

3-7 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、2005年8月16日に発生した宮城県沖の地震(M7.2)後の「宮城沖2」及び「宮城沖1」の各海底基準点における観測結果について報告する。

○ 「宮城沖2」海底基準点

「宮城沖2」海底基準点では、2004年に金華山の東方約70km、水深1100mの地点(第1図)に海底基準局を設置して以来、観測を繰り返し実施している。これまでに2005年8月16日宮城県沖の地震(M7.2)に伴う東に約10cmの地殻変動を検出している。

2008年度は2008年12月と2009年3月に観測を実施した。第2図(a)に、「宮城沖2」海底基準点で2005年6月から2009年3月までの観測から得られた海底基準点の水平位置の時系列を示す。東西成分、南北成分ともに、2005年8月16日の地震直後から2006年末までは顕著な地殻変動は検出されなかったが、2007年頃から西北西向きの動きが始まったことがわかる。

この西北西の動きは、「宮城沖2」海底基準点の海底下において、同地震の余効変動が2006年末頃まで続き、2007年頃から太平洋プレートの沈み込みに伴う地殻ひずみの蓄積が再開されたことを示唆しており、地震によるひずみの開放から蓄積開始に至る一連の過程を海底で初めて捉えたものと考えられる。

ひずみの蓄積が再開されたと見られる2006年12月から2009年3月までの5回の座標値について、線形回帰により「宮城沖2」海底基準点のユーラシアプレートに対する速度ベクトルを求めると、西北西方向に6.5cm/年が得られた(第1図)。

この速度は、「宮城沖1」海底基準点における移動速度(299°、7.3cm/年)と比べてやや小さいものの陸上GPSの移動速度(3~4cm/年)や「福島沖」海底基準点の移動速度(3.1cm/年)と比べて有意に大きく、「宮城沖2」海底基準点のあたりでは固着が強く、現在もひずみを蓄積していることが示唆される。

○ 「宮城沖1」海底基準点

「宮城沖1」海底基準点では、2001年に金華山の東方約120km(「宮城沖2」海底基準点の東方約50km)、水深1700mの地点に海底基準局を設置して以来、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)。

2008年度は2009年3月に観測を実施した。第2図(b)に、「宮城沖1」海底基準点で2002年5月

から 2009 年 3 月までの観測から得られた海底基準点の水平位置の時系列を示す。

2005 年 8 月 16 日の宮城県沖の地震 (M7.2) 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、2009 年 3 月の観測結果で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同地震後の一連の動きと矛盾しない結果である。

参考までに、「宮城沖 2」海底基準点と同様に、2006 年 12 月から 2009 年 3 月までの 3 回の座標値について、「宮城沖 1」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を求めると、西北西方向に 6.5cm/年が得られた。

○ 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ことがわかる。

○ 陸上の GPS 観測から推定される地震後のすべり分布との比較

第 4 図に、陸上 GPS 観測から推定される 2005 年宮城県沖の地震後のすべり分布 (Miura et al., 2006) を示す。第 4 図から、「宮城沖 1」及び「宮城沖 2」海底基準点付近では、数 cm に相当する東南東向きの余効すべりがあったことが推定される。

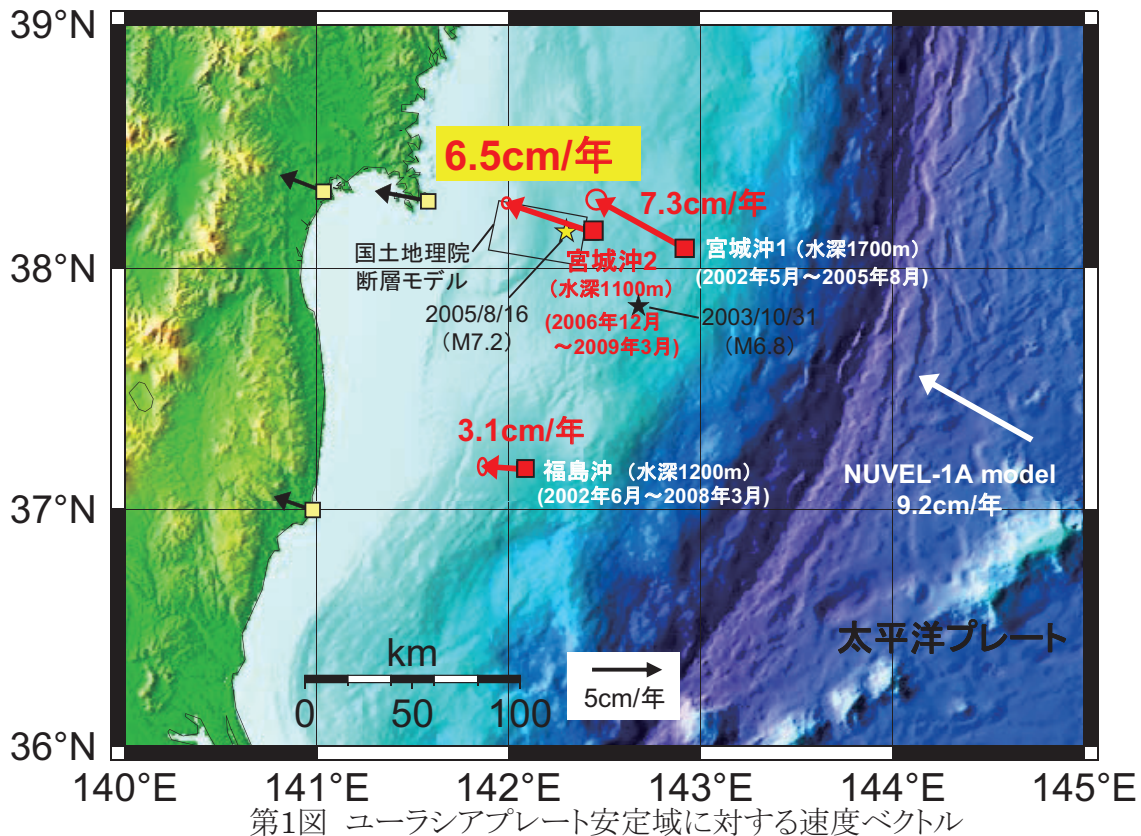
海底地殻変動観測の観測結果によると、「宮城沖 2」海底基準点では、各観測結果のばらつきが大きいものの、地震後、南東方向に動いたようにも見え、陸上 GPS 観測から推定されるすべり分布と概ね調和的である。「宮城沖 1」海底基準点については、ばらつきが大きく、有意な変動は見られない。

■「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 (付録参照)。
- ・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。

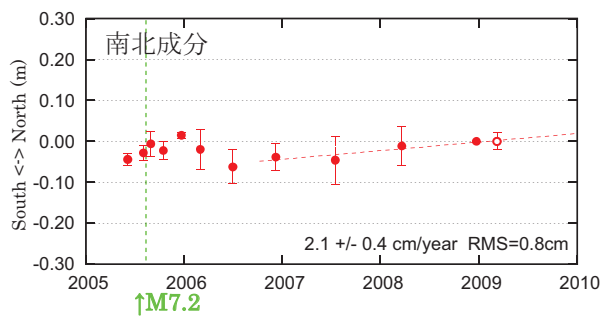
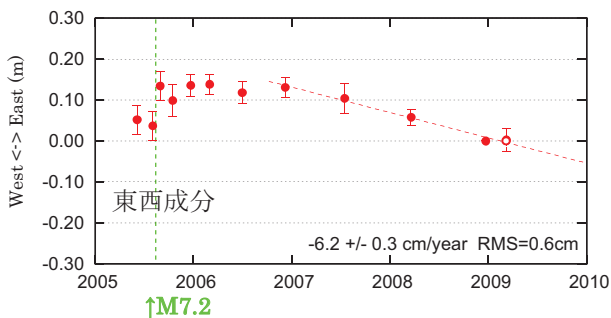


第1図 ユーラシアプレート安定域に対する速度ベクトル

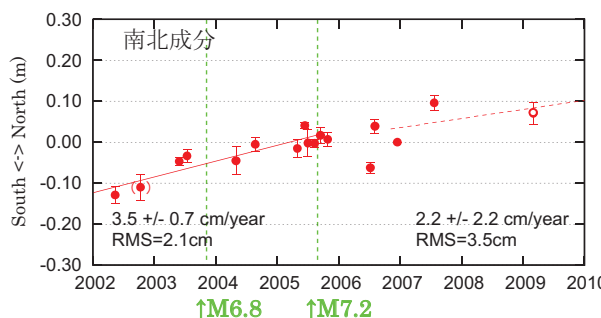
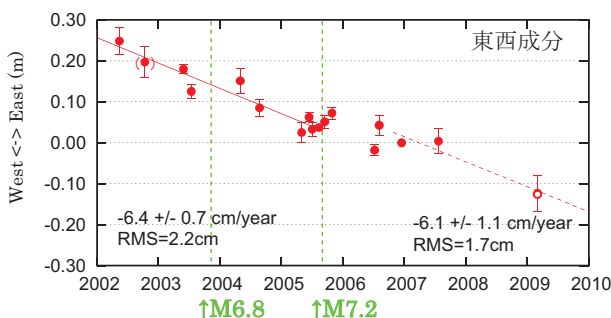
Fig.1 Crustal velocity vectors relative to the stable part of the Eurasian plate.

赤・黒の矢印は、それぞれ当庁海底基準点の速度ベクトル(図中の期間)及び当庁GPS連測観測点(2002年7月～2005年7月)の速度ベクトルを示す。(Red solid arrows show the crustal velocity at the seafloor reference points for the periods shown in Fig.1). Black solid arrows show the crustal velocity at JCG's on-land GPS stations (Jul. 2002～Jul. 2005).
 ☆:2005年8月16日の宮城県沖の地震(M7.2)の震央(Epicenter of off Miyagi earthquake(M7.2) on Aug. 16, 2005)
 ★:2003年10月31日の宮城県沖の地震(M6.8)の震央(Epicenter of off Miyagi earthquake(M6.8) on Oct. 31, 2003)
 長方形は同地震の国土地理院断層モデルを示す。(Rectangle shows the fault model of off Miyagi earthquake(M7.2) by GSI.)

(a) 「宮城沖2」海底基準点



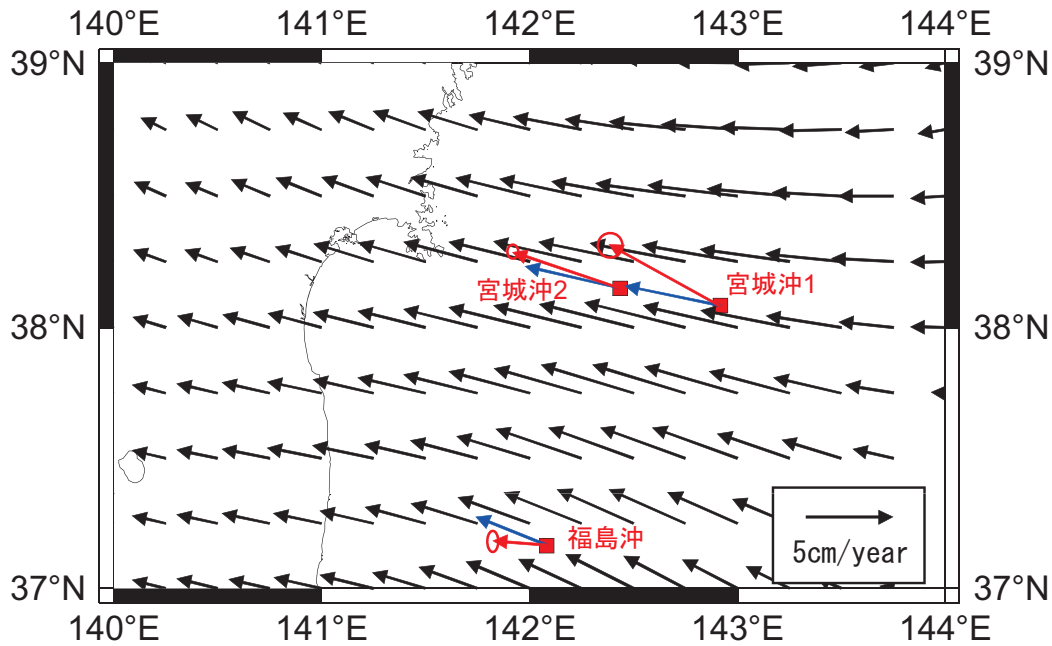
(b) 「宮城沖1」海底基準点



第2図 「宮城沖2」, 「宮城沖1」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 point off Miyagi 1 and off Miyagi 2 relative to the stable part of the Eurasian plate.

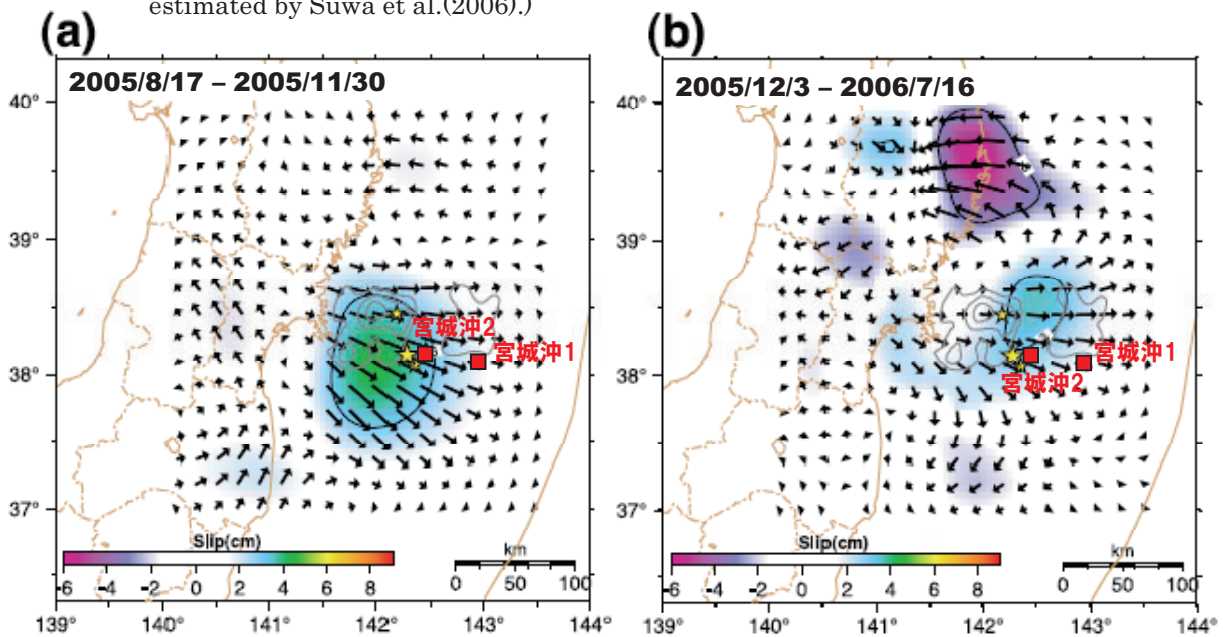
--- : 2003年10月31日の地震(M6.8)及び2005年8月16日の地震(M7.2) (Off Miyagi earthquake(M6.8) on Oct. 31, 2003 and off Miyagi earthquake(M7.2) on Aug. 16, 2005)
 ● : 漂流観測(Drifting observation) ○ : 航走観測(Sailing observation)



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)

〔 赤の矢印は、海底地殻変動観測から求められた速度ベクトル、
黒及び青の矢印は、Suwa et al.(2006)から推定される速度ベクトルを示す。 〕

Fig.3 Comparison with the crustal velocity vectors relative to the stable part of the Eurasian plate estimated by the back-slip distribution. (Red solid arrows show the crustal velocity at the seafloor reference points. Black and blue solid arrows show the crustal velocity estimated by Suwa et al.(2006).)



第4図 2005年8月16日宮城県沖の地震後の推定すべり分布 (Miura et al., 2006に加筆)

(a)最大余震前 (2005/8/17~2005/11/30) ,(b)最大余震後 (2005/12/3~2006/7/16)

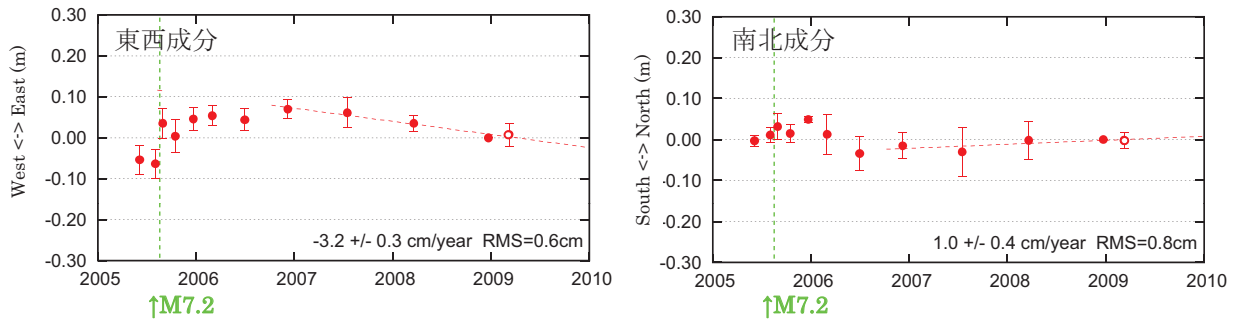
Fig.4 Cumulative slip distributions after off Miyagi earthquake on Aug. 16, 2005 (Retouched a figure of Miura et al.(2006). (a)Before the largest aftershock (M6.6) on Dec 2, 2005.(2005/8/17~2005/11/30) (b) After the largest aftershock (M6.6) on Dec 2, 2005.(2005/12/3~2006/7/16))

■ : 当庁の海底基準点(JCG's seafloor reference points)
★ : 2005年宮城県沖の地震と最大余震の震央(Epicenters of off Miyagi earthquake(M7.2) on Aug. 16, 2005 and the largest aftershock (M6.6) on Dec 2, 2005)
灰色のコンターは、1978年 (M7.4, 西側) と1981年 (M7.0, 東側) の地震のすべり領域、
黒のコンター及び矢印は、陸上のGPS観測から推定される地震後のすべり量を示す。
(Western and eastern gray contours show the slip areas of the earthquake(M7.4) in 1978 and the earthquake(M7.0) in 1981, respectively. Black contours and arrows show the post-seismic slip estimated from the on-land GPS data.)

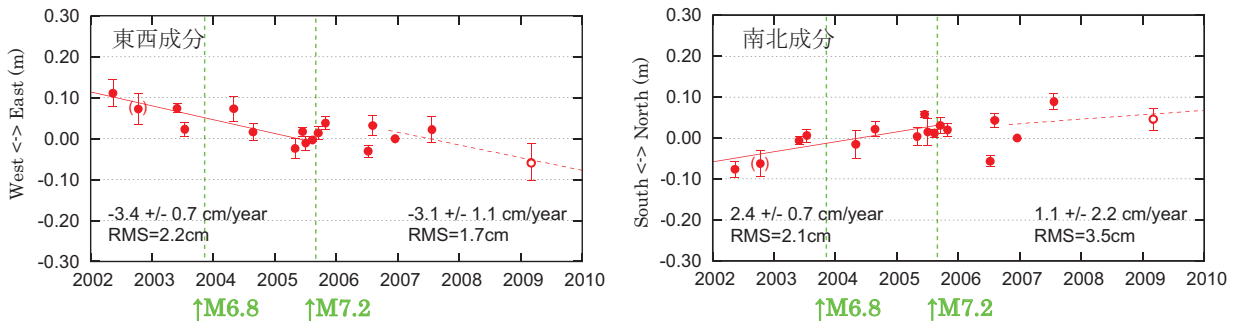
【付録】 「宮城沖2」,「宮城沖1」海底基準点の下里に対する位置変化

[Appendix] Time series of the estimated position of the seafloor reference point off Miyagi 1 and off Miyagi 2 relative to Shimosato.

(a) 「宮城沖2」海底基準点



(b) 「宮城沖1」海底基準点



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