

中央構造線活断層系・畑野断層の最新活動時期と変位量

後藤 秀昭* 堤 浩之** 遠田 晋次***

Timing and Displacement of the Most Recent Surface Faulting on the Hatano Fault of the Median Tectonic Line Active Fault System, Southwest Japan

Hideaki GOTO *, Hiroyuki TSUTSUMI ** and Shinji TODA ***

Abstract

The Median Tectonic Line active fault system (MTL), with an average slip rate as high as 5–10 mm/yr, is one of the most active inland faults in Japan. However, the long-term seismic risk of the MTL has been poorly known, because of insufficient paleoseismological data, especially timing and displacement associated with the most recent surface faulting.

We carried out a trench excavation survey across the Hatano fault in Doi town, Ehime Prefecture, and were able to precisely determine the timing of the latest faulting event. The survey site is located between range-facing fault scarps level 0.8 m high on an alluvial fan. We first excavated two trenches across the fault to precisely locate fault traces. Faults cutting Holocene sediment were exposed on both walls of each trench. The sense of apparent displacement across the fault zone is down to the south, which is consistent with fault scarps around the trench site. Then we excavated two trenches parallel to the fault zone to expose stratigraphic evidence of horizontal displacement associated with past earthquakes.

The sediment exposed on the trench walls contains evidence of two faulting events in the past 3500 years B.P. The most recent surface faulting along the Hatano fault occurred between 1520 cal A.D and 1660 cal A.D. This is the first paleoseismological data that precisely constrain the timing of the most recent faulting event of the MTL. We have estimated 2.5 ± 0.5 m right-lateral displacement and 0.3–0.5 m vertical displacement up to the north during the most recent faulting event based on an offset of paleo-channel deposit.

Key words: Median Tectonic Line, active fault, Hatano Fault, paleoseismology, trench excavation survey, right-lateral strike-slip fault

キーワード: 中央構造線, 活断層, 畑野断層, 古地震, トレンチ調査, 右横ずれ断層

* 福島大学教育学部地理学教室

** 京都大学大学院理学研究科地球物理学教室

*** 産業技術総合研究所活断層研究センター

* Faculty of Education, Fukushima University

** Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University

*** Active Fault Research Center, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

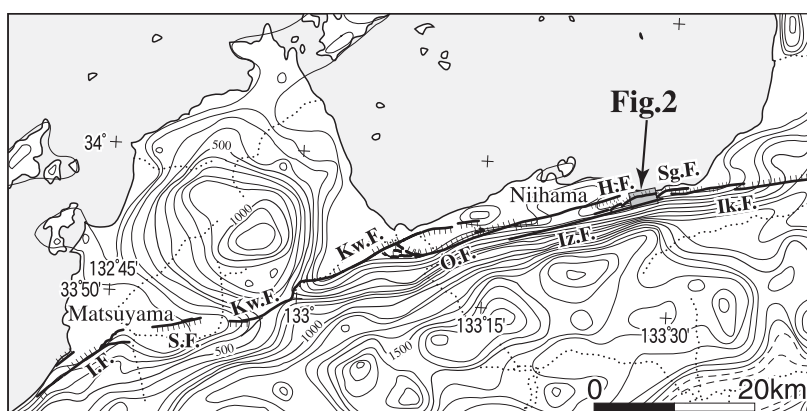


図 1 四国西部の中央構造線活断層系。

I.F.: 伊予断層, S.F.: 重信断層, Kw.F.: 川上断層, O.F.: 岡村断層, Iz.F.: 石鎚断層, H.F.: 畑野断層, Sg.F.: 寒川断層, Ik.F.: 池田断層。切峰面図は岡山 (1988) による。

Fig. 1 Median Tectonic Line active fault system in western Shikoku.

I.F.: Iyo fault, S.F.: Shigenobu fault, Kw.F.: Kawakami fault, O.F.: Okamura fault, Iz.F.: Ishizuchi fault, H.F.: Hatano fault, Sg.F.: Sangawa fault, Ik.F.: Ikeda fault. The summit level map is after Okayama (1988).

I. はじめに

中央構造線活断層系は、四国北部を約 200 km にわたり東西に横断して延びる長大な活断層系であり、その平均変位速度は 5 ~ 10 mm/年に達する (Okada, 1980)。この断層系では、歴史時代に地震の記録が残されていないことから近い将来活動する可能性があると考え (松田, 1975), 断層系の地震危険度評価を目的として活動履歴や変位量を解明しようとする調査が 1984 年以降数多く実施されている (岡田ほか, 1988; Tsutsumi *et al.*, 1991 など)。これまでの調査により、四国の中央構造線活断層系は歴史時代に活動した可能性が指摘されてはいるものの (Tsutsumi and Okada, 1996; 岡田・堤, 1997; 後藤ほか, 2001; 森野ほか, 2001 など), 具体的な活動時期については十分に明らかにされていない。これは地表表層の歴史時代の地層が人工的に攪乱を受けている場合が多いため、トレンチ調査地点の選定に際し、歴史時代のような新しい時期の自然堆積層の認められる場所を探し出すことが極めて重要であることを示している。一方、最新活動時の変位量は、田の

畦のずれなどから数箇所推定されているだけであり (Tsutsumi and Okada, 1996; 後藤ほか, 2001), 地層のずれなどによる直接的な情報に基づく解明が望まれる。また、歴史時代に活動した断層では、ごく新しい時期に形成された変位地形から古地震の変位量を復元できる可能性が高く、地表に見られる道路や畦などのずれや屈曲を断層変位として扱うことの妥当性を、地質学的手法から得られる変位量と比較して検討することも重要な課題である。本研究では、石鎚山脈北麓に分布する中央構造線活断層系の畑野断層において、最新活動の時期とその変位量を解明することを目的としてトレンチ掘削調査と調査地点周辺の詳細な地形調査を実施した。

II. 畑野断層とトレンチ調査地点周辺の断層変位地形

畑野断層は石鎚断層の東部に並走して延びる断層である (図 1)。石鎚断層は石鎚山脈の北縁を限る山麓線に沿って発達しており、地質境界の中央構造線と一致している。その走向は $N70^{\circ}E$ でほぼ直線的に一条の断層線によって延びている。これに対

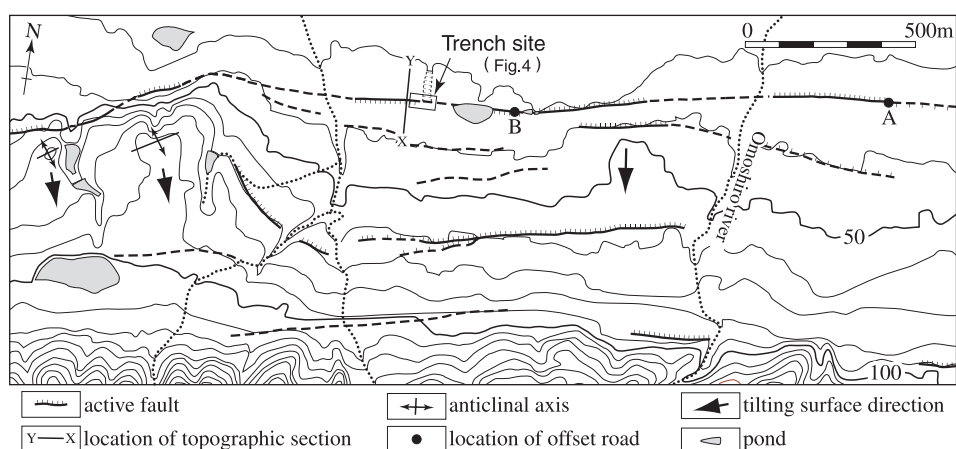


図 2 トレンチ調査地点周辺の詳細活断層分布図．後藤・中田（2000）に基づく．

Fig. 2 Distribution of active faults around the trench site. After Goto and Nakata (2000).

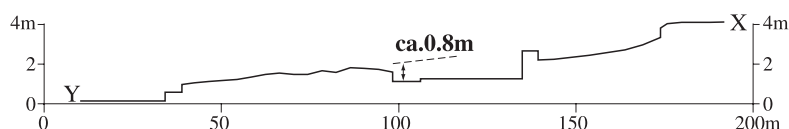


図 3 トレンチ西側の地形断面図．測線は図 2 参照．

Fig. 3 Topographic profile across fault scarp west of the trench site.
The location of the profile is shown in Fig. 2.

し、畑野断層はその 300 ~ 800 m 北側を $N45^{\circ}E$ ~ EW 走向で湾曲と屈曲を伴いながら断続的に延びる。畑野断層の断層線は雁行配列をなす 3 条の断層として認められ、東側の寒川断層に連続するように発達する。このうち最も西の断層に沿っては、高位段丘面を開析する河谷が系統的に 150 ~ 200 m 右屈曲する（岡田, 1973）。また、中央の断層に沿っては河食崖に約 6 m の右ずれが認められていることから（後藤・中田, 2000）、畑野断層は右横ずれの変位様式を示すと考えられる。一方、鉛直変位に関しては畑野断層はほとんどの場所で北側低下を示すが、南側低下を示す場所もあり、鉛直変位の向きが場所により小刻みに変わるという横ずれ断層の特徴を示す。

本調査は、3 条からなる畑野断層のうち最も東に位置する断層が、沖積扇状地面を南側低下に変位させている区間（愛媛県宇摩郡土居町津根）で

行った（図 2）。図 2 の西端から東へ 700 m の区間では北側落ちの明瞭な低断層崖が発達しており、高位面で 60 m、中位面で 17 m と累積的な変位が認められる。また、図 2 の地点 A から西へ約 1000 m の区間では沖積扇状地面を変位させており、面白川右岸で 3.9 m、左岸で 5 m の北落ちの低断層崖が発達している。一方、図 2 の地点 B から西へ 500 m の区間では、沖積扇状地面上に南側低下の逆向き低断層崖が断続的に延びており（後藤・中田, 2000）、図 2 の X-Y 断面でその比高は、0.8 m である（図 3）。この区間では、低断層崖の堰き止めを利用した溜め池や自然湧水が見られるサグポンドが断層に沿って連続的に分布している（図 2）。

トレンチ調査を行った地点は、図 2 の X-Y 付近に見られる低断層崖の東側延長にあたる。ここでは、低断層崖の延長より北側にごく浅い溝状の地

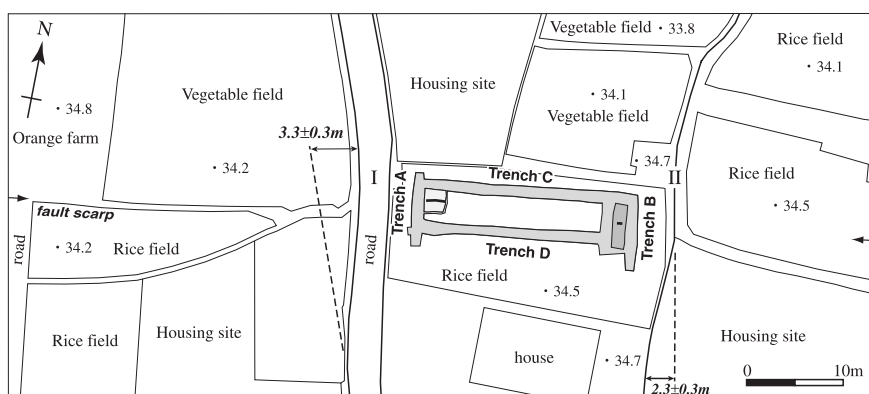


図 4 トレンチの平面形と道路 (I)・畔 (II) の右ずれ .

Fig. 4 Plan view of trenches (shaded boxes) and the offsets of road (I) and rice paddy dike (II).

形が南北方向に延びており (図 2), トレンチ調査地点は, 沖積扇状地表面を通る逆向き低断層崖が開析を受けた場所にあたる (図 4)。

III. トレンチ調査

1) トレンチ掘削の順序とその形状

本調査では, まず最初に断層の位置を把握するために, 断層の走向にほぼ直交する南北方向の深さ約 1.5 m のトレンチ 2 本を掘削した。これらのトレンチは, できるだけ多くの横ずれ変位基準を見出すことができるように, 調査用地の中央部を残して東西の両端に位置している。西側のものを A トレンチ, 東側のものを B トレンチと呼ぶ (図 4)。A, B 両トレンチを観察したところ, 断層は予想通り調査用地として借用した田の中を通過していることがわかった。A トレンチに現れた断層を FA とし, B トレンチに現れた 3 条の断層を北から FBN, FBM, FBS とした。次に, 断層の走向とほぼ同じ東西走向のトレンチを, FA と FBM とを結んだ線から北へ 1.5 m, 南へ 2 m それぞれ離して南北両側に掘削した。北側を C トレンチ, 南側を D トレンチと呼ぶ。これらの掘削作業により, 最終的には口の字形の平面形を持つトレンチとなった (図 4, 口絵 4-写真 1)。

最新活動時期だけでなく, より古い活動時期を解明するために, B トレンチを深く掘り下げた。

この掘削にあたっては, 最初に B トレンチの西壁面を約 2 m 後退させることで拡幅し, その後にトレンチ底をさらに約 1.4 m 掘削した。その結果, B トレンチでは, 途中の犬走りを含んで地表面下約 3 m の地層が観察できるようになった。なお, すべてのトレンチで壁面は鉛直になっている。

それぞれのトレンチ壁面上での具体的な場所を示すために, C トレンチ北壁と B トレンチ東壁の地表での交点を原点とする 1 m 間隔のグリッドを調査用地内に設定して壁面に番号を付した (図 5)。なお, 調査に先立ち約 20 cm の耕土が除去されており, トレンチ壁面のスケッチに記されている地層は耕作土より下位の地層である。

2) トレンチ壁面に現れた地層

トレンチ壁面には, 完新世後期の堆積物が露出した。これらの地層を層相に基づいて, 上位より A ~ N 層に区分した (図 5, 6, 7)。I 層以下の地層は, 礫層と細粒な堆積物の互層であり, 調査地点の地形面を構成する沖積扇状地の堆積物と考えられる。それらの上位にあたる G 層, H 層は I 層を削り込んで堆積したチャネル堆積物であり, オーバーバンク堆積物と考えられる F ~ B 層にアバットで覆われる。オーバーバンク堆積物のうち最も下位の F 層には, H 層, G 層よりも小規模なチャネル堆積物 (Fc 層) が認められた。以下, それぞれの地層について層相とトレンチ壁面での分

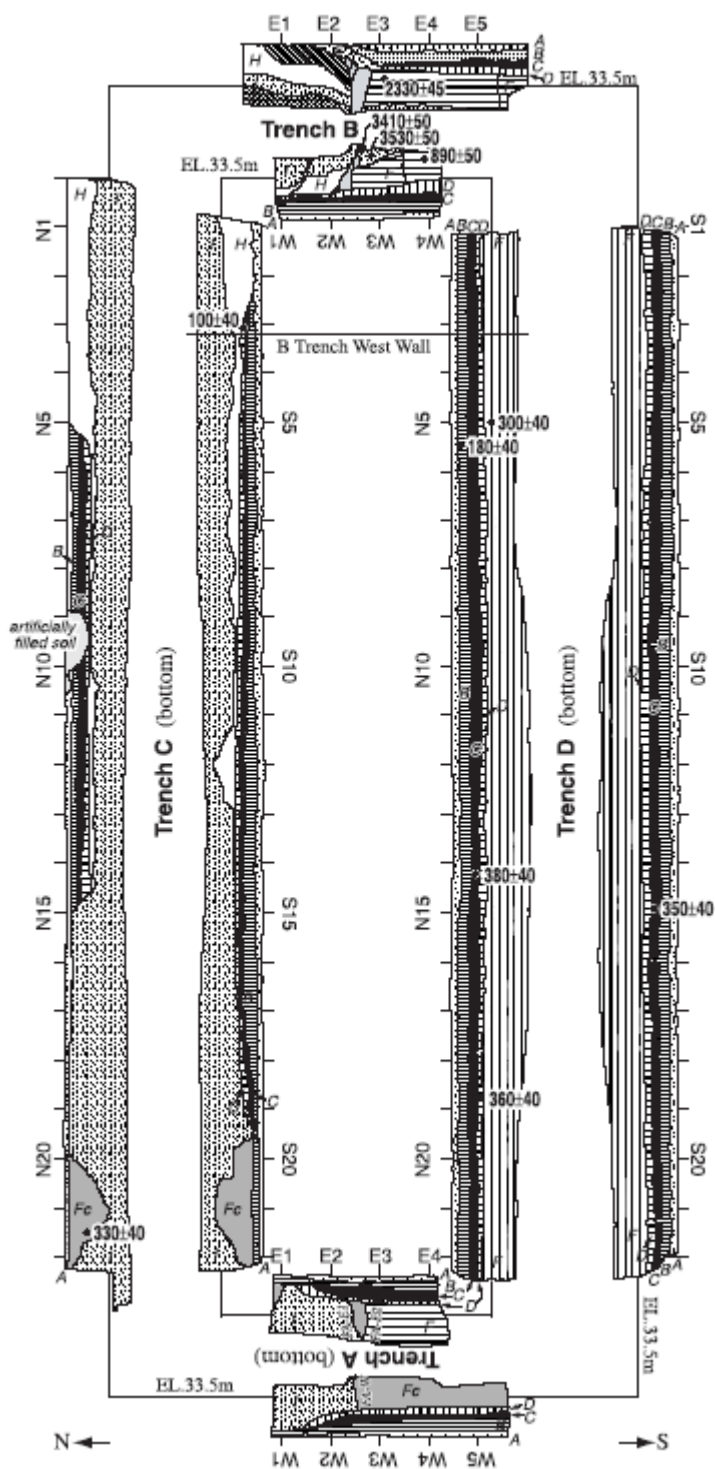


図 5 トレンチ壁面のスケッチ展開図。
 ^{14}C 年代測定値は yr BP を示す。
 C トレンチ南壁および D トレン
 チ北壁は、B トレンチ拡幅前のも
 のである。B トレンチ西壁は、C
 トレンチ S (D トレンチ N) 3.2
 付近の太実線の位置。この図で
 は、B トレンチは上段のみを示し
 ており、B トレンチ全体のスケッ
 チは図 7 に示す。

Fig. 5 Log of trench Walls.

^{14}C ages are in yr B.P.
 The easternmost parts of
 the south wall of trench C
 and north wall of trench D
 were removed by a subse-
 quent widening of trench B.
 The location of west wall of
 trench B is shown by the solid
 line around N (S) 3.2 of the
 trench C and trench D.

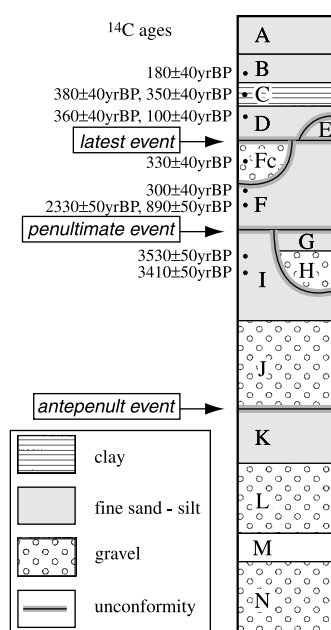


図 6 トレンチ壁面に見られた地層の模式柱状図 .

Fig. 6 Classification of deposits in the trench.

布状況を簡潔に説明する。

A 層：一部を除いて全壁面に露出する地層で、細礫まじりの砂層である。上部は灰色、下部は黄褐色を呈しており、掘削前に取り除いた水田の耕作土の一部とその床土と思われる。

B 層：上部は黄灰色を呈し、径 2 ～ 5 cm の亜角礫を含む細砂層からなる。下部はマトリクスに乏しい径 1 cm 程度の淘汰のよい円礫層であり、茶褐色の斑模様をなしている。D トレンチでは層厚 15 ～ 25 cm とほぼ一定した層厚で壁面全体に露出しているのに対し、C トレンチでは地形的な低地を埋めるように堆積している。

C 層：上部は、白灰色を呈する細粒砂層、下部は橙色の粘土層からなる。細粒砂層の上部数 cm には腐植の集積層が見られ、静水環境下での堆積物と考えられる。下部の粘土層は、トレンチ壁面では他の地層と比べ著しく異なった色調を呈する地層であり、トレンチ壁面でのよい鍵層となっている。C 層は、B 層同様に、C トレンチでは 20 ～ 25 cm とほぼ一定した層厚で、D トレンチでは地

形的な低地を埋めるように堆積しており、その堆積面はほぼ水平である。A, B トレンチとも、断層を確実に覆っている様子を明瞭に観察できる（口絵 4-写真 4, 5）。

D 層：淡黄灰色を呈し、最大径 5 cm の円礫を含む細砂層～シルト層からなる。C トレンチで数 cm ～ 10 cm, D トレンチで 15 ～ 20 cm と、断層を挟んで層厚が異なる。C トレンチでは C 層同様に東西両端には露出しない。B トレンチ西壁面では断層変位による段差を埋めるように、北から南側へ次第に層厚が大きくなっており、下位の F 層とは不整合の関係にある（図 7）。A トレンチでは断層変位を受けた地層を覆って分布する。

E 層：B トレンチの東壁面にのみ露出する地層で、径 2 ～ 10 cm の円礫～亜円礫を含む無層理な砂層である（図 7）。トレンチ壁面中央部の断層（FBM）によって形成されたと考えられる段差を覆っており、断層崖から崩落し、堆積したと考えられる。

Fc 層：下位の F 層を削り込んで堆積したチャネル堆積物である。中礫～大礫の礫層と砂層から構成されている。A トレンチ付近のみに分布し、横ずれ変位の基準となった。C トレンチでの断面から判断してチャネル上端の幅は 2 m 程度である。

F 層：小礫がまじる砂～シルトの細粒な堆積物から構成されている。色調や腐植の有無、含まれる礫の大小によってさらに 7 層に細分することができる。B トレンチでは、H 層、I 層が南側へ傾斜しているのに対し、F 層中の細分された地層境界はほぼ水平な構造になっており、F 層と H 層、I 層とは傾斜不整合の関係にある。また、A トレンチの断層（FA）および B トレンチの中央の断層（FBM）よりも南側にのみ露出しており、低断層崖の低下側を埋めた堆積物と思われる。なお、B トレンチ西壁面の南の断層（FBS）の南側からは、中世の可能性の高い土器片が出土した（図 7）。

G 層：B トレンチ東壁面の FBM よりも北側にのみ露出する。淡黄茶色を呈する径 2 ～ 5 cm の亜角礫を含む砂層からなる。

H 層：最大径 13 cm, 平均径 4 cm 程度の円礫からなり、シルトによって充填されている。C トレ

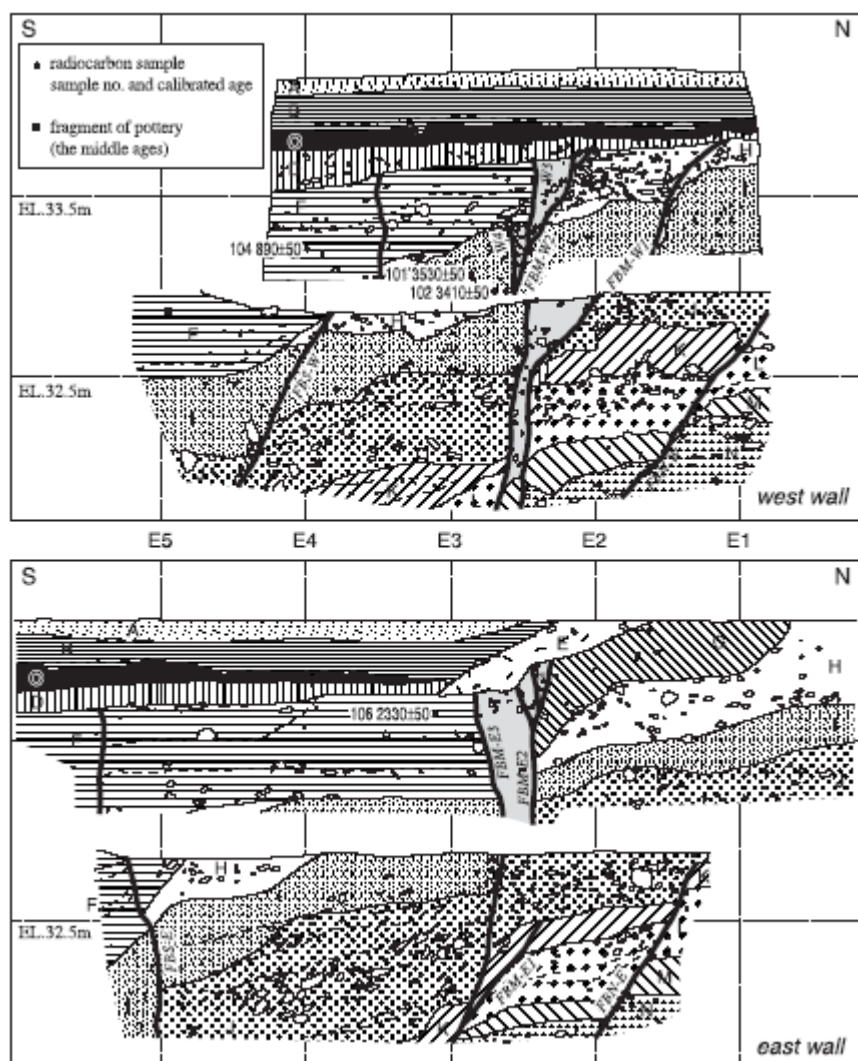


図 7 B トレンチ壁面のスケッチ。
東壁面のスケッチは左右反転。¹⁴C 年代測定値は yr BP を示す。

Fig. 7 Log of B trench.
The log of east wall is flipped. ¹⁴C ages are in yr BP.

ンチと B トレンチのみに現れており、D トレンチではトレンチ底より下位に分布しているものと考えられる。C トレンチでは、東端で最も厚く西に向かって次第に薄くなり、N15 あたりまで認められる。B トレンチでは、北端で厚く、FBM・FBS よりも南でも認められるものの、その厚さは次第に薄くなっている。H 層中の礫のインプリケー

ションから北東方向の流向が推定され、層厚の最も大きいトレンチ北東端に流れの中心があったと考えられる。H 層の厚さは、B トレンチの東壁面で 40 ~ 60 cm、西壁面で 30 cm であるが、下位の I 層と合わせた厚さは東壁面で 60 ~ 70 cm、西壁面で 70 cm と大差なく、H 層による I 層の削り込みが推定される。

I 層：斑模様の黄灰色を呈する小円礫まじりの緻密でごく細粒な砂層である。A トレンチ, C トレンチでは, 壁面に現れている最も下位の地層であり, C トレンチ北壁面の N15 ~ 20 では, A 層の直下からトレンチ底まで分布している。I 層の上面は, A トレンチ, C トレンチの最も高いところで地表面下約 30 cm であるのに対し, B トレンチの南端では地表面下 2 m となっている。C トレンチ西端付近では, I 層は Fc 層の小チャネル堆積物に削り込まれている。

J 層：J 層以下の地層は B トレンチでのみ観察される地層である。J 層は最大径 20 cm, 平均径 5 cm 程度の亜円礫を主体とし, 粗砂で充填されたルーズな礫層であり, 厚さ 10 cm 程度の砂層をレンズ状に数枚挟んでいる。本層の層厚は, B トレンチ東壁面で FBM より北側で 60 cm, 南側で 90 cm, 西壁面で FBM より北側で 30 cm, 南側で 60 cm である。下位の K 層と合わせた厚さは, 西壁面では FBM より北側で 60 cm, 南側で 70 ~ 90 cm と大きな差はない。FBM を挟んでの本層の厚さの違いは, J 層堆積時に K 層を削り込んだことによるものと思われる。

K 層：淡茶色を呈する細砂～極細砂からなる細粒な堆積物である。

L 層：下部は中粒砂層, 上部は最大径 13 cm, 平均径 3 cm 程度の円礫～亜円礫から構成されており, 上部の礫層では北流を示すインプリケーションが明瞭である。

M 層：B トレンチ壁面では FBM より北側のみに露出し, 灰色に黄色の斑模様を呈する。2 ~ 5 cm の亜角礫まじりの緻密なシルト層である。

N 層：今回掘削したトレンチに現れた最も下位の地層であり, FBM より北側のみに露出し, 暗灰色を呈する最大径 15 cm の亜円～亜角礫層から構成される。

3) トレンチ壁面に現れた断層の構造

A トレンチでは, E2.5 および W2.5 付近に明瞭な断層が現れ, 西壁面の断層を FA-W とし, 東壁面の 2 条の断層を北側から FA-E1, FA-E2 とした。FA-W は, 北側の I 層と南側の Fc 層との境をなす最大幅 5 cm のシャープな断層である。断層面は,

壁面上ではやや湾曲しているものの, ほぼ垂直な傾斜を持つ。Fc 層中の砂層は, FA-W の近傍 5 cm あたりから断層に引き込まれており, 礫が断層面に沿って再配列をしている様子が観察された。

一方, 東壁面では, FA-E1, FA-E2 が北側の I 層と南側の F 層との境界で最大幅 40 cm の断層帯を形成し, その間では Fc 層が V 字状に挟まれている。FA-E1 はやや南に傾斜し, FA-E2 はほぼ垂直であり, 地表面下 1.5 m のトレンチ底で両断層は収斂している。

B トレンチでは, E および W1 ~ 5.5 の間に断層が出現し, A トレンチに比べて幅の広い断層帯をなしている(図 7)。壁面に現れた断層は大きく 3 条に分けられ, FBM は上部に向かってさらに 3 ~ 4 条に分岐している。これらの分岐断層には, A トレンチと同様に北から順に番号を付した。FBN は東西両壁面とも, 南に 50° ~ 70° 傾斜する断層で, 鉛直からやや南傾斜を示す FBM とはトレンチ底から数 m 下で収斂しているものと思われる。FBS は, 西壁面の下段では南傾斜であるが, その他は垂直からやや北に傾斜しており, トレンチ底から数 m 下で FBM に収斂している可能性が高い。

鉛直方向の変位は, いずれの断層も南側低下であり, 調査地点周辺の変位地形から推定される変位様式と同じである。また, 鉛直変位量は FBM で最も大きく, 変位量から FBM が主断層であると推定される。

FBM で顕著なように, 高角度な断層面が上部に向かって分岐し, V 字状の落ち込みを形成している。また, FBS の下部は断層の走向や傾斜が変化している。これらは, 横ずれ断層をトレンチ壁面で観察する場合に共通してみられる特徴である。

IV. 考 察

1) 最新イベントの層準とその時期

A トレンチに見られる FA は, Fc 層以下の地層を切断し, A ~ D 層に覆われている。B トレンチでは, FBM-W2, W3, FBM-E2, E3 および FBS は F 層以下の地層を切断し, 東壁面で E 層に, 西壁面で D 層に覆われている。これらのことから,

断層活動はFc層堆積後で、D層およびE層堆積前にあったと考えられる。ただし、E層は断層活動よりも前に堆積し、断層活動に伴い崩落して堆積したものであるため、E層に含まれる年代試料は最新活動より前の年代を示すことになる。一方、D層はF層以下の地層との間に不整合が認められ、断層より南側で厚く、その上面はほぼ水平であることから、断層活動でできた低断層崖の低下側を埋めて堆積した地層と考えられる。

最新活動があった前後の地層と考えられるF層上部とその上位の地層から得られた試料の年代は、数百年程度の比較的狭い範囲内にある（図6）。これらの¹⁴C年代値は、誤差を考えても、一部に逆転が認められる。図8では、これらの¹⁴C年代値をRamsey(2000)のOxcal v.3.5を用いて暦年に校正し、そのとりうる確率を分布で示した。これを見るとF層上部～C層より得られた試料の暦年は、MTL-Doi-39(100 ± 40 yrBP)を除いてほぼ同じ年代幅の中にあり、年代値はほとんど逆転していない。したがって、Doi-39を除いた試料の暦年は、得られた地層の堆積年代を示している可能性が高い。なお、MTL-Doi-39は暦年に校正しても上位の試料の年代と大きく逆転していることや、採取位置が浅く、地表からの汚染の可能性があることから考察の対象から除外する。

最新活動があった前後の地層のうち、最新活動より前に堆積したFc層、F層から得られた試料(MTL-Doi-46, 11)の暦年は誤差1σ(68.2%)でAD1510～1600, AD1610～1660であり、断層活動より後に堆積したC層、D層から得られた試料(MTL-Doi-15, 5, 19)の暦年は誤差1σでAD1440～1530, AD1550～1640である(表1)。したがって、断層活動はAD1440～1660にあったと考えられる。ただし、変位を受けた地層から得られた試料がたとえ再堆積したものであったとしても、断層活動時期はその試料の年代値よりも後であることは確実である。したがって、断層変位を受けた地層から得られた試料のうち、最も新しい試料(MTL-Doi-11)の暦年であるAD1520以降に最新活動はあったといえる。暦年の誤差を2σ(95.4%)として同様に検討すると、最新活動

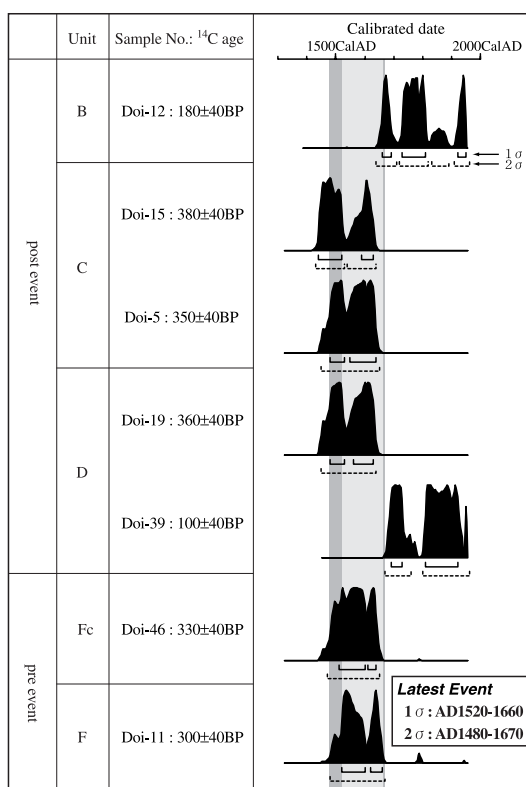


図8 ¹⁴C年代測定値の暦年較正確率分布と最新活動時期。

Fig. 8 Calibrated data distributions and timing of the latest event.

時期はAD1480～1670となる。今回、調査を行った地点では、最新活動時期は暦年較正で採用する誤差に大きく影響を受けることなく、16世紀を挟む140～190年間の比較的狭い時期に限定することができる。

土居町在住の歴史学者、村上光信氏(元新居浜東高校校長)への聴き取りによると、宇摩地方(愛媛県東部)に現存する寛文年間(1661年)以降に記されたすべての庄屋文書に目を通した中で、この地方には安政南海地震に関係すると思われるものを除いて大地震に関する記述は見当たらないらしい。後藤ほか(2001)は、伊予地方では1854年の安政南海地震の際には詳しい記録が残されていることから、それ以降に発生した地震について

表 1 ^{14}C 年代測定結果 .

Table 1 Radiocarbon dates of the samples.

Sample No. MTL-Doi-*	Labo. No. GX-**	Unit	$\delta^{13}\text{C}$ PDB (‰)	^{14}C age*** (yrBP $\pm 1\sigma$)	Calibrated age range (cal years $\pm 1\sigma$)****	Probability
12	3194	B	- 24.71	180 $\pm$ 40	AD1660-1690 AD1730-1810 AD1920-1950	0.18 0.66 0.16
15	3195	C	- 28.3	380 $\pm$ 40	AD1440-1520 AD1590-1630	0.75 0.25
5	3192	C	- 26.08	350 $\pm$ 40	AD1480-1530 AD1550-1640	0.34 0.66
39	3197	D	- 26.02	100 $\pm$ 40	AD1690-1730 AD1810-1920	0.28 0.72
19	3196	D	- 29.38	360 $\pm$ 40	AD1480-1530 AD1560-1630	0.41 0.59
46	3198	Fc	- 26.83	330 $\pm$ 40	AD1510-1600 AD1610-1640	0.80 0.20
11	3193	F	- 11.94	300 $\pm$ 40	AD1520-1600 AD1620-1660	0.73 0.27
104	3201	F	- 26.17	890 $\pm$ 50	AD1040-1100 AD1110-1220	0.39 0.61
106	3202	F	- 26.85	2330 $\pm$ 50	BC490-460 BC450-440 BC420-350 BC290-230	0.07 0.04 0.73 0.16
101	3199	I	- 26.75	3530 $\pm$ 50	BC1920-1750	1.00
102	3200	I	- 25.93	3410 $\pm$ 50	BC1860-1840 BC1780-1620	0.07 0.93

* 試料はすべて炭 . ** 測定方法は AMS 法 , 測定機関は核燃料サイクル機構東濃地科学センター , *** ^{14}C 年代値は $\delta^{13}\text{C}$ で補正し , 半減期は Libby の 5568 年を用いた . **** 年代較正は Ramsey (2000) の OxCal v.3.5 で行った .

* All samples are charcoal. ** All samples were analyzed by AMS at Tono Geoscience Center, Japan Nuclear Cycle Development Institute. *** ^{14}C ages were corrected by $\delta^{13}\text{C}$ and calculated using Libby half-life of 5568 years. **** Calibration is based by OxCal v.3.5 (Ramsey, 2000).

は歴史文書として残存しているはずであるが、内陸の大地震に関係したと思われる記述が見つからないため 1854 年以降に中央構造線が活動した可能性はないとしている。村上氏の歴史的な検証に基づくこの証言は 1854 年をさらに約 200 年遡らせたという意味で貴重である。また、このことは本研究のトレンチ調査によって得られた最新時期と調和しており、歴史的な地変が文書として詳しく記され始める直前に中央構造線が活動した可能性が高いと考えられる。

2) 最新活動時の横ずれ変位量

今回の調査では、横ずれ変位基準を見出すために断層にほぼ平行する東西方向の C および D トレンチを掘削した。D トレンチでは水平な地層が見られるだけで、基準となりうる堆積物に乏しかったが、C トレンチでは F 層を削り込んで堆積した小チャネル堆積物 (Fc 層) が見られ、これを横ずれ変位基準とした。チャネル堆積物中にある礫層の上面より上位の地層を取り除く発掘調査を行い、チャネル堆積物を平面で観察した (口絵 4-写真 2)。

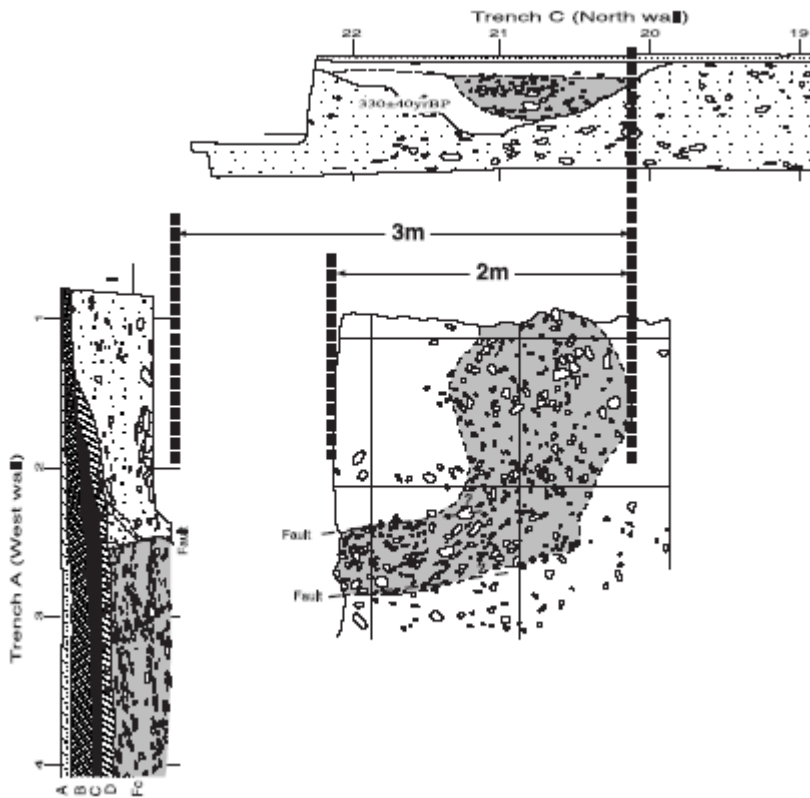


図 9 最新活動に伴う埋没チャネル堆積物の右横ずれ。

Fig. 9 Diagram showing offset of buried channel associated with the most recent faulting.

この礫層は、断層より北では、C トレンチの南北両壁面で観察されるように断層に直交する南北方向に延びているが、FA-E の東延長の交差するところで 90° 流路を変えて屈曲している（図 9、口絵 4-写真 3）。礫の長軸方向は断層より北では南北であるが、FA-E1 と FA-E2 の断層間では東西を示しており、礫が断層変位により断層の走向に平行するように再配列している（図 9）。また、この礫層はそのインプリケーションや周辺の地形から考えて、北流していたチャネル堆積物と考えられるが、発掘した範囲では礫層の上面高度は断層付近より北側が 0.3 m 高い（口絵 4-写真 3）。一方、断層より南側では、この礫層は A トレンチの東壁面には分布しておらず、西壁面のみに見られた。

これらの観察結果から、Fc 層中の礫層の東端を変位基準とすると、A トレンチの幅を誤差とする 2 ~ 3 m の右ずれ変位が求められる。また、この礫層から求められる鉛直変位量は、チャネルの礫の上面を発掘した範囲内で 0.3 m、A トレンチと C トレンチ北壁面における Fc 層上面の高度差は 0.5 m であり、0.3 ~ 0.5 m 程度と考えられる。なお、MTL-Doi-46 の年代測定試料（ 330 ± 40 yrBP）は、変位基準となった礫層を含む Fc 層から得られており、最新活動に伴う変位であることを示している（図 8）。

一方、周辺の地形を詳細に観察すると、トレンチ調査地点周辺には道路や田の畦の右屈曲が認められる。調査地点西側の道路は断層付近で 3.3 ± 0.3 m 右に屈曲しており（図 4 の I、口絵 4-写真 6）、

調査地となった田の東側境界である畦は 2.3 ± 0.3 m 右に屈曲している（図 4 の II，口絵 4-写真 7）。また，調査地点の東に位置する A 地点で，道路に 2.0 ± 0.3 m の明瞭な右ずれが認められる（図 2，10 の A，口絵 4-写真 8）。B 地点でも不明瞭ながら 3.65 ± 0.3 m の屈曲が推定される（図 2，10 の B）。これら道路や畦の屈曲やずれの量は，トレンチ調査で見られたチャネルの変位量とほぼ同じであり，畦や道路で認められる変位が実際の断層の変位量を示す可能性が高いことが確かめられた。

3) 最新活動よりも前の断層活動

B トレンチ西壁面の FBM の分岐断層である FBM-W4 は I 層を切断するが，その上位の F 層によって覆われている。また，F 層は下位の H 層および I 層と傾斜不整合の関係にあり，断層の南側のみに分布する堆積物であることから，H 層および I 層が形成した低断層崖の低下側を埋めた堆積物と考えられる。したがって，H 層堆積以降，F 層堆積以前に断層活動があったと推定される。このことは，B トレンチの東壁面で FBS-E に沿った I 層の変形が F 層の変形よりも大きいことも調和的である。ただし I 層堆積以降，F 層堆積以前に断層活動が何回あったのかは，横ずれ変位量がわからないため解明できない。

鉛直変位量に注目すると，I 層の上面の高度差は B トレンチの西壁で 1.2 m，東壁で 1.5 m であり，先に求められた最新活動時の鉛直変位量を最大の 0.5 m とすると，この高度差はそのおおよそ 2 ～ 3 倍程度であることがわかる。I 層は北流するチャネル堆積物である H 層によって削り込まれたものと考えられることから，I 層の上面高度は I 層堆積以降の変位量の最小値を示していると思われる。また，横ずれ断層では場所により垂直変位量が異なることを考えると，I 層が何回変位を受けたかは断定できないが，複数回の変位を受けたことは間違いない。したがって，I 層から得られた試料のうち最も新しい年代値である 3410 ± 50 yrBP (MTL-Doi-102) 以降に，最新活動を含め少なくとも 2 回変位が生じたと考えられる。

FBN-E および FBM-E1 は，K 層を切断し，J 層に覆われていることから，この間にも断層活動

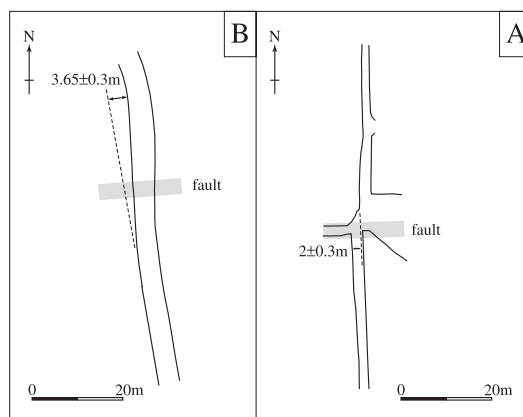


図 10 断層線を横切る道の右横ずれ．
薄墨の線は断層線を示す．A，B の場所は図 2 参照．

Fig. 10 Right-laterally offset roads across the fault line.
Shaded lines indicate fault traces.
The locations of the roads are shown in Fig. 2.

があったと考えられる。ただし，これらの地層の堆積年代を示す試料が得られていないため，活動時期を具体的に推定することはできない。

V. おわりに

石鎚山地北麓に分布する中央構造線活断層系の畑野断層において，最新活動の時期とその変位量を明らかにするトレンチ調査を実施した。その結果，西暦 1520 ～ 1660 年（暦年較正： $\pm 1\sigma$ ）または西暦 1480 ～ 1670 年（ $\pm 2\sigma$ ）に畑野断層が活動したことが明らかとなった。つまり，中央構造線活断層系は，16 世紀を挟んだ 140 ～ 190 年間に最新活動があったことになる。沖積扇状地面上的の逆向き低断層崖を開析した凹地の中で発掘調査をすることで，最近数百年の自然堆積層を見つけたことができた。また，活動時期前後の地層にも恵まれ，高精度に最新活動時期を求めることができた。

この調査では，断層に直交するトレンチの掘削に引き続いて，断層に平行するトレンチを断層を挟んだ南北両側で掘削した。両トレンチに出現したチャネル堆積物の上面を露出させることで，横

ずれ変位基準を正確に認定できた。その結果、畑野断層では最新活動の際に 2 ~ 3 m の右横ずれ、0.3 ~ 0.5 m の鉛直変位があったことが明らかとなった。一方、トレンチ調査地点周辺には、道路や田の畦に 2 ~ 3 m の右横ずれが認められ、チャネル堆積物から求められた変位量と同程度であった。このことから、中央構造線活断層系に沿う田の畦や道路のずれや屈曲は、歴史時代の横ずれ変位を示す可能性が高いことが明らかとなった。

謝 辞

本調査にあたり、調査用地を貸して下さった地主の加地正和氏、松本 博氏、古文書に関する貴重な意見を下さった村上光信氏、土器の鑑定をして下さった愛媛県埋蔵文化センターの柴田圭子氏に心から御礼申し上げます。現地調査では近藤久雄氏（広島大学・院）、木村治夫氏（京都大学・院（当時））、杉戸信彦氏（京都大学・院）ならびに復建調査設計の池田哲雄氏、高田圭太氏、原口 強氏に大変お世話になり、松田時彦先生、岡田篤正先生には現地で貴重な意見をいただいた。また、東京大学地震研究所の島崎邦彦先生、渡辺トキエ氏には研究費の配分と執行で大変お世話になった。匿名の査読者からの適切な指摘は、本稿を改めるのに大変有益であった。以上の方々に記して感謝申し上げます。

本調査は、平成 12 年度東京大学地震研究所特定研究（A）「古地震」および平成 13 年度東京大学地震研究所一般共同研究（研究課題名：中央構造線活断層系のセグメンテーションと地震危険度評価、課題番号：2001-G-14、研究代表者：堤 浩之、地震研担当教官：島崎邦彦）を使用し、地球惑星科学関連学会 2001 年合同大会ならびに日本地理学会 2002 年度春季学術大会で発表した。

文 献

- 後藤秀昭・中田 高（2000）四国の中央構造線活断層系—詳細活断層線分布図と資料—。広島大学総合地誌研究資料センター研究叢書，**35**，143p。
- 後藤秀昭・中田 高・堤 浩之・奥村晃史・今泉俊文・中村俊夫・渡辺トキエ（2001）中央構造線活断層系（四国）の最新活動時期からみた活断層系の活動集中期、地震，**53**，205-219。
- 松田時彦（1975）活断層から発生する地震の規模と周期について。地震，**28**，269-283。
- 森野道夫・岡田篤正・中田 高・松波孝治・日下雅義・村田明広・水野清秀・能見忠歳・谷野宮恵美・池田小織・原 郁夫（2001）徳島平野における中央構造線活断層系の活動履歴。地質学雑誌，**107**，681-700。
- 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。
- Okada, A. (1980) Quaternary faulting along the Median Tectonic Line of Southwest Japan. *Mem. Geol. Soc. Japan*, **18**, 79-108.
- 岡田篤正・堤 浩之（1997）中央構造線活断層系父尾断層の完新世断層運動—徳島県市場町でのトレンチ調査—。地学雑誌，**106**，644-659。
- 岡田篤正・安藤雅孝・佃 為成（1988）1984 年中央構造線活断層系・岡村断層（西条地区）トレンチ調査。活断層研究，**5**，35-41。
- 岡山俊雄（1988）1:1,000,000 日本列島切峰面図。古今書院。
- Tsutsumi, H. and Okada, A. (1996) Segmentation and Holocene surface faulting on the Median Tectonic Line, southwest Japan. *J. Geophys. Res.*, **101**, 5855-5871.
- 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.

（2002 年 12 月 9 日受付，2003 年 7 月 22 日受理）