

海底地殻変動観測で捉えられた「相模湾」海底基準点の移動速度

齋藤宏彰：航法測地室

佐藤まりこ：航法測地室

松本良浩：海洋研究室

The crustal movement velocity at the seafloor reference point 'Sagami Bay' detected by seafloor geodetic observation

Hiroaki SAITO: Geodesy and Geophysics Office

Mariko SATO: Geodesy and Geophysics Office

Yoshihiro MATSUMOTO: Ocean Research Laboratory

1 はじめに

海上保安庁海洋情報部は、東京大学生産技術研究所と技術協力を行いつつ、GPS/音響測距結合方式による海底地殻変動観測の技術開発（浅田・他，2001；矢吹，2002）及び海底基準点の展開を行っている。海底基準点は、釜石沖から四国沖にかけて海溝沿い陸側約100 km間隔で十数点設置しており、測量船による繰り返し観測を実施している（藤田，2006）。

本稿では、これらの海底基準点のうち、相模湾に設置した「相模湾」海底基準点における海底地殻変動観測の成果について報告する。

2 相模湾における海底地殻変動観測

相模湾では、2002年に静岡県川奈崎の東方約10 km、水深約1340 mの海底に4台1組の音響トランスポンダー（以下、海底基準局）を設置し、以来、海底地殻変動観測を繰り返し実施している。4台の

海底基準局は、対角線の長さが水深と同程度（約1340 m）の正方形型に東西南北に配置されている。

第1図に示す本海底基準点では、2002年8月から2007年2月までに6回の観測を実施した。観測は中型測量船「明洋」及び「海洋」により、1日8時間程度、1回あたり数日間にわたり行った。各観測において取得した音響測距データ数を第1表に示す。

3 観測システム及びデータ解析の手法

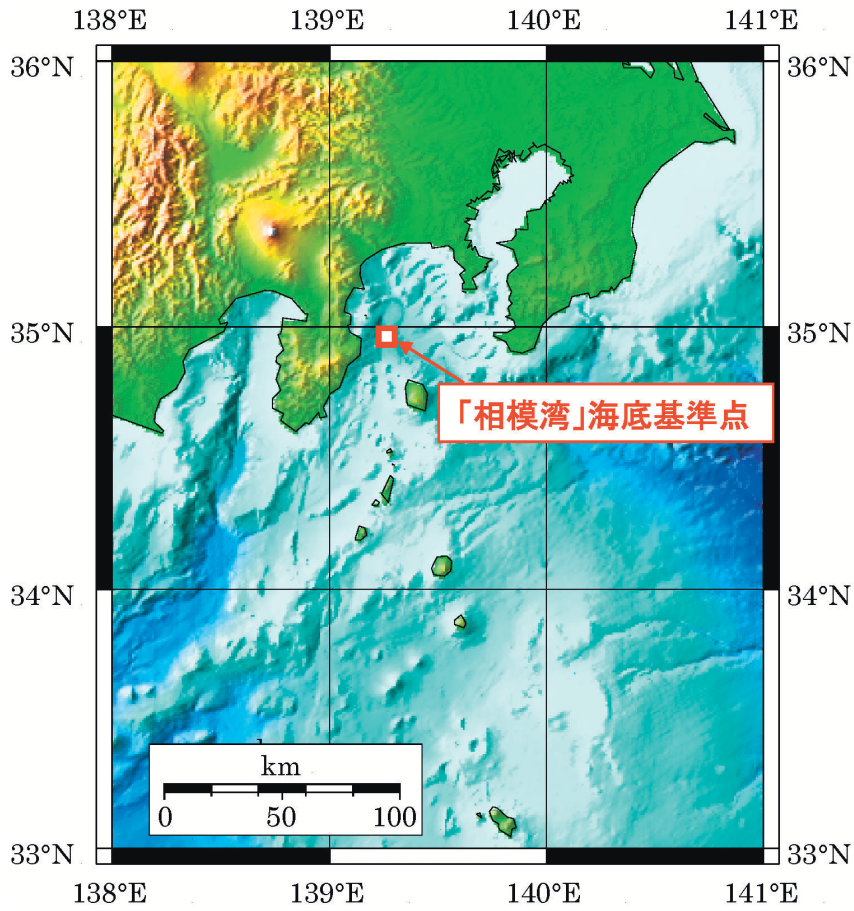
現在採用している観測システム及び解析手法については畝見（2004）及び藤田（2006）で詳細に記述されているため、ここでは概要について述べる。

海底地殻変動観測における観測システムの概念図を第2図に示す。このシステムは、海底に設置した4台の海底基準局と測量船の船尾に取り付けた約8 mの支柱及びその上下に取り付けたGPSアンテナと音響トランスデューサ、支柱の方位と傾きを測定するための動揺計測装置から構成されている。本システムでは、GPSアンテナの位置座標と、支柱の動

第1表 観測で取得したデータ数

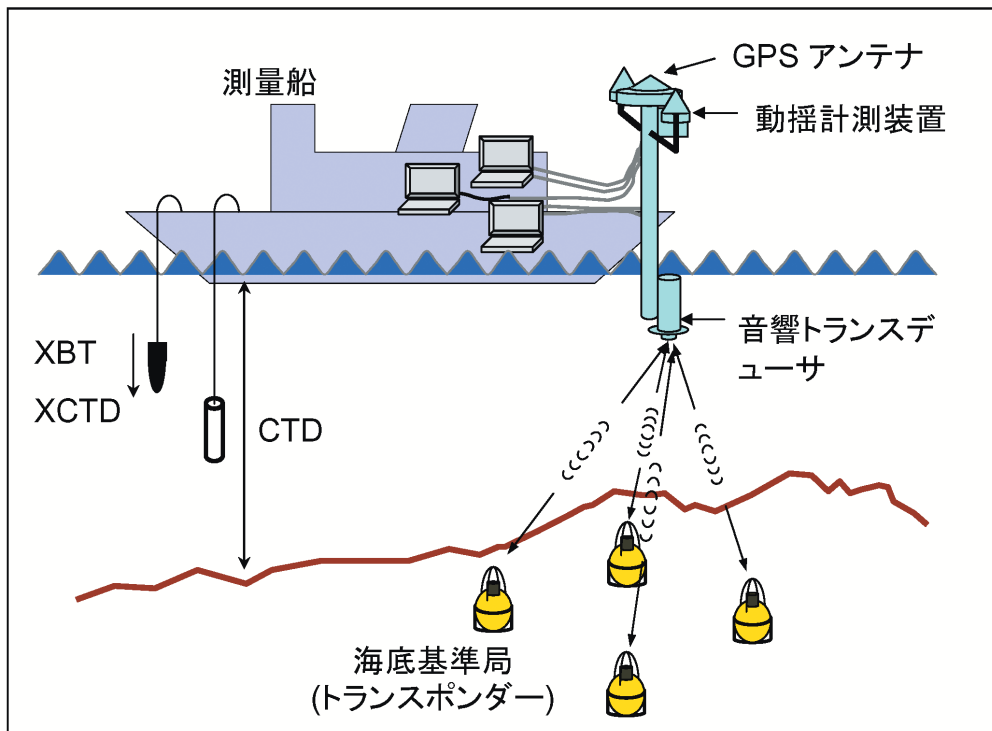
Table 1 Number of observed data for the seafloor reference point 'Sagami Bay'.

観測月	2002/8	2003/1	2004/1	2005/1	2006/1	2007/2
観測日数	2日	3日	6日	6日	6日	7日
データ数	1270	2234	7202	7693	7838	8992



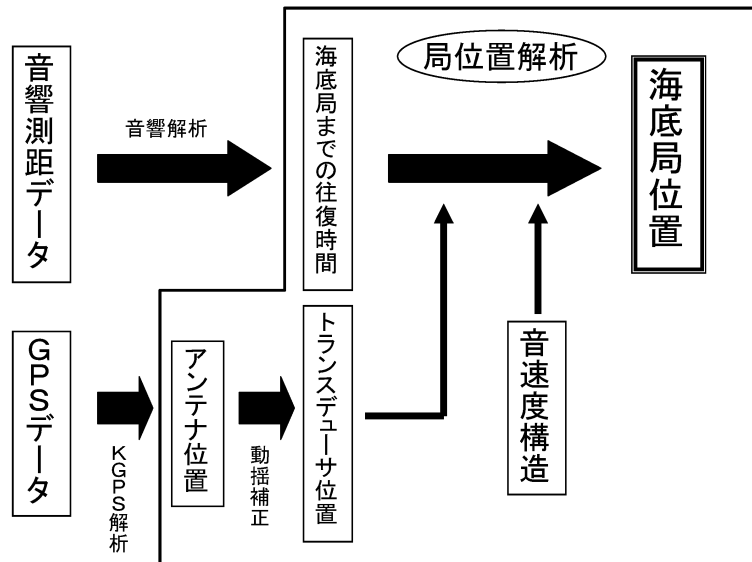
第1図 「相模湾」海底基準点の位置

Fig. 1 The location of the seafloor reference point 'Sagami Bay'.



第2図 観測システムの概念図

Fig. 2 Schematic picture of the GPS/Acoustic seafloor geodetic observation system.



第3図 解析の流れ
Fig. 3 Flow chart of analysis.

揺計測値から音響トランスデューサの位置座標を求め、さらに音響トランスデューサと海底基準局の間の音波走時から両者の相対位置関係を求めることで、海底基準局の位置座標を決定する。そして、このようにして得られた各々の海底基準局の平均位置を、海底基準点の位置とする。

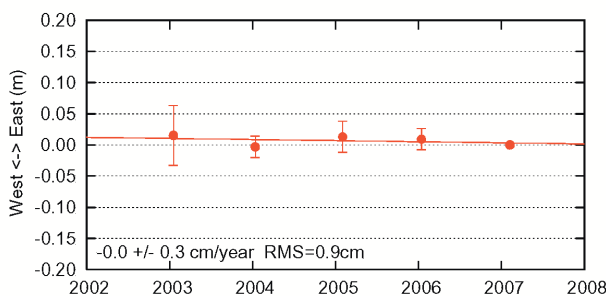
データ解析は、GPSアンテナの位置座標を決定するためのキネマティックGPS (KGPS) 解析、音響トランスデューサと海底基準局間の音波走時を求める音響解析、これら2つの結果を結合して各々の海底基準局の位置を求める局位置解析からなる(第3図)。KGPS解析では、長距離基線解析のために開発されたソフトウェア「IT」(Colombo, 1998)を使用している。また、音響解析では相関波形処理によ

る手法(浅田・他, 2001; 富山, 2003)を、局位置解析では、藤田・他(2004)によるソフトウェア「SGOBS」を使用している。

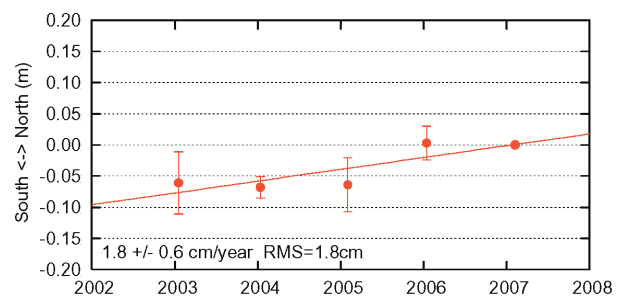
4 解析結果及び考察

第4図に、2003年1月~2007年2月の間に実施した5回の観測による「相模湾」海底基準点の水平位置の時系列をプロットし線形回帰した結果を示す。ここで、第4図に示す位置の変化は海上保安庁のSLR観測点である和歌山県下里に対する相対的な変化を表し、エラーバーは各海底基準局の基準位置からの差の標準偏差で、海底基準局間の相対位置関係のばらつきを示す指標である。また、2002年8月の観測分については、得られた音響測距のデータ数が

(a) 東西成分



(b) 南北成分



第4図 「相模湾」海底基準点の位置変化(下里固定; (a) 東西成分, (b) 南北成分)

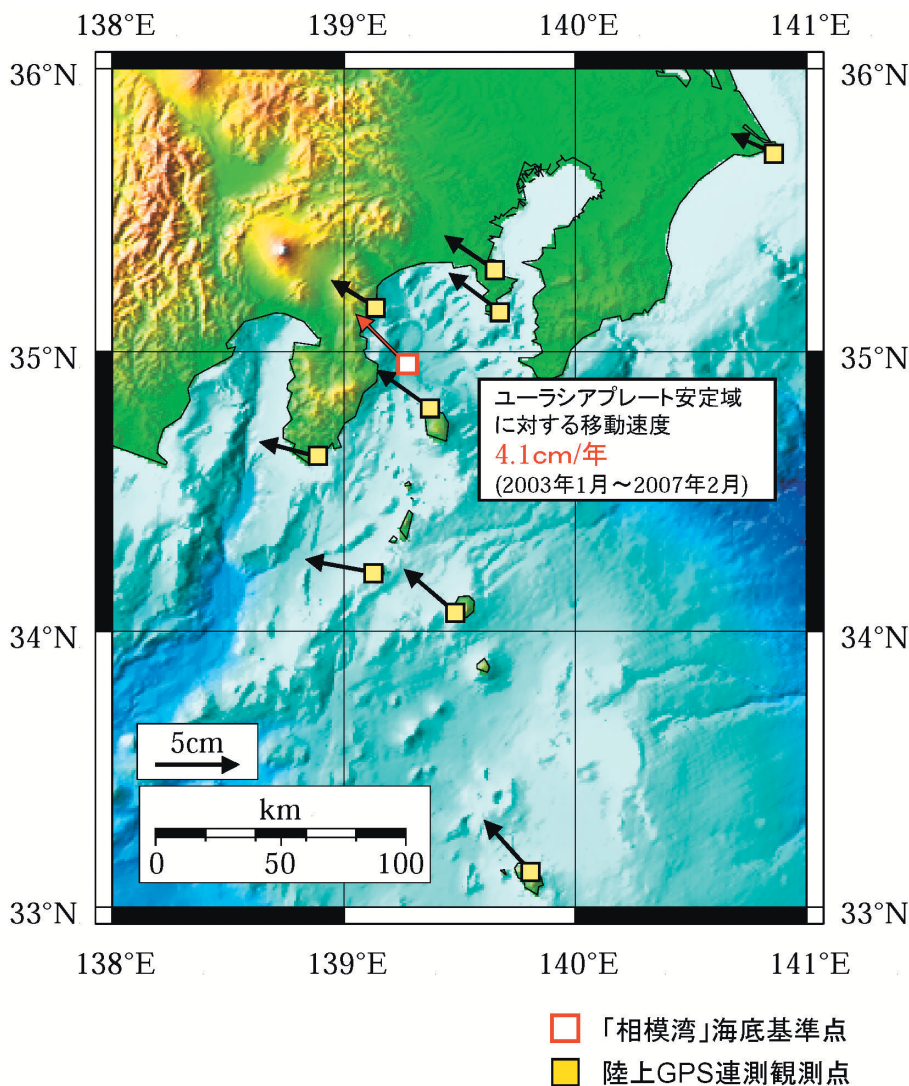
Fig. 4 The change of the position of the seafloor reference point 'Sagami Bay' (relative to Shimosato; (a) E-W components, (b) N-S components).

少ないことからプロットしていない。

第4図から、「相模湾」海底基準点は下里に対し、北向きに1.8 cm/年の速度で動いていることがわかる。各々のプロットの直線からのばらつきの程度は小さく、残差のRMSは東西成分で0.9 cm、南北成分で1.8 cmであり、既に成果の出ている「宮城沖1」海底基準点のRMS（東西：2.3 cm、南北：1.9 cm；Fujita et al., 2006）や「東海沖1」海底基準点のRMS（東西：2.9 cm、南北：2.2 cm；Matsumoto et al., 2008）と比較して小さい値であった。また、回帰直線の傾きの推定誤差は東西成分で0.3 cm/年、南北成分では0.6 cm/年であり、「宮城沖1」海底基準点の値（東西：0.6 cm/年、南北：0.5 cm/年；Fujita et al., 2006）や「東海沖1」海底基準点の値（東

西：0.8 cm/年、南北：0.6 cm/年；Matsumoto et al., 2008）と比較し、同程度かやや小さい値であった。これらは、相模湾における海底基準点の位置が他海域のそれよりも比較的精度良く決定されていることを示している。

次に、線形回帰から得られた年間の位置変化率を、位置の基準点である下里のユーラシアプレート安定域に対する相対速度（291°、3.2 cm/年；Sengoku, 1998）で補正を行うことで、「相模湾」海底基準点のユーラシアプレート安定域に対する移動速度を求めた。その結果、「相模湾」海底基準点はユーラシアプレート安定域に対し、北西に4.1 cm/年の速度で移動していることが算出された。第5図に、算出された移動速度を地図上にベクトル表示したもの



第5図 「相模湾」海底基準点のユーラシアプレート安定域に対する移動速度
 Fig. 5 Crustal velocity at the seafloor reference point 'Sagami Bay' relative to the Eurasian plate.

を示す。ここで、第5図には当庁の陸上GPS連続観測（淵之上・他、2005）の2003年1月～2007年2月における結果から得られた移動速度も合わせて図示している。

第5図から、「相模湾」海底基準点における移動速度は真鶴、伊豆大島といった「相模湾」海底基準点付近の陸上GPS連続観測点における移動速度と、大きさ、方向とも調和的であることが分かる。このことは、「相模湾」海底基準点と互いの位置が地理的に近いこと、共に同じフィリピン海プレート上にあることを考慮すれば妥当な結果であると考えられる。

5 まとめ

5年にわたる海底地殻変動観測により、相模湾において海底が4.1 cm/年の速さで北西に移動していることが捉えられた。相模湾において、海底の地殻変動が捉えられたのは初めてである。今回得られた成果は、「相模湾」海底基準点付近の陸上GPS連続観測点で観測されている地殻変動と比較して、大きさ、方向とも整合的であり、当庁の海底地殻変動観測の信頼度の高さを示している。今後、他の海域においても観測を積み重ね、結果の報告を目指していきたい。

謝辞

NASA/GSFCのColombo博士には、KGPS解析のソフトウェア「IT」を提供して頂いた。KGPS陸上基準点の一部は、国土地理院より電子基準点1秒データを提供頂いている。海底地殻変動観測は、航法測地室担当職員、測量船「明洋」及び「海洋」の乗組員、並びに東京大学生産技術研究所浅田研究室の各氏ほか多くの方々の協力の下に実施されている。記して感謝する。

参 考 文 献

浅田昭・矢吹哲一郎（2001），熊野トラフにおける長期地殻変動観測技術の高度化，地学雑誌，110（4），529-543。
Colombo, O.L. (1998), Long-Distance Kinematic

GPS, in GPS for Geodesy 2nd edition, edited by Teunissen, P. J. G. and Kleusberg, A, pp. 537-568, Springer Verlag, Europe.

Sengoku, A (1998), A plate motion study using Ajisai SLR data, Earth Planets Space, 50, 611-627.

矢吹哲一郎（2002），海底地殻変動観測を目指した音響技術開発，水路部研究報告，38，47-58。

畝見潤一郎（2004），海底地殻変動観測の現状と諸問題について，海洋情報部技報，22，33-41。

藤田雅之・佐藤まりこ・矢吹哲一郎（2004），海底地殻変動観測における局位置解析ソフトウェアの開発，海洋情報部技報，22，50-56。

藤田雅之（2006），GPS/音響測距結合方式による海底地殻変動観測～海上保安庁の取り組み（レビュー）～，海洋情報部研究報告，42，1-14。

Fujita, M., Y. Matsumoto, T. Ishikawa, M. Mochizuki, M. Sato, S. Toyama, K. Kawai, T. Yabuki, A. Asada and O. L. Colombo (2006), Combined GPS/Acoustic seafloor geodetic observation system for monitoring off-shore active seismic regions near Japan, Proc. ION GNSS-2006, Fort Worth, Texas, 592-603.

淵之上紘和，河合晃司，藤田雅之（2005），海上保安庁のGPS連続観測～データ収録・解析システムの更新とその評価～，海洋情報部技報，23，50-56。

富山新一（2003），海底地殻変動観測における音響解析，海洋情報部技報，21，67-72。

Matsumoto, Y., M. Sato, M. Fujita, T. Ishikawa, H. Saito, M. Mochizuki, T. Yabuki and A. Asada (2008), Undersea crustal movement off the Tokai District, central Japan, detected by GPS/Acoustic seafloor geodetic observation, Report of Hydrographic and Oceanographic Researches, 44 (in submission).