

根尾谷断層破砕帯の最新すべり面におけるマンガンの濃集 Manganese concentration in the latest slip plane of the Neodani fault zone

沓名 亮輔¹, 大谷 具幸^{1*}, 小嶋 智¹, 榎並 正樹², 各務 和彦³, 若居 勝二³

Ryosuke Kutsuna¹, Tomoyuki Ohtani^{1*}, Satoru Kojima¹, Masaki Enami², Kazuhiko Kakamu³, Shoji Wakai³

¹ 岐阜大学, ² 名古屋大学, ³ 日本原子力研究開発機構

¹Gifu University, ²Nagoya University, ³JAEA

1891年濃尾地震で地表変位を生じた根尾谷断層を対象として、濃尾地震の際に変位を生じた断層ガウジが有する特徴を明らかにするために、断層破砕帯に含まれる断層岩の産状や鉱物組成、元素組成等を調べた。調査地点は岐阜県本巣市根尾の水鳥と越卒である。水鳥は濃尾地震の際に6mの垂直変位を生じた地点であり、過去に行われたトレンチサイトが現在、地震断層観察館として公開されている。このトレンチサイトより採取された試料を今回の検討に用いた。また、越卒は濃尾地震の際に8mの水平変位を生じた地点(中)から北西に1km離れた地点であり、濃尾地震における地表変位の分布から推定すると濃尾地震の際に変位を生じた可能性が高い。ここでは、道路工事に伴って一時的に現れた破砕帯露頭を調査対象とした。いずれの地点でも断層面はほぼ直立しており、これを境にして北東側にジュラ紀付加体である美濃帯構成岩類、南西側に段丘堆積物が分布している。美濃帯構成岩類は泥岩基質のメランジュであり、ブロックとして緑色岩、チャートを含む。水鳥では、基盤岩と段丘堆積物の間に断層ガウジ帯が発達しており、濃尾地震における地表変位量と基盤岩の変位量が同じであることから、断層ガウジ帯の中でも段丘堆積物に近い方で1891年に変位を生じた可能性が高い。越卒では断層面と直交方向に3.5m離れた地点まで美濃帯構成岩類の産状を詳細に観察することができ、泥岩に含まれる石英脈が全般的に著しく破砕していることから、観察できる範囲はすべて断層破砕帯であると考えられる。断層ガウジ帯は美濃帯構成岩類と段丘堆積物の境界に幅3cmで発達しており、色の違いから褐色ガウジ、暗緑色ガウジ、暗灰色ガウジの3種類に区分できる。このうち、褐色ガウジのみが連続して分布することから1891年の変位はここで生じたと考えられる。

破砕帯と原岩の試料として水鳥では9試料、越卒では8試料を用いて、蛍光X線分析、粉末X線回折分析を実施した。水鳥では微量な粉末試料しか入手できなかったものの、越卒では十分な量の試料を確保できたことからこれらに加えて薄片観察、SEM観察、EPMA分析を行った。蛍光X線分析の結果、水鳥では断層ガウジの原岩を泥岩であると仮定すると採取したすべての断層ガウジでMnOが原岩と比較して増加しており、最大では3.5倍となっている。越卒では、断層ガウジと原岩に含まれるSiO₂, MgO, CaOの含有率より褐色ガウジと暗灰色ガウジを泥岩起源、暗緑色ガウジは緑色岩起源に区分することができる。泥岩起源のガウジでは1891年に変位を生じた褐色ガウジでMnOが4倍に増加している。その他のガウジでは、MnOの著しい増加は認められない。粉末X線回折分析の結果、水鳥では断層ガウジでスメクタイトの生成が認められる。越卒では、褐色ガウジでスメクタイトの生成と斜長石の分解が認められる。ただし、いずれもMnを含む鉱物は検出されなかった。越卒における微細組織の観察では、褐色ガウジの薄片観察により石英や緑色岩のフラグメントを核としてその周囲をMnを含むと思われる褐色~優黒色の物質が取り巻いている産状が認められる。このような褐色~優黒色の物質は断層ガウジに含まれる粘土鉱物を水で洗い流してハンドピッキングにより集めることができる。このようにして集めた褐色~優黒色の物質をSEM-EDXを用いて断面観察を行った。その結果、Mnを含む粒子の多くは鉱物片や岩片の周囲を薄く取り巻いていることが明らかとなった。さらにこの粒子をEPMAでカラーマッピングをした結果、Mnの濃集とともにBaが濃集すること、一方でFeは濃集しないことが明らかとなった。

Mnは地下水中に普遍的に溶存する元素であり、酸化されると沈殿することが知られている。よって、普段は透水性の低い断層ガウジが地震に伴う変位によって一時的に透水性が高まり地下の還元環境から地下水が上部に移動することに伴い酸化されてMnが断層ガウジ内に沈殿したと推測される。越卒では、1891年に変位を生じた褐色断層ガウジ以外ではMnの濃集が認められないことから、断層ガウジが地表からやや離れた還元環境で変位を生じてMnは濃集しないと考えられる。よって、Mnが濃集する断層ガウジは地表付近の酸化的な環境となつてから変位を生じた、すなわち比較的最近に変位したと考えられる。Mnは鉱物片や岩片の周囲に濃集しており、核となる物質を選ばない。このような傾向は海洋マンガングジュールの形成でも同様である。ただし、海洋マンガングジュールの成長速度は熱水起源でなければ1mm/10万年ときわめて遅い。よって、断層の変位に伴う一時的な温度上昇や圧力上昇がMnの成長速度に影響を与えることが期待される。

キーワード: 根尾谷断層, 断層破砕帯, 最新すべり面, マンガンの濃集

Keywords: Neodani fault, fault zone, latest slip plane, manganese concentration

地表地震断層の摩擦特性測定実験

Frictional property of earthquake rupture surfaces in soft basement rock

桑原 保人^{1*}, 丸山 正¹

Yasuto Kuwahara^{1*}, Tadashi Maruyama¹

¹産総研

¹AIST, GSJ

1. はじめに

2008年岩手・宮城内陸地震では、地表に現れた地震断層のすべり量が10?30cmであった地点でトレンチ調査を行った結果、過去に発生した地震の時には同じ断層面で約2mのすべりを伴っていたことが明らかになった(丸山・他, 2010)。これと同様に、同じ断層上で地震毎にすべり量が大きく異なる現象として2004年中越地震がある。この地震では、震源域内の六日町盆地西縁断層沿いで約10cmのすべり量の地表地震断層が出現した地点でのトレンチ調査によって、1.5mのすべり量をもつ地震が過去に2回以上あったことが確認されている(Maruyama et al., 2007)。一方、これら2つの地震は、地震波や地殻変動の解析から、いずれも地下数kmでは2m程度のすべりがあったことが報告されている(例えば、Kamae et al., 2005)。これらの事実は、上部地殻全体を断ち切るような比較的大きな地震でも、地表地震断層のすべりが数mに及ぶ場合と著しく小さくなる場合があることを示したものであり、活断層評価で地震の危険度を推定する際に大きな問題を投げかけている。

上記のような地震毎に地表地震断層のすべりに大きな違いが生じる原因として、地下深部でのすべりのわずかな差が、浅部の断層面の摩擦特性や岩盤物性の影響、地殻応力場のわずかな違い等によって、地表地震断層でのすべりの大きな差となる可能性が考えられる。しかし、これまでの地表地震断層のすべり様式に関する考察では、地表付近に比較的厚く存在する軟岩の物性や断層面の摩擦特性の影響を考慮することはほとんどなされていなかった。これは軟岩に関するこれらのデータがほとんど存在しなかったことが一因と考えられる。今回は、岩手・宮城内陸地震のトレンチ調査現場から採取された軟岩の断層面を対象として、摩擦特性を測定する機会を得たのでその結果について報告する。

2. 浅部の地震断層面試料の特徴

岩手宮城震源域中央付近の柵木立地区で実施した地表地震断層を横切るトレンチ壁面には、火山礫凝灰岩とそれを覆う段丘堆積物を変位させる逆断層が出現した。ここでは、火山礫凝灰岩を切断する地震断層面を含む10cm立方程度の試料および断層近傍の上盤・下盤試料を合計30個程度採取した。上盤・下盤試料の物性値には多少の差はあるが、両者ともに軟岩に区分されるものであり、湿潤状態での密度、間隙率、P波、S波速度はそれぞれ、約1.6g/cm³、50%、1.7km/s、0.3km/sである。また断層に沿っては、厚さ1-10mmで濃い茶色の細粒ガウジが見られる。

3. 摩擦強度・圧縮強度の測定方法

上記試料について、断層面摩擦強度、摩擦の変位量依存性等の摩擦特性を測定するため、一面せん断と呼ばれる試験を8試料について行った。1回の実験でのすべり量は圧縮のバランス等を考慮し1cmとした。また、一面せん断を100回程度往復させる繰り返し実験を行うことで積算のすべり量を大きくし、実際の地震時の1m程度の大変位を擬似的に再現する試みを行った。上盤試料についても同じ条件で一面せん断を3試料実施し、断層面との強度の比較を行った。法線応力は0.1-0.6MPaの範囲で変化させ、摩擦係数と凝着力を推定した。また試験方法による影響を見るため、上盤・下盤試料については、圧密排水条件のもと、封圧0.1-0.4MPaで三軸圧縮試験による圧縮強度測定を6試料について行った。

4. 結果

地震断層面の一面せん断試験の結果では、摩擦係数については0.27?0.38の値を示す。この結果は、低応力下における硬岩の標準的な摩擦係数0.85(Byerlee, 1978)に比べ著しく小さいと言える。凝着力は14?64kPaに分布する。一方、一面せん断による上盤・下盤試料の摩擦係数は約0.2、凝着力が約200kPaであった。これらの結果から、比較的浅部の軟岩の断層面の強度は上盤・下盤岩石に比べ十分弱い状態であり、両者のすべり強度の差は主に凝着力の差に起因していることが分かる。なお、大変位量を模擬した繰り返し実験では、8例中4例は変位の増大とともに摩擦係数が20?50%程度減少し、他の4例はほとんど変化しなかった。このことから、摩擦の変位量依存性は特に大きいとは言えないようである。

三軸試験による結果では、上盤試料と下盤試料の強度に大きな差は無く、内部摩擦係数は0.8、凝着力は約30kPaであった。この結果は、一面せん断試験による摩擦係数と三軸試験による内部摩擦係数の値は大きく異なっていることを示す。この差は試験方法の違いによる破壊様式の違いに起因すると考えられる。

今後は、これらのデータを用いて地表地震断層のすべりの多様性に関する数値シミュレーションを行っていく予定である。

キーワード: 地表地震断層, すべりの多様性, 摩擦特性, 一面せん断試験

Keywords: surface earthquake fault, variability of surface slip, frictional property, box shear test

SSS032-03

会場:302

時間:5月24日 14:45-15:00

CIP法によるコンピュータシミュレーションを用いた伊勢原断層の断層傾斜角の推定 Estimate of fault angle about Isehara fault by computer simulation which use CIP method

安藤 広一^{1*}, 山崎 晴雄¹
Koichi Ando^{1*}, Haruo Yamazaki¹

¹ 首都大学東京

¹Tokyo Metropolitan University

伊勢原断層は、丹沢山地の北東縁に位置し、先新第三系と新第三系との境界をなす藤野木-愛川線に並走する逆断層である。(活断層研究会編 1991)。

活断層研究会編(1991)によると、伊勢原断層は神奈川県津久井町青野原から平塚市金目にかけて発達する、長さ約20km、確実度、活動度Bの西側低下の逆断層であるとされる。

伊勢原断層は地表下に伏在し、地表には地形面の撓曲としてのみ現れている事が知られている(神奈川県,1996)。

高田ほか(2003)のボーリングデータによると伊勢原断層の伊勢原市宮下の被覆層の基盤までの厚さは約35mである。また、被覆層は最上部はローム層に被われその下部は、

一部に有機質シルト及び粘土を含む礫と砂の互層となっている。

また、ボーリングで確認された断層面と地表の崖地形を結ぶ断層面を想定すると断層傾斜角は約40°となる。

しかし、神奈川県(1996)によれば、反射法地震探査から推定される伊勢原断層の傾斜角は、およそ50-60°であり、

伊勢原断層の断層面は地表近くで低角化した断層先端部の構造を示すのかもしれないとしている(高田ほか,2003)。

この様に伊勢原断層の断層傾斜角には不明な点が多い。

そこで本研究では断層と直交する方向で切った2次元断面モデルを用いてコンピュータシミュレーションを行い基盤の伊勢原断層の断層傾斜角の決定を行なった。

断層でせられた基盤の上を変形する被覆層が被っていると考え、基盤を変位させることで被覆層の変形を計算する。

本研究では、被覆層の深度が地表から30m前後であること、被覆層が礫と砂の互層であることから被覆層を弾性体とせずピンガム流体であると考えてシミュレーションを行った。

ピンガム流体の計算には差分法の一つであるConstrained Interpolation Profile(CIP)法(矢部・他,2003)を使ってシミュレーションを試みた。

CIP法では、移流計算において関数とその微分の時間発展を求めることで、本来差分法の欠点であった数値拡散を大幅に減らすことに成功している。

また、有限要素法と異なり、CIP法は差分法の一つなので被覆層の大変形、断層運動による地層の破断も計算できるという利点も持っている。

断層傾斜角、最大断層変位速度、および断層の単位変位量を変化させてシミュレーションを行い、高田ほか(2003)の図4の断層断面プロファイル(断層撓曲の幅および

撓曲開始点のfault tipからの距離)を再現できるような断層パラメータを探した。

その結果、断層傾斜角は30°、最大断層変位速度は0.5 m/s、断層の単位変位量は3mという結果が得られた。

断層傾斜角の30°という値は、神奈川県(1996)や高田ほか(2003)の推定した断層傾斜角よりも低角であるが、

伊勢原断層の断層面が地表近くで低角化していることを示しているのかもしれない。

また、最大断層変位速度は0.5 m/sという値は、平均的な断層の変位速度である1.0 m/s(Erdik and Durukal(2001);Bray and Rodriguez-Marek(2004)

という値よりも若干低い値となった。理由としては、伊勢原断層の基盤内部の特性や断層地震の特性などが考えられる。

キーワード: 活断層, 伊勢原断層, 断層撓曲, シミュレーション, CIP法, 断層パラメータ

Keywords: active fault, Isehara fault, fault flexure, simulation, CIP method, fault parameters

SSS032-04

会場:302

時間:5月24日 15:00-15:15

サロベツ断層帯の完新世後期の活動履歴の再検討 Late Holocene faulting along the Sarobetsu fault zone in northern Hokkaido, Japan

大津 直^{1*}, 川上 源太郎¹, 仁科 健二¹, 田村 慎¹
Sunao Ohtsu^{1*}, Gentaro Kawakami¹, Kenji Nishina¹, Makoto Tamura¹

¹ 北海道立総合研究機構地質研究所

¹ Geol. Surv. Hokkaido

北海道北部, 日本海側に広がる天北平野の沿岸域にはサロベツ断層帯が分布する(産業技術総合研究所, 2006)。沿岸には南北に延びる浜堤列が発達し, I~IX 列に区分されている(成瀬ほか, 1984)。浜堤列の分布標高は内陸側ほど高く, 地震性隆起によるものと考えられており, その横断面形態からサロベツ断層帯の活動時期が推定されている(産業技術総合研究所, 2006)。しかし横断面において, ユースタシーの低下による浜堤の離水と地震性隆起による離水とを厳密に区別するのは困難であり, 活動時期の認定には注意が必要である。この浜堤列は北方ほど高くなることが知られていたため(大平, 1995), 連続する同一の浜堤列に沿った縦断面形の検討をおこなった(川上ほか, 2010)。その結果, サロベツ断層帯の活動時期について従来とは異なる見解を得たので, 報告する。

本調査では, 環境省による航空レーザー測定の DTM データを使って, 堤間湿地の地形縦断面を作成・検討した(川上ほか, 2010)。なお, 浜堤列の分類は, 成瀬ほか(1984)の区分とほぼ同じ結果を得たので, 名称を踏襲する。検討地域では, 内陸から海側にかけて, III, IV, V/VI(本地域では分離不能), VII, VIII, IX の6列が認識された。浜堤列の縦断面図から, 内陸の III 列~VII 列は, いずれも北側で標高 12m 前後, 南側で標高 5.5m 程度まで次第に高度を減じる。さらに海側の VIII 列は, 北側で標高 7m を越え, 南側では標高 5.3-5.5m と内陸の列とほとんど差がない。海岸線に近い IX 列は, 北側では標高 4m, 南側では標高 2.6m である。以上より, 内陸の III 列~VII 列は比高 6.5m, 列は比高 1.5-1.7m, IX 列は比高 1.4m となり, それぞれ同一の浜堤列の分布高度に明瞭な高度差が生じている。

既存ボーリングおよび年代資料を加味し再解釈した地質断面図を作成し, 活動時期を推定した。古い時期に形成された浜堤列ほど比高が大きいことは, 地震性隆起による変位の累積性を示唆する。累積変位量の差から, 活動時期は少なくとも, VII 列形成後 列形成前の 1 回と VIII 列形成以降の 1 回のイベントを認めることができる。また, III~VII 列の形成期間中には, 地震活動は無かった可能性が高い。

産業技術総合研究所(2006)は, 浜堤列下において基盤の更別層を覆う侵食面の食い違いと, その直上の堆積物の年代から 4650~4270yBP 間に地震イベントを認定し, 6000 年前以降 4650yBP の間にもイベントを認定している。しかし, 浜堤列の解析に基づけば, サロベツ断層帯の活動は, 最新活動時期は 列形成後の 4270yBP 以降, 一つ前のイベントは VII 列形成後 VIII 列形成前の 4650~4270yBP となる。4650~4270yBP のイベントについては産業技術総合研究所(2006)の結果と同じであるが, 6000 年前以降 4650yBP および 4270yBP 以降のイベントの有無については見解が異なる。

今回認定した最新活動期の上限年代は, IX 列が変位しているか否かで変わる。もし, IX 列が地震後に堆積した場合は, 最新活動期は堤間湿地堆積物の年代値 2190yBP を上限とするが, IX 列が地殻変動を受けている場合は, 現代に近づくことが予想される。したがって, IX 列が地殻変動を受けているか否かの評価が重要であり, 最新活動期を詳細に検討するための補完調査が必要である。

キーワード: サロベツ断層帯, 完新世活動履歴, 浜堤列

Keywords: the Sarobetsu fault zone, late Holocene faulting, beach ridges

SSS032-05

会場:302

時間:5月24日 15:15-15:30

2 時期の高解像度 DEM を用いた数値地形画像解析により抽出した、平成 20 年 (2008 年) 岩手・宮城内陸地震による地表変動 Estimation of ground movement of the Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake 2008, from the Geomorphic Image Analysis of LiDAR D

向山 栄^{1*}, 浅田 典親¹

Sakae Mukoyama^{1*}, Norichika Asada¹

¹ 国際航業株式会社

¹ Kokusai Kogyo Co., Ltd.

筆者らは先行研究において、2 時期の高解像度 DEM を用いて、画像マッチングの手法を応用し、地表面の 1m オーダーの変動を、定量的に、かつ容易に把握する新しい手法を開発し (特許第 4545219 号登録)、平成 20 年 (2008 年) 岩手・宮城内陸地震時に生じたマスムーブメントの移動量を精度良く計測できることを示した。また基準点の改測結果等を用いて広域的な地殻変動の補正を加えることにより、既存の地すべり地形に対してより調和的な地表面の移動方向を再現できることを示した。本研究では、同じ手法を平成 20 年岩手・宮城内陸地震 (M7.2) で地表地震断層が出現した 20km² 程度の領域に適用し、地表面の広域的な変位の抽出を試みた。

使用した地形データは、2006 年 9 月および 2008 年 6 月の災害直後の航空レーザ測量による 2 時期の 2mDEM である。画像解析に用いる数値地形画像には、格子点における傾斜角度を白黒濃淡で表した傾斜度図を用い、画像マッチングには、MATLAB で記述された MPIV を 3 次元解析に使用できるように改良したソフトウェアを用いた。2mDEM を用いた場合、数値地形画像マッチングで抽出できる変位量は、グリッドサイズの 1/10 程度以上である。

調査地域全体としては、0~0.8m の西側上昇の隆起傾向が認められた。また、東向きの変位と西向きの変位により、地表が水平方向に短縮する傾向が認められた。また、移動方向の異なる複数の小領域が認められ、それぞれの小領域における変位量は 0.2~約 1m であった。既存調査によって地表変位が認められた地点は、地表面の変位方向や変位量が急変する地点と一致する。特に、現地で西上がりの低崖が形成された岡山付近は、東西方向の変位の収斂帯に位置する。さらに産女川に沿って、両岸で変位方向が大きく異なっている。

以上より、地震時において、地表は連続性の少ないブロック状の領域に分かれて、それぞれ微小に変位したと推定される。ブロック状の領域は、地下浅所の地質構造などを反映していると考えられる。顕著な地表変位は、表層の変位方向や変位量の急変する、相対的に変形量の大きいゾーンに出現したと考えられる。大きな歪みが期待される領域においては、今後、未確認の地表変位が発見されるかもしれない。

キーワード: 活断層, DEM

Keywords: active fault, DEM

SSS032-06

会場:302

時間:5月24日 15:30-15:45

国府津-松田断層の完新世後期の低断層崖地形と古地震活動 Late Holocene fault scarps and activity of the Koze-Matsuda fault

石山 達也^{1*}, 東郷正美², 今泉 俊文³, 鈴木 毅彦⁴, 宮内 崇裕⁵, 佐藤 比呂志¹, 細矢 卓志⁶, 橋本智雄⁶

Tatsuya Ishiyama^{1*}, Masami Togo², Toshifumi Imaizumi³, Takehiko Suzuki⁴, Takahiro Miyauchi⁵, Hiroshi Sato¹, Takashi Hosoya⁶, Tomoo Hashimoto⁶

¹ 東京大学地震研究所, ² 法政大学, ³ 東北大学, ⁴ 首都大学東京, ⁵ 千葉大学, ⁶ 中央開発株式会社

¹ERI, University of Tokyo, ²Hosei University, ³Tohoku University, ⁴Tokyo Metropolitan University, ⁵Chiba University, ⁶Chuo Kaihatsu Corporation

文部科学省「神縄・国府津-松田断層帯の重点的調査観測・研究」の一環として、神縄・国府津-松田断層帯の変動地形について、空中写真（米軍撮影縮尺1万分の1および4万分の1、国土地理院60年代撮影1万分の1および4万分の1）・大縮尺地形図を用いて再検討を行った。その結果、国府津-松田断層に沿っては、非常に新しい時代に形成されたと考えられる比高数mの西向き変動崖が、足柄上郡大井町上大井から小田原市国府津にかけて、ほぼ連続的に分布していることが明らかになった。小田原市国府津では、完新世後期に形成された海成段丘面（押切面）を変位させるほか、これを切って分布するより新しい河成面を変位させる。また、同市曾我原では、最終氷期の河成段丘面を変位させる比高約30mの撓曲崖の前面に比高5m内外の小崖地形が分布し、ここでは神奈川県（2003）によるトレンチ掘削調査が実施されて断層構造と最近の活動が確認されている。この小崖地形をさらに開析して新期の扇状地面が分布するが、ここにも比高1m未満の微小な崖地形が分布する。この小崖地形はより古く比高の大きい変動崖にほぼ連続して分布するほか、天井川化した剣沢川の自然堤防まで食い違わせており、国府津-松田断層の歴史時代の活動を示唆する地形学的証拠である。このような歴史時代を含む極新期変位地形の分布は大井町上大井まで追跡されるが、概して崖高が2m内外であり、おそらく過去数回の地震により形成されたものとみられる。また、これらの崖地形は横断する河川沿いに分布する沖積扇状地面では所々途切れており、最近の活動以降に発生した洪水により扇状地面が形成されたことを示唆する。このような場所のひとつである小田原市上曾我地区においてトレンチ掘削調査を行い、扇状地砂礫層を切断する断層構造と、これを覆い変形を受けていない扇状地砂礫層を確認した。本発表では堆積物の層序・年代測定結果を考慮して国府津-松田断層の過去の地震活動について議論する。足柄平野については、酒匂川下流域に鴨宮段丘と呼ばれる完新世後期の段丘面が分布することが知られている（山崎, 1993; 山崎, 1994; 山崎・水野, 1999）。鴨宮段丘は最上部に御殿場泥流堆積物（町田, 1964; 約2700-2800年前; 町田, 2000）をはさむが、現在は酒匂川の下刻・側刻を受けている。また、足柄平野のボーリングによる沖積層の堆積曲線によれば、足柄平野では縄文海進以降にほとんど沈降が生じていないと示唆される（松島, 1980; 松島, 1982; 山崎ほか, 1982; 松島, 1999）。山崎（1993）は、このような現象を平野が隆起を受けたことによるとし、国府津-松田断層による地震と1923年大正関東地震タイプの相模トラフで発生する地震の地殻変動の累積である可能性を指摘した。今回、航空測量により取得された5m DTMを利用して足柄平野の地形断面図を作成したところ、鴨宮台地は上に凸の形態を示しているほか、鴨宮段丘とこれを切って分布するより新期の段丘面も同様に上の凸な形態を呈しており、背斜変形を受けている可能性がある。これらの完新世段丘面群の形態や位置は、相模湾岸でえられた地殻構造断面において、足柄平野の直下にみとめられる背斜構造と整合的である。このような過去2000年以降の海岸平野の多段化や背斜変形は、相模湾岸の完新世海成段丘（米倉ほか, 1968; 遠藤ほか, 1979; 熊木・市川, 1981; 宮内ほか, 2003）と同様に、1923年大正関東地震タイプの相模トラフで発生する地震の地殻変動の累積である可能性があり、その形成時期については今後検討が必要である。

SSS032-07

会場:302

時間:5月24日 15:45-16:00

濃尾平野完新統に記録された地震沈降の検出と養老断層系の完新世活動 Coseismic subsidence recorded in the Holocene of the Nobi plain and activity of the Yoro fault system

丹羽 雄一^{1*}, 須貝 俊彦¹
Yuichi Niwa^{1*}, Toshihiko Sugai¹

¹ 東京大学大学院新領域創成科学研究科

¹ Environmental Studies, KFS, UT

養老断層は西側の養老山地と東側の濃尾平野を画する大規模な地形境界をなす。この断層の下盤(沈降)側に位置する濃尾平野の地下には厚い完新統が堆積している。このような地域で断層の活動履歴を解明する方法として、地下に埋もれた地層から沈降イベントを示す層相変化を検出し、AMS-14C年代測定値からそれらの時期を特定することが挙げられる。

調査地域の上部完新統は下位から塊状の泥層、上方粗粒化を示す砂質シルト~中粒砂層、最上位の砂泥互層からなり、それぞれプロデルタ堆積物、デルタフロント堆積物、氾濫原堆積物と解釈される。大局的に見るとこれらの層相変化はデルタの前進によるコア掘削地点の浅海化と陸化後の河川氾濫原への堆積環境変化を示している。丹羽ほか(2009,2010)は、濃尾平野西部で掘削された計6本の堆積物コアの解析から上方粗粒化を示すデルタフロント堆積物の一時的な細粒化と電気伝導度(EC)の上昇、および陸化後の氾濫原堆積物の高EC値を検出した。これらは濃尾平野西部で一時的に相対的海面上昇が起こった可能性を示し、その時期は約500年前、1200年前、1000~4300年前、4000年前、4700~5600年前である。また、Niwa et al. (in press)は、計24本の浅層ボーリングの解析から約1600~2700年前に河道の西方への流路変化と相対的海面上昇が起こった可能性を示した。これらのイベントの同時性や完新世中期から後期にかけてのユースタシーとハイドロアイソスタシーの影響による相対的海水準の低下傾向を踏まえると、上記の一時的な相対的海面上昇や河道変化の原因として地震沈降を挙げることができる。これらの地震沈降は養老断層の活動と矛盾しない時期に発生しており、同断層の南側に位置する桑名断層の活動時期とも対応することから、養老断層と桑名断層は有史以前に遡っても同一の活動セグメントをなす可能性が高い。

丹羽ほか(2009) 第四紀研究, 48, 339-349.

丹羽ほか(2010) 地学雑誌, 119, 668-682.

Niwa et al. (in press) Transactions, Japanese Geomorphological Union.

キーワード: 完新統, 地震沈降, 濃尾平野, 養老断層系, ¹⁴C年代

Keywords: Holocene, coseismic subsidence, Nobi plain, Yoro fault system, ¹⁴C age

SSS032-08

会場:302

時間:5月24日 16:00-16:15

神戸市都賀川河口域における和田岬断層の地中レーダ・地層分布不連続解析 Analyses of GPR and bed-distribution discontinuity along the Wadamisaki fault in the mouth of the Togagawa River, Kobe

宮田 隆夫^{1*}, 浅野由莉²
Takao Miyata^{1*}, Asano, Yuri²

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】大阪湾と六甲山地には活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]）。神戸港沖で大阪湾断層から和田岬断層 [4] が分岐し、さらに新生田川河口付近で和田岬断層から王子断層が分岐し、これが六甲山地の渦ヶ森断層（五助橋断層の本体）に繋がることがわかってきた（宮田 [5]）。しかし、新生田川河口付近から北東方向にのびる和田岬断層の実態についてはまだよくわかっていない。そこで、都賀川河口域において、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、和田岬断層の分布を検討した。

【地質概説】神戸市都賀川河口域は、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、砂礫層、腐植土層、砂層の上に、粘土層（Ma13, ステージ 1）が発達する。その上位には鬼界 - アカホヤ火山灰（K-Ah, 約 6,300 年前）が見られる。

【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、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ライン上に配列し、完新世の海成粘土層（Ma13）と下位の腐植土層の出現深度を調べた。一方、(b) 地中レーダ解析は、SIR-3000 システム（GSSI 社）と 100MHz のアンテナ 2 台を使用して調査し、得られたデータを 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。さらに、ワイドアングル測定をもちいて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、都賀川の河川敷とその西側の 3 測線で地中レーダ解析を行った。

【結果】ボーリング柱状図をほぼ南北方向に並べた南北断面図（四郷川に沿う B4）を作成すると、Ma13 層の底面と腐植土層の底面の出現深度が約 5 m 変化していることがわかる。また、都賀川に沿う南北断面図 B3 でも Ma13 層・腐植土層の不連続が見られる。前者の出現深度の不連続な箇所は、新生田川付近に伏在する和田岬断層（南北断面図 B6）の北東方向への延長に沿って分布している。また、後者の不連続な箇所は和田岬断層の分布より南に位置している。一方、東西方向の GPR 断面には反射パターンの湾曲構造が見られる。これは旧河道や堆積物の撓曲構造と解釈できる。この撓曲構造の場所は、上記の Ma13 層の不連続な箇所ともよく調和している。

【まとめ】本研究は、神戸市都賀川河口付近の地中レーダ探査と神戸 JIBANKUN のボーリング柱状図の地層分布不連続解析を用いて、和田岬断層の分布を調べた。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 2 列の線状分布になった。その一つは和田岬断層に相当し、他の一つは和田岬断層の分布から外れるので、別の伏在断層の可能性を考えた。

【文献】[1] 藤田和夫・佐野正人：阪神・淡路第震災と六甲変動震災の帯をもたらした埋没大地形。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：神戸・芦屋周辺における反射法深部構造探査。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] 藤田和夫・前田保夫：須磨地域の地質。地域地質研究報告（5 万分の 1 図幅）, 101p., 1984; [5] 宮田隆夫：地中レーダによる神戸市街の埋もれた活断層の調査。地質ニュー 538 号, p.12 - 18, 1999; [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: 地中レーダ探査, 地層分布不連続解析, 伏在断層, 和田岬断層, 海成層 Ma13（完新世）, 神戸市都賀川

Keywords: Ground-penetrating Radar Survey, discontinuity analysis of bed distribution, hidden fault, Wadamisaki fault, Ma13 marine bed (Holocene), Togagawa River, Kobe

SSS032-09

会場:302

時間:5月24日 16:30-16:45

呉羽山断層帯海域部における音波探査

Acoustic prospecting for the seaward extension of Kurehayama faults in Toyama Bay, central Japan

竹内 章^{1*}, 野 徹雄², 楠本 成寿¹, 渡辺 了¹

Akira Takeuchi^{1*}, Tetsuo No², Shigekazu Kusumoto¹, Tohru Watanabe¹

¹ 富山大学大学院理工学研究部, ² 海洋研究開発機構

¹University of Toyama, Graduate School, ²JAMSTEC

呉羽山断層帯は、南部は射水丘陵東縁を画し、中～北部は射水平野と富山平野（狭義）を分ける呉羽山丘陵に位置している。同丘陵は、元来、呉羽山断層の断層関連褶曲による変動地形とみられ、北西脚が緩傾斜の非対称な背斜構造（安田背斜）をなしているが、同断層中部では背斜軸および南東脚は井田川と神通川により侵食されている。富山平野下に埋没した背斜構造については、既往物理探査データにより、富山市岩瀬～水橋前面の富山湾海底の岩瀬海脚に延長すると予想されていた（富山県 1997）。

今回、文部科学省から産業技術総合研究所への委託事業「沿岸海域における活断層調査」の一環として、呉羽山断層帯の海域部分における活断層の正確な位置や形状の把握、活動性に関する情報を取得することを目的として富山湾で海底音波探査を実施した。富山湾は大陸棚が全く発達せず、海岸から急峻な斜面となつて水深が大きくなる。そのため、他海域で実施されているような高分解能の音波探査では海底地質構造を解明することはできず、音源としてエネルギーの大きなエアガンとウォーターガンを用いた。調査対象は富山県富山市から魚津市にかけての前面海域であり、調査測線は、想定される同断層延長部（浜黒崎海脚）の走向に平行および直交する方向で、同断層の先端位置が特定できる配置とした。テストランを含む海上作業は、2010年7月30日から同年8月7日まで、シングルチャンネル音波探査9測線、マルチチャンネル音波探査6測線で実施し、総延長約80kmの海底下の音響的地質構造断面を取得した。音響層序は、表層から下位に向かってA,B,C,D,Nの各層の順で、各層の基底は反射面a～dとした。なお、最も海岸寄りの測線10M-A2では多重反射のため深度500m以深が判読不能である。

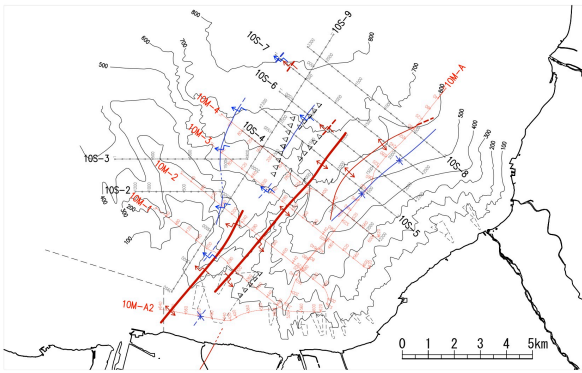
沿岸の測線（10M-1）では深度700m以深に西傾斜の高角逆断層が推定でき、700m以浅では断層崖が埋積されていると解釈できる。さらに、同測線では断層西側に隣接して背斜が存在し、浜黒崎海脚全体に（10M-A2から10M-4まで）追跡できる。10M-1から10S-4までは、反射面の不連続から、背斜軸の西側に平行し傾斜角45度程度かそれ以上の比較的高角な逆断層が認められる。一方、10S-5以北でも断層が存在するが、傾斜が20度以下であり、表層現象とみられる。ただし、10S-6では、西側の海底が隆起していることから、この表層断層の活動は新しいとみられる。

上記の背斜構造については、形状の非対称性から地下2km以深に伏在する断層が規制していると考えられた。魚津前面の陸棚斜面に類似の非対称背斜が10S-5から10S-8まで追跡できるが、浜黒崎海脚とは地形的に無関係であるうえ、翼間角170度程度でほとんど非変形に近く、深部からの断層作用の関与はないとみられる。

以上から褶曲として表現されている断層変形は10S-6までとされ、呉羽山断層帯の海域延長部は、海岸線からの長さが約9.5kmであること、北へ行くにつれて断層の傾斜が低角になり、構造が散漫になることなどが指摘される。また、N層の背斜構造は反射面dの基底で上位層と斜交不整合関係にあり、伏在する呉羽山断層が関連する褶曲は終息している可能性がある。

呉羽山断層の構造はこれまで陸域の反射法探査の結果、深度500m以浅が明らかになっていた。今回の海域調査では半数の測線で深度1～2kmまでイメージングされ、呉羽山断層本体は、陸上断層トレースの延長線上に位置していることが確認された。呉羽山断層は海陸両域で非対称な背斜構造を伴うことで特徴づけられるが、とくに富山市中心市街地以北、浜黒崎海脚北端（測線10M-4）以南では、断層変位が撓曲として表現される伏在断層であると言える。

富山県 (1997) : 呉羽山断層調査報告書, 19p .



キーワード: 海底活断層, 音波探査, 反射法, 富山湾, 呉羽山断層, 断層関連褶曲

Keywords: submarine active fault, acoustic prospecting, reflection method, Toyama Bay, Kurehayama fault, fault related fold

SSS032-10

会場:302

時間:5月24日 16:45-17:00

福井平野東縁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 in the offshore extension of the eastern margin fault zone of the Fukui plain

阿部 信太郎^{1*}, 伊藤 谷生², 山本 博文⁴, 荒井 良祐³, 中山 貴隆², 岡村 行信⁵

Shintaro Abe^{1*}, Tanio Ito², Hirofumi Yamamoto⁴, Ryoyu Arai³, Yoshitaka Nakayama², Yukinobu Okamura⁵

¹地震予知総合研究振興会, ²千葉大学, ³川崎地質株式会社, ⁴福井大学, ⁵産総研 活断層・地震研究センター

¹ADEP, ²Chiba University, ³KGE Co., Ltd, ⁴Fukui University, ⁵AIST AFERC

本研究では、文部科学省からの委託として、福井平野東縁断層帯主部と西部の海域延長部において海底活断層調査を実施し、その結果に基づき、陸域から海域に至る連続性、断層長、活動時期の解明を目指している。この地域においては、1948年に福井平野東部を震源とするM7.1の福井地震が発生している。

海域においては、海上保安庁海洋情報部が加賀市沖に長さ7km程度の北北西-南南東走向で西落ちの断層を報告している。また、あわら市沖に撓曲帯も含めて長さ5km程度の北北西-南南東走向で西落ちの断層を報告している。地震調査研究推進本部では前者を「加賀市沖の断層」、後者を「三国町沖の断層」と呼び、福井平野東縁断層帯主部は、加賀市沖の断層から陸域の松岡断層に至る長さは約45km、福井平野東縁断層西部は、三国町沖の断層から1948年福井地震断層に至る長さ約33kmとしている。

本調査においては、断層変位に伴う浅層部の詳細な変形構造を把握することを目的として、高周波震源であるユニブームを用いた高分解能マルチチャンネル反射法地震探査(12測線)を実施した。ただし、沿岸浅海域は露岩しており、反射法地震探査の実施が困難であったためナローマルチビームによる精密海底地形調査(4.5平方キロ)を実施した。また、断層帯海域延長部から福井平野前面海域に至る深部地質構造を把握することを目的として、エアガン震源としたマルチチャンネル反射法地震探査(1測線)も実施した。さらに、完新世の堆積物の分布が期待される場所においては、年代試料を得るためパイプロコアラを用いた柱状採泥(7地点)を実施した。

断層帯主部の浅海露岩域で実施した精密海底地形調査の結果からは、変動地形を示唆する明瞭な地形は確認されなかったが、その沖側においては、高分解能マルチチャンネル反射法地震探査記録により、「加賀市沖の断層」に対応する海底面に変位・変形を与える明瞭な活断層が確認された。また、この断層の南西側にも南西落ちの活断層が確認され、福井平野東縁断層帯主部の海側端部の形状は分岐していると解釈される。

断層帯西部の海域においても高分解能マルチチャンネル反射法地震探査記録により、「三国町沖の断層」に対応する完新世の基底に変位・変形を与える活断層が確認された。

また、深部地質構造の把握を対象としたマルチチャンネル反射法地震探査記録により、東尋坊の西方海域に東側隆起の断層がとらえられているが、本研究の検討範囲外のため高分解能マルチチャンネル反射法地震探査は実施しておらず連続性については不明である。

現段階における地質構造解釈によって断層分布を整理した結果によれば、海域部における断層長は、主部が約11km程度、西部が約4km程度となった。また、両断層とも海底面もしくは完新世の基底に変位・変形を与えており、第四紀後期に活動していることが確認された。

キーワード: 福井地震, 福井平野, 海域, 活断層, 反射法地震探査, 横ずれ断層

Keywords: Fukui earthquake, Fukui plain, sea area, active fault, seismic reflection survey, lateral fault

SSS032-11

会場:302

時間:5月24日 17:00-17:15

瀬戸内海西部における新たな活断層の認定について Identification of Active Faults in the Western Seto Inland Sea

田中 雅章^{1*}, 小西 克文¹, 國西 達也¹, 高智 英二郎²
Masaaki Tanaka^{1*}, Katsufumi Konishi¹, Tatsuya Kunishi¹, Eijiro Kochi²

¹ 中国電力株式会社, ² 総合地質調査株式会社

¹The Chugoku Electric Power Co., Inc., ²Sogo Geophysical Exploration Co., Ltd

瀬戸内海西部の周防灘海域及び伊予灘海域の一部は、これまでに活断層調査がほとんど行われていない調査の空白域であった。

著者らは、山口県南東部の上関町に建設を予定する中国電力上関原子力発電所施設の耐震設計に反映するため、この未調査海域における活断層の把握を目的とした音波探査を実施した。

調査の実施にあたっては、当該海域における調査空白域を埋めるように発電所敷地を中心とした半径約 30km の範囲でマルチチャンネル音波探査を実施した。測線配置は、三次元的な地質構造を把握するため、格子状配置を基本とした。測線の格子は、周辺の地質構造を規制する中央構造線断層帯や岩国断層帯の走向を基準として、これらとほぼ直交・平行となるように配置した。

音波探査の音源には、ブーマー、ウォーターガン及びエアガンを用いた。ブーマーは、浅部の地質構造、断層の存否、連続性、活動性等を把握するため、特に発電所敷地近傍を中心に約 1~4km 間隔で実施した。ウォーターガンは、海底下~中深部までの地質構造(断層の存否等)、連続性の高い(10km 以上)断層の抽出及び活動性把握のために約 2~4km 間隔で実施した。エアガンは、深部の大局的な地質構造の把握のために約 8~16km 間隔で実施した。

本調査により新たに複数の活断層を確認した。活断層の分布は、大局的には北東-南西方向の走向を有する連続性の高い断層が卓越する。また、これに直交する北西-南東方向の走向を有する断層も認められ、これらの断層は後期更新世以降の活動が認められる。

最も連続性の高い活断層は、山口県の屋代島から大分県の国東半島東岸にかけて分布する断層群である。この断層群は、南部に分布する中央構造線断層帯とほぼ同一の北東-南西方向の走向を示す。音波探査記録によると、これらの断層は顕著な引きずり込み構造やフラワー構造を示しており、瀬戸内海西部の広域応力場が大局的には東西圧縮であることを考え合わせると、断層の変位センスは、右横ずれ主体であると推測される。

この断層群は、大局的には直線的な断層の分布形態であるが、断層群の中間域では見かけ上、幅広な断層分布を示す。この幅広の断層分布の内側では、ほぼ一様に地層の落ち込み構造が認められ、この構造は、互いに右雁行する引張性ジョグと考えられる。既往の文献によると、伊予灘~佐賀関沖の中央構造線断層帯においても、串沖引張性ジョグ、三崎沖引張性ジョグ等が存在し、新たに確認された引張性ジョグと類似する。引張性ジョグは、エネルギーの効果的な逸散領域とされており、断層破壊の末端、活断層のセグメント境界となることから、確認された引張性ジョグは、当該断層群のセグメント境界と推定される。

これらの調査結果により、瀬戸内海西部において中央構造線断層帯と性状及び分布形態が類似する新たな活断層が確認された。これらの断層群は、中央構造線断層帯と同様なテクトニクスで形成された可能性があると考えられることから、瀬戸内海西部の地質構造発達史の解明にあたって重要な基礎資料になると考えられる。

キーワード: 瀬戸内海西部, 活断層, 海上音波探査, 横ずれ断層

Keywords: western seto inland sea, active fault, acoustic exploration, lateral fault

台東縦谷断層中部玉里付近の逆断層クリープ運動の空中写真測量による30年間の地表変形と水準測量および変動地形との関係 Creeping deformation along the Longitudinal valley fault at Yuli area in Taiwan estimated by the photogrammetric method

松多 信尚^{1*}, 石黒 聡士², 村瀬 雅之³, 陳文山⁴

Nobuhisa Matsuta^{1*}, Satoshi Ishiguro², Masayuki Murase³, Wenshan Chen⁴

¹名古屋大学 地震火山・防災研究センター, ²名古屋大学 災害対策室, ³日本大学 文理学部地球システム科学科, ⁴國立台湾大學

¹Nagoya University, ²Nagoya University, ³Nihon University, ⁴National Taiwan University

台湾はフィリピン海プレートとユーラシアプレートの衝突によって形成された島で、その収束速度は北西-南東方向に90 mm/yrと見積もられている (Sella et al., 2002)。台東縦谷断層は地質学的なプレート境界と考えられ、その東側はフィリピン海プレート側の堆積岩や火山岩で構成された海岸山脈、西側はユーラシアプレート側の変成岩からなる中央山脈である。

台東縦谷断層は台東縦谷の東縁に位置する東側隆起の逆断層で玉里付近を境に北部と南部に分けられる。南部は逆断層がクリープしているとされ、GPSによる測地データ (Lee et al., 2003) だけでなく、水準測量 (Matsuta et al., 2009) やクリープメータ (Angelier et al., 1986 etc) でそのクリープ運動の確認がなされ、20-30mm/yr程度の早さで短縮しているとされている。一方、台東縦谷断層は1951年にマグニチュード7前後の地震を立て続けに起こし、地震断層が出現したことが知られている。北部のセグメントは複数のトレンチ調査の結果、活動間隔が約170-210年程度と報告されており、南部のセグメントでは活動間隔が50-100年程度と推定されている (Chen et al., 2007)。

玉里付近はクリープ運動が認められる一方で、1951年の地震で縦ずれ1.5m以上の地震断層が出現しているため、活断層はクリープ運動による変位と地震性の変位を有する。

村瀬ほか (2011) はこの断層を横断する30kmの測線で高密度の水準測量を2008年より毎年8月に実施し、玉里断層を挟む200mの区間で年間1.7cm、約1.5kmの区間で約3cmの隆起を認めた。この運動が継続しているならば、過去30年間の累積変位量は1m近くなることが予想され、2万分の1の空中写真を用いた空中写真測量の精度でも検出される可能性が高い。そこで、クリープ運動の空間的な変位量の分布を得ることを試みた。

我々は台湾大學所有の1978年撮影の約2万分の1の縮尺の空中写真と2007年撮影のほぼ同じ縮尺の空中写真を利用して写真測量を試みた。座標変換に用いるGCPは2007年撮影の空中写真に関しては2009年12月に実測し、1978年撮影の空中写真に関しては当時の三角点の測量記録を用いた補正を施し、ほぼ同じ位置の地形断面を測量・比較した。また、地震による変形を含むより長期間の変形も測量した。

我々は空中写真判読から地形面を7段に分類し古い面からT1~T7とした。特に断層上盤側にはT3からT7までの5面が分布する。堆積物の風化程度や赤色化の度合いなどからT4面以下の離水年代は1万年前以降と推定される。空中写真判読および測量の結果T4面はT7面に対して、変位が累積していることや、玉里南部では断層トレースの分岐や逆向き高角断層など複雑な断層分布をしていることが確認できた。

また、水準測量の測線はT7段丘上にある。この段丘面は台東縦谷断層と平行にブロードな背斜・向斜状の地形が認められる。この段丘を刻む東側から流れ出る谷はこれら褶曲軸を横断して背斜部は先行谷化して南北に流れる本流と合流している。このことはこの背斜・向斜状の地形が変位地形である可能性が高い事を示す。この背斜・向斜構造は水準測量でも観測されており、普遍的な変形と考えられる。ただし、水準測量の結果は測線が構造と斜行しているため、断層形状の側方変化等を見ている可能性もあるため、その検証のための新たな水準測線も昨年設けた。

この水準測量付近では断面図を比較すると30年間に上盤側が隆起していることが確認できる。一方南部の測線では、人工改変を除けばほぼ地形断面が重なり、北部と比較して、顕著な上下変位を認められない。したがって、我々はクリープ運動の量には地域差がある可能性があり、これがアスペリティとなり震源となる可能性があると考えられる。

しかし、この地域差が写真測量の精度の問題である可能性も捨てきれず、検証のため新たに水準の測線を昨年設けた。これらの新測線の改測は本年度8月に予定している。

キーワード: 活断層, 空中写真測量, クリープ運動, 台東縦谷断層, 水準測量, 変動地形

Keywords: Active fault, Photogrammetry, Creeping, Longitudinal valley fault, Taiwan, tectonic geomorphology

SSS032-13

会場:302

時間:5月24日 17:30-17:45

チベット高原玉樹横ずれ断層で過去1000年間頻発した大地震 Recurrent morphogenic earthquakes in the past millennium along the strike-slip Yushu Fault, central Tibetan Plateau

林 愛明^{1*}, Rao Gang¹, 賈 東², ヤンビン², 吳 曉駿², 任 治坤¹
Aiming Lin^{1*}, Gang Rao¹, Dong Jia², Bing Yan², Xiaojun Wu², Zhikun Ren¹

¹ 静岡大学創造科学技術大学院, ² 中国南京大学

¹ Graduate School, Shizuoka University, ² Nanjing University, China

The magnitude (M_w) 6.9 (M_s 7.1) Yushu earthquake occurred on 14 April 2010 in a high mountain region in the Yushu area of the central Tibetan Plateau, resulting in approximately 3000 fatalities (including 270 missing) and widespread damage. Field investigations reveal that the earthquake produced a ~33-km-long surface rupture zone along the pre-existing Yushu Fault of the strike-slip Ganzi-Yushu Fault Zone (Lin et al., 2011a). The Yushu earthquake provides us with a rare opportunity to understand the rupture mechanism and process of a large-scale strike-slip fault related to eastward extrusion of the Tibetan Plateau. The primary features of the seismogenic fault upon which the 2010 Yushu earthquake occurred are now understood, but details of its seismotectonic behavior, e.g., recurrence interval, slip rate, and maximum magnitude of morphogenic earthquakes, are largely unknown despite their importance in terms of assessing the seismic hazard in high mountain regions around the Yushu area on the central Tibetan Plateau.

Here, we present geological evidence regarding the occurrence of paleo- and historical earthquakes that ruptured the strike-slip Yushu Fault of the Ganzi-Yushu Fault Zone during the past millennium, based on field work and observations of an excavated trench and outcrop in July 2010, after the 2010 Yushu earthquake (Lin et al., 2011b). Field surveys and analyses of an excavated trench and outcrop reveal that three morphogenic earthquakes have occurred on the Yushu Fault in the past millennium. Paleoseismic evidence, historical records, and radiocarbon age data show that (i) the penultimate large-magnitude earthquake occurred during the past 400 yrs, corresponding to the 1738 M 7.1 earthquake; and (ii) the third most recent event occurred between AD 650 and AD 1100, suggesting a recurrence interval of 300-400 yrs for morphogenic earthquakes on the Yushu Fault in the past millennium. An average slip rate of ~4-5 mm/yr is estimated for the Yushu Fault. These results are consistent with those obtained from long-term geological evidence and GPS observations. Our findings reveal that most of the strain energy on the Ganzi-Yushu Fault Zone, caused by northeastward motion of the Tibetan Plateau to accommodate north-south shortening of the plateau due to ongoing northward penetration of the Indian Plate into the Eurasian Plate, is released as seismic slip.

References:

1) Lin, A., G. Rao, D. Jia, X. Wu, B. Yan, Z. Ren (2011a). Co-seismic strike-slip surface rupture and displacement produced by the 2010 Mw 6.9 Yushu earthquake. *Journal of Geodynamics*, doi:10.1016/j.jog.2011.01.001.

2) Lin, A., G. Rao, D. Jia, X. Wu, B. Yan, Z. Ren (2011b). Recurrent morphogenic earthquakes occurred in the past millennial along the strike-slip Yushu Fault, central Tibetan Plateau. *Bulletin of Seismological Society of America*, in press.

Keywords: Yushu earthquake, strike-slip Yushu Fault, Tibetan Plateau, morphogenic earthquakes, Paleoseismicity, Tibetan Plateau

ブータン南部の活断層の特徴とアクティブテクトニクスへの適用 Active faulting in southern Bhutan Himalaya and its application for active tectonics

チョペル ジャミアン^{1*}, 熊原 康博²
Jamyang Chopel^{1*}, Yasuhiro Kumahara²

¹ ブータン国地質鉱山局, ² 群馬大学教育学部

¹Department of geology and Mines, Bhutan, ²Faculty of Education, Gunma University

1. はじめに

長さ 2500km に及ぶヒマラヤ前縁には、インドプレートとユーラシアプレートのプレート境界に沿って活断層が発達する。これまで、パキスタン、インド北西部、ネパールにおいては、多くの先行研究によって、その分布および変位様式の概要が明らかになっている。しかしながら、東西 350km のブータンとインドとの国境域は、Nakata (1972) の先駆的な研究や Yagi et al. (2002) があるものの断片的な情報にとどまり、他のヒマラヤ周辺地域と比べて活断層に関する情報が極めて乏しい地域といえる。長大な活断層系がどのように分割して大地震を発生させるかを、断層の幾何学的パターンから考える上で、ブータン南部の活断層の分布を明らかにすることは重要な意義をもつ。本発表では、2010年8月の3週間にわたり、ブータン政府関係機関にて空中写真判読をおこない、ブータン南部の活断層の分布および変位様式について明らかにした結果を報告する。また、得られた結果をもとに、地質構造、ネパールの活断層分布との比較をおこない、ブータン南部の活断層の特徴について議論する。

2. 使用した空中写真及び地形図について

空中写真は、ブータン政府貿易工業省地質鉱山局及び内務省測量局が保有しているものを利用した。空中写真の縮尺は 1:12,500, 1:15,000, 1:25,000 で、撮影年は 1988 年, 1990 年のものである。断層分布、変位様式を書き入れた地形図は、地質鉱山局所有の縮尺 5 万分の 1 地形図である。またインドとの国境付近は空中写真が撮影されていない範囲もある。

3. 断層分布の特徴

空中写真判読により、明らかになった点は以下の通りである。

- 1) 主に東西走向の断層が多い。
- 2) ブータン南部全体に連続する断層はなく、長さ 30km より短い断層からなり、地域によっては東西走向の断層が 4?6 条にわたり平行して分布する。
- 3) 東西走向の断層のうち、平野と山地の境界では北側隆起の断層変位を示すが、山地内は南側隆起の断層が多い。
- 4) 山地内の断層には、北西-南東走向の断層は右横ずれ変位、北東-南西走向の断層は左横ずれ変位をもつ断層が認められ、さらに北部へ延びることが推定される。
- 5) Tshoki より東部では、断層の密度が小さくなり、南北幅 1km 以内に断層が集中する傾向が認められる。

4. 地質構造と断層分布の関係

ブータン南西部で認められた活断層は、主中央スラスト (Main Central Thrust: MCT) と主境界スラスト (Main Boundary Thrust: MBT) の間、すなわち低ヒマラヤ内に広範囲にわたり発達していることが明らかになった。ただし、Tshoki より東部では、MBT に沿ってのみ断層が認められた。一方、ネパールの活断層分布は、MBT や MCT などの主要地質構造線に集約的に発達し、低ヒマラヤ内では分布密度が低い。従って、ブータン南西部のみ、活断層分布に大きく異なることが明らかとなった。ブータン南西部が他のヒマラヤ前縁地域と大きく異なる点は、第三紀堆積岩からなるシワリク丘陵の発達極めて悪く、一部で欠落しているという特徴をもつ。これは MBT が平野と山地の境界付近に位置しているためである。活断層分布の違いは、長期にわたるプレート衝突の形式がブータン南部で他地域と異なっているため、低ヒマラヤ内に数多くのスラスト構造が発達した結果、その構造を利用して現在活断層が再活動していると予想される。

また、活断層の断層変位から推定される水平最大圧縮方向は南北方向であり、これはプレートの動きと調和的である。

附記 本研究は、科学研究費補助金 (若手研究 (B)) および、JICA/JST ブータン GLOF プロジェクトの経費を用いて実施した。

文献 Nakata (1972): Tohoku University Science Reports, 7th Ser. (Geography) 22, pp. 39?177. Yagi et al. (2002): Bhutan Geology (Bhutan Geological Survey), 6, 19-25.

キーワード: ブータン, ヒマラヤ, 活断層, 変位地形
Keywords: Bhutan, Himalaya, active fault, tectonic landform

SSS032-P01

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 16:30-17:30

断層破碎物質を用いた断層活動性評価手法の開発(1): 鳥取県西部地域における断層岩の産状

A new method for evaluating fault activity based on fault gouge properties -Occurrences and colors of fault gouges from

宮下 由香里^{1*}, 小林 健太², 亀井 淳志³, 伊藤 順一⁴, 間中 光雄⁵, 福土 圭介⁶

Yukari Miyashita^{1*}, Kenta Kobayashi², Atsushi Kamei³, Jun'ichi Itoh⁴, Mitsuo Manaka⁵, Keisuke Fukushi⁶

¹産総研 活断層・地震研究センター, ²新潟大学, ³島根大学, ⁴産総研 地質情報研究部門, ⁵産総研 地圏資源環境研究部門, ⁶金沢大学

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²Niigata University, ³Shimane University, ⁴Geological Survey of Japan, AIST, ⁵Geological Survey of Japan, AIST, ⁶Kanazawa University

2000年鳥取県西部地震や2004年新潟県中越地震, 2008年岩手・宮城内陸地震等は, 地震発生以前に活断層が認定されていない地域で発生した。これらの地震は, 空中写真判読による活断層の抽出が必ずしも完全なものではなく, 「未知の活断層」の存在を示すこととなった。

2000年鳥取県西部地震の余震域とその周辺地域における断層岩および古地震研究により, 断層破碎物質から断層の活動性を評価し, 「未知の活断層」を検出し得る可能性が示されてきた(小林・杉山, 2004, 相澤ほか, 2005, 小林ほか, 2006等)。発表者らのグループは, 断層岩とくに断層ガウジの色彩と鉱物化学組成に着目し, これらと断層活動性との相関について検討を進めている。本発表では研究の出発点となった鳥取県西部地域の断層岩の産状をまとめ報告する。あわせて, その原岩推定方法について紹介する。

鳥取県西部地域には, 花崗岩と貫入玄武岩中に様々な色彩の断層ガウジが分布する。地質調査の結果, 花崗岩起源の断層ガウジは, 2000年鳥取県西部地震の余震域では淡緑色, 白色, 黄褐色, これと並走する日南湖リニアメント, 小町?大谷リニアメント沿いでは黄褐色, 橙色, ピンク色を呈することで特徴づけられることが明らかとなった。分光測色計を用いた断層ガウジの測色結果を a*-b*平面にプロットすると, 両者は傾斜の異なる直線上に分布し, 明瞭に区別される。玄武岩起源の断層ガウジは, 余震域では緑色, リニアメント沿いでは赤褐色を呈する。他方, 古地震調査の結果から, 2000年鳥取県西部地震断層は約3万年前以降2回, 日南湖リニアメント, 小町?大谷リニアメントは5?9万年前以降1回地震を起こしたと推定されている(伏島ほか, 2002, 杉山ほか, 2004, 2005)。以上より, 断層ガウジの色彩は, 断層の活動性の違いに対応していると考えられる。

ピンク色の断層ガウジについては, 花崗岩起源であるのか, 花崗岩と玄武岩の貫入境界(混合物)起源であるのか, 野外の産状からは同定が難しい場合があった。そこで, 断層ガウジの全岩化学組成分析を行い, 主要・微量元素比を用いた各種判別図に化学組成をプロットした結果, 原岩が特定できることが明らかとなった。

キーワード: 断層ガウジ, 断層岩, 2000年鳥取県西部地震, 活断層, 断層活動性

Keywords: fault gouge, fault rocks, 2000 Tottori-ken Seibu earthquake, active fault, fault activity

SSS032-P02

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 16:30-17:30

断層破碎物質を用いた断層活動性評価手法の開発(2)-2000年鳥取県西部地震の余震域およびその周辺の断層ガウジの比較-

A new method for evaluating fault activity based on fault gouge properties-Comparison of fault gouges in the aftershock

間中 光雄^{1*}, 福土 圭介², 宮下 由香里¹, 小林 健太³, 亀井 淳志⁴, 伊藤 順一¹

Mitsuo Manaka^{1*}, Keisuke Fukushi², Yukari Miyashita¹, Kenta Kobayashi³, Atsushi Kamei⁴, Jun'ichi Itoh¹

¹ 産業技術総合研究所, ² 金沢大学, ³ 新潟大学, ⁴ 島根大学

¹ AIST, ² Kanazawa University, ³ Niigata University, ⁴ Shimane University

We compared to examine mineralogical and geochemical studies of fault gouges in the aftershock area and the neighborhood of 2000 Tottori-ken Seibu earthquake, to establish a new method for evaluating fault activity of low activity faults. The fault gouges were conducted by powder X-ray diffraction analysis, sequential selective extraction tests and color measurements. As the results, the fault gouge in the aftershock area is mainly composed of illite and chlorite, and the gouge in the neighborhood is mainly composed of halloysite. Iron in the gouge in the aftershock area is mainly contained in illite, and iron in the gouge in the neighborhood is mainly contained in amorphous and crystalline iron oxide. Results of color measurements showed that negative a^* values from the gouge in the aftershock area indicated the presence of chlorite, and that positive a^* values from the gouge in the neighborhood indicated the presence of crystalline iron oxide. These results indicated that mineralogical and geochemical characteristics can distinguish clearly the fault gouges in the aftershock area and the neighborhood of 2000 Tottori-ken Seibu earthquake and that color measurements can be effective to distinguish these gouges.

Keywords: 2000 Tottori-ken Seibu earthquake, fault gouge, powder X-ray diffraction analysis, sequential selective extraction test, color measurement, crystalline iron oxide

断層破碎物質を用いた断層活動性評価手法の開発(3):鳥取県西部地域における断層ガウジの色測定

A new method for evaluating fault activity based on fault gouge properties - Color measurement of fault gouges -

小林 健太^{1*}, 宮下 由香里², 間中 光雄², 亀井 淳志³, 福士 圭介⁴, 伊藤 順一²

Kenta Kobayashi^{1*}, Yukari Miyashita², Mitsuo Manaka², Atsushi Kamei³, Keisuke Fukushi⁴, Jun'ichi Itoh²

¹新潟大学理学部地質科学科, ²産総研, ³島根大学, ⁴金沢大学

¹Dep. Geol., Fac. Sci., Niigata Univ., ²AIST, ³Shimane Univ., ⁴Kanazawa Univ.

発表者らのグループは断層ガウジの色彩と鉱物化学組成に着目し、断層活動性との相関について検討を進めている。その一環として、断層ガウジを測色することにより、それに含まれる鉄鉱物の定量を試みた(小林, 2010)。本発表の目的は、この結果を再提示するとともに、鳥取県西部地域における断層岩の産状(宮下ほか, 本セッション)、断層ガウジの粉末 X 線回折分析、逐次選択抽出試験および色調測定結果(間中ほか, 本セッション)と併せた総合的な解釈を行うことである。

2000年鳥取県西部地震(Mj 7.3)余震域の南西5kmには、日南湖リニアメントが北西-南東に延びる。さらに南西1kmを並走する別のリニアメント(日南湖SEリニアメント)に沿って、暗赤色・赤褐色を呈する断層ガウジが形成されている。今回、これらの断層ガウジを測色することにより、それに含まれる鉄鉱物の定量を試みた。また、濃度の空間変化を検討し、断層活動性との関連を議論した。

研究の基礎段階として、ガウジの着色物質候補である鉄鉱物(赤鉄鉱・針鉄鉱)の濃度が既知の粉末試料を調整し、分光測色計(コニカミノルタCM-2600d)を用いて色相と彩度を測定した。希釈物質として、新潟県岩船花崗岩、鳥取県根雨花崗岩とそれを原岩とするカタクレサイトを用いた。また、日南湖SEリニアメントの暗赤色・赤褐色ガウジを、それに接するカタクレサイトで希釈した試料も調整、測色した。測色値をL*a*b*表色系で検討し、a*-b*平面に表現した。

赤鉄鉱のみを希釈した試料の測色値は $b^*/a^* = 0.7$ の直線上に、針鉄鉱のみを希釈した試料の測色値は $b^*/a^* = 1.9$ の直線上に、それぞれ並ぶ。また、赤鉄鉱と針鉄鉱を合わせて希釈した試料の測色値は、それらの混合比に応じて両直線の間を傾きを示す。一部の例外を除き、鉄鉱物が高濃度の試料ほど、彩度が高い。断層ガウジの測色値と比較したところ、暗赤色ガウジは赤鉄鉱を0.1-0.5%、赤褐色ガウジは赤鉄鉱と針鉄鉱を0.5-4%(赤鉄鉱:針鉄鉱=3:7)含む試料と同じ領域にプロットされた。

測色による定量結果を、XRDおよび鏡下観察で検証した。赤鉄鉱を根雨花崗岩で希釈した試料について、赤鉄鉱の濃度と、赤鉄鉱に特徴的な2.69ピーク絶対強度の間には、強い正の相関がみられた。暗赤色ガウジについて同じピークを比較したところ、赤鉄鉱の濃度が3%であることを示した。ただし、一般にガウジに含まれる赤鉄鉱の結晶度は低い。絶対強度も低くなる可能性を考慮すると、実際の濃度はこれより若干大きくなると予想される。すなわち、測色による定量(0.1-0.5%)と調和的な結果となった。一方、透過型偏光顕微鏡を用いた観察では、赤鉄鉱のモードが40%を超えた。赤鉄鉱が細粒で他の鉱物との判別が困難であり、過剰に見積もられた可能性がある。

暗赤色ガウジに含まれる赤鉄鉱について、濃度の空間変化を検討した。断層露頭内では、ガウジ帯の下部から上部に向かって濃度が低下する。また鏡下観察から、ガウジ帯の基質に含まれる鉄鉱物の濃度は、ガウジ帯の縁部から中軸部に向かい低下する。

2000年鳥取県西部地震余震域内のガウジは、白色系・灰色系を呈し、他地域の活断層(警固断層、大原湖断層、野島断層)に沿うガウジとほぼ共通な色相トレンドをなす。一方、日南湖リニアメントの上にあるガウジは、赤色系を呈すると同時に、カオリナイトを多く含むことで特徴づけられる(小林ほか, 2006)。後者のガウジは浅所熱水変質、もしくは風化作用で生じたと考えられた。さらに赤鉄鉱濃度の空間変化から、鉄鉱物は既存ガウジ帯の縁に沿って下降した流体から沈殿したと考えられる。ガウジの主な赤色化は、断層が活動(変位)していない期間に生じた。トレンチ調査の結果から、2000年余震域ではAT(26-29ka)とK-Ah(7.2ka)の間にひとつ前の断層活動が生じたのに対し、日南湖リニアメントにおける最新活動はATより前である(伏島ほか, 2002; 杉山ほか, 2004, 2005)。日南湖SEリニアメントの確実度(Ld)が、日南湖リニアメント(Lc)より低いことをあわせると、活動性はこれと同等か、さらに低いと考えられる。

キーワード: 鳥取県, 断層ガウジ, 色, 活断層, 断層活動性

Keywords: Tottori Prefecture, fault gouge, color, active fault, fault activity

SSS032-P04

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 16:30-17:30

白神山地西縁，西津軽海岸の波状隆起をもたらす震源断層の推定 Estimation of causative faults producing crustal upwarping in the Nishi-tsugaru Coast, Northeast Japan

小形 祐美^{1*}, 宮内 崇裕¹
Yuumi Ogata^{1*}, Takahiro Miyauchi¹

¹ 千葉大学大学院理学研究科地球科学コース

¹Earth Sci. Dept., Chiba University

1704年および1793年に西津軽地方で発生した地震(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、これらの震源断層像を明確にするために、完新世離水海岸地形の再認定・高度測量・掘削調査を行い、平面的な対比・離水時期について再検討した。これらの成果と陸上地質構造、第四紀後期海成段丘の高度変化、周辺海域の活構造(変動地形および地質構造)との関連を解析した結果、それぞれの震源断層を推定するとともにそれら以外の断層セグメントの可能性を新たに指摘することができた。1793年の地震は、地震隆起波食棚の高度分布・後期更新世海成段丘の波状変位、新第三系の大戸瀬背斜構造が調和的であることから、その東翼を限る北金ヶ沢断層(平山・上村, 1985)の活動による可能性が高い。1704年の地震については、まだ不確定要素はあるが、同様な視点から大間越断層(大沢, 1963)がその震源断層の可能性がある。これらの地震隆起が大きく影響しなかった地域においても、第四紀後期海成段丘群が存在し顕著な波状隆起が認められることから、鱸ヶ沢地域を隆起させる震源断層を鱸ヶ沢断層(平山・上村, 1985)に、鱸作半島を隆起させる震源断層を沖合数kmにある変動崖に求めることができる。これらの断層運動に伴う地殻変動の重合が西津軽海岸の波状隆起を生み出してきたと考えられる。完新世離水海岸地形の認定・区分は吉川(1986MS)により詳細に行われているが、その後の人工改変も著しいため追認が難しいところも多かった。本研究では連続性を中心に判読・調査を行った結果、多い地域で3つのレベルに離水海岸地形を認定したが、全域に対比されるものではない(便宜的に高位よりL1, L2, L3: 歴史地震に対応)。両地震時に隆起量がもっとも小さかった鱸作半島では、標高13mにあるL1段丘(離水波食棚)の被覆腐植層からCal BP 1530-1410 (Beta-290472)、1704年地震時に125cmほど隆起したとされる黒崎付近の砂浜海岸では、標高6.2mにあるL2段丘上堤間湿地堆積物からCal BP 550-520 (Beta-290473)のC-14年代を得た。それぞれの離水年代が完新世後期の比較的新しい時期であることを示唆している。

キーワード: 離水海岸地形, 波状隆起, 地震隆起, 震源断層, 西津軽海岸

Keywords: emerged shoreline topography, upwarping, coseismic uplift, causative fault, Nishi-tsugaru Coast

SSS032-P05

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 16:30-17:30

旧汀線情報を用いた海域震源断層モデリング - 日本海東縁変動帯の地震発生ポテンシャル評価に向けて - Offshore source fault modeling using late Quaternary paleoshoreline records, Northeast Japan

宮内 崇裕^{1*}

Takahiro Miyauchi^{1*}

¹ 千葉大学大学院理学研究科地球科学コース

¹Earth Sci. Dept., Chiba University

断層褶曲帯として地殻短縮が進む日本海東縁変動帯の沿岸では、第四紀後期の海成段丘（離水海岸地形を含む）は500kmに渡り傾動隆起や波状隆起の変形を示す。これらの変形を歴史地震の地変記録や東西圧縮応力場の状態に基づき断層運動（地震時地殻変動）によって生じた逆断層の上盤変形（断層関連褶曲）の累積と考え、海成段丘・離水海岸地形の高度分布から逆問題として震源断層の諸元を第一次近似的に解き、海域に分布する活断層の地震発生ポテンシャルについて検討した。海成段丘を含む離水海岸地形の抽出を空中写真判読と現地調査によって行い、旧汀線に関する高度を気圧高度計・簡易レーザー測器により求めた。震源となる断層セグメントは海域に想定されるため、海底地形・地質構造などの資料と照合しながらその位置を推定した。断層面の形状は単純な矩形（地震発生層内に立ち上がるシングルランプ型）を基本とした。ディスロケーションは、上部地殻（地震発生層）を半無限弾性体と仮定し、Mansinha and Smylie(1971)のプログラム、MICAP-G (Ver2.1, Okada,1992; 内藤・吉川,1999), Coulomb3.1 (Toda et al., 2005; Lin et al.,2004)を用いて計算した。得られた理論的地殻変動と最新離水海岸の旧汀線高度（不明な場合にはMIS5eから試算された隆起速度を代用）を比較しながら変動パターンをよく再現できる断層モデルを試行錯誤的に定めた。その結果、旧汀線の高度分布に極大域を持つ地域のほとんどの傾動・波状隆起は、その震源断層セグメントを沖合数10km（海岸～大陸棚近傍）に想定し逆断層としてのすべりを与えることで復元された。断層の諸元は、長さ20-60km、傾斜角30-50°（西傾斜、東傾斜両方あり）、すべり量2-7m（海岸隆起量～3m）、断層先端深度1km前後となる。地震規模はMw7.0-7.5、地震発生間隔は1000-4000年程度と推定される。歴史地震時に海岸が隆起した地域以外において最後の地震隆起を特定する高精度の年代情報はほとんどないが、現成波食棚の発達に地域差が認められる。これらが最後の地震隆起イベントからの時間経過を示すとすれば、現成波食棚の幅が広い海岸では次の大地震発生が近づいていることを暗示している。

キーワード: 第四紀後期, 旧汀線情報, ディスロケーション, 震源断層モデル, 日本海東縁変動帯

Keywords: Late Quaternary, paleoshoreline records, dislocation, source fault modeling, Japan Sea-eastern marginal tectonic zone

北上低地西縁断層帯・天狗森 - 出店断層群における反射法地震探査 Seismic reflection profiling survey across the Tengmori-Dedana Faults, the southern Kitakami lowland fault zone

阿部 恒平^{1*}, 信岡 大², 松原由和², 楮原 京子³, 小坂 英輝⁴, 鎌滝 孝信², 今泉 俊文⁵

Kohei Abe^{1*}, Dai Nobuoka², Yoshikazu Matsubara², Kyoko Kagohara³, Hideki Kosaka⁴, Takanobu Kamataki², Toshifumi Imaizumi⁵

¹ 株式会社エム・ティ・プレーン, ² 応用地質株式会社, ³ 産総研・活断層・地震研究センター, ⁴ 株式会社環境地質, ⁵ 東北大学

¹M. T. Brain Co.,Ltd., ²Oyo Co., ³AFERC, AIIT, ⁴Kankyo Chisitu Co.,Ltd., ⁵Tohoku Univ.

1. はじめに

北上低地西縁断層帯は南北 70km におよぶ逆断層帯で、このうち夏油川から胆沢川の間広がる台地の上には、併走する何列もの断層（天狗森 - 出店断層群）がある。出店断層についてはこれまで Kato et al. (2006) 等でテクトニックインバージョンの断層であることが分かり、浅層で分岐する断層を伴う高角逆断層であることが知られている。しかし、台地に分布する個々の断層が地下でどのように連続するのかについては不明であった。本発表では、これらの断層がどのような性状の断層であるのかを明らかにすることを目的に実施した反射法地震探査実験（北上・金ヶ崎測線）について紹介する。

2. 実験の概要

測線は岩手県胆沢郡金ヶ崎町広本から駒ヶ岳登山道入口を通り約 12.8km に設定した。探査データは、収録器として GEODE (Geometrics 社製) を使用し、168ch で収録を行った。制御振源には ENVIRO-VIBE (IVI 社製)、受振器は GS-20DX (OYO Geospace 製) を使用した。受振・発振点間隔は共に 10 m とした。発振はスウィープ周波数を 10-100Hz、スウィープ長を 12 秒、記録長を 16 秒、標準垂直重合数を 7 回と設定した。データの解析は ProMax (Landmark 社製) を用いて共通反射点重合法に基づいて行った。

3. 天狗森 - 出店断層群の地下構造

解析の結果、深度 2km 付近まで明瞭な反射面群を捉えることができた。最も明瞭な断層は天狗森 - 出店断層群の地表トレースよりも東部の地下に伏在し、緩やかに西傾斜する。また、断層群の地表トレースに対応する複数の断層が認められたものの、地下では連続しないことが明らかになった。

最も明瞭な断層は、同測線で行った山地起伏量と短縮量から算出したバランス断面法により推定された断層と整合的であった。また、2008 年岩手・宮城地震の余震分布との比較においても、断層と余震分布は比較的よく一致する。

発表では、本調査で認められた断層と出店断層の関係を議論する予定である。

キーワード: 天狗森 - 出店断層群, 北上低地, 反射法地震探査, 地下構造

Keywords: Tengmori-Dedana Faults, Kitakami Lowland, seismic reflection profiling, subsurface structure

北上低地西縁断層帯における断層露頭と変位地形

Fault outcrop and tectonic landform of the western margin fault zone of the Kitakami lowland, northeast Japan

小坂 英輝^{1*}, 阿部 恒平², 楮原 京子³, 三輪 敦志⁴, 今泉 俊文⁵, 儘田 豊⁶, 内田 淳一⁶

Hideki Kosaka^{1*}, Kohei Abe², Kyoko Kagohara³, atsushi Miwa⁴, Toshifumi Imaizumi⁵, Yutaka Mamada⁶, Jun-ichi Uchida⁶

¹ 東北大学大学院生, ² 株式会社エム・ティ・ブレーン, ³ 産業技術総合研究所, ⁴ 応用地質株式会社, ⁵ 東北大学, ⁶ 原子力安全基盤機構

¹ Graduate student, Tohoku Univ., ² M. T. Brain Co., Ltd., ³ AIST, ⁴ Oyo. Co., ⁵ Tohoku Univ., ⁶ JNES

北上低地西縁断層帯では、変位地形の分布が明らかにされてきたほか、多くのトレンチ調査により活動履歴が明らかにされてきた。一方で、活動年代に関しては調査地によりばらつきが大きく、特に平均活動間隔については、最新活動に先立つ活動イベント年代が絞り込めていないため十分に解明されたとは言えない。また、北上低地西縁断層帯は、山麓線にほぼ沿った地形・地質境界を成す断層から分岐した複数列の逆断層から構成されており、活動履歴を明らかにするために、分岐断層の分布と活動性について検討することになる。本発表では、最新活動に先立つ活動イベントと分岐断層の分布について、2つの断層露頭とその周辺の変位地形から検討する。

1つ目の断層露頭は、上平断層群を中央とする弧状トレースの南端部にあたる瀬の沢川沿い(高村山荘付近)にある。なお、この断層露頭は逆断層の下盤側の変形を観察できる大規模なもので(高さ10m)、下川・栗田(1983)により発見されたものであるが、その活動履歴に関しては言及されていなかった。そこで、演者らは、この断層露頭を整形して、断層下盤側の後期更新世(最終氷期以降)の地層の堆積構造(傾斜不整合など)と断層・地層の切断関係を観察した。その結果、最終氷期以降から完新世で、少なくとも4回の活動イベントが解読され、また1回の断層変位量が推定された。そして、地形面と地層の変位量から求めた平均変位速度と露頭から測った1回のずれ量からイベント回数を推定すると、本露頭に見られる傾斜不整合には、さらに複数回のイベント(断層活動)が重なっていると考えられる。

2つ目の断層露頭は南昌山断層群のやや低地側に分布する丘陵列(飯岡山、城内山、北谷地山)の東縁にある。南昌山断層群は山麓にある地形・地質境界を成す逆断層(F1断層)とこれに並走する逆断層(F2断層)から構成されるとされてきた。本研究では、断層露頭(F3断層)と従来の南昌山断層群との連続性について検討するために、大縮尺(2千5百分の1)の地形分類図の作成と地形縦断測量を行った。F1断層は、地質分布から示される断層を横切る段丘面に変位が認められず、現在活動を停止していると推定される。F2断層は、湯沢西から北谷地山南西では、明瞭な低断層崖として認められる。しかし、湯沢西以北では明瞭な変位地形は認められないものの、古い段丘面や丘陵地(西側隆起を示す)が南北に分布すること、また最終氷期(L1面)から完新世(L2面)の扇状地がこれらの古い地形の高まりの東麓を扇頂として、低地側に広がっていることなどから、F2断層は、これら高まりの基部に沿って、概ねF1断層と併走するように、犬ヶ森から北谷地山南西にかけて連続すると推定される。断層露頭では、最終氷期の段丘堆積物に撓曲変形が認められた。明らかな変位地形は断層露頭のある羽場地区と煙山地区のL1面上に認められた(崖高約1m)。この間には変位地形が認識できない区間があるが、煙山から羽場にかけて分布するL2面は、変位地形の南北延長部で急激に広がる。これらの変位地形と谷幅の変化は、いずれも丘陵列東縁の南北延長部にある。このような地形配列は、相対的に西側が隆起することによって生じたものと判断され、丘陵列東縁の位置はF3断層によって規制されていると推察される。

上平断層群の断層露頭では、累積上下変位量と1回の変位量から検討した活動イベント数は、8回~16回あり、断層露頭で解釈されるイベント数(4回)を明らかに上回った。このことは、不整合の時間間隙中に、複数のイベントが存在することを示唆する。南昌山断層群では、発見した断層露頭から、このF2断層の下盤側に新たに活断層(F3断層)を推定した。F3断層の認定に当たっては、地表での変位地形が僅少であるので注意を要するが、L2面の扇頂の配列や、丘陵やH面など古い地形の配列なども考慮して推定した。これまで、多くのトレンチ調査により活動履歴についての情報が増加している。しかし、さらに分岐断層の分布を含めて古い活動イベントについて検討するためには、周辺の地形発達史を含めた解析が不可欠であろう。

なお、本研究は、独立行政法人原子力安全基盤機構が平成20年度に実施した内陸の活断層調査に基づく震源断層評価手法の検討事業で取得されたデータを使用した。

キーワード: 活動イベント, 傾斜不整合, 分岐断層

Keywords: Paleoseismic event, angular unconformity, branched fault

詳細な空中写真判読に基づく花輪東断層帯の地表トレース分布 Active fault traces along the Hanawa higashi fault zone, northeastern Japan

田力 正好^{1*}, 中田 高², 今泉 俊文³, 池田 安隆⁴, 宮内 崇裕⁵, 堤 浩之⁶, 後藤 秀昭⁷, 吾妻 崇⁸, 松田 時彦¹, 水本 匡起¹, 松浦 律子¹

Masayoshi Tajikara^{1*}, Takashi Nakata², Toshifumi Imaizumi³, Yasutaka Ikeda⁴, Takahiro Miyauchi⁵, Hiroyuki Tsutsumi⁶, Hideaki Goto⁷, Takashi Azuma⁸, Tokihiko Matsuda¹, Tadaki Mizumoto¹, Ritsuko S. Matsu'ura¹

¹地震予知振興会, ²広島大学名誉教授, ³東北大学, ⁴東京大学, ⁵千葉大学, ⁶京都大学, ⁷広島大学, ⁸産総研

¹ADEP, ²Professor Emeritus, Hiroshima Univ., ³Tohoku Univ., ⁴Tokyo Univ., ⁵Chiba Univ., ⁶Kyoto Univ., ⁷Hiroshima Univ., ⁸AFRC, AIST

花輪東断層帯は秋田県北東部、花輪盆地の東縁付近にほぼ南北走向で分布する長さ約 19 km の活断層帯である(地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2008)。従来記載されていた花輪東断層帯は花輪盆地の中央部～南半部にのみ分布し(中田・今泉編, 2003 など)、北部には盆地と山地の明瞭な地形境界が存在するにもかかわらず、確実な活断層は記載されていなかった。詳細な空中写真判読の結果、従来記載されていた活断層の北方延長部に新たに断層変位地形が見いだされ、活断層から発生する地震規模予測の再検討が必要となることが明らかとなったので報告する。また、盆地中央部～南部においても、既知の活断層以外に新たに断層変位地形の可能性のある地形が発見されたので、これについても同時に報告する。

花輪盆地北部は東方の奥羽脊梁山脈と直線的で明瞭な地形境界をもって接している。この山麓線を奥羽脊梁山脈から西流する根市川、冷水川、間瀬川などの河川が横切る地点において、これらの河川が形成した扇状地性の河成段丘に東上がりの撓曲崖が認められた。このことから、この山麓線は奥羽脊梁山脈を隆起させるセンスを持つ逆断層と推定される。この断層は直線的なトレースを持つことから、比較的高角な逆断層である可能性が高い。根市川の北方では盆地と山地の境界はやや不明瞭になるが、山麓の断層の北方延長部の鹿角市大湯川付近の大湯川右岸の十和田八戸(To-H)火砕流堆積面において、東上がりの撓曲崖が認められることから、この断層はこの地点まで延長する可能性が高い。また、大湯川沿いの To-H 火砕流堆積面より下位の段丘面にもわずかに撓曲変位が認められる。これらの断層トレースが記載されたことにより、花輪東断層の北端は 6.5 km ほど北方へ延長された。

盆地北部の山麓線の西方 0.5 ~ 1 km 付近において、冷水川や根市川などの河川が形成した扇状地上に流路方向と直交する緩やかな撓曲崖が認められる。この断層トレースは山麓の活断層に比べて屈曲に富んでいるが、概ね山麓線と平行に南北走向に伸びる。また、さらに西方(山麓から 1.5 ~ 2 km 程度)にも扇状地上に流路方向と直交する低断層崖・撓曲崖が認められる。これらの断層はトレースの屈曲に富むことから低角逆断層と推定され、山麓の断層から thrust front migration (Ikeda, 1983) によって派生した断層である可能性がある。また、低断層崖・撓曲崖が認められる扇状地面は段丘化しているものの、現河床との比高は小さく、完新世の段丘面と考えられる。明確な形成年代は不明であるが、この事実は花輪東断層帯が完新世以降に活動したことを示唆する。

盆地南部の JR 花輪線八幡平駅付近の米代川右岸において、米代川が形成した低位面に不明瞭ながら逆傾斜が認められ、低位面の西縁の南北方向の崖は断層崖である可能性がある。この低位面は比高・形態からみて完新世の段丘と推定されることから、このことは完新世の活動を暗示する。ただし、変位地形としては不明瞭であり、地形のみからは確実に活断層とは言えないため、トレンチ調査などの追加調査が必要である。また、この断層に隣接する小豆沢付近の中位面の西縁部にもわずかな逆傾斜が認められ、これまで段丘崖とされていた中位面西縁の崖は変動崖である可能性が高いと考えられる。

断層帯南端部、鹿角市檜内付近の檜内川沿いに直線的なリニアメントが認められる。一部で谷底の段丘面を変位させるように見える直線的な崖が認められることから、このリニアメントは断層変位地形である可能性がある。ただし、侵食崖が人工的に直線的に改変された崖の可能性があるので、推定活断層とした。この断層が新たに記載されたことにより、花輪東断層帯の南端は 1.5 km ほど南方へ延長された。

以上のように、北端部および南端部において新たに活断層トレースが認定・推定されたことにより、これまで長さ約 19 km と評価されていた(地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2008) 花輪東断層帯の長さは約 27 km と大幅に延長される可能性がある。それに伴って、想定される地震の規模も増大すると考えられる。また、断層が北方へ延長されたことにより、花輪盆地の東縁のほぼ全域にわたって盆地側を低下させるような活断層がマッピングされた。このことは本断層の活動によって花輪盆地が形成されたことを示唆しており、現在みられる中地形(数 10 km スケールの山地・盆地などの地形)は第四紀の地殻変動によって形成されてきたとする変動地形観と整合的である。

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, 内陸地震, 花輪盆地, 花輪東断層帯, 空中写真判読

Keywords: active fault, inland earthquake, Hanawa Basin, Hanawa higashi fault zone, air photograph interpretation

SSS032-P09

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 16:30-17:30

会津盆地東縁断層帯南部における新たな断層変位地形の認定 Tectonic Geomorphology of the southern part of eastern marginal fault zone of Aizu Basin, Northeast Japan

水本 匡起^{1*}, 田力 正好¹, 松田 時彦¹, 吾妻 崇², 堤 浩之⁶, 今泉 俊文³, 池田 安隆⁴, 宮内 崇裕⁵, 松浦 律子¹
Tadaki Mizumoto^{1*}, Masayoshi Tajikara¹, Tokihiko Matsuda¹, Takashi Azuma², Hiroyuki Tsutsumi⁶, Toshifumi Imaizumi³, Yasutaka Ikeda⁴, Takahiro Miyauchi⁵, Ritsuko S. Matsu'ura¹

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東北大学大学院理学研究科, ⁴東京大学大学院理学系研究科, ⁵千葉大学大学院理学研究科, ⁶京都大学大学院理学研究科

¹Earthquake Reserch Center, ADEP, ²AFERC, AIST, ³Tohoku Univ., ⁴Univ. of Tokyo, ⁵Chiba Univ., ⁶Kyoto Univ.

会津盆地東縁断層帯は、耶麻郡北塩原村から会津若松市を経て南会津郡下郷町にかけて、約49kmにわたって南北走向に延びる断層帯である。同断層帯は、会津盆地東縁を限る北部（会津盆地東縁断層）と山地内を通過する南部（大内-倉村断層、下郷付近の断層）に区分されている。同断層帯の長期評価では、北部と南部が同時に活動する可能性があると考えられているが、会津盆地東縁断層と大内-倉村断層との間にはやや大きな不連続が存在していること、大内-倉村断層以南では断層の活動性を示す情報が得られていないことから、断層帯南端の位置認定には大幅な不確かさを伴うとされている（地震調査研究推進本部地震調査委員会、2008）。本研究では、会津盆地東縁断層帯南部について、空中写真判読及び現地での地形観察調査を行ない、以下に述べる新たな断層変位地形を見出した。

下郷町の南東、加藤谷川が西流する音金集落付近では、段丘面を横切って南北方向に延びる西向きの崖が認められる。崖は撓みの形態を有しており、ここに東傾斜の逆断層が存在すると判断される。この活断層は、先行研究に示されておらず、かつ、既存の断層トレースとは離れて存在することから、「音金断層」と新称する。音金断層は、加藤谷川左岸において、観音川岩屑なだれ堆積物（17ka：山元、1999）とほぼ同時期に形成されたと考えられる段丘面を上下方向に5m程度変位させている。また、同河川の右岸では、より下位の段丘面を上下方向に1.7m変位させていることから、変位の累積は確実である。加藤谷川より北方に延びる推定部分も含めると、音金断層の長さは約9kmと見積もられる。

下郷付近の断層では、北東端の約1kmの区間（塩土付近）において、観音川岩屑なだれ堆積物よりも新しい段丘面に変位の累積が認められることから、その存在が確実とされている（中田・今泉編、2002）。本研究では、中田・今泉編（2002）が示した活断層トレースの南延長で、北東端の区間と同様に変位の累積を示す断層変位地形を確認した。これによって延長される長さはわずか（100m程度）であるが、下郷付近の断層が累積的な活動を繰り返してきた活断層であることを示す証拠が加わったことになる。

大内-倉村断層では、中田・今泉編（2002）が推定活断層を示しており、活断層であることを示す変位地形の存在は明らかでない。本研究では、南方の中山峠付近において、東に広がる扇状地面上に逆向きの崖や凹地の存在を確認した。また、北方の大内宿付近には、断層変位地形の可能性のあるバルジ状の地形が存在することを示した。これらの地形は、大内-倉村断層が活断層である可能性を示唆していると考えられる。

本研究により、下郷町南東において長さ9kmの音金断層が新たに認定された。また、下郷付近の断層に沿って、変位の累積を示す断層変位地形が見出された。したがって、会津盆地東縁断層帯の南部は、累積的な活動を繰り返してきた活断層によって構成されていることが明らかである。音金断層を含めると、断層帯全体の長さは従来よりも4km延長されて53kmになる。今後は、本断層帯を構成する活断層の活動履歴を明らかにするための情報を収集するとともに、各断層間の不連続部に注目しながら一度の地震で動く範囲を検討する必要がある。

（広島大学名誉教授の中田高先生と広島大学の後藤秀昭先生には有益なコメントをいただきました。記して感謝申し上げます。本研究は文部科学省委託研究費により実施しました。）

キーワード: 活断層, 会津盆地, 下郷町, 音金断層

Keywords: Active fault, Aizu Basin, Simogo town, Otogane fault

2m DEMによる逆断層型変動地形の定量的評価：長町?利府活動セグメントの位置・形状と変位量分布パターン

Quantitative analysis of tectonic landforms along the Nagamachi-Rifu fault segment by using LiDAR?based 2-m-grided DEM

粟田 泰夫^{1*}, 向山 栄², 佐々木 寿²

Yasuo Awata^{1*}, Sakae Mukoyama², Hisashi Sasaki²

¹産総研 活断層・地震研究センター, ²国際航業

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²Kokusai Kogyo Co., Ltd.

仙台市街地付近に分布する活断層：長町?利府活動セグメントについて、航空機搭載 LiDAR で取得された DEM に基づいて、断層の位置・形状と変位量分布を詳細に解析した。本研究では、既知の活断層周辺の約 130 平方 km について、2 m グリッド DEM から作成した 0.5-2m 間隔の等高線図と約 150 測線の地形断面と、1947-56 年に米軍が撮影した縮尺約 1.6-2 万分の 1 空中写真および 1971-77 年撮影の縮尺約 2 万分の 1 空中写真による地形判読を併用して、13 面の河岸段丘を区分し、複数の撓曲・断層からなる最大幅約 5 km の変形帯を認定して、上下変位量（もしくは相対的な隆起量）を計測した。この手法においては、市街地においても、比高 0.5m 程度以上の段丘崖、比高 1m 程度以上の低断層崖、増傾斜 2/1,000 程度以上の幅広い撓曲の抽出が可能であった。

狭義の長町?利府線断層の長さは、段丘面の変位・変形構造からは少なくとも 22km、それ以外の変動地形の分布を含めると最大 34km 程度になると推定できる。本断層の主要な構造は、北西側隆起を示す宮城野撓曲と苦竹撓曲からなり、両撓曲は断層中央部において長さ約 5km・最大幅 2km のオーバーラップをなして右雁行配列する。また、同断層北部の七北田川、中部の広瀬川および南部の名取川沿いでは、完新世段丘あるいは沖積面にも断層・撓曲による変形が生じていることが発見できた。既存のボーリング調査結果を含めると、約 10 万年前あるいはそれ以前に形成されたとされる台原面の宮城野・苦竹撓曲による上下変位量は最大約 70m であり、そのうち約 70% が相対的な隆起成分、30% が沈降成分となっている。また、逆引き副断層である大年寺山断層による上下変位量は、宮城野・苦竹撓曲による隆起成分の約 30-50% である。

また、長町?利府線断層の上盤にあたる北西側に並走して、北東側隆起で幅 1km 程度の八木山撓曲帯が、少なくとも名取川南岸から仙台市旧市街地の北端まで 10km 連続して延ており、従来知られていた鹿落坂断層は撓曲南西部に生じた副断層に相当する。また、撓曲の北部では、旧市街地付近の河岸段丘面群が幅 1-1.5km 程度の非対称背斜状に変形していることが、新たに発見された。この撓曲の北側では、丘陵地域内における約 3km の未確認区間を挟んで、さらに長さ 2km の活断層である七北田断層が分布する。また南西延長は、長町?利府線断層帯の南部を構成している坪沼?円田断層に向かって延びる。本撓曲の活動性は 0.1-0.2m/千年程度と推定される。

これらの断層・撓曲が固有の単位変位量をもつとの仮定に立って、1) 2km 以内に近接して発達する各段丘面間の累積変位量の比から段丘面毎に被った断層活動イベントの回数比を無次元の整数として推定して、2) 段丘毎の累積変位量を同回数比で除すことにより、平均変位速度もしくは単位変位量の上下成分の分布パターンを定量的に推定した。この結果、長町?利府線断層に沿う変位量は、断層中部の約 15km 区間で大きく、その両端で減少する傾向があること、中央部でステップ・オーバーする宮城野・苦竹撓曲の変位量は相補的であること占めること、が明らかになった。また、八木山撓曲に沿う変位量分布のパターンは、その南西端で大きくなることから、さらに南西方の坪沼?円田断層に連続する可能性がある。

長町?利府線断層北東部における最新活動の上下変位量が 1.9-2.3m (全体変位量) であることから、変形した最も新しい地形面である仙台下町 面は 4.5m の上下変位 (隆起成分) が 2 回の断層活動によるものと仮定した場合、台原面は 18 回の活動を被っていることになる。この場合、断層の活動間隔は 5-6 千年程度あるいはそれ以上と推定され、断層北東部での古地震調査から最新活動時期が約 2 千年前で約 8 千年以降に 2 回の活動が生じた可能性があることと矛盾しない。

キーワード: 長町?利府線断層, 航空機搭載 LiDAR, DEM, 変動地形, 活断層, 変位量分布

Keywords: Nagamachi-Rifu Line fault, airborne LiDAR, DEM, tectonic landform, active fault, slip distribution

SSS032-P11

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 16:30-17:30

詳細 DEM のステレオ画像から判読される微小な変位地形

Fault geomorphology identified by the interpretation of stereoscopic images produced from digital elevation model

後藤 秀昭^{1*}, 立道 智大¹

Hideaki Goto^{1*}, Tomohiro Tatemichi¹

¹ 後藤秀昭

¹ Hideaki Goto

1. はじめに

航空レーザー測量などによって得られた情報をもとにした数値標高モデル (DEM) が整備されるようになり、鳥瞰図 (鯨瞰図)、等高線図などを作成し、変動地形学的研究でも利用が進んでいる (中田, 2008 など)。これらの情報を空中写真同様に実体視が可能な画像とすることで、単写真の場合とは比較にならないほど豊かな形態情報を得ることができ (野上ほか, 2001)、その方法について検討が行われている (中田・後藤, 2010; 千田, 2010; 泉, 2011 など)。

2007年に制定された地理空間情報活用推進基本法のもと、国土地理院によって基盤地図情報が整備されつつあり、地形情報では5mメッシュのDEMが平野部を中心に公開されつつある。2011年2月3日現在、航空レーザー測量、空中写真測量あわせて、66地区のDEMが公開されている。本研究では、現在公開されている基盤地図情報の5mメッシュのDEMすべてを用いて、ステレオペア画像を作成し、これを基に主に平野部の活断層を判読し、これまでの活断層分布と比較した。新たな活断層が認定された地域のうち、主なものを報告する。

2. ステレオペア画像の判読から新たに見出された主な変位地形

1) 京都盆地北西部

京都盆地北部は東西の両縁を南北に延びる活断層によって境され、盆地と山地が分化されている (岡田ほか, 1996; 中田・今泉編, 2002 など)。DEMから作成したステレオ画像では、ほぼ同じ位置に活断層を認めることができる。また、これらとは別に北西縁の山麓から約300m東側に沖積扇状地面を変位させ、山麓にほぼ平行し、船岡山の東側に延びる低断層崖を新たに見いだすことができた。この低断層崖は市街化された地域にあり、空中写真からだけでは変位地形を判読することは容易でない。

2) 石動断層

富山平野 (呉西平野) の西縁には、石動断層が分布することが知られているが、北部の変位地形は不明瞭とされている (中田・今泉編, 2002 など)。DEMから作成したステレオ画像では、呉西平野 (高岡市街地付近) に孤立して分布する段丘面の東縁の南北延長線上に、沖積面に高度の不連続が見出され、さらに北延長線上では最終間氷期とされる海成段丘の変形が認められる。

3) 角田・弥彦断層

新潟平野の南部は両縁を活断層によって限られており、北西縁には角田・弥彦断層が分布する。この断層の変位速度は沖積層の対比から3-4mm/年に達するとされている (下川, 1997 など) が、変位地形は山麓に一部認められるものの (池田ほか, 2002)、明瞭でなく、伏在逆断層の典型とされる。DEMから作成したステレオ画像からは、松ヶ岳の山麓から3km東の沖積面上に周辺の自然堤防に比べて明らかに大規模な幅600mの微高地が2.5km以上にわたって南北に延びていること、この東側を北流する西川の東縁付近で沖積面に約2mの高度不連続があることが判読された。

3 おわりに

5mメッシュ程度に詳細なDEMから作成したステレオ画像では、1) 地形のみの情報を判読できること、2) 数千分の1スケールの微地形から20万分の1スケールの中地形程度までの多様な空間および時間スケールでの地殻変動による地形を一つの画像から検討できること、3) 空中写真のステレオペアから得られる実体像よりも大きな比高 (過高感) が得られ、微小な変位地形を捉えやすいことが明らかとなった。

キーワード: 活断層, 数値標高モデル, ステレオ画像, 京都盆地, 石動断層, 角田・弥彦断層

Keywords: active fault, digital elevation model, stereoscopic image, Kyoto basin, Isuguri Fault, Kakuda-Yahiko fault

SSS032-P12

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 16:30-17:30

2008年岩手・宮城内陸地震震源域の地質構造 - 地表地質調査による検討 - Geologic structure in the epicentral area of the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku earthquake

上田 圭一^{1*}, 佐々木俊法¹, 井上大栄¹, 青柳恭平¹, 溝口一生¹, 布原啓史², 横山俊高², 長谷川治³, 奥澤康一⁴
Keiichi Ueta^{1*}, Toshinori Sasaki¹, Daiei Inoue¹, Yasuhira Aoyagi¹, Kazuo Mizoguchi¹, Keishi Nunohara², Toshitaka Yokoyama²,
Osamu Hasegawa³, Koichi Okuzawa⁴

¹ 電力中央研究所, ² テクノ長谷, ³ ダイヤコンサルタント, ⁴ セレス

¹CRIEPI, ²Techno Hase, ³DIA Consultants, ⁴CERES

筆者らは震源断層評価の高精度化を目的として、2008年岩手・宮城内陸地震 (Mj 7.2) の震源域を対象とした地形調査、地表地質調査等を実施している。本報告では地表地質踏査で明らかとなった震源域の地質構造について述べ、震源断層との関連について考察する。

当地域には先第三系 (片岩類, 石灰岩および花崗岩類), 古第三紀~新第三紀の堆積岩類・火山岩類, 第四紀火山岩類などが分布する。このうち中新統 (細倉層・前川層・下嵐江層など) の分布域には、主要な構造として、NNE-SSW系の逆断層 - 撓曲帯と褶曲帯が認められる。

磐井川流域において逆断層 - 撓曲帯は、地表地震断層が断続的に出現した中川地区~はの木立地区で認められ、中期~後期中新世下嵐江層が東に傾斜する撓曲構造や逆断層群が認められる。この逆断層 - 撓曲帯の西方、約3~5kmに位置する褶曲帯では、下嵐江層が直立、逆転している箇所も観察される。褶曲帯は互いに左ステップする長さ数kmの背斜群を主体とし、今回の調査範囲では、震源域北部の胆沢川の支流、前川流域から、震源域南部の三迫川流域にかけての約20kmの区間で認められた。

褶曲帯において、前川層・下嵐江層中の断層が段丘堆積物に数cm~数10cmの変位を与える露頭が3箇所確認された。そのうち前川流域の東下嵐江地区においては、前川層が約70度で東に急傾斜しており、層面すべり断層の変位に伴い、段丘堆積層の基底面に90cmの鉛直変位が認められた。また磐井川支流の産女川においては、下嵐江層中の断層が段丘堆積物に約30cmの逆断層変位を与える露頭が認められた。この露頭における下嵐江層の変形構造から、当断層は正断層変位から逆断層変位へのインバージョンが推定される。さらに逆断層 - 撓曲帯においても、岡山地区の下嵐江層中の逆断層が段丘堆積層の基底面に数cmの変位を与えているのが観察された。

褶曲帯は2008年岩手・宮城内陸地震の震源断層の直上付近に、逆断層 - 撓曲帯はその前縁地側に位置し、当震源断層の逆断層変位と密接に関連している可能性がある。また前川流域-磐井川流域間では、褶曲帯における背斜群の左ステップ構造が顕著でステップ幅も広い。当ステップ部において前川層・下嵐江層の走向線は、北北東 - 南南西方向から北西 - 南東方向へ変化するS字状の形態を示す。この地域において当地震の余震分布域の空間的位置に不連続が認められることから、当地域における背斜群の左ステップ構造が深部地下構造の不連続を反映している可能性がある。以上から新第三紀層の地質構造とその活動性を解明することは、震源断層の抽出とその形状の評価において重要と考えられる。

謝辞: 本発表は電力共通研究「震源断層評価のための活構造調査手法の確立に関する研究」における成果の一部である。

キーワード: 岩手・宮城内陸地震, 褶曲, 撓曲, 震源断層

Keywords: Iwate-Miyagi Nairiku earthquake, Fold, Monoclinal flexure, Source fault

宝暦十二(1762)年佐渡地震の再調査 Re-Examination of the 1762 Horeki Sado Earthquake

石井 寿^{1*}, 植竹 富一², 宇佐美 龍夫³, 南雲 秀樹¹, 中村亮一¹
Hisashi Ishii^{1*}, Tomiichi Uetake², Tatsuo Usami³, Hideki Nagumo¹, Ryoichi Nakamura¹

¹ 東電設計(株), ² 東京電力, ³ 東京大学名誉教授
¹TEPCO CO.,LTD., ²TEPCO CO., LTD., ³Tokyo Univ. Prof. Emeritus

宝暦十二(1762)年佐渡地震の再調査

Re-Examination of the 1762 Horeki Sado Earthquake

石井 寿¹, 植竹 富一², 宇佐美 龍夫³, 南雲 秀樹¹, 中村亮一¹

Hisashi Ishii¹, Tomiichi Uetake², Tatsuo Usami³, Hideki Nagumo¹, Ryoichi Nakamura¹

¹ 東電設計, ² 東京電力, ³ 東京大学名誉教授

¹TEPCO CO., LTD., ²TEPCO CO., LTD., ³Tokyo Univ. Prof. Emeritus

1. はじめに 宝暦12年佐渡地震の震央については、Imamura(1947)、宇佐美(1975,1987,1996,2003)、羽鳥(1990)、河内(2000)など異なった見解がある。そこでこの地震を明確化するため、史料調査を実施し新史料を見出した。その結果に基づき震原断層の推定を試みたので以下に報告する。

2. 既往の研究 今村(1947)は震央を越佐海峡に考え、宇佐美(1975,1987,1996,2003)は同様の $\phi = 138.7$ 度 E $\delta = 38.1$ 度 N としている。羽鳥(1990)は震度分布や津波伝播図から佐渡北端の弾崎北方沖 $\phi = 138.3$ 度 E $\delta = 38.4$ 度 N、河内(2000)は、津波被害、海岸地形を考慮し、粟島西北西方沖、佐渡の北東沖 $\phi = 138.8$ 度 E $\delta = 38.6$ 度 N に震央を推定した。なお、宇佐美(2003)は鶴島を北鶴島とすれば $\phi = 38.35$ 度 N 程度と考えている。

3. 史料調査 今回、増訂大日本地震史料、新収日本地震史料等の既往史料集に基づき各地の震度を整理するとともに、新潟・山形・秋田県下の市町村史料を調査し、既往の史料集には未収の下記の5史料を見出した。佐渡本島2編、酒田市・平田町(当時)及び村上市である。これらを図-1に示す。なお、震度分布図が掲載されている羽鳥(1990)では、酒田が震度4(酒田市史年表)とされているが、それ以外の地点については報告がない。

佐和田町:「五十里籠町本光寺鐘楼、地震にて崩壊。」(佐和田町史、「本光寺文書」)

新穂村:「九月十五日大地震。武井二能あり梅ヶ枝最中。」(佐渡郷土史料第一集、「異本年代記抜抄」佐渡群書文庫)

酒田市:「九月十五日昼七時分地震七半地震右両度共二終不覚程之地震」(酒田市史改訂版上巻、「野附文書」光丘文庫)

酒田市平田町:「九月十五日昼八時強い地震がおこった。」(平田町史、「万用事留帳ひかへ」)

村上市:「九月十五日昼七時大地しん同七時半時大地しん夫より度々夜八時迄二八九度八ゆり申候又々夫より廿八日迄」(村上町年行事所日記?)

これらによれば、佐渡佐和田町では震度5、新穂村や酒田市、村上市では震度4相当と推定される。

4. 震源断層の推定 史料に基づき各地点の震度を推定する。「日本の活断層」を参考に佐渡の北東部に伸びる地形の盛り上がり部分(最上舟状海盆の西隣)にM7クラスの地震の断層面(傾斜角35度と仮定)を設定、その地点から司・翠川の距離減衰式に久保・他の地形分類から得られた増幅率を掛け、各地の震度を求め、史料上の震度との残差を比較し、最小となる領域を震原断層の代表点とする。この地点を変化させることにより、震度分布の傾向を検討する。

5. 結論 宝暦佐渡の地震について新史料を見出した。これにより震央の推定を試みる。既往の資料では、越佐海峡、佐渡北方沖等に震央が推定されており、試算結果では佐渡北方沖であるが、断層サイズや断層位置を変化させ、詳細な検討を行う。

今後、新史料の調査により精度が高まる可能性がある。

文献 Imamura(1947) Proc.Imp.Acad.22, 宇佐美(1975,1987,1996,2003) 最新版日本被害地震総覧等、羽鳥(1990) 歴史地震,6,1-7, 河内(2000) 歴史地震,16,107-112,

謝辞

酒田市役所総務課酒田市史編纂室田村國雄氏には光丘文庫所蔵「野付文書」の史料を、酒田市平田総合支所地域振興課小松原敬司氏には平田町史における記事を紹介頂きました。記して感謝致します。

キーワード: 1762年宝暦佐渡地震、歴史地震

Keywords: 1762 Horeki Sado Earthquake, Historical Earthquake

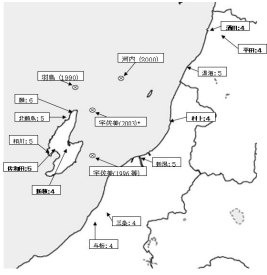


図1 宝暦十二(1762)年佐渡地震の震央・震度分布
 Fig1 The epicentre, intensity distribution of the 1762 Horeki Sado Earthquake
 コシツク太字は新史料を示す、宇佐美 (2003) 等は、精島を北越島と考
 えたときの位置を示す。

キーワード: 1762 年宝暦佐渡地震, 歴史地震
 Keywords: 1762 Horeki Sado Earthquake, Historical Earthquake

邑知瀧断層帯石動山断層の最新活動時期に関する検討

Timing of the last faulting event on the Sekidosan fault of the Ouchigata fault zone, Central Japan

吾妻 崇^{1*}, 杉戸 信彦², 堤 浩之³, 廣内 大助⁴, 細矢 卓志⁵, 眞柄 耕治⁵, 伊藤 太久⁵

Takashi Azuma^{1*}, Nobuhiko Sugito², Hiroyuki Tsutsumi³, Daisuke Hirouchi⁴, Takashi Hosoya⁵, Koji Magara⁵, Taku Ito⁵

¹産総研 活断層・地震研究センター, ²名古屋大学 地震火山・防災研究センター, ³京都大学大学院理学研究科地球物理学教室, ⁴信州大学教育学部, ⁵中央開発株式会社

¹AFERC, AIST, ²RSVD, Nagoya Univ., ³Department of Geophysics, Kyoto Univ., ⁴Faculty of Education, Shinshu Univ., ⁵Chuo Kaihatsu Corporation

1. 調査目的と調査地点

石動山断層は石川県の中中部、能登半島の付け根に位置する北東-南西走向で南東側隆起のセンスを持つ逆断層である。活断層の長期評価によると、同断層の最新活動時期は約3千2百年前以後、9世紀以前と推定されている(地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2005)。一方、杉戸ほか(2007)は、上記長期評価の根拠となった古地震調査の結果を地震時変位量の分布などとの関係と併せて詳細に検討し、石動山断層の最新活動時期を850-250年前とした。

本調査では、両者の最新活動時期に対する見解の相違を解決することを主な目的として、石動山断層上の4地点において掘削調査(トレンチ、ピット、ボーリング)を実施した。調査地点は北から順に、水白地点、酒井地点、本江地点および敷波地点である。

2. 調査内容と結果(速報)

水白地点では、谷底低地に認められる撓曲帯の基部でトレンチ調査とボーリング調査を実施した。今回の掘削位置は、2003年度に実施した水白トレンチの掘削地点から約250m北東に位置する。谷幅が広いため、沖積層が厚く、地層中の時間分解能が以前のトレンチ調査地点よりも高いと予想した。トレンチ壁面では、現地表から深さ2.7mまでの砂礫・シルト(約7000年前以降に堆積)が観察された。北壁面の東端で砂・シルトが急傾斜する構造がみられたが、用地の関係から掘削範囲を広げることができず、断層との関係は確認できなかった。南壁面では砂礫層の上面およびその上位の礫混じりシルト層が西に緩い勾配で傾いているが、砂礫層中に明瞭な断層構造は認められず、堆積構造である可能性が高い。トレンチ孔の東端で掘削したボーリングコアでは、砂礫層の下位の腐植質シルトに急傾斜した地層境界や地層が引き延ばされた構造が観察された。

酒井地点では、扇状地面上に認められる低崖を横切ってトレンチ掘削調査を実施した。トレンチ壁面に現れた地層は変形しておらず、この崖は侵食崖であると判断された。ただし、崖上の面の構成層が湿地性堆積物であるため、かつて低湿地であった平坦面が断層活動により隆起して、その後侵食されて崖地形が後退したと考えられる。したがって、想定される断層の位置は低崖よりも平野側であり、杉戸ほか(2010)が図示した活断層線とは異なる位置に(も)活断層が存在することが予想される。

本江地点では、2003年度に実施した本江トレンチの掘削地点よりも平野側に存在する比高約1.3mの低崖を横切って、群列ボーリング(崖下5孔、崖上3孔)を実施した。低崖直上に設けられた舗装道路の下の地層を確認するため、崖の上下で各1孔を斜めボーリングとした。崖上ではピット掘削調査(深さ1.5m)も実施した。調査結果に基づく地質断面では、いずれのボーリングコアからも標高1.5m付近にAT火山灰が認められた。AT火山灰の上位には、層厚3-4mの砂礫とそれを覆うシルト・砂の互層がほぼ水平に堆積する。砂礫の上面およびシルト・砂の境界には低崖の比高と同程度の高度差が認められることから、この低崖は断層崖であると判断される。

敷波地点では、丘陵縁辺に分布する小規模な平坦面と低地との境界の低崖を横切って、3本のボーリングとピット1孔(深さ1.5m)を掘削した。崖地形の両側で掘削したボーリング調査の結果に基づく、標高約8m以下の地層はほぼ水平に連続し、崖地形を挟んで地層の食い違いは認められない。ただし、標高-2m以下の砂層では堆積構造が約40°傾斜している。また、低崖上の平坦面で掘削したピットの壁面では、崖側(西方)に地層が傾いている様子が観察された。さらに、約6000年前頃の年代を示す腐植質シルトが標高6-7m付近に認められ、その上位にも湿地環境に堆積したと思われるシルトが連続することから、調査地点全体が隆起したことが推定される。ピット壁面のシルトから採取された試料の年代が約1400-700年前を示し、同層準から12-15世紀に製造されていた珠洲焼の破片が見出されたことから、隆起イベントが生じた時期は歴史時代であった可能性がある。

3. 最新活動時期に関する考察

杉戸ほか(2007)が最新活動時期を推定した地点に近接する水白地点では、今回はそれに相当する断層活動を示す地質学的な証拠は得られなかった。調査地点に近接する5世紀に作られた古墳に損壊した跡が認められないことは、歴史時代には石動山断層は活動していないことを示唆しているのかもしれない。

本江地点の低崖が断層運動によって形成されたことを示す情報は得られたが、その形成時期についてはさらに詳細な検討が必要である。敷波地点では、完新世(歴史時代の可能性もある)における隆起イベントを示す地質情報が新たに得られた。

キーワード: 活断層, 断層活動履歴, 古地震トレンチ調査, ボーリング調査, 石動山断層, 邑知潟断層帯

Keywords: active fault, faulting history, paleoseismological trench excavation, drilling survey, Sekidosan fault, Ouchigata fault zone

柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯，鍛冶屋，関ヶ原および宮代断層の活動履歴 Paleoseismicity on the Kajiya, Sekigahara and Miyashiro faults in the Yanagase-Sekigahara fault zone, central Japan

吉岡 敏和^{1*}, 佐護 浩一², 山根 博²

Toshikazu Yoshioka^{1*}, Kouichi Sago², Hiroshi Yamane²

¹産総研 活断層・地震研究センター, ²ダイヤコンサルタント

¹Active Fault and Eq. Res. Ctr, AIST/GSJ, ²Dia Consultants

柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯は、福井県の日本海沿岸から滋賀県北東部を通り、岐阜県西部に至る断層帯で、地震調査研究推進本部の基盤的調査観測対象断層帯の1つとされている。平成16年1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、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部の南部については最新活動時期が約4,900年前以後15世紀以前と十分に絞り込めておらず、また平均活動間隔も求められていなかったため、将来の地震発生確率は不明となっていた。とくに鍛冶屋断層以南では、活動時期に関する資料がほとんど得られておらず、今後十分な調査を行う必要があるとされた。これを受けて産業技術総合研究所では、平成22年度文部科学省の委託を受け、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部の南部に属する鍛冶屋断層、関ヶ原断層、および宮代断層の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、鍛冶屋断層の滋賀県長浜市鍛冶屋町（鍛冶屋A、B地点）および関ヶ原断層の岐阜県関ヶ原町秋葉（秋葉地点）においてトレンチ調査を、宮代断層の岐阜県垂井町宮代（宮代A、B地点）においてボーリング調査を実施した。

鍛冶屋断層の鍛冶屋地点では、集落東側の中位段丘面上（A地点）と、集落に近接する低位段丘面上（B地点）の2地点において、それぞれ逆向き低断層崖を横切るようにトレンチを掘削した。A地点のトレンチ壁面には、段丘堆積物の砂礫層と腐植質の土壌が接するほぼ垂直の断層が露出した。堆積物の年代測定の結果、約3,300年前以降に少なくとも1回の断層活動を読み取ることができた。一方のB地点では、低位段丘面上に形成された逆向き低崖を横切るようにトレンチを掘削した。トレンチ壁面では、基盤岩とその上位の段丘堆積物が断層で切れ、細粒堆積物と接しているのが観察された。さらに断層低下側でのボーリングでは、地表下9mでも基盤岩に達しないことが確認された。断層変位を受けた堆積物のうち、最上位の堆積物からは約1,000年前の年代値が得られた。したがって、この地点での鍛冶屋断層の最新活動時期は約1,000年前以降と推定される。

関ヶ原断層の秋葉地点では、シャッターリッジと見られる分離丘陵と山地との間の鞍部の南寄りにおいてトレンチを掘削した。この地点は岐阜県（1996）によるトレンチ調査地点の約40m西にあたる。トレンチ壁面には基盤岩に角礫層や細粒の堆積物がアバットするのが観察されたが、それらを変位させる断層は確認されなかった。鞍部中軸を横断するように掘削された岐阜県（1996）の調査結果と合わせて考えると、この鞍部においては約14,000年前以降に活動した断層は存在しない可能性が高いと考えられる。

宮代断層の宮代地点では、断層の低下側の低位段丘面上（A地点）で深度30mのボーリングを1本、低位段丘面を浅く開析する谷の内部（B地点）で、低断層崖と推定される崖を挟んで深度5mのボーリングを2本掘削した。A地点でのボーリングでは、地表下23m付近に東海層群と段丘堆積物との境界と推定される不整合面が確認された。断層隆起側での既存資料と比較すると、断層を挟んで東海層群の上面に約35mの高度差が認められる。またB地点では、段丘堆積物の上位の礫層の基底に約3mの高度差が認められ、この堆積物からは約1,400年前の年代値が得られた。

なお、年代値については追加測定中であり、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: 柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯, 鍛冶屋断層, 関ヶ原断層, 宮代断層, トレンチ調査, 活動履歴

Keywords: Yanagase-Sekigahara fault zone, Kajiya fault, Sekigahara fault, Miyashiro fault, trench excavation, paleoseismology

断層変位センスによる応力インバージョン法と活断層データへの適用 Stress inversion method from fault slip senses and its application to active fault data

佐藤 活志^{1*}, 堤 浩之¹, 山路 敦¹

Katsushi Sato^{1*}, Hiroyuki Tsutsumi¹, Atsushi Yamaji¹

¹ 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻

¹ Div. Earth Planet. Sci., Kyoto Univ.

地質断層や地震の発震機構の方位から地殻応力を推定するため、応力インバージョン解析が広く用いられている。従来のほとんどの解析手法が要求する入力データは、断層面方位と変位方向である。一方、多くの研究者によって蓄積されてきた断層データには、変位センス（正、逆、右ずれ、左ずれ断層の区別）のみの記載もしばしば見受けられる。変位方向が未知のとき、Anderson 型断層と解釈して、主応力軸が水平または鉛直と推論することがある。しかし、実際には斜め滑り断層も存在するので、インバージョン解析を行うことが望ましい。本発表は、不完全な断層データによる応力解析手法を紹介する。また、近畿から中部地方に分布する活断層群の解析例（堤ほか、本大会）を題材に、応力への制約や、最適応力と断層データとの適合度について検討した結果を示す。

本研究が用いた解析手法は、ハフ変換による応力逆解析法の拡張版（Sato, 2006）である。この手法は、多数の断層データによる応力への制約条件を重ね合わせることで、目的関数を構成する。目的関数は断層データへの応力の適合度を表し、その極大値を与える応力が最適解である。断層データの不完全さに応じて制約条件の重みを変えるので、変位方向が得られたデータと変位センスのみのデータを混合して解析できる。また、データの信頼度等に基づいた重みづけも容易である。前述の目的関数は、偏差応力空間と呼ばれる解空間で表現される。この空間では、5次元単位球面上の点が規格化された応力テンソルに対応し、2点間の角距離が応力の違いの尺度に一致する（Yamaji and Sato, 2006）。

本手法のフォワードモデルは、他の多くの応力インバージョン手法と同様に、断層面にはたらく剪断応力が変位方向に一致するとの仮説（Wallace-Bott 仮説）である。このモデルは、地層面や節理のような岩体中の弱面を利用した断層運動も想定できる点で優れている。しかし、断層面の方位自体には応力に関する情報が含まれないと考えるために、応力に対する制約条件が弱いという難点がある。例えば、断層変位センスは二者択一の情報なので、適合する応力は偏差応力空間の半分にあたる半球面領域に対応する。変位センスのデータによって最適応力を絞り込むためには、様々な方位の断層面が観測されていなければならない。

堤ほか（本大会）は、近畿から中部地方の活断層について、約 200 地点で得られた断層面方位と変位センスのデータを編纂した。このデータ集を解析した結果、西北西 - 東南東方向に圧縮する逆断層型応力が得られ、応力比は $\sigma_2/\sigma_3 = (\sigma_1 - \sigma_3)/(\sigma_1 - \sigma_2) = 0.29$ であった。また、解空間において適合度の高い領域は、最適解を中心に約 20° の範囲に限られた。このように応力を制約できたのは、断層面の方位が非常に多様であったためと考えられる。データ収集地域の地質は複雑であり、断層として活動する弱面の方位は多様だが、広域応力状態は同様であると解釈できる。また、データ集全体の 98% の断層について、変位センスが最適応力に調和的だった。一部の不調和な断層についても、解空間における適合領域からの外れは 10° 以内であった。

References

Sato, K., 2006. *Tectonophysics* 421, 319-330.

Yamaji, A. and Sato, K., 2006. *Geophys. Jour. Int.* 167, 933-942.

キーワード: 応力逆解析, 断層変位データ, 活断層, ハフ変換

Keywords: stress tensor inversion, fault-slip data, active fault, Hough transform

SSS032-P17

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 16:30-17:30

活断層露頭データの応力インバージョン解析から求められた近畿・中部地方の広域 応力場

Regional stress field across Kinki and Chubu regions derived from stress inversion analysis of active fault data

堤 浩之^{1*}, 佐藤 活志¹, 山路 敦¹

Hiroyuki Tsutsumi^{1*}, Katsushi Sato¹, Atsushi Yamaji¹

¹ 京都大学

¹ Kyoto University

活断層データは、地震の発震機構のデータと並んで、広域応力場を復元するために使われてきた(藤田, 1968, 安藤, 1979)。これらの研究では、活断層の分布と変位様式から、アンダーソン型の断層を仮定して最大主応力の方向が求められている。逆断層や横ずれ断層が密集する近畿から中部地方は、概ね北北西から東南東方向の圧縮応力場に置かれており、この方位は微小地震の発震機構から求められた最大主応力の方位と調和的である(安藤, 1979)。しかし実際には、純粋な横ずれ断層や縦ずれ断層だけではなく、非アンダーソン型の斜めずれ断層も数多く分布するが、活断層データを使った従来の地殻応力研究では考慮されてこなかった。

構造地質学の分野では、地層中に見られる小断層の姿勢と条線のデータから、応力インバージョン解析によって古地殻応力を復元する研究が行われている(山路, 2001)。本研究は、応力インバージョン解析の手法を中部地方から近畿地方に分布する活断層データに適用し、この地域の広域応力場を検討することを目的とした。

解析の対象とした断層は、地震調査研究推進本部が長期評価の対象とした主要断層帯の45番(木曾山脈西縁断層帯)から81番(中央構造線断層帯: 金剛山地東縁-和泉山脈南縁)の37断層帯である。これらの断層帯で報告されている断層露頭(自然露頭・トレンチ調査)や反射法地震探査のデータをコンパイルした。カタログの作成にあたっては、個々の断層帯の長期評価文や「日本の活断層」や「近畿の活断層」などの資料集、地質調査所(産業技術総合研究所)刊行の活断層ストリップマップや5万分の1地質図幅などを参照し、可能な限りオリジナルデータが報告された論文や報告書で確認した。

応力インバージョン解析に必要なデータは、断層の走向・傾斜とずれのセンスである。活断層の場合には、断層面上で変位ベクトルが計測されている例はまれであるで、ずれのセンスは変位地形や露頭の情報に基づき、右横ずれ・左横ずれ・逆断層・正断層、およびこれらの混合(右横ずれが卓越するが逆断層成分もあるなど)のように求めた。このような作業を行った結果、約200地点からデータが得られた。このように多くの地点でデータが得られたのは、1995年の兵庫県南部地震以降に、地方自治体や国の研究機関を中心として活断層調査が精力的に行われ、データが蓄積されてきたことが大きい。

これらのデータを使って、応力インバージョン解析により広域地殻応力を推定した(解析の詳細は、佐藤ほか(本大会ポスター発表)を参照)。その結果、ほぼ水平で西北西から東南東方向の1軸とほぼ鉛直な3軸が求められた。見いだされた応力は、従来考えられてきたものと大差ない。重要なのは、非アンダーソン型を前提とした応力解析の結果でこの地域の活断層の動きが矛盾なく説明できることである。すなわち、中部から近畿地方にかけての広い範囲で、一様な応力場にあることを示唆する。また得られた活断層データは、完新世後期の地層を変位させる断層から古琵琶湖層群や大阪層群と基盤岩との境界断層までを含む。これらのことは、現在から数万年(あるいは数十万年)の時間スケールで、応力場がほぼ一定であったことを示している。

安藤雅孝, 1979, 月刊地球, 1, 541-546.

藤田和夫, 1968, 第四紀研究, 7, 248-260.

山路 敦, 2001, 地質学雑誌, 107, 461-479.

キーワード: 活断層, 断層変位データ, 広域応力場, 応力インバージョン解析

Keywords: active faults, fault slip data, regional stress field, stress inversion analysis

SSS032-P18

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 16:30-17:30

近畿トライアングル北部の横ずれ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 Shufuji fault, Kinki district

戸田 茂^{1*}, 森岡 麻衣¹, 加藤 茂弘², 岡田 篤正³
Shigeru Toda^{1*}, Mai Morioka¹, Shigehiro Katoh², Atsumasa Okada³

¹ 愛知教育大学, ² 兵庫県立人と自然の博物館, ³ 立命館大学 歴史都市防災研究センター -

¹Aichi University of Education, ²Division of Natural History, Hyogo Museum, ³Ritsumeikan University Global Innovation

琵琶湖は現存する日本の湖の中で、最も古い湖であり、その起源は約 600 万年前の三重県伊賀地域まで遡ることができる (Horie, 1984)。現在の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)。近年、これらの活断層系では、精力的に調査・研究がなされ、活動度や活動時期が明らかにされつつあり (小松原, 1999; 2002)、第四紀後期の活動性が活発である (奥村・他, 1972)。事実、近畿地方における最大内陸地震である寛文地震 (1662 年) (M7.1/4~7.6) は、これらの断層系の内、琵琶湖西岸活断層系を震源として発生したと指摘されている (萩原, 1982)。

また、琵琶湖北部地域には、これら断層系に起因すると考えられる四方を山地に囲まれたすり鉢状のような地形である袋状埋積谷が多く存在し、厚い堆積物で覆われている。

本研究では、琵琶湖北部、湖北山地の南東部に位置する集福寺断層にある袋状埋積谷を対象として極浅層反射法探査を実施した。観測は滋賀県にある近江塩津駅付近の農道 168m で行った。測定には Seismic Source 社の DAQ Link2 を使用し、展開を工夫するなどして、平均 24 重畳の記録を得た。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。発震にはかけやを使用し、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・受振間隔は、ともに 1 メートルである。

ノイズレベルが低かったため、良好な反射断面が得られた。堆積層が最厚部で約 200 メートルみられ、測線中央部に東傾斜の低角の逆断層が確認できる。断層付近にグロース層がみられるため、この逆断層は現在でも活動していると考えられる。

この低角逆断層と袋状埋積谷との関係、そして、横ずれ断層である集福寺断層との関係について、ポスターにて議論する。

キーワード: 反射法地震探査, 集福寺断層, 袋状埋積谷

Keywords: Seismic Reflection Survey, Shufukuji Fault

SSS032-P19

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 16:30-17:30

1943年鳥取地震震源域東部の変動地形と活断層露頭

Tectonic topography and active fault outcrop in the eastern focal area of the 1943 Tottori Earthquake

佐々木 俊法^{1*}, 上田 圭一¹, 青柳 恭平¹, 井上 大榮¹, 永田 高弘², 下釜 耕太², 長谷川 治², 柳田 誠³, 後藤 憲央³
Toshinori Sasaki^{1*}, Keiichi Ueta¹, Yasuhira Aoyagi¹, Daiei Inoue¹, Takahiro Nagata², Kota Shimogama², Osamu Hasegawa², Makoto Yanagida³, Norihisa Goto³

¹ 電力中央研究所, ² ダイヤコンサルタント, ³ 阪神コンサルタンツ

¹ CRIEPI, ² Dia consultants Co. Ltd., ³ Hanshinconsultants Co. Ltd

【はじめに】

1943年鳥取地震 ($M_j=7.2$) は鳥取県東部を震源とする地震で鳥取市街地を中心に大きな被害をもたらした。本地震時には、鳥取市街地がある鳥取平野の西側の丘陵・山地内に、吉岡地震断層および鹿野地震断層といった雁行する2条の地表地震断層が出現したことが知られている(津屋, 1944など)。一方、鳥取平野や東側の丘陵・山地内では、明瞭な地表地震断層は知られていない。近年、鳥取平野の東側の丘陵・山地内に活断層の存在が指摘され(高田ほか, 2003)、深度方向のすべり分布が西側の丘陵・山地より深かったことから、地表には現れなかったとされている(中田, 2009)。筆者らは震源断層評価の高精度化を目的として、本地震の震源域を対象とした地形調査・地表地質調査等を実施している。本報告では、震源域東部の詳細地形判読の結果および変動地形が判読された付近で観察された活断層露頭について述べる。

【方法】

空中写真判読は、縮尺2万分の1のCG-75-2Xと米軍撮影の縮尺約1万分の1を使用した。DEM判読は国際航業(株)によって計測された、LiDARデータから作成した2mグリッドDEMを用いた。露頭調査およびピット調査は人力での掘削後、壁面のクリーニング、整形をおこない、観察結果の記載は1/10~1/20スケールでおこなった。

【結果と考察】

調査地における明瞭な変動地形としては、鳥取市百谷(ももだに)から福部町久志羅(くじら)に至る山地内で、ENE-WSW走向のリニアメントに沿って、系統的な河谷の右屈曲がみられる。鳥取市街地の東側には、上記リニアメントと並走する4条の短いリニアメント群が存在する。これらは、主に鞍部と直線状の谷の連続からなり、もっとも南に位置するリニアメントにおいて、活断層露頭(滝山露頭)が見出された。滝山露頭では、風成堆積した大山倉吉テフラ(DKP: 55ka, 町田・新井, 1992)の堆積面がみかけの鉛直変位で約90cmの断層変位をうけ、さらに、その下位の最終間氷期の堆積物や下部中新統の礫岩が、DKP堆積面より明らかに大きな変位をうけており、累積性が確認された。最新活動時期を特定する目的で、滝山露頭に隣接する鞍部でピットが掘削された。その結果、始良Tnテフラ(AT: 26-29ka, 町田・新井, 1992)を含む最終氷期の堆積物は変位をうけ、鬼界アカホヤテフラ(K-Ah: 7.3ka, 町田・新井, 1992)を含む完新世の堆積物は変位しておらず、最新活動はAT以降、K-Ah以前と推定される。

謝辞: 本発表は電力共通研究「震源断層評価のための活構造調査手法の確立に関する研究」における成果の一部である。

キーワード: 1943年鳥取地震, 変動地形, 活断層露頭, DEM判読, 空中写真判読

Keywords: 1943 Tottori earthquake, tectonic geomorphology, active fault outcrop, DEM investigation, aerial photo investigation

宍道断層東端付近における断層の活動性評価 Study on Late Pleistocene to Holocene activity of the eastern part of Shinji Fault

広兼 修治^{1*}, 黒岡 浩平¹, 伊藤 友司¹, 藤木 淳司², 畑 修次², 田中 竹延³
Shuji Hirokane^{1*}, Kohei Kurooka¹, Yuji Ito¹, Junji Fujiki², Shuji Hata², Takenobu Tanaka³

¹ 中国電力株式会社, ² 中電技術コンサルタント株式会社, ³ 株式会社阪神コンサルタンツ

¹The Chugoku Electric Power Co.,Inc, ²Chuden Engineering Consultants, ³HANSHIN CONSULTANTS Co., Ltd.

1. はじめに

島根半島東部をほぼ東西に縦断する宍道断層に沿って活断層研究会編(1991)や中田ほか(2008)などによって活断層が示されている。筆者らの変動地形学的調査によっても同断層の一部区間は右横ずれ変位を示唆する明瞭な変位地形が認められる。ただし、同断層の東端付近については明瞭な変位地形の連続が認められず、文献毎に断層位置も異なることから、筆者らは同断層の東端付近となる松江市美保関町下宇部尾において、断層の有無と活動性を明らかにすることを目的として、反射法地震探査、ボーリング調査、トレンチ調査等を実施した。その結果、変位地形・リニアメント延長位置及び文献断層通過位置付近で断層が認められ、本断層には大山松江軽石(DMP)降灰以降の活動が認められないことを確認した。

2. 調査地点の概要

調査は松江市美保関町下宇部尾の平野部とその周辺で行った。平野部を挟んでほぼ東北東-西南西方向に変位地形・リニアメントを判読しており、付近の文献断層通過位置も含めて広範囲に調査を実施した。

3. 群列ボーリング調査で確認した断層

平野部における断層の通過位置及び活動性を確認するために、変位地形・リニアメントの延長線にほぼ直交する調査測線を設定し、反射法地震探査及び群列ボーリング調査を行った。調査地の地盤は古浦層の礫岩・泥岩及び安山岩質火砕岩からなる基盤岩と、礫層と細粒層が繰り返し堆積する被覆層から構成されており、変位地形・リニアメントのほぼ延長位置において南側低下の逆断層を確認した。礫層と細粒層の繰り返しからなる被覆層は、DMP、始良Tn火山灰(AT)などの広域火山灰と花粉化石層序を組み合わせ海水準変動との関係から、下位よりMIS7以前、MIS5e、MIS3~5c、沖積層の4層に区分した。それぞれの地層は概ね礫層を主体としており、層上部にシルト・砂層からなる細粒層を伴う。このうち、沖積層の基底付近にはATの特徴を有するテフラ起源粒子を多く含む層準(一部は純層)が、またMIS3~5cの地層の基底付近にはDMPの特徴を有するテフラ起源粒子を多く含む層準がほぼ連続して認められ、MIS5e及びMIS7以前の地層区分は花粉化石層序と堆積物の風化度の違いによった。断層は上盤側の砂岩・礫岩と下盤側の砂・礫層を境し、基盤上面に南側約4m低下となる高度差が認められるとともに、断層面沿いにはせん断構造が認められる。孔壁画像で確認した断層面の走向・傾斜はN54°E/65°NWを示す。断層による変位・変形については、MIS7以前の地層には変位を与えているが、MIS5eの地層とこれより上位の地層には変形を与えていないことから、本断層はDMP降灰以降の活動は認められないと判断した。

4. トレンチ調査で確認した断層

変位地形・リニアメント延長上と文献に示された断層上の4地点でトレンチ調査を行った。調査の結果、平野部の西側に位置するトレンチ1,2では断層活動を示唆する構造は認められなかった。また、平野部においては変位地形・リニアメントの延長部に位置するトレンチ3では古浦層のデイサイト質火砕岩が一樣に分布しており、断層は認められなかったが、中田ほか(2008)の示す活断層が通過するトレンチ4では、基盤岩と礫層を境する南側低下の逆断層が認められた。トレンチ4の壁面には礫層と細粒層が繰り返し堆積しており、DMP、鬼界葛原(K-Tz)火山灰などの広域火山灰を主な年代指標として、海水準変動との関係から、下位からA層~E層に区分した。このうちA層とB層上部層には同様の屈折率を示すカミングトン閃石を含有するテフラ起源粒子を多く含む層準が認められる。また、B層中・下部層は温暖な気候の指標となるスギ花粉を多産するがA層では貧花粉化石である。このことからA層とB層の堆積時期には時間的間隙があると考えられ、A層に分布する火山灰を大山h1(Dh1)に、B層上部層に分布する火山灰をDMPに対比し、A層をMIS6以前の地層、B層をMIS5eの地層と考えた。断層面の走向・傾斜はトレンチ北西面ではN50°E/60°NWであり、トレンチ北東面では傾斜がほぼ鉛直となる。本断層を境として基盤岩上面に南側約1m低下となる高度差が認められる。トレンチ壁面の観察では、断層はA層に変位を与えているが、B層より上位の地層には変位・変形が認められないため、本断層はDMP降灰以降の活動はないと判断した。

5. まとめ

筆者らが宍道断層東端付近と考えた松江市美保関町下宇部尾では文献毎に断層位置が異なっており明瞭な変位地形の連続は認められないが、様々な手法の地質調査を組み合わせることで断層の分布と活動性について確認することができた。

調査結果によると、ボーリング調査とトレンチ調査で確認した断層は MIS5e の地層に変位・変形を与えていないことから、DMP 降灰以降の活動はないと判断した。

キーワード: 宍道断層, トレンチ調査
Keywords: Shinji Fault, trenching survey

宍道断層西端付近における断層の活動性評価 Study on Late Pleistocene to Holocene activity of the western part of Shinji Fault

伊藤 友司^{1*}, 広兼 修治¹, 黒岡 浩平¹, 永瀬 昌宏², 藤木 淳司², 田中 竹延³
Yuji Ito^{1*}, Shuji Hirokane¹, Kohei Kurooka¹, Msahiro Nagase², Junji Fujiki², Takenobu Tanaka³

¹ 中国電力株式会社, ² 中電技術コンサルタント株式会社, ³ 株式会社阪神コンサルタンツ

¹The Chugoku Electric Power Co.,Inc., ²Chuden Engineering Consultants, ³HANSHIN CONSULTANTS Co., Ltd.

1. はじめに

島根半島東部をほぼ東西に縦断する宍道断層に沿って活断層研究会編(1991)や中田ほか(2008)などによって活断層が示されている。筆者らの宍道断層沿いの変位地形・リニアメント分布図によっても陸上に分布する同断層の一部区間は断層の右横ずれ変位を示唆する明瞭な変位地形が認められ、活断層の存在が推定される。筆者らは、活断層の西端付近となる松江市鹿島町佐陀本郷廻谷において、断層の有無と活動性を明らかにすることを目的として、反射法地震探査、ボーリング調査等を実施した。その結果、変位地形・リニアメントにほぼ一致する位置で断層を確認し、本断層には大山松江軽石(DMP)降灰以降の活動が認められ、活動性に関する新たな知見を得た。

2. 調査地点の概要

変動地形学的調査結果によると、調査地点周辺では、佐陀川沿いの低地南縁部の山地末端部に沿って尾根・谷の右屈曲と急斜面及び傾斜変換線からなる変位地形・リニアメントがほぼ東西方向に連続している。このうち、断層の通過及び活動年代指標となり得る被覆層の存在が推定される谷部を調査地点とした。

3. 群列ボーリング調査の概要

谷出口に形成された扇状地様の緩傾斜地において、変位地形・リニアメントの分布から推定される断層通過位置を横断する調査測線を設定し、群列ボーリング調査を行った。群列ボーリング調査では、基盤岩に達する鉛直ボーリングを調査測線に沿ってほぼ等間隔に配置することで、地層の層相判別など断層の活動性に関するデータの拡充を図った。また、推定される断層通過位置付近では傾斜ボーリングを併用して断層位置を特定した。この他、年代測定(放射性炭素同位体法)及び火山灰分析によって被覆層を区分した。

4. 調査結果

基盤岩は新第三系中新統の古浦層の砂岩及び泥岩ならびに貫入岩である安山岩から構成される。被覆層は下位より砂礫1層、砂礫2層、砂礫3層、砂礫4層及び最上部層に区分した。概ね角礫を主体とする砂礫層から構成される最上部層では、色調・粒度構成などの特長より、シルト質な黄褐色の“細粒層”、淡褐色の“シルト~砂層”、亜円礫混じりの“青灰色砂礫層”の3層を鍵層として細区分した。これらの鍵層については、分布深度あるいは直近の上下層準の放射性炭素同位体法による年代値より、“細粒層”は約7,000~10,000yBP、“シルト~砂層”は約20,000yBP、“青灰色砂礫層”は約25,000yBPの堆積年代が得られた。調査の結果、No.5ボーリングにおいて、北側の砂礫2層と南側の古浦層の泥岩とを境する北側低下の断層を確認した。また、No.2ボーリングにおいて、砂礫2層中に擾乱帯が認められたことから、主断層から派生した断層が存在すると判断した。この他、砂礫3層中では、本地域後期更新世の指標とされるDMPを確認した。DMPはボーリングコアの性状をみると、陸上堆積であるNo.1ボーリングに比べて、水中堆積であるNo.2,3,4ボーリングの分布高度が浅くなる逆転がみられることから、本断層はDMPに変位を与えていると判断した。

5. 断層の活動性評価

断層の最新活動時期を最上部層内の鍵層の変形状況(高度差)より推定した。全ての鍵層が対比できるNo.1及びNo.3ボーリング間において、扇状地様の地表面の傾斜を堆積面の傾斜として考慮した場合の鍵層の高度差をみると、“青灰色砂礫層”基底で約1.0m、“シルト~砂層”基底で約0.8m北側が低下する結果となった。一方、“細粒層”基底は地表面と概ね平行な分布であり、高度差は殆ど認められない。これらの結果は、堆積年代が最も古い“青灰色砂礫層”の高度差が相対的に大きくなっていることをみても、堆積年代に応じて断層変位が累積していることが推定できるものであり、本調査地点における断層の活動性の評価材料として有用なデータが得られたものと考えられる。以上より、宍道断層西端付近の活動履歴としては、約25,000yBPから約10,000yBPの間に少なくとも1回以上の断層活動が推定され、約10,000yBP以降から現在に至るまでの間には断層活動は認められないと判断した。なお、上記の鍵層の地層高度差は、明瞭な変位地形が連続して認められる南講武よりも小さいため、活動性は東方よりも低いと考えられる。

6. まとめ

・筆者らが宍道断層西端付近と考えた松江市鹿島町佐陀本郷廻谷付近において、様々な手法の地質調査を組み合わせることで断層の分布と後期更新世以降の詳細な活動性について確認することができた。

・調査結果によると、ボーリング調査等で確認した断層は大山松江軽石(DMP)及び最上部層の一部に変位を与えて

いることから，後期更新世以降の活動が認められる．

キーワード: 宍道断層, 断層変位, 群列ボーリング

Keywords: Shinji fault, displacement of fault, arrayed boring

SSS032-P22

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 16:30-17:30

福岡県西山断層帯の海域延長部 Seaward extension of the Nishiyama Fault Zone off Fukuoka, western Japan

伊藤 弘志^{1*}, 阿部 信太郎², 荒井 良祐³, 岡村 行信⁴, 西澤 あずさ¹
Koji Ito^{1*}, Shintaro Abe², Ryoyu Arai³, Yukinobu Okamura⁴, Azusa Nishizawa¹

¹ 海上保安庁, ² 地震予知総合研究振興会, ³ 川崎地質, ⁴ 産総研 活断層・地震研究センター
¹JCG, ²ADEP, ³KGE, ⁴AFERC

西山断層帯は福岡県北部、福岡市と北九州市の間に位置する左横ずれを主体とする活断層帯であり、全長約31kmでマグニチュード7.3程度の地震が発生すると推定されている(地震調査研究推進本部, 2004)。断層は陸上部分にのみ分布するとされ、北西延長域で発見された大島沖断層(岩淵, 1998)は5km以上離れているため、同一の起震断層とは見なされていなかった。しかし、西山断層帯の南西約20kmに位置する警固断層は、西山断層帯同様に陸上のみ分布する断層であると考えられていたが、2005年に北西延長域の海域でM7.0の福岡県西方沖地震を起こし、北西側海域に延長していることが明らかとなった。これを受けて西山断層帯も海域に延長している可能性が検討され、阿部・他(2010)は、大島から沖ノ島にかけての海域で反射法地震探査及び堆積物の採取を行って西山断層帯の延長部分が北西側海域に分布していることを明らかにした。その後、海上保安庁では同じ海域で精密海底地形調査を行い、海底面に断層変位地形を見いだしたので、両者の結果を合わせて断層分布について考察を行った。精密海底地形調査の使用船舶は海上保安庁所属の測量船「海洋」、使用した測深機はKONGSBERG社製のEM302である。

本海域の水深は約60~100mであり、北に向かって深くなっている。陸に近い南部には波長が長く緩やかな傾斜を持つサンドウェーブが発達し、海側の北部にはシャープで細かい地形が分布している。これは堆積物の硬さを反映しており、古く硬い地層を新しく軟らかい堆積物がサンドウェーブを形成しながら覆っていると考えられる。

西山断層帯 - 大島沖断層の北西延長海域にそれらと同じ北西 - 南東方向に伸びるチャンネル、バルジから成るリニアメントが発見された。バルジは古くて硬い地層が両脇を断層に境されて盛り上がり、一部は上に堆積する新しい地層の上に顔を出している。バルジの比高は最大で約5mである。チャンネルは新しい堆積物及び古い堆積物の両方を変形させており、深さは最大で約2mである。チャンネル部分の地震断面にはフラワー構造が認められ、横ずれ断層の運動によって形成されたものであることが分かる。主要なリニアメントは右に屈曲しながら調査海域の中を大島から沖ノ島に向かって北西 - 南東方向に30km延び、さらに北側に延長しているように見える。この他にも短い断層が海底面や地震断面中に見えており、北に向かうにつれ断層がだんだん分散していく様が見て取れる。

調査海域の水深は浅いため、約2万年前の最終氷期最大海退期には陸化していた。サンドウェーブを伴う堆積物は、その後、沈水した後に堆積したものであろう。断層の一部はこの堆積物の表面を変位させているため、最新の活動年代は約2万年より新しいと推定できる。

キーワード: 西山断層帯, 活断層, 横ずれ断層, 海域, 海底地形, 反射法地震探査

Keywords: Nishiyama Fault Zone, active fault, lateral fault, sea area, seafloor topography, seismic reflection survey

筑前大島における西山断層の通過位置とその連続性について Extension position and continuity of the Nishiyama fault in Chikuzen-Oshima Island, Fukuoka Prefecture

杉山 達哉^{1*}, 下山 正一², 堤 浩之¹, 石村 大輔¹

Tatsuya Sugiyama^{1*}, Shoichi Shimoyama², Hiroyuki Tsutsumi¹, Daisuke Ishimura¹

¹京大・理・地球物理,²九大・理・地球惑星

¹Dept. Geophysics, Kyoto Univ., ²Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ.

活断層研究会(1991)によれば、福岡県北部の活断層帯として西から警固断層、西山断層、福智山断層、小倉東断層が知られている。このうち、西山断層帯は、福岡県北部の福津市津屋崎町付近から飯塚市穂波町付近に分布する長さ約31 kmの左横ずれ断層で、その最大起震規模はM7.3と推定されている(福岡県, 1996)。一方、西山断層帯の北西延長部にあたる大島沖の玄界灘には長さ約10 kmの大島沖断層(岩淵, 1996など)が確認されている。堤ほか(2008)は地形学的証拠に基づき西山断層帯の再検討を行い、大島沖断層は西山断層帯に含まれる可能性が高いと指摘している。海上保安庁は、2010年8月に大島沖断層の再調査を行い、さらに北西延長部に延びる長さ約30 kmの活断層を発見した。

そこで本研究では、大島沖断層と西山断層帯の間に位置する筑前大島において活断層の通過位置とその活動性、西山断層帯との連続性を確認することを目的とした。活断層の通過位置では低断層崖や尾根・谷の系統的な屈曲などの断層変位地形や新期の堆積物を切断する断層が見られるはずである。そのため、空中写真判読による断層変位地形を認定し、その後現地地形・地質調査を行った。

空中写真判読の結果、筑前大島の中央部において、左横ずれを示す谷・尾根の系統的な屈曲が確認できた。現地調査では、中部の谷地区と岩瀬地区で段丘を切る低断層崖が確認でき、さらに北部延長部では未固結の断層ガウジを伴う断層露頭が確認できた。これら地形・地質学的証拠から、この断層は活断層と判断される。

断層変位を受けた段丘の形成年代を推定するため、谷地区の低断層崖を挟んで西側の2か所、東側の4か所で段丘堆積物を採取し、テフラ分析を行った。火山ガラスの特徴とその屈折率から、鬼界アカホヤテフラ(K-Ah: 7.3 ka)と始良Tnテフラ(AT: 26-29 ka)(町田・新井, 2003)起源の火山ガラスが段丘堆積物中に存在することが分かった。また地形断面測量からこの段丘上の上下変位量は約1.5 mであった。筑前大島では、7.3 ka以降に形成された段丘が断層活動によって約1.5 m変位していることが明らかになった。

以上の結果、筑前大島中央部の断層は活断層と判断され、これまで報告されている大島沖断層と西山断層帯は筑前大島を通過する一連の活断層帯である可能性が高い。この結果は西山断層帯の長さが80 kmになるという海上保安庁の考えを支持する。今後、トレンチ調査などの古地震調査を用いて、各地域の活動履歴を明らかにする必要があると考えられる。

キーワード: 活断層, 筑前大島, 西山断層, 大島沖断層

Keywords: active fault, Chikuzen-Oshima Island, Nishiyama fault, Off Oshima fault

SSS032-P24

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 16:30-17:30

福岡沿岸域において新たに確認された活断層露頭

Fault exposure along the west foot of the Kodaiji mountain, Munakata-City, Fukuoka Prefecture.

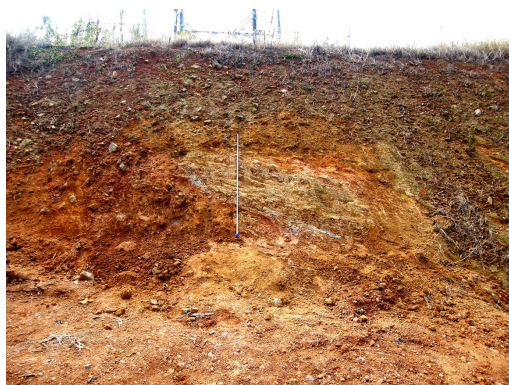
中村 洋介^{1*}, 水野 清秀¹

Yosuke Nakamura^{1*}, Kiyohide Mizuno¹

¹産総研・地質情報研究部門

¹GSJ, AIST

福岡県宗像市池田において新たな活断層露頭を発見した。段丘礫層の上に古第三紀の池田層が乗り上げる逆断層であり、断層の走向ならびに傾斜はそれぞれN20°Wと28°Wである。本露頭における段丘礫層の上下変位量は約3.2mである。段丘礫層の上位を土壌層が覆っており、土壌層下部にASo-4ならびにK-Tzに対比されると考えられる火山起源の鉱物が検出されたことから、段丘礫層の形成時期はおよそ10万年前であると考えられる。本地域では白亜紀の花崗岩類と池田層を限る地質境界断層の存在が指摘されている(尾崎ほか、1990)。今回発見された露頭は下盤側の段丘礫層の下位に花崗岩類が認められることから、本断層は尾崎ほか(1993)が指摘した地質断層と一致すると考えられる。北部九州の活断層の多くはNNW-SSE走向を有し、それらのうちのいくつかの活断層は第四紀前期には正断層として丘陵/平野分化の地形形成に関与したものが応力場の変遷によって第四紀後半に逆断層として再活動していると解釈されている(下山、2007)。今回発見された活断層は平野側が隆起するNNW-SSE走向の逆断層であることから、下山(2007)の指摘のように第四紀前期には正断層として活動したものが第四紀後期以降は逆断層として再活動しているものと考えられる。また、本研究では宗像市池田の他に福岡県内数ヶ所において活断層の可能性が高いと考えられる断層露頭や変位地形を確認したので合わせて報告する。



キーワード: 活断層, 断層露頭, 福岡沿岸域, C級活断層

Keywords: active fault, fault exposure, Fukuoka Coastal zone, C class fault

福島県沿岸周辺における津波堆積物調査 Tsunami deposit investigation in the Fukushima coastal area

及川兼司¹, 高尾誠¹, 宇佐美 光宣^{2*}, 宮脇理一郎³
Kenji Oikawa¹, Makoto Takao¹, Mitsunobu Usami^{2*}, Riichiro Miyawaki³

¹ 東京電力(株), ² (株)ダイヤコンサルタント, ³ (株)阪神コンサルタンツ

¹TOKYO ELECTRIC POWER COMPANY, ²DIA CONSULTANTS co.,Ltd, ³HANSHIN CONSULTANTS co.,Ltd

1. はじめに

仙台平野から福島県相馬市付近にかけて、貞観地震(AD869)による津波堆積物の分布が確認されており(澤井ほか, 2007; 菅原ほか, 2002 など), それらの津波堆積物の分布と津波シミュレーションとの比較による断層モデルの検証が行われている(佐竹ほか, 2008)。しかし相馬市以南の福島県沿岸における貞観地震による津波堆積物の分布は明らかでないことから, より精度の高い断層モデルを作成するための資料を取得することを目的として, この地域における津波堆積物の調査を行った。

2. 調査方法

福島県沿岸地域の5箇所(相馬市松川浦南方地区, 南相馬市小高区浦尻地区, 富岡町仏浜地区, 広野町下浅見川地区, いわき市平下高久地区)において, 浜堤背後の後背地や段丘面上で調査を行った。径86mm・長さ1mのコアチューブをハンドブレイカーにより押し込むパーカッション式採土器を使用し, 深度2m~3m程度(最大深度6m)の堆積物試料(コア)を採取した。採取した堆積物試料について, 地質観察, 珪藻化石分析および粒度分析を行い, イベント性の砂層(津波堆積物)を認定した。津波堆積物の対比は, 主として津波堆積物の直上または直下の試料を用いた炭素同位体年代測定(AMS法)の結果に基づいて行った。

3. 調査結果

(1) 相馬市松川浦南方地区

現海岸線付近では, 2層準の津波堆積物が内湾性の堆積物と考えられる砂質泥層~泥質砂層中に層厚6~20cm程度の砂層として認められた。またこれらの津波堆積物は, 内陸側においても腐植質粘土層中に層厚1~6cm程度の明瞭な砂層として認められた。2層準のうち下位の津波堆積物は, 炭素同位体年代測定結果から貞観地震による津波堆積物である可能性が高く, また上位の津波堆積物は, 澤井・宍倉(2010)による「西暦1500年頃の津波」の堆積物である可能性があることがわかった。なお, 現海岸線から内陸へ3km程度の地点まで調査を実施したが, 人工改変等によって堆積物が削剥されており, これら津波の遡上高を確認することはできなかった。

(2) 南相馬市小高区浦尻地区

4層準の津波堆積物が, 泥炭層や腐植質粘土層中に明瞭な境界面を持つ層厚2~15cm程度の中~細粒砂層として認められた。また, これらの津波堆積物には海水生種の珪藻化石を産出するものもあった。4層準のうち最上位の津波堆積物は「西暦1500年頃の津波」の堆積物, 2層準目がAD970-AD1160頃の津波堆積物, 3層準目が貞観地震による津波堆積物, そして最下位の津波堆積物はBC730-AD420頃のものと推定された。なお貞観地震による津波堆積物は標高3m程度まで分布していることが確認されたが, それより内陸の標高4m程度の同層準の地層に津波堆積物が認められないことから, 貞観津波の遡上高は標高4mを越えなかったと考えられる。

(3) 富岡町仏浜地区

標高5~7mの段丘面が分布し, 耕作土の下位に地表下1m程度まで腐植質粘土層が認められた。この腐植質粘土層はBC1000~AD900の年代値を示し, この堆積物中に津波堆積物は認められなかった。

(4) 広野町下浅見川地区

標高7~9mの段丘面が分布し, 耕作土の下位に腐植質粘土層や河成の礫層が認められた。腐植質粘土層はBC1400~AD1600の年代値を示し, この堆積物中に津波堆積物は認められなかった。

(5) いわき市平下高久地区

標高4~5mの浜堤が3列分布し, 浜堤間低地には腐植質粘土層や粘土層などが認められた。これら浜堤間低地の腐植質粘土層などは, 内陸側からBC1500~AD1300, AD0~AD1000, AD1400以降の年代値を示し, 以上の堆積物中に津波堆積物は認められなかった。

4. まとめ

福島県沿岸地域において, 津波堆積物の分布状況(とくに貞観地震による津波堆積物)を調査した。その結果, 松川浦南方地区および小高区浦尻地区において貞観地震によると思われる津波堆積物が認められ, その遡上高は, 松川浦南方地区では標高0.5m以上であり, 小高区浦尻地区では標高4m未満であると推定される。また富岡町からいわき市にか

けては、BC1000以降の堆積物中に津波堆積物は認められず、標高4～5mを越える津波はなかった可能性が高い。

三浦半島江奈湾における関東地震による古水深の変化と津波堆積物 Paleo-sea depth changes and tsunami deposits due to the Kanto earthquakes in Ena Bay, south coast of Miura Peninsula

千葉 崇^{1*}, 石辺 岳男², 佐竹 健治², 島崎 邦彦³, 須貝 俊彦¹, 西山 昭仁², 原田 智也², 今井 健太郎⁵, 行谷 佑一⁴, 上野 俊洋²

Takashi Chiba^{1*}, Takeo Ishibe², Kenji Satake², Kunihiko Shimazaki³, Toshihiko Sugai¹, Akihito Nishiyama², Tomoya Harada², Kentaro Imai⁵, Yuichi Namegaya⁴, Toshihiro Ueno²

¹ 東京大学大学院 新領域創成科学研究科, ² 東京大学地震研究所, ³ 震災予防協会, ⁴ (独)産総研 活断層・地震研究センター, ⁵ 東北大学 災害制御研究センター

¹ Grad.Sch.of Frontier Sci., The Univ.Tokyo, ² Earthquake Res. Inst., Univ. of Tokyo, ³ Assoc. for Earthquake Disaster Prev., ⁴ AFERC, ⁵ Tohoku Univ. DCRC

堆積物を用いたプレート境界大地震の履歴解明は、その発生時期や規模及び、地震時あるいは地震間の環境変化についての知見を得ることができるため、地震の長期予測において重要である。相模トラフ沿いのプレート間大地震である「関東地震」の平均再来間隔は、200～400年と見積もられている（地震調査委員会、2004）。しかしながら1703年元禄関東地震より前の発生履歴については歴史記録からは明らかにされていない。三浦半島はプレート境界である相模トラフの北東に位置し、海溝型地震による隆起により段丘が発達してきた（蟹江ほか、1989）。また、関東地震によって1m以上の津波が来襲したことも明らかにされている（羽鳥ほか、1973）。こうした背景から、島崎ほか（2009）は、三浦半島の小網代湾干潟において、ジオスライサーを用いて過去の関東地震による津波堆積物を採取し、元禄関東地震の1つ前の関東地震が、石橋（1991）が指摘した1293（正応六）年の鎌倉大地震であった可能性を示した。

本研究では以上を踏まえて、珪藻を指標とした古水深の復元と粒度分析、含水率の測定から、過去の関東地震による津波堆積物の認定とその年代、ならびに隆起・沈降過程を明らかにすることを目的とする。2009年5月と11月に三浦半島の南端に位置する江奈湾において、ハンディジオスライサーを用いて複数本採取された深さ3m弱のコア試料の中から、主に3本のコア（ENA-C、ENA-E、ENA-F）を対象として分析を行った。

その結果、ENA-Eにおいて3層、ENA-Fにおいて4層、貝片を多く含む淘汰が悪い粗粒層が確認された。これらの堆積物は、それ以前に堆積した層を侵食しており、海域からの強い流れによってもたらされた堆積物であると考えられ、イベント性の堆積物である可能性が高い。また珪藻分析から、特に堆積環境の古水深の変化を反映すると考えられる海生底生種の産出頻度の増減が認められた。すなわち、海生底生種が津波堆積物の堆積前に徐々に減少し、津波堆積物の堆積後に増加する傾向があった。三浦半島は大正関東地震によって1.5m程度隆起し、地震後に年間約3.7mmずつ沈降していることが油壺験潮場の潮位記録から明らかにされている（国土地理院、2010）。上記の傾向はこの地殻変動に対応した江奈湾の古水深の変化を反映している可能性が高い。この珪藻群集の変化は、小網代湾において認められた変化とも調和的である（Shimazaki et al., 2008）。以上の特徴から、これらのイベント堆積物は過去の関東地震による津波堆積物であると結論付けた。以降、これらの津波堆積物を上からT1・T2・T3・T4・T5と呼ぶ。

T1の年代は210Pb法から1923年大正関東地震による津波堆積物であると考えられる。T2, T3, T4, T5の堆積年代は放射性炭素年代から、それぞれおよそ2000年前, 3000年前, 3300年前, 3700年前であると推定される。これらの年代は、房総半島の離水段丘から推定されている関東地震の発生年代（宍倉、2003）と調和的である。さらに、ENA-CからはT1とT2の間の層準に少なくとも3枚の粗粒層が認められ、これらも珪藻の産出傾向と粒度組成の傾向から津波堆積物である可能性を示唆する。

キーワード: 関東地震, 津波堆積物, 江奈湾, 古水深, 珪藻分析

Keywords: Kanto earthquake, Tsunami deposit, Ena bay, Paleo-sea depth change, Diatom analysis

関東地震のタイプ分けと再来間隔に関する研究の整理 Classifications of the earthquake type and the recurrence interval for the Kanto earthquake

金 幸隆^{1*}

Haeng Yoong Kim^{1*}

¹ 東京大学地震研究所

¹ERI, University of Tokyo

過去の地震履歴を解明することは、地震サイクルを理解する上で大切である。これまでに実施されてきた関東地震の再来間隔に関する研究論文を整理する。

関東地震の再来間隔と地震タイプについては、1970年代以降、主に離水海岸地形の地形学的・地質学的研究によって明らかにされた過去地震の発生時期とその変位量の累積性に関する情報に基づき議論が進められてきた。1990年後半になると、津波堆積物の情報が増加し、それらの堆積年代から津波の来襲間隔が見積もられている。また1990年代後半以降、測地・測量の地殻変動データに基づきプレートの相対的運動様式が解読され、さらに地震波の解析による関東地震のすべり量も精度良く解明されはじめ、それらのデータに基づき関東地震の再来間隔が見積もられている。

学術雑誌(特集号・紀要・短報を含む。商用雑誌は含まない。)に掲載された論文を基に、再来間隔の見積もり値を比較すると、研究により見解に相違が見られる。地震調査研究推進本部(2004)は、再来間隔の見積もり値の相違を考慮し、関東地震の再来間隔を200年~400年としている。再来間隔の情報は関東地震のサイクルを解明する上で重要であるため、本研究では過去の優れた研究における再来間隔の見解に相違をもたらす原因をみる。過去の地震履歴に関する研究を整理すると、見解の相違をもたらす要因は、導出方法、使用するデータ、調査地域、地震のタイプ分けにおける違いがあると判断された。また解釈の違いや誤差の見積もりも、大きな要因である。これらの要因の中で、地震のタイプ分けを行うことは、何の地震の再来間隔を表しているのかを理解する上で最も重要な研究課題である。本研究では上述した学術雑誌を基に、関東地震のタイプをA:1923年大正タイプ、B:1703年元禄タイプ、C:大正・元禄一対相補タイプ(仮名称)(発生場所の異なる大正と元禄の地震は、連動もしくは一対となって発生するタイプ)、D 関東地震総和タイプ(仮名称)(大正と元禄の地震を区別せずに、三浦沖の相模トラフで混合タイプに分けて、過去の再来間隔および発生時期を整理することを試みたので報告する。また各研究論文の見解をどのように表現するべきか、議論する。

キーワード: 関東地震, 地震タイプ, 再来間隔, 活動時期, 地震サイクル, 長期予測

Keywords: Kanto earthquake, earthquake type, recurrence interval, occurrence time, earthquake cycle, long term prediction

Re-evaluation of the Thoen fault activity in the Lampang basin, northern Thailand Re-evaluation of the Thoen fault activity in the Lampang basin, northern Thailand

Weerachat Wiwegwin^{1*}, Yuichi Sugiyama², Ken-ichiro Hisada¹, Punya Charusiri³, Suwith Kosuwan⁴, Preecha Saithong⁴
Weerachat Wiwegwin^{1*}, Yuichi Sugiyama², Ken-ichiro Hisada¹, Punya Charusiri³, Suwith Kosuwan⁴, Preecha Saithong⁴

¹University of Tsukuba, Japan, ²AIST, Japan, ³Chulalongkorn University, Thailand, ⁴Department of Mineral Resources, Thailand

¹University of Tsukuba, Japan, ²AIST, Japan, ³Chulalongkorn University, Thailand, ⁴Department of Mineral Resources, Thailand

We applied remote-sensing technique and geomorphic index analysis to a study of the NE-SW-striking Thoen fault, Lampang basin, northern Thailand. Significant morphotectonic landforms caused by normal fault in the Lampang basin are represented by fault scarps, triangular facets, wine-glass canyons and linear mountain front. Along the Thoen fault, the SL index indicates the steeper slope near the mountain front. These SL indices possibly relate to a normal fault system. Moreover, most of Vf and Smf values at Ban Mai and Sop Prap segments are low (0.44 to 2.75 of Vf and 1.11 to 1.82 of Smf). These geomorphic indices may indicate slightly active tectonic area that results from vertical slip on the normal fault. Geomorphological features and geomorphic indices of the study area envisage active normal faulting. However, stratigraphic units of trench at Ban Don Fai indicate no clear-cut evidence of any recent fault movement. At Ban Don Fai trench No. 2, AMS radiocarbon and OSL ages suggested that the sediments of the lowest unit were deposited between 960 to 910 years ago. Therefore, the last movement of the Ban Don Fai segment might have occurred earlier than 960 years ago. High resolution seismic survey data for coal investigation in the Mae Tha sub basin (adjacent to the present trenching site) reveal that the Thoen fault is a concealed fault. Thus, the Ban Don Fai segment of the Thoen Fault might be a concealed fault.

In the northern Thailand, there are six major faults that have been regarded as an active fault: Mae Chan, Mae Tha, Pua, Thoen, Mae Hong Son and Mae Ping faults. This study proved that the Thoen fault might be not so active at least during the latest several thousand years. More researches on the other active faults are necessary to evaluate the fault activity and very recent tectonics in northern Thailand.

キーワード: Thoen fault, Normal fault, Morphotectonic landforms, Geomorphic index analysis, OSL and AMS radiocarbon datings, Lampang basin, Northern Thailand

Keywords: Thoen fault, Normal fault, Morphotectonic landforms, Geomorphic index analysis, OSL and AMS radiocarbon datings, Lampang basin, Northern Thailand