

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 23 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350426

研究課題名(和文) 横ずれ共役活断層における連動型地震の再評価

研究課題名(英文) Reconsideration of the fault segmentation associated with the conjugate strike slip fault systems

研究代表者

廣内 大助 (HIROUCHI, Daisuke)

信州大学・学術研究院教育学系・教授

研究者番号：50424916

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：共役活断層の大地震発生可能性を、断層のセグメンテーションから解明すべく、1927年地震で一部が連動した郷村・山田断層を調査した。両断層の古地震資料、変動地形から活動を精査し、2断層の連動可能性を検討した。郷村断層の古地震は1927年以外の報告はない。山田断層は7～9千年前の活動が報告される。郷村断層ではこれに該当する地震活動は無く、大規模な連動は無い。一方郷村断層南部で1927年に以外に活動した完新世変動地形と断層露頭を見出した。このことは郷村断層の一部が7～9千年前に山田断層と連動した可能性を示す。しかし、連動大地震は現状考え難く、山田断層の活動に郷村断層南側一部が連動した可能性を示唆する。

研究成果の概要(英文)：We conducted geological and geomorphological survey around the Gomura and Yamada fault system located in the northwestern part of Kyoto prefecture, central Japan. In our study, it has revealed that the activity and segmentation of the conjugate strike slip faults.

研究分野：変動地形学

キーワード：共役活断層 セグメンテーション 連動地震 郷村断層 北丹後地震 山田断層

### 1. 研究開始当初の背景

東日本大震災の発生に伴って日本付近の地震活動が活発化する中で、内陸活断層による直下型地震の発生に注目が集まっている。特に活断層からどのような規模の地震が発生するのかについては、活断層の長さとの比例関係にあるが、複数の活断層が連鎖し、より大きな地震を引き起こす、いわゆる断層活動のセグメンテーションやグルーピングの実証研究は進んでいない。活断層研究の重要な研究課題の一つに活断層のどの範囲までが同時に活動するのか(セグメンテーション)、またどの断層が同時に活動するのか(グルーピング)がある。一度に活動(破壊)する断層の長さは、発生する地震の規模と比例するため、その評価は重要な位置にある。これまで走向方向に連なる断層のセグメンテーションについては、サンアンドレアス断層などで詳細に議論されている(WGCEP, 1988 など)。また国内でも四国の中央構造線活断層帯では、累積的な地形の変形パターンと断層の幾何形状に基づくセグメンテーションの議論などが行われている(中田・後藤, 1998)。一方で共役関係にある横ずれ活断層の活動特性については、連動が起きているのか、その条件などを直接検討した研究はない。

ところで2011年4月11日にはスマトラ沖でM8.7のプレート内での地震が発生した。この地震では共役関係にある複数の横ずれ活断層が連動し、規模の大きな地震が発生したことが報告されており、これまであまり考慮されてこなかった共役活断層の連動評価や活動特性の解明が急務であることが示された。

研究代表者らはこれまで、中部地方の主要活断層である阿寺断層帯における研究に取り組んできたが(廣内ほか, 2007 など)、過去複数回の地震を比較すると、変形構造や変位量から古地震の規模が大きく異なる場合があることを明らかにした。これは共役関係にある断層が時に同時に活動し、地震規模が大きくなった結果とも解釈できる。スマトラ沖の地震は、地震規模と連動する共役断層の長さとのスケールリング則を検討する必要性を示唆するが、阿寺断層でのこれまでの活動履歴を中心とした調査のみからでは、十分な検討はできていないのが現状である。

### 2. 研究の目的

本研究では、これまで議論がほとんど進んでいない共役関係の横ずれ活断層系に着目し、主に地形・地質学的手法を駆使して、過去に活動した断層の範囲、活動時期、発生した地震の規模などを明らかにすることで、共役の横ずれ活断層の連動について検討するものである。

### 3. 研究の方法

本研究では、共役関係にある横ずれ活断層が過去にどのように活動し、どんな規模の地

震を引き起こしてきたのか明らかにし、その連動した活動可能性を評価する。

具体的には1927年に実際にその一部が連動して地震を引き起こした事例である郷村断層帯と山田断層帯について、活動したトレースの復元、変動地形の解析と変位量の計測からその分布を調査し、ずれ量や活動した断層長など、北丹後地震時における両断層の活動の特性を明らかにした。

さらに、変動地形学的調査から古地震活動時期を検討し、共役断層の連動可能性について検討した。さらに検出できる複数回の活動の中で、連動がどの程度の頻度で発生するのかについても検討を行った。

### 4. 研究成果

本研究でまず対象とした郷村断層帯、山田断層帯は京都府北西部に位置し、郷村断層は北北西～南南東走向の左横ずれセンスを持つ一方、山田断層は東北東～西南西走向の右横ずれセンスを持ち、両者は共役関係の活断層である。郷村断層帯は1927年に北丹後地震を引き起こした断層帯であり、陸域では約15kmに渡って明瞭な地表地震断層の出現が報告されている。一方共役関係にある山田断層においても、1927年にはその一部の約5kmに渡って地表地震断層が出現した。1927年に出現した地表地震断層については多くの研究があり(中央気象台, 1927 など)、それらは岡田(1994)に詳しくまとめられている。これを踏まえながら、両断層帯の空中写真判読と現地踏査を実施し、断層トレースを明らかにした。断層にそっては複数の地点で変動地形を確認し対比編年するとともに、変位量を確認した。またトレンチ調査から明らかな古地震記録を整理し、変動地形の年代と比較した。

郷村断層における古地震発生時期は、最新活動が1927年北丹後地震とされる一方、一つ前の地震は、6900年より以前とされている(佃ほか, 1989)。一方山田断層では、1927年に活動したのは一部であり、その前の活動は7210～9290年前の間、さらにその前は11200～12400年前程度とされている。

郷村断層に沿った変動地形の観察結果から、郷村断層では1927年に地表地震断層が出現した箇所と変動地形の分布は対応がよく、変動地形の変位量も年代測定の結果ほぼ完新世に形成された地形面では1927年地震一度のみの変位を受けるが、更新世の地形面は複数回の変位を受けていると解釈でき、少なくとも完新世におけるトレンチ調査の結果わかったイベント解釈と地形解析結果はおよそ一致する。

山田断層にそった変動地形解析は、年代測定の結果がまだ出ていないものがあるため難しいが、イベント発生時期と郷村断層の変動地形の形成時期に着目すると、山田断層の一つ前の活動は郷村断層にその痕跡がみとめられないこととなり、少なくとも完新世に

おいては両断層の活動の連動性は存在しないこととなる。一方で今回の調査では、郷村断層南部、善王寺付近において、1927年地震で活動した記録が無い、完新世段丘面に数mの垂直変位を与える断層を見出した。またこの断層延長上において断層露頭も発見している。ただしこの断層線は短く北方への連続は乏しい。これは1927年以前の完新世において郷村断層の一部が活動したことを示している。したがって郷村断層の南部では、未知の断層活動が完新世に存在することとなり、この短い断層が山田断層の完新世の活動に伴って活動した可能性がある。ただしその変位は一部トレースに止まる。

以上まとめると、郷村断層と山田断層はその最新活動である1927年には両者の断層活動は連動したが、山田断層の変位はほんの一部であり、大きな変位を伴う活動は、別々であると解釈できる。一方山田断層の活動では、1927年を除く最新活動は7210~9290年前であり、郷村断層のトレンチ調査結果とは活動時期が一致しない。一方1927年地震で活動痕跡のない善王寺トレースが完新世に活動しており、この活動が山田断層の一つ前の地震と一致する可能性はある。ただし変位が認められる箇所は郷村断層の一部である。このことから完新世においては両断層が連動してより大きな地震を引き起こした証拠は認められない。一方で1927年地震において郷村断層と山田断層の一部が活動したことと同様に、過去の山田断層の活動によって、郷村断層の一部が連動する活動が存在する可能性があることが新たに明らかとなった。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 18 件)

末岡 茂, 梅田浩司, 安江健一, 丹羽正和, 島田耕史, 石丸恒存, 檀原 徹, 岩野英樹, 八木公史, 複数の熱年代学的手法に基づいた江若花崗岩敦賀岩体の冷却・削剥史, 地学雑誌, 125. (in press), 2016, 査読有

谷川晋一, 三箇智二, 安江健一, 河川の土砂運搬作用を考慮した河床縦断面形のシミュレーション, 地形, 36. (in press), 2016, 査読有

及川輝樹・山岡耕春・吉本充宏・中田節也・竹下欣宏・前野 深・石塚吉浩・小森次郎・嶋野岳人・中野 俊, 御嶽山2014年噴火, 火山, 60, 411-415, 2015.9, 査読有

杉戸信彦・廣内大助・塩野敏昭, 長野盆地西縁の変動地形と活断層(巡検案内書), 地質学雑誌(日本地質学会会誌)121 巻7号, 217-232, 2015.7, 査読有

竹下欣宏・西来邦章・富樫 均, 四阿火山, 成層火山体の開析地形とその利用, 地質学雑誌, 121, 233-248, 2015.7, 査

読有

2014年長野県北部の地震に関する調査団(団長山中浩明)廣内大助・杉戸信彦・松多信尚・石黒聡士・熊原康博・金田平太郎・後藤秀昭・鈴木康弘・2014年神城断層地震地形調査グループ, 地表地震断層の出現と新たな問題, 2014年長野県北部の地震に関する調査団報告(地震工学会)1-5, 2015.5, 査読無

石山達也・佐藤比呂志・廣内大助・近藤玲介・中山敏雄, 断層帯の詳細位置・形状等および断層活動履歴・平均変位速度の解明, 立川断層帯における重点的な調査観測平成26年度成果報告書, 2015.5, 査読無

廣内大助・2014年神城断層地震変動地形研究グループ, 2014年長野県北部の地震(神城断層地震)における地表地震断層の出現と新たな問題, 地震工学会誌, 25, 7-12, 2015, 査読有

廣内大助・松多信尚・杉戸信彦・熊原康博・石黒聡士・金田平太郎・後藤秀昭・楮原京子・中田高・鈴木康弘・渡辺満久・澤祥・宮内崇裕・2014年神城断層地震変動地形調査グループ, 糸魚川-静岡構造線北部に出現した2014年長野県北部の地震(神城断層地震)の地表地震断層, 活断層研究, 43号, 149-162, 2015, 査読有

鈴木康弘・渡辺満久・廣内大助, 長野県神城断層地震が提起する活断層評価の問題, 科学, 85巻, 175-181, 2015, 査読無

廣内大助, 活断層地震災害にどう備えるか, 地学教育と科学運動, 72巻, 79-82, 2014, 査読無

道家涼介・安江健一・廣内大助・國分陽子・松原章浩, 岐阜県中津川加子母地区長洞における阿寺断層帯中部の活動時期, 活断層研究, 40巻, 43-50, 2014, 査読有

西来邦章・竹下欣宏・田辺智隆・松本哲一, 中部日本, 四阿火山のK-Ar年代: 四阿火山の火山活動史の再検討, 地質学雑誌, 120巻, 89-103, 2014, 査読有

廣内大助, 変動地形学と活断層地形判読 変動地形から何がわかるのか, 土と岩, 61巻, 14-21, 2013, 査読無

吉岡敏和・廣内大助・齋藤勝, 高山・大原断層帯南東部, 猪之鼻断層帯の古地震調査, 活断層・古地震研究報告, 13巻, 111-128, 2013, 査読有

古澤明・安江健一, 中村千怜・梅田浩司, 根ノ上高原に分布する土岐砂礫層のテフラ層序 石英中のガラス包有物の主成分化学組成を用いた広域テフラの対比, 応用地質, 54巻, 25-38, 2013, 査読無  
梅田浩司・谷川晋一・安江健一, 地殻変動の一樣継続性と将来予測, 地学雑誌, 122巻, 385-397, 2013, 査読有

Yoshihiro Takeshita,  
Nobuyuki Matsushima,  
Hiroshi Teradaira, Takashi Uchiyama,  
Hisao Kumai, A marker tephra bed  
close to the Lower-Middle  
Pleistocene boundary: Distribution  
of the Ontake-Byakubi Tephra Bed in  
central Japan. Quaternary International,  
in press. 査読有, 5YIF=2.481,  
Rank 24/46 in Categ. Geography,  
Physical; 63/175 in Categ.  
Geoscience, Multidisciplinary

[学会発表](計 24 件)

徳安佳代子・安江健一・小松哲也・田村  
系子・堀内泰治, 後背地解析技術開発に  
向けた鮮新・更新世堆積物とその周辺の  
基盤岩体中の石英 ESR 信号特性, 平成 27  
年度 ESR 応用計測研究会・第 40 回フィ  
ッション・トラック研究会・ルミネッセ  
ンス年代測定研究会合同研究会, 金沢,  
2016.3.4

廣内大助, 糸魚川 - 静岡構造線活断層帯  
において発生した 2014 年長野県北部の  
地震にみられる諸課題, 日本地質学会,  
信州大学, 2015.9.13, 【招待講演】

竹下欣宏・桐生和樹・花井嘉夫・北澤夏  
樹・川上明宏, アンケート調査に基づく  
御嶽山, 2014.9.27, 日噴火の降灰域と  
拡散過程, 日本地質学会第 122 年学術大  
会, 長野, 2015.9.11 - 13

花岡邦明・竹下欣宏・長野市・飯綱町・  
信濃町・小川村における 2014 年長野県北  
西部地震の被害調査グループ, 善光寺の  
石造物の破損に基づく 2014 年 11 月 22 日  
地震の震動の復元, 日本地質学会第 122  
年学術大会, 長野, 2015.9.11-13

桐生和樹・竹下欣宏: 四阿火山南麓から  
東麓における火山活動史, 日本地質学会  
第 122 年学術大会, 長野, 2015.9.11-13  
三枝博光・水野 崇・梅田浩司・安江健一・  
笹尾英嗣・岩月輝希・加藤智子・國分(齋  
藤)陽子・竹内竜史・松岡稔幸, 「地質  
環境長期安定性評価確証技術開発(2)地  
質環境長期変動モデルの開発」, 日本原  
子力学会 2015 年秋の大会, 静岡大学,  
2015.9.9-11

安江健一・須貝俊彦・徳安佳代子・小松  
哲也・堀内泰治・清水 整・森田泰彦, 地  
質環境長期安定性評価確証技術開発:後  
背地解析技術に関する研究, 日本地質学  
会第 122 年学術大会講演要旨集, p.174.,  
信州大学, 2015.9.9-11

安江健一・小松哲也・徳安佳代子・田村  
系子・堀内泰治, 山地形成過程の把握に  
必要な後背地解析技術の研究-石英の放  
射線損傷を用いた手法-, 日本地質学会  
第 122 年学術大会講演要旨集, p.303.  
信州大学, 2015.9.9-11

小川村における 2014 年長野県北西部地

震の被害調査グループ(グループメンバ  
ー・竹下欣宏・塚原弘昭・中村由克・富  
樫 均・近藤洋一・関めぐみ・田辺智隆・  
塩野敏昭・花岡邦明・宮下 忠・小林和  
宏・寺尾真純・中川知津子, 長野市・飯綱  
町・信濃町・小川村における 2014.11.22  
の地震被害, 地学団体研究会第 69 回総会,  
糸魚川, 2015.8.21-23

清水龍来・廣内大助, 河成段丘面の長波  
長変形に基づく断層構造を考慮した地形  
発達 の 解 明 - 高 田 平 野 東 縁 お よ び 越 後 平  
野東縁地域の事例 -, 地球惑星科学連合,  
幕張メッセ, 2015.5.27

廣内大助・杉戸信彦・金田平太郎・後藤  
秀昭・松多信尚・鈴木康弘・石黒聡士・  
熊原康博・2014 年神城断層地震地形調査  
グループ, 2014 年長野県北部の地震(神  
城断層地震)に伴う地表地震断層と活断  
層, 地球惑星科学連合, 幕張メッセ,  
2015.5.27

及川輝樹・吉本充宏・中田節也・前野深・  
石塚吉浩・竹下欣宏・小森次郎・嶋野岳  
人・石峯康浩, 映像と現地調査に基づく  
御嶽山 2014 年噴火の推移, 日本地球惑  
星科学連合 連合大会 2015 年大会, 千葉  
市, 2015.5.24-28

廣内大助・杉戸信彦・松多信尚・石黒聡  
士・熊原康博・金田平太郎・後藤秀昭・  
鈴木康弘・2014 年神城断層地震地形調査  
グループ, 2014 年長野県北部の地震(神  
城断層地震)における地表地震断層と提  
起する新たな問題, 地震工学会 2014 年長  
野県北部の地震調査団報告会, 東京大学  
地震研究所, 2015.5.15

廣内大助, 防災研究と自然地理学 - 地震  
災害研究における変動地形学の役割と貢  
献, 人文地理学会第 282 回例会, 神戸山  
手大学, 2015.4.18【招待講演】

廣内大助・杉戸信彦・金田平太郎・後藤  
秀昭・松多信尚・鈴木康弘・2014 年神城  
断層地震地形調査グループ, 2014 年長野  
県北部の地震(神城断層地震)に伴う地  
表地震断層, 日本地理学会, 日本大学文  
理学部, 2015.3.28

Daisuke.HIROUCHI et al, Surface  
repture associated with the 2014  
Kamishiro fault earthquake, central  
Japan:A preliminary report on field  
reconnaissance surveys, Hokudan 2015  
International Symposium on Active  
Faulting, Awaji Yumebutai  
International Conference Center,  
2015.1.15

安江健一・廣内大助・松原章浩・國分陽  
子, 活断層露頭における黒色土の放射性  
炭素年代の深度分布によるイベント認定  
の試み, 日本地質学会, 鹿児島大学,  
2014.9.15

廣内大助・安江健一・道家涼介・佐藤善  
輝・杉戸信彦・松多信尚, 阿寺断層帯中

部における後期更新世以降の断層運動，  
日本地質学会，鹿児島大学，2014.9.15  
安江健一・廣内大助・國分陽子・松原章  
浩・古澤明，放射性炭素年代を用いた黒  
色土の層序対比と断層変位基準認定への  
活用，日本地球惑星科学連合 2014 年大会，  
パシフィコ横浜，2014.4.29

杉戸信彦・松多信尚・廣内大助・石山達  
也，1847 年善光寺地震に伴う飯山城下町  
の地形変化，日本活断層学会，つくば国  
際会議場，2013.11.29

- ⑳ 竹下欣宏・清水大史・新保亜沙子・栗岩  
優・赤羽貞幸，長野県北部の中～上部更  
新統，牟礼層に挟在する降下テフラ層の  
層序とその対比，日本地質学会，東北大  
学，2013.9.14

- ㉑ 安江健一・島田耕史・佐々木亮道・田中  
遊雲・丹羽正和・石丸恒存・梅田浩司・  
立石 良・小坂英輝，敦賀半島北部に分  
布する河成段丘の編年，日本地質学会，  
東北大学，2013.9.14

- ㉒ N. Sugito, N. Matsuta, H. Goto,  
Y. Kumahara, K. Hori, D. Hirouchi,  
S. Ishiguro, T. Nakata, M. Umitsu,  
M. Watanabe, Y. Suzuki Criteria for  
detection of tsunami-inundation  
area and its field examination for  
the 2011 Tohoku tsunami, based on  
air-photo stereo-pair  
interpretation, IGU 2013 Kyoto  
Regional, 京都国際会議場, 2013.8.4

- ㉓ Matsuta, N., N. Sugito, H. Goto,  
S. Ishiguro, T. Nakata, M. Watanabe,  
H. Une, K. Tamura, Y. Kumahara, K. Hori,  
D. Hirouchi, M. Umitsu, T. Usui, and  
Y. Suzuki, Significance and  
background of mapping the area hit  
by the tsunami of 11<sup>th</sup> March 2011,  
northeast Japan, IGU 2013 Kyoto  
Regional, 京都国際会議場, 2013.8.4

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

廣内 大助 (HIROUCHI, Daisuke)  
信州大学・学術研究院教育学系・教授  
研究者番号：5 0 4 2 4 9 1 6

### (2) 研究分担者

竹下 欣宏 (TAKESHITA, Yoshihiro)  
信州大学・学術研究院教育学系・准教授  
研究者番号：0 0 5 7 8 2 7 1

安江 健一 (YASUE, Kenichi)  
国立研究開発法人日本原子力研究開発機  
構・バックエンド研究開発部門 東濃地科  
学センター 地層科学研究部 ネオテク  
トニクス研究グループ・研究員  
研究者番号：1 0 4 4 6 4 6 1