

活断層の評価に関する調査研究
「断層帯深部形状の評価に関する活断層調査研究」

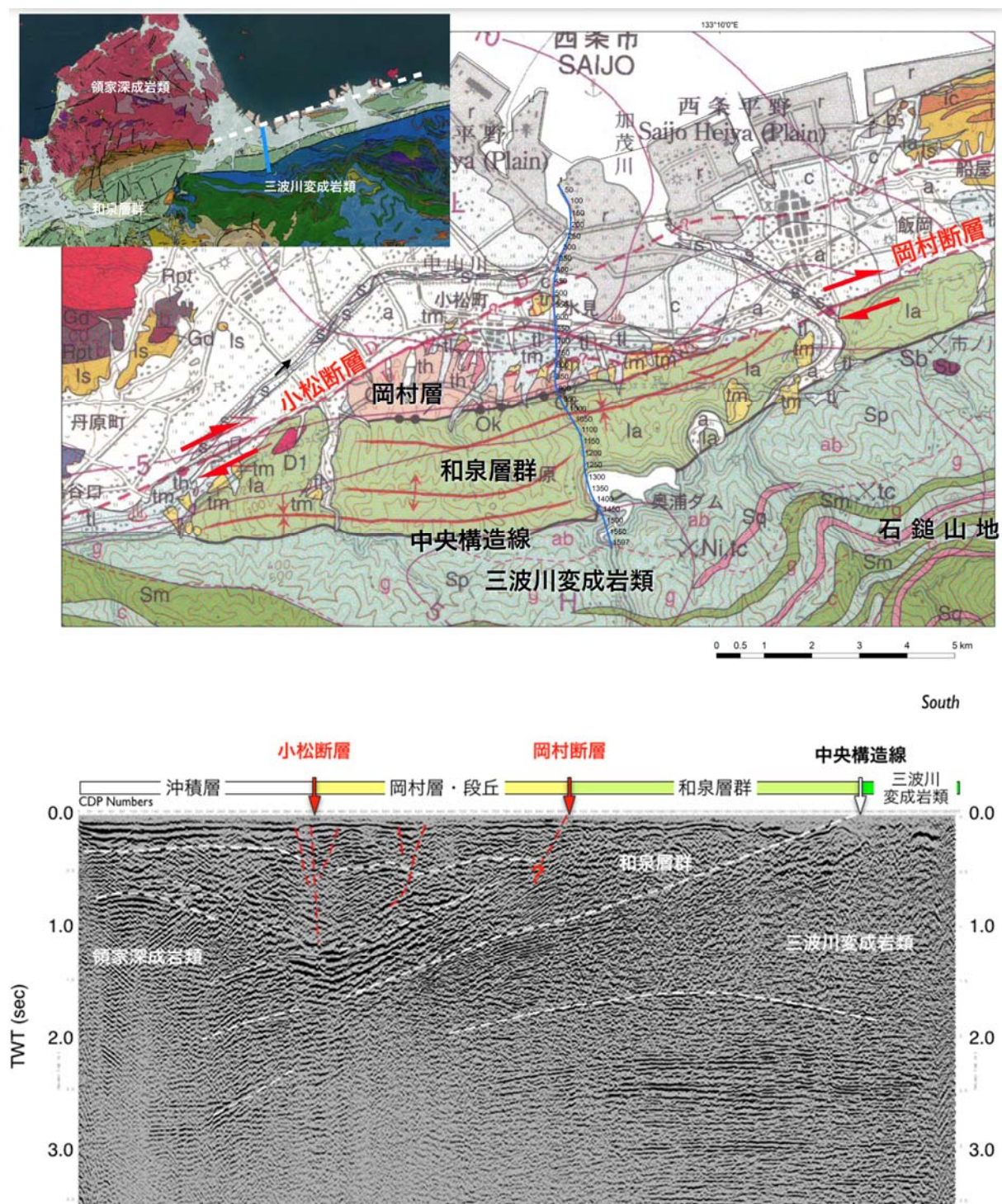
平成30年度
成果報告書

平成31年3月

文部科学省研究開発局
国立大学法人東京大学地震研究所

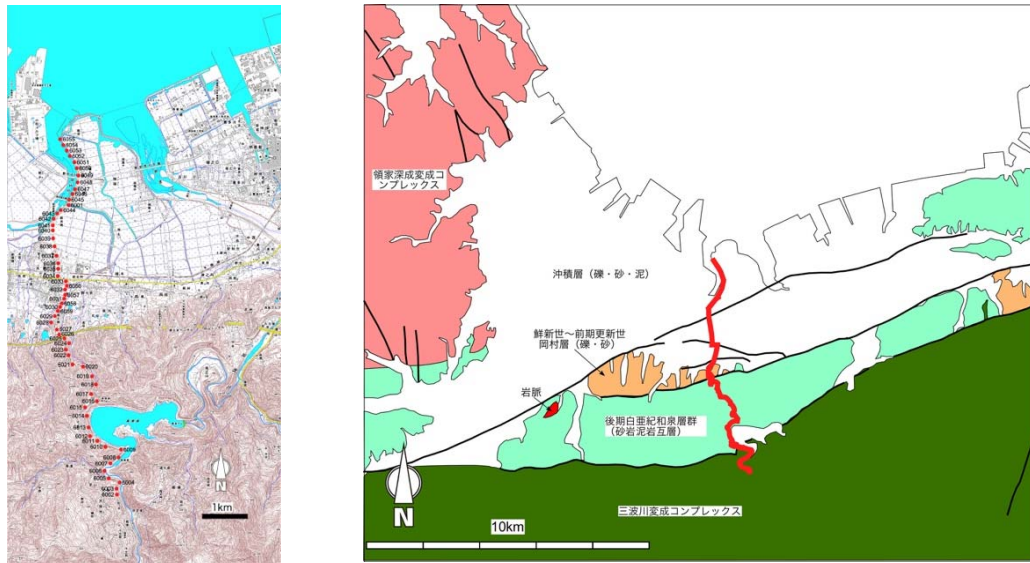
本報告書は、文部科学省の科学技術基礎調査等委託事業による委託業務として、国立大学法人東京大学地震研究所が実施した平成 30 年度活断層の評価に関する調査研究「断層帯深部形状の評価に関する活断層調査研究」の成果を取りまとめたものです。

1. 活断層の地表～深部構造および変動地形・地質構造解析

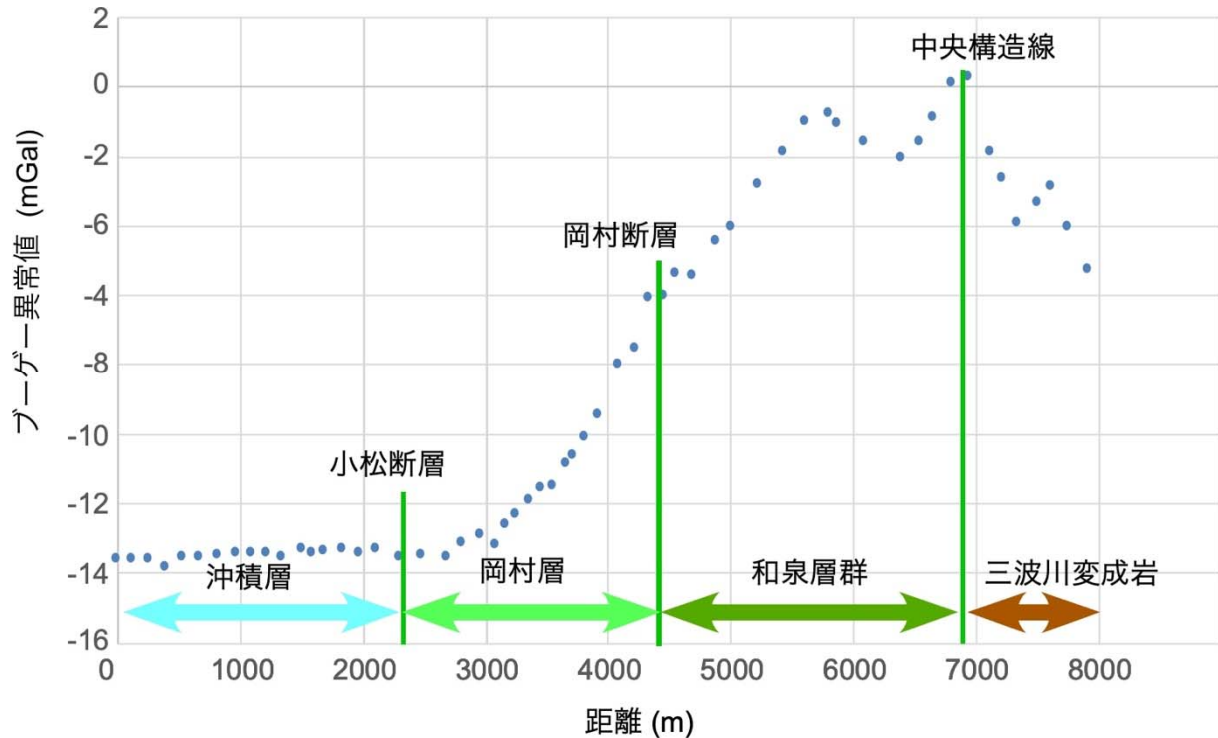


中央構造線断層帯・西条測線の測線図（上）と重合断面の解釈図（下）。
 測線図の背景の地質図は原ほか（2018）による。

2. 活断層の稠密重力探査

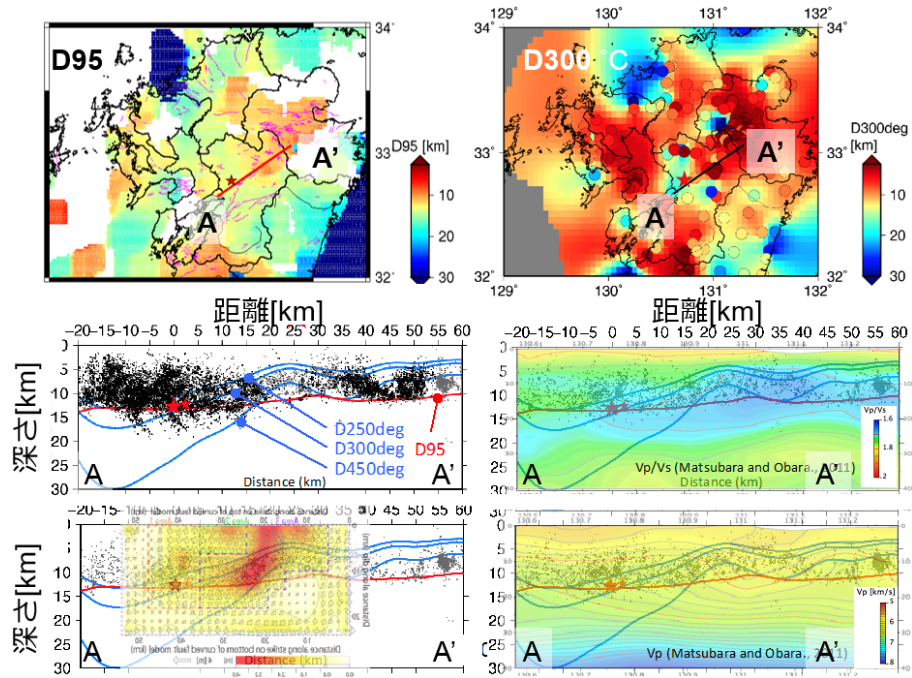


中央構造線を横切る愛媛県西条市付近の重力測定点位置 (左図) と地質との関係 (右図) 地形図は、国土地理院発行 25,000 分の 1 数値地図「高知」より、地質図は、産総研地質調査総合センター (2018) に基づく。



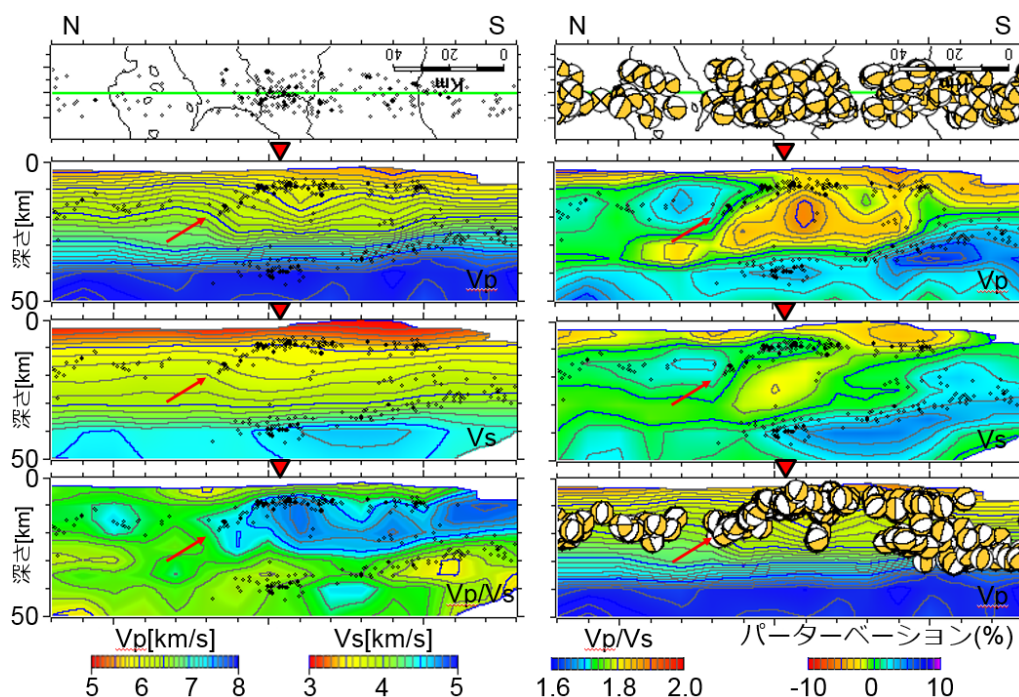
中央構造線周辺の地質および重力異常。重力異常の算出では地形補正は行っていない。

3. 断層帯の地震波速度構造および地震活動解析



2016 年 4 月熊本地震の結果。前震前の地震活動から推定した地震発生層の下限、地中温度 300°C の深さ分布、余震分布や震源過程、P 波速度構造、 V_p/V_s と地震発生層の下限や温度分布との比較。

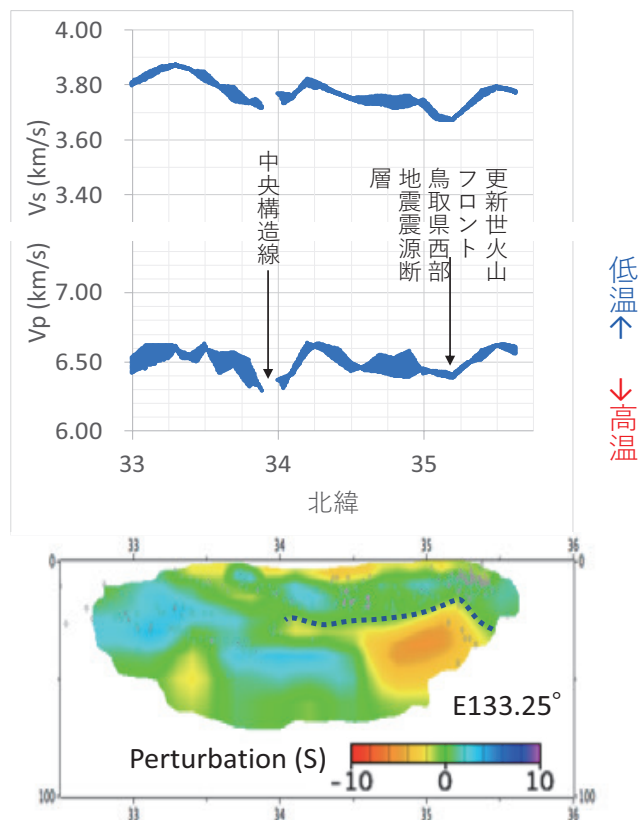
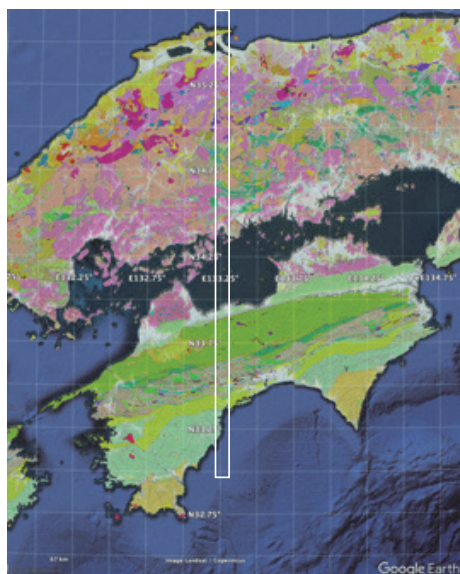
3. 断層帯の地震波速度構造および地震活動解析



東経 133.7° における速度構造 (Matsubara et al., 2017)、震源分布及び発震機構解。左列上から断面位置図、P 波速度構造、S 波速度構造、Vp/Vs、P 波速度パーターベーション、S 波速度パーターベーション、P 波速度を示す。黒点は 2000 年 10 月 1 日～2017 年 12 月 31 日までの防災科研 Hi-net で決められた M1.5 以上の地震を Matsubara et al. (2017) の三次元地震波速度構造を用いて再決定した震源である。▼は中央構造線の地表の位置を、赤矢印は中央構造線から北傾斜の面状の地震活動を示す。発震機構解は三次元地震波速度構造を用いて再決定したものをそれぞれの断面に対して下半球投影で表示している。

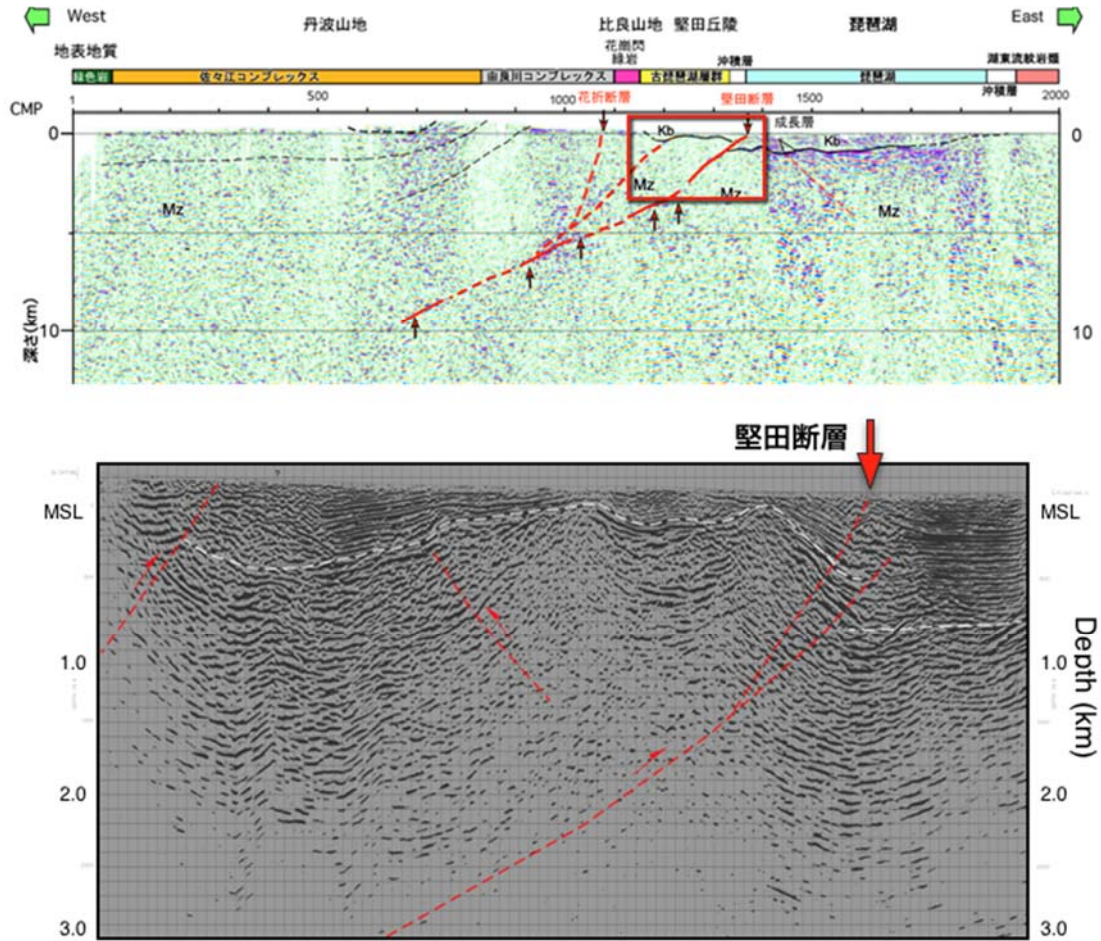
4. 断層帯周辺の岩石物性にに基づく地震発生層推定

深さ 20km
東経133.2 ~133.3 °
 $V_p/V_s = 1.69-1.75$



四国・中国地方（深さ 20 km）において $V_p/V_s=1.69-1.75$ の領域を抽出した P 波速度と S 波速度の南北変化。地殻深部の定性的な温度変化であると解釈される。

5. 震源断層モデルの構築と推定手法の検討



大大特・近江測線の解釈図（上）；佐藤ほか（2008）と和邇・途中測線の深度断面図の比較（下）。

目 次

グラビア

1. プロジェクトの概要.....	1
2. 業務の実施体制.....	3
3. 研究報告	
3.1 活断層の地表～深部構造および変動地形・地質構造解析.....	5
3.2 活断層の稠密重力探査.....	19
3.3 断層帯の地震波速度構造および地震活動解析.....	45
3.4 断層帯周辺の岩石物性に基づく地震発生層推定.....	55
3.5 震源断層モデルの構築と推定手法の検討.....	63
4. 全体成果概要.....	69
5. 成果の論文発表・口頭発表等.....	71
6. むすび.....	73
7. 全体会議・外部評価委員会	
7.1 活動報告.....	75
7.2 全体会議・外部評価委員会構成員名簿.....	78

1. プロジェクトの概要

活断層から発生する地震像を推定する上で、震源断層の地下形状を正確に理解することは本質的に重要である。一方、地表付近で観察される断層の形状は、既存の弱面の存在や堆積層の物性、断層近傍の応力場の変化などの条件に支配されて、深部にかけて複雑に変化する可能性があり、断層の深部から地表付近（変動地形）までの構造と断層すべりを統一的に説明することが必要である。このような問題意識を念頭に、断層帯深部形状を推定する手法の確立を目的として、地球物理学的および変動地形学・地質学的な調査研究観測を実施し、活断層－震源断層システムの形状を具体的に明らかにする。また、本課題の調査観測研究で得られたケーススタディでの知見を活用するとともに、地質・変動地形や重力・地震波トモグラフィ・微小地震活動などの地球物理学的数据及び既往研究を利活用して、日本列島の活断層－震源断層システムの構造的な特徴の抽出を行う。これらの結果を踏まえ、実際に発生した地震、断層帯の3次元形状や、火山など不均質構造と断層帯の関係などにも留意して、日本列島の活断層－震源断層システム形状推定・評価手法と詳細な検討と今後の課題について取り纏めを行い、事業終了後には、地震調査研究推進本部・地震調査委員会において、本事業で構築した断層帯深部形状の評価手法について提案し、既往の「活断層の長期評価手法（暫定版）」の改訂に反映されることを目指す。

このため、本課題では以下の5つのサブテーマを設定し、効果的な連携を図りながらプロジェクトを推進する。

・サブテーマ1 活断層の地表～深部構造および変動地形・地質構造解析

日本列島の活断層のいくつかを対象に、これを横断する浅層～大深度高分解能反射法地震探査を行うとともに、変動地形・地質構造を詳細に検討し、活断層の地表～深部構造を具体的に解明する。

・サブテーマ2 活断層の稠密重力探査

活断層を横断する稠密重力探査を行うとともに、密度構造モデルを推定し、活断層の地表～深部構造の推定に資する。

・サブテーマ3 断層帯の地震波速度構造および地震活動解析

断層帯の地震波速度構造および地震活動解析を基に、詳細な震源分布、地震発生層の下限や、活断層深部の震源断層域における地殻・最上部マンツルの構造的な特徴を検討する。

・サブテーマ4 断層帯周辺の岩石物性に基づく地震発生層推定

より正確な地殻構成岩石モデルを構築するために岩石鉱物の弾性波速度測定実験を行い、基礎データを得るとともに、岩石と鉱物の弾性波速度およびレオロジーに関する既存データを整理し、地殻構成岩石に関する初期モデルに基づき、活断層深部の震源断層域における地震波速度構造に基づく地殻構成岩石モデルを考慮した地震発生層の厚さを検討する。

・サブテーマ5 震源断層モデルの構築と推定手法の検討

サブテーマ1・2で得られる資料を総合させて、地表から深部までの断層モデル・震源断層像を提示するとともに、残された課題と課題解決の手法を提案する。さらに、サブテーマ3・4の検討結果を踏まえて、日本列島の活断層－震源断層システムの推定とその課題および解決の手法について提案し、長期評価の手法改良に資する。

2. 業務の実施体制

この重点的調査観測は、東京大学地震研究所、岩手大学、防災科学技術研究所、横浜国立大学の4機関が体制を構築し、関係する研究機関（者）の参加・協力を得て実施する。調査観測代表機関は、東京大学地震研究所（研究代表者：石山 達也）とする。

調 査 観 測 項 目	担 当 機 関	担 当 者
研究代表者	国立大学法人東京大学地震研究所	石山 達也
1. 活断層の地表～深部構造および変動地形・地質構造解析	国立大学法人東京大学地震研究所 同	石山 達也 佐藤 比呂志
2. 活断層の稠密重力探査	国立大学法人岩手大学	越谷 信
3. 断層帯の地震波速度構造および地震活動解析	国立研究開発法人防災科学技術研究所 同	松原 誠 ヤノトモコエリザベス
4. 断層帯周辺の岩石物性に基づく地震発生層推定	国立大学法人横浜国立大学	石川 正弘
5. 震源断層モデルの構築と推定手法の検討	国立大学法人東京大学地震研究所 同	石山 達也 佐藤 比呂志

また、上記4機関により構成する「断層帯深部形状の評価に関する活断層調査研究全体会議」（事務局は東京大学地震研究所）を設置し、サブテーマ間の連携を図る。とともに、外部有識者からなる外部評価委員会を設置し、研究計画・実施状況・成果についての報告に基づき、事業内容について助言を行う。

・全体会議

国立大学法人東京大学地震研究所 石山 達也（研究代表者、サブテーマ1・5代表）

国立大学法人岩手大学 越谷 信（サブテーマ2代表）

国立研究開発法人防災科学技術研究所 松原 誠（サブテーマ3代表）

国立大学法人横浜国立大学 石川 正弘（サブテーマ4代表）

・外部評価委員会

国立大学法人千葉大学 宮内 崇裕（外部評価委員会委員長）

国立大学法人弘前大学 小菅 正裕（外部評価委員会委員）

国立研究開発法人産業技術総合研究所 重松 紀生（外部評価委員会委員）

3. 研究報告

3.1 活断層の地表～深部構造および変動地形・地質構造解析

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 活断層の地表～深部構造および変動地形・地質構造解析

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立大学法人東京大学地震研究所	准教授	石山 達也
国立大学法人東京大学地震研究所	教授	佐藤 比呂志
国立大学法人東京大学地震研究所	特任研究員	加藤 直子

(c) 業務の目的

日本列島の活断層のいくつかを対象に、これらを横断する浅層～大深度高分解能反射法地震探査を行うとともに、変動地形・地質構造を詳細に検討し、活断層の地表～深部構造を具体的に解明する。

(d) 3 ヶ年の年次実施業務の要約

1) 平成 29 年度：

逆断層・横ずれ断層の構造とすべり分配の典型例として、琵琶湖西岸断層帯・花折断層帯などを対象に、変動地形・地質構造を検討するとともに、高分解能反射法地震探査を行った。

2) 平成 30 年度：

横ずれ断層の浅部～深部構造を解明する課題の典型例として、四国地域の中央構造線断層帯などを対象に、変動地形・地質構造の検討と高分解能反射法地震探査を行い、浅部～深部構造を推定した。また、昨年度実施した花折断層帯・琵琶湖西岸断層帯の反射法地震探査のデータ解析を行い、両断層帯の断層構造を推定した。

3) 平成 31 年度：

複雑な逆断層および伏在活断層の形状推定を解明する課題の典型例として、庄内平野・新庄盆地・山形盆地などを対象に、変動地形・地質構造の検討と高分解能反射法地震探査を行い、浅部～深部構造を推定する。

(2) 平成 30 年度の成果

(a) 業務の要約

琵琶湖西岸断層帯・花折断層帯にて平成 30 年度に実施した反射法地震探査データの解析により深度断面を作成し、断層形状の推定を行った。また、横ずれ断層の浅部～深部構造を解明する課題の典型例として、中央構造線断層帯（徳島・愛媛地域）について断層形状を明らかにする目的でこれらを横断する測線（土成・脇町・西条測線）で大型バイブレ

一ター型震源と独立型地震波計収録器を用いた高分解能反射法地震探査を行い、反射法データを取得するとともに、共通反射点重合法に基づく反射法処理を行い、断層構造の推定を行った。

(b) 業務の方法と成果

・琵琶湖西岸断層帯・花折断層帯における反射法地震探査

活断層の深部形状を考える上で重要な問題のひとつに、異なるすべりセンスを持つ断層が近接して並行する、いわゆるすべり分配 (slip partitioning) を生じている断層系がある。このような断層系では、いずれの断層が主断層であるのかを特定することが、震源断層の推定や過去の地震像の推定を行う上で重要な鍵である。そこで、日本列島の内陸活断層においてすべり分配が生じている断層系の典型例である琵琶湖西岸断層帯および花折断層帯を対象に、両断層帯の構造的な関係について、変動地形・地質構造および断層の浅部～深部形状から詳細に検討することを目的として、これらを横断する 2 測線（饗庭野－朽木測線および和邇－途中測線）で大型バイブレーター型震源と独立型地震波計収録器を用いた高分解能反射法地震探査を行った（石山・佐藤, 2018）（図 1 および図 2）。

本年度は、この観測記録を用いて、共通反射点重合法に基づく反射法のデータ解析を行い、反射断面を作成した（図 3, 4 および 5）。主な解析パラメーターは以下の通りである；（饗庭野－朽木測線）AGC : 600 msec; Deconvolution gate length 2000 msec, operator length 360 msec, 予測距離 2 msec; Bandpass filter: 6/8-90/100 Hz; Fan Filter 3600 m/se; 残差静補正: シフト量 10 msec; FX-Prediction Filter 5 trace; FD Migration, 100-90 %（和邇-途中測線）AGC : 400 msec; Deconvolution gate length 2000 msec, operator length 240 msec, 予測距離 12 msec; Bandpass filter: 6/12-80/100 Hz; 残差静補正: シフト量 2 msec; F-X FD Migration, 80 %。解析の結果、饗庭野－朽木測線では深さ 3-4 km 程度の中深度断面を、和邇－途中測線では深さ 2 km 程度の高分解能深度断面を得ることができた。

饗庭野－朽木測線では、断面東部に更新統古琵琶湖層群および上部更新統・完新統に対応するほぼ水平な高周波反射波群が深さ 1 km 程度まで認められる（図 4）。これらの深度は過去の探査結果（滋賀国道事務所, 2004）と整合的である。古琵琶湖層群高島層に対応する反射面群は饗庭野断層の地表位置（小松原ほか, 1998; 堤ほか, 2005 など）にほぼ対応する位置から西に傾斜する不連続で分布を断たれることに加えて、この東側で層厚が急激に増大する。これらの特徴から、饗庭野断層は地表位置から西に中角度で傾斜する逆断層であると推定される。饗庭野断層の下方延長には、微弱ながら西傾斜する反射波群が断続的に分布しており、断層面からの反射波である可能性がある。一方、饗庭野断層の約 10 km 西方に位置する花折断層の両側では、反射波の特徴が大きく異なっている。すなわち、花折断層の西側では西傾斜の反射波群が卓越するのに対して、東側ではほぼ水平な反射波群が卓越する。このような反射断面の特徴は、5 万分の 1 地質図「北小松」（木村ほか, 2001）に表現されている丹波帯の構造の大きな食い違い、すなわち花折断層の西側における南北走向のスラスト群と、東側における東西走向のスラスト群に対応すると考えられる。反射断面ではこのような構造的な不連続が花折断層の地表位置（堤ほか, 2005 など）から深さ 5 km 程度まで追跡され、高角ないしはほぼ垂直な断層面をなすものと推定される。

和邇一途中測線では、断面東端部に更新統古琵琶湖層群および上部更新統・完新統に対応するほぼ水平な高周波反射波群が深さ 1 km 程度まで認められる（図 5）。このような構造的な特徴は過去に堅田丘陵で実施された反射法地震探査の結果（滋賀国道事務所, 2004; 戸田ほか, 1996）と整合的である。これらは堅田断層の地表位置（東郷, 2000; 岡田ほか, 2009）よりもさらに約 80 m 東でその分布高度を西に向かって上げ、東傾斜の急傾斜帯を形成している。これらの特徴から、堅田断層は西に中角度で傾斜する逆断層であると推定される。東傾斜する古琵琶湖層群に対応する反射波群には不連続が認められないことから、堅田断層はその先端が約 500 m 以深に伏在するものとみられる。また、従来、堅田断層の地表位置とされる撓曲崖基部直下には、古琵琶湖層群が急傾斜する部分があることから、ここでは堅田断層が分岐しているものとみられる。反射断面では、起伏のある先新第三系基盤岩類（丹波帯および白亜紀花崗岩）およびこれを不整合に覆う古琵琶湖層群・堅田層（林, 1974; 木村ほか, 1998）が、急傾斜の東翼と緩傾斜の西翼を持つ東フェルゲンツの非対称背斜に参加することがわかる。和邇川沿いに分布する河成段丘面群は背斜状に変形することが知られており（奥村ほか, 1972）、これは反射断面にイメージングされた非対称背斜構造の成長を示すものと考えられる。西翼は東に高角で傾斜する向斜軸で区切られることから、このような **basement-involved anticline** の形成を説明するには、東翼部の地質構造から推定した堅田断層はさらに深部でその傾斜を減じる必要がある。

・中央構造線断層帯（徳島・愛媛地域）における反射法地震探査

横ずれ断層の形状については、Anderson理論（Anderson, 1951）とクーロン・ナビエ破壊基準に基づけば、最大・最小主応力軸が水平、中間主応力が鉛直の場合には断層面がほぼ垂直となることが期待される（例えば、山路, 2000）。ただし、上記の応力配置は地表付近に限られることや、このことが成り立つためには断層面が平坦であること、岩体の物性が等方的であること等が必要であり、上記の応力配置や断層形状が期待されない地下深部では必ずしも当てはまらないことが指摘されている（例えばSuppe, 1985; Twiss and Moores, 2007）。

中央構造線断層帯は、全長約 440 km、ほぼ東西から東北東走向で奈良県西部から四国を経て大分県東部に延びる日本最大級の長大な右横ずれ活断層である（活断層研究会, 1991; 中田・今泉編, 2002; 岡田・他, 1996; 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2017）。中央構造線断層帯にて掘削されたトレンチや露頭で観察される断層面は高角ないしはほぼ鉛直なものが多い（例えば、岡田・堤, 1997; 岡田ほか, 1998; 堤ほか, 2000）。一方、中央構造線の深部構造については、和歌山および徳島地域で実施された構造探査の結果から、深部では北に傾斜する断層面を有することが明らかになっている（伊藤ほか, 1996; Ito et al., 2009; Sato et al., 2015）。このうち、Sato et al. (2015)による根来断層・根来南断層を横断する構造探査では、高分解能反射法地震探査および深部構造探査が実施され、地下浅部から深部にかけて北に傾斜する断層面が明瞭に捉えられている。一方、徳島地域では伊藤ほか（1996）により阿讃山地^{あさん}を横断する深部構造探査が、またKawamura et al. (2003)により阿讃山地北縁部を横断する深部構造探査がそれぞれ実施されており、地下深部まで北に傾斜する物質境界としての中央構造線が推定されている。また、浅層反射法地震探査としては、堤ほか（2007）（日開谷川^{ひがいたに}測線）が行われているが、物質境界としての中央構造

線との関係は不明である。したがって、活断層との構造的な関係を検討するための地下浅部から深部構造をつなぐ高分解能反射法地震探査が不足していた。また、愛媛地域については、池田ほか（2003; 2005）、堤ほか（2007）、Ikeda et al. (2008)によって浅層反射法地震探査が実施されている。また、Ikeda et al. (2013)はMT法によって中央構造線のダメージ・ゾーンが深さ17 km程度まで北に傾斜して延びると推定している。一方、これまで和泉層群と三波川変成岩類を境する地質境界断層としての中央構造線と活断層の双方の関係を直接的に捉える長大な反射法地震探査は未実施であった。そこで、横ずれ断層の浅部～深部構造を解明する課題の典型例として、中央構造線断層帯を対象に変動地形・地質構造および地下構造データに基づき断層の浅部～深部構造を推定する目的で、徳島・愛媛地域において反射法地震探査（土成・脇町・西条測線）を実施した（図6, 8, 9および表 1）。

土成測線は徳島県阿波市吉野から同市宮川内に至る約 6.4 km 区間、脇町測線は徳島県美馬市脇町拝原から同市西赤谷に至る約 4.8 km 区間、西条測線は愛媛県西条市榎端から同市氷見を経て同市黒瀬に至る約 11 km 区間である。西条測線では独立型収録器 GSR-1 および GSX-3（OYO Geospace 社製）を用い、西条測線では 10 m 間隔の受振点展開と大型バイブレーターHEMI-50（IVI 社製）2 台による 5 m 間隔の発震を標準的に実施した。脇町および土成測線では 10 m 間隔の受振点展開と大型バイブレーターHEMI-50（IVI 社製）1 台による発震を行い、高分解能反射法のデータを取得した（図 7 および 10）。実施期間は 2018 年 11 月 20 日～12 月 13 日である。主なデータ取得パラメーターを表 1 に記した。

この観測記録を用いて、共通反射点重合法に基づく反射法のデータ解析を行い、反射断面を作成した。主な解析パラメーターは以下の通りである；（脇町測線）AGC：400 msec; Deconvolution gate length 2000 msec, operator length 240 msec, 予測距離 12 msec; Bandpass filter: 6/12-80/100 Hz; 残差静補正: シフト量 2 msec; F-X FD Migration, 80%（西条測線）AGC：600 msec; Deconvolution gate length 2000 msec, operator length 360 msec, 予測距離 2 msec; Bandpass filter: 6/8-90/100 Hz; Fan Filter 3600m/se; 残差静補正: シフト量 10 msec; FX-Prediction Filter 5 trace; FD Migration, 100-90%。解析の結果、土成・脇町測線では往復走時 1 秒程度の高分解能断面を、西条測線では往復走時 3 秒程度の断面を得ることができた（図 6 および図 9）。

脇町測線は讃岐山地を南北に流下する曾江谷川沿いに位置し、中央構造線断層帯を構成する主要な活断層である父尾断層を南北に横断する測線である。本測線は伊藤ほか（1996）による深部構造探査測線上に位置しており、伊藤ほか（1996）により推定された中央構造線の北傾斜する断層面と父尾断層の構造的な関係を議論することが可能である。得られた断面によれば（図 7）、父尾断層の下方延長には、三波川変成岩類の上面（鮮新・更新統土柱層との不整合面）からの非常に強い反射波群が分布しているが、これらが明瞭に変形・切断されるような構造は認めることができない。

西条測線は周桑平野から石鎚山地にかけてほぼ南北に設定され、和泉層群と三波川変成岩類を境する地質境界断層としての中央構造線と、さらに北に位置する活断層である岡村断層・小松断層を横断する測線である。得られた断面によれば（図 10）、地質境界断層から地下深部にかけて北に傾斜する反射波群が明瞭に認められる。これらの上部は三波川変成岩類に相当すると考えられることから、これまで徳島地域で推定されていたと同様に、

ここでも物質境界である中央構造線の下位にあたる地質帯は基本的には北に傾斜して深部に延びるものと推定される。その上位には和泉層群とこれを不整合に覆う岡村層相当層および上部更新統が小松断層付近で変形・切断する構造が認められる。今後、反射法解析をさらに進めて深度断面を作成し、変動地形・地質構造および既存反射断面や重力異常・地震活動・地震波速度構造などのデータとあわせて、本断層帯の深部形状について検討を行う。

(c) 結論ならびに今後の課題

琵琶湖西岸断層帯・花折断層帯にて平成30年度に実施した反射法地震探査データの解析により深度断面を作成し、断層形状の推定を行った。また、横ずれ断層の浅部～深部構造を解明する課題の典型例として、中央構造線断層帯（徳島・愛媛地域）について断層形状を明らかにする目的でこれらを横断する測線（土成・脇町・西条測線）で大型バイブレータ型震源と独立型地震波計収録器を用いた高分解能反射法地震探査を行い、反射法データを取得するとともに、共通反射点重合法に基づく反射法処理を行い、断層構造の推定を行った。今後は反射法解析をさらに進めて深度断面を作成し、変動地形・地質構造および既存反射断面や重力異常・地震活動・地震波速度構造などのデータとあわせて、本断層帯の深部形状について検討を行う。

(d) 引用文献

- Anderson, E. M. 1951. *The Dynamics of Faulting*. Edinburgh: Oliver and Boyd.
- 原 英俊・青矢睦月・野田 篤・田辺 晋・山崎 徹・大野哲二・駒澤正夫, 20万分の1地質図幅 高知（第2版）, 地質調査総合センター, 2018.
- 林 隆夫, 堅田丘陵の古琵琶湖層群, 地質学雑誌, 80, 261-276, 1974.
- 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, 254 p, 2002.
- 池田倫治・大野一郎・大野裕記・岡田篤正, 四国北西部地域の中央構造線活断層系の地下構造とセグメンテーション. 地震 第2輯, 56, 141-155, 2003.
- 池田倫治・大野裕記・長谷川修一・岡田篤正, 四国北西部中央構造線活断層系, 米湊断層および本郡断層の地下構造と活動履歴. 地震 第2輯, 57, 419-439, 2005.
- Ikeda, M., Toda, S., Kobayashi, S., Ohno, Y., Nishizaka, N., and Ohno, I., Tectonic model and fault segmentation of the Median Tectonic Line active fault system on Shikoku, Japan. *Tectonics*, 28, TC5006, doi:10.1029/2008TC002349, 2009.
- Ikeda, M., Kato, S., Nishizaka, N., Ohno, Y., Matsuo, K., and Kishimoto, M., Magnetotelluric imaging of the Median Tectonic Line in western Shikoku, southwest Japan: Implications of the fault-related low-resistivity zone. *Tectonophysics*, 601, 78-86, 2013.
- 石田志朗・河田清雄・宮村 学, 地域地質研究報告 5万分の1地質図幅 彦根西部, 地質調査所, 1984.

- 石山達也・佐藤比呂志, 3.1 活断層の地表～深部構造および変動地形・地質構造解析, 活断層の評価に関する調査研究「断層帯深部形状の評価に関する活断層評価研究」平成30年度成果報告書, 5-13, 2018.
- 伊藤谷生・井川 猛・足立幾久・伊勢崎修弘・平田 直・浅沼俊夫・宮内崇裕・松本みどり・高橋通浩・松澤進一・鈴木雅也・石田啓祐・奥池司郎・木村 学・國友孝洋・後藤忠徳・澤田巨啓・竹下 徹・仲谷英夫・長谷川修一・前田卓哉・村田明広・山北 聡・山口和雄・山口 寛, 四国中央構造線地下構造の総合物理探査.地質学雑誌, 102, 4, 346-360, 1996.
- Ito, T., Kojima, Y., Kodaira, S., Sato, H., Kaneda, Y., Iwasaki, T., Kurashimo, E., Tsumura, N., Fujiwara, A., Miyauchi, T., Hirata, N., Harder, S., Miller, K., Murata, A., Yamakita, S., Onishi, M., Abe, S., Sato, T., Ikawa, T., Crustal structure of southwest Japan, revealed by the integrated seismic experiment Southwest Japan 2002. Tectonophysics, 472, 124-134, 2009.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 「琵琶湖西岸断層帯の評価」. 21 p, 2003a.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 「三方・花折断層帯の評価」. 26 p, 2003b.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 「中央構造線断層帯(金剛山地東縁-由布院)の長期評価(第二版)」. 162 p, 2017.
- 活断層研究会編, 「新編日本の活断層-分布図と資料-」. 東京大学出版会, 437 p, 1991.
- Kawamura, T., Onishi, M., Kurashimo, E., Ikawa, T., and Ito, T., Deep seismic reflection experiment using a dense receiver and sparse shot technique for imaging the deep structure of the Median Tectonic Line (MTL) in east Shikoku, Japan. Earth, planets and space, 55, 549-557, 2003.
- 木村克己・吉岡敏和・井本伸広・田中里志・武蔵野 実・高橋裕平, 地域地質研究報告 5万分の1地質図幅 京都東北部, 地質調査所, 1998.
- 木村克己・吉岡敏和・中野聰志・松岡 篤, 地域地質研究報告 5万分の1地質図幅 北小松, 地質調査所, 2001.
- 小松原琢・水野清秀・寒川 旭・七山 太・木下博久・松木宏彰・新見 健・吉村辰朗・井上基・居川信之・葛原秀雄・中村美重・図司高志・横井川博之, 琵琶湖西岸活断層系北部, 饗庭野断層の第四紀後期の活動. 地質調査所月報, 49, 447-460, 1998.
- 文部科学省研究開発局・東京大学地震研究所・京都大学防災研究所・独立行政法人防災科学技術研究所, 大都市大震災軽減化特別プロジェクト I 地震動(強い揺れ)の予測「大都市圏地殻構造調査研究」(平成 18 年度)成果報告書, 822 p, 2007.
- 中江 訓・吉岡敏和, 地域地質研究報告 5万分の1地質図幅 熊川, 地質調査所, 1998.
- 中田 高・今泉俊文編, 「活断層詳細デジタルマップ」. 東京大学出版会, DVD-ROM2枚・付図1葉・60 p, 2002.
- 中田 高・後藤秀昭・岡田篤正・堤 浩之・丹羽俊二, 1:25,000都市圏活断層図「西条」. 国土地理院技術資料, D1-No.355, 1998.
- 中田 高・後藤秀昭・岡田篤正・堤 浩之・丹羽俊二・小田切聡子, 1:25,000都市圏活断層図「脇町(第2版)」. 国土地理院技術資料, D1-No.524, 2008.

- 岡田篤正・堤 浩之, 中央構造線活断層系父尾断層の完新世断層活動, 地学雑誌, 106, 644-659, 1997.
- 岡田篤正・堤 浩之・中田 高・安藤雅孝, 中央構造線活断層系岡村断層の完新世断層活動, 活断層研究, 17, 106-131.
- 奥村由彦・仲川信一・東郷正美, 滋賀丘陵の変形に関する2, 3の考察, 法政大学地理学集報, 1, 29-40, 1972.
- 佐藤比呂志・他8名, 3.1.3 近畿地殻構造探査(近江測線), 文部科学省 「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」平成18年度成果報告書, 87-214, 2007.
- 滋賀国道事務所, 第1回滋賀国道地震防災検討委員会資料, 2004 (2004年5月31日開催).
- 戸田 茂・川崎慎治・中川康一・香川敏幸・横田 裕・小林芳正・岡田篤正, 琵琶湖南湖周辺における反射法地震探査. 活断層研究, 15, 23-36, 1996.
- 東郷正美, 「微小地形による活断層判読」.古今書院, 206p, 2000.
- Sato, H., Kato, N., Abe, S., Horne, V. A., and Takeda, T., Reactivation of an old plate interface as a strike-slip fault in a slip-partitioned system: Median Tectonic Line, SW Japan. Tectonophysics, 644-645, 58-67, 2015.
- Suppe, J., Principles of Structural Geology, Prentice Hall, 537 pp., 1985.
- 堤 浩之・岡田篤正・後藤秀昭・松木宏彰, 中央構造線活断層帯川上断層の完新世後期における活動履歴, 活断層研究, 19, 77-86, 2000.
- 堤 浩之, 戸田 茂・今村朋裕・石山達也・河村知徳・佐藤比呂志・宮内崇裕・加藤 一・隅元 崇・武田麻美・山本彰吾, 四国の中央構造線断層帯の浅層反射法地震探査: 2002 年新居浜測線と 2003 年阿波測線. 東京大学地震研究所彙報, 82, 105-117, 2007.
- Twiss, R. J. and Moores, E. M., Structural Geology, 2nd Edition, W H Freeman & Co., 736 p., 2007.
- 宇佐美龍夫, 「最新版 日本地震被害総覧[416]-2001」.東京大学出版会, 605 p, 2003.
- 山路 敦, 理論テクトニクス入門, ー構造地質学からのアプローチ. 朝倉書店, 287 p., 2000.

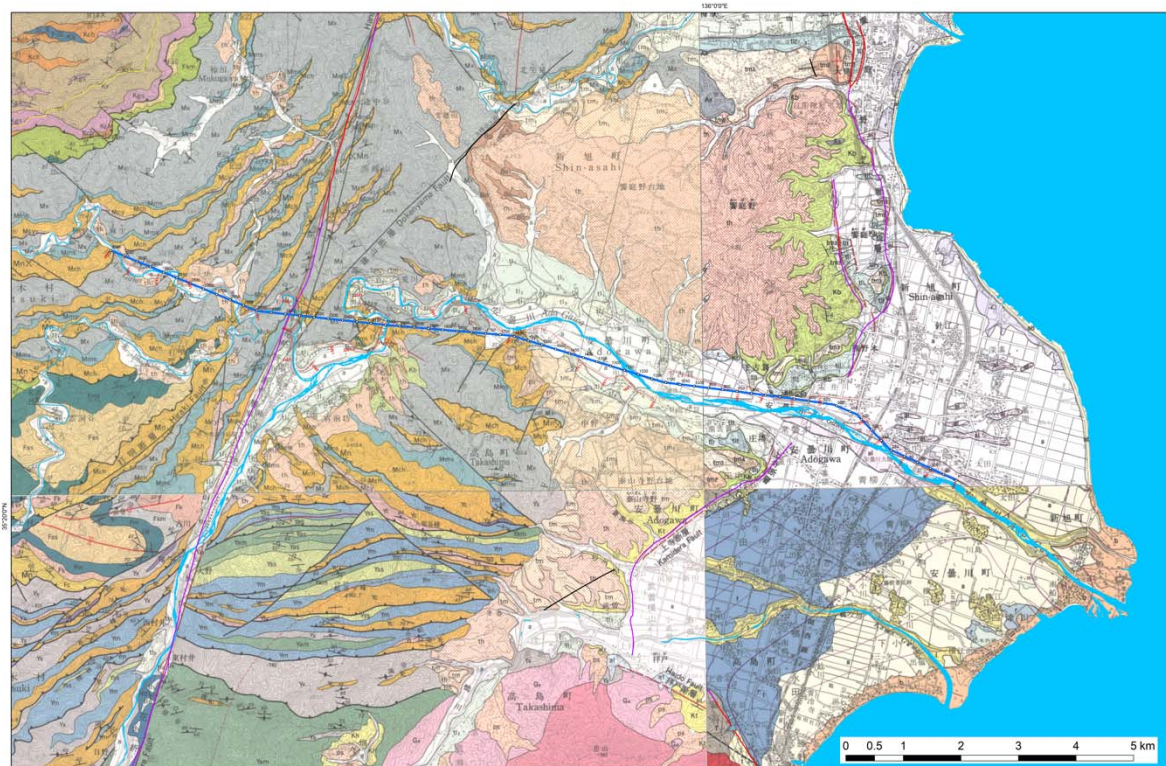


図 1 饗庭野・朽木測線の重合測線位置図。活断層の位置は中田・今泉編（2002）による。背景は 1/5 万地質図（竹生島・彦根西部・熊川・北小松）。

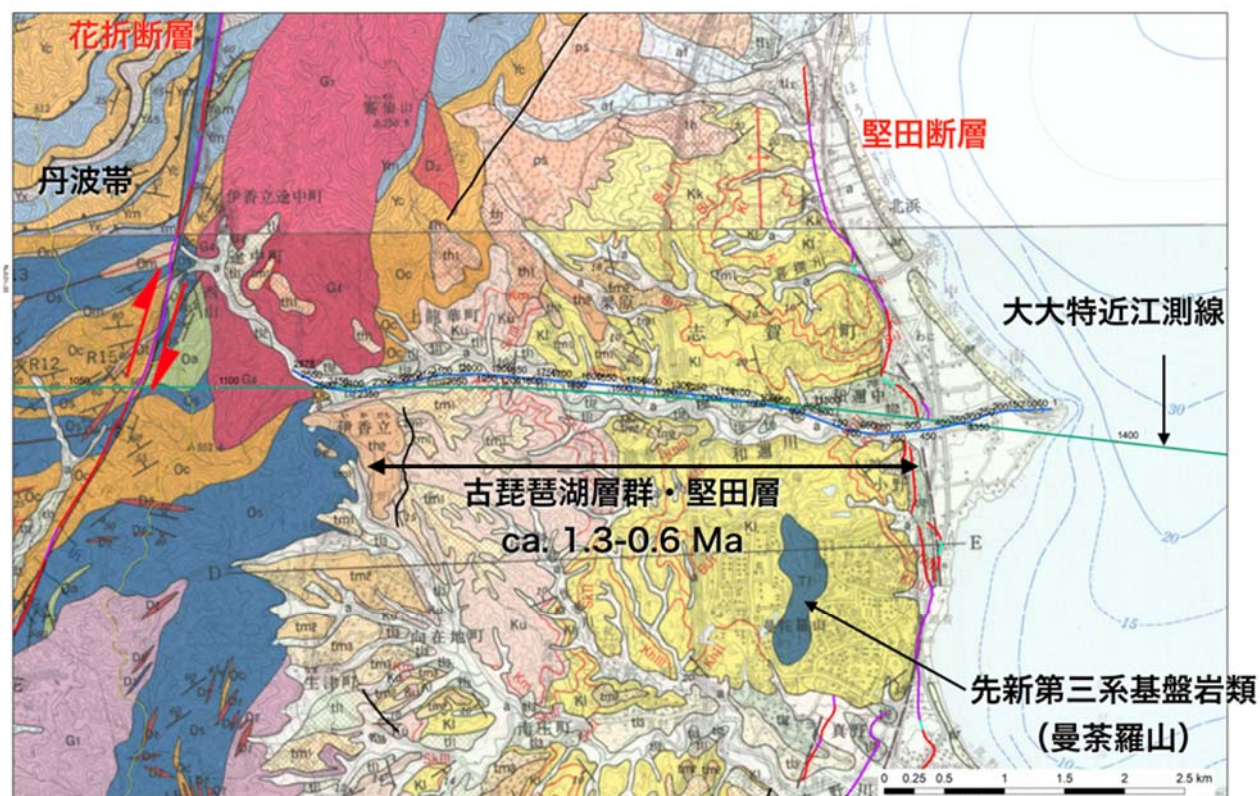


図 2 和邇・途中測線の重合測線位置図。活断層の位置は中田・今泉編（2002）による。背景は 1/5 万地質図（北小松および京都東北部）。青線は大大特・近江測線（佐藤ほか, 2007）の位置。

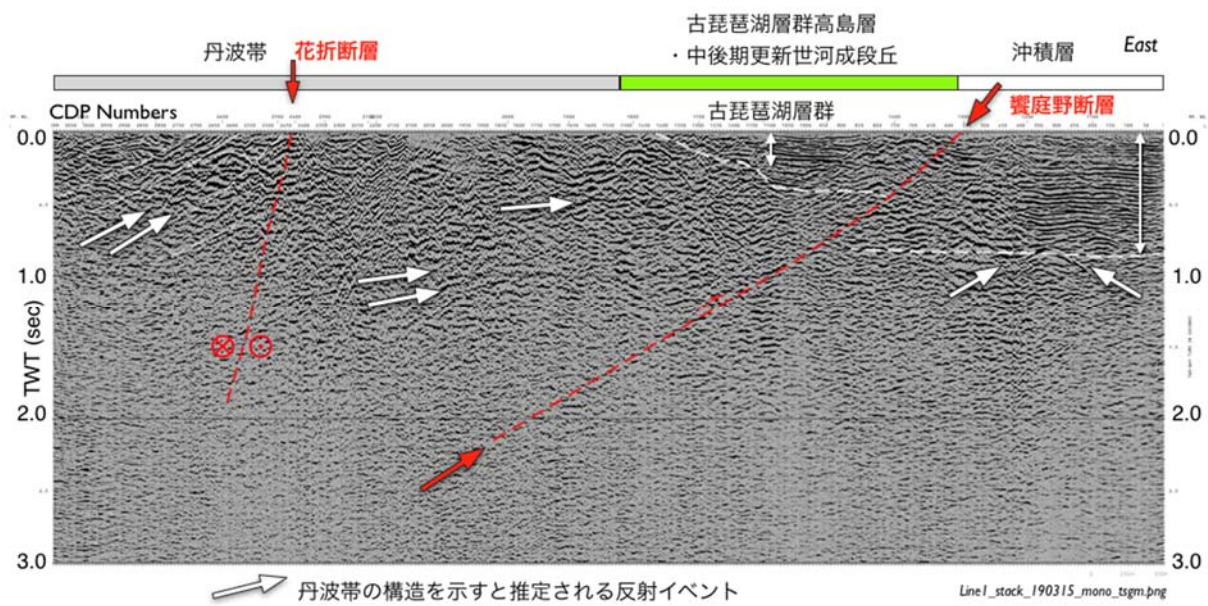


図3 饗庭野-朽木測線の重合時間断面解釈図。

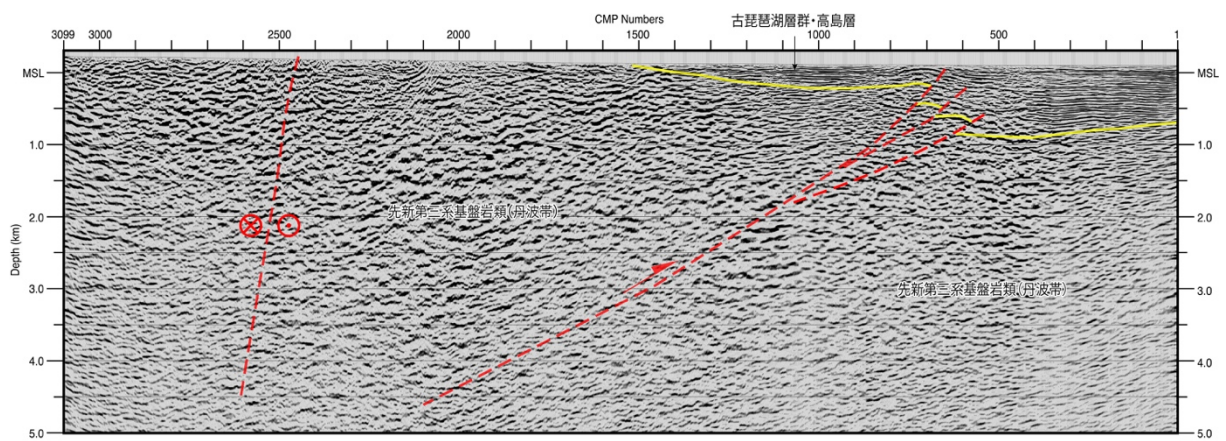


図4 饗庭野-朽木測線の深度断面解釈図。

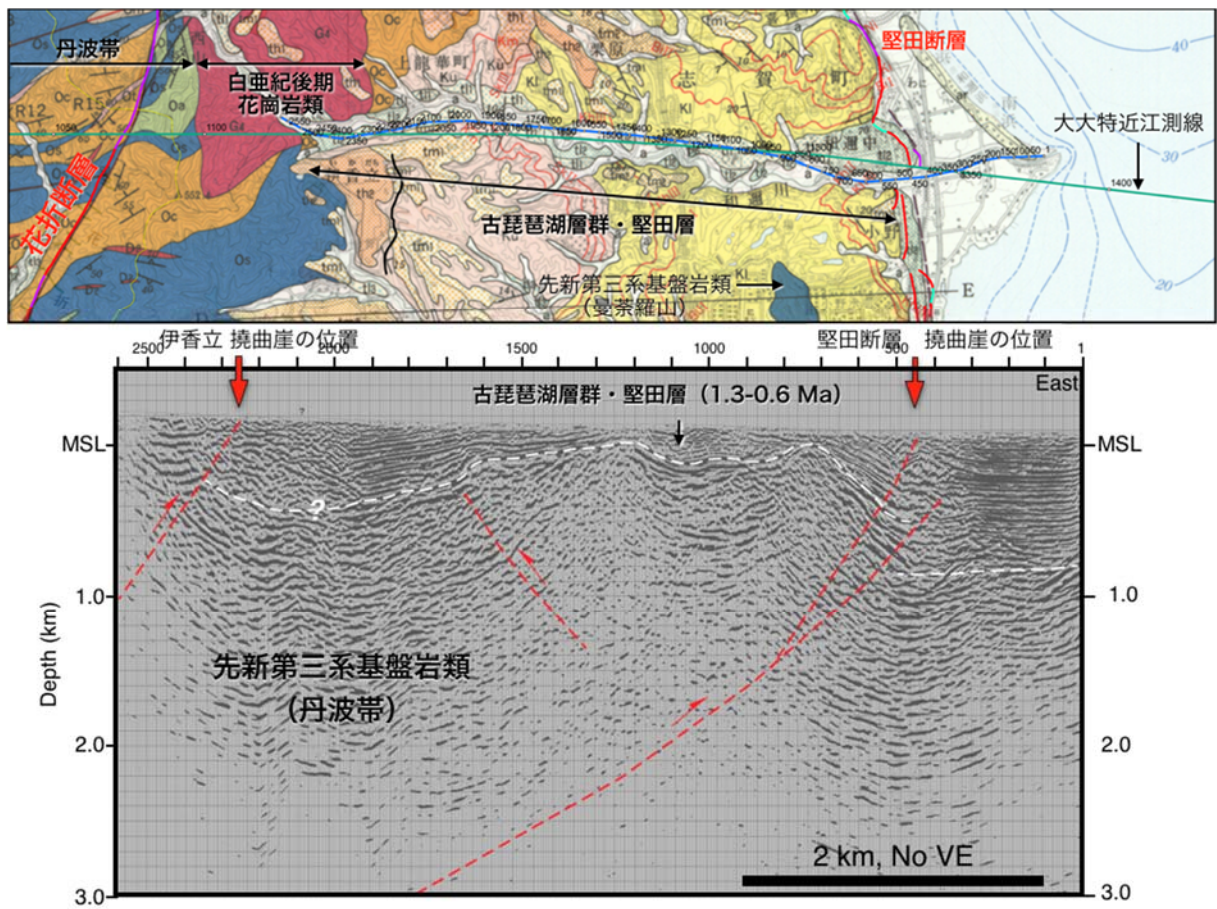


図 5 和邇-途中測線周辺の地質図（上）と深度断面解釈図。断面の縦横比は 1:1。
活断層の位置は活断層の位置は中田・今泉編（2002）による。



図 6 中央構造線断層帯（徳島県）・脇町測線の重合測線位置図。背景は都市圏活断層図「脇町」（第 2 版）（中田ほか, 2009）。

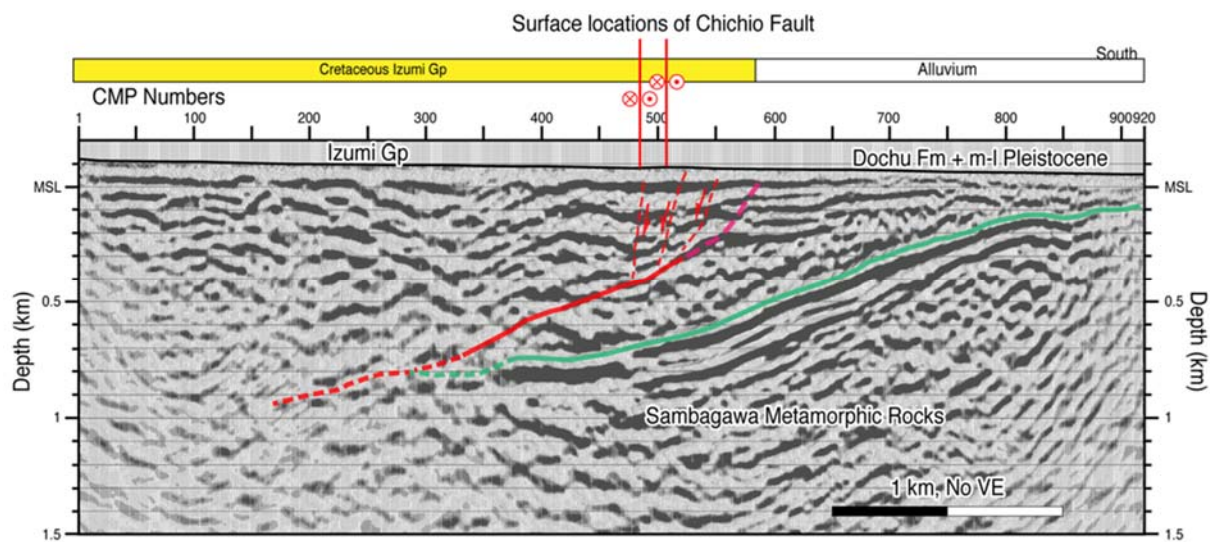


図 7 中央構造線断層帯（徳島県）・脇町測線の深度断面の解釈。

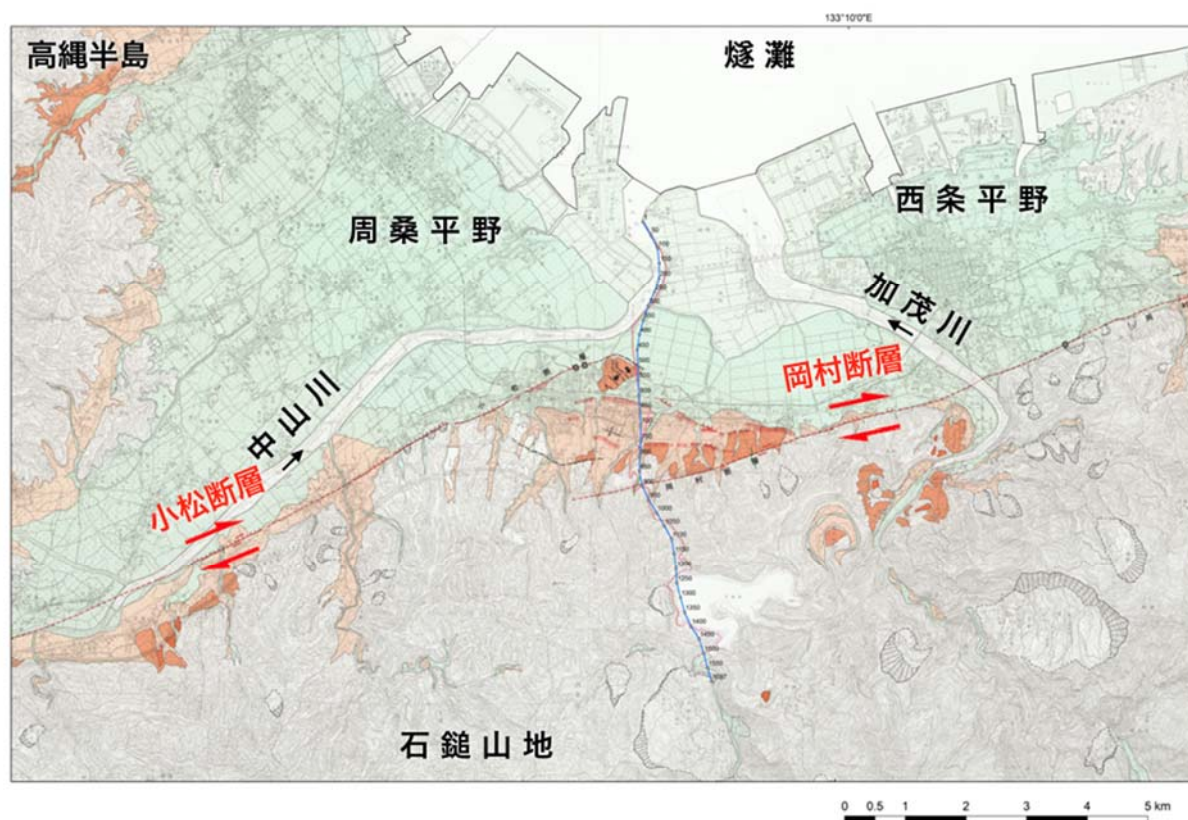


図 8 中央構造線断層帯（愛媛県）・西条測線の重合測線位置図。背景は都市圏活断層図「西条」（中田ほか, 1998）。

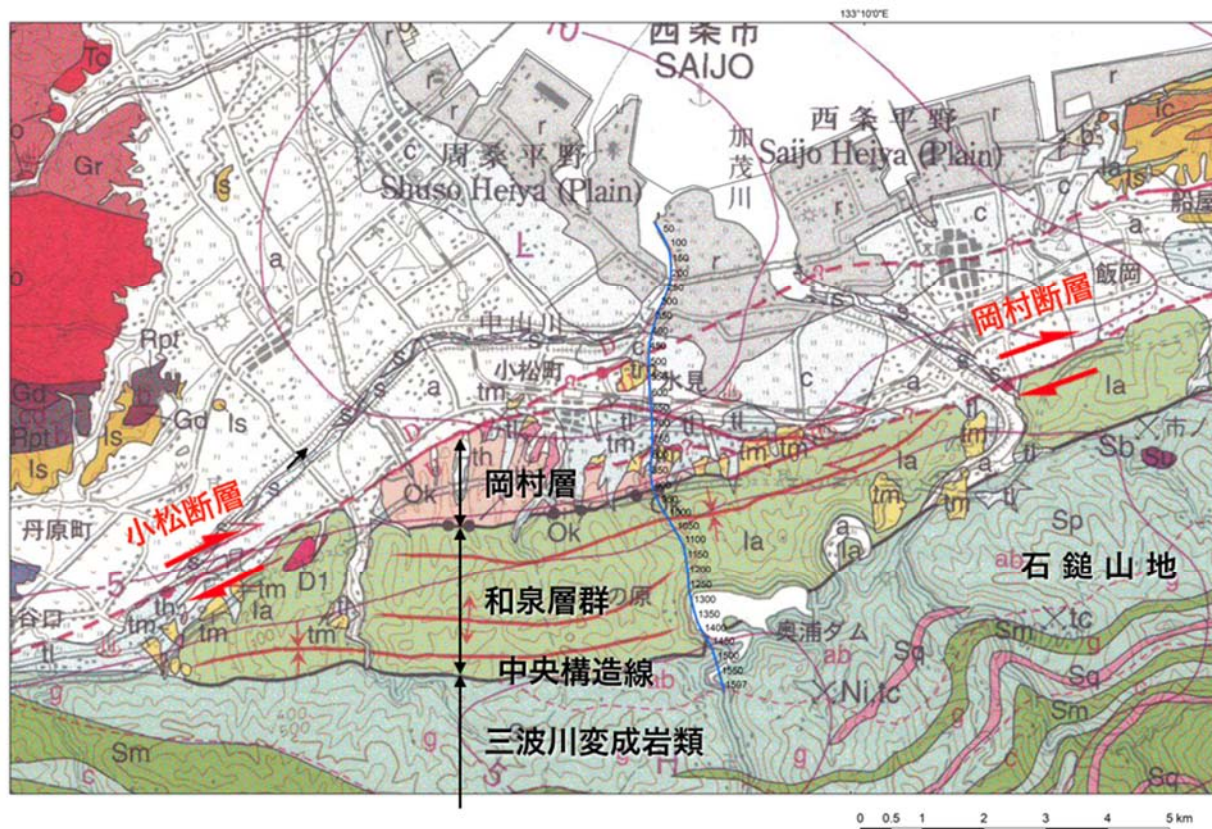


図 9 中央構造線断層帯（愛媛県）・西条測線の重合測線位置図。背景は 20 万分の 1 地質図「高知（第 2 判）」（原ほか, 2018）。

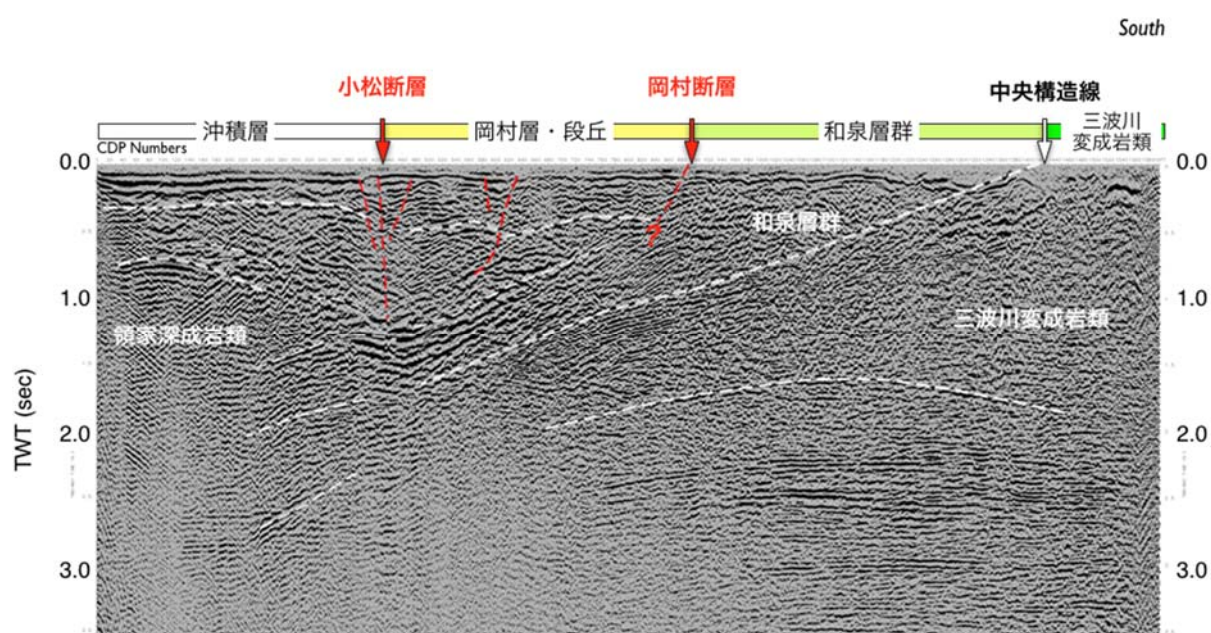


図 10 中央構造線断層帯（愛媛県）・西条測線の重合時間断面の解釈。

表 1 中央構造線断層帯における反射法地震探査の主なデータ取得パラメーター。

	西条	脇町	土成
測線長	11 km	4.8 km	6.4 km
震源	HEMI-50 (IVI), 2 trucks	HEMI-50 (IVI), 1 trucks	
発振点間隔	5 m		
スイープ長	20 sec		
スイープ数	1-3 回	1-5 回	
スイープ周波数	5～100 Hz		
総発振点数	1265	848	1072
受振点間隔	10 m		
地震計	SM-24 10Hz / GS-One 10Hz		
総受振点数	935	480	628
収録器	GSR-ONE (Geospace)		
サンプリング間隔	2 msec		
レコード長	5 sec		

3. 2 活断層の稠密重力調査

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 活断層の稠密重力調査

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立大学法人岩手大学	教授	越谷 信

(c) 業務の目的

本課題では解決すべき問題を、①逆断層・横ずれ断層の構造とすべり分配、②傾斜する横ずれ断層の構造、③厚い堆積盆縁辺部での複雑な逆断層および断層関連褶曲の構造、④伏在活断層の検出、と定め、断層帯深部形状を推定する手法の確立を目的として、地球物理学的および変動地形学・地質学的な調査研究観測を実施し、活断層・震源断層システムの形状を具体的に明らかにすることを目指している。活断層を横断する稠密重力探査を行うとともに、密度構造モデルを推定し、活断層の地表～深部構造の推定に資する。

(d) 3 ヶ年の年次実施業務の要約

1) 平成 29 年度：

業務の目的で掲げた問題 ① 逆断層・横ずれ断層の構造とすべり分配の典型例として、琵琶湖西岸断層帯・花折断層帯などを対象に、変動地形・地質構造を検討するとともに、多チャンネル稠密固定展開・高エネルギー震源稠密発振による高分解能反射法地震探査（2 測線）を行い、本研究課題（サブテーマ 2）では、このうち琵琶湖西岸断層帯および花折断層の両方を横切る測線に合わせて稠密重力調査を行った。

2) 平成 30 年度：

業務目的で掲げた問題①逆断層・横ずれ断層の構造とすべり分配の典型例として重力調査を行った琵琶湖西岸断層帯・花折断層帯について、ブーゲー異常を計算し、地表地質や活断層の位置との関連性を検討した。

業務の目的で掲げた問題②傾斜する横ずれ断層の構造の典型例として、中央構造線断層帯（四国）などを対象に、変動地形・地質構造を検討するとともに、高分解能反射法地震探査に合わせて重力調査を行った。測線は鮮新・更新統と上部白亜系が正断層の関係にある石鎚山地北縁を横断する測線で同様の調査を実施し、長大な中央構造線断層帯に沿った、断層深部構造と活断層の構造的な変化を検討するのに資する資料として、断層系を横切り方向でのブーゲー異常値の変化および予察的ではあるが、ブーゲー異常値に対応する地下密度構造モデルを提供した。

3) 平成 31 年度：

業務の目的に掲げた問題③厚い堆積盆縁辺部での複雑な逆断層および断層関連褶曲の典型例として、山形盆地など東北日本の新第三系・第四系堆積盆地を、また問題④伏在活

断層の検出を目的として、庄内平野などを対象として、変動地形・地質構造を検討するとともに、高分解能反射法地震探査を行い、サブテーマ 2 では重力探査を行う。取得したデータの解析結果は、変動地形・地質構造解析とあわせて断層帯の浅部～深部形状と歪み解消様式を検討するのに用いられる。

(2) 平成 30 年度の成果

(a) 業務の要約

本課題では解決すべき上記の 4 つの問題のうち、問題①逆断層・横ずれ断層の構造とすべり分配の典型例として、琵琶湖西岸断層帯・花折断層帯などを対象にして、また、問題②傾斜する横ずれ断層の構造の典型例として、中央構造線断層帯（四国地域）を対象にして、変動地形・地質構造を検討するとともに、高分解能反射法地震探査に合わせて重力調査を行った。サブテーマ 2 では、問題①については、昨年度実施された調査結果に基づき、ブーゲー異常値を算出した。また、問題②については、愛媛県西条市周辺で中央構造線を横切る測線に合わせて標準で約 200 m、活断層付近で 100 m の測定間隔の稠密重力調査を行った。その結果、同測線沿いにおけるブーゲー重力異常の変化が明らかになった。さらに、予察的に地下密度構造の関連を検討した。

(b) 業務の実施方法

問題①に関しては、滋賀県安曇川^{あどがわ}沿いに設定された花折断層および琵琶湖西岸断層帯上寺断層を横切る測線（以下、「安曇川測線」）で重力異常値の一つであるブーゲー異常値を計算した。ただし、地形補正は行っていない。ブーゲー補正は、通常の方法に従って得られた読み取り値に対して、器械高補正、ドリフト補正、緯度補正（正規重力値との差の算出）、大気補正、フリーエア補正、ブーゲー補正を行うことにより算出した。なお、潮汐補正は使用した重力計 CG-5 に内蔵されている補正機能によっている。ブーゲー補正の際には古琵琶湖層群などの比較的新期の地質の影響を明瞭にするため、標準地層の密度を、 1.9 g/cm^3 にした。これは、文部科学省研究開発局ほか（2007）により平成 18 年度に実施された近江測線において、比較的連続性のよい反射面が認められる CDP1500 付近の 1000 m 以浅の領域が、前述の新期の地層に対応すると考え、その領域の P 波速度が 1.5 km/s 前後の値を示すことから、Gardner et al. (1974) の P 波速度と密度の関係式に基づいて、 1.9 g/cm^3 とした。

問題②に関して、稠密重力調査の測線は、中央構造線断層帯を横切る測線で、愛媛県西条市付近に設定した。この測線（以下、「A 測線」という）における重力の測定間隔は標準を約 200 m とし、活断層周辺では約 100 m に設定した。重力測定にはシントレックス重力計と RTK-DGPS を用いた（図 1、図 2）。



図 1 シントレックス重力計 CG-5。



図 2 Hemisphere 社製 RTK-GPS。

A測線の近隣地域に既知の重力基準点が存在しないため、愛媛県東温市内の既知基準点として一等重力基準点（電子基準点（付））950433Aを用い、これと現地に設けた仮基準点の間を閉塞測定し、現地基準点の絶対重力値を決定した。

測定点の位置情報は、GNSS測量により、取得データは、経度、緯度、標高およびGNSS測量における諸情報（測定日時、水平標準偏差、垂直標準偏差、衛星数、PDOP値等）である。測定点における重力に関わる情報は、重力測定値、器械高、起伏の一番大きい方向50 m範囲のスケッチである。重力値は、1回あたり1分間60測定し、この平均値を求め、X方向およびY方向の傾きのtiltの値は10を越えないようにし、潮力補正は組み込まれたソフトウェアを使用した。通常の測定点では2回測定し、両者の平均値の差が20 μGal を越えないようにし、現地基準点では、3回測定し、それらの平均値の差が30 μGal を越えないようにした。

得られた読み取り値より、通常の方法に従ってブーゲー補正を求めた。得られた読み取り値に対して、器械高補正、ドリフト補正、緯度補正（正規重力値との差の算出）、大気補正、フリーエア補正、ブーゲー補正を行うことにより算出した。ただし、地形補正は行っていない。ブーゲー補正の際に、地域は離れているが、伊藤ほか（1996）と同様に本地域の標準地層の密度を、2.5 g/cm^3 にした。

(c) 業務の成果

問題①に関して、安曇川測線における重力測定点を図 3 に示す。

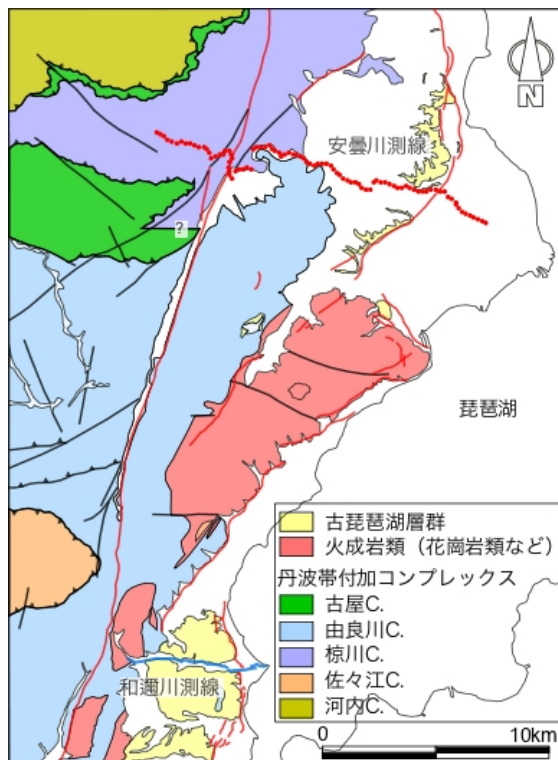


図3 安曇川測線の重力測定点位置図。
安曇川測線の重力測定点を図中の赤丸で示す。地質情報は、中江ほか、2001；石田ほか、1984；木村ほか、1998；中江ほか、1998；木村ほか、2001；岡田ほか、2008；宮内ほか、2004；堤ほか、2004に基づく。

安曇川測線における重力測定点の座標、各測定点での重力計の器械高および地形補正をしていないブーゲー異常値をそれぞれ表1、表2および表3に示す。なお、表1および表2は平成29年度の報告書からの再掲である。器械高は測定地点の地表から重力計の底面までの高さである。計算に当たっては、この器械高に、重力計内部でのセンサーまでの高さ0.089 mを加える必要がある。また、安曇川測線におけるブーゲー異常の変化を図4に示す。図4の横軸は測線西端からの東方向への距離を示す。

表 1（その 1） 安曇川測線における重力測定点の位置。

測定点番号	X 座標 (m)	Y 座標 (m)	緯度 (°)	経度 (°)	標高 (m)
G10001	-71385.421	-989.003	35.35655114	135.9891176	117.407
G1	-73486.173	4119.047	35.33760650	136.0453128	97.470
G2	-73418.456	3931.385	35.33821767	136.0432487	98.004
G3	-73351.139	3743.687	35.33882521	136.0411841	98.622
G4	-73261.570	3568.168	35.33963324	136.0392537	99.320
G5	-73145.850	3389.646	35.34067699	136.0372902	97.980
G6	-73085.633	3199.020	35.34122043	136.0351933	100.180
G7	-73002.295	3025.902	35.34197220	136.0332891	101.119
G8	-72841.590	2899.312	35.34342120	136.0318970	101.947
G9	-72687.264	2773.568	35.34481269	136.0305142	102.581
G10	-72543.754	2756.243	35.34610637	136.0303240	96.071
G11	-72435.789	2590.766	35.34708003	136.0285038	97.122
G12	-72294.162	2409.262	35.34835714	136.0265073	97.951
G13	-72046.668	2275.023	35.35058842	136.0250311	98.393
G14	-72024.426	2068.791	35.35078936	136.0227620	99.343
G15	-72013.164	1879.127	35.35089126	136.0206753	100.445
G16	-71980.398	1639.045	35.35118704	136.0180338	102.060
G17	-72039.403	1454.170	35.35065544	136.0159996	103.090
G18	-72023.376	1285.090	35.35080014	136.0141393	103.556
G19	-72027.502	1084.938	35.35076319	136.0119371	104.486
G20	-72005.644	886.375	35.35096042	136.0097524	107.843
G21	-71910.542	708.946	35.35181783	136.0078003	107.486
G22	-71825.608	530.764	35.35258355	136.0058399	109.207
G23	-71914.177	354.019	35.35178525	136.0038952	108.581
G24	-71856.974	158.832	35.35230094	136.0017476	108.895
G25	-71793.263	-30.280	35.35287526	135.9996668	109.391
G26	-71728.400	-222.779	35.35345992	135.9975488	110.157
G27	-71664.310	-412.516	35.35403758	135.9954611	111.156
G28	-71599.031	-606.541	35.35462592	135.9933262	112.290
G29	-71529.574	-799.569	35.35525189	135.9912022	113.920
G30	-71677.627	-932.592	35.35391719	135.9897387	116.645
G31	-71970.018	-1076.867	35.35128137	135.9881516	119.467
G32	-71940.671	-1269.810	35.35154568	135.9860287	121.497
G33	-71863.968	-1444.852	35.35223686	135.9841026	121.401
G34	-71704.301	-1566.708	35.35367595	135.9827616	120.638

表 1 (その 2) 安曇川測線における重力測定点の位置。

測定点番号	X座標(m)	Y座標(m)	緯度(°)	経度(°)	標高(m)
G35	-71636.003	-1735.188	35.35429132	135.9809076	118.444
G36	-71659.199	-1918.127	35.35408190	135.9788948	119.087
G37	-71560.159	-2090.493	35.35497432	135.9769980	119.688
G38	-71446.417	-2274.170	35.3559921	135.9749767	121.377
G39	-71320.645	-2432.446	35.35713257	135.9732347	123.374
G40	-71166.342	-2559.617	35.35852317	135.9718349	123.661
G41	-71027.419	-2704.664	35.35977507	135.9702384	124.813
G42	-70890.749	-2849.728	35.36100664	135.9686417	126.389
G43	-70790.930	-3018.702	35.36190593	135.9667819	126.238
G44	-70779.791	-3216.510	35.36200572	135.9646052	127.708
G45	-70814.467	-3416.491	35.36169248	135.9624047	130.931
G46	-70896.250	-3582.148	35.36095469	135.9605822	131.491
G47	-70806.718	-3760.639	35.36176109	135.9586177	131.229
G48	-70682.182	-3922.802	35.36288306	135.9568326	132.086
G49	-70531.896	-4057.178	35.36423723	135.9553532	133.958
G50	-70393.185	-4200.972	35.36548700	135.9537701	142.021
G51	-70336.253	-4391.818	35.36599937	135.9516696	149.680
G52	-70358.534	-4529.265	35.36579791	135.9501572	146.136
G53	-70259.829	-4715.755	35.36668680	135.9481044	145.109
G54	-70359.097	-4905.216	35.36579106	135.9460200	155.180
G55	-70433.985	-5078.499	35.36511514	135.9441135	161.032
G56	-70279.715	-5168.111	35.36650530	135.9431264	155.503
G57	-70166.891	-5334.055	35.36752144	135.9412995	156.891
G58	-70050.144	-5473.080	35.36857307	135.9397688	157.778
G59	-69892.838	-5578.692	35.36999047	135.9386055	148.974
G60	-69982.066	-5774.777	35.36918504	135.9364481	146.657
G61	-69994.170	-5968.528	35.36907479	135.9343160	147.740
G62	-69976.573	-6182.728	35.36923211	135.9319586	153.416
G63	-70129.024	-6318.357	35.36785704	135.9304672	159.988
G64	-70993.115	-6393.656	35.36006748	135.9296453	180.016
G65	-70969.931	-6586.520	35.36027521	135.9275228	181.075
G66	-71012.678	-6766.448	35.35988868	135.9255433	182.115
G67	-71033.989	-6957.896	35.35969526	135.9234368	181.283
G68	-71111.079	-7092.333	35.35899941	135.9219582	180.772
G69	-71464.958	-7263.020	35.35580825	135.9200831	170.921

表 1 (その 3) 安曇川測線における重力測定点の位置。

測定点番号	X座標(m)	Y座標(m)	緯度(°)	経度(°)	標高(m)
G70	-71281.333	-7401.059	35.35746246	135.9185626	171.929
G71	-71091.138	-7394.143	35.35917697	135.9186370	174.868
G72	-70907.767	-7407.817	35.36082981	135.9184848	183.031
G73	-70705.862	-7366.437	35.36265013	135.9189383	185.466
G74	-70518.325	-7252.677	35.36434145	135.9201885	179.202
G75	-70319.457	-7295.170	35.36613377	135.9197191	179.033
G76	-70152.279	-7373.136	35.36764017	135.9188596	180.808
G77	-70136.223	-7568.128	35.36778345	135.9167136	183.780
G78	-70312.933	-7641.401	35.36618999	135.9159089	192.882
G79	-70378.142	-7812.370	35.36560086	135.9140281	193.896
G80	-70419.970	-8009.041	35.36522226	135.9118642	196.989
G81	-70499.422	-8196.570	35.36450454	135.9098014	194.991
G82	-70301.011	-8283.925	35.36629233	135.9088380	196.902
G83	-70130.657	-8394.013	35.36782701	135.9076248	195.131
G84	-69990.823	-8534.027	35.36908631	135.9060825	198.373
G85	-69976.327	-8768.033	35.36921495	135.9035071	201.774
G86	-69893.691	-8964.070	35.36995811	135.9013488	215.816
G87	-69843.959	-9152.489	35.37040469	135.8992747	218.954
G88	-69852.066	-9341.786	35.37032986	135.8971915	212.504
G89	-69767.583	-9543.689	35.37108949	135.8949685	211.364
G90	-69793.531	-9741.631	35.37085368	135.8927904	211.660
G91	-69719.494	-9972.481	35.37151878	135.8902490	214.948
G92	-69623.118	-10149.593	35.37238574	135.8882986	215.308
G93	-69523.982	-10310.670	35.37327772	135.8865246	219.179
G94	-69402.553	-10476.739	35.37437057	135.8846954	224.596
G95	-69281.633	-10636.075	35.37545888	135.8829402	231.231
G101	-72922.195	2959.438	35.34269444	136.0325582	101.575
G102	-72755.696	2838.568	35.34419564	136.0312290	102.298
G103	-72479.263	2677.828	35.34668792	136.0294615	96.865
G104	-72359.984	2493.663	35.34776360	136.0274357	97.958
G105	-72066.657	2374.390	35.35040800	136.0261243	97.476
G106	-72034.885	2168.293	35.35069487	136.0238568	99.282
G107	-72016.018	1987.979	35.35086532	136.0218729	99.637
G108	-72005.886	1755.331	35.35095709	136.0193132	101.290
G109	-72034.249	1528.703	35.35070179	136.0168197	102.677

表 2 安曇川測線における重力測定点での重力計の器械高。

測定点番号	器械高	測定点番号	器械高	測定点番号	器械高
G90001	0.17	G35	0.17	G71	0.17
G10001	0.16	G36	0.18	G72	0.18
G1	0.16	G37	0.18	G73	0.17
G2	0.17	G38	0.18	G74	0.16
G3	0.17	G39	0.17	G75	0.17
G4	0.17	G40	0.17	G76	0.17
G5	0.18	G41	0.17	G77	0.17
G6	0.16	G42	0.17	G78	0.17
G7	0.17	G43	0.17	G79	0.17
G8	0.16	G44	0.17	G80	0.18
G9	0.14	G45	0.17	G81	0.17
G10	0.17	G46	0.17	G82	0.17
G11	0.17	G47	0.18	G83	0.17
G12	0.17	G48	0.16	G84	0.17
G13	0.17	G49	0.17	G85	0.16
G14	0.17	G50	0.18	G86	0.16
G15	0.17	G51	0.17	G87	0.17
G16	0.18	G52	0.18	G88	0.16
G17	0.17	G53	0.17	G89	0.17
G18	0.17	G54	0.18	G90	0.17
G19	0.17	G55	0.17	G91	0.16
G20	0.16	G56	0.17	G92	0.17
G21	0.17	G57	0.17	G93	0.17
G22	0.17	G58	0.16	G94	0.16
G23	0.18	G59	0.17	G95	0.17
G24	0.17	G60	0.17	G101	0.14
G25	0.17	G61	0.18	G102	0.15
G26	0.17	G62	0.17	G103	0.17
G27	0.17	G63	0.17	G104	0.17
G28	0.17	G64	0.17	G105	0.17
G29	0.17	G65	0.16	G106	0.17
G30	0.17	G66	0.17	G107	0.18
G31	0.17	G67	0.17	G108	0.17
G32	0.18	G68	0.17	G109	0.16
G33	0.17	G69	0.18		
G34	0.18	G70	0.17		

表 3 安曇川測線重力測定点におけるブーゲー異常値（地形補正なし）。

測定点番号	絶対重力値 (mGal)	ブーゲー異常値 (mGal)	測定点番号	絶対重力値 (mGal)	ブーゲー異常値 (mGal)
G1	979694.35	-44.97	G53	979706.09	-24.81
G2	979694.40	-44.85	G54	979704.45	-24.08
G3	979694.52	-44.64	G55	979703.33	-23.80
G4	979694.64	-44.44	G56	979703.98	-24.53
G5	979695.26	-44.21	G57	979703.97	-24.31
G6	979695.15	-43.86	G58	979703.90	-24.27
G7	979695.46	-43.40	G59	979704.96	-25.34
G8	979695.75	-43.05	G60	979706.49	-24.27
G9	979696.15	-42.62	G61	979706.53	-23.97
G10	979697.75	-42.62	G62	979705.51	-23.72
G11	979698.32	-41.89	G63	979704.41	-23.19
G12	979698.85	-41.28	G64	979699.33	-23.03
G13	979699.21	-41.01	G65	979699.25	-22.88
G14	979699.95	-40.06	G66	979699.21	-22.65
G15	979700.70	-39.07	G67	979699.85	-22.18
G16	979701.80	-37.63	G68	979700.22	-21.87
G17	979702.32	-36.83	G69	979699.44	-24.63
G18	979703.40	-35.66	G70	979700.91	-23.07
G19	979704.89	-33.95	G71	979701.94	-21.52
G20	979705.29	-32.79	G72	979700.98	-20.75
G21	979705.06	-33.19	G73	979700.88	-20.44
G22	979704.61	-33.30	G74	979701.92	-20.98
G23	979704.97	-33.02	G75	979702.23	-20.86
G24	979704.90	-33.06	G76	979701.84	-20.98
G25	979704.94	-32.96	G77	979701.19	-20.96
G26	979704.88	-32.89	G78	979700.80	-19.13
G27	979704.73	-32.86	G79	979700.41	-19.24
G28	979704.67	-32.71	G80	979698.94	-19.97
G29	979704.70	-32.37	G81	979701.00	-18.31
G30	979704.01	-32.32	G82	979700.13	-18.88
G31	979703.26	-32.19	G83	979702.12	-17.44
G32	979703.47	-31.55	G84	979702.14	-16.78
G33	979704.22	-30.88	G85	979701.98	-16.17
G34	979704.88	-30.51	G86	979699.68	-15.32
G35	979706.00	-29.95	G87	979698.94	-15.39
G36	979706.43	-29.35	G88	979700.14	-15.66
G37	979706.42	-29.30	G89	979700.47	-15.65
G38	979706.41	-29.01	G90	979700.46	-15.57
G39	979706.80	-28.26	G91	979699.61	-15.72
G40	979707.81	-27.30	G92	979699.79	-15.53
G41	979707.70	-27.26	G93	979699.37	-15.14
G42	979706.84	-27.86	G94	979697.83	-15.54
G43	979707.01	-27.80	G95	979696.50	-15.44
G44	979707.22	-27.26	G101	979695.60	-43.21
G45	979706.85	-26.87	G102	979695.90	-42.88
G46	979706.65	-26.88	G103	979698.06	-42.17
G47	979706.40	-27.26	G104	979698.65	-41.42
G48	979706.66	-26.90	G105	979699.31	-41.10
G49	979706.85	-26.40	G106	979699.60	-40.43
G50	979706.00	-25.51	G107	979700.34	-39.61
G51	979704.97	-24.83	G108	979701.21	-38.38
G52	979705.79	-24.81	G109	979701.99	-37.26

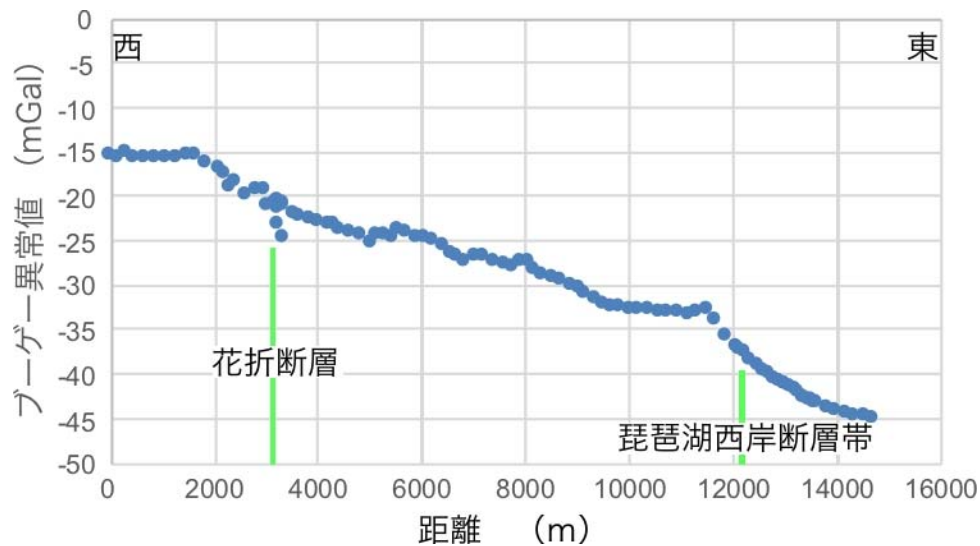


図4 安曇川測線の重力異常。

図4において、琵琶湖西岸断層帯付近やや西側から東方に向かってブーゲー異常の減少の仕方が大きい。これは、東側のより小さい密度の地層と西側のより密度の大きい地層の境界が西に向かって傾斜すること示唆する。また、花折断層の西側ではブーゲー異常値がほとんど変化していないが、これも岩相変化を反映している可能性がある。

問題②に関して、既知重力基準点は愛媛県東温市内の一等重力基準点（電子基準点（付））950433Aを用いた。同点の位置を図5に、諸元を表4に示す。

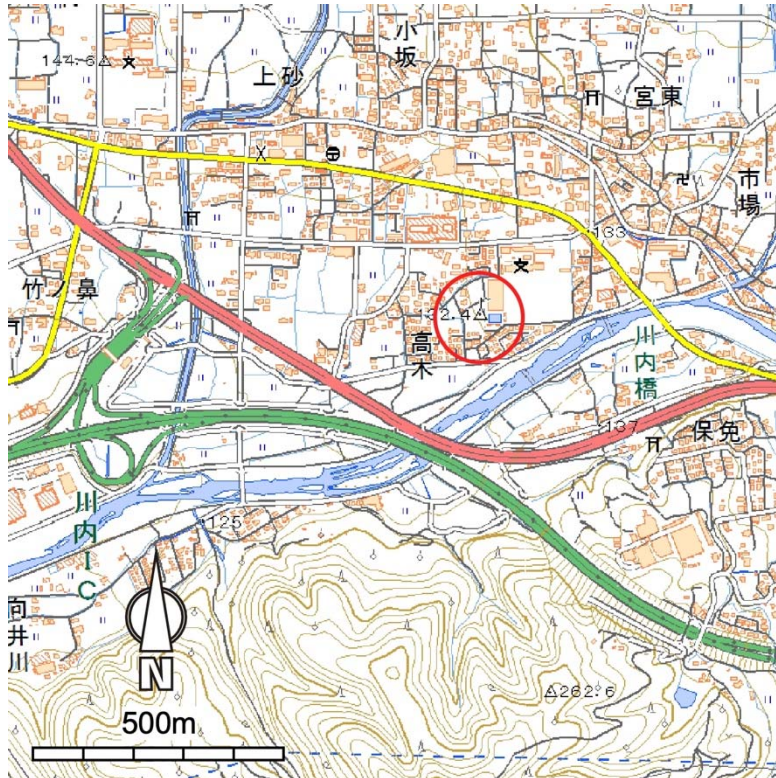


図5 一等重力点（電子基準点（付））950433Aの位置（赤丸内）。地形図は国土地理院地図を使用。

表 4 一等重力点（電子基準点(付)）の諸元。
 国土地理院ホームページ基準点成果閲覧サービスによる。

一等重力点（電子基準点（付））	950433A
基準点コード	G1E000950433A
等級種別	一等重力点（電子基準点(付)）
基準点名	950433A
20万分の1地勢図名	松山
5万分の1地形図名	松山南部
緯度	33° 47'47".3652
経度	132° 54'41".9148
標高 (m)	132.417
重力鉛直勾配 (mGal/m)	0.0000
重力値 (mGal)	979586.62
ブーゲー異常値	-15.82
エポック	0
作業内容	改算
作業年月日	20161201

一等重力点 950433A は、本調査の測線から 30 km 程度離れているため（図 6）、測線 A 近傍、新兵衛大橋付近に仮重力基準点（6001）を設けた（図 6、7）。仮重力点 6001 における絶対重力値の算定は、一等重力点 950433A との閉合測定を行うことにより求めた。その際、重力計読み値等のデータを表 5 に示す。



図 6 一等重力点（電子基準点(付)）950433A と仮重力点 6001 の位置関係。
 地形図は国土地理院地図を使用。

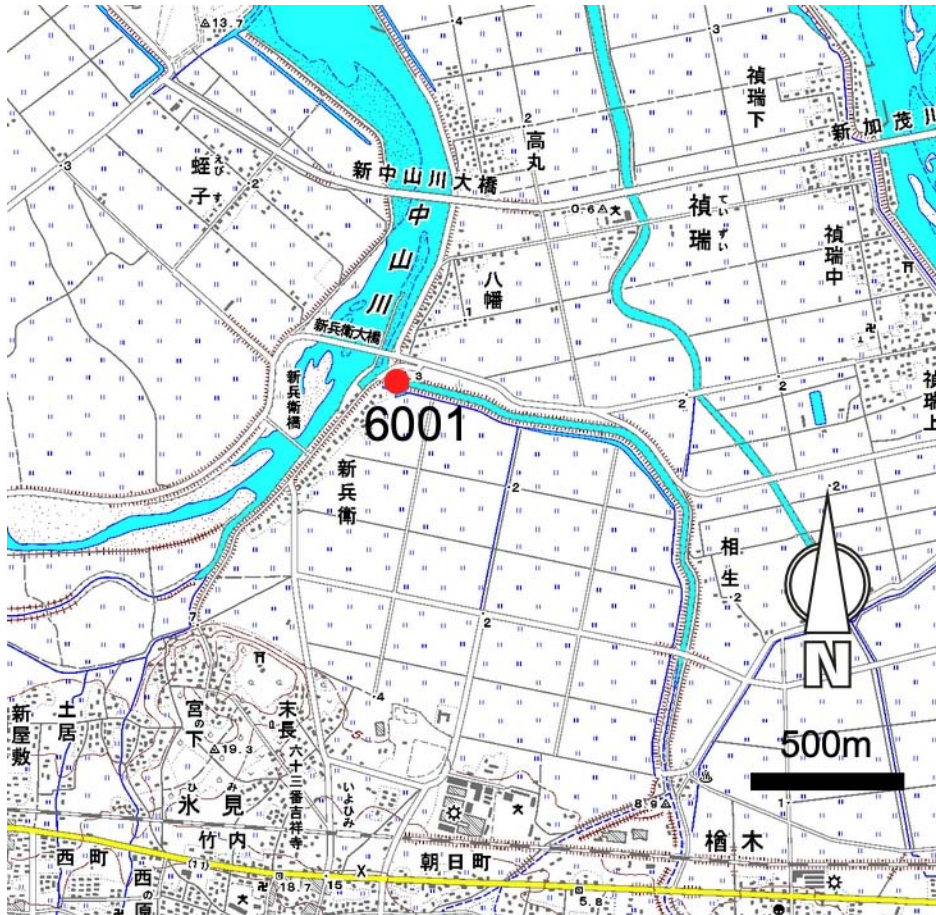


図 7 仮重力点 6001 の位置。
 国土地理院発行 25000 分の 1 数値地図「高知」より「西条」・「西条北部」を使用。

表 5 一仮重力点 6001 と一等重力点 950433A との閉合重力測定値。

測定点番号	重力読み値 (mGal)	標準偏差	傾きX	傾きY	潮汐補正 (mGal)	測定時間 (秒)	測定時刻 UTC	測定日 UTC	器械高 (m)	備考
6000	4689.069	0.023	1.1	0.1	0.039	60	0:33:53	2018/11/20	0.163	一等重力点 950433A
6001	4728.923	0.049	-0.5	-2.1	-0.012	60	1:56:21	2018/11/20	0.158	仮重力点
6000	4689.076	0.025	-2.6	-1.5	-0.039	60	2:50:34	2018/11/20	0.160	一等重力点 950433A

仮重力基準点 6001 の諸元は以下の通りである。

- ・緯度 北緯 33.9103354027778 (度)
- ・経度 東経 133.132710483333 (度)
- ・標高 4.665 (m)
- ・絶対重力値 979626.47 (mGal)

なお、閉合重力測定は各点で少なくとも 5 回以上行い、より安定したデータを採用している。

中央構造線断層帯測線 A における重力測定は、58 点で行い、測定間隔は測線沿いにおおむね 200 m を標準とし、活断層周辺では一部 100 m 間隔とした。重力測定は、一日の測定開始時と終了時に仮基準点において測定を実施し、器械の内部的理由で発生するドリフトの影響を少なくするようにした。測定点の位置を図 8 に、測線 A と地質との位置関係を図 9 に、活断層との位置関係を図 10 に示す。また、測定点の位置情報を表 6 その 1 およびその 2 に、各測定点での重力計読み値、器械高等を表 7 その 1 およびその 2 に示す。測線 A は、三波川コンプレックスと後期白亜紀和泉層群の境界をなす中央構造線、和泉層群と鮮新世～更新世岡村層の境界をなす岡村断層、および小松断層を横切るように設定した。

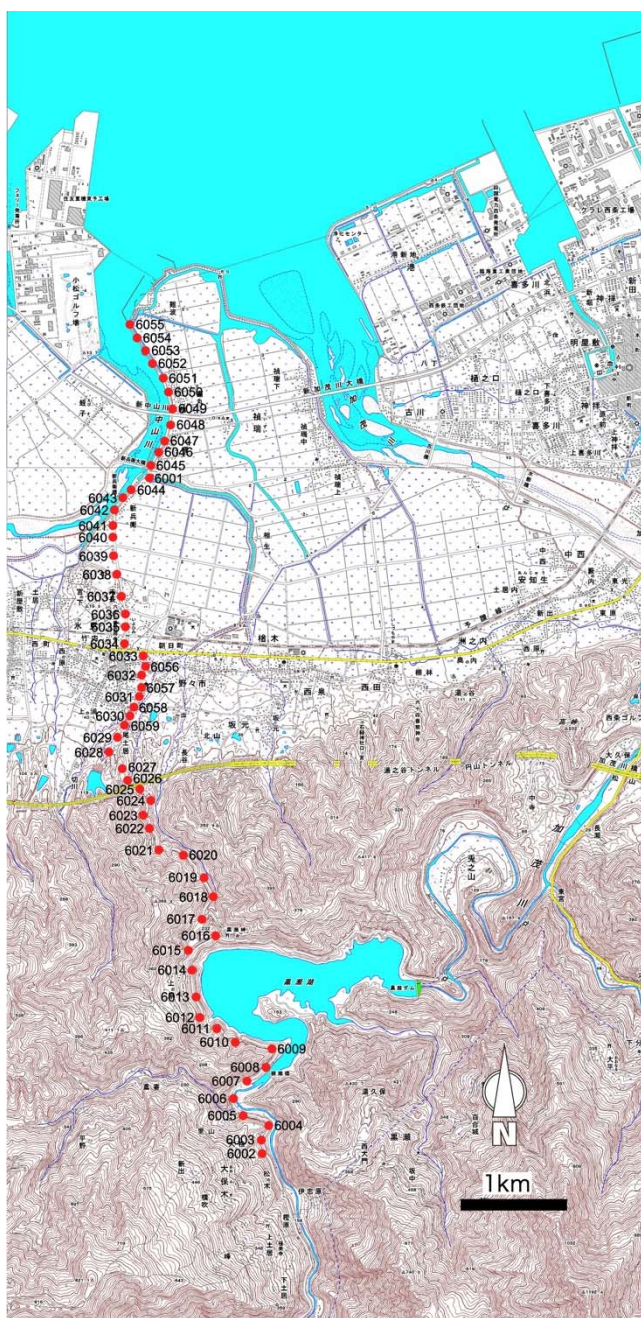


図 8 中央構造線断層系 A 測線の重力測定点。国土地理院発行 25000 分の 1 数値地図「高知」より「西条」・「西条北部」を使用。

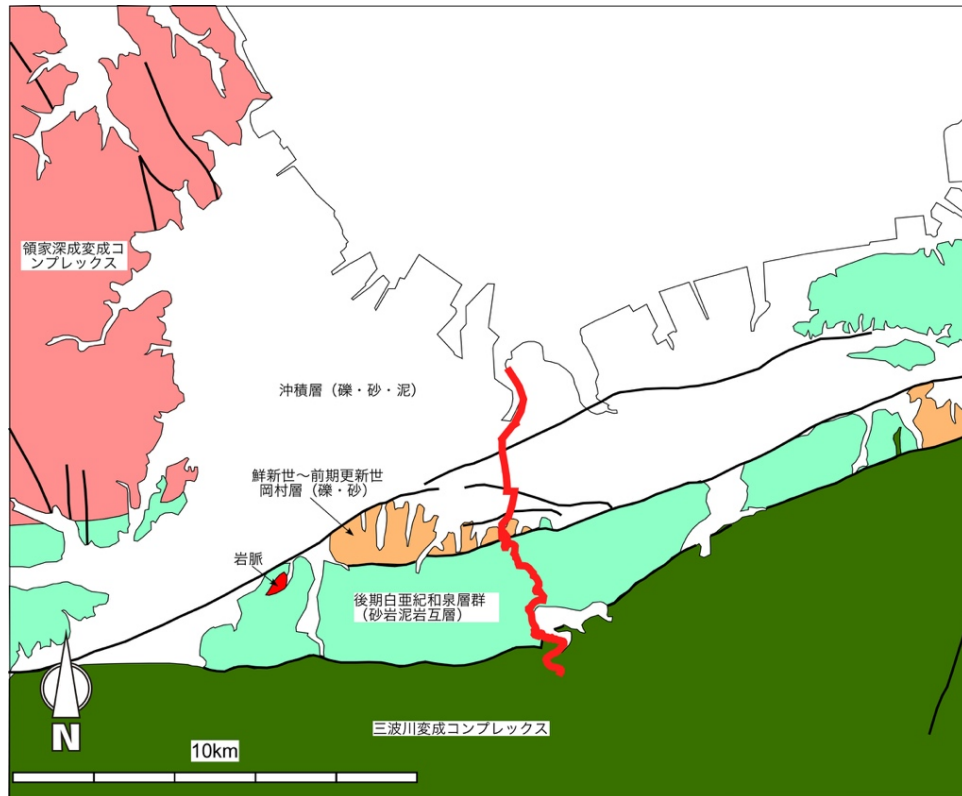


図 9 中央構造線断層系 A 測線の重力測定点と地質の関係。
地質情報は、地質調査総合センター（2018）1：200,000 地質図幅「高知第 2 版」による。

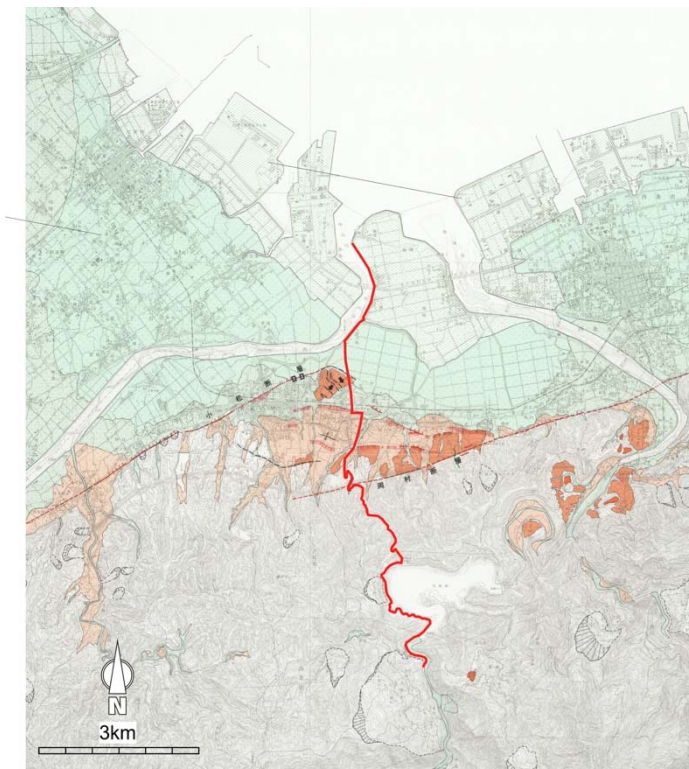


図 10 中央構造線断層系 A 測線の重力測定点と活断層の関係。活断層情報は、国土地理院発行都市圏活断層図「西条」による。

表 6（その 1） 中央構造線断層系測線 A における重力測定点の位置情報。

測定点番号	4系X座標 (m)	4系Y座標 (m)	緯度 (°)	経度 (°)	標高 (m)
6002	94611.436	-32865.094	33.85260463	133.14483614	141.533
6003	94773.020	-32892.736	33.85406065	133.14453139	136.372
6004	94914.725	-32850.353	33.85533962	133.14498413	134.484
6005	94992.496	-33102.896	33.85603293	133.14225201	127.384
6006	95137.236	-33198.325	33.85733495	133.14121525	119.298
6007	95290.379	-33060.480	33.85872005	133.14269921	123.152
6008	95407.266	-32871.264	33.85977984	133.14473976	125.585
6009	95613.837	-32789.397	33.86164488	133.14561684	131.561
6010	95683.506	-33160.689	33.86226143	133.14160141	144.216
6011	95816.171	-33325.585	33.86345238	133.13981423	152.521
6012	95890.092	-33498.059	33.86411341	133.13794734	166.305
6013	96047.904	-33517.722	33.86553565	133.13772881	168.149
6014	96342.406	-33579.889	33.86818897	133.13704567	175.541
6015	96552.623	-33608.032	33.87008344	133.13673346	192.882
6016	96666.431	-33350.338	33.87111774	133.13951449	181.498
6017	96843.517	-33452.271	33.87271116	133.13840598	164.464
6018	97047.129	-33373.561	33.87454946	133.13924903	152.560
6019	97238.385	-33485.721	33.87627031	133.13802938	142.772
6020	97427.167	-33622.562	33.87796806	133.13654298	131.079
6021	97509.268	-33884.126	33.87869992	133.13371238	120.893
6022	97699.157	-33958.340	33.88040961	133.13290281	112.444
6023	97823.658	-34006.552	33.88153059	133.13237683	107.259
6024	97934.195	-33974.400	33.88252825	133.13272013	101.899
6025	98053.073	-34040.643	33.88359794	133.13199942	94.775
6026	98130.641	-34185.623	33.88429262	133.13042911	74.565
6027	98264.784	-34210.854	33.88550126	133.13015113	70.846
6028	98418.652	-34332.858	33.88688459	133.12882618	49.628
6029	98540.969	-34288.368	33.88798888	133.12930238	40.265
6059	98650.823	-34205.501	33.88898203	133.13019398	32.424

表 6（その 2） 中央構造線断層系測線 A における重力測定点の位置情報。

測定点番号	4系X座標 (m)	4系Y座標 (m)	緯度 (°)	経度 (°)	標高 (m)
6030	98716.552	-34154.250	33.88957632	133.13074550	29.795
6058	98835.883	-34101.968	33.89065392	133.13130611	24.684
6031	98931.867	-34076.734	33.89152015	133.13157520	23.801
6057	99028.453	-34051.401	33.89239180	133.13184534	20.798
6032	99154.534	-34027.467	33.89352935	133.13209922	17.648
6056	99231.731	-34006.919	33.89422603	133.13231839	15.287
6033	99315.431	-34002.122	33.89498084	133.13236702	12.718
6034	99415.660	-34176.658	33.89587888	133.13047606	15.042
6035	99569.785	-34170.636	33.89726869	133.13053518	11.771
6036	99696.775	-34183.483	33.89841324	133.13039134	6.567
6037	99892.266	-34222.320	33.90017456	133.12996381	6.254
6038	100078.365	-34250.176	33.90185156	133.12965536	3.582
6039	100256.423	-34276.452	33.90345610	133.12936430	1.975
6040	100393.712	-34291.429	33.90469343	133.12919699	0.897
6041	100543.357	-34291.110	33.90604267	133.12919460	1.816
6042	100686.409	-34293.491	33.90733237	133.12916327	5.733
6043	100799.961	-34198.249	33.90835927	133.13018874	5.497
6044	100900.769	-34114.805	33.90927088	133.13108715	5.004
6045	101092.841	-33947.756	33.91100803	133.13288614	6.177
6046	101229.204	-33887.308	33.91223944	133.13353455	4.434
6047	101363.222	-33821.708	33.91344988	133.13423879	4.444
6048	101506.237	-33780.298	33.91474065	133.13468111	4.393
6049	101653.980	-33747.712	33.91607377	133.13502783	4.641
6050	101797.415	-33791.450	33.91736560	133.13454930	4.713
6051	101939.644	-33838.107	33.91864646	133.13403923	4.532
6052	102068.610	-33916.347	33.91980672	133.13318810	2.918
6053	102194.247	-33997.027	33.92093688	133.13231068	4.043
6054	102319.182	-34078.174	33.92206069	133.13142821	4.109
6055	102426.270	-34147.631	33.92302396	133.13067285	4.145

表 7 (その 1) 中央構造線断層系測線 A における重力測定結果。

測定点番号	重力読み値 (mGal)	標準偏差	傾きX	傾きY	潮汐補正 (mGal)	測定時間 (秒)	測定時刻 UTC	測定日 UTC	器械高 (m)	備考
6001	4728.923	0.049	-0.5	-2.1	-0.012	60	1:56:21	2018/11/20	0.158	仮重力点
6002	4704.736	0.039	-0.6	-2.0	-0.040	60	5:48:19	2018/11/20	0.174	
6003	4707.143	0.020	-3.8	-1.0	-0.033	60	6:07:22	2018/11/20	0.161	
6004	4708.835	0.024	-1.4	-0.5	-0.025	60	6:24:30	2018/11/20	0.163	
6005	4709.871	0.020	2.3	-1.2	-0.007	60	7:01:24	2018/11/20	0.173	
6006	4711.048	0.022	-4.1	1.6	0.004	60	7:26:09	2018/11/20	0.161	
6001	4729.213	0.060	1.5	-0.1	0.021	60	8:03:12	2018/11/20	0.163	仮重力点
6001	4729.709	0.051	-0.7	-0.2	0.112	60	23:23:40	2018/11/20	0.163	仮重力点
6007	4712.217	0.046	0.3	-2.0	0.085	60	0:19:15	2018/11/21	0.164	
6008	4712.593	0.023	0.1	-0.9	0.077	60	0:30:09	2018/11/21	0.165	
6009	4713.694	0.013	5.2	1.4	0.050	60	1:06:56	2018/11/21	0.180	
6010	4711.042	0.012	2.2	-2.4	0.038	60	1:21:38	2018/11/21	0.143	
6011	4708.442	0.027	0.5	-1.1	0.028	60	1:35:22	2018/11/21	0.164	
6013	4704.249	0.017	0.1	-1.6	0.012	60	1:54:53	2018/11/21	0.165	
6012	4704.990	0.015	0.2	0.1	0.000	60	2:12:00	2018/11/21	0.160	
6014	4703.436	0.031	0.9	-0.9	-0.010	60	2:23:44	2018/11/21	0.177	
6015	4700.634	0.026	2.3	0.0	-0.034	60	2:58:33	2018/11/21	0.164	
6016	4703.327	0.017	0.0	-1.4	-0.040	60	3:09:14	2018/11/21	0.180	
6017	4706.722	0.029	-1.1	-0.8	-0.074	60	4:42:16	2018/11/21	0.112	
6018	4708.406	0.018	-5.4	2.2	-0.075	60	5:10:22	2018/11/21	0.181	
6019	4709.658	0.017	0.3	-0.5	-0.073	60	5:30:17	2018/11/21	0.188	
6020	4710.950	0.017	2.1	-2.4	-0.070	60	5:45:44	2018/11/21	0.177	
6021	4712.652	0.023	-0.5	-3.6	-0.065	60	6:01:58	2018/11/21	0.185	
6022	4713.570	0.029	1.3	-0.1	-0.060	60	6:16:49	2018/11/21	0.184	
6023	4714.750	0.013	-0.2	-1.5	-0.055	60	6:29:10	2018/11/21	0.191	
6024	4715.293	0.022	-0.1	-3.9	-0.051	60	6:40:16	2018/11/21	0.181	
6025	4716.778	0.031	2.3	-1.0	-0.044	60	6:52:49	2018/11/21	0.174	
6026	4719.489	0.024	0.0	-1.1	-0.030	60	7:20:25	2018/11/21	0.184	
6001	4729.886	0.031	0.8	-0.8	-0.019	60	7:40:43	2018/11/21	0.172	仮重力点

表 7（その 2） 中央構造線断層系測線 A における重力測定結果。

測定点番号	重力読み値 (mGal)	標準偏差	傾きX	傾きY	潮汐補正 (mGal)	測定時間 (秒)	測定時刻 UTC	測定日 UTC	器械高 (m)	備考
6001	4730.410	0.074	1.4	-0.8	0.071	60	1:31:14	2018/11/22	0.177	仮重力点
6027	4720.448	0.051	-0.5	-5.5	-0.003	60	2:52:03	2018/11/22	0.185	
6028	4723.400	0.054	5.5	-1.5	-0.014	60	3:05:15	2018/11/22	0.188	
6029	4724.833	0.069	3.5	-0.6	-0.026	60	3:18:32	2018/11/22	0.103	
6030	4726.328	0.061	1.6	0.0	-0.035	60	3:30:04	2018/11/22	0.172	
6031	4726.989	0.096	1.1	-0.7	-0.071	60	4:28:17	2018/11/22	0.158	
6032	4727.641	0.107	-1.5	0.8	-0.077	60	4:41:27	2018/11/22	0.160	
6033	4727.939	0.067	1.7	-2.2	-0.083	60	5:01:19	2018/11/22	0.166	
6034	4727.839	0.129	3.2	0.2	-0.087	60	5:18:23	2018/11/22	0.172	
6035	4728.363	0.091	-0.1	0.1	-0.088	60	5:31:04	2018/11/22	0.163	
6036	4729.138	0.093	-0.5	-1.0	-0.087	60	6:08:41	2018/11/22	0.165	
6037	4729.396	0.128	2.2	-4.3	-0.085	60	6:18:57	2018/11/22	0.176	
6038	4730.013	0.123	-3.0	0.5	-0.082	60	6:31:55	2018/11/22	0.163	
6039	4730.734	0.123	-1.0	0.7	-0.078	60	6:43:11	2018/11/22	0.168	
6040	4730.962	0.101	-3.1	-2.2	-0.074	60	6:55:00	2018/11/22	0.163	
6001	4730.523	0.089	0.5	2.2	-0.068	60	7:09:12	2018/11/22	0.169	仮重力点
6001	4731.199	0.086	2.3	3.1	0.158	60	0:23:02	2018/11/23	0.166	仮重力点
6041	4731.689	0.112	2.1	-0.5	0.147	60	0:44:56	2018/11/23	0.167	
6042	4730.912	0.089	0.7	-1.7	0.139	60	0:58:20	2018/11/23	0.124	
6043	4730.979	0.090	0.1	-0.2	0.129	60	1:12:04	2018/11/23	0.168	
6044	4731.266	0.083	-1.4	-3.6	0.120	60	1:24:20	2018/11/23	0.154	
6045	4730.925	0.125	1.7	-1.1	0.110	60	1:36:43	2018/11/23	0.179	
6046	4731.504	0.141	1.3	1.8	0.098	60	1:49:39	2018/11/23	0.170	
6047	4731.606	0.069	0.1	-0.7	0.085	60	2:03:48	2018/11/23	0.172	
6048	4731.716	0.118	1.3	-1.0	0.077	60	2:12:21	2018/11/23	0.165	
6049	4731.735	0.125	1.9	2.7	0.042	60	2:47:09	2018/11/23	0.100	
6050	4731.773	0.120	2.3	-0.5	0.032	60	2:56:19	2018/11/23	0.167	
6051	4731.907	0.144	3.0	-0.9	0.022	60	3:06:20	2018/11/23	0.167	
6052	4732.000	0.138	-0.9	2.7	-0.076	60	5:04:35	2018/11/23	0.167	
6053	4732.109	0.100	-6.8	-2.8	-0.080	60	5:13:21	2018/11/23	0.167	
6054	4732.191	0.103	0.3	-1.3	-0.084	60	5:23:05	2018/11/23	0.160	
6055	4732.272	0.096	1.7	-1.7	-0.088	60	5:32:41	2018/11/23	0.172	
6056	4728.599	0.073	-4.7	-1.9	-0.095	60	5:57:01	2018/11/23	0.172	
6057	4728.031	0.091	1.0	0.9	-0.096	60	6:05:21	2018/11/23	0.178	
6058	4727.512	0.098	3.3	-0.8	-0.097	60	6:14:51	2018/11/23	0.186	
6059	4726.647	0.085	-1.6	0.9	-0.097	60	6:27:41	2018/11/23	0.169	
6001	4731.148	0.059	-1.3	-1.1	-0.096	60	6:43:46	2018/11/23	0.169	仮重力点

表 7 により得られた読み取り値より、器械高補正、ドリフト補正、緯度補正（正規重力値との差の算出）、大気補正、フリーエア補正、ブーゲー補正を行うことにより、ブーゲー異常値を算出した。ただし、地形補正は行っていない。ブーゲー補正の際に、地域は離れているが、伊藤ほか（1996）と同様に本地域の標準地層の密度を、 2.5 g/cm^3 にした。算出されたブーゲー異常値を表 8 に示す。また、北端から南端に向かう距離に対するブーゲー異常値の変化を図 11 に示す。

表 8 中央構造線断層系測線 A におけるブーゲー異常値。

測定点番号	絶対重力値 (mGal)	ブーゲー異常値 (mGal)	測定点番号	絶対重力値 (mGal)	ブーゲー異常値 (mGal)
6002	979602.10	-5.28	6030	979622.35	-10.86
6003	979604.49	-4.06	6058	979622.83	-11.51
6004	979606.17	-2.87	6031	979622.98	-11.61
6005	979607.18	-3.37	6057	979623.35	-11.93
6006	979608.33	-3.97	6032	979623.63	-12.38
6007	979608.96	-2.68	6056	979623.91	-12.63
6008	979609.33	-1.90	6033	979623.93	-13.21
6009	979610.42	0.26	6034	979623.82	-12.92
6010	979607.75	0.11	6035	979624.34	-13.18
6011	979605.15	-0.89	6036	979625.10	-13.57
6012	979601.69	-1.61	6037	979625.36	-13.52
6013	979600.95	-2.09	6038	979625.97	-13.60
6014	979600.13	-1.62	6039	979626.69	-13.34
6015	979597.32	-1.07	6040	979626.91	-13.44
6016	979600.01	-0.78	6041	979626.96	-13.32
6017	979603.35	-1.04	6042	979626.17	-13.42
6018	979605.05	-1.92	6043	979626.26	-13.47
6019	979606.29	-2.81	6044	979626.54	-13.36
6020	979607.58	-4.05	6045	979626.21	-13.60
6021	979609.27	-4.49	6046	979626.79	-13.48
6022	979610.19	-5.44	6047	979626.89	-13.47
6023	979611.36	-5.41	6048	979627.00	-13.48
6024	979611.90	-6.05	6049	979627.00	-13.54
6025	979613.39	-6.10	6050	979627.06	-13.57
6026	979616.08	-7.58	6051	979627.20	-13.58
6027	979616.48	-8.04	6052	979627.31	-13.90
6028	979619.43	-9.52	6053	979627.42	-13.65
6029	979620.83	-10.11	6054	979627.50	-13.65
6059	979621.97	-10.66	6055	979627.58	-13.64

図 11 において、ブーゲー異常値は沖積層の分布する海岸平野で小さく、南側の山地で大きくなる。最も大きくなるのは和泉層群中で、構成岩石の密度がより大きくなると推定される三波川コンプレックスの分布地域ではむしろそれより小さくなる。ただし、この値は地形補正をしていないことに注意する必要がある。

地質調査総合センター（2004）の編集図では、本調査結果と場所が必ずしも一致するわけではないが、三波川コンプレックスの分布地域でブーゲー異常値が小さくなることが示されている。ただし、この編集図の元となるデータの分布は本調査に比べ極めて粗であるので、本調査の方が場所に関する分解能は高いことに注意が必要である。

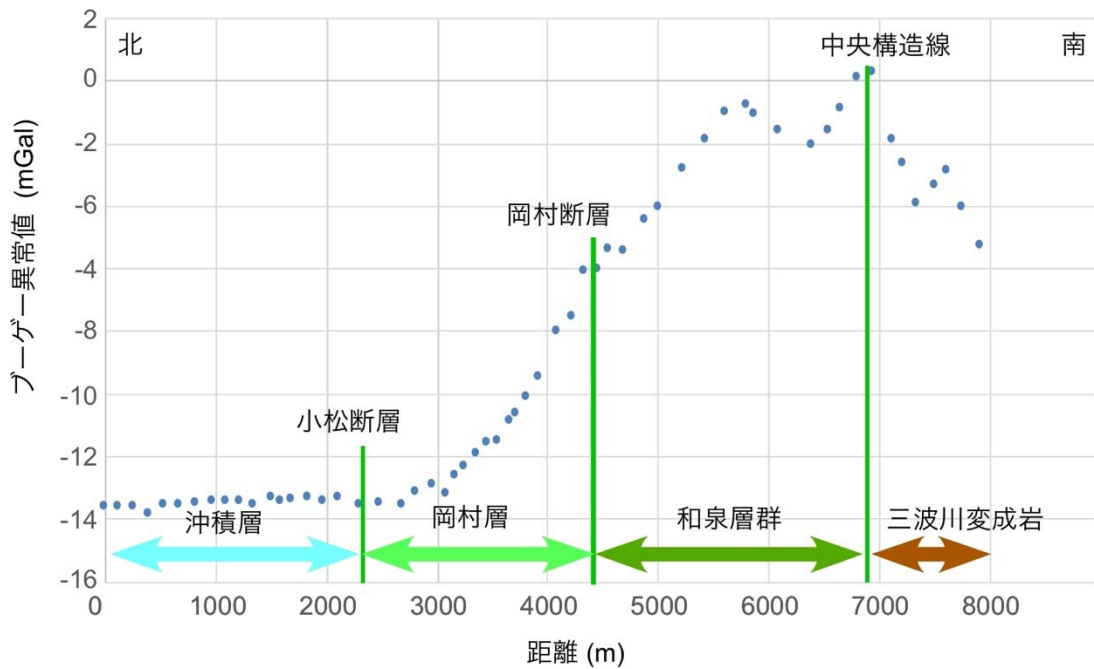


図 11 中央構造線断層系 A 測線の重力異常。

地形補正は施されてはいないが、大局的な構造を理解するため、密度構造モデルを作成した。本調査地域の地質は、高温低圧型の変成作用を受けた砂岩や泥岩を原岩とする変成岩類や花崗岩類からなる領家コンプレックス、低温高圧型の変成作用を受けた泥質片岩、珪質片岩や塩基性片岩からなる三波川コンプレックス、白亜紀の砂岩、泥岩やその互層からなる和泉層群、第四紀の砂礫層やシルト層からなる岡村層、および沖積層からなる。本調査地域の南方には、白亜紀以降の砂岩、泥岩などからなる付加体堆積物である四万十帯が分布する。これらの地層や岩石類の密度は、伊藤ほか（1996）によって、次のように推定されている。すなわち、

- ・領家コンプレックス：2.57～2.65 g/cm³
- ・三波川コンプレックス（全体として）：2.65～2.73 g/cm³

このうち、塩基性片岩は、2.9～3.0 g/cm³、珪質片岩は、2.7 g/cm³、泥質片岩は、2.5～2.6 g/cm³とされている。

- ・和泉層群：2.5 g/cm³

である。このほか、伊藤ほか（1996）が調査した徳島県脇町周辺には鮮新世～更新世の礫よりなる土柱層が分布し、2.3 g/cm³と推定している。解析の結果、領家コンプレックスと三波川コンプレックスでは、それぞれ 2.61 g/cm³および 2.69 g/cm³のときに最適解が得られたとしている。本調査地域では、反射法地震探査などの解析が進むことにより、地下の P 波速度構造が明瞭になれば、独自にこの速度構造より岩石の密度が推定されうるが、現時点では、おおむね類似の岩石が分布する伊藤ほか（1996）の結果に基づいて、地下密度構造を以下のように設定する。

- 第 1 層 : 2.10 g/cm³
- 第 2 層 : 2.50 g/cm³
- 第 3 層 : 2.60 g/cm³
- 第 4 層 : 2.70 g/cm³
- 第 5 層 : 2.50 g/cm³

地質区分とこれらの密度層との対比関係は、おおよそ第 1 層が岡村層および沖積層、第 2 層が和泉層群、第 3 層が領家コンプレックス、第 4 層が三波川コンプレックスおよび第 5 層が四万十帯である。また、三波川コンプレックスの厚さについては、Sato et al. (2015) に基づき、おおよそ 5 km とした。密度構造から算出されるブーゲー異常値は Talwani et al. (1959) の方法に基づく、LTC 社製 2 MOD を使用した。この際、background density は、ブーゲー補正算出時に用いたのと同じ標準地層の密度 2.50 g/cm³ とした。解析に当たっては、地表に分布する地質と矛盾の内容にし、サブテーマ 1 で予察的に得られている反射法地震探査による深度断面を参考にした。解析の結果を図 12 に示す。図 12 において、左図が観測ブーゲー異常値と密度構造から推定される計算ブーゲー異常値を示し、中図に密度構造図、右図に参考にした反射法地震探査による深度断面図を示す(図 12)。北端から 5000 m 範囲では、観測と計算ブーゲー異常値はおおむねよい一致を示す。しかしながら、それより南方では両者は大きく異なる値を示す。その範囲は、沖積層や岡村層、和泉層群の北半部の分布域に該当する。岡村層と和泉層群の境界は活断層として知られる岡村断層がある。図 12 の重力調査に基づく密度構造図からは、岡村層に相当する密度 2.10 g/cm³ と和泉層群に相当する密度 2.50 g/cm³ の層の境界が急傾斜ではなく、北に緩く傾斜する場合が最もよく観測ブーゲー異常値を説明しており、このことから、岡村断層は地下では北傾斜をなすと推定される(図 13)。なお、岡村層より北側の活断層、例えば小松断層などはブーゲー異常値から推定される密度構造にはほとんど反映されないので、図 13 の断層解釈図には記載していない。

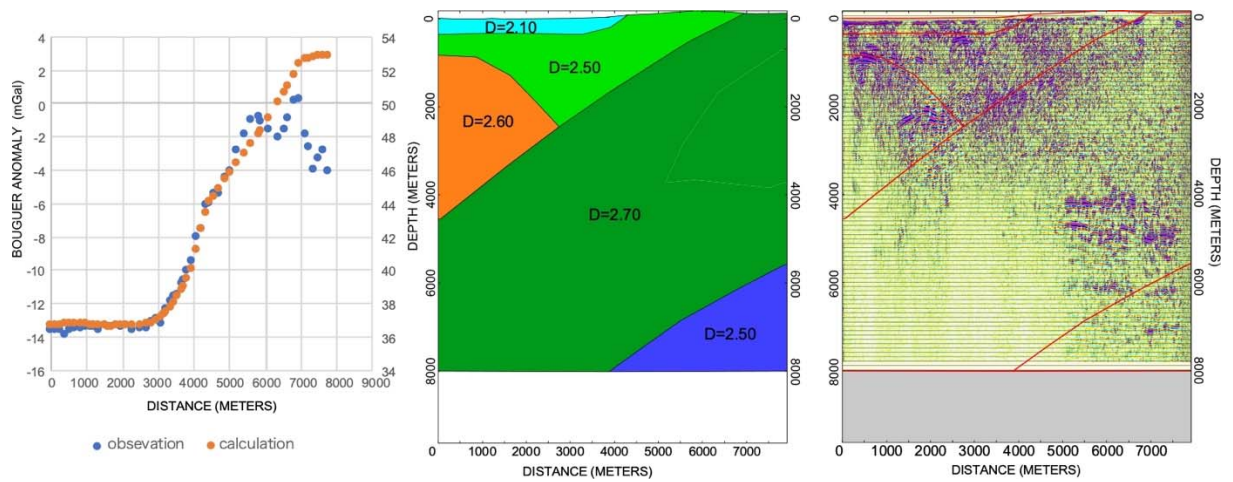


図 12 中央構造線断層系 A 測線におけるブーゲー異常値と密度構造モデル：三波川コンプレックスの密度を均一としたとき。左図：観測ブーゲー異常値と密度構造から推定される計算ブーゲー異常値。中図：密度構造図。右図：反射法地震探査による深度断面図。中図において、地層との対応関係は、おおよそ第 1 層 (2.10 g/cm^3) が岡村層および沖積層、第 2 層 (2.50 g/cm^3) が和泉層群、第 3 層 (2.60 g/cm^3) が領家コンプレックス、第 4 層 (2.70 g/cm^3) が三波川コンプレックスおよび第 5 層 (2.50 g/cm^3) が四万十帯である。

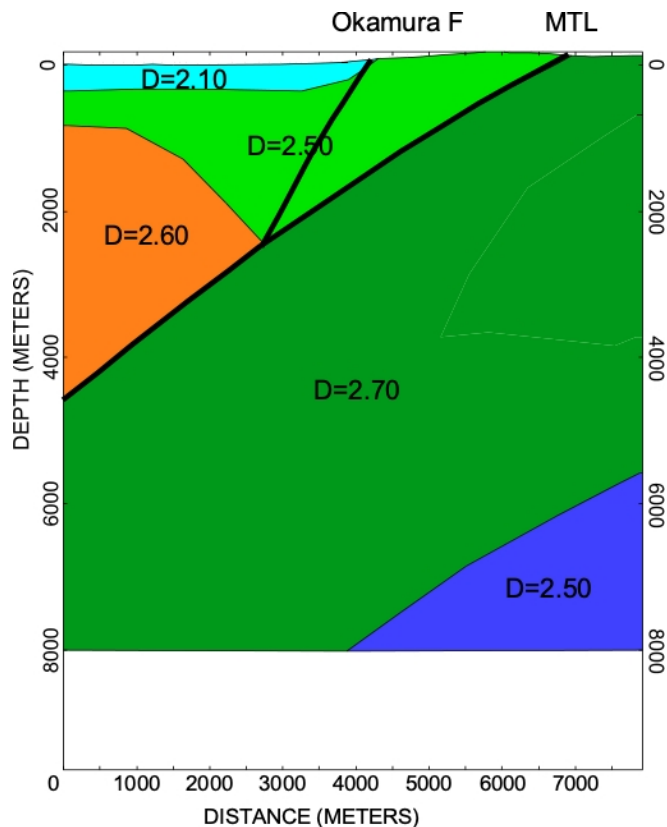


図 13 中央構造線断層系 A 測線における三波川コンプレックスの密度を均一としたときの密度構造から推定される断層構造。

前述のように、ブーゲー異常値は和泉層群の地表分布域の方が三波川コンプレックス分布域に比べて大きな値を示す。先に設定した密度構造は、単純に和泉層群の方が小さく、三波川コンプレックスの方が大きいとしたが、このままではブーゲー異常値の高低を十分に説明できない。もちろん今回算出したブーゲー異常値は地形補正をしていないので、今後変更が見込まれるが、図 12 に示したような、和泉層群分布域から三波川コンプレックス分布域への数 mGal の変化は地形補正をしたとしても解消されない可能性がある。そこで、まだ極めて予察的ではあるが、三波川コンプレックス内に密度の異なる岩体があるとして解析を試みる。青矢ほか（2013）などは、三波川コンプレックスには、塩基性片岩のほかにエクログジャイト化した超塩基性岩のような密度の大きい岩石が存在することを明らかにする一方で、泥質片岩のような密度の小さい岩石の分布も示している。そこで、ここでは、密度の大きい岩石を 3.3 g/cm^3 、密度の小さい岩石を 2.6 g/cm^3 として、三波川コンプレックスの浅部に導入し、測定ブーゲー異常値に近い計算値が得られるかどうか試みる。結果の一例を図 14 に示す。図 14 において、左図が観測ブーゲー異常値と密度構造から推定される計算ブーゲー異常値を示し、中図に密度構造図、右図に参考にした反射法地震探査による深度断面図を示す。

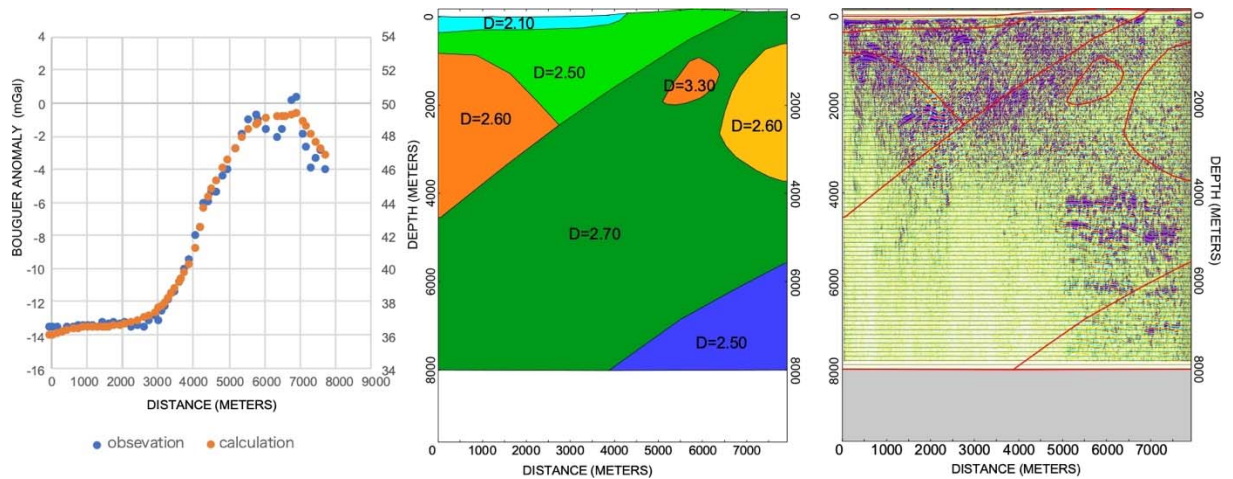


図 14 中央構造線断層系 A 測線におけるブーゲー異常値と密度構造モデル：
三波川コンプレックスの密度を不均一としたとき。左図：観測ブーゲー異常値
と密度構造から推定される計算ブーゲー異常値。中図：密度構造図。右図：反
射法地震探査による深度断面図。

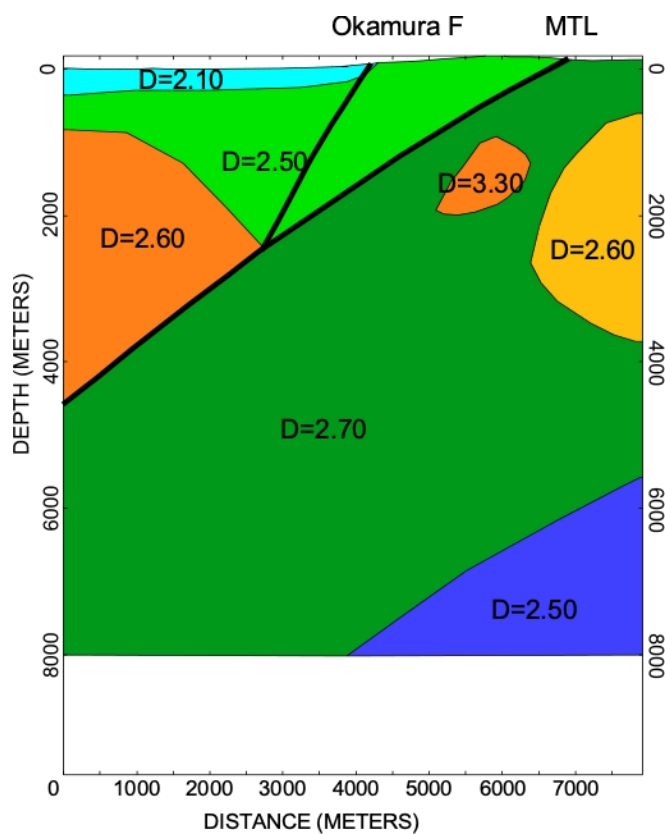


図 15 中央構造線断層系 A 測線における三波川コンプレックスの密度を不均一
としたときの密度構造から推定される断層構造。

図 14 に示すとおり、三波川コンプレックス中に密度の大きい岩体や小さい岩体を導入することで、観測から得られたブーゲー異常値と概ねよい一致を示す計算値を得ることができる。この岩体の形状や密度の大きさについては、ほとんど拘束するものがないため、図 14 に示す岩体の形状や密度は任意性が大きい。しかしながら、このような岩体を導入しても、岡村層と和泉層群の境界の地下形状はほとんど変化せず、この境界をなす岡村断層はやはり北傾斜であると解釈できる（図 15）。先の例と同様に、岡村層より北側の活断層である小松断層などはブーゲー異常値から推定される密度構造にはほとんど反映されない。

(d) 結論ならびに今後の課題

稠密重力調査により、安曇川測線および中央構造線断層帯A測線のブーゲー異常値の変化が明らかになった。安曇川測線では、重力の変曲点と断層などの地質構造との関連が示唆される。中央構造線断層帯A測線では、三波川コンプレックスの分布地域よりも和泉層群分布地域でブーゲー異常値が大きくなる傾向がある。

今後、以下のような点について検討を進める必要がある。課題①において、ブーゲー補正に用いる仮定密度については、今後、同測線で実施される地震探査によるP波速度の情報に基づき、改訂の予定である。また、この密度を使って、地形補正を実施する予定である。それらの重力解析結果と本課題で行われる地震探査および既往の文献調査により、地下密度構造を推定し、活断層の地下深部形状の推定に資する。また、課題②においても、ブーゲー補正に用いる密度については、今後、同測線で実施される地震探査結果によるP波速度の情報に基づき、改訂の予定である。また、この密度を使って、地形補正を実施する予定である。それらの重力解析結果と本課題で行われる地震探査および既往の文献調査により、地下密度構造を推定し、活断層の地下深部形状の推定に資する。また、地表地質では和泉層群の分布範囲でブーゲー異常値が大きく、三波川コンプレックスの分布地域で同異常値が小さくなることについて、地形補正を加えることや標高値の測定結果について誤差を考慮し、この傾向を確認する。一方で、既往文献から三波川コンプレックスの岩相不均一性と密度構造やブーゲー異常の変化との関連を検討する。

(e) 引用文献

青矢睦月・野田 篤・水野清秀・水上知行・宮地良典・松浦浩久・遠藤俊祐・利光誠一・青木正博，新居浜地域の地質，地域地質研究報告（5万分の1地質図幅），産総研地質調査総合センター，181p，2013.

地質調査総合センター，日本重力 CD-ROM 第 2 版，2004.

地質調査総合センター，1：200,000 地質図幅「高知第 2 版」，2018.

木村克己・吉岡敏和・中野聰志・松岡 篤，北小松地域の地質，地域地質研究報告（5万分の1地質図幅），地質調査所，102p，2001.

木村克己・吉岡敏和・井本伸広・田中里志・武蔵野実・高橋裕平，京都東北部地域の地質，地域地質研究報告（5 万分の 1 地質図幅），地質調査所，89p，1998.

石田志朗・河田清雄・宮村 学，彦根西部地域の地質，地域地質研究報告（5 万分の 1

- 地質図幅)，地質調査所，121p，1984.
- 伊藤谷生・井川 猛・足立幾久・伊勢崎修弘・平田 直・浅沼俊夫・宮内崇裕・松本みどり・高橋通浩・松澤進一・鈴木雅也・石田啓祐・奥池司郎・木村 学・國友孝洋・後藤忠徳・澤田臣啓・竹下 徹・仲谷英夫・長谷川修一・前田卓哉・村田明広・山北 聡・山口和雄・山口 寛，四国中央構造線地下構造の総合物理探査，地質学雑誌，102 卷，346-360，1996.
- 宮内崇裕・岡田篤正・堤 浩之・東郷正美・平川一臣，都市圏活断層図「北小松」，D1-No.449，国土地理院，2004.
- 中江 訓・吉岡敏和，熊川地域の地質，地域地質研究報告（5 万分の 1 地質図幅），地質調査所，71p，1998.
- 中江 訓・吉岡敏和・内藤一樹，竹生島地域の地質，地域地質研究報告（5 万分の 1 地質図幅），地質調査所，71p，2001.
- 岡田篤正・東郷正美・中田 高・植村善博・渡辺満久，都市圏活断層図「京都東北部第 2 版」，D1-No.524，国土地理院，2008.
- Sato, H., Kato, N., Abe S., Van Horne, A., Takeda, T., Reactivation of an old plate interface as a strike-slip fault in a slip-partitioned system: Median Tectonic Line, SW Japan. *Tectonophysics*, 644-645, 58-67, 2015.
- Talwani, M., Worzel, J. M., Landisman, M., Rapid Gravity Computations of two-dimensional bodies with application to the Mendocino Submarine Fracture Zone. *Jour. Geophys. Res.*, 64,49-59, 1959.
- 堤 浩之・熊原康博・千田 昇・東郷正美・平川一臣・八木浩司，都市圏活断層図「熊川」，D1-No.449，国土地理院，2004.

3. 3 断層帯の地震波速度構造および地震活動解析

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 断層帯の地震波速度構造および地震活動解析

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人 防災科学技術研究所 地震津波火山ネットワークセンター	主任研究員 特別研究員	松原 誠 ヤノ トモコ エリザベス

(c) 業務の目的

断層帯の地震波速度構造および地震活動解析を基に、詳細な震源分布、地震発生層の下限や、活断層深部の震源断層域における地殻・最上部マントルの構造的な特徴を検討する。

(d) 3 ヶ年の年次実施業務の要約

1) 平成 29 年度：

日本列島の活断層－震源断層システムの構造的な特徴の抽出のために必要となる 3 次元地震波速度トモグラフィ・微小地震活動などの地震学的データの収集・整理を行った。

2) 平成 30 年度：

平成 29 年度に収集した微小地震活動やトモグラフィなどのデータを元に、近年発生した内陸地震の震源断層域およびサブテーマ(1)で実施した反射法地震探査周辺の活断層における地殻・最上部マントルの構造的な特徴を検討した。

3) 平成 31 年度：

断層帯の地震波速度構造および地震活動解析を基に、詳細な震源分布、地震発生層の下限や、活断層深部の震源断層域における地殻・最上部マントルの構造的な特徴を検討する。

(2) 平成 30 年度の成果

(a) 業務の要約

平成 29 年度に収集した微小地震活動やトモグラフィなどのデータを元に、近年発生した内陸地震の構造的な特徴を抽出するとともに、地震発生層の厚さを求めた。この結果に基づき、活断層における地震発生層の統合的な検討を行った。

(b) 業務の実施方法

1) 内陸地震震源域における地震発生層の厚さ

防災科研 Hi-net による観測が始まった 2000 年 10 月以降に発生した内陸地震について、本震前の地震活動から推定される地震発生層の下限を推定し、さらに温度構造・本震の深

さ、余震分布、地震波速度構造を比較した。ある領域内の地表から深さ 40 km までの地震活動のうち、全体の 5 % の地震が起きている深さ (D05) を地震発生層の上限、全体の 95 % の地震が起きている深さ (D95) を地震発生層の下限とした。地下の温度構造は、防災科研 Hi-net の観測井などで測定した温度から推定した地殻熱流量 (Matsumoto et al., 2007) 等のデータを用いて Tanaka (2004) や Tanaka (2009) の手法を用いて推定した。

2) 活断層における地震発生層の統合的検討

平成 30 年度に実施された反射法探査の側線を含む中央構造線断層帯について、地震波速度構造と震源分布を比較した。

(c) 業務の成果

1) 内陸地震震源域における地震発生層の厚さ

2003 年宮城県北部の地震、2008 年岩手・宮城内陸地震、2016 年熊本地震、2018 年大阪府北部の地震、2018 年北海道胆振東部地震の結果をそれぞれ図 1~5 に示す。2008 年岩手・宮城内陸地震、2016 年熊本地震、2018 年大阪府北部の地震については、本震前の地震活動から推定される D95 は概ね内陸大地震の強震動を引き起こす本震時のすべり域の下限と一致する (図 2a~4a)。一方、本震前の活動が少ない 2003 年宮城県北部の地震では本震付近の D95 は推定できない (図 1a)。2018 年北海道胆振東部地震では、地震発生前の深部での地震活動は少なく、本震前の活動から推定される D95 は本震と比べて非常に浅くなっている (図 5a)。一方、D95 が求められている場合、温度構造としては 300~450 °C と一致する (図 3b~4b)。2003 年宮城県北部の地震では D95 が推定できなかったが、その場合でも温度構造は推定可能であり (図 1b)、本震は 300~400 °C に位置しており、地震活動から D95 が推定できない地域においては温度構造から地震発生層の下限を推定することが有効である。一方、2008 年岩手・宮城内陸地震の周辺のように火山近傍など地下の温度構造が特異な場合には事前の地震活動から推定する必要がある (図 2b)。地震波速度構造の P 波速度構造と S 波速度構造の比 (V_p/V_s) は物質の変形のしやすさ (剛性率) と対応し、温度構造も反映する。 V_p/V_s がある一定の範囲内という条件における P 波速度構造の分布を抽出することで、後述の 3.4 のように地下の温度構造に結び付けられる。地表での観測から得られる地下の温度構造が特異な場合については、この手法による温度構造の推定が有効な可能性がある。

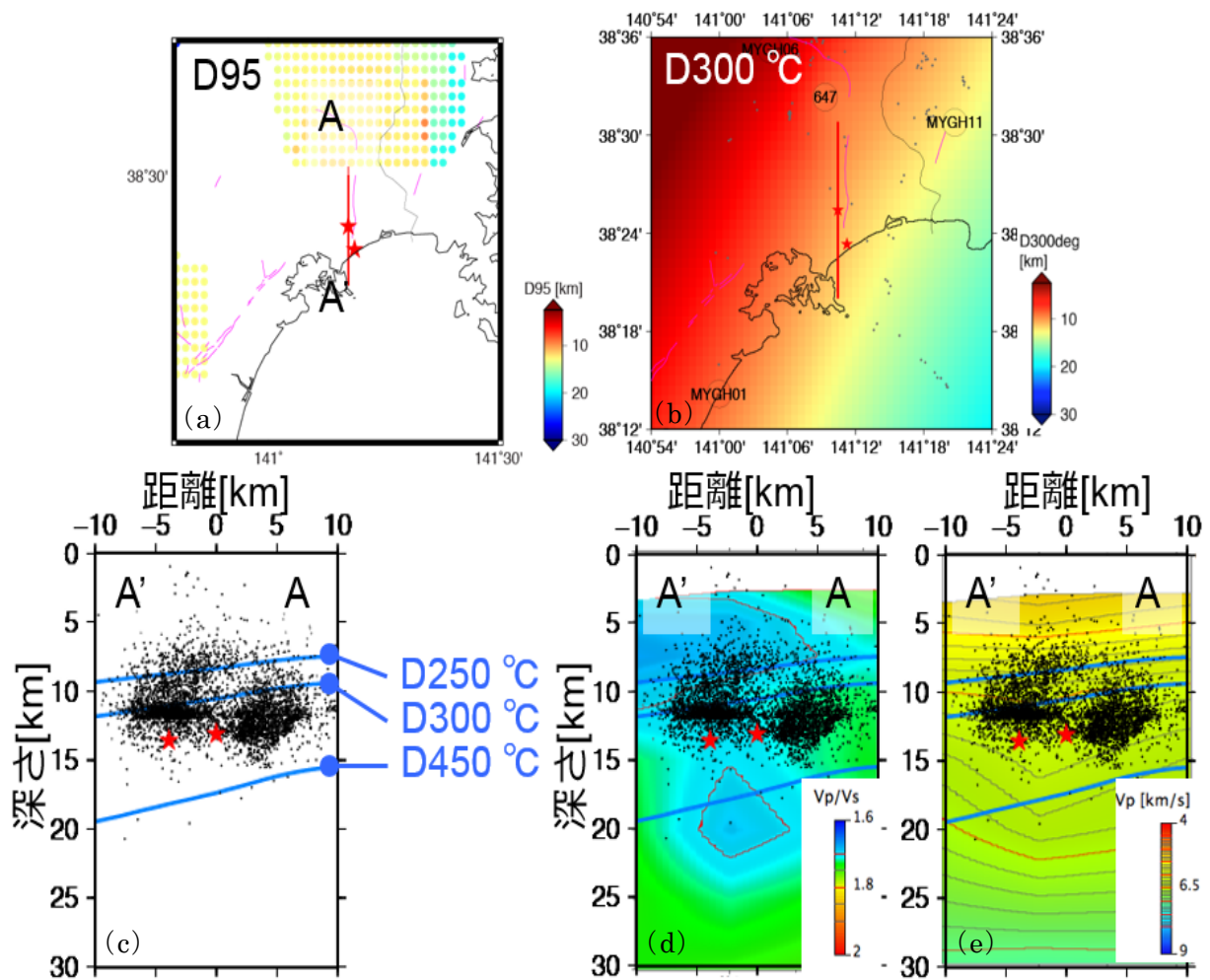


図 1 2003 年 7 月宮城県北部の地震の結果。(a) 本震発生前の地震活動から推定した D_{95} 、(b) D_{300} °C の分布、(c) 余震分布、(d) V_p/V_s 構造、(e) P 波速度構造と地震発生層の下限や温度分布との比較。

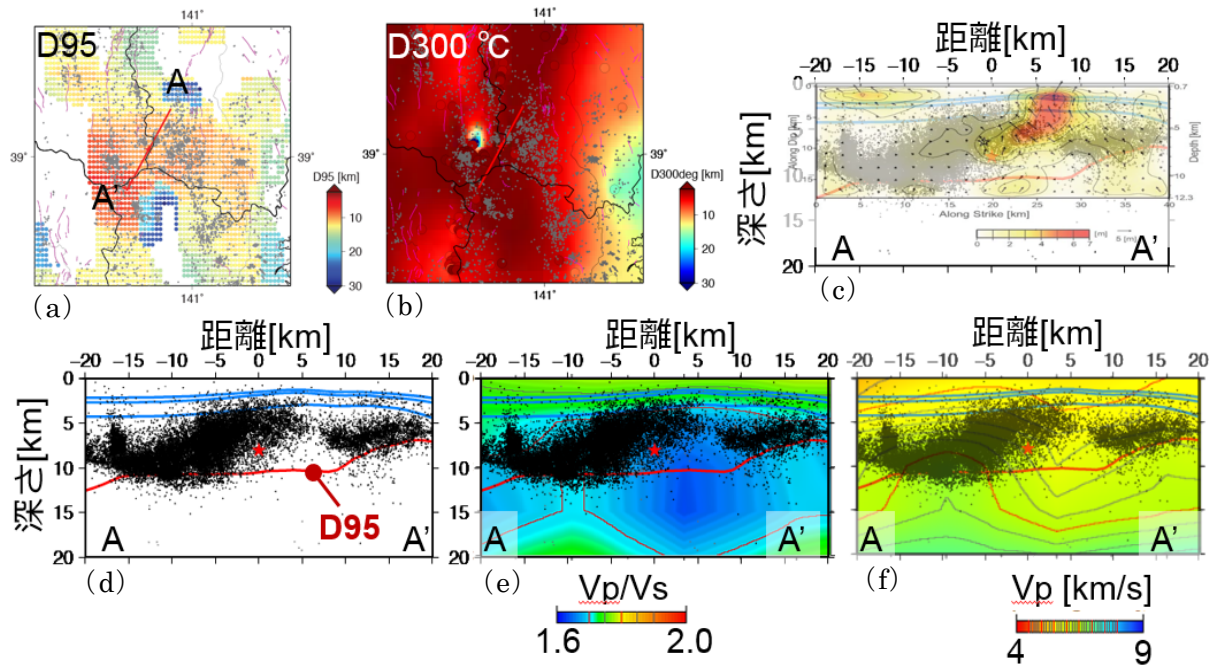


図 2 2008 年 6 月岩手・宮城内陸地震の結果。(a) 前震前の地震活動から推定した D95、
(b) D300°Cの分布、(c) 震源過程や (d) 余震分布、(e) Vp/Vs (f) P 波速度構造と地震発生層の下限や温度分布との比較。

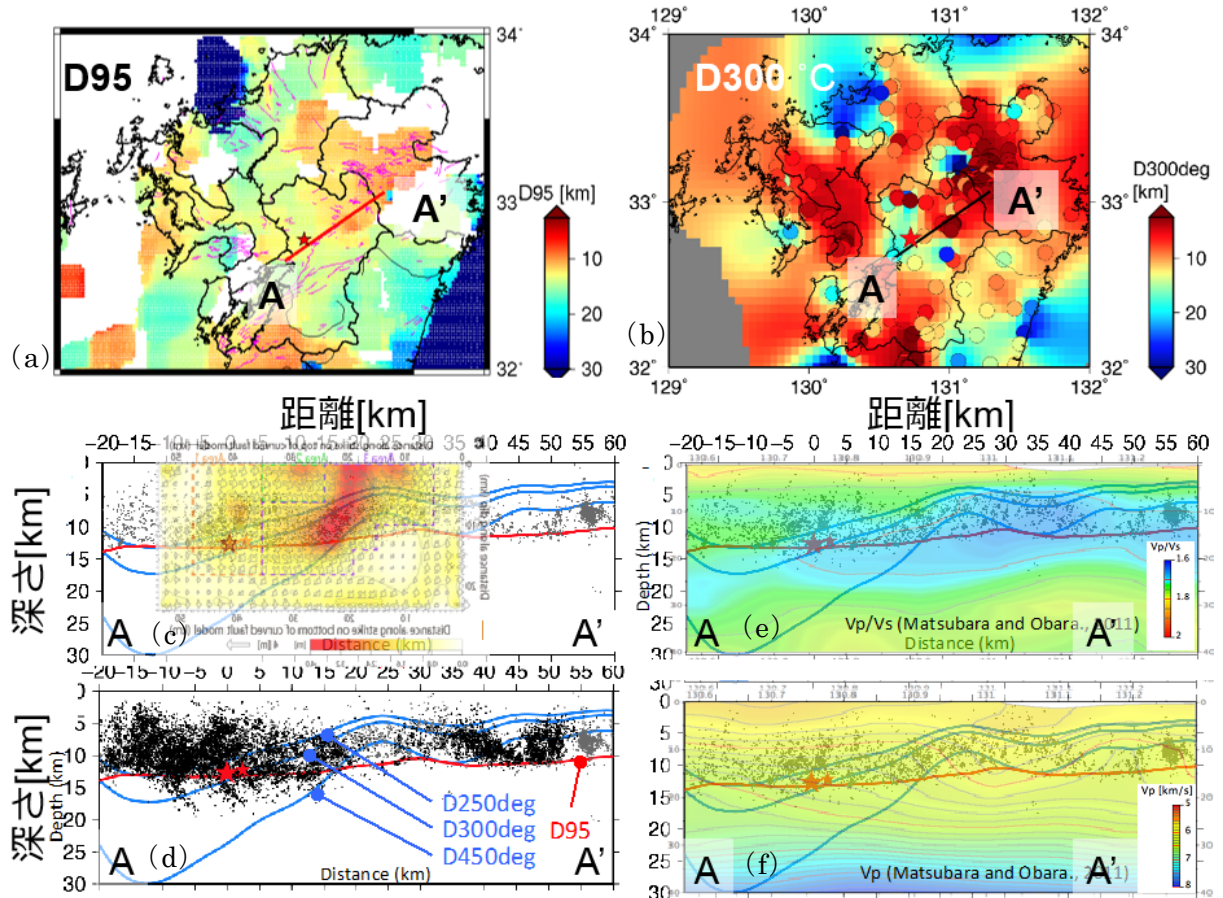


図 3 2016 年 4 月熊本地震の結果。図の諸元は図 2 と同じ。

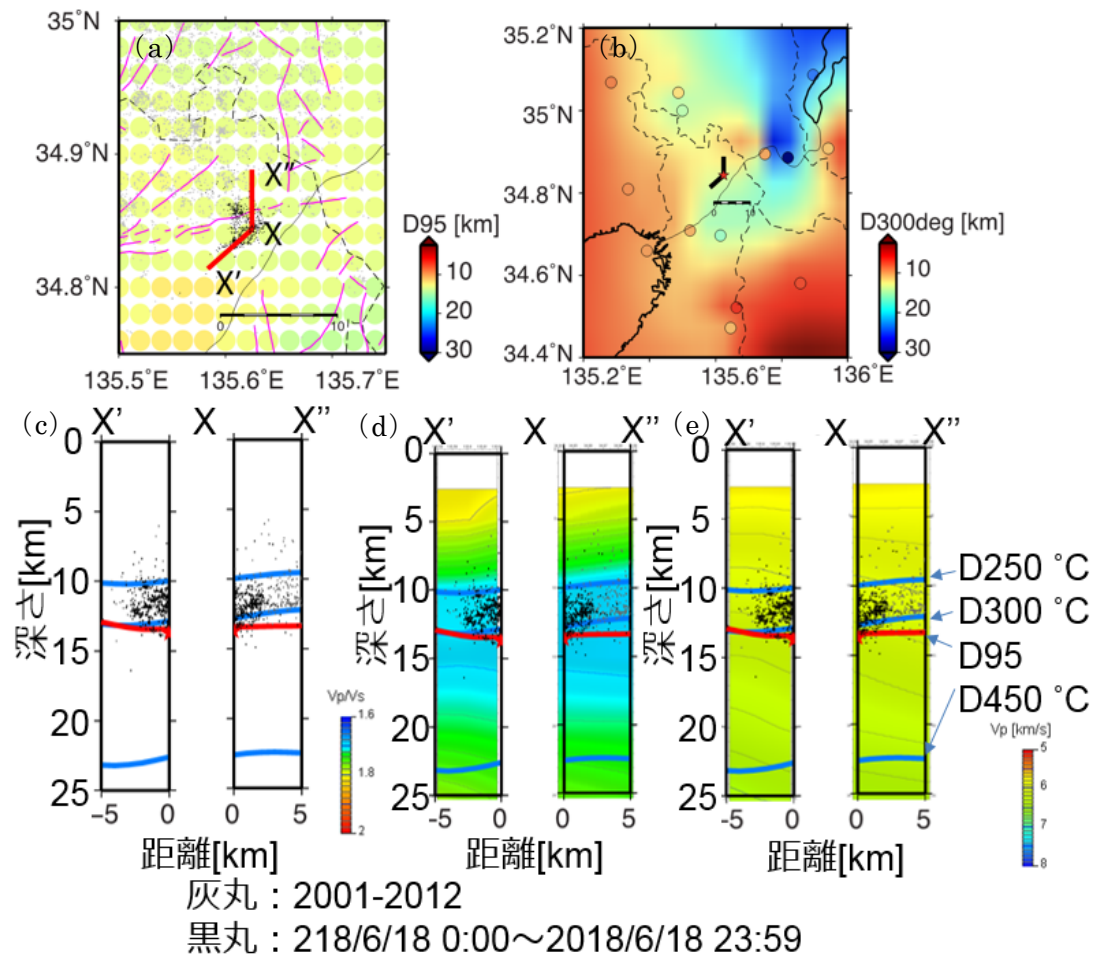


図 4 2018 年 6 月大阪府北部の地震の結果。(a) 前震前の地震活動から推定した D95、(b) D300°C の分布、(c) 余震分布や (d) Vp/Vs (e) P 波速度構造と地震発生層の下限や温度分布との比較。

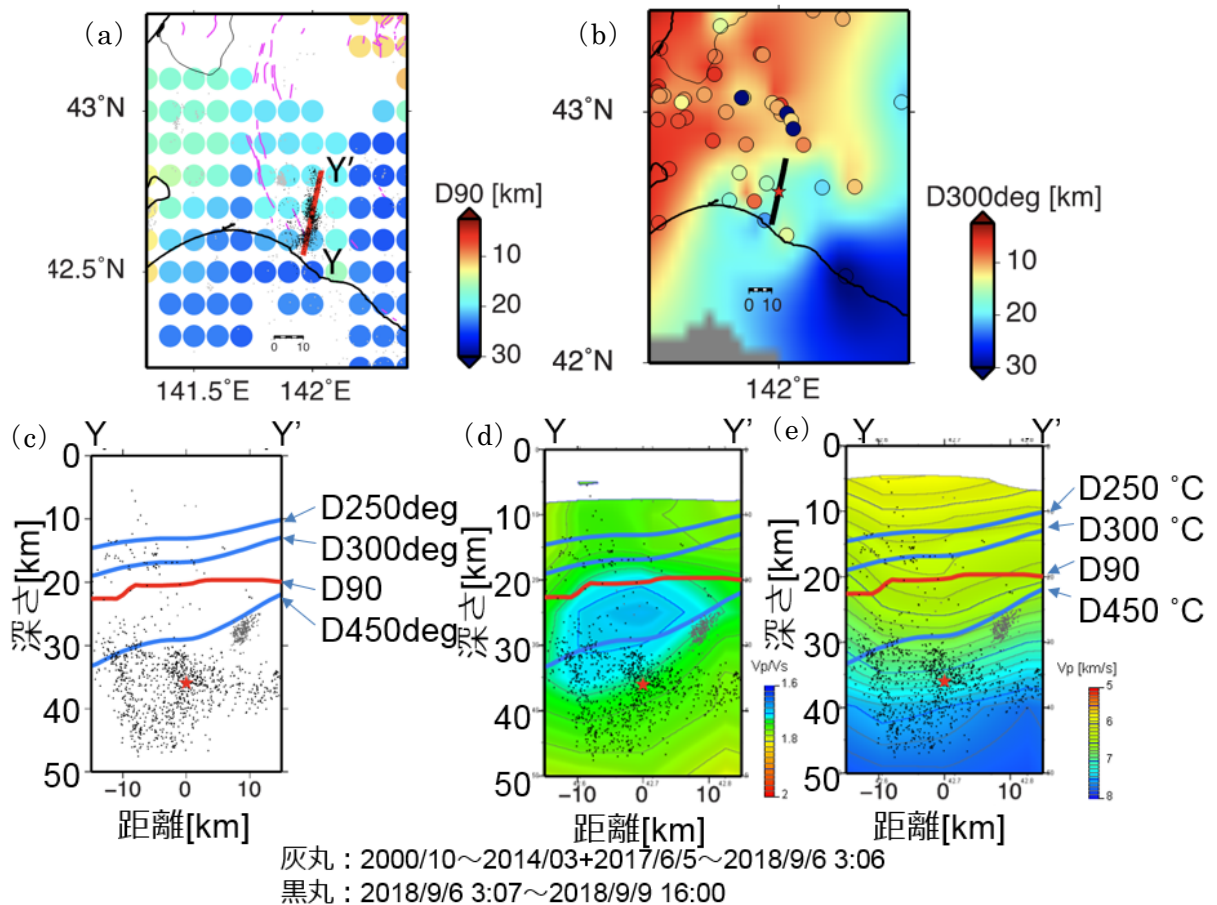


図 5 2018 年 9 月北海道胆振東部地震の結果。図の諸元は図 4 と同じ。

2) 活断層における地震発生層の統合的検討

中央構造線断層帯を横切る東経133.2°~133.7°における地震波速度構造(P波速度構造・S波速度構造・Vp/Vs・P波速度パーターベーション・S波速度パーターベーション・微小地震震源分布・発震機構解)の南北断面をそれぞれ図6~図11に示す。いずれの断面においても中央構造線断層帯の地表位置周辺から北に傾斜する地震活動が見られる。P波速度パーターベーションやS波速度パーターベーションから明らかなように、この地震活動は中央構造線南側の低速度領域と北側の高速度域の境界付近で発生している。これは、北側の高速度な領家帯と南側の最近の付加体である低速度な四万十帯の境界付近に相当し、中央構造線断層帯ないしは三波川帯・四万十帯における地震活動と考えられる。一方、中央構造線断層帯から鉛直に下方に伸びるような震源分布は見られない。このように、活断層周辺の地震活動から、断層面の傾斜や地震発生層の下限などが推定可能であることが分かった。

発震機構解からは、この領域の圧縮場や引張場の方向が推定できる。東経133.2°~133.5°では、中央構造線断層帯付近の微小地震の発震機構解は南北引張の正断層型と南北引張東西圧縮の横ずれ断層が共存している。一方、東経133.6°および133.7°においては南北引張東西圧縮の横ずれ断層が主である。日本列島は広域としては太平洋プレートの沈み込みに依る東西圧縮場であり、この地域では南からフィリピン海プレートが沈み込むことにより、

南北方向に圧縮する力も働くことが考えられる。しかし、発震機構解からは南北引張場であることから、フィリピン海プレートによる南北圧縮の力よりも太平洋プレートによる東西圧縮の力が強いことが分かった。また中央構造線断層帯の断層面は北傾斜であるが、発震機構解では横ずれ断層型の地震が多いことも特徴的である。

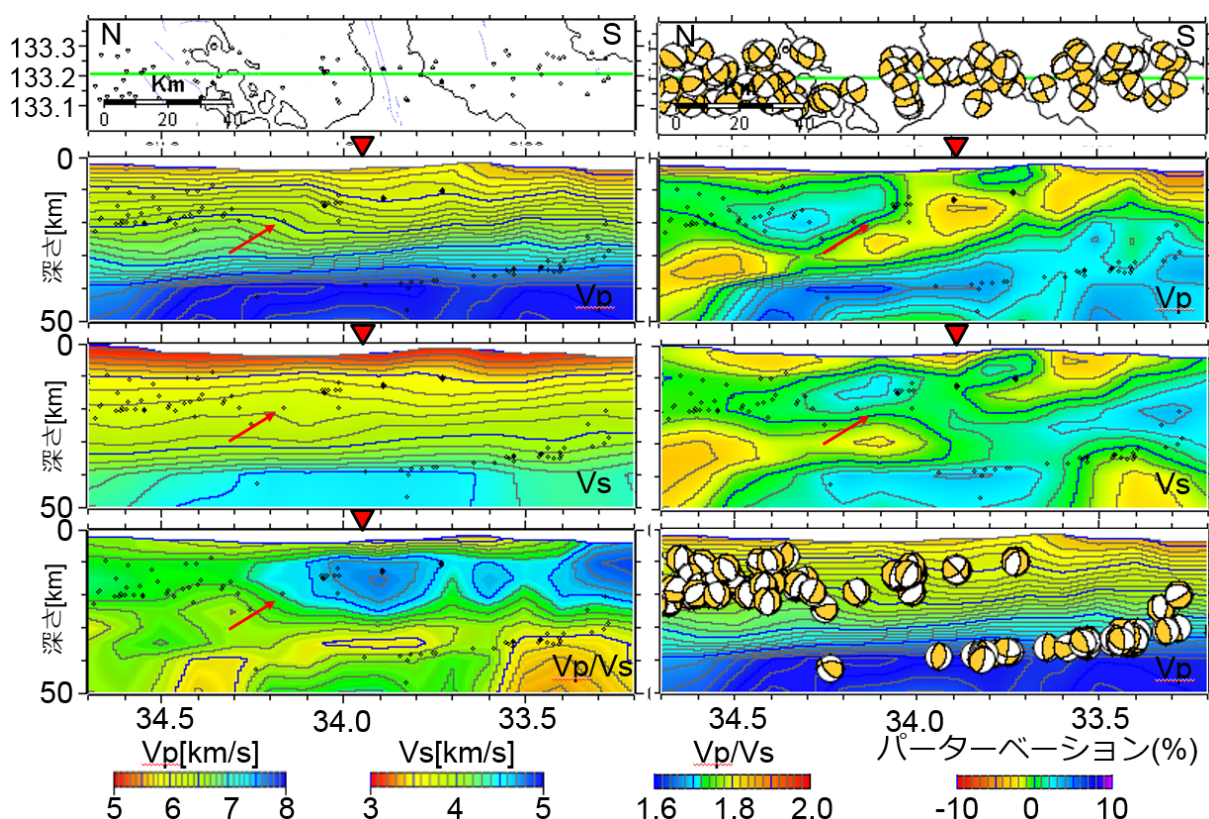


図 6 東経 133.2° における速度構造 (Matsubara et al., 2017)、震源分布及び発震機構解。左列上から震源分布と断面位置図、P 波速度構造、S 波速度構造、 V_p/V_s 、右列上から発震機構解と断面位置図、P 波速度パーターベーション、S 波速度パーターベーション、P 波速度を示す。黒点は 2000 年 10 月 1 日～2017 年 12 月 31 日までの防災科研 Hi-net で決められた M2.0 以上の地震を Matsubara et al. (2017) の三次元地震波速度構造を用いて再決定した震源である。▼は中央構造線断層帯の地表の位置を、赤矢印は中央構造線断層帯から北傾斜の面状の地震活動を示す。発震機構解は三次元地震波速度構造を用いて再決定したものをそれぞれの断面に対して下半球投影で表示している。

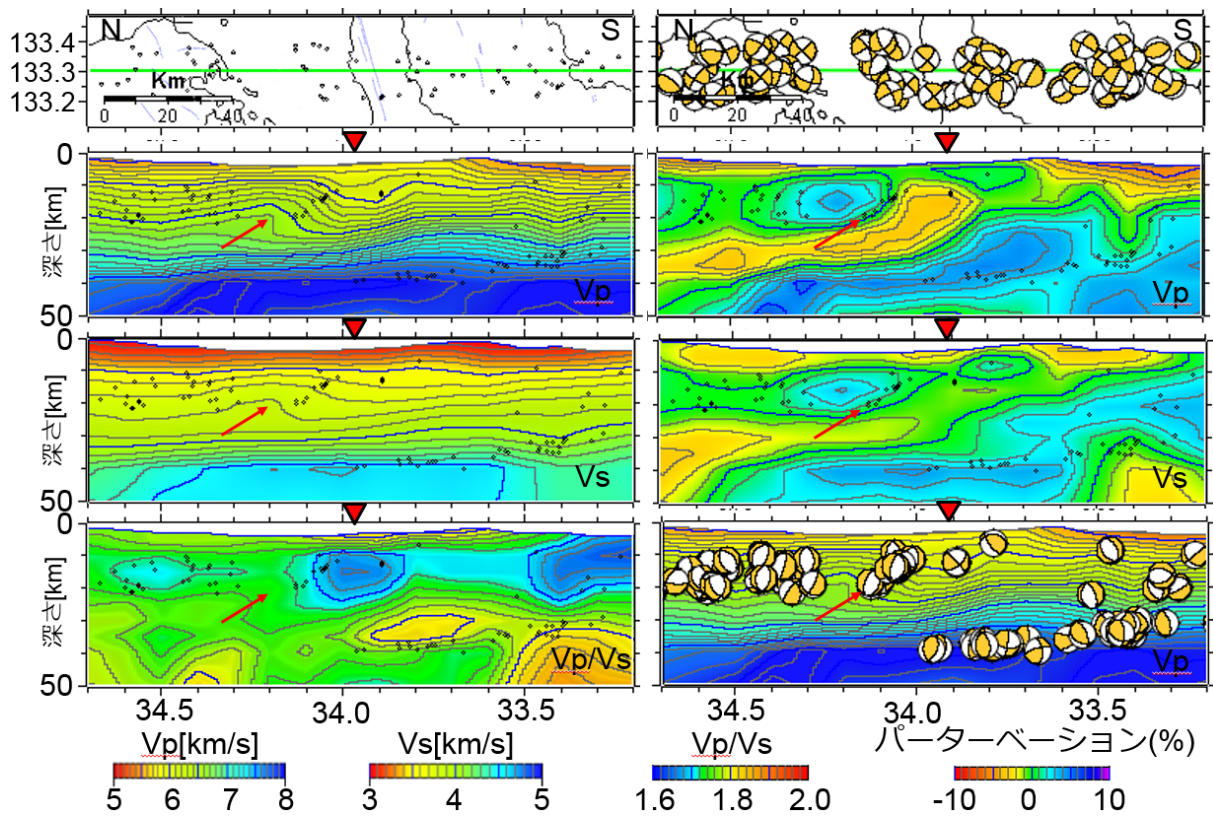


図 7 東経 133.3° における速度構造 (Matsubara et al., 2017)、震源分布及び
発震機構解。図の緒言は図 6 と同じ。

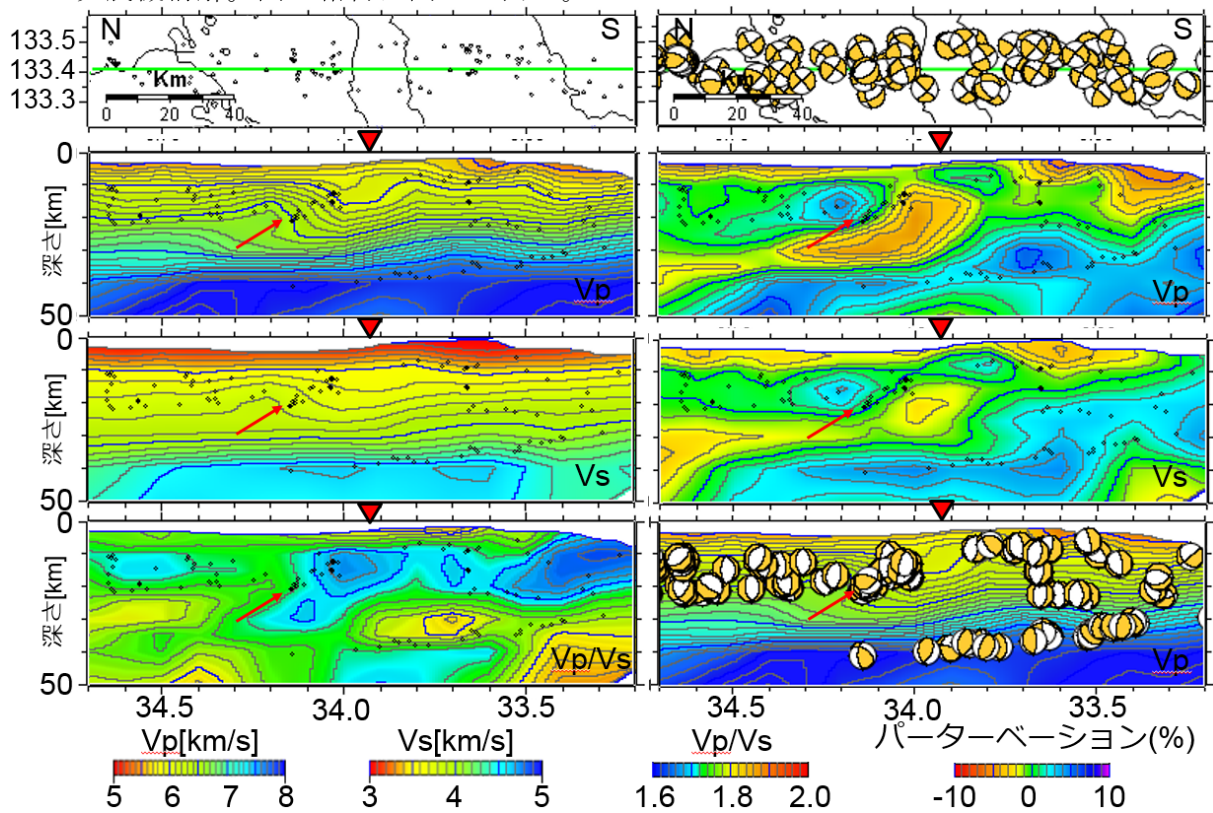


図 8 東経 133.4° における速度構造 (Matsubara et al., 2017)、震源分布及び
発震機構解。図の緒言は図 6 と同じ。

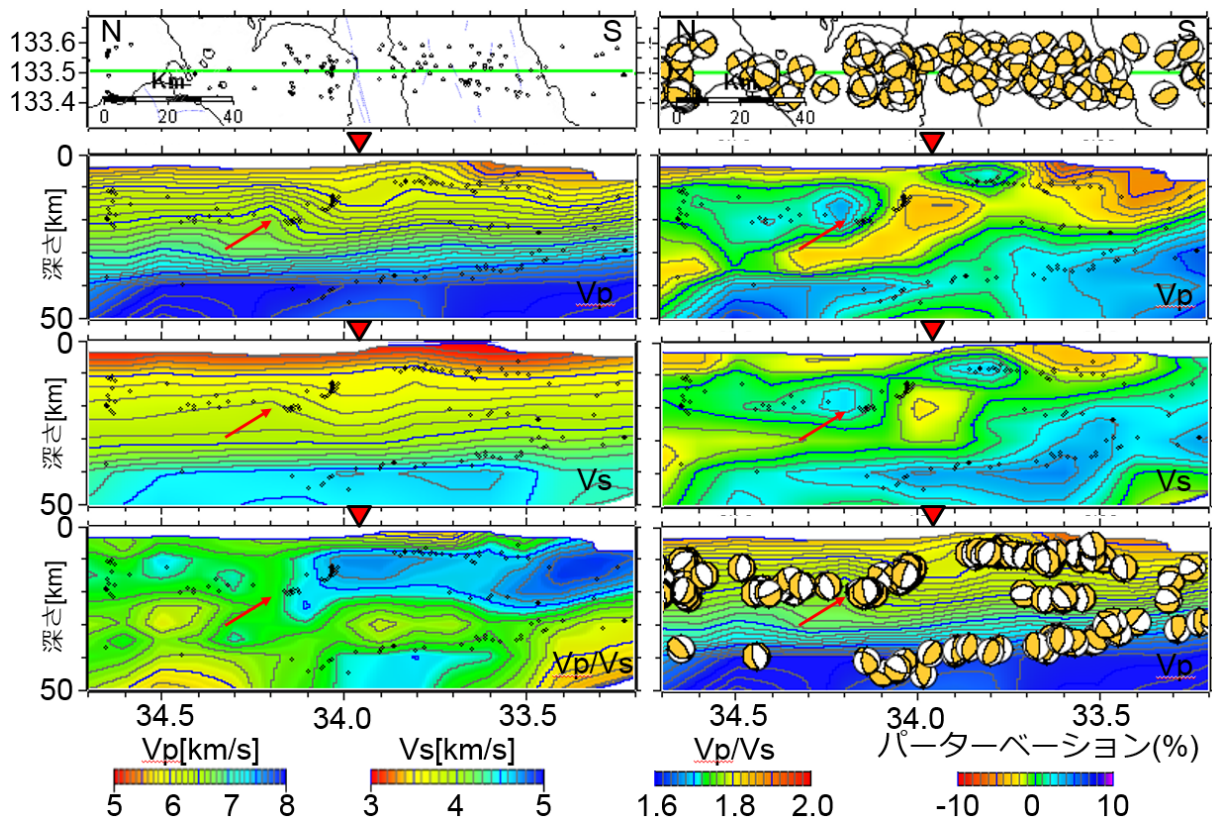


図 9 東経 133.5° における速度構造 (Matsubara et al., 2017)、震源分布及び
発震機構解。図の緒言は図 6 と同じ。

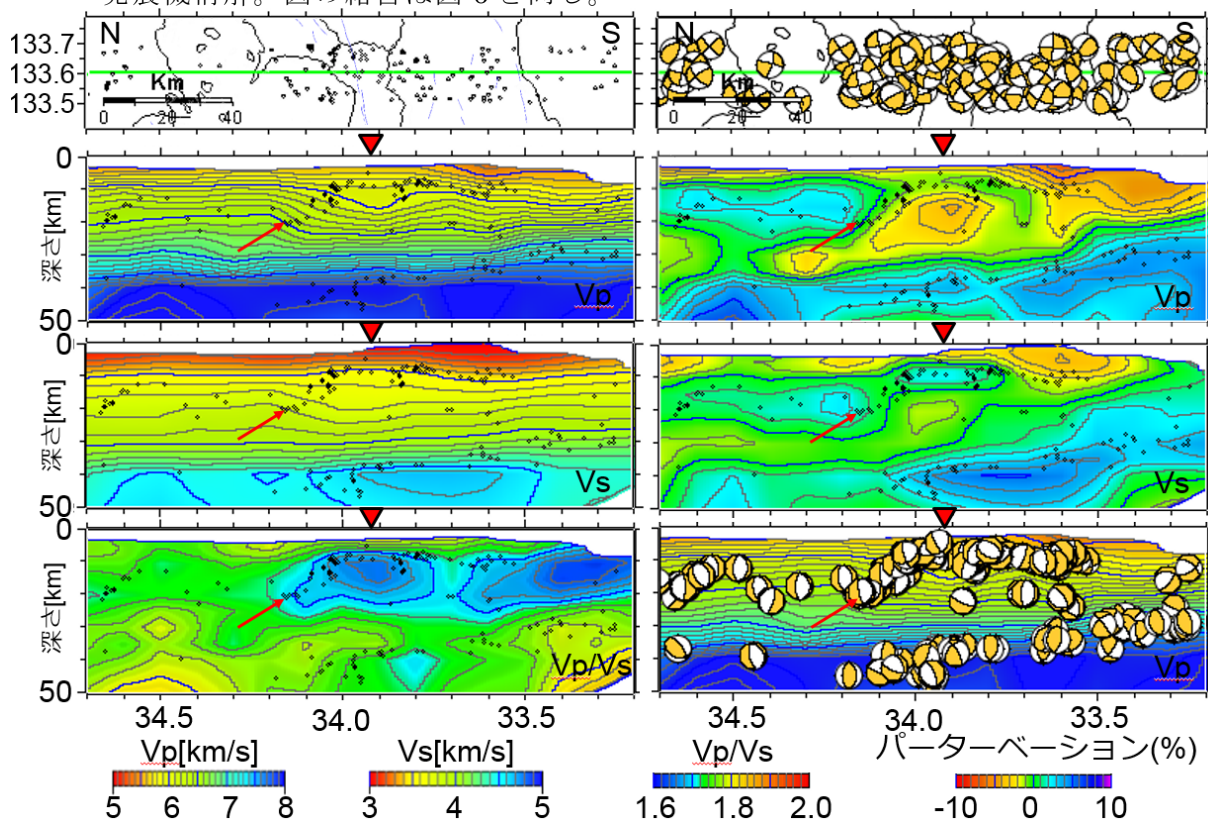


図 10 東経 133.6° における速度構造 (Matsubara et al., 2017)、震源分布及び
発震機構解。図の緒言は図 6 と同じ。

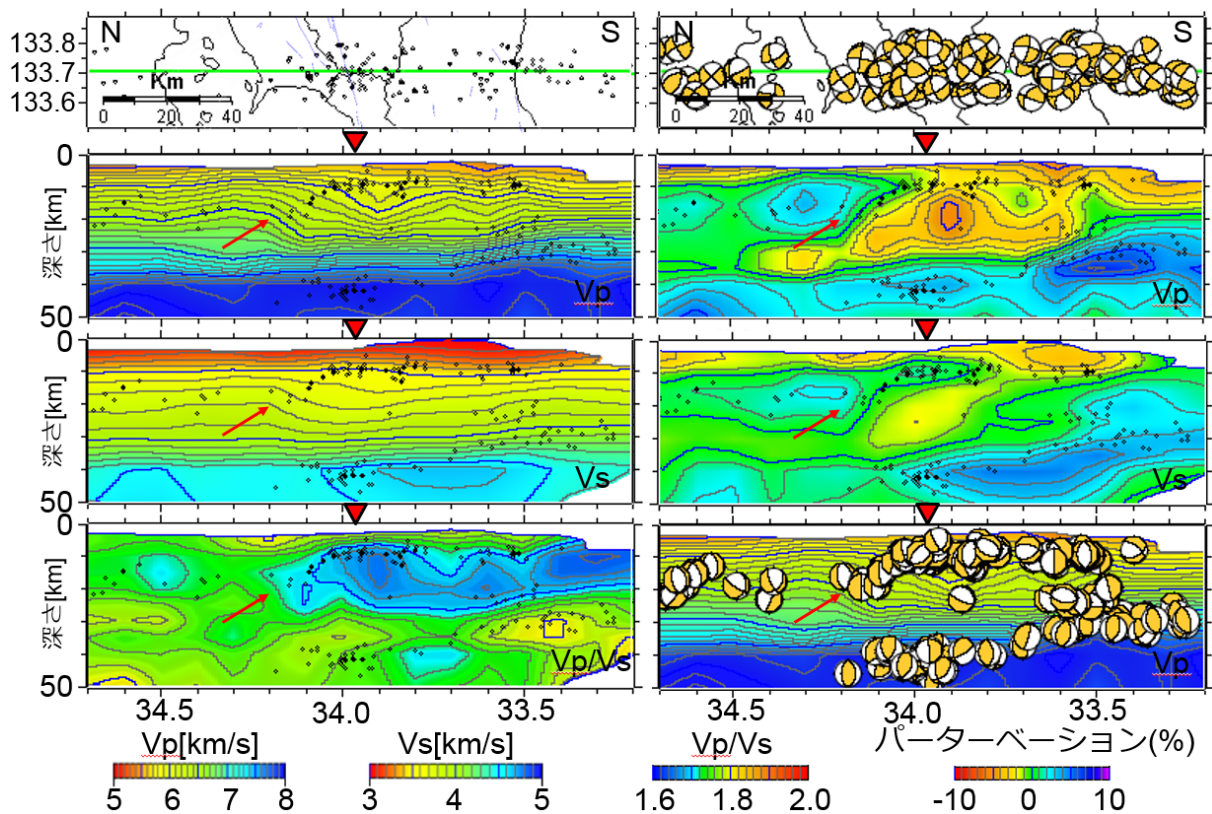


図 11 東経 133.7° における速度構造 (Matsubara et al., 2017)、震源分布及び
発震機構解。図の緒言は図 6 と同じ。

(d) 結論ならびに今後の課題

地表付近の温度構造から推定される地下の温度構造は、地熱地帯や滞留の存在などにより、地下の正確な温度構造を推定できていない場合も考えられる。地震波速度構造による V_p , V_s , V_p/V_s 等から推定される温度構造と合わせて議論することにより、地震発生層の下限の推定の精度が向上することが期待される。

(e) 引用文献

- Matsubara, M., H. Sato, K. Uehira, M. Mochizuki, and T. Kanazawa (2017) Three-dimensional seismic velocity structure beneath Japanese Islands and surroundings based on NIED seismic networks using both inland and offshore events, *Journal of Disaster Research*, 12, 844-857, doi:10.20965/jdr.2017.p0844
- Matsumoto, T. (2007), Terrestrial heat flow distribution in Japan area based on the temperature logging in the borehole of NIED Hi-net, T23A-1217, 2007 Fall Meeting.
- Tanaka A (2004) Geothermal gradient and heat flow data in and around Japan (II): Crustal thermal structure and its relationship to seismogenic layer, *Earth, Planets Space*, 56, 1195–1199, doi: 10.1186/BF03353340.
- 田中明子 (2009) 地球浅部の温度構造・地震発生層との関連, *地震*, 61, 239-245.

3. 4 断層帯周辺の岩石物性に基づく地震発生層推定

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 断層帯周辺の岩石物性に基づく地震発生層推定

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
横浜国立大学大学院環境情報研究院	教授	石川正弘

(c) 業務の目的

より正確な地殻構成岩石モデルを構築するために岩石鉱物の弾性波速度測定実験を行い、基礎データを得る。また、岩石と鉱物の弾性波速度およびレオロジーに関する既存データを整理し、地殻構成岩石に関する初期モデルに基づき、活断層深部の震源断層域における地震波速度構造に基づく地殻構成岩石モデルを考慮した地震発生層の厚さを検討する。

(d) 3 ヶ年の年次実施業務の要約

1) 平成 29 年度：

日本列島の活断層－震源断層システム、特に 20 世紀以降に発生した内陸地震の震源断層形状推定に必要な地震発生層の厚さを推定するための、地殻構成岩石に関する初期モデルを検討した。

2) 平成 30 年度：

前年に引き続き正確な地殻構成岩石モデルを構築するために岩石鉱物の弾性波速度測定実験を行い、基礎データを得るとともに、日本列島の活断層－震源断層システム、特に 20 世紀以降に発生した内陸地震の震源断層形状推定に必要な地震発生層の厚さを推定するための、地殻構成岩石モデルを検討した。

3) 平成 31 年度：

断層帯周辺の岩石物性に基づく地震発生層推定に関する研究のまとめを行う。

(2) 平成 30 年度の成果

(a) 業務の要約

岩石鉱物の弾性波速度の視点から地震波トモグラフィーを解釈することで西南日本周辺の地殻構成を推定した。 V_p/V_s トモグラフィーから同一岩石種が分布すると推定される領域の地震波速度を抽出することで、中央構造線を含む西南日本の地殻内部の定性的な温度構造を検討した。深さ 20 km の地震波トモグラフィーからは、瀬戸内海周辺に相対的な低温域が分布する一方で、中国地方北側の更新世火山フロント周辺および中央構造線周辺に相対的な高温域が分布することが判読された。

(b) 業務の実施方法

先行的に行われてきた地殻構成岩石モデルに関する研究において(例えば、Nishimoto et al. 2008 ; 石川, 2017)、岩石鉱物の弾性波速度の視点から地震波速度構造を解釈することで、東北本州弧の地殻構成岩石モデルが検討されてきた。石英を主要鉱物として含む上部地殻は一般的に低 V_p/V_s で特徴付けられる一方、上部地殻に苦鉄質岩石が分布する場合は高い P 波速度で特徴付けられることが示されてきた(平成 28 年度「日本海地震・津波調査プロジェクト」成果報告書)。本研究では、同様に、岩石鉱物の弾性波速度の視点から防災科学技術研究所の三次元地震波速度構造(Matsubara et al.2017)を解釈することで、西南日本周辺の上部地殻・下部地殻境界の推定や上部地殻の構成岩石の推定を行う。

高温高压条件における弾性波速度測定実験から、岩石の P 波速度や S 波速度には温度依存性がある一方で、 V_p/V_s は温度依存性が著しく小さく、岩石種に大きく依存することがわかっている。本研究では、防災科学技術研究所の三次元地震波速度構造を用いて、特定範囲の V_p/V_s 域の地震波速度を抽出することで、同一岩石種が分布すると推定される範囲において(図 1)、定性的な温度構造を推定した。

(c) 業務の成果

岩石鉱物の弾性波速度の視点から防災科学技術研究所の三次元地震波速度構造(Matsubara et al.2017)を解釈することで西南日本の地殻構成岩石を推定した。図 2 には西南日本を南北に縦断する P 波速度パートバージョン断面と V_p/V_s 断面を示した。中国地方の上部地殻は低 V_p/V_s で特徴付けられ花崗岩類等の石英長石質な岩石で構成されると推定される。四国地方の地殻は低 V_p と低 V_p/V_s で特徴付けられ石英を主要鉱物とする岩石(四万十帯)で構成されると解釈される。主要構成岩石として苦鉄質片岩を含む三波川変成帯は高 V_p で特徴付けられる。

防災科学技術研究所の三次元地震波速度構造を用いて、西南日本の地震波速度構造から温度構造を推定した(図 3~7。図 3 は東経 132.9 ~133°の四国・中国地方(深さ 20 km)において $V_p/V_s=1.69-1.77$ の領域を抽出した P 波速度と S 波速度の南北変化であり、地殻深部の定性的な温度変化であると解釈される。相対的に低速度である中央構造線周辺から南部の地下は相対的に高温である一方、相対的に高速度な瀬戸内海の地下は相対的に冷たい領域であると推定される。図 4 は東経 133.2 ~133.3°の四国・中国地方(深さ 20 km)において $V_p/V_s=1.69-1.75$ の領域を抽出した P 波速度と S 波速度の南北変化であり、地殻深部の定性的な温度変化であると解釈される。相対的に低速度である愛媛県東部の中央構造線周辺および島根県・鳥取県境界付近の更新世火山フロントの地下は相対的に高温である一方、相対的に高速度な広島県・岡山県境界付近の瀬戸内海沿岸、日本海沿岸、太平洋沿岸の地下は相対的に冷たい領域であると推定される。鳥取県西部地震の震源断層は相対的に高温域で発生した地震と解釈される。図 5 は東経 134.1 ~134.2°の四国・中国地方(深さ 20 km)において $V_p/V_s=1.69-1.77$ の領域を抽出した P 波速度と S 波速度の南北変化である。相対的に低速度である徳島県の中央構造線周辺および鳥取県の更新世火山フロントの地下は相対的に高温である一方、相対的に高速度な岡山県周辺の瀬戸内海沿岸、鳥取県の日本海沿岸、室戸岬周辺の地下は相対的に冷たい領域であると推定される。図 6 は東経

134.8 ~134.9°の四国・中国地方（深さ 20 km）において $V_p/V_s=1.69-1.77$ の領域を抽出した P 波速度と S 波速度の南北変化である。相対的に低速度である中央構造線推定分布域および更新世火山フロントの地下は相対的に高温である。一方、相対的に高速度な淡路島北縁、日本海沿岸、太平洋の地下は相対的に冷たい領域であると推定される。兵庫県南部地震の震源断層である野島断層は相対的に低温域で発生した地震と解釈される。図 7 は東経 136.0 ~136.1°の近畿地方（深さ 20 km）において $V_p/V_s=1.73-1.76$ の領域を抽出した P 波速度と S 波速度の南北変化である。相対的に低速度である中央構造線推定分布域および琵琶湖北方の地下は相対的に高温である。一方、相対的に高速度な中央構造線南方の地下は相対的に冷たい領域であると推定される。

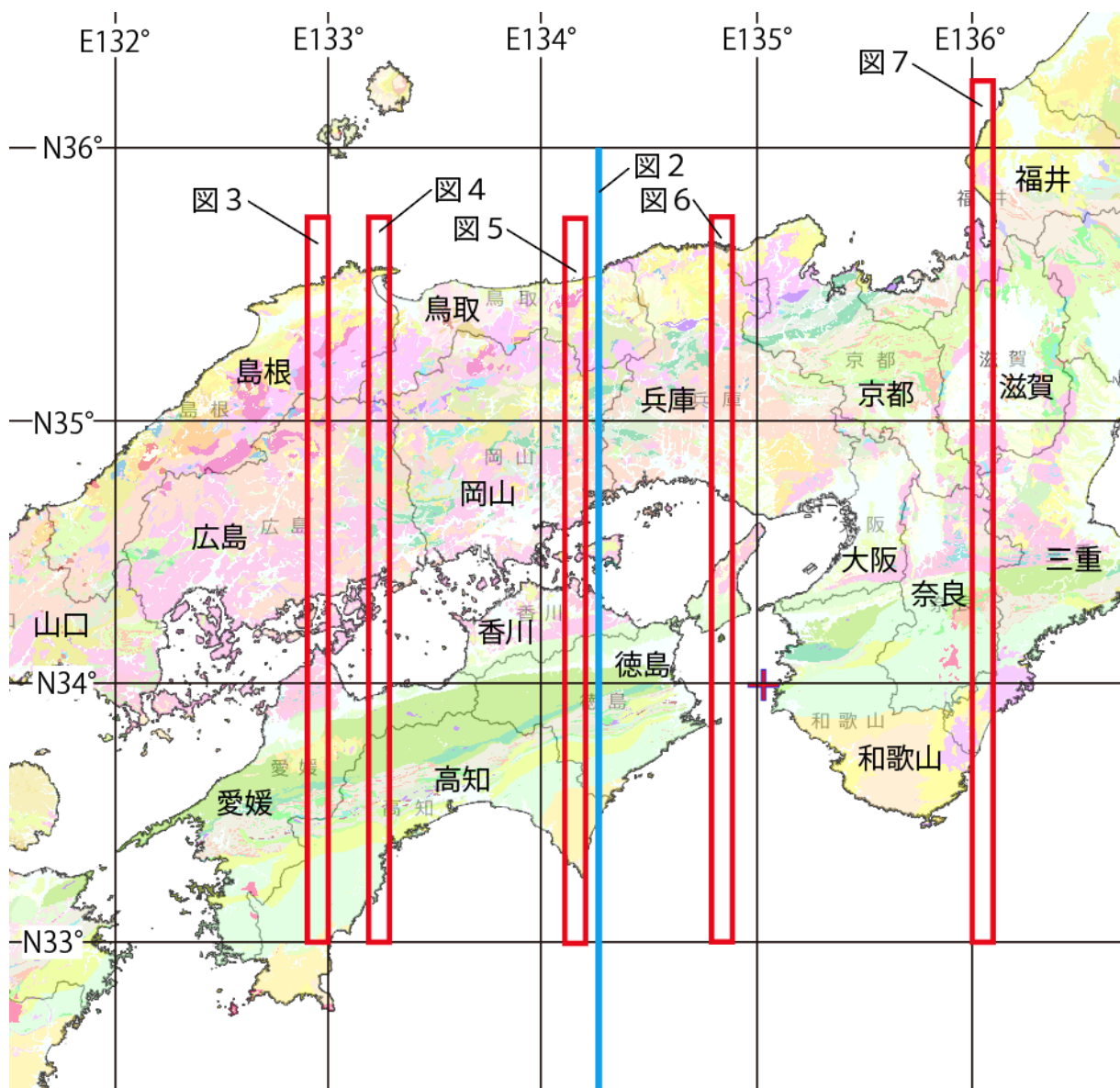


図 1 研究対象範囲を示す位置図。地殻構成の推定を行なった位置を青い線で示す。温度構造の推定範囲を赤線で囲んだ。背景は産業技術総合研究所地質調査総合センター（編）（2015）の 20 万分の 1 日本シームレス地質図を使用。

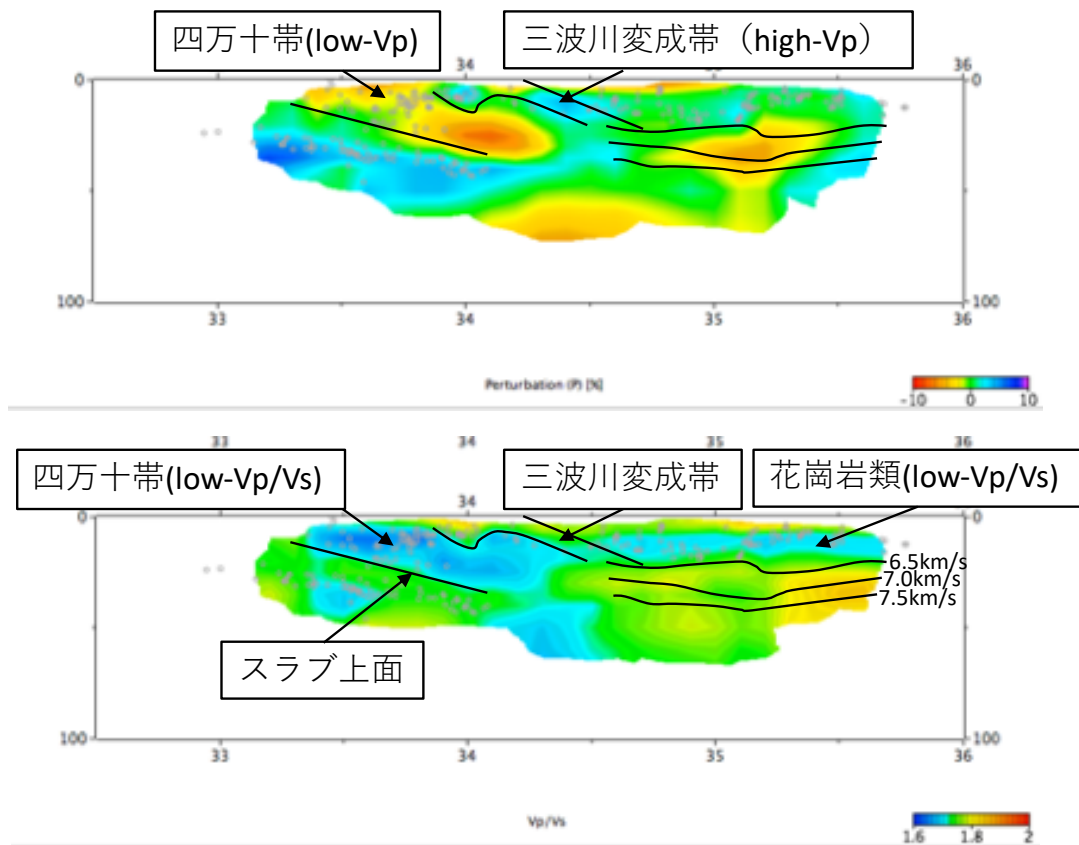


図2 西南日本の地殻構成岩石の推定（東経 132.25°）。上図は P 波速度パータベーション断面、下図は V_p/V_s 断面を示す。中国地方の上部地殻は低 V_p/V_s で特徴付けられ花崗岩類等の石英長石質な岩石で構成されると推定される。四国地方の地殻は低 V_p と低 V_p/V_s で特徴付けられ石英を主要鉱物とする岩石（四万十帯）で構成されると解釈される。苦鉄質片岩を主要構成岩石とする三波川変成帯は高 V_p で特徴付けられる。

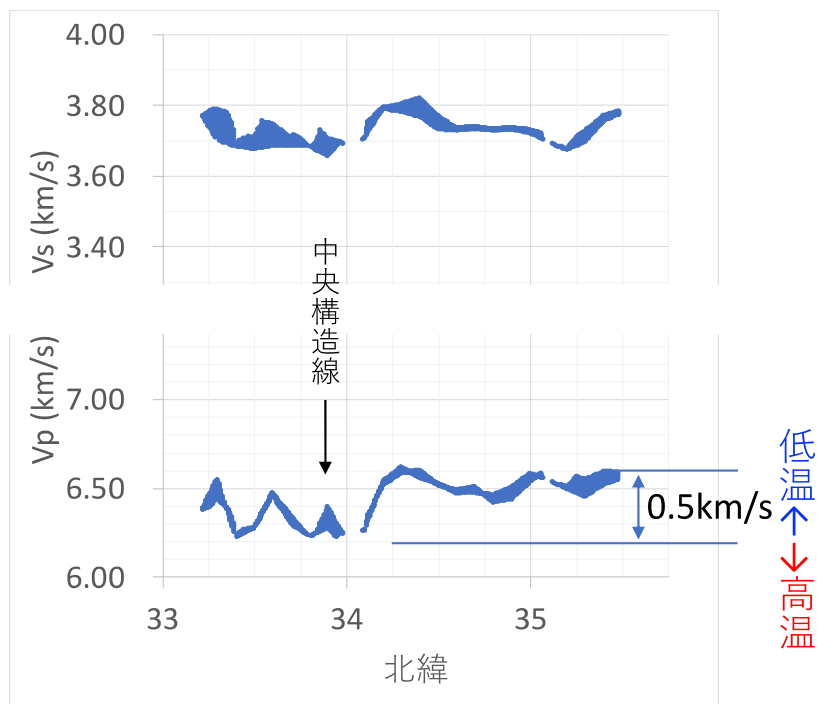


図3 地震波速度構造（東経 132.9 ～133°）から推定される定性的な温度構造と S 波パートバージョン。

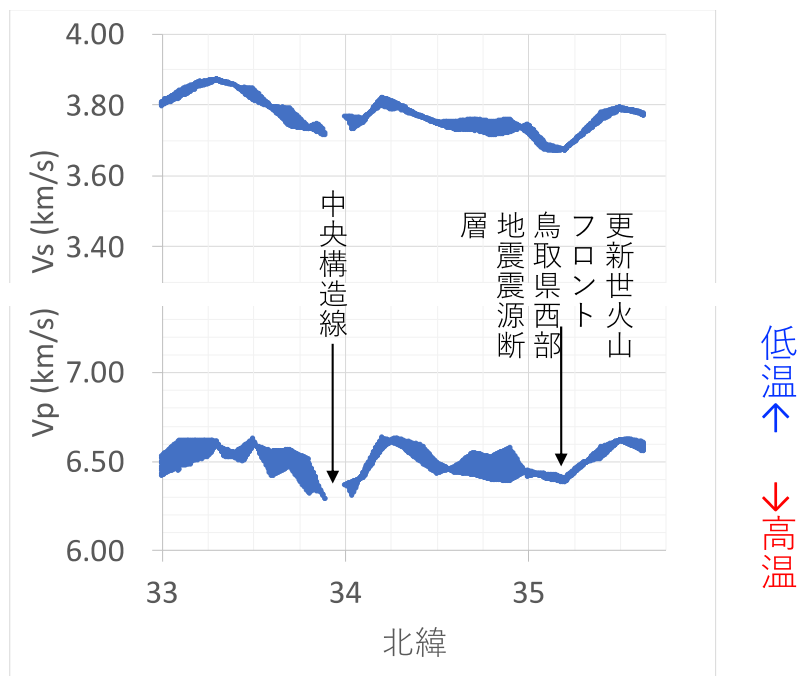


図4 地震波速度構造（東経 133.2 ～133.3°）から推定される定性的な温度構造。

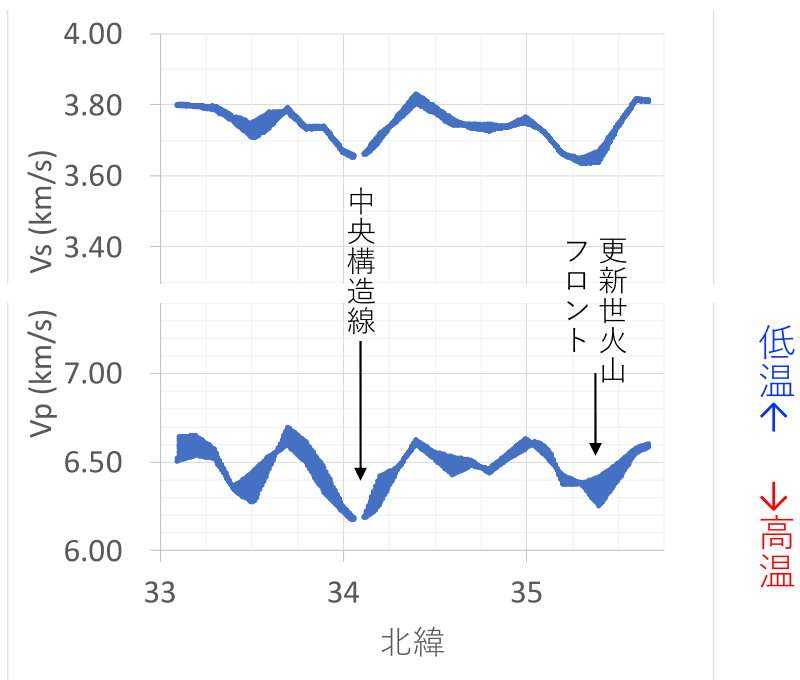


図 5 地震波速度構造（東経 134.1 ~ 134.2°）から推定される定性的な温度構造。

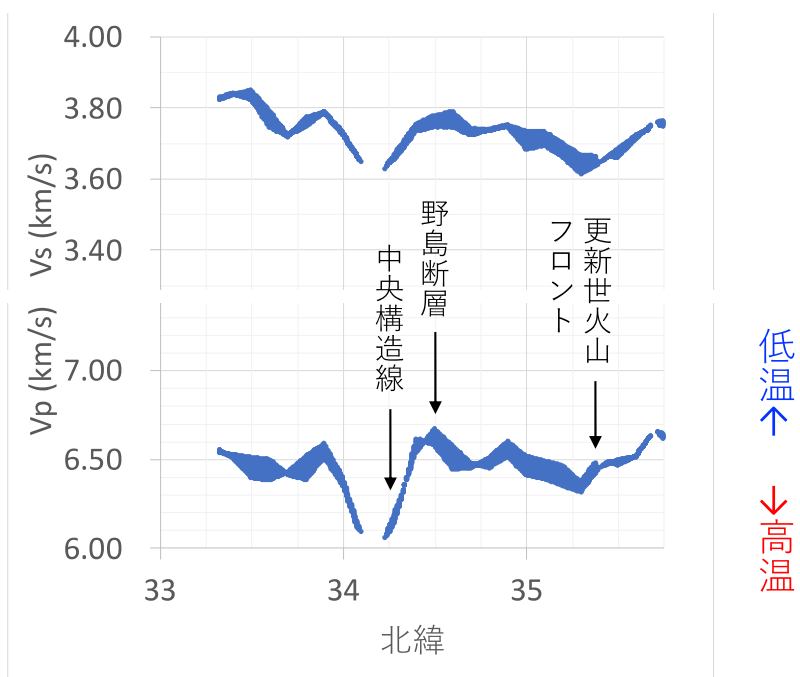


図 6 地震波速度構造（東経 134.8 ~ 134.9°）から推定される定性的な温度構造。

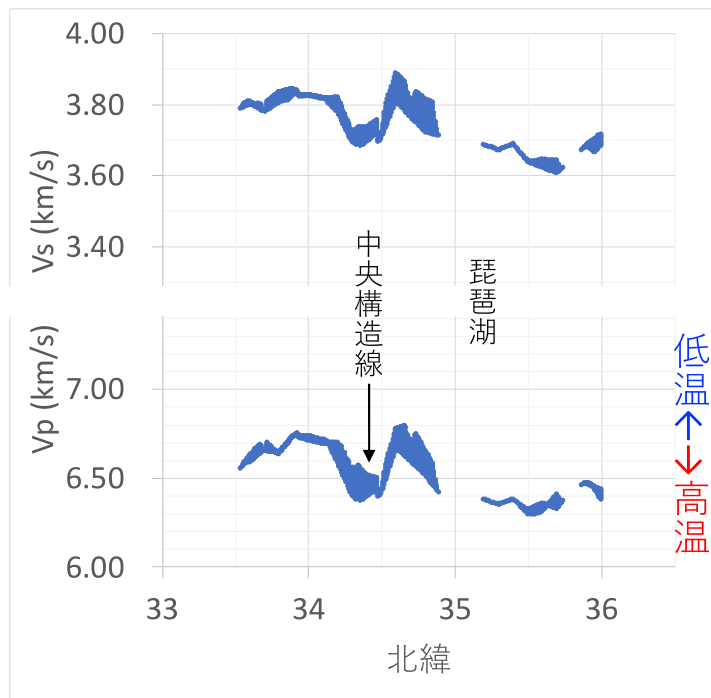


図 7 地震波速度構造（東経 136 ~ 136.1°）から推定される定性的な温度構造。

(c) 結論ならびに今後の課題

岩石鉱物の弾性波速度の視点から防災科学技術研究所の三次元地震波速度構造を解釈することによって、これまで構造が良くわかっていない中央構造線を含む西南日本の地殻内部の定性的な温度構造を推定することができた。その結果、深さ 20 km の地震波トモグラフィからは、瀬戸内海周辺に相対的な低温域が分布する一方で、中国地方北側の更新世火山フロント周辺および中央構造線周辺に相対的な高温域が分布することが推定された。今後は日本列島のより広範囲において温度構造の推定を行うことが課題であり、引き続き発生層下限との関係を検討する。温度構造を定量的に推定する上で岩石鉱物の弾性波速度の温度係数は重要なので、これまでの実験データ取りまとめを行う必要がある。また、推定した温度構造および構成岩石モデルを用いて、本プロジェクトの研究対象とする断層について、地震発生層の下限を推定することが課題となる。

(d) 引用文献

石川正弘, 岩石の弾性波速度に基づく島弧地殻深部及び最上部マントルの構成岩石の推定 : 伊豆弧と東北本州弧, 地質学雑誌, 123, 355-364, 2017.

Nishimoto, S., M. Ishikawa, M. Arima, T. Yoshida, and J. Nakajima, Simultaneous high P-T measurements of ultrasonic compressional and shear wave velocities in Ichino-megata mafic xenoliths: Their bearings on seismic velocity perturbations in lower crust of northeast Japan arc, J. Geophys. Res., 113, B12212, doi:10.1029/2008JB005587, 2008.

Matsubara, M., H. Sato, K. Uehira, M. Mochizuki, and T. Kanazawa,

Three-dimensional seismic velocity structure beneath Japanese Islands and surroundings based on NIED seismic networks using both inland and offshore events, *Journal of Disaster Research*, 12, 844-857, doi:10.20965/jdr.2017.p0844, 2017

3. 5 震源断層モデルの構築と推定手法の検討

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 震源断層モデルの構築と推定手法の検討

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立大学法人東京大学地震研究所	准教授	石山 達也
国立大学法人東京大学地震研究所	教授	佐藤 比呂志
国立大学法人東京大学地震研究所	特任研究員	加藤 直子
国立大学法人岩手大学	教授	越谷 信
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	主任研究員	松原 誠
地震津波防災研究部門	特別研究員	ヤノ トモコ エリザベス
国立大学法人横浜国立大学大学院環境情報研究院	教授	石川 正弘

(c) 業務の目的

サブテーマ 1 及び 2 で得られる結果を総合させて、地表から深部までの断層モデル・震源断層像を提示するとともに、残された課題と課題解決の手法を提案する。さらに、サブテーマ 3 及び 4 の検討結果を踏まえて、日本列島の活断層－震源断層システムの推定とその課題および解決の手法について提案し、長期評価の手法改良に資する。

(d) 3 カ年の年次実施業務の要約

1) 平成 29 年度：

日本列島の活断層－震源断層システムの構造的な特徴の抽出に必要な重力・空中磁気などのデータの収集・整理を行った。

2) 平成 30 年度：

変動地形・構造地質学的データとサブテーマ 3 及び 4 で得られた地殻・最上部マントルの構造的な特徴や地震発生層の厚さに基づき、近年発生した内陸地震およびサブテーマ 1 で反射法地震探査を実施した活断層の深部形状に関する構造的な特徴について統合的な検討を行った。

3) 平成 31 年度：

変動地形・構造地質学的データとサブテーマ 3 及び 4 で得られた地殻・最上部マントルの構造的な特徴や地震発生層の厚さに基づき、近年発生した内陸地震およびサブテーマ 1 で反射法地震探査を実施した活断層の深部形状に関する構造的な特徴について統合的な検討を行う。また、これまでの成果を踏まえ、日本列島の活断層－震源断層システム形状推定・評価手法と詳細な検討と今後の課題について取り纏めを行う。

(2) 平成 30 年度の成果

(a) 業務の要約

サブテーマ1で反射法地震探査を実施した琵琶湖西岸断層帯・花折断層帯と中央構造線断層帯（四国地域）について、既往の深部反射データやサブテーマ2及び3による密度構造・地震波速度構造等に基づき、断層深部形状の推定を試みた。

(b) 業務の実施方法と成果

サブテーマ1で反射法地震探査を実施した琵琶湖西岸断層帯・花折断層帯と中央構造線断層帯（四国地域）について、既往の深部反射データやサブテーマ2及び3による密度構造・地震波速度構造等に基づき、断層深部形状の推定を試みた。3.1章にて述べられたように、饗庭野-朽木測線で得られた中深度断面に基づき、琵琶湖西岸断層帯・饗庭野断層は低角ないしは中角度で西に傾斜する逆断層であるのに対して、花折断層はほぼ垂直な断層構造が推定された。これらの構造的な特徴は和邇-途中測線のそれと似通っている。一方、松原・ヤノ（2018）による饗庭野-朽木測線に沿った微小地震活動およびメカニズム解によれば、深さ10 km以浅の地震活動はほとんどなく、特に花折断層の直下では地震活動に乏しい。一方、饗庭野断層の下方延長に東に傾斜する微小地震の集中域が存在し、逆断層型のメカニズム解が卓越する。琵琶湖西岸断層帯・花折断層帯については、佐藤ほか（2007）において大大特・近江測線の深部構造探査がすでに実施されている。近江測線は和邇-途中測線とほぼ一致していることから、3.1章で推定した堅田断層の深部構造を推定するに都合が良い。先述したように、和邇-途中測線では、古琵琶湖層群堅田層および先新第三系基盤岩類（丹波帯）からなる堅田丘陵東縁部の変動地形学的な検討から推定される堅田断層の地表位置から中角度で西に傾斜する断層面が推定された。また、上盤側の非対称背斜の構造形態から深部でその傾斜を減少させることが推定される。和邇-途中測線と近江測線を比較すると（図1）、和邇-途中測線で推定された堅田断層の断層面の下方延長には断層面からの強い反射波と推定される反射波群が深さ10 km程度まで認められており（佐藤ほか, 2008）、和邇-途中測線と近江測線で推定された堅田断層の断層形状は整合的である。また、松原・ヤノ（2018）ではMatsubara et al. (2017)の地震波速度構造モデルに基づき和邇-途中測線・近江測線の東西断面・微小地震活動およびメカニズム解を作成した（図2）。これらを見ると、右横ずれ断層である花折断層と整合的なメカニズム解を持つ地震活動は深さ10 km以浅に限定されるのに対して、逆断層型のメカニズム解は、和邇-途中測線と近江測線で推定された堅田断層の断層形状からさらに下方に分布している。これは、高角の右横ずれ断層である花折断層帯が、中角度で西に傾斜する逆断層である琵琶湖西岸断層帯の上盤側に発達するとする構造モデル（佐藤ほか, 2007）と整合的である。

このように、slip-partitioningの典型例として本プロジェクトで研究対象とした花折断層帯・琵琶湖西岸断層帯については、反射法地震探査の結果とその構造解釈（3.1章）および再決定震源による地震活動・メカニズム解（松原・ヤノ, 2018）から、低角～中角度で西に傾斜する逆断層である琵琶湖西岸断層帯が主断層であり、花折断層がその上盤側に発達する高角の横ずれ断層と推定される。琵琶湖西岸断層帯と花折断層帯の平均変位速度を比較すると、前者の上下平均変位速度が北部で約1.8-2.1 mm/年、南部で約1.4 mm/年と推

定されている（例えば地震調査研究推進本部地震調査委員会，2003a）。一方、花折断層帯北部・南部における右横ずれ変位地形の再検討から、花折断層帯の平均変位速度はおおよそ1 mm/年程度と考えられる（石山，準備中）。これらの値と本研究で明らかになった断層の傾斜を考慮すれば、平均的な断層すべり速度は花折断層帯に比べて琵琶湖西岸断層帯の方が大きくなる。このことは、琵琶湖西岸断層帯が主断層とする構造的な見方と整合的である。

中央構造線断層帯（四国地域）については、3.1 章にて述べられたように、徳島・愛媛地域で反射法地震探査を行い、その結果和歌山地域の浅層・中深度反射法探査（河村ほか，2001; Sato et al., 2015）や徳島地域の深部構造探査（伊藤，1996; Ito et al., 2009; Kawamura et al., 2003）と同様に北に傾斜する地質境界断層としての中央構造線の形状が推定された。Sato et al. (2015) では地震活動は中央構造線の下方延長よりも下位で起きているとされた。一方、3.3 章で先述されたように、Matsubara et al. (2017) の三次元地震波速度構造を用いて再決定した震源分布によれば、東経 133.2 度から 133.7 度の区間では中央構造線の地表位置周辺から明瞭に北に傾斜する面状に配列する地震活動の集中域が認められる一方、中央構造線から鉛直下方に伸びるような震源分布は見られない（松原・ヤノ，本報告の図 6～11 を参照）。また、震源分布は地震波速度構造の急変部および V_p/V_s の境界部に一致することから、中央構造線ないしはその構造的な下位に分布する三波川帯・四万十帯の内部で発生している可能性がある。このことは地表地質や浅部から中深度構造探査の結果推定される中央構造線および三波川帯・四万十帯など地質帯の構造が、大局的には北傾斜で地下深部に延びていることを示唆しており、断層深部形状を推定する上で興味深い観察事実と言える。なお、この様な北に傾斜する地震活動の集中域は、池田断層の西部から岡村断層の中部の範囲に及んでおり、中央構造線活断層系を挟んだ山地・低地配列の異なる徳島・愛媛地域の中央構造線について共通して認められることになることは、興味深い結果と言える。

(c) 結論ならびに今後の課題

サブテーマ 1 で反射法地震探査を実施した琵琶湖西岸断層帯・花折断層帯と中央構造線断層帯（四国地域）について、既往の深部反射データやサブテーマ 2 及び 3 による密度構造・地震波速度構造等に基づき、断層深部形状の推定を試みた。次年度は、これまでの成果を踏まえ、日本列島の活断層・震源断層システム形状推定・評価手法と詳細な検討と今後の課題について取り纏めを行う。

(d) 引用文献

石山達也・佐藤比呂志, 3.1 活断層の地表～深部構造および変動地形・地質構造解析, 活断層の評価に関する調査研究「断層帯深部形状の評価に関する活断層評価研究」平成29年度成果報告書, 5-13, 2018.

伊藤谷生・井川 猛・足立幾久・伊勢崎修弘・平田 直・浅沼俊夫・宮内崇裕・松本みどり・高橋通浩・松澤進一・鈴木雅也・石田啓祐・奥池司郎・木村 学・國友孝洋・後藤忠徳・澤田巨啓・竹下 徹・仲谷英夫・長谷川修一・前田卓哉・村田明広・山北 聡・山口和

- 雄・山口 覚, 四国中央構造線地下構造の総合物理探査. 地質学雑誌, 102, 4, 346-360, 1996.
- Ito, T., Kojima, Y., Kodaira, S., Sato, H., Kaneda, Y., Iwasaki, T., Kurashimo, E., Tsumura, N., Fujiwara, A., Miyauchi, T., Hirata, N., Harder, S., Miller, K., Murata, A., Yamakita, S., Onishi, M., Abe, S., Sato, T., Ikawa, T., Crustal structure of southwest Japan, revealed by the integrated seismic experiment Southwest Japan 2002. *Tectonophysics*, 472, 124-134, 2009.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 「琵琶湖西岸断層帯の評価」. 21 p, 2003a.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 「三方・花折断層帯の評価」. 26 p, 2003b.
- 河村知徳・蔵下英司・篠原雅尚・津村紀子・伊藤谷生・宮内崇裕・佐藤比呂志・井川 猛, 活断層周辺における地震波散乱体の検出とその地質学実体の推定, 地震II, 54, 233-249, 2001.
- Kawamura, T., Onishi, M., Kurashimo, E., Ikawa, T., and Ito, T., Deep seismic reflection experiment using a dense receiver and sparse shot technique for imaging the deep structure of the Median Tectonic Line (MTL) in east Shikoku, Japan. *Earth, planets and space*, 55, 549-557, 2003.
- Matsubara, M., H. Sato, K. Uehira, M. Mochizuki, and T. Kanazawa, Three-dimensional seismic velocity structure beneath Japanese Islands and surroundings based on NIED seismic networks using both inland and offshore events, *Journal of Disaster Research*, 12, 844-857, doi:10.20965/jdr.2017.p0844, 2017.
- Sato, H., Kato, N., Abe, S., Horne, V. A., and Takeda, T., Reactivation of an old plate interface as a strike-slip fault in a slip-partitioned system: Median Tectonic Line, SW Japan. *Tectonophysics*, 644-645, 58-67, 2015.
- 松原 誠・ヤノ トモコ エリザベス, 3.3 断層帯の地震波速度構造および地震活動解析, , 活断層の評価に関する調査研究「断層帯深部形状の評価に関する活断層評価研究」平成29年度成果報告書, 31-42, 2018.
- 佐藤比呂志・他8名, 3.1.3 近畿地殻構造探査(近江測線), 文部科学省 「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」平成18年度成果報告書, 87-214, 2007.

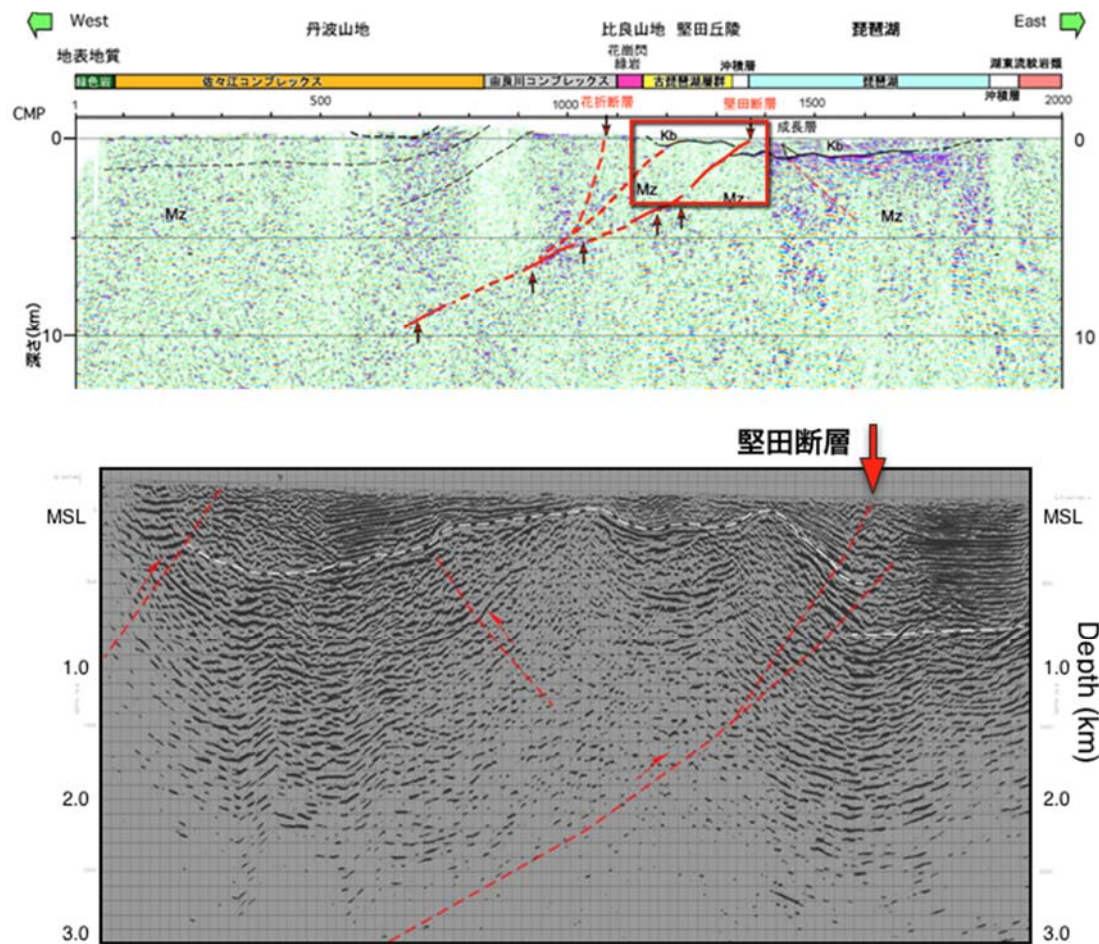


図1 大大特・近江測線（佐藤ほか, 2007）（上）と本事業で得られた和邇・途中測線の深度断面図（下）の比較。近江測線の赤矢印は断層面からの強い反射面の位置を示す。

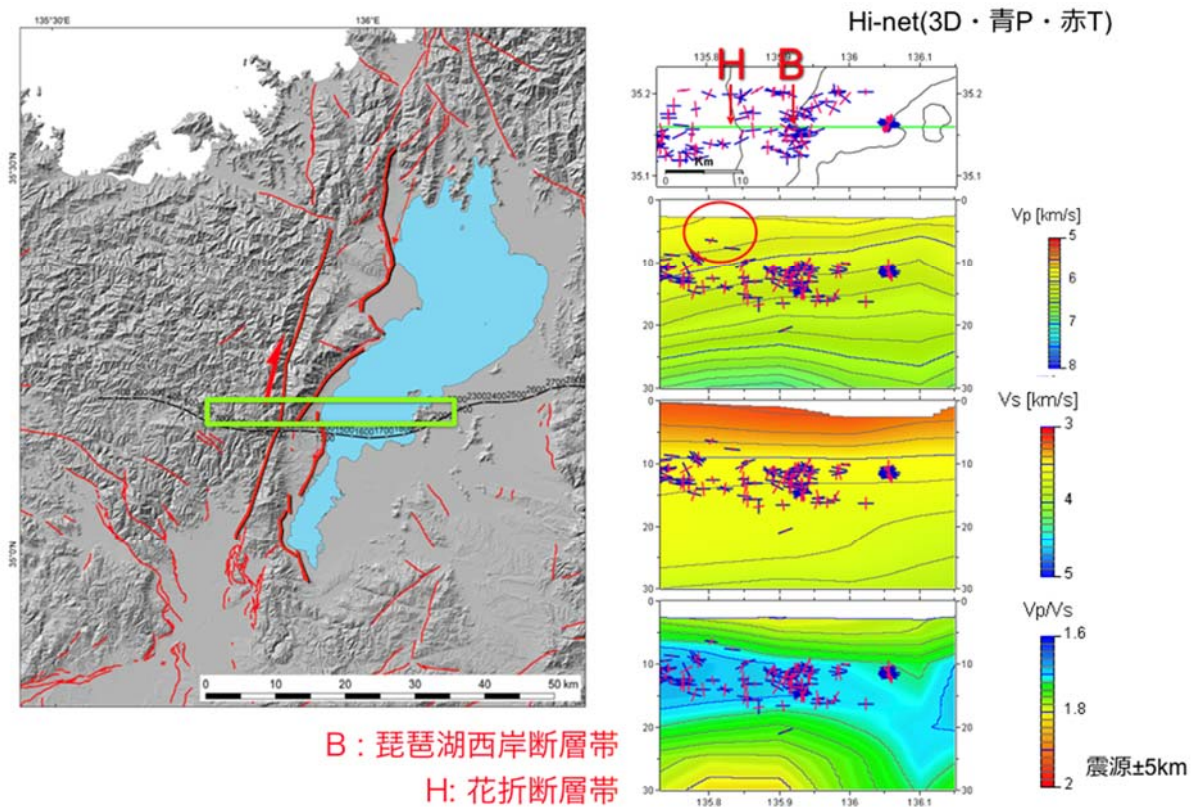


図 2 大大特・近江測線（佐藤ほか, 2007）及び和邇-途中測線を含む範囲（左図）における地震波速度構造断面（P 波・S 波・ V_p/V_s ）とメカニズム解（右図、松原・ヤノ(2018)）。

4. 全体成果概要

「1. プロジェクトの概要」に記した本課題の目的に鑑みて設定した5つのサブテーマに基づき、サブテーマ1：活断層の地表～深部構造および変動地形・地質構造解析、サブテーマ2：活断層の稠密重力探査、サブテーマ3：断層帯の地震波速度構造および地震活動解析、サブテーマ4：断層帯周辺の岩石物性に基づく地震発生層推定、サブテーマ5：震源断層モデルの構築と推定手法の検討、の調査観測研究を進めた。

サブテーマ1：活断層の地表～深部構造および変動地形・地質構造解析（3.1参照）では、中央構造線断層帯（徳島・愛媛地域）について断層形状を明らかにする目的でこれらを横断する測線で大型バイブレーター型震源と独立型地震波計収録器を用いた高分解能反射法地震探査を行い、反射法データを取得するとともに、共通反射点重合法に基づく反射法処理を行い、断層構造の推定を行った。また、昨年度実施した花折断層帯・琵琶湖西岸断層帯の反射法地震探査のデータ解析を行い、両断層帯の断層構造を推定した。

サブテーマ2：活断層の稠密重力探査（3.2参照）では、愛媛県西条市周辺において中央構造線断層帯を横切る測線に合わせて標準で約200 m、活断層付近で100 mの測定間隔の稠密重力調査を行った。その結果、同測線沿いにおけるブーゲー重力異常の変化が明らかになった。また、昨年度重力調査を行った琵琶湖西岸断層帯・花折断層帯について、ブーゲー異常を計算し、地表地質や活断層の位置との関連性を検討した。

サブテーマ3：断層帯の地震波速度構造および地震活動解析（3.3参照）では、平成29年度に収集した微小地震活動やトモグラフィーなどのデータを基に、近年発生した内陸地震の構造的な特徴を抽出するとともに、地震発生層の厚さを求めた。この結果に基づき、活断層における地震発生層の統合的な検討を行った。

サブテーマ4：断層帯周辺の岩石物性に基づく地震発生層の推定（3.4参照）では、岩石鉱物の弾性波速度の視点から地震波トモグラフィーを解釈することで西南日本周辺の地殻構成を推定した。 V_p/V_s トモグラフィーから同一岩石種が分布すると推定される領域の地震波速度を抽出することで、中央構造線を含む西南日本の地殻内部の定性的な温度構造を検討した。深さ20 kmの地震波トモグラフィーからは、瀬戸内海周辺に相対的な低温域が分布する一方で、中国地方北側の更新世火山フロント周辺および中央構造線周辺に相対的な高温域が分布することが判読された。

サブテーマ5：震源断層モデルの構築と推定手法の検討（3.5参照）では、サブテーマ1で反射法地震探査を実施した花折断層帯・琵琶湖西岸断層帯と中央構造線断層帯について、既往の深部反射データやサブテーマ2, 3による密度構造・地震波速度構造等に基づき、断層深部形状の推定を試みた。

5. 成果の論文発表・口頭発表等

(1) (サブテーマ1)

(a) 成果の論文発表・口頭発表等

なし

(b) 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) (サブテーマ2)

(a) 成果の論文発表・口頭発表等

なし

(b) 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) (サブテーマ3)

(a) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
Matsubara M. and T. E. Yano	Crustal seismogenic layer at active faults inferred by background seismicity and temperature data in Japan	南カリフォルニア地震センタ一年次総会 (パームスプリングス) (ポスター発表)	2018年9月10日
Yano T. E. and M. Matsubara	Crustal seismogenic layer beneath Japanese Islands estimated from highresolved hypocenter catalog and heat flux data	日本地球惑星科学連合 (千葉) (口頭発表)	2018年5月22日
Matsubara M. and T. E. Yano	Lower limit of seismogenic zone beneath Kinki region based on hypocenter catalog	日本地球惑星科学連合 (千葉) (口頭発表)	2018年5月22日

	determined with 3D velocity structure		
--	--	--	--

(b) 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

(4) (サブテーマ4)

(a) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
石川正弘	本州弧の地殻深部及び最上部マ ントルの構成岩石の推定	日本地球惑星連合学会 (口頭発表)	2018年5月 22日

(b) 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

(5) (サブテーマ5)

(a) 成果の論文発表・口頭発表等

なし

(b) 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

6. むすび

活断層から発生する地震像を推定する上で、震源断層の地下形状を正確に理解することは本質的に重要である。一方、地表付近で観察される断層の形状は、既存の弱面の存在や堆積層の物性、断層近傍の応力場の変化などの条件に支配されて、深部にかけて複雑に変化する可能性があり、断層の深部から地表付近（変動地形）までの構造と断層すべりを統一的に説明することが必要である。この様な問題意識を念頭に、断層帯深部形状を推定する手法の確立を目的として、平成 29 年度より活断層の評価に関する調査研究「断層帯深部形状の評価に関する活断層調査研究」を3 カ年計画で開始し、今年度は以下の様な成果を得た。

サブテーマ 1：中央構造線断層帯（徳島・愛媛地域）について断層形状を明らかにする目的でこれらを横断する 3 測線（土成・脇町・西条測線）で大型バイブレーター型震源と独立型地震波計収録器を用いた高分解能反射法地震探査を行い、反射法データを取得するとともに、共通反射点重合法に基づく反射法処理を行い、断層構造の推定を行った。また、昨年度実施した花折断層帯・琵琶湖西岸断層帯の反射法地震探査のデータ解析を行い、両断層帯の断層構造を推定した。

サブテーマ 2：活断層の稠密重力探査（3. 2 参照）では、愛媛県西条市周辺において中央構造線断層帯を横切る測線に合わせて標準で約 200 m、活断層付近で 100 m の測定間隔の稠密重力調査を行った。また、昨年度重力調査を行った琵琶湖西岸断層帯・花折断層帯について、ブーゲー異常を計算し、地表地質や活断層の位置との関連性を検討した。

サブテーマ 3：断層帯の地震波速度構造および地震活動解析（3. 3 参照）では、平成 29 年度に収集した微小地震活動やトモグラフィなどのデータを基に、近年発生した内陸地震の構造的な特徴を抽出するとともに、地震発生層の厚さを求めた。この結果に基づき、活断層における地震発生層の統合的な検討を行った。

サブテーマ 4：断層帯周辺の岩石物性に基づく地震発生層推定（3. 4 参照）では、岩石鉱物の弾性波速度の視点から地震波トモグラフィーを解釈することで西南日本周辺の地殻構成を推定した。 V_p/V_s トモグラフィーから同一岩石種が分布すると推定される領域の地震波速度を抽出することで、中央構造線を含む西南日本の地殻内部の定性的な温度構造を検討した。

サブテーマ 5：サブテーマ 1 で反射法地震探査を実施した花折・琵琶湖西岸断層帯と中央構造線断層帯について、既往の深部反射データやサブテーマ 2, 3 による密度構造・地震波速度構造等に基づき、断層深部形状の推定を試みた。

本年度は横ずれ断層をテーマとしたデータ取得・解析を行い、次年度の調査研究と

りまとめを行う上で必要な基礎的な観測データを取得することができた。また、全体会議などでの議論を通じて、研究体制の構築や内容の方向付けを行うことができた。平成 31 年度は、サブテーマ間の連携を更に密にし、平成 29・30 年度に取得した観測データの解析をさらに進めるとともに、伏在断層・逆断層の深部形状の推定をテーマとした観測・データ解析を行う。さらに、震源断層の反射法断面の構造地質学的な解析および断層帯の変動地形学的解析と、重力解析・地震波速度構造および地震活動解析・岩石物性の検討を行い、これらに基づく震源断層の深部形状に関する議論をさらに進めるとともに、活断層・震源断層モデルの構築にむけた手法の検討と課題の整理を行う予定である。

7. 全体会議・外部評価委員会

7. 1 活動報告

活断層の評価に関する調査研究「断層帯深部形状の評価に関する活断層評価研究」全体会議 議事概要

日時 平成31年3月18日 13時30分～16時30分

場所 東京大学地震研究所 1号館会議室

議事 1. 平成30年度事業成果報告と平成31年度事業実施計画について
2. その他

活断層の評価に関する調査研究「断層帯深部形状の評価に関する活断層評価研究」外部評価委員会 議事概要

日時 平成31年3月18日 16時30分～17時30分

場所 東京大学地震研究所 1号館事務会議室 B

議事 1. 平成30年度「断層帯深部形状の評価に関する活断層調査研究」の評価

活断層の評価に関する調査研究「断層帯深部形状の評価に関する
活断層評価研究」外部評価委員会規則

平成29年12月21日制定

(趣旨)

第1条 この規則は、「活断層の評価に関する調査研究（断層帯深部形状の評価に関する活断層評価研究）」を効果的に推進するため、外部評価委員会（以下「委員会」という。）を設置し、その組織及び運営について定めるものとする。

(目的)

第2条 委員会は、外部有識者を招聘して本プロジェクトの進捗状況の把握・評価・改善・提言・指導等を目的とする。

(任務)

第3条 前条に定める目的を達成するため、委員会は、次の各号に掲げる事項について審議する。

- (1) 本プロジェクトに関わる調査・研究計画
- (2) 委員会の構成員
- (3) その他、研究推進に関わる事項

(構成)

第4条 委員会の委員は、次に掲げる職員の中から東京大学地震研究所長（以下「所長」という。）が委嘱する。

- (1) 有識者若干名（変動地形学・地震学・地質学）

2 必要に応じて、オブザーバーの参加を認める。

(委員長)

第5条 委員会に委員長を置く。

- 2 委員長に事故あるときは、あらかじめ委員長の指名する委員がその職務を代理する。

(任期)

第6条 委員の任期は、1年とする。ただし、再任を妨げない。

- 2 補欠による委員の任期は、前任者の残任期間とする。

(会議)

第7条 委員会は、必要に応じ、委員長が招集する。

(研究支援組織)

第8条 調査・研究の円滑な推進と有機的な連携を保つため、東京大学地震研究所（以下「研究所」という。）に研究支援組織を持つものとする。

(庶務)

第 9 条 委員会の事務は、研究所において実施する。

(委員会の期限)

第 10 条 委員会の期限は本プロジェクトの終了までとする。

(補則)

第 11 条 この規則に定めるもののほか、委員会の運営に関して必要な事項は、委員会の定めるところによる。

附 則

1. この規則は、平成 29 年 12 月 21 日から施行される。
2. この規則の施行によって委嘱された最初の委員の任期は、第 6 条第 1 項の規定にかかわらず、平成 30 年 3 月 31 日までとする。

7. 2 全体会議・外部評価委員会構成員名簿

1. 委託・再委託機関の研究者

国立大学法人東京大学地震研究所	石山 達也（研究代表者）
国立大学法人東京大学地震研究所	佐藤 比呂志
国立大学法人岩手大学	越谷 信
国立研究開発法人防災科学技術研究所	松原 誠
国立大学法人横浜国立大学	石川 正弘

2. 外部評価委員会委員

国立大学法人千葉大学	宮内 崇裕
国立大学法人弘前大学	小菅 正裕
国立研究開発法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門	重松 紀生

3. オブザーバー

（委託元）	文部科学省研究開発局地震・防災研究課
（事務局）	国立大学法人東京大学地震研究所研究支援チーム