

12 - 17 関東南部の地震間地殻変動とプレート間カップリング

Interseismic deformation and interplate coupling in southern Kanto

西村 卓也 (国土地理院)

Takuya Nishimura (Geospatial Information Authority of Japan)

1. GNSS 連続観測による関東南部の地殻変動と沈み込むプレートの運動方向

関東南部では相模トラフよりフィリピン海プレートが陸側のプレート(北米プレートもしくはオホーツクプレート)の下に沈み込んでおり、その相対運動速度は年間約 2-3cm¹⁾²⁾であると考えられている。第1図は、2007年9月から2011年2月までの GEONET 観測点での平均変位速度をユーラシアプレート¹⁾、オホーツクプレート¹⁾、フィリピン海プレート²⁾、伊豆前弧ブロック²⁾固定で示したものである。関東地方の内部変形を見る場合には、オホーツクプレート固定とすることにより、三浦半島や房総半島がフィリピン海プレートの沈み込みに伴って北北西に移動していることが明確となる。一方、沈み込む側のフィリピン海プレートを固定すると、伊豆大島、三宅島、御蔵島に系統的な東向き成分が見られ、房総半島の最南端でも同じ東向きが見られることから、相模トラフから沈み込むプレート(ブロック)の運動はフィリピン海プレート本体とは若干異なると考えた方がよい。そこで、伊豆大島、三宅島、御蔵島、八丈島などのベクトルから伊豆前弧としての剛体ブロック運動を推定するとフィリピン海プレートとは若干異なる運動が推定され、フィリピン海プレート本体とは伊豆背弧で 2-9mm/年程度の発散を示す。この発散相対運動は、地震学的及び地質学的に確かめられている伊豆背弧拡大を測地学的に見たものだと言える²⁾。また、相模トラフでの相対運動方向は、北 25°西となり、運動速度は 23~28mm/年と推定される。相模トラフから沈み込むブロックを伊豆前弧ブロックと呼び、このブロックを固定した速度ベクトル(第1図右下)を見ると、房総半島の南端では、変位ベクトルが小さく、北に行くに従い南向きの成分を持つようになる。房総半島南端でのベクトルが小さいことは、この場所が沈み込む海側のブロックの運動とほぼ同じように動いていることを意味していることから、この周辺ではプレート境界面のカップリング(固着)が極めて強いことがわかる。

房総半島東方沖では、GPS や傾斜計データにより、1996年、2002年、2007年、2011年に10日間程度の時定数を持つスロースリップイベント(SSE)が発生している³⁾ことが知られている。これらの SSE は、フィリピン海プレートと陸側プレートの境界面のほぼ同じ場所で、 M_w 6.4~6.7 相当のモーメントを解放している。そこで、複数の SSE の発生を含む期間をとった地殻変動を見ることにより、SSE 発生域の周辺で歪みが蓄積されているかどうかの検証を行った。第2図は、1997年2月から2011年2月までの正味の地殻変動を、期間の長さ(14年)で割って平均的な速度を求めたものである。ただし、プレート境界面でのカップリングと滑りによる変形を見るのが目的であるため、2000年6~8月の三宅島・神津島の地震火山活動を含む時期の地殻変動と2004年9月5日の紀伊半島沖の地震(M_j 7.4, 7.1)に伴う地殻変動は除去して速度の推定を行った。図には SSE を含まない3年半の平均速度も示したが、両者の速度ベクトルはほぼ等しく、SSE の発生している房総半島の東岸でも北向きのベクトルが見られており大きな差は見られない。よって、SSE が解放している歪みはそれほど大きなものではなく、長期的には房総半島南東沖でも歪みが蓄積していると考えられる。

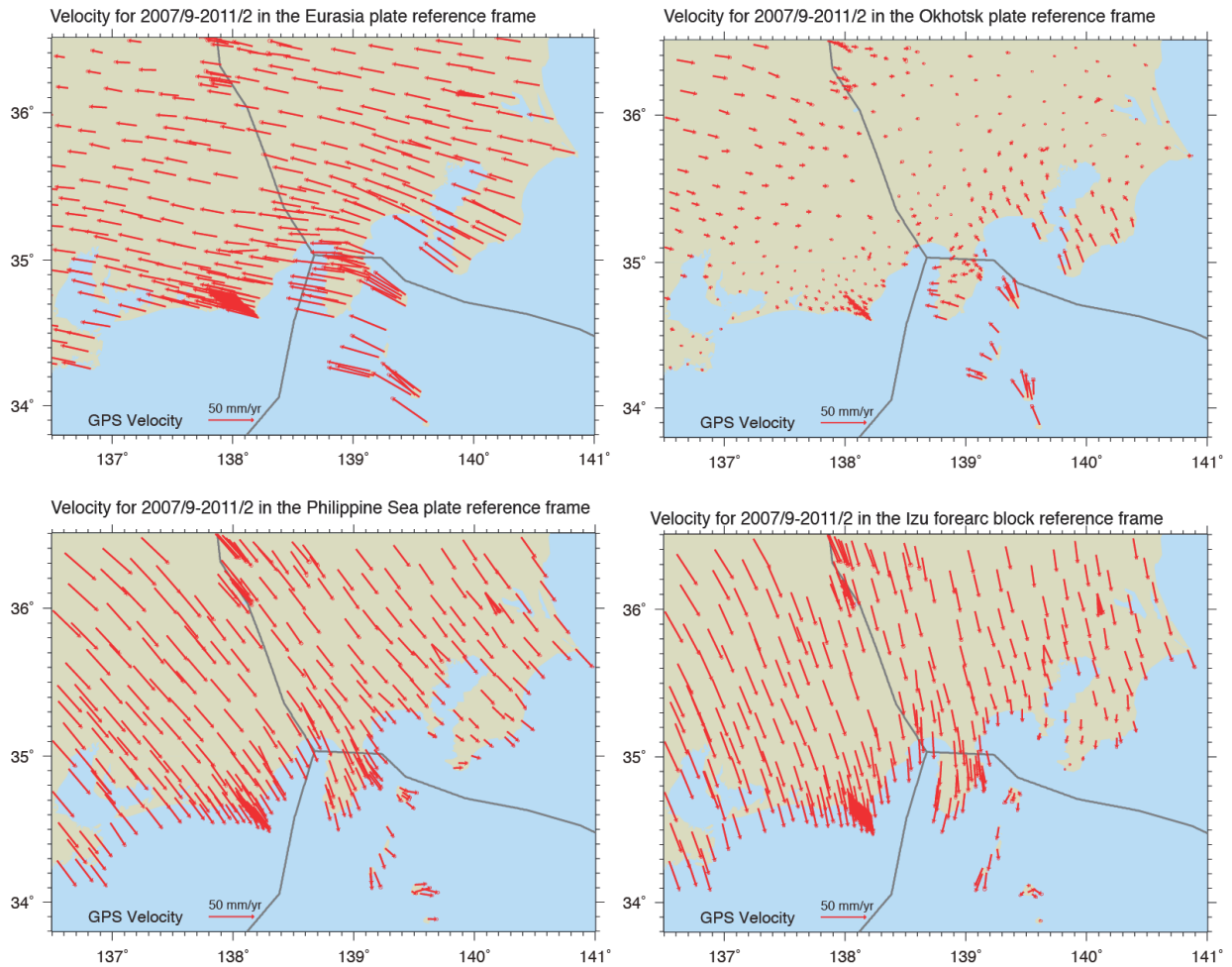
2. 地殻変動から推定された相模トラフのカップリング

第1～2図のような地殻変動は、地殻ブロックのブロック剛体運動とブロックの境界における断層のカップリングに伴う弾性変形で表されると仮定して、GEONET観測点の速度データのインバージョンによりブロック運動とカップリング分布の同時推定を行った。カップリングに伴う地殻変動は、ブロック相対運動方向と逆方向の仮想的な滑り（バックスリップ、滑り欠損）で表した。滑り欠損の速度は、ブロック相対運動を超えないこととし、フォワードスリップも許さないこととした。すなわち、カップリング率は0から1の間にあるとの制約の下で滑り欠損速度を推定した。滑り分布の滑らかさやモデル領域の端の滑り速度に関する拘束条件は課さなかった。研究対象領域は、6つの地殻ブロックに分割し²⁾、相模トラフや駿河トラフの形状は、先行研究によるプレート等深線⁴⁾⁵⁾⁶⁾に準拠した。インバージョンの計算はプログラムDEFNODE⁷⁾を用いた。

第3図に推定された滑り欠損速度の分布を示す。相模トラフ沿いでは、三浦半島から房総半島の先端部とその南側で大きな滑り欠損速度が推定されており、カップリングがほぼ100%の領域が広がっている。図には地震調査研究推進本部による相模トラフの想定地震の震源域⁸⁾を重ねて示したが、大正型震源域だけでなく、元禄型震源域においても滑り欠損速度が大きく、カップリング率も高いことがわかる。また3年半と14年の滑り欠損速度分布を比較しても、房総SSEの領域を含めて、大きな差は見られず、プレート境界面の浅部でのカップリングは相模トラフの西部から東部まで強いことがわかる。相模トラフ沿いの長期評価⁸⁾では、大正型地震の繰り返し周期が200-400年、元禄型地震の繰り返し周期が2300年とされているが、元禄型震源域の東側の領域についても大正型震源域と同程度の20-28mm/年の滑り欠損速度が得られている。地震時の滑り量を考慮すると大正型震源域の領域では、地震間に蓄積する滑り欠損と地震による滑り量の収支が概ね釣り合うが、元禄型震源域の東側（房総半島南方沖）の領域では、滑り欠損の方が明らかに過剰であり、この地域のみが震源域となるような地震や大規模スロースリップ等を考えないと収支が合わないことになる。房総SSEの発生域よりさらに東側の領域では推定値の誤差が大きく、大地震の発生可能性を議論することは難しい。陸上のGNSSデータのインバージョンにおいて房総半島東方沖の滑りに対する分解能が低いことは、格子模様の解像度テスト⁹⁾によっても確かめられている。しかし、これらの領域におけるカップリングが高くても陸上の地殻変動を説明できることは事実であり、大地震の震源域となることを現時点では否定できない。海底地殻変動観測により、相模トラフ東部での変動速度を明らかにすることが望まれる。

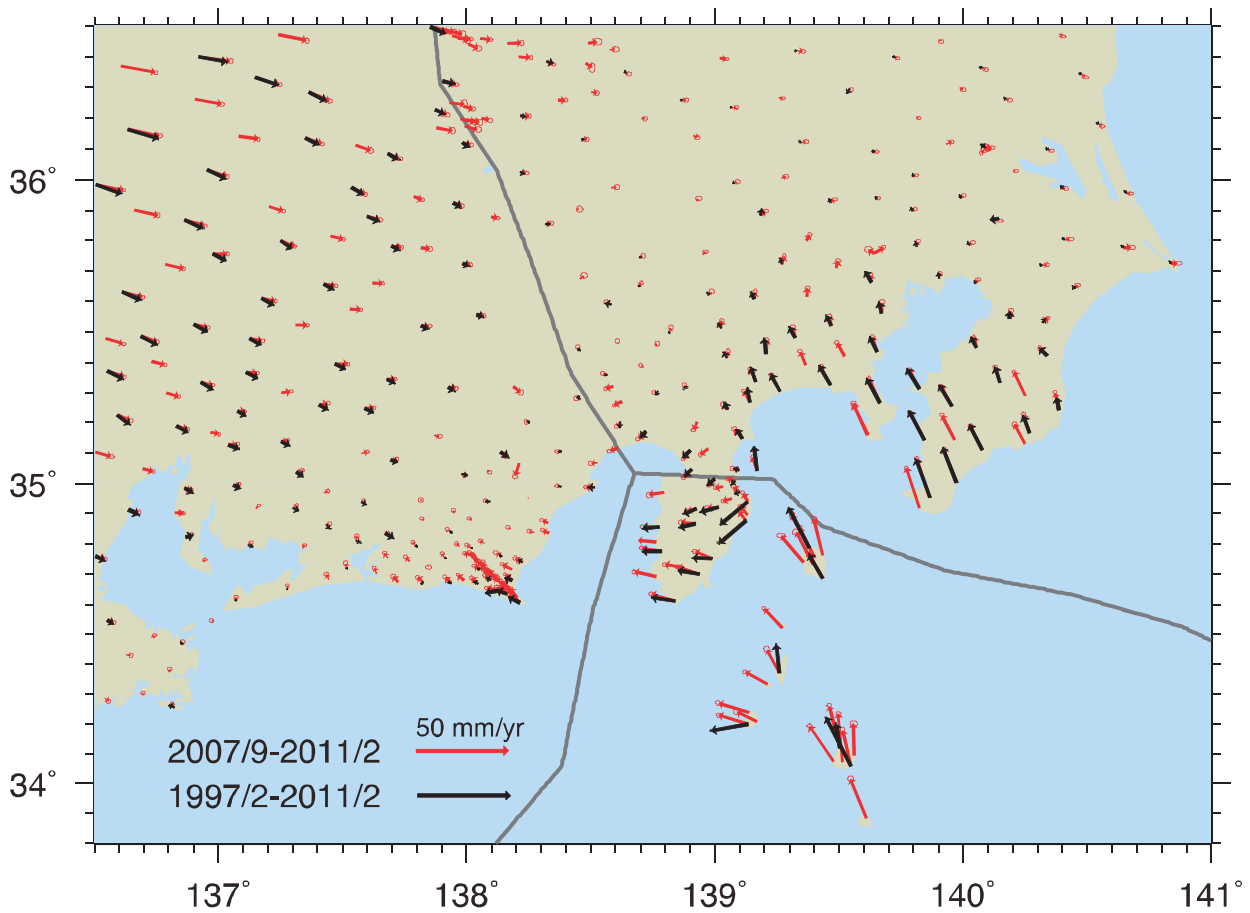
参 考 文 献

- 1) Altamimi et al., 2007, *J. Geophys. Res.*, 112, B09401, doi:10.1029/2007JB004949.
- 2) Nishimura, 2011, *Tectonophysics*, 512, 60-67, doi:10.1016/j.tecto.2011.09.022.
- 3) Ozawa et al., 2007, *Earth Planets Space*, 59, 1241-1245.
- 4) 弘瀬冬樹・他, 2008, *地震* 2, 60, 123-138.
- 5) 武田哲也・他, 2007, *月刊地球*, 号外 57, 115-123.
- 6) Hirose et al., 2008, *J. Geophys. Res.*, 113, B09315, doi:10.1029/2007JB005274.
- 7) McCaffrey, 2005, *J. Geophys. Res.*, 110, B07401, doi:10.1029/2004JB003307.
- 8) 地震調査研究推進本部, 2004, http://www.jishin.go.jp/main/chousa/04aug_sagami/index.htm
- 9) 国土地理院, 2011, *地震予知連絡会報*, 86, 184-272.



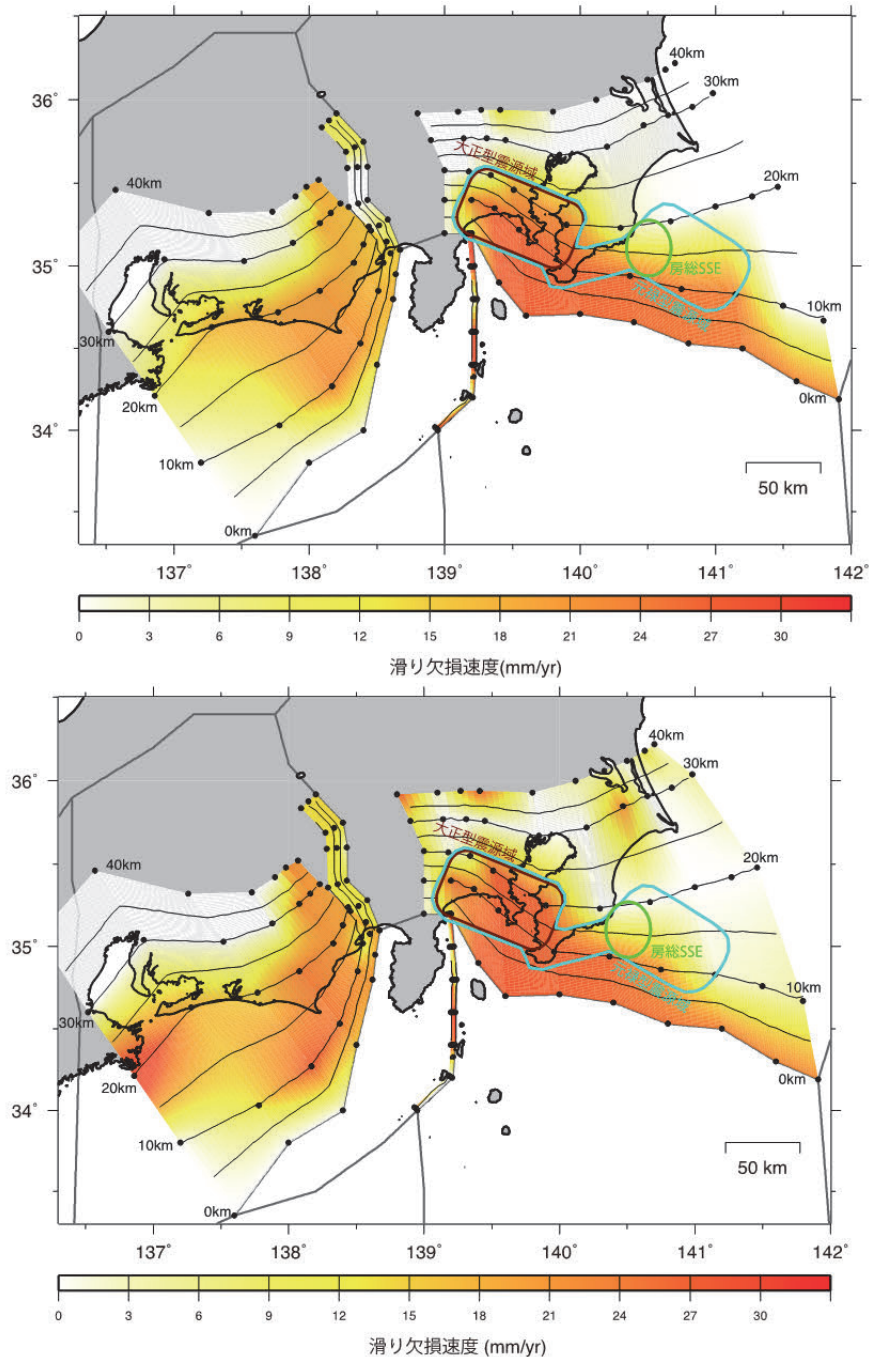
第 1 図 さまざまな基準座標系における関東・東海地方の地殻変動速度。矢印は 2007 年 9 月から 2011 年 2 月の GEONET 観測点における平均変位速度を表す。(左上) ユーラシアプレート¹⁾固定。(右上) オホーツクプレート¹⁾固定。(左下) フィリピン海プレート²⁾固定。(右下) 伊豆前弧ブロック²⁾固定。

Fig. 1 Average velocities in the Kanto and Tokai region with respect to various reference frames. Arrows represent average horizontal velocity of the GEONET stations from September, 2007 to February, 2011. (Upper-left) the Eurasia plate¹⁾reference frame. (Upper-right) the Okhotsk plate¹⁾reference frame. (Lower-left) the Philippine Sea plate²⁾reference frame. (Lower-right) the Izu forearc block²⁾reference frame.



第2図 3年半と14年間の変位速度の比較. 赤矢印は3年半(2007年9月から2011年2月まで)の平均速度. 黒矢印は14年間(1997年2月から2011年2月まで)の平均速度. 14年間の平均速度では, 2000年の三宅島・神津島の地震火山活動と2004年紀伊半島沖の地震に伴う変動は除去して計算を行った.

Fig. 2 Comparison of velocity vectors for three and half years and 14 years. Red vectors represent velocities for three and half years from September, 2007 to February, 2011. Black vectors represent velocities for 14 years from February, 1997 to February, 2011. The displacements of the 2000 Miyakejima-Kouzushima seismo-volcanic event and the 2004 off the Kii Peninsula earthquakes were removed to estimate the velocities for 14 years.



第3図 相模トラフ及びその周辺のプレート境界面における滑り欠損速度分布と関東地震の想定震源域⁸⁾. 網掛けの領域は、滑り欠損速度の推定誤差が20mm/年を超えていることを表す。(上) 3年半(2007年9月から2011年2月まで)の滑り欠損速度分布。(下) 14年間(1997年2月から2011年2月まで)の滑り欠損速度分布。

Fig. 3 Distribution of slip-deficit rate on the plate boundaries along the Sagami Trough and its vicinity. Source areas of the anticipated of the Kanto earthquake⁸⁾ are plotted. The hatched areas represent estimated errors of the slip-deficit rate exceed 20 mm/yr. (upper) slip-deficit rate for three and half years from September, 2007 to February, 2011. (lower) slip-deficit rate for 14 years from February, 1997 to February, 2011.