

十日町断層帯の活動履歴とセグメント区分

Faulting history and segmentation of the Tokamachi Fault Zone in Niigata Prefecture, Central Japan

*吾妻 崇¹、白濱 吉起¹、谷口 薫²、廣内 大助³、吉岡 敏和¹、郡谷 順英²、小俣 雅志²

*Takashi AZUMA¹, Yoshiki Shirahama¹, Kaoru Taniguchi², Daisuke Hirouchi³, Toshikazu Yoshioka¹, Yorihide Koriya², Masashi Omata²

1.国立研究開発法人産業技術総合研究所、2.株式会社パスコ、3.国立大学法人信州大学

1.National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2.PASCO CORPORATION, 3.Shinshu University

新潟県南部の信濃川沿いに位置する十日町盆地には、盆地の東西両縁にそれぞれ丘陵側を隆起させる活断層が分布する。地震調査委員会(2005)は、これらの活断層を併せて「十日町断層帯」とし、さらにそれらを東部と西部の2つの区間に区分した。十日町断層帯(西部)は、十日町盆地内では信濃川左岸の盆地西縁に沿って分布しているが、その南延長については信濃川右岸に分布する津南断層および宮野原断層に連続するとされている。地震調査委員会の長期評価(地震調査委員会, 2010)においては、既往研究成果および委託調査結果に基づき、盆地の両側において活動履歴が求められているが、津南断層および宮野原断層については不明のままである。本発表では、津南断層および宮野原断層において実施した活動履歴調査の結果について報告するとともに、これらの活断層と十日町盆地西縁に位置する活断層の活動履歴を比較し、活動履歴および地質構造に基づく十日町断層帯のセグメント区分について検討する。また、十日町断層帯(東部)の活動履歴に関する追加情報を得るための調査を併せて実施したので、その結果について報告する。なお、今回実施した調査は、2015年度に文部科学省から受託した活断層の補完調査として実施した。

津南断層については、十日町市干溝地区の大割野I面(最終氷期末~完新世初頭に形成)上において調査を行った。津南断層はこの段丘面を北東-南西方向に横切って分布し、段丘面に北西側隆起の変位を与えている。断層崖の比高は2~5 mであるが、断層を挟んだ両側の地形面の形成時期を確認するために、断層崖を横切る2測線において群列ボーリング調査(北測線3孔、南測線4孔)とピット調査(北測線1孔)を実施した。

宮野原断層については、津南町亀岡地区において調査を実施した。同地区は貝坂面(約5万年前)相当の段丘面上に位置しており、宮野原断層はこの段丘面を東西方向に横切って段丘面に北側隆起約5 mの変位を与えている。今回の調査では、平均変位速度を明らかにするため、この断層崖を横切る測線において、群列ボーリング調査(5孔)を実施した。

これらの調査のほか、十日町断層帯東部について太田島地区と馬場地区においてトレンチ掘削調査を実施した。太田島地区では、大割野I面に対比されている段丘面を切る東側隆起の低崖の基部を掘削した。トレンチ壁面では段丘礫層およびそれを覆う砂層の分布高度が崖付近で変化することが確認された。このトレンチ調査の詳細については、谷口ほか(本大会で発表)を参照されたい。馬場地区では、太田ほか(2010)が掘削した馬場南トレンチの北方延長の林地内に存在する低崖を横切るようにトレンチを掘削したが、トレンチ壁面に断層は認められず、この低崖は浸食崖であることが確認された。

今回の調査で得られた地質試料の年代測定および火山灰分析を実施中であり、発表時にはその結果に基づいた十日町断層帯の活動履歴に関する調査結果を報告する。また、今回の調査結果を含めて十日町断層帯の活動履歴を検討するとともに、現地調査および文献調査によって得られた十日町盆地周辺の地質構造と合わせて同断層帯のセグメント区分について検討する。

キーワード：活断層、十日町断層帯、断層活動履歴、断層セグメント区分、トレンチ調査、新潟県

Keywords: active fault, Tokamachi Fault Zone, faulting history, segmentation of fault, trenching survey, Niigata Prefecture

房総半島南部千倉低地におけるボーリングコアを用いた海岸段丘の離水年代推定と関東地震の履歴への制約

Dating of marine terraces based on arrayed boring cores in Chikura Lowland, Southern Boso Peninsula, and restriction of history of Kanto earthquakes

*小森 純希¹、宍倉 正展²、安藤 亮輔¹

*Junki Komori¹, Masanobu Shishikura², Ryosuke Ando¹

1.東京大学大学院理学系研究科、2.産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門

1.Graduate School of Science, University of Tokyo, 2.National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, GSJ

関東地方南部相模トラフ沿いでは、過去にM8.2の元禄関東地震(1703年)とM7.9の大正関東地震(1923年)が発生したことが知られている。将来的なプレート境界型巨大地震の予測可能性を高めるために、古地震学的調査から地震発生履歴を推定することは重要である。房総半島南部などでは、地震性地殻変動によって形成された海岸段丘の年代から過去の地震の発生間隔が推定されてきた。従来、海岸段丘からは、元禄地震規模の巨大地震はおよそ2,000~2,700年の間隔で繰返されてきたと見積もられていた(中田ほか, 1980)が、近年、従来の解釈とは反する段丘年代の調査結果が出され(宇野ほか, 2007, Shishikura, 2014)たり、再来間隔に比して小さくない固着率が測地的に推定される(Sagiya, 2004)など、相模トラフの地震発生履歴について再評価の必要性が生じている。本研究では、産業技術総合研究所による複合地質災害リスク評価研究の一環として、房総半島南端部東岸に位置する千倉低地で新たに得られた群列ボーリングコアサンプルを用いて、離水段丘の形成年代を高精度に推定することを試みた。

本研究で解析するボーリングコアサンプル(宍倉ほか, 2014)は、二つの測線に沿って、従来認定されている4つの段丘面(沼I~IV面; 中田ほか, 1980)で採取された。今回、コアサンプルから層序を記載した上で地質断面を作成し、さらにコアに含まれる貝化石を採取し、¹⁴C年代測定を行った。貝化石は、リワークの効果を排するために保存性がよいものを選別し、層相や貝の生息環境から、離水年代に比較的近い年代を示すと思われる試料を測定に用いた。年代測定には、東京大学大気海洋研究所が所有する加速器質量分析装置(AMS)を使用し、測定誤差は ± 30 年程度となる高精度測定が実現した。

¹⁴C年代測定の結果、千倉の各段丘面の隆起年代は上位より、沼I相当面は6,300-6,400年前、沼II相当面は約3,000年前以降、沼III相当面は約2,200年前以降と、いずれも従来の値(沼I=約7,200年前、沼II=約5,000年前、沼III=約3,000年前)よりも新しい年代を示した。なお、今回新たに本地域での海洋リザーバー効果 ΔR の評価も行ったところ、 60 ± 31 年との値を得ている。

本研究の調査の結果、千倉において従来は沼IIと解釈されていた段丘面は、房総半島の他地域における沼III面に年代がほぼ一致する。その場合、千倉における沼III相当面は他地域にこれと対応する大規模な段丘面が存在しないことになる。相模トラフで想定される震源断層モデルを用いて数値的に地表面の変動を検討したところ、房総半島南端部の東岸のみ隆起が卓越する変動分布は考えにくいことが分かった(詳細は、小森ほか, 2016, 本大会を参照)。また海岸の削剥強度の観点からも外洋に面する千倉にのみ段丘面が保存される可能性は低い。したがって、この測定年代の不一致の原因は房総半島の他地域での段丘面区分と離水年代推定の誤りおよびそれに伴う対比のずれに求められる可能性がある。今後、千倉以外の房総南端地域で同様の再調査を進め、海岸段丘の形成過程および年代を再評価していき、関東地震の発生履歴をより詳細に復元していく必要がある。

キーワード：関東地震、海成段丘、古地震

Keywords: Kanto earthquake, Marine terrace, paleo-seismology

16世紀後半の本州中部～九州東部の一連の内陸地震はアムールプレートの東進みが引き起こしたのか？

Did the east-ward migration of the Amur Plate cause the series of inland large earthquakes from central Honshu to eastern Kyushu during late 16th century ?

*小松原 琢¹

*Taku Komatsubara¹

1.国立研究開発法人産業技術総合研究所

1.Institute of Geology and Geoinformation, Advanced Industrial Science and Technology

16世紀末期には1586年天正地震と1596年慶長地震等の、連動型大規模内陸地震が日本弧の中西部で相次いで発生した。これらの地震の発生場所はTamaki and Honza (1985)やTaira(2001)に示されたアムールプレートの南東縁にあたる、中部地方の活断層群と四国～九州東部の中央構造線活断層系を起震断層としている。これらのうち中部地方の起震断層群(庄川断層帯・阿寺断層帯・養老-桑名-四日市断層帯)を、アムールプレートの運動方向(N80°E方向)に対して直交方向に投影すると、重なり合うことなく、かつほぼ隙間なく分布する。また、遠田(2011)は、天正地震において1断層の活動に伴って他の断層に与える静的クーロン応力の変化が小さいことを明らかにしている。以上の2点は、アムールプレートの東進運動が主要因となって慶長地震を含む16世紀末の一連の大規模内陸地震が引き起こされたとする解釈を支持すると考えることができる。このことは、小松原(2015)が考察したように本州中部がアムールプレート南東端部の幅広い変形帯となっており、そこではプレート境界地震に匹敵する総地震モーメントを放出する連動型の大規模地震が発生しうることを示唆するのではないだろうか。

引用文献

小松原琢(2015) 活断層の変位速度からみた日本弧のプレート配置-特にアムールプレート南東縁に関して-. 活断層研究, 43, 17-34.

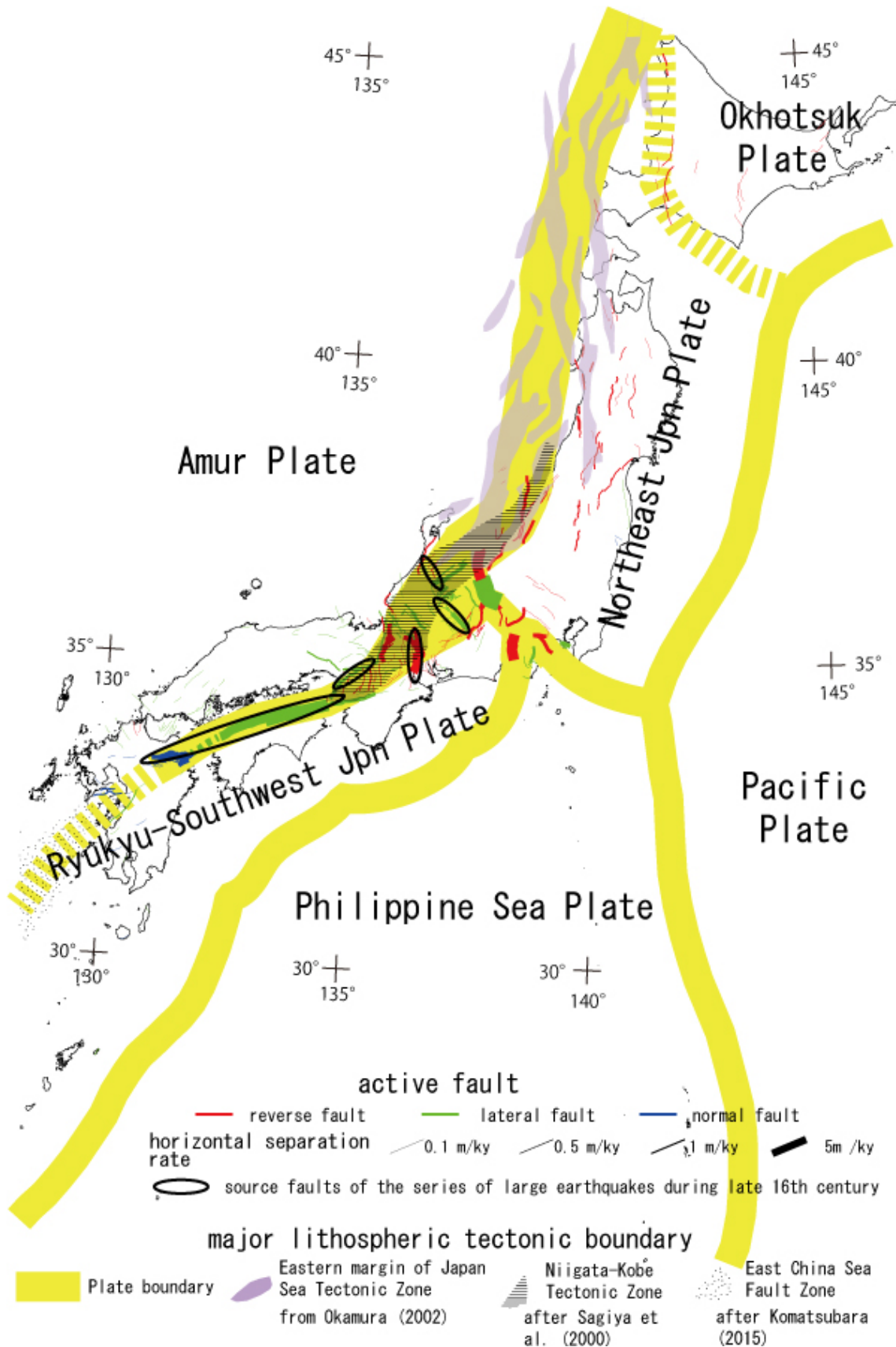
Taira, A. (2001) Tectonic evolution of the Japanese island arc system. *Annual Review, Earth Planet. Sci.*, 29, 109-134.

Tamaki, K. and Honza, E. (1985) Incipient subduction and obduction along the eastern margin of the Japan Sea. *Tectonophysics*, 119, 381-406.

遠田晋次 (2011) 中部地方の活断層の相互作用と連動・連鎖性の評価 -天正地震を例にして-. 活断層研究, 35, 41-50.

キーワード：歴史地震、大規模内陸地震、アムールプレート、衝突境界、中部本州

Keywords: historical earthquake, huge inland earthquake, Amur plate, collision boundary, central Honshu



松江地域周辺のレス堆積物を対象とした遊離酸化鉄分析による年代推定手法の検証

Application of Dating Method by Free Iron Oxides Analysis for loess sediments (Red-Brown soil Layer) of Matsue Area, Japan

*田中 雅章¹、清木 祥平¹、伊藤 友司¹、清水 雄一¹、田中 竹延²

*Tanaka Masaaki¹, Shohei Seiki¹, Yuji Ito¹, Yuichi Shimizu¹, Takenobu Tanaka²

1.中国電力株式会社、2.株式会社阪神コンサルタンツ

1.The Chugoku Electric Power Co., Inc., 2. Hanshin consultants Co., Ltd.

断層の活動性を評価するために、放射性炭素年代測定法の適用範囲を超える時代の堆積物の年代推定には主にテフクロクロノロジーを用いた手法が利用されているが、テフラが認識されない地域における断層活動性評価には堆積物の年代推定手法が大きな課題となっている。

テフラに代わる年代指標として、日本列島に普遍的に分布する土壤に着目し、遊離酸化鉄分析による年代推定が永塚（1973）により提案されている。また、佐々木（2011）は喜界島のレス堆積物を対象として遊離酸化鉄分析を行い、レスとされた風成堆積物は結晶化指数が0.5以上であれば赤色土（赤色土化には約12.5万年の時間を要する）としている。これらの年代推定手法の信頼性向上のためには、層序学的な検証事例を増やしていく必要がある。

本研究では、松江地域周辺に分布するレス堆積物を対象に、遊離酸化鉄分析による年代推定の検証を行った。松江地域周辺では、三瓶山起源の三瓶木次テフラ（SK、約10.5万年前）や大山起源の大山松江テフラ（DMP、約13万年前）が保存されている。そこで、段丘堆積物を覆う、DMPより下位のレス堆積物について、遊離酸化鉄の結晶化指数と活性度との関係を求めた。その結果、DMPより下位のレス堆積物は、概ね永塚（1973）による赤色土に分類され、赤色土化には約12.5万年の時間を要するとされる佐々木（2011）の知見と整合する結果となった。本手法は、テフラが認識されない地域における年代推定に有効であることが本研究においても確認された。

キーワード：遊離酸化鉄分析、結晶化指数、土壤年代、レス堆積物、赤色土、松江地域周辺

Keywords: Free iron oxides analysis, Crystallinity ratio, Soil age, Loess sediments, Red soil, Matsue area

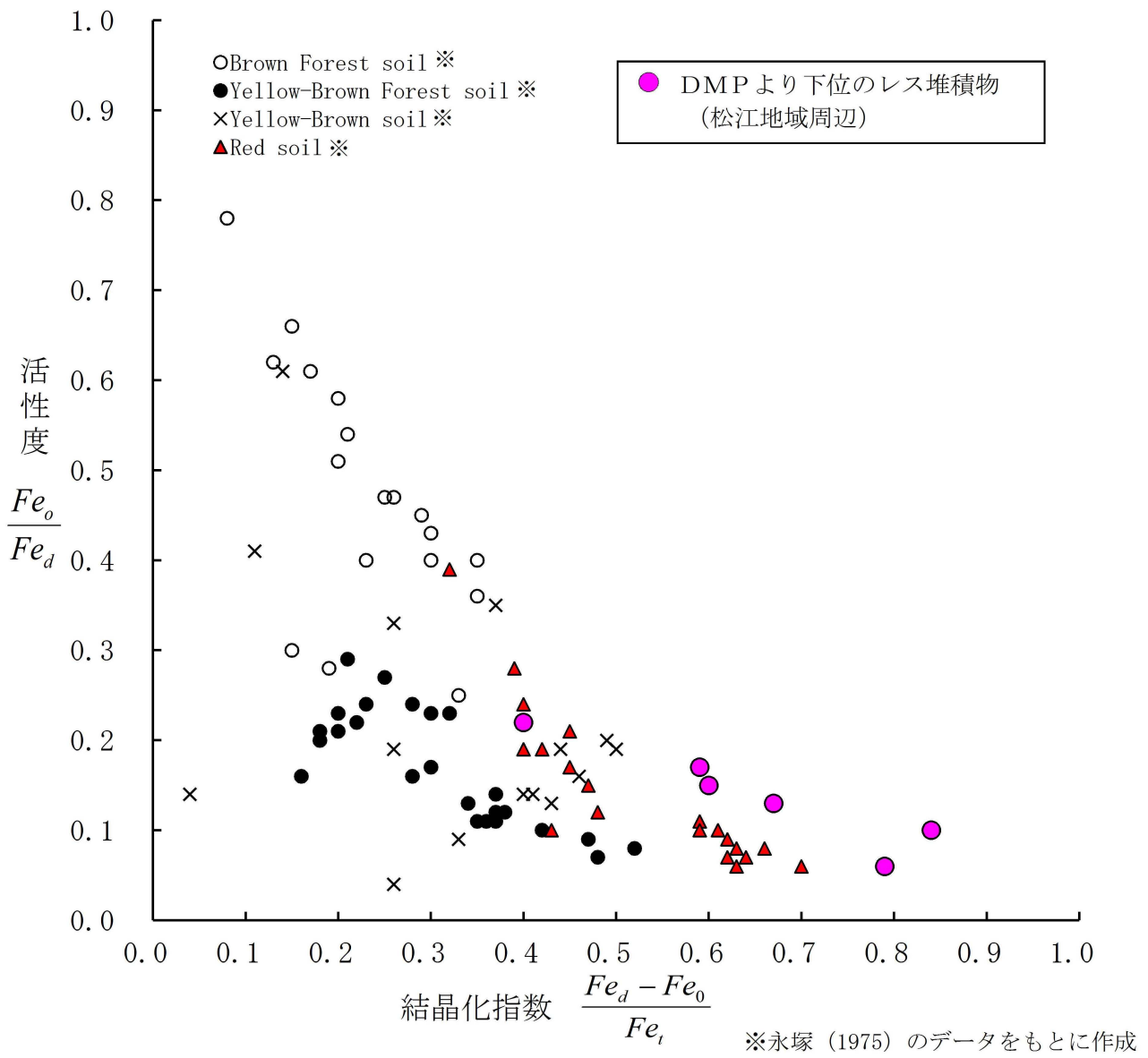


図 DMPより下位のレス堆積物における活性度－結晶化指数の関係

熊本県緑川断層帯の古地震調査

Paleoseismological study of the Midorikawa fault zone in Kyushu Island, Japan

*東郷 徹宏¹、吉岡 敏和¹、向井 理史²、松崎 達二²、堀川 滋雄²

*Tetsuhiro Togo¹, Toshikazu Yoshioka¹, Masashi MUKAI², Tatsuji Matsuzaki², Shigeo Horikawa²

1.産業技術総合研究所、2.サンコーコンサルタント

1.National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2.SUNCOH CONSULTANTS CO., Ltd

緑川断層帯は熊本県上益城郡山都町から下益城郡美里町付近にかけて東北東-西南西方向に分布する活断層である。本断層帯の一部は、九州山地北縁の明瞭な地質境界を構成しており、南側の西南日本外帯秩父帯のジュラ紀付加体と、北側の西南日本内帯に属する地質体との地質境界をなす臼杵-八代構造線の一部と一致するとされている(斎藤ほか, 2005, 2010)。すなわち緑川断層帯は、西南日本の地体構造上の重要な構造線の一部分である。

平成25年2月に地震調査研究推進本部地震調査委員会から公表された長期評価によると、緑川断層帯は右横ずれを伴う南側隆起の正断層であり、断層面は70-90°北側に傾斜している事が指摘されている。また、平均活動間隔については、右横ずれ成分が正断層成分に対して無視できるほど小さいと仮定した場合、34,000-68,000年と推定されている。しかしながら、これまでにトレンチやボーリングなどの手法を用いた現地調査が行われたことがなく、過去の活動時期についての情報は得られていなかった。そこで、産業技術総合研究所では、平成27年度の文部科学省の委託を受け、緑川断層帯について、断層活動性を明らかにするための調査を実施した。調査は、上益城郡山都町仮屋においてを行った。この地点は、緑川断層帯東部の鎌野断層(千田, 1980)に位置しており、グラベン(地溝)状の変位地形が明瞭に発達している場所である。また、トレンチの掘削に先立ち4孔のボーリングを実施した。ボーリングのコアはいずれも下位から順に、阿蘇4火砕流堆積物、風化火山灰層、腐植質シルト、オレンジ色の降下軽石層、ローム風化火山灰層、腐植質シルトの順に構成されている。オレンジ色の降下軽石層は阿蘇4火砕流堆積物の上位にあり、かつ直下にある腐植質砂質シルトを埋没させていることから、31kaの草千里ヶ浜軽石(宮縁ほか, 2003)と考えられる。

トレンチはグラベンの南端側の崖を横切るように、長さ16m、幅4m、深さ2.5mにわたって掘削を行った。トレンチ壁面には風化火山灰層と、草千里ヶ浜軽石、風化火山灰層、黒色土壌が露出した。また、トレンチ内において草千里ヶ浜軽石層を明瞭に変位させる北側に高角で傾斜する正断層が認められた。このことは、鎌野断層は草千里ヶ浜軽石以降にも活動をしていることを意味している。また低下側に、より上位の黒色土壌層まで変位させが認められることから、少なくとも複数回の活動があった可能性が示唆される。

当日は放射性炭素年代測定値なども含めて議論を行う予定である。

キーワード：緑川断層帯、活断層、古地震

Keywords: Midorikawa fault zone, active fault, paleoseismology

八代海海底断層群における活動履歴の解明-高分解能地層探査装置を用いたSeismic Trenchingへの試み-

Elucidation of activity history on Yatsushiro-sea submarine fault group-Challenge to the Seismic Trenching using high-resolution seismic survey-

*八木 雅俊¹、坂本 泉¹、田中 博通¹、横山 由香¹、アイダン オメル²、藤巻 三樹雄³、根元 謙次¹、阿部 信太郎⁴

*Masatoshi Yagi¹, Izumi Sakamoto¹, Hiromichi Tanaka¹, Yuka Yokoyama¹, Omer Aydan², Mikio Fujimaki³, Kenji Nemoto¹, Shintaro Abe⁴

1.東海大学、2.琉球大学、3.沿岸海洋調査株式会社、4.産業技術総合研究所

1.Tokai University, 2.Ryukyu University, 3.Coastal Ocean Research Co. LTD, 4.AIST

[研究背景]

海域は陸域と異なり堆積の場であることから、断層運動の履歴が地層の変形として連続的に保存されやすい特性をもつ。従って、高密度で高分解能な地層探査を行うことが出来れば、海域の活断層評価もより高精度に行うことが可能だと考えられる。

[調査概要]

本研究では、日奈久断層帯の南西部にあたる八代海中部海域において、高分解能地層探査を実施した。調査においては、海底下表層部の地質構造を面的に把握するため、通常の探査（数百m～数km間隔の測線配置）に比べて、はるかに緻密な20～50mで配置した。また、本調査域の水深は約40m前後であり、用いた音波のビーム幅は±1.8°であることから、進行方向での水平分解能は約2.5mの精度である。

[断層に伴う地層の変形構造]

調査海域（以下、A海域と称す）中央部では北東—南西方向の断層（以下、A-FA1）が認められ、その西側に全体として北東—南西に延び北東縁で時計回りに曲折する断層群FA3～17の存在が確認された。A-FA1は楳原ほか（2011）のFA1に相当し、北北東方向への延長が指摘されている。A海域中央部の記録断面において、数条の断層により西側の地層は東側へ向けて階段状に落ち込み、非対称なV字型構造（幅約200m、深さ最大約7m）を成している。この構造は、北北東—南南西のFA1が北東—南西方向のA-AFA1への走向変化部（曲折部）で局所的に認められた。この走向変化部を中心として、西側はFA3～17により周囲より落ち込んだ形状を呈していた。従って、FA1およびA-FA1の走向変化に伴い、約2km×1kmの規模でネガティブフラワーストラクチャーが形成されたと推定される。A海域南部においては、A-FA1の左屈曲が認められた。この屈曲に伴う圧縮場に伴いA-FA1を挟んだ東側では、A海域中央部に比べ2倍以上のR1、R2の上下変位が認められた。以上のように、高分解能地層探査を高密度に行うことにより、横ずれ断層により生じる複雑な構造を捉えることができた。

[活動履歴の判読]

各記録断面で認められた反射面のずれから活動履歴を判読し、計5つのイベントが推定された。最新活動時期としては、約1,700 yB.P～約1,000 yBPとなり、楳原ほか（2011）が指摘している744年の肥後国の地震（宇佐美、2003）が考えられる。このように、詳細な音響層序区分と柱状試料を合わせることで、海域においても高精度な活動性評価を行うことができると考えられる。

キーワード：日奈久断層帯、八代海海底断層群、横ずれ断層、Seismic Trenching

Keywords: Hinagu Fault Zone, Yatsushiro-sea submarine fault group, Strike-slip fault, Seismic Trenching

富山湾沿岸における貞観地震の津波堆積物について

Tsunami deposits of the 863 (Jogan 5) earthquake in Junicho Lagoon Swamp, along the western Toyama Bay, central Japan

*竹内 章¹

*Akira Takeuchi¹

1.富山大学大学院理工学研究部

1.Graduate School of Science and Engineering for Resaerch, University of Toyama

富山湾西岸の氷見市十二町瀧低湿地では、排水機場敷地内、標高-2 mの深度に特異な不整合と堆積物の存在が知られており、包含物から地震津波や高波など海成イベント堆積物であることが示唆されていた（松島1981, 山本・大野1988）。富山大学津波減災プロジェクトでは、このイベント堆積物の成因を特定する目的で、2014年11月にボーリング掘削調査を実施した。氷見市博物館所蔵の標本と掘削コア試料を記載・対比した結果、富山湾にも貞観5年越中・越後地震の津波が来襲したことが明らかになったので報告する。

陸上の津波堆積物の同定を行う際、沿岸の底生有孔虫殻や海生プランクトンの遺骸の混入は有力な根拠になる。しかし富山湾沿岸ではうねり性の高波（寄り回り波）が頻繁に襲来するため、津波堆積物の同定には慎重を要する。底生有孔虫殻分析において、高波の波浪限界水深（日本周辺海域：50~80m）以深の底生種の検出は、海成イベントとして地震津波と高波を区別する上で有効である。富山湾における底生有孔虫殻の分布水深は、富山新港周辺海域および黒部川河口周辺海域において、底生有孔虫殻の検鏡により調べた。

まず、富山県の射水平野放生津瀧において底生有孔虫を用いた津波堆積物の検出を試みた。コア試料No.52には富山湾における分布水深が80~142 mである*Ammonia ketienziensis* (Ishizaki)が含まれていたこと、および貝・材化石の放射性炭素年代測定から、本試料は2974-2834 calBC~1910-1754 calBC間に襲来した津波の堆積物であると推定された。沿岸の底生有孔虫殻を多量に含むことは、浅水変形を生じた津波による運搬を示唆する。

つぎに、十二町瀧低湿地の試料の底生有孔虫殻を分析した結果、遺骸殻の破損や他の海生生物遺骸との共産から、海成イベント堆積物であることが確定された。ただし、深海底起源の有孔虫殻を検出するには至らなかった。コア試料および放射性炭素年代測定と土器片の鑑定の結果にもとづいて、掘削地点No.145と排水機場それぞれのイベント堆積物の層位を比較したところ、この海成イベントは1700年前（暦年AD315）から826年前（AD1190）の間に起きた事象に対比されることが分かった。

この間で、富山地方に大きな被害をもたらした地震としては、貞観5年（西暦863年7月10日）の越中・越後の地震が唯一該当するが、地震に関する歴史資料では津波の記載はないとされる。他方、東京大学日本海地震津波プロジェクトによる富山湾沿岸のボーリング調査（ト部 2015）において、当該イベント堆積物の胚胎層準と対比可能なイベント堆積物が複数個所で見つかっている。以上から、この津波堆積物は貞観地震による蓋然性が高いと言えよう。

文献：松島洋，1981，氷見十二町瀧低湿地の断面露頭，富山教育，第709号，71-72。宇佐美龍夫，石井寿，今村隆生，武村雅之，松浦律子，2013，日本被害地震総覧599-2012，東京大学出版会，724p。ト部厚志，2015，（2）津波波源モデル・震源断層モデルの構築 津波堆積物の調査，平成27年度第1回運営委員会資料「2-1-2 津波堆積物の調査」，21p。山本正敏・大野究，1988，氷見市十二町瀧排水機場遺跡の資料，大境，第12号別冊，11-28。

キーワード：地震津波、富山湾、イベント堆積物

Keywords: earthquake tsunami, Toyama Bay, event deposits

活断層型地震のスケーリング式の再検討

Re-examination of scaling relations for crustal earthquakes.

*横田 崇^{1,2}、根本 信³、後藤 真希枝³、高田 幸司²、池田 雅也²*Takashi YOKOTA^{1,2}, Makoto NEMOTO³, Makie GOTO³, Koji TAKATA², Masaya IKEDA²

1.愛知工業大学、2.内閣府、3.応用地質株式会社

1.AICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 2.Cabinet Office, 3.OYO CORPORATION

地殻内地震については、いくつかのスケーリング式が既に提案されている（例えば、松田(1975)、武村(1998)、入倉・三宅(2001)、田島ほか(2013)、Murotani et al. (2015)）。松田(1975)および武村(1998)は、断層長さ L とマグニチュードの関係を示す式であり、入倉・三宅(2001)、田島ほか(2013)およびMurotani et al. (2015)は断層面積と地震モーメントの関係を示す式である。

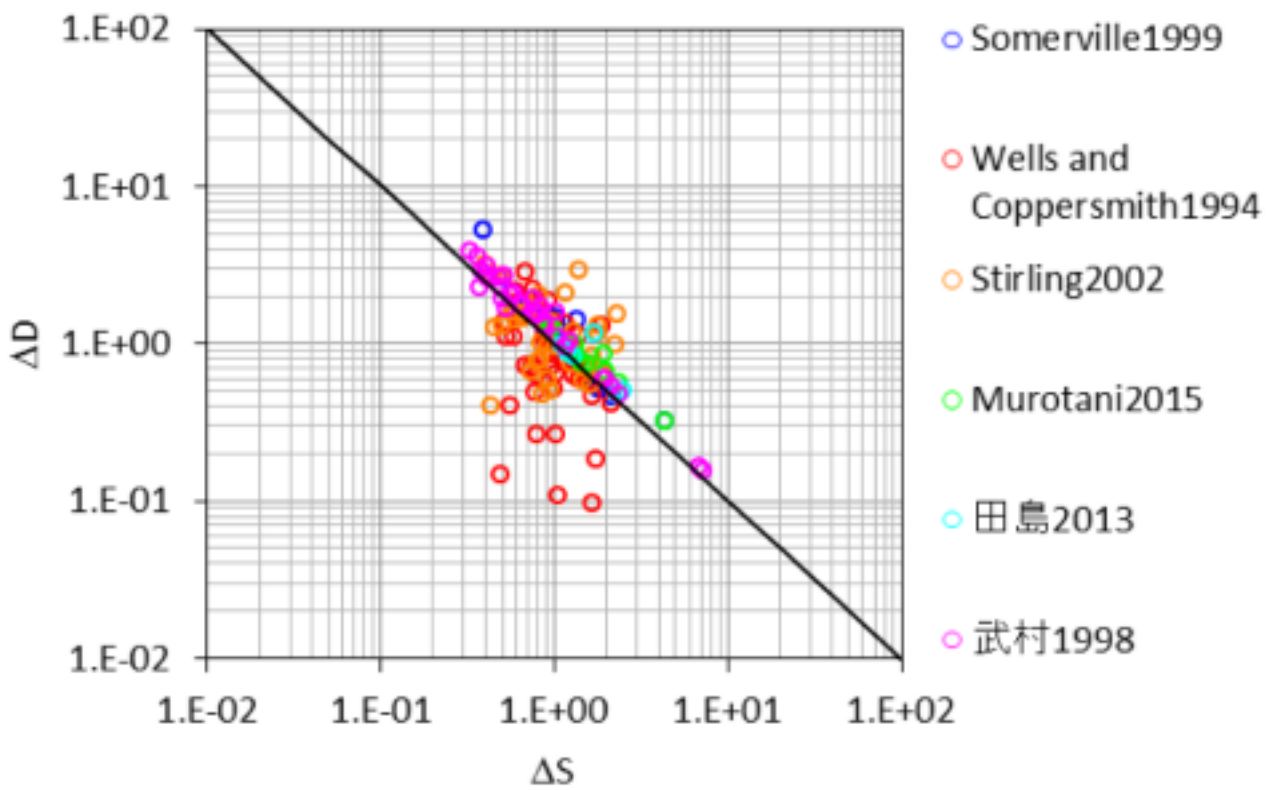
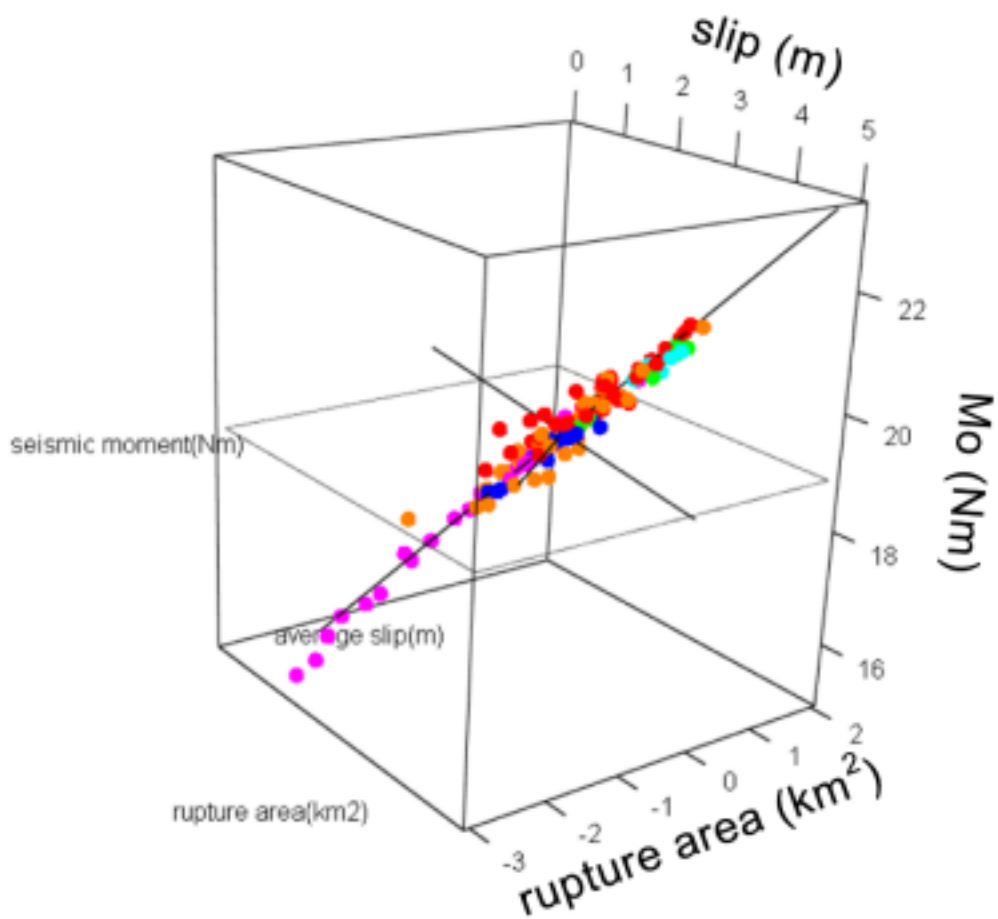
1) 松田 (1975) : $\log L = 0.6M_j - 2.9$ 2) 武村 (1998) : $\log L = 0.75M_w - 3.77$ ($6.8 \leq M_w$)3) 入倉・三宅 (2001) : $M_0 = (S/4.24 \times 10^5)^2 \times 10^{-7}$ ($6.5 \leq M_w < 7.4$)4) 田島ほか (2013) : $M_0 = 0.877 \times S \times 10^{11}$ ($7.5 \leq M_w$)5) Murotani et al. (2015) : $M_0 = 1.0 \times S \times 10^{11}$ ($7.4 \leq M_w$)

これらのスケーリング式は、1変数（断層長さ L または断層面積 S ）に対して、地震モーメントまたはマグニチュードを求める式である。これらの式を用いて地震モーメントを求め、 $M_0 = \mu DS$ および $S = LW$ の関係式を用いて断層すべり量を求めると、スケーリング式によって断層すべり量 D に大きな差が生じる場合がある。例えば、 $L=50\text{km}$ 、 $W=20\text{km}$ の断層を想定した場合、入倉・三宅(2001)式では $M_w=7.10$ 、断層すべり量 $D=1.64\text{m}$ であるのに対して、武村(1998)の式を用いると、 $M_w=7.29$ 、断層すべり量 $D=3.21\text{m}$ となる。このようなすべり量の相違は、地震被害想定等においてスケーリング式を用いた場合に予測値に大きな影響を与えてしまう。

本研究では断層面積と断層すべり量（または断層長さ）の2変数に対する地震モーメントのスケーリング式を検討した。地震データは、入倉・三宅(2001)や武村(1998)で用いているデータと同じデータを用いた。得られた回帰直線に対する断層面積の残差 ΔS と断層すべり量の残差 ΔD の関係をプロットすると、断層面積 S と断層すべり量 D がそれぞれ独立ではなく、おおむね $\log \Delta D = -\log \Delta S$ ($\Delta D \times \Delta S = 1$) の関係となることがわかった。

キーワード：スケーリング、地殻内地震、断層モデル、地震被害想定

Keywords: scaling relation, crustal earthquake, earthquake source model, earthquake hazard assessment



再来間隔のばらつきの空間的類似性を利用した活断層地震のベイズ型予測

A Bayesian prediction for active faults using spatial similarity of variation of recurrence intervals

*野村 俊一¹、尾形 良彦²

*Shunichi Nomura¹, Yoshihiko Ogata²

1.東京工業大学情報理工学研究科、2.統計数理研究所

1.Graduate School of Information and Engineering, Tokyo Institute of Technology, 2.The Institute of Statistical Mathematics

本研究では、日本の内陸活断層の繰り返し地震に対する新たなベイズ型予測手法を提案する。Brownian Passage Time (BPT)分布更新過程は地震調査研究推進本部による活断層地震の予測のうち約半数以上に利用されている。BPT分布は再来間隔の平均と変動係数の二つのパラメータを必要とする。実際には、ほとんどの活断層において変動係数の推定に必要な過去の再来間隔が十分に得られないため、地震調査研究推進本部では共通の変動係数として推定する措置をとっている。ところが、変動係数の値は将来の地震予測に重大な影響を及ぼしうることから、変動係数の値は個別の活断層ごとに慎重に検討すべき事項である。

活断層における平均的な地震再来間隔は、断層の地層年代から推定された長期的変位速度と、地震1回あたりの変位量の比から求められる。一方で、各再来間隔は周辺の地震活動等による応力場の変化などに影響され毎回変動している。このことから、再来間隔の変動は、空間的に近い活断層同士で似た特性を示しうると考えられる。そこで、本研究では変動係数の空間的変動についてガウス過程事前分布を取り入れたベイズ型モデルを提案する。解析結果から、国内の変動係数の傾向は、活断層の密集度と相関して変化していることがわかった。さらに、マルコフ連鎖モンテカルロ法 (MCMC) により将来の地震発生確率をベイズ予測評価した結果を紹介する。提案手法による予測は、地震調査研究本部の予測と比較して、活断層ごとの地震発生確率の高低差がかなり縮まる結果となった。

キーワード：地震再来間隔、BPT分布、変動係数

Keywords: earthquake recurrence interval, BPT distribution, Coefficient of variation

元禄地震と大正関東地震との違いについて

On the differences of source areas between 1703 Genroku earthquake and 1923 Taisho Kanto earthquake from the detailed examination of seismic intensities

*松浦 律子¹、中村 操²

*Ritsuko S. Matsu'ura¹, Misao Nakamura²

1.公益財団法人地震予知総合研究振興会地震調査研究センター、2.株式会社防災情報サービス

1.Earthquake Research Center, Association for the Development of Earthquake Prediction, 2.Disaster Prevention Information Service Inc.

従来、1923年大正関東地震の震源域は、1703年元禄地震の震源域から、大津波の元となった東側の房総沖部分を除いた西側、つまり「大正地震は元禄地震の部分」と考えられてきた。Matsuda et al.(1978)だけは、西側でも震源域に違いがあると主張していたが、この説は今まで殆ど顧みられなかった。しかし最近松田ほか(2013, 2015)は、相模湾の大磯や江の島での元禄地震による隆起量は、大正関東地震より小さいか、高々同等以下であることを示している。また、Sato et al.(2016)の解析では、元禄地震の震源域西端は、大正関東の震源域の西側のすべりの目玉に及んでいない。

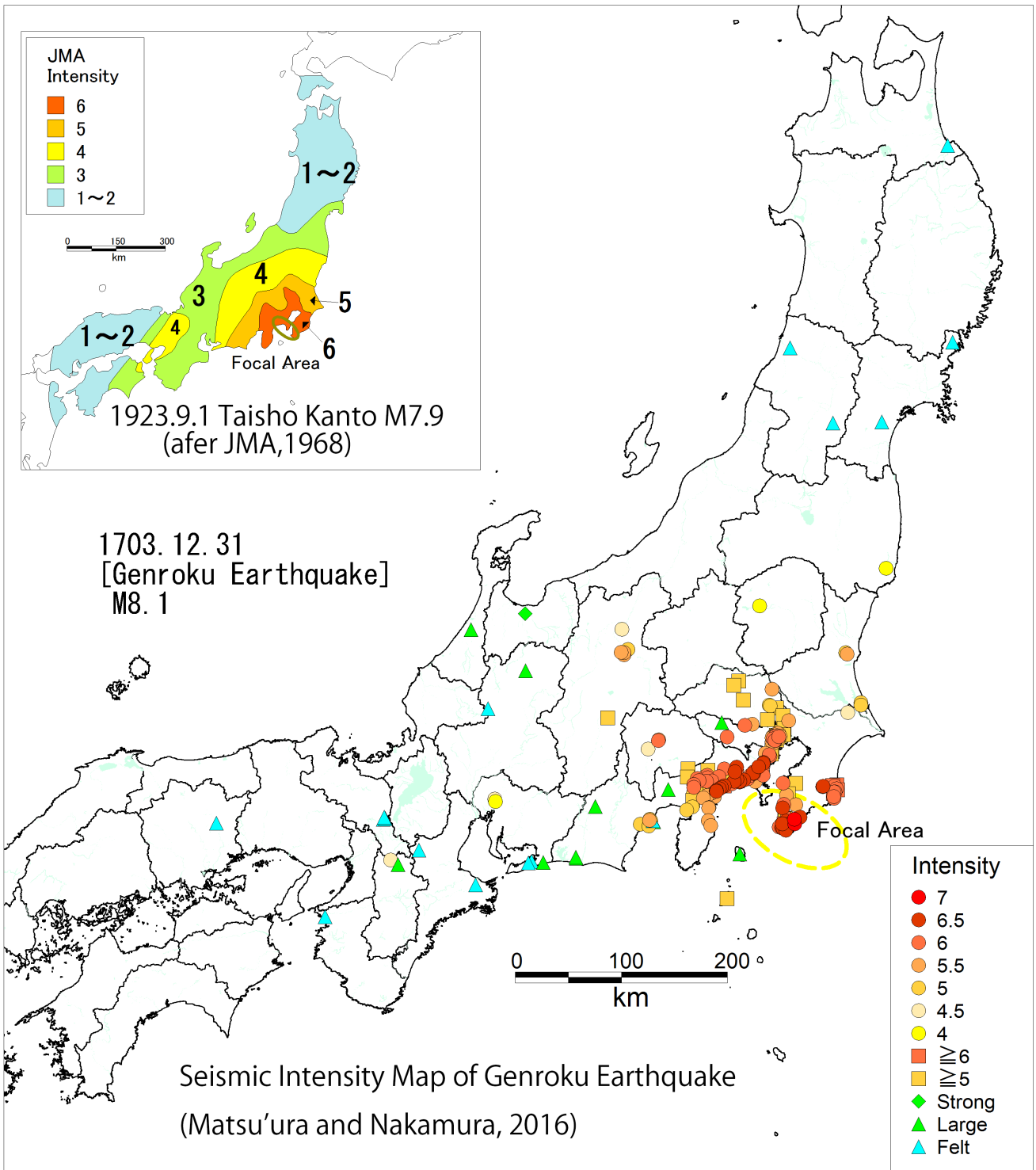
既存の震度分布で元禄と大正とを比較しても、西日本での有感の程度が元禄地震は見劣りしている。これが本当であるか、我々が系統的に実施してきた近世の被害地震の検討と同じ手法で、公表済み史料の悉皆調査を元禄地震に対して行って、ゆれの強さ分布を再検討してみた。まだ江戸市中の旗本の細かい震度決定作業が未了ではあるが、広域での結果を図1に示す。元禄地震は、真夜中に発生したことを考慮しても、大正関東地震に比べて、明らかに京都・奈良・大阪など関西や西側遠地で震度が小さい。大正関東地震では多数のM7級の大余震が発生した。1924年丹沢地震のM7級のプレート内地震までであった。元禄地震では数日後の江戸の大火は記録されているが、大粒の余震で長く悩まされたとか、被害が重なったとか、という記録は残っていない。この違いの原因は何であろうか？

我々は、大正関東地震は、元禄地震の西半分のプレート境界地震と、衝突帯である神奈川県西部のプレート内地震部分とから構成されているが、元禄地震は外房から相模湾東部までのプレート境界地震であったため、と考える。大正関東地震で大阪日銀支店に積んであった千両箱が崩れたのは、プレート内地震部分から発生した強い短周期波が、西日本広域で体感震度を大きくしただけでなく、仮に地震が夜間であったとしても後で地震があったことが判る程度の痕跡を残す揺れとして大阪平野にも届いていた証左である。一方の元禄地震では、地震後の関心は江戸城石垣などの修復の手伝い普請のための金策であり、大阪市中で地震による荷崩れを示す史料はおろか、有感の有様さえ判らない。奈良盆地では、揺れの継続時間は長かったが、さほど強くはなかったことから、普通のM8級のプレート境界地震の遠地でのゆれだったと推定される。

元禄地震と大正関東地震とは、従来考えられてきたような同タイプの大きさの違う地震ではない。したがって南関東での地震防災を考える上では、元禄地震での事象だけに対処していたのでは、十分ではないことに留意が必要である。「大正の西側のすべり目玉+元禄地震のすべり部分」が、既往の事象から考えられる相模トラフの最大地震ということになる。また、大正地震の再現には、西側のスラブ内の性質を考慮する必要がある。

キーワード：元禄地震、大正関東地震、相模トラフ、伊豆の衝突、史料詳細分析

Keywords: Genroku earthquake, Taisho Kanto earthquake, Sagami trough, Collision of the Izu Peninsula, detailed analysis of historical materials



百井塘雨著「笈埃随筆」に記された海嘯記事について

A description of a tsunami in the essay "Kyu-ai Zuihitsu" written by To-u Momoi (? - 1792)

*都司 嘉宣¹、白石 睦弥²、松岡 祐也³、佐藤 雅美⁴、今村 文彦⁴

*Yoshinobu Tsuji¹, Mutsumi Shiraishi², Yuya Matsuoka³, Masami Sato⁴, Fumihiko Imamura⁴

1.公益財団法人深田地質研究所、2.北日本歴史災害研究所、3.東北大学、4.東北大学災害科学国際研究所

1.Fukada Geological Institute, 2.Kita-Nihon Historical Disaster Institute, 3.Tohoku Univ.,

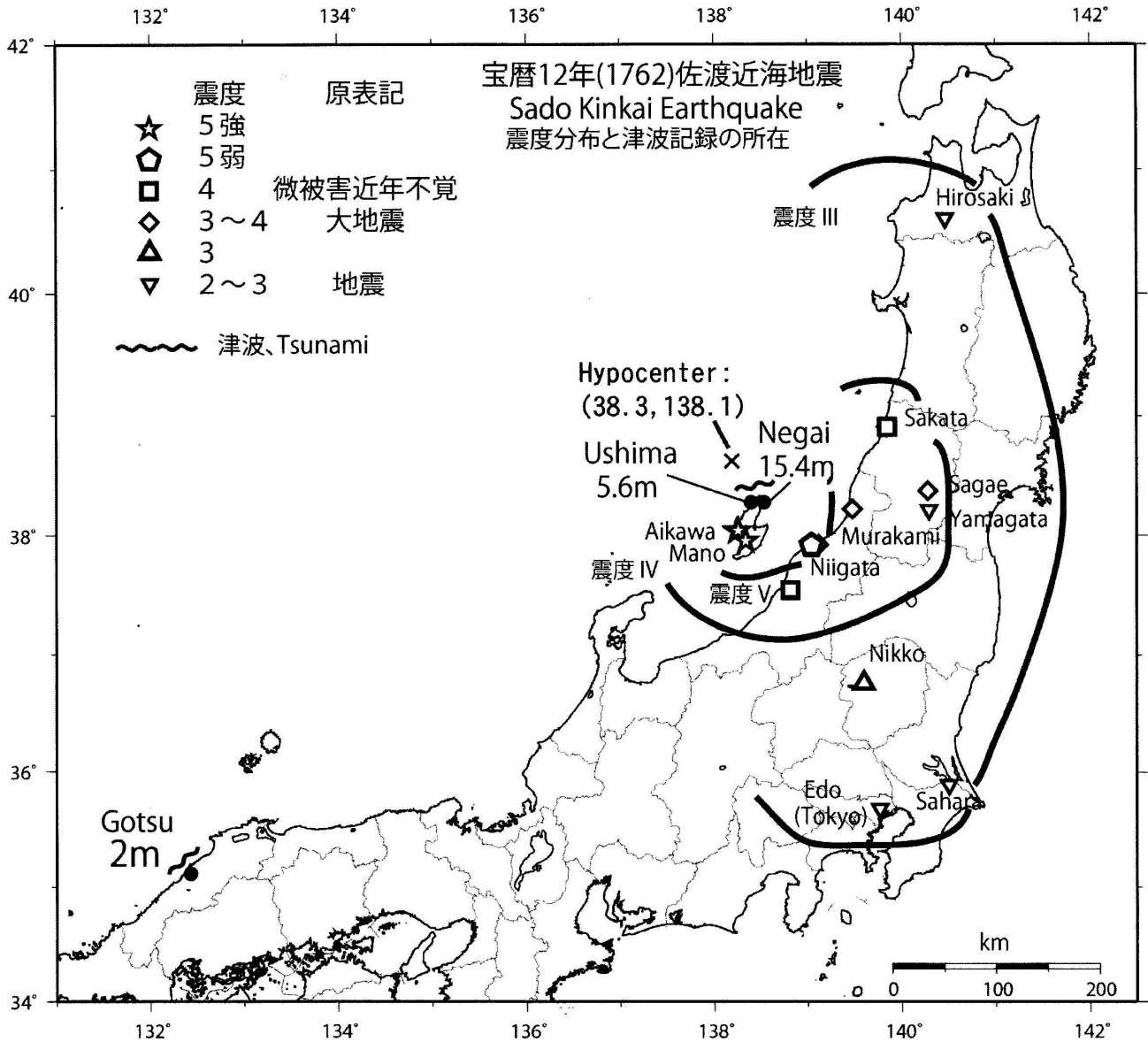
4.IRIDEs, Tohoku Univ.

江戸中期の18世紀、京都の豪商・万屋の次男として生まれた百井塘雨（ももい とうう）は「笈埃随筆（きゅうあいついひつ）」という随筆集を遺している。この随筆集は、全国を旅した塘雨が旅先で体験または伝聞した出来事を記したものであるが、訪問した年月日はほとんどの場合に明記されていない。また、現在の写本では、百科辞書的に編集し直された体裁になっているため、記載の順序は著者が体験した時間順序とは無関係である。「予、宝暦八寅の年（1758）に尾張の国にて数年経歴せし同行に連立ぬ」とあるので、著者が全国旅行を開始したのが1758年であることは確かである。また、天明の末年（1788年頃）旅行を終了していることから、この間少なくとも1度は京都の自宅に戻っている。この随筆の「海嘯」の項に石見国（島根県）の津波の記事が載っている。以下この部分を、東北大学附属図書館蔵狩野文庫写本によって書き出すと次のようになる。「予石見国銀山領五井村といふより江津と云に出る、濱伝ひに小山の上を行事数里、前に大川有、向ひの地なる門村といふに渡んとすれハ渡しの舟なく、（中略）老人答て我七十余にかゝる、ふしき成恐しき事ハ見もせず、又昔より聞伝えし事もなし、アレノと沖を指さず、如何成事かと見てあれハ、遥の沖に大山の如く逆浪一同に押来る、彼潮州の湧涛、始皇築し万里の長城も、今爰に見る心地也」。この文の「大川」は島根県江津市で日本海に注ぐ江の川と推定される。「向かいの門村」というのは、江の川の河口東岸にある加戸村（現・江津市嘉戸町）である。「スハ此所も忽ち打碎て、浪の底とやならんと驚き見るに、此地ハ山の尾崎なれハ、濱辺よりハ殊に高く、彼浪も山下迄は押来りし計りなれハ、思ひしより胸落付ぬ、然れとも浪ハ川口へ高々と押し入れハ、渡舟を初めとしてあらゆる舟ともハ、水上へ逆押しにして五六町計り漕上ぬ、又川に浮ぶ材木類も同じく一時に逆上る、斯して又其さしたる浪引て返る時ハ、海上遙に二三十町もや、忽ち平地と成しかハ、海底種々の奇石大岩顕れ見へ、或ハ汐に引残されたる魚の大小となくひらノと鱗打はためき、蛸、栄螺様の物も夥しく見ゆ」。この文によると、川口から高々と押し入ってきた波のためにたちまち渡し船などは上流に押し上げられた。そうして汐が引いたときは、海岸から2、3km沖まで海底が顕れた。この文は津波の描写である。「扱人々の物語を聞ハ、此浪昼前より起て、既に三度也、若朝鮮の地に地震もや有て、津浪なむといふものにやと語りき、（中略）予も渡るへき舟なくて渡り遁れん事も成かたく、詮方なけれハ、此所の家に宿し、夕飯したるめ休息しなから、心ならざる間にはや日も暮て沖の方鳴ひき浪音高く聞ゆ。殊に九月中旬の月明らか成しかハ、又堤に出て見れハ、昼の如く高浪押来る。川口の両傍なる蛇籠、川岸の杭に物あたりぬる音の夜は猶もの凄く聞ゆ、斯る目覚しき事なれハ、眠くも睡らす考へ見れハ、夜明迄三度也き」。地元の人によると昼から波は三度押し寄せたという。渡し船もなくなったので、やむなくここで民家に泊まった。この日は九月中旬の満月の頃だったので夜になっても押し寄せる津波はよく見えた。夜明けまでにまた三度襲ってきた。この津波は、『日本被害津波総覧』（渡辺、1998）のどの津波によるものであろうか？武者（1944）はこの笈埃随筆に記された江津の津波は明和8年（1771）3月10日の琉球八重山地震津波が及んだものであろうと結論している。また、著者と同時代の橘南谿（たちばな なんけい）はこの話を聞いて、寛保元年（1741）の渡島大島噴火津波のことかと示唆し、羽鳥ら（1977）はこの説に従った。しかし、本稿では先行研究と異なるアプローチで結論を導き出した。(A)この出来事は、著者の石見国での実体験であるから、1758年から1788年の間の津波である。(B)旧暦九月の満月（15日）前後のころである。(C)日本海に発生源がある津波である。この(A)~(C)の3条件を満たす津波は「宝暦12年（1762）9月15日、佐渡近海地震津波」の1件だけである。不思議なことに、この地震の津波は、現在まで佐渡北端付近の願村と鶴島の接近した2地点しか記録されていない（都司ら2014による測量結果）。同じ佐渡の相川ですらこの津波は記録されていない。ただし地震の揺れは佐渡、新潟などで震度5程度の揺れとして記録され、また江戸以北、弘前まで有感域であった（図参照）。なお、図中江津で津波高を

2mと記したのは、引きが海岸線から2~3kmであった、川を600m遡った、等の記事でおよその数値として推定したものである。この文自体は、直接目撃者の直後記載であるから最も信頼性の高い第一史料と判定される。
謝辞：本稿は、原子力規制庁からの委託業務「平成27年度原子力施設等防災対策等委託費（日本海沿岸の歴史津波記録の調査）事業」（代表：東北大学 今村文彦）の成果の一部をとりまとめたものである。

キーワード：日本海の津波、歴史津波、宝暦12年(1762)佐渡近海地震

Keywords: a tsunami in Japan Sea, a historical tsunami, the 1762 Sado-Kinkai earthquake



明応七年六月十一月（ユリウス暦1498年6月30日）の大地震に関する『九州軍記』の被害記述の検討
 Examination of the damage description in Kyushu by the large earthquake on June 30th, 1498
 on a war chronicle

*原田 智也¹、西山 昭仁¹、佐竹 健治¹、古村 孝志¹

*Tomoya Harada¹, Akihito Nishiyama¹, Kenji Satake¹, Takashi Furumura¹

1. 東京大学地震研究所

1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

京都・奈良の日記には、明応七年六月十一日（ユリウス暦1498年6月30日）の申の刻（午後3～5時）に“大地震”と記録されている。また、江戸時代に編纂された史料では、鹿児島県から山梨県にかけて大地震が記録されている。特に、江戸時代初期に書かれた『九州軍記』という軍記物語には（以下、“軍記”と呼ぶ）、九州地方における、この地震による大被害が記述されている（ただし、地震の発生時刻は、巳の刻（午前10～12時）と書かれている）。軍記は、明応七年六月十一日の地震から100年以上後に書かれた文学作品であるにもかかわらず、九州における地震被害の記述は、多くの地震学者に無批判で受け入れられ、この地震の震源を推定するための情報として重要視されてきた。

宇佐美（1987）は、軍記における記述の信頼性は低いとしながらも、京都およびその以東で申の刻に記録された地震と、軍記に記述された巳の刻の地震とを別々の地震と考え、巳の刻の地震の震央を日向灘に推定した（M7.0～7.5）。ただし、震央の精度は100km程度としている。都司・上田（1997）、都司（1999）は、軍記の被害記述の一部を津波の描写であるとし、また、中国上海における同日の水面動揺（宇津，1988）も同じく津波であると考え、六月十一日の地震を、同年八月廿五日（9月11日）に発生した明応東海地震に先行した南海地震であると主張した。石橋（1998, 2002, 2014）は、軍記の記述と上海の水面動揺を津波とする解釈には無理があることを指摘し、さらに他の史料の精査により、六月十一日の地震は南海地震でありえないとした。なお、石橋（1998, 2002, 2014）は、この地震が、1909年宮崎県西部の地震（M7.6）のような、九州下のスラブ内大地震である可能性もあるとしている。また、「[古代・中世]地震・噴火史料データベース（β版）」では、「14～16時頃に京都で強い地震の揺れを感じた。被害は記録されていない。三河の堀切や熊野地方の新宮も強く揺れた模様。この日午前10時頃に日向灘で大地震が起きて九州で大災害とする説があるが、根拠とする『九州軍記』の記事は疑問である。」という綱文が立てられている。以上のように、この地震の震源について議論が続いているが、この議論を解決するには、九州における地震被害の有無を検討する必要がある。そのためには、軍記における被害記述の信頼性を確かめる必要があるため、本研究では、軍記の成立過程と被害記述の検討とを行った。

その結果、以下の理由により、軍記における被害記述の信頼性は非常に低いと考えられ、明応七年六月十一日の地震による九州での大被害の有無は不明、あるいは、無被害である可能性も高いことが分かった。したがって、六月十一日巳の刻の地震が日向灘の大地震であるという説は再考が必要である。（1）地震被害の記述には、具体的な地名が無く、大地震による一般的な被害の描写である印象を受ける。（2）被害記述後に、過去の大地震が列挙されているが、このことから作者が過去の大地震を調べることができたことが分かる。よって、明応七年六月十一日の地震も、年代記等から調べられた可能性がある。（3）誇張された地震発生時刻に関する記述から、この地震が巳の刻に発生したと読めるが、この時刻は、明応東海地震の発生時刻である辰の刻に近い。実際、同時代史料である『親長卿記』や『塔寺八幡宮長帳』では、明応東海地震の発生時刻を巳の刻としている。したがって、軍記の作者が、明応東海地震と六月十一日の地震を混同していた、あるいは、混同して記された史料に基づいて、六月十一日の地震を描写した可能性がある。（4）地震の記述がある章は、明応七年に終わる章と永正二年（1505年）から始まる章との間にあり、文亀三年（1503年）の大飢饉と、度重なる災害による人々の苦しみも記されている。したがって、この章は後に続く物語の舞台設定の性格が強く、地震被害も物語を盛り上げるための創作である可能性も考えられる。（5）軍記には、僧了圓による慶長十二年（1607年）四月と記された序がある。序によると、軍記は、肥前国松浦郡草野村（現福岡県久留米市）において、烏笑軒常念（文禄四年（1595年）没）、草野入道玄厚によって書き継がれ、慶長六年（1601年）に完成した。また、軍記完成から約250年後の史料である『橘山遺事』によると、了圓も軍記の修

正と補筆を行っていたようだ。よって、玄厚（と了圓）は、文禄五年（1596年）の慶長豊後地震を近くで体験していると考えられ、その体験や情報が軍記の記述に影響した可能性も考えられる。
本研究は、文部科学省委託研究「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」の一環として行われた。

キーワード：明応七年六月十一日（1498年6月30日）の地震、『九州軍記』、九州における被害、日向灘地震、明応東海地震

Keywords: June 30th, 1498 earthquake, war chronicle "kyushu-gunki", serious damage in Kyushu, Hyuga-Nada earthquake, Meio-Tokai earthquake

糸魚川-静岡構造線北部セグメントの神城断層における古地震研究

Paleoseismic study on the Kamishiro Fault, the northern segment of the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, Japan

*林 愛明¹、王 毛毛¹、佐野 実可子¹、辺 笛¹、笛田 凌史¹、細矢 卓志²

*Aiming Lin¹, Maomao Wang¹, Mikako Sano¹, Di Bian¹, Ninshi Fueta¹, Takashi Hosoya²

1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室、2.(株)中央開発

1.Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University, 2.Chuokaiatsu Corporation, Japan

2014年11月22日に発生したM_j 6.8 (M_w 6.2) 長野県北部地震は、糸魚川-静岡構造線北部神城断層沿いに最大1.5mの鉛直変位を持つ、長さ9.3kmの地表地震断層が現れた(林ほか、2015a)。京大調査チームは地震直後に地表地震断層の性状の調査とともに、今回の地震を引き起こした神城断層の古地震の初歩調査研究により、神城断層沿いに過去千年間に少なくとも二回の大地震が発生したことが明らかにされた(林ほか、2015b)。その後の野外調査と二箇所のトレンチの追加掘削調査および40個以上の年代測定を行った。その結果、神城断層沿いに過去約6000年間に7回の大地震(E1~E7)が発生したことが明らかになった。そのうちの3回は過去約1200年間に起きており、それぞれ、1918 M 6.5 (E1)、1791 M 6.8 (E2)、AD 841 M 6.5 (E3)の歴史地震と対応できると推測される。これらのことから、神城断層沿いに過去約1200年間の大地震の繰り返し周期は約300~500年であると推定される。今回の調査はこれまでの先行研究により推定された大地震の再来周期と最新活動の時期と異なる結果を示した。今後、これらのことを明らかにするためにはさらなる詳細な調査が必要であると思われる。

Field investigations and trench excavations reveal that seven morphogenic earthquakes (E1~E7) prior to the 2014 M_w 6.2 Nagano earthquake have occurred on the Kamishiro Fault during the past ~6000 years, in which the timings of three recent events (E1~E3) corresponding to historical-recorded earthquakes occurred in the past ~1200 years are well constrained, suggesting an average recurrence interval of ~300~500 years on the seismogenic fault of the 2014 Kamishiro earthquake. The most recent event (E1) prior to the 2014 earthquake occurred within the past 200 yr, and corresponds to the 1918 M 6.5. The penultimate faulting event (E2) occurred in the period between AD1800 and AD 1400 and is probably associated with the 1791 M 6.8 earthquake. The antepenultimate faulting event (E3) is inferred to have occurred in the period between AD ~700 and AD ~1000, corresponding to the AD 841 M 6.5 earthquake. The oldest faulting event (E7) is identified to be occurred in the period during ~5600~6000 yr BP in this study area. The vertical slip rate during the early Holocene is estimated to be 1.2~3.3 mm/yr with an average of 2.2 mm/yr. When compared with the active intraplate faults of Honshu Island, Japan, the relatively high slip rates and short recurrence intervals for morphogenic earthquakes within the Kamishiro Fault developed along the ISTL indicate that the present activity of this fault is closely related to seismic faulting along the plate boundary between the Eurasian and North American plates.

Keywords: 2014 M_w 6.2 Nagano earthquake, paleoseismicity, Kamishiro Fault, recurrence interval, morphogenic earthquake, plate boundary

References

Lin, A., Mikako, S., Yan, B., Wang, M., 2015a. Co-seismic surface ruptures produced by the 2014 M_w 6.2 Nagano earthquake, along the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, central Japan. *Tectonophysics*, 656, 142-153.

Lin, A., Mikako, S., Yan, B., Wang, M., 2015b. Preliminary study of paleoseismicity on the Kamishiro Fault that triggered the 2014 M_w 6.2 Nagano earthquake. Abstract, No.: 01341, 2015 Annual Meeting of Japan Earth and Planetary Science Union.

キーワード：神城断層、古地震、2014年Mw6.2長野県北部地震、糸魚川-静岡構造線活断層系

Keywords: Kamishiro Fault, paleoseismicity, 2014 Mw 6.2 Nagano earthquake, Itoigawa-Shizuoka
Tectonic Line active fault system

神城断層（糸魚川静岡構造線活断層）の活動履歴

－白馬村蕨平における変動地形学的調査

Seismic cycle of the Kamishiro fault (northern part of the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line active fault system) revealed by tectonic geomorphology at Warabidaira, Hakuba Village, central Japan

*松多 信尚¹、杉戸 信彦²、廣内 大助³、池田 一貴³、澤 祥⁴、渡辺 満久⁵、鈴木 康弘⁶

*Nobuhisa Matsuta¹, Nobuhiko Sugito², Daisuke Hirouchi³, Kazutaka Ikeda³, Hiroshi Sawa⁴, Mitsuhsa Watanabe⁵, Yasuhiro Suzuki⁶

1.岡山大学、2.法政大学、3.信州大学、4.鶴岡高専、5.東洋大学、6.名古屋大学

1.Okayama University Graduate School of Education, 2.Hosei University, 3.Shinshu University, 4.Tsuruoka College, 5.Toyo University, 6.Nagoya University

2014年11月22日長野県北部の深さ5kmを震源とするMw6.4の地震が発生した。この地震で糸静線活断層系の北部を構成する神城断層に沿って最大変位約90cm（上下成分）の地表地震断層が約9kmにわたり出現した（廣内ほか、2015など）。この地震は西北西－東南東方向に圧力軸を持つ高角な東傾斜の逆断層が活動したと推定され、余震分布と合成開口レーダーの解析から震源断層の長さは約20kmとされた。

神城断層では詳細な活断層マップや変位量分布図が公表されている（松多ほか、2006など）。またトレンチ調査から最終イベントが西暦841年の地震に該当するとされ、活動間隔は1250－1500年程度（奥村ほか、1998）、ボーリングや地形・地質調査から上下成分の平均変位速度が2.2－2.7m/千年（松多ほか、2001）とされていた。この場合、一回の地震で3-4mの上下変位が期待される。

しかし、今回の地震の規模や変位量は、神城断層で推定されていた地震よりは一回り小さい地震であった。被害の程度や地震後に行われたトレンチ掘削調査などで1714年の信濃小谷地震が今回と類似した地震であったことが指摘され（鈴木ほか、2015など）、比較的小さい被害地震を頻繁に発生させながら変動崖が成長した可能性がある。

地震断層は既知の活断層とよく一致したものの、地震断層が出現した範囲は予想されていた活断層セグメントとは異なっていることや、活動的と思われる活断層トレースには今回変位が認められないものがあることなどから今回出現した地震断層とは別の活断層上に地震断層が出現する地震が存在する可能性も指摘できる。

このように、白馬・神城地域で発生した古地震と今回の地震の関係は不明な点も多く、神城断層の活動履歴や変位量分布を詳細に調査する必要がある。

Suzuki et al., (2015)は地震前後の高密度LiDAR計測のデータを比較することで地震断層を発見できることを指摘し、大出地区南の姫川右岸（蕨平地区）で新たに地震断層を見出し、段丘の累積変位を指摘した。本発表はこの地区で2015年10～11月に実施した地形調査、ピット調査の速報である。

調査地点付近は米軍写真で確認すると水田または河床であり、調査時には下草が生い茂る杉林となっていた。米軍写真では完新世に形成されたと考えられる多段化した段丘地形を確認することが出来る。これら段丘面を大きく5段に分類し、上位から順にLa面・Lb1面・Lb2面・Lc1面・Lc2面とした。Lc2面は米軍写真撮影時には河床であった場所であり、他は水田として利用されていた場所である。

下草を伐採し、Suzuki et al., (2015)が指摘した北北東－南南西走向の低断層崖を改めて連続的に確認した。断層崖は東側が高く、Lc2面・Lc1面・Lb2面・Lb1面・La面上にそれぞれ約0.3－

0.4m, 0.5m, 1.1m, 1.6m, 1.5mの上下変位があり段丘上に変位の累積が確認されるため、断層が繰り返し活動してきたことが示唆される。加えて、段丘崖は左横ずれ変位を受けており、Lc1面/Lc2面段丘崖やLb2面/Lc1面段丘崖などで約1.0m, Lb1面/Lb2面段丘崖で約5.0m, La面/Lb1面段丘崖で約7.5mの左横ずれの変位が認められる。従って本地域は左横ずれ成分が卓越し、上下成分と左横ずれ成分の比は今回の地震と変位の累積した段丘とでは異なる可能性がある。

Lc1面でトレンチ掘削調査を行った結果、東傾斜の断層と関連する変形構造が確認され、最上部の水田土壌とその下位の砂層、および段丘構成礫層にほぼ同じ量の変位が認められた。この砂層に含まれる炭化物のC14年代はAD1660年以降-現世と測定されたため、この崖が今回の地震で出現したことが明らかになったが、今回の地震の

ひとつ前の地震を特定することはできなかった。

段丘の形成年代からイベントを推定するためにLa面で2カ所（崖の両側）、Lb1面で1カ所（隆起側のみ）、Lb2面で2カ所（崖の両側）のピットを掘削し、C14試料を採取した結果、La面の年代は2055-1900 Cal.BP以前、Lb1面の年代は1695-1535 Cal.BP、Lb2面の年代は1530-1355 Cal.BPであった。その結果、この断層は、AD420年以降少なくとも2回以上の活動があり、AD255年以降AD595年以前までにも少なくとも1回の活動があることが認められる。この平均活動間隔は586-880年であり、比較的短い間隔で地表地震断層が出現する地震が存在することが明らかになった。また、この間の平均変位速度は、上下成分が0.8m/千年、左横ずれ成分が3.5m/千年程度と見積もられた。

キーワード：2014年長野県神城断層地震、地表地震断層、トレンチ掘削、左横ずれ変位

Keywords: 2014 Kamishiro fault earthquake, surface rupture, trench excavation, left-lateral offset

ボーリング調査による糸魚川—静岡構造線活断層系・神城断層の上下変位速度の再検討
Vertical slip rate estimated from young lacustrine sediment core samples across the
Kamishiro fault, Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, central Japan

*丹羽 雄一¹、遠田 晋次¹、石村 大輔¹、森 良樹²、小俣 雅志²

*Yuichi Niwa¹, Shinji Toda¹, Daisuke Ishimura¹, YOSHIKI MORI², Masashi Omata²

1.東北大学災害科学国際研究所、2.株式会社パスコ

1.IRIDEs, Tohoku Univ., 2.Pasco Corp.

2014年11月22日長野県北部の地震(Mw6.2)では、糸魚川—静岡構造線活断層系(以下、糸静線)北端部の神城断層に沿って、総延長約9 kmの地表地震断層が生じた(Okada et al., 2015)。これまでの地震評価では、糸静線中部の牛伏寺断層の活動履歴に基づき、同断層系で今後30年間にMj8超の地震が発生する確率が14%とされていた(地震調査研究推進本部, 1996)。神城断層は南接する松本盆地東縁断層と連動してMw7.5程度の地震を発生させると推定されていたが(例えば、鈴木ほか, 2010)、2014年の地震の規模はそれを大きく下回った。また、2014年地震時の最大上下変位量は80-90cmで、約3mm/年と推定されていた上下変位速度と1500年程度の活動間隔から推定される3-4mと想定される上下変位量にも大きくおよばなかった。これらの当初予想と2014年地震の矛盾を解決するためには、変動地形学・古地震学的データの見直しおよび追加調査は必須である。以下は、平成27年に文部科学省「糸魚川—静岡構造線断層帯における重点的な調査観測(追加調査)」の一環で実施した調査結果について報告するものである。

著者らは、白馬村神城地区の神城断層上盤側において2孔のボーリングを掘削し、40 m (KMS-1孔)、45 m (KMS-2孔)のコア試料を採取した。そのうえで、既報の地下層序(今泉ほか, 1997; 松多ほか, 2001)との対比から神城断層の変位速度の再検討をした。2本のボーリングコアは、ともに砂礫層と腐植質シルトを含む砂泥層の互層から構成され、古神城湖の堆積物と考えられる。KMS-1コアでは、最上部の3.20 mまでの層理面はほぼ水平であるが、それ以深~16.20 m付近までは20~30°程度の傾斜を示し、さらに下方へ増傾斜する。深度16.20 m~28.60 mではほぼ直立した地層となり、深度28.60 m以深では再び水平に堆積した地層が見られる。KMS-2コアでは、上位4 mは概ね水平な地層から構成されるが、深度4 m以深では傾斜が20~30°程度となり、下方へ増傾斜する。深度38.30 m以深では急傾斜な地層が見られ、剪断面が発達する。深度42.17 mの明瞭な層相境界を挟んで、それより下位では水平な地層が認められる。

両コアにおいて明瞭な層相境界を挟んで、上位では傾斜する地層、下位では水平層が見られる。このことは、断層を挟んで上盤側の変形した地層から下盤側の水平層へと岩相が変化したことを示唆する。このことは、両コアにおいて、¹⁴C年代測定値が境界を挟んだ上位で古く(KMS-1コアで約30,000 yr BP, KMS-2コアで50,000 yr BPより古い)、下位では若い(KMS-1コアで約16,000 yr BP, KMS-2コアで約24,000 yr BP)ことから支持される。また、¹⁴C年代測定値を用いて変位基準面の年代を推定したところ、9000 yr BP, 11,000 yr BP, 21,000 yr BP, 24,000 yr BPにおける上下変位量はそれぞれ12~14 m, 16~17 m, 41 m以上, 45 m以上であり、変位の累積が認められた。これらの上下変位量と年代から、調査地域における上下変位速度は最近1万年間では1.2~1.4 mm/yr, 最近2万5千~3万年間では1.6 mm/yr以上と推定される。最近1万年間の上下変位速度を踏まえると、2014年地震時の上下変位量(0.3~0.5 m)は210~420年分のすべりに相当する。

文献：今泉ほか(1997) 活断層研究, 16, 35 - 43. 松多ほか(2001)活断層研究, 20, 59 - 70. Okada et al. (2015) SRL, 86, doi: 10.1785/0220150052. 地震調査研究推進本部(1996)

<http://www.jishin.go.jp/main/chousa/96augit/index.htm>. 鈴木ほか(2010) 活断層研究, 33, 1 - 14.

キーワード：糸魚川—静岡構造線活断層系、神城断層、上下変位速度、ボーリングコア、14C年代

Keywords: Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, Kamishiro fault, vertical slip rate, sediment core, radiocarbon dating

糸魚川-静岡構造線活断層系神城断層2014年地震断層のトレンチ調査報告

Trench excavation survey across the 2014 rupture zone along Kamishiro fault,
Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line

*遠田 晋次¹、石村 大輔¹、奥村 晃史²、丹羽 雄一¹、森 良樹³、小俣 雅志³、山崎 誠⁴

*Shinji Toda¹, Daisuke Ishimura¹, Koji Okumura², Yuichi Niwa¹, YOSHIKI MORI³, Masashi Omata³, Makoto Yamazaki⁴

1.東北大学災害科学国際研究所、2.広島大学大学院文学研究科、3.株式会社パスコ、4.山崎技術士事務所
1.International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 2.Graduate School of Letters, Hiroshima University, 3.Pasco Corporation, 4.Yamazaki P.E. Office

2014年11月22日長野県北部の地震 (Mjma 6.7, Mw 6.2) にともなって、白馬村に分布する神城断層の約9 kmの区間で地表地震断層が現れた。この地震は、地震調査研究推進本部が評価してきた主要活断層ではじめて発生した大地震である。発生前に地震規模や発生確率が公表されていたことから、地震長期評価を検証する上できわめて重要な地震断層となった。ただし、糸静線の他の断層に比べて古地震データが不足していた事実は否めず、今後の活断層評価の高度化のために、地震後とはいえ早急な古地震データ取得がのぞまれている。そのような背景のもと、著者らは、2015年10月・11月に地震断層沿いの2箇所（大出地点、飯田地点）でトレンチ調査を実施した。その結果、両地点とも2014年に先行する断層活動の痕跡が400年前以降の地層に見いだされた。地震被害記録などから、神城断層の1回前の活動が西暦1714年の小谷地震である可能性が高くなった。また、不完全ながら両地点での活動履歴から、この300年という短い間隔は活動間隔の顕著なばらつきの一つか、もしくは、神城断層の最大規模地震の活動間隔ではなく（ごく最近の地層記録保存の良好な）一回り小さな地震の間隔を見ている可能性がある。以下に、各地点での調査結果を記す。

大出地点：大出地点は地震断層北部にあたり、松川周辺に発達した扇状地性段丘面の東側末端に位置する。姫川に合流する低下側が隆起する逆向き低断層崖を示す。鈴木ほか（2010）の地形区分のL3面にあたり、4.0-4.5mの累積上下変位が推定されていた。2014年地震時には、約10m幅の撓曲変形を含め80cmの上下変位が推定されている（石村ほか、本大会要旨）。この撓曲崖を横切るように掘削したトレンチには、下盤側に堆積した1000年前以降の細粒堆積物（砂層・ピート・腐植土）に上盤側の段丘構成礫層が衝上する状況が露出した。トレンチ壁面最下部には東に45°程度で傾く断層も露出し、引きずりにともなう上盤側の礫の回転（直立・反転）も観察された。約1500年前の段丘礫層離水以降、1）下盤の小凹地の形成、2）砂層中のcolluvial wedge形成（崩落堆積物）、3）断層による下盤細粒堆積層の切断と直後のcolluvial wedgeの形成、4）2104年地震の傾動、の4回の地震イベントを推定した。ただし、2014年のような数10cm程度の小規模な変形を見落としている可能性がある。2014年に先行するイベントは400年前以降に発生し、断層面を境に1m以上の上下変位が生じている。被害記録から推定される小谷地震の規模は長野県北部地震とほぼ同じであるが、大出地点に限ると、断層変位量は2014年よりも大きかったと考えられる。

飯田地点：飯田地点は地震断層南端部付近で、現行の姫川右岸の最低位段丘面に位置する（JR神城駅の東北東約700mの地点）。神城盆地東縁が大きく東に湾曲する部分にあたり、地震断層も北から南に向かって走向が北西-南東に急変する。トレンチ地点では、地震断層はほぼ東西走向を示し、北側隆起の30 cmの上下変位だけではなく同等程度の左横ずれを伴う。LiDAR差分解析により、南北走向の地震断層はトレンチ地点のすぐ南から堀之内にかけて再度出現しており、トレンチ地点は2つの逆断層をつなぐ洞切り断層（transverse fault, tear fault）と解釈される。掘削した断層を横切る2条のトレンチ壁面には、埋め戻し土を除くと1）倒木を含む旧耕作土・旧表土、2）姫川起源の砂礫混じり腐植土、3）白馬五竜側からの扇状地礫層・砂層、4）大きく変形した古神城湖起源の湖成堆積物が露出した。過去5300年間で少なくとも5回の断層活動が認められた（2014年を含む）。特に、江戸時代の皿片が含まれている砂礫層が1回前の地震イベントで切られていることがわかった。ただし、3）と4）の境界の明瞭な傾斜不整合など、環境変遷にともなう侵食により下盤側にしか断層活動記録が残っていない。また、すべての地震で洞切り断層が動くとも限らず、地震記録の不完全さは否定できない。

本調査研究は、文部科学省委託業務「糸魚川-静岡構造線断層帯における重点的な調査観測（追加調査）」の

一環で行われたものである。

キーワード：長野県北部の地震、活断層、古地震、地表地震断層

Keywords: Nagano-ken-hokubu earthquake, active fault, paleo-earthquake, surface rupture

LiDAR差分解析による2014年長野県北部地震の地表地震断層と変位量分布

Surface rupture and coseismic deformation associated with the 2014 Nagano-ken-hokubu earthquake revealed from differential LiDAR analysis

*石村 大輔¹、遠田 晋次¹、向山 栄²、本間 信一²

*Daisuke Ishimura¹, Shinji Toda¹, Sakae Mukoyama², Shinichi Homma²

1.東北大学災害科学国際研究所災害理学研究部門、2.国際航業株式会社

1.Disaster Science Division, International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 2.KOKUSAI KOGYO CO., LTD.

2014年11月22日長野県北部の地震 (Mw 6.2) に伴って糸魚川-静岡構造線活断層系の神城断層沿いに地表地震断層が出現した。東北大学では地震発生直後から緊急調査を実施し、長さ9.2 kmの地表地震断層が概ね神城断層沿いに出現したことを報告した (Okada et al., 2015; 石村ほか, 2015)。主断層沿いではおもに東上がりの上下変位 (最大80 cm)、一部のバックスラスト沿いでは西上がりの上下変位 (最大80 cm) を確認した。ただし、地震発生2週間後の降雪により調査期間が限られ、地表地震断層か否かの検証、変位量の正確な把握等が不十分であった。そこで、本研究では地震前後に計測された高精度LiDARによる数値地形モデル (DTM, Digital Terrain Model) に基づき、地震時変位の抽出を試みた。加えて、地震直後に調査が不十分であった地点に関してあらためて現地調査を実施し、地震断層の確認とLiDAR解析結果との比較のための簡易測量を実施した。本研究は平成27年度文部科学省委託研究「糸魚川-静岡構造線断層帯における重点的な調査観測 (追加調査)」によって実施されたものである。

多時期のLiDAR計測地形に基づく地震時変位量の推定には数値地形画像マッチング (Mukoyama, 2011) を用いた。使用したLiDAR計測地形データは2009年、2014年 (地震直後)、2015年10月に撮影された1 mDTMである。手法の誤差は0.1 mである。現地簡易測量に関しては、レーザー距離計を用いて地形を測定した。

解析の結果、Okada et al. (2015) で認められていた地表変状とほぼ一致する結果が得られた。有意な変位量と思われる約0.2 m以上の連続的な上下変位を示す地点は、塩島~堀之内であった。一方、水平変位に関しては、上下変位が認められる領域の南北延長部でも認められた。水平変位が変化する点は、北側は姫川に沿って千国あたりまで、南側は青木湖まで連続的に確認された。これらのことから、上下変位は塩島~堀之内であり地表踏査による地震断層出現区間と一致し、上下変位を伴わないものの東西短縮変形が及ぶ範囲は地震断層出現区間を大幅に超え、千国~青木湖の南北約20 kmにおよぶ。これら短縮変形が認められる区間は、干渉SARの結果や地震波インバージョン・余震分布による震源断層域とも一致している。また本手法では、鉛直方向と水平方向に分離できることで、より詳細な地震時変位の特徴を捉えることができた。

地震直後の調査が不十分であった地点では、今回の解析と現地踏査により地表地震断層の連続性が改善された。山間部のためLiDAR解析のみでは不確かだった地点については、現地調査により新鮮な崖地形が見出された。この崖地形は、新期の地すべり堆積物上や谷内部の堆積物上など異なる地形間に連続的に分布していた。したがって、これら山間部の地表変状は地すべりに起因するものではなく、断層運動に伴うものと判断した。一部では、崖地形の背後に地すべり性の開口亀裂も生じていたが、これは上盤側の副次的な現象と考えられる。

地震時変位量に関しては、Okada et al. (2015) や石村ほか (2015) などの実測値と同等もしくは、より大きな値が得られた。その結果、地震断層出現区間では、上下変位量が0.5-1.0 mとなった。この原因に関しては、現地調査での見落としと幅広い撓曲変形が考えられる。例えば、大出地点では、幅数10 mの撓曲変形や地表地震断層の分岐が認められ、全体としての上下変位量を顕著に過小評価していたことがわかった。

本研究結果から、地震前後のLiDAR地形計測データは、現地調査で不十分だった地点の検証および再調査の際の基礎データとしてきわめて有用であった。同時に解析結果は、地表地震断層位置や端点の把握や変位量分布の推定に十分な情報を示した。解析結果の精度・確度に関しては今後さらなる検証が必要であるが、少なくとも目視と簡易測量による調査結果とは概ね整合しており、今後の地表地震断層のマッピング・変位量の把握に役立つと考えられる。

キーワード：2014年11月22日長野県北部の地震、糸魚川-静岡構造線、神城断層、地表地震断層、LiDAR

Keywords: the 22 November 2014 Nagano-ken-hokubu earthquake, Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, Kamishiro fault, surface rupture, LiDAR

2 時期のLiDAR-DEMに基づく2014年長野県北部地震の断層変位量分布

Fault displacement distribution of the 2014 Nagano-ken Hokubu earthquake based on a differential analysis of multi LiDAR-DEM data

*青柳 恭平¹

*Yasuhira Aoyagi¹

1. 電力中央研究所

1. Central Research Institute of Electric Power Industry

2014年長野県北部の地震 (Mj6.7) では、神城断層に沿う約9.2kmの区間で地表地震断層が認められている^{例え}ば、¹⁾、²⁾。東傾斜を示唆する西落ちの主断層のほか、その上盤側に同じ向き、あるいは逆向きの副次的な断層も複数確認されている。これらの上下変位量分布は、現地調査でかなり明らかにされているが、水平変位量については未解明の部分が多い。本研究では、航空レーザー測量によって取得された地震前後のDEMを用いて、これら地表地震断層の上下、水平変位量の分布を明らかにする。

用いたデータは、国土交通省北陸地方整備局松本砂防事務所によって取得された、地震前後の1mメッシュDEMである。震源域におけるデータ取得日は、地震前が2009年5月27日、地震後が2014年11月27日である。また、後者の範囲外に広がる地表地震断層全体をカバーできるように、当所でも独自に2015年7月11日に1mメッシュのLiDAR-DEMを取得した。これらのデータはいずれも、同一の地理座標で整理されているため、2時期のデータから同一地点を抽出できれば、両者の座標の差分をとることにより、3次元的な変動量を求めることができる^{例え}ば、³⁾。本研究では、0.1mグリッドにデータを内挿した上で、評価点を中心とした80m四方の領域で傾斜量のテンプレートマッチングを行い、地震前後の変動量を探索した。なお、地震時以外の累積的な変動分については、国土地理院の電子基準点「白馬」の日々の座標値F3解を参照して、それらの影響を一律に除去した。上下変位量の分布から推定される地表地震断層の位置は、東北大学のグループ¹⁾、²⁾によって確認された地表地震断層とよく一致している。ここでは、彼らが用いた断層名に従って、その周辺での変位量分布の概略を述べる。

主断層沿いの総変位量は、城山南方 (塩島) から飯田付近まで、概ね1.0m程度である。ただし、上下変位量と水平変位量の割合は、南北で大きく異なり、北部では上下変位が卓越するのに対して、南側では水平変位が卓越する。これは様々な研究で報じられている通りである。ここでは、上下変位量と水平変位量の割合から、簡易的に断層の傾斜角を推定した。主断層北部の城山南方から松川右岸では、傾斜60度程度と推定される。その南側、大出付近では、50度程度にやや減少する。主断層中部の姫川-平川合流地点付近では、上下変位量が0.9m、水平変位量が1.2m程度、総変位量は1.5mにも達する。この合流地点から飯森付近までは、上下変位の境界はほぼ姫川に一致する。さらに、飯森から堀之内にかけては、部分的に西側に張り出すような長さ数10m~300m程度の円弧が複数連なって確認できる。この区間の傾斜は30度程度である。総変位量は、主断層南部に向けて漸減してゆき、堀之内付近では0.4m程度となる。

主断層北部の城山東方の水田に生じた東北東走向、北落ちの断層は、総変位量が0.46m、傾斜が60度程度である。傾斜から見て、主断層の北方延長である可能性が高い。この場合、主断層は、明瞭な地震断層が確認された城山南方地点から、城山の西縁と北縁を経由してこの付近に到達していることが上下変位量分布から推察される。

一方、城山東方で、この断層の南側に生じた南落ちの断層 (b1) は、総変位量が0.26m、傾斜は34度程度である。また、姫川と松川の合流地点から姫川左岸に沿って生じた東落ちの断層 (b2) は、総変位量が0.63m、傾斜は61度と推定される。野平地区に生じた東落ちの断層 (b3) は、総変位量が0.62m、傾斜は77度と推定される。これらは主断層のバックスラストである可能性があるが、後者二者は高角傾斜であることが特徴的である。

大出地区で主断層の東側に生じた西落ちの断層 (f2b) は、その東西走向の区間で総変位量0.24m、傾斜55度程度と推定される。蕨平の西側に推定されているf3b断層付近でも、比較的ブロードな変形が認められ、総変位量0.71m、傾斜は44度に達する。前述した主断層は、白馬駅南方から平川合流地点付近までは不明瞭になるため、山側にも変位が分散している可能性がある。

今後、解析結果を精査し、主断層の変位の向きや大きさと、副次的な断層の出現形態や変位量分布との関連性などを検討する予定である。

<参考文献>

Okada, S., D. Ishimura, Y. Niwa, and S. Toda: The First Surface-Rupturing Earthquake in 20 Years on a HERP Active Fault is Not Characteristic: The 2014 Mw 6.2 Nagano Event along the Northern Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, *Seism.Res.Lett.*,86, doi: 10.1785/0220150052, 2015.

石村大輔・岡田真介・丹羽雄一・遠田晋次：2014年11月22日長野県北部の地震（Mw6.2）によって出現した神城断層沿いの地表地震断層の分布と性状，*活断層研究*，43号，pp.95-108，2015.

品川俊介・阿南修司・佐々木靖人・向山栄・本間信一：2時期の航空レーザー測量による地表地震断層周辺の変位量分布の推定 2011年4月11日福島県浜通りの地震に伴う事例，*応用地質*，第53巻，第6号，pp.271-281，2013.

<謝辞>

国土交通省北陸地方整備局松本砂防事務所調査課の廣瀬昌宏調査係長には、地震前後に計測された航空レーザー測量データの提供にあたり、便宜を図って頂きました。ここに謝意を表します。

キーワード：長野県北部地震、神城断層、LiDAR-DEM、断層変位分布

Keywords: Nagano-ken Hokubu earthquake, Kamishiro fault, LiDAR-DEM, fault displacement

2014年長野県北部の地震に伴う地表変動に関するSAR干渉画像の解釈

Interpretation of SAR interferograms on the ground deformation associated with the Northern Nagano Prefecture earthquake in 2014

*宇根 寛¹、中埜 貴元¹、小林 知勝¹

*Hiroshi Une¹, Takayuki Nakano¹, Tomokazu Kobayashi¹

1. 国土地理院

1. GSI of Japan

だいち2号のSAR干渉画像には、2014年長野県北部の地震に伴う地表変動が詳細に記録されている。このうち、地表の局所的な変動に起因すると考えられるパターンに着目し、地中レーダー探査やトレンチ調査の結果などと比較しつつ、地下浅層の断層の挙動について推定する。

キーワード：SAR干渉画像、2014年長野県北部の地震、地下浅層断層構造

Keywords: SAR interferogram, Northern Nagano Prefecture earthquake in 2014, subsurface rupture structure

各種反射法地震探査記録の比較から推定した三浦半島断層群武山断層の浅部から深部に至る断層形状
 Fault geometry on Miura-hanto fault group presumed by comparison of various seismic reflection records

*田之口 英史¹、森 宏²、阿部 信太郎²、津村 紀子¹、荒井 良祐³、青柳 恭平⁴

*Hidefumi Tanoguchi¹, Hiroshi Mori², Shintaro Abe², Noriko Tsumura¹, Ryoyu Arai³, Yasuhira Aoyagi⁴

1.千葉大学大学院理学研究科、2.産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、3.川崎地質株式会社、4.電力中央研究所

1.Chiba University, 2.AIST, Geological Survey of Japan Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, 3.Kawakaki Geological Engineering Co.Ltd, 4.Central Research Institute of Electric Power Industry

三浦半島断層群は、主部と南部から構成されており、いずれも上下変位を伴う右横ずれが卓越する断層帯である。さらに、断層群主部は、ほぼ西北西-東南東方向に並走する北側の衣笠・北武断層帯と南側の武山断層帯に細分される（地震調査研究推進本部地震調査委員会、2002）。

三浦半島断層群の陸域及び海域延長部においては、断層の分布、活動性を明らかにすることを目的とした活断層調査の一環として反射法地震探査が実施されている（今泉他1987、岩淵他1996、神奈川県2000、阿部他2006、森他2015）。また、首都圏地域下に沈み込むフィリピン海プレートの性状を明らかにすることを目的として相模湾から陸域の三浦半島断層群を横断し東京湾に至る長大測線において深部地殻構造探査が実施されている（文部科学省 2003）。

これらの調査においては、それぞれの研究目的に応じて、可探深度としては海底から地震発生層深度まで、分解能としては数十センチメートルオーダーから数百メートルオーダーまで、様々な発震周波数帯域の震源を用いた反射法地震探査記録が取得されている。したがって、これらの反射記録断面を可探深度と分解能に応じて浅部から深部に相補的に比較検討することにより、三浦半島断層群の断層構造を地表から地下深部まで連続的に把握できる可能性があると考えられる。

本研究においては、前述した既存調査データの中から、ほぼ同一測線上で実施されたものを選択し、必要に応じて再処理も実施しつつ、三浦半島断層群武山断層の浅部から深部に至る断層形状を検討した。用いたデータは浅部を対象とした高分解能なチャープソナー、海底面下100~200mを対象としたシングルチャンネル反射法地震探査、海底面下数百m~1km程度を対象としたマルチチャンネル反射法地震探査である。

反射断面を精査すると海底面の撓み、地層のキंक状の変形を示す堆積構造が認められ、断層と認識された。この位置は三浦半島を横断する葉山・嶺岡隆起帯の南縁部に位置する三浦半島断層群武山断層の海域延長部に当たるため、この断層は武山断層であると推定される。この断層は表層部では北向きの急傾斜を示し、深さ約300~600m付近では約30~40°の傾斜角を持つ。この断層の位置と傾斜を深部に延長した部分には文部科学省（2003）がフィリピン海プレートから派生した断層との関連を指摘した北に緩く傾斜した反射面が存在する。空間的対応関係に基づけば、両者は連続している可能性が示唆される。ただし、深度方向に比較した反射断面ですべての深度を連続的に網羅できていないので今後は同地域における速度構造との比較も含めてさらに検討を深めたいと考えている。

[参考文献]

阿部信太郎・青柳恭平（2006）日本列島沿岸海域における海底活断層調査の現状と課題-海底活断層評価の信頼度向上にむけて-。電力中央研究所報告，N05047。

今泉俊文・島崎邦彦・宮武 隆・中田 高・岡村 真・千田 昇・貝塚爽平・岩田孝行・神谷真一郎・畑中雄樹・橋田俊彦（1987）三浦半島南東部沖金田湾における海底活断層の発見。活断層研究，4，28-36。

岩淵 洋・雪松隆雄・田賀 傑（1996）東京湾の活断層調査。「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期平成6~7年度）成果報告書，58-65。

地震調査研究推進本部地震調査委員会（2002）「三浦半島断層群の長期評価について」，33p. http://www.jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou_pdf/37_miura-hanto.pdf。

神奈川県（2000）「平成12年度地震関係基礎調査交付金 神奈川県地域活断層（三浦半島断層群）調査事業 成

果報告書」 <http://www.hp1039.jishin.go.jp/danso/Kanagawa5frm.htm>

森 宏・阿部信太郎・荒井良祐・田之口英史・津村紀子・青柳恭平（2015）三浦半島断層群海域延長部における断層分布と活動性について．活断層・古地震研究報告，15，143-177．

文部科学省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」平成15年度 成果報告書，

http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/daidai/h15seika-hokokusho/contents_H15_F.html

キーワード：三浦半島断層群、海域、活断層、反射法地震探査

Keywords: Miura-hanto fault group, Sea area, Active fault, Seismic reflection survey

電磁気学的手法を用いた活断層構造の探査—山田断層系郷村断層（京丹後市）の例—
Electrical resistivity survey of subsurface structure of an active fault
- A case study of the Gomura fault in Kyotango, Kyoto -

*山口 覚¹、大内 悠平²、小田 佑介¹、三島 稔明¹、村上 英記³、加藤 茂弘⁴

*Satoru Yamaguchi¹, Yuhei Ouchi², Yusuke Oda¹, Toshiaki Mishima¹, Hideki Murakami³, Shigehiro Katoh⁴

1.大阪市立大学大学院理学研究科、2.大阪市立大学理学部、3.高知大学教育研究部自然科学系、4.兵庫県立人と自然の博物館

1.Department of Geosciences, Graduate School of Science, Osaka City University, 2.Department of Geosciences, Faculty of Science, Osaka City University, 3.Natural Sciences Cluster - Science Unit, Kochi University, 4.The Museum of Nature and Human Activities, Hyogo

ある活断層セグメントで発生する地震の規模を推定するために、地表における断層セグメントの長さとしてそれを生じた地震の規模との経験則（松田，1975など）が広く用いられている。しかし、地表地震断層の長さとして発生した地震の規模が対応しないとの報告がある（例えば、金田・岡田，2002；島崎，2008；遠田，2013）このような不対応が生じる原因としては、地震発生時に震源断層で生じた変位が地下で止まる場合や、地表に達しても変位が多数の小さな変位に分散し地表調査では認識されにくい場合が考えられる。一方、活断層に沿う累積的な変位が浸食や崩壊などによって失われてしまうことも少なくない。このような「短い活断層」の問題を解決するためには、重力異常分布などの地球物理学的情報も活用して地下深部の構造を総合的に検討することが望ましいとされている（地震調査研究推進本部，2010）。

断層運動に伴って活断層の近傍に破碎帯が発達する。この破碎域に天水や地下水が浸入することによって、顕著な低比抵抗領域が形成される場合がある。また、断層面に沿って発達する粘土層によって断層を横切る方向の地下水の流れが妨げられるために、断層の片側に顕著な低比抵抗領域が形成される場合もある（e.g., Ritter *et al.*, 2005）。いずれの場合でも、活断層の地下構造を電気比抵抗分布から明らかにすることができ（e.g., Yamaguchi *et al.*, 2010；Yoshimura *et al.*, 2009；Goto *et al.*, 1998, 2005）。

京都府京丹後市に位置する郷村断層は、1927年北丹後地震（M=7.3）にともなって地表に顕著な変位が確認された。その陸上部の長さは約13kmであるが、海底部まで含めた長さは約43kmもしくはそれ以上と報告されている（地震調査委員会，2004）。この断層の走向はN30°Wで、傾斜は南西傾斜（地表付近）または高角度と報告されている。平均変位速度は概ね0.2-0.3m/千年（左横ずれ成分）と0.07m/千年（上下成分）であるC級の活断層である（地震調査委員会，2004，岡田・東郷，2000）。

郷村断層の地表トレースとほぼ直交する測線（約4km）を設け、この測線上の12地点で可聴周波数帯の自然磁場変動を信号源とする地磁気地電流法（Audio-frequency magnetotelluric; AMT）探査を行った。そして、郷村断層を含み深さ約1.5kmまでの電気比抵抗構造モデル（GMR model）を求めた。

このモデルは4つの低比抵抗領域で特徴づけられる。

- (1) 郷村断層の地表トレースの東側の深さ160-300mに位置するほぼ水平な領域(C1)
- (2) 郷村断層の地表トレースの東側の深さ750-1200mに位置するほぼ水平な領域(C2)
- (3) 郷村断層の地表トレースの直下に位置するほぼ鉛直な領域(C3)
- (4) 郷西方断層の地表トレースの直下に位置する小規模な領域(C4)

本発表では、はじめに活断層で予想される典型的な比抵抗構造に対するMT応答について説明する。次に、AMT探査およびモデル計算の概要について説明した後に、得られたモデル（GMR model）を近隣で行われた1,300mボーリング調査結果と対比させながら比抵抗モデルの解釈を行う。

キーワード：活断層、地磁気地電流法、郷村断層

Keywords: active fault, Magnetotellurics, Gomura fault

断層の活動性評価手法の構築に向けた調査・研究（郷村断層帯・山田断層帯における各種調査の実施と適用性および課題の整理）

Geological and geomorphological surveys, geophysical surveys, and borehole surveys along the Gomura and Yamada fault zone, and these applicabilities and efficiencies for development of the active fault evaluation

*岡田 真介¹、今泉 俊文²、岡田 篤正³、中村 教博²、福地 龍郎⁴、大槻 憲四郎⁵

*Shinsuke Okada¹, Toshifumi Imaizumi², Atsumasa Okada³, Norihiro Nakamura², Tatsuro Fukuchi⁴, Kenshiro Otsuki⁵

1.東北大学災害科学国際研究所、2.東北大学大学院理学研究科、3.京都大学名誉教授、4.山梨大学大学院総合研究部、5.東北大学名誉教授

1.International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 2.Graduate School of Science, Tohoku University, 3.Emeritus professor of Kyoto University, 4.Graduate School of Education & Human Sciences, University of Yamanashi, 5.Emeritus professor of Tohoku University

活断層の活動性評価を行う上で、上載地層法による活動時期の特定が困難な場合、活断層を評価する手法が確立されておらず、その確立は課題となっている。本事業では平成27年度に原子力規制庁からの委託を受け、1927年の北丹後地震によって活動した郷村断層帯とその南部に位置する山田断層帯において、地形地質調査、活断層周辺の三次元地質構造（各種物理探査）の解析、ボーリング調査、断層内物質資料を用いた分析等を行い、活断層の評価手法に関する適用条件等を整理し、総合的な活断層の評価手法の確立を目指した。これらの成果について報告する。

キーワード：活断層評価、地形地質調査、物理探査、ボーリング調査、郷村断層帯、山田断層帯

Keywords: fault activity evaluation, geological and geomorphological survey, geophysical explorations, borehole surveys, Gomura fault zone, Yamada fault zone

地中レーダー探査に基づく1854年安政東海地震で出現した蒲原地震山周辺の断層位置の推定
 Estimations of fault locations based on Ground Penetrating Radar survey around the western
 river mouth of the Fuji river

*行谷 佑一¹、安藤 亮輔²、宍倉 正展¹、野村 成宏³

*Yuichi Namegaya¹, Ryosuke Ando², Masanobu Shishikura¹, Shigehiro Nomura³

1.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、2.東京大学大学院理学系研究科、3.田中地質コンサルタント

1.Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2.Graduate School of Science, Univ. Tokyo, 3.Tanaka Geological Corporation

富士川河口域西岸部である静岡県旧富士川町（現富士市）や旧蒲原町（現静岡市清水区）は、1854年安政東海地震の前後で富士川流路が変遷したこと〔行谷・他（2015）〕や「蒲原地震山」〔例えば、羽田野（1977）〕に代表される地変により、同地震によって広域的に隆起した可能性が高い。この隆起は、南海トラフ・駿河トラフの破壊に伴い入山瀬断層またはそれに関連した断層が破壊した可能性を示唆するものであり、本地域の地下構造を解明することは今後の地震活動を検討する上でも重要である。

そこで本調査ではこの富士川河口域西岸部において、地表近くの地層に断層の伴うずれや変形が存在するか知るために、2016年1月4日～8日かけて地中レーダー探査（Ground Penetrating Radar, GPR）を行った。調査地域を通るとされる入山瀬断層は南北方向の走向を持つと考えられているので〔例えば、地震調査研究推進本部（2010）〕、ほとんどの測線についてそれに横切るように東西方向に設定した。総測線長は13 km程度に及ぶ。GPR探査において使用した電波の中心周波数は100 MHzであり、地下の不均質な電磁波伝播構造による反射波を解析することで地下5 m内程度の地質構造を知ることが期待される。

この結果、海岸から2 km程度内陸までの測線で少なくとも4カ所において反射面に断層のずれと解釈される層序の不連続が存在することがわかった。不連続は盛土と思われる層の直下まで存在し、比較的新しい地層まで切っている可能性がある。これらの不連続の位置は地震調査研究推進本部が設定した入山瀬断層の位置とさほど離れていない。また、最も海側の測線および地震山の北端付近の測線における不連続の位置付近は、反射法地震探査により数十m~数百mの深度で伊藤・他（2014）が推定した断層位置に近い。

一方、蒲原中学校の北側や旧庵原高校の東側といった、地震調査研究推進本部による入山瀬断層の断層線から離れた位置においてもこのような不連続が存在することがわかった。これは伊藤・他（2014）が指摘する「陸域における入山瀬断層が1本の明瞭な断層ではなく、複数の断層に分岐していることを示している」ことを支持する内容である。すなわち、この富士川河口域西岸では複数の分岐断層が地表面近くにまで達している可能性がある。

【文献】

羽田野誠一, 1977, 地図, 40-41.

伊藤忍・山口和雄・入谷良平, 2014, 平成25年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 59-64.

地震調査研究推進本部, 2010, http://jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou_pdf/43_fujikawa_2.pdf

行谷佑一・安藤亮輔・宍倉正展, 2015, 日本地震学会講演予稿集2015年度秋季大会, S10-11.

【謝辞】

本調査を実施するにあたり便宜をはかって下さった関係諸機関のみなさまに御礼申し上げます。本調査の一部は「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」の予算で実施しました。

キーワード：地中レーダー、入山瀬断層、1854年安政東海地震

Keywords: Ground Penetrating Radar, Iriyamase fault, 1854 Ansei Tokai earthquake

駿河トラフ海底活断層の陸域への連続性に関する地形学的検討

Continuation of Submarine Active Fault in the Suruga Trough towards Inland Area

*中田 高¹、渡辺 満久²、水本 匡起³、後藤 秀昭⁴、松田 時彦³、松浦 律子³、田力 正好³*Takashi Nakata¹, Mitsuhiro Watanabe², Tadaki Mizumoto³, Hideki Goto⁴, Tokihiko Matsuda³, Ritsuko S. Matsuura³, Masayoshi Tajikara³

1.広島大学・名誉教授、2.東洋大学、3.地震予知総合研究振興会、4.広島大学

1.Prof. Emeritus, Hiroshima Univ., 2.Toyo Univ., 3.ADEP, 4.Hiroshima Univ.

富士川河口断層帯は、平均変位速度が7m/1,000年を上回る活断層によって構成され、駿河トラフのプレート境界断層の陸域延長にあたると考えられてきた(山崎, 1979; 地震調査委員会, 1998など)。一方、活動度が高く1回の変位量が大きい逆断層であるとされながら、多くの地点で実施されたトレンチ掘削や群列ボーリング調査によっても、断層運動を示す明確かつ決定的な証拠は発見されず(下川ほか, 1996; 静岡県, 1996; 丸山・斎藤, 2007, Lin et al. 2013など)、大きな疑問となっていた。

富士川河口断層帯を構成する活断層のうち、東側の断層列は津屋(1940)が最初に指摘したもので、羽納丘陵の東縁を限る安居山断層とその南の星山丘陵の北東縁と南東縁をそれぞれ限る大宮断層と入山瀬断層からなり、富士山を中心として円弧を描く急斜面の崖下に北西側を低下させる断層が存在すると推定されている。西側の断層列は羽納丘陵の西の芝川に沿った芝川断層と蒲原丘陵の西縁を限る入山断層から構成される。羽納丘陵と星山丘陵は北西-南東方向に延びる背斜状の細長い高まり地形をなす。丘陵を開析する谷には小規模な河岸段丘や新規の富士溶岩流(大宮溶岩流(津屋, 1940))が分布し、丘陵の長軸に直交する胴切りの正断層によって上下変位を受けている。古富士泥流堆積面からなる丘陵の北縁に沿って丸みを帯びた急斜面が発達し、その下位の段丘面も富士山側に向かって撓んでいるが、古い面ほど急傾斜となり累積的な変形が継続していることが読み取れる。最近、筆者らはフィリピン・ルソン島中部のタール火山のカルデラ湖を囲む外輪山に、重力性の変形により形成されたと考えられる高まり地形を発見した(中田他, 2016)。この地形は羽納丘陵・星山丘陵と酷似しており、両者の成因が共通する可能性が高い。

駿河トラフの海底には、ほぼ南北に延びる急峻で直線的な東向き海溝斜面が南海トラフの東端部から連なり、その基部に活断層が発達する。活断層は、海溝斜面を開析するガリーが形成する小扇状地や谷底を変位させ比高数10mの低断層崖を発達させており、活断層断層変位が繰り返していることを示唆している。この急斜面は湾奥では北北西に走向を変え、由比川河口に達する(中田他, 2009)。大陸棚斜面上には、海底活断層が富士川河口に向かって分岐することを示す変動崖も存在しない。また、星山丘陵の南東縁を限る入山瀬断層は逆断層とされており、1854年安政東海地震の際に蒲原地震山・松岡地震山がこの断層に沿って出現したとされてきたが、その根拠は必ずしも明確ではない。

近年、詳細な空中写真判読から、富士川沿いの地域で南北性の活断層が次々と発見・確認されている。水本他(2013a, 2013b)は、松田(1961)が西傾斜の逆断層と認定した身延断層に沿って、富士川の河岸段丘面の西上がりの変位や支谷の左屈曲を発見した。このうち、山梨県南部町原戸付近の支谷の系統的な左屈曲や、同町井出における河岸段丘面を西上がりに変位させる直線的な低断層崖は、身延断層が左横ずれ変位が卓越する活断層であることを示す確実な証拠である。また、渡辺他(2016)は富士川の東岸、身延駅南の角打~樋之下に系統的な谷屈曲をもとに新たに南北性の左横ずれ断層を認定し、段丘礫層を変位させる断層露頭を確認した。

さらに、糸魚川-静岡構造線と富士川河口断層帯との間に発達する西傾斜の逆断層(松田, 1961)のうち、根熊断層と田代峠断層に沿って河谷の左屈曲が複数発達することを新たに発見した。これらの断層は、「日本の活断層」(活断層研究会, 1980)では確実度III(活断層の疑いのあるリニアメント)として記載されているものにほぼ一致する。このうち田代峠断層では、興津川上流の大平付近で認められる支谷の左屈曲が極めて明瞭である。伊藤他(2013)は地下構造探査の結果から、田代峠断層は逆断層成分を有する西傾斜の高角左横ずれ断層とした。また、野崎他(2013)は、田代峠断層の北方延長に当たる音下断層(松田, 1960)の断層岩を解析し、この断層が高角西傾斜の横ずれ断層である可能性を指摘した。以上の結果から、南部フォッサマグナでは、糸魚川-静岡構造線と富士川との間の横ずれ変形帯が、駿河トラフにおけるフィリピン海プレート境界沿いの変動帯の陸域延長部にあたることを考えることができる。

上述の新知見を考慮すれば、富士川河口断層帯、特にその東列をフィリピン海プレート北縁における陸域プレートの境界をとす考へには再検討が必要である。由比川沿いでは富士川河口断層帯の西列に当たる入山断層が活断層として認められてきた（活断層研究会, 2001）。しかし、由比川の支谷に左屈曲が複数認められるものの、活断層を連続的に認定するにたる明確な地形的な証拠は得られていない。また、入山断層の北方延長とされる芝川断層についても活断層であることを示す確実な証拠は得られておらず、さらに入念なフィールドワークと詳細な分析が不可欠である。

キーワード：活断層、海底活断層、駿河トラフ、富士川河口断層帯、プレート境界

Keywords: active fault, submarine active fault, Suruga trough, Fujikawa-kakou Fault Zone, plate boundary

糸魚川-静岡構造線活断層系南部セグメント周辺の変動地形

Tectonic landform in the area around the southern segment of the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, central Japan

*佐野 実可子¹、林 愛明¹

*Mikako Sano¹, Aiming Lin¹

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室

1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University

内陸活断層周辺域の変動地形は繰り返し発生した大地震の断層累積変位により形成されるものである。従って、繰り返し発生する活断層の運動により発達する構造および形成過程を明らかにするためには、活断層の詳細分布形態や変動地形の詳細な情報が必要となる。本研究では、最近の活動性の高い糸魚川-静岡構造線活断層系南部セグメントを構成する白州断層、下円井断層および市ノ瀬断層の周辺域をターゲットとして、変動地形と活断層構造との関係について研究を行った。活断層の判読と変動地形の解析は、5mメッシュの数値標高(DEM)データから作成した地形透視マップおよび空中写真を使用した。また、その判読と解析結果を基に野外調査を行い、活断層と活褶曲の分布図を作成した。

地形判読および現地調査の結果、1) 活断層トレースは先行研究に報告された断層トレースよりも遥かに複雑で、湾曲した形状を示すこと、2) 断層トレースは地形勾配が低いほど等高線と近い形で湾曲すること、などが明らかになった。

また、本研究地域で確認される変動地形を、その形状によって3つに分類することができた。一つ目は比高が高く、上盤側への傾斜の傾きが見られない撓曲崖、二つ目は断層付近で大きく撓曲し、上盤側(西側)への逆傾斜の地形面が見られる撓曲崖、三つ目は低い比高の褶曲崖とその上盤側に波長の長い撓曲を持つ撓曲崖である。これらの撓曲崖の延長上に存在する断層露頭では、それぞれ傾斜 50° 前後、 35° 以下、水平の断層が見られる。これより、一つ目の撓曲崖は急傾斜の断層によって形成され、二つ目の撓曲崖は、低角の逆断層運動によって変位した地層が地表付近で傾斜褶曲していることが推測される。また、三つ目の撓曲崖は、地下浅部に存在する水平な断層によって鉛直変位の少ない、上盤が水平方向に変位するような構造が発達していると考えられる。

以上の三つの変動地形の特性より、各撓曲崖の翼の長さ L を比高 H で割った値(F_{si}) (Fault scarp indexと定義する)を出したところ、断層の傾斜が高い地域では F_{si} 値が小さく、傾斜が低い地域では F_{si} 大きい傾向が見られる。 F_{si} 値の分布より、白州断層に存在する急傾斜の断層は南北走向、低角の断層は北北西-南南東走向であることが予想される。また、市ノ瀬台地前縁部中央付近において、 F_{si} 値が大きい傾向が見られる。これより、台地前縁部の断層は、台地中央部の地表付近で傾斜が低くなるような撓んだ形状であると考えられる。

以上より、断層の傾斜が低いほど形成される比高は低く、撓曲の翼の長さは長くなり、 F_{si} 値は大きくなる。従って、 F_{si} 値より、撓曲崖の形状から相対的な断層の傾斜を推定することが可能である。本研究により、変動地形の特徴から活断層の性状を推定することができ、活断層の活動性評価に重要な情報を提供できることが示唆される。

キーワード：糸魚川-静岡構造線活断層系、活断層、変動地形

Keywords: Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line active fault system, active fault, Tectonic landform

2014年長野県北部の地震(Mw 6.2)時に出現した副次的な地表地震断層群の活動履歴調査(序報)

Paleoseismological study on subsidiary surface fault ruptures produced by the 2014 Mw 6.2 Northern Nagano earthquake, central Japan: Preliminary report

*上田 圭一¹、相山 光太郎¹、佐々木 俊法¹、佐藤 賢²、市川 清士²、田中 竹延²

*Keiichi Ueta¹, Kotarou Aiyama¹, Toshinori Sasaki¹, Masaru SATO², Kiyoshi Ichikawa², Takenobu Tanaka²

1.電力中央研究所、2.阪神コンサルタンツ

1. Central Research Institute of Electric Power Industry, 2. Hanshin Consultants

2014年11月に発生した長野県北部の地震(Mw 6.2)では、長さ約10kmの区間において、東側隆起の逆断層変位を主体とする地表地震断層(東傾斜の主断層)が出現し、隆起量は最大で約80cmに達した。この断層の北部~中部区間においては、主断層の東側(上盤側)、約1.2kmの範囲において、長さ数100mの副次的な地表地震断層群が出現した(Okada et al., 2015)。筆者らは、これらの副次的な断層の形態、運動像、活動性を解明するため、地表踏査、ボーリング調査、地形調査等を、地震直後から実施してきた。その結果、当断層群について、1) 第四紀後期において断層変位の累積性を有すること、2) 基盤岩において平滑性・平面性に富むシャープな断層面と複合面構造の発達した断層ガウジを伴うこと、3) 主断層とは逆向きに傾斜する高角度の逆断層(左横ずれ変位成分を伴う)は基盤岩内の層面すべりが関与している可能性があることなどの特徴が明らかになってきた(上田ほか, 2015)。これらの断層群の活動履歴と変形・破碎形態を、より詳細に解明するため、2015年11~12月に白馬村の大出・塩島地区においてトレンチ調査を実施した。

(1) 大出地区: 主断層に相当する地表地震断層の東方約100~200mに位置する畑地(低位段丘面)において認められた比高約40cmの撓曲変形(副次的な地表地震断層)は、東西走向区間(長さ約100m、南側隆起)と南北走向区間(長さ約100m、東側隆起)からなり、屈曲した形態を示す。撓曲部に形成された断層群の雁行状配列パターン、およびトレンチ・ボーリング調査において観察された基盤岩内の断層面の条線から、2014年の地震時における断層変位は、東西走向区間で右横ずれ変位成分を伴う逆断層変位、南北走向区間で左横ずれ変位成分を伴う逆断層変位であり、断層を境に南東側の地盤が北西へ移動したと考えられる。

東西走向区間におけるトレンチ法面では、凝灰角礫岩・安山岩からなる基盤岩と、低位段丘を構成する礫層、砂層、腐植土層等が露出し、それらを変位させる断層が確認された。基盤岩においては南に約50°で傾斜する逆断層が認められ、基盤面の見かけの上下変位量は約2mに達する。その直上の未固結堆積層においては、数条の断層群が認められ、各地層と断層の切断・被覆関係、上下変位および変形の程度の差をもとに、少なくとも3回の古地震イベントが識別され、現在、年代測定を進めている。

南北走向区間においてトレンチ調査に先立って実施したボーリング調査では、低位段丘礫層の基底面深度について、撓曲の上盤と下盤とで約2mの差が認められた。また凝灰角礫岩等からなる基盤岩内に約50°で傾斜する断層破碎帯があり、幅約2cmの断層ガウジを伴い、逆断層変位センスを示す変形構造が観察された。当箇所のトレンチ調査においては、低位段丘を構成する礫層、砂層、腐植土層等が露出し、それらを変位させる数条の逆断層群(東に約50度で傾斜)が観察された。礫層内に挟在する砂層の見かけの上下変位量は約1mであり、南北走向区間と同様、少なくとも3回の古地震イベントが識別される。

(2) 塩島地区: 主断層に相当する地表地震断層の東方約600mに位置する姫川左岸の水田などにおいて、NNE-SSW走向の撓曲変形(西側隆起、比高約40cm)が長さ約800mの区間で認められた。この撓曲変形を対象としたトレンチ調査では、凝灰角礫岩・安山岩からなる基盤岩と、低位段丘を構成する礫層等が露出し、基盤岩と礫層を境する2条の逆断層(西に約70~80°で傾斜)が、幅約40cmの断層ガウジ・角礫帯を挟んで認められた。上盤側(西側)の断層は地表の撓曲脚部に向かって連続するのに対し、下盤側(東側)の断層は礫層上部に覆われる。また上盤側の断層に接する礫層内には、断層ガウジ起源の堆積物(colluvial wedge)が観察された。これらの変形構造から、少なくとも2回の古地震イベントが識別される。

文献: Okada et al. (2015): Seismological Research Letters, 86, No.5, doi: 10.1785/0220150052.

上田ほか(2015): 日本地震学会2015年秋季大会講演予稿集, S10-P09.

2014年長野県北部の地震 (Mw 6.2) の地表地震断層を横切る反射法地震探査

Seismic reflection survey across the coseismic surface ruptures of the 2014 nagano-ken-hokubu earthquake of Mw 6.2, central Japan

*岡田 真介¹、松多 信尚²、小鹿 浩太³、川崎 悠介³、松原 由和³、遠田 晋次¹

*Shinsuke Okada¹, Nobuhisa Matsuta², Kouta Koshika³, Yusuke Kawasaki³, Yoshikazu Matsubara³, Shinji Toda¹

1.東北大学災害科学国際研究所、2.岡山大学大学院教育学研究科、3.応用地質株式会社

1.International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 2.Graduate School of Education, Okayama University, 3.Oyo Corporation

2014年11月22日、長野県白馬村を中心として長野県北部の地震 (Mw 6.2) が発生し、同村塩島から東佐野にいたる約9.2 kmに地表地震断層が出現した。本研究では、震源域の地下構造を明らかにするために、糸魚川-静岡構造線活断層帯北部・神城断層を横断し、小谷-中山断層までの約4.2 kmの反射法地震探査測線を設定した。測線は神城盆地の中心あたりから三日市場および堀之内地区を通り、国道406号線に至る。探査測線では、道路復旧工事がいたるところで実施されており、それぞれの工事事務所との綿密な調整により測定を実施することができた。

本調査では、震源にはIVI社製Enviro Vibを用い10~100 Hzの周波数帯で16秒間のスイープを実施した。受振器にはGS-20DX (Geospace社製、固有周波数10 Hz) を用い、受振点間隔は10 m、発振点間隔は20mに設定した。また各発振毎に192 chの受振点での記録を取った。総発振点数は215点、総受振点数は414点である。レコーディングシステムは、Geometrics社製のジオードを使用し、サンプリング間隔は1 msecとした。

本調査は、文部科学省からの委託業務「糸魚川-静岡構造線断層帯における重点的な調査観測(追加調査)」の一環として実施しました。また、白馬村役場、姫川建設、(株)白馬三津野から多くの協力を得ることにより実施することができました。ここに記すと共に感謝申し上げます。

キーワード：反射法地震探査、2014年長野県北部の地震、神城断層、糸魚川-静岡構造線活断層帯

Keywords: seismic reflection survey, 2014 Nagano-ken-hokubu earthquake, Kamishiro fault, Itoigawa-Shizuoka tectonic line active fault system

山形盆地西縁断層帯村山市周辺の活構造に関する露頭資料

Outcrop data of geological structure associated with active thrust zone along western margin of Yamagata basin around Murayama city, NE Japan

*小坂 英輝¹、阿部 恒平²、瀬崎 章太郎¹、楮原 京子³、岡田 真介⁴、池邊 紘美¹、三輪 敦志²、今泉 俊文⁵

*Hideki Kosaka¹, Abe Kohei², Sezaki Shotaro¹, Kagohara Kyoko³, Okada Shinsuke⁴, Ikebe Hiromi¹, Miwa Atsushi², Imaizumi Toshifumi⁵

1.株式会社環境地質、2.応用地質株式会社、3.山口大学教育学部、4.東北大学災害科学研究所、5.東北大学大学院理学研究科

1.Kankyo Chishitsu Company Limited, 2.OYO Corporation, 3.Faculty of Education, Yamaguchi University, 4.International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 5.Tohoku University

筆者らは、山形盆地西縁断層帯の村山市周辺で、鮮新 - 更新統の撓曲・褶曲構造を複数の露頭で観察した。村山市周辺の活断層帯は、東北地方に発達する活断層帯の中でも特に活断層トレースの密度が高く、複雑な断層 - 褶曲帯である。今回紹介する露頭は、山地縁、高森山丘陵周辺、河島山周辺に出現したもので、断層 - 褶曲帯全体を横断する活構造を理解する上で鍵となる。特に河島山周辺の露頭は、初めて本断層帯前縁の変形が露出したもので、貴重である。

山地縁の露頭では、直立した鮮新 - 更新統とそれを傾斜不整合に覆うgrowth-strataを観察した。この単斜構造は、複数の露頭で確認され、本断層帯の中で最も連続する大規模な活構造であると推定される。高森山周辺では、前側翼部が急傾斜を成す非対称な褶曲を形成した活断層が推定される。露頭は、葉山泥流堆積物とその上位の段丘堆積物が山側へ傾動したもので、非対称褶曲の背後側翼部を観察したものである。層理面の傾斜は、段丘堆積物下部で14°程度、その上部で10°未満であり上位ほど緩くなる傾向をもつ。この傾向は、褶曲の成長が段丘堆積物堆積中にあることを示唆する。河島山丘陵周辺では、葉山泥流堆積物、高位段丘堆積物、低位段丘堆積物の褶曲構造、褶曲構造を切る断層、撓曲構造等が認められた。上下変位量は、古い段丘面ほど大きく、これらの変形を形成した断層に変位の累積性があることを示す。

なお、本研究にはH21~25年度科学研究費補助金基盤研究A「変動地形マッピングに基づく伏在断層・活褶曲と地震発生様式の解明」（課題番号：21240074：今泉俊文）の一部と「H25年度東北大学災害科学国際研究所特定プロジェクト研究費」の一部を使用した。

キーワード：逆断層型活断層帯、活構造、成長層

Keywords: active thrust zone, active structure, growth strata

新潟県十日町盆地東部段丘面上に見られる背斜状変形とその成因

The origin of the anticline founded on fluvial terraces at the eastern part of the Tokamachi Basin, Niigata Prefecture

*白濱 吉起¹、吾妻 崇¹

*Yoshiki Shirahama¹, Takashi Azuma¹

1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所

1. National Institute of Advanced Industrial and Science Technology

十日町盆地は、東西を魚沼丘陵と東頸城丘陵に挟まれ、その中には信濃川が形成した多数の河成段丘が発達している。段丘面の変形から十日町盆地の東西両縁には山側隆起の逆断層の存在が古くから示されており、断層の分布、活動履歴、地下構造に関する調査・研究が行われてきた。地震調査委員会はこれらの断層を十日町断層帯東部と西部に区分し、既往研究結果と委託調査研究結果から最新活動時期を明らかにした。しかし、依然として東西両断層ともに、活動間隔や周囲の断層との連動性に関しては不明である。本研究では、十日町断層帯東部の活動履歴調査の一環として、断層帯周辺を対象に詳細な地形解析を行ったところ、南雲原近辺の河成段丘面上にNE-SW走向の背斜状の変形を発見した。この変形は、波長約1.5 kmで、米原面（14-30万年前）相当の段丘面を約20 m隆起させており、背斜上の対称褶曲と見られる。また、中在家集落周辺では、それより下位の朴の木坂面（14-17万年前）、貝坂面（5万年前）に相当すると推定される段丘面上に累積的な変形が認められた。さらに、変形帯周辺の魚沼層について地質調査を行ったところ、その地質構造にも背斜構造と調和的な変形が見られ、魚沼層上部の堆積以降少なくとも5万年前まで活動していたと推定される。同地点では同じ地表変形を対象に都市圏活断層図（十日町）や日本の活断層（1991、活断層研究会編）によってNNE-SSW走向の細尾-如来寺断層が報告されているが、地表踏査により断層が確認されなかったことや地表変形の分布から、NE-SW走向の背斜状変形とみなした。褶曲波長から推定される変形層の厚さは1-1.5kmと浅く、魚沼層内部の層面すべりによって駆動された褶曲変形の可能性が高い。これは横倉ほか（2008、地質ニュース）によって示唆されたデタッチメント断層の存在を支持する結果であり、十日町断層帯東部とデタッチメント断層によって連結している可能性を示唆している。

キーワード：十日町断層帯、変動地形、河成段丘、魚沼層群

Keywords: Tokamachi Fault Zone, tectonic landforms, fluvial terraces, Uonuma Formation

十日町断層帯東部におけるトレンチ調査およびボーリング調査（太田島地点）

Trench Excavation Study and Drilling Survey on the Eastern Segment of Tokamachi Fault Zone, Central Japan

*谷口 薫¹、吾妻 崇²、白濱 吉起²、廣内 大助³、郡谷 順英¹、小俣 雅志¹*Kaoru Taniguchi¹, Takashi AZUMA², Yoshiki Shirahama², Daisuke Hirouchi³, yorihide koriya¹, Masashi Omata¹

1.株式会社パスコ、2.産業技術総合研究所、3.信州大学

1.PASCO CORPORATION, 2.GSJ, AIST, 3.Shinshu Univ.

十日町断層帯東部（十日町盆地東縁断層，鈴木ほか，2001；渡辺ほか，2001）は，十日町盆地の東縁に位置する，長さ約19 kmで北北東-南南西方向に延びる東側隆起の逆断層である。

本断層帯では，太田ほか（2010）によって複数のトレンチ調査が行われ，最新活動時期は3800-3200年前と報告されているが，複数の並走する断層の1つで得られた調査結果であることから，この活動が十日町断層帯東部の最新活動時期かどうかは判断できないとされている（地震調査推進本部地震調査委員会，2010）。

このような背景から，最新活動時期を含めた，過去の活動履歴を明らかにするために，十日町市太田島地点においてトレンチ調査およびボーリング調査を実施した。

なお，その他の地点で実施した調査結果については，吾妻ほか（本大会）を参照されたい。

調査地点は，事前の空中写真判読や現地調査によって，大割野I面（約10,000-14,000年前に離水：太田ほか，2010）に対比される段丘面上に比高約4 m程度の南東側上がりの低崖地形が連続することを確認した。この低崖の基部付近に断層が通過するものと推定し，掘削調査を実施した。

掘削したトレンチの規模は，長さ約15 m，深さ約3 m，幅約5 mである。トレンチに露出した地層は，下位より砂礫やシルト・砂からなる河川性堆積物，氾濫原堆積物，崖錐性堆積物および表土・盛土に区別される。最下位の砂礫は，最大礫径50 cmを超える巨礫を含み，円礫主体であることから，信濃川本流性の大割野I面を構成する礫層であると判断される。

トレンチには，河川性堆積物を明瞭に変位・変形させるような断層は認められなかったが，砂礫やその上位の細粒堆積物の分布高度が東側（隆起側）に向かって変化していることが確認される。さらに，細粒堆積物中のシルト-砂は，西側へ向かって傾斜が増している様子がみられる。

同時に隆起側で実施したボーリング調査では，段丘礫層に対比される砂礫が出現したが，その上位にはトレンチでみられたような河川性の細粒堆積物は認められない。

この理由の1つとしては，大割野I面の離水後になんらかの原因によって崖地形が形成された後に，その低下側にのみ細粒堆積物が堆積した可能性が考えられる。

現在，地層の堆積年代を検討するための年代測定および火山灰分析を実施中である。その結果や既存研究を踏まえた，本断層の活動性に関する検討の詳細は当日ポスターにて示す。

本調査は，文部科学省の受託研究「十日町断層帯の補完調査」によって実施しました。

引用文献

吾妻 崇・白濱吉起・廣内大助・谷口 薫・吉岡敏和・粟田泰夫・郡谷順英・小俣雅志，2016，十日町断層帯の活動履歴とセグメント区分，本大会。

地震調査研究推進本部地震調査委員会，2010，「十日町断層帯の長期評価の一部改訂について」，30p。

太田陽子・渡辺満久・谷口 薫・鈴木康弘・澤 祥・田中真弓・鈴木郁夫・廣内大助・金 幸隆，2010，トレンチ調査からみた十日町盆地東縁断層の変位様式と活動履歴，地学雑誌，119，102-120。

鈴木康弘・東郷正美・渡辺満久・金 幸隆・佐藤尚登，2001，1:25,000都市圏活断層図「十日町」，国土地理院技術資料D・1-No. 388。

渡辺満久・堤 浩之・鈴木康弘・金 幸隆・佐藤尚登，2001，1:25,000都市圏活断層図「小千谷」，国土地理院技術資料D・1-No. 450。

キーワード：活断層、トレンチ調査、ボーリング調査、十日町盆地、十日町断層帯

Keywords: active fault, trench excavation study, drilling survey, Tokamachi Basin, Tokamachi fault zone

関東平野の第四紀後期の活構造図—数値標高モデルによる地形ステレオ画像の判読に基づく—
Tectonic map for the late Quaternary in and around the Kanto Plain; Based on
Interpretation of Topographic Anaglyphs Derived Using a Detailed Digital Elevation Model

*後藤 秀昭¹

*Hideaki Goto¹

1. 広島大学大学院文学研究科

1. Graduate school of letters, Hiroshima University

数値標高モデル (DEM) を用いた研究は、今世紀に入り急速に広まった。そのうち、地形データを用いた地形の可視化の研究では、地形段彩図や陰影図、傾斜区分図などの一般的な表現方法のほか、それらを重ねた地形表現 (向山・佐々木, 2007 など) や地形開度 (横山ほか, 1998), 赤色立体地図 (千葉・鈴木, 2004), ステレオ画像の作成 (後藤・佐藤, 2003 など) など、多様な表現が検討されてきた。このような可視化された地図を用いた変動地形学的な研究では、50 mメッシュのDEM を用いて地形判読の可能性を検討した宇根・小室 (2000) や、データの取得や解像度について検討した隈元ほか (2002), 航空レーザ測量で取得したデータを用いて変位地形を検討した中田 (2008) や Kondo et al., (2008), 地震断層沿いの詳細地形を検討した丸山ほか (2009) などがある。

我が国では、数値化された地形データの整備は1990年代から始まっていたが、高解像度の地形データの整備が進んだのは最近のことである。2007年に制定、施行された地理空間情報活用推進基本法がその整備と公開を押し進めた。これを背景として変動地形学の分野においても、地形データの取り扱いに長けた専門家に限らず、研究者自身が分析や表示を行うという、一般的な研究方法として利用されるようになり (後藤・中田, 2009; 2011 など), 分析方法にも広がりが出てきた。後藤・杉戸 (2012) や近藤ほか (2015) では、空中写真による地形判読では認識や認定が困難な変動地形を、ステレオ画像や詳細な断面図の作成によって抽出している。活断層の位置や形状、分布を把握するのに、空中写真や地形図が主要な役割の担うという研究手法から、手法的に大きく転換あるいは向上できる地形や地域が出てきたとも言える。これは、地形図を用いて地形判読をしていた時代から1970年代に空中写真を用いた研究に主軸を移したのと同様の手法的な新展開であると考えている。

このような背景と認識のもと、後藤 (2012; 2013; 2014) では誰でも自由に地形判読ができるようにするために、日本列島で整備されている多様な地形データを網羅的に用いて、ステレオ画像やその作成手順を提示してきた。そのなかには、沿岸域のデータを加工したものも加えており、陸上地形、海底地形に留まらず、海陸を統合した地形を広域的に判読可能なステレオ画像が含まれている。また、これらの画像を用いて判読できる地形のうち、都市化されることで地表面の判読が困難な地域において変動地形を新たに認めたり、長波長な撓曲崖のために空中写真では認識が困難な地形を見出すなどして、ステレオ画像の有効性を提示してきた。

本研究では、日本で最も人口密度が高い一方で、多段化した段丘面が発達し、日本の地形学の模式地となっている関東平野において、変動地形学的手法に基づいてステレオ画像を系統的に判読・検討した結果を示す。これまで報告されてきた活構造と重複したものが多いが、一方で、これまでに報告されていない変位地形や地形面の変形を見いだすことができた。具体的には、1) 首都周辺の山ノ手台地~下末吉台地の北東-南西方向の背斜状変形 (山ノ手背斜), 2) 千葉市付近で東北東-西南西方向に延びる褶曲や傾動に関連したと思われる変形や断層崖 (千葉断層系), 4) 武蔵野台地北縁の撓曲 (武蔵野北縁撓曲帯), 5) 平井断層の南東延長, 6) 鴨川低地南断層の左横ずれ断層へと続くように見える海底活断層などである。

キーワード: 数値標高モデル、アナグリフ、変動地形、関東平野

Keywords: digital elevation model (DEM), anaglyph, tectonic geomorphology, Kanto Plain

数値水深モデル (50 mメッシュ・150 mメッシュ) から推定された下田沖断層帯と石廊崎断層
 Fault Zone Off the coast of Shimoda and Irozaki Fault Inferred from Geomorphic Analysis
 for Digital Water Depth Model of 50 m mesh and 150 m mesh

*金 幸隆¹、新井田 秀一¹、北村 晃寿²

*Haeng-Yoong Kim¹, Shuichi Niida¹, Akihisa Kitamura²

1. 神奈川県立 生命の星・地球博物館、2. 静岡大学

1. Kanagawa Prefectural Museum of Natural History, 2. Shizuoka University

伊豆半島とその南に続く伊豆海台の東縁では、落差約200 m~2000 mの東落ちの海底崖が北北東—南南西に約120 km分布する。この海底崖に沿って、伊豆東方線 (ITTL) と呼ぶ第四紀の構造線が推定されている [岡山 (1968), 石橋 (1976), 活断層研究会 (1980; 1991), 米倉 (1986), Taira *et al.* (1998), 青池 (1999), 金・他 (2012)]。しかしながら下田沖の変位地形については、十分に解明されていない。

本研究は、海上保安庁海洋情報部 (2012) の150 mメッシュと50 mメッシュの海底地形データからアナグリフ画像と等深線図を作成し、断層の痕跡を調査した。断層の判断基準は、①変位地形が明確であり、活断層であることが確実なもの、②活断層の位置と変位の向きも推定できるが、確実に活断層であると判定できる資料に欠けるもの、③活断層の可能性や存在が疑われるが、変位の向きが不明であり、また他の原因で地形が形成された疑いが残るものに分類した。その結果、石廊崎断層の海底延長部に変位地形が認められ、また伊豆下田沖の大陸棚から陸棚斜面基部の海底台地を切る東北東—南南西に延びる西側隆起の逆断層地形が確認された。

石廊崎断層の海底延長部：1974年伊豆半島沖地震 (Mw6.9) では、伊豆半島南端の石廊崎断層に沿って震源断層が出現した。しかしながら海域の断層は、明らかにされていない。150 mメッシュの等深線図を解読すると、石廊崎沖の大陸棚に分布する岩礁、海底の尾根および谷は、系統的に右横ずれしていると推定される。尾根と谷の屈曲点を線で結び、断層線は、西北西—東南東に走り、陸上の石廊崎断層に繋がる。石廊崎断層は、石廊崎の沖約7~8 kmまで延びている。地形精度が悪いため、断層位置をピンポイントで示すことや、変位量を計測することはできない。

下田沖断層帯 (ITTL F2)：下田沖の海底を切る西側隆起の活断層が、海岸線にほぼ平行に3条認められ、それぞれ西から東の順に断層a, b, cとした。

断層a：下田周辺のDEM50 mメッシュに基づき、2 m間隔の等深線図を作成した。下田港の入江から海底に延びる谷の北側と南側には、それぞれ須崎半島および海底半島が南東に張り出している。これらの半島の先端付近では、水深が急激に深くなる。須崎半島では、海岸線から海食台と判読される岩礁が南東側に張り出している。この海食台に最大約18 mの落差をもつ西側隆起の崖が認められ、海食台は水深約2~4 mと20~26 mの2段に分けられた。南側の海底半島の先端付近でも、最大約16 mの崖が認められ、岩礁・尾根が2段に分けられる。アナグリフ判読に基づけば、この海底崖の基部に形成された小規模な海底扇状地には、北西側隆起の落差2 m程度の低崖が形成されている。変位・変形を判断できるほど、地形データの解像度はよくないが、この低崖は谷に直交する方向に発達することから、活断層に起因する可能性がある。Kitamura *et al.*

(2014; 2015a; 2015b)は、海岸調査から、下田の地震時隆起量を平均約1.5 mと見積もり、その隆起は海岸線から沖合約1 km付近の岩礁を通る西傾斜の逆断層モデルを推定している。本研究で推定する断層aは、この断層モデルに対比される可能性が高い。

断層bとc：下田沖のDEM150mメッシュに基づき、10 m間隔の等深線図を作成した。下田沖約10 kmの陸棚斜面脚部の水深約200~540 mには、新时期海底台地が西側隆起の撓曲変形を受けている。撓曲崖は、西側と東側の2条あり、北北東—南南西に延びる。長さはそれぞれ約26 kmである。金・他 (2012) は、この2つの断層を下田沖断層 (伊豆東方線のF2) としたが、下田沖の断層a, b, cを下田沖断層帯とする。

なお石廊崎断層 (西北西—東南東、高角右横ずれ) と下田沖断層帯 (北北東—南南西、西傾斜逆断層) は共役的な関係にあると判断する。メッシュ範囲にデータが無い場合は、周辺のデータを補間して地形モデルが作成されている。したがって地形図は実際的水深と異なる場合があり、海底地形の精度の向上が今後の課題の1つである。

謝辞：本研究では、海上保安庁海洋情報部の津波メッシュデータを利用させて頂きました。

キーワード：海底地形、伊豆衝突帯、石廊崎断層、下田沖断層、海底活断層、伊豆東方線

Keywords: Submarine Geomorphology, Izu Collision Zone, Irozaki Fault, Submarine Fault Zone Off Shimoda, Submarine Fault, ITTL

富士川河口断層帯及び周辺地域の5万分の1地質編纂図

1:500,000 Compiled geological map of the Fujigawa-kako Fault Zone and its surroundings

*尾崎 正紀¹、水野 清秀¹、佐藤 智之¹*Masanori Ozaki¹, Kiyohide Mizuno¹, Tomoyuki Sato¹

1. (国立研究開発法人) 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門

1. Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan, the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

5万分の1富士川河口断層帯及び周辺地域の地質編纂図は、既存の地質図情報と活断層調査の成果に、産総研の「沿岸域の地質・活断層調査」プロジェクトで実施した入山瀬断層の成果を加えて作成した、海陸のシームレス地質情報集である。本図は、研究及び減災に活用されるよう国土の基盤情報図となりうることを目的としており、今後の研究成果に基づき修正を行う予定である。また、大縮尺の編纂図では、編集部分と確認部分が識別できるように、どのように断層などの精度・確度を表現するかが課題として残されている。

本地域は駿河湾北縁部に位置し、蒲原丘陵、星山丘陵、鷲ノ田丘陵、富士川扇状地、浮島ヶ原、富士南西側山麓、天子山地及び蒲原山地を含む。また、後期中新世～鮮新世のトラフ充填堆積物である富士川層群、鮮新世の佐野川岩体、前期～中期更新世の前縁盆地に形成された主に海陸の扇状地堆積物からなる蒲原層及び鷲ノ田層、第四紀の火山(前期～中期更新世の岩淵火山岩類、中期～後期更新世の愛鷹火山、後期～完新世の富士火山)、後期更新世～完新世の河川～浅海成堆積物が分布する。入山瀬断層、大宮断層、安居山断層、入山断層、芝川断層などからなる富士川河口断層帯は、ユーラシアプレートとフィリピン海プレートの境界に位置し、東西圧縮場で概ね南北方向の断層と褶曲で特徴づけられる。

富士火山の溶岩流と古富士泥流(津屋, 1968など)は、これら富士川河口断層帯の変位量推定の重要な基準となっていた。しかし、最近の富士火山の新層序(山元, 2014など)に基づく、古富士泥流は火山麓扇状地IV堆積物(離水面はMIS4)と火山麓扇状地III堆積物(離水面はMIS2)に区分され、活断層の変形を受けた溶岩流の一部も層序と年代が修正されている。これらに基づき既存研究の見直しを行った結果、一部、従来の基準面の設定及び平均変位速度には再検討が必要であることが分かった。また、富士川河口断層帯との関係を理解するため、下部～中部更新統の層序と地質構造の再検討を行った。以下、その概要を示す。

(1) 入山瀬断層は、今回実施した陸域沿岸域の反射法地震探査(伊藤・山口, 2016)及びボーリング調査(石原・水野, 2016)と、沿岸海域の反射法音波探査(佐藤・荒井, 2016)の成果に基づき、沿岸域の連続性が明らかとなった。また、蒲原地震山を挟んで雁行ないし並行した2つの断層が発達している可能性が高いことが分かった。

(2) 入山瀬断層の平均変位速度 $7\text{m}/10^3\text{年}$ は、上盤側の水神溶岩流と富士川扇状地下の大淵溶岩流が同じ溶岩流であるとし、その分布標高の差から求められていた(山崎, 1979)。しかし、水神溶岩流は富士川沿いから南東へ流れ出たもので1.7万年前の年代を示すのに対して、大淵溶岩流は富士南南西側山麓から南西へ流れ出たもので年代も約1万年と異なる。また、山崎(1979)は、村下(1977)による扇状地下の溶岩流は標高分布から、下盤側の両溶岩流の比高を推定して、それを入山瀬断層の変位基準としていた。しかし、村下(1977)の図では、富士川扇状地下の富士宮期溶岩流の分布は南西方向に低下する1万年前の富士山麓の形状を示しており、入山瀬断層の東側沿い幅約2kmの松岡から五貫島に至る地域のボーリング資料には溶岩流がほとんど認められない。この地域は、入山瀬断層による沈降が著しい地域であると同時に、最終氷期以降、古富士河川による最終間氷期の下刻作用と後氷期の堆積作用が行われた地域のため、基準となる溶岩や古富士泥流が連続して分布していないと考えられる。更に、約1万年前と約1.7万年前とでは、海水準が60～70mも異なり(例えば、Siddall et al., 2003)、その影響も考慮しなければならない。現状では、これらの諸条件の組み合わせにより、入山瀬断層の変位量は、既存の値より大きくも、小さくもなりうる。このため、入山瀬断層の正確な平均変位速度を推定するためには新たな調査が必要である。

(3) 入山瀬断層と同様に、大宮断層や安居山断層の溶岩流や古富士泥流堆積物を基準とした平均変位速度の推定についても、見直しの必要がある。しかし、再検討した結果、従来の見積を変更する必要はほとんどなかった。

(4) 芝川断層及び入山断層は、地質断層としては連続するものの、活断層として連続する可能性は低い。両断層が屈曲しながら接合する富士川周辺では、地質断層とは斜交する南北方向の長さ0.5-1kmほどの断層が幾つか発達する。これら断層のうち、月代断層(大塚,1938)は活断層であると考えられる。

(5) 星山丘陵及び羽鮎丘陵に分布する下部～中部更新統の地質構造は、中期更新世までの変形の影響を大きく受けており、富士川河口断層帯による変形とは合致しない。

[引用文献]

石原武志・水野清秀(2016) 海陸シームレス地質情報集(S-5), 「駿河湾北部沿岸域」, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.

伊藤 忍・山口和雄(2016) 海陸シームレス地質情報集(S-5), 「駿河湾北部沿岸域」, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.

村下俊夫(1977) 工業用水, no.225, 30-42.

彌之助(1938) 地震彙報, 16, 415-451.

Siddall et al. (2003) Nature, 423, 853-858.

佐藤智之・荒井晃作(2016) 海陸シームレス地質情報集(S-5), 「駿河湾北部沿岸域」, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.

津屋弘達(1968) 1:50,000富士火山地質図及び富士火山の地質. 特殊地質図, no.12, 地質調査所.

山元孝広(2014) 地質調査総合センター研究資料集, no.606, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.

山崎晴雄(1979) 月刊地球, 1, 571-576.

キーワード: 富士川河口断層帯、入山瀬断層、地質図、1:50,000

Keywords: Fujikawa-kako Fault Zone, Iriyamase Fault, geological map, 1:500000

砺波平野における第四紀後期の地形と砺波平野断層帯の活動

Topography of late Quaternary in the Tonami plain and activity of the Tonami-heiya fault zone, Toyama Prefecture

*神嶋 利夫¹、竹内 章²

*Toshio Kamishima¹, Akira Takeuchi²

1.富山大学大学院理工学教育部、2.富山大学大学院理工学研究部

1.Graduate School of Science and Engineering for Education, University of Toyama, 2.Graduate School of Science and Engineering for Research, University of Toyama

本研究では、中部日本の富山県西部の砺波平野における第四紀後期の地形と砺波平野断層帯の活動および平野の地形発達について論じた。

砺波平野では、中部から北部にかけて庄川や小矢部川が完新世に形成した扇状地や氾濫原が広がり、その周囲の山地・丘陵の麓には更新世後期～完新世の高位、中位、低位の段丘群が分布している。これらの段丘群は、完新世にも活動した山地側上がり逆断層である、砺波平野断層帯によって変位している。

ボーリング資料による層序断面の検討とDEMによる地形解析の結果によれば、同断層帯西部に属する石動断層は北部の小矢部川沿いの地下を通過し、富山湾へ達する全長約30kmになる可能性がある。同断層南部では低位の開析扇状地面を横切る低断層崖がみられる。また同断層の変位速度は0.31～0.64m/kyr と推定される。法林寺断層と高清水断層もトレンチ調査から、完新世中期以降に活動したことが確認されている（産業技術総合研究所, 2012, 富山県, 2000）。

第四紀の北陸地方では北東-南西方向の逆断層や褶曲が発生し、第四紀後期においても山地や丘陵は隆起し、平野は沈降を続け、河川は平野を堆積物で埋めてきた。この過程で砺波平野断層帯における完新世の活動は、山地側から平野側へシフトした地塊運動像が明らかになり、約20kmの波長で、平野側の沈降と両側の山地・丘陵の隆起という、褶曲と曲動に伴う断層活動が第四紀を通じて継続し、現在も進行中である。

文献

産業技術総合研究所, 2012, 砺波平野断層帯・呉羽山断層帯（砺波平野断層帯西部）の活動性および活動履歴調査, 「活断層の補完調査」成果報告

書 No. H23-1.

富山県, 2000, 砺波平野断層帯調査概要報告書, 30P., 富山県.

第四紀後期に活動していない断層における破碎帯の特徴

-奈良県大淀町における中央構造線を例として-

Characteristics of the fault zones terminated by the Late Quaternary

- an example of the Median Tectonic Line in Nara Prefecture -

*椿 純一¹、大谷 具幸¹、河野 雅弘¹、小嶋 智¹

*Junichi Tsubaki¹, Tomoyuki Ohtani¹, Masahiro Kono¹, Satoru Kojima¹

1.岐阜大学

1.Gifu University

活断層の活動性は若い被覆層が残されていなければ基本的には評価することはできない。そこで、基盤岩の破碎帯を調べることで活動性を評価する手法の開発が望まれる。この際、活断層における破碎帯物質の特徴を明らかにするだけでなく、比較的最近まで活動をしており現在は活動を停止している断層と比較する必要がある。そこで、比較的最近まで活動していた断層として奈良県大淀町に分布する中央構造線を調査した。

中央構造線は近畿地方西部から四国にかけては現在でも活断層であるが、近畿地方中央部から東部にかけては活動を停止している。また奈良県大淀町では、岡田・東郷(2000)より第四紀後期には断層活動が生じていないことが示されている。また、松本(2001)はこの地域における断層露頭を記載しており、中央構造線が前期更新世の後期～末期ないし中期更新世の初頭の菖蒲谷層上部層を切断することを示している。よって、この地域の中央構造線は第四紀に活動していたが現在は活動していないと言える。そこでこの露頭を本研究の調査対象とした。この露頭では、北側に和泉層群、南側に菖蒲谷層が分布しており、両者の間に幅約10cmの断層ガウジがほぼ東西方向に延びている。また、菖蒲谷層はこの露頭では層相の違いにより下位より下部層支流型礫層・上部層支流型礫層・上部層本流型礫層に分けられる。

この露頭より試料採取を行い、粉末X線回折分析と蛍光X線分析を行った。試料は露頭最上部よりそれぞれ0.5m, 1.5m, 6m下がった地点で標高の異なる3つのプロファイルで断層ガウジとその周囲を採取した。粉末X線回折分析の結果、露頭最上部より6mの地点の断層ガウジにおいてのみスメクタイトが生成している。また、露頭上部より0.5mの地点においては和泉層群原岩と断層ガウジに近い菖蒲谷層上部層においてのみ斜長石が認められる。蛍光X線分析の結果、露頭最上部より6mの地点において断層ガウジでは原岩と比べ Al_2O_3 , Fe_2O_3 , LOI, MgO, CaOの増加と SiO_2 の減少が認められる。露頭最上部より1.5mの地点では断層ガウジではごく近傍の岩石と比べLOI, MgOの増加が認められる。一方で露頭最上部より0.5mの地点では断層ガウジの化学組成には明瞭な変化は認められない。

また、同一の岩相における原岩の化学組成の変化に着目すると、和泉層群では露頭最上部より0.5m地点の試料において Na_2O , CaOの値が露頭最上部より1.5m, 6mと比べて低い。断層ガウジ、菖蒲谷層においては標高の違いによる化学組成の明瞭な変化は認められない。

この露頭は採石場に位置しており、元々は地下に埋没していた地点である。よって、露頭上部と下部では風化の程度が異なっており、露頭上部では風化の影響により断層ガウジ内の元素が溶脱することにより、露頭下部で認められた特徴が失われていると考えられる。また、今回認められた傾向を活断層の結果と比較すると、活断層の場合には最新のすべり面においてスメクタイトの生成が認められると共に、Mnの濃集が確認されている。一方で、現在活動を停止している断層においてはMnの濃集は認められない。このように両者の相違点を明らかにすることにより、活断層の破碎帯のみに現れる特徴を抽出できるものと期待される。

キーワード：断層破碎帯

Keywords: fault zone

郷村断層帯・山田断層帯において実施した地形・地質調査（その2：断層破碎帯の観察とESR分析）
Topographical and geological explorations along the Gomura and the Yamada fault zone: Part
2 observation and ESR analysis

*村上 雅紀¹、中村 教博²、福地 龍郎³、今泉 俊文²、西脇 隆文¹、吉崎 正¹、立石 良¹、岡田 篤正⁴、岡田 真介²、大槻 憲四郎⁵

*Masaki Murakami¹, Norihiro Nakamura², Tatsuro Fukuchi³, Toshifumi Imaizumi², Takafumi Nishiwaki¹, Tadashi Yoshizaki¹, Ryou Tateishi¹, Atsumasa Okada⁴, Shinsuke Okada², Kenshiro Otsuki⁵

1.応用地質株式会社、2.東北大学、3.山梨大学、4.京都大学名誉教授、5.東北大学名誉教授
1.OYO Corporation, 2.Tohoku Univ., 3.Univ. of Yamanashi, 4.Emeritus professor of Kyoto Univ.,
5.Emeritus professor of Tohoku Univ.

原子力規制庁からの平成26年度原子力施設等防災対策等委託費（原子力施設における地質構造等に係る調査・研究（丹後地域における物理探査手法を用いた断層構造調査等））事業の一環として、郷村断層帯・山田断層帯の合計4地域において、活断層の評価手法に関する情報を整理するために、地形・地質調査を行った。本発表では、郷村断層帯・山田断層帯における断層破碎帯の観察と化学分析・年代分析結果を報告する。同断層帯で実施された地表踏査およびトレンチ調査から、断層破碎帯を含んだブロック試料を採取した。採取された郷村断層帯試料の薄片観察から最新活動面と考えられる剪断構造が見つかった。同一箇所では、ESR測定により過去の断層活動による摩擦熱の上昇を示唆する結果が得られたが、ESR信号の減衰・消滅は確認されず、地表断層露頭におけるESR信号のリセットは実現しないことが明らかとなった。

キーワード：ESR分析、郷村断層帯、山田断層帯

Keywords: ESR analysis, Gomura fault zone, Yamada fault zone

郷村断層帯・山田断層帯において実施した各種物理探査とその適用性（その2：P波反射法地震探査、屈折法地震探査、CSAMT探査、重力探査）

Geophysical explorations along the Gomura and the Yamada fault zone, and its applicability: Part 2 P-wave seismic reflection survey, seismic refraction survey, CSAMT survey, and gravity survey

*岡田 真介¹、今泉 俊文²、坂下 晋³、楮原 京子⁴、戸田 茂⁵、松多 信尚⁶、山口 寛⁷、山本 正人³、今井 幹浩³、外處 仁³、松原 由和³

*Shinsuke Okada¹, Toshifumi Imaizumi², Susumu Sakashita³, Kyoko Kagohara⁴, Shigeru Toda⁵, Nobuhisa Matsuta⁶, Satoru Yamaguchi⁷, Masato Yamamoto³, Mikihiro Imani³, Hitoshi Todokoro³, Yoshikazu Matsubara³

1.東北大学災害科学国際研究所、2.東北大学大学院理学研究科、3.応用地質株式会社、4.山口大学教育学部、5.愛知教育大学、6.岡山大学大学院教育学研究科、7.大阪市立大学大学院理学研究科

1.International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 2.Graduate School of Science, Tohoku University, 3.Oyo Corporation, 4.Faculty of Education, Yamaguchi University, 5.Aichi University of Education, 6.Graduate School of Education, Okayama University, 7.Graduate School of Science, Osaka City University

原子力規制庁からの平成26年度原子力施設等防災対策等委託費（原子力施設における地質構造等に係る調査・研究（丹後地域における物理探査手法を用いた断層構造調査等））事業の一環として、郷村断層帯・山田断層帯の合計4地域において、活断層の地下形状を明らかにするために、各種の物理探査（P波反射法地震探査、屈折法地震探査、極浅層S波反射法地震探査、CSAMT探査、高密度電気探査、重力探査）を実施した。本発表では、これらの各種物理探査の結果のうち、深部をターゲットとしたP波反射法地震探査、屈折法地震探査、CSAMT探査、重力探査について詳しく報告すると共に、横ずれ活断層に対する探査手法の適用性・有効性についても議論する。

キーワード：P波反射法地震探査、屈折法地震探査、CSAMT探査、重力探査、郷村断層帯、山田断層帯

Keywords: P-wave seismic reflection survey, seismic refraction survey, CSAMT survey, gravity survey, Gomura fault zone, Yamada fault zone

郷村断層帯・山田断層帯において実施した各種物理探査とその有効性（その1：S波極浅層反射法地震探査，高密度電気探査）

Geophysical explorations along the Gomura and the Yamada fault zone, and its applicability: Part 1 S-wave shallow seismic reflection survey and high-density electrical resistivity survey

*坂下 晋¹、岡田 真介²、今泉 俊文²、戸田 茂³、楮原 京子⁵、松多 信尚⁴、山口 寛⁶、山本 正人¹、今井 幹浩¹、外處 仁¹

*susumu sakashita¹, shinsuke okada², toshifumi imaizumi², Shigeru Toda³, kyoko kagohara⁵, nobuhisa matsuta⁴, satoru yamaguchi⁶, masato yamamoto¹, mikihiro imai¹, hitoshi todokoro¹

1.応用地質株式会社、2.東北大学、3.愛知教育大学、4.岡山大学、5.山口大学、6.大阪市立大学

1.OYO corporation, 2.Tohoku University, 3.Aichi University of education, 4.Okayama University, 5.Yamaguchi University, 6.Osaka city University

原子力規制庁からの平成26年度原子力施設等防災対策等委託費（原子力施設における地質構造等に係る調査・研究（丹後地域における物理探査手法を用いた断層構造調査等））事業の一環として、郷村断層帯・山田断層帯の合計4地域において、活断層の地下形状を明らかにするために、各種の物理探査（P波反射法地震探査、屈折法地震探査、極浅層S波反射法地震探査、CSAMT探査、高密度電気探査、重力探査）を実施した。本発表では、これらの各種物理探査の結果のうち、浅部をターゲットとした極浅層S波反射法地震探査、高密度電気探査について詳しく報告すると共に、横ずれ活断層に対する探査手法の適用性・有効性についても議論する。

キーワード：極浅層S波反射法地震探査、高密度電気探査、横ずれ断層、郷村断層帯、山田断層帯

Keywords: S-wave shallow seismic reflection survey, high-density electrical resistivity survey, strike-slip fault, Gomura fault zone, Yamada fault zone

郷村断層帯・山田断層帯において実施した地形・地質調査（その1：空中写真判読と露頭・トレンチ調査）

Topographical and geological explorations along the Gomura and the Yamada fault zone: Part 1 aerial photointerpretation and geological survey

*阿部 恒平¹、三輪 敦志¹、佐々木 亮道¹、今泉 俊文²、岡田 篤正³、岡田 真介²、中村 教博²、福地 龍郎⁴、大槻 憲四郎⁵

*Kohei Abe¹, Atsushi Miwa¹, Akimichi Sasaki¹, Toshifumi Imaizumi², Atsumasa Okada³, Shinsuke Okada², Norihiro Nakamura², Tatsuro Fukuchi⁴, Kenshiro Otsuki⁵

1.応用地質株式会社、2.東北大学、3.京都大学名誉教授、4.山梨大学、5.東北大学名誉教授

1.Oyo Corporation, 2.Tohoku Univ., 3.Emeritus professor of Kyoto Univ., 4.Univ. of Yamanashi, 5.Emeritus professor of Tohoku Univ.

原子力規制庁からの平成26年度原子力施設等防災対策等委託費（原子力施設における地質構造等に係る調査・研究（丹後地域における物理探査手法を用いた断層構造調査等））事業の一環として、郷村断層帯・山田断層帯の合計4地域において、活断層の評価手法に関する情報を整理するために、地形・地質調査を行った。本発表では、郷村断層帯・山田断層帯における空中写真判読結果、露頭・トレンチ調査結果を報告する。山田断層帯における露頭・トレンチ調査では活断層が確認され、活断層の詳細トレース及び活動履歴を確認することができた。

キーワード：空中写真判読、露頭・トレンチ調査、郷村断層帯、山田断層帯

Keywords: aerial photointerpretation, geological survey, Gomura fault zone, Yamada fault zone

島根半島周辺の活断層とそのテクトニックな意義

Active faults around the Shimane Peninsula and their tectonic implications, northern Chugoku region, Japan

*田力 正好¹、中田 高²、堤 浩之³、後藤 秀昭²、松田 時彦¹、水本 匡起¹

*Masayoshi Tajikara¹, Takashi Nakata², Hiroyuki Tsutsumi³, Hideaki Goto², Tokihiko Matsuda¹, Tadaki Mizumoto¹

1.公益財団法人 地震予知総合研究振興会、2.広島大学、3.京都大学

1.Association for the Development of Earthquake Prediction, 2.Hiroshima Univ., 3.Kyoto Univ.

島根半島は中国地方北部の日本海沿岸に位置し、雁行配列する西列・中列・東列の三つの山地からなっている。西列山地は出雲市街地北方付近、中列山地は宍道湖北方付近、東列山地は松江市街地北方から境港市街地北方付近にかけて分布する。これらの山地は主として新第三系の堆積岩類・火山岩類からなり、ほぼ東西走向の褶曲・断層が発達する（鹿野・吉田，1985；鹿野・中野，1986；鹿野ほか，1998など）。これらの山地の南側にはほぼ東西走向の宍道低地帯が発達し、山地と低地帯はそれぞれ新第三系の複背斜と複向斜に対応するとされている（鹿野ほか，1998）。東列山地の西部南縁には鹿島断層（宍道断層）が発達する（活断層研究会編，1991；佐藤・中田，2002など）が、それ以外の地域においては明確な活断層の存在は知られていなかった。今回、詳細な空中写真判読および国土地理院5m～10mDEM立体視画像の検討の結果、既報の活断層の東西延長部に活断層の可能性のある変動地形が見いだされた。本発表では、これらの変動地形の分布と特徴について報告し、そのテクトニックな意義について若干の考察を行う。

既報で報告された活断層は、鹿島町恵曇付近～美保関町下宇部尾間に分布する。河谷・尾根の明瞭かつ系統的な右屈曲に基づいて、確実な右横ずれ活断層とされている（佐藤・中田，2002など）。東部では地質断層（宍道断層）にほぼ一致する1条のトレースであるが、西部では長さ数kmの右雁行するトレース群からなり、それらの位置は地質断層に一致しない。

東列山地の東半部は、東方に突き出た半島状の地形をなしている。この区域の東列山地は、1) 北岸は入り組んだリアス海岸、南岸は直線的な海岸線・山麓線となっている、2) 分水界が著しく南側に偏り南側斜面は開析が進んでいない急崖状を呈する、3) 分水界には北流する河谷の上流部が断ち切られたような風隙地形が多数発達する、といった特徴を持つ。以上の地形学的特徴から、東列山地の南側の沖積低地下・海底に北上がりの活断層が伏在している可能性が考えられる。山地南側の急崖は外洋側ではなく内湾側であることから、その成因が海食である可能性は低いと考えられる。また、東列山地の南縁付近には北東－南西走向の短い（数km）のリニアメント群が発達し、それを横切る河谷に右屈曲が認められる。これらの屈曲は、東列山地南縁の伏在・海底活断層の右横ずれ変位によって生じた可能性が考えられる。

既報の鹿島断層の西側、中列山地の北縁付近では、長さ数km～5km程度の3条の推定活断層が右雁行しながら分布する。河谷・尾根の右屈曲が多数発達することから、右横ずれ活断層と考えられるが、リニアメントの地形がやや不明瞭で屈曲が系統的ではないことから確実な活断層とは言えない。これらの断層の一部は地質断層の宍道断層とほぼ一致することから、既存の弱線が再活動したものの可能性がある。中列山地北側海岸付近には既報で海底活断層は報告されていないが、中列山地は分水界が北側に偏り、海岸線が直線的な急崖をなすことから、海岸付近の海底に北上がりの活断層が存在する可能性が考えられる。陸上の推定活断層は、この海底活断層から派生した副次的な断層と考えられ、中列山地北岸の海底活断層の右横ずれ変位を示唆する。

西列山地の地形は前述した東列山地東部の地形と類似し、北岸は入り組んだリアス海岸、南岸は直線的な海岸線・山麓線をなす、分水界が著しく南側に偏り南側斜面が開析が進んでいない急崖をなす、北流する河谷の上流部が断ち切られたような風隙地形が多数発達する、といった特徴を持っている。さらに、山地北西端部の宇竜付近では、海成段丘が北方へ傾動している。以上のことから、西列山地の南縁沿いの沖積面下・海底に北上がりの伏在活断層が存在し、山地が北方へ傾動していることが推定される。この伏在活断層の位置は地質断層（大社衝上断層）にほぼ一致する。また、西列山地東端付近には東北東－西南西走向の数kmの右横ずれ断層が認められる。この断層は山地南縁の伏在断層の副次的な断層と考えられ、伏在断層の右横ずれ変位を示唆する。

島根半島の東西沖の海底には、ほぼ東西走向の長大な海底活断層群が発達することが知られている（日本海における大規模地震に関する調査検討会，2015など）。これらの活断層群は島根県～鳥取県の日本海沿岸部に発達し、数100kmにおよぶ長大な変動帯をなしている。直接的な関連は不明であるが、島根半島に発達する活断層群は、これらの海底活断層の延長上に位置し同様な走向を持つことから、これらの海底活断層と一連の構造であり、日本海沿岸の長大な変動帯の一部が陸上に現れたものと解釈できる。

キーワード：鹿島断層、活断層、中国地方、内陸地震、海底断層、空中写真

Keywords: Kashima fault, active fault, Chugoku, inland earthquake, submarine fault, aerial photograph

佐賀平野北縁断層帯の第四紀における活動性

Holocene activity of the Northern Marginal Faults of the Saga Plain

*吉田 春香¹、楮原 京子²、今泉 俊文³*Haruka Yoshida¹, Kyoko Kagohara², Toshifumi Imaizumi³

1.福岡県立八女高等学校、2.山口大学、3.東北大学大学院理学研究科地学専攻地圏環境科学

1.Fukuoka Prefectural Yame High School, 2.Yamaguchi University, 3.Department of GeoEnvironmental Science, Graduate School of Science, Tohoku University

九州地域の活断層はその分布形態、断層型などから九州北部、九州中部、九州南部の3つの区域に区分される。本研究で対象とした佐賀平野北縁断層帯は、九州中部に位置する。九州中部の活断層は、主としてほぼ東西方向に延び、九州北部や九州南部に比べて密に分布する。これらの活断層のほとんどは、南北方向に伸びる力が働くことに伴う正断層である(地震調査研究推進本部, 2012)。佐賀平野北縁断層帯は、佐賀県吉野ヶ里町立野付近から佐賀県小城市小城町松尾付近に分布する。本断層帯は複数の並走する断層からなり、地表で認められる断層帯の長さは東西約22km、重力異常の急変帯から推定される地下の断層帯の長さは38km程度であり、ずれの向きは主として南側が低下する正断層の可能性が指摘されている(地震調査研究推進本部, 2013)。佐賀平野北縁における活断層の特徴的な分布形態は直線的なトレースが東西にわたってみられることである。佐賀平野北縁断層帯の分布に関して、九州活構造研究会編(1989)や中田・今泉編(2002)等は、北側の背振山地と南側の佐賀平野との地形境界およびその南側に活断層を認定している。AIST(2014)は、背振山地南縁に沿って活断層の可能性がある比高0.7~2.5m程度の低崖が断続的に認められたと述べている。しかし、本断層帯を対象とした活断層の詳細な位置、平均変位速度や最新活動時期などを明らかにするための調査は乏しい。そこで、本研究では佐賀平野北縁断層帯の平均変位速度や活動履歴、最新活動時期を推定することを目的に微地形判読、地形・地質野外調査及び極浅層反射法地震探査等の調査を行った。調査地域における断層を北方よりF2断層、F3断層、F4断層、F5断層、F6断層、F7断層とよぶ。佐賀平野北縁断層帯についてはこれまで、楮原ほか(2014, 2015)や今泉ほか(2014)、吉田ほか(2015)によりすでに報告を行っている。本報告では調査地域のF3断層、F4断層、F5断層、F6断層、F7断層の平均上下変位速度から佐賀平野北縁断層帯の第四紀における活動性について考察する。

佐賀平野北縁に分布する河成段丘面は、扇状地性の段丘面である。その岩相は、背振山地南方の丘陵斜面の構成層である三郡変成岩類と花崗岩質の砂礫から成る。佐賀平野北縁の地形面を、高位よりH面、M1面、阿蘇4火砕流堆積面、M2面、L1面、L2面およびL3面の7面に区分した。これまでの段丘区分図((故)長岡原図; 下山, 1999; 下山ほか, 1999, 2010など)との対比を踏まえると、それぞれの形成年代は、H面はMIS7相当、M1面はAso-4火砕流堆積面の下位に位置することから最終間氷期最盛期であるMIS5e相当、阿蘇4火砕流堆積面は8.9kaに、M2面は阿蘇4火砕流堆積物を不整合に覆うことなどからMIS 5a相当と考えられる。L1面の堆積物には、AT(26-29ka)が直上にのることから、離水年代を26kaとするとMIS 2-4と考えられ、L2面の堆積物にK-Ah(7.3ka)が直上にのることから離水年代を7.3kaとするとMIS 1相当とみなした。

空中写真判読と地表踏査の結果、佐賀平野北縁に分布する扇状地性の段丘面に低断層崖とみられる東西方向に断続的に延びるリニアメントが確認された。これらの低断層崖あるいは低断層崖の可能性のある地形的な高まりは、南傾斜で数条にわたって確認された。

本断層帯で最も明瞭な低断層崖をつくっているF3断層は、九州活構造研究会編(1989)や中田・今泉編(2002)で指摘されている活断層に相当する。このF3断層は、扇状地面(L1面)上に比高1.8m程度の明瞭な低断層崖として認められ、西は佐賀市大和町から東は城原川まで断続的ではあるが明瞭に追跡できる。L1面におけるF3断層の平均上下変位速度は0.07mm/yrと見積られた。

F6断層は、嘉瀬川左岸より城原川右岸まで連続したリニアメントがL2面上に追跡できる。F6断層は、L2面上に比高約50cm程度の低断層崖あるいは低断層崖の可能性のある地形的な高まりがあり、地表踏査と地形断面図からも段丘面の勾配の変化が認められた。L2面におけるF6断層の平均上下変位速度は0.07mm/yrと見積られた。

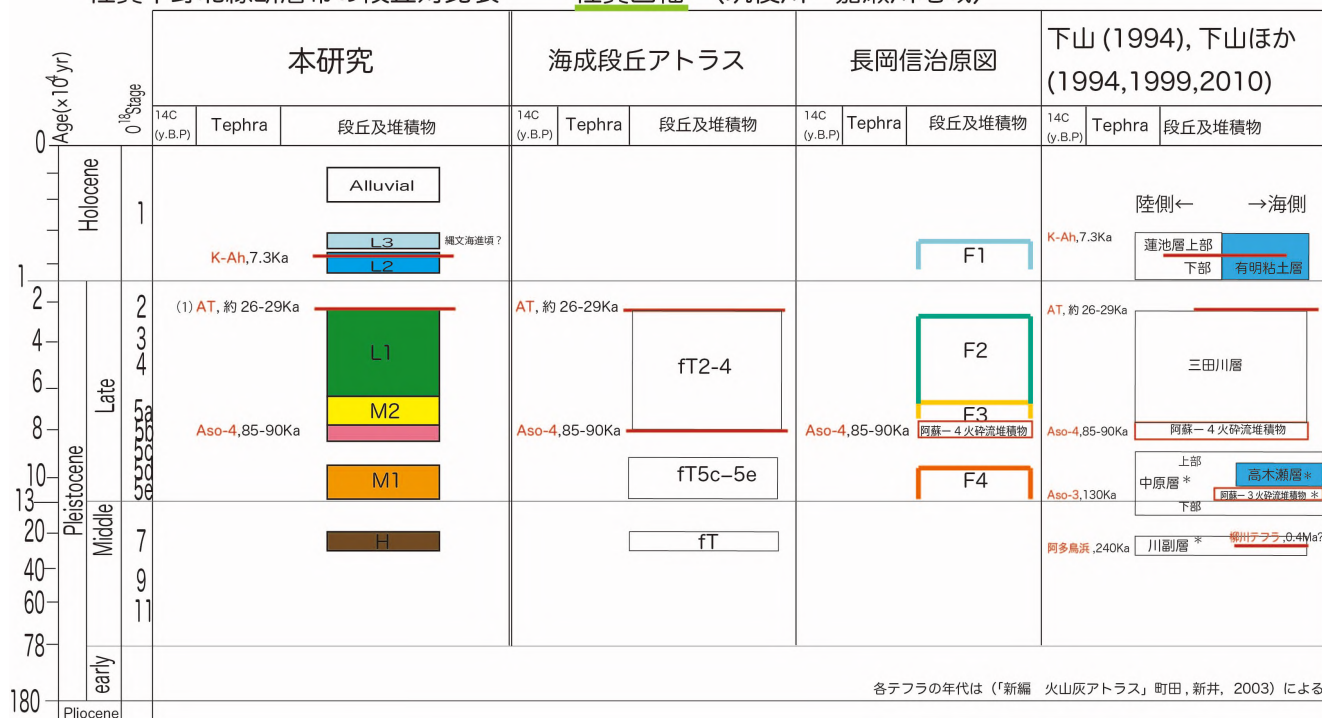
F7断層はF6断層の南側に位置し、F6断層と同様に嘉瀬川左岸より城原川右岸まで連続したリニアメントがL2面上に追跡できる。佐賀市久保泉町下和泉において、F7断層を境に上盤側と下盤側で簡易ボーリング調査を行った。その結果、この地点では埋没段丘であるL1面の堆積物中にATが確認された。F7断層を境にしたその上下

変位量は少なくとも185cm以上と見積もられた。よって、F7断層の平均上下変位速度は0.07mm/yrと見積もられた。嘉瀬川～城原川に至る佐賀平野北縁のL2面上には、低断層崖と思われる変動地形が連続して認められた。K-Ahが直上にのるL2面上に変形が認められることから、本断層帯の第四紀における活動は、L2面形成(7.3ka)後に少なくとも1回と考えられる。本断層帯において最も低位に相当するL3面上の変形は、佐賀市大和付近で50cm程度の低崖が認められるが、人工改変の可能性も含めて今後の課題である。

キーワード：佐賀平野北縁断層帯、正断層、大縮尺地形図、テクトニックバルジ、平均上下変位速度

Keywords: Northern Marginal Faults of the Saga Plain, normal fault, large-scale geographical map, tectonic bulge, average vertical slip rate

佐賀平野北縁断層帯の段丘対比表 佐賀図幅 (筑後川～嘉瀬川地域)



[参考文献]

- 九州活構造研究会編 (1989)：九州の活構造。東京大学出版会，555p.
 - 下山正一 (1994)：北部九州における縄文海進以降の海岸線と地盤変動傾向。第四紀研究，33,351,360.
 - 下山正一・松本直久・湯村弘志・竹村恵二・岩尾雄四郎・三浦哲彦・陶野郁雄 (1994)：有明海北岸低地の第四系。九州大学理学部研究報告 (地球惑星科学)，18,103-129.
 - 下山正一・木下裕子・宮原百々・田中ゆかり・市原季彦・竹村恵二 (1999)：旧汀線高度から見た九州の後期更新世地殻変動様式。地質学雑誌，105,311-331.
 - 杉谷隆 (1983)：有明海北岸平野における最終間氷期以降の地形発達史，その定量的研究。地理学評論，56,403-419.
 - 下山正一・松浦浩久・日野剛徳 (2010)：佐賀地域の地質。5万分の1地質図幅「福岡 (14)」第71号。産業技術総合研究所地質調査総合センター
 - 大島恒彦 (1977)：佐賀平野の地盤沈下。土と基礎，vol 25,p.69-74, 土質工学会。
- (1) AT は L1 面直上にのる (下山ほか,1994)

■ 海成層
* 地上に露出しない

別府一万年山断層帯（大分平野—由布院断層帯東部）における重点的な調査観測 —2015年調査—
 Integrated Research for Beppu -Haneyama Fault Zone (East part of Oita Plain -Yufuin Fault)
 -Research in 2015 -

*竹村 恵二¹、別府一万年山断層帯（大分平野—由布院断層帯東部） 調査観測研究グループ

*Keiji Takemura¹, Research Group for Beppu -Haneyama Fault Zone (East part of Oita Plain -Yufuin Fault)

1.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設

1.Beppu Geothermal Research Laboratory, Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

<はじめに>文部科学省の活断層帯の重点的な調査観測として、2014年度（平成26年度）から3年間の計画で、別府一万年山断層帯（大分平野—由布院断層帯東部）の調査観測を開始した。本研究では既存の調査結果を基礎として、補完するように、ボーリング調査、トレンチ調査、海域音波探査、自然地震観測、人工地震探査、電磁気探査、重力探査、水位変動観測、アレイ微動観測、等を行っている。これらの調査観測の成果に基づいて、活断層の基本的な特性である位置や活動履歴、平均変位速度等を断層帯全体で陸域・海域・伏在平野域において包括的に評価することにより、活断層の基本情報の高度化、さらに自然地震探査や電磁気探査によって地震発生層の媒質の不均質性を探り、既往の地下構造観測情報と比較しながら、浅部構造観測調査も含め震源断層形状の高度化を試みている。また本対象断層帯に位置し、当該断層が活動した場合に大きな揺れに見舞われる可能性が高い大分平野および別府扇状地等の地下構造モデルの高度化を図るとともに、その地下構造モデルと震源断層モデルに基づいた強震動予測を行う」ことを目的とした。26年度調査に関しては、竹村ほか（2015）により、地球惑星科学連合大会で報告した。26年度報告は文部科学省ホームページに掲載されているので、参照されたい。<27年度の調査>研究グループは、京都大学理学研究科・九州大学理学研究院・産業技術総合研究所を主体として関連研究者からなる。3つのサブテーマに区分し、各サブテーマに対する研究グループを構築した。サブテーマ1：活断層の活動区間を正確に把握するための詳細位置・形状等の調査と断層活動履歴や平均変位速度の解明のための調査観測を行う。サブテーマ2：断層帯の三次元的形状・断層帯周辺の地殻構造の解明のための調査観測を行う。サブテーマ3：地下構造モデルの高度化及び強震動シミュレーションによる断層帯周辺における強震動予測の高度化のための研究を行うことを目的としている。27年度は下記の項目を実施した結果を報告する。<サブテーマ1>サブテーマ1においては地表踏査・海底地形および堆積物調査と既存及び本事業で行われる各種探査結果をもとに、陸域・海域・伏在平野域での詳細な活断層調査を実施し、別府一万年山断層帯（大分平野-由布院断層帯東部）の詳細な断層位置と分布形状を把握する。また、群列ボーリング、トレンチ、海域コアリングなどの調査等を行い、最新を含む活動時期とやや長期間の平均変位速度を推定する。<サブテーマ2>サブテーマ2においては、これまでの人工地震探査および重力探査結果に加えて、自然地震観測結果や電磁気探査に基づいて、断層帯及び周辺の地殻上部の不均質構造を明らかにするとともに、断層帯の位置形状情報を得るために平野部で人工地震探査を行う。また、重力探査・地下水調査等やボーリング等のデータ解析から、平野基盤形状の推定と断層との関係を探る。小断層解析等も用いて、本地域の応力の時間的推移をシミュレーションも含めて推定する。これらの調査を踏まえて、震源断層形状及び地殻構造を推定する。<サブテーマ3>サブテーマ3においては、27年度は微動アレイ観測、単点微動観測、地震波干渉法による速度構造推定のための連続微動観測を引き続き実施するほか、これらを平成26年度実施分の情報と合わせ、大分堆積盆地ならびに周辺域の地下構造のモデル化のために集約し、既往地下構造モデルの評価・修正を実施する。既往震源モデルを用いて、別府一万年山断層帯の強震動シミュレーションの試算を実施する。講演では、主にサブ1およびサブ2の結果について報告する。

キーワード：別府一万年山断層帯、重点的調査観測、活断層と地下構造モデル

Keywords: Beppu -Haneyama Fault Zone, Integrated Research Project, Active fault and subsurface structure

海底活断層調査における高分解能地層探査の活用

Take advantage of high-resolution seismic survey in the submarine active fault

*八木 雅俊¹、坂本 泉¹、田中 博通¹、横山 由香¹、アイダン オメル²、藤巻 三樹雄³、根元 謙次¹、阿部 信太郎⁴

*Masatoshi Yagi¹, Izumi Sakamoto¹, Hiromichi Tanaka¹, Yuka Yokoyama¹, Omer Aydan², Mikio Fujimaki³, Kenji Nemoto¹, Shintaro Abe⁴

1.東海大学、2.琉球大学、3.沿岸海洋調査株式会社、4.産業技術総合研究所

1.Tokai University, 2.Ryukyu University, 3.Coastal Ocean Research Co. LTD, 4.AIIST

[研究背景]

活断層の最新活動時期や活動間隔を明らかにする手法として、トレンチ調査、群列ボーリング、ジオスライサーなどが用いられており、活断層の変位に伴う地下浅部の変形様式を明らかにすることで、数百年単位での活動評価も可能となっている。海域においては陸域と異なり調査手法に制限があり、主に広域的な地質構造の把握に重きが置かれてきた。そのため、海域において陸域の手法に匹敵する精度での調査は行われていない。一方で、海域は陸域と異なり堆積の場であり、断層運動の履歴が地層の変形として連続的に保存されている可能性が高い。従って、条件の良い環境下で高分解能な地層探査を密に行い、柱状試料採取による地質情報を加えることで、海域の活断層評価もより高精度に行うことが可能だと考えられる。

[調査地域・研究手法]

本研究では、既存研究や環境条件に恵まれた、九州中西部の内湾に位置する八代海を対象とした。八代海は、阿蘇火山西方より延びる日奈久断層帯の南西部区間とされており、国土地理院（1982, 1984）をはじめとする海上音波探査により、海底断層群の存在が示されている海域である。調査は、高分解能地層探査装置であるSES2000を用いて、通常行われる探査に比べはるかに緻密な測線間隔（20~50m）で面的に行い、合わせてピストンコアリングによる柱状試料採取を実施した。

[解析]

地層探査の結果、八代海中部域において深度60m付近までの良好な記録断面を得る事ができた。記録断面において顕著な反射面を最大8枚選び、下位から上位へR1~8までの番号を付けた。また、これらの反射面により分けられる堆積層を、上位から7つのユニット（A1, A2, A3, B1, 2, C, D層）に区分し、各反射面およびユニットごとに、その分布深度や形状、内部反射パターンを記載した。これらR1~8の反射面の内、連続的な追跡が行うことができたR2~R5面に関して、その3次元座標点群データを抽出し、データの空白域はKriging法を用いた内挿補間を行うことで、反射面の面的な形状を再現した。

[結果]

R2（完新統基底）面では、主断層A-FA1に沿って、北東—南西方向に発達したほぼ垂直な断層崖が確認された。A-FA1西方には時計回りを成す断層群が分布し、周囲より窪んだ形状を呈している。この形状は負の花弁構造に相当する。また、A-FA1に沿ってバルジ状の高まりが認められる。このバルジを切るように3本の断層が北西—南東方向に伸び、A-FA1に高角度で斜交する。これらの変形構造は、上位のR3面およびR4面でも認められるが、R5（A層基底）面においては認められない。

上記から、以下のことが解釈される。1) 負の花弁構造を形成する断層群はR5形成以後活動していない。2) A-FA1に高角度で斜交する3本の断層は、バルジを切るように発達することから、バルジ形成以後に成長した断層である。3) A-FA1に沿う断層崖は、現海底面においてもその形状が認められることから、比較的最近まで活動している。

以上のように、各地層境界である反射面の分布形状を再現することにより、同一面状に存在する断層の発達過程を議論することができる。

キーワード：日奈久断層帯、高分解能地層探査、音響層序

Keywords: Hinagu Fault Zone, High-resolution seismic survey, Seismic stratigraphy

全有機炭素の放射性炭素年代連続測定による海底イベント堆積物認定の試み

Recognition of the sea-floor event deposits by continuous radiocarbon measurements of total organic carbon

*大村 亜希子¹、宮入 陽介²、平林 頌子³、横山 祐典²、芦 寿一郎²

*Akiko Omura¹, Yosuke Miyairi², Shoko Hirabayashi³, Yusuke Yokoyama², Juichiro Ashi²

1.学振特別研究員, 東京大学、2.東京大学大気海洋研究所、3.東京大学大学院理学系研究科

1.JSPS Research Fellow, University of Tokyo, 2.AORI, University of Tokyo, 3.Graduate School of Science, University of Tokyo

半遠洋性泥は沿岸堆積物と遠洋性堆積物の中間的な堆積物であり、古海洋環境の解析に利用される一方で、その堆積プロセスは海洋表層からの粒子の沈降だけではなく斜面崩壊による再移動堆積物を含む場合があるなど多様である。このような半遠洋性泥の堆積年代は浮遊性有孔虫化石を用いた放射性炭素年代測定により決められることが多いが、海底環境によっては年代測定に十分な量の浮遊性有孔虫化石が産出しない場合もある。一方、堆積物中の全有機炭素(TOC)は様々な起源の有機物に由来し、放射性炭素年代測定に用いた場合に測定値が堆積年代を示さない(確度が低い)可能性があるため、堆積年代の検討にはあまり利用されてこなかった。しかしながらTOC放射性炭素年代は、少量の試料量で分析が可能のため、高い分解能で年代測定が可能である。浮遊性有孔虫の放射性炭素年代等の確度の高い年代測定法と組み合わせることで、高精度高分解能の年代軸の構築ができることが期待される。

本研究で対象とした南海トラフ沿い前弧海盆も浮遊性有孔虫化石の産出が乏しいため堆積年代の推定が難しいが、過去の海底地震履歴解析のために解像度の高い年代値を得ることが期待されている海域でもある。そこで本研究では、産出する微量の浮遊性有孔虫化石を用いた微量放射性炭素年代測定と、堆積物層厚0.5~1cm間隔で連続サンプリングしたTOCを用いた高分解能放射性炭素年代を組み合わせることにより、高い精度で堆積年代を推定することを目指した。

放射性炭素年代測定には東京大学大気海洋研究所に設置されているシングルステージ型加速器質量分析計を使用した。また、国立科学博物館に設置されている元素分析計および質量分析計を使用して全有機炭素量と安定炭素同位体比を測定し、堆積物の起源を推定した。

解析を行なった堆積物コアは、熊野トラフ北西部の水深約2000mの深海底からマルチプルコアラーを用いて採取された。海底面から海底下約40cmの堆積物は全体に生物擾乱をうけたオリブ黒色の粘土質シルトである。X線CT画像では明るく示される比較的粗粒なシルトを含むとみられる堆積層が認められる。

TOC放射性年代測定の結果、深度40cmまでの堆積物には、下位層よりも測定誤差以上に古い年代値を示す層準が数層認められた。これらは古い有機物に由来する炭素が海底堆積物の再移動により混入したイベント層準と考えられるため、堆積年代の推定からは除外した。有機炭素の年代値は同じ層準の微量の浮遊性有孔虫化石による放射性炭素年代値よりも約900~1200年古いことがわかった。これらの値を用いて補正すると、40cmの堆積物は現在から過去約600年間に形成されたと見積もられた。

安定炭素同位体比測定の結果によると、堆積年代の推定から除外したイベント層準は海洋プランクトン起源の有機炭素を多く含み上下の堆積物とほぼ同じ特徴を持つことから、近傍の海底斜面が崩壊し形成されたと考えられる。上部の一層準のみ、若干の陸源有機炭素の増加が認められることから、浅い斜面の崩壊あるいは陸上の洪水起源と考えられる。TOCと微量の浮遊性有孔虫化石による年代値を用いてこれらのイベントの形成年代を見積もると、歴史記録にある15世紀以降の海底地震と洪水に対応する可能性がある。

これまでの結果から、TOC放射性炭素年代値はその堆積プロセスを反映しているため、一見均質な半遠洋性泥に含まれるイベント層の認定に利用できると考えられる。さらに浮遊性有孔虫による放射性年代値といった他の方法によって得られた年代値を用いて適切に補正することにより、そのイベントの形成年代を決定することも可能になると期待される。

キーワード：半遠洋性泥、全有機炭素、放射性炭素年代、地震

Keywords: hemipelagic mud, organic carbon, radiocarbon dating, earthquake

重力異常を用いた逆断層帯の解析

The Analysis of the Active Reverse Fault Zones in Japan through Gravity Anomalies

*松本 なゆた¹、和田 茂樹¹、澤田 明宏²、平松 良浩²、岡田 真介³、田中 俊行⁴、本多 亮⁴

*Nayuta Matsumoto¹, Shigeki Wada¹, Akihiro Sawada², Yoshihiro Hiramatsu², Shinsuke Okada³, Toshiyuki Tanaka⁴, Ryo Honda⁴

1.金沢大学大学院自然科学研究科、2.金沢大学理工研究域自然システム学類、3.東北大学災害科学国際研究所、4.東濃地震科学研究所

1.Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, 2.Institute of Science and Engineering, Kanazawa University, 3.IRIDEs, Tohoku University, 4.Tono Research Institute of Earthquake Science

The Japanese islands are located in a subduction zone and they have undergone complex deformations as a consequence of regional stress changes. Therefore the active structures are diverse. The object of our study is to reveal distinctive features of active faults and to examine their spatial continuity through gravity anomalies. Seismic reflection survey is a major method to detect subsurface structure of faults, but seismic velocity structure is obtained only on linear profiles. Over 20,000 points of gravity data has been measured in Japan. Recently released high resolution data set enable us to detect detailed density differences in a wide area around faults. We analyzed 43 reverse fault zones in northeast Japan and northern part of southwest Japan among major active fault zones selected by Headquarters for Earthquake Research Promotion.

The gravity data published by GSI [2006], Yamamoto *et al.* [2011], and Geological Survey of Japan (AIST) [2013] and Kanazawa University data were compiled in this study. We applied terrain corrections using 10 m DEM and filtered data with a band pass filter in addition to normal correction procedures, then obtained the Bouguer anomalies.

Steep Bouguer gravity gradients are clearly observed along the faults at 21 faults zones, a weak correlation is recognized at 13 faults, and no correlation at 9 faults. We evaluate the continuity of the faults based on the continuity of maximum points of the horizontal first derivation and inflection points of vertical first derivation together with geological and topographical observations. We infer a faulting type and a direction of dipping from fault traces and the maximum isoline or the inflection isoline of the derivations.

For example, we recognize following features for the Itoigawa Shizuoka tectonic line. The fault end seems to extend at the northern end. A left stepping of the faults in the subsurface is revealed around Hakuba. The maximum isoline and the inflection isoline are distributed on the east of the fault rupture in the north and on the west in the south, indicating that the dip direction changes the east dipping to the west dipping from north to south.

キーワード：重力異常、活断層帯、断層の連続性

Keywords: gravity anomaly, active fault zone, spatial continuity of the fault

チベット高原Altyn Tagh断層で発生した2014 M_w 6.9 Yutian地震による地震断層の共役Riedel構造
Co-seismic conjugate Riedel faulting associated with the 2014 M_w 6.9 Yutian earthquake on the Altyn Tagh Fault, Tibetan Plateau

*林 愛明¹、李 海兵²、孫 知明³

*Aiming Lin¹, Haibing Li², Zhiming Sun³

1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室、2.中国地質科学院地質研究所、3.中国地質科学院地質力学研究所

1.Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University, 2.Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, 3.Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences

本講演では、2014年2月12日にチベット高原北部の Altyn Taghで発生した M_w 6.9 Yutian地震に伴って現れた地表地震断層については報告する。

The Altyn Tagh Fault is located at the northwestern edge of the Tibetan Plateau, and is the largest active strike-slip fault in Asia with a total length of ~2000 km. The fault accommodates sinistral motion between the Tibetan Plateau and the Tarim Basin within the India-Eurasia collision zone. Although the Altyn Tagh Fault plays a key role in accommodating India-Eurasia convergence, little is known about its nature as a seismogenic strike-slip fault due to a lack of instrumentally recorded large earthquakes on the fault. The 12 February 2014 M_w 6.9 Yutian earthquake, which occurred in the Yutian region of the Tibetan Plateau, provides an opportunity to study the seismotectonic nature of the Altyn Tagh strike-slip fault system.

Field investigations reveal that the 2014 M_w 6.9 Yutian earthquake on the left-lateral strike-slip Altyn Tagh fault system, Tibetan Plateau, produced a ~25-km-long surface rupture zone that contains conjugate Riedel shear faults (Li et al., 2016). The co-seismic surface ruptures occurred mainly along two parallel ENE-trending active left-lateral strike-slip faults. Rupture also occurred in a conjugate, WNW-trending zone along an active right-lateral strike-slip fault. The ENE-trending ruptures are concentrated in a zone of <500 m wide and ~25 km long, and are characterized by Riedel shear structures including distinct shear faults (Y) with a maximum sinistral displacement of ~1 m, right-stepping en echelon cracks, and mole tracks. In contrast, the WNW-trending ruptures occur within a zone of up to 1.5 km wide and ~4 km long in the jog area between the two parallel ENE-trending faults, and this zone is characterized by discontinuous shear faults with dextral displacements of <0.5 m, left-stepping en echelon cracks, and mole tracks, all oriented oblique to the ENE-trending rupture zones at an angle of 30°–40°. The lengths and displacements of the co-seismic surface ruptures measured in the field are comparable with those obtained from the empirical relationships between magnitude and co-seismic surface rupture length and displacement. Our findings demonstrate that the co-seismic conjugate Riedel faulting was controlled mainly by pre-existing active faults of the Altyn Tagh fault system, reflecting the present-day tectonic stress field associated with the ongoing penetration of the Indian Plate into the Eurasian Plate.

References

Li, L., Pan, J., Lin, A. (*corresponding author), et al., 2016. Co-seismic surface ruptures associated with the 2014 M_w 6.9 Yutian earthquake on the Altyn Tagh Fault, Tibetan Plateau. Bulletin of Seismological Society of America, in press.

キーワード：Altyn Tagh断層、2014 M_w 6.9 Yutian 地震、共役地震断層、チベット高原

Keywords: Altyn Tagh fault, 2014 Mw 6.9 Yutian earthquake, Co-seismic conjugate faulting, Tibet Plateau

Role of the Longquan fault in the active deformation of the Longmen Shan fold-and-thrust belt, eastern Tibetan Plateau

*Maomao Wang¹, Aiming Lin¹

1.Department of Geophysics, Faculty of Science, Kyoto University

Present-day convergence within the Longmen Shan fold-and-thrust belt (LSFTB) was manifested by the 2008 Mw 7.9 Wenchuan and 2013 Mw 6.6 Lushan earthquakes, which ruptured multiple thrust ramps beneath the range front structures. However, it is still unclear whether fault slip has been propagated eastward into the foreland, closer to the Chengdu population center. In this study, we provide constraints on the 3D subsurface structure, fault activity and seismic hazards of the Longquan fault that is located in the central Sichuan basin, ~100 km east of the range front structures of the LSFTB. Our detailed 3D model of the Longquan fault reveals a segmented fault array involving an east-dipping back-thrust at the edge of the Quaternary basin between west-dipping fore-thrusts to the north and south. We evaluate the activity of the Longquan fault by interpretations of high-resolution satellite images, field mapping, paleoseismic logging of trench exposure walls and radiocarbon geochronology. Our results reveal that at least two surface rupturing events occurred on the Longquan fault in the Holocene, with the minimum of 3.2 m and 2.5-3.7 m slip for the most recent and penultimate events, respectively. The most recent event is inferred to be occurred in the period between 2060 ± 30 yr BP and 580 ± 30 yr BP, while the penultimate event occurred in the period before but around 3050 ± 30 yr BP. These findings indicate a Holocene slip rate ranging from 0.95 to 1.65 mm/yr for the Longquan fault. The 3D structural model and the late Holocene faulting events occurred along the Longquan fault reveals that upper crustal shortening in the Sichuan basin is accommodated on a frontal thrust system that is linked to the recently active range front blind structures by a shallow detachment. We suggest that a dynamic weakening mechanism following fault activity closer to the Longmen Shan range front could help unlock the up-dip portion of this shallow detachment, sending slip eastward to the foreland and to the surface along the Longquan thrust ramps. These findings have important implications for seismic hazards of active frontal thrusts linked by upper crustal detachments in the Sichuan basin, as well as other active fold-and-thrust belts around the world.

Keywords: Active thrusting, paleoseismology, 3D structural modeling