

海底地殻変動観測のデータ解析手法と精度評価

Method of data analysis and error estimations in the GPS/Acoustic seafloor geodetic observation

藤田 雅之[1]; 佐藤 まりこ[2]; 片山 真人[3]; 富山 新一[4]; 矢吹 哲一朗[5]; 望月 将志[6]; 浅田 昭[7]
Masayuki Fujita[1]; Mariko Sato[2]; Masato Katayama[3]; Shin-ichi Toyama[4]; Tetsuichiro Yabuki[5]; Masashi Mochizuki[6]; Akira Asada[7]

[1] 海洋情報部; [2] 海上保安庁海洋情報部; [3] 海保・水路・航法; [4] 海洋情報部; [5] 海洋情報部; [6] 東大・生産研; [7] 東大生研

[1] Hydrogr. and Oceanogr. Dept. of Japan; [2] Hydrographic Dept.; [3] Geodesy and Geophysics Div., Hydrographic Dept, JCG; [4] Japan Hydro. Oceano. Depart.; [5] Hydrog. & Oceanog. Depart.; [6] IIS, Univ. of Tokyo; [7] IIS

海上保安庁海洋情報部では、東大生産技術研究所との技術協力の下、GPS 音響結合方式による海底地殻変動観測の技術開発及び海底基準点の展開を行っている。我々の海底基準点は、これまで主に日本海溝及び南海トラフ沿い陸側に十数点設置しており、測量船による繰り返し観測を行っている。本講演では、現在行っているデータ解析手法についてまとめると共に、宮城県沖その他の海底基準点で取得された測距データを用いて精度評価を行った結果について報告する。

1. データ解析手法

この測位手法におけるデータ解析は、大きく(1)船の位置を求めるキネマティック GPS (KGPS) 解析、(2)船と海底局間の音波の往復走時を求める音響測距解析、(3)前二者の結果を結合して海底局位置を求める局位置解析の3つの段階に分けられる。

まず(1)の KGPS 解析には、ソフトウェア IT (Colombo, 1998) を用いている。このソフトウェアは、数百 km を超える長距離基線解析のために開発されたもので、搬送波位相の線形結合である L3 を用いている他、大気遅延量の推定手法等に工夫がなされている。(2)の音響測距解析は、測距に用いている M 系列信号の相関波形処理により、波形の到着時刻をピークとして同定する手法(浅田・矢吹, 2001; 富山, 2003)によっている。

最後の(3)局位置解析には複数の手法を試みているが、ここでは幾何学的原理に基づく最小自乗インバージョンによる解析法(藤田他, 2003)について述べる。求めるべきモデルパラメータは海底局位置座標であるが、その他に後述の音速度構造の補正パラメータを導入している。我々の海底基準点では、1点につき原則4局の海底局を配置しているが、まずこれら複数局について同一の音速度構造で解いた後、解析後の走時残差データを全て用いて音速度補正パラメータを求める。このサイクルを局位置が収束するまで繰り返し、最終的な局位置解を求める。

2. 誤差要因とその評価及び対処

(1) 音速度誤差の補正

海底局位置を精度よく求めるためには、音速度構造を要求精度内で正確に与える必要があるが、観測のみからこれを達成することは事実上大変困難である。そこで、音波走時データには音速度の情報も含まれていることを利用して、局位置解析の過程で誤差の補正を試みている。具体的には、海中音速度構造として水平成層を仮定し、指定した時間ウィンドウの中で、音速度を時間の二次式で回帰したときの係数を推定パラメータとしている。その際、深さ方向の音速度プロファイルの形状は時間的に一定と仮定している。時間ウィンドウの選択方法について検討した結果、現在、1日の時間変化を二次回帰式により推定し、これを改めて初期値としてより短時間のウィンドウ内(測線毎; 通常 20~40 分程度)で再補正する方法を採用している。

(2) KGPS 測位の評価

長基線 KGPS 測位に伴う誤差は、局位置決定の主要誤差要因の一つである。KGPS 測位結果を評価するための一つの指標として、船が海面に拘束されているという条件を利用して、測位解の高さ成分をジオイド、潮汐モデルにより補正し、その低周波成分の時間変化を求めている。例えば陸上基準点が比較的近傍である相模湾海底基準点の観測の際に得られた補正後の時間変化は、数 cm の変動で安定している一方、条件が悪い場合には時に数十 cm に及ぶ時間的ドリフトが見られる。これらの評価結果を基に、最終局位置解析におけるデータ選択及び誤差要因の検討を行う。またこの方法は、異なる陸上基準点からの測位結果を比較評価し、局位置解析へ入力するための最適解を選択するためにも用いる。

3. 局位置決定の再現性評価

局位置決定精度を評価する方法の一つの方法は、独立の観測データから求められた解を比較すること、すなわち再現性の評価である。昨年秋の測地学会では、宮城県沖海底基準点で取得されたデータを用いて、局位置決定の再現性を評価した結果について報告した。ここでは複数のキャンペーン観測エポックについて、それぞれの期間内のデー

タをサブセットに分けて評価した。その結果、水平成分で 5cm レベルのサブセット再現性が得られた。しかしながら、その前半と後半に数十 cm の差が生じる例もあり、課題を残している。また、複数エポックの決定局位置を時系列としてみると、大陸プレート安定域に対して西向きの変位傾向が認められる。これは、上記サブセット再現性を測位誤差として考慮すると、この海域で予測されるプレート内変位の傾向と矛盾しない。

本講演では、上記のサブセット再現性が悪かったエポックについて、その原因をさらに検証すると共に、宮城県沖基準点で取得した新たなエポックのデータやその他の基準点におけるデータの解析・評価結果についても報告する。