

日本海溝・千島海溝でのGNSS-A観測の進捗状況

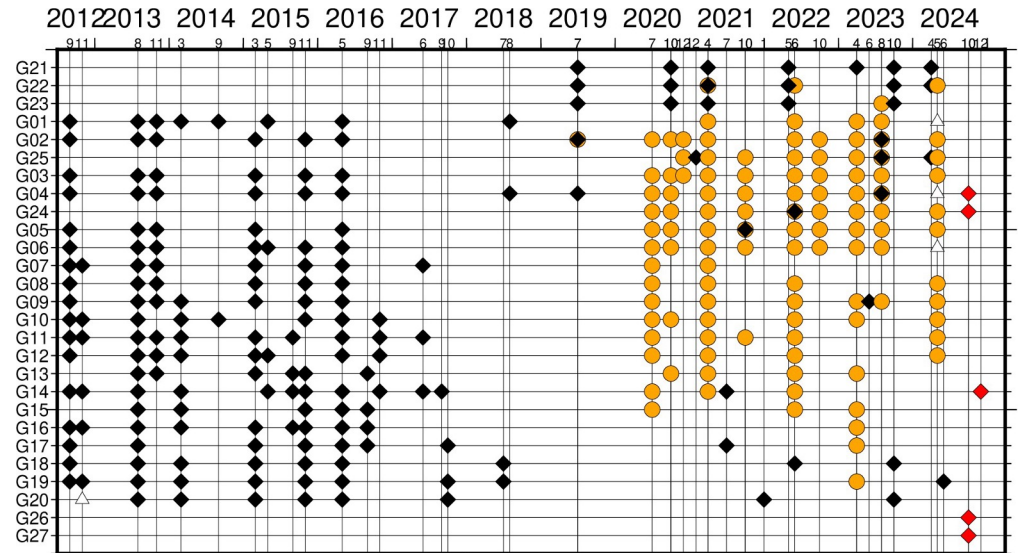
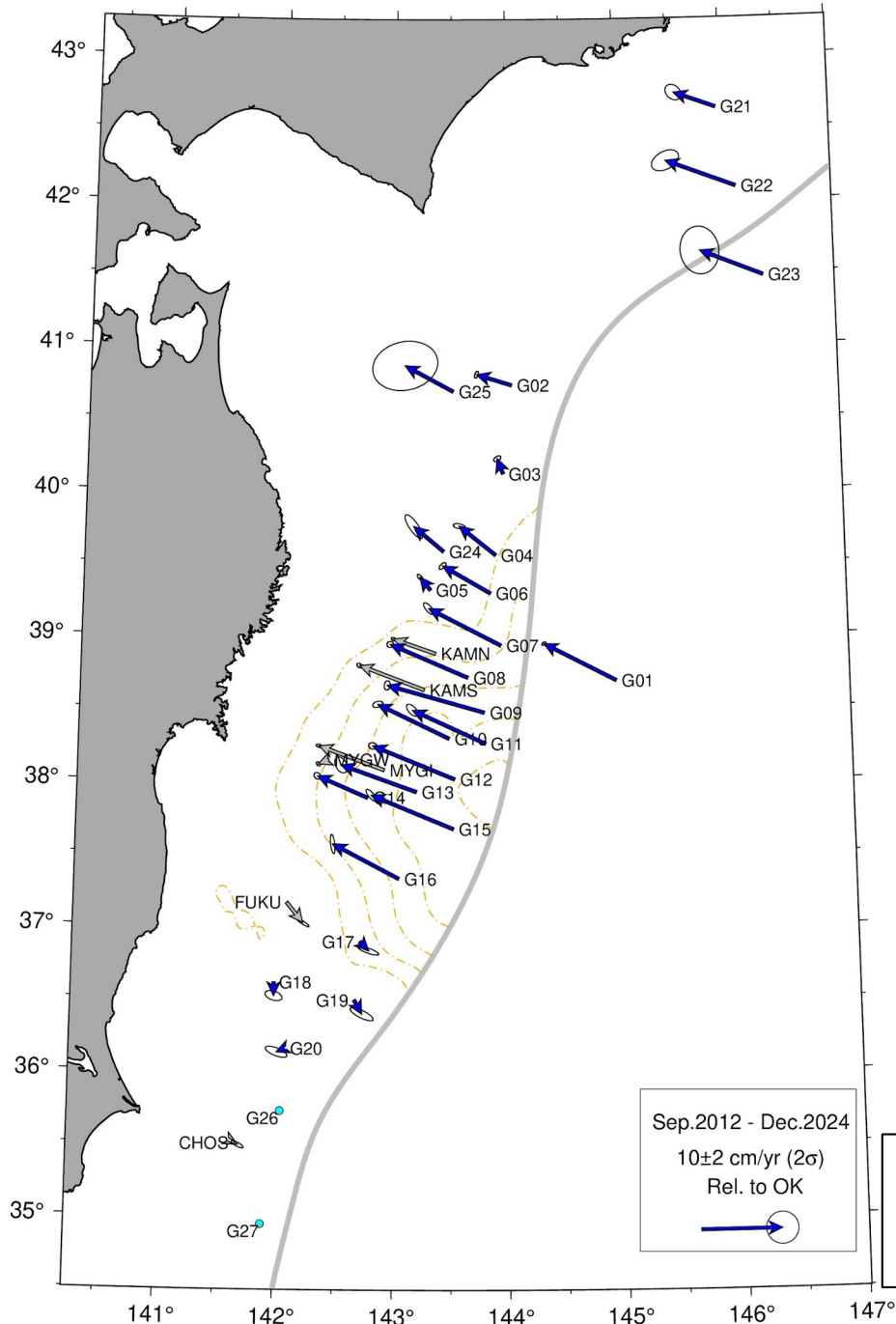
(2012年9月～2024年12月)

東北大学
海洋研究開発機構
北海道大学
東京海洋大学



2025-03-11 地震調査委員会（第411回）資料

GNSS-A観測概要



日本海溝・千島海溝沿いのGNSS-A観測状況

- ◆ : 船舶観測, ● : Wave Glider観測,
- ◆ : 船舶観測, ● : Wave Glider観測 (前回報告時より追加)
- △ : 観測機器の不良により報告に用いないデータ

2019年～

根室半島沖における観測を開始

三陸沖の観測網を拡張

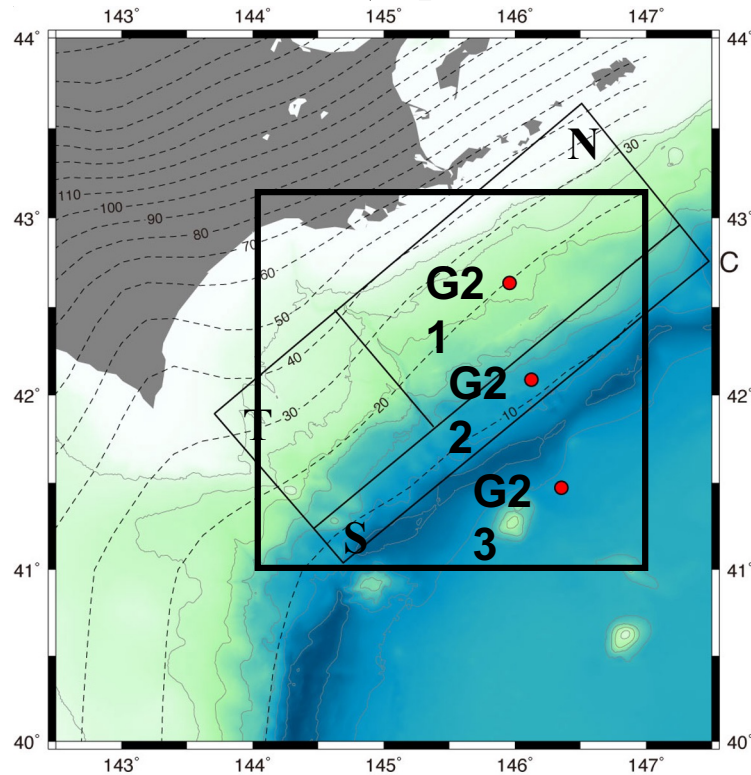
2020年～

Wave Gliderを活用した高頻度観測

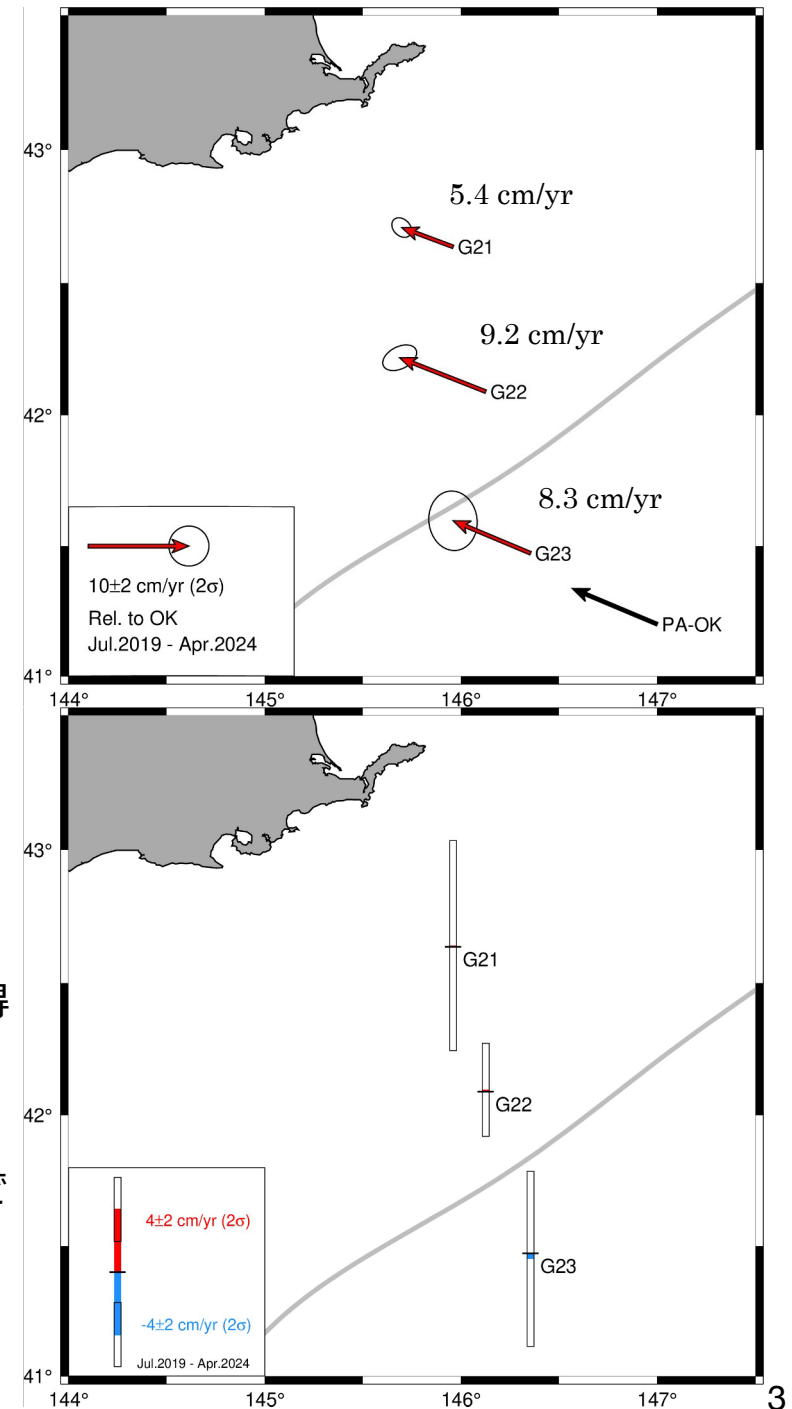
2012/09–2024/12 での
GNSS-A変位速度 (2σ誤差楕円)
橙色コンター : Kubota et al. (2022)に
よる2011年東北沖地震時すべりモデル



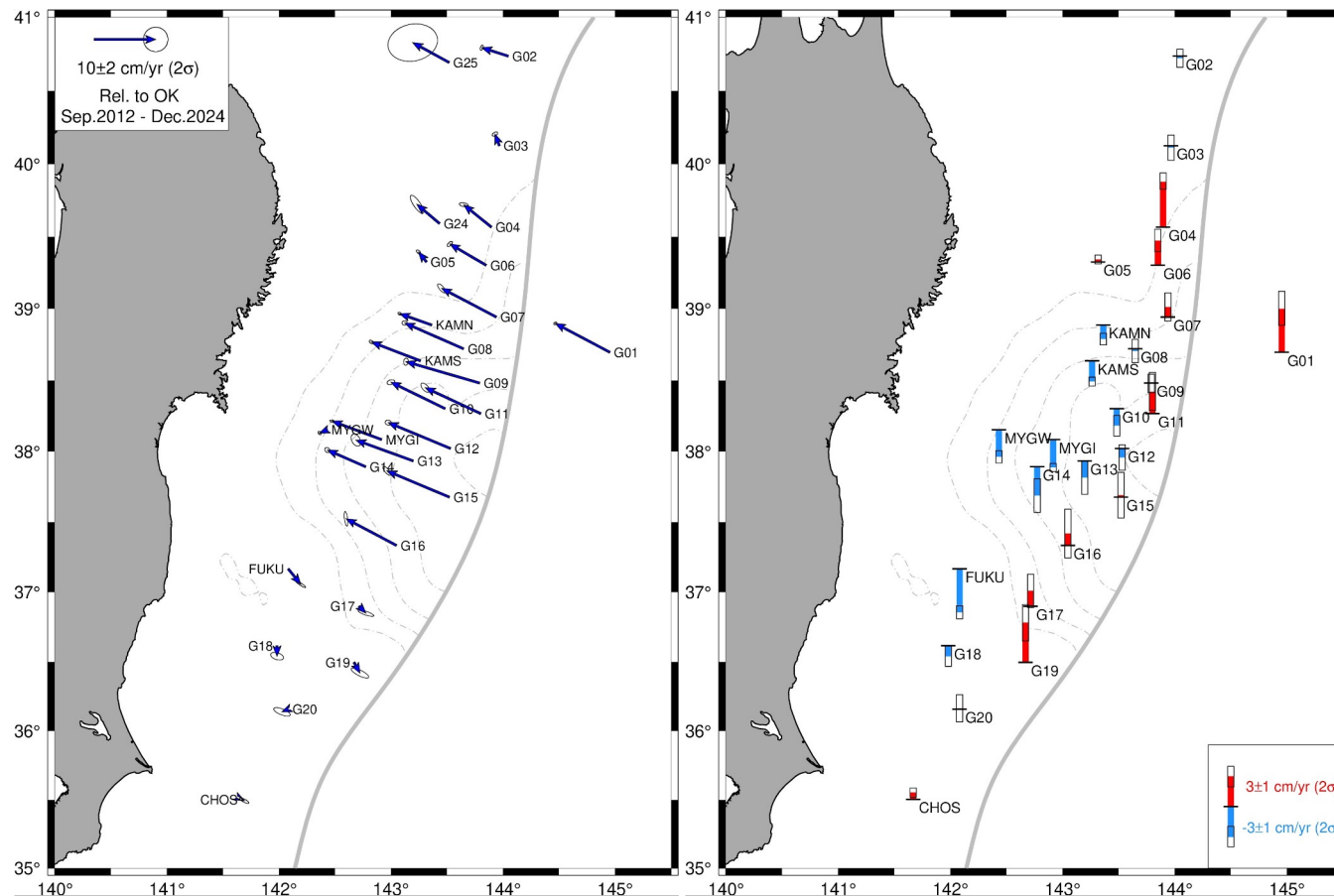
根室半島沖GNSS-A観測



- 全ての観測点において、プレート収束方向に近い水平変位速度が得られた
- G21-22において、 $\sim 5\text{--}9\text{ cm/yr}$ の水平変位速度が検出され、プレート境界浅部まで固着している可能性を示した
- 上下成分については水平成分に比べて観測精度が低いため、現状では有意な変動は得られていない。
- G23観測点は電池寿命のため2023年10月に海底機器を回収済みであり、今後の観測データの追加はない。



東北沖GNSS-A観測

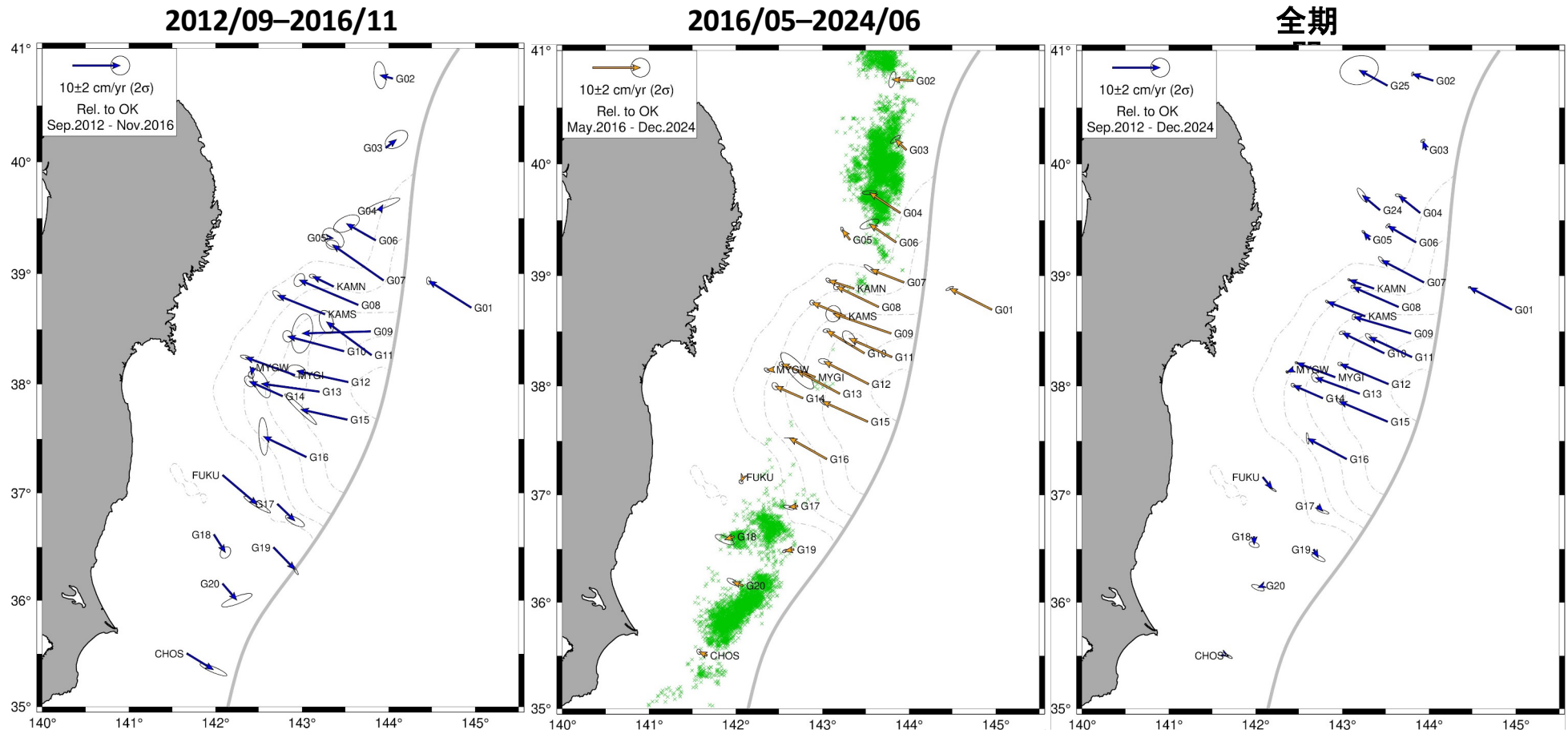


GNSS-A変位速度 (2 σ 誤差楕円) : 2012/09–2024/12
 左 : 水平変動場 (オホーツクプレート固定) , 右 : 上下変動場

- G24, G25は観測期間が短いため、変位速度の誤差が大きい：そのため、上下変位速度は載せていない
- 青森沖～岩手沖：西向きの傾向が見られるが、宮城沖に比べその変位速度は小さい。
- 宮城沖：西向きの水平変位が継続して見られる。誤差が大きいものの、海溝近傍での隆起傾向と海溝から50 km以上離れた領域での沈降傾向が見られる。
- 福島沖～茨城沖：2016年頃まで東向きの傾向が見られていたが、近年はその傾向が見られていない

• G08・G10・G12・G14・G17については、海上保安庁による取得データ (Watanabe et al., 2021) も用いて解析を行った
 • 参考のため、海上保安庁の観測成果 (Yokota et al., 2018) より同観測期間の変位速度を図に掲載した

東北沖GNSS-A観測・変位速度時間変化



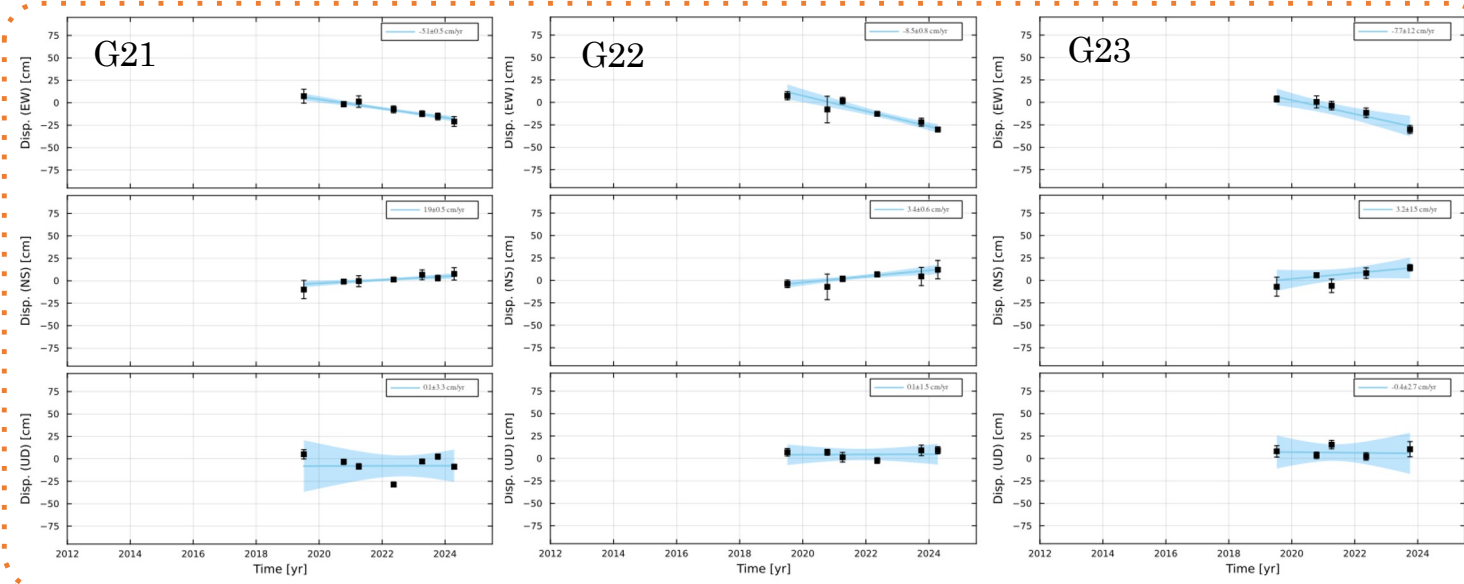
ベクトル：GNSS-A変位速度（2 σ 誤差楕円，オホーツクプレート固定），
緑シンボル：微動分布（2016年8月15日-2021年12月27日，Nishikawa et al. [2019]より更新）

- GNSS-A変位時系列について，時間窓を変えて重み付き直線回帰により変位速度を計算
- 青森沖～岩手沖：2016年以降は固着によると考えられる西向きの変動
（それ以前は，2015年三陸沖SSEの影響などを含んでいる可能性がある）
- 宮城沖：期間によらず～10 cm/yr程度の西向きの変動
- 福島沖～茨城沖：余効すべりによると考えられる東向きの変動が，2016年以降は概ね収束している

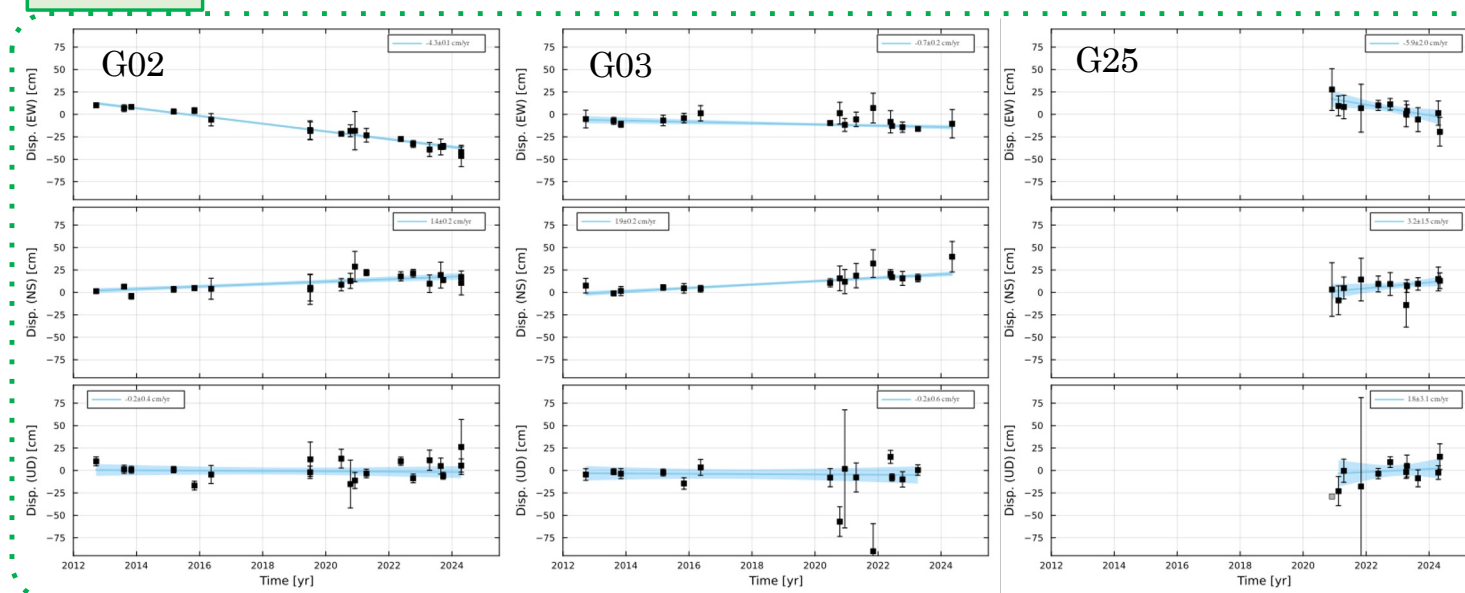
各観測点の時系列変化

- アレイ変位 (誤差バー: 10σ)
- 1σ 測位誤差 > 10 cm
- 回帰直線 (薄水色: 95%信頼区間)

根室沖



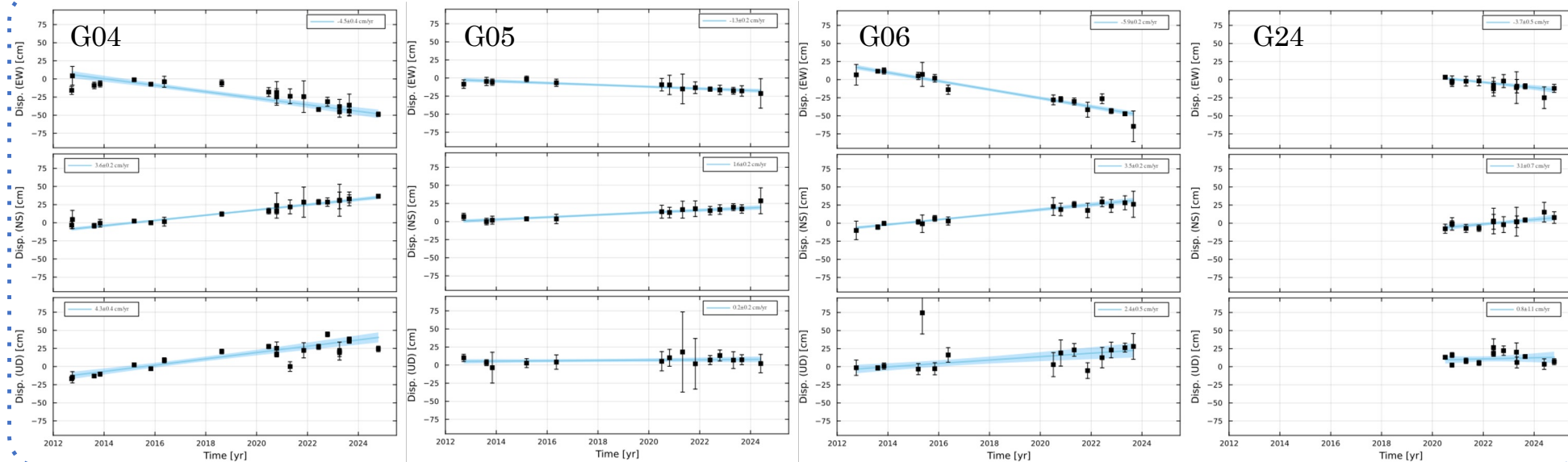
青森沖



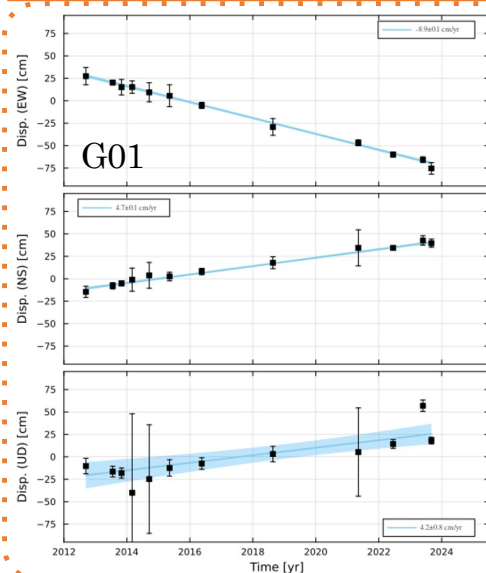
各観測点の時系列変化

- アレイ変位（誤差バー：10 σ ）
- 1 σ 測位誤差 > 10 cm
- 回帰直線（薄水色：95%信頼区間）

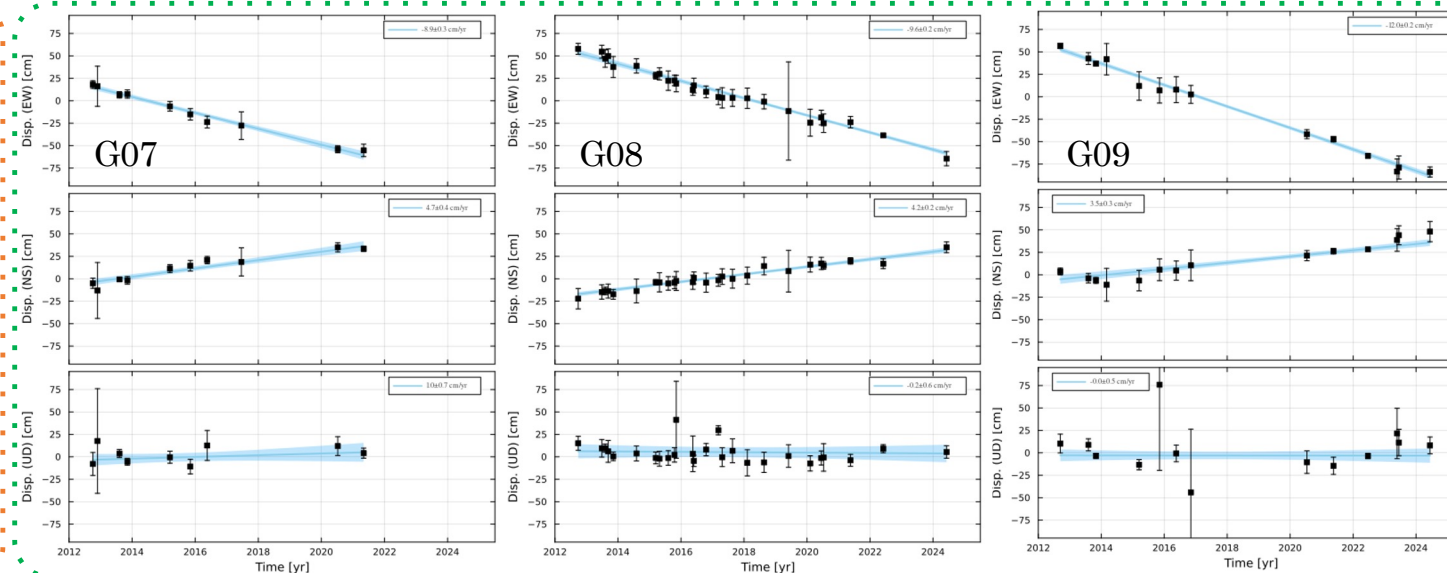
岩手沖北部



宮城沖太平洋プレート



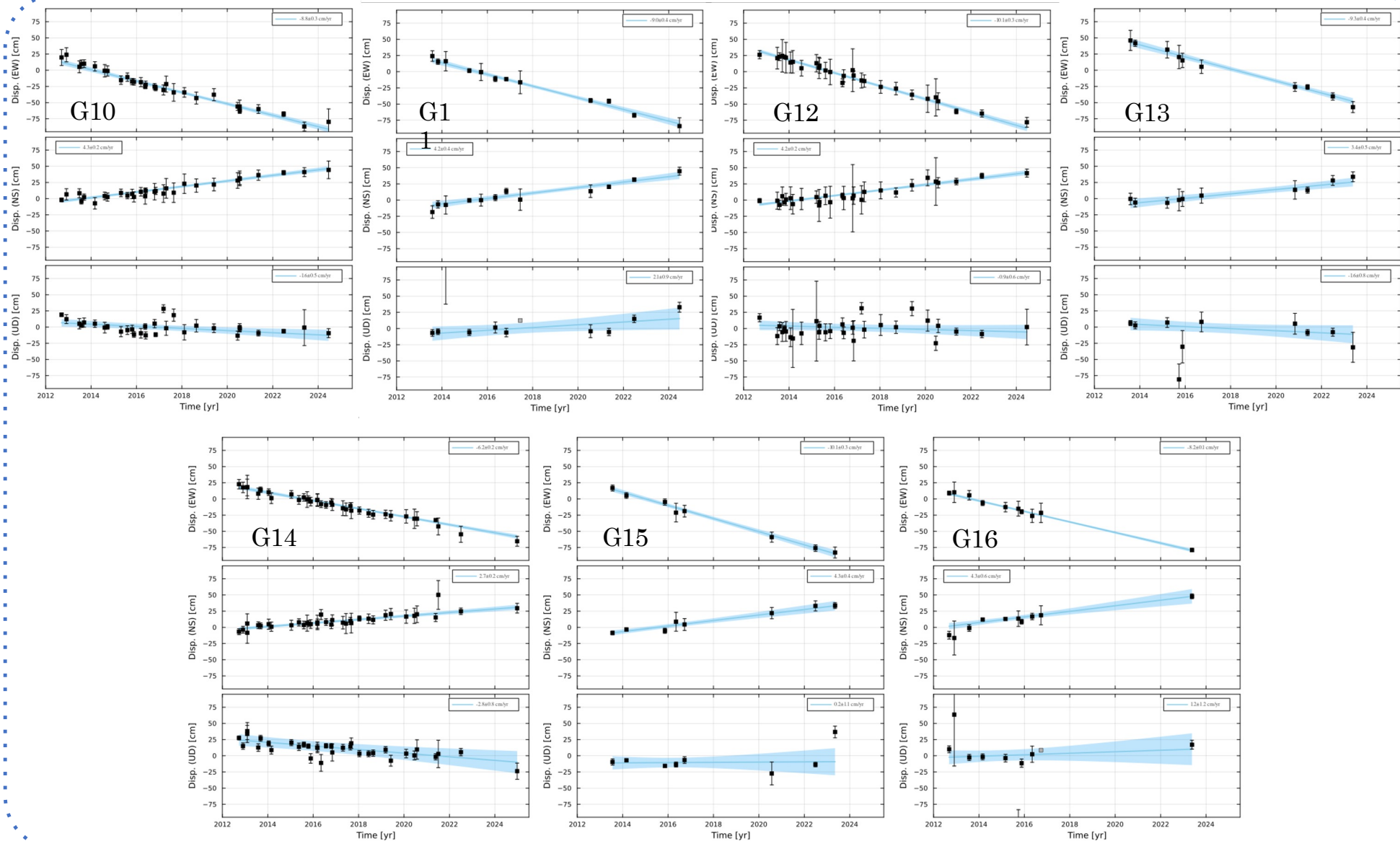
岩手沖南部～宮城沖北部



各観測点の時系列変化

- アレイ変位（誤差バー：10 σ ）
- 1 σ 測位誤差 > 10 cm
- 回帰直線（薄水色：95%信頼区間）

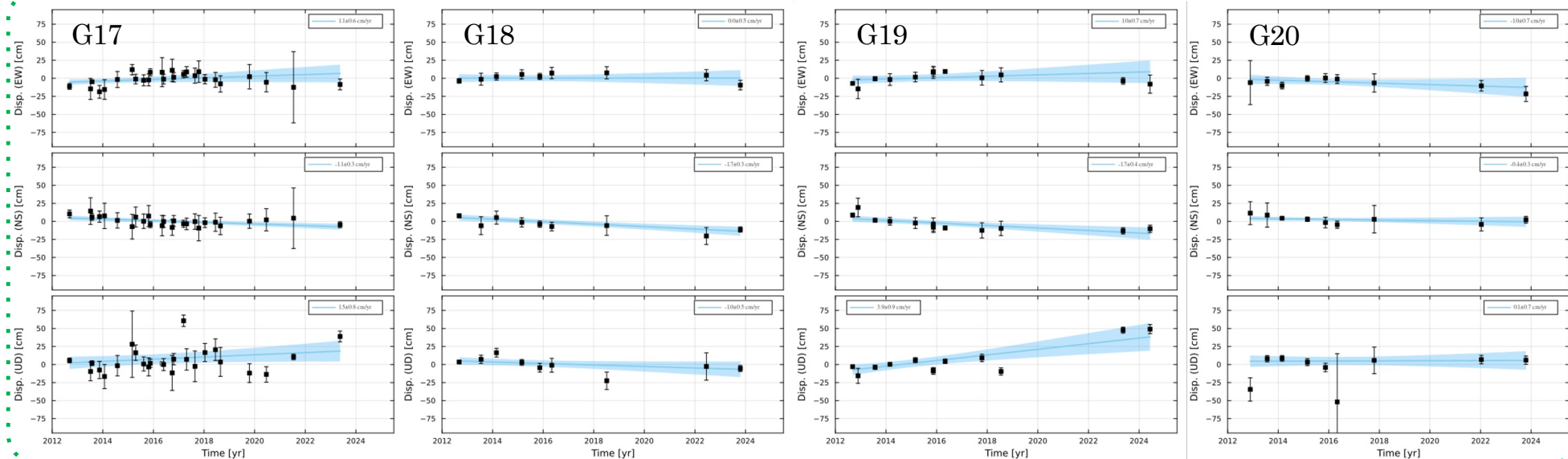
宮城沖

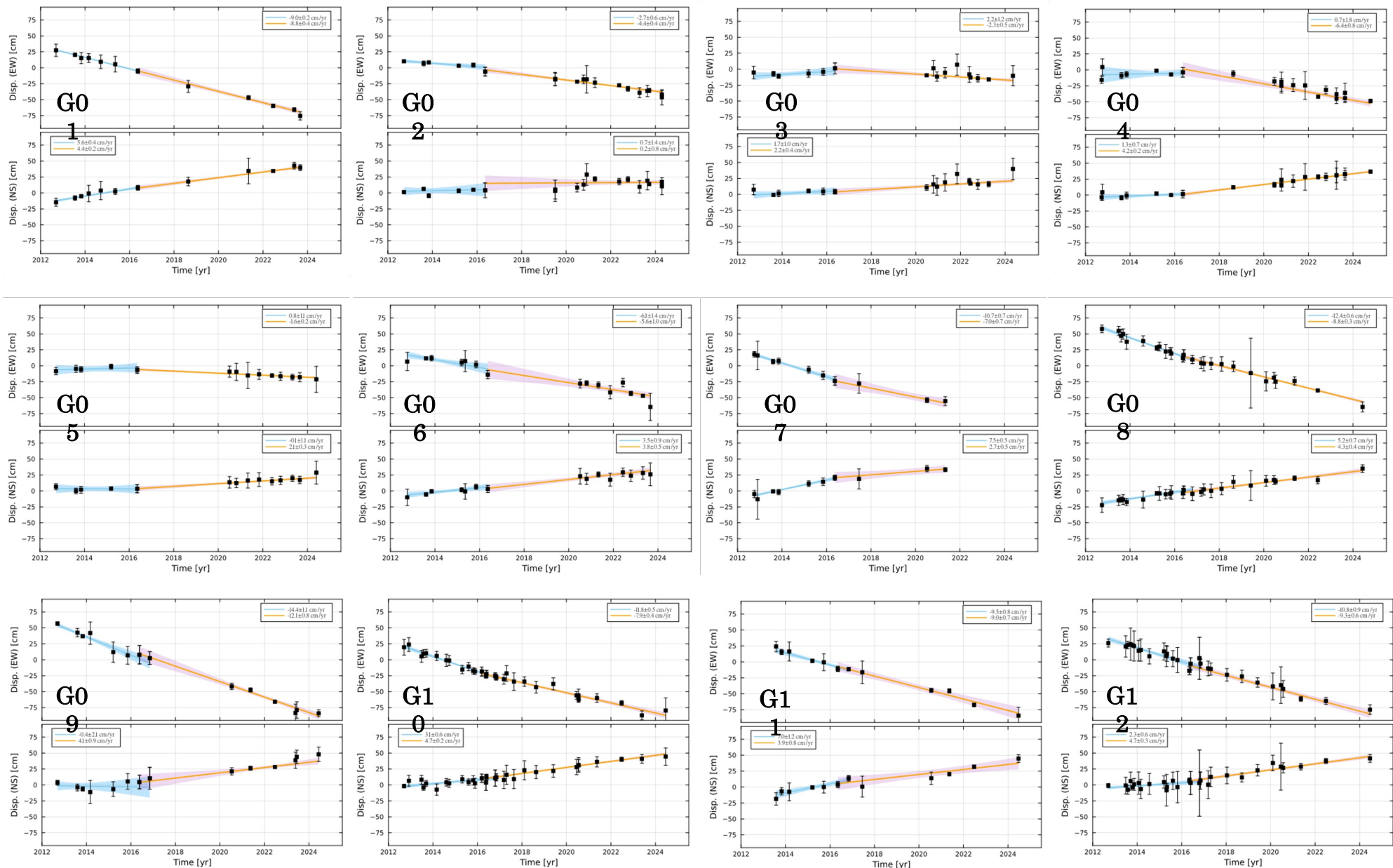


各観測点の時系列変化

福島沖～茨城沖

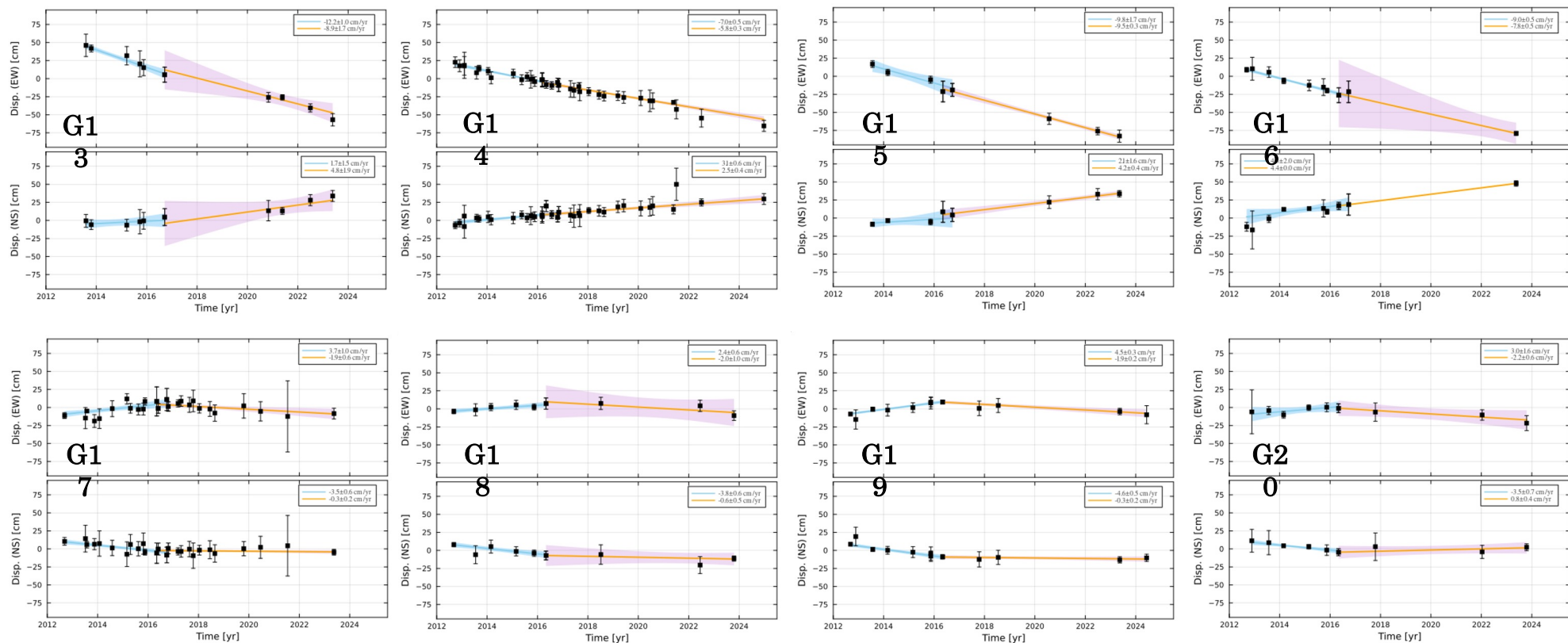
- アレイ変位（誤差バー：10 σ ）
- 1 σ 測位誤差>10 cm
- 回帰直線（薄水色：95%信頼区間）





■ アレイ変位 (誤差バー: 10σ)
 — 回帰直線 (2016年以前, 薄水色: 95%信頼区間)
 — 回帰直線 (2016年以降, 薄紫色: 95%信頼区間)

期間分割した場合の時系列フィッティング (水平成分のみ)



期間分割した場合の時系列フィッティング (水平成分のみ)

GNSS-A観測データの解析

概

要 GNSS-Acoustic測位解析ではキャンペーン毎の海底局アレイ変位を推定している。ここで、「海底局アレイ変位」は各海底局の初期位置から全ての海底局について共通の変位量のこと、別の解析により事前に推定している。海底局アレイ変位の推定には、音速構造を水平成層構造と一定深度までの一様音速勾配構造の重ね合わせで表現したTomita (2024)の測位解析手法を用いている。

詳

細 海底局アレイ変位・天底遅延量時間変化・音速勾配に相当する未知パラメータをMCMC法によって推定した。一様音速勾配構造は、音速勾配構造の存在する下限深さ（勾配深度）と海面付近での音速の空間勾配（浅部勾配）によって表現され、浅部勾配が表す音速の空間勾配が勾配深度まで連続的に存在することを仮定している。解の安定化を図るため、勾配深度と浅部勾配に正規分布を仮定した事前分布（それぞれ $N(0.65 \text{ km}, 0.15 \text{ km})$, $N(0 \text{ sec/km}, 5 \times 10^{-5} \text{ sec/km})$ ）を導入し、解析を行った。得られたアレイ変位の事後確率分布は概ね正規分布を示したため、MCMC法によるサンプルの平均値と標準偏差をそれぞれ推定値・推定誤差として採用した。

解析結果の表示について

変位時系列では、キャンペーン毎の海底局アレイ変位を黒四角で示している。海底局アレイ変位の誤差バーは、推定誤差の10倍を示している。実線は各成分での海底局アレイ変位時系列の重み付き回帰直線を示し、ハッチの範囲は重みを考慮して算出された95%信頼区間を示す。各時系列右上に変位速度の推定値と誤差を示す。測位解析に用いている観測方程式では、複雑な海中音速の不均質の影響とアレイ変位との間の相互作用を表現しきれていないため、得られた推定誤差は過小評価される傾向にある。しかし、得られた推定誤差の大きさは、主に海上局と海底局の幾何学配置による推定精度を反映したものとなっているので、観測キャンペーン間での推定精度の相対的な違いを表現することができる。相対的な推定誤差の違いを視覚化するために、便宜上推定誤差の10倍の値を各アレイ変位の誤差として表記している。