

木曾山脈西縁断層帯における活動履歴調査(2)
- 馬籠峠断層福根沢地区における地形・地質調査 -

Paleoseismological study of the Kiso-sanmyaku-seien fault zone (2)
- Geological and geomorphological survey at Fukutochizawa site
across the Magome-toge fault -

穴倉正展¹・遠田晋次²・苅谷愛彦³・永井節治⁴・二階堂 学⁵・高瀬信一⁶

Masanobu Shishikura¹, Shinji Toda², Yoshihiko Kariya³,
Setsuji Nagai⁴, Manabu Nikaido⁵ and Nobukazu Takase⁶

^{1,2} 活断層研究センター (Active Fault Research Center, GSJ/AIST, m.shishikura@aist.go.jp, s-toda@aist.go.jp)

³ 千葉大学大学院自然科学研究科 (Graduate school of Science and Technology, Chiba Univ.,
ykariya@earth.s.chiba-u.ac.jp)

⁴ 長野県木曾郡南木曾町読書 4218-3 (4218-3 Yomikaki, Nagiso-machi, Kiso-gun, Nagano Prefecture)

^{5,6} 株式会社ダイヤコンサルタント (DIA Consultants Co., Ltd., M.Nikaidou@diaconsultants.co.jp,
N.Takase@diaconsultants.co.jp)

Abstract: We identified two faulting events in the late Holocene at an outcrop and four hand-dug pits on the northernmost Magome-toge fault. The Fukutochizawa site is on the northern Magome-toge fault, which is a southern constituent of the 60-km-long Kiso-sanmyaku-seien fault zone. The latest faulting event occurred in or after the 13th century, as indicated by the radiocarbon age of humus displaced by the fault. An earlier event, identified from a colluvial wedge intercalated in the gravel beds, was 1,690 – 2,290 cal yr BP from radiocarbon ages of the layers above and below. The interval between the two events is 1,000 – 2,000 years. The cumulative vertical displacement of the two events is estimated as 1.3 m or more, and the vertical displacement of the penultimate event is 0.6 m or more.

キーワード: 木曾山脈西縁断層帯, 馬籠峠断層, 活断層露頭, ピット掘削, 活動履歴

Keywords: Kiso-sanmyaku-seien fault zone, Magome-toge fault, fault outcrop, pit excavation, faulting history

1. はじめに

木曾山脈西縁断層帯沿いには断層谷状の地形が発達するが、最近の活動を示す低断層崖などの変位地形は、河川沿いに点在する狭い段丘面にわずかに見られるのみである。穴倉ほか(2002)が馬籠峠断層下り谷地区で行ったトレンチ調査は、このような限られた場所で行った貴重な研究事例である。一方、本断層帯沿いでは、活断層露頭の報告がいくつかあり、重要な情報を提供している(永井, 1998; 高瀬ほか, 1998; 苅谷ほか, 1999 など)。本調査では、馬籠峠断層^{ふくとちざわ}福根沢地区で発見された活断層露頭(永井, 1998)を基に、その周辺において人力によるピット掘削を行い、それらの観察結果から過去の活動や変位量について検討した。

2. 調査地点の概要

調査地点は馬籠峠断層の北端付近で、断層の走向

方向に延びた福根沢と呼ばれる谷の右岸側支流の合流点から約 50m 上流である (Fig. 1)。ここに活断層露頭があり、断層をまたいで沢・小尾根が右横ずれ方向に屈曲する。沢の右岸に、現河床からの比高が 1~4m 程度の狭い小段丘が分布し、露頭はこの段丘と河床が接する谷壁に位置する (Fig. 2)。

本調査ではまず、調査地点周辺の精密地形測量を行った。次に、既存の露頭の再調査と、段丘面上においてピット掘削およびその壁面観察を行い、堆積物と断層の構造について記載した。ピットは断層を横切る方向に 4 本、断層と平行に 1 本掘削した。これらを南側から A~E ピットと呼ぶ。ピットの大きさはそれぞれ若干異なるが、おおよそ長さ 2~3m、幅 1m、深さ 1~2m である。

3. 精密地形測量結果

活断層露頭周辺から福根沢本流までの約 40m × 60m の範囲で精密地形測量を行い、等高線間隔 0.5m

(場所により 0.25m) の詳細地形図を作成した (Fig. 3). これによると, 北西方向に流れる沢が, 断層付近から流向を北北東方向へ変え, 本流へ合流していく様子が明瞭で, その屈曲量は約 20m である. この川の屈曲が下流方向であることや, 屈曲位置が断層から北へずれていること, 下流側の流れの向きが上流の北西に戻っていないこと, などからみると, この屈曲全体が断層の右横ずれ変位によるものとは言い難い. しかし, 周辺の地形にも系統的な右横ずれの屈曲が見られ, 本地域の馬籠峠断層が右横ずれ成分を有することが示唆される.

4. 活断層露頭およびピット壁面観察結果

活断層露頭および A~D ピットの壁面では, 基盤の花崗岩とそれを侵食して堆積した段丘堆積物 (砂礫層) が, 断層によって変位している様子が観察された. 本調査で観察される地層は上位より 1~8 層に区分され, それぞれ 1 層: 表土, 2 層: 砂礫層, 3 層: 崩積性礫混じりシルト~砂層, 4 層: 崩積性砂礫層, 5 層: 砂礫層, 6 層: 崩積性礫混じりシルト~砂層, 7 層: 砂礫層, 8 層: 基盤岩 (花崗岩) である. 以下に活断層露頭および各ピットについてそれぞれ記載する. なお, 以下の記載では, ^{14}C 年代として, 暦年較正值 (2 ; Table 1) を用いる.

4.1 活断層露頭

露頭は幅約 10m, 高さ 3~4m の範囲で観察される (Fig. 4). 基盤岩である 8 層上面は沢の勾配とおおよそ調和的に傾斜して分布し, 露頭西端より 2m 付近で断層によって上下に約 1m 食い違う. 断層の走向・傾斜は $\text{N}54^\circ \text{E}$, $50\sim 54^\circ \text{S}$ である. 8 層は断層付近で著しい破碎と変質を被っている. 断層下盤側では幅 1m 以上にわたり白色変質し, 著しく粘土化しており, 破碎構造は認識できない. 断層部では青灰色~橙色を帯びた粘土状破碎部が幅 10~25cm 程度で分布する. 断層粘土は軟質であるが, 破碎構造を明瞭に残しており, 断層面に平行に鱗片状に剥離する. また, 粘土状破碎部に含まれる白色岩片が断層の方向に沿って引き延ばされている. この粘土状破碎部に隣接して, 青灰色~白色~橙色を呈するマイロナイト様の破碎部が幅 1m にわたって分布する. 破碎部は熱水変質による白色粘土が破碎の方向に沿って引き延ばされたような形状で分布する.

基盤直上の 7 層, その上位の 5 層は段丘構成層であり, 断層に切られている. 断層の上盤側では, 5 層と 7 層は腐植分を含むレンズ状の砂層を境に区分できる. この腐植質部の ^{14}C 年代は 3350-3140 cal yr BP である. 断層の下盤側では, これらの段丘構成層の間に, 崩積性の礫混じりシルト~砂層である 6 層が挟まれる. この 6 層は下盤側にのみ分布し, 断層から離れるに従い, 薄くなり尖滅する. 同層中には断層破碎粘土から剥離した断片が含まれ, その中に

は炭化した草本の茎・葉が含まれる. これらの特徴は, 6 層が断層活動により生じたイベント堆積物の可能性を示唆する. なお, 本層中の炭化木片の ^{14}C 年代は modern を示した. これは何らかの汚染を被っていると思われる.

断層は斜面崩積性の砂礫である 4 層に覆われる. 本層は層相からみて, 5 層と 7 層を供給源として生じた堆積物と考えられる. 本層中の腐植分の ^{14}C 年代は modern を示した.

4.2 A ピット

A ピットでは, 断層が 5 層を切って, 断層破碎粘土状の 8 層と接している様子が観察された (Fig. 5). これらは 4 層に覆われる. 本ピットでは年代試料は得られていない.

4.3 B ピット

B ピットでは, 8 層および 7 層が逆断層によって 5 層の上ののし上げている (Fig. 6). 8 層は断層破碎粘土状で, 7 層中に取り込まれるような分布を示す. 5 層は主に断層の下盤側に分布する. B ピットにおける 5 層は, 腐植分を若干混入したシルト~細砂の 2 枚の薄層によって細分され, 上位の薄層からは 720-650 cal yr BP, 下位の薄層からは 1530-1340 cal yr BP の ^{14}C 年代が得られた. 4 層および 1 層は断層を覆っている.

4.4 C ピット

C ピットでは, B ピットと同様に, 8 層および 7 層が逆断層により 5 層ののし上げている (Fig. 7). 5 層最上部付近の腐植質部の ^{14}C 年代は 940-760 cal yr BP を示す. 断層は 4 層および 1 層に覆われる. 本ピットでは断層上盤側に 3 層が分布するが, 断層との関係は観察できなかった.

4.5 D ピット

D ピットでは, ほぼ水平に近い非常に低角な逆断層により, 8 層が 5 層ののし上げている (Fig. 8). 南面で断層に接する 5 層最上部の腐植質部からは, 1180-970 cal yr BP および 910-690 cal yr BP という 2 つの ^{14}C 年代が得られた. さらに北面では同様に 5 層最上部から 1060-930 cal yr BP という ^{14}C 年代が得られている.

本ピットでは, 断層下盤側において, 5 層の下位に, イベント堆積物と考えられる 6 層とその下位の 7 層が観察される. 6 層を挟んで, 5 層最下部の ^{14}C 年代は 1860-1690 cal yr BP, 7 層最上部の ^{14}C 年代は 2290-2270 / 2160-1990 cal yr BP であった.

断層は 3 層および 1 層に覆われる. 3 層は淘汰不良で斜面に沿った分布から, 断層上盤側からもたらされた斜面崩積性の堆積物とみなせる. 3 層中から得られた腐植物の ^{14}C 年代は 270-200 / 150-20 cal yr BP である (Table 1).

4.6 Eピット

Eピットは断層から約4m離れ、断層の走向と平行に掘削した(Fig. 3)。ここでは、段丘構成層である5層および7層が基盤の8層にアバットしている様子が確認された(Fig. 9)。層相や地形から判断して、段丘の北縁付近の横断面が露出しているものと考えられる。5層および7層中の腐植物から、1690-1660/1630-1500 cal yr BPと1540-1350 cal yr BPの¹⁴C年代がそれぞれ得られた。

5. 活動履歴

活断層露頭およびピット壁面の観察結果から、少なくとも2回のイベントが推定される。

最新イベントは、5層までを切る断層が4層および3層に覆われることにより認識される。5層最上部から得られた¹⁴C年代は、720-650~1180-970 cal yr BPである。一方、3層の¹⁴C年代は270-200/150-20 cal yr BPである。したがって、最新イベントは720-650 cal yr BP以降、270-200/150-20 cal yr BP以前に生じたと考えられる。暦年では西暦1300年頃以降、同1700年頃までの間に発生した可能性が高い。つまり歴史時代の地震に対応すると考えられるが、これまでのところ、本地域でこの期間に大地震が発生した記録は史料などに見つかっていない(宇佐美, 1996など)。

1回前のイベントは、6層の存在で認識される。活断層露頭における6層は崩積土の層相を示し、断層破碎粘土の断片や炭化した草本の茎・葉が含まれる。したがって、7層堆積以降に断層が活動し、下盤側の7層より高い位置にまで持ち上げられた断層破碎粘土と草本の茎・葉を取り込んで6層が堆積したと考えられる。Dピットで得られた6層直下および直上の¹⁴C年代からみて、1回前のイベントは、2290-2270/2160-1990 cal yr BP以降、1860-1690 cal yr BP以前に発生したと考えられる。

6. 変位量の推定

活断層露頭における断層両側の基盤岩上面には、1.3mの落差がある(Fig. 10)。また、上盤側の基盤岩上面は4層に直接覆われており、下盤側の基盤岩上面に対応する7層との境界は、より高い位置にあった可能性が高い。したがって、最近のイベント2回の累積上下変位量は、1.3m以上と推定される。

個々のイベントの変位量については、明確な示標は得られなかった。しかし、1回前のイベントに関しては、イベント堆積物と考えられる6層の分布から大まかな変位量が見積もられる。6層上部は、基盤岩から剥落して堆積した断層破碎粘土を含んでいる。これは、6層上部の堆積時に、基盤岩が6層の堆積場所より高い位置において地表に露出していたことを示唆する。下盤側の基盤上面から6層上部ま

での高度差は約0.6mである。したがって、1回前のイベントによる上下変位量は0.6m以上であった可能性がある。

次に横ずれ変位量であるが、7層について、断層の走向方向に北東端の分布を見ると、上盤側でCピット東面まで分布するのに対し、下盤側ではさらに北東にD、Eピットまで確認される。この差は断層の右横ずれ運動に関連している可能性がある。しかし、上盤側の7層北東端は、3層に削剥されており、横ずれ変位量を知るための正確な示標を欠いている。したがって現在のところ、本地域の横ずれ変位量は不明である。

7. まとめと今後の課題

福根沢地区における馬籠峠断層の調査では、活断層露頭およびピット壁面の観察から、2回のイベントを読み取ることができた。最新イベントの時期は720-650 cal yr BP以降、270-200/150-20 cal yr BP以前であり、1回前のイベントの時期は2290-2270/2160-1990 cal yr BP以降、1860-1690 cal yr BP以前と推定された。これら2回のイベントの発生間隔はおよそ1000~2000年であり、比較的短い。また、最新2回のイベントによる累積上下変位量は1.3m以上と見積もられ、1回前のイベントによる上下変位量は0.6m以上に達した可能性がある。

Fig. 11に示すように、福根沢地区と下り谷地区において明らかにされた馬籠峠断層の活動履歴は、大きく異なっている。これは2つの地区の間に、セグメント境界が存在する可能性を示唆している。福根沢地区では、今後、より古いイベントの時期を明らかにし、下り谷地区で確認されているイベントとの関係を検証する必要がある。また、北方の清内路峠断層や上松断層の活動履歴を明らかにし、福根沢地区における馬籠峠断層の活動履歴と比較する必要がある。

謝辞 本調査に当たり、大桑村役場林務課には土地の使用を許可して頂き、いろいろと便宜を図って頂いた。ピット掘削では1999年アームレスリング世界チャンピオンの大森友紀氏(株式会社ダイヤコンサルタント)にご協力頂いた。また、露頭およびピット観察では橋徹氏にご協力頂いた。以上の皆様に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 苅谷愛彦・水野清秀・永井節治(1999)長野県南木曾町に出現した馬籠峠断層の露頭と完新世の断層活動。第四紀研究, 37, 59-64.
 永井節治(1998)馬籠峠断層の追跡 - 馬籠峠断層の最近の情報 - 。地学研究, 47, 29-35.
 穴倉正展・遠田晋次・苅谷愛彦・永井節治・二階堂

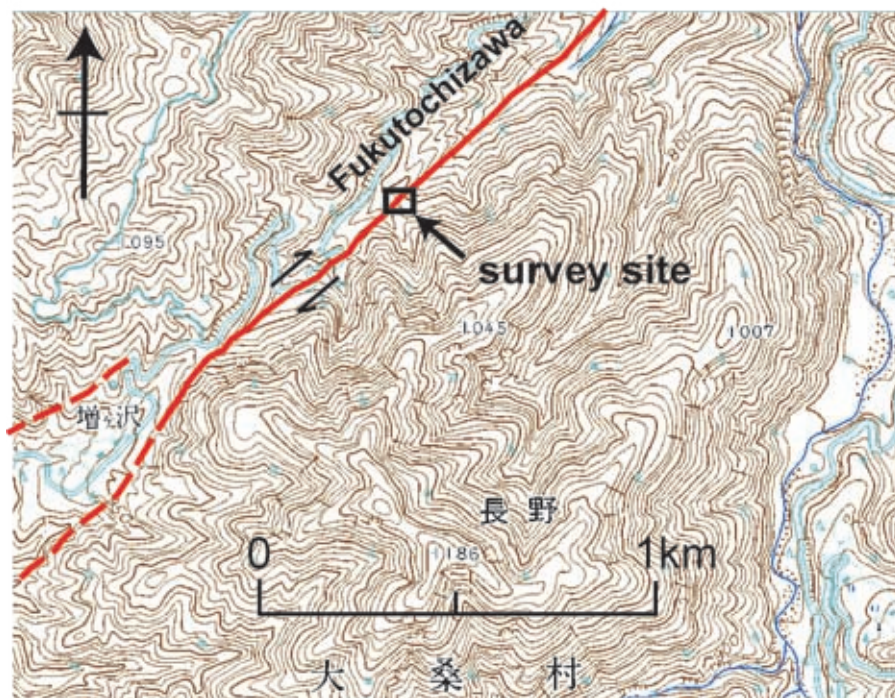
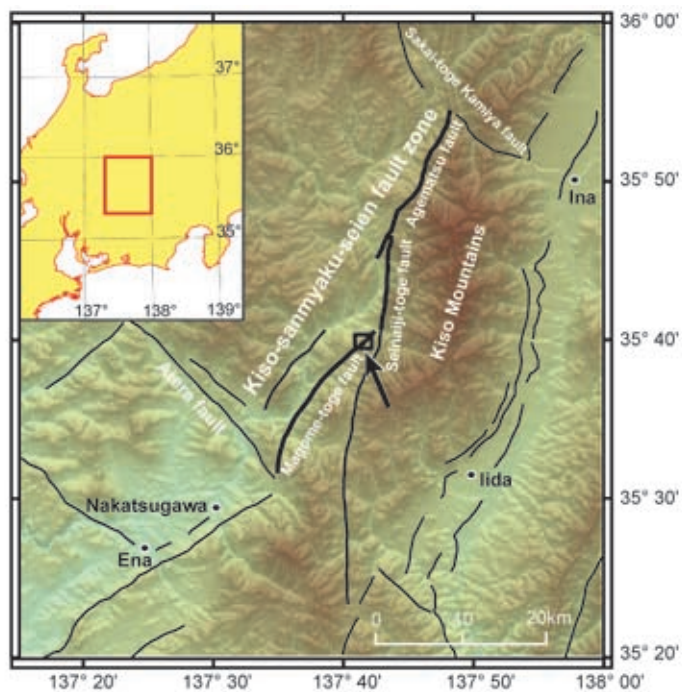
学・高瀬信一（2002）木曾山脈西縁断層帯における活動履歴調査（1）- 馬籠峠断層下り谷地区におけるトレンチ調査 - . 活断層・古地震研究報告, no. 2, 41-55 .

高瀬信一・二階堂 学・田中邦雄・永井節治・木船清・波多腰忠行・遠藤忠慶（1998）木曾山脈西縁の活断層の最新活動時期：上松断層・清内路

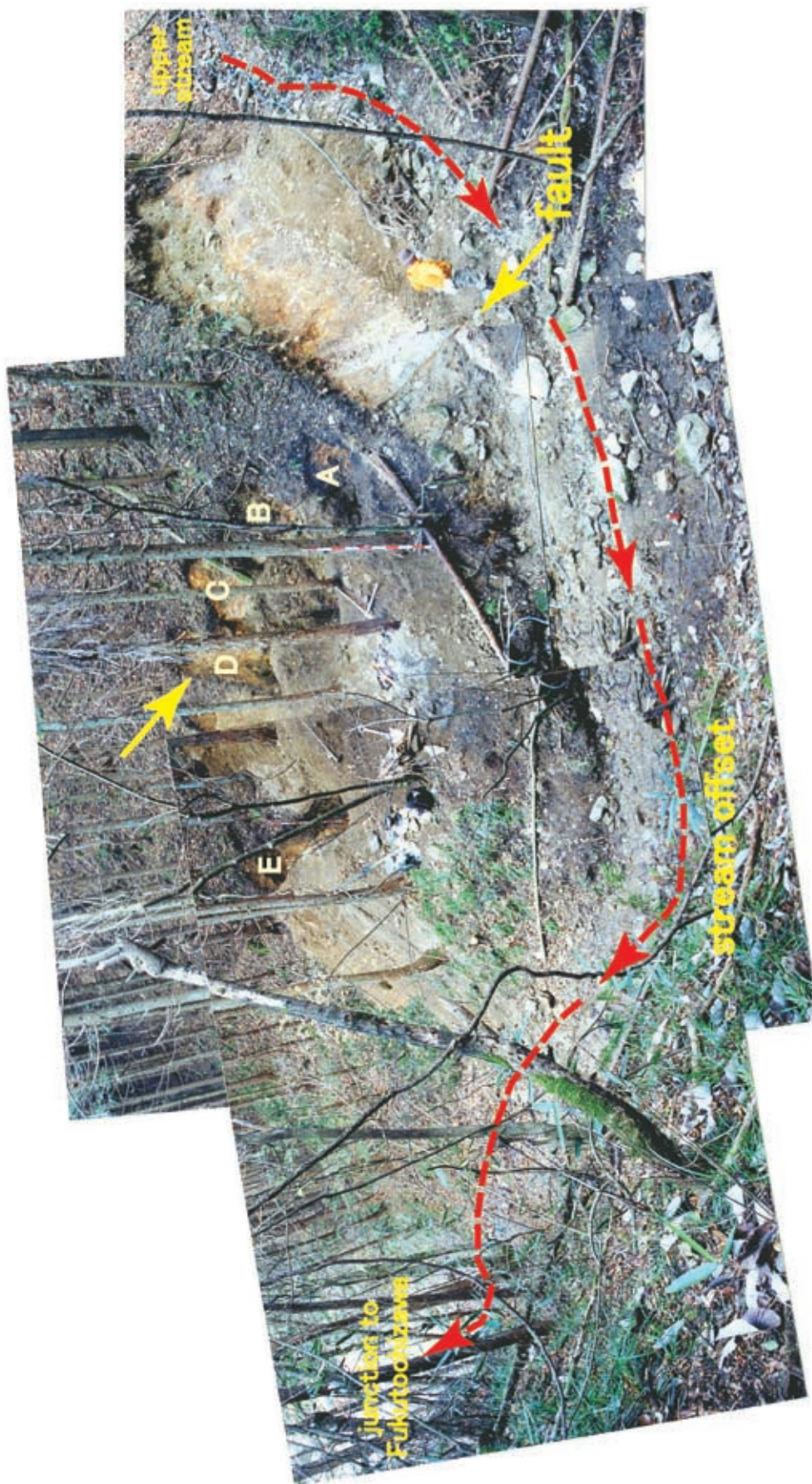
峠断層について . 地球惑星科学関連学会 1998 年合同大会予稿集, 324.

宇佐美龍夫（1996）新編日本被害地震総覧「増補改訂版」. 東京大学出版会, 493p .

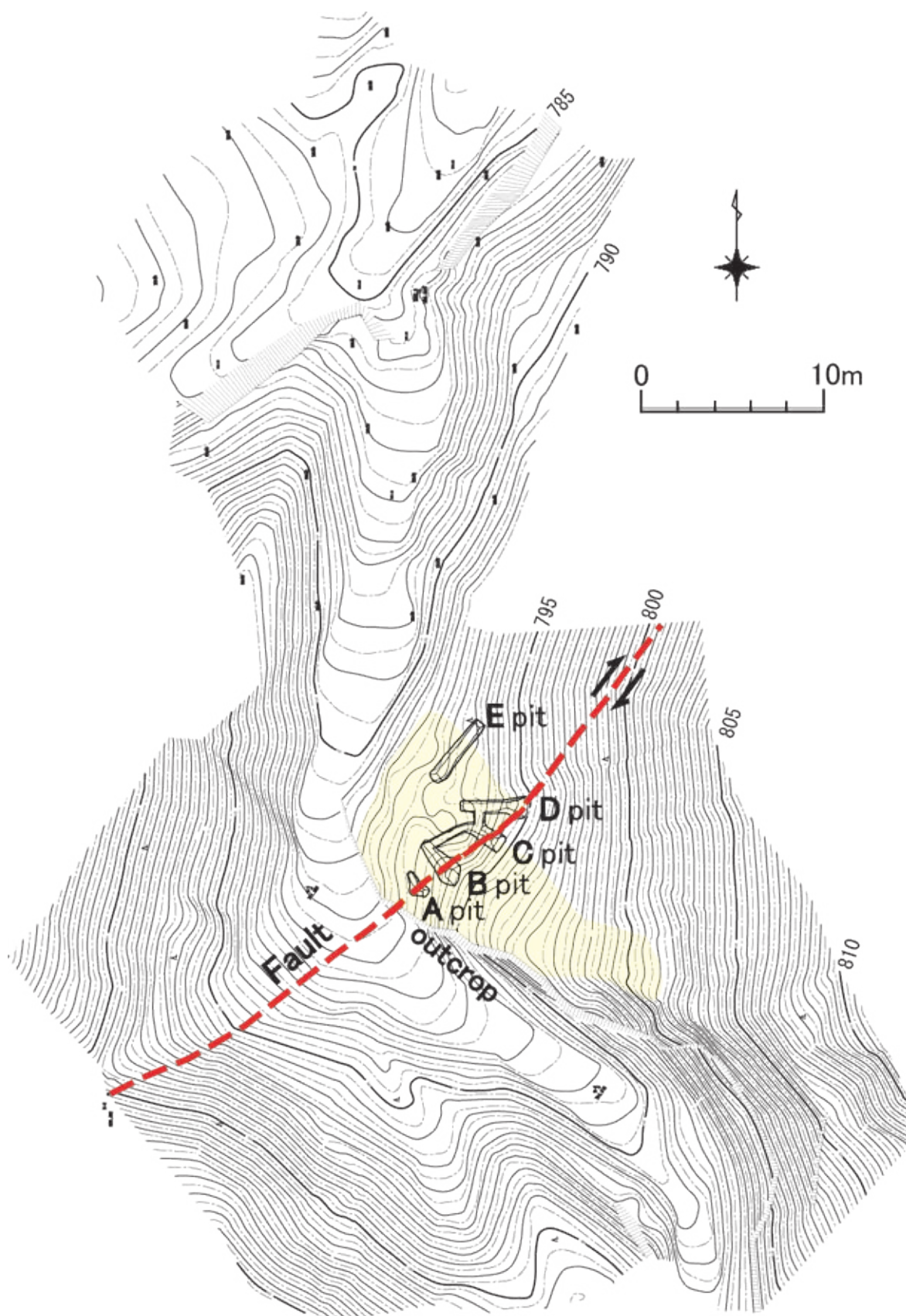
（受付：2002 年 7 月 8 日，受理：2002 年 9 月 9 日）



第1図. 馬籠峠断層福根沢地区の位置. 国土地理院発行 2.5 万分の 1 地形図「南木曾岳」を使用.
Fig. 1. Location of the Fukutochizawa site of the Magome-toge fault.

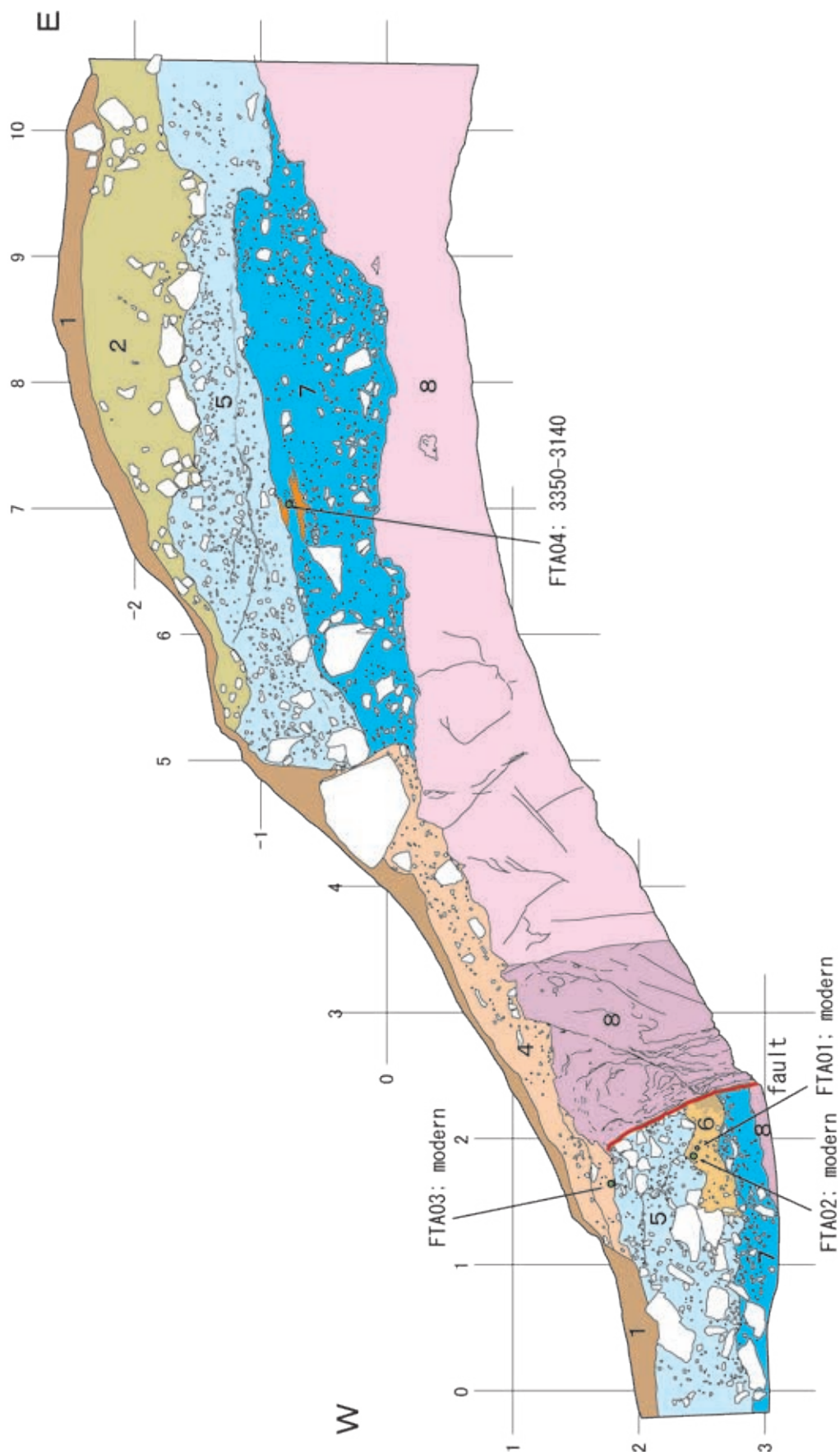


第2図. 調査地点の写真.
Fig. 2. Photograph of the Fukutochizawa site.

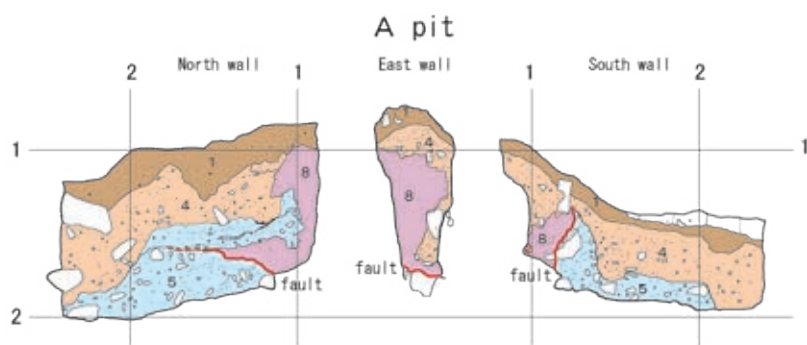


第3図. 調査地点周辺の詳細地形図.

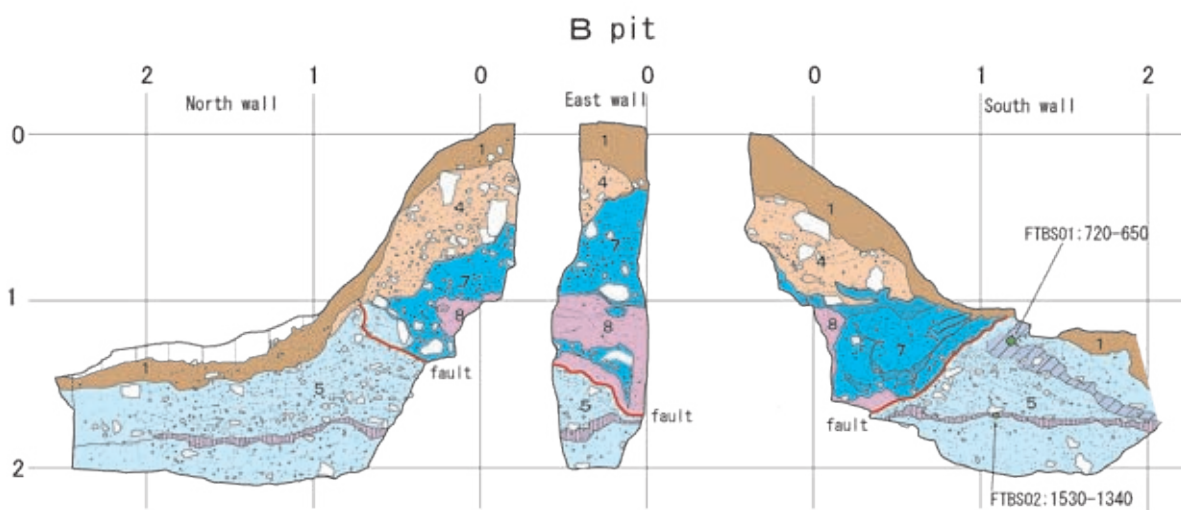
Fig. 3. Detailed topographic map around the Fukutochizawa site.



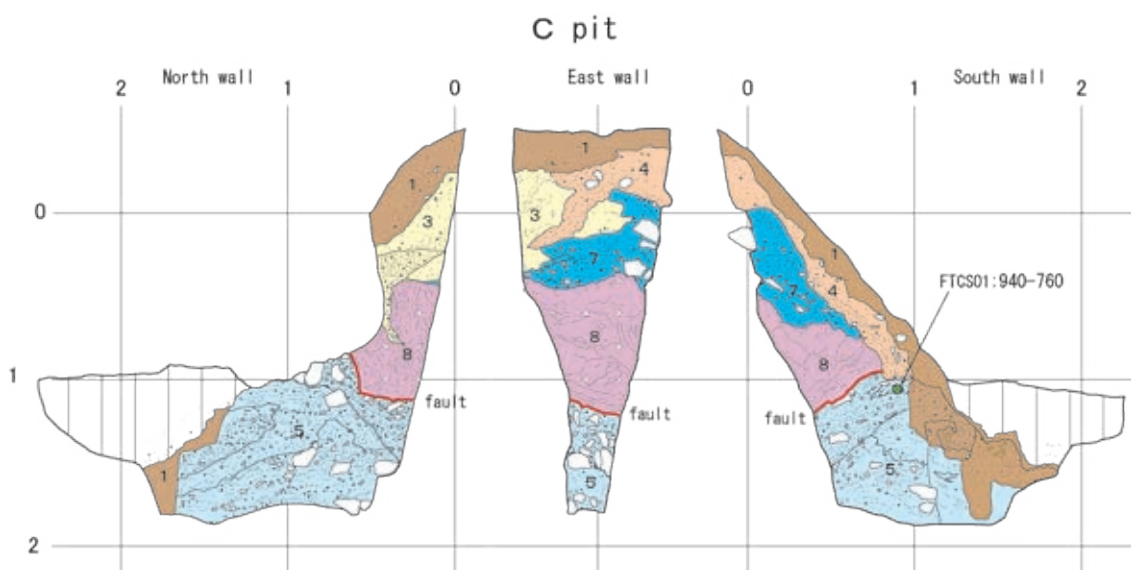
第4図. 露頭のスケッチ.
Fig. 4. Sketch of the outcrop.



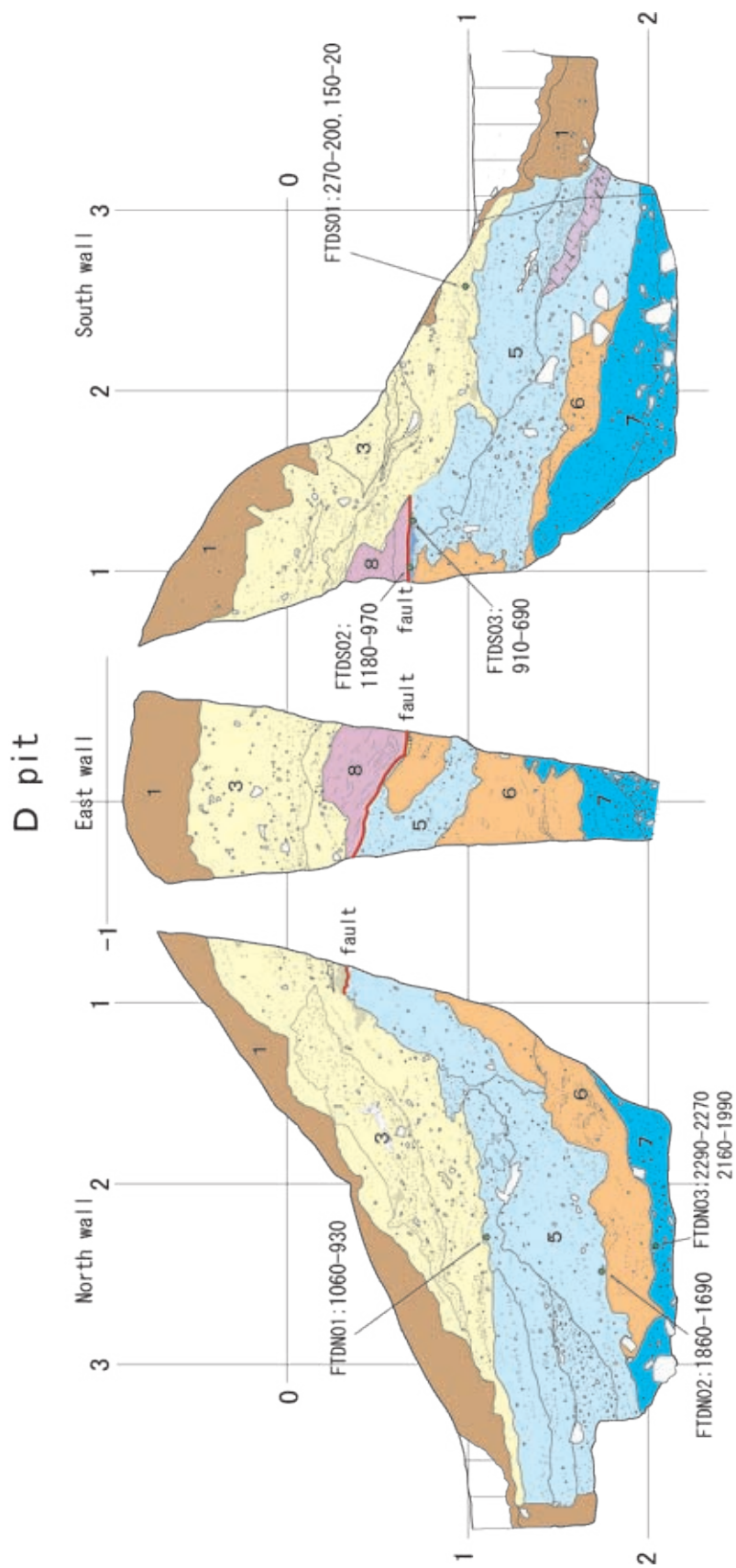
第5図. Aピットのスケッチ.
Fig 5. Sketches of the A pit.



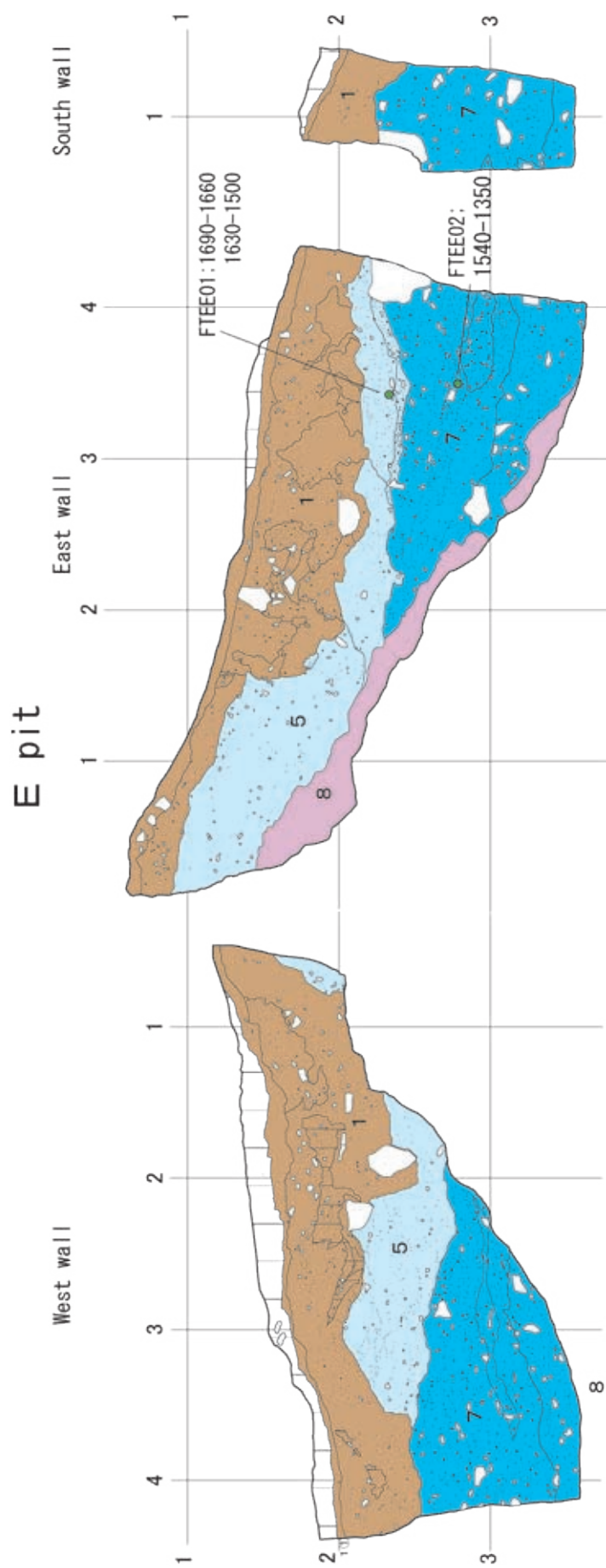
第6図. Bピットのスケッチ.
Fig. 6. Sketches of the B pit.



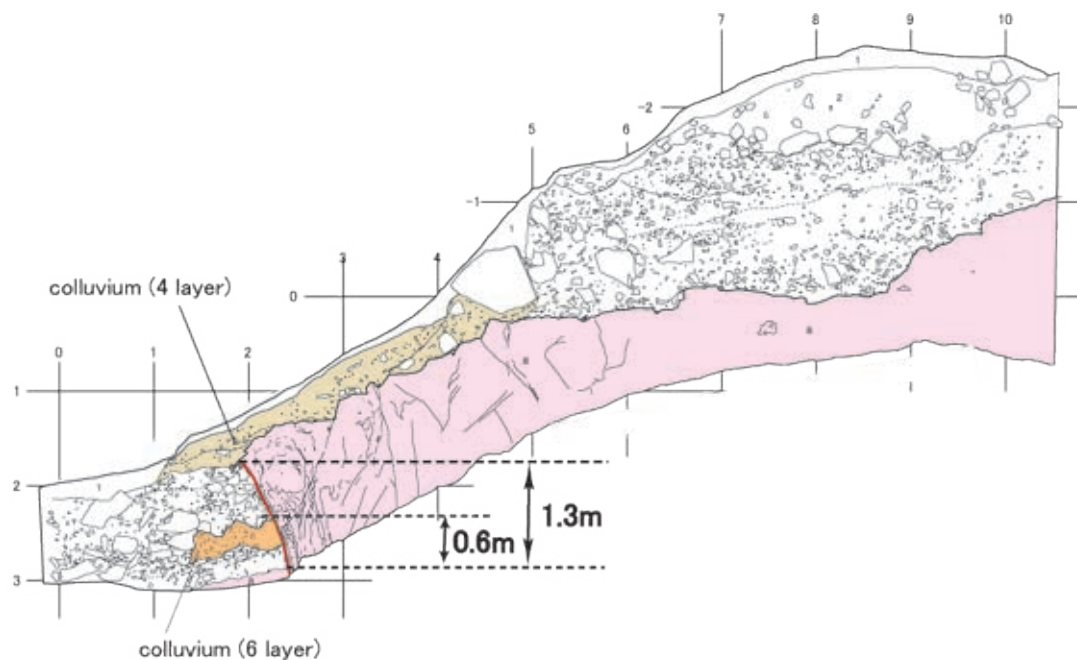
第7図. Cピットのスケッチ.
Fig. 7. Sketches of the C pit.



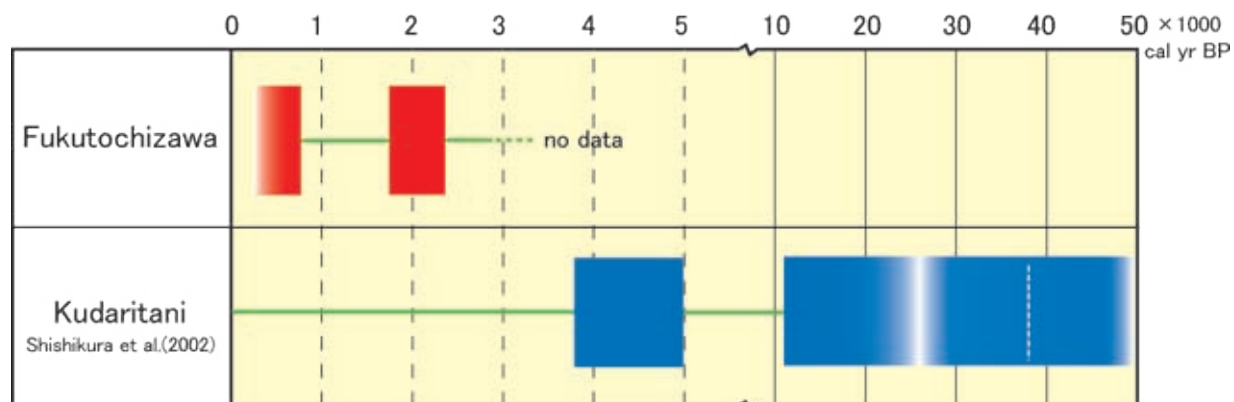
第8図. Dピットのスケッチ.
Fig. 8. Sketches of the D pit.



第9図. Eピットのスケッチ.
Fig. 9. Sketches of the E pit.



第10図. 馬籠峠断層福根沢地区における上下変位量.
 Fig. 10. Vertical displacement at the Fukutochizawa site of the Magome-toge fault.



第11図. 下り谷地区と福根沢地区で認められた馬籠峠断層の活動時期.
 Fig. 11. Age of the faulting events recognized at the Kudaritani and Fukutochizawa sites of the Magome-toge fault.

第1表. ¹⁴C年代測定結果.

Table 1. Radiocarbon dating results.

	sample name	lab. code Beta	horizon	material	method	¹⁴ C age yr BP	δ ¹³ C ‰	conventional ¹⁴ C age yr BP	calendar age (2σ)	
									cal yr BP	AD/BC
outcrop	FTA-01	166700	6	organic	AMS	modern				
	FTA-02	163359	6	charcoal	AMS	modern				
	FTA-03	163358	4	organic	AMS	modern				
	FTA-04	163360	7	organic	AMS	3030 ± 40	-24.1	3040 ± 40	3350-3140	BC1400-1190
pit B	FTBS-01	163361	5	organic	AMS	730 ± 40	-24.4	740 ± 40	720-650	AD1230-1300
	FTBS-02	163362	5	organic	AMS	1540 ± 40	-24.5	1550 ± 40	1530-1340	AD420-610
pit C	FTCS-01	163363	5	organic	AMS	930 ± 40	-24.6	940 ± 40	940-760	AD1010-1190
pit D	FTDN-01	163364	5	organic	AMS	1070 ± 40	-24.8	1070 ± 40	1060-930	AD890-1020
	FTDN-02	163365	5	organic	AMS	1820 ± 40	-24.2	1830 ± 40	1860-1690	AD90-260
	FTDN-03	163366	7	organic	AMS	2090 ± 40	-23.8	2110 ± 40	2290-2270 2160-1990	BC340-320 BC210-40
	FTDS-01	163367	3	organic	AMS	110 ± 40	-27.0	80 ± 40	270-200 150-20 0-0	AD1680-1740 AD1800-1930 AD1950-1960
	FTDS-02	163368	5	organic	AMS	1160 ± 40	-24.6	1170 ± 40	1180-970	AD770-980
	FTDS-03	163369	5	organic	AMS	860 ± 40	-25.0	860 ± 40	910-690	AD1040-1260
pit E	FTEE-01	163370	5	organic	AMS	1660 ± 40	-24.9	1660 ± 40	1690-1660 1630-1500	AD260-290 AD320-450
	FTEE-02	163371	7	organic	AMS	1560 ± 40	-24.7	1560 ± 40	1540-1350	AD410-600