

30 年間の GNSS データを用いた日向灘におけるプレート間固着の時空間変化の推定  
 Estimation of spatiotemporal changes in interplate coupling in the Hyuga-nada  
 using three decades of GNSS data

○小松 理子・西村 卓也・松島 健・廣瀬 仁  
 ○Riko KOMATSU, Takuya NISHIMURA, Takeshi MATSUSHIMA, Hitoshi HIROSE

Hyuga-nada is located at the western edge of the anticipated source region of the Nankai Trough megathrust earthquake and has repeatedly generated large earthquakes, highlighting the importance of evaluating present interplate coupling for assessing future seismic potential. In this study, we investigated interplate coupling in and around Hyuga-nada using a block-fault model based on geodetic observations. We calculated average crustal velocities in the Amur plate-fixed reference frame using onland GNSS data from 1996 to 2024 and offshore GNSS-A data from 2012 to 2024, and subdivided the analysis period into seven sub-periods using L1 trend filtering. The estimated slip-deficit rate distributions indicate high coupling offshore Shikoku, moderate coupling in Hyuga-nada, and low coupling offshore Tanegashima. The source region of the 2024 Hyuga-nada earthquake (M7.1) was highly coupled from ~20 to ~5 years before the event, followed by reduced coupling prior to rupture. In contrast, the source region of the 1968 Hyuga-nada earthquake (M7.5) has exhibited persistently high slip-deficit rates over the past ~30 years, suggesting continued strain accumulation and an increasing likelihood of future large earthquakes.

## 1. はじめに

日向灘は、フィリピン海プレートがアムールプレートに沈み込む西南日本沈み込み帯の西端に位置する。過去には、1968年4月1日(M7.5)や2024年8月8日(M7.1)のような日向灘単独でのM7-8級の地震の発生が知られており、今後も大地震の発生ポテンシャルを有していると考えられる。また、発生が切迫しているとされるM8-9級の南海トラフ巨大地震の破壊が日向灘まで伝播する可能性も指摘され、微動などのスロー地震が多発していくプレート境界におけるすべり様式が時空間的に複雑である。そのため、日向灘での将来の地震発生ポテンシャルを評価するうえで、現在のプレート間固着状況を推定することは重要である。

日向灘におけるプレート間固着に関する研究は、これまでに一定数行われてきた（例えば、Wallace et al., 2009）。しかしながら、先行研究では、当時のGNSS観測点数が限られていたことや上盤プレートの内部変形などのモデル化に任意性があり、より長期データに基づいてプレートすべりの収支と時間変化を明らかにする必要がある。

## 2. データ・方法

本研究では、1996年から2024年までの28年間の陸域GNSSデータ、および2012年から2024年

までの13年間の海域GNSS-Aデータを使用し、ブロック断層モデルを用いて日向灘におけるプレート間固着状況の時空間変化の推定を行った。GNSSとGNSS-Aの日座標値データは、アムールプレートを固定した局所座標系に変換し、GNSSデータに関しては、 $M \geq 6.0$ の地震の地震時変位と2011年東北地方太平洋沖地震(M9.0)および、2016年熊本地震(M7.3)の余効変動の補正を行った。

次に、時間変化の時期の推定を客観的に行うため、L1トレンドフィルタを用いて解析期間を7つに分割した。7期間のうち期間が1年未満と短い期間は、豊後水道の長期的 SSE の発生時期と対応していた。各期間の前後の期間で変位が連続になるように、GNSS 時系列データを折れ線近似して、各期間の平均変位速度を算出した。また、GNSS-Aデータは、各期間が4年以上なるように3つの期間で速度を推定した。速度推定には、外れ値の影響を抑え、安定した推定値を得ることを目的としたロバスト回帰法を適用した。

その後、ブロック断層モデルを用いて、南海トラフから日向灘にかけての沈み込むフィリピン海（下盤）プレートとアムール（上盤）プレートの境界における固着状況の推定を行った。推定に使用した計算コードは、TDEFNODE (McCaffrey, 2009) である。この際、アムールプレートは陸域を日本

海ブロック、四国ブロック、南九州ブロックに分割し、ブロック形状を仮定した。具体的な推定手法としては、解析領域を4つのブロックに分割し、それぞれのブロック運動を推定した。ブロック境界の断層は、フィリピン海プレートと陸側ブロックの形状を $6\text{km} \times 3\text{km}$ の小断層に分割して表現し、断層上に $12 \times 25$ 個設定したノード上で固着率を求めた。その後、算出された固着率をもとに、すべり欠損速度に変換を行った。

### 3. 結果・考察

固着の程度を表すすべり欠損速度分布の推定結果から、各期間を通して四国沖合では固着度が高く、日向灘では中程度、種子島沖合ではほとんど認められなかった。

例として、図1に2019年5月-2024年9月すべり欠損速度を示す。○で示したノードは推定精度が比較的低いことを表し、トラフ軸に近い領域では、精度が低いことがわかる。一方、比較的推定精度が高い(●のノード)四国沖、大分県沖および、豊後水道では高いすべり欠損速度が見られた。また、日向灘における1968年の地震(M7.5)の震源域では、やや高いすべり欠損速度が見られる一方で、2024年の地震(M7.1)では、震源域の南東部に中程度のすべり欠損速度が見られるにとどまった。

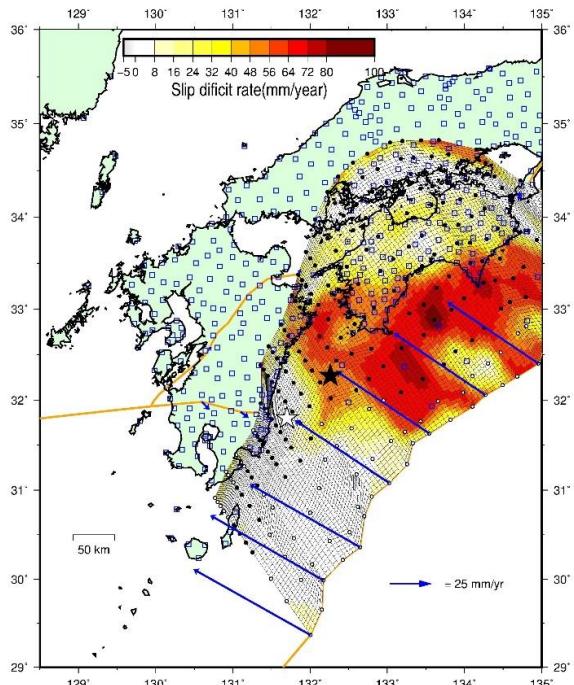


図1. 2019年5月-2024年9月のプレート間固着状況(滑り欠損速度)。黒星印と白星印は、それぞれ1968年の地震(M7.5)と2024年の地震(M7.1)の震央を表す。

次に、図2に同時期の水平速度の観測値とモデルによる計算値の比較を示す。一部GNSS-Aデータに不一致が見られるものの、全体的におむね整合的であった。

プレート間固着状況の地域性を明らかにするために、すべり欠損速度の時間変化に着目すると、足摺岬沖、室戸岬沖、1968年の震源域では、各期間を通して高いすべり欠損速度が見られ、ひずみを蓄積している様子が見られた。特に1968年の震源域では、地震発生から既に60年経過している。本研究で求められたすべり欠損速度を考えると、再び同程度の地震を引き起こすためのひずみは約60~85年で蓄積すると考えられることから、当該領域における地震発生の可能性は高まりつつあると考えられる。一方で、2024年の震源域では、地震発生の約20年前から約5年前までは、中程度から高いすべり欠損速度が見られたのに対し、その後はすべり欠損速度が低くなっている。これは、地震の5年前から固着が低下した可能性を示唆する。

四国沖の浅部では、GNSS-A観測の開始以降、一部ですべり欠損速度の低い領域が新たに推定されるようになった。これは、GNSS-Aデータによって、沖合におけるすべりの空間解像度が向上し、全体的に高いすべり欠損速度の領域中の局所的な低すべり欠損速度域が識別可能になったためであると考えられる。このことから、GNSS-Aデータ導入以前に推定された四国沖浅部のすべり欠損速度は、過大評価されていた可能性がある。

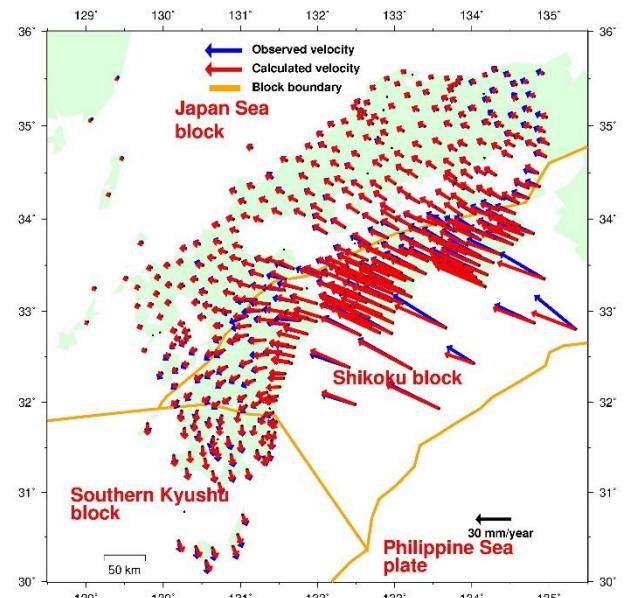


図2. 2019年5月-2024年9月の水平変位速度の観測値と計算値の比較