



NEWS

URL:<http://unit.aist.go.jp/actfault/activef.html>

Active Fault Research Center

CONTENTS

トピックス

トルコ・北アナトリア断層の地形・地質学的調査－1944年Bolu-Gerede地震断層の2002・2003年調査－

フィールド、トレンチ情報

学会、研究会参加

招待講演、セミナー

学会発表

活断層研究センターセミナー

対外活動報告（2004年7月）



トルコ・北アナトリア断層の地形・地質学的調査

— 1944年 Bolu-Gerede 地震断層の 2002・2003年調査 —

近藤久雄（断層活動モデル研究チーム）

活断層研究センターでは、北アナトリア断層で発生した1999年 Izmit（イズミット）地震の緊急調査を機に、地質調査所時代の1980年代から続いてきたトルコ鉱物資源調査開発総局（以下、MTA）との共同研究を本格的に再開した。Izmit地震以降の共同研究は、1999年 Izmit地震および Duzce（デュズジェ）地震の地震断層を対象とするものと、1944年 Bolu-Gerede（ボルージェレデ）地震断層を対象とする地形地質学的・古地震学的調査の2つである（図1）。以下では、2002年3月から2004年9月まで実施した1944年地震断層の調査研究とその成果について、日本側研究者が中心となり、特に筆者が大きく関わったものについて紹介する。

現地調査に先立ち、MTAの所在地であるアンカラで2002年3月の約3週間、栗田泰夫（断層活動モデル研究チームリーダー）・吉岡敏和（活断層調査研究チームリーダー）と筆者が、1944年地震断層と周辺地域の空中写真判読を行った。1944年地震断層の調査研究は、先行して実施されていたIzmit地震断層での知見を拡大し、その適応可能性を探るという意図で当初企画されていた。Izmit地震断層では、多量の断層変位量と精緻な地震断層の幾何学的形態が地震直後から明らかにされ、両者を指標としたセグメント区分が解明されつつあった頃である。そこで、1944年地震断層を対象とした空中写真判読では、断層の幾何学的形態、特に断層線の不連続部に着目し、また、1944年地震に伴うとみられる変位を示す土地境界や小河川の右横ずれを探ることを主眼とした。写真判読では、1970年代に撮影された縮尺1/10,000の写真を使用できたが、トルコでは空中写真は軍事機密として取り扱われ、国外への持ち出しはもとより、MTA内部において

も使用許可を申請しなければならない。そのため、MTAで写真を用意してもらっただけでも非常に時間がかかる。貴重な空中写真を判読した結果、1944年地震に伴うとみられる10m以下の右横ずれや、地震数回分の累積変位とみられる十～数十mの右横ずれを示す微小な変位地形や人工構造物が写真上で見いだされた。

そこで、筆者と栗田が2002年5月半ばから約一ヶ月間にわたり現地調査を実施し、1944年地震に伴う変位量の計測と地震に関する地元住民への聞き取りをおこなった（写真1）。聞き取りはトルコ側研究者の通訳を通して行われ、1944年の地震に伴ってどこに断層が出現したか、特に、我々が把握する既存の活断層上に出現したかどうか、横ずれ変位が生じたかといった情報収集をおこなった。地震後約60年が経過していたにも関わらず、当時の鮮明な記憶を持った多くの証言者から貴重な情報を得ることができた。一般に言われるようにトルコ人は親日的であったが、ちょうど日本でW杯サッカーが開催されており、日本対トルコ戦を調査地のホテルで観戦した時はさすがに身の危険を感じた。幸か不幸か日本は負けてしまったので、その後の聞き取り調査では、さらに親日的になった現地住民から貴重な情報を得ることができた。

この調査の結果、1944年地震断層が出現した区間を約180kmの区間に特定でき、48地点で計測した1944年地震に伴う変位量の最大は6.3m、平均変位量は3.4mに及ぶことが明らかになった。計測した中で最大の変位量は既に報告されていた値とほぼ同程度であるが、平均変位量は、従来よりもおよそ2倍大きいことがわかった。これは、1944年地震が従来考えられていたよりも大きな規模を持っていたことを示している。

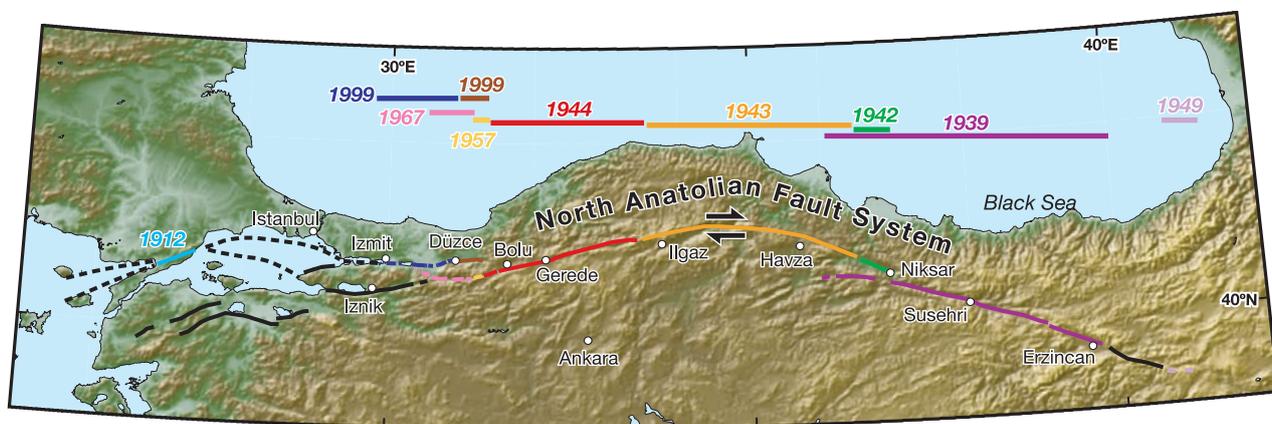


図1 北アナトリア断層と1944年 Bolu-Gerede 地震断層の位置 GMT (Wessel and Smith, 1991) をもとに作成。



写真1 1944年地震に伴う変位量の例
Geredeの町から東へ約10kmの地点。土地境界が5.6mの右横ずれ変位を示す。赤矢印が断層の通過位置、黒矢印が変位基準を示す。

また、Gerede（ゲレデ）東方の約20km区間では、数～数十mの累積的な横ずれ変位量を複数カ所で計測できた。この区間では、1944年地震に伴う変位量が5～6mに達し、小河川・段丘崖の横ずれ、プレッシャーリッジ、サグポンド、断層凹地といった明瞭な変位地形が発達している（写真2）。これらの累積変位量は、いずれも1944年変位量の2, 3, 4倍という整数倍の値を示し、1944年変位量と同程度の変位が地震毎に繰り返されている可能性が示された。しかし、累積変位量の年代がわからないため、累積変位が何回分の地震に伴って形成されたのか、ひいては同じ大きさの変位量が本当に地震毎に繰り返されたのかは不確実である。この課題は次年度の2003年に持ち越されることになった。

8月には、奥村晃史氏（広島大学）・栗田・筆者により、Gerede東方のArdicli（アールドウチュル）サイトでトレンチ掘削調査を約3週間おこなった。このサイトは、奥村氏・吉岡が地質調査所時代の1990年にトレンチ掘削を

実施した場所で、北アナトリア断層で初めて複数回のイベントが識別されたサイトである。8月の調査では、90年のイベント認定を確認するとともに、当時より著しく進歩している年代測定法と測定値の改良法によって、改めて詳細な断層活動史を復元することを目的としておこなった。

2003年6月には、1944年地震断層とその東隣の1943年地震断層との境界付近を対象として、地震断層の分布と変位量を明らかにする補足的・予備的な調査を約1週間おこなった（写真3）。この時は、Tosya（トスヤ）という田舎町に滞在しており、ある晩に流暢な日本語を話す青年と出会った。彼は、叔父が経営する日本のトルコ料理レストランでつい最近まで働いていたと言い、その時は久しぶりの日本語での会話を楽しんで別れた。その後、7月に帰国した際、トルコ料理を紹介するテレビ番組を見る機会があり、偶然にもそのレストランが紹介されたので驚いた。さらに驚いたのは、Tosyaで出会った



写真3 1943年地震に伴う変位量の例
1943年地震断層の西端から約80km東の地点。土地境界が3.4mの右横ずれ変位を示す。赤矢印が断層の通過位置、黒矢印が変位基準を示す。



写真2 Geredeの町に形成されている低断層崖。写真は南東に向かって撮影。

青年がインタビューに応じていた事である。録画とはわかっていても狭くなりつつある世界を実感した。

さて、この調査に引き続いて Gerede へと移動し、1944 年地震断層で計測した累積変位の年代を明らかにする調査を約 2 週間実施した。この調査の前半は、累積的な変位を示す小河川や段丘崖の形成された年代を推定するため、村人に頼んでピットを掘削してもらった。しかし、肝心な場所では年代試料がなかなかみつからず、思うように成果があがらない。そこで、過去の断層活動時期と変位量を同時に復元する、三次元的なトレンチ掘削調査をおこなうことにした。この調査法は、筆者が日本の丹那断層で修行させてもらったことがあり、北アナトリア断層で調査をする目的の 1 つだったため、2002 年 5 月の調査中にあらかじめ場所の目処をつけていた。

Demir Tepe (デミル・テペ) サイトと名付けたその場所は、Ardicli サイトの西約 2km に位置する。2002 年の調査では、1944 年に伴うとみられる 4～5m の変位量と、2本のガリーが示す約 10m の累積的な変位量が計測されていた(図 2)。ガリーの変位量は 1944 年変位量の約 2 倍なので、同程度の変位が地震毎に繰り返されているという推定が正しければ、1944 年地震とその 1 つ前のイベントで形成されたと考えられる。ガリーは扇状地性の段丘面を刻んでいるため、一見すると新しい地層が堆積していないように見える。しかし、段丘面上には断層線のステップに伴う凹地が形成されていて、凹地を埋積する地層を基に比較的精度良く過去の断層活動時期を識別できると予想できた。その理由の 1 つは、2002 年に訪れた際、にわか雨がほんの数分降っただけにもかかわらず、凹地に水が溜まっていたことである。その印象が強かったのに加え、扇状地性段丘面の分布は、より高位の段丘面に限定されており、段丘面形成時の埋没チャネルを基準に累積的な変位量を復元できると期待されたため、掘

削調査を開始した。

まず、ガリーを横断するように断層の両側で 2 本のトレンチを掘削し、ガリーの層準を確認した。ガリーは、土壤直下に位置し両トレンチで認められるフラッドローム層を削り込んでいることがわかった。さらに、断層の北側のトレンチでみられた埋没チャネルが、断層の南側のトレンチでは認められないことがわかり、ガリーよりも大きな 10m 以上の累積変位量が復元できる可能性が高まった。その後、断層に直交するように掘削したトレンチでは、期待通り細粒の堆積物が凹地を埋積する様子が確認でき、1944 年地震を含めて 2 つの地震イベント層準を識別することができた(写真 4)。ガリーが削り込むフラッドローム層は 2 回分の断層変位によって切断されており、ガリーの横ずれは、1944 年地震とその 1 つ前のイベントの累積変位であることがほぼ確実になった。6 月の調査はここで時間切れになったため、トレンチ位置を記録して埋め戻し、8 月に再調査を実施することになった。その間に年代測定を依頼した結果、1944 年の 1 つ前のイベントは 1668 年の歴史地震に対応する可能性が示された。

2003 年 8 月半ばには、Ardicli サイトでは過去の断層活動時期、Demir Tepe サイトでは断層変位量をそれぞれ詳細に明らかにすることを目的として、トレンチ掘削調査を再開した。両サイトともに、9 月にアンカラで開催される国際研究集会の一環として、トレーニングコースで訪問することが決定しており、その準備を兼ねての調査となった。Ardicli サイトには Tom Rockwell (サンディエゴ州立大) が応援に来ており、ダイナミックなトレンチ掘削の仕方から繊細な年代測定試料のサンプリングまで大変勉強になった。

Demir Tepe サイトでは、5 月の調査に引き続いて、1668 年地震よりも古い地震イベント層準の識別と埋没

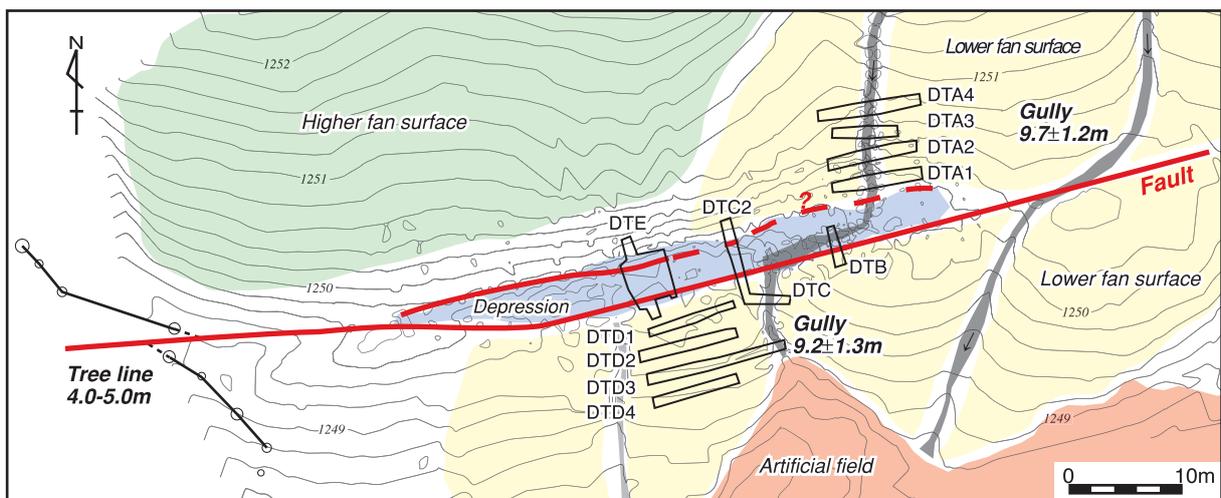


図 2 Demir Tepe サイトの位置。

サイトでは、並木列を基準に 4～5m の右横ずれ変位、ガリーを基準に約 10m の累積的な右横ずれ変位が計測できる。断層は、低位の扇状地面を切断し、右ステップに伴う断層凹地を形成する。

チャンネルとの関係を明らかにすることを目的とした。断層に直交するトレンチを更に深く掘り増したところ、1668年地震よりも古い2つの地震イベント層準を識別できた。さらに、断層に平行なトレンチを6本掘削し、埋没チャンネルとその上位の網状流堆積物について平面分布を復元したところ、網状流堆積物を基準に約15m、埋没チャンネルを基準に約20mの累積変位量を計測できた。地震イベント層準との層序関係に基づき、網状流堆積物は確実に3回の断層変位によって切断され、埋没チャンネルは4回以上の断層変位を経験していることが明らかに

なった。結果をまとめると、サイトでは4つの地震イベント層準が認められ、各イベントに伴う最近3回の断層変位量は確実に約5mであり、さらに古いイベントについても同程度であった可能性が示された。

現在、年代測定を依頼して各地震イベントの年代を特定するとともに、1944年地震断層を対象として実施した調査研究の成果について、とりまとめを行っているところである。この調査研究を通じて、共同研究者や現地住民など多くの方々に、公私にわたる多大な支援と協力を頂いた。末筆ながら厚く御礼申し上げます。

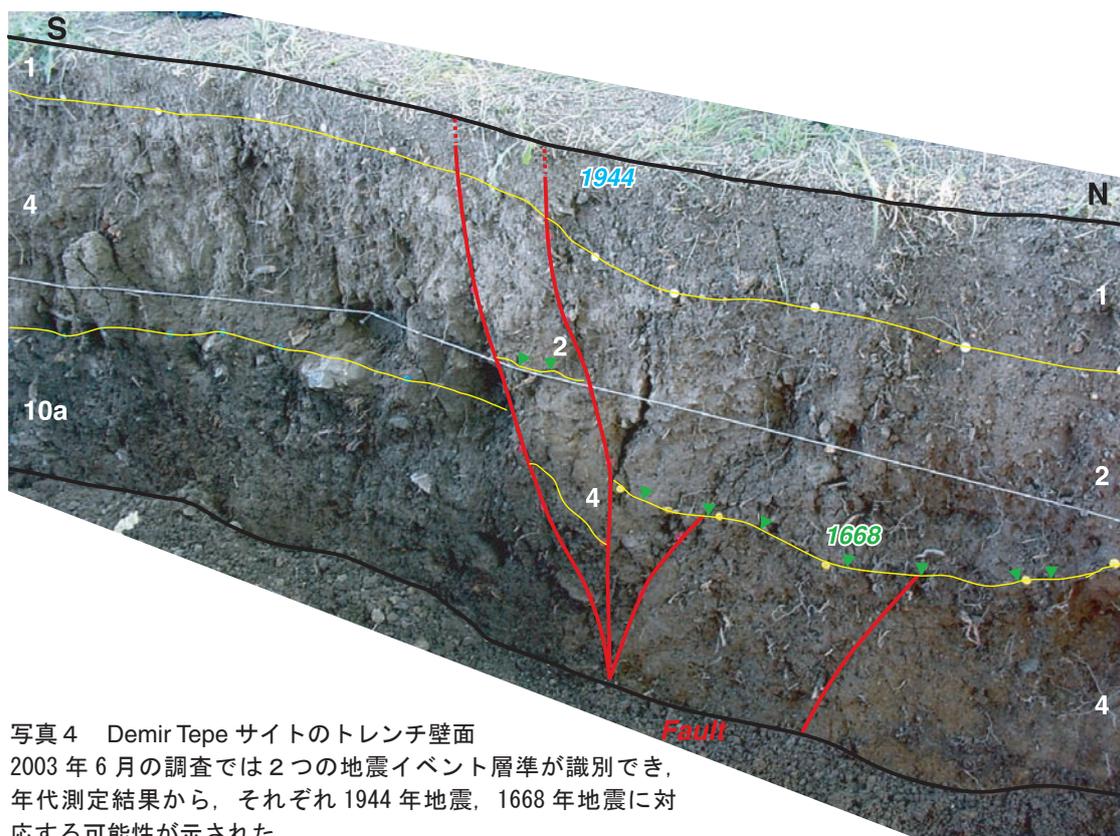


写真4 Demir Tepe サイトのトレンチ壁面
2003年6月の調査では2つの地震イベント層準が識別でき、年代測定結果から、それぞれ1944年地震、1668年地震に対応する可能性が示された。

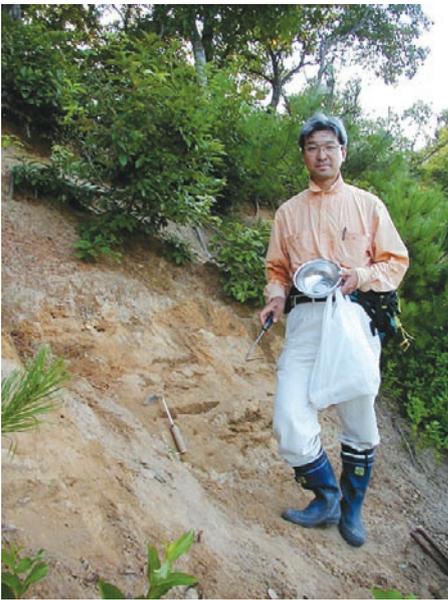
フィールド、トレンチ情報

8月1日-4日

肘折火山周辺の地表踏査

松浦旅人・宮城磯治（深部地質環境研究センター）

山形県肘折火山は、火山噴火予知連絡会の分類によると、ランクCの活火山である。肘折火山の最新噴火は約1.2万年前であるが、それ以前の活動史は不明である。そこで、今回の調査では、肘折火山周辺に分布する3つのテフラ（古いものから栃木台；年代不明、毒沢；約10万年前、肘折尾花沢；約1.2万年前）の層相観察・層序確認、および室内分析のための試料採取を行った。



毒沢テフラの軽石採取状況。軽石は、全岩分析に供する。毒沢テフラは約10万年前に肘折火山-月山-葉山周辺から噴出したテフラであるが、給源は特定されていない。毒沢テフラの軽石は小さく、乏しく、もろいので、サンプリングには根気と時間が必要。人物は深部地質環境センターの宮城氏。

8月4日-9日

十和田火山周辺地表踏査

松浦旅人

十和田火山周辺（秋田県・青森県）において、火山噴出物（十和田aテフラ；AD915噴出）の露頭観察を行った。これまでの調査で、火砕サージ中の炭化木片を用い、H/C比温度計によって火砕サージの定置温度を得た。今回の調査は、(1)炭化木片の採取層準の再確認、(2)軽石径と急冷ガラス含有比率の垂直変化からみた噴火過程の推定、を目的に、露頭観察・試料採取を行った。また、将来的に折爪断層の活動度を評価する場合に備えて、折爪断層周辺でみられる十和田火山起源のテフラ層序を確認した。



写真1 十和田aテフラの火砕サージ。この堆積物は、マグマと湖水の接触により生じたベースサージが主体と考えられる。火砕サージ中の炭化木片のH/C原子比温度計(Sawada, et al., 2000)によると、中部よりも上部の方が約100度高い（火砕サージが定置後速やかに冷却したと仮定している暫定値）。



写真2 軽石径測定状況。軽石径は、縦・横・奥行きを測定。

学会、研究会参加

7月7日-9日

第39回地盤工学研究発表会

筈本英貴・国松直

新潟市の朱鷺メッセにて第39回地盤工学研究発表会が開かれ、センターから、筈本・国松が参加し、それぞれ口頭発表を行った。新潟地震40周年として、「液状化現象の目撃者-液状化の被害を見て撮った人が語る現象の実態」という特別セッションが設けられており、当時、地震を体験された方や、液状化の様子を写真や8ミリビデオに収めた方を招待して、液状化の研究者を中心にいろいろと討議をしていたのが印象的であった。

8月13日

13th World Conference on Earthquake Engineering 参加
吉見雅行・関口春子

2004年8月1日～8月6日にカナダ・バンクーバー・Vancouver Convention & Exhibition Centre において、13WCEE (13th World Conference on Earthquake Engineering) が開催された。4年に一度開催される大規模な地震工学の国際会議であり、内容は、被害事例調査、地盤や構造物の地震応答、耐震設計、都市防災、地震動評価、地震動予測と多岐にわたる。今回は合計約2300件（このうち約700件が口頭発表）の発表があり、参加者は3000人近くに上った。当センターからは関口、吉見の2名が参加し、両者ともポスター発表を行った。

今回の会議参加は、世界の地震工学研究の動向を知るのに良い機会であった。地震被害予測に関する研究発表だけでも、日本やアメリカばかりではなく、インド、中国、ルーマニア、クウェート、シンガポールなど様々な国の研究事例があった。断層変形に関する研究もいくつかあり、大変参考になった。

次回は2008年にオリンピック直前の北京で開催されるとのことである。

招待講演、セミナー

8月7日-8日

第5回地震火山子どもサマースクール

丸山 正

2004年8月7、8日の2日間にわたって第5回地震火山子どもサマースクール「Mt. Rokkoのナゾ」（主催：第5回地震火山子どもサマースクール「Mt. Rokkoのナゾ」実行委員会（社団法人日本地震学会、特定非営利法人日本火山学会、阪神・淡路大震災記念 人と防災未来センター、兵庫県）が神戸で開催され、兵庫・大阪を中心に全国から21人の小学生～高校生が参加された。活断層研究センターからは寒川と丸山が講師として参加した。初日の8月7日には人と防災未来センターにおいて六甲山をはじめとする近畿の地震、活断層、火山に関する講義および断層擬似実験や液状化実験など地震と断層に関連する5つの実験が行われた。翌8日には六甲山をハイキングしながら、断層変位地形や断層露頭、六甲山を構成する花崗岩類などを観察し六甲山の地形・地質について学習した。



第5回地震火山子どもサマースクール参加者集合写真

学会発表

2004年8月27日～8月29日

日本第四紀学会（山形大学）

・北海道南西部、長万部付近にみられる段丘面の傾動と活褶曲運動

吾妻 崇・奥村晃史（広島大）・後藤秀昭（福島大）・黒澤英樹（応用地質）・信岡 大（応用地質）・三輪敦志（応用地質）・下川浩一・寒川 旭・杉山雄一

2004年9月18日～9月20日

日本地質学会（千葉大学）

・有馬一高槻構造線断層帯沿いに発達する断層岩の分布特性とそのテクトニクスにおける意義

丸山 正・林 愛明（静岡大学）

・潮間帯における津波堆積物の分布様式：北海道東部、藻散布沼を例として

鎌滝孝信・澤井祐紀・宍倉正展・佐竹健治・山口正秋（東大）・松本 弾（京大）

・二つのタイプの関東地震 一元祿型と大正型・その震源モデルと再来間隔一

宍倉正展・遠田晋次・佐竹健治

2004年9月25日～9月26日

日本地理学会（広島大学）

・十和田 a テフラの噴出過程と火砕流定置温度の見積もり
松浦旅人、沢田順弘・三瓶良和（島根大）、宮本 毅・谷口宏充（東北大）

・北アナトリア断層・1944年地震断層におけるスリップヒストリー

近藤久雄・栗田泰夫・Omer Emre・Ahmet Dogan・Selim Ozalp・Cengiz Yildirim・Volkan Ozaksoy・Fatma Tokay (MTA)・奥村晃史（広島大）

・石川県羽咋市本江地区における邑知湯断層帯（石動山断層）の活動履歴調査

吾妻 崇・杉戸信彦（京大・院）・水野清秀・堤 浩之（京大）・下川浩一

・北海道東部太平洋沿岸の塩性湿地群に記録された後期完新世の海岸隆起

澤井祐紀・佐竹健治・那須浩郎・鎌滝孝信・宍倉正展

*講演要旨は活断層研究センターホームページに掲載する予定。

7月2日

3次元有限要素法による断層運動シミュレーション

三浦房紀（山口大学工学部知能情報システム工学科教授）

まず、3次元ジョイント要素で断層面をモデル化し、非線形運動方程式を解くことによって断層の破壊過程、それによって生成される地震波のシミュレーション手法について説明した。次に、解析を容易にするためのプリプロセッサ、ポストプロセッサの開発と、それらを含めたインターネットを用いた解析システムの構築、およびその有効性について紹介した。最後に、この手法によって実施したパラメトリックスタディによる断層破壊過程、地盤変状、地震波の解析結果と知見について説明し、今後の課題について述べた。

7月9日

有馬一高槻構造線活断層帯沿いに産出する断層岩類の特徴

丸山 正

活断層の発達史および活断層と既存地質構造との関係を解明する研究の一環として行った有馬一高槻構造線活断層帯沿いに発達する断層岩類の構造解析の結果について紹介した。

7月16日

1952年と2003年十勝沖地震の比較：津波からみた相違点

佐竹健治

1952年十勝沖地震について、Hirata et al. (2003)は津波波形のインバージョンを行ない、その波源域が十勝沖から釧路海底谷東側の厚岸沖まで伸び、1973年根室半島沖地震の余震域に接しているとした。地震調査研究推進本部(2003)はこれに基づき、厚岸沖を含む十勝沖における30年間の地震の発生確率を60%と推定した。ところが、2003年十勝沖地震の震源域は釧路海底谷の西側に限られていた。地震波解析によるすべり量分布や余震分布は

1952年と2003年の地震がほぼ同じであったことを示す。そこで、1952年の津波について、2003年の津波波形との比較から時計の誤差を推定・補正、高精度の数値シミュレーションを行なって、再度波形インバージョンを行なった。その結果、1952年の波源域は厚岸沖まで伸びていたことが再確認された。

7月23日

富山県魚津断層帯の第四紀後期活動度評価

松浦旅人

富山県魚津断層帯の第四紀後期活動性評価(2004年度活断層調査研究チーム業務)について、調査経過を報告した。本報告では、変位指標である河成段丘面を編年する目的で、河成段丘面上のレスを構成するテフラ微粒子(micro tephra particles)の個数比、屈折率、主成分化学組成を基に、テフラの対比を議論した。また、河成段丘面の変形と活断層の分布対応関係、魚津断層の平均鉛直変位速度の分布について、現在とりまとめ中の資料を提示した。

7月30日

立川断層の活動履歴調査

宮下由香里

立川断層帯は、埼玉県入間郡名栗村から東京都青梅市、立川市を経て府中市に至る断層帯で、名栗断層と立川断層から構成される。走向は北西-南東方向で、長さは約33km、北東側隆起(北西部では左横ずれを伴う)を示す。立川断層帯については、平成15年度に地震調査研究推進本部から「最新活動時期は約2万年前以降、約1万3千年前以前、平均活動間隔は1万~1万5千年程度、今後30年以内の地震発生確率は、0.5~2%」との長期評価が出された。一方、東京都(1998, 1999, 2000)等は、立川断層を横切る河川の堆積環境の変化が、断層活動に起因すると推定して、5世紀~10世紀の最新活動時期を報告している。

98断層帯調査以降、活断層センターが実施する補完調査としてふさわしい、「精度・信頼度の高い評価パラメータ取得」を目指し、今年度の調査計画を検討している。

活断層研究センター活動報告（2004年7月）

日付

報告内容

■ 対外活動（外部委員会等）

- 7月5日 地震調査委員会長期評価部会第53回中日本活断層分科会（吉岡出席 / 東京）
- 7月9日 活断層を対象とした重点的調査観測手法等検討専門委員会（第4回）（杉山出席 / 東京）
- 7月10日 第1回京都府活断層調査委員会ワーキンググループ（吉岡出席 / 京都）
- 7月14日 平成16年度第1回大阪平野地下構造調査委員会（水野出席 / 大阪）
- 7月14日 地震調査研究推進本部政策委員会調査観測計画部会第2回調査観測データ流通・公開推進専門委員会（吉岡出席 / 東京）
- 7月14日 7月定例地震調査委員会（杉山出席 / 東京）
- 7月14日 地盤耐震に係る意見聴取会（杉山出席 / 東京）
- 7月20日 第5回海溝型地震を対象とした重点的調査観測手法検討専門委員会（佐竹出席）
地震調査研究推進本部 政策委員会 調査観測計画部会の上記会合に、岡村委員の代理で出席した。
「海溝型地震を対象とした重点的調査観測計画（中間報告）」及び「日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震に関する調査研究実施計画（案）」について議論した。
- 7月21日 地震調査委員会長期評価部会第38回海溝型分科会（佐竹・杉山出席 / 東京）
相模トラフ周辺の長期評価、千島海溝沿いの再評価等について議論した。
- 7月26日 防災科研第20回確率論的予測地図作成手法検討委員会（杉山出席 / 東京）
距離減衰式のばらつき、予測地図の解説について議論した。
- 7月28日 第92回長期評価部会（杉山出席 / 東京）
- 7月29日 地盤耐震に係る意見聴取会（杉山、岡村出席 / 東京）
- 7月30日 地震調査委員会第41回強震動評価部会（杉山出席 / 東京）

2004年8月31日発行

編集・発行 独立行政法人 産業技術総合研究所
活断層研究センター

編集担当 黒坂朗子

〒305-8567

茨城県つくば市東 1-1-1 中央第7サイト

TEL:029-861-3691 FAX:029-861-3803

URL <http://unit.aist.go.jp/actfault/activef.html>



* センターニュースに関する皆様のご意見、ご要望をお待ちしております。 af-news@m.aist.go.jp まで御寄せ下さい。