

## 2次元表面波探査マニュアル解析

1. 測定ジオメトリー
2. 波形データの読み込み
3. CMPギャザーの作成
4. 分散曲線の計算
5. 分散曲線の表示
6. 分散曲線のチェック
7. 初期モデルの作成
8. 分散曲線のインバージョン
9. 二次元S波速度構造の表示
10. テスト用データの説明

# 1. 測定ジオメトリー (1)

- 1 起振点 - 1ファイル

表面波探査では下記のようにいくつかの測定パターンで測定を行うことができますが、同一起振点の測定データは1つだけにしてください。

- A. 固定展開
- B. 移動式固定展開
- C. End-on-spread

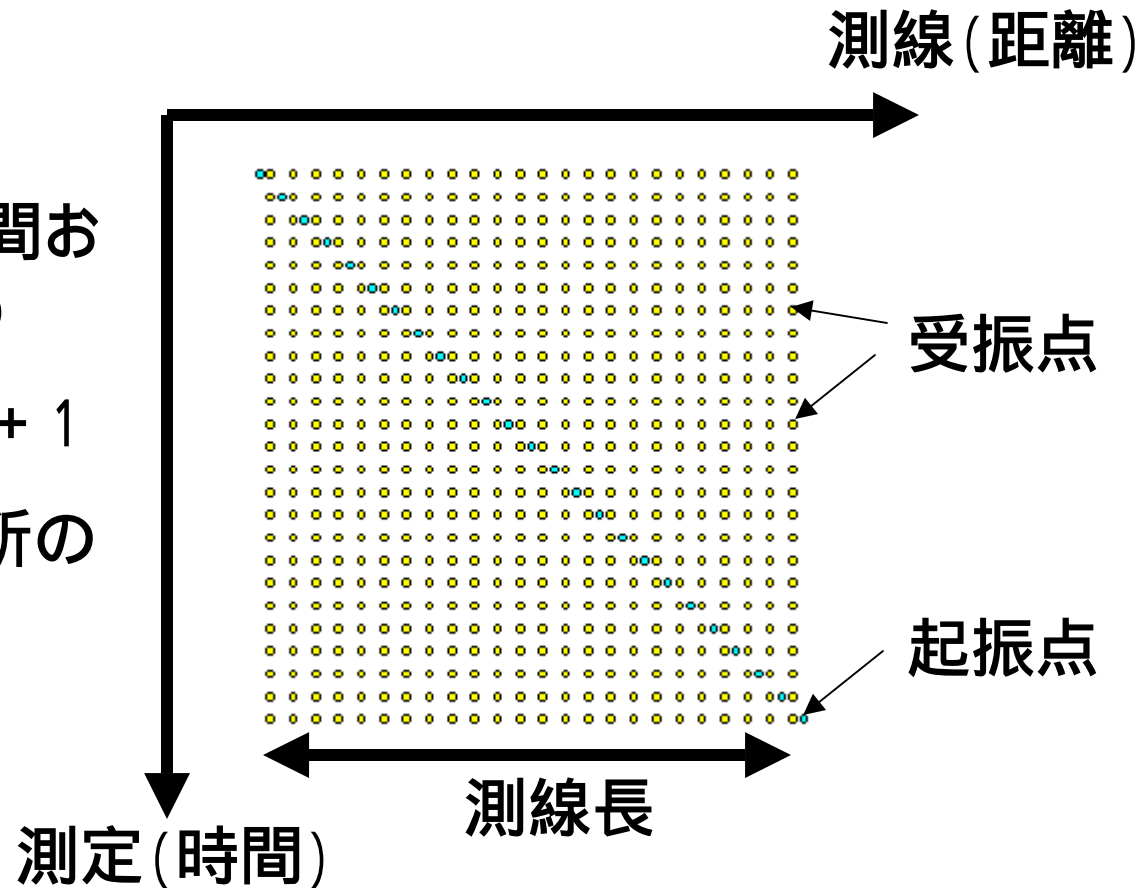
# 1. 測定ジオメトリー (2)

## A. 固定展開

起振は各受振点の中間および両端(外側)で行う

起振点数 = 受振点数 + 1

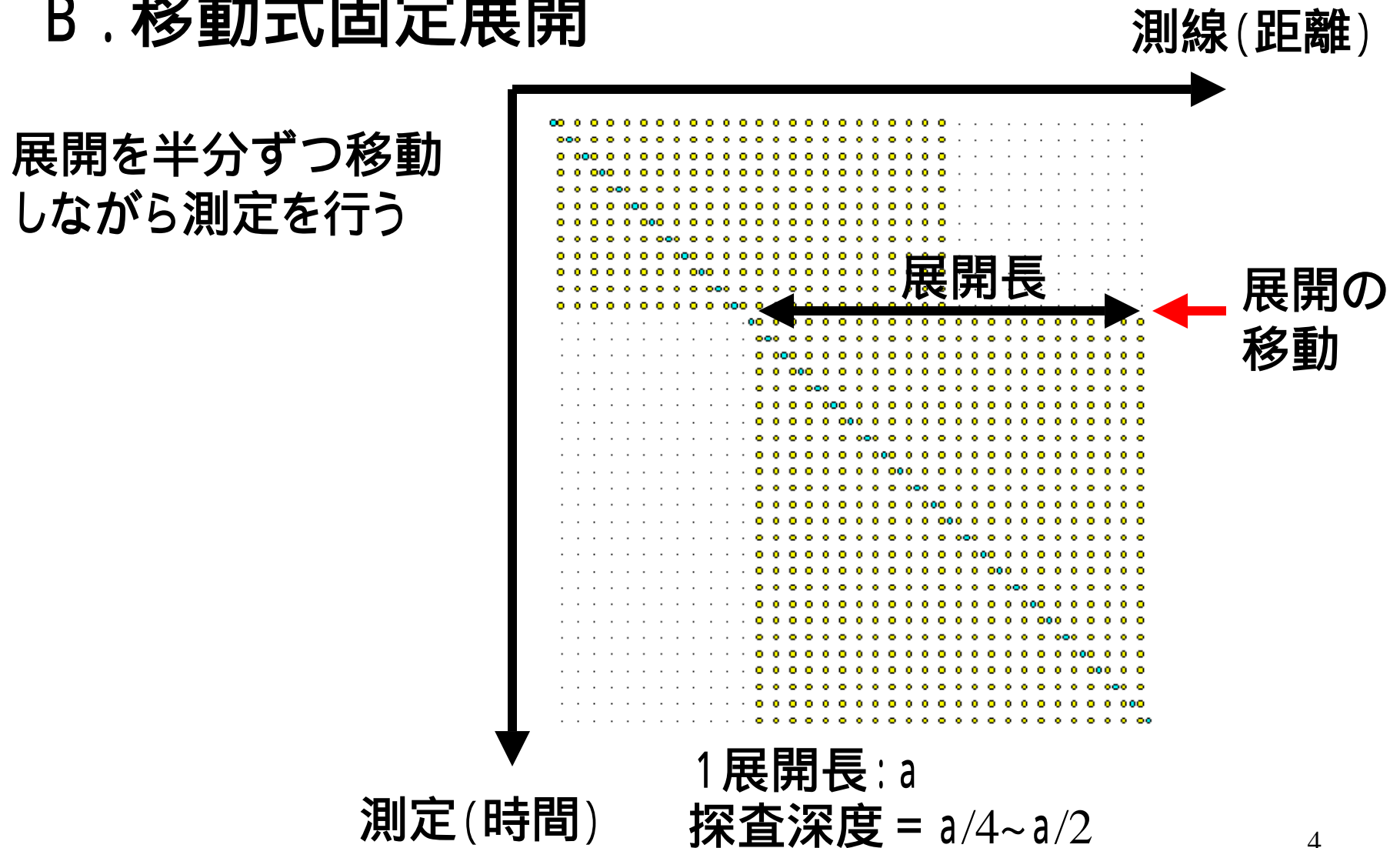
測線の端では深い場所の解析精度が悪くなる



測線長 :  $a$   
探查深度 =  $a/2$

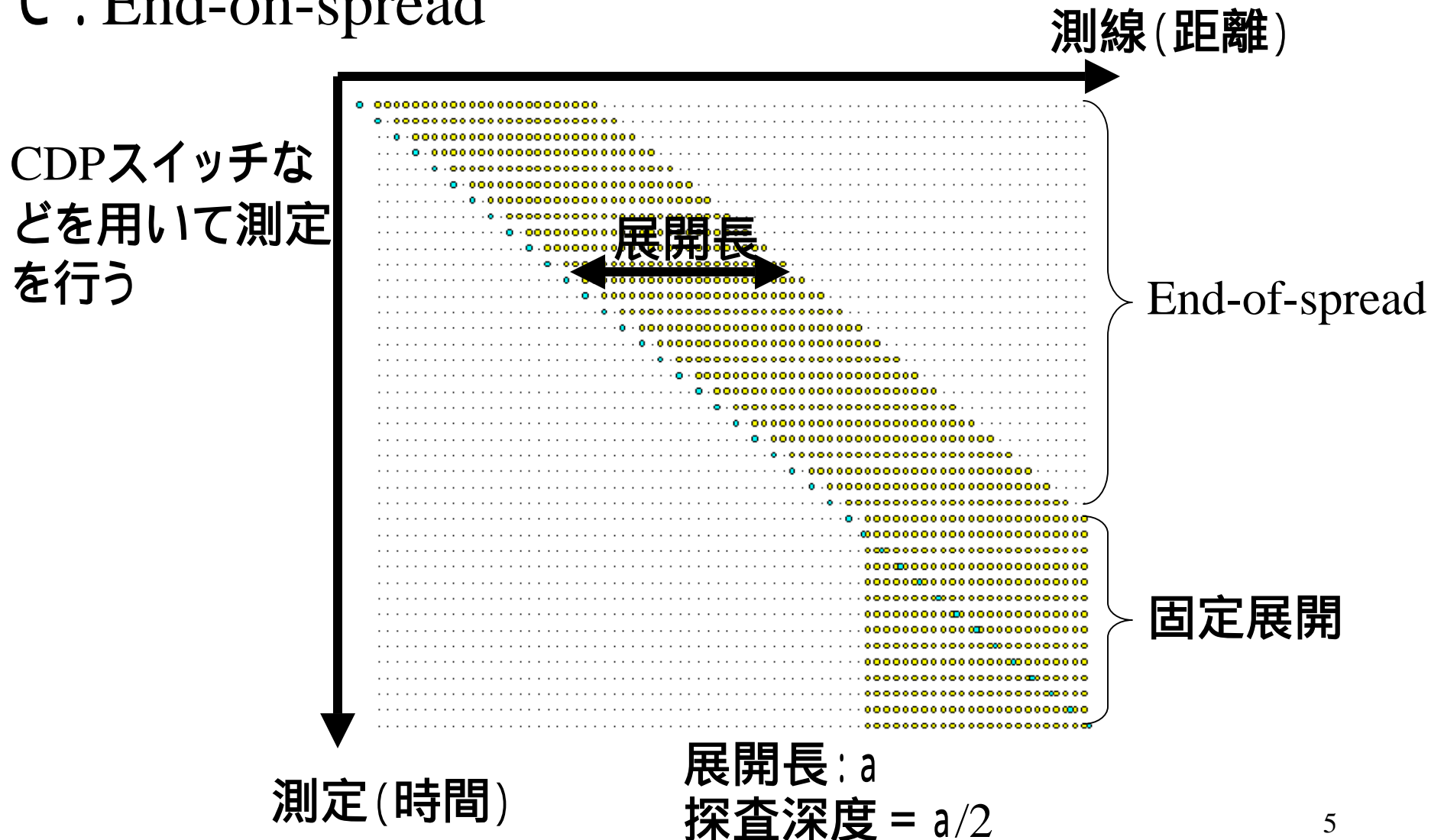
# 1. 測定ジオメトリー (3)

## B. 移動式固定展開



# 1. 測定ジオメトリー (4)

C. End-on-spread



# 解析のスタート

The image shows a Windows 2000 Professional Start menu. The 'SeisImager\_e' folder is expanded, showing several shortcuts. A red arrow points to the 'Shortcut to Pickwin95.exe (Wave processing)' item, which is highlighted in blue. Other items include shortcuts for sample data, tutorials, and analysis programs. Japanese text annotations with arrows point to specific items: 'サンプル・データ' (Sample Data) points to 'Shortcut to sample\_data(Refraction)', '解析結果の表示・解釈' (Display and Interpretation of Analysis Results) points to 'Shortcut to sample\_data(SurfaceWave)', 'マニュアルなど' (Manuals, etc.) points to 'Shortcut to tutorial(Japanese)', and '分散曲線の解析' (Dispersion Curve Analysis) points to 'Shortcut to WaveEqexe(Surface-wave analysis)'. A large red arrow points to the highlighted 'Pickwin95.exe' shortcut, accompanied by the text '解析はここからスタートします。' (Start analysis from here).

Windows Update  
Office ドキュメントの新規作成  
Office ドキュメントを開く  
SeisImager\_e  
プログラム(P)  
最近使ったファイル(D)  
設定(S)  
検索(C)  
ヘルプ(H)  
ファイル名を指定して実行(R)..  
シャットダウン(U)...

Shortcut to sample\_data(Refraction)  
Shortcut to sample\_data(SurfaceWave)  
Shortcut to tutorial(English)  
Shortcut to GeoPlot.exe  
Shortcut to Pickwin95.exe (Wave processing)  
Shortcut to Plotrefa.exe (Refraction analysis)  
Shortcut to tutorial(Japanese)  
Shortcut to WaveEqexe (Surface-wave analysis)

サンプル・データ  
解析結果の表示・解釈  
解析はここからスタートします。  
マニュアルなど  
分散曲線の解析



## 2. 波形データの読み込み(2)

3



3. 読み込んだファイルの数が表示されますので確認してください。

4



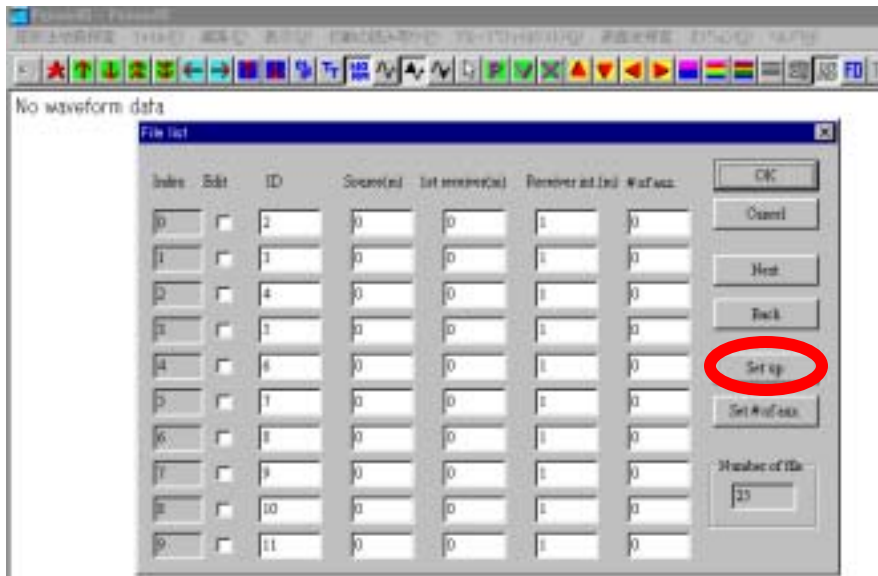
4. 波形ファイル中に起振点や受振点の位置が書かれている場合には、「Source position」もしくは「Receiver position」のチェックボックスをチェックしてください。





## 2. 波形データの読み込み(3)

5



5. 波形ファイルのID番号、起振点位置、受振点位置などを入力するダイアログボックスが表示されます。波形ファイル中に、起振・受振点位置が書かれていない場合には、起振・受振点配置を作成しますので、「Set up」ボタンをクリックしてください。

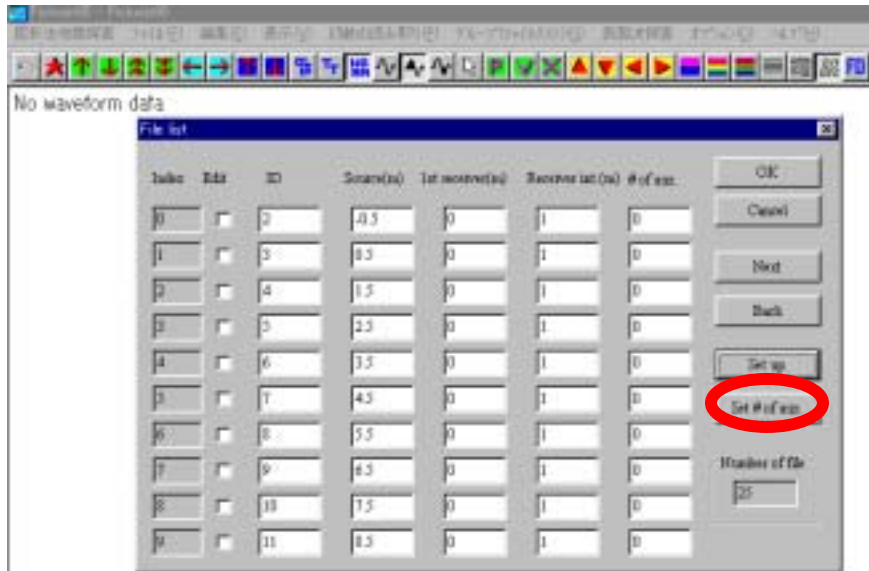
6



6. 最初の起振点位置、起振点間隔、受振点間隔などを入力してください。受振点が固定されている場合には「Fixed receiver」を選択してください。

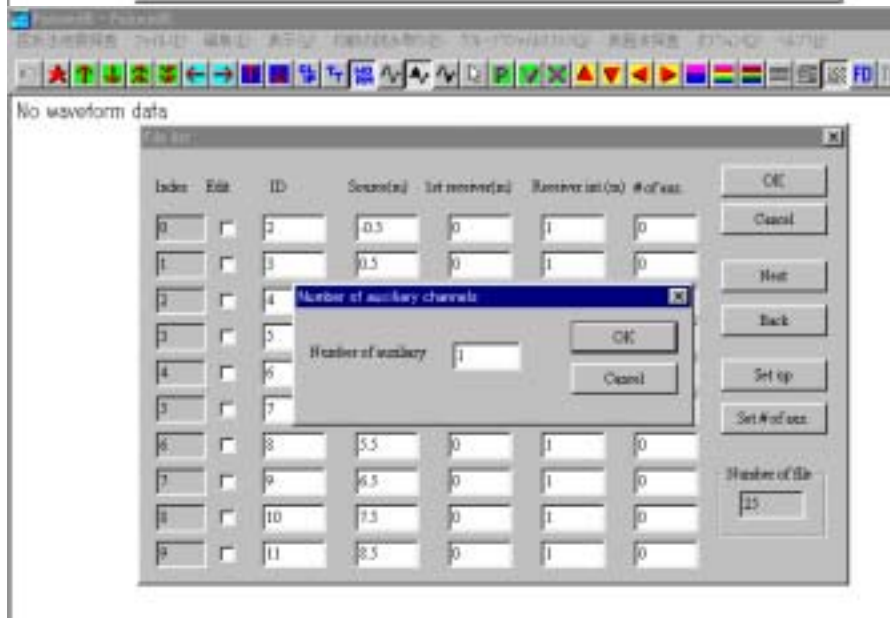
## 2. 波形データの読み込み(4)

7



7. 「OK」ボタンを押すと、起振点位置、最初の受振点位置および受振点間隔が表示されますので確認してください。ファイルの最後に使用しないトレース(オグジュアリー等)がある場合は、「Set # of Aux.」ボタンをクリックしてください。

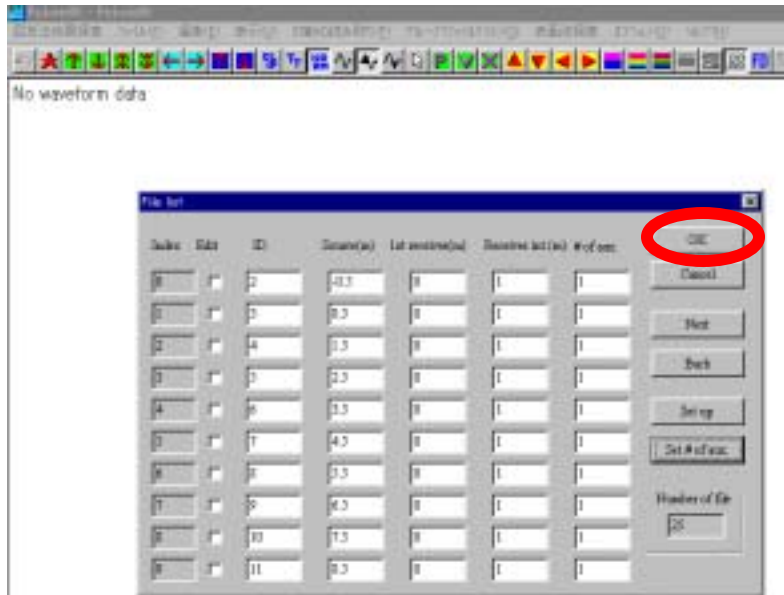
8



8. 表示されたダイアログボックスで使用しないトレース数を入力してください。

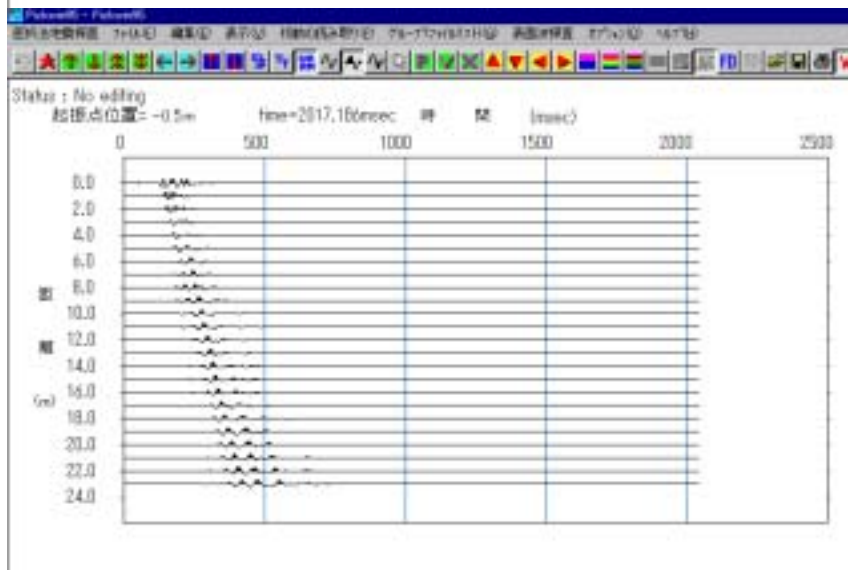
## 2. 波形データの読み込み(5)

9



9. ID、起振点位置、最初の受振点位置、受振点間隔が正しいことを確認してください。「OK」をクリックする最初のファイルの波形が表示されます。

10



10. ツールバーのボタンで、表示振幅や時間および距離のスケールを変更できます。

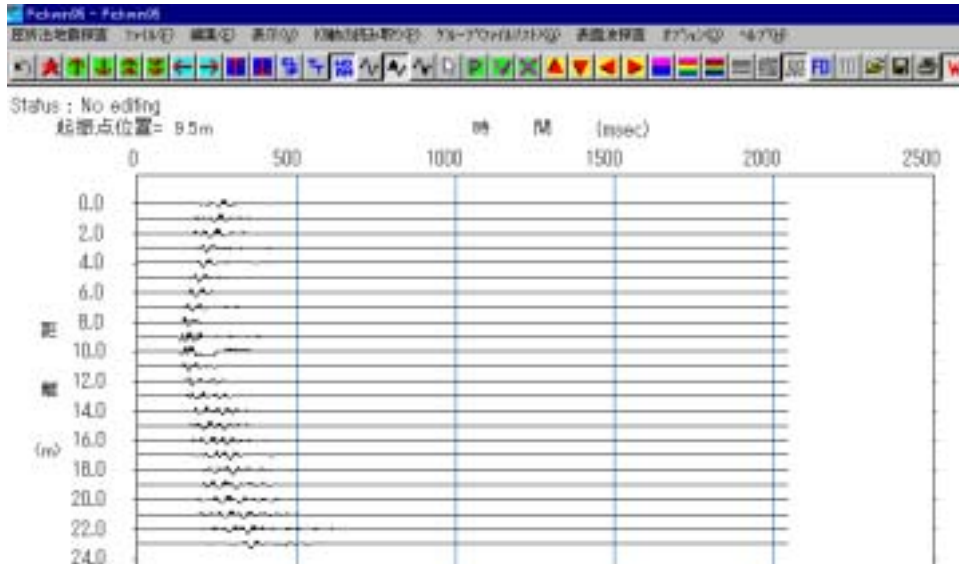
 振幅を変更します。

 横方向(時間)のスケールを変更します。


 縦方向(距離)のスケールを変更します。

## 2. 波形データの読み込み(6)

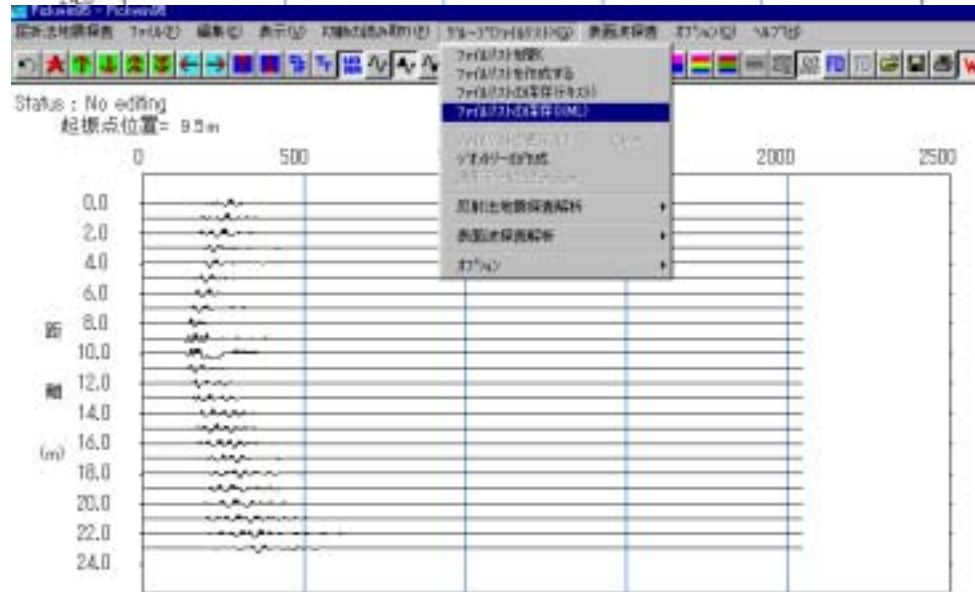
11



11. またツールバーのボタンで、表示するファイルを変更できます。

  表示する波形ファイルを変更します。

12



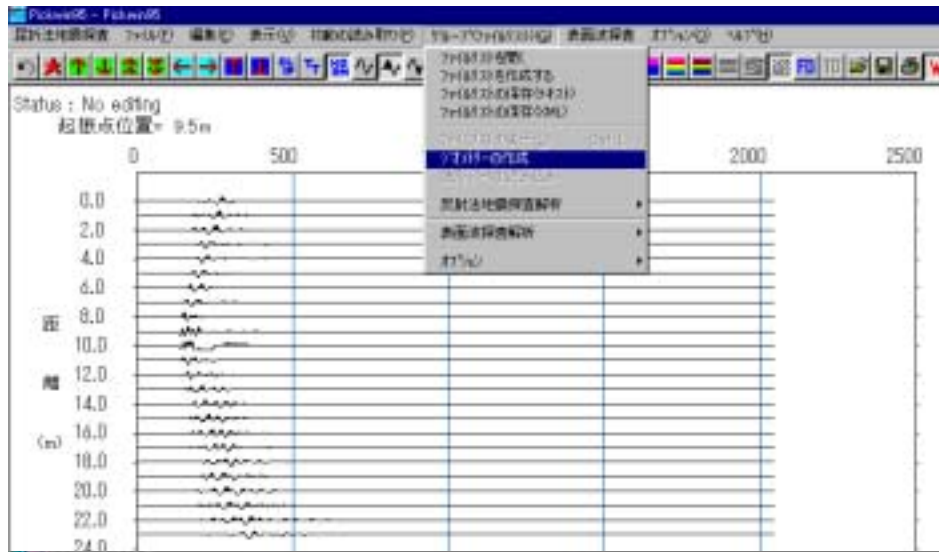
12. 作成したファイルのリストを保存しておく、解析をやり直す場合等に便利です。

ファイルリストの保存は、「グループ(ファイルリスト)」「ファイルリストの保存(XML)」もしくは「ファイルリストの保存(テキスト)」で行います。XML形式のリストには全ての情報が保存されます。テキスト形式では保存される情報は限られますが、エクセル等を用いて自分で編集する場合には便利です。



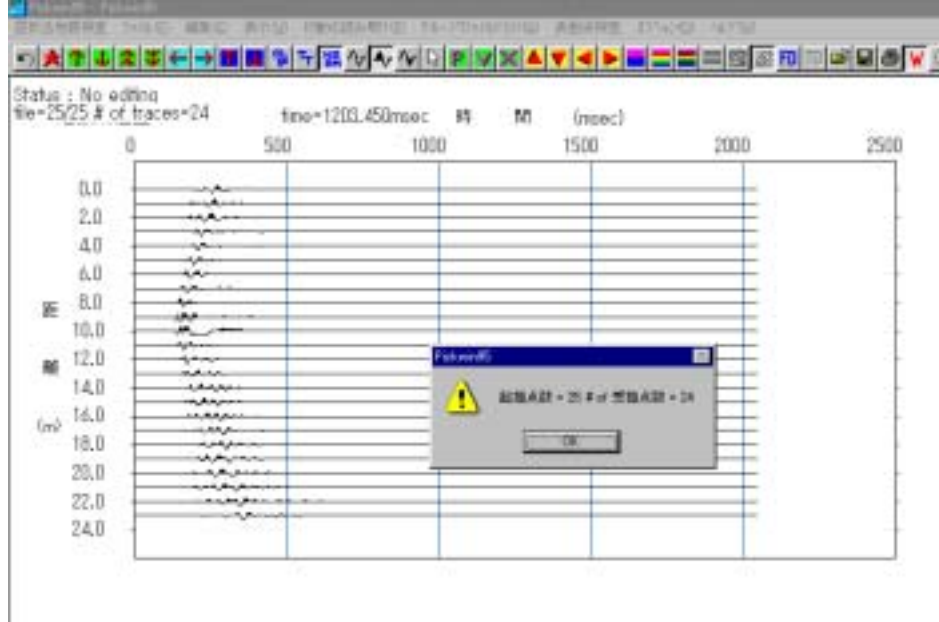
## 2. 波形データの読み込み(8)

15



15. 次に全てのファイルを検索してジオメトリを作成し、全ての波形データをコンピュータのメモリーに読み込みます。「グループ(ファイルリスト)」「ジオメトリの作成」を選択してください。

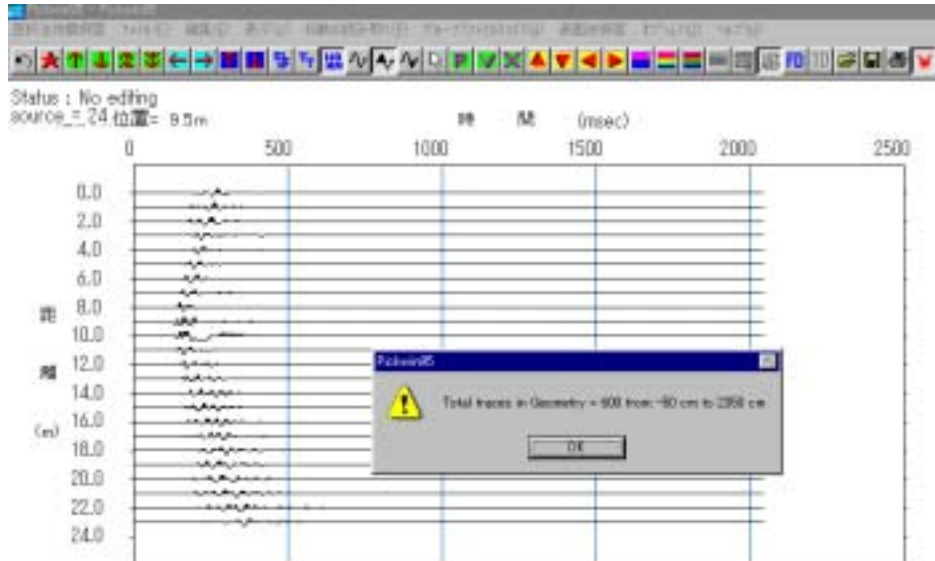
16



16. 起振点数や受振点数が表示されますので確認してください。

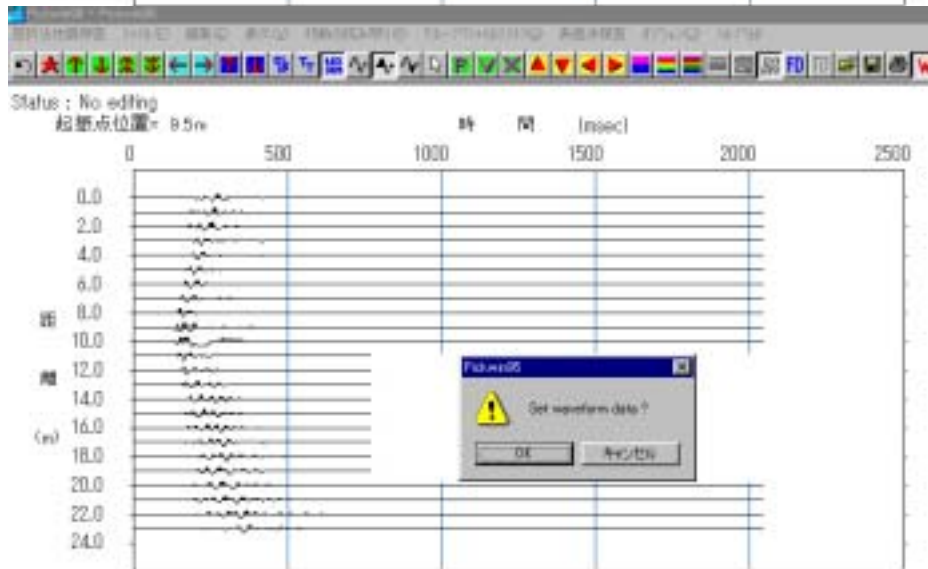
## 2. 波形データの読み込み(9)

16



16. 全トレースの数が表示されますので確認してください。

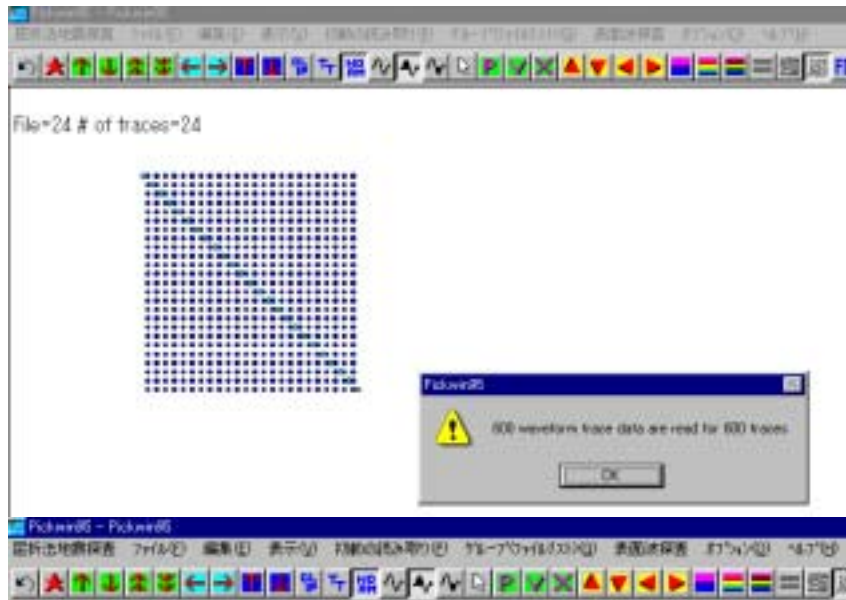
17



17. 波形をコンピューターのメモリに読み込みます。波形ファイルのサイズと使用しているコンピューターのメモリ容量を確認してください。  
例えば波形ファイルが1つ200KBの場合、25ファイルで約5MBとなります。

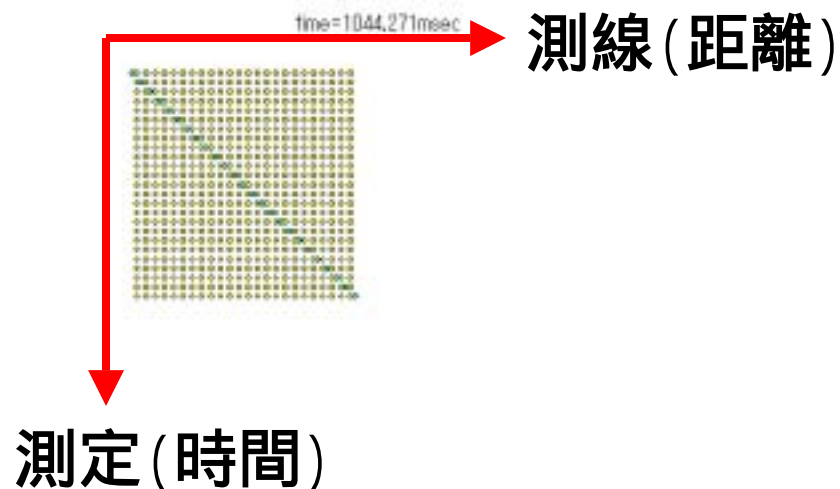
## 2. 波形データの読み込み

18



18. 読み込んだトレースの数が表示されますので確認してください。

19



19. 受振点・起振点配置(ジオメトリー)が表示されます。

- : 起振点
- : 受振点



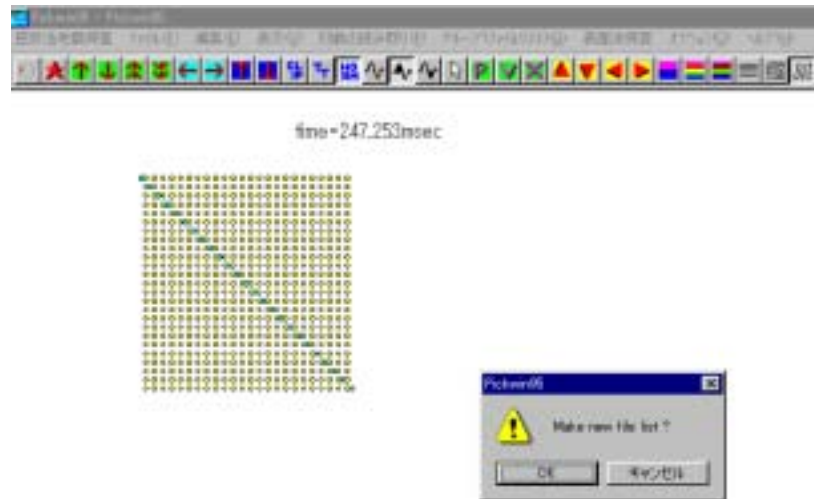
# 3 . CMPギャザーの作成(1)

1



1. 全ての波形の中から、2つのトレースの間点が等しい(CMP)組み合わせを抜き出し、そのクロスコリレーションを計算します。「表面波探査」「CMPギャザーを作成する(2次元)」を選択してください。

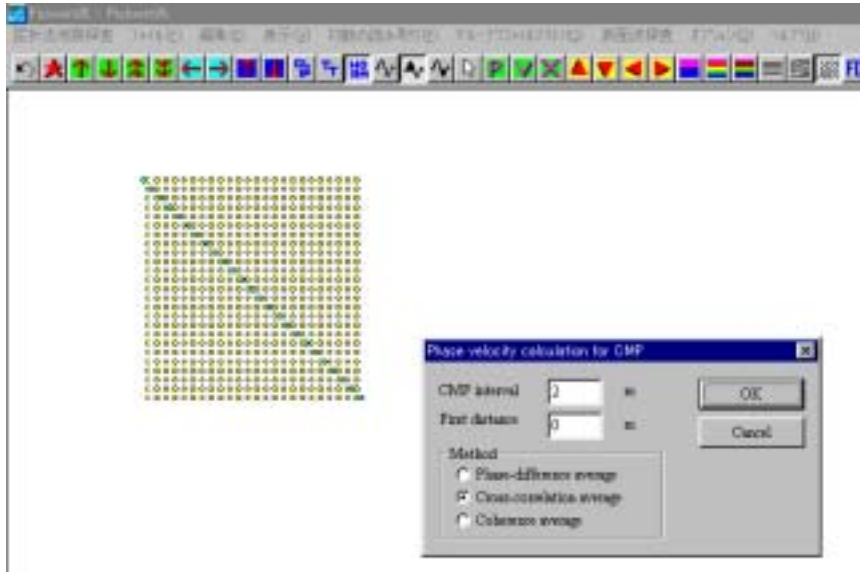
2



2. クロスコリレーションCMPギャザーはCMP毎にファイルとして保存されます。このCMPギャザーのファイルリストを作成する場合は、「OK」をクリックしてください(通常は「OK」をクリックしてください)。

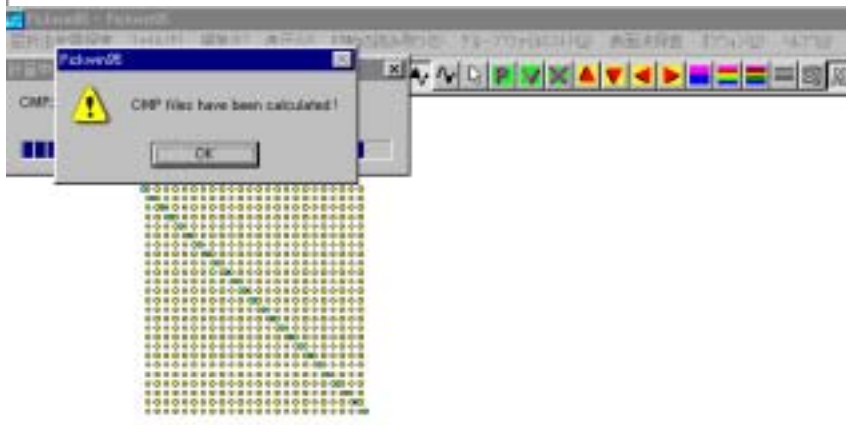
# 3 . CMPギャザーの作成 ( 2 )

3



3 . CMPの間隔と最初のCMPの位置を入力してください。最初のCMP位置は通常は測線の始点(0 m)、CMP間隔は受振点間隔の2倍程度にしてください。最初のCMP間隔は受振点間隔の半分です。計算方法を選択できますが、デフォルト(Cross-correlation average)を選択してください。

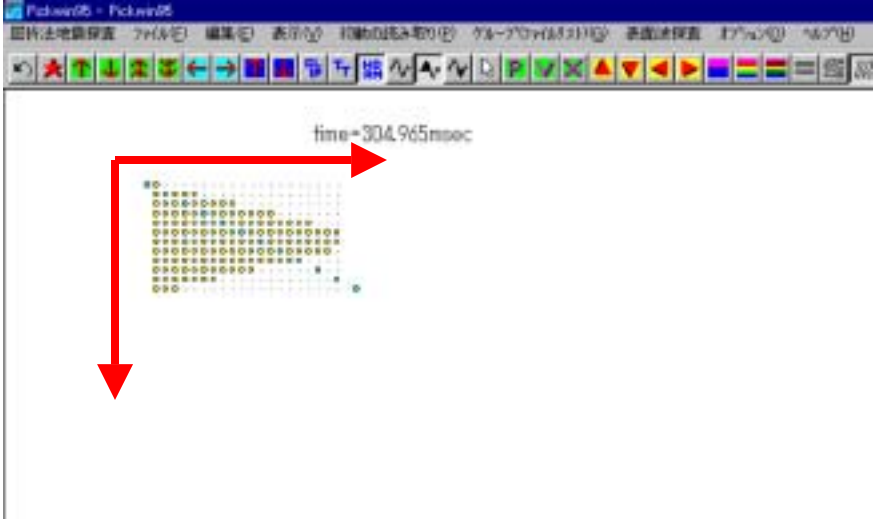
4



4 . CMPギャザーの作成には多少時間がかかります。終了したら左のようなメッセージボックスが表示されますので「OK」をクリックしてください。

# 3. CMPギャザーの作成(3)

5



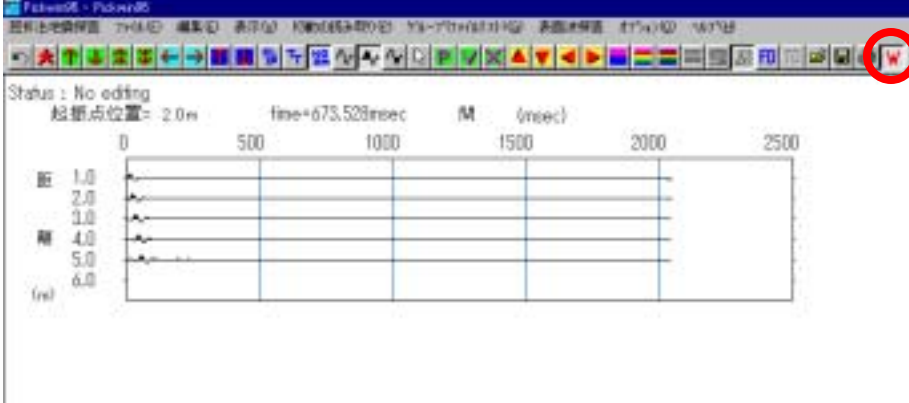
time=304.965msec

トレース(間隔)数

測線(距離)

5. CMPギャザーの作成には多少時間がかかります。終了したら左のようなメッセージボックスが表示されますので「OK」をクリックしてください。




6



Status: No editing  
起振点位置= 2.0m time=673.528msec 間 (msec)

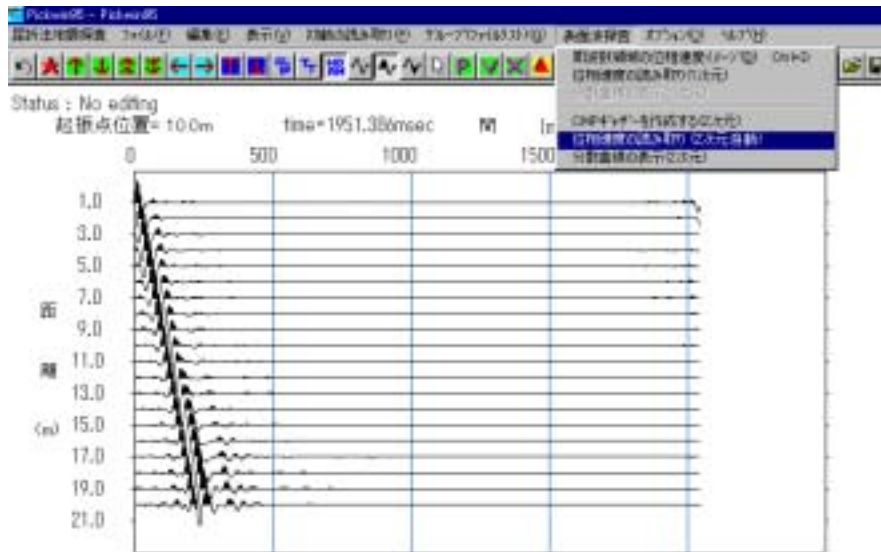
距離 1.0  
2.0  
3.0  
4.0  
5.0  
6.0 (m)

6. ツールバー上の「W」ボタンをクリックすると、波形(クロスコリレーションCMPギャザー)が表示されます(または、「表示」「オプション」「波形データ」)。

-  波形を表示します
-  ジオメトリーを表示します
-  表示するCMPを変更します。

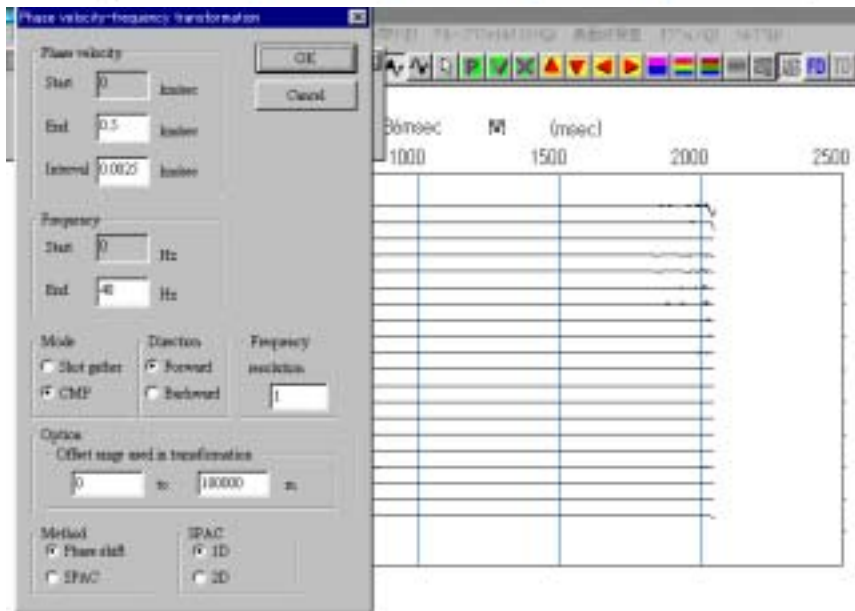
# 4. 分散曲線の計算(1)

1



1. 各CMPに対して周波数領域の位相速度イメージを計算し、分散曲線を求めます。「表面波探査」「位相速度の読み取り(2次元:自動)」を選択してください。

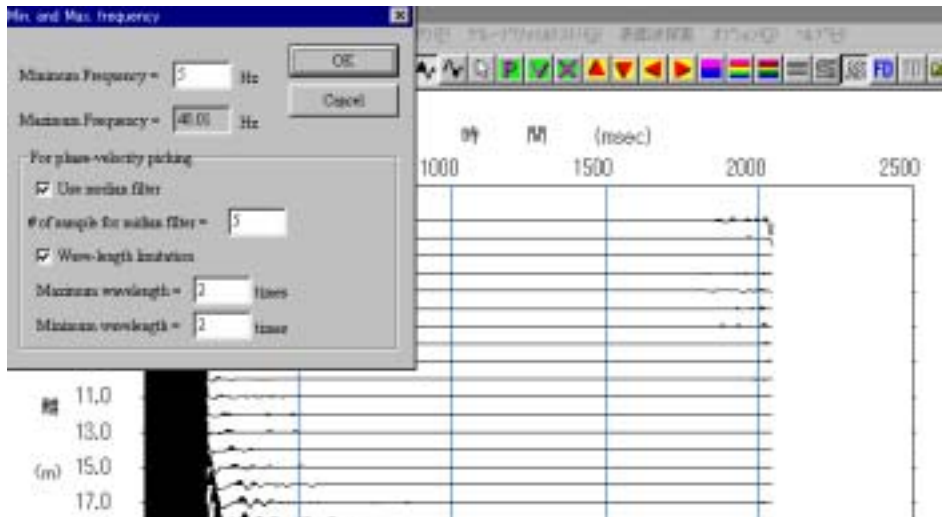
2



2. 表示されたダイアログボックスで計算パラメータを設定します。最初は計算する周波数や位相速度の範囲などを設定します。通常的地盤において、探査深度が20m以浅、受振点間隔が0.5~20mの場合にはデフォルトの値(0~40Hz、0~0.5km/s)を用いてください。

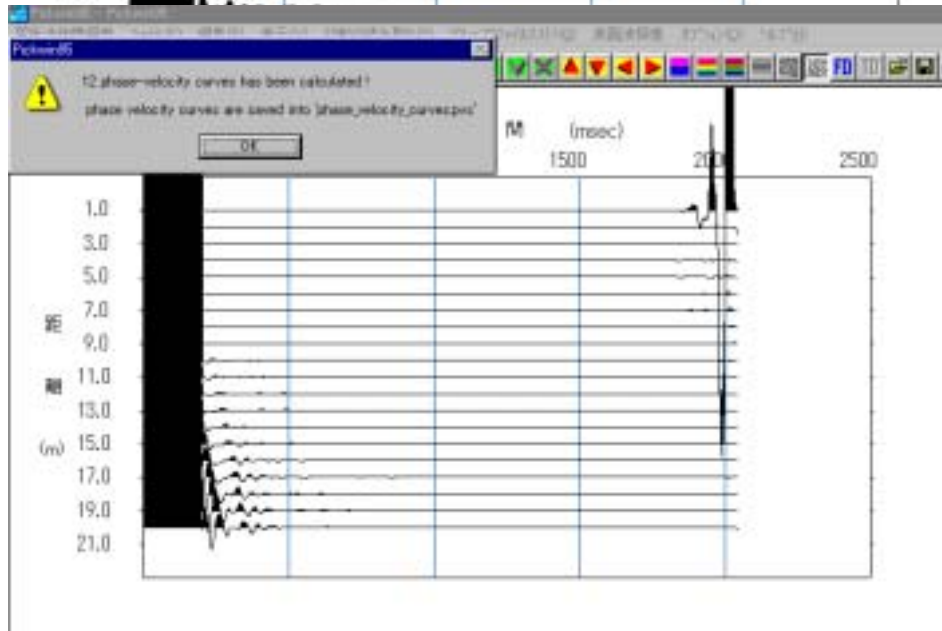
## 4. 分散曲線の計算(2)

3



3. 計算された周波数領域の位相速度イメージから分散曲線を読み取る際のパラメーターです。通常はデフォルトの値をそのまま用いてください。

4

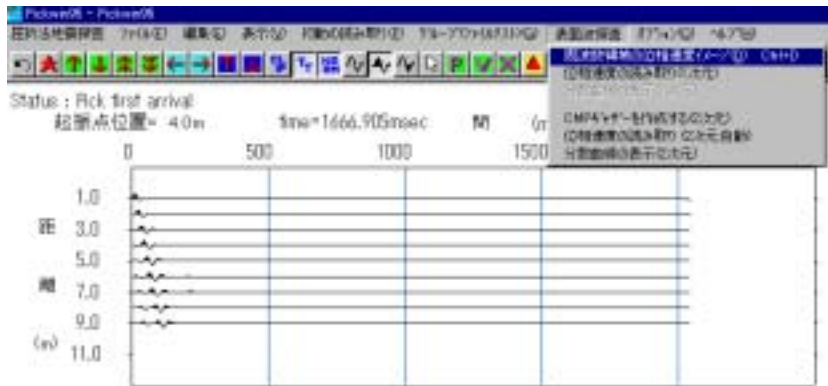


4. 多少時間がかかります。計算と読み取りが終了すると、読み取ったCMPの数(分散曲線の数)がメッセージボックスに表示されますので、確認し「OK」をクリックしてください。

# 4. 分散曲線の計算 (3)

ステップ5～8は必ず実行する必要はありませんが、データの質を評価する上で参考になりますので、なるべく行ってください。

5



5. 計算された周波数領域の位相速度イメージを表示するには「表面波探査」「周波数領域の位相速度イメージ」を選択してください。

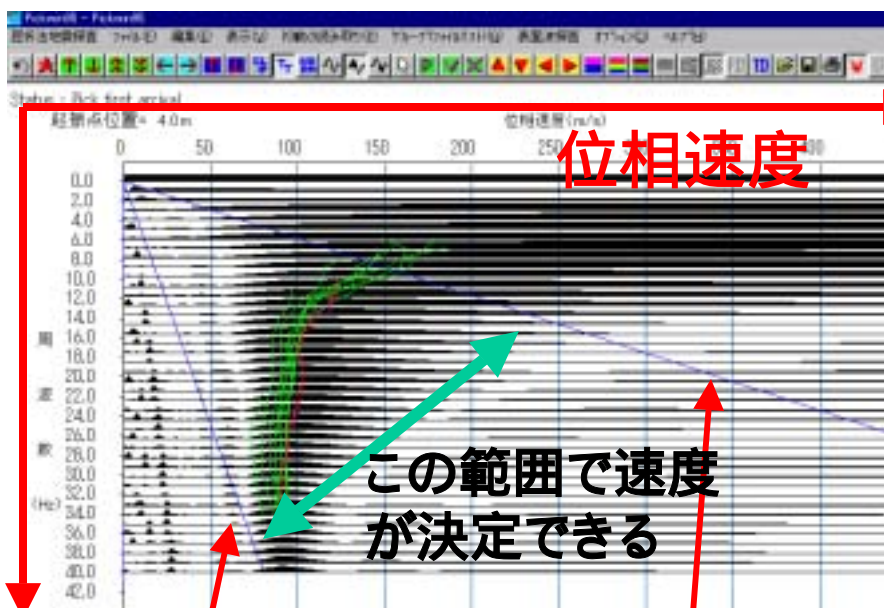
6



6. 計算された周波数領域の位相速度イメージを表示するには「表面波探査」「周波数領域の位相速度イメージ」を選択してください。分散曲線の計算時と同様に、ダイアログボックスが表示され各種パラメータが変更できますが、通常は変更する必要はありません。

# 4. 分散曲線の計算 (4)

7



位相速度

この範囲で速度が決定できる

周波数

波長が最大受振点間隔のとなる線  
(この線の右上では速度の決定精度が悪い)

波長が最小受振点間隔の2倍となる線  
(この線の左下では速度が決定できない)

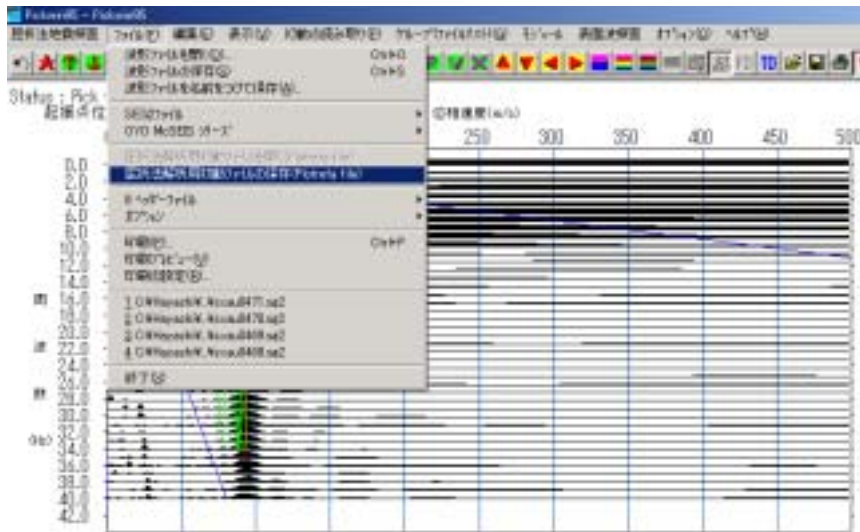
7. 計算を行った1つのCMPに対する周波数領域の位相速度イメージが表示され、それに重ねて読み取った分散曲線が緑線および赤線で表示されます。赤色の分散曲線は表示している位相速度イメージに対する分散曲線です。

青色の線は位相速度を読み取ることが出来る範囲を示しています。



表示するCMPを変更します。ボタンをクリックすると、時間領域の波形(クロスコリレーションCMPギャザー)が表示されますので、再び「表面波探査」「周波数領域の位相速度イメージ」により周波数領域に変換してください。

## 4 . 分散曲線の計算 ( 5 : 保存 )



**分散曲線は必ずしも保存する必要はありません**

この段階で読み取った分散曲線の情報を保存することができます。

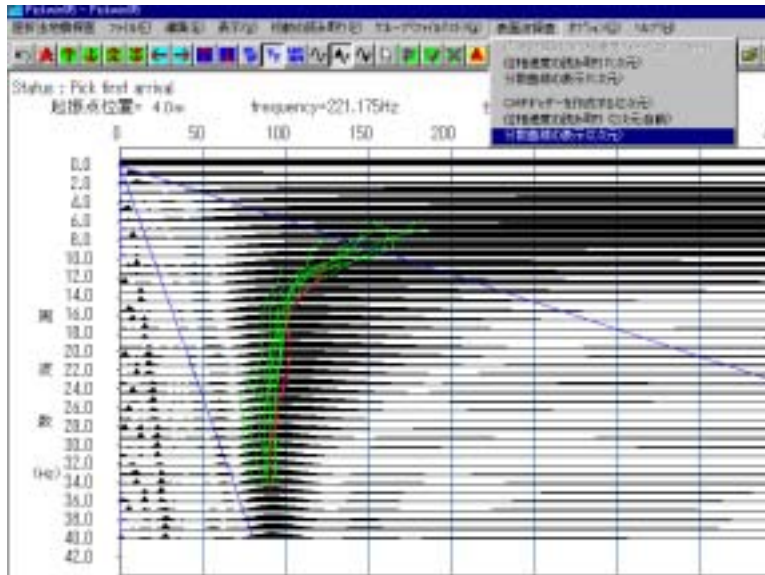
分散曲線は、高精度屈折法地震探査の解析で用いる「Plotrefaファイル形式」で保存することができます。

「ファイル」「屈折法解析用初動ファイルの保存(plotrefa file)」を選択し、表示されたダイアログボックスで適当に名前をつけて保存してください。拡張子は何でもよいですが、「.pvs」とすることをお勧めします。



# 5. 分散曲線の表示(1)

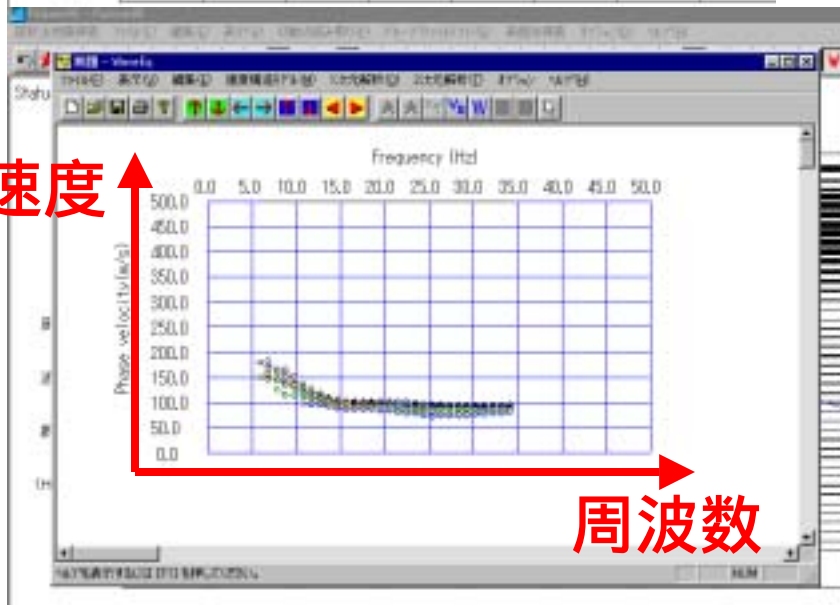
1



1. これ以降は、波形から求められた分散曲線を使用して、非線形最小二乗法により2次元のS波速度構造を求めます。解析は **WaveEq.exe** というプログラムで行います。まず、「分散曲線」「分散曲線の表示(2次元)」を選択します。

2

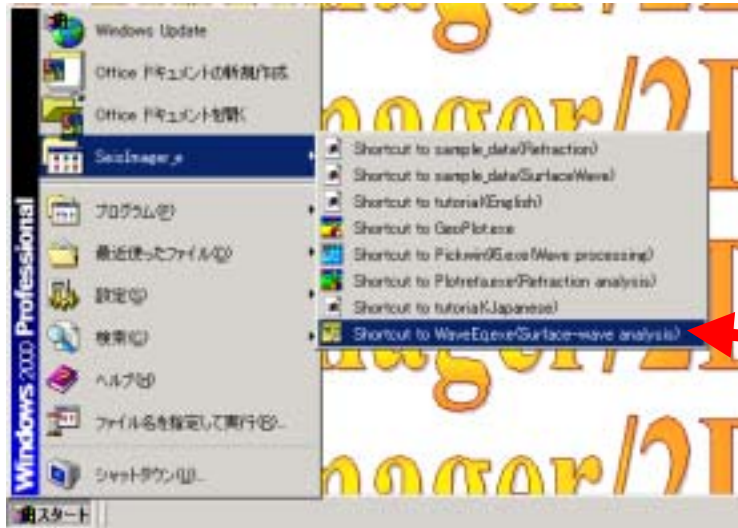
位相速度



2. 別のウィンドウが開き (**WaveEq.exeが自動的に実行されます**)、分散曲線が表示されます(向きが異なることに注意してください)。

# 5 . 分散曲線の表示 ( 2 )

3



3 . 保存した分散曲線のファイル (Plotrefa形式ファイル) を用いて解析を行う場合、Windows のスタートメニューから **WaveEq.exe** を実行してください。

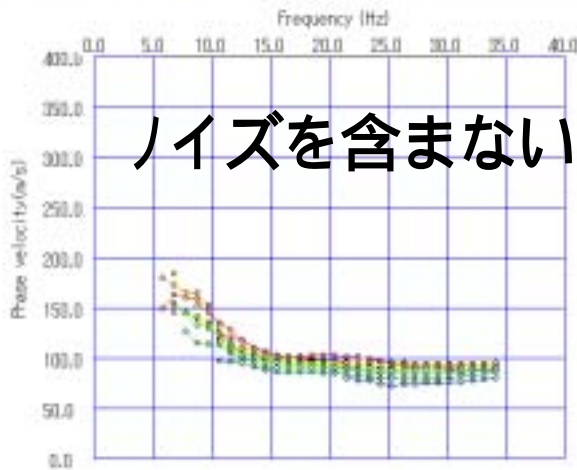
ここから実行

4

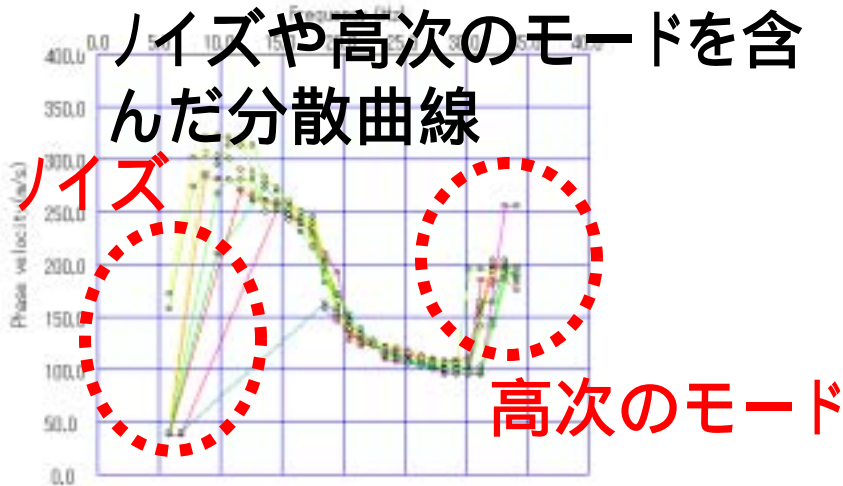


4 . 保存した分散曲線のファイル (Plotrefa形式ファイル) は、「二次元解析」「二次元の分散曲線 (Plotrefaファイル)を開く」で開くことができます。

# 6. 分散曲線のチェック(1)



ノイズを含まない分散曲線



ノイズや高次のモードを含んだ分散曲線

多くの場合、読み取った分散曲線には、ノイズや高次の表面波などの影響により、使えないデータが含まれています。

そのまま解析を行うと誤った結果となる場合がありますので、解析を行う前に分散曲線の特徴を利用して、データの良否を判断し、不要なデータを削除します。

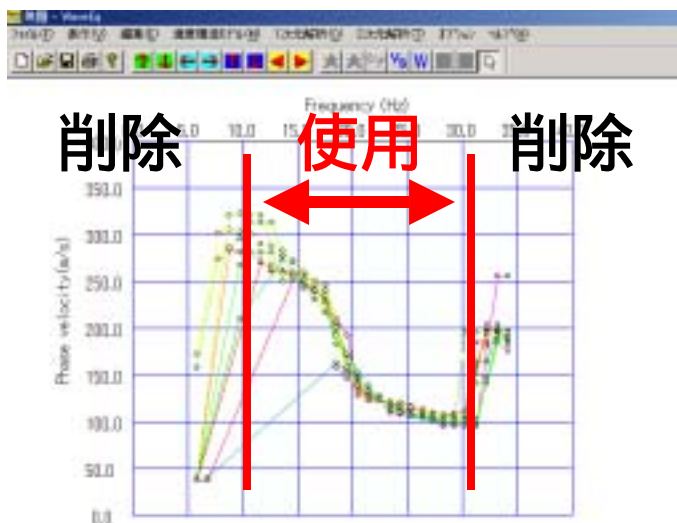
## 主な分散曲線の特徴

分散曲線は滑らかな曲線もしくは直線となる。

深度とともに速度が高くなる(硬くなる)通常的地盤では、分散曲線は右下がりとなる。

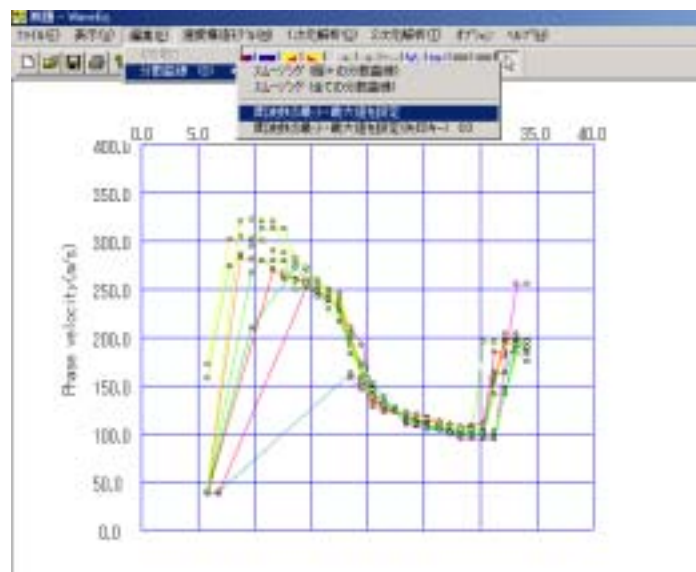
# 6. 分散曲線のチェック(2)

1



1. ノイズを含んだ低い周波数領域と高次のモードを含んだ高い周波数の領域を削除します。

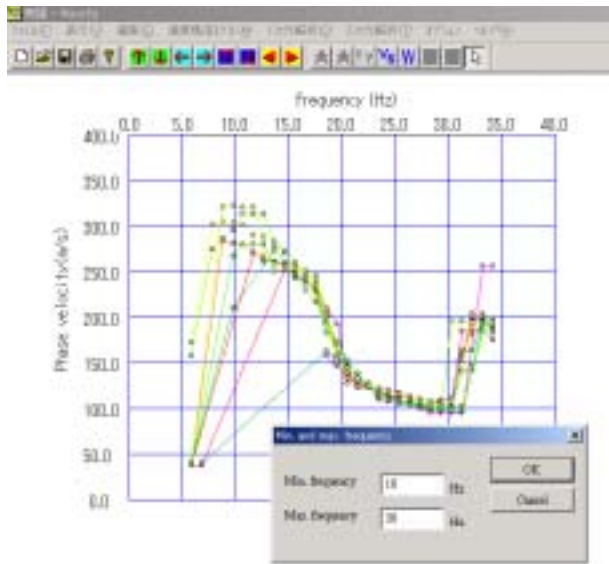
2



2. 「編集」「分散曲線」「周波数の最小・最大値を設定」を選択します。

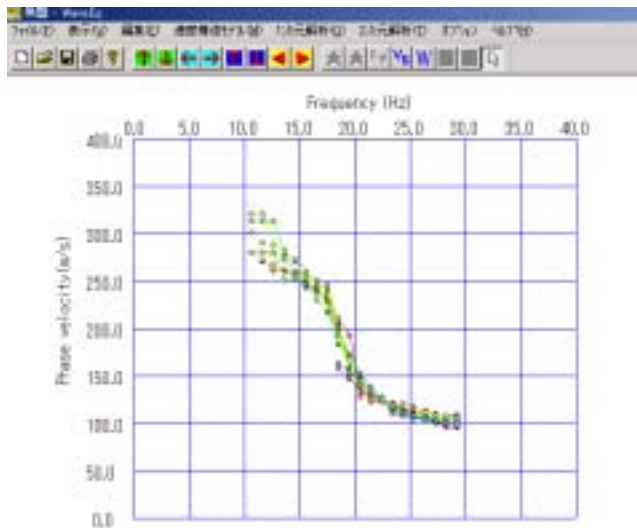
# 6. 分散曲線のチェック (3)

3



3. 表示されたダイアログボックスで、使用する周波数の範囲を設定します。

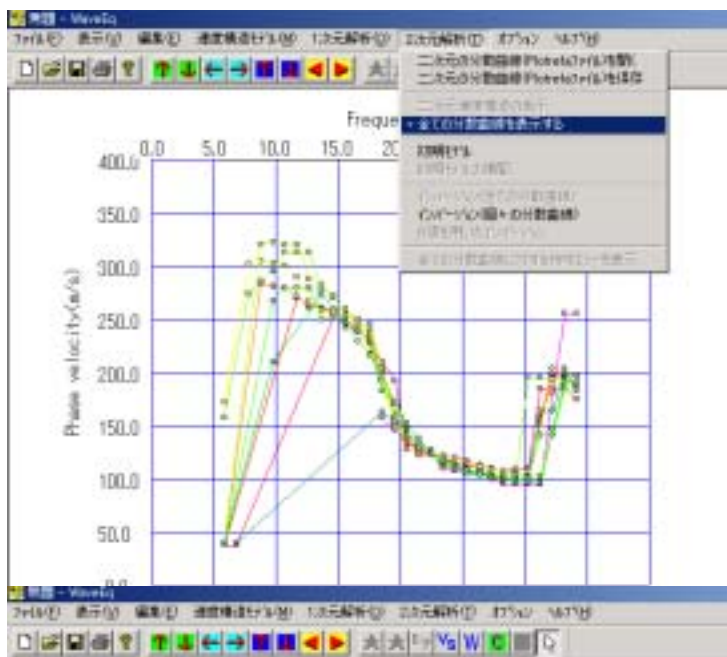
4



4. 不必要な周波数領域が削除されます。

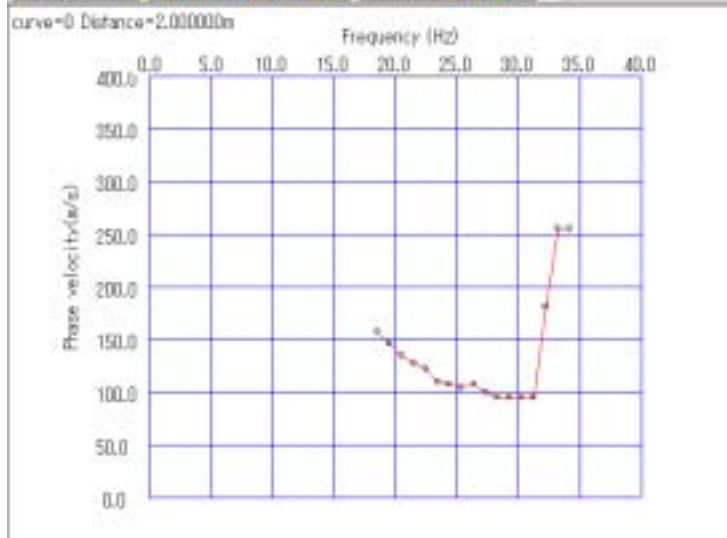
# 6 . 分散曲線のチェック ( 4 )

5




5 . 1つの分散曲線ごとに、 unnecessary データを削除することもできます。「二次元解析」「全ての分散曲線を表示する」を選択すると、1つの分散曲線だけ表示されます。

6

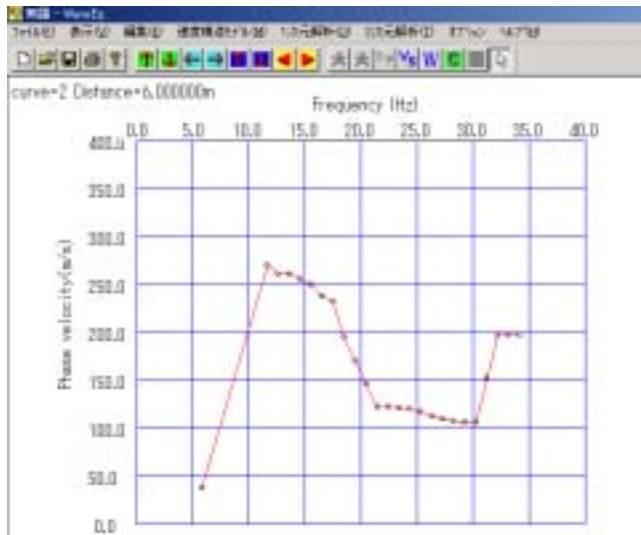


6 . ツールバーの矢印(三角)で表示する分散曲線を変更できます。

 : 表示する分散曲線を変更できます。

# 6. 分散曲線のチェック(5)

7

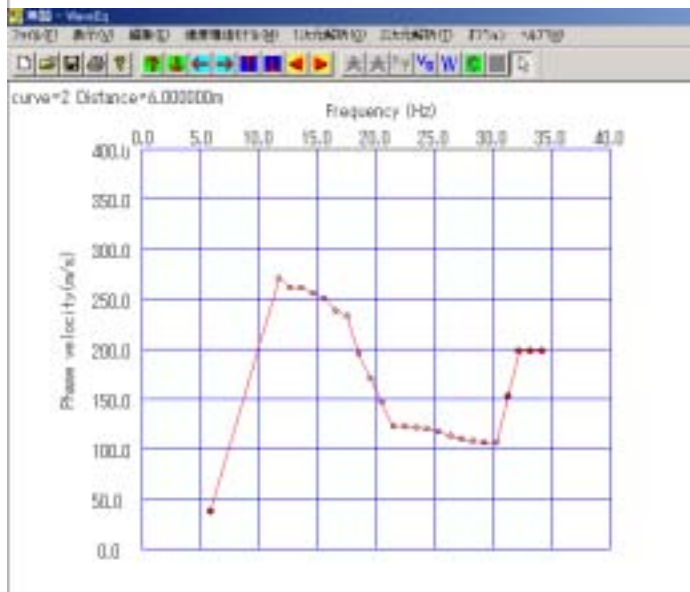


7. ツールバーの白矢印をクリックすると、個々のデータを選択することができます。



: データを選択します。

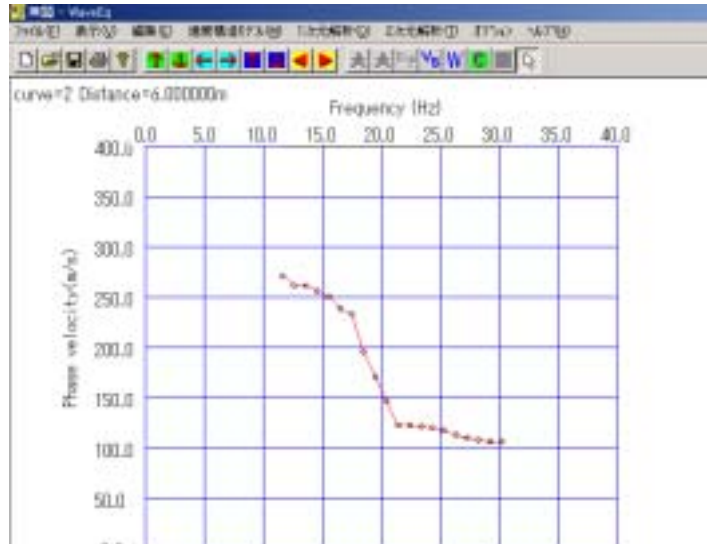
8



8. マウスで不必要なデータを選択してください。選択されたデータは、色が赤く変わります。

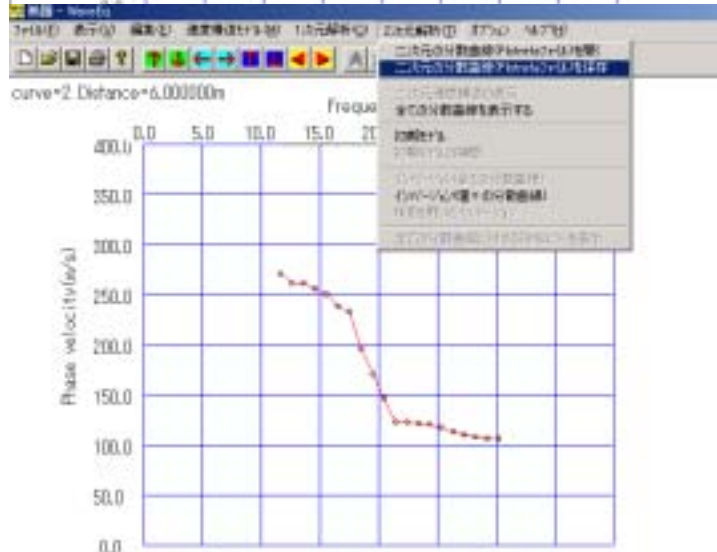
# 6. 分散曲線のチェック(6)

9



9. キーボードの「Delete」キーを押すと、選択したデータが削除されます。

10

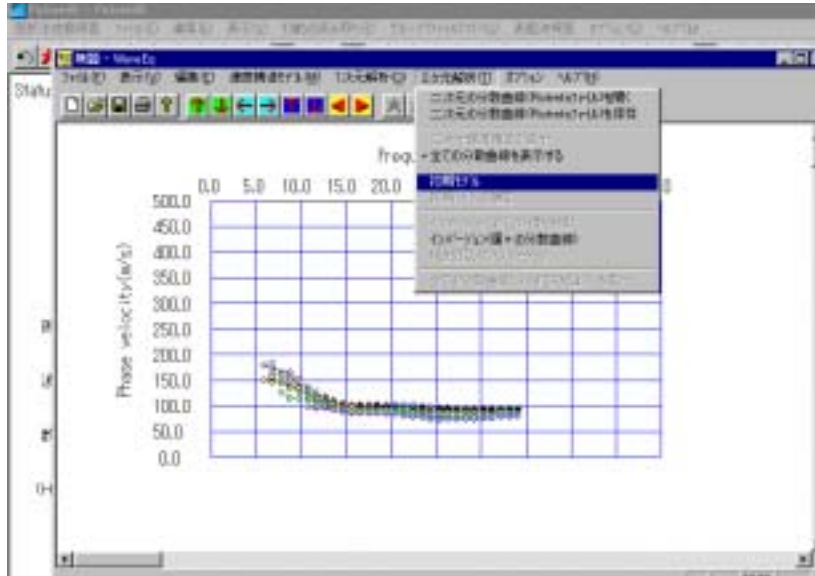


10. 修正した分散曲線のデータを保存する場合は、「二次元解析」「二次元の分散曲線 (Plotrefaファイル) を保存」を選択します。表示されたダイアログボックスで適当に名前をつけて保存してください。拡張子は何でもよいですが、「.pvs」とすることをお勧めします。



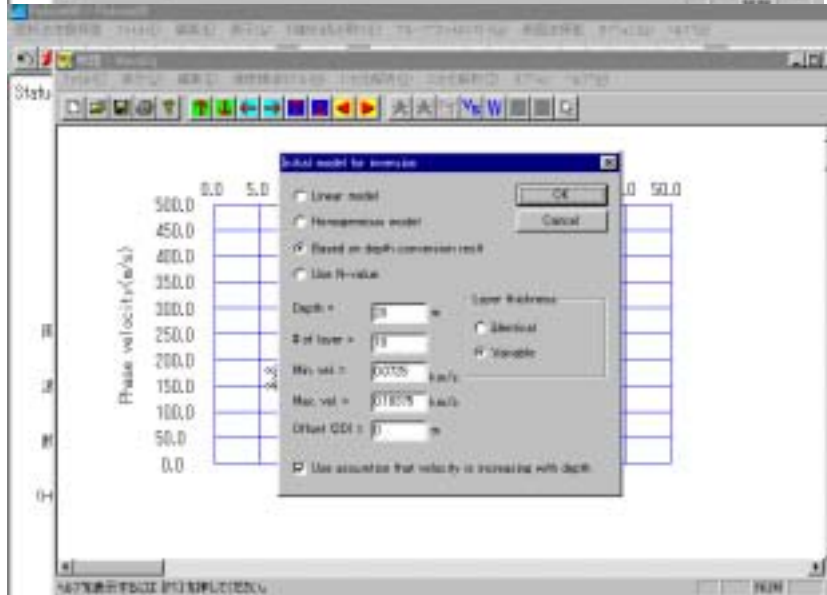
# 7. 初期モデル

1





1. 「二次元解析」「初期モデル」を選択します。

2

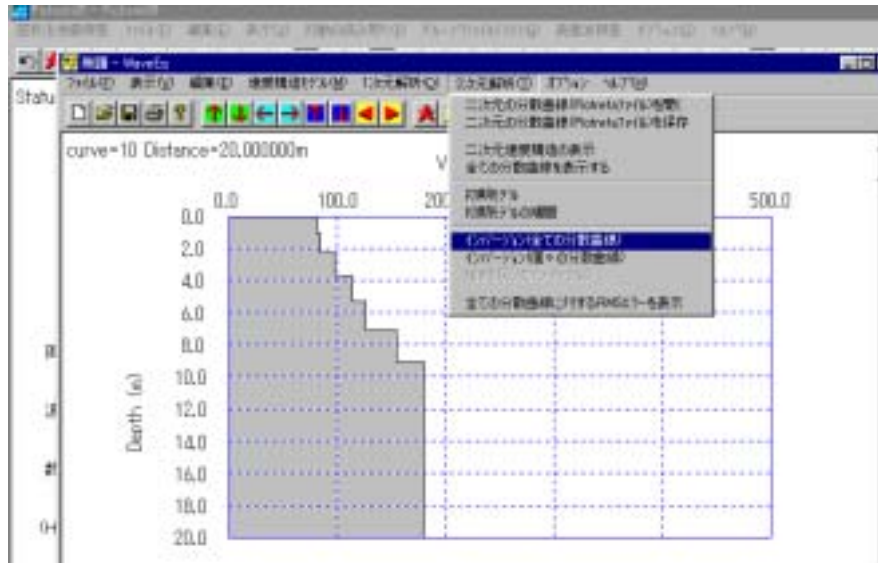


2. ダイアログボックスが表示され初期モデル作成のパラメータを変更できます。通常的地盤において、探査深度が20m以浅、受振点間隔が0.5～20mの場合にはデフォルトの値(0～40Hz、0～0.5km/s)を変更する必要はありません。初期モデルを作成すると、一次元のS波速度構造が表示されます。

  表示する一次元のS波速度構造を変更します

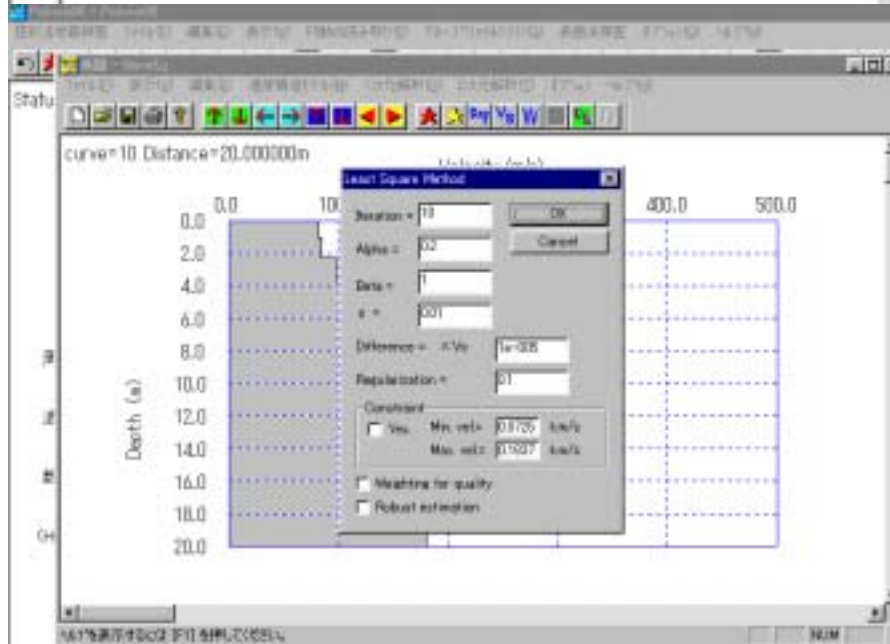
# 8. 分散曲線のインバージョン(1)

1



1. 「二次元解析」「インバージョン(全ての分散曲線)」を選択します。

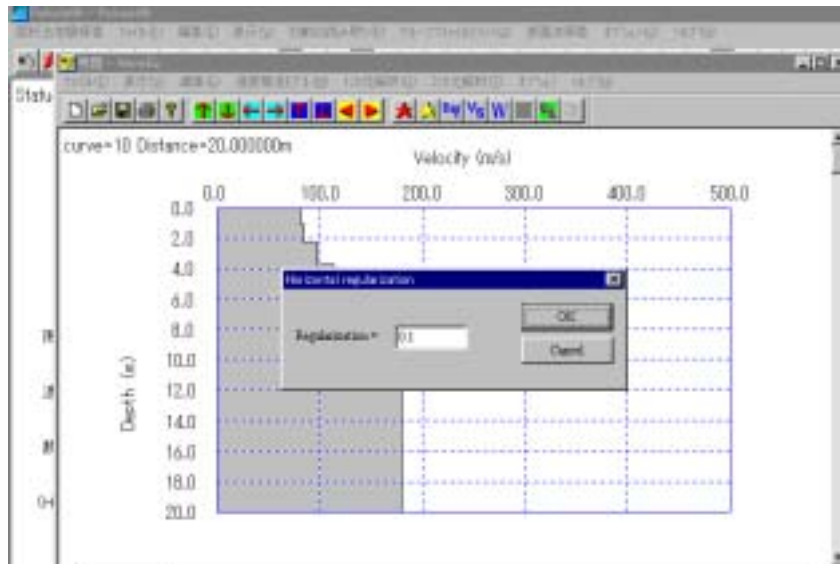
2



2. ダイアログボックスが表示されインバージョンのパラメータを変更できます。通常は変更する必要はありません。

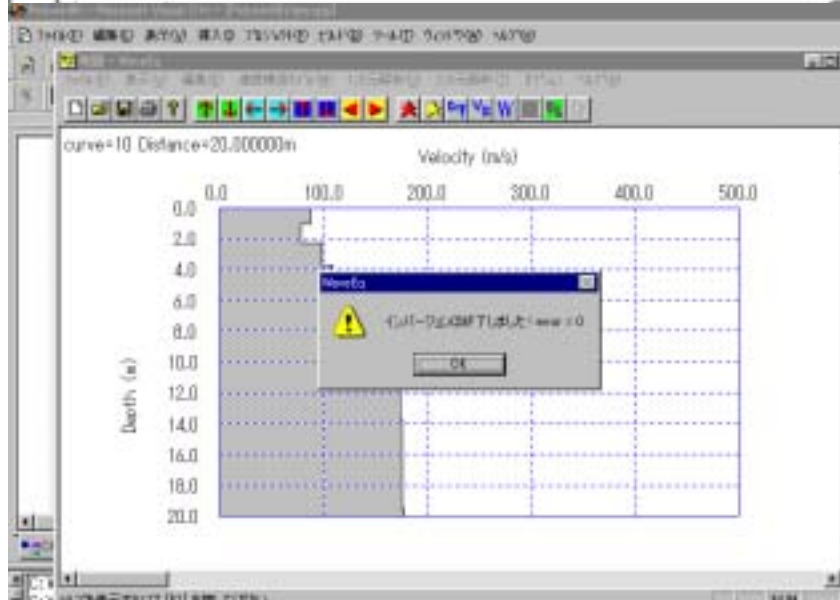
# 8. 分散曲線のインバージョン(2)

3



3. 水平方向への平滑化の度合いを設定  
できます。通常はデフォルトの値を変更す  
る必要はありません。

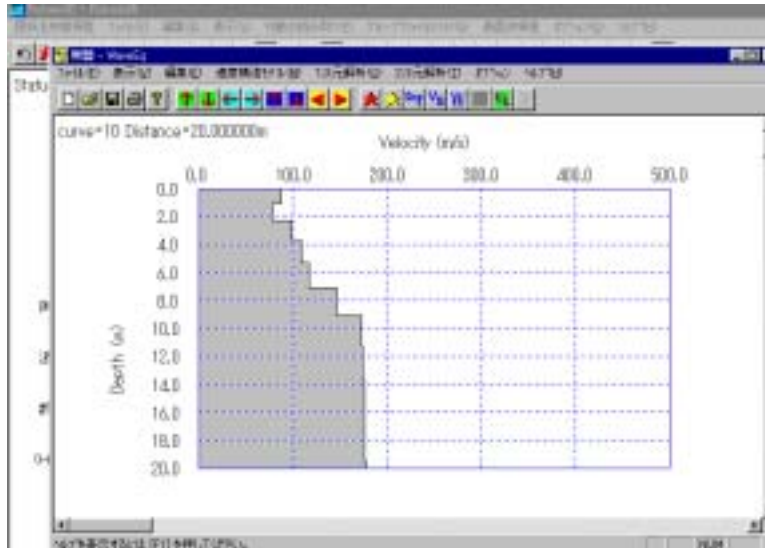
4





4. インバージョンは、使用しているコンピュ  
ーターの計算速度や、測線の長さにもよりま  
すが5～30分かかります。  
計算が終了すると、メッセージボックスにイ  
ンバージョン中に発生したエラーの数が表  
示されます(0は正常終了を示します)。

# 8 . 分散曲線のインバージョン ( 3 )

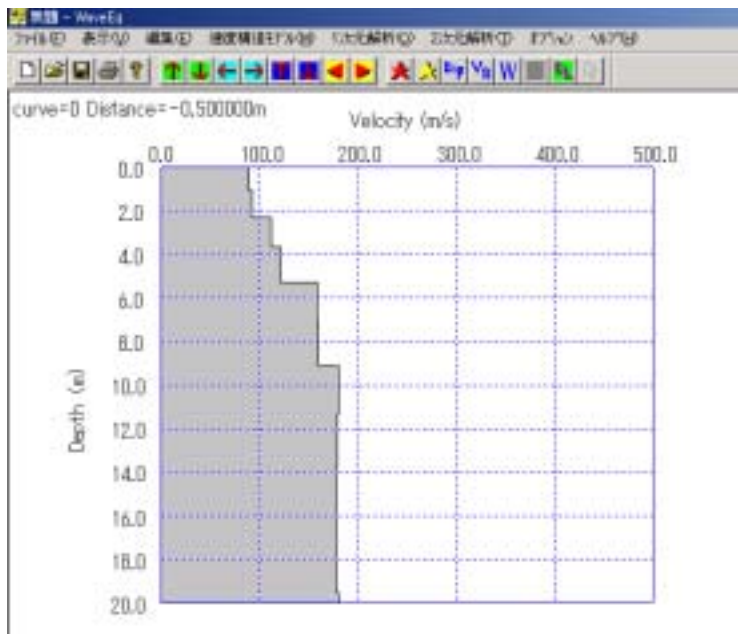
5



5 . 「OK」をクリックすると1次元のS波速度構造が表示されます。

  表示する一次元のS波速度構造を変更します

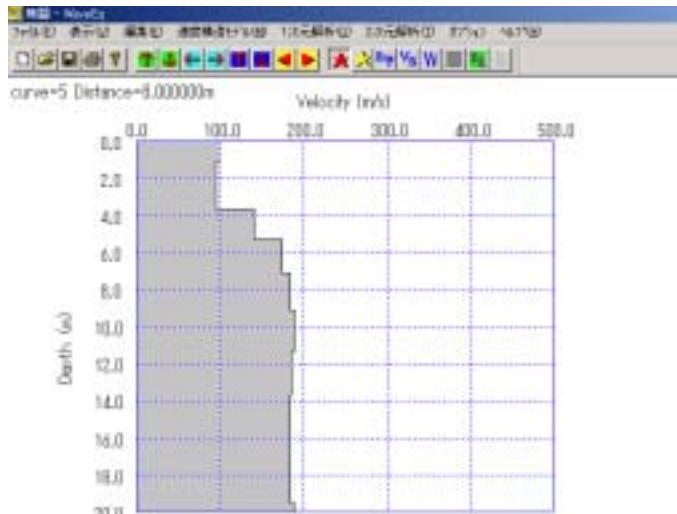
6




6 . 解析結果を保存する場合は、「二次元解析」「二次元の分散曲線 (Plotrefaファイル) を保存」を選択します。分散曲線とS波速度構造が同じファイルに保存されます。表示されたダイアログボックスで適当に名前をつけて保存してください。拡張子は何でもよいですが、「.pvs」とすることをお勧めします。

# 8 . 分散曲線のインバージョン ( 4 )

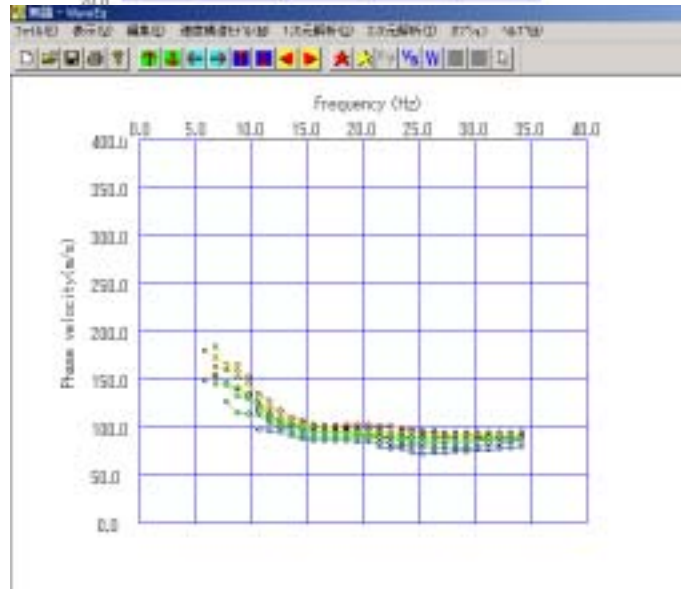
7



7 . 解析結果の妥当性を評価するために、観測された分散曲線と、解析結果から計算される理論的な分散曲線を比較します。

ツールバー上の「」もしくは「Disp」ボタンをクリックします。

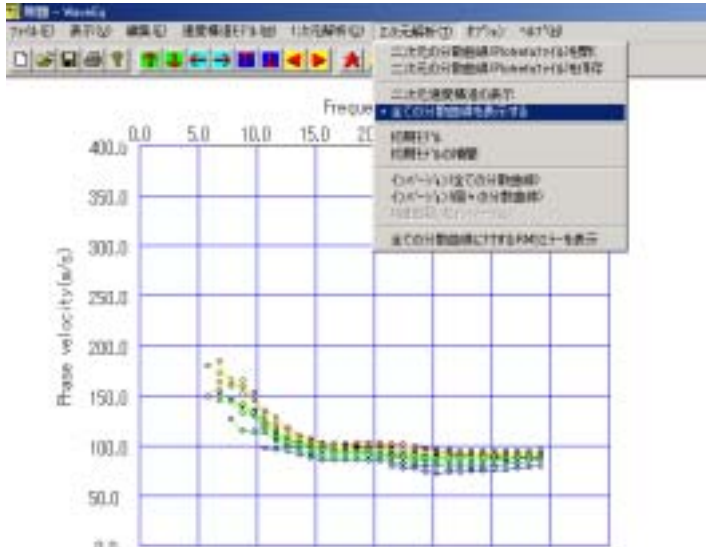
8



8 . 分散曲線が表示されます。

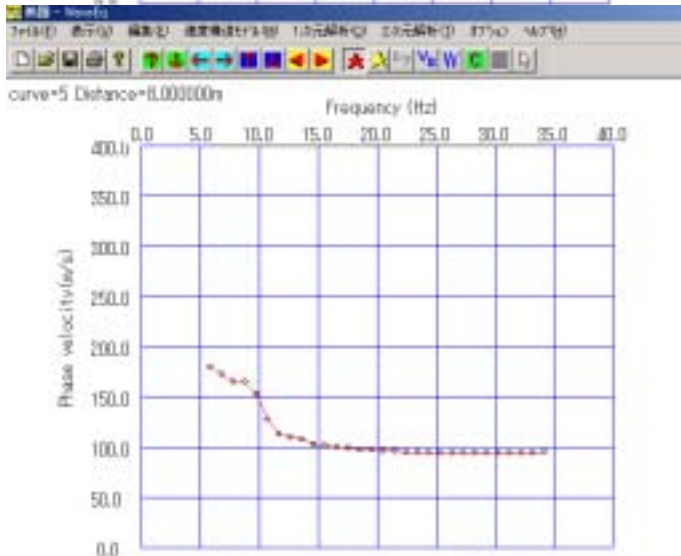
# 8 . 分散曲線のインバージョン ( 5 )

9



9 . 複数の分散曲線が表示されている場合、「二次元解析」「全ての分散曲線を表示する」を選択し、1つの分散曲線だけ表示させてください。

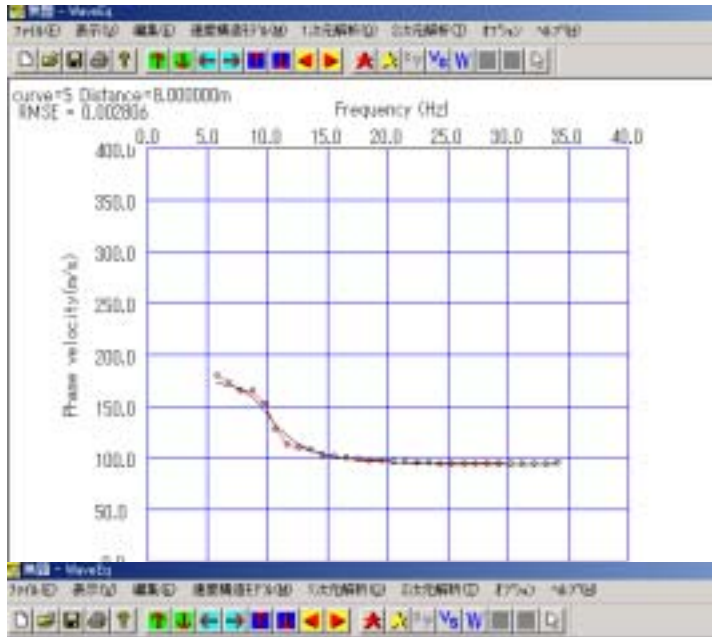
10



10 . 分散曲線が1つだけ表示されている状態で、ツールバー上の「 」ボタンをクリックすると、理論的な分散曲線を計算します。

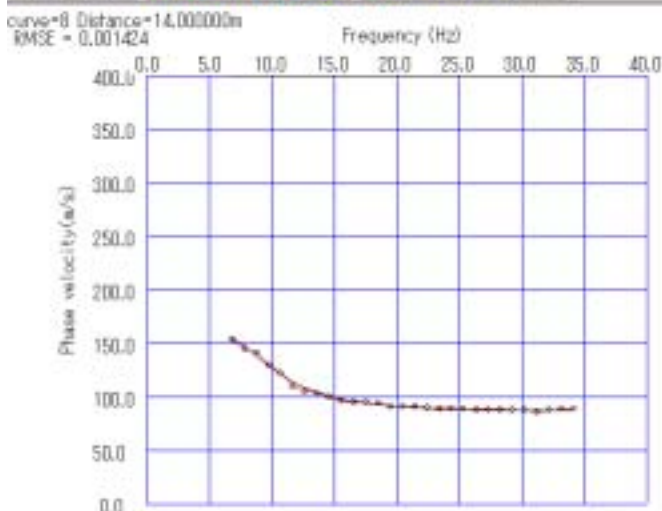
# 8 . 分散曲線のインバージョン ( 6 )

11



11 . 観測された分散曲線は赤線、理論的な分散曲線は黒線で表示されます。両者が概ね一致していることを確認してください。

12

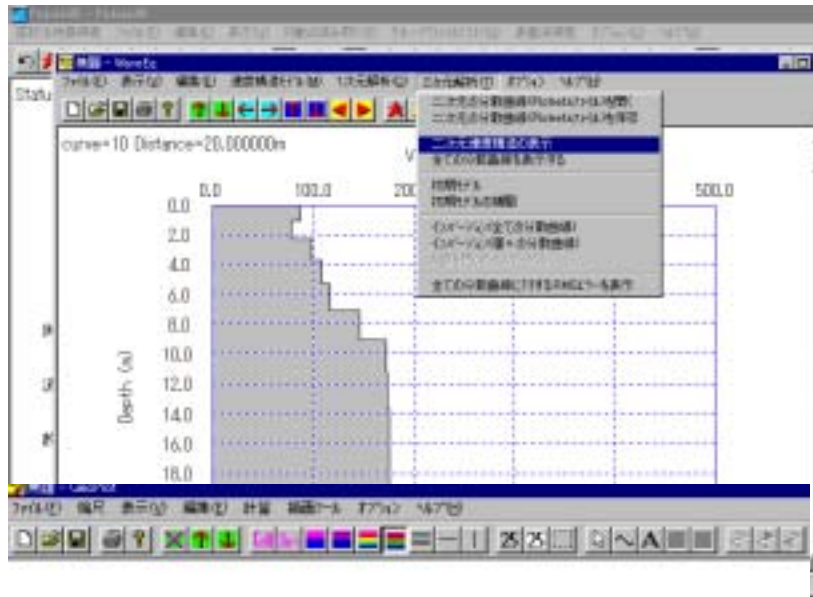


12 . ツールバーの矢印(三角)で表示する分散曲線を変更できます。

 : 表示する分散曲線を変更します

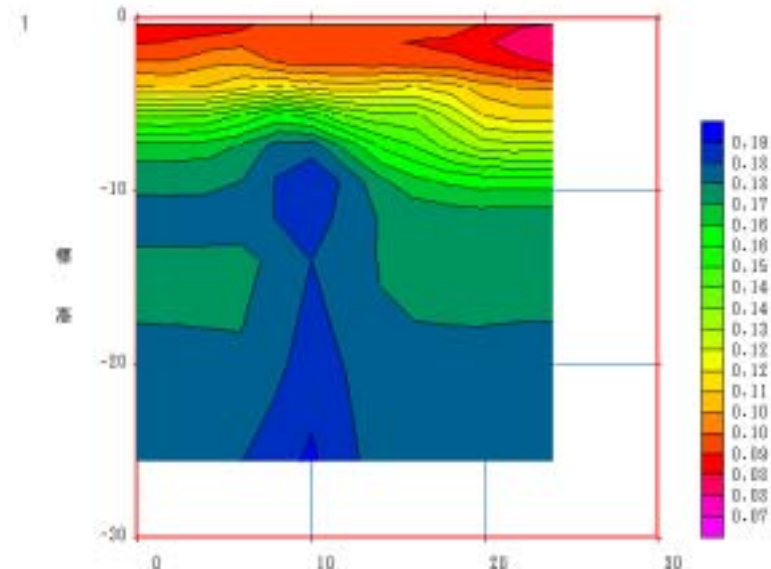
# 9. 2次元S波速度構造の表示

1



1. 2次元のS波速度構造を表示させるには、「2次元解析」「2次元速度構造の表示」を選択してください。

2



2. 別のウィンドウが開き (**GeoPlot.exe**が自動的に実行されます)、2次元のS波速度構造がカラー断面として表示されます。

GeoPlot.exeの詳細な使い方については、別資料「**GeoPlotの使い方 (Tutorial\_GeoPlot\_Japanese.PDF)**」を参照してください。



# 10. テスト用データの説明

- ファイル: 25ファイル  
MC002\_SX.ORG (起振-0.5m)  
~ MC026\_SX.ORG (起振23.5m)
- 測定ジオメトリー  
固定展開  
受振点数: 24  
(1 ~ 24 cha、25cha はオグジュアリー)  
受振点間隔: 1m (0 ~ 23m)  
起振点数: 25  
起振点間隔: 1m (-0.5 ~ 23.5m)