

1 2－3 海底地殻変動から見たプレート境界の固着とすべりの状況

Coupling condition and slip distribution on the plate boundary estimated from the 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おり、地震予知連絡会等において適宜観測結果を報告している。

ここでは、宮城県沖・福島県沖の海底地殻変動観測が捉えたプレート境界の固着状況について報告する。

1. 海底地殻変動観測結果

宮城県沖・福島県沖には、3 点の海底基準点「宮城沖 1」、「宮城沖 2」、「福島沖」が設置されており（第 1 図）、測量船による繰り返し観測を実施している。

これまでの観測で得られたユーラシアプレート安定域に対する速度ベクトルを第 1 図に、各海底基準点の位置座標時系列を第 2 図に示す。なお、第 1 図の速度ベクトルは、第 2 図に示した座標値の線形回帰により求めたものである。

宮城県沖では、2005 年 8 月 16 日に「宮城沖 2」海底基準点の西方約 10km のところで M7.2 の地震（宮城県沖の地震）が発生しており、「宮城沖 2」海底基準点では、この地震により東に約 10cm 移動したことが捉えられた。その後、2006 年末頃までは顕著な地殻変動は検出されなかったが、2007 年頃から西北西方向の地殻変動が見られており、その速度は約 6.5cm/年と推定される。これら一連の地殻変動は、2005 年の宮城県沖の地震によるひずみの開放から蓄積開始に至る過程を示唆していると考えられる。

「宮城沖 2」海底基準点の東方約 50km に位置する「宮城沖 1」海底基準点では、2005 年の宮城県沖の地震前の観測から、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。同地震後については、ばらつきが大きく、系統的な変動は検出されていなかったが、最近の観測結果では西向きの変位が検出されており、「宮城沖 2」海底基準点で検出された一連の動きと矛盾しない結果である。参考までに、2006 年 12 月以降の座標値から「宮城沖 1」海底基準点の速度ベクトルを求めると、西北西方向に 6.5cm/年が得られる。

また、「宮城沖 2」海底基準点の南南西約 110km に位置する「福島沖」海底基準点では、2002 年から 2008 年までの観測から、ユーラシアプレート安定域に対する移動速度として、西向きに 3.1cm/年という値が得られている。

2. 海底地殻変動から見たプレート境界の固着とすべりの状況

海底地殻変動観測の結果、宮城県沖の海底下では、2005 年の宮城県沖の地震でひずみが開放され、その後 1 年程度の余効変動を経て、2007 年頃から再びひずみの蓄積が開始したことが推定される。

海底地殻変動観測から得られた定常的な移動速度を、沿岸の陸上 GPS 観測点の移動速度（宮城県沿岸で約 4cm/年、福島県沿岸で約 3cm/年）及び太平洋プレートの移動速度（9.2cm/年；NUVEL-1A モデル）と比較すると、「宮城沖 1」、「宮城沖 2」海底基準点では比較的速度が大きく、「福島沖」海底基準点では速度が有意に小さいことがわかる。このことから、「宮城沖 1」、「宮城沖 2」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、固着が弱いと考えられる。

3. 他の観測結果との比較

(1) 陸上 GPS データによるバックスリップモデルから推定される速度ベクトルとの比較

第 3 図に、陸上 GPS データによるバックスリップモデル（Suwa et al., 2006）から推定される速度ベクトルと当庁の「宮城沖 1」、「宮城沖 2」、「福島沖」海底基準点における海底地殻変動観測から求められた速度ベクトルを示す。

海底地殻変動観測から求めた速度ベクトルは、バックスリップモデルから推定される速度ベクトルと大局的には矛盾しないが、各海底基準点とも方向や大きさがやや異なっている。

(2) 地震活動から推定される固着の度合いとの比較

第 4 図に、宮城県沖～福島県沖の小繰り返し地震と地震によるすべり分布を示す（Uchida et al., 2006）。「宮城沖 1」、「宮城沖 2」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、それぞれ 2003 年、2005 年の宮城県沖の地震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いることがわかる。

これらのことから、「宮城沖 1」、「宮城沖 2」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、これらの結果は、海底地殻変動観測の結果と調和的である。

4. まとめ

5 年以上にわたる海底地殻変動観測により、プレート境界の固着状況の強弱を捉えたほか、地震時のひずみの開放からひずみの蓄積に至るまでの一連の過程も捉えることができ、海底地殻変動観測は技術的に見て実用的なレベルに達していると思料される。

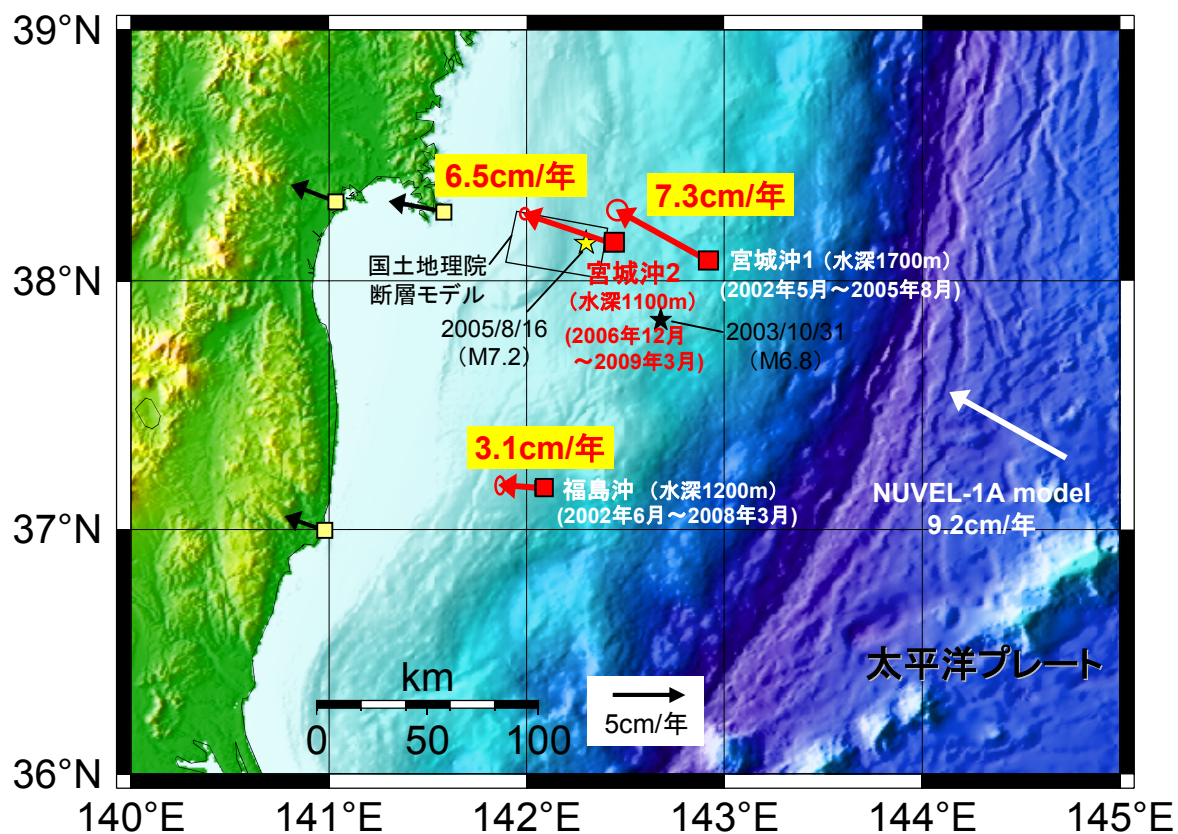
しかしながら、海底基準点は、陸上の GPS 観測点に比べてはるかに少なく、プレート境界の固着状況の詳細な分布を捉えるためには、海底基準点の充実が不可欠である。そのため、今後も継続して観測を実施するとともに、更なる高精度化・効率化を図り、より時空間的に密な観測体制の確立を目指すことが重要である。

<参考文献>

Suwa, Y., S. Miura, A. Hasegawa, T. Sato, and K. Tachibana (2006): Interplate coupling beneath NE Japan inferred from three-dimensional displacement field, *J. Geophys. Res.*, **111**, doi:10.1029/2004JB003203.

Uchida, N., T. Matsuzawa, S. Hirahara, and A. Hasegawa (2006): Small repeating earthquakes and interplate creep around the 2005 Miyagi-oki earthquake (M=7.2), *Earth Planets Space*, 58, 1577–1580

- 「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。
- 第 2 図のプロットについて
 - ・図は、海底基準点の位置（複数個の海底基準局の平均位置）を適宜設定した基準位置との差として示している。
 - ・各海底基準点の位置は、当庁の本土基準点である下里（SLR 観測局）を基準として決定され、その位置を下里のユーラシアプレート安定域に対する速度（291°, 3.2cm/年；Sengoku(1998)；SLR グローバル解析による）で補正し、ユーラシアプレートに対する速度として示している。
 - ・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。

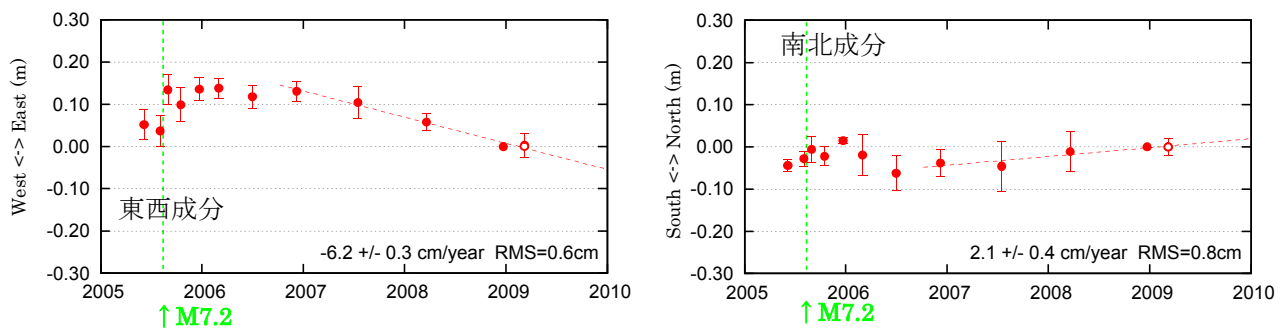


第1図 ユーラシアプレート安定域に対する速度ベクトル

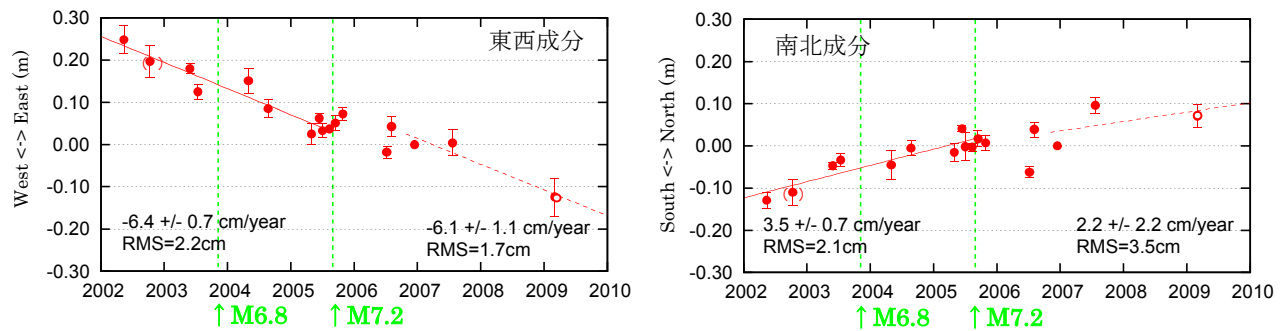
Fig.1 Crustal movement velocity at the seafloor reference points relative to the stable part of the Eurasian plate.

- : 当庁海底基準点の速度ベクトル
(Crustal movement velocity of JCG's seafloor reference points)
- : 当庁GPS連測観測点の速度ベクトル(2002年7月～2005年7月)
(Crustal movement velocity of JCG's GPS reference points (Jul. 2002 – Jul. 2005))
- ★ : 2003年10月31日の宮城県沖の地震 (M6.8) の震央
(Epicenter of the 2003 Off Miyagi Prefecture Earthquake(M6.8))
- ★ : 2005年8月16日の宮城県沖の地震 (M7.2) の震央
(Epicenter of the 2005 Off Miyagi Prefecture Earthquake(M7.2))
- 長方形 : 同地震の国土地理院断層モデル
(Rectangular : rectangular fault model proposed by GSI (2005))

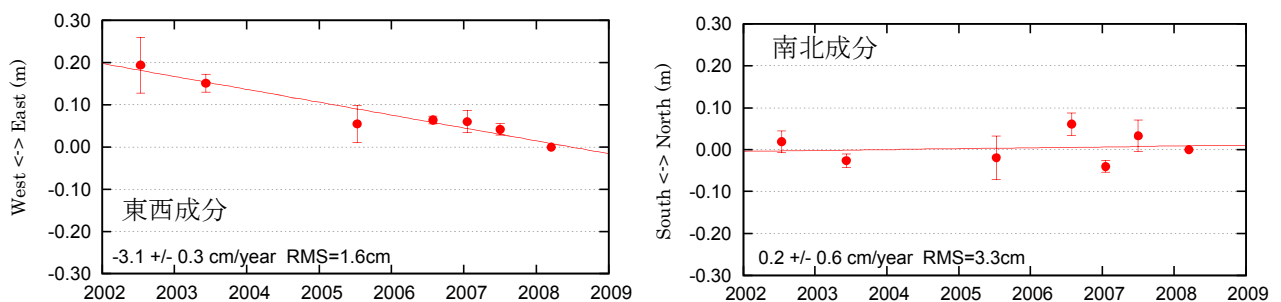
(a) 「宮城沖2」海底基準点



(b) 「宮城沖1」海底基準点



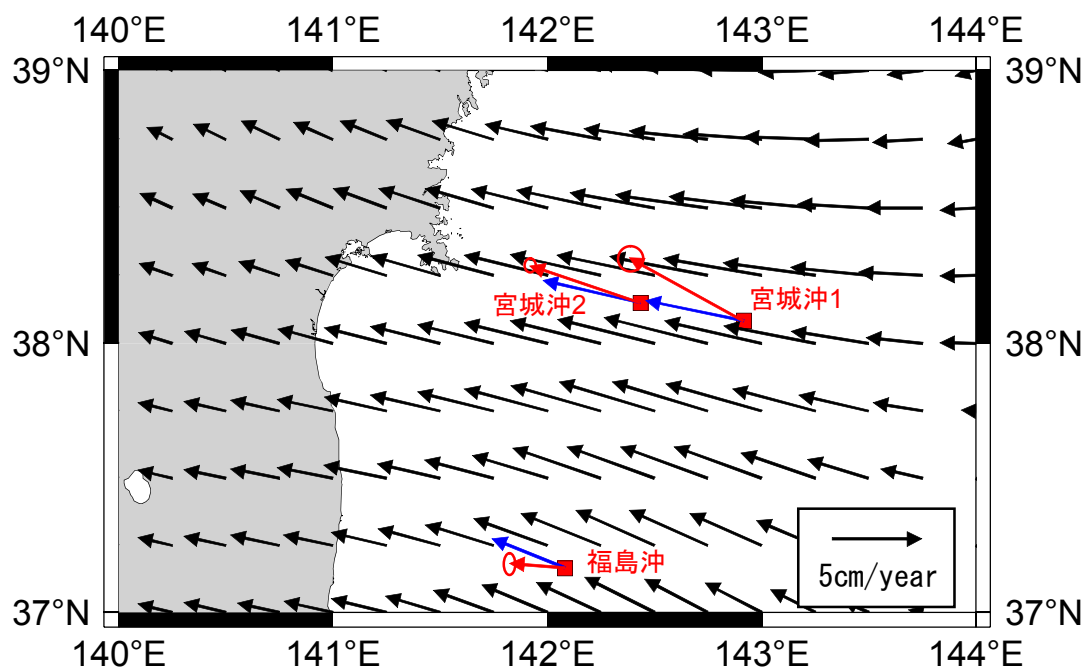
(c) 「福島沖」海底基準点



第2図 「宮城沖2」、「宮城沖1」、「福島沖」海底基準点の位置変化(ユーラシアプレート固定)

Fig.2 Time series of the estimated position of the seafloor reference points off Miyagi 1, off Miyagi2 and off Fukushima. (relative to the stable part of the Eurasian plate)

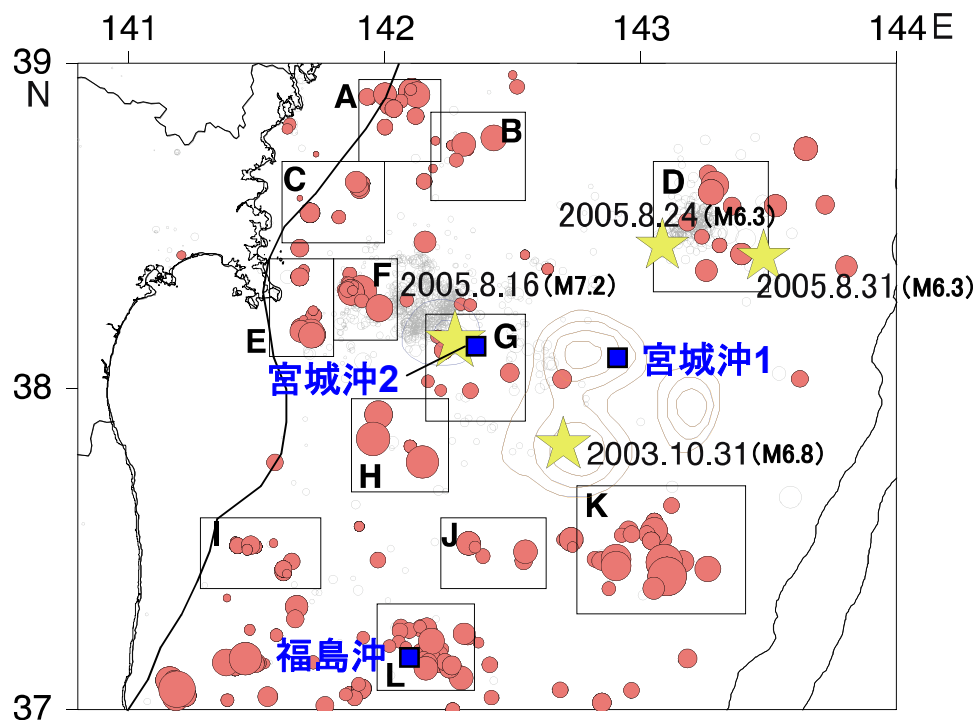
● : 漂流観測(Drifting observation) ○ : 航走観測(Sailing observation)
 - - - : 2003年10月31日の地震(M6.8)及び2005年8月16日の地震(M7.2)
 (The Earthquake on Oct. 31, 2003(M6.8) and on Aug. 16, 2005(M7.2))



第3図 バックスリップ分布から推定される速度ベクトルとの比較 (EU固定)

→ : 海底地殻変動観測から求められた速度ベクトル
→ : Suwa et al.(2006)から推定される速度ベクトル
→ : Suwa et al.(2006)から推定される速度ベクトル

Fig.3 Crustal movement velocity at the seafloor reference points relative to the stable part of the Eurasian plate. Red arrows show the observed results. Black and blue arrows show the synthetic vectors calculated from the back-slip model of Suwa et al.(2006).



第4図 小繰り返し地震の分布と地震によるすべり分布(1984年～2006年1月)

Fig.4 Distribution of small repeating earthquakes and slip distributions (1984 - January 2006).

- :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 ($M \geq 6$))
- 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
(Blue 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))