

海底・海中における精密重力測定

Precise gravity measurement on the seafloor and under water

藤本 博巳 [1], 小泉 金一郎 [1], 金沢 敏彦 [2], 押田 淳 [3], 古田 俊夫 [3]

Hiromi Fujimoto [1], Kin-ichiro Koizumi [2], Toshihiko Kanazawa [3], Atsushi Oshida [4], Toshio Furuta [5]

[1] 東大・海洋研, [2] 地震研, [3] 川崎地質 (株)

[1] Ocean Res. Inst., Univ. of Tokyo, [2] ORI, Univ. Tokyo, [3] ERI, Tokyo Univ, [4] Kawasaki Geological Engineering Co.,LTD, [5] Kawasaki Geological Engineering co.,LTD.

海域においても陸上並みの 10^{-8} (10 microgal) の分解能の測定を可能とする重力計の開発を進めている。まず、できるだけ簡単に海底でも陸上並みの計測が可能な海底重力計を作ろうという基本方針の下に、フリーズンバル方式の深海用海底重力計を開発した。海底における観測は、重力計が静かに海底に設置されれば、10-20microgalの分解能で測定できることを示している。東大生産技術研究所で自律航行型の大型海中ロボット (アールワン・ロボット) の開発を進めており、それに搭載する精密海中重力計も開発中である。計測範囲を普通の陸上用モデルの約3倍とし、フィードバックを強化した重力センサーを用いる。

1. はじめに

重力とは重力加速度のことであり、地球上では地球の引力と自転の遠心力の合力である。重力は高度と緯度により変化するので、海面における値に緯度の影響を補正をした値を (フリーエア) 重力異常という。この重力異常の大きさは重力の 10^{-4} 程度かそれ以下であるが、その大部分はローカルな地形の影響であるので、重要な情報は 10^{-5} のオーダーである。時間変化はもっと小さくて、少なくとも 10^{-8} の測定をしないと意味がない。陸上では、野外観測用の重力計でも 10^{-8} の分解能の測定は可能であるが、海域では、一般的には 10^{-6} (1 mgal) の分解能しか得られていない。しかし地球上における主要な変動帯である海洋プレート境界は一般に海底にある。そこで海域においても陸上並みの 10^{-8} (10 microgal) の分解能の測定を可能とする重力計の開発を進めている。

重力加速度の向きを鉛直というので、重力を測定するためには、重力センサーを鉛直に保持する必要がある。海洋における観測では、このことが大きな問題である。海上や海中における観測では、対地速度に応じて自転の遠心力が変わることに対する補正 (エトヴェス補正) も大きな問題であった。GPSのおかげで海上ではこの問題は解決した。5分間のフィルターをかけて1 mgalの分解能で測定をするためには、5分間の変位量を15 mの精度で計測すればよい。海中で1分間のフィルターを用いて、10 microgalの分解能で測定するためには、1分毎に3 cmの精度で測位すればよい。このことは1 cm よりよい分解能を持つ精密音響測距装置を用いれば可能である。

2. 海底重力測定

できるだけ簡単に海底でも陸上並みの計測が可能な海底重力計を作ろうという基本方針の下に、以下の基本仕様を満たすべく海底重力計を開発した (藤本ほか、1998)。

(1)最大使用水深 6500 m、(2)計測の自動化、(3)汎用性 (単独観測、潜水艇による観測等)、(4)出力分解能 1 マイクロガル、(5)計測の再現性 10-20 microgal (計測環境による)

耐圧容器は内径 500mm のチタン合金製球殻とし、重力計センサー部は Scintrex 社製の CG- 3M/SBとした。この重力計はクランプが不要であり、重力計を鉛直から200秒角以内に保持すれば、傾斜補正が可能であり、計測は自動もしくは外部制御で行われる。重力計を鉛直に保つ機構としてはジンバルとオイルダンパーを用いた。空中重力は、耐圧容器が約82kg、全体で約100 kgであるが、自己浮上装置を付けると重くなる。

この重力計を用いて、相模湾および駿河湾の浅海で単独の観測を行った。重力計のドリフトは研究室で常時モニターしておき、車と船で現場に運び、クレーンで吊って、海底に設置した。自己浮上装置をつけるなどして重力計が静かに海底に設置されれば、10-20microgal の分解能で測定できることを確認した (藤本ほか、1998; Fujimoto et al., 1998)。今後は、潜水艇を用いて、海底ベンチマークの上で、繰り返し観測を行ってみたい。

3. 海中重力測定

海上の重力測定においては船の動揺が大きな問題である。上下に揺れる影響はフィルタリングにより簡単に除去できるが、問題は鉛直に保つことである。揺れる海の上では、重力計と直交する2軸の水平加速度計の出力を積分し、それがゼロになるように制御する。問題は、鉛直からの傾きによって生ずる加速度のほかに、船体の動揺に伴う水平方向の加速度もあり、それらを加算したものが測定されることである。船体の動揺による水平加速度が生ずると、それに応じて鉛直保持の精度が劣化する。より面倒なのは、重力計が鉛直から傾いた時に水平加速度を受けると、重力変化として測定される問題である。

このような問題があったので、海の重力測定は1930年代から大型の潜水艦を用いて行われており、海上の船で測定できるようになったのは1960年代になってからである。重力測定の精度を2桁向上させるためには、船体の動揺による水平加速度を2桁減らす必要があり、揺れの少ない海中で重力を測るのが一つの確実な方法である。

東大生産技術研究所では自律航行型の大型海中ロボット（アールワン・ロボット）の開発をすすめており、それに搭載する精密海中重力計を開発中である（浦ほか、本セッション）。重力センサーとしては、Scintrex 社製の重力計を用いるが、計測範囲を普通のモデルの約3倍とし、フィードバックを強化して、周期1秒以上の小さな動揺に耐えるように改造したモデルを用いる。鉛直ジャイロスコープでその鉛直を保持し、全体を球殻に収納し、艇から電力と位置と姿勢およびそれらの微分値をもらい計測する。6月には海域実験を開始する予定である。