

## 海底の高精度位置計測

### Precise positioning on the seafloor

# 浅田 昭[1], 矢吹 哲一朗[2]

# Akira Asada[1], Tetsuichiro Yabuki[2]

[1] 東大生研, [2] 水路部

[1] IIS, [2] Japan Hydro. Depart.

海底での地殻変動を検出するため、熊野トラフの海底に設置した音響トランスポンダの位置を GPS と音響計測システムを使って繰り返し観測を行なっている。現在、漂流する船から繰り返し計測した水平位置の精度は標準偏差 4cm である。正確な音響距離計測のため、漂流及び動揺する船の影響によって起こる音響信号のドップラ効果を自動的に検出・修正する手法、送受信符号信号の相互相関において理論的には 1 波長のパルスを形成する手法を開発した。更に、海面での GPS 観測、音響距離計測、水中音速計測データを使用して、時間的に変動する水中音速プロファイルを推定した。

東京大学生産技術研究所と海上保安庁水路部では、海上 GPS 測位と音響測距とを組み合わせた海底地殻変動監視観測を実施するために、これまで長年にわたって研究開発を積み重ねてきた。平成 12 年 2 月には、実験局 3 台を、三重県の南、熊野灘の水深 2 千メートルの場所に設置し、フィールドデータの取得と、そのデータ解析手法の開発を実施してきた。さらに、平成 12 年 7 月には、三陸沖の水深 2300 メートル程度の海底陸側斜面に 5-10 年の長期観測機器 8 局 2 システムの設置を行い観測を実施している。また、三宅島西方の海底には 10 局 3 システム設置した。今後、日本海溝陸側斜面にシステムを拡張、展開していくことを計画している。

ここでは、熊野灘で取得したデータ解析の結果と、解析手法を紹介する。船局送受波器の動揺位置を精密に求めるため、各種動揺計測器の正確な固定配置、音響信号、各種センサ、各種計測器の GPS 時間との正確な整合を図っており、解析手法の面では、特に、音響測距に関して、以下の 4 点が改良点の特徴としてあげられる。

(1) パルス圧縮の改良。通常では、10kHz の周波数の波で、204 ミリ秒(2,040 波長)の 255 ビット M 系列測距信号を 15 波長の底辺幅を持つ 3 角形状のパルスに変換して受信波を計測しているが、このパルス幅を 1 波長分の幅にまでせばめることが可能となる手法を開発した。

また、計測精度をあげるため、204 ミリ秒の同じ長さで 511 ビット、1024 ビットの M 系列測距信号を利用できるように改良した。

(2) 船上局は船のドリフトと動揺で、送信時と受信時にドップラ効果により信号が伸び縮みする現象を考慮して往復伝搬時間を計算すると並行して信号自体からドップラシフト量も自動検出するようにした。これに合わせ、海面での反射波など誤差要因となる余計なマルチパス波を的確に分離するように改良し、良質な相関処理結果、直接伝搬波を的確に検出することができた。

(3) 正確に地球楕円体形状に適合させた海水構造において、精密音線屈折による音波の伝搬経路を計算するようにした。

(4) 海底のトランスポンダ - の位置を GPS と音響測距データから推定する際に、観測した水中音速プロファイルデータを使用し、これを修正して時間的に変動する水中音速プロファイルを同時に解く手法を開発した。

5 月の観測で得られた音響データを、GPS による測位データ、船の動揺の測定データとも合わせて解析した結果、うねりの影響で測量船が ±2 メートル上下動するという厳しい海況であったにもかかわらず、3 台の音響基準局の測地学的位置(緯度経度)を最小二乗法で求めた結果、各回の音響計測の残差のばらつき(標準偏差)が、3 台ともおよそ 4 センチメートルになった。これには、ばらつき成分として、各音響計測の誤差、キネマティック GPS の誤差、また、動揺計測の誤差の影響が含まれている。1 日の変動する水中音速プロファイル、GPS、音響測距が全て適合するように解が求められているので、ある程度、繰り返し計測の精度としても評価できる数値である。従来の水中音速計測では、0.1m/s 程度の計測誤差が避けられなかったが、これを修正し 1 桁精度をあげ、しかも時間的に変動も捉えられている点に特徴がある。この解析の経験から、水中音速計測で 0.1m/s の誤差は水深 2000m の海底測位において、数 10cm ずれた地点に同じ標準偏差で解をもたらす危険もあることも分かった。