

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 2 日現在

機関番号：32675

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K01127

研究課題名（和文）活断層による微地形の形成が居住と土地利用に与えた影響の地理学的解明

研究課題名（英文）Geographical study on the impact of emergence of fault-related landform on residence-place distribution and land use

研究代表者

杉戸 信彦（SUGITO, Nobuhiko）

法政大学・人間環境学部・教授

研究者番号：50437076

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：低地における居住域や土地利用と活断層による微地形とのかかわりを検証するため、飯山市街地および熱田台地北方を主な調査対象として、地形解析や現地調査などを実施した。飯山市街地については地形面の形成時期を推定し、1847年善光寺地震およびこれに先立つ地震に伴う地表変位と地形発達史、遺跡分布の検討を行った。熱田台地北方に関しては、堀川断層・尼ヶ坂断層間に発達する断層変位地形の形成時期を推定し、条里地割の分布との関係を検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

大縮尺空中写真および高解像度数値標高モデルを用いた変動地形学的解析を実施することによって、活断層による微地形の形成が低地における居住域や土地利用に与える影響を検討した。居住域や土地利用と微地形とのかかわりを、外的営力や気候変動、土砂供給という視点に加えて、活断層による微地形という視点から検討した点は特徴的であり、地形環境・地震発生環境の理解、また土地利用の歴史など人と自然のかかわりあいに関する議論に資する意義を有する。

研究成果の概要（英文）：We conducted geomorphic analysis and field surveys on several-meters-high fault-related landforms developed in the central Iiyama City and the northern area of the Atsuta Upland, in order to examine their relation to residence-place distribution and land use. For the central Iiyama City, we estimated formation ages of the geomorphic surfaces, and discussed surface faulting associated with the 1847 Zenkoji and penultimate events, history of landform development, and the distribution of the archaeological sites. For the northern area of the Atsuta Upland, we estimated formation age of the fault-related landform developed between the Horikawa and Amagasaka faults, and examined its relation to the distribution of the "Jori" grid pattern system.

研究分野：地形学

キーワード：変動地形 活断層 古地震 表層地質 遺跡

### 1. 研究開始当初の背景

高解像度 DEM (数値標高モデル) を用いた変動地形学的解析が本格化し (例えば後藤・杉戸, 2012)、大縮尺空中写真の判読技術の向上 (例えば東郷, 2000; 池田ほか編, 2002) と相俟って、微小規模の断層変位地形 (1 回 1 回の大地震に伴う地表地震断層を含む) が、長波長のものを含め、全国各地の沖積低地であらたに見出されている。それらの中には、大地震に伴う土地の隆起が離水をもたらす、あるいは水利条件を左右するなど、人類の居住域や土地利用に影響を与えたものもあると考えられる。低地における居住域や土地利用と微地形とのかかわりを、外的営力や気候変動、土砂供給という視点に加えて、活断層による微地形という視点から読み解くことが実現すると考えられる。

### 2. 研究の目的

上記の背景のもと、活断層による微地形の形成が低地における居住域や土地利用といかにかかわりあうのかを検証することを目的として、飯山市街地および熱田台地北方を主な調査対象として研究を行った。

### 3. 研究の方法

大縮尺航空写真および高解像度 DEM を用いた地形判読や現地踏査、地形計測、遺跡調査報告書などの資料の収集・分析などを行った。飯山市街地においては、ハンドオーガーを用いた予察調査を実施したうえで、ボーリングコアを取得し、層相と層序の記載、および放射性炭素年代測定を行った。熱田台地北方に関しては、2017 年度に取得したボーリングコアについて、追加で放射性炭素年代測定を実施した。得られた知見、および既存の知見をもとにして、低地における居住域や土地利用と活断層による微地形とのかかわりを検討した。

### 4. 研究成果

#### (1) 飯山市街地

飯山市街地 (図 1) は、史料に基づいて、1847 年善光寺地震に伴って約 1.5~3 m 隆起したと推定されている (粟田ほか, 1987; 杉戸, 2014)。また、地形調査と群列ボーリング調査 (図 1 のコア IY-B1~5)、柳沢ほか (2001) の年代データなどをもとに、善光寺地震の際にはトレス A・B3 において地表変位が生じ、それ以前には市街地南部に千曲川の沖積作用が及んでいた可能性が指摘されている (杉戸ほか, 2013a, b)。一方、市街地北部については弥生時代中期~後期頃の少し後に離水したと推定されている (杉戸ほか, 2017)。根拠は、トレス B2 を対象としたトレンチ掘削調査 (図 1 の Trench 2016) による知見 (弥生時代後期頃まで千曲川の後背湿地であり、その後トレス B2 における地表変位によって離水し、さらに千曲川の侵食・堆積作用を受けたのち、善光寺地震に伴ってトレス B2 において再び地表変位が生じて隆起した可能性)、および北町遺跡のデータである。このように、飯山市街地は北部と南部で、標高がほぼ同じであるにも関わらず形成時期が異なっており、それぞれのトレスにおける地表変位が関与した可能性が考えられる。

飯山市街地南部における活断層の活動と地形発達史を検討するため、ハンドオーガーを用いた予察調査を実施したうえで、ボーリングコアを 2 本取得し (図 1 のコア No. 1・2)、層相と層序の記載、および放射性炭素年代測定を実施した。コア No. 1 においては深度 1.49 m を、コア No. 2 においては深度 3.52 m を境として大きな時間間隔が推定され、その上位から、コア No. 1 では深度 1.15 m で  $240 \pm 30$  yr BP、深度 1.28 m

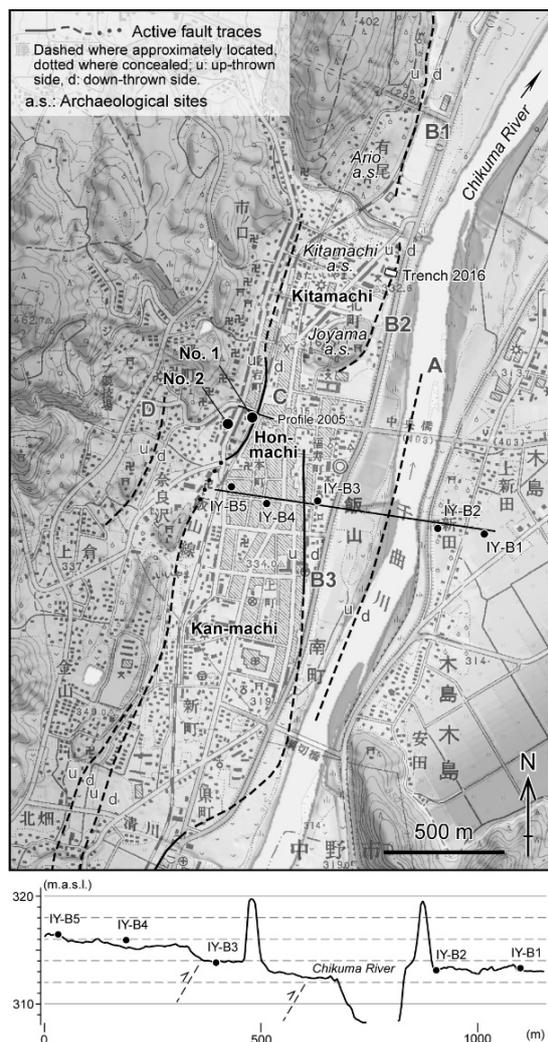


図 1 飯山市街地の活断層分布・主な遺跡・調査地点。杉戸ほか (2017) に加筆修正を加えたもの。

で  $270 \pm 30$  yr BP の年代が、コア No. 2 では深度 2.30-2.32 m で  $850 \pm 30$  yr BP、深度 2.75-2.80 m で  $900 \pm 30$  yr BP の年代が得られた。コア No. 1 を取得した地形面は西側隆起約 1.6 m の上下変位を受けており（測線位置は図 1 の Profile 2005）（杉戸, 2006）、1847 年善光寺地震に伴う変位と推定される。善光寺地震に先立つ活動（杉戸ほか, 2011）の際にはトレース B2・C において地表変位が生じたという可能性を考えていたが、C についてはさらにデータを取得して検討する必要がある。

また、コア No. 1 の深度 2.40-2.42 m・4.94 m・5.11-5.13 m、およびコア No. 2 の深度 8.51-8.52 m においては、 $>43,500$  yr BP の年代が得られたほか、コア No. 2 では深度 5.10-5.15 m において  $25,290 \pm 90$  yr BP の年代が得られ、コア No. 1 やコア IY-B5 などの同深度付近と大きく異なっている。各トレースにおける地表変位による相対的隆起と千曲川の河成作用との関係で、いったん離水したのち再び河成作用を受ける、場所によって離水時期が異なるなどの点を含め、飯山市街地における活断層の活動と地形発達史についてさらに検討を行う必要がある。

### (2) 熱田台地北方

熱田台地北方（図 2）の沖積低地には、堀川断層・尼ヶ坂断層の活動による幅約 2 km・比高約 1 m の背斜状を呈する微高地が、南北方向にのびて分布しており、この微高地を東西に横断する旧河道地形もこれらの断層による変位を受けている（後藤・杉戸, 2012；杉戸・後藤, 2012）。この旧河道地形の形成時期を明らかにするため、2017 年度、ボーリング調査を実施し（図 2 の NAG-1~4）、層相と層序の記載、および放射性炭素年代測定を行った。

本研究では、これらのコアについて、層相・層序を確認したうえで放射性炭素年代測定をさらに実施した（図 3）。その結果、旧河道地形が変位を受けた時期は  $1680 \pm 30$  yr BP より後と推定された。本地域には条里地割の存在が知られており（金田, 1980, 2016）、活断層分布と合致が見出された（図 2）。活断層に起因する微高地が水利条件を拘束した結果として理解される。また、これらの活断層は条里地割の成立時期より前に活動したものと推定される（杉戸ほか, 2019）。平手町遺跡における地形環境の変遷の歴史（宮本・上中, 2008）とも整合的である。

### (3) その他

大町市街地について、高解像度 DEM を用いた変動地形学的解析により、市街地を南北方向に通過する約 1 km の推定活断層を認定した（杉戸・後藤, 2018）。認定根拠は、扇状地面の傾斜異常などである。こうした地形異常と用水路網との関係についても検討を行った。他の地域の事例についても活断層による微地形と居住域や遺跡分布、土地利用の関係について調査を行った。

### <引用文献>

- ① 粟田泰夫・奥村晃史・佃 栄吉, 1987, 善光寺地震断層系に関する史料と地震断層の現況, 歴史地震,

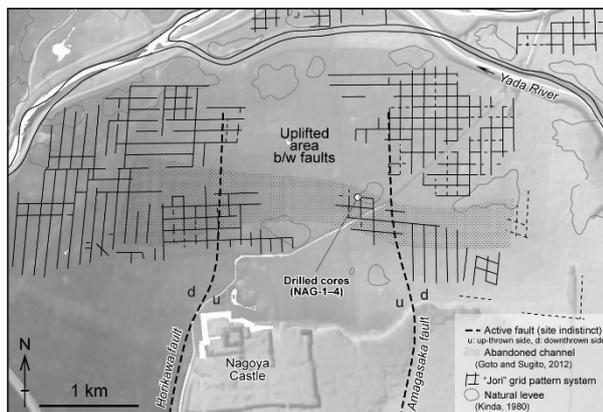


図 2 熱田台地北方の活断層分布と条里地割。杉戸ほか (2019) を一部改変。

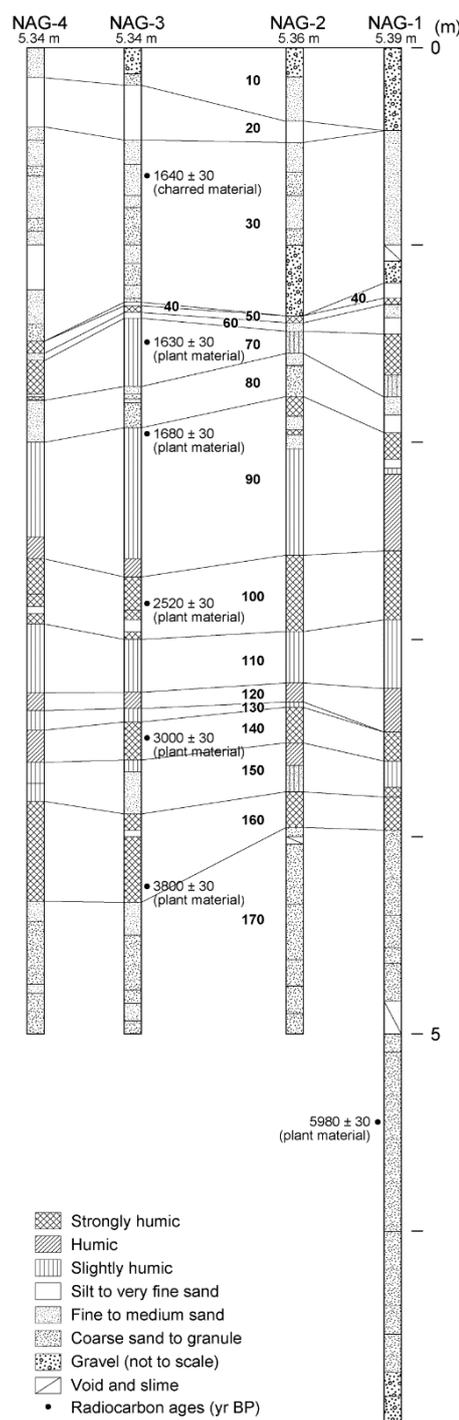


図 3 コア NAG-1~4 の柱状図。杉戸ほか (2019) で報告したものを一部改変。

3, 166-174.

- ② 後藤秀昭・杉戸信彦, 2012, 数値標高モデルのステレオ画像を用いた活断層地形判読, E-journal GEO, 7, 197-213.
- ③ 池田安隆・今泉俊文・東郷正美・平川一臣・宮内崇裕・佐藤比呂志編, 2002, 「第四紀逆断層アトラス」, 東京大学出版会, 254p.
- ④ 金田章裕, 1980, 古代(2) 一律令時代一, 愛知県開拓史研究会編, 「愛知県開拓史通史編」, 愛知県, 874p, 28-44.
- ⑤ 金田章裕, 2016, 条里と尾張・三河の条里遺構, 愛知県史編さん委員会編, 「愛知県史通史編 1 原始・古代」, 愛知県, 912p, 787-858.
- ⑥ 宮本真二・上中央子, 2008, 庄内川低地, 平手町遺跡における地形環境の変遷と遺跡立地, 国際航業株式会社文化事業部編, 平手町遺跡第4次発掘調査報告書, 名古屋市健康福祉局病院事業本部病院管理課, 143p, 110-117.
- ⑦ 杉戸信彦, 2006, 逆断層の地震時地表変位の再現性: 石動山断層・長野盆地西縁断層帯を例として, 京都大学大学院理学研究科博士学位論文主論文, 190p.
- ⑧ 杉戸信彦, 2014, 1847年善光寺地震の地表地震断層に関する既存資料の整理, 人間環境論集(法政大学人間環境学会), 14-3, 171-194.
- ⑨ 杉戸信彦・後藤秀昭, 2012, 名古屋市街地を縦断する活断層の変動地形学的検討, 日本活断層学会 2012年度秋季学術大会, 0-1.
- ⑩ 杉戸信彦・後藤秀昭, 2018, 長野県大町市街地の活断層分布に関する一検討, 活断層研究, 49, 17-22.
- ⑪ 杉戸信彦・松多信尚・廣内大助・石村大輔・斎藤 真・丸山陽央, 2011, 1847年善光寺地震に先立つ長野盆地西縁断層帯の3回の活動間隔, 日本活断層学会 2011年度秋季学術大会, P-07.
- ⑫ 杉戸信彦・松多信尚・廣内大助・石山達也, 2013a, 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 2013年度秋季学術大会, P-3.
- ⑬ 杉戸信彦・鈴木毅彦・石山達也・廣内大助・今泉俊文, 2013b, 長野盆地西縁断層帯, 飯山市街地付近の平均変位速度, 日本地震学会 2013年度秋季大会, P2-23.
- ⑭ 杉戸信彦・石山達也・廣内大助・塩野敏昭・水谷光太郎・米原和哉・鈴木理恵・中村俊幸・丸山陽央・松多信尚, 2017, 飯山市街地北部の地形環境と長野盆地西縁断層帯, 日本活断層学会 2017年度秋季学術大会, P-19.
- ⑮ 杉戸信彦・後藤秀昭・細矢卓志, 2019, 熱田台地北方, 矢田川左岸の沖積低地に発達する旧河道の形成時期, 日本地理学会 2019年秋季学術大会, P001.
- ⑯ 東郷正美, 2000, 「微小地形による活断層判読」, 古今書院, 206p.
- ⑰ 柳沢幸夫・金子隆之・赤羽貞幸・栗田泰夫・釜井俊孝・土谷信之, 2001, 飯山地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 144p.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 杉戸信彦・古澤 明・澤 祥・田力正好・谷口 薫・渡辺満久・鈴木康弘	4. 巻 128
2. 論文標題 山梨県南アルプス市築山における糸魚川 - 静岡構造線断層帯南部区間の平均変位速度	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地学雑誌	6. 最初と最後の頁 453-464
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5026/jgeography.128.453	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 杉戸信彦・後藤秀昭	4. 巻 49
2. 論文標題 長野県大町市街地の活断層分布に関する一検討	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 活断層研究	6. 最初と最後の頁 17-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11462/afr.2018.49_17	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sugito, N., H. Sawa, K. Taniguchi, Y. Sato, M. Watanabe, and Y. Suzuki	4. 巻 327
2. 論文標題 Evolution of Riedel-shear pop-up structures during cumulative strike-slip faulting: A case study in the Misayama-Godo area, Fujimi Town, central Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geomorphology	6. 最初と最後の頁 446-455
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.geomorph.2018.11.026	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 堤 浩之・杉戸信彦・木村治夫・川嶋涉造・森島虎之助・谷口 薫・小俣雅志
2. 発表標題 奈良盆地東縁断層帯の帯解断層と天理断層の活動履歴と変位速度
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 堤 浩之・杉戸信彦・西田至良・木村治夫
2. 発表標題 奈良盆地東縁断層帯の新期断層変位地形
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 杉戸信彦・後藤秀昭・細矢卓志
2. 発表標題 熱田台地北方，矢田川左岸の沖積低地に発達する旧河道の形成時期
3. 学会等名 日本地理学会2019年秋季学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉戸信彦・後藤秀昭
2. 発表標題 高解像度DEMを用いた長野県大町市街地の活断層分布の検討
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------