

海陸地殻変動データを用いた南海トラフ沿いのプレート間カップリングの推定 Estimation of interplate coupling along the Nankai Trough using land and offshore geodetic data

○西村卓也・横田裕輔（海保）・田所敬一（名大）・落唯史（産総研）

○Takuya NISHIMURA, Yusuke YOKOTA(Japan Coast Guard),

Keiichi TADOKORO(Nagoya Univ.), Tadafumi OCHI(AIST)

Southwest Japan is located in the subduction margin between the continental Amurian and oceanic Philippine Sea plates. Recent land GNSS (Global Navigation Satellite System) and offshore GPS (Global Positioning System)-Acoustic geodetic measurements were used to clarify the deformation in and around these plate margins. We examined strain partitioning and interplate coupling using a block modeling approach on the observed velocities. Although the main plate boundary is the Nankai and Sagami Troughs, our results suggest that one-third of the relative plate motion between the two plates is accommodated by several block boundaries in the southeastern margin of the Amurian plate. Two boundaries have a right-lateral shear motion that accommodates part of the interplate motion, with a boundary across the Korean Peninsula and Japan Sea. The slip partitioning results in an eastward decrease of relative block motion from 78 to 4 mm/yr along the Nankai and Sagami Troughs. Interplate coupling is moderate to high at 10–25 km depth along the Nankai Trough, but it is lower at $\sim 132^{\circ}\text{E}$, $\sim 136^{\circ}\text{E}$, and $\sim 137^{\circ}\text{E}$ than in the surrounding regions, corresponding to the segment boundaries of past megathrust earthquakes, suggesting that regions of insufficient strain accumulation act as a barrier for earthquake rupture.

1. はじめに

近い将来に発生が懸念されている南海トラフ巨大地震による災害を軽減するためには、まず巨大地震の震源像を高精度に把握する必要がある。震源像を把握するためには、現在南海トラフ沿いのプレート境界域のどの部分が固着していて、ひずみを蓄積しているのかを表すプレート間カップリング分布を推定することが重要である。南海トラフ沿いのプレート間カップリング分布の推定は、GNSS 観測が開始された 1990 年代後半から多くの研究グループによって試みられてきた。近年、南海トラフ沿いにおいて海底の GPS/A 観測点における測地観測データが得られるようになり、陸上の GNSS 観測データと合わせて海陸における高精度の地殻変動速度データを用いて南海トラフから沈み込むプレート境界面でのカップリング分布が推定されるようになった[Yokota et al. (2016)]。そのため、陸上のデータだけでは不十分であった沖合の領域でも信頼性の高いカップリング分布が得られ始めており、次の巨大地震の地震像の解明が一段と進んだ状況にある。

しかし、カップリング分布の推定に関する先行研究にはいくつかの問題点が指摘されており、その中でも最大の問題点といえるのは、陸域プレー

ト内での内部変形である。西南日本においては新潟-神戸ひずみ集中帯や最近 Nishimura and Takada(2017)によって指摘された山陰ひずみ集中帯などの内陸の変動帯を挟むブロック（マイクロプレート）剛体運動は、アムールプレート安定部に対して最大 1-2cm/年と、観測されている水平変位速度に対し無視できない大きさであり、先行研究においてもプレート間カップリングの推定を行う際にこれらを考慮すべきであることが指摘されている。プレート間カップリングとプレート内部変形（ブロック運動）を同時に推定する手法として、観測された変位速度を地殻ブロックの剛体運動とブロックの境界における断層の固着による変動の和によって表すブロック断層モデルがある。本講演では、海域の GPS/A 速度データと陸域の GNSS データを用いて、ブロック断層モデルに基づくカップリング（滑り欠損速度）分布の推定結果[Nishimura et al. (accepted by Geosphere, 2018)]について報告する。

2. 観測データ及び計算手法

海域の速度データについては、海上保安庁と名古屋大学によって設置された GPS/A 観測点における 2016 年末までのデータに東北地方太平洋沖地

震の影響の補正を行った後の速度データを用い、陸域の速度データについては、国土地理院、海上保安庁、京都大学防災研究所、産業技術総合研究所、IGS によって得られた関東から九州地方までの GNSS 観測点の観測データから、ITRF2008 座標系準拠の日座標値を推定し、2005 年 4 月 1 日から 2009 年 12 月 31 日までの座標値に対して直線近似を行い、得られた変位速度をユーラシアプレート固定の変位速度に変換した。また、ネバダ大学ネバダ測地研究室が公開している朝鮮半島の GNSS 座標値も同様にユーラシアプレート固定に変換し、解析に用いた。観測点数は GNSS 観測点 840 点、GPS/A 観測点 23 点となった。これらのデータの観測誤差には大きな差がある。しかし、各データによって捉えられた地殻変動の特徴を活かすため、GNSS 水平、GNSS 上下、海底 GPS/A 水平の個々のデータの重みがほぼ等しくなるようにした。具体的には、データのばらつきから計算される観測誤差に上記のデータ種類に応じてそれぞれ 1 倍、1/5 倍、1/10 倍した値をデータ誤差とし、データ誤差の 2 乗に反比例する重みを与えてインバージョンを行なった。ブロック断層モデルのプログラムは、DEFNODE[McCaffrey(2002)]を用い、主要な活断層帯やひずみ集中帯を参考にして系統的な残差を減らすようにブロック分割を試行錯誤しながら、各ブロックのオイラーベクトルとブロック間の断層におけるカップリング係数（滑り欠損速度/ブロック相対運動速度）を推定した。最終的なモデルでは、解析領域を 14 のブロックに分割した。

3. 推定結果

推定されたブロック境界で推定されるブロック

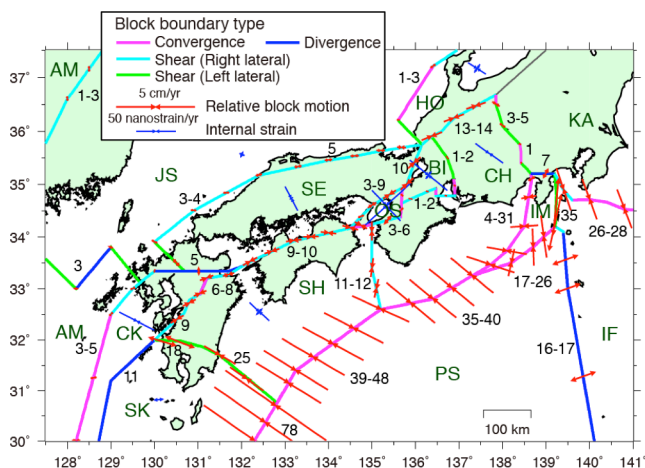


図1 推定されたブロック境界における相対運動とブロック内部変形。数字は mm/年単位の相対運動速度を表す。

間相対運動の大きさと方向を図1に、南海トラフと相模トラフ沿いのプレート間カップリングを図2に示す。中国・四国地方では中央構造線で 9-10mm/年、山陰ひずみ集中帯で 3-5mm/年の相対運動が推定されており、大陸のアムールプレートとフィリピン海プレートの相対運動の 1/3 程度が西南日本の内陸部で賄われていることが明らかになった。そのため、南海トラフ沿いにおける相対運動速度は最大で 48mm/年程度にとどまる。推定されたカップリング係数（図2）は、南海トラフ沿いプレート境界の深さ 10-30km で最大となり、過去の巨大地震の震源域とカップリング係数の大きな場所が概ね対応する。この深さで、カップリング係数 0.5 以下の比較的固着の弱い場所が東経 132°、136°、137° 付近にあり、過去の巨大地震の震源域の端に対応する。これらの領域では定常的にカップリングが弱いため、大地震の震源域がこれらの領域を超えて広がらなかったと解釈できる。また、長期的 SSE（スロースリップイベント）の発生域のカップリング係数は周辺の大地震の震源域のカップリング係数と概ね等しく、両者の区別は非 SSE 時の地殻変動からは難しいことが示唆される。トラフ軸近傍では一部を除いてカップリング係数が小さいが、海底データを用いてもトラフ軸近傍の滑り欠損速度の推定誤差は大きい。日向灘種子島沖では、カップリング係数が大きな場所が推定されているが、この領域も推定誤差が大きく、信頼性は高くない。一方、相模トラフ沿いのカップリングは比較的一様で、深さ 15km より浅部では、1 に近いカップリング係数の領域がトラフ軸まで広がっていると推定された。

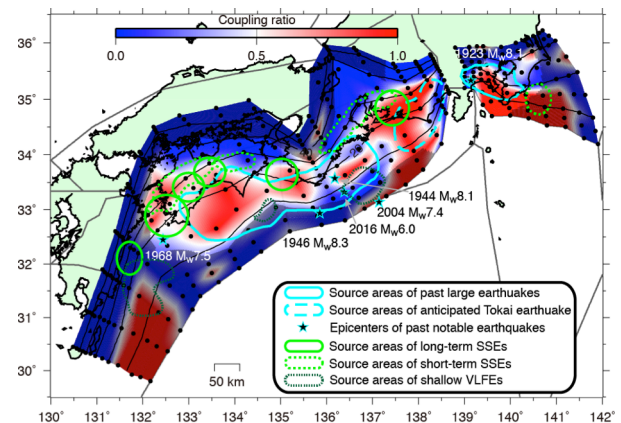


図2 南海トラフ及び相模トラフ沿いのプレート境界におけるカップリング率分布と大地震や SSE のすべり域との比較。プレート境界の等深線は 10km 毎に示した。