

## 安政三年七月二三日 (1856-VIII-23) 北三陸沖地震の津波浸水高分布 Height Distribution of the tsunami of the Ansei North Sanriku-Oki earthquake of August 23, 1856

都司 嘉宣<sup>1\*</sup>; 馬淵 幸雄<sup>2</sup>; 岡田 清宏<sup>2</sup>; 畔柳 陽介<sup>2</sup>; 大家 隆行<sup>2</sup>; 栗本 昌志<sup>2</sup>; 木南 孝博<sup>3</sup>; 堀江 岳人<sup>4</sup>; 橋本 佳祐<sup>4</sup>; 佐々木 崇之<sup>4</sup>; 岩淵 洋子<sup>5</sup>; 今井 健太郎<sup>6</sup>; 今村 文彦<sup>6</sup>  
TSUII, Yoshinobu<sup>1\*</sup>; MABUCHI, Yukio<sup>2</sup>; OKADA, Kiyohiro<sup>2</sup>; KUROYANAGI, Yosuke<sup>2</sup>; OOIE, Takayuki<sup>2</sup>; KURIMOTO, Masashi<sup>2</sup>; KINAMI, Takahiro<sup>3</sup>; HORIE, Takehito<sup>4</sup>; HASHIMOTO, Keisuke<sup>4</sup>; SASAKI, Takayuki<sup>4</sup>; IWABUCHI, Yoko<sup>5</sup>; IMAI, Kentaro<sup>6</sup>; IMAMURA, Fumihiko<sup>6</sup>

<sup>1</sup> 深田地質研究所, <sup>2</sup> パシフィックコンサルタンツ (株), <sup>3</sup> 頸城技研 (株), <sup>4</sup> (株) アルファ水工コンサルタンツ, <sup>5</sup> 原子力安全基盤機構, <sup>6</sup> 東北大学災害科学国際研究所

<sup>1</sup>Fukada Geolog. Inst., <sup>2</sup>Pacific Consultant, <sup>3</sup>Kubiki Techno., <sup>4</sup>Alpha Hydraulic Eng. Consultant, <sup>5</sup>JNES, <sup>6</sup>IRIDeS, Tohoku Univ.

安政三年七月二三日 (1856-VIII-23) の正午頃、三陸地方北部東方沖海域で発生した安政北三陸地震の震源は、延宝五年 (1677)、および、1968 年の十勝沖地震 (1968) とほぼ同じ位置であったと見られる。これら 3 個の地震は日本海溝と千島海溝の会合点にあたるこの付近で起きる固有のプレート境界型地震であると理解することができる。安政北三陸地震による津波は、三陸海岸および北海道で記録されている。この津波による死者数は全体で 38 人にすぎなかった。この数字は他の自然災害、たとえば同年 8 月 25 日の日本列島を縦貫した台風による約 3 万人の死者数に比べて非常に少ない死者数である。その 40 年後に起きた明治三陸津波の際、ほとんど教訓とされなかったのは、安政北三陸津波の死者が少なかったためであろう。以下、古文献が掲載されている地震史料集のうち武者 (1951) を M4、「新収日本地震史料 第 5 巻」を S5、と略記する。この津波の最北の記録は、厚岸の国泰寺の『日鑑記』(S5-p246) で、厚岸会所付近で津波があって、人々が騒いだとされ、この付近で浸水高 2.0m と推定される。日高地方の日高町門別にあった沙流会所付近については「沙流会所前は高潮強」の記載がある (『時風録』、M4-p667)。沙流会所は現在の門別稲荷石段の最下端付近にあった。この付近での地盤高 11.2m まで浸水したと推定される。室蘭では『時風録』(M4-p667) に「エトモ辺も余程高潮入」の記載から 5.6m と推定される。モロラン会所付近で流死者があり 4.8m とする。函館半島の太平洋側海岸から遡上浸水した海水は、津軽陣屋 (現・千代台公園) に達し (『見聞随筆 17』、S5-p243)、8.6 m と測定された。同半島の西側の函館港の市街地の地蔵町、枅形、および沖ノ口番所などで、2.6~3.9 m 程度であった。青森県では、三沢市の三川目 (みつかわめ) で 3.5m であった。八戸市には、南部藩八戸支藩の記録『内史略』(S5-p188)、豪商大岡長兵衛の『多志南草』(S5-p232) など、信頼性の高い一次史料が豊富である。中心市街地の新湊で 6.9m、白銀で 7.1m、鮫で 7.3m という高い値を得た。現在の八戸市北部の一川目では、「田中庄吉の家屋に浸水」(『一川目郷土史』) の記載から浸水標高 7.3m を得た。岩手県久慈市久喜では、市街地内海岸沿いの畑に浸水した記録から 5.2m となった。宮古湾は典型的な V 字湾であるが、その奥部の金浜で 5.7m であった。山田町以南については都司ら (1995) の結果を参照して、津波浸水高分布図を得る。本研究は原子力安全基盤機構からの委託業務「平成 25 年度津波痕跡データベースの高度化—確率論的津波ハザード評価に係る痕跡記録の調査および波源モデルのデータベース化—」(代表: 東北大学 今村文彦) の一部として実施した。

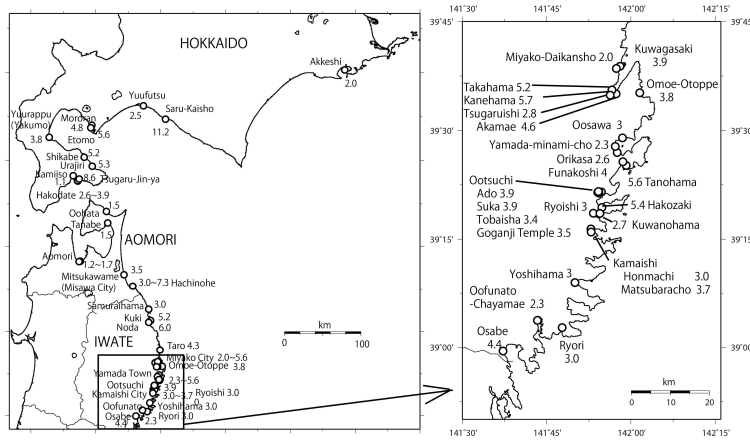
キーワード: 歴史地震, 歴史津波, 三陸, 北海道, 日本海溝

Keywords: historical earthquake, historical tsunami, Sanriku coast, Hokkaido, Japan trench

SSS34-01

会場:502

時間:4月29日 09:00-09:15



## 1945年三河地震による地域の被害再検討 (1) 死者の地域別分布 Reexamination of 1945 Mikawa earthquake disaster (1) Detailed distribution of earthquake victims

木股 文昭<sup>1\*</sup>; 松多 信尚<sup>2</sup>

KIMATA, Fumiaki<sup>1\*</sup>; MATSUTA, Nobuhisa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 公益財団法人 地震予知総合研究振興会 東濃地震科学研究所, <sup>2</sup> 名古屋大学大学院環境学研究科附属 地震火山・防災研究センター

<sup>1</sup>Tono Research Institute of Earthquake Science, Association for the Development of Earthquake Predict, <sup>2</sup>Earthquake and Volcano Research Center, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Iida (1978) organized the Mikawa earthquake disaster under the cooperation of Aichi prefecture, and clarify the whole picture of the disaster. However, he could not discuss the disaster in community level precisely. For example, 46% of 1200 houses were collapsed in Hukuji village, Hazu-gun in 1944 ToNankai earthquake, and additionally 67% of left 650 houses were also collapsed in 1945 Mikawa earthquakes one month later. The reason of strong damages in Hukuji is not discussed enough until now.

It is very important to make clear whole picture of the earthquake disaster in history and in near future as national government. As the earthquake disaster remains a rare event, detailed research of the historical earthquake disasters needful to understand the following disasters. In the presentation, we would like to discuss the disaster of the Mikawa earthquake in local community level.

### 1. Discussion on characteristic disaster based on earthquake victim distribution

Earthquake fault shaped S was appeared in the ground surface at the Mikawa earthquake. However recent researches of fault geomorphology and ground deformation based on geodesy point out two main faults striking with NNW-SSE direction, and an E-W striking fault is tear fault caused by slips on two faults. Additionally, dominant rupture should be occurred at Fukodu fault located in east. The total  $M_0$  estimated by ground deformation is the earthquake moment of  $1.6 \times 10^{19} \text{Nm}$  ( $M_w 6.7$ ), and the third four of the released one is by slip of Fukodu fault. In our presentation, we discuss earthquake disaster with the local community level based on two N-S striking earthquake faults.

#### 1) Katahara: compact cluster of dead located close to Fukodu fault

Katahara town of Hoi-gun (then-9300 people and 1887 houses) located just on Fukodu fault, lose 227 people and 319 completely destroyed houses (15.2% collapse rate). In the town, the damages are different in each street corner. Numbers of dead and completely destroyed houses within the town are shown as bar charts and color scale in 59 neighborhood blocks. The dead are limited in the narrow zone of 1 km wide along the earthquake fault. There are some communities with no collapsed house, which are located 1 km distance from the fault. Dead are corresponding to 73 % of completely-destroyed houses, and some blocks closing the fault show the rate over 90%. Precisely, people are attacked by strong seismic waves during the hours of sleep, and they had no time to evacuate to outsides from houses. There are many blocks to have no dead and no collapsed houses, which are locating more 1 km far from the fault.

#### 2) Fukuji: Decentralized dead far from fault in river plain

On the one way, Fukuji village (then-673 houses), Hazu-gun locating 5 km southwestward from the Yokosuka Fault, one of main faults, lost 162-350 peoples and 400 houses completely. In one month before, the village also attacked by 1944 ToNankai earthquake, lost 21 people and 550 houses completely. They lost 1000 houses by earthquakes in 1200 houses for one month. The numbers of the dead are shown in each block in Fig.1B.

The dead distributions are obviously different with that in Katahara. They lost many people in almost all blocks in the village. The collapse rate of ToNankai earthquake is by far the worst in Aichi prefecture, because, second worst is 21.3% in Tomiki village, Chita-gun. The Fukuji village is just located in river plain with Yahagi and old-Yahagi rivers. An exist of thick alluvial formation caused the large damages in Fukuji.

The dead by Mikawa earthquake are caused by two reasons. One is there are very strong shaking at the blocks located immediately above the fault, and second is amplitude shaking by alluvial formation in river plain. The former is a case of Katahara and later is a case of Fukuji.

キーワード: 三河地震, 深溝断層, 横須賀断層, 地震災害, 死者, 家屋全壊率

Keywords: Mikawa earthquake, Fukuji fault, Yokosuka fault, earthquake disaster, seismic victim, collapse rate

## SfMによる大正関東地震の石碑碑文の判読 - 千葉県南房総市巖島神社の石碑について Interpretation of an illegible old stone inscription by SfM image analysis at Itsukushima shrine, Nojimizaki

鈴木 比奈子<sup>1\*</sup>; 内山庄一郎<sup>1</sup>; 井上 公<sup>1</sup>  
SUZUKI, Hinako<sup>1\*</sup>; UCHIYAMA, Shoichiro<sup>1</sup>; INOUE, Hiroshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 独立行政法人防災科学技術研究所

<sup>1</sup> National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED)

歴史上、ある地域で同様の自然災害が繰り返す事例は数多く存在する。地域の経験した過去の自然災害を知るうえで、災害記念碑（以下石碑）などの歴史災害資料は有用である。しかし屋外に存在する石碑は日々風化が進み、文字の輪郭は不鮮明になり、時に失われる。従来であれば、こうした資料は拓本やX線走査による調査が行われてきた。しかしながら、拓本は対象物を汚損する恐れがあり、X線は高コストである。そのような中、SfM (Structure from motion) などの画像処理をベースとした三次元形状復元技術により、デジタルカメラとデスクトップPCで容易に三次元モデルを生成できるようになった。判読が困難となった石碑に対しSfMを用いることで、低コストかつ効率的に歴史災害資料の解析に活用できる可能性がある。本稿では、千葉県南房総市にある巖島神社境内の大正関東地震に関する石碑（1927年建立）を対象に、SfMの適用とその活用可能性について検討した。

この石碑の碑文は268文字の漢文調で、本地域の海岸の隆起量（六尺）や被害の様相、復興の社会的な動きが記録された貴重な災害資料である。石碑のサイズは幅80 cm、高さ150 cm、厚さ12 cmほどの板碑で、表面に5 mm程度の深さで文字が彫られている。文字列は、苔の繁茂や風化作用によって読み取りが難しくなりつつある。

この石碑から60 cm程度の距離でカメラ (Richo GR) を保持し、石碑表面に対して平行移動しながら158枚の写真を撮影した。撮影した写真を基にSfM処理を行い、三次元モデルを生成した。SfMソフトウェアにはAgisoft PhotoScan 1.0.1を用いた。SfM処理で生成した三次元モデルでは、石碑表面の微細な汚れの影響が除去され、文字の彫りの凹凸が抽出された。さらに陰影処理を行うことで、明瞭に文字列が判読できる状態となった。

判読した石碑の本文と大意は以下のとおりである。

### 【本文】

#### 「震災復興記念■碑

大正十二年九月一日関東地大震海底之隆起約六尺如  
我白濱亦漁港水涸舟損之便全廢矣  
爾來区民相謀與村当局協力日事其復興浚海底（※1）岩石候潮汐以力役  
大正十三年三月起工同十五年六月十日竣工  
工別東西費猶七與八總金一万五千余円  
所謂嶋崎之左右以象野島者是也  
当時凄慘絶言語而此地有燈台倒潰之一大驚異  
焉然全村被害極微区民以爲神明之冥護甲唱乙和欲改築鎮守巖島神社  
以報神德得懸費補助金八百二円宮城福島兩県之寄付金百四十二円總金四千七百円  
昭和二年二月二十日又竣成於是区民之志兩達矣  
乃樹此碑勒其梗概以（※2）後嗣者云  
昭和二年七月十日建之」

### 【大意】

#### 「震災復興記念碑

大正12（1923）年9月1日、関東大地震で海底が約1.8m隆起した。私達の白浜の漁港は潮が引いてしまい、船が掬われてすべてだめになった。これより後、住民は村当局と力を合わせて一緒に計画を立てて、毎日、朝から晩まで復興のため岩石をうがち、海底をさらう作業を行うこととなった。大正13（1924）年3月に工事が始まり（起工）、大正15（1926）年6月10日に完了した（竣工）。工事の総額は1万5000円余りであった。野島は周囲が現れて、岬となった場所であるが、当時、この地の灯台が倒壊したのは普通では考えられないくらいの驚きで言葉が出ないくらいむごたらしい様子だった。しかし、村全体の被害は軽微で、住民は神様が知らず知らずのうちに守ってくださったからだ、鎮守の巖島神社を改築したいと誰かが言いはじめ、皆が同意した。神様のご神徳に報いるお金は補助金802円と宮城、福島両県からの寄付金142円を合わせ総額4,700円を得た。昭和2（1927）年2月20日に竣工し、住民たちの両方の希望がかなった。そこで、このことを子孫に念入りに伝えるためにこのあらしを石に刻み石碑を建てる。昭和2（1927）年7月10日建之」



SSS34-03

会場:502

時間:4月29日 09:30-09:45

SfM の活用は石碑の文字列の判読に有効であり、非接触式の手法であることから、石碑を損なうことなく情報の取得が可能である点もメリットである。撮影は容易で、なおかつオープンソースの SfM ソフトウェアを使用すればコストも非常に小さい。生成した三次元モデルは共有可能な程度のデータサイズであり、研究者等のネットワークで共有しデータベース化することで、研究の促進や、石碑の地理空間的な分布を示すなど、今後の展開が期待される。

■：読み取り不能文字、※1：歯目の下に金、※2：言の右に念

キーワード: SfM, 石碑, 判読, 歴史災害, 野島崎

Keywords: structure from motion (SfM), stone inscription, interpretation, historical natural hazard, Nojimizaki



## 三浦半島南部の沖積谷底に分布する海成段丘から推定する関東地震の隆起 The Evidence of the Uplift associated with the Kanto Earthquakes inferred from the Marine Terrace in the Alluvial Valley

金 幸隆<sup>1\*</sup>; 萬年 一剛<sup>1</sup>; 捧 一夫<sup>2</sup>; 熊木 洋太<sup>3</sup>; 松島 義章<sup>4</sup>

KIM, Haeng yoon<sup>1\*</sup>; MANNEN, Kazutaka<sup>1</sup>; SASAGE, Kazuo<sup>2</sup>; KUMAKI, Yohta<sup>3</sup>; MATSUSHIMA, Yoshiaki<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 神奈川県温泉地学研究所, <sup>2</sup> パスコ, <sup>3</sup> 専修大学, <sup>4</sup> 神奈川県立生命の星・地球博物館

<sup>1</sup> Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture, <sup>2</sup> PASCO, <sup>3</sup> Senshu University, <sup>4</sup> Kanagawa Prefecture Museum of Natural History

関東地震の震源域では、隆起海岸が発達しており、関東地震の履歴について研究がなされている。その研究の多くは、主として房総半島を対象としており、同じように重要な三浦半島では、関東地震の履歴と上下変動量の情報は1703年および1923年の2つの地震に限られている。古地震の発生履歴を解明するためには、堆積物を調べる必要がある。

三浦半島では更新世海成段丘を開析する沖積谷の中に、完新世の海成・河成の堆積層が分布し、その堆積面が隆起・陸化して形成された海成段丘が分布する。こうした堆積物を伴う段丘は、古地震の年代および上下変動量を解明する上で重要であると判断される。

本研究は、半島南部の毘沙門湾沿いの沖積谷の中に分布する段丘を分類し、ボーリング調査を行った。堆積物の分析から、段丘の形成過程を解釈し、古地震との関係について検討する。その結果、以下のことが明らかとなった。

1. 1946年米軍撮影の縮尺4万分の1の空中写真の判読と1921年測量の縮尺1/25,000の地形図の読図より、海成段丘および河成段丘を詳細に分類した。平均潮位から海拔10mまでの間に、海成段丘が7段分布している。ここでは、段丘面を低位より高位の順にL1面からL7面とよぶ。

2. 段丘面は海岸線にほぼ平行に分布するほか、おぼれ谷状に内陸に入り込む形態を呈し、おぼれ谷を埋めた海成・河成の堆積面が陸化したものであり、また、その堆積面と連続する岩石海岸の侵食面からなると判読した。段丘の成因について、1946年の海岸線は、現在の海岸線とほぼ同じ位置に分布しているが、1921年の地形図に描かれた海岸線は内陸側に最大約20mほど前進している。1923年の関東地震の隆起によって、毘沙門湾の海底が陸化し、L1面が形成され、海岸線が海退したものと判断する。なお1921年の地形図の海岸線の位置は、1946年の写真でも判読されたL1面とL2面の境界線にほぼ一致している。

3. 開発が進み、沖積谷の中は耕作土が埋められている。そこで、毘沙門湾の西奥に分布する沖積谷とその支谷で、深さ2~5mのボーリング調査を9地点で実施した(4地点については、2ヶ月前に掘削したばかりである)。その結果、耕作土は厚さ1~2mあり、その下からウミナ Batillaria multiformis、真牡蠣 Crassostrea gigas などの貝化石を含む砂礫層や有機質の砂泥層が堆積している。こうした潮間帯の貝化石のほか、木片や貝殻片が含まれ、泥の量も多いことから、これらの貝片砂礫層・貝片砂泥層は毘沙門湾の入り江の湾奥に堆積した干潟の堆積物であると判断する。川の流出口付近とそこから180m上流のL1面および支谷のL3面の掘削調査では、干潟層の上に河成の砂礫層が堆積している。こうした段丘堆積物は、現在の干潟の堆積物の層相によく似ている。

4. 海成層の堆積面から、L1面はM.S.L.+0.8m~1.3m、L2面はM.S.L.+1.5m~2.1m、L3面はM.S.L.+3.7mに分布する。これらの段丘面が地震性隆起によって生じたものであれば、これらの段丘面の高度はおおよそ関東地震の隆起量と地震間の沈降量の累積合算値を示す。

5. 半島南部の毘沙門湾の入り江に面した沖積谷は、堆積段丘面の分類の模式地である。湾の最奥部の高度7~10mでは、海成砂層中の貝殻と海成砂層を覆う泥炭層の年代測定から3100年前頃に形成された段丘面が分布する[熊木、1981]。この面は、L6面に対比される。国土地理院地理調査部(1981)は、同面よりも下位に4段の段丘が分布するとしている。段丘面の標高は、2.1m、3.9m、5.5mおよび6.2~6.4mである。この研究は、標高2.1m以下の段丘が、毘沙門地域の最低位にある段丘面であり、1923年大正関東地震で隆起・陸化したものであると解釈し、関東地震の発生間隔を平均700~800年と見積もっている。しかし本研究は、上述のとおり、2.1m面をL1とL2の2段に区分した。陸地測量部(1926)の三等三角点の改測に基づく、毘沙門湾の周辺の隆起量は約1.2~1.3mであるため、標高2.1mの段丘面が1923年の地震で段化・陸化したのではなく、1923年のひとつ前の地震で陸化した可能もある。またL1面およびL2面の堆積面の高度は、岩礁に付着するカンザシゴカイの化石の高度から推定された1923年と1703年の隆起量[西畑・他1988; 宍倉・越後、2001]とも、ほぼ一致する。

キーワード: 関東地震, 古地震履歴, 沖積谷底, 微地形, 潮間帯堆積物, 三浦半島

Keywords: Kanto Earthquake, Paleo-earthquake Record, Alluvial Valley, Microlandform, Tide-zone Deposits, Miura Peninsula

## 伊豆半島南端と清水平野沿岸部の地震性隆起 Coseismic uplifts of the southern Izu Peninsula and the coastal area of Shimizu Plain

北村 晃寿<sup>1\*</sup>; 小林 小夏<sup>1</sup>; 大橋 陽子<sup>2</sup>; 横山 祐典<sup>2</sup>; 宮入 陽介<sup>2</sup>  
KITAMURA, Akihisa<sup>1\*</sup>; KOBAYASHI, Konatsu<sup>1</sup>; OHASHI, Yoko<sup>2</sup>; YOKOYAMA, Yusuke<sup>2</sup>; MIYAIRI, Yosuke<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 静岡大学, <sup>2</sup> 東京大学

<sup>1</sup>Shizuoka University, <sup>2</sup>The University of Tokyo

We examined coseismic uplift events in the coastal area of the Shimizu Plain, and at the southern end of the Izu Peninsula. On the basis of lithologies, fossil contents, and radiocarbon dating, we identified geological and paleontological evidence for abrupt changes in depositional environments related to coseismic uplift associated with the AD 1854 Ansei-Tokai earthquake. We estimated a maximum coseismic uplift of 1.2 m and post-earthquake gradual subsidence of ca. 0.6 m. Radiocarbon dating of the emerged sessile assemblages at the southern end of the Izu Peninsula, central Japan suggest that at least four coseismic uplift have occurred in the area, during 3387-2485 cal yr BP, AD 570?820, AD 1000?1270, and AD 1430?1660.

キーワード: 伊豆半島南端, 清水平野沿岸部, 地震性隆起, 完新世, 安政東海地震

Keywords: Coseismic uplifts, southern Izu Peninsula, Shimizu Plain, Holocene, Ansei-Tokai earthquake



## 福井県小浜湾沿岸の地殻変動と断層運動 Former shoreline height and Active Faulting around Obama Bay, Fukui, Central Japan

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

福井県若狭湾沿岸地域は、電力事業者の詳細な調査により微量のテフラも検知され、海成段丘面の編年が可能となっている地域である。たとえば、関西電力による詳しい分析によって、大飯原子力発電所敷地内に分布する海成段丘面の被覆層中から K-Tz 火山灰 (約 950ka) が見出され、小浜湾沿岸における MIS 5e の海成段丘面の対比・編年を行うことが可能となった。本研究では、海成段丘面 (MIS 5e) の旧汀線高度分布と断層運動との関係を数値計算によって検討した。その途中経過を報告する。なお、「旧汀線高度」とは地形的に認められる汀線アングルの高度のことを指し、精度 0.01m 程度のレーザー計測装置を用いて測定した。本研究では、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) を使用した。

### 2 海底活断層と海成段丘面

(1) 活断層と海成段丘面との関係: 小浜の東南東約 20km の位置から小浜湾沿岸付近まで、WNW-SES 走向の熊川断層が連続するとされている。また、日本海沖から小浜湾入り口までは、NW-SE 走向で延長約 35km の FO-B 断層・FO-A 断層が分布している。いずれも左横ずれの活断層であると考えられているが、前者の方が縦ずれ量は大きい。これらの活断層が小浜湾の中で連続しているかどうかは、現在、議論的になっている。海成段丘面は、後述するように、すべて熊川断層と FO-A 断層を連続させた場合の「隆起側」に分布している。「沈降側」にあたる内外海半島には、複数の河成面が確認できるものの、海成面の可能性がある平坦面は見いだせない。

(2) 大島半島の海成段丘面: 大飯原子力発電所敷地では、3つの平坦面が確認できる。このうち、最下位のもは人工平坦面の可能性がある。中位の平坦面は平坦性が高く、波蝕によって平坦化された岩盤上面と、これを覆う層厚数 m 以下の海成礫層が確認できる。関西電力の詳細な分析によると、この海成層は K-Tz 火山灰に覆われることから MIS 5e の海成段丘面に対比できる。大島半島北端部の鋸崎では、岩盤の露出高度は 12m 程度、旧汀線高度は 15m 程度である。ただし、ここから西方へ 1km 足らずの台場浜では、旧汀線高度は 8~11m となる。最高位の平坦面は鋸崎に見られ、その高度は約 22m であるが、詳細は不明である。中位の平坦面 (海成面) は、赤礁 (アカグリ) 崎へ追跡することができる。赤礁崎においても、波蝕台状の基盤上面を覆う海成礫層が確認でき、旧汀線高度は 10~11m であった。また、大島周辺の海成段丘面と推定される平坦面の旧汀線高度は約 10m である。

(3) 小浜湾南岸: 波縣鼻から西方の津崎鼻にかけては、少なくとも 2 面の海成段丘面が認められる。下位の段丘面は平坦性が高く、堆積物は褐色~赤褐色を呈する。高位の海成面はやや丸みを帯びた尾根上の形態となっており、堆積物には比較的顕著な赤色化が見られる。これらの特徴から、下位の海成段丘面が大飯原子力発電所敷地内の海成段丘面 (中位の平坦面) に対比できる。その旧汀線高度は、波縣鼻付近では約 10m であるが、西方の袖崎付近では 20m 弱と高度を増す。さらに西方では徐々に高度を下げ、津崎鼻付近では約 10m まで低下する。長井~尾内には標高 5~7m の平坦面が分布しているが、詳細は不明である。高位の海成段丘面の旧汀線高度は、波縣鼻付近では 13m 程度 (精度が悪い)、片江鼻~津崎鼻付近では 13.5m 程度である。高位の海成段丘面の分布は限られているため、旧汀線高度の変化パターンは不明である。

### 3 考察

内外海半島と小浜湾南岸は、いずれも古生界粘板岩類から成り、岩質の違いによって海成面の発達程度に違いがあるとは考えにくい。内外海半島に海成段丘面が見出されないのは、FO-A 断層と熊川断層が連続しており、その「沈降側」に位置していることが理由である可能性が高い。両活断層を連続させると、トレースは鋸崎付近で折れ曲がることになる。また、熊川断層の方が相対的に低角な逆断層成分をもつと想定される。このような断層モデルから計算される鉛直変位量分布は、旧汀線高度分布と調和的である。

キーワード: 海成段丘面, 旧汀線高度, 海底活断層, 数値計算, 小浜湾

Keywords: marine terrace surface, former shoreline, submarine active fault, calculated displacement, Obama bay



## 前期更新世までに活動を停止した断層における破砕帯と活断層破砕帯との比較 Comparison of the fault zones of the fault activity terminated until the Early Pleistocene and the active fault

大谷 具幸<sup>1\*</sup>; 河野 雅弘<sup>1</sup>; 小嶋 智<sup>1</sup>  
OHTANI, Tomoyuki<sup>1\*</sup>; KONO, Masahiro<sup>1</sup>; KOJIMA, Satoru<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 岐阜大学  
<sup>1</sup> Gifu Univ.

活断層の活動性を評価する際に地表付近に若い被覆層が残されていない場合があり、基盤岩の破砕帯を調べることでより活動性を評価する手法の開発が望まれる。このときに活断層における破砕帯の特徴を明らかにするとともに、その特徴を比較的最近の地質時代に活動を停止した断層と比較することが重要である。そこで、奈良県吉野町に分布する中央構造線を対象として調査を行うとともに、それを活断層における調査結果と比較する。

中央構造線は四国から紀伊半島の中央部にかけては活断層としての活動を有するものの、紀伊半島中央部の奈良県五條市付近からは活断層としての活動は中央構造線から北に伸びる金剛断層へと続いており、そこから東側に続く構造線としての中央構造線には最近の活動は認められない。またこの地域では、岡田・東郷(2000)により活断層図に30万年前以前に活動を停止した断層が示されている。また、寒川・岡田(1977)は白亜紀の和泉層群と前期更新世の菖蒲谷層が中央構造線の破砕帯を挟んで接しており、それらを中期更新世の五條層が不整合で覆っている露頭を報告している。菖蒲谷層と五條層の堆積年代(水野, 1992)からこの露頭では中央構造線は100~120万年前にはほぼ活動を停止したことがわかっている。寒川・岡田(1977)により報告された露頭は現在は観察できないので、その露頭から東へ13km離れた地点に露出する破砕帯露頭で調査を行った。

この露頭では、幅約1mの断層ガウジ帯がほぼ東西走向で分布している。北側には和泉層群が分布するものの、南側には露出がなく中央構造線に接する地質体の種類を確認できていない。原岩である和泉層群は泥岩を主体としており、緩傾斜の層理面と思われる面構造が発達するものの、断層ガウジ帯の近くに分布するカタクレーサイトでは断層ガウジ帯とほぼ平行に急傾斜の面構造が発達している。カタクレーサイトには南側隆起のせん断センスを示す複合面構造が認められる。

この露頭から試料採取を行い、粉末X線回折分析と蛍光X線分析を行った。粉末X線回折分析の結果、断層ガウジに接する面状カタクレーサイトでは、雲母粘土鉱物の消失、緑泥石の生成が生じている。またこの面状カタクレーサイトとその直近の断層ガウジでは斜長石の分解、方解石の形成が生じている。このように変質鉱物の形成は断層ガウジよりもそれに接する面状カタクレーサイトで顕著である。一方で、断層ガウジ、カタクレーサイトともにスメクタイトは検出されなかった。

蛍光X線分析の結果、原岩からカタクレーサイト、断層ガウジの順にTiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>の増加が認められた。CaO, Na<sub>2</sub>O, MnOは原岩と比べてカタクレーサイト、断層ガウジで減少しており、断層ガウジよりカタクレーサイトで減少を示している。

このような傾向を活断層の基盤岩からなる破砕帯における結果と比較すると、活断層の場合には破砕帯の最新すべり面にスメクタイトが含まれており、かつMnが濃集することが認められている。これは比較的低温で形成する鉱物であるスメクタイトが地表付近で形成し、地表付近の酸化的環境でMnが濃集すると考えられるのに対して、現在活動を停止している断層では以前に活動を生じた際には現在より地下深く地下水下の還元的環境で変位を生じたためにMnが濃集していないと考えられる。ただしスメクタイトが含まれていないことは、当時の地下水水質等が影響を与えるため、スメクタイトの有無と活断層の活動性については今後慎重に検討する必要がある。

キーワード: 前期更新世, 破砕帯, 活断層

Keywords: Early Pleistocene, fault zone, active fault

## 1586年天正地震を引き起こした阿寺断層の変形構造-鉱物組成-元素組成分析 Analysis for deformation structures, mineral composition, and elemental composition in the Atera fault

加藤 尚希<sup>1\*</sup>; 廣野 哲朗<sup>1</sup>; 石川 剛志<sup>2</sup>; 亀田 純<sup>3</sup>; 大谷 具幸<sup>4</sup>

KATO, Naoki<sup>1\*</sup>; HIRONO, Tetsuro<sup>1</sup>; ISHIKAWA, Tsuyoshi<sup>2</sup>; KAMEDA, Jun<sup>3</sup>; OHTANI, Tomoyuki<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻, <sup>2</sup> 海洋研究開発機構高知コア研究所, <sup>3</sup> 北海道大学大学院理学研究院自然史科学専攻, <sup>4</sup> 岐阜大学工学部社会基盤工学科

<sup>1</sup>Department of Earth and Space Science, Graduate School of Science, Osaka University, <sup>2</sup>Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, <sup>3</sup>Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University, <sup>4</sup>Department of Civil Engineering, Gifu University

阿寺断層は岐阜県南東部から中部にかけて延びる全長約 70 km の活断層であり, 先行研究による阿寺断層南東部の田瀬露頭およびトレンチ調査の結果, 1586 年の天正地震の際に活動した可能性が高いとされている. しかし, 地震時における断層滑り挙動 (滑り距離や剪断応力など) は未だに不明のままである. そこで, 本研究では, 阿寺断層の地震時の滑り挙動を解明すべく, 田瀬露頭における変形構造観察, 偏光顕微鏡による微小変形構造観察, 粉末 X 線回折による鉱物組成分析, ICP 質量分析による微量元素組成分析を実施した. その結果, 厚さ約 10 cm の断層帯内にて 6 つの変形ゾーンを確認し, それぞれ特色をもつような元素濃度異常を検出した. これらの結果は断層内での水-岩石反応の存在を示唆し, 天正地震において阿寺断層が活動した一つの証拠となるかもしれない.

キーワード: 活断層, 断層ガウジ, 微量元素

Keywords: Active fault, Fault gouge, Trace element

ディスロケーション解により基盤運動を制御する個別要素法を用いた堆積層の変形シミュレーション  
Deformation simulations by the discrete element method controlling basement motions by the dislocation solutions

楠本 成寿<sup>1\*</sup>; 伊藤 康人<sup>2</sup>  
KUSUMOTO, Shigekazu<sup>1\*</sup>; ITOH, Yasuto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 富山大学大学院理工学研究部, <sup>2</sup> 大阪府立大学大学院理学系研究科  
<sup>1</sup>Grad. Sch. Sci. Eng. Res., Univ. Toyama, <sup>2</sup>Grad. Sch. Sci., Osaka Prefecture University

個別要素法を用いた基盤岩の運動による堆積層の変形シミュレーションでは、基盤は、これまで剛体として動かされてきた。本研究では、堆積層の変形を断層パラメータや弾性定数に関連付けて議論できるよう、個別要素法における基盤の運動を弾性論に基づく dislocation 解でコントロールすることを試みた。

その結果、堆積層の変形は、基本的に基盤岩の変形形状に追従するため、剛体基盤モデルでは現れなかった堆積層の傾斜などが今回のシミュレーションに現れた。また、断層端周辺の堆積層の変形様式も剛体基盤モデルと異なること、さらに断層基盤モデルにおいても、その形状は、モデル化の際に仮定される断層パラメータの影響を受けることが示された。堆積層表層の形状にも断層パラメータ依存性が示唆された。

これらのことから、我々のモデルを用いることにより、堆積層の変形形状だけでなく、trishear の形状やその発達過程についても、断層パラメータと関連付けて議論を行うことが可能になることが示された。今後、多くの地形、地質構造、震探データの解釈に用いることで、より実際の解析手法のノウハウを蓄積し、テクトニクスや構造の形成過程についての定量的議論を進めて行きたいと考えている。

キーワード: 個別要素法, ディスロケーション解, 堆積層の変形, PFC

Keywords: Discrete Element Method, Dislocation analytical solutions, Displacement of sedimentary layer, PFC

## コンピュータシミュレーションを用いた櫛挽断層トレンチ側面で観察された地層変形の再現 The reproductive experiments of stratum deformation on the trench for the Kushibiki fault using numerical experiments

安藤 広一<sup>1\*</sup>  
ANDO, Koichi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科  
<sup>1</sup>Tokyo Metropolitan University Department of Geography

### はじめに

東日本-中部日本にかけては第四紀広域応力場として東西圧縮力が働いている。その結果、同地域には多くの低角逆断層が発達している。これらの逆断層は地下数キロ以浅において分岐しバックスラスト撓曲等の複雑な形態を示すことがある。

断層の内、断層活動に伴って地震波を発生させる領域は3 km以深と考えられている。すなわち、3 km以浅で震源断層から分岐した二次的な地表地震断層は地震波を発生させないと考えられる。また、震源断層と直接連続している地表地震断層が周辺地域の主要な地殻変動を規定していると考えられる。したがって、防災や地形発達史を考察するためには、地表地震断層のうち震源断層と直接連続しているものと、断層面の分岐等による二次的なものを区別する必要がある。

ところで、アナログ実験や動力学モデルにおいて断層すべり速度が表層付近で加速する結果が得られている (e.g., Brune, 1996; Shi *et al.*, 1998)。シミュレーションによって、断層傾斜角  $15^{\circ}$  -  $45^{\circ}$  の逆断層では地表面における最大断層すべり速度が  $2.5$  -  $4.0$  m/s に達することが知られている (e.g., Oglesby *et al.*, 2000; Ma and Hirakawa, 2013)。これに対して、岩手・宮城内陸地震で発生した二次的なバックスラストでは最大断層すべり速度が約  $0.05$  m/s と上記に比べて極端に遅くなるとされる (安藤・山崎, 2013)。したがって、最大断層すべり速度を求めることで震源断層に直接つながる地表地震断層と二次的な地表地震断層を区別できる可能性がある。

そこで、本研究では数値計算によって深谷断層の二次的なバックスラストとされている櫛挽断層の最大断層すべり速度を求めた。

### 関東平野北西縁断層帯と櫛挽断層の関係

杉山ほか (2009b) によると、関東平野北西縁断層帯は関東山地北部と関東平野北西部の境界付近に位置する北西-南東走向の活断層帯である。

この断層帯の西部は、南西側隆起の逆断層である深谷断層とその北西及び南東に位置する断層群からなる。また、深谷断層の南西部には深谷断層と平行に走る平井-櫛挽断層帯が存在する。この断層帯は平井断層、櫛挽断層および神川断層からなる。これらの断層は、平井断層をのぞいて深谷断層のバックスラストであるとされる (杉山ほか, 2009a)。さらに、櫛挽断層はトレンチ調査およびボーリング調査から新第三系の層理面に平行な断層傾斜角約  $20^{\circ}$  の層面断層であるとされる (杉山ほか, 2009b; 新谷ほか, 2009)。

### 研究手法

地層変形シミュレーションプログラム SDSSC (Strata Deformation Simulation System using CIP method) Ver 4.09 (安藤, 2013) に、櫛挽断層西端部に位置する埼玉県大里郡寄居町大字用土字下平で行われたボーリング調査 (杉山ほか, 2009b) およびトレンチ調査 (新谷ほか, 2009) から得られた同地区の層序、断層傾斜角、単位変位量を入力し、断層変位に伴う堆積・浸食過程を考慮したシミュレーションを行い、地層変形の形状をトレンチの観察結果とマッチングすることで断層活動時の断層すべり速度の推定を行なった。

トレンチ地点の土質定数については同地点での土質試験が行われていないので不明である。したがって、吉見・竿本 (2006) によって行われたボーリング試料に対する土質試験の結果をトレンチ地点の土質定数に当てはめて計算を行なった。また、地層の変形特性として Hajiabdolmajid *et al.*, (2002) で紹介されている CWFS (cohesion weakening and frictional strengthening) model を採用して計算を行なった。

### 結果・考察

計算の結果、櫛挽断層の断層活動時の最大断層すべり速度は  $1$  -  $1.5$  m/s と推定された。この値はシミュレーションによって推定されている震源断層に直接つながる逆断層の地表面における最大断層すべり速度の  $25$  -  $60$  % にあたる。

したがって、二次的なバックスラストの最大断層すべり速度は震源断層に直接つながる逆断層にくらべて遅いことが示唆される。



SSS34-10

会場:502

時間:4月29日 11:45-12:00

**謝辞**

本研究のために、東京大学地震研究所地震火山情報センターの計算機システムを利用させていただきました。

キーワード: 櫛挽断層, 地表地震断層, バックスラスト, 断層すべり速度, シミュレーション, CIP 法

Keywords: Kushibiki fault, earthquake surface faults, back thrust, fault slip velocity, numerical experiment, CIP method

## 地震の再来間隔分布にかかる空間的変動と長期確率予測への影響 Spatial Variation on Recurrence-time Distribution of Paleoearthquakes and Its Influence for Long-term Forecast

野村 俊一<sup>1\*</sup>; 尾形 良彦<sup>2</sup>

NOMURA, Shunichi<sup>1\*</sup>; OGATA, Yosihiko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京工業大学情報理工学研究所, <sup>2</sup> 統計数理研究所

<sup>1</sup>Graduate School of Information and Engineering, Tokyo Institute of Technology, <sup>2</sup>The Institute of Statistical Mathematics

地震調査研究推進本部地震調査委員会が実施し公表している日本の活断層地震の長期予測では、再来間隔が独立にBPT(Brownian Passage Time)分布に従うとするBPT分布更新過程モデルを採用している。このモデルの適用に際しては、地震再来間隔の平均値および変動係数の推定が必要となるが、長期予測において変動係数の推定誤差はときに平均値以上に地震発生確率の評価に大きな影響をおよぼす。さらに、おおまかな年代と活動回数から一定精度の推定が可能な平均値とは異なり、変動係数の推定には正確かつ多数の再来間隔データがない限りとても大きな誤差を伴う。この変動係数について、地震調査委員会の手法においては、全国共通とした値をおいているが、地質調査により地震活動データが蓄積されるに従い、活断層間で変動係数に有意な差が確認されてきている。

BPT分布更新過程モデルは物理的背景として一定の閾値まで応力蓄積と解放を繰り返す弾性反撥説を仮定しており、再来間隔の平均値はプレート運動による応力蓄積の速度、変動係数は周囲の地震活動による応力攪乱の大きさに依存すると考えられる。然るに、これらのパラメータは一定の地域性を持っていると考えられ、活断層ごとの推定値の分布からも実際に地域的傾向を確認することができる(Nomura et al., 2011)。そこで本研究では、日本内陸活断層に対するBPT分布パラメータの空間的分布を推定し、特に活動データの少ない活断層における長期予測性能の向上を図る。さらに、変動係数の推定値などの違いによる影響を地震調査委員会の長期予測と比較して議論する。

キーワード: 長期確率予測, BPT分布, 更新過程, 変動係数, 空間モデル

Keywords: long-term forecast, BPT distribution, renewal process, coefficient of variation, spatial model

## 高田平野西縁断層帯海域延長部における断層・褶曲分布について Spatial distribution of faults and folds in the offshore extension of the western margin fault zone of the Takada plain

阿部 信太郎<sup>1\*</sup>; 荒井 良祐<sup>2</sup>; 岡村 行信<sup>1</sup>  
ABE, Shintaro<sup>1\*</sup>; ARAI, Ryoyu<sup>2</sup>; OKAMURA, Yukinobu<sup>1</sup>

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

高田平野の東西両縁部に分布する高田平野断層帯のうち、西縁に分布する高田平野西縁断層帯の海域延長部において、断層長と活動履歴の把握を主な目的として、海底活断層調査を実施した。

高田平野西縁断層帯は、概ね南北方向に延びており、陸域の断層と「直江津北方沖の断層」とは6km程度の隔たりがあるが、微小地震分布、地質構造の類似性から一連として、直江津北方沖から妙高市に至る長さ約30km、西側隆起の逆断層で、平均変位速度0.5~1.1m/千年、平均活動間隔2200~4800年程度と評価されている(地震調査研究推進本部2009)。なお、「直江津北方沖の断層」は岡村他(1994)に記載されている無名の断層である。

本調査においては、ユニブームを震源とする高分解能マルチチャンネル反射法地震探査31測線を実施し、断層、褶曲の分布、性状を把握した。また、断層帯が陸域から海域に至る沿岸部においてはチャープソナーにより完新統堆積物の分布状況を把握し、柱状採泥試料を採取した。本講演においては、本調査で取得された反射法地震探査記録に基づく断層、褶曲の分布、性状について検討の途中経過を報告する。

陸域の高田平野西縁断層帯の海域延長部には、断層の西側が東側に対して相対的に隆起する撓曲構造が分布する。この撓曲構造は「直江津北方沖の断層」の南東側に位置し、走向が若干異なり、トレース上は連続しないものの、両者の下盤側には高田平野の海域部にあたる堆積盆が形成されており、同様の地質構造を有している。「直江津北方沖の断層」は、その北東にも断層関連褶曲が確認され、高田平野から続く堆積盆を下盤側に形成しつつ、地質構造としてさらに北東方向に続いている。この「直江津北方沖の断層」から続く断層関連褶曲は、岡村他(1994)に記載されている米山崎沖の褶曲に並走しており、その成長に伴って消滅している。この領域においては、褶曲の成長が東側から西側にシフトしつつ、断層関連褶曲の形成も断層の東側が西側に対して相対的に隆起する傾向に移り変わっていると解釈される。この断層関連褶曲は、位置的には岡村(2010)において中越沖地震の震源断層と関連する活褶曲として記載されている柏崎沖北背斜に連続する。

### <参考文献>

- 地震調査推進本部(2009): 高田平野断層帯の長期評価について
- 岡村他(1994): 佐渡島南方海底地質図、地質調査所
- 岡村(2010): 2007年中越沖地震震源域および佐渡海盆の活構造、活断層研究

キーワード: 高田平野西縁断層帯, 沿岸海域, 断層, 褶曲, 活構造, 高分解能反射法地震探査

Keywords: The western margin fault zone of the Takada plain, offshore, fault, fold, active structure, high-resolution seismic reflection survey

## 石狩低地東縁断層帯の主部と南部の接合部の地質構造とその活動性 Geologic structures and their activities around junction of main part and southern part of the active eastern boundary f

小松原 琢<sup>1\*</sup>; 佐藤 智之<sup>1</sup>; 康 義英<sup>1</sup>; 尾崎 正紀<sup>1</sup>; 小松原 純子<sup>1</sup>  
KOMATSUBARA, Taku<sup>1\*</sup>; SATO, Tomoyuki<sup>1</sup>; KOU, Yoshihide<sup>1</sup>; OZAKI, Masanori<sup>1</sup>; KOMATSUBARA, Junko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所地質情報研究部門

<sup>1</sup>Institute of Geology and Geoinformation, Advanced Industrial Science and Technology

石狩低地帯から勇払平野沖海域にかけて長さ 130 km の南北走向の断層褶曲帯 (石狩低地東縁断層帯) が存在する。この断層系は千島弧と東北日本弧の境界の一部をなしている。この断層系は低角東傾斜のスラストからなり、断層関連褶曲が発達する。石狩低地帯南部においては、断層系は勇払平野周辺の不連続と雁行配列によって2つに分けられる。主部は長さ 72 km、後期更新世以降の平均上下変位速度は 0.4 m/ky 以上である。南部は長さ 86 km、中期更新世後期以降の平均上下変位速度は 0.2~0.3 m/ky である。南部のうち陸上部分は短軸の背斜や短い単斜などからなる不規則で不連続な構造群をなす。この不連続な構造は石狩低地帯南部の不規則な基盤形状の影響を受けた結果と考えられる。

キーワード: 石狩低地東縁断層, 褶曲断層帯, 活断層, 平均変位速度, 地理情報システム

Keywords: Eastern margin fault zone of Ishikari Lowland, fold and thrust belt, active fault, mean displacement rate, geographical information system



## 糸魚川-静岡構造線活断層系の最新活動に伴う新たな古地震像 Revisited most recent paleoearthquakes along the ISTL active fault system, central Japan

近藤 久雄<sup>1\*</sup>; 谷口 薫<sup>1</sup>; 杉戸 信彦<sup>2</sup>  
KONDO, Hisao<sup>1\*</sup>; TANIGUCHI, Kaoru<sup>1</sup>; SUGITO, Nobuhiko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>産総研 活断層・地震研究センター, <sup>2</sup>法政大 人間環境学部

<sup>1</sup>AIST AFERC, <sup>2</sup>Hosei University

糸魚川-静岡構造線活断層系(以下,糸静線活断層系)は,1980年代以降に精力的に実施された詳細な古地震学的調査によって,近い将来に内陸大地震を生じる断層系の1つと考えられている(例えば,奥村ほか,1994;地震調査研究推進本部地震調査委員会,2003)。糸静線活断層系におけるトレンチ調査等の地点数は約44地点にわたり,日本の内陸活断層帯の中で最も高密度に古地震学的調査が実施されてきた(例えば,糸静線活断層系発掘調査研究グループ,1988など)。これらの成果では,断層系最北端を構成する神城断層から下葛木断層に至る区間(北部-中部区間:奥村ほか,1998)の最新活動時期が約1200年前と推定され,西暦841年もしくは西暦762年地震のいずれかに対比されるものと考えられてきた。甲府盆地の西縁付近を延びる南部区間では約1200年前とは異なり,より古い活動時期が推定されている(遠田ほか,1995;2000)。

一方,上述の神城断層から下葛木断層に至る区間が連動型の1つの大地震であったのか,という点については課題が残されている。横ずれ成分を主体とする中部区間の中で,断層系のほぼ中央部に位置する諏訪湖周辺では盆地縁辺部を限る正断層群が発達し(例えば,今泉ほか,1997),同断層系で最も大規模な構造境界をなす。この盆地の成因については議論があるものの,最近検出された横ずれ地形(近藤・谷口,2013)等から判断して,藤森(1991)が指摘したように左横ずれ断層のステップ・オーバーに伴い形成されたプリアパート盆地である可能性が高い。すなわち,諏訪湖堆積盆地が断層セグメント境界をなすと考えられる。その一方では,糸静線活断層系の最新活動ではいずれかの歴史地震において諏訪湖セグメント境界を乗り越えて破壊が進展したとみなされてきた。しかし,例えば,諏訪湖堆積盆地の南東を延びる茅野断層におけるジオスライサー調査では最新活動時期は約2300年前であり,約1200年前のいずれの歴史地震でも活動していない(近藤ほか,2007)。そこで,この諏訪湖セグメント境界周辺の最新活動時期をさらに高密度に復元することにより,諏訪湖セグメント境界の連動性を古地震学的に再検討した。

諏訪湖セグメント境界の北西側付近に位置する岡谷断層・郷田地点では,トレンチ調査の結果,過去4-5回の活動時期が明らかとなり,最新活動時期が1660+30 y.B.P.以降と推定された(近藤ほか,2013)。さらに,諏訪湖セグメント境界の北東側に位置する諏訪湖北岸断層群・四賀桑原地点においてピット掘削調査を実施し,正断層運動に伴うとみられる傾斜不整合イベントをみいだした。この傾斜不整合の年代は2490±30から7710±40y.B.P.に限定され,少なくとも約1200年前の大地震に伴うものとは考えられない。さらに,下諏訪町下山田地点において実施したトレンチ・ボーリング調査では,沖積扇状地面を切る比高約2mの低断層崖が1790+30から6750+30y.B.P.に形成された可能性があり,現在さらに詳細を検討している。

これらの諏訪湖セグメント境界とその周辺の最新活動時期からみて,諏訪湖北岸断層群および諏訪湖南岸断層群では最新活動時期が約1200年前よりも古く,西暦841年と西暦762年地震のいずれにおいても活動していない。したがって,約1200年前の歴史地震に伴い神城断層から下葛木断層に至る区間が連動して1つの大地震を生じたとは考えられない。すなわち,神城断層から牛伏寺断層ないし岡谷断層までを含む区間と,釜無山断層群から下葛木断層までを含む区間が約1200年前にそれぞれ別々の大地震を生じた可能性が高い。歴史史料の制約から現状では断定できないが,前者の区間が西暦841年地震,後者の区間が西暦762年地震を生じたという対比,あるいはその逆の組み合わせの可能性もある。今後,緻密な年代測定等を実施することで,両地震の対比をより厳密におこなうことも重要である。

さらに,最新活動では諏訪湖セグメント境界を破壊が乗り越えなかったと考えられるものの,そのような連動型大地震が過去に生じなかったとは言えない。例えば,約2000-2300年前の古地震イベントでは,牛伏寺断層や岡谷断層,茅野断層においても共通して見いだされており,活動時期のみからは連動した可能性は考えられる。ただし,地層の欠落や年代測定の推定幅によって完全な同時性があるとは言えないため,このイベントに伴う地震時変位量を復元して検討することが必要である。さらに,数値シミュレーション等により物理的な背景をもった再現性を検討する必要がある。

謝辞:諏訪湖周辺の現地調査は(株)ダイヤコンサルタントのご協力を得ました。記して御礼申し上げます。

キーワード:活断層,古地震,歴史地震,糸魚川-静岡構造線活断層系

Keywords: active fault, paleoearthquake, historical earthquake, ISTL active fault system

## 呉羽山断層の高精度反射法地震探査 (音川測線) High resolution seismic reflection profiling across the Kurehayama fault, Otokawa Line, central Japan

石山 達也<sup>1\*</sup>; 加藤 直子<sup>1</sup>; 佐藤 比呂志<sup>1</sup>; 越谷 信<sup>2</sup>; 戸田 茂<sup>3</sup>; 小林 健太<sup>4</sup>; 照井 匡子<sup>2</sup>; 近藤 しおり<sup>3</sup>; 山内 紘一<sup>1</sup>; 阿部 紫織<sup>1</sup>

ISHIYAMA, Tatsuya<sup>1\*</sup>; KATO, Naoko<sup>1</sup>; SATO, Hiroshi<sup>1</sup>; KOSHIYA, Shin<sup>2</sup>; TODA, Shigeru<sup>3</sup>; KOBAYASHI, Kenta<sup>4</sup>; TERUI, Kyoko<sup>2</sup>; KONDO, Shiori<sup>3</sup>; YAMAUCHI, Koichi<sup>1</sup>; SHIORI, Abe<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所, <sup>2</sup> 岩手大学工学部社会環境工学科, <sup>3</sup> 愛知教育大学, <sup>4</sup> 新潟大学理学部地質科学科

<sup>1</sup>Earthquake Research Institute, University of Tokyo, <sup>2</sup>Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Iwate University, <sup>3</sup>Aichi Educational University, <sup>4</sup>Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University

呉羽山断層は、富山平野とその西側に位置する呉羽丘陵の境界部に位置する、北北東走向の逆断層である(中田・今泉編、2002など)。呉羽山断層に沿っては第四紀後期から完新世の地形面や地層を累積的に変形させる証拠が分布し、当地域の地形・地質の構造的な落差に寄与した主要な活断層である。その一方で、断層構造そのものや変動地形と断層構造の関係については不明な点が多い。呉羽山断層で過去に実施された反射法地震探査(富山県・富山県活断層調査委員会、1997)によれば、断層面は地表から地下1.5 kmまでは中角度で西に傾斜するが、地下1.5 km程度でほぼ水平なデコルマとなると考えられる。このような薄皮褶曲衝上断層構造が呉羽山断層を代表する形状とするには疑問があり、浅部の複雑な構造や変動地形と深部構造を結びつけて論じるためには地下浅部の高解像度イメージングを行う必要がある。さらに、呉羽山断層を含む北陸地域に分布する活断層は、富山トラフの長軸と平行な概して北北東走向の逆断層であり、日本海拡大時に形成された背弧リフトの西部に位置しており、新潟地域などの日本海側の逆断層と同様に背弧リフトの構造に規制された活構造であると予察されるが、その実態については未解明である。そこで、筆者らは文部科学省「日本海地震・津波調査プロジェクト」の一環として、呉羽山断層南部を横断する測線において浅部の高解像度反射法地震探査を実施した。本実験では独立型収録システムGSR-1/GSX-1(OYO Geospace社製)およびMS-2000(地球科学総合研究所製)と、震源として中型バイブレーターEnviroVib(IVI社製)1台を用いた。測線は富山市婦中町十五丁から同細谷の約8 km区間である。主なデータ取得パラメータは以下の通りである: 受振・発震点間隔: 10 m、展開チャンネル数: 800 ch、スイープ長: 16 sec、スイープ周波数: 10-100 Hz、地震計固有周波数: 10 Hz、サンプリング間隔: 2 msec、平均垂直重合数: 5回。測線の東半部は幹線道路に位置することから、ノイズレベルは概して高かったが、可能な限り機器を本道から話して設置するなど、ノイズ低減に注意を払った。測線西半部ではノイズレベルは低く、殆どのショット記録においてS/N比の高い良好な記録が得られた。この観測記録を用いて、Super-XC((株)地球科学総合研究所製)を使用した共通反射点重合法に基づくデータ解析を行った。その結果、呉羽山断層およびその下盤側の地下1.5 kmまでの良好なイメージが取得できた。それによれば、後期更新世の段丘面の東向き撓曲崖基部は呉羽丘陵南部の複背斜構造を限る向斜軸とおおよそ一致している。複背斜構造の構造的な特徴から、ここでは呉羽山断層はウェッジ・スラストである可能性が高い。この様な断層構造の特徴は、上述した呉羽丘陵北部で得られている薄皮褶曲衝上断層とは明確に異なるものである。また、呉羽山断層下盤側の富山平野下には伏在する撓曲構造の存在が認められる。今後は、変動地形・表層地質などとあわせて呉羽山断層の浅部地質構造について詳細な解析を進める予定である。

## 吉野ヶ里遺跡周辺の活断層 Active faults in and around the Yoshinogari Heritage

楳原 京子<sup>1\*</sup>; 吉田 春香<sup>2</sup>; 副田 宜男<sup>3</sup>; 岡田 真介<sup>4</sup>; 松多 信尚<sup>5</sup>; 戸田 茂<sup>6</sup>; 今泉 俊文<sup>7</sup>; 長岡 信治<sup>8</sup>  
KAGOHARA, Kyoko<sup>1\*</sup>; YOSHIDA, Haruka<sup>2</sup>; SOEDA, Yoshio<sup>3</sup>; OKADA, Shinsuke<sup>4</sup>; MATSUTA, Nobuhisa<sup>5</sup>; TODA, Shigeru<sup>6</sup>; IMAIZUMI, Toshifumi<sup>7</sup>; NAGAOKA, Shinji<sup>8</sup>

<sup>1</sup> 山口大学教育学部, <sup>2</sup> 無所属, <sup>3</sup> 西日本技術開発株式会社, <sup>4</sup> 東北大学災害科学国際研究所, <sup>5</sup> 名古屋大学減災連携研究センター, <sup>6</sup> 愛知教育大学, <sup>7</sup> 東北大学大学院理学研究科, <sup>8</sup> 元・長崎大学

<sup>1</sup>Faculty of Education, Yamaguchi University, <sup>2</sup>non, <sup>3</sup>West Japan Engineering Consultants, Inc., <sup>4</sup>International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, <sup>5</sup>Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University, <sup>6</sup>Aichi University of Education, <sup>7</sup>Graduate school of Science, Tohoku University, <sup>8</sup>formerly Nagasaki University

佐賀平野と背振山地との境界には、活断層が存在することが知られている(九州活構造研究会編, 1989など)。下山ほか(2010)は、ボーリング資料から阿蘇4火砕流堆積物とそれを覆う三田川層(約1.8-9万年前)の境界が、断層を挟んで南側に大きく沈み込んでいることを明らかにし、本断層の変位を相対的な北側隆起とした。そして地震調査研究推進本部の活断層の地域評価(九州)では、重力異常の特徴も踏まえ、佐賀平野北縁の活断層(佐賀平野北縁断層帯)が、小城市から吉野ヶ里町までの東西約22kmにわたる正断層帯であると評価された。しかし、詳細な活断層の分布やそれらの活動性に関しては不明な点が多い。

一方、この断層帯沿いには、阿蘇4火砕流堆積物からなる小高い段丘面上に吉野ヶ里遺跡がみられる。吉野ヶ里遺跡は我が国のクニの成立を伺い知ることのできる遺跡として学術的価値の高い遺跡である。ここでは旧石器から近世までの遺物が出土するが、特に、弥生時代の環濠集落遺跡として注目されている。この地でクニとして栄えた環濠集落の終焉は3世紀後半と言われている。その後、奈良時代には吉野ヶ里遺跡を含む佐賀平野北縁に大宰府から肥前の国(現在の佐賀県・長崎県)に延びる官道や官衙などが置かれた。このように、吉野ヶ里遺跡およびその周辺地域は、幾重もの時代の文明が残る地域である。すなわち、人間の活動を長期間記録するこの地域では、活断層と人間・文明との関わりを知ることができる期待される。

そこで本研究では佐賀平野北縁断層帯の分布と活動性を明らかにし、地震や変動地形が文明にどう影響したのかについて明らかにすることを目的とした調査研究を行った。まず、(故)長岡氏が遺した地形判読図を参考にしつつ、吉野ヶ里遺跡周辺において、大縮尺図、空中写真、5m DEMを用いた地形判読と地表踏査を行った。その結果を考古学的資料と比較することにより、段丘面、活断層、官道・官衙等の分布を捉えた。また、明瞭な崖を横断する測線を設定し、ランドストリーマーと稠密発震による極浅層反射法地震探査を行った。本発表では地表と地下構造から推定される吉野ヶ里遺跡周辺の活断層の特徴と分布、遺跡との関係について議論する。

キーワード: 正断層帯, 佐賀平野, 吉野ヶ里遺跡, DEM, 極浅層反射法地震探査

Keywords: Normal fault zone, Saga Plain, Yoshinogari Heritage, DEM, Very shallow seismic reflection profiling



## 中国四川盆地の巨大古地震と三星堆・金沙文明の滅亡 Study on great palaeoearthquakes and the decline of the Sanxingdui and Jinsha civilizations, Sichuan basin, China

林 愛明<sup>1\*</sup>; Rao Gang<sup>2</sup>; Wang Maomao<sup>1</sup>  
LIN, Aiming<sup>1\*</sup>; RAO, Gang<sup>2</sup>; WANG, Maomao<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 京都大学大学院理学研究科, <sup>2</sup> 浙江大学地球科学院

<sup>1</sup>Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University, Kyoto 606-8502, Japan, <sup>2</sup>Department of Earth Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China

チベット高原の東縁部に発達した内陸長大活断層である龍門山活断層帯により引き起こされた2008年 Mw7.9 四川大地震の関連研究により、過去数千年間にこの断層帯は繰り返し大地震を引き起こしていることが明らかにされた。

本講演では、四大文明の一つ、黄河文明と変わらぬ高度な文明であったと注目されている長江文明（三星堆文明及び金沙文明）の突然の消失は四川盆地西縁部の龍門山断層帯で繰り返し発生した巨大古地震による可能性が高いことを報告する。

The ruins of ancient civilizations damaged by large palaeoearthquakes, which have been reported worldwide, are often used as surface markers for Holocene tectonic and palaeoseismic events. Previous studies have demonstrated that recurring palaeoearthquakes have caused repeated soil liquefaction at the same site, leaving a record in both sediments and ancient ruins; such records can reveal a great deal about earthquakes that occurred prior to human-recorded observations or measurements<sup>5,10</sup>.

The Sanxingdui civilization, which developed on the Sichuan Plain, central China, during the Bronze Age (ca. 4800 years ago), flourished from ca. 4200 to ca. 3500 years ago until its sudden disappearance ca. 3200 years ago. Subsequently, the Jinsha civilization arose in the area around Chengdu city, ca. 40 km southwest of the Sanxingdui site, but it too suddenly disappeared ca. 2500?2200 years ago. It has been speculated that floods or regime changes might explain the collapse of both civilizations, but no solid evidence for such causes has so far been reported.

In this study, to search for a link between palaeoearthquakes and the abrupt unexplained falls of the Sanxingdui and Jinsha civilizations, we investigated the liquefaction induced by great palaeoearthquakes that occurred repeatedly in the past 5000 years on the Sichuan Plain, central China, in the region of the former Sanxingdui and Jiasha civilizations. Here, we present evidence that great palaeoearthquakes may have caused the collapse of both the Sanxingdui and Jinsha civilizations, as the cultures flourished in the periods during ca. 4200?3500 years and ca. 2800?2300 years ago, respectively, on an active fault zone of the Longmen Shan Thrust Belt (LSTB) that triggered the 2008 Mw 7.9 Wenchuan earthquake. Field observations, archaeological evidence, and radiocarbon dating reveal that at least four great palaeoearthquakes have induced liquefaction in wide areas around the Sanxingdui and Jinsha civilization sites during the past 5000 years, with an average recurrence interval of ca. 1000 years. We suggest that palaeoearthquakes occurring ca. 3300 and ca. 2200 years ago caused the fall and disappearance of the Sanxingdui and Jinsha civilizations, respectively, by causing extensive damage to infrastructure and manufacturing facilities, as well as numerous deaths.

キーワード: 古地震, 三星堆文明, 金沙文明, 長江文明, 龍門山逆断層帯, 四川盆地

Keywords: palaeoearthquake, Sanxingdui civilization, Jinsha civilization, Yangtze River civilization, Longmen-Shan Thrust Belt, Sichuan Basin



**Active thrusting beneath an alluvial terrace in the southern Longmen Shan range front, Sichuan basin, China**  
**Active thrusting beneath an alluvial terrace in the southern Longmen Shan range front, Sichuan basin, China**

WANG, Maomao<sup>1\*</sup> ; LIN, Aiming<sup>1</sup> ; JIA, Dong<sup>2</sup> ; SHAW, John<sup>3</sup>  
WANG, Maomao<sup>1\*</sup> ; LIN, Aiming<sup>1</sup> ; JIA, Dong<sup>2</sup> ; SHAW, John<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Geophysics, Kyoto University, <sup>2</sup>Nanjing University, <sup>3</sup>Harvard University

<sup>1</sup>Department of Geophysics, Kyoto University, <sup>2</sup>Nanjing University, <sup>3</sup>Harvard University

The devastating 2008 Mw7.9 Wenchuan earthquake, China, demonstrates that the central and northern parts of the Longmen Shan are currently active. However, evidence for active faulting and folding in the southern Longmen Shan remains poorly documented. In this paper, we define the structural geometry, fault kinematics, and seismic hazard of the Qiongxian thrust fault system (QTF) along the southern Longmen Shan range front by integrating deep and shallow seismic reflection data and geomorphic observations. The QTF is a 50-km-long, N-S-trending set of faults and associated folds that exhibit geomorphic evidence of Quaternary surface deformation. Geomorphic observations and seismic reflection data reveal that these faults dip steeply to the east and merge at depth with a blind, west-dipping thrust ramp. The trend and reverse sense of slip along the QTF indicates that the structure accommodates east-west crustal shortening. Based on uplift of stratigraphic horizons across the fault zone, we define a late Pliocene to early Pleistocene fault slip rate of 0.2-0.3mm/yr, and a middle Pleistocene to present rate of 0.4-1.2 mm/yr on the west-dipping thrust ramp. This ramp soles to a basal detachment in the Triassic section at a depth of 4.5-5.5 km. To the west, this detachment steps down onto a blind, northwest-dipping thrust termed the Range Front Thrust. A rupture of the QTF in combination with the Range Front Thrust could generate a Mw7.8 earthquake with average displacement of 5.7m. This type of earthquake source poses significant hazards to the adjacent, highly populated Sichuan basin.