

屈曲率を用いた中央構造線活断層帯川上断層西部の活動度

米原和哉

1. はじめに

中央構造線断層帯は、日本を南北に分断する長さ約 360km の長大な断層帯である（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2011）（図 1）。この断層帯の第四紀以降の変位は右横ずれが卓越し，その速度は最大で約 10m/ky と求められ，断層帯の東部と西部で変位速度に大きな違いがある（後藤ほか，1999・堤・後藤，2006 など）。本断層帯では 1960 年代から活構造が認定され（岡田ほか，1968，1973 など）さらに 1980 年代からトレンチ調査が行われ，古地震についての情報が蓄積されてきている（堤，2000）。

本研究で対象とした川上断層は，四国の中央構造線活断層帯中～西部にかけて存在する全長約 30 km の活断層であり，松山平野の北東縁部から高縄半島基部を通り，小松町付近まで追跡される（後藤，中田 1998）（図 2）。この断層は，西部では高縄山地の南縁に一致し，南落ちセンスで南流する河谷を系統的に右横ずれさせる。川上断層の古地震調査は，西条市氷見地点（堤ほか，2000），西条市白坂地点（池田ほか，2014）で行われており（図 1 中央付近），それぞれ過去 5000 年に 4 回，また 4000 年に三回の活動が見られている。川上断層の右横ずれ変位の平均速度は詳しくわかっていない。

後藤（2000）は，川上断層西縁の宝山に南落ちの低崖が認められると主張し断層線を引いているが，都市圏活断層図では断層線は引かれておらず食い違いが生じている。

本研究では川上断層西部の河谷の右屈曲が顕著に表れる地域（東温市西部から北東方向への山地に沿って，約 4 km にわたって対象地域の地形分類を行った。また，既存研究における段丘の年代を活用し，現地で断層変位地形を確認し，河川の屈曲量と上流の長さから

横ずれ断層における活動度の指標となる屈曲率を算出し，平均変位速度を求めた。また，実測による屈曲量から，変位量と変位速度を求めた。

2. 対象地域

川上断層西部の河川の横ずれが顕著な東温市西部から北東方向約 4 km の範囲を調査地域として設定した（図 2）。

3. 調査方法

本研究では，空中写真を用いて，地形判読を行い，調査地域を中位面 (M)，低位面 (L1, L2, L3)，沖積面に分け，さらに変動地形を認定し，断層線を認定した。断層によって右屈曲する河川に番号を付け（図 2），河川の屈曲量と上流の長さを計測し屈曲率を表に表し活動度を求めた（表 1）。また地形分類と既存研究による段丘年代を基に，段丘の屈曲量と大規模河川の屈曲量を 5000 分の 1 地形図から判読し，平均変位速度を割り出した。

川上断層西端の宝山では，ハンドレベルと標尺を用いて測量し，断面図を作成し，上下変位の有無を確認した。

河川の屈曲率から活動度を求めるのは，断層線より上流の谷の長さが長いほど，谷の屈曲量が大きいという松田（1966）の考えをもとに安藤（1972）が実証し，有効性を示した，一般的な活動度を求める手法の一つであり， $D = a \times L$ の式を基に平均変位速度 $S = 10a$ が成り立つとされる。本研究もこれを活用し平均変位速度を求めた。

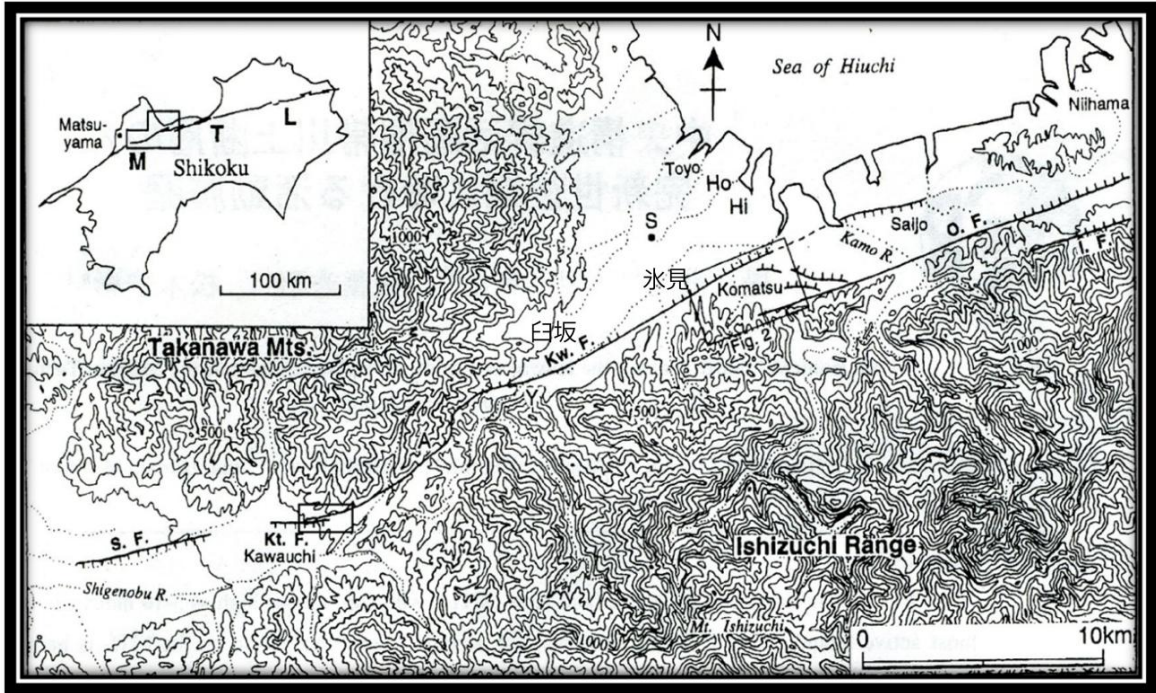


図1 四国北西部における活断層の分布 図左下の枠は図2の範囲を示す
 Kt.f 北方断層 Kw.f 川上断層 O.f 岡村断層 S.f 重信断層
 堤ほか (2000) に一部加筆

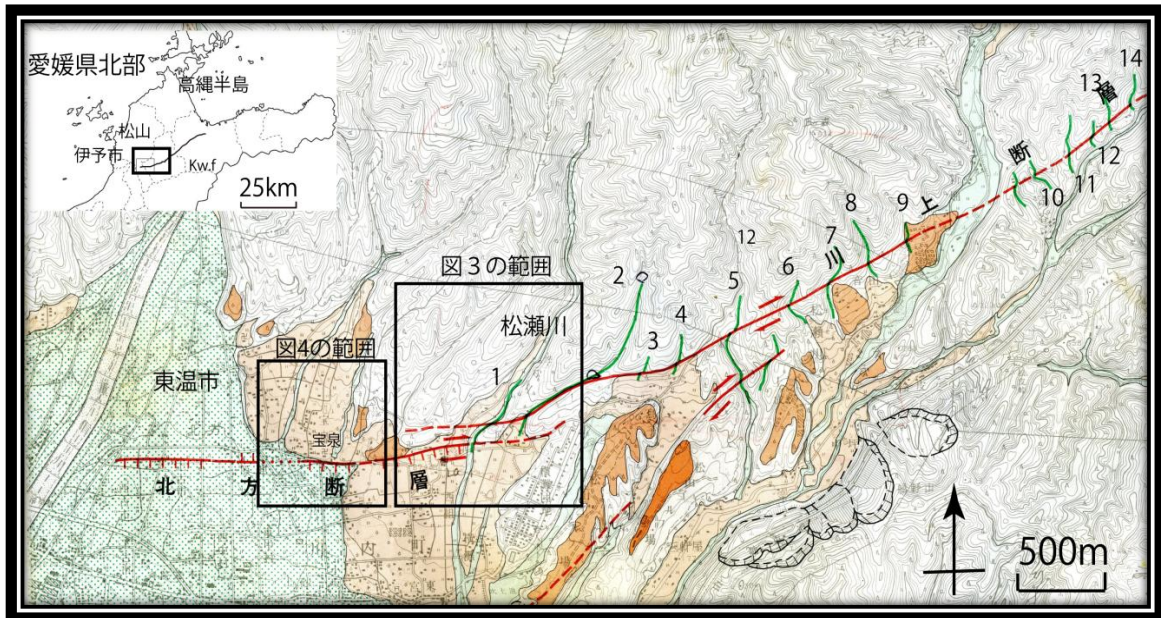


図2 川上断層西部の右屈曲した河川とその番号
 都市圏活断層図を基図とし,加筆 (凡例は都市圏活断層図に順ずる)

4.1 屈曲率の調査

空中写真判読等の結果、東温市西部から北東4 kmに向かって14本の河川の屈曲が認定された(図2)。

現地では断層線に沿って踏査し、川上断層によって右屈曲した河谷などの断層変位地形を認定し、小規模なものは屈曲量の測量を巻き尺で行った。中、大規模な河谷とその屈曲は、2万5千分の1地形図、また5000分の1地形図から計測した。上流の長さは地図上で計測し、屈曲量と上流の長さ、またそこから求められる屈曲率を表にまとめ平均変位速度を求めた(表1)。前述の屈曲率(a)を求める式に当てはめ計算を行うと、屈曲率(a)は0.15~0.4の値が得られた。河谷の上流の長さ(L)とその屈曲量(D)には比例関係が見られた(図3)。

表1 調査範囲の河川の屈曲率

河川番号	上流の長さ(m)	屈曲量(m)	屈曲率(a)	平均変位速度(s)	
1	2480	850	0.34	3.4m/ky	西
2	1050	420	0.4	4m/ky	
3	306	120	0.39	3.9m/ky	
4	316	70	0.22	2.2m/ky	
5	1040	225	0.21	2.1m/ky	
6	968	230	0.23	2.3m/ky	
7	869	180	0.21	2.1m/ky	
8	573	120	0.21	2.1m/ky	
9	754	150	0.2	2m/ky	
10	503	90	0.17	1.7m/ky	
11	577	87	0.15	1.5m/ky	
12	434	90	0.2	2m/ky	
13	394	70	0.17	1.7m/ky	
14	536	160	0.29	2.9m/ky	東

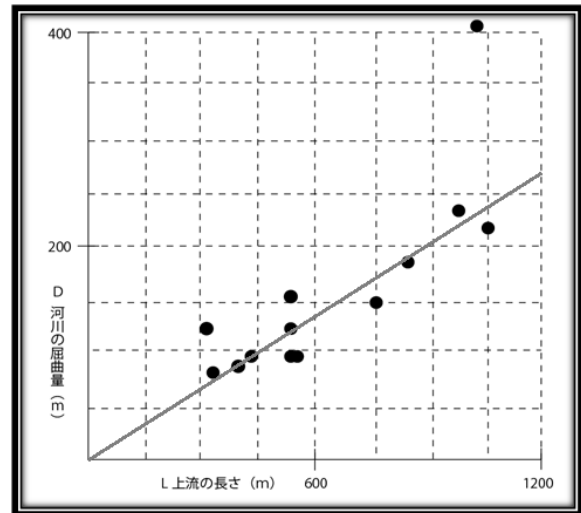


図3 河川の上流の長さ と 屈曲量の相関図

4.2 段丘面の変位量

本調査地域では段丘面をM, L(1, 2, 3), 沖積面の5つに分類した。段丘面の年代に関する資料は得られていないが、岡田(1973)を引用し、高位段丘、多摩面(15~50万年前)、中位段丘、下末吉面(10~15万年前)、低位段丘、立川面(1.5万~3万年前)とした。本研究のM面は岡田(1973, 2000)の中位段丘、L(1, 2, 3)は、低位段丘にそれぞれ対比される。特に低位段丘はATが確認されることから2.2万年前頃に形成されたと考えられている。

段丘の変位がみられる渋谷川周辺の地形分類を行い、沖積面の屈曲量は現地測量を行った。地図上での屈曲量の測量も含め、三つの地点で屈曲量を求めた。Loc.1,2では、L2面に沿った河川の屈曲を巻き尺により測量しそれぞれ約44m, 40mの屈曲量が求められた(図4)。Loc.3のL2面の屈曲量は5000分の1地形図から計測を行い、その変位量は約85mであった。屈曲量の測平均活動間隔は、堤ほか(2000)などの既存のトレンチ調査の結果を含め活動間隔を割り出した池田ほか(2014)の765年~1193年を用いた。

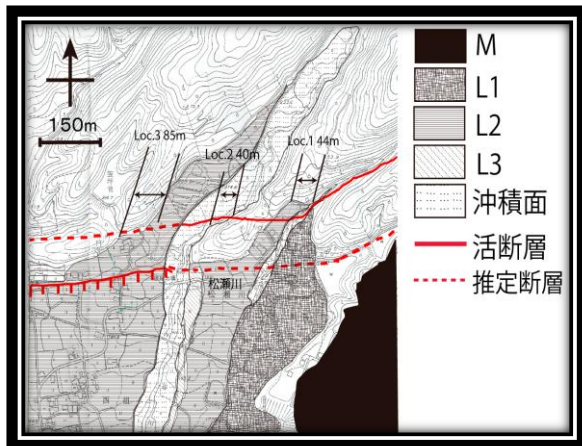


図4 松瀬川周辺の地形分類と屈曲量

4.3 宝山の断面図作成

空中写真を用いて宝山の地形分類を行い(図5), 4地点でハンドレベルと標尺を用いて測量を行い, 断面図を作成した。宝山はL2面に認定され Loc.4,5の断面図では後藤ほか(1999, 2000)が断層線を想定した付近で約3m程度の明瞭な南落ちの変位が認められた(図6)。東側のLoc.4,5で変位が見られたことから川上断層西端, 宝山では南落ちの縦ずれ変位は存在すると考えられる。

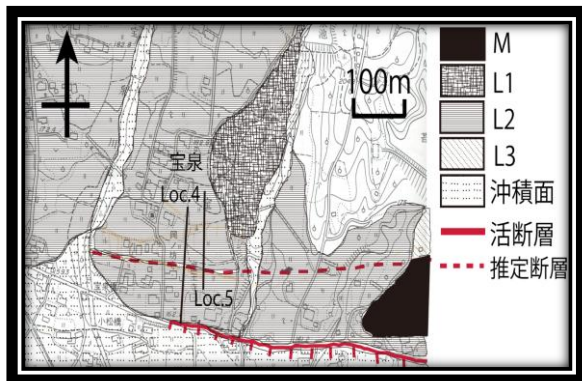


図5 宝泉地域の地形分類
Loc.4,5は断面測量位置

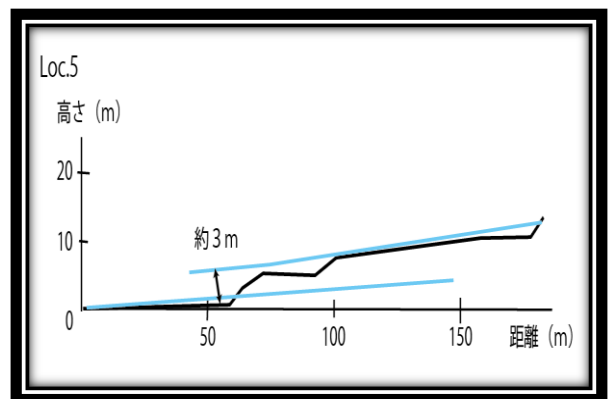
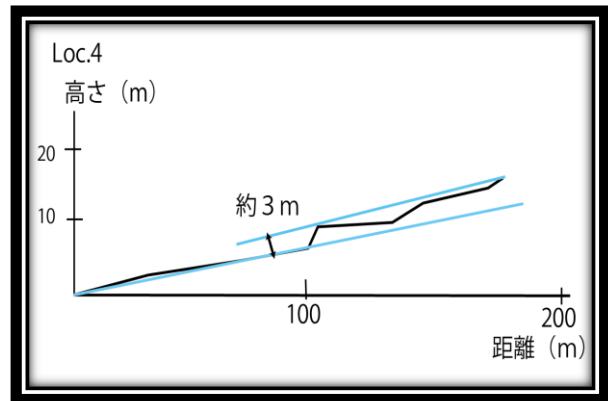


図6 宝泉の断層を横切る地形断面図

5.1 屈曲率から求める変位速度

上流の長さや屈曲量をまとめた表から求められた屈曲率は $a=0.15\sim0.4$ となり, 川上断層西部の横ずれ平均変位速度は $1.5\text{m/ky}\sim4\text{m/ky}$ だと考えられ, 本調査地域の活断層の活動度はA級と推測される。本調査地の西部と東部では, おおむね西部側で変位速度が大きく, 東部に行くにつれて変位速度が小さくなっている(表1)。池田ほか(2014)では, 中央構造線活断層帯での縦ずれ変位速度は四国西部で最も小さく, 中央部にかけて大きくなる傾向があるとしている。川上断層の西部で横ずれ変位が大きく, 中部に向かって横ずれ変位が小さくなることは川上断層が東部に向かって縦ずれ成分に移行しているためだと考えた。

上流の長さが 800m を超えている河谷の平均屈曲率がそれ以下の河川の平均屈曲率より明瞭に大きい。このことは長い河川の上流の長さを過小評価している可能性に起因すると考

えられる。屈曲量が大きい河谷はそれにほぼ比例するように上流の長さが長大になっており、かつ複雑な山地が源流となっているため、地図上での判断が難しい。よって、上流の長さを過小評価する可能性が高くなる。

5.2 段丘の変位量から求められる変位速度

4.2で述べた段丘面の年代データと川上断層の変位量を用いて平均変位速度を算出した。

Loc.1,2では、沖積面上の河川の屈曲を巻き尺により測量しそれぞれ約44m、40mの屈曲量が求められた(図4)。沖積面の詳しい年代は分かっていないが長く見積もって一万年前以降であると考えられる。そこから求められる平均変位速度はLoc.1で約2m/ky以上、Loc.2で約4m/ky以上になる。河川の屈曲が活断層の活動に起因したものと仮定して、沖積面の変位速度は参考程度にとどまる。

L(1, 2, 3)は約2.2万年前以前に形成されていると考えられており、既存の年代とLoc.3の変位量から求められる平均変位速度は3.4m/kyと算出できる。よって川上断層西部の活動度はA級である。

6. 今後の課題

今回の調査では河川の屈曲率と段丘の屈曲量によって川上断層西部の横ずれ平均変位速度、宝山の断面図作成によって川上断層西端の上下変位の一部が明らかになった。しかしながら屈曲率を用いた算出は著しく屈曲量が大きく、上流の起源が不明瞭な長い河川での評価に課題を残し、段丘の屈曲量に関しては変位速度を求める数のサンプルの数が不足している。また沖積面を中心に細かく地形分類と年代を明らかにすることで更なる詳細な評価をしていく必要があるだろう。

謝辞 本研究にあたり。愛媛県東温市役所の方には1:5000の都市計画図の購入に際し、便宜を図っていただきました。また研究室の先輩である池田一貴氏には調査に際してお手伝いいただきました。この場を借りて感謝申し上げます。

引用文献

- 安藤喜美子, 1972, 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
- 池田倫治, 堤浩之, 後藤秀昭, 西坂直樹, 大野裕記, 柳田誠, 2014, 四国西部の中央構造線活断層川上断層の東部における完新世後期の活動履歴, 活断層研究, 40号, 1-18
- 岡田篤正, 1968, 阿波池田付近の中央構造線の新期断層運動, 第四紀研究, 7:15-26
- 岡田篤正, 1973, 四国中央北縁部における中央構造線の第四紀断層運動, 地理学評論, 46, 295-322
- 岡田篤正・堤浩之, 1990, 四国中・東部における中央構造線の断層露頭と地形面編年に関する資料 活断層研究, 8, 31-47
- 後藤秀昭, 中田高, 1998, 四国中央構造線活断層系の川上断層・岡村断層の再検討-横ずれ断層の断層線認識と新たな意義について-, 17, 132-140
- 後藤秀昭, 中田高, 奥村晃史, 池内啓, 熊原康博, 高田圭太, 1999, 中央構造線活断層系・重信断層の変位地形と活動履歴, 地理学評論, 72, 267-279
- 後藤秀昭, 中田高, 2000, 四国の中央構造線活断層系-詳細断層分布図と資料-広島大学総合地誌研究センター研究叢書, 35, 144p
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2011, 中央構造線断層帯(金剛山地東縁-伊予灘)の長期評価について

堤浩之・後藤秀昭, 2006, 四国の中央構造線
活断層帯の最新活動に伴う横ずれ変位量分布,
地震, 117-132

堤浩之・岡田篤正・後藤秀昭・松本宏彰, 2000,
中央構造線活断層帯川上断層における完新世
後期以降の活動履歴, 活断層研究, 19, 77-86

松田時彦, 1966, 跡津川断層の横ずれ変位,
地震研彙報, 44, 1179-1212