

## 別紙 4

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

## 主 論 文 の 要 旨

論文題目 Interplate coupling of the shallowest segment along the Suruga–Nankai trough derived from seafloor geodetic observation through new analysis methods

(新解析法による海底測地観測結果から得られた駿河–南海トラフ沿いのプレート間浅部における固着)

氏 名 安田 健二

## 論 文 内 容 の 要 旨

日本周辺のような沈み込み帯では、海溝型巨大地震が繰り返し発生しており、その震源域であるプレート境界は海域に存在している。海域における地殻変動を直接観測するために、GNSS (Global Navigation Satellite System) 測位と音響測距を組み合わせた海底測地観測技術が開発された。この技術により、プレート境界のごく近傍まで地殻変動を観測することが可能となった。特に日本では、海底測地観測が日本海溝や南海トラフ沿いで盛んに行われている。近年では、東北地方太平洋沖地震の地震時・地震後のプレート境界近傍の地殻変動が、この観測手法を用いて観測されており、地震時の滑り分布の推定 [Iinuma *et al.*, 2012]、地震後の余効変動の把握 [Sun *et al.*, 2014] など、地震サイクルの理解にとって重要な結果が得られている。

本論文は、駿河–南海トラフ沿いで海底測地観測を行い、海中音速構造が異なる各海域における新しい解析法を提案し、それぞれのトラフ軸近傍の地殻変動からプレート境界面浅部における固着を推定したものである。フィリピン海プレートがアムールプレートに沈み込んでいる駿河–南海トラフの近傍 (プレート境界面浅部) は、東北地方太平洋沖地震以降、強震動を発する可能性は低いが高い津波をもたらす可能性がある領域として中央防災会議 [2012] によって定められ、注目が集まってい

る。駿河トラフと南海トラフでは、プレート境界近傍のプレート間固着を推定するために、沈み込む側のプレート上と沈み込まれる側のプレート上に1点ずつ観測点を設置している。駿河トラフでは、トラフ軸の東西それぞれ1kmの地点に観測点SNEと観測点SNWを設置し、それぞれ2005年と2007年から12回ずつの観測を行っている。南海トラフでは、トラフから海側と陸側それぞれ15kmの地点に観測点TOAと観測点TCAを設置し、ともに2013年から5回ずつの観測を行っている。

音波を用いる海底測地観測では、海中音速構造を正しく推定することが精度向上にとって重要であるが、従来の解析では、海中音速（水温に大きく依存する）の構造として水平成層を仮定してきたことが課題として挙げられる。駿河トラフの観測点は、川から15km程度離れているため、淡水の影響はあまり受けず、また、外洋からの温度が異なる海水の影響も少ない。そのため、駿河トラフの観測点直上の海中音速構造は、小規模な時空間の不均質しか存在しない。一方、南海トラフの観測点は、西南日本の太平洋沖100~150km付近の黒潮が流れる領域に位置している。黒潮は、流軸に直交する方向に温度の傾斜構造があることが知られている。そのため、黒潮の影響を受け、南海トラフの観測点の海中音速には、傾斜構造が存在する。このように、両海域では異なる音速構造の特徴を有しているため、海域に応じた音速構造の推定法を適用する必要があると考えられる。そこで、次に述べるような両海域における音速構造の特徴を考慮した二つの新たな解析手法を提案した。

一つ目は、海中音速構造の小規模不均質に対応した解析手法である。これは、海底局位置の上下成分と音速構造との間は相関が強いため、一方が良く推定されればもう一方の推定精度も向上するはずである。そのため、本解析では、海底局位置の上下成分に注目し、海底局位置の上下成分の時系列のRMSを最小にするように音速構造の推定を行うことにより、よりもっともらしい音速構造を決定することとした。この手法を駿河トラフの観測点に用いた結果、上下成分のRMSは、観測点SNWでは135mmから100mmに低減し、観測点SNEでは、105mmから86mmに低減した。また、水平成分のRMSは、東西・南北成分でそれぞれ20mm・10mm（SNW）、15mm・1mm（SNE）程度低減した。新しい解析手法を用いた結果、上下・水平成分ともに海底局位置に一定の精度向上が見られた。この結果、新しい解析手法は、海中音速構造が小規模不均質の海域において有用であると考えられる。

二つ目は、大規模海流による音速の傾斜構造に対応した解析手法である。黒潮が幅100km程度にわたって音速の傾斜構造があるのに対して、観測点周りを周回する船の航路の直径が7kmであることから、ごく一部の音速構造の空間変化しか捉える必要がないため、ここで対象とする海中音速構造は、単純で一様な傾斜構造を持つと仮定した。手法を開発するにあたり、まず、音速の傾斜構造を含んだ擬似観測走時を作成し、従来の解析法を用いて海底局位置解析の数値実験を行った。数値

実験の結果、観測海域に音速の傾斜構造がある場合、方位角に対する走時残差の変化に 180 度の周期性が現れることがわかった。さらに、この周期性を伴った走時残差の初期位相と振幅から傾斜構造の軸と大きさが推定できることも数値実験により明らかになった。そこで新解析法では、まず、従来の解析法を用いて海底局位置決定を行って走時残差を求め、次に、推定した走時残差の初期位相と振幅から傾斜の軸と大きさを推定して、最後に、走時残差から推定された傾斜構造を解析に組み込んで海底局位置決定を行うこととした。新しい解析手法を用いた結果、観測点 TOA の水平成分の RMS は、南北成分で 448 mm から 11 mm、東西成分で 236 mm から 44 mm、観測点 TCA では南北成分で 453 mm から 33 mm、東西成分で 93 mm から 33 mm と大幅に低減した。

二つの新しい解析手法を用いた解析結果から、駿河トラフと南海トラフの観測点において、アムールプレートに対する定常的な地殻変動を推定した。駿河トラフでは、N94°W 方向に  $42 \pm 8$  mm/y (SNE) と N84°W 方向に  $39 \pm 11$  mm/y (SNW) という変位速度を得た。南海トラフでは、N69°W 方向に  $57 \pm 21$  mm/y (TOA) と N78°W 方向に  $38 \pm 25$  mm/y (TCA) という変位速度を得た。これらの変位速度を用いて、Okada [1992]の手法によりプレート境界浅部のプレート間固着をフォワード計算で推定した。駿河トラフでは Ohta *et al.* [2004]のプレート形状を用い、南海トラフでは Hirose *et al.* [2008]と Baba *et al.* [2002]のプレート形状を用いて矩形断層を設定した。駿河-南海トラフともにプレート境界浅部の固着を推定するために、矩形断層は海底面まで設定した。プレートの収束速度は、駿河トラフでは観測点 SNE の変位速度を用い、南海トラフでは観測点 TOA の変位速度を用いた。計算の結果、駿河トラフ・南海トラフのプレート境界浅部において、それぞれ 80%と 40%以上の固着があることが推定された。東北地方太平洋沖地震の際には、海溝軸付近の海底において水平方向に 50m 以上の地殻変動が推定されており [Lay *et al.*, 2011]、この海溝軸付近の地殻変動によって高い津波が生じたとされている [Fujii *et al.*, 2011]。中央防災会議 [2012]によると、駿河湾から紀伊半島沖のプレート境界浅部が地震時に 25~40m 程度のすべり量がある場合は、浅部がすべらない場合と比較すると、この領域の沿岸部における津波高は 5~10m 程度高くなると想定されている。本論文で明らかになった駿河-南海トラフのプレート境界浅部におけるプレート間固着の存在は、どちらの領域においても地震時の破壊がプレート境界浅部を通してトラフ近傍まで達する可能性があり、その場合には高い津波が発生する可能性があることを示している。