

論文の内容の要旨

論文題目「音波探査による海底活断層を対象とした3次元地質構造解析
—日奈久断層帯海域部への適用—」

学位申請者 八木 雅俊

キーワード：音波探査 横ずれ断層 日奈久断層帯 3次元構造解析 活動履歴

日本の陸域には 2,000 本以上の活断層が分布しており、周辺の海域においてもその分布が多数認められている。近年では、2005 年の福岡県西方沖地震、2007 年の能登半島沖地震および中越沖地震など、海底活断層の活動による地震が生じている。このため、陸域だけでなく沿岸海域における活断層調査およびその活動性評価が重要な課題となっている。

活断層の調査手法として、陸域では主にトレンチ調査（断層線が横切る場所で溝を掘り、断層面を露出させて直接的に観察する手法）が用いられており、数百年間隔の活動履歴を判読し、さらに数十 cm 単位の水平ずれの検出も可能となっている。一方で、海域に関しては、手法に制限があり主に音波探査が実施されている。海域における従来の活断層調査は、広域的な地質構造の把握に重きが置かれており、その精度は陸域に比べ大幅に劣っていた。また、音波探査は海底下の地質構造を測線に沿って鉛直方向の 2 次元断面として取得するため、正断層や逆断層の検出は比較的容易だが、水平方向のずれを主とする横ずれ断層の検出は困難であった。しかし、日本で生じる地震（活断層の運動による）のほとんどが横ずれ断層によるものであり、その活動性評価を行なう上で海域における水平ずれの検出を行うための新たな調査・解析手法の検討が必要である。こうした背景のもと、本研究では、九州中西部に位置する日奈久断層帯の海域延長部である八代海を対象として、水平ずれの検出を試みた。

八代海では、2010 年の文部科学省委託研究の一環として、高分解能地層探査（測線数：195 本、総距離：約 255km）を広域的に実施し、断層分布や特徴的な変形構造を把握してきた。本研究では、水平分解能の高い記録の取得を目的として、2010 年の調査測線に基づき、2014 年および 2015 年にこれらの空白域を埋める探査を新たに実施した（測線数：82 本、総距離：約 189km）。本調査により、八代海における探査測線は計 277 本、距離にして約 444km に及び、最小約 10~20m 間隔という緻密な記録を得ることができた。これらの、2016 年以前から蓄積していた記録を基に、海底下の 3 次元構造解析を行うことにより、これまで困難とされていた横ずれ断層に伴う変形構造の把握に成功した。

本研究ではまず、各音波探査記録断面において認められた断層位置を基に、本調査海域における断層分布図を作成した。これにより、調査海域北東では、北東—南西方向に延びる主断層とその西側の円弧状に配列する断層群が認められた。また、南西へ向かうにつれて、分岐断層の数と広がる幅が増加し、これらの分岐断層群が正断層成分に富むため、広域的な地溝帯が形成されている。この断層分布形状は、正断層成分をもつ右横ずれ断層を想定した模型実験の結果と調和的であり、主断層が右横ずれを持つことが再確認された。

ここで、活動履歴の判読を行なうために、柱状試料採取結果に基づいた八代海における堆積環境の復元と反射面の形成年代推定を行なった。その結果、本調査海域の音響基盤は約 20,000 年前の最終氷期における最大海面低下時の侵食面と推定された。その上位に堆積する層は、汎世界的な気候変動と調和的にその堆積速度の変化が認められるが、約 9,000 年前以後の年代値を示す堆積物が欠如していた。周辺地域と比べると、有明海においても同様な無堆積が生じているものの、熊本平野や八代平野では堆積が認められていた。つまり、こうした堆積環境により八代海の大部分で断層変位が埋積されることなく海底面にも反映されている。上記の年代試料を基に、主断層の活動履歴と周辺に発達する断層の活動履歴とを比較した結果、主断層周辺のものとは連動して活動していることがわかり、分岐断層は複数回に一度連動するという関係性が明らかになった。

本断層の水平ずれの検出を行うためには、2次元断面だけではなく水平面的に観察する必要がある。そこで、計 277 本の記録断面を用いて、面的に変形構造を捉えるためのサーフェイス解析を試みた。まず、得られた記録断面をその反射パターンから層序区分を行ない、各堆積層を隔てる反射面の 3次元座標値 (X,Y 座標、深度) を抽出した。次に、この 3次元座標値を基に、測線間の空白域をグリッド処理により補間し、サーフェイスを作成することで、横ずれ断層の活動に伴う変形構造の観察を行なった。その結果、以下の変形構造が認められた。

1) Younger Dryas 期侵食面 (約 13,000 年前) 上の主断層北西側に、幅約 1.2km の沈降領域が円弧状に認められた。2) この沈降領域内において、2つの高まり (北東—南西方向に伸長) が認められ、一方は時計回りに屈曲し、もう一方は 3本の平行な溝 (北西—南東方向の) により切られていた。3) それらの溝状地形は、主断層と平行な断層により一様に右ずれ変位を被っており、その水平変位量は約 27~58m と計測された。このように、高分解能な地層探査を高密度に実施することにより、従来困難とされていた水平ずれの痕跡を確認できることを明らかにした。

一方で、最近の活動である 2016 年の熊本地震に関して、人工衛星による観測結果から、I) 地震前後の変動量の計測により、布田川断層の中央付近で局所的に沈降領域の形成が認められ、II) この沈降領域の形成された範囲は、断層破壊の伝播過程において最大すべり量が推定された領域の直上にあたることが明らかにされた。これらの結果は、本研究で認められた海底下の沈降領域発達と整合的であり、海域部における主断層の活動時に最も破壊が集中する領域であることを示唆している。

以上、本研究では高分解能地層探査データを高密度で取得することで、海域において水平ずれに伴う変形構造を認め、これが地震時の地表部で観測された変動と整合的であることを明らかにした。つまり、海域における活断層調査において、本手法は極めて有効であり、今後他海域でのさらなる探査への応用が期待される。