

平成 16 年度 地震関係基礎調査交付金

伊勢平野に関する地下構造調査

成果報告書

付録 6 P 波反射法地震探査データ解析

および速度解析結果

図 Appendix6-1 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。また補足資料としてテスト測線 Line-1A, Line1B の発振記録例を参考資料として添付する。

(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。図 Appendix6-2 に重合測線を示した反射点分布図を示す。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
Line-1 津-鈴鹿測線	1033	1-1033	12.5m
Line-2 四日市南北測線	826	1-826	5.0m
Line-1A 津-鈴鹿 副測線	59	1-59	12.5m
Line-1B 津-鈴鹿 副測線	82	1-82	12.5m
Line-2A 四日市副測線 (H15 年度測線と結合)	199	833-1031	12.5m

この段階では、各発振記録に対し、発振点・受振点の座標・標高等の設定のみにとどめ、実際の CDP への並び替えは、(3)の最小位相変換の直後に実施した。

(2)屈折波静補正(Refraction Statics)

全ての現場原記録から屈折初動走時を読みとり、その値から発振点タイムターム、受振点タイムタームおよび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 Appendix6-3(a)~(e)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(Vw)と基底層の速度(Vsw)、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 (Vw) は、現場記録の直達波をもとに推定し、表層基底層の速度 (Vsw) はタイムターム法により求めた。

最終的な Vw と Vsw の値は下記のとおりである。

	Vw	Vsw	第一層の厚さ
Line-1 津-鈴鹿測線	600m/s	1800-1950m/s	10-25m
Line-2 四日市南北測線	600m/s	1500-1800m/s	10-15m
Line-1A 津-鈴鹿 副測線	600m/s	1820m/s	10-15m
Line-1B 津-鈴鹿 副測線	600m/s	1815m/s	10-15m
Line-2A 四日市副測線	600m/s	約 1860m/s	10-20m

この結果は、表層第一層の厚さの変化および表層基底層速度による走時変化の補正（屈

折波静補正) のデータとして用いた。

(3)最小位相変換 (Minimum Phase Conversion)

バイブ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、(5)のデコンボリューション処理を施すと波形の歪みを生じる。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った。

(4)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、重合速度を用いて球面発散振幅補償を適用した後、ゲート長 1200 ミリ秒の自動振幅調整 (AGC) もしくは、ゲート長 300 ミリ秒の自動振幅調整 (AGC) を行った。各測線の処理パラメータは以下のとおりである。

	振幅回復手法
Line-1 津-鈴鹿測線	球面発散振幅+AGC
Line-2 四日市南北測線	AGC ゲート長 300msec.
Line-1A 津-鈴鹿 副測線	AGC ゲート長 300msec.
Line-1B 津-鈴鹿 副測線	AGC ゲート長 300msec.
Line-2A 四日市副測線	球面発散振幅+AGC.

(5)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、全測線に以下のパラメータを採用した。

- ・ゲート長 : 2000 ミリ秒
- ・オペレータ長 : 200 ミリ秒
- ・ホワイトノイズ : 0.5 %
- ・予測距離 : 4 ミリ秒
- ・時間ゲート : 単一ゲート

(6)浮動基準面に対する静補正

屈折波初動解析の結果を用いて、表層風化層補正および浮動基準面への静補正を行った。反射法断面は最終的にある基準面(本調査では平均海水面-100msec.)へ補正される。しかし速度解析や NMO 補正の際には CMP ギャザー中のデータに適した基準面 (浮動基準面) を設定することが適切である。この処理段階では、表層風化層の静補正と併せて、浮動基準面の決定と浮動基準面への標高補正を行う。

浮動基準面は CMP ギャザー内全トレースの発振点、受振点標高の平均を更にスムージン

グして定めた、また標高補正のための速度には 1700m/sec.を用いた。

(7)速度解析(Velocity Analysis)

定速度重合法 (Constant Velocity Stack (CVSK)) を用い、Line1 では 50CDP (約 625m) 毎の地点 18 箇所、Line2 では 100CDP (約 500m) 毎の 8 箇所で速度解析を行った。なお、速度解析は、残差静補正前後で 2 回行った。

速度解析の結果例を図 Appendix6-4(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/sec.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 5 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 Appendix6-1 および表 Appendix6-2 に、それぞれ Line-1 および Line-2 の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。(なお、ここに示した速度解析結果は堆積層を 5 層モデルとした際に得られる各層順の P 波速度を見積もるための速度関数である。実際の重合処理に用いた速度関数は、より滑らかになるよう解析点を増やしており、5 層モデルの速度解析結果とは異なることに留意されたい。) テスト測線 Line1A,1B は、Line-1 との交点における重合速度に準ずる速度を用いた。

(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越えるものについてはミュートを施した。

	NMO ストレッチ・ミュート
Line-1 津-鈴鹿測線	1.8
Line-2 四日市南北測線	2.5
Line-1A 津-鈴鹿 副測線	1.8
Line-1B 津-鈴鹿 副測線	1.8
Line-2A 四日市副測線	1.8.

(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) NMO 後ミュート

NMO 後のデータに対し、NMO による波形の伸張や屈折初動の繰り返しなどの重合効果に悪影響を及ぼす波を除去した。各測線のパラメータは以下のとおりである。

[Line-1]

Outer mute

テーパー長：10msec 下表中 時間は msec. 距離は m

CMP		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
300	距離	150	200	1000	2800	5000					
	時間	0	150	500	1500	4000					
350	距離	150	200	900	1600	3000	5000				
	時間	0	200	500	1000	2000	4000				
450	距離	150	200	900	1900	3000	5000				
	時間	0	150	500	1000	2000	4000				
550	距離	150	200	1000	2800	5000					
	時間	0	150	500	1500	4000					
450	距離	150	200	1000	2800	5000					
	時間	0	150	500	1500	4000					

Inner mute

テーパー長：10msec 下表中 時間は msec. 距離は m

CMP		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
200	距離	0	280	500	1000	1100					
	時間	300	500	1000	2000	8000					
950	距離	0	280	500	1000	1100					
	時間	300	500	1000	2000	8000					

[Line-2]

OUTSIDE mute

テーパー長：40msec 下表中 時間は msec. 距離は m

CMP		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
100	距離	50	100	200	500	1200	3600	5000			
	時間	0	145	250	500	1000	1500	2000			
150	距離	200	200	500	1200	3600	5000				
	時間	0	250	500	1000	1500	2000				

250	距離	200	200	1100	2100	3400	5000			
	時間	0	200	500	1000	1500	2000			

[Line-1A]

Outer mute

テーパー長：20msec 下表中 時間は msec. 距離は m

CMP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	距離	250	300	1000	3200	5000				
	時間	0	150	500	1500	4000				

[Line-1B]

Outer mute

テーパー長：20msec 下表中 時間は msec. 距離は m

CMP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	距離	250	300	1000	3200	5000				
	時間	0	150	500	1500	4000				

[Line-2A]

Outer mute

テーパー長：20msec 下表中 時間は msec. 距離は m

CMP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
945	距離	150	200	600	1200	2000				
	時間	0	200	500	1000	2000				
985	距離	150	200	850	1200	2000				
	時間	0	200	500	1000	2000				

Inner mute

テーパー長：10msec 下表中 時間は msec. 距離は m

CMP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
860	距離	0	30	500						
	時間	400	500	4000						
950	距離	0	30	500						
	時間	400	500	4000						

(11)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。

(12)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。

[Line-1]

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 1000 ミリ秒

オーバーラップ 500 ミリ秒

バンドパスフィルター

0.0 ~ 0.4 秒 16/20~50/60 Hz

0.4 ~ 0.8 秒 12/16~45/55 Hz

0.8 ~ 5.0 秒 10/12~45/55 Hz

[Line-2]

F-X 予測フィルター

ゲート長 50 トレース

オペレータ長 5 トレース

ゲート長 1000 ミリ秒

オーバーラップ 500 ミリ秒

バンドパスフィルター

0.0 ~ 0.4 秒 16/20~50/60 Hz

0.4 ~ 0.8 秒 12/20~45/55 Hz

0.8 ~ 5.0 秒 8/14~45/55 Hz

[Line-1A]

バンドパスフィルター

0.0 ~ 0.4 秒 16/20~50/60 Hz

0.4 ~ 0.8 秒 12/16~45/55 Hz

0.8 ~ 5.0 秒 10/12~45/55 Hz

[Line-1B]

バンドパスフィルター

0.0 ~ 0.4 秒 16/20~50/60 Hz

0.4 ~ 0.8 秒 12/16~45/55 Hz

0.8 ~ 5.0 秒 10/12~45/55 Hz

[Line-2A]

F-X 予測フィルター

ゲート長 90 トレース

オペレータ長 11 トレース

ゲート長 1000 ミリ秒

オーバーラップ 500 ミリ秒

バンドパスフィルター

0.0 ～ 0.5 秒 16/24～50/60 Hz

0.5 ～ 1.2 秒 14/20～45/55 Hz

1.2 ～ 5.0 秒 12/16～45/55 Hz

(13)マイグレーション(Migration)

周波数-距離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、Line-1 は 80%、Line-2 および Line2A は 85%にスケーリングしたものをを用いた。なお、Line-1A,1B に対しては測線長が短いため、マイグレーションは行わなかった。

(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 4m とした。

付録－6 図表一覧

表 Appendix-6-1 Line-1 速度解析結果

表 Appendix-6-2 Line-2 速度解析結果

図 Appendix6-1 P 波反射法データ解析流れ図

図 Appendix6-2(a) Line-1 重合測線図 CMP 分布図 (1:50,000)

図 Appendix6-2(b) Line-2 重合測線図 CMP 分布図 (1:25,000)

図 Appendix6-3(a) Line-1 表層構造解析結果

図 Appendix6-3(b) Line-2 表層構造解析結果

図 Appendix6-3(c) Line-1A 表層構造解析結果

図 Appendix6-3(d) Line-1B 表層構造解析結果

図 Appendix6-3(e) Line-2A 表層構造解析結果

図 Appendix6-4(a) 速度解析例(Line-1 CDP150)

図 Appendix6-4(b) 速度解析例(Line-1 CDP300)

図 Appendix6-4(c) 速度解析例(Line-1 CDP500)

図 Appendix6-4(d) 速度解析例(Line-1 CDP700)

図 Appendix6-4(e) 速度解析例(Line-2 CDP200)

図 Appendix6-4(f) 速度解析例(Line-2 CDP400)

図 Appendix6-4(g) 速度解析例(Line-2 CDP600)

図 Appendix6-4(h) 速度解析例(Line-2 CDP800)

補足資料

図 Appendix6-補 1 テスト測線発震記録例 Line-1A, VP3003

図 Appendix6-補 2 テスト測線発震記録例 Line-1A, VP3031

図 Appendix6-補 3 テスト測線発震記録例 Line-1B, VP4010

図 Appendix6-補 4 テスト測線発震記録例 Line-1B, VP4044