

(1) 実施機関名：

名古屋大学

(2) 研究課題（または観測項目）名：

活断層の地表形状・ずれ量データにもとづく地震発生予測

(3) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(1) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

オ. 地震発生サイクルと長期地殻ひずみ

(4) その他関連する建議の項目：

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

活断層の地表形状は、地震規模や強震動特性を推定するための基本情報であり、具体的にアスペリティの位置やセグメンテーションおよび破壊開始点を解明するためにも、より詳細な、活断層トレースの末端および接合部の構造や、地点ごとのずれ量に関する情報の取得が必要である。また、平成 20 年岩手・宮城内陸地震のような事前の検出が難しい地震予測のためにも、活断層認定に関する有効な手法の検討が必要である。

本研究は、近年の活断層判読手法・調査方法の高度化や LiDAR および写真測量等による地形計測の技術革新を背景に、従来不明であった活断層をあらたに認定するほか、地表形状とずれ量分布を詳細に明らかにして、従来の静的な断層モデルや経験式に依存した予測に留まらず、動的な断層モデルの構築に貢献することを最終目標とする。

1) 1 回変位量と累積変位量を区別し、地震時のずれ量分布およびその再現性に関する基礎的検討を実施する。

2) モーメントマグニチュード、アスペリティ位置、破壊開始点およびセグメンテーションを明らかにする。

3) GIS を応用することにより、活断層地形に関する膨大な数値情報を、更新性を十分に確保した形で整備する。将来起こる地表変位予測情報としても活用できるようにする。

このため本研究では、a. 実際に出現した近年の地表地震断層とその起震断層、b. 比較的長大な活断層、c. 強震動予測の精度を高める要請の高い都市域周辺の活断層を対象とする。また、d. 地表形状に関して再検討が必要な活断層、e. 近年発見された活動性が不明の活断層についても検討を行い、上記目標の達成を目指す。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

全体の地表形状や活動性に関する基礎的情報を取得しつつ、以下の調査を実施する。(1) 計測作業として、a. 地表における測量基準 (GCP) の取得、b. 写真測量システムや LiDAR による計測。(2) 活断層調査として、a. 多時期の大縮尺航空写真判読、b. 活断層変位地形の認定および計測測線の決定、c. 現地調査による地形面編年調査、d. 詳細な変位地形に関する現地測量および掘削調査。

調査対象は到達目標に記した活断層であり、具体的には横手盆地東縁断層、阿寺断層帯、北部九州の活断層、中国地方の活断層、中央構造線、西山断層帯のほか、熊野 - 新宮断層帯等、その存在の可能

性があらたに指摘されているものを含める。精査段階においては、詳細写真判読を再度実施するとともに、LiDAR、航空写真測量等により変位地形の細密な標高モデルを作成し、1回変位量・累積変位量・平均変位速度の高密度取得作業を行う。加えて地形面の編年、現地測量および掘削調査を実施する。最終的には、アスペリティ、モーメントマグニチュード、破壊開始点等を考察し、dislocation modelの検討や動的な断層モデルの推定に資するデータの取り纏めを行う。

(7) 平成22年度成果の概要：

1. 詳細な数値標高モデルから作成したステレオ画像の地形判読（広島大）

地理空間情報活用推進基本法（2007年）の制定以降、航空レーザー測量や空中写真測量によって得られた情報をもとにした詳細な数値標高モデル（DEM）が急速に整備・公開されるようになった。これらの情報は変動地形学的研究では陰影図での利用にとどまっているものが多いが、これを空中写真同様に実体視が可能な画像とすれば、「単写真の場合とは比較にならないほど豊かな形態情報を得ることができる」（野上ほか、2001）とされており、貴重な地形判読の資料になると考えられる。しかし既存研究（中田・後藤、2010；千田、2010；泉、2011など）は、対象が海底地形のものやソフトの開発にとどまっている。本研究では、デジタル情報の特性を生かし、過高感の大きいステレオ画像を作成し、GISを用いて系統的に判読作業および断層図作成作業を行い、既存の活断層分布図と比較を行った。具体的には、国土地理院が整備している5 mおよび2 mメッシュのすべてのDEMを用いて、ステレオペア画像を作成し、活断層地形を判読した。GIS上で地形判読を行い、断層線を書き入れることで直ちに正確な地理情報データとして管理できるようにした。これらは、昨年度の研究で構築した「活断層判読支援システム」をさらに発展させたものである。

都市の立地する平野では、市街化による土地改変や建物等の人工構造物から空中写真による地形判読が困難な場合が多い。また、平野の地形は数千年前に形成されたものが多く、断層変位の間隔と比べて新しいことから、断層変位の累積性に乏しく、変位地形を見いだすことは容易でない。本研究では、建物等を取り除いた地形のみの情報（DEM）から、空中写真以上に過高感が大きくなるステレオ画像を作成して、これまで見落とされてきた可能性のある活断層を探し出す試みを行った。その際、適宜、大縮尺の空中写真を用いて確認作業を行った。これらの作業の結果、京都盆地、濃尾平野、富山平野、新潟平野などで、活断層による地形を新たに見いだすことができた。

図1は、そのひとつである京都盆地北部のアナグリフで、これまでの活断層分布とともに、ステレオ画像から判読した結果を表示したものである。この地域では、盆地と山地を限るように、東西両縁とも南北に延びる活断層が分布する（岡田ほか、1996；中田・今泉編、2002など）。DEMから作成したステレオ画像では、ほぼ同じ位置に活断層を認めることができる。また、これらとは別に北西縁の山麓から約300 m東側に沖積扇状地を変位させる新たな活断層を見出した。この断層は、山麓にほぼ平行して延びており、盆地底に孤立する船岡山の東側まで確認できる。

2. 石狩低地東縁断層帯北部・岩見沢周辺の断層変位地形の地表形状詳細調査（鶴岡高専）

石狩低地東縁断層帯の変動地形学的知見は最近蓄積されつつあり、従来指摘されていた西上りの逆向き低断層崖が、主として海成段丘からなる地形面を西へ撓み下げ沖積面に没せさせる東傾斜の低角断層のバックスラストであることが指摘されている（図2）（池田ほか編、2002；平川・越後、2002；産業技術総合研究所、2007；石山ほか、2008；石山ほか、2010など）。しかし、研究の多くは断層帯南半の馬追丘陵西縁に関するもので、また個々の変位地形の記載は産業技術総合研究所（2007）、石山ほか（2008）等を除くとほとんど行われておらず、その活動性を判断する基礎情報は得られていない。

本研究では、断層帯北部末端、岩見沢市周辺の断層変位地形に注目し、断層帯末端での地表形状とずれ量分布の詳細の解明を試みた。具体的には、大縮尺航空写真判読に基づく活断層変位地形の認定および計測測線の決定、詳細な変位地形に関する現地測量現地調査に重点をおいた精査を実施した。

活断層の位置は池田ほか編（2002）と大きな相違点は無いものの、以下のような新知見が得られた。

a. 最北部、美唄川以南の山麓線付近（美唄駐屯地～専修大学短大）の高位段丘面（澤ほか、2010）上に、北東～南西走向で延長4 kmの西向き・比高約3～5 mの撓曲崖を認定し2ヶ所で実測を行った。

この断層線から北方へ分岐する専修大学短大構内の西向きの崖も、新たに撓曲崖として認定した。

b. 峰延付近（日本油脂美唄工場西方）で、海成面と考えられる中位段丘面（澤ほか、2010；町田・新井編、2001 ではステージ5 に対比）の東上がりの撓曲変形を実測した（図3）。ここより北の光珠内付近まで、この撓曲崖に連続する位置で、沖積面上に東上がりの傾斜変換点が認められ、撓曲変形が完新世まで継続している可能性が考えられる。さらに北延長の美唄川左岸の中位段丘面（澤ほか、2010；国道12号線・美唄橋西方）は西へ増傾斜し、前記活断層の北方延長での変位が考えられる。

c. 幌向川左岸・岩見沢市耕成（栗沢工業団地西方）において、中位段丘面（海成面：澤ほか、2010）での東上がりの撓曲変形を実測した。

d. 三笠市街地西方から岩見沢市街地西方までについて、幾春別川の谷の深さを実測した。本断層帯を横断し西流する幾春別川は、三笠市街地西方から函館本線西方付近で沖積面を深く下刻しながら穿入蛇行する。活断層線を横断する付近（国道12号線旧岡山橋）で谷は特に深くなり、12~13mの深さとなる（図4）。これは岩見沢丘陵西縁での完新世での東上がりの断層変位を示唆する可能性がある。

3. 横手盆地東縁断層帯南部に新たに認定された活断層一群列ボーリングによる活動度の検討ー（鶴岡高専・東洋大・名古屋大）

横手盆地東縁断層帯は奥羽山脈西縁を限る東傾斜の逆断層であり、1896年陸羽地震の際には、横手盆地東縁部北部において延長約35kmに地震断層が現れた。活断層研究会（1991）、池田ほか編（2002）、中田・今泉編（2002）などの従来の研究においては、横手盆地東縁断層帯は角館から横手に至る約60kmを活断層として認定してきた。しかし、地震予知総合研究振興会（2007）、谷口ほか（2007）は、詳細な活断層地形判読により再検討を行い、横手盆地南部において、北北西ー南南東走向の活断層トレースを新たに見いだした。この活断層の存在を地質学的に裏付け、その活動度を確認するために、横手市赤川において、5本の群列ボーリングを実施した（図5）。

横手盆地南部では盆地内に赤坂丘陵が分布する。新たに認定された活断層はこの丘陵の西縁を限り、その北方延長では扇状地面に比高約1mの東上がりの撓曲崖を形成している。撓曲崖を東西に横切る測線上で、深度約10m、口径66mmのオールコアボーリング5本（西側からNo.1~5、No.3が撓曲崖直上）を30~50m間隔で掘削した。

地層は上位からI層、II層、III層に大別され、年代はI層が約5,000年前以降、II層（扇状地面構成層）は約20,000年前以降、III層は3万数千年前より古い。III層上面の高度は撓曲崖（No.3）を挟んで東上がり約4mの高度差を示し、II層上面では東上がり約1mである。このため、最近の数万年間に断層変位が累積していることが確認された。

4. 太田断層龍舞トレンチ掘削調査（群馬大）

a. 目的 本研究では、強震動予測の精度を高める要請の高い都市域周辺において新たに活断層地形を発見したことから、その地質学的認定及び、1回変位量および累積変位量の解明のため、群馬県太田市龍舞において撓曲崖を横切るトレンチ掘削調査を行った（図6）。昨年度も同地点でトレンチ掘削調査を実施したが、変形構造の上部のみしか観察できなかったため、前回より大きなショベルカーを用いて、より深部の地下構造を明らかにし、1回の変位量を厳密に明らかにすることを目的とした。

b. 調査結果 トレンチは、比高約2.5mの撓曲崖に直交するように掘削し、長さは20m、最大深さは2.5mである。より深部については、後述するD層が極めてルースであり掘ることはできなかった。

壁面からは、傾斜する地層とそれらをアバットする地層が認められた（図7）。傾斜する地層（D層）は、砂の級化層理が認められることから水中堆積であり、層厚約7cmの浅間板鼻黄色テフラ（As-YP：降下年代15~16.5ka）が認められた。このテフラを鍵層として地層の傾斜の変化をみると、西側で水平であったテフラ層が崖基部に向かって徐々に傾斜が急になり、トレンチの中央部でほぼ垂直となる。また、腐植質の粘土層（C層）も傾斜していることが認められる。一般的に腐植質の粘土層は水平堆積することから断層変位を受けていると考えた。さらに、C層の一部がD層に入り込んでおり、おそらく断層変位によって生じたD層のクラックにC層が充填したと見られる。一方、C層を覆う水平な地層（B層）も認められ、B層の上部には浅間Bテフラ（As-B：降下年代AD1108）が含まれる。

今回のトレンチ掘削調査では、断層面は確認できなかったものの、地層の変形と傾斜不整合から西

傾斜の低角な逆断層が想定される。地層の傾斜にも違いがあることから、D層は複数回の断層変位を受けて累積的に変形している可能性が高い。最新イベントは、緩く傾斜した腐植層(C層)の堆積後、水平層(B層)堆積以前であると考えられる。現在、B層・C層中に含まれる有機質土壌、腐植層のサンプルについて放射性炭素年代測定を依頼中である。また、C層上面が当初水平であったと考えると、最新活動において、少なくとも1.4mの垂直変位が生じたことが明らかになった。

5. 長野盆地西縁断層帯におけるハンディジオスライサー調査(名古屋大)

1847年善光寺地震を引き起こしたことで知られる長野盆地西縁断層帯では、最近4回の活動時期が推定されており、平均的な活動間隔は800~1000年程度とされている(Sugito et al., 2010など)。しかし、1847年に先立つ地震のうち、2回前の活動は2000~2150 cal BPに限定されているものの、1回前の活動時期には約500年の推定年代幅がある。地震時変位量の繰り返し方や活動間隔の再現性を厳密に検討するためには、この推定年代幅をより狭くする必要がある。

そこで、断層帯中部の中野市草間において、平成16年度の群列ボーリング調査結果(杉戸・岡田、2006)を踏まえ、ハンディジオスライサーとパーカッション式コアサンプラーを用いた群列ボーリング調査を実施した。その結果、ジオスライサーのコアにおいて、1回前の活動に対応する可能性が高い傾斜不整合を観察することができた。傾斜不整合の下位は腐植質砂礫混じりシルト層であり、これを覆って腐植質シルト層・泥炭層が堆積している。現在、放射性炭素年代測定を実施中であり、今後、最近3回程度の活動について、地震時変位量と活動間隔を詳しく議論できる可能性がある。

6. 平均変位速度分布に基づく糸魚川-静岡構造線断層帯北部の地震発生予測(名古屋大・鶴岡高専・東洋大・信州大ほか)

「糸魚川-静岡構造線断層帯における重点的な調査観測」においては、航測システムやLiDAR計測を導入し、活断層分布や変位量等に関する高密度・高精度の情報を網羅的に取得するとともに、地形面編年等の現地調査を実施し、平均変位速度・地震時変位量を見積もった。得られたデータセットは、地震規模やアスペリティの予測、地震発生の繰り返しパターンの検討を可能にするものである。

今回、断層帯北部について、 $M_o = \mu DLW$ 、 $\log M_o = 1.5M_w + 9.1$ の関係式を用い、他の手法によるデータも参照しつつ地下構造を仮定して M_w を試算した(図8)。その結果、横ずれがないと仮定した場合(Case 1)には M_w は7.46、最大せん断応力の方向にすべると仮定した場合(Case 2)には M_w は7.55、という結果が得られた。気象庁マグニチュードに換算すると8.2~8.3となる。

最近の大地震について、地表変位量分布から上記関係式によって求めた M_o は、近代観測による M_o とよく一致するらしい。今後、平均変位速度分布と地震時変位量分布、地表変位量と地下のすべり量の相関の程度を解明し、地下のすべり量分布や破壊領域の予測精度をさらに向上させることが望まれる。

- (8) 平成22年度の成果に関連の深いもので、平成22年度に公表された主な成果物(論文・報告書等)：
後藤秀昭ほか，2011，DEMのステレオ画像から判読される平野の微小な変位地形，日本地理学会2011年春季学術大会発表要旨集，79，東京，3月。
石黒聡士ほか，2010，糸静線活断層帯における変動地形の細密GISデータの整備とその精度，日本地球惑星科学連合2010年大会予稿集，HDS024-P06，千葉，5月。
中田 高，2010，変動地形学的研究は地震をどこまで解き明かせるのか？，日本地震学会2010年秋季大会講演予稿集，C32-01，広島，10月。
中田 高ほか，2010，活断層研究を強震動予測に生かすためにー15年の進展と課題ー，日本地球惑星科学連合2010年大会予稿集，SCG081-03，千葉，5月。
澤 祥，2010，石狩低地東縁断層帯北部，岩見沢周辺の断層変位地形，日本活断層学会2010年度秋季学術大会講演予稿集，P-09，愛知，11月。
澤 祥ほか，2011，横手盆地東縁断層帯南部・横手市付近で新たに認定された活断層トレースにおける試錐調査，日本地理学会2011年春季学術大会発表要旨集，79，東京，3月。
杉戸信彦ほか，2010，糸静線活断層帯南半部(茅野~鯉沢)の変動地形GISデータとそのオンライン公開，日本地球惑星科学連合2010年大会予稿集，HDS024-P07，千葉，5月。

- 杉戸信彦ほか, 2010, 甲府盆地西縁, 築山における中位段丘面のテフラ編年, 日本地質学会第 117 年 学術大会講演要旨, P-208, 富山, 9 月.
- 杉戸信彦ほか, 2010, 糸静線活断層帯中南部, 富士見町御射山神戸における, 横ずれ変位に伴ったテ クトニックバルジの形成・進化, 日本地理学会 2010 年秋季学術大会発表要旨集, 78, P806, 愛 知, 10 月.
- Sugito, N. et al., 2010, Geologic evidence for surface rupture associated with the 1847 M 7.4 Zenkoji earth- quake at Dannohara, Nagano City, Japan, Bulletin of the Seismological Society of America, 1678-1694. doi: 10.1785/0120090171.
- 鈴木康弘ほか, 2010, 平均変位速度分布に基づく糸魚川-静岡構造線断層帯北部の地震発生予測, 活 断層研究, 33, 1-14.
- 鈴木康弘ほか, 2010, 平均変位速度分布に基づく糸静線活断層帯の地震規模の推定-糸静重点的調査 観測の成果-, 日本地球惑星科学連合 2010 年大会予稿集, HDS024-04, 千葉, 5 月.
- 堤 浩之ほか, 2010, 岩手県奥州市・一関市に出現した 2008 年岩手・宮城内陸地震の地震断層, 地 学雑誌, 119, 826-840.
- 渡辺満久ほか, 2011, 横手盆地南部の変動形と活断層, 日本地理学会 2011 年春季学術大会発表要旨 集, 79, 東京, 3 月.

(9) 平成 23 年度実施計画の概要:

近年、新たな活断層トレースが見出され、活断層の再認定が必要な活断層（中国地方の活断層、横 手盆地東縁断層、九州北部地域の活断層、紀伊半島南部の活断層、首都圏近郊の活断層等）や、現時 点で活動性に関する十分な情報を得られていない活断層を重点的に対象とし、以下の調査を実施する。

(1) 計測作業として、a. 地表における測量基準（GCP）の取得、b. 写真測量システムや LiDAR によ る計測。(2) 活断層調査として、a. 多時期の大縮尺航空写真判読、b. 活断層変位地形の認定および 計測測線の決定、c. 現地調査による地形面編年調査、d. 詳細な変位地形に関する現地測量および掘 削調査。

(10) 実施機関の参加者氏名または部署等名:

鈴木康弘・杉戸信彦（名古屋大学）

他機関との共同研究の有無: 有

堤 浩之（京都大学）、後藤秀昭（広島大学）、廣内大助（信州大学）、熊原康博（群馬大学）、松多 信尚（台湾大学）、澤 祥（国立鶴岡工業高等専門学校）、渡辺満久（東洋大学）、中田 高（広島 工業大学）

(11) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名: 名古屋大学環境学研究科 地震火山・防災研究センター

電話: 052-789-3046

e-mail:

URL: <http://www.seis.nagoya-u.ac.jp>

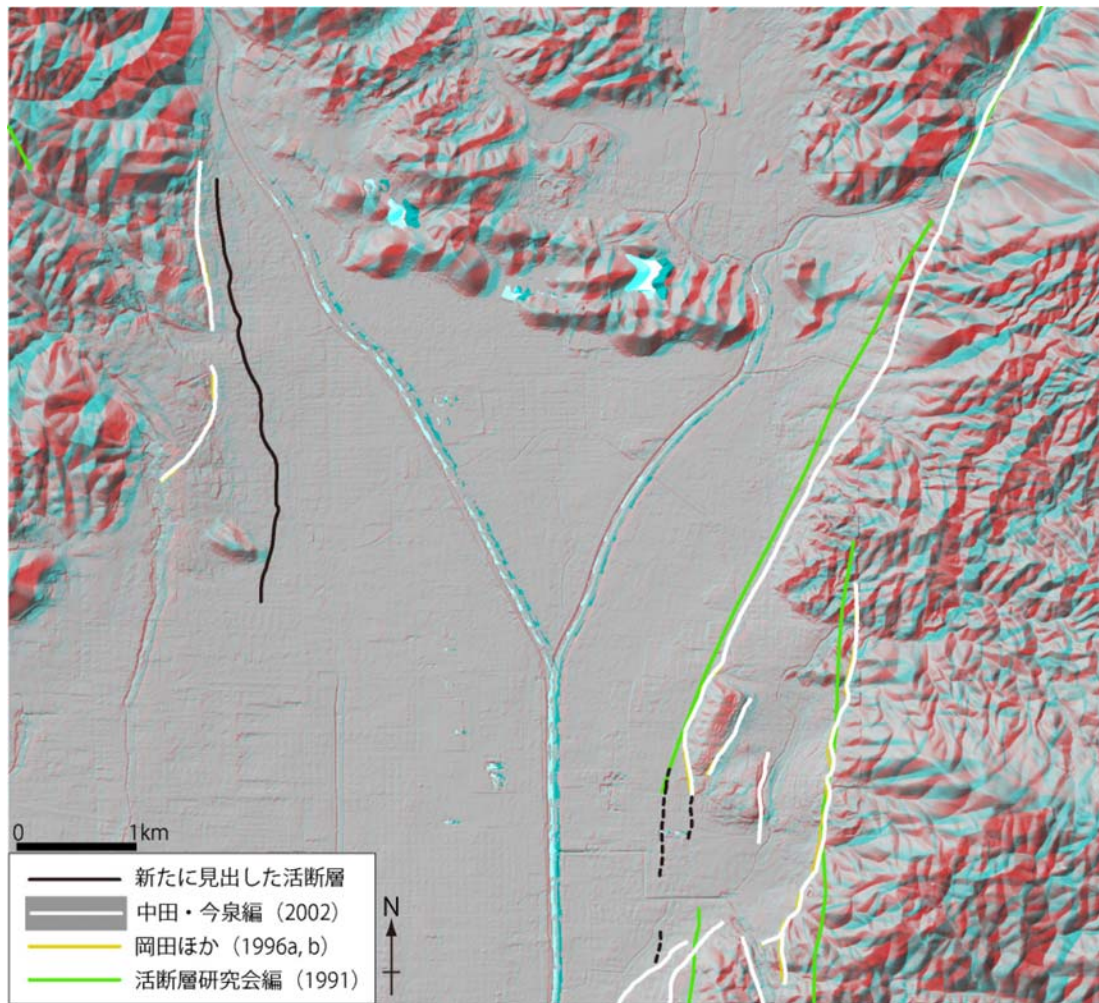


図1 詳細 DEM から作成した京都盆地北部のステレオ画像（アナグリフ）と活断層分布。

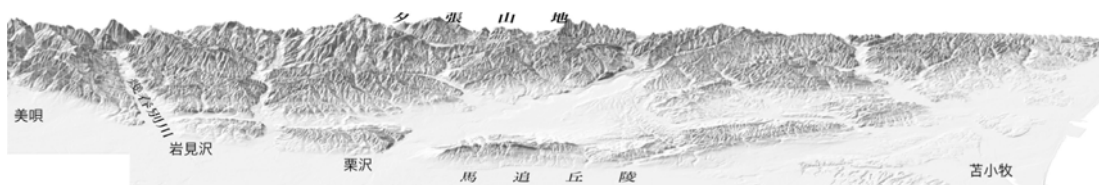


図2 石狩低地東縁断層帯の鳥瞰図（国土地理院発行数値地図 50 m メッシュを使用）。



図3 峰延（岩見沢北方）の中位段丘面西縁に認められる撓曲崖。中位段丘面（白い建物手前の牧草地）が傾斜を増して沖積面（函館本線右側の蕎麦畑の平坦面）に覆われる。北東を臨む。

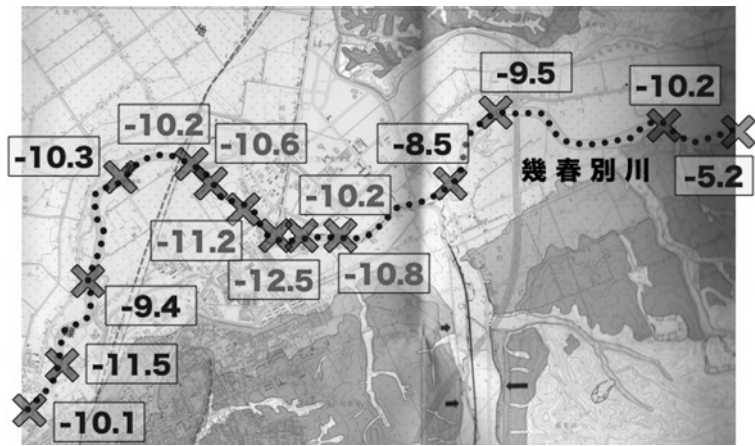


図4 幾春別川の下刻量（国土地理院発行 1:25,000 都市圏活断層図「岩見沢」を使用）。丘陵西縁部の活断層線（破線）を横断する付近で下刻量が増加する。



図5 横手盆地南部，横手市赤川付近の活断層分布と群列ボーリング調査測線。



図6 太田断層の位置と龍舞トレンチ掘削調査の様子。

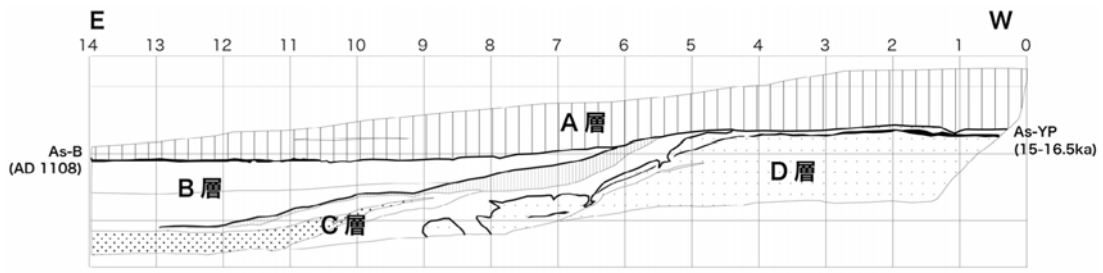


図7 龍舞トレンチ壁面のスケッチ（南壁面）。

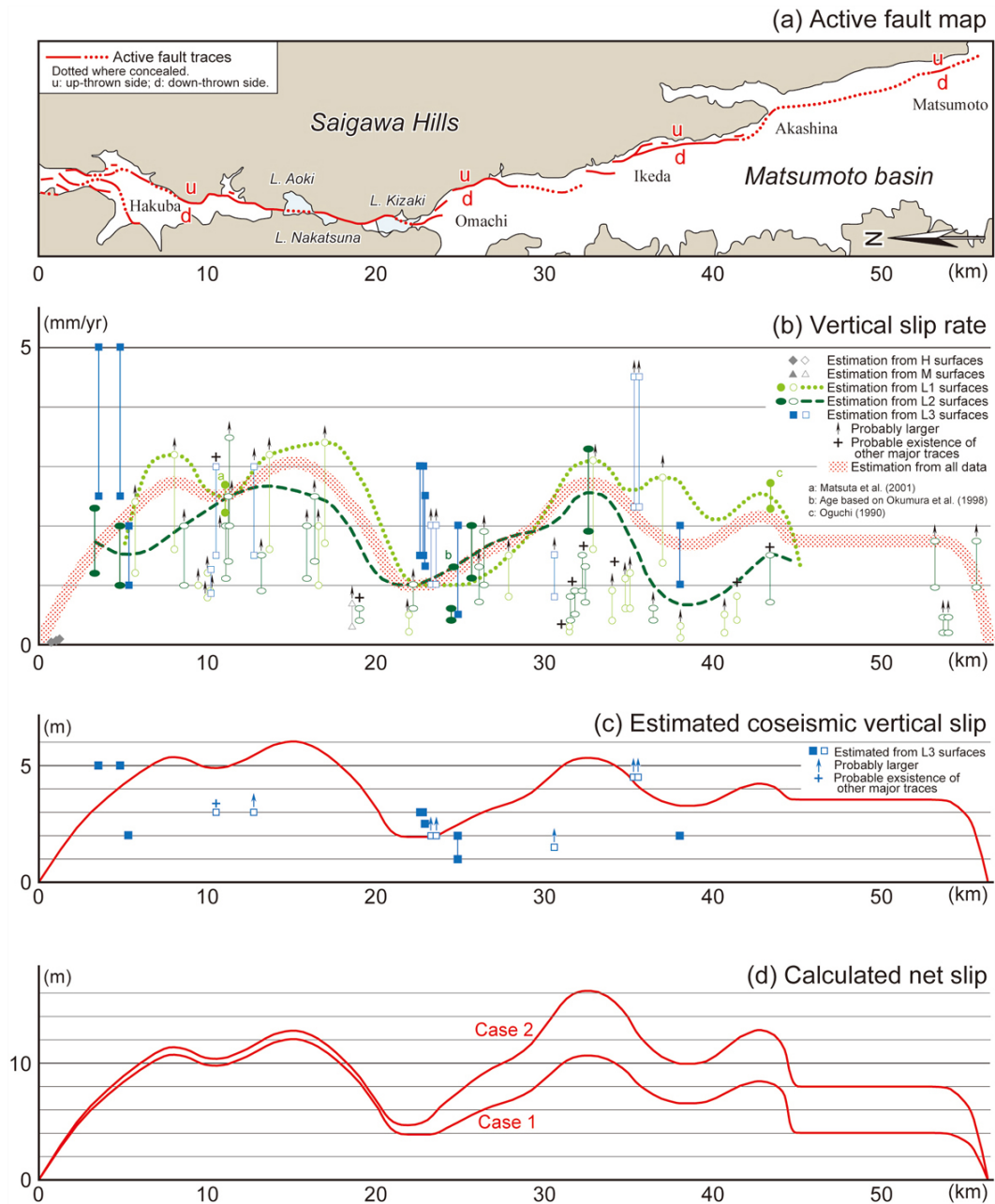


図8 糸静線断層帯北部の平均変位速度・地震時変位量・地震時ネットスリップの分布（鈴木ほか、2010）。