



## 中央構造線活断層系（四国）の 川上断層・岡村断層の再検討

- - 横ずれ断層の断層線認識の新たな視点とその意義 - -

後藤秀昭\* 中田 高\*\*

**Discovery of active fault traces based on dip-slip distribution pattern of strike-slip faults; A case study on Kawakami and Okamura faults of the Median Tectonic Line active fault system in Shikoku**

Hideaki GOTO\* and Takashi NAKATA

### Abstract

We discovered active fault traces on the extension of Kawakami and Okamura faults of the Median Tectonic Line active fault system in Shikoku based on new criterion that strike-slip faults are characterized by the pattern of dip-slip distribution; the upthrown side along strike-slip faults are, in general, located on the fault blocks in the direction of relative strike-slip motion.

The northeast part of the Kawakami fault is recognized as a 13km-long NE-SW trending trace with low fault scarplets with the south side upthrown, and this does not agree with the pattern of dip-slip distribution along a right-lateral strike-slip fault. Detailed interpretation of large-scale airphotographs taken by US army corps about 50 years ago, revealed ENE-WSW trending low fault scarplets across young alluvial plain, that is located on the northern extension of already mapped. The scarplets are less than 1 m high up to the north.

The ENE-WSW trending Okamura fault has been only recognized as an 18km-long distinctive fault scarplet known as "Nakahagi" cliff with the south side upthrown. We examined its eastern extension and found a low ENE-WSW trending fault scarplet with the north side upthrown in the south of Niihama city. The trace continues further east about 13km with obscure fault features. We trenched the newly found fault trace at two sites and obtained geological evidence of Holocene faulting.

Thus, the geometric criterion we propose in this paper gives a quite different interpretation of fault distribution from those by the previous workers. We expect that this criterion may be tested together with the other geometric criteria on major active fault and compared with segmentation based on paleoseismological data.

### はじめに

1980年に「日本の活断層」が刊行され、「活断層発見の時代」は終わったと一般に言われている。それ以後の活断層研究は、主としてトレンチ調査による活断層の活動履歴の解明に精力が注がれてきたと言っても過言ではない。1995年の兵庫県南部地震以降、活断層の危険性が一般の

関心事となり、集中的な活断層トレンチ調査が行われる傍ら、大縮尺空中写真の判読に基づく詳細活断層図の作成が進みつつある。

近年、断層のより詳細で正確な判読のために、大縮尺空中写真を用いることが多くなっている。これにより、これまで十分に明らかにならなかった微細な変位地形、特に沖積面の変位が新たに認められており（東郷ほか、1998など）、古地震の起震断層を特定したり、断層の地表

\*日本学術振興会特別研究員，広島大学・院

\*\*広島大学文学部地理学教室

\*Research Fellow of the Japan Society for the Promotion of Science; Graduate Student, Hiroshima University

\*\*Department of Geography, Hiroshima University

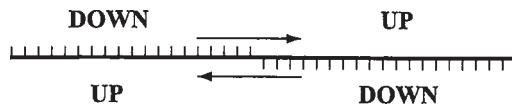


Fig.1 A dip-slip distribution model for strike-slip faulting

付近での発達過程や断層のセグメンテーションの考察に重要なデータとなっている。このような空中写真詳細判読によって初めて認められる詳細な地形には、断層変位地形とそれに類似する地形が混在するため、判断に迷うことも事実である。このため、従来に増して判読者の地形判読能力や断層線認識の視点が活断層判読にとって重要になっている。

本稿では、横ずれ断層の縦ずれ変位の分布パターンに注目したセグメント区分の仮説（中田・後藤，1998）に基づいて、断層線を認識する新たな視点を提示し、その事例について検討する。

新たな視点にもとづく断層線認識

最近の歴史時代に発生した横ずれ型地震断層の縦ずれ変位センスは断層線の間を境に逆転し、いわゆる蝶番（ヒンジ）的な変位パターンがしばしば認められる。このような縦ずれ変位は、東西走向の右横ずれ断層を例にすれば、断層線の東半部では北上がり、西半部では南上がりになるような系統的な分布パターンを持つことが多い（Fig.1）。筆者らは、四国の中央構造線活断層系の詳細活断層図作成（中田ほか，1998；後藤ほか，1998など）に

関わってきたが、この過程で既知の断層線に沿った縦ずれ変位の分布パターンに留意して活断層の判読を試みてきた。その結果、この活断層系を構成する川上断層と岡村断層は、これまで認識されていた区間の活断層に沿っては縦ずれ変位が上述のような系統的な分布パターンを有していなかったが、既知の断層の延長部に系統的な縦ずれ変位分布パターンに対応する新たな断層を見いだした。

川上断層は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横ずれ断層で、川内町相之谷付近では地質境界の中央構造線と一致し、それより南西側で南側低下、それより北東側で北側低下の運動を示す（岡田，1972；水野ほか，1993）（Fig.2）。この川上断層の縦ずれ変位の分布は、右横ずれ断層に伴う縦ずれ変位の分布パターン（中田・後藤，1998）とは逆であり、パターンにあてはめれば西側延長部に北側低下の断層、東側延長部に南側低下の断層の存在が予想される。

また、岡村断層は小松町から西条平野南縁の山麓を通り新居浜市萩生まで追跡されるN70BE走向で直線状に延びる活断層である（岡田，1973；水野ほか，1993）。Tsutsumi et al. (1991) のトレンチ調査から5～8mm/年の変位速度を持つ右横ずれ断層であることが明らかにされているが、この断層に沿っては北側低下を示す低断層崖が断続的に認められるのみで、右横ずれ断層の縦ずれ変位の分布パターン（中田・後藤，1998）とは不調和である。

1. 川上断層

川上断層の東端はこれまで小松町付近であるとされてきた（水野ほか，1993；堤ほか，1998）が、右横ずれ断層の縦ずれ変位の分布パターンから考えれば、この東側延長部に南側低下を示す断層が存在していると考えられる。こ

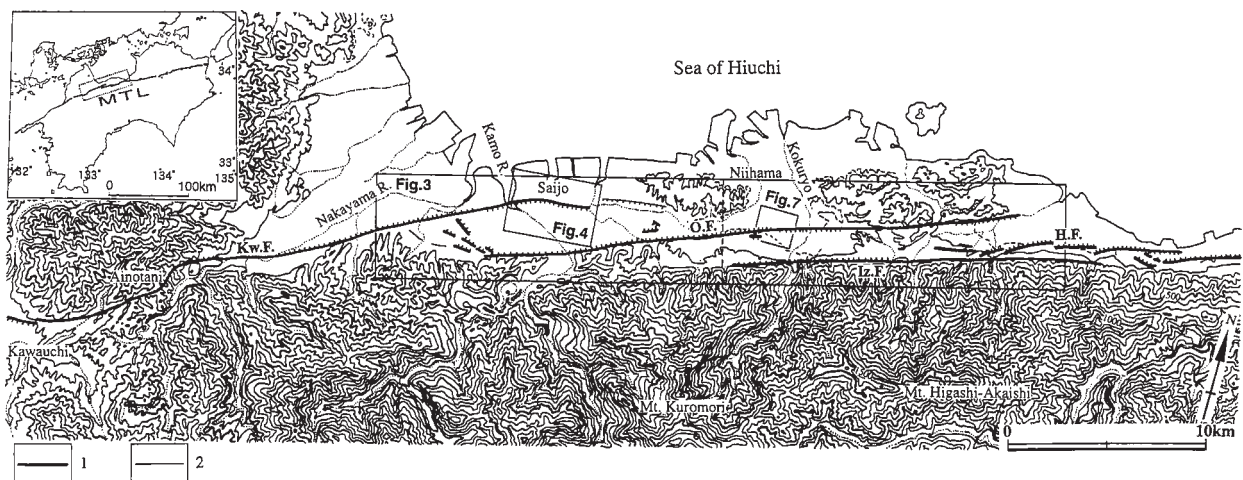
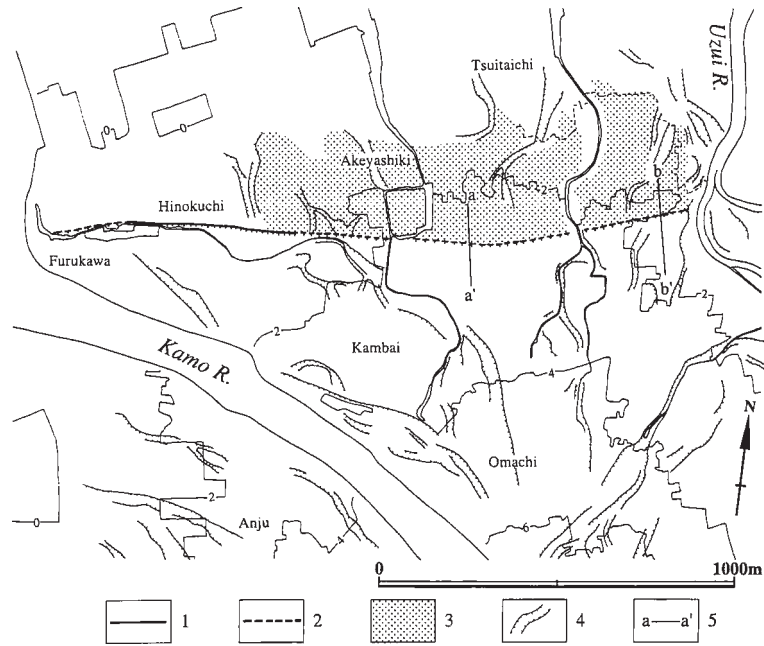


Fig.2 Distribution of active faults in the middle western part of Shikoku

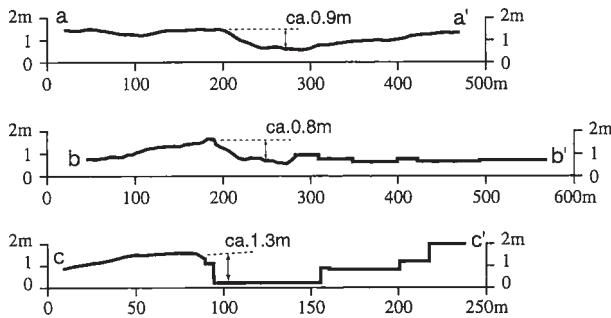
1.active fault, 2.active fault(Certainty II). Kw.F.: Kawakami fault, O.F.: Okamura fault, Iz.F.: Ishizuchi fault, H.F.:Hatano fault



Fig.3 Distribution of active faults between Komatsu and Doi with location of bore holes (dots), and geologic sections of Fig.6  
 1.active fault,2.active fault (site indistinct), 3.active fault (Certainty ), 4.flexure scarp, 5.wind gap, 6.wind gap, Mi: Miyazoshita. Mapped area is shown in Fig.2 .



**Fig.4** Distribution of slightly hilly area deformed by fault  
 1.active fault, 2. active fault (site indistinct), 3.slightly hilly area, 4.abandoned channel, 5.location of topographic profile. Mapped area is shown in Fig.2 .



**Fig.5** Topographic profile across Kawakami Fault and Okamura Fault  
 The location of topographic profile is shown in Fig.4 and Fig.6 .

の視点をもって空中写真判読を行った結果、その東側延長にあたる加茂川右岸から室川にかけて南側低下を示す低断層崖が新たに認められた (Fig.3)。

明屋敷から室川左岸にかけては、断層より北側の沖積面上に比高0.8～0.9mの微高地が分布していること (Fig.4, Fig.5)、沖積面上には低断層崖に直交する南北方向の旧河道が幾筋もみられ、これらの旧河道のうち低断層崖を挟んで北側で高くなっているものが認められること (Fig.4) から、この低崖が侵食崖であるとは考えにくく、断層変位によって形成されたと考えられる。古川から樋之口においては比高0.5m未達の明瞭な逆向き低断層崖が連続して認められ、この低断層崖に流路を阻まれ、西流している川

が観察される。

加茂川左岸の干拓地である禎瑞 (天明2年 (1778年) に竣工) には変位が認められないが、氷見には堤ほか (1998) が小松から宮ノ下まで分布するとして北東-南西走向の断層の延長上に高度不連続がみられる。北西側低下を示す高度不連続は氷見新開の中央部付近まで見られるが、猪狩川から200m西側の区間には認められない。

一方、この断層の東側への延長は、舟山丘陵南縁付近まで不明瞭ながら認めることができる。その根拠は、渦井川が丘陵を抜けた後、約1kmにわたって西流し、明屋敷から連続する沖積面上の微高地の東側延長を大きく迂回するような流路をとっていること、また舟山丘陵南縁の南流する小河谷に右屈曲が認められることである。

2. 岡村断層

岡村断層はこれまで中村付近が東端であるとされてきた (Fig.6) が、右横ずれ断層に伴う縦ずれ変位の分布パターンにあてはめれば、この東側に南側低下を示す断層の存在が予想される。この視点をもって空中写真判読を行った結果、これまで東端であるとされていた付近から国領川まで長さ約2kmにわたってN70°E走向の南側低下を示す逆向き低断層崖が新たに認められた (Fig.3)。この断層は沖積面を変位させ、断層より北側に微高地が分布する (Fig.3, Fig.6)。沖積面上には低断層崖に直交する南北方向の旧河道が幾筋もみられ、この崖が侵食によって形成さ

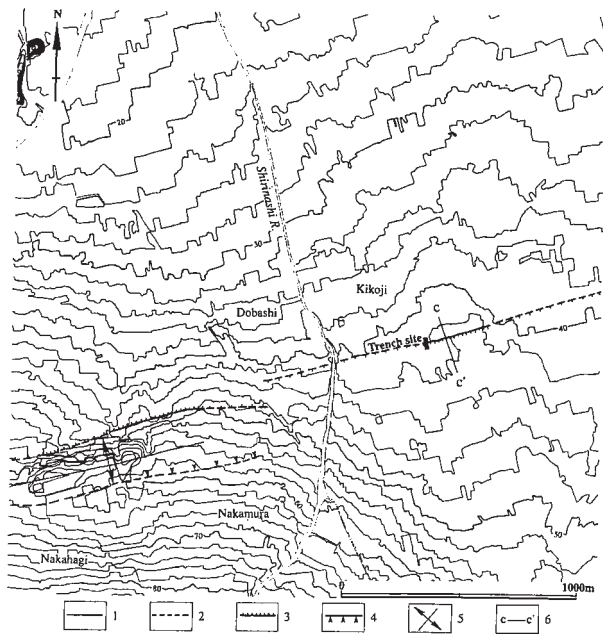


Fig.6 Detail map of active faults around the trench site (Kikoji)

1.active fault, 2.active fault (site indistinct), 3.fault scarp, 4.flexure scarp, 5.anticycle, 6.location of topographic profile. Mapped area is shown in Fig.2.

れたものではないことを示す。垂直変位量は、C-C'断面で1.3mに達する (Fig.5)。

国領川右岸では客谷川の流向が断層の走向とほぼ同じであるため、変位地形はほとんど保存されていないが、国領川左岸の逆向き低断層崖東側延長よりも北側が相対的に高いことから、岡村断層は国領川右岸に連続していると考えられる。関川丘陵西部ではこの断層は、直線状谷や鞍部によって追跡される。丘陵東部では、丘陵南縁を限る直線状の崖に沿って風隙が連続的に見られ、南流する小河谷が右屈曲し、低断層崖が認められることから、断層は岡田 (1973) が指摘するように関川の沖積低地の北縁に見られる直線状の崖へ連なると考えられる (Fig.3)。

関川丘陵以東では断層が関川の流路と併走するため、変位地形は保存されていない。しかし、以下の根拠からさらに2kmほど東にも連続していると考えられる。四国山地から流下した関川は、関川丘陵にその流路を阻まれ、東流する。土居付近の北流する小河川の河床勾配は大きく、大量の堆積物が押し出されてくると考えられるが、関川は丘陵を過ぎた後も東流している。これは、天満付近が相対的に隆起し、関川がそれを迂回するように流れているとすれば説明可能である。

## 断層線の地下資料による検証

地形的に新たに認識された活断層線について、地下資料によってその存在を検討した。川上断層については、既存のボーリング資料を中心に地下構造を分析し、断層の存在を裏付けた。また、岡村断層については、トレンチ調査によって断層の存在を確認した。

### 1. 川上断層

断層周辺の地下構造を把握するために、断層に直交する測線にそってボーリングデータを並べたのが、Fig.7である。A-A', C-C'において断層を挟んで火山灰層に急激な深度差あるいは逆傾斜が認められる。また、A-A'においては貝殻を含む層の下限にも断層を挟んで急激な深度差が認められる。さらに、いずれの断面においても、断層より北側の標高-5~-15mでN値30以上の緻密な層に急激に変化するのに対し、断層より南側の地層には認められない。したがって、地下資料からも断層の存在が推定される。

西条市は被圧地下水の豊富な地として有名で、水文学的な研究が古くからなされている。市瀬 (1952) は、地下水の利用形態を調べ、自噴泉の分布から自噴帯の規模を明らかにし、野間・村下 (1961) は被圧地下水の水頭・水比抵抗の測定から、自噴限界線を境にその性質が大きく異なることを明らかにしている。市瀬 (1952) および野間・村下 (1961) の自噴限界線は、今回明らかとなった活断層線と一致しており、活断層を境に地下地質が大きく異なっていることを地下水の挙動が示していると言える。また、野間・村下 (1961) は自噴井の深さは標高-18~-26mであることを述べており、これは断層より北側にN値30以上の緻密な層が認められる深度と調和的であることから、この緻密な層が地下の堰となっている可能性が示唆される。

今後、トレンチ調査などによって断層の存在を直接確認する作業を継続していく予定である。

### 2. 岡村断層

#### 1) 喜光地トレンチ調査

喜光地トレンチは、新居浜市喜光地の北流する小河川によって低断層崖が侵食されたと推定される地点で掘削した (Fig.3, 6)。トレンチは調査地点の破壊を最小限におさえ、観察を容易に行うため、断層にほぼ直交する南北方向に、長さ2.5m、幅1.2mで、壁面が垂直になるように小規模な掘削を行った。西壁面のスケッチをFig.8Aに示す。

トレンチ調査は、水田に宅地造成で盛り土をした地点で

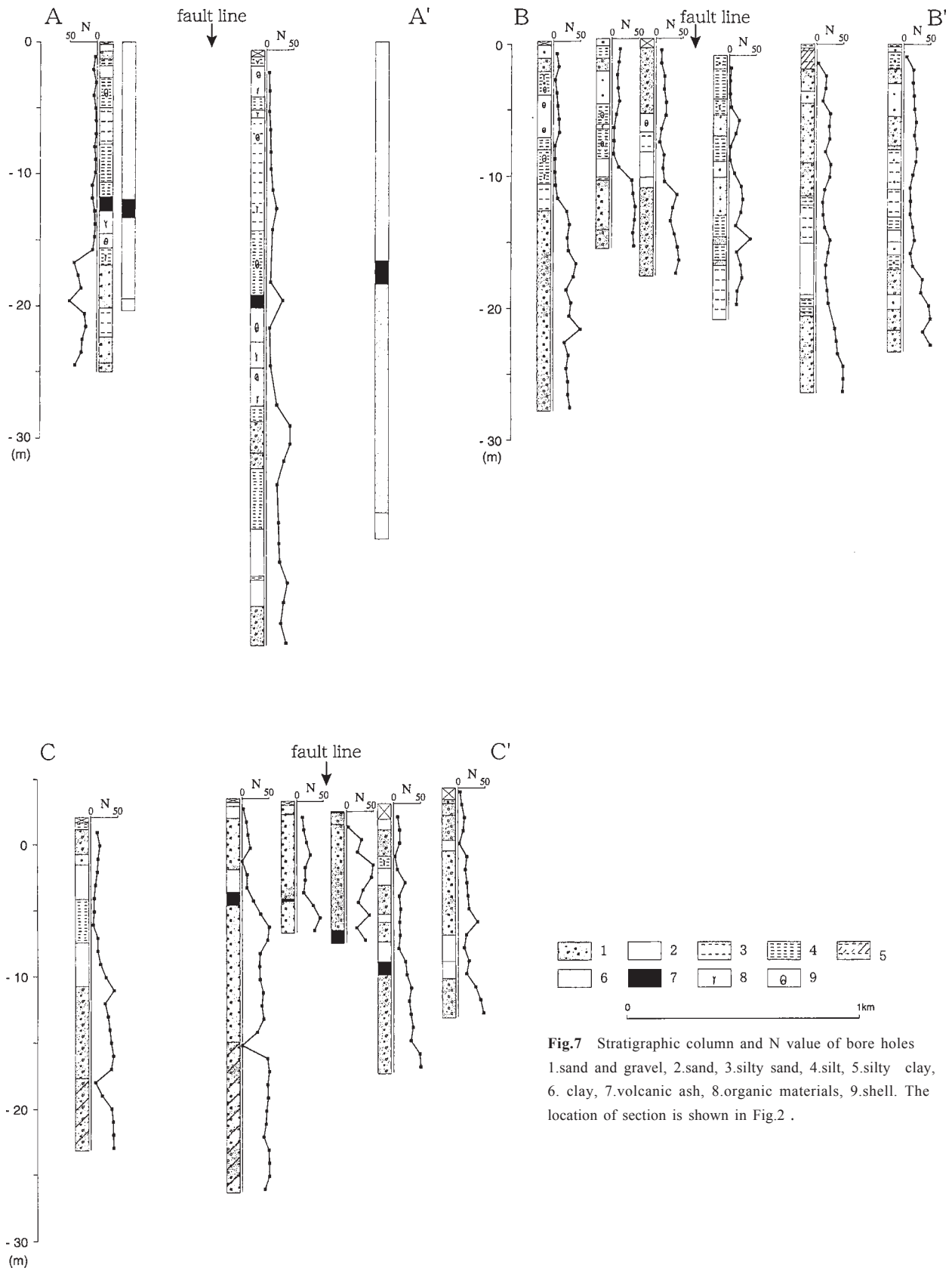


Fig.7 Stratigraphic column and N value of bore holes  
 1.sand and gravel, 2.sand, 3.silty sand, 4.silt, 5.silty clay,  
 6. clay, 7.volcanic ash, 8.organic materials, 9.shell. The  
 location of section is shown in Fig.2 .

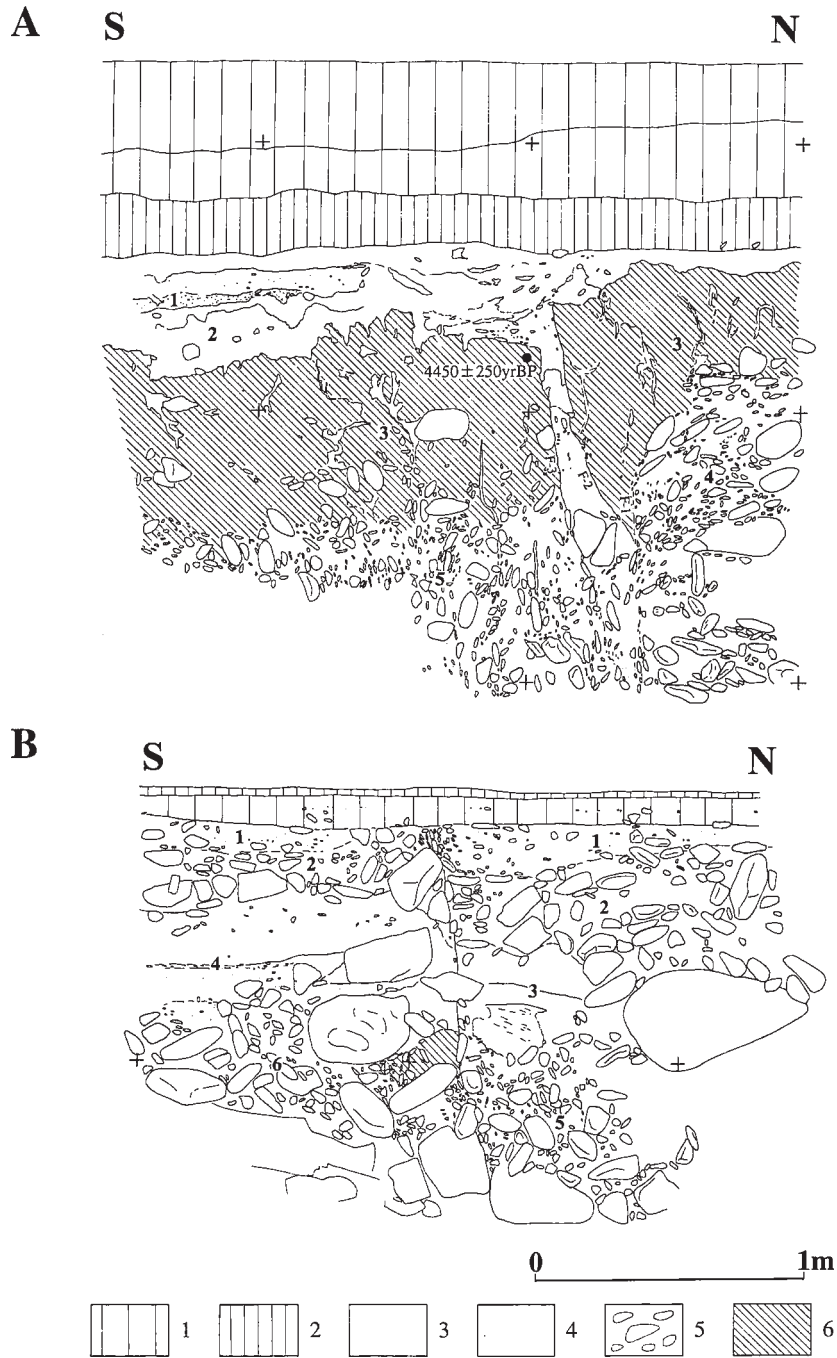


Fig.8 Logs of the west wall of Kikoji trench (A) and the west wall of the Kitano trench (B)

1.artificially filled soil, 2.paddy field soil, 3.silt-fine sand, 4.sand, 5.gravel, 6.humus

おこなったため、壁面上部約50cmに盛り土、その下約20cmに旧水田土壌が見られる。さらにその下には無構造な人工攪乱層が見られるが、人工攪乱層の下限が識別不能であることから、明瞭に自然堆積層と思われる地層以下を1層～5層に区別し、記載を行った(Tab.1)。

トレンチ壁面には自然堆積層を変位させる断層が出現し

た。断層の位置は、逆向き低断層崖の延長であり、地形から推定した位置に出現したと言える。F-2の地表面下1.3mにおける走向はN80°E、F-1の地表面下1.8mにおけるそれはN88°Eであり、断層の走向は低断層崖の走向N75°Eとほぼ同じである。

F-1により4層に含まれる礫は断層近傍で南向きに傾斜

Tab.1 Sedimentary facies of the Kikoji trench

unit	description
1	light gray granule bed
2	dull reddish brown sandy silt bed
3	black humus-rich silt and sand bed with scattered pebbles
4	dull yellowish brown cobble to pebble bed with granule matrix
5	dark reddish gray cobble to pebble bed with granule matrix

Tab.2 Sedimentary facies of the Kitano trench

unit	description
1	dark gray pebble and sand bed
2	cobble to pebble bed with poor matrix
3	white gray silt and silty sand bed
4	stratified fine sand to granule bed
5	rounded pebble to boulder
6	rounded pebble to boulder with angular boulder

を強め、断層面上で堆積物中の礫が再配列することによって直立している。F-2, F-3 は3層以下の地層に変位を与えており、壁面での見かけ上の上下変位は3層で少なくとも15cm, 人工攪乱を考慮すると35cm以上である。3層の上下変位は南側低下であり、地形と同様の変位を示している。5層にはF-3の断層面にそって礫の再配列が認められるほか、礫のほとんどが再配列によって直立しているのが認められることから、断層帯の幅が広いことが示唆される。

F-1の傾斜は90°, F-2, F-3のそれは70~75°と高角度であり、断層近傍で礫の長軸が断層面に沿って再配列しているのが観察される。また、3層より下位の地層は断層を挟んで地層の層相が異なることから、横ずれ断層の特徴をよく示している。

#### 2) 北野トレンチ調査

北野トレンチは宇摩郡土居町北野の北落ちの低断層崖延長において実施した (Fig.3)。トレンチは断層にやや斜交する方向の北西-南東方向に、長さ4m, 幅1m, 深さ1.5mで、壁面が垂直になるように小規模な掘削を行った。西壁面のスケッチをFig.8Bに示し、地層の記載をTab.2に示す。

トレンチ壁面には1層以下の地層を変位させる断層が出現した。断層の位置は、低断層崖の延長であり、地形から推定した位置に出現したと言える。断層の地表面下1mにおける走向はN80°Eであり、低断層崖の走向と同じである。

断層はすべての地層を変位させており、見かけ上の上下変位は1層で少なくとも20cm, 2層で20cm程度の北側落ちであり、地形と同様の変位を示している。

3層, 4層の境界面には巨礫がまたがっているものの、その物質境界面は明瞭である。1層, 2層中と5層, 6層の境界面で礫が断層面に沿って再配列しているのが観察される。

断層面が高角であること、断層面に沿って礫が再配列していること、3層以下の地層の層相が断層を挟んで異なることから、この断層は横ずれ断層に特徴的な構造を有している。

#### 中央構造線活断層系における

##### 新たな断層線の発見の意義

横ずれ断層の縦ずれ変位の分布パターンに注目した仮説から認識された断層線は、単に活断層の延長部が発見されたという以上の大きな意味を持つ。これまで不連続を主な示標として認定されていたセグメントが、横ずれ断層の縦ずれ変位の分布パターンに適合する断層が認められることによって断層のセグメント区分や長さの認定が大きく変わることになり、防災上も意義を持つことになる。

川内町相之谷付近の桜樹屈曲と呼ばれる断層の屈曲部より東の川上断層東部の断層に沿っては南東上がり変位が認められる断層線とペアとなる北西上がりの変位を示す断層線が認定され、これらの断層線が連続する一つのセグメントを構成する可能性が高い。このセグメントと桜樹屈曲より西の断層線とは不明瞭ながら連続するため、桜樹屈曲より東の川上断層が独立したセグメントを形成するとは断定できないが、従来考えられていたものより長大なセグメントを構成することになり、防災対策上の重要な資料を提供することになった。



一方、岡村断層は石鎚断層の北にほぼ並行する長さ30km以上の長さを持つ活断層になると考えられる。この結果は、これまでのトレンチ調査の結果から推定されていた5.7mに達するこの断層の一回の変位量(Tsutsumi *et al.*, 1991)にも整合することになることになり、独立したセグメントを形成する可能性が高いことが判明した。

本稿では、横ずれ断層の縦ずれ変位の分布パターンに注目した仮説(中田・後藤, 1998)に基づいて、その実例について検討を行った。その結果、中央構造線活断層系の川上断層、岡村断層において断層線を新たに見だし、ボーリングデータやトレンチ調査からその実在を示した。また、これらの断層線によって川上断層・岡村断層・石鎚断層の断層像が大きく右にステップし、断層末端の数kmにおいて断層が平行して分布していることが明らかとなった。

#### おわりに

本稿で取り上げた新たな視点は、中央構造線活断層系の活断層の認定には効果的であった。今後、他の断層系を構成する活断層についても、この視点から断層線の再検討とセグメント区分を行っていくことが必要となろう。また、活断層末端部での分岐形態にもとづく区分法(中田ほか, 1998)などの手法との比較によって、さらにその有効性が検討されることが望まれる。

#### 謝 辞

トレンチ掘削調査では杉山哲雄氏、深川静男氏に土地の使用をお許しいただき、復建調査設計(株)の松木宏彰氏には限られた研究費での調査に便宜を困っていただいた。また、資料収集に際し、西条市生活環境部水道課の三浦 執氏、四国電力新居浜支店の門屋昭一氏、応用地質(株)の森野道夫氏にお世話いただき、広島大学文学部地理学教室院生の高田圭太氏、谷口 薫氏、学部学生の近藤久雄君、国重佳代子さんには現地でお手伝いいただいた。以上の方々

に記してお礼申し上げます。  
なお、本研究は、「平成10年度文部省科学研究費補助金(特別研究員奨励費)(中央構造線活断層系からみた第四紀

後期断層運動の特性)(後藤秀昭)」、「平成9年度文部省科学研究費補助金(基盤研究(I)(A)〔陸活断層の地震危険度評価〕(代表者:中田 高, 課題番号:07308035)」、「平成10年度文部省科学研究費補助金(特定領域研究(I)(A)〔活断層の危険度評価と強震動予測〕(代表者:入倉孝次郎, 課題番号08248111)の一部を使用した。

#### 文 献

- 後藤秀昭, 1998, 吉野川北岸における中央構造線活断層系の再検討, 第四紀研究, 37, 299-313.
- 後藤秀昭・丹羽俊二・中田 高・岡田篤正・堤 浩之, 1998, 1:25000都市圏活断層図「西条」, 国土地理院.
- 市瀬由自, 1952, 西条平野の地下水(第1報), 資源科学研究所彙報, 27, 40-49.
- 水野清秀・岡田篤正・寒川 旭・清水文健, 1993, 2.5万分の1中央構造線活断層系(四国地域)ストリップマップおよび説明書, 構造図(8), 63p, 地質調査所.
- 中田 高・後藤秀昭, 1998, 活断層はどこまで割れるのか? - 横ずれ断層の分岐形態と縦ずれ変位分布に着目したセグメント区分モデル -, 活断層研究, 17, 43-53.
- 中田 高・後藤秀昭・岡田篤正・堤 浩之・丹羽俊二, 1998, 1:25000都市圏活断層図「西条」, 国土地理院.
- 中田 高・島崎邦彦・鈴木康弘・佃 栄吉, 1988, 活断層はどこから割れ始めるのか? - 活断層の分岐形態と破壊伝播方向 -, 地学雑誌, 107, 512-528.
- 野間泰二・村下敏夫, 1961, 愛媛県西条市の工業用水源確保に関する考察, 地質調査書月報, 14, 35-44.
- 岡田篤正, 1972, 四国北西部における中央構造線の第四紀断層運動, 愛知県立大学文学部論集(一般教育編), 23, 68-94.
- 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.
- 東郷正美・佐藤比呂志・岡田篤正, 1998, 琵琶湖西岸活断層系, 堅田断層の極新时期変位地形について, 法政大学多摩研究報告, 13, 1-13.
- 堤 浩之・岡田篤正・後藤秀昭・川上断層発掘調査グループ, 1998, 中央構造線活断層系川上断層東端部の変位地形と古地震, 日本地理学会発表要旨集, 53, 88-89.
- Tsutsumi, H., Okada, A., Nakata, T., Ando, M. and Tsukuda, T. (1991) Timing and displacement of Holocene faulting on the Median Tectonic Line in Central Shikoku, *Southwest Japan. J. Struc Geol.*, 13, 227-233.

(1998年11月17日受付)

(1998年12月8日受理)

#### キーワード

横ずれ断層, 活断層詳細図, セグメンテーション, 縦ずれ変位の分布パターン, 中央構造線, トレンチ発掘調査

Key words: strike-slip fault, detail active fault map, segmentation, dip-slip distribution of strike-slip faulting, Median Tectonic Line, trench excavation survey