

平成 15 年度 地震関係基礎調査交付金

三河地域堆積平野地下構造調査

成果報告書

付録 5 P 波反射法地震探査データ解析

および速度解析結果

5-1 . 岡崎平野 P 波反射法地震探査データ解析

図 Appendix5-1 に示すデータ解析流れ図に従って、解析を実施した。その内容について以下に述べる。

(1)共通反射点編集 (CDP 編集)

全記録の発振点・受振点座標を用いて、反射点 (発振点と受振点の midpoint 座標) の分布図を作成し、反射点の分布が密な位置を選び、重合測線 (CDP 測線) を設定した。Appendix5-2 に各 CDP の重合数をカラー表示して重合測線を示した。設定した CDP の数、および最終的に処理に用いた CDP の範囲は以下の通りである。

総 CDP 数	最終 CDP 範囲	CDP 間隔	重合測線長
1- 1661	1-1661	12.5m	20.8km

(2)屈折波静補正(Refraction Statics)

全てのショット記録から屈折初動走時を読みとり、その値から発振点・受振点・表層基底層速度を未知数とするインバージョン (改良タイムターム法) を行い、表層の構造を求めた。この結果を 図 Appendix5-3 に示した。図の上段はタイムターム値と呼ばれる値を示し、中段は得られた表層の速度 (V_w) と基底層の速度 (V_{sw})、下段は得られた表層構造であり、青が発振点、赤が受振点の値を示す。横軸は受振点番号である。

表層第一層の速度 (V_w) は、現場記録の直達波をもとに推定し、表層基底層の速度 (V_{sw}) はタイムターム法により求めた。

最終的な V_w と V_{sw} の値は下記のとおりである。

V_w	V_{sw}	第一層の厚さ
700m/s	1700 - 4400m/s	10-30m

この結果は、表層第一層の厚さの変化および標高変化に対する走時変化の補正 (屈折波静補正) のデータとして用いた。

(3)初動部分の振幅抑制(First Break Mute)

初動より時間の早い部分のノイズを除去し、振幅の強い初動を押さえて直下の反射波を抽出するために、初動付近のミュートを行った。テストの結果、以下のパラメーターを用いた。

テーパー長 : 100msec

ウィンドウ・スライディング速度 : 1750 - 5000 m/sec

(4)最小位相変換 (Minimum Phase Conversion)

バイプレーターのコリレーション処理後の震源波形は、中心部にピークがある時間的に対称な波形である。これはゼロ位相の波形と呼ばれ、(6)のデコンボリューション処理を行なうと波形の歪みが起こる。これを避けるため、既知の震源波形をゼロ位相型から最小位相型の波形に変換するオペレータを設計し、それを原記録に適用する操作を行なった。

(5)振幅補償(Gain Recovery)

球面発散、吸収などにより減衰した振幅を補償するために、ゲート長 600 ミリ秒の自動振幅調整 (AGC) を行った。

(6)デコンボリューション(Deconvolution)

発振点・受振点の特性の相違を補正し、分解能の高いデータを得るためのデコンボリューション処理を行った。

テストの結果、以下のパラメーターを採用した。

- ・ゲート長 : 2000 ミリ秒
- ・オペレータ長 : 240 ミリ秒
- ・ホワイトノイズ : 0.5 %
- ・予測距離 : 16 ミリ秒
- ・時間ゲート : タイムバリエーションゲート

(7)速度解析(Velocity Analysis)

定速度重合法 (Constant Velocity Stack (CVSK)) を用い、約 100CDP (1250m) 毎の地点 18 箇所速度解析を行った。なお、速度解析は、残差静補正前後で 2 回行った。

2 回目の速度解析の結果例を図 Appendix5-4(a) ~ (h) に示す。速度解析においては、基盤と考えられる反射面 (図中の赤印) 以深には有意な反射面は見られず、基盤以深の区間速度を推定することはできない。また、基盤上部の区間速度は約 5km 程度が想定されるが、このような速度を仮定して重合速度を求めると、基盤付近で重合速度が急激に速くなるため、この重合速度をそのまま用いた重合では基盤付近で効果的な重合ができなくなる恐れがある。これらを考慮して、基盤以深の区間速度は実際の区間速度よりも遅い速度を仮定し、重合速度を推定した。総合解析を行なうためには地下構造を何らかの層分けをする必要がある。そのため速度解析時には以下の点に留意して層分けを行った。

- ・ 速度解析を実施する反射イベントは、重合記録において、比較的連続性が良く、全測線で追跡可能な反射面に対応すること。
- ・ 速度解析パネルで強振幅を示すイベント(このイベントの上下の音響インピーダンスに大きな差があり、地層境界の可能性が高い)が測線方向に連続して読み取れること。

最終的に堆積層を 4 層モデルとした。図中には、反射法による速度境界面に対応する点に

色をつけて示した。表 Appendix5-1 には、基盤上面までの速度解析結果を表にまとめたものを示した。

(8)NMO 補正(NMO Correction)

各速度解析点で決定した速度関数(T_0, V)を測線方向に内外挿することにより、速度構造図が得られ、これを用いて NMO 補正を行った。この際の波形の伸張が以下の値を超えるものについてはミュートを施し、さらに適当な速度での線形ミュートを施した。

ミュートストレッチ：2.5

(9)残差静補正(Residual Statics)

屈折波を用いた静補正では、比較的長周期の補正值は精度良く補正されるが、短周期の受振点・発振点固有の補正は不十分である。そこで、NMO 補正後のデータの反射波を用いた残差静補正を行った。ここで求めた静補正量を再度 NMO 補正前のデータに適用し、再度速度解析を行った。

(10)重合(CDP Stack)

NMO 補正、残差静補正終了後、各 CDP 内の反射波走時は、同一時間に並び、屈折波・表面波・ノイズ等は同一走時とならない。そこで、これらを足し合わせる（重合する）ことで、S/N 比の良い反射記録が得られる。

(11)重合断面図(Final Filtered Stack)

重合後のデータに対して、フィルターテストを行い、以下のフィルターを適用し、最終重合断面とした。

F-X 予測フィルター

ゲート長 70 トレース
 オペレータ長 7 トレース
 ゲート長 500 ミリ秒
 オーバーラップ 250 ミリ秒

バンドパスフィルター

	CDP100	CDP400	CDP700	CDP1000	CDP1300
25 ~ 75Hz	0.0 ~ 0.2 秒	0.0 ~ 0.2 秒	0.0 ~ 0.2 秒	0.0 ~ 0.36 秒	0.0 ~ 0.45 秒
15 ~ 65Hz	0.2 ~ 0.3 秒	0.2 ~ 0.3 秒	0.2 ~ 0.4 秒	0.36 ~ 0.6 秒	0.45 ~ 0.95 秒
10 ~ 40Hz	0.3 ~ 2.0 秒	0.3 ~ 2.0 秒	0.4 ~ 2.0 秒	0.6 ~ 2.0 秒	0.95 ~ 2.0 秒

(12)マイグレーション(Migration)

時間 - 空間領域で中心差分法を用いた差分時間マイグレーションを行った。マイグレーションに用いた速度は、重合に用いた速度関数をスムージングした後に 80%にスケールリングしたものをを用いた。

(13)深度変換(Depth Conversion)

マイグレーション後の記録に対し、速度関数を用いて、時間軸から深度軸への変換を行った。深度変換後のサンプル間隔は 1m とした。

5-2. 豊橋平野 P 波反射法地震探査データ解析

図 Appendix5-5 に示すデータ解析流れ図に従って、解析を実施した。その内容について以下に述べる。

(1) 共通反射点編集 (CDP 編集)

全記録の発振点・受振点座標を用いて、反射点 (発振点と受振点の midpoint 座標) の分布図を作成し、反射点の分布が密な位置を選び、重合測線 (CDP 測線) を設定した。Appendix5-6 に各 CDP の重合数をカラー表示して重合測線を示した。設定した CDP の数、および最終的に処理に用いた CDP の範囲は以下の通りである。

総 CDP 数	最終 CDP 範囲	CDP 間隔	重合測線長
1 - 886	1 - 886	12.5m	11.1km

(2) 屈折波静補正 (Refraction Statics)

全てのショット記録から屈折初動走時を読みとり、その値から発振点・受振点・表層基底層速度を未知数とするインバージョン (改良タイムターム法) を行い、表層の構造を求めた。この結果を 図 Appendix5-7 に示した。図の上段はタイムターム値と呼ばれる値を示し、中段は得られた表層の速度 (V_w) と基底層の速度 (V_{sw})、下段は得られた表層構造であり、青が発振点、赤が受振点の値を示す。横軸は受振点番号である。

表層第一層の速度 (V_w) は、現場記録の直達波をもとに推定し、表層基底層の速度 (V_{sw}) はタイムターム法により求めた。

最終的な V_w と V_{sw} の値は下記のとおりである。

V_w	V_{sw}	第一層の厚さ
600m/s	1630 - 1940m/s	5 - 15m

この結果は、表層第一層の厚さの変化および標高変化に対する走時変化の補正 (屈折波静補正) のデータとして用いた。

(3) 初動部分の振幅抑制 (First Break Mute)

初動より時間の早い部分のノイズを除去し、振幅の強い初動を押さえて直下の反射波を抽出するために、初動付近のミュートを行った。テストの結果、以下のパラメーターを用いた。

テーパー長 : 20msec

ウィンドウ・スライディング速度 : 3500 - 4500 m/sec

(4)最小位相変換 (Minimum Phase Conversion)

バイプレーターのコリレーション処理後の震源波形は、中心部にピークがある時間的に対称な波形である。これはゼロ位相の波形と呼ばれ、(6)のデコンボリューション処理を行なうと波形の歪みが起こる。これを避けるため、既知の震源波形をゼロ位相型から最小位相型の波形に変換するオペレータを設計し、それを原記録に適用する操作を行なった。

(5)振幅補償(Gain Recovery)

球面発散、吸収などにより減衰した振幅を補償するために、ゲート長 600 ミリ秒の自動振幅調整 (AGC) を行った。

(6)デコンボリューション(Deconvolution)

発振点・受振点の特性の相違を補正し、分解能の高いデータを得るためのデコンボリューション処理を行った。

テストの結果、以下のパラメーターを採用した。

- ・ゲート長 : 2000 ミリ秒
- ・オペレータ長 : 250 ミリ秒
- ・ホワイトノイズ : 0.5 %
- ・予測距離 : 2 ミリ秒
- ・時間ゲート : タイムバリエーションゲート

(7)速度解析(Velocity Analysis)

定速度重合法 (Constant Velocity Stack (CVSK)) を用い、約 50CDP (625m) 毎の地点 16 箇所速度解析を行った。なお、速度解析は、残差静補正前後で 2 回行なった。

2 回目の速度解析の結果例を図 Appendix5-8(a) ~ (d) に示す。総合解析を行なうためには地下構造を何らかの層分けをする必要がある。そのため速度解析時には以下の点に留意して層分けを行った。

- ・ 速度解析を実施する反射イベントは、重合記録において、比較的連続性が良く、全測線で追跡可能な反射面に対応すること。
- ・ 速度解析パネルで強振幅を示すイベント(このイベントの上下の音響インピーダンスに大きな差があり、地層境界の可能性が高い)が測線方向に連続して読み取れること。

最終的に堆積層を 4 層モデルとした。図中には、反射法による速度境界面に対応する点に色をつけて示した。表 Appendix5-2 は、基盤上面までの速度解析結果を表にまとめたものを示した。D 層の区間速度 (E 層上面深度) については、十分な精度が得られなかったため、屈折法の結果を参考にしながら決定した。

(8)NMO 補正(NMO Correction)

各速度解析点で決定した速度関数(T_0, V)を測線方向に内外挿することにより、速度構造図が得られ、これを用いて NMO 補正を行った。この際の波形の伸張が以下の値を超えるものについてはミュートを施し、さらに適当な速度での線形ミュートを施した。

ミュートストレッチ：2.5

(9)残差静補正(Residual Statics)

屈折波を用いた静補正では、比較的長周期の補正值は精度良く補正されるが、短周期の受振点・発振点固有の補正は不十分である。そこで、NMO 補正後のデータの反射波を用いた残差静補正を行った。ここで求めた静補正量を再度 NMO 補正前のデータに適用し、再度速度解析を行った。

(10)重合(CDP Stack)

NMO 補正、残差静補正終了後、各 CDP 内の反射波走時は、同一時間に並び、屈折波・表面波・ノイズ等は同一走時とならない。そこで、これらを足し合わせる（重合する）ことで、S/N 比の良い反射記録が得られる。

(11)重合断面図(Final Filtered Stack)

重合後のデータに対して、フィルターテストを行い、以下のフィルターを適用し、最終重合断面とした。

F-X 予測フィルター

ゲート長	30	トレース
オペレータ長	3	トレース
ゲート長	500	ミリ秒
オーバーラップ	250	ミリ秒

バンドパスフィルター

	CDP50	CDP200	CDP300	CDP400	CDP500	CDP600	CDP800
20~75Hz	0.0~0.2 秒	0.0~0.25 秒	0.0~0.25 秒	0.0~0.25 秒	0.0~0.25 秒	0.0~0.25 秒	0.0~0.3 秒
15~60Hz	0.2~0.3 秒	0.25~0.7 秒	0.25~0.9 秒	0.25~0.85 秒	0.25~0.7 秒	0.25~0.55 秒	0.3~0.5 秒
8~45Hz	0.3~2.0 秒	0.7~2.0 秒	0.9~2.0 秒	0.85~2.0 秒	0.7~2.0 秒	0.55~2.0 秒	0.5~2.0 秒

(13)マイグレーション(Migration)

時間 - 空間領域で中心差分法を用いた差分時間マイグレーションを行った。マイグレーションに用いた速度は、重合に用いた速度関数をスムージングした後に 70%にスケーリン

グしたものをを用いた。

(14)深度変換(Depth Conversion)

マイグレーション後の記録に対し、速度関数を用いて、時間軸から深度軸への変換を行った。深度変換後のサンプル間隔は 1m とした。

付録 - 5 図表一覧

- ☒ Appendix 5-1 岡崎平野 P 波反射法データ解析流れ図
- ☒ Appendix 5-2 岡崎平野 P 波反射法重合測線図 (1:50,000)
- ☒ Appendix 5-3 岡崎平野 P 波表層構造解析結果
- ☒ Appendix 5-4(a) 岡崎平野速度解析結果例(CDP200)
- ☒ Appendix 5-4(b) 岡崎平野速度解析結果例(CDP400)
- ☒ Appendix 5-4(c) 岡崎平野速度解析結果例(CDP600)
- ☒ Appendix 5-4(d) 岡崎平野速度解析結果例(CDP700)
- ☒ Appendix 5-4(e) 岡崎平野速度解析結果例(CDP1000)
- ☒ Appendix 5-4(f) 岡崎平野速度解析結果例(CDP1200)
- ☒ Appendix 5-4(g) 岡崎平野速度解析結果例(CDP1400)
- ☒ Appendix 5-4(h) 岡崎平野速度解析結果例(CDP1600)
- ☒ Appendix 5-5 豊橋平野 P 波反射法データ解析流れ図
- ☒ Appendix 5-6 豊橋平野 P 波反射法重合測線図 (1:25,000)
- ☒ Appendix 5-7 豊橋平野 P 波表層構造解析結果
- ☒ Appendix 5-8(a) 豊橋平野速度解析結果例(CDP200)
- ☒ Appendix 5-8(b) 豊橋平野速度解析結果例(CDP400)
- ☒ Appendix 5-8(c) 豊橋平野速度解析結果例(CDP600)
- ☒ Appendix 5-8(d) 豊橋平野速度解析結果例(CDP800)

表 Appendix5-1 岡崎平野 P 波反射法速度解析結果

表 Appendix5-2 豊橋平野 P 波反射法速度解析結果

反射法データ処理・解析

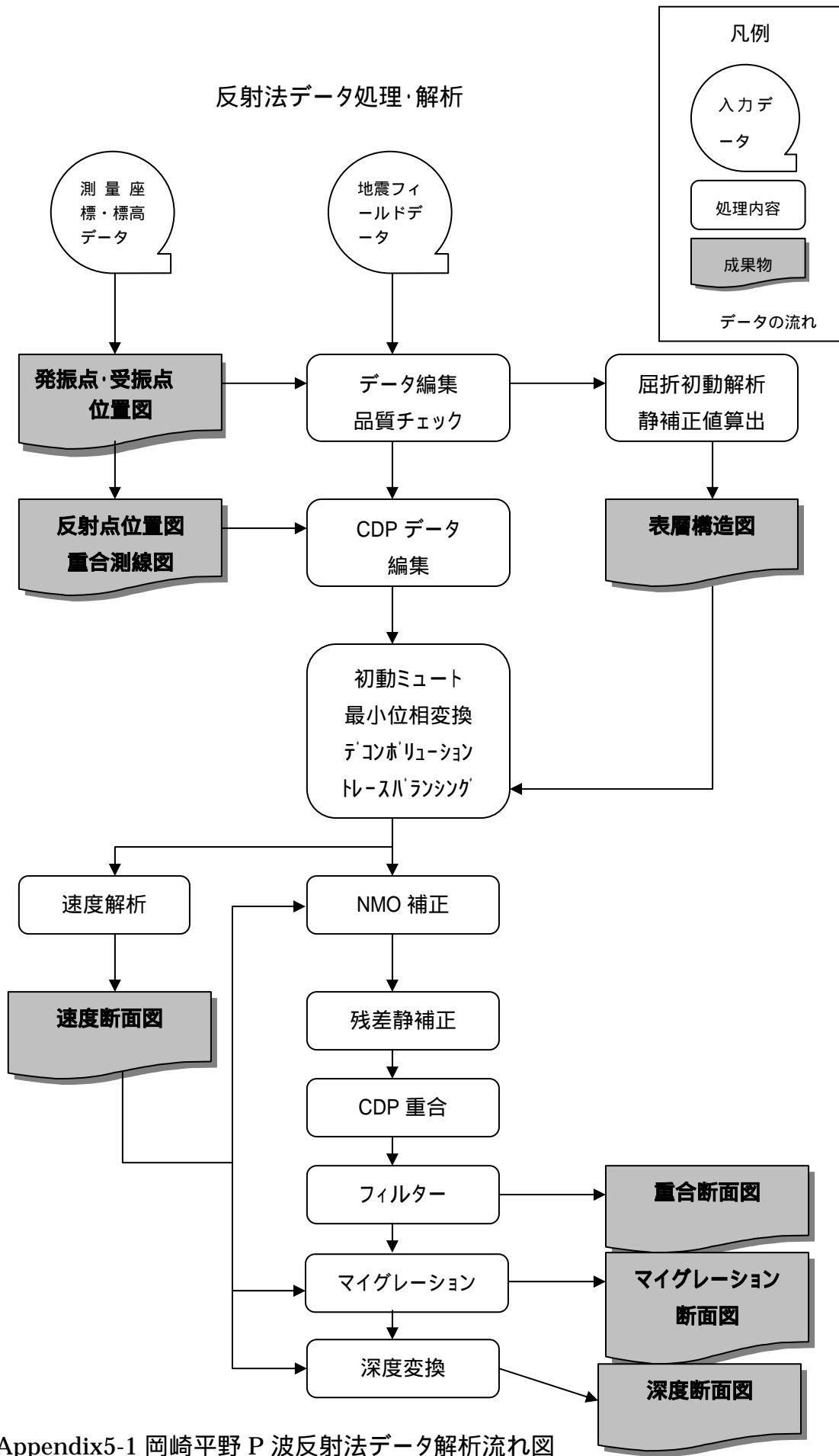


図 Appendix5-1 岡崎平野 P 波反射法データ解析流れ図

反射法データ処理・解析

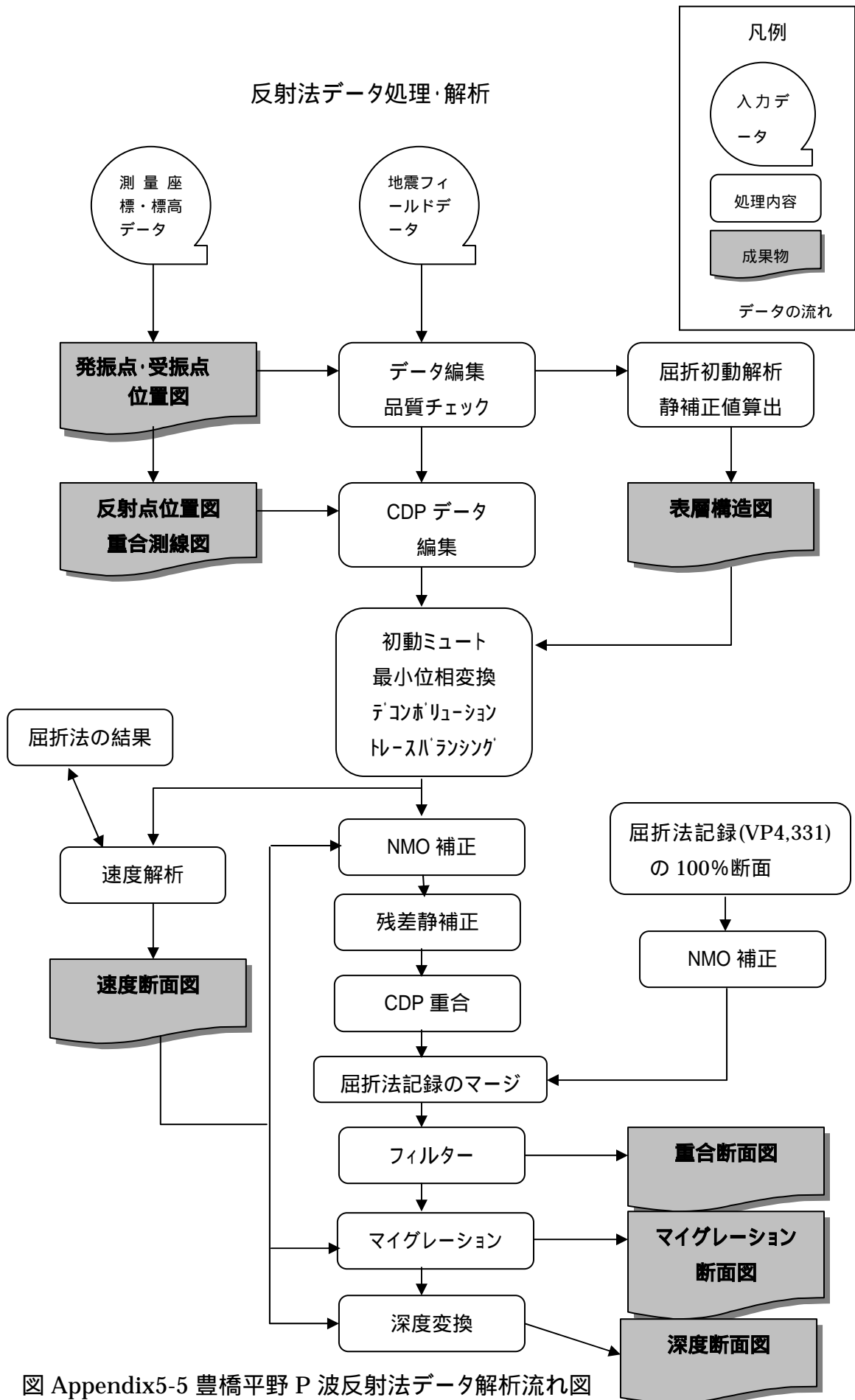


図 Appendix5-5 豊橋平野 P 波反射法データ解析流れ図