

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測線を実施し、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。

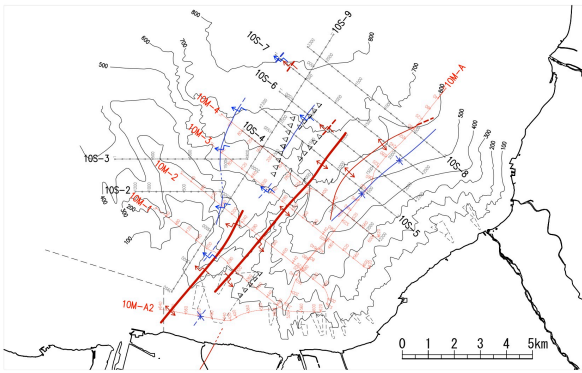
沿岸の測線（10M-1）では深度700m以深に西傾斜の高角逆断層が推定でき、700m以浅では断層崖が埋積されていると解釈できる。さらに、同測線では断層西側に隣接して背斜が存在し、浜黒崎海脚全体に（10M-A2から10M-4まで）追跡できる。10M-1から10S-4までは、反射面の不連続から、背斜軸の西側に平行し傾斜角45度程度かそれ以上の比較的高角な逆断層が認められる。一方、10S-5以北でも断層が存在するが、傾斜が20度以下であり、表層現象とみられる。ただし、10S-6では、西側の海底が隆起していることから、この表層断層の活動は新しいとみられる。

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ブ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