

群馬県下における深谷断層の反射法地震探査と 深谷断層系＝東日本の中央構造線活断層系モデル

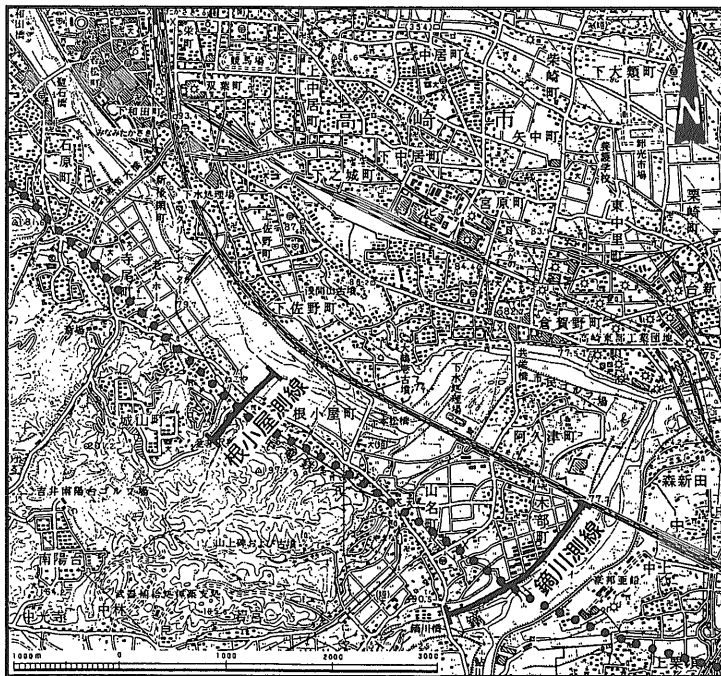
杉山 雄一¹⁾・須貝 俊彦²⁾・水野 清秀³⁾・山崎 晴雄⁴⁾・伏島祐一郎¹⁾
遠藤 秀典⁵⁾・山口 和雄⁶⁾・伊藤 久男¹⁾・横田 裕⁷⁾

1. はじめに

深谷断層は、松田(1974)により、埼玉県北部の深谷市付近の更新世段丘を撓曲状に変位させる長さ6km余の活断層として、初めて記載された。この断層はその後、松田時彦ほか(1975)、貝塚ほか(1977)、松田博幸ほか(1977)、Yamazaki(1984)などにより、地形・地質学的に研究された。新編日

本の活断層(活断層研究会編, 1991)では、長さ10km, 平均上下変位速度0.2-0.3m/千年とされているが、この値は旧版の日本の活断層(活断層研究会編, 1980)と同じである。これは、1980年代を通じて、深谷断層に関する地形地質学的新知見が殆ど得られなかったことを示している。

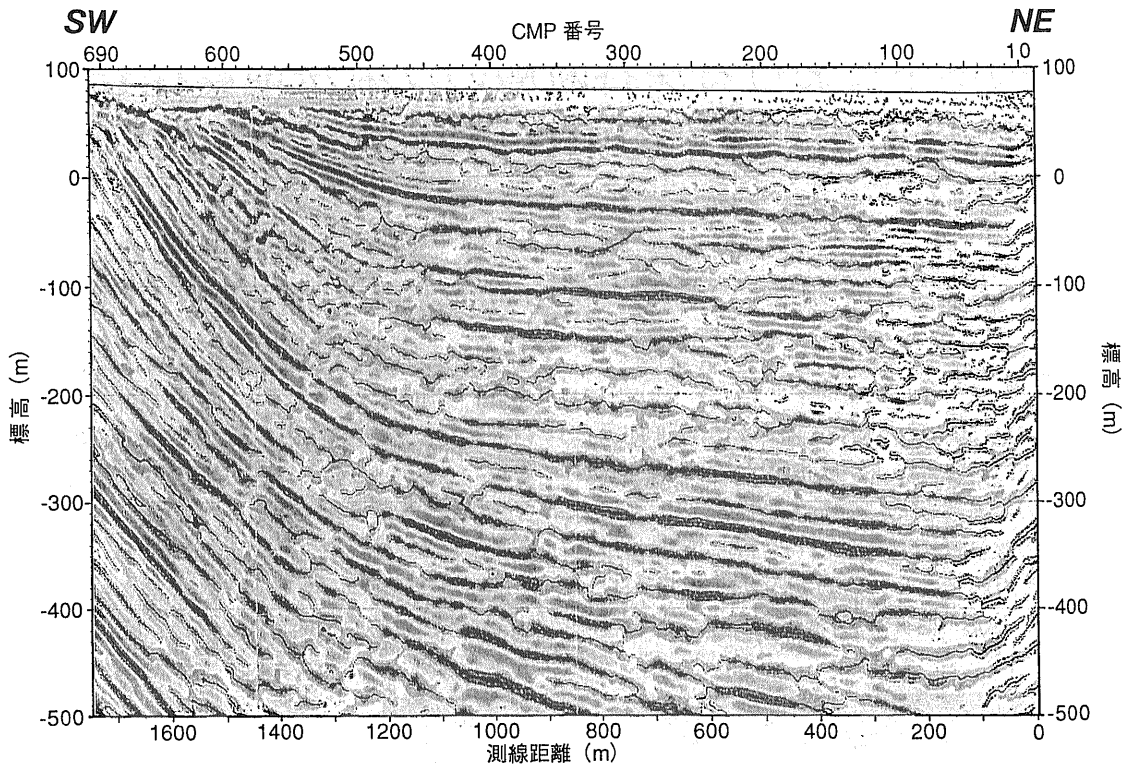
地形地質学的な活断層研究の停滞を打破したのは、地球物理学的な研究であった。最初に登場し



第1図
反射法地震探査測線位置図。
点線は、地形地質学的データから
推定される断層(撓曲構造の先端)
の位置。
国土地理院発行5万分の1地形図
「高崎」を使用。

1) 地質調査所 地震地質部
2) 東京大学大学院 新領域創成科学研究科
3) 地質調査所 大阪地域地質センター
4) 東京都立大学大学院 理学研究科
5) 地質調査所 環境地質部
6) 地質調査所 地殻物理部
7) 株式会社阪神コンサルタンツ

キーワード: 深谷断層(系), 反射法地震探査, 中央構造線, 活断層



第2図 鏑川測線の探査結果(深度変換断面)。鉛直方向を2倍に誇張してある。

たのは重力異常に基づく研究である。多田(1983), 萩原ほか(1986, 1987)らによって、深谷断層、櫛挽断層などの変位センスや沖積層下に伏在する断層延長部の検出に関する研究が精力的に行われた。さらに80年代後半以降には、反射法地震探査による深谷断層や綾瀬川断層(清水・堀口, 1981)の調査が行われるようになり(例えば稲崎ほか, 1988), これらの活断層に関する情報が飛躍的に増大した。本稿筆者の一人である山口とその共同研究者らも、深谷断層とその南東延長部の反射法地震探査を行い、同断層の地下構造を解明すると共に、その南東延長が吹上町にまで達することを明らかにした(山口ほか, 1998)。

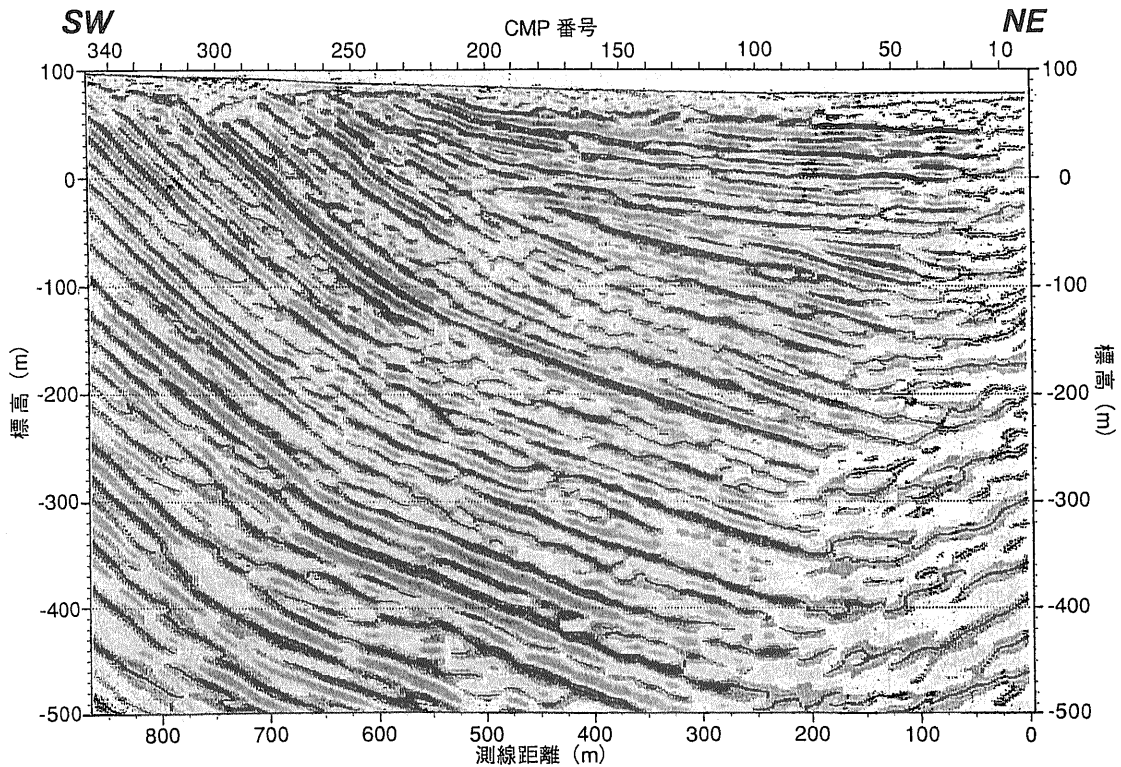
また最近、地形地質学的な方面でも進展があった。本稿筆者のうち、水野、須貝及び山崎は、地形地質調査の結果から、深谷断層の北西延長が左雁行状に群馬県の高崎西方に達すると判断した。そして、この雁行断層全体を深谷断層系と仮称し、その通過位置(一部推定)を50万分の1活構造図「東京」第2版(杉山ほか, 1997)に図示した。

筆者らは平成11年7月に、地形地質学的データに基づく上記の見解を検証するため、断層通過位置を横切る高崎市内の2測線で反射法地震探査を実施した。本稿ではこの探査結果を報告すると共に、既往の反射法地震探査や重力探査のデータに基づいて、深谷断層系の全体像を把握し、同断層系を東日本の中央構造線活断層系と見なすモデルを提示する。

2. 群馬県下の深谷断層北西延長部における反射法地震探査

(1) 探査仕様

高崎市南部のかぶらがわ鏑川左岸堤防上の道路に鏑川測線(長さ1,700m)、同市根小屋町の金井沢川右岸に根小屋測線(長さ800m)をそれぞれ設定した(第1図)。震源には油圧インパクターを用い、発震点間隔5m、受震点間隔5m、標準水平重合数60、記録長2秒、サンプリング間隔1ミリ秒の仕様で探査を行った。



第3図 根小屋測線の探査結果(深度変換断面)。鉛直誇張は行っていない。

(2) 探査結果

鐮川測線と根小屋測線の探査結果(深度変換断面)を、それぞれ第2図と第3図に示す。

鐮川測線では、高崎市山名町の鐮川橋の東方600m付近(CMP番号460前後)を地表直下の変形フロントとする北東落ちの伏在撓曲構造が検出された(第2図)。

根小屋測線でも、上信電鉄の線路付近(CMP番号200前後)を変形フロントとする撓曲ないしキンク褶曲(直線的な翼部と鋭いヒンジをもつ褶曲)状の構造が確認された(第3図)。各反射面のヒンジ(屈曲部)を連ねた軸面は、反射断面上で南西へ $50\sim 60^\circ$ 程度傾斜しており、この構造が地下深部の逆断層の反映であることを示唆する。

両測線とも、地表直下の変形フロントの位置は、地形地質調査の結果から推定されていた撓曲の先端位置(地表での断層通過位置)と一致する。

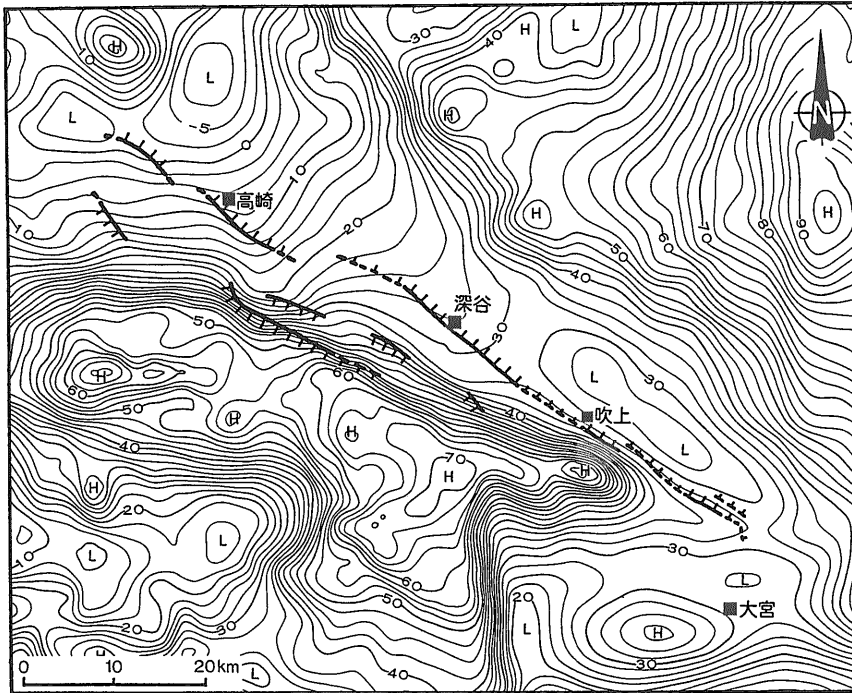
このような反射法地震探査の結果から、深谷断層の北西延長は、少なくとも高崎市街地南方にまで達していると判断される。

3. 深谷断層系の全体像

埼玉県下の深谷断層の北方延長については、埼玉県(1999)により、岡部町おんなぼりの女掘川付近(第4図の二つの[2 ●地点]のうち、西側の方)において、北東落ちの伏在撓曲構造が確認されている。

深谷断層の南方延長についても、笠原(1996)、山口ほか(1997, 1998)、井川ほか(1998)などによる反射法地震探査が行われている。これらの探査により、第4図の4~8の●地点で北東落ちの撓曲構造が確認されている。これらの5地点は $S55^\circ E$ 方向にほぼ直線状に配列しており、沖積低地下に伏在する北西-南東走向の撓曲構造の存在を示唆する。最も南の撓曲構造確認地点(第4図の8 ●地点)は、北鴻巣駅の南1-2kmの武蔵水路(笠原(1996)のKAN-95測線)沿いである。この地点は、50万分の1活構造図「東京」に示された綾瀬川断層の推定活断層線の北西端から、わずか2-3kmしか離れていない。

綾瀬川断層北部については、笠原(1995)及び



第5図
深谷断層系周辺の重力異常
(ブーゲー異常)。
駒澤ほか(1997)による。
仮定密度は 2.3 g/cm^3 ; コンタ
ー間隔は 2.5 mGal 。
並走活断層の名称は第4図を
参照。

1987; 長谷川, 1988; 駒澤・長谷川, 1988)。これらの研究では、中央構造線は関東山地の北東縁(平井断層沿い)から、比企丘陵の南側または北側を通過して、東南東方向に大宮台地の地下に達すると考えられている。

(2) 深谷断層系及び並走断層群周辺の重力異常の特徴

萩原ほか(1987)及び駒澤ほか(1997)のデータによると、深谷断層系の地表での位置は、吹上町付近以東の南東部を除いて、関東山地の北東縁に沿う重力異常の急勾配部より、関東平野側へずれている(第5図)。これは、深谷断層系の地表における通過位置の直下では、南東部を除いて、基盤深度に大きな変化がないことを示している。一方、平井、櫛挽、神川、江南の各断層は、重力異常の急勾配部に位置しており、基盤構造とは逆に南西落ちの上下変位成分を有する。

(3) 反射法地震探査結果と重力異常データの統一的理解

このような、活断層の存在や上下変位センスと重力異常との一見矛盾する関係は、最近の反射法地

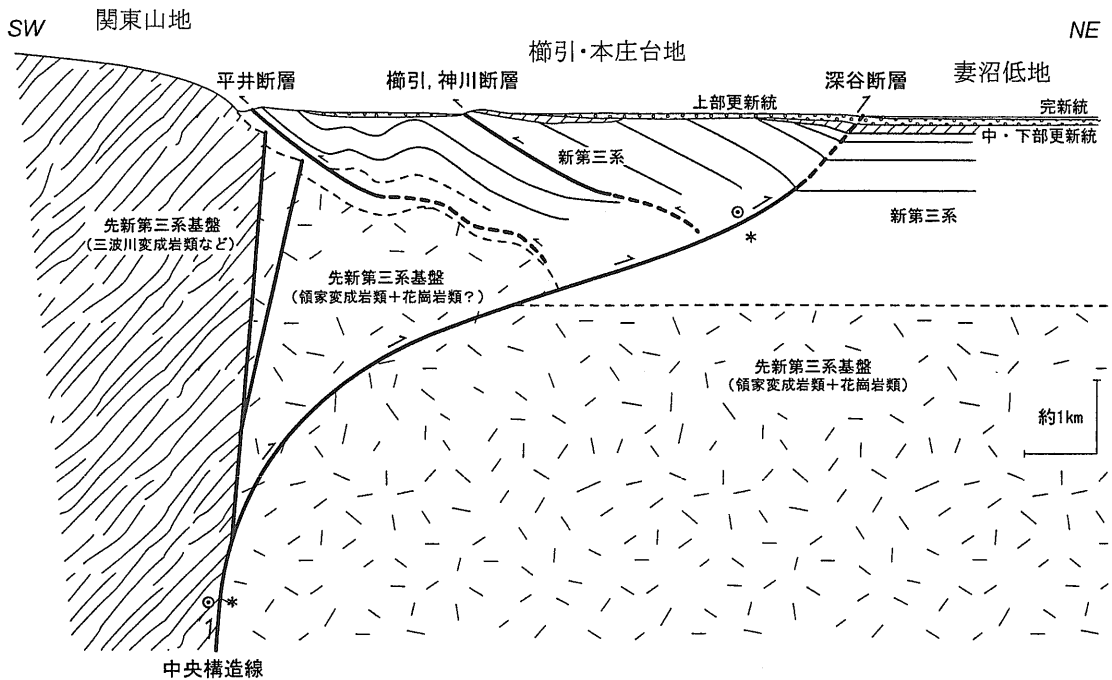
震探査の結果(山口ほか, 1996, 1999など)によると、次のように解釈することができる。

山口ほか(1999)の解析結果によると、深谷断層は深度約1-2kmでは、 20° 程度南西に緩く傾斜する断層面をもち、新第三系中を通過すると考えられる。このような断層の性状は、深谷断層の地表における通過位置付近では、重力異常に大きな変化が認められないことと整合する。

また、山口ほか(1996, 1999)の探査結果によると、櫛挽断層や江南断層は、その周辺に分布する新第三系の地質構造と調和的に、北東に緩く傾斜する断層面をもつと考えられる。このような断層の性状は、櫛挽断層などが新第三系中の層面すべりの低角スラストであることを示唆し、活断層の南西落ちの上下変位と基盤の北東落ちの構造とは特に矛盾しない。

(4) 深谷断層系=東日本の中央構造線活断層系モデル

以上に述べた重力異常データ及び反射法地震探査結果から想定される深谷断層系の模式断面(深谷~本庄付近を南西-北東に横断する断面)を第6図に示す。この図は山口ほか(投稿中)による深谷



第6図 深谷断層系を横断する模式断面図。深谷～本庄付近を南西-北東に横断する模式断面。山口ほか(投稿中)のモデルに基づき、地層境界の加筆など、一部修正を加えた。上部更新統と完新統の厚さは、実際よりも誇張してある。◎と*のペアは左横ずれを示す。

断層-江南断層-奈良梨断層の模式断面に基づき、これを一部改変すると共に、重力データと矛盾しないように地層の境界や構造を加筆したものである。

このモデルでは、深谷断層(系)の深部は再び高角化して中央構造線の深部に連続する。また、櫛挽断層、江南断層、平井断層などは、深谷断層(系)のバックスラストと位置づけられる。このモデルに拠れば、長さ約80kmの深谷断層系と櫛挽断層、平井断層などの並走活断層群は、東日本の中央構造線活断層系と見なすことができる。

5. 今後の課題

深谷断層系は、上述のように、烏川流域～吹上町南部間で約65km、綾瀬川断層北部を含めると約80kmに達すると考えられ、首都圏陸域では最も長大な活断層となる。その分布位置と規模から、現在、地質調査所と埼玉県によって進められている活断層調査の進展が強く望まれる。

本断層系近傍では、平安時代初期の818年(弘

仁9年)に大地震が発生した記録が残されており、この地震と同時代と考えられる噴砂・地割れなどの地震跡が多数発掘されている(埋文関係救援連絡会議・埋蔵文化財研究会, 1996; 堀口, 1997など)。したがって、活断層調査では、深谷断層系とこの古代の地震との関連の解明が最重要の課題である。これとあわせて、左雁行配列する4つまたはこれ以上と推定される幾何学セグメントのそれぞれについて、平均変位速度、1回の変位量、活動間隔などのデータを取得することが望まれる。

地質調査所では、反射法地震探査を実施した高崎市南方の幾何学セグメントにおいて、今年度さらにボーリング調査と掘削調査を行う予定である。

このような主として地表～浅層部の活断層調査に加えて、本断層系の震源過程の解明や断層活動により生じる強震動の予測に資するため、深谷断層系及び関東平野の深部構造の探査を進めることが望まれる。本稿では、深谷断層系が地下深部において中央構造線に連続する構造モデルを提示したが、2km以上の深さの地下構造データは極めて不十分であり、提示した構造は推測の域を出ない。

地質調査所では、反射法地震探査及び重力データに基づく基盤構造の探査手法の高度化を図り、深谷断層系や関東平野の深部構造の解明に挑戦したいと考えている。

文 献

- Abe, K. (1974): Seismic displacement and ground motion near a fault: the Saitama earthquake of September 21, 1931. *Jour. Geophys. Res.*, vol.79, p.4393-4399.
- 遠藤秀典・杉山雄一・渡辺史郎・牧野雅彦・長谷川功(1997): 浅層反射法弾性波探査による関東平野中央部の地下地質構造. *地球科学*, vol.51, p.15-28.
- 萩原幸男・村田一郎・田島広一・長沢 工・井筒屋貞勝・大久保修平(1986): 活断層の重力調査(1) - 1931年西埼玉地震の震源断層の検出 -. *地震研究所集報*, vol.61, p.563-586.
- 萩原幸男・長沢 工・井筒屋貞勝・小竹美子・大久保修平(1987): 活断層の重力調査(2) - 関東山地北東縁における断層群の検出 -. *地震研究所集報*, vol.62, p.311-327.
- 長谷川 功(1988): 地震探査から見た関東平野の基盤構造. *地質学論集*, no.31, p.41-56.
- 堀口萬吉(1997): 利根川中流低地の変動と古代地震. *地球科学*, vol.51, p.40-50.
- 井川 猛・川中 卓・小澤岳史・伊藤谷生・笠原敬司・佐藤比呂志(1998): 関東平野北西部の反射法地震探査による地下構造. *地球惑星科学関連学会1998年合同大会予稿集*, p.370.
- 稲崎富士・神保 悟・長沢政和・阿部昌彦・池田研一・杉本芳博(1988): 熊谷市西方における反射法探査. *物理探査学会第78回学術講演会論文集*, p.110-113.
- 貝塚爽平・松田時彦・町田 洋・松田磐余・菊地隆男・丸田英明・山崎晴雄・村田明美(1977): 首都圏の活構造. *東京直下地震に関する調査研究(その4)*, 東京都防災会議, p.165-220.
- 笠原敬司(1995): バイプロサイス反射法調査. *科学技術振興調整費「首都圏直下の地震の予知手法の高度化に関する総合研究(第I期)成果報告書」*, p.60-71.
- 笠原敬司(1996): バイプロサイス反射法調査. *科学技術振興調整費「首都圏直下の地震の予知手法の高度化に関する総合研究(第II期)成果報告書」*, p.66-78.
- 活断層研究会編(1980): 日本の活断層 - 分布図と資料. *東京大学出版会*, pp.363.
- 活断層研究会編(1991): [新編]日本の活断層 - 分布図と資料. *東京大学出版会*, pp.437.
- 駒澤正夫(1985): 関東地域重力図(ブーゲー異常図). *特殊地質図*, no.24, 地質調査所.
- 駒澤正夫・長谷川 功(1988): 関東地方の重力基盤に見える断裂構造. *地質学論集*, no.31, p.57-74.
- 駒澤正夫・村田泰章・高倉伸一・二宮芳樹・丹治耕吉(1994): 関東山地北部における重力異常について. *地調報告*, no.280 (西南日本における重力データ解析および画像化表現法の研究), p.37-62.
- 駒澤正夫・広島俊男・長谷川 功・村田泰章・杉山雄一(1997): 重力構造図. 50万分の1活構造図「東京」(第2版)その3, 地質調査所.
- 埋文関係救援連絡会議・埋蔵文化財研究会(1996): 発掘された地震痕跡 - 埼玉県及び群馬県 -. *埋文関係救援連絡会議・埋蔵文化財研究会*, p.155-201.
- 松田博幸・羽田野誠一・星埜由尚(1977): 関東平野とその周辺の活断層と主要な構造性線状地形について. *地学雑誌*, vol.86, p.92-109.
- 松田時彦(1974): 関東山地北西縁活断層調査概報. *東京直下型地震に関する調査(その1)*, 東京都防災会議, p.59-61.
- 松田時彦・山崎晴雄・金子史朗(1975): 西関東の活断層. *東京直下地震に関する調査(その2)*, 東京都防災会議, p.75-108.
- 埼玉県(1996): 平成7年度地震調査研究交付金 綾瀬川断層に関する調査 成果報告書. 埼玉県, pp.200.
- 埼玉県(1999): 平成10年度地震関係基礎調査交付金 関東平野北西縁断層帯(深谷断層)に関する調査 成果報告書. 埼玉県, pp.83.
- 清水康守・堀口万吉(1981): 大宮台地北東部における元荒川構造帯(新称)について. *地質学論集*, no.20, p.95-102.
- Sugai, T. (1997): Quaternary movement of the Isobe fault, the northwestern margin of the Kanto Plain, central Japan. *Trans. Japan. Geomorphol. Union*, vol.18, p.131-137.
- 杉山雄一・須貝俊彦・井村隆介・水野清秀・遠藤秀典・下川浩一・山崎晴雄(1997): 50万分の1活構造図「東京」(第2版), 地質調査所.
- 多田 堯(1983): 関東平野の基盤構造と重力異常(2) - 活断層の地球物理学的研究 -. *地震2*, vol.36, p.359-372.
- 高木秀雄・長濱裕幸(1987): 関東山地北東縁部比企丘陵の領家帯. *地質学雑誌*, vol.93, p.201-215.
- 矢島敏彦・吉田 尚・鈴木尉元・楡井 久(1986): 関東平野の先新第三系基盤. *日本の地質3 関東地方*, 共立出版, p.76-78.
- 山口和雄・加野直巳・横田俊之・横倉隆伸・木口 努(1996): 反射法地震探査で見た埼玉県柳地地域の地下構造. *地震2*, vol.49, p.327-335.
- 山口和雄・加野直巳・横倉隆伸・木口 努・横田俊之・田中明子・佐藤比呂志(1997): 関東地方北西部の活断層と中央構造線. *地震学会1997年度秋季大会講演予稿集*, p.115.
- 山口和雄・横倉隆伸・加野直巳・木口 努・中島善人・大滝壽樹・佐藤比呂志(1998): 埼玉県吉見丘陵付近の反射法探査. *地震学会1998年度秋季大会講演予稿集*, A49.
- 山口和雄・加野直巳・横倉隆伸・木口 努・横田俊之・田中明子・中島善人・大滝壽樹(1999): 反射断面で見た深谷断層周辺の地下構造. *地質調査所速報*, no.EQ/99/3 (平成10年度活断層・古地震研究調査概要報告書), p.47-58.
- 山口和雄・加野直巳・横倉隆伸・木口 努・横田俊之・田中明子・佐藤比呂志(投稿中): 関東北西部の活断層と中央構造線 - 埼玉県江南台地～妻沼低地における反射法地震探査結果 -. *地震2* (投稿中).
- Yamazaki, H. (1984): On the Relationships between active faults and basin-forming movement. *Gogr. Rep. Tokyo Metropolitan Univ.*, no.19, p.67-78.

SUGIYAMA Yuichi, SUGAI Toshihiko, MIZUNO Kiyohide, YAMAZAKI Haruo, FUSEJIMA Yuichiro, ENDO Hidenori, YAMAGUCHI Kazuo, ITO Hisao and YOKOTA Hiroshi (2000): Seismic reflection survey of the Fukaya fault in Gunma Prefecture and tectonic model of the Fukaya fault system as the MTL active fault system in east Japan.

< 受付: 1999年10月1日 >