

## 日本活断層学会 10 年の意義

鈴木康弘（名古屋大学）

### 10 years of the Japanese Society for Active Fault Studies

Yasuhiro SUZUKI (Nagoya Univ.)

#### I はじめにー日本活断層学会の存立意義

日本活断層学会は、活断層の概念が確立して 80 年後の 2007 年に設立された。戦後の日本において、活断層が社会・経済活動との間で応用問題になった頃、あるいは 1995 年阪神淡路大震災が起きた際、我が国において活断層問題に責任を持つ学術登録団体はなかった。当学会の設立は遅きに失した感もある。もしその頃に当学会があったらどんな貢献が出来ただろうか。

活断層は今や自然科学のみならず工学・人文社会科学、あるいは防災・減災をめぐる超科学（trans-science）のテーマである。disciplinary, inter-disciplinary, trans-disciplinary な研究がそれぞれ重要である。そのような状況の中で、日本活断層学会の進むべき方向性は緊張感をもって見極められるべきである。最も重要なことは、それは研究者の「発言」と「行動」でのみ示されるということであろう。ときに研究分野間や社会との間に軋轢も生じるが、こうした経験知の積み上げも学会の財産にしなければならない。

当学会の立ち上げは 2006 年の暮れから準備され、2007 年 9 月 22 日に設立総会が開かれた。2008 年 9 月には地震本部の新総合施策への意見を提示するなど対外的活動を開始した。また、設立準備中から、2007 年 3 月 25 日能登半島沖地震 M6.9、2007 年 7 月 16 日新潟県中越沖地震 M6.8 が起こり、原子力発電所における事前予測可能性について問題提起された。また、学会設立後は 2008 年 6 月 14 日岩手・宮城内陸地震 M7.2、2011 年 3 月 11 日には東北地方太平洋沖地震 M9.0、2011 年 4 月 11 日には福島県浜通りの地震 M7.0、2014 年 11 月 22 日には長野県北部の地震（神城断層地震）M6.7 が発生した。これらの地震の際にも活断層の事前評価の問題点が浮き彫りになった。ここでは 2011 年東北地方太平洋沖地震と 2016 年熊本地震における当学会の対応と今後の課題を纏める。

#### II 東日本大震災への対応と残された課題

2011 年東北地方太平洋沖地震は海溝型地震であり、当初は当学会の研究テーマとは直結しないかに見えた。しかし、中田ほか(2012)による海底活断層からの問題提起は、海溝付近において起こりえる複雑な地殻変動（海底活断層の動き）と津波の関係に一石を投じた。また、4 月 11 日に発生した福島県浜通りの地震においては、井戸沢断層と湯ノ岳断層が明瞭な正断層運動をした（堤・遠田,2012）。両断層は活断層研究会(1991)によりその存在が推定されていたが、東京電力福島第一原発の設置許可に当たっては活断層ではないとされていた。

東日本大震災においては、地震本部の長期予測が防災対策に活かされなかったことが問題となった。予測可能性と回避可能性が現在も裁判の焦点となっている。裁判の行方如何に関わらず、この震災から活断層研究者は、活断層の事前認定の重要性を極めて重く受けとめる必要がある。

島崎邦彦（元会長）は初代原子力規制委員となり、その下で原発敷地内の新規規制基準の検討と破砕帯調査が行われた。前者には当学会から 2 名が参加し 2012 年 12 月から数ヶ月間、集中審議が行われた。後者に対しては、2012 年 9 月下旬に原子力規制委員会は、当学会を始め日本地震学会、日本地質学会、日本第四紀学会に対して、従来の審査を見直すため過去の設置審査に関与していないことを条件に調査メンバーの推薦を依頼し、10 月 6 日までに 16 名を選任した。当学会からは指定された条件を考慮して 9 名を推薦した（その後の経緯は、鈴木, 2013, 「原発と活断層」岩波書店を参照）。

さらに、2013 年 7 月には、経産省から、地層処分技術 WG への学会代表の委員を出して欲しいとの依頼があった。その際には学会の代表者を選任することはできないとして、あくまで「紹介」という形で 4 名の氏名を伝え、経産省がそのうち 1 名を選任した。

委員選任の透明性を確保するため、行政機関から学会へ推薦依頼が増えている。上記 2 例において当学会は自らの立ち位置を確認し、代表者を送るのではなく紹介に留め、選任された者には一般的考えに配慮しつつ個人的見解を制約しない、という方針で臨んだ。今後は学会推薦や紹介により検討の場に参加した者に、学会への報告を求める等の必要性について検討する必要があるかもしれない（詳細は本大会ポスターセッション）。

### III 熊本地震への対応と残された課題

2016 年熊本地震は極めて明瞭かつ長大な地震断層を伴う大規模な直下地震として注目を集めた。多くの当学会員は地震断層調査、強震動調査、被害調査に参加し、多くの研究成果を挙げている。活断層と地震発生の関係や、比較的浅部で大きなズレが生じると局所的な強震動が発生することについての理解が深まった。事前の活断層図に示された布田川－日奈久断層が再活動したことから、活断層研究の重要性が示される一方、活断層と地震断層が必ずしも一致せず、多くの地震断層が複雑に現れ、また、最新活動時期が相対的に新しいとされた場所が前震と本震で二度活動するなど、学術的にも大きな課題が残された（鈴木, 2017, 活断層研究, 46 号）。

この地震は、1995 年に地震本部が活断層評価を開始して以来、主要活断層が初めて本格的に再活動したものであった。事前の予測は基本的に適切であったとする見方もあるが、現状の活断層評価は本当に適切であったか、活断層地図の作成方法にも改善の余地はないか、「強い揺れはどこでも起きる」という防災啓発や、一律の耐震基準で十分かなど、再検証の余地があろう。

一方、当学会に対して外部からも様々な要請があった。第一は、地震断層の保存に関するものであり、被害を受けた地元自治体や教育機関から、その価値を評価してほしいというものだった。当学会は関係機関と相談の上、益城町・熊本県・東海大学に対して、保存要望書を提出した。第二は、被災自治体から住民対応として、調査の事前申請の制度を作って欲しいというものだった。益城町と相談して最初に当学会における事前申請の仕組みを整備した。その上で、関係学会に対しても呼びかけた。第三は、防災学術連携体からの要請である。同組織が企画した 5 月 2 日「熊本地震・緊急報告会」、7 月 16 日「熊本地震・3 ヶ月報告会」、8 月 28 日 防災国民推進大会、2017 年 4 月 15 日「熊本地震・1 周年報告会」（熊本県庁）において当学会は講演を引き受けた。

### IV まとめ

学術団体に対する社会的要請はますます高まり、それに応えるべく 2017 年 1 月には当学会は一般社団法人格を取得した。上記の経験知は重要であり、記録に残す必要がある。

## 主要活断層帯から生じる一回り小規模な地震と連動

近藤久雄<sup>\*</sup>（産業技術総合研究所）

## Non-Characteristic surface rupturing earthquakes and multi-segment earthquakes

Hisao Kondo (Geological Survey of Japan, AIST)

2014 年 11 月 22 日に生じた長野県北部の地震 (Mj6.7) は、地震調査研究推進本部による主要活断層帯である糸魚川-静岡構造線活断層帯の一部を震源とする地震であった。地震発生直前には、「関東地域の活断層の長期評価」の公表に向け、同断層帯の評価改訂が実施されているところであった。糸魚川-静岡構造線断層帯は日本の内陸活断層では最も地震発生可能性が高い断層帯と知られていたが（例えば、地震調査研究推進本部地震調査委員会、1996；2001）、地震規模の事前評価という観点からは様相が少し異なっていた。地震発生前の評価では断層帯全体が活動する Mj8 程度、もしくは少なくとも神城断層が活動して生じる Mj7.6 程度とみられていた。しかし、同断層帯の最北端で生じた 2014 年地震の規模は Mj6.7 であり、想定されていた神城断層の固有地震よりも一回り小規模であった。それにも関わらず、この地震では最大上下変位 90cm を伴う地表地震断層がおおよそ 9 km にわたり断続的に出現したこと（例えば、廣内ほか、2015；Okada et al, 2015；勝部ほか、2017）が大きな特徴である（図 1，2）。主要活断層帯の一部の断層区間が活動し、1 m を超える地表変位を伴った明瞭な地震断層を生じた例としては初めての事例と思われる。

著者らは地震発生前の 11 月初旬まで神城断層の南隣に位置する松本盆地東縁断層でトレンチ調査を実施していたため、長野県北部の地震発生後、ただちに緊急調査へ向かうことが可能であった。緊急調査では地震断層のマッピングに加えて、2015 年 3 月に飯森地点においてトレンチ調査を実施した。豪雪の白馬でのトレンチでは、積雪時にも作業ができるよう屋根を設置するなど工夫した。著者らの結果については、Katsube et al. (2017)、近藤・勝部 (2016) として既にまとめて報告しているが、本稿ではそれらの成果を要約して紹介する。特に、2014 年地震のような一回り小規模な地震を生じた震源断層は、固有地震の際には隣接する震源断層と連動したとみなすことができる。よって、両者の特徴や差異を仔細に捉えることで活断層の連動性評価へ繋げることできるとの観点から議論をおこなった。

飯森トレンチの結果では、2014 年地震に先行する活動は 1714 年正徳小谷地震に対比可能であり、既往の被害記録（都司、2003）をあわせると、両地震は似通った被害分布と考えられる。また、トレンチ壁面で計測された地震時の上下変位量はいずれも 0.5m 程度である。一方、さらに 1 つ前の活動では、2 m 以上の地震時変位量が計測された。この活動は発生年代も約 2000 年前以降と幅広いものの、近隣の神城盆地で実施された白馬トレンチ（奥村ほか、1998）の履歴と比較すると約 1200 年前の最新活動に伴うものと判断出来る。仮に約 1200 年前のイベントが固有規模の地震、すなわち少なくとも神城断層全体がずれ動く連動イベントであれば、その地震時変位量は経験式から 2.5m 程度と見積もる事ができる（松田ほか、1980）。これらを総合して時間-変位ダイアグラムを作成した結果、少なくとも最近 3 回の活動は時間予測モデル（Shimazaki and Nakata, 1980）に適合する可能性が高い。神城断層全体が一度にずれ動く地震はいわゆる固有地震であるが、さらに南の松本盆地東縁断層と過去に連動した可能性があるのか、引き続き変位履歴調査を実施し精緻な時間-変位ダイアグラムを作成して検討していく必要がある。

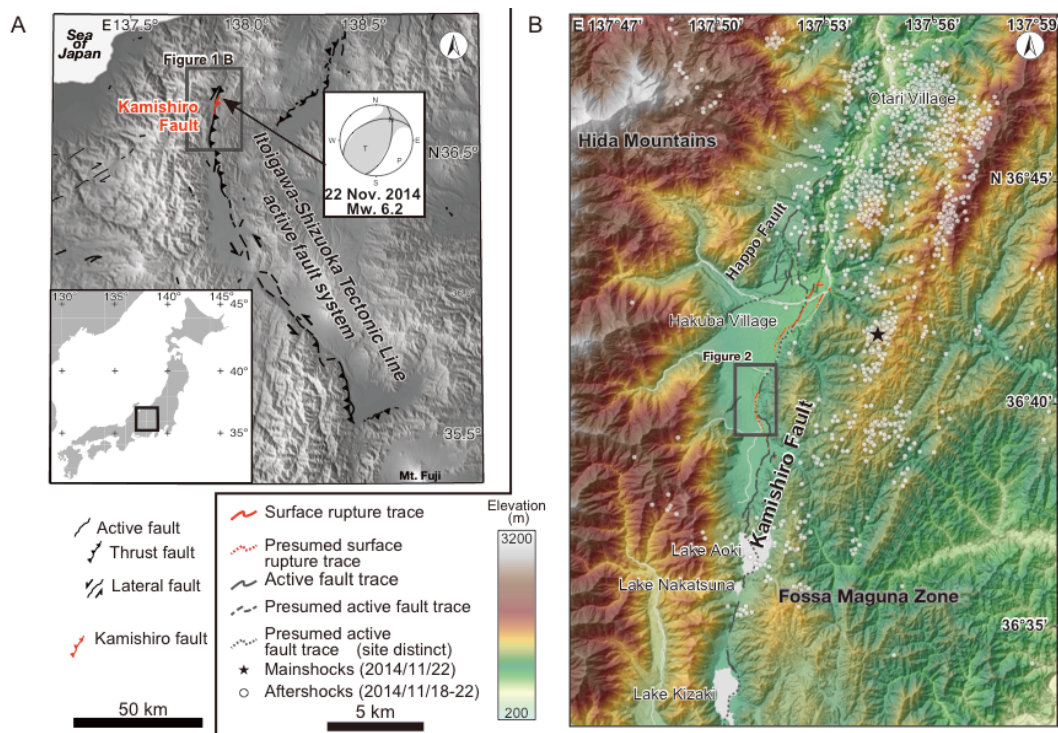


図 1 糸魚川静岡構造線断層帯と 2014 年長野県北部の地震.

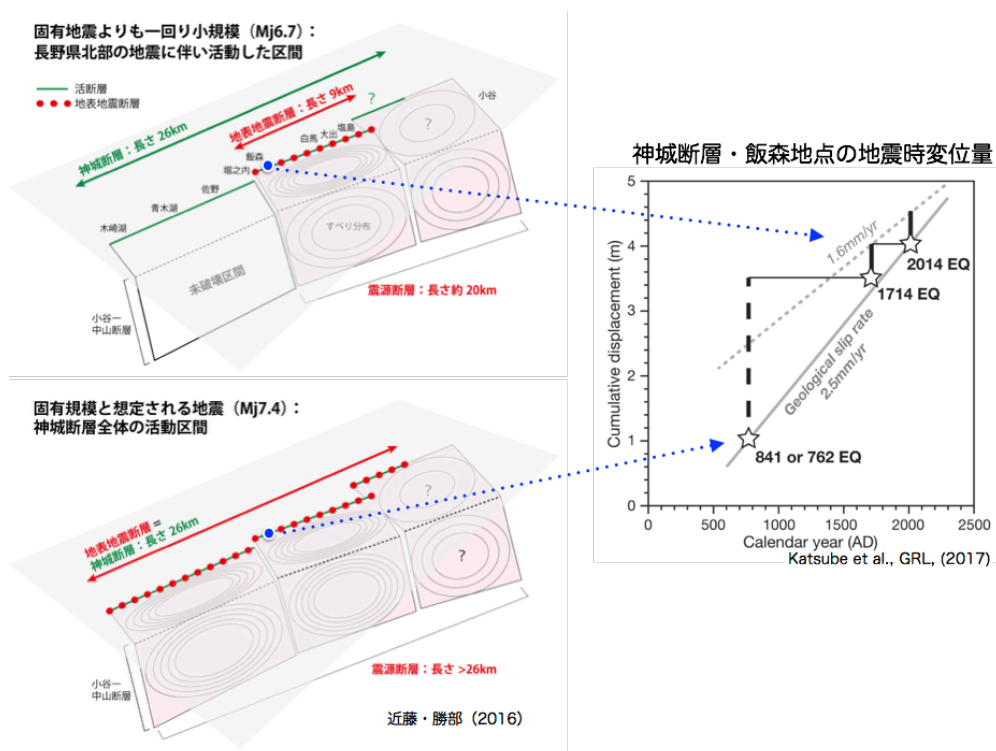


図 2 2014 年長野県北部の地震の模式図. (左) 神城断層, 地表地震断層, 震源断層の関係. (右) 神城断層・飯森地点における時間-変位ダイアグラム.

## 平成 28 年熊本地震の「お付き合い断層」が提起した 「地震断層」の多様性

○宇根 寛・中埜貴元・藤原 智（国土地理院）

### The diversity of “surface ruptures” brought by “triggered” faults associated with the 2016 Kumamoto Earthquake

○Hiroshi UNE, Takayuki NAKANO and Satoshi FUJIWARA  
(Geospatial Information Authority of Japan)

#### 1. 「お付き合い断層」の確認

ALOS-2 データを用いた SAR 干渉解析により、平成 28 年熊本地震に伴い生じた地表変動が詳細に明らかにされた（国土地理院，2016）。この中には、地表地震断層が出現した布田川断層や日奈久断層付近での位相の不連続や断層変位に伴う広域的な弾性変形のほか、小さな地表変位を示す線状の位相不連続が多数確認された（図 1，Fujiwara et al. 2016）。これらの位相不連続が現れている地点の現地調査を行ったところ、多数の不連続線上で地表の変位を確認した。いずれも開口幅、落差ともに最大 30cm 程度で、少なくとも数 10m 以上直線状に連続する。変位の向きは場所によって異なるが、すべて位置、走向、変位の向きは SAR 干渉解析による分析ときわめてよく整合するものであった（宇根ほか 2017）。これらは地震に伴う応力の変化や地震動により誘発された受動的な地震断層、いわば「お付き合い断層」と考えられる。

このうち、水前寺周辺のものには直下で余震が発生しており、布田川断層の右横ずれに伴う広域的な伸張場で正断層群が開口したものと解釈できる。

一方、阿蘇外輪山北西部の断層群については、直下に余震が観測されておらず、伸張場、圧縮場が混在しており、単純な断層モデルで成因を説明することはむずかしい。しかし、既

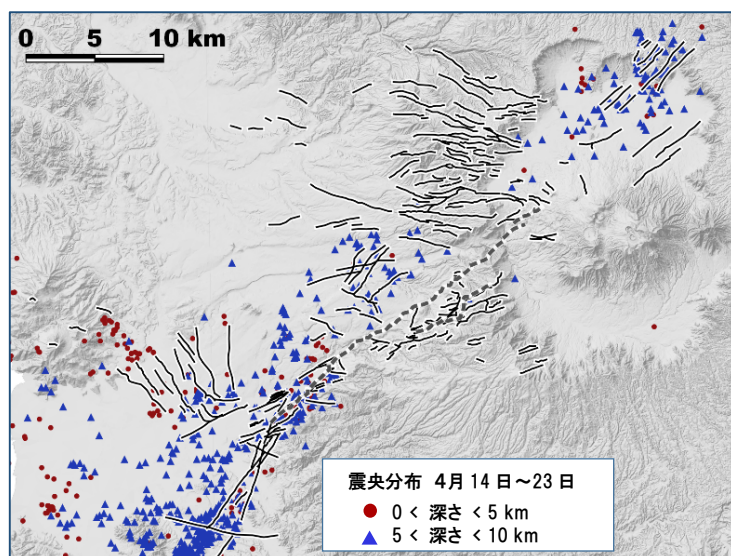


図 1 地表断層群 (SAR 干渉画像から判読。Fujiwara et al. 2016)

知の活断層上に、変動地形学的に推定された変位方向と一致して現れているものも多く、今回同様の活動が累積していることが考えられる。そこで、変位地形が明瞭で SAR で明瞭な位相不連続が現れ、現地でも地表変位が現れた地点（（鈴木ほか 2017 の的牧野 I 断層）で、ピット調査及び地上レーダ調査を実施し、活動の累積性について調査している（図 2，写真 1，中埜ほか 2017）。



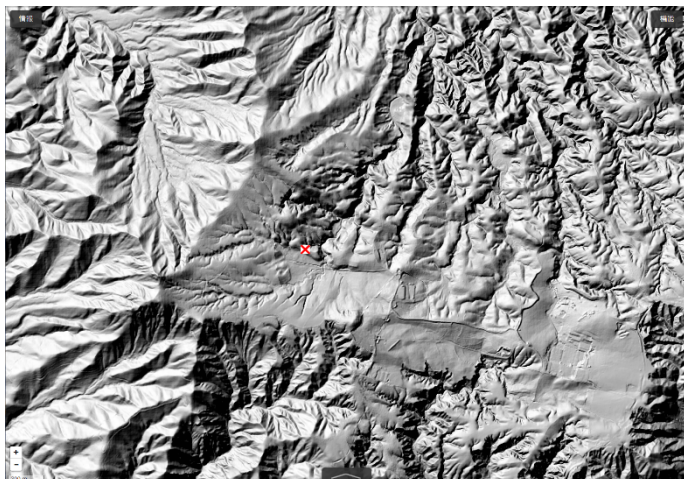


図2 的石牧野 I 断層周辺の地形（×は調査地点）



写真1 的石牧野 I 断層の地表変位

## 2. 「地震断層」の多様性

これまで、地震時に震源地周辺で地表に断層が現れた場合には、「(地表) 地震断層」として記載され、主要な震源断層の変位が地表に達したものと考えられる傾向があった。しかし、上に示したように、さまざまな性質や成因の「地震断層」が現れうることが明らかになった。特に、阿蘇外輪山北西部において、地震観測で捉えられるような地震を発生させることなく多数の「地震断層」が現れたことは特筆すべきである。

同様の事例として、2007 年新潟県中越沖地震の際に、主要な震源断層から 10km 以上離れている小木ノ城背斜がまったく独立に 10cm 程度成長したことが SAR により観測されている (Nishimura et.al 2008) ほか、1995 年兵庫県南部地震 (藤原ほか 2000)、1998 年岩手県内陸北部の地震 (Fujiwara et al.2000)、2016 年台湾南部の地震 (国土地理院 2016) など、多くの報告がある。

## 3. 「地震断層」の定義

このように、さまざまな成因で「地震断層」が現れることが珍しいことでないとするなら、あらためて「地震断層」という用語の定義を明確にし、定義があいまいで誤解を招く用法を改める必要があるのではないだろうか。ここでは、試案として、「地震断層」という用語の代わりに「起震性地表断裂」「非起震性地表断裂」という用語を提案したい。

さらに敷衍すると、活断層の活動にも多様性があり、同じ活断層に能動的な活動といわばお付き合いの受動的な活動のどちらも起こりうると考えることもできる。すなわち、例えばトレンチで認定されるイベントにもこのような能動的活動と受動的活動のどちらも含まれている可能性がある、ということではないだろうか。活断層が一定の間隔で一定の規模の活動を繰り返すことを前提として、トレンチから得た活動履歴から活動性を評価することに対する問題提起と考えたい。

## 沿岸の地形・地質から読みとく断層活動

宍倉正展<sup>○1)</sup>

1) 国立研究開発法人産業技術総合研究所

### Evaluation of fault activity based on coastal geomorphology and geology

Masanobu Shishikura<sup>○1)</sup>

1) Geological Survey of Japan, AIST

#### 【はじめに】

海域で発生する地震（海域活断層や海溝沿いのプレート境界の地震）の履歴を解明するには、陸域の活断層のように変動地形を直接観察したり、断層上でトレンチ掘削調査を行ったりすることが難しいため、オフフォルトの情報を広域かつ高密度で収集し、その精度を高めていくことが求められる。具体的には、沿岸の地形や地質に記録された過去の地殻上下変動や津波等の痕跡を探り、それをもたらしした断層の性状や活動履歴を探る研究が進められている。本講演ではこれらの調査研究の近年の進展について、現状を総括した上で今後の展望について述べる。

#### 【地殻変動の痕跡を用いた研究】

地殻上下変動の痕跡として古くから調査が行われているのが離水海岸地形である。特に完新世の海岸段丘は、複数に区分される場合、1段1段が1回毎の間欠的な隆起を示すと考え、その高度分布から断層の位置を推定したり、年代から地震の発生履歴を復元したりする研究が多く行われてきた。しかし近年、段丘の形成が必ずしも地震性の隆起ではなく、定常的な隆起とユースタティックな海水準変動の組み合わせで説明できるというシミュレーション結果も提示されており（Shikakura, 2014, *EPSL*；野田ほか, 2015, *JpGU* 要旨など）、過去の隆起イベントの認定に一石を投じている。また、より正確な離水年代の推定のため、稠密なボーリング掘削から網羅的に試料を採取した上で、現地性の年代測定試料を厳選し、信頼性の高いデータを提示する試みも行われている（Komori *et al.*, 2017, *EPSL*）。

地殻上下変動量の見積もりには、旧汀線をより高精度に認定することが求められるが、この点において生物遺骸の指標は非常に有効である。我が国では茅根ほか（1987, 第四紀研究）がヤッコカンザシ（*Pomatoleios kraussii*）の有効性を示して以降、各地で研究が進められた（前杵, 1988, 地理評など）。熱帯～亜熱帯地域ではハマサンゴ属（*Porites*）の群体がつくるマイクロアトールを用いた研究が行われている（Taylor *et al.*, 1987, *JGR* など）。マイクロアトールは年縞を解析することで、地震時だけでなく、平時の地殻上下変動も解明でき、ウラン系列年代測定によって高精度に年代決定できる。これまでおもにスンダ海溝沿いの沿岸で成果を上げてきた（Meltzenar *et al.*, 2015, *QSR* など）が、最近、南西諸島でも調査が行われ（宍倉ほか, 本大会発表）、測地観測では得られない長期の地殻変動情報を提供している。

沈降域では、おもに湿地堆積物の調査から古環境の変化を読み取り、地殻上下変動を復元する研究が行われている (Atwater, 1987, *Science* など)。特に珪藻分析を用いた研究では、Transfer function 法など統計的手法から地震間の変動の復元にも成功し (Sawai et al., 2004, *Science* など)、プレート間巨大地震サイクルの解明に大きく貢献している。

#### 【津波の痕跡を用いた研究】

津波堆積物を用いて古地震を復元する研究は、1980 年代半ば頃から米国西海岸などで行われるようになり (Atwater, 1987, *Science* など)、我が国でも東北地方から始められた (箕浦ほか, 1987, *地震第 2 輯* など) 比較的新しい研究手法である。基本的には沿岸の湿地や湖沼の泥～泥炭質堆積物中に挟まれた砂質堆積物を対象に、その分布域と年代から津波浸水履歴を解明し、それらの情報から波源となった断層を推定する。2011 年東北地方太平洋沖地震においては、869 年貞観地震の再来として、事前に津波堆積物の研究が進んでいた (阿部ほか, 1990, *地震第 2 輯*; Minoura and Nakaya, 1991, *J. Geology*; Sawai et al., 2012, *GRL* など) ことから、一気に注目を浴び、以降、日本列島各地で爆発的に調査が進んだ。しかし調査データは増えたものの、その信頼性については様々である。古津波の堆積物は、高潮や洪水など他の要因で形成された堆積物との区別が容易ではなく、また保存されている場所も限定されていることから、地域間の対比において精度の高い年代測定が求められる。このため、波源の断層まで推定できた研究例は少なく、ほとんどがイベント堆積物の記載によるローカルな浸水履歴の復元にとどまっている。また 2011 年東北地方太平洋沖地震では、現成の津波堆積物の観察から、その分布域が実際の津波浸水域よりも狭い範囲にとどまっていることが指摘されている (Goto et al., 2011, *Sed. Geo.*; 宍倉ほか, 2012, *活断層・古地震研究* など)。すなわち古津波堆積物から推定された浸水域も、実際はもっと広域に広がっていたと考えられる。現在、より正確な古津波の浸水域を復元するため、地球化学的な手法などを用いた試行錯誤が続けられている (Shinozaki et al., 2015, *Natural Hazards* など)。

#### 【おわりに】

海域で発生する地震の履歴を探る手法として、ここでは地殻上下変動と津波の痕跡調査について述べたが、その他に揺れの痕跡である液状化痕や地すべり痕、タービダイトなどの調査も有効である。このようにオフフォールトの痕跡は多様であるが、特定の種類の痕跡だけを扱っていては震源・波源の実態は見えてこない。あらゆる痕跡のデータを可能な限り収集し、総合的に検証していくことが重要であり、今後も新たな指標となる痕跡の発掘が求められる。また従来からある履歴データについても最新の年代測定技術で再検証することも重要である。例えば南海トラフ沿いでは、現状で地域間のイベントの対比ができていないが、各地のイベント年代の精度を上げることと、歴史地震の情報を取り込むことで、断層破壊領域の拡がりの評価につながるだろう。



## 日本列島の第四紀地殻変動の解明に向けて：現状と課題

石山達也（東京大学地震研究所）

### Quaternary Tectonics of the Japanese Islands:

#### A current status and future directions

Tatsuya Ishiyama (Earthquake Research Institute, the University of Tokyo)

#### はじめに

1995 年兵庫県南部地震以降の活断層に関する調査観測研究の飛躍的な進展や、これ以降に発生した内陸地震とその研究は、新しい活断層像や日本列島の地殻変動像を与えている。ここでは、主に活断層の地表～深部構造とそのテクトニクスを中心に、最近わかってきたことと将来解決すべき課題について、特に変動地形の観点から以下にいくつかの点を論ずる。

#### 浅層反射法地震探査により明らかになった活断層の浅部構造と変動地形

特に活断層において実施された物理探査、特に高精度反射法地震探査は、その地下構造の理解に多大な貢献をした。1996 年に東京大学地震研究所に反射法地震探査システムが導入され、これを利用した活断層の地下数 km の地下構造解明を目的とする探査が多数実施されている（佐藤・平田, 2000）。このシステムを使用した反射法地震探査は、一般に発振点・受振点間隔が 10m, 共通反射点（CDP）間隔は 5 m であり、多数のアンプユニット・地震計を使用することにより、高い水平解像度を有する地下 1-2 km の詳細な反射断面を得ることに成功している。これらのデータは活断層のマッピング（例えば都市圏活断層図や池田ほか, 2002；中田・今泉編, 2002）との対応関係を議論するに十分な精度を持つ。さらに近年では多数の独立型収録器を使用した固定展開と中型バイブレーター型震源を用い、飛躍的に重合数が大きく分解能が向上した探査が実施されるようになった（Ishiyama et al., 2017 など）。

こうした探査技術の向上と同時に、過去 20 数年間に活断層の形状解明を対象とした高精度反射法地震探査が数多く行われ、活断層の形状に関するデータは飛躍的に増大した。逆断層における探査で得られた結果では、地表から地下数 km までの堆積盆地内の断層構造は、断層関連褶曲（例えば村田・狩野, 2000）に伴う複雑かつ多様な形態をとることが明らかになってきた。すなわち、emergent thrust（例えば千屋断層；佐藤・平田, 2000）といった、地下から地表の低断層崖・撓曲崖地形の基部に伸びる比較的シンプルな構造形態ばかりではなく、fault-bend fold（断層折れ曲がり褶曲；Suppe, 1983）（例えば呉羽山断層南部; Ishiyama et al., 2017）や wedge-

thrust fold (Medwedeff, 1993) (Ishiyama et al., 2004; 2007) といった複雑な構造形態を示すことが多いことがわかってきた。Ishiyama et al. (2004; 2007)は、桑名断層や養老断層にて、変動地形学や第四紀地質学的手法により地表付近から地下数 10m で認識される撓曲崖地形や地質構造は、深さ 2km 程度に伏在するスラスト・ウェッジの先端から地表に伸びる active synclinal axial surface (Suppe et al., 1992)に沿って形成されており、断層関連褶曲の成長によって形成されたことを示した。同様の例は、カリフォルニアや 1999 年集集地震の地表地震断層 (Chen et al., 2007) など、海外の断層関連褶曲でも数多く報告されている。

これらの多くの例は、「低断層崖ないしは撓曲崖は地表まで断ち切る断層により形成された」とする見方は一般には成り立たないことを示している。特に新生代堆積盆地の縁辺や内部に分布する逆断層の場合には、本質的には伏在断層の場合が多く、地表変形は断層関連褶曲の成長として理解されることが多いことを示している。堆積盆地内の逆断層が伏在する場合が多い理由として、層面すべりが断層先端の地表方向への延伸を妨げるため、と言う考え方が唱えられている (Roering et al., 1997 等)。一方で、重要な点は、都市圏活断層図や中田・今泉編 (2002)、池田ほか編 (2002) において、主断層に起因するとして記された変動崖の多くは主断層面上の断層すべりに起因して形成されたと考えられる場合が多いことである。特に新第三系・第四系の堆積物が厚く分布する堆積平野では、逆断層そのものは伏在するが、伏在する断層の折れ曲がりなどの構造に支配されて地表変形が形成されている場合が多い。特に、低断層崖・撓曲崖の基部は向斜軸にあたる場合は、断層関連褶曲の成長を示す重要な支持者である可能性が高い。つまり、伏在断層であっても、多くの場合では何らかの形で地表に痕跡がある、ということである。こうした見方は、低断層崖・撓曲崖のみならずその背後に存在する山地・丘陵およびこれを開析する河川沿いの河成段丘面などの変動地形や、鮮新・更新統の褶曲構造を、地史を考慮しつつ統合的に説明する試みから初めて得られるものである。

### 中絶背弧リフトの再活動と第四紀地殻変動

日本海では中新世に生じた日本海拡大に伴い顕著な背弧リフトが形成され、主に鮮新世から第四紀にかけての圧縮応力場のもとで逆断層として再活動している (Sato, 1994 など)。近年富山トラフ周辺で行われた深部構造探査の結果、北陸地域の活構造と富山トラフに代表される日本海拡大期に形成された背弧リフト系の地殻構造の関係がわかってきた (Ishiyama et al., 2017)。深部構造探査の結果、以下の諸点が明らかになった: (1) 富山トラフから富山・砺波平野にかけて北東走向に延びる地形的低

所は厚さ 5 km 以上の新生代堆積物で埋積される、(2) この構造的低所の直下には、地震波トモグラフィによる速度構造 (Matsubara and Obara, 2011) によれば、下部地殻に P 波高速度異常が認められる、(3) この堆積盆の南東側には先新第三系からなる地殻楔が、また北西側には半地溝群が発達する地殻ブロックがそれぞれ分布する。中新世に活動した正断層の大部分は堆積盆の縁辺ないしは内部に分布しており、富山トラフから富山・砺波平野にかけて北東に延びる新生代堆積盆は、背弧リフト軸部にあたると考えられる。ブーゲー重力異常分布に基づく密度構造モデル (山田・越谷ほか, 2015) を考慮すると、リフト軸直下の下部地殻の P 波高速度異常は苦鉄質火山岩類の貫入により形成されたことを示唆する。

深部構造探査の結果によれば、魚津断層 (東郷ほか, 2003) などの飛騨山地北西縁部の活動的な逆断層は、富山トラフを軸とする背弧リフト帯に隣接する大規模な地殻楔が楔形スラストとして第四紀に再活動したものと考えられる。飛騨山脈北西縁や両白山地西縁、能登半島に分布する中～後期更新世の河成・海成段丘面群の変形・傾動や新第三系の同斜構造は、背弧リフト起源の地殻楔の逆断層運動による隆起・傾動帯である可能性が高い。加えて、深部および浅層反射法地震探査の結果によれば、砺波平野・金沢平野縁辺の逆断層はリフト軸近傍の正断層の再活動と考えられる。また、能登半島から白山瀬にかけて分布する半地溝群の一部では顕著な反転構造が認められ、このうちの一部は 1993 年能登半島沖地震などの震源断層と考えられる。なお、砺波平野から金沢平野では第四紀に顕著な沈降を生じており、その範囲はリフト軸にほぼ平行しより幅狭な領域に限られる。これは周囲に比べて高密度の下部地殻の外側から地殻楔が衝上することにより生じたものと考えられる。同様の背弧リフト軸沿いの顕著な沈降は、新潟平野や飛島海盆、西津軽海盆などでもみられ、日本海東縁の背弧リフト帯に共通の現象とみられる。

また、リフト形成に寄与した正断層の再活動による逆断層に加えて、北陸地域には 1948 年福井地震 (M7.1) や福井平野東縁断層帯 (廣内, 2003) などに代表される北北西走向の左横ずれ断層が多く分布する。高解像度反射法地震探査および重力測定を行った結果 (石山ほか, 2016)、福井平野東縁断層帯や福井地震の震源断層 (鷺谷, 1999) 近傍では、新第三系および第四系が参加する、横ずれ断層に伴う花卉状構造が認められる。これらのほぼ鉛直な横ずれ断層群はリフト軸と高角で斜交している。また、福井平野東縁断層帯や福井地震の震源断層の両側や柳ヶ瀬断層では中新世前期の火山岩類 (岩稻層) の分布にオフセットや大規模な屈曲が見られる。このことから、これらの活断層はリフト形成期のトランスファー断層起源であると推定される。さらに、御母衣断層系・根尾谷断層帯など飛騨・両白山地に分布する横ずれ断層の一

部は、大局的にはトランスファー断層の延長上に分布しており、その再活動と関連する可能性がある。

### フィリピン海プレート北縁部のテクトニクス：プレート相対運動と上盤側プレートの変形

フィリピン海プレート北東縁部にあたる房総半島や駿河トラフ周辺域では、主に前弧海盆～海溝斜面堆積物の小断層解析 (Yamaji et al, 2000) や古地磁気測定 (小竹ほか、1995; Koyama et al., 1989) によって、第四紀のプレート相対運動の変化に伴う主応力軸方向の変化や回転運動が報告されている。Ishiyama, et al. (2015) は、近畿三角帯の鮮新・更新統堆積盆地の分布・移動や活断層の分布・活動開始時期・変位速度の時空分布を、変動地形と反射断面の構造地質学的解析と最新の層序データに基づいて解析し、これらがフィリピン海プレートの浅いフラット・スラブが上盤側プレートと直接接することにより生じている可能性を明らかにした。一方、西南日本の中央構造線活断層系では、中期更新世に南フェルゲンツの逆断層から右横ずれに断層すべりのセンスが転換し、フィリピン海プレートの運動方向の変化と関係していると考えられるとした (Sato, et al., 2015)。このようなフィリピン海プレートの運動方向の変化と関係していると考えられる現象は、房総半島や熊野海盆・日向海盆などフィリピン海プレート北縁部で広汎に認められる。この様な例は、活断層に代表される上盤側プレートの変形が沈み込むプレートの挙動に支配されることを示唆しており、南海トラフの巨大地震前後の内陸地震発生など、プレート間相互作用を考える上で重要である。

**引用文献** 廣内, 地理学評論, 76, 119-141, 2003; 池田ほか編、2002、第四紀逆断層アトラス、東大出版会; Ishiyama et al., 2004, JGR, 109, doi:10.1029/2003JB002547; Ishiyama et al., 2007, JGR, 112, doi:10.1029/2006JB004377; Ishiyama et al., Tectonophysics, 710, 21-36, 2017; 石山ほか, 2017 年日本地球惑星科学連合大会, SSS12-15, 2016; 小竹信宏ほか、1995, 地質学雑誌、101, 7. 515-531; Koyama, M., and Kitazato, H., 1989, in Deep Structure and Past Kinematics of Accreted Terranes, doi: 10.1029/GM050p0249; Matsubara and Obara, EPS, 63, 663-667, 2011; Medwedeff, D. A., 1992, in Structural Geology of Fold and Thrust Belts, pp. 3 -28 村田・狩野、2000、構造地質学、朝倉出版; 中田・今泉 (編), 2002, 活断層詳細デジタルマップ、東大出版会; Roering et al., 1997, JGR, 102, 11,901-11,912; 佐藤・平田, 2000, 科学, 70, 58-65; Sato et al., 2015, Tectonophysics, 644-645, 58-67; Suppe, J., 1983, Am. J. Sci., 283, 684- 721 ; Suppe, et al., 1992, in Thrust Tectonics; 東郷ほか, 1:25,000 都市圏活断層図「魚津」, 2003; Yamaji et al., 2000, Journal of Structural Geology, 22, 429-440.

## 活断層研究の将来について（続）

中田 高（広島大学名誉教授）

### A prospective view on active fault studies in Japan (continued)

Takashi NAKATA (Professor Emeritus, Hiroshima Univ.)

私は、日本活断層学会設立間もない2008年に「活断層研究の将来について」という拙論（中田、2008）を書いた。その後10年を経過したが、その間、活断層研究はどちらを向いてきたのかを検証するとともに、改めて活断層研究の将来について思いつくまを述べさせていただく。

#### 10年前に予測したこと

1) 総合的な研究によって活断層の全体像を把握する方向に向かい、その進展は地下の活断層の調査技術に依存する。2) 活断層の位置・形状に関する詳細な情報整備がさらに進み、地震の発生場所や規模の予測精度の向上が図られる。3) 活断層の詳細情報を活用した土地利用規制などの防災対策が社会的なコンセンサスを得て、具体的な効果を発揮する。4) 海成段丘や河成段丘などの地形面の広域変形の調査によって、海域および地下の活断層研究が進展する。5) 南海トラフ沿の巨大地震、日本海沿岸地域の発生源となる海域の活断層の調査研究が進展する。

#### その後、10年間で何が起こったか？

1) に関しては、地下の構造調査が精力的に行われ、その成果が蓄積されつつあることは構造地質学的な研究の発展にとって極めて重要な成果と言えよう。一方、活断層との関連でいえば、必ずしもその成果が生かされて来たとは言えない。その一例として、地下情報に基づく立川断層南半部の活断層の否定が挙げられる。2) に関しては、地震調査委員会の地震の長期評価が行われて来たが、最近では重力や地質構造を考慮して評価の高度化を図ることが行われてきた。しかし、今なお必要十分とは言えない古地震学的なデータをもとに予測がなされており、社会のニーズに応えられているとは言えない。3) に関しては、活断層研究者の一部に根強い反対意見があるなか、徳島県は中央構造線を対象に土地利用の適正化をはかる条例を2015年に制定した。このような条例が急速に広まるとは思わないが、学校や病院、そして高齢者収容施設に関してはできるだけ早い時期に対策が取られるべきだと考える。4) と5) に関しては、2011年東北地方太平洋沖地震が発生し、海底活断層研究の重要性がましたが、地震学者の多くは、プレート境界域の地震は境界面上の固着域が地震を引き起こすというアスペリティモデルに依存し、海底に分布する活断層には目を向けようとしない。日本海溝沿と同じく南海トラフ沿にも数多くの海底活断層が分布しており、その分布図を作成しているが、注目される状況にはない。

#### これからの活断層研究に期待すること

2016年熊本地震では、地震断層（＝活断層）に沿った極めて狭い範囲に甚大な家屋被害が集中した。これまでの破壊的な強震動は地下数kmより深い場所で発生するという考えを改める必要性をし、強震度7に達する破壊的な強震動が活断層に沿って浅い部分から発生すること示唆する。このことは、活断層の位置・形状の情報が強震動発生範囲の推定に活用できることを意味しており、これに関する活断層研究が進展を期待したい。また、海底活断層の重要性が認識され、南海トラフの地震予測においてより具体的な予測が行われることになれば考える。そして何よりも、地に足をつけた地道な活断層研究を担う若い研究者の養成が進み、活断層研究に20年前の勢いが戻ることを祈りたい。





## 変動地形学—パラダイムの転換を目指して

宮内崇裕(千葉大学・大学院理学研究院地球科学部門)

Tectonic Geomorphology facing to the paradigm shift

Takahiro MIYAUCHI @Chiba University

### 1. 変動地形研究のこの 30 年の歩みと現状

最近刊行された「地形の辞典」(日本地形学連合編, 2017)によれば, 変動地形とは断層運動や褶曲運動などの地殻変動をそのままに近い形, またはその概形を反映している地形の総称とある。このような視点から, 地形の形成を地殻変動に主眼をおいて解明する領域が変動地形学である。とくに, 日本列島を初めとする変動帯では活断層の運動に由来する変位地形が発達することから, 変動地形学が学問体系の柱の 1 つとして発展してきた。

日本の変動地形研究における 1970 年代の集大成のひとつが, 活断層の発見時代を象徴する「日本の活断層—分布図と資料(活断層研究会編, 1980)であった。その後, 活断層のトレンチ発掘調査, 活断層の平均ずれ速度の定量化, 中規模地形の総観的発達史構築, 旧汀線変化を応用した地殻変動論などが内外で進展し, 1980 年代のまとめとして「変動地形とテクトニクス」(米倉ほか編, 1990)に収められた。それ以降は, 学際領域との融合によって, 探査地震学を用いた活構造の解明, 地震地質学・考古地震学・歴史地震学・第四紀学の高精度年代測定法を駆使した古地震解明へと変動地形学(とくに活断層学)は大きく飛躍してきた。これらの成果は有用な資料として, 「地震調査研究推進本部地震調査委員会」で審議される活断層や周辺海域で起こる地震の長期評価においても活用されてきた。

しかし, その評価プロセスにおいては多くの課題が山積し, 従来からの課題(活断層の位置形状・伏在性, 活動区間, 古地震の時間精度, 歴史地震信憑性など)に加え, 2011 年東北地方太平洋沖地震以後の新規課題(固有地震説, 連動型・誘発型地震, 海溝型間巨大地震サイクルなど)も出現している。これらの現実的な課題に答えるためには, 活断層学会を中心とする新たな融合科学研究の成果が必須である。本発表では, このような課題を整理し, 問題点を共有するとともに, とくに活断層を包含する変動地形研究においてパラダイムを大きく転換させる時期にあることを指摘し, 今後の研究推進を促したい。

### 2. 固有地震説に基づく活断層運動復元パラダイムの転換

固有地震とは, ある断層上の同じ場所で同じような規模と間隔で周期性をもって繰り返す地震のことを指す。これは内陸の活断層, プレート間の断層のいずれにおいても断層(震源域)上のアスペリティに応力の蓄積と解放が一定のペースで起こり, 地震サイクルを生み出すことと同義である。これに基づくならば, 経験的に知られるひとつ(あるいは一連)の断層はいつも同じタイプの地震を引き起こすことになる。

2016 年熊本地震 (M7.3) では、ひとつの震源断層となると見られていた日奈久断層帯の北端部 (高野-白旗) 区間のみが先ず活動し、それに連動するかたちで布田川断層帯の東半分 (布田川区間) が活動したとされた (地震本部, 2016 年 5 月 13 日)。さらに破壊域は阿蘇カルデラを横断し別府万年山断層帯の一部で大分県中部の地震を誘発させたりしい。これらからみると、伝播した破壊域の長さは 80km を超える。偶然同じ年にニュージーランドで発生した 2016 年カイクウラ地震 (Mw7.8) では、トランスフォーム断層帯内の 10 を超える分岐断層が複雑に連動することで地表地震断層を出現させ、マルボロ海岸の隆起沈降領域を含めてその地表変位は 110km にも及んだ (Clark, 2017, EPSL)。奇しくも筆者は 1989 年にマルボロ海岸の地震性地殻変動調査を実施し、6 つの地震性変動区 (活断層の活動区間に相当) を認定した (宮内ほか, 1995) が、今回の地震に参加したのはケケルン断層 1 つであった。いずれの震源破壊過程も従来の固有地震的断層運動では説明のつかないものである。いずれの例も変位の累積性、単位変位量を頼りに古地震や活動セグメントを復元するには、新たなパラダイムが必要であることを示す。

### 3. 海溝型巨大地震を復元する離水海岸地形形成パラダイムの転換

海溝型巨大地震の履歴やサイクルを復元するために、離水海岸地形の形状・数および離水年代が用いられることが多かった。2011 年東北地方太平洋沖地震に伴う三陸海岸は、地震時沈降とその後の余効変動による海岸隆起 (現在までに 1 / 3 程度回復, 国土地理院 HP) が顕著である。同海岸の完新世海岸低地構成堆積層の年代と高度解析に基づくと、三陸海岸には間欠的な隆起海岸地形は認められず、海溝型巨大地震サイクルによる隆起の累積性はない (Kikuchi and Miyauchi, 2015)。このようにプレート境界地震の場合、地震時の隆起・沈降のパターンは次の地震までに共に徐々に消失し、最後に残るものはプレートの定常沈み込みによる地殻変動のみである (Matsu'ura & Sato, 1989)。同様に南海トラフに起因する地震性地殻変動も室戸岬の海成段丘の形成には参加していない (前空, 2001)。これらに従うと、房総半島南端部に分布する多生的海成段丘沼面群は、相模トラフで発生する巨大地震に伴う地殻変動の累積によるものではなく、太平洋プレートとフィリピン海プレートの沈み込みに伴う陸側プレート (房総半島南端部) に伴う定常的隆起と完新世海水準変動の重合によって形成されたと考える方が合理的である。定常的な隆起速度を 3~4 mm/年とし、地震サイクルに伴う隆起沈降、波浪侵食と堆積過程とユースタティックな海水準を与えた数値発達シミュレーションによっても沼面群の海岸地形は再現される (Noda et al., 2017)。離水海岸地形の数と年代をもって古地震を復元する従来の解析手法には課題が多く残されており、波食性、堆積性を問わず離水海岸地形の形成プロセスを考慮した新たなパラダイムが巨大地震サイクルの構築には必要であることを示す。

### 4. 今後に向けて

従来の説や解析手法は信じてしまうと、そこで思考の発展が止まってしまう可能性がある。自然科学の研究において、そもそも論は極めて重要な出発点なので、批判的なレビューに基づく新たな発想を醸成させ変動地形学の発展を望むところである。

## 歴史地震研究の現状と未来

西山昭仁（東京大学地震研究所）

### The present situation and the future about the historical earthquake research

Akihito Nishiyama (ERI, UTokyo)

#### はじめに

将来発生する地震について知るためには、過去に発生した地震について知る必要がある。しかし、日本列島における地震の近代的な機器観測は明治前期に開始されたに過ぎず、全国的な機器観測は100年にも満たない。そのため、それ以前に発生した地震については、歴史学で用いる史料もしくは考古学で用いる考古資料などに基づいて、調査や研究が実施されている。本報告では、地震学における歴史地震研究の現状について概観し、今後、どのように研究を進めていくべきか、現時点での私見を述べてみたい。

#### 歴史地震研究の概要

歴史研究の素材となる文献・文書・日記・絵図などの史料を用いて、歴史時代の地震を研究する分野は「歴史地震」、考古資料や津波堆積物などの地質学的なデータに基づいて、先史時代の地震を研究する分野は「古地震」と呼称される。さらに、歴史地震の研究は、歴史学における研究と地震学における研究とに大別できる。

前者の研究手法や目的は次のとおりである。

1. 地震災害の実態とその要因（物的、人為的）を解明。
2. 当時の人々の地震発生時の行動や震災対応を分析。
3. 地震災害による社会の変化や影響（範囲、期間）の考察。

また、後者の研究手法や目的は次のとおりである。

1. 被害発生場所ごとに被害を評価して震度を推定。
2. 震度分布図を作成して震央や規模や震源断層を推定。
3. 過去の地震活動から将来発生する地震を予測。

双方とも同じ地震関連史料（以下、地震史料と略す）を用いておりながら、歴史地震に関する研究手法や目的は異なっている。歴史学における研究では、歴史地震を歴史上の災害事例の一つとして捉えており、地域の環境や災害の特徴を検討する際の材料として用いている。また、地震学における研究では、地震史料に基づく歴史地震と近代的な機器観測以降の地震との比較・検討から、歴史時代の地震現象の解明を目的としている。後者の研究の成果として、日本列島とその周辺地域で発生した千数百年間にわたる被害地震のカタログが作成されている。地震史料は、近代的な機器観測による記録をはるかに凌駕する長期間にわたって現存しているために、このカタログには飛鳥時代から江戸時代までに発生した被害地震が数多く含まれている。これまでにこの被害地震のカタログは、南海トラフで繰り返し発生する巨大地震の発生間隔の解明や、内陸の活断層における活動履歴の評価に役立てられている。

#### 未来へ向けての研究方針

地震学における研究では、上記の研究手法において地震史料が適切に利用されてきたとは言いがたい。それは、地震史料の分析に際して、必ずしも史料の専門家ではない地震学者が担当する状態が続いてきたためである。これによって、史料分析を専門とする歴史学者であれば研究に用いることのない史料、例えば、成立年代が不明確な史料や、過去からの

伝聞に基づく二次的・三次的な史料なども、地震学にとって有用であれば積極的に用いられるという、学術研究として望ましくない事態が生じている。

このような現状を改善するためには、地震学における研究について、従来のように地震学者の努力に委ねるだけではなく、歴史学者の積極的な協力と参入が必要である。そして、地震史料の分析に歴史学の手法を導入して、より客観的な史料分析を実践することで、歴史地震研究は学術的な妥当性を有する研究分野になっていくと考える。

また、史料の中でも特に日記史料は、現象と同時期に記されたために記述内容の信憑性が高く、記録された年月日（場合によってはおよその時間）と場所が特定でき、長期間にわたり同一人物が記録しているために、連続して安定した情報が得られる。このような日記史料には、大地震とその被害だけではなく、数多くの有感地震も記録されている。そこで、複数の日記史料に基づいて、日本列島の有感地震の発生頻度や分布を分析し、現在の地震活動との比較・検討から、数百年間に及ぶ地震活動に関する知見を得ることができると考える。

現行の地震学における研究は、主として歴史時代の被害地震を対象に実施されており、地震活動に関する研究は未開拓の分野である。そのため、日記史料にある有感地震記録を用いた地震活動の研究は、今後、歴史学者と地震学者が協力して実施していく歴史地震研究の新たな領域になっていくであろう。



## 強震動予測の分野から期待する研究

関口春子（京都大学防災研究所）

### Studies expected to improve ground motion prediction Haruko Sekiguchi (DPRI, Kyoto University)

日本では、国レベル、都道府県・市町村レベルで、想定震源に対する地震動予測が行われているが、地震動を予測する方法としては、震源断層を設定し、断層面上のすべり破壊の時空間分布を設定し、地下構造モデルを用いて地表各点の地震動を理論計算する、いわゆる詳細法が主流になっている。この流れは、1995年兵庫県南部地震からの知見を経て作られた。この地震で神戸の市街地に大きな被害をもたらした強震動は、幅1~2秒の複数のパルスで特徴づけられる。地震波形記録の分析により、それらのパルスはそれぞれ、すべり量の大きな縦横10 km 足らずの部分から発し、明石海峡直下から北東方向へ破壊が伝播することによる前方指向性効果で振幅が増大し、大阪盆地北縁部分の堆積層で増幅し、さらに盆地端部で発生した表面波と重なり合って大振幅のパルスになったことが明らかにされた。パルス振幅は、それを発生させた場所のすべり速度振幅と相関を持つことも示された。このように、断層面上のすべり破壊の空間的不均質と時間発展が地震動生成の重要な要素であるとの認識のもと、日本では、これらを取り入れた震源モデルによる地震動予測研究および事業がすすめられている。このような震源モデルを記述する具体的なパラメータは、破壊開始点やその後の破壊の伝播、破壊伝播速度、すべり量の空間分布、すべり時間関数（すべり速度やライズタイムを含む）などである。前述の兵庫県南部地震の例のように、これら「微視的」震源パラメータは、「微視的」とは言えない影響を地震動に与えるため、実地震の解析や数値シミュレーションにより、妥当なパラメータの把握が試みられているが、まだ、パラメータの値や幅が十分なレベルで拘束されているとは言えない。さらなる波形解析精度の向上、数値シミュレーションの再現度の向上を期待する。また、これらパラメータの生じるメカニズムも、定性的指摘はされているものの、まだまだ不明である。これらパラメータは、断層面と断層面を取り囲む場の物質的、熱的、力学的不均質の影響を強く受けると考えられるため、まずは、そのような場が十分な解像度で解明されることを期待する。場の解明が進めば、相関解析（例えば、活断層の破碎帯の発達度合いとすべり関数や破壊伝播速度の関係）やの数値シミュレーション（例えば、物質的もしくは熱的環境が破壊開始点やすべり関数形状に与える影響のシミュレーション）などにより、メカニズムの解明が定量的に進むと期待される。このように、地下の震源断層の環境と地震時の運動学的情報を詳細に得る研究を進めることにより、確実に、地震動予測のための震源モデルはレベルアップすると考える。



原子力発電所敷地内破砕帯の調査に関する有識者会合  
島崎邦彦（東京大学）

Expert investigation teams on fracture zones in the nuclear power  
stations for Nuclear Regulation Authority in Japan  
Kunihiko Shimazaki (UTokyo)

2012年9月に発足した原子力規制委員会は、旧組織である原子力安全・保安院の宿題として、原子力発電所敷地内の破砕帯を早急に検討する必要があった。六カ所の発電所（東北電力東通原子力発電所、志賀原子力発電所、敦賀発電所、美浜発電所、大飯発電所、高速増殖原型炉もんじゅ）敷地での電力会社の調査結果を科学的に検討し、原子力規制委員会の規制に資する報告をする役目として、原子力発電所敷地内破砕帯の調査に関する有識者会合が設置された。日本活断層学会は有識者候補を推薦して、この会合と関わった。また選ばれた有識者の大半が学会会員であった。学会史10年の回顧の一つとして振り返る。

原子力行政への信頼が崩れ、科学に対する不信までも高まっている状況下では、規制委員会が会合を組織しても、一般の方々からは信用されないであろう。規制委委員として、このように筆者は考え、四学会（日本活断層学会、日本地質学会、日本第四紀学会、日本地震学会）へ、学会内外の有識者の候補推薦を依頼した。いわば一種の非常手段であったが、幸いにも各学会の会長に理解して頂いた。推薦された候補から、有識者会合への参加を辞退された方、過去に原子力発電所の審査に携わった方、および海外在住の方（一名）を除いた残り16名の方々に有識者会合の委員になって頂いた。各発電所に対し、筆者を含めて五名のチームで担当することとした。少数としたのは、過去の多数委員による多数回の会合は負担が大きいとともに、各委員の責任が不明瞭になる恐れがあると考えたためである。それぞれのチームは有識者の都合を勘案した上で、なるべくヴァリエティに富むように考えた。有識者会合は行政手続きとして丁寧に行う必要があり、結果として委員の方々には多大の負担をかけることとなった。

有識者会合では、純粹に科学的判断、科学的意見が求められ、科学者としての責任が生ずるものとされた。また、その判断を踏まえて規制委員会が議論をして判断することから、行政的責任は規制委員会にあるものとされた。実施にあたって、不自由に感じたことは、トレンチ現場などが発電所内にあり公開されていないことである。このため、全委員によって個別の発電所の評価を検討するピアレビュー会合を設けた。これにより、担当チーム外の委員がトレンチ現場などを自らの目でみるのが可能となった。外部からのコメントはチーム内で共有し、必要があると委員が判断した場合には、委員の責任でコメントを紹介することとした。有用なコメントを送られた東北大学大槻憲四郎名誉教授に感謝する。



## エンドユーザーからみた都市域における活断層情報の現状と課題

° 越後智雄（一財 地域地盤環境研究所:GRI），北田奈緒子（GRI）

井上直人（GRI），伊藤浩子（GRI），濱田晃之（GRI）

The current state and problem of the active fault information in the  
urban area viewed from an end user.

° Tomoo ECHIGO, Naoko KITADA, Naoto INOUE, Hiroko ITO,

Teruyuki HAMADA

日本国内における活断層に関する情報は、活断層研究会(1991)による新編「日本の活断層」、中田・今泉（2002）による「活断層詳細デジタルマップ」など学術研究の成果をまとめた出版物のほか、地震本部（<http://www.jishin.go.jp/>）による活断層の長期評価、国土地理院（[http://www.gsi.go.jp/bousaichiri/active\\_fault.html](http://www.gsi.go.jp/bousaichiri/active_fault.html)）による都市圏活断層図、独立行政法人産業技術総合研究所による活断層データベース（[https://gbank.gsj.jp/activefault/index\\_gmap.html](https://gbank.gsj.jp/activefault/index_gmap.html)）がインターネットによって閲覧や詳細な情報を入手することができる環境となっている。

しかし、活断層の情報の需要が多い人口が密集する都市域においては、現地調査の制約などがあり活断層の認定根拠となる変位地形の認定が難しく、断層通過位置が正確に特定されていないことが多い。そのため、位置不明瞭の（破線）凡例で線分情報が示されているケースや、伏在する変形構造を正確に表現しきれない断層分布図が見受けられる。

そこで本発表では、研究に従事していない市民の目線で、活断層情報がどのように捉えられているのか、その現状と課題について大阪の上町断層での事例を紹介しながら考えてみたい。

大阪の中心部に分布する上町断層は、活断層研究会(1991), 中田ほか(1996), 岡田ほか(1996), 岡田・東郷（2000）, 池田ほか編（2002）, 中田・今泉（2002）等によってその通過位置が示されている。上町断層は、空中写真を使ったオーソドックスな地形判読のみでは変位地形の把握は難しく正確な活断層の通過位置の特定は困難である。そのため、関西地盤情報活用協議会地盤研究委員会編（1998）によるボーリングデータを使った浅部の地質情報や吉川ほか（1987）をはじめとする反射法地震探査による地下構造の情報、近年では吉岡ほか（2013）による詳細 DEM を使った地形解析を併用することで活断層の通過位置の特定が進められている。



一方、データを利用する土木・建築事業の従事者や市民のユーザーの多くは、凡例の解説を必ずしも正確に把握できていないケースもあり、断層分布図の線分位置のみが先行し、活断層線のあるところは「危険」で活断層線の無いところは「安全」といった誤解を生じるケースが見受けられる。

人口密集地域での伏在断層の通過位置と性状の把握については、地形・地質の総合的な検討が不可欠であり、結果の情報発信に関しても工夫の余地があるものとする。

## 引用文献

- 池田安隆・今泉俊文・東郷正美・平川一臣・宮内崇裕・佐藤比呂志 編（2002）第四紀逆断層アトラス，東京大学出版会，254pp.
- 関西地盤情報活用協議会地盤研究委員会編（1998）新関西地盤，関西地盤情報活用協議会
- 活断層研究会編（1991）新編 日本の活断層，東京大学出版会，437pp.
- 中田 高・岡田篤正・鈴木康弘・渡辺満久・池田安隆（1996）1:25,000 都市圏活断層図「大阪西南部」，国土地理院技術資料 D. 1-No. 333
- 中田 高・岡田篤正・鈴木康弘・渡辺満久・池田安隆（1996）1:25,000 都市圏活断層図「大阪東南部」，国土地理院技術資料 D. 1-No. 333
- 中田 高・岡田篤正・鈴木康弘・渡辺満久・池田安隆（1996）1:25,000 都市圏活断層図「大阪東北部」，国土地理院技術資料 D. 1-No. 333
- 中田 高・岡田篤正・鈴木康弘・渡辺満久・池田安隆（2008）1:25,000 都市圏活断層図「大阪東南部 第2版」，国土地理院技術資料 D. 1-No. 502
- 中田 高・岡田篤正・鈴木康弘・渡辺満久・池田安隆（2009）1:25,000 都市圏活断層図「大阪東北部 第2版」，国土地理院技術資料 D. 1-No. 502
- 中田 高・今泉俊文 編（2002）活断層詳細デジタルマップ，東京大学出版会，20pp. + 2DVD-ROM
- 岡田篤正・千田 昇・中田 高（1996）1:25,000 都市圏活断層図「岸和田」，国土地理院技術資料 D. 1-No. 333
- 岡田篤正・東郷正美 編（2000）近畿の活断層，東京大学出版会，395pp.
- 吉川宗治・町田義之・寺本光雄・横田 裕・長尾英孝・梶原正章（1987）：大阪市内における反射法地震探査，物理探査学会第77回学術講演論文集，114-117.
- 吉岡敏和・近藤久雄・堤 浩之（2013）上町断層帯における重点的な調査観測 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，上町断層帯における重点的な調査観測 平成22～24年度成果報告書，p. 5-65.

## 三重県における活断層調査と普及の取り組み 奥野真行（三重県）

### The active faults investigation and information dissemination efforts in Mie Prefecture

Naoyuki OKUNO (Mie Prefectural Government)

#### 1 はじめに

6,400 人を超える尊い人命が失われ、「活断層」という存在が広く知られる契機となった阪神・淡路大震災から、まもなく四半世紀になろうとしている。筆者は、この震災の4年後から、約15年間にわたり、所属である三重県庁の防災担当部署において活断層に関する業務を担当してきた。本発表では、筆者の所属での活断層に関する取組や、取組内容に影響を与えた地震について振り返るとともに、筆者が今後の課題として感じていることについて述べてみたい。なお、以下の内容は、一自治体の一担当者（筆者）からみた雑感であり、他の自治体において必ずしも共通するものではないことをお断りしておきたい。

#### 2 一つ目の節目の地震～平成7年兵庫県南部地震～

地方自治体が防災業務の中で、「活断層」という存在に深く関わる契機となった地震は、何といっても阪神・淡路大震災をもたらした平成7年兵庫県南部地震であろう。この震災を契機として、同年6月に地震防災対策特別措置法が制定され、政府には地震調査研究推進本部（以下「推進本部」という。）が設置された。推進本部が策定した『地震に関する基盤的調査観測計画』には、「陸域及び沿岸域における活断層調査」が位置づけられ（地震調査研究推進本部、1997）、国内の主要活断層の詳細調査の一部を、都道府県などの地方自治体が専門家から構成される地域活断層調査委員会の指導と助言を受けながら担うこととなった。三重県もその例に漏れず、県内の6つの主要活断層帯（海域含む）のうち、2つの活断層帯の調査を実施することとなった。三重県による活断層調査は、平成7年度から、推進本部の活断層長期評価を踏まえて実施した追加調査も含めて平成14年度までの8年間に及んだ。筆者は、このうちの後半の4年間の事務を担当することとなったのだが、以下において当時の状況を少し振り返ってみたい。

業務内容そのものに地球科学的要素が大いに含まれる活断層調査業務は、防災担当部署の業務の中でもかなり特徴的であった。地域活断層調査委員会での議論は、専門的な用語が飛び交い、最終的にとりまとめられる報告書の内容もまた同様で、専門性を持たない筆者にとっては、極めて高度な内容であった。その一方で、活断層調査を通じて多くの貴重な経験と財産を得ることができた。ここで、そのいくつかを紹介したい。一つは、「活断層」という、地方自治体での防災対策上考慮しなければならない存在について学ぶ機会を得られたこと、そして、極めて専門的な内容の活断層調査結果をパンフレットなどの媒体を通じて、いかにしてわかりやすく県民の方々に対して伝えることができるかについて考え、発信する機会を得られたことである。さらには、地域活断層調査委員会の専門家の方々との出会い、その後の顔の見える関係や、つながりを得られたことである。これらの経験や財産は、20年近くが経過した現在においても十分生きていると確信している。

#### 3 二つ目の節目の地震～平成16年新潟県中越地震～

二つ目の節目となった地震は、平成16年10月に発生した新潟県中越地震である。时期的には、三重県内の主要活断層に関する推進本部の長期評価が出揃った頃、この地震は発生した。地震発生後、当然のごとく、県民の方々からの問合せが激増した。このとき特徴的だったのは、自宅周辺の詳細な活断層位置に関する問合せが非常に多かったことである。

しかし、このような県民の方々からのリクエストに対して十分応えられるだけの素材を、当時、三重県は持ち合わせていなかった。「県内の主要活断層帯以外の活断層については、性状の把握が進んだわけではない。」「住民レベルでも比較的容易に入手が可能で、判断がしやすい大縮尺の活断層位置情報は、県内全域に均質にあるわけではない。」、交付金制度を活用した活断層調査事業終了後の課題が明らかになった。

このような状況を踏まえ、専門家の方々の協力も得て、県民の方々の「わがこと感」や減災行動につながるような、詳細な活断層位置情報を県内全域に均質に整備する取組が、平成 17 年度から始まった。同取組の中では、ワーキンググループを立ち上げ、基本方針、作成する成果のイメージ、活断層の表記方法や基準などについて検討、意識統一を図った上で作業が進められた。この取組は、3 年間にわたって続いた。取組の成果である詳細活断層図は、県内を三つの範囲に分けて、「防災みえ.jp」のホームページ上で順次公開を行い、平成 20 年度には、県内全域をカバーすることができた。

#### 4 今後に向けて

新潟県中越地震の後にも、国内では、福岡県西方沖の地震（平成 17 年）、能登半島地震（平成 19 年）、新潟県中越沖地震（平成 19 年）、岩手・宮城内陸地震（平成 20 年）、熊本地震（平成 28 年）などの活断層による多くの内陸型地震が発生した。平成 23 年には、東日本大震災をもたらした東北地方太平洋沖地震が発生した。これらの地震からは、多くの教訓とともに、活断層の存在が十分知られていない場所でも地震は起こり、地震の起こり方にも様々な可能性があることを学んだ。最後に、上述したこれまでの取組なども踏まえ、筆者が日々の防災業務の中での今後の課題として感じていることを少し述べてみたい。

筆者が、所属での県民の方々からの問合せなどを通して、特に難しさを感じているのは、不確実性やあいまいさを含む情報があり、かつ、その内容が専門的であったとき、それをいかにできるだけわかりやすく、県民目線で伝えることができるか、ということである。

「その難しさ」の一例は、日常的に公開している上述した県内の詳細活断層図の中にもある。「推定活断層」という存在である。「推定活断層」の定義は、「地形的な特徴により、活断層の存在が推定されるが、現時点では特定できないもの。」である（国土交通省国土地理院、2017）。この「推定活断層」を、確実だとは断定できないが、忘れることなく、「わがこと感」を持って認識すべき存在として、いかにわかりやすく伝えることができるか、そのことは一つの課題となっている。

さらに、「非日常」的な自然事象に直面したときには、「その難しさ」にいかに対応するかが、日常以上により重要となるであろう。地震災害ではないが、三重県は、平成 23 年に紀伊半島大水害（平成 23 年台風第 12 号による大雨）を経験した。このとき、県災害対策本部は、雨や被害状況がピークとなる前々日の時点で、地域の専門機関である地方気象台からの防災気象情報に含まれる警告的内容に十分な対応をとることができず、その結果、被害が大きな市町への人的支援の実施に時間を要した（三重県、2015）。もし今後、地域にとって経験したことがないような自然事象が発現しようとしており、かつ、その事象の今後の推移に不確実性が含まれるような状況に直面した場合、その時点時点で発信されている専門的な内容を含む情報を、専門機関や専門家の方々と連携して、いかに県民目線で読み解き、その後の対応行動に反映させることができるか、一つの要素として、そのような対応能力がこれまで以上に今後より重要となってくるのではないかと感じている。

#### 参考文献

地震調査研究推進本部（1997）『地震に関する基盤的調査観測計画』

国土交通省国土地理院（2017）『都市圏活断層図 利用の手引－地震被害の軽減に向けて－』

三重県（2015）『三重県新風水害対策行動計画』

## 活断層資料の集中的な保管・収集に向けた資料館の必要性

岡田篤正(京大名誉教授)

How to preserve and to share the data of active faults (maps, aerial photographs, photographs concerning with the typical fault topography and outcrop) to the Japanese Society for the Active Fault Studies

Atsumasa Okada (Professor Emeritus of Kyoto University)

### 1. はじめに(各種の活断層資料)

活断層に関係する資料が増加・蓄積してきた。それらは、学術資料(学会誌, 調査報告書, 別刷), 地形図(特に詳細地形図や主要活断層), 空中写真類, 写真(調査時に撮影された地形・地質・露頭等に関するもの), 空撮写真など多岐にわたる。これらは日本だけでなく, 外国の主要な活断層も含まれる。こうした貴重な資料の逸散を防ぎ, 集中的に保管できる体制の構築や施設の建設が望まれる。

### 2. 写真資料

有名な根尾谷水鳥の根尾谷断層は, ガラス板に印画された原版が保存され, それから印刷された写真が鮮明なことはよく知られているが, 画質もよく, 複製版も出されている。根尾谷断層や濃尾地震の写真帖(Milne, Burton and Ogawa, 1893; The Great Earthquake of Japan 1891)は, 写真のもつ迫力や意義・真実などを雄弁にものがたっている。このような歴史的な写真を保存し, 活用していくことは重要である。こうした写真資料を活断層学会としても可能な限り, 登録・収集・利活用することを提案したい。

演者が撮影してきた空撮写真だけでも数万点以上に及ぶが, 写真の印刷画像・ネガフィルム・カラスライドなどは時間とともに急速に劣化している。これらの記録は地形の人工改変が行われたり, 建設物で覆われたりして, もはや撮影できない写真も多い。自然地形を理解する上で貴重な材料である。こうした写真資料は研究者によって, 場所・時期・対象などが大きく異なるが, 多くの研究者の参画が得られれば, 日本や世界の活断層に関する資料が1ヶ所に収集されて充実してくると思われる。

なお, 収集した写真には, 撮影者の明記, 撮影時期, 撮影場所とアングル(方向)などの記録が望まれる。著作権の保護にも十分な配慮が必要である。各写真には可能であれば, 簡単な解説があると有用性はさらに増すであろう。

日本の研究者が撮影してきた空撮写真, 活断層の地形資料や露頭のスケッチなどは日本だけで無く, 世界の各地に及んでいるが, 個々の研究者の所有となっており, 貴重な資料の存在そのものが必ずしも広くは知られておらず, 利活用が行われているとは言えない。しかし, 世界各地で起こる地震災害を考えると, 共有可能な写真や調査資料を事前に把握しておくことは重要である。

これら写真は現在ではデジタル化が可能であり, 記録容量の大きな媒体が普及してきたので, 記録の保存は比較的に簡単と思われる。どのような体制でどこに集結するか, どこがデータを管理し周知させるか, 学会(員)や社会とどのように共有できるか論議していく必要がある。とくに貴重と思われる写真を優先的にデジタル化して行くかなどについて, 活断層学会の委員会や有志で検討を始めることを提案する。なお, 写真データの保管・管

理は、活断層学会や国の研究機関（産総研・・・）などの参画が必須である。どのような意義や問題があるか、原点からの検討も肝要であろう。

### 3. 活断層露頭の記録やトレンチ掘削調査の資料

1995 年兵庫県南部地震以後に行われた活断層調査の諸資料は膨大に及ぶ。それらの報告書は Pdf 等ですでに公開されてきたが、詳細地形図・トレンチ法面のスケッチ図・写真などは、貴重な資料であり、ある活断層について再検討する際には必須のものとなる。産総研（旧・地質調査所）の資料は十分に保管されていると思われるが、自治体が行った活断層調査は限られた委員が報告書や資料を主に保有しているものの、十分には認知・活用されていないことが多い。こうした原資料の保管をどうしていくかも、検討が必要である。

### 4. 地形図（特に詳細地形図・地形改変以前の地形図）

活断層沿いに国土地理院から発行されている地形図（1/5 万、1/2.5 万、1/1 万）や国土基本図（1/2500、1/5000）は基本的で必須の資料であるが、地形改変が行われる以前の旧版地形図や各種機関から作成された活断層沿いの詳細地形図は貴重である。

新幹線を含む鉄道や高速道路沿いの詳細地形図、各種施設の建設のために作成された詳細地形図など重要な資料となる。

### 5. 海外の活断層資料

演者個人が保有している海外の活断層資料は、極めて限られている。南米チリのアタカマ断層、ニュージーランドの地形・地質と活断層、USA 西部の地形図や活断層、韓国東南部の梁山断層・蔚山断層などが主なものである。

しかし、日本の研究者でも、世界各地の主要な活断層について、調査研究を実施したり、現地の貴重な資料を保有したりしている。こうした各地の活断層資料（論文、写真、地形図など）の情報提供や共有の可能性をまずは始める必要がある。貴重な資料であると委員会が認定すれば、記録文書（Pdf 形式）として保存・保管し、収録データを学会誌等で知らせ、活用する方法を掲載することが望ましい。

### 6. 各地の活断層観察施設の充実

日本には地震時に現れた地震断層を保存・展示し、いろいろな角度から地震・（活）断層・被害などを判りやすく解説した施設がある。代表的なものとして、①野島断層保存館（淡路市北淡震災記念公園）、②根尾谷断層地下観察館（岐阜県本巣市）、③中央構造線博物館（長野県大鹿村）、④フォッサマグナミュージアム（新潟県糸魚川市）などがある。これらの他にも関連する施設として、石・鉱物（鉱石）・化石などの博物館は各地にかなり多くある。①と②は大地震を引き起こして活動した断層の地表変位を保存するだけでなく、断層の断面が観察できるようにトレンチ掘削して展示し、資料館・地震体験館も併設している。これらは国指定の天然記念物であり、所管の教育委員会が維持・管理を行っている。

しかし、当該の断層や関係する地震の資料は収集されているが、活断層全般に及ぶ詳細な資料（地図・写真・文献など）が集められている訳ではない。学習室・図書室・資料館の併設などにより、資料の一層の収集充実が望まれる。一般市民向けだけでなく、専門の研究者も利用できるような高度な施設も今後重要となってくると思われる。

### 7. 活断層博物館・資料館の建設に向けて

利便性・維持・運営などを考慮して、良く知られた活断層沿いに活断層の博物館や資料館の建設ができないものかと考えている。維持や運営が継続的に行われるためには、地方自治体の参画が望ましい。上記で述べたすでにある活断層施設とは、共に連携していくことが共存共栄の方向だと考える。お互いの特徴や場所の相違を生かして防災教育の学習施設、地震や活断層の普及活動場としても利活用されていくことが重要であろう。