

海底地殻変動計測における海中音速の空間変化を考慮した逆解析手法の検討

Inversion method counting the spatial variation of sound speed structure in the measurement of Ocean Base Crustal Deformation

生田 領野 [1]; 田所 敬一 [2]; 奥田 隆 [3]; 杉本 慎吾 [4]; 武藤 大介 [4]; 渡部 豪 [5]; 安藤 雅孝 [6]

Ryoya Ikuta[1]; Keiichi Tadokoro[2]; Takashi OKUDA[3]; Shingo Sugimoto[4]; Daisuke Muto[4]; Tsuyoshi Watanabe[5]; Masataka Ando[6]

[1] 東大・地震研 / 学振研究員; [2] 名大・地震火山セ; [3] 名大・地震火山センター; [4] 名大院・環境; [5] 名大・地震火山センター; [6] 中央研究院地球科学研究所 (台湾)

[1] ERI, Univ. Tokyo / JSPS; [2] RCSVDM, Nagoya Univ.; [3] RCSVDM Center, Nagoya Univ.; [4] Grad. Sch. Env. Studies, Nagoya Univ.; [5] RCSVDM, Nagoya Univ.; [6] Inst. Earth Sci., Academia Sinica (Taiwan)

現在名古屋大学では、海底の地殻変動を計測する手段として、GPS/音響結合方式での海底ベンチマーク位置決定システムの開発を行なっている。観測船の位置をキネマティック GPS で決め、その船と海底ベンチマーク間の距離を超音波で測定し、海底ベンチマークの位置を決めるシステムである。このシステムを用いて、海底ベンチマークの位置を繰り返し求め、海底における地殻変動を計測することが可能になる。現在まで約 5 年間、駿河湾、熊野灘においての繰り返し試験観測を行なった。熊野灘においては 2004 年後半以降、駿河湾においては 2005 年以降、船体ノイズの低減、船上の機器設置状況や計測幾何の向上により、繰り返し観測の差が議論できるようになった。特に熊野灘では海底局 3 局の重心位置を約 4cm の安定した精度で決定できるようになり、2004 年 9 月の紀伊半島南東沖地震 (M7.4, M6.9) の断層変位に伴う約 20cm の変位を検出することができた (Tadokoro et al., 2006, Ikuta et al., 2008)。

海底のベンチマークの位置は船の位置と超音波の片道走時を用いて逆解析により求められる。この際海中の音速構造の時間 空間的变化は、音波経路差にして数十 cm に達するほど大きく、音速構造の変化を推定する必要がある。現在の解析手法では、空間的には常に水平成層構造を成し、その変化は時間軸に沿ってのみ生ずると仮定している。この仮定は、海中音速の変化は概ね 500m より浅い部分に限られるために、本システムでは成り立つと考えてよい。つまり浅層では船から各海底局に向かう音波線経路が互いに近いため、近似的に横方向の変化は小さいと考えられる。この仮定により、逆問題を構成する連立方程式の数 $3N$ (各海底局を N 回ずつ呼び出す) に対し、未知数は N (海中の音速構造) プラス 9 (三局の座標 xyz) となり、逆問題は優決定として解くことができる。

しかし現実の海中音速構造は横方向の傾斜を持っている。観測毎に解 (海底局の位置) と海面温度を比較すると、海面温度に大きな変化がある時には解がばらつく傾向がある。このばらつきは音速構造の空間変化 (非成層構造) によるものと推定される。したがって海底局位置の推定精度を更に向上させるためには海中音速の空間傾斜を考慮する必要がある。この問題を解決するために、音速構造に 1) 空間傾斜がある場合、2) 空間傾斜が無い場合、の 2 つの条件に対し超音波走時を合成して解の評価を行った。

1. 海底局位置は、観測船が全ての局上を十分にカバーしている時に精度良く推定できる。
2. 海底局位置は、空間傾斜の有無に関わらず、海底局間の相対位置を予め正しく与えた時に精度良く推定できる (未知数が $N+9$ から $N+3$ に減る)。
3. 海底局間の相対位置を予め与えた場合でも、海中音速に空間傾斜がある場合には、空間傾斜が無い場合にくらべ精度が劣る。

上記の結果を踏まえ、海底局間の相対位置を予め与えた上で海底局位置、海中音速の時間変化と空間傾斜を推定するアルゴリズムを開発した。現状では海底局の相対位置の精度が極めて高い観測がないため (少なくとも 1 回は必要) 毎回の海底局位置推定精度に格段の向上は見られない。しかし長期にわたる観測データの全てを用いて海底局位置の相対位置関係を正しく推定するアルゴリズムを開発中なのでこの結果も併せて発表したい。