

### 3.1.2 近畿圏大深度弾性波探査（新宮－舞鶴測線）

#### (1) 業務の内容

(a) 業務題目：大都市圏地殻構造調査（新宮－舞鶴測線）

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
京都大学防災研究所	教授	梅田 康弘	umeda@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp
京都大学防災研究所	教授	伊藤 潔	ito@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp
京都大学防災研究所	助教授	澁谷 拓郎	shibutan@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp
京都大学防災研究所	助教授	松村 一男	kmatsu@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp
京都大学防災研究所	助教授	渡辺 邦彦	watkun@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp
京都大学防災研究所	助教授	片尾 浩	katao@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp
京都大学防災研究所	助手	大見 士朗	ohmi@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp
京都大学防災研究所	産学官連携 研究員	廣瀬 一聖	hirose@rcep.dpri.kyoto-u.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	教授	平田 直	hirata@eri.u-tokyo.ac.jp
東京大学地震研究所	教授	岩崎 貴哉	iwasaki@eri.u-tokyo.ac.jp
千葉大学理学部	教授	伊藤 谷生	tito@earth.s.chiba-u.ac.jp

(c) 業務の目的

多数の活断層が存在し、地震発生源の特定が難しい近畿圏において、阪神・淡路大震災級の被害をもたらす大地震を発生させる仕組みを解明するため、制御震源を用いた大規模な広角反射法・屈折法地震探査を行い、地殻・上部マントルに至る弾性波速度構造、内陸活断層の深部形状及びフィリピン海プレート形状を明らかにする。また、制御震源では明らかにできないより深部の詳細な弾性波速度構造を、自然地震を用いて明らかにし、震源断層のイメージング等を行う。また、この結果に基づき、高精度の地震動予測を行うための震源断層モデルおよび地下構造の資料を得る。

(d) 5カ年の年次実施計画

1)平成14年度：

近畿圏において、自然地震を用いた深部地殻の弾性波速度構造探査、及び制御震源を用いた広角反射法・屈折法地震探査の準備を行った。また、断層モデル等の構築のため、既

存の自然地震観測記録や地震探査記録、測地データなどを用いて、近畿圏の地殻等の弾性波速度構造等のモデル化、断層の深部構造のモデル化、断層の準静的モデルの構築及び強震動予測高精度化に関する研究を開始した。

2)平成 15 年度：

引き続き、自然地震及び制御震源を用いた地震探査の準備を行うとともに予備的な自然地震観測を開始した。断層モデル等の構築を引き続き実施した。

3)平成 16 年度：

近畿南北縦断測線(新宮―舞鶴測線)において、制御震源を用いた広角反射法・屈折法地震探査による大深度弾性波探査を行った。また、有馬高槻構造線の詳細な探査を目的とした反射法探査を実施した。これらの探査は、同年度に国立大学法人東京大学地震研究所によって実施された、近畿中部東西測線（大阪―鈴鹿測線）における反射法探査と組み合わせることで解析することによって、京阪神地域を中心として多数存在する活断層の深部形状を調査するものである。また、自然地震による深部地殻の弾性波速度構造探査を本格的に開始し、臨時観測点においてデータ取得を開始した。

4)平成 17 年度：

自然地震による深部地殻の弾性波速度構造探査のために、観測点を増設して地震観測を継続する。また、既存観測点とのデータの統合処理を行い、構造調査のためのより稠密なデータセットを作成し、構造解析を進める。さらに、これまでに大深度弾性波探査で得られた結果や、深部反射法地震探査（国立大学法人東京大学地震研究所）結果、大深度ボーリング調査結果（独立行政法人防災科学技術研究所）を統合して、断層の深部構造のモデル化、断層の準静的モデルの構築及び強震動予測高精度化に関する研究を継続する。強震動予測のための近畿圏における地殻構造モデルを構築する。

5)平成 18 年度：

自然地震による深部地殻の弾性波速度構造探査を継続する。これまでに得られているデータを統合して、震源断層の形状や地殻構造、弾性波速度構造モデルについての統合的な解析を行う。近畿圏において、弾性波速度構造モデル、断層モデルに基づいた地表の強震動を求める。

#### (e) 平成 16 年度業務目的

近畿南北縦断測線(新宮―舞鶴測線)において、制御震源を用いた広角反射法・屈折法地震探査による大深度弾性波探査を行う。約 220km の測線で探査を実施することによって、フィリピン海プレートの潜り込みの構造を明らかにするとともに、地殻全体の速度構造を求める。フィリピン海プレートの構造は、近畿圏に大地震を発生させる地殻上部の応力場の解明のために必要である。特に、プレートが近畿北部のどこまで沈み込んでいるかは、全体の構造を解明委するのに重要である。また、地殻全体の構造は強震動予測にとって、特に長周期強振動の予測のために不可欠である。

また、大阪府枚方市から高槻市にかけて、有馬高槻構造線の詳細な探査を目的とした深部反射法探査を実施する。この探査は、同年度に国立大学法人東京大学地震研究所によって実施された、近畿中部東西測線（大阪―鈴鹿測線）における反射法探査と組み合わせて解析することによって、京阪神地域を中心として多数存在する活断層の深部形状を調査するものことを目的としている。さらに、地殻中部で有馬高槻構造線が北に傾斜し、無地震滑りを誘発することによって、地殻上部の大地震を発生させるという仮説を検証し、内陸大地震が活断層とどのように関係するかを調べる。また、紀伊半島に制御震源の測線に沿って、臨時観測点を配置し、自然地震による深部地殻の弾性波速度構造探査を本格的に開始した。これらのデータを定常観測点のデータと併合処理して地震ごとにデータを整理し、地震波速度構造インバージョンやレシーバ関数による速度および不連続面の解析のデータセットを作成する。

## (2) 平成 16 年度の成果

### (a) 業務の要約

近畿地方の南北縦断測線(新宮―舞鶴測線)において、制御震源を用いた大規模な広角反射法・屈折法地震探査による大深度弾性波探査を行った。この結果、フィリピン海プレートの構造と地殻全体の速度構造が求められた。プレートの沈み込みは近畿北部まで達しており、地域によってプレート面からの反射率が変化することがわかった。紀伊半島の南部で反射率が弱くなる場所があるが、これはプレート境界面のアスペリティ構造に関連する可能性がある。さらに、低周波地震発生域付近では反射波が部分的に見えなくなる。また、有馬高槻構造線を横断する測線で反射法探査を実施し、断層に沿ってグラベン(溝)構造があることが明らかになった。震源断層が 2 重になることは強震動の予測に取り入れる情報として有用だと思われる。

## (b) 業務の実施方法

### 1) 調査地域

本業務では、和歌山県新宮市と三重県紀和町の境界から奈良県に入り、金剛山地、生駒山地沿いに北上し、大阪府に入る。枚方市と高槻市の境界で淀川を横断し、京都府亀岡市を経て、綾部市と舞鶴市の境界に至る全長約 220km の区間を測線として設定した。

調査範囲は 5 府県 30 市町村にわたる広範囲の地域に及んだ。図 1 に調査測線位置図(概略図) を、図 2 に調査測線に受振点、発震点及び CMP 広域重合測線( 広角反射法重合測線)を重複表示した測線位置図を示した。また、地質図上に調査測線を重複表示した図面(図 3) と、広域ブーゲー重力異常図( 仮定密度  $2.65\text{g/cm}^3$ ) 上に同様の表示を行った図面(図 4)、および自然地震の震源分布に基づくフィリピン海プレート上面の深度コンター(三好・石橋<sup>1)</sup>) 上に同様の表示を行った図面(図 5) を示した。

近畿地方の地質は、中央構造線によって外帯(南側)と内帯(北側)とに大きく分けられる。外帯は北から、三畳紀～ジュラ紀の付加コンプレックスを原岩とする低温高圧型の変成岩類からなる三波川帯、ジュラ紀～白亜紀の付加コンプレックスからなる秩父累帯、白亜紀～古第三紀の四万十累帯からなり、それぞれが島弧に平行に帯状に分布しており、花崗岩はほとんど見られない。また、秩父累帯の南側には仏像構造線と呼ばれる大規模な断層がある。一方、内帯は北から、古生界の丹後-但馬帯、ペルム紀～三畳紀の堆積岩類からなる舞鶴帯、石炭紀～ジュラ紀の付加コンプレックスからなる丹波帯、高温低圧型の変成岩および花崗岩からなる領家帯が分布する。ただし、近畿地方西部では、白亜紀～第三紀の火山岩類の貫入もしくは噴出によってこれらを覆っているために、帯状構造は領家帯を除いては不明瞭となっている(日本の地質編集委員会<sup>2)</sup>)。

図 4 のブーゲー重力異常によると、紀伊半島は正の以上が海側へと大きくなる。この変化は近畿中部まで続き、その北側では琵琶湖付近の大きな負の異常が目立っている。前者はフィリピン海プレートの沈み込みによるもので、北北西-南南東の変化のトレンドが沈み込み方向と対応している。琵琶湖付近の負の異常はその一部は琵琶湖底の厚い低密度の堆積層によるものであるが、それだけでは不十分でさらに深い地殻中部、下部あるいは上部マントルまで構造の落ち込みがあるとされている。また、このような全体的な変化に重なって、短波長の変化が見られ、これらは活断層によく対応している。中央構造線および有馬-高槻構造線は東西方向の断層でこれに対応する重力異常の急変が見られる。また、生駒断層帯、上町断層帯、花折断層帯など南北方向の重力異常の急変が見られ、多数の断層と重力異常が対応しており、活断層による急激な地下構造の変化を示している。

図 5 にはプレートの上面のコンターを地震の分布から求めたものを示す。フィリピン海プレートは南東から北西へ沈み込んでいる様子がわかる。しかし、その形状は一枚の面では

なく複雑な形状をしていることもわかる。これらのコンターは地震の分布から求めたものであり、マントルでの地震発生の深さの上限がプレートの上面に一致するかどうかはわからない。さらに、地震分布の最深点は大阪平野付近で、約 90km である。これより北側にプレートが沈み込んでいるかどうかはよくわかっていない。毎年約 5cm でフィリピン海プレートが沈み込むとすると、そのプレートはどこかに吸収されなければならない。したがって、近畿北部においてもプレートは存在するはずであるが、少なくとも地震を起こす状態ではない。しかし、沈み込みが長期間継続することによって、テクトニクス的には、その上部の地殻にも影響を与える可能性は高い。今回の調査の目的の一部にはこのような全体的な地震発生場の解明も含まれている。

上記のように、近畿地方、特に北部では多数の活断層が存在し、その方向が東西と南北である。さらに、フィリピン海プレートが沈み込んでおり、これらの相互作用として、内陸浅部の大地震が発生する。したがって、これらの活断層の深部構造の調査は、それらがどのように影響し合って大地震を発生させるかの解明に不可欠である。また、活断層は上部地殻で破壊し大地震を発生させるが、上部マントルにおけるプレートの運動が地殻上部へ応力蓄積をもたらす過程の解明は、震源断層の形状の解明とともに、強震動を発生させる断層の特定のために必要である。このような観点で今回の測線は選定された。



図1 平成16年度大都市圏地殻構造調査調査測線概略図

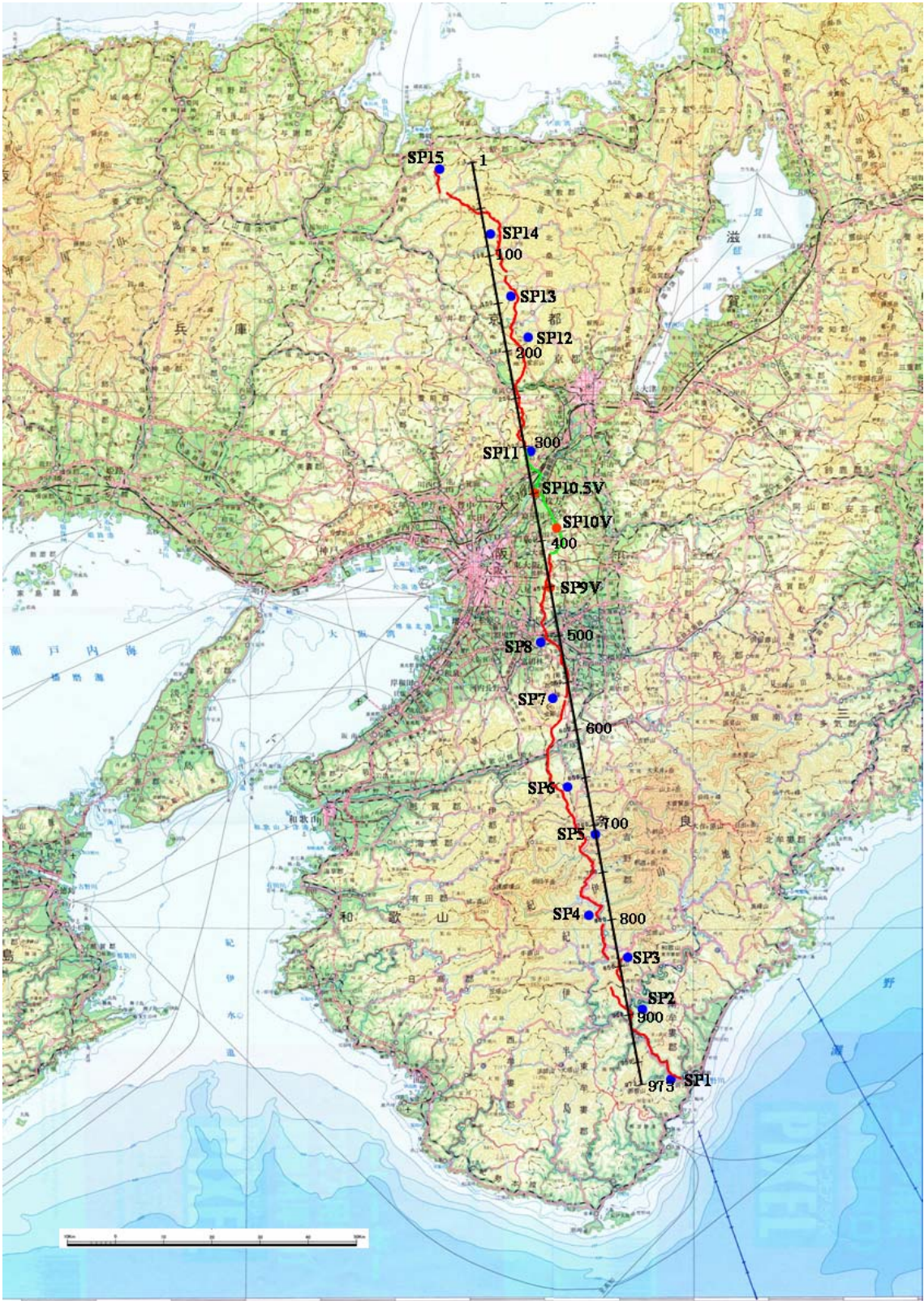


图 2 广角反射法重合测线图



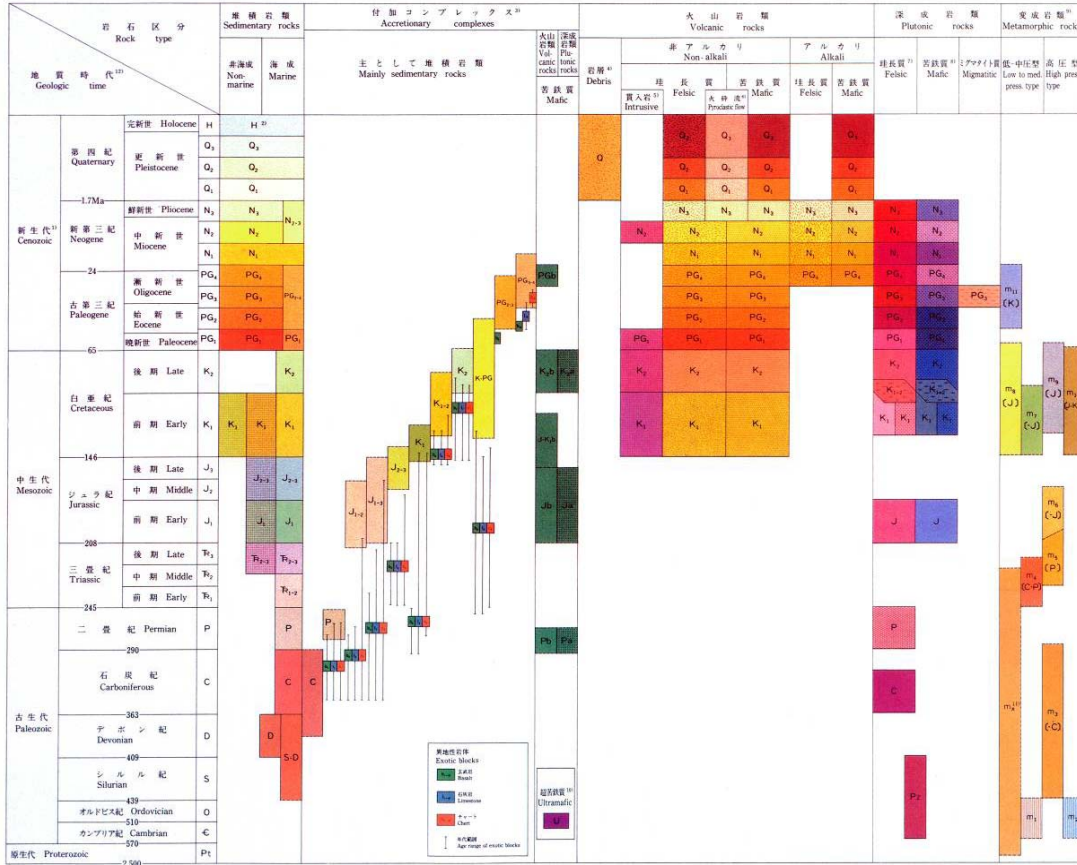
図 3 (a) 広域地質図と調査測線

朝倉書店「日本地質図大系」より引用・加筆



# 24. 日本地質図 GEOLOGICAL MAP OF JAPAN

## (1) 凡例 LEGEND



地質調査所 (1992) 日本地質図 (100 万分の 1)、地質調査所編「日本地質アトラス (第 2 版)」, 朝倉書店。



### 凡例補足

- 1) 新生界の年代層序区分は、鹿野和彦・加藤純一・棚沢幸夫・吉田史郎編(1991) 日本の新生界層序と地史、地質調査所報告、第274号、114p.に基づく。
- 2) 埋め立て地を含む。
- 3) 凡例のコラムに示した年代は、主に堆積岩類の堆積年代とメランジの形成時期に基づいて推定した付加年代である。
- 4) 岩層なだれ、火山麓扇状地、火山泥流及び小規模な火砕流の堆積物などを示す。
- 5) 大規模な斑岩体を示す。
- 6) 主として大規模な珷長質の火砕流堆積物を示す。
- 7) トーナル岩を含む。
- 8) 石英閃緑岩を含む。
- 9) 変成作用の圧力型と変成年代きもとに区分、原岩の年代は〔 〕中に示す。
- 10) 主な年代は、古生代前期、二叠紀、ジュラ-白垩紀及び古第三紀である。
- 11) 種変成作用を受けている。
- 12) 地質年代は、主として Harland et al. (1990) に基づく。

図 3(b) 広域地質図凡例  
朝倉書店「日本地質図大系」より引用

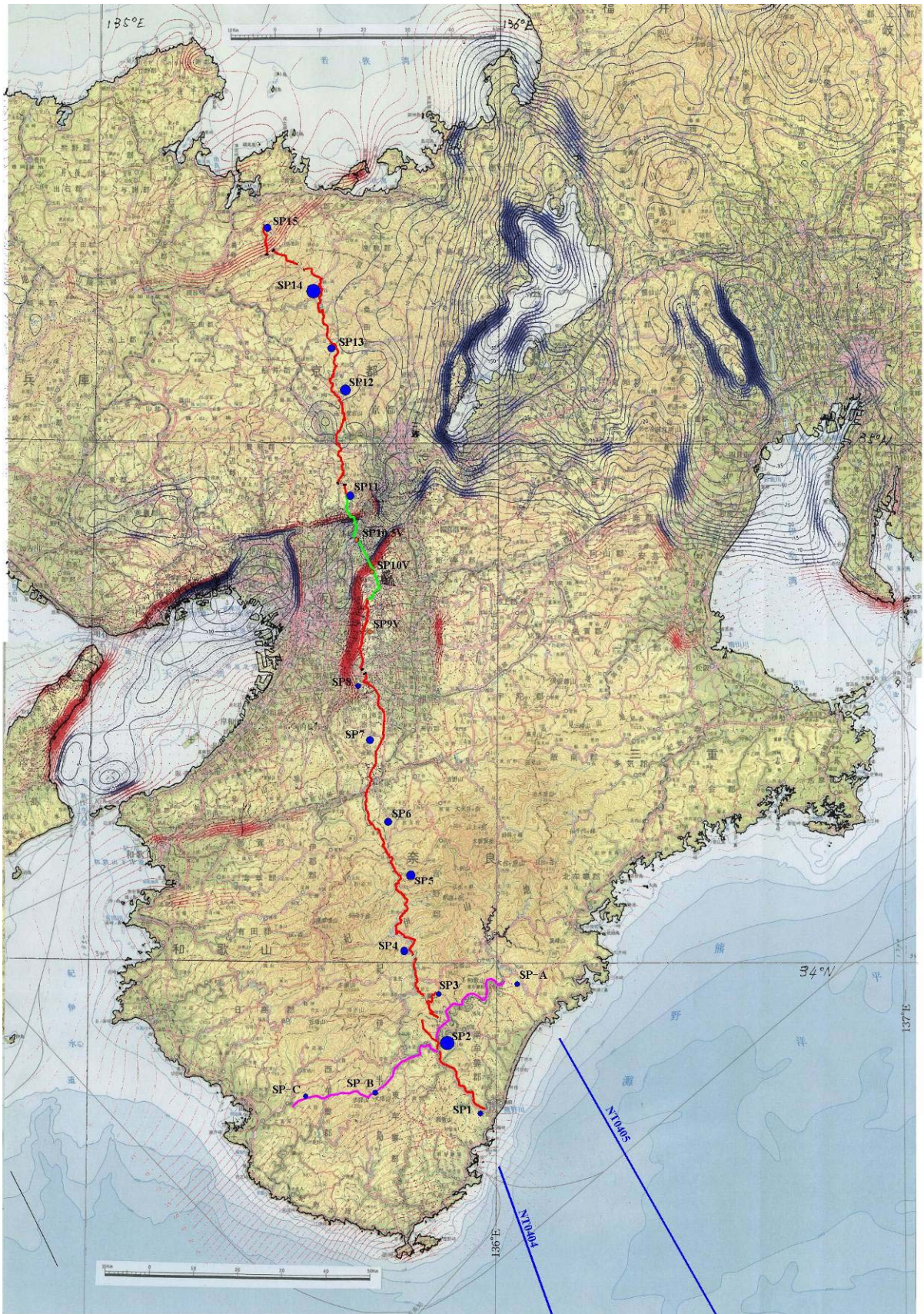


図4 調査測線と広域ブーゲー異常図概略図

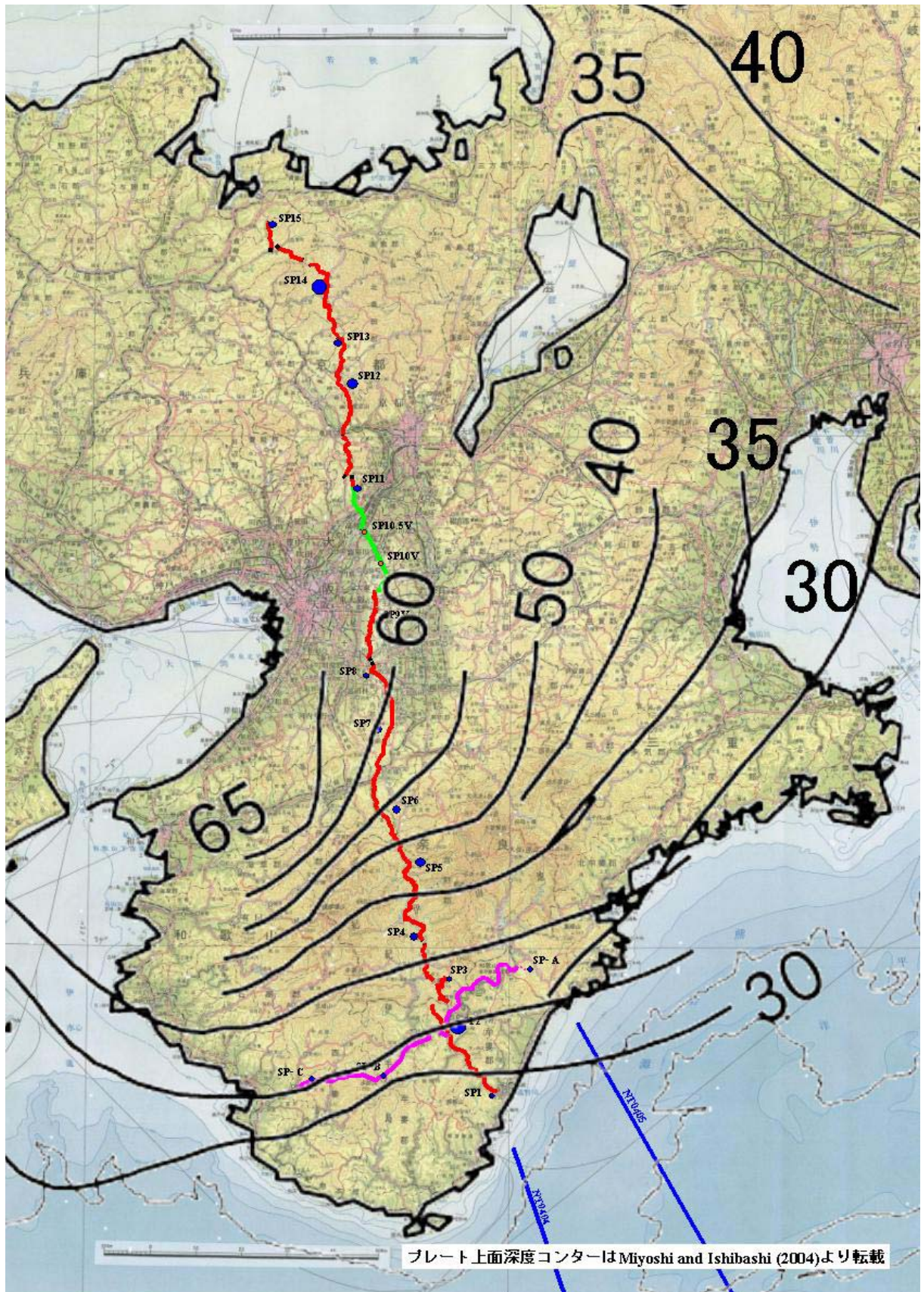


図5 調査測線と既存研究によるプレート上面の深度概略

## 2) データ取得作業

### a)調査測線

本調査の調査測線は、前述のように和歌山県新宮市と三重県紀和町の境界から奈良県に入り、金剛山地、生駒山地沿いに北上し、大阪府に入る。枚方市と高槻市の境界で淀川を横断し、京都府亀岡市を経て、綾部市と舞鶴市の境界に至る全長約 220km（直線投影距離 193km）の測線である。この全区間の受振点において、屈折法及び広角反射法のデータが取得された。また、生駒高槻測線（奈良県生駒市～大阪府高槻市、約 22.5km）、高槻亀岡低重合測線（大阪府高槻～京都府亀岡市、約 28km）の 2 区間においてバイブレータ反射法データが取得された。

本調査の生駒-高槻測線およびその南方延長部（約 28km）の区間では、有線テレメトリー方式の受振システムが用いられた。この区間を除く全ての受振点では、独立型データ収録装置 JGI MS2000D 計 285 台が使用された。

### b)調査概要

本調査では、屈折法・広角反射法、2 区間の反射法のデータ取得作業が、平成 16 年 11 月 5 日から同年 12 月 1 日の間に実施された。その種別は、時間順にならべると次のようになる。図 6 に本調査の測定作業フローチャートを示した。

- Phase 1 JAMSTEC エアガン発震作業のデータ取得（紀和町～五條市）
- Phase 2 屈折法・広角反射法（ダイナマイト）のデータ取得（全区間）
- Phase 3 反射法生駒高槻測線のデータ取得（生駒市～高槻市）
- Phase 4 屈折法・広角反射法（バイブレータ集中発震）のデータ取得  
（五條市～亀岡市愛宕山）
- Phase 5 低重合反射法高槻亀岡測線のデータ取得（高槻市～亀岡市）

なお、実際には Phase 4 のバイブレータ集中発震は、Phase 3 の期間中に実施された。

### c)データ取得作業

#### i)受振器設置作業

<有線テレメトリーG-DAPS4 システム設置作業>

屈折法及び広角反射法データ取得における全測線(測線長 220km)内で、有線テレメトリーシステムの設置区間の測線長は 28km であり約 13%を占めている。この区間の受振点は、主として道路の路肩および河川敷内に設置された。受振器,データ伝送装置(RSU),バッテリー