

## 糸魚川-静岡構造線活断層系南部セグメント周辺の変動地形

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

\*佐野 実可子<sup>1</sup>、林 愛明<sup>1</sup>

\*Mikako Sano<sup>1</sup>, Aiming Lin<sup>1</sup>

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室

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

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

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

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

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

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

キーワード：糸魚川-静岡構造線活断層系、活断層、変動地形

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

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

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

\*上田 圭一<sup>1</sup>、相山 光太郎<sup>1</sup>、佐々木 俊法<sup>1</sup>、佐藤 賢<sup>2</sup>、市川 清士<sup>2</sup>、田中 竹延<sup>2</sup>

\*Keiichi Ueta<sup>1</sup>, Kotarou Aiyama<sup>1</sup>, Toshinori Sasaki<sup>1</sup>, Masaru SATO<sup>2</sup>, Kiyoshi Ichikawa<sup>2</sup>, Takenobu Tanaka<sup>2</sup>

1.電力中央研究所、2.阪神コンサルタンツ

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

\*岡田 真介<sup>1</sup>、松多 信尚<sup>2</sup>、小鹿 浩太<sup>3</sup>、川崎 悠介<sup>3</sup>、松原 由和<sup>3</sup>、遠田 晋次<sup>1</sup>

\*Shinsuke Okada<sup>1</sup>, Nobuhisa Matsuta<sup>2</sup>, Kouta Koshika<sup>3</sup>, Yusuke Kawasaki<sup>3</sup>, Yoshikazu Matsubara<sup>3</sup>, Shinji Toda<sup>1</sup>

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

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

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

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

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

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

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

## 山形盆地西縁断層帯村山市周辺の活構造に関する露頭資料

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

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

\*Hideki Kosaka<sup>1</sup>, Abe Kohei<sup>2</sup>, Sezaki Shotaro<sup>1</sup>, Kagohara Kyoko<sup>3</sup>, Okada Shinsuke<sup>4</sup>, Ikebe Hiromi<sup>1</sup>, Miwa Atsushi<sup>2</sup>, Imaizumi Toshifumi<sup>5</sup>

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

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

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

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

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

キーワード：逆断層型活断層帯、活構造、成長層

Keywords: active thrust zone, active structure, growth strata

## 新潟県十日町盆地東部段丘面上に見られる背斜状変形とその成因

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

\*白濱 吉起<sup>1</sup>、吾妻 崇<sup>1</sup>

\*Yoshiki Shirahama<sup>1</sup>, Takashi Azuma<sup>1</sup>

1.国立研究開発法人産業技術総合研究所

1.National Institute of Advanced Industrial and Science Technology

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

キーワード：十日町断層帯、変動地形、河成段丘、魚沼層群

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

## 十日町断層帯東部におけるトレンチ調査およびボーリング調査（太田島地点）

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

\*谷口 薫<sup>1</sup>、吾妻 崇<sup>2</sup>、白濱 吉起<sup>2</sup>、廣内 大助<sup>3</sup>、郡谷 順英<sup>1</sup>、小俣 雅志<sup>1</sup>\*Kaoru Taniguchi<sup>1</sup>, Takashi AZUMA<sup>2</sup>, Yoshiki Shirahama<sup>2</sup>, Daisuke Hirouchi<sup>3</sup>, yorihide koriya<sup>1</sup>, Masashi Omata<sup>1</sup>

1.株式会社パスコ、2.産業技術総合研究所、3.信州大学

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## 引用文献

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

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

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

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

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

キーワード：活断層、トレンチ調査、ボーリング調査、十日町盆地、十日町断層帯

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



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

\*後藤 秀昭<sup>1</sup>

\*Hideaki Goto<sup>1</sup>

1. 広島大学大学院文学研究科

1. Graduate school of letters, Hiroshima University

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

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

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

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

キーワード: 数値標高モデル、アナグリフ、変動地形、関東平野

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

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

\*金 幸隆<sup>1</sup>、新井田 秀一<sup>1</sup>、北村 晃寿<sup>2</sup>

\*Haeng-Yoong Kim<sup>1</sup>, Shuichi Niida<sup>1</sup>, Akihisa Kitamura<sup>2</sup>

1. 神奈川県立 生命の星・地球博物館、2. 静岡大学

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## 富士川河口断層帯及び周辺地域の5万分の1地質編纂図

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

\*尾崎 正紀<sup>1</sup>、水野 清秀<sup>1</sup>、佐藤 智之<sup>1</sup>\*Masanori Ozaki<sup>1</sup>, Kiyohide Mizuno<sup>1</sup>, Tomoyuki Sato<sup>1</sup>

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

[引用文献]

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

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

村下俊夫(1977) 工業用水, no.225, 30-42.

彌之助(1938) 地震彙報, 16, 415-451.

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

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

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

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

山崎晴雄(1979) 月刊地球, 1, 571-576.

キーワード: 富士川河口断層帯、入山瀬断層、地質図、1:50,000

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

## 砺波平野における第四紀後期の地形と砺波平野断層帯の活動

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

\*神嶋 利夫<sup>1</sup>、竹内 章<sup>2</sup>

\*Toshio Kamishima<sup>1</sup>, Akira Takeuchi<sup>2</sup>

1.富山大学大学院理工学教育部、2.富山大学大学院理工学研究部

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

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

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

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

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

## 文献

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

書 No. H23-1.

富山県, 2000, 砺波平野断層帯調査概要報告書, 30P., 富山県.

## 第四紀後期に活動していない断層における破碎帯の特徴

-奈良県大淀町における中央構造線を例として-

Characteristics of the fault zones terminated by the Late Quaternary

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

\*椿 純一<sup>1</sup>、大谷 具幸<sup>1</sup>、河野 雅弘<sup>1</sup>、小嶋 智<sup>1</sup>

\*Junichi Tsubaki<sup>1</sup>, Tomoyuki Ohtani<sup>1</sup>, Masahiro Kono<sup>1</sup>, Satoru Kojima<sup>1</sup>

1.岐阜大学

1.Gifu University

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

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

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

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

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

キーワード：断層破碎帯

Keywords: fault zone

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

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

\*Masaki Murakami<sup>1</sup>, Norihiro Nakamura<sup>2</sup>, Tatsuro Fukuchi<sup>3</sup>, Toshifumi Imaizumi<sup>2</sup>, Takafumi Nishiwaki<sup>1</sup>, Tadashi Yoshizaki<sup>1</sup>, Ryou Tateishi<sup>1</sup>, Atsumasa Okada<sup>4</sup>, Shinsuke Okada<sup>2</sup>, Kenshiro Otsuki<sup>5</sup>

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

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

キーワード：ESR分析、郷村断層帯、山田断層帯

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



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

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

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

\*Shinsuke Okada<sup>1</sup>, Toshifumi Imaizumi<sup>2</sup>, Susumu Sakashita<sup>3</sup>, Kyoko Kagohara<sup>4</sup>, Shigeru Toda<sup>5</sup>, Nobuhisa Matsuta<sup>6</sup>, Satoru Yamaguchi<sup>7</sup>, Masato Yamamoto<sup>3</sup>, Mikihiro Imani<sup>3</sup>, Hitoshi Todokoro<sup>3</sup>, Yoshikazu Matsubara<sup>3</sup>

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

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

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

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

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

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

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

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

\*susumu sakashita<sup>1</sup>, shinsuke okada<sup>2</sup>, toshifumi imaizumi<sup>2</sup>, Shigeru Toda<sup>3</sup>, kyoko kagohara<sup>5</sup>, nobuhisa matsuta<sup>4</sup>, satoru yamaguchi<sup>6</sup>, masato yamamoto<sup>1</sup>, mikihiro imai<sup>1</sup>, hitoshi todokoro<sup>1</sup>

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

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

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

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

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

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

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

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

\*Kohei Abe<sup>1</sup>, Atsushi Miwa<sup>1</sup>, Akimichi Sasaki<sup>1</sup>, Toshifumi Imaizumi<sup>2</sup>, Atsumasa Okada<sup>3</sup>, Shinsuke Okada<sup>2</sup>, Norihiro Nakamura<sup>2</sup>, Tatsuro Fukuchi<sup>4</sup>, Kenshiro Otsuki<sup>5</sup>

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

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

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

キーワード：空中写真判読、露頭・トレンチ調査、郷村断層帯、山田断層帯

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

## 島根半島周辺の活断層とそのテクトニックな意義

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

\*田力 正好<sup>1</sup>、中田 高<sup>2</sup>、堤 浩之<sup>3</sup>、後藤 秀昭<sup>2</sup>、松田 時彦<sup>1</sup>、水本 匡起<sup>1</sup>

\*Masayoshi Tajikara<sup>1</sup>, Takashi Nakata<sup>2</sup>, Hiroyuki Tsutsumi<sup>3</sup>, Hideaki Goto<sup>2</sup>, Tokihiko Matsuda<sup>1</sup>, Tadaki Mizumoto<sup>1</sup>

1.公益財団法人 地震予知総合研究振興会、2.広島大学、3.京都大学

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

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

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

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

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

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

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

キーワード：鹿島断層、活断層、中国地方、内陸地震、海底断層、空中写真

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

## 佐賀平野北縁断層帯の第四紀における活動性

## Holocene activity of the Northern Marginal Faults of the Saga Plain

\*吉田 春香<sup>1</sup>、楮原 京子<sup>2</sup>、今泉 俊文<sup>3</sup>\*Haruka Yoshida<sup>1</sup>, Kyoko Kagohara<sup>2</sup>, Toshifumi Imaizumi<sup>3</sup>

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

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

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

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

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

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

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

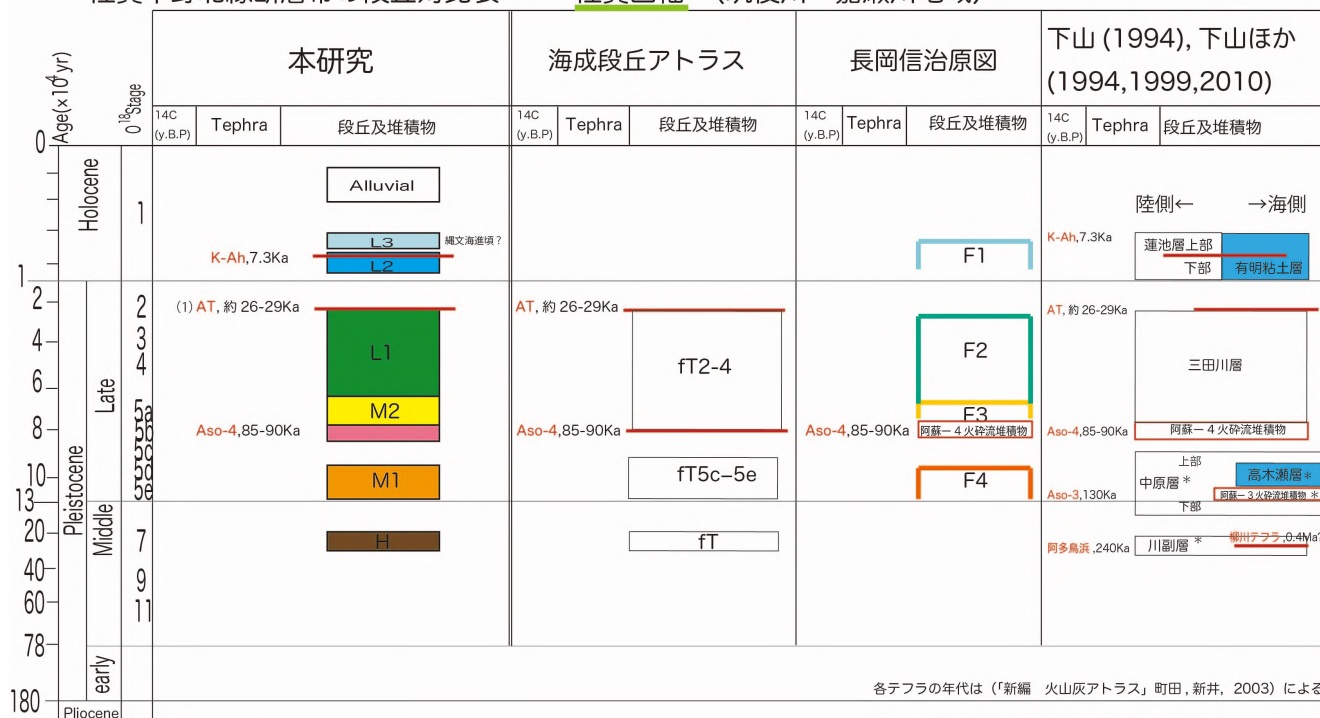
F7断層はF6断層の南側に位置し、F6断層と同様に嘉瀬川左岸より城原川右岸まで連続したリニアメントがL2面上に追跡できる。佐賀市久保泉町下和泉において、F7断層を境に上盤側と下盤側で簡易ボーリング調査を行った。その結果、この地点では埋没段丘であるL1面の堆積物中にATが確認された。F7断層を境にしたその上下

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

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

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

佐賀平野北縁断層帯の段丘対比表 佐賀図幅 (筑後川～嘉瀬川地域)



[参考文献]

- 九州活構造研究会編 (1989)：九州の活構造。東京大学出版会，555p。
  - 下山正一 (1994)：北部九州における縄文海進以降の海岸線と地盤変動傾向。第四紀研究，33,351,360。
  - 下山正一・松本直久・湯村弘志・竹村恵二・岩尾雄二郎・三浦哲彦・陶野郁雄 (1994)：有明海北岸低地の第四系。九州大学理学部研究報告 (地球惑星科学)，18,103-129。
  - 下山正一・木下裕子・宮原百々・田中ゆかり・市原季彦・竹村恵二 (1999)：旧汀線高度から見た九州の後期更新世地盤変動様式。地質学雑誌，105,311-331。
  - 杉谷隆 (1983)：有明海北岸平野における最終間氷期以降の地形発達史，その定量的研究。地理学評論，56,403-419。
  - 下山正一・松浦浩久・日野剛徳 (2010)：佐賀地域の地質。5万分の1地質図幅「福岡 (14)」第71号。産業技術総合研究所地質調査総合センター
  - 大島恒彦 (1977)：佐賀平野の地盤沈下。土と基礎，vol 25,p.69-74，土質工学会。
- (1) AT は L1 面直上にのる (下山ほか,1994)

■ 海成層  
\* 地上に露出しない

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

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

\*Keiji Takemura<sup>1</sup>, Research Group for Beppu -Haneyama Fault Zone (East part of Oita Plain -Yufuin Fault)

1.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設

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

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

キーワード：別府一万年山断層帯、重点的調査観測、活断層と地下構造モデル

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





## 海底活断層調査における高分解能地層探査の活用

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

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

\*Masatoshi Yagi<sup>1</sup>, Izumi Sakamoto<sup>1</sup>, Hiromichi Tanaka<sup>1</sup>, Yuka Yokoyama<sup>1</sup>, Omer Aydan<sup>2</sup>, Mikio Fujimaki<sup>3</sup>, Kenji Nemoto<sup>1</sup>, Shintaro Abe<sup>4</sup>

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

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

## [研究背景]

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

## [調査地域・研究手法]

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

## [解析]

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

## [結果]

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

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

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

キーワード：日奈久断層帯、高分解能地層探査、音響層序

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



## 全有機炭素の放射性炭素年代連続測定による海底イベント堆積物認定の試み

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

\*大村 亜希子<sup>1</sup>、宮入 陽介<sup>2</sup>、平林 頌子<sup>3</sup>、横山 祐典<sup>2</sup>、芦 寿一郎<sup>2</sup>

\*Akiko Omura<sup>1</sup>, Yosuke Miyairi<sup>2</sup>, Shoko Hirabayashi<sup>3</sup>, Yusuke Yokoyama<sup>2</sup>, Juichiro Ashi<sup>2</sup>

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

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

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

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

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

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

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

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

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

キーワード：半遠洋性泥、全有機炭素、放射性炭素年代、地震

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

## 重力異常を用いた逆断層帯の解析

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

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

\*Nayuta Matsumoto<sup>1</sup>, Shigeki Wada<sup>1</sup>, Akihiro Sawada<sup>2</sup>, Yoshihiro Hiramatsu<sup>2</sup>, Shinsuke Okada<sup>3</sup>, Toshiyuki Tanaka<sup>4</sup>, Ryo Honda<sup>4</sup>

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

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

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

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

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

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

キーワード：重力異常、活断層帯、断層の連続性

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

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

\*林 愛明<sup>1</sup>、李 海兵<sup>2</sup>、孫 知明<sup>3</sup>

\*Aiming Lin<sup>1</sup>, Haibing Li<sup>2</sup>, Zhiming Sun<sup>3</sup>

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

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

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

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

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

#### References

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

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

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



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

\*Maomao Wang<sup>1</sup>, Aiming Lin<sup>1</sup>

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

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

Keywords: Active thrusting, paleoseismology, 3D structural modeling