

### 3. 4 濃尾断層帯（温見断層南東部）の調査

#### (1) 業務の内容

(a) 業務題目 濃尾断層帯（温見断層南東部）の調査

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
学校法人中央大学	教授	金田 平太郎
国立大学法人京都大学	准教授	松四 雄騎

(c) 業務の目的

平均変位速度や活動履歴、活動間隔など、地震発生確率評価・地震規模評価に必要な情報がこれまで得られていない濃尾断層帯温見断層南東部区間において、宇宙線生成核種年代測定などの新たな調査手法も活用しながら左横ずれ平均変位速度および活動履歴などを解明するとともに、新調査手法の活断層調査・研究における適用性や問題点を検証することを目的とする。

(d) 年度毎の実施業務の要約

1) 令和2年度：対象断層の既往成果の整理を行うとともに、既存航空レーザー測量データ解析に基づき微小断層変位地形の抽出および検討を行った。その結果に基づき、1箇所ではトレンチ調査を実施し、活動履歴を解明した。また、宇宙線生成核種年代測定法による段丘面離水年代推定および平均変位速度解明の可能性を検討するため、対象断層および隣接する濃尾断層帯主部(根尾谷断層)において宇宙線生成核種年代測定用試料を採取し、前処理を開始した。

2) 令和3年度：令和2年度に採取した試料の宇宙線生成核種年代測定を実施し、温見断層南東部区間沿いに分布する各段丘面の離水年代や温見断層南東部区間の平均変位速度などを検討する。その結果に基づき、活断層調査・研究における宇宙線生成核種年代測定法の適用性や問題点を検証する。

#### (2) 令和2年度の成果

(a) 業務の要約

温見断層南東部区間をカバーする既存の航空レーザー測量データからさらに高解像度の数値標高モデルを作成し、3倍解像度のMPI赤色立体地図ステレオペアを用いることで詳細に断層変位地形を検討した。その結果に基づいて砂利谷サイトでトレンチ調査を実施し、過去5回の活動時期を初めて明らかにした。最新活動は西暦1440年以降の歴史時代であり、先行研究でも指摘されているように、1891年濃尾地震時には温見断層北西部区間とともに南東部区間も活動していた可能性が高い。また、2回前・3回前の活動についても、温見断層北西部区間および根尾谷断層の活動と時期が重なることから、少なくとも過去3

回の地震については、これらの断層が連動破壊していた可能性がある。一方、段丘面の離水年代および平均変位速度の解明のため、砂利谷サイト、温見白谷出合サイト、および隣接する根尾谷断層上の温見白谷上流サイトにおいて、宇宙線生成核種年代測定用の巨礫試料を採取して前処理を開始した。温見白谷出合サイトにおいては、段丘面上でピット掘削も実施し、深度 165 cm までの 7 層準から堆積物試料を採取した。令和 3 年度にこれらの試料の年代測定を実施する予定である。

## (b) 業務の成果

### 1) はじめに

温見（ぬくみ）断層は、濃尾断層帯を構成する主要断層のひとつであり、福井県今立郡池田町から大野市南部を経て岐阜県本巣市北部に至る長さ約 36 km の左横ずれ活断層である（図 1）。本断層は、1891 年濃尾地震（M 8.0）時に根尾谷断層、梅原断層などとともに活動した長さ約 16 km の北西部区間と濃尾地震時には活動しなかったとされる長さ約 21 km の南東部区間に分けられる（地震調査推進本部地震調査委員会，2005）。このうち、北西部区間においては、濃尾地震時に最大左横ずれ変位 3 m に達する明瞭な地表地震断層が出現したことが知られるとともに（大森，1900；松田，1974 など）、その後、温見地点においてトレンチ調査が実施され、K-Ah テフラ降灰（約 7.3 ka）以降に濃尾地震を含めて少なくとも 4 回の活動があったことが明らかになっている（吉岡・他，2001；2002）。一方、南東部区間においては、 $43,210 \pm 820$  yBP の年代を示す段丘堆積物を切断する断層露頭が 1 箇所において確認されたものの（吉岡・他，2001）、空中写真による地形判読では新期の地形面を切断する断層変位地形は認められず、数万年前以降、活動は停止しているとする見解もあった（岡田，2002）。

しかし、近年の航空レーザー測量技術によって空中写真では認識できない植生下の微地形の検出が可能になり、温見断層南東部区間においても、新鮮な断層変位地形が報告されるようになった。佐々木・上田（2012）は、航空レーザー測量による 2 m グリッドの数値標高モデル（DEM）を用いて温見断層全域と根尾谷断層北部の実体視地形判読を行い、温見断層南東部区間に沿って新鮮な逆向き低断層崖が断続的に分布することを明らかにした。また、この結果に基づいて詳細な現地調査を実施し、同区間沿いの 4 地点で新期の堆積物を切る活断層露頭を確認した。さらに、堆積物中に含まれる木片・土壌等の放射性炭素（ $^{14}\text{C}$ ）年代測定結果から、温見断層南東部区間の最新活動は西暦 1400 年代後半以降であることを明らかにし、濃尾地震時にこの区間も活動した可能性を指摘した。

その後、林（2015MS）は、越美山系砂防事務所および近畿地方整備局による航空レーザー測量データ（岐阜県側は 1 m グリッド、福井県側は 0.5 m グリッドの DEM）を用いた実体視地形判読に基づいて、温見断層南東部区間沿いの詳細な段丘面区分と断層変位地形マッピングを行うとともに、40 地点以上でピット・ハンドコア掘削を実施し、風成被覆層のテフラ分析に基づいて各段丘面のおおまかな編年を行った。金田・他（2018a, 2018b）は林（2015MS）の用いた航空レーザー測量データを再判読し、1:25000 地形図上に温見断層南東部区間の断層変位地形の分布を詳細に図示した。

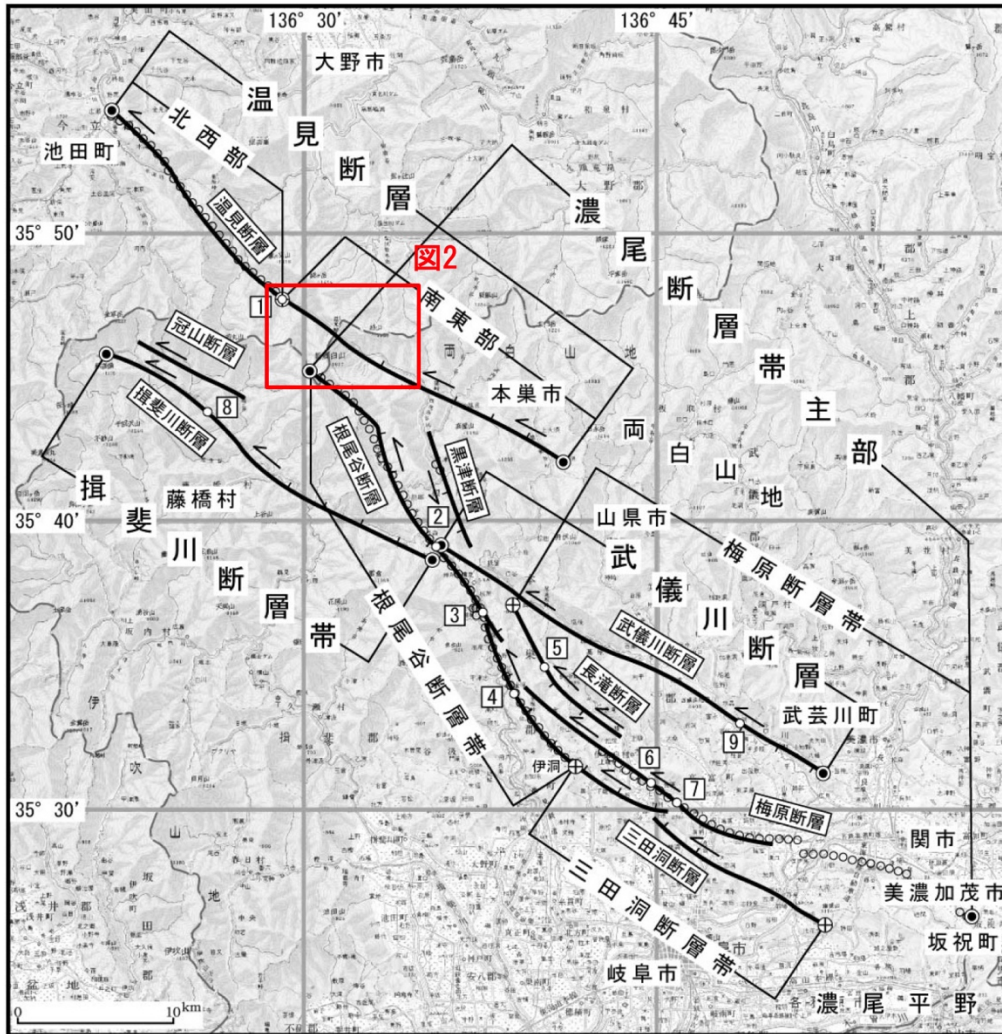


図1 濃尾断層帯を構成する断層の位置図  
 地震調査推進本部地震調査委員会（2005）に加筆。  
 白丸は1891年濃尾地震時の地表地震断層を示す。

以上のように、航空レーザー測量データを活用した地形判読と現地調査によって、温見断層南東部区間が新鮮な断層変位地形を有するごく最近にも活動した活断層であることが確実となった。しかしながら、同区間の左横ずれ平均変位速度や最新活動より前の活動履歴、活動間隔など、地震発生確率評価・地震規模評価に必要な情報の多くは依然として不明のままである。その主たる原因は、植生に覆われた山岳地でトレンチ調査適地を見つけることが難しかったことに加えて、周辺に火山のない地域のため、K-Ah（約 7.3 ka）、AT（約 30 ka）の2枚の広域テフラ以外の時間基準が利用できず、断層運動によって変位した段丘面や段丘崖の年代を精度良く決めることが難しかったことにあると考えられる。

そこで本調査では、まず、航空レーザー測量によるフィルタリング済みランダム点群データからさらに高解像度のDEMを作成するとともに、微小断層変位地形判読用に最適化された最新のDEM可視化手法（3倍解像度のMPI赤色立体地図ステレオペア；Kaneda and Chiba, 2019）を用いて詳細な断層変位地形の検討を行った。その結果に基づいてトレンチ調査適地を選定し、1箇所でも人力掘削によるトレンチ調査を実施した。また、これまで国



内の活断層調査ではほとんど用いられていない宇宙線生成核種年代測定法の段丘面離水年代推定への適用性を検討するため、上記の断層変位地形検討結果に基づいて、現地で岩石・堆積物試料の選定および採取を行った。当初計画では、採取した試料の前処理を本年度中に終了させて米国 Purdue 大学 PRIME 研究室に年代測定を依頼する予定であったが、新型コロナウイルス感染症蔓延の影響で試料採取調査の実施が大幅に遅れたことなどから、本年度は一部の試料について前処理を開始するにとどまった。次年度に前処理を完了させるとともに、Purdue 大学では次年度中に年代測定結果が得られない可能性が高いことから、計画を変更して東京大学タンデム加速器研究施設において年代測定を実施する予定である。

## 2) 調査結果

本調査では、まず、温見断層南東部区間全域について、林 (2015MS) や金田・他 (2018a, 2018b) が用いた越美山系砂防事務所および近畿地方整備局による航空レーザー測量データ (岐阜県側は 1 m グリッド、福井県側は 0.5 m グリッドの DEM) に基づいた予察的検討を行い、岐阜県側の砂利谷周辺 (以下、砂利谷サイト) および福井県側の温見白谷出合周辺 (以下、温見白谷出合サイト) の 2 箇所を詳細な調査地として選定した (図 2)。それぞ

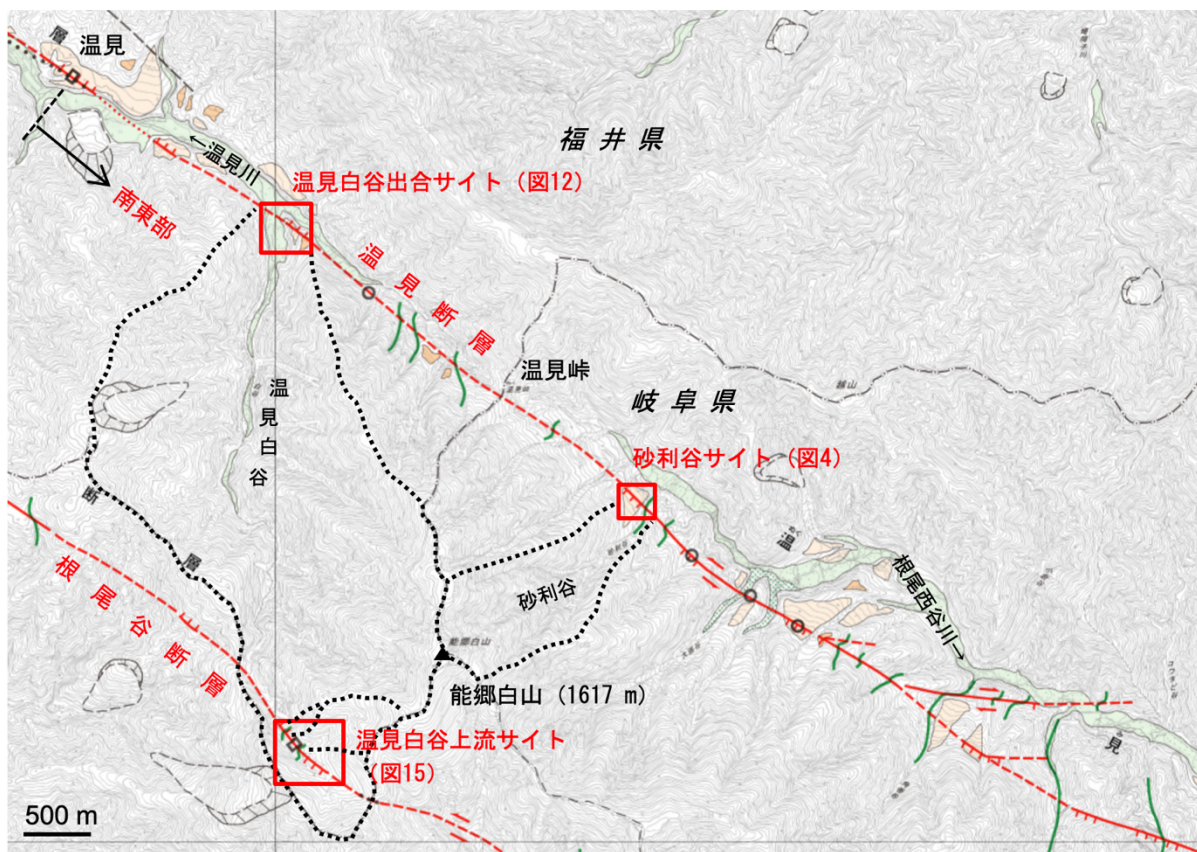


図 2 詳細な調査を実施したサイトの位置図  
 国土地理院活断層図「冠山」(金田・他, 2018a) および「能郷白山」(金田・他, 2018b) に加筆。位置は図 1 参照。

れ、根尾西谷川水系および温見川水系の最上流部に位置するが、砂利谷サイトから上流の集水面積は約 1.0 km<sup>2</sup>であるのに対し、温見白谷出合サイトから上流の集水面積は約 6.3 km<sup>2</sup>であり、後者は比較的大きな集水域をもつ。ともに集水域内の最高点は能郷白山山頂（標高 1617 m）である。

一方、宇宙線生成核種年代測定法の段丘面離水年代推定への適用性の検討のため、温見断層の南西側を併走する根尾谷断層沿いの温見白谷最上流部（以下、温見白谷上流サイト；図 2）も本調査の対象とした。このサイトでは、Komura *et al.* (2020)によってトレンチ調査が行われており、段丘面上および現河床の巨礫の一部について宇宙線生成核種年代測定も実施されている（田中，2017MS）。温見白谷上流サイトから上流の集水面積は約 0.19 km<sup>2</sup>ないし約 0.02 km<sup>2</sup>と非常に小さく、追加の試料採取および年代測定を行うことで、集水域の大きさや集水域内の位置、堆積環境による宇宙線生成核種年代測定法の適用性の相違も検討できる可能性がある。

※2) a)～2) c)に記載のデータについては、論文投稿や学会発表を検討中であり、データを公開することで論文投稿に支障が生じる可能性があるため、令和 6 年 3 月 31 日まで非公開とする。

#### (c) 結論ならびに今後の課題

温見断層南東部区間をカバーする既存の航空レーザー測量データからさらに高解像度（0.25～0.5 m グリッド）の数値標高モデルを作成し、3倍解像度のMPI赤色立体地図ステレオペアを用いることで詳細に断層変位地形を検討した。その結果に基づき、砂利谷サイトで1箇所のトレンチ調査を実施した。トレンチ壁面には、完新世の堆積物を変位・変形させる明瞭な断層帯が出現し、<sup>14</sup>C年代測定などから、以下のように過去5回の活動時期が明らかとなった。

最新活動：西暦 1440 年（510 cal BP）以降

2回前の活動：2010～300 cal BP

3回前の活動：6390～1890 cal BP

4回前の活動：6450～6210 cal BP

5回前の活動：7510 cal BP 以前

最新活動は歴史時代であり、佐々木・上田（2012）でも指摘されているように、1891年濃尾地震時には温見断層北西部区間とともに南東部区間も活動していた可能性が高い。また、2回前・3回前の活動についても、先行研究による温見断層北西部区間および根尾谷断層の活動と時期が重なることから、少なくとも過去3回の地震については、温見断層北西部区間、南東部区間、および根尾谷断層が連動破壊していた可能性がある。

一方、段丘面の離水年代および平均変位速度の解明のため、砂利谷サイト、温見白谷出合サイト、および隣接する根尾谷断層上の温見白谷上流サイトにおいて、宇宙線生成核種年代測定用の巨礫試料を採取して前処理を開始した。温見白谷出合サイトにおいては、段丘面上でピット掘削も行い、深度 165 cm までの 7 層準から堆積物試料を採取した。

以上のように、航空レーザー測量データのもつ情報を最大限活かした地形判読とその結果に基づくトレンチ調査により、これまで不明であった温見断層南東部区間の最新活動以前の活動時期が初めて明らかとなった。しかし、将来の地震の規模や他の活断層との連動の可能性を評価するためには、長期間における横ずれ平均変位速度や 1 回の地震時の横ずれ量を明らかにする必要がある、そのためには、各サイトにおける段丘面の離水年代解明が不可欠である。今年度の調査で採取した巨礫表面試料や堆積物試料の宇宙線生成核種年代測定（宇宙線生成核種量測定）を次年度（令和 3 年度）に実施して、各段丘面の離水年代や温見断層南東部区間の平均変位速度等を明らかにするとともに、活断層調査・研究における宇宙線生成核種年代測定法の適用性・問題点について検討を行うことが今後の課題である。

なお、本報告で使用した MPI 赤色立体地図およびそのステレオペアは、アジア航測株式会社の赤色立体地図作成手法（特許 3670274、特許 4272146）を活断層地形判読用に改良して作成したものである。

#### (d) 引用文献

- Anderson, R. S., J.L. Repka, and G.S. Dick, Explicit treatment of inheritance in dating depositional surfaces using in situ  $^{10}\text{Be}$  and  $^{26}\text{Al}$ , *Geology*, 24, 47-51, 1996.
- 栗田泰夫・苅谷愛彦・奥村晃史, 古地震調査にもとづく 1891 年濃尾地震断層系のセグメント区分, 地質調査所速報, EQ/99/3, 115-130, 1999.
- 千葉達朗・鈴木雄介, 赤色立体地図 -新しい地形表現手法-, 応用測量論文, 15, 81-89, 2004.
- 林 星和, 航空レーザー測量データに基づく温見断層南東部の断層変位地形の再検討, 千葉大学大学院理学研究科修士論文, 82p, 2015MS.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 濃尾断層帯の長期評価, 49p, 2005.
- 金田平太郎・石村大輔・田力正好・中田 高, 1:25,000 活断層図「冠山」, 国土地理院, 2018a.
- 金田平太郎・石村大輔・熊原康博・中田 高, 1:25,000 活断層図「能郷白山」, 国土地理院, 2018b.
- Kaneda, H. and T. Chiba, Stereopaired morphometric protection index red relief image maps (Stereo MPI-RRIMs): effective visualization of high-resolution digital elevation models for interpreting and mapping small tectonic geomorphic features, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 109, 99-109, 2019.
- Komura, K., H. Kaneda, T. Tanaka, S. Kojima, T. Inoue, and T. Nishio, Synchronized gravitational slope deformation and active faulting: A case study on and around the Neodani fault, central Japan, *Geomorphology*, 365, 107214, 2020.
- 松田時彦, 1891 年濃尾地震の地震断層, 地震研究所研究速報, 13, 85-126, 1974.

- Matsushi, Y., S. Wakasa, H. Matsuzaki, and Y. Matsukura, Long-term denudation rates of actively uplifting hillcrests in the Boso Peninsula, Japan, estimated from depth profiling of in situ-produced cosmogenic  $^{10}\text{Be}$  and  $^{26}\text{Al}$ , *Geomorphology*, 82, 283-294, 2006.
- 中江 訓・小松原 琢・吉川敏之, 5 万分の 1 地質図幅「冠山」, 地質調査総合センター, 2015.
- 岡田篤正, 濃尾活断層帯の諸性質, 村松郁栄・松田時彦・岡田篤正『濃尾地震と根尾谷断層帯 -内陸最大地震と断層の諸性質-』, 古今書院, 191-330, 2002.
- 大森房吉, 明治二十四年十月二十八日濃尾大地震ノ調査(第二回報告), 震災予防調査会報告, 32, 67-87, 1900.
- 佐々木俊法・上田圭一, 活断層の連動性評価のための指標の抽出(その 1) -変動地形学のおよび地表地質調査に基づく断層分布形状と変位分布の検討-. 電力中央研究所報告, N11046, 26p, 2012.
- Suganuma, Y., H. Miura, and J. Okuno, A new sampling technique for surface exposure dating using a portable electric rock cutter, *Nankyoku Shiryo (Antarctic Record)*, 56, 85-90, 2012.
- 田中知季, 濃尾活断層系, 根尾谷断層北部山岳区間の断層変位地形とその活動性, 千葉大学大学院理学研究科修士論文, 73p, 2017MS.
- 吉岡敏和・栗田泰夫・下川浩一・石本裕己・吉村実義・松浦一樹, 濃尾地震断層系・温見断層の活動履歴調査, 活断層・古地震研究報告, 1, 97-105, 2001.
- 吉岡敏和・栗田泰夫・下川浩一・石本裕己・吉村実義・松浦一樹, トレンチ調査に基づく 1891 年濃尾地震断層系・温見断層の活動履歴, *地震* 2, 55, 301-309, 2002.
- 脇田浩二・原山 智・鹿野和彦・三村弘二・坂本 亨・広島俊男・駒澤正夫, 20 万分の 1 地質図幅「岐阜」, 地質調査所, 1992.