4) データ解析

a) 反射法データ解析

取得されたフィールド記録に対して、CMP 重合法による 2 次元反射法データ解析を実施した。独立受 振点記録 (DAT レコーダ記録) については、別途解析を行ったため本反射法データ解析に加えていない。 反射法データ解析は図 19 に示すデータ処理フローに基づいて実施した。

i)データ編集

本調査では3種類のデータ収録装置(陸上 GDAPS-4A、海上 GDAPS-0BC、陸上 MS2000D)を使用しおり、 フィールドデータは収録装置毎にそれぞれ別個の記録として取得されている。ここでは、これらについ て以下のとおり編集作業を行った。

・東京湾北岸受振展開(MS2000D)で取得されたデータについては連続記録からショットデータを切り出し、垂直重合、相互相関処理を行った。これを受振器成分毎に分割し、上下動成分のみを取り出した。

・すべての発震記録を各受振測線毎(三浦半島陸上、東京湾内 OBC、東京湾北岸陸上)に編集した。OBC 受振測線については観測日毎に編集した。

以上の編集作業に併せて目視による記録確認をおこない不良記録および低品質記録を除外した。 ii) 測線情報の設定

編集後の記録の各トレースヘッダに発震点および受振点の座標を入力した。座標系は陸域ではGRS80、 海域ではWGS84 を準拠楕円体とする UTM 座標系 (Zone Number 54) を用いた。また、局所原点を (X,Y)=(337225.9m, 3904460.7m)に設定した。

iii)最小位相変換

本調査ではバイブレータ発震記録を取得する際、探鉱器(GDAPS)において最小位相相互相関処理を行っており、出力波形は最小位相となっている。ただし、一部の区間において比較のためゼロ位相出力を 行っている。これらのゼロ位相記録についてはデータ処理段階で最小位相変換を実施した。

iv) 屈折波初動解析

陸上受振および陸上発震区間については、屈折波初動解析を行い、表層風化層構造を推定した。この 推定結果は後の「浮動基準面に対する静補正」処理において、表層補正成分を計算する際に使用される。

表層構造の推定には改良型タイムターム法を用いた。同手法は、発震記録から読み取った初動走時を 観測値、発震点・受振点におけるタイムターム値及び表層基底層速度値を未知数として逆解析を行なう ものである。ここでは以下の条件で逆解析をおこなった。

三浦半島

オフセット範囲 :100 - 800m

ブロックサイズ : 40Loc. /Block (約 1km/Block)

東京湾北岸

オフセット範囲 :100 - 500m

ブロックサイズ :全域で1ブロック

解析結果を図 20、21 に示す。上段から順にタイムターム、表層基底層の速度、表層構造である。なお、 同図下段の表層深度構造を表示する際には、表層速度を 800m/s と仮定した。

54



図19 反射法データ処理フロー



図 20 タイムターム法によって推定された陸域表層構造[1]。三浦半島陸上測線。 上段から順にタイムターム、表層基底層の速度、表層構造を示す。



図21 タイムターム法によって推定された陸域表層構造[2]。東京湾北岸陸上測線。 上段から順にタイムターム、表層基底層の速度、表層構造を示す。

v) 異種震源·受振器位相補正

本調査では海陸境界域(三浦半島南西沖-三浦半島、三浦半島-東京湾、東京湾-東京湾北岸)の データを取得しているため、震源-受振器の組み合わせは以下の4通りが混在している。

海上エアガン - 海底ハイドロフォン

海上エアガン - 陸上ジオフォン

陸上バイブレータ - 海底ハイドロフォン

陸上バイブレータ - 陸上ジオフォン

極性を統一するため、これらの組み合わせに対して以下の位相補正を行った。ここでは、正の反 射係数が正の値を示すように統一した。

·受振器側:

本調査で使用したデータ収録システムにおける受振器側の極性は、ジオフォンが up going velocity = negative、ハイドロフォンが compression = negative である。海底面における上向き地動速度と正の水圧は同位相となるため、ジオフォン、ハイドロフォンともに上向き地動速度が負の値で記録される。したがって、受振器に関しては補正を行わない。

・震源側:

本調査におけるバイブレータ Reference Sweep は down movement=negative とする速度次元であ る。これによる相互相関処理後の反射波位相は、受振器側の極性と合わせて、正の反射係数に対して 正となる。したがって、バイブレータ発震については補正を行わない。一方、エアガン発震では常に 下向き加振となるため、受振点においては正の反射係数に対して up going=compression=negative で 記録される。このため、エアガン発震については受振器に依らず極性を反転させる。

vi) 浮動基準面に対する静補正

表層風化層の層厚変化および標高変化に伴う走時変化を補正するため、表層静補正および標高補正を 適用した。表層静補正量は、陸上受振点およびバイブレータ発震点については、屈折波初動解析により 求められた、表層基底層速度およびタイムターム値を用いて計算し、海底受振点およびエアガン発震点 についてはゼロとした。

ここでは、静補正値(=表層補正+標高補正)を浮動基準面までの静補正(PreNMO 静補正)と浮動基準面から基準面までの静補正(PostNMO 静補正)に分離した後、PreNMO 静補正のみを適用した。以下のパラメータを用いた。

表層速度	:	800m/s
標高補正速度	:	2000m/s
PostNMO 静補正速度	:	2000m/s
浮動基準面標高	:	CMP 標高 (図 24)
基準面標高	:	Om(平均海水面)

vii)共通反射点編集(CMP 編集)

・「データ編集」の段階で各受振測線毎に編集されていた記録を全て結合し、図 22 に示す重合測線に したがって CMP 編集を行った。



図 22 重合測線位置図(国土地理院発行 1/200,000 地勢図に加筆)。



図23 CMP各種情報表示。CMP重合数。







図 24 CMP 各種情報表示 [1] CMP 標高図。



図25 CMP各種情報表示 [3] オフセット距離分布。

本調査では、同図に示すように、全受振点および三浦半島南西沖のエアガン発震点分布に対する近似 直線を CMP 重合測線とした。通常は、測線の屈曲に伴う中点分布のばらつきを考慮して、重合測線から の偏差が両側で均等になるように屈曲を持たせた重合測線を設定するが、本調査では深部構造の把握に 重点を置いているため、直線状の重合測線とした。

CMP 標高は各 CMP の Near Trace 標高をスムージングしたものを使用した。スムージングには移動平均 (CMP 方向に前後計 61 ポイント)を用いた。CMP 間隔、CMP 総数、および重合数は以下のとおりである。

- CMP 間隔 : 12.5m (受振点間隔の 1/2)
- CMP 総数 : 5081 (全長 63.5km)
- 重合数 : 206 (平均)
 - : 428 (最大)

CMP に関する各種情報を図 23、24、25 に示した。

viii) 初動ミュート

強振幅の屈折波初動および付随する後続波を抑制するため、初動ミュートを適用した。ここでは後の xii)「速度解析」の結果得られる CMP 毎の NMO 曲線包絡線を基準にミュートをおこなった。パラメータ は以下のとおりとした。

ミュート時刻	・ NMO 曲	h線包絡線の 50msec 前	i
く 二 一 内 烈	. типо µ		i

テーパー長 : 100msec

ix)振幅補償

幾何減衰、吸収・散乱等による反射波の減衰効果を補正するため、振幅補償を行った。ここでは球面 発散補正の後、自動振幅調整(AGC: Automatic Gain Control)を適用した。AGC のゲート長は 1000ms とした。

x) デコンボルーション

受振点側および発震点側における周波数特性、波動伝播過程における種々の周波数依存効果の影響を データから推定・除去し、分解能の高い記録を得るため、デコンボルーション処理を行った。パラメータ は以下のとおりである。

ゼロオフセットにおけるオペレータ設計ゲート開始時刻	: 2000msec
ゲート長	: 4000msec [Non-TV]
オフセットトレースに対するゲートスライディング速度	: 3000m/s
オペレータ長	: 320msec
ホワイトニング・ノイズ	: 0. 5%
予測距離	: 32msec

xi) 振幅調整

デコンボルーション処理に伴って発生する振幅の不均衡を調整するため、ゲート長 4000msec の自動振 幅調整 (AGC)を適用した。

xii)速度解析

定速度重合法(Constant Velocity Stack)による速度解析を行った。解析間隔は東京湾内を中心とする北側で 500CMP 間隔、三浦半島部分を中心とする CMP2000 以南の構造急変域では 200CMP 間隔とした。 xiii) NMO 補正

速度解析の結果得られた重合速度を用いて、NMO (Normal Moveout)補正を行った。補正に伴う波形の 歪みを抑制するために、波形の最大伸び率を 2.5 倍に制限し、これを越える部分をミュートした。 xiv)残差静補正

「浮動基準面に対する静補正」後も残存する発震点/受振点近傍地質に起因する反射波走時の擾乱を補

正するため、残差静補正を適用した。

xv) インナーミュート

多重反射を抑制するため、インナーミュートを適用した。多重反射は測線北側で顕著に認められるため、以下の CMP 範囲に対してインナーミュートを適用した。

CMP3900 \sim CMP4800

xvi) 共通反射点重合(CMP 重合)

共通反射点重合を行い、重合記録(時間断面)を得た。重合に用いるオフセット範囲については、テ ストの結果を考慮して、CMP 位置毎に可変とした。各 CMP 範囲に対するオフセット距離範囲を以下に示 す。以下の CMP 範囲に含まれない CMP については前後から内外挿した。

CMP1-500	:	50	\sim	20000	[m]
CMP1000-2000	:	50	\sim	10000	[m]
CMP2000-2500	:	50	\sim	15000	[m]
CMP2500-5081	:	50	\sim	20000	[m]

xvii) トレースミキシング

斜交ノイズの抑制および重合効果の向上を目的として、重合後記録にトレースミキシングを適用した。 ミキシング範囲 : 前後計5トレース

 $: \{1, 1, 1, 1, 1\}$

xviii) 帯域通過フィルタ

重み

重合処理後に残存する高周波ノイズを抑制し、深部反射波を強調するため、以下の通過帯域のフィル タを適用した。

Low Cut	:	3Hz
Low Pass	:	6Hz
High Pass	:	15Hz
High Cut	:	20Hz

xix) 基準面補正

浮動基準面から基準面への補正を行った。図26に基準面補正後の重合時間断面図を示す。

xx)時間マイグレーション

傾斜面からの反射波を適切な位置にイメージングするため、マイグレーション処理を行った。マイグ レーション手法は差分法マイグレーションを用いた。マイグレーション速度は重合速度を CMP 方向に平 滑化した後、90%のスケーリングを施したものを用いた。マイグレーション最大傾斜角は 45 度とした。 マイグレーションに伴う低周波ノイズを抑制するため、マイグレーション処理後に以下の通過帯域のフ ィルタを適用した。

:	3Hz
:	6Hz
:	15Hz
:	20Hz
	: : :

図27にフィルタ適用後のマイグレーション時間断面図を示す。



図26 CMP重合断面図。



図27 重合後時間マイグレーション断面図。



図28 深度断面図。

xxi)深度変換

重合速度から計算される平均速度を用いて、時間断面を深度断面に変換した。平均速度は CMP 方向に 平滑化した後、90%のスケーリングを施した。変換の際の深度サンプリング間隔は 10m とした。図 28 にマイグレーション後深度断面図を示す。

b) 独立受振点記録による反射法処理

独立型レコーダ(DAT)による観測では、固定した受振点位置に対して観測期間中のすべての発震記録 を収録しているため、約60kmにおよぶ長大オフセット記録が取得されている。これらの記録について反 射法データ解析とほぼ同等の処理を行い、時間断面を得た。ただし、データ処理は受振点毎に別個に行 い、各受振点記録の結合は行っていない。

処理フローを図 29 に示す。受振点毎にデータを編集し、共通受振点記録を作成した後、反射法処理を 行った。処理の結果、フィリピン海プレート上面と推定される北傾斜を示す反射面がこれらの長大オフ セット記録上でも確認された(図 30)。



図 29 独立受振点記録データ処理フロー



図 30 CMP 測線投影記録(NMO 補正後) D48 地点の記録。矢印は北傾斜の反射イベントを示す。

以下に処理の詳細を記述する。

i)データ編集

DAT レコーダによる記録を GDAPS 等の探鉱器による記録と同等なものに加工するため、各種編集作業 を行った。なお、ここでは3成分記録のうち上下動成分のみを使用する。

ii) 発震時刻補正

上記 i)「データ編集」後の記録はデータフォーマットの制約により記録開始時刻の設定が1秒単位と なっているため、記録開始時刻が実際の発震時刻と一致するように補正した。なお、ここで使用した発 震時刻は、反射法データ取得の際に探鉱器の GPS 受信機およびエアガン発震船の GPS 受信機により刻時 したものである。

iii) リサンプリング

本調査では、DAT レコーダの記録媒体の種類によりデータ取得時のサンプリング間隔が異なる。これ らをリサンプリングし、すべて 4ms のサンプリング間隔に統一した。

iv) 垂直重合および相互相関処理

バイブレータ発震記録については、スィープ回数分の記録を垂直重合した後、相互相関処理を行った。 v) 測線情報の設定

編集後記録の各トレースヘッダに発震点および受振点の座標を入力した。座標系は陸域では GRS80、 海域では WGS84 を準拠楕円体とする UTM 座標系 (Zone Number 54) を用いた。また、局所原点を (X,Y)=(337225.9m, 3904460.7m)に設定した。

vi)重複発震点垂直重合

東京湾内における海上反射法では、観測日毎に敷設した OBC ケーブル(標準展開長=3km)に対して前

後最大約 18kmの区間に渡って発震を行っている。結果として、調査期間を通じて計画測線上の同じ位置 で複数回の発震が行われた(最高7回)。独立受振点ではこれらの重複発震記録がすべて収録されている。 重複発震点位置は正確には同一でないが、ここではこれらを同じ点と見做して垂直重合を行い、S/N比 の向上を図った。

vii) 共通反射点編集(CMP 編集)

反射法データ解析で使用した重合測線にしたがって、共通反射点編集を行った。形式的には共通反射 点編集であるが、大部分の CMP 位置において重合数は0または1であり、実質的には、共通受振点ギャ ザーの各中点位置を重合測線上に投影したものとなっている。図 A-4-2-3 に共通反射点編集後記録(投 影後記録)の例を示す。ただし、同図では重合数が2以上となる CMP についてはオフセット距離が最小 のトレースのみ表示している。

(8) 初動ミュート

強振幅の屈折波初動および付随する後続波を抑制するため、初動ミュートを適用した。パラメータは 反射法データ解析と同じものを使用した。

(9) 振幅補償

幾何減衰、吸収・散乱等による反射波の減衰効果を補正するため、振幅補償を行った。パラメータは 反射法データ解析と同じものを使用した。



図 31 CMP 測線投影記録 [4] D48。

x) NMO 補正

反射法データ解析による重合速度を用いて NMO (Normal Moveout) 補正を行った。補正に伴う波形の 歪みを抑制するために、波形の最大伸び率を 2.5 倍に制限し、これを越える部分をミュートした。

xi)帯域通過フィルタ

以下の通過帯域のフィルタを適用した。

Low Cut	:	3Hz
Low Pass	:	6Hz
High Pass	:	15Hz
High Cut	:	20Hz

図 30 に NMO 補正および帯域通過フィルタ処理後の記録例を示した。

c)屈折法データ解析

三浦半島域に展開した受振システムでは、長距離の受振-発震トレースを得ることが可能であり、これ らのデータに基づいて屈折法による速度解析を進めている。現在進めている解析の処理フローを図 32 に示した。現時点では、波線解析が終了していないため、現時点で得られている走時曲線までの成果を 報告する。



図32 屈折法データ処理フロー

i)データ編集

本調査では3種類のデータ収録装置(陸上 GDAPS-4A、海上 GDAPS-0BC、陸上 MS2000D)を使用しており、フィールドデータは収録装置毎にそれぞれ別個の記録として取得されている。屈折法データ取得の際は、図34に示す屈折法測線概略図のとおり、GDAPS-4A(三浦半島陸上受振測線)および GDAPS-0BC (東京湾内、展開-1)を使用した。ここでは、まず、それぞれの収録データを編集し、屈折法発震記録を作成した。

ii) 測線情報の設定

編集後の記録の各トレースヘッダに発震点および受振点の座標を入力した。座標系は陸域ではGRS80、

海域では WGS84 を準拠楕円体とする UTM 座標系 (Zone Number 54) を用いた。また、局所原点を (X,Y)=(337225.9m, 3904460.7m)に設定した。

iiia) 垂直重合(東京湾内発震記録)

東京湾内の屈折法発震作業では、測線に対して垂直方向に集中発震を行うのは困難なため、測線と平 行な 500m の区間でそれぞれ約 50 回の集中発震を行った。ここでは、各集中発震区間の記録を垂直重合 し、S/N 比の向上を図った。垂直重合に用いるデータの範囲は、発震区間の中心点から半径 100m 以内と した。

iiib) 垂直重合(三浦半島陸上発震記録)

三浦半島陸上発震のうち V3 については、OBC 受振展開の都合により、2回発震を行っている。この結果、陸上受振測線については互いに独立した 100 重合の発震記録が2個取得された。これらをさらに垂直重合することにより200 重合の発震記録を作成し、S/N 比の向上を図った。

iv)反射法記録の取り込み

三浦半島陸上発震点(V1、V2、V3)および東京湾内発震点(A1、A7、A8、A9)については、反射法記録のうち屈折法発震点位置で取得された共通受振点記録を結合した。この結果、受振測線外で発震したA7~A9については、発震点周辺の記録が補填され、その他についても屈折法データ収録時よりも長い展開長が確保された。

v)仮想直線への投影

屈折法記録を2次元構造上で解釈するために、各発震記録を仮想直線上に投影した。ここでは仮想直線として反射法重合測線を用いた。なお、仮想直線上のオフセット距離と発震点-受振点オフセット距離 とのずれに伴う走時差の補正は行っていない。

vi) 初動走時曲線の作成

投影後の各発震記録について 500m 毎に初動走時を読み取った。読み取った結果から走時曲線(図 33) を作成した。



図33 屈折初動走時曲線



図 34 屈折法測線概略図(国土地理院発行 1/200,000 地勢図に加筆