

11 - 8 阪神・淡路大震災以降の活断層研究の進展と課題

Progress and problems of active fault studies in Japan since the 1995 Hanshin-Awaji earthquake disaster

堤 浩之 (同志社大学)

Hiroyuki Tsutsumi (Doshisha University)

1. はじめに

1995 年の阪神・淡路大震災は日本の活断層研究を取り巻く状況を大きく変えた。地震調査研究推進本部が発足し、活断層の分布・活動履歴・変位速度・地下形状などに関する情報の収集が内陸直下型地震の被害軽減のための最重要調査項目として位置づけられた。98 の「主要活断層帯」が選定され（その後見直され現在は 113 断層帯）、これらの断層帯の詳細な位置・形状や活動履歴の調査が行われた、これらの研究成果を取り入れて、地震調査研究推進本部は活断層から発生する地震の長期評価を順次公表した。1997 年に公表された糸魚川－静岡構造線活断層系の評価を皮切りに、約 10 年かけて当初指定された 98 の主要活断層帯の評価を終えた。この評価では、個々の断層帯の長さ・変位速度・活動履歴などの情報を基に、それぞれの断層帯から発生する地震の規模や長期的（30 年・50 年・100 年・300 年）発生確率を数値で算出した。しかし、2000 年以降に主要活断層帯以外の断層の活動による被害地震が続発し、ある地域の地震危険度を検討するためには個々の主要活断層帯だけでなく規模の小さな活断層も含めて総合的に評価する必要性が再認識されたことから、2010 年代に入り全国を 7 つの地域に区分して地域毎に評価を行う「活断層の地域評価」が開始された。これまでに九州・関東・中国・四国地域の評価が公表されている。

本報告では、阪神・淡路大震災以降の 30 年間における活断層研究の進展と課題について、以下のような観点からレビューする。進展については、1. 活断層のマッピング、2. 活動履歴調査、3. 近年の内陸直下型地震から得られた知見について簡潔にまとめる。課題については、内陸地震の長期評価に資する活断層調査の必要性を指摘する。

2. 活断層研究の進展

2-1 活断層のマッピング

全国の活断層を統一的な基準でマッピングした「日本の活断層一分布図と資料」¹⁾が 1980 年に刊行され、その改訂版²⁾が 1991 年に刊行された。この活断層図は活断層の分布や特徴を統一的に示した点で画期的な成果であったが、基図が縮尺 20 万分の 1 の地勢図であるため、活断層の詳細な位置は表現されていない。阪神・淡路大震災を受けて、国土地理院は 1996 年から「都市圏活断層図」（現在は「1:25000 活断層図」）の刊行を始めた。この活断層図は縮尺 2 万 5 千分の 1 の地形図を基図としているため、活断層の詳細な位置や変位地形が表現されている。2024 年 10 月現在で 238 面が公開されており、「地理院地図」で閲覧が可能である。2000 年代に入ると全国を網羅する縮尺 2 万 5 千分の 1 デジタル活断層図の刊行が始まった^{3),4)}。デジタル活断層図は様々なズームレベル（縮尺）で表示でき、表示項目の選定や地形の立体視が可能であるなどの利点がある。

近年活断層図の作成や活断層研究に広く活用されているのが、詳細な DEM(デジタル標高データ)である。特に航空レーザ計測により取得される詳細な DEM は、人工改変が進んだ都市域や植生が密な山地域での微細な変位地形の認定に効果を発揮している。

阪神・淡路大震災以降に活断層研究への適用例が急増したのが反射法地震探査である。反射法地震探査は地下構造を探る主要な探査法であり、石油資源の探査法として確立した手法であったが、1994 年以前に活断層研究へ適用された例はわずかであった。しかし 1995 年以降に調査事例が一気に増え、これまでに 300 を超える探査が行われている⁴⁾。これらの調査により、平野域に伏在する活断層が認定されたり、既知の活断層の地下構造が明らかとなったりする成果が得られた。また変位地形と合わせて、活断層の運動像を統一的に解釈することが可能となった。

沿岸域・海域の活断層調査は、地震調査研究推進本部の複数のプロジェクトにより継続的に実施されてきた。また産業技術総合研究所は、主に海洋地質図の作成の一環として海域や沿岸域の活断層調査を進めてきた。これらの成果をもとに、地震調査研究推進本部は 2022 年より海域の活断層評価を公表している。2024 年能登半島地震は、沿岸域の活断層調査の重要性を再認識させた。近年海域の詳細な DEM が公開されており、陸域の活断層調査と同様に変動地形の解析によって活断層をマッピングすることが可能となってきた⁵⁾。今後は、従来の物理探査と変動地形学的な解析を組み合わせた沿岸域・海域活断層調査を進めていく必要がある。

2-2 活動履歴調査

阪神・淡路大震災以降多数の古地震調査が行われるようになり、活断層の活動履歴データの量は飛躍的に増えた。それと同時に質的な向上も着実に図られている。最も顕著な向上点として、OxCal を用いた古地震イベントのモデリングが挙げられる。OxCal プログラムでは、層序を基に個々の試料の年代測定結果が持つ誤差と確率分布を再計算し、層序と年代の逆転を排除した上で、各地層の堆積年代や地震イベントの発生年代の確率密度分布を求めることができる⁶⁾。OxCal を用いて地震イベントの年代をモデリングすることは普遍的に行われるようになり、歴史地震との対比や断層活動の集中期や静穏期の議論なども可能となってきた。

2-3 近年の内陸直下型地震から得られた知見

最近 30 年間には地震断層を伴った内陸直下型地震や被害を出した直下型地震が頻発した（第 1 図）。これらの事例から、活断層から発生する地震について以下のような新たな知見が得られた。

2014 年長野県北部の地震は、糸魚川－静岡構造線断層帯北部の神城断層の一部が活動して発生した。この地域で予測されていた地震の規模は M7.6～M8 であったが、この地震は M6.7 と一回り小さかった。トレンチ調査の結果、神城断層では想定されているような固有規模の地震と共にそれよりも規模の小さな地震も発生してきたことが明らかにされている⁷⁾。

2008 年岩手・宮城内陸地震（M7.2）は、明瞭な活断層が認定されていなかった地域で発生した。この地震に伴って地震断層が断続的に出現したが、地震後に空中写真の再判読を行っても連続的な活断層は認定できない。震源域を東流する複数の河川沿いの河成段丘を調査し海洋酸素同位体ステージ 2 と 6 の河成段丘の縦断面形を比較すると、2 つの氷期の河成段丘面の比高が地震断層の西側で大きくなることが判った⁸⁾。段丘面の比高は河川の下刻量、すなわち地盤の隆起量を表すと考えられるので、伏在逆断層の後期更新世の断層運動が河成段丘面の比高に記録されていることになる。

2016 年熊本地震（M7.3）では、震源となった布田川－日奈久断層帯にも多くの断層が変位したことが測地学的な観測で指摘され、現地調査で確認された。阿蘇カルデラの外輪山の北西部に位置する鞍岳断層帯は、短い正断層が密集する断層帯である。その中の複数の断層に沿って変位地形と

調和的な地震断層が出現し、周辺で発生する大地震に誘発されて変位する活断層があることが明らかとなった。ただし、このような断層が震源断層となって地震を起こす可能性は否定できず、今後の調査が必要である。

3. 活断層研究の課題

地表で確認される活断層の調査で内陸地震ハザードを適切に評価できるかについては、地震断層の出現率が M7.0 以上の地震で約 40% であるため、地表の調査だけでは活断層から発生する地震の半分以上を検出できない可能性が指摘されている⁹⁾。よって活断層が分布しない地域でも、M7.0 程度までの内陸地震を起こす断層が潜在する可能性がある。大地震を発生させる活断層を精度良く認定するためには、断層変位地形だけではなく、変動地形全般や地質・物理探査データの総合的な解析が必要であると考えられる。活断層のマッピングに際しては、活褶曲や完新世海成段丘の存在、河成段丘面の比高の増大などの情報も考慮する必要がある。また高精細な地形データを活用して、小規模で断続的な断層変位地形のマッピングも進めていく必要がある。

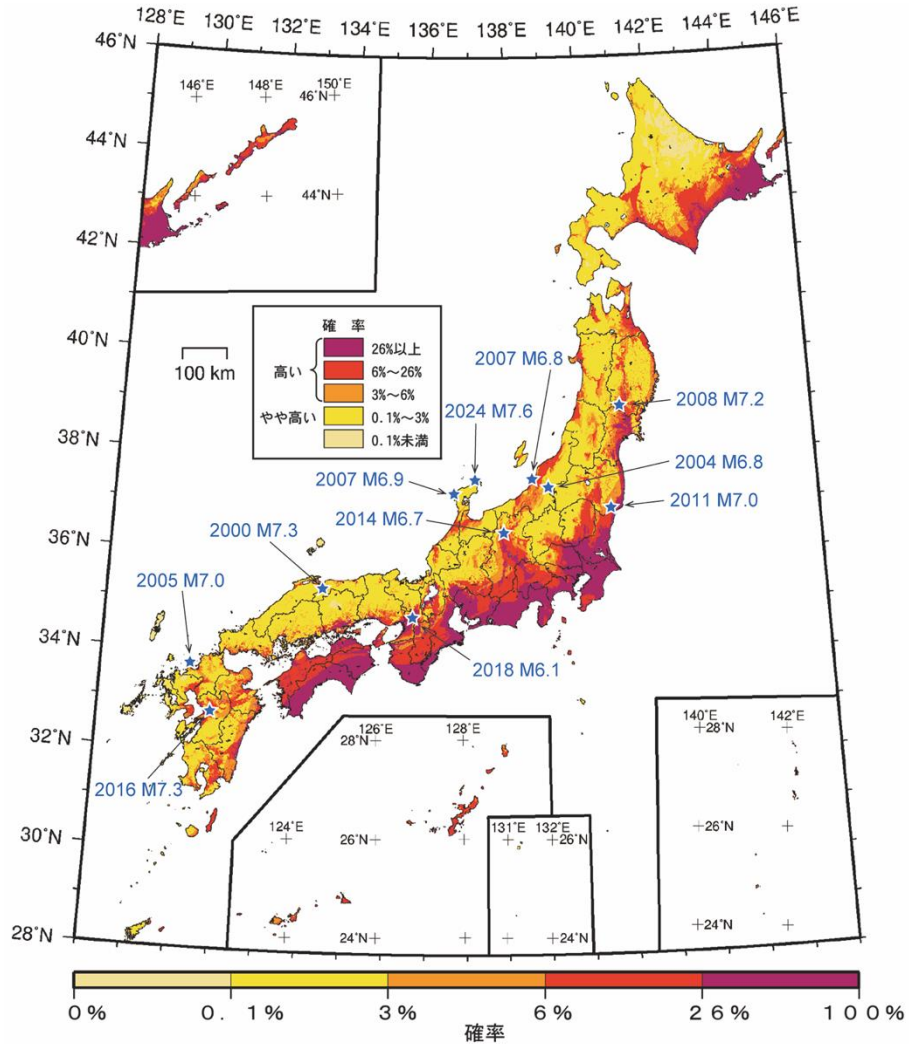
主要活断層の長期評価は一巡しているが、地震の発生確率の幅が大きいものも多い。これを改善するためには、変位速度・活動間隔・最新活動時期・単位変位量などのデータの収集を継続的に進めていく必要がある。

(堤 浩之)

TSUTSUMI Hiroyuki

参考文献

- 1) 活断層研究会編 (1980), 「日本の活断層－分布図と資料」, 東京大学出版会, 363p.
- 2) 活断層研究会編 (1991), 「新編日本の活断層－分布図と資料」, 東京大学出版会, 437p.
- 3) 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, DVD2 枚, 解説書 68p., 付図 1 枚.
- 4) 今泉俊文・他 (2018), 「活断層詳細デジタルマップ[新編]」, 東京大学出版会, 解説書 141p.
- 5) 後藤秀昭 (2024), *科学*, **94**, 626, 海底活断層の認定手法の転換を迫る能登半島地震.
- 6) Ramsey, C. B. (1994), *Archaeol. Computing Newsletter*, **41**, 11, Analysis of chronological information and radiocarbon calibration: the program OxCal.
- 7) Katsube, A., H. Kondo, H. Kurosawa (2017), *Geophys. Res. Lett.*, **44**, doi:10.1002/2017GL073746, Surface rupturing earthquakes repeated in the 300 years along the ISTL active fault system, central Japan.
- 8) 田力正好・池田安隆・野原 壯 (2009), *地震*, **62**, 1, 河成段丘の高度分布から推定された岩手・宮城内陸地震の震源断層.
- 9) 遠田晋次 (2013), *地質学雑誌*, **119**, 105, 内陸地震の長期評価に関する課題と新たな視点.



第 1 図 1995 年兵庫県南部地震以降の地震断層を伴う内陸直下型地震とその他の主な被害地震. 背景図は、全国地震動予測地図 2020 年版.

Fig. 1 Shallow crustal earthquakes with surface ruptures and other destructive crustal earthquakes since the 1995 Kobe earthquake. The base map is National Seismic Hazard Maps for Japan (2020).