学位論文題名

Crustal structure of the eastern Nankai Trough off
Tokai by a dense airgun-OBS seismic profiling

(エアガン-海底地震計を用いた多点高密度探査による東海沖の地殻構造)

学位論文内容の要旨

フィリピン海プレート北縁部に位置する東海沖では、フィリピン海プレートが南海トラフから日本島弧下へ沈み込んでいる。さらに、伊豆半島北縁部では伊豆小笠原島弧と日本島弧が衝突しており、複雑なプレート収束境界を形成している。この海域では他の沈み込み帯には見られない主な特徴として、南海トラフの南側にトラフに沿って紀伊半島沖まで続いている銭洲海嶺と呼ばれる地形的高まり、そして、トラフ陸側斜面に見られる地質構造線の海域への延長と考えられている幾つかの海底谷がある。さらに、東海沖の東側からは太平洋プレートが伊豆小笠原海溝から沈み込んでおり、この海域は背弧でもあるといったように入り組んだ地学的背景を持っている。また、南海トラフ沿いでは巨大地震が周期的に繰り返し発生していることでも知られており、20年以上前から「東海地震」が警戒されてもいる。以上のように、東海沖は地球科学的に非常に興味深く、重要な海域であるにも関わらず、この海域での地震発生機構やテクトニクスを議論するために必要な地下深部までの地殻構造に関する情報が不足している。

本研究の主な目的は南海トラフ東部の東海沖で行われた海底地震計とエアガンを用いた屈折法地震探査の記録を解析することにより、今まで明らかにされていなかった四国海盆から日本島弧までのフィリピン海プレート北縁での沈み込みと衝突に関する地殻構造を深部まで解明し、その結果から、この海域でのプレートの沈み込み形態を考察することである。また、島弧分裂から背弧海盆の形成過程を理解するために、伊豆小笠原島弧から四国海盆までの島弧から背弧までの地殻構造の遷移の様子を明らかにすることはである。さらに、南海トラフ沿いで繰り返し発生している巨大地震の破壊領域の境界と地殻構造のトラフに沿う方向での変化との対応を調べることも目的の一つである。

本研究で用いたデータは、1992年と1996年に東海沖で行われた大規模な地殻構造探査によって得られた。観測は、地殻全体の構造を明らかにするための海底地震計と大容量のエアガンを組み合わせた多点高密度の屈折法地震探査、地殻浅部の堆積層構造を抑えるため

の反射法地震探査、および、1996年の観測については重力観測から成る。1992年の屈折法地震探査の測線は南海トラフにはほぼ平行な4本の測線と、四国海盆から南海トラフを横切り、日本島弧側へ抜ける1本の5測線で行われた。測線長は80~150kmである。それらの測線上に20台の海底地震計を20~30km間隔に設置した。震源としては171のエアガンを2基用い250~300m間隔でショットした。1996年の屈折法地震探査の測線は1992年の探査領域の南西に展開され、南海トラフにはほぼ平行な6本の測線と、トラフを横切る1本の7測線で行われた。測線長は90~170kmである。それらの測線上に65台の海底地震計を10~20km間隔に設置した。震源としては17~201のエアガンを3基用い20~80m間隔でショットした。本研究では、海底地震計を用いた屈折法探査の記録、海上での反射法探査の記録、および重力データから地殻構造を示す最終的なP波速度構造を詳細に決定した。

P波速度構造の決定には上下動地震記録を用いた。解析には主に二次元波線追跡法を使用し、初動、および後続波の走時、距離に対する振幅変化を説明する地殻構造モデルを決定した。次に、決定した地殻構造を重力データを用いて検証し、最終的な速度構造を決定した。以下に重要な結果をまとめる。

まず、銭洲海嶺の地殻構造は、四国海盆の海洋性の地殻構造に類似している。地殻は6層から成り、最上部の2層は速度がそれぞれ、1.6~1.9km/s、2.0~3.0km/sの堆積層である。堆積層下には速度4.0~4.6km/s、4.7~5.7km/s、6.3~6.5km/sの海洋性地殻第二層、6.7~6.9km/sの海洋性地殻第三層に相当する層が存在する。地殻全体の厚さは約8~11kmであり、典型的な海洋性地殻に比べてやや厚いが、ほぼ海洋性起源の特徴をもつことが地殻構造から直接的に確認された。

南海トラフの地殻構造もまた、銭洲海嶺に類似の海洋性地殻を示している。堆積層(1.7~1.8km/s、2.1~2.5km/s)の厚さは約2kmで、典型的な海洋性地殻第1層に比べて厚くなっている。堆積層下は、銭洲海嶺から連続的に続いていると考えられる海洋性地殻第二層、第三層で構成される。

トラフ陸側斜面の地殻構造は沈み込む海洋性地殻と付加プリズムを形成している速度約5km/s以下の厚い堆積物の存在によって特徴づけられる。この海域では発達した付加プリズムが見られ、その規模はトラフ軸からの距離約45kmの地点で最大の厚さ10kmに達する程度である。付加プリズム下には速度5.3~5.8km/sの日本島弧の上部地殻に相当する層が存在し、北東に向かって厚くなっている。東海沖の南西部には、更に島弧の地殻深部に6.2~6.3km/sの層が存在している。一方、沈み込む海洋性地殻第二層、第三層はトラフの海側から、付加プリズム、島弧地殻の下まで連続的に続いていると推定される。

銭洲海嶺の地形的高まりは南西の紀伊半島沖に向かって消滅していくが、この地形変化に伴って地殻の成因の違いを示すような横方向の構造の変化は認められない。従って、四国海盆と銭洲海嶺の地殻は成因が同一の海洋性地殻であるといえる。地殻構造の横方向の

変化は観測会域の北東部に見られ、そこでは典型的な海洋性地殻とは異なる二つの特徴的な構造が発見された。まず一つめは、7km/s以上の高速度層が海洋性地殻の下に底付けされたような構造である。このような高速度の物質は、伊豆小笠原島弧の分裂に関する火成活動によって形成されたものであると解釈される。二つめの特徴は、海洋性地殻第二層としては速度が遅い3.6km/sの物質が観測海域で広範囲にわたって分布していることである。この物質は伊豆小笠原島弧の火成活動によって供給される火山性碎屑物であり、南海トラフや付加プリズムに存在する厚い堆積物の供給源でもあると考えられる。以上の高速度層や火山性碎屑物は、島弧から背弧への遷移域の特徴を示していると考えられる。

銭洲海嶺南縁にはモホ面のオフセットが存在し、海洋性地殻第三層内部に逆断層的な不連続がある可能性が示唆できる。オフセットの南側の海洋性地殻第三層は北向きに急傾斜する構造を示すが、その傾きは銭洲海嶺の北東部に比べて南西部では緩やかになり、紀伊半島沖では消滅すると推定される。トラフ陸側斜面では、敦賀湾—伊勢湾構造線の延長とみなされている安乗口海底谷付近で地殻構造の急激な横方向の変化が見られる。沈み込むフィリピン海プレートの上面の形状もこの海底谷周辺で変形を受けている。また、遠州灘から熊野トラフへの地形変化に伴って、地殻が全体的に南西に傾斜している。以上のような沈み込むプレート上面の変形、銭洲海嶺南縁のモホのオフセットの存在はフィリピン海プレートの沈み込みに加えて、伊豆小笠原島弧と日本島弧の衝突という東海沖に特徴的な複雑なテクトニクスの影響を反映した構造であると考えられる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 島 村 英 紀
副 査 教 授 西 田 泰 典
副 査 助 教 授 森 谷 武 男
副 査 助 教 授 岩 崎 貴 哉 (東京大学地震研究所)

学 位 論 文 題 名

Crustal structure of the eastern Nankai Trough off Tokai by a dense airgun-OBS seismic profiling

(エアガン-海底地震計を用いた多点高密度探査による東海沖の地殻構造)

フィリピン海プレート北縁部に位置する東海沖では、フィリピン海プレートが南海トラフから日本島弧下へ沈み込んでいるほか、伊豆半島北縁部では伊豆小笠原島弧と日本島弧が衝突している。この海域では他の沈み込み帯には見られない特徴として銭洲海嶺と呼ばれる地形的高まり、そして、トラフ陸側斜面に見られる地質構造線の海域への延長と考えられている幾つかの海底谷がある。また南海トラフ沿いでは巨大地震が周期的に繰り返し発生していて「東海地震」が警戒されてもいる。以上のように、東海沖は地球科学的に重要な海域であるにも関わらず、この海域での地震発生機構やテクトニクスを議論するために必要な地下深部までの地殻構造に関する情報がなかった。

本論文は南海トラフ東部の東海沖で海底地震計とエアガンを用いた屈折法地震探査を行なうことによって、今まで明らかにされていなかった四国海盆から日本島弧までのフィリピン海プレート北縁での沈み込みと衝突に関する地殻構造とプレートの沈み込み形態を深部まで解明したものである。また伊豆小笠原島弧から四国海盆までの島弧から背弧までの地殻構造の遷移の様子を明らかにした。さらに、南海トラフ沿いで繰り返し発生している巨大地震の破壊領域の境界と地殻構造のトラフに沿う方向での変化との対応を明らかにした。

本研究で用いたデータは、1992年と1996年に北海道大学理学部海底地震観測施設などが東海沖で行なった大規模な地殻構造探査によって得た。観測は海底地震計と大容量のエアガンを組み合わせた多点高密度の屈折法地震探査を主とし、地殻浅部の堆積層構造を抑えるための反射法地震探査や重力観測も行なった。1992年の屈折法地震探査の測線は測線長は530kmに達した。測線上に20台の海底地震計を20～30km間隔に設置し、大容量エアガンを2基用い250～300m間隔で人工地震を行なった。1996年の屈折法地震探査の測線は1992年の探査

領域の南西に展開し、測線長は 780km に達した。測線上に 65 台の海底地震計を 10 ~ 20km 間隔に設置し大容量エアガンを用いて 20 ~ 80m 間隔で人工地震を行なった。解析には主に二次元波線追跡法を使用し、初動、および後続波の走時、距離に対する振幅変化を説明する地殻構造モデルを決定した。次に、決定した地殻構造を重力データを用いて検証し、最終的な速度構造を決定した。

この結果、銭洲海嶺の地殻構造は、四国海盆の海洋性の地殻構造に類似していることが発見された。地殻は 6 層から成り、最上部の 2 層は速度がそれぞれ、1.6 ~ 1.9km/s、2.0 ~ 3.0km/s の堆積層である。堆積層下には速度 4.0 ~ 4.6km/s、4.7 ~ 5.7km/s、6.3 ~ 6.5km/s の海洋性地殻第二層、6.7 ~ 6.9km/s の海洋性地殻第三層に相当する層が存在する。地殻全体の厚さは約 8 ~ 11km であり、典型的な海洋性地殻に比べてやや厚いが、ほぼ海洋性起源の特徴をもつことが確認された。

南海トラフの地殻構造も銭洲海嶺に類似の海洋性地殻を示していた。堆積層 (1.7 ~ 1.8km/s、2.1 ~ 2.5km/s) の厚さは約 2km で、典型的な海洋性地殻第一層に比べて厚くなっている。堆積層下は、銭洲海嶺から連続的に続いていると考えられる海洋性地殻第二層、第三層で構成される。

トラフ陸側斜面の地殻構造は沈み込む海洋性地殻と付加プリズムを形成している速度約 5km/s 以下の厚い堆積物が見られ、その規模はトラフ軸からの距離約 45km の地点で最大の厚さ 10km に達することが分かった。付加プリズム下には速度 5.3 ~ 5.8km/s の日本島弧の上部地殻に相当する層が存在し、北東に向かって厚くなっている。東海沖の南西部には、更に島弧の地殻深部に 6.2 ~ 6.3km/s の層が存在している。一方、沈み込む海洋性地殻第二層、第三層はトラフの海側から、付加プリズム、島弧地殻の下まで連続的に続いていると推定された。

銭洲海嶺南縁にはモホ面の食い違いが存在し、海洋性地殻第三層内部に逆断層的な不連続がある可能性が示唆された。オフセットの南側の海洋性地殻第三層は北向きに急傾斜する構造を示すが、その傾きは銭洲海嶺の北東部に比べて南西部では緩やかになり、紀伊半島沖では消滅すると推定される。トラフ陸側斜面では、敦賀湾 - 伊勢湾構造線の延長とみなされている安乗口海底谷付近で地殻構造の急激な横方向の変化が見られる。沈み込むフィリピン海プレートの上面の形状もこの海底谷周辺で変形を受けている。また、遠州灘から熊野トラフへの地形変化に伴って、地殻が全体的に南西に傾斜している。

このように沈み込むプレート上面の変形、銭洲海嶺南縁のモホのオフセットを発見したことは、フィリピン海プレートの沈み込みに加えて、伊豆小笠原島弧と日本島弧の衝突という東海沖に特徴的な複雑なテクトニクスの影響を反映した構造をはじめで見つけて、その地球科学的な意味づけに大きく貢献できるものと考えられる。よって、著者は、北海道大学博士(理学)の学位を授与される資格あるものと認める。