

### 3. 2 横手盆地東縁断層帯（南部）の調査

#### (1) 業務の内容

(a) 業務題目 横手盆地東縁断層帯（南部）の調査

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人産業技術総合研究所	主任研究員	近藤 久雄
学校法人法政大学	教授	杉戸 信彦

(c) 業務の目的

これまで地震発生確率が不明と評価されている横手盆地東縁断層帯（南部）において、令和1～3年度に実施した「活断層評価の高度化・効率化のための調査」（以下、過年度事業）で新たな調査手法等により平均変位速度や活動間隔が推定されている。本事業では、主に従来の調査手法である地形地質調査、トレンチ調査、ボーリング調査及び反射法地震探査等を実施し、既往の平均変位速度や活動間隔の信頼性や妥当性を検証する。

(d) 年度毎の実施業務の要約

1) 令和4年度：

ドローン LiDAR 計測を1箇所以上で実施し、計測データ及び数値標高モデルの解析により詳細な断層変位地形の把握を行った。また、1箇所以上で反射法地震探査及びボーリング調査を行い、極浅部の断層形状の推定及び平均変位速度等の検討を行った。

2) 令和5年度：

ドローン LiDAR 計測を1箇所以上で実施し、詳細な断層変位地形を把握した。1箇所以上でトレンチ調査、試料分析等を実施し、平均変位速度と活動履歴等について既往調査研究成果を総合して比較検討した。

#### (2) 令和5年度の成果

(a) 業務の要約

横手盆地東縁断層帯（南部）（以下、南部区間）を対象として、過年度事業により間接的な手法で算出された平均活動間隔を直接的な手法によって検証するため、ドローン LiDAR とトレンチ調査を実施した。南部区間を構成する金沢断層の北端付近に位置する、仙北郡美郷町六郷東根の上四天地地区において、ドローン LiDAR による地形解析、トレンチ調査を実施

し、西側低下の累積的な撓曲変形を確認した。その結果、約1万年前以降に2回の古地震イベントが識別され、最新活動は約4600～9400年前、先行する活動は約9600～11100年前と推定された。これらによる活動間隔は、 $3400 \pm 2500$ 年程度と算出される。撓曲崖の比高と低下側を埋積する地層の高度差を基に、最新活動に伴う上下変位量は3.2m、先行する活動に伴う上下変位量は2.3m以上と計測される。よって、ここでの最新活動は、西暦1896年陸羽地震に伴うものではないと判断でき、既存文献の地震断層分布と調和的である。さらに、最近2回の活動間隔は北部区間と南部区間それぞれで従来推定された平均活動間隔よりも長い。これらの活動は、北部と南部が連動した活動を示す可能性が高く、これまで南部区間で推定された1600～3500年の活動間隔は妥当である可能性が示された。

#### (b) 業務の成果

##### 1) 横手盆地東縁断層帯（南部）の概要

横手盆地東縁断層帯は、秋田県仙北(せんぼく)郡田沢湖町(現・仙北市田沢湖)付近から横手盆地東縁に沿って横手市を経て、雄勝(おがち)郡稲川(いなかわ)町(現・湯沢市)付近までの約56kmに延びる活断層帯である(図1～2)。横手盆地東縁断層帯では、これまで多数の調査が実施されてきており、構成する活断層のトレースの連続性、深部形状、活動形態、活動履歴等の特徴に基づき、北部と南部の活動区間に分割されている(例えば、地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2005)。横手盆地東縁断層帯では、北部、南部ともに断層の東側が相対的に隆起する逆断層であるが、それらの断層は変位様式や変位速度等が異なることから、長大な内陸活断層のセグメント区分の問題を検討しつつ、将来発生する大地震の長期予測に資する情報を蓄積していくことが重要である。

本断層帯の最新の地震活動としては、地震調査研究推進本部地震調査委員会(2005)では次のようにまとめている。北部において1896年(明治29年)の陸羽地震(M7.3)の際に、北方の駒ヶ岳西麓断層群、東方の真昼山地東縁断層帯の一部とともに活動し、その活動時には断層の東側が西側に対して、相対的に2.5～3.0m程度隆起した。また、北部の平均的な上下方向のずれの速度は、1m/千年程度の可能性があり、平均活動間隔は3400年程度であった可能性がある。

一方、南部区間は、約5000～6000年前以後に活動したと推定されるが、少なくとも陸羽地震の際には活動していない。断層帯の北部では、将来発生する大地震の長期評価に資する過去の断層活動時期については多数の調査が実施されてきたものの、南部では活断層研究会編(1991)、中田・今泉(2002)、池田・他(2002)、澤・他(2013)、産業技術総合研究所(2010)など活断層の分布に関する調査研究が中心であった。活動性評価のための調査としては秋田県(1998)、秋田県(1999)などがあるものの平均活動間隔や平均的なずれの速度が明らかではない。そのため、地震調査研究推進本部地震調査委員会による長期評価では、将来の地震発生確率は不明とされている。

過年度事業の「活断層評価の高度化・効率化のための調査」において、横手盆地東縁断層帯(南部)を対象として、ドローンLiDAR等の新たな手法とトレンチ、ボーリング、反射法

地震探査等の従来手法を組み合わせ、複数の地点で平均変位速度等を推定した (Arora et al., 2021 ; 近藤・Arora, 2022)。その結果、南部区間の平均活動間隔について、盆地内の前縁断層上に相当する鳥海山断層上の湯沢前森地区において 2900～3500 年、山地／盆地境界断層上に相当する金沢断層上の吉沢川・睦成地区において 1600～1900 年と推定された。しかし、これらの平均活動間隔は北部で推定されている 3400 年程度と比較して、やや短い間隔となっている (近藤・Arora, 2022)。そのため、長期評価で実際に採択され地震発生確率の評価等に資するためには、調査手法やデータ、平均活動間隔の算出方法について信頼性や妥当性を検証する必要がある。

そこで、本事業による調査では、主にトレンチ調査やボーリング・反射法地震探査等の直接的な手法によって、平均変位速度や平均活動間隔、地震時変位量、極浅部の断層形状を明らかにするための調査をおこなった。令和 5 年度は、北部と南部の境界付近に位置する仙北郡美郷町上四天地地区において、ドローン LiDAR とトレンチ調査を実施した。

## 2) 仙北郡美郷町上四天地地区における調査

美郷町六郷東根上四天地地区 (以下、上四天地地区) は、金沢断層の北端付近に位置し、1896 年陸羽地震で活動した北部区間と南部区間の境界付近にあたる (図 2)。松田・他 (1980) は、陸羽地震に伴う地表地震断層の分布を詳細に明らかにし、地震断層の南端を美郷町六郷東根蛇沢付近とした。蛇沢の北方約 1 km の丸子川周辺では、地震時上下変位は 2 m 程度であったとされている (松田・他, 1980)。今回調査を実施した上四天地地区は、蛇沢集落の南へ約 1 km に位置する。一方、現行の長期評価では、さらに南方の横手市金沢本町に至る区間においても、山崎 (1896) による微小な地変の報告があることから、金沢断層の北端付近でも地表地震断層が出現した可能性を指摘している。また、近藤・Arora (2022) は、さらに南方の横手市睦成 (むつなり) 地区におけるトレンチ調査において、西暦 1700 年以降の古地震イベントを検出した。このイベントに伴う水平短縮量は 20cm 程度と微小なため、陸羽地震に伴う受動的な変位である可能性を指摘した。いずれの指摘についても、松田・他 (1980) による地震断層の南端である美郷町六郷東根蛇沢より南では、陸羽地震に伴って生じた地表変位は数十 cm 程度以下の微小なものである。よって、蛇沢以南では、メートルオーダーに及ぶ固有規模の変位は生じなかったものと判断した。そのため、南部区間の活動履歴や平均変位速度を明らかにする調査地として、令和 4 年度の金沢乗上地区に続き、金沢断層の北端を主な調査地として選定した (図 2)。

### a) ドローン LiDAR 等による地形調査

上四天地地区周辺では、大局的には真昼山地と横手盆地の境界付近を延びる断層が推定されている (図 2 ; 澤・他, 2013)。さらに詳細には、谷を湾曲して延びる東側の断層、および盆地内の前縁 (西側) へ張り出す断層の 2 条が推定された。本調査では、両者でトレンチ調査を実施し、地層の撓曲変形や年代を調べるとともに、ドローン LiDAR による 0.1m

DEMの作成と地形解析を実施した。ドローンLiDARによる地形陰影図を図3に示す。

山地と盆地の境界付近には、西側が相対的に低下する低断層崖が認められ、上四天地集落がある谷中へ、東へ向かって湾曲して活断層トレースが推定された(図3)。また、西側の盆地内には、谷中から西へ向かって張り出す扇状地地面上に、西側低下の撓曲崖がみられる。ただし、この撓曲崖は米軍撮影の空中写真では明瞭に視認されるが、現在は圃場整備によって著しく人工改変を受け、正確な位置が不明確である。谷中に推定されたトレースを横断してAトレンチ、扇状地地面上の撓曲崖付近でBトレンチを掘削し、断層や地層の撓曲変形の有無を確認した。

#### b) トレンチ調査

トレンチ調査は、上述の通り、2つのトレンチを掘削した。Aトレンチは、撓曲崖を横断して、長さ48m、幅6m、深さ3m程度で掘削した。Bトレンチは、米軍撮影の空中写真でみられる撓曲崖の推定位置に、長さ15m、幅6m、深さ3m程度で追加掘削した。トレンチ壁面には、下位から湖沼性堆積物(F層)、扇状地礫層(E層)、低下側を埋積するチャンネル堆積物(D層)、低下側を埋積するチャンネル堆積物(C層)、人工改変土層(B層およびA層)が露出した。両トレンチともに明瞭な剪断を伴う断層は認められなかったものの、AトレンチではF層に背斜状の変形が認められ、AトレンチとBトレンチを横断する地形地質断面では、C層より下位の地層に西側低下の累積的な撓曲変形が認められた。トレンチ壁面の写真を図4~7、スケッチを図8~11、地形地質断面を図12、地質・層序を表1、トレンチから採取した<sup>14</sup>C年代測定の結果を表2に示す。年代値の暦年較正は、Ramsey(1995;2009)を基にReimer et al.(2020)の較正曲線を使用し、2σに対応する暦年代を西暦もしくはcalBPで表記する。以下では各地層の層相と年代を略述する。

#### i) トレンチの層序と年代

A層:本層は、表土および耕作土を構成する砂礫混じりシルトからなり、褐色を呈する人工改変土層である。層厚20~50cmで広く分布する。巨礫をあまり含まない。

B層:本層はシルト混じり砂礫からなり、黒褐色を呈する埋め土である。Bトレンチの西側のみに層厚80~100cmで分布する。φ2-200mmの亜円~亜角礫を含み、非常に淘汰が悪い。陶器の破片を含み、Bトレンチのグリッド6付近では、人口の水路の痕跡が見られる。B層からは910±30 y. B. P. (西暦1040~1214年)の年代が得られた。

C層:本層は、シルト混じり砂礫を主体とし、青灰~淡褐色を呈するチャンネル堆積物である。Bトレンチのみに層厚40~120cmで分布する。φ5-350mmの亜角~角礫を主とし、非常に淘汰が悪い。礫は安山岩を主とし、扁平状の礫を多く含む。複数のチャンネル堆積物が累重して堆積しており、グリッド1~8付近では巨礫を含まない。C層からは2試料の年代測定値が得られ、それらは3910±30 y. B. P. (4240~4420 calBP) および4150±30 y. B. P. (4580~4830 calBP) である。よって、C層は約4200~4800年前に堆積した。

D層：本層はシルト混じり砂礫～砂からなり、青灰色を呈する扇状地性堆積物である。両トレンチに層厚 50～220 cmで広く分布する。シルト混じり砂層にレンズ状に砂礫が挟在する。Aトレンチでは大部分が酸化色を帯びる。一方、Bトレンチの東側では、礫をあまり含まずシルト～砂を主体として分布し、ローム質である。構成する礫は安山岩礫に加え、凝灰岩礫やスコリアを含む。部分的にマンガンが薄層状に濃集する。また、腐植質シルト層を複数挟み、木材片を含む。礫は風化しており、ねじり鎌で削ることが出来る程度に脆い。D層からは6試料の年代値が得られた。6試料のうち5試料については、 $8270 \pm 30$  y. B. P. ～ $8760 \pm 30$  y. B. P. と概ね整合的な年代値である。一方、AトレンチのD層上部からは  $3600 \pm 30$  y. B. P. と著しく若い年代が得られた。これは層序や他の年代値と矛盾し、新しい根やフミン酸などが混入したとみられる。そのため、D層の堆積年代を示す試料ではないと判断した。この場合、D層は  $8270 \pm 30$  y. B. P. (9130～9410 calBP) から  $8760 \pm 30$  y. B. P. (9560～9900 calBP) にかけて、約 9100～10000 年前にかけて堆積したと考えられる。

E層：本層は、主にシルト～シルト混じり砂礫からなり、青灰色を呈するチャンネル堆積物である。Bトレンチのみに層厚 20～120 cmで分布し、全体に西へ傾斜してグリッド 9～10 付近でトレンチ底面に交差する。流路の流向は壁面に直交方向（南北方向）であり、複数のチャンネル堆積物からなる。礫は  $\phi 10 \sim 40$  mm 程度の円礫～亜円礫からなり、礫種は安山岩、凝灰岩、シルト岩、スコリア等である。礫は風化し、ねじり鎌で削ることが出来る程度に脆い。E層からは年代試料が得られなかった。

F層：本層は、粘土混じり砂礫～粘土からなる湖沼性堆積物である。Aトレンチの広範とBトレンチの東端のみに層厚 60～80 cmで分布する。青白色～白色の粘土を主体とし、レンズ状の砂礫を挟んで互層状となる。礫は  $\phi 10 \sim 30$  mm 程度の亜円～円礫を主とする。礫種は主に凝灰岩であり、風化してねじり鎌で削ることが出来る程度に脆い。F層からは、Aトレンチから2試料、Bトレンチから2試料の年代値が得られた。これらのうち、Bトレンチの1試料のみ層序と矛盾する  $13520 \pm 50$  y. B. P. の古い年代値がみられ、古い試料の再堆積と判断される。他の3試料は、 $9570 \pm 30 \sim 10120 \pm 40$  y. B. P. と調和的な年代値が得られている。よって、F層は、 $9570 \pm 30$  y. B. P. (10700～11100 calBP) から  $10120 \pm 40$  y. B. P. (11500～11900 calBP) にかけて、約 10700～11900 年前にかけて堆積したと考えられる。

以上から、調査地は完新世の約 1 万年前以降に湖沼の環境であり、その後、複数の扇状地が約 9100～10000 年前、約 4200～4800 年前の異なる時代に発達したことが明らかとなった。

#### ii) イベント層準の認定と発生年代

地形地質断面図では、調査地に生じた西側低下の累積的な撓曲変形が認められ、Bトレンチでは低下側を埋積する地層も確認できた。撓曲変形の変形帯の幅は、Aトレンチの西端付近からBトレンチの中央付近に至る約 60mと幅広い。これらの地層の変形と低下側をアバットする地質構造を基に、最近2回のイベントが識別される。以下では、それらの根拠と層準について記載する。

イベント1：イベント1は、D層・扇状地礫層が堆積後、C層・チャンネル堆積物の堆積前に生じた。D層は調査地周辺に広範に分布し、隆起側の地形面を構成する地層である。AトレンチとBいずれの壁面にも露出する。一方、C層はBトレンチのみで確認され、緩やかに東へ向かって傾斜して下位のD層にアバットする。東延長はBトレンチの範囲外であるものの、Aトレンチには露出せず、傾斜を東へ延長しても撓曲崖の基部までに到達しない。よって、C層は、Bトレンチの東延長で撓曲崖の基部に至る間でせん滅するとみられる。アバットする構造は、南壁面のD層内部構造が西側低下の撓曲変形を受けているのに対し、C層の内部に共在する腐植質シルト層が標高 80.22m付近で概ね水平に堆積することから判断できる。変形帯の幅を考慮して、地形地質断面上で計測できるD層の上下変位は、西傾斜の堆積構造を加味して、西側低下 3.2mである。以上から、イベント1は、D層・扇状地礫層の堆積後、C層・チャンネル堆積物の堆積前に、地震時上下変位 3.2mを伴って生じた。

イベント1の発生年代は、C層とD層の堆積年代から限定される。D層の堆積年代を示す試料のうち、最も新しい年代は  $8270 \pm 30$  y. B. P. (9130~9410 calBP) である。また、C層の最も古い年代は、 $4150 \pm 30$  y. B. P. (4580~4830 calBP) である。よって、イベント1の発生年代は、4580~9410 calBPの間となり、約 4600~9400 年前に生じたと推定される。

松田・他 (1980) がまとめた 1986 年陸羽地震の地表変位は、調査地である上四天地地区では知られていない。イベント1に伴う上下変位は、幅広い撓曲変形とはいえ、上下変位 3.2mと十分に視認できる大きさである。松田・他 (1980) は、地表地震断層の出現位置や変位量を地元住民への丹念な聞き取りと地表踏査によるものであり、3mの顕著な地震時変位が見過ごされたとは考えにくい。また、イベント1の発生年代は、陸羽地震よりも古い時期に限定された。よって、本調査によるイベント1は、陸羽地震に伴う上下変位ではなく、それ以前に生じたイベントと判断できる。

イベント2：イベント2は、F層・湖沼性堆積物の堆積後、E層・扇状地礫層の堆積前に生じた。F層は両トレンチでみられ、一部が上位のD層に浸食される。Bトレンチでは、壁面の南端付近に露出し、上位よりも急斜する。上位のE層との境界の傾斜は  $20^\circ$  W程度であり、湖沼性堆積物の初生的な傾斜がほぼ水平であるのに対し、強い変形を受けたことを示す。Bトレンチ内のF層は白色の粘土を主体とし、腐植質な部分が示す内部構造は不明瞭ながら  $20^\circ$  W程度とF層上面と概ね平行である。Bトレンチでは、F層の上位をE層・チャンネル堆積物がアバットして堆積する。E層も既述のC層と同様に、Bトレンチ内で西へ傾斜して堆積するとともに、東へ向かって層厚が減じる。Aトレンチ内では、E層に対比される地層は露出せず、下位のF層を直接不整合にD層が覆っている。よって、E層は撓曲崖付近でせん滅し、下位のF層にアバットするものと判断できる。F層の上面はBトレンチのトレンチ底付近では概ね水平になり、変形帯を離れたF層の累積上下変位は西側低下 5.5mである。よって、この累積変位量と上述のイベント1に伴う上下変位量を差し引きして、イベント1に伴う地震時上下変位は 2.3mである。以上から、イベント2はF層堆積後、E層堆積前に地震時上下変位 2.3mを伴って生じた。

イベント2の発生年代は、F層とD層の堆積年代から限定される。F層の最も新しい年代値として9570±30 y. B. P. (10700～11100 calBP) が得られた。上位のE層からは堆積年代を示す年代試料は得られていない。さらに上位のD層の最も古い年代として、8760±30 y. B. P. (9560～9900 calBP) が得られた。イベント2はF層堆積後、E層堆積前であることから、発生年代は9560～11100 calBPに限定され、約9600～11100年前に生じたと推定される。

以上のイベント1および2の発生年代をもとに、上四天地地区における活動間隔を推定する。イベント1の年代約4600～9400年前とイベント2の年代約9600～11100年前から、2回のイベントの年代を単純に差し引きした場合、200～6500年が求まる。ただし、200年の発生間隔は、一般に海溝型地震やプレート境界断層並みの長さであり、内陸活断層の平均変位速度B級の活動間隔とは考えにくい。そのため、最近2回のイベントから間隔を求める方法としては妥当ではない。それぞれのイベント年代の中央値で比較した場合、イベント1は約7000年前、イベント2は約10400年となり、両者の発生間隔は約3400年となる。推定誤差は、それぞれの誤差の二乗和の平方根から2500年と求まる。この算出方法では、発生間隔は3400±2500年程度と推定される。

### 3) 上四天地地区における活動間隔と周辺との比較検討

上四天地地区において最近2回の活動時期が明らかとなり、その活動間隔は活動時期の範囲中央から算出した場合、3400年程度と求められる。これは、推定幅が大きいものの、南部区間で過年度事業で推定された間隔とオーダーとしては同程度である。しかし調査地点毎に詳しくみると、南部区間の活動間隔2100～2500年（横手平鹿地区）、1600～1900年（吉沢川睦成地区）、2900～3500年（湯沢前森地区）と比較して、誤差を考慮すれば有意に長い。

また、最新の地震時変位は3.2m、1つ前のイベント2に伴う上下変位は2.3mである。両イベントの上下変位は、地震断層長に換算して20～30kmに相当する。調査地が南部区間の北端付近に位置することを考慮すれば、これらの顕著な上下変位が南部区間が活動した際の地震断層末端で生じたとは考えにくい。したがって、イベント1と2はいずれも北部区間と南部区間が連動した場合の上下変位とみることが妥当である。この解釈に基づけば、ここで求められた活動間隔は、北部区間と南部区間の連動間隔を示す可能性がある。

これらを総合して、北部区間の活動間隔は3400年程度、南部区間は場所により異なる値であるものの、1600～3500年程度、両区間の連動間隔は3400±2500年程度と推定される。この推定に基づけば、北部区間単独と南部区間単独の活動は同程度か、もしくは南部区間がやや高頻度であり、数回に1回程度の割合で連動イベントが生じる可能性がある。

#### (c) 結論ならびに今後の課題

横手盆地東縁断層帯（南部）を対象として、過年度事業により間接的な手法で算出され

た平均活動間隔を直接的な手法によって検証するため、トレンチ・ドローン LiDAR 調査を実施した。

南部区間を構成する金沢断層北端に位置する美郷町上四天地地区において、ドローン LiDAR による地形解析、トレンチ調査を実施し、西側低下の撓曲崖および地層の撓曲変形を確認した。その結果、最近 2 回の活動が識別され、最新活動時期は約 4600～9400 年前、1 つ前の活動は約 9600～11100 年前と推定された。これらを基に、活動間隔は  $3400 \pm 2500$  年程度と算出される。また、最新活動に伴う地震時上下変位は 3.2m、1 つ前のイベント 2 に伴う上下変位は 2.3m と計測された。同地区では、1986 年陸羽地震に伴い地表地震断層が出現していないため、上下変位 2.3m を伴う最新活動は同地震以前の活動に伴うものと判断される。

上四天地地区で推定された活動間隔は、北部区間と南部区間それぞれで推定されてきた活動間隔と比較して長い可能性が高い。よって、上四天地地区が南部区間の北端付近に位置することも考慮すれば、最近 2 回の活動に伴う顕著な上下変位は、北部区間と南部区間が連動したイベントを記録している可能性が高い。この場合、北部区間と南部区間はそれぞれ同程度の頻度、もしくは南部区間がやや高頻度で大地震を生じ、連動イベントはそれらの数回に 1 回程度の割合で生じたものと推定される。

以上、令和 5 年度は、南部区間の北端付近の金沢断層・美郷町上四天地地区において、新たな活動時期、活動間隔、地震時変位量が得られた。これまでの結果を総合し、上四天地地区の活動間隔が北部区間と南部区間の連動間隔を示すと考えた場合、南部区間で推定された活動間隔は概ね妥当なものである。今後、1 回の変位量や活動間隔のばらつきも考慮して、直接的な手法と平均的な手法による平均活動間隔の算出について、妥当性を検討する必要がある。

#### (d) 引用文献

秋田県、「平成 9 年度 地震関係基礎調査交付金 横手盆地東縁断層に関する調査成果報告書」, 73p, 1998.

秋田県、「平成 10 年度 地震関係基礎調査交付金 横手盆地東縁断層に関する調査成果報告書」, 150p, 1999.

Arora, S., Kondo, H., Kurosawa, H., and Koshika, K., Estimation of the slip rate along the unruptured fault segment of the M7.2 1896 Rikuu earthquake, northeast Japan. *Tectonics*, 40, e2020TC006434. <https://doi.org/10.1029/2020TC006434>, 2021.

地震調査研究推進本部地震調査委員会、「横手盆地東縁断層帯の長期評価について」, 2005.

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, 第四紀逆断層アトラス, 東京大学出版会, 254p, 2002.

活断層研究会編, 「新編日本の活断層—分布図と資料—」, 東京大学出版会, 437p, 1991.



- 近藤久雄・Arora Shreya, 3.4 横手盆地東縁断層帯（南部区間）の調査, 「活断層評価の高度化・効率化のための調査」令和元～3年度成果報告書, 154-231, 2022.
- 松田時彦・山崎晴雄・中田高・今泉俊文, 1896年陸羽地震の地震断層, 地震研究所彙報, 55, 795-855, 1980.
- 中田 高・今泉俊文編, 活断層詳細デジタルマップ, 東京大学出版会, 60p, 2002.
- Ramsey, C.B., Radiocarbon calibration and analysis of stratigraphy: the OxCal program. Radiocarbon, 37(2), 425-430, 1995.
- Ramsey, C.B., Bayesian analysis of radiocarbon dates. Radiocarbon, 51(1), 337-360, 2009
- Reimer, P., Austin, W., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P., Ramsey, C.B., Butzin, M., Cheng, H., Edwards, R., Friedrich, M., Grootes, P., Guilderson, T., Hajdas, I., Heaton, T., Hogg, A., Hughen, K., Kromer, B., Manning, S., Muscheler, R., Palmer, J., Pearson, C., van der Plicht, J., Reimer, R., Richards, D., Scott, E., Southon, J., Turney, C., Wacker, L., Adolphi, F., Büntgen, U., Capano, M., Fahrni, S., Fogtmann-Schulz, A., Friedrich, R., Köhler, P., Kudsk, S., Miyake, F., Olsen, J., Reinig, F., Sakamoto, M., Sookdeo, A., and Talamo, S., The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kBP). Radiocarbon, 62, 2020.
- 産業技術総合研究所, 横手盆地東縁断層帯（南部）の活動性および活動履歴調査, 「活断層の追加・補完調査」成果報告書, No. H21-2, 産業技術総合研究所, 82p, 2010.
- 産業技術総合研究所, 活断層データベース 2020年1月7日版.  
<https://gbank.gsj.jp/activefault/>, 2020.
- 澤 祥・堤 浩之・杉戸信彦・楮原京子, 1:25,000 都市圏活断層図横手盆地東縁断層帯とその周辺「田沢湖」「横手」「湯沢」解説書, 国土地理院技術資料 D1-No. 642, 24p, 2013.
- 山崎直方, 陸羽地震調査概報, 震災予防調査会報告, 11, 50-74, 1896.

表1 美郷町上四天地地区における地質・層序表

記号	地質	色	層厚	分布 (壁面)	層相	
A	表土	砂礫混じりシルト	褐	20~50cm	Aトレンチ (N, S) Bトレンチ (N, S)	耕作土~表土。巨礫をあまり含まない。
B	埋め土	シルト混じり砂礫	黒褐	80~100cm	Bトレンチ (N, S)	Bトレンチの西側に分布する。φ2-200 mmの亜円~亜角礫を含み、非常に淘汰が悪い。陶器の破片を含み、地点2のグリッド6付近では、入口の水路の痕跡が見られる。
C	チャネル堆積物	シルト混じり砂礫	青灰~淡褐	40~120cm	Bトレンチ (N, S)	Bトレンチに分布する。φ5-350 mmの亜角~角礫を主とし、非常に淘汰が悪い。安山岩礫を主とし、扁平状の礫を多く含む。複数のチャネル堆積物が重なって堆積しており、グリッド1~8付近では巨礫を含まない。
D	扇状地性堆積物	シルト混じり砂礫~砂	青灰	50~220cm	Aトレンチ (N, S) Bトレンチ (N, S)	Aトレンチ、Bトレンチに分布する。シルト混じり砂層に、レンズ状に砂礫を挟む。地点1では大部分が酸化色を帯びる。地点2の東側は、礫をあまり含まず、シルト~砂が分布し、ローム質である。安山岩礫に加え、凝灰岩礫やスコリアを含む。部分的にマンガンが薄層状に濃集する。また、腐植質シルト層を複数挟み、材片を含む。礫は風化しており、ねじり鎌で削ることが出来る程度に脆い。
E	チャネル堆積物	シルト~シルト混じり砂礫	青灰	20~120cm	Bトレンチ (N, S)	Bトレンチの東側に分布し、全体に西側に傾斜してグリッド9~10付近でトレンチ底面に交差する。流路が壁面に直交する(南北方向)複数のチャネル堆積物からなる。礫はφ10~40 mm程度の円礫~亜円礫からなり、礫種は安山岩、凝灰岩、シルト岩、スコリア等である。礫は風化し、ねじり鎌で削ることが出来る程度に脆い。
F	湖沼性堆積物	粘土混じり砂礫~粘土	青灰~白灰	60~80cm	Aトレンチ (N, S) Bトレンチ (N, S)	Aトレンチの下部およびBトレンチの東側に分布する。白色の粘土を主とし、レンズ状の砂礫を挟んで互層状となる。礫はφ10~30 mm程度の亜円~円礫を主とする。礫種は凝灰岩を主とし、風化してねじり鎌で削ることが出来る程度に脆い。

表2 美郷町上四天地地区における放射性炭素同位体年代測定の結果  
 斜体の年代は、層序と矛盾する年代値を示す。

Trench	Wall	Unit	sample	type of material	Measured Radiocarbon Age		Conventional Radiocarbon Age		cal	13C	Pretreatment
B	S-wall	B	MST-2-6	wood	920	30	910	30	95.4% probability(95.4%) 1040 - 1214 cal AD (910 - 736 cal BP)	-25.43	acid/alkali/acid
B	S-wall	C	MST-2-5	organic sediment	3860	30	3910	30	95.4% probability(95.4%) 2470 - 2295 cal BC (4419 - 4244 cal BP)	-22.21	acid washes
B	S-wall	C	MST-2-4	organic sediment	4150	30	4150	30	95.4% probability(95.4%) 2876 - 2626 cal BC (4825 - 4575 cal BP)	-24.84	acid washes
A	N-wall	D upper	MST-1-6	organic sediment	<i>3540</i>	<i>30</i>	<i>3600</i>	<i>30</i>	<i>95.4% probability(95.1%) 2035 - 1882 cal BC (3984 - 3831 cal BP) (0.3%) 1835 - 1831 cal BC (3784 - 3780 cal BP)  </i>	-21.41	acid washes
A	N-wall	D	MST-1-4	charred material	8290	30	8270	30	95.4% probability(74.8%) 7380 - 7179 cal BC (9329 - 9128 cal BP) (20.6%) 7464 - 7396 cal BC (9413 - 9345 cal BP)	-25.91	acid/alkali/acid
A	N-wall	D	MST-1-3	plant material	8370	30	8360	30	95.4% probability(95.4%) 7521 - 7344 cal BC (9470 - 9293 cal BP)	-25.62	acid/alkali/acid
A	N-wall	D	MST-1-5	charred material	8380	30	8360	30	95.4% probability(95.4%) 7521 - 7344 cal BC (9470 - 9293 cal BP)	-26.31	acid/alkali/acid
B	S-wall	D	MST-2-3	organic sediment	8500	30	8510	30	95.4% probability(95.4%) 7591 - 7526 cal BC (9540 - 9475 cal BP)	-24.69	acid washes
A	N-wall	D	MST-1-1	wood	8820	30	8760	30	95.4% probability(94%) 7948 - 7653 cal BC (9897 - 9602 cal BP) (1.4%) 7622 - 7611 cal BC (9571 - 9560 cal BP)	-28.5	acid/alkali/acid
B	S-wall	F upper	MST-2-2	plant material	9610	30	9570	30	95.4% probability(95.4%) 9144 - 8792 cal BC (11093 - 10741 cal BP)	-27.33	acid/alkali/acid
B	N-wall	F upper	MST-2-1	organic sediment	<i>13520</i>	<i>50</i>	<i>13520</i>	<i>50</i>	<i>95.4% probability(95.4%) 14559 - 14181 cal BC (18508 - 16130 cal BP)  </i>	-25.01	acid washes
A	N-wall	F	MST-1-7	organic sediment	10010	40	9970	40	95.4% probability(74.8%) 9561 - 9309 cal BC (11510 - 11258 cal BP) (19.3%) 9670 - 9571 cal BC (11619 - 11520 cal BP) (1.3%) 9737 - 9723	-27.71	acid washes
A	N-wall	F	MST-1-8	organic sediment	10170	40	10120	40	95.4% probability(82.4%) 9935 - 9652 cal BC (11884 - 11601 cal BP) (8.1%) 9629 - 9547 cal BC (11578 - 11496 cal BP) (3.3%) 9489 - 9455	-28.02	acid washes

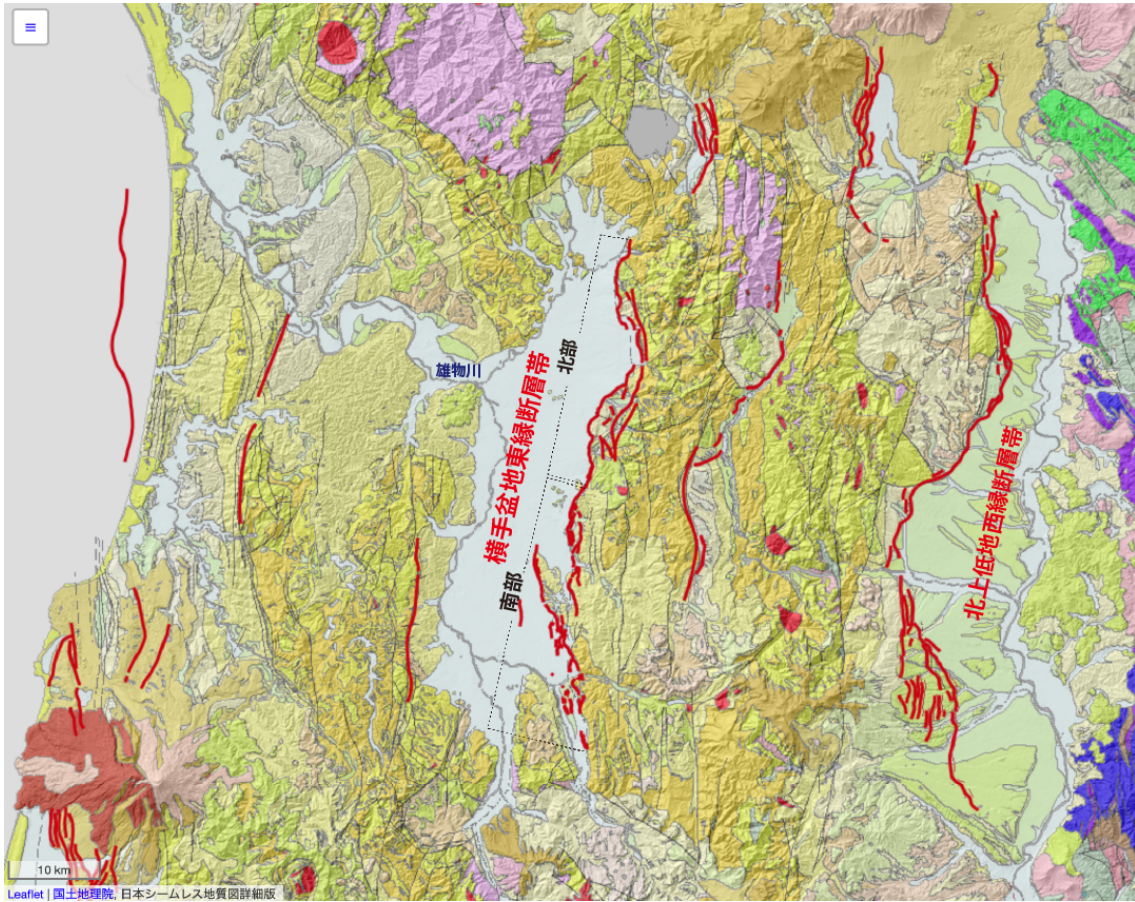


図1 横手盆地東縁断層帯と南部区間の位置  
 活断層分布は本研究及び産総研活断層データベース（産業技術総合研究所、2020）  
 による。基図は産総研・地質調査総合センターのシームレス地質図。

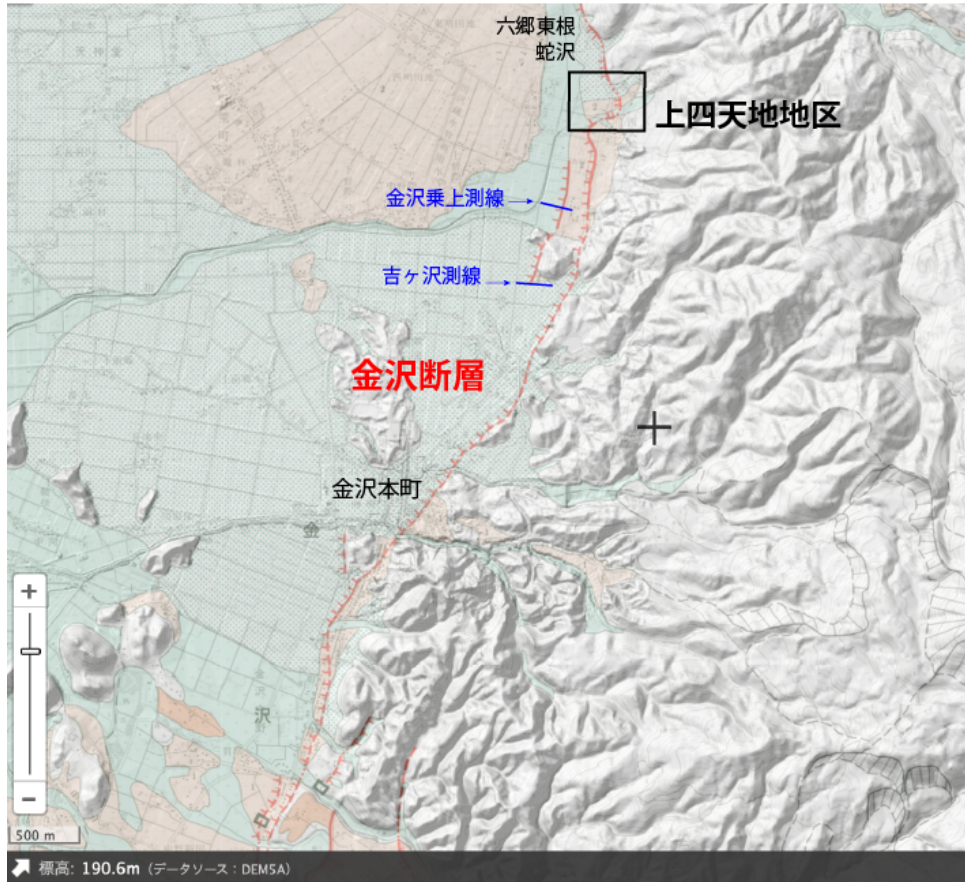


図2 美郷町上四天地地区周辺の活断層分布  
基図は、地理院地図による活断層図。

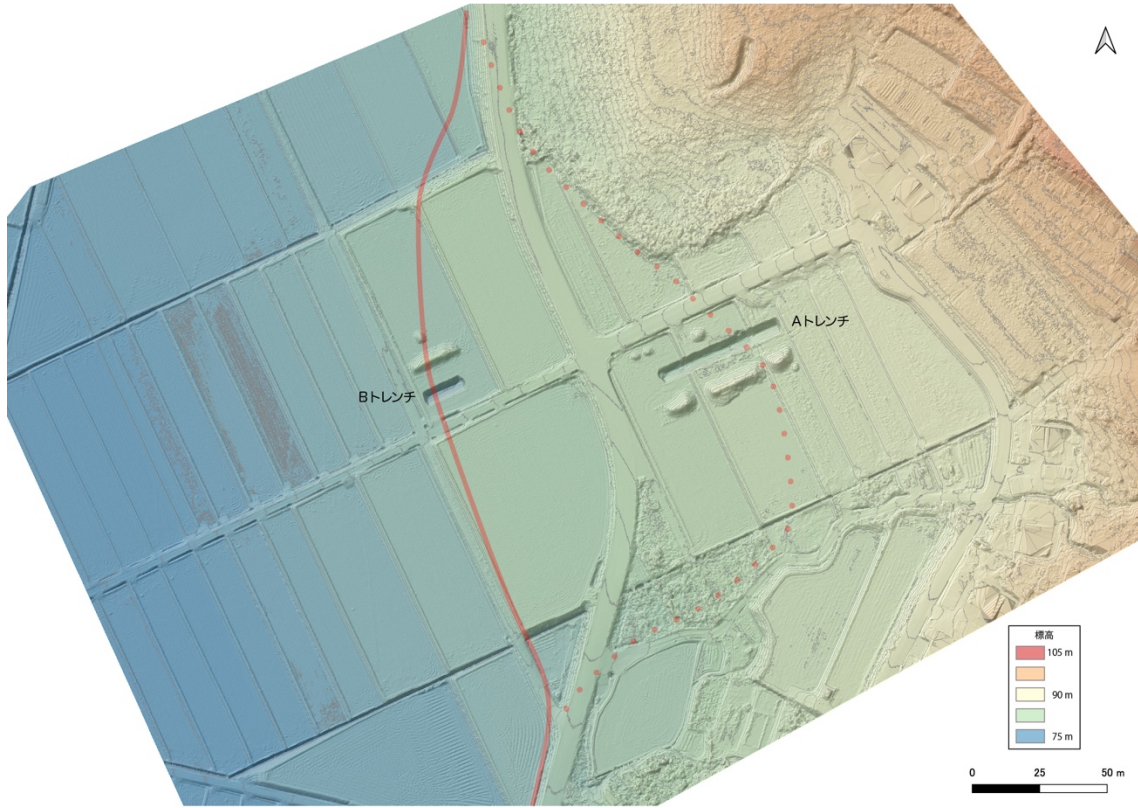


図3 上四天地地区周辺のドローンLiDARによる地形陰影図  
 赤線は、米軍撮影の空中写真で判読された撓曲崖の変形フロント、赤破線は伏在断層。基図は、ドローンLiDARによる0.1mDEM。



図4 上四天地地区Aトレンチ北壁面の写真



図5 上四天地地区Aトレンチ南壁面の写真



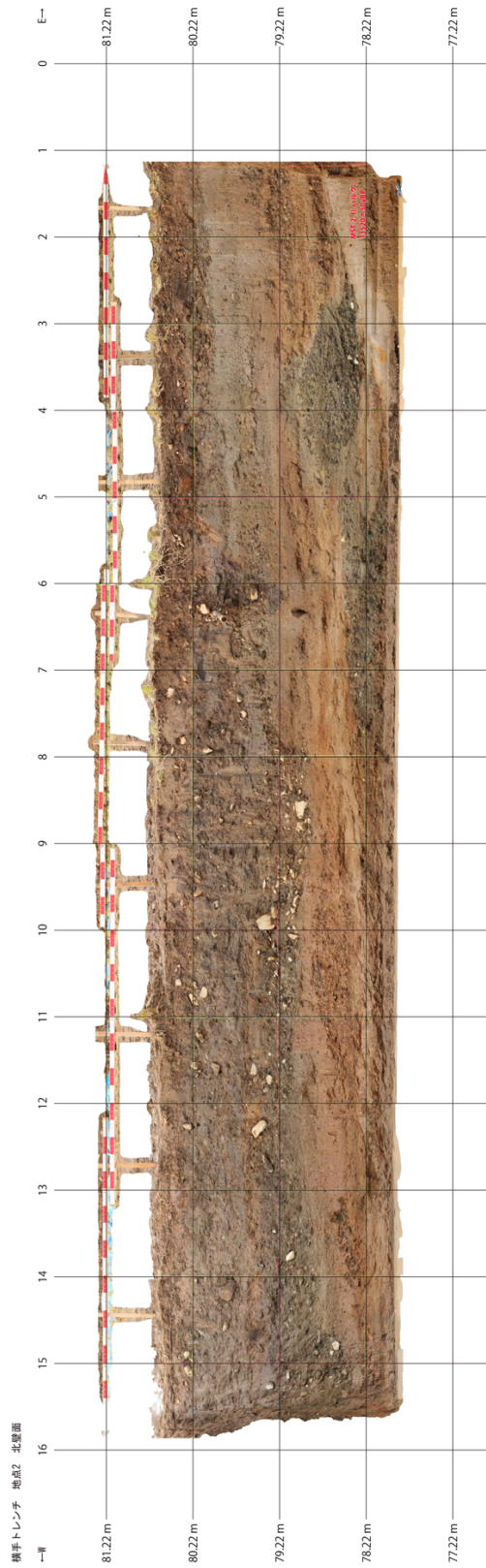


図6 上四天地地区Bトレンチ北壁面の写真

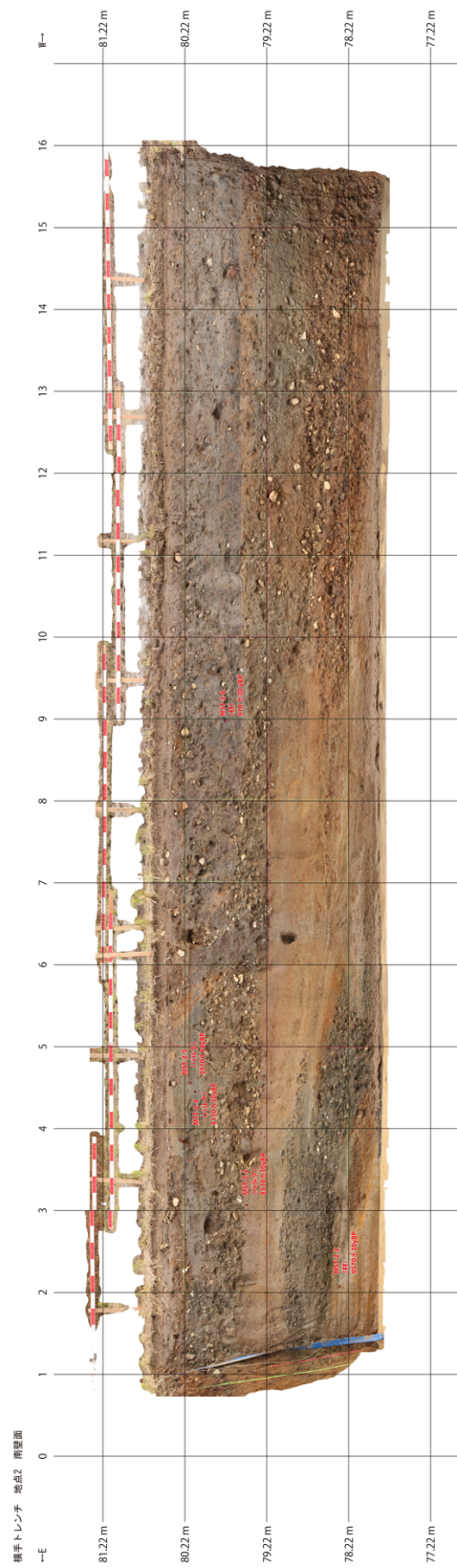


図7 上四天地地区Bトレンチ南壁面の写真

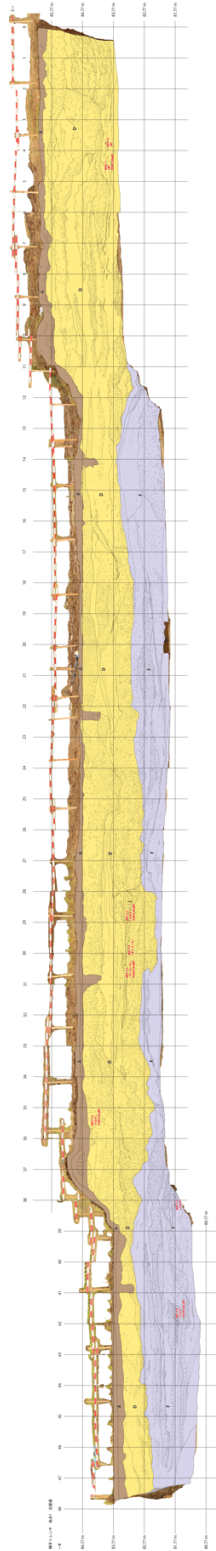


図8 上四天地地区Aトレンチ北壁面のスケッチ

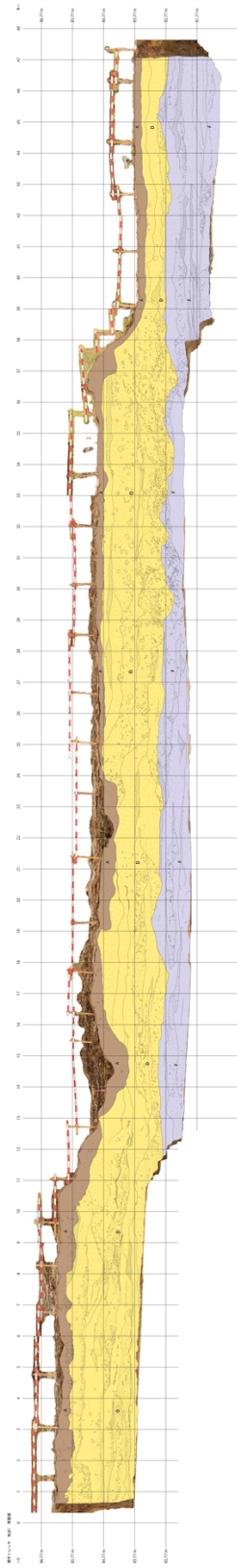


図9 上四天地地区Aトレンチ南壁面のスケッチ

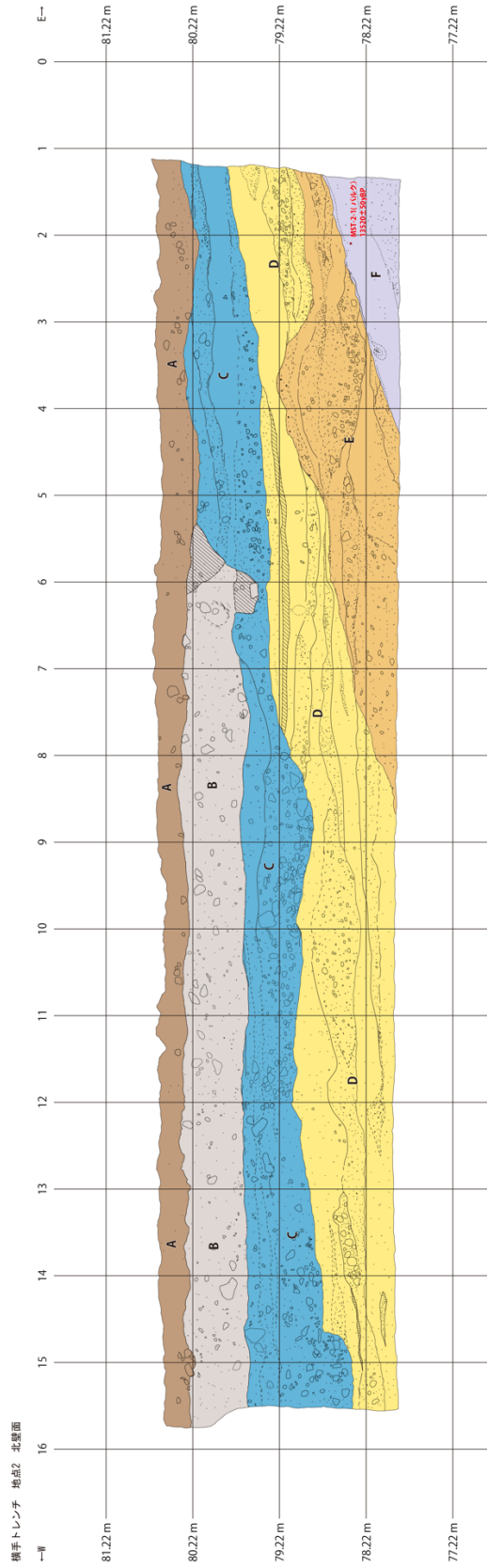


図 10 上四天地地区Bトレンチ北壁面のスケッチ

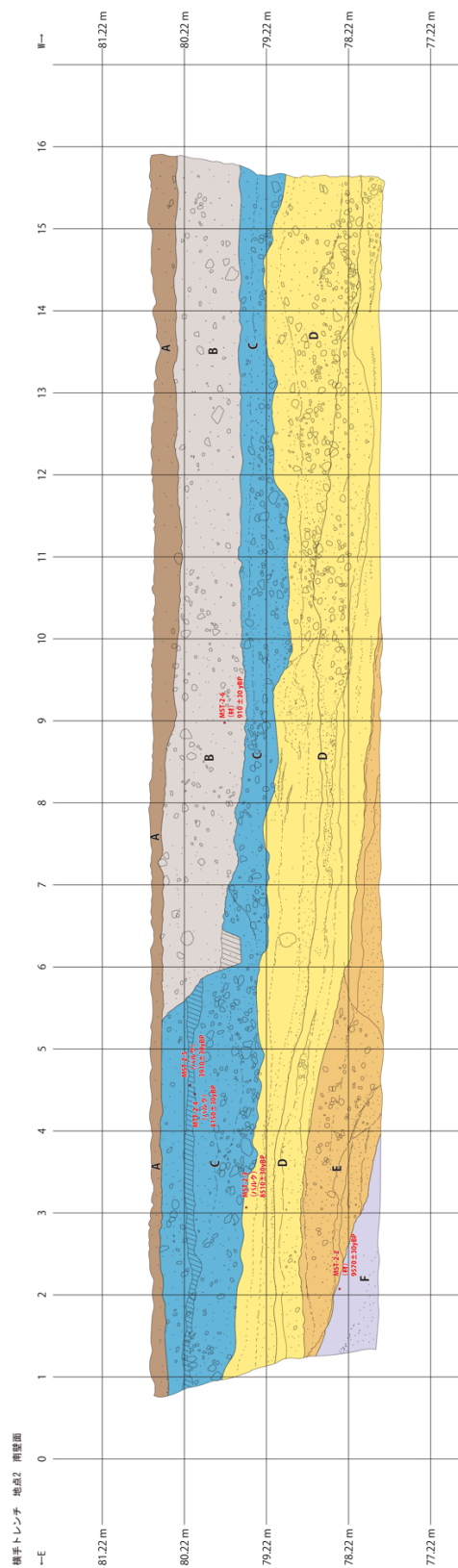


図 11 上四天地地区Bトレンチ南壁面のスケッチ

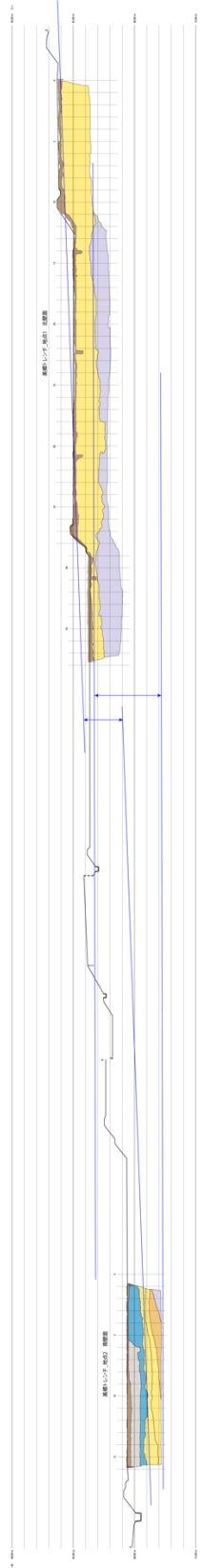


図 12 上四天地区における地形地質断面図