

### 3. 研究報告

#### 3. 1 活断層の活動区間を正確に把握するための詳細位置・形状等の調査及び断層活動履歴や平均変位速度の解明のための調査観測

##### (1) 業務の内容

(a) 業務題目 活断層の活動区間を正確に把握するための詳細位置・形状等の調査及び断層活動履歴や平均変位速度の解明のための調査観測

##### (b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立大学法人京都大学大学院理学研究科	教授	竹村 惠二
国立大学法人京都大学大学院理学研究科	准教授	堤 浩之
立命館大学衣笠総合研究機構	客員研究員	岡田 篤正
国立大学法人広島大学大学院文学研究科	准教授	後藤 秀昭
法政大学人間環境学部	准教授	杉戸 信彦
国立大学法人和歌山大学教育学部	教授	久富 邦彦
公立大学法人大阪市立大学大学院理学研究科	教授	三田村 宗樹
一般財団法人電力中央研究所地球工学研究所	研究員	木村 治夫

##### (c) 業務の目的

中央構造線断層帯（金剛山地東縁－和泉山脈南縁）について、変動地形学的調査や物理探査等により、地表付近での詳細な断層位置と分布形状および変位速度を明らかにする。また、ピット調査やボーリング調査により過去の活動履歴を明らかにすることを業務の目的とする。

##### (d) 3 ヶ年の年次実施業務の要約

###### 1) 平成 25 年度：

中央構造線断層帯（金剛山地東縁－和泉山脈南縁）の和泉山脈南縁区間を構成する根来断層・根来南断層・五条谷断層の詳細な位置や分布を明らかにするために、既存の調査情報を整理し、空中写真判読および既存のレーザープロファイラデータから作成した数値標高モデルの解析により、詳細活断層図の予察版を作成し、地表踏査を行った。また、個々の活断層の過去複数回の活動時期を明らかにするために、古地震調査適地を選定し、ボーリング調査・ピット掘削調査を行った。あわせて関連する試料分析（テフラ分析・放射性炭素年代測定）を行った。ピット掘削地点においては、複数の第三者による確認を行った。また、各研究に関する情報交換と議論を行うために、関係者間の打ち合わせとサブテーマ会議を行った。

###### 2) 平成 26 年度：

中央構造線断層帯（金剛山地東縁－和泉山脈南縁）の詳細な位置や分布を明らかにするために、既存の調査情報および平成 25 年度調査結果を整理した。空中写真判読および平成 25 年度作成の数値標高モデルの解析により、詳細活断層図を作成し、地

表踏査を行った。野外調査用の小型パソコンとハンディ GPS からなる携帯型地質調査装置を導入し、広範囲にわたる地表踏査の効率化を図った。また、断層帯を構成する個々の活断層の過去複数回の活動時期を明らかにするために、古地震調査適地を選定し、ボーリング調査・ピット掘削調査を行った。あわせて関連の試料分析（テフラ分析・年代測定等）を行った。また、各調査に関する情報交換と議論を行うために、関係者間の打ち合わせ、サブテーマ会議を行った。なお、調査にあたっては、候補となる地点について事前に情報を可能な限り入手するとともに、調査の実施方法等について十分な検討を行い、適切にスケジュール管理を行った。また、ピット掘削地点において複数の第三者による確認を行った。

### 3) 平成 27 年度：

中央構造線断層帯（金剛山地東縁－和泉山脈南縁）の詳細な位置や分布を明らかにするために、平成 25～26 年度の空中写真判読・数値標高モデルの解析結果と野外踏査結果を整理し、断層帯全体の縮尺 1:25,000 の詳細活断層図を完成した。平成 25～26 年度の調査で十分なデータが得られなかった根来断層と五条谷断層について調査適地を選定し、過去複数回の活動時期を明らかにするためのボーリング調査・ピット掘削調査を行った。あわせて関連の試料分析（テフラ分析・年代測定等）を行った。また、調査成果のまとめと議論を行うために、関係者間の打ち合わせ、サブテーマ会議を行った。なお、調査にあたっては、候補となる地点について事前に情報を可能な限り入手するとともに、調査の実施方法等について十分な検討を行い、適切にスケジュール管理を行った。また、ピット掘削地点において複数の第三者による確認を行った。

## (2) 平成 25～27 年度の成果

### (a) 業務の要約

中央構造線断層帯（金剛山地東縁－和泉山脈南縁）を構成する断層（根来断層・根来南断層・五条谷断層・金剛断層帯）の詳細位置と変位地形を示した縮尺 1:25,000 活断層図を作成した。第四紀後期の段丘面を変位基準として、根来断層の横ずれ変位速度と根来南断層の縦ずれ変位速度を算出した。各断層の活動履歴を明らかにするために、トレンチ掘削調査・ボーリング調査・地中レーダ探査・地形面の編年のためのピット掘削調査を行った。本研究の調査結果と既存の調査結果を総合して、各断層の最新および過去複数回の活動時期を明らかにした。根来断層については、過去 4 回の活動時期を明らかにし、平均活動間隔を算出した。

## (b) 業務の成果

### 1) 縮尺1:25,000の活断層図の作成

縮尺1:20,000のモノクロ空中写真や縮尺1:10,000のカラー空中写真を判読して、中央構造線断層帯(金剛山地東縁-和泉山脈南縁)の縮尺1:25,000の活断層図を新たに作成した。判読の基準や作成要領は、国土地理院刊行の都市圏活断層図の作成要領に従った。基図は、国土地理院が刊行している数値地図25000(地図画像)を使用した。図1に、判読した断層トレースを示す。縮尺1:25,000の活断層分布図は、添付のDVD-ROMに収録されている。

中央構造線断層帯(金剛山地東縁-和泉山脈南縁)の大部分については、すでに都市圏活断層図「大阪東南部」・「五條」・「粉河」・「和歌山」で断層トレースの詳細な位置が示されている。今回作成した活断層図でも、断層の分布は大局的にはほぼ同様である。ただし、断層帯を構成する各断層の接合部に関して、従来とは異なる見解が得られた箇所もあるので、それらについて以下に記載する。

#### a) 金剛断層と五条谷断層の連続性

和泉山脈南縁に位置する東北東走向の右横ずれ断層である根来断層や五条谷断層と、金剛山地東縁に位置する南北走向の逆断層である金剛断層については、断層の地表トレースがスムーズに連続すると考えられてきたが(岡田ほか, 1996a; 図2)、今回の判読では従来とは異なる見解が得られた。五条谷断層は全域において鞍部列が明瞭であり、河谷の系統的な右屈曲が見られる。五條市北山町付近では、五条谷断層は山地と丘陵の明瞭な地形境界をなし、河谷の系統的な右屈曲が認められる(図2)。それ以东では、山麓線は徐々に北東走向に変わっていき、地形境界は徐々に不明瞭になり、河谷の屈曲も認められなくなる。一方、金剛断層の南端は、御所市西佐味付近で中位段丘を変位させるとされていたが(岡田ほか, 1996a)、今回の空中写真の再判読ではこの中位段丘面の変位は認められなかった。さらに、その南方延長で断層崖とされていた崖は地すべり移動土塊の末端崖に一致し、変動崖である可能性は低い。このように、金剛断層と五条谷断層の地表トレースは連続せず、長さ約2.5kmの地表トレースのギャップがあると判断した。

#### b) 五条谷断層と根来断層の連続性

根来断層と五条谷断層の接合部分については、都市圏活断層図の作成範囲外であるため、詳細には分かっていなかった。今回の判読で、根来断層が橋本市かつらぎ町五条平付近で五条谷断層から南へ分岐し、両者は連続しないことが判明した(図3)。五条谷断層の断層トレースは五条平からさらに西へ、橋本市かつらぎ町大松付近まで延びる。根来断層の断層トレースは岡田ほか(1996b)に示されているように、五条平から南西へ延びる開析谷に沿っていると考えられる。両者の断層トレースは約3kmの区間で並走する。

#### c) 根来南断層

岡田ほか(1996b)では、根来断層の約500m南を並走する断続的な断層トレースが示され、その一部が桜池断層と呼ばれていた。今回の判読と全域にわたる現地調査によって、この断層トレースが、長さ10.5kmにわたって連続性良くつながることや、低位段丘面やそれを開析して形成された地形面を累積的に変位させていることが判明した。本研究では、この

断層全体を根来南断層と呼ぶことにする（図1）。

d) 磯ノ浦断層

根来断層は、和歌山市善明寺付近まで明瞭な変位地形を伴う。それ以西では、和泉山脈と和歌山平野の地形境界は直線的ではあるものの、明瞭な変位地形は伴われていない。岡田ほか（1996c）は、地形境界の直線性や風隙地形が連続することに基づいて、この区間に磯ノ浦断層を図示した。根来断層の延長部の和歌山平野の地下には、ボーリング調査や反射法地震探査により伏在断層が認められており、和歌山北断層と呼ばれている。今回の判読では、地形境界に第四紀後期の断層運動を示唆する変位地形は伴われていないので、磯ノ浦断層を図示しなかった（図1）。根来断層の変位は、和歌山北断層に受け継がれていると考えられる。

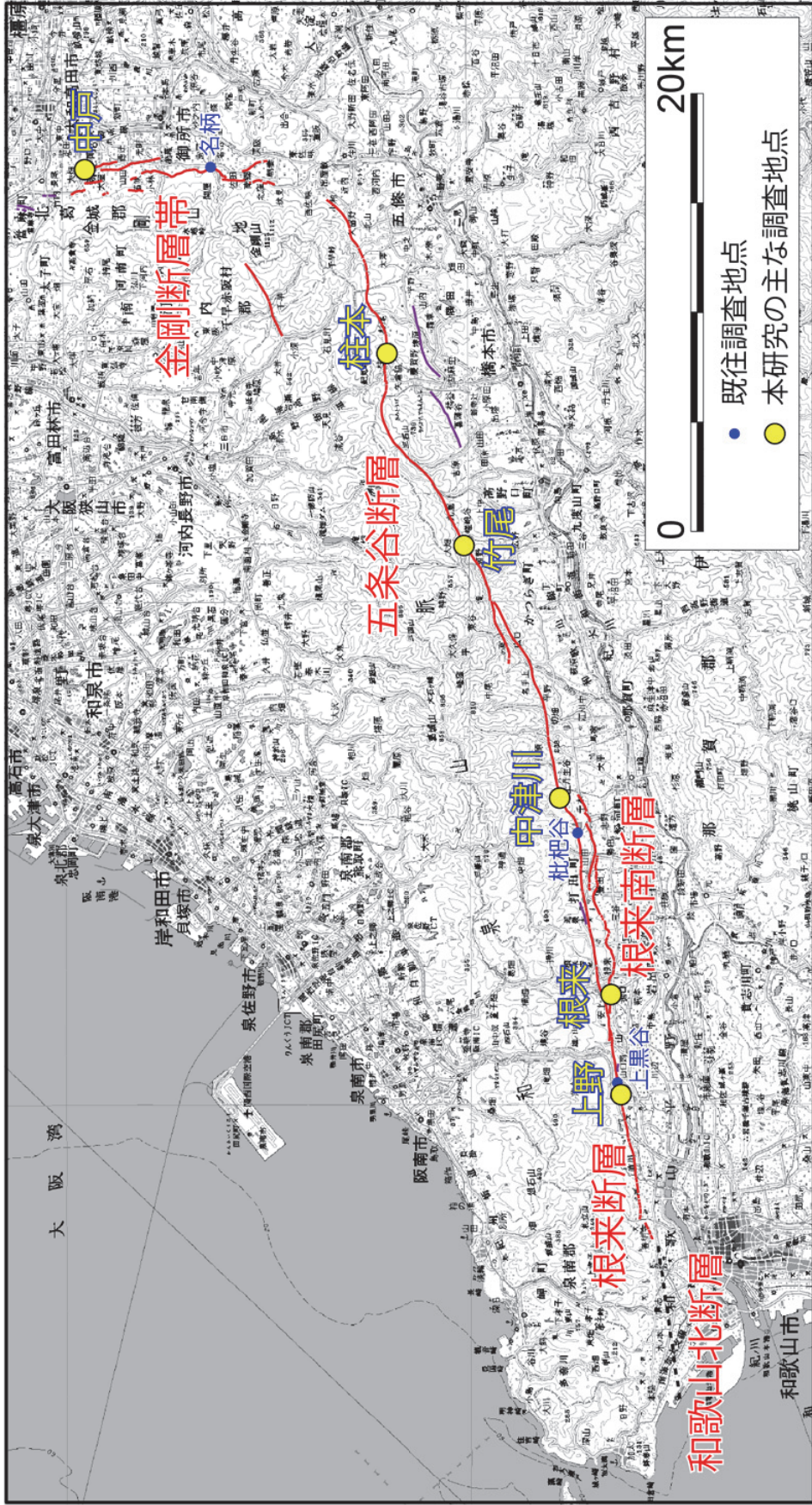


図1 本研究で認定した断層トレースと主な調査地点の位置図。赤線は活断層を、紫線は推定活断層を、黒破線は伏在断層を示す。青丸は主な既往調査地点を、黄丸は平成25～27年度に本研究で行った主なトレンチ掘削調査・群列ボーリング調査地点を示す。

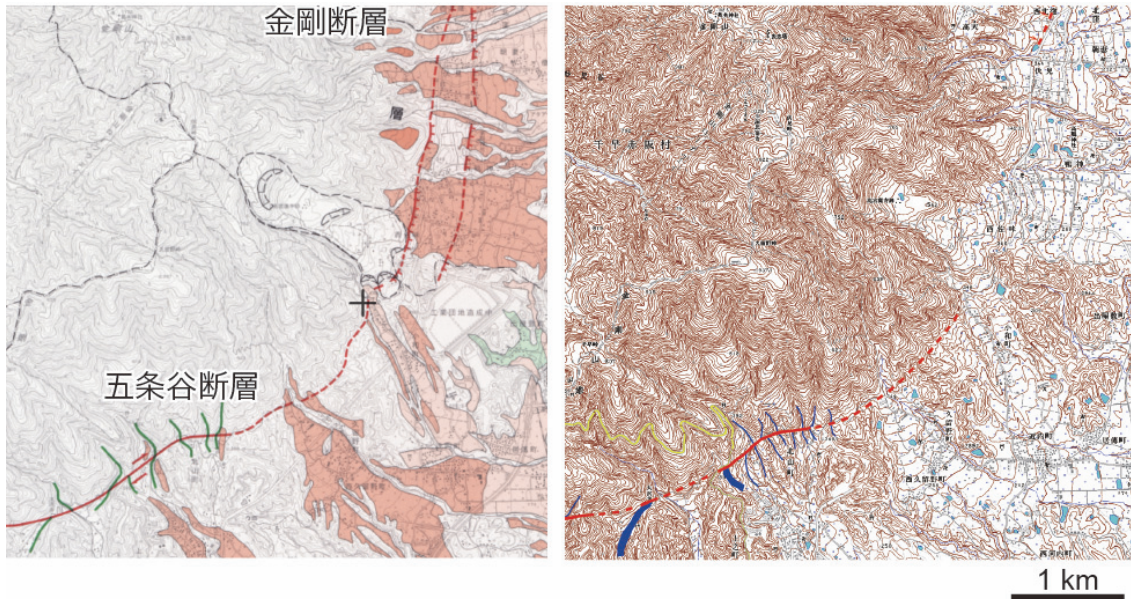


図2 金剛断層と五条谷断層の接合部における断層トレース。(左)都市圏活断層図「五条」(岡田ほか, 1996a)、(右)本研究で作成した活断層分布図の一部。赤線は活断層を、破線は位置が不明確な部分を、ケバは低下側を示す。赤矢印は撓曲崖を示す。緑線(左図)と青線(右図)は河谷の屈曲を示す。

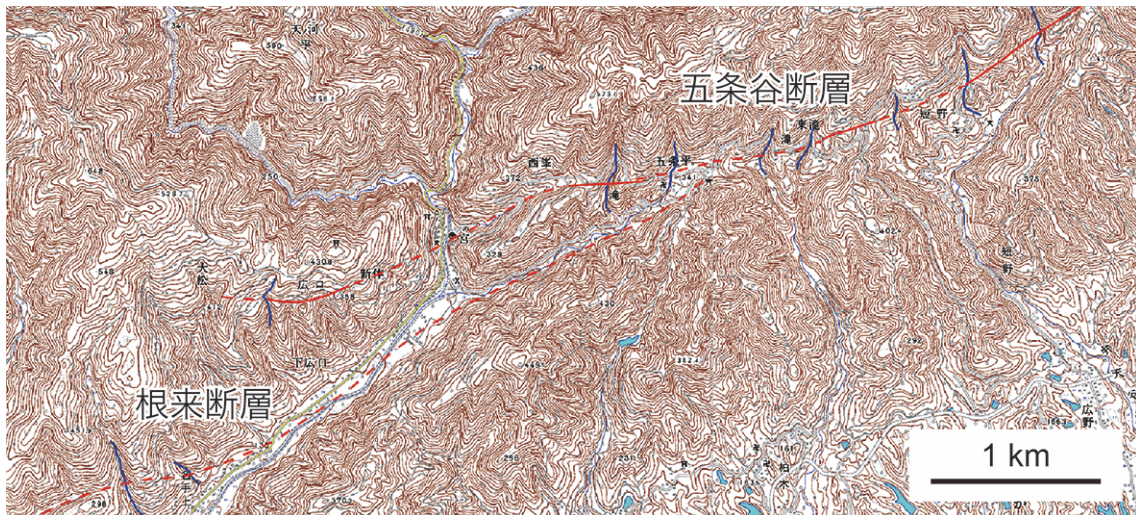


図3 五条谷断層と根来断層の接合部における断層トレース。本研究で作成した活断層分布図の一部。赤線は活断層を、破線は位置が不明確な部分を示す。青線は河谷の屈曲を示す。

## 2) 断層変位地形の解析による根来断層と根来南断層の変位速度の算出

### a) 根来断層の横ずれ変位速度

紀の川市重行以西では、根来断層は和泉山脈と紀ノ川低地の地形境界に位置し、第四紀後期に形成された段丘面を開析する河谷が系統的に右ずれ屈曲している。岡田・寒川(1978)は、これらの河谷の横ずれ変位量を現地測量および大縮尺地形図を使って計測し、変位量を段丘面の推定形成年代でわることで、根来断層の第四紀後期の右ずれ変位速度を1.8～3.5mm/yrと算出した。しかしこの見積もりは幅が大きく、そのために地震発生間隔の見積もりにも影響しており、再検討が求められていた(地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2011)。本研究でも、同様な検討を行った。ただし、変位量の計測にあたって、平成25年度に整備した1mメッシュの数値標高モデルから作成した縮尺1:2,000および縮尺1:5,000の地形陰影図を使用した。また変位地形が現存し現地で計測が可能なものについては、現地で測量した。変位を受けた地形面については、岡田・寒川(1978)にならって、開析度や現河床からの比高を考慮して $t_m$ 面・ $t_{11}$ 面・ $t_{12}$ 面・ $t_{13}$ 面に分類した。これらの地形面の推定形成年代は、 $t_m$ 面(100±20ka)・ $t_{11}$ 面(50～60ka)・ $t_{12}$ 面(30ka)・ $t_{13}$ 面(10～15ka)とされていたが(岡田・寒川, 1978)、 $t_{12}$ 面の年代はより最近の研究結果である齋藤ほか(1997)による20kaを採用した。計測した変位指標の位置を図4に、計測結果の一覧を表1に、変位速度の分布図を図5に示す。計17地点で変位量を計測し、そのうちの15地点で変位速度を算出した。変位基準はすべて開析谷である。断層の北側(上流側)と南側(下流側)の変位基準の位置が明確で、さらに変位基準を断層トレースの位置まで精度良く投影できるものは計測値の信頼性が高い(A級)とした。人工改変やため池の造成などのために変位基準の位置が不明確であったり、変位基準の断層トレースの位置までの投影に大きな誤差があるものは、計測値の信頼性が低い(B級)とした。

得られた変位速度のうち、信頼性の高い(A)のものは0.7～2.8mm/yrと広い範囲に分布する。これらの値の平均と標準偏差は $1.8 \pm 0.6$ mm/yrとなる。しかし、同じ面を開析する河谷でも同じ時期に一齐に下刻を始めたとは限らず、その時期の違いは形成年代の新しい地形面ほど変位速度の算出に影響する。変位基準が $t_m$ 面と $t_{11}$ 面のものに限ると信頼性がA級のものは3地点となり、変位速度は $2.1 \pm 0.2$ mm/yrとなる。B級のものまで含めると7地点からデータが得られ、変位速度は $2.1 \pm 0.6$ mm/yrとなる。これらをまとめると、根来断層の第四紀後期の右ずれ変位速度は約2mm/yrであると考えられる。

根来断層については、1地点のみであるが、断層の変位成分の縦横比を求めることができた。図6は岩出市安上における根来断層の変位地形を示す。この地域に広く発達する $t_{12}$ 面を横切る北側隆起の低断層崖が見られ、隆起側には背斜状の高まりが発達する。この変動崖の比高は断面測量により約3mと求められた。この変動崖の西を流れる河谷は断層線付近で右屈曲し、その屈曲量は約14mである。変動崖の東の段丘崖も断層トレースを挟んで右屈曲し、その屈曲量は現地で約22mと計測された。よってこの段丘面が離水して以降の縦ずれ変位と横ずれ変位の比は約1:7となり、水平変位が卓越する。

### b) 根来南断層の縦ずれ変位速度

根来南断層はその全域で、低位段丘面やより新しい地形面を北側隆起に変位させる。これらの変動崖について、地形断面測量を実施した。そのうち、断層の隆起側と低下側の地

形面がt12面（20ka）であるものの計測結果を図7に示す。これらの変動崖の比高は4～6mであり、これから根来南断層の縦ずれ変位速度は約0.3mm/yrと算出される。根来南断層に沿っては、横ずれ変位を示す変位地形は確認されていない。平成26年度に実施したS波反射法地震探査によると、根来南断層は地下100m以浅では約40°で北傾斜していることから、ネットスリップ速度は約0.5mm/yrと算出される。



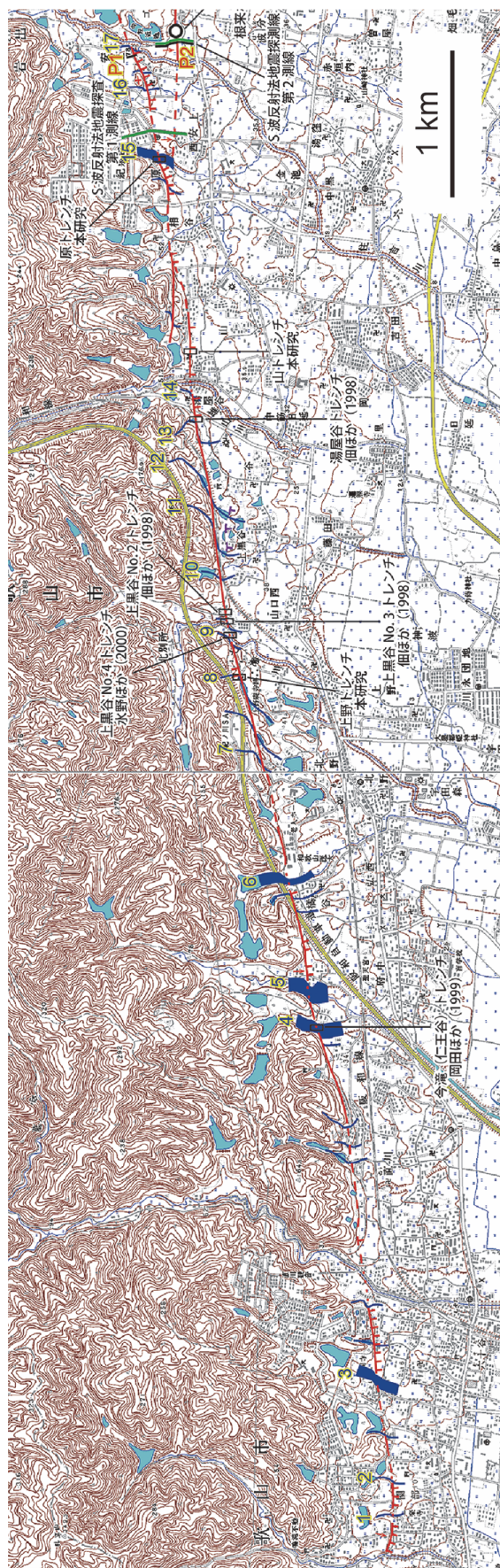


図4 根来断層の横ずれ変位量計測地点（地点1～17）。赤線は活断層を、破線は位置が不明確な部分を、ケバは低下側を示す。赤矢印は撓曲崖を示す。青線は河谷の屈曲を示す。

表1 根来断層に沿った横ずれ変位地形の計測値。計測地点の位置は図4に示す。

地点番号	岡田・寒川 (1978) の 地点番号	変位基準	計測の基準	計測の方法・基図	右ずれ変位 位置 (m)	計測値の信頼性 (A: 信頼性が高い, B: 信頼性が低い)	変位速度 (mm/yr)
1	1	tl2の開析谷	西岸	現地測量	14.0	A	>0.7
		tl3の開析谷	東岸	現地測量	3.3-4.8	B (攻撃斜面の侵食の可能性)	>0.2-0.5
2	2	tl2の開析谷	東岸	現地測量	23.5	B (上流側の投影線の誤差大)	>1.2
3	4	tl2の開析谷	西岸	現地測量	51.5	A	>2.6
		tl2の開析谷	東岸	現地測量	46.5	A	>2.3
4	9	tl2の開析谷	西岸	1mDEMによる1:2000陰影図	23	A	>1.2
		tl2の開析谷	東岸	1mDEMによる1:2000陰影図	26	A	>1.3
5	10	tl2の開析谷	西岸	1mDEMによる1:2000陰影図	22	A	>1.1
		tl2の開析谷	東岸	1mDEMによる1:2000陰影図	60	B (上流側の投影線の誤差大, 攻撃斜面の侵食の可能性)	>3.0
6	本研究で認定	tl1の開析谷	西岸	1mDEMによる1:2000陰影図	69	B (上流側が池で変位基準の位置不明確)	>1.2-1.4
7	12	tmの開析谷	西岸 (上流は谷底中央)	1mDEMによる1:5000陰影図	178	B (上流側の人工改変のため変位基準の位置不明確)	>1.5-2.2
		tmの開析谷	東岸 (上流は谷底中央)	1mDEMによる1:5000陰影図	160	B (上流側の人工改変のため変位基準の位置不明確)	>1.3-2.0
8	15	tmの開析谷	西岸 (上流は谷底中央)	1mDEMによる1:5000陰影図	205	A	>1.7-2.6
		tmの開析谷	東岸 (上流は谷底中央)	1mDEMによる1:5000陰影図	165	A	>1.4-2.1
9	本研究で認定	tl2の開析谷	西岸	1mDEMによる1:2000陰影図	40	A	>2.0
		tl2の開析谷	東岸	1mDEMによる1:2000陰影図	56	A	>2.8
10	本研究で認定	tl2の開析谷中の谷	谷の西端	1mDEMによる1:2000陰影図	10	B (変位基準の投影線の誤差大)	—
		tl1の開析谷	東岸	1mDEMによる1:2000陰影図	39	B (変位基準の投影線の誤差大)	>2.6-3.9
11	16	tmの開析谷	西岸 (上流は谷底中央)	1mDEMによる1:2000陰影図	219	A	>1.8-2.7
		tmの開析谷	東岸 (上流は谷底中央)	1mDEMによる1:2000陰影図	176	B (下流側が池で変位基準の位置不明確)	>1.5-2.2
12	17	tmの開析谷	東岸	1mDEMによる1:2000陰影図	209	B (下流側が池で変位基準の位置不明確)	>1.7-2.6
13	18	tl1の開析谷	西岸	1mDEMによる1:2000陰影図	112	A	>1.9-2.2
		tl1の開析谷	東岸	1mDEMによる1:2000陰影図	117	A	>2.0-2.3
14	本研究で認定	tl2の開析谷	西岸	1mDEMによる1:2000陰影図	26	A	>1.3
15	20	tl2の開析谷中の谷	谷の東端	1mDEMによる1:2000陰影図	14	A	—
16	22	tl2の開析谷中の谷	谷の中央	1mDEMによる1:2000陰影図	14	A	—
17	本研究で認定	tl2の開析谷	西岸	現地測量	22	A	>1.1

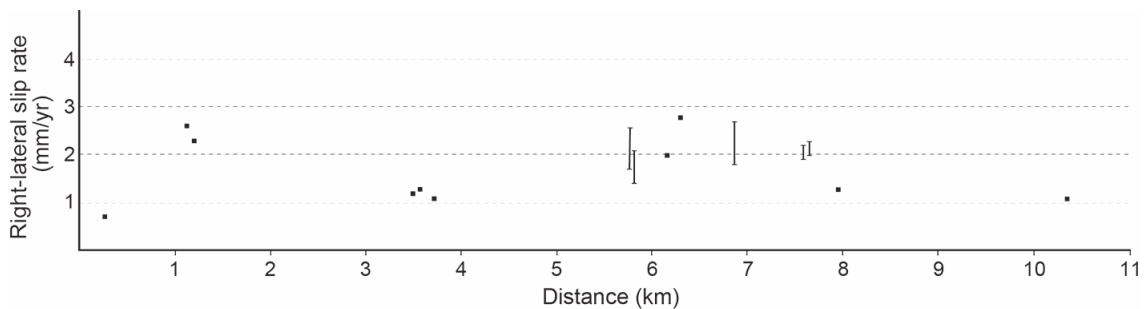


図5 根来断層に沿った横ずれ変位速度分布。計測値の信頼性が高い (A) のもののみを示す。変位速度は西から東に並んでいる。

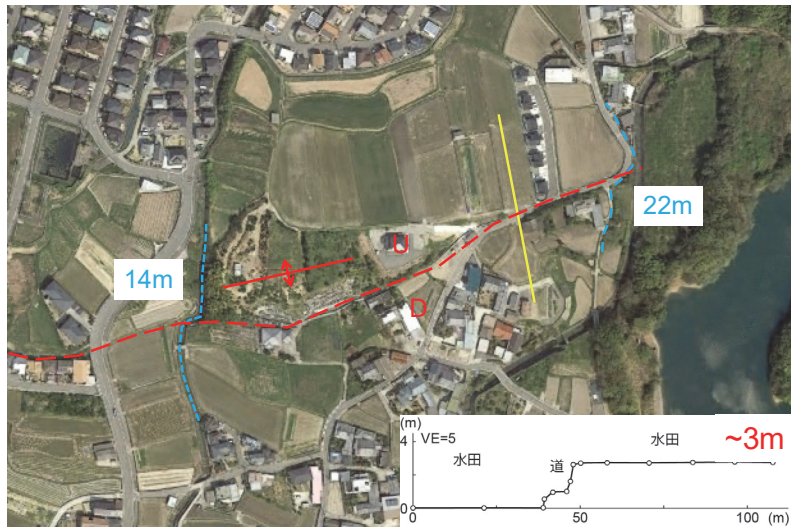


図6 岩出市安上における根来断層の変位地形

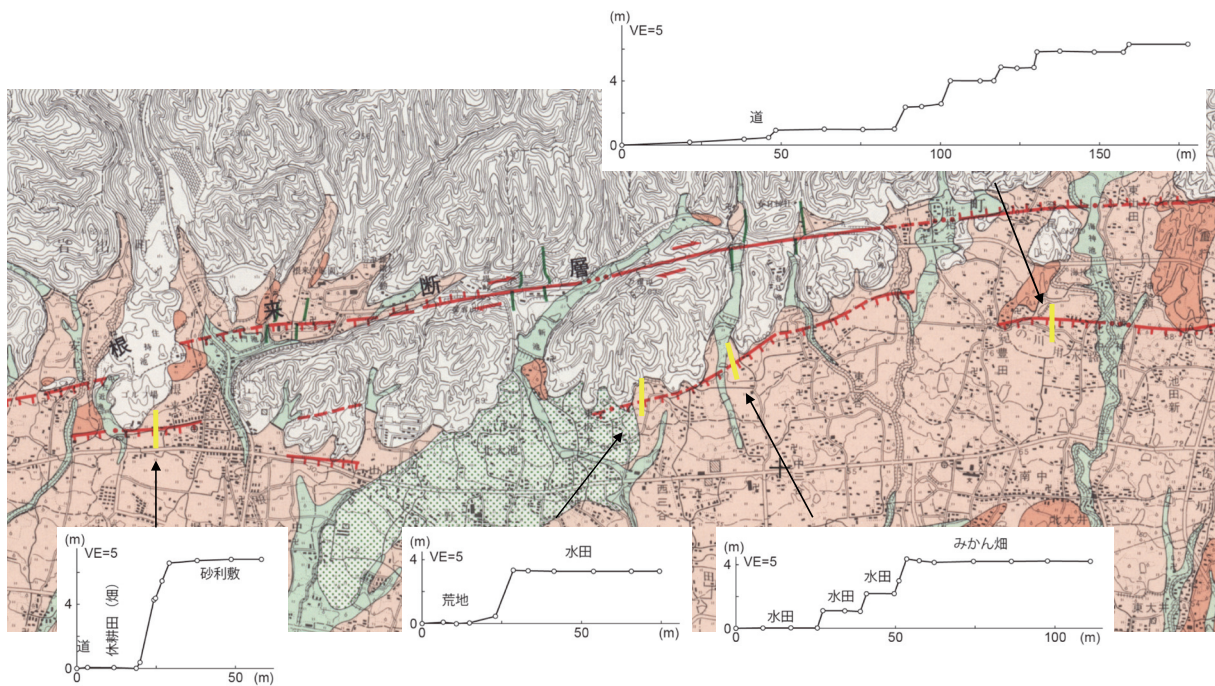


図7 根来南断層に沿う変動崖のうち隆起側と低下側の地形面が t12 面である地点の断面測量結果。基図は岡田ほか (1996b)。赤線は活断層を、破線は位置が不明確な部分を、ケバは低下側を示す。緑線は河谷の屈曲を示す。

### 3) 和歌山市上野における根来断層のトレンチ掘削調査（平成27年度調査）

#### a) トレンチの位置と調査の概要

平成26年度に、和歌山市上野の雑木林においてトレンチ掘削調査を行った（図8、9）。この地点では、空中写真判読により、南向きの山地斜面上に北落ちの逆向き低断層崖が判読された。長さ約6.5m、幅約3m、深さが最大で約2.5mのトレンチを掘削したところ、ほぼ垂直の複数の断層面からなる幅約1mの断層帯が露出した。地層と断層の切断・被覆関係などに基づき、3回の断層活動イベントが認定された。Oxford Radiocarbon Accelerator Unitが公開しているOxCal Version 4.2を使い、<sup>14</sup>C年代測定値と層序情報を考慮したモデリングを行ったところ、イベント1がAD500～935年、イベント2がBC4825～AD405年、イベント3がBC7960～6860年と求められた。過去3回のイベントを認定し、個々のイベントの時期や活動間隔についての定量的なデータを得ることができたが、イベント2の発生時期を絞り込めず、またイベント2と3の間にさらにイベントが存在する可能性があることなどを考慮して、同じ地点で少し場所を変えてトレンチ掘削調査を実施した。平成27年度に掘削したトレンチは、前年度のトレンチの約15m南西に位置する（図9）。掘削したトレンチは、ほぼ南北走向で、長さ約7.5m、トレンチ上面の幅が最大で約2m、深さ2.7mである。

#### b) 層序区分と地層の記載

トレンチ壁面のスケッチと層序区分、および放射性炭素年代測定結果を図10に示す。表2は放射性炭素年代測定結果の一覧である。各層の層相や堆積構造および放射性炭素年代測定値を以下に記す。

##### 01層：埋土

土砂や瓦片からなる埋土。

##### 02層：埋土

瓦片を含む土砂。最上部に旧地表面を示す埋没土壌層が連続する。

##### 10層：亜円の細礫

礫径5cm以下の亜円礫。層厚は5cm以下。西壁面の北端部にのみ分布する。

##### 21層：淡黄褐色極細粒砂

層厚10～20cm程度の淡黄褐色を呈する極細粒砂。西壁面の北端部にのみ分布する。最上部は土壌化し灰褐色を呈する。

##### 22層：橙褐色礫混じり極細粒砂

層厚20cm程度で橙褐色を呈する礫混じり極細粒砂。東壁面ではグリッド2.7～4.4に、西面ではグリッド3.0～7.2に分布する。最上部は土壌化し、灰褐色を呈する。

##### 23層：淡褐色細礫混じり細粒砂

層厚10cm以下の淡褐色を呈する細礫混じり細粒砂。灰色極細粒砂の薄層を挟在する。西壁面の断層帯付近にのみ分布する。この層からは、990±30yBP（W05）の年代値が得られた。

##### 31層：淡黄褐色細礫混じり極細粒砂

層厚40cm程度で淡黄褐色を呈する細礫混じり極細粒砂。東壁面ではグリッド6.2より北側に、西壁面ではグリッド5.8よりも北側に分布する。南限はfa断層によって切られている。この層からは、4320±30yBP（W02）の年代値が得られた。

### 32層：淡黄褐色細礫混じり極細粒砂

最大層厚 80cm 程度の淡黄褐色を呈する細礫混じり極細粒砂。41 層以下の地層を削り込んで、北に向かって厚くなる。東壁面ではグリッド 6.2 よりも南側に、西壁面ではグリッド 5.8 よりも南側に分布する。北限は fa 断層によって切られている。この層からは、 $4260 \pm 30\text{yBP}$  (W03)、 $1220 \pm 30\text{yBP}$  (W04)、 $1930 \pm 30\text{yBP}$  (E01) の年代値が得られた。31 層と 32 層には、層相の明瞭な差異は認められないが、32 層は断続的な極細粒砂の薄層を挟在する。

### 41層：風化砂岩角礫を含むシルト～極細粒砂

褐色を呈する風化砂岩角礫を含むシルト～極細粒砂。層厚は最大で 1m 程度である。礫は和泉層群起源の風化砂岩角礫からなり、礫径は 2～4 cm が主体である。暗褐色を呈する植物根跡が顕著に認められる。東壁面ではグリッド 4.8 より南側に、西壁面ではグリッド 4.7 より南側に分布する。東壁面のグリッド 2.8 より南側では最上部が土壌化し、灰褐色を呈する。

### 42層：風化砂岩角礫を含む極細粒砂

橙褐色を呈する風化砂岩角礫を含む極細粒砂。東壁面ではグリッド 5.2～5.6 に、西壁面ではグリッド 5.0～6.2 に分布する。東壁面および西壁面のグリッド 5.0～5.8 では、下位の地層を削り込みチャンネル状に分布する。この層からは、 $1770 \pm 30\text{yBP}$  (E08) の年代値が得られた。

### 51層：暗褐色弱腐植質シルト～極細粒砂

52 層最上部の暗褐色を呈する弱腐植質シルト～極細粒砂。分布は断続的である。

### 52層：黄褐色細礫混じりシルト～極細粒砂

層厚 40～50cm 程度の黄褐色を呈する細礫混じりシルト～極細粒砂。暗褐色を呈する植物根跡が認められる。東壁面ではグリッド 4.5 よりも南側に、西壁面ではグリッド 5.3 よりも南側に分布する。この層からは、 $12800 \pm 40\text{yBP}$  (W12) の年代値が得られた。

### 53層：暗褐色弱腐植質シルト～極細粒砂

54 層最上部の暗褐色を呈する弱腐植質シルト～極細粒砂。この層から採取された植物遺体 (E12) の放射性炭素年代測定結果は modern であった。modern の年代値が得られた試料は現生の植物根と考えられ、この年代値は以後の議論では考慮しない。

### 54層：灰褐色角礫混じり極細粒砂

灰褐色を呈する角礫混じり極細粒砂。東壁面ではグリッド 4.0～5.3 に、西壁面ではグリッド 5.0～5.6 に分布する。東壁面では、下位に連続しない fd 断層によって 53 層と 54 層が切られる。

### 61層：暗褐色腐植質シルト～極細粒砂

層厚 10～30cm 程度の暗褐色を呈する腐植質シルト～極細粒砂。東壁面ではグリッド 3.0～5.6 に、西壁面ではグリッド 2.6～5.9 に分布する。北限は fe 断層によって切られる。この層からは、 $11110 \pm 40\text{yBP}$  (W11) の年代値が得られた。東壁面の 61 層から採取された植物遺体 (E11) の放射性炭素年代測定結果は modern であった。modern の年代値が得られた試料は現生の植物根と考えられ、この年代値は以後の議論では考慮しない。

### 62層：砂岩角礫

層厚 40cm 以上の暗褐色を呈する砂岩角礫。礫径は 1～3 cm を主体とし、最大径は 15cm

程度である。東壁面ではグリッド 5.9 よりも南側に、西壁面ではグリッド 5.0 よりも南側に分布する。東壁面では fe 断層によって分布を断たれる。

#### 63 層：黄灰褐色シルト

黄灰褐色を呈するシルト。fe 断層より北側の断層帯内部にも類似した地層が分布し、63 層に対比した。

#### 64 層：淡緑灰色硬質細粒砂

淡緑灰色を呈する硬質の細粒砂。両壁面のグリッド 6 付近の底部に分布する。fe 断層によって切られる。

#### 71 層：茶褐色腐植質シルト

茶褐色を呈する腐植質シルト。東壁面ではグリッド 5.4 より北側に、西壁面ではグリッド 5.7 より北側に分布する。南限は fe 断層によって切られる。この層の最上部からは、5590±30yBP (W5B) の年代値が得られた。

#### 72 層：黒色強腐植質シルト

黒色を呈する強腐植質シルト。この層の下部からは、18280±60yBP (W1B) の年代値が得られた。

#### 73 層：明橙色軟質粘土

明橙色を呈する軟質粘土。72 層中に高角度の脈状に分布する。西壁面の北側底部にのみ分布する。

#### 古土壤

埋土直下で土壤化し灰褐色を呈する。埋土直下に分布する各地層を横断的に分布する。

### c) 断層構造

トレンチ壁面には、複数の断層が確認された。これらを、構造や切断する地層との関係に基づき fa~ff 断層に分類した (図 10)。

fa 断層：この断層を挟んで、31 層と 32 層が接している。両層の境界をなす部分では、断層は不明瞭で、壁面の乾湿による亀裂として認識できる。東壁面の 31 層と 32 層の最上部は土壤化しており、断層の追跡が困難である。fa 断層の下部は分岐・収斂する構造に富む。fa 断層から fb 断層が分岐する付近では、32 層が 72 層中に落ち込んでいる。西壁面では、fa 断層は 31 層と 32 層を切断し、その上位の 23 層に覆われる。断層の走向・傾斜は N85° E・80° N である。

fb 断層：東壁面の 32 層中で確認されるが、層の途中で上位へ連続が追跡困難となる。fa 断層と同様に、壁面の乾湿による亀裂として認識できる。2 条の断層からなり、その間に 32 層が落ち込むように分布する。断層の走向・傾斜は N72° E・86° S である。

fc 断層：断層の最上部で 71 層と 42 層が接し、その上を 31 層が覆う。断層の走向・傾斜は N75~80° E・85° N である。

fd 断層：東壁面でのみ認められ、上盤側には 53・54 層が、下盤側には 41・53・54 層が分布する。逆断層成分を有する。断層は下位には延びず、61 層の上面には断層運動に伴う変形構造が認められるが、61 層下面や 62 層以下の地層には断層変位は認められない。fd 断層は 32 層に覆われる。断層の走向・傾斜は N84° E・47° N である。

fe 断層：fa・fb・fc 断層がほぼ垂直の断層であるのに対して、fe 断層は 30~40° で

北傾斜する断層である。断層の上盤側には71・72層が、下盤側には61～64層が分布する。東壁面では下盤側の61・62層が断層に沿って引きずり上げられている。チャンネルを充てんする42層が断層を覆う。断層の走向・傾斜はN80° E・30～40° Nである。

ff断層：断層帯の北端に分布する断層で、71・72層を切断し、31層に覆われる。断層の走向・傾斜はN85° E・80～90° Nである。

#### d) 古地震イベント

イベント1：fa断層は31層・32層を切断し、23層に覆われる。したがって31層・32層堆積後、23層堆積前に古地震イベントがあったと推定される。OxCalによるイベントの年代のモデリングにより、イベント1の年代はAD255～1060年と求められた(図11)。

イベント2：fb断層は32層中で断層が上位に追跡できなくなる。このことから、32層の堆積中に古地震イベントがあったと推定されるが、32層は均質な地層であり断層の上部延長を認識できない可能性を否定できない。しかしながら、fb断層がfa断層から分岐する部分では、32層が72層の中に落ち込み、さらにfa断層によって切断されている。したがって、イベント1に先立って、32層の堆積中に古地震イベント(イベント2)があったと推定される。このイベントの時期は、32層の堆積中としか制約できず、OxCalによるモデリングで年代を見積もることができなかった。

イベント3：fc断層やff断層は71層・72層を切断し、31層に覆われる。したがって71層の堆積後、31層の堆積前に古地震イベントがあったと推定される。このイベントの年代は、BC4390～2975年となる。

fe断層の古地震イベント：fe断層は61層を切断し、42層に覆われる。したがって61層堆積後、42層堆積前に古地震イベントがあったと推定される。層位的に、このイベントはイベント2以前に発生したと考えられる。このイベントは、72層の最上部から得られた年代値(5590±30yBP(W5B))以降に発生したと考えられる。しかし、断層を覆う42層から得られた年代が31層・32層から得られた年代よりも若く、時期を限定できない。

fd断層の古地震イベント：fd断層は41層を切断し、32層に覆われる。fd断層は東壁面のみ分布する根なし断層であることから、別な断層が活動した際に付随して活動した可能性が高い。32層に覆われることから、イベント3時に活動した可能性が考えられる。

#### e) 和歌山市上野における平成26年度と平成27年度調査結果のまとめ

上野地区で掘削された2つのトレンチの調査結果をまとめて、根来断層の古地震イベントの時期や平均活動間隔を議論する(図11)。

イベント1：平成26年度と27年度のそれぞれの調査で認定されたイベント1は、層位や年代から同一のものと考えられる。それぞれの調査で求められた年代を考慮すると、イベント1の時期はAD500～935年と求められる。

イベント2：平成26年度の調査では、イベント2の発生時期は35層の堆積中であり、平成27年度の調査では31層と32層の堆積中である。これらの地層は、層位や層相から対比可能であり、よってこれらのイベントも同一のものと考えられる。断層活動の時期は、BC4390～AD405年と幅の大きな見積もりとなった。

イベント3：平成27年度調査で認定されたイベント3は、平成26年度の調査では確実な

イベントとしては認定されていなかった。しかし、今回の調査の結果、複数の断層が71層までを変位させ、31層に覆われることから、このイベントの存在は確実と考えられる。年代はBC4390～2975年となる。

イベント4：これは平成26年度調査のイベント3にあたり、平成27年度調査では認定されなかったイベントである。ただし、平成27年度調査でイベント4の証拠が記録されている可能性の高い71層・72層はコントラストに乏しいマッシュな地層であり、イベント4の痕跡を明瞭に残していない可能性もある。このイベントの年代は平成26年度調査の結果に基づきBC7960～6860年となる。



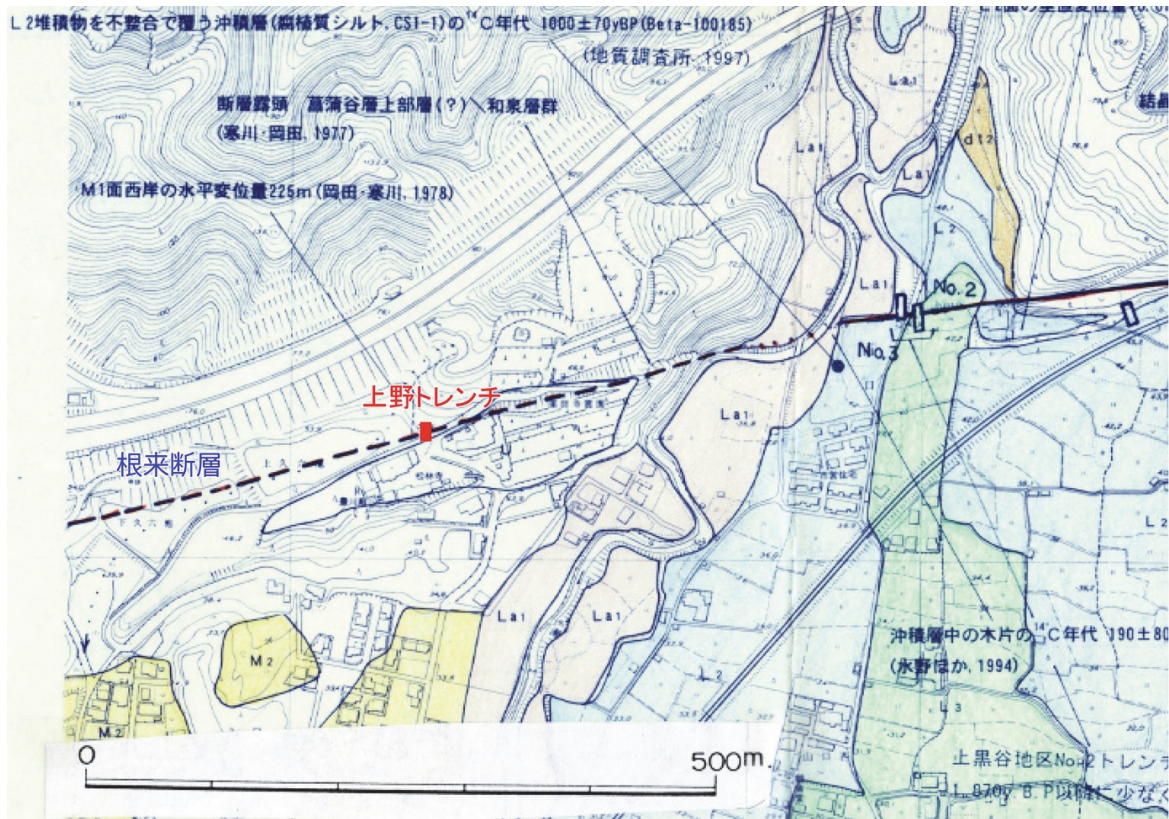


図8 和歌山市上野における根来断層のトレンチ掘削調査地点の位置。和歌山県（1999）に加筆。

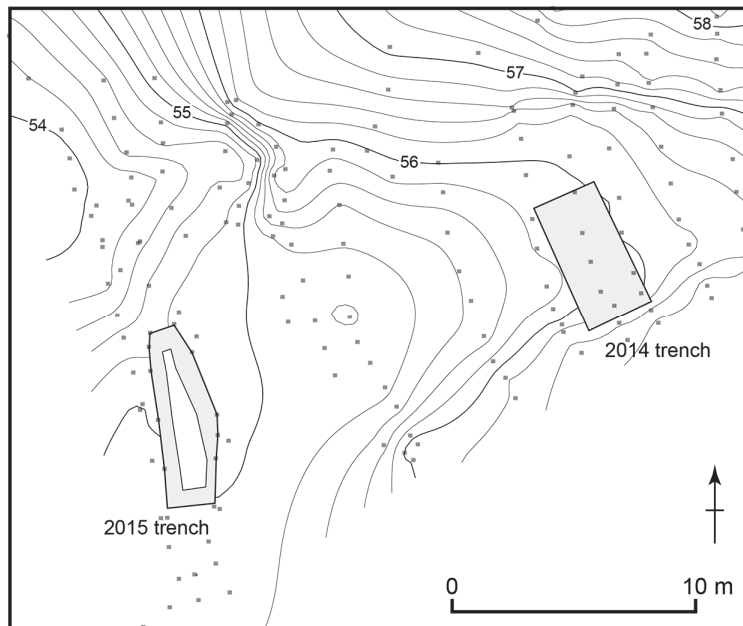


図9 和歌山市上野における2014（平成26）年度と2015（平成27）年度に掘削されたトレンチの位置。トータルステーションを使った測量により作成。

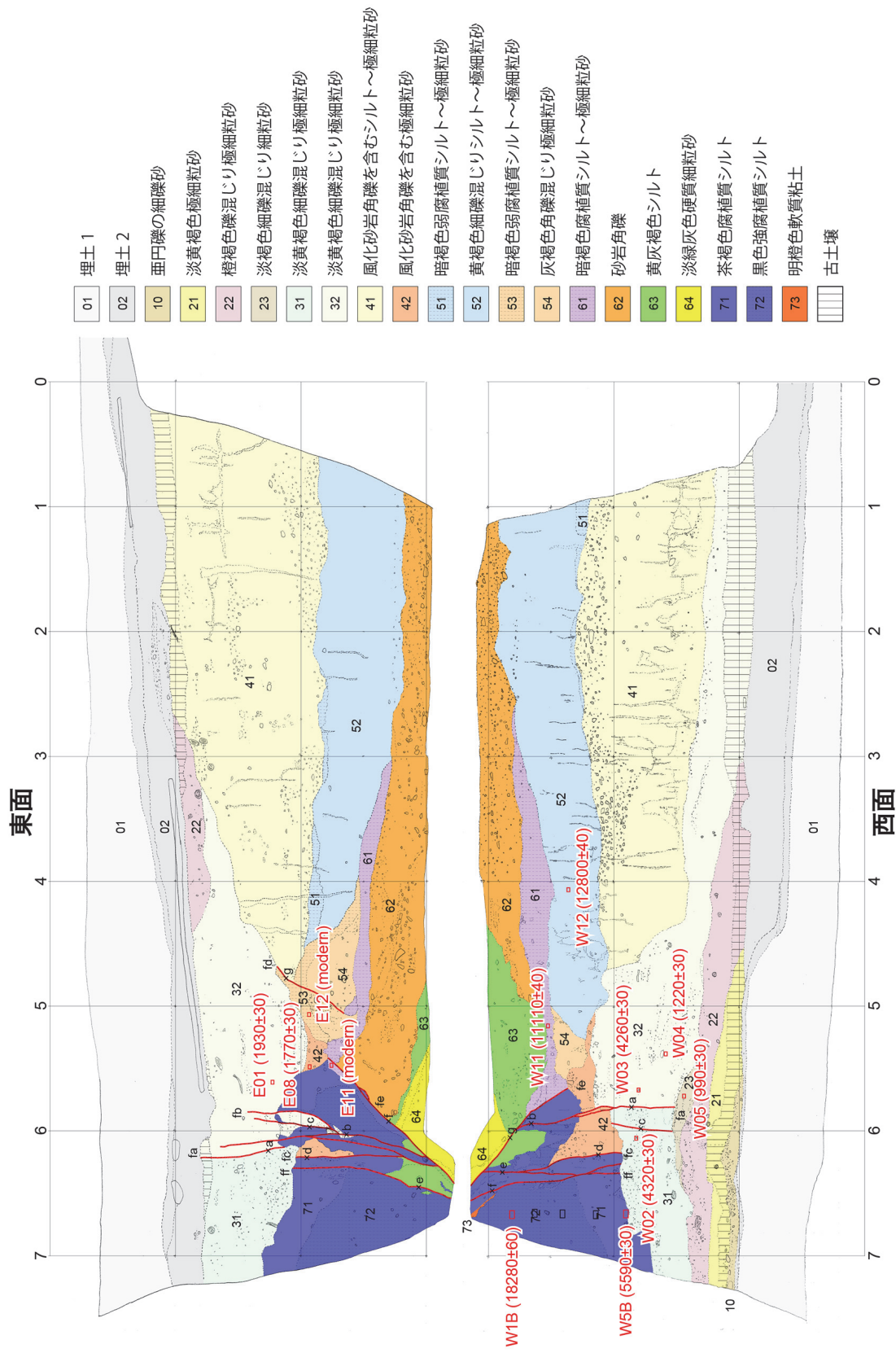


図 10 平成 27 年度上野トレンチの壁面のスケッチと層序区分・放射性炭素年代測定結果

表2 平成27年度上野トレンチで得られた試料の放射性炭素年代測定結果

Beta ID	Sample name	Type of material	Measured radiocarbon age	conventional radiocarbon age	Calendar age	13C	Dating method	Pretreatment
424155	W02	charred material	4350±30	4320±30	BC 3010-2975 (Cal BP 4960-4925), BC 2965-2950 (Cal BP 4915-4900), BC 2940-2890 (Cal BP 4890-4840)	-26.7	AMS-Standard	acid/alkali/acid
424156	W03	charred material	4300±30	4260±30	BC 2910-2875 (Cal BP 4860-4825)	-27.6	AMS-Standard	acid/alkali/acid
431985	W04	charred material	1240±30	1220±30	AD 690-750 (Cal BP 1260-1200), AD 760-885 (Cal BP 1190-1065)	-26.3	AMS-Standard	acid/alkali/acid
429179	W05	charred material	1000±30	990±30	AD 995-1050 (Cal BP 955-900), AD 1085-1125 (Cal BP 865-825), AD 1140-1150 (Cal BP 810-800)	-25.6	AMS-Standard	acid/alkali/acid
431982	W11	organic sediment	11100±40	11110±40	BC 11120-10905 (Cal BP 13070-12855)	-24.6	AMS-Standard	acid washes
431984	W12	charred material	12820±40	12800±40	BC 13370-13205 (Cal BP 15320-15155)	-26.1	AMS-Standard	acid/alkali/acid
424153	E01	charred material	1940±30	1930±30	AD 20-130 (Cal BP 1930-1820)	-25.4	AMS-Standard	acid/alkali/acid
429177	E08	charred material	1780±30	1770±30	AD 180-190 (Cal BP 1770-1760), AD 215-340 (Cal BP 1735-1610)	-25.5	AMS-Standard	acid/alkali/acid
431983	E11	plant material	105.4 (0.3pMC)	106.3 (0.3 pMC)	modern	-29.5	AMS-Standard	acid/alkali/acid
429178	E12	plant material	105.8 (0.3pMC)	106.3 (0.3 pMC)	modern	-27.7	AMS-Standard	acid/alkali/acid
429172	W1B	organic sediment	18290±60	18280±60	BC 20380-20010 (Cal BP 22330-21960)	-25.4	AMS-Standard	acid washes
429173	W5B	organic sediment	5570±30	5590±30	BC 4460-4355 (Cal BP 6410-6305)	-24.0	AMS-Standard	acid washes

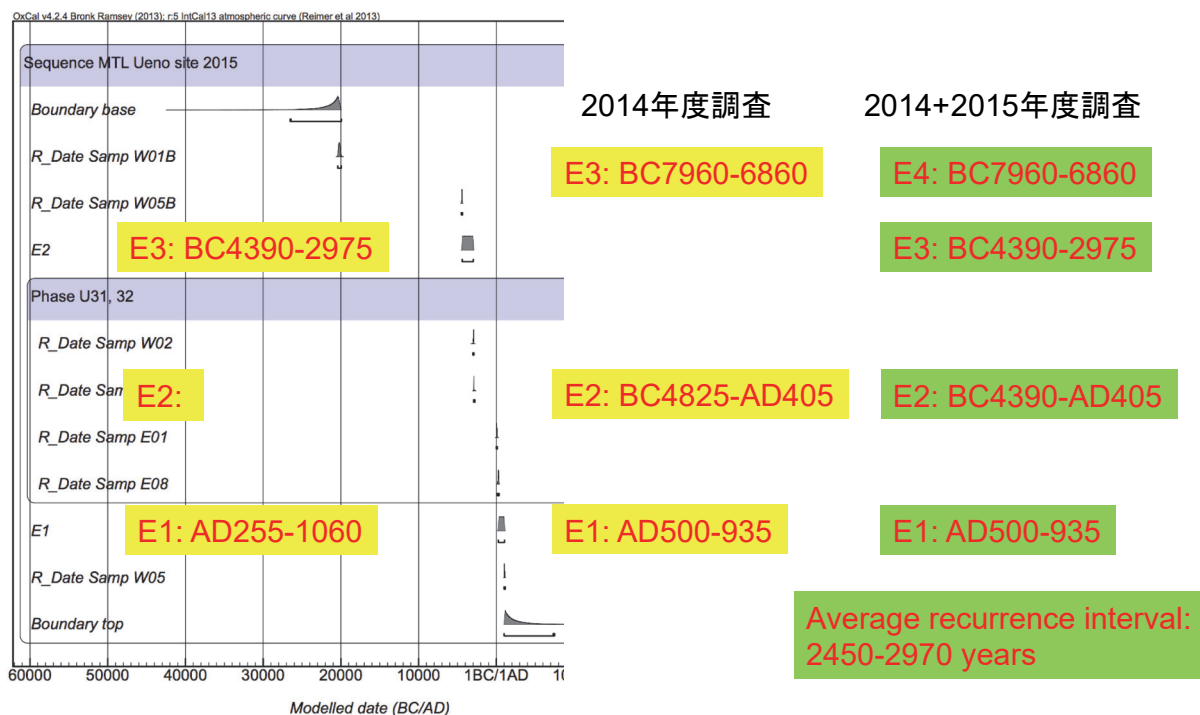


図11 (左)平成27年度(2015年度)上野トレンチの古地震イベントの年代のOxCalによる解析結果、(中央)平成26年度(2014年度)上野トレンチの古地震イベント年代値、(右)平成26年度と平成27年度の調査結果を統合した根来断層の過去4回の活動時期と平均活動間隔。

4) 和歌山県岩出市山田と東坂本における根来南断層により変位を受けた地形面の編年のためのピット掘削調査

根来南断層は、変動地形学的な観察から、北側隆起の逆断層と考えられる。各所で、最終氷期最盛期に形成された段丘やそれを開析して形成されたより低位の段丘面を変位させるが、ほとんどの変動崖はコンクリート壁や石積みで覆われており、トレンチ調査が可能な箇所を見いだすことができなかった。そこで平成27年度に、変位を受けた段丘面の編年を目的としたピット掘削調査を行った。調査地は岩出市山田と東坂本である。人力で縦横それぞれ約1mの間口のピットを掘削した。その後、壁面をねじり鎌で整形して地層を記載し、放射性炭素年代測定試料を採取した。

a) 岩出市山田

山麓線に沿って延びてきた根来南断層が、開析谷中の最低位の段丘面にも変位を与え、比高約60cmの変動崖を形成する(図12、13)。この変動崖の隆起側の休耕田でピット掘削を行った。層厚約10cmの耕作土の下位に、極細粒砂～シルト層、細粒砂層、礫支持の砂礫層が分布する(図14)。礫層が段丘構成礫層の最上部で、その上位の砂層が離水に伴うフラッドロームであると解釈した。フラッドローム中の炭質物から $1290 \pm 30$ yBPの年代値が得られた(表3)。この年代値は、地形面の離水年代がこれ以前であることを示すものの、根来南断層の最新活動がいつ以降に起こったかを限定することはできない。

b) 岩出市東坂本

東坂本では、小規模な扇状地面が断層変位を受け、変動崖を形成している(図12)。隆起側の扇中央部には、原面を下刻した若い地形面が分布しており、高い方の地形面の変位量が約2.5m、低い方の地形面の変位量が約1.6mである(図13)。ここでは高い面(ピット2)と低い面(ピット1)でそれぞれ掘削を行った。高い面と低い面の変位量が異なることから、それぞれの地形面の形成年代が分かれば、最新活動以前の活動時期が推定できると考えた。

ピット1では厚さ約30cmの耕作土の下位に、極細粒砂層と腐植混じりのシルト層が分布する(図14)。深度約65～75cmに分布する礫混じり腐植質シルト層は、この地形面の離水以前に湿地環境だった場所に礫が流れ込んで形成されたと考えられ、地形面構成層であると判断される。この層中の深度約70cmから採取された腐植土からは、 $2530 \pm 30$ yBPの年代値が得られ(表3)、根来南断層の最新活動時期はこの年代値以降であると考えられる。

ピット2では、深度約80cmまで固結した極細粒～細粒砂層が分布するが、地層が固結してそれ以上掘り進めず、段丘礫層を露出させることができなかった。

以上2地点の調査結果を総合すると、根来南断層の最新活動は $2530 \pm 30$ yBP(BC795～545年)以降にあったと考えられる。

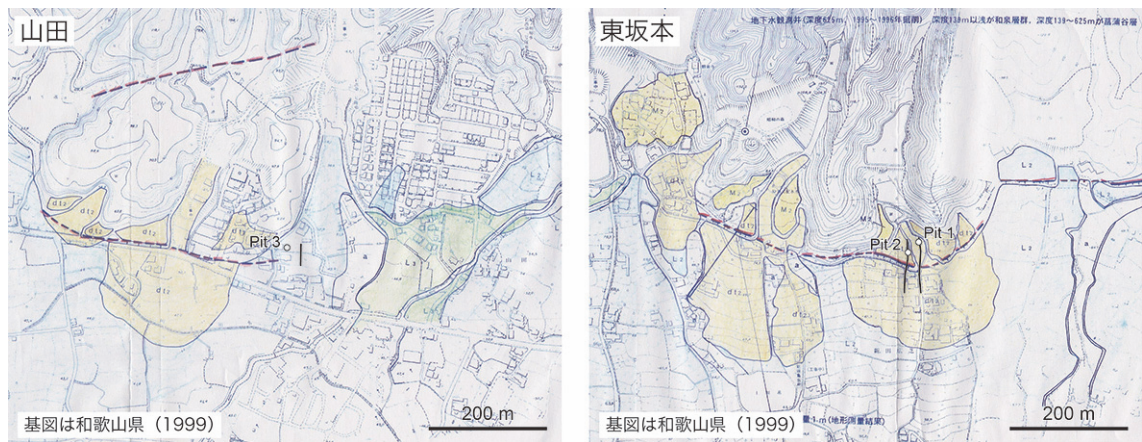


図 12 和歌山県岩出市山田と東坂本における、根来南断層により変位を受けた地形面の編年のためのピット掘削調査地点。

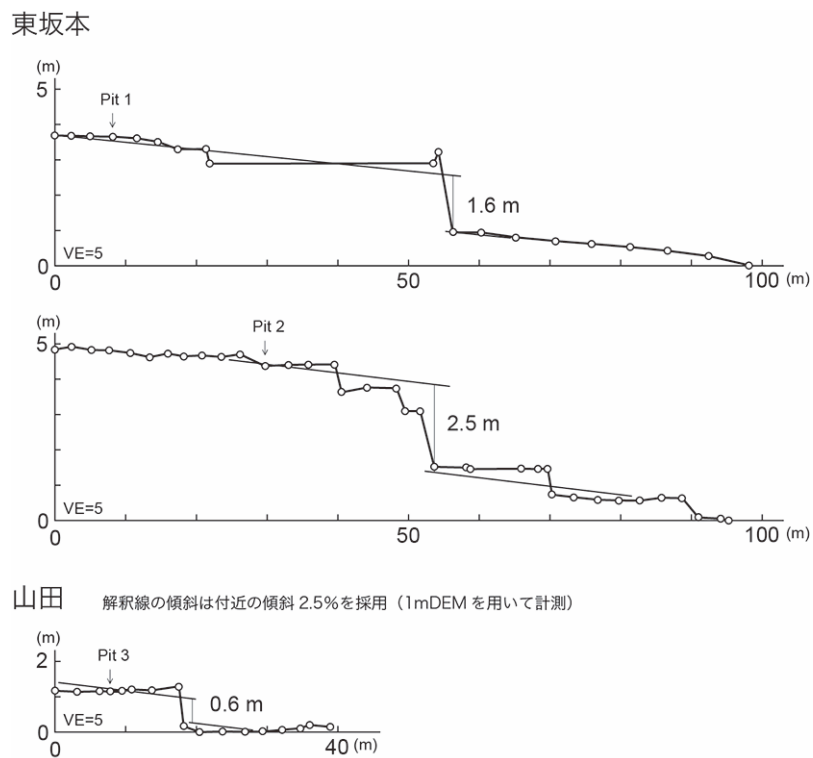


図 13 ピット掘削調査地点の地形断面図。トータルステーションを用いて計測。

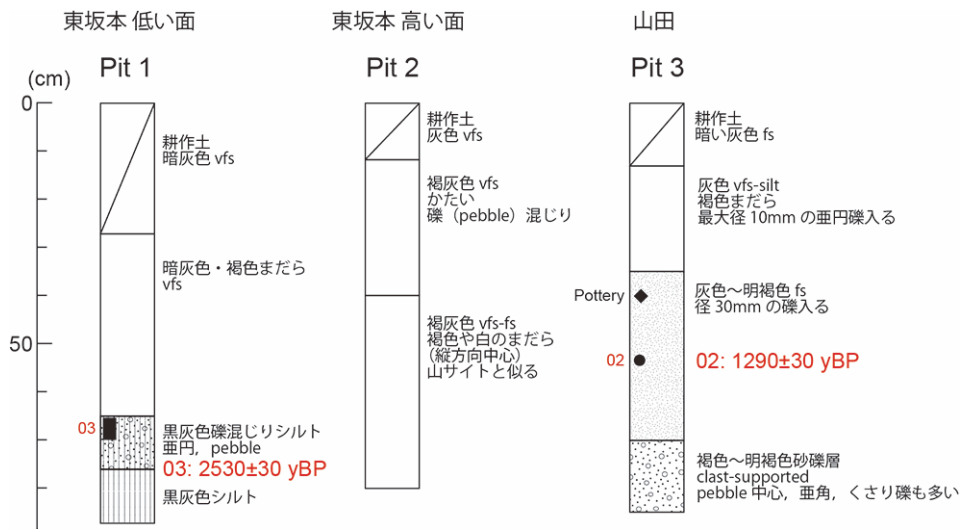


図 14 ピット掘削調査の柱状図と放射性炭素年代測定値

表 3 根来南断層のピット掘削調査で得られた試料の放射性炭素年代測定結果

Beta ID	Sample name	Type of material	Measured radiocarbon age	conventional radiocarbon age	Calendar age	13C	Dating method	Pretreatment
417242	MTL15Pit 1-03	organic sediment	2540±30	2530±30	BC 795-735 (Cal BP 2745-2685), BC 690-660 (Cal BP 2640-2610), BC 645-545 (Cal BP 2595-2495)	-25.4	AMS-Standard	acid washes
417243	MTL15Pit 3-02	charred material	1290±30	1290±30	AD 660-770 (Cal BP 1290-1180)	-25.2	AMS-Standard	acid/alkali/acid

#### 4) 和歌山県紀の川市中津川における根来断層のトレンチ掘削調査

##### a) トレンチの位置と調査の概要

中津川トレンチは、桜池の北東約1.2kmの地点に位置する(図15)。ここでは、北向き斜面の中腹に、傾斜変換線が約20mにわたって東西方向にのびる。岡田ほか(1999b)では、その北側の東北東方向に延びる谷を断層が通過すると考えられていたが、根来断層が北向き斜面を横切り、逆向き低断層崖を形成することで傾斜の緩やかな箇所が形成されている可能性があると考えてトレンチ掘削調査を行った。トレンチは、斜面の傾斜方向に平行(N10°W)に掘削した。林道から離れた雑木林の中であったため、手掘り掘削した。調査の結果、断層は露出せず、断層の通過位置を誤認したことが判明した。

##### b) 層序区分と地層の記載

中津川トレンチの写真を図16に、スケッチを図17に示す。以下に各層の概要を記載する。

###### 01層：表土

10層：層厚10~20cmの淡褐灰色を呈するやや有機質な礫混じりのシルト~細粒砂。旧耕作土と考えられる。西壁面では一様な厚さで分布するが、東壁面では南側の斜面付近にのみ分布する。

20層：最大層厚120cmの淡褐色を呈する崖錐性の礫混じりシルト層。径3~30mmの褐色砂岩のくさり礫と硬質砂岩礫が10~20%混じる。部分的に堆積構造が認められ、北側に傾斜している。トレンチ掘削中に、サヌカイト製の小型の矢じりが見つかった。30層・31層・40層を不整合に覆っていると考えられる。

21層：20層中に断続的なレンズ状に挟まれる。層厚は3~10cm。径1~8mmの炭化木片を多く含む暗褐色のシルト。北側に傾斜しており、旧表土と類推される。

30層：層厚5~10cmの淡灰色のシルトで、淘汰が悪く砂岩のくさり礫が少量混じる。連続性は良く、北側に傾斜している。

31層：層厚20~30cmの淡褐色の礫混じりシルト~細粒砂。淘汰が悪く3~20mmの褐色化した砂岩のくさり礫を30~40%含む。20層と平行に堆積しており、下位の半固結の礫混じり中粒砂を不整合に覆う。

40層：層厚50~80cmの淡灰~淡褐灰色を呈する淘汰の悪い半固結の礫混じり中粒砂。灰白色で軟質なシルトが不規則な網目~枝状に入る。地層の上面と下面の一部に階段状の段差が認められるが、上位と下位の地層中には連続する構造が認められない。

41層：層厚10~30cmの淡褐~肌色の礫混じりシルト質細粒砂。西壁面の一部にのみ分布する。上面は不規則~階段状となるが、下面は緩やかに北傾斜する。

42層：層厚20~40cmの淡褐~淡灰色のシルト混じり礫層。径20~100mmの砂岩角礫を50~60%含むが、シルトの基質中に散在し、基質支持となっている。上面・下面ともに起伏の少ない比較的平滑な面で、北側に緩く傾斜している。

43層：西壁面の最下部に分布する。半固結で、赤褐色と灰色のまだら状を呈する軟質なシルト。

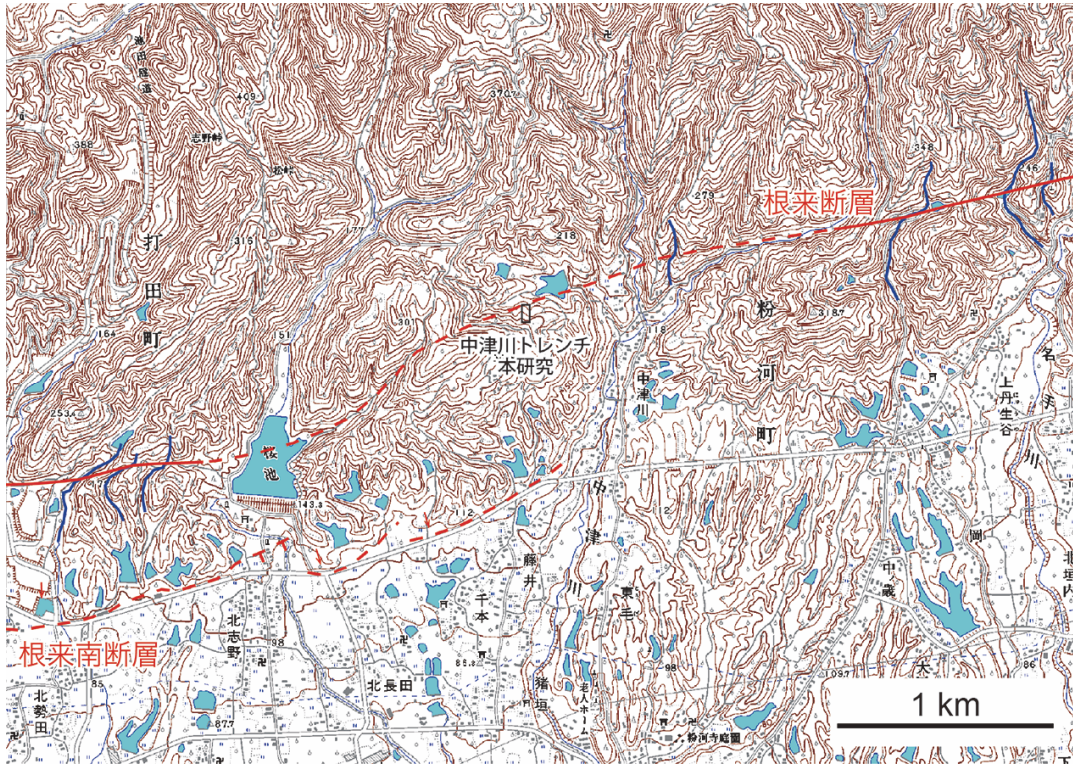


図 15 和歌山県紀の川市中津川における根来断層のトレンチ掘削調査地点。赤線は活断層を、破線は位置が不明確な部分を、ケバは低下側を示す。赤矢印は撓曲崖を示す。青線は河谷の屈曲を示す。



図 16 中津川トレンチの全景。北を向いて撮影。



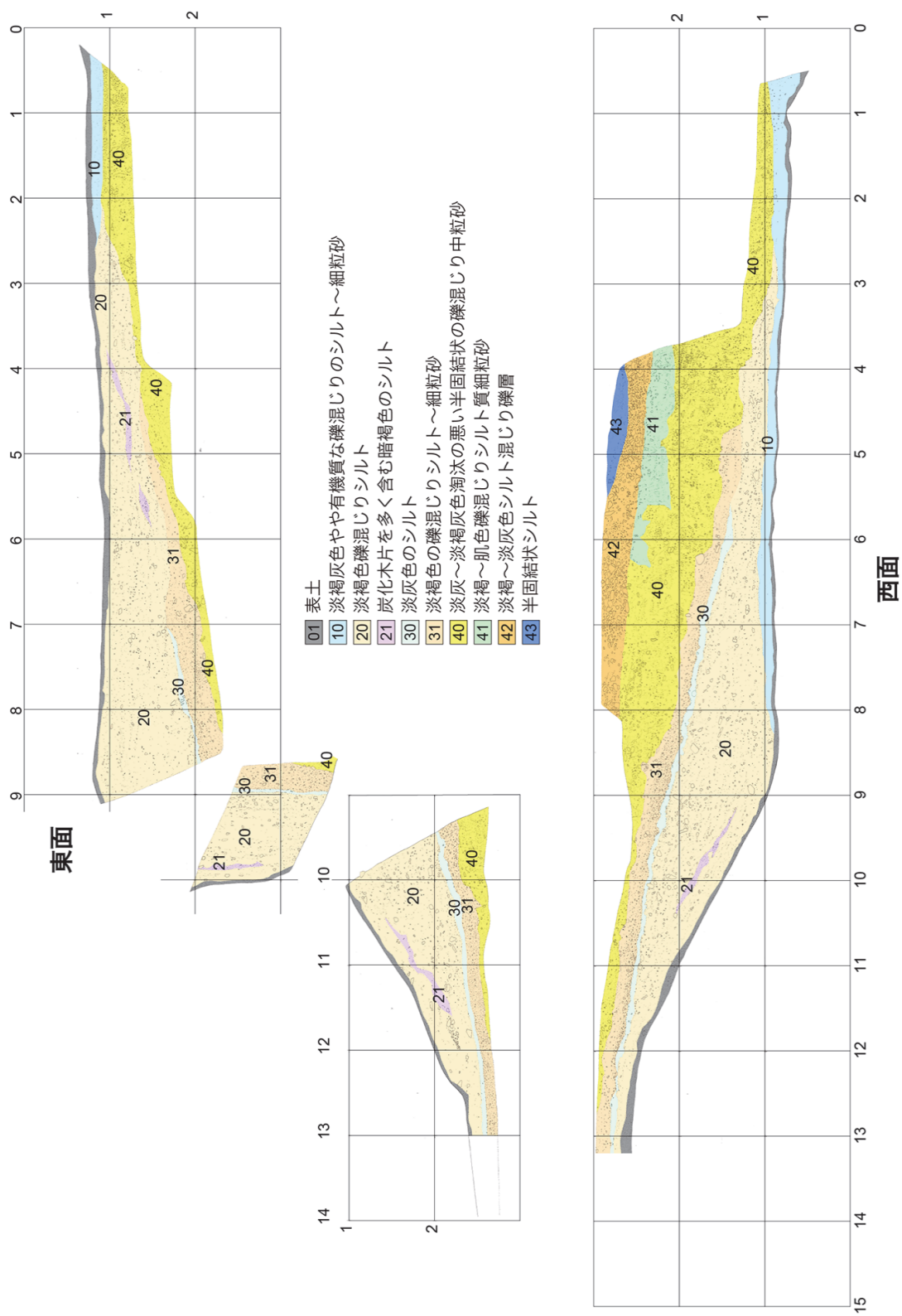


図 17 中津川トレンチの壁面のスケッチと層序区分

## 5) 和歌山県橋本市柱本における五条谷断層のトレンチ掘削調査

### a) トレンチの位置と調査の概要

五条谷断層については、断層の西端に近い橋本市高野口町竹尾において、地域地盤環境研究所（2008）がトレンチ掘削調査を行い、さらに本研究でも平成25年度に掘削を行ったのみで、断層の中部や東部では古地震調査は行われていない。また、最新活動以前の活動履歴が明らかになっておらず、データの拡充が必要である。そこで平成27年度に、橋本市柱本においてトレンチ掘削調査を行った（図18、19、20）。まず東側のAトレンチを掘削した。トレンチ中央部のトレンチ底付近で断層が確認されたが、断層帯の全容を明らかにするために、1段下の休耕田でBトレンチを掘削した。その結果、Bトレンチでは地層の変形が確認されなかった。以下には、Aトレンチで観察された地層や断層について記載する。

### b) Aトレンチの層序区分と地層の記載

#### 01層：耕作土

黒褐色の耕作土。

#### 02層：埋土

赤褐色礫混じり砂。耕作地の凹地の埋土。

#### 03層：表土

黒褐色腐植土。北西壁面のみに分布する。

#### 11層：細礫

礫径1cm以下の細礫。北西壁面のみに分布する。

#### 12層：角礫混じりシルト質砂

礫径1～3cmの角礫混じり黄褐色シルト混じり細粒砂。北西壁面のみに分布する。北側斜面からの崖錐性堆積物と考えられる。

#### 13層：大礫を含む細～中粒砂

礫径3～5cmの角礫を主体とする灰褐色細～中粒砂。北西壁面のみに分布する。北側斜面からの崖錐性堆積物と考えられる。

#### 21層：固結度の低い砂礫

礫径1～10cmの角～亜角礫を主体とする砂礫。礫支持で固結度が非常に低い。トレンチの南側に分布する。

#### 22層：角礫（基質はシルト混じり砂）

礫径3～10cmの角礫を主体とし、基質は暗褐色シルト混じり砂からなる。この層の最下部から、720±30yBPの年代値が得られた（表4）。

#### 31層：細粒砂

灰褐色細粒砂。弱い流理構造が認められる。

#### 32層：細礫混じりシルト質砂

赤褐色を呈する細礫混じりシルト質砂。東壁面のみに分布する。

#### 33層：シルト

明灰褐色シルト。東壁面ではシルト層中に礫層をレンズ状に挟在する。

#### 34層：固結度の低い細礫

礫径5～10mmの細礫を主体とするルーズな細礫層。トレンチの南端の底部に分布する。

35層：亜角礫（基質はシルト混じり砂）

細礫～巨礫を含む亜角礫層。基質は褐色のシルト混じり砂で、40番台と50番台の礫層の基質がシルト～粘土主体であることから区別される。土石流堆積物と推定される。流向が北東から南西で、トレンチの西壁面では断層近傍に分布していないと判断される。

41層：礫（基質は粘土）

礫径5cmの亜角礫を主体とする基質支持礫層。基質は黄褐色の粘土からなる。西壁面のみに分布する。

42層：礫（基底は黒褐色を呈するシルト混じり砂）

礫径5cmの亜角礫を主体とする基質支持礫層。基質は黄褐色の砂混じりシルトからなる。基底部分が黒褐色を呈する。西壁面のみに分布する。

43層：礫（基質はシルト混じり砂）

礫径5cmの亜角礫を主体とする基質支持礫層。基質は黄褐色のシルト混じり砂からなる。西壁面のみに分布する。

51層：礫（基質は砂混じりシルト）

礫径2～3cmの細礫を主体とする基質支持礫層。基質は黄褐色の砂混じりシルトからなる。西壁面のみに分布する。断層により切断され、断層の南側のみに分布する。西壁面で2条の断層に挟まれた箇所は、52層の基質である白色粘土が混じっている。

52層：亜円礫（基質は青白色粘土）

基盤岩の直上に分布する礫層。基質支持で基質は青灰色粘土からなる。西壁面の断層より南側では、基質が褐色化する。

60層：砂岩泥岩互層

和泉層群に相当する青灰色砂岩と黒色泥岩の互層。

### c) 断層構造と古地震イベント

Aトレンチの中央部のトレンチ底付近で断層が確認された(図19、21)。西壁面において、断層は基盤岩とその上位の52層・51層を切断し、43層に覆われる。断層は2条に分岐し、北側の断層は基盤と51層の境界をなすほぼ垂直の断層である。北側の断層とこの断層から分岐する南側の断層に挟まれた部分には、52層の基質である青白色粘土が混じっている。断層の分岐部付近には、51層の基質である黄褐色中粒砂の落ち込みが認められる。断層を挟んで、基盤岩の上面は北側が約40cm高くなっている。

東壁面では、基盤岩とその直上に分布する52層が断層により切断され、35層に覆われる。52層の上面は、断層の北側が約50cm高くなっている。35層は、北東から南西へ流下した土石流堆積物と解釈され、西壁面で観察される40番台および51層の礫層は35層に削られ東壁面には分布しない。

主断層の走向・傾斜はN68° W・88° Sであり、基盤の和泉層群は断層に沿って幅3cm程度の部分が白色になり脆弱化している。主断層の南側には複数条のほぼ垂直な断層が認められるが、これらの断層は上位の52層を変位させていない。

断層よりも北側のトレンチ底部には、和泉層群が連続的に露出するが、断層は確認されなかった。砂岩泥岩互層は、グリッドA2～A3付近を軸とする背斜構造をなし、その走向・傾斜は、北翼ではN16°～28° E・23°～42° E、南翼ではN64° E・72° Sとなる。片理が発達

し岩片は細ブロック状となっており、泥岩の選択的な風化あるいは断層運動に伴う破碎によるものと判断される。

Aトレンチで確認される断層は51層を切断し、43層に覆われることから、51層の堆積後で43層の堆積前に古地震イベントがあったと考えられる。しかしながら、これらの地層の堆積年代を特定できるような年代試料を採取することはできなかった。最新イベントの発生時期は、22層の基底付近から得られた年代（AD1260～1295年）以前となる。

表 4 柱本 A トレンチで得られた試料の放射性炭素年代測定結果

Beta ID	Sample name	Type of material	Measured radiocarbon age	conventional radiocarbon age	Calendar age	13C	Dating method	Pretreatment
429170	HM-A-E01	charred material	730±30	720±30	AD 1260-1295 (Cal BP 690-655)	-25.7	AMS-Standard	acid/alkali/acid

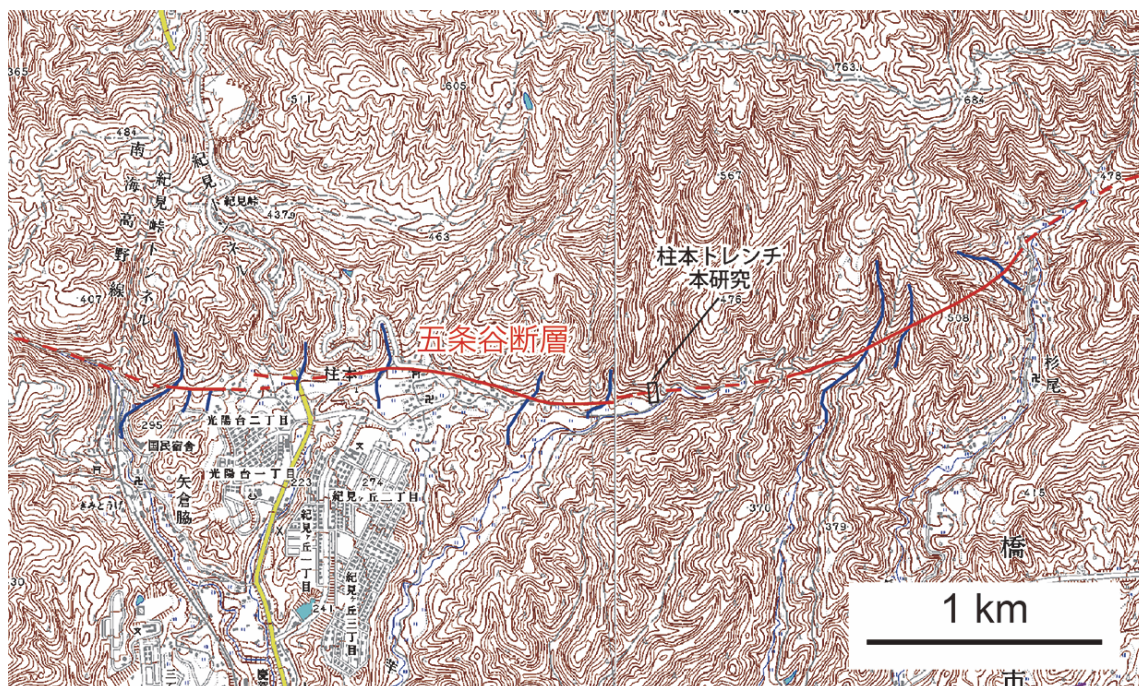


図 18 和歌山県橋本市柱本における五条谷断層のトレンチ掘削調査地点赤線は活断層を、破線は位置が不明確な部分を示す。青線は河谷の屈曲を示す。

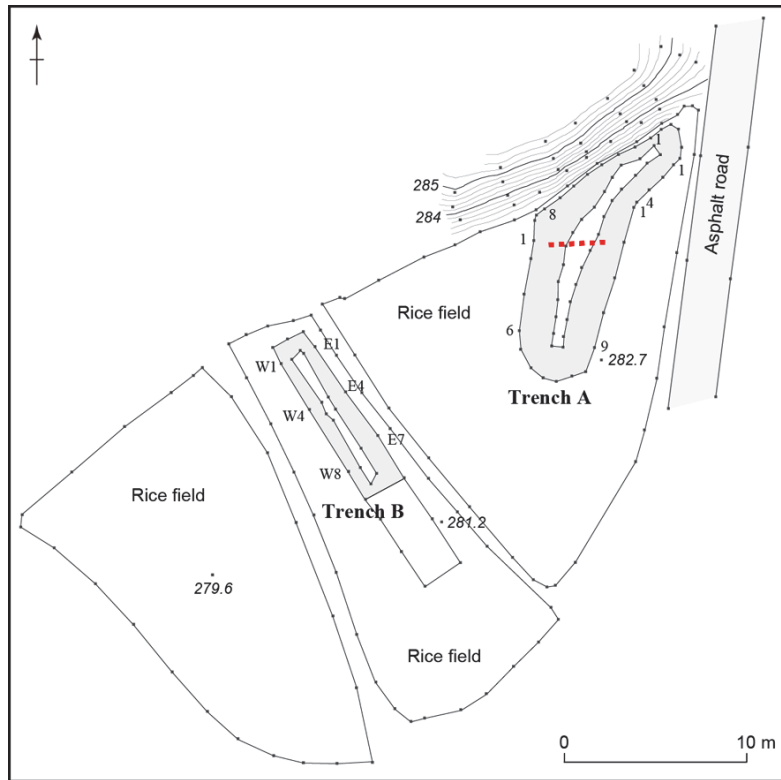


図19 柱本AトレンチとBトレンチの位置。赤破線は、Aトレンチで観察された断層の位置を示す。トータルステーションを使った測量により作成。



図20 柱本Aトレンチ（奥）とBトレンチ（手前）の写真。北を向いて撮影。

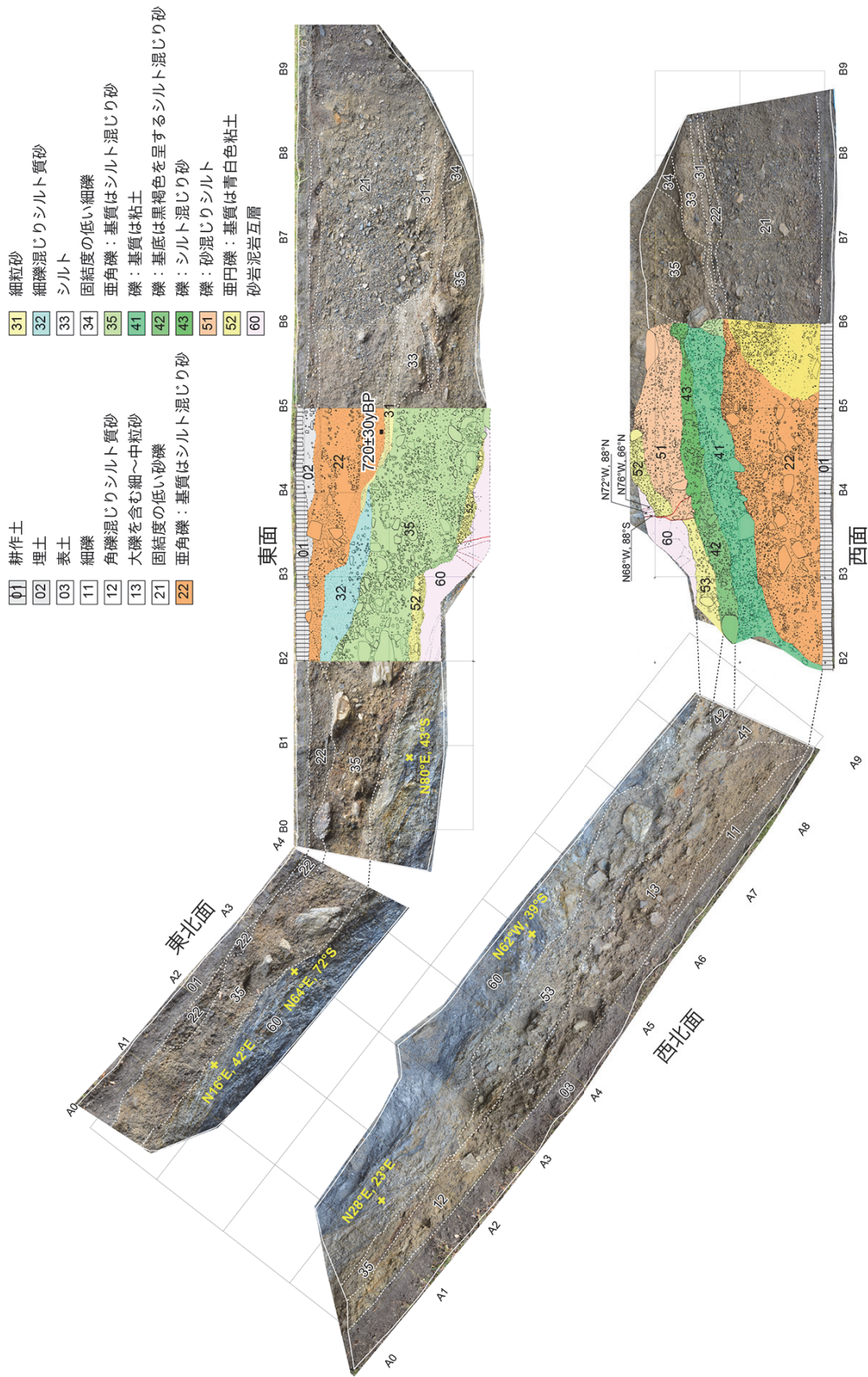


図 21 柱本 A トレンチの壁面のモザイク写真・スケッチと層序区分

6) 奈良県葛城市中戸における金剛断層帯山田断層のボーリング調査・地中レーダ探査

a) 調査地点の位置と調査の概要

金剛断層帯については、佐竹ほか（1999）により最新活動時期が精度良く明らかにされている。しかし、それ以前の活動履歴については情報が得られておらず、活動間隔は不明である。そこで平成26年度に、金剛断層帯の北端部に位置する山田断層を対象に、葛城市中戸においてトレンチ掘削調査を行った（図22）。調査地域の周辺では、数条の南北走向の断層が並走するが、山田断層は最も盆地側に位置し、変位地形が最も明瞭であるため、金剛断層帯の第四紀後期の活動履歴を代表すると考えた。トレンチ壁面には明瞭な断層は露出しなかったが、完新世後期の段丘堆積物が撓曲変形を受けている可能性が示唆された。しかし、これを断層運動による変形と確実に見なせるかどうかや地下に伏在すると予想される断層の形状など不明な点が多い。そこで平成27年度に、トレンチ調査地周辺の地下浅部の地質構造を明らかにするために、ボーリング調査と地中レーダ探査を行った（図23）。

b) ボーリング調査

平成26年度に掘削したトレンチの北西端付近（NKT-B1）と北方（NKT-B2）で、それぞれ深度10mのボーリングを掘削した。ボーリングコアの写真を図24と25に、柱状図を図26に、ボーリングの位置座標を表5に示す。以下にそれぞれのボーリングコアの地質の概略を記す。

NKT-B1

0.00～0.20m	表土
0.20～1.70m	黄褐～褐色細礫混じりシルト質砂～細粒砂
1.70～2.10m	黒色細礫を含む腐植質シルト
2.10～3.00m	弱腐植質黒灰色細礫混じり細粒砂
3.00～4.53m	緑白灰色細礫混じり細～中粒砂
4.53～4.83m	緑灰～褐灰色細礫混じり中～細粒砂
4.83～5.12m	緑灰色細礫、シルト混じり細粒砂
5.12～5.30m	黒色細礫を含む強腐植質シルト
5.30～5.60m	緑灰色細礫を含むシルト質砂
5.60～6.60m	緑灰～灰色細礫を含む細～中粒砂
6.60～7.00m	黒～黒灰色細礫を含む腐植質シルト
7.00～7.16m	固結度の高い緑白灰色細礫を含む細粒砂混じりシルト
7.16～8.15m	固結度の高い緑白灰色細礫混じり細粒砂
8.15～8.50m	暗灰色腐植質シルトと細礫混じり細粒砂～シルト質砂の互層
8.50～8.75m	固結度の高い暗褐色腐植質シルト
8.75～9.13m	固結度の高い緑灰色細礫を含む砂質シルト
9.13～9.28m	固結度の高い濃緑色シルト
9.28～9.61m	固結度の高い緑白灰色細礫、シルト混じり細粒砂
9.61～9.75m	固結度の高い緑灰色シルト
9.75～10.00m	固結度の高い緑灰色細礫混じり細粒砂

深度1.70～2.10mの腐植質シルトは、トレンチ壁面で観察された30層に対応する(図26)。深度8.5～8.8mと9.2～9.3mにはビビアナイトが観察された。深度6.62～6.65mの腐植土からは7150±30yBPの年代値が、深度6.62～6.65mの腐植土からは8170±30yBPの年代値が得られた(図26、表6)。またシルト層の堆積上面や下面で計測された見かけの傾斜は、深度4.2m(5°)、深度4.5m(0°)、深度7.6m(20～25°)、深度8.4m(18°)であった(図26)。

#### NKT-B2

- 0.00～0.10m 表土
- 0.10～1.58m 茶褐色細礫混じり細粒砂
- 1.58～2.33m 淡褐～緑褐色細礫混じり細粒砂
- 2.33～2.60m 黄褐色中～粗粒砂
- 2.60～2.86m 緑灰色細粒砂と細礫混じり粗粒砂の互層
- 2.86～3.00m 黒灰色シルト質砂～細粒砂混じり細礫
- 3.00～3.27m 緑灰色細礫を含む細粒砂
- 3.27～3.57m 淡緑灰色中粒砂混じり細礫
- 3.57～3.61m 黒色細礫を含む細粒砂
- 3.61～4.00m 緑灰色細粒砂、腐植質なシルト質砂混じり細礫
- 4.00～4.25m 淡灰色細礫
- 4.25～4.36m 緑灰色細～中粒砂
- 4.36～4.64m 黒灰～黒色腐植質なシルト質砂～シルト
- 4.64～6.80m 淡灰色礫混じり細礫
- 6.80～7.00m 黒色細礫混じり腐植質なシルト質砂
- 7.00～7.30m 黒灰～灰色細粒砂混じり細礫
- 7.30～8.00m 黒色細礫混じり腐植質なシルト質砂
- 8.00～8.15m 暗褐色細礫を含む腐植質なシルト質砂～シルト
- 8.15～9.57m 緑灰色シルトと細～中粒砂の互層
- 9.57～10.00m 黒灰色腐植質なシルト質砂と緑灰色細礫混じり細粒砂の互層

深度0～2.6mの地層は、トレンチ壁面で観察されたチャネル堆積物(0層)に対比される(図26)。深度4.44～4.47mの腐植土からは7120±30yBPの年代値が、深度7.24～7.27mの腐植土からは8340±30yBPの年代値が、深度9.28mの炭質物からは19320±70yBPの年代値が得られた(図26、表6)。またシルト層の堆積上面や下面で計測された見かけの傾斜は、深度8.5m(21°)、深度9.5m(20°)、深度9.8m(20°)であった(図26)。



### c) 地中レーダ探査

#### 探査測線

中戸地区における地中レーダ探査測線は、Line-A と Line-B と Line-C のほぼ直線状に配列する 3 本の測線で構成される (図 27)。これは、Line-A の東端と Line-C の西端の間に比高約 3 m の段丘崖があり、この急崖を横切る際に測線を分割したためである。Line-A は、金剛断層帯山田断層によって低位段丘面が変位したと考えられている比高約 2 m の崖地形とほぼ直交する約 25 m の区間である。Line-B は比高約 3 m の段丘崖の途中のやや平坦な部分に設置した短い区間である。Line-B の測線長は 2 m 弱と非常に短く、Line-B 単独で地下構造を議論することはできないが、Line-A と Line-C との関係を考える際の参考とするために、この区間にも測線を設置した。Line-C は、低位段丘を下刻する谷底に位置する約 7 m の区間である。

これらの 3 測線での地中レーダ探査プロファイル測定 (例えば、物理探査学会, 1998) に加え、地中電磁波速度の推定を目的として、ワイドアングル測定 (例えば、物理探査学会, 1998) も行った。ワイドアングル測定地点は Line-A では崖の西側と東側に各 1 地点、Line-C では、測線のほぼ中央に 1 地点を設定した。本探査測線は断層崖や段丘崖の近傍の狭い範囲に位置し、測線方向 (断層崖や段丘崖と直交方向) では構造の変化が著しい。そこで、構造変化の影響を少なくするために、ワイドアングル測定の際の送信アンテナ受信アンテナ展開方向は、プロファイル測定の測線の直交方向に設定した。

#### データ取得

地中レーダ探査データ取得における主な仕様を表 7 に示す。データ取得は、プロファイル測定法 (例えば、物理探査学会, 1998) およびワイドアングル測定法 (例えば、物理探査学会, 1998) によって行った。地中レーダ探査で用いた測定システムはカナダ Sensors & Software 社の pulseEKKO PRO であり、送受信アンテナは同社製の中心周波数 50MHz 用のものと 100MHz 用のものを用いた。

電磁波送受信作業は、Line-A・Line-B・Line-C とともに、2015 年 12 月 2 日の日中に行った。プロファイル測定でのアンテナの移動はハンドルシステムを用いて人力で行い、各スキャン点での送受信作業の際はアンテナ移動担当の人員は停止し、送信・受信アンテナ位置を固定した上でデータ記録を行った。取得データの記録ファイルフォーマットは dt1 形式である。ワイドアングル測定の各測定点では、送信アンテナと受信アンテナの中間点が共通反射点となるようにして、アンテナ間隔を 0.1m ずつ離していき、送受信作業を行った。オフセット (送信アンテナと受信アンテナの間隔) が 0.2m から 10.0m で 0.1m きざみの 99 トレースからなるデータセットを得た。また、探査測線の水平位置・標高座標の決定のために、トータルステーションによる測量を行った。

#### データ処理

探査のデータ処理は、米国 Parallel Geoscience 社製の反射法地震探査データ処理システム SPW ver. 2 を用いて行った。データ処理の流れを図 28 に示す。このような各種のフィルター処理や振幅回復・調整処理を施し、地中レーダ探査断面を得た。また、ワイドアングル測定で得られた CMP (common mid-point) アンサンブルデータから、地中電磁波の

多層速度構造を推定し、normal move-out 処理、マイグレーション処理、深度変換処理の際にその速度構造を用いた。これらのデータ処理作業により、Line-A については、マイグレーション処理を適用していない深度変換断面と、マイグレーション処理を適用した深度変換断面の両方を、Line-B と Line-C についてはマイグレーション処理を適用していない深度変換断面を得た。Line-B と Line-C は、測線が短すぎることや精度の高い速度構造データが得られず、信頼度の高いマイグレーション処理を施すことが難しかったためである。さらにこれらの断面について、測量データを用いて地表面の形状による補正を施し、最終的な探査結果断面を得た。

### 探査結果断面

中戸における金剛断層帯山田断層の地中レーダ探査の結果得られたマイグレーション無しの深度変換断面 (50MHz)、同 (100MHz)、マイグレーション深度変換断面 (50MHz)、同 (100MHz) を図 29～32 に示す。これらの断面は、相対振幅カラー表示である。また、各断面の縦軸に記された深度は、処理基準面に対する相対深度を示す。

50MHz 断面 (図 29、図 31) では、低位段丘面上の Line-A で地表下深度 6～7m 程度まで、谷底の Line-C では地表下深度 3～4m 程度までイメージングできており、比較的連続性の良い反射面が卓越する。それより深い領域では、反射面は細切れで乱れており、有意な構造を読み取ることはできない。100MHz 断面 (図 30、図 32) は、50MHz 断面と比べて、表層に近い地表下深度 1～2m 程度までの領域では高周波成分の恩恵による分解能の高い結果が得られている。しかし、地下深部への波動の到達性は 50MHz のものよりも低く、Line-A では地表下深度 4～5m 程度まで、Line-C では地表下深度 3m 程度までがイメージングできている。

これらの断面に関して注意すべきこととして、分解能の問題やノイズの存在がある。分解能の問題としては、例えば 50MHz 断面 (図 29、図 31) では地表面～地表下深度 1m 強の部分に地表面とほぼ平行な赤青一組の反射面が見られるが、これは地表面あるいはその直下からの強い反射を示しており、地表下深度 1m 強まで地表面と平行に地層が分布しているわけではない。また、4つの断面すべてで、Line-C の西端付近の地表から断面下端まで強い反射が見られるが、これは段丘崖の基部 (Line-B と Line-C の間) にコンクリート擁壁があり、この壁面から返ってきた空中伝播反射波ノイズであると考えられる。

次に、Line-A でのマイグレーション処理の有無による違いを検討する。まず 50MHz のマイグレーション処理無し断面 (図 29) では、西端からの距離約 12～13m で縦軸深度 4m 付近に、西方へも東方へも傾斜する反射面が見られるが、これらは回折波の可能性がある。これに対して、50MHz のマイグレーション処理有り断面 (図 31) では、これらの回折波ノイズが除去され、東傾斜する反射面群のみが見られる。同様に、100MHz のマイグレーション処理無し断面 (図 30) で西端からの距離約 2～3m で縦軸深度 4m 付近で見られる回折波ノイズが、100MHz のマイグレーション処理有り断面 (図 32) では除去されている。その他にも、回折波ノイズが軽減されたと考えられる箇所がいくつかあり、マイグレーション処理によるノイズ軽減化には成功していると言える。

これらの地中レーダ探査断面で見られる特徴的な反射面とその解釈について次に述べる。Line-A の崖の西側の地表から縦軸深度 3.5m までの領域では、西端～距離 11m 付近ま

でほぼ水平な反射面群が卓越し、それよりも東方へ行くほど東傾斜が大きくなっていく。ただし、地表面の傾斜よりもこれら地下の反射面の方が有意に緩傾斜であり、地表で観察される崖地形と地下地質構造は直接的には対応していない。これらの反射面群を崖の東側（Line-A の距離 15m～東端）に追跡・対比してゆくと、地表面から縦軸深度約 6 m までの領域に相当すると考えられる。崖の東側のこの領域の反射面も、緩やかではあるが東傾斜している。このことから、上記の極浅層の領域では、地表で観察される崖地形に対応する明瞭な断層が存在するわけではなく、地層の撓曲によって上下変位が生じている可能性が高い。次に、Line-A の崖の西側の縦軸深度 3.5m より深い領域では、西端～距離 7 m 付近まではほぼ水平な反射面群が卓越するが、それより東側では上位の反射面よりも大きく東傾斜する。これらの反射面群は、崖の東側の縦軸深度約 6 m 以深の領域に相当すると考えられ、この領域の反射面も上位の反射面よりも大きく東傾斜している。したがって、より深部の領域では表層付近や浅部に比べて東傾斜の角度が大きく、また東傾斜している領域が広いと言える。なお、深部の反射面として、縦軸深度約 10m（図 29 と図 31 参照、図 30 と図 32 では範囲外）で、連続性の良いほぼ水平な反射面が見られる。この水平な反射面は、マイグレーション処理無し断面（図 29）では崖の東側の全域と西側の距離 7～15m でほぼ切れ目無く連続している。マイグレーション処理有り断面（図 31）でも崖地形直下では乱れているものの、距離 17m～東端まで連続性良く分布する。これらの反射面は、周囲の構造とは無関係に水平であることから、地下地質構造を示しているのではなく、地下水面からの反射、あるいは周辺の人工構造物からの側方反射である可能性が高い。

#### d) 断層構造と断層運動の時期に関する考察

平成26年度に掘削した中戸トレンチの北壁面のスケッチにボーリング柱状図を投影したものを図26に示す。それぞれのボーリングコアには特徴的な腐植土層が数層準で見られ、層位や層相から対比可能である（図中のA、B、D）。Cは特徴的な色相の黄灰色砂礫層である。このうちAとBは、それぞれのコアで得られた年代測定値から、対比が妥当であることがわかる。これらの対比線は東に約15° 傾斜している。この傾斜は、腐植質シルト層の堆積時の傾きとしては急であり、断層変位によるものと考えられる。B・C・Dの対比線がほぼ同じ傾きであるのに対して、Aの対比線はそれよりも明らかに傾斜が緩やかである（約7°）。B1で観察された堆積物の傾斜もAの上下で大きく異なり、AとBの間に明らかな変形の差が認められる。この変形の差は、地中レーダ探査で確認された反射面の傾きの差に対応する可能性がある。トレンチ壁面の地層は、Aの地層とほぼ同程度に東傾斜しており、変形の差は認められない。これらのことから、Bの堆積後でAの堆積前に少なくとも1回、壁面で見られた30層の地層の堆積後にさらに断層活動があったと考えられる。A層とB層から得られた4つの年代値を考慮すると、古いイベントはAD7295-5985年にあったと考えられ、新しいイベントはAD415年以降となる。

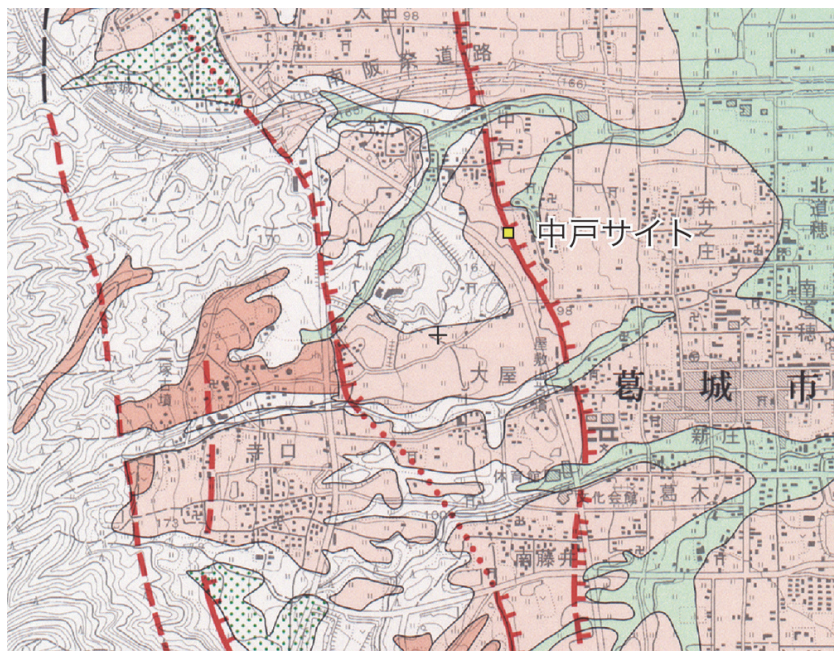


図 22 トレンチ調査・ボーリング調査・地中レーダ探査を行った奈良県葛城市中戸サイトの位置。基図は都市圏活断層図「五條」（岡田ほか，1996a）。

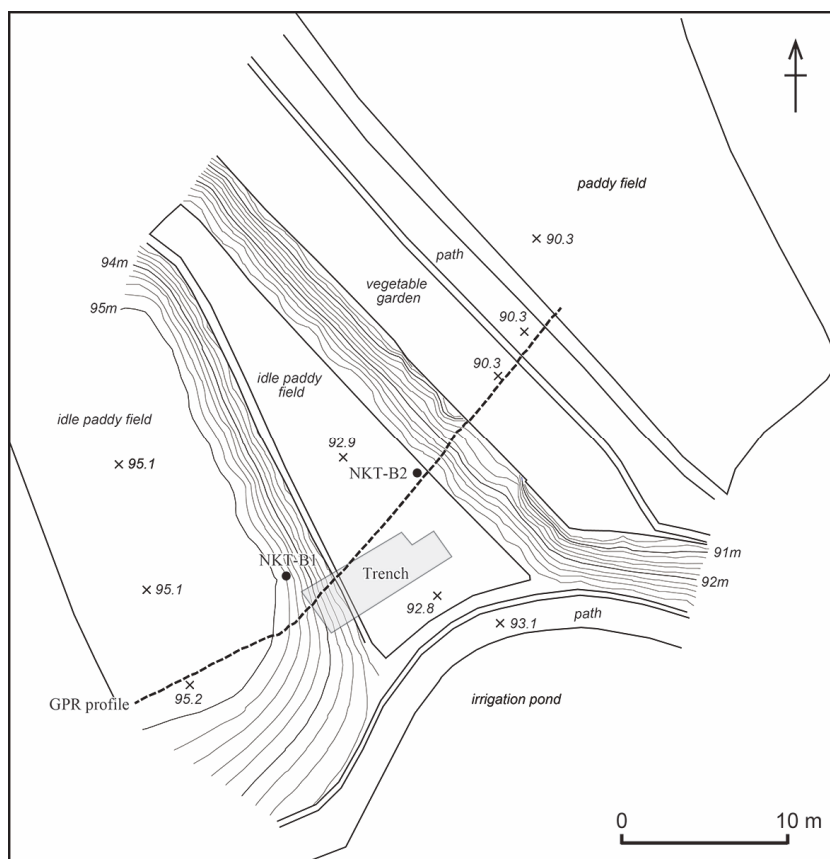


図 23 中戸サイトにおけるトレンチ・ボーリング・地中レーダ探査測線の位置。トータルステーションを使った測量により作成。



図 24 NKT-B1 ボーリングコアの写真

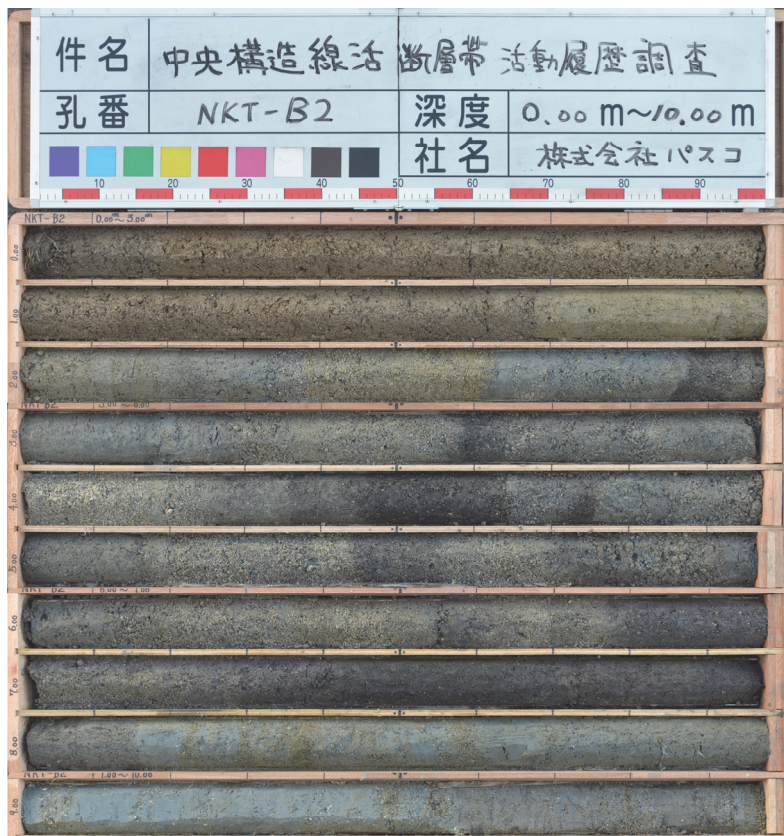


図 25 NKT-B2 ボーリングコアの写真

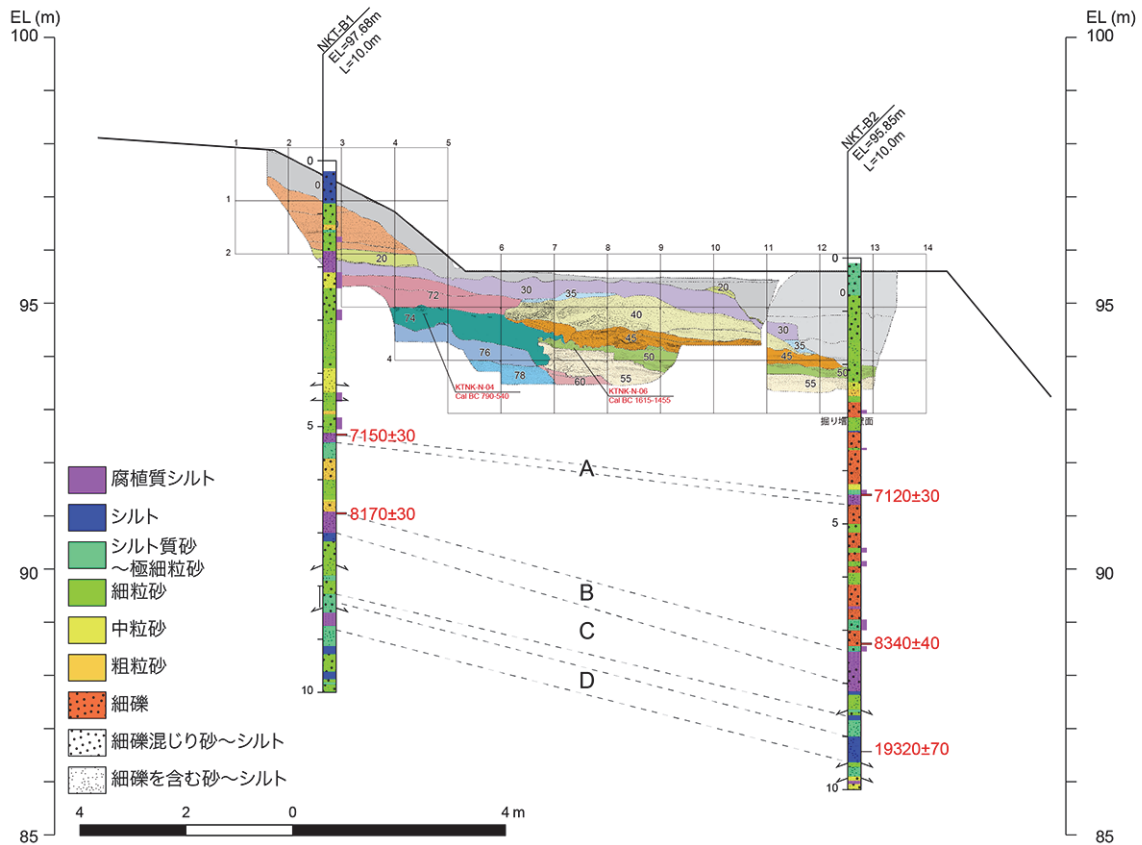


図 26 中戸地区で行われたトレンチ調査の北壁面にボーリングコア柱状図を投影したものの。放射性炭素年代測定値、コアで観察された地層の見かけの傾斜、および地層の対比を示す。

表 5 中戸地区ボーリング調査の位置座標

観測点名称	日本 測地系	測地成果	測地成果	測地成果
		2000 (平面直角 X)	2000 (平面直角 Y)	2000 (標高)
NKT-B1	6	-167194.779	-26403.777	97.681
NKT-B 2	6	-167189.254	-26395.507	95.850

表 6 中戸地区のボーリングコアから採取された試料の放射性炭素年代測定結果

Beta ID	Sample name	Type of material	Measured radiocarbon age	conventional radiocarbon age	Calendar age	13C	Dating method	Pretreatment
431977	NKT-B1 6.62-6.65	organic sediment	8200±30	8170±30	BC 7295-7220 (Cal BP 9245-9170), BC 7195-7070 (Cal BP 9145-9020)	-27.1	AMS-Standard	acid washes
431978	NKT-B1 5.14-5.17	organic sediment	7170±30	7150±30	BC 6060-5985 (Cal BP 8010- 7935)	-26.3	AMS-Standard	acid washes
431979	NKT-B2 7.24-7.27	organic sediment	8360±40	8340±40	BC 7515-7320 (Cal BP 9465-9270)	-26.1	AMS-Standard	acid washes
431980	NKT-B2 4.44-4.47	organic sediment	7150±30	7120±30	BC 6045-5980 (Cal BP 7995-7930), BC 5940-5925 (Cal BP 7890-7875)	-27.1	AMS-Standard	acid washes
431981	NKT-B2 9.28	charred material	19330±70	19320±70	BC 21515-21115 (Cal BP 23465- 23065)	-25.8	AMS-Standard	acid/alkali/acid

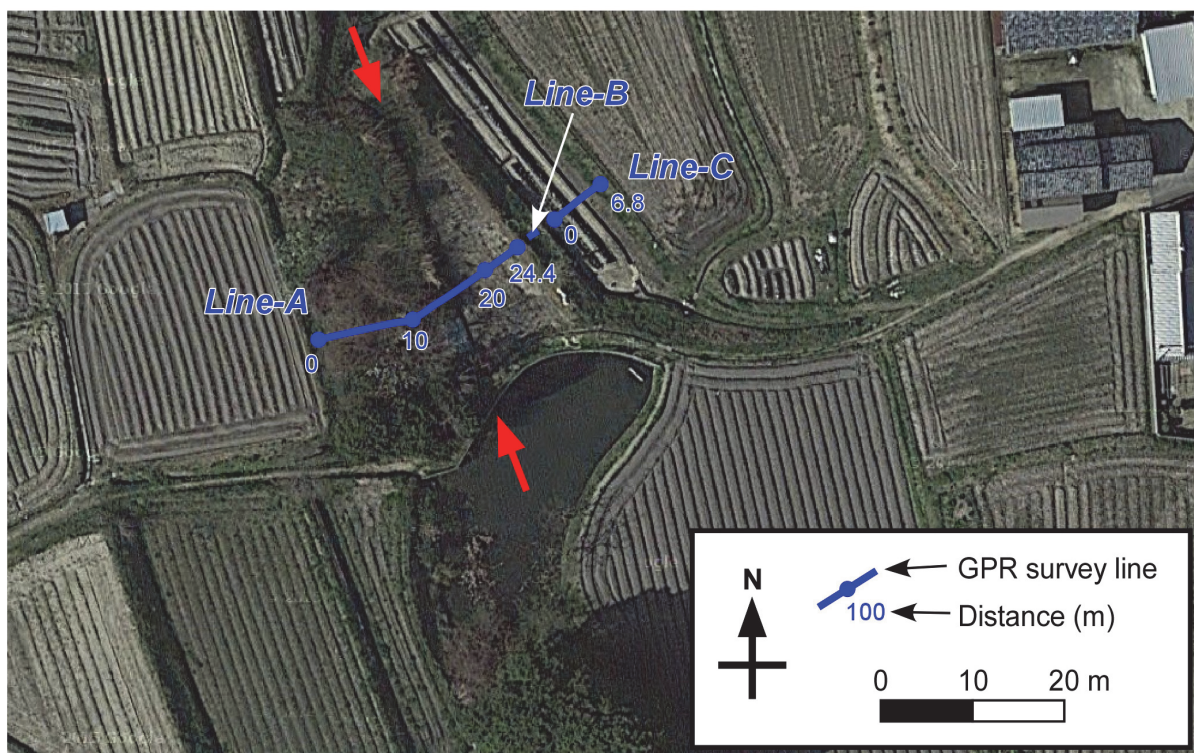


図 27 地中レーダ探査測線図。測線の横に記した数字は測線西端からの距離（単位 m）を示す。図中の赤矢印は断層の推定位置を示す。背景の画像は Google Map に基づく。

表 7 中戸地区の地中レーダ探査データ取得における主な仕様

Frequency	50 MHz	100 MHz
Instruments	pulseEKKO PRO (Sensors & Software Inc.)	pulseEKKO PRO (Sensors & Software Inc.)
No. of scan-points	62 (Line-A) 4 (Line-B) 18 (Line-C)	123 (Line-A) 7 (Line-B) 33 (Line-C)
Scan-point interval	0.4 m	0.2 m
Tx-Rx*	1.0 m	1.0 m
No. of scans / 1 scan-point	64	64
No. of samples	250	500
Sampling intervals	1.6 ns	0.8 ns
Recording length	398.4 ns	399.2 ns

\* Tx-Rx: offset between transmitter and receiver in GPR profiling.

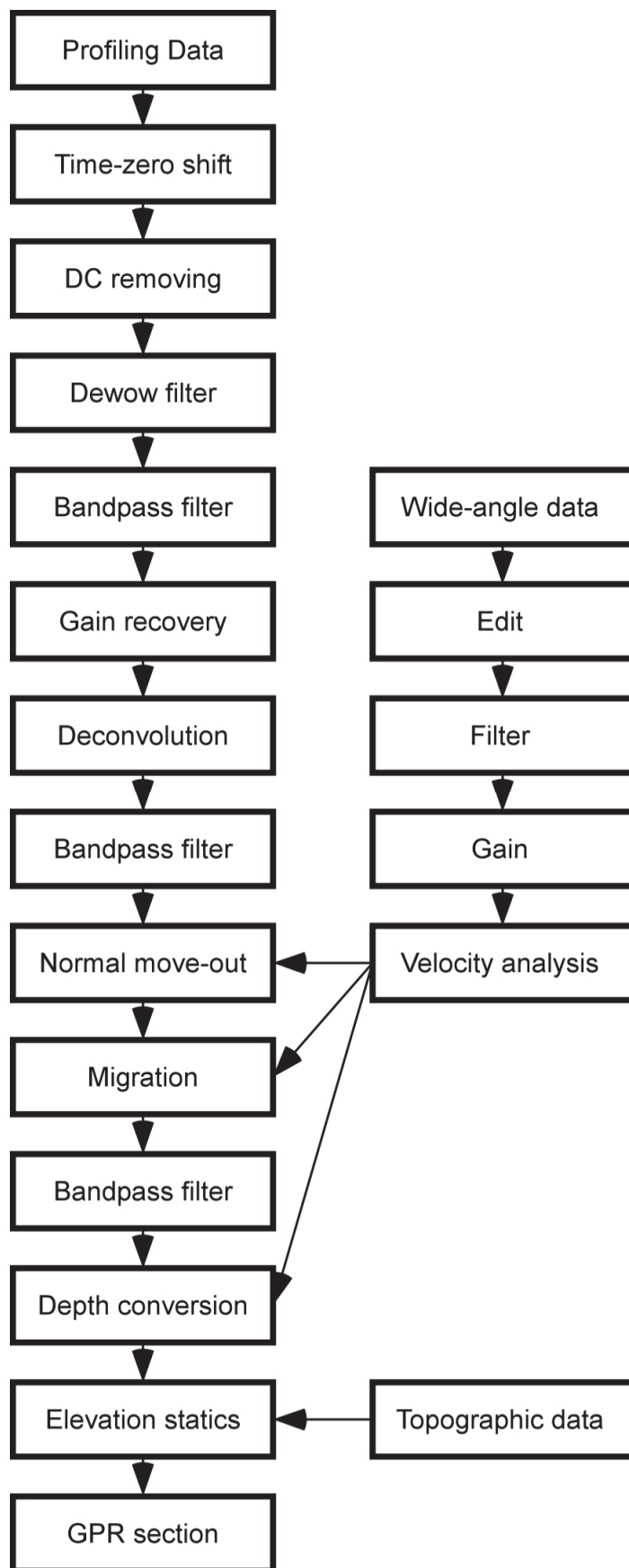


図 28 中戸地区の地中レーダ探査データに施したデータ処理作業の流れ図



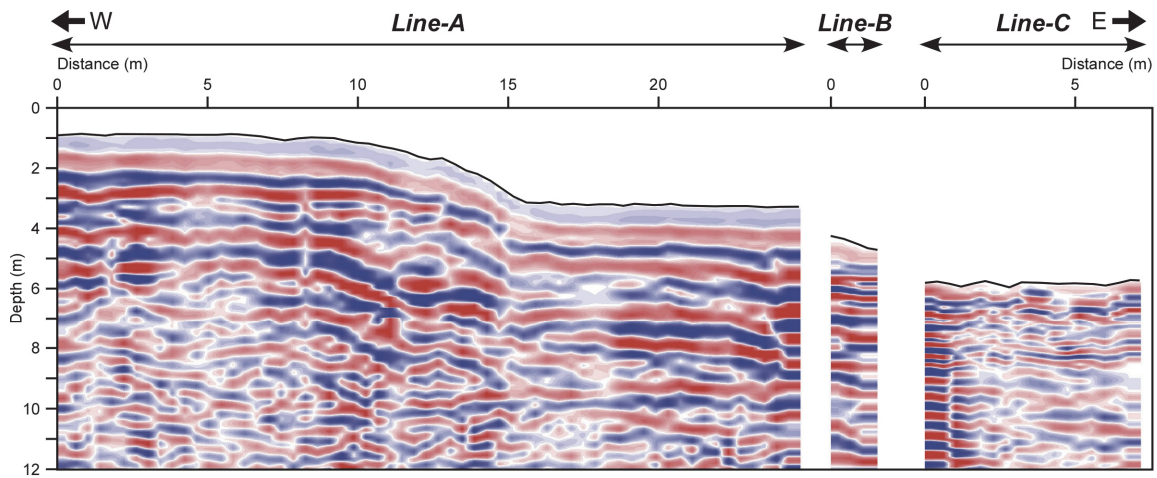


図 29 中戸地区の地中レーダ探査の深度変換断面。本断面は中心周波数が 50MHz のもので、マイグレーション処理は施されていない。縦軸の深度は処理基準面に対する相対深度をあらわす。断面内での Line-A と Line-B の間の離隔距離および Line-B と Line-C との離隔距離は実際の測量結果に基づいている。縦横比は 1 : 1 である。

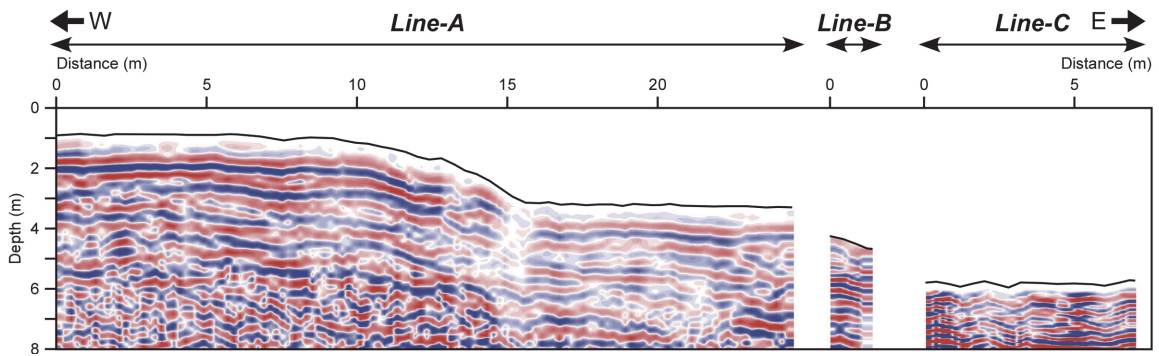


図 30 中戸地区の地中レーダ探査の深度変換断面。本断面は中心周波数が 100MHz のもので、マイグレーション処理は施されていない。

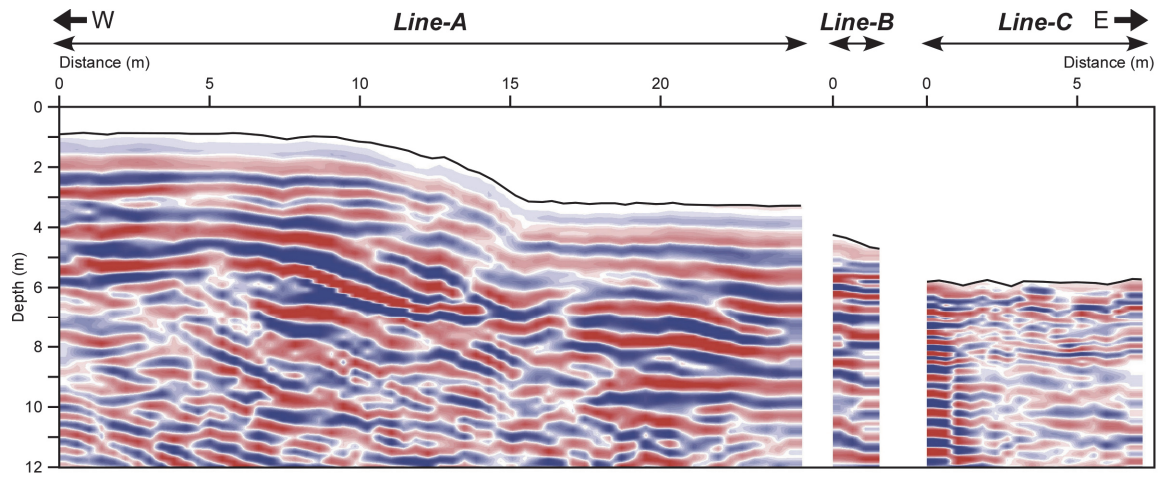


図 31 中戸地区の地中レーダ探査のマイグレーション深度変換断面 (Line-A)。Line-B と Line-C ではマイグレーション処理は実施していない。本断面は中心周波数が 50MHz のものである。

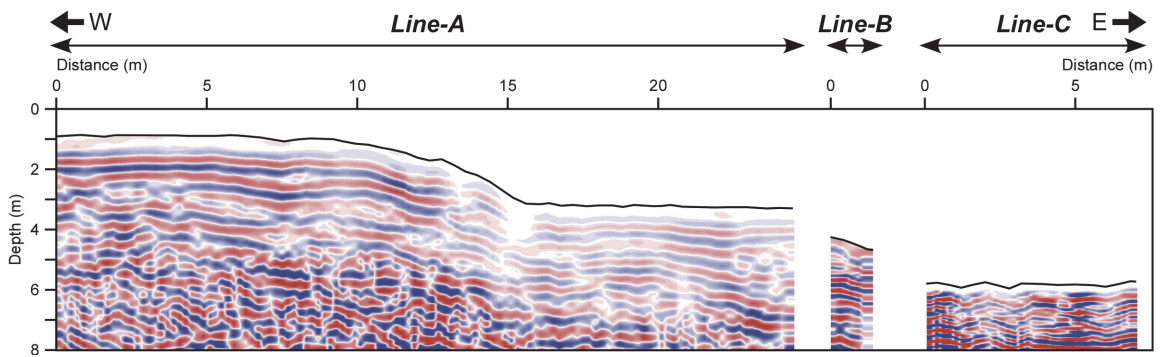


図 32 中戸地区の地中レーダ探査のマイグレーション深度変換断面 (Line-A)。Line-B と Line-C ではマイグレーション処理は実施していない。本断面は中心周波数が 100MHz のものである。

7) 中央構造線断層帯（金剛山地東縁-和泉山脈南縁）の活動履歴や特性に関する調査成果のまとめ

a) 活動履歴に関するまとめ

本研究で過去3年間に行った古地震調査の結果と従来の古地震調査の結果をまとめて、図33に示す。

根来断層については、上野地区での2回のトレンチ掘削調査によって、過去4回の活動履歴が明らかとなった。ただし、イベント2については、断層活動が起こった時期前後の堆積物が薄く、活動時期を絞り込むことができなかった。最新イベントの時期は、地域地盤環境研究所（2008）が枇杷谷地区で得た結果と調和的である。過去4回の活動の平均活動間隔は約2500～3000年と求められた。

根来南断層については、BC795～545年の年代値が得られた地形面が変位していることから、その年代以降に最新活動があったと考えられる。この結果は、根来南断層の最新活動が根来断層の最新活動と同時であった可能性を示唆するが、根来南断層の古地震調査は変位を受けた地形面の編年によるものであり、通常のトレンチ掘削調査とは異なるので、結果の信頼性は相対的に低い。

五条谷断層については、地域地盤環境研究所（2008）が調査した竹尾地区で補完的な調査を行った。その結果、最新活動の時期をさらに絞り込むことができた。また根来断層と五条谷断層の最新活動時期は重ならないことが判明した。年代値の逆転のために活動時期を絞り込むことができず図33には示していないが、五条谷断層の最新活動に先行する活動は約9000～8000yBPに起こったことが判明した。もしそれがイベント2であれば、五条谷断層の活動間隔は根来断層よりも長いと考えられる。柱本地区で明らかとなった最新活動時期は、竹尾地区で得られた結果と矛盾しない。

金剛断層帯については、数条の並走するトレースのうち最も盆地側に位置し、低位段丘面を連続的に変位させる山田断層の古地震調査を行った。トレンチ壁面には断層は露出しなかったが、ボーリングや地中レーダ探査を併用して明らかとなった地層の変形の差から、2回の断層活動を解読した。最新活動の時期は、佐竹ほか（1999）がトレンチ調査で明らかにした時期と矛盾しない。またこの最新活動時期は、五条谷断層の最新活動時期と重なる。最新活動に先行するイベントの時期は、BC7295～5985年と求められた。イベント1と2の間隔は6000年以上となる。

b) 位置・形状や過去の活動に関するまとめ

中央構造線断層帯（金剛山地東縁-和泉山脈南縁）の位置・形状や過去の活動に関するデータを表8にまとめた。赤字が本研究で新たに得られたデータである。

最新活動時期に着目すると、根来断層の最新活動時には五条谷断層や金剛断層帯は活動しなかった（連動しなかった）と考えられる。五条谷断層と金剛断層帯の最新活動年代は重なっており、同時に活動した可能性もある。根来南断層の最新活動時期は十分に限定されていないため、根来断層や五条谷断層と連動したか否かについては不明である。根来断層の平均活動間隔は五条谷断層や金剛断層帯に比べて明らかに短かく、根来断層がそれ以东の断層とは異なる活動区間をなしていることを示唆する。

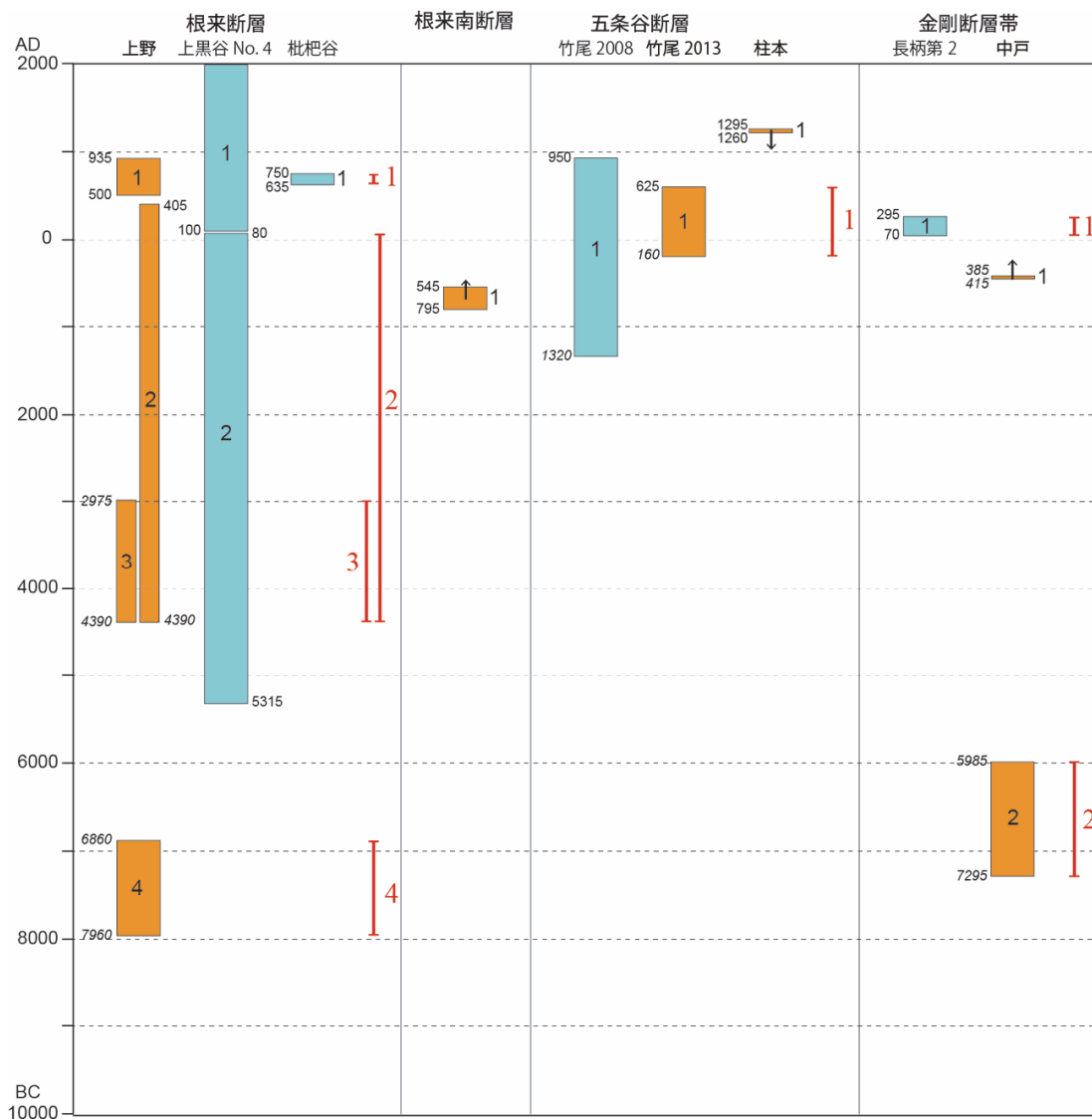


図 33 中央構造線断層帯（金剛山地東縁－和泉山脈南縁）の古地震イベントの時期。水色の枠は既存調査結果を、橙色の枠は本重点調査観測で得られた結果を示す。各断層（帯）の右端の赤線は、既存調査結果と本調査結果を総合して得られた各断層（帯）の古地震イベントの時期を示す。上黒谷地区は水野ほか（2000）、枇杷谷地区と竹尾地区 2008 年調査は地域地盤環境研究所（2008）、長柄地区第 2 トレンチ調査は佐竹ほか（1999）による。

表8 中央構造線断層帯（金剛山地東縁-和泉山脈南縁）の位置・形状と過去の活動に関するまとめ。赤字は本研究で明らかとなった項目を示す。

	位置・形状			過去の活動			
	長さ	傾斜	ずれの向き	変位速度	過去の活動時期	単位変位量	平均活動間隔
金剛断層	9.5 km (北部の推定断層を含めると12 km)	15-45° W	西側隆起の逆断層	0.1-0.6 mm/yr (上下成分)	最新活動：AD70-295 イベント2：BC7295-5985		6000-7500年
五条谷断層	24 km	ほぼ垂直（地表付近）	右横ずれ断層		最新活動：BC160-AD625 イベント2：8000-9000 yBP頃		
根来断層	30 km (伏在部（和歌山北断層）を含めると34 km以上)	ほぼ垂直（地表付近） ～60° N（地下100 m以浅）	右横ずれ断層	2mm/yr程度（横ずれ成分）	最新活動：AD500-935 イベント2：BC4390-AD405 イベント3：BC4390-2975 イベント4：	4m程度（右横ずれ）	2500-3000年
根来南断層	10.5 km	40° N（地下100 m以浅）	北側隆起の逆断層	0.3 mm/yr程度（上下成分）	最新活動：BC795以降		

(c) 結論ならびに今後の課題

中央構造線断層帯（金剛山地東縁-和泉山脈南縁）を構成する各断層の位置・形状・活動履歴を明らかにするために、平成25～27年度の3年間に以下のような調査を行った。

空中写真判読に基づき、縮尺1:25,000の活断層分布図を作成した。その結果、根来断層と五条谷断層は分岐関係にあることや五条谷断層と金剛断層帯の断層トレースは連続せず、断層トレースの不連続部があることなどが判明した。また根来南断層は、従来考えられていたよりも連続性の良い北側隆起の逆断層であることが分かった。岩出市西安上で行ったS波反射法地震探査によって、根来断層が約60度北傾斜していることや根来南断層が約40度北傾斜していることなどが明らかとなった。断層の変位速度に関しては、変動地形的な検討により、根来断層の右横ずれ変位速度を2 mm/yr程度、根来南断層の縦ずれ変位速度を0.3 mm/yr程度と見積もった。活動履歴を明らかにするための古地震調査を、断層帯を構成する個々の断層について行った。その結果、根来断層については過去4回の活動時期を明らかにし、平均活動間隔を算出できた。根来南断層や五条谷断層についても、最新活動時期を中心に新たなデータを得ることができた。

以上のように、本研究では中央構造線断層帯（金剛山地東縁-和泉山脈南縁）の今後の活動性評価に資する新たなデータを取得することができ、当初の目的を概ね達成できたと考えられる。ただし、過去の活動に関するデータは未だに不十分である。過去の複数回のイベントの時期を復元できたのは根来断層についてのみであり、他の断層については最新活動以前の活動履歴に関するデータが不足している。そのために、活動間隔も精度良く求まっていない。調査地においては、平野部では土地の人工改変や宅地化が進み古地震調査が可能な土地

は限られているが、今後も調査事例を積み重ねていくことが必要であろう。また単位変位量については、今回の調査では新たなデータを得ることができなかった。今後3Dトレンチ掘削調査や3D物理探査なども併用する必要があると考えられる。

(d) 引用文献

物理探査学会，物理探査ハンドブック，物理探査学会，1336p，1998.

地震調査研究推進本部地震調査委員会，中央構造線断層帯（金剛山地東縁-伊予灘）の長期評価（一部改訂）について，86p，2011.

水野清秀・寒川 旭・佃 栄吉，中央構造線活断層系・根来断層の活動履歴に関する補備調査－上黒谷 No. 4 トレンチ調査，地質調査所速報，no. EQ/00/2（平成 11 年度活断層・古地震研究調査概要報告書），207-220，2000.

岡田篤正・千田 昇・中田 高，1:25,000 都市圏活断層図「五條」，国土地理院技術資料，D・1-No. 333，1996a.

岡田篤正・千田 昇・中田 高，1:25,000 都市圏活断層図「粉河」，国土地理院技術資料，D・1-No. 333，1996b.

岡田篤正・千田 昇・中田 高，1:25,000 都市圏活断層図「和歌山」，国土地理院技術資料，D・1-No. 333，1996c.

岡田篤正・寒川 旭，和泉山脈南麓域における中央構造線の断層変位地形と断層運動，地理学評論，51，385-405，1978.

齋藤 勝・佃 栄吉・岡田篤正・古澤 明，和歌山市北部における低位段丘堆積物中の始良 Tn 火山灰と根来断層の平均変位速度，第四紀研究，36，277-280，1997.

佐竹健治・須貝俊彦・寒川 旭・柳田 誠・横田 裕・岩崎孝明・小俣雅志・石川 玲，奈良県金剛断層系の構造と最新活動時期，地震第 2 輯，52，65-79，1999.

地域地盤環境研究所，中央構造線断層帯（和泉山脈南縁－金剛山地東縁）の活動性および活動履歴調査，「活断層の追加・補完調査」成果報告書，No. 19-5，50p，2008.

和歌山県，平成 10 年度地震関係基礎調査交付金 中央構造線断層帯（和泉山脈南縁－金剛山地東縁）に関する調査成果報告書，121p，1999.