

### 3.2 活断層システムの分布・形状と活動性

#### (1) 業務の内容

(a) 業務題目 活断層システムの分布・形状と活動性

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立大学法人東京大学地震研究所	准教授	石山 達也
国立大学法人東京大学地震研究所	教授	佐藤 比呂志
国立大学法人信州大学	教授	廣内 大助
国立大学法人岡山大学	教授	松多 信尚
公益財団法人地震予知総合研究振興会	主任研究員	田力 正好
公益財団法人地震予知総合研究振興会	副主席主任研究員	伊藤 谷生
静岡大学防災総合センター	客員教授	狩野 謙一
静岡県立富士宮東高校	教諭	山本 玄珠

(c) 業務の目的

富士川河口断層帯および身延断層帯など駿河トラフ周辺の活断層・活構造について、これまでの研究成果を踏まえて、その分布・形状・活動性・平均変位速度を解明するとともに、特にプレート境界断層に関連する構造的な位置づけを明確にすることを目標に、先行研究のレビューと新たに変動地形・地質調査および高分解能浅層反射法地震探査を主とした調査観測研究を実施する。

(d) 3 ヶ年の年次実施業務の要約

1) 平成 29 年度：富士川河口断層帯を主とする駿河トラフ周辺の活断層・活構造を対象に既存資料を収集し、地形・地質調査を実施するとともに、空中写真判読・高精度数値標高データ解析等による活断層・変動地形の位置・分布・性状を検討した。また、富士川河口断層帯・安居山断層帯およびその北方延長部において高分解能反射法地震探査を実施し、地下浅部の構造のデータを取得した。加えて、次年度以降に実施するボーリング・トレンチ等断層帯の活動性調査の地点や内容を検討した。

2) 平成 30 年度：平成 29 年度に取得した高分解能反射法地震探査データの解析を行い、富士川河口断層帯浅部の構造を明らかにする。また、地形・地質調査を行い、同じく 29 年度に取得した地形・地質学的データに基づき富士川河口断層帯を主とする駿河トラフ周辺の活断層・活構造の分布・性状について検討するとともに、次年度に実施するボーリング・トレンチ等断層帯の活動性調査の地点や内容をさらに検討した。

3) 平成 31 年度：富士川河口断層帯・身延断層帯についてボーリング・トレンチ等断層帯の活動性調査および反射法地震探査を行い、その分布・形状・活動性・平均変位速度を解明する。

## (2) 平成 30 年度の成果

### (a) 業務の要約

富士川河口断層帯において取得した高分解能反射法地震探査のデータ解析と断面の解釈を行い、断層帯前縁部を構成する安居山断層・芝川断層が分岐スラスト構造をなすことが明らかになった。また、富士川河口断層帯および北方延長部・身延断層帯を対象に航空レーザー測量による高密度数値地形データ・航測図化・空中写真等を用いた変動地形解析に基づき、安居山断層・芝川断層により形成された可能性のある新期の低崖地形を複数見出したほか、入山瀬断層に沿った富士川右岸の完新世河成段丘面群の変形など地形的な異常を見いだした。

### (b) 業務の実施方法と成果

#### 1) 富士川河口断層帯における浅層反射法地震探査

富士川河口断層帯では過去にいくつかの浅層反射法地震探査が実施されている（伊藤・山口，2016；下川・他，1998）。これらはいずれも測線長が短く、可探深度も数 100 m 内外であり、断層や断層運動に関連する地質構造に関する良好な反射断面図は得られていない。そこで平成 29 年度は富士川河口断層帯を横断する測線で、中型パイプロサイズ震源および独立型地震波形収録器の多点固定展開を採用した高分解能反射法地震探査（根原・麓・北山・内野・外神・上柚野測線）を実施した（図 1, 2 および 4）。探査の仕様は表 1 の通りである。本年度は、この観測記録を用いて、共通反射点重合法に基づく反射法のデータ解析を行い、反射断面を作成した（図 3 および図 5）。主な解析パラメーターは以下の通りである；（外神・上柚野測線）AGC：400 msec；Deconvolution gate length 2000 msec, operator length 240 msec, 予測距離 8 msec；Bandpass filter: 14/18-90/100 Hz；Fan Filter 2400m/se；残差静補正：シフト量 10 msec；FX-Prediction Filter 5 trace；FD Migration, 100-80%（根原・麓・北山・内野測線）AGC：600 msec；Deconvolution gate length 2400 msec, operator length 240 msec, 予測距離 2 msec；Bandpass filter: 12/16-90/100 Hz；残差静補正：シフト量 10 msec；F-X FD Migration, 100-80%。解析の結果、外神・上柚野測線では深さ 2 km 程度の中深度断面を、根原・麓・北山・内野測線では深さ 1.5 km 程度の高分解能深度断面を得ることができた。

外神・上柚野測線では、羽鮒丘陵の東側でほぼ水平な反射波群が深さ約 1 km まで分布するのに対し、羽鮒丘陵の下では西に傾斜する反射波群が卓越している（図 3）。特に、変動地形から羽鮒丘陵東縁の東向き斜面基部に推定される安居山断層の地表位置（中田・他，2000；中田・今泉編，2002）から西に傾き下がり、深さ約 1km でやや低角になる顕著な反射面が深さ約 1.5 km まで認められ、安居山断層のスラストの構造を示すと推定される。興味深いことに、安居山断層の上位および下位にも深さ約 1 km および 2 km から地表に延伸する西傾斜の顕著な反射面が認められ、安居山断層から分岐するスラスト群と考えられる。また、芝川断層の地表位置は天守山地を構成する富士川層群・浜石岳層が参加する非対称背斜前面の向斜軸にほぼ相当しており、西傾斜のスラストの存在が推定される。また、北山・内野測線では、安居山断層の地表位置より西側で東に傾斜する反射面の構造が認められ、これらは西傾斜のスラストによって形成されたと推定される（図 4, 5）。このよう

に、富士川河口断層帯の前縁部を構成する主要な活構造である安居山断層は、西傾斜の分岐するエマージェント・スラストであることが、本探査の結果から明確になった。

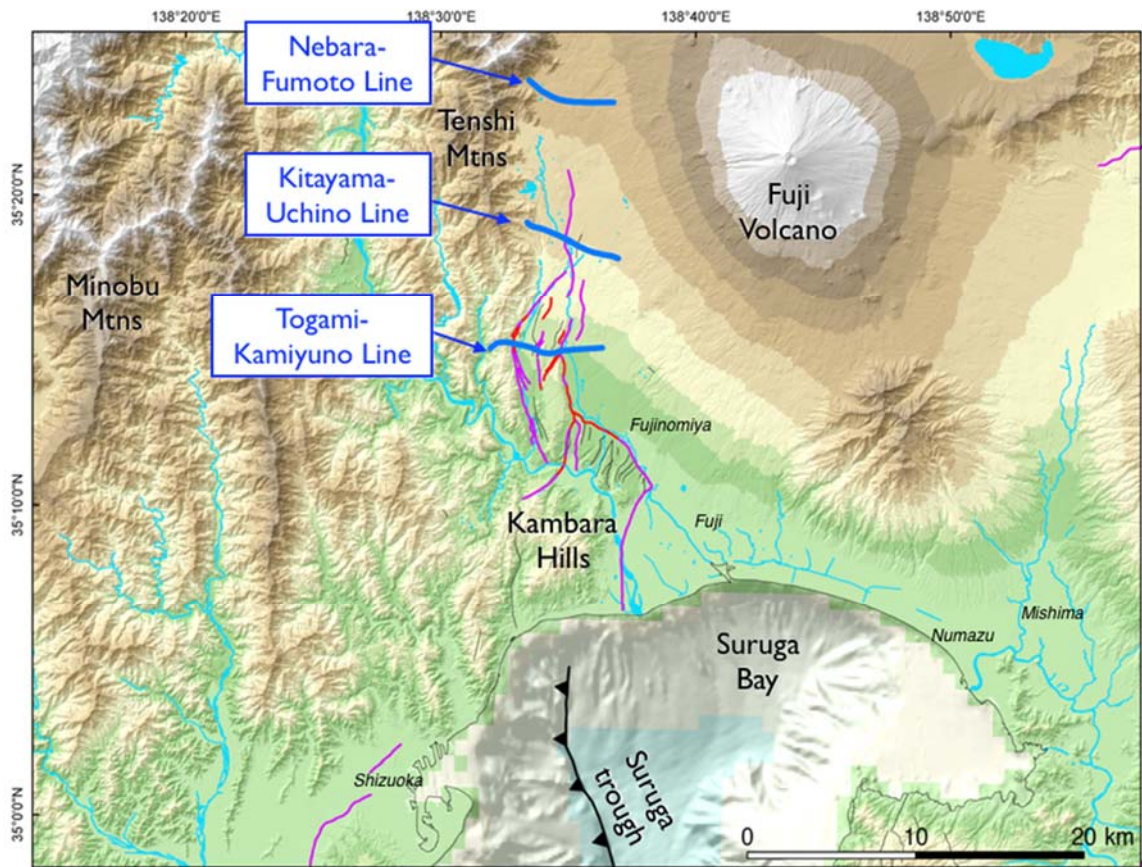


図 1 反射法地震探査の測線図。赤線は活断層の位置（中田・今泉編，2002）を示す。

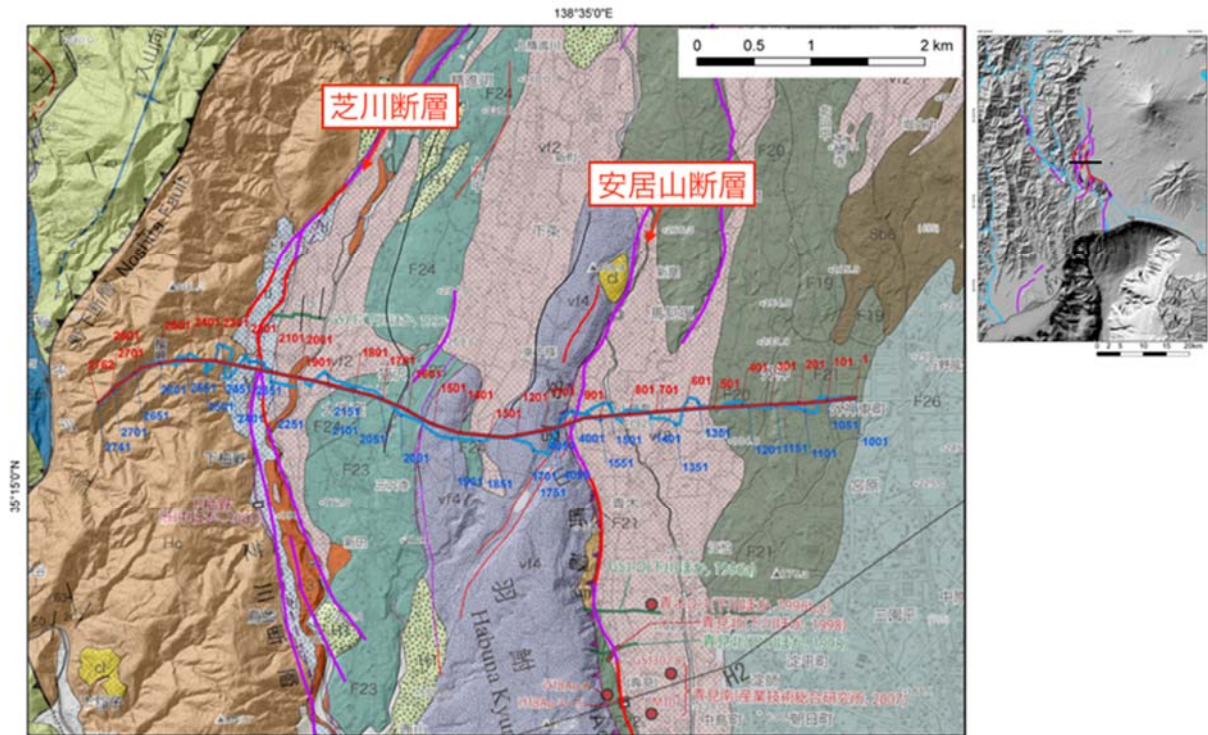


図2 反射法地震探査・外神-上柚野測線の測線図。背景は尾崎・他(2016)の地質図および1 mグリッドDTMによる陰影起伏図、赤線は活断層の位置(中田・今泉編, 2002)を示す。

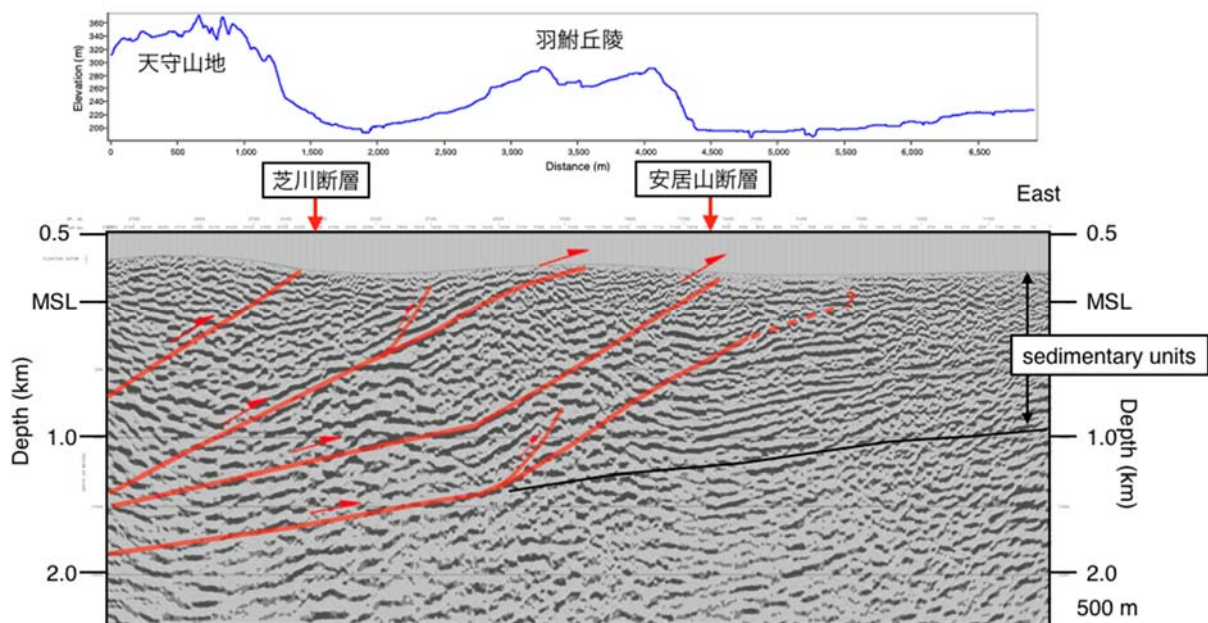


図3 反射法地震探査・外神-上柚野測線の深度断面の解釈図。

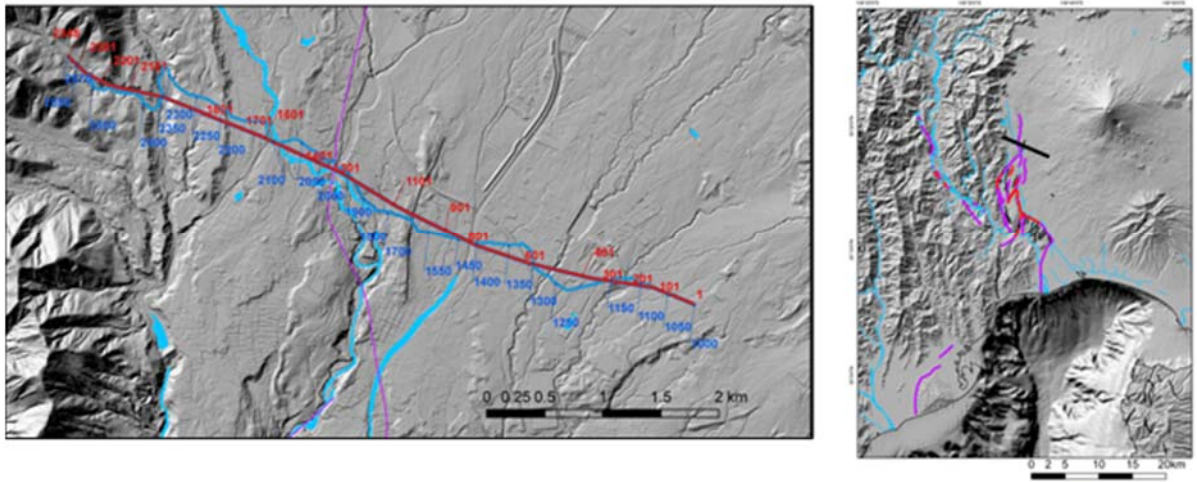


図 4 反射法地震探査・北山-内野測線の測線図。背景は 1 m グリッド DTM による陰影起伏図、赤線は活断層の位置（中田・今泉編，2002）を示す。

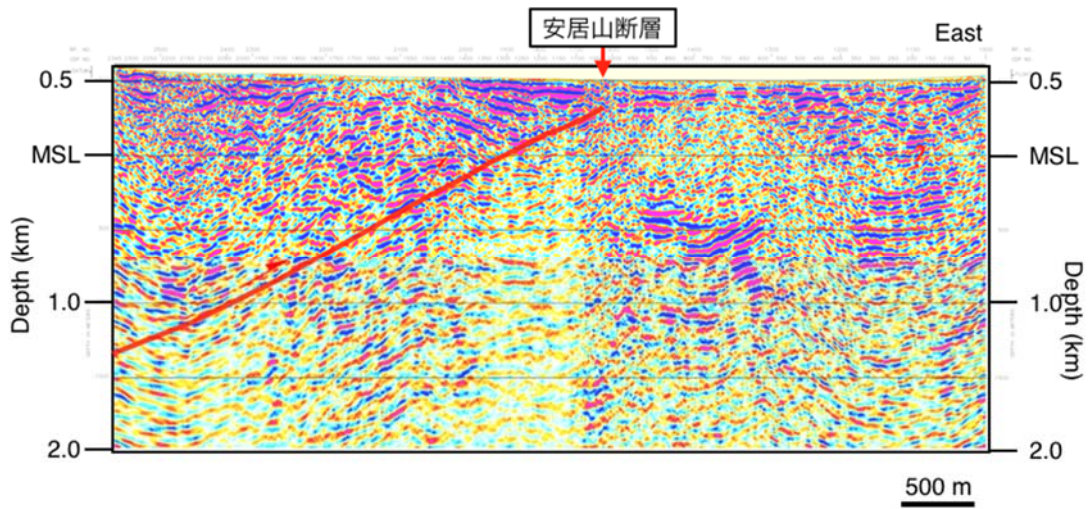


図 5 反射法地震探査・北山-内野測線の深度断面の解釈図。

表 1 富士川河口断層帯における反射法地震探査の主なデータ取得パラメーター。

	根原-麓	北山-内野	外神-上柚野
測線長	5.6 km	6.8 km	8.0 km
震源	EnviroVIB (IVI), 2 trucks		EnviroVIB (IVI), 2 trucks/Impactor
発振点間隔	5 m		
スイープ長	16 sec		
スイープ数	2 times		
スイープ周波数	6~100 Hz		
総発振点数	1324	1384	1620 (EnviroVIB)/ 22 (Impactor)
受振点間隔	10 m		
地震計	SM-24 10Hz / GS-One 10Hz		
総受振点数	687	786	901
収録器	GSR-ONE (Geospace)		
サンプリング間隔	2 msec		
レコード長	4 sec		

## 2) 富士川河口断層帯の変動地形

富士川河口断層帯の分布や活動性に関する新規データを取得するにあたり、米軍および1960~70年代国土地理院撮影の小~大縮尺空中写真の判読と、当該地域で広汎に取得されている航空レーザー測量による高密度数値地形データの解析に基づき、断層帯を構成する主要な活構造に沿って分布する変動地形の検討をおこなった。その結果、断層帯を構成する代表的な活構造である安居山断層・芝川断層沿いには完新世後期に形成されたと考え

られる新期の低断層崖地形が断続的に分布する可能性があることがわかった。富士宮市上柚野地区では、天守山地東麓部に分布し東向きに撓曲変形する低位段丘面を開析する支流性の小扇状地面を、支流と直交する方向に切断する低崖地形が分布している（図 6）。この低断層崖の南北延長部では、異なる形成年代の段丘面が一樣に東側低下の変位を受けているほか、変位の累積性が認められる。昨年度実施したトレンチ調査では、一部圃場整備の影響や支流河川の堆積物の影響で断層構造の判別が困難であったが、ここでは圃場整備も行われておらず、支流からも離れていることから、トレンチ掘削調査によってその地表直下の構造を確かめることが期待される。

同様の非常に新しい変位地形は安居山断層に沿っても断続的に分布することが、新旧の空中写真判読や航測図化データなどで確認される。しかしその大半は圃場整備や宅地開発などによってその原型が失われており、活動性の調査対象とすることが困難である。ほぼ唯一調査対象となりうると思われるのが、安居山断層の南方延長部、富士川右岸の水沼断層に沿って分布する断層変位地形である（中田・他, 2000; 中田・今泉編, 2002）。水沼断層に沿っては、富士川左岸に分布する芝川溶岩流（約 17 ka; 高田・他, 2016）台地が上下に約 50 m 変位する撓曲崖地形が存在し、撓曲部直下では更新統の鷲ノ田層が東に急傾斜する（尾崎・他, 2016 など）。その対岸では、上記の撓曲崖基部の延長部に、外神溶岩流（約 10.5 ka; 高田・他, 2016）からなる地形的高まりを取り巻くように分布する沖積低地面上に、比高 2 m 内外の低断層崖・撓曲崖地形が南西方向に分布する（図 7, 8）。この崖地形に沿っては低位段丘面相当の地形面が大きく撓曲変形するなど変位の累積性が認められる。この撓曲崖地形は規模が比較的小規模であり、圃場整備や宅地開発も免れている箇所があることから、芝川断層と同様にトレンチ掘削調査によってその地表直下の構造を確かめることが期待される。

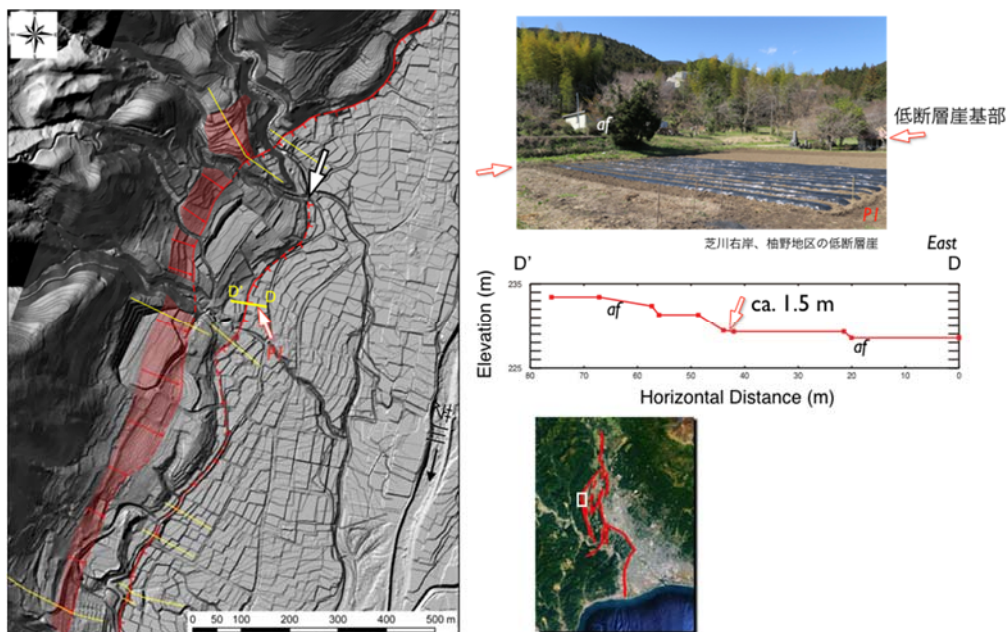


図 6 1 m グリッドの DTM および航測図化により復元した地形図に表現された芝川右岸沿いに分布する東向き低崖地形（左図）と現地写真（右上図）および航測図化データによる地形断面図（右下図）。赤線は崖線（実線は位置明瞭、破線は位置不明瞭）、赤矢印は地形面の撓み下がる方向を、ケバは地形面の低下側を示す。断面の位置は左図に示す。

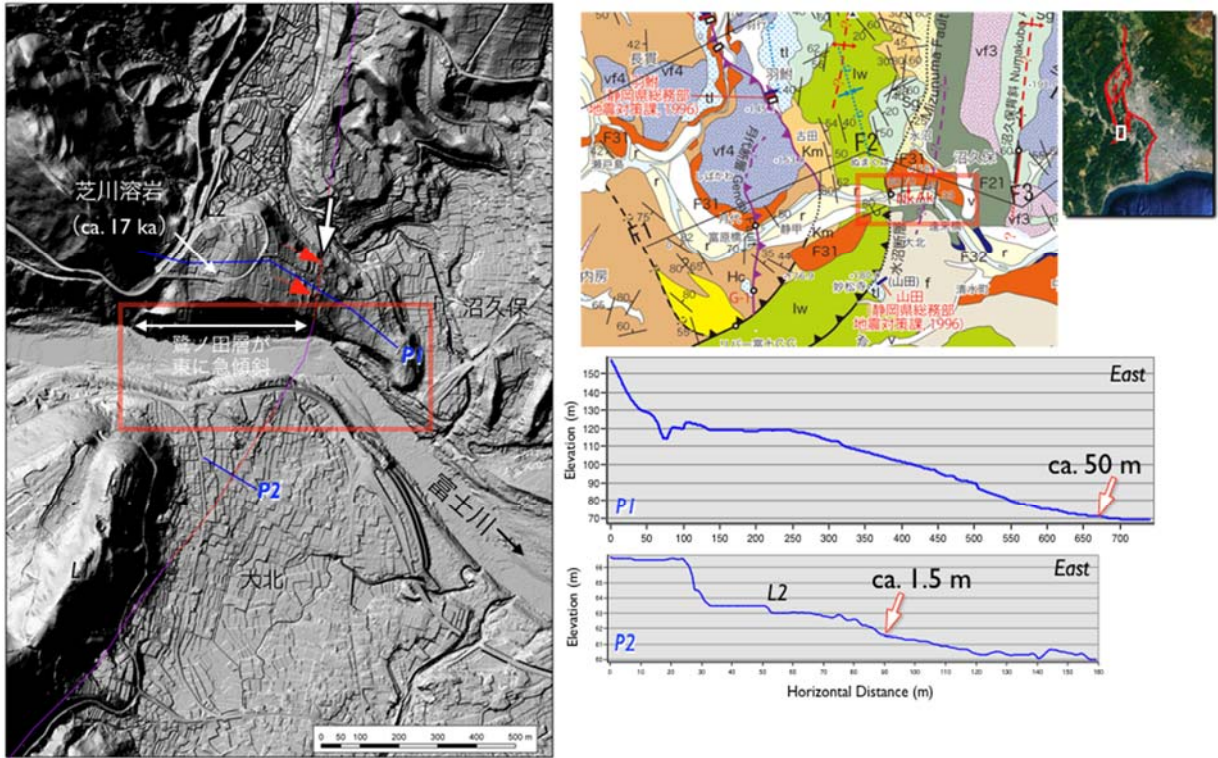


図7 1 m グリッドの DTM による陰影起伏図に表現された富士川両側に分布する水沼断層（安居山断層南方延長）の東向き低崖地形（位置は中田・今泉編, 2002 による）（左図）、地質図（尾崎・他, 2016 に加筆）（右上図）および航測図化データによる地形断面図（右下図）。断面の位置は左図に示す。

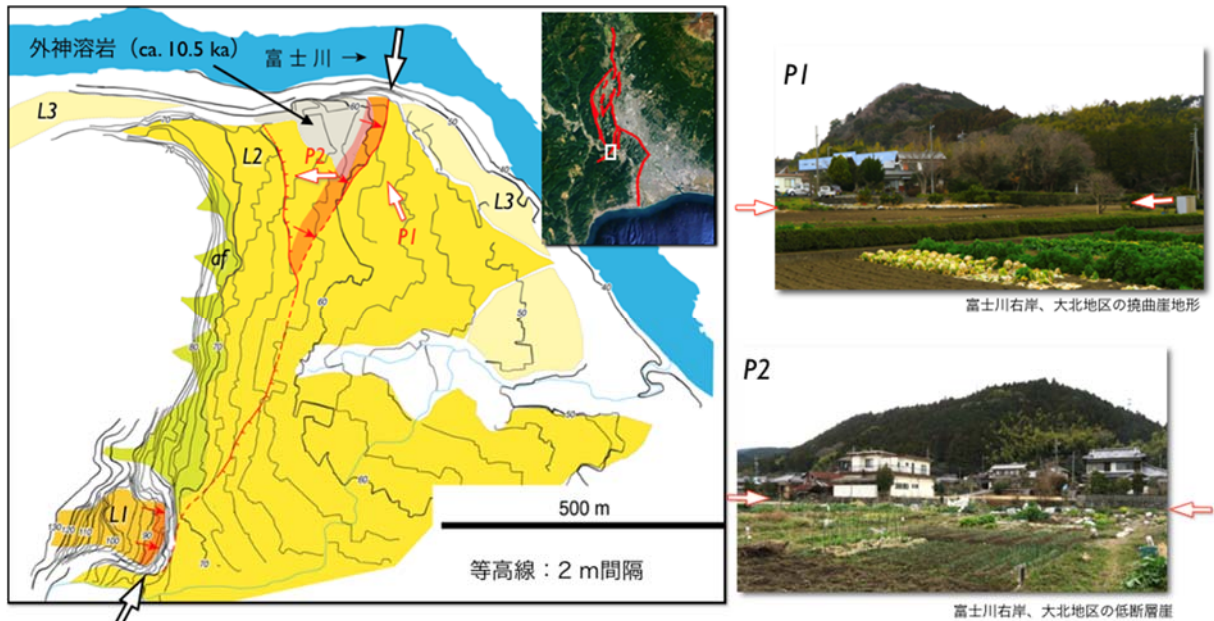


図8 富士川右岸の水沼断層（安居山断層南方延長）の東向き低崖地形を含む変動地形学図（左図）および現地写真（右図）。左図の等高線は 1/2500 地形図に基づく。写真の位置は左図に示す。



また、入山瀬断層に沿っては、富士川右岸に分布する完新世の段丘面群がその高度分布から少なくとも4段に細分されること、またこの段丘面群は分布東端で西に向かって傾動する地形異常を有することが分かった(図9)。傾動量には明らかな累積性が認められる(図8の地形断面図を参照)。また、1 m グリッドの数値地形データにより富士川扇状地および富士川下流部の等高線および地形断面図をプロットすると、富士川右岸の扇状地面が左岸側に比べて系統的に2 m 程度高いことがわかる(図10)。これらの地形的な異常は、従来入山瀬断層が存在する証拠とされる富士川河口部を挟んで両側における完新統の分布高度の大きな食い違い(羽田野・他,1979; 松島, 1984; Yamazaki, 1992)などと矛盾しない。また、伊藤・山口(2016)による富士川下流部右岸側での反射法地震探査による深度断面は、西傾斜のスラストの存在を示唆する。以上に鑑みて、富士川右岸に分布する4段の完新世段丘面群の形成年代の特定、富士川右岸側の扇状地面の年代推定等に加えて、富士川を横断する反射法地震探査を実施し、入山瀬断層の実態を把握することが重要であると考えられる。このほか、断層上盤側にあたる由比海岸の完新世段丘(Yamazaki et al., 2002)の離水年代も断層の活動時期を推定する上で重要であることと考えられる。

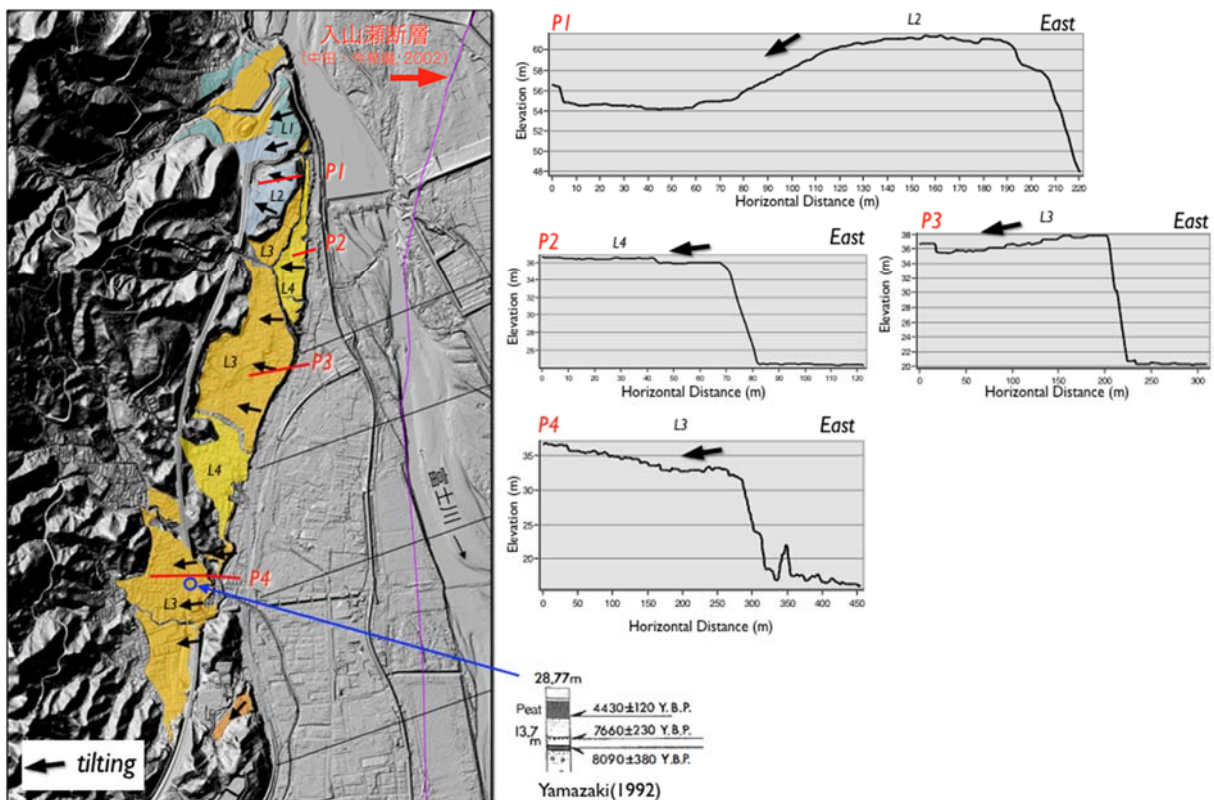


図9 富士川河口部、富士川右岸に分布する完新世の段丘面の分布図(左図)および1 m グリッド DTM による段丘面の地形断面図(右図)。左図の背景は1 m グリッドの DTM による陰影起伏図。断面の位置は左図に示す。入山瀬断層の地表位置は中田・今泉編(2002)による。

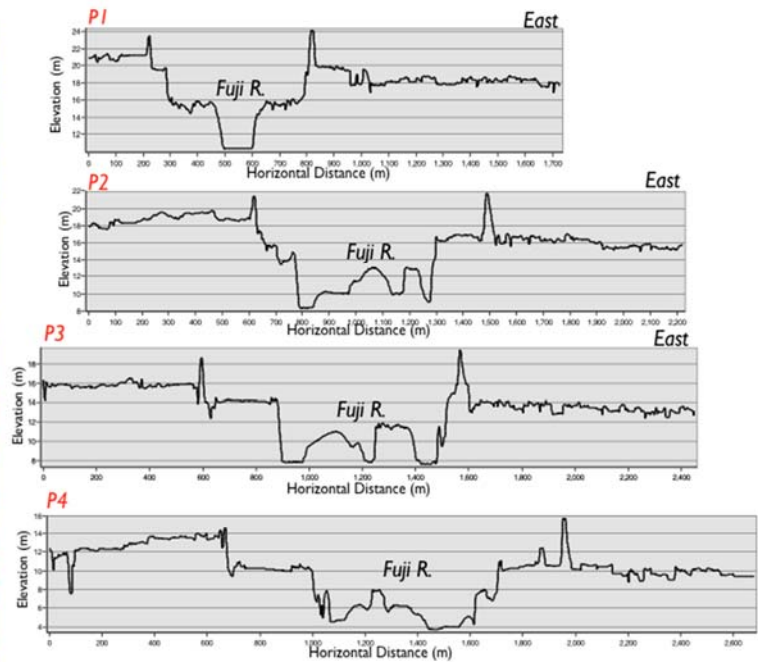
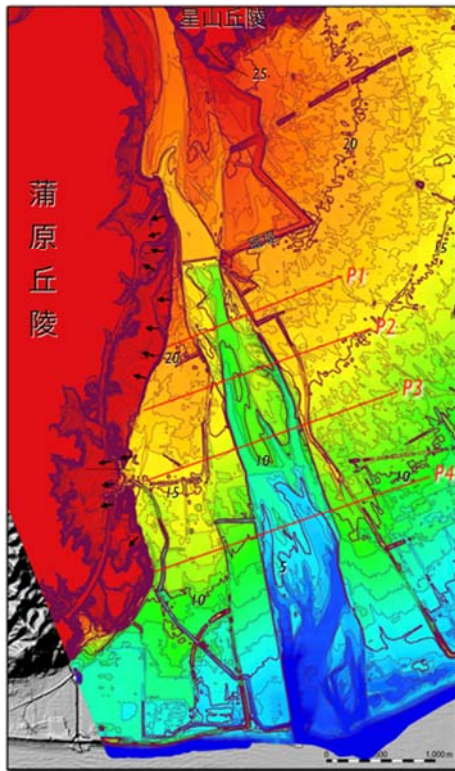


図9 1 m グリッドの DTM により作成した富士川河口部、富士川扇状地の等高線図（左図）および 1 m グリッド DTM による地形断面図（右図）。による陰影起伏図。断面の位置は左図に示す。

### 3) 富士川河口断層帯北方延長部の変動地形

富士川河口断層帯北方延長部の変動地形については、Lin et al. (2013)が東側低下の断層変位地形が大室山まで断続的に分布し、その一部は西暦 864-868 年に噴出した青木ヶ原溶岩（図 10 の Sd-Aog; 貞観噴出物; 高田・他, 2016）を切っており、1854 年安政東海地震において活動したと推定した。この富士火山北西麓部に分布する崖地形について、1 m グリッド DTM と最新の火山地質図（高田・他, 2016）をあわせてその分布・構造を検討した（図 10, 11）。その結果、以下のことが分かった。①二ツ山噴出物（F-Fty; 高田・他, 2016）の上面高度を食い違わせる東向き崖地形（図 11 の P1）は、東から西に向けたその流下方向とは相対する向きであり、Lin et al. (2013)が指摘する通り地形的には異常である。②しかし、図 11 の P2 が示すように、より幅広い東西断面で見ると、古い溶岩の上に単純に新しい溶岩が累重しており、構造的な起伏の成長が全く認められない。③また、図 10 の P3 および P4 を比較すると、東から流下した菖蒲山噴出物（Sb-Sbn; 高田・他, 2016）は、二ツ山噴出物上面の東向き崖地形（P3）を埋めるようにしてその分布東端を断たれるが、これ以降に東向きの崖地形が成長した形跡が、F-Fty および Sb-Sbn の双方に認められない。また、④1 m グリッド DTM による地形断面図を見る限り、Sd-Aog および大室山片蓋山噴出物（Sc-Omr; 高田・他, 2016）にも

東落ちの明瞭な崖地形は認めがたい。以上の考察から、Lin et al. (2013)が指摘した富士火山北西麓部に分布する崖地形は、その成因論については未解明ではあるものの、完新世に繰り返し著しい変動を繰り返してきた富士川河口断層帯とはテクトニックな背景を含めて性格を異にすることから、本断層帯には含めることは適当ではないと考えられる。

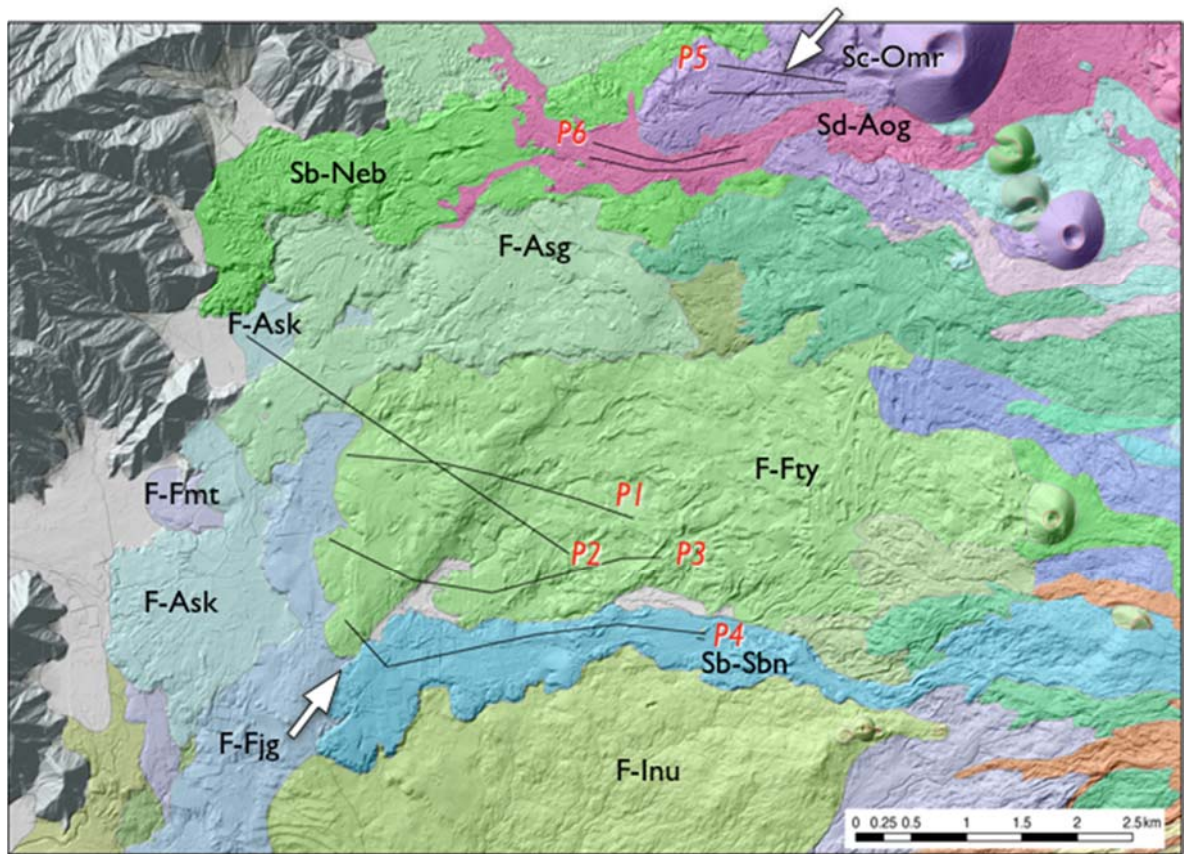


図 10 1 m グリッドを使って作成した陰影起伏図の DTM および高田・他 (2016) により作成した富士火山北西麓部の地形と火山噴出物の分布。P1～P6 は図 11 の 1 m グリッド DTM による地形断面図の位置を示す。

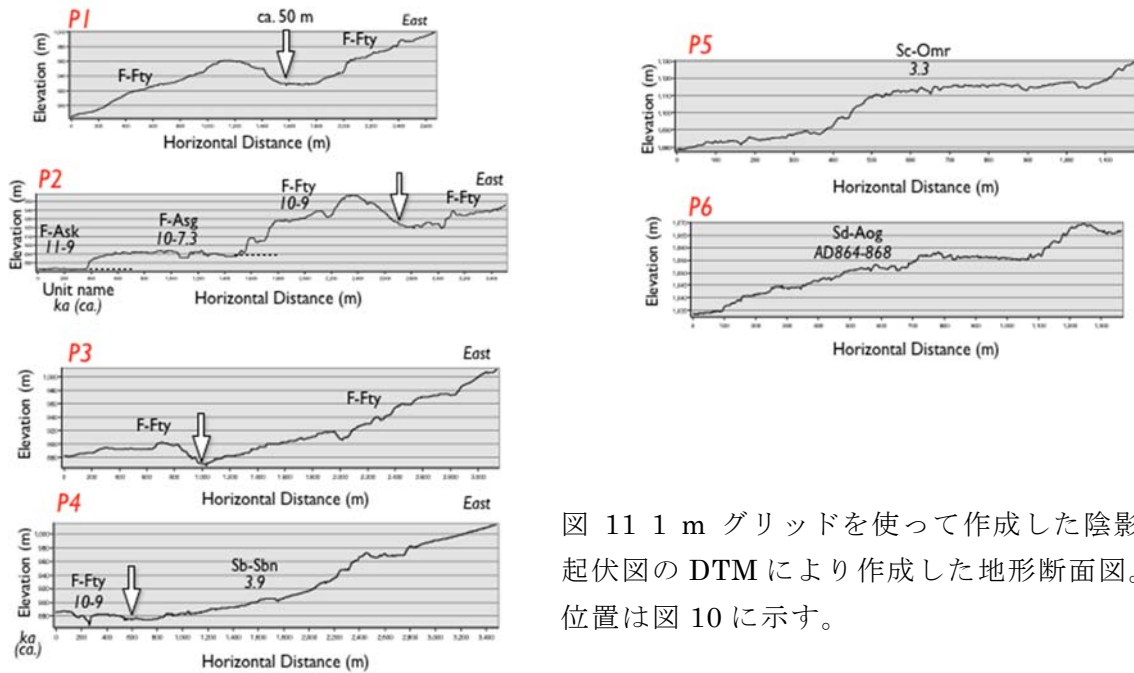


図 11 1 m グリッドを使って作成した陰影起伏図の DTM により作成した地形断面図。位置は図 10 に示す。

#### 4) 身延断層帯の変動地形

身延断層帯については、水本・他（2016）が富士川河谷に左横ずれ主体で長さ約 20 km の活断層を認め、これが地質断層である身延断層に沿って分布するとした。また、断層の平均変位速度を 0.7 mm/yr 以上と推定した。本断層帯についても、米軍および 1960～70 年代国土地理院撮影の小～大縮尺空中写真の判読と若干の地質調査に基づき、断層帯を構成する主要な活構造に沿って分布する変動地形の検討をおこなった。その結果、水本・他（2016）で指摘された地点の多くで同様に断層変位地形が存在することを確認した。ただし、若干の現地調査では、断層が通過されると考えられる場所に位置する富士川層群の露頭に変位・変形の痕跡が認められない地点があるなど、断層変位地形の明瞭さ・位置の確実性や連続性、西傾斜の逆断層である地質学的な身延断層との関係、平均変位速度などはさらに検討の余地がある。また、平均変位速度については、断層変位基準となる富士川河谷の河成段丘面の編年に関するデータをさらに充実させる必要がある。

#### (c) 結論ならびに今後の課題

富士川河口断層帯において取得した高分解能反射法地震探査のデータ解析と断面の解釈を行い、断層帯前縁部を構成する安居山断層・芝川断層が分岐スラスト構造をなすことが明らかになった。また、航空レーザー測量による高密度数値地形データ・航測図化・空中写真等を用いた変動地形解析に基づき、安居山断層・芝川断層により形成された可能性のある新期の低崖地形を複数見出したほか、入山瀬断層に沿った富士川右岸の完新世河成段丘面群の変形など地形的な異常を見いだした。また、富士川河口断層帯の北部延長部および身延断層帯についても変動地形学的な検討を実施した。これらを念頭に、平成31年度は富士川河口断層帯および身延断層帯について、その分布・形状・活動性・平均変位速度

を解明するための基礎資料を収集すべく、ボーリング・トレンチ等断層帯の活動性調査および反射法地震探査を行う。

(d) 引用文献

- 羽田野誠一・津沢正晴・松島義章, 駿河湾北岸の完新世垂直変動と測地的上下変動. 地震予知連絡会会報, 21, 101-106, 1979.
- 伊藤 忍・山口和雄, 富士川河口地域における反射法地震探査. 海陸シームレス地質情報集, 「駿河湾北部沿岸域」, 海陸シームレス地質図S-5, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2016.
- Lin, A., Iida, K. and Tanaka, H., On-land active thrust faults of the Nankai–Suruga subduction zone: The Fujikawa-kako Fault Zone, central Japan, Tectonophysics, 601, 1–19, 2013.
- 松島義章, 完新世段丘からみた相模湾・駿河湾沿岸地域のネオテクトニクス. 第四紀研究, 23, 165-174, 1984.
- 水本匡起・後藤秀昭・中田 高・松田時彦・田力正好・松浦律子, 富士川谷の身延断層に沿った新时期断層変位地形の発見とその意義. 活断層研究, 44, 9-21, 2016.
- 中田 高・東郷正美・池田安隆・今泉俊文・宇根 寛, 1:25,000 都市圏活断層図「富士宮」. 国土地理院技術資料D・1-No.375, 2000.
- 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-ROM2 枚・付図1 葉・60p, 2002.
- 尾崎正紀・水野清秀・佐藤智之, 5万分の1富士川河口断層帯及び周辺地域地質編纂図及び説明書. 海陸シームレス地質情報集, 「駿河湾北部沿岸域」, 海陸シームレス地質図S-5, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2016.
- 下川浩一・山崎晴雄・水野清秀・井村隆介, 富士川断層系の活動履歴及び活動性調査. 平成7年度活断層研究調査概要報告書, 工業技術院地質調査所, 地質調査所研究資料集, no.259, 73-80, 1996.
- 下川浩一・荻谷愛彦・山崎晴雄, 富士川河口断層帯. 安居山断層の補備調査. 地質調査所速報・活断層・古地震研究調査概要報告書(平成9年度), EQ/98/1, 27-35, 1998.
- 高田 亮・山元孝広・石塚吉浩・中野 俊, 富士火山地質図(第2版)及び解説書. 特殊地質図, no.12, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2016.
- Yamazaki, H., Tectonics of a plate collision along the northern margin of Izu Peninsula, Central Japan. Bulletin of the Geological Survey of Japan, 43, 603-657, 1992.
- Yamazaki, H., Shimokawa, K., Mizuno, K. and Tanaka, T., Off-fault paleoseismology in Japan: with special reference to the Fujikawa-kako fault zone, central Japan. Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University, 37, 1-14, 2002.