

3. 8 弥栄断層の調査

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 弥栄断層の調査

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人 産業技術総合研究所	主任研究員	吾妻 崇

(c) 業務の目的

弥栄断層は、島根県鹿足郡津和野町から同益田市を経て、浜田市金城町にかけて北東－南西方向に伸びる長さ約 53 km の右横ずれ断層である（地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2016a, b）。長期評価では最新活動時期と平均活動間隔に基づいて将来の地震発生確率を算出されているが、詳細な活断層調査の実績がごく限られているため、その誤差幅が大きい。本研究では、弥栄断層の北半部において航空レーザー測量を実施して詳細なデジタル標高モデルを作成するとともに、南半部のデータを編集して弥栄断層全体のデジタル標高モデルを整備し、詳細な断層変位地形に関する検討を行う。また、トレンチ調査等を実施して、弥栄断層の断層活動履歴に関する情報の充実を図る。さらに、断層運動による水系の屈曲量（D）と活断層よりも上流の長さ（L）を計測し、産業技術総合研究所（2021）が示した中国地方における横ずれ断層の平均変位速度の評価手法の検証を試みる。

(d) 年度毎の実施業務の要約

1) 令和 4 年度

弥栄断層に関する既往研究を収集し、同断層に関するこれまでの研究成果を整理した。弥栄断層の北半部において航空レーザー測量を実施し、デジタル標高モデルを作成した。デジタル標高モデルを用いて作成した地形陰影図等を用いて、断層変位地形及び次年度に実施する活断層調査の実施地点の検討を行った。また、横ずれ変位を受けた水系について、水系の屈曲量と上流の長さを計測して水系の屈曲量（D：m）/上流の長さ（L：m）の値（ α ）を算出し、横ずれ成分の平均変位速度が既知の中国地方に分布する活断層の事例を参照して係数 k の値を決定し、弥栄断層の平均変位速度を検討した。

2) 令和 5 年度

弥栄断層の断層活動履歴に関する情報を充実させるため、トレンチ調査等を実施した。また、既存データのデジタル標高モデルと前年度に作成したデジタル標高モデルを編集して、弥栄断層全体のデジタル標高モデルを構築した。これらの成果を取りまとめて、弥栄断層の断層活動履歴と平均変位速度を明らかにした。

3) 令和 6 年度

なし

(2) 令和 6 年度の成果

なし

(3) 令和 4～6 年度の成果

(a) 業務の要約

弥栄断層は、島根県西部に位置する北東－南西走向で長さ約 53 km の右横ずれ断層である（図 1；地震調査研究推進本部地震調査委員会，2016b）。令和 4 年度に、この活断層及び地形・地質に関する既往研究を収集し、弥栄断層に関するこれまでの研究成果を整理した。令和 4 年度に、弥栄断層の北半部において航空レーザー測量を実施し、デジタル標高モデルを作成した。令和 5 年度に、南半分における既存のデジタル標高モデルを入手し、弥栄断層全体のデジタル標高モデルを構築した。令和 4 年度に、航空レーザー測量によって得られたデジタル標高モデルを用いて、断層変位地形の分布と形態の検討ならびにトレンチ調査の実施地点の検討を行った。令和 5 年度にトレンチ調査を実施して、弥栄断層の活動時期について検討した。また、令和 4 年度には、横ずれ変位を受けた水系について、水系の屈曲量と上流の長さを計測して水系の屈曲量（D：m）/上流の長さ（L：m）の値（ α ）を算出し、横ずれ成分の平均変位速度が既知の中国地方に分布する活断層の事例を参照して係数 k の値を決定し、弥栄断層の平均変位速度を検討した。

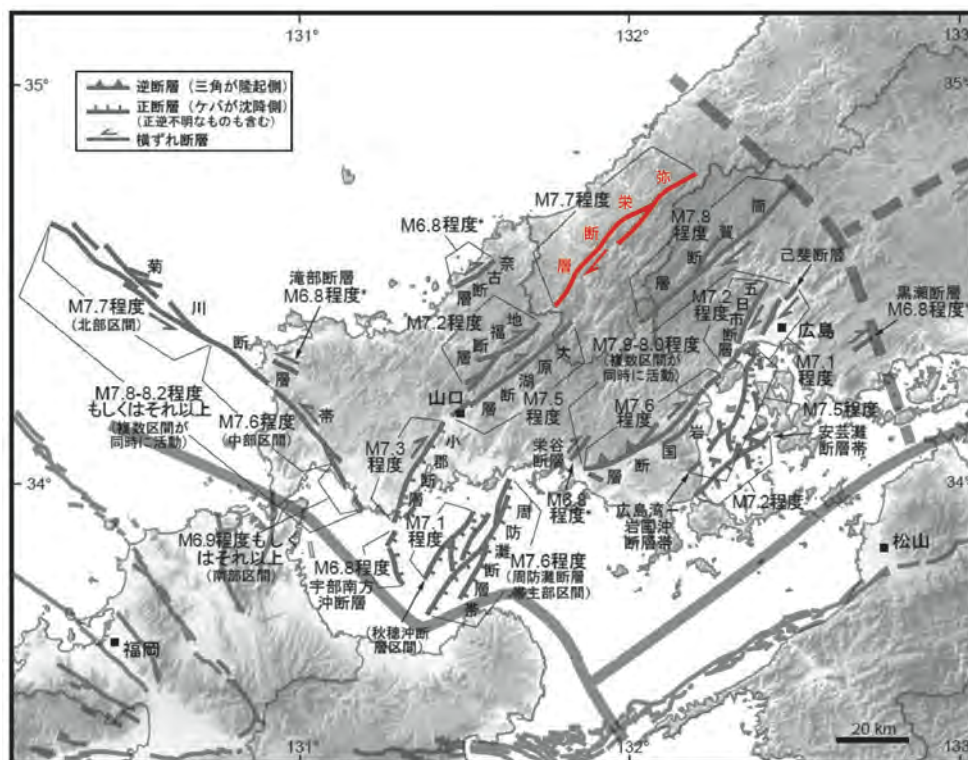


図 1 弥栄断層の位置（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2016b を編集）
弥栄断層の位置を赤線で示した。

(b) 業務の実施方法

1) 既往研究の整理

令和4年度に、弥栄断層に関する既往研究を収集し、同断層に関するこれまでの研究成果を整理する。

2) 航空レーザー測量

令和4年度に、弥栄断層の北半部において、航空レーザー測量を実施し、詳細なデジタル標高モデルを作成する。

3) 調査候補地の検討

令和4年度に、航空レーザー測量の結果及び現地踏査の結果に基づき、次年度に実施する活断層調査の実施地点の検討を行う。

4) トレンチ調査

令和5年度に、トレンチ調査を実施し、同断層の活動時期に関する情報を収集する。

5) 年代測定

令和5年度に、断層活動時期に関する検討を行うため、トレンチ調査で採取された地質試料の年代測定を行う。

6) 断層活動時期の検討

令和5年度に実施するトレンチ調査等の結果に基づき、弥栄断層の活動時期及び平均変位速度について検討する。

7) 水系屈曲率の計測と横ずれ平均変位速度の検討

弥栄断層によって横ずれ変位を受けた水系について、水系の屈曲量と上流の長さを計測して水系の屈曲量 ($D : m$) / 上流の長さ ($L : m$) の値 (α) を算出し、横ずれ成分の平均変位速度が既知の中国地方に分布する活断層の事例を参照して係数 k の値を決定し、弥栄断層の平均変位速度を検討する。

(c) 業務の成果

1) 既往研究の整理

令和4年度に、弥栄断層及び水系の屈曲量と上流の長さに基づく平均変位速度の推定に関する文献を収集し、既往研究の整理を行った。

a) 弥栄断層に関する既往研究

弥栄断層周辺においては、活断層研究会編(1980, 1991)の「浜田」から「広島」にかけて、確実度Ⅱ～Ⅲの活断層(弥畝山西)が図示されていた。この文献の記載には、活断層の長さが「約8 km 以上」と記されているが、地図上の計測では約16 km に及ぶ。断層北部の確実度Ⅱの区間では北西側上りの上下変位が図示されており、断層形態は山地

斜面における逆向き断層崖と記されているが、変位量等の情報については記されていない。その後、中田・今泉編（2002）が、長さ約 50 km の弥栄断層帯を記載した。金折・遠田（2007）は、中国地方西部に認められる山口-出雲地震帯と活断層の関係について論じ、その中で全長 47 km に及ぶ弥畝山西断層系（弥畝山西断層・都茂断層・日原断層・青野山北西断層・徳佐-地福断層・迫田-生雲断層）の分布とその特徴を示した。田力・他（2012）は詳細な空中写真判読の結果に基づき、長さ 55 km の弥栄断層帯における断層変位地形の特徴を明らかにした。地震調査研究推進本部地震調査委員会（2016a, b）は、弥栄断層について、長さが約 53 km で、右横ずれを主体とする断層であるとした。また、弥栄断層の過去の断層活動について、トレンチ調査結果（古松，2010）に基づいて最新活動時期が「約 1 万 1 千年前以後、約 3 百年前以前」とであると評価し、平均変位速度（右ずれ成分）が「0.4-1.2 m/千年程度」、平均活動間隔は「約 4 千年-1 万 3 千年」の可能性があると述べている。しかし、過去の活動に関する信頼性の高いデータがほとんど得られていないため、地震発生確率は評価されていない。

b) 水系の屈曲量と上流の長さに基づく平均変位速度の推定に関する既往研究

松田（1966）は、中部地方の跡津川断層の横ずれに関する研究の中で、断層沿いの谷の屈曲量とその谷の断層線から上流の長さ（谷頭までの距離）との関係について、上流の長い川ほど概して屈曲量が多いことを指摘した。この考えは、その後、中央構造線活断層系（岡田，1970；後藤，1996）、三浦半島活断層群・丹那断層・山崎断層（安藤，1972）、三峠断層系（植村，1988）、淡路島北部の活断層（吾妻，1997）、六甲断層系（丸山・他，1997；Maruyama and Lin, 2000）、有馬高槻構造線活断層系（Maruyama and Lin, 2002）などの横ずれ断層で検証されてきた。その結果、断層による水系の屈曲量（ D ）と断層よりも上流側の水系の長さ（ L ）によって表される屈曲率 α （ $= D/L$ ）と平均変位速度（ S ）との間に相関関係 $S = k \cdot \alpha$ があることが示された。この関係について、松田（1975）は S は α の値と比べて 1 桁大きくなることから「 $S = 10\alpha$ 」を提唱した。その後、植村（1988）は京都北部の活断層においては「 $S = (1 \sim 5)\alpha$ 」となることを、吾妻（1997）は淡路島北部の活断層においては「 $S = (5 \sim 7)\alpha$ 」となることを示した。このように、平均変位速度（ S ）と屈曲率（ α ）の関係における係数 k の値には地域差がみられ、その大きな要因は地域による侵食速度の差異であることが指摘されている。産業技術総合研究所（2021）は、中国地方の横ずれ断層（五日市断層、筒賀断層、地福断層、大原湖断層）について検討し、上流部が侵食小起伏面に達している水系のみを検討対象とする方法を提案するとともに、地福断層における平均変位速度（ S ）と屈曲率（ α ）の関係に基づいて中国地方における地域における係数 k の値を $k = 2 \sim 5$ と算出し、この値に基づいて他の横ずれ断層の平均変位速度（横ずれ成分）を推定した。

2) 航空レーザー測量

弥栄断層の詳細な断層変位地形を検討するため、令和 4 年度に航空レーザー測量を実施して、詳細なデジタル標高モデルを作成した。令和 5 年度には南半部のデジタル標高データを入手し、弥栄断層全体のデジタル標高モデルを構築した。

弥栄断層周辺については、北半部においては未計測の地域が多く残されていたため、

北半部で航空レーザー測量を実施した。地形計測及びモデル作成を実施したのは、弥栄断層に沿った約 72 km²（北東-南西方向：約 16 km、北西-南東方向：約 4.5 km）の範囲である（図 2）。レーザー測量の機材には、Teledyne Geospatial 社の Galaxy2000（Maximum Pulse Rate 200 kHz）を用いた。計測は 2022 年 12 月に実施した。今回実施した航空レーザー測量の航跡図を図 3 に、航空レーザー測量の計測諸元を表 1 に、それぞれ示す。

精度検証は、垂直方向については調整用基準点を用いて実施した（較差の平均 25 cm 以内）。水平方向については、建物の四隅の実測から算出した重心位置と航空レーザー測量から算出した建物の重心位置の比較に基づいて検証した（3 地点で実施し、いずれも 20 cm 以下）。

精度検証が終了したデータに基づき、オリジナルデータを作成した。オリジナルデータから建物、樹木等の地表を遮蔽するデータを除去（フィルタリング処理）して地表面の計測データ（グラウンドデータ）を作成した。メッシュデータは、グラウンドデータから内挿補完により作成した。標高値の内挿方法は TIN（線形補完）を用いて、1 m 間隔のメッシュデータ（デジタル標高モデル）を作成した。

作成されたデジタル標高モデルを用いて、等高線図や地形陰影図（図 4）を作成し、作成されたデータに問題がないことを確認した。

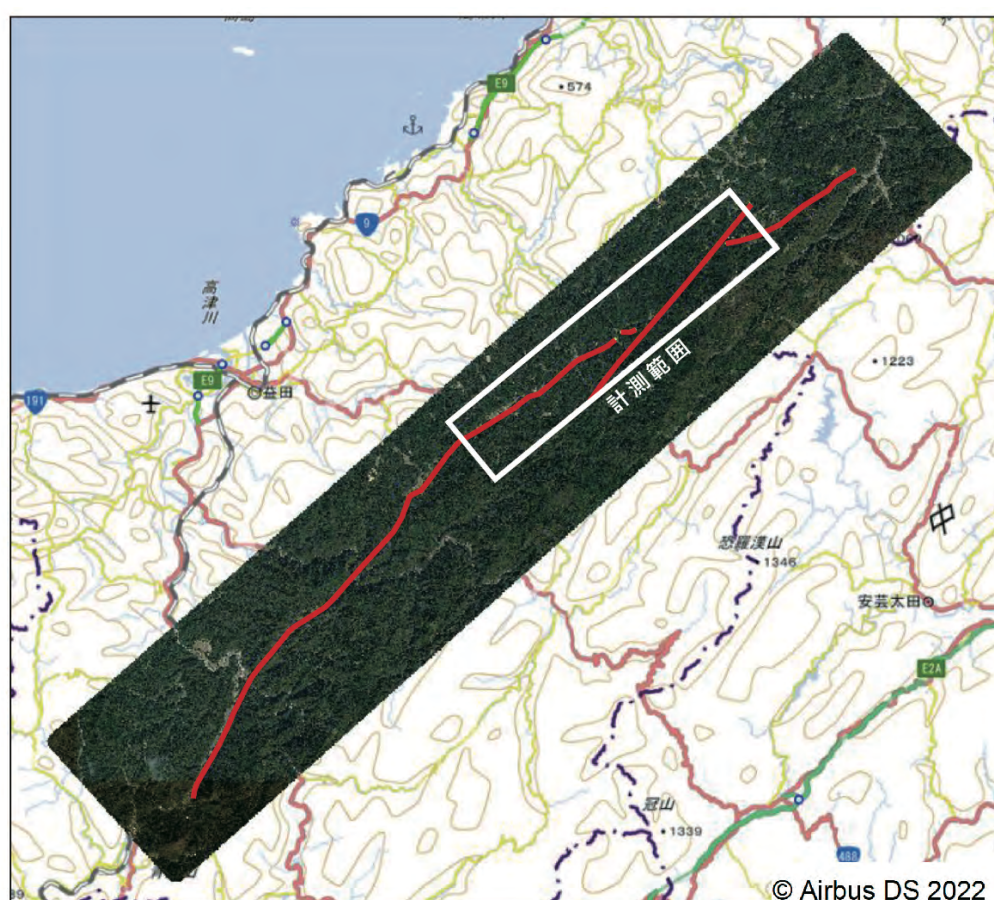


図 2 弥栄断層において航空レーザー測量を実施した範囲

赤線は地震調査研究推進本部地震調査委員会（2016a）による弥栄断層の位置を示す。

表 1 弥栄断層で実施した航空レーザー測量の計測諸元一覧表

項目	パラメータ設定値
対地高度	600 m
海拔高度	750～1000 m
飛行速度	50 m/s
コース数	15
計測延長	305 km
コース間重複	50 %
パルスレート	100 kHz
スキャン角	60°
ビーム径	0.14 m
パルスモード	波形記録方式
平均計測密度（進行方向）	0.56 m
平均計測密度（進行直交方向）	0.63 m
点密度	2.83 点/m ²

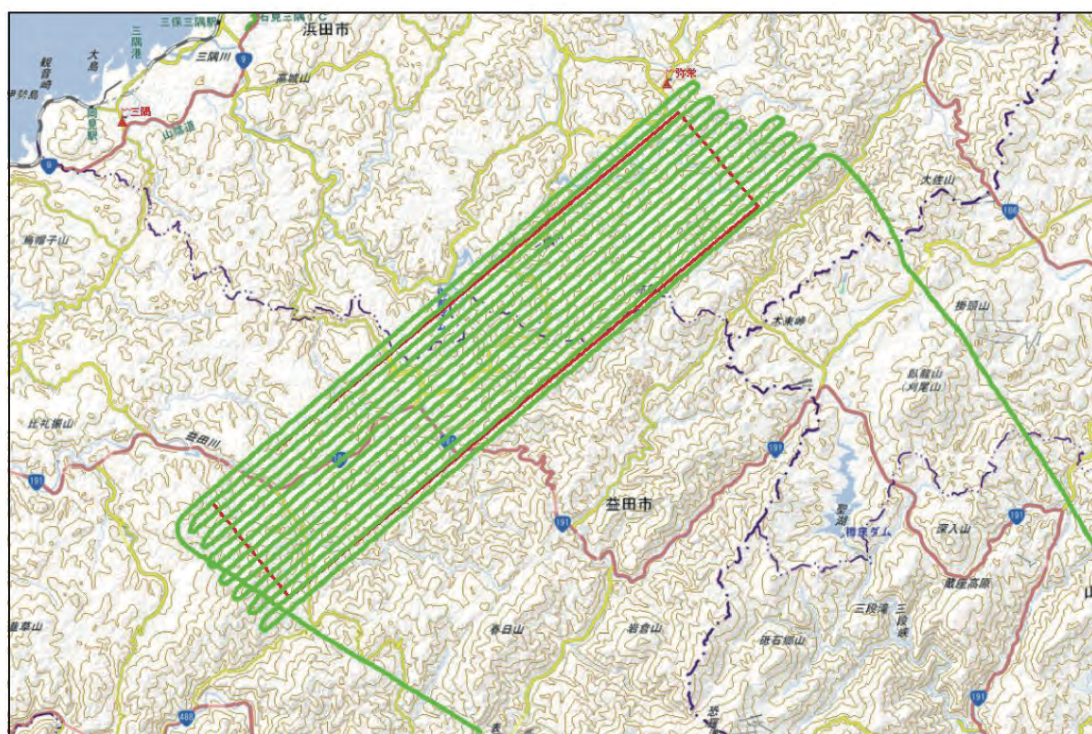


図 3 弥栄断層で実施した航空レーザー測量の航跡図
 背景地図には「地理院地図」の標準地図を用いた。
 赤線の矩形はデジタル標高モデルを作成した範囲を示す。

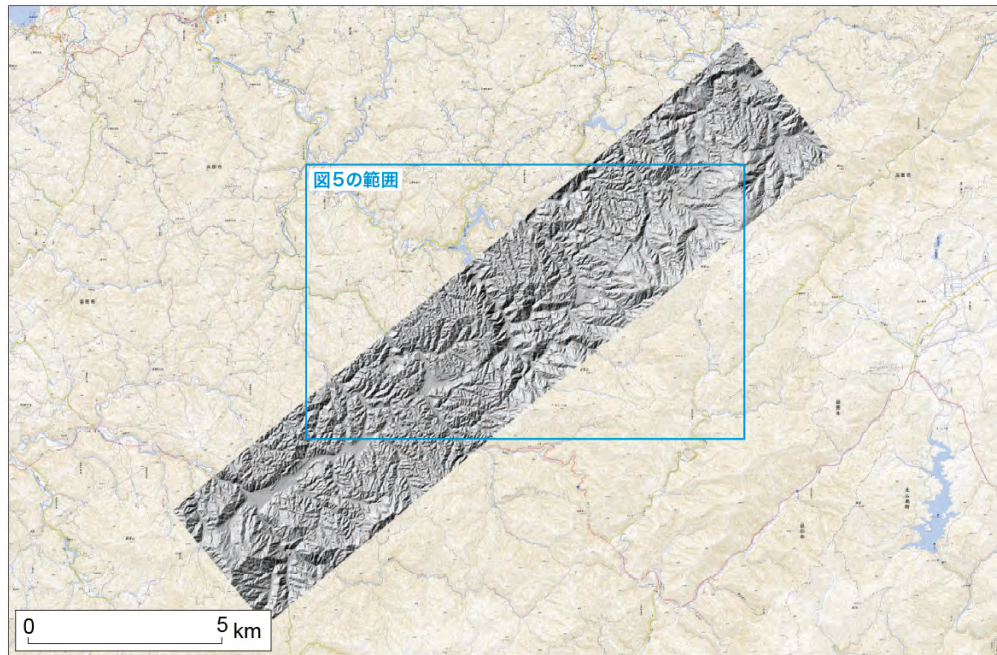


図 4 弥栄断層の北半部で作成したデジタル標高モデルによる地形陰影図
 背景地図には「地理院地図」の標準地図を用いた。
 青線の矩形は図 5 の範囲を示す。

3) 調査候補地の検討

作成された詳細な地形陰影図や等高線図を用いて弥栄断層の断層変位地形を確認するとともに、次年度に活動履歴解明のための調査を実施する地点の検討を行った。その結果、今回の調査で航空レーザー測量を実施した範囲において5箇所の調査候補地を抽出した(図5)。調査候補地は、北東から南西に向かって順に、程原地点(調査候補地1)、田野原地点(調査候補地2)、板井川地点(調査候補地3)、宇津川地点(調査候補地4)、丸茂地点(調査候補地5)である。調査候補地1と2は浜田市内に、その他の調査候補地は益田市内に位置する。

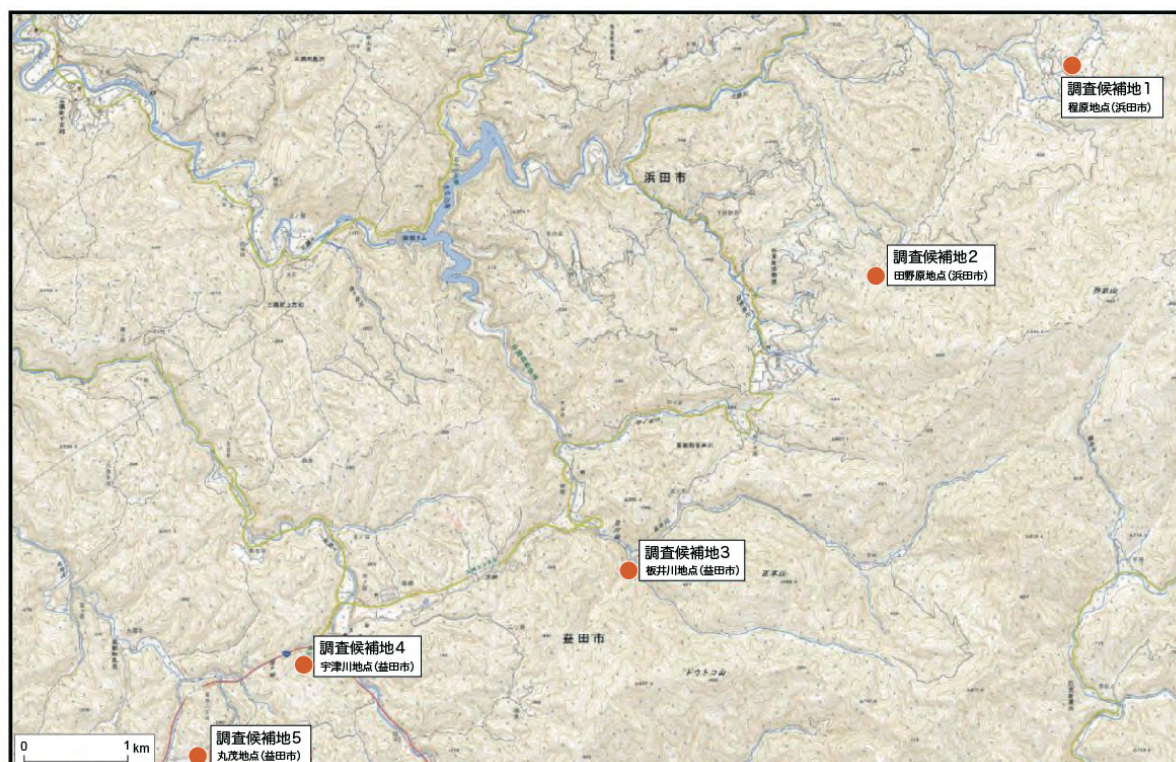


図5 弥栄断層の北半部で抽出した調査候補地の位置図
背景地図には「地理院地図」の標準地図を用いた。

a) 調査候補地 1（程原）

調査候補地 1 は、浜田市程原地区である。この地点では南側の山地斜面から流れ下る谷が逆向き断層崖によって流路を北東へと向きを変えている（図 6）。流路に沿った土地が圃場整備されていないため、表層付近まで地層が保存されている可能性が高い。調査候補地の南西側は断層が丘陵を横切って鞍部を形成しており、断層の通過位置を限定しやすいことも条件として好ましい。一方、掘削地点までのアクセスについて、途中、道幅が狭い道路が所々にあるため、大型重機の搬入が可能かどうか事前に確認する必要がある。

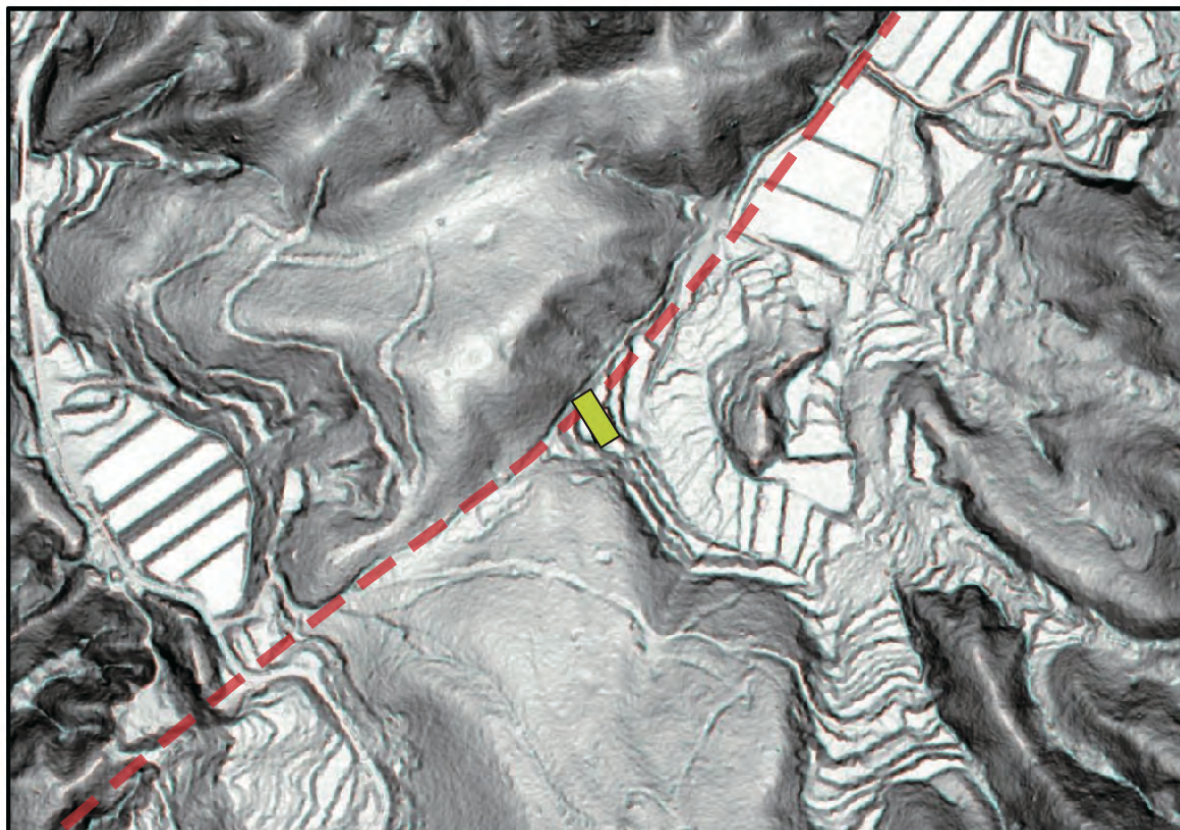


図 6 弥栄断層程原地区付近の地形陰影図と調査候補地 1 の位置
地形陰影図は、今回実施した航空レーザー測量による計測データを用いて作成した。赤破線は、活断層が通過すると想定される位置を示す。黄緑色の四角は、この地区でトレンチ調査を実施する候補地点を示す。

b) 調査候補地 2（田野原）

調査候補地 2 は、浜田市田野原地区である。この地点では南東から北西に向かって傾き下がる山地斜面の途中に逆向き断層崖が形成されている。断層崖に沿って谷地形が形成され（図 7）、谷底には堰き止めによって湿地が形成されており、炭化物を多く含む細粒な堆積物が分布していることが予想される。山間部に位置しているため、人工改変が少なく、表層付近まで地層が保存されている可能性が高い。調査候補地の南西側は断層が丘陵を横切って鞍部を形成しており、断層の通過位置を限定しやすいことも条件として好ましい。一方、掘削地点までのアクセスについて、途中から未舗装の林道に入る必要があり、大型重機の搬入が可能かどうか事前に確認する必要がある。

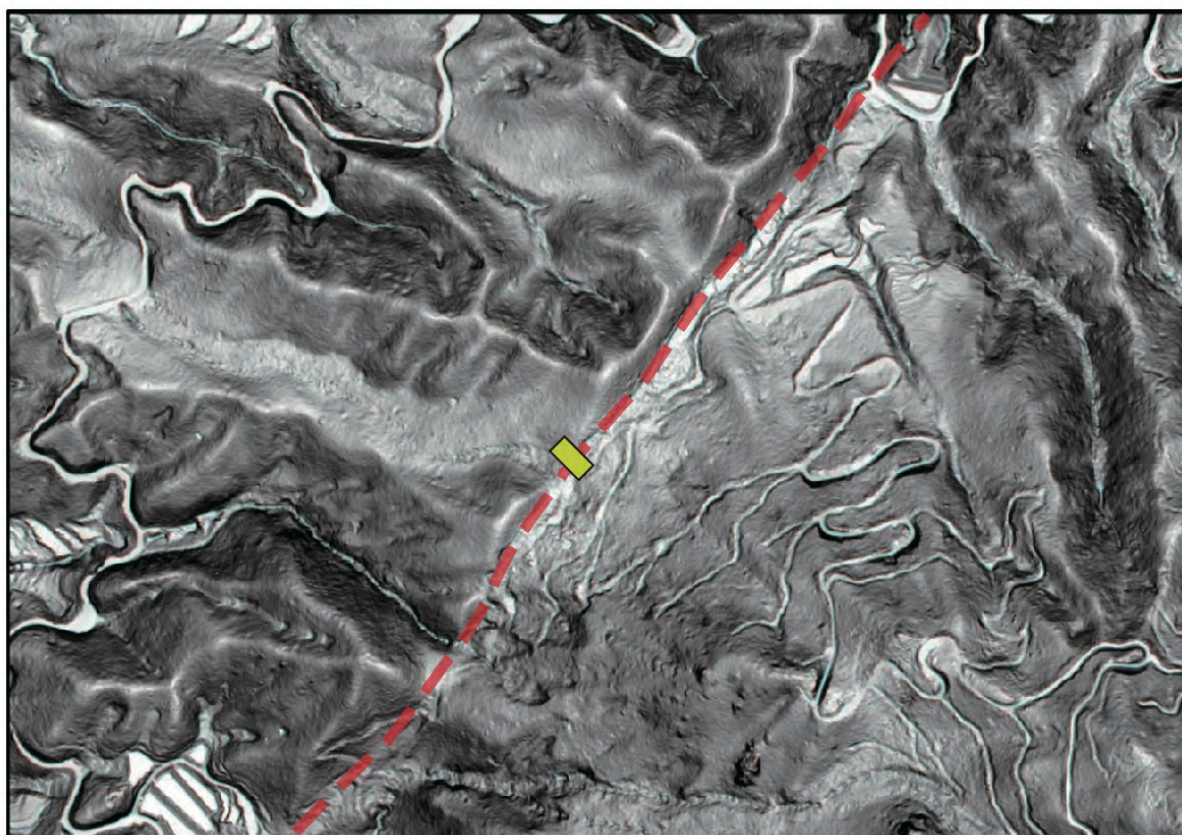


図 7 弥栄断層田野原地区付近の地形陰影図と調査候補地 2 の位置
地形陰影図は、今回実施した航空レーザー測量による計測データを用いて作成した。赤破線は、活断層が通過すると想定される位置を示す。黄緑色の四角は、この地区でトレンチ調査を実施する候補地点を示す。

c) 調査候補地 3（板井川）

調査候補地 3 は、益田市板井川地区である。この地点は南東から北西に向かって流れる谷と、断層に沿って南西から北東に流れる谷の合流点に位置する（図 8）。この合流点には段丘面が形成されており、この段丘面を構成する堆積物と断層構造との関係を掘削調査によって確認できることが期待される。また、この地点付近における弥栄断層の活断層トレースは、地質図に示されている地質断層（弥畝山西断層）と一致することから、周辺の地質情報に基づいて活断層が通過する位置を絞り込むことができる可能性がある。一方、段丘面は既に圃場整備が行われており、地表付近の地層が改変されている可能性が高い。

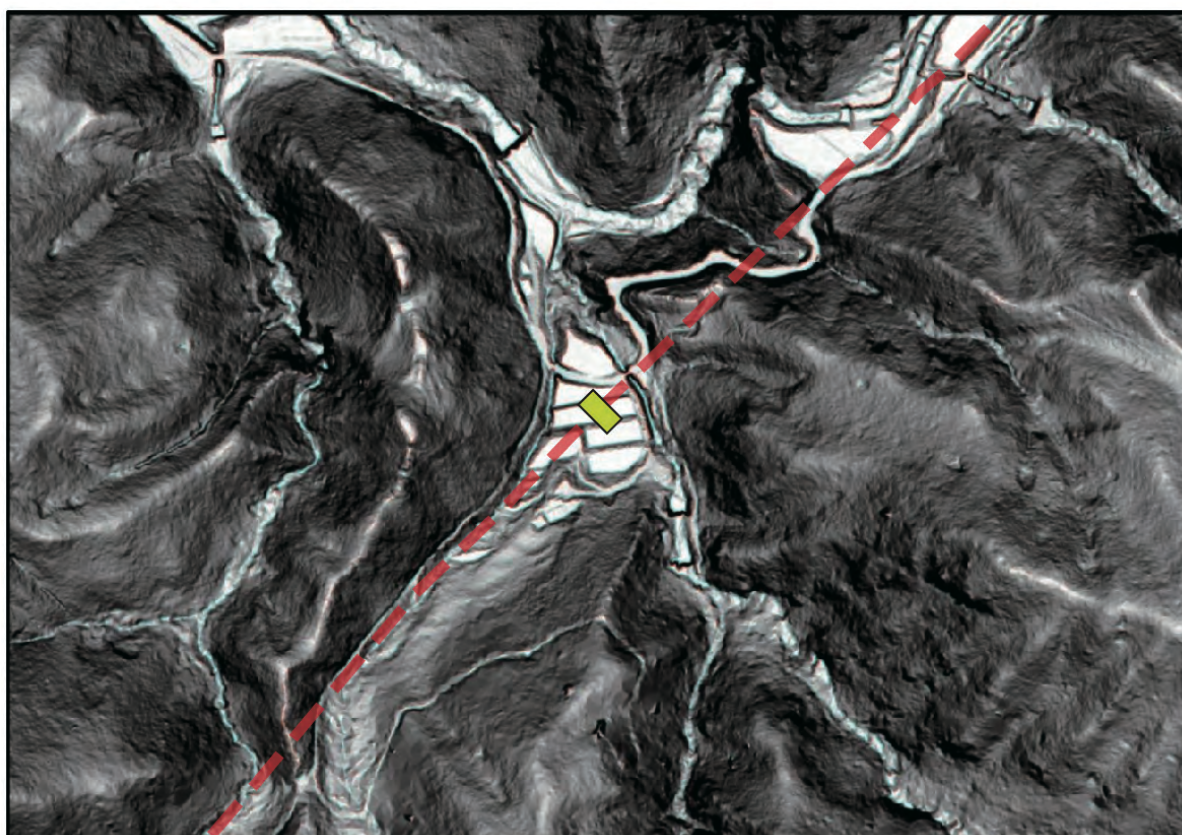


図 8 弥栄断層板井川地区付近の地形陰影図と調査候補地 3 の位置
地形陰影図は、今回実施した航空レーザー測量による計測データを用いて作成した。赤破線は、活断層が通過すると想定される位置を示す。黄緑色の四角は、この地区でトレンチ調査を実施する候補地点を示す。

d) 調査候補地 4（宇津川）

調査候補地 4 は、益田市宇津川地区である。この地点では断層に沿って北東-南西方向の直線的な谷地形がみられる（図 9）。この谷が屈曲する地点付近には孤立丘（閉塞丘）状の尾根地形と上流部が失われた谷地形が分布する。主要な道路からのアクセスがよく、大型重機や資材を搬入するには都合が良い場所である。一方、直線的な谷の谷底は人工改変が進んでおり、地表付近の地層が失われている可能性が高い。

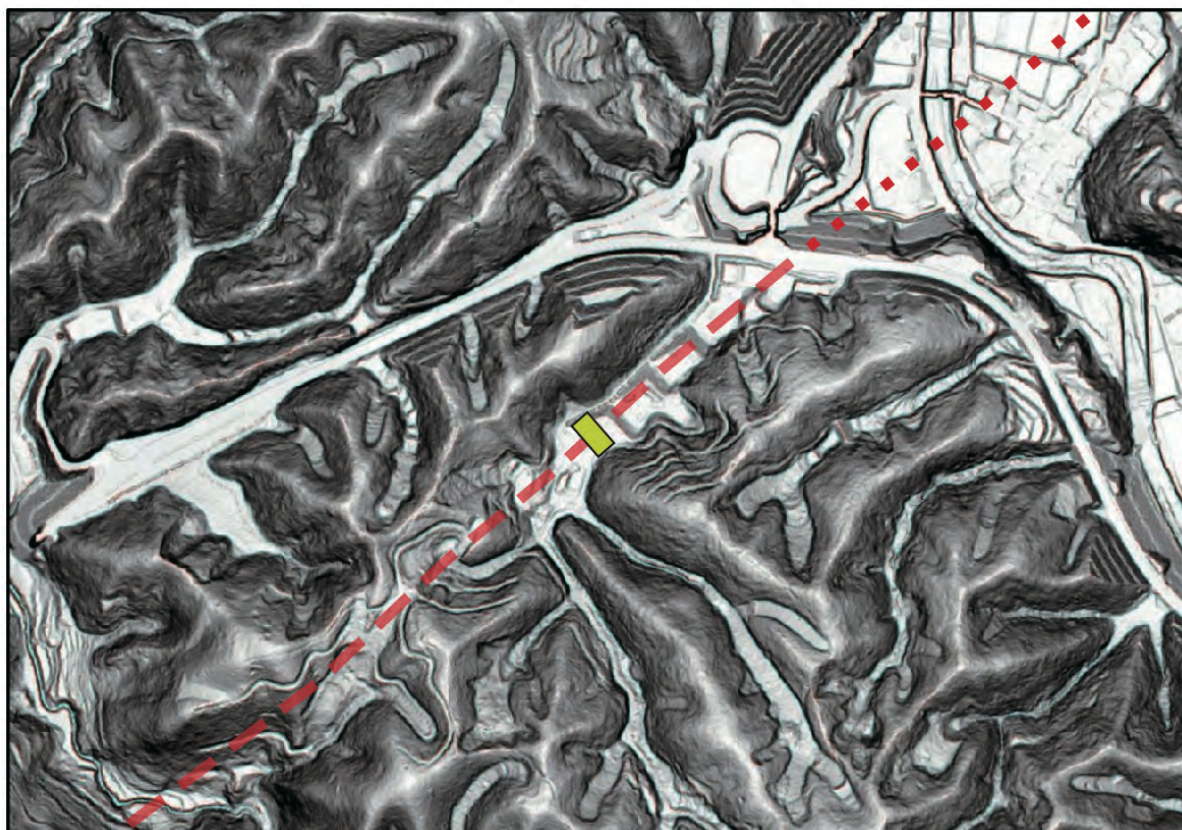


図 9 弥栄断層宇津川地区付近の地形陰影図と調査候補地 4 の位置
地形陰影図は、今回実施した航空レーザー測量による計測データを用いて作成した。赤破線は、活断層が通過すると想定される位置を示す。黄緑色の四角は、この地区でトレンチ調査を実施する候補地点を示す。

e) 調査候補地 5（丸茂）

調査候補地 5 は、益田市丸茂地区である。この地点では断層に沿って北東-南西方向の直線的な谷地形がみられる（図 10）。谷地形の南西側は上流が失われた載頭谷となっている。この谷が屈曲する地点付近には孤立丘（閉塞丘）状の尾根地形と上流部が失われた谷地形が分布する。水系の屈曲や段丘面の変形といった最近の断層活動を示唆する断層変位地形は認められない。主要な道路からのアクセスがよく、大型重機や資材を搬入するには都合が良い場所である。一方、人工改変が進んでおり、地表付近の地層が失われている可能性が高い。また、南西側には新期の堆積物で埋められた盆地が広がっており、活断層の通過位置を特定するのが困難な場所であるため、トレンチを掘削する前にボーリング調査を実施して断層の通過位置を確認する必要がある。



図 10 弥栄断層丸茂地区付近の地形陰影図と調査候補地 5 の位置
地形陰影図は、今回実施した航空レーザー測量による計測データを用いて作成した。赤破線は、活断層が通過すると想定される位置を示す。黄緑色の四角は、この地区でトレンチ調査を実施する候補地点を示す。

4) トレンチ調査

弥栄断層の活動履歴を明らかにするため、同断層の中部に位置する益田市美都町仁川（図 11）において、トレンチ調査を計画した。調査地の選定については、昨年度に実施した航空レーザー測量により作成された詳細地形データを用いた検討と、現地における地形地質調査の結果に基づいて決定した。調査を実施している途中で掘削地点周辺に埋設管が存在することが明らかになったため、掘削範囲を分割し、3つのピットと掘削することとした（図 12）。

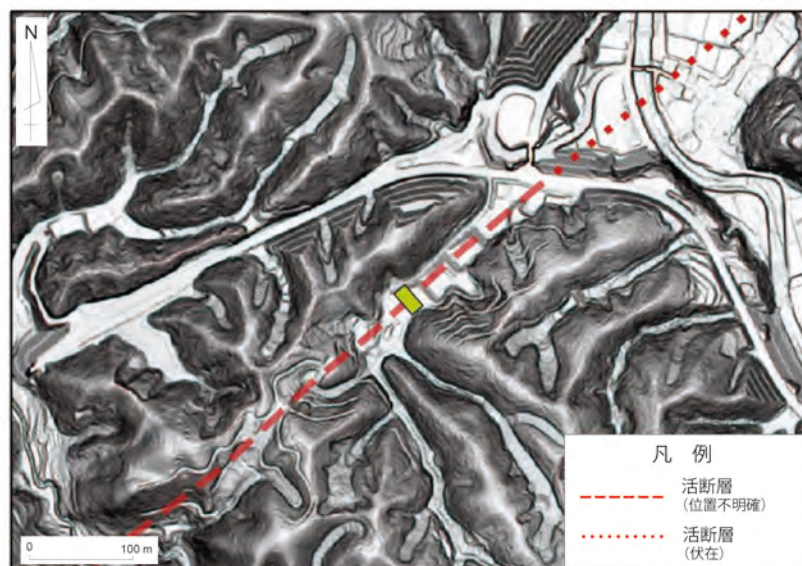


図 11 トレンチ調査掘削予定地点（益田市美都町仁川）周辺の地形



図 3 ピット配置図

以下に、ピット A、B、C の順に観察結果を記載する。

【ピット A】

ピット A は幅約 10 m にわたって壁面を削るように掘削した。地表下への掘削は約 1.5 m である。観察面では南西壁面のみである。壁面の写真を図 13 に、スケッチと年代測定結果を図 14 に示す。壁面では基盤の三郡層群（堆積岩）が破碎されている構造が確認された。破碎が著しいところでは、岩石が砂状になっていた。破碎部の上端は斜面堆積物で覆われており、斜面堆積物に変位は認められなかった。この破碎部が弥栄断層の本体であるかどうか不明であるが、少なくともこの破碎部が活動していない期間を明らかにするため、試料を採取して年代測定を実施した。また、破碎部の中に存在する炭化物については、断層活動が生じた際に破碎部に巻き込まれた可能性があるため、それらについても試料を採取し、年代測定を行った。



図 13 ピット A（南西壁面）の壁面写真

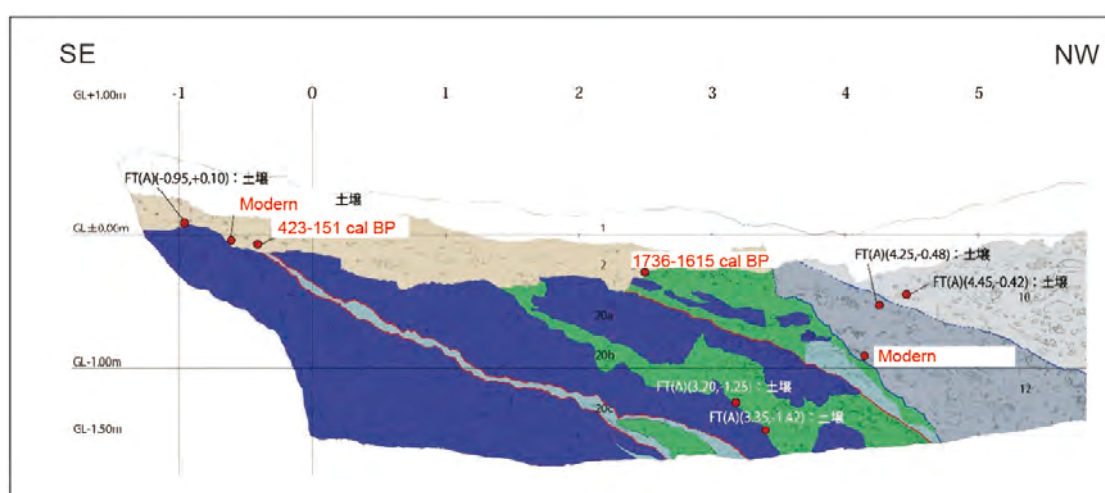


図 14 ピット A（南西壁面）のスケッチと年代測定結果

【ピット B】

ピット B は幅約 10 m にわたって地表下約 3.5 m まで掘削した。観察面は南西壁面のみである。壁面の写真を図 15 に、スケッチを図 16 に示す。年代測定を行うための試料は採取しなかった。

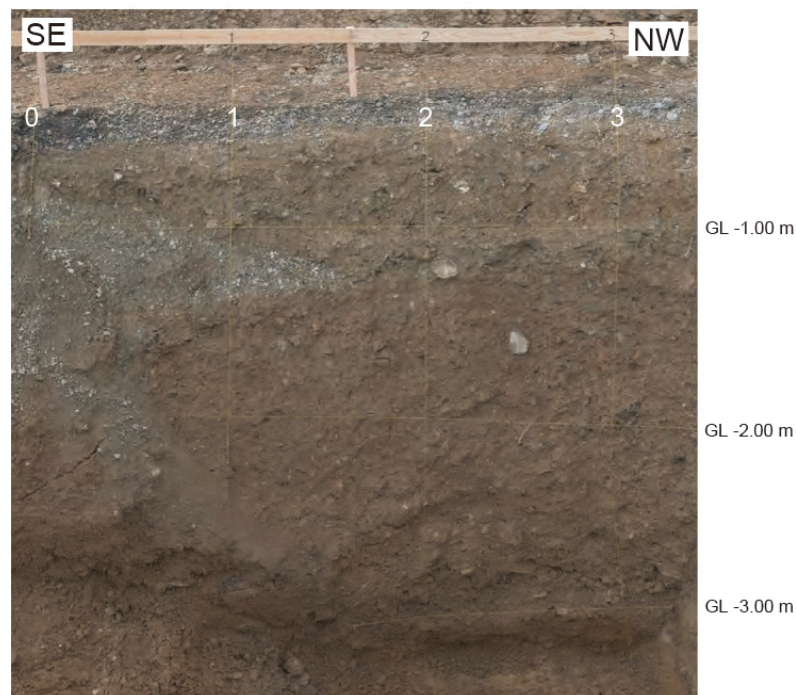


図 15 ピット B（南西壁面）の壁面写真

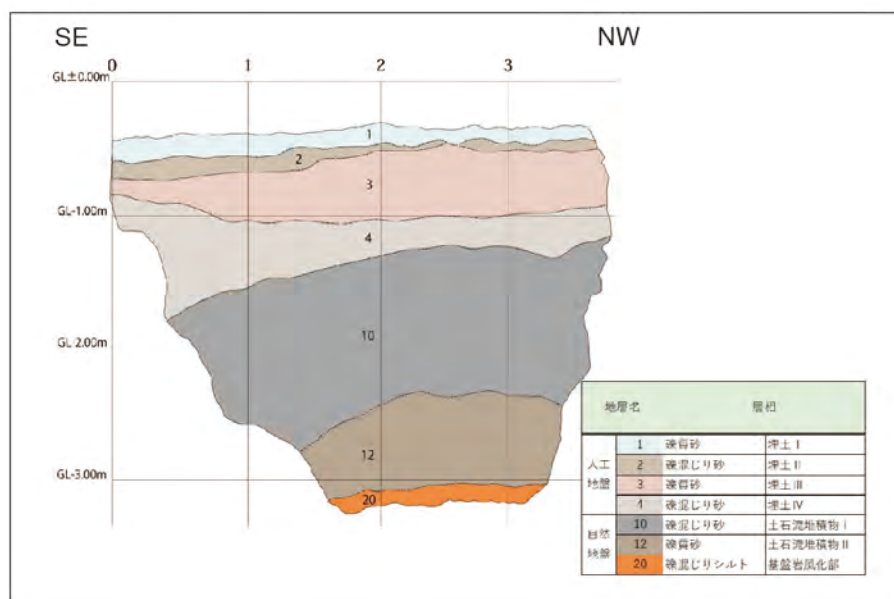


図 16 ピット B（南西壁面）のスケッチ

【ピット C】

詳細な地形解析の結果からはピット A もしくはピット B 付近を断層が通過する可能性が高いと考えたが、念の為、直線谷の南東縁に沿って断層が通過していないか確認するためピット C を掘削した。谷壁の基盤にアバットするように堆積した土石流堆積物が観察された。堆積物中に腐植物が確認されたため、それらを採取して年代測定を実施した。観察を行った南西壁面の写真を図 17 に、スケッチと年代測定結果を図 18 に示す。



図 17 ピット C（南西壁面）の壁面写真

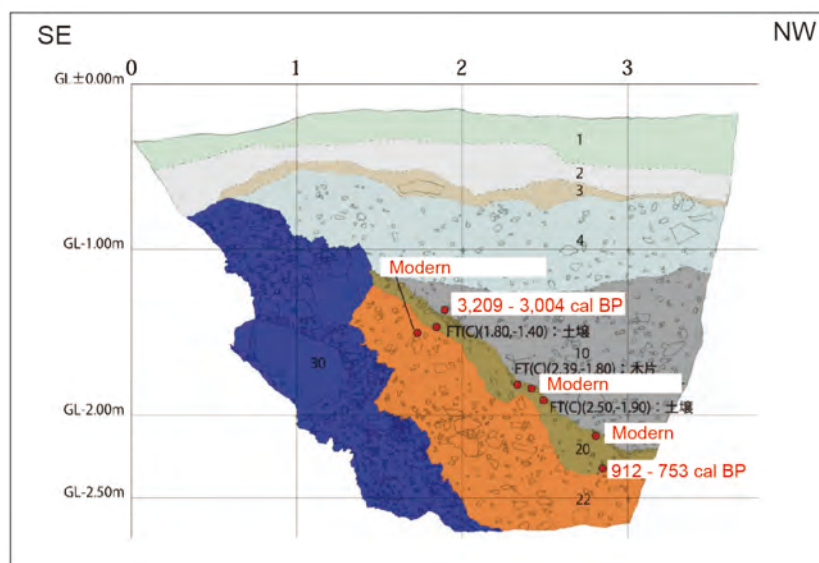


図 18 ピット C（南西壁面）のスケッチと年代測定結果

5) 年代測定

令和 5 年度に掘削したピット A から採取した 4 試料とピット C から採取した 5 試料について AMS 法による放射性炭素年代測定を実施した。年代測定は株式会社加速器分析研究所に依頼した。年代測定結果については、Ramsey (2009) の手法に従い、Intcal20 (Reimer et al. 2020) を用いて暦年較正を行い、 2σ の範囲を示した値を用いることとする。

ピット A から採取した試料のうち 2 試料の分析結果は「Modern」であった。おそらく、地表から混入した炭化物や土壌を測定してしまったものと思われる。それ以外の年代測定結果のうち、水平グリッドの 0 と 1 の間から採取した試料からは、423-151 cal BP の年代が得られた。また、水平グリッドの 2 と 3 の間から採取した試料からは、1,736-1,615 cal BP の年代が得られた。

ピット C から採取した試料のうち 3 試料の分析結果は「Modern」であった。堆積物の層相からみてピット C で観察される地層は土石流堆積物と考えられるため、ごく最近に発生した土石流によって堆積した可能性が考えられる。そのほかの 2 試料については地表下約 1.5 m から採取した試料から 3,209-3,004 cal BP の年代が得られた。また、地表下 2.3 m 付近から採取した試料から 912-753 cal BP の年代が得られた。両者は層位的にも逆転してしまうため、何らかの攪乱を受けて堆積した地層に含まれていた試料と思われる。

6) 断層活動時期の検討

ピット A における観察結果から、観察壁面に見られる破砕部は 423-151 cal BP 以降には活動していないことが確認された。ピット A から得られたもう一つの年代値 1,736-1,615 cal BP については、この破砕部から離れた位置から採取されたため、断層構造を覆う地層と断定することはできない。

ピット C では、断層構造は確認できなかった。谷壁をなす基盤には破砕された痕跡が認められないため、調査地に見られる直線谷の南東縁を断層が通過する可能性が極めて低いと考えられる。

7) 水系の屈曲率に基づく横ずれ平均変位速度の検討

弥栄断層周辺の地形解析を行い、断層運動によって屈曲した水系を抽出し、屈曲量と上流の長さを計測して水系の屈曲量 (D : m) / 上流の長さ (L : m) の値 (α) を算出した後、中国地方に分布する活断層の事例を参照した係数 k の値を用いて、弥栄断層の平均変位速度を検討した。

弥栄断層及びそこから分岐した活断層による右横ずれの変位を受けた 42 の水系を抽出し、その屈曲量 (m) と断層よりも上流側の水系の長さ (m) を計測した。産業技術総合研究所 (2021) の手法に従い、上流部が侵食小起伏面に達している水系のみを対象にしようとしたが、該当する水系がほとんど無いため、右横ずれ変位を認めることができた水系を全て取り上げた。計測した地点及び計測した結果を、図 19 と表 3 に示す。また、水系の屈曲量と上流の長さの関係を示したグラフを図 20 に示す。

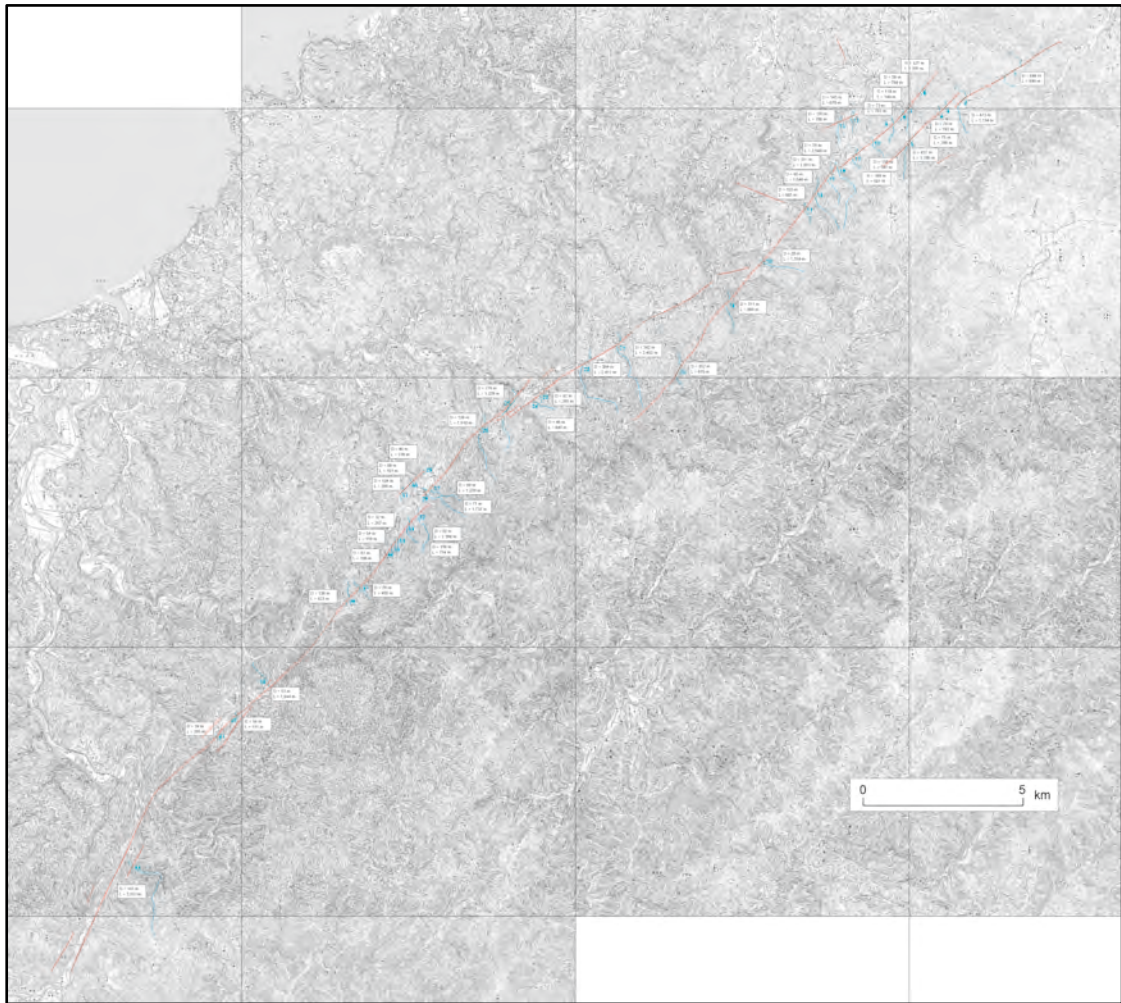


図 19 弥栄断層の平均変位速度を算出するため、検討対象として抽出した水系の分布
 背景地図には国土地理院発行の「数値地図 25000（地図画像）浜田」（2002）を使用した。活断層トレースは暫定的なものであり、今後の検討で変更する可能性がある。

表 3 弥栄断層における水系の屈曲量と上流の長さ

No.	地点名	屈曲量(m)①	上流の長さ(m)②	屈曲率 α (①/②)
1	波佐 (小角川)	648	648	1.000
2	笹目原	473	1134	0.417
3	三里	78	193	0.404
4	三里	75	288	0.260
5	横谷 (横谷川)	437	1195	0.366
6	三里	127	205	0.620
7	横谷	50	784	0.064
8	横谷	118	149	0.792
9	横谷	73	701	0.104
10	程原上	158	597	0.265
11	程原上	348	501	0.695
12	程原下	145	676	0.214
13	程原下	120	700	0.171
14	程原-田野原	78	2648	0.029
15	程原-田野原	311	1051	0.296
16	程原-田野原	95	1644	0.058
17	程原-田野原	103	605	0.170
18	柿ノ木原	20	1554	0.013
19	板井川	311	899	0.346
20	横見	352	478	0.736
21	堀越二反田	342	2492	0.137
22	丸茂郷	304	2451	0.124
23	都茂郷	92	295	0.312
24	都茂郷	46	848	0.054
25	下組	776	1329	0.584
26	奥湓	138	1910	0.072
27	久保湓	69	1220	0.057
28	久保湓	71	1737	0.041
29	久保湓	46	138	0.333
30	久保湓	99	101	0.980
31	久保湓	104	289	0.360
32	迫湓	62	1396	0.044
33	迫湓	156	764	0.204
34	東長沢	32	267	0.120
35	東長沢	54	159	0.340
36	東長沢	81	198	0.409
37	長沢町	70	400	0.175
38	長沢町	136	623	0.218
39	相撲ヶ原	53	1044	0.051
40	相撲ヶ原	56	131	0.427
41	須川	59	266	0.222
42	小直	143	3553	0.040
平均				0.293

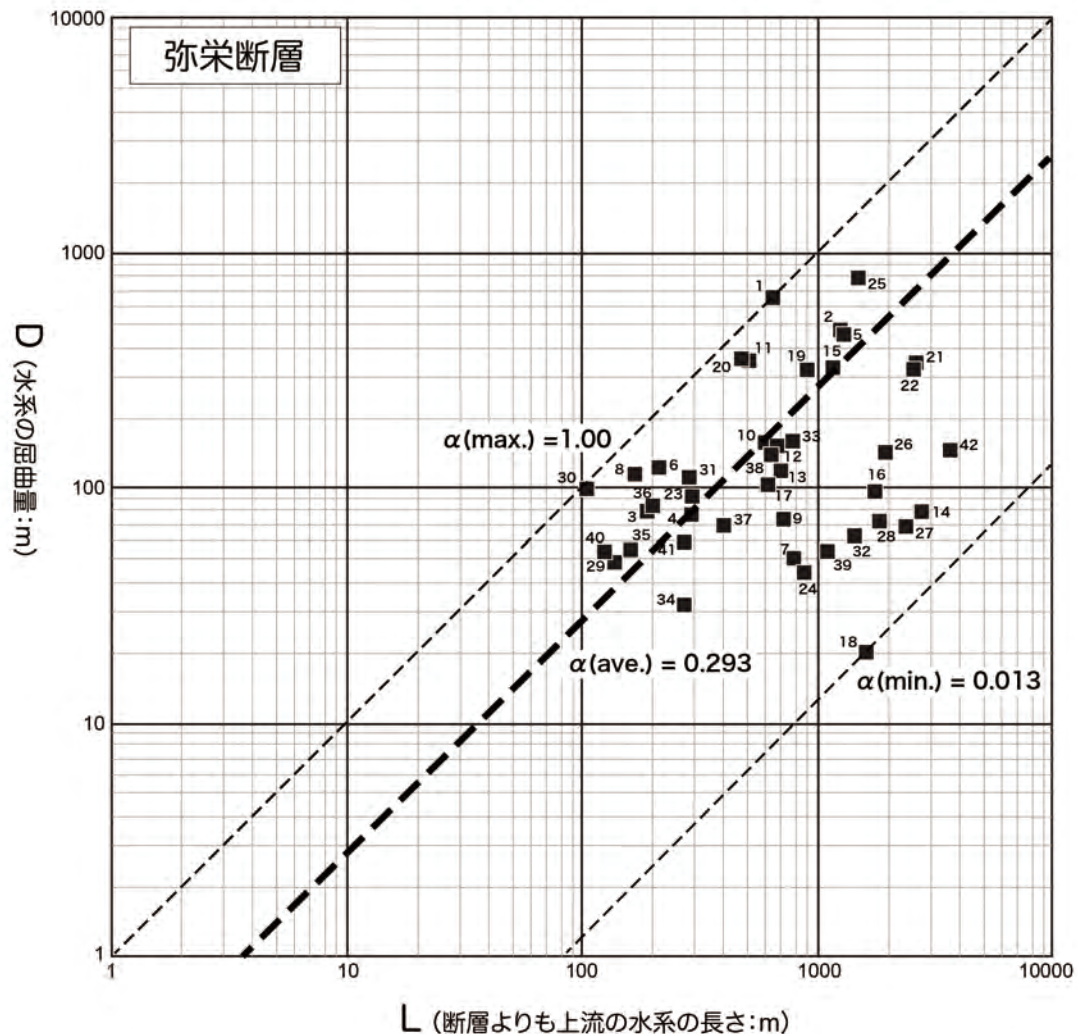


図 20 弥栄断層における水系の屈曲量 (D) と上流の長さ (L) との関係
数字は地形解析を行った地点の番号を示す。各地点の位置は図 19 に示す。

弥栄断層における水系の屈曲量 (D) と断層よりも上流側の谷の長さ (L) から導き出される屈曲率 (α) は 0.013～1.000 (平均値 : 0.293) であった。

弥栄断層の横ずれ成分の平均変位速度の算出について、上述の屈曲率の平均値と、弥栄断層と同じく中国地方に分布する地福断層での既往研究 (山内・白石、2013) による平均変位速度と α の値との比較結果から導き出される係数 k の値 ($k = 2 \sim 5$; 産業技術総合研究所, 2021) に基づくと、弥栄断層の横ずれ成分の平均変位速度は 0.59～1.47 m/千年 (平均値 : 1.03 m/千年) となる。一方、野坂・集福寺断層帯 (集福寺断層) で実施した結果から得られた係数 k の値 ($k = 1.37 \sim 4.3$; 産業技術総合研究所, 2021) に基づくと、弥栄断層の横ずれ成分の平均変位速度は 0.40～1.26 m/千年 (平均値 : 0.83 m/千年) と算出された。これらの値はいずれの値も地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2016a) が示した弥栄断層の平均変位速度と近似した値であるが、依然として広い誤差幅を有しており、より精度をあげる必要がある。

(d) 結論ならびに残された課題

弥栄断層に関する既往研究を収集し、これまでの研究成果を整理した。これまでに実施された複数の研究では、この活断層は全体の長さ 50 km を超える長大な活断層であることが報告されているが、過去の活動に関する調査はまだ不十分である。

令和 4 年度の調査では、弥栄断層の北半部の長さ約 16 km の範囲において航空レーザー測量を実施し、デジタル標高モデルを作成した。令和 5 年度に弥栄断層の南半部における既存のデジタル標高モデルを入手し、弥栄断層全体のデジタル標高モデルを構築した。

作成したデジタル標高モデルを用いて、弥栄断層に沿って分布する断層変位地形の分布と形態の検討ならびにトレンチ調査の実施地点の検討を行った。令和 5 年度にトレンチ調査を実施して弥栄断層の活動履歴に関する情報を収集する予定であったが、調査地の制約によってピット調査に切り替えることとなった。ピット A の観察結果から観察壁面に現れた破砕部は 423-151 cal. BP 以降には活動していないことが確認された。しかし、この年代では弥栄断層の活動時期を精度よく求めるのに十分な結果とは言えない。

令和 4 年度に、産業技術総合研究所 (2021) の手法にしたがって横ずれ変位を受けた水系の屈曲率に基づいて平均変位速度を検討し、0.59~1.47 m/千年 (平均値: 1.03 m/千年)、もしくは 0.40~1.26 m/千年 (平均値: 0.83 m/千年) の結果を得た。これらの値は地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2016a) が示した値と近似しているが、誤差幅を狭めるためにさらに手法の精度を上げる必要がある。

(e) 引用文献

安藤喜美子, 三浦半島・伊豆半島および兵庫県山崎付近における断層の横ずれによる谷の変位量について, 地理学評論, 45(10), 716-725, 1972.

吾妻 崇, 淡路島北部における活断層の活動度の再評価, 第四紀研究, 36(1), 29-42, 1997.

古松秀崇, 島根県西部弥栄断層の活動性について, 広島工業大学卒業研究論文, 21p, 2010.

後藤秀昭, 中央構造線活断層系: 伊予断層の変位地形, 活断層研究, 14, 28-38, 1996.

地震調査研究推進本部地震調査委員会, 弥栄断層・地福断層の長期評価, 7p, 2016a.

地震調査研究推進本部地震調査委員会, 中国地域の活断層の長期評価 (第一版), 70p, 2016b.

金折裕司・遠田晋次, 中国地方西部に認められるプレート内山口-出雲地震帯の成因と地震活動, 自然災害科学, 25, 507-523, 2007.

活断層研究会編, 日本の活断層-分布図と資料-, 東京大学出版会, 363p, 1980.

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, 437p, 1991.

丸山 正・林 愛明・宮田隆夫, 六甲山地東部五助橋断層帯の変位地形と第四紀後期の活動性, 活断層研究, 16, 59-72, 1997.

Maruyama, T. and Lin, A., Tectonic history of the Rokko active fault zone (southwest Japan) as inferred from cumulative offsets of stream channels and basement rocks. Tectonophysics, 323, 197-216, 2000.

Maruyama, T. and Lin, A., Active strike-slip faulting history inferred from offsets of topographic features and basement rocks: a case study of the Arima-Takatsuki Tectonic Line, southwest Japan. Tectonophysics 344, 81-101, 2002.

- 松田時彦, 跡津川断層の横ずれ変位, 地震研究所彙報, 44, 1179-1212, 1966.
- 松田時彦, 活断層としての石廊崎断層系の評価, 1974 年伊豆半島沖地震災害調査研究報告, 121-125, 1975.
- 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 2 枚+解説書 60p, 2002.
- 岡田篤正, 吉野川流域の中央構造線の断層変位地形と断層運動速度, 地理学評論, 43(1), 1-21, 1970.
- Ramsey, B.C., Bayesian analysis of radiocarbon dates. Radiocarbon, 51(1), 337-360, 2009.
- Reimer, P.J., Austin, W.E.N., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Butzin, M., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hajdas, I., Heaton, T.J., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kromer, B., Manning, S.W., Muscheler, R., Palmer, J.G., Pearson, C., van der Plicht, J., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Turney, C.S.M., Wacker, L., Adolphi, F., Büntgen, U., Capano, M., Fahrni, S.M., Fogtmann-Schulz, A., Friedrich, R., Köhler, P., Kudsk, S., Miyake, F., Olsen, J., Reinig, F., Sakamoto, M., Sookdeo, A. and Talamo, S., The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kBP), Radiocarbon 62(4), 725-757, 2020.
- 産業技術総合研究所, 活断層評価の高度化・効率化のための調査 令和2年度成果報告書, 250p, 2021.
- 田力正好・中田 高・堤 浩之・後藤秀昭・吾妻 崇・松田時彦・水本匡起・松浦律子, 弥栄断層帯の断層変位地形—中国地方西部の活断層密集地域に分布する断層長の長い活断層. 日本地球惑星科学連合 2012 年大会予稿集, SSS35-P30, 2012.
- 植村善博, 丹波高地西南部, 三峠断層系の断層変位地形, 地理学評論, 61, 453-468, 1988.
- 山内一彦・白石健一郎, 中国山地西部、徳佐盆地およびその周辺部に分布する活断層の変動地形学的検討, 立命館地理学, No. 25, 15-35, 2013.