1-4 海底地殻変動観測結果 Results of Seafloor geodetic observations

海上保安庁 Japan Coast Guard

海上保安庁では、これまで主に日本海溝沿いや南海トラフ沿い陸側の海底に、海底基準点を設置し、 キネマティック GPS/音響測距方式による海底地殻変動観測を実施している.ここでは、「福島沖」、「宮城 沖1」、「宮城沖2」、「相模湾」、「東海沖1」及び「東海沖2」の各海底基準点における最近の観測結果について報告する.

海底地殻変動観測はこれまで船尾に観測支柱を取り付け,漂流しながらの観測を行ってきたが,2008 年3月,更なる観測の効率化を図るため,測量船の船底に音響トランスデューサ(送受波器)を設置した. これにより,航走しながらの観測が可能となり,今後,一海域あたりの観測時間の大幅な削減と観測データ の空間バランスの改善による観測精度の向上が期待される(別紙参照).なお,今回報告する2008年7月 の観測の一部は,航走観測により行われた.

(1) 宮城沖・福島沖

「福島沖」海底基準点

「福島沖」海底基準点では,第1図に示す塩屋埼の東方約80km,水深1200mの地点に海底基準点を2002年に設置して以来,観測を繰り返し実施している.

第2図に,2002年6月~2008年3月の間に行った計6回の観測から得られた局位置解の水平成 分の時系列を示す.これらの座標値について,線形回帰により年間の位置変化率を求め,これを基準点 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°,3.2cm/年;Sengoku(1998);SLR グ ローバル解析による)で補正し,「福島沖」海底基準点のユーラシアプレート安定域に対する動きとして 西向きに3.1cm/年の速度ベクトルが得られた(第1図).

この結果は、沿岸の陸上 GPS 連続観測点の移動速度と同水準であるとともに、太平洋プレートのユ ーラシアプレート安定域に対する速度(9.2cm/年; NUVEL-1A モデル)と比べて有意に小さいことから、 この辺りではプレート境界の固着がそれほど強くないと考えられる.

「宮城沖1」海底基準点

「宮城沖 1」海底基準点では,金華山の東方約 120km,水深 1700m の地点に海底基準点を 2001 年に設置して以来,観測を繰り返し実施している.これまでに 2005 年 8 月 16 日の宮城県沖の地震発 生前の観測(2002 年 5 月~2005 年 8 月の 10 回分)から,ユーラシアプレート安定域に対する移動速 度として,西北西に約 7.3cm/年という値が得られている(第 1 図).

2007 年度は7月に観測を行った. 第3図に,「宮城沖1」海底基準点で2002 年5月~2007 年7月の観測から得られた局位置解の水平成分の時系列を示す. 2005 年8月16日の宮城県沖の地震(M7.2)以後については,ばらつきが大きく,有意な変動は検出されていない.

「宮城沖2」海底基準点

「宮城沖2」海底基準点では、「宮城沖1」海底基準点から約50km陸寄りの水深1100mの地点(第1図)に2004年に設置して以来、観測を繰り返し実施している.これまでに2005年10月までに得られた データから、2005年8月16日宮城県沖の地震(M7.2)に伴う東に約10cmの移動を報告している.

2007年度は2007年7月と2008年3月に観測を行った.第4図に、「宮城沖2」海底基準点で2005年6月~2008年3月の観測から得られた局位置解の水平成分の時系列を示す.2005年8月の宮城県沖の地震以後については、特に南北方向でばらつきが大きく、有意な変動は検出されていない.

地震活動から推定される固着の度合いとの比較

Uchida et al.(2006)によると、「宮城沖 1」海底基準点の海底下では、小繰り返し地震は起きておらず、 2003 年 10 月 31 日の福島県沖の地震(M6.8)のすべり領域となっている. また、「福島沖」海底基準点 の海底下では、小繰り返し地震が起きており、この辺りのプレート境界では年約 1~2cm 程度の準静的 すべりがあることが分かっている(第5図).

これらのことから、「宮城沖1」海底基準点の辺りではプレート境界の固着が強く、「福島沖」海底基準点の辺りでは固着が弱いと推定される.

海底地殻変動観測の結果においても、「宮城沖 1」海底基準点と「福島沖」海底基準点で有意に異なる移動速度を示しており、地震活動から推定される固着の強弱と調和的である.

(2) 相模湾

「相模湾」海底基準点

相模湾では、伊豆半島川奈埼の東方約 10km、水深約 1300mの地点(第 6 図)に海底基準点を 2002年に設置して以来、観測を繰り返し実施している. これまでに、2003年1月~2007年2月の観測 から、ユーラシアプレート安定域に対して北西に4.1cm/年という結果を報告しており(第173回地震予知 連絡会(平成 19 年 5 月 14 日))、その後、2007 年 9 月、2008 年 4 月、7 月に観測を実施した.

第7図に、「相模湾」海底基準点で2003年1月~2008年7月の間に行った8回の観測から得られた局位置解の水平成分の時系列を示す.これらの座標値について、線形回帰により年間の位置変化率を求め、これ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°, 3.2cm/年;Sengoku (1998);SLR グローバル解析による)で補正し、北西に3.5cm/年の速度ベクトルが得られた.

この結果は、周辺の当庁 GPS 連続観測点(真鶴,伊豆大島等)の観測結果に調和的であるとともに、 求められた速度の大きさは「相模湾」海底基準点の北西に位置する真鶴局と南西に位置する伊豆大島 局の速度の中間にある.

(3) 東海沖

<u>「東海沖 1」海底基準点</u>

「東海沖1」海底基準点では、御前埼の南方約60km、水深約2400mの地点(第8図)に海底基準点を2002年に設置して以来、観測を繰り返し実施している.これまでに、2002年8月~2007年4月の 観測から、ユーラシアプレート安定域に対して西北西に2.9cm/年という結果を報告しており(第174回地 震予知連絡会(平成19年8月20日)), その後, 2008年7月に観測を実施した.

第9図に、「東海沖1」海底基準点で2002年8月~2008年7月の間に行った6回の観測から得ら れた局位置解の水平成分の時系列を示す.これ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°, 3.2cm/年)で補正し、北西に2.5cm/年の速度ベクトルが得られた.

なお,2004 年 9 月 5 日に紀伊半島南東沖地震(M7.4, M6.9)が発生し,海底地殻変動の観測結果 を用いて推定した Kido et al. (2006)の断層モデルによると,「東海沖 1」海底基準点では南に 1.4cm の 変位が推定される.このため,参考として,地震前の結果を補正した時系列及び速度ベクトルを第 8 図 及び第 9 図に併せて示す.補正の有無による大きな差は見られない.

「東海沖2」海底基準点

「東海沖 2」海底基準点では、御前埼の南西沖約 100km, 水深約 1560mの地点(第 8 図)に 2002 年に設置して以来, 観測を繰り返し実施している.

第10回に,「東海沖2」海底基準点で2002年8月~2008年7月の観測から得られた局位置解の水平成分の時系列を示す.

Kido et al. (2006)の断層モデルによると、「東海沖 2」海底基準点では、紀伊半島南東沖地震に伴う 地殻変動として南に 4.3cm の変位が推定される. このため、参考として、「東海沖 1」と同様に地震による 地殻変動を考慮しないで速度ベクトルを求めた結果と、地震前の結果を Kido et al.(2006)の断層モデ ルから推定される地殻変動を補正して速度ベクトルを求めた結果を第8図及び第10図に示す. いずれ も観測データが少ない 2006 年 11 月の結果は速度ベクトルの算出に使用していない. 補正の有無によ る速度の差は、南北方向で約1cm/年である.

<参考文献>

- Kido, M., H. Fujimoto, S. Miura, Y. Osada, K. Tatsuka, and T. Tabei (2006): Seafloor displacement at Kumano-nada caused by the 2004 off Kii Peninsula earthquakes, detected through repeated GPS/Acoustic surveys, Earth Planets Space, 58, 911-915.
- ■「宮城沖2」海底基準点は、文部科学省のプロジェクト「宮城県沖地震に関するパイロット的な重点的調査観測」(平成14~ 16年度)の一環として設置したものである.
- ■解析に用いた KGPS 陸上基準点の一部は,国土地理院の電子基準点であり,1 秒データを提供していただいている.また,この観測は,東京大学生産技術研究所との技術協力のもとに実施している.

■図のプロットは,海底に設置された海底基準点の位置を適宜設定した基準位置との差として示している.なお,海底基準 点の位置は海底に複数個設置した海底基準局の平均位置である. エラーバーは,個々の海底基準局について,それぞれの基準位置からの差を求め,そのばらつきのRMSを図示したもの で,海底基準局間の相対位置関係の決定精度を示す指標である.

■地殻変動量の計算には、気象研究所開発の MICAP-G を使用した.



第1図「福島沖」海底基準点のユーラシアプレート安定域に対する速度ベクトル (赤,黒の矢印は,それぞれ当庁海底基準点及び当庁GPS連測観測点の速度ベクトルを表す.)

Fig.1 Crustal velocity at the seafloor reference point off Fukushima relative to the stable part of the Eurasian plate (red solid arrows show the crustal velocity at the seafloor reference point, and black solid arrows show the crustal velocity at JCG's on-land GPS stations).



Fig.2 Time series of the estimated position of the seafloor reference point off Fukushima ((a)relative to Shimosato, (b)relative to the stable part of the Eurasian plate).



第4図「宮城沖2」海底基準点の位置変化(下里固定)

Fig.4 Time series of the estimated position of the seafloor reference point off Miyagi 2 relative to Shimosato.



第5図 小繰り返し地震の分布(1984年~2006年1月)と地震によるすべり分布 Fig.5 Distribution of small repeating earthquakes(1984-January 2006) and slip distributions of the 2003 and 2005 Off Miyagi Prefecture Earthquakes.

□:海上保安庁の海底基準点(JCG's seafloor reference points) ●:小繰り返し地震の分布(Distribution of small repeating earthquakes)
☆:M6以上の地震の震源(Hypocenters (M≥6))

青のコンター:2005年8月16日の地震(M7.2)によるすべり分布

(Brue contours : Slip distribution of the 2005 Off Miyagi Prefecture Earthquake (M7.2))

オレンジのコンター:2003年10月31日の地震(M6.8)によるすべり分布

(Orange counters : Slip distribution of the 2003 Off Miyagi Prefecture Earthquake (M6.8))

A~G:Uchida et al.(2006)中で使用されている小繰り返し地震の地域グループ

(A~G: Small repeating earthquake groups used in Uchida et al.(2006))

Uchida et al.(2006)の図に加筆 (Retouched a figure of Uchida et al.(2006))



第6回「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速度ベクトル(赤,黒の矢印は,それぞれ当庁海底基準点及び当庁GPS連続観測点の速度ベクトルを表す.)

Fig.6 Crustal velocity at the seafloor reference point at Sagami Bay relative to the stable part of the Eurasian plate (red solid arrow shows the crustal velocity at the seafloor reference point, and black solid arrows show the crustal velocity at JCG's on-land GPS stations).





☆

0.30

0.20

0.10

0.00

-0.10

0.20

0.10

0.00 -0.10

-0.20

West <-> East (m)

Nest <-> East (m)



2009



(The 2004 Southeast Off Kii Peninsula Earthquake (M7.4 and M6.9))







船底音響トランスデューサによる航走観測について

海上保安庁では、海底地殻変動観測の効率化を図り、より安定した高精度な観測を実現するため、測量船「明洋」の船底に音響トランスデューサを常設した。

従来の支柱式観測システムでは、航走に伴うノイズや支柱への負荷を避けるため、漂流しな がら観測しなければならなかったが、今回の改造により、24時間体制で航走しながら観測を行 うことが可能となった。

航走観測の実現により、音響トランスデューサの上げ下げや測線の移動にかかる時間が削減 され、一海域あたりの観測時間の大幅な短縮が見込まれるとともに、観測データの空間的なバ ランスの改善による<u>観測精度の向上</u>が期待される。

なお、測量船「海洋」を使用する場合は、今後も支柱式による漂流観測を行う。

