

3.3.2 内陸活断層モデル化の研究（地質・変動地形）

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 地質・変動地形によるモデル化

(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	佐藤 比呂志	satow@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
千葉大学理学部	助教授	宮内崇裕	tmiya@faculty.chiba-u.ac.jp
愛知教育大学理学教育講座	助教授	戸田 茂	shigeru@aeu.ac.jp
山梨大学教育人間科学部 (独)産業技術総合研究所 活断層研究センター	助手	加藤 一	katou@yamanashi.ac.jp
東京大学地震研究所	研究員	石山達也	t-ishiyama@aist.go.jp
東京大学地震研究所	特任研究員	河村知徳	tkawa@eri.u-tokyo.ac.jp
東京大学地震研究所	特任研究員	松多信尚	現 台湾大学
東京大学大学院理学系研究科	日本学術振興会特別研究員 (PD)	越後智雄	techigo@eps.s.u-tokyo.ac.jp
東京大学地震研究所	日本学術振興会特別研究員 (PD)	木村治夫	haruo@eri.u-tokyo.ac.jp
東京大学地震研究所	技術職員	荻野スミ子	sumi@eri.u-tokyo.ac.jp
東京大学大学院理学系研究科	大学院生	加藤直子	naoko@eri.u-tokyo.ac.jp
京都大学大学院理学研究科	大学院生	杉戸信彦	nsugito@kugi.kyoto-u.ac.jp
東京大学大学院理学系研究科	大学院生	岡田真介	s_okada@eps.s.u-tokyo.ac.jp
東京大学大学院理学系研究科	大学院生	小田 晋	oda@eps.s.u-tokyo.ac.jp
京都大学大学院理学研究科	大学院生	今村朋裕	timamura@kugi.kyoto-u.ac.jp

京都大学大学院 理学研究科	大学院生	服部泰久	yhattori@kugi.kyoto-u.ac.jp
愛知教育大学大 学院理科内容学 領域	大学院生	鈴木規眞	s204m093@aecc.aichi-edu.ac.jp
東北大学大学院 理学研究科	大学院生	楮原京子	d0-0b-kago-@mail.tains.tohoku.ac.jp

(c) 業務の目的

内陸活断層から発生する地震による強震動を予測するためには、震源断層のパラメーターを推定する必要がある。ほとんどの内陸活断層は、地震発生層中では固結しているため、地震活動などから直接震源断層のパラメーターを求めることは難しい。地震発生層を断ち切るような大規模な内陸地震では、地表にも変形の痕跡を残すために、変動地形学的・地質学的な活断層調査によって、震源断層のパラメーターをある程度推定することは可能である。このためには、地表近傍の活断層と地震発生層に位置する震源断層との関係、すなわち活断層-震源断層システムについての理解が必要となる。

本プロジェクトは、首都圏・近畿圏周辺に位置する活断層群について、地質学・変動地形学的アプローチによって、強震動予測に必要な震源断層モデルパラメーターについて最も妥当な値を推定することを目的としている。具体的には、浅層反射法地震探査などにより詳細なイメージングを行い、大深度弾性波探査の成果を取り入れて活断層-震源断層システムの形状や連結関係を明らかにし、変動地形学的手法や浅層ボーリングによって変位速度を求める。

また、精度の高い強震動予測を行うためには、平野を構成する堆積盆地の構造や物性を明らかにする必要があるが、新第三紀に不整合やいくつかの構造運動を経ている関東構造盆地については、層序や年代などの基礎的な地質情報が必要となる。このため、秋田大学に保管されている関東周辺の既存のボーリング試料について、浮遊生微化石について検討を行い、層序と堆積年代についての資料を収集し堆積盆地の地下構造についての基礎資料とする。

(d) 5カ年の年次実施計画

- 1) 平成14年度：南関東地方に分布する最も平均変位速度が大きい活断層の一つである国府津-松田断層においてボーリング調査を行い、平均変位速度についての調査研究を行った。
- 2) 平成15年度：神縄-国府津-松田断層系の足柄平野北端部に位置する松田北断層において変動地形調査を行い、その地下形状を明らかにするための反射法地震探査を行った。関東平野下のボーリングデータによる生層序による年代決定を行った。
- 3) 平成16年度：近畿三角帯の東端部に位置し最も大きな平均すべり速度を示す養老-鈴鹿断層帯の地下形状を明らかにするため、浅層反射法地震探査を行った。関東平野下のボ

ーリングデータによる生層序による年代決定を行った。

4) 平成17年度：曾根丘陵断層帯について、浅層反射法地震探査を行い、平均変位速度を求める。既存データを加え、首都圏周辺地域の内陸活断層の断層パラメーターについてのとりまとめを行う。

5) 平成18年度：琵琶湖西縁活断層系についての浅層反射法地震探査を行い、浅層部での分岐断層の有無を含め断層形状を明らかにする。既存データを加え、近畿圏周辺地域の内陸活断層の断層パラメーターについてのとりまとめを行う。

(e) 平成16年度業務目的

濃尾—伊勢断層帯北部は、顕著な水平短縮が第四紀後期に進行している近畿三角帯北部（六甲—琵琶湖—養老・鈴鹿）の東縁部を画し、年数 mm/yr の水平短縮を解消する褶曲—衝上断層システムである。このうち、鈴鹿山地東縁断層帯について反射法地震探査を実施し、地下形状と第四紀後期における平均変位速度を求める。

(2) 平成16年度の成果

(2-1) 鈴鹿山地東縁断層帯における反射法地震探査

石山 達也（独立行政法人 産業総合技術研究所）

佐藤 比呂志（東京大学地震研究所）

戸田 茂（愛知教育大学地学教室）

加藤 一（山梨大学教育人間科学部）

木村 治夫（東京大学大学院理学系研究科）

杉戸 信彦（京都大学大学院理学研究科）

鈴木 規眞（愛知教育大学地学教室）

越後 智雄（東京大学大学院理学系研究科）

岡田 真介（東京大学大学院理学系研究科）

服部 泰久（京都大学大学院理学研究科）

今村 朋裕（京都大学大学院理学研究科）

小田 晋（東京大学大学院理学系研究科）

(a) 業務の要約

近畿三角帯北部（六甲—琵琶湖—養老・鈴鹿）では南北走向の逆断層群による顕著な水平短縮が第四紀後期に進行している。特に養老—鈴鹿山地東縁断層帯は近畿三角帯東縁部を画する褶曲—衝上断層システムであり、年数 mm/yr の水平短縮を解消している。産総研・地震研が合同で実施した2004年養老断層反射法地震探査で、養老—鈴鹿山地東縁断層帯前縁部において基盤岩類が鮮新・更新統に衝上する構造が得られた。そこで、今回は近接する両断層帯の地下形状を明らかにする目的で、鈴鹿山地東縁断層帯における浅層反射法地震探査を行った。養老山地西麓部および鈴鹿山地東麓部を横断する長さ5.0kmの測線において、小型バイブレーターを震源とし、受振・発震10m間隔で共通重合点反射法によりデ

ータを取得した。2004年養老断層反射断面などと併せて、養老—鈴鹿山地断層帯の地表から地下数 km までの構造を明らかにし、近畿三角帯北部の水平短縮解消システムを解明するための基礎的資料が得られた。

(b) 業務の実施方法

本実験の主な目的は、近畿三角帯北部東縁部における主要褶曲—衝上断層システムである濃尾—伊勢断層帯北部（図 1）の歪み解消機構ならびにその発達・進化過程を明らかにすることである。第一測線は岐阜県養老郡上石津町下山を起点とし、同町時山に至る全長約 5.0km の区間である（図 2）。ここでは、鈴鹿山地東縁断層帯北部は活断層としては不明確であり、ほぼその活動を終えつつある。しかし、下盤側を下刻する河川により形成された河成段丘面は明確に西側（すなわち上流側）へ傾動しており、鈴鹿山地東縁断層帯と養老山地西麓部の間に形成されている向斜構造は現在も成長している。さらに、東側に位置する養老断層は基盤岩類・鮮新・更新統が参加する大規模な basement-involved fold を形成する前縁断層帯である（石山・他、2005）。したがって、地表変形からは、両逆断層帯は一連の褶曲—衝上断層帯をなしており、水平短縮の進行により鈴鹿山地東縁断層帯北部は活動を停止しているものの、深部のすべりによる短縮が進行していると見られる。

一方、第二測線（図 3）は鈴鹿山地東縁断層帯・養老（—桑名）断層帯ともに活動的であり（石山・他、1999；池田・他、2002）、前縁のスラストは 2.2 ± 0.5 mm/yr のすべりを解消している（Ishiyama et al., 2004）。測線は三重県いなべ市藤原町志礼石新田を起点とし、同西野尻に至る約 2.5km の区間である。ここでは、活動的である鈴鹿山地東縁断層とその前縁に分布する西落ちの撓曲崖を横断する。この西落ちの撓曲崖の成因は前縁の養老—桑名断層帯下に伏在するスラスト（Ishiyama et al., 2004）の地下深部での折れ曲がりから伸びる active axial surface における褶曲変形の可能性がある。

本実験は、これらの仮説を検証するために必要な地下構造データを得るために実施した。なお、両測線ともに、主要な地質構造である鈴鹿山地東縁断層帯および下盤側の向斜構造にできるだけ直交するように設定した。

観測実施期間は、2005年2月17日から同年3月4日である。データ取得は共通反射点重合法を用いて実施された。データ収録および震源は東京大学地震研究所所有のマルチチャンネル陸上反射法地震探査システム GDaps-4（（株）地球科学総合研究所製）ならびに小型バイブレーター震源 T-15000（IVI社製）を用いた。主なデータ取得パラメーターは以下の通りである：受振点および発振点間隔：10m、スイープ長：15sec、スイープ周波数：10-120Hz、地震計固有周波数：10Hz、チャンネル数：180、レコード長：4sec、サンプリング間隔：2msec、平均垂直重合数：7、平均水平重合数：90。また、既往の反射記録から、鈴鹿山地を構成する中古生界が厚さ最大 1km 程度の鮮新—更新統に衝上していることが予想された。このような深部の低速度層を捉えるため、第一測線では測線下部 60ch を固定とするインライン発振を行い、第二測線ではエンドオン発振（測線最上部はインライン発振）を行った。

(c) 業務の成果

得られたショット記録に基づき、通常のコモン反射点重合法による解析作業を現在行っている。第一測線で得られた観測記録（図4）では、断層下盤側での観測記録では西に傾き下

がる反射波群が卓越しており、地質構造と調和的である。一方、断層上盤側での観測記録では往復走時0.9-1.0秒付近に反射波が見られ、断層下盤側の東海層群が基盤岩類下に潜り込んでいることが想定される。このような反射波群がとぎれる位置と断層の地表位置から、鈴鹿山地東縁断層が40-60度程度の高角な断層面をもつと考えられる。

一方、第二測線で得られた観測記録（図5）では、鈴鹿山地東縁断層帯の上盤側に発達する褶曲構造に対応する東傾斜の反射波群が顕著に発達する。また、西向き撓曲崖直下では反射波群が系統的に折れ曲がっている。このことは、少なくとも地下数百mでは地層は断層で断ち切られるのではなく、褶曲変形を受けていることを示唆する。

(d) 結論ならびに今後の課題

鈴鹿山地東縁断層帯について反射法地震探査を実施し、地下形状と第四紀後期における平均変位速度を明らかにするための基礎データを収集した。観測記録から判断して、鈴鹿東縁断層帯北部は高角度で西に傾斜した形状を示す可能性が大きい。しかし、データ取得作業を年度末に実施したために、解析作業が進行していない。今後、得られた波形データについて共通反射点重合法による解析を行い、断層の形状を明らかにするとともに、変動地形学的データに基づいて鈴鹿山地東縁断層帯北部の地下形状・すべり速度を明らかにする予定である。

(e) 引用文献

- 1) 池田安隆・今泉俊文・東郷正美・平川一臣・宮内崇裕・佐藤比呂志編：第四紀逆断層アトラス，東京大学出版会，260pp.，2002.
- 2) Ishiyama, T., Mueller, K., Togo, M., Okada, A., Takemura, K.: Geomorphology, kinematic history, and earthquake behavior of the active Kuwana wedge thrust anticline, central Japan, *J. Geophys. Res.*, Vol. 109, No. B12, B12408 10.1029/2003JB002547, 2004.
- 3) 石山達也・竹村恵二・岡田篤正：鈴鹿山脈東麓地域の第四紀における変形速度，地震，第2輯，52，229-240，1999.
- 4) 石山 達也・戸田 茂・佐藤 比呂志ほか10名：養老断層におけるP波反射法地震探査，地球惑星科学関連学会合同大会2005年発表大会，2005.
- 5) 活断層研究会：新編日本の活断層一分布図と資料，東京大学出版会，448pp，1991.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

なし（2005年地質学会秋季大会で発表予定）

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

なし

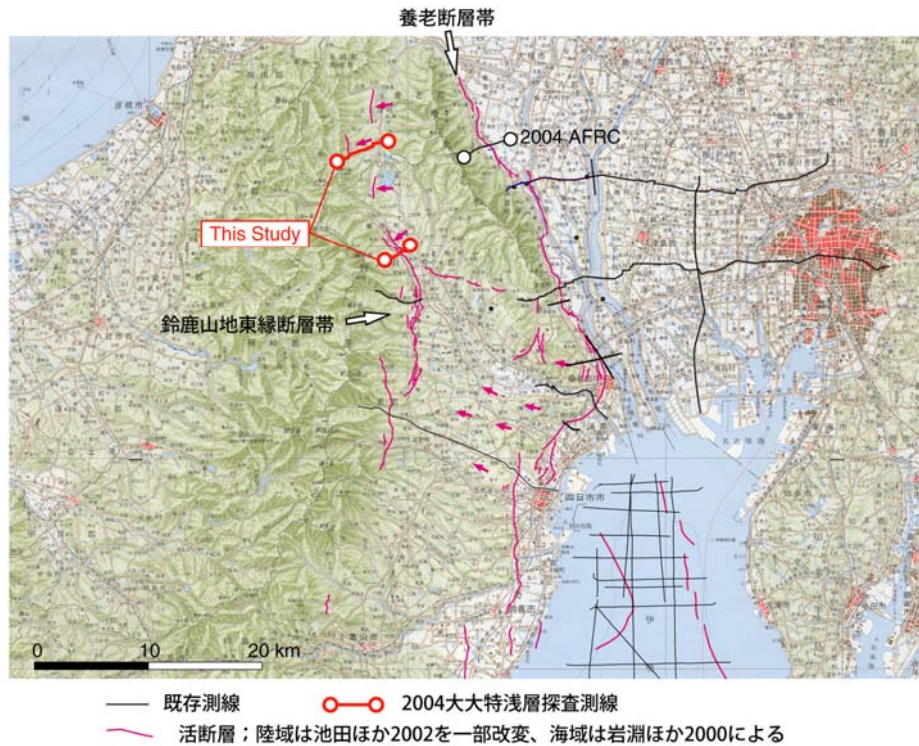


図 1 近畿三角帯東縁部・濃尾—伊勢断層帯（池田・他、2002）の分布と本実験の測線位置図。基図には国土地理院発行 1:200,000 地形図『名古屋』を使用。

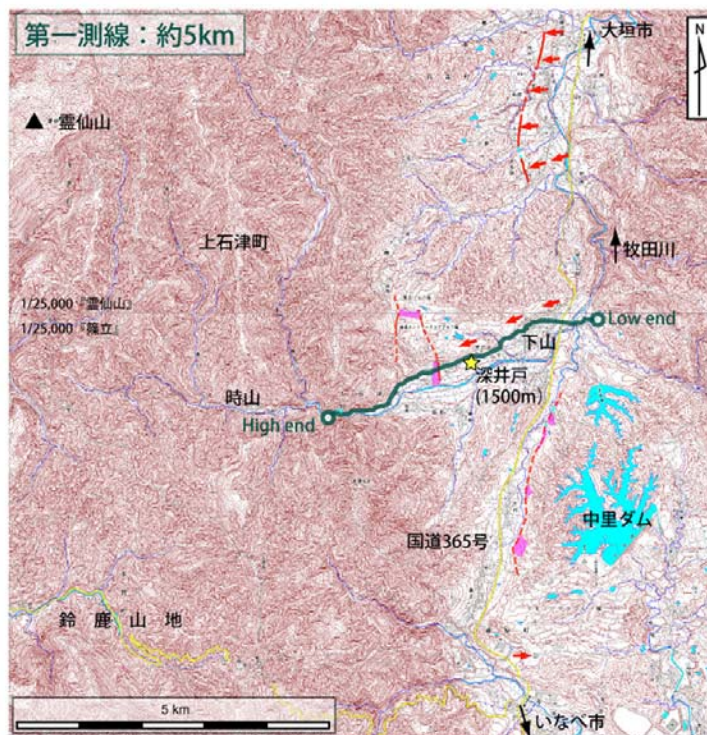


図 2 第一測線の測線位置図。基図には国土地理院発行 1:25,000 地形図『雲仙山』・『篠立』を使用。

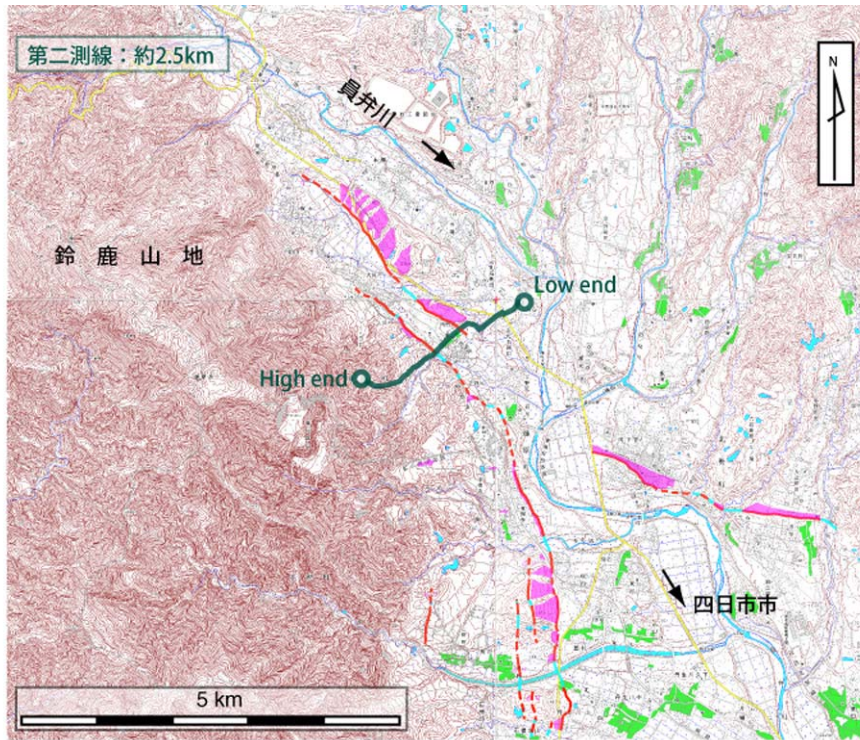


図3 第二測線の測線位置図。基図には国土地理院発行 1:25,000 地形図『竜ヶ岳』・『篠立』・『阿下喜』・『駒野』を使用。

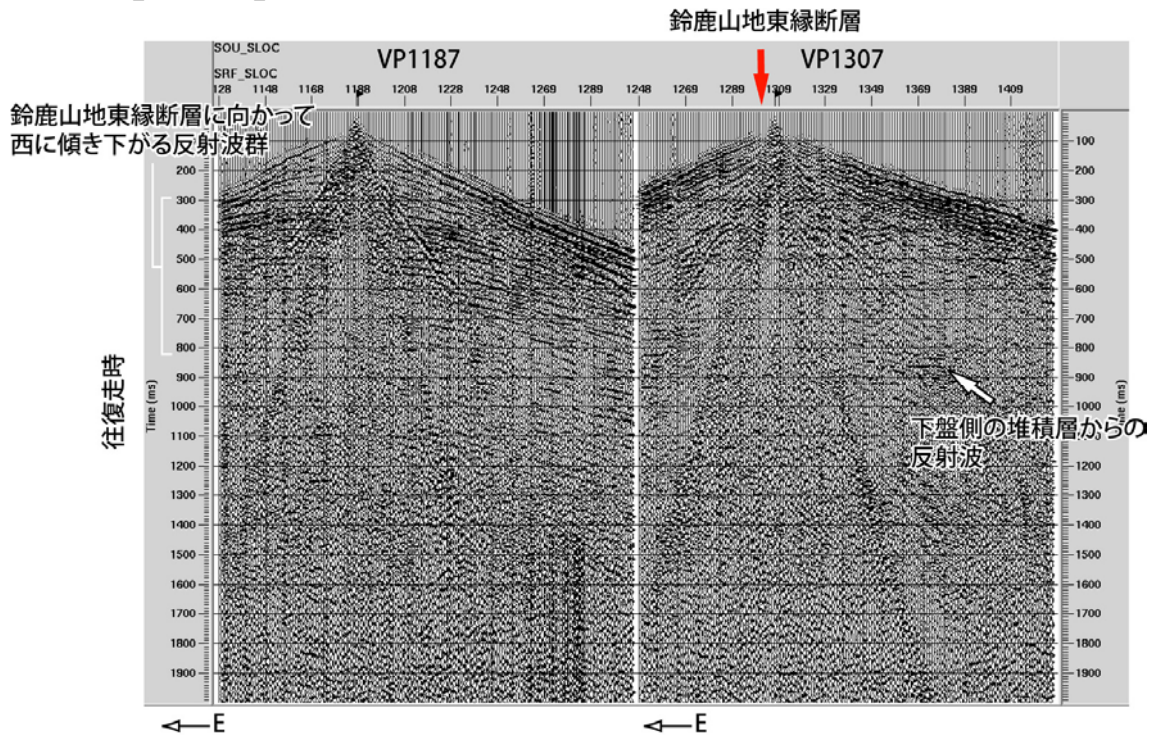


図4 第一測線で得られた観測記録。

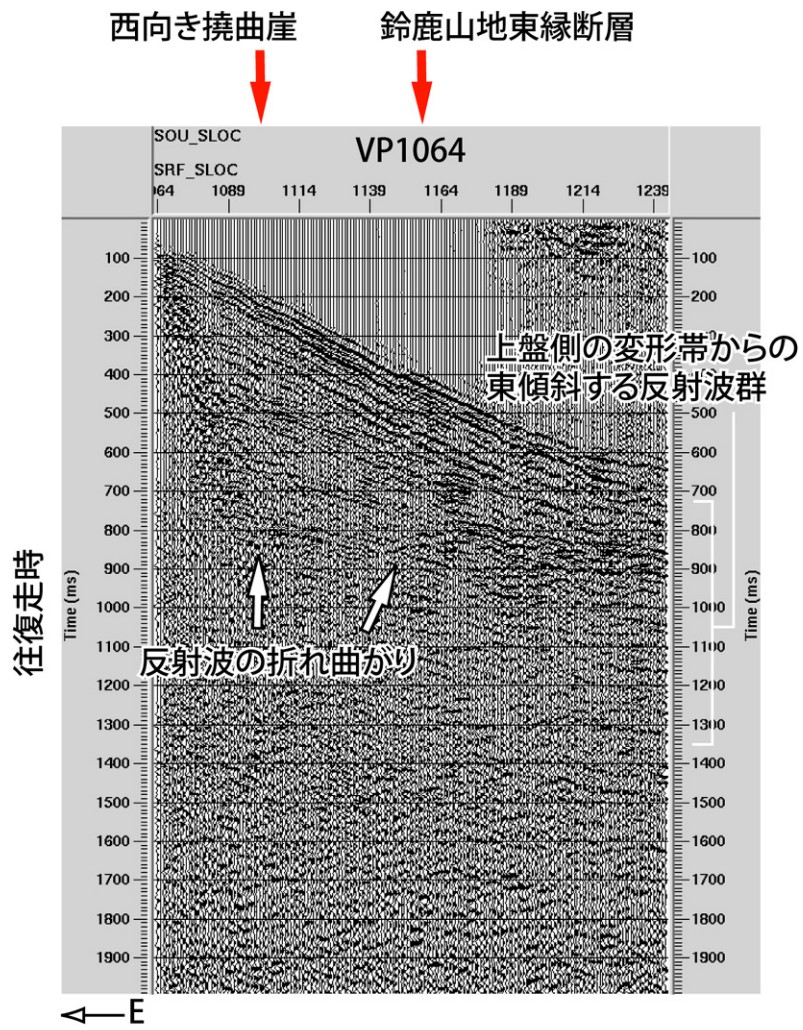


図 5 第二測線で得られた観測記録。

(2-2) 松田北断層における反射法地震探査

木村治夫・佐藤比呂志（東京大学地震研究所）
伊藤谷生・宮内崇裕（千葉大学）
河村知徳・松多信尚*（東京大学地震研究所）
石山達也（産業総合技術研究所）
加藤直子・荻野スミ子（東京大学地震研究所）
岡田真介・小田 晋（東京大学大学院理学系研究科）
楮原京子**（山梨大学医学工学総合教育部）
*台湾大学、**東北大学大学院理学研究科

(a) 業務の要約

国府津－松田断層帯は日本でも屈指の上下変位速度を持つ活断層の1つである。同断層帯は伊豆半島の北縁部に位置し、フィリピン海プレート北縁部のプレート境界の一部を構成すると考えられている¹⁾。国府津－松田断層帯及びその周辺では伊豆－小笠原弧と本州弧との衝突が進行していると考えられ、国府津－松田断層帯での水平短縮速度を求めることは伊豆の衝突テクトニクスを明らかにする上で重要である。そのため、地下形状が判明していない松田北断層において、浅層反射法地震探査を行った。反射法地震探査処理については通常の共通反射点重合法によった。その結果、重合後マイグレーション処理を施した深度変換断面図から判断して、北傾斜の低角な断層の存在が推定され、地下数百mまでの断層形状を明らかにし伊豆の衝突テクトニクスを検討するための基礎資料が得られた。

(b) 業務の実施方法

探査測線は足柄平野の足柄上郡開成町金井島地区から酒匂川をこえて、松田山地域の足柄上郡松田町最明寺史跡公園に至る約 3.2 km、標高差約 400 m の区間である（図 1）。探査測線は主要な地質構造及び松田北断層の走向にできるだけ直交するように設定した。

データ取得に関しては共通反射点重合法を用いて実施された。測定仕様を表 1 に示す。本探査では 300 チャネルを使用し、受振点は固定した。なお、測線南部において酒匂川を横切ってケーブルを展開することが困難だったため、受振点 RP1154 と RP1155 の間はマイクロウェーブ無線機を使用してデータを転送した。受振点間隔及び発震点間隔は共に 10 m である。震源は急傾斜地での登坂能力から（株）地球科学総合研究所の中型インパクト JMI-200 を用い、発震の垂直重合は標準 10 回とした。受振器は固有周波数 10 Hz のものを使用し、約 1 m 間隔で 3 個を 1 グループとして 1 受振点に設置した。レコーディングシステムとして（株）地球科学総合研究所製作の GDAPS-4 を使用した。また、サンプリング間隔は 1 msec 及び 2 msec で記録長は 3 sec とした。

反射法地震探査処理については通常の共通反射点重合法によった。データ処理は（株）地球科学総合研究所製作の反射法データ処理システム Super X-C を使用し、図 2 に示す過程に沿って行った。また、重合測線及び CMP 番号は図 1 に示す。屈折初動解析は、全記録の P 波初動の到達時間を読み取り、その値から発震点・受振点・表層基底層速度を未知数とするインバージョン（改良タイムターム法）を行い、Time-Term 値、表層基底層速度、

表層構造を得た。これらの値により静補正を行った。インバージョンでは、第1層目の速度を 500 m/s として行った。解析で使用した主なパラメーターを表2に示す。

(c) 業務の成果

得られた重合後マイグレーション処理を施した深度変換断面図を図3に示す。CMP 200より北側で深度 0.5 km より深いところでは明瞭な反射面は確認できない。足柄平野 (CMP 1-120) では多数のほぼ水平な反射面が見られる。地表地質 2)、3) に基づけば、ここで見られる地層は足柄平野に分布する沖積堆積層であると考えられる。CMP 120より北側では、CMP 1-120 から連続する地層が北傾斜を示すようになる。CMP 120-200 で深度 0.15~0.4 km 及び、CMP 200-250 で深度 0.2~0.5 km の部分では地層は約 20 度程度の北傾斜を示す。CMP 300より北側の地域では、反射面は約 40~50 度程度の北への急傾斜がみられる。これは地表地質 4)、5) に基づけば、松田山地域に分布する足柄層群を示すものであると考えられる。反射面の傾斜は、探査測線に沿って地表に露出する足柄層群の層理面の傾斜と整合的である。これら足柄平野の沖積層と足柄層群の分布域の間に北傾斜の低角な逆断層が推定される。

(d) 結論ならびに今後の課題

松田北断層を横切る浅層反射法地震探査を実施し、地下数百mまでの構造を明らかにし、伊豆の衝突テクトニクスを検討するための基礎資料を得た。得られた重合後マイグレーション処理を施した深度変換断面図から判断して、松田北断層は北に低角度で傾斜すると推定される。今後、得られた地下構造から、変動地形学的データに基づいて松田北断層における水平短縮速度を明らかにする予定である。また、国府津-松田断層や日向断層との比較により、伊豆の衝突テクトニクスを検討する予定である。

(e) 引用文献

- 1) 杉村 新, 日本付近におけるプレートの境界, 科学, **42**, 192-202, 1972.
- 2) 三梨 昂・小野晃司・須田芳朗, 1:200,000 地質図 横須賀, 地質調査所, 1979.
- 3) 坂本 亨・酒井 彰・秦 光男・宇野沢昭・岡 重文・広島俊男・駒沢正夫・村田泰彰, 1:200,000 地質図 東京, 地質調査所, 1986.
- 4) 天野一男・高橋治之・立川孝志・横山健治・横田千秋・菊池 純, 足柄層群の地質-伊豆微小大陸の衝突テクトニクス-, 北村 信教授記念地質学論文集, 7-29, 1986.
- 5) Imanaga, I., Stratigraphy and tectonics of the Ashigara Group in the Izu collision zone, central Japan, Bull. Kanagawa prefect. Mus. (Nat. Sci.), **28**, 73-106, 1999.

(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
木村治夫, 佐藤比呂志, 伊藤谷生, 宮内崇裕, 松多信	反射法地震探査からみた国府津-松田断層帯 松田北断層の地下構造	日本地質学会第 111 年学術大会	平成 16 年 9 月 19 日

尚，河村知徳，石山達也，岡田真介，加藤直子，荻野スミ子，楳原京子，小田 晋，石黒 梓，長谷川悟，上条裕久，駒田希充，丸山友章，坂下尚久，森智之，佐野順平，野田克也，井川猛			
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，楳原京子，小田 晋，石黒 梓，長谷川悟，上条裕久，駒田希充，丸山友章，坂下尚久，森智之，佐野順平，野田克也，井川猛	国府津－松田断層帯松田北断層におけるP波浅層反射法地震探査	日本地震学会 2004 年度秋季大会	平成 16 年 10 月 11 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



図 1 . 松田北断層、浅層反射法地震探査測線図。

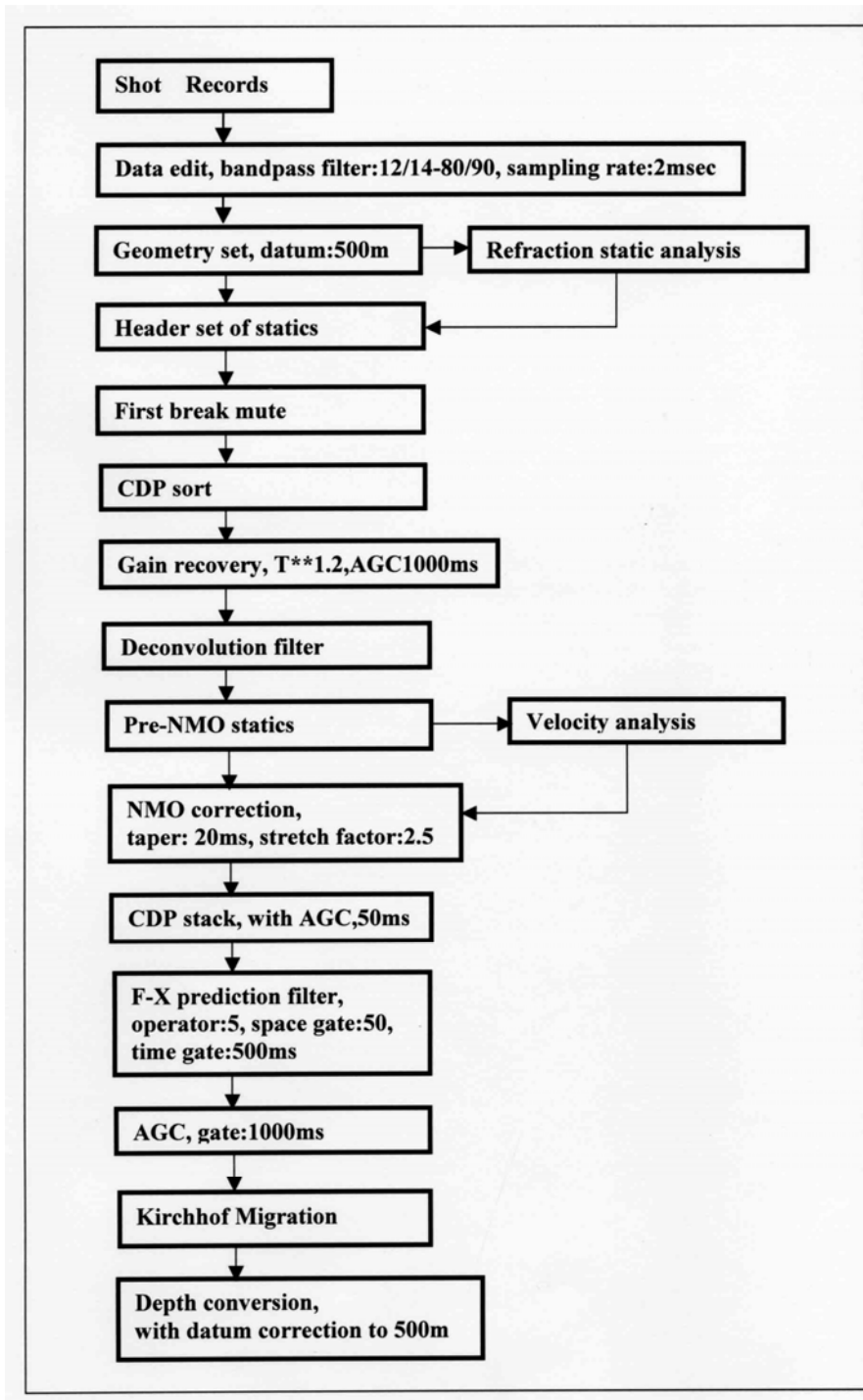


図 2. 松田北断層、浅層反射法地震探査処理の流れ図。

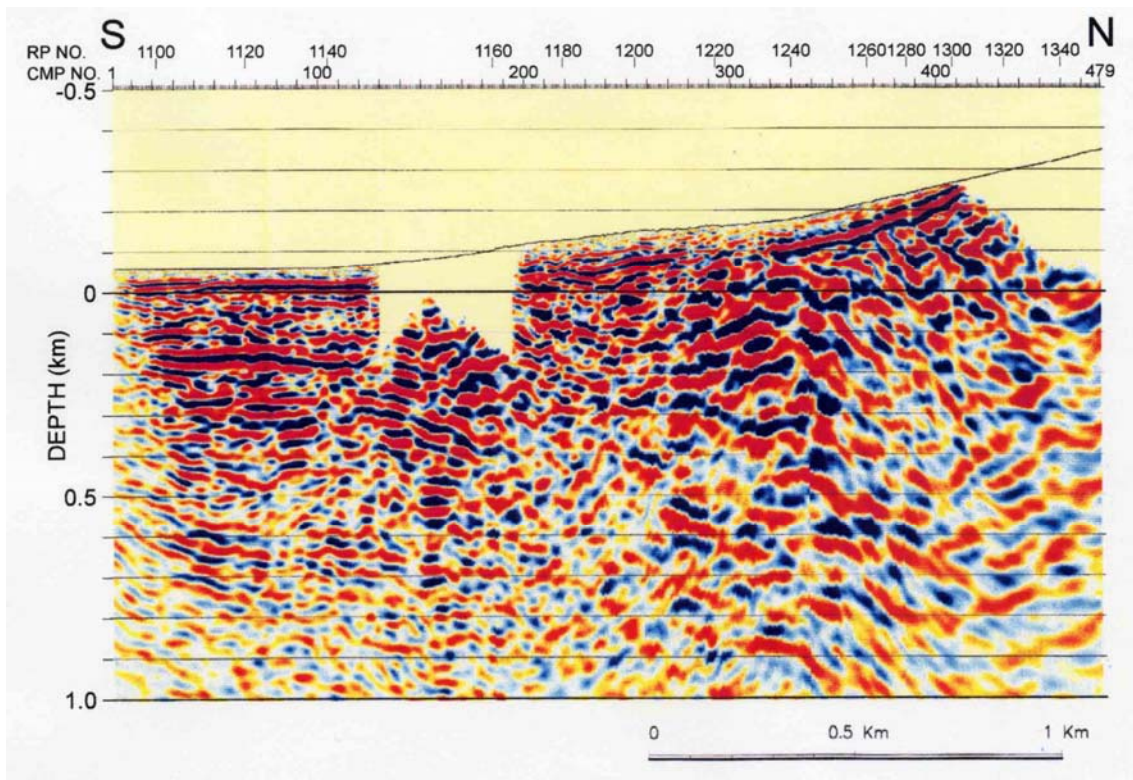


図 3. 重合後マイグレーション処理を施した深度変換断面図。

表 1. 松田北断層、浅層反射法地震探査仕様。

Source information	
source	Yuatsu Impactor JMI-200
No. of stacks	10 (standard)
shot interval	10 m
Receiver information	
receiver interval	10 m
No. of channels	300 ch
natural frequency	10 Hz
Recording information	
instruments	GDAPS-4
sampling interval	1 msec, 2 msec
recording length	3 sec

表 2. 解析で使した主なパラメーター。

Band-pass filter	12/14-80/90 Hz
Automatic Gain Control (AGC)	AGC operator length: 1000 msec
Deconvolution	Operator length: 150 msec Operator white noise level: 1500 msec Prediction distance: 2msec Automatic time variant gate
Velocity analysis	Velocity scan at every 50 CMP

(3) 平成17年度の計画

首都圏近郊の断層の地下形状について、これまで本計画で得られた資料の他に既存資料も総合させ、震源断層-活断層にいたる地質学的な震源断層モデルを作成する。これは、本研究計画での首都圏地域についての成果の総括と位置づけている。

山梨県甲府盆地南縁を限る曾根丘陵断層帯は、南傾斜の衝上断層と推定されているが、これまで地下構造が十分に明らかにされていない。このため、今年度はこの断層帯を横切って東京大学地震研究所の反射法地震探査システムを使用した浅層反射法地震探査を行う。この結果と、地表の変動地形調査の成果と組み合わせて、断層のパラメータを明らかにする予定である。