

### 3. 1. 6 大都市圏地殻構造総合データベースの構築

#### (1) 業務の内容

##### (a) 業務題目

大都市圏地殻構造総合データベースの構築

##### (b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
東京大学地震研究所	教授	額額一起	koketsu@eri.u-tokyo.ac.jp
東京大学地震研究所	教授	佐藤比呂志	satow@eri.u-tokyo.ac.jp
東京大学地震研究所	産学官連携研究員	河村知徳	tkawa@eri.u-tokyo.ac.jp
応用地質技術本部	副所長	増田 徹	masuda-tetsu@oyonet.oyo.co.jp

##### (c) 業務の目的

強震動予測を行うために作成すべき地下構造モデルは地震基盤～工学的基盤～地表面までであり、これらの3次元的なモデル化を行うため、本調査研究により得られた探査結果のみならず既存の調査結果も合わせて地下構造モデルを作成する。また、強震動予測ではS波速度構造が特に重要であるので、本調査研究の探査結果からS波速度を抽出する解析手法の開発とその適用を行う。さらには、精度の高い強震動予測を行うために、地震観測記録や重力異常分布などの測定・観測記録を用いて、作成した地下構造モデルについての検証を十分に行うことを目的とする。

##### (d) 5ヵ年の年次実施計画

平成14年度：データベース構造の検討・S波のための解析手法検討。

平成15年度：既存探査結果および検証用観測記録の収集。房総測線等のS波構造。

平成16年度：地震観測記録による検証作業。その他測線のS波構造。

平成17年度：地下構造モデルの構築。S波直接探査の実施。

平成18年度：データベースの公開用整備。

##### (e) 平成15年度業務目的

既存探査結果および検証用地震観測記録の収集を行いデータベース化を進める。この作業は数多くの観測データを用いることになるため、これらのデータを効率良く扱うことに留意するとともに、強震動計算用地下構造モデルの作成及びその検証の作業をスムーズに行うことを目的とする。また、作成したデータベースを用いて試行的に検証作業を行い、観測記録を用いた地下構造モデルの効率的、合理的な検証作業及び改良手順について検討を行い、本格的な作業に向けての方法論の確立を目指すこととする。このほか、房総測線等の探査データを解析し、同地域のS波速度構造をモデル化する。

#### (2) 平成15年度成果

##### (2-1) 地殻構造総合データベースの構築

額額一起（東京大学地震研究所）

増田 徹（応用地質技術本部）

(a) 業務の要約

既存探査結果および検証用地震観測記録の収集を行いデータベース化を進めた。また、試行的に検証作業を行い、本格的な作業に向けての方法論の確立を行った。

(b) 業務の実施方法

地震発生メカニズムの研究や強震動予測のために利用できる地殻構造モデルを作成するための各種資料を収集・整理し、基礎資料データベースを構築した。収集した資料は物理探査資料およびボーリング資料である。主なものは、本調査研究により得られた物理探査データおよびボーリングデータ、自治体を実施した平野部での構造調査により得られた物理探査データ、および既往構造探査あるいは既往調査により得られた物理探査データおよびボーリングデータである。物理探査資料および深層ボーリングデータは主に工学的基盤以深の地下構造の3次元モデル作成に利用される。他のボーリングデータは主に工学的基盤以浅の浅部構造モデルの作成に利用される。図1に本調査研究で実施済、あるいは実施予定の構造探査位置、図2に自治体を実施した構造調査位置および既往構造探査位置を示す。地下構造モデルの精度を高めモデルの妥当性を検証するために用いる地震波形記録と震源に関するデータを収集・整理し、波形・震源データベースを構築した。このほか、地下構造モデルの精度を高めモデルの妥当性を検証するために用いる地震波形記録と震源に関するデータを収集・整理し、波形・震源データベースを構築した。今年度、波形記録と震源データを収集した地震は、首都圏およびその周辺に震央が位置し、マグニチュードが5以上のものである。データを収集した地震の震央位置を図3に示す。

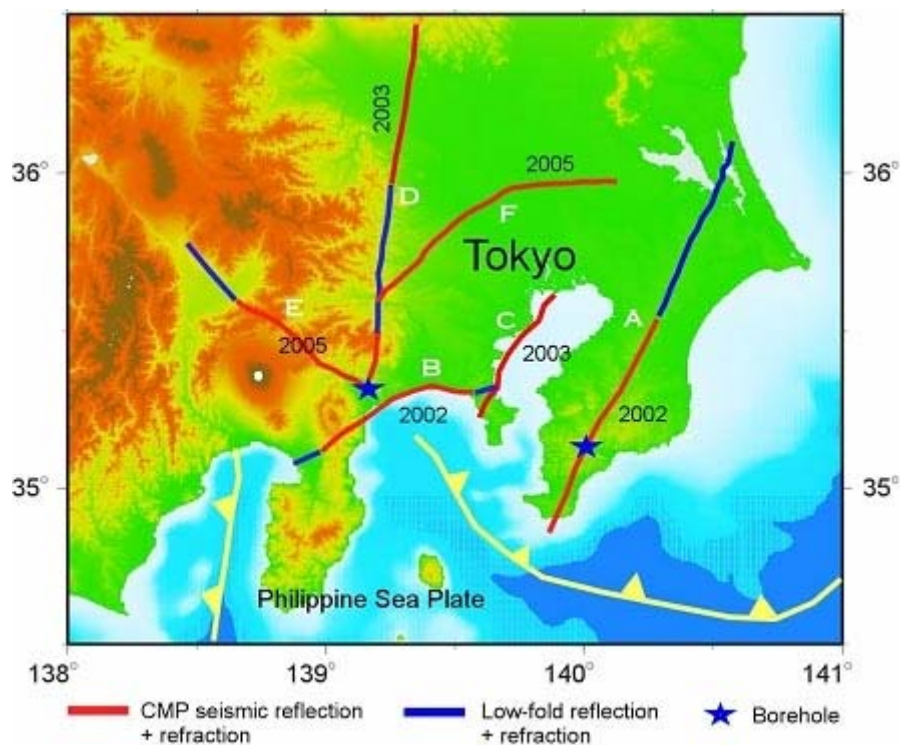


図1 本調査研究で実施済、あるいは実施予定の構造探査位置

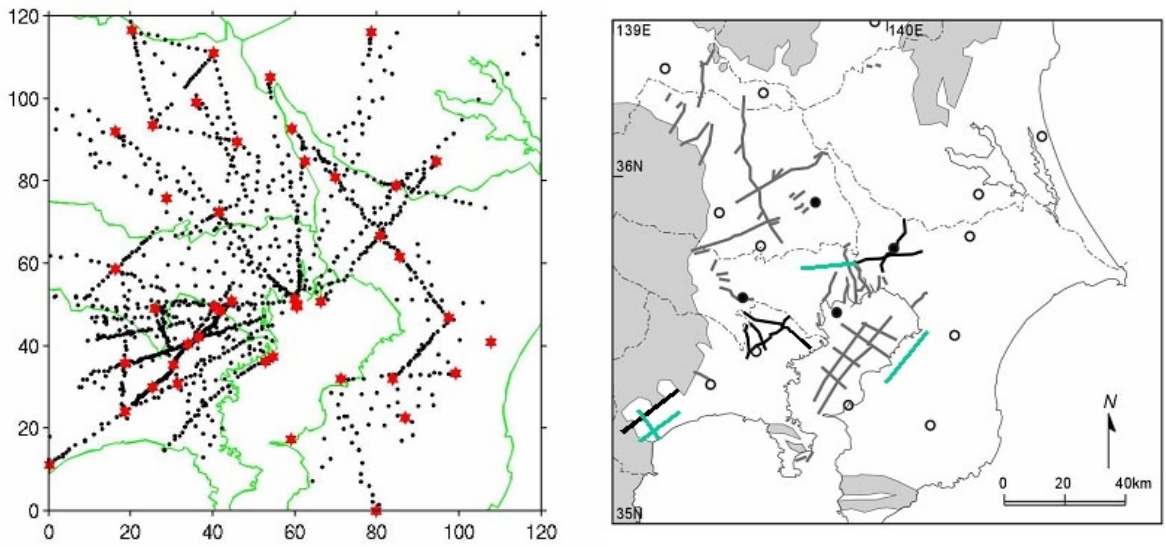


図2 自治体等が実施した屈折法探査の発破点と観測点（左）および反射法探査測線（右）

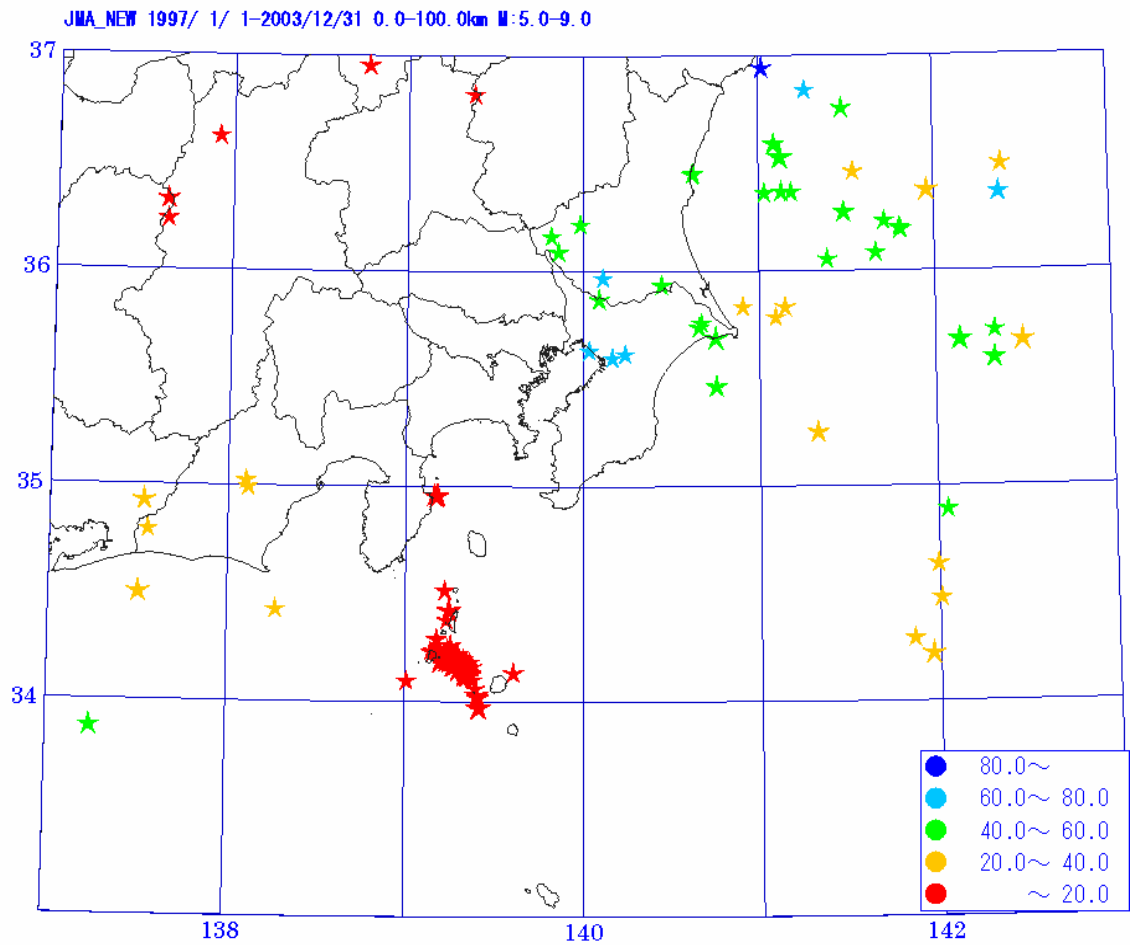


図3 検証用波形記録を収集した地震の震央分布

(c) 業務の成果

収集された物理探査データ等に Afnimar et al. (2003)<sup>1)</sup>の手法を適用して得られた基盤上面形状の一例を図4に示す。また、同じく収集された検証用波形データの一例を図5に示す。これらを用いた予備的な検証作業により、茨城県南西部の地震は首都圏の直下に位置し、地震波の入射角は鉛直に近くなることから、S波スペクトル解析による表層構造の改良と検証に有効であることがわかった。また、伊豆半島東方、新島・神津島付近、および飛騨地域の地震は震源が浅くて規模が比較的大きく、振幅の大きな表面波を励起するため、深部構造の改良と妥当性の検証に有効であることがわかった。

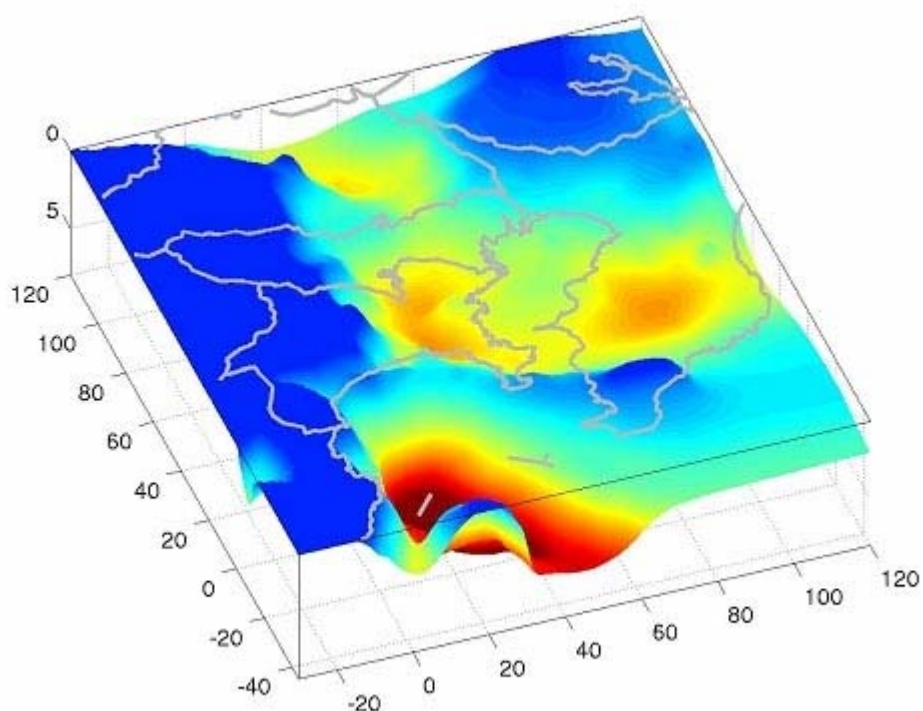


図4 収集された物理探査データから得られた基盤上面形状の一例

velocity response function N 0.05Hz h=0.700

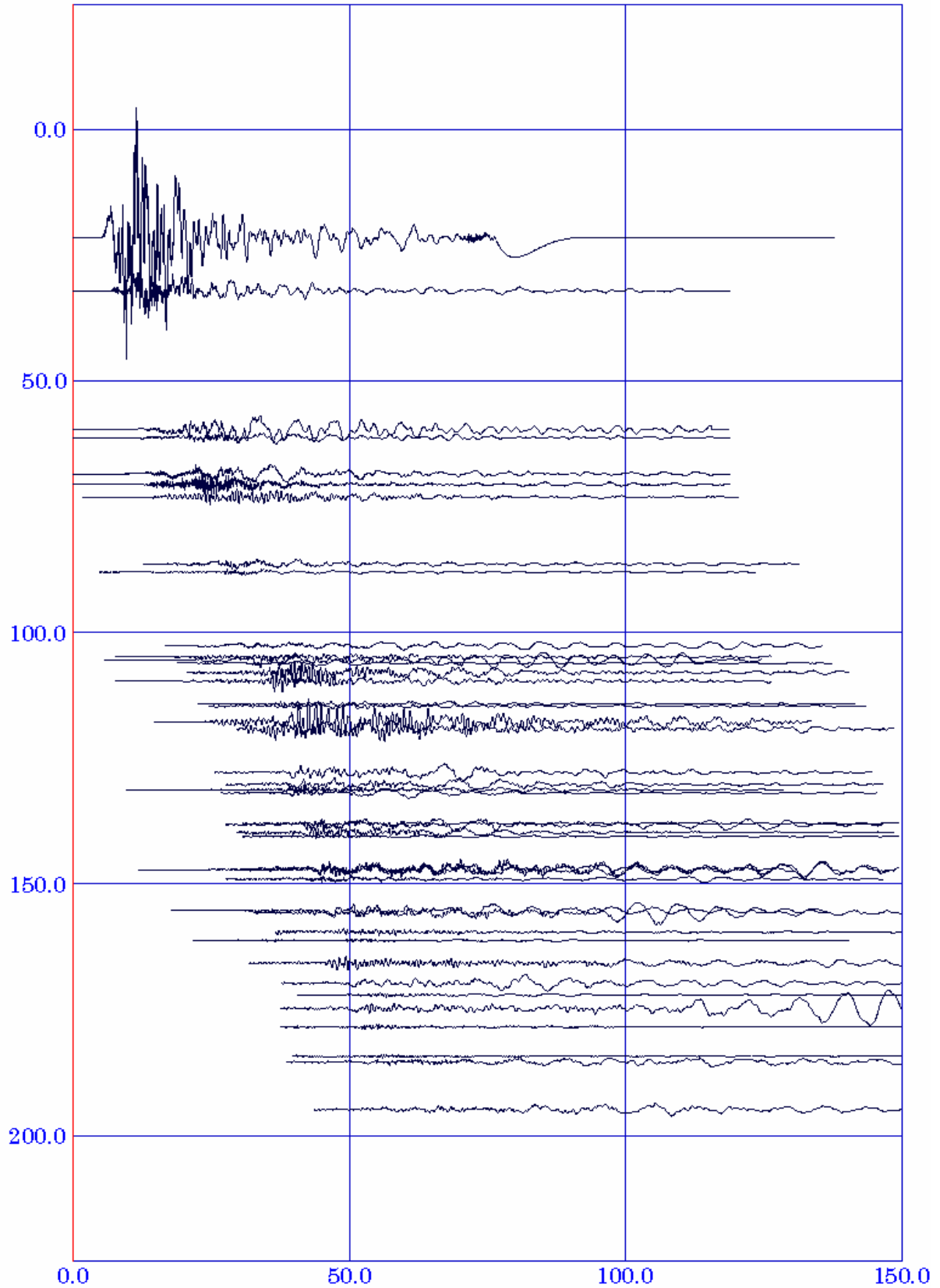


図5 収集された検証用波形データの一例

(d) 結論

既存探査結果および検証用地震観測記録の収集・データベース化を行い、試行的な検証作業を進めたところ、茨城県南西部の地震の記録は表層構造の改良と検証に有効であり、伊豆半島東方、新島・神津島付近などの地震の記録は深部構造の改良と検証に有効であることがわかった。

(e) 引用文献

1) Afnimar, K. Koketsu and M. Komazawa: 3-D structure of the Kanto basin, Japan from joint inversion of refraction and gravity data, IUGG 2003 Scientific Program and Abstracts, SS04/07A/A03-002, 2003.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
Koketsu, K., Afnimar and T. Furumura	3-D modeling of seismic ground motion propagation in the Kanto basin	Japan 23rd IUGG General Assembly	2003年7月7日

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(2-2) S波速度構造モデル

額額一起 (東京大学地震研究所)  
佐藤比呂志 (東京大学地震研究所)  
河村知徳 (東京大学地震研究所)

(a) 業務の要約

房総測線における反射法探査記録を再解析して、当地のS波速度構造を求めた。

(b) 業務の実施方法

自然地震では一般にP波よりS波の方が大きな振幅を与えるので、強震動の解析・予測においてS波速度構造の重要性は高い。しかし、上下動のバイブレータ・受振器を用いた従



来型の地震探査ではS波自体の生成・観測が難しいため、新しいバイブレータの開発や水平動地震計の利用などが進められている。一方、実験地によっては従来型の地震探査であっても明瞭なS波位相が観測される場合もあり、本調査研究の2002年房総測線もその一例となった(図6)。図のS波は構造内部での変換波ではなく震源近傍で発生しているように見えるので、ここではP波と同様の屈折法解析を行った。

房総測線においてバイブロサイス連続発震による屈折波記録は8発震点分が取得されたが、S波屈折波と思われる波群が明瞭に認められたのは、VP797から北側5発震点の記録である。そこで本研究ではこれらの屈折波記録を用いることとした。まずS波屈折波を強調するために振幅補正のテストを行い、AGC 6000msを採用して振幅補正を行った。また、フィルタの検討も併せて行い、4/6 - 15/20 Hz、ミニマムフェーズ、オペレータ長900msのバンドパスフィルタを適用した。次に、振幅補正・フィルタを適用した各発震点の波形記録からP波屈折波、S波屈折波の走時を読み取った。

房総半島の脊梁部を通る測線は屈曲部が多く、バイブロサイス設置の都合上、発震点が測線から離れているところもある。このような場合は、一直線上に発震点・受振点が並んでいることを想定している屈折波解析手法をそのまま適用できない。そのため、直線状の仮想的な測線への投影を以下の簡易的な方法で行った。発震点-受振点間の直線と仮想測線のなす角度を $\theta$ とすると、仮想測線に投影された距離( $X'$ )は実オフセット距離( $X$ )から与える。また、走時( $T$ )は、表層付近の屈折波でオフセット距離が短い場合、インターセプトタイム( $T_0$ )が0と見なせるのでとし、インターセプトタイムが0と見なせないような第2層以下の屈折波については $T' = (T - T_0) \cos \theta + T_0$ として補正を行った。

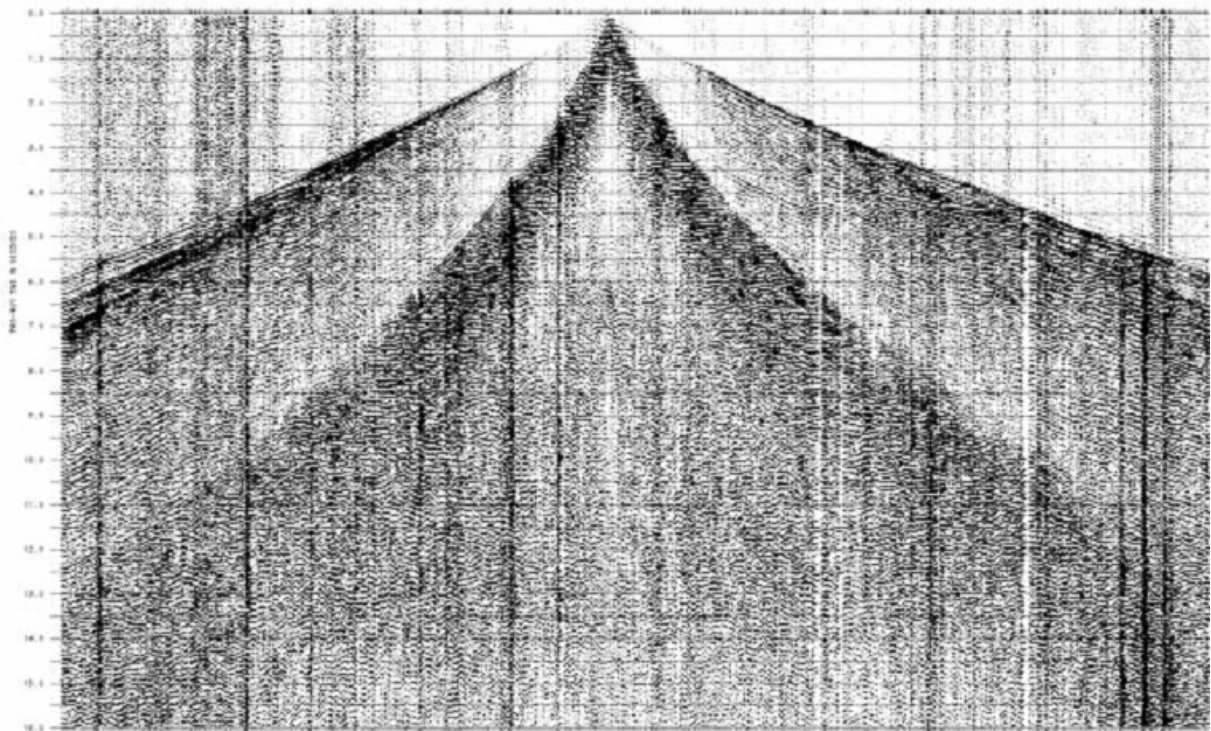


図6 房総測線のバイブレータ連続発振記録の一例

### (c) 業務の成果

S波走時の読み取り精度は初動となるP波に劣るため、まずP波走時をtime term法およびray tracingで解析し成層構造のモデルを得た。続いてS波の走時曲線(図7)から各層のS波速度の初期値を得た。残念ながら基盤からの屈折波は読み取れないので、そのS波速度は3.0 km/sと仮定する。さらにこれら初期値に対してS波ray tracingを実行し、試行錯誤的にS波速度を変化させながら、理論走時が観測走時に一致するような速度構造モデルを決定した。その結果が図8である。

微動探査によるモデル<sup>1)</sup>と比較すると、成層構造の境界面の形状は当然のことながら屈折法P波データによる従来モデル<sup>2), 3)</sup>(瀨瀨, 1995; Afnimar et al., 2003)に近い。一方、上総層群・三浦層群のS波速度は平均で約1.0、1.6 km/sと、山中・山田による結果<sup>1)</sup>に近いものになっている。また、木更津付近より南部で保田層群(Vs 1.8 km/s)が導入されたことは、従来モデルにない特徴である。

S波屈折波が従来型の地震探査で現れやすい条件は経験的に、第四紀堆積層(下総層群、上総層群など)がほぼ水平に分布している地域で、発破震源よりバイブレータ震源の場合といわれている。今回も図6のような明瞭なS波が現れたのは、発震点が堆積層の平行な図8の北側部分に置かれた場合である。一方、図6の発震点の近くで行われた発破のレコードセクションを見ると、直達波などP波の後続位相は明瞭であるが、S波位相をはっきりと識別することはできない。また、地表近くに低速度層があるとさらにS波が現れやすいともいわれるが、この点はもう少し検証の必要がある。

房総測線に続いて行われた相模測線の探査でも、エアガン発震では不明瞭であったが、バイブレータによる場合にはやはりS波を識別することができた。こうした経験を踏まえ、今年度の関東山地東縁測線では、その平野部分に上下動だけでなく水平動の受振器を併せて展開することになった。近年、S波の発震装置を開発する複数の研究が進められているが、われわれにとってはなかなか手に届きづらいものであるし、P波の深部探査に付随して行われなければならないという制約条件を考えれば、受振サイドを手当てするというのが現実的選択と考えている。

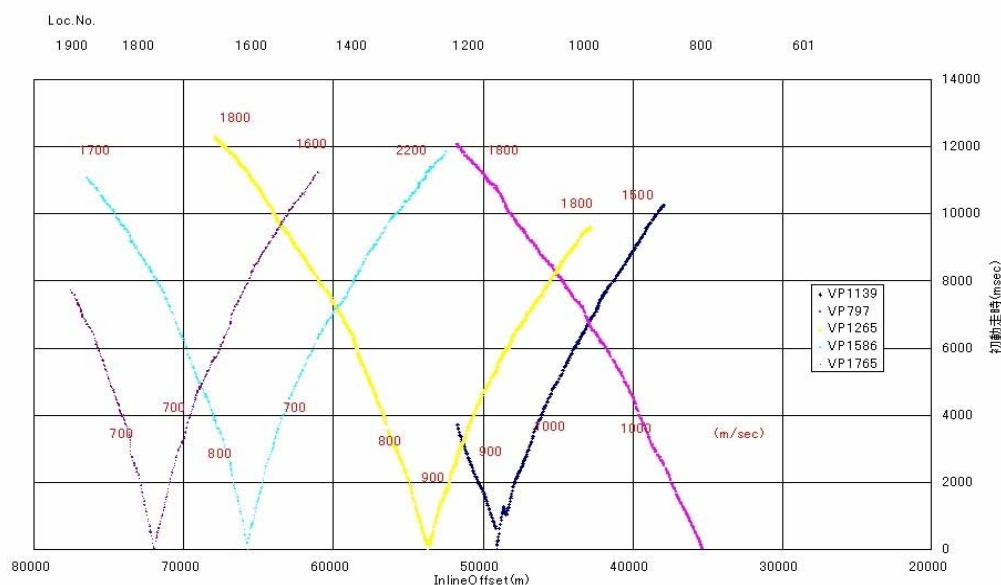


図7 S波屈折波の走時曲線



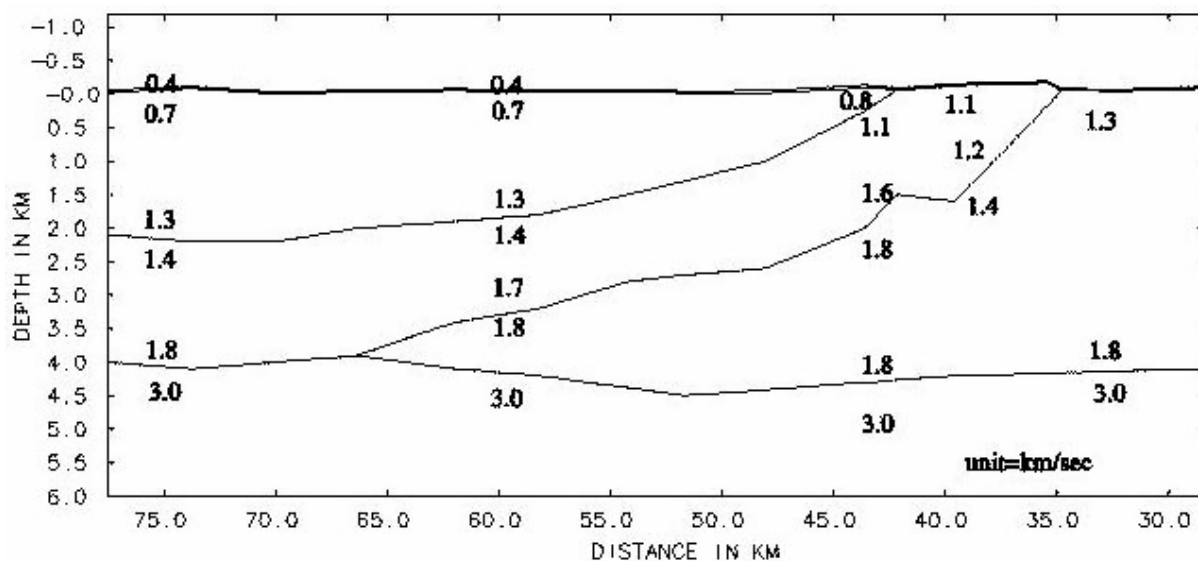


図8 得られたS波速度構造

(d) 結論

房総測線のバイブレータ連続発振記録からS波屈折波の走時を読み取り、それに対して屈折法解析を行って、当地のS波速度構造を得た。また、S波屈折波が従来型の地震探査で現れやすい条件は第四紀堆積層が水平に近く分布している地域で、発破震源よりバイブレータ震源の場合といわれていたが、この経験則がほぼ成り立っていることが確認された。

(e) 引用文献

- 1) 山中浩明・山田伸之：微動アレイ観測による関東平野の三次元S波速度構造モデルの構築，物理探査，vol. 55，pp. 53-66，2003.
- 2) 瀨瀬一起：首都圏の地下構造，物理探査，vol. 48，pp. 504-518，1995.
- 3) Afnimar, K. Koketsu and M. Komazawa: 3-D structure of the Kanto basin, Japan from joint inversion of refraction and gravity data, IUGG 2003 Scientific Program and Abstracts, SS04/07A/A03-002, 2003.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
瀨瀬一起， 佐藤比呂 志，平田 直，野田克 也，井川猛	バイブレータ震源屈折法によるS波速度構造：大大特房総測線の解析	物理探査学会大109回学術講演会	2003年10月16日

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

### (3) 平成16年度業務計画案

地震観測記録による検証を本格的に実施するとともに、房総以外の測線でもS波速度構造の解析を進め、首都圏の三次元地下構造の構築を行う。