

3. 9 筒賀断層の調査

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 筒賀断層の調査

(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
国立研究開発法人 産業技術総合研究所	研究員	白濱 吉起 ^{#1}

^{#1} 令和3年9月まで担当者。

(c) 業務の目的

筒賀断層は、広島県西部に位置する北東－南西走向の右横ずれ断層である。地震調査研究推進本部による長期評価（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2016a）では最新活動時期、平均活動間隔、平均変位速度がいずれも不明となっているため、将来の地震発生確率を算出することができていない。この活断層に沿っては、段丘地形など年代推定が可能な横ずれの指標となる地形が乏しく、平均変位速度の推定が困難である。そのため、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）もしくは流域面積（A）との関係、及び本事業の別課題で実施している中国地方における侵食速度の算出結果に基づいて、この活断層の横ずれ成分の平均変位速度の推定を試みる。また、流域平均侵食速度を宇宙線生成核種により求め、他断層の流域と比較する。

(d) 3カ年の実施業務の要約

1) 令和元年度

対象地域の既往成果の整理を行い、横ずれ変位を受けた水系（11地点）を、水系の屈曲量と上流の長さ・流域面積を計測する対象地点に選定した。選定した地点について、「地理院地図」を利用して河谷の横ずれ量、上流長、流域面積等の計測を行い、水系の屈曲量/上流の長さ（ α ）及び水系の屈曲量/流域面積/100（ α' ）の値を算出した。

2) 令和2年度

令和元年度に計測を実施した11地点について、上流域が侵食小起伏面に到達している5水系を選定した。選定された水系から得られた α の値について、①地福断層に関する既往研究で求められた平均変位速度と α の値との比較結果及び②野坂・集福寺断層帯（集福寺断層）で実施した調査の結果に基づくk値を参照して、筒賀断層の横ずれ成分の平均変位速度を算出した。また、1流域について宇宙線生成核種により流域平均侵食速度を求め、他断層の流域と比較した。

3) 令和3年度

山内・山中（2021）の調査内容を精査し、本調査で算出された平均変位速度（横ずれ成分）の比較を行った。

(2) 令和3年度の成果

今年度に公表された論文(山内・山中, 2021)の内容を精査し、本調査で算出された平均変位速度(横ずれ成分)の比較を行った。

(3) 令和元年度～令和3年度の成果

(a) 業務の要約

筒賀断層は、広島県西部に位置する北東-南西走向で長さ約58 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)。この活断層の横ずれ成分の平均変位速度を推定するため、断層を横切る水系の屈曲量と断層よりも上流側の水系の長さ及び流域面積の計測を行い、水系の屈曲量/上流の長さ(α)及び水系の屈曲量/流域面積/100(α')を算出した。既往調査を参照し、この断層によって右横ずれの変位を示している水系11地点を選出した。地形解析によって得られた α および α' の値は、それぞれ、0.21~0.04(平均値:0.09)および0.15~0.01(平均値:0.04)であった。

令和2年度には、上流域が侵食小起伏面に達している5水系に限定して水系の屈曲量(D)/上流の長さ(L)の関係(α)を確認した。その結果、 α の値は0.08~0.04(平均値:0.07)に限定された。同じ中国地方に位置する地福断層での既往研究による平均変位速度と α の値との比較結果($S = (2\sim5)\alpha$)に基づくと、筒賀断層の横ずれ成分の平均変位速度は0.4~0.08 m/千年となる。また、野坂・集福寺断層帯(集福寺断層)で実施した地形解析の結果($k = 1.37\sim4.3$)に基づくと、筒賀断層の横ずれ成分の平均変位速度は0.3~0.05 m/千年と算出された。また、宇宙線生成核種により、一流域で流域平均侵食速度を推定した。結果、約130 mm/kyと求められた。他断層沿いで得られた値と比較するとやや大きい、特筆して大きい値ではなく、流域の削剥条件に大きな違いがないことが推定された。

2) 水系の選定

地形図の読み取りによって認定された水系の横ずれから 11 地点を選定し、地形解析の対象とした (図 2)。地点番号は断層に沿って北から順に付け、地点 1 は断層の北端に近い新庄付近 (北広島町) の船峠川支流、地点 2～4 は加計付近 (安芸太田町)、地点 5～6 は戸河内付近 (安芸太田町)、地点 7 は中筒賀付近 (安芸太田町)、8～10 は上筒賀付近 (安芸太田町)、地点 11 は宇佐付近 (山口県岩国市) に位置する (図 2)。

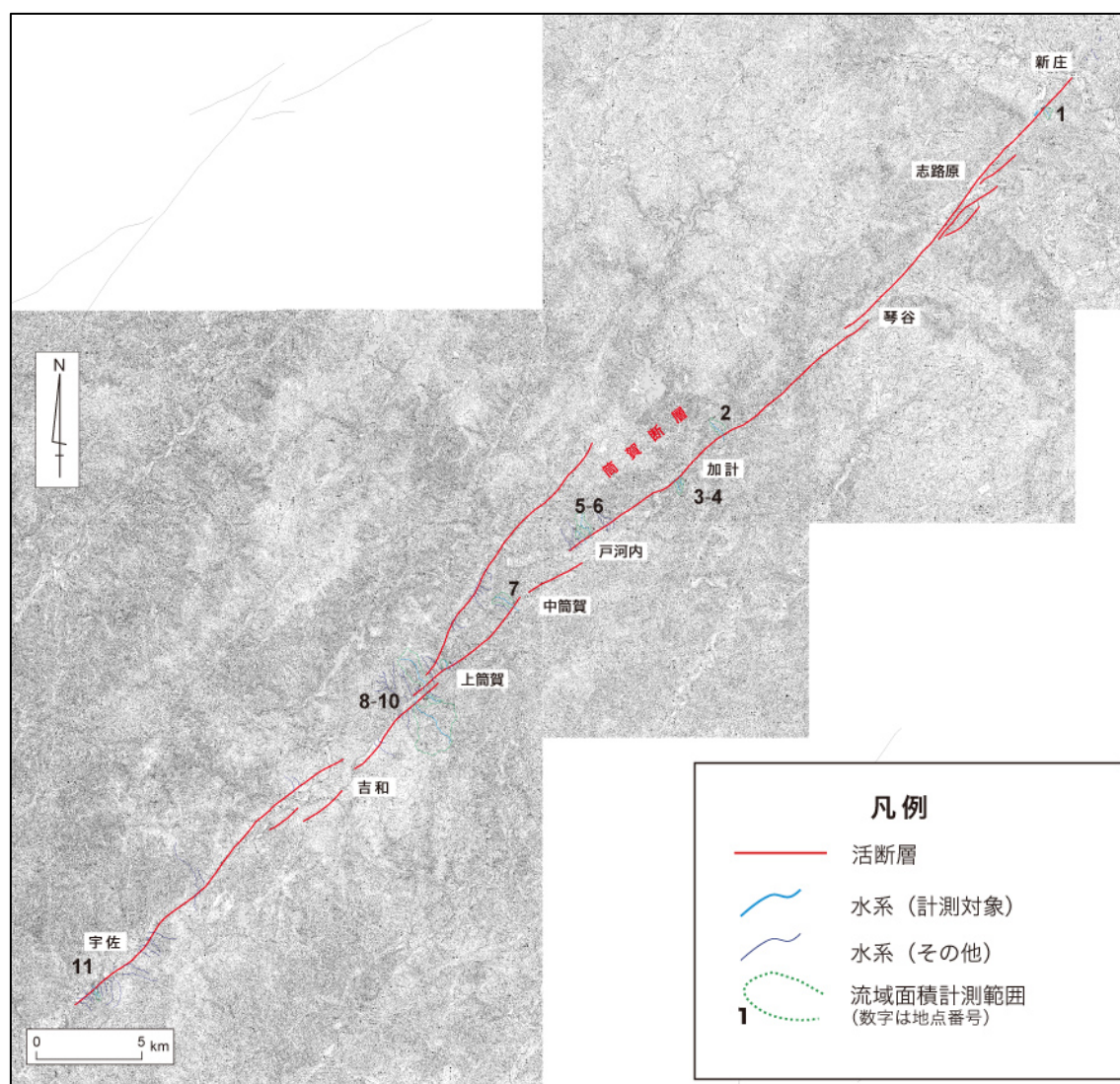


図 2 筒賀断層において地形解析を行った地点

活断層の位置は地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2016a) にしたがった。

3) 地形解析

選定した 11 地点について、「地理院地図」の計測ツール (「距離」及び「面積」) を利用して河谷の横ずれ量、上流長、流域面積の計測を行い、水系の屈曲量/上流の長さ (α) 及び水系の屈曲量/流域面積/100 (α') を算出した。

各地点で計測した水系の屈曲量、上流の長さ、流域面積及び α と α' の値を表1に示す。また、水系の屈曲量と上流の長さとの関係および α の値を図3に、水系の屈曲量と流域面積との関係及び α' の値を図4にそれぞれ示す。

表2 筒賀断層における水系の屈曲量と上流の長さ、流域面積

地点 番号	地点名	水系の屈曲量 (m) ①	上流の長さ (m) ②	流域面積 (m ²) ③	α (①/②)	α' (①/ ③)
1	新庄	56	441	128,490	0.13	0.04
2	加計	41	696	270,481	0.06	0.02
3	加計	22	368	60,418	0.06	0.04
4	加計	21	574	131,625	0.04	0.02
5	戸河内	93	1,210	324,771	0.08	0.03
6	戸河内	58	670	158,729	0.09	0.04
7	中筒賀	56	1,019	368,881	0.05	0.02
8	上筒賀	77	372	50,046	0.21	0.15
9	上筒賀	142	1,731	1,104,000	0.08	0.01
10	上筒賀	145	713	160,539	0.06	0.03
11	宇佐	67	362	92,939	0.19	0.07

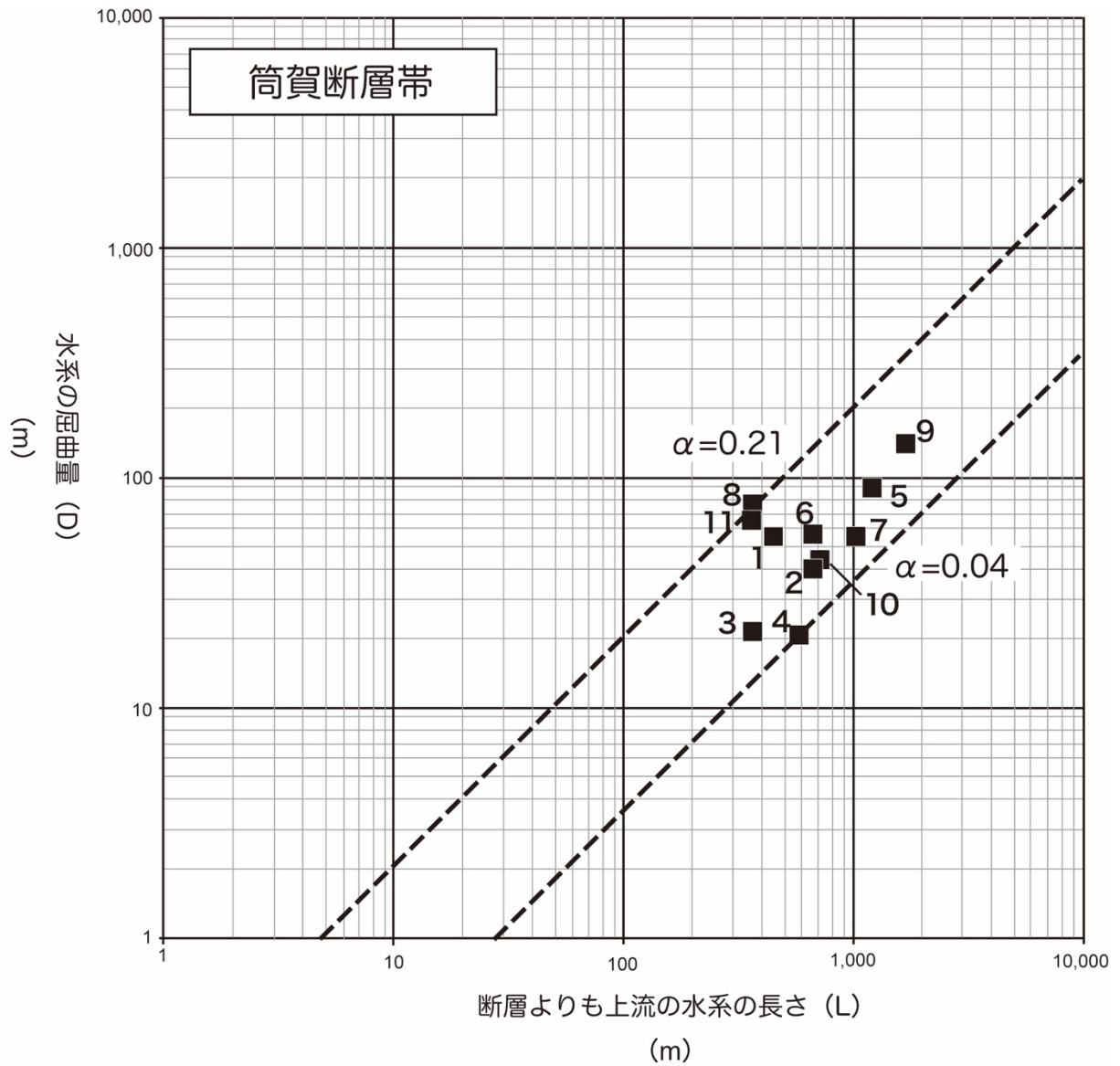


図3 筒賀断層における水系の屈曲量 (D) と上流の長さ (L) との関係
 数字は地形解析を行った地点の番号を示す。各地点の位置は図2に示す。

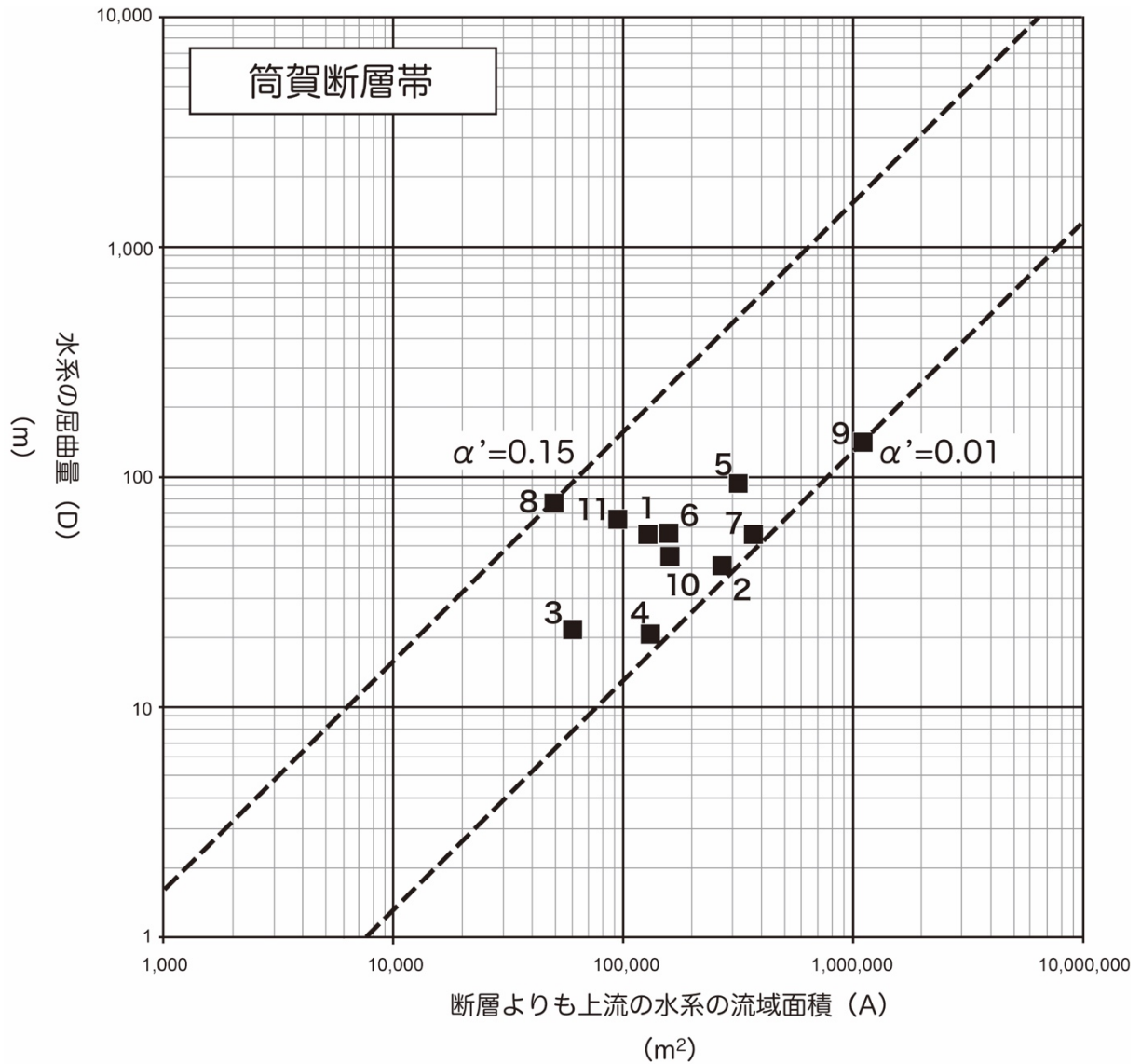


図4 筒賀断層における水系の屈曲量 (D) と上流の流域面積 (A) との関係
数字は地形解析を行った地点の番号を示す。各地点の位置は図2に示す。

(d) 令和2年度の業務の成果

1) 侵食小起伏面の抽出と水系の選定

地形図から等高線を読み取り、侵食小起伏面を抽出した。筒賀断層周辺では、標高 1,000 m 以上の侵食小起伏面、標高 800~900 m に分布する侵食小起伏面及び標高 600~800 m に分布する侵食小起伏面が認められた (図5)。令和元年度に地形解析を実施した水系と侵食小起伏面との関係を地図上で比較すると、地点 2、5、7、9 及び 10 の計 5 地点の水系の上流部が侵食小起伏面まで達していることが確認された。

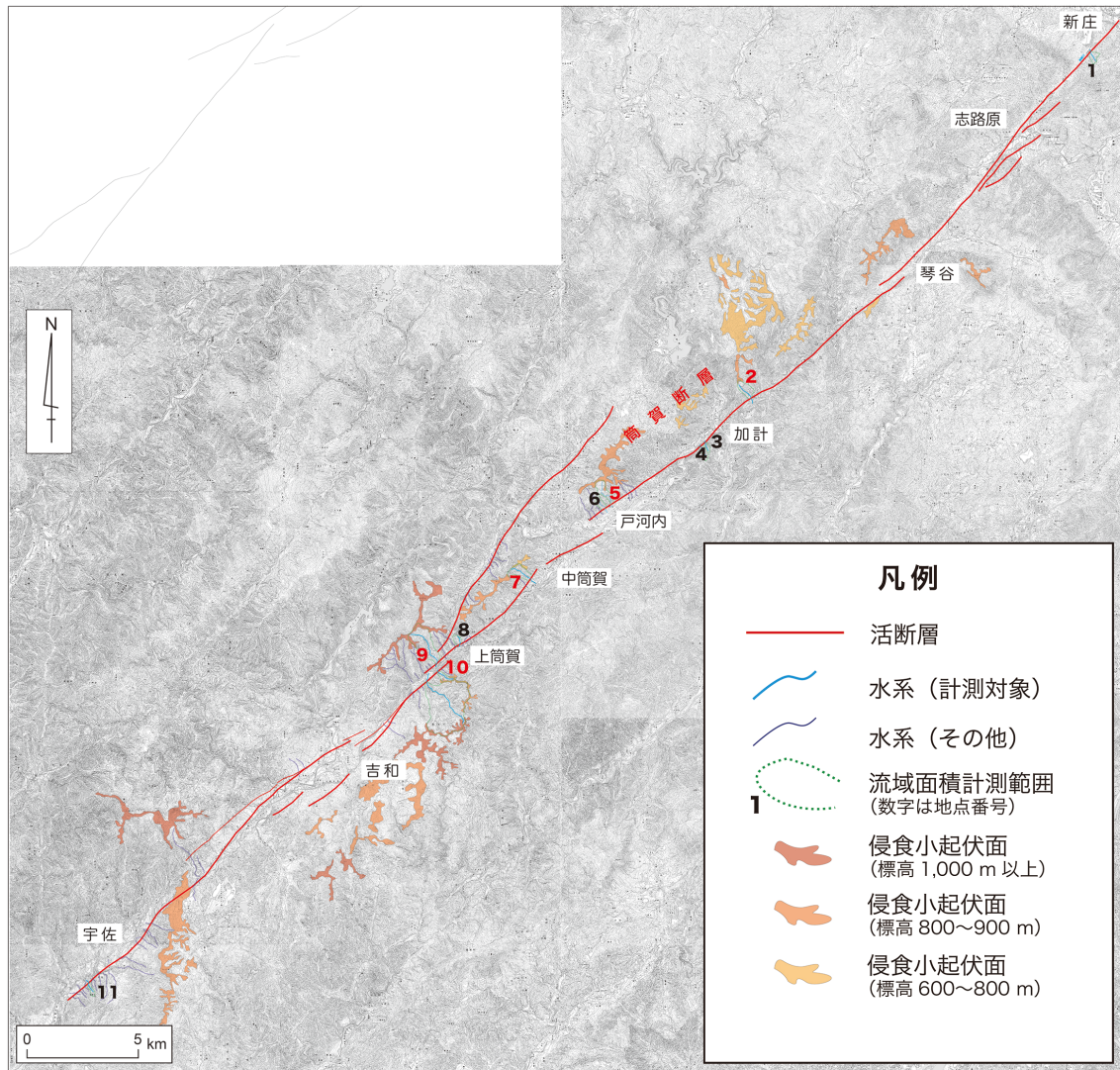


図5 筒賀断層において地形解析を行った地点

活断層の位置は地震調査研究推進本部地震調査委員会（2016a）に、本研究における地形判読結果に基づく線を一部加筆した。侵食小起伏面の分布範囲については、地形図の等高線の読み取りに基づく。

2) 地形解析

令和元年度に計測した水系の屈曲量、上流の長さ及び α の値のうち、上流部が侵食小起伏面に達している5つの水系について表2に赤字で示す。また、水系の屈曲量と上流の長さとの関係および α の値を図6に示す。なお、表2には参考として、令和元年度に計測した流域面積（A）およびそれと水系の屈曲量（D）との関係（ D/A ）の値（ α' ）を記しておく。

表1 筒賀断層における水系の屈曲量と上流の長さ

地点番号	地点名	水系の屈曲量 (m) ①	上流の長さ (m) ②	流域面積 (m ²) ③	α (①/②)	α' (①/③)
1	新庄	56	441	128,490	0.13	0.04
2	加計	41	696	270,481	0.06	0.02
3	加計	22	368	60,418	0.06	0.04
4	加計	21	574	131,625	0.04	0.02
5	戸河内	93	1,210	324,771	0.08	0.03
6	戸河内	58	670	158,729	0.09	0.04
7	中筒賀	56	1,019	368,881	0.05	0.02
8	上筒賀	77	372	50,046	0.21	0.15
9	上筒賀	142	1,731	1,104,000	0.08	0.01
10	上筒賀	145	713	160,539	0.06	0.03
11	宇佐	67	362	92,939	0.19	0.07

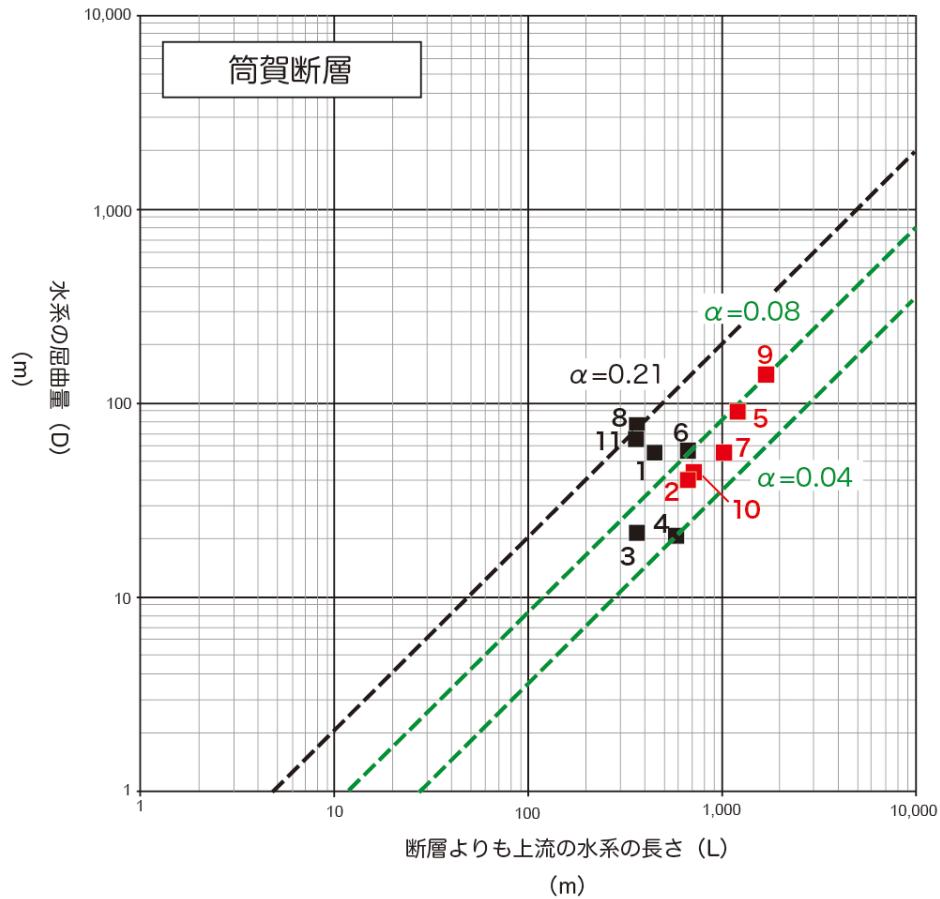


図6 筒賀断層における水系の屈曲量 (D) と上流の長さ (L) との関係
数字は地形解析を行った地点の番号を示す。各地点の位置は図5に示す。

3) 平均変位速度（横ずれ成分）の算出

上記の検討の結果、筒賀断層における屈曲率（ α ）は0.08～0.04と求まった。筒賀断層の横ずれ成分の平均変位速度について、地福断層での既往研究による平均変位速度と本研究で地福断層から得られた α の値との比較結果（ $S = (2\sim5) \alpha$ ）に基づくと、筒賀断層の横ずれ成分の平均変位速度は0.4～0.08 m/千年と算出される。一方、野坂・集福寺断層帯（集福寺断層）で実施した結果（ $k = 1.37\sim4.3$ ）に基づくと、五日市断層の横ずれ成分の平均変位速度は0.3～0.05 m/千年と算出された。

4) 流域平均侵食速度の推定

流域削剥速度（流域平均侵食速度と同義）の定量的な推定には、河床砂に含まれる宇宙線生成放射性核種（CRN）を用いた。流域内の地表面は常に削剥され続けており、その表層のCRN蓄積量は削剥速度によって定まる。そのため、ある流域の流出点に集積した河床砂は表層からまんべんなく削剥されて運搬された土砂と考えられ、流域全体の平均的な削剥速度を反映しているとみなせる（Gosse and Phillips, 2001；松四・他, 2007）。このとき、河床砂に含まれるCRN蓄積量（ N ）と流域の平均的なCRN生成速度（ P ）と削剥速度（ ε ）の関係は(1)式で表される。

$$N = \frac{P}{\lambda + \mu\varepsilon} \quad (1)$$

μ は中性子の平均減衰長と岩石密度の比を示し、 λ は対象とするCRNの減衰係数を示す。本調査ではCRNとして ^{10}Be を使用した。流域の平均的なCRN生成速度は採取地点の生成速度で代表した。本断層帯では地点7の1流域を選定し、土砂試料を採取した。採取した試料中のCRN蓄積量から(1)式により流域削剥速度を求め、他の断層帯沿いで実施した結果と比較検討した。

地点7において、試料を採取し、流域平均侵食速度を求めたところ、約130 mm/kyrと推定された。この値は、他の断層帯において得られたおおよその値（50～100 mm/kyr）と比較するとやや大きい、特筆して大きい値ではなく、同程度の値は確認されている。このことから、流域平均侵食速度が他地域と比較して大きな影響を与えていることは考えづらい。

(e) 令和3年度の業務の成果

山内・山中（2021）は、下筒賀から宇佐にかけて分布する筒賀断層の詳細な断層変位地形を記載するとともに、地形面の年代とその横ずれ量に基づいて同断層の平均変位速度（ネットスリップ）の値を0.9～0.5 m/千年と算出した。同論文では、筒賀断層の上下変位量と横ずれ変位量の比を約29～6%と算出している。その情報に基づき、上下成分を除外して水平成分のみで比較した場合、山内・山中（2021）が求めた平均変位速度（横ずれ成分）の方が本調査の結果から得られた平均変位速度（横ずれ成分）よりも高い値を示すことが確認された。

(f) 結論ならびに今後の課題

筒賀断層を横切る主な水系の屈曲量と上流の長さ及び流域面積の地形解析を行った。

今回の調査で計測した筒賀断層における水系の屈曲量 (D) は、最大で 142 m、最小で 21 m であった。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 0.21~0.04、屈曲量 (D) と断層よりも上流側の流域面積 (A) から導き出される屈曲率 (α') は 0.15~0.01 であった。

さらに、検討対象を上流域が侵食小起伏面に到達している水系に限定することにより、筒賀断層における屈曲量 (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 0.08~0.04 に限定された。

筒賀断層の横ずれ成分の平均変位速度の算出について、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本研究で地福断層から得られた α の値との比較結果 ($S = (2\sim5) \alpha$) に基づくと、筒賀断層の横ずれ成分の平均変位速度は 0.4~0.08 m/千年と算出された。一方、野坂・集福寺断層帯 (集福寺断層) で実施した結果 ($k = 1.37\sim 4.3$) に基づくと、筒賀断層の横ずれ成分の平均変位速度は 0.3~0.05 m/千年と算出された。今回の調査の結果を山内・山中 (2021) が示した平均変位速度 (0.9~0.5 m/千年) と比較すると、後者の方が高い値を示す。その理由については、1) 山内・山中 (2021) が算出した平均変位速度が横ずれ成分だけでなくネットスリップの値であること、2) 時間軸の基準としている段丘面の年代推定が間接的な根拠 (始良 Tn 火山灰に覆われていない) であること、3) 平均変位速度が算出された地点と水系の屈曲率を算出した地点との空間的な違い、4) 地質学的な情報に基づき算出された平均変位速度 (やや短期的) と水系の上流への侵食速度に基づく屈曲率 (やや長期的) における時間的な平均変位速度の変化、などが考えられる。水系の屈曲率に基づいて平均変位速度 (横ずれ成分) を算出する手法を一般的なものにするためには、今後、これらの問題点を順次検討する必要がある。

また、宇宙線生成核種により、一流域で流域平均侵食速度が約 130 mm/ky と求められた。流域の削剥条件に他地域と比較して大きな違いがないことが推定されるが、一流域のみの結果であるため、詳細な検討にはより多くの流域からのデータが必要である。

(g) 引用文献

Gosse, J. C. and F. M. Phillips, Terrestrial in situ cosmogenic nuclides: theory and application, *Quat. Sci. Rev.*, 20, 1475-1560, 2001.

地震調査研究推進本部地震調査委員会, 筒賀断層の長期評価, 4p, 2016a.

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

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.

松四雄騎・若狭 幸・松崎浩之・松倉公憲, 宇宙線生成核種 ^{10}Be および ^{26}Al のプロセス 地形学的应用, 地形, 28, 87-107, 2007.

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 3枚+解説書 60p, 2002.

田力正好・中田 高・堤 浩之・後藤秀昭・水本匡起・松田時彦, 筒賀断層帯およびその周辺地域の活断層の分布と断層変位地形: 中国地方西部の活断層密集地域に発達する長大活断層の一例. 日本地球惑星科学連合大会予稿集, SSS28-P18, 2015.

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.

山内一彦・山中 蛭，中国山地西部，筒賀断層の断層変位地形と変位ベクトル，および平均変位速度．活断層研究，54，1-21，2021.