

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	助教	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

(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ヵ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～深部構造を推定する。

3) 平成31年度：

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と伏在活断層の検出の典型例として、東北日本の新第三系・第四系堆積盆地において、変動地形・地質構造を検討するとともに、それぞれ高分解能反射法地震探査および重力探査を行う。これらの取得したデータの解析を行い、変動地形・地質構造解析やサブテーマ2の結果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。

(2) 平成29年度の成果

(a) 業務の要約

琵琶湖西岸断層帯・花折断層帯について変動地形・地質構造と既存の反射法地震探査断面を検討し、断層形状を明らかにする目的でこれらを横断する2測線（安曇川測線および和邇川測線）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、反射法解析に供するデータを取得した。

(b) 業務の方法と成果

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平行する、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情報である。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、断層構造を推定する目的で反射法地震探査を行った。

琵琶湖西岸断層帯は、全長約 59 km、北北東走向で西傾斜の逆断層からなる断層帯である（活断層研究会, 1991; 池田・他編, 2002; 宮内・他, 2005; 中田・今泉編, 2002; 岡田・他, 1996; 2009; 岡田・東郷編, 2000; 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2003a; 堤・他, 2005）。琵琶湖西岸断層帯は日本最大の湖である琵琶湖と比良山地を境する大規模な地形・地質境界部に位置する逆断層であり、これに沿って下部～中部更新統の古琵琶湖層群およびこれ以降の新旧河成・湖成段丘面が著しい変形を受けている（例えば林, 1974; 小松原・他, 1998; 東郷, 1971; 東郷, 2000）。断層帯北部の上下平均ずれ速度は約1.8-2.1 mm/年、同南部では約1.4 mm/年とされ（地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2003a）、日本列島内陸部に分布する逆断層としては最大級の活動度を持つ。断層帯の最新活動については、南部において古地震学的なデータに基づき西暦1185（元暦2）年の地震（M7.4; 宇佐美, 2003）と推定されている（産業技術総合研究所, 2007; Kaneda et al., 2008）。また、琵琶湖西岸沿岸湖底にも活断層が分布すると考えられている（植村・太井子, 1990）。一方、花折断層帯は長さ約46 km、北北東走向の右横ずれ断層とされる（地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2003b; 吉岡, 1986）。花折断層帯は丹波山地東部に位置し、琵琶湖西岸断層帯とほぼ平行しているほか、断層に沿って丹波帯の地質構造に大きな屈曲が認められる（吉田, 1995）。平均変位速度は不明である。また、断層帯の最新活動については1662（寛文2）年の地震（M7.3; 地震予知総合研究振興会, 2005）とされる。

琵琶湖西岸断層帯では、過去にいくつかの反射法地震探査が行われている。浅層反射法地震探査では、饗庭野台地および堅田丘陵の東縁部に、西傾斜の逆断層により形成された古琵琶湖層群の撓曲変形帯がイメージングされている（文部科学省研究開発局・他, 2007; 滋賀国道事務所, 2004; 戸田・他, 1996）。また、文部科学省研究開発局・他（2007）では、琵琶湖西岸断層帯南部と花折断層帯を横断する大深度反射法地震探査を行い、琵琶湖西岸断層帯・堅田断層に対応する西傾斜の反射面が深さ 10 km 程度まで延びることを示した。一方、文部科学省研究開発局・他（2007）は浅部のイメージングについては十分ではなく、変動地形や地質構造との対応関係を検討するには、より詳細なイメージングが必要である。また琵琶湖西岸断層帯北部と花折断層帯の構造的な関係については必ずしも明らかではない。

そこで、琵琶湖西岸断層帯・花折断層帯の構造的な関係について、変動地形・地質構造および反射法地震探査による断層の浅部～深部形状の点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（安曇川測線および和邇川測線）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（図 2 および図 3）。

安曇川測線は滋賀県高島市新旭町太田地内から同高島市朽木麻生地内に至る約 21 km 区間、和邇川測線は滋賀県大津市和邇南浜地内から同大津市伊香立途中町地内に至る約 7 km 区間である。本探査では独立型収録器 GSR-1 および GSX-3 (OYO Geospace 社製) を用い、安曇川測線で 20 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 台による発震を、和邇川測線で 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 4)。実施期間は 2018 年 3 月 1 日～3 月 20 日である。本探査では水平解像度を高める目的で、20 m 間隔の受振点展開に対して 10 m 間隔の、10 m 間隔の受振点展開に対して 5 m 間隔の稠密発振をそれぞれ実施した。主なデータ取得パラメーターを表 1 および 2 に記した。

次年度は、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、反射断面を作成するとともに、変動地形・地質学的データとあわせて断層帯の形状など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・花折断層帯について変動地形・地質構造と既存の反射法地震探査断面を検討し、断層形状を明らかにする目的でこれらを横断する 2 測線 (安曇川測線および和邇川測線) 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、反射法解析に供する波形データを取得した。このデータを用いて次年度に共通反射点重合法に基づく反射法解析を行って反射断面を作成し、変動地形・地質構造および既存の反射法地震探査断面を合わせて断層形状を検討する。

(d) 引用文献

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.

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.

地震予知総合研究振興会, 江戸時代の歴史地震の震源域・規模の再検討作業中間報告書. 53 p, 2005.

Kaneda, H., Kinoshita, H., & Komatsubara, T., An 18,000-year record of recurrent folding inferred from sediment slices and cores across a blind segment of the Biwako-seigan fault zone, central Japan. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 113(B5), 10.1029/2007JB005300, 2008.

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.

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.

- 宮内崇裕・岡田篤正・堤 浩之・東郷正美・平川一臣, 1:25,000都市圏活断層図「北小松」.国土地理院技術資料, D.1-No.449, 2005.
- 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.
- 岡田篤正・東郷正美編,「近畿の活断層」.東京大学出版会, 395p, 2000.
- 岡田篤正・東郷正美・中田 高・植村善博・渡辺満久, 1:25,000都市圏活断層図「京都東南部」.国土地理院技術資料, D.1-No.333, 1996.
- 岡田篤正・東郷正美・中田 高・植村善博・渡辺満久, 1:25,000都市圏活断層図「京都東北部」.国土地理院技術資料, D.1-No.524, 2009.
- 産業技術総合研究所, 琵琶湖西岸断層帯の活動性および活動履歴調査「基盤的調査観測 対象活断層の追加・補完調査」報告書.No.H18-5, 24p, 2007.
- 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, 饗庭野台地の変形について.地理学評論, 44, 194-200, 1971.
- 東郷正美, 「微小地形による活断層判読」.古今書院, 206p, 2000.
- 堤 浩之・熊原康博・千田 昇・東郷正美・平川一臣・八木浩司, 1:25,000都市圏活断層図「熊川」.国土地理院技術資料, D.1-No.449, 2005.
- 植村善博・太井子宏和, 琵琶湖湖底の活構造と湖盆の変遷.地理学評論, 63, 722-740, 1990.
- 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, 605p, 2003.
- 吉田鎮男, 花折断層とその活動性, 地質ニュース, 489, 6-16, 1995.
- 吉岡敏和, 花折断層の変位地形. 地理学評論. Ser. A 59, 191-204, 1986.

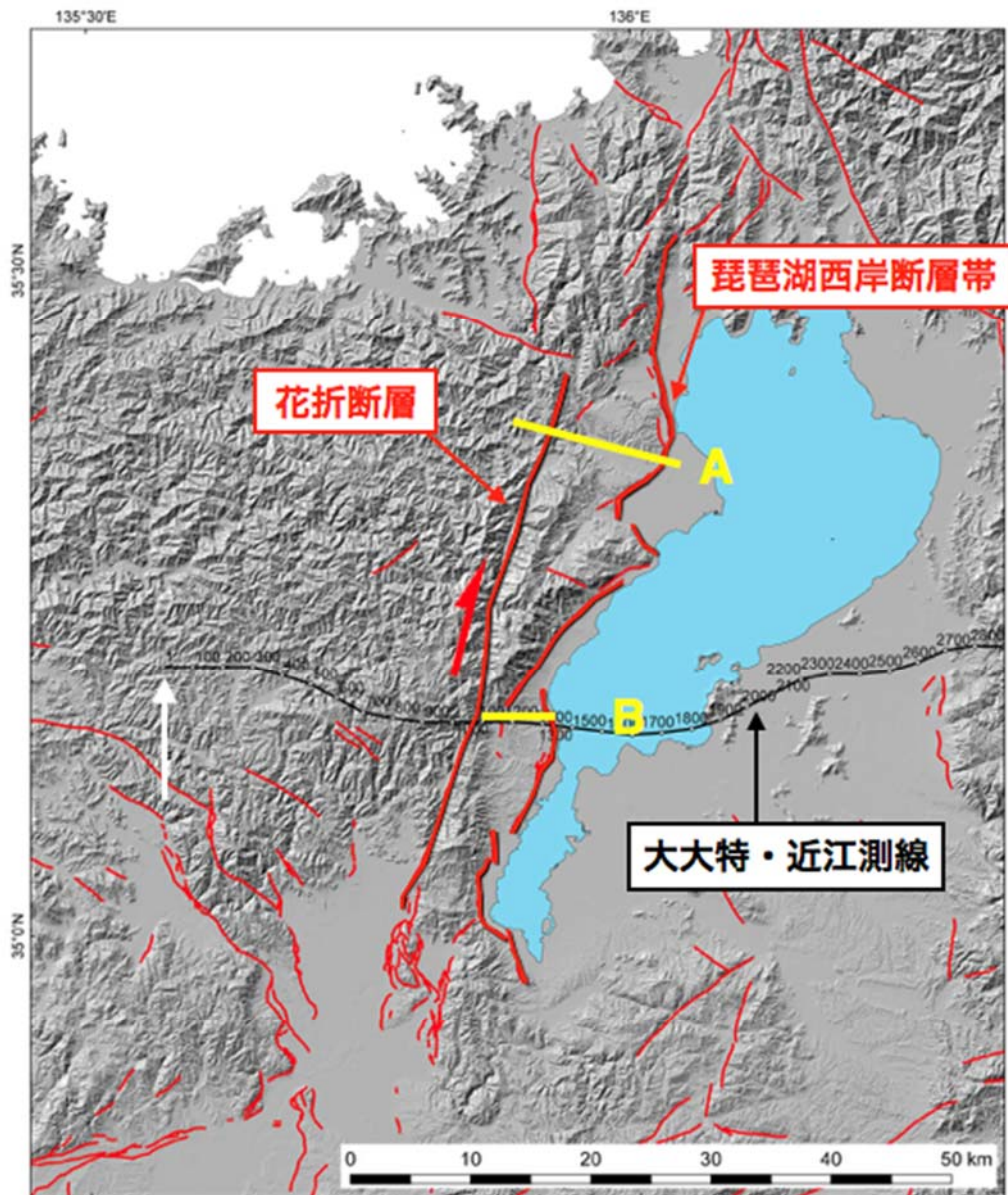


図1 琵琶湖西岸断層帯と花折断層の位置図。活断層の位置は中田・今泉編（2002）による。黄色線は今回実施した反射法地震探査測線の概略位置。A: 安曇川測線, B: 和邇川測線。

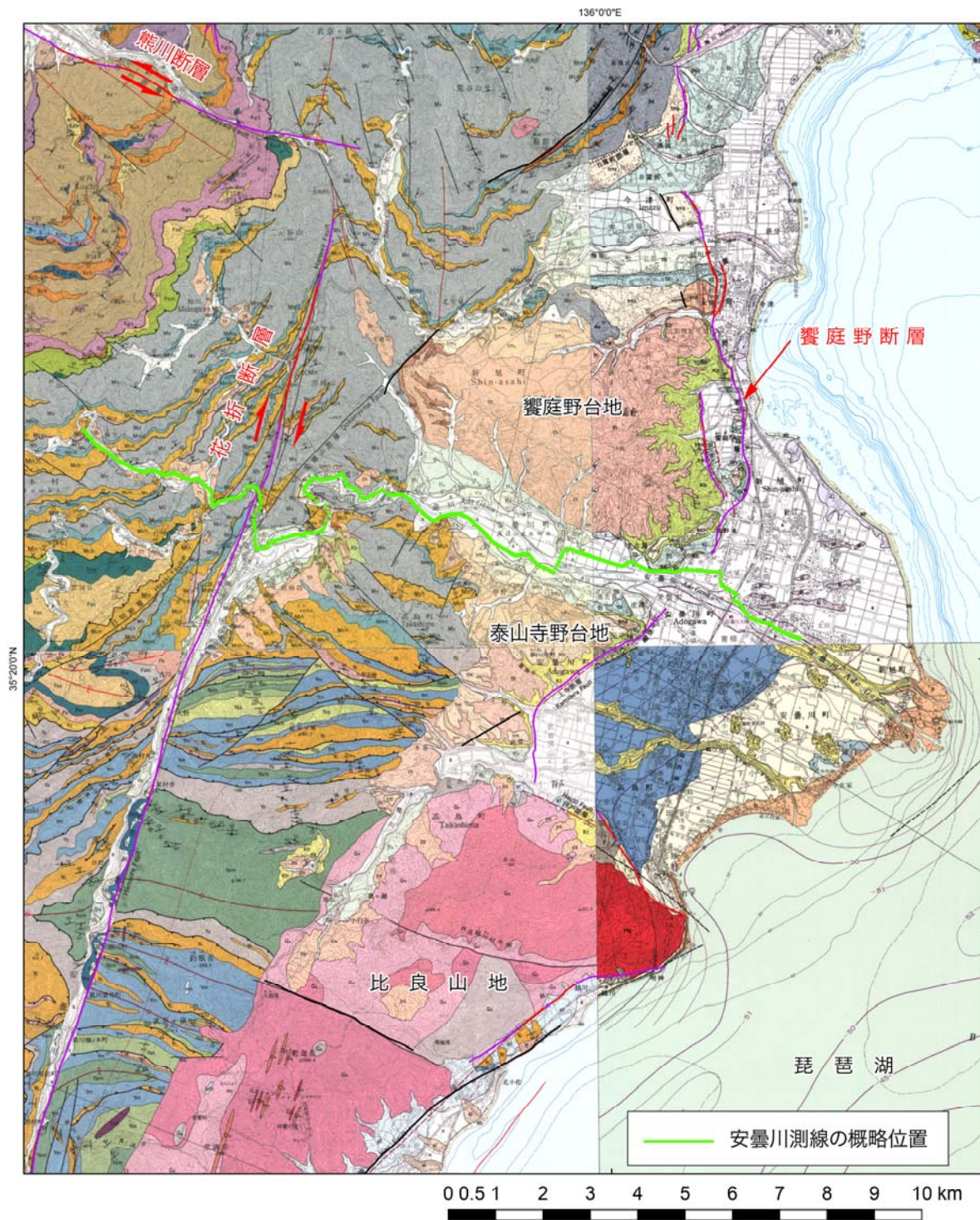


図 2 安曇川測線の概略位置図。活断層の位置は中田・今泉編（2002）による。背景は 1/5 万地質図（竹生島・彦根西部・熊川・北小松）。

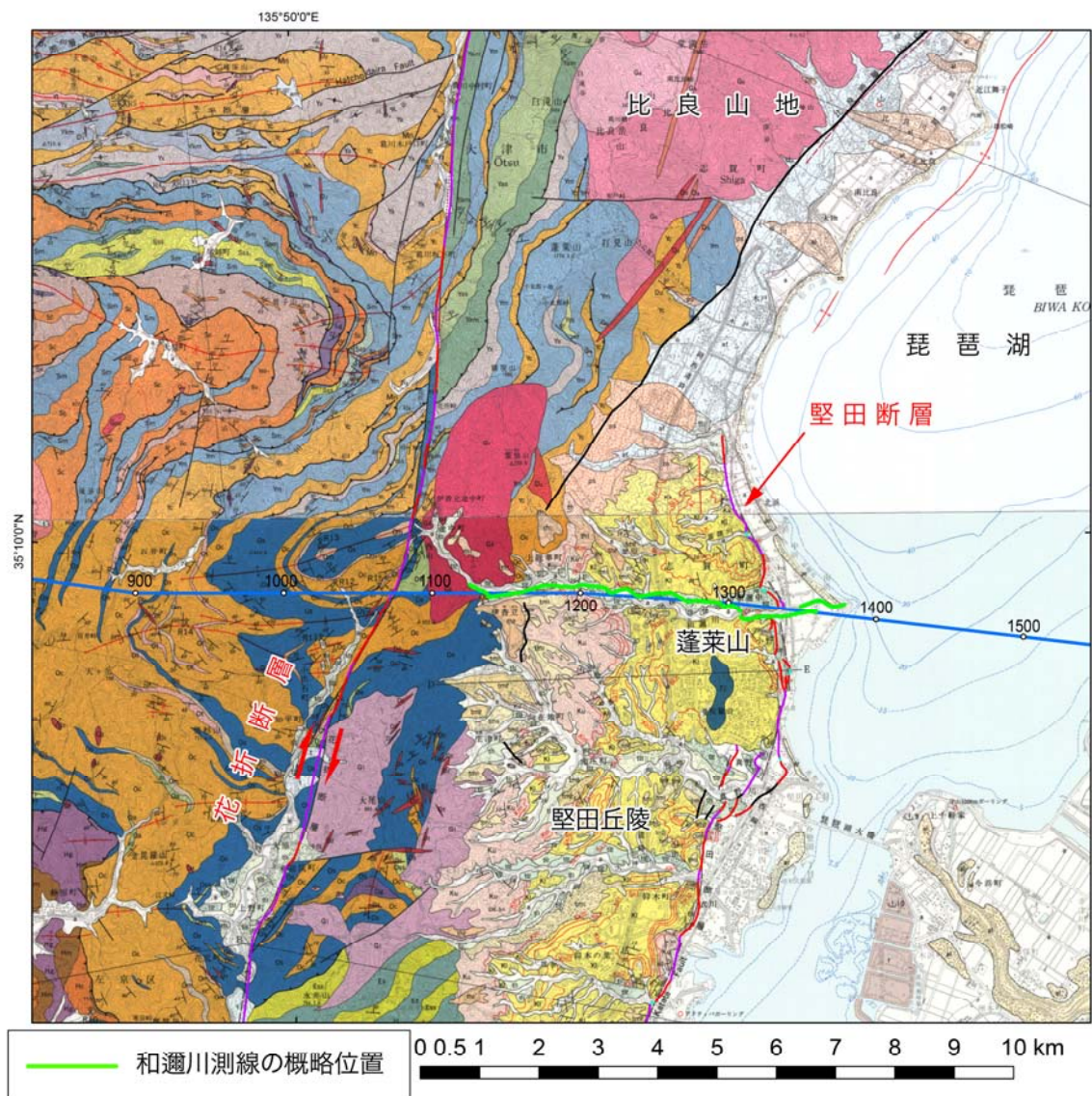


図3 和邇川測線の位置図。活断層の位置は中田・今泉編（2002）による。背景は1/5万地質図（北小松および京都東北部）。青線は大大特・近江測線（佐藤ほか, 2007）の位置。



図4 安曇川測線, VP1900 付近の発振風景。

表 1 安曇川測線の主なデータ取得パラメーター。

調査項目/測定諸元	反射法発震	屈折法発震
発震種別	高分解能バイブレータ発震	高エネルギーバイブレータ発震
測線長	20.56 k m	20.56 k m
調査測線位置概要	受振器展開は全区間。測線上に標準 10m 間隔で受振点及び発震点を設定	受振器展開は全区間。測線上に標準 10m 間隔で受振点、標準 1000m 間隔で発震点を設定
発震系パラメータ		
震源	大型バイブレータ (HEMI-50)	大型バイブレータ (HEMI-50)
バイブレータ台数	2 台	2 台
標準発震点間隔	10 m	1000 m
発震区間	20.56 km (道路沿い)	20.56 km(道路沿い)
スイープ長	16 sec	16 sec
発震回数/発震点	2 回～4 回	20 回
スイープ周波数	6～100 Hz	6～40 Hz
総発震点数	1622 点	16 点
受振系パラメータ		
受振点間隔	標準 20m(20m～100m)	
受振器種別	SM-24 10Hz, GS-One 10Hz	
受振器数/受振点	シングル/920 点	
展開パターン	固定展開	
展開長	20.56 km	
総受振点数	920 点	
記録系パラメータ		
独立型記録システム		
サンプルレート	2 msec	
チャンネル数	920 (固定)	
編集後記録長	4 sec	

表 2 和邇川測線の主なデータ取得パラメーター。

調査項目/測定諸元	反射法発震	屈折法発震
発震種別	高分解能バイブレータ発震	高エネルギーバイブレータ 発震
測線長	6.98 k m	6.98 k m
調査測線位置概要	受振器展開は全区間。測線 上に標準 10m 間隔で受振 点、標準 5m 間隔で発震点 を設定	受振器展開は全区間。測線 上に標準 10m 間隔で受振 点、標準 1000m 間隔で発震 点を設定
発震系パラメータ		
震源	大型バイブレータ (HEMI-50)	大型バイブレータ (HEMI-50)
バイブレータ台数	1 台	1 台
標準発震点間隔	5 m	1000 m
発震区間	6.98 km (道路沿い)	6.98 km(道路沿い)
スイープ長	16 sec	16 sec
発震回数/発震点	2 回～4 回	20 回
スイープ周波数	6～100 Hz	6～40 Hz
総発震点数	1176 点	8 点
受振系パラメータ		
受振点間隔	10m	
受振器種別	SM-24 10Hz, GS-One 10Hz	
受振器数/受振点	シングル/920 点	
展開パターン	固定展開	
展開長	6.98 km	
総受振点数	698 点	
記録系パラメータ		
独立型記録システム		
サンプルレート	2 msec	
チャンネル数	698 (固定)	
編集後記録長	4 sec	