

活断層の地下構造解明のための浅層反射法地震探査

Seismic reflection profiles across active fault zone in Japan

加藤 一
Hajime KATO

1. はじめに

内陸活断層が動くときに直下型地震が発生する。1995年（平成7年）阪神淡路大震災（兵庫県南部地震）では、死者6000人を超える大災害となった。この地震の時には、兵庫県淡路島の北西海岸沿いの野島断層が活動し、地表に地震断層が生じた。この地震を契機に、国（当時は、総理府・科学技術庁）は活断層を調査する体制を整備して、都道府県・大学・国の研究機関とも協力して活断層研究の調査研究を推進することとなった。

こうした中、筆者は東京大学地震研究所が平成8年に導入した反射法地震探査システム（バイブレータ震源と探鉱機など；佐藤、1996）を用いて全国の大学・研究機関の研究者と協力して、主要活断層を対象にその地下構造調査を開始した。筆者は、この探査システムのうち、ミニバイブ（minivib）と呼ばれる震源車の操作を担当し、平成10年から平成18年までの9年間において、11断層帯の約20測線の調査に参加した（表1、図1）。

活断層を横断して実施する反射法地震探査は、断層の地下形状を明らかにするのみならず、地質構造、変位の規模や変動地形（断層地形）の形成過程等を知る重要な手がかりを与える。特に、地表からはわかりにくい伏在活断層においては、反射法地震探査は必須の調査事項である。

反射法地震探査は、人工的に制御された地震波を地表から地下に送り、地下で反射した波を解析することによって地下の地質構造をイメージングするものである。したがって、震源のパワーによって、イメージング深度が異なる。本稿で使用した、油圧バイブレータ震源、IVI（Industrial Vehicle International）社製 minivib T-15000 では、概ね深度1 km 付近までの地下構造をイメージングすることができる。

そこで、これまで筆者が参加した地下構造探査について、探査測線の状況や探査仕様に関して、特に油圧バイブレータ震源（ミニバイブ）の操作並びに発震の仕様等について一覧出来るように整理した。今後も引き続き行われる地下構造探査において、基礎的な資料として役立つ情報の一つになれば幸いである。

2. 反射法地震探査の概要

反射法地震探査の実施にあたっては、事前の地形・地質調査によって、地下構造に関する既存資料の収集（図2（A））と同時に、通常、図2（B）に示すような流れ、すなわち（1）探査測線の設定、（2）探査仕様の決定、（3）データ取得、（4）データ処理、（5）探査断面の解釈の順に実施される（加藤・脇田、2001）。

（1）探査測線の設定

測線は、どのような反射断面になるかを左右する。対象となる活断層や地質構造の分布・対象深度に応じて測線の方向や測線長をある程度決めた上で、現地観察を行い、適切な測線を設定していく。

原則として断層線や地質構造の走向に対して直交するようなまっすぐな道路が選ばれる。しかし、道路状況により断層線と斜交する道を選んだり、部分的に曲がりくねった道を使用することを余儀なくされることもある。筆者が参加した探査（表1）でも、必ずしも断層線に直交する測線だけではなく、斜

交する測線も含まれた（図3）。また、一般に探査測線の長さは、探査目標深度とその深度の構造の水平方向への広がりに基づいて設定される。そのため低角逆断層を対象とする場合、断層崖よりも上盤側に測線を延長させるなど、やや長めの測線を設ける。これまで筆者が参加した探査はいずれも逆断層を主体とする構造探査であり、測線長は、概ね3～8 kmである。

現地観察は、記録のS/N比に影響する路面やノイズ源となりそうな事物、交通の状況を把握するために行う。地域によっては測線沿いに地下埋設物（上下水道管）が隠れていることもあり、埋設物によっては解析時点において致命的な欠陥をもたらすこともある。また、集落・人家から発生する生活音がノイズ源となることがあるので、出来るだけノイズを避けて集落や人家が少ない道路が選択されることもある。また、路面は、盛土ではない固い地面でかつ平滑な舗装道路の方が、地面と震源のベースプレートのカップリングが良く最適である。しかし、未舗装道路（砂利道や凹凸のある草地）を通過せざるを得ないこともある。未舗装道路で路面の凹凸が激しいときには、発振点付近でよりよい場所を選択してベースプレートを着地させる等の工夫を行った。

表2は、筆者が担当した探査の中で、ミニバイブの操作に当たり、測線の路面状況の概況をまとめたものである。これまで行われた探査では、原則舗装道路（測線中の8割以上が舗装区間である測線が、

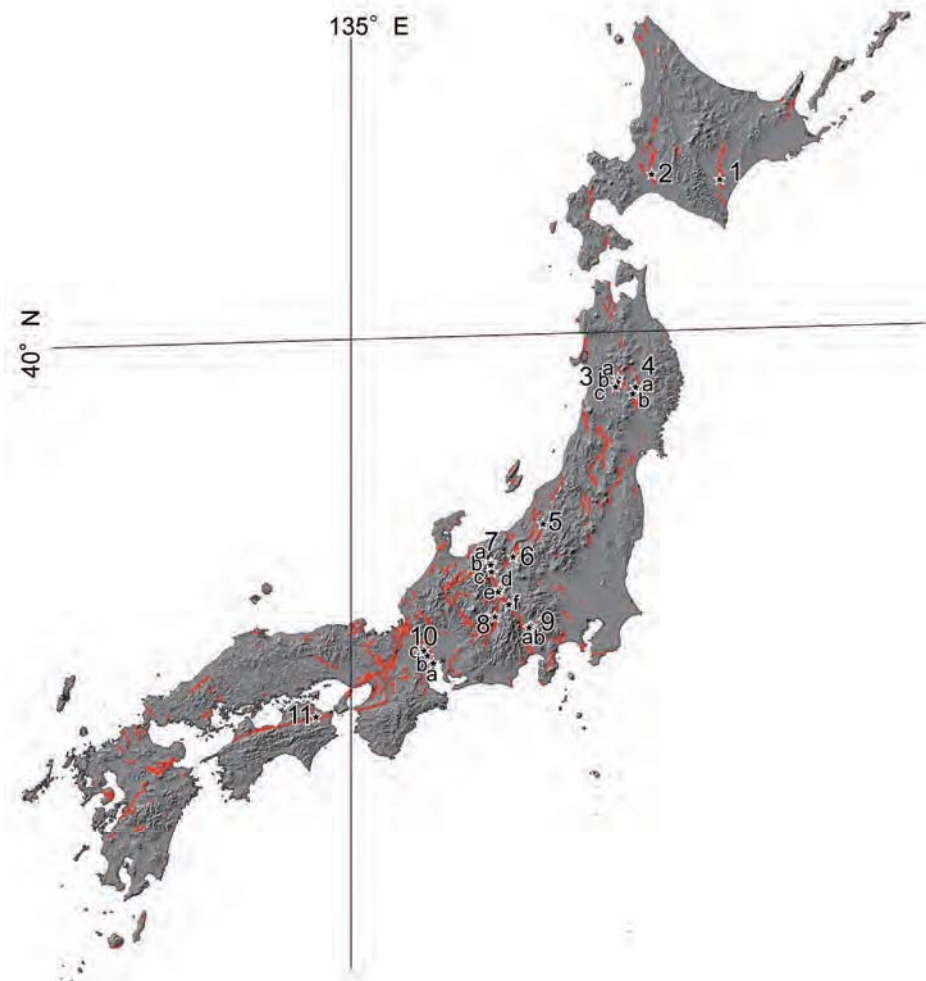


図1 日本列島の主要活断層帯（赤線）の分布と筆者が参加（1998～2006年）した主要活断層帯での反射法震探査の位置（番号と記号の名称は、表1、表2にそれぞれ示す）

これまで筆者が担当した全測線の約3分の2以上であった)が選択されているが、短い測線では、農道・畦道等の未舗装が選択された場合が多かった。凹凸が著しかった場所では、事前に重機で道を整地

表1 震源車のオペレーションを担当した探査一覧(1998-2006年)
断層帯の名称は、地震調査推進本部の名称に従う。インパクト震源、ハンマー震源の調査は含まない。

断層帯番号	断層帯または断層名称	測線名	断層名	実施時期(期間)	主たる実施機関	参加人数(総数)	文献(論文、報告等)
1	十勝平野東縁断層帯	十勝測線	差別川断層、以平断層	1999年08月	地震研究所	12	1)
2	石狩平野東縁断層帯	長道測線	長道背斜、泉脚断層	2000年09月	地震研究所	16	11), 12), 13)
3	幌手盆地東縁断層帯	(a)小滝2005測線	1896年陸羽地震断層(白岩断層)	2005年09月	東北大学・地震研究所	15	6), 10), 31), 32)
		(b)川口2003測線	1896年陸羽地震断層(太田断層)	2003年08月	東北大学・地震研究所	27	6), 7), 31), 32)
		(c)道上野2004測線	1896年陸羽地震断層(千屋断層)	2004年08月	東北大学・地震研究所	22	6), 8), 9), 31), 32)
4	北上低地西縁断層帯	(a)石鳥谷測線	上平断層	1998年08月	地震研究所	28	16), 17), 18), 19)
		(b)花巻1998測線	横森山断層	1998年08月			
5	六日町断層	広神2004測線	2004年新潟県中津川地震断層	2004年12月	地震研究所	19	14), 26), 29)
6	長野盆地西縁断層帯	犀川2005測線	小松原断層	2005年09月	東京大学	12	28)
7	糸魚川-静岡構造線活断層帯	(a)神城S波測線	神城断層	2000年07月	地震研究所・東京大学	25	22)
		(b)神城P波測線		1999年06月			
		(c)大町測線	松本盆地東縁断層	2000年09月	東京大学・地震研究所	10	24)
		(d)牛伏寺測線	牛伏寺断層	2002年09月	東京大学・地震研究所	16	23), 29)
		(e)赤木山測線	赤木山断層	1999年09月	東京大学・地震研究所	14	20), 21), 25)
		(f)富士見測線	若宮断層、青柳断層				
8	伊那谷断層帯	小黒川2004測線	与地断層、小黒川断層	2004年10月	東京大学	18	27)
9	甲府盆地前縁断層帯	(a)左石口測線	菅根丘陵断層群	2006年02月	地震研究所	9	15)
		(b)開門測線					
10	濃尾-伊勢断層帯	(a)2000年具井川測線	桑名断層	2000年11月	産総研(活断層センター)	19	3)
		(b)2005年百野尻測線	鈴鹿山地東縁断層、市之原曲断層	2005年02月	産総研(活断層センター)	14	2), 4), 5)
		(c)2005年時山測線	鈴鹿山地東縁断層、一志断層				
11	中央構造線断層帯	駒波測線	父尾断層	2003年09月	京大・地震研究所	11	30)

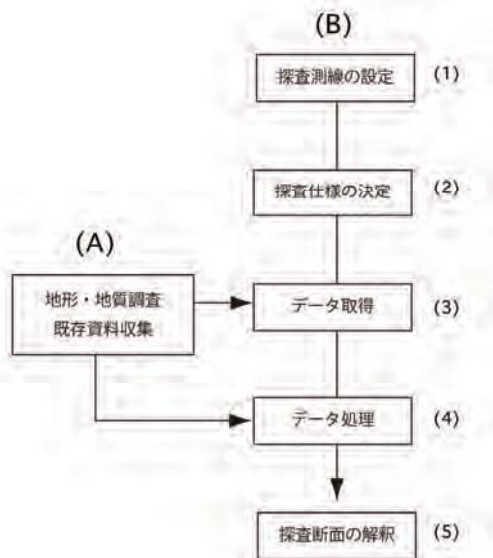


図2 活断層の反射法地震探査の流れのフロー

表2 震源車のオペレーションを担当した探査仕様一覧(1998~2006年)

測線状況(地質/地質構造)、発振仕様、受振機仕様に関しては、いずれも表1の引用文献中の記載に基づいて表記した。測線状況のうち、路面状況に関しては、筆者が震源車操作中の観察に基づく。

測線番号	測線名称、測線名、測線名	測線状況		発振仕様			受振仕様			
		地質/地質構造	震源状況 (◎・○・●)	測線長 [km]	発振回数 [Hz]	スイング長 [sec]	スタック数 (計算上)	発振点数 (計算上)	受振器間隔 [m]	チャンネル数 [ch]
1	十勝平野東部新層帯 十勝測線	送別川新層、以平新層	◎	7.7	10~80	20	5	300*	25	180
2	石狩平野東部新層帯 馬追測線	馬追帯、糸網新層	◎	6.4	10~100	20	5	640*	10	180
3	樺子盆地東部新層帯 (a)小滝2003測線 (b)川口2003測線 (c)蓮上野2004測線	白岩新層 太田新層 千屋新層	○	3.8 7.1 2.6	10~100, 10~60 10~100	20 15.24 20	10.7 7 5.30	368 558 388	10 10.20 10.5	180 180 260
4	北上低地東部新層帯 (a)石鳥谷測線 (b)花巻1998測線	上平新層 横巻山新層	○	5.4 3.0	10~80 10~80	15 -	4~10 5	205 120	20~40 25	168 130
5	六日町新層 広野2004測線	2004年新潟県中越地方新層	◎	5.2	10~100	20	5~10	515	10	180
6	長野盆地西部新層帯 (a)2005測線	小池原新層	◎	4.7	20~120	20	7~10	474	10	180
7	糸魚川-静内構造線沿新層帯 (a)神塚520測線 (b)神塚720測線 (c)大町測線 (d)牛伏寺測線 (e)赤本山測線 (f)富士見測線	神塚新層 神塚新層 松本盆地気象観測新層 牛伏寺新層 赤本山新層 若宮新層、青樹新層	◎	200 m 2.2 6.4 1.9 2.0 3.6	15~100 10~120, 10~60 10~30 10~160 10~160	13 15.20 15.20 14 14	3 100* 10.15.20 5 4 4	100* 110* 640* 139 399	2 20 10 10 5	188 176 180 96 96 144
8	伊豆谷新層帯 小黒川2004測線	与地新層、小黒川新層	◎	6.4	10~100	15	5~10	660	10	240
9	甲府盆地東部新層帯 (a)左石口測線 (b)間門測線	常盤丘陵新層群 常盤丘陵新層群	◎	2.8 0.8	10~80, 10~100, 10~120 10~120	20 20 20	10 10	284 84	10 10	284 80
10	濃尾-伊勢新層帯 (a)2000年島月川測線 (b)2005年西野尻測線 (c)2005年村山測線	真名新層 節原山地気象観測新層、市之原構造 節原山地気象観測新層、一志新層	◎	8.3 2.5 5.0	10~100 10~120 10~120	20 20 15	5~10 5 7~10	553* 950* 600*	15 10 10	150 180 180
11	中央構造線新層帯 阿波測線	父屋新層	◎	4.9	10~120	16	5	460*	10	180

* 記号の説明 ◎: 震速率60%以上、○: 震速率80~50%程度、●: 震速率50%以下

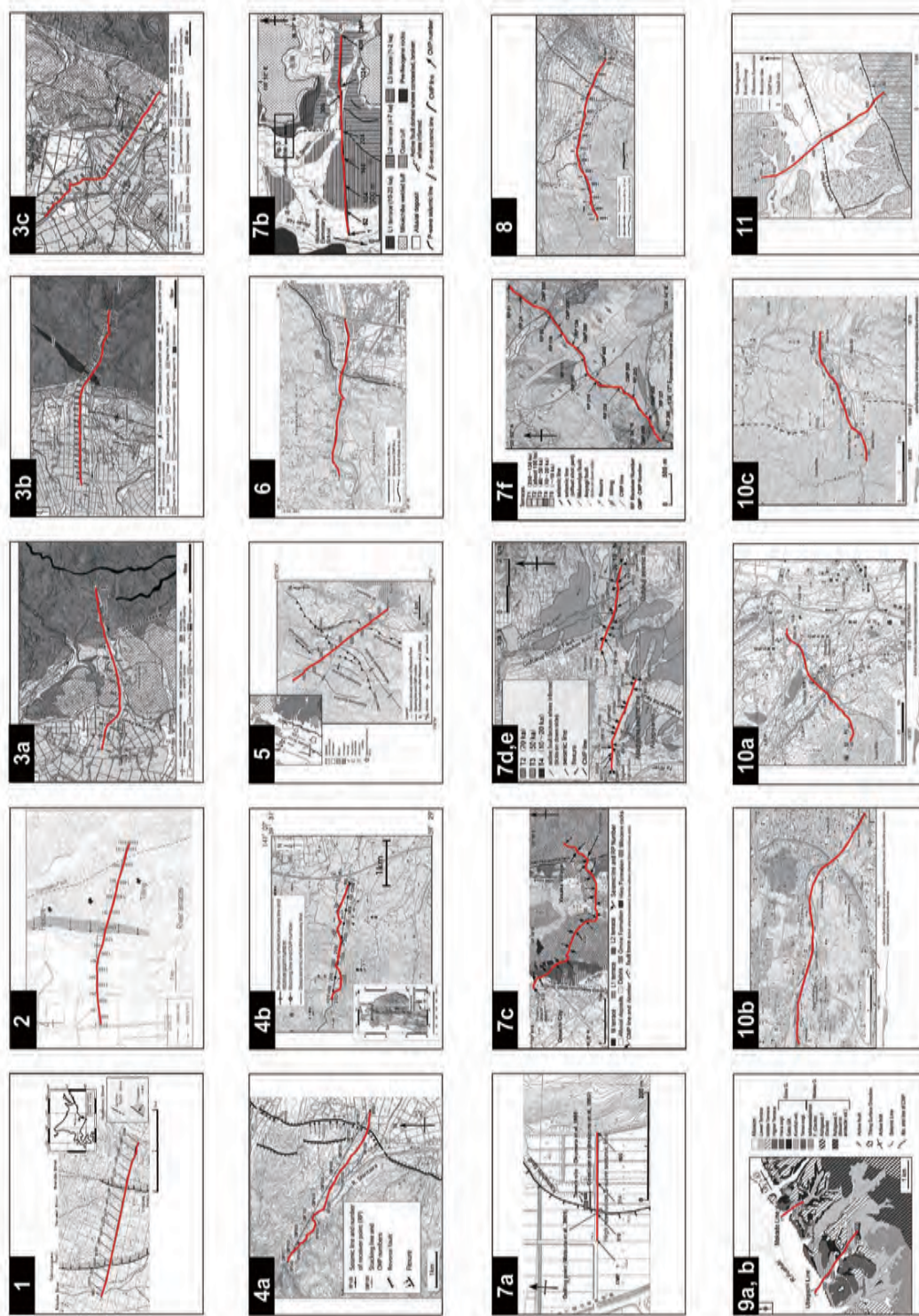


図3 学術的な目的で実施された活断層を横断する反射法地震探査の測線 (赤線) 各図の番号と記号は、表1・表2に対応する。各測線の基図は、表1に示されている文献から引用 (原図はカラーの場合もある)。

したことによって良好な記録を得ることが出来た。筆者が担当したミニバイブの操作では、特に事前に測線状況を把握することは不可欠であった。

(2) 探査仕様の決定

目標とする地下構造を得るためには、探査の仕様について探査を開始する前に検討する事が重要である。波の種類、震源、発震点間隔、受振点間隔、収録チャンネル、記録長、最大オフセット距離、サンプリング間隔、標準垂直重合数などは、特に検討すべき重要な項目である。

筆者が参加した探査では、主としてP波を用いた(一部短い距離で表層付近の構造を対象とした探査についてはS波を用いた)。現在、出力波形・起震力等が異なる様々な種類の震源が存在するが、本稿で紹介するミニバイブは、周波数が連続的に変化するスイープ波を発生させるバイブレータ震源である。

筆者が参加した探査の多くは、地表下2km程度までを分解能高くイメージングすることを目的としているため、受振点間隔・発震点間隔共に10mに設定することが多い。極浅層を対象とする場合には、間隔を1m程度に配置することもある。また、収録チャンネル数は96～260チャンネルであった。探査の仕様については、表2にその一覧を示す。

(3) データ取得

設定された探査測線沿いでの現地作業は、まず、受振点の設置位置を決め、受振器(ジオフォン)や受信ケーブル等の観測機器を設置することから始まる。受振器の設置作業では、マークされた受振点位置を中心として、あらかじめ決めた一定間隔で受振器(図4i)を設置する。受振器はケーブル(図4g)を介して観測車に搭載された収録装置(探鉱機、図4e)に接続する。また、受振点の設置位置は杭やペイントでマークし、その標高と位置を測量する。

観測では、あらかじめ設定された発震点で震源を駆動させて発震する。受信した反射波の品質をモニター(図4f)で確認しながら、必要回数だけ発震を繰り返す。一つの発震点での発震作業が終了すると震源を次の発震点に移動させて、順次観測を行う。観測の進展に伴って、受振を終了した受振器とケーブルを撤収し、測線前方へ移動させて再設置する。

(4・5) データ処理と解釈断面

反射法地震探査のデータには、初期編集、波形補正、走時補正、CMP重合、マイグレーション、深度変換などの処理が施される。(5) 解釈断面と合わせて、それぞれの構造探査の測線担当者の解析結果(図6)を関係論文から引用し、測線状況と合わせて若干の考察を行った。しかし、高品質な反射断面の作成に至るには、震源車から発振される波が最も重要であり、その波の良好なコンディションが維持される事が基本である。

3. 震源車(ミニバイブ)操作の手順

筆者が担当した震源は、東京大学地震研究所が導入した、米国IVI(Industrial Vehicle International)社製の油圧制御バイブレータ震源(minivib、T-15000)であり、これを国産最大積載量4トン級トラックに搭載したものである。図5に震源車車両本体(図5a)と震源部分(図5b)の写真を示す。

東京大学によると(<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/KOHO/KOHO/backnumber/15/15-1.html>)、本震源は、油圧系装置と電子制御系装置に大別される。油圧系装置は、主として振動発生装置、リフト装置、油圧制御用エンジンから構成されている。振動発生装置はトラックの車体最後部に取り付けられており、垂直方向としてのP波震源のみならず、水平位置に取り付けることで、S波震源としても使用される(こ

の場合、水平面内では任意の方向に回転でき、イン・ライン、クロス・ライン方向での発振も可能である)。なお、振動部の主要仕様は、発振周波数帯域:10～550 Hz、最大出力荷重:2.7トン、載荷荷重:約4.5トンである。リフト装置は、振動を発生させる際に、振動発生装置のベースプレート地面に圧着し、さらに車体後部を引き上げ、荷重(車重)を掛け、振動を地面に伝える仕組みとなっている。これらの油圧装置は車体中央部に搭載された油圧制御用エンジンにより駆動する。

一方、電子制御装置は、パイプレイク震源の周波数・振幅等を制御するもので、コントローラーとパーソナルコンピューターから構成されている。実際に発生する振動は、地盤の振動特性により計算波形とは異なったものとなる。よって、地面に圧着されて振動を伝えるベースプレート上で測定した振動波形にフィルターをかけたものをリファレンス信号としてフィードバックすることにより、計算波形にできる限り近い振動を発生できるようになっている。

震源車側の操作の手順は、以下のとおりである。最初の発振点に移動し、油圧系装置を駆動してパー

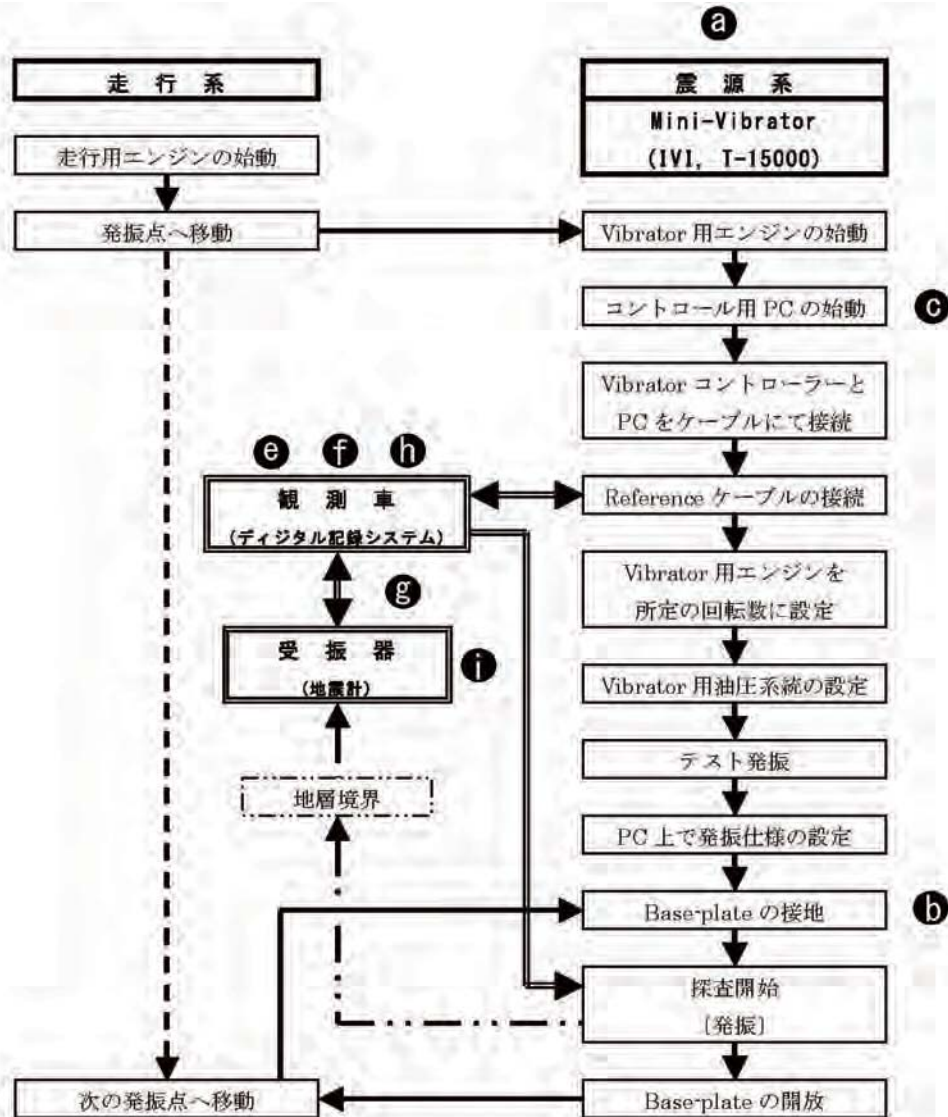


図4 震源車の操作(ミニパイプの場合)と探査の流れ(説明文は、本文を参考)

スプレートを接地する（図4b）。次に、電子制御装置を始動し、テスト発振を行い、地盤の振動特性から周波数・振幅等のパラメータを決定する。パラメータが決まると、パーソナルコンピュータをセットし、観測車（図4e）からのトリガ信号を待つ。トリガ信号が発せられると、振動発生装置は振動を開始する（図4f）。振動は地層を伝わり地震計を通して観測車にて受信・記録される。最初の発振点での一連の振動発生が終了すると、震源車はベースプレートを開放し、次の発振点に移動する。発振点は、測線沿いに杭やマーカーなどで発振点が印されているので、その位置にベースプレートが接地するよう

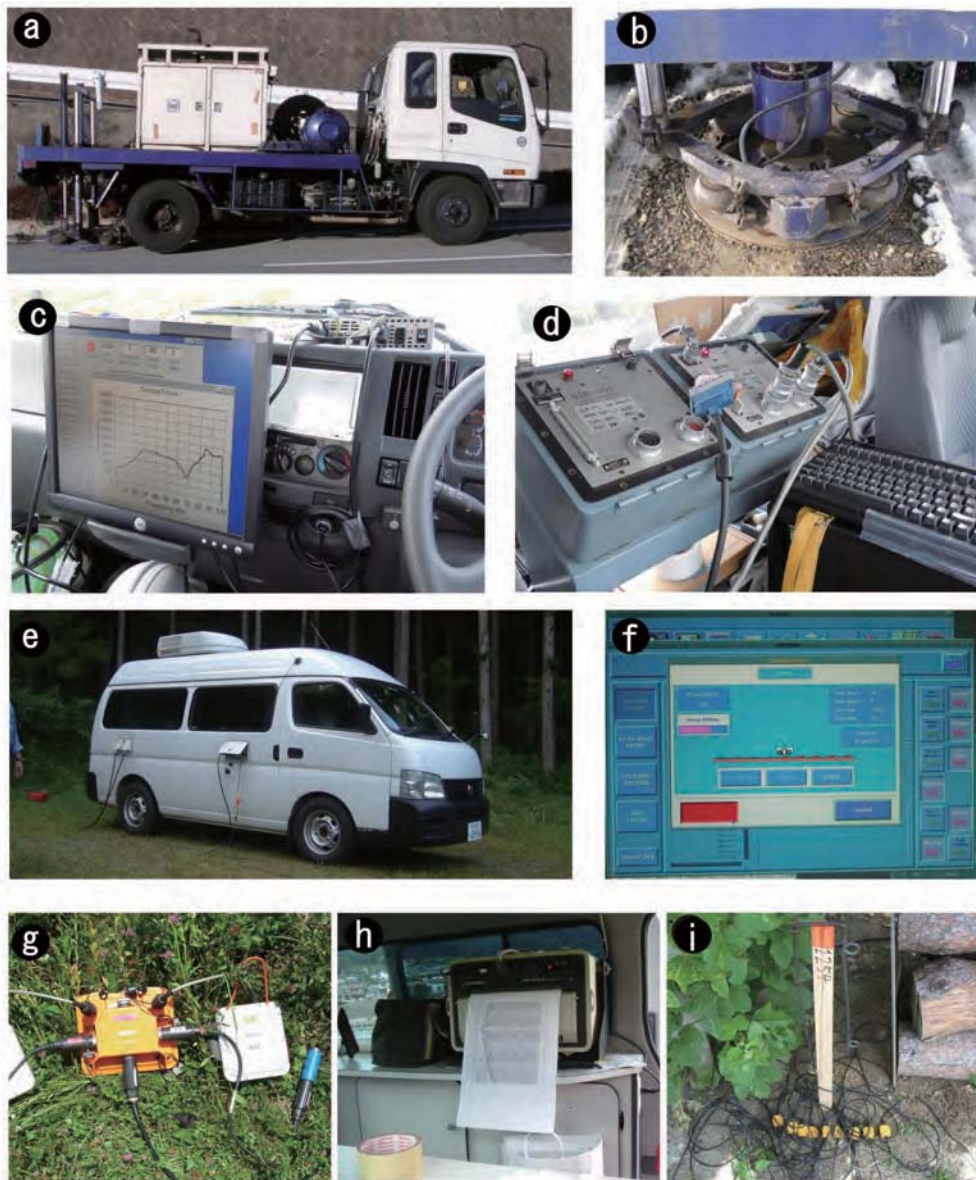


図5 反射法地震探査の状況を示す写真

a：ミニバンプ、 b：発振を行うプレート（円盤と地面とが隙間のないように接地させる）、 c：ミニバンプ内部の様子、 d：ミニバンプのコントローラボックス（発振は観測車からの指令の信号により行われる）、 e：観測車（発振の指令、データの記録など探査の心臓部にあたる）、 f：観測車で見る発振の状況、 g：記録集積ボックス（受振機の記録を集め、観測車に送る）、 h：シャットギャザーの打ち出し（発振直後の記録が観測車に伝えられる）、 i：受振器の設置（通常は測線に沿って広げる）

に車体を移動させる。以下、この動作を順次繰り返し観測を行っていく。図4にこれら一連の震源車操作の流れ図を示す。

4. おわりに

反射法地震探査によって明らかになった典型的な逆断層の一例として、千屋断層・運上野測線における地下構造断面を図6に示す。千屋断層は、1896年陸羽地震を起こした活断層であり、運上野でも撓曲変形が生じた。本探査測線は、260チャンネルの固定発振で行った。測線は、断層方向に対してやや

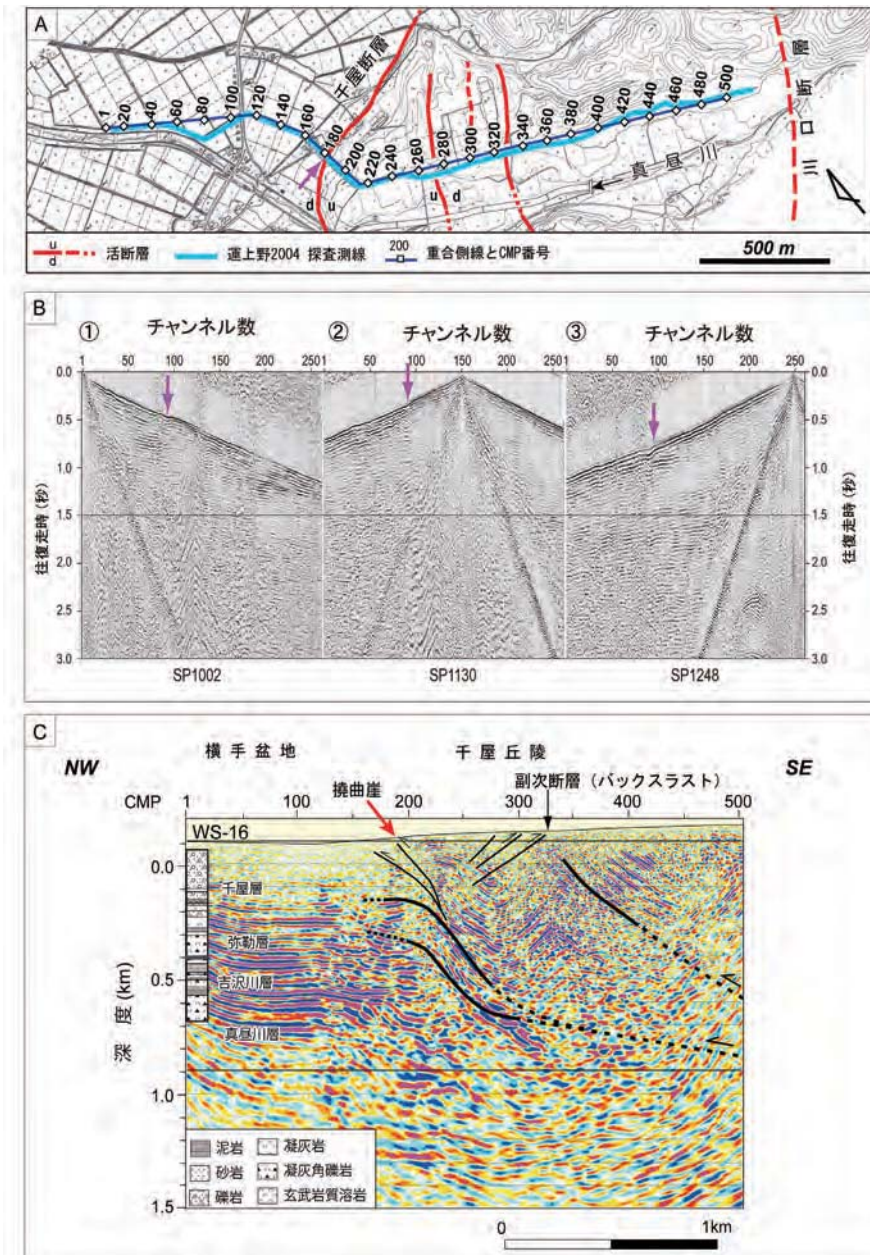


図6 解析結果の一例 (千屋断層・運上野の探査結果、楮原ほか、2008 による)
A : 測線の状況 B : ショットギャザーの例 C : 地質構造の解釈断面

斜交するものの、地表の変形に対応した明瞭な地下構造のイメージングが得られた。測線は、畦道や未舗装区間が測線の約半分を占めていたが、事前に路面を重機で整地し、また、ミニパイプのプレートを出るだけ地面に密着するように移動中に注意した。初動は図6Bに示すように、いずれの地点でも極めて良好で、波は測線両端まで十分に達している。しかし、道路が一部で湾曲し、断層に対して斜交する(図6A)ために、初動の波は、この部分においては、ゆがみ(図6Bの赤矢印)として捉えられる。これらは解析の時点で補正が施され、図6Cのような明瞭な地下構造が捉えられた(楮原ほか、2008)。

このような活断層の地下のイメージングには、それぞれの地域での活断層研究者の事前の調査が基本となるが、反射法地震探査の導入によってはじめて地下構造が明らかになる。そのことが、今後の変動地形研究さらに地震災害軽減の基礎的研究にも繋がるものである。筆者は、こうした反射法地震探査の研究において、その探査の一部を担って震源車の操作を行ってきた。今後も継続してこのような調査が進展することを望む。

謝辞

東京大学地震研究所の反射法地震探査システムは、全国の共同利用として、全国の活断層研究者が参加し、それぞれの活断層の地下構造探査を行っている。筆者は、平成10年から、それまで専門外ではあったが、東京大学地震研究所の地下構造探査において、震源車の操作を協力してきた。そしてこれまでの成果は、多数の学会発表や論文としてまとめられた。特に2冊の東京大学地震研究所彙報(特集号)には、筆者がこれまで関わってきた探査結果がとりまとめられた。筆者が東京大学地震研究所の研究共同利用として地下構造探査へ参画する機会を与えて下さった元山梨大学今泉俊文教授(現、東北大学)と東京大学地震研究所佐藤比呂志教授には、心から感謝申し上げます。また、これまでの探査において、引用論文にあるように多く大学の活断層研究者のみなさまにお教えを頂きました。拙稿を借りて、この機会に深くお礼を申し上げます。なお、本文のために特に作図等にご協力頂きました元山梨大学大学院生、楮原京子さん(現、産総研活断層・地震センター研究員)にも厚くお礼を申し上げます。

【文献】(番号は、表1に示した文献を示す)

- 1) 越後 智雄・宮内崇裕・河村知徳・佐藤比呂志・蔵下英司・加藤 一・井川 猛・川中 卓・折戸雅幸・長谷川貴志・伊藤谷生, 反射法地震探査による十勝活断層帯中部の浅層構造, 地震研究所彙報, 76, 129-134, 2001.
- 2) 石山達也・佐藤比呂志・戸田 茂・岡田篤正・杉戸信彦・木村治夫・越後智雄・岡田真介・加藤 一・鈴木規眞・今村朋裕・服部泰久・小田 晋・小池太郎・野田克也・佐藤 良・保立 正・戸村元史, 大大特2004・P波反射法地震探査による鈴鹿山地東縁断層の地下構造, 日本地震学会2005年秋季大会講演予稿集, 2005.
- 3) 石山達也・松多信尚・戸田 茂・佐藤比呂志・加藤 一・竹村恵二・堤 浩之・岡田篤正・萩巢伸洋・中村謙之・竹内祥子・谷 美由起・石井 整・中西利典・田力正好・木村治夫・長谷川 真・杉戸信彦・金田平太郎, 桑名断層のP波浅層反射法地震探査: 2000年員弁川測線, 地震研究所彙報, 82, 75-84, 2007.
- 4) 石山達也・佐藤比呂志・戸田 茂・杉戸信彦・木村治夫・越後智雄・岡田真介・加藤 一・岡田篤正・小池太郎・鈴木規眞・今村朋裕・服部泰久・小田 晋, 鈴鹿山地東縁断層のP波浅層反射法地震探査: 2005年西野尻測線, 地震研究所彙報, 82, 85-93, 2007.
- 5) 石山達也・佐藤比呂志・戸田 茂・杉戸信彦・木村治夫・越後智雄・岡田真介・加藤 一・岡田篤正・小池太郎・鈴木規眞・今村朋裕・服部泰久・小田 晋, 鈴鹿山地東縁断層のP波浅層反射法地震探査: 2005年時山測線, 地震研究所彙報, 82, 95-103, 2007.
- 6) 楮原京子・内田拓馬・今泉俊文・宮内崇裕・越後智雄・松多信尚・石山達也・加藤 一・佐藤比呂志・越谷 信・野田 賢・荻野スミ子・池田安隆・野原 壯・水本匡起・森下信人・高橋就一・小林 勉・水高草多・野田克也, 反射法地震探査結果からみた横手盆地東縁断層帯の地下構造, 日本地球惑星科学連合2005年大会講演予稿集, 2005.

- 7) 楮原京子・内田拓馬・宮内崇裕・今泉俊文・佐藤比呂志・越後智雄・池田安隆・越谷 信・野田 賢・松多信尚・石山達也・戸田茂・加藤 一・岡田真介・加藤直子・荻野スミ子・木村治夫・渡邊勇二・宇野知樹・田中 環・小島 淳・市川史大・小畑一馬・乗田康之・今村朋裕・野田克也・井川 猛, 横手盆地東縁断層帯・太田断層を横断する浅層反射法地震探査 (2003年): データ取得と処理について, 地震研究所彙報, 81, 107-117, 2006.
- 8) 楮原京子・今泉俊文・佐藤比呂志・宮内崇裕・越後智雄・松多信尚・石山達也・越谷 信・野田 賢・加藤 一・内田拓馬・宇野知樹・森泉俊行・小田 晋・神田聡史・森下信人・水本匡起・梅津洋輔・小林 勉・氷高草多・野田克也・井川 猛, 横手盆地東縁断層帯・千屋断層 (運上野) を横断する浅層反射法地震探査 (2004年): データ取得と処理について, 地震研究所彙報, 81, 119-128, 2006.
- 9) 楮原京子・今泉俊文・宮内崇裕・佐藤比呂志・内田拓馬・越後智雄・石山達也・松多信尚・岡田真介・池田安隆・戸田 茂・越谷 信・野田 賢・加藤 一・野田克也・三輪敦志・黒澤英樹・小坂英輝・野原 壯, 横手盆地東縁断層帯・千屋断層の形成過程と千屋丘陵の活構造, 地学雑誌, 115(6), 691-714, 2006.
- 10) 楮原京子・今泉俊文・越後智雄・宮内崇裕・越谷 信・野田 賢・加藤 一・戸田 茂・石山達也・佐藤比呂志・岡田真介・神田聡史・神谷直音・森下信人・高橋就一・橋森公亮・清水聡子・山崎航太・小池太郎・井川 猛, 横手盆地東縁断層帯・白岩断層を横断する浅層反射法地震探査 (2005年): データ取得と処理について, 地震研究所彙報, 81, 129-138, 2006.
- 11) 加藤直子・佐藤比呂志・松多信尚・平川一臣・越谷 信・宮内崇裕・戸田 茂・加藤 一・蔵下英司・越後智雄・三縄岳大・永井 悟・荻野スミ子・鏡 顕正・川中 卓・井川 猛, 石狩低地東縁断層帯・馬追丘陵を横切る反射法地震探査 (中間報告), 日本地震学会 2000 年秋季大会講演予稿集, 2000.
- 12) 加藤直子・佐藤比呂志・松多信尚・平川一臣・越谷 信・宮内崇裕・戸田 茂・加藤 一・蔵下英司・越後智雄・三縄岳大・永井 悟・荻野スミ子・鏡 顕正・川中 卓・井川 猛, 馬追丘陵における反射法地震探査; 日高衝上断層系前縁の地質構造, 日本地球惑星科学連合 2001 年大会講演予稿集, 2001.
- 13) 加藤直子・佐藤比呂志・松多信尚・平川一臣・越谷 信・宮内崇裕・戸田 茂・加藤 一・蔵下英司・越後智雄・三縄岳大・永井 悟・荻野スミ子・鏡 顕正・川中 卓・井川 猛, 日高衝上断層系前縁部・馬追丘陵西縁を横切る反射法地震探査, 地震研究所彙報, 77, 111-121, 2002.
- 14) 加藤直子・佐藤比呂志・越後智雄・立石雅昭・荻野スミ子・酒井慎一・加藤 一・戸田 茂・越谷 信・伊藤 谷生・豊島剛志・今泉俊文・阿部信太郎, 2004 年新潟中越地震・地震断層出現域における浅層反射法地震探査, 日本地球惑星科学連合 2005 年大会講演予稿集, 2005.
- 15) 加藤直子・佐藤比呂志・今泉俊文・加藤 一・井川 猛・荻野スミ子・木村治夫・楮原京子・小池太郎, 曾根丘陵断層群を横切る浅層反射法地震探査, 地震研究所彙報, 81, 181-191, 2006.
- 16) 越谷 信・蔵下英司・佐藤比呂志・荻野スミ子・武田哲也・新井慶将・野田 賢・加藤貴史・平野信一・加藤 一・井川 猛, 北上低地帯西縁断層研究グループ: 森下裕介・福井啓人・阿部嘉貴・後藤由雄・堀内千香・越中大介・三田地喜之・長岡亜冬子・奥寺勇樹・佐藤寿正・嶋守真紀・滝口真一・高橋香子・辻 真人・村上慎二・池田安隆・村上文俊, 北上低地帯西縁断層系における浅層反射法地震探査 (花巻測線), 日本地球惑星科学連合 1999 年大会講演予稿集, 1999.
- 17) 越谷 信・森下裕介・野田 賢・佐藤比呂志・蔵下 英司・荻野スミ子・武田哲也・加藤直子・平野信一・加藤 一・池田安隆・井川 猛・村上文俊・北上低地帯西縁断層帯研究グループ, 奥羽脊梁山脈東縁部・北上低地帯西縁断層帯花巻地域の反射法地震探査, 地震研究所彙報, 82, 3-11, 2007.
- 18) 蔵下英司・越谷 信・野田 賢・加藤貴史・平野信一・加藤 一・佐藤比呂志・荻野スミ子・武田哲也・新井慶将・井川 猛, 北上低地帯西縁断層研究グループ: 森下裕介・福井啓人・阿部嘉貴・後藤由雄・堀内千香・越中大介・三田地喜之・長岡亜冬子・奥寺勇樹・佐藤寿正・嶋守真紀・滝口真一・高橋香子・辻 真人・村上慎二・池田安隆・村上文俊, 北上低地帯西縁断層系における浅層反射法地震探査 (石鳥谷測線), 日本地球惑星科学連合 1999 年大会講演予稿集, 1999.
- 19) 蔵下英司・佐藤比呂志・越谷 信・野田 賢・加藤 一・荻野スミ子・武田哲也・平野信一・池田安隆・井川 猛, 北上低地帯西縁断層系における浅層反射法地震探査, 地震研究所彙報, 81, 139-147, 2006.

- 20) 松多信尚・池田安隆・今泉俊文・東郷正美・佐藤比呂志・加藤 一・石山達也・田力正好・越後智雄・新井慶将・高橋安芸介・中村洋介・大石 超・田中靖之, 糸魚川静岡構造線活断層系中部-富士見地域-における断層の地下形状とスリップパーティショニング, 日本地震学会 2000 年秋季大会講演予稿集, 2000.
- 21) 松多信尚・今泉俊文・Thomas Pratt・Robert Williams・佐藤比呂志・池田安隆・蔵下英司・加藤直子・荻野スミ子・加藤 一, 極浅層反射法探査による活断層のイメージング: 千屋断層・富士見断層群を例として, 日本地震学会 2000 年秋季大会講演予稿集, 2000.
- 22) 松多信尚・池田安隆・佐藤比呂志・今泉俊文・東郷正美・柳 博美・三ヶ田 均・戸田 茂・堤 浩之・蔵下英司・越谷 信・野田 賢・加藤 一・平川一臣・八木浩司・穴倉正展・越後智雄・石山達也・原口 強・荻野スミ子・荒井慶将・河村知徳・田力正好・加藤直子・井川 猛・神城反射法地震探査グループ, 糸魚川-静岡構造線活断層系神城断層の浅層および極浅層反射法地震探査, 地震研究所彙報, 82, 25-35, 2007.
- 23) 松多信尚・池田安隆・佐藤比呂志・今泉俊文・田力正好・蔵下英司・河村知徳・加藤直子・戸田 茂・谷 美由起・加藤 一・東郷正美・中村洋介・越後智雄・田中淳彦・井川 猛・大町反射法地震探査グループ, 糸魚川-静岡構造線活断層系北部大町地域の浅層反射法地震探査, 地震研究所彙報, 82, 37-44, 2007.
- 24) 松多信尚・池田安隆・東郷正美・今泉俊文・佐藤比呂志・戸田 茂・田力正好・加藤 一・石山達也・井川 猛・松本反射法地震探査グループ, 糸魚川-静岡構造線活断層系北部・松本地域における反射法地震探査, 地震研究所彙報, 82, 45-55, 2007.
- 25) 松多信尚・池田安隆・佐藤比呂志・今泉俊文・東郷正美・河村知徳・戸田 茂・宮内崇裕・加藤 一・越後智雄・田力正好・石山達也・荒井慶将・井川 猛・富士見反射法地震探査グループ, 糸魚川-静岡構造線活断層系中部・富士見地域における反射法地震探査, 地震研究所彙報, 82, 57-63, 2007.
- 26) Naoko Kato, Tomoo Echigo, Hiroshi Sato, Masaaki Tateishi, Sumiko Ogino, Shin'ichi Sakai, Shigeru Toda, Shin Koshiya, Tanio Ito, Tsuyoshi Toyoshima, Toshifumi Imaizumi, Hajime Kato, and Shintaro Abe., Geologic fault model based on the high-resolution seismic reflection profile and aftershock distribution associated with the 2004 Mid-Niigata Prefecture earthquake (M6.8), central Japan, Earth Planets Space, 57, 447-452, 2005.
- 27) 岡田真介・池田安隆・小田 晋・越後智雄・戸田 茂・鈴木規眞・河合陽平・加藤 一・佐藤比呂志・木村治夫・田力正好・石山達也・今泉俊文・楳原京子・松多信尚・内田拓馬・宇野知樹・河村知徳, 伊那谷断層帯小黒川測線における浅層反射法地震探査: データ取得と処理, 地震研究所彙報, 82, 13-23, 2007.
- 28) 岡田真介・池田安隆・越後智雄・戸田 茂・木村治夫・加藤 一・石山達也・楳原京子・森下信人・奥田里奈・渡邊太樹・小田 晋, 長野盆地西縁断層帯における反射法地震探査: データ取得と処理, 地震研究所彙報, 81, 171-180, 2006.
- 29) 佐藤比呂志・加藤直子・越後智雄・荻野スミ子・立石雅昭・戸田 茂・加藤 一・越谷 信・豊島剛志・伊藤谷生・今泉俊文・阿部信太郎・鈴木規眞・三沢永一・小田 晋・楳原京子・小池太郎・赤井 智・野田克也, 2004 年新潟県中越地震・地震断層出現域の浅層反射法地震探査: データ取得と処理について, 地震研究所彙報, 80, 1-10, 2005.
- 30) 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, 地震研究所彙報, 82, 105-117, 2007.
- 31) 内田拓馬・宮内崇裕・今泉俊文・松多信尚・越後智雄・佐藤比呂志・越谷 信・野田 賢・加藤 一・野原 壯, 反射法地震探査からみた横手盆地東縁断層帯の前進過程と第四紀後期の活動性, 日本地球惑星科学連合 2004 年大会講演予稿集, 2004.
- 32) 内田拓馬・宮内崇裕・今泉俊文・越後智雄・松多信尚・石山達也・佐藤比呂志・加藤直子・木村治夫・荻野スミ子・越谷 信・野田 賢・池田安隆・岡田真介・加藤 一・野原 壯・水本匡起・楳原京子, 変動地形・反射法地震探査からみた横手盆地東縁断層帯の前進過程と第四紀後期の活動性, 日本地球惑星科学連合 2005 年大会講演予稿集, 2005.