

# 第 355 回地震調査委員会資料

令和 3 年 3 月 9 日



# 海底地殻変動観測の解析手法の変更について

## <従来手法の特徴と限界>

1. 2000年代の漂流観測に最適化されており，データ入出力や機能拡張が煩雑だった。
2. 音速は時間変動のみを推定していた（空間方向の変動は疑似的に推定される）。
3. FORTRANで実装されており，可読性・拡張性が低い。

## <新手法の特徴・改善点>

1. 入出力データを整理し，読み込みの高速化・生データ検証の容易化を実現した。
2. 音速の空間傾斜も直接的に推定するように音速摂動モデルをアップデートした。  
特に，海の深い側の空間勾配も直接推定することで精度が向上した。
3. Pythonで実装し，可読性・拡張性を向上させた。

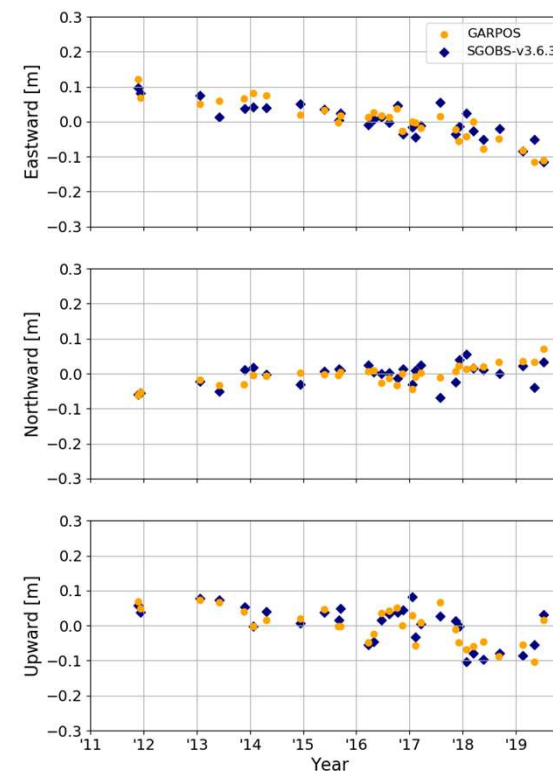
## <解の比較（右図：TOS2の例）>

- ✓ 大まかな傾向は変わらず，数年間の平均速度としては大きな変化は見られない。
- ✓ 個々の測位解が回帰直線に近づき，全体的にばらつきが抑えられた。
- ✓ その結果，SSEのような経時的地殻変動のシグナルを捉えやすくなった。

## [補足]

- 新手法のコード「GARPOS」はオープンソースソフトウェアとして公開されている。
  - GitHubリポジトリ：<https://github.com/s-watanabe-jhod/garpos>
  - アーカイブ (Zenodo)：[doi:10.5281/zenodo.4522027](https://doi.org/10.5281/zenodo.4522027)
  - 解説論文：Watanabe et al. (2020) [doi:10.3389/feart.2020.597532](https://doi.org/10.3389/feart.2020.597532)
- 2018年に報告した紀伊半島南西沖の浅部 SSE の結果や Yokota and Ishikawa (2020) では，微小なシグナル検出のため，先行的に新手法のプロトタイプを使用していた。

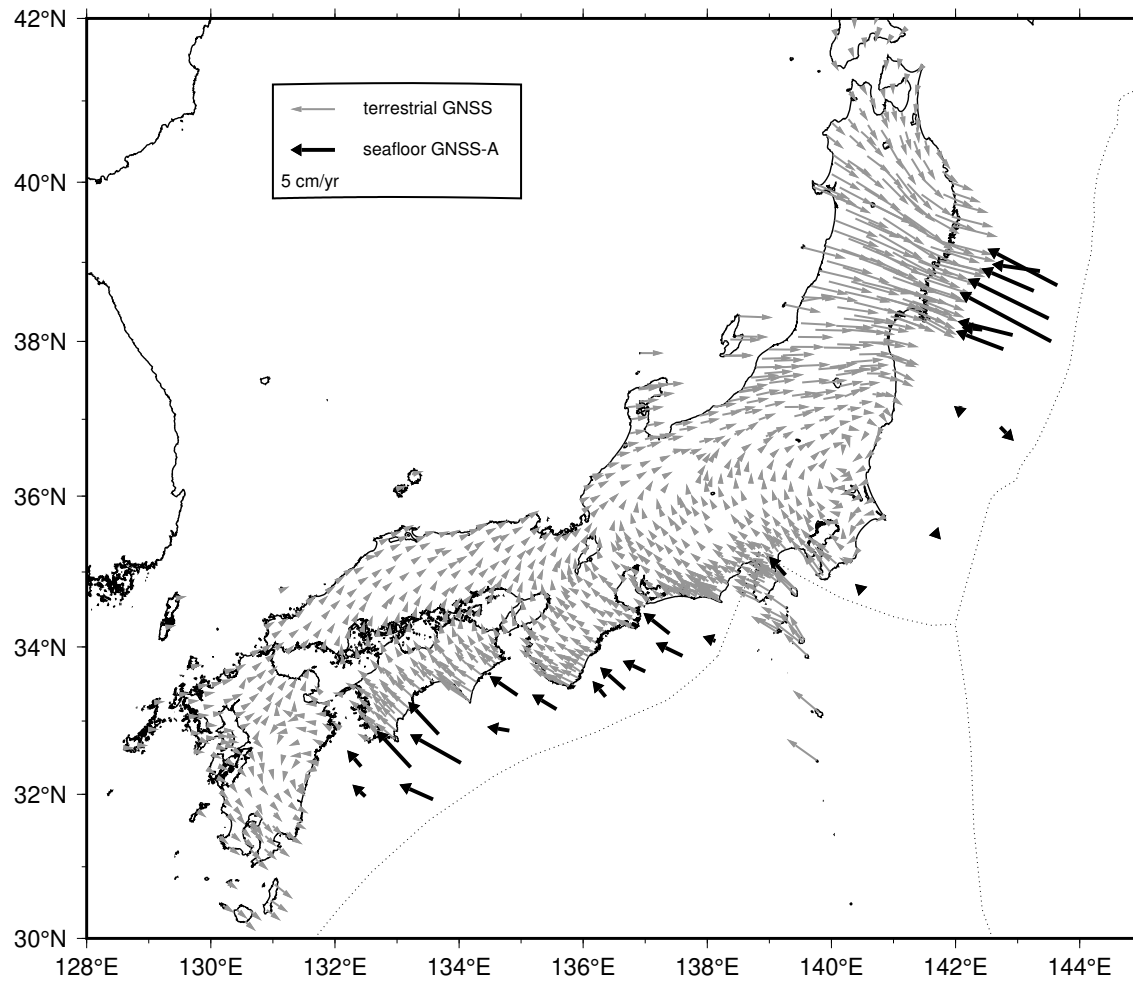
(a) Seafloor displacement at TOS2



従来手法 (◆) と新手法 (●) の結果比較

海上保安庁

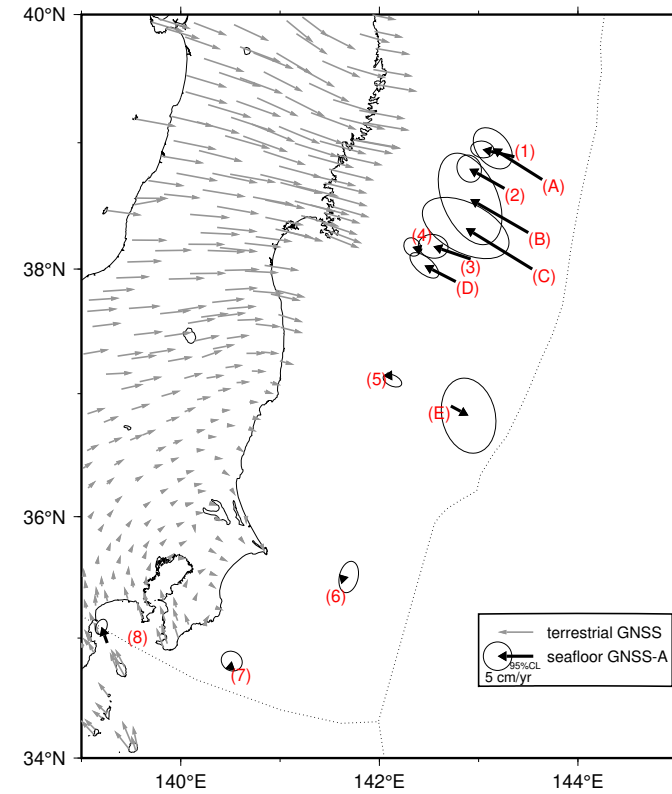
# 直近約4年間の水平移動速度【ユーラシアプレート固定】



陸域の速度場は国土地理院 GEONET F3 解の 01/22/2017 - 01/22/2021 の期間

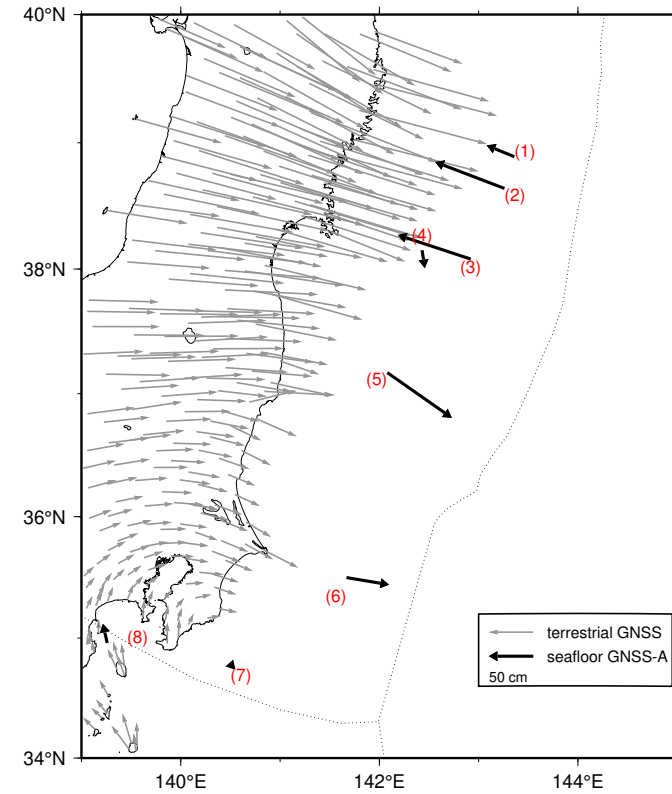
## 日本海溝沿いの直近約4年間の水平移動速度【北米プレート固定】

Site name	Lat. (°N)	Lon. (°E)	Velocity (cm/yr) (deg)		Period	Data	Update
(1) KAMN	38.89	143.36	4.6	282.8	10/18/2016 - 11/04/2020	11	
(2) KAMS	38.64	143.26	5.7	299.3	10/18/2016 - 11/04/2020	13	
(3) MYGI	38.08	142.92	5.5	288.8	03/10/2017 - 01/11/2021	14	*
(4) MYGW	38.15	142.43	1.4	288.4	01/08/2017 - 01/11/2021	16	*
(5) FUKU	37.17	142.08	1.3	147.4	01/07/2017 - 01/10/2021	17	*
(6) CHOS	35.50	141.67	0.3	75.9	10/20/2016 - 09/15/2020	15	
(7) BOSN	34.75	140.50	1.0	10.5	10/21/2016 - 09/16/2020	16	
(8) SAGA	34.96	139.26	2.4	340.2	10/21/2016 - 09/16/2020	17	
(A) TU08	38.71	143.64	8.2	302.3	05/28/2016 - 06/13/2020	10	
(B) TU10	38.29	143.50	9.4	300.1	05/27/2016 - 06/15/2020	9	
(C) TU12	38.00	143.54	11.0	301.7	05/26/2016 - 06/15/2020	9	
(D) TU14	37.90	142.77	5.0	297.3	07/25/2016 - 06/16/2020	11	
(E) TU17	36.90	142.72	2.8	118.3	05/25/2016 - 06/16/2020	10	
GEONET					01/11/2017 - 01/11/2021		



## 東北地震後の日本海溝沿いの累積水平移動量【北米プレート固定】

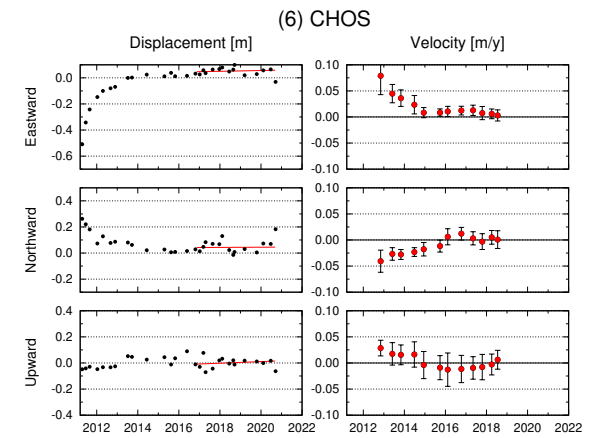
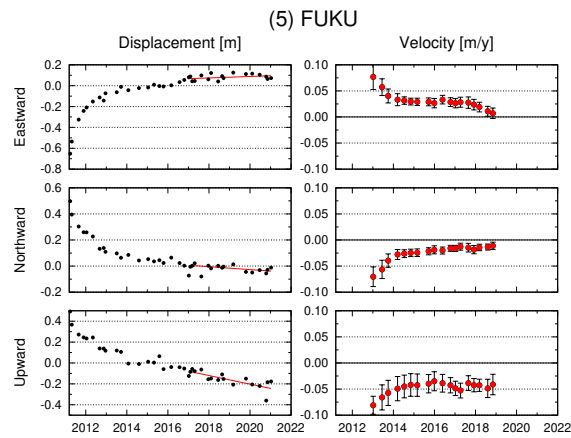
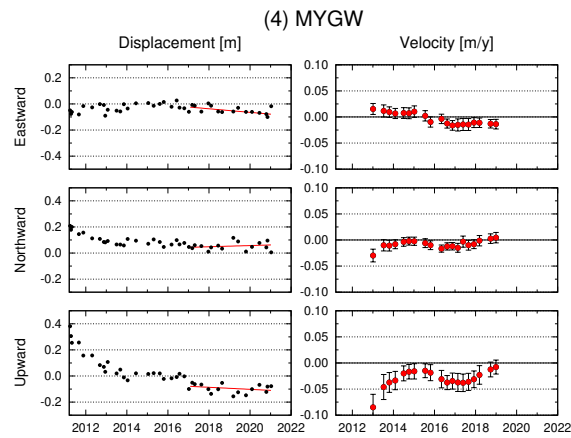
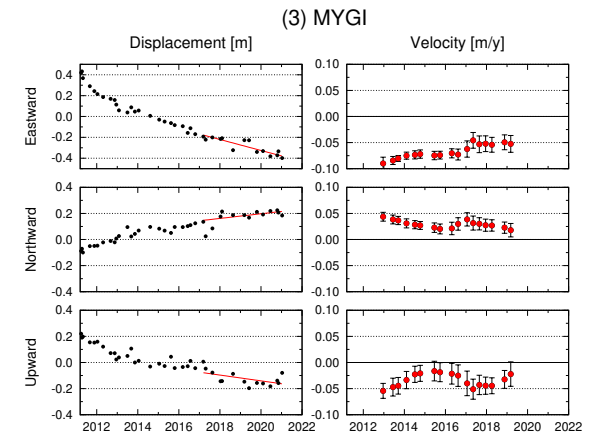
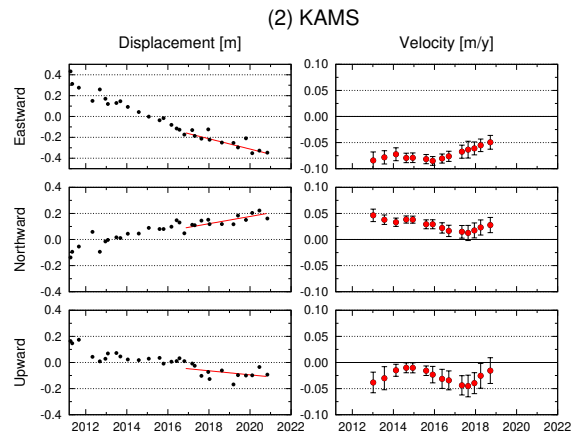
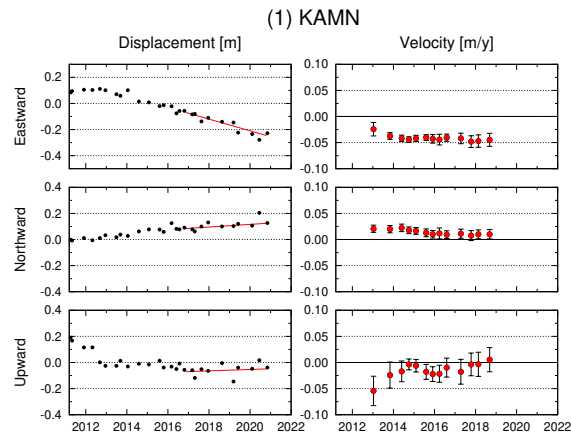
Site name	Lat. (°N)	Lon. (°E)	Movement (cm) (deg)	Period	Update
(1) KAMN	38.89	143.36	33.8 292.3	04/03/2011 - 11/04/2020	
(2) KAMS	38.64	143.26	83.4 291.0	04/04/2011 - 11/04/2020	
(3) MYGI	38.08	142.92	86.2 288.4	03/28/2011 - 01/11/2021	
(4) MYGW	38.15	142.43	20.5 171.1	03/27/2011 - 01/11/2021	
(5) FUKU	37.17	142.08	88.6 125.1	03/29/2011 - 01/10/2021	
(6) CHOS	35.50	141.67	48.5 99.5	04/17/2011 - 09/15/2020	
(7) BOSN	34.75	140.50	10.2 17.8	04/18/2011 - 09/16/2020	
(8) SAGA	34.96	139.26	22.2 346.9	05/07/2011 - 09/16/2020	
GEONET				04/01/2011 - 01/08/2021	



# GNSS-A 観測時系列【北米プレート固定】

各図の右列は、4.1 年の時間窓による回帰直線から求めた変動速度

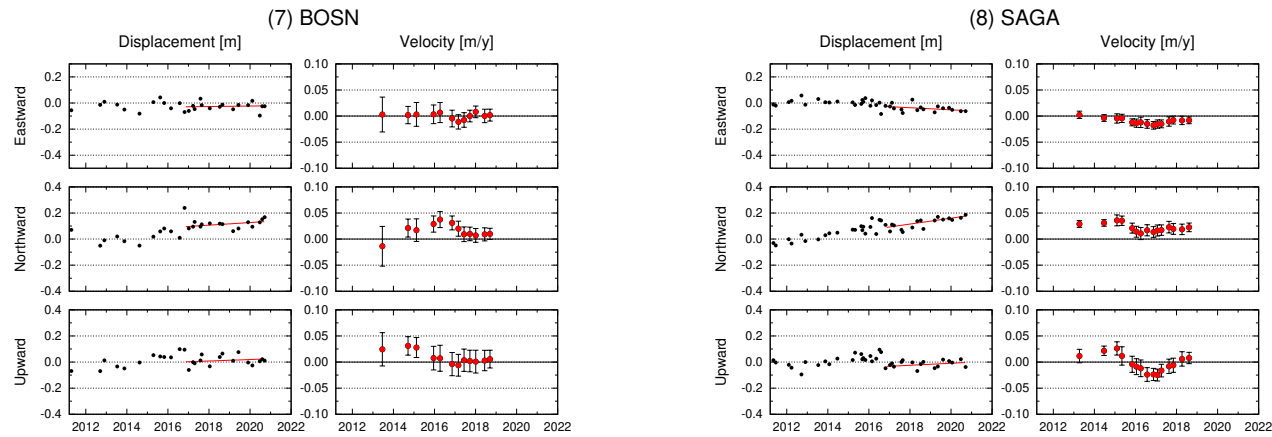
縦のバーは速度推定の 95% 信頼区間



# GNSS-A 観測時系列【北米プレート固定】

各図の右列は、4.1 年の時間窓による回帰直線から求めた変動速度

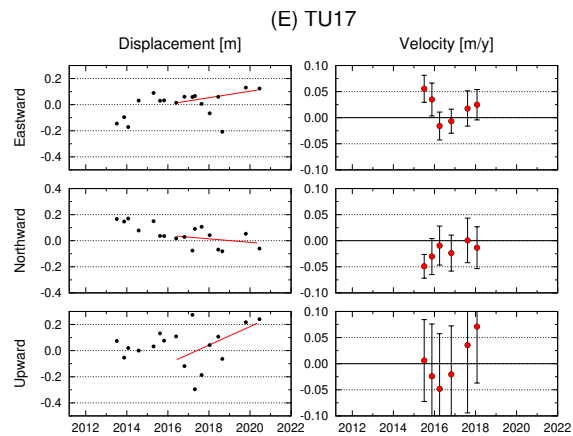
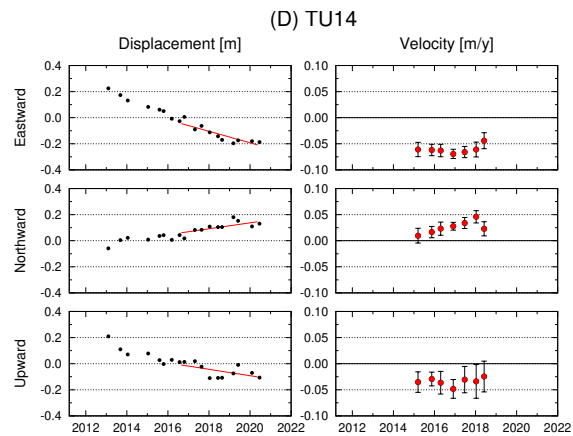
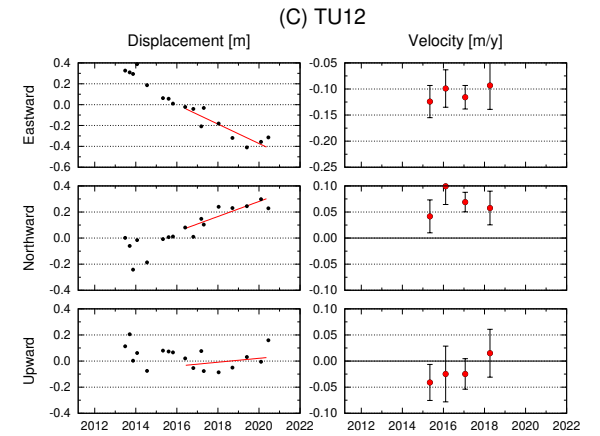
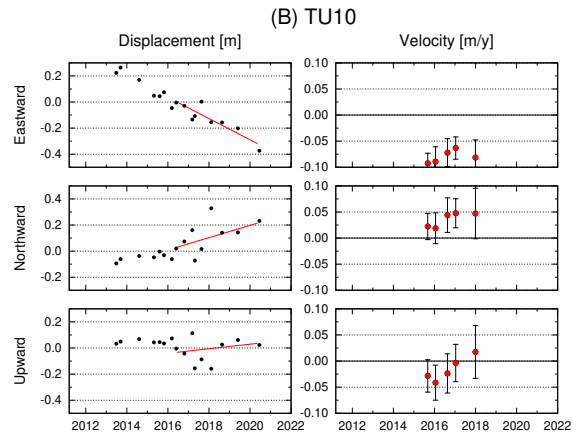
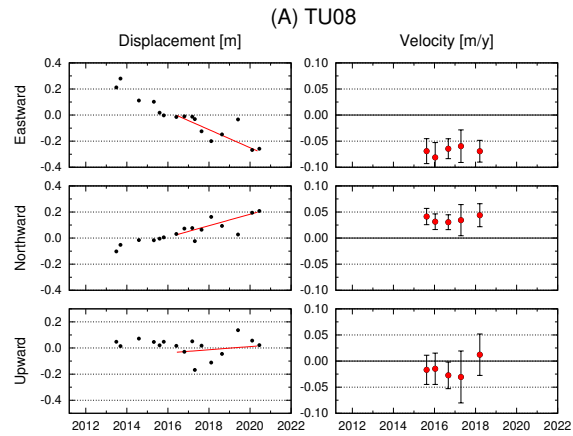
縦のバーは速度推定の 95% 信頼区間



# GNSS-A 観測時系列【北米プレート固定】

各図の右列は、4.1 年の時間窓による回帰直線から求めた変動速度

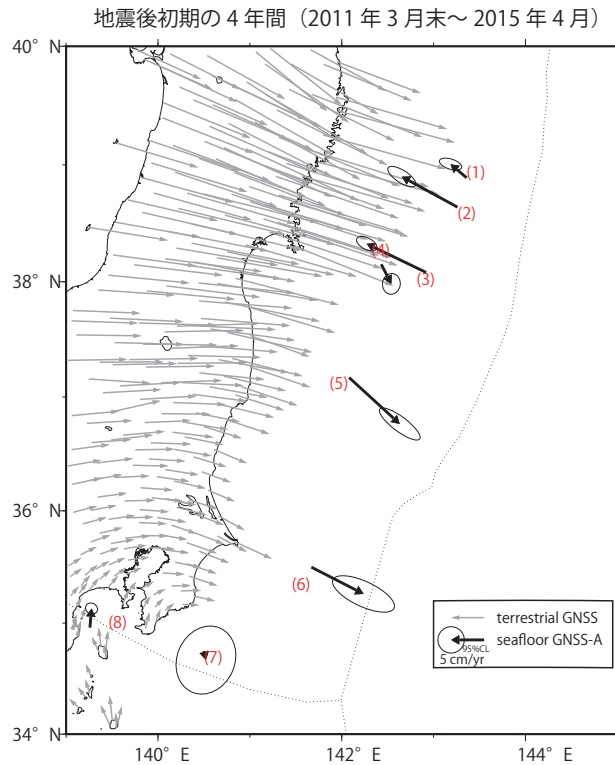
縦のバーは速度推定の 95% 信頼区間



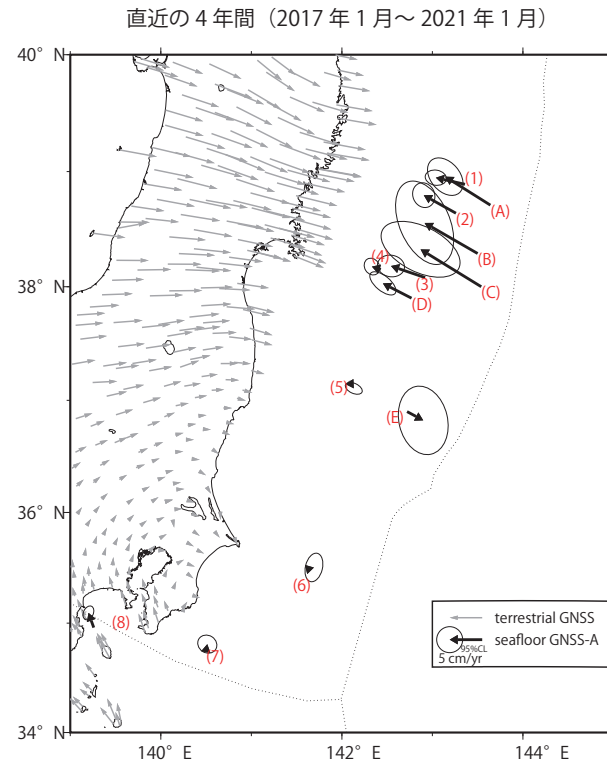


# GNSS-A 観測で得られた 2011 年東北地方太平洋沖地震後の海底の地殻変動

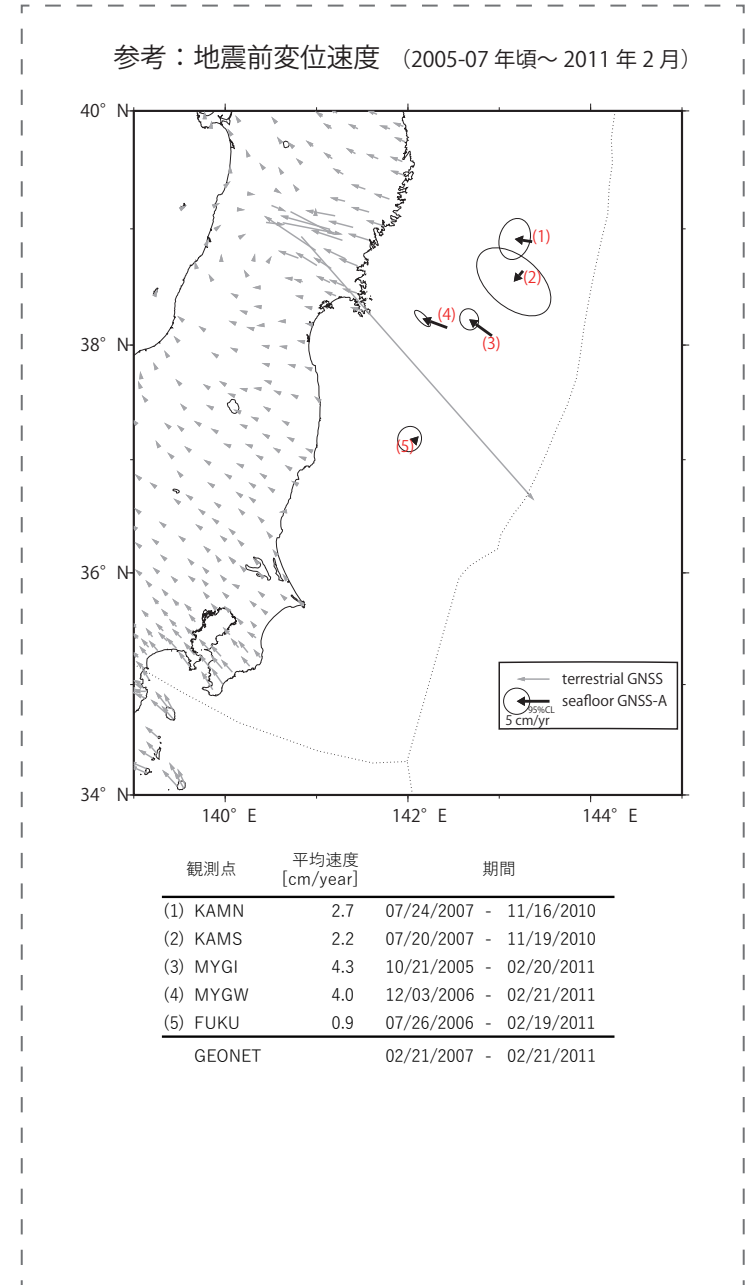
## 地震後の変位速度変化（初期の4年間と直近4年間の平均速度）



観測点	平均速度 [cm/year]	期間
(1) KAMN	3.2	04/03/2011 - 01/26/2015
(2) KAMS	9.6	04/05/2011 - 01/25/2015
(3) MYGI	10.0	03/28/2011 - 04/22/2015
(4) MYGW	3.4	03/27/2011 - 04/23/2015
(5) FUKU	10.4	03/29/2011 - 04/28/2015
(6) CHOS	8.9	04/18/2011 - 04/18/2015
(7) BOSN	1.4	04/19/2011 - 04/17/2015
(8) SAGA	4.7	05/07/2011 - 04/29/2015
GEONET		04/29/2011 - 04/29/2015



観測点	平均速度 [cm/year]	期間
(1) KAMN	4.6	10/18/2016 - 11/04/2020
(2) KAMS	5.7	10/18/2016 - 11/04/2020
(3) MYGI	5.5	03/10/2017 - 01/11/2021
(4) MYGW	1.4	01/08/2017 - 01/11/2021
(5) FUKU	1.3	01/07/2017 - 01/10/2021
(6) CHOS	0.3	10/20/2016 - 09/15/2020
(7) BOSN	1.0	10/21/2016 - 09/16/2020
(8) SAGA	2.4	10/21/2016 - 09/16/2020
(A) TU08	8.2	05/28/2016 - 06/13/2020
(B) TU10	9.4	05/27/2016 - 06/15/2020
(C) TU12	11.0	05/26/2016 - 06/15/2020
(D) TU14	5.0	07/25/2016 - 06/16/2020
(E) TU17	2.8	05/25/2016 - 06/16/2020
GEONET		01/11/2017 - 01/11/2021



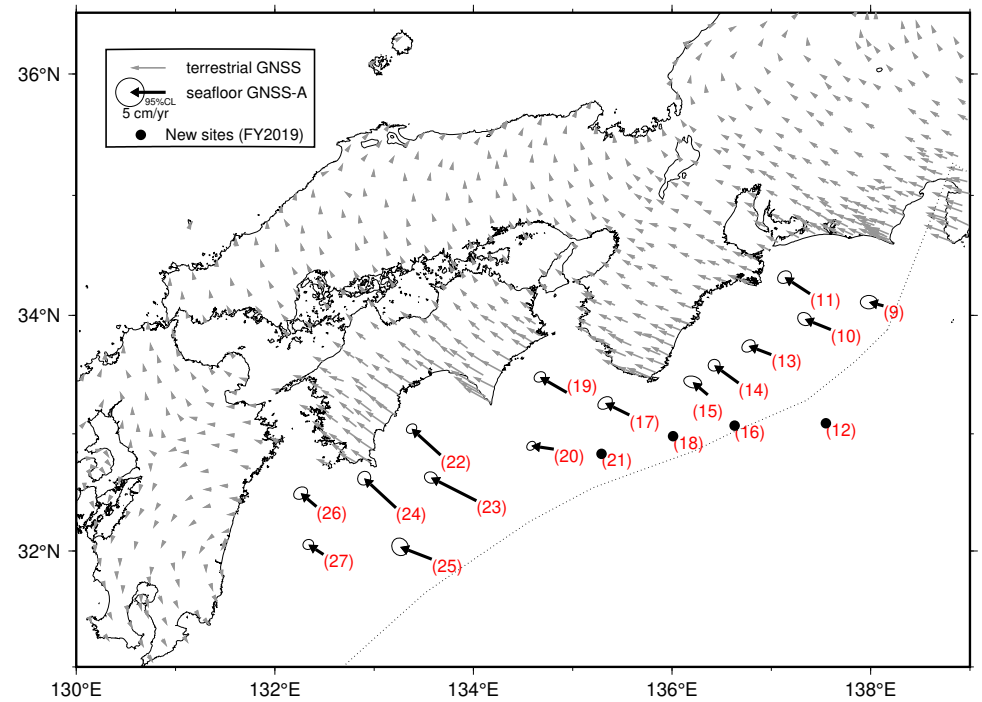
観測点	平均速度 [cm/year]	期間
(1) KAMN	2.7	07/24/2007 - 11/16/2010
(2) KAMS	2.2	07/20/2007 - 11/19/2010
(3) MYGI	4.3	10/21/2005 - 02/20/2011
(4) MYGW	4.0	12/03/2006 - 02/21/2011
(5) FUKU	0.9	07/26/2006 - 02/19/2011
GEONET		02/21/2007 - 02/21/2011

※北米プレート固定

※陸域の地殻変動場は国土地理院 GEONET の F3 解による

## 南海トラフ沿いの直近約4年間の水平移動速度【アムールプレート固定】

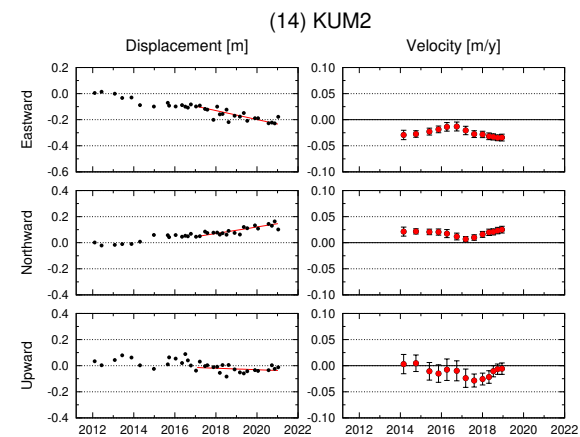
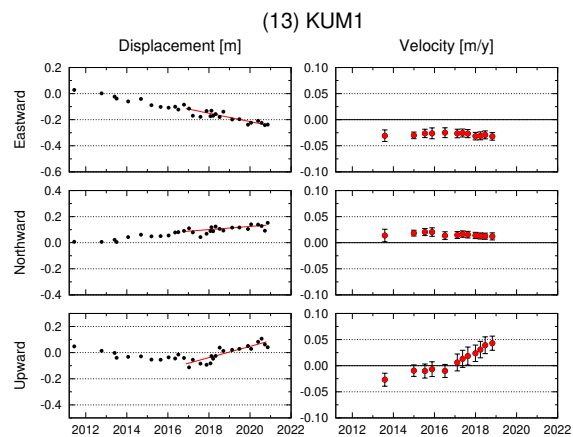
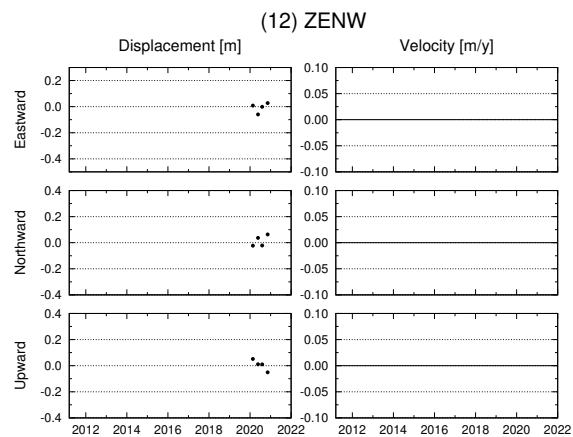
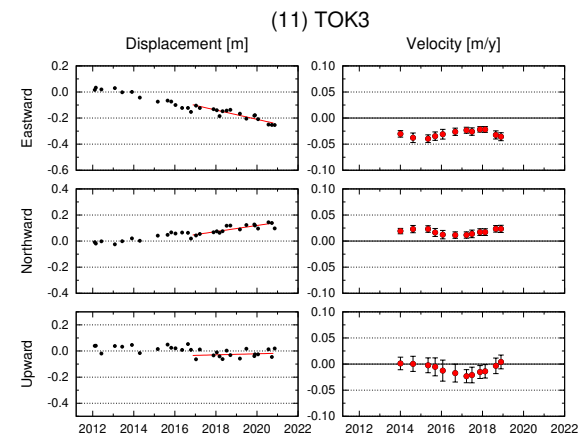
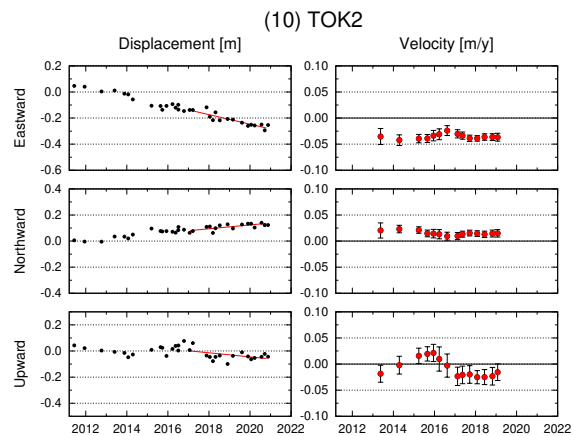
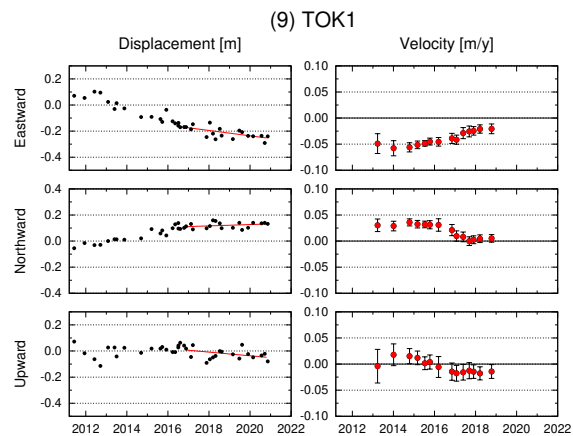
Site name	Lat. (°N)	Lon. (°E)	Velocity (cm/yr) (deg)		Period	Data	Update
(9) TOK1	34.08	138.13	2.1	284.1	10/13/2016 - 11/10/2020	18	
(10) TOK2	33.88	137.60	4.0	292.0	01/22/2017 - 11/16/2020	16	
(11) TOK3	34.18	137.39	4.3	303.3	10/12/2016 - 11/09/2020	17	
(12) ZENW	33.09	137.55	-	-	02/20/2020 - 11/08/2020	4	
(13) KUM1	33.67	137.00	3.4	290.9	10/12/2016 - 11/09/2020	19	
(14) KUM2	33.43	136.67	4.2	306.2	01/11/2017 - 01/13/2021	20	*
(15) KUM3	33.33	136.36	2.8	310.4	01/12/2017 - 01/22/2021	22	*
(16) KUM4	33.08	136.64	-	-	02/21/2020 - 01/14/2021	5	*
(17) SIOW	33.16	135.57	3.8	296.3	01/21/2017 - 01/21/2021	19	*
(18) SIO2	32.98	135.99	-	-	03/18/2020 - 01/21/2021	4	*
(19) MRT1	33.35	134.94	4.4	300.1	01/19/2017 - 01/20/2021	22	*
(20) MRT2	32.87	134.81	3.2	278.3	02/13/2017 - 01/20/2021	24	*
(21) MRT3	32.80	135.35	-	-	08/10/2019 - 01/20/2021	8	*
(22) TOS1	32.82	133.67	5.5	312.3	01/17/2017 - 01/17/2021	20	*
(23) TOS2	32.43	134.03	7.2	297.1	11/13/2016 - 11/19/2020	19	
(24) ASZ1	32.37	133.22	6.1	313.0	01/17/2017 - 01/15/2021	20	*
(25) ASZ2	31.93	133.58	4.8	291.2	01/18/2017 - 01/15/2021	19	*
(26) HYG1	32.38	132.42	2.9	310.5	10/09/2016 - 10/23/2020	22	
(27) HYG2	31.97	132.49	2.6	303.2	10/09/2016 - 10/24/2020	23	
GEONET					01/22/2017 - 01/22/2021		



# GNSS-A 観測時系列【アムールプレート固定】

各図の右列は、4.1 年の時間窓による回帰直線から求めた変動速度

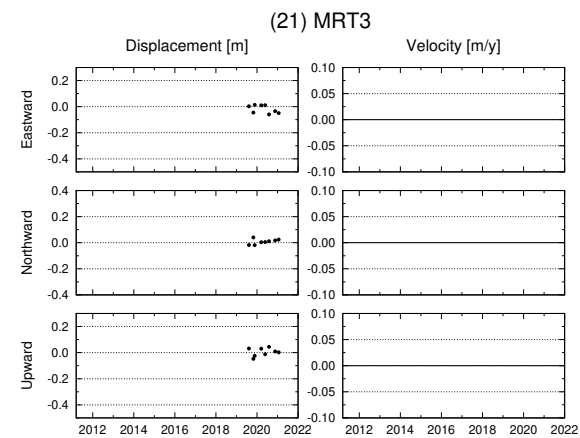
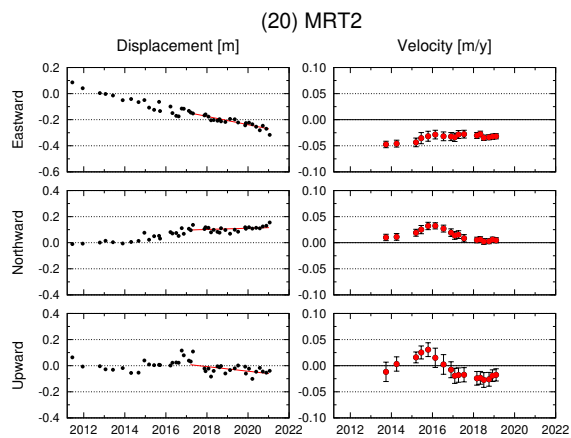
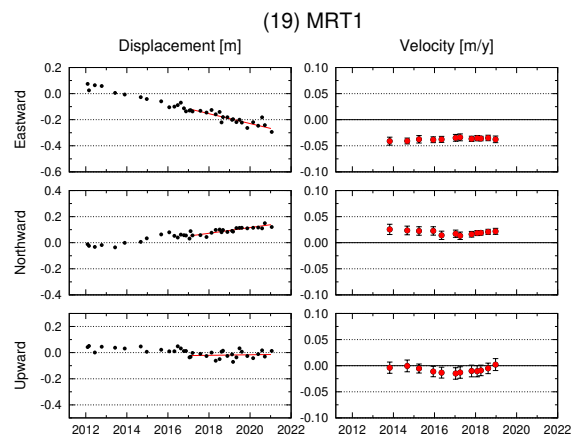
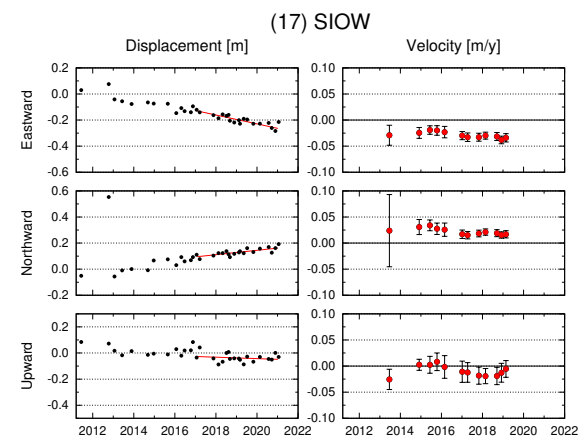
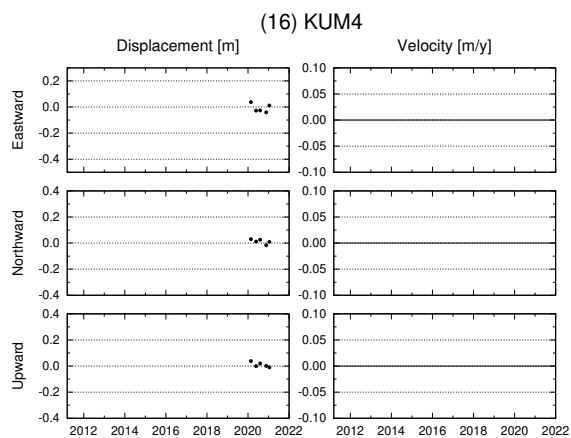
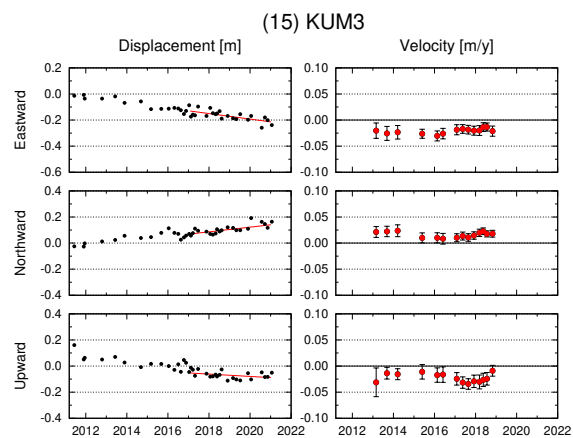
縦のバーは速度推定の 95% 信頼区間



# GNSS-A 観測時系列【アムールプレート固定】

各図の右列は、4.1 年の時間窓による回帰直線から求めた変動速度

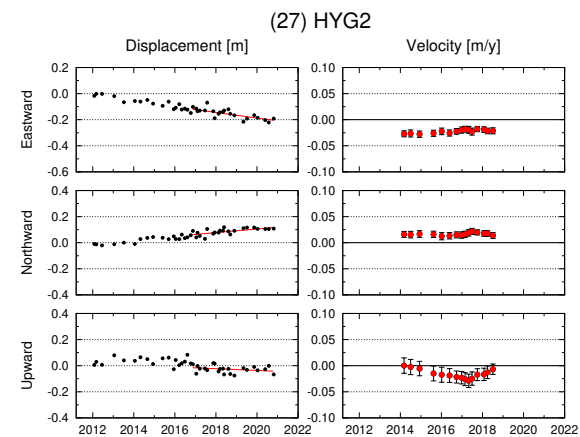
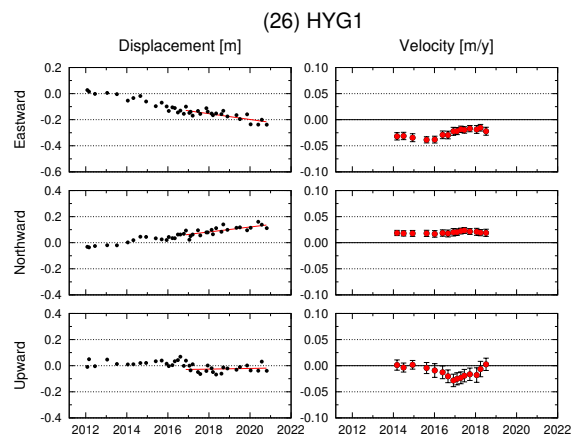
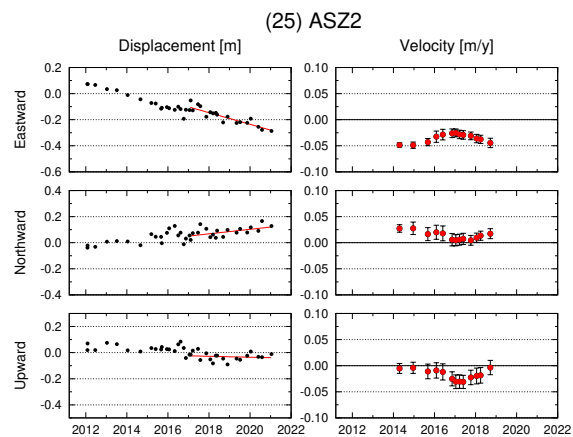
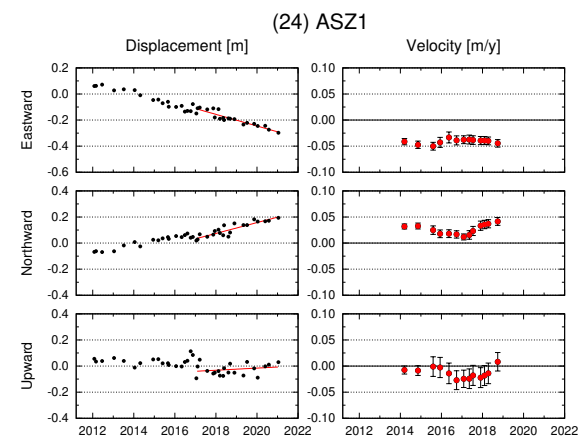
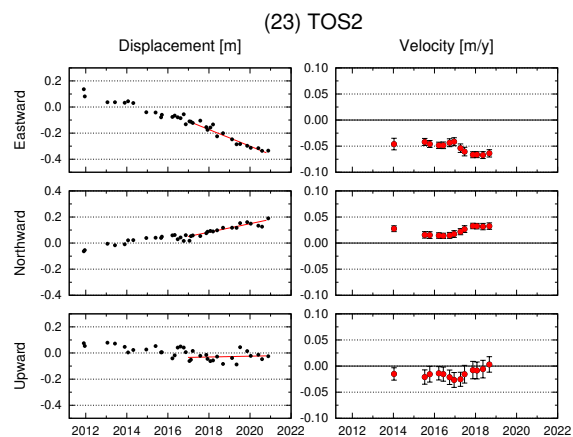
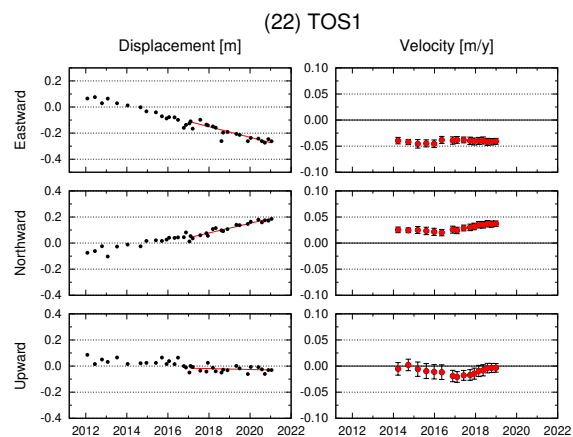
縦のバーは速度推定の 95% 信頼区間



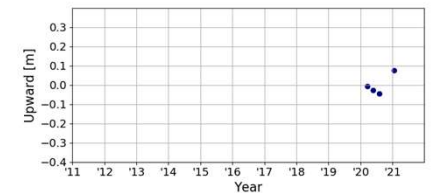
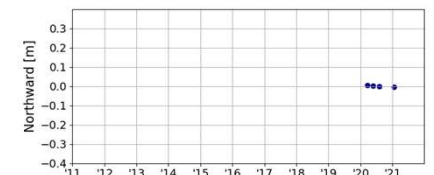
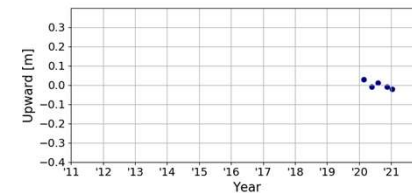
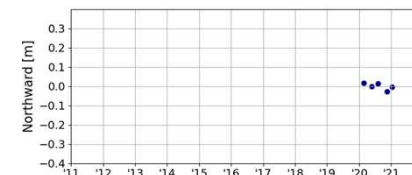
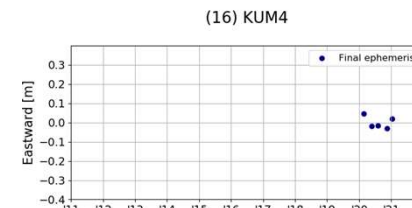
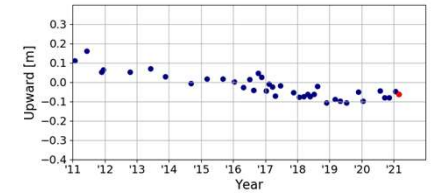
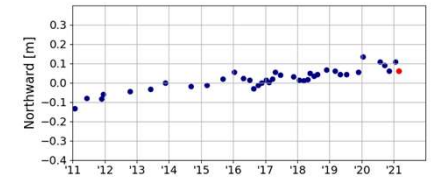
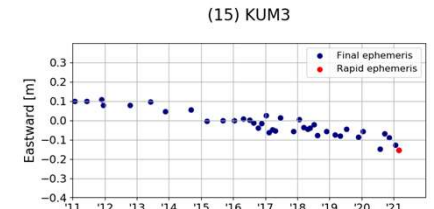
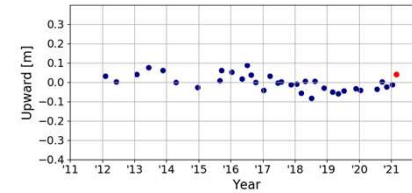
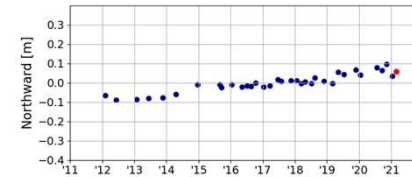
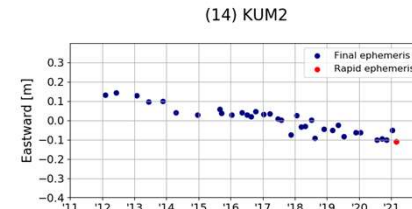
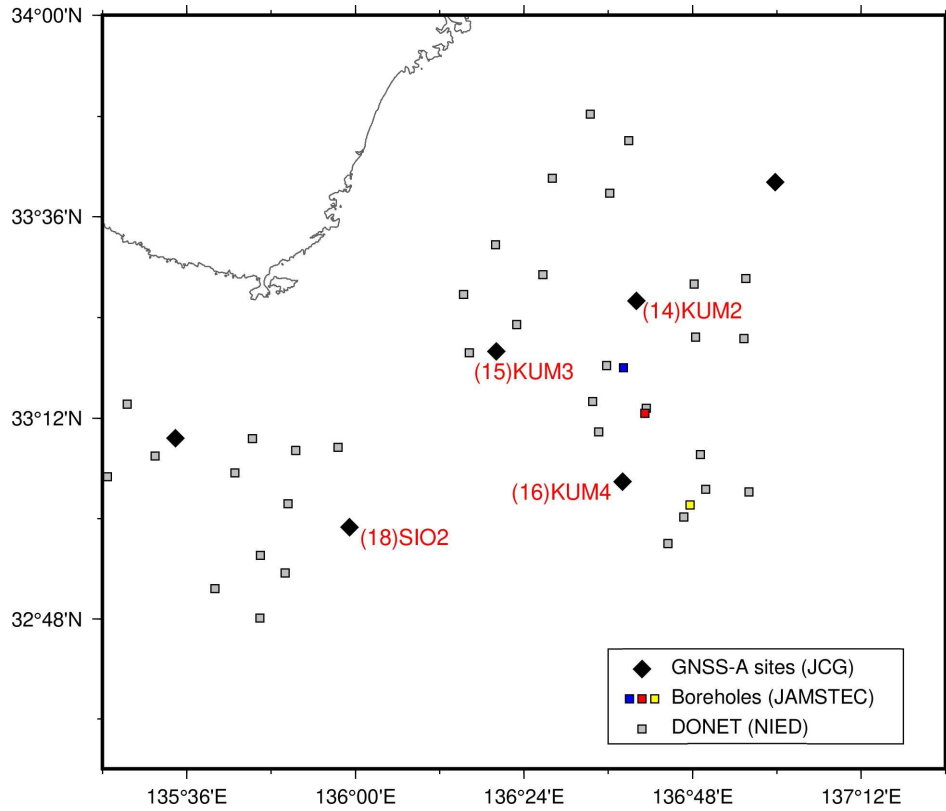
# GNSS-A 観測時系列【アムールプレート固定】

各図の右列は、4.1 年の時間窓による回帰直線から求めた変動速度

縦のバーは速度推定の 95% 信頼区間



# 熊野灘周辺の海底地殻変動観測結果（速報）



※GNSS-A観測時系列の青点のGNSSは最終暦，赤点のGNSSは速報暦で解析