

ります。さらに、得られた情報を総合し、地震動シミュレーションによって、断層や盆地構造などの構造変化による地震動への影響について検討をすることが今後の課題です。そのためには、従来の地下構造調査に加えて、他の地域に比べ情報が不足している地域において地下構造調査を実施することが望まれます。

豊橋平野

豊橋平野中央部を南北に横断するP波反射法地震探査を行いました。この地域の基盤深度が予想以上に深く、また、急激に変化している可能性が多く、本年度の調査結果からは、全測線にわたって地震動シミュレーションに必要な情報を得ることはできませんでした。今後は、豊橋平野を東西方向に横断するような地下構造調査を実施し、豊橋平野全域における基盤構造を明らかにし、地震動シミュレーションによって、基盤構造の変化などが地震動に与える影響などについて検討をすることが課題です。

なお、今後新しいデータが得られていくに従い、今回の調査結果の一部が変更されることが考えられます。

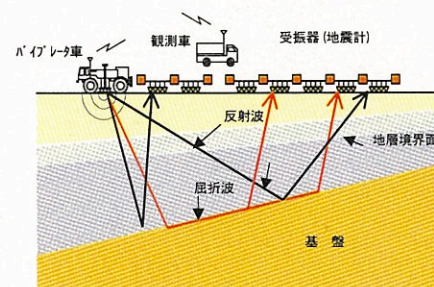
5 探査手法の解説

反射法地震探査

大型の震源車（パイプトラック）で人工的に地面をゆらし、物性の異なる地層境界などで反射して帰ってくる波（右図の黒い線）を調査測線沿いに設置した受振器（地震計）で観測し、地下構造を明らかにする調査法です。利用する波により、P波反射法とS波反射法があります。

P波：岩石中を伝わる地震波の中で、堆積変化を伝え、地震時の最初の小さな揺れに対応します。

S波：ねじれの状態を伝え、地震時のユサユサと横に揺れる大きな振動に対応します。



反射法と屈折法の概念図

屈折法地震探査

屈折波と呼ばれる地下の地層境界に沿って伝わる波（上図の赤い線）が地震計へ到着する時間から、地下構造を調査する手法です。反射法と観測方法はほぼ同じですが、屈折法は反射法に比べて測線長を必要とするため、人工震源のエネルギーを大きくする必要があります。

平成15年3月

平成14年度三河地域堆積平野地下構造調査(概要版)

発行 愛知県

調査 三河地域堆積平野地下構造調査委員会

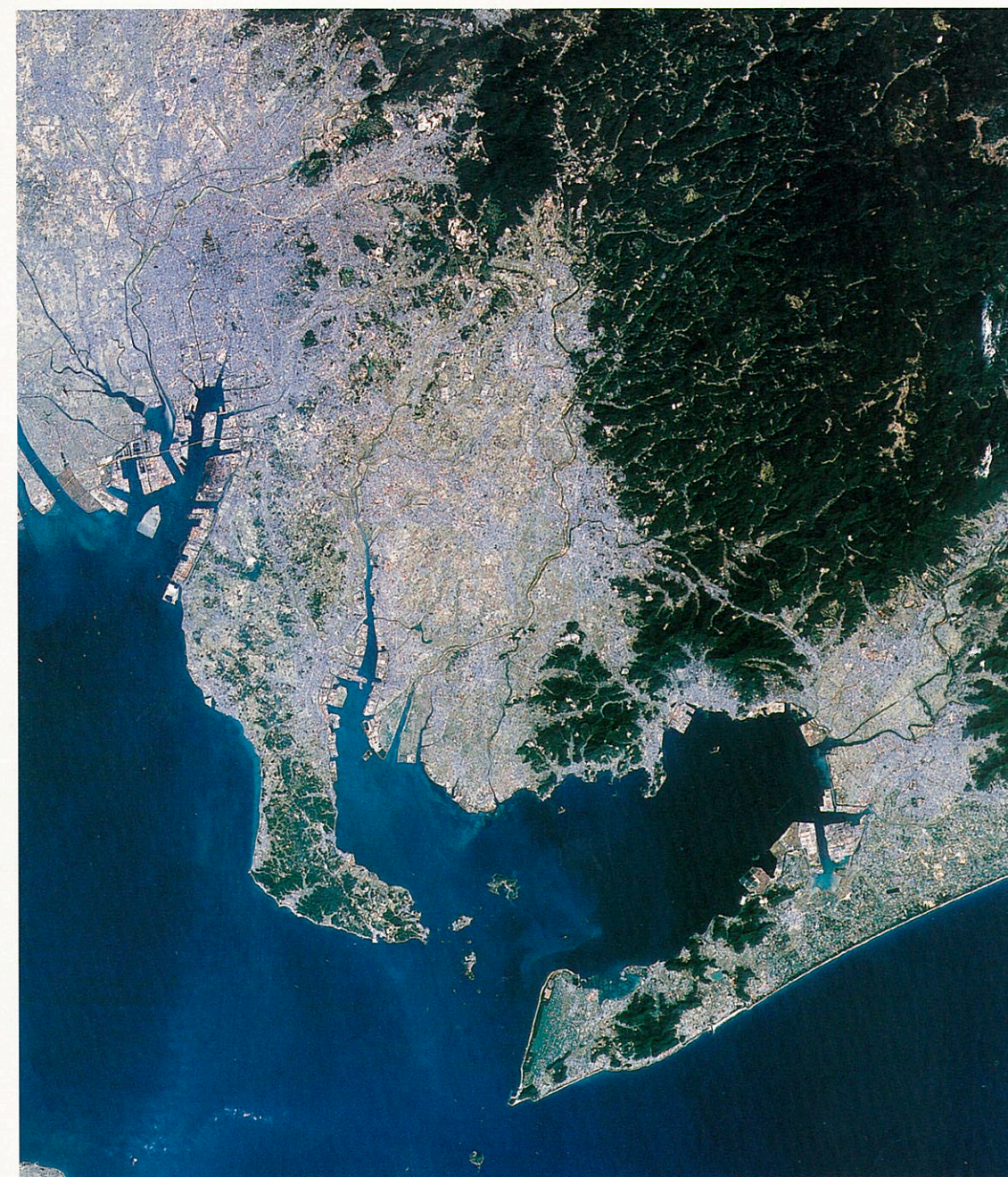
事務局 愛知県県民生活部防災局防災課

名古屋市中区三の丸三丁目1番2号（〒460-8501）

電話 代表 052(961)2111 内線 2509・2510

調査実施機関 株式会社地球科学総合研究所

平成14年度 三河地域堆積平野地下構造調査



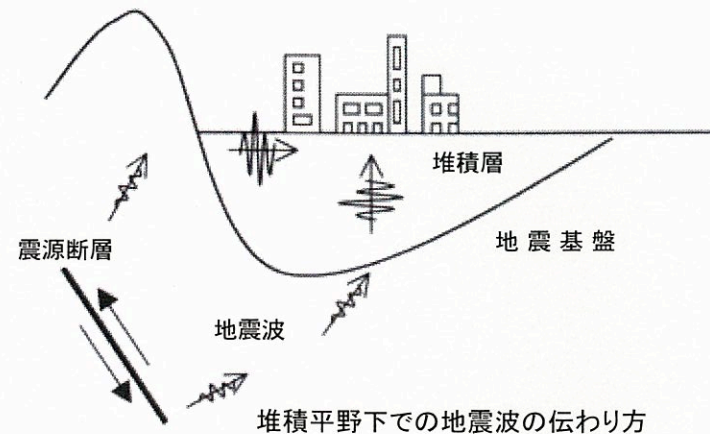
平成15年3月



1 はじめに

1995年に起きた阪神・淡路大震災では、直接的な活断層の動きとは別に「震災の帯」と呼ばれる特定の帯状の場所に被害が集中しました。この「震災の帯」がどうして起きたかという原因としては、地震波が地震基盤

(硬い岩盤)から、その上に厚く堆積した堆積層(柔らかい地盤)中を地表に向けて伝わる過程で増幅されたこと、さらには、六甲山地から大阪湾にかけて地盤が大きく沈みこんでいるため、六甲山地側に回り込み、この埋もれた崖を通して横から堆積層に入ってきた地震波



と、真下から入ってきた地震波とが特定の場所で重なり合ったために、「震災の帯」沿いの地震動が極めて大きくなったことが指摘されています。このように、地震の時の地面の揺れは、地震を発生させる断層(震源断層)の大きさや動き方だけでなく、地震基盤や堆積層の形状、さらには地震波が伝わる速度に大きく影響されます。

愛知県にも、濃尾平野や三河地域の堆積平野(岡崎平野及び豊橋平野)といった大きな堆積平野があります。これらの地域の地震基盤や堆積層の形状及び地震波が伝わる速度などの地下構造や地下の性質を知り、地震発生時の地震動を推定することは、防災上きわめて有益です。このため、愛知県では、文部科学省の地震関係基礎調査交付金を受けて、平成11年度から濃尾平野、平成13年度から三河地域堆積平野の地下構造調査を実施しています。ここでは、平成14年度に実施した三河地域堆積平野地下構造調査の調査結果を取りまとめました。なお、本調査の実施にあたっては、下記の三河地域堆積平野地下構造調査委員会を設置し、その助言、指導を受けながら行いました。

三河地域堆積平野地下構造調査委員会委員(平成14年度)

青木治三 (財)地震予知総合研究振興会 東濃地震科学研究所所長	入倉孝次郎 京都大学防災研究所所長(委員長)
岡田篤正 京都大学大学院理学研究科教授	海津正倫 名古屋大学大学院環境学研究科教授
工藤一嘉 東京大学地震研究所助教授	河邑 眞 豊橋技術科学大学工学部教授
鈴木康弘 愛知県立大学情報科学部助教授	澤田義博 名古屋大学大学院工学研究科教授
福和伸夫 名古屋大学大学院環境学研究科教授	平原和朗 名古屋大学大学院環境学研究科教授
横倉隆伸 産業技術総合研究所地球科学情報 研究部門地殻構造研究グループ長	牧野内猛 名城大学理工学部教授
	正木和明 愛知工業大学土木工学科教授

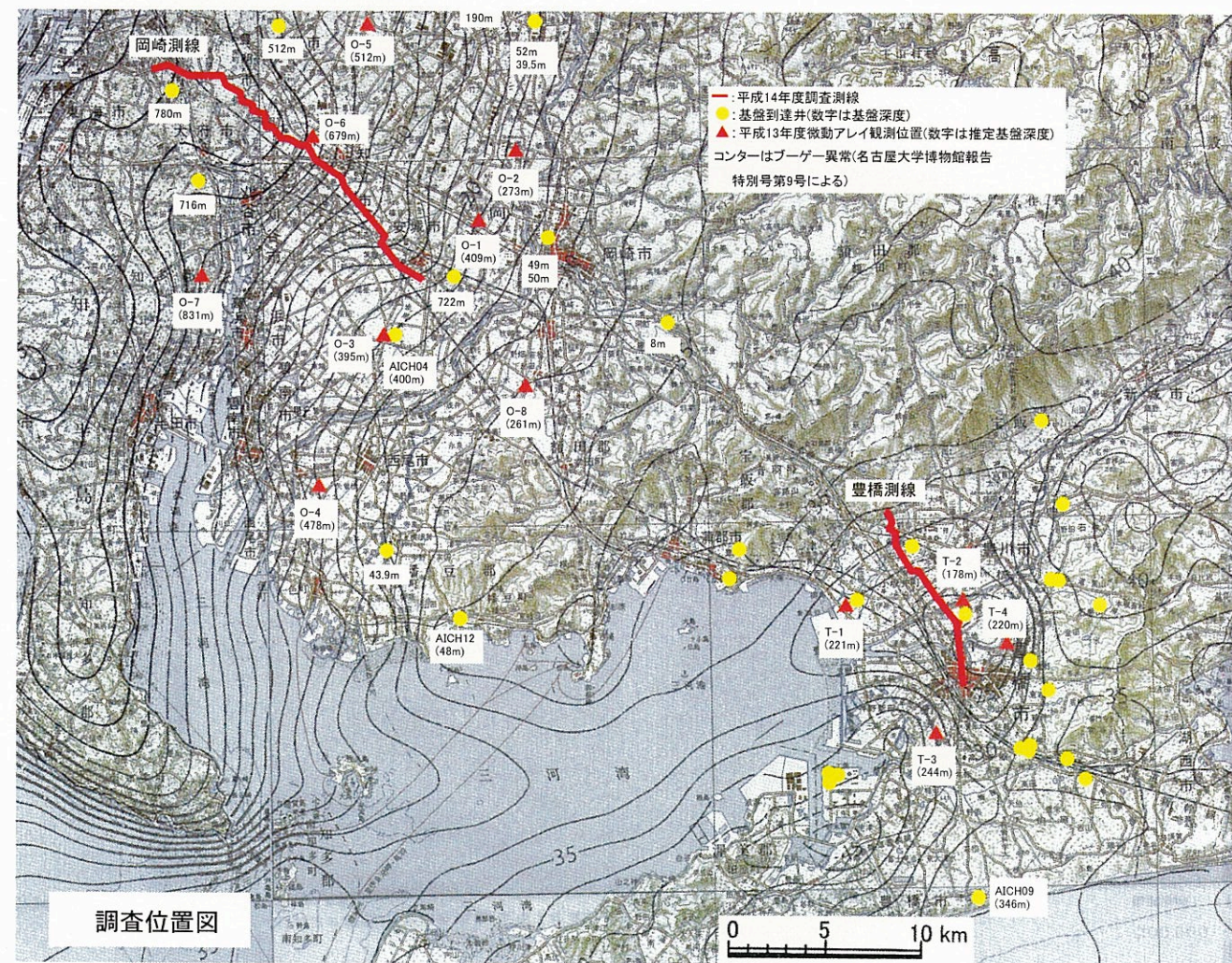
(表紙の写真は三河地域の堆積平野とその周辺のランドサット合成衛星画像)

2 平成13年度調査の概要と結果

平成13年度には、三河地域堆積平野(岡崎平野及び豊橋平野)の地質概要を把握するために、既存資料の収集・整理・分析を行いました。また、大まかな基盤¹深度構造と基盤のS波速度を得るために、岡崎平野8地点、豊橋平野4地点の合計12地点において微動アレイ探査²を実施しました。これらの結果を用いて三次元地下構造モデルを推定しました。

平成13年度調査結果の概要

- 地震波速度や地質の分布から、三河地域の地下構造は、基盤層を含めて大まかに6層に分けられます。
- 堆積層のS波速度は0.1~2.5km/secであり、基盤岩のS波速度は、岡崎平野で3.0~3.3km/sec、豊橋平野で3.2~3.6km/secです。
- 岡崎平野の基盤の深さは、概して東から西に向けて深くなり、最も深いところで0.8km程度です。豊橋平野の基盤の深度は、全般に浅く、最大で0.5km程度です。



¹ 地下の硬い地盤のこと。ここでは、P波速度5km/sec、S波速度3km/sec程度の岩盤を指します。この基盤を地震基盤と呼んでいます。

² 交通や工場などのノイズや波浪の影響によって地面が起こす人体に感じない程度の小さな揺れ(微動)を地震計で観測することにより、地盤のS波構造を推定する調査手法です。

3 平成14年度調査の概要と結果

平成14年度には、基盤岩の形状及びその上の堆積層の形状と地震波の伝わる速さを明らかにするために、岡崎平野及び豊橋平野において、P波反射法・屈折法地震探査、S波反射法地震探査を実施しました。結果の概要は以下の通りです。

岡崎平野

(1) P波反射法地震探査

岡崎平野を南東-北西に横断する約18kmの測線上(安城市から名古屋市緑区に至る区間)で、大型パイプレータ2台を用いて、P波反射法地震探査を実施しました。図1に示す反射法深度断面図から以下のことが判りました。

1) 基盤上面の形状

基盤上面(図1中の赤線)は比較的凹凸に富み、大府市北崎町付近(I)より東では全体的に東上がりです。基盤上面の深度は、測線の東端付近(安城市横山町)で深度550mであり、大府市北崎町付近では約1000mに達します。また、安城市二本木新町付近~知立市弘法町付近(II)に基盤の高まりが認められます。大府市北崎町より西側は、基盤上面深度は若干不鮮明ですが、西に上がっています。

2) 堆積層の構造

基盤岩の上に堆積している堆積層は、基盤上面と同様に、全体に東上がりですが、大府市北崎町(I)、大府市共和町付近(III)でその傾きが変化しています。この部分では基盤構造にも食い違いが認められます。これらの位置は、それぞれ、高根山撓曲(I)及び大高-高浜断層(III)対応していると考えられます。基盤岩の高まりが認められる安城市二本木新町付近~知立市弘法長付近(II)には堆積層構造の変化は認められません。

3) 堆積層のP波速度

反射法データの処理過程で行われる反射法速度解析の結果、堆積層のP波速度は深度と共に1.6km/secから3.0km/secまで漸増していることがわかりました。

(2) P波屈折法地震探査

反射法地震探査の受振器展開を利用して大型パイプレータを用いたP波屈折法地震探査を反射法とほぼ同じ区間で実施しました。基盤からの屈折波は、発震点からの距離約1km~6kmの間で確認されています(図2)。これらの屈折波の到達時間(走時)から、速度構造モデルを推定しました。この結果は、反射法によるP波速度構造モデルとほぼ一致した速度を示しており、さらに反射法では求めるのが難しい基盤のP波速度が約5.5km/secと推定されました。

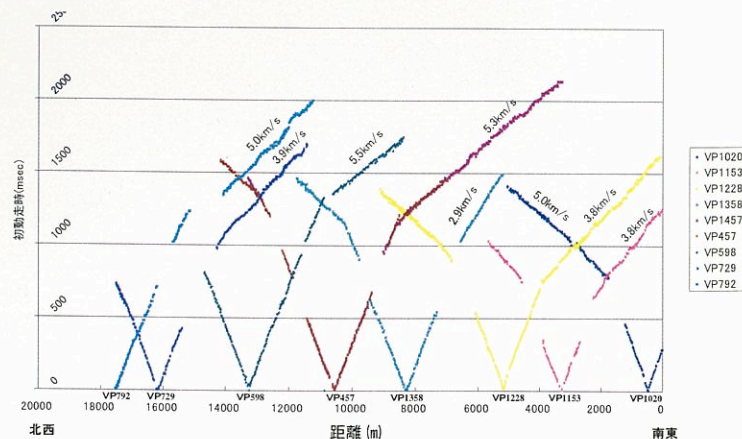


図2 岡崎平野屈折記録の初動走時

測線は屈折しているため仮想測線に投影して表示した。数字は基盤から考えられる屈折波の見かけ速度。

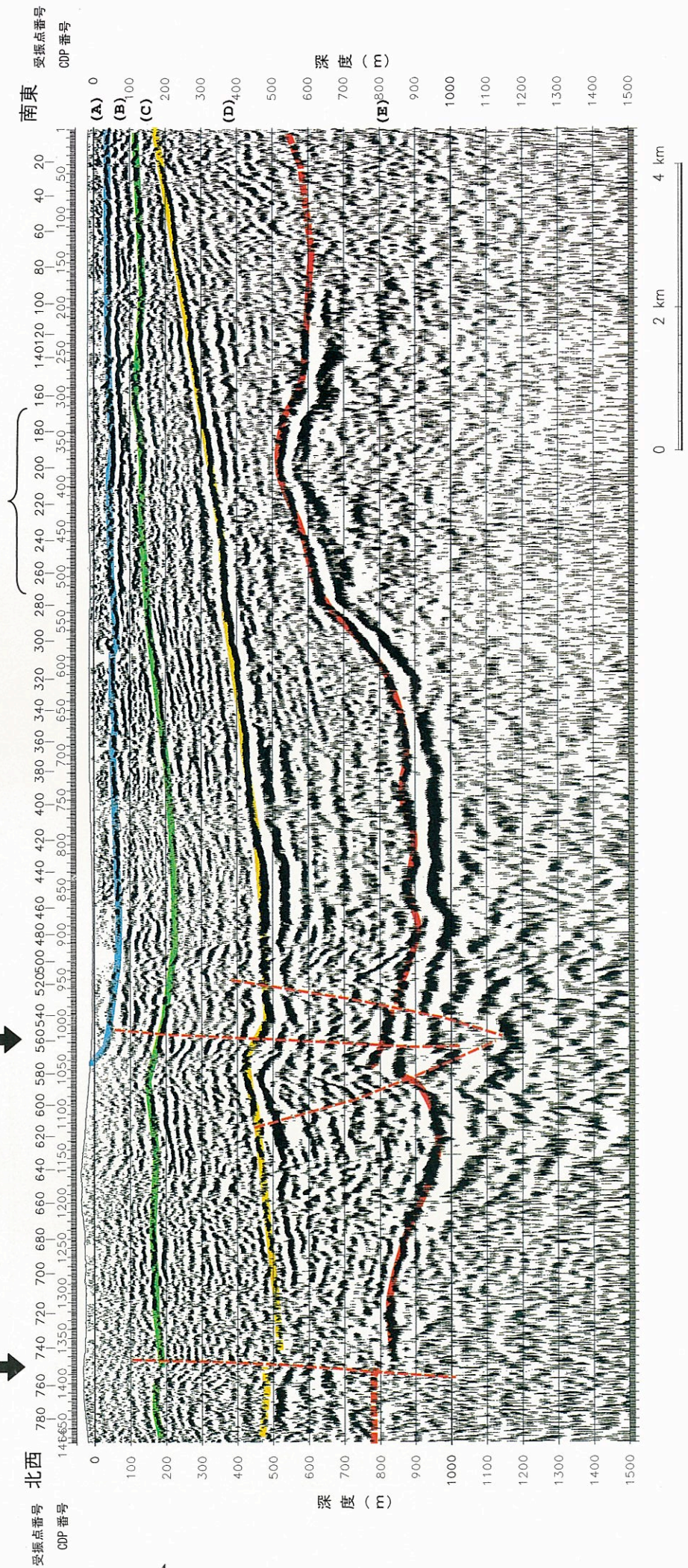
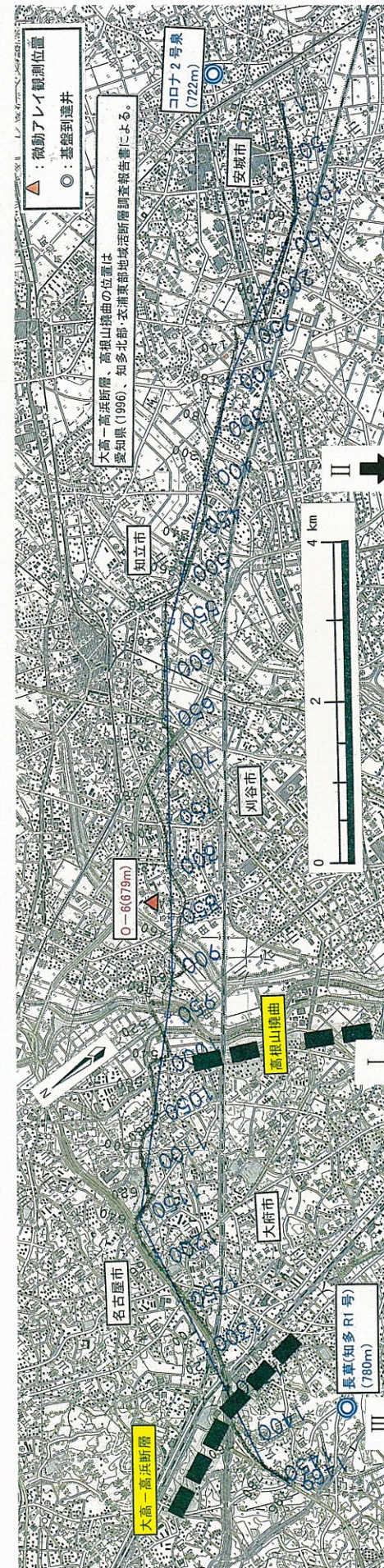
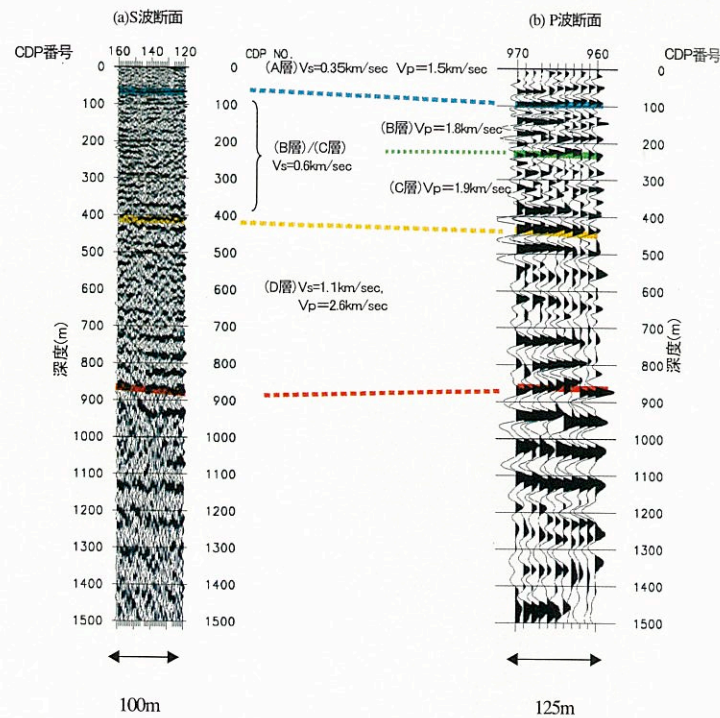


図1 岡崎平野P波反射法深度記録断面図(縦:横=5:1)

(3) S波反射法地震探査

大府市北崎町において測線長約750mの区間で、ミニパイプを震源とするS波反射法地震探査を実施しました。S波反射法で得られた深度記録と、その近傍で得られているP波反射法の深度記録を図3に示します。岡崎平野においては、深度900m弱の基盤近傍までのS波速度構造が得られましたが、B層とC層の速度の分離が出来なかったため、これらは1層として扱いました。



S波断面：水平方向に発震し、水平方向の地震計で受振。
P波断面：垂直方向に発震し、垂直方向の地震計で受振。

図3 岡崎平野P波・S波深度断面比較図

(4) 総合解析

各調査手法で得られた結果を総合的に解析し、岡崎平野の三次元的な速度構造モデルの構築に向けて以下の検討を行いました。

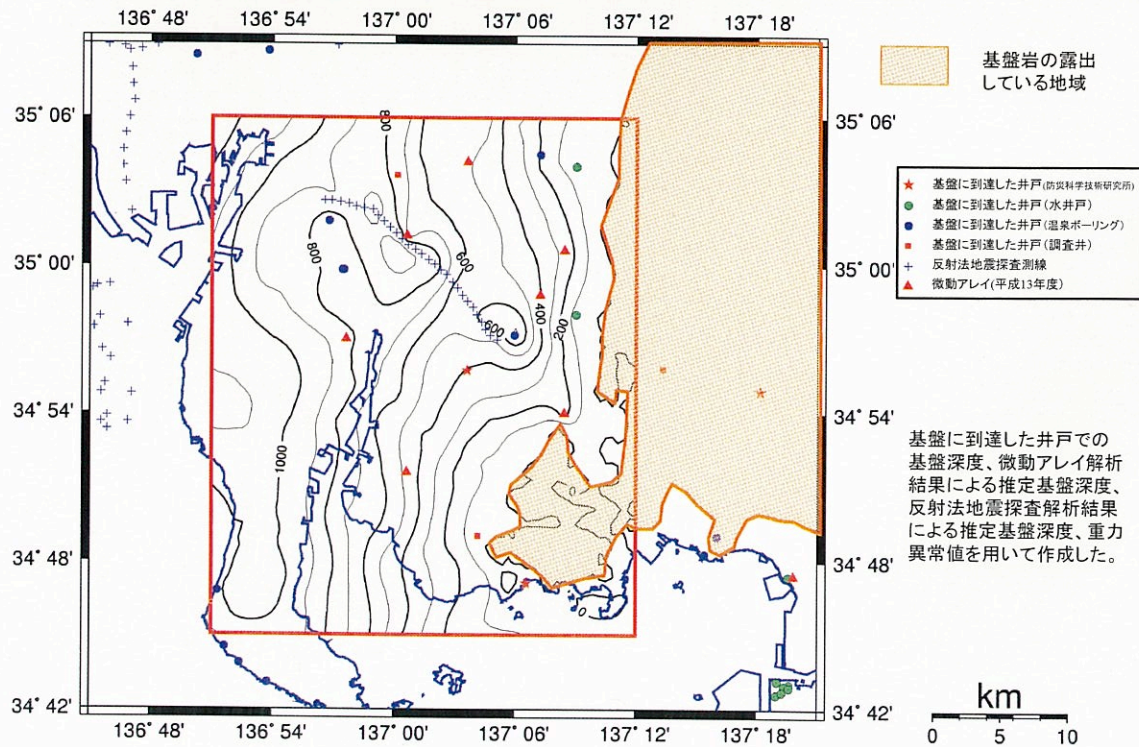


図4 岡崎平野における基盤上面推定深度コンター図

- 基盤到達井、反射法、微動アレイ、重力異常値から基盤上面の三次元的形状を推定しました。

この結果を図4に示します。

さらに、参考的に堆積層中の主要な境界面(1面)の三次元的な深度構造についても推定しました。

- 比較的データ取得が容易であり、信頼性の高いP波速度からS波速度を推定する手法について検討を行いました。図5には、今年度実施したP波反射法及びS波反射法から得られたP波速度及びS波速度(●)と防災科学技術研究所の安城観測井で実施したPS検層によって得られたP波速度及びS波速度(■)をクロスプロットした結果です。この図から、岡崎平野においては、P波速度とS波速度の間には一定の関係があることが確認されました(図5の青い点線)。
- 上記の関係をを用いて、今年度のP波反射法で得られたP波速度からS波速度を推定し、今年度の調査測線に沿った詳細なP波及びS波速度構造を推定しました(図6)。

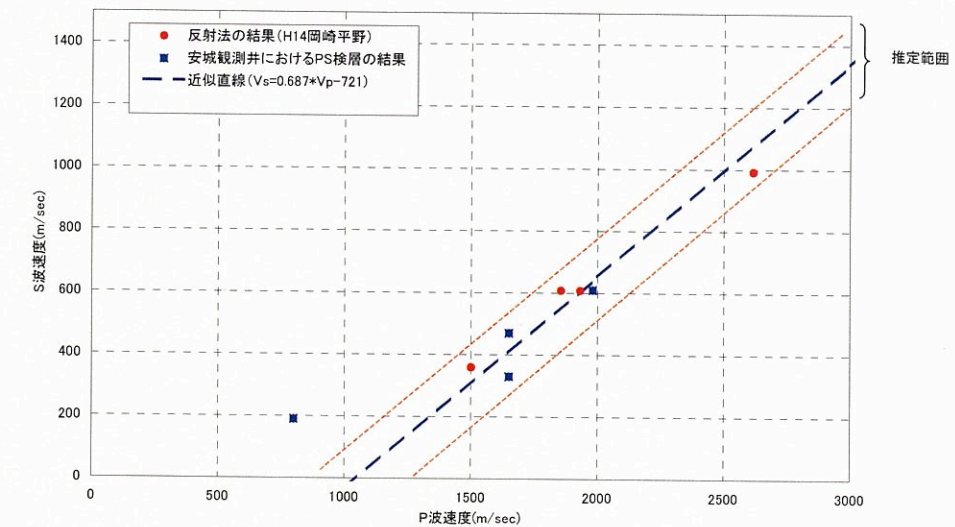
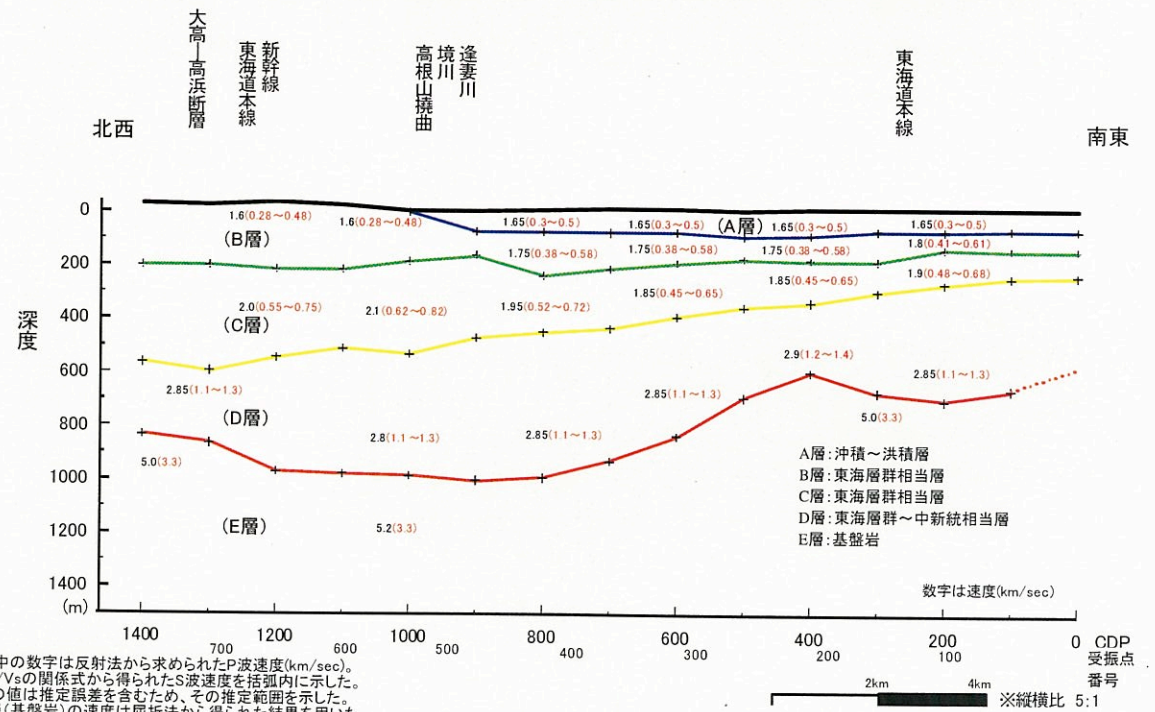


図5 岡崎平野におけるP波速度(Vp)とS波速度(Vs)の関係



図中の数字は反射法から求められたP波速度(km/sec)。Vp/Vsの関係式から得られたS波速度を括弧内に示した。この値は推定誤差を含み、その推定範囲を示した。E層(基盤岩)の速度は屈折法から得られた結果を用いた。E層のS波速度は安城観測井のPS検層の結果を用いた。

図6 岡崎平野P波反射法測線にそったP波及びS波速度構造図

豊橋平野

(1) P波反射法地震探査

豊橋平野中央部を南東-北西方向に横断する約11kmの測線上(豊橋市から豊川市に至る)で大型バイブレータ1台を用いて、P波反射法地震探査を実施しました。図7に示す深度断面図から以下のことが判りました。

1) 基盤上面の形状

小坂井町宿(I)より北側では、基盤上面(図7中の赤線)は北に向かって上がっています。基盤の上面の深度は、小坂井町宿付近で100m程度であり、測線の北端付近(豊川市野口町)では20m程度です。小坂井町宿付近より南側では、基盤上面からの反射波は不明瞭ですが、南に向かって急激に深くなっている可能性があります。

2) 堆積層の構造

明瞭な反射が得られている深度200m付近までの堆積層(図7に示したA層~C層)はほぼ水平ないし、深部になるにつれてやや北上がりを示しています。なお、本測線中央付近に存在すると推定される中央構造線の存在を示唆する大きな構造変化は見られませんでした。

3) 堆積層のP波速度

反射法速度解析の結果、A層~C層までの堆積層のP波速度は深度と共に1.6km/sec~2.2km/secまで漸増していることがわかりました。

(2) P波屈折法地震探査

反射法地震探査の受振器展開を利用して大型バイブレータを用いたP波屈折法地震探査を反射法とほぼ同じ区間で実施しました。

図8-1に示した屈折波の到達時間(初動走時)を基に、屈折法から考えら得る速度構造を2種類推定しました(図8-2及び図8-3)。A層~C層については、両モデル共に反射法の結果と良く似た結果が得られました。また、どちらのモデルも、測線南側の深度200m程度の層(D層)上面のP波速度は3km/sec前後であり、この層が基盤岩には相当しないことを示しています。今後さらに調査を続けることによって、測線南側の深部構造を明らかにする必要があります。

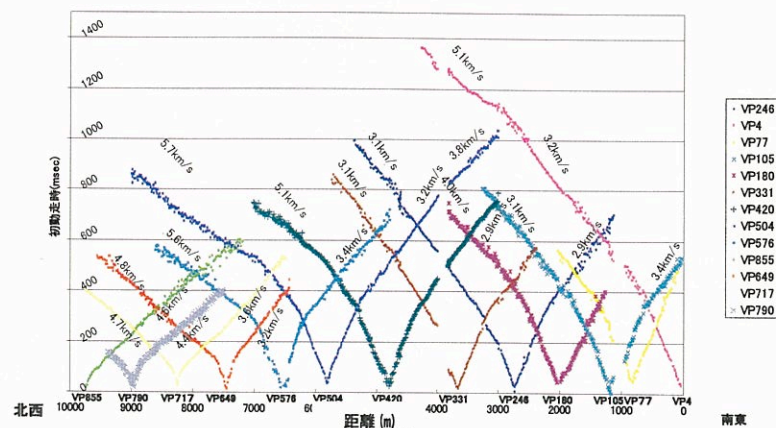


図8-1 豊橋平野屈折記録の初動走時

測線が屈曲しているため仮想測線に投影して表示した。数字は基盤から考えられる屈折波の見かけ速度。

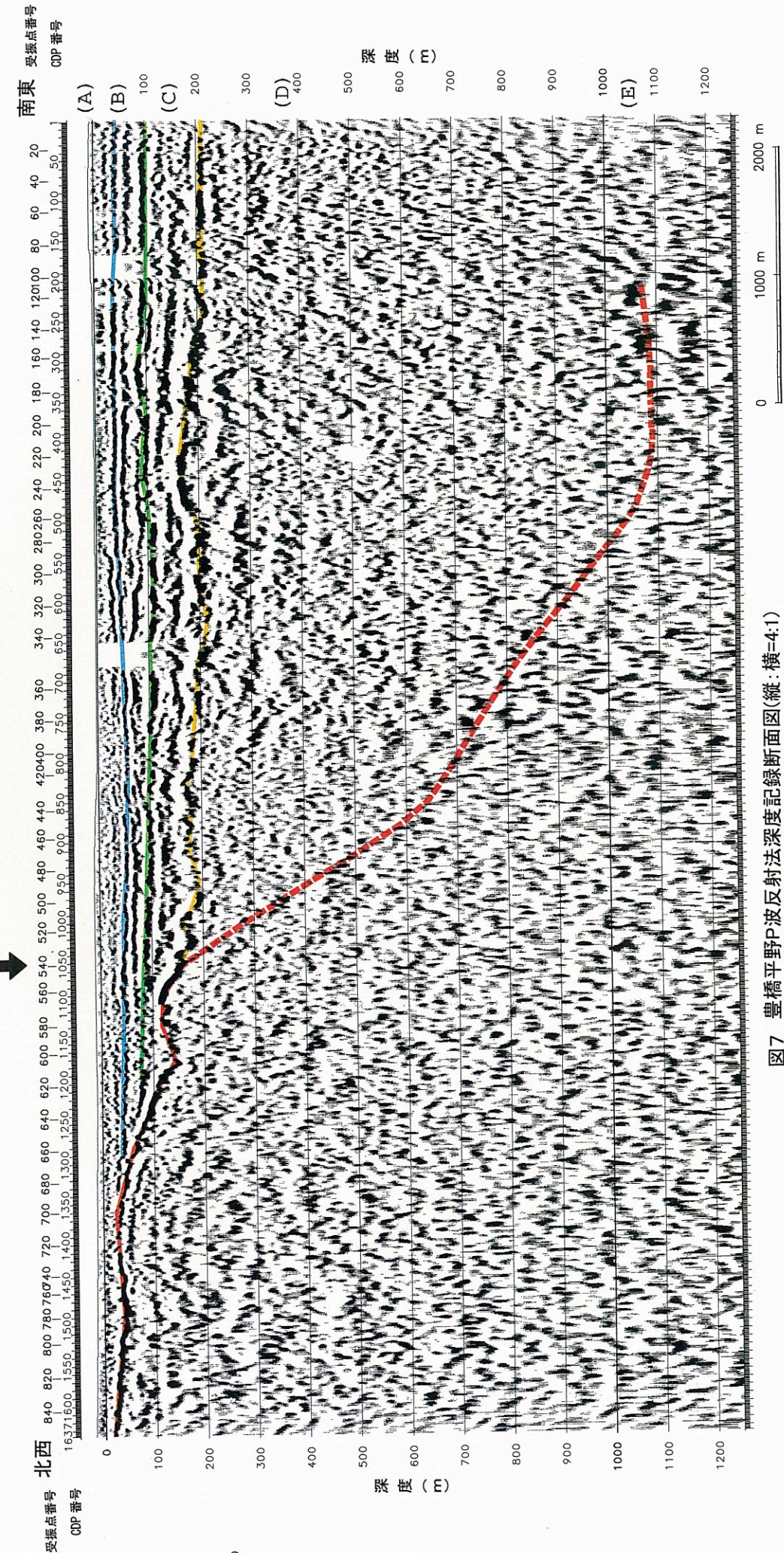
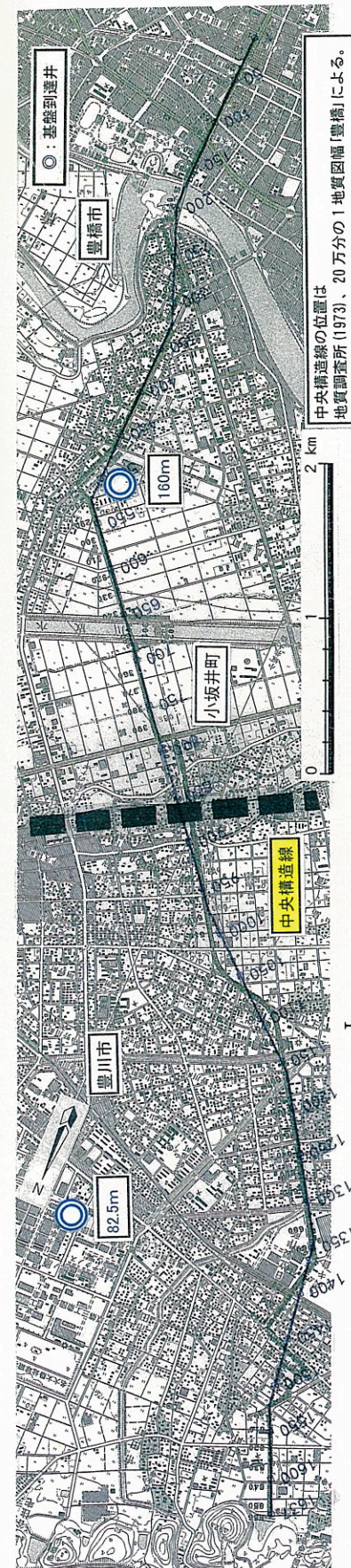


図7 豊橋平野P波反射法深度記録断面図(縦:横=4:1)

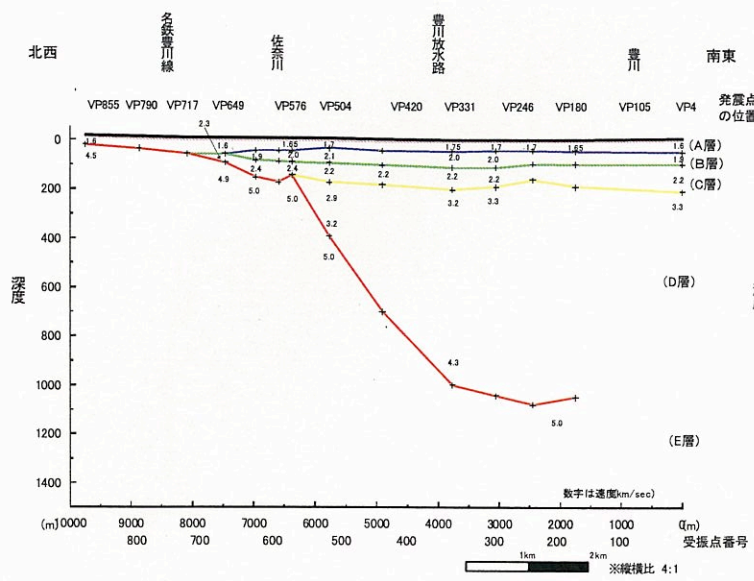


図8-2 豊橋平野屈折法による速度構造モデルⅠ

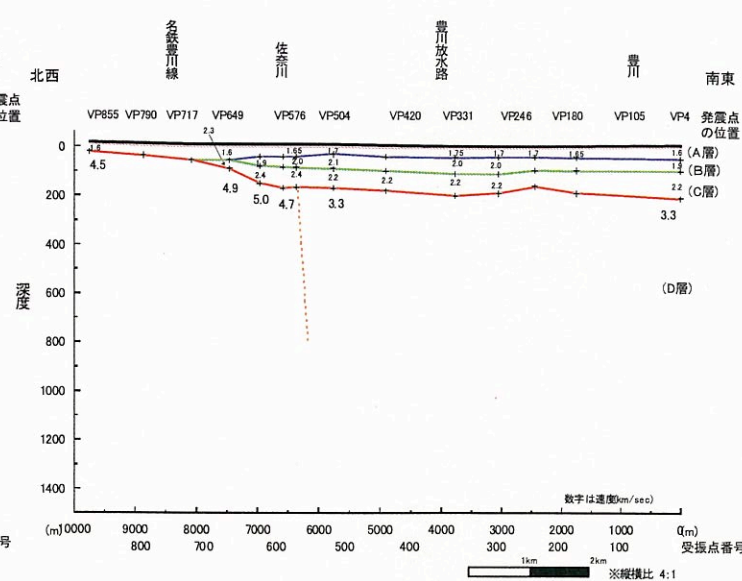
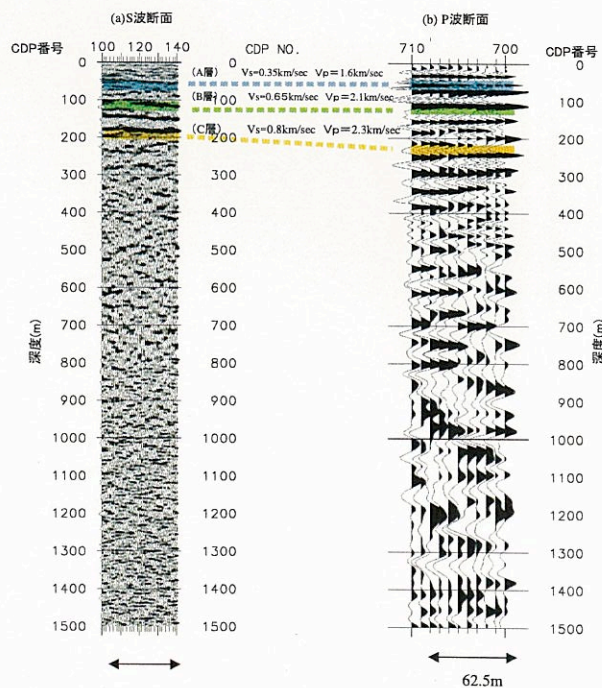


図8-3 豊橋平野屈折法による速度構造モデルⅡ

(3) S波反射法地震探査

豊橋市長山町において測線長約750mの区間で、ミニバイプレータを震源とするS波反射法地震探査を実施しました。S波反射法で得られた深度記録と、その近傍で得られているP波反射法の深度記録を図9に示します。深度200m弱のC層までのS波速度構造が得られました。C層までのS波速度は0.35~0.8km/secを示しています。



S波断面：水平方向に発震し、水平方向の地震計で受振。
P波断面：垂直方向に発震し、垂直方向の地震計で受振。
図9 豊橋平野P波・S波深度断面比較図

(4) 総合解析

各調査手法で得られた結果を総合的に解析し、豊橋平野の三次元的な速度構造モデルの構築に向けて以下の検討を行いました。

・ 今年度実施したP波反射法地震探査及びS波反射法地震探査から得られたP波速度及びS波速度をクロスプロットし(図10の●)、豊橋平野においては、P波速度とS波速度の間に一定の関係があることを確認しました(図10の青い点線)。この関係を用いて本年度のP波反射法で得られたP波速度からS波速度を推定し、本年度調査測線に沿った詳細なP波速度構造及びS波速度構造を推定しました(図11)。ただし、測線南側の深部構造については、いまだ不明な点が多いため、基盤深度構造図の推定はできていません。

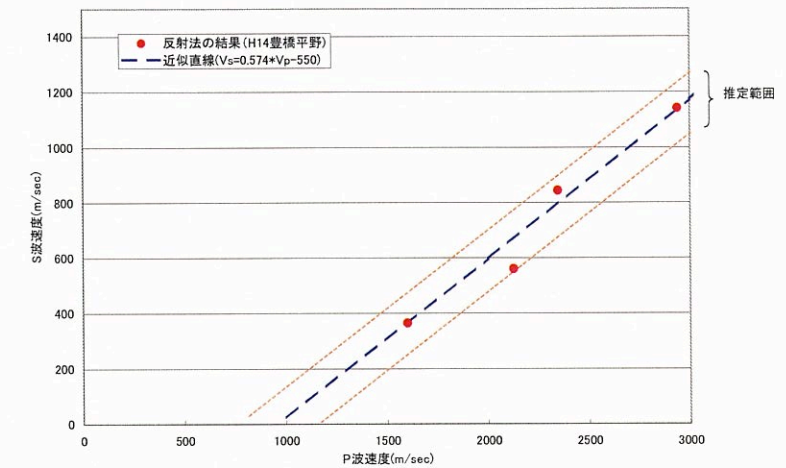


図10 豊橋平野におけるP波速度(Vp)とS波速度(Vs)の関係

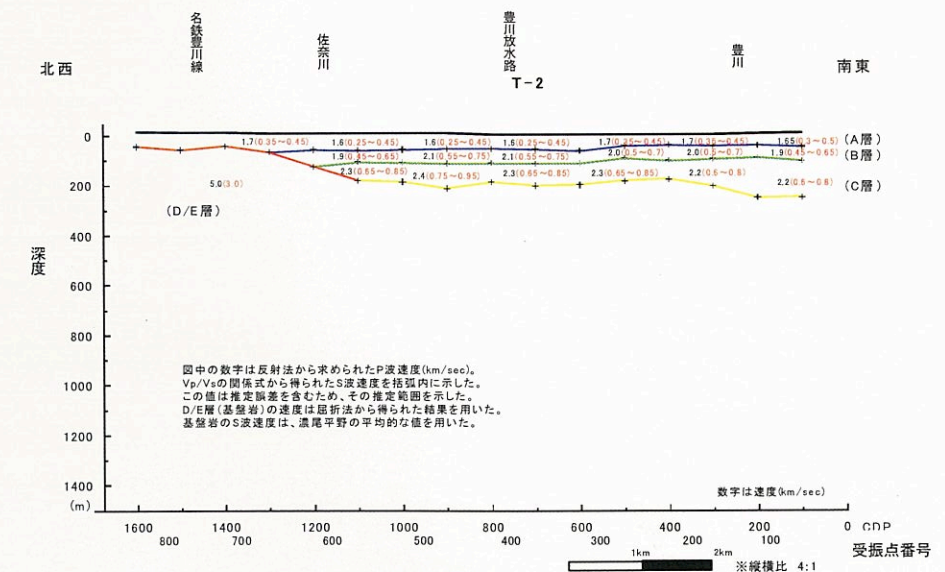


図11 豊橋平野P波測線に沿ったP波及びS波速度構造図

4 まとめと今後の課題

岡崎平野

岡崎平野の中央部を南西-北東方向に横断するP波反射法地震探査の結果と既存資料によって岡崎平野地下構造の概略が明らかになりました。しかし、これまで得られた情報全てを総合しても、地震動シミュレーションに必要な精密で平野全体をカバーする堆積層中の速度構造を得るまでには至っていません。岡崎平野全域における地震動を推定するためには、さらに精度の高い情報を加えることによって平野全域における三次元的な地下構造把握の高精度化を図る必要があ