

GPS—音響結合による海底測位システムの開発

Development of a seafloor positioning system with GPS-acoustic link

尾鼻 浩一郎 [1], 片尾 浩 [1], 安藤 雅孝 [1]

Koichiro Obana [1], Hiroshi Katao [2], Masataka Ando [1]

[1] 京大・防災研

[1] DPRI, Kyoto Univ., [2] RCEP, DPRI, Kyoto Univ.

海底で地殻変動観測を行うことにより、プレート境界でのテクトニックな過程を理解する上で貴重なデータを得ることが期待される。GPSキネマティック測位と精密音響測距を組み合わせた、海底測位システムの開発を行い、それを用いた海底基準点の試験的な測位実験を行った。実験は、水深約65m及び1350mの二ヶ所の海域で行われた。簡単な一次元の音速構造を仮定して、海底に設置した音響基準点の位置を求めている。その結果、水平方向の誤差約15cmで海底基準点の位置が決定された。システムの改良により、さらに高精度な測位が可能であると考えられる。

1980年代以降の宇宙測地技術(VLBI,SLR等)の進歩により、プレート運動を直接計測することが可能となった。また1990年代には、汎地球測位システム(GPS)による観測により、日本列島全体といった広域の変形が観測されるようになってきている。しかしながら、これらの観測は陸上だけで行われているものである。一方、活動的なプレート境界の大部分は海嶺、海溝の様に海底に存在している。海底において地殻変動観測を行う事は、プレート境界域での地球科学的現象を理解する上で大きく貢献することが期待できる。

我々は、海底での地殻変動観測を行うための海底測位システムの開発を行っている。このシステムは、海底に設置した音響基準点の位置を陸上のGPS観測網と同じ座標系で決定できるように設計されている。観測システムは、GPSによる移動体のキネマティック測位と、音波を用いた音響測距を組み合わせたものである。実際の海底測位に於いては、海上のGPS—音響結合装置の位置及び姿勢をGPS干渉測位の技術を用いて陸上の基準点に対して決定する。この海上装置はGPSアンテナと音響トランスデューサーを装備しており、GPSによる観測からトランスデューサーの位置を求めることが出来る。次に、海上装置と海底に設置した基準点との間で、M系列という疑似雑音性を持った信号を用いて音響測距を行う。音響測距に於いては、海上一海底装置間の音波の往復走時が計測される。最終的には海上の複数の点から音響測距を行い、水中音速構造と組み合わせて海底に設置した音響基準点の位置決定を、地震の震源決定と同じ要領で行う。

本研究では、開発している海底測位システムを用いて浅海及び深海底での測位実験を行った。水深約65mの浅海底での実験では、海底に設置した2台の基準点となる海底装置に対して、各々約100回の音響測距を行った。陸上の基準点と実験海域の距離は、約7kmである。水中の音速構造としては、海底及び周辺海域での水温、塩分濃度観測を基に2種類の1次元モデルを仮定した。海底基準点の位置は、音響測距で測定された音波の往復送時の残差が最小になるようにして求めた。どちらの音速モデルを用いた場合でも、海底基準点の位置は水平方向の誤差約15cm、鉛直方向に約25cmで決定された。この時、音波の往復走時の残差二乗平均は約1msecであった。この時、残差の分布には系統的な変化は見られる。

次に、相模湾西部の水深約1350mの深海底に於いて、同様な海底測位実験を行った。この実験では、陸上のGPS基準点として海上保安庁水路部による真鶴の観測点を使用した。GPS基準点から実験海域までの距離は約20kmである。海上の観測には水路部の測量船「明洋」を利用し、二点の海底基準点に対して、160~190回の音響測距を行った。水中音速構造は、CTDによる水温、塩分濃度観測を基に1次元モデルを仮定している。浅海実験と同様に海底基準点の位置を決定した場合、海底基準点の位置の誤差は水平方向約15cm、鉛直方向約10cmであった。残差の分布には系統的な変化とともに、反射波等の誤認に因るものと考えられる物が見られた。これらの誤ったものと考えられるデータを除去して再計算を行うと、水平方向の誤差約10cm鉛直方向約6cmとなる。この時、音波の往復走時の残差二乗平均は約0.5msecである。残差の系統的変化については、測位を行った海底基準点2台の両方に対して同じ傾向が見られ、海水表層部分の実際の音速構造が、位置決定に使用したモデルに対して系統的に変化している事を示唆している。表層部分の音速構造の不確定性を減らすことが、より高精度な海底測位の為には必要となる。それには、海底に複数の装置を設置し、それらに対して同時に音響測距を行って表層部分のモデル化を行う事が有効である。

謝辞 相模湾での海底測位実験は、海上保安庁水路部との共同研究として行いました。また、GPS及びCTDの観測データを提供していただきました。