

第268回地質調査所研究発表会講演要旨*

特集 首都圏における MTL 活断層系をめぐる調査の現状と 今後の強振動予測への展望

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

深谷断層とその東西両側の延長部では、最近の5年間に10測線を超す反射法地震探査が実施されている。講演者らの研究グループも、11年度に群馬県高崎市内で2測線、さらにその西方の同県榛名町内で1測線の反射法地震探査を行い、深谷断層の西方延長が高崎市を通過して、榛名山南麓にまで達していることを確認した。これまでに行われた各種の調・探査結果を総合すると、榛名山南麓から埼玉県伊奈町付近にかけて、左雁行配列する4条またはこれ以上の断層線からなる深谷断層系が存在すると思われる。この断層系は北西-南東走向で全長が約80kmあり、南西側隆起を示す。平均鉛直変位速度は最大で0.4m/kyに達する。深谷断層系の南西側には、いずれも北東側隆起を示す磯部断層、平井断層、神川断層、榑挽断層及び江南断層が対をなすようにして断続的に分布する。深谷断層から榑挽断層などの北東側隆起を示す断層までを横断した反射法地震探査結果（例えば山口和雄ほか、1999）によると、北東側隆起の断層は東に傾斜した断層面を持ち、深谷断層系のバックスラストと解釈される。更に、駒澤正夫ほか（1997）の重力異常データや既存の地質学的データを総合すると、長さ約80kmの深谷断層系と榑挽断層、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と思われる。今後、このような考え方の妥当性を検証するため、さらに詳細な研究を進めて行きたいと考えている。

(¹地震地質部)

Keywords: Fukaya fault, Median Tectonic Line, Active fault, Reflection seismic survey

平成10・11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
調査の成果報告

小沢きよみ¹

関東平野北西縁断層帯は、群馬県南部と埼玉県北部にまたがる断層帯である。この中で最も新しい活動が明瞭な活断層である深谷断層は、埼玉県北部の深谷市や岡部町などを北西-南東方向に横切っている活断層である。走向はN55W、南西側隆起で、長さ10km、確実度I、活動度B、平均変位速度は0.23~0.275m/1000年と推定されている。（松田他：1975）深谷断層の熊谷市三ヶ尻以東は、沖積層に覆われて地表における位置が不明瞭である。また、岡部町以西は、利根川の影響を強く受けており、地表面では断層の存在を確認することができない。

深谷断層の活動履歴、最新活動時期を把握するため、科学技術庁の交付金制度（地震関係基礎調査交付金）を活用し、埼玉県地域活断層調査委員会の助言を得て、地形・地質調査、物理探査（P波反射法弾性波探査・S波反射法地震探査）、ボーリング調査（基準ボーリング・群列ボーリング）を実施した。それらによると、地表では断層地形が確認できない本庄市小山川流域においても、地下構造としては深谷断層が延びていることが確認された。また、最近の調査結果（山口ほか（1997, 1998）、井川ほか（1998）及び稲崎ほか（1988））により、南東方向もより長く延びていることが確認され、深谷断層は本庄市～熊谷市にかけて約20kmの区間で確認された。また、地形面の鉛直変位量その他、ボーリング調査などの結果に基づいて算出した平均変位速度値は、おおむね0.33~0.45m/1000yとなり、これまで推定されていた数値を上回る。本調査では、深谷断層の最新活動年代の特定及び818年に起こった関東諸国地震との関連について確証を得ることができなかった。本調査の調査地域を含む北関東地域は地下の地質情報が乏しいため、より多くの地点における情報の集積が必要であると思われる。今後とも、深谷断層の活動性の解明を目指し、研究機関等との連携を図って参りたい。

(¹埼玉県環境生活部消防防災課)

Keywords: Fukatya fault, active fault survey, Average slip rate

* 平成12年3月24日 本所(つくば市)において開催

関東平野北西部の活断層と地下構造について

山口和雄¹

埼玉県北部の平野部では深谷断層、櫛挽断層、江南断層等の活断層が地形面の変位に基づいて認められている。深谷断層の撓曲崖を横切る反射断面では、地下深度数10mから深度1000m以深までの深谷断層による堆積層の変形は、大きく見れば地層の傾斜変化、より詳細に見ると地層の上下ずれとして捉えられている。撓曲崖の地下における地層の変形と同様の地層の変形が、撓曲崖端の南東方へ約1kmの地点、約3kmの熊谷大橋、約14kmの吉見丘陵の北方付近を通る各反射断面で認められる。地層の傾斜変化の位置は撓曲崖の南東延長に直線的に並び、地層の変形が一連の構造であることを示唆する。撓曲崖の南東方の地表で断層変位は認められないが、浅部の反射面の変形状態から、深谷断層が撓曲崖端より南東方へ少なくとも約1kmの区間では地下に活断層として伏在することは確実である。深谷断層はさらに吉見丘陵北方まで延びる可能性が考えられ、今後、伏在部分の活動度の確認が必要である。

反射断面に基づいて、深谷断層と江南断層の関係を次のように推定した。深谷断層は断層面が南西に傾いたりストリックな主断層である。江南断層はこれに伴う副次的な断層に相当する。この副次的な断層は北東傾斜であり、その断層面は北東傾斜の反射面沿いあるいは反射面の途切れるところを通る。このような相反する傾斜の断層面で囲まれたブロックは、東西ないし北東-南西を主軸とする圧縮応力により持ち上げられている。深谷断層と江南断層の地表における上下変位はそれぞれ南西側隆起および北東側隆起であり、上記のブロックと応力状態を想定した場合の変位と一致する。(¹地殻物理部)

Keywords: Fukaya fault, Konan fault, Reflection seismic survey, Reflection seismic section

埼玉県比企丘陵・中央構造線における
深部地下構造探査—バイプロサイズ反射法・屈折法
組み合わせ探査の試み—

井川 猛¹ 川中 卓¹ 小沢岳史¹

西南日本の地質構造を特徴付ける中央構造線周辺の、深部反射法による調査は、和歌山県西部根来断層付近における吉川他による調査(1992, 地質学論集)以来、別府湾周辺(湯佐他, 1992, 地震), 四国徳島県脇町-香川県三木町(伊藤谷生他, 1996, 地質学雑誌, Tectonophysics), 大阪阪南市-和歌山市伊太祈曾(笠原他, 1998, 合同学会

予稿集), 友が島水道(横倉他, 1998, 地質調査所月報), 四国大川町(大西他, 1999, 地震学会予稿)などで試みられている。これらの結果から共通して言えることは、地表地質調査によって定義されてきたいわゆる狭義の中央構造線は、北側に緩やかに傾斜する三波川変成岩の傾斜がやや急になるあたりに発達しているということである。またこの狭義の中央構造線の地下延長部についても一部を除いて北傾斜の低角の逆断層として現れるという特徴がある。現在の狭義の中央構造線の特徴は地表では右横ずれで特徴付けられているが、本質的には付加帯の北側への低角押し込みという運動に支配されていると考えられる。この中央構造線の地表での特徴は、関東平野の北西部、比企丘陵まで追跡できるが、その地下構造については最近になって、笠原他(1993, 1995, 1997, 地震学会予稿集), 山口他(1997, 地震学会予稿集)等によって報告されている。筆者らは、この付近のさらに詳細な構造を把握するために、バイプロサイズによる反射法と同時に、反射法の受振器展開を利用した高密度の屈折法を組み合わせた調査を試みた(井川他, 1998, 地震学会予稿集)。測線は比企郡嵐山町の三波川変成岩類の露頭の見られる玉川村との境界から北に向かい、荒川を横切り熊谷市新島までの16kmを設定した。反射法としては、受振点間隔25m, 240チャンネルで、24ビット A/D 変換による GDAPS4 を使用した。震源は、大型バイブレータ最大4台を使用し、標準発振間隔を100mとした。また、屈折法については、反射法で用いた全受振点(636チャンネル)を用いて、測線の外側でも発振点を設け、最大21.6kmのオフセットのデータを取得し基盤の速度の検出をこころみた。この調査の結果、嵐山町南端で見られる三波川変成岩の上部はやはり北に向かって緩やかに傾斜し、荒川付近では2500m程度の深度となり、その上部には、比企丘陵に分布する第三紀中新世の堆積層が褶曲を受けて存在することがわかった。しかし、荒川の北岸あたりで大きな断層(深谷断層の延長か?)が存在し、北側への三波川層の追跡は困難となることがわかった。この北側は、大低重力異常の領域が存在することもあり、今回の結果と整合しているが、断層付近の詳細の解明については、今後更なる検討が必要であろう。(¹地球科学総合研究所)

Keywords: Median Tectonic Line, Reflection seismic survey, Refraction seismic survey, Subsurface structure of the Kanto Plain

重力からみた平野部の基盤構造

駒澤正夫¹

深谷周辺の断層系の検出をねらった測点間隔200m程度の精密重力測定を実施した。測点間隔を小さく取れたの

で水平微分や鉛直微分の計算も充分精度をもつものが得られた。微分解析からは、楕引断層、平井断層、今市-菅谷断層については密度の不連続が明瞭になった。一方、深谷断層については微分量の変化が小さく明瞭ではないが、不連続性が検出され、その伸びが南東方向に見られ比企丘陵の北東縁部に達する。この連続性は従来の地質地質調査データからは想定されてはいないものである。また、福井地震に関連する断層構造の検出のため予備的な精密重力調査を実施した。結果として測点が充分でないため平野部に明瞭な断層構造を検出するに至っていないが、基盤の深さは数100m程度と推定され浅いことが判った。従来より断層調査に重力探査は有効に活用されてきたが、断層の構造や位置の把握にとどまってきたのが現状であり、3次元的な基盤構造が得られているケースも多くない。今後は、3次元的な密度構造の精度を高め、重力構造と震度の関係、マイクロゾーニングとの相関などを検証して行きたい。(¹地核物理部)

Keywords: Gravity survey, Gravity structure, Fukaya fault, Fukui plain

地下構造と強震動シミュレーション

久田嘉章¹

堆積盆地におけるやや長周期の地震動特性を中心に、地下構造と強震動シミュレーションに関する既往の研究および最近の研究成果を紹介した。まず、1968年十勝沖地震における八戸港湾における強震記録から始まり、関東平野や大阪平野などでのアレー観測などで明らかになってきた一連のやや長周期地震動(Long-Period Strong Motion Seismology)に関する研究の歴史を紹介した。その結果、深い地盤構造と堆積層表面波、およびエッジ効果の重要性が認識されてきた経緯を説明した。一方、数値解析手法に関して、理論手法、波線法、境界法、領域法、ハイブリッド法など各手法と計算例を紹介し、その長所・短所を議論した。さらに最近の研究成果として、スーパーコンピュータを用いた3次元有限要素法による兵庫県南部地震の神戸地域における地震動シミュレーションの例を紹介し、地下構造と強震動シミュレーションに関する現状を説明した。最後にまとめとして、以下の結論を得た。

- ・現在ではスーパーコンピュータを代表とする数値解析手法の発展により、大規模、複雑、かつ現実的な3次元地盤構造を対象とした数値解析が可能になっている。
- ・しかしながら、多くの堆積盆地では詳細な地盤構造データが不足しており、試行錯誤的に地盤構造を作成し、精度を向上させなければならないのが現状である。
- ・基盤構造に関しては、盆地端部の形状が盆地内での強

震動性状に大きな影響を与えることが観測・解析の両面から明らかになった。

・一方、堆積盆地地盤における強震動特性の把握には、基盤構造だけでなく、浅い堆積地盤構造をも含む3次元的な地盤情報が必要である。(¹工学院大学建築学科)
Keywords: Subsurface structure, Strong motion simulation, 1968 Tokachi-Oki Earthquake, 1995 Southern Hyogo Prefecture Earthquake, Surface wave due to sedimentary layer, Edge effect

関東平野の基盤構造と強震動の伝播

額綱一起¹

1998年5月3日の伊豆半島東方沖地震(M5.7)は、阪神・淡路大震災以降、各機関により大幅に整備された強震計ネットワーク、震度計ネットワークの非常に多数の観測点で観測された。これらの記録を用いることにより、表面波が関東平野をいかに伝播するかを明らかにすることができる。南方の地震では周期8秒前後のラブ波が関東平野で発達することが多いが、今回も東京湾岸の平野中央部では震央よりこのラブ波が速度1 km/s前後で伝播してくるのが見えるだけでなく、平野西側の関東山地でも速度3 km/s以上で伝播しているのが見える。これら震央から直接伝播してくる波面に加えて、平野内部では関東山地の境界から斜めに伝播する波面が見えており、特に西部地域ではこの波面が主要な長周期強震動を形成している。この波面は、先のふたつの直達波面が両者の伝播速度の違いにより断裂するのに伴い、この不連続を補うために実体波におけるhead waveのような屈折表面波が生成されることによる。以上の現象を、既存の3次元速度構造に対してラブ波の波線追跡を行うことにより確認するとともに、関東山地の基盤速度など既存の速度構造の問題点が明らかになった。(¹東京大学地震研究所)
Keywords: The Kanto Plain, Strong motion record, surface wave, ray tracing

P-S変換波を利用したS波探査の優位性について

加野直巳¹ 横倉隆伸¹

防災のため地震による強震動予測を行う基礎資料として基盤までの深部3次元構造が、とくにS波速度構造が重要であることがわかってきた。我々は多少のノイズには強いと思われるP-S変換波を利用した反射法によりS波速度構造を求めることを目標に研究をはじめた。まずモデリングにより適切なオフセット等の検討を行った後、

基礎実験を茨城県伊奈町で行った。測線は牛久沼の西の沖積平野の水田地帯の未舗装の農道である。水路を挟んだ南側は舗装道路で、P波震源の発震のみ行った。PS変換波のデータだけでなくS波(トランスバース、ラディアルの両方)のデータも取得し、比較検討することを目的とした。P波震源だけは発震点を多くし、大きなオフセットが取れるようにした。最大オフセット距離はP波震源の実験で1,575m、S波震源の実験で1,065mである。P波反射法結果ではほぼ水平な堆積層の下に凹構造をした基盤が認められる。SH波反射法結果では浅部の構造はよくイメージできているようであるが、基盤の反射波ははっきりしていない。P-S変換波反射法結果では浅部の構造はP波の反射波がノイズとなっているため、余り良くないが、基盤の反射波はSH波反射法結果よりS/Nがよく、凹構造を捉えている。深部のイメージングにはS波を直接用いる反射法よりP-S変換波を用いた反射法の方

がよいことを示せたものと考え、今後はより深い構造、複雑な構造を対象に研究を進めていく予定である。今回の実験では地下構造がほぼ水平で、反射点のマッピングの誤差の影響は余り大きくなかったが、今後は複雑な地下構造での反射点のマッピングが課題である。

謝辞 データ取得に際しては、東京大学地震研究所所有の反射法地震探査装置の内震源車をお借りした。また土木研究所からは反射法データ収録装置一式をお借りした。ここに感謝の意を表する。(地殻物理部)

Keywords : S wave velocity, P-S converted wave, reflection seismic survey, Alluvial plain, Strong motion

(受理：2000年6月26日)