

平成 16 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

(地震探査)

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。図 Appendix5-2(a) 反射点の分布図を、図 Appendix5-2(b) 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
1- 1572	1-1572	12.5m

(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 (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
700m/s	1670 - 1860m/s	2-30m

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)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。

(4)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：1900 m/sec

(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 : 4 ミリ秒
- ・時間ゲート : ノー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 15 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。

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越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 : 2.1

(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値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)クロスディップ補正

調査測線が推定される構造トレンドに平行に近い方向のため、測線に直交方向の構造の影響を考慮する目的でクロスディップ補正を実施した。

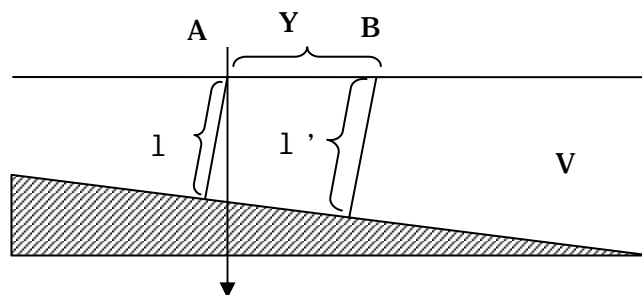
クロスディップ補正とは

反射面が傾斜を有する場合、ある 2 点間の反射波の垂直走時に時間差を生じる。簡単な傾斜 2 層構造を例にとると(下図)、点 A における垂直往復走時 T_A と点 B における垂直往復走時 T_B は、速度 V 、AB 間の距離 Y を用いると以下のように表される。

$$T(Y) = T(0) + P \cdot Y \quad (1)$$

(ただし、 $T_A=T(0)$ 、 $T_B=T(Y)$ 、 $P = 2 \sin \theta / V$)

重合測線に直行する方向の構造変化を考えた場合、上記 Y を測線に直交方向の距離 (Cross distance) とし、見掛けの傾斜 P (クロスディップ) を仮定してやることにより、(1) 式を用いて、測線に直交方向の構造の傾斜による走時誤差を補正する処理をクロスディップ補正という。



ここでは、以下のクロスディップに対してクロスディップ補正を実施した。

+15msec/100m

+6msec/100m

+3msec/100m

-3msec/100m

-6msec/100m

-15 msec/100m(+は西傾斜、-は東傾斜を意味する)

図 Appendix5-5、図 Appendix5-6 および図 Appendix5-7 にテスト結果を示した。これらの結果から CDP500 ~ CDP850 往復走時 300msec 前後の反射面に着目すると(図 Appendix5-6)、クロスディップが+6msec/100m 程度の場合が反射面の連続性が向上していることがわかる。CDP850 より北側では Cross-dip 補正の効果は得られなかった。一方、往復走時 700msec 程度の反射面は、-3msec/100m 程度の補正をすると連続性が向上しているように見られる。往復走時 700msec 程度のイベントのクロスディップ(3msec/100m 程度東傾斜)が、基盤上面の局所的な傾きを示している可能性もあるが、平成 14 年度反射法測線に見られるように岡崎平野中央部での構造のトレンドは西傾斜であることから、クロスディップ補正による偽像(実際の反射面は連続性が悪い)可能性もあるため、全域の構造トレンドに整合している+6msec/100m の補正のみを実施した。堆積層の平均速度を 2000m/sec とすると、6m/100m($\tan \theta = 0.06$ 、 3.4° 程度)の西傾斜となる。

(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。

バンドパスフィルター

	CDP1	CDP250	CDP350	CDP550	CDP800
20 ~ 65Hz	0.0 ~ 0.3 秒	0.0 ~ 0.3 秒	0.0 ~ 0.3 秒	0.0 ~ 0.25 秒	0.0 ~ 0.25 秒
15 ~ 55Hz	0.3 ~ 0.7 秒	0.3 ~ 0.4 秒	0.3 ~ 0.4 秒	0.25 ~ 0.65 秒	0.25 ~ 0.63 秒
10 ~ 40Hz	0.7 ~ 2.0 秒	0.4 ~ 2.0 秒	0.4 ~ 2.0 秒	0.65 ~ 2.0 秒	0.63 ~ 2.0 秒

	CDP900	CDP1250	CDP1572
25 ~ 75Hz	0.0 ~ 0.45 秒	0.0 ~ 0.5 秒	0.0 ~ 0.5 秒
15 ~ 65Hz	0.45 ~ 0.7 秒	0.5 ~ 0.8 秒	0.5 ~ 0.8 秒
10 ~ 40Hz	0.7 ~ 2.0 秒	0.8 ~ 2.0 秒	0.8 ~ 2.0 秒

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

(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 ~ 100% (深部が 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(a)	岡崎平野 P 波反射法反射点分布図 (1:50,000)
☒ Appendix 5-2(b)	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(CDP100)
☒ Appendix 5-4(b)	岡崎平野速度解析結果例(CDP300)
☒ Appendix 5-4(c)	岡崎平野速度解析結果例(CDP500)
☒ 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(CDP900)
☒ Appendix 5-4(f)	岡崎平野速度解析結果例(CDP1100)
☒ Appendix 5-4(g)	岡崎平野速度解析結果例(CDP1300)
☒ Appendix 5-4(h)	岡崎平野速度解析結果例(CDP1500)
☒ Appendix 5-5	クロスディップ補正テスト断面(CDP51-450)
☒ Appendix 5-6	クロスディップ補正テスト断面(CDP451-850)
☒ Appendix 5-7	クロスディップ補正テスト断面(CDP1001-1400)
表 Appendix5-1	岡崎平野 P 波反射法速度解析結果

cdp100

	時間 (msec)	RMS速度 (m/sec)	区間速度 (m/sec)	平均速度 (m/sec)	層厚 (m)	深度 (m)
		CDP100	CDP100			
	0		1550			0
1	70	1550	1550	1550	54	54
	70		1733			54
2	150	1650	1733	1647	69	124
	150		2035			124
3	400	1900	2035	1890	254	378
	400		3057			378
4	640	2400	3057	2327	367	745
	640		5000			745
5	2000	4341	5000	4145	3400	4145

CDP200

	時間 (msec)	RMS速度 (m/sec)	区間速度 (m/sec)	平均速度 (m/sec)	層厚 (m)	深度 (m)
		CDP200	CDP200			
	0		1550			0
1	80	1550	1550	1550	62	62
	80		1775			62
2	140	1650	1775	1646	53	115
	140		2022			115
3	400	1900	2022	1890	263	378
	400		3126			378
4	580	2350	3126	2274	281	659
	580		4970			659
5	1449	4126	4970	3891	2159	2819

CDP300

	時間 (msec)	RMS速度 (m/sec)	区間速度 (m/sec)	平均速度 (m/sec)	層厚 (m)	深度 (m)
		CDP300	CDP300			
	0		1550			0
1	80	1550	1550	1550	62	62
	80		1744			62
2	160	1650	1744	1647	70	132
	160		2063			132
3	380	1900	2063	1888	227	359
	380		4973			359
4	2000	4552	4973	4387	4028	4387

CDP400

	時間 (msec)	RMS速度 (m/sec)	区間速度 (m/sec)	平均速度 (m/sec)	層厚 (m)	深度 (m)
		CDP400	CDP400			
	0		1550			0
1	50	1550	1550	1550	39	39
	50		1744			39
2	100	1650	1744	1647	44	82
	100		2050			82
3	370	1950	2050	1941	277	359
	370		3143			359
4	580	2450	3143	2376	330	689
	580		5072			689
5	2000	4473	5072	4290	3601	4290

CDP500

	時間 (msec)	RMS速度 (m/sec)	区間速度 (m/sec)	平均速度 (m/sec)	層厚 (m)	深度 (m)
		CDP500	CDP500			
	0		1540			0
1	50	1540	1540	1540	39	39
	50		1753			39
2	100	1650	1753	1647	44	82
	100		1982			82
3	380	1900	1982	1893	277	360
	380		3063			360
4	700	2500	3063	2428	490	850
	700		5021			850
5	1445	4003	5021	3765	1870	2720

CDP600

	時間	RMS速度	区間速度	平均速度	層厚	深度
--	----	-------	------	------	----	----

	(msec)	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)	(m)	(m)
		CDP600	CDP600			
	0		1550			0
1	35	1550	1550	1550	27	27
	35		1733			27
2	75	1650	1733	1647	35	62
	75		1963			62
3	350	1900	1963	1895	270	332
	350		2926			332
4	750	2500	2926	2445	585	917
	750		5365			917
5	1445	4134	5365	3850	1864	2781
	1445		0			2781

CDP700

	時間	RMS速度	区間速度	平均速度	層厚	深度
	(msec)	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)	(m)	(m)
		CDP700	CDP700			
	0		1550			0
1	74	1550	1550	1550	57	57
	74		1742			57
2	150	1650	1742	1647	66	124
	150		2096			124
3	320	1900	2096	1886	178	302
	320		2801			302
4	650	2400	2801	2350	462	764
	650		5075			764
5	2000	4388	5075	4189	3425	4189

CDP800

	時間	RMS速度	区間速度	平均速度	層厚	深度
	(msec)	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)	(m)	(m)
		CDP800	CDP800			
	0		1550			0
1	40	1550	1550	1550	31	31
	40		1713			31
2	100	1650	1713	1648	51	82
	100		1942			82
3	300	1850	1942	1844	194	277
	300		2601			277
4	680	2300	2601	2267	494	771
	680		5871			771
5	795	3084	5871	2788	338	1108

CDP900

	時間	RMS速度	区間速度	平均速度	層厚	深度
	(msec)	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)	(m)	(m)
		CDP900	CDP900			
	0		1600			0
1	47	1600	1600	1600	38	38
	47		1779			38
2	280	1750	1779	1749	207	245
	280		1994			245
3	580	1880	1994	1875	299	544
	580		2959			544
4	820	2250	2959	2193	355	899
	820		5043			899
5	2000	4133	5043	3874	2975	3874

CDP1000

	時間	RMS速度	区間速度	平均速度	層厚	深度
	(msec)	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)	(m)	(m)
		CDP1000	CDP1000			
	0		1600			0

1	100	1600	1600	1600	80	80
	100		1824			80
2	290	1750	1824	1747	173	253
	290		2030			253
3	600	1900	2030	1893	315	568
	600		2990			568
4	780	2200	2990	2146	269	837
	780		3999			837
5	1439	3154	3999	2995	1318	2155

CDP1100

	時間 (msec)	RMS速度 (m/sec)	区間速度 (m/sec)	平均速度 (m/sec)	層厚 (m)	深度 (m)
		CDP1100	CDP1100			
	0		1550			0
1	80	1550	1550	1550	62	62
	80		1824			62
2	280	1750	1824	1746	182	244
	280		2022			244
3	600	1900	2022	1893	324	568
	600		2921			568
4	800	2200	2921	2150	292	860
	800		5000			860
5	2000	4115	5000	3860	3000	3860

CDP1200

	時間 (msec)	RMS速度 (m/sec)	区間速度 (m/sec)	平均速度 (m/sec)	層厚 (m)	深度 (m)
		CDP1200	CDP1200			
	0		1550			0
1	70	1550	1550	1550	54	54
	70		1812			54
2	280	1750	1812	1746	190	244
	280		2044			244
3	550	1900	2044	1892	276	520
	550		2789			520
4	780	2200	2789	2157	321	841
	780		3958			841
5	2000	3383	3958	3256	2415	3256

CDP1300

	時間 (msec)	RMS速度 (m/sec)	区間速度 (m/sec)	平均速度 (m/sec)	層厚 (m)	深度 (m)
		CDP1300	CDP1300			
	0		1550			0
1	100	1550	1550	1550	78	78
	100		1842			78
2	300	1750	1842	1745	184	262
	300		2039			262
3	600	1900	2039	1892	306	568
	600		2921			568
4	800	2200	2921	2149	292	860
	800		5000			860
5	2000	4115	5000	3859	3000	3859

CDP1400

	時間 (msec)	RMS速度 (m/sec)	区間速度 (m/sec)	平均速度 (m/sec)	層厚 (m)	深度 (m)
		CDP1400	CDP1400			
	0		1600			0
1	100	1600	1600	1600	80	80
	100		1820			80

2	300	1750	1820	1747	182	262
	300		2054			262
3	570	1900	2054	1892	277	539
	570		2840			539
4	915	2300	2840	2250	490	1029
	915		4999			1029
5	2000	3997	4999	3741	2712	3741

CDP1500 (CDP1520ぐらいでH14CDP956とクロス)

	時間 (msec)	RMS速度 (m/sec)	区間速度 (m/sec)	平均速度 (m/sec)	層厚 (m)	深度 (m)
		CDP1500	CDP1500			
	0		1550			0
1	80	1550	1550	1550	62	62
	80		1842			62
2	240	1750	1842	1745	147	209
	240		2096			209
3	540	1950	2096	1940	314	524
	540		2766			524
4	880	2300	2766	2259	470	994
	880		4999			994
5	2000	4040	4999	3793	2799	3793