

活動データの不確定性を考慮したBPT分布更新過程のベイズ型予測 Bayesian forecast with uncertain occurrence data in a BPT renewal process

野村 俊一^{1*}, 尾形 良彦¹

NOMURA, Shunichi^{1*}, OGATA, Yoshihiko¹

¹ 総合研究大学院大学

¹ Graduate University of Advanced Studies

活断層における繰り返し地震の予測にあたっては、過去の活動データの不足や不確定性といった問題が常に付きまとう。これらの問題は予測結果に大きな誤差をもたらすため、繰り返し地震の予測にあたってはモデルパラメータや不確定なデータに関する様々な可能性を考慮に入れる必要がある。そこで、繰り返し地震の将来確率予測を行うベイズ予測モデルを提案し、パラメータや不確定なデータに対する確率分布を考慮した予測を行う。

まず、モデルパラメータ（活動間隔の平均と変動係数）の不確定性に対しては、ベイズ統計の枠組みを更新過程に取り入れ、モデルパラメータの事前分布を導入および推定することとした。事前分布には幾つかの候補を用意し、赤池ベイズ情報量規準（A B I C）を最小にするものを採用した。さらに、他の活断層情報として、断層面における1回の地震による滑り量（ U ）と、年間の平均滑り量（ V ）を用いて推定される平均活動間隔 $T = U / V$ を事前分布に組み込んで平均パラメータの推定精度向上を図った。

次に、データの不確定性に関する問題が挙げられる。活断層の地質調査による地震活動の特定においては、地震の痕跡の前後にある堆積物から地震活動の年代を特定するため、地震活動時期は正確には特定できず、一定の幅を持って推定されるケースが多い。また、地震の痕跡が不明瞭な地層においては、地震の活動回数を特定できないようなケースも存在する。そこで、提案手法では更新過程の尤度関数により条件付分布を算出することで、各可能性の起こりやすさを議論する。

発表では、いくつかの活断層を例にとり提案モデルによる分析結果を示す。そのうちいくつかの結果は地震調査委員会の長期評価と乖離したものとなっている。地震調査委員会の評価手法でもパラメータとデータの不確定性はある程度考慮されているが、我々の提案手法では尤度関数による起こりやすさの重み付けを行っているために、評価結果やその信頼区間に差が生じていると考察される。

キーワード: 長期予測, 繰り返し地震, データ不確定性, ベイズ予測, BPT 分布, 更新過程

Keywords: long-term forecast, recurrent earthquakes, uncertainty of data, Bayesian forecast, BPT distribution, renewal process

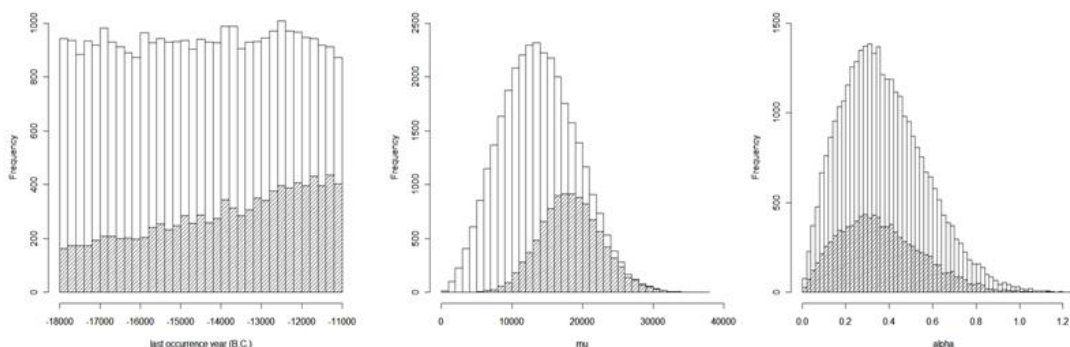


Figure: Samples from prior and posterior distribution for the last occurrence time, the mean inter-event time μ and the aperiodicity of inter-event time α in Tachikawa fault.

地形・地質学的情報に基づく強震動予測のための動力学的震源モデル Dynamic rupture scenarios for strong ground motion prediction based on geomorphological and geological data

加瀬 祐子^{1*}, 関口 春子²

KASE, Yuko^{1*}, SEKIGUCHI, Haruko²

¹産総研 活断層・地震研究センター, ²京大防災研

¹AFERC, AIST, ²DPRI, Kyoto Univ.

地震動予測に用いる地震シナリオは、対象とする断層の個性を反映し、実現性の高いものである必要がある。そのため、地形・地質学的データに基づいて断層形状と応力場を想定し、その条件下で物理的に起こりうる破壊過程を数値計算で求めるという手順で、強震動予測のための地震シナリオを作成することを試み、大阪平野直下に位置する上町断層帯で発生する地震による強震動予測に適用した。

上町断層帯は、大阪平野の中央部にほぼ南北走向で位置し、長さは約 45 km、約 60 度で東に傾斜する。この断層の破壊過程をシミュレーションするための応力場については、以下に述べるように、まず、想定される平均的なすべり分布モデルを作成し、これを応力場パラメータに変換、更に、高周波数域の地震動を生成するために必要な短波長の不均質を付加するという流れで設定する。初めに、反射法地震探査やボーリング調査などの結果、および、これらに基づいて作成された平野の堆積層構造モデル（堀川ほか、2003）を用いて、上町断層帯の走向に沿った累積変位量の空間変化を求める。新淀川北岸での調査結果から、この地点での最新イベントによる地表上下変位量は 1.6?1.9 m、最大約 2.4 m と推定されている（杉山ほか、2003）。これらのデータから、1 回の地震で生じる地表変位量の平均像を作成し、走向方向のすべり量分布とする。傾斜角方向のすべり量分布は、予備的な動的破壊の数値実験により作成する。この段階で、新淀川北岸での最新イベントによる地表上下変位量を再現できる広域応力場を求める。テクトニックな応力場を考慮し、主応力は深さに比例、最大主応力の向きは東西方向、最小主応力の向きは鉛直方向で、大きさはかぶり圧に等しい、と仮定し、最大主応力の深さに対する比例係数と動摩擦係数を変えて数値計算をおこない、地表上下変位量が調査結果と調和する値を探索した。更に、地震発生層下端付近で破壊が自発的に停止するように、11 km 以深の摩擦係数を調節した。以上のように求めた広域応力場と摩擦係数の深さ依存性を仮定して動的破壊過程を計算し、傾斜角方向のすべり量分布を得る。走向方向および傾斜角方向のすべり量分布を合成することで、長波長の不均質をもつすべり量分布の平均像を作成できる。次に、断層の地表トレースから傾斜角 60 度で面を張り、曲面で形状をモデル化した断層面上にこのすべり量分布の平均像を与えたときの応力変化分布を Okada (1992) により求め、これを静的応力降下量分布の長波長成分とする。応力降下量分布の短波長成分は、フラクタル的な不均質分布を作成する。それらを合成することで、それぞれ異なる乱数から作成された複数の静的応力降下量分布が生成される。最後に、応力降下量分布の不均質は水平方向の主応力の不均質によって生じると仮定し、応力降下量の走向方向成分と傾斜角方向成分から、断層面上の強度の不均質分布を求める。こうして得られた応力降下量と強度の分布を動的破壊モデルの応力場として用いる。それぞれの応力場モデルに対し、複数の破壊開始点を設定する。すべりに依存する摩擦構成則を仮定し、差分法 (Kase, 2010) により動的破壊過程を計算する。応力降下量分布を作成する際に用いた乱数が異なることと破壊開始点を複数設定していることにより、破壊の広がり方や最終的なすべり量分布が異なる、多様な破壊シナリオを提供することができる。

謝辞：本研究は、文部科学省科学研究費補助金基盤研究 (C) 課題番号 21510190 として実施されました。

キーワード: 地形学, 地質学, 数値シミュレーション, 動力学的震源モデル

Keywords: geomorphology, geology, numerical simulation, dynamic rupture

コンピュータシミュレーションを用いた1999年台湾ChiChi地震で出現した地震断層の基盤断層角の推定 Estimation of the bed rock fault angle of the earthquake fault which appeared in the 1999 Taiwan ChiChi earthquake using

安藤 広一^{1*}, 山崎 晴雄¹

ANDO, Koichi^{1*}, YAMAZAKI, Haruo¹

¹ 首都大学東京都市環境科学研究科地理環境科学専攻

¹ Department of Geography, Tokyo Metropolitan University

大規模な断層運動が発生すると基盤の変位がそれを覆っている地層中に伝播し、地表に地震断層が出現することがある。地震断層が断層を作る場合には、その下で断層面に沿って地層が断ち切られている。一方、場合によっては断層面でなく緩やかな撓曲として地表に現れることがある(例えば、立川断層、伊勢原断層)。

撓曲の地下では地層が断層面で切られずに緩やかに撓み、連続性を保っている。

ところで、平野に発達する断層では、基盤の上を厚さ10m以上になる未固結な地層が被っていることがある。このような場合トレンチ調査ではトレンチを基盤まで掘り進めることができない。したがって、過去の地震によって生じた地表付近の地層のずれから基盤の断層傾斜角や、単位変位量を見積もっている。

そのため地表付近に断層のずれが現れず地表付近の地層が連続的に

変形している断層関連撓曲では活動履歴、断層傾斜角や単位変位量を決定することが困難である(Chen et al. 2007)。断層傾斜角や単位変位量を見積もることは、その断層運動によって将来発生する地震の発生時期やマグニチュードを推定する上できわめて重要な情報となる。たとえば、断層崖の高さをH、断層傾斜角を θ とすると、断層の変位量は $H/\sin(\theta)$ となる。発生する地震のマグニチュードは断層の変位量に比例するので(松田 1975)、断層傾斜角が低角なほど大きなマグニチュードの地震が発生することになる。また、断層傾斜角の決定はCFF(Coulomb Failure Function)を用いた活断層による地震発生確率の評価にも重要である。

1999年に台湾中央部で発生したChiChi地震では、95kmにわたって地表断層が出現した(Chen et al. 2007)。Chen et al. (2007)では地表断層ぞいのShijia siteにおいてトレンチ調査およびボーリング調査を行った。

さらにトレンチ調査では、複数回の断層変位によって形成されたと考えられる断層撓曲が現れた。ボーリングコアからは深度の異なる2箇所断層面とみられるShear zoneが確認された。その結果、撓曲の出現位置とShear zoneの位置関係から基盤の断層角は25°もしくは49°と推定している(Chen et al. 2007)。

そこで、本研究では基盤の断層角を25°、49°として基盤を覆う未固結な砂層の変形をコンピュータシミュレーションを用いて求め、トレンチによって観察された撓曲の形状と比較することによって基盤の断層角の決定を試みた。砂層の変形シミュレーションにおいてはダイレイタンスを考慮する必要があることがわかっている(Johansson and Konagai 2007)。断層においては、地層がダイレイタンスを考慮する必要がある砂かダイレイタンスを考慮する必要がないシルトかによって地表に断層が出現する位置が異なることがわかっている(河合・谷 2003)。

本研究では、地層変形の計算プログラムとしてSDSSC(The Stratum Deformation Simulation System using the CIP method)(Ando 2012)を用いている。SDSSCでは地層のダイレイタンスを考慮したCIP(Constrained Interpolation Profile)法によって断層による地層変形を計算することができる。

計算の結果、基盤の断層角は49°、地震時の断層の最大変位速度は1.25-1.5 m/sのモデルが妥当であると求められた。

キーワード: 地層変形シミュレーション, ChiChi地震, 地表地震断層, 断層撓曲, CIP法, ダイレイタンス

Keywords: stratum deformation simulation, ChiChi earthquake, surface rupture, fault flexure, CIP method, dilatancy

2011年4月11日福島県浜通りの地震で地表に現れたすべり面と断層破砕帯における元素分布の関係 Relationship of the surface slip plane ruptured by the earthquake in eastern Fukushima on April 11, 2011 and element dis

大谷 具幸^{1*}, 山下 光将¹, 小嶋 智¹, 若居 勝二², 各務 和彦²

OHTANI, Tomoyuki^{1*}, Mitsumasa Yamashita¹, Satoru Kojima¹, Shoji Wakai², Kazuhiko Kakamu²

¹ 岐阜大学, ² 日本原子力研究開発機構

¹Gifu Univ., ²JAEA

比較的最近に地震性すべりを生じた断層ガウジの鉱物学的、地球化学的特徴を明らかにすることができれば、基盤岩のみが露出する地域でも最近の地質時代に活動した断層ガウジを特定できるようになり、構造物の建設等への活用が期待される。一方で、基盤岩に発達する断層ガウジの場合、直近に位置する第四紀層の調査によって比較的最近に地震性すべりを生じたことがわかることがあるものの、すべり面の位置を正確に特定するのは容易ではない。2011年4月11日福島県浜通りの地震(M7.0)では既存の活断層である井戸沢断層に沿って地表地震断層が出現し、これに沿って断層ガウジが現れた。この断層ガウジの主要・微量元素組成等を調べ、最新のすべり面との関係を考察する。

地表地震断層の調査地点は福島県いわき市田人町黒田別当であり、阿武隈変成岩が分布する地域である。ここでは道路を横断して地表地震断層が出現した。断層面の姿勢はN6W80Wであり、西側が相対的に1.7m沈降する正断層である。断層面の表面から奥行き方向に55mmまでは容易にはぎ取ることが可能であり、ここまでが断層ガウジにより構成されると判断される。断層ガウジは断層面と平行な面ではがれるところがあり、奥行き方向に0~7mm, 7~15mm, 15~20mm, 20~55mmの平板状にはがして分析用に粉末試料を採取するとともに、組織観察用の試料を採取した。また比較対象として断層面から29m離れた地点にある未変形の片麻岩を採取した。

断層ガウジ試料と片麻岩試料について、薄片観察、SEM-EDX分析を実施した。断層ガウジと片麻岩に共通してフェロシュードブルッカイト(FeTi_2O_5)が含まれる。また断層ガウジの粉末試料を用いて、粉末X線回折分析、蛍光X線分析、ICP-OES分析、ICP-MS分析を実施した。粉末X線回折分析により、断層ガウジにはスメクタイトが認められる。蛍光X線分析では、すべり面に近づくにつれて SiO_2 は減少、 MnO 、 MgO は増加の傾向を示す。ICP-OES分析およびICP-MS分析では、As、Sb、Geがすべり面に近づくにつれて増加する傾向を示す。これらのうち、 MnO 、As、Sbの増加は根尾谷断層(沓名ほか, 2011)でも認められる現象である。すべり面における MnO の増加は以下のように解釈できる。断層破砕帯において断層ガウジには粘土鉱物が多く含まれることから、地表面付近の不飽和帯であっても地下水は地下水面から毛細管現象によって上昇すると考えられる。また、スメクタイトの繰り返し一面せん断試験より、せん断面の陽イオン交換容量が増加するとともにpHが上昇することが知られている(池田ほか, 2004)。よって、飽和帯の還元環境で地下水に溶解している Mn^{2+} が断層ガウジを通して不飽和帯の酸化的環境に上昇している状態で地震性すべりが生ずることによってすべり面がアルカリ化してMnが沈殿すると考えられる。またAsはMnと類似したEh-pH条件下で沈殿する(Yamaguchi *et al.*, 2011) ことにより濃集したものと理解できる。今回のすべり面のみで MnO 、Asが濃集する理由として、過去の活動ではすべり面が地下水面以下に位置していたためにEhが低く地震性すべりを生じても沈殿しなかったが、その後の削剥によって現在観察できる断層ガウジが不飽和帯に位置するようになった状況ですべりを生じたために濃集したのであろう。このように井戸沢断層の断層ガウジを調べることで、最新のすべり面に MnO とAsが濃集することが確認された。このことは、基盤岩からなる断層破砕帯であっても断層ガウジにおけるMnとAsの濃集の有無を確認することにより、最近に地震性すべりを生じたか確認できる可能性があることを示している。

引用文献

池田ほか, 2004, 地盤工学研究発表会発表講演集, **39**, 325-326.

沓名ほか, 2011, 日本地球惑星科学連合大会予稿集, SSS032-01.

Yamaguchi *et al.*, 2011, *Chemosphere*, **83**, 925-932.

キーワード: 井戸沢断層, 断層破砕帯, 最新すべり面, 主要元素, 微量元素

Keywords: Idosawa fault, fault zone, latest slip plane, major elements, trace elements

日本における活断層法適用の課題と対策 Problem to be solved in applying active fault law in Japan

岡本 敏郎^{1*}, 海野佑衣¹
OKAMOTO, toshiro^{1*}, Unno Ui¹

¹ 芝浦工業大学

¹ Shibaura Institute of Technology

1. 研究背景と目的

断層型地震は、プレート型に比べエネルギーは小さいものの、都市の近くで発生するために大きな被害を伴い、耐震補強のみならず断層による段差対策を検討しなければならない。日本と同じく地震が多発するカリフォルニア州では、活断層法を1972年に施行し、活断層の極く近傍では建設制限を行っているが、日本ではこのような規制はなされていない。そこで、カリフォルニア州活断層法の内容を検討し、活断層の近傍での建設制限を日本に適用したときの課題を分析した。

2. 研究方法

(1) カリフォルニア州活断層法の分析

活断層法と呼ばれる California Geological Survey-PRC Division 2, Chapter 7.5 (以下、カリフォルニア州活断層法とする) を翻訳し、カリフォルニア州における活断層周辺の構造物の扱い方について調査する。

(2) 日本における活動性の高い活断層の抽出と活動性評価

産業技術総合研究所『活断層データベース』より活断層の過去の活動時期、平均変位速度、平均活動間隔など情報を調べ、将来活動時期を算出し活動性の高い活動セグメントを抽出した。さらに『活断層詳細デジタルマップ』(東京大学出版会)による活断層の位置と周辺の一般地図情報を ArcGIS 上に載せ、上記活動性の高い活動セグメント周辺の構造物を調査した。将来活動時期の算出については下の式を用いた。

3. 主な結果

(1) カリフォルニア州活断層法の規制

カリフォルニア州活断層法を分析した結果、カリフォルニア州では活断層が発見された場合、断層線上または断層線から15m(50feet)以内に構造物を設置することは出来ず、既設及び新設構造物に対する規制があった。

(2) 日本における活断層周辺の状況

将来活動時期を算出した結果、今すぐ活動する可能性がある活動セグメントは、地震調査委員会が発表した東北太平洋沖地震で活動性が高まった5断層を加え、計14個について評価した。また、今回は活断層線から15m以内だけではなく、同活動セグメント内に存在する建築物と土木などの構造物を抽出した。その結果、今すぐに活動する可能性がある活動セグメントの断層線上または断層線から15m以内に存在する建築物とそれ以外の土木などの構造物は以下のようであった。活動セグメント毎に点構造物と線構造物の数を、また、またぐ場合の数を()内に示す、黒松内 23(0),7(6), 円田 坪沼 3(0),9(8), 山辺 26(2),4(3), 月岡 0(0),1(1), 立川 13(9),10(10), 三浦 112(8),12(10), 阿寺 119(3),4(3), 牛伏寺 32(3),10(10), 響庭野 22(1),5(5), 上町 312(38),30(25), 根来 23(0),6(6), 紀伊水道 30(1),1(1), 計 716(66),102(91)。

4. 考察

(1) 断層の特徴に伴う課題

日本に活断層法を適用した場合に課題となるものを3つに収約した。活動年代のデータ不足:現在、産業技術総合研究所の活動セグメントうち活動年代が判明しているものは約3割で、他の7割については早急に将来活動時期を解明する必要がある。15mの適用性:日本には正断層・逆断層が多いため、15m断層線両側に15mという規制を設けると大きな影響があり、15mの根拠を正確に示す必要がある。分岐断層・撓曲について:これらについて活断層法に記述がなく、日本では分岐断層・撓曲をさらに詳細に調査する必要がある。さらに分岐断層・撓曲の場合、規制する範囲を明確にする必要がある。

(2) 日本における検討手順と段差対策

カリフォルニア州の検討手順は、15m以内の既設構造物は耐震補強を行い、新設は禁止されている。また、日本はセグメント内に存在する構造物が大変多く、その中でも断層線をまたぐ構造物への対処が大きな課題である。そこで、活断層法を日本に適用した後の対策手順をまとめた。15m以内に既設構造物があり移転を伴う場合、「集団移転促進事業に係る国の財政上の特別措置等に関する法律」を適用する事ができるが、この法律は今まで災害発生後に適用されており災害発生前には適用された例はない。また、断層をまたいで回避する方法や、断層の型により踏掛板や吊橋で断層による段差をまたぎ、EPS工法で断層による段差をEPSで吸収して影響を緩和する方法などが考案されており、今後実用的提案が期待される。

5. 結論

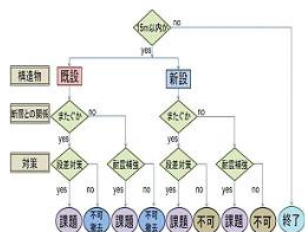
今後活断層法を制定した場合、活断層年代、測定、規制範囲、断層の定義、を明確にし、さらに断層にある段差対策を検討する必要がある。

SSS35-05

会場:303

時間:5月22日 10:00-10:15

キーワード: 活断層法, 分岐断層, 撓曲, 将来活動時期, 段差対策
 Keywords: active fault, spray fault, flexure, Future activity period, anti-step



東北地方太平洋沖地震発生後の内陸地震活動とその意味

What controls the occurrence of inland earthquakes after the 2011 Tohoku-Oki earthquake?

岡田 知己^{1*}, 吉田 圭佑¹, 四ヶ所 健太¹, 高木 涼太¹, 長谷川 昭¹, 2011年東北地方太平洋沖地震合同余震観測グループ¹
OKADA, Tomomi^{1*}, YOSHIDA, Keisuke¹, SHIKASHO, Kenta¹, TAKAGI, Ryota¹, HASEGAWA, Akira¹, Group for the after-shock observations of the 2011 Tohoku-Oki earthquake¹

¹ 東北大・理・予知セ

¹RCPEV, Grad. Sch. of Sci., Tohoku University

Shallow seismic activity in the crust of the overriding plate west of the source area changed significantly after the 2011 M9.0 Tohoku-Oki earthquake which ruptured the plate boundary east off northern Japan beneath the Pacific Ocean.

In order to understand the cause of the distinctive seismicity change of inland earthquakes, Okada et al. (2011) [1] precisely relocated earthquake hypocenters for several earthquake sequences following the Tohoku-Oki earthquake using the double-difference method. Hypocenter distributions were used to discriminate the fault plane from the auxiliary plane of the focal mechanisms for those earthquake sequences. Some of the plausible fault planes are not correlated the previously-known active faults around them. Some earthquake sequences were swarm-like and spatio-temporal migration of hypocenters of some earthquake sequences were observed.

We calculated Coulomb stress change on those fault planes caused by the Tohoku-Oki earthquake. In all cases, the estimated Coulomb stress changes at the plausible fault planes for those post-Tohoku-Oki sequences are positive. The positive Coulomb stress change is mainly due to the reduction of normal stress on the fault plane of the earthquake sequences caused by the large, low-angle thrust fault of the Tohoku-Oki earthquake. The present observations suggest the static stress transfer possibly triggered those post-Tohoku-Oki earthquake sequences.

We also estimated stress fields in inland areas of eastern Japan before and after the Tohoku-Oki earthquake by inverting focal mechanism data (Yoshida et al., 2011 [2]). Before the earthquake, sigma-1 axis was oriented EW in Tohoku but NW-SE in Kanto and Chubu regions. The stress fields changed after the earthquake in northern Tohoku and in southeastern Tohoku, where the orientations of the principal stresses seem to be approximately the same as the orientations of the static stress change associated with the earthquake. This indicates that differential stresses in these areas before the earthquake were very small. In Kanto and Chubu regions, principal axes of the stress perturbations caused by the M9 earthquake are almost parallel to the respective axes of the background stress field. This is probably the reason why conspicuous seismicity increase was observed there.

Okada et al. (2010) [3] estimated a detailed seismic velocity structure in the central part of NE Japan using data obtained from a dense temporary seismic network. They found distinct seismic low-velocity zone below the seismically active areas (the seismic belt) along the volcanic front and fore-arc region.

The post-Tohoku-Oki events were also relocated using the three-dimensional velocity structure. The post-Tohoku-Oki events also tend to be distributed above the edge of the seismic low-velocity zone in the lower crust. This seismic low-velocity zone in the lower crust corresponds to the high seismic attenuation zone (Shikasho et al. [2011] [4]). This suggests that inhomogeneous structure of viscoelastic structure and overpressured fluid distribution which appear as the seismic low-velocity / high attenuation in the lower crust are spatially related to the distribution of the post-megathrust events. Small background differential stress inferred from the stress change analyses could be due to the high fluid pressure. Spatio-temporal migration of hypocenters of some earthquake sequences can be interpreted as the result of fluid diffusion.

Not only the elastic stress transfer/change but also the inelastic deformation and/or fluid distribution are possibly important for understanding the interaction between the large subduction thrust ruptures and seismicity of inland earthquakes.

References: [1] T. Okada et al., *Earth Planets Space*, 63, 749 (2011). [2] K. Yoshida et al., *Geophys. Res. Lett.*, 2011GL0049729, in press. [3] T. Okada et al., *Earth Planets Space*, 62, 347, (2010). [4] K. Shikasho et al., *AGU Fall Meeting*, S41A-2174, (2011).

震源断層モデルの構築に向けて Constructing source fault models for the crustal earthquakes in Japanese Islands

佐藤 比呂志^{1*}
SATO, Hiroshi^{1*}

¹ 東京大学地震研究所

¹Earthquake Research Institute, Univ. Tokyo

震源断層のモデル化は、強震動を予測する上で、また断層周辺の地殻活動を評価する上で重要な情報である。大規模な内陸地震は地表に断裂を発生させ、累積した変位を生じる。こうした特性を利用して活断層情報から発生する地震の規模を推定することができる。しかしながら、とくに2000年鳥取県西部地震、2004年中越地震、2008年岩手宮城内陸地震のように、地震の規模に比べて短い断層しか地表に表れない場合が多く、新たな震源断層の評価方法が必要となった。ここでは、とくに地質・地殻構造の情報を取り入れた、震源断層評価の試みについて述べてみたい。

褶曲断層帯の震源断層: 近年、新潟地域で発生した被害地震を受けて、地殻構造探査を含む総合的な調査が実施されてきた。この中で、日本海拡大時に形成された正断層がその後の反転によって、再活動して震源断層となっていること、リフト形成時に形成された横断断層がセグメント境界として重要な役割を果たしていること、泥岩層など層理面に沿って滑りやすい面の存在によってデタッチメントが形成され、震源断層と地表の活断層との関係が複雑になること、沈降を伴いながら早い堆積速度で埋積される場では、変動地形学的には認識できない伏在活褶曲・断層が形成されることなどが明らかになった。

火山噴出物下の活構造: 2008年岩手宮城内陸地震では、火山噴出物下に伏在する断層の問題が明らかになった。新期の火山噴出物に覆われた場合、変動地形的証拠が覆われて、認定が困難になる。富士山麓下には活断層は認識されていないが、構造探査の結果、伏在活断層の存在が明らかになってきた(佐藤ほか, 2012; 石山ほか, 2012 連合大会)。

上記の問題を踏まえて、よりよい震源断層モデルを構築するためには、変動地形のみに限らず、地質構造、重力、反射地震探査、震源分布、地震波トモグラフィデータを総括的に検討し、断層モデルを構築していく必要がある。具体的には東北地方を例にして作製した断層形状モデル試案を作製した(佐藤ほか, 2012 連合学会ポスター)。今後、日本列島全域に拡大して断層モデルを構築していく必要があり、またこのような断層モデルの精度を上げるためには、精度の高い地下構造のデータを収集していくことが重要である。

北上低地帯西縁断層帯北部の浅部地質構造

Shallow geological structure in the northern part of the western marginal faults of the Kitakami Lowland, Japan

越谷 信^{1*}, 齋藤 真彦², 佐藤 比呂志³, 加藤 直子³, 阿部 進⁴, 東中 基倫⁴

KOSHIYA, Shin^{1*}, SAITO Masahiko², SATO, Hiroshi³, KATO, Naoko³, ABE, Susumu⁴, HIGASHINAKA, Motonori⁴

¹ 岩手大学工学部, ² 宮城県, ³ 東京大学地震研究所, ⁴ 地球科学総合研究所

¹Fac. Engineering, Iwate Univ., ²Miyagi Prefectural Government, ³ERI, Univ. of Tokyo, ⁴JGI, Inc.

1. はじめに 東北本州弧北上低地帯西縁断層帯は、奥羽脊梁山地の東縁を画する断層帯で、ほぼ平行な複数の断層から構成されている。断層帯の北部地域では、隆起側に変成岩類や下部中新統が分布し、低下側ではこの下部中新統に対比される地層が温泉ポーリングにより深度約 1000 m で確認されており（大上ほか, 1988）、垂直落差は 1000 m 以上におよぶ。この断層帯の浅部構造を明らかにするため、北部地域において重力調査および 2 次元密度構造解析を行った。

重力調査は、岩手県矢巾町および紫波町において、東西方向のそれぞれ約 6 km（測線 1）と 5.3 km（測線 2）の 2 測線で行った。測線 1 は低下側の平野に分布する安山岩からなる小丘陵の近傍を通過して断層帯を経て隆起側の新第三系に至り、測線 2 は火成岩の地表分布の見られない地域を経て断層帯に至る。

2. 重力測定・解析 重力測定は LaCoste & Romberg 社製 G 型重力計（G824）を用いた。観測点間隔は約 200m で、総観測点数はそれぞれ 37 点および 31 点である。観測点の標高はトータルステーションにより測定し、水準測量の閉合誤差はいずれの測線においても 40 mm 以下である。

取得したデータの処理は、おおむね地質調査総合センター（2004）に従っているが、球面ブーゲー補正の補正範囲は、地形補正の範囲に合わせて、45km とした。また、ブーゲー補正および地形補正に用いた仮定密度は、調査地域の地質を考慮して 2100 kg/m³ とした。

3. 結果 ブーゲー異常は、測線 2 では、東から西に向かってほぼ単調に 20 mgal 減少するのに対し、測線 1 では、東から西に向かって数 mgal 減少し、安山岩の小丘陵付近で 3 mgal 程度増加し、その西側では断層帯に向かい約 8 mgal 減少し、断層帯の西側に向かって増加する。

4. 密度構造モデル 測線 2 におけるブーゲー異常の直線の変化がこの地域のトレンドをなすと仮定して、測線 1 のブーゲー異常値をトレンド補正し、モデル化した。モデルの作成は、Talwani タイプの多角形岩体による 2 次元重力場モデリングソフトウェア 2MODTM（FUGRO-LCT 社製）を用いた。モデルにおいて、地表地質や測線近傍の温泉ポーリングを考慮して、密度の異なる 3 層（第 1 層：2650 kg/m³、第 2 層：2500 kg/m³、第 3 層 2100 kg/m³）を仮定した。密度構造モデルにおいて、第 1 層は西側に分布する基盤岩および下部中新統に相当し、西傾斜の逆断層により第 3 層に衝上する形状をなす。第 2 層は安山岩の小丘陵付近で第 3 層中に貫入した形状を示す。鮮新統を褶曲させ、低位段丘面に変位を与えている断層は第 3 層中に存在する。今後、この断層の浅部構造について、表層地質やポーリングデータを用いて詳しく解析する予定である。

謝辞 矢巾町役場には、温泉ポーリング関連資料の閲覧および掘削試料の観察をさせていただいた。記して、謝意を表す。

文献

地質調査総合センター, 2004, 日本重力 CD-ROM, 第 2 版。

大上ほか, 1988, 地質学雑誌, 94, 141-143。

キーワード: 北上低地帯西縁断層帯, 重力異常, 活断層

Keywords: the western marginal faults of the Kitakami Lowland, gravity anomaly, active fault

神戸市三宮海岸通り周辺の伏在断層調査への地中レーダ・地層分布不連続解析の適用

Application of GPR and discontinuity analysis of bed distribution to a survey for hidden fault, Sannomiya, Kobe

宮田 隆夫^{1*}, 野尻野真栄²

MIYATA, Takao^{1*}, Mayu Nojirino²

¹ 神戸大学大学院理学研究科, ² 神戸大学理学部

¹ Graduate School of Science, Kobe University, ² Faculty of Science, Kobe University

【はじめに】神戸港には和田岬断層が分布している(例えば, 藤田・佐野 [1]; 横倉ほか [2]; 岡田・東郷 [3])。和田岬断層は南の神戸港沖で大阪湾断層に繋がり, 北は新港第四突堤から新生田川河口付近を経て, さらに北東方向にのびている。一方, 小長井 [4] は, 三宮海岸通りを通る阪神高速3号線沿いの地質断面図(阪神高速道路公団資料)における海成粘土層の明瞭な段差の存在から, その地下に断層を推定している。その推定断層にはほぼ沿って, 兵庫県南部地震の地表変状が見られた(宮田・前田 [5])。そこで, 海岸通り周辺の地中レーダ探査とJIBANKUN [6] のボーリング柱状図の地層分布不連続解析を行い, その推定断層の分布を検討した。

【地質概説】神戸市三宮南西部は, おもに現世扇状地や旧河道沿, 自然堤防, 河成低地, 砂州, 埋立地に地形区分される(国土庁土地局 [7])。神戸 JIBANKUN のボーリング柱状図によると, 海成粘土層 Ma 1 2 (~ 135 kyr . 前) と Ma 1 3 (~ 9 kyr . 前) の他に, 砂礫層, 砂層, 腐植土層が発達する。Ma 1 3 層の上位に鬼界 - アカホヤ火山灰 (K-Ah , ~ 6.3 kyr . 前) が分布するので時々ボーリング資料に記載されている。

【解析方法】(a) 地層分布不連続解析は, ボーリング柱状図を任意のライン上に並べ, ボーリング柱状断面図を作成し, 特定の地層(とくに海成層)の底面の出現深度が急に異なる場合を見つけ, 断層を推定する方法である。本研究では, 「神戸 JIBANKUN」のボーリング柱状図をほぼ東西方向と南北方向のライン上に配列し, 大阪層群の海生粘土層 Ma 1 2 と完新世の海成粘土層 (Ma 1 3) の出現深度を調べた。一方 (b) 地中レーダ解析は, 得られた地中レーダデータを RADAN6 のソフトで解析し, 反射シグナルのパターンの変化から, 地下構造を推定する方法である。データは SIR-3000 システム (GSSI 社) と 100MHz のアンテナ 2 台を使用して得た。ワイドアングル測定を行い処理後の地中レーダ画像 (時間断面図) を深度断面図に直した。本研究では, 三宮海岸通り周辺の 7 測線で得た地中レーダデータの解析を行った。

【結果】東西方向のボーリング柱状断面図 (B 1 ~ B 4) には, Ma 1 2 層の下面をみると出現深度が有意に異なる場所がある。Ma 1 2 層の深度差 (落差) は B 3 (2 箇所) の落ちの合計と B 4 ではそれぞれ約 13 m になる。また Ma 1 3 層は B 6 , B 7 において, 3.5 ~ 4 m の落差を示す。一方, 南北方向のボーリング柱状断面図 (B 5) で, Ma 1 2 層は南に向かって漸移的に深くなる傾向を示すが, Ma 1 3 層については一部のボーリング柱状図にそれが示されていないので不明である。

他方, 南北方向の GPR 断面には水平な反射パターンがゆるやかに南側に傾斜する反射パターンへと変化している。これ変化は堆積物の撓曲状構造と解釈できる。この異常箇所は, 上記の Ma 1 2 層の有意な垂直落差がみられた範囲ともよく調和している。

【まとめ】地中レーダ・地層分布不連続解析で得られた異常箇所を繋げると, その一つは北東 - 南西方向の線状分布になり, 他の一つは南北方向の線状分布となった。前者は三宮海岸通りを北北東方向に横切る分布をし, 和田岬断層と並走する伏在断層と考えられる。この結果は, 小長井 [4] が示した推定断層を支持している。一方, 後者の線状分布は前者の分布とは斜交している可能性があり, 別の断層と考えられる。以上のように, 地中レーダと地層分布不連続解析の組合せ調査は都市の伏在断層研究に有効である。

【文献】[1] 藤田和夫・佐野正人: 科学, v. 66, p. 793-805, 1997; [2] 横倉隆伸・山口和雄・加野直巳・宮崎光旗・井川 猛・太田陽一・川中 卓・阿部 進: 地質調査所月報, v. 50, p.245-267, 1999; [3] 岡田篤正・東郷正美編: 近畿の活断層。東京大学出版会, 395p., 2000; [4] 小長井一男: 地盤と構造物の地震工学。東京大学出版会, 193p., 2002; [5] 宮田隆夫・前田保夫: 阪神淡路大震災 (地質環境と地球環境シリーズ), 3, 135-146, 東海大学出版会; [6] 神戸市: データベース「神戸 JIBANKUN」。CD-Rom, 神戸市, 2009; [7] 国土庁土地局: 阪神地区微地形区分図。国土庁, 1999。

キーワード: 地中レーダ・地層分布不連続解析組合せ使用, 伏在断層, 撓曲状構造, 海成粘土層, 三宮 (神戸)

Keywords: Combined use of GPR and discontinuity analysis of bed, hidden fault, flexure-like structures, marine clay beds, Sannomiya (Kobe)

東海地域で発生した歴史的なスラブ内地震の地震規模 Magnitudes of historical intra-plate earthquakes in Tokai area

神田 克久^{1*}, 釜田 正毅², 武村 雅之¹

KANDA, Katsuhisa^{1*}, Masaki Kamata², TAKEMURA, Masayuki¹

¹ 小堀鐸二研究所, ² 鹿島建設

¹Kobori Research Complex Inc., ²Kajima Corporation

駿河湾以西の東海地域では、2011年東北地方太平洋沖地震の後の応力変化に伴い、現在プレート境界の巨大地震の発生の切迫性が指摘されている。一方、歴史的にみると、宝永、安政などのプレート境界の巨大地震の間にいくつかの被害地震の記録が残っている。この地域のフィリピン海プレートの境界は固着率が高く、巨大なプレート境界地震の間に規模の小さいプレート境界地震はほとんど発生していないため、これらの地震は大陸プレートの下に沈み込むフィリピン海プレート内部のスラブ内地震か内陸地殻内地震のどちらかと考えられる。特に、2009年8月11日の駿河湾で発生した被害地震のような新島 - 石廊崎 - 静岡構造線近傍の地震など、近年スラブ内地震の地震活動が注目されている。また、東海地域は密な観測が行われており多くのデータが収集されているとともに、歴史地震についても他の地域に比べ比較的データが多いと考えられる。本報告では東海地域での構造物の設計や地震防災のための想定地震を設定する上で重要な情報を得ることを目的として、震度データを中心として観測記録を総合的に勘案し、歴史的なスラブ内地震のその地震規模に着目して検討を行った。

スラブ内地震は、プレート境界地震や内陸地殻内地震に比べて地震規模の割に短周期地震動の励起が大きく、歴史地震については地震規模の割に人間の感じる揺れや被害が大きいため、スラブ内地震としてはマグニチュードが大きめに評価されている場合がある。著者らは、同じフィリピン海プレートの内部で発生した安芸灘・伊予灘（芸予地震）[橋・他(2008)]、豊後水道[神田・他(2008)]、九州・南西諸島[武村・他(2009)]の歴史的な地震について、震度データを用いて地震規模の見直しを行ってきた。ここでは、東海地域で発生したスラブ内地震の可能性のある過去に発生した被害地震についても、他の地域と同様に震度データに基づいて地震規模の見直しを行う。分析の対象とした地震の発生日(グレゴリオ暦)と地震規模[宇佐美(2003)]は、1589/3/21 (M6.7)、1686/10/3 (M7.0)、1841/4/22 (M6.25)、1855/11/7 (M7.0~7.5)、1857/7/14 (M6.25)、1861/3/24 (M6.0)の6地震である。この内1855年の地震は1854年安政東海地震の余震でプレート境界地震の可能性はあるが、ここではスラブ内地震として分析を行う。分析方法としては、この地域の最近のスラブ内地震の震度データを分析し、震度の距離減衰式および各地点での揺れ易さを表す相対震度を評価する。次に、分析対象の各地震に対して、最近の地震の震源メカニズムや既存の研究に基づいて断層面を仮定し、相対震度で補正した震度を用いてフォワード解析およびインバージョン解析を行い、誤差が最小となる地震規模を推定する。なお、断層面はプレート境界付近内部の地震発生層を考慮して深さを設定する。

まず、回帰分析して求めた距離減衰式についてフィリピン海プレートの内部の他の地域の距離減衰式と比較する。東海地域のスラブ内地震は、 $M=6.5 \sim 7.0$ の範囲の同じ地震規模の地震の震度でみると、芸予地震、豊後水道および九州のスラブ内地震に比べて0.2~0.4小さく、短周期地震動の励起が小さいことが分かった。芸予地震、豊後水道および九州の地震は震源深さが40kmよりも深い地震が多いが、東海地域のスラブ内地震は震源深さが30km前後で浅いことが影響している可能性がある。

震度インバージョン解析および面震源によるフォワード解析によって得られた最適なマグニチュードは、プレート境界地震の可能性のある1855年の地震を除き、M6.7以下となった。

キーワード: 震度インバージョン, 歴史地震, 短周期地震動, スラブ内地震, 地震規模, 東海

Keywords: seismic intensity, inversion analysis, historical earthquake, high frequency, intra-slab earthquake, magnitude

三重県内の文献史料からみた明応七年（1498年）の地震による安濃津の被害 The damage of the medieval port town Anotsu by earthquake in 1498 from historical materials in Mie Prefecture

奥野 真行^{1*}, 奥野 香里², 畑中重光³, 葛葉 泰久³

OKUNO, Naoyuki^{1*}, OKUNO, Kaori², Shigemitsu Hatanaka³, KUZUHA, Yasuhisa³

¹ 三重県, ² なし, ³ 三重大学

¹Mie Prefectural Government, ²none, ³Mie University

三重県内で今後考慮すべき被災パターンについて検討するため、明応七年の地震に注目した。過去繰り返し発生してきた南海トラフ沿いの巨大地震のうち、「最大級の津波」を伴っていたことを複数の既存研究が指摘し、かつ、伊勢湾内の被害様相がそれ以降の巨大地震と異なっているとされる地震である。まず、明応東海地震の二か月前に発生し、国内の広範囲で大きな揺れや被害の記録がある明応七年六月十一日の地震に関する県内史料を調査し、安濃津の被害について検討した。次に、これまでの研究成果とも総合し、三重県内での状況という視点から、明応七年六月の地震及び同年に発生した一連の地震の全体像を考察することを試みた。

はじめに、今回の県内史料調査で、『神社明細帳』の中に、「(前略)明應三年甲寅五月七日諸國大地震同七年戊午六月十一日又地震此ノ時當神社并二小丹ノ郷ノ人民更ニ小丹塩屋ニ遷移ス地震數日ノ間ニシテ遂ニ小丹ノ郷為逆浪化海(以下略)」との記述を発見した。これは、現在、津駅西方にある小丹(おに)神社の由緒に関する内容である。明応七年六月十一日に地震があり、小丹神社と小丹の住民は、小丹塩屋に移ったこと、移る数日の間に、逆浪(さかなみ)により、小丹の土地が海と化したことが記されている。「逆浪」という言葉から、このとき発生した事象に津波が関与していたことが示唆される。

明応地震で壊滅した港湾都市安濃津について述べた矢田(1996)が紹介している史料の中にも、明応七年六月の地震に関する記述が複数みられる。『大日本国誌』には、「恵日山観音寺 安濃郡津大門町ニ在リ(中略)往昔八今ノ津興村辺ニ在リシカ、明応三年庚寅五月七日・七年戊午六月十一日ノ地震ニ、土地海中ニ沈没セルヲ以テ、今ノ地ニ移ル(以下略)」とあり、また、西来寺の歴代の記録を編集した『龍宝山西来寺歴代記』には、三世の代の記録として、「寺地遷 明応七年午ノ六月ノ大地震ニ、元津ノ寺社・民屋、悉皆海潤ト成リヌ(以下略)」とある。恵日山観音寺と西来寺は、現在津市内にある寺院であり、いずれの記事からも明応七年六月の地震により、敷地等が海中に沈んだため、移転を余儀なくされたことがわかる。

これらの記述から、当時安濃津と呼ばれていた一帯は、明応東海地震ではなく、明応七年六月の地震によって、海中に没するような大きな地変が発生し、すでに大きな被害を受けていたことが推測される。

これまでの研究からは、明応七年六月十一日の地震での状況が明らかにされてきており、三重県周辺の地震記事も多い。津波に関して、都司(1980)は、豊橋市にある素戔鳴神社の流失記録から、当時神社が流失した場所で少なくとも3m以上の津波を推定しており、都司(1999)は、鳥羽市国崎の『常福寺文書』の記載から津波被害を、志摩市浜島町の『塩屋地下文書』の記録から、大きな津波があったことをそれぞれ想定している。また、都司(1980)、中村・西山(1998)、都司(1999)を参考にすると、京都、熊野三山、伊勢志摩、渥美半島にかけての広範囲で、特に申の刻頃を中心として強震動に関する記事が分布しており、これらは同一の地震によりもたらされた揺れであったと考えられる。

一方、飯田(1980)は、明応東海地震津波での溺死者が、伊勢大湊で5,000余人、伊勢志摩で約1万人であったことを紹介しており、三重県内で極めて大きな被害となっていたことがわかる。

これらを総合すると、明応七年六月十一日の大地震と八月の明応東海地震によって、三重県内は、広範囲が二度にわたって大きな揺れと大津波に襲われていたことになる。「最大クラスの津波」に加え、二か月余りの間に二度にわたって大きな被害を受けるというパターンは、三重県内で今後考慮すべき被災パターンの一つであると考えられる。

(引用文献)

- 飯田汲事(1980): 天正地震(1586)・明応地震(1498)の地震と津波災害について、自然災害資料解析, 7, 170-182.
中村操・西山昭仁(1998): 明応南海地震の存在について - 明応7年6月11日の地震の可能性, 歴史地震, 14, 193-199.
都司嘉宣(1980): 明応地震・津波の史料状況について, 海洋科学, 12-7, 504-526.
都司嘉宣(1999): 南海地震とそれに伴う津波, 月刊地球, 号外24, 36-49.
矢田俊文(1996): 明応地震と港湾都市, 日本史研究, 412, 31-52.

キーワード: 安濃津, 逆浪, 明応七年六月十一日の地震

Keywords: Anotsu, Sakanami, The earthquake of June 30, 1498

遠州灘・熊野灘撓曲およびその周辺の変動地形に関する考察 Discussion on the tectonic landform in and around the Enshu and Kumano trough

鈴木 康弘^{1*}, 杉戸 信彦¹, 渡辺 満久², 石黒 聡士¹, 松多 信尚¹, 中田 高³, 千田 良道¹

SUZUKI, Yasuhiro^{1*}, SUGITO, Nobuhiko¹, WATANABE, Mitsuhisa², ISHIGURO, Satoshi¹, MATSUTA, Nobuhisa¹, NAKATA, Takashi³, Yoshimichi Senda¹

¹ 名古屋大学, ² 東洋大学, ³ 広島大学

¹Nagoya University, ²Toyo University, ³Hiroshima University

遠州灘・熊野灘および紀伊水道における大陸棚外縁は、単に海域と陸域の地殻構造の境界というだけでなく、地形および地層に撓曲が認められ活構造である可能性が高い(鈴木,2004, 2010)。このことについては1970~80年代に既に指摘があった(茂木,1977, 中村,1985)が、その後はとくに注目されてこなかった。中田ほか(2009)は、海域の詳細な地形標高データを立体的に判読することにより、明瞭な撓曲地形と多数の地滑り地形を確認してこれを追認した。さらに遠州灘においては撓曲崖の部分に、非必従的に蛇行する海底谷が存在することから、遠州灘においては地形発達のにも撓曲が比較的新しい時期に発生し、活動を継続している可能性が高いことを指摘している。その後、遠州灘においても様々な海底探査が進み、ここでは大陸棚外縁を構成する中新統等の古い地層には必ずしも累積的な変形を示さないこと等から存在を確認できないとする報告もある。しかし外縁斜面は第四紀後期の地層の堆積面であることは明瞭に確認されることから、新しい時期における撓曲運動の存在は確実である。音波探査の深度不足等の問題がある。

この撓曲と地震との関係について、以下のような特徴的な現象がある。昭和の東南海地震と南海地震の際、撓曲より南側において岬の南方ほど高く跳ね上がる変形が生じた。紀伊半島では主に南海地震において隆起が生じた。東南海地震の直前の掛川の水準点異常の確認地点は遠州灘撓曲の東方延長に当たる。

さらに周辺陸域の地形的特徴として以下が注目される。遠州灘撓曲の東方延長において牧ノ原撓曲が確認され、MIS5eの海成段丘面に比高50m以上の変形が確認される(小池・町田,2001)。熊野灘撓曲の西端付近に位置する熊野市鬼ヶ城付近にかねてから地震性隆起の結果であるとされてきた海蝕地形がある。

本発表においては ~ を概説するとともに、 を検証するためにLiDAR計測を実施したため、その解析結果から熊野市付近の地震性地殻変動の可能性について考察を加える。

小池一之・町田 洋(2001):日本の海成段丘アトラス,東京大学出版会.

茂木昭夫(1977):日本近海海底地形誌,東京大学出版会.

中村光一(1985):日本全国沿岸海洋誌,東海大学出版会.

中田高ほか(2009):地震学会予稿集

鈴木康弘(2004):月刊地球,26,809-816..

鈴木康弘(2010):科学,80,779-781.

キーワード: 海底活断層, 撓曲, 地震性隆起, 海岸地形, 南海トラフ

Keywords: Submarine active fault, flexure, co-seismic uplift, coastal landform, Nankai trough

新しい相模トラフ沿いの海溝型地震像 房総半島完新世離水海岸地形の高度と離水年代の新知見から
Newly identified gigantic plate-boundary earthquakes occurring along the Sagami Trough, central Japan

遠藤 香織¹, 宮内 崇裕^{1*}

ENDO, Kaori¹, MIYAUCHI, Takahiro^{1*}

¹ 千葉大学大学院理学研究科

¹ Graduate School of Science, Chiba University

1923年の大正関東地震(M7.9)と1703年元禄関東地震(M8.1)に伴う顕著な海岸隆起をレファレンスとして、房総半島南部に発達する階段状の離水海岸地形の高度と離水年代の特定から相模トラフ沿いに発生した完新世古地震の復元がなされてきた。そのシナリオは、房総南端で5~6mの大きな隆起を産む“元禄型地震”が4回、その間に起こった10回前後の“大正型地震”(房総南端で1.8mの隆起)の組み合わせであった。しかし、石田(2001)が館山市香の沼面(標高20mほど)より高位の標高25.3mに隆起海食洞を発見して、採取した原地性サンゴ・貝化石から約5200年前という14C年代を報告したこと、宇野ほか(2008)が内房には外房と対比されない2つの海成段丘が存在する対比試案を示したことから、従来の離水海岸地形の区分・年代や関係した古地震の時空ダイアグラムについて再検討する必要が生じた。本研究では、1/10,000大縮尺空中写真・1/2500地形図を用いた詳細地形判読を行い、現地調査により離水時期を知るための生物化石群集の採取とC14年代測定を行った。その結果、完新世離水海岸地形の高度と離水年代について新知見を得たので、それに基づく相模トラフ沿いの新しい海溝型巨大地震像を提示する。

(1) 内房地域: 比高数m以上を持つ完新世離水海岸地形のレベルは少なくとも7つ(T_i~T_{viii})認められた。館山市香において従来沼面とされたT_vの構成層(標高20m)から得た貝化石(アカガイの類)の14C年代は2540 ± 40 yBPを、T_vの基盤となっている地層内の原地性サンゴ(キッカサンゴ)のそれは6820 ± 40 yBPを示した。このサンゴは水深10mほどに生息することから(店崎, 2000MS), 約7000年前の潮間帯(海面)は標高30m付近の離水ベンチT_v形成期に対応する。これは、T_{ii}レベルの出野尾遺跡の海食洞穴(25.3m)から産出した穿孔貝(ニオガイモドキ)は5420年 ± 40yBPを示すことから支持される。

(2) 外房地域: 比高数m以上を持つ完新世離水海岸地形のレベルが少なくとも5つ(T₃~T₇)認められる。T₃は沼面相当であるが、標高が従来のそれより5m以上高く30mに達する。T₄とT₅は沼面を細分したものである。T₆とT₇は沼面と沼面にそれぞれ相当する。

(3) 離水海岸地形が地震性隆起に伴うものとする、完新世における大型の隆起地震は7~8つ、その中で内房から外房へ対比されるものは少なくとも4つである。これらの数と対比の相違は、大きな隆起を伴う巨大地震の間隔が従来の説より短いこと、3つのタイプの地震(房総半島全体を隆起させる地震、内房を中心に隆起させる地震、外房を中心に隆起させる地震)がepisodicに発生してきたことを示している。すなわち、相模トラフ沿いで起こる巨大地震の震源破壊域がいつも同じでないことを示唆する。

キーワード: 海溝型地震, 相模トラフ, 完新世離水海岸地形, 離水生物群集化石, 放射性炭素年代, 古地震

Keywords: plate-boundary earthquake, Sagami Trough, Holocene emerged shoreline topography, coral and shell fossil, radiocarbon date, paleoseisimology

福井県・浦底断層の完新世活動

Holocene faulting of the Urazoko Fault in Fukui Prefecture on the Sea of Japan

杉山 雄一^{1*}, 坂本 泉², 滝野義幸², 宇佐見琢哉³, 岸本弘樹⁴, 永田高弘⁴

SUGIYAMA, Yuichi^{1*}, SAKAMOTO, Izumi², Yoshiyuki Takino², Takuya Usami³, Hiroki Kishimoto⁴, Takahiro Nagata⁴

¹産総研活断層・地震研究センター, ²東海大学海洋学部, ³総合地質調査株式会社, ⁴株式会社ダイヤコンサルタント
¹AFERC, AIST, GSJ, ²School of Marine Science and Technology, Tokai Univ., ³Sogo Geophysical Exploration Co., Ltd., ⁴Dia Consultants Co., Ltd.

1. はじめに

平成 23 年度文科省「沿岸海域における活断層調査」の一環として、敦賀湾において浦底 - 柳ヶ瀬山断層帯浦底断層の音波探査とコアリングを行った。また、日本原子力発電株式会社（以下、日本原電と呼ぶ）に浦底断層の調査資料を開示戴き、検討を行った。これらの調査・検討結果に基づき、浦底断層の完新世活動について考察する。音波探査とコアリング調査の詳細についてはポスター発表を参照されたい。

2. 敦賀市手沖

浦底断層は浦底湾とその北東側の浦底半島との地形境界に沿って南東に伸び、敦賀市色浜沖の敦賀湾内で南に向かって Y 字状に分岐する。コアリングはこの 2 つの断層分岐のうち、東側の分岐（日本原電の F-39・40 断層）を対象として実施した。コアリング地点では鬼界アカホヤ火山灰（K-Ah）の降下層準に約 2m の高度差が認められるが、音波探査断面ではこの高度差が K-Ah 降下層準の断層変位なのか、断層活動後の埋積過程を示すものなのか断定できない。日本原電 NFWM10-2 測線の音響断面上で K-Ah 降下層準を西に追跡すると、もう一方の断層分岐（F-41 断層）により、K-Ah の推定降下層準は約 1.7m の上下変位を被っている。また、沖積層基底から K-Ah 推定降下層準まで、上下変位の累積は認められない。今回の音波探査では、F-41 断層による K-Ah の推定降下層準の上下変位量は約 1.7~2m と計測される。また、F-41 断層を横切る複数の断面で、K-Ah の推定降下層準より上位の反射面群に小規模な東上がりの変形が認められ、K-Ah 降下後、2 回（以上）の活動が推定される。以上の結果から、コアリング地点における約 2m の K-Ah 降下層準の高度差は、F-39・40 断層による同層準の上下変位を示すと推定される。2 条の断層の変位量を足し合わせた K-Ah 降下層準の上下変位量は約 3.7~4m と見積もられる。

3. 敦賀市色浜沖

敦賀市色浜沖の浦底断層（日本原電の F-39 断層、ここでは断層は 1 条）については、日本原電によりボーリング調査が行われ、K-Ah 降下層準の上下変位量は 4.4m と求められている。この値は上述した敦賀市手沖における K-Ah 降下層準の上下変位量と同等ないしこれよりやや大きい。また、海成沖積層の基底から K-Ah 降下層準までの厚さは隆起側 7.1m、沈降側 7.9m であり、両側で 0.8m の違いしかない。この期間には顕著な上下変位を伴う断層活動はなかったと推定される。

4. 浦底湾内

日本原電による音波探査によって、明神崎南方の浦底湾内には F-39b 断層と呼ばれる分岐断層が確認されている。日本原電 NFWMSX3-2 測線では、ボーリング地点から追跡した K-Ah の推定降下層準より上位に、2 回の断層活動が識別され、同層準の F-39b 断層による上下変位量は約 1.8m と見積もられる。この地点でも、沖積層堆積開始以降、K-Ah の推定降下層準まで、断層変位の累積は認められない。主断層の F-39 断層については、変位量データは得られていないが、F-39b 断層と同等以上の変位量をもつと考えると、明神崎南方における浦底断層による K-Ah 降下層準の上下変位量は約 3.6m 以上と推定される。

5. 敦賀発電所敷地近傍のトレンチ地点

掘削時の原状が維持されているトレンチ南壁面の観察を行い、8400 ± 50 yBP の年代が得られている沖積層に衝上する断層とこれを切る断層を確認した。また、日本原電から開示戴いた北壁面のスケッチによると、浦底断層は K-Ah 火山灰を含む砂層とこれを覆う砂礫層を切っている。同火山灰が検出された層準の縦ずれ変位量（断層面に沿って測った傾斜方向の変位量）は、2.6m 以上と判読される。

6. ウツロギ峠北方断層

今回の音波探査結果によると、敦賀湾東部のウツロギ峠北方断層については、複数の測線において、表層堆積物中の内部反射の形状とその分布深度より推定された K-Ah の降下層準より上位に、2 回の断層活動が識別された。K-Ah の推定降下層準の変位量は約 2.7m である。

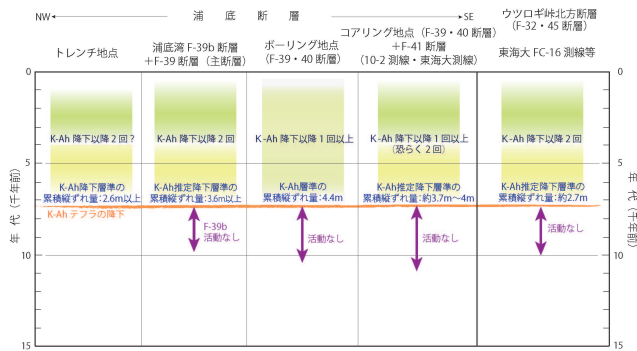
7. 浦底断層の完新世活動

以上の調査・検討結果を総合すると、敦賀湾中央部～トレンチ地点の浦底断層は、完新世においては約7300年前のK-Ahの降下後に2回、明瞭な上下変位を伴う活動を行った可能性が高い。K-Ah降下層準の累積上下変位量は約4m、1回の活動に伴う上下変位量は平均約2mと推定される。日本原電によるトレンチ地点での条線の計測結果等から、浦底断層は上下変位と同等以上の左横ずれ変位を伴うと考えられ、1回の活動に伴うネットスリップは3m以上に達した可能性がある。ウツロギ峠北方断層もK-Ah降下後に2回活動し、浦底断層と連動した可能性がある。

謝辞：調査資料を開示戴いた日本原子力発電株式会社に深く御礼申し上げます。

キーワード: 活断層, 浦底断層, 敦賀湾

Keywords: Active fault, Urazoko fault, Tsuruga Bay



郷村断層帯海域延長部における断層分布と活動性について Fault distribution and activity on an offshore extension of the Goumura fault zone

阿部 信太郎^{1*}, 山本 博文², 荒井 良祐³, 岡村 行信⁴

ABE, Shintaro^{1*}, YAMAMOTO, Hirofumi², ARAI, Ryoyu³, OKAMURA, Yukinobu⁴

¹ 地震予知総合研究振興会, ² 福井大学, ³ 川崎地質株式会社, ⁴ 産総研活断層・地震研究センター

¹ADEP, ²Fukui University, ³KGE Co., Ltd, ⁴AIST AFERC

1927年北丹後地震(M7.3)の際に地表地震断層が出現した郷村断層帯の海域延長部において海底活断層調査を実施した。本研究は、文部科学省からの委託として、郷村断層帯の海域部への連続性、全長、セグメント区分、活動履歴を明らかにすることを目的とする。今回の調査では、郷村断層帯の海域延長部に分布する丹後半島北西沖合の断層を横断して浅層部の詳細な地質構造を把握するための高分解能マルチ・チャンネル反射法地震探査を20測線実施した。また、沿岸部の露岩域においては精密地形調査を実施した。さらに活動性評価に必要な地層の年代を把握するためのピストンコアリングも実施した。各反射記録断面においては調査海域全域にわたって断層運動に伴う海底変位および第四紀層の変形が明瞭に捉えられている。断層の多くは郷村断層帯と同じ北北西-南南東方向に延びているが、一部にその共役系にあたる北東-南西方向、東-西方向に延びる断層も認められる。また、海底地形図においては沿岸露岩域に直線状の低崖が断続的に分布しているのが把握された。以上の調査結果および既存資料を踏まえると、郷村断層帯海域延長部においては全長約40kmにおよぶ活構造が推定される。

キーワード: 郷村断層, 北丹後地震, 沿岸海域, 活構造, 高分解能反射法地震探査, 精密地形調査

Keywords: Goumura fault, Kita-tango earthquake, offshore, active structure, high-resolution multichannel seismic reflection surveys, high accuracy topography survey

2008年四川大地震の地表地震断層の長さとお青川断層沿いの地震断層 Coseismic surface rupture length produced by the 2008 Mw 7.9 Wenchuan earthquake, the Longmen Shan Thrust Belt, China

林 愛明^{1*}, ラオ ガン², ヤン ビン²
LIN, Aiming^{1*}, RAO Gang², YANG Bing²

¹ 静岡大学大学院、理学部地球科学科, ² 静岡大学大学院

¹Institute of Geosciences, Faculty of Science, Shizuoka Univ., Japan, ²Graduate School of Science and Technology, Shizuoka Univ., Japan

The magnitude (Mw) 7.9 (Ms 8.1) Wenchuan earthquake occurred on 12 May 2008 and ruptured active faults of the Longmen Shan Thrust Belt (LSTB), which marks the boundary between the eastern margin of the Tibetan Plateau and the Sichuan Basin. Although many studies of the 2008 Mw 7.9 Wenchuan earthquake have described the ground deformation features, rupture mechanism, and structural features of the seismogenic fault zone associated with this event, debate remains concerning the total length of the co-seismic surface rupture zone and whether the earthquake ruptured the Qingchuan Fault in the northeastern segment of the Longmen Shan Thrust Belt (LSTB), China. Based on our initial fieldwork carried out 2 days after the 2008 Wenchuan earthquake, we reported that the earthquake produced a ~285-km-long surface rupture zone along the LSTB, at the eastern margin of the Tibetan Plateau, dominated by thrust slip and right-lateral displacement along the central and northeastern segments of the zone, and by left-lateral displacement along the southeastern segment (Lin et al., 2009, 2010). However, other field-based studies have reported that the total length of the co-seismic surface rupture zone is 200~240 km and that the Qingchuan Fault was not ruptured by the Wenchuan earthquake (e.g., Liu-Zeng et al., 2009; Xu et al., 2009; Yin, 2010; Zhang et al., 2010). The length of surface rupture produced by large, individual earthquakes is a key parameter in assessing the seismic moment, the rupture mechanism, the degree of seismic hazard, and the activity of a seismogenic fault, including the recurrence interval of large earthquakes and the long-term slip rate. Therefore, additional work is needed to constrain the length of the co-seismic surface rupture and the location of rupture termination at the northeastern segment of the LSTB, in order to accurately assess the nature of the seismic hazard in the densely populated Sichuan region of China.

In this study, we present new field evidence that the Qingchuan Fault was ruptured by the 2008 Wenchuan earthquake and that the total length of the co-seismic surface rupture zone is up to 285~300 km. Field investigations reveal that the earthquake produced a ~60-km-long surface rupture zone along the pre-existing Qingchuan Fault, with the offset being mainly right-lateral strike-slip and a distinct component of vertical slip. Co-seismic surface ruptures are characterized by faults and extensional cracks. Field measurements indicate co-seismic right-lateral strike-slip displacements along the Qingchuan Fault of 0.3~0.6 m and vertical offsets of 0.2~0.5 m, which differs to the displacements observed along the central and southwestern segments of the Wenchuan surface rupture zone in the displacement amount and sense. The change in slip sense from thrust-dominated slip in the central and southwestern segments of the LSTB to right-lateral strike-slip-dominated displacement along the Qingchuan Fault (northeastern segment of the LSTB) reflects a change in the orientation of compressive stress along the LSTB, associated with eastward extrusion of the Tibetan Plateau as it accommodates the ongoing penetration of the Indian Plate into the Eurasian Plate.

Reference:

Lin, A., Rao, G., and Yan, B., 2012. Field evidence of rupture of the Qingchuan Fault during the 2008 Mw7.9 Wenchuan earthquake, northeastern segment of the Longmen Shan Thrust Belt, China. *Tectonophysics*, DOI: 10.1016/j.tecto.2011.12.012 (in press).

キーワード: 2008 四川大地震, 地表地震断層, 青川断層, 龍門山褶曲-逆断層帯, 活断層, チベット高原

Keywords: 2008 Wenchuan Earthquake, coseismic surface rupture, Qingchuan Fault, Longmen Shan Thrust Belt, active fault, Tibetan Plateau

フィリピン断層から発生する地震の地域的多様性-大地震からクリープ変位まで- Along-strike variation of seismic behavior of the Philippine fault

堤 浩之^{1*}, Perez Jeffrey²

TSUTSUMI, Hiroyuki^{1*}, PEREZ, Jeffrey²

¹ 京都大学大学院理学研究科地球物理学教室, ² フィリピン火山地震研究所

¹Department of Geophysics, Kyoto University, ²Philippine Institute of Volcanology and Seismology

フィリピン断層は、フィリピン弧を縦断する長さ約 1250km の長大な左横ずれ断層である。この断層は、中央構造線やスマトラ断層と同様に、海洋プレートの斜め沈み込みに起因する島弧中央横ずれ断層である。フィリピン断層の地震活動は非常に活発で、過去 100 年間に地震断層を伴う大地震を数回発生させている。過去 400 年間の歴史地震記録やトレンチ掘削調査により明らかとなった古地震データに基づくと、フィリピン断層から発生する地震の規模や間隔は地域ごとに大きく異なる。すなわち、通常は断層面が完全に固着し数百年間隔で大地震を発生させる区間から、地震断層を伴う中規模地震が頻発する区間や断層変位のほとんどがクリープ変位でまかなわれる区間まで存在する。

フィリピン断層の南北両端に位置するルソン島の中中部やミンダナオ島では、断層は大きな地表変位を伴う M7 以上の大地震で破壊する。ルソン島中部のフィリピン断層は、左雁行配列する 4 条の活断層から構成されている。1990 年の Mw7.7 の地震では、ディグディグ断層に沿って長さ 125km の地震断層が出現し、横ずれ変位量の最大値は約 6m であった(中田ほか, 1990)。トレンチ掘削調査では、ディグディグ断層で発生した過去 4 回の地震の平均発生間隔が 500?600 年と見積もられた。ディグディグ断層の南に位置するガバルドン断層は、1645 年の大地震 (Ms7.9) で破壊したと考えられている (Bautista and Oike, 2000)。ミンダナオ島のフィリピン断層も、引張性のステップや分岐で隔てられた数条の断層トレースから構成される。ミンダナオ島では、1879 年と 1893 年に、それぞれ ML7.4 と Ms7.3 の大地震が発生したことが知られており (Bautista and Oike, 2000)、我々の地形調査でそれらの地震に伴って出現した地震断層を確認した。1879 年の地震断層のトレンチ掘削調査では、過去 3?4 回の断層活動の痕跡が見いだされ、平均活動間隔が 300?400 年であることが明らかとなった。同様に、1893 年の地震断層のトレンチ掘削調査では、530?800 年の平均活動間隔が明らかとなった。

それに対して、断層中部のマスパテ島やレイテ島のフィリピン断層の歴史地震活動はルソン島やミンダナオ島と大きく異なる。マスパテ島やレイテ島では、過去 400 年間に M7 以上の地震の発生は知られていない (Bautista and Oike, 2000)。断層の地表トレースは連続的で、規模の大きなギャップやステップは存在しない。マスパテ島では、2003 年に発生した Ms6.2 の地震で長さ約 18km の地震断層が生じた。最大変位量は約 50cm であった (PHIVOLCS Quick Response Team, 2003)。Papiona and Kinugasa (2008) はこの地震断層のトレンチ掘削調査を行い、過去約 680 年間に 4 回の断層活動の痕跡を見だし、平均活動間隔を 130?170 年と見積もった。レイテ島では、過去 400 年間にフィリピン断層の近傍で発生した最大の地震のマグニチュードは Ms 6.1 であり、地震断層を伴うような大地震は発生していない (Bautista and Oike, 2000)。レイテ島の北端部に位置するレイテ市街地では、断層に沿ってクリープ変位が観察される。道路のセンターラインや縁石、住宅の敷地のフェンスや家屋が累積的に左ずれ変位を受けており、それらの変位量と建造年代から、12?22mm/yr のクリープ変位速度が算出された。この変位速度は、マスパテ島で GPS 観測によって明らかとなったフィリピン断層の変位速度 22 ± 2 mm/yr (Bacolcol et al., 2005) に匹敵する。

このような断層の走向方向への地震発生様式の多様性は、サンアンドレアス断層と似ている。フィリピン断層に関しては、この多様性を検討するのに十分な地球物理学的・地質学的データは存在しないが、脆性破壊する地殻の厚さが関連していることを予察的に指摘することができる。フィリピン断層は、フィリピン海プレートの沈み込みに関連した火山フロントをレイテ島付近で横切り、レイテ島には断層に沿って多くの地熱地帯が分布する。レイテ島では地殻熱流量が高いため脆性破壊する地殻が薄く、従って大地震を引き起こすような弾性ひずみを蓄積することができない可能性がある。一方、断層が火山フロントから十分に離れたルソン島やミンダナオ島では、断層面が固着しているため大きな弾性ひずみを蓄え、それを大地震と共に解放すると考えられる。

キーワード: フィリピン断層, 歴史地震, トレンチ掘削調査, 地震の規模と間隔, クリープ変位

Keywords: Philippine fault, historical earthquakes, trenching, size and interval of surface-rupturing earthquakes, creeping

Evidence of Late Holocene subsidence and tsunami deposit from west coast of Andaman Island, Andaman and Nicobar Islands

Evidence of Late Holocene subsidence and tsunami deposit from west coast of Andaman Island, Andaman and Nicobar Islands

AFZAL KHAN^{1*}, JAVED N MALIK¹
KHAN, AFZAL^{1*}, JAVED N MALIK¹

¹IIT KANPUR

¹IIT KANPUR

Evidence of Late Holocene subsidence and tsunami deposit from west coast of Andaman Island, Andaman and Nicobar Islands

Afzal Khan¹, Javed N Malik¹, M. Shishikura², Chiranjib Banerjee¹, P. Chitrabhanu³, Ashok K. Singhvi³ and S. M. Hussain⁴

¹Department of Civil Engineering, IIT Kanpur, Kanpur 208016, UP, India

Email: javed@iitk.ac.in; afzal@iitk.ac.in; chiroban@iitk.ac.in

²Active Fault and Earthquake Research Center, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Site C7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba 305-8567, JAPAN

E-mail: m.shishikura@aist.go.jp

³Physical Research Laboratory, Navarangpura, Ahmedabad 380 009, India

E-mail: 2akspr11@gmail.com

⁴Department of Geology, University of Madras, Guindy Campus, Chennai-600 025

E-mail: smhussain7@hotmail.com

The Tirur village located about 1.5-2.0 km inland along the western coast of Andaman experienced marginal subsidence during 2004 Sumatra-Andaman earthquake. The area was found inundated during 2005. In 2009-10 we observed that the area was transformed to tidal-marsh. To identify the signatures of past seismic events if any preserved in sediment stratigraphy 2-3 trenches were dug and 3 geoslice sections were obtained from Tirur. At Tirur the exposed stratigraphic section in trenches and geoslices revealed occurrence of a thick (~40 cm) peaty unit - probable represents tidal-marsh or wetland. At places the peaty unit is disturbed by intrusion of sand dykes, caused by liquefaction due to strong ground shaking during Event (I) as well as bioturbation. About 12-15 cm thick poorly stratified unit comprised of peat+medium-fine sand above peaty unit suggests deposition during subsequent phase of deposition after the event, probably in a tidal-marsh/intertidal environment (?). The area experienced subsidence which could be justified by the overlying silty-clay unit suggestive of intertidal condition. The sediment sequence in the upper section with silty-sand and a peaty unit suggests gradual change from intertidal to tidal and to marsh or wetland. This could be related to gradual emergence of the area during interseismic period. Finally the area was again subsided during 2004 Sumatra-Andaman earthquake, again getting converted to tidal-marsh. AMS of rhizome and charcoal, OSL age of the sediments suggests that the Event-I occurred during 3000-3500 yr BP and a gradual uplift during 1100-230 yr BP. Two geoslices samples obtained from Collinpur-char village located along the coast of South Andaman Island revealed occurrence of multiple layered tsunami events. Our preliminary inference suggests that at least 2-tsunami (??) events that occurred during 3800 yr BP and 1200 yr BP.

キーワード: Earthquake, Tsunami, Andaman, Sediment, Subsidence, OSL Dating

Keywords: Earthquake, Tsunami, Andaman, Sediment, Subsidence, OSL Dating

ヒマラヤ前縁帯カングラ-ダラムサラ地域の活構造と古地震 Active tectonics and paleoseismology of the Himalayan front in the Kangra-Dharmshala area

奥村 晃史^{1*}, MALIK, Javed N.², DIKSIT, Onkar², 加藤照之³, SAHOO, Santiswarup², PASARI, Sumanta², MOHANTY, Asmia², 竹本仁美¹
OKUMURA, Koji^{1*}, MALIK, Javed N.², DIKSIT, Onkar², KATO, Teruyuki³, SAHOO, Santiswarup², PASARI, Sumanta², MOHANTY, Asmia², TAKEMOTO, Hitomi¹

¹ 広島大学大学院文学研究科, ² インド工科大学カンプール校, ³ 東京大学地震研究所

¹ Graduate School of Letters, Hiroshima University, ² Indian Institute of Technology at Kanpur, ³ Earthquake Research Institute, University of Tokyo

ヒマラヤ前縁帯では、プレート境界メガスラストにおいて巨大地震が繰り返し発生すると同時に、プレート境界に隣接する上盤プレート内にも多くの活断層が存在し M7 クラスの地震発生が予想される。インドのヒマラヤ前縁帯とその南側のヒンドスタン平原は都市・農村ともに人口の集中が著しく産業の集積も進んでいる地域であるが、地震災害のリスクに関わる情報は乏しく地震災害軽減の施策も行き届いていない。近年のインドの経済成長はこの地域の自然災害リスクを高めているが、対策はとられていない。プレート境界の巨大地震の発生履歴については少数の古地震調査と限られた歴史記録から解明が行われているが、将来予測の検討にはいたっていない。上盤プレート内の活断層の存在については知見が蓄積されつつあるが、古地震データが取得されているのは、Pinjaur Garden fault 以外になく、危険度の評価にはほど遠い状況にある。筆者らはヒマラヤ前縁帯の地震危険度を評価して災害軽減への取り組みを推進するための基礎情報の取得を目指し、活断層・古地震情報の収集と分析を進めてきた。そして 2010 年から 2015 年にかけては、独立行政法人国際協力機構 (JICA)・独立行政法人科学技術振興機構 (JST) による地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム『自然災害の減災と復旧のための情報ネットワーク構築に関する研究』の一環として調査・研究を実施している。この調査・研究には、インド工科大学カンプール校、東京大学、広島大学が参加し、GPS 観測網の整備とリモートセンシング・地形計測技術・地形地質踏査による活断層・古地震研究を進めている。2010 年・2011 年には、Himachal Pradesh 州 Kangra-Dharmshala 地域および Pinjaur 地域、Punjab 州 Hajipur 地域、Uttarakhand 州 Ramnagar 地域で調査を実施した。特に Kangra-Dharmshala 地域では、従来記載されていなかった断層、Kangra Valley fault を見いだして詳細な記載と、地下レーダー調査、トレンチ調査を実施した。

キーワード: 古地震, 活断層, インド, ヒマラヤ, トレンチ

Keywords: paleoseismology, active fault, India, Himalay, trenching

断層の新しい年代評価法を目的とした断層破碎物質色彩分析の試み Color analysis of a fault rock aiming at the new dating method of a fault

村上 雅紀^{1*}, 佐藤 ふみ¹, 丸山 美智子¹, 海田 華苗², 鷓沢 貴文², 瀬崎 章太郎², 内田 淳一³, 道口 陽子³, 堤 英明³
MURAKAMI, Masaki^{1*}, SATO, Fumi¹, MARUYAMA, Michiko¹, Kanae Kaida², Takafumi Uzawa², Shotaro Sezaki², Jun-ichi Uchida³, Yoko Michiguchi³, Hideaki Tsutsumi³

¹ 応用地質株式会社, ² 株式会社環境地質, ³ 独立行政法人 原子力安全基盤機構

¹OYO Corporation, ²Kankyo Chishitsu Co., Ltd, ³Japan Nuclear Energy Safety Organization

断層の運動履歴を評価する手がかりとして、一般的に断層運動後に堆積した上載地層の年代測定が行われる。これは、断層の上載地層に含まれる有機物の炭素 14 年代測定や火山灰のテフラ年代測定などを行うことによって、断層が地層(岩盤)を切った年代の下限を知り、それを断層の運動年代とみなすことができるためである。しかしながら、我々が標準的に観察できる断層は、地表にすでに露出し上載地層が存在していないものも多い。そういった断層では、断層破碎物質の放射年代分析などによって、岩石破碎もしくは熱水等による岩石変質の年代を求めることで、断層の運動履歴が復元される。断層運動に伴う変質作用は破碎作用と比べて浅い深度で発生することから、断層帯における変質履歴を紐解くことによって、比較的若い年代の断層運動履歴が復元されることが期待される。本研究では、断層帯における変質作用の一つである岩石の変色現象(Nagano and Nakashima, 1989)に注目し、断層破碎物質を用いた岩石試料の色彩分析を行った。岩石試料の色彩測定に関する先行研究としては、菊山ほか(1998)や高田ほか(2002)によって地すべり面を用いた色彩分析が行われ、すべり面の判定方法として色彩測定が有効であることが示された。最近では、西山ほか(2011)によって色彩変化や色彩測定法の基礎研究が行われ、方法論が整理された。断層帯に適用した例としては、宮下ほか(2011)によって鳥取県西部地域における断層岩の色彩測定が行われ、リニアメントによって色彩値の傾向が大きく異なっていることが明らかになった。このリニアメントによる色彩傾向の違いは、断層の活動性の違いに対応していると推定している。本研究ではこれらの研究結果に基づき、新たに4つの断層帯の色彩分析を行い、断層の運動履歴の復元法として適用できるかどうかの検証を試みた。

調査対象とする断層帯は、淡路断層帯、郷村断層帯、山崎断層帯、警固 - 西山断層帯である。色彩測定にはコニカミノルタ製の分光測色計 CM-700d を使い、表色は L*, a*, b* 表色系とした。L*a*b* 表色系では、明度を L*、色相と彩度を示す色度を a*、b* で表わし、+ a* は赤方向、- a* は緑方向、+ b* は黄方向、- b* は青方向を示す色彩値である。

色彩分析の結果、ほとんどの断層岩試料で a* と b* は強い正の相関を示した。これは岩石試料の色彩変化について、赤色系 a* の変化と黄色系 b* の変化とで強い関係性があることを表す。この結果は、宮下ほか(2011)による鳥取県西部地域における断層岩の色彩測定結果と調和的である。我々はさらに a* と b* の色彩分布に注目して、断層ごとの色彩分布の比較を行った。その結果、警固 - 西山断層帯のように運動周期が長く、最近運動していない断層の色彩分布は、正規分布もしくは対数正規分布に従うような形状を見せた。これに対し、淡路断層帯のような運動周期の短い断層の色彩分布からは、形状にバラつきのある複数のピークが見られた。これは、断層運動による変質現象が不均質であることを示し、その結果複数のピークを持つ色彩分布が得られたと考えられる。また、時間が経過した断層岩の色彩分布が正規分布に近い形状を示したことから、断層運動後は時間経過とともに拡散によって不均質性が解消されたのではないかと推測される。

キーワード: 断層岩, 年代測定, 色彩測定

Keywords: fault rocks, dating, color analysis

「孤立した短い活断層」と地下の断層構造 Surface fault traces of isolated short faults and their subsurface structure

吾妻 崇^{1*}, 谷口 薫¹, 道口 陽子²

AZUMA, Takashi^{1*}, TANIGUCHI, Kaoru¹, Michiguchi Yoko²

¹産総研 活断層・地震研究センター, ²独立行政法人 原子力安全基盤機構

¹Active Fault and Earthquake Research Center, AIST, ²Japan Nuclear Energy Safety Organization

活断層の長さは、活断層から発生する地震規模を推定するうえで重要なパラメータであるが、地表で認められる長さが短い活断層であっても地下により長い震源断層が伏在していることがある(例えば、1943年鳥取地震)。本研究では、「近接した活断層から5 km以上離れて分布する、長さが15 km以下の活断層」を「孤立した短い活断層」と設定した。日本全国を統一的な基準で網羅した既存の活断層図(「新編日本の活断層」(活断層研究会編, 1991)および「活断層詳細デジタルマップ」(中田・今泉編, 2002)から対象断層を抽出した。これらの対象断層について、縮尺1万分の1および2万分の1の空中写真を用いた地形判読を行ない、詳細な地形解析によって地表の活断層が延長する可能性について検討した。その結果、47断層の長さが延長する可能性があり、その延長率(今回の判読結果に基づく断層長/資料に基づく断層長)の平均値は1.64と算出される。次に、それらの活断層について、地質図に示されている断層および重力異常図から推定される地下構造との比較を行ない、相関性を確かめた結果、延長率(地下構造の長さ/地表での活断層の長さ: L_s)の平均値が、地質図に基づく断層の長さ(L_{gl})との比較では1.69、重力異常図に基づく地下構造の長さ(L_{gv})との比較では2.01と求められた。得られたデータに基づくと、地表での断層長と地下構造の長さとの間には $y(L_{gl})=8.87+0.72x$ および $y(L_{gv})=8.11+0.66x$ という回帰式が得られた。この結果は「孤立した短い活断層」の延長部がみえにくくなっている部分の平均的な割合を示している。本研究は、平成22年度に(独)原子力安全基盤機構から(独)産業技術総合研究所が受託して実施したものである。

キーワード: 活断層, 孤立した短い活断層, 地下構造, 地震規模, 活断層評価

Keywords: active fault, isolated short fault, subsurface structure, size of earthquake, active fault evaluation

北海道北部幌延丘陵の堆積環境と断層関連褶曲の変遷についての検討 Geological evidence of development of fault related fold in and around Horonobe hill

野原 壯^{1*}, 落合彰二¹, 常盤哲也¹

NOHARA, Tsuyoshi^{1*}, OCHIAI Shoji¹, TOKIWA Tetsuya¹

¹ 日本原子力研究開発機構 幌延ユニット

¹JAEA Horonobe unit

断層・褶曲帯の発達過程は、地形・地質調査や物理探査による情報を基に、一般に一定の規則性を持った運動を仮定して推定されている。この場合、超長期間に突発的に生じる現象については考慮されていない場合が多い。しかしながら、高レベル放射性廃棄物の地層処分においては、断層・褶曲帯の連動や活動域の移動に伴う最大規模の影響を評価する必要がある。このような時間スケールで生じる現象の情報取得は、地質学的な調査が有効と考えられる。そこで、北海道北部の幌延丘陵を事例に、露頭調査とボーリング調査の結果から、過去約300万年間の堆積環境の変遷を整理するとともに、断層関連褶曲の発達過程との関係を検討した。

北海道の中軸部には、南北に縦断する隆起帯が縦断し、その西側に沿って新第三系の断層・褶曲帯が発達する。この断層・褶曲帯は、中新世から鮮新世以降まで継続するプレート間衝突により生じたもので、300万年間の期間で見ると、いくつかの帯状の歪み集中帯が形成され、それら全体で東西方向の短縮歪みを蓄積していると考えられる(大竹ほか,2002)。幌延丘陵は、この断層・褶曲帯の西縁にあたり、主な活動域は東から西に移っている。この丘陵はサロベツ原野東縁に位置し、東側の山地には地質断層である大曲断層が分布する。丘陵北部やその北西に分布する海成段丘面は、地下数kmに伏在する逆断層のずれに伴う褶曲の成長と、これに伴う隆起の結果形成されたものと考えられ、活断層(サロベツ断層帯)の評価が行われている(地震調査委員会,2007)。

調査地域では、鮮新統~更新統に相当する声問層の上部から勇知層の層相変化が顕著であり、堆積環境の変化が予想される。まず、層相の特徴と、変化の概要を整理した結果を述べる。当該地域の声問層は、主部相と上部相に区分できる。前者は無層理の珪藻質シルト粘土岩を主体とする。後者は砂質シルト~砂岩シルト岩互層を主体とし、場所によって砂岩の狭いや礫の点在がみられる。両者は不整合関係である。この不整合面の年代は、珪藻化石層序から鮮新世後期(NPD9(Yanagisawa&Akiba,1998)の最下部:約2.4Ma)頃と推定される。声問層主部相の厚さは、丘陵から約10km南東で480m、場所により層厚は変化する。丘陵の東~南東の4ルートで、声問層主部相に対する上部相の削りこみが認められ、上位に偽礫が観察される。声問層上部相の層厚変化は場所によって顕著で、当該丘陵付近の背斜翼部に相当する露頭で50-100m程度だが、約10km南東の向斜部で420m超と推定される。

これらの地質調査の結果から、調査地域では、声問層の主部相と上部相の間の不整合を境に、深海性の静穏な堆積環境から、砂や礫が供給される浅海性の環境に変化してきたと解釈できる。声問層上部相の堆積時には、向斜部へ堆積物が集中しており、現在の褶曲構造の形成が既に開始していた可能性が高い。安江ほか(2006)は、珪藻化石帯の同定、FT年代などにより、幌延丘陵の声問層上部の堆積年代(2.3Ma)を明らかにした。彼らは、その上位の勇知層や更別層の礫種や珪藻化石種から、削剥環境の地域が、丘陵の東部から西部に広がったと推定した。

一方、当該地域における断層関連褶曲の発達過程の解析結果から、丘陵東側における境界断層の活動に伴う背斜構造の発達が示唆される。その際の堆積環境は、初期は深海性であるが、傾斜の増加に伴い海底堆積物が不安定になり、背斜翼部から向斜部への移動と再堆積が予想できる。当該地域の声問層上部相の層厚分布は、この仮説を裏付けるものと考えられる。この場合、褶曲翼部の傾斜がある程度ないと向斜部への堆積物の移動は生じない。したがって、断層関連褶曲の形成開始時期は、不整合面の年代(約2.4Ma)よりも古いと推定できる。その後、褶曲がさらに発達すると、境界断層上盤の背斜が削剥環境に変化したと考えられる。

以上の様に幌延丘陵は断層関連褶曲の発達過程において、沈降から隆起へと変換しており、堆積から侵食への転換が生じている。地層処分の長期安定性を評価するためには地形学的調査による現在の変動様式のみならず、地質学スケールの過去の変遷を考慮することが肝要となる。

大竹ほか(2002) 東京大学出版会,201., 地震調査委員会(2007) 24., Yanagisawa & Akiba (1998), J. Geol. Soc. Japan, 104, 395-414., 安江ほか(2006) 地質学雑誌, 112, 284-293.

キーワード: 断層関連褶曲, 層相, 断層・褶曲帯, 背斜, 向斜

Keywords: fault related fold, facies, fault and fold zone, anticline, syncline

函館平野西縁断層帯海域延長部における古地震調査

Paleoseismological survey on the seaward extension of the active fault along the western margin of the Hakodate Plain

楳原 京子^{1*}, 内田 康人², 仁科 健二², 村上 文敏¹

KAGOHARA, Kyoko^{1*}, UCHIDA, Yasuhito², NISHINA, Kenji², Fumitoshi Murakami¹

¹ 産業技術総合研究所, ² 北海道立総合研究機構

¹ AIST, ² HRO

函館平野西縁断層帯は函館平野と上磯丘陵を境する逆断層帯で、渡島大野断層、富川断層などから構成される。その南端は海域に続くとされている。また、函館平野西縁断層帯南西側、北斗市から上磯郡木古内町には最終間氷期以降に形成された複数段の海成段丘が分布し、その旧汀線高度分布は大局的には南に向かって減じるが、葛登支岬やサラキ岬などでは、周囲よりもやや高く、波状変形も認められる。このような海成段丘の分布から北北西 - 南南東方向に延びる活構造と、函館湾に西上りの地殻変動をもたらす活構造が存在していると指摘されてきた。

今回、講演者らは文部科学省の沿岸海域活断層調査の一環として、海域活断層の分布と性状を明らかにすることを目的とした音波探査と採泥調査を実施した。

音波探査ではブーマーを音源、ショートストリーマーを受振器とするマルチチャンネル音波探査とパラメトリック方式の地層探査装置によるシングルチャンネル音波探査の2種類を行った。採泥調査にはパイプロコアラーを用いた。

海域の音波探査記録からは、北斗市富川からサラキ岬にかけて発達する活構造が捉えられた。活構造は主に急傾斜をなす下部更新統とほぼ水平に堆積する上部更新統～完新統を境する断層で、下部更新統を覆う上部更新統～完新統には撓曲変形が認められる。茂辺地川沖から葛登支岬沖にかけては走向の異なる複数の地質構造が重なることから、断層がいくつかのセグメントに区分される可能性があり、サラキ岬以南には、これらとは異なる変位様式の活構造も認められた。これらの断層構造と沿岸の海成段丘から読み取れる旧汀線高度を照らし合わせると、大局的には海域の断層と海岸線とが離れるに従って、旧汀線高度が減じていることが分かる。また、旧汀線高度が高い茂辺地～葛登支岬、サラキ岬では、陸域から海域へとつながる北西-南東～北北西南南西方向の断層や背斜構造が発達している。このことから、これらの部分的な隆起地形が富川断層延長の断層のみならず、走向の異なるこれらの断層との運動によって形成されていると推察される。

なお、いずれの断層においてもイベント層準を認定するに十分な反射面が得られなかった。しかし、シングルチャンネル音波探査とコアとの比較から、最上部層基底は断層際で傾斜が系統的に変化しており、層厚も断層を挟んで明らかに断層下盤側で厚い。このことから、最上部層堆積期である完新世に本断層が活動した可能性が指摘される。

キーワード: 沿岸海域活断層, 函館湾, 高分解能音波探査, 柱状採泥, 古地震

Keywords: offshore active fault, Hakodate Bay, high-resolution sonic survey, coring, Paleoseismicity

奥羽脊梁山脈東麓の構造発達とセグメント区分

Active fault segmentation and structural development of the eastern flank of the Ou Backbone Range, northeast Japan

小坂 英輝^{1*}, 楢原 京子², 三輪 敦志³, 今泉 俊文¹, 内田 淳一⁴, 儘田 豊⁴

KOSAKA, Hideki^{1*}, KAGOHARA, Kyoko², MIWA, atsushi³, IMAIZUMI, Toshifumi¹, UCHIDA, Jun-ichi⁴, MAMADA, Yutaka⁴

¹ 東北大学, ² 独立行政法人産業技術総合研究所, ³ 応用地質株式会社, ⁴ 独立行政法人原子力安全基盤機構

¹Tohoku university, ²National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ³OYO Corporation, ⁴Japan Nuclear Energy Safety Organization

奥羽脊梁山脈東麓には、南北 70 km を超える北上低地西縁断層帯が発達する。北上低地西縁断層帯は、活断層が奥羽脊梁山脈の東麓に沿って発達する北部地域（和賀川付近より北部）と、それが奥羽脊梁山脈東麓沿いと北上低地内に分かれて発達する南部地域に分けられる。その島弧と直交する方向の構造発達は、大規模反射法地震探査により明らかにされつつあるが、島弧と平行な方向の構造発達の変化については、研究例が少ない。

構造発達の変化を捉えるためには、現在の強圧縮応力場の開始時期からみて鮮新世以降の地形・地質の分布図が鍵となる。しかし、変位地形の分布とテフロクロノジーに基づく地形面の編年について多くの研究がなされ、一部の地域で鮮新統～更新統の詳細な区分が行われているものの、それらの成果を統合した資料は少ない。さらにこれらの地形・地質学的データを地殻変動に結び付けるためには、逆断層が地表付近で分岐し地表で様々な変形様式をもつ特徴から、活断層の地下構造とその発達過程を理解する必要がある。そこで、本研究の目的は、1) 活断層帯を構成する各々の活断層の地表での変形を地形・地質学的に解明すること、2) 逆断層の地下構造とその発達過程を解明すること、3) 南北地域の地殻変動の違いについて考察することである。

本研究では、地表の活断層の位置と地形・地質分布を詳細に示すために地形分類図と地質図を作成し、各断層の詳細な変形様式とその活動性を明確にするために変位地形と断層露頭について記載した。次に、地下構造と断層発達過程を明らかにするために、反射法地震探査（場所により重力探査を併用）に基づきそれらの解釈を行った。また、解釈断面図から読み取られる水平短縮量と上盤側の褶曲形状から、面積バランス断面法を用いて断層モデルの断面を作図した。断層モデルの走向と南北端を、地表での変動地形・褶曲構造から検討した。

調査の結果、本地域の活断層帯は地表ではほぼ連続するようみえるが、その地表での変形を詳細にみると、断層毎に活動時期、累積変位、平均変位速度が異なることは明らかである。そして、活断層の地下構造とその発達過程をみると、地下の断層モデルの位置・形状についてさらに詳細な検証を要するものの、活断層帯は多くの構造発達の異なる断層から構成されていることが分かる。

1) 奥羽脊梁山脈（火山フロント）と北上低地（非火山性の領域）の断層モデルを比較すると、その規模と水平短縮量は奥羽脊梁山脈沿いで大きく（長さ 10～20 km；短縮 1～2 km/2 Ma）、北上低地で小さい（長さ 10～15 km；短縮 0.5 km 未満/2 Ma）。この違いは、数 100 万年の時間スケールでみて、火山フロントに沿う断層運動による変位が、北上低地のそれより 10¹ オーダーの速さで累積していることを示す。

2) 奥羽脊梁山脈東縁に沿う活断層の構造発達を南北地域で比較すると、北部地域で規模・水平短縮量が大きく、南部地域でそれらが小さい。特に、本地域の最大の水平短縮量をもつ断層は、北部地域の上平断層群 横森山断層と 1896 年陸羽地震の震源断層であり、それらは火山フロントの中でも第四紀の火山が分布しない領域にある。

3) 本地域の主要な活断層は、重力急変を示す構造体として提唱された‘いわゆる盛岡 白河構造線’のうちその北半部に沿って分布するが、同時に下部地殻の低速度領域（岡田ほか、2008）に対応しているようにみえる。

以上のような南北地域の構造発達の違いと、歴史地震の震源域、ブーゲー重力異常図、第四紀の火山の分布、地震波トモグラフィーにより示される下部地殻の不均質構造とを合わせて考えると、活断層の発達は逆断層形成前の基盤構造、第四紀火山の分布、下部地殻の不均質な速度構造に規制されていると考えられる。地表の活断層は、それらの規制をうけて、セグメントが構成されていると考えられる。

キーワード: 北上低地西縁断層帯, 反射法地震探査, 面積バランス断面法, 平均変位速度, 水平短縮量

Keywords: Kitakami Lowland fault zone, seismic reflection profiling, area balancing method, slip rate, amount of shortening

真昼山地南東縁に位置する割倉山断層の活動性と古地震履歴

Long-term activity and paleoseismicity of the Warikurayama fault along the southeastern foot of the Mahiru Mountains, no

栗田 泰夫^{1*}, 宮脇昌弘², 齋藤 勝²

AWATA, Yasuo^{1*}, Masahiro Miyawaki², Masaru Saito²

¹産総研 活断層・地震研究センター, ²(株)ダイヤコンサルタント

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²Dia Consultants Co. Ltd.

奥羽脊梁山脈の中部, 真昼山地の南東縁に分布する割倉山断層の長期的な活動性と最近の活動履歴を明らかにする目的で, 地形・地質学的調査を実施した。調査では, 空中写真および2m-グリッド-DEMを使用した地形判読と, 先第四系を含む基盤岩から段丘堆積物までの分布と構造についての踏査, および古地震調査を実施した。

1896年陸羽地震に伴って真昼山地の東西両縁には顕著な逆断層型の地震断層が出現しており, 真昼山地東縁中部に沿っては長さ約15kmの川舟地震断層が出現している。割倉山断層は, 川舟地震断層の南延長に連なる長さ約17kmで西側隆起を示す逆断層である。調査地域では, 中部中新統の大石層から鮮新統の花山層までが顕著な不整合を伴うことなく累重し, 割倉山断層による変位を被っている。これらの地層の変形は, 断層中南部の5km区間では上下変位量1100-1400m以上に達し, 幅400m以下の逆断層帯を構成する。一方, 北部の9km区間, および南部の3km区間では最大幅1kmに達する撓曲帯を伴うとともに, 上下変位量を減じている。中部更新統の芳沢層は, 著しく開析された段丘面を伴い, 断層北部の下盤側において, 幅2km程度の向斜状の変形を示す。後期更新世以降の段丘面上には, 断層中南部に沿って低断層崖が発達し, その上下変位量は約35-30kaの a 段丘面で約4m, 約20kaの b 段丘面および約3kaの c 段丘面で約2mが計測された。細内川両岸におけるトレンチ調査および露頭調査によれば, 2.8ka以降に離水した c 面は幅30m以上にわたって勾配4/100の急傾斜を示し, 16世紀以降に離水したと推定される。段丘堆積物の基底礫層が断層により上下に約0.3mの変位している。

調査結果から, 割倉山断層の長期的な変位速度は, 後期鮮新世以降?現在までの平均値が0.6-0.9m/kyと大きかったものの, 後期更新世末以降においては, 少なくとも約35-30ka以降には0.1m/ky程度に低下している。約35-30ka以降において2回の断層活動があり, その発生時期は約20?2.8kaの間および2.8ka以降であり, いずれも上下約2mの変位を伴っていたと推定できる。地震断層の長さの変位量との関係から, 長さ17kmの割倉山断層は一つの活動セグメントを構成すると考えられるが, 後期更新世以降の活動性が低く, 幅広い撓曲変形も伴うことから, 連続した明瞭な変動地形を検出することは困難である。

キーワード: 真昼山地東縁断層帯, 活断層, 平均変位速度, 単位変位量, 古地震履歴, 1896年陸羽地震

Keywords: Mahiru-sanchi Toen fault zone, active fault, long-term slip rate, slip per event, paleoseismicity, 1896 Rikuu earthquake

東北地方の震源断層モデル Source fault model of Northern Honshu, Japan

佐藤 比呂志^{1*}, 石山 達也¹, 今泉 俊文², 加藤 直子¹, 武田 哲也³, 越谷 信⁴, 堤 浩之⁵, 豊島 剛志⁶, 工藤 健⁷, 山北 聡⁸
SATO, Hiroshi^{1*}, ISHIYAMA, Tatsuya¹, IMAIZUMI, Toshifumi², KATO, Naoko¹, TAKEDA, Tetsuya³, KOSHIYA, Shin⁴,
TSUTSUMI, Hiroyuki⁵, TOYOSHIMA, Tsuyoshi⁶, KUDO, Takeshi⁷, YAMAKITA, Satoshi⁸

¹ 東京大学地震研究所, ² 東北大学大学院理学研究科, ³ 防災科学技術研究所, ⁴ 岩手大学工学部, ⁵ 京都大学大学院理学研究科, ⁶ 新潟大学理学部地質科学科, ⁷ 中部大学工学部理学教室, ⁸ 宮崎大学教育文化学部

¹Earthquake Research Institute, Univ. Tokyo, ²Graduate School of Science, Tohoku Univ., ³NIED, ⁴Faculty of Engineering, Iwate Univ., ⁵Graduate School of Science, Kyoto Univ., ⁶Dept. Geol. Niigata Univ., ⁷Dept. Nat. Sci. Math. Chubu Univ., ⁸Faculty Edu. Culture, Univ. Miyazaki

震源断層のモデル化は、強震動を予測する上で、また断層周辺の地殻活動を評価する上で重要な情報である。大規模な内陸地震は地表に断裂を発生させ、累積した変位を生じる。こうした特性を利用して活断層情報から発生する地震の規模を推定することができる。しかしながら、2008年の岩手宮城内陸地震のように、地震の規模に比べて短い断層しか地表に表れない場合がある。また、活褶曲帯では、泥岩層など滑りやすい層理面の存在によってデタッチメントが形成され、震源断層と地表の活断層との関係が単純ではない。また、新潟地域におけるひずみ集中帯の地殻構造探査や、宮城県北部などの被害地震の震源断層の特性調査から日本海拡大時に形成された正断層がその後の再活動により、逆断層として再活動していること、リフト帯の形成時の横断断層が現在の震源断層のセグメント境界として重要な役割を果たしていることが明らかになってきた。

本研究では変動地形、地質構造、重力、反射法地震探査、震源分布、地震波トモグラフィデータを総合的に検討し、断層形状モデルを作製した。断層の傾斜角については、とくに断層の活動史の視点を重視し、中新世の正断層が推定されている場合には60度の傾斜を推定し、矩形モデルを作製した。今回のモデルでは、活構造の活動性については、可能性のあるものについては、できるだけ採用する方向で幅広に評価した。このモデルは、こうした総合的な方法で検討したモデルの最初のものであり、情報の増加に伴い今後アップデートを重ねていく予定である。

白神山地西縁，西津軽沿岸の波状隆起をもたらす震源断層の推定

Estimation of causative faults producing crustal warping in the Nishi-tsugaru Coast, North-east Japan

小形 祐美¹, 宮内 崇裕^{1*}

OGATA, Yuumi¹, MIYAUCHI, Takahiro^{1*}

¹ 千葉大学大学院理学研究科

¹ Graduate School of Science, Chiba University

1704年および1793年に西津軽沿岸で発生した地震(いずれもM6.9)は、顕著な海岸隆起を伴ったとされている(今村, 1920; 宇佐美, 2003)。地震時に隆起したと推定される波食棚の高度分布(Nakata et al., 1976)や津波の発生を説明するための震源断層モデルがそれぞれ岩館沖、深浦沖に提唱されている(佐藤, 1980)が、周辺海域の地質構造や変動地形と必ずしも整合していない。本研究では、第四紀旧汀線の波状変位情報を更新し、それらの変形プロセスについて検討した。得られた新知見は以下の通りである。

(1) 完新世および更新世旧汀線高度の変位様式は歴史地震時の隆起様式と必ずしも整合的ではなく、少なくとも6つの短波長波状変位ユニットと顕著な不連続を伴う。これは、複数の断層セグメントの活動による地表変形の累積過程を示唆する。

(2) 波状変位のユニットの境界には地質断層が存在することから、これらの活動が旧汀線の波状変位と不連続に関与している可能性が高い。とくに、その波状変位は断層関連褶曲の成長とともに地表が変形したものと考えられる。

(3) 短波長の波状変位ユニットを創成するためには、海域を含め少なくとも7つの断層セグメントを想定することができる。これらの逆断層にすべりを与え、ディスロケーションを計算した結果、およそ旧汀線の波状変位と隆起を再現することができた。

(4) 歴史地震の震源断層以外にも、震源となりうる複数のA級~B級活断層が陸域から海域に存在することが明らかとなり、それらの活動生に再評価と次期地震に対する注意が必要である。

キーワード: 旧汀線, 波状隆起, 歴史地震, 震源断層, 断層関連褶曲, 西津軽海岸

Keywords: paleoshoreline, warping, historical earthquake, causative fault, fault-related fold, Nishi-tsugaru coast

御殿場地域における浅層反射法地震探査 (小山測線) High resolution seismic reflection profiling in Gotemba, central Japan

石山 達也^{1*}, 加藤 直子¹, 佐藤 比呂志¹, 今泉 俊文², 戸田 茂³, 加藤 一⁴, 越後 智雄⁵

ISHIYAMA, Tatsuya^{1*}, KATO, Naoko¹, SATO, Hiroshi¹, IMAIZUMI, Toshifumi², TODA, Shigeru³, KATO, Hajime⁴, ECHIGO, Tomoo⁵

¹ 東京大学地震研究所, ² 東北大学理学研究科地学専攻, ³ 愛知教育大学, ⁴ 山梨大学教育人間科学部, ⁵ 地域地盤環境研究所
¹ERI, University of Tokyo, ²Department of Geoscience, Tohoku University, ³Aichi University of Education, ⁴Faculty and Graduate School of Education and Human Sciences, Yamanashi University, ⁵Georesearch Institute

神縄・国府津 - 松田断層帯を構成する断層のうち、最も西方に位置する神縄断層は、丹沢山地の南麓に分布するほぼ東西走向・北傾斜・長さ 17 km の逆断層である。神縄断層に沿っては、中新世の伊豆小笠原弧と本州の衝突とこれに伴う伊豆弧の付加・上昇による火砕岩類である中部中新統丹沢層群が、第四紀の衝突に伴うトラフ充填堆積物である下部更新統足柄層群に衝上する。神縄断層の最近の活動に関しては、西部において駿河礫層およびこれを覆う風成火山灰層を切る逆断層が確認されている一方、これ以西についての断層の位置や活動については不明である。富士火山東麓部は新期富士火山噴出物が厚く累重し、御殿場岩屑なだれ堆積物(約 2900 年前; 宮地ほか, 2004)および御殿場泥流堆積物(約 2700-2600 年前; 宮地ほか, 2004; 町田, 2002)によって広く覆われている。これまでの研究では、これらの新期の堆積物を変位させる断層変位地形は、ごく一部を除いてこれまで見出されていない(中田・今泉編, 2002)。そこで、御殿場地域に国府津-松田・神縄断層帯が延伸する可能性を確認することを第一の目的として、高精度 P 波浅層反射法地震探査(小山測線)を実施した。本実験では、東京大学地震研究所所有の多チャンネル地震探査記録収録システム GDaps4((株)地球科学総合研究所製)と小型パイプレーター震源 MiniVib (IVI 社製)を利用した、測線は静岡県駿東郡小山町吉久保を始点、御殿場市柴怒田を終点とする約 8 km の区間である。主なデータ取得パラメータは以下の通りである: 受振・発振点間隔: 10 m, スイプ長: 24 sec, スイプ周波数: 10-100 Hz, 地震計固有周波数: 10 Hz, チャンネル数: 200, 記録長: 4 sec, サンプリング間隔: 2 msec, 平均垂直重合数: 5-7, 平均水平重合数: 100。探査の結果、測線周辺のノイズレベルは測線始点側の国道・県道周辺では高かったものの、それ以外の区間では概して低かった。結果として、全般としては S/N 比の高い良好な地震波記録が得られた。発振記録では、ほぼ全トレースにわたって初動の読み取りが可能である。さらに、往復走時 2 秒までの間にいくつかの明瞭な反射面が認められる。これらの記録を反射法処理ソフトウェアで適切な処理を行うことにより、国府津-松田断層の地下構造について有益なデータが得られると期待される。これらの観測記録を編集し、Super-XC((株)地球科学総合研究所製)を使用した共通反射点重合法に基づくデータ解析を行い、反射断面を作成した。データ処理は(株)地球科学総合研究所製作の反射法データ処理システム Super X-C を使用した。データ解析を行った結果、富士火山北東麓部の地下 1.5 km までのイメージが得られた。共通反射点の間隔は 5m である。箱根火山西麓部の区間では、ほぼ水平ないしは緩やかに西に傾斜する反射面群が地表から -1 km 程度まで確認される。箱根-富士吉田測線(佐藤ほか, 2012)や過去に足柄平野・丹沢山地周辺で行われた屈折・反射法地震探査の再解析結果および深井戸の速度検層の結果を考慮し、深度断面図に暫定的な解釈を加えると以下の様になる。足柄山地南西麓部を構成する中新統の足柄層群は、平野下に伏在する中下部更新統・足柄層群に衝上する。衝上断層構造のうち、より東側には足柄層群を切断する低角な衝上断層が 2 条認められ、これらは上盤側に足柄層群の背斜構造をともなっている。これら前縁地側の 2 条の衝上断層は地表下約 25 m に分布する反射面まで変位させている。したがって、前述のように断層変位地形はこれまで確認されていないものの、これらの衝上断層は少なくとも上部更新統を変位させている可能性が高い。さらに東側では、足柄層群がより新期の堆積物に衝上している。この富士火山北東麓部の地下に伏在する新期堆積物は、足柄地域の最上部新生界の層序と地質構造を考慮すると、足柄地域で確認されている生土層および駿河礫層に相当する、中上部更新統および完新統と考えられる。これらの新期堆積物は、断層上盤側において足柄層群が構成する背斜構造の東翼部にオンラップしており、両者の間には傾斜不整合が認められる。断層上盤側の足柄層群よりも緩傾斜で東に傾く新期堆積物は、西に急傾斜する向斜軸より東側でほぼ水平となる。また、新期堆積物東翼部の傾斜は上位ほど緩やかとなり、新期堆積物内部でも傾斜不整合が認められる。これらの構造的な特徴から、新期堆積物は衝上断層の活動中に堆積したと考えられる。衝上断層の先端は地表まで延びておらず、地下に伏在している。新期堆積物中の向斜軸は少なくとも地表下 150m まで延びることから、この伏在衝上断層もまた少なくとも上部更新統を変位させている可能性が高い。

キーワード: 活断層, 伊豆衝突帯, 伏在衝上断層, 富士火山, 箱根火山, 反射法地震探査

Keywords: active fault, Izu collision zone, blind thrust fault, Fuji volcano, Hakone volcano, seismic reflection profile

個別要素法を用いた呉羽丘陵形成の数値モデリング Numerical simulation of Kureha-hill formation by means of discrete element modeling

宇田 俊秋^{1*}, 楠本 成寿², 竹内 章²

UDA, Toshiaki^{1*}, KUSUMOTO, Shigekazu², TAKEUCHI, Akira²

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 (理学)

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

呉羽丘陵は、背斜構造をもつ丘陵であり、呉羽山断層のインバージョンテクトニクスにより形成されたと考えられている。呉羽山断層は呉羽丘陵の東縁に位置しており、過去に正断層運動(中期中新世)と逆断層運動(更新世以降)を経験している。後期中新世は、静穏期であり、厚い堆積層が断層の上盤側に形成された。本研究は、個別要素法に基づく2次元粒子体挙動解析プログラム PFC2D を用いて、地質学的視点で得られた呉羽丘陵の形成プロセスを力学的な視点で捉えなおすことを試みた。

未固結堆積層として、幅 4000m、深さ 400m の領域に、半径 9.0 - 9.75m、密度 2000kg/m² の剛体円盤を間隙率 0.1 で発生させたモデルを作成した。この堆積層の物性値として、ヤング率 161MPa、ポアソン比 0.28、圧縮強度 20MPa、引張強度 1MPa、せん断強度 2MPa を仮定した。これらの値を実現するため、垂直ばね定数 5×10^7 N/m、せん断ばね定数 7×10^8 N/m、摩擦係数 0.6、コンタクトボンド 1MN という値をそれぞれに設定した。なお、堆積層の下は剛体的に振る舞う基盤岩と仮定した。呉羽山断層の形状は、傾斜角が 50°であることが分かっているため、そのような一定傾斜角をもつ断層としてモデル化を行った。

その結果、地質学的視点から得られた呉羽丘陵の形成プロセスにしたがったモデリングにより、呉羽丘陵の基本的な構造は再現できることが示された。その一方で、呉羽山断層の正断層運動時、断層先端部が地表に達している必要があること、更新世以降の逆断層運動に起因する背斜構造は、基盤岩の大きな変形を伴う必要があるということが明らかになった。

富山県西部，砺波平野断層帯（西部）の完新世の活動

Holocene surface faulting on the western segment of the Tonami-heiya fault zone, Toyama Prefecture

丸山 正^{1*}, 吉岡 敏和¹, 齋藤 勝²

MARUYAMA, Tadashi^{1*}, YOSHIOKA, Toshikazu¹, SAITO Masaru²

¹ 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, ² 株式会社ダイヤコンサルタント

¹Active Fault and Earthquake Research Center, National Institute of Advanced Industrial Science and T, ²Dia Consultants Company Limited

予稿原稿本文（英文）をご覧ください。

Keywords: paleoseismology, active fault, Holocene, Horinji fault, Isurugi fault, Toyama Prefecture

上町断層帯における重点的な調査観測について (2) Comprehensive research on the Uemachi fault zone (2)

岩田 知孝^{1*}, 上町断層重点調査観測研究グループ²

IWATA, Tomotaka^{1*}, Comprehensive Research Group on the Uemachi Fault Zone²

¹ 京都大学防災研究所, ² 上町断層帯重点観測研究グループ

¹DPRI, Kyoto University, ²Comprehensive Research Group on the Uemachi Fault Zone

The Uemachi fault is running beneath the Osaka sedimentary basin, which is the secondary large populated area in Japan. Our research group has started to study the Uemachi fault zone in detail to get the information for developing the long-term earthquake evaluation and the strong ground motion prediction. Our research group consists of four sub-research groups for (1) research on detail trace for fault segments, (2) research on three-dimensional source fault and crustal velocity structure, (3) research on fault activity and average dislocation velocity, and (4) research on strong ground motion prediction. We introduce the research plan of this study for FY2010-2012 (SSJ fall meeting, 2011). Here we will show several research results till this period.

キーワード: 上町断層帯, 活断層調査, 長期評価, 強震動評価

Keywords: Uemachi fault zone, active fault survey, long-term evaluation, strong motion evaluation

上町断層帯の詳細位置・形状に関する地形・地質学的調査

Preliminary results of tectonic geomorphological and geological researches on the Uemachi fault zone in Osaka, Japan

近藤 久雄^{1*}, 杉戸信彦², 吉岡敏和¹, 堤 浩之³, 木村治夫¹

KONDO, Hisao^{1*}, Nobuhiko Sugito², Toshikazu Yoshioka¹, Hiroyuki Tsutsumi³, Haruo Kimura¹

¹産総研 活断層・地震研究センター, ²名古屋大学, ³京都大学

¹AIST Active Fault and Earthquake Research Center, ²Nagoya University, ³Kyoto University

上町断層帯においては、平成22年度から3カ年の計画で重点的な調査観測が実施されている。我々は、その中で断層帯の地表付近の詳細な位置・形状、活動区間、変位量分布等を解明するため、既存文献調査、空中写真判読、地表踏査、DEM(数値標高モデル)の地形解析によって、断層帯周辺の変動地形・活構造を検討している。本発表では、平成22年度に整備した2mDEMを利用した、上町断層帯の詳細位置・形状に関する予察的な成果について述べる。

既存の断層分布については、主に次の諸点が重要な課題となっている。1)上町台地北方の砂州とおいわれる微高地の成因と断層帯との関係、2)桜川撓曲と住之江撓曲の連続性、3)従来、位置不明瞭の活断層として図示された、大津川周辺を延びる推定活断層の存在。これらは、他のサブテーマで実施される深部の断層形状や震源モデル設定および地震動計算にとって重要な課題となる。以下ではこれらに関する予察的な検討結果を述べる。

1) 上町台地北方の砂州ないし微高地の分布と成因

上町台地北方には、縄文海進時に南北方向に延びる砂州が形成され、西流する淀川水系のバリアーをなすことにより、東側の河内平野にラグーンないし湖盆が形成されたと考えられている。また、上町断層が新淀川を横断する中之島測線において反射法地震探査および群列ボーリングが実施され、断層帯の最新活動時期は約9000年前以前と推定されている。しかし、反射法地震探査の結果のみでは、約9000年前よりも上位の層準にも微弱な変形構造が認められ、詳細な検討の余地があることが指摘されている。さらに、既存ボーリング層序では、地表下の自然堆積層最上部は約2500年前の三角州頂置層で構成されており、上述の縄文海進時の砂州と層位および年代が矛盾する。したがって、砂州とされる微高地および上町断層を横断する地下情報をさらに検討して、断層帯の活動時期と微高地の成因等を仔細に検討する必要がある。平成23年度には淀川において音波探査を実施中であり、この結果によっては微高地が最新活動に伴う隆起によって形成された可能性を検討できる。

2) 桜川撓曲-住之江撓曲

桜川撓曲は、長さ約5kmの区間を北東-南西走向で延びる伏在断層とされている。本調査の詳細DEMにより検討した結果、桜川撓曲と上町断層の接合部付近には従来の推定断層位置に沿うように、上述の微高地が連続的に分布することが明瞭になった。桜川撓曲の南西端については未解明であったが、DEMの検討結果では、桜川撓曲付近の微高地西縁が南北走向に変化してさらに南方の住之江撓曲方向へ延びることが明らかとなった。このトレースは、既存ボーリングデータに基づいて推定された断層の分布位置と調和的である。したがって、本調査の結果では、従来のように桜川撓曲と住之江撓曲を別々の構造と捉えるのではなく、一連の撓曲構造と判断する。ただし、より正確な活構造の位置については今後地下情報も含めて詳細な検討を行う必要がある。

3) 堺市以南-大津川周辺

泉大津から榎井川以南に至る少なくとも長さ約10kmの区間において、大阪湾岸に沿って延びる位置不明瞭の推定活断層が指摘されている。DEMによる検討の結果、大津川以南の段丘面には山側へ傾斜する逆傾斜およびバルジ状の変形が認められた。これらは、さらに海側に逆断層が存在し、その上盤側で段丘面形成以降の変形が累積してきたことを示す。逆傾斜あるいは一部ではバルジ状の変形が認められるため、本来は変形フロント近傍で形成された変形がその後の海食によって後退し、局所的に段丘面の変形パターンが異なると推定される。段丘面と海岸線の間には幅狭い海岸低地が形成され、少なくとも大津川以南の海岸低地上には短波長の活構造が認められない。これは、変形フロントが海陸境界付近に位置し低地そのものが隆起した結果であるか、低地形成以前に最新活動が生じ、その後の海食によって痕跡が消失したか、いずれかの可能性を示す。

以上から、大阪湾岸を北東-南西方向に延びる推定断層トレースは、その存在が確実であることが明らかになった。この結果は、平成22年度に実施された大津川測線の反射法地震探査結果にみられる背斜/向斜状の変形構造と調和的である。今後、段丘面の分布や年代と成因を検討し、海陸境界付近の断層トレースの分布範囲を解明する必要がある。

本研究は、文部科学省科学技術基礎調査等委託事業「上町断層帯における重点的な調査観測」によって行われました。国土交通省近畿地方整備局から上町断層帯北部の詳細DEMデータを(株)国際航業には断層帯周辺の詳細DEM整備に

Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SSS35-P13

会場:コンベンションホール

時間:5月22日 18:00-19:30

ご協力頂きました。産業技術総合研究所の杉山雄一氏には既存調査成果について、堺市文化財課の方々には遺跡分布や年代等をご教示頂きました。記して御礼申し上げます。

キーワード: 活断層, 古地震, 上町断層帯

Keywords: active fault, paleoseismology, Uemachi fault zone

3次元バランス法解析によって推定した上町断層帯の深部形状 Deep subsurface structure of the Uemachi fault zone inferred by 3-dimensional balancing geological structural analysis

木村 治夫^{1*}, 堀川 晴央¹, 末廣 匡基²
KIMURA, Haruo^{1*}, HORIKAWA, Haruo¹, Masaaki Suehiro²

¹(独)産業技術総合研究所 活断層・地震研究センター, ²(株)阪神コンサルタンツ

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²Hanshin Consultants Co., Ltd.

上町断層帯は、人口密集域であり交通・経済的にも重要な大阪平野のほぼ中心に位置する活断層である。地震防災的に重要であることから、同断層帯ではこれまでも多くの調査が行われている。しかし、過去の活動履歴や地下深部の断層形状に関するデータの精度についてはまだ十分とは言えない。そのため、上記データの高精度化とそれに基づいた地震時の強い揺れの予測、そしてその対策が急務と言える(岩田・他, 2012)。そのような理由で平成22年度から3カ年の計画で文部科学省研究開発局・京都大学防災研究所を中心として上町断層帯における重点的な調査観測が行われている。本研究ではとくに、地震動計算等に資する断層モデルとしての、上町断層帯の地下深部の形状モデルを、構造地質学的手法によって推定することを目的とした。

上町断層帯はほぼ南北走向で東傾斜65~70°(深度1km以浅)の逆断層である(地震調査研究推進本部, 2004)。同断層帯は大阪府豊中市から岸和田市にわたって約42kmの長さで分布し、主に仏念寺山断層・上町断層・桜川撓曲・住之江撓曲・長居断層・坂本断層・久米田池断層などによって構成される(地震調査研究推進本部, 2004)。

3次元バランス法解析によって上町断層の地下深部の形状を推定する際のデータとして、大阪平野及び大阪湾東部の大阪層群の3次元構造モデルが必要とされる。本研究では、堀川・他(2002)、堀川・他(2003)、大阪府(2004)の大阪層群地下構造モデルに、最近行われた地下構造探査の成果や地表での地形地質情報を加え、主要な火山灰層と海成粘土層の3次元モデルを作成した。これらの火山灰層や海成粘土層の構造は、上町断層上盤側の断層関連褶曲変形(例えば, Suppe, 1985)によって形成されたものと考え、3次元バランス法による変形解析を行った。地層変形解析システムとして、Midland Valley Exploration社製のMove2011中の3DMoveモジュールを用いた。

3次元バランス法解析の結果、上町断層帯の深部形状を求めた。得られた断層の地下形状は全体的には東傾斜を示し、その東端(下端)は生駒山地や金剛山地の西縁よりはやや西方に位置する。また、深度約1km以浅では東傾斜60~70°程度であるが、深部では傾斜は60°以下になり、より深部へ行くほどより低角化する。しかし、比較的浅層部で傾斜が平坦になるようなことは無く、断層面の下端は地震発生層下限付近である深度約13~15kmとなる。以上をまとめると、上町断層の地下形状は、断層面の水平投影幅は10km弱~十数km、断層面上端(地表付近)と断層面下端との深度差13~15km、断層面上端付近(深度1km以浅)の傾斜60~70°程度、断層傾斜は深部になるほどより低角化、全体的な平均傾斜50~60°程度、となる。

キーワード: 活断層, 逆断層, 上町断層帯, 大阪層群, 断層関連褶曲, 3次元バランス

Keywords: active fault, reverse fault, Uemachi fault zone, Osaka Group, fault-related fold, 3-dimensional balancing

上町断層による変形構造について Subsurface flexure of Uemachi Fault

竹村 恵二^{1*}, 北田 奈緒子², 井上 直人², 三田村 宗樹³, 越後 智雄², 伊藤 康人⁴

TAKEMURA, Keiji^{1*}, KITADA, Naoko², INOUE, Naoto², MITAMURA, Muneki³, ECHIGO, Tomoo², ITOH, Yasuto⁴

¹ 京都大学・理, ² 地盤研究財団, ³ 大阪市立大学・理, ⁴ 大阪府立大学・理

¹Kyoto Univ., ²Geo-Reserch Institute, ³Osaka City Univ., ⁴Osaka Prefecture Univ.

1. はじめに

上町断層は、大阪平野の中心にほぼ南北に伏在する断層である。長さ約 42km で、層帯の東側が西側に乗り上げる逆断層として評価されている。大阪盆地を囲む周辺の活断層とともに大阪府や大阪市の地震被害想定の対象活断層でもある。しかしながら、大部分が人工改変された都市部に伏在しているため、最新イベントや平均活動間隔等の情報の精度の低い活断層である。

京都大学防災研究所が、平成 22 年度より新たに 3 年計画として、上町断層帯について、地震規模及び長期的な発生時期の予測精度の高度化、断層帯周辺における地殻活動の現状把握の高度化、強震動の予測精度の高度化を目的とした重点的な調査観測を実施するための文部科学省による研究委託事業「上町断層帯における重点的な調査観測」に関して、中心となって取り組んでいる。

この重点調査は、上町断層のボーリング調査による断層活動履歴調査や変動地形学的な検討の他、地震動予測の高精度化まで目的としており、従来の活断層調査に加えて、既存の調査資料の再検討や新たな地下構造探査など幅の広い検討内容で構成される。本発表では、平成 22 年度の重点調査研究成果のうち、大阪盆地周辺断層と上町断層との関係を検討した内容について紹介する。その他に断層形状についてシミュレーションを行った結果やボーリング調査による変位量検討についての調査結果については、本学会において、ポスターで発表を行うので、参照されたい。

2. ボーリングデータによる地表付近における断層の変形構造

大阪平野は、構造運動により定常的に沈降しており、気候変動による間氷期の海成粘土と砂層の互層が特徴的な堆積物であり、表層部の工学ボーリングを中心に収集された、ボーリングデータベース (GI-base: 関西圏地盤情報ネットワーク所有) を用いることにより、側方への対比も比較的容易である。GI-base のデータを用いて、大阪平野中央部において東西断面を作成すると、西大阪の海成粘土はほぼ水平に堆積していること、東大阪地域の内陸部では、同様に堆積層が見られるが、全体に東の生駒断層付近に向かって傾動している特徴を捉えることができる。上町断層直近部においても台地部の西側で変形していることがわかる。大阪市 (1997) 1) が実施した南北方向に測線を設定した反地震探索の結果には基盤岩に 200m の変位と地表付近の撓曲構造が認められた。測線に沿って作成したボーリングによる断面図には、沖積粘土より下の地層が大きく変形していることがわかった。本報告では、このような断層による変形構造について、検討を行い、その分布について検討を行った結果を報告する。

謝辞:

本研究は文部科学省平成 23 年度科学技術基礎調査等委託事業「上町断層帯における重点的な調査観測」によって行われました。

キーワード: 大阪, 上町断層, 海成粘土, 撓曲構造

Keywords: Osaka, Uemachi Fault, marine clay, flexure structure

基盤岩から厚い堆積層内部に達する断層の運動による堆積層の変形：個別要素法に基づく数値シミュレーション Deformation of a thick sedimentary layer caused by dip-slip motions of the faults reaching to an interior of the layer

楠本 成寿^{1*}, 竹村 恵二², 伊藤 康人³, 岩田 知孝⁴

KUSUMOTO, Shigekazu^{1*}, TAKEMURA, Keiji², ITOH, Yasuto³, IWATA, Tomotaka⁴

¹ 富山大学大学院理工学研究部 (理学), ² 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設, ³ 大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学専攻, ⁴ 京都大学防災研究所

¹Graduate School of Science and Technology, Univ. Toyama, ²Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, ³Graduate School of Science, Osaka Prefecture University, ⁴Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

個別要素法に基づく2次元粒状体挙動解析プログラム PFC 2D (Particle Flow Code 2D) を用い、逆断層や正断層運動による堆積層の変形シミュレーションを行った。本研究では、基盤岩から堆積層内に達している断層の運動が堆積層やその表層をどのように変形させるのかということと、断層面と要素粒子間の摩擦の大きさが変形場にどのような影響を与えるのかということについて議論を行った。

2次元個別要素法は、媒質を剛体円盤の集合体で表現し、それぞれの剛体円盤をばねでつないで媒質の弾性的性質を表現する。媒質のヤング率やポアソン比は、剛体円盤同士を結ぶばねのばね係数で決定される。2次元解析では、計算機中で2軸圧縮試験を行うことで弾性定数や強度を設定する。本研究では、未固結堆積層の挙動を調べるため、媒質のヤング率を 207MPa、ポアソン比を 0.24、圧縮強度を 13MPa と仮定し、弾性定数や強度がこのような値になるよう、モデルの垂直方向とせん断方向のばね定数をそれぞれ 500 MN/m、粒子間摩擦係数を 0.6、剛体球間の結合強度を 1MN と設定した。

シミュレーションでは、厚さ 900m、幅 5000m の堆積層の下に剛体基盤があり、鉛直方向に 300m 変位するまで基盤を動かした。また断層は、その断層端が堆積層の厚さの 0%、10%(90m)、20%(180m)、30%(270m)、50%(450m)、80%(720m)、100%(900m:地表に達する)の高さまで基盤岩から堆積層内に達している場合を考えた。さらに、それぞれの場合について、堆積層中の断層と粒子間の摩擦係数を、0.6 と 0.06 を仮定してシミュレーションを行った。

その結果、断層先端が堆積層に達する割合によって、堆積層の変形の様子や地表の変形ゾーンに差異が生じることが明らかになった。断層が 50%以上堆積層内に達した場合、堆積層内の変形に差異が生じ、80%を越えると、堆積層内だけでなく、地表面の変形パターンや変形ゾーンの幅にも顕著な差が生じた。また、断層面と個別要素間の摩擦係数の違いによる変形様式の差異が堆積層内にみられた。摩擦係数が大きい場合、断層近傍領域で、堆積層が断層運動に引きずられる構造がみられた。しかしながら、摩擦係数が小さい場合、このような引きずられた構造がみられなかった。ここで示した計算結果の特徴は、断層が 50%以上堆積層内に達した場合にのみ現れる構造であり、50%未満の場合は、断層先端が堆積層に達していない場合とほとんど変わらない変形様式や変形ゾーンの幅であった。

謝辞：本研究は、文部科学省科学技術基礎調査等委託事業「上町断層帯における重点的な調査観測」によって実施されました。記して感謝致します。

キーワード: 数値シミュレーション, 個別要素法, PFC 2D, 堆積層内に達する断層, 断層運動

Keywords: Numerical simulation, Discrete element method, PFC 2D, Fault reaching to an interior of sedimentary layer, Fault motion

JR 難波駅付近で実施した UMH22-1 コアの層序と上町断層 Stratigraphy about UHM22-1 core and activity of Uemachi Fault

北田 奈緒子^{1*}, 竹村 恵二², 伊藤 浩子¹, 井上 直人¹, 三田村 宗樹³, 越後 智雄¹

KITADA, Naoko^{1*}, TAKEMURA, Keiji², ITO, Hiroko¹, INOUE, Naoto¹, MITAMURA, Muneki³, ECHIGO, Tomoo¹

¹ 地盤研究財団, ² 京都大学・理, ³ 大阪市立大学・理

¹Geo-Research Institute, ²Kyoto Univ., ³Osaka City Univ.

1. はじめに

大阪平野に南北走向で分布する上町断層は、広域の応力場が東西圧縮系であることから、逆断層であると考えられている。西大阪側に2本の派生断層(桜川撓曲, 住之江撓曲)をもち、地表の断層トレースは非常に複雑である。反射法地震探査も数多く実施されているが、どうしても情報が希薄な部分があり、表層部の断層構造はボーリングデータなどを用いて詳細に検討する必要がある。平成22年度より3ケ年で始まった、文部科学省地震調査推進本部による上町断層系重点調査では、京都大学防災研究所を中心に地下構造から表層構造までを総括して検討し、強震動予測を高精度化すること各種により減災につなげることを目的に各種調査が実施されている。本調査はその一部として、上町断層の派生部における表層の変形量調査のためにボーリング調査を実施したので、その速報を報告する。

2. UMH22-1 ボーリング

1996年の文部科学省地震調査交付金を用いて大阪市が実施した、西成区北津守3丁目5番地地先の津守小学校にて実施しており、M8~Ma13までが確認されている。このボーリングは桜川撓曲の上盤側で実施することを想定して調査位置を設定されたものである。しかし、実際にはその西側にて調査された断層下盤側のOD-1ボーリングの海成粘土の出現標高とほぼ同深度で確認されたことから、桜川撓曲に対しては下盤側に位置するコアであると判断された。そのため、今回のUMH22-1ボーリングは表層のボーリングデータベースを用いて、変形構造の連続性を確認しながら、上町台地より下側で、桜川撓曲の上盤側の地域を特定し、その範囲において適切な調査場所を選定した。その場所は、東側の上町台地の上には夕陽丘ボーリング調査が行われており、断層間における変位の概略検討に有効な場所である。UMH22-1ボーリングはJR難波駅の東側の元町中公園にて実施した。掘進長は約120m行い、砂と粘土の互層からなる。

現在詳細な観察と分析を実施中であるが、8枚の海成粘土層と1枚の海成シルト~砂層が目視によって確認された。最上部の沖積層中には、シルト質粘土の海成層があり、深度6.6mにK-Ah火山灰の再堆積が確認されたこと、炭素年代測定の結果から2000~3000yBPが得られていることからMa13層相当層であると考えられる。また、そのほかにも目視可能な火山灰層が6枚確認できた。6枚の深度はそれぞれ、対比不明(50.445-50.480m)、小瀬田(84.770-84.785m)、樋脇(99.220-99.275m)、中之島(100.902-100.910m)、八町池(118.225-118.250m)、八町池(119.115-119.14m)である。この結果より最上部の海成シルト~砂層はMa13層相当層、下位にMa12層, Ma10層, Ma9層, Ma8層, Ma6層, Ma5層であると推定される。

3. 概略調査と検討結果

6枚の火山灰は分析の結果、5枚は広域火山灰に対比することができた。それぞれ、小瀬田火山灰、樋脇火山灰、中之島火山灰、八町池火山灰、八町池火山灰であった。各火山灰層は大阪層群内にて、Maナンバーの対比に利用されるものであるため、下位より、Ma5, Ma6, Ma8層に対比することが可能である。しかしながら上部の粘土層部は、詳細な結果を踏まえてMaナンバーを決定する必要があるため、今後の課題となる。

津守コアと夕陽丘コアにおいてもMa層が対比されていることから、これを用いて、簡単な標高差についての考察を行った。津守コアとUMH22-1とはMa8層の基底を基準にして標高差を求めると、135.79mの標高差があり、堆積開始時期を528kaとすると、0.257m/ka、UMH22-1と夕陽ヶ丘コアはMa5, 6(中之島火山灰と八町池)を基準にした場合、標高差がそれぞれ75.64mと89.35mで、各粘土層の堆積開始時期を712kaおよび621kaとすると、変位速度は0.106m/ka, 0.144m/ka程度になり、明らかに上町断層本体と考えられる東側の断層よりも桜川撓曲側の変位の方が大きい(堆積開始年代はItoh et al (2000)を使用)ことが明らかになった。

本結果から考えれば、上町断層の変位量は派生断層と考えていた桜川断層側の方が大きく変位をしており、断層の主たる部分が西側にシフトする可能性がある。しかしながら、上部の粘土層部における変位量が現状では不明であることから、今後これらの粘土層の対比を実施してより詳細な変位速度の解明が望まれる。

謝辞

本研究は、文部科学省平成23年度科学技術基礎調査等委託事業「上町断層帯における重点的な調査観測」によって行われました。

Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SSS35-P17

会場:コンベンションホール

時間:5月22日 18:00-19:30

キーワード: 大阪, 上町断層, 海成粘土, 大阪層群, テフラ

Keywords: Osaka, Uemachi Fault, marine clay, Osaka Group, tephra

Dislocation モデルおよび重力変化からみた上町断層と大阪盆地縁辺断層との関係 Relationship between displacement and gravity change of Uemachi Faults and surrounding faults of Osaka basin, Southwest

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 京都大学地球熱学研究施設

¹Geo-Research Institute, ²Institute for Geothermal Sciences, Kyoto University

上町断層は、大阪平野の中心にほぼ南北に伏在する断層である(地震調査研究推進本部, 2004)。長さ約 42km で、断層の東側が西側に乗り上げる逆断層として評価されている。大阪盆地を囲む周辺の活断層とともに大阪府や大阪市の地震被害想定の対象活断層でもある。上町断層は平成 22 年から 3 力年計画で文部科学省科学技術基礎調査等委託事業「上町断層帯における重点的な調査観測」により多角的に検討されている(例えば竹村・他, 2012; 北田・他, 2012, 本大会)。本研究は平成 22 年度の研究成果のうち、大阪盆地周辺断層と上町断層との関係を Dislocation モデルおよびその重力異常変化から検討した内容について紹介する。

Dislocation モデルとは、半無限弾性体中の断層変位により生じる変位をシミュレーションするものである(例えば Okada, 1985)。大阪盆地における Dislocation モデルを用いた研究はすでに楠本・他(2001)で検討されている。中央構造線、有馬-高槻構造線を右横ずれの主断層とし、生駒断層、奈良東縁断層、六甲-淡路断層を各構造線端部の 2 次断層として、これらの逆断層が右横ずれ断層の滑り量に対して、2 割程度の変動成分を与えることで大阪盆地の基盤形状によく似た変位パターンを示すことが報告されている。本研究では、Dislocation モデルに加えて、同じ断層モデルで計算される重力異常変化も併せて検討を行った(Okubo, 1993)。本研究では、重力異常の変化は断層運動による密度の再配分で生じた重力異常変化のみを対象とした。すなわち均質媒体中の純粋横ずれ断層であっても、Dislocation モデル同様な重力変化パターンが発生する。これらの変化は地表面に生じる変位や地下の密度分布とは別に求めるため、表面が浸食等で削剥されても保存される情報である。しかし、数 m 程度の断層変位では通常の測定では検出困難な事と、実際の重力異常と比較するためには、堆積層や基盤岩といった密度分布による影響を重ね合わせる必要がある。このため、累積性の大きな断層での検討が期待される。大阪周辺の断層を単純化し、それぞれパラメータの変化を考え、全パラメータの組み合わせにおいて計算を実施した。平成 22 年度の重点調査研究成果では、上町断層以外のパラメータについての検討がなされている。本研究では、上町断層の変位を考慮したケースも検討した。なお、ここでの検討は、基盤深度の絶対値を求めるのではなく、それぞれの断層の変位量の違いが生成される基盤形状の違いを定性的に検討することを目的とした。

上町断層の北部・南部とも変位した場合、上町断層の西側の最深部が両断層の境界部となり、実際の基盤形状と異なる。重力異常の変化は、上町断層の変位を考慮しなかった場合と同様、実測値と比較して特徴的な変化パターンはみとめられなかった。今回の結果では桜川撓曲や住之江撓曲といった分岐断層に対応する形状は見いだせなかった。実際の基盤形状と比較・検討するといった定量的な評価のためには、より現実に近い断層モデルを用い、それぞれの断層変位量をもっと詳細に考慮する必要がある。重力異常も同様である。

謝辞 本研究は、文部科学省平成 23 年度科学技術基礎調査等委託事業「上町断層帯における重点的な調査観測」によって行われた結果の一部を引用した。ここに記して謝意を示す。

キーワード: 上町断層, 重力異常, ディスロケーションモデル

Keywords: Uemachi fault, gravity anomaly, dislocation model

阿寺断層系，佐見断層および白川断層の活動履歴

Paleoseismicity on the Sami and Shirakawa faults in the Atera fault system, eastern Gifu prefecture, central Japan

吉岡 敏和^{1*}, 廣内 大助², 杉戸 信彦³, 細矢 卓志⁴, 眞柄 耕治⁴

YOSHIOKA, Toshikazu^{1*}, HIROUCHI, Daisuke², SUGITO, Nobuhiko³, HOSOYA, Takashi⁴, MAGARA, Koji⁴

¹産総研 活断層・地震研究センター, ²信州大学, ³名古屋大学, ⁴中央開発

¹Active Fault and Eq. Res. Ctr, AIST/GSJ, ²Shinshu University, ³Nagoya University, ⁴Chuo Kaihatsu

阿寺断層系は岐阜県東部に位置し，北西-南東方向に延び左横ずれ変位を示す萩原断層，下呂断層，湯ヶ峰断層，阿寺断層などと，それらに直交する佐見断層，白川断層などの右横ずれ断層からなる．平成16年12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，このうちの佐見断層帯および白川断層帯については，過去の活動時期や平均活動間隔などのデータが得られておらず，将来の地震発生確率は不明とされていた．そのため産業技術総合研究所では，平成23年度文部科学省の委託を受け，阿寺断層系佐見断層および白川断層について活動履歴調査を実施した．

調査は各断層の過去の活動時期を明らかにすることを主な目的とし，佐見断層の岐阜県加茂郡白川町上佐見小野（小野〔この〕地点），および白川断層の岐阜県加茂郡東白川村神土西洞（西洞地点）においてトレンチ調査を実施した．また，断層の平均変位速度を明らかにするための年代試料を得ることを目的に，佐見断層および白川断層沿いの4地点の段丘面上において，ピット調査を実施した．

佐見断層の小野地点では，断層に沿って延びる谷の谷中分水界付近において3溝のトレンチを掘削した．まず谷の北壁斜面から谷中央にかけてAトレンチを，次いでその西側で谷の南側の斜面にかけてBトレンチを，最後にAトレンチの南東側に平行にCトレンチを掘削した．断層はBトレンチおよびCトレンチ壁面に露出した．Cトレンチでは，連続性のよい始良Tn(AT)テフラ層を伴う泥炭および腐植土層を挟むシルト層が，断層で明瞭に変位しているのが確認された．断層は西壁面ではほぼ垂直で，トレンチの最上部の堆積物までを変位させているのが観察された．また東壁面では，小断層や小規模な亀裂がV字形に分布し，亀裂の一部は少なくとも最上部の土壌層直下まで連続していることが確認された．いずれの壁面でも上下成分の断層変位はごくわずかである．東壁面の亀裂を充填する堆積物からは約1,100年前の年代測定値が得られたため，この地点の佐見断層の最新活動は約1,100年前以降にあった可能性があると考えられる．またこの亀裂はより古い亀裂や変形構造を切っていることから，過去複数回の断層活動があったことが示唆される．なお，西壁面ではATテフラ層層準の腐植土層が断層の南側のみに分布するが，この分布を奥へ掘り込んだところ，壁面から約35cmで消滅することが確認された．したがって，この断層に伴うAT層準の右横ずれ変位は，最大でもトレンチの幅（約2.4m）+35cmと推定される．Bトレンチでは，底部に基盤岩の濃飛流紋岩の破碎帯が露出し，それに連続する断層が上位のATテフラ層を挟む斜面堆積物を変位させているのが観察された．しかしながら，斜面堆積物上部がどこまで変形しているか不明瞭であり，また年代測定試料も十分に得られなかったため，断層の活動時期を特定することはできなかった．また，Aトレンチの壁面には，谷を埋積した砂およびシルト層が分布し，ATテフラ層が挟まれているのが確認されたが，地すべりや地層の圧密に伴うと見られる変形以外に，断層活動によると考えられる地層の変形は確認されなかった．

白川断層の西洞地点では，断層上の鞍部においてトレンチを掘削した．トレンチの西壁面では，基盤岩の濃飛流紋岩と，木片や植物遺体を多く含む軟弱な堆積物が，ほぼ垂直な境界で接しているのが観察された．境界は濃飛流紋岩中の断層に連続している．しかしながら，堆積物に含まれる試料の年代測定の結果，すべての試料でほぼ現世を示す値が得られた．この地点は昭和60年頃に土地造成が行われており，この堆積物は人工の埋め土で，基盤岩との境界は人工による掘削で基盤岩中の断層面が剥離したものの可能性があると考えられる．

なお年代値については，ピットも含め現在追加測定中であり，その結果をもとに今後さらに詳細な検討を加える予定である．

キーワード: 阿寺断層, 佐見断層, 白川断層, 岐阜県, トレンチ調査, 活動履歴

Keywords: Atera fault, Sami fault, Shirakawa fault, Gifu prefecture, trench excavation, paleoseismology

敦賀湾における浦底断層の高分解能地層探査

High resolution geostatigraphic survey of the Urazoko Fault in Turuga Bay on the Sea of Japan

坂本 泉^{1*}, 根元謙次¹, 大貫裕志¹, 木村信太¹, 滝野義幸¹, 藤巻三樹雄², 杉山雄一³

SAKAMOTO, Izumi^{1*}, Kenji Nemoto¹, Hiroshi Ohonuki¹, Shinta Kimura¹, Yoshiyuki Takino¹, Mikio Fujimaki², Yuichi Sugiyama³

¹ 東海大学海洋学部海洋資源学科, ² 沿岸海洋調査(株), ³ 産総研

¹Dept. Marine Mineral Res., Tokai Uni., ²Coastal Ocean Research, Co., ³Geological survey of Japan

平成23年度文科省「沿岸海域における活断層調査」の一環として、敦賀湾内に分布する浦底-柳ヶ瀬山断層帯浦底断層を対象とした高分解能音波探査を実施した。探査の目的は1)湾内における断層の分布、2)断層周辺部の海成沖積層基底から海底までの表層堆積物とその内部反射面形状の把握、3)断層の最新活動時期の把握と海成沖積層以降の活動に関する情報の取得にある。探査には指向角が狭いパラメトリック方式の地層探査機を使用し、微細な反射面の形状の取得を行った。

浦底断層は浦底湾より南東に延び、湾の中央底部を経て、敦賀市色浜沖で南に向かって分岐する。探査は概査として湾全域を網羅する断層に直交する北東-南西方向の測線(測線間隔:約500m,調査距離:合計約123.5km)を設定した。また、この概査結果より湾中央部の柱状採泥地点および湾東に分布するウツロギ断層部の2地点において、精査の測線(測線間隔:約20m,調査距離:合計約57km)を設定し実施した。

探査記録は、浦底湾から延びる砂堆部を除き、海成沖積層以降の反射面が明瞭に認められる良好な記録であった。特記すべき点として、既存資料では確認できなかった微細な内部反射面および、断層末端部に局地的に存在する無層理層が認められ、液状化の痕跡と推定した。これらの構造は、反射面A(9000年前)以降の活動により形成された可能性がある。

記録で見られる反射は湾中央部で実施した柱状資料結果と整合し、さらに9600年前以降7300年前に相当する5つの反射面を対比することが出来た。これらの結果より、浦底主断層(F-39・40)は、本海域において約1.7~2mの変位が確認されるが、沖積層基底からK-Ah推定降下層準までの上下変位における累積は認められなかった。また、断層南端部においては、その変位を示す高度差が減少する傾向が確認された。浦底断層は南部において、同じ構造を呈する断層に分岐し発達することが確認された。

キーワード: 活断層, 浦底断層, 高分解能地層探査

Keywords: active fault, Urazoko fault, High resolution geostatigraphic survey

敦賀湾における浦底断層のコアリング調査 Coring survey of the Urazoko Fault in Tsuruga Bay on the Sea of Japan

杉山 雄一^{1*}, 坂本 泉², 滝野義幸², 宇佐見琢哉³, 島崎裕行³, 武田伸勝⁴, 永田高弘⁴, 下釜耕太⁴, 松山和馬⁴
SUGIYAMA, Yuichi^{1*}, SAKAMOTO, Izumi², yoshiyuki Takino², Takuya Usami³, Masanori Shimazaki³, Nobukatsu Takeda⁴, Takahiro Nagata⁴, Kota Shimogama⁴, Kazuma Matsuyama⁴

¹産総研活断層・地震研究センター, ²東海大学海洋学部, ³総合地質調査株式会社, ⁴株式会社ダイヤコンサルタント
¹AFERC, AIST, GSJ, ²School of Marine Science and Technology, Tokai Univ., ³Sogo Geophysical Exploration Co., Ltd., ⁴Dia Consultants Co., Ltd.

1. はじめに

平成 23 年度文科省「沿岸海域における活断層調査」の一環として、敦賀市手沖合の敦賀湾中部（北緯 35 度 43 分 20 秒～27 秒，東経 136 度 03 分 34～41 秒）において、浦底 - 柳ヶ瀬山断層帯浦底断層（日本原子力発電株式会社の F-39・40 断層）のコアリング調査を行った。コアリングは、日本原子力発電株式会社から開示して頂いた調査資料と、本調査の一環として東海大学が実施した高分解能音波探査の結果を参考に行い、隆起側 3 地点、沈降側 3 地点で得られた 6 本のコア（長さ 3.23～6.13m）について、観察・記載と 14C 年代測定・火山灰分析・帯磁率測定等を実施した。

2. コアの層序

コア観察により明らかになった層相変化に基づき、1～4 の 4 つの対比基準面を設けると共に、コアの地層を a～d の 4 層に区分した。また、帯磁率測定結果に基づき、Z, A, B の対比基準面を設定した。年代測定結果と火山灰分析の結果に基づき、各対比基準面と a～d 各層の年代を推定した（表 1）。

火山灰分析の結果、沈降側の b 層最上部（対比基準面 1 直下）に、鬼界アカホヤ（K-Ah）火山灰の降下層準を検出した。一方、隆起側では、K-Ah 火山灰の降下層準が欠如しており、K-Ah 降下層準より下位の b 層（9010-8650 cal yBP の年代が得られている）を a 層が直接覆う。

また、隆起側にのみ認められる最下位の d 層からは、約 10700 年前に降下した鬱陵隠岐（U-OkI）火山灰起源の火山ガラスが微量ながら（3000 粒子中 6 粒程度）検出された。

3. 浦底断層（F-39・40 断層）両側での各対比基準面の高度差

浦底断層両側での b 層中の各対比基準面の高度差（隆起側の UA-5 コア採取地点と沈降側の DA-7 コア採取地点間における高度差）は 2.3～2.7m であり、10～20cm ずつ、上位のものほど高度差が小さくなっている（表 1）。これについては、数 100 年間隔で、10～20cm 程度の上下変位が生じた可能性も完全には否定できないが、高分解能の音波探査断面（坂本ほかのポスター発表参照）によると、両地点における堆積速度の違い（沈降側の DA-7 地点の堆積速度の方が大きい）を反映していると考えられる。

4. K-Ah 降下層準の高度差

隆起側における K-Ah 降下層準の欠如は、同火山灰降下後に浦底断層が活動し、隆起側では、K-Ah 降下層準を含む b 層最上部が侵食された可能性を示唆する。両地点の K-Ah 降下層準の高度差は 1.9m 以上であり、隆起側と沈降側における b 層上部の堆積速度が b 層中部の堆積速度（隆起側では沈降側の約 8 割）と同じであったとすると、同高度差は約 2.1m と見積られる。

今回の高分解能音波探査及び既存の敦賀湾の調査データを総合すると、約 2m の K-Ah 降下層準の高度差は、近似的に、調査地点における浦底断層（F-39・40 断層）による K-Ah 降下層準の上下変位量を示していると考えられる（坂本ほかのポスター発表、杉山ほかの口頭発表を参照）。

謝辞：本調査を実施するに当たり、福井県及び敦賀市の関係各部課の皆様並びに敦賀市漁業共同組合の皆様には、本調査の趣旨をご理解戴き、多大なるご協力を賜りました。また、日本原子力発電株式会社には、調査資料を開示して戴きました。ここに記して、篤く御礼申し上げます。

キーワード: 浦底断層, 敦賀湾, コアリング, 活断層

Keywords: Urazoko fault, Tsuruga Bay, Coring, Active fault

SSS35-P21

会場:コンベンションホール

時間:5月22日 18:00-19:30

表1. 対比基準面と層序区分、それらの推定年代、F39・40断層の沈降側・隆起側における高度及び両側での高度差.

対比基準面	層序区分	DA-7コアのデータに基づく推定暦年代	沈降側DA-7コアにおける海面からの深度 (m)	隆起側UA-5コアにおける海面からの深度 (m)	両コア間での高度差 (m)
1 K-Ah火山灰	a	7300	38.6	36.7(侵食面)	1.9
		7300	38.6	36.5(推定)	2.1(推定)
Z	b	8900	39.5	37.2	2.3
A		9100	40.1	37.7	2.4
2		9300	40.8	38.2	2.6
3		9400	41.3	38.6	2.7
B	c	9600	42.0	39.4	2.6
4	d	10200	≥ 42.9	39.5	≥ 3.4

近畿トライアングル北部, 三方断層に伴う袋状埋積谷における反射法地震探査 Seismic reflection profiling across the Mikata fault, Kinki district

戸田 茂^{1*}, 黒田 康朗¹, 鈴木 茜¹, 佐藤 正利¹, 脇田 懸¹, 加藤 茂弘², 岡田 篤正³

TODA, Shigeru^{1*}, KURODA, Yasuro¹, SUZUKI, Akane¹, SATO, Masatoshi¹, WAKITA, Kakeru¹, KATOH, Shigehiro², OKADA, Atsumasa³

¹ 愛知教育大学教育学部地学教室, ² 兵庫県立人と自然の博物館自然・環境評価研究部, ³ 立命館大学歴史都市防災研究センター

¹Department of Earth Sciences, Faculty of Education, Aichi University of Education, ²Division of Natural History, Hyogo Museum of Nature and Human Activities, ³Ritsumeikan University

琵琶湖の北部地域には北北東 - 南南西走向の花折断層系・琵琶湖西岸活断層系および北西 - 南東走向の柳ヶ瀬断層系が分布する国内でもっとも活断層が密集する地域のひとつである(活断層研究会, 1991)。福井県若狭町周辺は, 東側を三方断層に南西側を熊川断層によって限られており, この地域は三遠三角帯と呼ばれている(吉川, 1951)。ほぼ南北走向に延びる三方断層は, 総延長約 18km, 西側隆起の活断層である(中田・今泉, 2002)。その最終活動時期は 1662 年の寛文地震 (M7.2-7.6) と推定されている。また平均活動間隔は 3,800-6,300 年程度とされている(小松原・他, 1999)。

調査地の若狭町中山低地は, 三方五湖の菅湖と三方湖の西側に位置し, 三方断層を東縁とする凹地状の袋状埋積谷を呈している。このような活断層の活動による袋状埋積谷には泥炭層が堆積しやすく, 活断層調査には適しており, これまでに戸田・他 (2011) により集福寺断層で同様な反射法地震探査が実施されている。またこの場所では, NEXCO 中日本により, ボーリング調査が実施されており, 地質境界としての三方断層と低地内に三方伏在断層の存在が指摘されている(岡田・他, 2010)。しかし三方伏在断層の走向をはじめとする断層パラメーターは, ほとんどわかっていない。

そこで本研究では, 若狭町中山低地の農道を利用して, 三方伏在断層の走向・傾斜, 形状や変位量を明らかにし, また三方伏在断層と三方断層の地下での関係, および中山低地のような袋状埋積谷の形成メカニズムの解明を目的として, かけや震源を使用した極浅層反射法探査を実施した。三方伏在断層の走向がわかっていないため, 南北走向の三方断層とほぼ直交するように探査測線は東西方向に取った。測線長は北側測線を 70m, 南側測線を 69m とし, 極浅層がターゲットのため受振点間隔を 1m とした。測定には Seismic Source 社の DAQ Link2 を使用し, 受振点を変えて同じ場所で発震するなどして, 平均 24 重合の記録を得た。サンプリング間隔を 0.5 ミリ秒とし, 0.5 秒の記録を収録した。受振器には固有周波数 28 ヘルツのシングルチャンネルの地震計を使用した。発震間隔も受振間隔と同様に 1m とした。南側測線は, 探査測線が JR 小浜線を横切るところで発震も受振もできなかったため, 重合数を確保するために展開を工夫した。

探査地域である中山低地は, 地下水位がほぼ地表まで達しているため, 表層付近の不均質が小さく, またノイズレベルも低かったため, 良好な反射断面が得られた。北側の測線において, 変位に累積が認められる西傾斜の撓曲構造がみられた。

キーワード: 反射法地震探査, 三方断層, 三方伏在断層, 袋状埋積谷

Keywords: Seismic Reflection Survey, Mikata Fault

段丘地形と地下地質情報に基づく第四紀後期の伊勢湾から近江盆地の地殻変動 Crustal movement during the late Quaternary in the Ise Bay and Ohmi Basin, based on terraces and subsurface geology

石村 大輔^{1*}ISHIMURA, Daisuke^{1*}¹ 京大・理・地物¹Dept. Geophysics. Kyoto Univ.

伊勢湾から近江盆地の地形は、東側低下の逆断層から構成される琵琶湖西岸断層帯と養老 桑名 四日市断層帯に画された山地・盆地の繰り返しで特徴づけられる。これらの地域では、地形・地質調査に基づき西傾動運動が推定されており(桑原, 1968; 植村, 1979), 断層活動を含め鉛直方向の変形が卓越する地域と考えられる。一方で、本地域周辺の地殻変動量やその分布に関する定量的なデータは十分に得られていない。そこで、本研究では隆起側に発達する段丘地形と沈降側に豊富に得られている地下地質情報に着目し、これらに基づいて10万年スケールの地殻変動を明らかにした。段丘地形は、伊勢湾西岸地域や琵琶湖の東西に広がる湖東・湖西地域に広く発達し、気候段丘に基づく地殻変動量の推定法(吉山・柳田, 1995)を適用することで10万年スケールの地殻変動量を明らかにすることができる。一方、地下地質情報は、濃尾平野や琵琶湖の湖岸部で豊富に得られており、それらの情報に基づき10万年スケールの沈降量を推定することが可能である。また、本研究では断層起源の変形をOkada(1992)の半無限弾性体を採用したCoulomb 3.3(Toda et al., 2005)を用いて計算し、その計算結果と本研究で明らかとなった地殻変動を比較することで、長期間の変形に断層起源の変形がどの程度寄与しているか検討した。

本研究では、まず空中写真を用いて地形面区分と断層変位地形の認定を行った。そして、段丘面を覆う被覆層を対象としたテフラ分析(Ishimura and Kakiuchi, 2011)を行い、各地域で段丘面の編年を行った。隆起量に関しては、各地域で段丘形成過程を推定し、特定の気候段丘の比高を隆起量として読み取った。沈降量に関しては、濃尾平野では低下側に埋没したMIS(Marine Isotope Stage) 2, 6に相当する礫層を埋没段丘構成層と判断し、その上面深度の差をMIS 2とMIS 6の間の沈降量とみなした。近江盆地では、侵食基準面である琵琶湖の湖水準が一定と仮定し、湖岸部における10万年スケールの堆積速度を沈降速度、湖域の10万年スケールの堆積速度を沈降速度の下限とみなした。

段丘地形と地下地質情報から読み取った隆起・沈降量の分布から、濃尾平野と近江盆地の形成に寄与する西傾動運動や断層周辺の背斜・向斜状の変形を読み取ることができた。特に濃尾平野西部から伊勢湾西岸地域にかけての養老 桑名 四日市断層帯周辺の変形パターンは、濃尾平野地下の基盤形状や周辺の地形と調和的であり、これらの活断層が活動開始以来同様の変位を継続し、地形発達に大きく影響してきたことを示している。伊勢湾西岸地域で明らかとなった隆起・沈降速度分布から、各断層の上下変位速度は、養老断層: 1.7 mm/yr 以上、桑名断層: 約 1.0 mm/yr、四日市断層: 約 0.5 mm/yr と推定される。養老断層の正確な上下変位速度は養老山地内の情報がないため不明であるが、沈降速度のみで見ると養老断層がもっとも活動度が高く、桑名断層、四日市断層と南へ向かって活動度が低くなっているように見える。近江盆地で明らかとなった隆起・沈降速度分布から、各断層の上下変位速度は、饗庭野・上寺断層: 1.9 mm/yr 以上、堅田断層: 0.9-1.0 mm/yr 以上と推定される。また湖東地域では、高位の段丘ほど勾配を増す傾向が古くから知られており(植村, 1979)、段丘地形に基づく隆起速度は八日市・日野丘陵の東部で0.5 mm/yr の値を示し、鈴鹿山脈へ向かって増加する傾向を示す。

明らかとなった地殻変動と断層起源の変形のモデル計算結果を比較し、断層の地下形状や断層起源以外の変形について検討した。その結果、既存研究で推定されている断層形状よりも高角な断層(50-60度)と本研究地域全域を一様に沈降させる変形を仮定した場合、本研究で明らかとなった地殻変動をもっともよく説明することができた。このような研究地域全域を一様に沈降させる変形は、他の逆断層に画された地域に比べ沈降側の盆地が広く発達することと活断層の上下変位速度に対して隆起側の山地の標高が低いという本地域周辺の地形的特徴を説明することができる。本研究では、このように地殻変動に寄与する変形の分離を試み、断層以外の変形の存在を示唆することができた。また、このような変形は比較的長波長(100 km 以上)と推定され、島弧規模の変形に起因する可能性が高い。

引用文献: Ishimura, D., Kakiuchi, Y. (2011) Quaternary International, 246, 190-202. 桑原 徹 (1968) 第四紀研究, 7, 235-247. Okada, Y. (1992) BSSA, 82, 1018-1040. Toda, S., Stein, R. S., Richards-Dinger, K., Bozkurt, S. (2005) JGR, 110, B05S16. 植村善博 (1979) 立命館文学, 410/411, 143-174. 吉山 昭・柳田 誠 (1995) 地学雑誌, 104, 809-826.

キーワード: 地殻変動, 近江盆地, 伊勢湾, 活断層, 段丘

Keywords: Crustal movement, Ohmi Basin, Ise Bay, Active fault, Terrace

鈴鹿西縁断層帯における後期更新世以降の断層活動 反射法地震探査結果と微小な変位地形の整合性の検討

Tectonic geomorphology and late Pleistocene activity of western marginal faults of the Suzuka Mountains, central Japan

水本 匡起^{1*}, 吾妻 崇², 中田 高³, 堤 浩之⁴, 後藤 秀昭⁵, 田力 正好¹, 松田 時彦¹, 松浦 律子¹

MIZUMOTO, Tadaki^{1*}, AZUMA, Takashi², NAKATA, Takashi³, TSUTSUMI, Hiroyuki⁴, GOTO, Hideaki⁵, TAJIKARA, Masayoshi¹, MATSUDA, Tokihiko¹, MATSU'URA, Ritsuko S.¹

¹ 地震予知総合研究振興会, ² 産総研 活断層・地震研究センター, ³ 広島大学名誉教授, ⁴ 京都大学大学院理学研究科, ⁵ 広島大学大学院文学研究科

¹ Earthquake Research Center, ADEP, ² AFERC, AIST, ³ Hiroshima Univ., ⁴ Kyoto Univ., ⁵ Hiroshima Univ.

鈴鹿西縁断層帯は、琵琶湖東方の鈴鹿山地西縁に位置し、長さ 44km に渡って南北方向に延びる逆断層である(地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2004)。この断層帯の後期更新世や完新世における活動に関する情報はほとんど得られていない。吾妻ほか(2000)は、本断層帯北～中部の宇曾川付近において P 波反射法地震探査とボーリング調査を行い、古琵琶湖層群を東へ 40° 傾斜させる逆断層の存在を明らかにした。一方で、浅層部の堆積物に関するデータが得られなかったために、本断層帯の中・後期更新世以降の活動性については不明であるとした。本研究は、鈴鹿西縁断層帯において空中写真を用いた地形判読を実施し、変動地形について詳しく検討した。その結果、本断層帯の北～中部において、後期更新世以降に形成されたと考えられる段丘面上に微小な変位地形を新たに見出し、反射法地震探査では不明とされていた後期更新世以降に活動している活断層の存在を示すことができた。

地表の活断層トレースは、常安寺付近から宇曾川右岸まで続く西側のトレース(Fw とする)と、宇曾川右岸の上蚊野集落から愛知川右岸まで続く東側のトレース(Fe とする)との 2 条のトレースが認められる。両トレースは、宇曾川付近で約 1 km の幅を持ってステップしている。

Fw の北端部は、活断層研究会編(1991)、岡田・東郷(2000)、中田・今泉編(2002)で、高位段丘面を撓曲変形させる断層崖として図示されている。本研究によって、これら常安寺付近の断層変位地形が、竹原集落から岩倉集落を経て、さらに南方の宇曾川右岸に広がる扇状地性の段丘面上にまで連続していることがわかった。宇曾川右岸に発達する扇状地性の段丘面は、ほとんど開析を受けておらず、現在の氾濫原との比高も数 m 以下と小さいことから、後期更新世以降に形成されたと考えられる。常安寺よりも南方の Fw は、撓みを伴う低断層崖として認められ、空中写真で判読する限りの崖高は数 m 以下である。

Fe は、宇曾川両岸に発達する扇状地性の段丘面を撓曲変位させている。そして湯屋町北坂集落の西を通過し、読合堂を経て棚上川付近まで、数 m 以下のわずかな崖高を有する低断層崖として認められる。Fe は、小河川に沿って段丘化している中で最も新しい段丘面上にも認められるので、低断層崖の連続性が途切れるのは、ほぼ現流路付近に限られる。

以上のように、今まで見過ごされてきたような「微小な変位地形」に着目した結果、本断層帯で確実に認定できる活断層トレースの長さは約 9km であることがわかった。地震調査研究推進本部地震調査委員会(2004)は本断層帯の活動時期を不明としたが、低断層崖がほぼ途切れることなく連続しており、段丘化している中で最も新しい地形面も変位しているため、本断層帯の活動時期は後期更新世以降の新しい時期(おそらく完新世)と考えられる。

宇曾川付近では、反射法地震探査によって古琵琶湖層群を変位させる 2 条の断層の存在が推定されている(吾妻ほか, 2000)。本研究が示した 2 条の活断層トレースは、上記の反射法地震探査によって推定されていた断層の位置とそれぞれ一致する。反射法地震探査の測線が断層を横切る付近では、撓みを伴う低断層崖が認められることから、既往の反射法地震探査結果と本研究の結果とを合わせることで、後期更新世以降に活動した活断層の存在が確実に認定されたことになる。

今回示した微小な変位地形の発見は、詳細な地形を多面的に観察できる空中写真を用いて地形判読を行った成果である。古い時代に撮影された空中写真を用いることによって、現在は人工改変によって失われている微小地形を含めた地形発達史を考察することが可能であり、わずかな崖高の低断層崖を見出すことができる。反射法地震探査で地下構造を想定するには、これらの微小な変位にまで注目した変動地形との整合性を検討した上で、地表の特徴を満足させる構造を想定することが重要である(渡辺, 2004; 2005)。地表の活断層トレースに関する新知見は、変動地形学の成果の一部に過ぎないが、地震の長期予測において最も基本的で重要な情報である。活断層分布情報の不確かさは、評価結果に深刻な影響を及ぼす(中田, 2008)。1 回の地震で動く区間や活動時期の特定などを行う際には、今まで以上に活断層の位置・形状に関する詳細な情報が重要視されるべきであると考えられる。

(本研究は文部科学省委託研究費により実施した)

キーワード: 活断層, 変動地形, 鈴鹿山脈西縁, 空中写真

Keywords: active fault, tectonic geomorphology, suzuka mountain range, aerial photograph

京都盆地東縁南部の活傾動

Active tilting along the eastern margin of the southern part of Kyoto Basin, central Japan

小松原 琢^{1*}

KOMATSUBARA, Taku^{1*}

¹ 産業技術総合研究所地質情報研究部門

¹Institute of Geology and Geoinformation, AIST, Japan

1. はじめに

京都盆地東縁の北半部には花折断層および桃山断層の西落ち活断層が存在することが知られている(たとえば岡田・東郷編, 2000)。また京都盆地に隣接する山科盆地の東縁には同じく西落ちの黄檗断層が存在する(たとえば植村, 2001)。しかし京都盆地の南半部に当たる宇治川左岸では、岡田・東郷編(2000)が撓曲を図示していることを除いて活構造に関する系統的な研究は従来行われてこなかった。本研究では宇治川左岸周辺地域の活傾動について記載する。

2. 宇治川左岸周辺の段丘面と段丘堆積物

宇治川左岸の京都盆地東縁丘陵の頂部には高位 段丘面が広く発達する。これは、厚さ数m未満の薄い砂礫層からなり赤色表土中に「ロース斑」と呼ばれる特徴的な網斑状の組織が認められることから露頭条件の悪い当地域でも比較的容易に同定できる。この段丘堆積物から池田・植村(1980)は火山ガラスの屈折率が1.500~1.504のガラス質テフラを見出しているが今回の調査では見つけられなかった。この段丘堆積物は下位の大阪層群を緩い傾斜不整合に覆う。

高位 段丘面より一段低位に、天ヶ瀬ダム上流の峡谷から京都盆地東縁にかけて高位 段丘面が分布する。この段丘堆積物はロース斑を伴わない赤色表土に覆われること、最大で50mに達する厚い堆積物からなることで特徴づけられる。

これらの高位段丘堆積物からは年代試料を得ることはできなかったが、表土の色調と堆積物の風化程度から中期更新世後期のものと考えられる。

中位段丘面は黄褐色の表土に覆われ、薄い砂礫からなるが分布が断片的で変位基準としては用いられない。

3. 累積的な傾動運動について

高位 段丘面と高位 段丘面をN70°W方向に投影した断面においては、両高位段丘面が京都盆地の沖積面と交差する宇治市小倉付近から高位 段丘面分布域東端の宇治市折居台にいたる約2kmの区間で高位 段丘面が平均35/1000、高位 段丘面が17/1000の西傾斜を示す。さらに、高位 段丘面は天ヶ瀬ダム付近にいたる約5kmの区間では28/1000の西傾斜を示す。同じ区間における宇治川現河床の勾配が1~2/1000程度であることを考慮すると、高位段丘面の傾斜は累積的な西傾動運動によるものと考えることが妥当であろう。この場合の天ヶ瀬ダム上流~小倉間における比高は140mに達する。

段丘面の離水年代が不明なため、変位速度の議論は難しいが、現河床勾配が緩傾斜であることから考えてB級の上下変位速度をもつ可能性が高い。この宇治川左岸の高位段丘面を変位させる傾動を宇治傾動帯と呼ぶ。

この傾動帯の長さは傾いた高位 および 段丘面の分布から約3km以上に達すると考えられる。京都盆地の中で最も厚く大阪層群以上の地層が堆積しているのは巨椋池干拓地周辺と考えられ(たとえば関西地盤情報活用協議会, 2002)、これはほぼ宇治撓曲帯の沈下側に位置する。これは宇治川左岸地域の京都盆地の沈降を示しており、宇治撓曲帯の活動を示唆するものといえる。

4. 京都-山科盆地東縁の断層の連続性に関する検討

従来の多くの研究では宇治川右岸の黄檗断層南端から木津川河谷の井出断層北端まで約7kmには活断層が存在しないとされてきた(たとえば地震調査研究推進本部, 2005)。しかし、これまで断層が認められてこなかった宇治川左岸周辺の約3km区間においても黄檗断層と上下変位速度が同じオーダーの活傾動が存在することが示された。このため、京都盆地東縁の断層帯(あるいは京都盆地-奈良盆地断層帯)の長さに関する評価を改める必要はないだろうか。今後の検討課題と考えられる。

引用文献

池田碩・植村善博(1980) 南山城, 木津川流域の段丘地形。奈良大学紀要, 第9号, 75-85。

地震調査研究推進本部(2005) 京都盆地-奈良盆地断層帯南部(奈良盆地東縁断層帯)の評価。http://www.jishin.go.jp/main/chousa/01jul

関西地盤情報活用協議会(2002) 新関西地盤 京都盆地。関西地盤情報活用協議会・196p。

岡田篤正・東郷正美編(2000) 近畿の活断層。東京大学出版会, 395p。

植村善博(2001) 京都の地震環境。ナカニシヤ出版, 123p。

キーワード: 活傾動, 活断層, 京都盆地, 高位段丘, 宇治傾動帯

Keywords: active tilting, active fault, Kyoto Basin, higher terrace, Uji Flexure

京都府京丹後市の郷村断層沿いに見いだされた断層露頭 The outcrops of the fracture zone along the Gomura Fault in Kyoto, Japan

佐藤 ふみ^{1*}, 藤井正博¹, 丸山 美智子¹, 内田淳一², 道口 陽子², 堤 英明²

SATO, Fumi^{1*}, Masahiro Fujii¹, MARUYAMA, Michiko¹, Junichi Uchida², Yoko Michiguchi², Hideaki Tsutsumi²

¹ 応用地質株式会社, ² 独立行政法人原子力安全基盤機構

¹Oyo Co., ²JNES

郷村断層は、1927年(昭和2年)3月7日に京都府丹後地方をおそった北丹後地震(マグニチュード7.2)の際に生じた左横ずれ西落ちの地表地震断層である。地震断層の一部は、1929年に国指定天然記念物に登録され、今も大切に保存されている。この保存施設は、自然のつくる地質遺産として山陰海岸ジオパークのジオサイトとしても紹介され、教育的・観光的資源としても重要な位置を占めている。

筆者らは、断層破砕物質を用いた断層の活動年代の評価手法を検討するため、郷村断層を対象にデータ取得のための調査を行った。この調査により、郷村断層沿いでいくつかの断層破砕帯露頭が確認されたので、これらの断層破砕帯露頭について紹介する。

本調査では、京都府京丹後市網野町郷地区および生野内地区、峰山町安地区において断層露頭を11箇所で見出した。これらの断層露頭は、地震断層(たとえば岡田・松田, 1997)のほぼ直上、またはその近傍に位置する。今回の調査により白亜紀~古第三系とみられる花崗岩からなる基盤岩に断層破砕物質を確認することができた。以下、北から順に断層露頭の概要を述べる。

樋口断層横地点は、地震断層(樋口断層)の保存施設より南南東にわずかに約2mに位置する。深さ約1mのピットを掘削したところ、基盤岩に垂直変位約30cmの開口亀裂を伴う断層が見られた。断層の走向傾斜は、南壁面で下部ではNS54°, 上部ではN6°W70°Wであり、幅1~2cmの軟質な断層ガウジを伴う。このうち幅0.2~0.5mmの淡褐色を呈する部分が最もよく連続する。基盤岩の一部に見られるスリッケンサイドはほぼ水平を示す。北壁面では、主断層の走向傾斜は、N14°W70°Wである。

網野町郷地点では、山の尾根線が左にずれる変位地形が見られる。尾根上にはいくつかのバルジ状の高まりがあり、地震断層と一致する可能性がある。ここでは、基盤岩の花崗岩中に複数のせん断面とカタクレサイトおよびその内部構造を確認した。主断層は二か所で確認でき、主断層は、走向傾斜N20°W60°W、最大幅1.5cmの軟質な淡褐色粘土状破砕部を伴う。主断層は最大幅3.5cmのやや固結した灰白色粘土状破砕部を伴う。この部分では、不明瞭ではあるが鏡肌を確認できる。さらに、その南西延長に位置する地点では、基盤岩の花崗岩中に走向傾斜N26°W80°Wの断層が見られ、幅約3~6cmの連続性の良い断層ガウジを伴う。

郷村断層沿いに見いだされた断層破砕帯露頭は、詳細に調査することにより、防災対策強化のための貴重なデータになりうると考える。また、地震断層や活断層の研究資産としてだけでなく、ジオパークの地質遺産としても重要な役割を果たすと考えられる。

謝辞:現地調査に際し、調査地点の地権者の方々、地元住民の方々、京丹後市役所企画総務部総務課並びに京丹後市教育委員会、網野庁舎網野市民局、京都府丹後広域振興局の方々には大変お世話になりました。以上の方々に、厚く御礼を申し上げます。

キーワード: 郷村断層, 地表地震断層, 断層破砕物質, ジオパーク

Keywords: Gomura Fault, Surface rupture, Fault fracture zone, Geo-park

兵庫県の山崎断層帯安富断層における断層破碎帯と変動地形の関係 Relationship of fracture zone and tectonic landform in the Yasutomi fault of the Yamasaki fault zone, in southwest Japan

黒澤 英樹^{1*}, 瀬崎 章太郎², 小坂 英輝², 内田 淳一³, 道口陽子³, 堤英明³

KUROSAWA, Hideki^{1*}, Shotaro Sezaki², KOSAKA, Hideki², Jun-ichi Uchida³, Yoko Michiguchi³, Hideaki Tsutsumi³

¹ 応用地質株式会社, ² 株式会社環境地質, ³ 独立行政法人原子力安全基盤機構

¹Oyo. Co., ²Kankyo Chishitsu Co.,Ltd, ³JNES

山崎断層帯は、その最新活動時期の違いから大原断層、土万断層、安富断層及び暮坂峠断層から構成される北西部と、琵琶甲断層及び三木断層から構成される南東部に区分されている。最新活動時期について、北西部では868年(貞観10年)の播磨国地震(兵庫県, 1996)、南西部では約3600年前~6世紀であったと推定されている(兵庫県, 2000)。平均活動間隔は、北西部では約1800~2300年(兵庫県, 1996)、南西部では経験式より3000年程度であったと推定されている。

山崎断層帯は、幅広い破碎帯を有することが知られている。このような断層破碎帯の分布と変動地形の関係を検討した事例は多いとはいえない。筆者らは、断層破碎物質を用いた断層の活動年代の評価手法を検討するため、山崎断層帯を対象にデータ取得のための露頭調査、ピット調査、トレンチ調査を行った。この調査により、山崎断層帯沿いで断層破碎帯および過去の活動に関する情報が得られた。本発表では、これらのうち、安富断層の周辺調査およびトレンチ調査・ピット調査の結果に基づいて、断層破碎帯の分布と変動地形の関係について報告する。

キーワード: 山崎断層帯, 安富断層, 断層破碎帯

Keywords: Yamasaki fault, Yasutomi fault, fault zone

野島断層における断層破砕帯の分布とその産状

Distribution and occurrence of the fault rocks associated with the Nojima fault, Central Japan

中村 克^{1*}, 海田 華苗², 草野 高志³, 村上 雅紀¹, 内田 淳一⁴

NAKAMURA, Masaru^{1*}, Kanae KAIDA², Takashi KUSANO-HONGO³, Masaki MURAKAMI¹, Junichi UCHIDA⁴

¹ 応用地質株式会社, ² 株式会社環境地質, ³ 株式会社蒜山地質年代学研究所, ⁴ 独立行政法人原子力安全基盤機構

¹OYO Corporation, ²Kankyo Chisitu Co., Ltd, ³Hiruzen Institute for Geology & Chronology, ⁴Japan Nuclear Energy Safety Organization

我々は、断層破砕物質を用いた断層の活動年代の評価手法を検討するため、1995年兵庫県南部地震に伴って活動した野島断層にほぼ沿って、断層露頭観察とピット調査を行った。その結果、ピット調査からは過去2回以上の断層活動が推定された。断層露頭観察からは、断層変位地形を形成している断層破砕帯の性状を記載することができた。そのうち、ピット調査の結果を以下に示す。

調査地は、兵庫県淡路市野島暮浦であり、栗田・水野(1998)により1995年兵庫県南部地震時の地表地震断層が確認されている場所である。分布する地質は、下位より、変質した花崗岩、これに断層で接する神戸層群の砂質シルト岩、腐植質シルト岩および砂岩、これら基盤岩を不整合に覆う8層の未固結堆積物、人工的な掘削土砂が分布する。これら堆積物から、炭素14年代測定用の試料を採取し測定を行った。

このピットには断層が4条認められ、走向傾斜がN30~60°E 60°W程度であり、幅1~20cm程度、灰・黄褐色の断層粘土を伴う。断層には、最下部の未固結堆積物にのみ変位をあたえるものと、最上部の未固結堆積物にまで変位を与えるものがあり、過去2回以上のイベントが解釈できる。

本発表では、このピットの炭素14年代測定結果、イベントの解釈を示すとともに、野島断層沿いの破砕帯の産状を示す予定である。

現地調査に際し、調査地点の地権者の方々、地元住民の方々、淡路氏市危機管理部危機管理課並びに兵庫県民部防災企画局防災計画課の方々には大変お世話になりました。以上の方々に、厚く御礼を申し上げます。

キーワード: 野島断層, 1995年兵庫県南部地震, 古地震イベント, 活断層, 破砕帯

Keywords: Nojima fault, the 1995 Hyogo-Ken Nanbu earthquake, Central Japan, paleoseismic event, active fault, fracture zone

鳥取県西部地震震源域における稠密重力探査 Gravity Measurement around source region of 2000 Tottoriken-seibu earthquake

井上 直人^{1*}, 越後 智雄¹, 宮腰 研¹, 野口 竜也², 香川 敬生²

INOUE, Naoto^{1*}, ECHIGO, Tomoo¹, MIYAKOSHI, Ken¹, NOGUCHI, Tatsuya², KAGAWA, Takao²

¹ 地盤研究財団, ² 鳥取大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻

¹Geo-Research Institute, ²Tottori University Graduate School of Engineering

鳥取県西部地震は、基本的に活断層としての認定が困難であった地域に発生した震源断層とされ、「新編日本の活断層」(活断層研究会, 1991)でも震源断層と同様の走向の活断層は認定されていない。近年日本で発生している地震は、このように明瞭な活断層を伴わないケースが多い。地震後の詳細な空中写真判読による結果(堤ほか, 2000; 井上ほか, 2002; 高田ほか, 2003)では、新たな活断層やリニアメントが認定された。特に鳥取県西部地震の震源断層の南西部では震源断層と同様の走向を示す小規模なリニアメントがいくつか認定されている(高田ほか, 2003)。産業技術総合研究所発行の重力CD-ROMの1kmグリッドデータでは、これらのリニアメント近傍は重力異常の相対的な急変帯に相当している。震源断層自体は高重力異常域の中に分布している。鹿児島県西部地震の震源断層近傍は同様に相対的に高重力異常域となっている(宮町ほか, 2004)。

Gravity Database of Southwest Japan (CD-ROM) (Gravity Research Group in Southwest Japan, 2001)に収録のデータから作成した重力異常図では、高田ほか(2003)で示される小規模なリニアメント近傍で同様の走向の谷状に重力異常が低い部分が見られる。そこで、稠密な重力測定結果とこれらのリニアメント、震源断層との関係を検討する目的で、震源断層の走向延長方向の高重力域から低重力域に変化する部分では250m間隔で、震源断層が通過する緑水湖近傍や、日南湖リニアメント、小町?大谷リニアメント(堤ほか, 2000; 井上ほか, 2002; 高田ほか, 2003)を横断する部分では50m間隔で測定を行った。走向延長部分の高重力域から低重力域に変化する部分の250m間隔のデータでは、Gravity Database of Southwest Japan (CD-ROM)と同様の傾向の結果が得られた。一方、リニアメントや震源断層を横断する50m間隔の測定結果では、いくつか相対的に低重力異常を示す結果が新たに得られた。これら低重力を示す部分は、小規模なリニアメントや、鳥取県西部地震において地表変状がみられた箇所近傍である。したがって、詳細な地形異常の検討に加えて、地下構造も併せて検討することで、鳥取県西部地震タイプの震源断層に関連した変状を抽出できる可能性を示している。しかしながら、今回測定を行ったような山間部の低地帯では沖積層相当の低密度な物質が基盤を覆っている。破碎帯等の構造的な弱線の存在が予測されても、どちらの構造も低重力異常を示すため、解釈に注意を要する。発表では表層地質等を考慮した定量解析の結果を示す。

謝辞 本研究は、独立行政法人 原子力安全基盤機構による委託事業によって行われたデータの一部を引用しました。ここに記して謝意を示します。

キーワード: 2000年鳥取県西部地震, 重力探査, リニアメント

Keywords: 2000 Tottoriken-seibu earthquake, Gravity measurement, lineament

弥栄断層帯の断層変位地形 - 中国地方西部の活断層密集地域に分布する断層長の長い活断層

Tectonic geomorphology along the Yasaka Fault Zone: a long active fault in the area of dense population of active faults

田力 正好^{1*}, 中田 高², 堤 浩之⁴, 後藤 秀昭³, 吾妻 崇⁵, 松田 時彦¹, 水本 匡起¹, 松浦 律子¹

TAJIKARA, Masayoshi^{1*}, Takashi Nakata², Hiroyuki Tsutsumi⁴, Hideaki Goto³, Takashi Azuma⁵, Tokihiko Matsuda¹, Tadaki Mizumoto¹, Ritsuko S. Matsu'ura¹

¹ 地震予知総合研究振興会, ² 広島大学名誉教授, ³ 広島大学大学院文学研究科, ⁴ 京都大学大学院理学研究科, ⁵ 産総研 活断層・地震研究センター

¹Earthquake Research Center, ADEP, ²Hiroshima Univ., ³Hiroshima Univ., ⁴Kyoto Univ., ⁵ADEP AFERC, AIST

中国地方西部(山口県, 広島県西部, 島根県西部)には北東-南西走向の地質構造が発達し, 同走向の地質断層が多数分布する。本地域は, 活断層の分布が希薄な地域と従来考えられてきた(活断層研究会編, 1991 など)が, 近年の調査により, 地質断層と同様な走向を持つ活断層が多数発見されてきている(中田・今泉編, 2002; 高田ほか, 2003)。筆者らは, 平成22年度より, 主として70年代国土地理院撮影1/1万カラー写真を用いて中国地方全域の活断層写真判読作業を行っている。その結果, 中田・今泉編(2002)や高田ほか(2003)に示された活断層以外にさらに多数の活断層がマッピングされ, 中国地方西部は日本国内でも活断層が密集する地域であることが分かってきた。

弥栄断層帯は, 島根県南西部に北東-南西走向に発達し, 石見高原と冠山山地の境界付近に分布する活断層帯で, いくつかの既存文献で活断層トレスが図示されている(中田・今泉編, 2002; 高田ほか, 2003; 古松, 2010MS)。中田・今泉編(2002)では, 「断層地形が不明瞭であることから, 活動度はC級程度と推定される」とされ, 古松(2010MS)ではトレンチ調査によって最終氷期以降に2回の活動が明らかにされている。本発表では, 中国地方に密に分布する活断層の一例として, 弥栄断層帯の断層変位地形の詳細な記載を行い, 分布の特徴などについて若干の考察を行う。

今回マッピングされた弥栄断層帯の断層線は, 大局的に見ると既報と大きく変わらないが, 一部区間においてやや異なっている。今回記載された活断層トレスは, 既存活断層図に比べてステップが多く, 短い活断層が一部で並走しながら断続的に分布する傾向を持つ。また, 既存の活断層図で図示されているトレス上においても, これまで未記載の断層変位地形(河谷の系統的な右屈曲, 分離丘, 山地斜面の逆向き低断層崖, 閉塞された河谷, 截頭谷など)が新たに記載された。さらに, 弥栄断層の南東2-3kmの位置に弥栄断層と同走向(北東-南西)で並走する, 長さ20km程度の活断層が新たにマッピングされた。以上の結果, 弥栄断層帯は確実な変位地形を持つ長さ約55kmの活断層帯であることがより明確となった。本断層帯は地震本部が指定した主要活断層帯の中でも断層長が長いグループに属し, M7.5程度の地震を発生させる可能性がある。

弥栄断層帯の主な断層変位地形は河谷の系統的な右屈曲であり, 上下変位の向きは地点によって異なっているため, 横ずれ変位を主体とする活断層と考えられる。一般的に, 横ずれ断層においては, 規模の大きな河谷ほど大きく横ずれすると考えられている(松田, 1975など)。ところが, 弥栄断層帯においては断層の上流の長さ1km以下の小規模な河谷の右屈曲が主体で, その屈曲量はほとんどが数10m程度であり, 100mを超える屈曲はわずかである。断層帯を横切る高津川・匹見川・益田川などの大規模な河川においては, 顕著な屈曲は認められない。以上の事実は, 弥栄断層帯の総変位量が100mを大きく超えない程度であることを示唆し, 変位速度が非常に小さいか, 活動開始時期が比較的近い過去であると考えられる。幅が100mを超えるような大きな河谷においては, 侵食作用の方が卓越するため横ずれ変位が保存されていない可能性が考えられる。

弥栄断層帯は, この付近の地質構造と同走向に発達し, 個々の断層トレスはほとんどの区間で地質断層の位置に概ね一致している。また, 断層帯北端は, 北東-南西走向の地質構造の分布北限付近に位置している。これらのことは, 弥栄断層帯が既存の弱線である地質断層が再活動した活断層であることを示唆している。断層帯南端は青野山火山群付近であるが, 北東-南西走向の地質構造および地質断層はそれより西南方へ連続する。このことは, 地殻の性質が異なる火山地域が活断層の活動区間の境界をなしていることを示している可能性がある。

中国地方西部に分布する弥栄断層帯以外の活断層も, 多くが弥栄断層帯と類似した特徴(地質断層に沿った比較的長い活断層であるが累積変位量は小さい)を持ち, 5~10km程度の間隔で並走する。このことは, 中国地方西部に蓄積する地殻の歪みがこの地域に分布する多くの活断層に分配されて解放されるために, 断層長に比較して個々の活断層の累積変位が小さくなっていることを示している可能性が考えられる。本地域の活断層は多くが北東-南西走向に多数分布する地質断層沿いに発達しているが, 地質断層沿いに最近の活動が認められる区間と認められない区間が混在する。これは, 断層の走向や分布形態, その区間の地質などに関連していると考えられるが, その理由は現時点では明確ではなく, 今後明らかにすべき課題である。

本研究は文部科学省委託研究費により実施した。

Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SSS35-P30

会場:コンベンションホール

時間:5月22日 18:00-19:30

キーワード: 弥栄断層帯, 活断層, 空中写真, 内陸地震, 中国地方

Keywords: Yasaka Fault Zone, active fault, aerial photograph, inland earthquake, Chigoku region

中央構造線活断層帯川上断層の東延長のボーリング調査

Arrayed boring survey across the eastern extension of the Kawakami fault of the Median Tectonic Line active fault zone i

池田 倫治^{1*}, 辻 智大¹, 後藤 秀昭², 堤 浩之³, 興津昌宏⁴, 西坂 直樹⁵

IKEDA, Michiharu^{1*}, TSUJI, Tomohiro¹, GOTO, Hideaki², TSUTSUMI, Hiroyuki³, Masahiro Okitsu⁴, NISHIZAKA, Naoki⁵

¹ 株式会社四国総合研究所, ² 広島大学, ³ 京都大学, ⁴ パリノ・サーヴェイ株式会社, ⁵ 四国電力株式会社

¹Shikoku Research Institute Inc., ²Hiroshima University, ³Kyoto University, ⁴Palynosurvey Co., ⁵Shikoku Electric Power Co. Inc.

中央構造線活断層帯川上断層の東延長については、研究者により異なる見解が提案されている。例えば、中田他(1998) (「1:25000 都市圏活断層図「西条」」)では、川上断層の東端は西条市宮ノ下付近に認定されているが、後藤・中田(1998)、後藤・中田(2000)および中田・今泉(2002)では、断層はさらに東方の和泉層群の孤立丘である船山丘陵の南縁まで連続するとされている。

後藤・中田(1998)および後藤・中田(2000)は、川上断層の東延長の根拠として以下の様な地形地質情報を挙げている。

(1) 加茂川右岸から室川にかけて南側低下の低断層崖が連続し、その低断層崖の北側の沖積面上に比高0.8~0.9mの微高地が分布する。

(2) 沖積面上には低断層崖に直交する南北方向の旧河道が幾筋も分布し、これらの旧河道のうち低断層崖を挟んで北側が高くなっているものが認められる。

(3) 既存のボーリングデータから、この低断層崖を挟んで火山灰層に南側低下の高度差が確認される。

今回、この断層分布の連続性を確認するため、西条市横黒地点で、後藤・中田(2000)で示された断層トレースを横断するようにほぼ南北方向に並ぶ4本(北からコアA:27m, B:25m, C:30m および D:28m)の群列ボーリング調査を実施した。また、各コア間の地層対比のため、層相観察、火山灰分析、色指数測定、帯磁率測定、花粉化石分析および微化石分析を実施した。

今回のコア試料の観察・分析結果は以下のようにまとめられる。

(1) コア試料は、下位方向にUnit 1~4の特徴的な層に区分される。Unit 4~3は後期更新世頃の河川の氾濫原堆積物、Unit 2は後期更新世~完新世にかけての汽水~海成細粒堆積物。Unit 1は完新世の河川の氾濫原堆積物と推定される。

(2) コアA, BおよびCには全てのUnitを確認できるが、コアDは最下位層であるUnit4の層準に達していない。

(3) コアA~CとコアD間でアカホヤ火山灰層上面に約2mの高度差(南側低下)が認められる。この火山灰層上面の高度差は後藤・中田(1998)の記載と調和的である。またその下位のUnit3とUnit4境界はコアCとコアD間で9m以上の南側低下の高度差を示し、下位ほどコア間の対比層準の高度差が大きい。

各Unitの層厚は、コアCと比較してコアDの方が厚い。例えば、Unit2の層厚はコアCで2.8m、コアDで4.5mであり、Unit3の層厚はコアCで10.15m、コアDで16.5m以上である。

上記のコアの観察・分析結果は、コアCとコアD間に川上断層が位置し、南側低下の断層運動を繰り返していることを示唆している。さらに、アカホヤ火山灰の降下時期(7300年前)とアカホヤ火山灰層上面深度の高度差(約2.0m)から、本地点での川上断層の上下方向の平均変位速度は約0.27mm/yrと見積もられる。

キーワード: 中央構造線活断層帯, 川上断層, 断層分布

Keywords: Median Tectonic Line active fault zone, Kawakami fault, fault distribution

山口県岩国断層帯大竹断層および廿木峠断層のトレンチ調査 Trench excavation surveys on the Otake fault and the Hatakitoge fault, Iwakuni fault zone, Yamaguchi Prefecture, Japan

宮下 由香里^{1*}, 宮脇昌弘², 北尾秀夫², 岡崎和彦², 道口陽子³

MIYASHITA, Yukari^{1*}, Masahiro Miyawaki², Hideo Kitao², Kazuhiko Okazaki², Yoko Michiguchi³

¹産総研 活断層・地震研究センター, ²(株)ダイヤコンサルタント, ³原子力安全基盤機構

¹Active Fault and Earthquake Research Center, GSJ/AIST, ²Dia Consultants Co., Ltd., ³Japan Nuclear Energy Safety Organization

山口県岩国市の2地点において、岩国断層帯大竹断層および廿木峠断層のトレンチ調査を実施した。その結果、両トレンチ壁面において、上位の完新統と推定される堆積層を変位変形させる明瞭な断層が露出した。予察的な年代測定の結果、大竹断層の最新活動時期はおおよそ2,800年前以降であることが明らかとなった。発表では、廿木峠断層の最新活動時期を含めた岩国断層帯全体の活動履歴についても議論したい。本研究は(独)原子力安全基盤機構から受託した「平成22年度 活断層の地震規模及び活動性評価の精度向上に関する検討」のうち「断層破砕物質を用いた活断層の活動性評価手法の検討」研究の一環として実施した。

岩国断層帯は、広島県大竹市から山口県岩国市、下松市を経て周南市に至る長さ44kmの右横ずれ断層帯である(1)。本断層帯は、北東より順に、大竹、岩国、廿木峠、小畑、熊毛、大河内、栄谷および河内断層から構成される(2)。活動履歴については、最新活動時期が約1万-1万1千年前、ひとつ前の活動が約2万8千年前以降、平均活動間隔が約9千年-1万8千年という評価結果が示されている(1)。

トレンチは、大竹断層が通過する岩国市廿木地点(廿木トレンチ)および廿木峠断層が通過する野口地点(野口トレンチ)で掘削した。廿木トレンチは、岩国市廿木を南から北に流下する保木川左岸の低位段丘面上に位置する。この地形面は(3)がトレンチ調査を実施した保木川右岸の段丘面より6m程度低い。廿木トレンチ壁面には上位より、人工改変層、シルト層、砂礫層および基盤岩の珉層群(頁岩および珉質頁岩)と貫入花崗岩脈が露出した。断層は基盤岩中の幅約7m間に集中して分布し、露頭規模での断層破砕帯を形成している。これらのうち、上位の堆積物を変位変形させる断層は、基盤岩の頁岩と珉質頁岩の境界付近に位置し、厚さ5mm程度の白色断層ガウジを伴うシャープかつ平滑な断層面である。この断層面を南東限とする幅5cm-25cmの間は、前述した露頭規模より小さいオーダーでの断層破砕帯となっている。断層破砕帯中には、含水量が著しく高い黄褐色粘土、粘土を基質とする粗粒砂、淡灰色シルトが落ち込んでいる。また、基盤岩のブロックが挟まれる。淡灰色シルト中に含まれる植物片から、2,840-2,740 cal yBP(2, 暦年較正值)が得られた。トレンチ壁面で認定される断層活動イベントはこの一回のみで、大竹断層の最新活動時期はこれ以降と考えられる。

野口トレンチは、空中写真判読により廿木峠断層が通過すると推定される谷の出口の小規模な扇状地表面上で(4)に記載された地質断層の約300m南西延長上に位置する。トレンチ壁面には上位より、耕作土、扇状地を構成する砂礫層、これと指交関係にあり巨礫を含む礫層からなる土石流堆積物、基盤花崗岩が露出した。基盤岩中には、廿木トレンチ同様多数の断層が分布する。しかし、「露頭規模での断層破砕帯」としては、廿木トレンチと比して、野口トレンチの方が規模が著しく小さい。これらのうち、上位の堆積物を明瞭に変位変形させる断層は、幅約2m間に3条存在するのみである。これらの断層は、基盤岩中ではいずれも断層ガウジを伴う。幅10cm程度のカタクレーサイト帯に複数の断層ガウジが重複変形を与えている産状を示す断層破砕帯をさらに切り、上位の砂礫層最下部の礫の配列を見かけ逆断層的に引きずり上げる断層を主断層と認定した。砂礫層からは年代測定試料が得られなかったが、より上位にあたる扇状地堆積物の年代測定を実施予定である。

文献 (1)地震調査研究推進本部地震調査委員会(2004)岩国断層帯の長期評価について(2)後藤秀昭・中田 高(2008)1:25,000 都市圏活断層図 岩国断層帯とその周辺「岩国」「下松」解説書,国土地理院技術資料D・1-No.520.

(3)原子力発電技術機構(1997)平成8年度原子力発電立地確認調査に関する報告書(2),238p(4)東元定雄・瀧木輝一・原 郁夫・佃 栄吉・中島 隆(1983)岩国地域の地質。地域地質研究報告,5万分の1地質図幅,地質調査所,79p.

キーワード: 岩国断層帯, トレンチ調査, 活断層, 古地震, 山口県

Keywords: Iwakuni fault zone, trench excavation survey, active faults, paleoseismology, Yamaguchi Prefecture

福岡県西山断層帯の活動履歴：飯塚市潤野トレンチ調査速報 Recent surface faulting events of the Nishiyama fault zone, Fukuoka Pref.: a preliminary report of trenching surveys

宮下 由香里^{1*}, 堤 浩之², 近藤 久雄¹, 二階堂 学³, 亀高 正男³, 下釜 耕太³, 山岡博³, 新谷 友彦³, 岡崎和彦³
MIYASHITA, Yukari^{1*}, TSUTSUMI, Hiroyuki², KONDO, Hisao¹, NIKAIIDO, Manabu³, KAMETAKA, Masao³, SHIMOGAMA, Kota³, Hiroshi Yamaoka³, SHINTANI, Tomohiko³, Kazuhiko Okazaki³

¹産総研 活断層・地震研究センター, ²京都大学大学院理学研究科地球物理学教室, ³(株)ダイヤコンサルタント
¹Active Fault and Earthquake Research Center, GSJ/AIST, ²Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University, ³Dia Consultants Co., Ltd.

福岡県飯塚市潤野(うるの)において、西山断層帯のトレンチ調査を実施した。トレンチは、上位段丘面と中位段丘面境界付近と、これらを開析する沖積低地(1)の2地点において、断層を横断するように掘削した。その結果、両トレンチ壁面において、およそ数万年前以降に堆積したと推定される地層を変位変形させる明瞭な断層が露出した。予察的な年代測定の結果、数万年前以降、約1,500年前以前の間に、少なくとも5-6回以上の断層活動イベントが生じたことが明らかとなった。

西山断層帯は、福岡県福津市から宗像市、宮若市を経て飯塚市に至る長さ約31km、北西-南東走向の左横ずれを主体とする断層である。同断層の最新活動時期は、約1万2千年前以降、2千年前以前とされている。しかし、最新活動時期の幅が広いことと、平均活動間隔および平均的なずれの速度が不明であることから、断層帯の将来の活動が精度良く推定されていない(2)。また、同断層帯は、北西海域に約50km以上連続すると推定される(3)ほか、陸域南東端部の南東にもさらに延長部が存在するとの指摘もある(4)。そこで、産総研は文科省からの委託業務として、同断層の将来予測に必要なパラメータを取得することを目的とした地形地質調査を実施した。

地形地質調査は、従来の西山断層帯約31km区間のほか、宗像市大島、朝倉郡東峰村で実施した。このうち、福津市西東、宗像市用山、宮若市脇田、飯塚市潤野、東峰村小石原において、層相確認およびトレンチ調査候補地選定のためのボーリング調査を行った。

飯塚市潤野におけるトレンチは、先に述べたように高位段丘と中位段丘の境界付近の比高約1.5mの崖を横断して掘削した(トレンチ1)。トレンチ1壁面では、人工改変層の下位に、基盤花崗岩とシルトおよび砂礫を主体とする堆積物を境する明瞭な断層が認められた。断層は、幅約1m間に複数条が集中して存在し、引きずり込まれた堆積物や断層粘土とともに断層破砕帯を形成する。断層破砕帯は全体としてはほぼ垂直で、負の花弁構造を呈する。個々の分岐断層は上方に向かって若干低角化していく。また、断層帯の南西側には基盤花崗岩が地表付近まで分布することから、南西側隆起成分を持つことが分かる。個々の分岐断層と低下側に分布する堆積物との関係に着目すると、トレンチ最深部の分岐断層がもっとも前面(低下側)に分布し、最下位の地層を引きずり込んでいた。隣接する分岐断層は、この引きずり込まれた地層を切って、より背面(隆起側)により上位の地層を引きずり込んで分布する。同様の関係、すなわちトレンチ係部に向かうにつれて、分岐断層が古い地層を切ってより背面に、より上位の地層を引きずり込んで分布するという関係に基づき、トレンチ南東壁面では少なくとも5回、北西壁面では少なくとも6回以上の断層活動イベントを認定した。

もう一つのトレンチは、地形およびトレンチ1壁面で確認された断層崖の約50m南東側延長上に位置する沖積低地上で掘削した(トレンチ2)。トレンチ2壁面では、上位より、現地地形面とほぼ平行な、人工改変層、腐植土層、マサ起源の砂層、砂礫層が分布し、その下位に、基盤花崗岩と河川性の砂礫層が断層関係で接している様子が観察された。断層は高角で逆断層成分を伴う。複数条の断層と引きずり込まれたと推定される堆積物および断層粘土からなる断層破砕帯を形成する。断層帯の幅は、トレンチ最深部では約20cm、上部では50cm程度となる。トレンチ1と同様に、個々の分岐断層と低下側の堆積物との関係観察から、少なくとも5回以上の断層活動イベントを認定した。この断層破砕帯を覆って分布する腐植層からは、1,410-1,310 cal yBP(2, 暦年較正值)が得られた。今後、両トレンチ壁面から採取した試料の年代測定を進める予定である。

文献 (1)池田安隆・千田 昇・越後智雄・中田 高(2004)1:25,000 都市圏活断層図「太宰府」、国土地理院技術資料D・1-No.435 (2)地震調査研究推進本部地震調査委員会(2004)西山断層帯の長期評価について (3)阿部信太郎・荒井良祐・岡村行信(2010)西山断層帯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、産業技術総合研究所地質調査総合センター, No. 10, p.1-21. (4)地震調査委員会長期評価部会活断層分科会資料(2011)

キーワード: 西山断層帯, トレンチ調査, 活断層, 古地震, 福岡県

Keywords: Nishiyama fault zone, trench excavation survey, active faults, paleoseismology, Fukuoka Prefecture

地震前後の空中写真測量による地表地震断層の変位量計測と更新世後期の変位地形計測の手法開発 台湾車籠埔断層を例にして Development of the measuring method for the deformation by photogrammetry, A case study of the Chelungpu fault, Taiwan

松多 信尚^{1*}, 石黒 聡士¹, 鈴木 康弘¹, 渡辺 満久², 西川 由香³, 陳文山³

MATSUTA, Nobuhisa^{1*}, ISHIGURO, Satoshi¹, SUZUKI, Yasuhiro¹, WATANABE, Mitsuhiro², NISHIKAWA, Yuka³, Wen-shan Chen³

¹名古屋大学, ²東洋大学, ³国立台湾大学

¹Nagoya University, ²Toyo University, ³National Taiwan University

活断層で地震時に活動するセグメントを特定することは、地震災害の軽減にとって大きな問題である。しかし、地震が発生する前にそれを予測することは難しい。我々は、活断層が複数回の地震を発生させ累積した変動地形の変位量分布パターン、実際に出現した地表地震断層の変位量分布パターンと震源断層のすべり量分布を比較することで、変動地形から地震時のすべりと活動セグメントを推定することを試みている。高密度に変動地形の変位量を測る手段として、空中写真や衛星画像を用いた写真測量による計測が有効である。

一般的な地図作成に用いられる空中写真や衛星画像を利用した地形計測技術は、GCP(Ground Control Point:地上基準点)が計測範囲において面的にバランス良く配置された環境下では、数十センチの誤差で計測できる。このため、時間的・空間的に実測が難しい地域の地形計測に多く利用されてきた。しかし、撮影された時期以降に無視できない大きさの地殻変動があった場合は、過去にさかのぼってGCPの座標を計測することが出来ないため空中写真測量は不可能と考えられる。

台湾中部では1999年にMw 7.6の集集地震が発生し、地表地震断層である車籠埔断層が出現した。地震後の古地震学調査で、活動セグメントは常に同じでない可能性が指摘された。そこで、我々は活断層と地表地震断層および地震時の断層面すべり量を比較することを試みた。

対象地域には1978年に撮影された空中写真がある。そこで、この地震前に撮影された空中写真と地震後の2004年に撮影されたSPOT衛星画像を利用した写真測量から、活断層と地表地震断層の変位量分布パターンを計測することを試みた。1978年当時のGCPの座標を計測することは出来ないため、我々は断層の下盤側を不動と仮定して、2009年の12月にGPSによる現地測量を実施した。使用したGPS機器はTHALES社のMobileMapperである。GCPの候補地点20箇所は事前に空中写真で位置を確認し、それぞれ約30分間の測定を行った。

標定精度の検証として、地震時に変位がなかった地域において空中写真と衛星画像上で同一の点の標高を測量し比較した。その結果、GCPから遠ざかるほど大きな誤差が生じていた。これは標定の精度が悪いことを意味する。その理由として、空中写真が紙焼きの写真のスキャンしたデジタルデータであること(写真データの歪み)、使用カメラの焦点距離が正確には分からなかったこと、GCPの配置が比較的直線的で面的な配置ではなかったことなどが考えられる。

そこで、我々は計測手法の改善が必要と考えて、次の三つの手法を比較し、空中写真測量の地震断層への適応方法について考察した。

手法1:地震前の大縮尺地図から座標を読み取る。

1:5,000の写真地図上の読標点をGCPとして使用する。この地図は地震前のものであるため、地震時隆起による誤差は無い。しかし、平面位置座標を定規で測っていること、読標点が水田や道路上のため厳密な位置の特定が困難であることなどから、平面位置の精度は悪いと考えられる。

手法2:SPOT衛星画像から座標を読み取る。

SPOT衛星画像は空中写真と比較して歪みが小さいため、現地測定した数点のGCPを用いた標定により、画像内の平面位置は精度よく計測できる。そこで、標定されたSPOT衛星画像上の座標を真とし、その座標を空中写真測量の標定に用いる。この場合、地震時に変位がない場所ではSPOT衛星画像と空中写真の座標は一致する。また、地震時に変位した場所においては、変位量分の誤差が生じる。つまり、配置されたGCPに囲まれる内側の誤差はGCPの変位量を超えない。そこで、断層から十分遠方にGCPを設定することにより、断層近傍における誤差は比較的小さくなると考えられる。

手法3:上盤側で実測された隆起量をGCPに反映させる。

GPS観測や地震後の現地調査により、地震による変位量が実測されている。そこでGCPの座標をSPOT画像から測量し(手法2と同様)、その値を実測された変位量で補正して空中写真のGCPとして使用する。補正に使用する地震時変位量が地形断面測量によって得られた値である場合は平面位置を特定できないことや、GPS観測は点数が少ないことは検討が必要である。

それぞれの方法で空中写真を標定し、同一測線の地形断面を測量し比較した。次に、SPOT衛星画像でも同一測線上

Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SSS35-P34

会場:コンベンションホール

時間:5月22日 18:00-19:30

で地形断面を測量し、空中写真から得られた地形断面との差分を求めることにより地震時の変位量を見積もり、実測された値と比較した。その結果、手法3による計測が最も精度が良かったものの、どの手法も地形断面の測量結果には大きな違いがないことが分かった。

この方法で車籠埔断層沿いの変位量の分布について考察を加える。

キーワード: 活断層, 地表地震断層, 車籠埔断層, 写真測量, SPOT 衛星画像, 台湾

Keywords: active fault, surface rupture, Chelungpu fault, photogrammetry, SPOT image, Taiwan

Paleoearthquake Investigations of the Mae Hong Son Fault in Mae Hong Son, northern Thailand Paleoearthquake Investigations of the Mae Hong Son Fault in Mae Hong Son, northern Thailand

Weerachat Wiwegwin^{1*}, Ken-ichiro Hisada¹, Punya Charusiri², Suwith Kosuwan³, Kitti Khaowiset³, Preecha Saithong³
WIWEGWIN, Weerachat^{1*}, HISADA, Ken-ichiro¹, CHARUSIRI, Punya², Suwith Kosuwan³, Kitti Khaowiset³, Preecha Saithong³

¹Univ. of Tsukuba, Japan, ²Chulalongkorn Univ. Thailand, ³Department of Mineral Resources, Thailand

¹Univ. of Tsukuba, Japan, ²Chulalongkorn Univ. Thailand, ³Department of Mineral Resources, Thailand

The collision between Indian and Eurasian plates since the late Paleogene causes the NW-SE and NE-SW strike-slip faults and the N-S dip-slip faults in the Indochina region. In Mae Hong Son, northern Thailand, several fault lines trend in the NE-SW, NW-SE and N-S directions, and are temporally and spatially associated with Cenozoic basin. Previous remote sensing investigation reveals many lines of morphotectonic evidence along the Mae Hong Son Fault which suggest an active tectonic zone. In order to clarify tectonic activity of this region, we selected the Mae Hong Son Fault as a target (fault) for paleoearthquake investigation.

We applied remote sensing techniques and aerial photograph interpretation to a study of the Mae Hong Son Fault. The quarry with the Cenozoic strata was used for fault geometry analysis. The Mae Hong Son Fault mainly strikes N-S, with the NW-SE conjugate faults and some minor NE-SW faults. The N-S faults show a normal dip-slip, and bound the margins of the N-S elongate basins which might result from the movement of large-scale strike-slip fault in this region. The NW-SE faults show right-lateral strike-slip movement. Nevertheless, the NE-SW faults show left-lateral strike-slip movement. Essential morphotectonic landforms associated with the Mae Hong Son Fault are fault scarps, offset streams, linear valleys, shutter ridges, triangular facets, hot springs, and linear mountain fronts.

We observed the significant morphotectonic landforms along the NE-SW Mae La Noi segment of the Mae Hong Son Fault, suggesting oblique movement. We recognized two paleoearthquake events of this fault segment in the quarry using results on OSL age dating data; the older event occurred before 20,000 years ago, and the younger event occurred between 8,300 and 7,800 years ago. An average rate of the last fault movement was 0.14 mm/yr. Therefore, it is concluded that the Mae Hong Son Fault is still active till present, and the Mae La Noi segment is regarded as the active segment with the oblique movement.

キーワード: Mae Hong Son Fault, Northern Thailand, Mae La Noi, Paleoearthquake

Keywords: Mae Hong Son Fault, Northern Thailand, Mae La Noi, Paleoearthquake

Systematical deflections and offsets of the Yangtze River drainages along the Xianshuihe Fault, Tibetan Plateau

Systematical deflections and offsets of the Yangtze River drainages along the Xianshuihe Fault, Tibetan Plateau

Bing Yan^{1*}, Aiming Lin², Gang Rao¹
YAN, Bing^{1*}, LIN, Aiming², RAO, Gang¹

¹Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University, Japan, ²Institute of Geosciences, Faculty of Science, Shizuoka University, Japan

¹Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University, Japan, ²Institute of Geosciences, Faculty of Science, Shizuoka University, Japan

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 and terraces, and fault sags which are regarded as reliable displacement markers useful for reconstructing the long-term activity of active faults. It has been demonstrated that stream offsets and fault-bounded geologic structures such as pull-apart basins 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 Ganzi-Yushu-Xianshuihe Fault Zone is a typical strike-slip active fault, which triggered the 2010 Mw 6.9 Yushu earthquake in the central Tibetan Plateau. This fault zone extends for >800 km from the central to the southeastern margin of the Tibetan Plateau, which changes its strike from WNW-ESE to NNW-SSE. In this study, we investigated the systematical deflections and offsets of the Yangtze River and its main branches as well as small stream channel systems along the fault traces of the Ganzi-Yushu-Xianshuihe Fault Zone. The analysis of deflected small stream channels is carried out using Google earth images, 15m-resolution ETM+ L8 images, 30m-resolution ETM+ Mosaics images, and 0.5-1m high resolution World View images. The analytical results show that i) the drainage system of the Yangtze River and its branches have been systematically sinistrally-deflected; ii) the main river channels of the Yangtze River have been sinistrally offset 60-85 km; iii) the offset amount are cumulated on the offset river channels along the fault zone. Geomorphic and geologic evidence confirms that the systematical offsets of streams and gullies are the results of repeated large earthquakes and these topographic features are reliable indicators of seismic displacements accumulated on active strike-slip faults. Our findings support the idea that the strike-slip faults developed in the Tibetan Plateau have played an important role in the eastward extrusion of the Tibetan Plateau and accommodate the ongoing northward penetration of the Indian plate into the Eurasian plate.

キーワード: Tibetan Plateau, Ganzi-Yushu-Xianshuihe Fault Zone, Yangtze River system, systematical deflections and offsets, sinistral strike-slip fault

Keywords: Tibetan Plateau, Ganzi-Yushu-Xianshuihe Fault Zone, Yangtze River system, systematical deflections and offsets, sinistral strike-slip fault