

3-5 東北地方太平洋沖地震後の海底地殻変動観測結果

Seafloor movements observed by seafloor geodetic observations 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、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ている。

ここでは、2013年9月までに実施した日本海溝沿い海域における2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震後の地殻変動について、海上保安庁が実施しているGPS/音響測距結合方式による海底地殻変動（GPS/A）観測結果を報告する。

第1図に海上保安庁のGPS/A観測の海底基準点の地震後の局位置解の時系列を示す^{*1, *2, *3}。第2図に海底基準点の配置と地震後の累積変動量を、第3図に1年あたりの移動量（時系列の直線近似により求めた速度）を、それぞれ国土地理院のGNSS観測結果（F3解）とともに示す。第3図のGNSS観測結果は2012年9月～2013年9月までの1年間の地殻変動量を示した。

「宮城沖1」では、西北西方向の地殻変動が観測されており、本震後の累積変動量は41 cmとなる。また、「釜石沖1」でも、本震後、西向きに34 cmの地殻変動が観測されているが、同海底基準点の観測結果は他の海底基準点に比べてばらつきが大きく、観測結果の判断には更なる観測データの蓄積が必要である。その他、「宮城沖2」では南向きに15 cm、「釜石沖2」では北西方向に11 cmの地殻変動が検出されている。

一方、「福島沖」及び「銚子沖」では、本震後、東南東方向の余効変動が検出されており、時間とともに減衰している様子が見える。累計変動量は、「福島沖」で71 cm、「銚子沖」で45 cmである。これらの変動は、GNSS観測結果と概ね整合的である。

また、上下方向については、「銚子沖」を除くすべての海底基準点で沈降傾向が見られている。

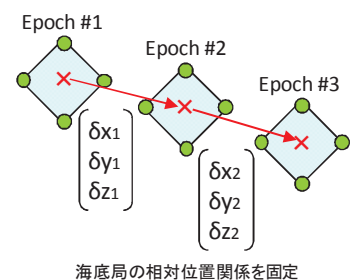
東北地方太平洋沖地震の震央周辺では複雑な地殻変動を示しており、地震後の海底地殻変動について詳細な議論を行うためには更なる観測データの蓄積が必要である。

*1 「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。

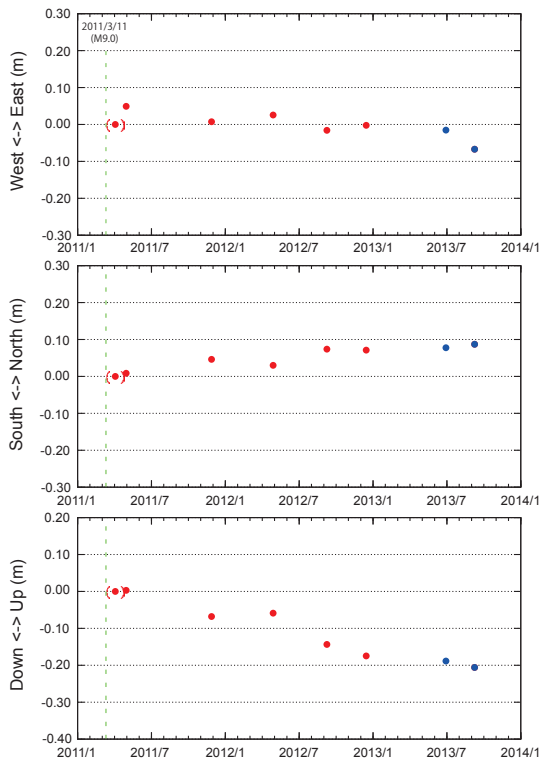
*2 解析に用いたKGPS陸上基準点の一部は、国土地理院の電子基準点であり、1秒データを提供していただいている。また、この観測は、東京大学生産技術研究所との技術協力のもとに実施している。

*3 第1図について

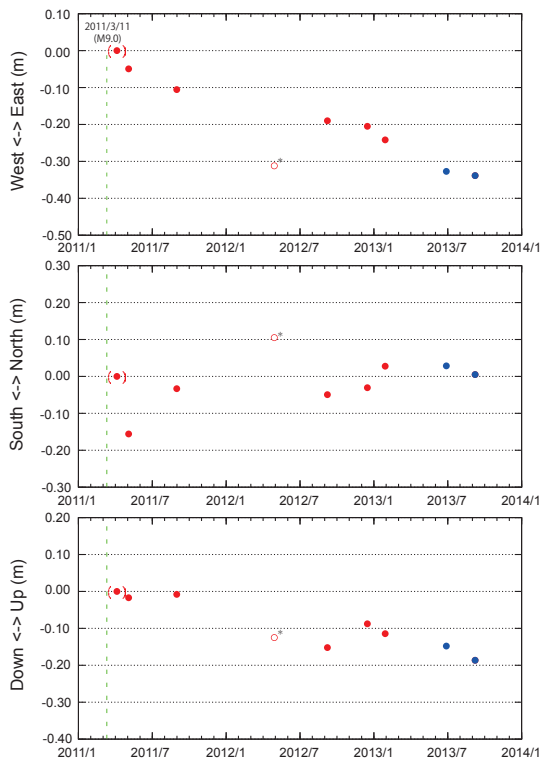
- ・図は、海底基準点の位置（複数個の海底局の平均位置）を基準からの差として示している。
- ・解析では、重心推定法（松本ほか、2008）を使用している。全エポックのデータから4台の海底局の相対位置関係を決定し、その位置関係を固定して各エポックの重心（4台の海底局の平均位置）の位置変化（東西・南北・上下）を推定している（右図）。
- ・各海底基準点の変位は、国土地理院の電子基準点「福江」に対して示している。



(a) 釜石沖 2 (KAMN)

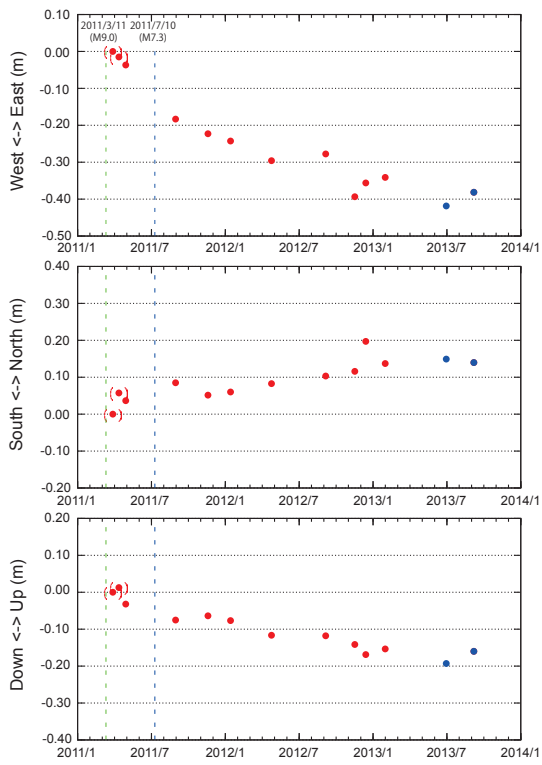


(b) 釜石沖 1 (KAMS)

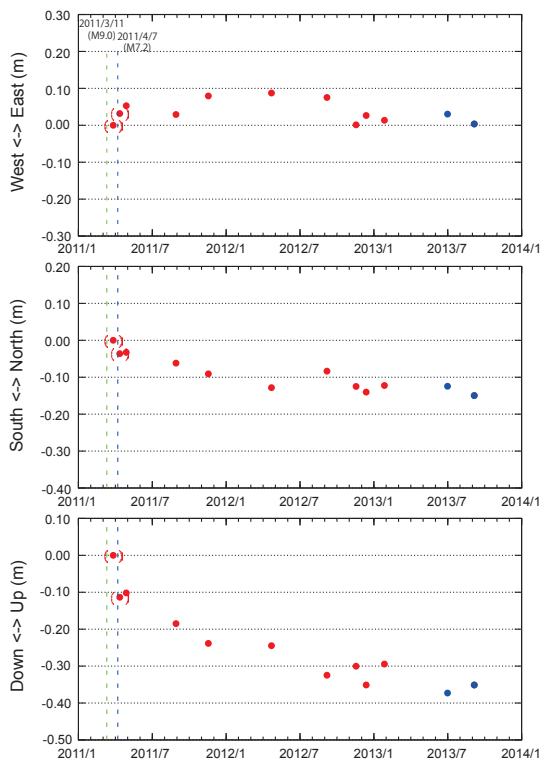


* There was a large variation in average seawater temperature.(depth 0 - 500 m: about 2 °C)

(c) 宮城沖 1 (MYGI)



(d) 宮城沖 2 (MYGW)



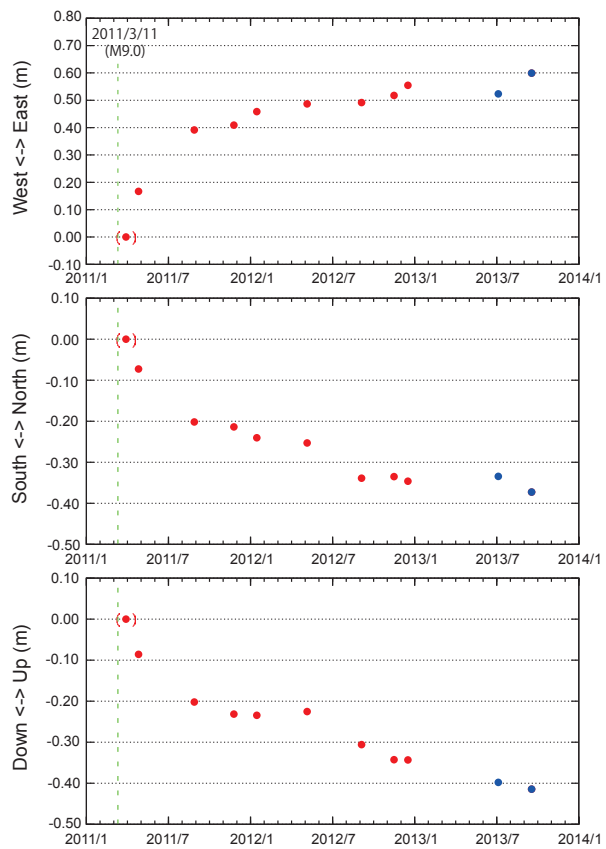
第 1 図 各海底基準点の局位置解の時系列 【電子基準点「福江」固定】

※青丸は、今回新たに得られた結果、括弧は、取得データ数が少ないことを示す。

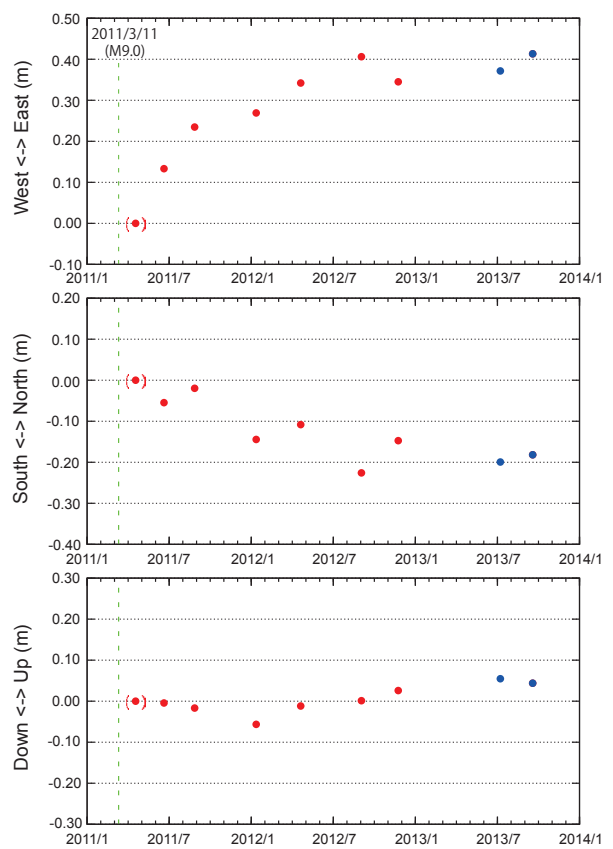
※グラフ中の緑線は東北地方太平洋沖地震、青線は観測点近傍で起きた主な余震を示す。

Fig. 1 Time series of the estimated position of the seafloor reference points relative to the GEONET station “Fukue”. Blue circles show the new results, and circles with brackets show the relatively unreliable results due to less data. Green and blue dashed lines show the occurrences of the mainshock and the large aftershocks of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, respectively.

(e) 福島沖 (FUKU)



(f) 銚子沖 (CHOS)

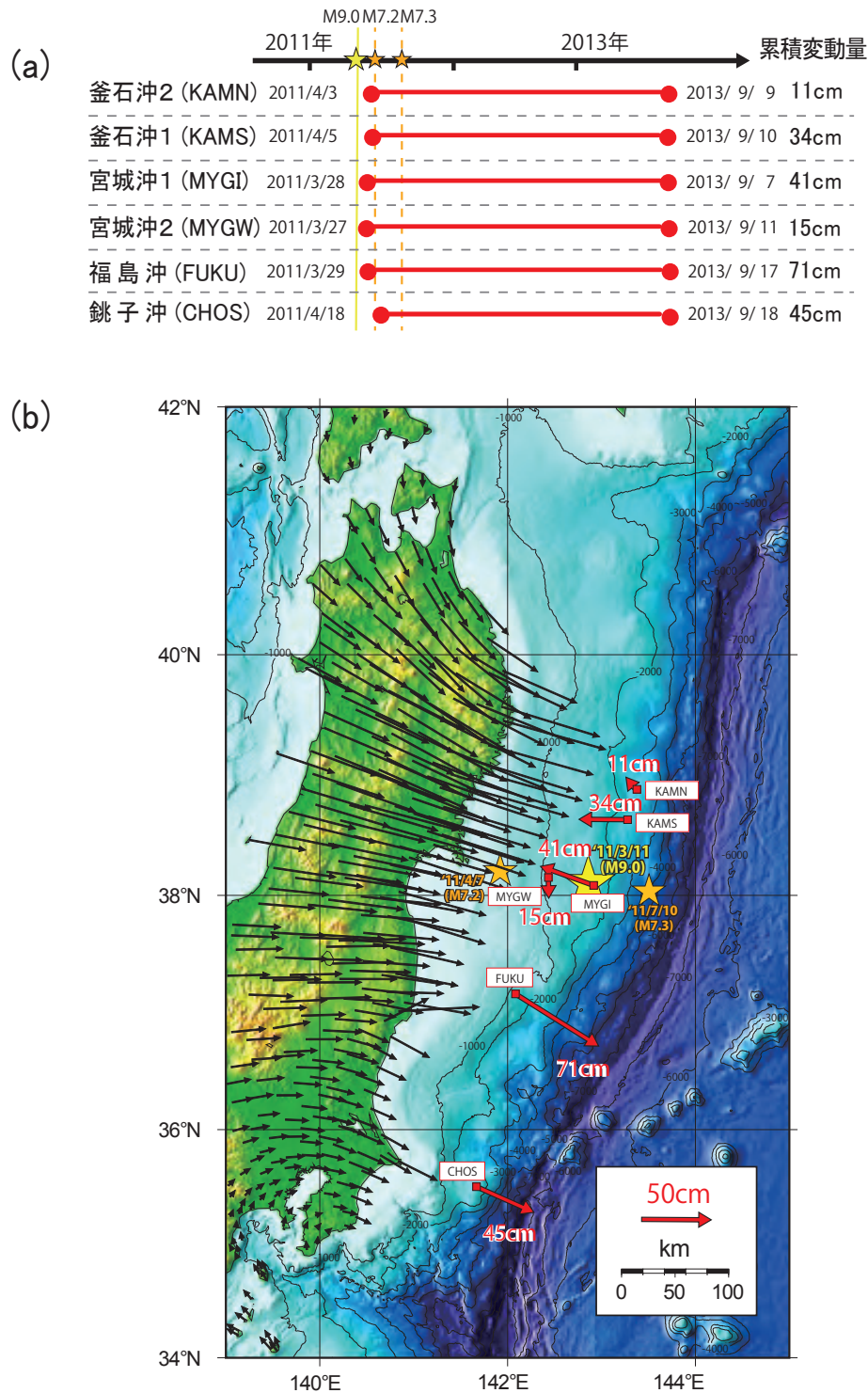


第 1 図 各海底基準点の局位置解の時系列 【電子基準点「福江」固定】

※青丸は、今回新たに得られた結果、括弧は、取得データ数が少ないことを示す。

※グラフ中の緑線は東北地方太平洋沖地震を示す。

Fig. 1 Time series of the estimated position of the seafloor reference points (continued).

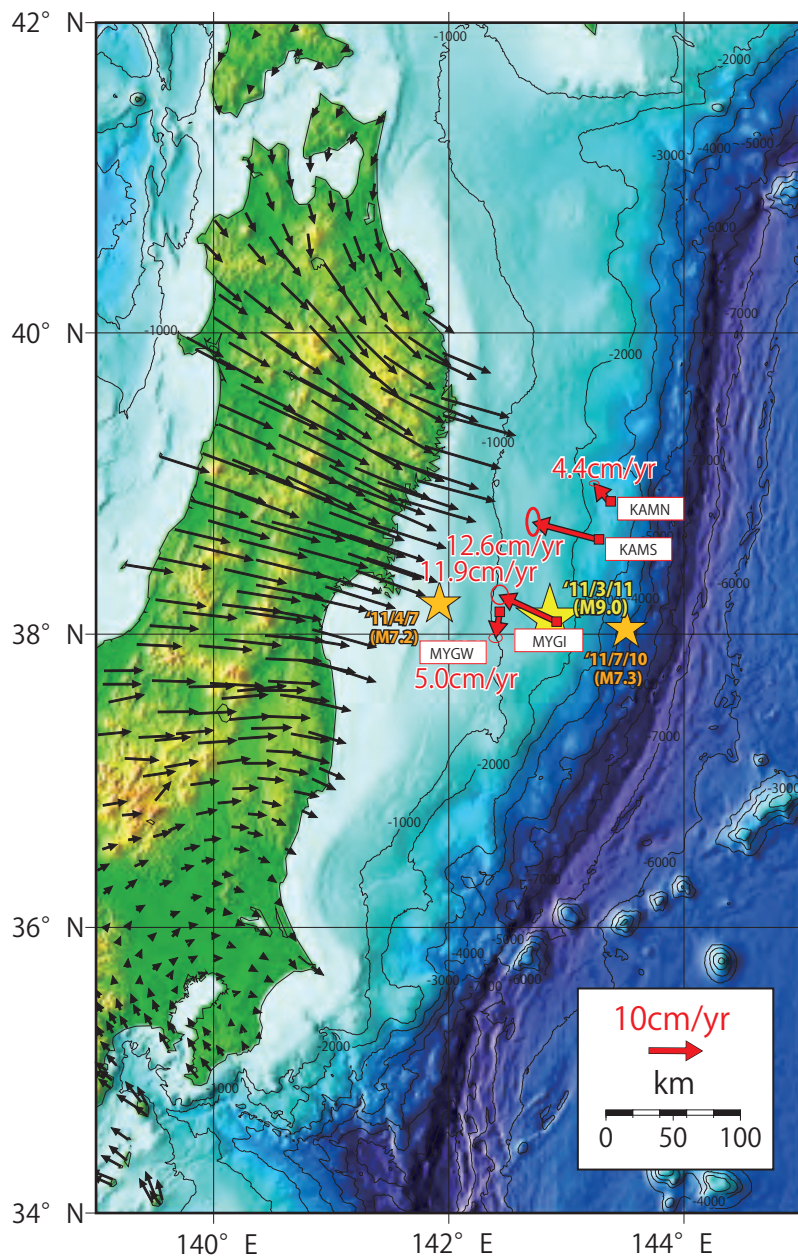


第2図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動（累積） 【電子基準点「福江」固定】

(a) 観測期間と累積変動量, (b) 累積変動ベクトル

- ※赤の矢印は、海上保安庁の海底基準点における地震後の累積変動ベクトル、
- 黒の矢印は、国土地理院の電子基準点における地震後の累積変動ベクトルを示す。
- ※図中の星は観測点近傍で起きた主な地震（黄色は本震、橙色は余震）を示す。
- ※累積変動量及び変動ベクトルには、余震による地殻変動が含まれている。

Fig. 2 Horizontal displacements after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake at the seafloor reference points along the Japan Trench (relative to the GEONET station “Fukue”), derived by the array constraint method (Matsumoto et al., 2008): (a) observation period and cumulative displacements, (b) locations and displacements (red arrows). The black arrows indicate cumulative displacements at GEONET stations. The yellow star and the orange stars show the epicenters of the mainshock and the two large aftershocks near the seafloor reference points, respectively.



第3 図 1 年間あたりの地殻変動量 【電子基準点「福江」固定】

※観測期間

- ・海底基準点 (赤矢印) …地震後の全期間 (「宮城沖1」のみ2011年7月10日の余震 (M7.3) 以降)
- ・電子基準点 (黒矢印) …2013年9月中旬までの1年間 (基準期間: 2012/9/9-15, 比較期間: 2013/9/9-15)

※海底基準点の値は, 時系列データを直線近似して求めた.

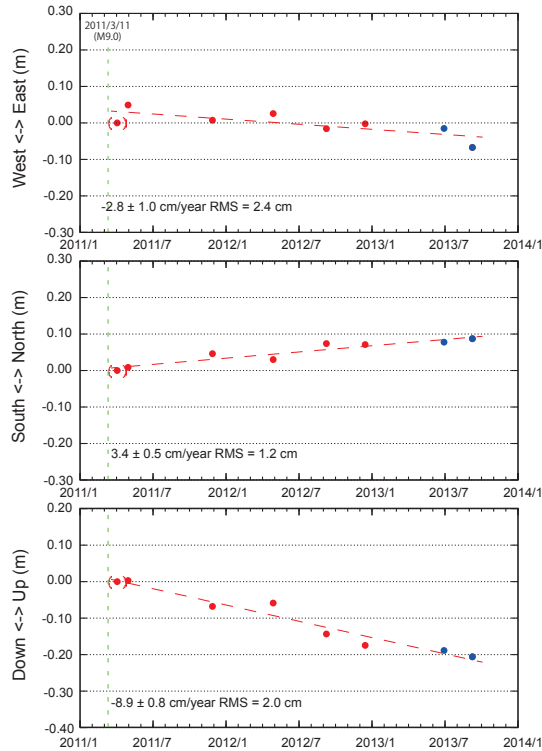
※観測期間が短いため, 海底基準点の結果には数 cm/ 年の誤差が含まれている可能性がある.

※図中の星は観測点近傍で起きた主な地震 (黄色は本震, 橙色は余震) を示す.

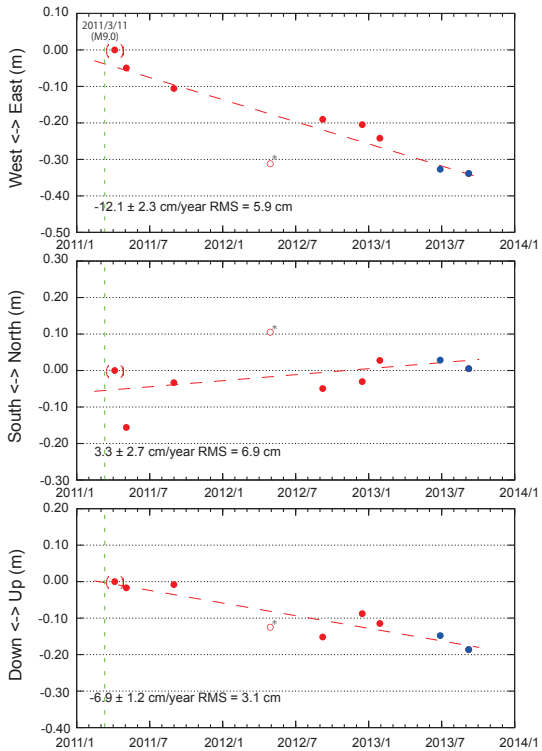
※累積変動量及び変動ベクトルには, 余震による地殻変動が含まれている.

Fig. 3 Horizontal displacement rates after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake at the four seafloor reference points (red arrows). The black arrows indicate annual displacements between September, 2012 and September, 2013 at GEONET stations. The yellow star and the orange stars show the epicenters of the mainshock and the two large aftershocks near the seafloor reference points, respectively.

(a) 釜石沖 2 (KAMN)

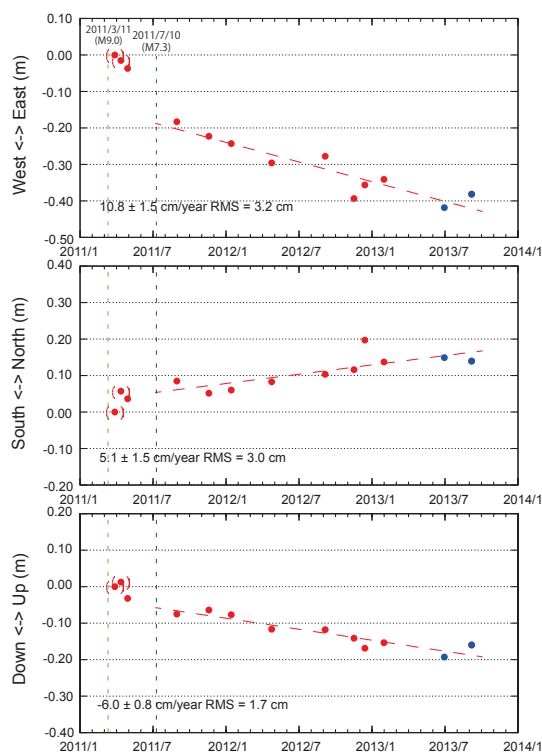


(b) 釜石沖 1 (KAMS)

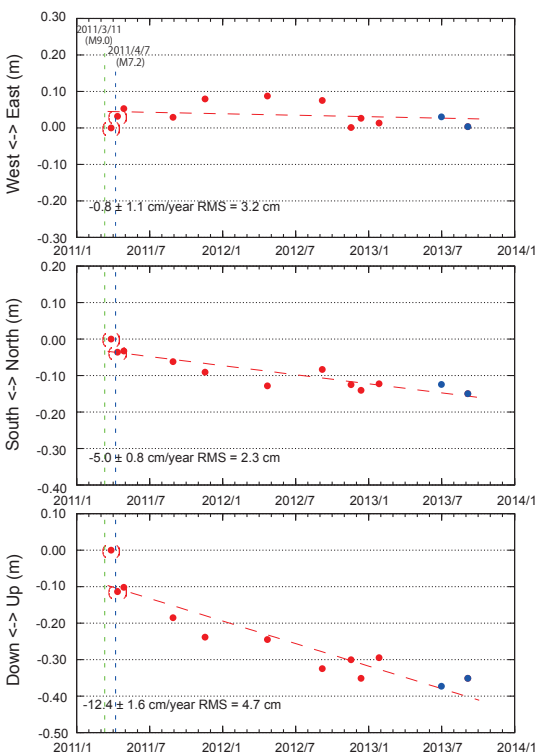


* There was a large variation in average seawater temperature (depth 0 - 500 m: about 2 °C)
 The linear trends were calculated without this epoch (April, 2012).

(c) 宮城沖 1 (MYGI)



(d) 宮城沖 2 (MYGW)



参考図 各海底基準点における局位置解の時系列の直線近似 【電子基準点「福江」固定】

※括弧は、取得データ数が少ないことを示す。

※グラフ中の緑線は東北地方太平洋沖地震、青線は観測点近傍で起きた主な余震を示す。

※「釜石沖 1」の 2012 年 4 月の結果(白抜き)は、近似直線から 10cm 以上外れているため使用していない。

Appended figure. Linear trends (red dashed lines) for the time series of the estimated position of the seafloor reference points shown in Figure 1.