

1896年陸羽地震に伴い岩手県和賀川周辺の川舟断層に沿って出現した 地震断層の特徴と過去の活動を示す断層変位地形

Characteristics of the surface ruptures associated with the 1896 Riku-u earthquake and geomorphic evidence for a previous faulting on the Kawafune fault around the Waga River, Iwate Prefecture

丸山 正¹・齋藤 勝²

MARUYAMA Tadashi¹ and SAITO Masaru²

¹ 活断層・火山研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Earthquake and Volcano Geology)

² 栃木県那須塩原市 (Nasushiobara, Tochigi 325-0067, Japan)

Abstract: The 1896 Riku-u earthquake ($M 7.2$) produced a series of surface ruptures on a conjugate set of reverse-fault system that bounds both of western and eastern margins of the Mahiru mountains, NE Japan. The surface ruptures have been examined and described for a long time since immediately after the earthquake, but some problems regarding accurate extent and characteristics of the surface ruptures remain unresolved. We revisited the surface ruptures along the Kawafune fault, a northern segment of the Mahiru-Sanchi-Toen fault zone, Iwate Prefecture, which bounds eastern margin of the Mahiru mountains, to expand findings on the Kawafune fault gained by Yasuo Awata at Geological Survey of Japan (AIST) through the investigation in 2010 FY. We focused on southern extension of the presently defined southern end of the surface ruptures on the Kawafune fault appeared in the 1896 earthquake, and conducted literature search, topographic analyses, and field surveys. Detailed topographic data obtained by LiDAR imaging and in-situ surveys clearly exhibit the fault scarps that cut a flight of fluvial terraces extending for ~400 m west-southwestward from west (right) bank of the SSE-flowing Waga River, which smoothly connect the presently defined surface rupture trace. The fine-scale map view geometry and topographic profiles of the fault scarps suggest that the fault is a reverse fault with a shallowly northwestern dip near the ground surface. A series of topographic profiles across the fault scarps shows a significant difference in vertical separation at difference levels of the terraces, implying that the terraces experienced at least two surface-rupturing earthquakes including the 1896 earthquake. Future efforts on dating of the terraces will unravel recent faulting history of the Kawafune fault.

キーワード: 地震断層, 1896年陸羽地震, 川舟断層, 和賀川, 逆断層, 地表形態

Keywords: surface rupture, 1896 Riku-u earthquake, Kawafune fault, Waga River, reverse fault, surface morphology

1. はじめに

1896 (明治29)年8月31日に秋田県と岩手県との県境にあたる真昼山地の直下を震源として発生したとされる陸羽地震 ($M 7.2$, 気象庁, 2021) では, 地震に伴い真昼山地の西縁と東縁を限る北北東-南南西~北東-南西走向の断層, すなわち西縁では東傾斜の横手盆地東縁断層帯 (白岩・六郷断層群) および生保内断層 (駒ヶ岳西縁断層群) に沿って, また東縁では西傾斜の川舟断層 (真昼山地東縁断層帯北部) に沿って, 地形と調和的に山地が相対的に隆起する逆断層型の地震断層が出現した (例えば, 山崎, 1897; 松田ほか, 1980; 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2005a, 2005b など) (第1図).

これらの地震断層については, 地震発生直後に震

災予防調査会から派遣された当時帝国大学大学院生であった山崎直方と, 中央气象台から派遣された池上稲吉技手によって調査が行われ (鹿島, 1934; 鏡味・水田, 2017), 出現位置や変形の特徴およびそれに伴う被害の状況, ずれ量などについての貴重な情報が報告されている (山崎, 1897; 中央気象臺, 1900). その後, いずれも東京帝国大学の今村明恒が1910年代に地震断層のほぼ全域について, 福井英一郎が1920年代に千屋断層帯および生保内断層沿いの地震断層について, 大塚弥之助が1930年代に川舟断層沿いの地震断層について現地調査を行い, 部分的ではあるものの, 地震断層についての詳しい観察記録を報告している (今村, 1913; 福井, 1928; 大塚, 1938).

1970年代に入り、東京大学地震研究所の松田時彦氏を中心とする調査メンバーにより、陸羽地震に伴う地震断層の性格や活動性を検討するための現地調査が行われた(松田ほか, 1980). ここでは、山崎(1897)などの既存資料を参考に地震断層が追跡され、地震断層出現地点ごとにその特徴が詳しく記載されるとともに、地震断層分布図をはじめ地震断層の全体的な特徴が報告された。また、松田ほか(1980)では、地元川舟小学校元校長高橋善二氏による地震体験者への聞き取りならびに実地踏査に基づいて1936(昭和11)年に作成された川舟断層沿いの地震断層についての手記が付録として掲載されている。

1980年代には、電力中央研究所による川舟断層を対象とした一連の研究が実施された(大山ほか, 1991a, 1991b, 1993). これらの研究では、伏在する断層の位置や変位量を明らかにする手法を確立する目的でMT法、浅層反射法、屈折法、電気探査法、地中レーダーによる探査および地化学調査を実施し(大山ほか, 1991a), ハッ又地区(現沢内若畑, 第2図)においてトレンチ掘削調査を実施した(大山ほか, 1991b, 1993). これらの研究によって、川舟断層の近傍の地下構造が明らかにされ、1回前の断層活動の時期が $5,650 \pm 110$ BP ($6,210 \sim 6,730$ cal BP; 暦年較正は較正データとしてIntCal20 (Reimer *et al.*, 2020)を用いて、較正プログラムOxCal4.4 (Bronk Ramsey, 2001)により行なった。年代値は95.4% 暦年代範囲を示す。以下同じ)以前、 $27,400 \pm 1,000$ BP ($29,980 \sim 34,260$ cal BP)以降であったことが示されている。また、これらの調査において、1896年陸羽地震で生じた地震断層に関する踏査が実施されたが、安ヶ沢(和賀川と横川の合流点の北方で、和賀川左岸(東岸)に位置する; 現沢内川舟, 第2図)以南の地震断層に関しては「断層崖は和賀川本流を横切る手前で不明瞭になり、これ以南では断層は山地に入り、場所を特定するのは難しい」(大山ほか, 1991a)と記述されるに止まっている。

川舟断層に沿う地震断層の分布については、地震直後に調査を実施した山崎が、その本文および第一図版で、北は大荒沢(現沢内若畑)から南は真昼岳(図版では真晝山)東方の太田(現沢内太田)―新町(現沢内新町)間付近まで地震断層を確認したことを示している(山崎, 1897)(第1, 2図)。池上は、大荒沢のやや北に位置する大志田(現沢内字若畑; 第2図のやや北)から地震断層を認め、真昼山腹でその跡を没すると報告している(中央気象臺, 1900)。これに対して、高橋氏の手記(松田ほか, 1980)による川舟断層沿いの地震断層^{かまき}についての記載は、大荒沢付近(大荒沢西方の吹沢)から安ヶ沢までであり、松田ほか(1980)も安ヶ沢以南について新しい情報は得られなかったとしている(第2図)。

そのため、沢内川舟の安ヶ沢から沢内太田―沢内新町間付近までの地震断層の詳細は長らく不明のま

までであった(第1, 2図)。そうしたなか、2010年度に文部科学省委託事業「活断層の追加・補完調査」の一環として栗田泰夫氏(当時産業技術総合研究所)が担当した真昼山地東縁断層帯の調査において、安ヶ沢以南の地震断層の追跡が試みられた(産業技術総合研究所, 2011)。これによると、空中写真判読および航空レーザ測量データを用いた等高線図や地形断面図の検討の結果、安ヶ沢で確認されている地震断層の南西延長部が和賀川右岸(西岸; 現沢内泉沢)において少なくとも400 mにわたって認められ、同川兩岸の地震断層は、和賀川が形成した複数段の河成段丘面を変位させる東南東～南向きの低断層崖で特徴づけられること、形成年代の異なる段丘面上に認められる低断層崖の上下変位量の違いから1896年陸羽地震に先行する活動が認められることが報告されている。さらに、本地域と真昼山地東縁断層帯南部に分布する段丘面の対比に基づく検討の結果、最新活動に先行する活動が3万年前以降、かつそれに近い時期であった可能性を示した。この調査結果の一部は、「活断層詳細デジタルマップ[新編]」(今泉ほか編, 2018)にも収録されている。しかしながら、同調査の主たる目的が、真昼山地東縁断層帯南部の活動性の解明であることもあり、真昼山地東縁断層帯北部を構成する川舟断層沿いの和賀川右岸側における地震断層の性状および累積変位地形に関しての検討や記載は必ずしも十分とは言えない。

ここでは、産業技術総合研究所(2011)で報告された知見を踏まえ、追加調査結果を加えて、和賀川兩岸の地震断層の形態的特徴や変位量、断層面の傾斜および累積変位地形等に関して詳しく検討した結果を報告する。なお、産業技術総合研究所(2011)では、和賀川右岸だけでなく、さらに南西の2カ所(松川, 沢内太田の西方; 第1図)についても、地震断層の可能性について言及しているが、ここでは調査対象としない。

2. 調査手法

本調査では、産業技術総合研究所(2011)と同様に、空中写真および航空レーザ計測デジタル標高データ(DEM)を使用して、段丘面の区分および断層変位地形の認定・推定と計測を行った。空中写真は、1976年に国土地理院が撮影した縮尺約1万5千分の1のカラー写真を使用した。DEMは、国際航業株式会社の航空レーザライブラリデータ(PAREA-LiDAR)の2 mグリッドデータ(2006～2007年計測; フィルタリング処理を施されたもの)を使用し、このデータから等高線図(1 m間隔)および地形断面図を作成して地形判読と地形計測に用いた(第3図)。

段丘面は、地形面の連続性および面の開析の程度に基づいて区分した(第3, 4図)。予察的な現地調査では、段丘面を構成する堆積物やその基盤および

被覆層が観察できる良好な露頭は確認できなかった。なお、和賀川支流などの谷から供給された碎屑物が段丘面上に堆積して形成された扇状地面や崖錐斜面は、第3図には表示していない。本調査地域の地震断層を含む断層変位地形は、複数の段丘崖に直交あるいは斜交して連続的に延びる低崖として認定される(第3図)。地形判読および地形解析により認定・推定した断層変位地形およびその分布について、現地において追跡・確認した(第5図)。

断層による段丘面の上下変位量(鉛直隔離)は、断層崖にほぼ直交する方向に測線を設け、航空レーザーデータにより作成した地形断面図から計測した(第6図)。計測に際しては、断層崖の相対的隆起側と沈降側でそれぞれ変形部分から離れた区間の近似直線を変形部分まで延長し、断層崖の中間部分での高度差を鉛直隔離とした。

和賀川右岸においては、人工改変が軽微なために、断層変位地形が良好に保存されている区間が認められた。この区間では、断層地形の形態を詳細に検討するため、GNSSおよびトータルステーションを用いた測量を実施し、等高線間隔25cmの等高線図および地形断面図を作成した(第7図)。測量は2020年11月および2021年4月に実施した。また後述するように、この測量結果を用いて測量区間における断層面の傾斜角を推定した(第8図)。

3. 調査結果

3.1. 段丘面区分

調査地域には、和賀川に沿って複数段の河成段丘が発達しており、それらが東北東-西南西~東西方向に延びる断層により南南東~南側下がりの変位を受けている。空中写真およびDEMを用いた地形判読および地形解析に基づき、調査地域に分布する段丘面を低位のものから順にT1面~T7面に区分した(第3, 4図)。このうち、調査地域に広く分布するT4面は侵食によるわずかな分布高度の違いから、低位のT4a面と高位のT4b面(およびT4b'面:後述)に細分した。本調査による段丘面区分と産業技術総合研究所(2011)による段丘面区分の対比を第1表に示す。段丘面の区分は両者で概ね一致しているが、次の2点で大きく異なる。まず、産業技術総合研究所(2011)では、和賀川左岸に広がるIIb面(本調査のT4a面)に対応する段丘面が同川右岸でも認定(IIb面;本調査のT3面)されているが、和賀川を横断する地形断面図(第4図)によると、右岸のIIb面は左岸のそれより著しく低位に位置しており、両者は異なる時期に形成された段丘面と考えられる。また、産業技術総合研究所(2011)では和賀川右岸において一括してIIa面とされている面について、本調査では断層の北側において、T4b'面と同面を浅く削り込む谷地形(T4b面)に細分した(第3図)。

T4b'面が断層の北側のみに分布する理由については後述する。

これまで、本地域に分布する段丘面の年代に関する直接的な情報は報告されていない。そのため、産業技術総合研究所(2011)では、真昼山地東縁断層帯南部に分布する段丘面との対比に基づいて、段丘面の形成時期を間接的に推定している。上述のように、本調査での現地踏査でも段丘面を構成する堆積物やその被覆層を観察できる良好な露頭は確認できなかった。そのため、段丘面の形成年代については産業技術総合研究所(2011)および栗田ほか(2011)に従った(第1表, 第2表)。これらの資料によれば、年代値のばらつきが大きい。T4b面およびT4b'面は概ね3~4万年前前後に、T4a面およびT3面は約2~3万年前前後に、T2面は約2~4千年前後に、T1面は約300~800年前前後に形成された可能性が高いと判断される。

3.2. 断層の分布と地表での形態

等高線図や地形断面図の判読および現地での確認調査の結果、和賀川沿いに分布する河成段丘面を変位させる東西~東北東-西南西方向に延びる明瞭な断層が認められた(第3図)。この断層は、和賀川左岸ではT4a面およびT4b'面に南側低下の変形を与えるほぼ東西に延びる断層崖として認定される。なお、栗田ほか(1980)では、このうちの凡そT4a面分布範囲において1896年陸羽地震の地震断層を認定している(第2図)。和賀川左岸で認められた断層は、和賀川を横切り右岸へ連続して続き、西に向かって走向を東北東-西南西から北東-南西へと湾曲しつつ再び東北東-西南西に延びる、T1~T4面上に発達する明瞭な南向きの低崖として延長400mにわたって追跡できる。この断層は、T4b'面の分布域より西方では位置が不明確となるが、周辺の地形を考慮すると、T4b'面の西縁を限り、さらに西方の東に流れる谷に沿って西南西方向に延びるものと推定される。このT4b'面の西縁を限る山麓線に沿って推定した断層の80~150m南東方においてT4b面とT4b'面を境する北北東-南南西に延びる東南東向きの低崖が認められる(第3図のP10が横切る赤破線)。この低崖は段丘崖の可能性も否定できないが、上述した東北東-西南西方向に延びる断層崖から分岐した断層崖の可能性もある(第6図の断面P10)。ただし、この推定断層の南方延長部では高位のT6面に明瞭な断層変位地形は見出し難い。これらの断層トレースの分布は、概ね産業技術総合研究所(2011)と同じである。

断層の形態については、地形断面図(第6, 7図)に示されるように、南南東~南に向かって撓むような段丘面の変形(例えば、断面P2やP4, P1)や断層崖(撓曲崖)近傍でその相対的隆起側(北北西~北側)に発達するバルジ状の高まり(例えば、断面

P6, P7, PII) の断面形状で特徴づけられる。また、断層変位地形が良好に保存されていることから測量調査を実施した区間 (第7図) では、南北方向に延びる比高 11~12 m の段丘崖を介して分布する T3 面と T4b' 面 (落下側は T4b 面) に N51°~55°E 方向に延びる南東向きの断層崖が発達している。高位の T4b' 面と T4b 面を境する断層崖は、低位の T3 面上では約 20 m 山側 (北西側) にステップしている (第7図)。こうした形態的特徴から、和賀川右岸における断層は、同地域以東に連続する地震断層 (山崎, 1897; 大塚, 1938; 松田ほか, 1980; 大山ほか, 1991a, 1991b, 1993) と同様に、北西に傾斜する逆断層と判断される。

3.3. 和賀川右岸に出現した 1896 年陸羽地震の地震断層

本調査により和賀川右岸で認定・推定された断層を山崎 (1897) による 1896 年の地震断層の記載と比較することで、断層 (の一部) が陸羽地震で出現した地震断層であることを検討する。山崎 (1897) は、調査地域の地震断層について次のように記載している。

「断層線猶走て川舟澤を越へ常に舊道の西部なる山の裾を過ぎ公葬地の附近に至り復た急斜をなさず緩慢なる傾斜と數條の大裂罅を造り宛も土龍の通路の如き有様をなせり (其傾斜地の垂直高距は一米餘あり) 走路之より西に轉し森林並に蒲原の中を過ぎ和賀川に出て和賀川橋の上流三百米許の所に於て河崖を破壊し再び南岸の芝原に顯れ緩慢なる陷落傾斜と裂罅を造り南七十度西を指して鷹土澤山の密林中に入る」(山崎, 1897, p. 58)。

これによると、松田ほか (1980) でも記載されているように現在墓地となっている山麓の公葬地 (第2図) 付近では、地震断層は撓曲を示唆する緩やかな傾斜とモール・トラック状の數條の裂罅で特徴づけられ、そこでの上下変位量は 1 m 強であったと解読できる。また、公葬地付近より西では、地震断層は走向を (北東-南西から) 西へと転じ、森林や草原を切断して和賀川橋の上流約 300 m 付近で和賀川を横切り、河岸を破壊しながら南岸 (右岸) の芝原に出現し、ここでも地震断層は左岸と同様に撓曲と裂罅で表現され、S70°W 方向に向かって鷹土澤山周辺の森林に延びる、とされている。

ここに記載された「鷹土沢山」は、第2図の「高田沢山」のことを指していると思われる。高田沢山は、第3図に示した東北東-西南西に延びる和賀川右岸の断層の西端部からほぼ S75°W の方向で約 1,100 m の場所に位置しており、今回認定・推定された断層の方位は、山崎 (1897) による地震断層に関する記述と符合する。また、和賀川右岸の地震断層が同川左岸から連続的に続く様子が表現されていることと和賀川兩岸の地震断層が撓曲として表現されている

ことは、上述した断層の分布および地表での形態的特徴と調和している。

3.4. 段丘面の上下変位量

調査地域の地震断層の累積変位を検討するため、変位を受けた段丘面 (T1~T4 面) について、地形断面図に基づいて上下変位量を計測した (第6, 7図)。なお、T2 面については、断層出現位置近傍で東流する谷が分布していることと、断層南側が水田耕作のための人工的な平坦化を受けているとみられることから、変位量の計測は行なっていない (第3図)。また、測線 P6, P9, P10 および PII については、隆起側および落下側がそれぞれ T4b' 面および T4b 面であり、落下側では T4b' 面構成層が T4b 面構成層の下に埋没している可能性がある。そのため、地形断面から計測される比高は T4b' 面の鉛直隔離の最小値を示している可能性がある。計測の結果、東北東-西南西~東西走向区間では、和賀川左岸の T4a 面で約 2 m (断面 P1, P2), T4b' 面で約 4 m (断面 P3), 同川右岸の T1 面で約 2 m (断面 P4), T3 面で約 2.3 m (断面 P5, P1), T4b' 面 (落下側は T4b 面) で約 3.6~4.0 m (断面 P6, P9, PII), T4b 面で約 1.1~2.0 m (断面 P7, P8) と見積もられ、北北東-南南西走向の推定断層区間では T4b' 面と T4b 面の比高は約 2.7 m (断面 P10) と見積もられた。この結果から、産業技術総合研究所 (2011) でも指摘している、1) T1 面~T4b 面の上下変位は断面 P7 を除いてほぼ一様に 2 m 程度を示すことと、2) T4b' 面の上下変位量は T4b 面以下の段丘面の上下変位のほぼ 2 倍の 4 m 程度を示すことが再確認された。ただし、上述したように、産業技術総合研究所 (2011) では本調査で上下変位量に有意な違いが認められた T4b 面と T4b' 面に細分した段丘面を一括している。また、産業技術総合研究所 (2011) では、本調査で約 3.6~4.0 m の上下変位量が計測された断面 P6 および断面 PII に近接した測線 07 の上下変位量として 4.8 m を計測している。この値は、断層崖基部からバルジ頂部までの比高を上下変位量としていることによるもので、変位量の違いは計測方法の違いによるものと判断される。

調査地域における 1896 年陸羽地震時の上下変位量に関する記載は地震直後の現地調査では報告されていないが、上述したように山崎 (1897) により隣接する公葬地付近で 1 m 強の値が報告されている (第2図)。この値は本調査により T1 面~T4b 面で計測された 2 m 程度に比べてやや小さい (測線 P7 で計測された T4b 面の約 1.1 m とは調和的) が、地震断層の詳しい記載を行った山崎 (1897) や地震体験者への聞き取りを行った高橋氏による手記 (松田ほか, 1980) には、いずれも調査地域において陸羽地震前に断層崖が存在していたことが記されていない。このことから、T1 面~T4b 面で計測された 2 m 程度の上下変位量は、松田ほか (1980) でも採用している

ように陸羽地震の際に出現したものと考えられる。

3.5. 断層面の傾斜角の推定

上述したように、和賀川右岸において測量を実施した区間では、高位の T4b'面と T4b 面とを境する断層崖が低位の T3 面上では山側（北西側）に入り込むようにステップしている（第7図）ことなどから、断層面が北西に傾斜していると推定した。ここでは、1) 測量実施区間における断層の走向は N53°E であること、2) 断層面は1枚の平滑な平面であること、3) 断層面は地形断面図における断層崖基部の計測点に出現したことを仮定して、T4b'-T4b 面と T3 面において断層にほぼ直交する方向に設定した地形断面図（第7図の PI および PII）を用いて、同区間における断層面の傾斜角を推定した。断面 PI と断面 PII を断層面の走向に直交する方向（N37°W）に投影した断面図上において、両断面の断層崖基部の水平距離と高度差を計測した結果、この区間における断層面の北西への傾斜は約 29° と推定される（第8図）。この場合、同区間における 1896 年地震の上下変位量（約 2.3 m）から水平短縮量は 4 m 以上であった可能性がある。なお、ここで推定した傾斜角は、八ッ又地区で実施された川舟断層のトレンチ調査により出現した、陸羽地震の際に変位が生じた断層面の傾斜（35°～60°、大山ほか、1991b、第2図）よりやや緩い。

3.6. 陸羽地震に先行する活動の時期

陸羽地震に先行する活動の時期については、段丘面の上下変位量と推定される年代から産業技術総合研究所（2011）により既に検討されている。それによると、T4a 面（産業技術総合研究所、2011 の IIb 面）およびそれより新しい地形面はいずれも 1896 年陸羽地震に伴う変位量とされる約 2 m の上下変位を示すのに対して、T4b'面（IIa 面）の上下変位はそのほぼ 2 倍の約 4 m であることから、1つ前の活動時期（1896 年陸羽地震のようにメートルオーダーの断層変位を伴った活動時期）は、T4b'面（IIa 面）形成以後で T4a 面（IIb 面）形成以前であり、地形面の推定年代から 3 万年程度より新しく、かつそれに近い時期であった可能性もあるとしている。この結果は、八ッ又地区で実施された川舟断層のトレンチ掘削調査（大山ほか、1991b、1993）によって報告された 1 回前の断層活動時期（6,210～6,730 cal BP 以前、29,980～34,260 cal BP 以降）とも整合し、かつ、活動時期をより限定するものである。

本調査による地形面区分や上下変位量は、産業技術総合研究所（2011）と大差ない。ただし、産業技術総合研究所（2011）では IIa 面と一括された段丘面は、本調査では T4b 面と T4b'面に 2 分され、両者の上下変位量には有意な違いが認められることは既に述べた。T4b 面の上下変位量がそれよりも新しい地形面とほぼ同じような値を示すことから、1つ前の

活動時期は T4b'面形成以後で T4b 面形成前に限定される可能性がある。上述したように、T4b'面は断層の北側のみに分布する（第3図）。これは、T4b'面形成中の北側上がりの断層活動に伴い、隆起側である断層北側の領域では侵食基準面が低下したために下刻作用が生じ、削り残された部分が T4b'面として段丘化したことで説明できる。その場合、1つ前の活動時期は T4b'面形成中となり、推定される T4b 面および T4b'面の年代（第1、2表）から、概ね 3～4 万年前前後と推定される。

上述したように、調査地域を含む真昼山地東縁断層帯北部では、段丘面の編年に関する直接的なデータが得られていない。陸羽地震に先行する川舟断層の活動の時期を解明することは、真昼山地の西縁を限る千屋断層を含む白岩・六郷断層群および駒ヶ岳西縁断層群との活動度（活動間隔や地震時のずれ量）の同異やその原因を検討する上で基礎となる。川舟断層沿いで最も段丘面の発達がよい本調査地域での地形面の編年調査の実施が望まれる。

謝辞 西和賀町沢内泉沢の米澤盛男地区長には、現地調査に際して多大なる便宜を図っていただきました。株式会社ダイヤコンサルタントの下釜耕太氏ならびに岩崎将明氏には調査にご協力いただきました。現地調査の一部には産業技術総合研究所の吉見雅行氏に同行していただきました。本報告で作成した等高線図および地形断面図は、国際航業株式会社から購入した航空レーザ計測ライブラリデータ（PAREA-LiDAR）および有限会社エース技研により実施された現地測量結果を用いました。杉山雄一氏（元産業技術総合研究所）には投稿前の原稿を読んでいただき、多くの改善点をご指摘いただきました。査読を担当された大上隆史氏（産業技術総合研究所）ならびに編集を担当された高橋美紀氏（産業技術総合研究所）からは、原稿の問題点をご指摘いただくとともに、改善に向けたご意見をいただきました。本調査は栗田泰夫氏（元産業技術総合研究所）による調査成果（産業技術総合研究所、2011）を土台として行ったものです。以上の皆様にお礼申し上げます。

文 献

- 栗田泰夫・宮脇昌弘・齋藤 勝（2011）真昼山地南東縁に位置する割倉山断層の活動性と古地震履歴。活断層・古地震研究報告，11，55-82。
- Bronk Ramsey, C. (2001) Development of the radiocarbon calibration program. *Radiocarbon*, **43**, 355-363.
- 中央氣象臺（1900）八月三十一日午後五時零分陸羽地方の地震。明治二十九年地震報告，48-62。
- 福井英一郎（1928）横手盆地の地形學並びに氣候學的研究。地理學評論，**4**，15-45。

- 今泉俊文・宮内崇裕・堤 浩之・中田 高編 (2018) 活断層詳細デジタルマップ [新編]. 東京大学出版会, USB メモリ 1 本, 154 p, 立体視用赤青メガネ 1 枚.
- 今村明恒 (1913) 明治二十九年ノ陸羽地震. 震災豫防調査會報告, **77**, 78–87, 図版 3 p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2005a) 「雫石盆地西縁ー真昼山地東縁断層帯の評価」. 26 p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2005b) 「横手盆地東縁断層帯の評価」. 23 p.
- 鏡味洋史・水田敏彦 (2017) 1896 年陸羽地震の踏査報告の足跡をたどって. 東北地域災害学研究, **53**, 133–138.
- 鹿島洋々 (1934) 地震學者の横顔. 地震第 1 輯, **6**, 258–259.
- 気象庁 (2021) 過去の地震津波災害, <https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/higai/higai-1995.html> (閲覧日: 2021 年 7 月 1 日).
- 国土地理院 (2021) 基盤地図情報ダウンロードサービス, <https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php> (閲覧日: 2021 年 7 月 1 日).
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 新編 火山灰アトラスー日本列島とその周辺ー. 東京大学出版会, 360 p.
- 松田時彦・山崎晴雄・中田 高・今泉俊文 (1980) 1896 年陸羽地震の地震断層. 地震研究所集報, **55**, 795–855.
- 中田 高・今泉俊文編 (2002) 活断層詳細デジタルマップ. 東京大学出版会, DVD-ROM2 枚, 68 p, 付図 1 葉.
- 大塚彌之助 (1938) 明治 29 年陸羽地震川舟断層の現況その他. 地震第 1 輯, **10**, 469–476, 図版 1 p.
- 大台野遺跡研究グループ (1973) 大台野遺跡の ^{14}C 年代ー日本の第四紀層の ^{14}C 年代 (83) ー. 地球科学, **27**, 148–149.
- 小野寺信吾・菊池強一・大台野遺跡研究グループ (1975) 岩手県湯田町大台野遺跡周辺の第四紀層 (演旨), 東北地理, **27**, 153–154.
- 大山隆弘・楠 建一郎・木方建造・本島 睦・鈴木浩一・藤光康宏・橋本修一 (1991a), 沖積層下の断層探査ー (2) 川舟断層の物理探査, 地化学調査ー, 電力中央研究所報告, U91017, 46 p.
- 大山隆弘・曾根賢治・上田圭一 (1991b) 沖積層下の断層活動性評価ー (3) 川舟断層トレンチ調査ー, 電力中央研究所報告, U91032, 35 p.
- 大山隆弘・曾根賢治・上田圭一・橋本修一 (1993) 1989 年陸羽地震断層系・川舟断層 (川舟地区) トレンチ調査, 活断層研究, **11**, 55–55.
- Reimer, P. J., Austin, W. E. N., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C., Butzin, M., Cheng, H., Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Hajdas, I., Heaton, T. J., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kromer, B., Manning, S. W., Muscheler, R., Palmer, J. G., Pearson, C., van der Plicht, J., Reimer, R. W., Richards, D. A., Scott, E. M., Southon, J. R., Turney, C. S. M., Wacker, L., Adolphi, F., Büntgen, U., Capano, M., Fahrni, S. M., Fogtmann-Schulz, A., Friedrich, R., Köhler, P., Kudsk, S., Miyake, F., Olsen, J., Reinig, F., Sakamoto, M., Sookdeo, A. and Talamo, S., (2020) The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon*, **62**, 725–757.
- 産業技術総合研究所 (2011) 雫石盆地西縁ー真昼山地東縁断層帯 (真昼山地東縁断層帯/南部) の活動性および活動履歴調査, 「活断層の調査・補完調査」成果報告書, No. H22–1, 18 p, 表 2 p, 図 30 p.
- Smith, V. C., Staff, R. A., Blockley, S. P. E., Bronk Ramsey, C., Nakagawa, T., Mark, D. F., Takemura, K., Danhara, T. and Suigetsu 2006 Project Members (2013) Identification and correlation of visible tephra in the Lake Suigetsu SG06 sedimentary archive, Japan: chronostratigraphic markers for synchronising of east Asian/west Pacific palaeoclimatic records across the last 150 ka. *Quaternary Science Reviews*, **67**, 121–137.
- 山崎直方 (1897) 陸羽地震調査概報, 震災豫防調査會報告, **11**, 50–74, 図版 3 p.

(受付: 2021 年 7 月 29 日, 受理: 2021 年 12 月 10 日)

第 1 表. 西和賀町沢内川舟および同沢内泉沢地区付近の和賀川沿いに分布する河成段丘面の区分と段丘堆積物の推定年代.

Table 1. Classification of fluvial terrace surfaces along the Waga River near Sawauchi-kawafune and Sawauchi-izumizawa, Nishiwaga Town, Iwate Prefecture, and inferred age of the terrace deposits.

本研究	産業技術総合研究所 (2011)	真昼山地東縁断層帯南部に分布する段丘堆積物の暦年未較正年代 (栗田ほか, 2011; 産業技術総合研究所, 2011)
T1	IVb	
	IVa	300±20 BP ¹ , 380±30 BP ¹ , 840±20 BP ¹
T2	IIIb	2,460±30 BP ¹ , 3,350±30 BP ¹ , 3,570±30 BP ¹ , 3,700±30 BP ¹
-	IIIa [†]	
T3	IIb	16,640±60 BP ¹ , 23,820±90 BP ¹
T4a		
T4b	IIa	18,500±450 BP ^{2,*} , AT ^{1,*} , 22,050±650 BP ³ , 26,600±1,080 BP ³ , 33,380±170 BP ¹ , 44,160±430 BP ¹
T4b'		
T5	I	
T6		
T7	Ob	

[†]本研究地域には分布していない.

¹栗田ほか (2011)

²大台野遺跡研究グループ (1973)

³小野寺ほか (1975)

*段丘礫層直上の細粒堆積物から採取された試料 (産業技術総合研究所, 2011; 栗田ほか, 2011) .

第 2 表. 真昼山地東縁断層帯南部に分布する段丘堆積物から採取された ¹⁴C 年代試料の暦年較正年代と指標となる火山灰.

Table 2. Calibrated radiocarbon ages and marker tephra obtained from terrace deposits in the southern part of the Mahiru-Sanchi-Toen fault zone.

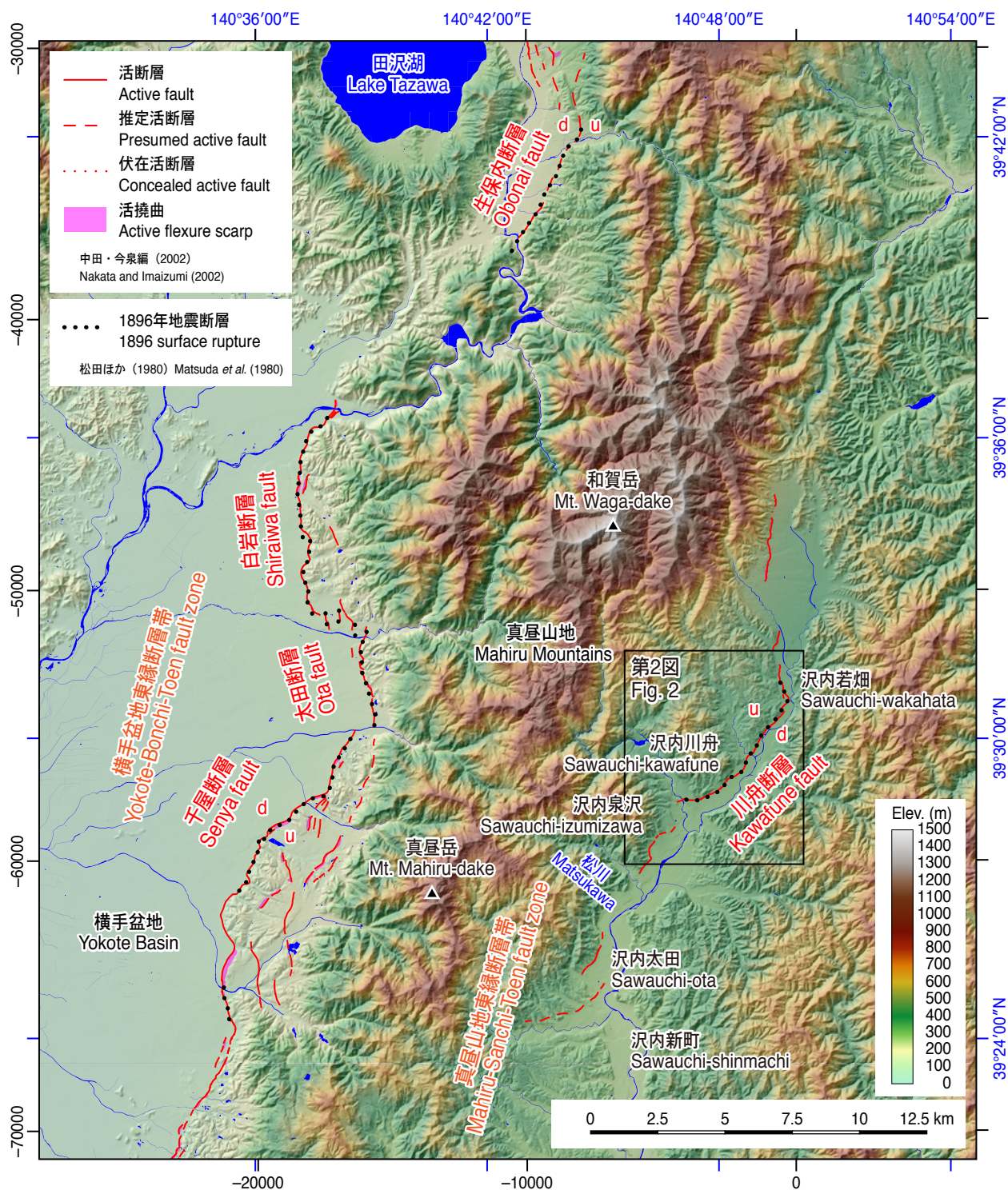
段丘面	¹⁴ C 報告値 (BP) もしくはテフラ名		試料種	分析機関 ID 番号 ²	較正年代 (cal BP; 95.4% 暦年代範囲) ³
T1	300 ±	20	炭化物	IAAA-101846	300-500 (95.4%)
	380 ±	30	炭化物	IAAA-101847	300-600 (95.4%)
	840 ±	20	炭化物	IAAA-101845	600-800 (95.4%)
T2	2,460 ±	30	腐植物	IAAA-101842	2,300-2,800 (95.4%)
	3,350 ±	30	腐植質シルト	IAAA-102171	3,400-3,700 (95.4%)
	3,570 ±	30	腐植物	IAAA-101844	3,700-4,000 (95.4%)
	3,700 ±	30	腐植質シルト	IAAA-102172	3,900-4,200 (95.4%)
T3, T4a	16,640 ±	60	腐植質シルト	IAAA-102173	19,900-20,300 (95.4%)
	23,820 ±	90	腐植質シルト	IAAA-102833	28,210-27,730 (95.4%)
T4b, T4b'	18,500 ±	450	木炭	Gak-3780	23,730-23,540 (2.1%), 23,420-21,330 (93.3%)
	AT ¹		テフラ	-	29,430-30,150 ⁴
	22,050 ±	650	泥炭	Gak-4354	27,720-25,140 (95.4%)
	26,600 ±	1,080	泥炭	Gak-4355	33,770-28,870 (95.4%)
	33,380 ±	170	炭化物	IAAA-102834	39,050-37,510 (95.4%)
	44,160 ±	430	腐植質シルト	IAAA-102174	47,670-45,620 (95.4%)

¹始良-Tnテフラ (町田・新井, 2003)

²IAAA-: 加速器分析研究所, GaK-: 学習院大学

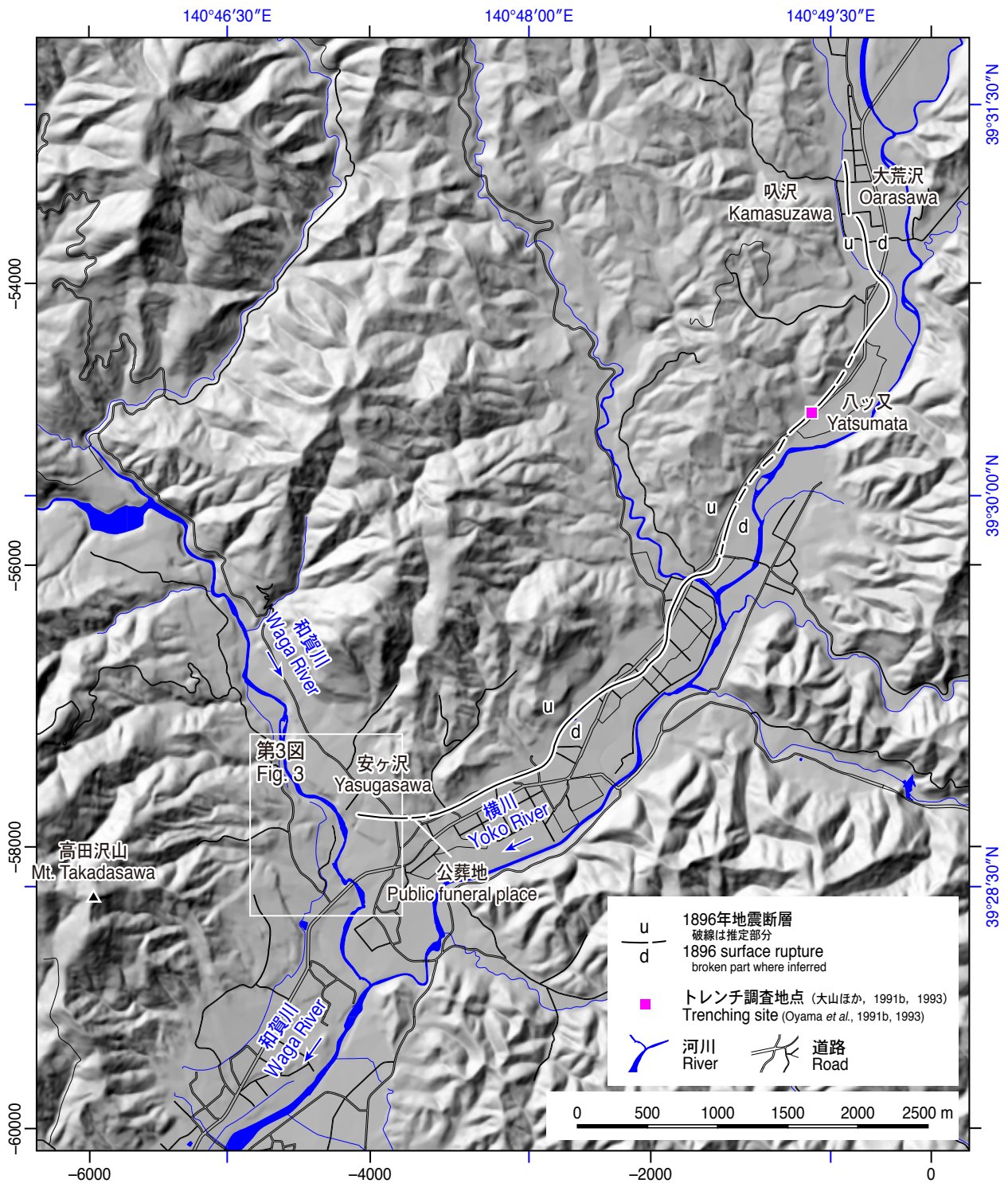
³暦年較正は較正データとして IntCal20 (Reimer *et al.*, 2020) を用いて, 較正プログラム OxCal4.4 (Bronk Ramsey, 2001) により行なった.

⁴Smith *et al.* (2013) による.



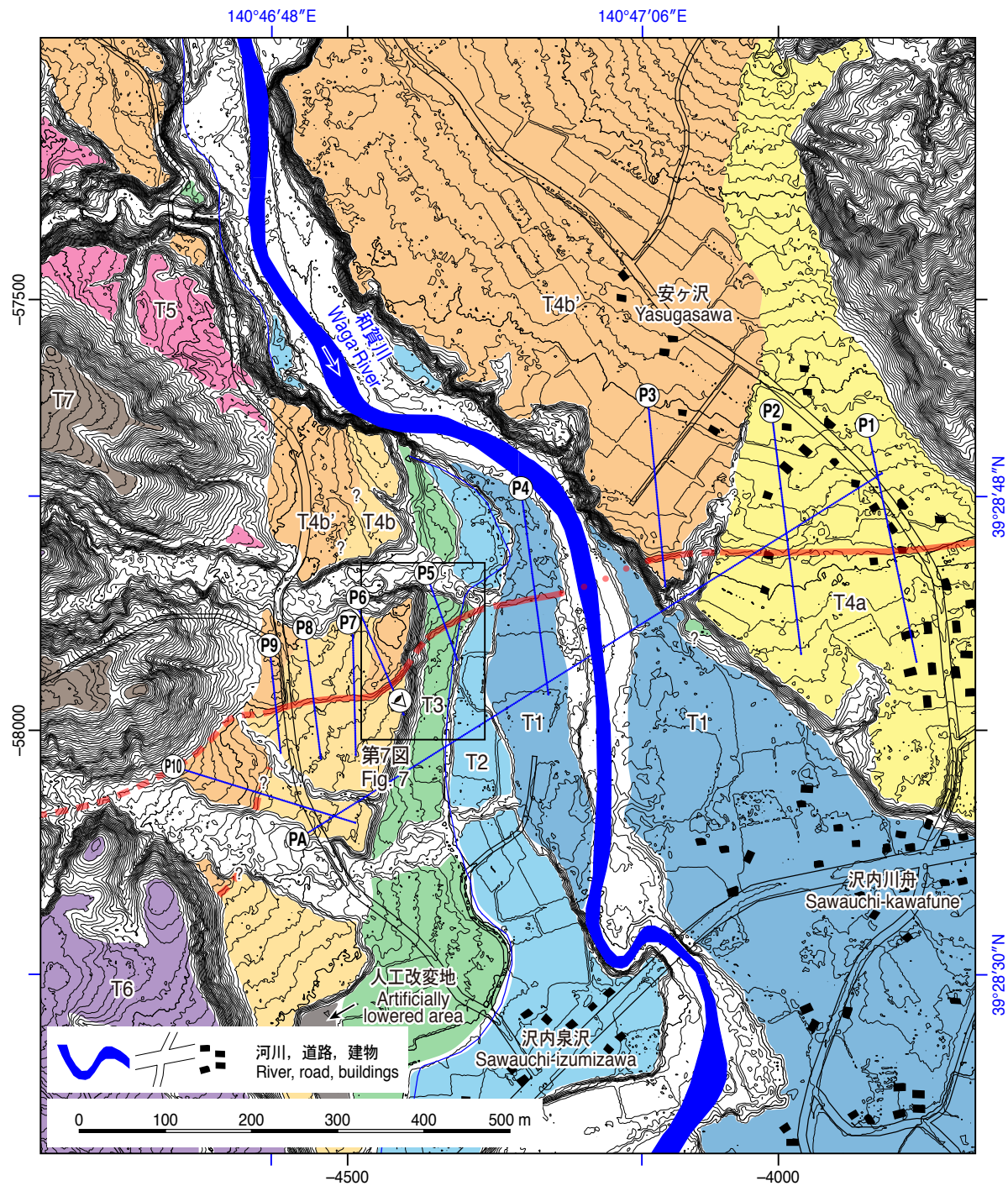
第1図. 真昼山地周辺の活断層および1896年陸羽地震で出現した地震断層. 活断層トレースは中田・今泉編(2002), 1896年地震断層トレースは松田ほか(1980)による. u: 相対的隆起側, d: 相対的沈降側. 地形図は国土地理院基盤地図情報10mメッシュDEM(国土地理院, 2021)を用いて作成. 河川および湖・池は同基本項目(国土地理院, 2021)による. 枠の左側および下側の座標値(m)は平面直角座標系(X系).

Fig. 1. Active faults and 1896 earthquake surface ruptures in and around the Mahiru Mountains. The traces of the active faults and those of the surface ruptures are from Nakata and Imaizumi (2002) and Matsuda *et al.* (1980), respectively. u: upthrown side, d: downthrown side. Background topographic map is created using GSI (Geospatial Information Authority of Japan) basic map information 10 m mesh DEM (Geospatial Information Authority of Japan, 2021). Rivers, lakes and ponds are based on GSI basic items (Geospatial Information Authority of Japan, 2021). x and y coordinates in meters at left and lower parts of the frame are from Japan Plane Rectangular Coordinate System X.



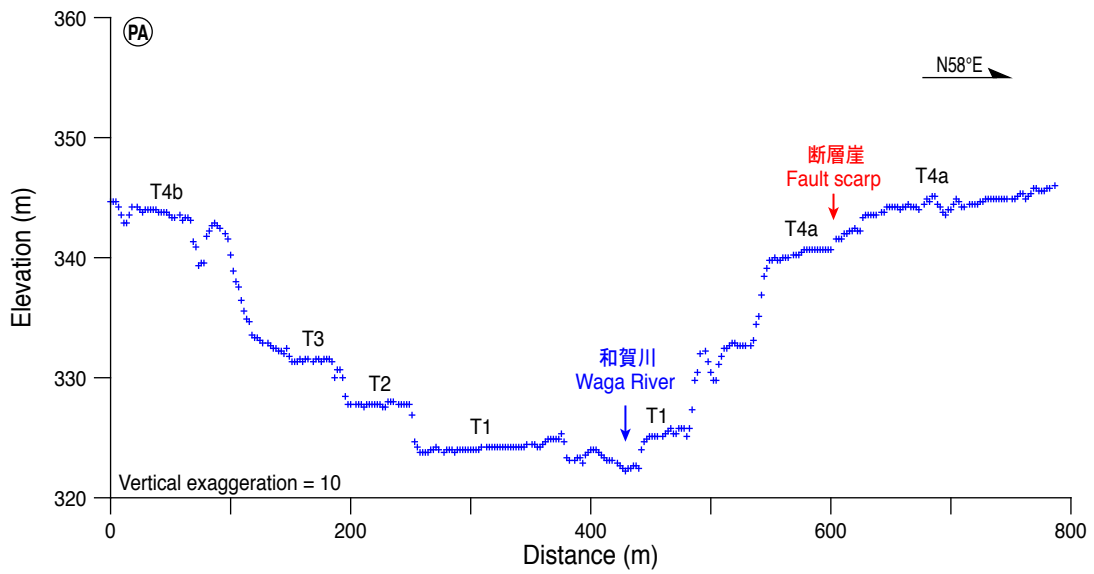
第2図. 1896年陸羽地震で川舟断層沿いに出現した地震断層. 地震断層トレースおよび公葬地の位置は松田ほか(1980)による. u: 相対的隆起側, d: 相対的沈降側. 本図の範囲を第1図に黒枠で示す. 陰影図は国土地理院基盤地図情報10mメッシュDEM(国土地理院, 2021)を用いて作成. 河川および道路は同基本項目(国土地理院, 2021)による. 枠の左側および下側の座標値(m)は平面直角座標系(X系).

Fig. 2. Map showing the surface rupture along the Kawafune fault in association with the 1896 Riku-u earthquake. The trace of the surface rupture and location of public funeral place are after Matsuda *et al.* (1980). u: upthrown side, d: downthrown side. The area of this figure is shown in the black frame in Fig.1. Background shaded relief map is created using GSI (Geospatial Information Authority of Japan) basic map information 10 m mesh DEM (Geospatial Information Authority of Japan, 2021). Rivers and roads are based on GSI basic items (Geospatial Information Authority of Japan, 2021). x and y coordinates in meters at left and lower parts of the frame are from Japan Plane Rectangular Coordinate System X.



第3図. 西和賀町沢内川舟および同沢内泉沢地区付近の和賀川沿いに分布する河成段丘面 (T1~T7: 低位~高位) とそれらに変位を与える断層 (赤線; 破線は推定部). 本図の範囲を第2図に白枠で示す. PA: 和賀川に直交する地形断面図測線 (地形断面図を第4図に示す). P1~P10: 断層崖を横切る地形断面図測線 (地形断面図を第6図に示す). 第5図のおおよその撮影位置と方位を中央西寄りの目のマークで示す. 等高線図は航空レーザ2mメッシュDEMを用いて作成. 等高線間隔は1m. 河川, 道路および建物は国土地理院基盤地図情報基本項目 (国土地理院, 2021) による. 枠の左側および下側の座標値 (m) は平面直角座標系 (X系).

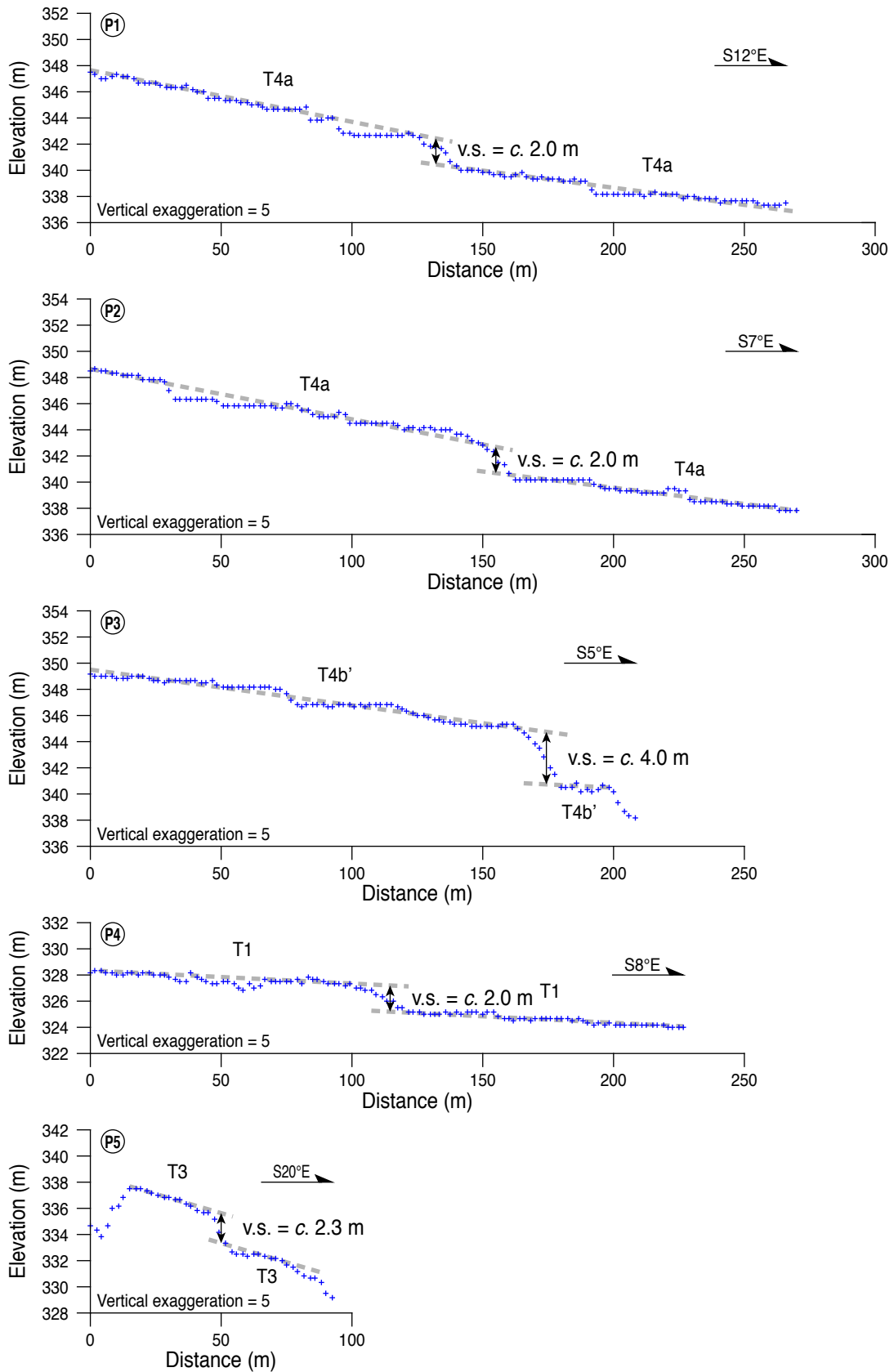
Fig. 3. Fluvial terrace surfaces (T1 to T7; lower to higher) along the Waga River near Sawauchi-kawafune and Sawauchi-izumizawa, Nishiwaga Town, Iwate Prefecture, and the trace of faults that displaces the terrace surfaces (red line; broken line denotes inferred trace). The area of this figure is shown in the white frame in Fig. 2. Blue line PA: line for topographic profile perpendicular to the Waga River (profile is shown in Fig. 4). Blue lines P1 to P10: lines for topographic profiles crossing the fault scarps (profiles are shown in Fig. 6). Approximate shooting position and direction of Fig. 5 are indicated by the 'eye' mark on the left side of the center of this figure. Topographic contour map is created using an airborne LiDAR-derived 2 m mesh DEM. Contour interval is 1 m. Rivers, roads and buildings are based on GSI basic items (Geospatial Information Authority of Japan, 2021). x and y coordinates in meters at left and lower parts of the frame are from Japan Plane Rectangular Coordinate System X.



第4図. 和賀川を横断する地形断面図 (断面PA). 断面図測線を第3図に示す.
 Fig. 4. Topographic profile perpendicular to the Waga River (profile PA). For line of the profile see Fig. 3.

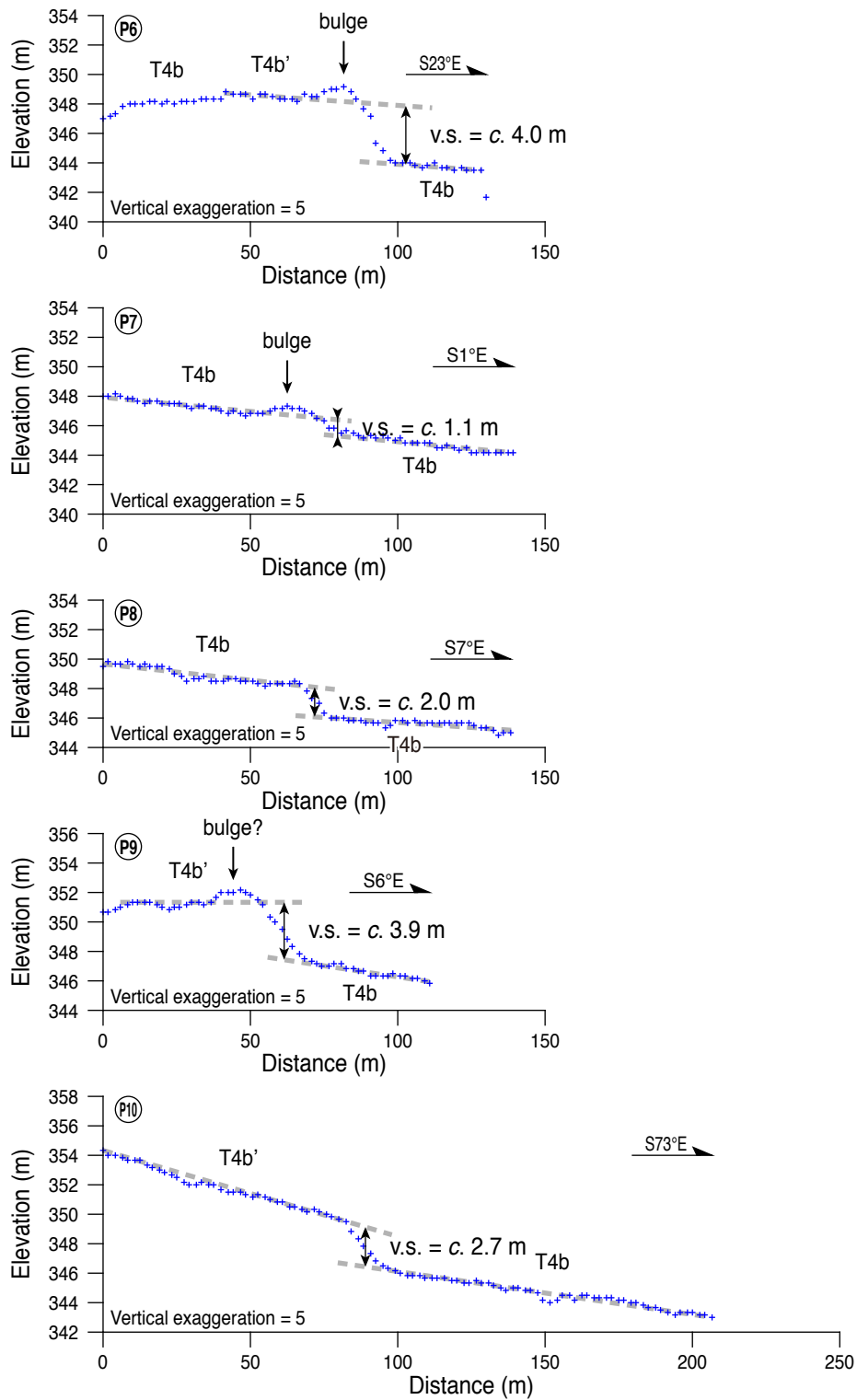


第5図. T4b-T4b'面に認められる南東向きの断層崖. おおよその撮影位置と方位を第3図中央西寄りの目のマークで示す. 人物の身長は約1.8m.
 Fig. 5. A southeast-facing fault scarp on the terrace surfaces T4b-T4b'. Approximate shooting position and orientation are indicated by the 'eye' mark on the left side of the center of Fig. 3. The height of the person is about 1.8 m.

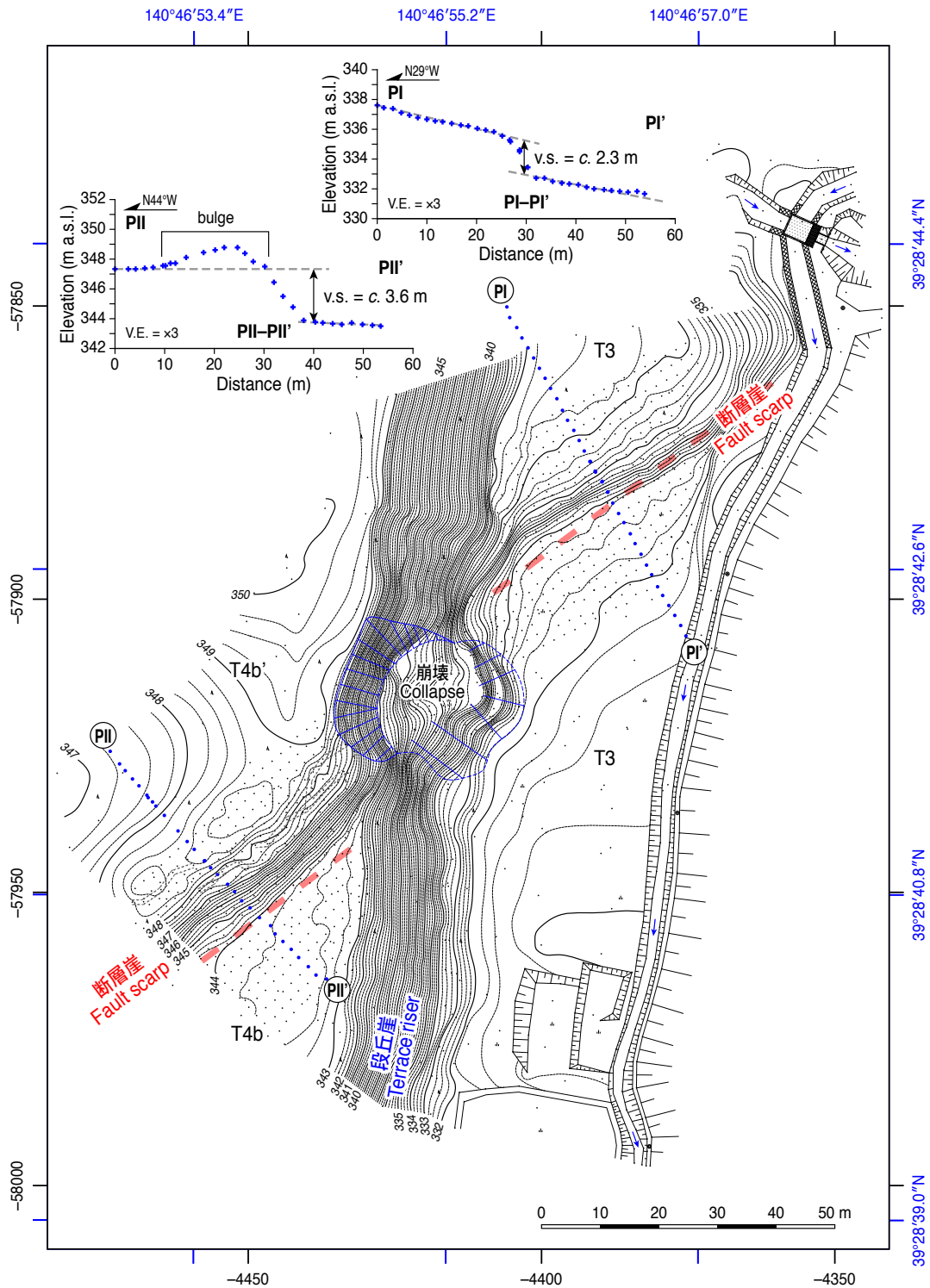


第6図. 断層崖を横切る地形断面図 (断面 P1~P10). 断面図測線を第3図に示す. v.s.: 鉛直隔離. 青十字はデータ点を示す. 灰色破線は, 断層崖の相対的隆起側と沈降側でそれぞれ変形部分から離れた区間の近似直線を示す.

Fig. 6. Topographic profiles across the fault scarps (profiles P1 to P10). For lines of the profiles see Fig. 3. v.s.: vertical separation. Blue crosses denote the data points. Gray dashed lines show approximate straight lines of the profiles away from the deformation zone on the upthrown and downthrown sides of the fault scarp.

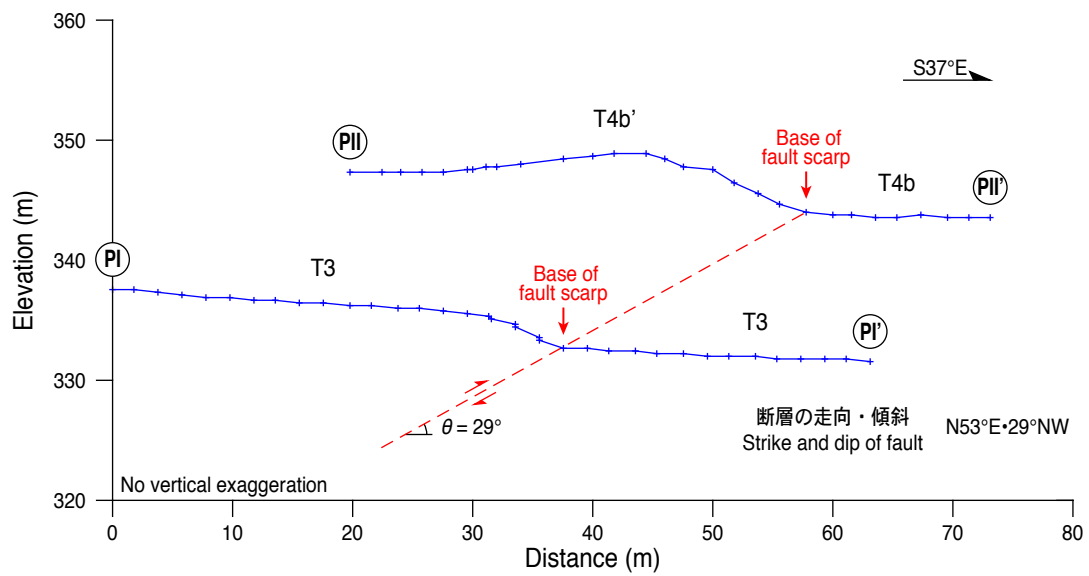


第 6 図. (続き)
Fig. 6. (continued)



第7図. 和賀川右岸において断層変位を受けたT4b-T4b'面とT3面周辺の現地測量図とそれに基づく地形断面図(断面PI-PI', PII-PII'). 断層崖の基部を赤破線で示す. 等高線間隔は25 cm. 計測地点を黒点で示す. 現地測量図の範囲を第3図に黒枠で示す. V.E.: 鉛直誇張. v.s.: 鉛直隔離. 枠の左側および下側の座標値(m)は平面直角座標系(X系).

Fig. 7. In situ surveyed topographic map around the faulted terrace surfaces T4b-T4b' and T3 and topographic profiles PI-PI' and PII-PII' on the right bank of the Waga River. The base of the fault scarp is shown by red broken line. Contour interval is 25 cm. Survey points are denoted by black dots. The area of the survey map is shown in the black frame in Fig. 3. V.E.: vertical exaggeration. v.s.: vertical separation. x and y coordinates in meters at left and lower parts of the frame are from Japan Plane Rectangular Coordinate System X.



第 8 図. 断層のずれが断層崖の基部に現れ、断層面が単一の平らな面からなると仮定して地形断面図から推定された断層面の傾斜角(断層の走向が N53°E の場合). 地形断面図 PI と PII は第 7 図と同じ. θ : 断層面の傾斜.

Fig. 8. Dip angle of the fault plane inferred from the topographic profiling assuming that the fault consists of a single, flat plane emerging at the base of the fault scarp (when strike of the fault is N53°E). Topographic profiles PI and PII are the same as those in Fig. 7. θ : dip angle of the fault plane.