

(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23年度成果の概要：

1 「活断層判読支援システム」の整備（広島大）

昨年度までに試作してきた「活断層判読支援システム」に、数値標高モデル（DEM）を基に作成したステレオ画像を追加した。

使用したDEMは、国土地理院が公開している全国を網羅した最も細かい10mメッシュDEMおよび、都市を中心に一部で整備されている5mメッシュDEMである（図1・2）。DEMによるステレオ画像を用いることで、大地形から微地形まで1枚の画像で判読可能であり、変形に要した時間スケールの異なる変動地形を多面的に検討することができる（後藤・中田、2011）。

今年度は、「新編日本の活断層」や「活断層詳細デジタルマップ」とDEMによる画像を、GISを用いて重ね合わせ、全国の網羅的な活断層の再判読を開始した。その結果、十勝平野や孺恋などで新たな活断層を見いだした。今後、複数の研究者により、系統的な作業を行う予定である。

2 横手盆地南部浅舞付近における試錐による低断層崖の検討（鶴岡高専・東洋大・名古屋大）

横手盆地南部横手市浅舞付近では、最終氷期後期後半以降に形成されたと推定される扇状地面上に、西流していた諸河川の流路跡が多数認められる。上藤根～下鍋倉の約4kmの区間において、これら複数の流路跡を切断する、東上がり比高1m程度以下の南北走向の低崖が認められ、流路跡がこの低崖を挟んで東西に連続しているため、ここに活断層が存在することは確実である（渡辺ほか、2011）。反射法地震探査結果（産総研、2010）には、この低崖と関係すると思われる地下地質の東上がりの撓曲変形が現れている。そこで、この低崖を挟み流路跡の中で試錐を実施し、最終氷期後期後半以降の地下地質を採取しその堆積状態を確認し、年代測定試料を採取し年代測定を行うことにした（図3）。本研究は、横手盆地東縁断層帯南部、横手市赤川付近で新たに認定された活断層トレース（渡辺ほか、2011；澤ほか、2011）（昨年度群列ボーリング調査実施）のさらに南延長で、より西側に雁行して盆地内に張り出す活断層トレースを確認検討するための予察的調査である。

低断層崖を挟み、上盤側で1本（試錐1・深度10m）、下盤側で3本（試錐2・深度10m、試錐3および4・深度5m）の計4本試錐を実施した（図4）。上盤側・試錐1では、深度約3m以深は径2～10cmの安山岩・硬質凝灰岩の亜角～円礫からなる礫層で、上盤側の地形面構成層と考えられる。その上を厚さ約2mの黄褐色粘土質シルトが整合的に覆い、さらにその上を下から厚さ40cmの分解の進んだ黒色腐植土、そして地表まで厚さ50cmの耕作土が堆積する。低断層崖直下下盤側の試錐2では、深度約2m以深が試錐1同様の礫層で、その上を整合的に厚さ1.6mの黄褐色シルトが堆積し表面は厚さ30cmの耕作土である。下盤側試錐2の北西延長に約25m間隔で行った試錐3・4は試錐1・2とほぼ同様の層相を示し、ともに深度約2m以深の礫層とそれを整合的に覆う厚さ1.4～1.8mの粘土質シルト、そして地表直下の50cm前後の耕作土である。すべての試錐の地層中において、肉眼観察で分かる様な明瞭な不整合関係はなく、礫層から地表まで連続した堆積環境であったと推測される。

オートレベルを使用した断面測量によれば、低断層崖の比高は東上がり約1mである（図4）。礫層上限の深度は上盤側の試錐1で約2.8m、下盤側の試錐2で約2.0mとなり、両者の高度差は東上がり約0.2mである。下盤側北西延長の試錐3・4の礫層上限高度は、地表面の勾配とほぼ平行に北西へ向かって低下している。礫層を覆う細粒の粘土質シルトの厚さは、試錐1で1.9m、試錐2・3・4でそれぞれ1.6m・1.6m・2.0mであり、上盤側が約0.3m厚く、下盤側では北西へ向かいやや厚くなる様にも解釈できる。上盤側と下盤側の礫層上限高度に低断層崖の比高に相当する東上がり約1mの高度差があることを、試錐前の予察調査時には予測していた。しかしその様な明瞭な高度差は認めら

れず、約 0.2 m 程度東側が高いに過ぎない。これは、本来撓曲崖であった本地形を土地利用の際に東側へ向かって平坦化したために現況の様な低断層崖様の地形が生じたと推測される。この様に考えると、撓曲崖基部はより西側に位置することとなり、試錐 4 の粘土質シルトが試錐 3 よりも厚くなることと矛盾が無い。本研究地域で行われた産総研(2010)の反射法地震探査に、東上りの地下地質の撓曲変形が現れていることと考え合わせると、横手盆地南部浅舞付近においては地表の段差よりも西側に断層線が位置するものと解釈される。

試錐によって得た地質試料から 10 点の年代測定試料が採取できた。礫層中からは採取できなかったが、試錐 1 と 2 それぞれの礫層直上の粘土質シルト中から試料を得た。今後、年代測定を実施し、その結果をもとにして堆積環境の変化を推定し、横手盆地南部の活断層トレースを詳細に今後検討する予定である。

3. 長野盆地西縁断層帯における最近 4 回の活動時期(名古屋大)

長野盆地西縁断層帯においては、最新活動(1847 年善光寺地震)を含めて、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、これらのうち善光寺地震の 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。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限定する必要がある。

そのため昨年度、本断層帯中部の長野県中野市草間において、平成 16 年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て、重要部分に焦点をあてた稠密群列ボーリング調査を実施し、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。

今年度、その年代を検討した結果、この傾斜不整合は西暦 500 年前後(暫定値)に形成された可能性が指摘される(図 5)。すなわち、1 回前の活動時期は西暦 500 年前後に限定される可能性がある。仮に 1 回前の活動時期が西暦 500 年前後(1400~1500 cal BP とする)であった場合、その前の活動間隔は 500~750 年と短かったものの、善光寺地震までの間隔は 1300~1400 年であったものと推定される。2 回前の活動と 3 回前の活動の間隔は 320~920 年と推定されている。したがって、善光寺地震に先立つ 3 回の活動間隔は、平均的には 800~1000 年程度であり、およそ 0.5~1.5 倍の範囲でゆらいている、と解釈することができる。今後さらに検討を重ねる予定である。

4. 紀伊半島南部の活断層における完新世離水海岸地形と古地震, 変位量に関する検討(名古屋大)

熊野市鬼ヶ城地区の海岸には、大小無数の海食洞や階段上の平坦面が標高数 m 付近に複数発達している。風食の影響も考えられるものの、これらの地形の大枠は、完新世における地震性隆起に起因する可能性が考えられる。そこで、その標高や連続性や対比を検討するため、航空レーザ測量を実施した。

航空レーザ測量は、航空機から地表へレーザー光を照射し、その反射光の向きと到達時間から地形の三次元計測を高速に行う測量技術である。平成 23 年度は、計測作業とデータ整備を行った。レーザ測量は中日本航空株式会社に委託し、ヘリコプターに搭載した波形記録方式の航空レーザ測量機器「SAKURA」を使用した。計測においては、高度 300 m で海岸線に沿って飛行し、毎秒 7 万発のレーザ光を 50 cm 間隔で照射した。また、急傾斜地やオーバーハングを考慮し、機材を斜め側方に傾けた状態で計測を行った(スキャン角度は 0~90 度)。計測作業は 1 日(平成 23 年 10 月 12 日)で完了し、対象地域全域にわたり高密度の三次元計測データを整備することができた。

取得したレーザ計測点は、現地測量の基準点と比較検証を行い、高さ精度が 5 cm(RMS)以上であることを確認した。また、裸地だけでなく、植生下の地形や海食洞内の平坦地も詳細に把握できるものであった(図 6)。取得したデータから、樹木やオーバーハングした部分を取り除き、50 cm 間隔の地形データを作成した。また、付属カメラで撮影した空中写真を使用して三次元計測データに色をつけ俯瞰図や実体視画像を作成した。これにより、上空からの写真では観察の難しい急斜面や窪地の形状を 3 次元で可視化し、地形の判読が実現した。

得られたデータに基づくと、海成段丘面・海食洞が数段発達しており、離水後に風食の影響で小規模な平坦面が様々な高さに形成されたように見える(図 7)。今後、標高や連続性、対比を検討し、離

水イベント（古地震）との関係を明らかにする予定である。

- (8)平成 23 年度の成果に関連の深いもので、平成 23 年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
後藤秀昭・立道智大，2011，詳細 DEM のステレオ画像から判読される微小な変位地形，日本地球惑星科学連合 2011 年大会，SSS032-P11，千葉，5 月．
後藤秀昭・中田 高，2011，デジタル化ステレオペア画像を用いたディスプレイでの地形判読，活断層研究，34，31-36．
澤 祥ほか，2011，横手盆地東縁断層帯南部・横手市西方に新たに認定された活断層 - 群列ボーリングにより確認される変位の累積 - ，日本地球惑星科学連合 2011 年大会，HDS029-04，千葉，5 月．
杉戸信彦ほか，2011，1847 年善光寺地震に先立つ長野盆地西縁断層帯の 3 回の活動間隔，日本活断層学会 2011 年度秋季学術大会講演，P-07，千葉，11 月．
渡辺満久ほか，2011，横手盆地の変動地形と活構造，日本地球惑星科学連合 2011 年大会，HDS029-03，千葉，5 月．

- (9)平成 24 年度実施計画の概要：

近年あらたに見出されてきた活断層や再検討が必要な活断層、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（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、糸静線活断層帯、首都圏近郊の活断層等）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>

- (12)この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：鈴木康弘

所属：名古屋大学

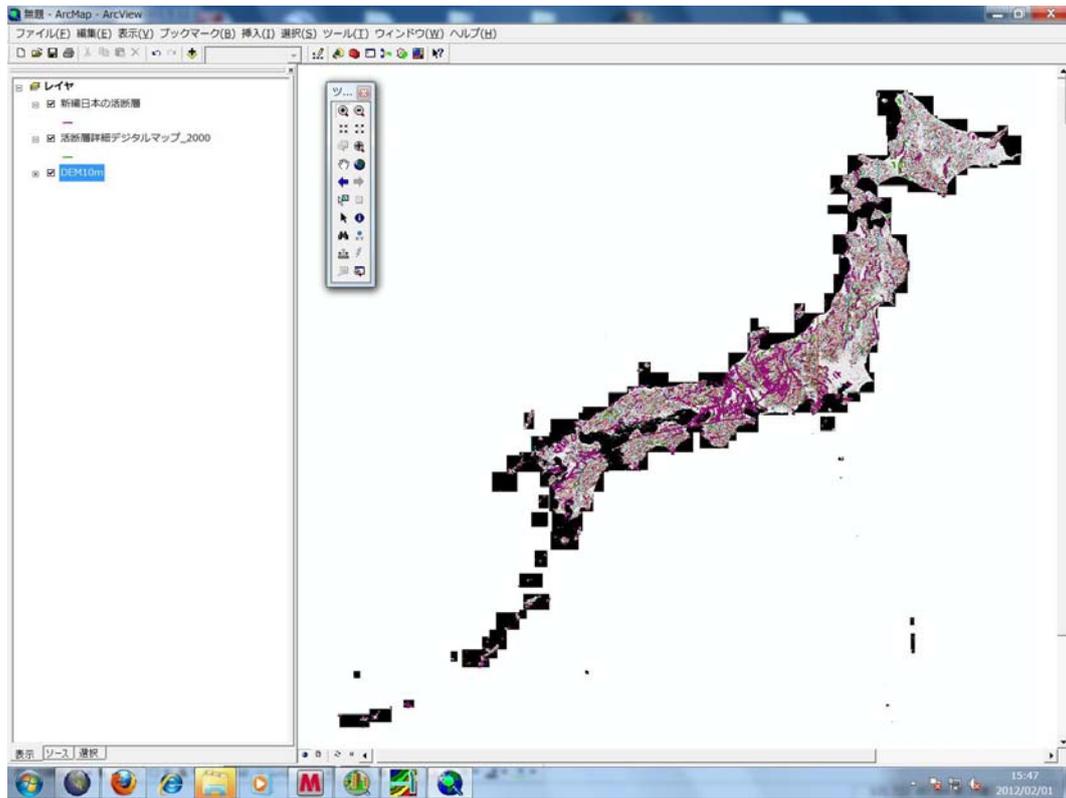


図1 国土地理院 10 m メッシュDEM に基づくアナグリフ画像と既存の活断層図の重ね合わせ

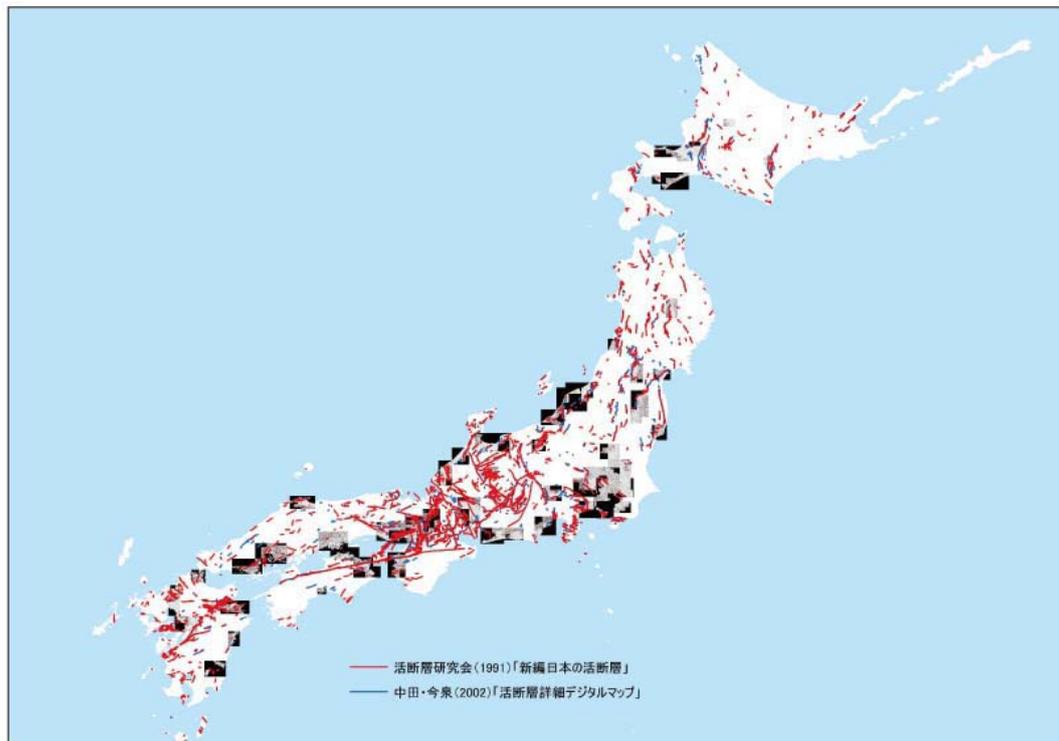


図2 国土地理院 5 m メッシュDEM に基づくアナグリフ画像と既存の活断層図の重ね合わせ

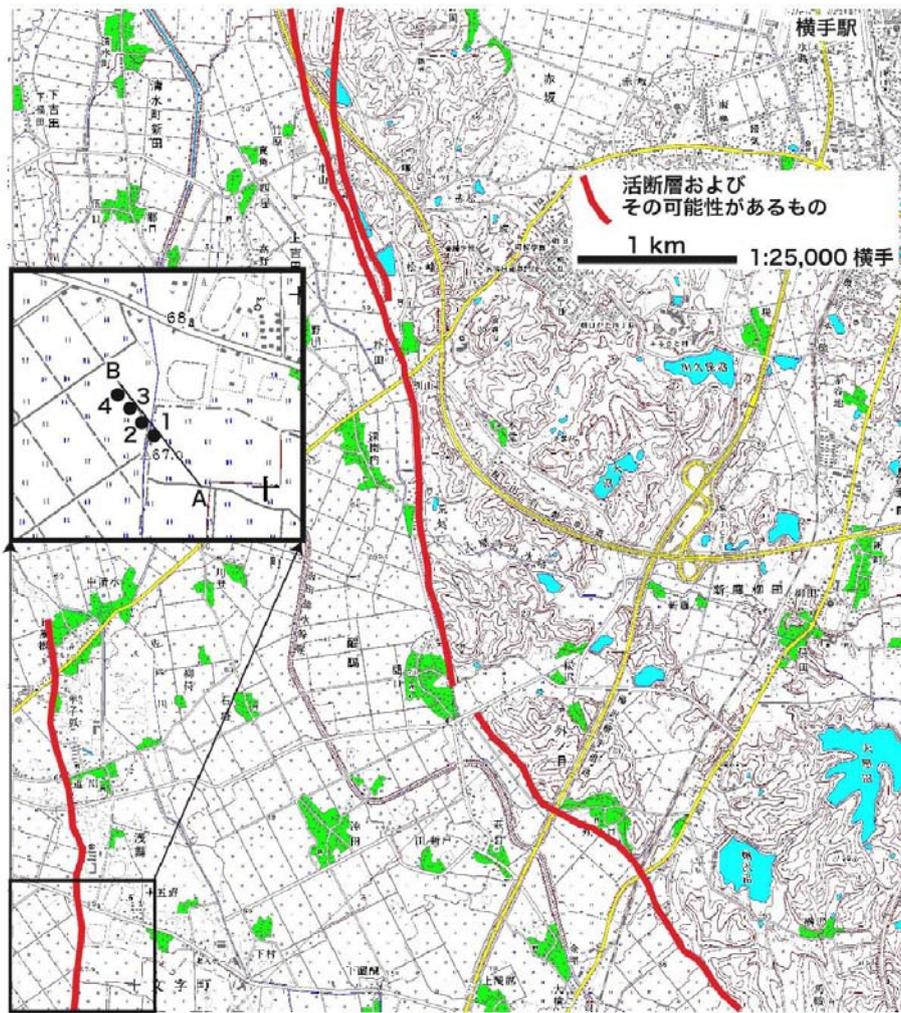


図3 横手盆地南部浅舞付近の活断層分布

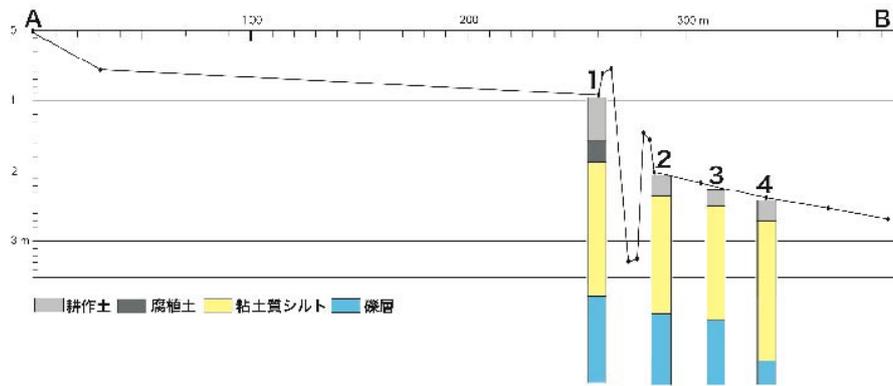


図4 横手盆地南部浅舞付近における群列ボーリング調査結果

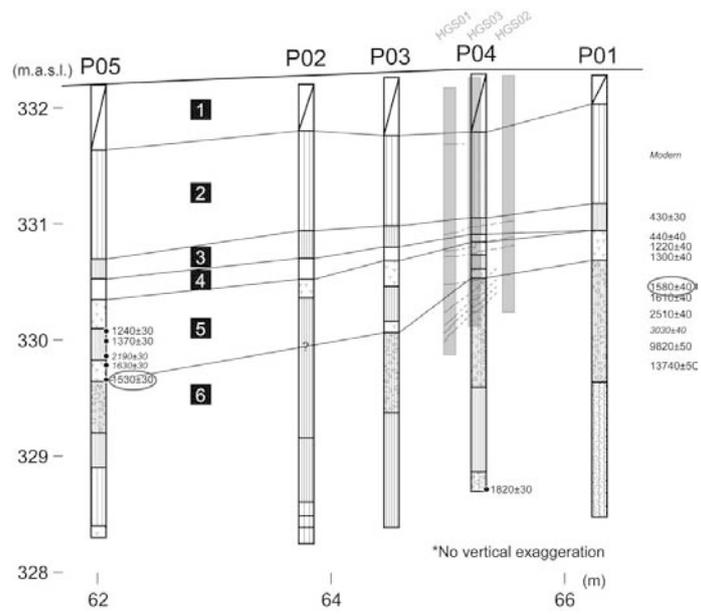


図5 中野市草間における群列ボーリング調査結果

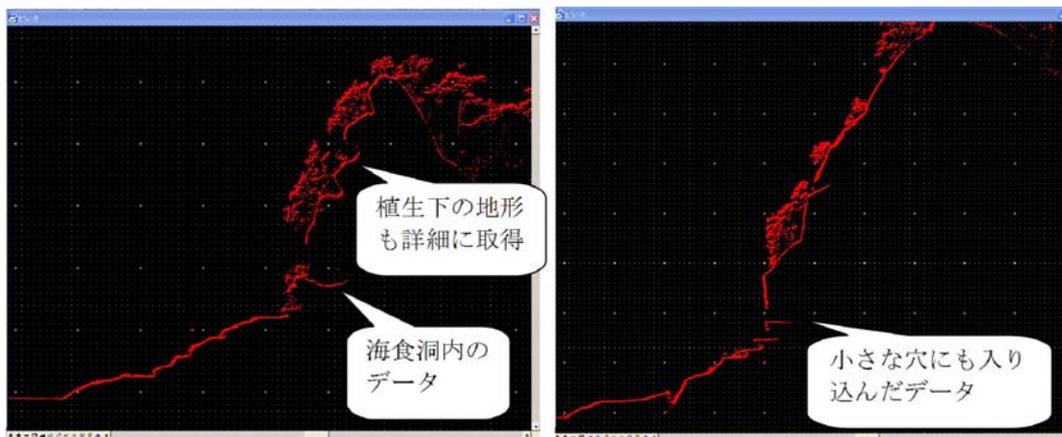


図6 熊野市鬼ヶ城地区における航空レーザ測量で得られたデータの例



図7 熊野市鬼ヶ城地区の海岸を海側からみたイメージ