

## 南海トラフ巨大地震の「安政型」と「宝永型」について On the Ansei-type and the Hoei-type of great Nankai trough earthquakes

石橋 克彦<sup>1\*</sup>  
 ISHIBASHI, Katsuhiko<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 神戸大学名誉教授  
<sup>1</sup> Kobe Univ., Prof. Emer.

●南海トラフ巨大地震の発生様式や発生機構は新たな見直しの段階に入っている(例えば, 石橋, 2014, 『南海トラフ巨大地震』岩波書店). 瀬野(2012, 地震 ii, 64, 97)は, 従来の, 震源域をA~E領域(図参照)に割り振る考え方に疑問を呈し, 破壊様態とシリーズに関する新説を発表した. すなわち, seismic-b.eq(震源断層面上で短周期地震波を生成する領域; 以下, sb)の特徴によって「安政型」と「宝永型」に2分でき, 前者(sbが駿河湾に入り込み熊野灘には存在しない)は1854, 1498, 1096(+1099), 684年の地震で平均間隔は約400年, 後者(sbが駿河湾に入り込まず熊野灘には存在する)は1944(+1946), 1707, 1361, 887年の地震で平均間隔は約350年だという. そして, 1944年と1854年はsbが相補的だから「Eが未破壊」という東海地震説は成り立たず, Eを破壊する東海地震(安政型)の発生は約200年先だろうとした. 本報では, sbの特徴の認定が妥当か, 安政型と宝永型が確かに存在するか, を歴史地震学的に検討する.

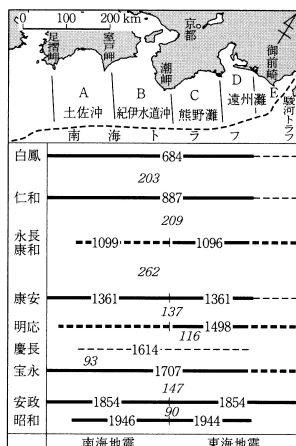
●「安政型」: 1854年安政東海地震のsbがC+Dにはなかったと瀬野が考えた根拠は, 紀伊半島の震度は6未満という認識だった. しかし, 熊野灘にsbがあった1944年地震でも, 尾鷲以北はおおむね震度5弱, 熊野市木本以南は震度4で, 震度6は唯一新宮の狭い範囲と三重県大杉谷だけだった. 一方安政東海地震では新宮・熊野などが震度5~6, 志摩市越賀は震度7だった. 伊勢湾周辺にも震度6が分布するから, 1854年のsbは少なくともDを含み, さらにCでも地震波を放出したと考えたほうがよい. 瀬野は, geodetic-b.eq(地殻変動をもたらし震源領域)もCにはなかったとしているが, 湯峯温泉の停止は熊野灘の震源断層運動による可能性がある. 尾鷲で地震後じきに津波が来たことは, tsunami-b.eq(津波を発生させる震源領域)もC領域に存在したことを示唆する. 1498年も, 1096年も, 熊野灘にsbがなかったとはいえない. 結局, 「安政型」という類別は成り立たないと考えられる.

●「宝永型」: 瀬野に限らず, 1707年宝永地震の震源域は駿河湾に入っていなかったという見方が強くなっている. しかし, 安政期に比べて史料が圧倒的に少ないことも考慮して震度分布を見れば, 駿河湾内にある程度のsbはあったと考えられる. 瀬野は, 1361年については門間沼遺跡(愛知県一宮市)より東に, 887年については地蔵越遺跡(同県稲沢市)より東に, それぞれ文献史料や考古学資料がないことをあげて, 両地震が宝永型だったことと矛盾しないというが, 古地震学の制約を考えればこのような議論はできない. 両地震の時期に駿河湾北岸の浮島ヶ原が急激に沈降した可能性(藤原・他, 2009, 地質学会講演要旨など)が注目される. 結局「宝永型」という類別は疑問である.

●結論: 瀬野が指摘したように, A~E領域の固有地震的なものの組み合わせとして南海トラフ巨大地震を捉えるのはよくないだろうが, 安政型と宝永型という新たなタイプの導入も適切ではないと思われる. なお, 石橋(2014)が見直した南海トラフ巨大地震の時空間分布を図に示す. 【本発表は日本地震学会2014年度秋季大会に申し込み, 予稿集にも掲載されているが, 怪我で参加不能となって取り消したものである】

キーワード: 南海トラフ巨大地震, 歴史地震, くり返しパターン, 安政型, 宝永型

Keywords: great Nankai trough earthquakes, historical earthquakes, recurrence pattern, Ansei-type, Hoei-type



## 千葉県館山市の海浜堆積物から推定した元禄地震の前の関東地震 Pre-1703 Genroku earthquake estimated from coastal geology at the southwestern Boso Peninsula

藤原 治<sup>1\*</sup>  
FUJIWARA, Osamu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>産総研活断層・火山研究部門  
<sup>1</sup>Geol. Surv. Japan, AIST

元禄関東地震の前の関東地震が何時起きたかを調べるため、館山湾岸の沖積低地でボーリング調査を行った。この地域は元禄・大正の関東地震で1~2m隆起したとされる。元禄地震時の隆起で離水した低地は、元禄段丘(沼IV面)としてよく知られている。沼IV面の陸側を限る浜堤は、古絵図の情報から元禄地震が起きたときの海岸砂丘にあたるとされる。この浜堤は、元禄地震の前に起きた関東地震による海岸の隆起で離水した可能性が高い。この浜堤の上で2本のボーリングコアを掘削し、離水時期を推定した。ボーリングはほぼ同じ地点(標高5.4m)で2本(深度5.0mおよび6.0m)掘削した。

ボーリングコアの層相は大きく分けて、貝化石を含む極細粒砂層からなる下部と、砂層および礫層の互層からなる上部に分かれる。下部は内湾堆積物、上部は浜堤の構成層である。上部の砂層礫層の基底高度は標高約1.2mである。下部と上部の境界が離水イベントを示している。下部と上部の間には、貝化石や粘土礫を含む砂礫層と粘土層の互層(層厚約1.4m)が挟まる。これは砂礫層を堆積させる強い流れと、粘土層が沈殿する流れの停滞期が繰り返すことで形成されたもので、津波堆積物の可能性がある。

貝化石と植物片を用いた<sup>14</sup>C年代測定によると、この”津波堆積物”からは9世紀から14世紀にわたる複数の年代値が得られ、最も若い値は1215-1360ADである。浜堤構成層の下部からは1210-1357ADの値が得られた。浜堤の離水時期は13世紀から14世紀前半と推定される。これは穴倉(2003)が調査地北方の岩井低地の浜堤地形から推定した隆起時期や、Shimazaki et al. (2011)が三浦半島で検出した隆起イベントと津波堆積物から推定した関東地震の時期(1293年)と対応する。

キーワード: 関東地震, 地震隆起, 津波堆積物, 古地震  
Keywords: Kanto earthquake, Coastal uplift, Tsunami deposit, Paleoearthquake

## 式根島における隆起貝層からみた後期完新世の隆起:1498・1605年の大津波の波源域に関する含蓄

### Late Holocene uplifts of Shikine Island on the northern Zenisu Ridge off Central Japan

今井 啓文<sup>1\*</sup>; 北村 晃寿<sup>2</sup>; 伊藤 真実<sup>1</sup>; 宮入 陽介<sup>3</sup>; 横山 祐典<sup>3</sup>; 山口 寿之<sup>4</sup>; 杉原 薫<sup>5</sup>; 安藤 雅孝<sup>6</sup>;  
三井 雄太<sup>2</sup>; 金 幸隆<sup>7</sup>; 中村 衛<sup>8</sup>  
IMAI, Takafumi<sup>1\*</sup>; KITAMURA, Akihisa<sup>2</sup>; ITO, Mami<sup>1</sup>; MIYAIRI, Yosuke<sup>3</sup>; YOKOYAMA, Yusuke<sup>3</sup>;  
YAMAGUCHI, Toshiyuki<sup>4</sup>; SUGIHARA, Kaoru<sup>5</sup>; ANDO, Masataka<sup>6</sup>; MITSUI, Yuta<sup>2</sup>; KIM, Haeng yong<sup>7</sup>;  
NAKAMURA, Mamoru<sup>8</sup>

<sup>1</sup> 静岡大学理学部, <sup>2</sup> 静岡大学理学研究科, <sup>3</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>4</sup> 神奈川大学, <sup>5</sup> 国立環境研究所, <sup>6</sup> 静岡大学防災総合センター, <sup>7</sup> 神奈川県温泉地学研究所, <sup>8</sup> 琉球大学理学部

<sup>1</sup>Institute of Geosciences, Shizuoka University, <sup>2</sup>Faculty of Science, Shizuoka University, <sup>3</sup>Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, <sup>4</sup>Faculty of Science, Kanagawa University, <sup>5</sup>Center for Environmental Biology and Ecosystem Studies, National Institute for Environmental Studies, <sup>6</sup>Center for Integrated Research and Education of Natural hazards, Shizuoka University, <sup>7</sup>Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture, <sup>8</sup>Faculty of Science, Ryukyu University

2013年、国から「南海トラフの地震活動の長期評価の第二版」が公表され、フィリピンプレート内の遠州灘～銭州海嶺付近～新島・神津島付近～相模トラフのどこかにも、巨大地震の震源域に含まれる領域が存在する可能性が示唆された。一方、伊豆半島沖の式根島では、福富(1938)が離水貝層を発見し、約3mの隆起が起きたことを報告していた。この隆起をもとに羽島(1975)は、1498年の明応地震(M8.6)の津波波源域を東海沖～伊豆半島南方沖と推定した。また、相田(1981)は明応地震とともに1605年の慶長地震の津波波源域を東海沖～伊豆半島南方沖に置いたモデルを提示した。これに対して、太田ほか(1983)は島内3か所で離水貝層の14C年代を測定し、約1400年前に隆起したことを明らかにし、上記の仮説を否定した。だが、最近、中田ほか(2013)は、神津島から銭洲を経て浜名湖沖に達する銭州海嶺の南縁に沿う銭洲断層系活断層(全長275km)が、明応地震の震源断層の可能性を指摘している。こうした状況を踏まえ、本研究では、先行研究よりも遥かに高精度の年代決定を可能とした加速器質量分析装置で、式根島の隆起貝層の<sup>14</sup>C年代を測定し、1498年明応地震の津波および1605年の慶長地震の津波の波源域としての東海沖～伊豆半島南方沖の可能性を検討した。その結果、以下のことが明らかとなった。

1. 本研究で式根島において、新たに4地点で離水生物遺骸を発見した。
2. 年代-高度分布から、隆起貝層は3つのグループに分けられ、これは過去1000年間に3回の突発的隆起事件が起きた可能性を示唆する。
3. 隆起事件の年代と最大隆起量は、西暦1120-1400年で0.4m、1530-1890年で1.8m、1860-1950年で1.0m、と見積もられる。
4. 西暦1858-1950年の隆起は、式根島の南東沖で起きた1890年の地震による可能性が高い。
5. 西暦1120-1400年と1530-1890年の隆起は、1498年明応地震の津波および1605年の慶長地震の津波の波源域としての東海沖～伊豆半島南方沖の可能性を支持しない。

キーワード: 式根島, 隆起貝層, 後期完新世, 隆起, <sup>14</sup>C年代

Keywords: Shikine Island, Emerged marine sessile assemblages, Late Holocene, uplifts, <sup>14</sup>C dating



## 関東地方の近世以降 400 年間の被害地震について Seismicity of Kanto District for 400 years since 1615

松浦 律子<sup>1\*</sup>

MATSU'URA, Ritsuko S.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> (公財) 地震予知総合研究振興会

<sup>1</sup>ADEP

近世から現代まで系統的に地震活動を解析する作業のうち、今回は関東地方の陸域で発生して被害を生じた地震に関して、報告する。震度分布を主に用いる手法であるが、史資料にある地震活動の情報を全て用いている。従来のカタログからは、東京都域に震央が仮置きされていた近世の地震や、明治・大正期の地震のいくつかは、茨城県南西部や神奈川県西部、浦賀水道などのプレート内やプレート間のやや深い地震となった。1888年宇都宮、1889年町田、1894年10月東京湾の震源位置が変更になり、1921年龍ヶ崎、1924年丹沢はプレート内地震として規模が小さくなった。その結果、東京都域に震央がある被害地震は減少し、関東地方の地殻の被害地震も減少した。

関東地方には、太平洋プレートとフィリピン海プレートがその下に沈み込んでいる。しかも相模トラフの西端では伊豆半島が本州に衝突している。このような地学環境のために、関東地方は世界でも大変有感地震の多い場所である。茨城県や房総半島の東沖合の地震を除いて震央が関東の陸にあるものに限っても、関東地方の被害地震は当然多い。近世に関東地方で最初に被害地震が記録された1615年からの400年間に、震央が関東地方の陸部にかかる被害地震は127回ある。もちろん現代になってから発生して記録された地震が圧倒的に多く、その被害の多くは建物の破損や、慌てたことによる怪我人など、軽微なものが殆どではある。しかし400年間には、元禄地震や関東地震、その翌日の勝浦沖のようなプレート境界の大地震も3個、やや深いプレート内地震で最大級であるM7前後には、1782年天明小田原地震、1855年安政江戸地震と1924年丹沢地震の3個がある。圧倒的に頻度が多いのは、茨城県南西部や千葉市の下などに多く発生している50~80km程度のやや深い地震でM7には満たない地震と、20~30km程度の深さで多発する神奈川県西部~山梨県東部の地震である。これらやや深い被害地震は前記の6個をいれて111回と関東地方の被害地震の殆どを占める。

では、深さ20km以下の被害地震は関東地方でどの程度あるのだろうか。明らかに浅いと判る被害地震は15回ある。内火山活動や、広義の火成活動による流体起源と考えられる地震は6回、2011年東北地方太平洋沖地震以後関東地方の北東部で発生するようになった浅い地震が4回、それ以外の浅い地震が5回である。

これらのうち、1633年寛永小田原地震と1853年嘉永小田原地震は、震源域は極浅くまで及んだ地震ではあるが、プレート境界からの分岐断層の一部が活動した可能性が高い。1683年天和下野と1931年西埼玉地震は、関東地方では珍しい浅い大地震である。1887年秦野付近の地震M6.2は、東西方向に震源が延びる珍しく浅い中地震だった。

残る1856年安政武蔵は、プレートの地震か、地殻内の地震か、現状では明快には決定できていない。安政武蔵の地震は、狭山丘陵の南東部辺りで被害があったが、二次史料による被害の集中は詳細が不明であり、場所も現在中小地震が時折発生する青梅付近からは東にずれている。やや深い中地震である可能性が高い。

関東地方は有感地震が数多く、数少ないが浅い地震も発生する。しかし被害の相当の部分は震源の場所によらず被害箇所毎の地盤条件に支配されている。これから日本の人口が減少することをチャンスと捉えて、少なくとも関東地方は、地盤の堅牢な場所への居住の奨励や、地盤に応じた建物強度を確保するようなインセンティブを与える方策が有効な地域である。

本研究には文科省の委託研究や、立川断層重点調査プロジェクトの委託費を用いて行われた。

キーワード: 関東地方の歴史地震, 1921年龍ヶ崎地震, 1855年安政江戸地震, 1856年安政武蔵の地震, 1887年秦野地震, 1924年丹沢地震

Keywords: Depth of historical Earthquake in Kanto District, 1921 Ryugasaki Earthquake, 1855 Ansei Edo Earthquake, 1856 Ansei Musashi Earthquake, 1887 Hadano Earthquake, 1924 Tanzawa Earthquake

## 1855年安政江戸地震における千葉県域の被害 Damage in the Chiba Prefecture from the 1855 Ansei Edo earthquake

村岸 純<sup>1\*</sup>; 佐竹 健治<sup>1</sup>  
MURAGISHI, Jun<sup>1\*</sup>; SATAKE, Kenji<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup> Earthquake Research Institute, University of Tokyo.

安政江戸地震は、安政二年十月二日夜四ツ時（1855年11月11日）に発生し、江戸市中を中心に関東地方に被害を与えた地震である。北原（2013、『地震の社会史』）は江戸市中の被害と地震後の救済について論じている。中村ほか（2011、歴史地震）は、江戸市中の被害から震度分布図の作成や首都圏の被害などの研究を行っている。いずれの研究も主に江戸市中を研究対象としており、千葉県域では佐倉・木更津など一部地域を除いて被害の有無が明らかになっていない。千葉県域の被害の程度を明らかにするため、千葉県文書館・船橋市郷土資料館・慶應義塾大学文学部古文書室等において史料調査を実施した。史料調査と共に、これらの地域の安政江戸地震に関係する史料について、自治体史を中心に文献調査をした。この成果を報告する。

はじめに千葉県北西部の被害について報告する。『習志野市史 第三巻』に『渡辺東淵雑録』がある。鷺沼村の医師渡辺東淵が文政七～安政六年にわたり近隣諸村で起きた出来事をまとめたものである。「十二（ママ）月二日ノ夜四ツ時、夜明迄十毎四ツ五ツ位大々地震 所々地ワレキ、西東へ割め通ル、北南ノサケメスクナシ」と、鷺沼村では地割れが発生するほどの強い揺れであったことが推測される。ただし、家屋・人的被害は記載されておらず不明である。

隣接する船橋市域では『船橋市史 史料編十』所収の「地震変動控」があるが、「武蔵下総上総常陸四ヶ国大地震、多家潰」とあるのみで、船橋市域での被害記録はない。船橋市内ではこの記録のみが知られていたが、今回、船橋市郷土資料館において調査したところ武藤家文書の『大福帳』の中に地震の記述を見つけた。「当所ニ而者潰家一軒も無之、尚又、即死人も無難ニ御座候、行徳辺、市川辺、松戸近辺者相応ニ破家有之候、尚また怪我人も是村ニ而凡十人計り候有之由、去ながら当所ニおいてハ別段即死人も無之」とある。武藤家は現在の船橋市宮本あたりに家があったらしく、このあたりでは潰れた家や怪我人が出たりするほどの被害はなかったようである。

船橋市域で書かれた史料は上記の史料のみであるが、地震後に船橋市域を通過したという人物の記録がある。北東部に位置する東金市台方村の名主が記した『前嶋治助日記』（『千葉県の歴史 史料編 近世1』）という史料である。名主の前嶋治助は領主より呼び出されたため、九日に江戸に向けて出発した。その道中、「地震之儀者行徳辺より家潰れ初、中川御番所より本所・深川大潰れニ而、誠ニ驚入申候」と、行徳付近から潰れた家が確認され始めたという。次に、『成田山新勝寺史料集 第5巻』の『江戸開帳諸用留』によると、千住宿では、地震で被害があったため開帳行列の本陣を変更してほしい旨が申し出されている。一方、船橋宿ではこれまでの本陣のままである。このことから船橋市域では、江戸市中と比べると被害が小さかったと推測される。

次に千葉県南部の被害についてである。千葉県文書館所蔵蔵史収集複製資料の中から、宝珠院の日記を発見した。『安政二乙卯年日記』（南房総市府中 宝珠院文書）の十月二日の条には、宝珠院の石碑・石灯籠・宝筐印塔が倒れたこと、仁王門が西方へゆり出したことが記録されている。また周辺の寺院にも被害があったことが記されている。宝珠院の隣村である本織村の加藤家文書（慶應義塾大学古文書室蔵）の中に『日記覚』があり、その中にも十月二日は「極大地震」であったと記されている。江戸周辺のみならず、南房総でも揺れが強かったことが推測される。

以上をまとめると、千葉県北西部では、地震の具体的な被害を記した史料が少ないが、他の史料から推測すると千住や深川辺りと比べて被害は軽微であった可能性が考えられる。千葉県南部地域では、宝珠院の日記を発見し、南部にも被害があったことが確認できた。今後、安政江戸地震の史料調査を進め、千葉県域の被害を明らかにしていきたい。

付記) 本研究は文部科学省委託研究「都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクト」の一環として実施された。

キーワード: 1855年安政江戸地震, 歴史地震, 史料

Keywords: 1855 Ansei Edo earthquake, Historical earthquake, Historical document

## 日本列島の活断層群の長期的地震活動シミュレーション Numerical simulation of long-term earthquake activity on an active-fault cluster in the Japanese island

長 郁夫<sup>1</sup>; 桑原 保人<sup>1\*</sup>

CHO, Ikuro<sup>1</sup>; KUWAHARA, Yasuto<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所 地質調査総合センター

<sup>1</sup> AIST, GSJ

我々はこれまで、様々な地質・地球物理データに基づき、日本列島の地殻の3次元の温度構造やレオロジー構造モデルを作成してきた(Cho & Kuwahara, 2013a, b, 長・桑原, 2013)。今回は列島中央部について作成したレオロジー構造モデルに、糸魚川-静岡構造線活断層帯など60の主要な活断層を導入し、それらの活断層での5万年間の地震活動のシミュレーションを実施した。地殻・マントルのレオロジー構造は、上層部を完全弾性体、下層部をMaxwell粘弾性体の2層とし、上層部の厚さが非一様、下層部の粘性係数は $10E21\text{Pa}\cdot\text{s}$ で一様とした。各活断層の走向傾斜等のパラメータは、地震本部の評価値を参考にした。活断層の深部延長部には粘弾性体の厚さ5kmのシアゾーンを置き、その部分の粘性係数は下層部と同じ $10E21\text{Pa}\cdot\text{s}$ とした。また、断層の両端には応力集中緩和のための粘性領域を置く場合と置かない場合の2通りのモデルを検討し、その影響を検討した。モデル全体に外部からかかる応力場としては、日本列島全体にかかる東西圧縮に、伊豆半島の衝突を加え、定常的に増加する応力場とした。

活断層での地震の発生は、断層内の複数の点の応力値を監視し、ある点で閾値をこえたら断層全体が破壊するものとした。断層でのすべり量は応力降下量が10MPaになるように与えた。各断層で地震が発生した際の他の断層への影響はあらかじめ計算しておき、上記の定常的に増加する応力場に各断層で地震が発生した影響を重ね合わせた。これによって、各断層の地震発生サイクルに対する、日本列島で定常的に増加する応力と内陸の地震発生による応力擾乱の影響を評価できることになる。

ここでは、このシミュレーションによって得られた、各活断層の地震発生間隔やその揺らぎについての結果を紹介する。

### 文献

Cho, I. and Y. Kuwahara, 2013, Modeling of a three-dimensional thermal structure in the lower crust for numerical simulations of crustal deformation of the Japanese Islands, EPS, 65, 855-861.

Cho, I. and Y. Kuwahara, 2013, Numerical simulation of crustal deformation using a three-dimensional viscoelastic crustal structure model for the Japanese Islands under east-west compression, EPS, 65, 1041-1046.

長郁夫・桑原保人, 2013, 日本列島の地殻温度構造と粘弾性構造の3次元モデルおよび地殻活動シミュレーションに関する数値データ, 地質調査総合センター研究資料集 586.

(長郁夫は現在、文部科学省)

キーワード: 活断層, 長期的地震活動, 数値シミュレーション, 日本列島, 応力場, レオロジー構造

Keywords: active fault, long-term earthquake activity, numerical simulation, Japanese island, crustal stress, rheology structure



## 活断層の長さから推定する地震モーメント Predicted seismic moment based on the length of active fault

島崎 邦彦<sup>1\*</sup>  
SHIMAZAKI, Kunihiko<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 東京大学  
<sup>1</sup>University of Tokyo

地震モーメントを活断層の長さから予測する場合、過小評価となる可能性があり注意が必要である。予測には、震源断層の長さ（あるいは面積）と地震モーメントとの関係式が使われるが、地震発生前に使用できるのは活断層の情報であって、震源断層のものではない。地震モーメントは断層モデルの基本物理量であり、その予測値は、将来発生する地震の揺れや津波の高さなどの予測に使われることが多い。このため地震モーメントの過小予測は、災害の過小想定につながりかねない。

日本の陸域およびその周辺の地殻内浅発地震（マグニチュード7程度以上）について、断層長 $L$  (m) と地震モーメント $M_o$  (Nm) との関係式をわかりやすさを重視して表現すると次のようになる。

- (1)  $M_o = 4.37 \times 10^{10} \times L^2$  (武村, 1998)
- (2)  $M_o = 3.80 \times 10^{10} \times L^2$  (Yamanaka & Shimazaki, 1999)
- (3)  $M_o = 3.35 \times 10^{10} \times L^{1.95}$  (地震調査委, 2006)
- (4)  $M_o = 1.09 \times 10^{10} \times L^2$  (入倉・三宅, 2001)

なお、入倉・三宅(2001)では地震モーメントと断層面積との関係式が提案されているが、厚さ14kmの地震発生層中の垂直な断層を仮定し(4)を導いた。断層の傾斜角を60度とした場合には、係数が1.09ではなく1.45となる。(4)と他との差異は顕著で、同じ断層長で比較すると、地震モーメントは4倍程度異なる。一方、同じ震源モーメントで比べれば、断層長が2倍程度異なる。

上記の関係式中の $L$ として、活断層の長さを用いた場合の地震モーメントの予測値と、活断層で発生した地震の地震モーメントの観測値とを1891年濃尾地震、1930年北伊豆地震、2011年4月11日福島県浜通りの地震と比較し、さらに1943年鳥取地震、1945年三河地震、1978年兵庫県南部地震で検討した。例は少ないが(4)を用いると地震モーメントが過小評価される傾向が明らかとなった。

地震本部の強震動予測では、いわゆる改正レシピが使われており、(3)によって地震モーメントが予測され、(4)のもととなる入倉・三宅(2001)の式から断層面積が推定されている。昨年9月に発表された国土交通省の日本海における大規模地震に関する調査検討会の報告書では、日本海の「最大クラス」の地震による津波想定において、入倉・三宅(2001)の式により地震モーメントが推定されている。一方、原子力発電所の津波推定では(1)が使われている。

キーワード: 地震モーメント, 活断層, 震源断層, 予測, ハザード, 津波  
Keywords: seismic moment, active fault, seismic fault, prediction, hazard, tsunami

## 北上低地帯西縁断層帯中部の浅部地質構造 Geologic structure across the central part of the western marginal faults of the Kitakami Lowland

越谷 信<sup>1\*</sup>; 日高 功揮<sup>1</sup>; 佐藤 比呂志<sup>2</sup>; 加藤 直子<sup>2</sup>; 阿部 進<sup>3</sup>; 東中 基倫<sup>3</sup>  
KOSHIYA, Shin<sup>1\*</sup>; HIDAKA, Koki<sup>1</sup>; SATO, Hiroshi<sup>2</sup>; KATO, Naoko<sup>2</sup>; ABE, Susumu<sup>3</sup>;  
HIGASHINAKA, Motonori<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 岩手大学工学部, <sup>2</sup> 東京大学地震研究所, <sup>3</sup> 地球科学総合研究所  
<sup>1</sup>Fac. Eng., Iwate Univ., <sup>2</sup>ERI, Univ. Tokyo, <sup>3</sup>JGI

### 1. はじめに

北上低地帯西縁断層帯は、奥羽脊梁山地東縁部に発達する西側隆起の衝上断層帯である。この断層帯は初生的には中新世の日本海拡大時に引張応力場のもとで正断層として形成され、鮮新世以降の圧縮応力場により逆断層として再活動していると言われている。南部地域では Kato et al. (2006) などにより反転テクトニクスを示す地質構造が確認されているが、本断層帯中部地域においても同様の構造を呈するのかどうかは必ずしも明らかではない。そこで、本研究では、この点を明らかにするために重力調査により2次元地下密度構造モデルを作成し、地質構造の推定を行った。さらに、本断層帯の西側に位置する綱取断層との成因的關係について検討した。

### 2. 重力測定・解析

重力調査は、岩手県北上市の和賀川沿いの北上低地帯西縁断層帯を挟んだ東西約12 kmの測線沿いに行った。測定点数は62点で、測定間隔は200 mを基本とした。使用した重力計は、シントレックス社製可搬型相対重力計CG-5である。観測点の位置および標高は、RTK-GPSを用いて測定した。取得したデータの処理は、概ね地質調査総合センター(2004)に従っているが、球面ブーゲー補正の補正範囲は、地形補正の補正範囲に合わせて45 kmとした。また、ブーゲー補正および地形補正に用いた仮定密度は、調査地域の地質や屈折法地震探査の結果を考慮して、 $2.2 \text{ g/cm}^3$ とした。得られたブーゲー異常に対して、広域的な重力異常の影響を取り除くためトレンド補正を行った。

### 3. ブーゲー異常と密度構造モデルによる地質構造

トレンド補正後のブーゲー異常値は、断層帯付近で最も小さく、東西両側で大きくなり、その差は約20 mgalである。密度構造モデルは、調査地域の地質を考慮して、密度の異なる3層を仮定した。第1層が $2.1 \text{ g/cm}^3$ 、第2層が $2.5 \text{ g/cm}^3$ および第3層が $2.7 \text{ g/cm}^3$ である。第1層は表層構成層や上部中新統、第2層は中部中新統および第3層は基盤岩類にほぼ相当する。

北上低地帯西縁断層帯を構成する山側の断層と綱取断層の西側には、それぞれ中部中新統により埋積された半地溝状の構造が発達する。また、両断層とも基盤岩類や上部中新統に逆断層変位を与えている。

講演ではこれらの断層と地質構造発達史との関連を示す予定である。

### 文献

地質調査総合センター, 2004, 日本重力CD-ROM, 第2版。  
Kato et al., 2006, Journal of Structural Geology, 28, 2011-2022

キーワード: 北上低地帯西縁断層帯, 重力異常, 活断層

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



## 会津盆地東縁および西縁における反射法地震探査 Seismic Reflection Survey at Eastern and Western Edge of Aizu Basin

伊藤 忍<sup>1\*</sup>; 山口 和雄<sup>1</sup>; 内田 洋平<sup>1</sup>; 石原 武志<sup>1</sup>  
ITO, Shinobu<sup>1\*</sup>; YAMAGUCHI, Kazuo<sup>1</sup>; UCHIDA, Youhei<sup>1</sup>; ISHIHARA, Takeshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>産総研

<sup>1</sup>GSI, AIST

2014年9月に、福島県喜多方市の会津盆地の東縁および西縁で反射法地震探査を実施した。会津盆地は南北に走る東縁および西縁の断層帯で挟まれている。会津盆地の全体像を把握するのに、その東西の端を規定している断層帯の詳細を明らかにすることは有益である。会津盆地の全体像を把握するためのコントロールデータを得るのが本研究の目的である。

会津盆地西縁断層帯は慶長会津地震の震源断層であると推定されていて、地表ではその痕跡と考えられる特徴も見られる。また、反射法地震探査によっても明瞭な撓曲構造が見られる。一方、会津盆地東縁断層帯については、地表地形等から存在が推定されているものの、明瞭な痕跡が見られず、活動履歴もはっきりしない。

会津盆地西縁断層帯については、慶長会津地震によって堰止湖ができたと言われている、喜多方市慶徳町山科の路線(KKY)で探査を実施した。発震および受振は阿賀川の河川敷で行った。測線長は約500mである。会津盆地東縁断層帯については、喜多方市熊倉町雄国の路線(KKO)で探査を実施した。この路線では、猫魔火山噴出物を火山麓扇状地堆積物が覆っている。測線長は約800mである。両測線とも、発震にはGEOSYM社製の可搬型パイプレーター震源であるEIViS IIIを用い、S波探査を行った。発震間隔は2m、発震周波数は20-160Hz、発震時間は7秒とした。受振器はGeospace社製の10HzジオフォンGS32CTを水平動シングルで2m間隔に96点を同時展開し、48点ずつ移動した。

KKYでは、断層帯の位置がほぼ把握できていることから良好な結果が期待されたが、明瞭な断面を得ることができなかった。河川敷の地盤が十分に固結しておらず、震動を効率よく伝えることができなかつたためと考えられる。あるいは未舗装面はこの震源には合わないのかもしれない。KKOは火山噴出物に覆われていることからあまり良好な結果は期待されていなかったが、予想に反して撓曲と考えられる有意な構造が見られた。今後、より詳細な処理・解析を行う予定である。

キーワード: 会津盆地, 活断層, 反射法地震探査

Keywords: Aizu Basin, active fault, seismic reflection survey

## 地殻構造探査により明らかになった富山堆積盆地の活断層の構造的特徴 Structural characters of active faults in the Toyama sedimentary basin revealed by shallow to deep seismic profiling

石山 達也<sup>1\*</sup>; 佐藤 比呂志<sup>1</sup>; 加藤 直子<sup>1</sup>  
ISHIYAMA, Tatsuya<sup>1\*</sup>; SATO, Hiroshi<sup>1</sup>; KATO, Naoko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup> Earthquake Research Institute, University of Tokyo

文部科学省「日本海地震津波調査プロジェクト」のプロジェクトの一環として、北陸地域において、震源断層の分布・形状と地殻構造を解明する目的で、海陸統合および沿岸域における地殻構造調査と浅部地下構造探査が実施された。本発表では、深部構造探査等の地質構造解釈（佐藤ほか、2014；今大会）と浅部の高精度反射法地震探査の結果（石山ほか、2014；今大会）などを用いて、富山堆積盆地周辺部の活断層・活褶曲に関連する断層の構造的特徴について議論する。北陸地域の地形・地質の特徴は(1) 島弧側の隆起・傾動帯（飛騨山地北西縁など）(2) 富山トラフ、富山平野、砺波平野などの沈降域とその縁辺の新第三系・第四系を变形させ、トラフ軸とほぼ平行な逆断層帯、(3) 大陸側の隆起帯（能登半島、白山瀬など）に大別される。深部構造探査では、地形・地質の特徴に対応して、富山トラフおよび陸域延長部にあたる富山堆積盆地は構造的低所に、その両側の隆起部は構造的な高所をなす。地震波トモグラフィによる速度構造（Matsubara and Obara, 2011）によれば、富山トラフの陸域延長部の沈降域では下部地殻のP波高速度異常が認められ、日本海拡大時の主要なリフト軸の一つであったと考えられる。活動的な逆断層はこのリフト軸近傍にて正断層運動と比較的厚い地溝充填堆積物が生じた場所に分布している。呉羽山断層南部（石山ほか、2014）や高清水断層（加藤ほか、2013；石山ほか、今大会）、石動断層（石山ほか、今大会）などで実施した反射法地震探査の結果、これらの逆断層の多くは正断層の反転構造と考えられる。また、呉羽山断層帯北部（薄皮褶曲衝上断層構造）と南部（中角度のウェッジスラスト）のように、走向方向の構造形態の顕著な変化は、明瞭な重力異常急変帯（山本・志知編、2004）で示唆されるようなリフト軸と直交する西北西走向の大規模なトランスファー断層に規制されている可能性がある。また、2013年に実施された構造探査では、富山トラフと東側の飛騨山脈の間には大規模な逆断層が見出された。(1)のような飛騨山脈北西縁にみられる中期?後期更新世の河成段丘面群の傾動や、飛騨山地北西縁部に分布する新第三系の同斜構造は、両白山地北西縁に北西方向に続く。この縁辺の平野部では段丘面の傾動や海成段丘面の分布が認められ、背弧リフトの端部を規制する地殻規模の断層に起源を持つ逆断層運動による隆起・傾動帯である可能性が高い。また、富山トラフと能登半島の間や宝達山地西部の沿岸域には大規模な逆断層が見つかり、これらの活動が能登半島や宝達山地などの構造的な高所の隆起の一部に寄与した可能性がある。このような(1)から(3)の地形・地質学的な特徴と地殻構造の特徴や第四紀のテクトニクスには、北部フォッサマグナや新潟地域など中絶背弧リフト帯との類似点が多く認められ、その多くは中新世に形成された中絶リフトの地殻構造とその再活動に支配された現象として理解される。

## 庄内平野の伏在活断層 Blind active fault beneath Shonai plain, NE Japan

佐藤 比呂志<sup>1\*</sup>; 稲葉 充<sup>2</sup>; 石山 達也<sup>1</sup>; 加藤 直子<sup>1</sup>; 竹花 康夫<sup>2</sup>  
SATO, Hiroshi<sup>1\*</sup>; INABA, Mitsuru<sup>2</sup>; ISHIYAMA, Tatsuya<sup>1</sup>; KATO, Naoko<sup>1</sup>; HAKEHANA, Yasuo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所, <sup>2</sup> 石油資源開発 (株)

<sup>1</sup>ERI, Univ. Tokyo, <sup>2</sup>JAPEX Co., Ltd.

東北日本日本海沿岸の秋田-山形堆積盆地や新潟堆積盆地では、鮮新世後期から継続的に沈降している。こうした地域では活断層や活褶曲による変形が埋積され、変動地形のみでは活構造の認定が困難な場合が多い。庄内平野も鮮新世後期以降の沈降が著しい地域で(池辺ほか, 1979)、平野下の活構造については不明な点が多い。1884年に発生した庄内地震(M7.0)については、庄内平野東縁断層の活動と推定されているが(地震調査推進本部, 2009)、必ずしも明瞭ではない。ここでは、庄内地域の反射法地震探査データから、伏在活断層に起因する構造が見いだされたので報告する。

庄内平野は石油・天然ガスを産することから、資源探査を目的とした反射法地震探査などの地下構造探査が実施されている。検討した測線は北青沢から荒瀬川沿いに遊佐にいたる約15kmの測線である。反射法地震探査データは大型バイブレータ4台を使用、25m間隔で受発震した記録である。断面は通例のCMP重合法処理による。これらの反射法地震探査断面と坑井資料、地表地質データをもとに、地下構造を推定した。これらの解釈については、バランス断面法による検討を加えた。

反射法地震探査測線では出羽丘陵西縁の青沢断層から派生したデタッチメントにより、その西側に形成された断層関連褶曲が見られる。これは一連の短縮変形により形成された構造で、デタッチメントは草薙層?北俣層に形成されている。この構造は庄内リッジと呼ばれる伏在する構造的な高まり東翼を構成している。庄内リッジの西翼は、更新統の庄内層群を含めた地層群が西傾斜する。庄内リッジの西翼には東傾斜の低逆断層が位置し、観音寺層堆積時以降、第四紀後期にいたるまで成長層を形成させてきたと判断される。

1894年庄内地震は、庄内平野東縁断層帯の活動と推定されているが、被害は平野部に集中し、断層上盤の丘陵部では家屋倒壊の被害が報告されていない(松浦, 2012)。したがって、ここで紹介した活構造の南方延長の平野下に伏在する震源断層によって引き起こされた可能性がある。

キーワード: 伏在活断層, 反射法地震探査, 庄内地震, 逆断層

Keywords: Blind active fault, Seismic refraction profiling, Shonai earthquake, Reverse fault

高分解能音波探査による十勝平野断層帯南部，光地園断層海域延長部の浅部構造調査  
High-resolution sonic survey of the shallow structure of the southern extension of the Kochien fault, Hokkaido

内田 康人<sup>1\*</sup>; 仁科 健二<sup>1</sup>; 高見 雅三<sup>1</sup>  
UCHIDA, Yasuhito<sup>1\*</sup>; NISHINA, Kenji<sup>1</sup>; TAKAMI, Masazo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 北海道立総合研究機構 地質研究所

<sup>1</sup> Geological Survey of Hokkaido, Hokkaido Research Organization

光地園断層は十勝平野の南西縁に位置し、十勝平野断層帯の最南部に相当する東側隆起の逆断層である(地震調査研究推進本部, 2005)。本断層の活動時期・変位量に関しては、北海道(2004)によれば低位段丘面に明瞭な地形変位がみられ、2箇所の特レンチおよび1箇所のピットでいずれも東傾斜で30~60°程度の傾斜を示す逆断層を確認し、最新活動時期を2,160 ± 60yBP以降、1つ前の活動時期を17,700 ± 70yBP以降、12ka以前とした。これらから地震調査研究推進本部(2005)は、本断層においては約21,000年前以降に2回の断層活動があったとし、平均活動間隔は7千年~2万1千年程度の可能性があるとしている。これに対して、産業技術総合研究所(2013)は、別地点における特レンチ及びボーリング調査結果より最新活動時期を約31,000年前以後、約12,200年前以前とし、約12,200年前の直前であった可能性が高くこれ以降の断層活動は確認されなかったこと、及び1つ前の断層活動時期は約5万4千年前以前と推定されることから本断層は活動間隔が非常に長い活断層である可能性を示している。

また、本断層の南端部は海岸に達している可能性があるものの、海岸を越えて南方の海域への延長は確認されていない。もし本断層の海域延長を確認し、変位や変形のみられる堆積層の年代が決定できれば、本断層の活動に関する新たな情報を得ることができる。このため発表者らは、本断層の南方延長部海域に相当する十勝港付近から沖合いにかけての約5 × 10kmの海域において、断層分布の手掛かりとなる詳細な浅部堆積構造データを取得することを目的として、高分解能地層探査装置による予察的調査を実施した。

測線は陸域断層の走向に直交するように、WSW-ENE方向に約500m間隔で設定し、総延長は約75kmである。その結果、数本の測線の記録断面に変位地形と考えられる特徴的な反射面を確認した。ここではこの音波探査の結果概要について報告する。

キーワード: 光地園断層, 沿岸海域, 活構造, 高分解能音波探査, 北海道

Keywords: Kochien fault, offshore, active structure, high-resolution sonic survey, Hokkaido



## 三陸海岸北部を隆起させる海底活断層 Submarine active fault and uplift of the northern part of Sanriku coast

渡辺 満久<sup>1\*</sup>  
WATANABE, Mitsuhsisa<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 東洋大学  
<sup>1</sup>Toyo Univ.

### 1 はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震にともなって、青森県～千葉県の太平洋沿岸域のほぼ全域が沈降し、その最大値は約1mであった。地震後の予効変動を考慮しても、これらの沈降運動が回復するにはかなり長期の時間がかかりそうである。深さ100kmまでのプレート境界上におけるすべりが発生すれば回復するという見解もあるが、今後の検討も必要であろう。

三陸海岸の北部には標高数10m以上の位置に複数の海成段丘面が分布しており、長期的には明らかな隆起傾向にあることが知られている。しかし、本地域は東北地方太平洋沖地震発生以前には定常的には沈降傾向にあり、東北地方太平洋沖地震時も、地震後の予効変動でも沈降傾向にあったことが観測されている。このように、長期的な隆起運動と最近の沈降運動とは調和しておらず、三陸海岸北部が隆起するメカニズムに関しては不明の点が多い。今回、三陸海岸北部の久慈市周辺地域において、沿岸域の隆起運動と関係すると予想される、海成段丘面の撓曲変形を確認したので報告する。本研究は、平成25～28年度科学研究費補助金(基盤研究(C))研究代表者:渡辺満久の一部を使用した。

### 2 海成段丘面の変形

久慈市周辺の沿岸域に分布する海成段丘面は、M面とより高位の海成段丘面(高位のものよりH1～H5面)に区分できる。基盤岩は白亜系の花崗岩類と堆積岩類である。M面はToya火山灰との関係から、MIS 5eに形成されたものであるとされている(小池・町田編, 2001)。H2～H5面およびM面の汀線アンゲル高度は、それぞれ190～200m以上、160～170m、100～120m、約70m、約30m程度である。

久慈市周辺の海成段丘面は、海岸から1km以上内陸側に分布している場合にはほぼ水平に分布していることが確認できる。しかし、種市の南方～小袖海岸の地域では、海岸線に近い地域の海成段丘面は海側へ傾斜するように見える。侍浜周辺では、海岸線付近のH3～H4面は徐々に東～東北東方向(海側)へ傾くようになり、最大で3～4度の傾斜を有する。麦生付近では、海側へ急傾斜するH4面が、さらに海側では内陸側に逆傾斜している。これらの変形構造は、白亜系の堆積岩類の構造と調和的である。小袖海岸周辺においては、三崎周辺ではほぼ水平に分布しているH2面が、北東の海岸付近では北東方向へ3度以上傾く。このため、H2面は上に凸の形状を呈している。より海側に分布しているH4面の傾斜も3～4度の傾斜を有しているように見える。

### 3 海底活断層

調査地域の沿岸海域では詳細な音波探査などは実施されておらず、活断層の存在を示す直接的な証拠はない。しかし、上に述べた海成段丘面の撓曲変形は、沿岸海域に逆断層が存在しており、その活動によってもたらされた可能性を示唆している。後藤(2013)の沿岸海域のアナグリフ画像を解析すると、海岸線近傍(約1km以内の、水深は50m未満の位置に、明瞭な海底面の傾斜変換線が読み取れる。この部分に海底活断層(逆断層)トレースがあるとすれば、久慈市周辺の変動地形の特徴は良く説明できるように思われる。

### 4. まとめ

海成段丘面が海側に向かって撓み込むように変形していることは、青森県六ヶ所村周辺での調査(渡辺ほか, 2008)においても確認されている。海底活断層(逆断層)と海成段丘面の変形に関する研究はそれほど多くはない。今回、久慈市周辺においても同様の変形を確認することができたので、今後、同様な研究が必要な分野である。久慈市周辺の海成段丘面が現在の海岸線付近で海側に撓曲するように見えることから、沿岸域に逆断層が存在していて、陸域を隆起させている可能性を指摘できる。このような海底活断層の活動があるとすれば、三陸海岸北部が長期的に隆起傾向にあることを説明できるであろう。

【文献】小池一之・町田 洋編, 2001, 『日本の海成段丘アトラス』東京大学出版会。後藤秀昭, 2013, 広島大学大学院文学研究科論集, 73。渡辺満久・中田 高・鈴木康弘, 2008, 活断層研究, 29。

キーワード: 海底活断層, 海成段丘面, 撓曲, 三陸海岸

Keywords: submarine active fault, marine terrace surface, flexure, Sanriku coast

## 三浦半島断層群および鴨川低地断層帯海域延長部における海底活断層調査 Active fault investigations in the offshore extension of the Miura Peninsula Faults and the Kamogawa-teichi Fault Zone

阿部 信太郎<sup>1\*</sup>; 坂本 泉<sup>2</sup>; 森 宏<sup>1</sup>; 荒井 良祐<sup>3</sup>  
ABE, Shintaro<sup>1\*</sup>; SAKAMOTO, Izumi<sup>2</sup>; MORI, Hiroshi<sup>1</sup>; ARAI, Ryoyu<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所, <sup>2</sup> 東海大学, <sup>3</sup> 川崎地質株式会社  
<sup>1</sup> AIST, <sup>2</sup> Tokai University, <sup>3</sup> KGE Co., Ltd.

文部科学省委託「沿岸海域における活断層調査」の一環として、三浦半島断層群海域延長部および鴨川低地断層帯海域延長部における断層の分布、活動性を明らかにすることを目的として海底活断層調査を実施した。本講演では、このうち断層の分布について報告する。

### <これまでの陸域における調査結果>

三浦半島断層群は、主部と南部から構成されており、いずれも右横ずれが卓越する断層帯である。さらに、断層群主部は、ほぼ西北西-東南東方向に並走する北側の衣笠・北武断層帯と南側の武山断層帯に細分される。確認されている長さは主部の衣笠・北武断層帯で約14km、武山断層帯で約11km、断層群南部で約6kmである。主部、衣笠・北武断層帯の最新活動時期は、6-7世紀であったと考えられ、平均的な活動間隔は概ね1千9百年-4千9百年程度であった可能性がある。武山断層帯の最新活動時期は、概ね2千3百年前以後、1千9百年前以前であったと考えられ、その平均的な活動間隔は1千6百年-1千9百年程度であったと推定される。断層帯南部の最新活動時期は、約2万6千年前以後、約2万2千年前以前であったと推定される。

鴨川低地断層帯は、房総半島南部の千葉県鴨川市から南房総市富山にかけてほぼ東西に延びる鴨川地溝帯南断層、及び、本断層と併走する複数の小断層からなる。断層の長さは約25kmで、断層の南側が北側に対して相対的に隆起する断層帯である。過去の活動に関する資料が乏しく、具体的な活動履歴は不明である。

### <本調査の概要と現時点における調査結果>

両断層帯の海域延長部では、千葉大学、電力中央研究所、海上保安庁海洋情報部、産業技術総合研究所が反射法地震探査を実施している。本研究においては、これらの成果を参照しつつ、鴨川低地断層帯海域延長部の鴨川沖（外房側）、保田沖（東京湾側）、三浦半島断層群海域延長部の金田沖（東京湾側）、葉山沖（相模湾側）において、活構造の分布、性状、陸域部との連続性、海域端部の位置を確認するため、ブーマーを音源とするマルチチャンネル音波探査を実施した。また、柱状採泥点を選定するためSES2000を用いた高分解能音波探査を実施し、柱状採泥試料から得られる地層形成年代と合わせて、完新世における活動履歴の解明を試みた。

鴨川沖の保田層群と三浦層群（より上位の地層）との境界は、反射記録断面上は海底面に変位を伴う断層として認識された。この断層は陸域部に分布する鴨川低地断層帯の直接的な延長部にはあたらないものの、陸域に近づくに従って海底面の撓みとなりつつ雁行状に連続している。一方、保田沖の海底には海底谷が発達しているが、累積を伴った顕著な活構造としては認識されない。

金田沖、葉山沖においては、三浦半島を横断する葉山層の隆起帯の延長部が最も顕著な地質構造として認識される。その南側の縁付近が三浦半島断層群武山断層帯の海域延長部にあたり、深部には地層のキンクも認識される。また衣笠・北武断層帯の海域延長部には隆起帯を形成する葉山層内部に複数の断層が認識される。

キーワード: 三浦半島断層群, 鴨川低地断層帯, 海底活断層調査, 高分解能マルチチャンネル反射法地震探査, 海域延長部, 活構造

Keywords: Miura Peninsula Faults, Kamogawa-teichi Fault Zone, marine active fault investigation, high-resolution multichannel seismic reflection survey, offshore extension, active structure

## 地震性隆起の証拠と断層モデルに基づく伊豆半島南東沖の海底活断層の検討 Examination of submarine active fault off southeast Izu Peninsular, central Japan

北村 晃寿<sup>1\*</sup>; 川手 繁人<sup>2</sup>; 三井 雄太<sup>1</sup>; 金 幸隆<sup>3</sup>  
KITAMURA, Akihisa<sup>1\*</sup>; KAWATE, Shigeto<sup>2</sup>; MITSUI, Yuta<sup>1</sup>; KIM, Haeng yoong<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 静岡大学大学院理学研究科, <sup>2</sup> 静岡大学理学部, <sup>3</sup> 神奈川県温泉地学研究所

<sup>1</sup>Faculty of Science, Shizuoka University, <sup>2</sup>Graduate School of Science, Shizuoka University, <sup>3</sup>HoSprings Research Institute of Kanagawa Prefecture

伊豆半島東南端の海岸の4地点に見られる隆起貝層の調査から, Kitamura et al. (submitted) は下田市東部から南伊豆町西部までの地域で過去3000年間に4回の地震性隆起イベントがあったことを示し, それぞれ発生年代を約3000年前, 西暦1000-1270年, 1430-1660年, 1506-1815年と見積もった. 本研究では, 既報の4地点よりも東の九十浜と西の盪(たらい)岬で, 新たに隆起貝層を発見し, それらの構成種の記載と14C年代測定を行った. その結果と先行研究のデータから地震性隆起量の平均値を求め, 断層モデルを用いて, 地震性隆起を起こした海底逆断層を推定した. その結果, 断層は下田市の沖合い約5kmに位置し, 長さ:12km, 幅:15km, 傾斜:25° N, すべり量:3.0m, 剛性率= $3 \times 10^{10}$ の場合,  $M_w=6.7$ と推定される.

キーワード: 海底活断層, 伊豆半島南東, 地震性隆起, 断層モデル

Keywords: submarine active fault, southeast Izu Peninsular, coseismic uplift events, fault model



## 能登半島北方海域の活断層の最新活動時期とその断層モデル The latest event and its fault model of active faults off the northern coast of the Noto Peninsula, central Japan

浜田 昌明<sup>1\*</sup>; 小田 満広<sup>1</sup>; 平松 良浩<sup>2</sup>; 山口 弘幸<sup>3</sup>

HAMADA, Masaaki<sup>1\*</sup>; ODA, Mitsuhiro<sup>1</sup>; HIRAMATSU, Yoshihiro<sup>2</sup>; YAMAGUCHI, Hiroyuki<sup>3</sup>

<sup>1</sup>北陸電力株式会社, <sup>2</sup>金沢大学, <sup>3</sup>ナチュラルコンサルタント株式会社

<sup>1</sup>Hokuriku Electric Power Co., Ltd., <sup>2</sup>Kanazawa University, <sup>3</sup>Natural Consultant Co., Ltd.

能登半島北方海域の活断層は、西から、門前沖セグメント、猿山沖セグメント、輪島沖セグメント、珠洲沖セグメントの4つのセグメントに区分されている。このうち、門前沖セグメントの東半分は能登半島北西岸で発生した2007年能登半島地震( $M_{JMA}=6.9$ )で活動し、地震に伴う陸域の隆起量と周辺の段丘面の旧汀線高度との関係から、震源断層の活動間隔が推定されている。しかしながら、その他のセグメントについては、過去の地震との関連が明らかにされていない。

本研究では、猿山沖セグメント～珠洲沖セグメントの活動による地震性隆起を調査するため、これらのセグメントの隆起側にあたる能登半島北岸の延長60 km以上の海岸線に沿って、鉛直方向の地殻変動について調査した。地殻変動の指標として潮間帯海棲生物であるヤッコカンザシを用いた。調査の結果、9地点で岩礁に固着したヤッコカンザシ群集を発見し、合計13の試料を採取した。それぞれの試料の高さについてはGPS測量によって計測し、生息当時の年代についてはAMSにより<sup>14</sup>C年代を測定した。

採取した化石群集の標高には、生息当時から現在までの海水準変化の影響が含まれるため、その影響を除去する必要がある。そこで、気候変動のデータから作成された北半球における1000年間の海水準変動曲線(Grinsted *et al.*, 2009)を用いて補正を行った。試料を採取した地点の隆起量と年代から、隆起は西暦1600年から1800年の間に起こったと推定された。また、隆起が認められた範囲は、輪島沖セグメントに対応する輪島市納見から珠洲市馬縹の約20 kmの区間であった。なお、本地域周辺では、この時期の地震の記録として、古文書で示された1729年の能登・佐渡の地震があり、その震源は不明とされている。

この隆起が輪島沖セグメントの断層活動によって生じたことを確認するために、輪島沖セグメントの断層モデルを作成した。地表の変形量の計算にあたっては、均質な半無限弾性体における矩形の断層を仮定し、2007年能登半島地震の断層モデルを参考に、傾斜角は60°、断層上端深さは2 km、断層下端深さは15 kmとした。断層の位置は、輪島沖セグメントの断層トレースに基づき、2条の断層が並走する西部については、南側の断層トレースとした。断層のレイクは90°、105°、120°、135°の4ケースとし、断層面は3区間に区分し、各区間の変位量を非線形インバージョン法によって求めた。

インバージョンの結果、断層のレイクを90°、西側の断層面の変位量を1.8 m、中央および東側の断層面の変位量を0.6 mとした場合、海岸線で推定された各地点の隆起量と最もよく合致した。この断層面の直上は、1729年の地震における潰家率30%以上の範囲とほぼ一致している。地震発生層の剛性率を30 GPaとした場合、モーメントマグニチュード $M_W=6.6$ ( $M_{JMA}=6.7$ )となった。今回推定した地震の規模は、この1729年の地震の被害から推定された規模( $M=6.6\sim 7.0$ )と整合的である。また、計算結果によれば、輪島沖セグメントの逆断層運動による0.2 m以上の隆起範囲は、海岸部から内陸10 kmまで広がっていたと考えられる。

本研究において、ヤッコカンザシ群集から求めた地殻変動の時期が1729年の地震の発生時期と整合的であること、想定した輪島沖セグメントの断層面の直上が1729年の地震の被害範囲とほぼ一致すること、さらに、インバージョン解析に基づく輪島沖セグメントの地震の規模が1729年の地震の推定規模と整合的であることが明らかとなった。これらのことから、能登半島北方海域の活断層のうち、輪島沖セグメントの最新活動は、1729年の地震であると考えられる。

キーワード: 地震性地殻変動, 活断層, 潮間帯固着生物, 放射性炭素年代, 断層モデル, 能登半島

Keywords: coseismic crustal movement, active fault, intertidal sessile organisms, carbon dating, fault model, the Noto Peninsula



## 別府一万年山断層帯（大分平野一由布院断層帯東部）における重点的な調査観測 Integrated Research for Beppu Haneyama Fault Zone (East part of Oita Plain to Yufuin Fault)

竹村 恵二<sup>1\*</sup>; 別府一万年山断層帯 調査観測研究グループ<sup>1</sup>  
TAKEMURA, Keiji<sup>1\*</sup>; RESEARCH GROUP FOR, Beppu haneyama fault zone<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 京都大学理学研究科

<sup>1</sup> 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、平成26年度から3年間で、別府一万年山断層帯（大分平野一由布院断層帯東部）の調査観測を開始した。別府一万年山断層帯（大分平野-由布院断層帯東部）はこれまでの各種の調査によって、最新活動時期や平均活動間隔、震源断層形状が提案されているが、活動履歴情報は十分ではなく、また、大分平野付近の伏在断層部分や別府湾海域における分布形状、中央構造線断層系の西端との関連の課題など、不明な点も多い。

### 〈調査の目的〉

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、等を行う。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を図る。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る。本対象断層帯に位置し、当該断層帯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。

### 〈研究グループと観測調査内容〉

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。対象断層帯の特徴を踏まえ、本事業を推進するために、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。

〈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、3次元地下速度構造モデルと浅部地下速度構造モデルを構築する。このため、S波速度等の構造情報が不十分である大分平野・別府地域等においてアレイ微動観測等を行うとともに、対象断層帯周辺域の既存の地下速度構造モデルを地震動記録や地震波干渉法、微動観測等によって検証し、より信頼度の高い予測強震動を得るための改良を行う。また、強震動予測に用いる震源断層モデル（地震シナリオ）を、主としてサブテーマ2によって得られる震源断層形状、および、サブテーマ1によって高度化される断層活動区間等の情報を活かして作成し、強震動予測を行う。

本発表では、平成26年度の成果について報告の予定である。

キーワード: 別府一万年山断層帯, 重点的調査観測, 活断層, 断層モデル, 強震動予測

Keywords: Beppu Haneyama Fault Zone, Integrated Research Project, Active fault, Fault model, strong ground motion

## 布田川一日奈久断層帯海域延長部における高分解能地層探査結果 Results of the High-resolution seismic survey for the offshore extension of the Futagawa-Hinagu fault zone

八木 雅俊<sup>1\*</sup>; 坂本 泉<sup>1</sup>; 藤巻 三樹雄<sup>2</sup>; 根元 謙次<sup>1</sup>  
YAGI, Masatoshi<sup>1\*</sup>; SAKAMOTO, Izumi<sup>1</sup>; FUJIMAKI, Mikio<sup>2</sup>; NEMOTO, Kenji<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東海大学, <sup>2</sup> 沿岸海洋調査 (株)  
<sup>1</sup> Tokai University, <sup>2</sup> Coastal Ocean Research Co, LTD

阿蘇外輪山西側から八代海南部へ北東-南西方向に延びる布田川一日奈久断層帯は全体として右横ずれを主体としている。本断層帯南西部に位置する八代海の海底には多数の断層が分布している。

横ずれ断層末端部の消滅機構において、複雑な変形構造が発達することが知られており (例えば垣見・加藤,1994)、それらの構造を把握するためには、3次元かつ高分解能な地質構造調査技術の構築が必要 (阿部・青柳,2004) という指摘がされている。

本研究では、海域における横ずれ断層に伴う変形構造を3次元的に捉えることを目的とし、既知の断層である布田川一日奈久断層帯海域延長部を対象とした音波探査を実施した。調査は断層の走向 (NE-SW) に直交する方向を基本として、最大 20m 間隔と緻密な測線配置で実施し、総測線数 83 本、総延長 189km となった。使用機器として、従来の音波探査装置に比べ指向角が  $\pm 1.8^\circ$  と狭いためにサイドローブが少なく、また発信レートが高い特徴をもつ高分解能地層探査装置 (SES2000) を用いた。さらに動揺補正装置によるヒーブ補正を行うことで、海底下極浅部において高精度な記録断面を取得した。

本発表では、調査により得られた連続記録断面から断層変位に伴う変形構造を3次元的に解釈し、その特徴について議論を行う。また、今後は海底地形マッピング及び柱状採泥を行い、断層の変位様式をより詳細に検討していく予定である。

キーワード: 布田川一日奈久断層帯, 右横ずれ断層, 高分解能地層探査

Keywords: Futagawa-Hinagu fault zone, right-lateral strike-slip fault, High-resolution seismic survey

## 伊豆半島における新発見の活断層:狩野川断層 (新称) の変動地形と最近活動性 A newly-found active fault in the Izu peninsula: the Kanogawa fault and its seismotectonic implication

林 愛明<sup>1\*</sup>; 小野 温<sup>1</sup>; 佐野 実可子<sup>1</sup>  
LIN, Aiming<sup>1\*</sup>; ONO, Nodoka<sup>1</sup>; SANO, Mikako<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 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  
<sup>1</sup> Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto Univ., Japan

伊豆半島における活断層は多く存在することがよく知られている。特に 1930 年 M7.3 北伊豆地震を引き起こした丹那断層や 1974 年 M6.9 伊豆半島沖地震の震源断層である石廊崎断層などの活断層が発達している。伊豆半島において、1930 年 M7.3 北伊豆地震をはじめとして、1934 年 M 5.5 天城山の地震、1976 年 M 5.4 河津地震、1978 年 M 7.0 伊豆大島近海地震、1974 年 5 月 9 日 M 6.9 伊豆半島沖地震、1980 年 M 6.7 伊豆半島東方沖地震などの被害地震が多く発生した。しかし、丹那断層と石廊崎断層を除くと、これらの地震を発生した活断層についてはほとんど分かっていない。本研究では、伊豆半島の活断層についての再解析・調査を行った。その結果、丹那断層の西側の狩野川流域に新たな活断層として、ほぼ南北走向を持つ、全長 30km 以上に及ぶ狩野川断層 (新称) を発見した。

本研究では、空中写真の判読に加えて、1:25,000 地形図と 10m メッシュの DEM データを用いた立体画像の解析により、活断層の変動地形の判読・解析を行った。また、これらの判読・解析の結果に基づいて変動地形と断層の野外調査を行った。その結果、扇状地や低位段丘を横切る、数十センチから 10m 以上の鉛直変位量を持つ断層崖や断層破碎帯が確認された。これらの連続的な低?高断層崖は活断層の累積変位によって形成されたと考えられる。このような断層崖は、北部の三島市から南部の天城峠まで断続的に発達していることを確認することが出来た。従った、狩野川断層帯の全長は約 30 km 以上である可能性が高いと推定される。この断層の最近活動性と変位速度などを明らかにするため、現在野外地質・地形調査を行っており、トレンチ調査も行う予定である。本講演では、主に狩野川断層の変動地形と最近の活動性について報告する。

キーワード: 伊豆半島, 活断層, 狩野川断層, 変動地形, DEM 画像, 空中写真

Keywords: Izu peninsula, active fault, Kanogawa fault, tectonic topography, DEM image, Aerial photography

## 集落別死者率から推定した安政飛越地震(1858)の震央 Epicenter of the Ansei Hietsu Earthquake in 1858 inferred from ratio of dead persons in each village

小松原 琢<sup>1\*</sup>  
KOMATSUBARA, Taku<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所  
<sup>1</sup> Geological Survey of Japan, AIST

### 1. はじめに

歴史史料は古地震の復元の上で極めて重要な資料である。しかし人的被害の状況から震央を推定したり震源過程を推定したりした研究はいまだ多くない。演者は、集落別の死者率を基に、双子地震とされてきた安政飛越地震(1858年:  $M_j = 7.0 \sim 7.1$ : 宇佐美ほか, 1979)の震央を推定した。

### 2. 安政飛越地震の特徴

安政飛越地震は西暦1858年4月9日の深夜に発生した。史料によると、この地震は子の刻と丑の刻に2度大きな震動を発生させている(内閣府中央防災会議, 2003)。この地震による人的・物的被害は高山郡代(幕領)により集落毎に記載されており、飛騨国における被害状況は詳細かつ定量的に検討することができる。それによると、家屋倒壊率は跡津川断層近傍で50~100%と極めて高く同断層から離れると急激に小さくなり、御母衣断層近傍で局所的に20~60%という高い値を示す(宇佐美ほか, 2013)。また、跡津川断層におけるトレンチ調査(佃ほか, 1986)や同断層の露頭の詳細な調査(道家・竹内, 2009)などから跡津川断層が活動したことは確実と考えられる。

3. 岐阜県史 史料編近世八「安政五年年飛州村々地震一件」(新収日本地震史料第5巻別巻4 所収)に記載された人的被害から推定される震央

この地震は深夜に生じたため、最初の地震発生時には人々の大多数は家の中に居たと考えられる。したがって、第1震の震央近傍では死者率が高い一方で第1震のために人々が避難していた第2震の震央近くでは死者率は低いと予想される。

上記書に記載された集落別死者率は、跡津川断層中央部(天生~菅沼間)で4~54%(一部で0%)と高く、跡津川断層の東部では低い。また御母衣断層沿いではいずれの集落でも死者率は0%である。

このことは、跡津川断層中央付近で第1震が発生し、御母衣断層沿いの住家被害は第2震(ないしそれ以降の余震)によるものであることを示すと考えられる。

### 文献

道家涼介・竹内章(2009) 第四紀研究, 48, 11-17.

内閣府中央防災会議(2008)1858 飛越地震. <http://www.bousai.go.jp/kyoiku/kyokun/kyoukunnokeishou/rep/1858-hietsuJISHIN/>

佃為成ほか(1986) 活断層研究 3, 59-64.

宇佐美龍夫ほか(1979) 地震予知連絡会会報, 21, 115-119.

宇佐美龍夫ほか(2013) 日本被害地震総覧 599-2012. 東京大学出版会.

キーワード: 安政飛越地震, 歴史地震, 人的被害, 跡津川断層, 震央

Keywords: Ansei Hietsu Earthquake, historical earthquake, human damage, Atotsugawa fault, epicenter



Reevaluated age of the latest activity of Ushikubi fault with ESR method using calcite proportion in calcareous gouge  
Reevaluated age of the latest activity of Ushikubi fault with ESR method using calcite proportion in calcareous gouge

FANTONG Emilia Bi<sup>1\*</sup>; TAKEUCHI, Akira<sup>1</sup>; KAMISHIMA, Toshio<sup>1</sup>; HOSOTANI, Ryohei<sup>1</sup>  
FANTONG Emilia Bi<sup>1\*</sup>; TAKEUCHI, Akira<sup>1</sup>; KAMISHIMA, Toshio<sup>1</sup>; HOSOTANI, Ryohei<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grad. Sch. Sci. Eng. Educ., Univ.Toyama

<sup>1</sup>Grad. Sch. Sci. Eng. Educ., Univ.Toyama

The Ushikubi fault with a recurrence interval of 4-5 ka (Miyashita et al., 2004b) is a 52 km long, NE-SW dextral trending fault and composes of a complex network of active faults in central Japan. Because active faults in Japan have become a major threat to the location and re-running of the nuclear power plants in the country, various methods have been employed to unravel their fault histories and to determine ages of their recent activities. According to previous radiocarbon dating of overlying contact, the latest activity of this fault is about 1 ka while a close age of 1.9 Ka has been obtained directly from calcareous fault gouge using the ESR method (Fantong et al., 2013).

Although ESR ages obtain from defect centers in quartz grains are always greater than 10,000 yrs, age determination of the recent movement of the Ushikubi fault using calcite proportion in the mixture could give a relatively younger and more precise age. This is because defects from calcites have a younger dating range and therefore may be appropriate for determining the age of the most recent fault activities. Accordingly, the main aim of this investigation is to reevaluate the age of the Ushikubi fault based on the proportion of calcite in the samples and also to verify additive dose rate dependency on the ESR signal intensities.

The calcite proportion from the mixture was estimated using calibration curves constructed from known concentrations of pure quartz and calcite obtained from XRD diffractograms. The equivalent doses were estimated using the additive dose method and the annual dose rates (adopted from Fukuchi et al., 2002) were calculated from the concentrations of radioactive elements. Calibration curves revealed that the proportion of calcite in the samples range from 26-37% and 9-17% in the central and eastern part of the Ushikubi fault respectively. Although no great discrepancy was observed in the equivalent dose and the signal intensity upon addition of artificial irradiation (50 Gy/hr and 20 Gy/hr), the equivalent dose determined from some of the samples irradiated at 20 Gy/hr was slightly larger. The average age obtained from these proportion range from 0.75 - 1.15 ka (50 Gy/hr) and 0.88 - 1.2 ka (20 Gy/hr). These ages are in good agreement with that determined by radiocarbon dating (1 ka) (Miyashita et al., 2004b).

#### References

Fantong E. B., Takeuchi A. and Doke R., (2013): Electron spin resonance (ESR) dating of calcareous fault gouge of the Ushikubi fault, central Japan. *Applied Magnetic Resonance* 44:1105-1123.

Fukuchi T., Mie H., Okubo S. and Imai N., (2002): Assessment of Fault Activity by ESR Dating of Fault Gouge Using Surface E' Center in Quartz Produced with Clay Mineralization: The Case of the Atotsugawa Fault in Japan. *Advances in ESR Application*, 18: 145-151.

Miyashita, Y., Yoshioka, T., Nikaido, M., Takase, N. and Tachibana, T., (2004b): Paleoseimological surveys of the Northeastern part of Ushikubi fault on Toyama/Gifu prefectural border-A trench excavation survey at kamishirakimine site. *Annual Report on Active Fault and Paleoeearthquake Research*, 4: 131-142 (In Japanese with English abstract).

キーワード: ESR, Calcareous fault gouge, Calcite proportion, Ushikubi fault, Active fault

Keywords: ESR, Calcareous fault gouge, Calcite proportion, Ushikubi fault, Active fault

## 富山県富山市中心市街地における呉羽山断層の地表トレースと最新活動 Surface trace and latest activities of the Kurehayama Fault through the urban area of Toyama City, north-central Ja

竹内 章<sup>1\*</sup>; 山口 弘幸<sup>2</sup>  
TAKEUCHI, Akira<sup>1\*</sup>; YAMAGUCHI, Hiroyuki<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 富山大学大学院理工学研究部, <sup>2</sup> 富山大学大学院理工学教育部

<sup>1</sup>Graduate School of Science and Engineering for Research, University of Toyama, <sup>2</sup>Graduate School of Science and Engineering for Education, University of Toyama

呉羽山断層帯は、富山市の都市部を縦断する活断層である。市街地で地形調査や地下の物理探査等を実施するには制約が多く、そのため、この断層トレースと活動年代については、まだ不明な点が多い。本研究では、近年、富山河川国道事務所が富山市粟島町付近国道8号線沿いの5地点（西側から T7、T8、T2、T3 および T9）で実施した地盤調査ボーリングの柱状図およびコア試料を用いた。コア観察および炭素同位体年代測定によって深度 50m までの層序断面図を作成・検討した。

地点 T7、T8、T2、T3 における更新世礫層の上限深度は、41.46m、41.18m、40.37m、41.74m と、大きく変わらないのに対し、地点 T9 では標高-40.08m と、T3 と T9 間において、礫層上端に 4.7m の標高差がある。この事実から、呉羽山断層のトレースは国道8号沿い地点 T3 と地点 T9 の間を通過すると考えられた。

層序断面図の検討から、9680calBC 以降、少なくともつぎの2回の断層変位が起こり、この間に累積変位量が 4.7m になったと推定された。まず、標高 0 m 付近の年代測定から、4960calBC 前後以降 1360calBC 前後以前に 2.5m の変位が認められた。最新活動年代は、既往研究成果と総合して BC2285 以降 1360calBC 前後以前である。最新活動より 1 回前の断層運動は、9500calBC 前後以降 - 8380calBC 前後以前に起き、上下に 2.54m 変位した。上下変位は約 2.5 m であり、断層全体がこのすべりを生じた場合、モーメントマグニチュード 7.2 に相当する。さらに、9500calBC 前後以降、8380calBC 前後以前に最新活動の 1 回前の断層活動があり、上下に約 2.5m 変位した。したがって本断層の活動性は、活動間隔が約 7100 年であり、平均変位速度は 0.5 m/kyr となり B 級活断層である。

なお、本研究で推定した断層トレースに該当する変動地形として富山市豊田本町付近から豊若町にかけての段丘を切る低崖が認められるが、この地域の地形発達については、今後の課題として残された。

キーワード: 活断層, 逆断層, 呉羽山断層, 富山平野, 最新活動, 断層トレース

Keywords: active fault, reverse fault, Kurehayama Fault, Toyama Plain, latest activity, fault trace

## Offset clusters on the Haiyuan Fault and its implications to earthquake rupture pattern Offset clusters on the Haiyuan Fault and its implications to earthquake rupture pattern

任 治坤<sup>1\*</sup>

REN, Zhikun<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>State Key Laboratory of Earthquake Dynamics Institute of Geology China Earthquake Administration

**Abstract** We use airborne LiDAR data to re-evaluate the single-event offsets of the 1920 Haiyuan Ms 8.5 earthquake and the cumulative offsets along the western and middle segments of the co-seismic surface rupture zone. Our LiDAR data indicate the offset observations along both the western and middle segments fall into groups. The group with minimum slip amount is associated with the 1920 Haiyuan Ms 8.5 earthquake, which ruptured both the western and middle segments. Our research highlights two new interpretations: firstly, the previously reported maximum displacement of the 1920 Earthquake is likely to be due to at least two earthquakes; secondly, Our results reveal that the Cumulative Offset Probability Density (COPD) peaks of same offset amount on western segment and middle segment did not correspond to each other one by one. We suggest that any discussion of the rupture pattern of a certain fault based on the offset data should also consider fault segmentation and paleoseismological data; Therefore, using the COPD peaks for studying the number of palaeo-events and their rupture patterns, the COPD peaks should be computed and analyzed on fault sub-sections and not entire fault zones.

**Active thrust faulting and paleoseismic records of the Longquanshan Fault in the interior of the Sichuan Basin, China**  
**Active thrust faulting and paleoseismic records of the Longquanshan Fault in the interior of the Sichuan Basin, China**

WANG, Maomao<sup>1\*</sup> ; LIN, Aiming<sup>1</sup> ; YAN, Bing<sup>1</sup>  
WANG, Maomao<sup>1\*</sup> ; LIN, Aiming<sup>1</sup> ; YAN, Bing<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Geophysics, Kyoto University, Japan

<sup>1</sup>Department of Geophysics, Kyoto University, Japan

The Longquanshan Fault (LQSF), located in the interior of the Sichuan basin, China, defines the east boundary of the Longmen Shan fold-and-thrust belt. Previous studies have shown the geometry and kinematic of the LQSF that formed above the shallow (3-5 km) detachment within the Triassic evaporite sequences within the basin. Despite its location near the metropolitan of Chengdu, and total length of about 230 km, evidences for active faulting and paleoseismic records of the LQSF are quite unknown. Here we define the fault activity of the LQSF by integrating seismic reflection profiles, geomorphic observations, and trench survey. Analysis of seismic reflection data and focal mechanism solution show that the 1967 Ms 5.5 Renshou earthquake ruptured the back-thrust of the structural wedge system in the LQSF, causing 7 deaths and 57 injuries. By using high-resolution satellite images combined with the field observations, we mapped the active fault traces of the back-thrust of the LQSF. We excavated the trench across the ~5 m high fault scarp that formed on the alluvial fan. Based on the identification of the colluvial wedges and the uplift and folding of the paleosoil, we infer that there are at least two paleoearthquake events are recorded in the trench wall. These findings confirm the cumulative of uplift of river terraces are produced by the LQSF through repeated paleoearthquake events. Our study shows that the LQSF represents a significant seismic hazard in the center of the high densely inhabited area in the Sichuan basin.

キーワード: Active tectonics, thrust fault, paleoseismic, seismic reflection profile, trench survey, Sichuan basin

Keywords: Active tectonics, thrust fault, paleoseismic, seismic reflection profile, trench survey, Sichuan basin



## 2014年11月22日長野県北部の地震 (Mw 6.2) にともなって出現した地表地震断層 The surface rupture of the 22 November 2014 Nagano-ken-hokubu earthquake (Mw 6.2), Nagano prefecture, central Japan

石村 大輔<sup>1\*</sup>; 岡田 真介<sup>1</sup>; 丹羽 雄一<sup>1</sup>; 遠田 晋次<sup>1</sup>  
 ISHIMURA, Daisuke<sup>1\*</sup>; OKADA, Shinsuke<sup>1</sup>; NIWA, Yuichi<sup>1</sup>; TODA, Shinji<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東北大・災害研  
<sup>1</sup> IRIDeS, Tohoku Univ.

2014年11月22日に長野県北部にて Mw 6.2 の地震が発生し、それに伴って既知の活断層沿いに地表地震断層が出現した。私たちは、11月23日-26日と11月29日-12月3日の二回に分けて地表地震断層のマッピングおよびそれに関する地変の記載を行った。一部、簡易測量を行い上下変位量や水平短縮量を求めた。

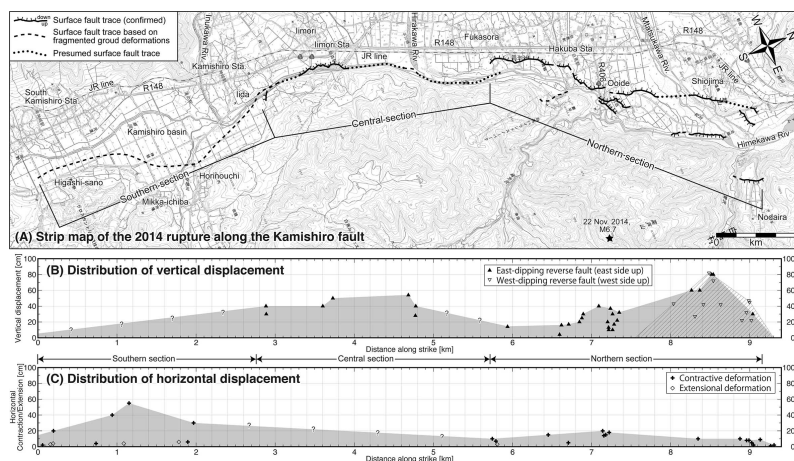
地表地震断層は、既知の活断層である神城断層 (澤ほか, 1999; 東郷ほか, 1999) に沿うように出現した。ただし、既知の活断層位置と一致しない部分もあった。私たちが確認した地表地震断層の総延長は 9.2 km、一般走向は NW-SE であった。地表変位に関しては、おもに東上がりを示し、主断層として東傾斜の逆断層が推定された。これは震源のメカニズム解や InSAR の結果と整合的である (気象庁, 2014; 国土地理院, 2014)。また一部では、バックスラストと思われる高角東落ち断層が主断層の東側に出現した。以下、北から南に向かって地表地震断層の詳細を述べる。

今回確認した地表地震断層の最大上下変位量 (西落ち 0.8 m) を示す撓曲崖は塩島で認められた。延長部である城山の東側では、ほぼ東西走行の北落ちと南落ちの撓曲崖が並走するが、それより北側では明瞭な変位は認められなかった。塩島の東側の野平と松川・姫川の合流地点付近では東落ち (最大 0.8 m) のバックスラストに伴う断層崖・撓曲崖が認められた。松川から大出の間では、三条の西落ちの撓曲崖および地変が認められ、大出の南で一条に収斂する。さらに深空までの間は大糸線と姫川の間広がる田畑に撓曲崖がほぼ連続して出現し、湾曲するような平面形を示す。深空から飯森までの間には明瞭な地変は認められなかったため、地表地震断層は姫川もしくはさらに東側に存在すると推定された。しかし、その地変を姫川沿いでは確認することはできなかった。飯森では、撓曲崖が姫川の左岸に出現し、約 500 m にわたって連続的に確認できた。ここでも断層の平面形は湾曲した形態を示す。さらに南の堀之内にかけては明瞭な断層変位は認められないが、人工物の短縮変形が認められるようになり、その短縮変形の前面に地表地震断層の地表トレースが推定された。そのため飯田より南側では北側に比べて断層が低角化していると推定される。堀之内から東佐野にかけても短縮変形が連続的に認められ、その地点に断層トレースを推定した。その短縮量は最大で約 0.5 m であった。

以上の性状から北部から南部に向かって地表付近での断層の低角化が推定される。その要因としては、表層堆積物の構成物および厚さの違い (基盤岩深度) によると考えられる。また上下変位量分布からは北部の方が大きく南部の方が小さい傾向が読み取れ、震源に近い部分で上下変位量が多いことがわかる。ただし、南部は断層の低角化が推定されるため地表付近での断層の角度を知ることが正確な断層変位量を知るためだけでなく、地表地震断層の分布形態を理解する上でも重要であると考えられる。

キーワード: 地表地震断層, 2014年11月22日長野県北部の地震, 糸魚川-静岡構造線断層帯, 神城断層

Keywords: surface rupture, the 22 November 2014 Nagano-ken-hokubu earthquake, Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, Kamishiro fault



## 2014年長野県北部の地震に伴い出現した地表地震断層における地中レーダ探査 Ground penetrating radar survey across the surface rupture generated by the 2014 Northern Nagano Earthquake

中埜 貴元<sup>1\*</sup>; 飛田 幹男<sup>1</sup>; 中島 秀敏<sup>1</sup>; 神谷 泉<sup>1</sup>

NAKANO, Takayuki<sup>1\*</sup>; TOBITA, Mikio<sup>1</sup>; NAKAJIMA, Hidetoshi<sup>1</sup>; KAMIYA, Izumi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 国土地理院

<sup>1</sup> GSI of Japan

2014年11月22日に発生した、長野県北部を震源とする地震(M6.7)(以下、「2014年長野県北部の地震」という)では、糸魚川-静岡構造線の北部を構成する神城断層周辺において、長さ9km以上に及ぶ地表地震断層が出現した(廣内ほか, 2014; 近藤ほか, 2014; 岡田ほか, 2014など)。地表地震断層は、白馬村北部の白馬村北城地区塩島においては約90cm、白馬村北城地区大出においては約40cmの上下変位があり(廣内ほか, 2014)、これらの地域では比較的直線状に分布しているのに対し、白馬村南部の神城地区飯田、神城地区堀之内周辺では水平短縮変形が顕著で、地形に沿って屈曲して分布している。これは、地表地震断層の傾斜角が、北部では高角であるのに対し、南部では低角であるためと考えられる。白馬村南部の神城地区堀之内近辺では、過去にトレンチ調査が実施されており、断層面はほぼ水平であることが確認されている(奥村ほか, 1998)。これらを確認するために、白馬村北城地区大出と神城地区飯田において地中レーダ探査を実施し、地表地震断層の地下浅部構造の把握を試みた。

探査は、2014年12月2日に実施した。北城地区大出では、国道406号線上に地表地震断層を横断する東西方向の測線(LineOi-1)と、国道から10mほど南側の耕作地内に同様の測線(LineOi-2)を設けて探査を実施した。神城地区飯田では、水田内を通る南北方向の砂利道に沿った測線(LineId-1)を設けて探査を実施した。探査装置は、カナダ国 Sensors & Software 社製 Noggin plus を用い、アンテナ中心周波数は250MHzとした。

探査の結果、LineOi-1では、深さ0.5m付近の明瞭な水平の反射面が、地表地震断層出現位置付近で東上りの変位を呈した。また、同地点の深さ1m付近でも反射面が東上りの屈曲を示した。これらの変位量は20~30cm程度であり、地表での上下変位量よりは小さいが、それと調和的な結果である。地表地震断層出現位置より西へ1~2mの地点においては、地表付近から深さ2m付近にかけて、縦方向に伸びる線状の反射空白域が確認でき、その両側で反射面の変位も確認できた。これは、中埜・酒井(2007)が報告している活断層における反射の特徴と一致する。探査プロファイル全体を見ると、地表地震断層出現位置付近を境に、その西側では全体的に反射が強く、東側では反射が弱いことから、断層を境に誘電特性の異なる媒質(地質等)が分布していると考えられる。以上から、本地区の活断層は高角と考えられるが、LineOi-2では明瞭な断層構造は確認できなかった。LineId-1においても、部分的な層構造は確認できるものの、地表地震断層出現位置付近において、明瞭な断層構造を確認することはできなかった。同地点近くの過去のトレンチ調査(奥村ほか, 1998)では、深さ4m付近に水平に近い断層面が確認されており、その上盤側の深さ2m以深に明瞭な地層の褶曲構造が確認されているが、今回の地中レーダ探査のプロファイル深度は2m程度であり、明瞭な層構造まで達していない可能性がある。

以上より、地中レーダ探査により、北城地区大出では高角の活断層を捉えることができたと考えられるが、神城地区飯田の低角の活断層は検出することができなかった。今後、他測線や他アンテナ周波数での調査や簡易ボーリング等を実施することで、探査結果の解釈の信頼性を高めたいと考えている。

謝辞

地中レーダ探査装置は、名古屋大学鈴木康弘教授からお借りした。ここに記して感謝申し上げます。

引用文献

廣内ほか(2014): 2014年11月22日長野県神城断層地震における地表変位について(速報)。

[http://danso.env.nagoya-u.ac.jp/jsafr/jishin/20141122\\_kamishiro/20141122\\_nagano\\_report\\_hirouchi\\_etal.pdf](http://danso.env.nagoya-u.ac.jp/jsafr/jishin/20141122_kamishiro/20141122_nagano_report_hirouchi_etal.pdf)

(2015年1月14日閲覧)

近藤ほか(2014): 2014年11月22日長野県北部の地震 第二報地表地震断層緊急調査報告(1)。

<https://www.gsj.jp/hazards/earthquake/naganokenhokubu2014/naganokenhokubu20141126.html> (2015年1月14日閲覧)

中埜・酒井(2007): 阿寺断層系中北部における極浅層構造のレーダ探査による研究。活断層研究, 27, 191-200。

岡田ほか(2014): 長野県北部の地震にともなう地表地震断層。

[http://irides.tohoku.ac.jp/media/files/topics/20141209\\_report\\_nagano.pdf](http://irides.tohoku.ac.jp/media/files/topics/20141209_report_nagano.pdf) (2015年1月14日閲覧)

奥村ほか(1998): 糸魚川-静岡構造線活断層系北部の最近の断層活動—神城断層・松本盆地東縁断層トレンチ発掘調査—。地震, 50別冊, 35-51。

# Japan Geoscience Union Meeting 2015

(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)

©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SSS28-26

会場:A04

時間:5月28日 16:30-16:45

キーワード: 2014年長野県北部の地震, 神城断層, 地表地震断層, 地中レーダ探査, 地下浅部構造

Keywords: the 2014 Northern Nagano Earthquake, Kamishiro fault, surface rupture, Ground penetrating radar (GPR), shallow underground structure

## 長野県白馬村神城断層周辺の活断層露頭 Outcrops around the Kamishiro fault, Nagano Prefecture, Central Japan

小林 健太<sup>1\*</sup>; 粉川 真人<sup>2</sup>; 香取 拓馬<sup>2</sup>; 飯田 圭輔<sup>1</sup>  
KOBAYASHI, Kenta<sup>1\*</sup>; KONAKAWA, Masato<sup>2</sup>; KATORI, Takuma<sup>2</sup>; IIDA, Keisuke<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 新潟大学理学部地質科学科, <sup>2</sup> 新潟大学大学院自然科学研究科  
<sup>1</sup>Dep. Geol., Fac. Sci., Niigata Univ., <sup>2</sup>Grad. Sch. Sci. & Tech., Niigata Univ.

2014年11月22日に発生した長野県神城断層地震(M6.7)について、関連すると思われる活断層露頭の調査を行った。今回の地震に伴って出現した地表地震断層の北端付近(白馬村北城)は、低位段丘、沖積低地や扇状地の堆積物に広く被われている。その中で城山周辺地域(南北400m×東西200m)では、鮮新世岩戸山層(安山岩質溶岩・火砕岩)が、孤立して高所に分布する。そのさらに上位には、中位段丘堆積物がごく狭く分布する。

活断層露頭は、中位段丘堆積物の上に、南東に低角で傾斜する断層面で境され、変形・変質を被った凝灰角礫岩(岩戸山層)が乗っている。低角断層直下の段丘礫は、これとほぼ平行に再配列している。低角断層は下方(南東側)で、南東に高角で傾斜する別の断層に切断される。高角断層直下(北西側)の段丘礫は、これとほぼ平行に再配列している。高角断層の上盤(南東)側は、凝灰角礫岩が連続して分布する。つまり、低角断層、高角断層とも、中位段丘面の形成より後まで運動した活断層と判断される。

低角断層直上は、凝灰角礫岩を源岩とする断層ガウジ、断層角礫である。灰緑色、黒色、灰色、赤褐色(風化色)などを呈する。Y-P-R1ファブリックが露頭でも観察でき、上盤北西(逆断層)の剪断センスが判定できる。低角断層、高角断層やそれに並走する小断層面上の条線は、ほとんどが左横ずれ成分を伴う逆断層運動を示唆するものであった。

活断層露頭は南向き斜面上にあるが、これより15m下方の低地上では、地表地震断層が南西方に連続し、神城断層に収束する。この地表地震断層は傾斜角から考えて、露頭より約10m西方にある鞍部を通ると推定される。露頭近隣の斜面では、斜面の崩壊や倒木は観られたものの、今回の地震に伴うと断定できる変位の痕跡は、認められなかった。

また、この地表地震断層より東方1kmを並走する鞍部地形に沿って、段丘堆積物内部、およびそれと凝灰角礫岩を境する断層露頭を二カ所で確認した。断層面はいずれも北西に傾斜し、Y-P-R1ファブリックおよび岩相の分布から、左横ずれないし逆断層性の運動と判断される。

新第三系中の地質構造、地質断層(姫川断層)、地表地震断層、余震分布は、震源域を通じて北東-南西に伸び、互いに良く一致している。ところが活断層(神城断層)については、震源域の北部(北城付近)では北東から北西、北へと向きを変え、他の構造と一致していない。今回報告した露頭存在から、活断層でも北東へ一様に伸びるものが存在することが明らかとなった。また、これが主断層であるならば、東方1kmを並走する断層は、逆向き副次的な断層の可能性がある。

キーワード: 長野県, 白馬村, 神城断層, 活断層, 断層露頭, 断層ガウジ

Keywords: Nagano Prefecture, Hakuba Village, Kamishiro fault, active fault, outcrop, fault gouge



## 2014年 Mw 6.2 長野県北部地震の震源断層-神城断層の古地震の予備調査 Paleoseismic study on the Kamishiro Fault that triggered the 2014 Mw 6.2 Nagano earthquake, Japan

林 愛明<sup>1\*</sup>; 佐野 実可子<sup>1</sup>; 閻 兵<sup>1</sup>; 王 毛毛<sup>1</sup>  
LIN, Aiming<sup>1\*</sup>; SANO, Mikako<sup>1</sup>; YAN, Bing<sup>1</sup>; WANG, Maomao<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 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  
<sup>1</sup> Department of Geophysics, Kyoto University

2014年11月22日に発生した Mj 6.8 (Mw 6.2) 長野県北部地震は、糸魚川-静岡構造線北部神城断層沿いに最大1.5mの鉛直変位を持つ、長さ9.3kmの地表地震断層が現れた(林ほか、2015)。

歴史記録および地震観測は、過去1200年の間に松本?神城盆地周辺域で M > 6.0 の大地震が5回発生したことを示す(841年 M6.5、1714年 M6.3、1791年 M6.8、1918年 M6.5とM6.1)(地震研究推進本部、2000)。1918年 M6.5地震は、糸魚川-静岡構造線北部の活断層沿いに、地表の変形をもたらした(多田・橋本、1988)。地質および地震データに基づくと、松本?神城盆地の東縁部に位置する活断層が、M > 8.0 の大地震を引き起こす可能性があるとして推定される(地震研究推進本部、2000)。神城断層の活動性を解明するために、京大調査チームは地震直後に地表地震断層の性状の調査とともに、今回の地震を引き起こした活断層の古地震の調査研究を行った。小規模な露頭掘削調査と年代測定により、神城断層沿いに過去千年間に少なくとも二回の大地震が発生したことが明らかになった。本研究により、1) 過去400年に少なくとも一回の大地震があったこと(1918年 M6.5 または 1791年 M6.8 地震と対応する可能性がある); 2) さらに、西暦550年から西暦1000年の間に841年 M 6.5 地震と対応するような大地震が発生したことが明らかになった。これらのことから、今回の地震を含めて神城断層沿いに過去~1500年の間に少なくとも三回の大地震が発生し、その平均再来周期が~300-500年であることが示唆される。今回の予備調査はこれまでの先行研究により推定された大地震の再来周期と最新活動の時期と異なる結果を示した。今後、これらのことを明らかにするためにはさらなる詳細な調査が必要であると思われる。

To better understand the nature of the Kamishiro Fault, we carried out paleoseismic study immediately on the seismogenic fault by fieldworks including fault outcrop investigations within one week after the earthquake. Field investigations and analyses of excavated outcrops reveal that at least two morphogenic earthquakes have occurred on the Kamishiro Fault in the past millennium. Paleoseismic evidence, historical records, and radiocarbon age data show that (1) the penultimate large-magnitude earthquake (i.e., prior to the 2014 Nagano earthquake) occurred within the past 400 yr, probably corresponding to the 1918 M 6.5 or 1791 M 6.8 earthquake; and (2) the third most recent event occurred between A.D. 550 and A.D. 1000, probably corresponding to the 841 M 6.5 earthquake, suggesting at least three large earthquakes associated with surface rupture of the Kamishiro Fault in the past ~1500 years with an average recurrence interval of ~300-500 years. Our results reveal that the style and magnitude of thrust displacements indicate that the present-day shortening strain on the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, the Eurasian-North American plate boundary in the study area, is released mainly by seismic thrust displacements along the active Kamishiro Fault.

キーワード: 2014年 Mw 6.2 長野県北部地震, 神城断層, 古地震, 糸魚川-静岡構造帯, プレート境界, 衝上断層

Keywords: 2014 Mw 6.2 Nagano earthquake, paleoearthquake, Kamishiro fault, Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, plate boundary, thrust

## 2014年11月22日長野県北部の地震 (Mw 6.2) で生じた地表地震断層の分布と変位量 Surface rupture and slip distribution of the 22 Nov. 2014 Mw 6.2 earthquake at Nagano Prefecture, central Japan

勝部 亜矢<sup>1\*</sup>; 近藤 久雄<sup>1</sup>; 谷口 薫<sup>2</sup>; 加瀬 祐子<sup>1</sup>  
KATSUBE, Aya<sup>1\*</sup>; KONDO, Hisao<sup>1</sup>; TANIGUCHI, Kaoru<sup>2</sup>; KASE, Yuko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門, <sup>2</sup> 産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門: 現 株式会社クレアリア  
<sup>1</sup>Geological Survey of Japan/AIST, <sup>2</sup>Geological Survey of Japan/AIST: now at Crearia Inc

2014年11月22日長野県北部を震源としたMw6.2の地震は、糸魚川-静岡構造線活断層系北端を構成する神城断層上で発生した。この地震は、既知の神城断層トレースに沿う明瞭な地表地震断層を伴った。しかし、神城断層はM7以上の地震が予想される全長24kmの活断層であるのに対し、今回の地震規模は比較的小さく、伴われる地表地震断層も有意に短い。我々は、詳細な地表地震断層の記載、および地表変位と地震規模の関係を検討するため、地表地震断層および地形変状のマッピングと、42地点における地表変位量の計測調査を実施した。

調査の結果、地表地震断層は、北城盆地の北端部から神城盆地の中央部までの約9kmの区間で認められた。地表地震断層は、一部区間においては断層走向と平行に流下する姫川に沿うものの、北北東-南南西走向にほぼ連続する。変位様式は、ほぼ全ての地点で東側もしくは南東側隆起の純粋な逆断層もしくはスラストを示し、走向の変化によるみかけの横ずれ成分を一部で伴う。なお、地表地震断層の北端部周辺には、局所的なポップアップ構造や西側もしくは北西側隆起のバックスラストが認められる。

本地震に伴う地表地震断層は、連続性および変位量分布から、本震の震源により近い北側の主要部と、神城盆地付近の従属部に分けられる。地表地震断層主要部は、北城盆地北部の塩島から飯田までの約7kmの区間で、一般走向はN20°EからN30°Eを示し、大局的には北から南に向かって変位量が減少する。北端部に近い塩島地区において上下変位量約90cmが認められ、併走するバックスラストの上下変位量を断層走向の直交方向に加算し、本地震に伴う最大変位量140cmが得られた。一方、主要部のより南側に位置する、地表地震断層の従属部は、神城盆地の湖成堆積物が分布する飯田から三日市場までの約2kmの区間で認められ、走向はN20°EからN20°Wまで変化に富む。上下変位量および水平短縮量は30cm程度以下であり、短縮変形により破壊された構造物や撓曲変形が生じる田圃の位置は、明瞭な変動地形が示す神城断層の位置と必ずしも一致しない。そのため、これらの地表変位は湖成堆積物中に発達した副次的な地表地震断層と判断される。

本調査で認められた地表地震断層は、神城断層に沿う全長約9kmであるものの、既知の神城断層全長に比べ15kmも短い。しかし、地表地震断層の北方および南方延長には明瞭な変動地形が連続して認められている(東郷ほか, 1996; 松多ほか, 2006)。また、本震の震源位置は地表地震断層の北端近くに位置するが、余震震源の分布はさらに北へ約5km以上連続し、本震の震源断層面もさらに北側へ延長すると考えられる。以上から、今回のM6.2の地震は神城断層の一部区間によって引き起こされたと考えられる。

本地震の最大変位量は140cmで、松田(1975)の経験式によると地震規模と比較して変位量が大いように見える。しかし、Wesnousky(2008)によってまとめられた世界の歴史地震に伴う地震断層データと比較すると、本地震の地表地震断層長と地表変位量の関係は、逆断層地震型のデータとよく整合する。これは、松田(1975)の式が主として横ずれ断層型地震のデータを基にした経験式であり、逆断層において小さくなるアスペクト比が反映されていないためと考えられる。

また、この地震による最大変位量(140cm)と既存研究による地震の再来間隔(1100~2400年; 奥村ほか, 1998)からは、神城断層の平均変位速度はおおよそ0.4-0.8 mm/yrと見積もることできる。しかし、この値は、地形・地質学的調査による後期更新世以降の神城断層の平均変位速度1.5-2.7 mm/yr(下川・山崎, 1987; 今泉ほか, 1997; 松多ほか, 2001)より有意に小さい。すなわち、今回の地震は、M7以上の地震をくり返し起こす神城断層においては非固有規模の変動的な地震と考えられる。このような神城断層における非固有地震の頻度を解明する為には、同タイプの地震発生間隔や変位量を古地震学的に明らかにする必要がある。

キーワード: 活断層, 内陸地震, 糸魚川-静岡構造線活断層系, 神城断層, 地震時変位量

Keywords: active fault, inland earthquake, ISTL active fault system, Kamishiro Fault, coseismic slip

## 2014年長野県神城断層地震と活断層一何を学ぶべきか？ — Issues posed by the 2014 Kamishiro Fault Earthquake, central Japan

鈴木 康弘<sup>1\*</sup>; 2014年神城断層地震地形調査グループ<sup>\*1</sup>

SUZUKI, Yasuhiro<sup>1\*</sup>; TECTONIC GEOMORPHOLOGICAL RESEARCH GROUP, For 2014 kamishiro fault earthquake<sup>1</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学

<sup>1</sup>Nagoya University

東日本大震災以降、内陸における地震活動もやや活発化している中で、2014年長野県北部の地震が起きた。この地震の規模はM6.7で大きな人的被害を出さずに済んだが、活断層が起こす地震においては局所的に極めて大きな被害を及ぼすことが改めて示され、阪神・淡路大震災から20年目にあたり重要な教訓を投げかけた。地震を起こした活断層は地震調査研究推進本部が検討対象としている主要活断層であったが、実際に起きた地震は予測とは大きく食い違っていた。単に規模が小さすぎて検討対象外だったということでは済まされない。これまでのトレンチ調査や変動地形学的調査、あるいは地殻変動研究の考え方を再整理する必要もある。さらに近年、様々な計測機器やリモセン調査手法の進歩があり、地震断層調査に関する緊急調査の体制を議論する機会ともなった。

この地震は、地震調査研究推進本部が選んだ110の「主要活断層」のうち、糸魚川-静岡構造線（糸静線）の北部が活動して起きたものである。震源断層面が浅かったために局地的に強い揺れが発生し、地表のずれ（地表地震断層）は、既存の活断層地図に示された位置に出現した。しかし、地震本部が予測した地震よりも明らかに「ひとまわり小さい地震」であり、活断層評価に再考を促した。

地震本部は1996年に糸静線の評価結果を公表している。その内容は「現在を含めた今後数百年以内に、M8程度（M7.5~8.5）の規模の地震が発生する可能性が高い。しかし、地震を発生させる断層区間（場所）がどこまでかは判断できない」というものであった。今回の地震はこれに比べて明らかに「ひとまわり」規模が小さい。予測より規模が小さければ良いという問題ではない。マグニチュードを過大評価すると、その反動で地震発生確率が過小評価される。すなわち、「千年に一度だけM7.5の地震が起きる」と考えれば発生確率は低いが、「M6.7~6.9程度の地震が数百年に一度起きる」とすれば発生確率は高まることに留意する必要がある。

白馬村堀之内地区に甚大な被害が集中した。家屋倒壊率は3割を超えたことから、震度7相当と見られる。その原因は、逆断層直近の上盤側で発生した強震動にある可能性が高い。神城盆地の地盤が軟弱であることを理由にする意見も多々あるが、堀之内地区は上盤側（隆起側）で段丘化しているため、地盤がとくに軟弱だとは言えない。堀之内地区周辺の活断層は複数あり、少なくとも数列は今回の地震時にずれを生じた。集落内に逆向き（西側隆起）の副次的な断層も認められ、堀之内地区は複雑な変形帯に位置する。歴史記録によれば、1714年の信濃小谷地震の際にも堀之内地区の被害は甚大であった。そのことから約300年ごとにこの程度の地震が繰り返しているのではないかという意見もあり、今後の課題である。

2014年神城断層地震地形調査グループ：松多信尚（岡山大）・杉戸信彦（法政大）・廣内大助（信州大）・渡辺満久（東洋大）・中田 高・後藤秀昭・熊原康博（広島大学）・澤 祥（鶴岡高専）・石黒聡士（国環研）・宮内崇裕・金田平太郎（千葉大学）・楮原京子（山口大）・石山達也（東大）・鈴木康弘（名古屋大）

キーワード: 活断層, 地震断層, 神城断層地震

Keywords: active fault, earthquake fault, Kamishiro Fault Earthquake