

数値実験による海底地殻変動解析における誤差要因の考察

Numerical experiments to figure out the cause of positioning error in measurements of ocean crustal deformation.

江藤 周平^{1*}, 生田 領野², 島村 航也², 田所 敬一¹

Shuhei Eto^{1*}, Ryoya Ikuta², Koya SHIMAMURA², Keiichi Tadokoro¹

¹名古屋大学大学院環境学研究科, ²静岡大学理学部

¹Grad. Sch. Env. Studies, Nagoya Univ., ²Faculty of Science, Shizuoka University

現在名古屋大学・静岡大学・東海大学では海底の地殻変動を観測する手段として、GPS/音響測距結合方式での海底地殻変動観測システムの開発を行っている。これは観測船の位置を決めるキネマティックGPS技術と船-海底間の超音波測距を組み合わせ、海底に設置したベンチマーク（海底局）の位置を監視することで海底の地殻変動を観測するシステムである。

本システムでは、一海域に水深程度離して3台の海底局に対し、その上を航行する船から音波を送受信し、その走時から海底局位置を推定している。超音波の走時から局位置を推定するためには、同時に音速構造の変化を推定する必要がある。現在の解析では海中音速構造は時間的にのみ変化し、空間的には常に水平成層構造をしていると仮定して観測方程式を立て、各計測毎に3局の海底局位置を解いている。

名古屋大学グループは、紀伊半島沖地沖の熊野灘と、静岡県駿河湾に観測点を置いている。2005年以降の観測で熊野灘沖に設置したKMS観測点およびKMN観測点において、約3年間の観測により水平成分で±1-2cm/yrの精度で変位速度を推定出来ている。

しかし、この精度は陸上の地殻変動観測で得られるものより一桁低い。海底地殻変動の測定精度に影響をもたらすものとして、キネマティックGPS測位に伴う誤差や、船上の音波送受信機（トランスデューサー）の位置決定に伴う誤差、音波の走時の読み取り誤差など様々な原因があげられる。本稿ではこれらの観測誤差とともに、特に海中音速構造の時空間変化が海底局位置決定にもたらす影響について数値実験を行い評価した。

数値実験は様々に合成した海中音速構造に対して与えた海底局位置と船の位置との間でレイトリングを行い走時データを作成した。海中音速構造の時間変化はいくつかの正弦波の重ね合わせで表わしている。海中音速構造を様々に変化させて走時データを合成し、このデータから海底局位置を解いた際に3局の重心がどれほど与えた値を再現するか評価した。

数値実験で用いた海中音速構造の時空間変化は以下の点を評価した

- (1)音速時間変化の周期
- (2)音速時間変化の変化幅
- (3)音速構造の航跡との相関
- (4)海中音速構造の水平成層からのずれ。

1)では音速時間変化の短周期成分が大きく影響することが判った。2)と3)で、音速構造の時間変化が空間と相関のある3の方が、同じ変化幅でも海底局位置の再現性が悪くなりうることが判った。また4)は唯一最初に述べた海中音速が水平成層構造を成しているという解析上のモデルと一致しない変動を与えたものであるが、2)で全体として0.05%の変化幅を与えた場合と4)で音速構造に傾斜を与えて音速を0.05%変化させた場合とで、解のばらつきはそれぞれ約1.5cm、約5.0cmとなり、4)のような音速構造の変化は解の精度に与える影響が著しく大きいことが判った。

更に4)のデータに生田他（2009年度本大会）で発表された、3台の海底局がばらばらに動かず

同じように動くとする制約を入れた「ロバストな」モデルを適用したところ、海底局位置解のばらつきは却って制約の無い場合の数倍となってしまった。

現在の解析システムでは海中音速構造が水平成層していない場合、重心の位置が精度よく決まらないことがわかった。今後海底地殻変動観測システムの観測精度を上げるためには、海中音速構造の空間変化を把握し、解析モデルを現実に合わせて変更することが必要だと考える。

キーワード:音響測距,海中音速構造,数値実験,空間変化,時間変化

Keywords: acoustic ranging, sound speed structure, numerical experiment, temporal variation, spatial variation