

西日本の GNSS 速度場の時間変化に基づく粘弾性変形に関する考察
**Viscoelastic Deformation inferred from Temporal Variation of
 GNSS Velocity Field in Southwest Japan**

○西村卓也

○Takuya NISHIMURA

Viscoelastic relaxation in the asthenosphere is an important factor in interpreting postseismic deformation as well as interseismic deformation in the subduction zone. The calculated interseismic velocity field depends on the asthenosphere viscosity and the recurrence interval of a megathrust earthquake. We examined temporal changes in GNSS site velocities in the Nankai subduction zone including the Korean Peninsula and found that the variations were smaller than 2 mm/yr in the past quarter of a century. This small variation suggests the asthenosphere viscosity is larger than 2×10^{19} Pa s. The inferred viscosity and the earthquake recurrence interval suggest that elastic slip-deficit modeling for the interseismic deformation can be validated as a first approximation except for a few decades after the earthquake.

1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震(M9.0)の余効変動は、主にマントルにおける粘弾性緩和によるものと考えられており、観測された地殻変動の解釈において、過去の大地震や固着による粘弾性変形を考慮することが重要であることを示した(Wang et al., 2012など)。西日本においては、南海トラフ沿いで巨大地震が150年程度の周期で発生しているが、西村・Pollitz(2019)は、粘性率が 10^{19} Pa s、大地震の繰り返し周期を117年程度とすると、大地震から概ね30~60年後においては大地震の粘弾性緩和による余効変動とプレート間固着による粘弾性変形が打ち消し合い、観測される地殻変動が概ね現在の固着による弾性変形によって説明できることを示した。一方、Li et al.(2020)は、沈み込む弾性スラブを考慮した現実的な粘弾性構造モデルを用いて、南海トラフにおける地震サイクル中の地殻変動の時間変化を計算した。粘性率が 10^{19} Pa sの場合では、固着による海溝から遠ざかる向きの変動速度が地震間に増加し、その範囲も大きく広がっていくことを示した。

本発表では、南海トラフにおけるプレート間固着による変形の範囲と粘弾性変形による地殻変動速度の時間変化が実際の観測データで確認できるかどうかを調べるために、1990年代から現在までの西日本から朝鮮半島のGNSS観測点の速度場を推定し、西日本の粘弾性変形に対する考察を行う。

2. 観測データと手法

本研究では、国土地理院GEONET、海上保安庁DGPS、International GNSS Service(IGS)、韓国GNSSサービスから取得したRINEXデータ及び、京大防災研のGNSS観測点のRINEXデータを使用した。GipsyX Ver. 1.4のバイアス整数化精密単独測位法により、ITRF2014座標系準拠の日座標値を算出し、Altamimi et al.(2014)とArgus et al.(2014)のオイラーベクトルを用いて、アムールプレート基準の日座標値に変換した。アンテナ交換や地震に伴うオフセットを補正した日座標値に、直線、年周、半年周からなる関数をフィッティングし、直線成分から速度を求めた。速度を推定した期間は、以下では期間A(1997年7月から2001年6月)、期間B(2005年7月から2009年6月)、期間C(2012年7月から2016年6月)、期間D(2019年7月から2023年6月)と呼ぶ。

粘弾性緩和による地殻変動の計算には、球構造を仮定したVISCO1D(Pollitz, 2007)を用いた。粘性構造については、単純な2層構造を仮定し、表層から深さ40 kmまでを完全弾性体として、深さ40 km以深の粘性率を変更しながら、期間A-Dにおける変位速度を計算した。考慮した変動源は、南海トラフのプレート間固着・地震(Nishimura et al., 2018)と2011年の東北地方太平洋沖地震(Nishimura et al., 2011)である。まず、期間C、期間Dを使って、東北地方太平洋沖地震の余効変動から粘性率を推定し、次に南海トラフの地震

サイクルを用いた粘性率の検討を行った。

3. 結果と考察

期間 C や期間 D においては、朝鮮半島や対馬、隠岐、竹島、鬱陵島などの日本海の島嶼部においてアムールプレートに対して、3-10 mm/yr の東向きの変動が見られた。この変動は、粘性率を 9×10^{18} Pa s として、東北地方太平洋沖地震による粘弾性余効変動の計算値とよく一致している。期間 D の観測値から粘弾性緩和の計算値を引いたものを図 1、この残差値を南海トラフでのプレート収束方向(北 60° 西)に投影したものを図 2 に示す。図 1 から、プレート間固着によると考えられる北西方向の速度が対馬や隠岐、朝鮮半島の南東沿岸部でわずかに確認できるが、朝鮮半島内陸部ではほぼ 0 となる。このような地殻変動のパターンは、Nishimura et al. (2018) の弾性モデルで十分説明される。また、変動の時間変化も小さく、図 2 の 400 km 以遠での時間変化は 2 mm/yr 以下である。このような変動の特徴するためには、西日本の粘性率は少なくとも 2×10^{19} Pa s より高い必要がある。しかし、この粘性率は、東北地方太平洋沖地震の余効変動から推定される粘性率よりも明らかに高いため、粘性率の地域性や複雑なレオロジー

モデル (Burgers 粘弾性体やべき乗則モデル) が必要なことが示唆される。

以上の結果より、現在の GNSS データを説明する粘性率では、南海トラフ地震後 30 年以降の粘弾性応答による変位速度の計算値の時間変化は小さく、変位速度分布は弾性応答とほぼ一致する。そのため、現在の南海トラフの地殻変動から弾性応答関数を用いて固着を推定することは、第一近似としては妥当であることが示された。

参考文献

西村・Pollitz (2019), Abstract of JpGU 2019, SCG61-24 ; Wang et al. (2012), *Nature*, 484, 327-332; Li et al. (2020), *Geophys. Res. Lett.*, 47, e2019GL085551; Pollitz (2007), <https://www.usgs.gov/node/279413>; Altamimi et al. (2017), *Geophys. J. Int.*, 209, 1906-1912; Argus et al. (2010), *Geophys. J. Int.*, 180, 916-960; Nishimura et al. (2018), *Geosphere*, 14, 535-551; Nishimura et al. (2011), *Earth Planets Space*, 63, 631-636

謝辞: 本研究では、国土地理院、海上保安庁、IGS、韓国 GNSS サービスが公開している GNSS データを使用しました。ここに記して感謝いたします。

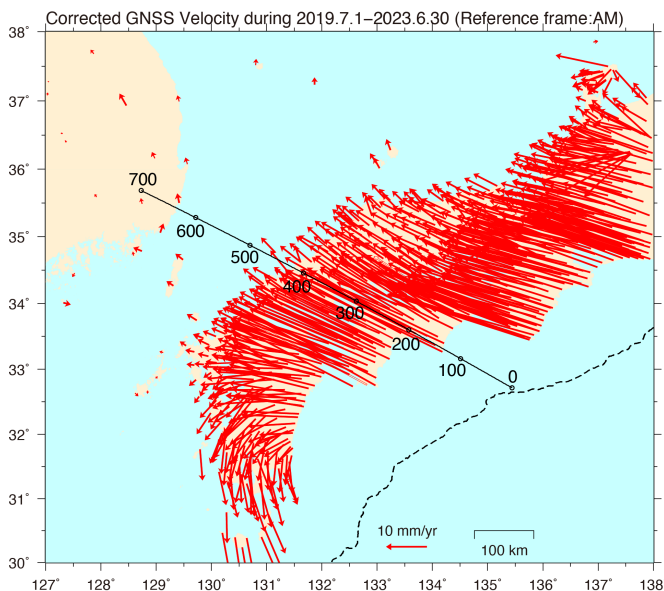


図 1 2019年7月から2023年6月まで(期間D)のGNSS観測点における水平速度。アムールプレート固定で東北地方太平洋沖地震の粘弾性緩和による余効変動を補正した。北西-南東方向の実線は、図2の速度プロファイルの位置を示し、数字が南海トラフからの距離を表す。

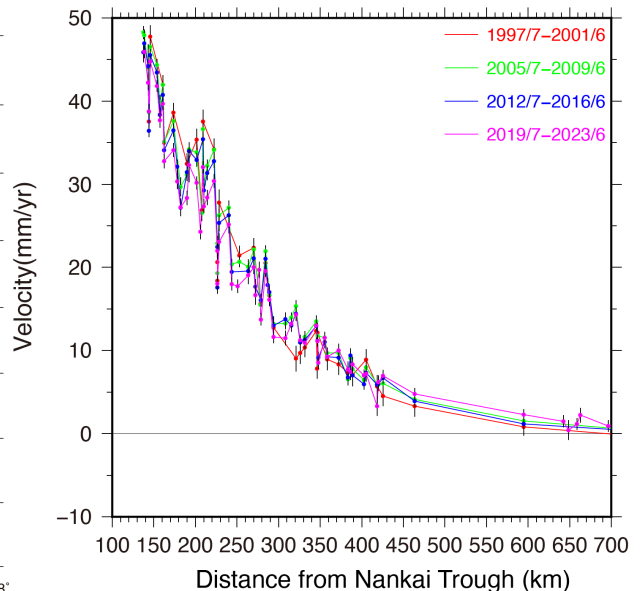


図 2 N60°W 方向の測線(図 1)における N60°W 方向の速度分布。横軸は南海トラフ軸からの距離。1997年7月~2001年6月、2005年7月~2009年6月、2012年7月~2016年6月、2019年7月~2023年6月の4つの期間の速度をエラーバー(3σ)付きで表示した。