

放射性炭素年代を用いた黒色土の層序対比と断層変位基準認定への活用 Identification of Fault Displacement and Stratigraphic Correlation of Black Soils based on Radiocarbon Ages

安江 健一^{1*}; 廣内 大助²; 國分 (齋藤) 陽子¹; 松原 章浩¹; 古澤 明³

YASUE, Ken-ichi^{1*}; HIROUCHI, Daisuke²; SAITO-KOKUBU, Yoko¹; MATSUBARA, Akihiro¹; FURUSAWA, Akira³

¹ 日本原子力研究開発機構, ² 信州大学, ³ 古澤地質

¹ Japan Atomic Energy Agency, ² Shinshu University, ³ Furusawa Geological Survey

活断層の活動時期を正確に把握するためには、断層周辺の堆積物の堆積時期を高精度に決定する必要がある。堆積時期の決定には、主に ¹⁴C 年代や火山灰層序が用いられる。しかし、堆積時期の決定に適した ¹⁴C 年代測定試料 (葉、球果など) や火山灰は、堆積物中のどこにでも含まれているわけではなく、全く分布しないこともある。そこで本研究では、地表付近で比較的分布することが多い一方で、層理面の判定が難しい黒色土について、¹⁴C 年代測定を深さ方向に実施し、堆積年代に基づいて層序を対比した。さらにその結果を踏まえて、活断層の変位基準の認定とそれに基づく活動時期を検討した。

本研究では、まず試料の黒色土から草木の根や炭などを可能な限り取り除いた。次に、1M の塩酸により炭酸塩などを除去した後、1M の水酸化ナトリウムによる処理を行い、そこで得られるアルカリ可溶成分 (フミン酸) を測定試料とした。一方、溶解しない成分はさらに 1M の塩酸による処理を行い、その残渣 (ヒューミン) を測定試料とした。上記の試料調製及び年代測定は、日本原子力研究開発機構東濃地科学センター及び同センターの加速器質量分析装置 (JAEA-AMS-TONO) で実施した。

試料は、岐阜県東部に分布する阿寺断層で実施されたトレンチ掘削 (廣内ほか, 2006) の壁面から採取された黒色土である。壁面においては、断層から約 50cm 離れた上盤及び下盤からそれぞれ層厚約 60cm の試料を 3~6cm 程度の間隔で連続採取し、¹⁴C 年代を測定した。フミン酸の年代測定は、上盤側で 12 試料、下盤側で 13 試料であり、ヒューミンは上盤側で 4 試料、下盤側で 6 試料を選定して測定した。測定の結果は、OxCal 4.2.3 (Bronk Ramsey, 2013) に IntCal13 (Reimer et al., 2013) を用いて暦年校正した。

測定の結果、フミン酸の年代値は約 4000~2000 年前であり、下部から上部へ若くなる傾向がある。試料採取した層より下位には K-Ah テフラが分布しており、年代値は矛盾しない。また、同一試料におけるフミン酸とヒューミンの年代値は、上盤側の最上部の 1 試料で 1000 年近い差が認められたが、それ以外は大きな差は認められない。黒色土は、下部から順に約 4000 年前から 2000 年前に向かって若くなる傾向がある。この特徴は、上盤側と下盤側の双方の試料で認められることから、断層を挟んで ¹⁴C 年代値から地層を対比することが可能である。また、下盤側の黒色土の上位において、層厚 20cm 程の礫混じり土壌の年代値はどの深度でも 2000 年前頃である。

以上の結果から、約 4000~2000 年前は断層の両側でそれぞれほぼ一定の速度で黒色土が堆積していることから、この期間にこの断層は変位していないと考えられる。下盤側の黒色土の上位では、層厚 20cm 程の間で 2000 年前頃の値であることから、堆積速度が速かったと考えられる。このような断層付近での堆積速度の急激な変化の原因の一つとして断層変位があり、2000 年前頃の活動が示唆される。本結果の解釈については、阿寺断層全体の活動セグメントの問題も踏まえて、活動の時空分布を慎重に検討する必要がある。

本研究のように、黒色土を深度方向に連続的に採取し、丁寧に調製して年代測定をするとともに堆積物の特徴を踏まえて検討することで、詳細なイベント層準の認定や活動時期の解明が可能であると考えられる。発表では、より下位の ¹⁴C 年代測定の結果と火山灰分析の結果も加えて報告する。

キーワード: 放射性炭素年代測定, C-14 年代, 黒色土, 阿寺断層, 活動時期

Keywords: radiocarbon dating, C-14 age, black soil, Atera fault, timing of faulting event

活断層の表面組織の電子顕微鏡観察 SEM observation on the active fault surface

田中 姿郎^{1*}; 蒲池 孝夫²; 蟹井 猛宏³; 溝口 一生¹; 中田 英二¹
TANAKA, Shiro^{1*}; KAMACHI, Takao²; KANII, Takehiro³; MIZOGUCHI, Kazuo¹; NAKATA, Eiji¹

¹ 電力中央研究所, ² 関西電力, ³ ニュージェック
¹CRIEPI, ²KEPCO, ³NEWJEC

活断層の断層面の特徴を明らかにする事を目的に、最新の活動時期が示されている中期更新世～後期更新世以降に活動した断層を主な対象とし断層面の SEM 観察を実施した。断層面の観察においては、露頭観察により他の構造を切る直線性の高い面を最新の活動面と認定し、ブロックサンプリングを実施した。採取した試料はヘリカル X 線 CT 等を用いて内部構造の詳細観察を行ない断層面の連続性を確認した後、表面組織の観察用試料を作成した。最新活動面の実体顕微鏡および電子顕微鏡観察の結果、最新面には鏡肌が発達し条線が確認できること、断層面は粉碎され細粒化した物質から形成されており粘土鉱物が糊状に微細な粒子を覆い団子状を呈する物質が特徴的に認められる事、今回観察した最新活動時期が中期更新世～後期更新世以降の断層の最新面上にはイライト・緑泥石等の地下深部での続成作用で形成される鉱物の自形結晶の成長は認められないことが確認された。

キーワード: 活断層, 断層面, 粘土鉱物
Keywords: active fault, fault surface, clay minerals

断層破碎帯の性状観察に基づく断層活動性評価手法の検討 - 1. 調査露頭の選定 - Examination of evaluation method for fault activity based on an observation of fault zone - 1. Selection of outcrops -

亀高 正男^{1*}; 岡崎 和彦¹; 中山 一彦²; 瀬下 和芳²; 青木 和弘²; 田中 義浩²; 島田 耕史²; 下釜 耕太¹; 稲田 徳之¹
KAMETAKA, Masao^{1*}; OKAZAKI, Kazuhiko¹; NAKAYAMA, Kazuhiko²; SESHIMO, Kazuyoshi²; AOKI, Kazuhiro²;
TANAKA, Yoshihiro²; SHIMADA, Koji²; SHIMOGAMA, Kota¹; INADA, Noriyuki¹

¹ ダイヤコンサルタント, ² 日本原子力研究開発機構

¹Dia Consultants, ²Japan Atomic Energy Agency

断層の活動性評価はいわゆる上載地層法として、断層に上載する地層に断層の変位・変形が及んでいるかどうかによってなされる。しかし、基盤岩中に断層破碎帯があり、それを上載する最近の地層が分布していない場合には、活動性を評価することが困難となる。基盤岩中にのみ破碎帯が分布する場合には、地形や地質の状況、応力場等を総合的に検討し、断層の活動性を評価する必要がある。破碎帯の調査項目としては、断層面形態、破碎幅、色調、硬さ、帯磁率、構成物の形態、鉱物組成、化学組成、年代測定などが実施されている。ただし、これらの調査項目には定量化や再現性などの検討が不十分な項目も含まれており、確立された活動性評価手法は現時点では存在していない。そこで、より科学的に断層活動性評価を実施するための一助とすべく、著者らは断層破碎帯の観察・分析に基づく活動性評価手法について活断層露頭と非活断層露頭の比較検討を進めている。

確実に活断層であるといえる基盤岩中の断層破碎帯において観察・分析を実施するためには、上載地層が変位・変形を被っている断層露頭において、その断層面を基盤岩中まで追跡して調査する必要がある。逆に、確実に活断層ではないといえる基盤岩中の断層破碎帯については、評価上十分に古い上載地層で覆われていることを確認する必要がある。

そこで本研究では、上記の条件を満たす断層露頭を文献調査により選定し、地表地質踏査を行い調査露頭を選定した。調査地点の選定にあたっては、基盤岩の組成や構造が比較的均質であり、陸域の基盤に多く露出し、断層岩の研究事例が多いとの理由から、調査対象を花崗岩地帯に限定した。

活断層の事例として検討したのは、兵庫県南部、六甲山地に分布する六甲-淡路断層帯五助橋断層の五助ダム上流地点（丸山ほか、1997、活断層研究の Loc.5）と、有馬-高槻構造線六甲断層の船坂西地点（Maruyama and Lin, 2002, Tectonophysics の Loc.1）である。

五助ダム上流地点では、六甲花崗岩中に五助橋断層の破碎帯がみられ、露頭上部では破碎帯が礫層と断層を介して接している。破碎帯は中央部に約 50cm の厚い断層ガウジを挟み、その周辺には面状カタクレーサイト及び花崗岩質カタクレーサイトが分布している。断層ガウジは主に褐色及び黒色を呈し、層状構造が認められる。

船坂西地点では、六甲花崗岩が有馬層群の流紋岩及びそれを覆う礫層と六甲断層を介して接している。花崗岩側は変質が著しく、断層面に沿って幅数 cm の褐色ガウジ、その外側に変質した面状カタクレーサイトや花崗岩質カタクレーサイトが分布している。流紋岩側は厚さ 1cm 程度の黒色の Fe-Mn 濃集層、流紋岩質カタクレーサイト、及び弱破碎流紋岩の順に分布している。

確実に活断層でない断層破碎帯の事例としては、高位段丘堆積物に変位・変形を与えていない断層露頭を地表地質踏査によって選定した。六甲山地北部の六甲蓬莱峡付近には上ヶ平面と呼ばれる厚い礫層から構成される高位段丘があり、その周辺には花崗岩の裸地が広がっている。六甲花崗岩と高位段丘構成層の不整合面に変位・変形を与えていない断層で、ガウジの最も厚い断層を調査対象とした。この断層を六甲蓬莱峡の断層と呼ぶこととする。なお、斜面からの落石が多いため安全上の観点から、調査は不整合露頭の断層を斜面下部に延長した地点で行った。露頭では破碎帯はマサ化の進行しつつある花崗岩中にみられ、カタクレーサイトや黒色 Fe 濃集層を伴う幅 1~3cm の褐色ガウジが分布している。

上記 3 地点において、断層破碎帯の性状観察（断層面の形態観察、原位置試験による硬さ及び色調の検討）、条線観察、研磨片・薄片・SEM 観察、鉱物組成分析、化学組成分析、力学試験及び物理試験を実施した。本発表では調査の概要と調査対象露頭の地表地質調査について報告する。なお、断層破碎帯の性状観察結果については岡崎ほか（2014、連合大会予稿集）で報告する。

キーワード: 活断層, 断層活動性評価, 六甲山地, 五助橋断層, 六甲断層, 断層破碎帯

Keywords: active fault, evaluation method of fault activity, Rokko Mountains, Gosukebashi Fault, Rokko Fault, fault zone

断層破碎帯の性状観察に基づく断層活動性評価手法の検討 - 2. 断層面の形態観察, 硬さと色調の評価 - Examination of evaluation method for fault activity based on an observation of fault zone - 2. in-situ experiments -

岡崎 和彦¹; 亀高 正男^{1*}; 中山 一彦²; 瀬下 和芳²; 青木 和弘²; 田中 義浩²; 島田 耕史²; 鈴木 一成¹; 下釜 耕太¹; 稲田 徳之¹

OKAZAKI, Kazuhiko¹; KAMETAKA, Masao^{1*}; NAKAYAMA, Kazuhiko²; SESHIMO, Kazuyoshi²; AOKI, Kazuhiro²; TANAKA, Yoshihiro²; SHIMADA, Koji²; SUZUKI, Kazushige¹; SHIMOGAMA, Kota¹; INADA, Noriyuki¹

¹ ダイヤコンサルタント, ² 日本原子力研究開発機構

¹Dia Consultants, ²Japan Atomic Energy Agency

著者らは基盤岩中の破碎帯の性状観察・分析をもとにした断層活動性評価手法の確立を目標として、活断層露頭と非活断層露頭での断層破碎帯の比較調査を行っている。調査地点は兵庫県南部、六甲山地に分布する活断層である五助橋断層の五助ダム上流地点（以下、GSB）、六甲断層の船坂西地点（以下、FSW）、及び高位段丘に覆われており活断層ではないと考えられる六甲蓬莱峡の断層（以下、HRK）の3ヶ所である（亀高ほか、2014、連合大会予稿集）。本報告では、主に露頭において簡便に実施できる調査方法に着目し、断層面の形態観察（連続性・平面性など）、ならびに原位置試験として破碎帯の硬さ及び色調の評価について、それぞれの手法の妥当性を検討した結果を報告する。

活断層の最近活動した断層面は、他の構造を切って連続的・平面的に分布することが定性的に期待される。これを断層面の形態観察によって、より客観的・定量的に評価するために、1) 破碎組織相互の切断関係の評価、2) 連続性の評価、3) 平面性の評価、4) ISRM 指針（岩の力学連合会、1985、ISRM 指針）を用いた断層面の半定量的な評価、5) オルソ化した写真をもとにした算術平均粗さの検討を実施した。その結果、GSB と FSW では隣接する組織を切断する区間が長く、かつ連続性が良いのに対し、HRK では隣接する組織を切断する区間が短く、かつ断層面が途切れる区間が識別された。平面性については、GSB と HRK では期待通りの結果であったが、FSW では地表部での変質作用と推定される組織のために、平面的に連続しない区間もみられた。また、基盤岩中の破碎帯の断層面に比べて、礫層と破碎帯が接する部分の断層面は平面性が悪くなった。算術平均粗さの検討では平面性の定量化に成功したが、露頭の整形や断層面認定にやや課題が残っている。

活断層のガウジは軟質であり、活動的でない断層の破碎帯は固結して硬いということが定性的に言われている（木村、1981、応用地質）。破碎帯の硬さを定量化するために、軟岩ペネトロ計を用いた原位置試験（針貫入試験）を各破碎帯で実施し、破碎帯の硬さと断層活動性の関係について検討した。その結果、GSB、FSW 及び HRK ではともにガウジの硬さは 0 kN/m^2 であり、破碎帯による明瞭な差異は認められなかった。地表付近の測定結果では、FSW の変質の進んだカタクレサイトや HRK のマサ化の進んだ弱破碎花崗岩も低い値を示すが、20cm 程度露頭を掘り込むと数値が高くなる傾向がある。一方で、断層ガウジは露頭を掘り込んでも低い値を示す傾向がみられた。

活断層のガウジは還元的な色調を呈し、活動的でない断層のガウジは酸化的な色調を呈することが指摘されている（産業技術総合研究所深部地質環境研究コア、2012、GSJ 研究資料集）。破碎帯の色調について、原位置試験として土色計を用いて各破碎部の色調を定量化し、破碎帯の色調と断層活動性の関係について検討した。その結果、GSB のガウジは Lab カラーの a^* 値が $-5.0 \sim 5.0$ 程度、 b^* 値が $0.0 \sim 15.0$ 程度の還元的な値を示している。これに対して FSW のガウジの a^* 値は $10.0 \sim 15.0$ 程度、 b^* 値は 35 程度と非常に高い酸化的な値を示している。一方、HRK のガウジは a^* 値が $-5.0 \sim 10.0$ 程度、 b^* 値が $5.0 \sim 20.0$ 程度と幅広く、還元からやや酸化的な値を示した。ガウジ周辺の破碎部は、非変形花崗岩の値とガウジの値を繋ぐように分布する場合が多く、全体として右上がりの直線状に配列し、花崗岩の風化による色調変化に対応した分布を示していると考えられる。

本発表では以上の結果について、根拠となる具体的なデータを示すとともに、活動性評価の観点からそれぞれの手法の妥当性や留意点などについて報告する。

キーワード: 活断層, 断層活動性評価, 六甲山地, 五助橋断層, 六甲断層, 断層破碎帯

Keywords: active fault, evaluation method of fault activity, Rokko Mountains, Gosukebashi Fault, Rokko Fault, fault zone

立体地形解析図上の活断層と地形面 Active faults and topographic surfaces on the stereoscopic topographic map

今泉 俊文^{1*}; 宮内 崇裕²; 楮原 京子³; 岡田 真介⁴; 白澤 道生⁵; 横山 隆三⁵; 佐々木 達哉⁶
IMAIZUMI, Toshifumi^{1*}; MIYAUCHI, Takahiro²; KAGOHARA, Kyoko³; OKADA, Shinsuke⁴; SHIRASAWA, Michio⁵;
YOKOYAMA, Ryuzo⁵; SASAKI, Tatsuya⁶

¹ 東北大学大学院理学研究科, ² 千葉大学大学院理学研究科, ³ 山口大学教育学部, ⁴ 東北大学災害科学国際研究所, ⁵ 横山空間情報研究所, ⁶ 応用地質

¹Graduated School of Science, Tohoku University, ²Graduated School of Science, Chiba University, ³Faculty of Education, Yamaguchi University, ⁴International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, ⁵Yokoyama Geo-Spatial Information Lab., ⁶OYO Corporation, Database Business Department

数値標高モデル (DEM) データを用いた地形解析手法によって、様々な地形の主題がわかりやすく鮮明に表現されるようになってきた。我々は、国土地理院の数値標高モデル (DEM) データのうち、5 m DEM データを用いて、2 万 5 千分の 1 地形図をそのまま立体視することを試みて、この立体地形解析図上に活断層情報を転記した。

地形図は、国土地理院の地形図仕様 (地形図の凡例) に基づいて作成し、これをアナグリフによって立体視化した。すなわち、市町村名などの地名に加え、山地・河川などの自然地名も地形図と同様に表示し、各種の施設・設備、市街地・住宅、道路・鉄道・水路などの地貌情報も市販の地形図どおりの表現とした。さらに、起伏を読み取る等高線も 10 m 間隔 (主曲線) で示しており、三角点や独標点をあわせて、それぞれの場所の標高値も同時に知ることができる。地形図を立体化することによって地形図の判読の不慣れさを補う効果が得られる。

この立体地形解析図上に、活断層の線分情報 (中田・今泉編, 2002) を重ねた。活断層の位置が、2 万 5 千分の 1 立体地形解析図上で読み取れるので、活断層と崖や傾斜地との関係、各種のインフラとの関係などが場所によっては詳しくわかる。逆に、活断層研究者が主に空中写真を用いて地表の起伏をどの様に判読して活断層と認定したのか、その根拠の一つが地形図上で明らかにされる。例えば、活断層の重要な諸元情報として断層形態、変位様式、変位量・変位速度があるが、これらは主に地形面を断層変位基準として求められている。縮尺 2 万 5 千分の 1 の地形図に 10 m 間隔で表現される地形の起伏から、各種の地形面 (扇状地や段丘面などの変位基準面) を読み取り、これらの変位基準に記されている崖や斜面の落差から断層による変位量を知ることが出来る (変位速度を知るには、変位基準の形成年代が必要)。

ポスターでは、逆断層が典型的な東北地方の活断層を対象に、立体地形解析図上に断層情報 (線分情報) を立体化して表示する。

キーワード: 活断層, 地形面, 立体地形解析図, 読図

Keywords: Active fault, Topographic surface, Stereoscopic topographic map, Interpretation of topographic map

RBF 補間と GA を用いた LiDAR データからの地震時地表変位抽出手法の開発 Genetic algorithm-based displacement extraction technique for LiDAR dataset

竿本 英貴^{1*}; 丸山 正¹; 近藤 久雄¹
SAOMOTO, Hidetaka^{1*}; MARUYAMA, Tadashi¹; KONDO, Hisao¹

¹ 産業技術総合研究所 活断層・地震研究センター

¹ Active Fault and Earthquake Research Center, AIST

近年における航空レーザー測定の発達は目覚ましく、広範囲にわたる詳細な地形が膨大な数の点群によって容易に表現されるようになってきた。この結果、詳細な崖地形解析、断層線の抽出、海岸線の抽出、遺跡範囲の特定など、さまざまな用途に航空レーザー測量で得られた点群データが利用されている。

ここでは地震の前後における地表の点群データに対してパターンマッチング処理を行い、地震時に地表で生じた変位を自動的かつ定量的に求めるための新たな手法を提案する。提案手法は RBF(Radial Basis Function) 補間と遺伝的アルゴリズムを組み合わせたものであり、疑似的に作成した地震前後の地形データにこれを適用し、一定レベルのノイズが地表データに混入している場合においても安定的に正しい変位が抽出できることを確認した。また、地形のパターンマッチング問題における目的関数は多峰的であり、勾配法に基づく最適解探索では正しい変位を探索できないことを示した。

キーワード: 遺伝的アルゴリズム, 補間, LiDAR, 変位, 最適化

Keywords: genetic algorithm, interpolation, LiDAR, displacement, optimization

石狩低地東縁断層帯南部の海岸部における地質構造 Geologic structures around the coastal area of the southern part of the active eastern boundary fault zone of Ishikari I

佐藤 智之^{1*}; 小松原 琢¹; 康 義英¹
SATO, Tomoyuki^{1*}; KOMATSUBARA, Taku¹; KOU, Yoshihide¹

¹ 産業技術総合研究所地質情報研究部門

¹Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan, AIST

石狩低地帯から勇払平野沖海域にかけて存在する石狩低地東縁断層帯南部の海岸部および沖合の地下構造について報告する。石狩低地東縁断層帯は長さ 130 km の南北走向の断層褶曲帯であり、千島弧と東北日本弧の境界の一部をなしている。海域での高分解能反射法音波探査と陸上ボーリングデータベースに基づき、勇払平野沿岸域の地下構造を調査した。その結果、海陸にまたがる二条の活背斜構造が認められた。これらは産業技術総合研究所(2007)で石狩低地東縁断層帯とされたスラストに伴う活背斜構造に対比できる。一つは静川台地付近から苫小牧東港を通過して陸棚外縁近くまで延びる勇払背斜であり、もう一つは東方の浜厚真から南東へ延びる浜厚真背斜である。地震調査研究推進本部地震調査委員会(2010)では南東へ延びるとされていた勇払背斜は南方へ延びており、浜厚真背斜は海域で鶴川沖背斜へと連続する。また、沖積層基底面を海陸に亘って復元した結果、苫小牧東港沖に存在する埋没谷は日高山脈側へ繋がることがわかった。

地震調査研究推進本部地震調査委員会(2010)石狩低地東縁断層帯の評価(一部改訂)。34p.

産業技術総合研究所(2007)石狩低地東縁断層帯の活動性および活動履歴調査「基盤的調査観測対象断層帯の追加・補完調査」成果報告書。H18-8, 35p.

キーワード: 石狩低地東縁断層帯, 反射法音波探査, 第四紀, 北海道, 沿岸域

Keywords: Active eastern boundary fault zone of Ishikari lowland, Seismic survey, Quaternary, Hokkaido, Coastal area

山形盆地断層帯北部における反射法地震探査データ取得 Seismic reflection survey across the northern part of the Western Boundary Fault Zone of the Yamagata Basin

岡田 真介^{1*}; 今泉 俊文¹; 楮原 京子²; 越後 智雄³; 八木 浩司⁴; 松原 由和⁵; 三輪 敦志⁵; 小坂 英輝⁶
OKADA, Shinsuke^{1*}; IMAIZUMI, Toshifumi¹; KAGOHARA, Kyoko²; ECHIGO, Tomoo³; YAGI, Hiroshi⁴; MATSUBARA, Yoshikazu⁵; MIWA, Atsushi⁵; KOSAKA, Hideki⁶

¹ 東北大学災害科学国際研究所, ² 山口大学, ³ 地域 地盤 環境 研究所, ⁴ 山形大学, ⁵ 応用地質株式会社, ⁶ 株式会社環境地質
¹IRiDeS, Tohoku Univ., ²Yamaguchi Univ., ³Geo-Research Institute, ⁴Yamagata Univ., ⁵OYO Corporation, ⁶Kankyo Chishitsu Company Limited

山形盆地断層帯は、山形盆地の西縁を限るように南北に約 60 km にわたって分布する活断層帯である。この活断層帯のうち、寒河江以北から大石田では、地表活断層のトレースも数条に分かれる分布形状を示している。また、盆地中央部に河島山が地形的な高まりとして存在し、その西側に最上川が穿入蛇行している。河島山の東側には向斜軸が指摘されており（池田ほか, 2002; 今泉ほか 2001）、これらの地形発達を明らかにする上でも、本地域の地下構造との関係について明らかにする必要がある。

そこで、本研究では山形盆地北部において山形盆地西縁断層帯を横切るように 2 本の測線（Line A および Line B）を設定し、2013 年 9 月・10 月に掛けて反射法地震探査を実施した。Line A は村山市西郷地区から共栄橋を経て、大槇までの 4.11 km、Line B は、村山市樽石地区から稲下を経て、基点にかけての樽石川に沿った 3.75 km である。震源には IVI 社製 Enviro Vib を用い 10?120 Hz の周波数帯で 16 秒間のスイープを行った。受振器には、GS-20DX (Geospace 社製、固有周波数 10 Hz) を用いた。発震点間隔および受振点間隔は共に 10 m を標準とした。また各発震毎に 192 ch の信号を記録した。総発震点数は Line A において 379 点、Line B においては 402 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、東北大学大学院理学研究科地学専攻の修士 1 年生および理学部地圏環境学科の 3 年生・4 年生の諸君にも探査において尽力いただいた。また、金沢大学の 4 年生にも探査に協力頂いた。ここに記すと共に感謝します。本研究は東北大学災害科学国際研究所の特定プロジェクト研究費によって実施した。

[文献]

池田ほか, 2002, 逆断層アトラス, 東京大学出版会.
今泉ほか, 2001, 都市圏活断層図「村山」, 国土地理院.

キーワード: 活断層, 反射法地震探査, 山形盆地西縁断層帯, 地下構造, 村山

Keywords: active fault, seismic reflection survey, the Western Boundary Fault Zone of the Yamagata Basin, subsurface structure, Murayama City

福島県浜通りの地震で出現した地震断層の地下構造調査 —塩ノ平地区での極浅部地震探査— Very shallow seismic surveys of the Shionohira earthquake fault appeared at the Fukushima-ken Hamadori earthquake

山口 和雄^{1*}; 伊藤 忍¹; 加野 直巳¹; 山中 義彰²; 伊東 俊一郎²
YAMAGUCHI, Kazuo^{1*}; ITO, Shinobu¹; KANO, Naomi¹; YAMANAKA, Yoshiaki²; ITO, Shunichiro²

¹ 産業技術総合研究所, ² サンコーコンサルタント
¹AIST,GSJ, ²Suncoh consultant

福島県浜通り地方南部は 2011 年東北地方太平洋沖地震後に地震活動が活発化し, 4 月 11 日に福島県浜通りの地震 (M7.0) が発生した. この地震で既知の活断層にほぼ沿って長さ 10 数 km にわたって地表地震断層 (正断層) が出現した. 地震断層の深度 20m 程度までの地下構造解明を目標として極浅部地震探査を実施した.

調査測線は福島県いわき市田人町黒田塩ノ平付近の東西方向の市道に設けた. 地震断層によりこの道路のアスファルト舗装に約 2m の西側低下と約 0.4m の左横ずれオフセットの変位が生じた. 探査を実施した 2012 年 12 月には道路面は補修が済み平坦になっていた. 道路面の状況から, 補修は断層の東側道路を削り西側道路は埋められてないと推定される. 人工埋積でないことは極浅部探査の条件として好ましいと考えられる. 地震断層は調査測線の距離程 110m 付近をほぼ直交する.

調査項目は S 波屈折法, S 波反射法 (S 波屈折法と同一データを使用), P 波屈折法, 表面波探査 (P 波屈折法と同一データを使用) である. 調査機器・仕様は以下の通り. 震源: S 波/SWG-5 (サンコーコンサルタント社製, 高圧空気を動力としたピストン叩き, 荷重 250kg), P 波/10kg カケヤ, 受振器: S 波/GS20DM (OYO-Geospace 社製, 28Hz), P 波/GS11D (OYO-Geospace 社製, 4.5Hz), 探鉱機: DSS-12 (サンコーコンサルタント社製), 測線長: 191m, 発震点間隔: 1m, 受振点間隔: 1m, 発震回数: 1~5 回. S 波探査は 1 受振点当たり 1 個の受振器をスパイクで地面に差し展開は 192 点固定とした. P 波探査は 96ch ランドストリーマを使用し震源が 48m 移動するごとに受振点を展開移動した. データ品質は交通量の少ない場所のため良好であった.

S 波屈折法データと P 波屈折法データに対して屈折トモグラフィ解析と, 3 種類の初期モデルによって解の信頼性および初期モデル依存性に関する評価を行った. 表面波探査データに対して位相速度分散曲線インバージョンを行い, 2 次元 S 波速度構造を求めた. 2 種類の初期モデルを設定し解の信頼性および初期モデル依存性に関する検証を行った. S 波反射法データに対して CMP 重合法を適用し, 時間断面図, マイグレーション時間断面図, 深度断面図を作成した. 使用するデータのオフセットを ± 25m 以内に限定した. マイグレーションと深度変換は, 速度解析で得られた重合速度分布を時間空間の両方向にスムージングした速度を用いた.

地震断層 (測線距離程 110m) を境に S 波屈折法および表面波探査による浅部の S 波速度分布の傾向はおおよそ 0.7km/s 以下の速度層が西側で厚く東側で薄い. S 波反射法の結果では, 堆積層と基盤層との境界と考えられる強い反射面は, 断層の西側で深く平坦で連続が良く, 東側で浅く凹凸を示し, 断層付近の距離程 95m~120m 区間では階段状の構造が認められる. この階段状部分から距離程 135m 付近までは基盤が盛り上がっているようである. それはブーゲー異常が周囲よりわずかに大きい (0.06mgal) 範囲とほぼ一致する.

キーワード: 福島県浜通りの地震, 井戸沢断層, 塩ノ平断層, 地下構造, 極浅部地震探査

Keywords: Fukushima-ken Hamadori earthquake, Itozawa fault, Shionohira fault, subsurface structure, very shallow seismic survey

立川断層帯・狭山神社地点のピット調査 Pit excavation along the Tachikawa fault at Sayama Shrine Site

石山 達也^{1*}; 廣内 大助²; 佐藤 比呂志¹; 鈴木 毅彦³; 小林 健太⁴; 郡谷 順英⁵; 小俣 雅志⁵; 柴田 剛⁶
ISHIYAMA, Tatsuya^{1*}; HIROUCHI, Daisuke²; SATO, Hiroshi¹; SUZUKI, Takehiko³; KOBAYASHI, Kenta⁴; KORIYA,
Yorihide⁵; OMATA, Masashi⁵; SHIBATA, Tsuyoshi⁶

¹ 東京大学地震研究所, ² 信州大学教育学部, ³ 首都大学東京, ⁴ 新潟大学理学部地質科学科, ⁵ 株式会社クレアリア, ⁶ 株式会社 エアロ・フォト・センター

¹Earthquake Research Institute, University of Tokyo, ²Department of Education, Shinshu University, ³Faculty of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University, ⁴Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University, ⁵Crearia, Inc., ⁶Aero Photo Center

立川断層は、多摩西部にあって北西-南東方向にほぼ一直線状に走る長さ 20km 余の活断層であり、北西延長部に存する名栗断層を含めた立川断層帯（総延長約 34km）の主部を占め、北東側を隆起させる縦ずれ断層（逆断層）とされる（山崎、1978）。このような見方を基本として調査研究が進められてきた（東京都、1998、1999、2000 など）が、制約の多い市街地域での調査ゆえ、その実態解明については著しく進展するには至っていない。その一方で、地震調査委員会（2003）は、今後 30 年の間に地震が発生する可能性は、我が国の活断層の中ではやや高いグループに属する、とした。さらに地震調査委員会（2011）は、2011 年東北地方太平洋沖地震の発生に関連して次の大地震発生確率が高まった活断層の一つとして立川断層を挙げている。しかしながら、立川断層の断層型の確定や活動履歴の明確化などにつながる質の高い基礎資料の収集が喫緊の課題である。このような背景を踏まえて、立川断層の変位様式や活動性を明らかにする目的で、東京都西多摩郡瑞穂町・狭山神社においてピット掘削調査を実施した。本調査地は狭山丘陵西端部の南向き斜面を構成する孤立した小丘に位置し、立川段丘面を変位させる撓曲崖の南東延長にあたる。従来は、この小丘の南向き斜面基部に断層が通過するとされてきたが、米軍撮影の大縮尺空中写真の判読を行った結果、斜面基部ではなく斜面中腹部に、小丘の尾根線と直交方向に延びる南落ちの高度変換線が存在することが分かった。この高度変換線は小丘の両側に分布する新期の変動崖地形とほぼ一直線に連なる位置にあたる。加えて、斜面の高度変換線に沿っては、小丘の尾根線に見かけ上左横ずれが認められるほか、小丘の西側斜面基部（すなわち立川段丘面との交叉線）にも左横ずれが認められる。このような地形観察の結果を踏まえて、小丘南向き斜面に認められる高度変換線と直交方向に、小規模なピットを掘削した。掘削の結果、壁面には、やや風化の進んだ砂礫層が、斜面堆積物に衝上する、見かけ上北傾斜の断層構造が露出した。断層の傾斜は底面近傍で高角であるが、上方に向かって低角となり、断層の上端は、ほぼ地表面付近まで到達している。断層下盤側に分布する斜面堆積物の 14C 年代は完新世の年代を示しており、立川断層の完新世の活動を示唆する。また、底面に露出した延性剪断帯の微細構造や、断層の分岐形態は、断層は本質的には左横ずれ断層であることを示唆しており、このことは上述した地形学的な特徴と整合的である。今後は、堆積物の年代測定や火山灰分析などによってトレンチ壁面に露出した地層の層序を確立し、詳細な断層構造と活動時期について検討する。

なお、本調査は文部科学省「立川断層帯の重点的な調査研究」の一環として実施された。壁面の観察については、今泉俊文（東北大学）・杉山雄一（産総研・活断層・地震研究センター）・宮内崇裕（千葉大学）・越谷 信（岩手大学）の各氏に貴重な意見を賜った。記して感謝いたします。

立川断層帯を挟む 2 本のボーリングコアからみた武蔵村山市榎付近の地下構造 Geological structure interpreted from two boring cores beside the Tachikawa Fault Zone, Tokyo, NE Japan

鈴木 毅彦^{1*}
SUZUKI, Takehiko^{1*}

¹ 首都大学東京
¹ Tokyo Metropolitan University

関東平野西部を北西-南東方向に延びる立川断層帯は、首都圏直下地震を発生させる可能性をもつ活断層として注目されている。断層帯の正確な位置、活動履歴、平均変位速度などの解明のためには第四紀地質学、とくに高精度火山灰編年に基づく調査が有効である。この様な視点から、文科省重点調査「立川断層帯の重点的調査観測」の一環として、2012 年度に断層帯中央部の東京都武蔵村山市榎において、相対的沈降側でオールコアボーリング (TC-12-1) を実施した。その結果、中期更新世堆積物の基底深度変化に断層変位があらわれている可能性を指摘し、低下側地下に 1.63 Ma の年代をもつテフラを認定した (平成 24 年度成果報告書)。この成果を踏まえて 2013 年度調査では、前年度のボーリング地点近傍の相対的隆起側においてオールコアボーリング (TC-13-1) を実施した。本報告ではその概要を予察的に述べる。

今回の掘削は、推定断層帯位置から約 300 m 北東側の標高 109.50 m 地点において、2013 年 12 月から 2014 年 1 月にかけて実施し、深度 90 m までのコアを得た。コアの概要は以下のとおりである。

地表面から深度 28.65 m (標高 80.85 m) までは粗粒礫からなる礫層であり、径 3-10 cm, 最大 20 cm の円礫を主体とする。これらの中、地表側の部位は、ボーリング掘削地点周辺に広がる立川 2 面の段丘構成層と考えられる。一方下位の部位は、後述の上総層群との関係からみて、これまで低下側コア (TC-12-1) で中期更新世堆積物としてきた礫層に対応すると思われる。この礫層の基底面高度は標高 80.85 m であり、相対的沈降側の TC-12-1 で得られた標高 71.97 m と比べて約 9 m 高い。同礫層基底標高は、TC-13-1 掘削地点の約 500 m 東南東側の相対的隆起域側の地点で標高 82.04 m であるため、昨年度の段階で、相対的沈降側の TC-12-1 と比べ有意に高く、立川断層帯の北西側を隆起させる活動か、本礫層が埋谷性でありその基底が凹凸に富むということに由来するという、2つの解釈を示した。今回の掘削結果は、断層帯の東側での同礫層基底の系統的な高さを示唆し、前者の説明がより説得力を持つ。

深度 28.65 m 以深では深度 90.00 m (標高 19.50 m) までシルト (泥岩)、砂、砂礫、礫の互層からなり、上総層群 (前期更新世) 相当層となる。深度 28.65-31.55 m が細粒砂、深度 31.55-34.95 m がシルト、34.95-36.60 m が礫混じり細粒砂、36.60-37.05 m が砂礫からなる。それ以深では深度 80.40 m まで 5 つの堆積サイクル認められ、それぞれ上位が層厚約 2.35-7.65 m の固結シルトないし泥岩 (一部細粒砂)、下部が層厚 1.9-6.3 m の礫層からなる。深度 80.40 m 以深では最深部までは 9.6 m の泥岩?砂層からなる。深度 67.15-68.00 m の泥岩部に貝殻を多く含むこと、その他泥岩部の複数の層準で凝灰質な部分が存在することがこれまで判明している。今後凝灰質の部分について、テフラ対比等の検討を進める予定である。

本ボーリング調査は、文科省重点調査「立川断層帯の重点的調査観測」によった。

引用文献：文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所 2013. 立川断層帯における重点的な調査観測 平成 24 年度成果報告書。

キーワード: 立川断層帯, 地下構造, ボーリングコア, 武蔵村山
Keywords: Tachikawa Fault Zone, Underground geology, Boring core, Musashi-murayama

新潟-長野県境部、信濃川流域におけるテクトニクスの検討 Examination of tectonics of the Shinano River basin, Niigata and Nagano prefectural border.

高桑 拳祐^{1*}
TAKAKUWA, Kensuke^{1*}

¹ 新潟大学理学部地質科学科

¹ Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University

新潟-長野県において一般的な構造のトレンドは、いわゆる新潟方向と呼ばれる、NNE-SSW 走向である。また、活断層のトレンドも同様に新潟方向をでであると考えられている。しかし十日町市内から新潟-長野県境部まで連続する十日町断層帯西部は、南限に、ENE-WSW 走向である宮野原断層を含むとしており（地震調査研究推進本部地震調査委員会 2010）、活断層のトレンドは新潟方向とは斜交している。

また、十日町市内より津南町まで連続する信濃川向斜も、十日町市内では新潟方向を持つが、津南町において屈曲し、E-W 走向になって長野県栄村まで連続していると示唆されている（島津・立石 1993, 竹内ほか 2000）が、正確な位置は特定されていない。

したがって、新潟-長野県境部における、地質調査を構造学的観点からより詳細に行うことで、本地域のテクトニクスを解明し、本地域に支配的なトレンドが E-W 方向か、新潟方向であるかを確認、向斜構造や活断層の姿勢を議論する目的で、研究を行った。さらに、本地域に存在する小断層の解析を行うことで、古応力の変遷を求めた。

調査の結果、北東に存在する信濃川向斜は、津南町において屈曲し、本地域まで連続するが、宮野原で殲滅することが分かった。また、以西の地域においては信濃川向斜と同じく E-W 走向を持つ、千曲川向斜を新たに認定した。本地域の地層は、概ね、この二本の E-W 走向を持つ向斜構造によって規定されている。この二本の褶曲構造は軸の位置がずれていることとプランジ方向の違いから連続しないと考えた。

また、十日町市内において十日町断層帯西部と褶曲構造の姿勢を求めた瀬賀（2012MS）の断面図と、本研究における宮野原断層を跨ぐ断面図を比較すると、断層の直上において緩傾斜、急傾斜、緩傾斜と続く撓曲を形成することで両者の褶曲の形態は一致している。したがって、両断層は同じ姿勢であると考えられる。よって、この両者は一連の断層帯であり、十日町断層帯西部を構成していることは、地質調査からも明らかになった。また、十日町断層帯西部は宮野原断層を南限とすると考えられているが、さらに西方の、平滝周辺にも同様の姿勢の撓曲が観察されるため、十日町断層帯西部の南端はさらに西に延長される可能性がある。

さらに本地域の小断層の解析より、本地域は σ_1 を NW、 σ_3 を SW とする横ずれ断層型応力にたびたび置かれてきたことが明らかになった。

この応力は、本地域で 2011 年、3 月 12 日に起こった長野県北部地震の余震の発震機構と整合的であり、東北地方太平洋沖地震後の現在と同様の応力化にあったことを反映していると考えられる。

キーワード: 十日町断層帯西部, 宮野原断層, 長野県北部地震, 信濃川流域

高田平野南方、妙高火山群東麓周辺の変動地形とそのテクトニックな意義 Tectonic geomorphology around the eastern piedmont of the Myoko volcano and their tectonic implications

田力 正好^{1*}; 水本 匡起¹; 松田 時彦¹; 堤 浩之²; 後藤 秀昭³; 中田 高³
TAJIKARA, Masayoshi^{1*}; MIZUMOTO, Tadaki¹; MATSUDA, Tokihiko¹; TSUTSUMI, Hiroyuki²; GOTO, Hideaki³; NAKATA, Takashi³

¹ 地震予知振興会, ² 京都大学, ³ 広島大学
¹ERC, ADEP, ²Kyoto Univ., ³Hiroshima Univ.

妙高火山群は高田平野の南方に位置し、その東麓地域は、西頸城山地と東頸城丘陵に挟まれた南北走向の細長い凹地帯(妙高凹地帯と仮称)をなしている。妙高凹地帯は高田平野の南方に連続し、野尻湖付近を経て長野盆地付近まで延びる。高田平野の東西縁には高田平野東縁断層と高田平野西縁断層が、長野盆地の西縁には長野盆地西縁断層が発達し、盆地と山地・丘陵の地形境界を形成したと考えられている(中田・今泉編, 2002 など)。今回、詳細な空中写真判読の結果、妙高凹地帯周辺において新たに断層変位地形が発見され、高田平野東縁断層がさらに南方へ延長する可能性が高いことが明らかとなった。本発表では、それらのトレースの位置と活断層の認定根拠を詳細に記載し、分布の特徴やテクトニックな意義について若干の考察を行う。

妙高凹地帯北部の妙高市葎生(もくろ)付近では、低位段丘面を変位させる東上りの明瞭な低断層崖および段丘面の東方への傾動が認められる。この低断層崖をほぼ垂直に横切る北沢川などの小河川沿いの沖積面は、低断層崖の下流側で下刻が進み段丘化している。この低断層崖は北方の高床山の西縁の直線的な山麓線に連続しているが、一部で段丘面の傾動がみられることから、高床山の西縁沿いに活断層が延びていると考えられる。また、高床山の西方の妙高火山火砕流堆積面(後期更新世)においては、長さ2 km程の南北走向のナマコ状の高まりが3箇所認められる。これらの高まりは、傾斜した厚い火砕流堆積物の重力的な変形、あるいは火砕流堆積面の初成的な起伏の可能性もあるが、高まりの走向が高床山西縁の断層と平行で火砕流堆積面の最大傾斜方向とは斜交していることから、高床山西縁の断層の活動により火砕流堆積物が圧縮されたことによって生じた褶曲変形の可能性が考えられる。

妙高凹地帯中央付近の妙高市二俣~田口付近の関川左岸沿いの段丘面上に、段丘面を刻み東流する流路を閉塞させるような高まりが断続的に発達する。これらの高まりは、その走向が妙高山の火山麓扇状地の傾斜方向と直交~斜交すること、北流する関川と火山麓扇状地の間に発達していることから、火山麓扇状地を流下する河川や関川の侵食地形である可能性は低いと考えられ、これらの高まりの西縁に東上りの活断層の存在が推定される。また、その南方の野尻湖の西岸付近には、南北走向および北東-南西走向のナマコ状の高まりが発達し、これらの高まりの西縁にも東上りの活断層が推定される(南側のトレースは中田・今泉編(2002)にも記載あり)。さらに南方の信濃町富士里付近では、西流する鳥居川の扇状地上に、扇状地の傾斜方向とほぼ直交する低断層崖が認められる(堤ほか, 2000)。この低断層崖でも、葎生付近の低断層崖と同様、隆起側での段丘面の傾動や下流側での顕著な段丘化などの地形が認められる。

以上の活断層群は、一部で分布の不連続はあるものの、高田平野東縁断層南端部付近からほぼ連続的に発達し、信濃町富士里付近まで延びる。この分布形態から、高田平野東縁断層とこれらの断層群は一連の構造であり、従来長さ約26 kmと評価されていた高田平野東縁断層は最大55 km程の長さを持つ可能性が指摘できる。高田平野東縁断層は断層の長さからM7.2程度の地震を発生させる可能性があるとして評価されていたが、今回の調査で断層長が延長する可能性が指摘されたことにより、最大M7.7程度の地震を発生させる可能性が考えられる。ただし、高床山よりも南方の地域では、これらの断層群と長野盆地西縁断層とは13-14 kmの間隔で平行に分布することから、両者が地下6-7 km程で収斂している可能性があり(断層面の傾斜を45°と仮定)、これらの断層群は長野平野西縁断層のバックスラストと考えることもできる。高田平野東縁断層が起震能力のある活断層としてどこまで南方へ延長するかについては、今後、変位速度の分布や活動履歴、地質構造・地下構造などを考慮して総合的に判断する必要がある。

キーワード: 高田平野, 活断層, 空中写真, 妙高火山群, 高田平野東縁断層

Keywords: Takada plain, active fault, air photo, Myoko volcano group, Takada-heiya-toen fault

Investigating the role of the Itoigawa-Shizuoka tectonic line in the evolution of the Northern Fossa Magna rift basin

Investigating the role of the Itoigawa-Shizuoka tectonic line in the evolution of the Northern Fossa Magna rift basin

PANAYOTOPOULOS, Yannis^{1*}; HIRATA, Naoshi¹; SATO, Hiroshi¹; KATO, Aitaro¹; IMANISHI, Kazutoshi²; KUWAHARA, Yasuto²; CHO, Ikuo²; TAKEDA, Tetsuya³; ASANO, Youichi³
PANAYOTOPOULOS, Yannis^{1*}; HIRATA, Naoshi¹; SATO, Hiroshi¹; KATO, Aitaro¹; IMANISHI, Kazutoshi²; KUWAHARA, Yasuto²; CHO, Ikuo²; TAKEDA, Tetsuya³; ASANO, Youichi³

¹Earthquake Research Institute, the University of Tokyo, ²Geological Survey of Japan, AIST, ³National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

¹Earthquake Research Institute, the University of Tokyo, ²Geological Survey of Japan, AIST, ³National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

The Itoigawa-Shizuoka tectonic line (ISTL) fault system is considered to have one of the highest probabilities for a major inland earthquake occurrence in the whole of Japan. It is a complex fault system with the dip directions of the local fault segments changing from north to south between an east-dipping low-angle thrust fault, a strike slip fault and a west-dipping thrust fault. The tectonic relations between the different parts of the fault system and the surrounding geological units are yet to be fully explained. This study aims to reveal the juncture of the northern and central parts of the ISTL and investigate its contribution towards the shaping of the Northern Fossa Magna rift basin. We conducted 3 deployments of 1 or 2 linear arrays of seismic stations across the central and northern ISTL regions and observed local micro-earthquakes for a period of 3 years. Each deployment recorded continuous waveform data for approximately 3 months. Using arrival times of 1193 local earthquakes, we jointly determined earthquake locations and a 3D velocity model, applying the tomography method. We were able to image the regional crustal structures from the surface to a depth of 20 km with a spatial resolution of 5 km. Subsequently, we used the obtained 3D velocity model to relocate the background local seismicity from 2003 to 2009. The juncture of the northern and central parts of the ISTL was well constrained by our results. The depth extension of the northern parts of the ISTL fault segments follows the bottom of the Miocene Northern Fossa Magna rift basin (NFM) and forms an east-dipping low-angle fault. In contrast, the central parts of the ISTL fault segments are estimated to lie along the eastern boundary of the Matsumoto basin forming an oblique strike slip fault.

キーワード: Itoigawa-Shizuoka tectonic line, tomography

Keywords: Itoigawa-Shizuoka tectonic line, tomography

糸魚川ー静岡構造線南部セグメント周辺域の活断層詳細マッピング Mapping of active faults in the area around the southern segment of the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, central Japan

佐野 実可子^{1*}; 飯田 健太²; 林 愛明¹
SANO, Mikako^{1*}; IIDA, Kenta²; LIN, Aiming¹

¹ 京都大学大学院理学研究科, ² 静岡大学大学院理学研究科

¹Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University, ²Institute of Geosciences, Faculty of Science, Shizuoka University

活断層周辺域で発達するテクトニック関連の変動地形は、大地震による断層変位を記録し、またテクトニック関連の地形学的な研究は、活断層から発生する大地震のマグニチュード、再来間隔、地震断層のスリップパターンなどの活動史や古地震に関する見識の発展に不可欠であることはよく知られている。したがって、人口密度の高い地域の地震ハザードを評価することを目的とした活断層の最近の活動の研究には、活断層およびテクトニック関連の変動地形の特徴を認識および識別することが重要となる。

本研究では、糸魚川-静岡構造線 (ISTL) 南部セグメント周辺域の活断層のマッピングに焦点をあてる。先行研究では、本研究地域でいくつかの活断層の存在が報告されたが、活断層の詳細な分布および幾何学的な形態は明らかになっていない。本研究では、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て活断層の判読と解析を行った。また、活断層トレースの判読と解析の結果を元に、野外調査を行った。その結果、次の4点が明らかになった。1) 幅~100-500 までの変形帯をなす多くの活断層トレースが新しく発見される。2) 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遥かに複雑、山と盆地の境界線沿いに湾曲した不規則な形状を示す。3) ISTL 南部セグメント沿いに発達した活断層は、先行研究に報告されたものよりも、少なくとも~25 km 長く南に延長される。4) 富士川河口断層帯においては、断層トレースは北部域の本栖湖周辺域まで伸びており、本断層の総延長は 50km に達することが確認された。

本研究の結果は、活断層の活動性、運動性質の研究および ISTL 沿いの人口密集地域の地震ハザードの評価などにおいて、活断層の詳細マッピングが新しい見識を提供することができ、今後地震防災の研究を行う上で有効な資料となるだろう。

キーワード: 活断層, 断層マッピング, 糸魚川ー静岡構造線南部セグメント, 断層トレース, 幾何学形態, 逆断層

Keywords: active fault, fault mapping, Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line (ISTL), fault trace, fault geometry, thrust fault

糸魚川ー静岡構造線活断層系下円井断層及び鳳凰山断層の ESR 年代測定 ESR dating of the Shimotsuburai and Hoozan faults in the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line Active Fault System

福地 龍郎^{1*}; 田中 真実¹; 橘田 拓人¹; 今井 登²
FUKUCHI, Tatsuro^{1*}; TANAKA, Mami¹; KITTA, Takuto¹; IMAI, Noboru²

¹ 山梨大学, ² 産業技術総合研究所
¹ University of Yamanashi, ² AIST

糸魚川ー静岡構造線(糸静線)活断層系南部に位置する下円井断層は、約2万年前に形成された低位段丘堆積物を変位させており、戸沢露頭のトレンチ調査によると、最新活動年代は $1,550 \pm 70$ yBP $\sim 2,350 \pm 60$ yBP であると推定されている(遠田他, 2000)。また、下円井断層の断層面沿いには黒色脈状岩がネットワーク状に分布しており、この黒色脈状岩は下盤の低位段丘堆積物や断層ガウジ中に注入していることから、下円井断層の最新活動時に地表下30~40m以浅で生成された粉碎起源シュードタキライトであると推定されている(狩野他, 2004)。一方、鳳凰山断層は下円井断層の西方に約6km離れて分布しており、ドンドコ沢露頭の断層破碎帯などでは断層ガウジがほとんど認められないことから、鳳凰山断層は新第三紀~第四紀初期に形成されて以降は活動しておらず、第四紀前期~中期頃には糸静線の活動は下円井断層に移動したと推定されている(Koyama, 1990)。鳳凰山断層や下円井断層の北西方延長部に位置する牛伏寺断層はM8級の大地震を発生させる可能性があり、2011年東北地方太平洋沖地震(M9.0)以降、その活動性がさらに高まっている。牛伏寺断層を含む糸静線活断層系中部が活動した場合、その南東延長部はどこまで連動するか現時点では全く不明であり、下円井断層のみならず鳳凰山断層の詳しい活動性評価を行うことは非常に重要である。そこで今回、下円井断層及び鳳凰山断層から採取した断層岩のXRD(X線回折)分析及びESR年代測定を実施した。

XRD分析の結果、戸沢露頭の下円井断層の断層ガウジからはスメクタイトが検出され、断層面直上の黒色脈状岩からはスメクタイトと緑泥石/スメクタイト混合層が検出された。これに対し、石空川露頭の鳳凰山断層の黒色及び灰色断層ガウジからは、イライトの他、緑泥石(黒色ガウジ)と緑泥石/スメクタイト混合層(灰色ガウジ)がそれぞれ検出された。一般に、粘土鉱物の生成深度は、スメクタイト、緑泥石/スメクタイト混合層、緑泥石、イライトの順に深くなると考えられるので、鳳凰山断層はより深部に位置していた時に活発に活動していたことが示唆される。一方、ESR年代測定の結果、下円井断層の断層ガウジ及び黒色脈状岩の石英粒子から強いAl中心及びTi中心の信号が検出されたが、飽和傾向を示すことから断層摩擦熱によるリセットは働かなかったと考えられる。Al中心やTi中心は約300-350℃程度でリセットされる(福地, 2004)ので、最新活動時において摩擦熱温度はそれ程上昇しなかったと推定される。これに対し、鳳凰山断層の灰色ガウジからはモンモリロナイト固有の四重信号が検出され、 $2.8\sim 3.2 \pm 0.4$ MaというESR年代値が得られた。灰色ガウジから検出される緑泥石/スメクタイト混合層の生成温度は130-200℃程度であると考えられる(吉村, 2001)ので、隆起速度を本調査地域における100年間の平均値である2mm/y、地温勾配を30℃/kmと仮定すると、生成年代は2.2Ma~3.3Maとなり、ESR年代値と一致することが判明した。

引用文献

- 福地龍郎(2004) ESR法による断層活動年代測定, 深田研ライブラリー 63, 45p.
狩野謙一・他(2004) 地質学雑誌, 110, 779-790.
A. Koyama(1990) J. Geosci. Osaka City Univ. 33, 1-47.
遠田晋次・他(2000) 地震, 52, 445-468.
吉村尚久編(2001) 粘土鉱物と変質作用, 地学双書 32, 293p.

キーワード: 電子スピン共鳴, ESR 年代測定, 糸魚川ー静岡構造線, 活断層系, シュードタキライト, 粘土鉱物

Keywords: electron spin resonance, ESR dating, Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, active fault system, pseudotachylyte, clay mineral

活断層最新活動面での SEM 観察—阿寺断層田瀬の林道露頭の例— The SEM observation on the latest active fault plane - the Atera Fault, Tase, Gifu prefecture-

中田 英二^{1*}; 上田 圭一¹; 相山 光太郎²; 重光 泰宗³; 大塚 良治³
NAKATA, Eiji^{1*}; UETA, Keiichi¹; AIYAMA, Kotaro²; SIGEMATSU, Yasumune³; OTSUKA, Yoshiharu³

¹ 電力中央研究所, ² ダイヤコンサルタント, ³ 関西電力

¹Central Research Institute of Electric Power Industry, ²Dia Consultants Co.,Ltd, ³Kansai Electric Power Co.,Inc.

断層の活動性を明らかにする目的として、阿寺断層最新活動面の SEM 観察を実施した。この結果、約 8400 年前以降少なくとも 3 回の活動履歴が報告されている露頭の断層面上には自形鉱物が形成されていないことを確認した。

調査は遠田ほか (1994) の田瀬の林道沿いの露頭でおこなった。露頭では花崗岩が阿寺断層によって第四紀後期の砂礫層や腐植土層に衝上している様子が確認できる。断層には幅 3~20 cm の断層ガウジが認められる。断層は露頭中央部から上方に向かって少なくとも 3 条に分岐している。

露頭下部では淡緑灰色のガウジ帯 (厚さ 3~10 cm) が 2 層認められ、それぞれに暗褐色のガウジ帯 (厚さ約 3 mm) が観察できる。これらのガウジ帯の内、上盤側に分布する暗褐色ガウジ帯が最もシャープなせん断面を有し、腐植土層まで連続している。シャープなせん断面は、X 線 CT による内部構造観察でも確認することができる。一方、下盤側の暗褐色ガウジ帯は露頭中央で一旦、上盤側のシャープなガウジ帯に収れんする。また下盤側では砂礫層から伸びる茶褐色の砂礫混じり粘土が淡緑灰色ガウジ帯へ注入し、左ズレをともない下盤側にある暗褐色ガウジ帯に向かって伸びる構造も観察できる。

SEM 観察は認識できるすべてのせん断面を丹念に剥ぎ取り、抽出した面に対しておこなった。暗褐色ガウジ帯では、ガウジ帯の上・下端面、および内部のシャープな面で観察をおこなった。その結果、抽出したすべての面から自形鉱物は確認できなかった。面の表面には蒲池ほか (2014) で紹介するように、粘土鉱物 (スメクタイト) が糊状に微細な粒子を覆い、団子状を呈する様子が認められ、一部で小さく寸断されている様子も認められた。

一方、2 層の淡緑色ガウジ帯の間には角レキ状の濃飛流紋岩や六角板状の黒雲母が取り込まれている黒色を呈するゾーンがレンズ状に点在しており、この黒色部からは Fe、Mn とともに、柱状結晶? (ハロイサイト様の物質) が認められた。

以上の結果から、約 8400 年前以降少なくとも 3 回の活動履歴が報告されている露頭の断層活動面上には自形粘土鉱物や沸石など低温でできる鉱物が確認できないことが明らかになった。

引用文献; 遠田ほか (1994) 地震, 47, 73-77. 蒲池ほか (2014) 連合大会 2014 年大会要旨

キーワード: 阿寺, 断層, 最新面, SEM

Keywords: Atera, fault, latest plane, SEM

石川県熱野遺跡の噴砂痕と森本・富樫断層帯 Sand boiling traces at the Netsuno ruin in Ishikawa Prefecture and the Morimto-Togashi fault zone

平松 良浩^{1*}; 小阪 大²
HIRAMATSU, Yoshihiro^{1*}; KOZAKA, Yutaka²

¹ 金沢大学, ² 白山手取川ジオパーク推進協議会
¹ Kanazawa University, ² Hakusan Tedorigawa Geopark Promotion Council

はじめに

遺跡発掘現場で発見される噴砂の痕跡は歴史時代の地震活動の解明に重要である。白山を源流として日本海に注ぐ手取川の扇状地の扇中部に位置する部入道遺跡では弥生時代後期(約 1800-1900 年前)から古代・中世(約 700-900 年前)にかけて発生した噴砂痕が確認されており、森本・富樫断層帯の活動との関連性が議論されている(平松・小阪, 2013)。本講演では部入道遺跡に近接する熱野遺跡で 2013 年度の発掘調査により発見された噴砂痕について報告する。

噴砂痕の形態と形成時期

熱野遺跡では、弥生時代後期月影式土器(約 1800-1900 年前)を含む竪穴住居跡が確認された面において、液状化現象による噴砂痕であるひび割れ状に延びる灰色の砂の跡が検出された。検出された噴砂痕は、液状化した砂礫層が上位のシルト層中を上昇する過程で形成された割れ目(以下、砂脈)である(写真 1)。砂脈は調査地で主なものが 4 箇所確認された。そのうち、噴砂 1 では最大幅 20cm で約 2m の長さで北西方向に延びている。砂脈内は 1mm 以下の灰白色の細砂である。この噴砂は砂脈が検出された面より約 50cm 下層の礫層とシルト層の間にある砂層から延びており、噴砂検出面の上位にある弥生時代後期から平安時代前期にかけて堆積した黒色土層に貫入していない。この噴砂は当時の地表に噴出した後に黒色土層に覆われたと考えられるため、この噴砂痕の形成年代は、弥生時代後期(約 1800-1900 年前)から平安時代前期(約 1100 年前)であると考えられる。

森本・富樫断層帯の活動

熱野遺跡と部入道遺跡の近くには活断層である富樫断層が位置し、森本断層、野町断層と合わせて長さ約 26 km の森本・富樫断層帯を成している。熱野遺跡と部入道遺跡周辺にはそれら以外の活断層の存在は報告されておらず、これらの遺跡で確認された噴砂痕は富樫断層単独の活動または森本・富樫断層帯として一括した活動によって生じた可能性が考えられる。森本断層北部の梅田地区でのトレンチおよび遺跡の調査結果からは、約 1800-2000 年前に断層活動があったことが報告されている(石川県, 1997)。梅田地区で断層変位が認められた遺跡は弥生時代後期であり、熱野遺跡や部入道遺跡での噴砂発生時期と同時期である。したがって、森本・富樫断層帯の最新の一括活動の時期は約 1800?1900 年前である可能性が考えられる。

キーワード: 強震動, 森本・富樫断層帯, 液状化, ジオパーク

Keywords: strong motion, the Morimto-Togashi fault zone, liquefaction, geopark

高分解能音波探査からみた福井県三方断層帯及び野坂断層帯海域部における活断層分布及び活動履歴 Offshore active faults of the Mikata and Nosaka fault zones in Fukui Prefecture, revealed by high-resolution seismic pro

井上卓彦^{1*}; 杉山雄一¹; 坂本泉²; 滝野義幸²; 村上文敏¹; 細矢卓志³; 宇佐見琢哉⁴
INOUE, Takahiko^{1*}; SUGIYAMA, Yuichi¹; SAKAMOTO, Izumi²; TAKINO, Yoshiyuki²; MURAKAMI, Fumitoshi¹; HOSOYA, Takashi³; USAMI, Takuya⁴

¹産業技術総合研究所, ²東海大学海洋学部, ³中央開発株式会社, ⁴総合地質調査株式会社
¹AIST, ²Tokai University, ³Corporation of Chuokaihatu, ⁴Sogo Geophysical Exploration Co., Ltd

福井県三方郡美浜町に分布する三方断層帯及び野坂断層帯の海域部の海底活断層については、これまでも音波探査結果などから完新世に複数回の活動があった可能性が指摘されているが、詳細な活動時期及び陸域の活動との同時性についてはデータが得られていない。また三方断層帯の最新活動は1662年寛文地震とされているが、このときに海域部まで活動したか否かについても、確定的なデータが得られていない。そこで、産総研では文部科学省平成25年度「沿岸海域活断層調査」の一環として、東海大学と共同で断層活動履歴の認定や最新活動時期の把握などを目的としたブーマーを音源とするマルチチャンネル音波探査、パラメトリック方式高分解能シングルチャンネル音波探査、海上ボーリング調査を実施した。本発表では主にブーマーを音源とした音波探査結果について報告する。

音波探査断面には“沖積層”基底面と考えられる明瞭な反射面が認められる。この基底面は比較的平坦で下位の凹地形を埋積している地層上面にあたり、基底面の深度が沖合から岸方向へ75mから67mへ徐々に浅くなることなどから、海水準上昇期の外浜浸食によって形成されたラビンメント面であると考えられる。この基底面を覆う完新統は三方断層帯沖合海域において層厚約30mで沖合に向かって徐々に薄くなる。また野坂断層帯沖合海域では、水深が浅く反射面としては不明瞭ではあるものの、断層近傍では層厚約15mの完新統が認められる。

今回の調査ではこの三方断層帯及び野坂断層帯海域部の構造を横切る探査記録断面中に、基底面及び完新統内の反射面に顕著な変形が認められる。この変形は小松原ほか(2000)が示す断層方向に沿って三方断層帯ではほぼ南北方向、野坂断層帯では北西南東方向に連続的に追跡できる。完新統内反射面の変形は上位ほど小さくなり累積傾向が認められる。このことは、これらの断層活動が過去10000年間に複数回あったことを示唆している。基底面の変位量は三方断層帯海域部で約11mであり、この基底面がラビンメント面であるとする、汎世界的な海水準上昇から基底面の形成年代を推定すると三方断層帯海域部では約12000年前と推定され、平均上下変位速度は約0.9m/千年と見積もられる。一方、野坂断層帯海域部の基底面の上下変位は約8mである。野坂断層帯海域部ではこの基底面に達するボーリング試料が得られており、今後音波探査記録と堆積年代から断層活動についてより詳細な検討を行う。これらの解釈は、まだ解析中で変更の可能性があり、今後ボーリングの年代値も含め更に詳細な検討を行う予定である。

キーワード: 海底活断層, 三方断層帯, 野坂断層帯, 音波探査, 活動履歴

Keywords: Offshore active fault, the Mikata fault zone, the Nosaka fault zone, high-resolution seismic survey, Event history

沿岸海域における活断層調査「三方断層帯および野坂断層帯」-高分解能地層探査結果-
Offshore active fault survey "Mikata fault and Nosaka fault zones". Result of high-resolution stratigraphic survey.

八木 雅俊^{1*}; 坂本 泉¹; 滝野 義幸¹; 藤巻 三樹雄²; 田島 智子¹; 井上 智仁¹; 杉山 雄一³; 井上 卓彦³
YAGI, Masatoshi^{1*}; SAKAMOTO, Izumi¹; TAKINO, Yoshiyuki¹; FUJIMAKI, Mikio²; TAJIMA, Tomoko¹; INOUE, Tomohito¹; SUGIYAMA, Yuichi³; INOUE, Takuhiko³

¹ 東海大学海洋学部, ² 沿岸海洋調査株式会社, ³ 独立行政法人産業技術総合研究所活断層・地震研究センター
¹School of Marine Science and Technology, ²COR, ³Active Fault and Earthquake Research Center

三方断層帯は、福井県三方郡美浜町沖合の若狭湾から遠敷群上中町に至る断層帯であり、若狭湾内の A 断層系、陸域の日向断層、三方断層および倉見峠断層よりなり、M7.2 程度の地震が発生すると推定されている（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2003）。

野坂・集福寺断層帯は、北西延長にあたる若狭湾底において、長さ約 17km で南西落ちとされる北西-南東走向の断層（海上保安庁水路部，1980；小松原ほか，2000；岡田，2012）が確認され、完新統とみなされる地層を変位させ、その上下変位速度は 0.8m/千年程度と推定される（小松原ほか，2000；岡田，2012）。これら両断層帯は、若狭湾大陸棚上の水深 70m 付近でひとつの断層として収斂する。2013 年度の文部科学省による「沿岸海域における活断層調査」では、両断層帯の大陸棚上の位置・形状及び最新の活動を明らかにするため、若狭湾東部海域において測線長約 187km にわたる極表層部を対象とした高分解能地層探査を実施した。

本海域には海底に粗粒な堆積物が分布し、海底からの強い反射、地層内部からの散乱等により表層部に認められる反射面の分布は局地的であった。調査海域の全域で極表層部には内部反射に乏しい透明層が確認され、これを A 層とした。A 層は最大層厚約 8m の薄い堆積物で、西に向かいその層厚を増す。また、三方断層帯の西側（下盤側）において数条の内部反射面の変形が確認されたが、三方断層帯東側（上盤側）への連続が認められず、変位の有無は不明である。しかしながら、A 層基底を成す明瞭な反射面は、本調査海域のほぼ全域にわたりその連続が確認され、三方断層帯において最大 10m 程度の高度差がみられる。A 層より下位には、沖合断層帯収斂部で野坂断層に向かい傾動する不連続な数条の反射面、三方断層帯周辺では沖側へ傾斜するプログラデーションパターンを示す反射面が確認された。

以上、若狭湾東部海域における地層探査の結果、両断層は海底面上の顕著な段差として表現され、西側（下盤側）ほど大陸棚堆積物が厚く堆積していることが明らかになった。これらの層内には最新活動を示す明瞭な変位は認められなかったが、A 層基底及びその下位層において高度差や反射面の傾動など変位を示す構造が数か所で認められた。これらの解釈はまだ解析中で、他の調査結果や今後のボーリングデータを含め検討を行う予定である。

キーワード: 若狭湾, 三方断層帯, 野坂断層帯

Keywords: Wakasa Bay, Mikata fault zone, Nosaka fault zone

福井県美浜町沖における三方断層帯及び野坂断層帯海域延長部のボーリング調査 Drilling survey of the seaward extension of the Mikata and Nosaka fault zones off Mihama Town, Fukui Prefecture

杉山 雄一^{1*}; 井上 卓彦¹; 村上文敏¹; 坂本 泉²; 滝野 義幸²; 永田 高弘³; 細矢 卓志⁴; 宇佐見 琢哉⁵
SUGIYAMA, Yuichi^{1*}; INOUE, Takahiko¹; MURAKAMI, Fumitoshi¹; SAKAMOTO, Izumi²; TAKINO, Yoshiyuki²;
NAGATA, Takahiro³; HOSOYA, Takashi⁴; USAMI, Takuya⁵

¹ 産業技術総合研究所, ² 東海大学, ³ ダイヤコンサルタント, ⁴ 中央開発, ⁵ 総合地質調査

¹ AIST, ² Tokai University, ³ Dia Consultants Co., Ltd., ⁴ Chuo Kaihatsu Corporation, ⁵ Sogo Geophysical Exploration Co., Ltd.

産総研と東海大学は、平成 25 年度文部科学省「沿岸海域における活断層調査」の一環として、福井県美浜町沖の三方断層帯と野坂断層帯の音波探査とボーリング調査を実施した。本発表では、ボーリング調査について報告する。三方断層帯に関しては、美浜町日向沖約 4km において、断層の西側（沈降側；水深 51m）で深さ 4m のコア（MKO-1 コア）を採取した。野坂断層帯については、美浜町菅浜沖約 1.5km において、断層の南西側（沈降側；水深 12m）で深さ 27m、北東側（隆起側；水深 12m）で深さ 12m のコア（NSO-1 コアと NSO-2 コア）を採取した。これらコアの詳細肉眼観察を行い、縮尺 10 分の 1 の柱状図を作成すると共に、帯磁率測定、放射性炭素年代測定、火山灰分析、花粉・珪藻分析を実施した。

三方断層帯については、深度 3.8m から 6180 - 6010 cal.yBP と 6380 - 6260 cal.yBP（いずれも 2 σ 値）が得られるなど、深度にほぼ比例して古くなる放射性炭素年代が得られた。掘削地点（水深 51m の沈降側）における最近 6 千年間の平均堆積速度は約 0.6m / ky と求められた。本断層帯については、音波探査によって、沖積層基底面に加えて沖積層内（4m 以深）に、断層変位を被った複数の顕著な反射面が捉えられた。目下、各反射面の断層を挟んでの高度差（ \equiv 上下変位量）などを手掛かりとして、断層活動の層準の特定を進めている。ボーリング調査では、これらの反射面の年代を直接求めることはできなかつたため、後期更新世末～完新世初期の海水準変動に関する文献レビューに基づいて掘削地点への海の侵入時期（ \equiv 堆積開始時期）を見積もり、堆積開始から 6ka までの深度-年代曲線を外挿して、各反射面の年代を推定することを検討している。1662 年寛文地震時における本断層帯海域延長部の活動の有無については、音波探査データの高度解析の結果を合わせて検討中である。発表では、これらの検討結果について報告する予定である。

野坂断層帯については、NSO-1 コアと NSO-2 コアの肉眼観察に基づく層相対比と年代測定結果に基づき、堆積物を上位から、主に粗砂と細砂からなる A1 層（約 6ka 以降）、主に粗砂からなる A2 層（約 6~7.3ka）、主に粗砂と細砂からなる A3 層（約 7.3~7.5ka と推定される）、砂礫と礫混じり粗砂からなる B1 層と主に粗砂と中砂からなる B2 層（約 7.5~8ka と推定される）、主に粘土と砂混じりシルトからなる C 層（約 8~10ka）、砂礫からなる D 層（沈降側では AT 火山灰を挟む）に区分した。また、A1 層は上部（約 4ka 以降）と下部（約 5.5~6ka）に細分した。B2 層の基底（B2 層/C 層境界）は断層を挟んで約 5m の高度差があるのに対して、A1 層下部の断層を挟んだ基底高度の差は約 1.7m と見積もられる。また、A1 層下部は沈降側では約 1.1m の厚さがあるが、隆起側では約 0.2m と薄くなっている。以上の層序・層相の対比結果からは、C 層堆積後/A 層堆積前（8~6ka）と A1 層下部堆積後/同層上部堆積前（約 5.5~4ka）に断層活動があった可能性が指摘できる。断層活動の層準・年代と 1 回の断層活動による変位量については、音波探査データの解析結果と照らし合わせて更に検討を行う。

キーワード: 三方断層, 野坂断層, 活断層, 音波探査, 海上ボーリング

Keywords: Mikata fault, Nosaka fault, active fault, acoustic reflection survey, sea drilling

生駒断層帯に沿って産する断層露頭における断層ガウジの内部構造 The fault gouge along the Ikoma active fault zone

三田村 圭祐^{1*}; 奥平 敬元¹; 三田村 宗樹¹
MITAMURA, Keisuke^{1*}; OKUDAIRA, Takamoto¹; MITAMURA, Muneki¹

¹ 大阪市立大学大学院理学研究科

¹ Graduate School of Science, Osaka City University

近畿中央部の地形の特徴は、南北性の山地と盆地の交互配列として反映されている。生駒山地は大阪平野と奈良盆地を分かち、北北東-南南西から南北に伸びる山地である。生駒山地西麓を走る生駒断層帯（交野断層および生駒断層）は、東西圧縮場における基盤褶曲で形成された高角逆断層として認識されている（Huzita, 1962）。また、生駒断層帯の第四紀における活動は、大阪層群を傾斜させる撓曲構造の形成によって特徴付けられる（近畿の活断層, 2000）。しかし、岩石力学では一般に逆断層は低角で形成されるため、生駒断層帯のような高角逆断層は現在の東西圧縮場における基盤褶曲で形成されたものではない可能性がある。筆者らは生駒断層帯に沿って発達する断層露頭の岩石学的記載による検討を行った。

検討した露頭は大阪府交野市倉治、四條畷市清瀧、四條畷市飯盛山の3地点である。これらには幅数メートルの断層破碎帯が認められ、主断層面に沿って幅 5-20cm 程度の断層ガウジ帯が発達する。主断層面には明瞭な条線が認められ、主断層面と条線の姿勢は、交野市倉治では N45° E50° E, S60° E (50°)。四條畷市清瀧では N27° W62° W, S70° W (60°)、四條畷市飯盛山では N10° W55° E, N70° E (50°) であった。主断層面近傍と断層ガウジ帯周縁部において定方位試料を採取し、これらを 20?30 μ m 厚の薄片に加工し、偏光顕微鏡下において観察を行った。ガウジには主断層面と平行な暗色のシームが発達し、顕著な面構造を形成していた。また、亜角から亜円のフラグメントが認められ、これらの長軸方向は、このシームによる面構造と斜交している場合が多い。シームはフラグメントの周囲で湾曲し、フラグメントとシームが接する部分はより平滑となっているため、シームの形成と圧力溶解が密接に関係していたことを示唆する。このフラグメントの粒径や長軸方位を主断層面と条線を座標系として解析した。その結果、より高いアスペクト比を持つフラグメントが主断層面から 10° 程度の斜交角をもって配列しており、より断層面に近い試料においてこの斜交角が小さいことが明らかとなった。これはフラグメントの非共軸変形による剛体回転を示していると考えられ、主断層面（条線）に対する非対称性から、上盤が落ちる運動センス（正断層運動）を示した。また、粒径と累積頻度の両対数プロットより、フラクタル次元を求めた結果、各露頭とも主断層面近傍の試料が断層ガウジ帯周縁のものよりも高いフラクタル次元を示すことが明らかとなった。

これらのことは、生駒断層帯の断層露頭において、正断層運動による破碎により形成された断層ガウジを示したものである。よって、生駒断層帯のような高角逆断層は基盤褶曲で形成されたものではなく、既存の正断層が現在の東西圧縮場において再活動したもの（tectonic inversion）であることを示唆する。

【文献】

近畿の活断層（2000）岡田篤正・東郷正美編，東京大学出版会，408p.

Huzita, K. (1962) Tectonic development of the median zone (Setouchi) of Southwest Japan since Miocene. *Geosciences, Osaka City Univ.*, 6, 103-144p.

キーワード: 生駒断層帯, 活断層, 反転テクトニクス, 断層ガウジ, 内部構造, 破碎帯

Keywords: Ikoma fault zone, active fault, tectonic inversion, fault gouge, internal structures, fracture zone

重力・磁気異常からみた大阪平野南部の密度構造 Subsurface density structure in Southern Osaka Plain based on gravity and magnetic anomalies

井上 直人^{1*}; 北田 奈緒子¹; 竹村 恵二²
INOUE, Naoto^{1*}; KITADA, Naoko¹; TAKEMURA, Keiji²

¹ 地盤研究財団, ² 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設

¹Geo-Research Institute, ²Beppu Geothermal Research Laboratory, Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Science,

大阪平野では強振動予測や地震危険度評価のために反射法地震探査をはじめとした物理探査・地質調査が実施され、詳細な地下構造情報が蓄積されている。最近では文部科学省による 2010 年度から 2012 年度にかけての「上町断層帯における重点的な調査観測」により、強振動予測高精度化のための調査や情報も蓄積されてきた結果、これまで調査密度が低かった平野南部での速度構造情報が大幅に蓄積され、強振動予測のための地下構造モデルも高精度化された(岩田・上町断層帯重点調査観測研究グループ, 2013)。

種々の物理探査データの中で、重力探査は測定の簡便さから昭和 50 年代頃から探査が実施され、平野部の稠密なデータが蓄積されてきた。しかし、微動アレイ探査や反射法地震探査データが蓄積されるに従い、均質な 2 層構造を仮定して重力異常から推定された基盤深度は、特に大阪平野南部で乖離の大きな部分が認められている。反射法地震探査結果をもとに重力異常を説明する密度構造を推定した結果(井上ほか, 2007)では、北部の堆積層の密度が南部よりも小さい傾向にある。また、重力解析による基盤深度の乖離が顕著な部分は、高磁気異常エリア近傍である。火山岩起源の局所的な高密度岩体の存在を考えれば、堆積層と基盤といった 2 層構造に基づく解析では基盤深度は浅く求められる。平野南部で実施された反射法地震探査の解釈においても、新生代の火山岩分布を推定している部分もある(伊藤ほか, 2012; 岩田・上町断層帯重点調査観測研究グループ, 2013)そこで本研究では、既存の調査結果で得られた地下構造をもとに、重力異常データ(Inoue and Nakagawa, 2000)に加えて航空磁気データ(中塚ほか, 2005)を用いて大阪平野南部の密度構造の検討を行った。

キーワード: 重力異常, 磁気異常, 密度構造, 大阪平野

Keywords: gravity anomaly, magnetic anomaly, density structure, Osaka plain

四国中央部の中央構造線活断層帯岡村断層の最新活動時期と変位量 Age and horizontal offset of the latest faulting event on the Okamura fault of the MTL fault zone in central Shikoku

池田 倫治^{1*}; 後藤 秀昭²; 堤 浩之³; 近藤 久雄⁴; 西坂 直樹⁵; 大野 裕記⁵; 露口 耕治⁶; 小林 修二¹
IKEDA, Michiharu^{1*}; GOTO, Hideaki²; TSUTSUMI, Hiroyuki³; KONDO, Hisao⁴; NISHIZAKA, Naoki⁵; OHNO, Yuki⁵; TSUYUGUCHI, Koji⁶; KOBAYASHI, Shuji¹

¹ (株)四国総研, ² 広島大学, ³ 京都大学, ⁴ 産総研活断層・地震センター, ⁵ 四国電力(株), ⁶ (株)四電技術コンサルタント
¹Shikoku Research Institute Inc., ²Hiroshima University, ³Kyoto University, ⁴AIST/AFERC, ⁵Shikoku Electric Power Co. Inc.,
⁶Yonden Consultants Co. Inc.

一般に内陸活断層で発生する地震の震源域は深度 10 km 程度以浅の浅い領域にある。そのため、震源断層面上の変位量分布は、地表地震断層上の変位量分布あるいは活断層に沿って観察される平均変位速度分布と極めて密接な関連を示すと考えられる(杉山ほか, 2001; 岩城ほか, 2006)。従って、活断層に沿った単位変位量分布あるいは平均変位速度分布を広域的に密に得ることができれば、アスペリティ領域の位置の推定の基礎データとして用いることが可能である。

しかし、実際には、地形地質情報から横ずれ変位量に関する情報を密に得ることは難しく、日本で最も長大で活動的な中央構造線活断層帯においても、四国全域(全長約 200 km)で単位変位量は 30 箇所程度、平均変位速度情報は 6 箇所ではしか得られていない(堤・後藤, 2006)。我々はこのような問題点に注目し、四国中央部の岡村断層の単位変位量・変位速度に関する既存情報に加え、活動履歴を明らかにすることを目的として、平成 20 年度に新居浜市萩生地点においてトレンチ調査を実施した。

岡村断層は、西条平野南縁から関川丘陵南縁に至る長さ約 30 km で走向 N70° E の直線的な活断層である。岡村断層ではこれまでに多くのトレンチ調査が実施され、その活動性に関する情報が得られている。特に Tsutsumi et al (1991) では、西条市飯岡地点における楕形のトレンチ調査の結果から、最新活動時の横ずれ変位量を 5.7 m、平均変位速度を 5~8 mm/y と推定した。これまでに、本断層で得られた変位量情報はこの値のみである。また活動履歴情報についても、多くのトレンチ調査が実施されているものの、その最新活動時期については 4~7 世紀(岡田ほか, 1998)、1090~960 yBP(愛媛県, 1999)、16 世紀以降(後藤ほか, 2001)と地点毎に異なる時期が示されており、十分に絞られていない。

今回のトレンチ調査地点である新居浜市萩生周辺では、北流する小河川によって形成された扇状地性の中位~低位段丘面が発達する。これらの段丘面群は岡村断層で切断され、東北東-西南西に延びる主として北落ちの低断層崖が連続して観察される(岡田, 1973; 後藤・中田, 2000 など)。低断層崖の比高は、低位段丘面で 10~16 m、沖積面で 2~3 m である。

今回のトレンチ調査から、岡村断層の最新活動時期は 1490AD 以降と推定された。この結果は、後藤ほか(2001)による 16 世紀以降という結果と調和的である。また、最新活動時の変位量を推定するため、トレンチ壁面で観察された旧河谷の削り込み形状を基に旧河谷の流路跡の追跡を行った。現在、断層より南側の旧河谷の流路は人工改変されており精度良く復元できない。しかし、現在の河谷は開析谷の西縁に沿って北流していることから、旧河谷の流路はこの現在の流路より東側を流れていたと考えられる。現在の河谷の流路と断層の北側の旧流路跡を基に推定すると、岡村断層の最新活動時の右横ずれ変位量は最大で 7.5 m と見積もることができる。四国の中央構造線の横ずれ変位量の分布は、大まかには四国中東部(神田断層)~四国中央部(岡村断層)に至る区間で 5 m 以上と大きく、その東西で変位量が小さくなる傾向があることが報告されており(堤・後藤, 2006)、今回得られた変位量はこの傾向とも調和的である。

ここで仮説的な検討を加えると、古地震学的調査結果(岡田ほか(1998)の飯岡Ⅱトレンチを再検討した森野・岡田(2002)による結果)から求められた活動間隔(1245~1620 年)と、7.5 m の変位量と変位速度(5~8 mm/yr)から算定される活動間隔(938~1500 年)とに大きな違いはない。このことは、推定誤差を伴っているものの、本研究で求められた最大 7.5 m の変位量が断層内での変位量の違いを示している可能性を示唆している。2 地点のみの変位量情報のため厳密な議論は難しいが、一般的に変位量分布は断層の中央よりも末端近くで小さくなることが想定されることから、本研究の調査地点は岡村断層の末端付近でないことや、アスペリティに近い可能性があることが示唆される。

キーワード: 最新活動時期, 変位量, 中央構造線活断層帯, 岡村断層

Keywords: latest faulting event age, fault offset, Median Tectonic Line active fault zone, Okamura fault

南海トラフ地震の地震性変動評価と歴史地震災害規模の把握にむけた高知県沖の海底遺構調査 Seafloor exploration at off Kochi Prefecture for coseismic subsidence during hysterical Nankai earthquakes

谷川 亘^{1*}; 徳山 英一²; 村山 雅史²; 山本 裕二²; 蛭原 周³
TANIKAWA, Wataru^{1*}; TOKUYAMA, Hidekazu²; MURAYAMA, Masafumi²; YAMAMOTO, Yuhji²; EBIHARA, Shu³

¹ 海洋研究開発機構高知コア研究所, ² 高知大学海洋コア総合研究センター, ³ 日本海洋株式会社
¹JAMSTEC/Kochi Kore Center, ²Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, ³Nippon Kaiyo Ltd.

歴史地震の地震活動履歴と災害規模の調査は、陸上トレンチ調査と陸上津波堆積物の分析を中心に行われている。一方、海岸付近の海底にも地震記録が保存されていることが考えられるがほとんど研究例がない。また、元寇調査（長崎県鷹島海底遺跡）をはじめとした歴史考古学的な海底遺構調査はこれまでも行われているが、地震災害を研究目的とした海底遺構の研究例はない。

歴史資料などによると、684年に南海トラフ型の白鳳地震が発生し、地震による大規模な地盤変動により、土佐国の『黒田郡』という村一帯（面積にして約10km²）が水没したという伝承が受け継がれている。また、過去の海底調査や住民からの聞き取り調査から、安芸市から足摺岬に渡る高知県沖海岸付近約10ヶ所で海底遺構と海底遺物が報告されている。海底遺構近くの陸上遺跡では、白鳳地震以前の時代の遺物が発掘されている。また、海底遺構が確認されている場所は、昭和南海地震後に沈降したという共通の特徴がある。しかし、海底遺構・遺物の詳細な調査が行われていないため、海底遺構の特徴とその年代および南海地震との関係はわかっていない。

そこで本研究では海底遺構を『地震災害遺構』に見立てて、海底遺構が確認・推定されている高知県沖で調査船と潜水による海底地形と海底遺構の調査を行う。また、海底から採取した海底遺物と海底堆積物の年代分析を行う。以上の調査結果をもとに、南海トラフ地震と海底遺構の関係を明らかにし、過去に発生した南海トラフ地震に伴う土佐湾周辺の地殻変動を評価し、南海トラフ地震の規模と津波被害の大きさの把握に努める。特に本研究の重要性は以下の3点に集約される。

1. 日本書紀などによると、684年に南海トラフ型の白鳳地震により、土佐沖で『黒田郡』という村全体が水没したことが記述されている。しかし、『黒田郡』がどの地域で、どのような被害（地盤沈下、津波）により消滅したのかわかっていない。その一方、昔から土佐湾海岸の海底には人工遺物・遺構らしきものが報告されており、『黒田郡』との関連性が指摘されてきた。そこで、本研究では、これら海底遺構と南海トラフ地震との関係を調べ、『黒田郡』の存在を明らかにする。

2. 海底遺構調査から過去に発生南海トラフ地震の規模とその津波被害の大きさを明らかにすることで、将来発生する南海トラフ地震の津波の発生規模と推定される被災状況の推定につなげる。

3. 地震に伴い海底が隆起・沈降し、その地殻変動が現在の地形に重要な役割をなしている。また、海底遺構が形成される場所と地殻変動には何らかの相関があるものと考えられる。そこで海底堆積物と海底遺物の分析から南海トラフ地震発生にともなう地震性地殻変動の推定を行う。

本研究は、過去に行われた調査記録を踏まえて、南国市十市沖と須崎市野見湾周辺の二ヶ所で海底調査を開始する。本発表では、2014年3月に行う第1回海底地形調査結果を速報するとともに、今後の研究計画を紹介する。

謝辞

本研究の海洋調査は日本海洋株式会社の多大なご協力を頂きました。ここに厚く御礼を申し上げます。

キーワード: 白鳳地震, 震災遺構, 南海トラフ地震, 地震性変動

Keywords: Hakuho earthquake, earthquake foundation, Nankai Trough earthquake, coseismic uplift and subsidence

九州北部, 小倉東断層および福智山断層帯の活動性調査 Fault activity of the Kokura-higashi fault and the Fukuchiyama fault zone in northern Kyushu Island, Japan

吉岡 敏和^{1*}; 谷口 薫¹; 細矢 卓志²; 八木 達也²
YOSHIOKA, Toshikazu^{1*}; TANIGUCHI, Kaoru¹; HOSOYA, Takashi²; YAGI, Tatuya²

¹ 産業技術総合研究所 活断層・地震研究センター, ² 中央開発株式会社
¹ Active Fault and Earthquake Research Center, AIST, ² Chuo Kaihatsu Corporation

小倉東断層は, 九州北部, 福岡県北九州市小倉北区から小倉南区にかけて北北東-南南西方向に分布する活断層である。福智山断層帯は頓田断層および福智山断層からなり, 同じく九州北部, 北九州市若松区から田川市にかけて北北西-南南東方向に延びる活断層である。ともに断層の西側が相対的に隆起する上下変位成分を有しており, 小倉東断層では右横ずれ, 福智山断層帯では左横ずれ変位を伴うことが指摘されている。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では, 小倉東断層については将来の地震発生確率は不明とされ, 福智山断層帯では将来の地震発生確率は今後 30 年間でほぼ 0-3 % と十分に絞り込めていない。そのため産業技術総合研究所では, 平成 25 年度文部科学省の委託を受け, 小倉東断層および福智山断層帯について, 断層活動性を明らかにするための調査を実施した。

小倉東断層においては, 南部の 2 地点 (北九州市小倉南区志井および同区新道寺) において, それぞれ 4 孔ずつの群列ボーリング調査を実施した。志井地点では, 東西方向に並んだ 4 本のコアのうち, 最も西側のコアの基盤岩のみが風化した火山性の堆積岩で, 残りの 3 本のコアの基盤岩は破碎した緑色岩であること, 最も西側のコアとその東側のコアの間で, 基盤岩の上面深度に約 1 m の西上がりの高度差があることから, この間に断層が存在することが推定される。基盤岩の上位に載る堆積物は腐植質シルト層を挟む砂礫層からなり, 基盤岩の上面とほぼ同じ高度差が認められることから, 断層はこれらの堆積物を変位させている可能性があると考えられる。

新道寺地点では, 千田ほか (2005) によって示された断層位置をまたいで分布する段丘面上で 4 孔のボーリングを掘削した。この段丘面には地形の段差は認められないが, 米軍撮影の空中写真では南北方向に直線的な色調境界が認められる。東西方向に並んだ 4 本のコアのうち, 西側から 2 本目と 3 本目のコアの間で, 基盤岩の上面に約 2.3 m の高度差が認められた。

福智山断層帯においては, 北部の頓田断層におけるトレンチ調査, および福智山断層での 2 地点での群列ボーリング調査を行った。

頓田断層のトレンチは, 断層沿いに並ぶ分離丘陵の直線的な境界の延長線上で掘削した。この地点では, 谷底の地形面に下流側が相対的に 0.5 m 程度高くなる段差が認められ, その段差が断層が推定される分離丘陵の縁辺とほぼ一直線上に並ぶこと, 北九州市 (1998) による群列ボーリング調査で, この段差の地下に白亜系の関門層群と古第三系の芦屋層群の境界をなす地質断層が推定されていること, 段差の東側のみに厚さ 1~2 m の沖積粘土層が分布していることが報告されていたため, この段差が頓田断層の低断層崖である可能性が高いと考え, この段差を横切ってトレンチを掘削した。

トレンチ壁面には, 西に急斜した芦屋層群の砂岩および泥岩が露出し, その上位には, 段差の東側のみに礫層とシルト層がほぼ水平に分布しているのが観察された。芦屋層群は壁面の東寄りほど急傾斜で破碎度も高くなっていることから, 関門層群との境界をなす地質断層 (二島断層) はトレンチの東方に位置するものと考えられる。芦屋層群の砂岩層には, 熱水変質によるものと思われる粘土脈が発達している。礫層とシルト層の分布の西端は, 地形的な段差の 2~3 m 東に位置し, 境界は高角度で, 特に南側壁面では一部で上下が逆転しているが, 境界面には明瞭な断層構造は認められない。境界付近の基盤岩は著しく風化しており, 粘土化した基盤岩と堆積物との区別が困難な部分もある。

八幡西区池田では, 地質境界となっている主断層の西側に, 段丘面に東側隆起の撓曲変形を与える副次的な断層が推定されている (千田ほか, 2005)。この撓曲構造を横断して, 東西方向に幅約 200 m の範囲で 8 孔の群列ボーリング調査を実施した。その結果, 基盤岩の上面とその上位の礫層に撓曲状の高度差が認められ, その東側の基盤岩中には断層および破碎帯が確認された。

さらに南方の福智町上野付近では, 扇状地性の段丘面を変位させる逆向き低断層崖と, 一部に河谷の左横ずれ屈曲が認められる。このうちの福智町堀田において, 逆向き低断層崖を横切って北東-南西方向に 4 孔の群列ボーリング調査を行った。その結果, 段丘面を構成する礫層の上面は, 扇状地面が南西に傾斜するのに対してほぼ水平で, 最も南西側のコアでは礫層中に断層構造が認められた。

今後, 試料の年代測定結果をもとに解釈の検討を進めるとともに, 活動履歴を明らかにするための調査を実施する予定である。

キーワード: 小倉東断層, 福智山断層, 頓田断層, 福岡県, 九州, 活断層

Keywords: Kokura-higashi fault, Fukuchiyama fault, Tonda fault, Fukuoka Prefecture, Kyushu Island, active fault

1771 年八重山津波の断層モデルの再検討 Revised fault model of the 1771 Yaeyama tsunami, southwest Ryukyu

中村 衛^{1*}
NAKAMURA, Mamoru^{1*}

¹ 琉球大学理学部
¹ Faculty of Science, Univ. Ryukyus

1771 年 4 月 24 日に南西諸島南部で発生した八重山津波（明和の大津波）は、最大遡上高約 30m、死者約 12000 人もの多大な被害をもたらした津波であった。琉球海溝で発生しうる最大級の津波を考える上で非常に重要な津波であるものの、この津波の波源域モデルについては不明な点が多く残っていた。そこで、新たに明らかになった知見をもとに津波の断層モデルを検討した。

まず、宮古島の遡上高を修正した。古文書・伝承の中で妥当性の高い証拠を基にした津波遡上高は、石垣島周辺で約 30m、多良間島で 15m、伊良部島で 15m、宮古島で 18m である（後藤・他、2011）。宮古島南部については従来、球陽に記載された宮古島南部集落での遡上高約 10.5m が用いられてきた。しかし地元に残る伝承（後藤・他、2011）や、宮古島に残された八重山津波に関する資料「御問合書」に記録された集落の被害状況から推定した遡上高の値約 20m（加藤、1988）から判断すると、宮古島南部での遡上高は約 20m であったと考えるのが妥当であろう。

また、津波は平坦な島の内部まで遡上した。最大遡上高としては石垣島での約 30m という値が顕著であるが、それ以外の平坦な島でも島の内陸部まで津波浸水が生じている。多良間島は標高 10~14m の石灰岩台地が広がる島である。津波はこの島の中央よりやや北側にある集落（仲筋、塩川）の標高 15m 地点まで達した。集落の北側には標高 30m の丘陵があるため、津波は東西または南の海岸から約 1.5~3km 遡上してきたと考えられる。下地島も多良間島と同様に標高 10~20m の石灰岩台地の島である。この島は津波当時無人島であったが、御問合書には「平坦之所ニ波打越作物惣様相損海垣迄被取其上土も大半引流置候馬之内五拾五疋又ハ百姓所持之牛羊等到溺死候」（島尻、1988）と書かれており、島が広範囲で津波浸水したことが読み取れる。

以上、これらのことをもとに断層モデルを再検討した。検証を行ったモデルは、プレート内活断層+海底地すべりモデル（Miyazawa et al., 2012）、宮古島沖の分岐断層のみが活動するモデル（Hsu et al., 2013）、および琉球海溝でのプレート間地震（Nakamura, 2009）を修正したモデルである。

まず、活断層+海底地すべりによるモデル（Miyazawa et al., 2012）を用いた場合、各地の遡上高は宮古島周辺を除いて再現することができた。しかし多良間島と下地島の浸水域は海岸から約 500m および 200m であり、島の内陸部まで浸水域が広がる様子は再現できなかった。これは想定している断層モデルが 70° と高角断層であるため波源域の幅が狭くなり、沿岸波高および遡上高は高いものの内陸部まで津波が遡上できないためであると考えられる。

宮古島沖の分岐断層のみが活動した場合、滑り量を調整することで宮古島での遡上高は再現できるが、多良間島での遡上域、および石垣島での遡上高は再現できなかった。

プレート間地震であるとした場合、断層長さ 200km、断層幅 70km、滑り量 20m、傾斜 12 度の断層モデル（Mw8.6）で計算をおこなった場合、石垣島東部以外の遡上高および浸水域を再現できた。多良間島での浸水域は海岸から約 1.5km まで達し、下地島でも島東部の標高 10m 以下の部分が広範囲で浸水した。しかしこのモデルでは石垣島南東部の遡上高が約 20m となり、記録された遡上高約 30m を再現できない。そこで石垣島南方沖のプレート上面の一部に長さ・幅が 40km・30km、滑り量 40m の局所的な大滑り領域を設定した（全体で Mw8.7）ところ、石垣島東部での遡上高をも再現できた。

これらのことから 1771 年八重山津波の断層モデルとしては Mw8.7 程度のプレート間地震が妥当であると考えられる。ただし石垣島南方沖には他よりも大きめの滑りを必要とする。ただしこれは必ずしもプレート間の断層滑りでなくても良い。他の可能性として分岐断層の活動や海底地滑りも考慮すべきかもしれない。

キーワード: 津波, 琉球海溝, プレート間地震, 歴史津波
Keywords: tsunami, Ryukyu Trench, interplate earthquake, historical tsunami

Systematical deflections and offsets of stream channels along the left-lateral strike-slip Kunlun Fault Systematical deflections and offsets of stream channels along the left-lateral strike-slip Kunlun Fault

YAN, Bing^{1*}; LIN, Aiming²
YAN, Bing^{1*}; LIN, Aiming²

¹Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University, ²Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University

¹Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University, ²Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University

During the past two decades, the integration of geologic, geomorphic, seismic, and geophysical information has led to increased recognition and understanding of the tectonic significance of geomorphic features caused by strike-slip along active strike-slip faults. Tectonic landforms developed along active strike-slip faults are mainly characterized by systematic deflections and offsets of streams which are regarded as reliable displacement markers useful for reconstructing the long-term activity of active faults. It has been demonstrated that stream offsets have resulted from repeated large strike-slip earthquakes. The study of tectonic geomorphology will provide a new insight into the seismic activity, longevity and structural evolution of active strike-slip faults.

The Kunlun Fault is a typical active strike-slip fault zone extends for ~1200 km in the northern Tibetan Plateau that has triggered the 2001 Mw 7.8 Kunlun great earthquake. In this study, we present evidence for the systematical sinistral deflection and/or offset of the stream channels and valleys of the upper Yellow River drainage along the eastern intramontane segment of ~400 km of the fault zone. Topographic analysis of 3D perspective images constructed using Digital Elevation Model (DEM) data, high resolution Google Earth images and 15-m-resolution Landsat Enhanced Thematic Mapper (ETM+) images reveals the following: (i) various amounts of sinistral offset have accumulated on the tributary stream channels, valleys, and gullies of the upper Yellow River; (ii) the eastern intramontane segment of Kunlun fault accumulated sinistral offset amount for at least 12 km; (iii) the linear relationship between the accumulated offset amount and the upstream length from the deflected point to valley head of the stream involved can be reliable indicator of long-term slip rate.

The findings of this study support that the Kunlun Fault is a left-lateral strike-slip that partitions deformation into the eastward extrusion of the Tibetan Plateau to accommodate the continuing penetration of the Indian plate into the Eurasian plate.

キーワード: Kunlun Fault, left-lateral strike-slip fault, stream channel, systematical deflection, Tibetan Plateau, eastward extrusion

Keywords: Kunlun Fault, left-lateral strike-slip fault, stream channel, systematical deflection, Tibetan Plateau, eastward extrusion