

d) 地質学的解釈

バイブロサイスの稠密発震によってデータ取得を行った足柄平野の区間については、空間分解能の高い反射断面が得られている(図 28)。この測線の北部には、平成 15 年度に本プロジェクトで防災科学技術研究所が掘削した山北観測井が位置しており、地下地質を解釈する上で基本的な資料となっている。図 49 に、山北観測井の地質層序⁸⁾と屈折法によって得られている速度構造を、バイブロサイス稠密発震足柄区間の反射法深度変換断面に重ねて表示した。山北観測井においては、2km までの掘削が行われ、下位より白浜層群に相当する珪長質ないし安山岩質火山岩・火山砕屑岩、ほぼ足柄層群の堆積年代に相当する安山岩・同質火山砕屑岩、箱根火山古期外輪山期溶岩などの層序が明らかにされている⁸⁾。これらの層序と、屈折法から明らかにされている P 波速度は相関を示し、足柄平野の主部においては、第三系の白浜層群はほぼ 4.3km/s に、箱根火山古期外輪山期溶岩は 3km/s 層に、その上位に重なる足柄平野を充填する新期堆積層は、2.2km/s 層に相当する。屈折法から明らかになった速度構造と、反射層のパターンから地質学的な解釈をおこなったのが、図 50 である。

断面北部の断層は、北側の足柄層群と南側の箱根火山噴出物を隔てるもので、地層の分布⁷⁾と反射層のパターンから低角度の断層が推定される。その南側の断層は、その北側で北傾斜の反射層が卓越し、南側ではほぼ水平な反射層が卓越するパターンの変化から推定される。類似の反射層のパターンの変化は、測線東方の松田北断層近傍で見られる⁹⁾。推定した断層は、構造形態の類似性から松田北断層の西方延長である可能性が大きい。

小田原-山梨測線の主要な目的は、微小地震の分布などからは不明瞭なフィリピン海プレートの形状について、制御震源を用いて明らかにすることであった。広角反射法重合処理断面(図 46)において、測線中央部の往復走時 8 秒から測線北端の 14 秒付近まで、北傾斜の明瞭な反射波群が認識できる。この反射波群は単独の反射イベントではなく、往復走時で 1 秒程度の幅をもつ明瞭な反射波の波群を構成している。この明瞭な北傾斜の深部反射波群は都留市の発破点 SP10D より北方で顕著である。それ以南の丹沢山地下では、北傾斜の弱い反射層は見られるものの連続性に乏しい。全体のトレンドからは、この北傾斜の反射波群は、丹沢山地南端の往復走時 3-5 秒に見られる北傾斜の反射層に連なるように見える。丹沢山地・御坂山地の区間(SP7D-SP14V)においては、主として地殻上部に相当する往復走時 6 秒程度より浅い領域では、北傾斜の反射イベントと南傾斜の反射イベントが交錯したパターンを示している。重合断面図においては、甲府盆地下の往復走時 6-12 秒程度までは、ほぼ水平な反射層が卓越している。

重合後時間マイグレーション断面(図 47)では、より整理された反射断面を見ることができる。測線北部での深部北傾斜の反射波群の存在は変わらないが、甲府盆地下の往復走時 14 秒付近の反射波群はマイグレーション処理の結果、甲府盆地の南方の御坂山地下の 12-13 秒程度に移動している。甲府盆地からその北方では、8 秒から 13 秒までやや連続性の良好な水平なイベントが卓越する。本州弧の地殻下部からの反射層と解釈されるが、モホ面の位置に関してはよく分からない。大陸地殻では一般に下部地殻で反射層が卓越し、マントルでは反射層は少ない。こうした点から判断すると地殻の厚さは 35km を越える可能性がある。

地震活動と北傾斜の深部反射波群が見られる領域の空間配置には、相関が認められる(図 49)。フィリピン海プレート上面と解釈される深部反射波群の浅部延長では、深さ 30km 付近まで地震活動が活発である。この地震活動は、通常の内陸の地震発生領域よりは深く、下部地殻の深さに及んでいることから、フィリピン海プレートの沈み込みに伴って発生しているものと解釈できる。地震活動がなくなる領域の下方延長で、強い反射波群が出現する現象については、今後、温度や岩石中の水の挙動について物性

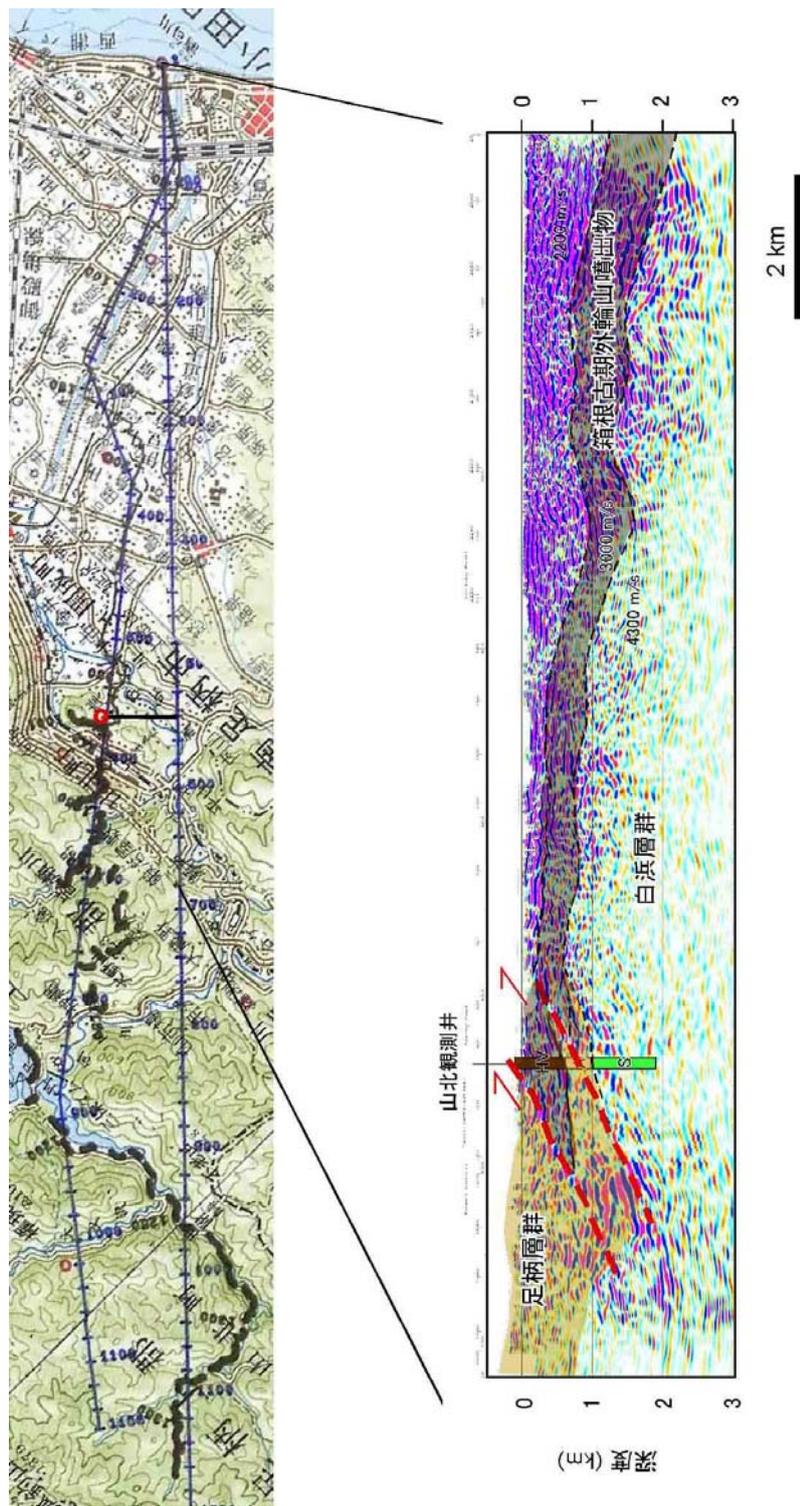


図50 足柄バイプロサイス稠密発震区間の反射法地震探査断面の地質学的解釈(赤破線: 推定断層)。

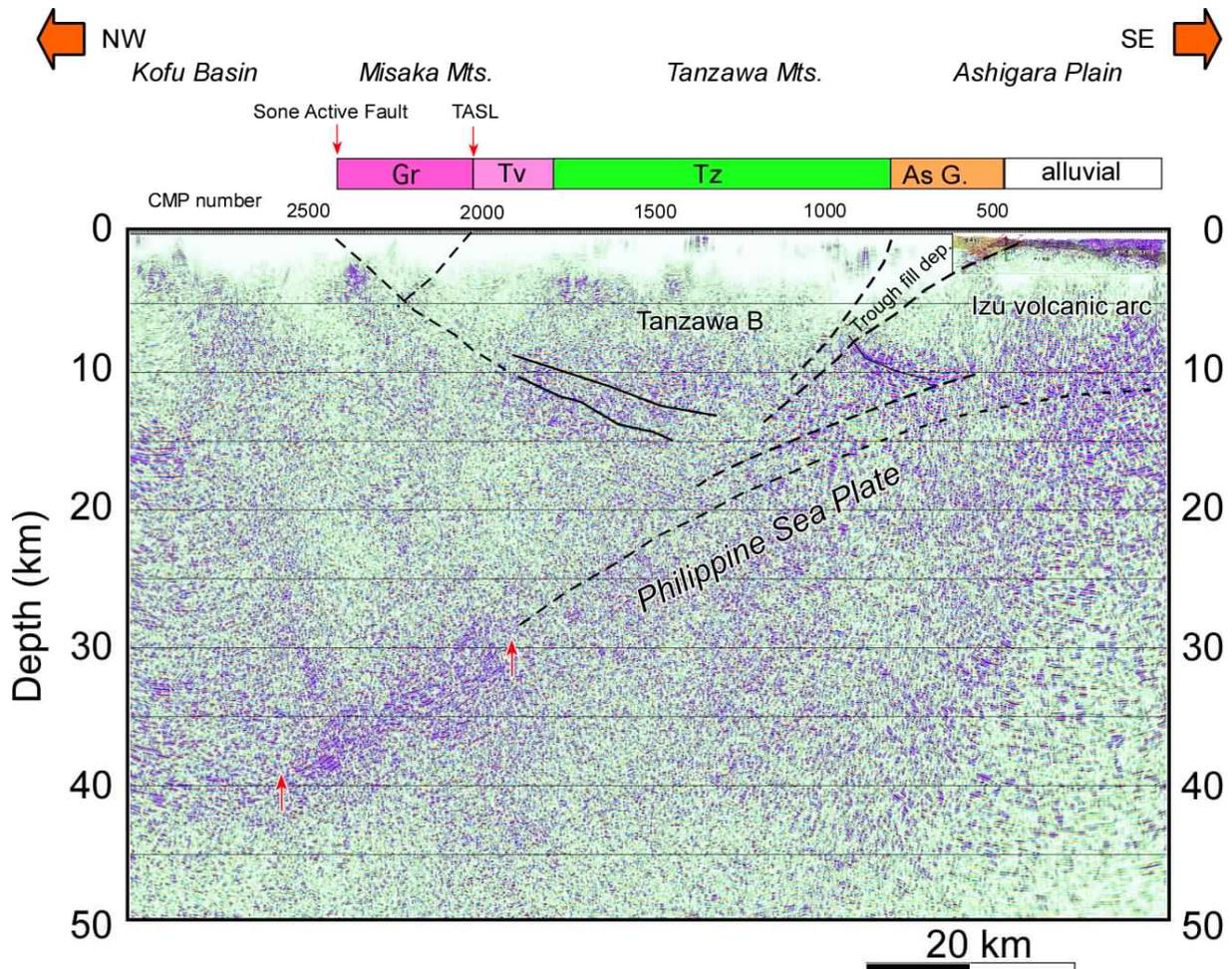


図 50 小田原—甲府測線の地質学的解釈

的な検討が必要である。平成 15 年に本プロジェクトで実施した東京湾縦断測線において、1923 年の関東地震の際に大きく滑った領域の下方延長のプレート境界で、強い反射を示すことが明らかになっている¹⁾。小田原—甲府測線で見られる地震活動の活発な領域の下方延長のプレート境界で、明瞭な反射波群を示す事実も、共通した現象の現れであろう。

地質学的な知見によれば、甲府盆地の南方に位置する御坂山地・丹沢山地を構成する地殻は、伊豆—小笠原弧に由来するもので、中期中新世以降本州弧に接合したと考えられている¹⁰⁾。とくに御坂山地・丹沢山地を構成する地表に露出する岩石は、島弧地殻上部を構成するもので、地殻中部でのデタッチメントにより、本州側の島弧地殻にスタックしていると推定されている¹¹⁾。こうした地質学的な背景に基づけば、測線北部で北に傾斜する明瞭な深部反射波群は、フィリピン海プレートの島弧地殻下部を構成する岩石に相当する可能性が大きい (図 50)。

甲府盆地南縁の御坂山地との境界部には、活断層である曾根丘陵断層帯が分布する¹²⁾。この断層は地質学的には伊豆弧由来の島弧地殻と本州弧の地殻との接合部であり、反射法地震探査や重力による密度

構造から、南傾斜の逆断層であることが知られている^{13),14)}。現段階の処理では、こうした断層の深部形状は直接的には明らかではないが、御坂山地から丹沢山地北部の地殻上部では、重合断面で明らかのように北傾斜と南傾斜の反射層が交錯したパターンをしめしている。こうした現象は、単に島弧地殻の接合が北傾斜の断層によって達成されたものではなく、楔状の構造など南傾斜の断層と複合して形成されたものと判断される。こうした地殻上部の構造を明らかにすることは、活断層の深部延長である震源断層の形状を明らかにする上で、また測線西方近傍に位置する富士火山のマグマだまりの形状や噴出機構を解く上からも重要な問題である。

(c) まとめと今後の課題

小田原-山梨測線の探査によって、従来、明らかになっていなかった本州弧の下に沈み込むフィリピン海プレート上面の構造を明瞭に捉えることができた。これらの知見は、山梨県東部で発生する地震のメカズムを理解する上で、また首都圏下に沈み込んでいるフィリピン海プレートの挙動を理解する上でも重要なデータとなった。今後、地震波トモグラフィーなどによる速度構造と合わせて、統一的な深変換を行い、関東地域全般のフィリピン海プレート上面形状のモデル化を行う予定である。

(d) 引用文献

- 1) Sato, H., N. Hirata, K. Koketsu, D. Okaya, S. Abe, R. Kobayashi, M. Matsubara, T. Iwasaki, T. Ito, T. Ikawa, T. Kawanaka, K. Kasahara and S. Harder, Earthquake source fault beneath Tokyo, Science, 309, 5733, 462-464, 2005.
- 2) Ishida, M: Geometry and relative motion of the Philippine sea plate and Pacific plate beneath the Kanto-Tokai district, Japan, Jour. Geophys. Res., 97, B1, 489-513, 1992.
- 3) 坂本 亨・酒井 彰・秦 光男・宇野沢 昭・広島 俊男・駒沢 正夫・村田 泰章: 1:200,000 地質図「東京」, NI-54-25, 1 sheet, 1987, 地質調査所.
- 4) 三梨 昂・小野 晃司・須田 芳朗: 20 万分の 1 地質図「横須賀」, NI-54-26, 1 sheet, 1980, 地質調査所.
- 5) 尾崎 正紀・牧本 博・杉山 雄一・三村 弘二・酒井 彰・久保 和也・加藤 碩一・駒沢 正夫・広島 俊男・須藤 定久: 1:200,000, 地質図幅「甲府」, 1 sheet, 2002, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 6) 広川 治・今井 功・坂本 亨・奥村 公男・須田 芳朗・小川 健三・北島 真理子: 20 万分の 1 地質図「静岡・御前崎」, NI-54-32, 33, 1 sheet, 1976, 地質調査所.
- 7) 林 広樹・伊藤谷生・津久井 雅志・上杉 陽・柳沢幸夫・高橋雅紀・宮内崇裕・山北 聡・竹下 徹・渡辺真人・井川 猛・関口渉次・笠原敬司: 神奈川県山北町の島弧衝突域における陸上掘削の速報 大大特(1)大規模ボーリング掘削の成果, 2004 日本地震学会講演予稿集秋季大会, 2004, 119.
- 8) 柳沢幸夫・渡辺真人・高橋雅紀・田中裕一郎・木村克己・林 広樹: 大深度ボーリング試料による地質年代調査, 大都市大震災軽減化特別プロジェクト 1 地震動(強い揺れ)の予測「大都市圏地殻構造調査研究」(平成 16 年度)成果報告書, 337-360, 2005.
- 9) 木村治夫・佐藤比呂志・伊藤谷生・宮内崇裕・松多信尚・河村知徳・石山達也・岡田真介・加藤直子・荻野スミ子・楮原京子・小田 晋・野田克也・井川 猛: 国府津-松田断層帯松田北断層における浅層反射法地震探査. 活断層研究, 25, 85-92, 2005.
- 10) Amano, K.: Multiple collision tectonics of the South Fossa Magna in Central Japan, Modern

Geol., 15, 315-329, 1991.

11) Taira, A., Saito, S., Aoike, K., Morita, S., Tokuyama, H., Suehiro, K., Takahashi, N., Shinohara, M., Kiyokawa, S., Naka, J. and Klaus A. : Nature and growth rate of the Northern Izu-Bonin (Ogasawara) arc crust and their implications for continental crust formation, *Island Arc*, 7, 395-407, 1998.

12) 中田 高・今泉 俊文編: 活断層詳細デジタルマップ, 60 p, 東京大学出版会, 2002.

13) 山梨県: 平成15年度地震関係基礎調査交付金 甲府盆地地下構造調査業務成果報告書, 150pp., 2004.

14) 隈元 崇・池田 安隆: 南部フォッサマグナ, 甲府盆地の低角逆断層の地下構造とネットスリップ, *地震*, 第2輯, 46, 245-258, 1993.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 論文発表

発表者	題名	発表先	発表年月日
Sato, H., N. Hirata, K. Koketsuほか8名	Earthquake source fault beneath the Tokyo	<i>Science</i> , 309 (5737), 462-464	平成17年6月15日
佐藤比呂志・平田直・瀧瀬一起・大都市圏地殻構造研究グループ	東京直下の巨大衝上断層のイメージング	<i>科学</i> , 75 , 8, 965-970	平成17年7月
佐藤比呂志	大都市圏地殻構造調査の最近の成果	<i>なるふる</i> , 51, 2-3	平成17年8月

2) 口頭発表、その他

発表者	題名	発表先、主催、発表場所	発表年月日
佐藤比呂志・伊藤潔・平田直・岩崎貴哉・瀧瀬一起・笠原敬司・阿部進・川中卓・井川猛	大都市圏地殻構造調査・大阪-鈴鹿測線地殻構造探査について	地球惑星科学関連学会合同大会、幕張	平成17年5月26日
河村知徳・D. Okaya, 平田直・佐藤比呂志	三浦半島とその周辺部における地殻構造解	地球惑星科学関連学会合同大会、幕張	平成17年5月26日

佐藤 比呂志	内陸活断層の長期評価と活断層-震源断層モデルについての調査・研究の進展	地球惑星科学関連学会合同大会、幕張	平成 17 年 5 月 25 日
Sato, H., N. Hirata, K. Koketsu, K. ほか 10 名	Seismic reflection profiling for prediction of strong ground motion in the metropolitan areas, Japan: Results from Tokyo and Osaka	2nd International Workshop on Strong Ground Motion Prediction and Earthquake Tectonics in Urban Areas, 東京大学地震研究所	平成 17 年 10 月 25 日
佐藤比呂志・阿部 進・加藤直子ほか 5 名	大阪-鈴鹿測線地殻構造探査に基づく活断層の深部形状について	日本地震学会 2005 年秋季大会, 札幌, 北海道大学	平成 17 年 10 月 19 日
阿部 進・蔵下英司・佐藤比呂志・平田 直・川中 卓	稠密アレイ観測によるレシーバ関数に関する擬似反射プロファイリングの適用	日本地震学会 2005 年秋季大会, 札幌, 北海道大学	平成 17 年 10 月 19 日
佐藤比呂志・伊藤 潔・平田直ほか 4 名	大阪-鈴鹿測線地殻構造探査	日本地質学会第 112 年学術大会, 京都大学	平成 17 年 9 月 20 日
Sato, H., N. Kato, K. Ito, S. Abe	Deep geometry of reverse active fault systems in Japan, revealed by seismic reflection profiling	IASPEI, General Assembly 2005, Chile, Santiago	平成 17 年 10 月 4 日
佐藤比呂志・大都市圏地殻構造研究グループ	関東地方のフィリピン海プレート上面の深さ	2005 年活断層成果および堆積平野地下構造調査成果報告会, 駒場エミナース, 東京	平成 17 年 11 月 10 日
Hirata, N., H. Sato ほか 6 名	Configuration of the Philippine Sea Plate Beneath Kanto, Japan	2005 AGU Fall meeting, San Francisco	平成 17 年 12 月 7 日
佐藤 比呂志	首都圏の地殻構造と震源断層	物理探査学会シンポジウム「首都圏の地下構造と地震防災」, 早稲田大学	平成 18 年 1 月 20 日

(f) 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 18 年度業務計画案 (地震研究所担当分)

5ヶ年計画にもとづいて、平成18年度は近畿圏での地殻構造探査を実施する。近畿圏近傍の強震動予測精度を向上させるためには、少なくとも強震動を発生させる震源断層の位置と形状、そして強震動の伝達経路となる堆積盆地の形状や速度構造を含む地殻の速度構造等を求める必要がある。平成18年度は、近畿圏において内陸地震の震源となる活断層の深部延長に位置する震源断層の形状を明らかにすることを目的とした地殻構造探査を近江測線と和泉測線において実施する。

近江測線:

調査測線は、京都府南丹市日吉町生畑から東方向に京都市右京区京北灰屋町及び同左京区花背峠を経て比良山地に至り、さらに比良山地からは国道367号線の「途中口」を経て琵琶湖西岸の「和邇浜」に達する。和邇浜-滋賀県野洲市吉川間で琵琶湖南部を横断し、滋賀県湖東地域から国道306号線沿いに鈴鹿山地を越えて、鞍掛峠を経て三重県いなべ市藤原町に至る。さらに、県道南濃北勢線沿いに養老山地を越えて、濃尾平野の西端部に位置する岐阜県海津市海津町大和田に達する。測線長は道路沿いで約115km、平滑化した投影測線上で約101km。

バイプロサイス(4台)、エアガン(1500cui)、ダイナマイトを震源とした反射法地震探査、広角反射法/屈折法地震探査を、9月下旬から11月初旬にかけて実施する。これらの探査によって、花折断層・琵琶湖西岸断層系・養老断層などの深部形状と接合関係、古琵琶湖層群・東海層群などの堆積層の形状や、地殻上部の速度構造が明らかになる。

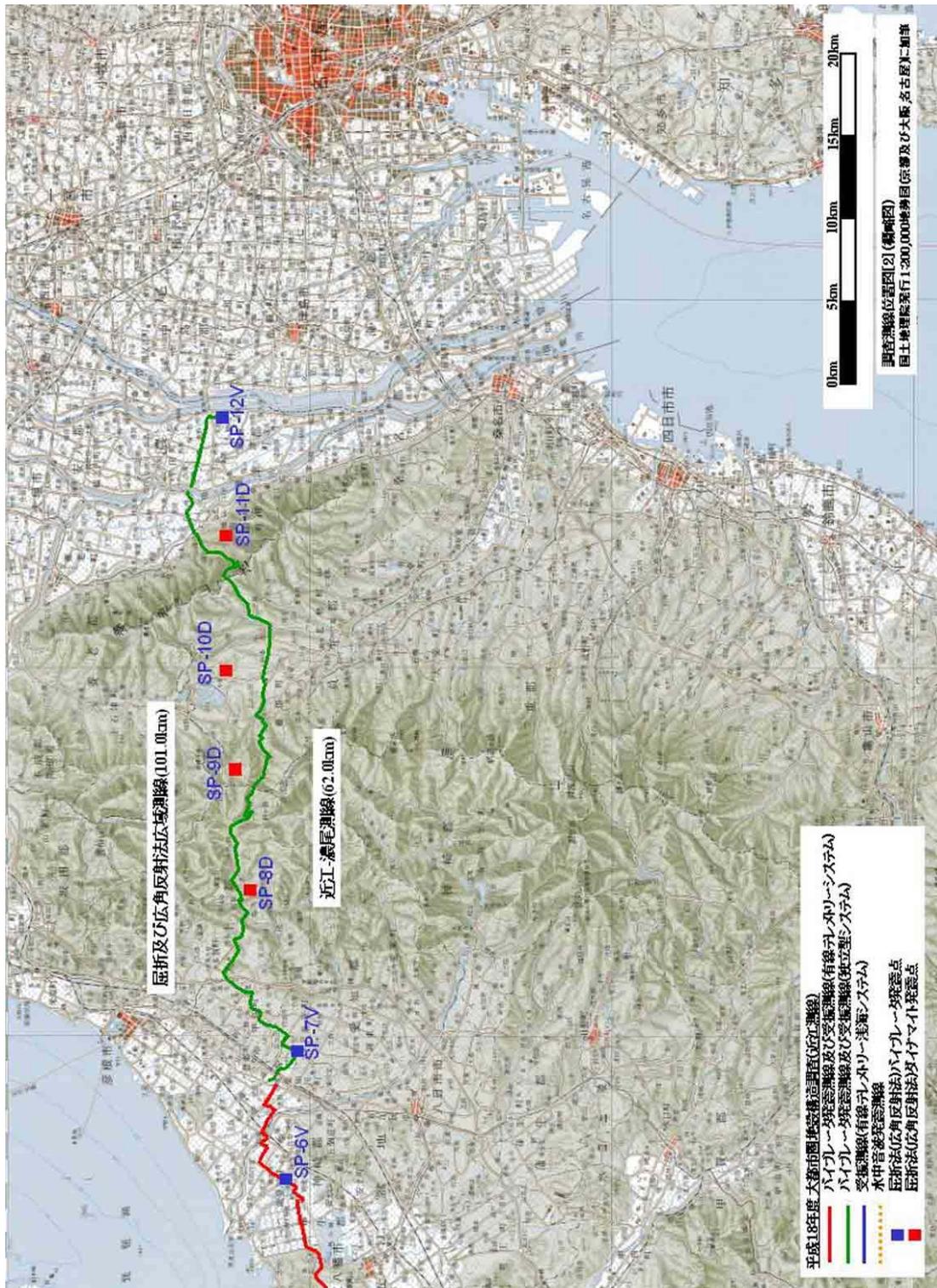


図 51 近江測線 (東部) 予定測線図

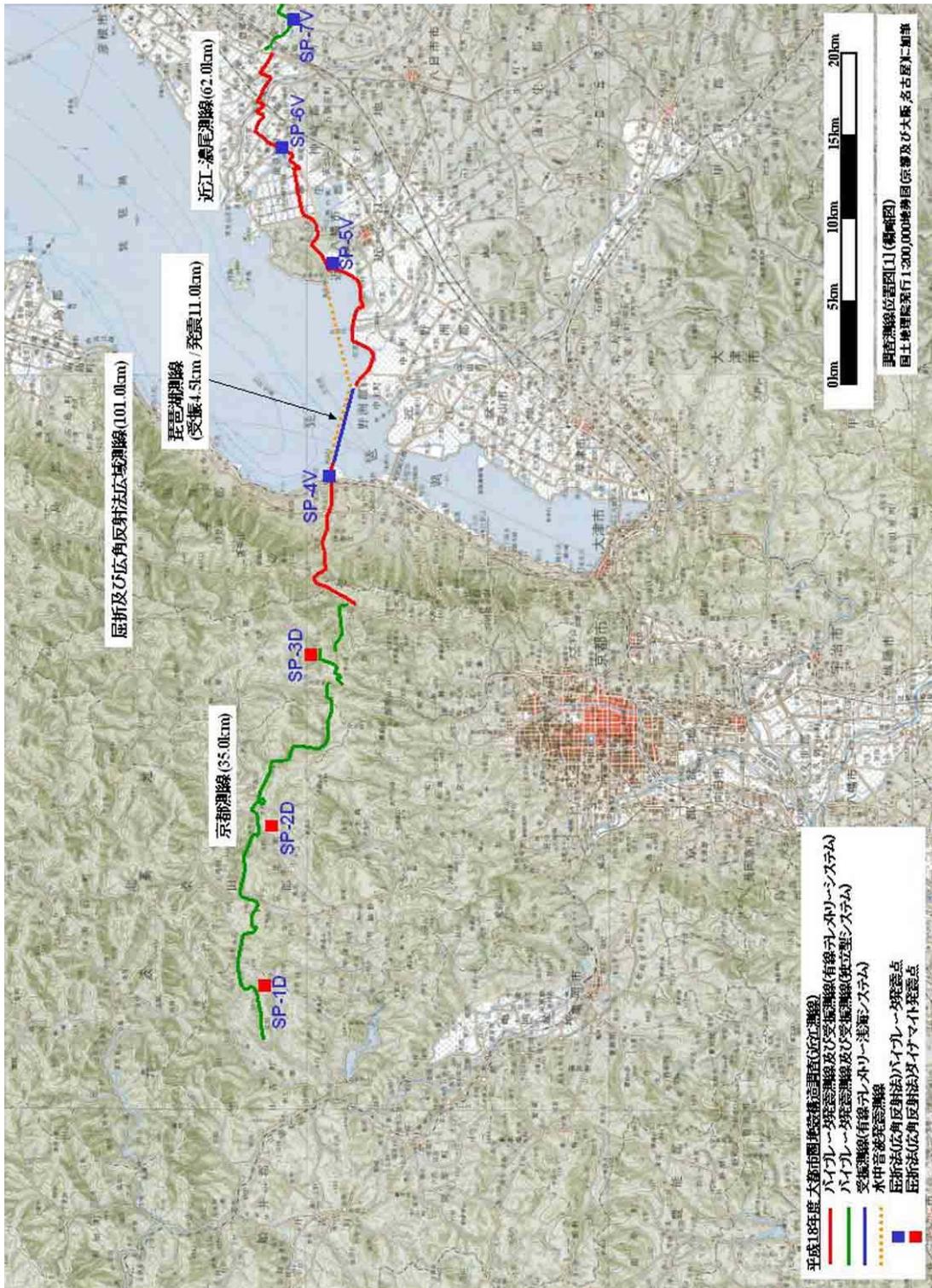


図 52 近江測線（西部） 予定測線図



図 53 和泉測線 予定測線図

和泉測線:中央構造線活断層系、根来断層の深部形状を明らかにするために反射法地震探査を行う。

調査測線は、大阪府泉佐野市土丸を北端として、府道/県道 62 号泉佐野打田線(粉河街道)沿いに南下し、国道 424 号線の区間を経て紀ノ川を横断し和歌山県打田町高野に至る約 20km の測線である。震源にはバイブロサイス 4 台を使用する。車両通行量は比較的少なく、低ノイズが期待されると共に、ほぼ全域において標準出力の発震作業が実現できる。調査期間は 8 月を予定している。

近畿地域の地殻構造の取りまとめとして、平成 16 年度と平成 18 年度の地殻構造探査の成果にもとづいて、とくにそれぞれの測線の交差部分の速度構造の調和的な解析を行い、速度構造モデルを作成する。

首都圏（関東）地域について、平成 14・15・17 年度に実施した地殻構造探査の成果と自然地震による地殻構造探査の成果をもとに、フィリピン海プレート上面の形状モデルを作成する。また、既存の地下構造調査結果とそれぞれの測線の交差部分での速度構造の調和的な解析を行い、統一的な速度構造にもとづく反射法地震探査断面をとりまとめる。