

# 論文審査の結果の要旨

氏名 長田 幸仁

本論文は6章からなり、第1章は海底における地殻変動観測装置の開発研究の背景、第2章は本研究で開発したGPS音響結合方式の海底精密測位システムについての記載、第3章はハワイ島南東沖における試験観測、第4章は曳航ブイを用いた日本海溝における海底精密測位実験、第5章では、開発されたシステムの測定精度についての議論を行い、第6章で全体をまとめている。

日本周辺は、海洋プレートの沈み込みにより海域で大地震が発生しているため、海底のプレート境界の結合状態を理解することが重要である。近年、陸上のGPS観測や自然地震観測の結果に基づいて、プレート境界の結合状態を推定する試みが行われているが、震源域近傍の海底で地殻変動を観測したデータはほとんどない。このため、地殻変動観測を海域に展開することは重要であり、海底での観測を可能にするシステムの開発が必要であった。

## GPS音響結合方式の海底精密測位システムの開発

本研究によって、GPS音響結合方式の海底精密測位システムを開発した。このシステムでは、陸上のGPS基準局を用いたキネマティックGPS(KGPS)で海上局の測位を行い、海上局と海底局間を音響測距して海底の精密な位置を求め、繰り返し観測により海底の水平変動を検出する。

これまでに米国および日本で開発されたGPS音響結合方式の海底精密測位観測システムでは、陸に近く、水深が2000-3000m程度の近い浅い海底で、優れた音響性能を持つ調査船によってしか観測を行うことができなかった。そこで、本論文の研究では、(1)大深度(6000-7000m)の日本周辺の海溝域で地殻変動を行うことのできる超深海底用の測距システム、(2)陸から200km程度離れている海溝軸近傍で測定できる、長基線の測位システム、(3)調査船の発する海中音響雑音に妨げられることなく海上測位と海中測位を結合することのできるシステム、(4)海中における音速変化の影響を除去できるシステムを開発して、それらを統合して、日本周辺の大深度の海底での地殻変動を観測できるシステムを開発することを目指した。

このために、以下の開発が行われた。(1)水深9000mの深海底に設置することを可能とするため海底局の電子部および電池をチタン合金製の耐圧容器に

収納した。長距離音響測位を実現するために、音波の周波数を比較的低くし、高い音圧で送信出来るようにした。(2) 陸上から 200km 以上離れた海上で精密測位を行うために KGPS を用いた。(3) 調査船の発する海中音響雑音の影響を減らすため、2 m 四方の曳航ブイに搭載した測位システムを開発した。(4) 海中の音速構造が変化する影響を補正するために、海底に 3 台の海底局を設置し、海底局アレイの中心付近で測位観測を行う方法を採用した。

### 試験観測によるシステムの性能評価

開発した測位システムについて、その要素技術の評価を行うために、2 つの試験観測（ハワイ島沖の Roger Revelle 号研究航海観測、2000 年；三陸沖の東京大学海洋研究所淡青丸航海観測、2001 年）を実施した。

ハワイ島沖研究航海観測（海底局水深 2500~4500m、陸上の GPS 基準局からの基線長約 50km）では、16 時間の海底局（3 台）アレイ中心の測位観測から、計測誤差が約 2cm と推定された。音速構造の時間変化は表層 500m で大きいのが、海底局アレイの測位にはほとんど影響を与えていないことが分かった。

三陸沖で行われた航海観測（海底局水深約 5500m、陸上の GPS 基準局からの基線長約 300km）で、曳航ブイシステムを用いた海底測位実験を行った。15.5 km を超える距離で精密測距ができることが確認された。長基線 (270km、350km) KGPS による水平位置の短期再現性が、標準偏差 2-3cm であることがわかった。

以上の研究によって、陸から 300km、水深 9000m の海底で、海底精密測位（誤差数 cm）が可能な観測システムが開発された。日本周辺のほとんどの海溝域で海底測位観測ができる実用的なシステムで、これまでは水深 3000m を超える海底では精密測位が行われていないので、画期的なシステムである。この成果は、地球物理学の研究に新たな知見を与えた。

なお、本論文の第 3 章「ハワイ島南東沖における試験観測」は、藤本博巳、三浦哲、Aaron Sweeney、金沢敏彦、酒井慎一、John Hildebrand、Dave Chadwell、第 4 章の「曳航ブイを用いた日本海溝における海底精密測位実験」の一部は、藤本博巳、三浦哲、酒井慎一、中尾茂、金沢敏彦との共同研究であるが、論文提出者が主体となって観測、解析および論証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。