="-70.5130615234375"/>	degree	OK
Elevation	<input type="text" value="0"/>	m	Cancel
Site name	<input type="text" value="SiteName"/>		
Acquisition date	<input type="text" value="2023/08/14"/>	yyyy/mm/dd	
AVS30	<input type="text" value="224.681"/>	m/sec	
Micro geomorphology (Japan)			
J-SHIS name	<input type="text"/>		
J-SHIS index	<input type="text" value="-1"/>	J-SHIS AVS30 (from Geomo.)	<input type="text" value="0"/> m/sec
GSI name	<input type="text"/>		
GSI index	<input type="text"/>		Update
Database	<input type="text"/>		
Database index	<input type="text" value="-1"/>		

座標、標高、サイト名、日付を含む調査データを更新するには、Options | Site name and coordinates を選択します。ダイアログの下半分は日本国内で実施された測量に適用され、ほとんど使用されません。support@seisimager.com ください。

7.9.5 言語



続ける

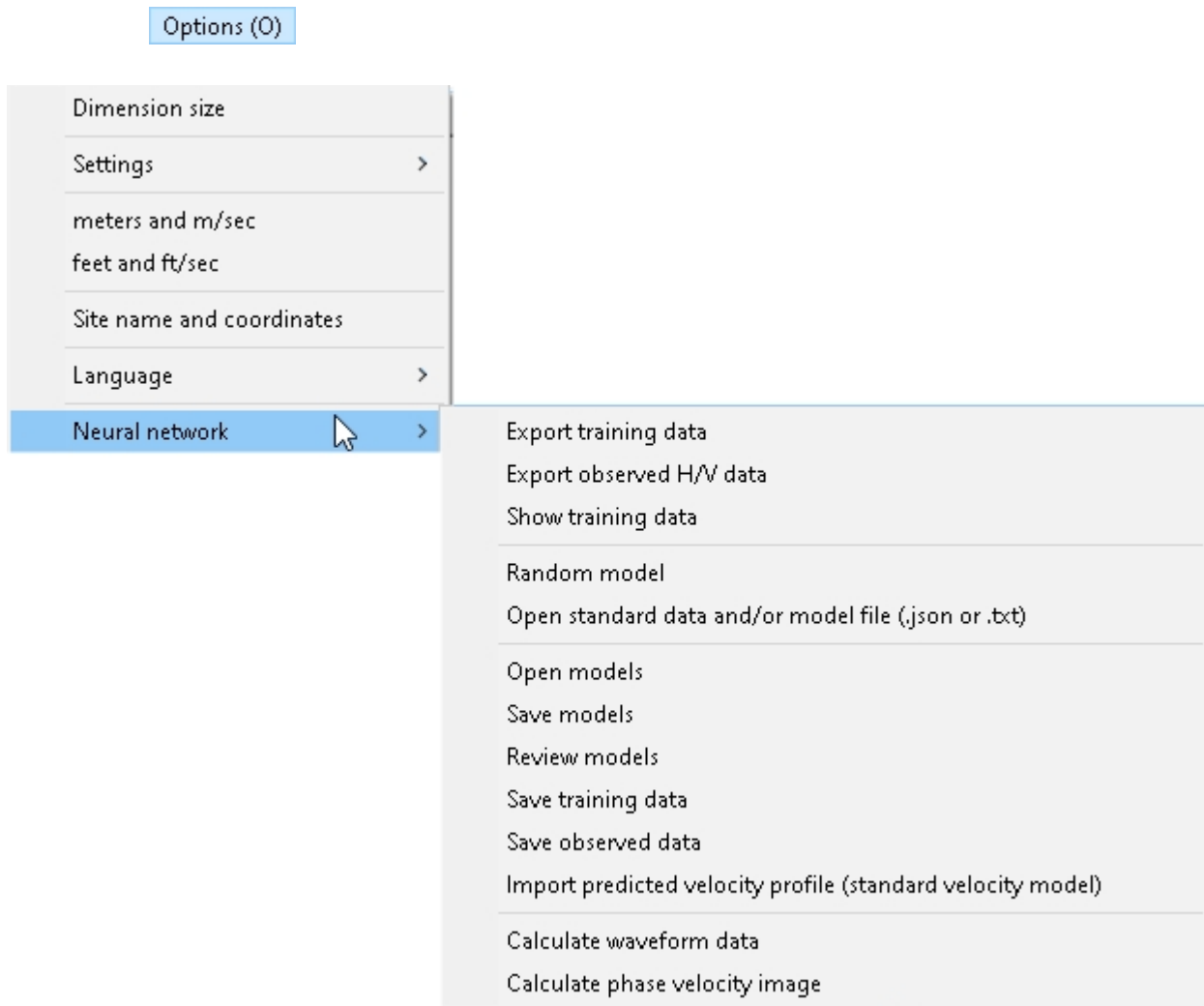
7.9.5.1 英語、日本語、中国語、スペイン語



お好きな言語をお選びください。この記事を書いている時点（2025年1月）では、中国語とスペイン語は工事中です。

。

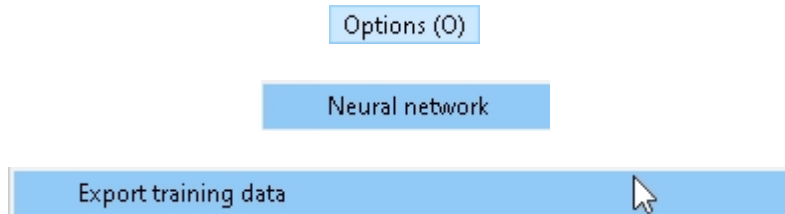
7.9.6 ニューラルネットワーク



以下のサブメニューの項目は、ジオメトリックスの内部使用のみを目的としています。

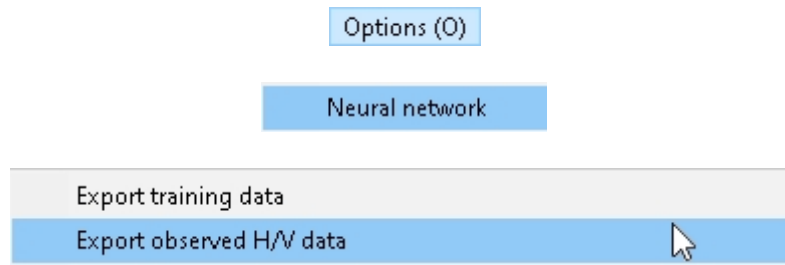
7.9.6.1 トレーニングデータのエクスポート

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



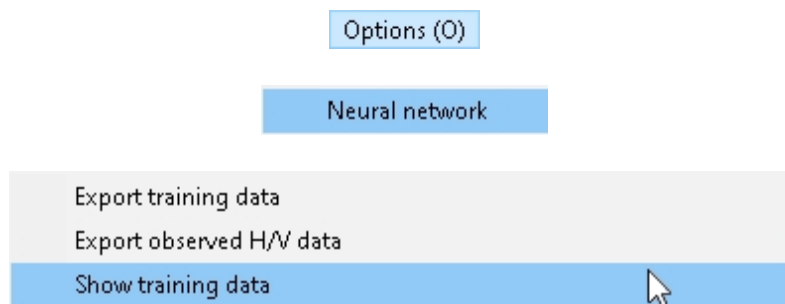
7.9.6.2 観測されたH/Vデータをエクスポート

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



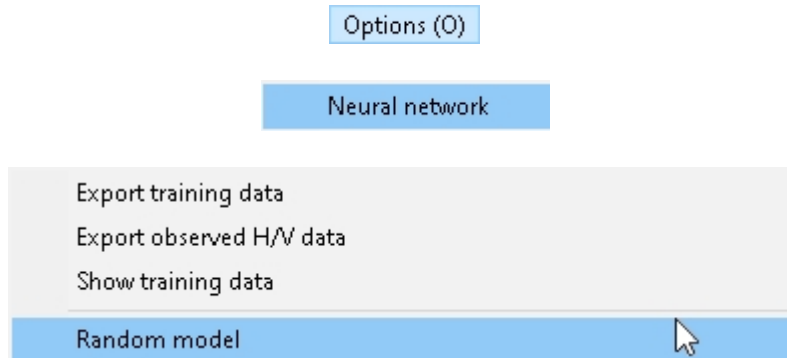
7.9.6.3 トレーニングデータの表示

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



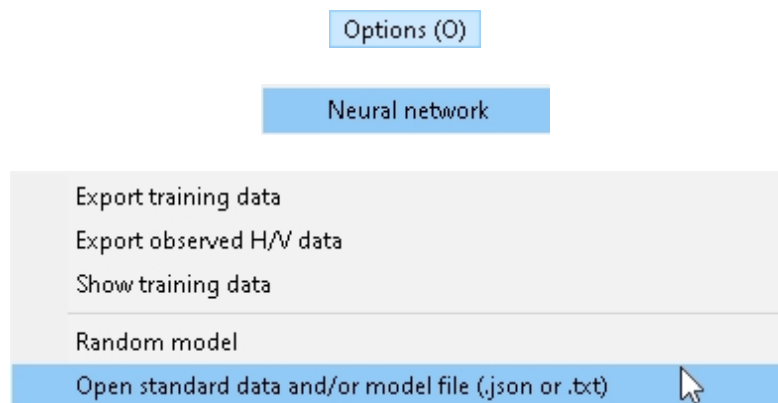
7.9.6.4 ランダムモデル

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



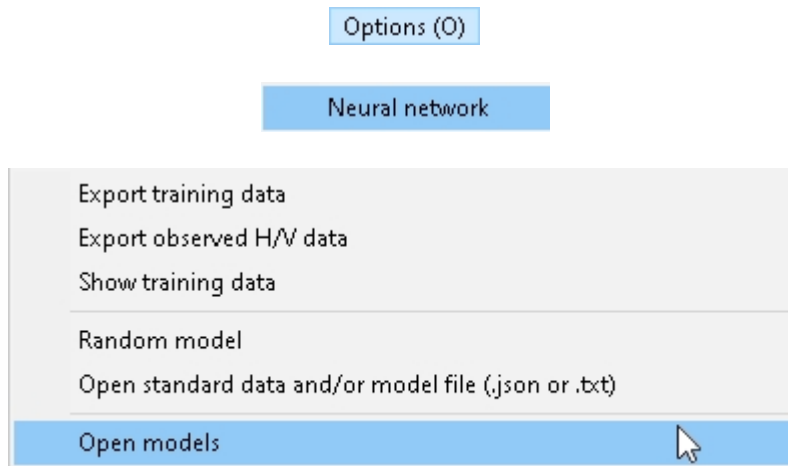
7.9.6.5 オープンスタンダードのデータおよび/またはモデルファイル(.JSONまたは.TXT)

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



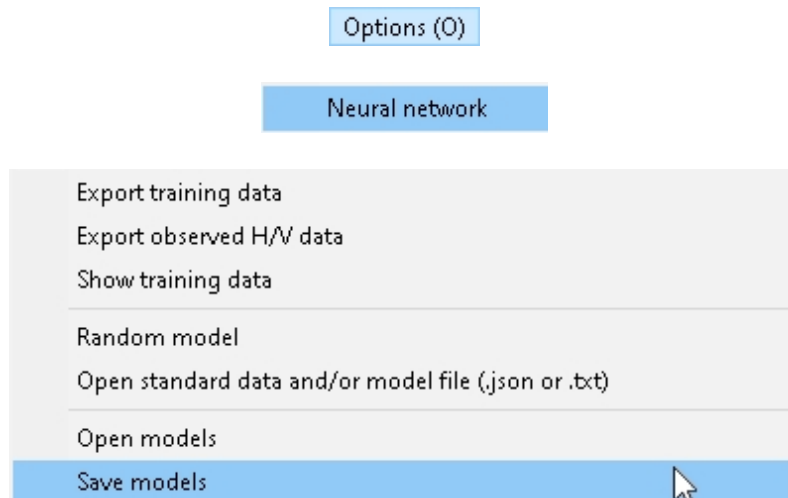
7.9.6.6 オープンモデル

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



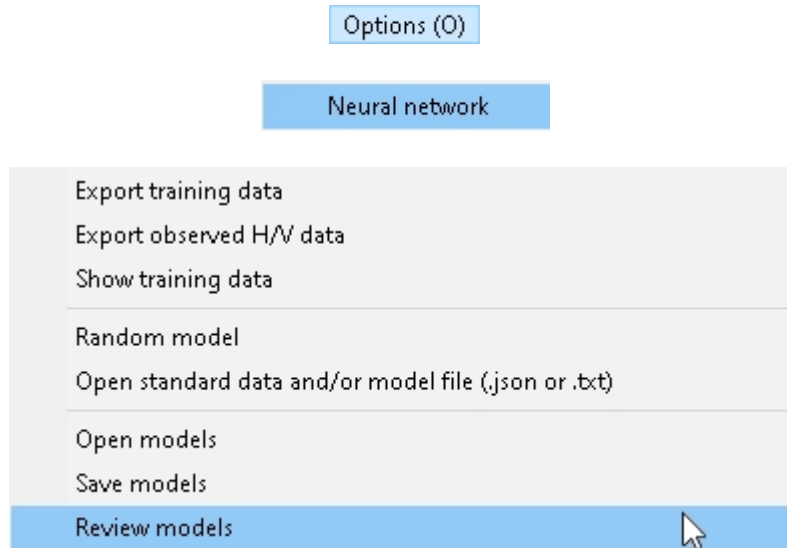
7.9.6.7 モデル保存

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



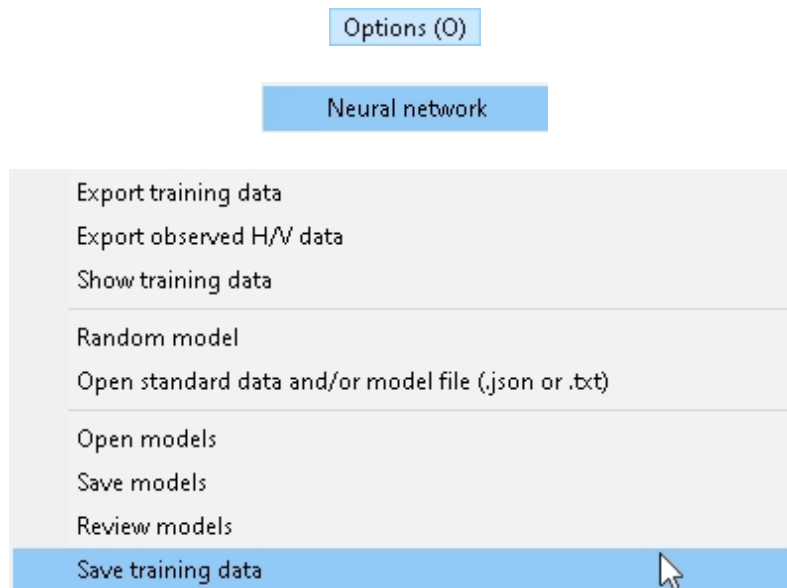
7.9.6.8 レビューモデル

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



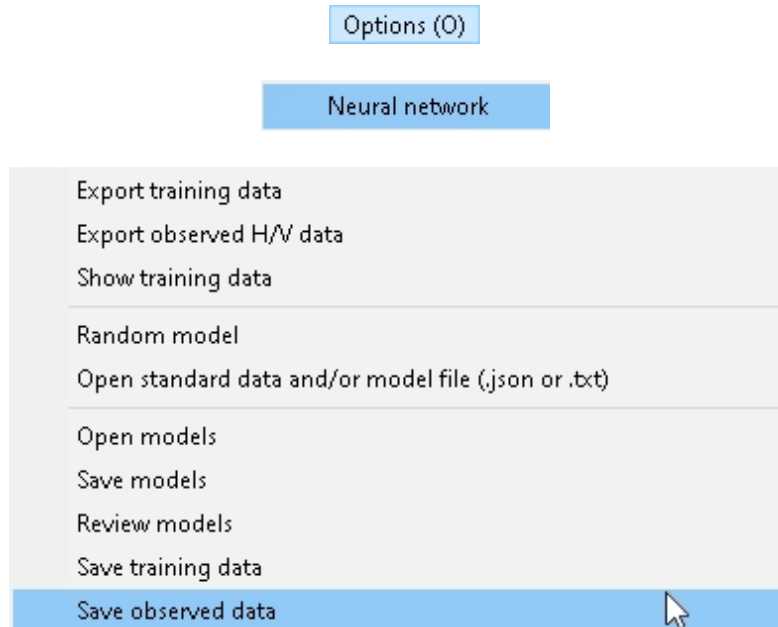
7.9.6.9 トレーニングデータの保存

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



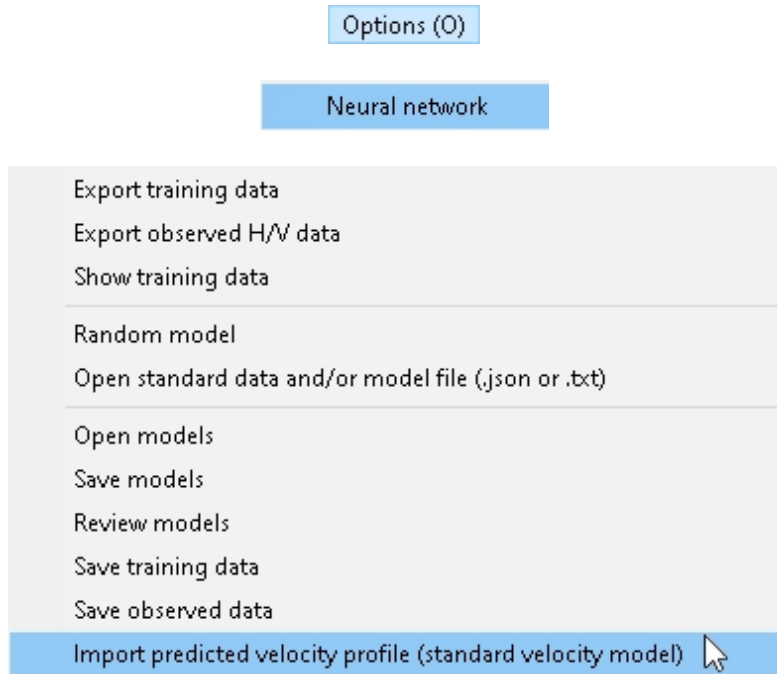
7.9.6.10 観測データの保存

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



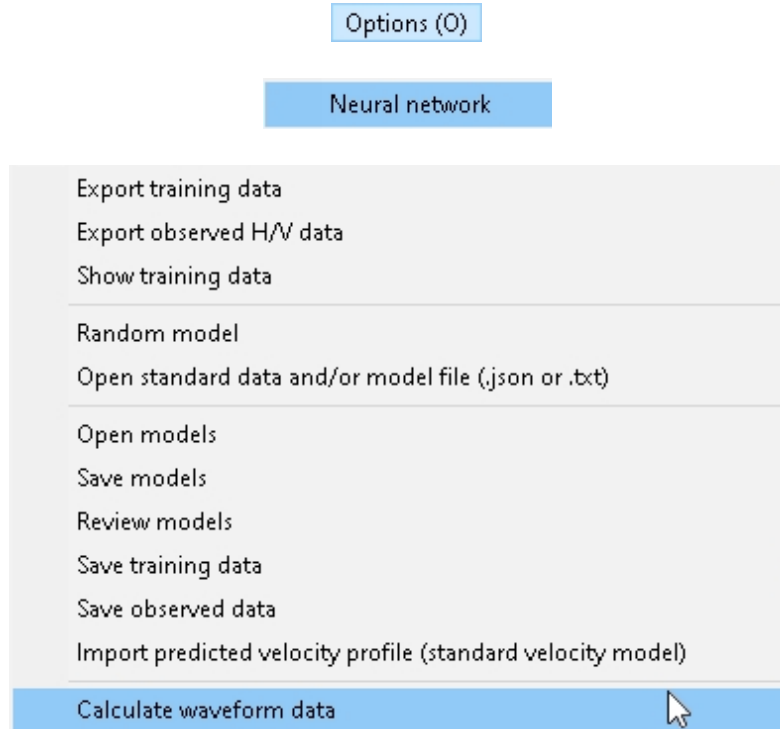
7.9.6.11 インポート予測速度プロファイル（標準速度モデル）

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



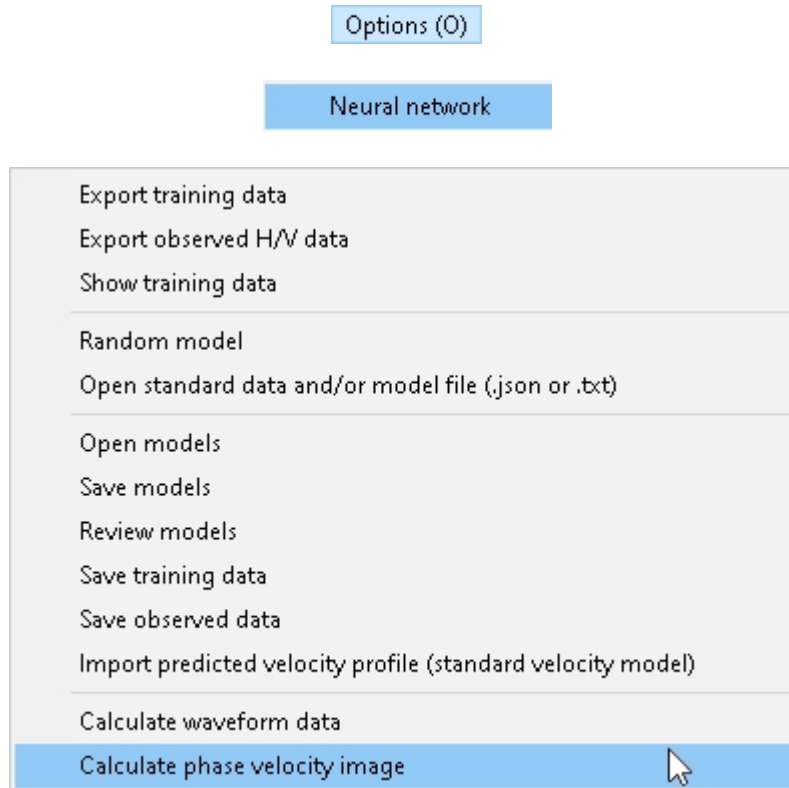
7.9.6.12 波形データの計算

[ジオメトリクスのみ]

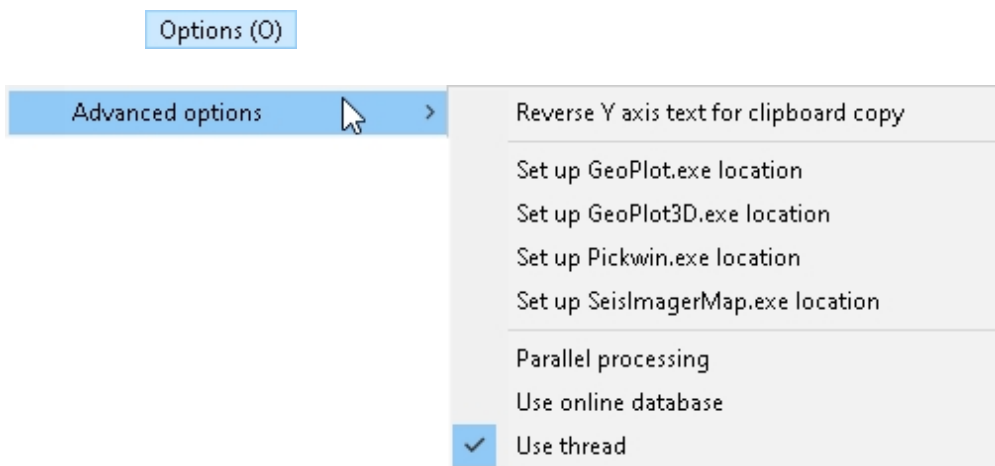


7.9.6.13 位相速度イメージの計算

[ジオメトリクスのみ]

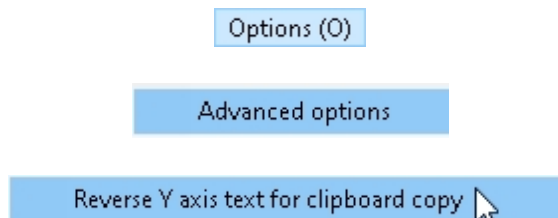


7.9.7 高度なオプション



以下のサブメニューの項目はめったに使用されませんが、使用される場合は一般的にジオメトリックスのサポートが必要です。

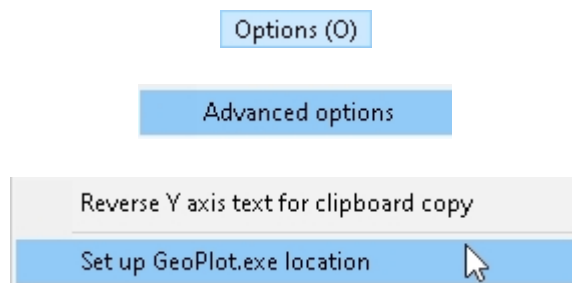
7.9.7.1 クリップボードコピーのためのY軸テキストの反転



*Reverse Y-axis text for clipboard copy*は、**Edit**メニューから*Copy to clipboard* (セクション7.2.3、ページ346)が選択されたときに、垂直軸のラベルがどのように表示されるかを制御する。*Reverse Y-axis text for clipboard copy*が選択されているときは、垂直軸ラベルは上から下に書かれて表示される。選択されていない場合（デフォルト）、垂直軸ラベルは下から上に表示される。

7.9.7.2 GEOPLOT.EXEの場所の設定

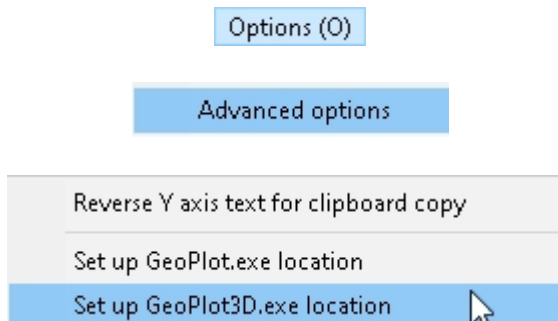
[SW-2D以上]



support@seisimager.com。

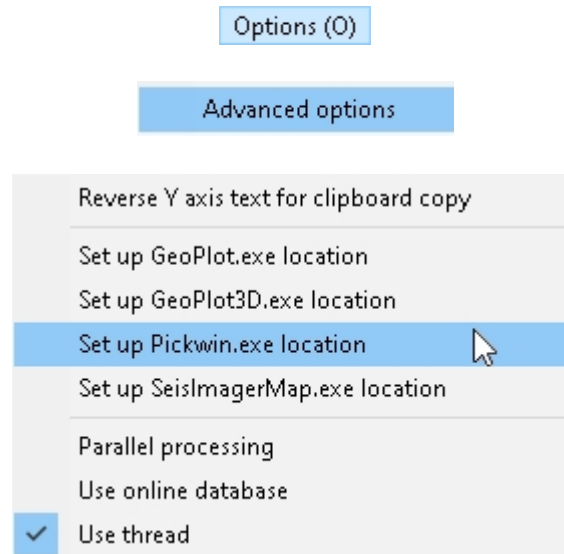
7.9.7.3 GEOPLOT3D.EXEの場所の設定

[SW-3D]



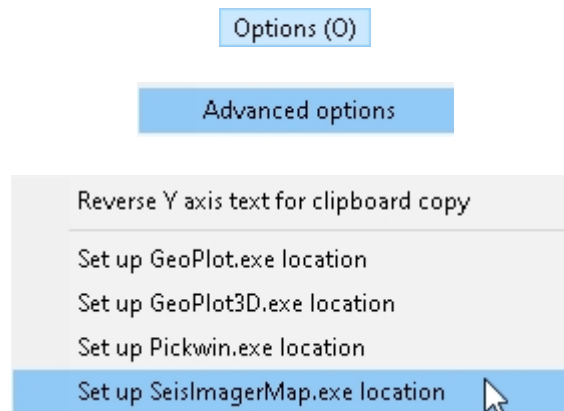
support@seisimager.com。

7.9.7.4 PICKWIN.EXEの場所の設定



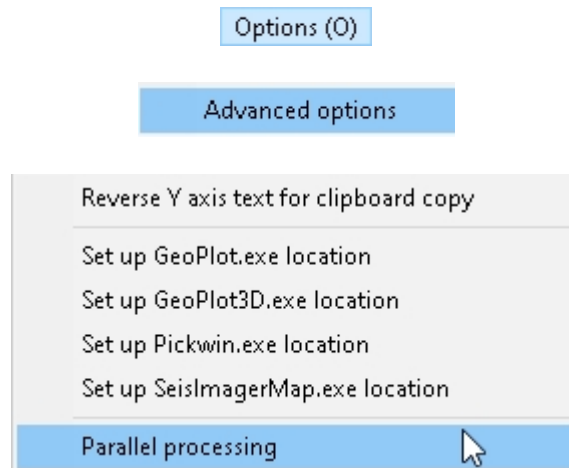
support@seisimager.com。

7.9.7.5 SEISIMAGERMAP.EXEの場所の設定



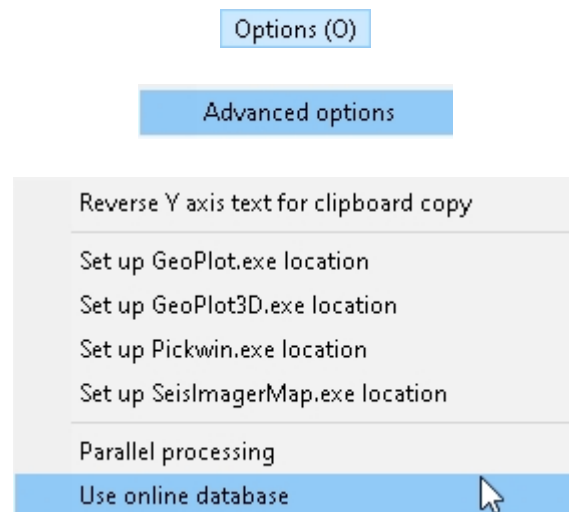
support@seisimager.com。

7.9.7.6 並列処理



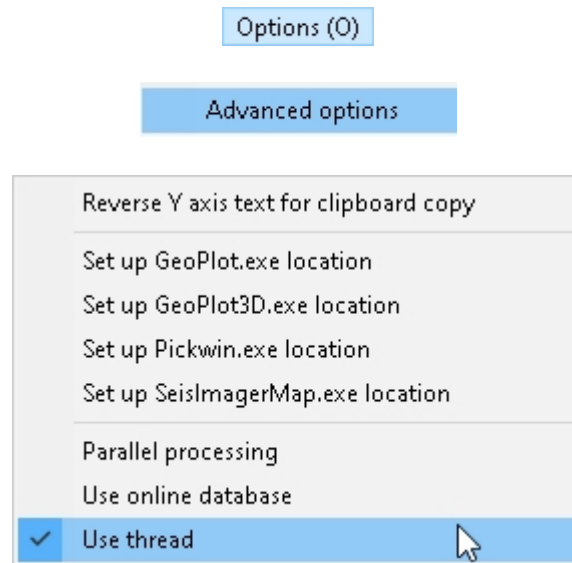
並列処理を有効にすると、処理は速くなるが、他のアプリの動作は遅くなる可能性がある。

7.9.7.7 オンラインデータベースの利用



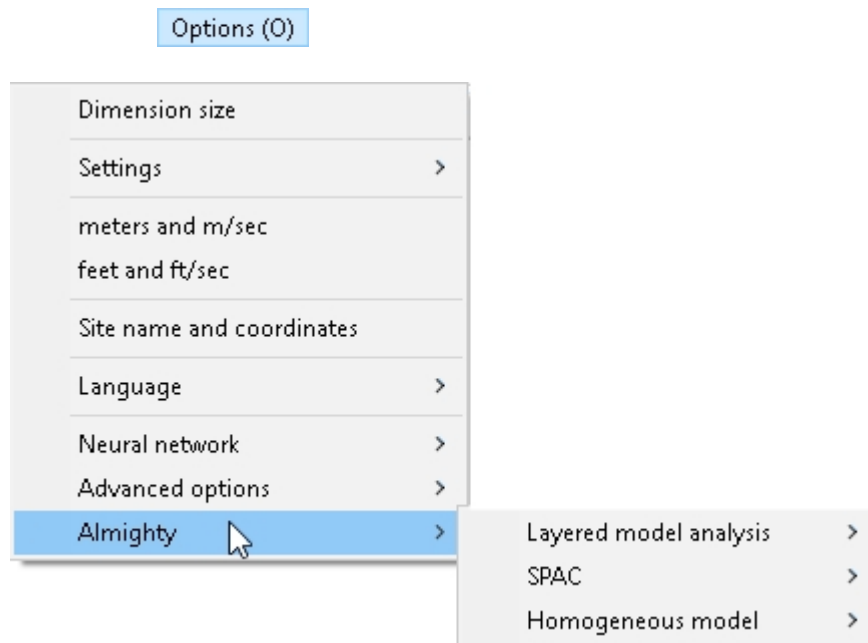
support@seisimager.com。

7.9.7.8 使用スレッド



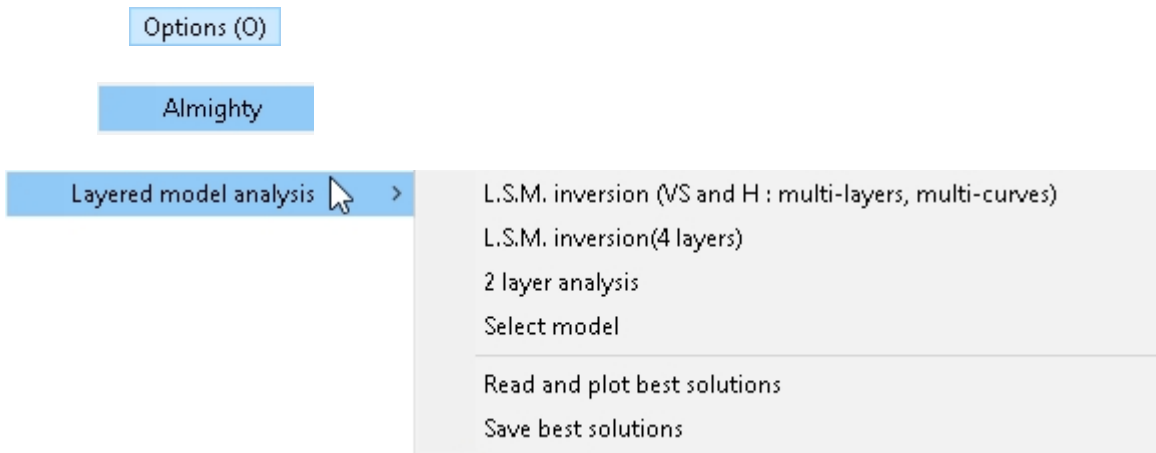
support@seisimager.com。

7.9.8 オールマイティー



以下のサブメニューの項目は、ジオメトリックスの内部使用のみを目的としています。

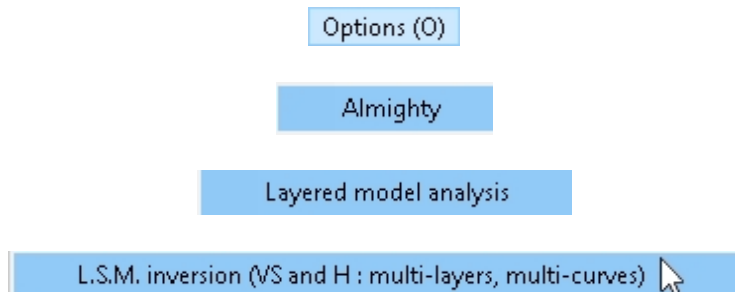
7.9.8.1 レイヤーモデル分析



以下のサブメニューの項目は、ジオメトリックスの内部使用のみを目的としています。

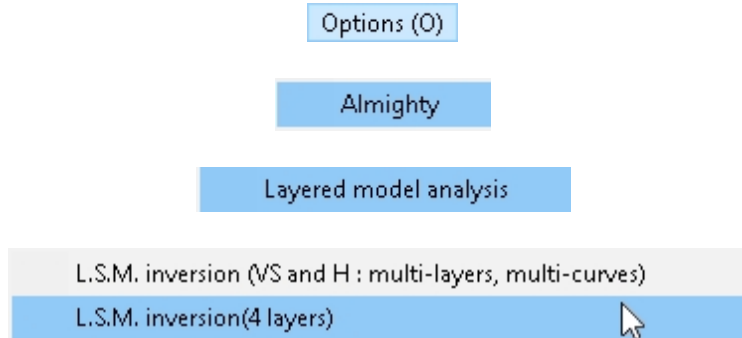
7.9.8.1.1 L.S.M.インバージョン (vsとh: マルチレイヤー、マルチカーブ)

[ジオメトリックスの社内使用のみ]



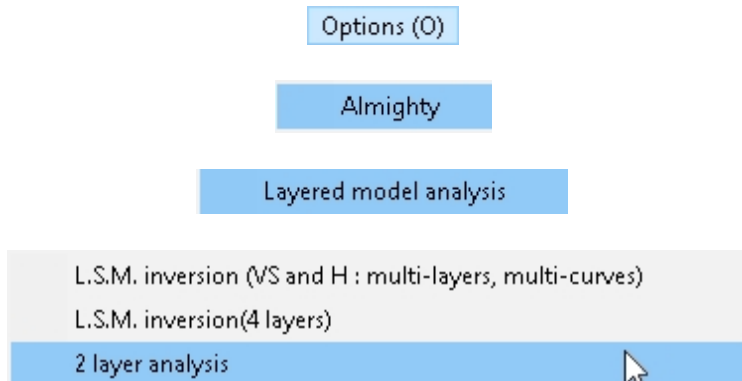
7.9.8.1.2 L.S.M.インバージョン (2層)

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



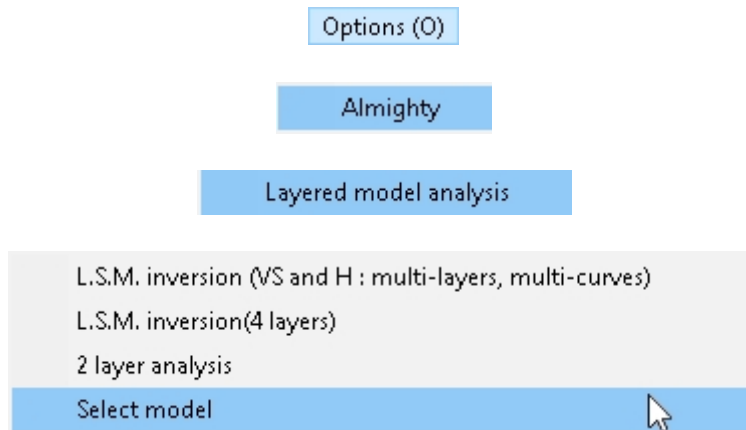
7.9.8.1.3 2層分析

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



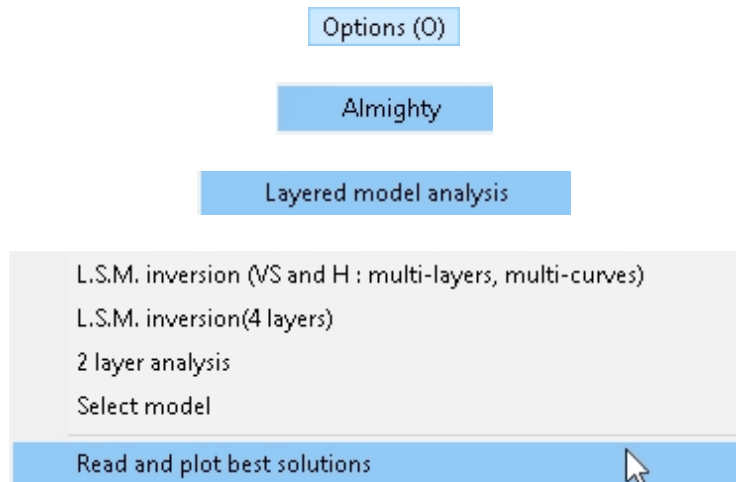
7.9.8.1.4 モデル選択

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



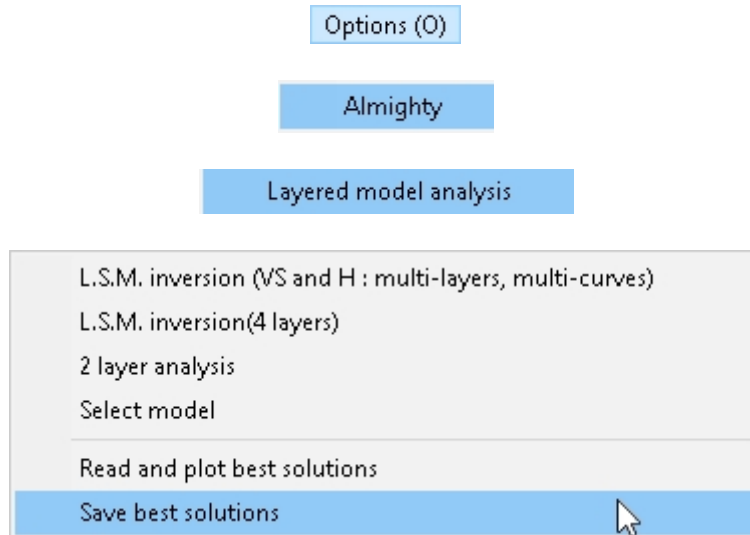
7.9.8.1.5 ベスト・ソリューションを読み、プロットする

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



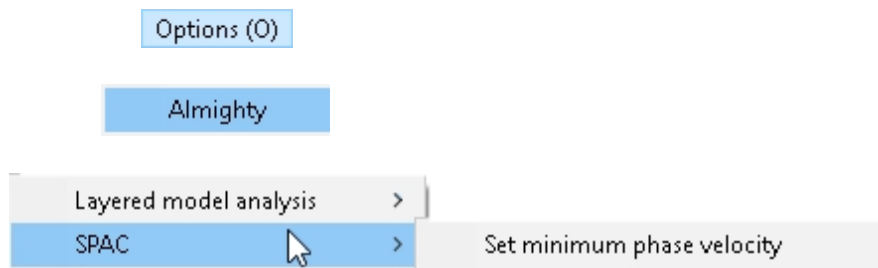
7.9.8.1.6 ベスト・ソリューションの保存

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



7.9.8.2 SPAC

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



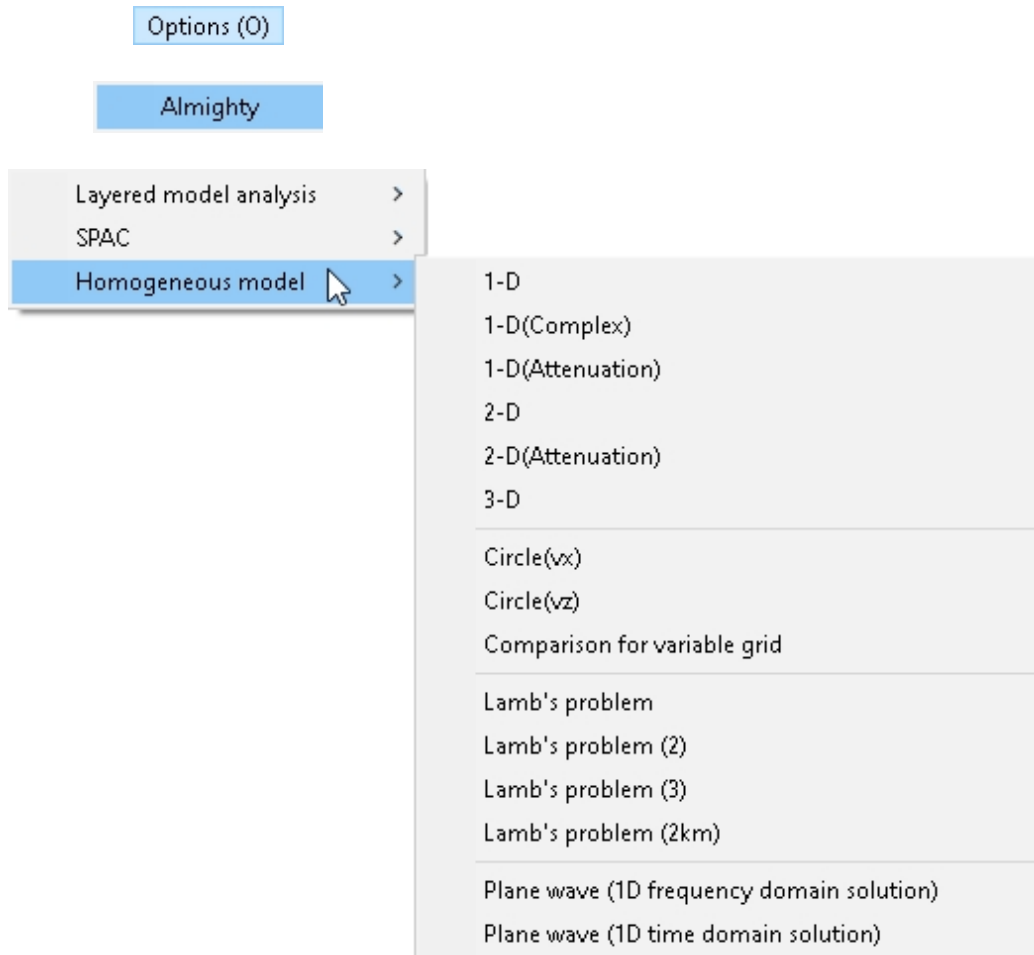
7.9.8.2.1 最小位相速度の設定

[ジオメトリクスのみ社内使用のみ]



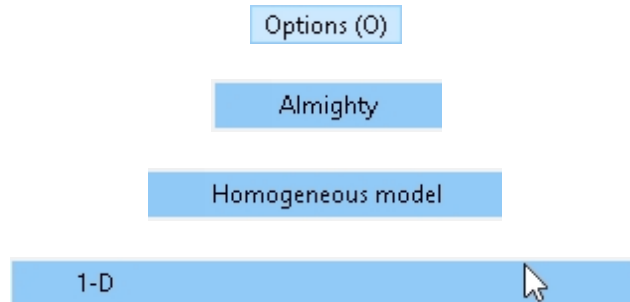
7.9.8.3 均質モデル

[ジオメトリクスのみ]



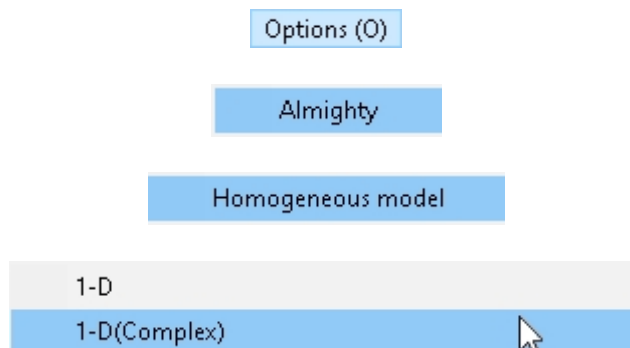
7.9.8.3.1 1D

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



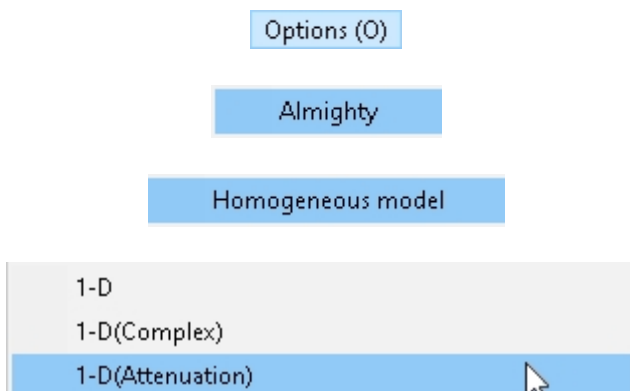
7.9.8.3.2 1D (コンプレックス)

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



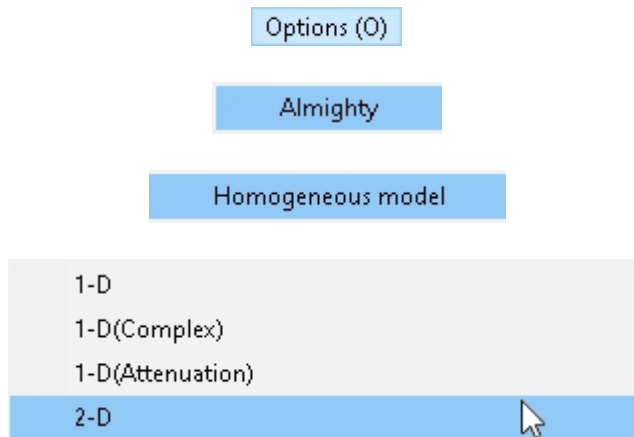
7.9.8.3.3 1d (減衰)

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



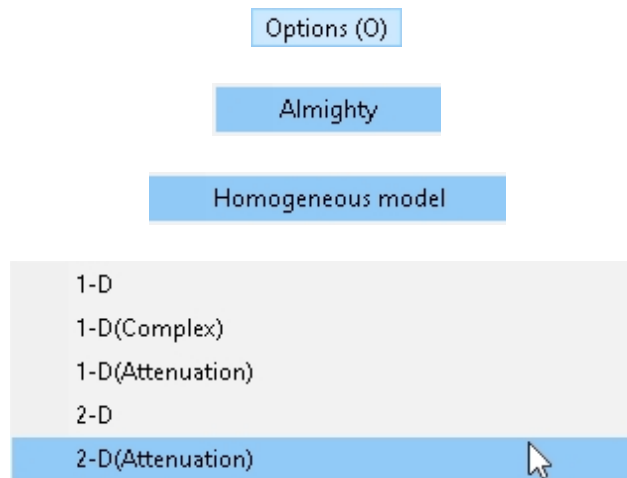
7.9.8.3.4 2D

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



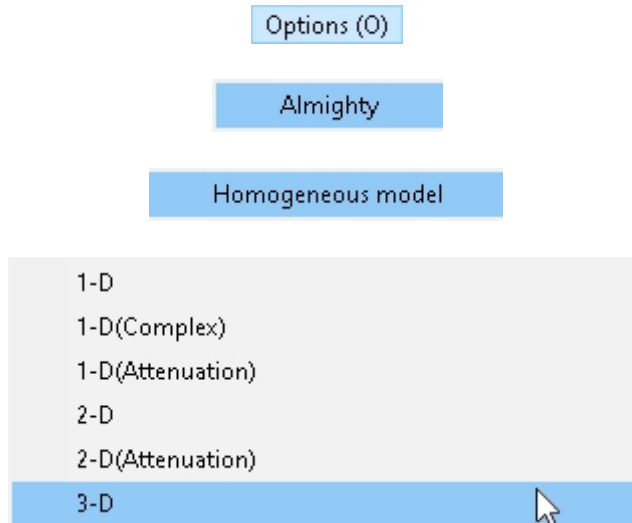
7.9.8.3.5 2d (減衰)

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



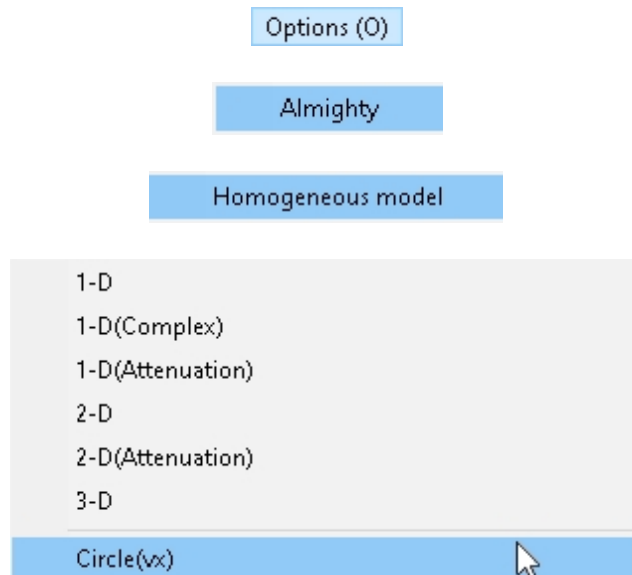
7.9.8.3.6 3D

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



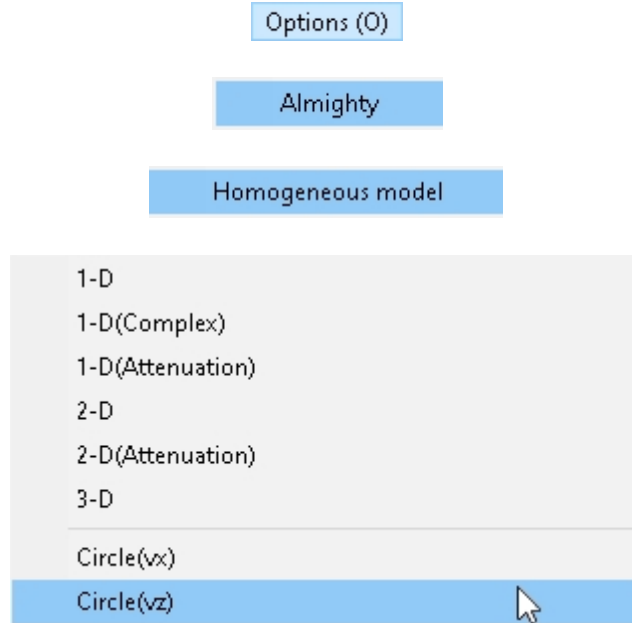
7.9.8.3.7 サークル (VX)

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



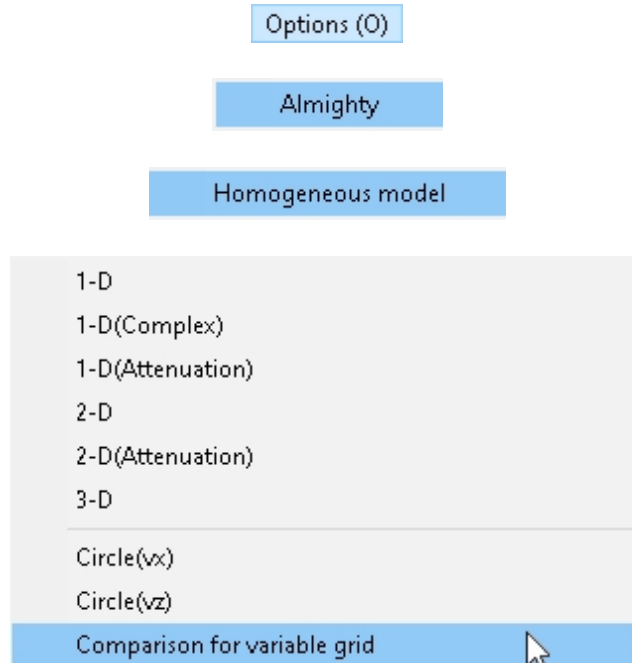
7.9.8.3.8 サークル (vz)

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



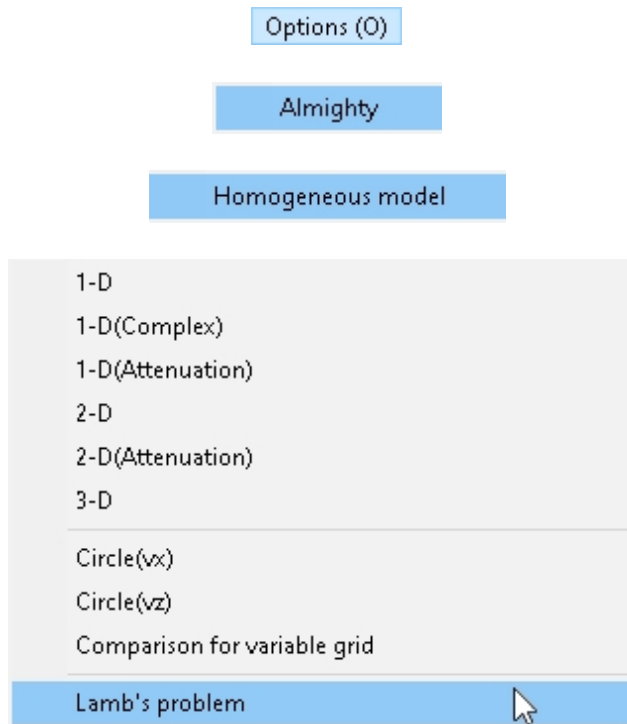
7.9.8.3.9 可変グリッドの比較

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



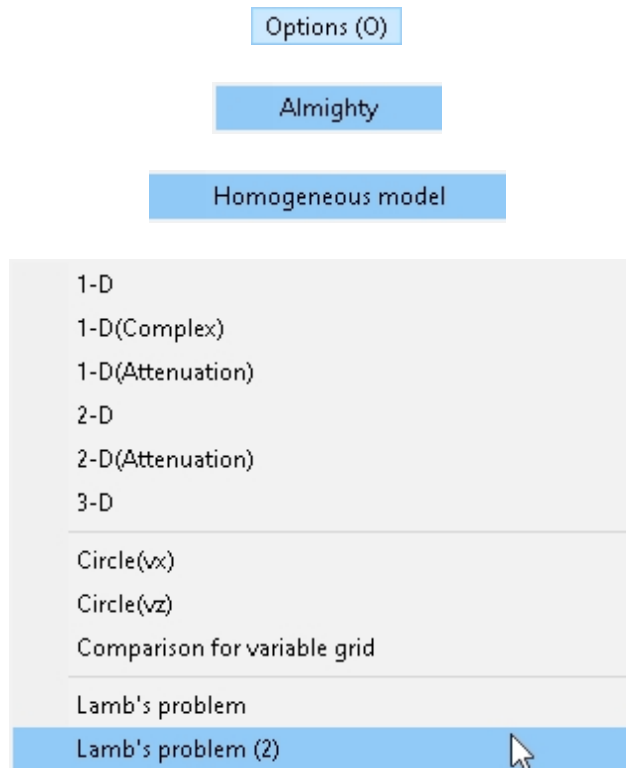
7.9.8.3.10 ラムの問題

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



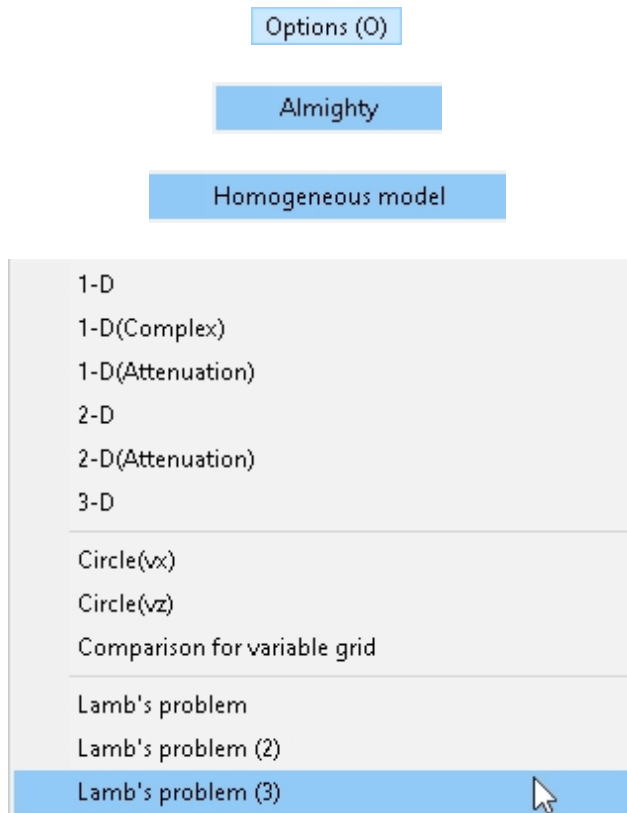
7.9.8.3.11 子羊の問題 (2)

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



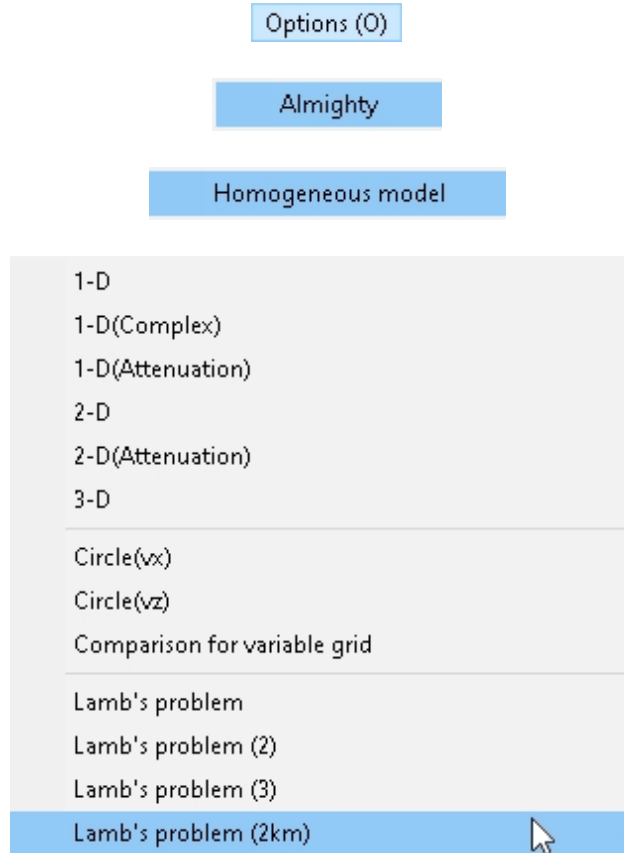
7.9.8.3.12 子羊の問題 (3)

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



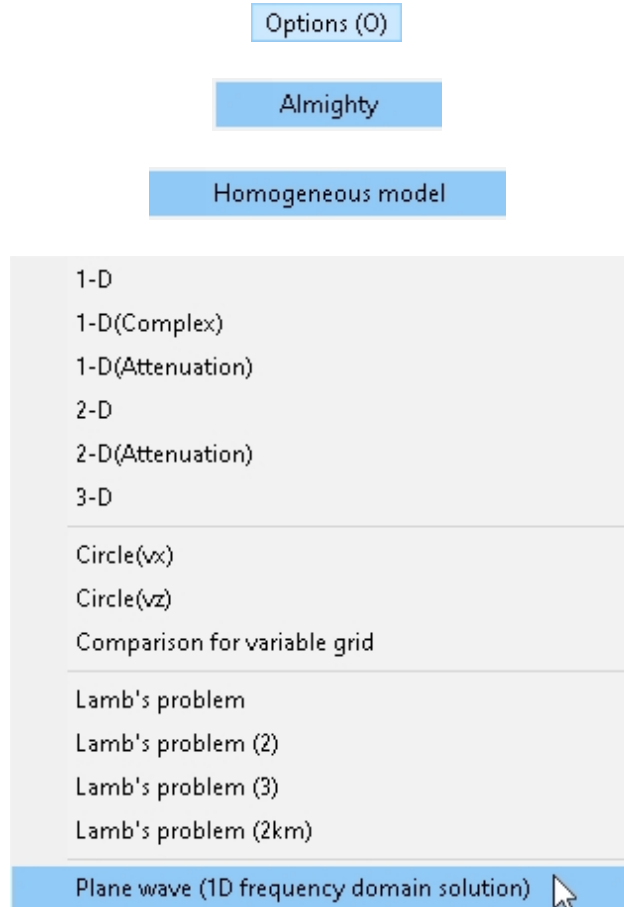
7.9.8.3.13 子羊の問題 (2キロ)

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



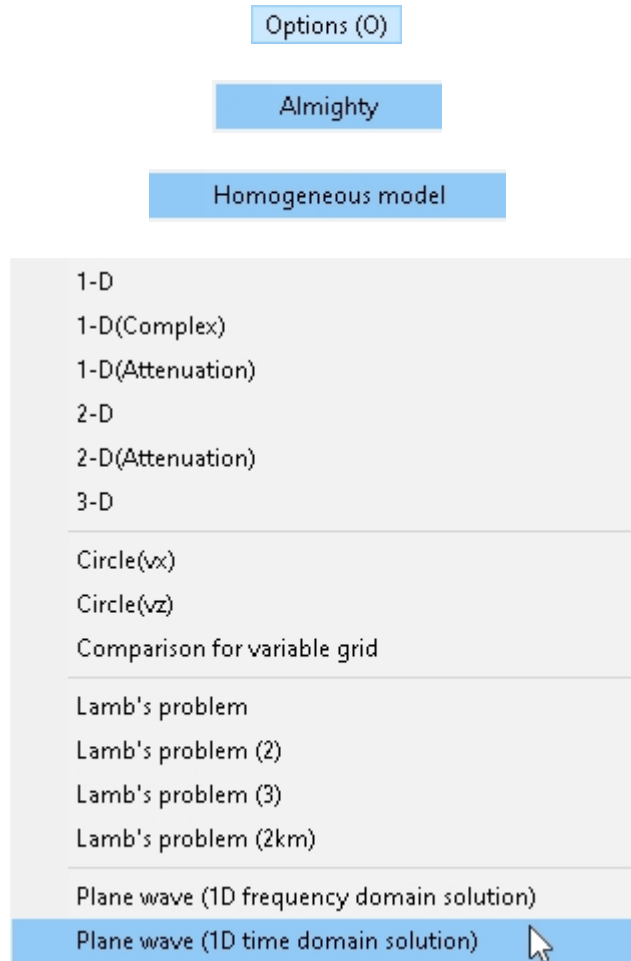
7.9.8.3.14 平面波（1次元周波数領域解法）

[ジオメトリクスの社内使用のみ]



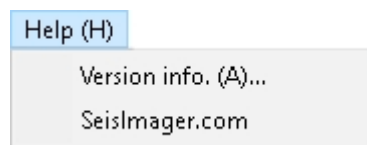
7.9.8.3.15 平面波（1次元時間領域解法）

[ジオメトリクスのみ]



7.10

ヘルプ 




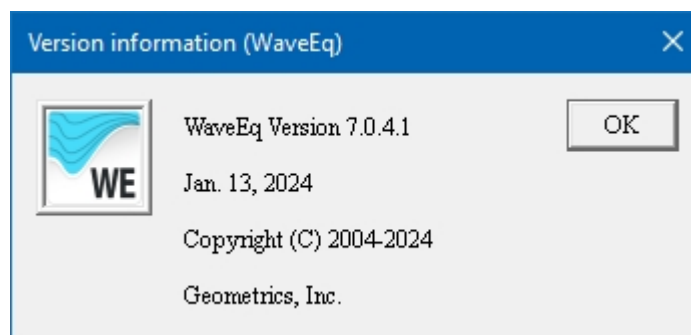
続ける。

7.10.1 バージョン情報

Help (H)

Version info. (A)...

ヘルプ]メニューまたは[バージョン情報]  ボタンは、ソフトウェアのバージョン表示します。



7.10.2 SEISIMAGER.COM

Help (H)

Version info. (A)...

SeisImager.com

この項目を選択すると、SeisImager.comのウェブサイトが表示されます。

7.11 ツールボタン

このセクションでは、WaveEq ツールボタンの機能のうち、特定のメニュー機能に関連付けられていないものについて説明します。

7.11.1 波形振幅の拡大 と波形振幅の縮小

波形振幅の拡大 (*Enlarge waveform amplitude*) と波形振幅の縮小 (*Reduce waveform amplitude*) ボタンは、WaveEq では意味を持ちません。

7.11.2 水平スケールの縮小 と水平スケールの拡大

分散曲線、ジオメトリ、流速モデルのプロットの水平スケールを縮小または拡大するには、*水平スケールの縮小* ボタンと *水平スケールの拡大* ボタンを押します。関連するキーボードショートカットはそれぞれ左矢印キーと右矢印キーです。

7.11.3 垂直スケールの拡大 と垂直縮小

分散曲線、ジオメトリ、流速モデルのプロットの垂直スケールを拡大または縮小するには、*垂直スケールの拡大* および *縮小* ボタンを押します。関連するキーボードショートカットはそれぞれ上矢印キーと下矢印キーです。

7.11.4 前を表示 、表示

個々の分散曲線や速度スクロールするには、*Show previous* および *Show next* ボタンを押します。ジオメトリ・プロット・ビューでは、これらのボタンは、表示する波形ファイルの特定のジオメトリを選択するためにも使用します。

7.11.5 ホーム


分散曲線または速度モデルのセットの最初または最後にジャンプするには、*Home* および *終了* ボタン。

7.11.6 基本モードによる理論的分散曲線の計算

Calculate theoretical dispersion curve by fundamental mode ボタンは、*Calculate theoretical dispersion curve by harmonic mode* をオフにします。



7.11.7 高次モードによる理論分散曲線の計算

合成モデリング用の分散曲線ビューでは、最初に「*高次モードによる理論分散曲線を計算する*」ボタンを押し、次に「*理論分散曲線を計算する*」  ボタンを押すことで、高次モードをモデリングすることができます。分散曲線ビューには一連の曲線が表示される。開いている円がつながっている曲線は基本モードの分散曲線であり、実線は高次モードの分散曲線である。破線は高次モードの相対振幅で、これも色で関連づけられている。

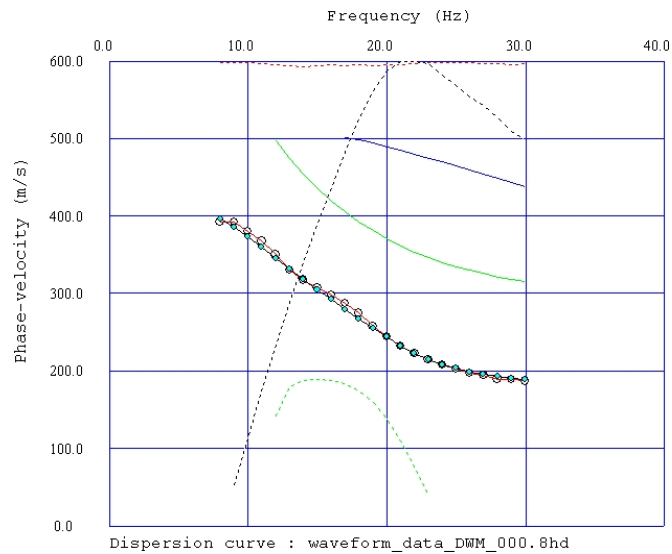



図248: 高次モードを理論的な基本分散曲線。

高次モードの分散オフに切り替えるには、理論分散曲線を計算するボタンをもう一度押します。基本モードに戻るには、*Calculate theoretical dispersion curves by fundamental mode*  ボタンを押します。



7.11.8 分散カーブの選択 、分散カーブを修正する。

分散曲線の選択(*Select dispersion curve*)ボタンと分散曲線の修正(*Correct dispersion curve*)ボタンは、ポイントベースの編集に使うことができる。変更を元に戻すには、*Undo* 。

分散曲線を選択ボタンを押し、削除したい分散曲線上のポイントをクリックします。選択されたポイントは赤くハイライトされます。

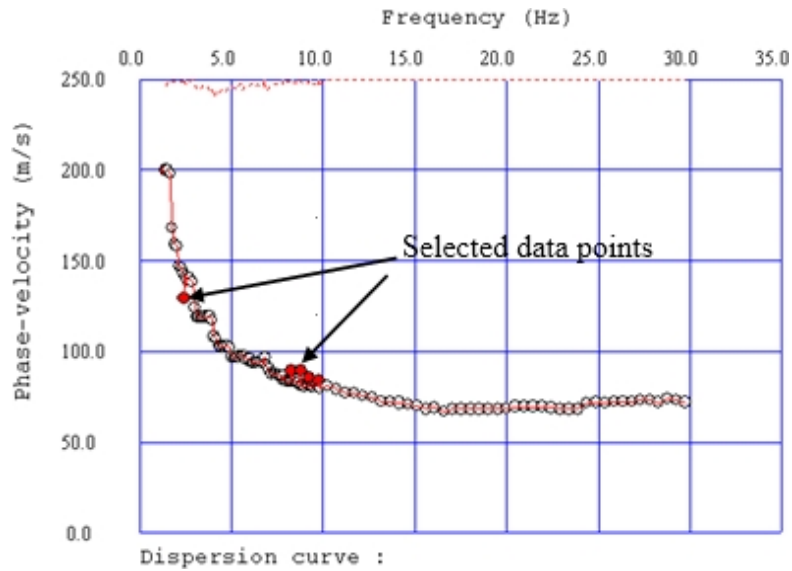


図249: 削除のために選択された日付ポイント。

ポイントの選択が終わったら、*Delete*キーを押すか、**Edit**メニューから*Delete*を選択する。気が変わって選択した削除したくない場合は、*Select dispersion curve*ボタンを押してポイントの選択を解除し、編集モードを終了します。

プロット上の位相速度方向の新しい位置にポイントをドラッグして分散曲線を編集するには、*Correct dispersion curve* ボタンを押す。点を左クリックし、して調整する。点は赤くなり、マウスボタンを離すと新しい位置で白に戻る。

削除や再配置の後に*Undo*ボタンを押すと、効果を元に戻すことができます。

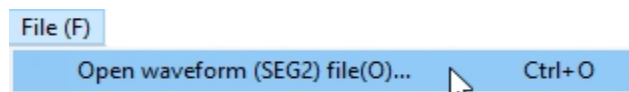
付録

付録A 基本的な処理の流れ

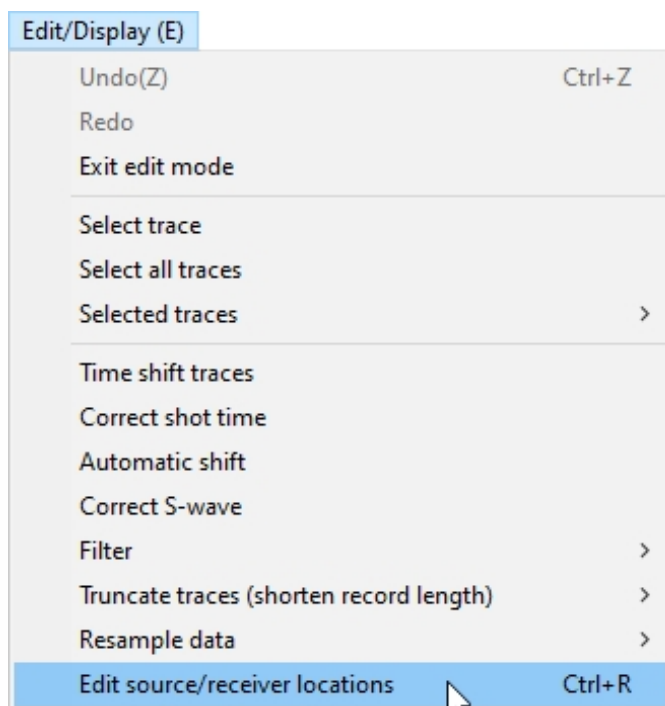
このセクションでは、1D MASW、MAM、2D MASWデータセットの基本的な処理フローを要約する。

A.1 アクティブ・ソース1D MASW

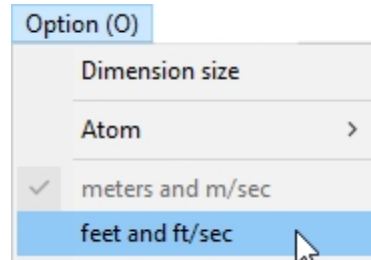
1. Pickwinで波形開きます。



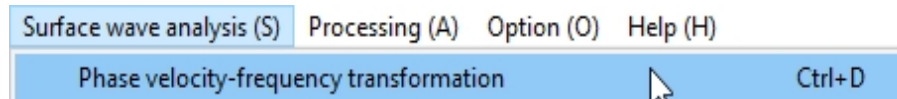
2. Pickwinで、**Edit/Display**メニューを開き、*Edit source/receiver locations*を選択して、単位ラベルをメートルまたはフィートに設定（これはウィザードの自動パートではありませんが、前回使用した単位ラベルから変更がある場合は行う必要があります）。



または、**Options**メニューを開き、*meters and m/sec* または *feet and ft/sec* を選択して単位ラベルを設定することもできる。

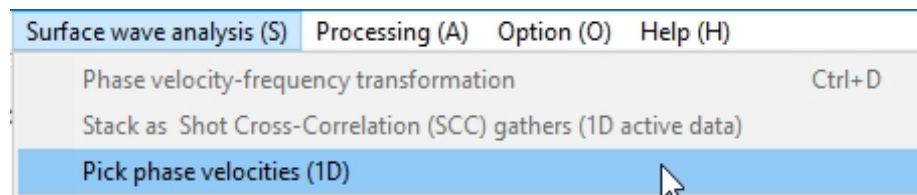


3. Pickwinで、位相計算する。

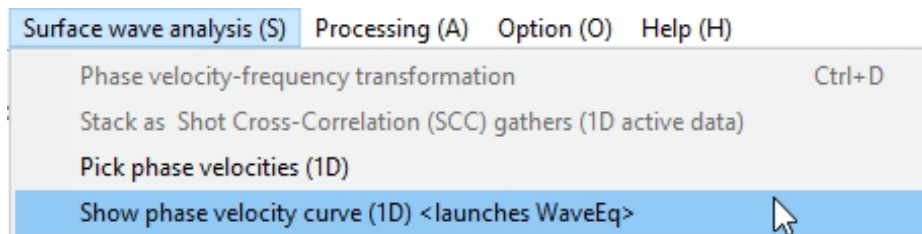


位相速度-周波数プロットを表示して、計算パラメータを変更する必要がある場合は、*Undo*ボタンを押して、プロセスを再実行します（これはウィザードの自動パートではありません）。

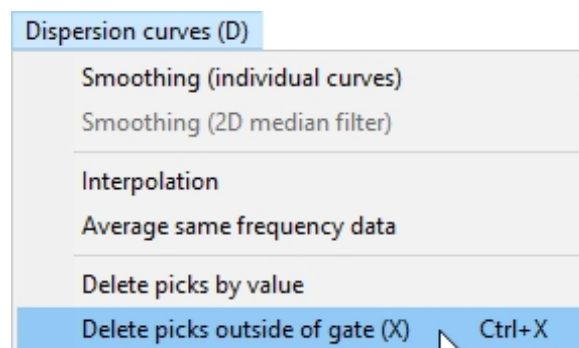
4. Pickwinで分散曲線を選択します。



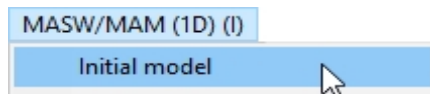
5. Pickwinで、ピックをWaveEqにインポートします。



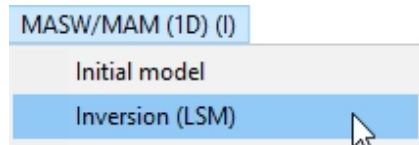
6. WaveEqで分散曲線を編集する。



7. WaveEqで、初期モデルを計算する。

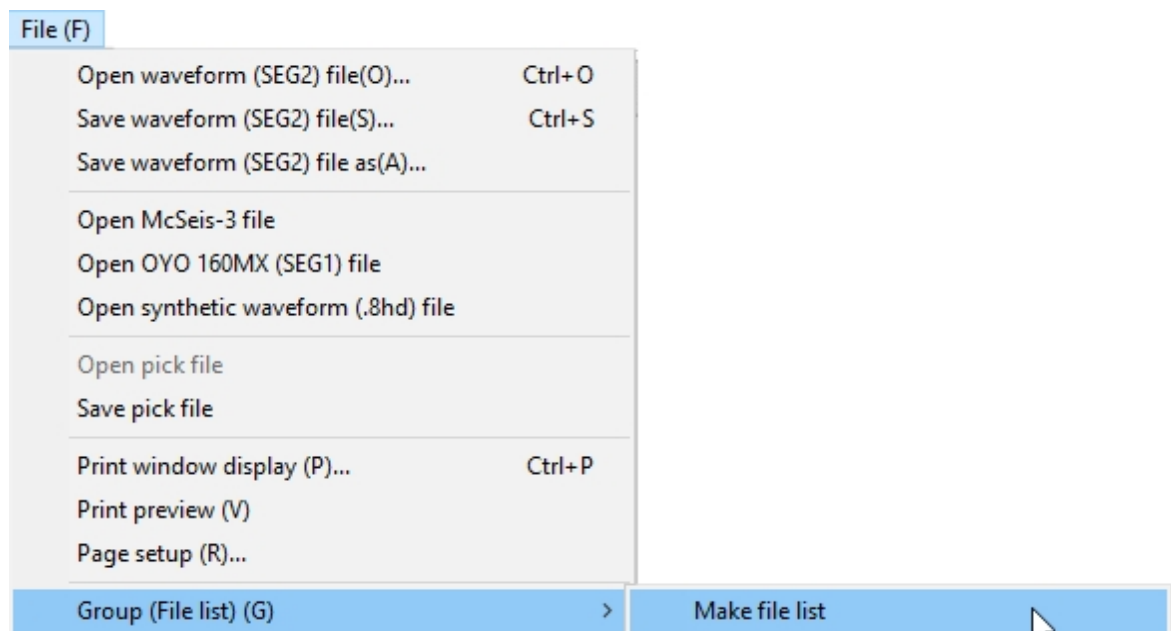


8. WaveEqでインバージョンを実行する。

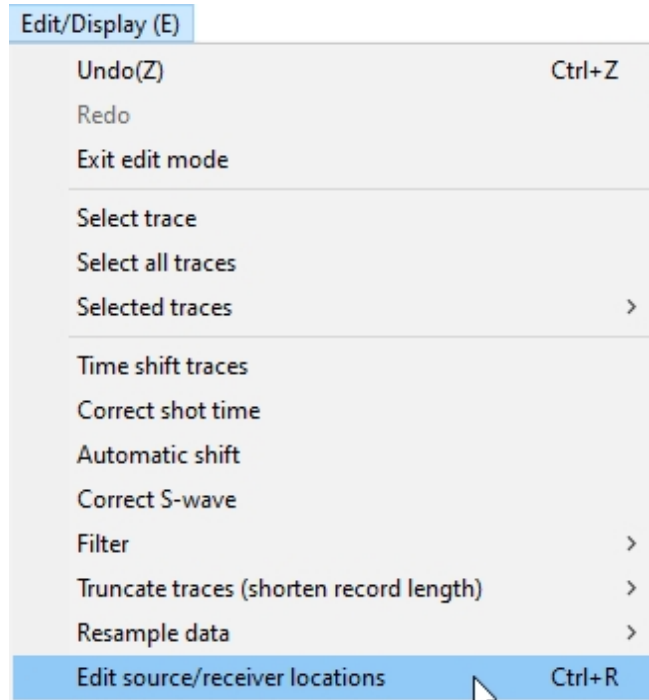


A.2 パッシブソースMAM

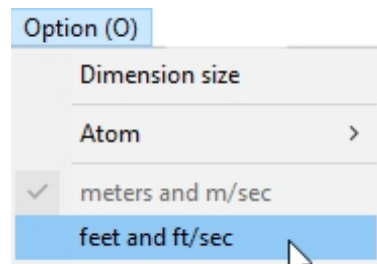
1. Pickwinで、データセット内の波形ファイルのリストを作成します。



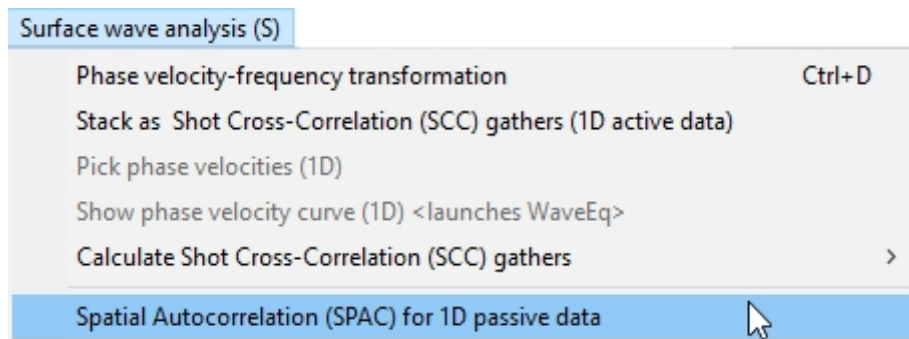
2. Pickwinで、**Edit/Display**メニューを開き、*Edit source/receiver locations*を選択して、単位ラベルをメートルまたはフィートに設定します（これはウィザードの自動パートではありませんが、前回使用した単位ラベルから変更がある場合は行う必要があります）。



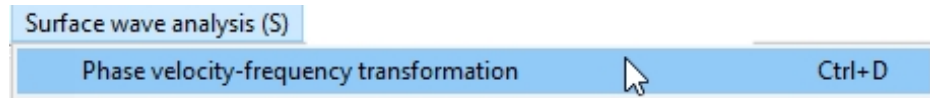
または、**Options** メニューを開き、*meters and m/sec* または *feet and ft/sec* を選択して単位ラベルを設定することもできる。



3. Pickwinで空間自己相関を実行します。

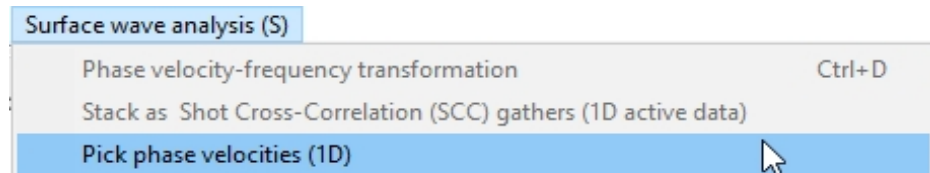


4. Pickwinで、位相計算する。

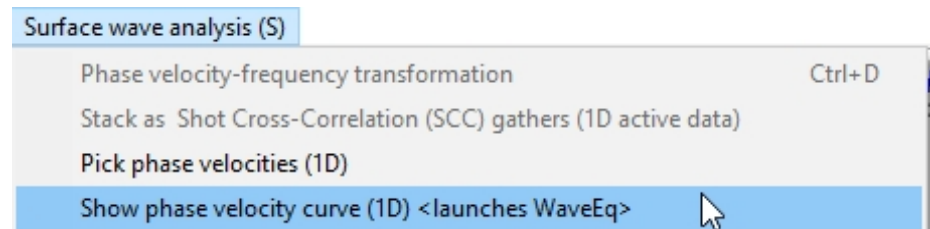


位相速度-周波数プロットを表示して、計算パラメータを変更する必要がある場合は、*Undo*ボタンを押して、プロセスを再実行します（これはウィザードの自動的な部分ではありません）。

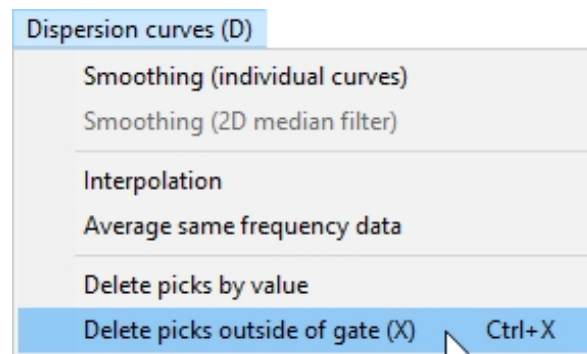
5. Pickwinで分散曲線を選択します。



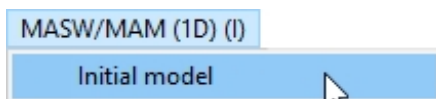
6. Pickwinで、ピックをWaveEqにインポートします。



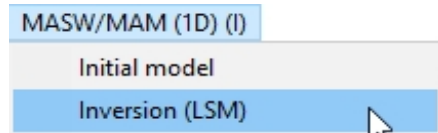
7. WaveEqで分散曲線を編集する。



8. WaveEqで、初期モデルを計算する。

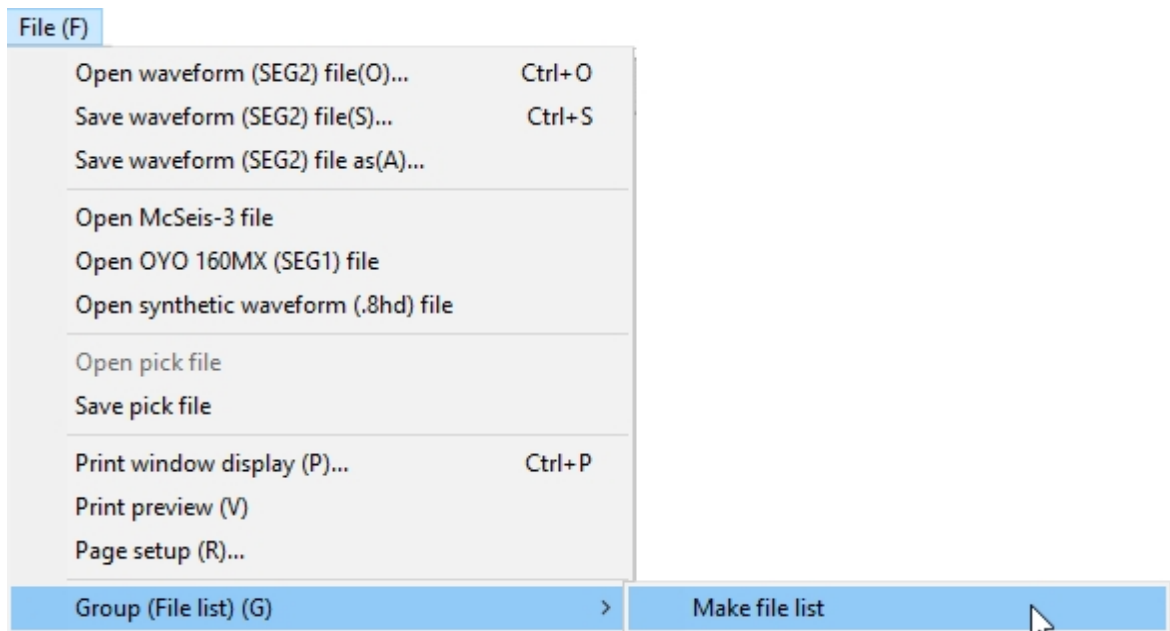


9. WaveEqでインバージョンを実行する。

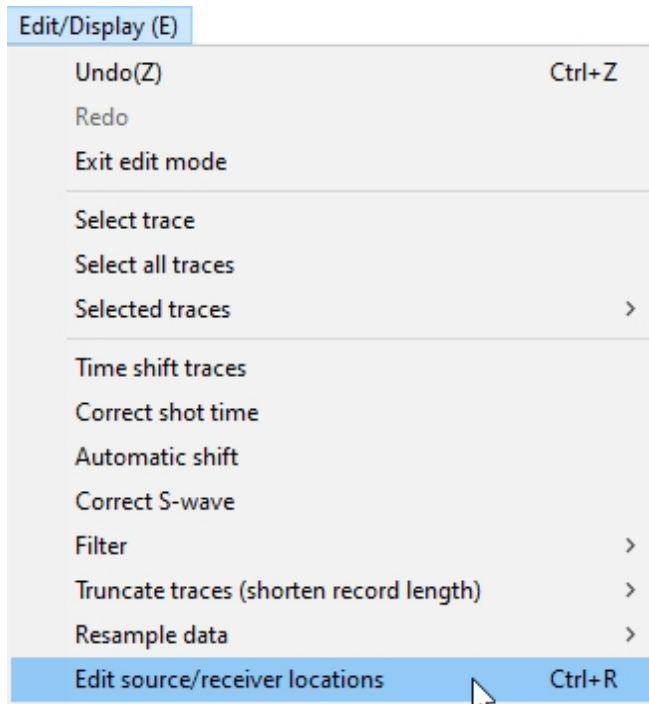


A.3 アクティブ・ソース2D MASW

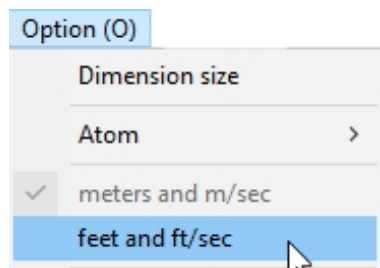
1. Pickwinで、データセット内の波形ファイルのリストを作成します。



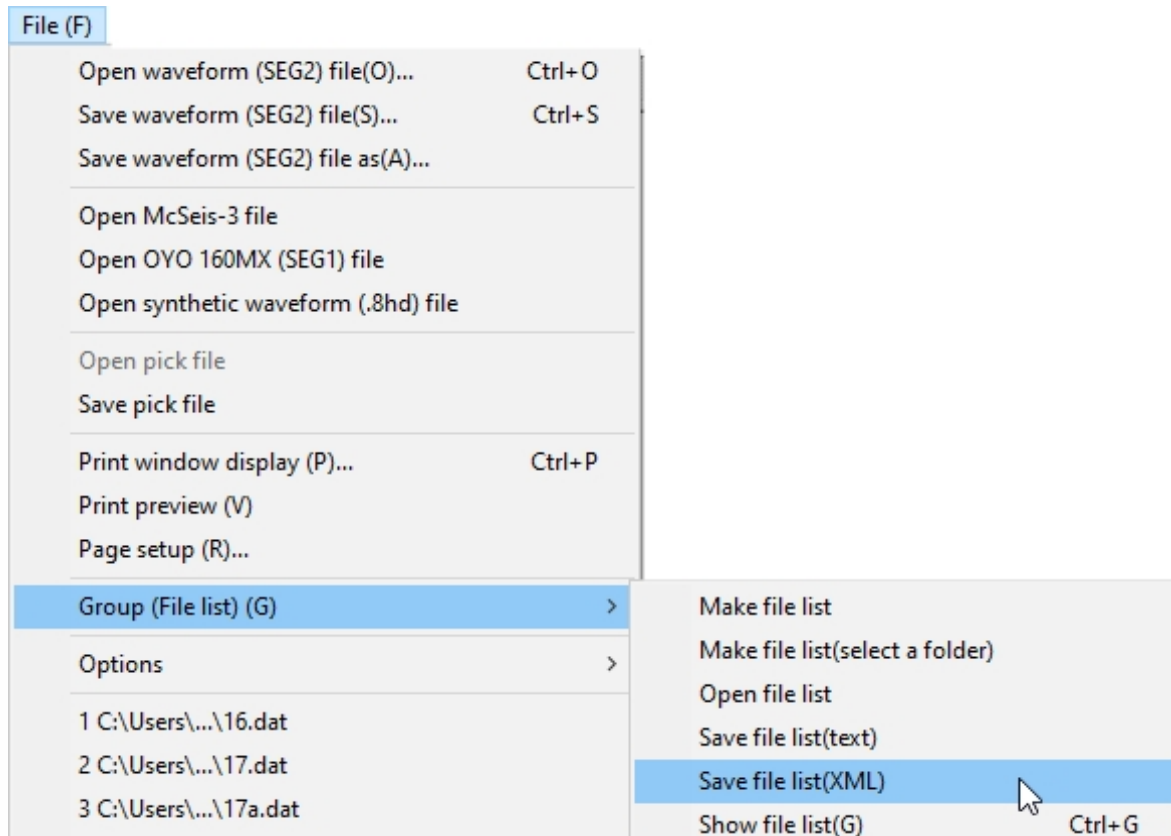
2. Pickwinで、**Edit/Display**メニューを開き、*Edit source/receiver locations*を選択して、単位ラベルをメートルまたはフィートに設定します（これはウィザードの自動パートではありませんが、前回使用した単位ラベルから変更がある場合は行う必要があります）。



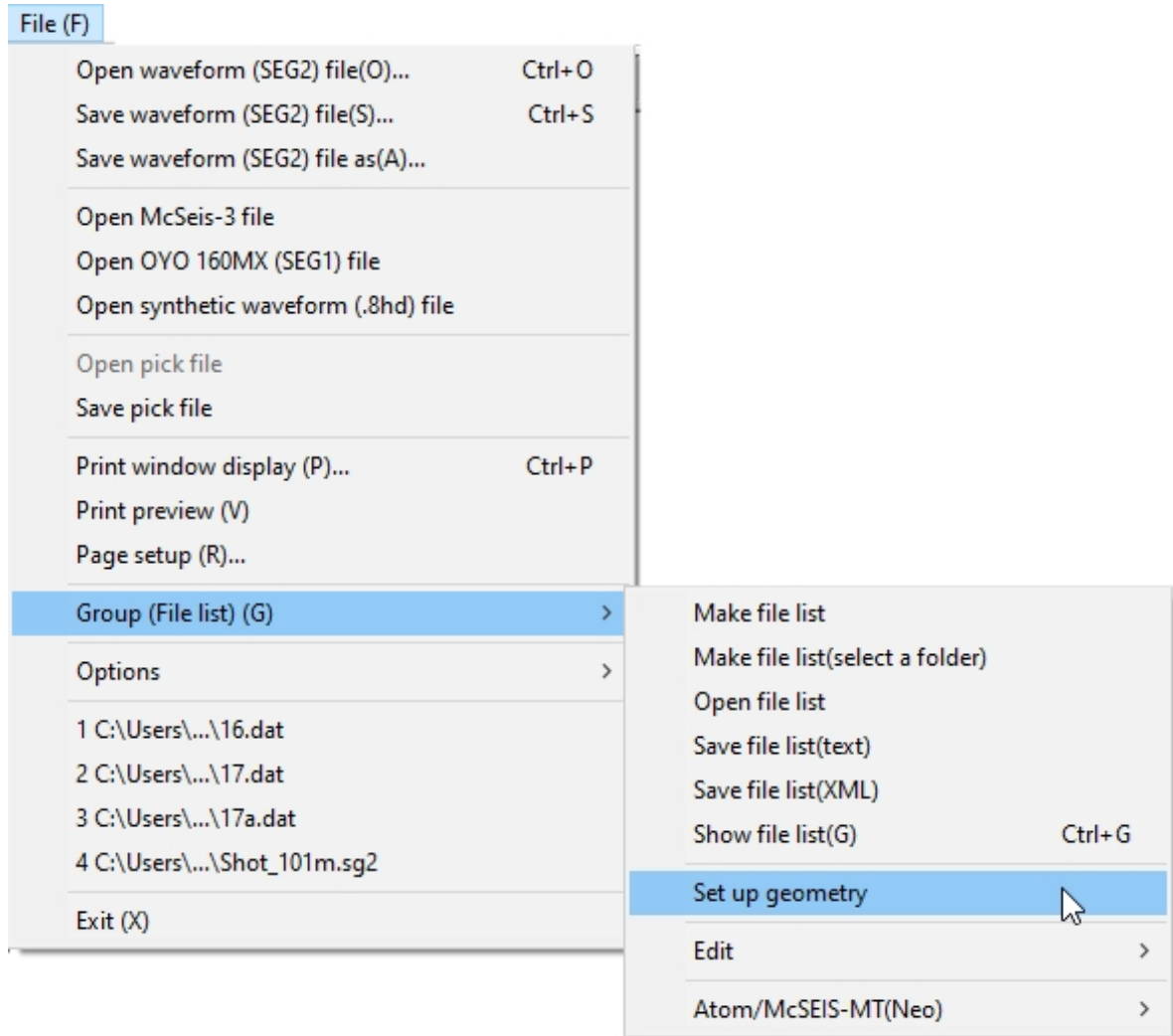
または、**Options** メニューを開き、*meters and m/sec* または *feet and ft/sec* を選択して単位ラベルを設定することもできる。



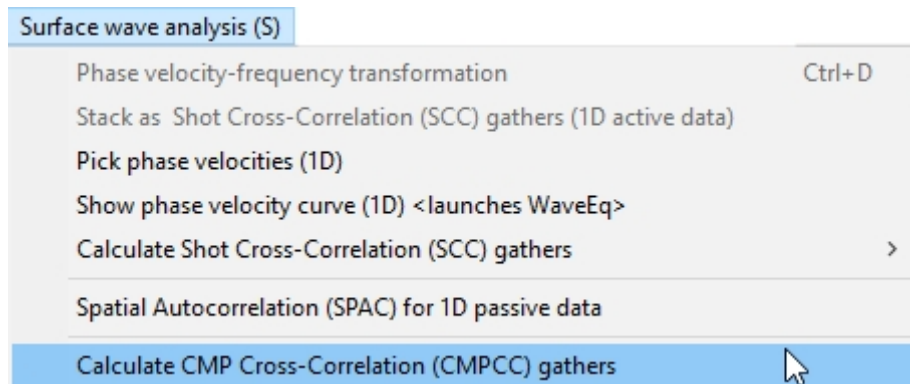
3. Pickwinで、将来の使用のためにファイルリストを保存します。



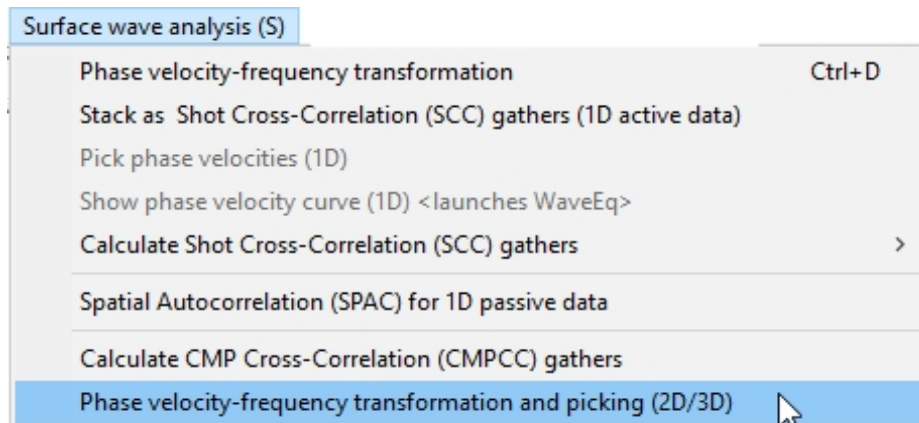
4. Pickwinで、ソースとレシーバーのジオメトリを設定する。



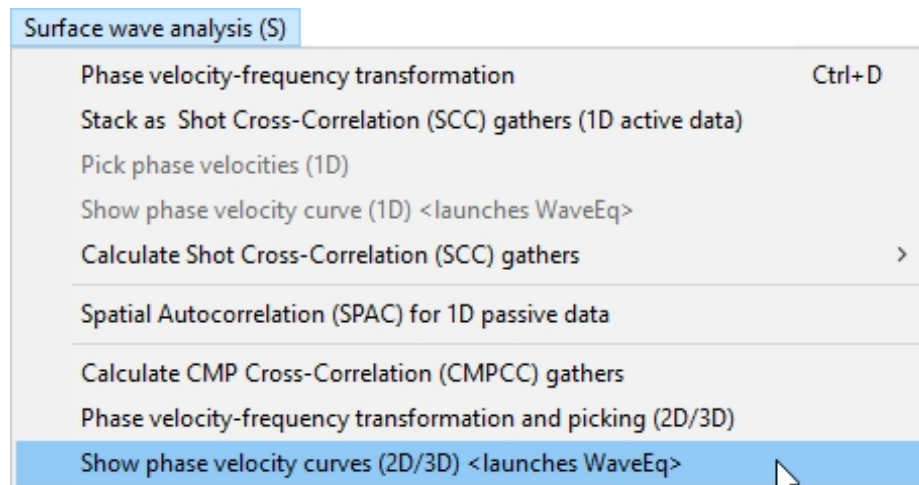
5. Pickwinで、CMP相互相関ギャザーを計算し、組み立てる。



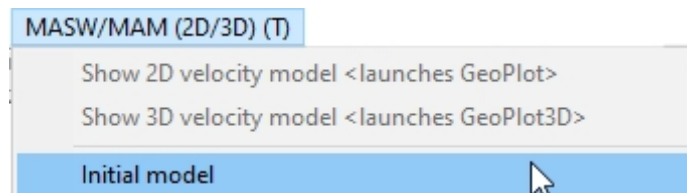
6. Pickwinでは、CMP相互相関ギャザーの位相速度を計算し、分散曲線を自動的に選択します。



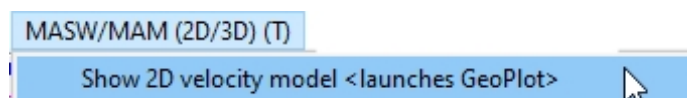
7. Pickwinで、分散曲線をWaveEqにインポートします。



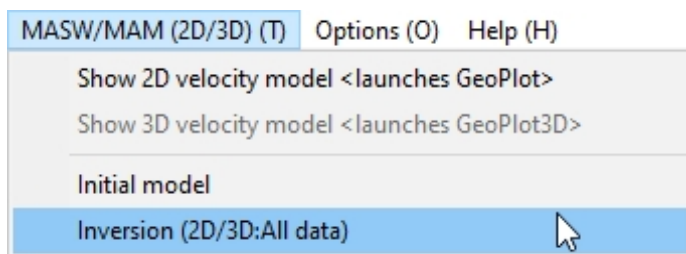
8. WaveEqで、初期モデルを計算する。



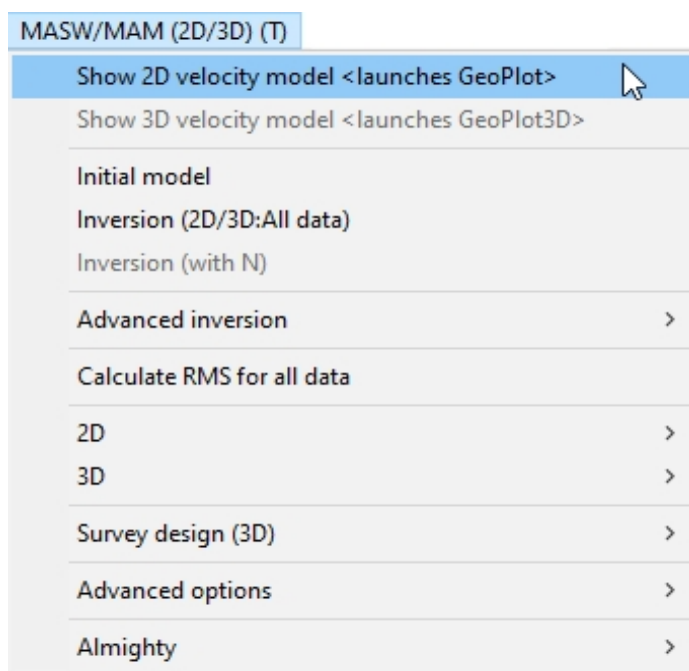
9. GeoPlotで初期表示します。



10. WaveEqでインバージョンを実行する。






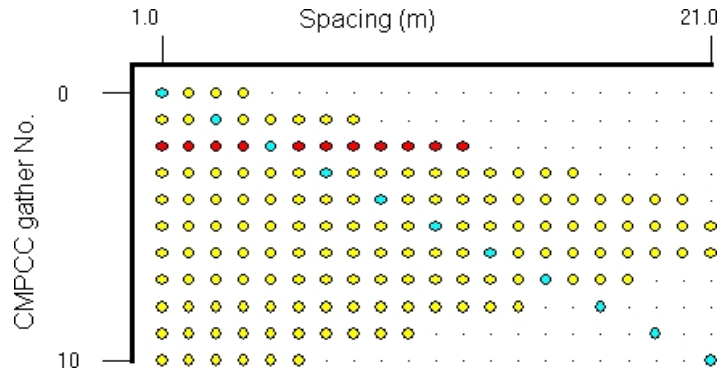
11. GeoPlot で、最終表示します。



A.4 Pickwinでの個々の分散曲線の表示と編集

Pickwinでは、WaveEqを起動する前に、2D MASWデータセットからの分散曲線を位相速度-周波数プロットビューで個別に編集できます。通常、2D MASWデータセットでは、手動でピックするにはカーブが多すぎるため、自動ピッカーは人間の目よりも正確です。しかし、時には自動ピックをオーバーライドする必要があるかもしれません。このセクションでは処理の流れを説明します。これらのステップはA-11ページのステップ6と7の間に追加されます。

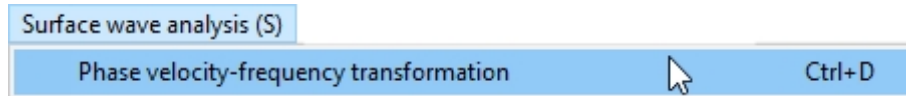
1. Pickwin で、Geometry  ボタンを押してジオメトリビューを表示します。Show previous waveform (前の波形を表示)  および Show next waveform (次の波形を表示)  ボタンを使用して、分散曲線を表示および編集する CMP 相互相関ギャザーを選択します。



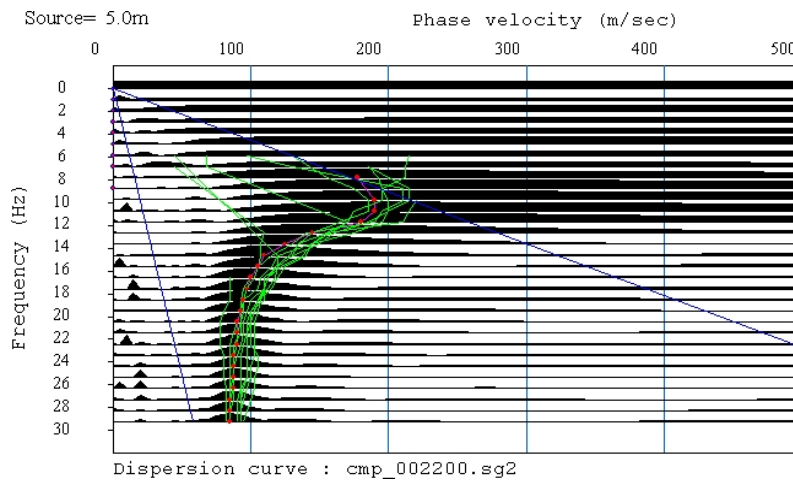
図A-1: CMP 相互相関ギャザーを選択した状態での形状プロット (赤)。

2. **Waveform**  ボタンを押すと、選択した CMP 相互相関ギャザーの波形ファイルが表示されます。

3. CMPの相互相関ギャザーの位相速度を計算する。

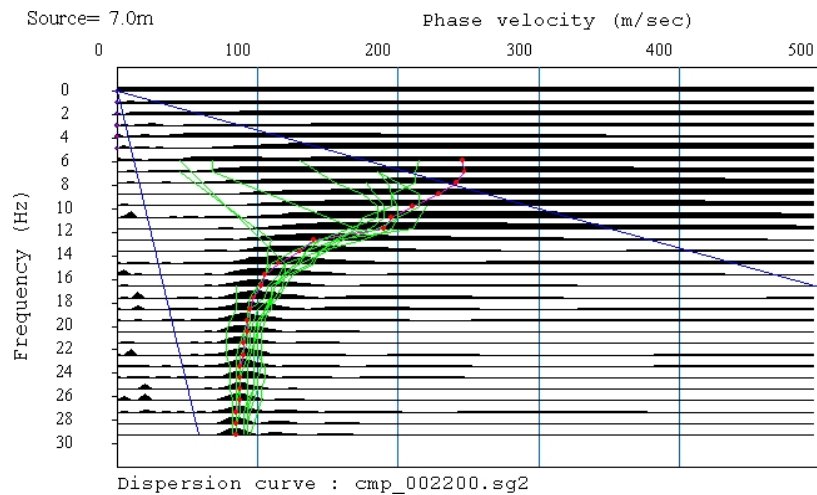


4. 選択したCMP相互相関ギャザーの位相速度-周波数プロットは、A-11ページのステップ6でピックアップした残りの分散曲線と一緒に表示されます。赤いピックアップを結んだピンクのは、選択したCMP相互相関ギャザーに関連する個々の分散曲線です。残りの曲線は緑で表示されます。



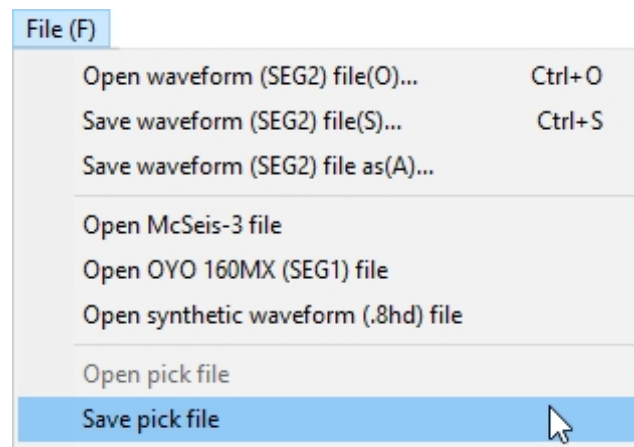
図A-2: CMP 相互相関ギャザーの位相速度-周波数プロット。

必要に応じて分散カーブのピックを調整し、Update  ボタンを使って新しいピックを登録する。

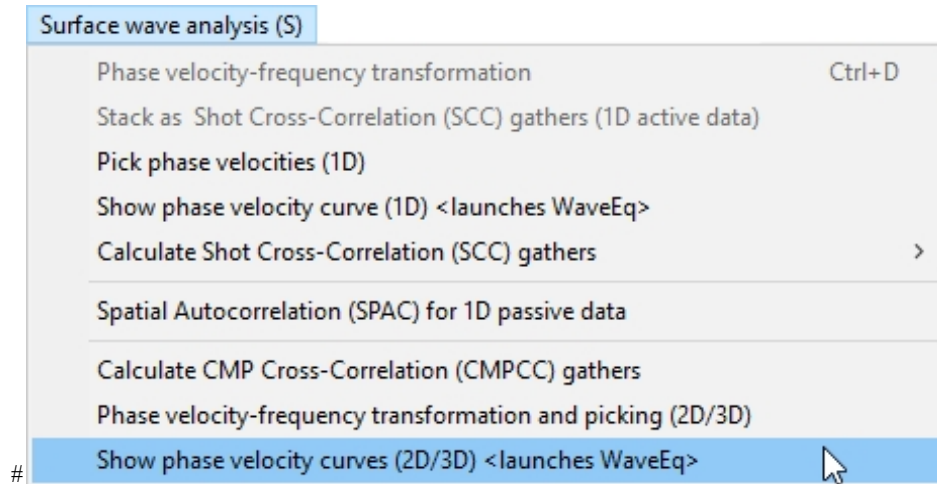


図A-3: 調整された分散曲線のピック。

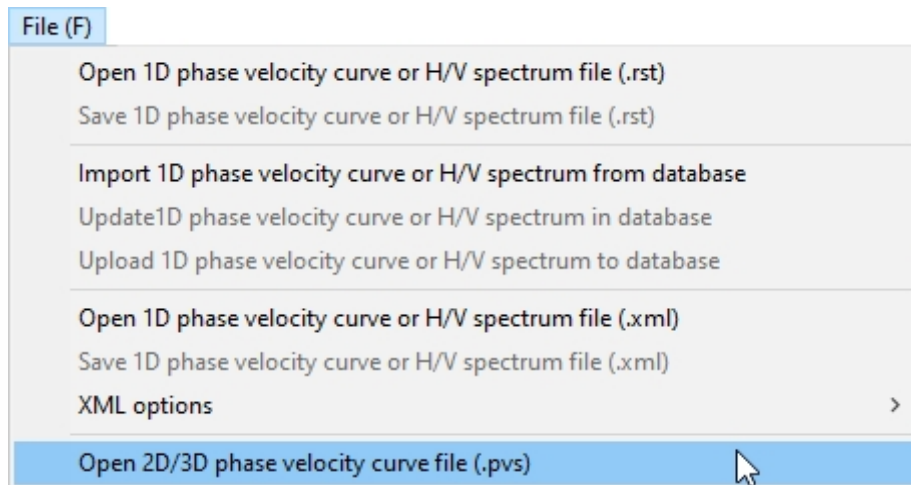
5. 他の分散カーブを編集するには、ステップ1からのプロセスを繰り返します。
6. 編集が完了したら、修正した分散保存する。



7. 修正した分散曲線をWaveEqにインポートする。



別の方法として、保存した分散曲線ファイルをWaveEqで開くこともできます。



付録B

データ例と品質管理

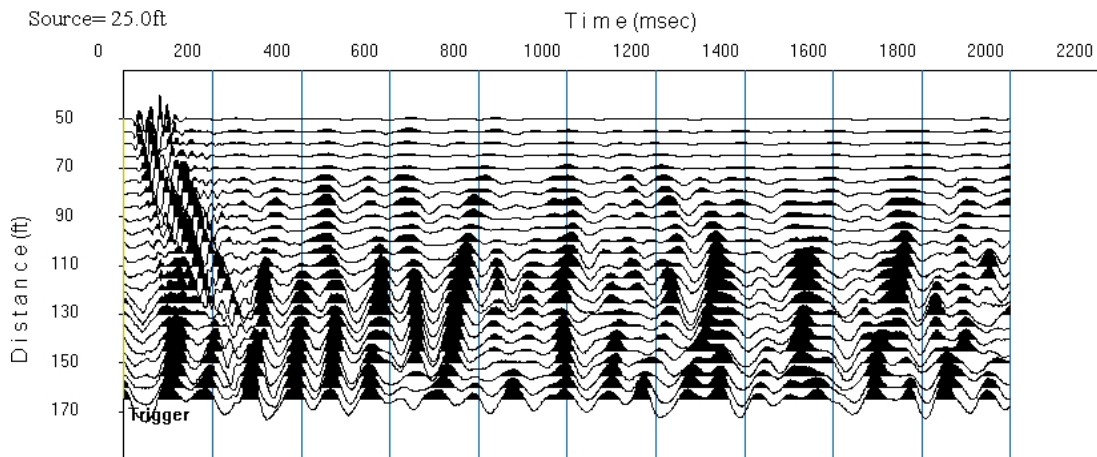
続ける。

B.1 アクティブ・ソース波形データ

続ける。

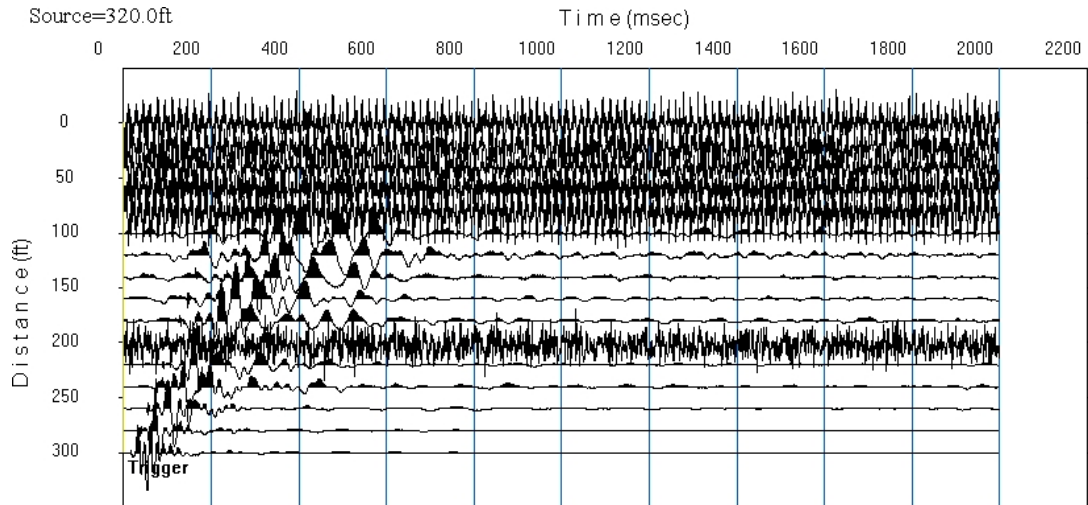
B.1.1 より低い品質

下のショット記録は、近地から遠地までのコヒーレントな表面波信号を欠いており、特に75フィートから170フィートまでの比較的低い周波数のノイズで激しく汚染されている。ショットを重ねるか、より大きな音源を使用し、より静かな記録待つことが、おそらく助けになるだろう。



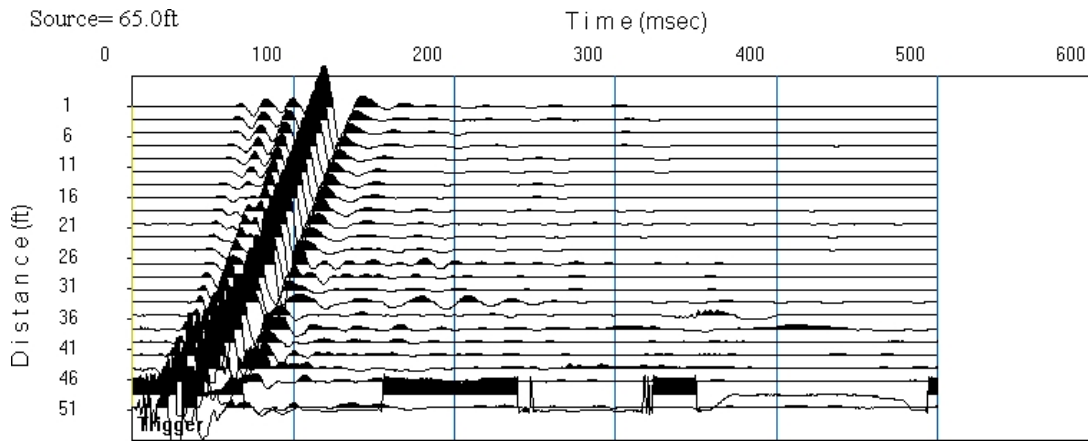
図B-1: S/N比が悪く、低品質なアクティブ・ソース記録の例。

このショット記録では、チャンネル6と12から16のテイクアウトは、ジオフォンを接続せずにオープンなままになっていた。信号は記録されず、スプレッドの一番端に100フィートのオフセットができ、トレース5と7の間に40フィートのギャップができました。



図B-2: デッド・トレースによる低品質のアクティブ・ソース記録の例。

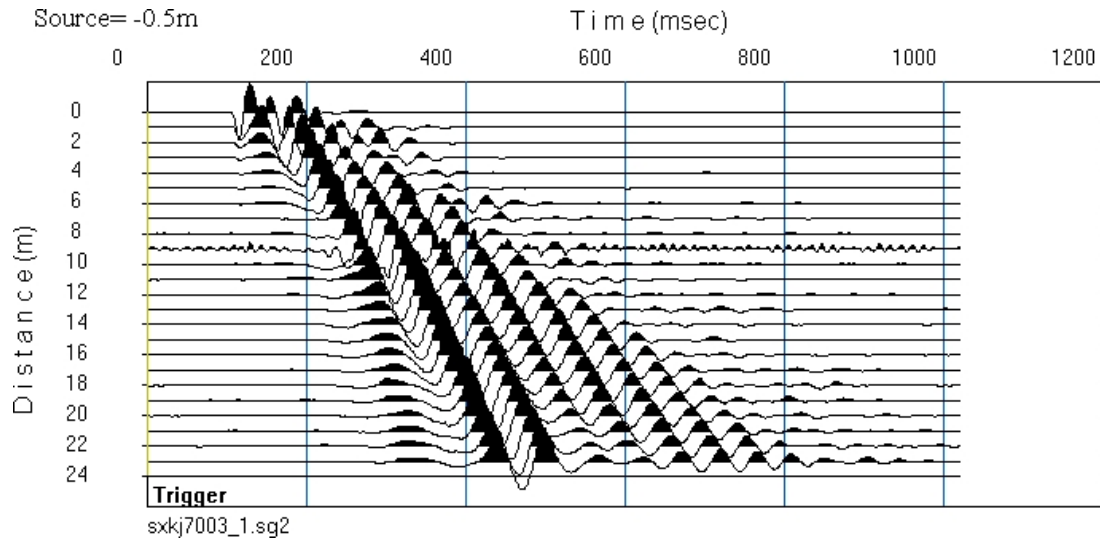
このショット記録では、わずかなニアオフセットのため、51フィート地点のジオフォンの信号がクリップされている。多少のオーバードライブチャンネルは許容されますが、クリップされた信号を記録しないことがベストプラクティスです。



図B-3: ニアオフセットが小さいためにアクティブ・ソースの記録が低品質になり、トレースがクリップした例。

B.1.2 より高い品質

以下のショット記録は、高いS/N比、クリッピングのないトレース、トレース間の一貫性を示している。



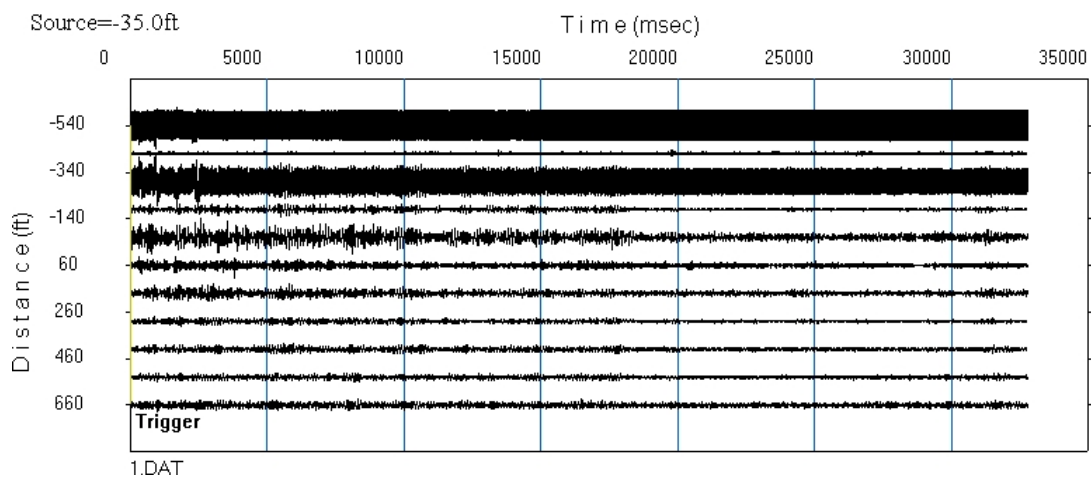
図B-4: 高品質のアクティブ・ソース・レコード。

B.2 パッシブ・ソース波形データ

続ける。

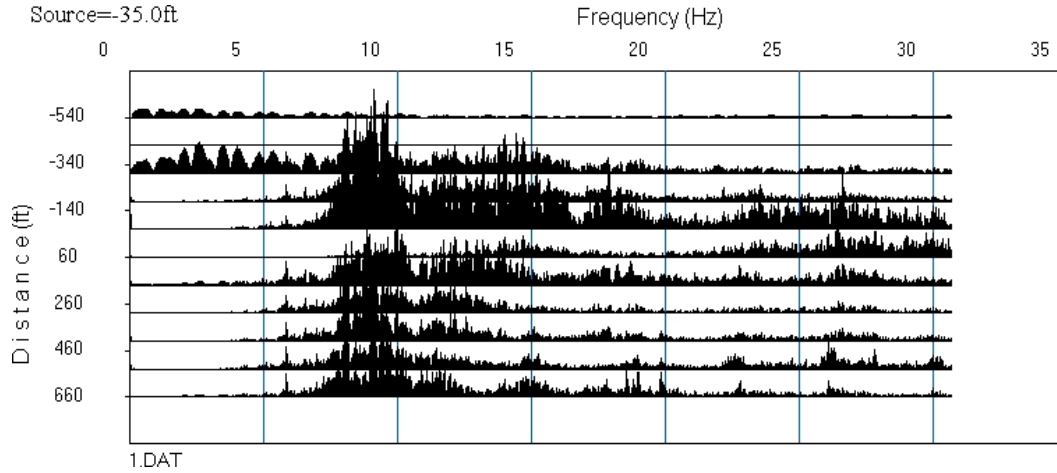
B.2.1 より低い品質

下の記録は、トレースごとにトレースの振幅が大きく変化していることを示している。



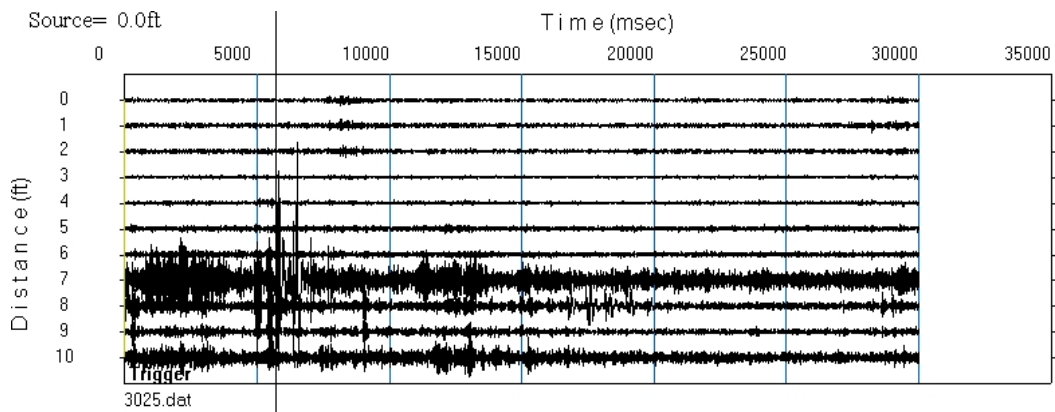
図B-5: トレース間の大きな振幅変動による低品質のパッシブ・ソース記録。

スペクトルを見ると、周波数が不均等であることがわかる。

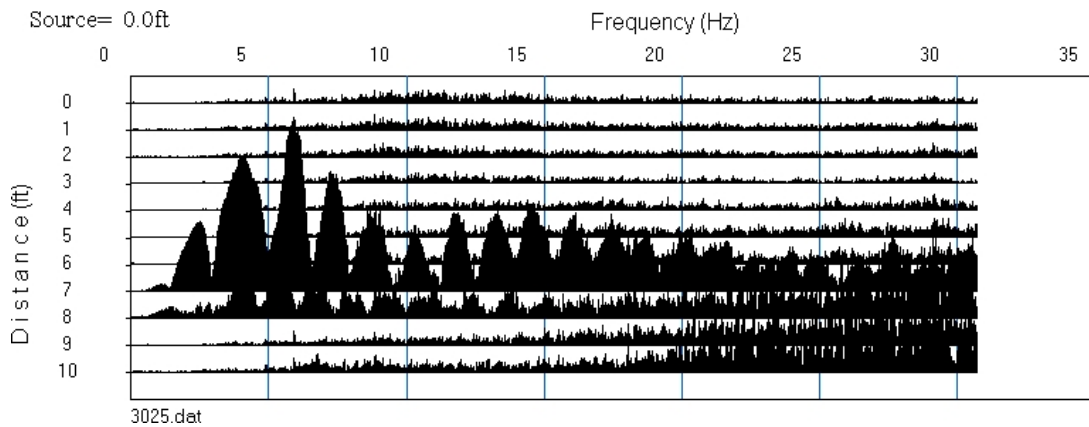


図B-6: 図B-。5に示したレコードの周波数スペクトル

このレコードと関連する周波数スペクトルにも同様の状態が見られる。

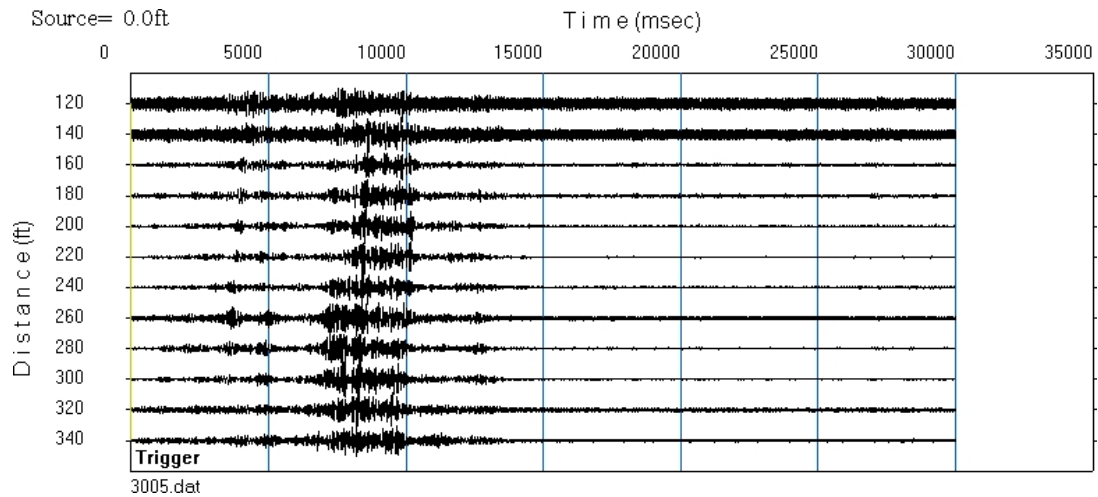


図B-7: トレース間の振幅変動が大きく、低品質なパッシブ・ソース記録の2番目の例。



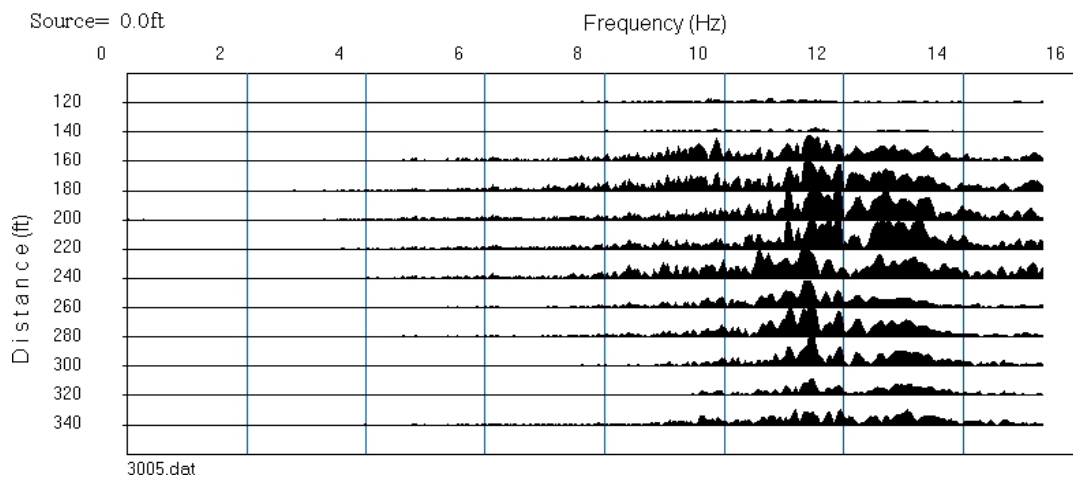
図B-8: 図B-7に。示したレコードの周波数スペクトル

この記録では、トレースは互いに似ているが、時間の経過とともに振幅に大きな幅がある。



図B-9: 的な振幅変動が大きく、低品質な受動音源記録の例。

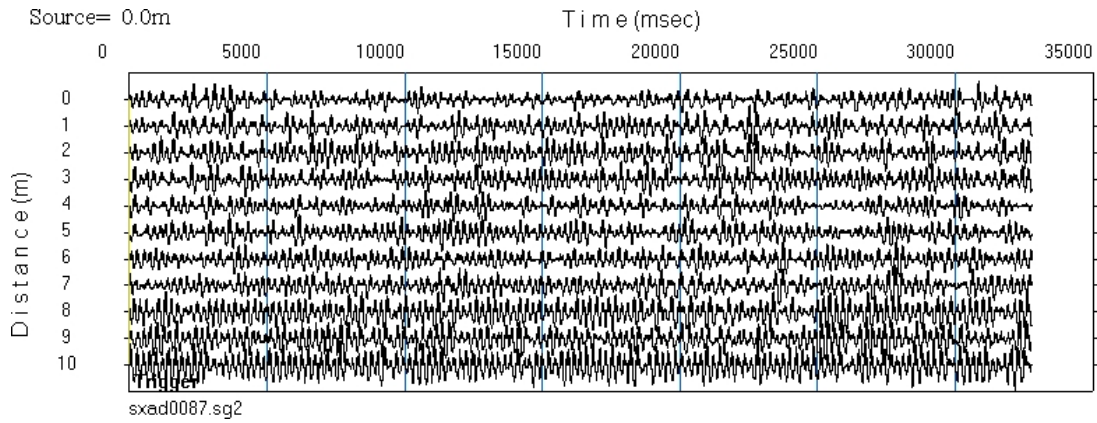
スペクトルは、トレースごとにかなり一貫しているが、それほどタイトではない。



図B-10: 図B-9の。レコードの周波数スペクトル

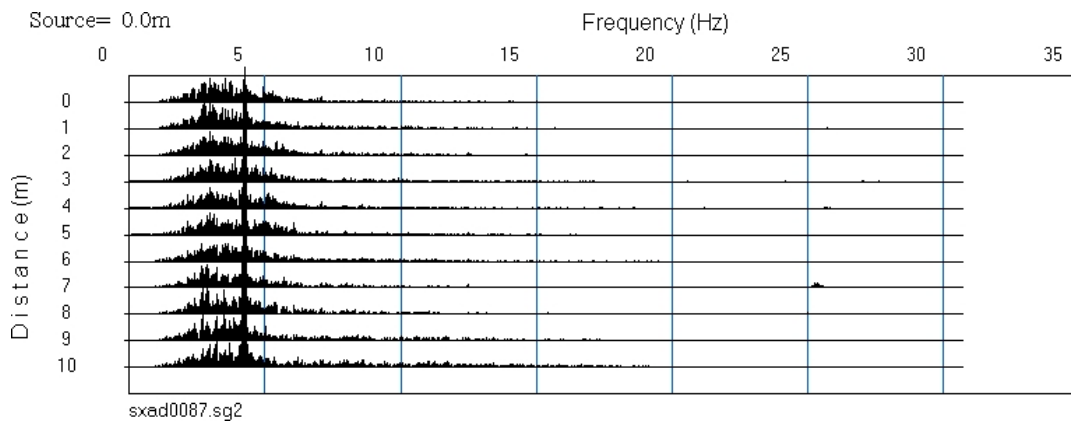
B.2.2 より高い品質

以下の記録は理想的なもので、トレースからトレースへ、そして時間的に均一な信号振幅を示している。



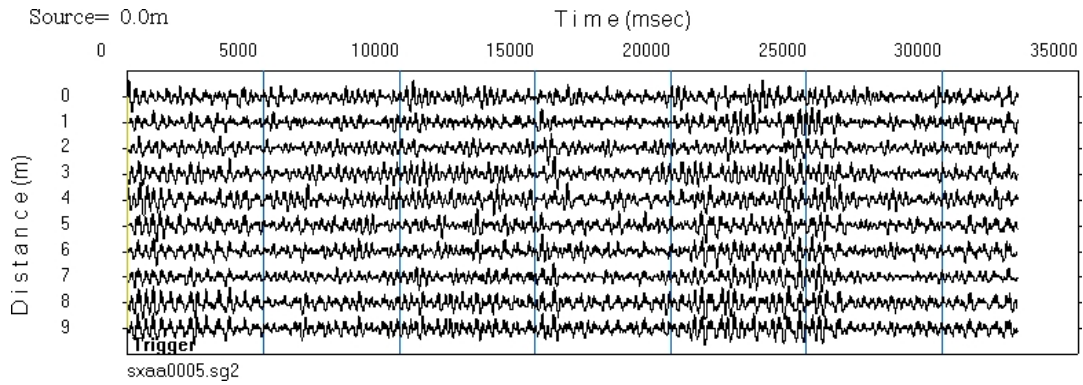
図B-11：理想的なパッシブ・ソースの記録。

対応する周波数スペクトルは、およそ2Hzから7Hzのきれいな包絡線に含まれるエネルギーを示している。



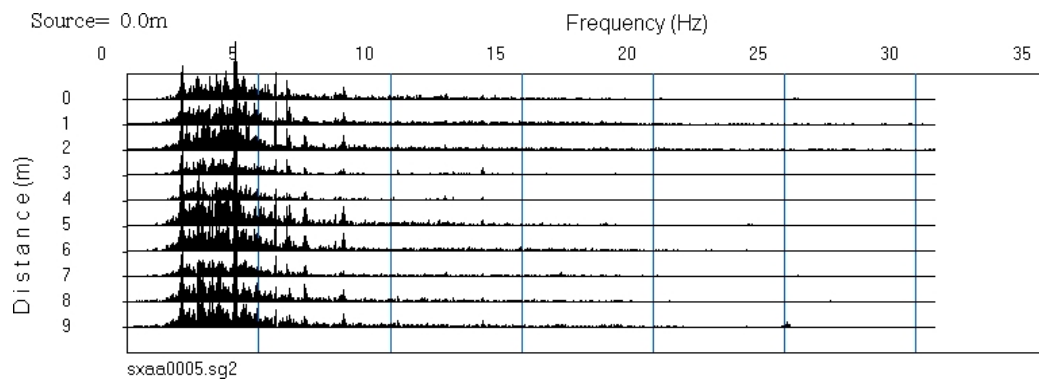
図B-12：図B-11の。レコードの周波数スペクトル

このレコードには、通過する車による断続的な高振幅ノイズがある（21秒から26秒の間）。



図B-13: 通過する車からのノイズを含むパッシブ・ソースの記録。

周波数スペクトルを見ると、車のノイズが録音品質に与える影響は比較的小さいことがわかる。



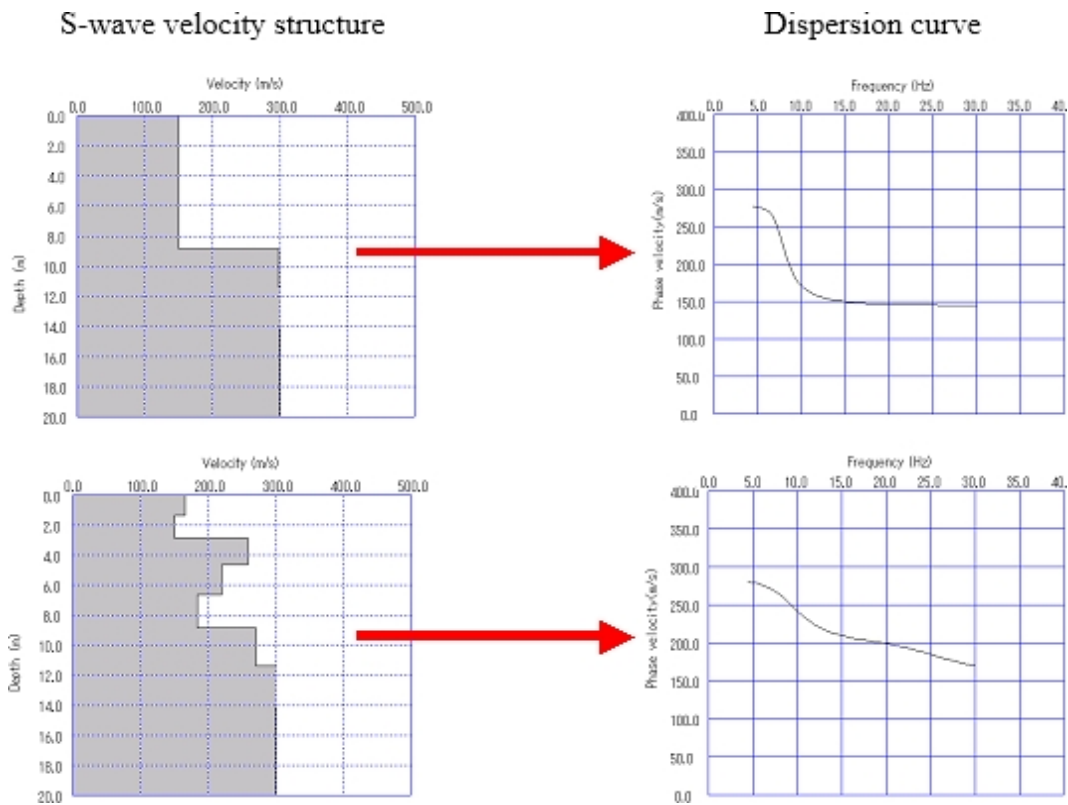
図B-14: 図B-13。の記録の周波数スペクトル

B.3 分散曲線

続ける。

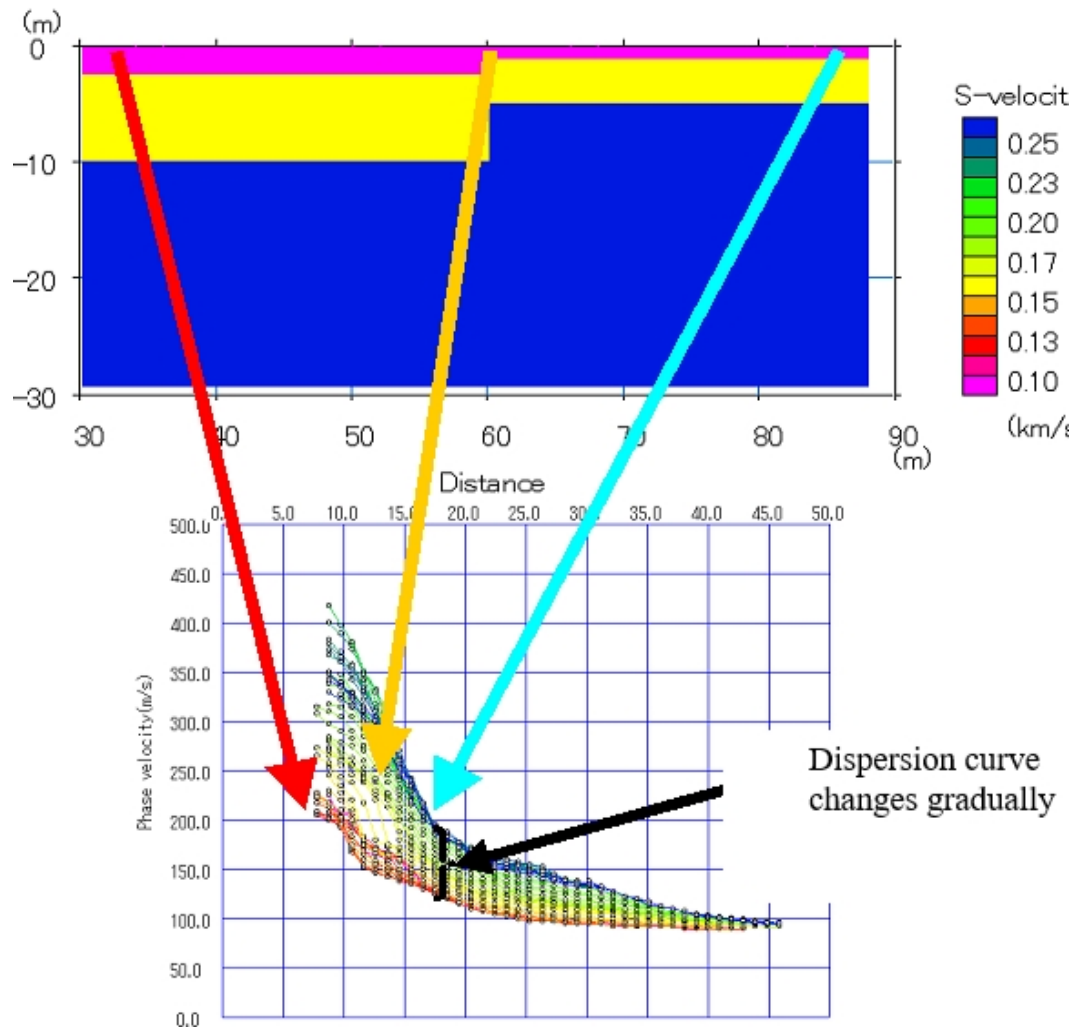
B.3.1 特徴

分散曲線は、滑らかな曲線または直線である。



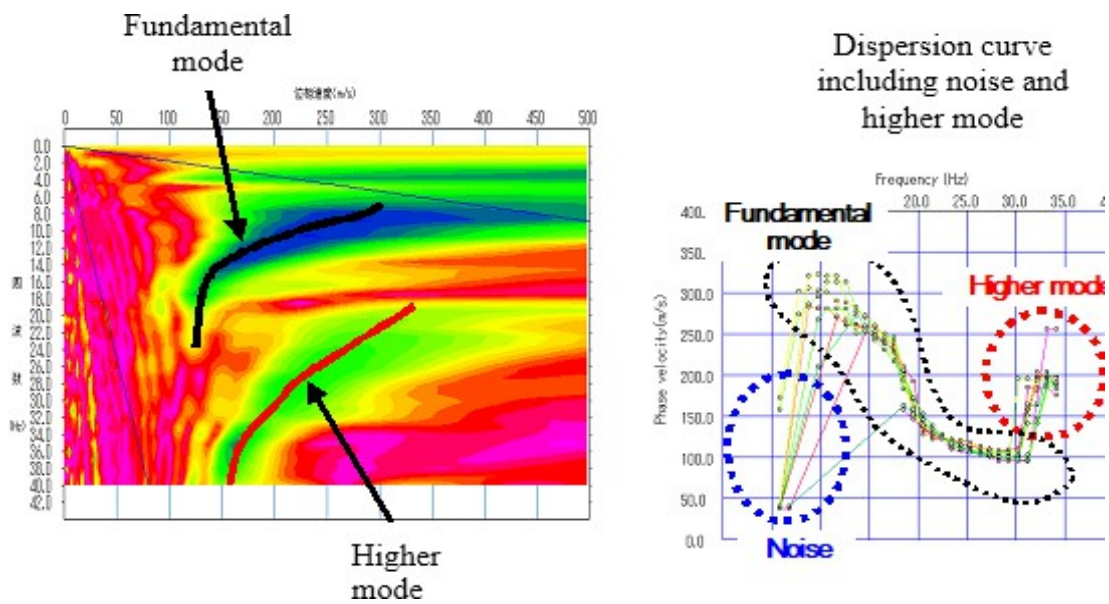
図B-15: VSモデルと対応する分散曲線。

分散曲線は、ジオフォンスプレッド下の平均速度モデルを反映している。



図B-16: 急激な速度変化に対する分散曲線の緩やかな変化。

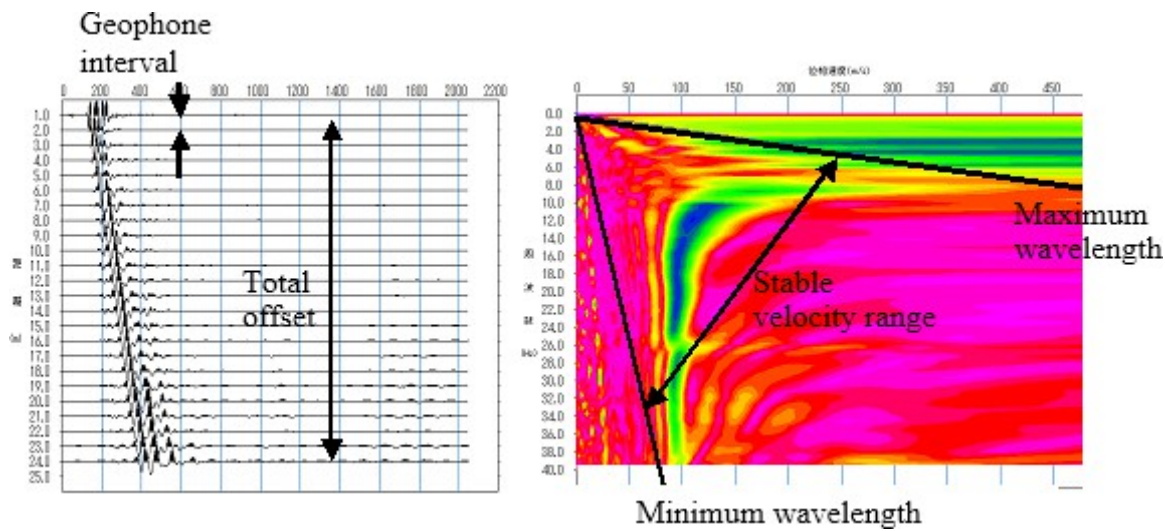
解析にはレイリー波の基本モードのみを使用するが、より高い存在し、しばしば目にする事ができる。



図B-17: 基本モード、高次モード、ノイズを示す位相速度-周波数プロットと分散曲線。

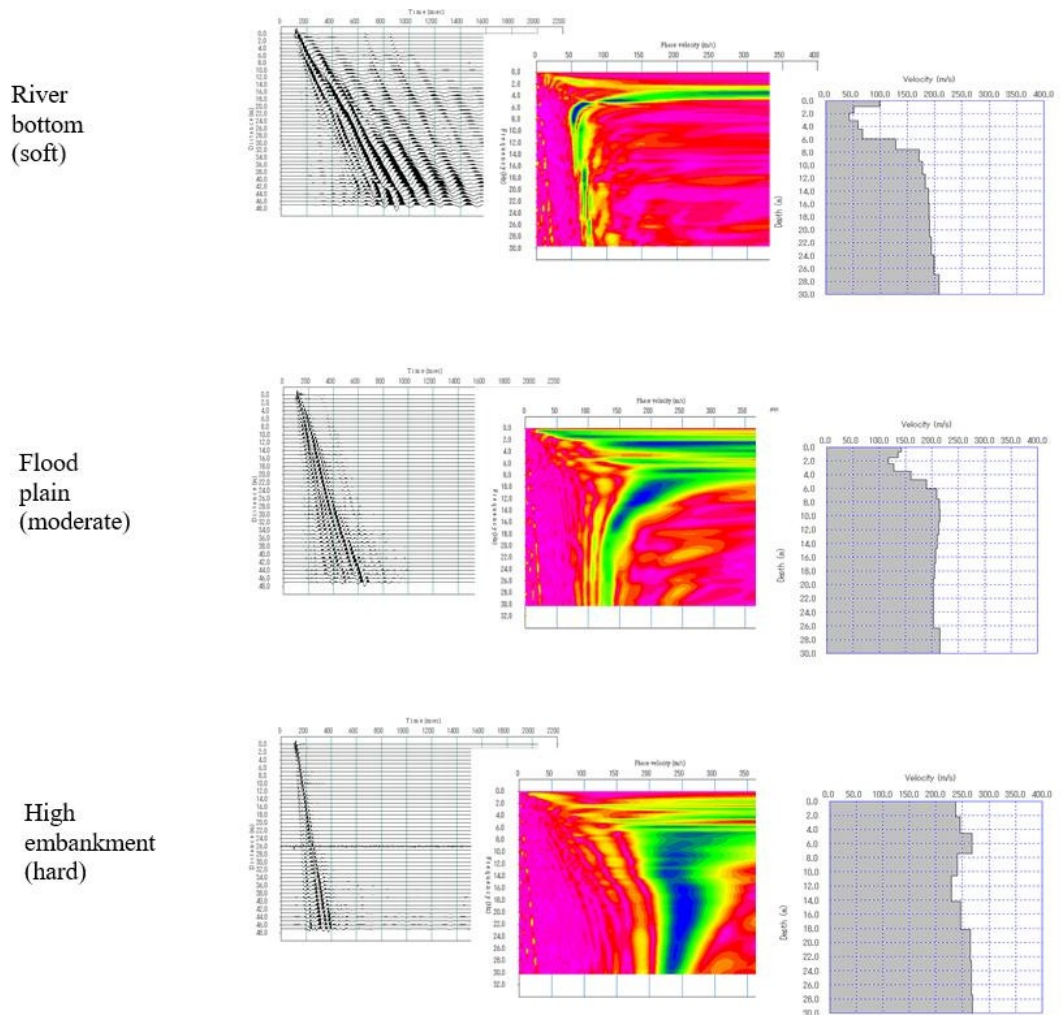
位相速度が安定していると考えられる周波数範囲は、記録された最小波長と最大波長に対応し、最小波長と最大波長、ジオフォンの間隔とオフセット（広がり長さ）の合計は、それぞれ一般的に1対1の関係にある。

安定した周波数範囲の境界は、位相速度-周波数プロット上に青い線（上図）と黒い太線（下図）で描かれ、最小波長と最大波長に対応する傾きを持つ。



図B-18: 安定した周波数境界。

B.3.2 剛性が変化する地盤からのデータの比較



図B-19: 異なる地質タイプの波形ファイル、位相速度-周波数プロット、Vsモデルの比較。

付録C

H/V理論

水平垂直スペクトル比法（H/V法）の理論と方法は、LaneらによるUSGS出版物「*Estimation Of Bedrock Depth Using The Horizontal-To-Vertical (H/V) Ambient-Noise Seismic Method*」に要約されている。

H/V法は、パッシブ地震データを用いてサイトの共振評価する。3成分の周辺地震データが収集され、水平-垂直スペクトル比の計算に使用される。この方法は主に、地震サイトの特徴付けるためのマイクロゾネーション研究や、岩盤までの深さを推定するために使用されてきた。

ここで、 n 、 v_s 、 Z はそれぞれモード、上層の平均せん断波速度（m/s）、堆積物の厚さに対応する。

$$fn = (2n + 1) \left(\frac{v_s}{4Z} \right)$$

中村(1989)は、H/Vスペクトル比からサイトの基本共振周波数を近似できることを示した。H/Vスペクトル比は以下のように計算される。

$$H/V(\omega) = ((S^2(\omega)_{NS} + S^2(\omega)_{EW}) / 2S^2(\omega)_V)^{\frac{1}{2}}$$

この方法は、岩盤とその上の堆積層の間の音響インピーダンスのコントラストが2以上であると仮定している。事例研究では、この仮定が成り立たない場合、岩盤までの深度を正確に測定できないことが示されている（Lane et al.、2008）。グラデーションセメンテーション、強い不均質性、または深い風化が存在する場合、この仮定が成り立たないことがある。

H/V理論についての詳細は、参照記事をご覧ください。

付録D

チュートリアルとデータ例

[アトムAVS30調査のためのAtomを使用したアクティブおよびパッシブ表面波メソッド](#): チュートリアル

[AtomAtomとSeisImager/SW3Dを用いた3D環境騒音トモグラフィ](#): チュートリアル

[Atom: SeisImager/SW 2D による2D MASW \(Atomデータ\) 処理](#): チュートリアル

[Atom-3C: AtomとSeisImager/SW3Cを使用した3C SPAC処理](#): チュートリアル

[Atom-3C: Atom-3CとSeisImager/SWを用いた水平垂直スペクトル比 \(H/V\)](#) : チュートリアル

[Atom-3CAtom-3CとSeisImagerをモバイル使用した水平/垂直スペクトル比\(H/Vデバイスで\)](#)チュートリアル

[Atom-3CAtom/Atom-3CとSeisImager/SW3Dを用いた3Dおよび3C環境騒音トモグラフィ](#): チュートリアル

[Geode/Atom: 1D MASWでマルチショットから分散曲線を計算する](#): チュートリアル

[Geode: Geode と SeisImager/SW2D を使った 2D SPAC 処理](#): チュートリアル

[ジオードSeisImager/SW2Dによる2次元MASW \(Geodeデータ\) 処理](#): チュートリアル

即時ダウンロード

[アトム3Dパッシブ](#): チュートリアルとサンプルデータ (108.5 Mb)

[Atom: 1次元アクティブ \(2m間隔\) とパッシブ \(三角形10 50m\)](#) : チュートリアルとサンプルデータ (19.7 Mb)

[アトム: 1Dパッシブ \(L字型11 75m\)](#) : データのみ (22.6 Mb)

[アトム: 1Dパッシブ \(3Cでトライアングル10 50 m\)](#) : チュートリアルとサンプルデータ (9.6 Mb)

[アトム水平/垂直スペクトル比 \(H/VまたはHVSr\)](#) : チュートリアルとサンプルデータ (1.2 Mb)

[アトム: 2Dパッシブ](#): チュートリアルとサンプルデータ (97.7 Mb)

[ジオード1D MASW](#): データのみ (0.2 Mb)

[ジオード2D MASW \(可変レシーバー\)](#): チュートリアルとサンプルデータ (5.8 Mb)

[ジオード2D MASW \(固定レシーバー\)](#) : データのみ (1.4 Mb)

[ジオード1Dパッシブ](#)：データのみ (7.8 Mb)

[ジオード1Dアクティブおよびパッシブ \(10フィート受信機リニアアレイ\)](#)：データのみ (14.6 Mb)

付録E

ショートコースプレゼンテーション

[表面波法の概要](#)

[波形データ処理](#)

[位相速度の計算](#)

[データ収集](#)

[CMPCCとCMPSPAC](#)

[SeisImagerによるデータ処理](#)

[逆転と不確実性](#)

[応用例](#)

付録F

参考文献と推奨図書

続ける。

F.1 理論と方法

安芸和男, 1957, 定常確率時空間スペクトル, 特に微動について. 地震研究所紀要, 35, 415-456.

アキ, K.およびリチャーズ, P.G. (1980) 、*定量的地震学*, W.H.フリーマンとCo. Building Seismic Safety

Council (1997), *Uniform Building Code (UBC)*.

Crice, D. (2002), 工学的サイトためのボアホールせん断波探査, 14 pgs.

Dorman, J. and Ewing, M. (1962), New York-Pennsylvania 地域における地震表面波分散データと地殻-マントル構造の数値インバージョン, *Journal of Geophysical Research*, 67: 5227-5241.

Fowler, C.M.R. (1990), *The Solid Earth: an Introduction to Global Geophysics*, Cambridge University Press.

林和彦, 2012, 遺伝的アルゴリズムを用いた高次モードを含む表面波データの解析, GeoCongress 2012. アメリカ土木学会, 2776-2785.

林和彦・鈴木博之 (2004) , 多チャンネル表面波データのCMP相互相関解析, *探査地球物理*, 35: 7-13.

林和彦・稲崎哲也・鈴木博之 (2004) , パッシブ表面波探査法による埋没水路の描出, *日本地質学会第7回国際シンポジウム講演論文集*, 395-400.

林和彦 (2003), 地表波のデータ取得と解析, *地球物理学の環境・工学問題への応用に関するシンポジウム集*, 106 pgs.

Heisey, J.S., Stokoe II, K.H., Meyer, A.H. (?) 、表面波のスペクトル分析からの舗装システムの弾性率、*交通研究記録*, 852: 22-31.

今井俊一・外内啓一 (1982) , N 値と S 波速度・せん断弾性率との相関, *第2回貫入試験欧州シンポジウム予稿集*, アムステルダム, 67-72.

国際建築基準審議会 (2000年、2003年) 、*国際建築基準法 (IBC)* 。

狐崎千恵子・後藤直樹・小林靖弘・井川俊彦・堀毛正明・齋藤知行・黒田哲也・山根健次・奥住一弘（1990），時の地盤振動評価のための深部地盤におけるP波およびS波速度の推定，*総合地球科学*，9（3）．1-17. Lay, T. and Wallace, T.C. (1995), *Modern Global Seismology*, Academic Press.

Lane, J. W., (2008), 水平-垂直(H/V)環境ノイズ地震探査岩盤深度の推定, *Symposium on Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems*, Society of Exploration Geophysicists conference paper, pp 490-502.

Louie, J.N. (2001), Faster, better: shear-wave velocity to 100 meters depth from refraction microtremor arrays, *Bulletin of Seismological Society of America*, 91(2): 347-364.

Ludwig, W.J., Nafe, J.E. and Drake, C.L. (1970), Seismic Refraction, *The Sea*, 4: 53-84.

Mari, J.L. (1984), ラブ波の分散特性を用いたせん断波プロファイリングのための静的補正の推定, *地球物理学*, 49: 1169-1179.

Marosi, K.T. and Hiltunen, D.R. (2004), Characterization of spectral analysis of surface waves and shear-wave velocity measurement uncertainty, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, 130(10): 1034-1041.

Martin, A.J. and Diehl, J.G. (2004), Practical experience using a simplified procedure to measure average shear-wave velocity to depth of 30 m (v_{S30}), 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada.

Mayne, P.W. and Rix, G.J. (1995), Correlations between shear-wave velocity and cone tip resistance in natural clays, *Soils and Foundations*, 35(2): 107-110.

Menzies, B. (?), 波地球物理学を用いた地盤剛性プロファイリングによる地表近傍のサイト特性評価, 未発表, 14 pgs.

Nazarian, S. (1989), 舗装の弾性率決定における表面波スペクトル解析法の適用性, 道路と飛行場の舗装応答モニタリングシステムの最新技術に関するシンポジウム, 16 pgs.

Nazarian, S., Stokoe II, K.H., Hudson, W.R. (), 舗装システムの弾性率と厚さの決定のための表面波のスペクトル解析法の使用, *Transportation Research Record*, 930: 38-45.

岡田裕之 (2003), 微動探査法, 地球物理学モノグラフシリーズ No.12, 探査地球物理学会, 135 pgs.

Park, C.B., Miller, R.D., and Miura, H. (?), *Optimum field parameters of the MASW survey*, unpublished, 6 pgs.

Park, C.B., Miller, R.D. and Xia, J. (1999), 地表マルチチャンネル解析, *地球物理学*, 64(3): 800-808.

朴, C. B., Miller, R. D., and Xia, J., 1999, Multimodal analysis of high frequency surface waves, Proceedings of the Symposium on Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems '99, 115-121.

Reynolds, J.M. (1997), An Introduction to Applied and Environmental Geophysics, John Wiley and Sons.

Roberts, J.C. and Asten, J. (2004), Resolving a velocity inversion at geotechnical scale using microtremor (passive seismic) survey method, *Exploration Geophysics*, 35: 14-18.

Schneider, J.A., Hoyos Jr, L., Mayne, P.W., Macari, E.J., Rix, G.J. (1999) 、ピードモント残留土壌の動的せん断弾性率のフィールドと実験室での測定、*残留土壌の行動特性*、GSP 92、ASCE、レストン、バージニア州、12-25
。

Sheriff, R.E. (1994), *Encyclopedic Dictionary of Exploration Geophysics*, 3rd ed., Society of Exploration Geophysicists.

Sheriff, R.E. and Geldart, L.P. (1995), *Exploration Seismology*, Cambridge University Press.

鈴木寛之・山中秀樹, 2010, 地震動記録と微動探査データを用いた深部堆積層のS波プロファイルのジョイントインバージョン, *BUTSURI-TANSA* 2010, 65, 215-227.

Underwood, D.H. and Hayashi, K. (2005), Seismic Surface Wave Surveying With Geometrics, Inc.地震計とSeisImager/SWソフトウェア, *Geometrics, Inc.Short Course Notes*, San Jose, California and London, United Kingdom, 83 pgs.

Xia, J., Chen, C., Tian, G., Miller, R.D., and Ivanov, J. (2005), Resolution of high frequency Rayleigh-wave data, *Journal of Engineering and Environmental Geophysics, Special Issue: Seismic Surface Waves*, 10(2): 99-110.

Xia, J., Miller, R.D. and Park, C.B. (1999), Estimation of near-surface shear-wave velocity by inversion of Rayleigh waves, *Geophysics*, 64(3): 691-700.

山中秀樹, 石田純一, 1995, 遺伝的を用いた位相速度インバージョン, *構造工学論文集* 468, 9-17.

F.2 ランドストリーマー

Dolena, T.M., Speece, M.A., Link, C.A., Miller, P.F., and Duaiame, T.E. (2005), A land streamer aided, three-dimensional (3-D) seismic reflection survey, Belt, Montana: *Proceedings of the Symposium on the Applications of Geophysics to Engineering and Environmental Problems*, 971-978.

Huggins, R. (2004), 陸上ストリーマーに関する報告：最後に植えるジオフォン, *Near- Surface Views*, Newsletter of the Near-Surface Geophysics Section of the SEG, First Quarter, 11(1): 3-4.

稲崎哲也 (1999) , ランドストリーマー：高分解能S波浅層反射法探査のための新システム, 地質調査所出版, 10 pgs.

Jensen, J.F., Ringgaard, J., Skjellerup, P., Vangkilde-Pedersen, T. (?), *Pulled array seismic (PAS) - a new method for shallow, high resolution reflection seismic data acquisition*, Department of Geophysics, RAMBOLL, Denmark, 4 pgs.

Miller, C., Link, C., and Speece, M. (2003), Modified land streamer configuration for shallow seismic data acquisition, *Proceedings of the Symposium on the Application of Geophysics to Environmental and Engineering Problems*, 857-865.

Miller, C., Allen, A., Speece, M., El-Werr, A., and Link, C. (2005), Land streamer aided geophysical studies at Saqqara, Egypt, *Journal of Environmental and Engineering Geophysics*, 10(4): 371-380.

Pugin, A.J.M., Larson, T.H., and Sargent, S. (2004), 3.5 Km/day of high-resolution seismic reflection data using a land streamer, *Proceedings of the Symposium on Application of Geophysics to Environmental and Engineering Problems*, 1380-1388.

van de Veen, M. and Green, A.G. (1998), Land streamer for shallow data acquisition: evaluation of gimbal-mounted geophones, *Geophysics*, 63: 1408-1413.

van der Veen, M. Spitzer, R., Green, A.G., and Wild, P. (2001), 費用対効果の高い2次元および擬似3次元浅部地震データ取得のための曳航式ランドストリーマーの設計と応用, *地球物理学*, 66: 482-500.

van der Veen, M., Wild, P., Spitzer, R., and Green, A.G. (1999), Design characteristics of a seismic land streamer for shallow data acquisition, *Extended Abstracts of European Association of Geoscientists and Engineers (EAGE)*, 40-41.

新井秀樹・時松和彦 (2004). 微動H/VスペクトルのインバージョンによるS波速度プロファイリング. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 94(1), 53-63.

中村由行 (1989).地表面微動を用いた地下の動特性推定法. *鉄道技術研究季報*, 30(1), 25- 33.

Molnar,S.、Sirohey,A.、Assaf,J.他。微動水平垂直スペクトル比 (MHVSR) 法のレビュー。 *Journal of Seismology* 26, 653-685 (2022).

Geometrics, Inc.は、SeisImagerソフトウェアパッケージの使用またはSeisImagerソフトウェアパッケージのサポートに起因データの解釈または影響について一切の責任を負いません。