3－38　海底地殻変動観測結果から得られた平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震発生前後の海底の動き

Seafloor movements by seafloor geodetic observations before and after the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake.

海 上 保 安 庁
Japan Coast Guard

海上保安庁では，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。

（東北地方太平洋沖地震発生前までの観測結果）

第 1 図に日本海溝沿いの観測点の配置及び線形回帰により求めた平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震前までのユーラシアプレート安定域に対する移動速度を示す。各海底基準点において得られた海底基準点の水平位置の時系列を第 2 図に示す。

東北地方太平洋沖地震前の日本海溝沿いの各海底基準点では，第 85 号以降，2010 年 11 月及び 2011 年 2 月（「宮城沖 1」,「宮城沖 2」及び「福島沖」各観測点）に観測を実施した。地震発生前までの観測結果の座標値について線形回帰を行い，ユーラシアプレート安定域に対する移動速度として，宮城沖では約 5 ～ 6cm/ 年の速度で西北西に移動しており，福島沖では約 2cm/ 年の速度でほぼ西向きに移動しているという結果が得られた。

（東北地方太平洋沖地震に伴う変動について）

2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震後，日本海溝沿いに設置した海底基準点において，順次海底地殻変動観測を実施した。地震により転倒したと思われる海底局や，応答が無い又は応答が弱い海底局が一部あったものの，観測可能であった海底局から得られたデータを解析し，地震前後の海底基準点の変動量を求めた。

第 3 図及び第 1 表に地震発生前後での変動が観測された各海底基準点の変動量，並びに第 4 図に地震発生前後の各海底基準点での局位置解のプロットを示す。震央付近に位置する「宮城沖 1 」海底基準点では，東南東へ約 24m 移動し，約 3m 隆起しており，その他全ての観測点で東南東への移動が確認された。24m という水平変動量は陸上で観測された最大変動量（電子基準点「牡鹿」で約 5.3m）の 4 倍以上に相当する。当庁海底基準点「宮城沖 1」及び「宮城沖 2」の観測結果と電子基準点「牡鹿」の観測値を比較すると，陸側から海溝側に向かい水平変動量が増加していることがわかる。また，上下変動は「宮城沖 2」と「宮城沖 1」の間で「沈降」から「隆起」へと変化しており，ヒンジラインが両基準点の間に存在していると考えられる。さらに，「宮城沖 1」から約 70km 北に位置する「釜石沖 1」においても約 23m という大きい変動が観測されたことから，震源周辺の広い範囲において大きな滑りがあったことが示唆される。

このほか，「房総沖 2」,「房総沖 1」,「相模湾」海底基準点においては，通常の測位精度のばらつきの範囲を超えるような有意な変動は見られなかった。

第 1 表　海底基準点の地震前後の変動量

Table 1: Horizontal and vertical co-seismic displacements at the seafloor reference points, before and after the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake.

海底基準点	水平変動量	上下変動量
「釜石沖 2」 鮭ケ埼の南東方約 130km	東南東へ約 15m	約 1.6m の隆起
「釜石沖 1」 鮭ケ埼の南東方約 140km	東南東へ約 23m	約 1.5m の隆起
「宮城沖 2」 金華山の東方約 80km	東南東へ約 15m	約 0.8m の沈降
「宮城沖 1」 金華山の東方約 120km	東南東へ約 24m	約 3m の隆起
「福島沖」 塩屋埼の東方約 100km	東南東へ約 5m	約 0.9m の隆起
「常磐沖」 犬吠埼の東方約 100km	東南東へ約 1.3m	約 0.4m の隆起

（東北地方太平洋沖地震後の余効変動について）

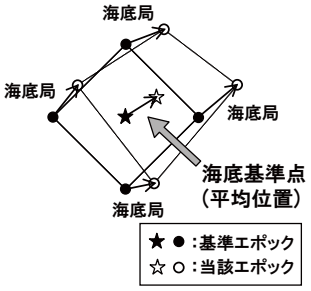
「釜石沖 2」,「釜石沖 1」,「宮城沖 2」,「宮城沖 1」及び「福島沖」の各海底基準点については地震発生後に観測を複数回実施した。第 5 図に地震発生後の各海底基準点の局位置解のプロットを示す。各観測点とも，測位精度の範囲内の結果であり，余効変動とみられるような顕著な動きは捉えられていない。なお，上下方向の誤差の大きい「宮城沖 1 」海底基準点の解析においては，高さ固定手法（石川，2005）を使用し再解析した結果を参考に付す。今後，他観測点においても，高さ固定手法を導入した解析を試みるなど，観測データをさらに精査していく予定である。

海上保安庁では，今後も海底地殻変動観測を継続的に実施し，地震後の海底の動きの監視を行う。

■「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。

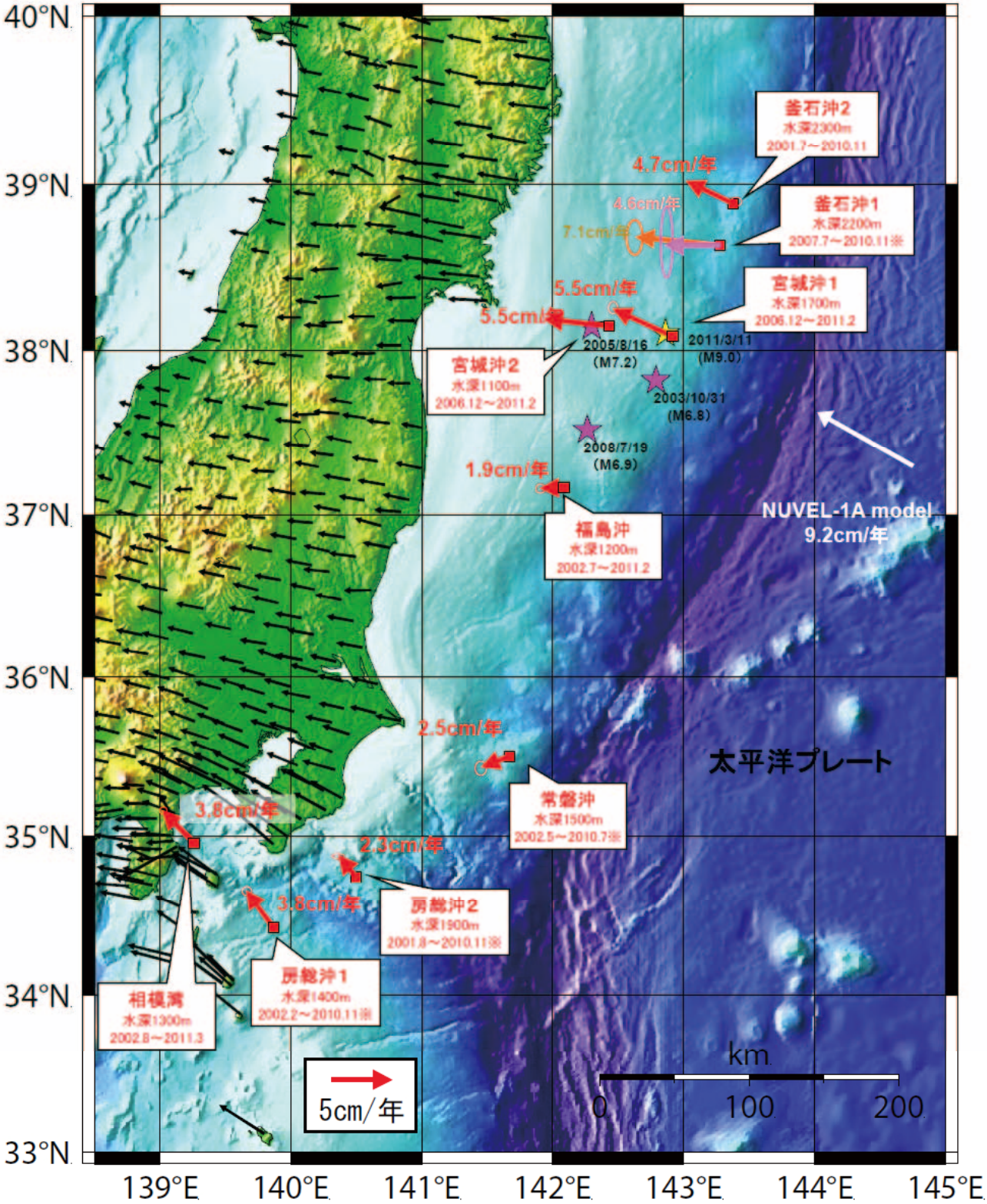
■図のプロットについて



・図は，海底基準点の位置（複数個の海底局の平均位置）を基準エポックから差として示している。

・エラーバーは，個々の海底局の基準エポックからのばらつきのRMSを図示したもので，海底局間の相対位置関係の安定性を示す指標である

・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ている。参考図については，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安定域に対する速度として示している（付録参照）。



第１図　海底基準点の配置及び地震発生前までのユーラシアプレート安定域に対する速度ベクトル
Fig.1 Locations of the seafloor reference points and crustal movement velocity relative to the stable part of the Eurasian plate before the 2011 Tohoku-Oki Earthquake.

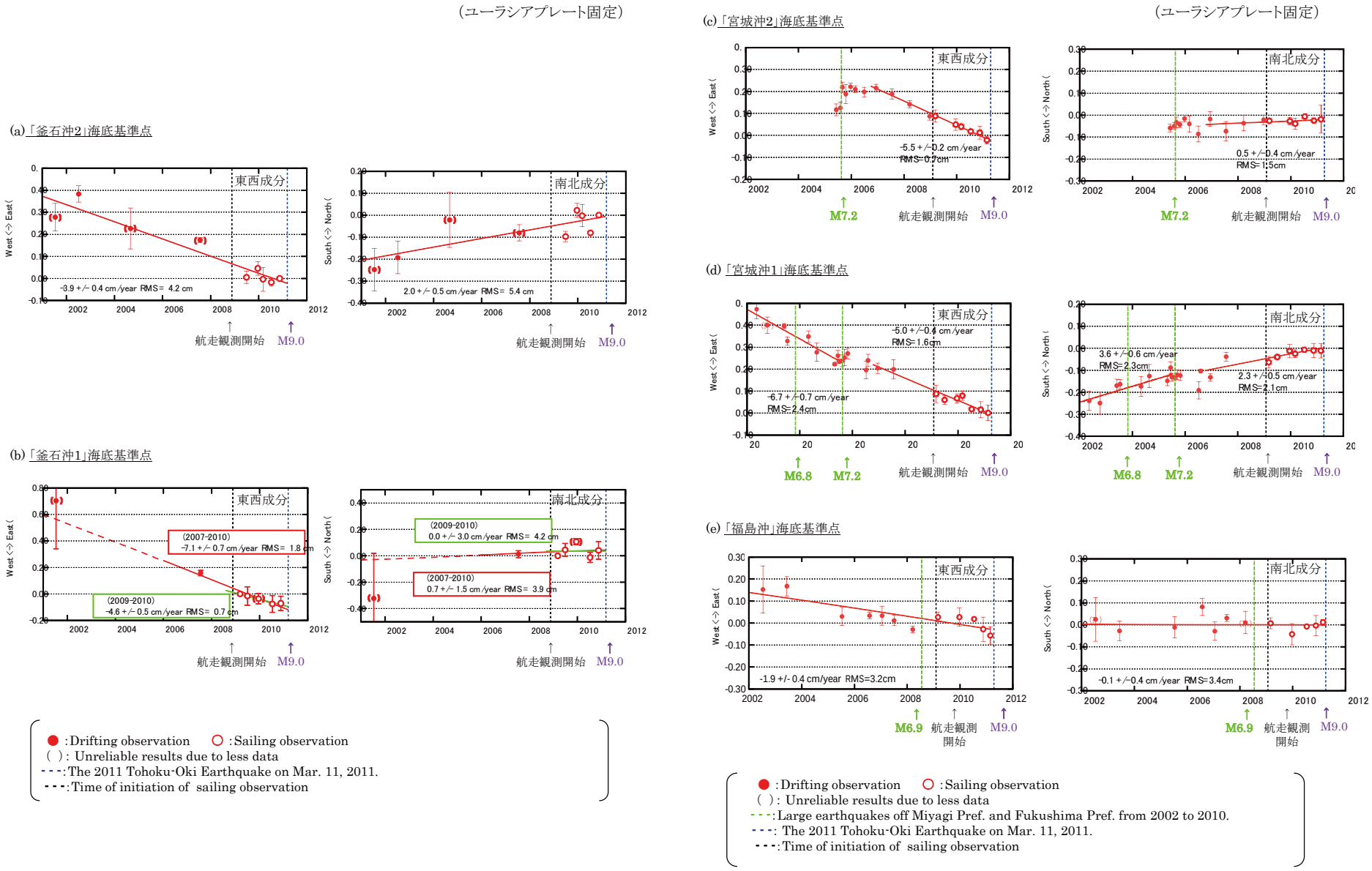
: Crustal movement velocity of JCG's seafloor reference points

: Crustal movement velocity at GEONET on-land GPS stations (2009.04～2010.04)

※ : Unreliable results due to less data

: Epicenters of three large earthquakes off Miyagi Pref. and Fukushima Pref. during the observation period.

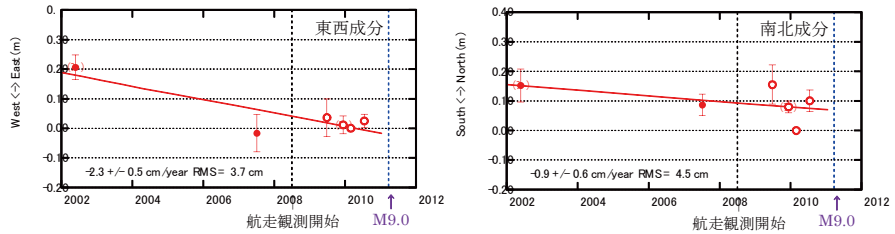
: The epicenter of the 2011 Tohoku-Oki earthquake.



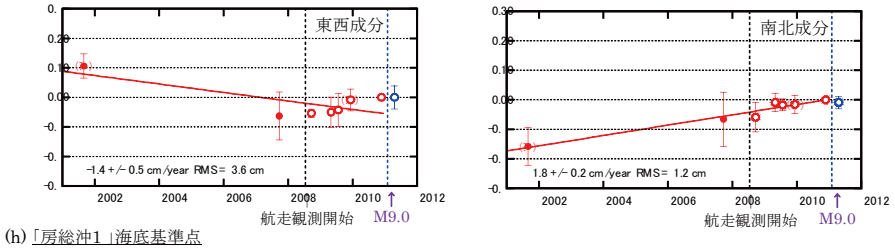
第 2 図 地震前までの海底基準点の位置変化（ユーラシアプレート固定）
Fig. 2 Time series of the estimated position of the seafloor reference points before the 2011 Tohoku-Oki Earthquake (relative to the stable part of the Eurasian plate).

(ユーラシアプレート固定)

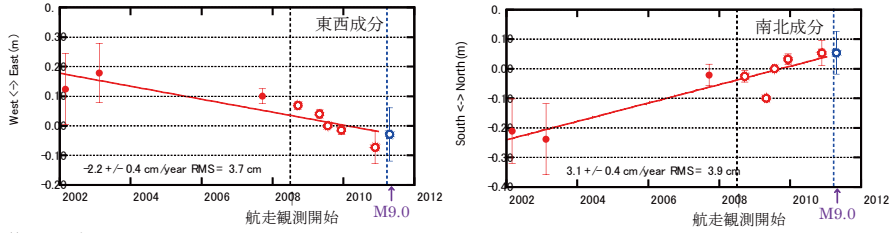
(f)「常磐沖」海底基準点



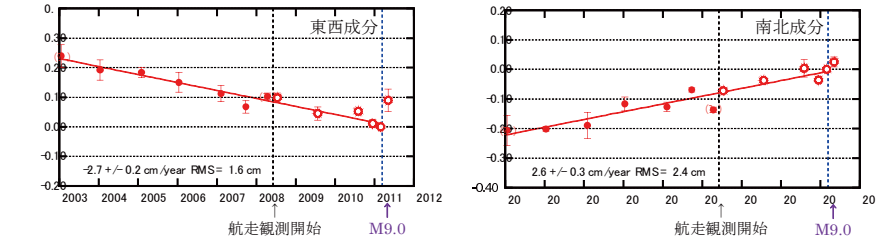
(g)「房総沖2」海底基準点



(h)「房総沖1」海底基準点



(i)「相模湾」海底基準点



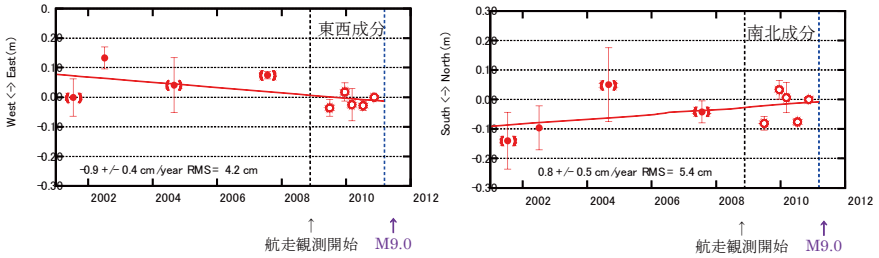
● :Drifting observation　○ :Sailing observation
○ :Sailing observation by S/V Takuyo (under reviewing accuracy of data)
( ): Unreliable results due to less data
- - - :The 2011 Tohoku-Oki Earthquake on Mar. 11, 2011.
- - - :Time of initiation of sailing observation

第2図 つづき
Fig.2 Continued.

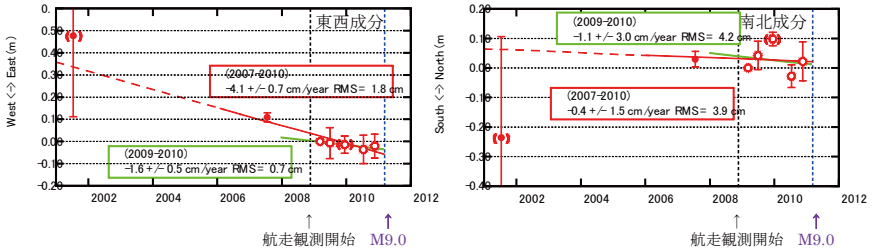
第２図 地震前までの海底基準点の位置変化（ユーラシアプレート固定）
Fig. 2 Time series of the estimated position of the seafloor reference points before the 2011 Tohoku-Oki Earthquake (relative to the stable part of the Eurasian plate).

(下里固定)

(a)「釜石沖2」海底基準点

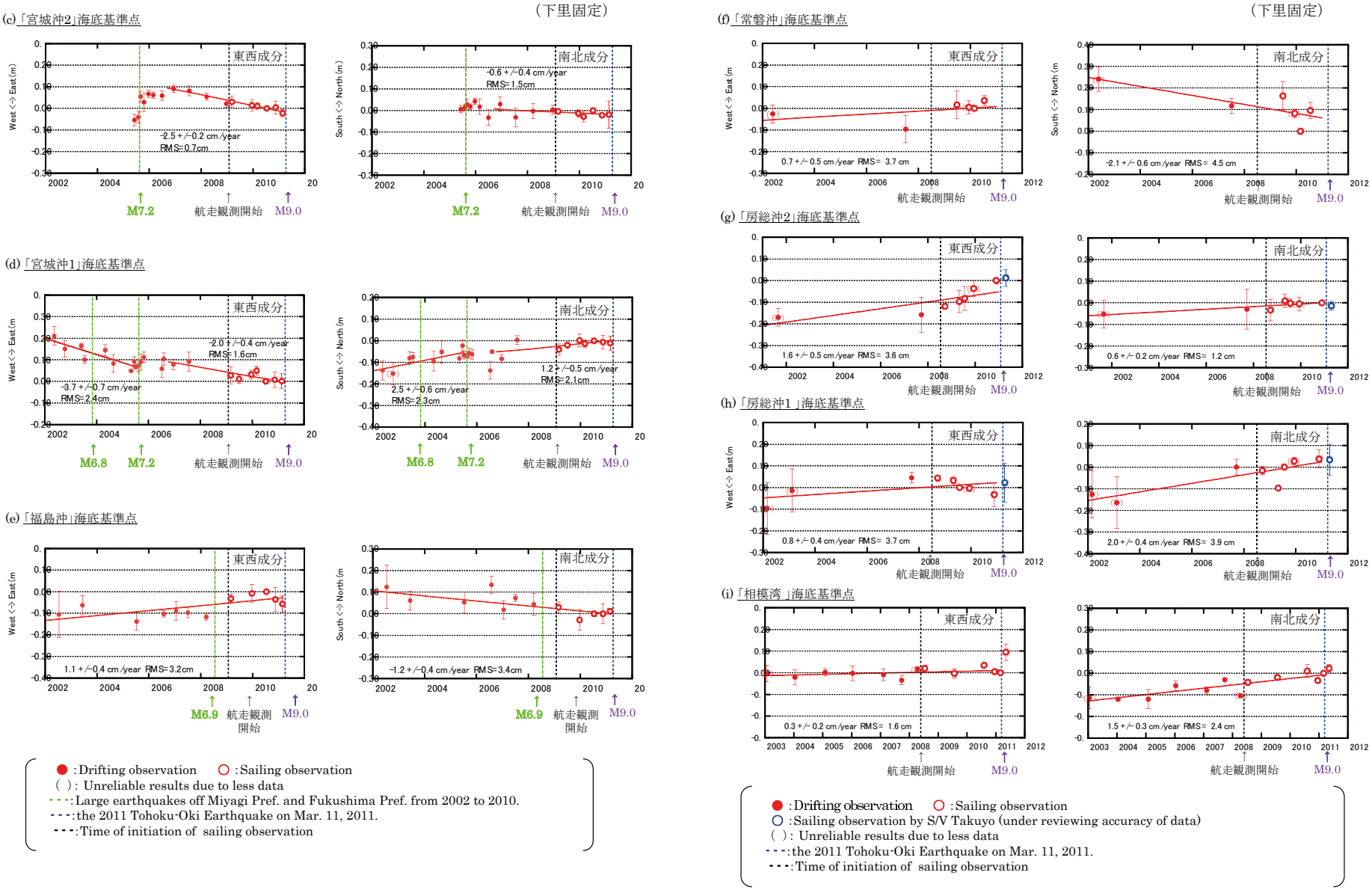


(b)「釜石沖1」海底基準点



● :Drifting observation　○ :Sailing observation
( ): Unreliable results due to less data
- - - :The 2011 Tohoku-Oki Earthquake on Mar. 11, 2011.
- - - :Time of initiation of sailing observation

第２図付録　地震発生前までの海底基準点の位置変化（下里固定）
[Fig.2-Appendix] Time series of the estimated position of the seafloor reference points relative to Shimosato before the 2011 Tohoku-Oki Earthquake.

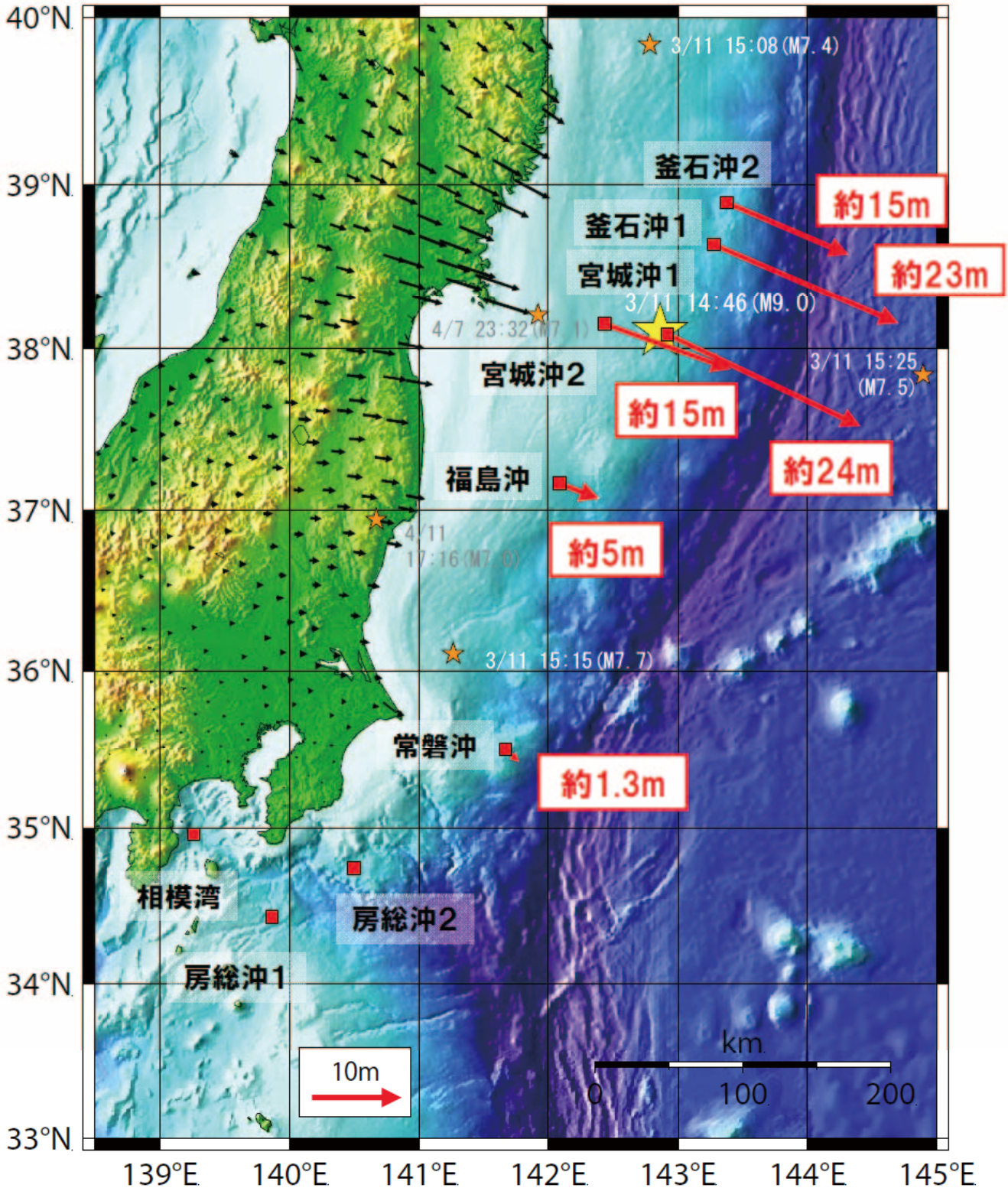


第2図付録　つづき

Fig.2-Appendix　Continued.

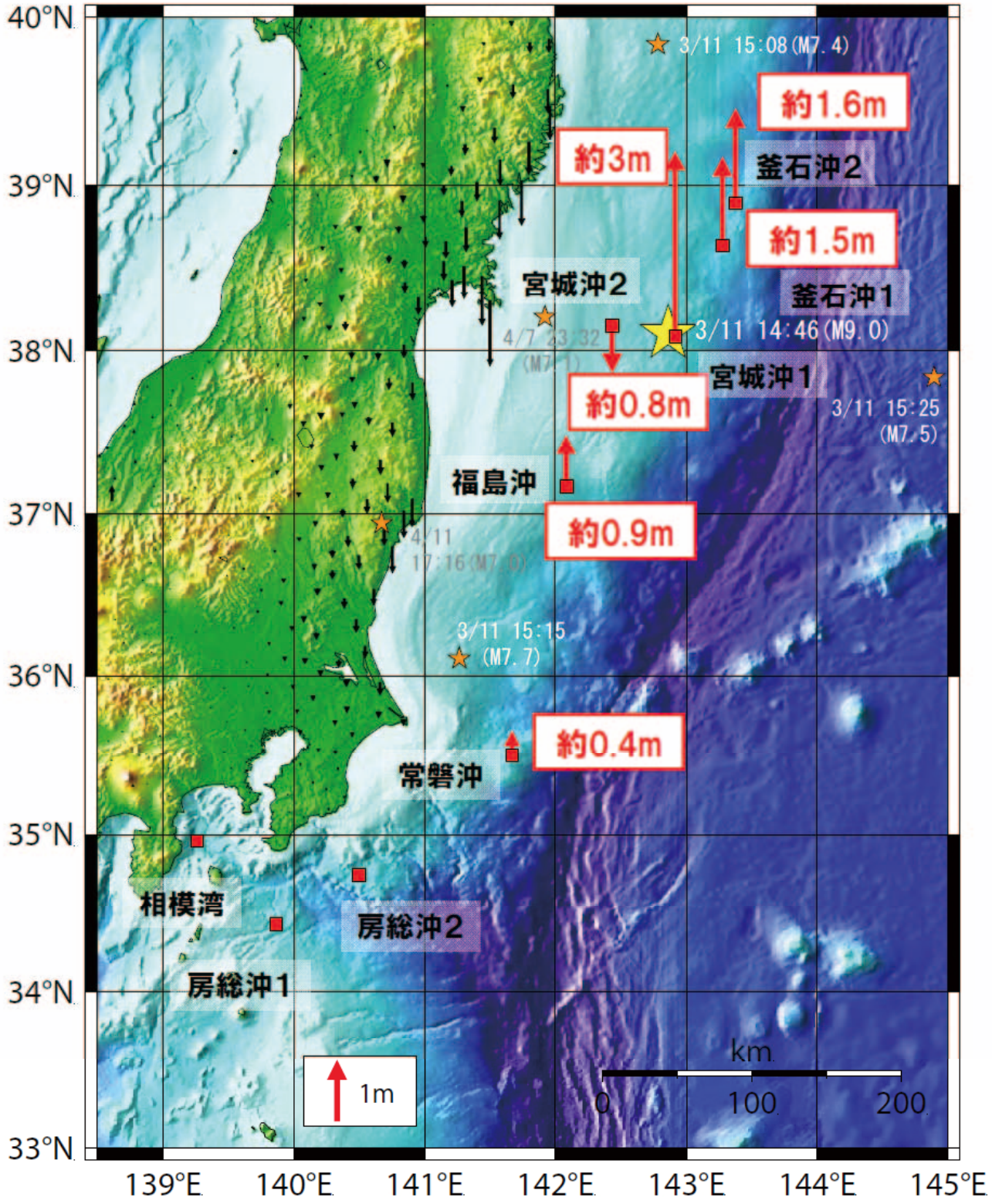
第２図付録　地震発生前までの海底基準点の位置変化（下里固定）

[Fig.2-Appendix] Time series of the estimated position of the seafloor reference points relative to Shimosato before the 2011 Tohoku-Oki Earthquake.



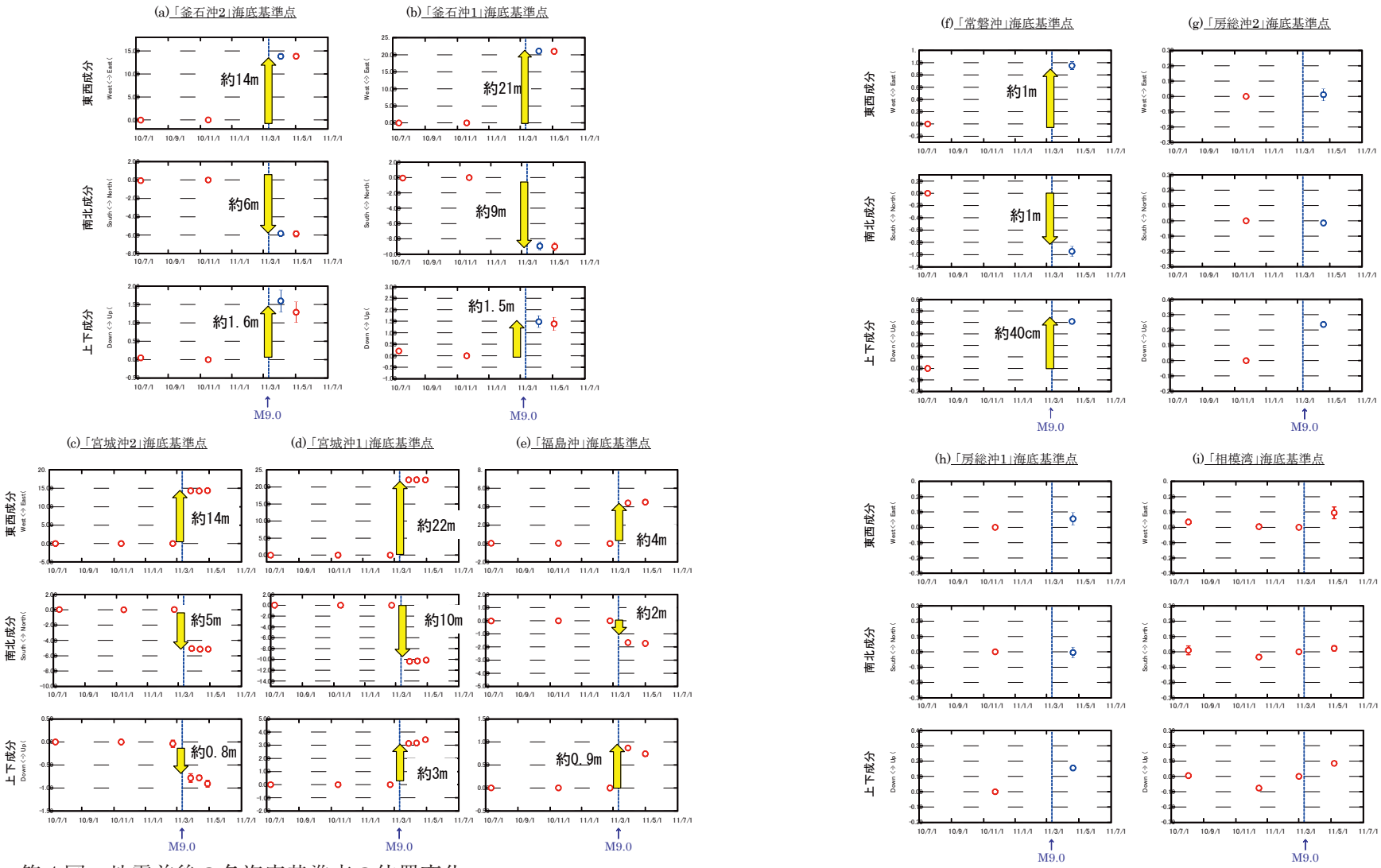
第３図 東北地方太平洋沖地震に伴う海底の動き（水平成分）
Fig.3: Horizontal displacements at the seafloor reference points along Japan Trench associated with the 2011 Tohoku-Oki Earthquake on Mar. 11, 2011.

: Horizontal displacement of JCG's seafloor reference points
: Horizontal displacement at GEONET on-land GPS stations.
: The epicenter of the 2011 Tohoku-Oki Earthquake.
: Epicenters of aftershocks of the 2011 Tohoku-Oki Earthquake.



第 3 図 東北地方太平洋沖地震に伴う海底の動き (上下成分)
Fig.3: Vertical displacements at the seafloor reference points along Japan Trench associated with the 2011 Tohoku-Oki Earthquake on Mar. 11, 2011.

: Vertical displacement of JCG's seafloor reference points
: Vertical displacement at GEONET on-land GPS stations.
: The epicenter of the 2011 Tohoku-Oki Earthquake.
: Epicenters of aftershocks of the 2011 Tohoku-Oki Earthquake.

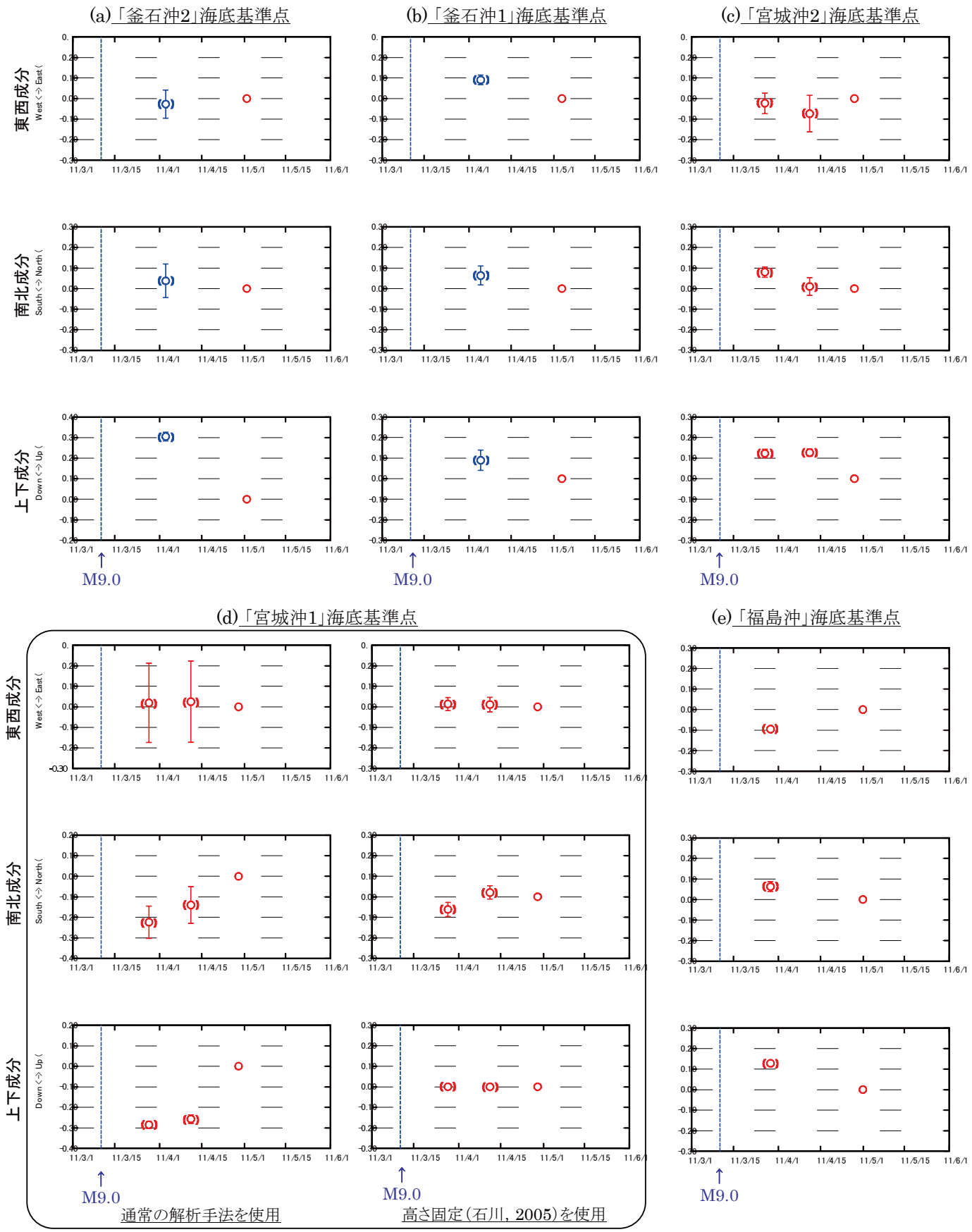


第４図　地震前後の各海底基準点の位置変化

Fig.4　Time series of the estimated position of the seafloor reference points around the 2011 Tohoku-Oki earthquake.

○ :Sailing observation by S/V Takuyo (under reviewing accuracy of data)
- - - :The 2011 Tohoku-Oki earthquake on Mar. 11, 2011.

○ :Sailing observation by S/V Takuyo (under reviewing accuracy of data)
- - - :The 2011 Tohoku-Oki earthquake on Mar. 11, 2011.



第５図　　地震後の各海底基準点の位置変化
Fig.5　Time series of the estimated position of the seafloor reference points after the 2011 Tohoku-Oki earthquake.

ake.

○ :Sailing observation by S/V Takuyo (under reviewing accuracy of data)
( ) : Unreliable results due to less data
- - - :The 2011 Tohoku-Oki earthquake on Mar. 11, 2011.