

3. 研究報告

3. 1 活断層の活動区間を正確に把握するための詳細位置・形状等の調査

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 活断層の活動区間を正確に把握するための詳細位置・形状等の調査

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
独立行政法人産業技術総合研究所	研究チーム長	吉岡 敏和
独立行政法人産業技術総合研究所	研究員	近藤 久雄
国立大学法人京都大学大学院理学研究科	准教授	堤 浩之

(c) 業務の目的

上町断層帯の地表付近での詳細な断層位置と分布形状、および変位量分布を把握するため、詳細な変動地形学的調査を断層帯全域で実施するとともに、これまでに実施された地形・地質学的調査結果、既存反射法地震探査等の成果を整理し、断層の地表位置、分布、浅部形状等に基づく変動地形・活構造の分布を明らかにする。

(d) 3 ヶ年の年次実施業務の要約

1) 平成 22 年度：

上町断層帯の詳細な断層位置と分布形状、及び変位量分布を把握するため、これまでに実施された地形・地質学的調査結果、既存反射法地震探査等の成果を整理し文献調査を行う。変動地形・活構造の分布を明らかにするため、空中写真の判読及び航空レーザー測量 (LiDAR) データに基づく詳細数値地形モデル (DEM) を作成し、変動地形・活構造分布の基図を作成した。

2) 平成 23 年度：

平成 22 年度に作成した DEM を用いた変動地形解析、地表踏査および表層ボーリング等掘削調査を実施する。既存の調査結果とこれまでに得られた地形・地質情報を基に、断層帯に沿った予察的な変位量分布を明らかにした。

3) 平成 24 年度：

DEM を用いた変動地形解析、地表踏査および表層ボーリング等掘削調査を引き続き実施し、変動地形・活構造分布図を作成する。さらに、断層帯の分布形状、活動性等を総合して、断層帯の活動区間を明らかにする。

(2) 平成 23 年度の成果

(a) 業務の要約

上町断層帯の詳細な断層位置と分布形状を把握するため、これまでに実施された地形・

地質学的調査結果、既存反射法地震探査等の成果を整理して文献調査をおこなった。平成22年度に作成した2mメッシュの数値標高モデル(DEM)に基づく地形解析、空中写真判読、地表踏査等を実施し、上町台地周辺の活断層・活構造分布を明らかにした。その結果、桜川-住之江撓曲の連続性を示唆する微地形や、台地の形成に関連した活背斜、台地東縁に位置する東側低下の撓曲崖や背斜といった活構造が新たにみいだされた。さらに、断層帯全域に沿う後期更新世以降の平均変位速度分布を解明するための事前準備として、DEMを利用した変位量評価手法の整理、上下変位量計測のための地形断面図作成、断層帯に沿う予察的な変位量分布図の作成をおこなった。

(b) 業務の成果

1) DEM等による活断層・活構造の再検討

a) はじめに

上町断層帯の断層位置、分布形状について、地震調査研究推進本部地震調査委員会(2004)は、次のようにまとめている。上町断層帯は、大阪平野の西部を大阪府豊中市から大阪市を経て岸和田市に至る長さ約42kmの断層帯であり、東側を相対的に隆起させる東傾斜の逆断層帯である。断層帯は、北から上町断層、長居断層、坂本断層、久米田池断層、および上町断層の西側に北東-南西走向で延びる桜川撓曲、住之江撓曲によって構成される。詳細な断層帯の分布や位置については、中田ほか(1996a, b, c, d)および岡田ほか(1996)による「都市圏活断層図」、杉山(1997)、岡田・東郷(2000)、池田ほか(2002)、中田・今泉(2002)などにより図示されている。これらは概ね調和的であるが、部分的に異なっている。

昨年度は、上町断層帯の断層モデル設定や強震動評価にとって重要である、桜川撓曲および住之江撓曲周辺の活構造、断層帯南部・沿岸部付近の推定活断層を中心に予察的な検討をおこなった。今年度はこれらの地域に加えて、上町台地周辺に分布する活断層・活構造の再検討をおこなった。さらに、断層帯に沿う変位量分布を明らかにし、断層帯に沿ってほぼ全域に分布する段丘面を指標として平均変位速度を推定する事前準備として、DEMを利用した変位量計測手法の整理、予察的な変位量分布の検討を実施した。図1～図4に既往文献による上町断層帯の分布と地形断面測線の位置を示した。

b) 調査結果

上町台地周辺の活断層分布については、既存の活断層図等において、大局的には台地西側に東側低下の桜川撓曲および住之江撓曲といった伏在断層が図示されている(中田ほか, 1996; 池田ほか, 2002)。また、台地上には、概ね南北走向の背斜軸が存在することが知られている(池田ほか, 2002)。台地の東側には、台地東縁に沿って南北から北北東-南南西走向で延びる東側低下の推定断層(池田ほか, 2002)や、長居公園の西側を北北東-南南西走向で延びる西側低下の撓曲崖が図示されている(図1、2)。本研究によって、建物等をフィルタリングした2mDEMおよび米軍空中写真の判読、地表踏査を実施した結果、以下の新たな変動学的知見を得た。本研究による上町台地周辺の活断層・活構造分布を図5に示す。

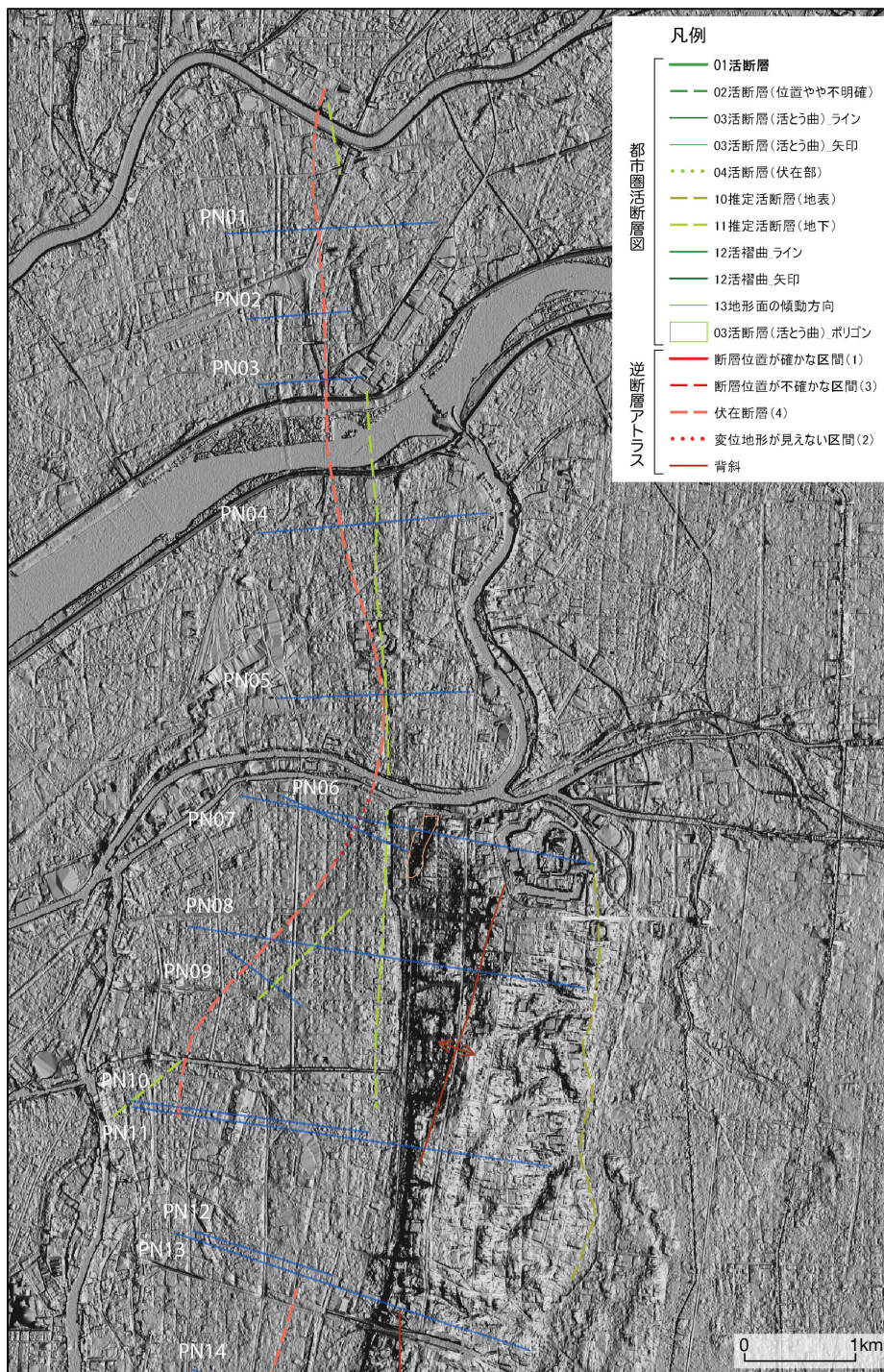


図1 上町断層帯の分布と地形断面測線位置

基図は2mDEMによる地形陰影図。青色線が地形断面の測線、白色文字が測線番号。

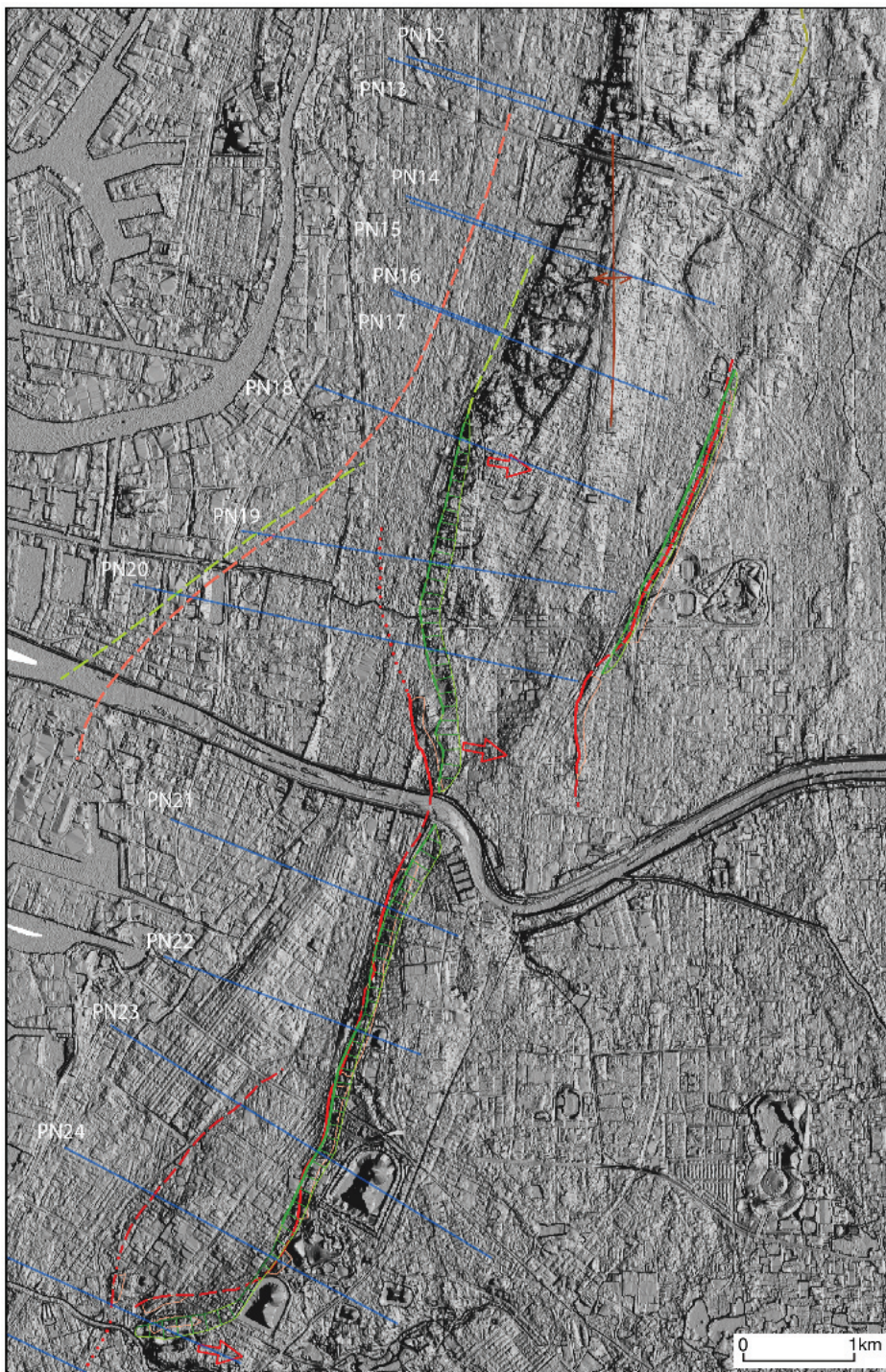


図2 上町断層帯の分布と地形断面測線位置
凡例は図1と同じ。

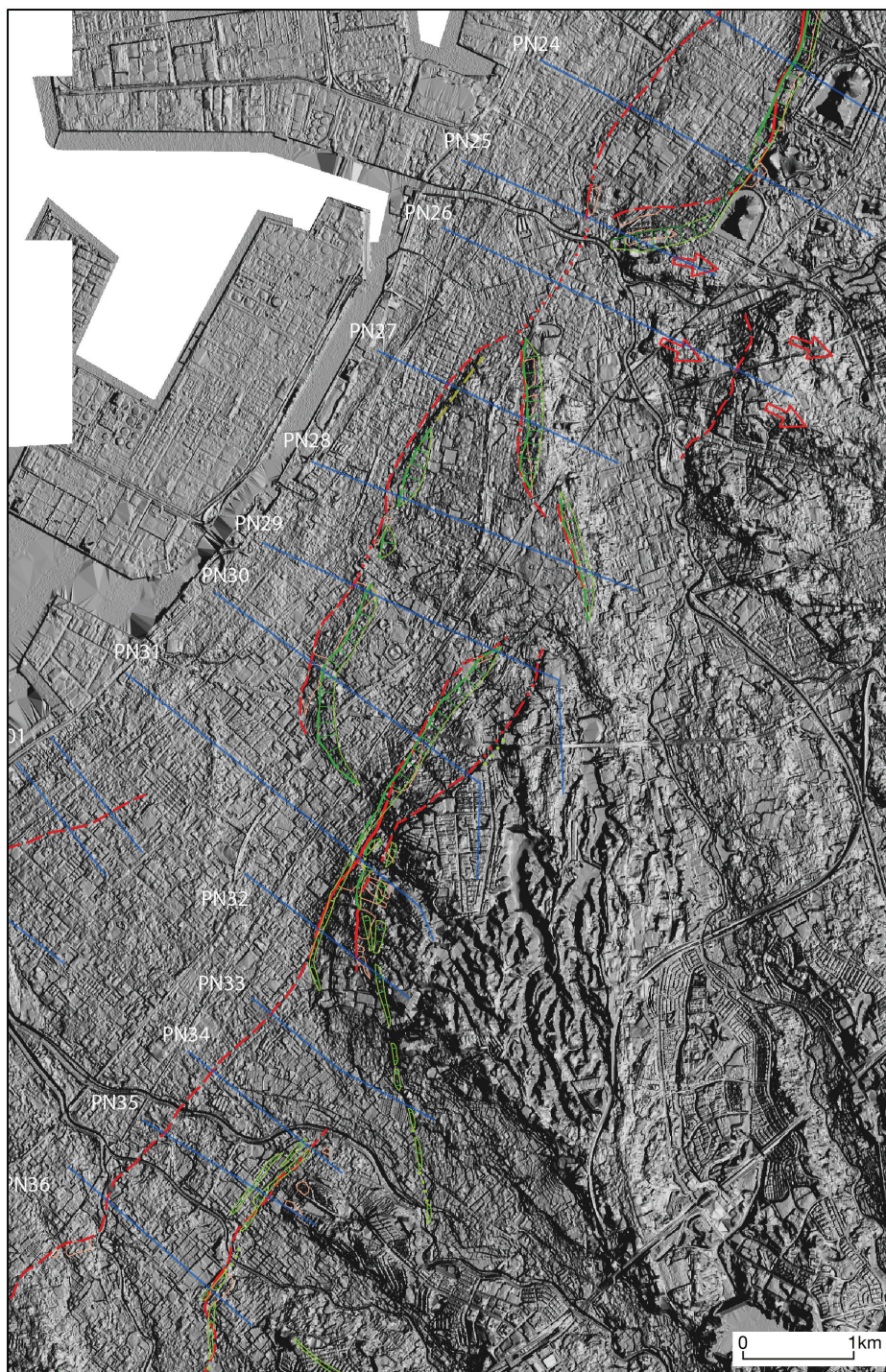


図3 上町断層帯の分布と地形断面測線位置
凡例は図1と同じ。

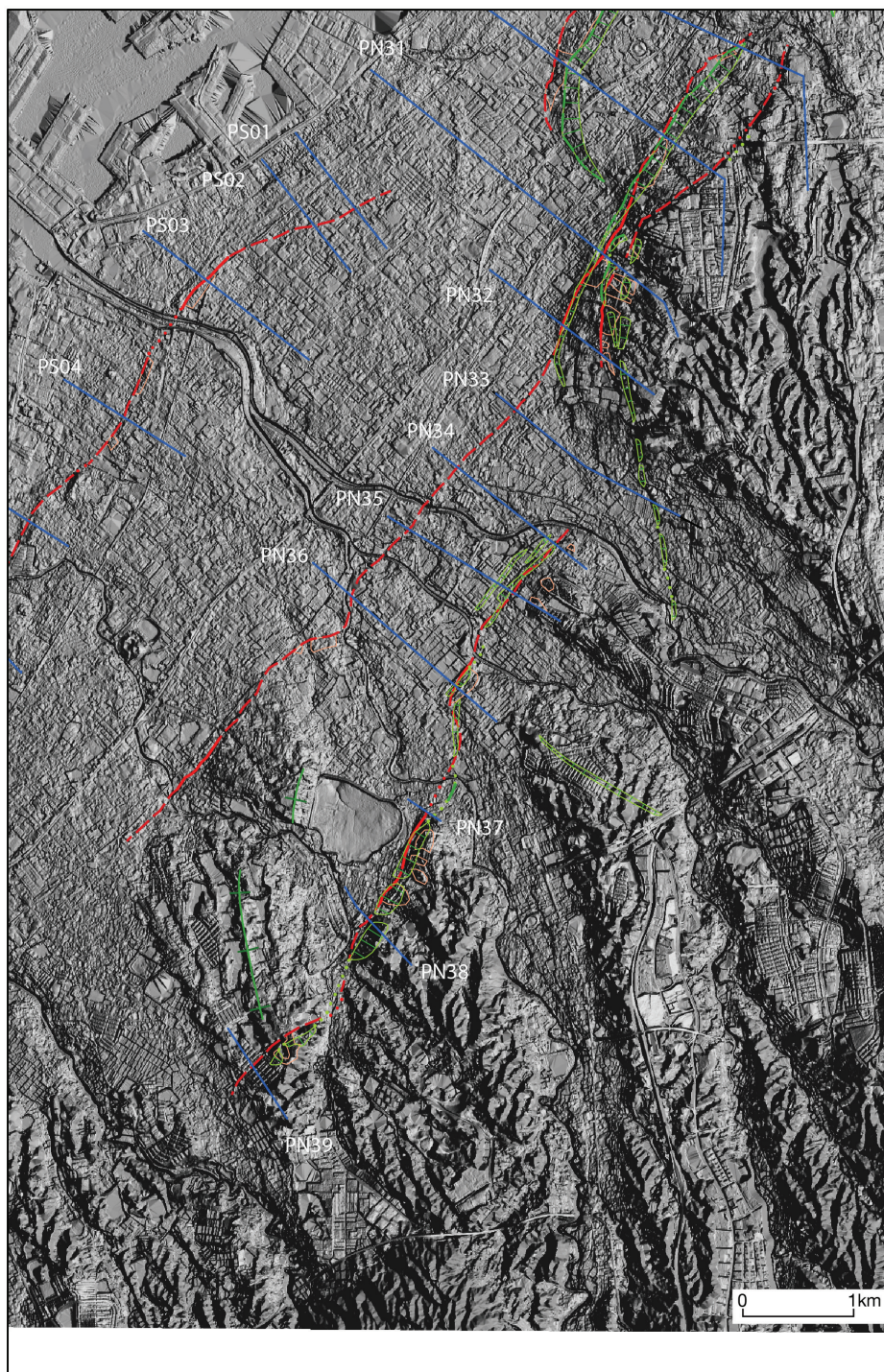


図4 上町断層帯の分布と地形断面測線位置
 凡例は図1と同じ。

従来、桜川撓曲と住之江撓曲は、北東-南西走向で延びるそれぞれ独立した撓曲構造と考えられてきた。すなわち、これらの撓曲構造は上町断層の主断層から分岐したものとみなされている（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2004）。一方では、これら的大阪市街地では、建築物が密集しており、従来の空中写真判読では地表形態および変動地形の把握が困難であった。平成22年度に報告したように、本研究によって桜川撓曲の東側に沿って分布する砂堆が明瞭になり、その分布縁は道頓堀川以南では概ね南北走向に転じることが明らかとなった。砂堆と沖積低地との境界は1～2m程度の比高を示し、砂堆の高度は南へ向かって減じている。この砂堆の分布は既存のボーリング資料による推定断層（水野ほか，2002）の位置・分布形状と調和的であり、桜川撓曲は従来考えられていたように南西へ分岐する形状ではなく、西へ凸の湾曲した形状をもち、地下では住之江撓曲と連続している可能性が高い。この湾曲した分布形態から判断して、上町断層帯の変形フロント付近の浅部では、比較的低角に傾斜した撓曲帯ないし断層帯を伴っている可能性がある。このように考えた場合、桜川撓曲から住之江撓曲にかけての撓曲構造は、上町断層帯から派生した分岐断層ではなく、前縁断層として位置づけられる。

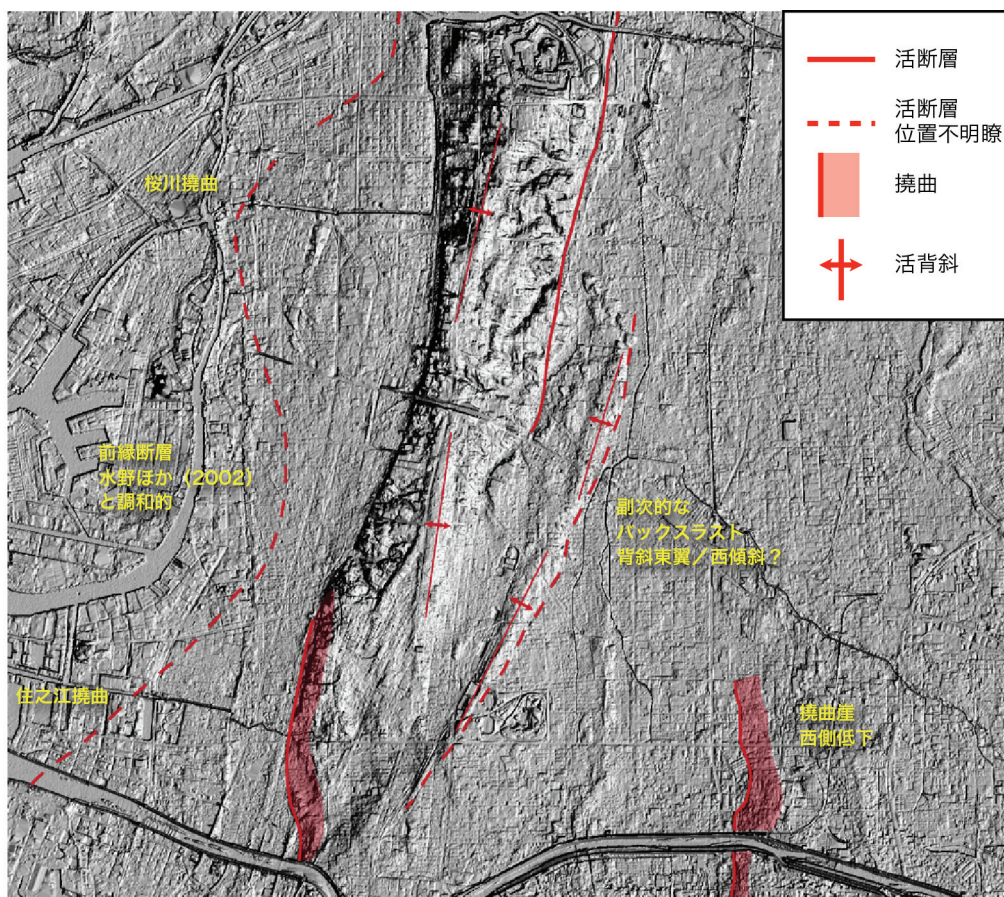


図5 上町台地周辺の上町断層帯の分布

台地東縁を限る活断層・活構造については従来知られていなかったが、本研究で再検討した結果、ほぼ南北に延びる東側低下の低断層崖、北北東－南南西に軸を持つ背斜が認められた。また、台地中央付近においても南北に軸を持つ背斜がみいだされる。これらの活構造は、桜川撓曲から住之江撓曲に至る上町断層帯前縁断層の上盤側にあたり、上町台地の隆起に伴って形成された副次的な活構造と考えられる。

2) 上町断層帯に沿う変位量分布の予察的検討

a) 変位量評価手法の整理

LiDARにより取得された2mメッシュDEMを利用することによって、任意の位置で地形断面図を作成し、活断層によって形成された撓曲崖や低断層崖の比高を稠密に計測することができる。逆断層帯の真の上下変位量を計測するためには、地形面ないし崖地形の比高だけではなく、低下側を侵食・埋積する地層の存在や断層地下形状を考慮する必要がある。現状ではいずれの情報も完全には整備されていないため、ここでは、まず地形断面図に基づく地形計測の手順についてKondo et al. (2008)がおこなった方法を詳述する(図6)。

- ① ArcGISを用いて地形断面の測線を最適な原地形表現となるよう設定し、測線距離データと2mDEMの点群標高データを書き出した。市販のグラフソフトDelta Graphを用いて、測線距離をX、標高データYとする地形断面図を作成した。次の地形断面の補助線設定で不要となる、変動地形学的に判断される変形帯、原地形を示さない侵食・堆積面、DEM作成時のフィルタリングで除去できていない構造物を示すデータを設定・除外した。
- ② 一般に、断層帯隆起側の地形面が原地形をよく残していると考えられる。そのため、隆起側のみの標高データに対して最小二乗近似をおこない、地形断面の補助線を設定した。
- ③ 上下変位量を計測するためには、隆起側と低下側の地形面が初生的に一連の同一地形面であり、同じ傾斜を持つことが前提となる。よって、隆起側の傾き a を用いて、低下側のみの点群標高データに対して残差が最小となるように最小二乗フィッティングをおこなった。
- ④ 以上で求められた2つの回帰直線のY切片 b および b' の差は、隆起側および低下側の地形面が同一である場合、断層の上下変位量を示している。ただし、既述の通り、低下側に残存する地形面は隆起側とは異なる地形面である場合、すなわち、低下側が埋積される場合や局地的な侵食を受けている可能性もある。その場合には、低下側の地形面構成層上限をより厳密に求めるため、ボーリングデータ等の層序情報を用いる必要がある。その際は、断面測線付近に分布するボーリング等層序情報の点群データに対して、上述の傾き a を用いて最小二乗フィッティングをおこなうことで上下変位量を求めることが可能である。

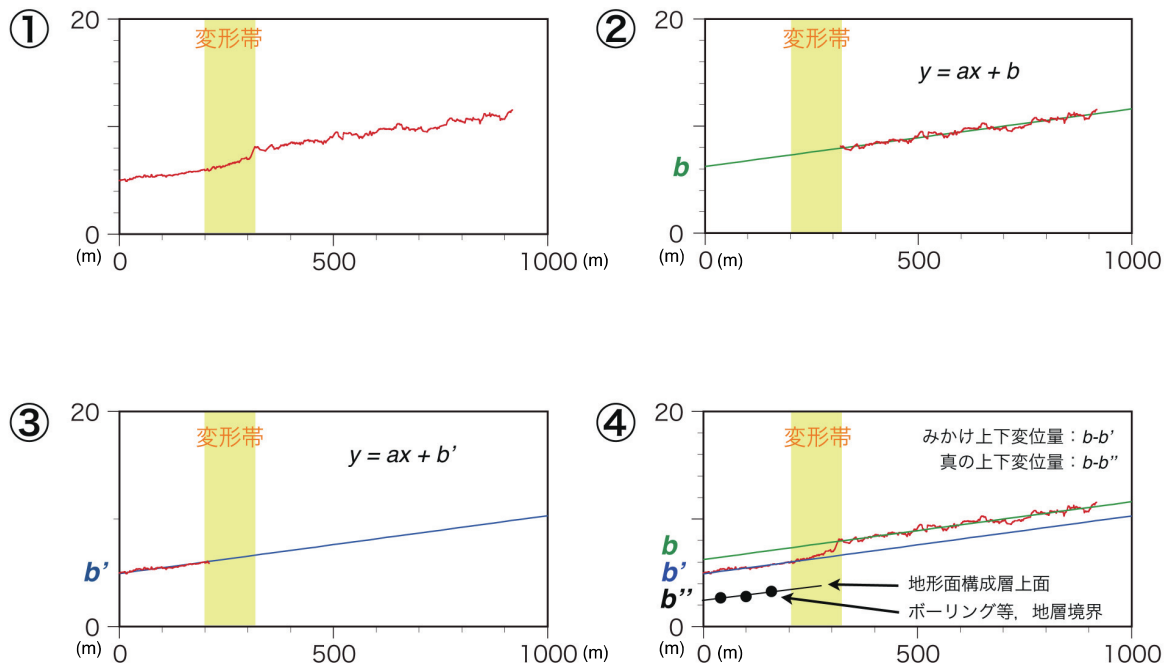


図6 DEMを利用した変位量計測、地形断面図の作成手順

b) 変位量分布の予察的検討

断層帯を横断する地形断面図をもとに、上述の方法で計測できるみかけの上下変位量を最良推定値として、予察的な変位量分布について検討した。なお、対象は断層帯北部の神崎川から南部の坂本断層の南端とし、南部の海側の推定活断層については今後の検討領域とした。また、今回の検討では概ね1 km 間隔で地形断面の測線を設定し、いくつかの代表的な断面について地形断面図を作成し（図7～15）、予察的な変位量分布を作成した（図16）。

地形断面図から計測できる変位量は、約1 m から 30m にまでにわたり、最新活動に伴う変位量や累積変位量が混在するデータとなっている。これらを分離して詳細な変位量の評価や平均変位速度分布を検討するためには、地形面の分布と年代、上述の低下側の地形面構成層上限の把握や断層活動時期のデータが必要である。予察的な変位量分布図では、地形断面図を作成する際に判読した、同時代面とみられる段丘面を変位基準とした変位量について、対比をおこない破線で示した（図16）。淀川周辺で計測された1 m 前後の変位量は、昨年度に検討をおこなった結果やサブテーマ3-1の活動履歴調査の結果を考慮すると、最新活動に伴う上下変位を示している可能性がある。また、大和川周辺を境として、北側と南側では同時代面を基準とした累積変位量の分布パターンに差異が認められる。すなわち、北側の断層区間では南へ向かって累積変位量が減少するのに対して、南側の区間では北へ向かって変位量が減少する。これは、大和川付近で平均変位速度分布が谷状に減少する可能性を示唆し、大阪層群のMa1～3を基準とした平均変位速度分布パターン（例えば、関口ほか、2003）と調和的である。これらの予察的結果は、上町断層帯の活動区間の推定やサブテーマ4-2の震源モデル設定にも影響するため、さらに多数の変位量データと地形

面の年代等を吟味することによって検討する必要がある。

低下側の層序情報については、今後、既存のボーリングデータや新規に取得した層序情報をもとに検討する。また、変位基準とした地形面の年代を推定できれば、サブテーマ3-1等で得られる最新活動時期との関係から地震時変位量と累積変位量を峻別できる。さらに累積変位量については、変位基準の年代で除すことで平均変位速度とすることが可能であることを確認した。

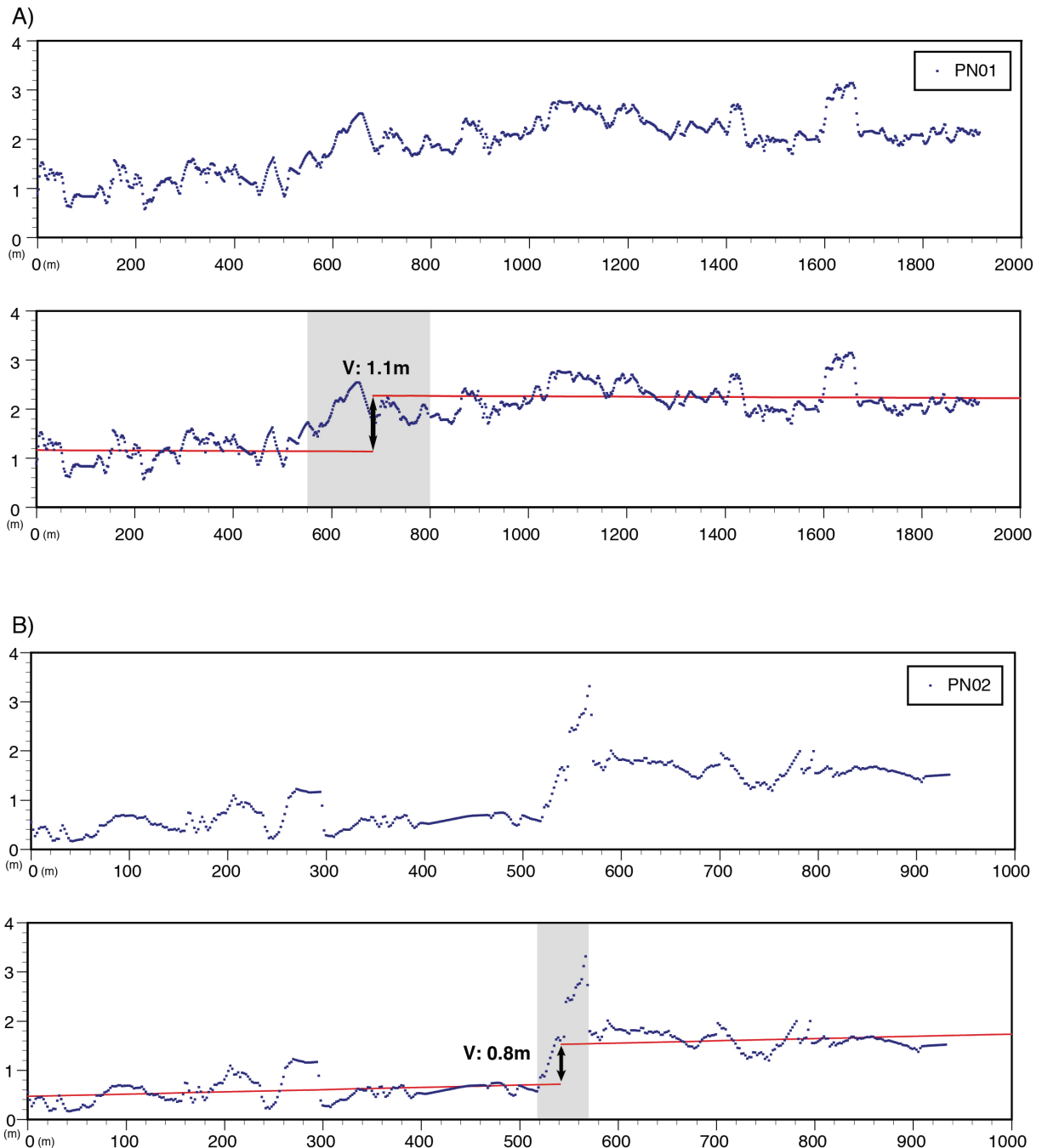


図7 詳細 DEM を利用した地形断面図、みかけの上下変位量計測

A) 測線番号 PN01、B) 測線番号 PN02。それぞれの上段は地形断面図、下段はその解釈。測線の位置は、図1を参照。灰色の領域は変位量計測から除外したデータ区間。横軸は測線の距離、縦軸は標高を示す。

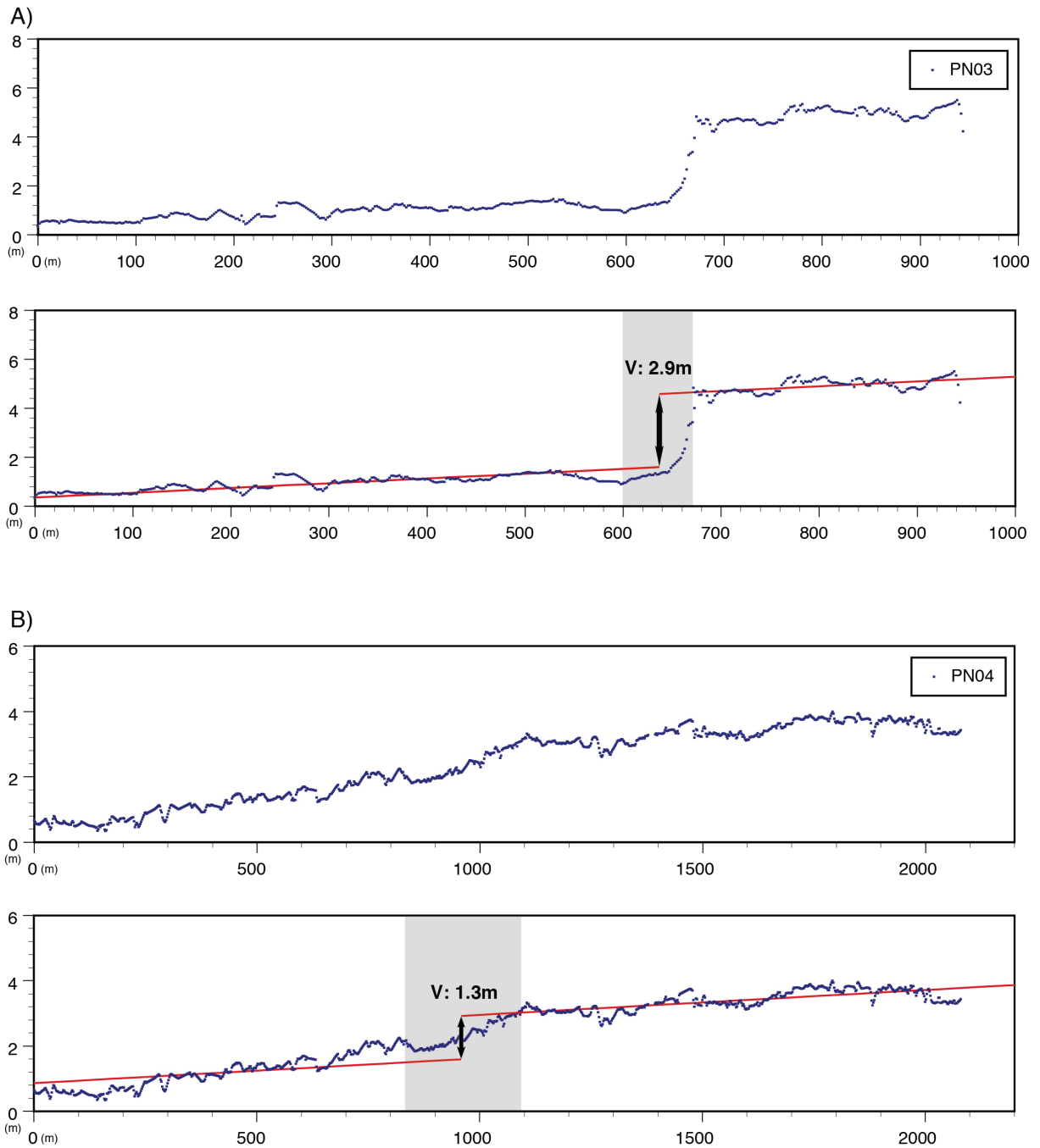


図8 詳細 DEM を利用した地形断面図、みかけの上下変位量計測

A) 測線番号 PN03、B) 測線番号 PN04。それぞれの上段は地形断面図、下段はその解釈。測線の位置は、図 1 を参照。灰色の領域は変位量計測から除外したデータ区間。横軸は測線の距離、縦軸は標高を示す。

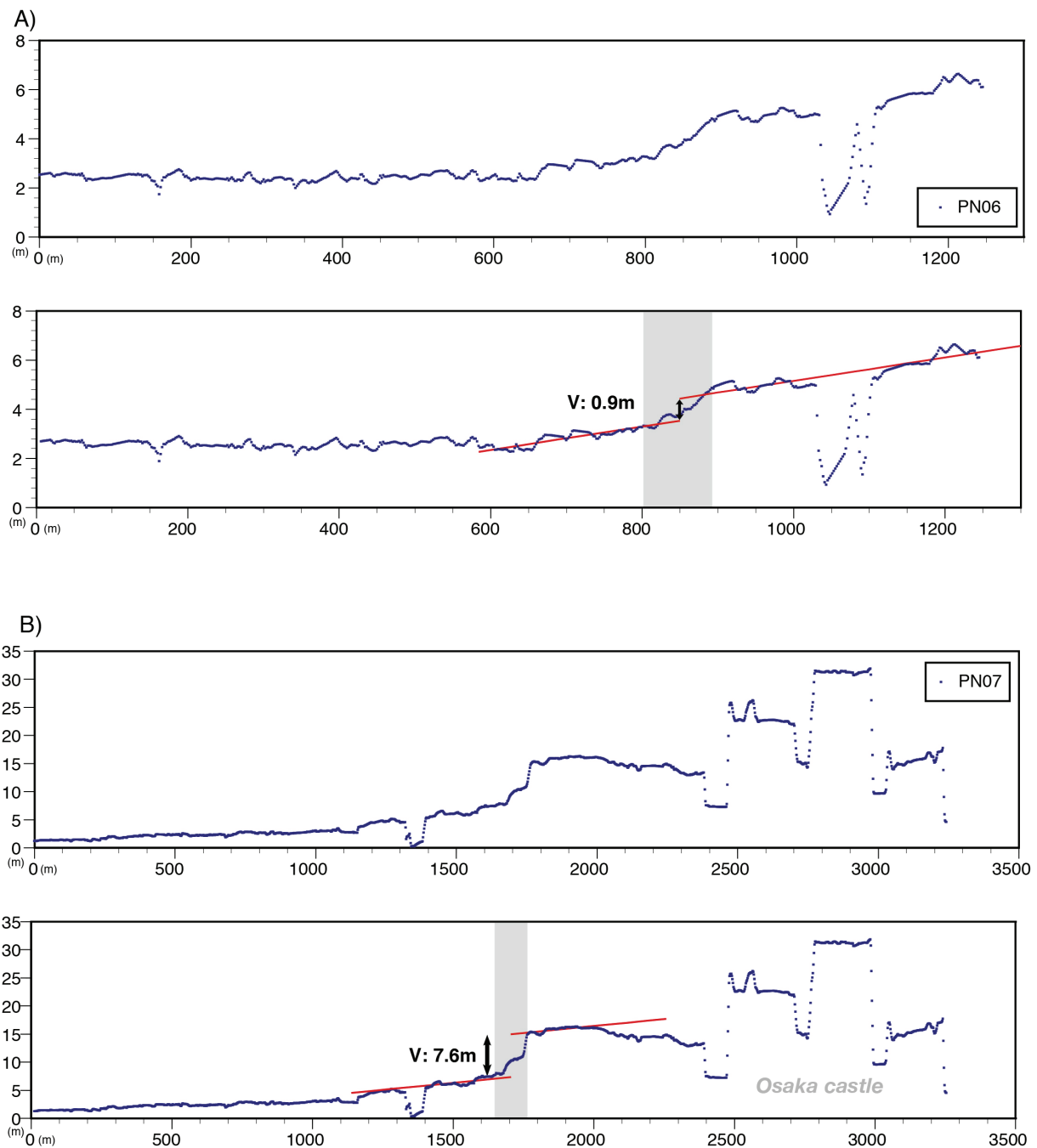


図9 詳細 DEM を利用した地形断面図、みかけの上下変位量計測

A) 測線番号 PN06、B) 測線番号 PN07。それぞれの upper 段は地形断面図、下段はその解釈。測線の位置は、図 1 を参照。灰色の領域は変位量計測から除外したデータ区間。横軸は測線の距離、縦軸は標高を示す。

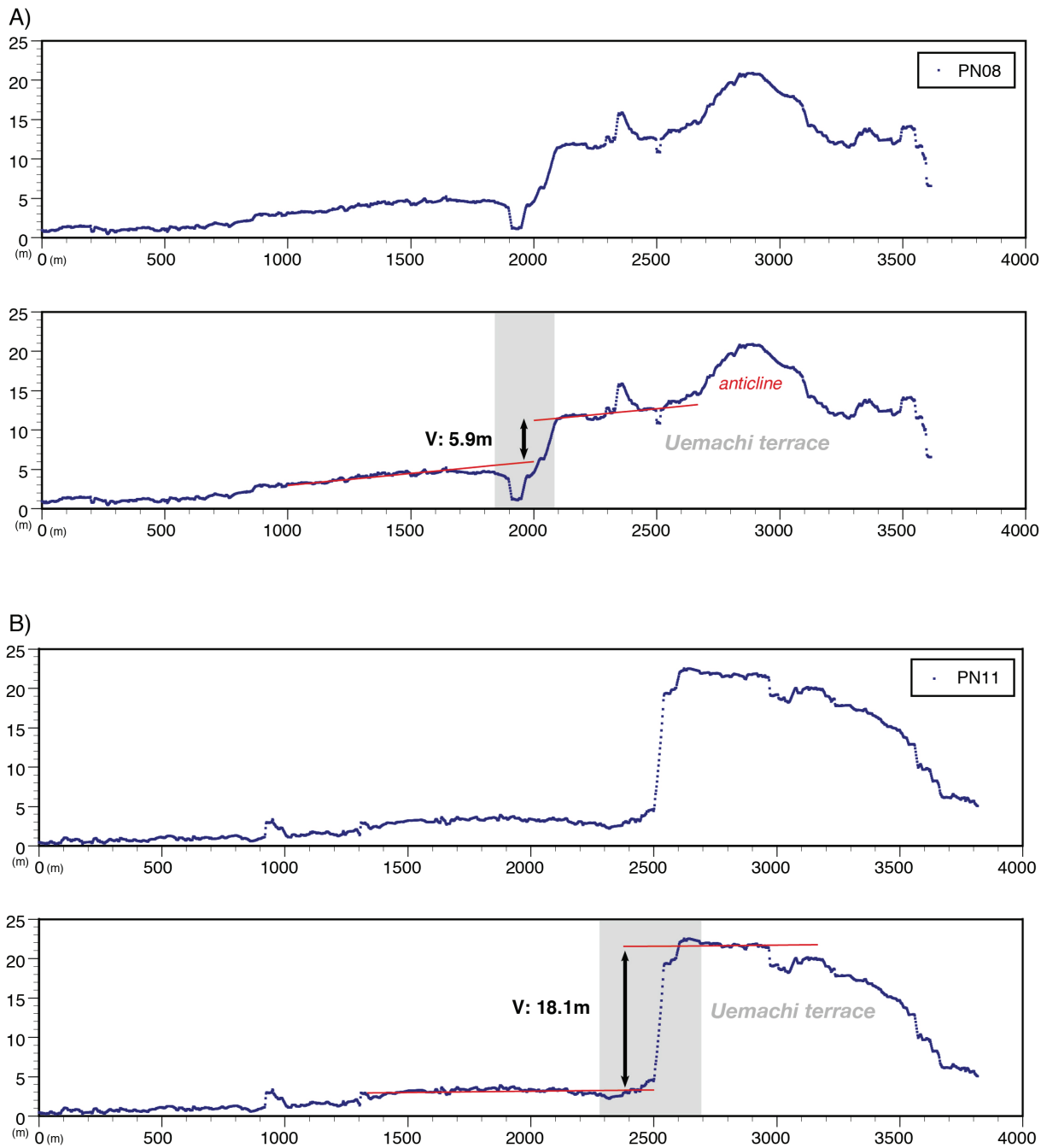


図 10 詳細 DEM を利用した地形断面図、みかけの上下変位量計測

A) 測線番号 PN08、B) 測線番号 PN11。それぞれの上段は地形断面図、下段はその解釈。測線の位置は、図 1 を参照。灰色の領域は変位量計測から除外したデータ区間。横軸は測線の距離、縦軸は標高を示す。

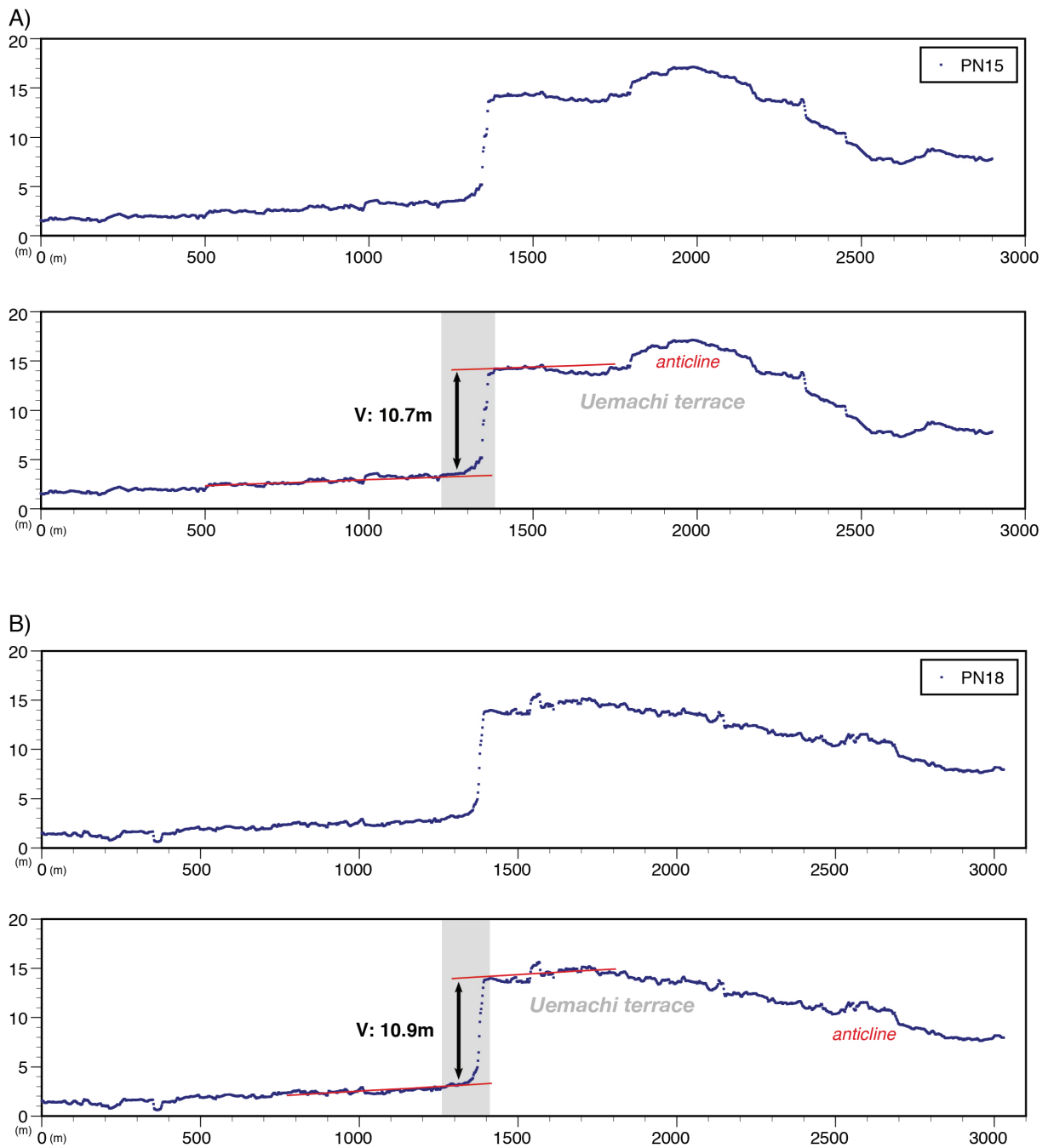


図 11 詳細 DEM を利用した地形断面図、みかけの上下変位量計測

A) 測線番号 PN15、B) 測線番号 PN18。それぞれの upper 段は地形断面図、下段はその解釈。測線の位置は、図 1 を参照。灰色の領域は変位量計測から除外したデータ区間。横軸は測線の距離、縦軸は標高を示す。

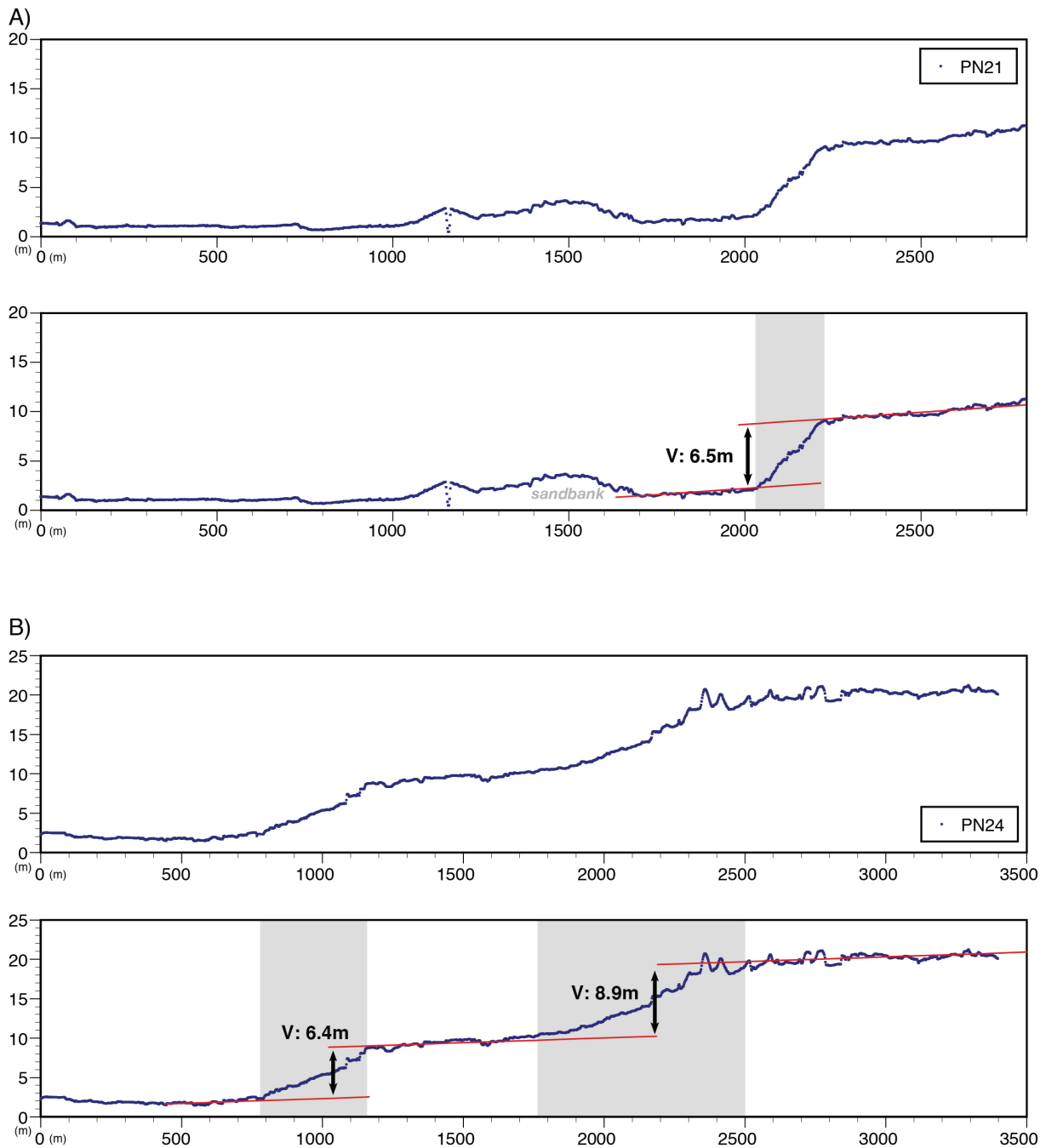


図 12 詳細 DEM を利用した地形断面図、みかけの上下変位量計測

A) 測線番号 PN21、B) 測線番号 PN24。それぞれの上段は地形断面図、下段はその解釈。測線の位置は、図 1 を参照。灰色の領域は変位量計測から除外したデータ区間。横軸は測線の距離、縦軸は標高を示す。

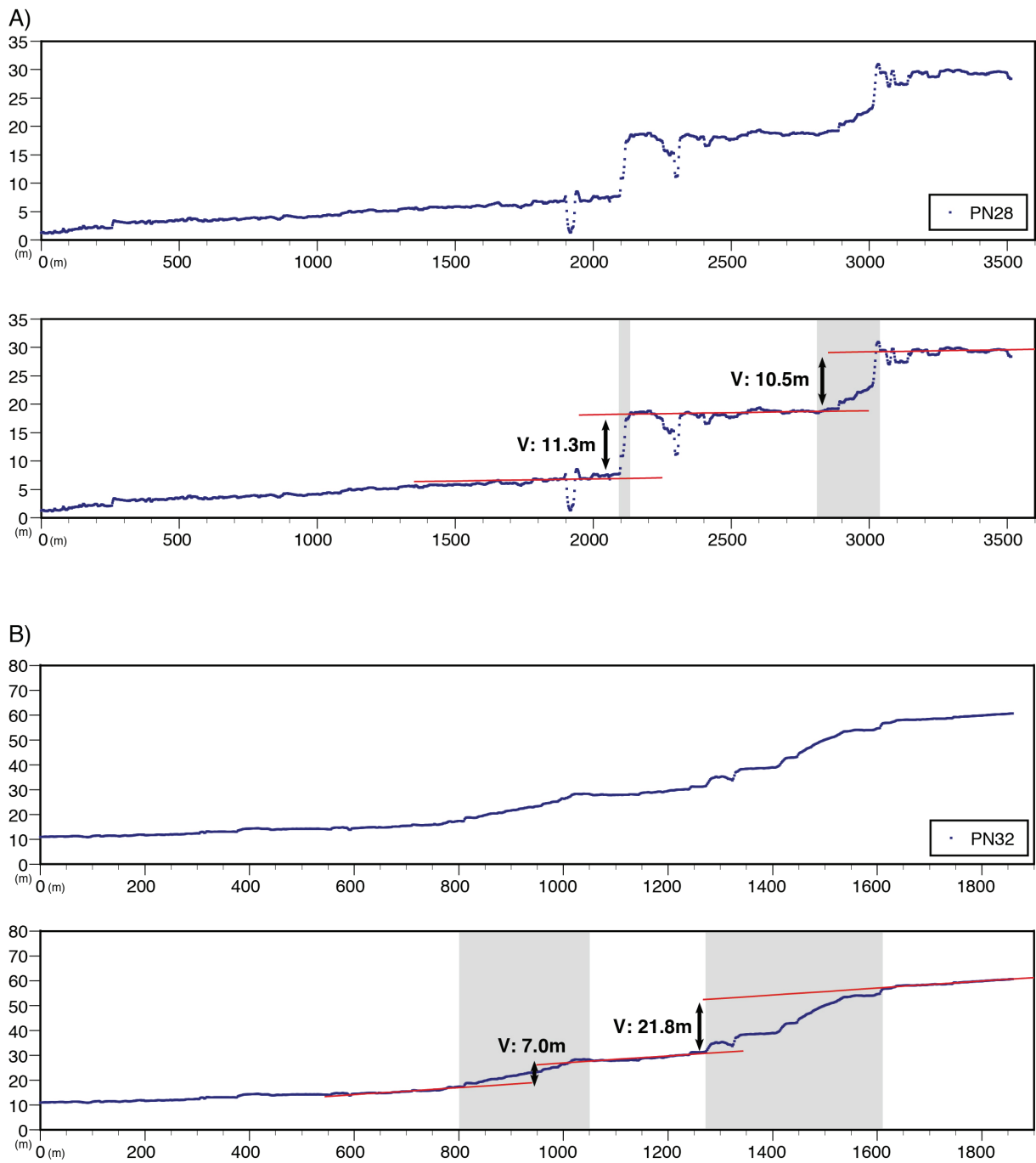


図 13 詳細 DEM を利用した地形断面図、みかけの上下変位量計測

A) 測線番号 PN28、B) 測線番号 PN32。それぞれの上段は地形断面図、下段はその解釈。測線の位置は、図 1 を参照。灰色の領域は変位量計測から除外したデータ区間。横軸は測線の距離、縦軸は標高を示す。

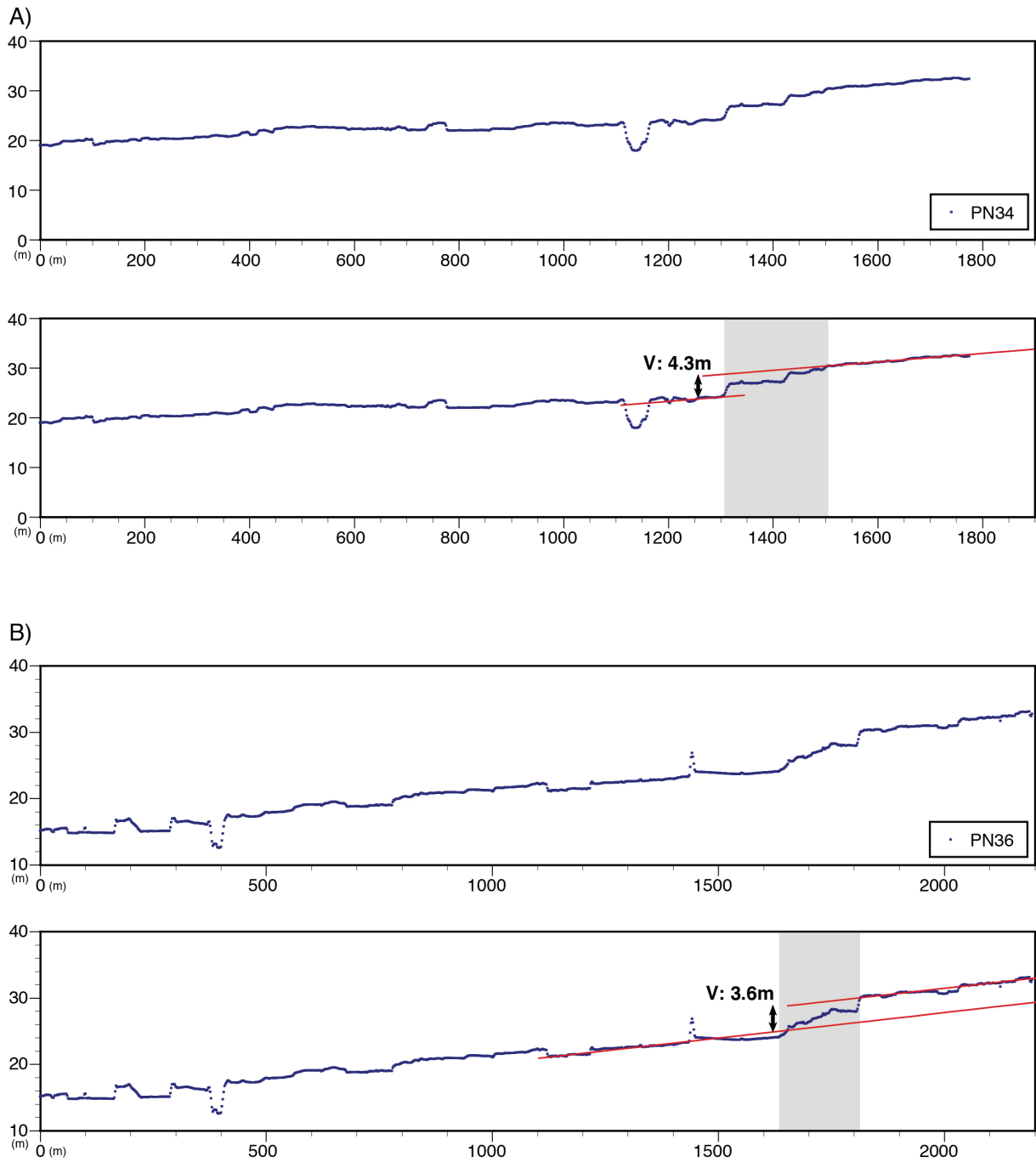


図 14 詳細 DEM を利用した地形断面図、みかけの上下変位量計測

A) 測線番号 PN34、B) 測線番号 PN36。それぞれの上段は地形断面図、下段はその解釈。測線の位置は、図 1 を参照。灰色の領域は変位量計測から除外したデータ区間。横軸は測線の距離、縦軸は標高を示す。

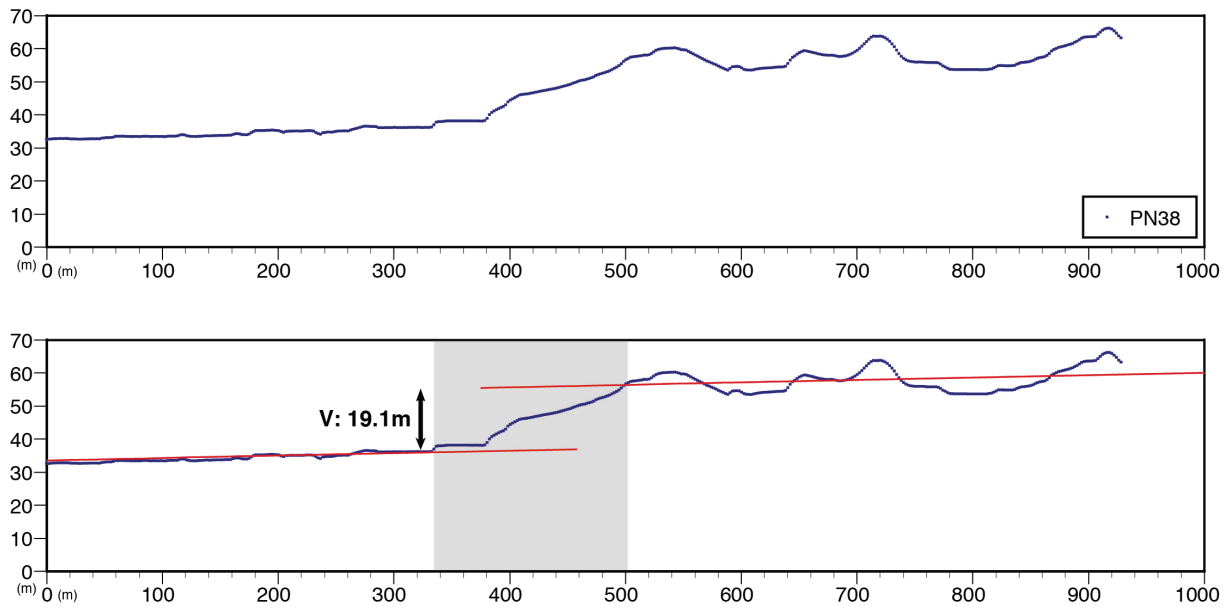
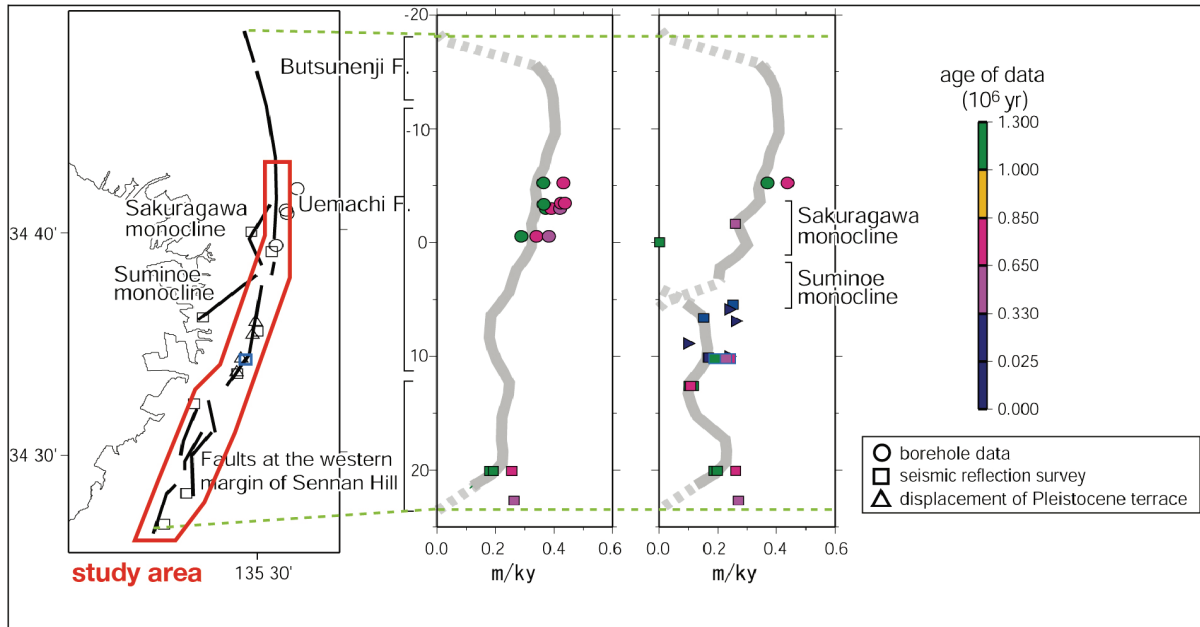


図 15 詳細 DEM を利用した地形断面図、みかけの上下変位量計測

測線番号 PN38。上段は地形断面図、下段はその解釈。測線の位置は、図 1 を参照。
 灰色の領域は変位量計測から除外したデータ区間。横軸は測線の距離、縦軸は標高を示す。

A)



B)

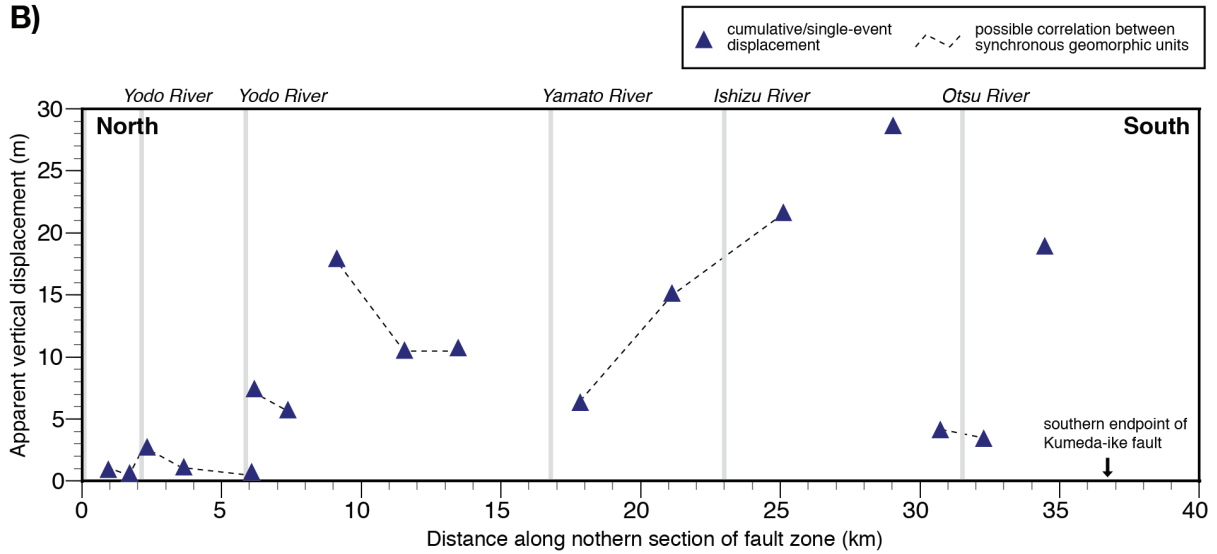


図 16 上町断層帯に沿う平均変位速度および予察的な変位量分布

A) 関口ほか (2003) による上町断層帯の平均変位速度分布、B) 本研究による予察的な変位量分布。

(c) 結論ならびに今後の課題

2 m メッシュの詳細 DEM、空中写真判読、現地踏査を実施し、上町台地周辺の活断層・活構造分布の再検討をおこなった。上町台地周辺の上町断層帯は、台地西側の桜川－住之江撓曲を前縁断層とし、上盤側の台地を隆起させる。台地の東側には台地の隆起に伴う副次的な東側低下の撓曲崖、台地上には南北走向に延びる背斜が新たに見いだされた。前縁断層帯と上町台地の隆起との関係については、反射法地震探査等による浅部の断層構造を考慮して、今後検討する必要がある。また、詳細 DEM を利用して断層帯に沿う変位量分布、平均変位速度分布を明らかにするため、変位量計測方法の整理、地形断面図および予察的な変位量分布図の作成をおこなった。各地点の変位量は、断層低下側の層序情報を今後検討することによって、より正確な上下変位量が求められる。また、変位基準となる地形面の年代を推定し、サブテーマ 3-1 による最新活動時期を考慮することによって、累積変位量と地震時変位量を峻別できる。今後、累積変位量と変位基準の年代をもとに、断層帯に沿う後期更新世以降の平均変位速度分布を明らかにする必要がある。

(謝辞) 国土交通省近畿地方整備局から上町断層帯北部の詳細 DEM データをご提供頂き、国際航業には 2 m メッシュ DEM の作成にご協力頂きました。産業技術総合研究所の杉山雄一氏には既存調査成果について、堺市文化財課の方々には遺跡分布や年代等をご教示頂きました。記して御礼申し上げます。

(d) 引用文献

- 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，253pp，2002.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会，上町断層帯の長期評価について，20pp，2004.
- 関西地盤情報活用協議会，関西地層分布図－大阪平野－，31pp，1998.
- 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，437pp，1991.
- Kondo, H., S. Toda, K. Okumura, T. Chiba, A fault scarp in an urban area identified by LIDAR survey: A case study on the Itoigawa-Shizuoka tectonic line, central Japan, *Geomorphology*, **101**, 731-739, 2008.
- 水野清秀・寒川 旭・関口春子・駒澤正夫・杉山雄一・吉岡敏和・佐竹健治・荻谷愛彦・栗本史雄・吾妻 崇・須貝俊彦・栗田泰夫・大井田徹・片尾 浩・中村正夫・森尻理恵・広島俊男・村田泰章・牧野雅彦・名和一成，50 万分の 1 活構造図「京都」(第 2 版) 説明書，活構造図 11，産業技術総合研究所地質調査総合センター，50pp，2002.
- 中田 高・岡田篤正・鈴木康弘・渡辺満久・池田安隆，1:25,000 都市圏活断層図「大阪東北部」，国土地理院技術資料，D. 1-No. 333，1996a.
- 中田 高・岡田篤正・鈴木康弘・渡辺満久・池田安隆，1:25,000 都市圏活断層図「大阪東南部」，国土地理院技術資料，D. 1-No. 333，1996b.
- 中田 高・岡田篤正・鈴木康弘・渡辺満久・池田安隆，1:25,000 都市圏活断層図「大阪西北部」，国土地理院技術資料，D. 1-No. 333，1996c.
- 中田 高・岡田篤正・鈴木康弘・渡辺満久・池田安隆，1:25,000 都市圏活断層図「大阪西

- 南部」, 国土地理院技術資料, D. 1-No. 333, 1996d.
- 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, DVD-ROM 2 枚・付図 1 葉・60pp, 2002.
- 岡田篤正・千田 昇・中田 高, 1:25,000 都市圏活断層図「岸和田」, 国土地理院技術資料, D. 1-No. 333, 1996.
- 岡田篤正・東郷正美編, 近畿の活断層, 東京大学出版会, 395pp, 2000.
- 関口春子・加瀬祐子・堀川晴央・石山達也・佐竹健治・杉山雄一, 活断層情報を用いた想定地震の不均質すべり・応力分布の推定, 活断層・古地震研究報告, **3**, 273-284, 2003.
- 杉山雄一, 上町断層系の反射法弾性波探査, 地質調査所研究資料集, No. 303 (平成 8 年度活断層研究調査概要報告書), 105-113, 1997.