海底測地観測用ベンチマークの長期安定性について

Long-term stability of benchmarks for seafloor geodesy

藤本 博巳[1]; 長田 幸仁[1]; 小泉 金一郎[2]; 金沢 敏彦[3]

Hiromi Fujimoto[1]; Yukihito Osada[1]; Kin-ichiro Koizumi[2]; Toshihiko Kanazawa[3]

[1] 東北大・理・予知セ; [2] 東大・海洋研; [3] 地震研

[1] RCPEV, Graduate School of Sci., Tohoku Univ.; [2] ORI, Univ. Tokyo; [3] ERI, Tokyo Univ

1. はじめに

年間数 cm オーダーと予想される海底の地殻変動を観測するためには、1cm の海底変動を検出する観測システムの開発とともに、海底に設置した観測ベースの姿勢および位置の長期安定性が必要である。沈み込み帯の海底測地観測には二つの問題がある。沈み込み帯の海底は 1km を越える厚い堆積層に覆われていることと、特殊な場合を除き、海底観測ベースは海面で投入して数千メートルも自由落下させて設置することである。いわば地形図を見ながら測器にパラシュートを付けて雲の上から投下して、水田に設置するようなものである。果たしてそんなことで測地観測ができるであろうか、という質問をよく受ける。平坦な地形を選べば海底は厚い堆積層に覆われており、ほとんど細かい起伏はないから、海面から投下しても普通は問題ない。問題はその堆積層の上で観測できるかということである。

2. 水平変動の観測

海底の水平変動を観測する最も有力な方法として、海上のキネマティック GPS 測位と海中の精密音響測距を結合した海底測位の繰り返し観測が提案され、計測精度向上に向けた研究が進められている。Fujimoto et al. (1990) は、このような観測に用いるために、1.1m 四方のコンクリート製海底ベンチマークを相模湾の中央部に設置し、その安定性を実証した。その後観測システムの開発には手間取ったが、2001 年には三陸沖日本海溝の海側において、水深約 5500m のほぼ平坦な海底に精密音響測距用の海底局を 3 台設置した。上記のベンチマークは装置の架台としては大きすぎるので、海底局の架台には厚さ約 5cm で 90cm 四方のメッシュ状のフレームを用いた。この海底の年代は約 1 億年であり、1km 以上の厚さの堆積層で覆われている。約 1 年後に JAMSTEC の深海用無人探査機かいこうによりこの海底局を観察する機会があった。底質は泥であったが、意外にも海底局は泥の海底でも 2-3cm も沈まず、あたかも平坦な砂地に据え付けたように安定していた (藤本・他、2002)。泥の上における 90cm 四方のフレームの傾きによる相対的な沈みは 1cm 以下であり、海底局の音響送受波器は海底から約 80cm であるから、音響測距のベンチマークとしては、1 年間における海底との相対変位は 1cm 以下であると推定される。このように、適切な架台を用いて平坦な海底に設置すれば、海底の水平運動をモニターするベンチマークとして用いてよいと考えられる。

3. 上下変動の観測

海底の上下変動を検出するための最も有力な方法は海底圧力観測であろう。例えば Fujimoto et al. (2003) は、東太平洋海膨南部の拡大軸付近で、海底の冷却に伴う海底沈降と解釈される圧力変動を検出している。海底圧力計の架台としては、海底地震計と同じように井桁に組んだ鉄の丸棒を用いているので、上記の海底局のフレームほどには安定していない可能性がある。しかし泥に打ち込んだ物体は 1 時間も経過すると泥が固まって動かなくなるので、架台が傾くことがあったとしても、設置直後の変動であると考えられる。また地上と違って海中では浮力が働くので、計測装置に働く重力の効果も小さくなる。従って、海底設置後長期にわたって海底との相対変位を起こすということは考えられない。しかし、海底との相対変位を確実に 1cm 以下に抑えるためには、平坦な海底で、上記の海底局に用いたようなフレームを架台に用いることが推奨される。また、地震に伴う海底変動を調べるためには、そのような海底ベンチマークを用いた繰り返し観測も重要である。

4. 重力測定

海底重力計は高価であるし、センサーのドリフトの問題があるので、海底地殻変動観測には、海底ベンチマークを用いた繰り返し観測が重要である。以前に相模湾に設置したような大きなコンクリート製のベンチマークを用いれば、直接その上で測定できる。ただし、有人潜水艇や無人探査機を用いた海底作業においては、海底ベンチマークにぶつかったりして姿勢や位置を変える可能性が強いため、ベンチマークのそばで測定し、海底圧力計を用いてベンチマークと重力計の高度差を 1cm の精度で測定する方式がより確実と考えられる。