

## 2.3. 糸魚川—静岡構造線断層帯の過去の地震活動履歴解明の為の調査研究

### 2.3.1 トレンチ調査及び過去の調査のコンパイル

#### (1) 調査観測の内容

(a) 課題 トレンチ調査及び過去の調査のコンパイルによる過去の地震活動履歴解明

(b) 担当者

所 属	役 職	氏 名
広島大学大学院文学研究科	助教授	奥村 晃史 近藤 久雄

(c) 調査観測の目的

糸魚川—静岡構造線活断層系・下葛木断層では、トレンチ調査から3000～4000年の活動間隔（奥村ほか、1996）が推定され、同断層系の牛伏寺断層よりも4～8倍も長い活動繰り返しが予想されている。しかし、従来のトレンチ掘削地点では最近数千年間の堆積物が薄く、必ずしも地層の時間分解能は高くなかった。そこで、本研究では下葛木断層の最新活動時期と活動間隔、単位変位量を再検討することを目的として、長野県富士見町下葛木集落東の湿地においてトレンチ調査とジオスライサー調査を実施した。

#### (2) 平成14年度の成果

(a) 調査観測の要約

調査地点は、約2万年前以降に形成された扇状地面（澤、1985）上に下葛木断層に沿って形成された凹地の中に位置する（図2.3.1-1）。下葛木断層南東側のM1面は北東から流下する釜無川の支流（鹿の沢）をせき止めるような高まりを作っている。現在鹿の沢は高まりを横断するゴルジュを作って直線的に南西に流れているが、この流路ができたのは約2万年前より新しく、ゴルジュができるまで支流は下葛木断層にそって一旦南東に流れて調査地点を通過していたと考えられる。したがって、凹地は南東側に開いており、その旧流路の凹地を横切って、下葛木断層の運動による構造的な低地が形成されている。

ポータブルジオスライサー（以下、PGS）を用いた予備調査では、この凹地に最近5,500年間にわたり湿地堆積物が連続的に堆積していることが確認された。予備調査に基づく断層の予想通過位置を中央とする長さ10m、幅6m、深さ3mの主トレンチ（以下、Aトレンチ）を掘削した（図2.3.1-2）。軟弱な地盤のため主トレンチ北西壁面は崩壊して観察することができなかった。これを補うため、長さ2～6m、幅1.5m、深さ1mのミニ・トレンチ（以下、Bトレンチ）を掘削し、底面から幅1.3m、深さ1.8mのジオスライサー（以下、GS）を打ち込んで断面試料（GS-9、10）を採取した。A、Bトレンチでは高角な断層を数条確認することができた。さらに、断層の北西延長を確認するため、GS-0～8を抜き取り採取したが、断層は確認できなかった。

## (b) トレンチ・地層抜き取り調査

### 1) トレンチ・地層抜き取り断面の地質と地震イベント層準の認定

A トレンチ壁面には約 5500 年前以降連続して堆積した湿地性堆積物が露出し、これらの地層を切断する高角な断層が認められた。地層と断層の切った・覆われたの関係、地層の変形状況から、3つの地震イベント層準を認めることができた。記載の便宜上、露出した断層をF0-F3、断層活動の痕跡を新しいものからイベントI-IIIと呼ぶ。トレンチ壁面を図2.3.1-3に示す。

最新のイベントIでは、腐食質シルト層(2層)がF1によって切断され、人工改変層(1層)によって覆われる。2層中のF1は不明瞭ではあるが連続した剪断面として認められる。細砂混じりの腐植質シルト層(3層)から1523±59y.B.P.(435-616 AD)の年代測定値を得ているため、イベントIの発生時期は約1,500年前以降となり、従来報告されている下葛木断層の最新活動時期1200-1500年前(奥村ほか、1996;三浦ほか、2000)と一致する。

イベントIIでは強腐植層(4層)がF0、F2によって切断され、腐植質シルト層(3層)に覆われる。4層と下位の砂層(5層)の変形はイベントIによる変形とは異なることから、4層以前の地層は2回のイベントによる変位を受けているとみられる。したがって、3層と4層の間にイベントIIを認定することができる。4層に対比される強腐植層の年代値3262±57y.B.P.(4331-1453 BC)から、イベントIIの発生時期は約3300年前以降、約1500年前以前と推定される。

イベントIIIでは、砂礫層(7層)にV字状の落ち込みを形成するF3が、上位の砂層(5層)に覆われる。V字状の落ち込みには砂礫層直下の腐植質シルト層が充填され、不明瞭ながら上位の腐植質シルト層(6層)も充填されている。したがって、第3のイベント層準は6層下部と5層の間になる。イベントIIIの正確な時期を特定することはできないが、8層に対比される腐植質シルト層から5382±67yBP(4331-4051 cal BC)の年代値を得ているため、イベントIIIの発生時期は約3300-5500年前と推定される。

## 2) 成果と考察

### (1) 下葛木断層の活動間隔

本研究の結果、約5500年前以降に3回の地震イベントが認定された。さらに、最新の活動時期は従来報告されている約1200-1500年前に一致する。年代測定値が乏しいため正確な活動間隔の見積もりは困難であるが、最新の活動時期を約1200年前と仮定すると、平均活動間隔は最大で3000年と算出される。すなわち、奥村ほか(1996)が推定した約8000年前以降に3回のイベントと3500-4500年の活動間隔という結果と比較して、本研究で見積もられる活動間隔は短くなる可能性が高い。

### (2) 最新活動時の単位変位量

細砂混じりの腐植質シルト層(3層)は最新活動の一回分の変位を受けており、トレンチAおよびBの地表下1m付近にはチャンネル堆積物が挟在する。これらのチャンネル堆積物が分布する高度には他のチャンネル堆積物がみられないことから、両者は同じ流路の堆積物であると判断される。トレンチAの南東壁面ではチャンネル堆積物がF1により切断され、右岸側の外縁が露出しない。一方、トレンチB北西壁面ではF5により左岸側の流路外縁が切断されている。つまり、チャンネル堆

積物が断層を境に左横ずれ変位を受けた結果、片側の流路外縁のみがトレンチ A、B の壁面にそれぞれ露出していると考えることができる。チャンネル堆積物の断面形状からはチャンネルの走向が断層に低角度で交わるとみられる点、チャンネルの平面分布を復元できないという点から、正確な変位量の測定は困難である。ただし、トレンチ A と B の壁面間の距離以上の横ずれ変位を受けなければ、現在観察されるチャンネル堆積物の分布・断面形にはならないと考えられる。したがって、トレンチ A、B 両壁面間の距離である 2.5m 以上の横ずれ変位が最新活動に伴っていたと推定される。

### (3) 平均変位速度の再検討

澤 (1985) は下蔦木断層の平均変位速度を左横ずれ 1.5mm/yr、縦ずれ 0.1mm/yr 以下としている。左横ずれ変位速度を算出する主な根拠は、鹿の沢が断層を境に 30m 屈曲している点、鹿の沢が現在の流路に固定された時期が少なくとも L1 面形成以降であり、L1 面は 20ka 以降に形成されたと推定する点にある。したがって、左横ずれ変位速度 1.5mm/yr は最小の値を示している。以下では、トレンチに露出した土石流堆積物の年代から鹿の沢が現流路の位置に固定された時期を推定し、横ずれ平均変位速度の最大値について検討する。

トレンチおよびジオスライサー断面の最下部には土石流堆積物が露出する。土石流堆積物とそれを覆う一連の湿地性堆積物の間には顕著な不整合がなく、予備調査において土石流堆積物直上から  $5382 \pm 67$  y. B. P. の年代値を得ているため、この土石流堆積物は 5500 年前頃の堆積物とみられる。ジオスライサーによって確認した土石流堆積物の上面は南東方向に 2~2.7% の勾配で傾き下がっており、調査地を南東方向に流下する河川により堆積したとみられる。調査地点を南東に流下することができる河川は鹿の沢以外にはない (図 2.3.1-1) ことから、次のような地形形成を考える事ができる。土石流堆積物が堆積する以前は鹿の沢が調査地を南東に通過することもあった。しかし 5500 年前以降、鹿の沢の河道は現在の位置に固定されて南西に排水して下刻を開始した。調査地点は鹿の沢の影響を受けなくなったために、その東を流下する小河川の後背湿地になり、5500 年前以降湿地性堆積物が堆積するようになった。鹿の沢が最終的に南西に流下し始めた時期は少なくとも 5500 年前かそれ以前である。したがって、鹿の沢の河道にみられる約 30m の左横ずれ変位量は 5500 年前かそれ以前からの累積であり、平均変位速度は最大で 5.5mm/yr と算出できる。澤 (1985) の推定値を下限とすると、下蔦木断層の平均変位速度は 1.5~5.5mm/yr となる。

### 3) 結論ならびに今後の課題

トレンチ・地層抜き取り調査の結果、5500 年前以降に 3 回の地震イベントが認められ、イベントの発生年代は新しいものから約 1500 年前以降、約 1500~3300 年前、約 3300~5500 年前と推定された。この結果、従来の活動間隔 3000~4000 年よりも短い間隔で下蔦木断層が活動している可能性が示された。最新活動の発生年代は、奥村ほか (1996) ならびに三浦ほか (2000) が推定した下蔦木断層の活動時期と一致する。横ずれ変位を受けたチャンネル堆積物の分布と断面形状から、最新活動時の横ずれ変位量は 2.5m よりも大きいと推定される。

### (d) 引用文献

- 1) 小村健太郎, 池田隆司, 松田達生, 水落幸広活断層ドリリングによる断層構造の研究—牛伏寺断層近傍の地殻応力, 岩盤, 比抵抗構造, 地球惑星圏学会合同大会 2003 年大会, S076-003, 2003 奥村 晃史, 井村 隆介, 今泉 俊文, 沢 祥, 東郷正美, 1996, 糸魚川-静岡構造線活断層系の活動履歴調査, 地質調査所研究資料集, 259, 89-94.
- 2) 澤 祥, 1985, 中部フォッサマグナ西縁, 富士見周辺の活断層. 地理学評論, 58A, 695-714.
- 3) 三浦大助, 幡谷竜太, 宮腰 勝義, 井上大栄, 白井正明, 2000, 糸魚川-静岡構造線活断層系中部の最近の断層活動(その 1)—釜無山断層群のトレンチ調査結果-, 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集 (CD-ROM).

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 論文発表

著者	題名	発表先	発表年月日
なし			

2) 口頭発表、その他

発表者	題名	発表先、主催、発表場所	発表年月日
なし			

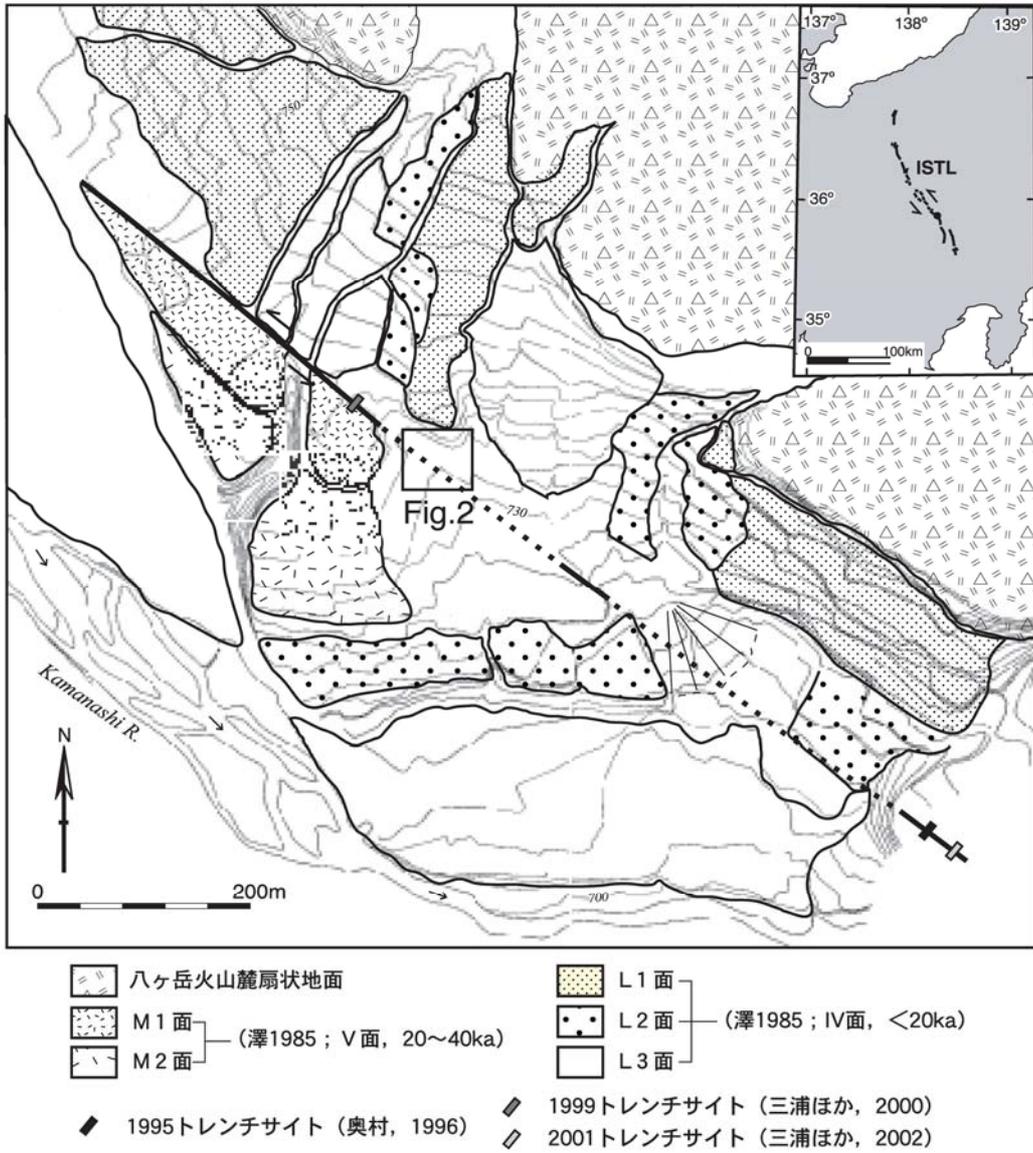


図 2. 3. 1-1. 下蔦木周辺の地形と活断層。基図は茅野市発行 1/2, 500 都市計画図。  
等高線間隔は 2m

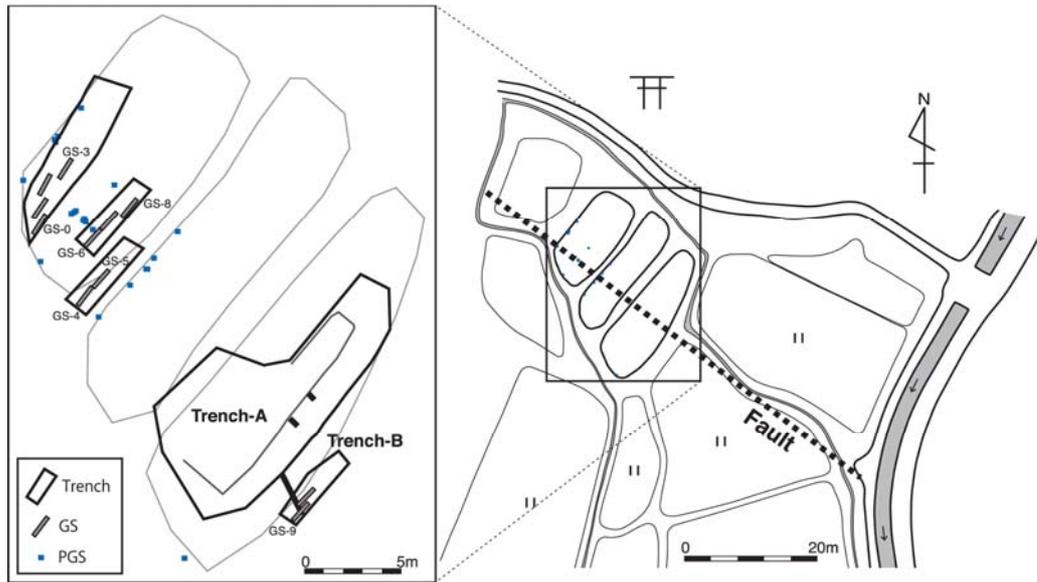


図 2.3.1-2. トレンチ・地層抜き取り調査の位置。図中 A~D は地層抜き取り断面を、数字は PGS 番号を示す。

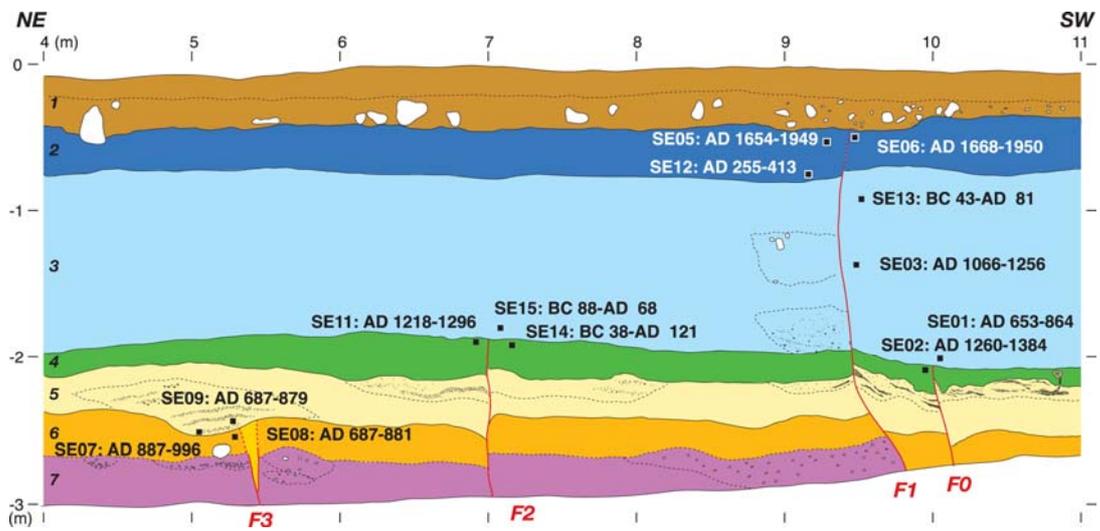


図 2.3.1-3. トレンチ壁面のログ

## 2.3.2 高解像度 DEM (Digital Elevation Model) 等に基づく変動地形情報解析

### (1) 調査観測の内容

#### (a) 課題 高解像度 DEM 等に基づく変動地形情報解析

#### (b) 担当者

所 属	役 職	氏 名
愛知県立大学情報科学部	助教授	鈴木 康弘

#### (c) 調査観測の目的

高解像度 DEM・リモートセンシング・GIS に基づいて変動地形の数値情報解析を行い、断層変位地形の 3D 情報の整備とそれをベースとした断層活動評価・監視計画の雛形を作成する。

### (2) 平成 14 年度の成果

#### (a) 調査観測の要約

高解像度 DEM・リモートセンシング・GIS に基づく活断層変動地形の数値情報解析を行い、断層変位地形の 3D 情報整備を行うことの効果を計るため、平成 14 年度はフィージビリティ調査を行った。その結果、現地で GCP (Ground Control Point) 測量を適切に行い、1 万分の 1 航空写真をデジタル航測して 10m メッシュの高解像度 DEM を作成した場合、活断層の位置情報を絶対誤差で数メートル以内に表現できること、モデル内での相対誤差では数十センチ程度であることから、地震前後の地殻変動比較が面的に行えることがわかった。また誤差は画像の輝度と相関があり、地点毎で誤差を推定できる。任意の測線における地形断面測量も可能で、多地点での変位量計測を効率的に行える。また LiDAR は 50cmDEM 計測も可能で、植生を除去して地表面を計測することができるため、活断層極近傍の変位地形の詳細を明らかにすることができることがわかった。

#### (b) 高解像度 DEM 等に基づく変動地形情報解析

##### 1) 調査観測の実施方法

現地測量により 5 点の GCP を設置し、デジタル航測図化システムにより 10m メッシュ DEM を作成した。土地改変が行われる以前のオリジナルな変位地形を解析できるよう 1977 年撮影の航空写真を用いた。そのため当時から現在まで同一の地点を探し出し、GPS 測量の可能な地点を探すことが求められた。デジタル写真測量は、愛知県立大学が所有する DPW (Digital Photogrammetry Workstation および解析システム SOCET SET: ライカ社製) を用いて行った。

また、LiDAR のフィージビリティ調査として、中日本航空の協力により、ヘリコプター搭載型センサーによる撮影データの提供を受けた。LiDAR で取得された数値情報を解析し、変位量測定を行う方法を検討し始めた。なお、LiDAR 観測については、今回のテストデータの解析

に基づいて、平成 15 年度に本格実施する観測のスペックおよび撮影範囲の仕様策定の参考材料とした。

これらのデータの数値解析により精度検証を行い、地震前後の地殻変動量推定の可能性、活断層位置情報の取得方法や精度検証を行った。

## 2) 調査観測の成果

### 高精度 DEM の精度検証

デジタル写真測量によって作成した詳細 DEM(Digital Elevation Model)に基づいて作成した鳥瞰図を図 2.3.2-1 に示す。DEM は画像解析手法のひとつステレオマッチングによって、任意のグリッド間隔で自動生成することができる。しかし、その際に用いるアルゴリズムに応じて作業効率と精度が異なる。DEM の間隔を 50m と 10m、DEM の形状を GRID と TIN に変化させて相互に精度比較を行った。最も精度を高めるには、コンピュータの画像上で実体視しながらブレイクライン（地形傾斜の変換線）をマニュアルで入力し、それによってステレオマッチングの精度を高める方法がある。図 2.3.2-2 はこの方法により作成した TIN モデルの平面図、図 2.3.2-3 はその鳥瞰表現である。図 2.3.2-1 はこのデータに基づいている。

これらの複数の仕様による精度検証を行った結果が表 2.3.2-1 である。表 2.3.2-1 によれば、自動生成の DEM の精度は最高でもマニュアルで修正した DEM より標準偏差で約 3m 劣ることが分かった(表 2.3.2-1)。マニュアル作成の DEM の精度検証がさらに問題として残るが、概ね数 m 以内の誤差である可能性が高い(鈴木ほか、2002)。

また、DEM の精度は写真の輝度値と強い相関があることがわかった(図 2.3.2-4)。そのため GIS 上でこのオルソ写真を基図に用いた場合、地点毎の輝度から誤差を推定することができることがわかった。

### 活断層位置情報の精度の明示

国土地理情報の電子化計画において、位置精度管理が問題となっている。活断層デジタル情報についても、紙地図情報とは異なり、GIS ソフトウェアの画面上に経緯度が表示される。しかし、これら表示される数値は、作成の過程で発生する誤差（とくに紙地図そのものが持つ数十メートル程度の誤差）について十分考慮されていない現状がある。本研究は、活断層位置情報を紙地図を用いず、航測図化によって写真から直接得ることを目指している。この場合、航測図化システム上における立体地形モデルが持つ数値精度そのものが活断層位置情報の誤差となる。

本研究で明らかにしたオルソ画像の輝度と発生誤差の関係を適用することによって、取得された位置情報の持つ誤差の標準偏差を推定することができる。画面上にその値を明示するシステムを開発した。図 2.3.2-5 は高解像度 DEM を用いて作成したオルソ写真であり、これが活断層 GIS システムの基盤となる。この画面上において、活断層の緯度経度の他、断層の水平変位量等が計測可能となる。図 2.3.2-6 は地点毎の推定誤差を明示するシステムのイメージを示した。従来の活断層デジタルマップの位置情報の誤差は標準偏差で 30m 程度(鈴木、2002)であったが、本研究では 5m 以下に縮小することが可能となり、それを位置精度とともに示すことができるようになった意義は大きい。

### 航空写真による地震前後の地殻変動量計測法とその効果

高精度 DEM を完備したオルソ写真を用いれば、地震前後の地殻変動を面的に捉えることができる。X、Y、Z 座標をモデルに依存せず独立に計測できる点、および対象物を確実に認定できる点は、SAR による観測より優れている。

航測図化の精度は GCP の整備状況に依存する。言うまでもないことだが、地震後（断層変位後）になって地震前の GCP を取得することはできない。地震前後の変動を検出するためには地震前に GCP を計測しておく必要がある。地震発生前に GCP を確保することは比較的容易である。工事を要するようなものではなく、既存の地物で航空写真で明瞭に認識できるものの位置座標を GPS 測量しさえすれば良い。GCP の配置数は、1 万分の 1 航空写真を用いる場合で、断層の延長方向に概ね 1 km 間隔で 2 列程度であることから、例えば断層長 50km の場合で 100 ポイント程度と見積もられる。このことさえしておけば、地震後の航空写真解析結果と比較して、地震前後の変動量解析が高精度で可能となる。

図 2.3.2-7(a)、(b)はそのイメージ図である。調査地域周辺で三角点や GPS 観測により実測される地殻変動は 2 点しかない、地震前に GCP を取得し、正確に標定さえしておけば、オルソ写真上で多くのポイントの緯度経度を計測できる。再度図化機にかけて計測し直せば、位置精度はさらに上がる。これらのデータを、地震後撮影の航空写真から得られるものと比較すれば、特定した多数のポイントでの地殻変動量(x、y、z)が実測でき、震源断層の特定に効果的である。

### 地形断面測量の効率化と強震動予測に資する変位量分布計測の可能性

図化機上で任意の測線で地形断面を作成することは容易である。図 2.3.2-8 にその一例を示す。図化機上で計測される各点の標高の絶対精度は概ね 50cm 程度であるが、多くのポイントを連ねたライン(地形断面図)から変位量を計測するには十分な精度を持っていると考えられる。少なくともメートルオーダーでの変位量の議論には何の支障もない。本方法によれば、踏査困難な場所の地形測量も容易で、糸魚川―静岡構造線全域での地形測量も可能になる。

強震動予測において、このような累積変位量分布に注目が集まっている。しかも、被害想定のために重要な波長の短い強震動の予測には、累積変位量分布を密に求める必要がある。そのためにも、航空写真測量による変位量計測は重要な鍵を握っていると考えられる。これについては平成 16 年度の課題としたい。

### LiDAR データによる断層極近傍の地形計測

LiDAR によれば 50cmDEM の取得が可能となる。図 2.3.2-9(a)はその一例である。LiDAR はヘリコプター上からレーザーを発射し、その反射によって地表の形状を計測する。この際、ファーストパルスその他、ラストパルスをとらえ解析し直すことによって、樹木等の頂部の高さや地表の高さを分離することができる(図 2.3.2-9(b))。今回の撮影は夏期であったため、樹木の葉による遮蔽が強く、地表面の計測にとっては良好な環境ではなかった。

中日本航空から提供されたデータを試みに解析しただけであったが、活断層近傍の詳細な地形判読に有効であることは明らかであり、平成 15 年度に本格的な調査観測を行う重要性が確認された。

(c) 結論ならびに今後の課題

平成14年度はフィービリティ調査のみであったが、GISベースの活断層詳細データベースの構築や、強震動予測に資する断層に沿う変位量情報の取得に対して、高解像度DEMを活断層沿いに整備することの重要性が次の通り示された。

**写真航測により得られる詳細 DEM の精度**については、解析手法により誤差が異なり、観測目標の精度に応じた手法を用いる必要がある。GCP を取得することによって、絶対位置精度として数メートル程度が得られる。この精度は写真輝度と相関があり、そのことから、輝度値によって地点毎の精度を推定することも可能となった。

**活断層位置情報の精度の明示**する方法が提案された。上述の写真輝度値等からの推定による。従来の活断層位置情報は紙焼き地図上に表現された活断層地図をデジタル化していたが、その場合の精度は30m程度であった。これを高精度DEMにより作成したオルソ写真を用いることで、5m以下に縮めることができるようになった。また、地点毎で異なる精度表示も可能となり、数値情報の扱いに位置精度の警告を加えることが可能となった。

**航空写真による地震前後の地殻変動計測法**として、事前にGCPを取得し、図化機での計測が可能のように正確に標定しておきさえすれば、地震前後の地殻変動量を非常に多くの点で、独立に行うことができることが示された。

**地形断面測量の効率化と強震動予測に資する変位量分布計測の可能性**については、断層全域に適用し、強震動予測のための変位量分布図作成が可能となったことが明らかとなった。

**LiDAR データによる断層近傍の地形計測**については、今回は提供されたテストデータの解析であったが、詳細な地形判読に有効であることが確認された。

今後の課題としては、今回のテストケースで明らかとなった最適なスペックでのLiDAR観測を本格的に実施し、数十センチ解像度のDEMによる変動地形解析を改めて行うこと、航空写真測量による変位量計測を断層全域に拡大し、強震動予測に資する変位量分布を明らかにすることが重要であり、これらを次年度以降の課題としたい。

(d) 引用文献

- 1) 鈴木康弘, 佐野滋樹, 野澤竜二郎: 航空写真測量に基づく桑名断層の変位地形の解析, 活断層研究, No. 22, pp. 76 - 82, 2002.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 論文発表

著者	題名	発表先	発表年月日
なし			

2) 口頭発表、その他

発表者	題名	発表先、主催、発表場所	発表年月日
鈴木康弘・石黒聡士・浅野宣方	デジタル写真測量およびLIDARによる糸静線変動地形解析－活断層 GIS 情報の高度化と断層活動監視を目指して－	地球惑星科学関連合同学会	平成 15 年 5 月 28 日

表 2.3.2-1.DEM 作成方法の違いによる作業所要時間および誤差の比較  
 (求める精度、および速報性に応じて DEM 作成方法が選ばれる。)

DEMの種類	計測 間隔	計算所要 時間	誤差の 標準偏差	実地との 誤差※2
グリッド	50m	約5分	10.03m	10.07m
グリッド	10m	約30分	3.54m	3.67m
TIN	50m	約4分	3.91m	4.04m
TIN	10m	約30分	3.24m	3.73m
TIN	※1	約38時間	0m	1m

※1: ブレークライン+50mTIN ※2:  $\sqrt{S+1^2}$

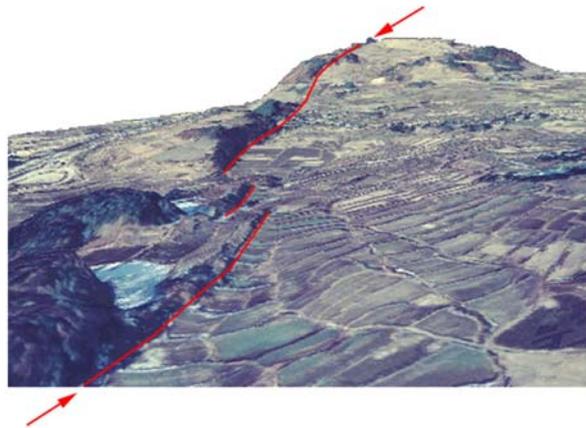


図 2.3.2-1. 松本市・牛伏寺断層付近の鳥瞰図  
 (マニュアル補正を加えた高解像度 10mDEM により作成)

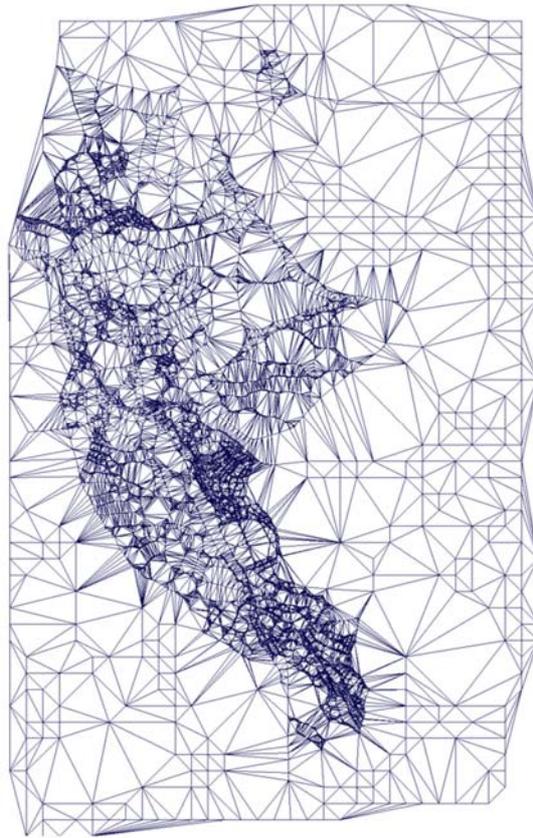


図 2.3.2-2. ブレークライン設定により精度を高めた DEM の平面形状 (TIN モデル)

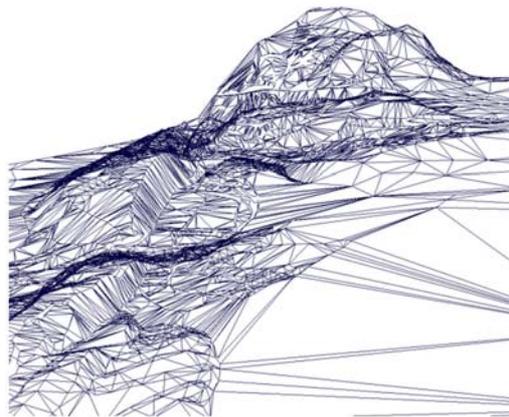


図 2.3.2-3. TIN モデルの鳥瞰表現 (図 1 はこのモデルにより作成)

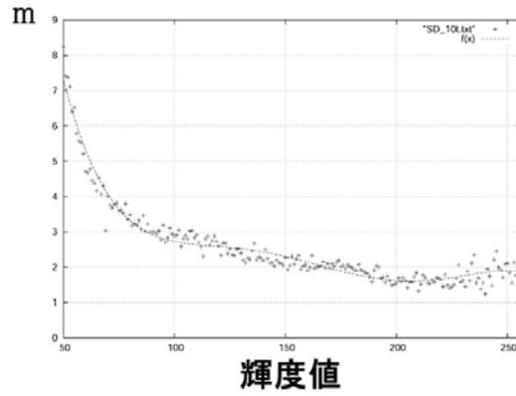


図 2.3.2-4. 航空写真の輝度値と位置精度の関係



図 2.3.2-5. 高解像度 DEM により正射投影状に幾何補正した航空写真（オルソ写真）。ライン①～④は地形断面図試作位置。

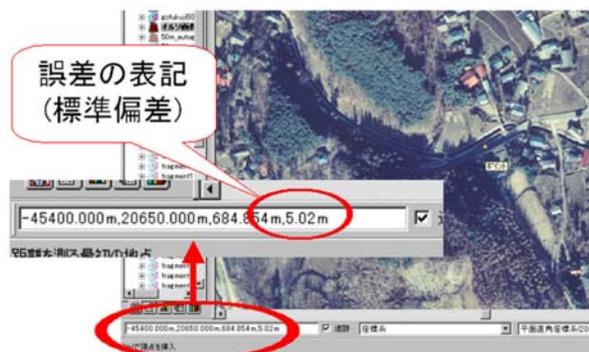


図 2.3.2-6. 位置情報に加えて誤差情報を追加した GIS システム



図 2.3.2-7(a).

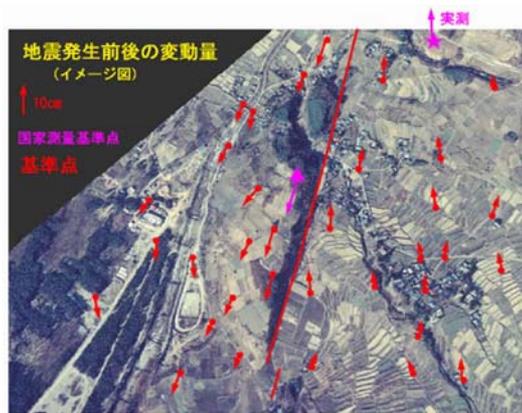


図 2.3.2-7(b).

図 2.3.2-7. 地震前後の地殻変動量のイメージ図

(a):三角点、GPS 観測点の情報のみから得られる地殻変動ベクトル

(b):写真で位置を特定できるポイントにおいて計測される地殻変動のベクトル(上下変位も計測可能)

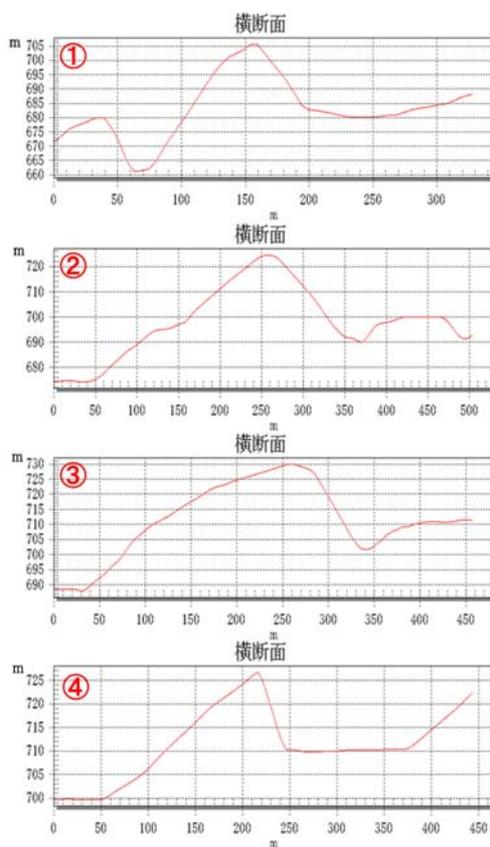


図 2.3.2-8. 地形断面図の試作 (測線位置は図 5 に示す)

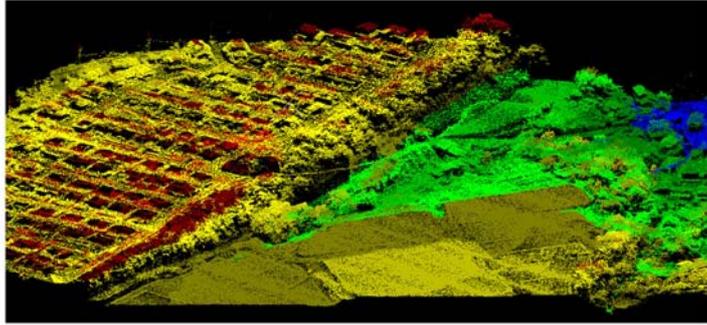


図 2.3.2-9(a)

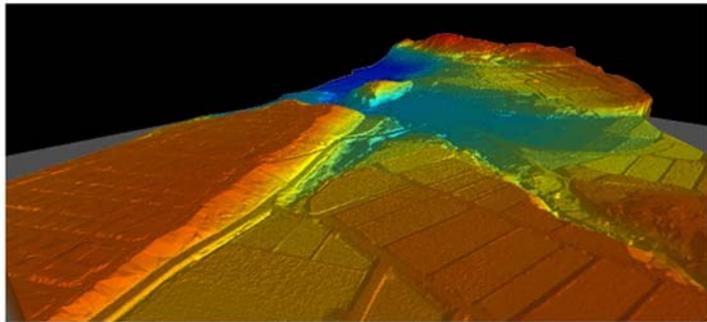


図 2.3.2-9(b)

図 2.3.2-9. LiDAR の点群データによる活断層近傍の鳥瞰図の例

(a) : 樹木・建物等の頂部の標高データによる

(b) : 樹木・建物等を除去した地面の標高データによる

### 2.3.3 断層帯付近の過去の地震活動の解明（史料調査・断層帯上及び周辺の湖の湖底地質調査）

#### (1) 調査観測の内容

(a) 課題 史料調査・断層帯上及び周辺の湖の湖底地質調査に基づく糸魚川―静岡構造線断層帯の過去の地震活動履歴解明のための調査

#### (b) 担当者

所 属	役 職	氏 名
東京大学地震研究所	助教授	都司 嘉宣

#### (c) 調査観測の目的

糸静線が、明白な活断層地形を示している以上、過去に幾度も地震活動を起こしたはずである。過去に糸静線上に起きたと見られる地震に関する知識を増しておくことは、将来この線上に起きるであろう地震の性質を予測する上で、有益な情報を与えてくれるに相違あるまい。過去の地震として、ここでは、

##### 1. 史料地震の研究、

および

##### 2. 青木湖の湖底堆積層による先史時代の調査

の2つの研究手段によって、この線上に過去に生じた地震の性格を解明することを目的とする。

#### (2) 平成14年度の成果

##### (a) 調査観測の要約

###### 1) 史料地震の研究

糸魚川・静岡線の上では、現在 研究の対象となっている断層セグメント全体が動いたと考えられるような大規模な地震は歴史上には生じていないと見られる。しかしながら、詳細に歴史記録を検討すると、糸静線上か、そのごく近いところで生じたと見られる中規模の被害を伴った地震の記録が散見される。そのうちいくつかは糸静線の断層面が部分的に滑った地震であると示唆されるものがある（図 2.3.3-1）。

史料地震を解明するための文献調査で訪問した主な機関は、大町歴史資料館、長野県立図書館、山梨県立図書館、静岡県文化資料センターなどである。おのおの糸静線上で起きた、過去の地震に関する史料を得た。

###### 2) 青木湖の湖底堆積物による先史地震の研究

青木湖の湖底観測については、高知大学理学部の松岡ら（1998）が超音波による湖底鉛直構造の調査を行っている。そのとき発表された文献では、ごく1部の断面構造が公表されたに過ぎなかったが、今回同教授の御好意によって、このとき得られた、すべての断面の図のコピーの御提供をいただいた。その成果によれば、青木湖には湖軸の線を南北に走る主要断層（断層 A）のほかに、その東側に主断層と平行して南北に走る副断層（断層 B）、および湖の北東部の白浜の小湾内

に現れたさらに副次的な小断層（断層 C）の3本の断層が見られる。いずれの断層も、幾十にも堆積した縞模様が断層のところで食い違いを生じており、しかも深い部分ほど食い違いの量が大きく、これらの断層が、幾度も先の先史時代の地震活動を繰り返してきたことを示している。

## （b）調査観測の実施方法

### 1) 史料地震の研究

平成14年度の研究ではとくに、江戸時代に起きた1714年小谷地震と、1858年大町地震について文献調査、および現地照合調査を行った。基本的には、武者の「増訂・大日本地震史料・第2巻」（1941）、および同著の「日本地震史料」（1951）、および地震研究所発行の「新収・日本地震史料」の第3巻（1983）および第5巻（1985）に紹介された古文書史料に加えて、これに今回の調査で新たに収集、解読した古文書史料を基本資料として用いた。原文献から、両地震によってある1点で物理的に起きた1件の出来事を基本単位とするデータベースをエクセルによって作成し、現代の2万5千分の一の地図上の相当位置を調査してその場所の震度を古文書記載にしたがって推定するという方法をとった。このため、原文献に広域にわたる総合的な記載がある場合は、意識的に採用しなかった。

### 2) 青木湖の湖底調査

大町市の青木湖は、糸静線にまたがって存在しており、その湖底には断層線の存在を示す湖底堆積構造があることが期待される。実際、青木湖の湖底の超音波鉛直構造探査は、松岡ら(1998)によって紹介されているが、今回、その研究者の一人である岡村(2003)のご厚意によって未公表の断面成果を閲覧させて頂いた。その成果によると、湖を縦断する1本の主断層Aと、2本の副次的な断層B、Cが見られる（図2.3.3-5、図2.3.3-6、および図2.3.3-7）。断層Cは明瞭に断層両側のずれの進行をたどることができる。主断層Aの西側の湖の最深部の湖底には明瞭な縞模様が見られ、東側の斜面上に刻まれた縞模様とのずれの進行をたどることができる。

平成14年には、青木湖の湖底堆積層のピストンコア採取のための筏を設計・製作した（図2.3.3-8）。筏は、3台のボムボートの上に、鉄管で形成したピラミッド型の枠を作る。ピラミッドの上部には、出力200ワットで20mのステンレスワイヤーがくり出せるホイスト（電動ウィンチ）を吊した。ワイヤーの先には、「てんびん型」の切り離し装置を取り付け、その片方に200kg分の鉛のおもり、及びその下部に、直径7cm、長さ3m、厚さ5mmのアルミニウムパイプを取り付ける。てんびんの反対側の腕の先には先導用として5mのワイヤーの先に16kgのおもりを先端に取り付けたものをカウンターバランスとして取り付ける。てんびんにこの両者を取り付けたものを、ワイヤーをくり出すことによって静かに水中に下ろし、先導用のワイヤーの先が湖底に達したら、てんびんの反対側の鉛を頂上にいただいた、サンプル装置がてんびんからはずれて、ついに自由落下を始め、サンプル採取用のアルミパイプが湖底層に垂直方向からたたき込まれるようになっている。

## （c）調査観測の成果

### 1) 史料地震の研究

（b）項に述べて方法によって得られた集落ごとの詳細な震度分布図を図2.3.3-2、図2.3.3-3、および図2.3.3-4として示す。1714年小谷地震も、1858年大町地震もともに、糸静線に沿った青

木湖・姫川をつなぐ線の上でもっとも震度が大きく、この線から東側に震度の大きい場所が分布していること、およびこの線から西側の地域にはほとんど震度の大きい場所は存在していないこと、の2点を指摘することができる。このことは両地震とも、ほぼ糸静線から東側に沈み込んだ断層面上に起きた滑りであったことが示唆されるであろう。

## 2) 青木湖の湖底調査

製作した筏を青木湖の現場において組み立て、実際に湖底堆積物を採集する試みは、平成15年8月15日ー18日に実施した。図2.3.3-8はそのときの様子である。このときは、現場での試行錯誤を繰り返し、様々な改良すべき点を見いだしたが、とにかく1本のサンプル採取に成功した。その成果は平成15年の成果報告として述べることにする。

### (d) 結論、ならびに今後の課題

#### 1) 史料地震の研究

今回細かく調査した1714年小谷地震も、1858年大町地震もともに糸静線の断層面上に生じた中規模の地震であったことがほぼ確定した。今後はこの2地震以外の糸静線に起きた過去の地震について、震度分布図を作成することにしたい。

#### 2) 青木湖の湖底調査

平成14年度に製作した、湖底ピストンコア採取用の筏は、青木湖北部の海岸沖約100m、水深13mの湖面の1点で、とにかく1本のコア採取に成功した。様々な改良すべき点が見いだされたが、平成15年度にはこれらの改良を進めて、より本格的なピストンコア採取を実施したい。青木湖は主断層の走る湖の中央付近は水深が50mもあり、今のウインチ能力ではワイヤ長が不足である。さらに改良を加えて水深50mの湖中央部のピストンコア採取ができるように装置を改善したい。

糸静線上には青木湖のほかにも中綱湖、木崎湖、さらに諏訪湖がある。今後順次、青木湖以外の湖の調査も計画していきたい。

### (e) 引用文献

松岡裕美、岡村眞、佐藤比呂志、今泉俊文、原口強、1998、青木湖における 神城断層の高分解能音波探査、1998年地球惑星科学関連合同学会予稿集。

武者金吉、1941、「増訂・大日本地震史料」(第2巻)、文部省震災予防評議会、pp754.

武者金吉、1951、「日本地震史料」、毎日新聞社、pp757.

岡村 眞、2003、青木湖の超音波探査資料、(私信)。

地震研究所、1983、「新収・日本地震史料」(第3巻)、pp961.

地震研究所、1985、「新収・日本地震史料」(第5巻)、pp599.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 論文発表

著者	題名	発表先	発表年月日
なし			

2) 口頭発表、その他

発表者	題名	発表先、主催、発表場所	発表年月日
なし			

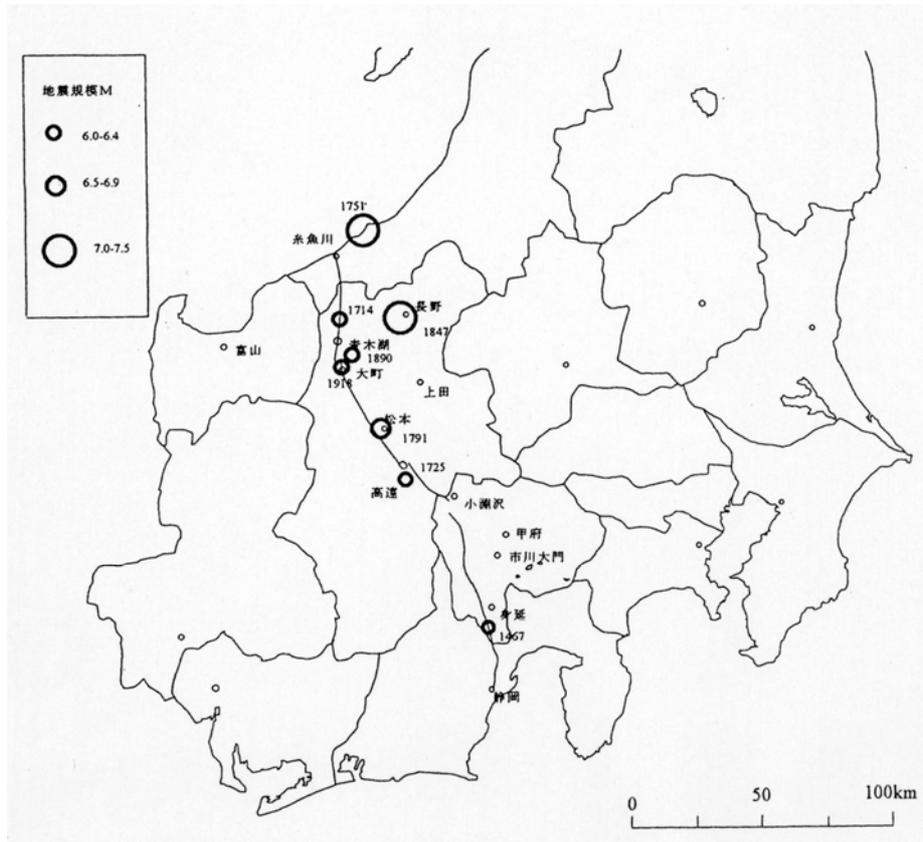


図2.3.3-1. 糸魚川—静岡構造線上付近に起きた歴史上の過去の地震

# 1714年小谷地震

正徳4年3月15日亥刻（1714-IV-28日、22h）

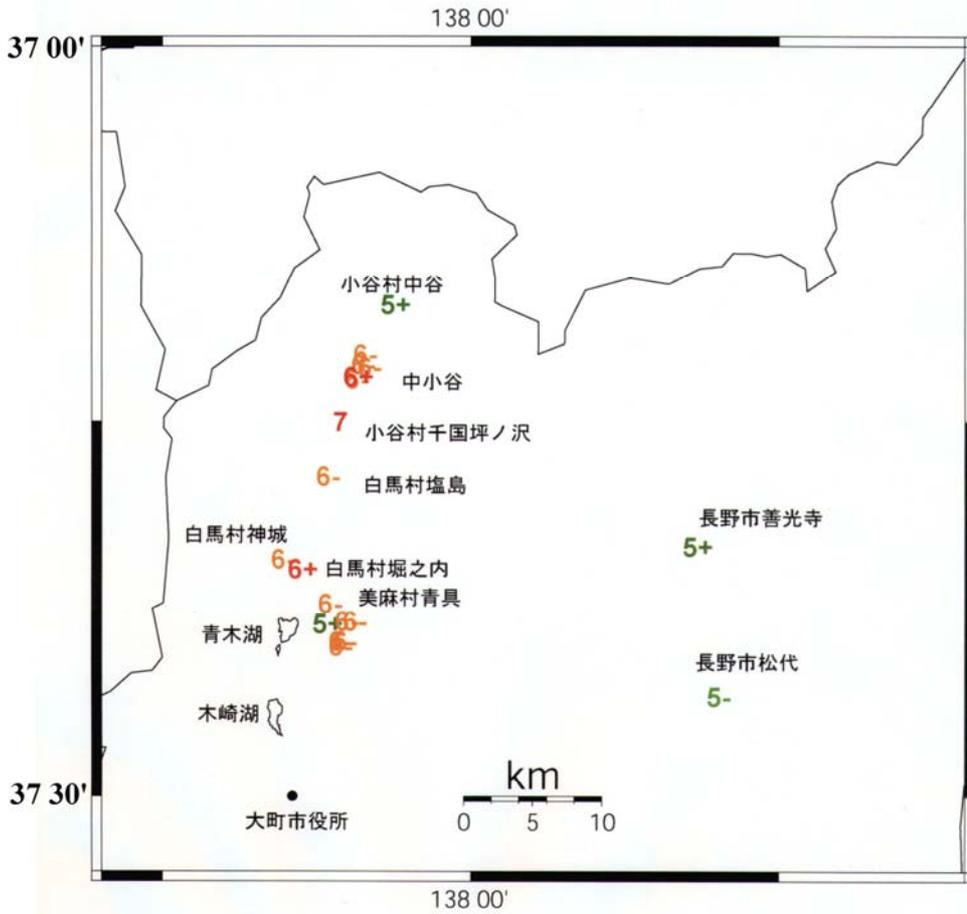


図2.3.3-2. 1714年小谷地震の詳細震度分布







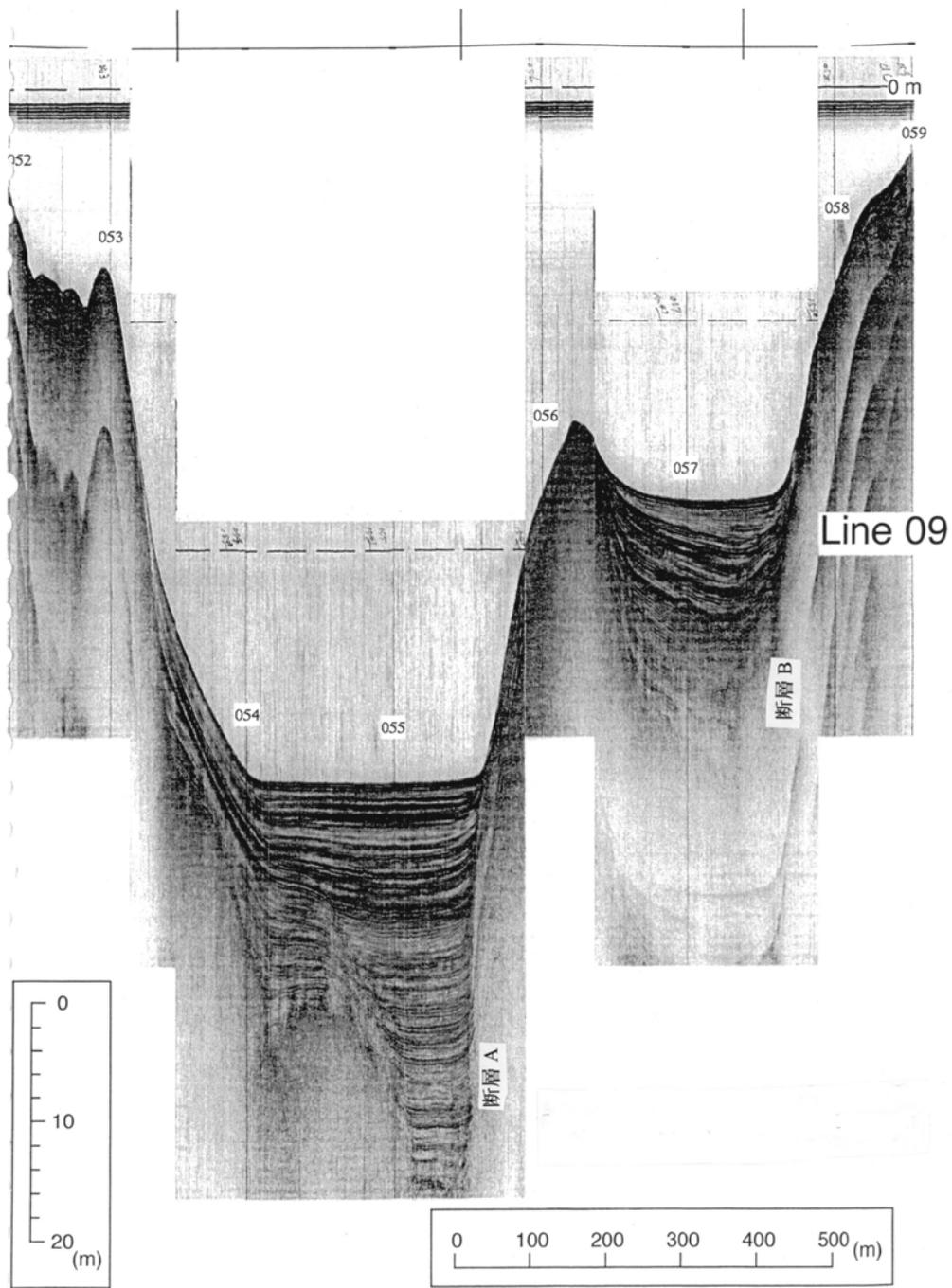


図2.3.3-6. 青木湖測線9の超音波鉛直断面

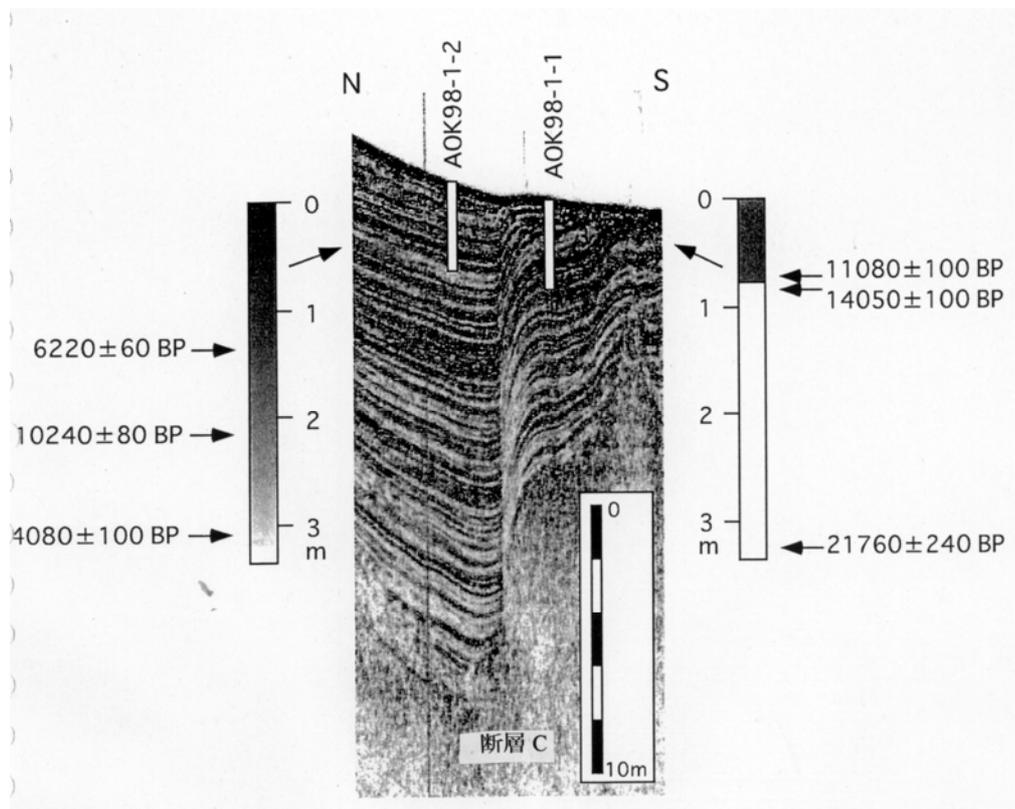


図2.3.3-7. 青木湖測線14の超音波鉛直断面と $C^{14}$ 法年代測定結果



図 2.3.3-8. コアサンプル採取用筏