

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月 8日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2009～2012

課題番号：21253005

研究課題名（和文） 地球物理学的観測による北東アジア地域の新たなテクトニック・フレームの構築

研究課題名（英文） Renewing of tectonic frame in northeastern Asia by geophysical observation data

研究代表者

高橋 浩晃（TAKAHASHI HIROAKI）

北海道大学・大学院理学研究院・准教授

研究者番号：30301930

研究成果の概要（和文）：ロシア極東地域において国際共同 GPS・地震観測網を運用し、そこから得られた地球物理学的データの解析を実施し、アムールプレート運動特性や地殻・マントルの地震学的構造を明らかにした。2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動が大陸内部まで及んでいると共に、その影響が数100年単位で継続する可能性を明らかにし、北東アジアのテクトニクスモデルの構築には日本列島太平洋側での巨大地震の影響を考慮することが必要であることを観測データから示した。

研究成果の概要（英文）：Characteristics of crustal deformation due to Amur plate motion and seismological structure of crust and upper mantle in far eastern Russia, Japan Sea and northwestern Pacific had been clarified from original geophysical data from international GPS and seismological observation network operated by this research project. Clear coseismic and postseismic deformation associated with the 2011 M9.0 Tohoku earthquake was recognized. These facts suggested that geodynamic effects related to subduction process along Kuril, Japan trenches and Nankai trough should be examined for detection of Amur plate motion and building tectonic frame in northeastern Asia.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	13,800,000	4,140,000	17,940,000
2010年度	6,200,000	1,860,000	8,060,000
2011年度	8,200,000	2,460,000	10,660,000
2012年度	6,700,000	2,010,000	8,710,000
年度			
総計	34,900,000	10,470,000	45,370,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・固体地球惑星物理学

キーワード：ロシア極東，アムールプレート，上部マントル構造 GPS 観測，広帯域地震観測，稠密地震観測，2011年東北地方太平洋沖地震，余効変動，

1. 研究開始当初の背景

新潟神戸ひずみ集中帯から日本海東縁部，サハリンにかけては，1983年日本海中部地震や1993年北海道西方沖地震などの大地震が頻発していたが，これらの地震活動の原因として，北東アジア地域にあるアムールプレ

ートが東進し上記地震帯で衝突しているためとするモデルがある。研究代表者らは，ロシア極東地域でのGPS観測からアムールプレートの運動によるものと考えられる地殻変動を検出することに成功したが，観測期間が10年程度と短期間であることもあり，そ

の運動様式や境界については不明瞭な部分が多く残っていたほか、アムールプレートの運動だけでは説明が困難な観測データも得られつつあった。これらの問題点を解決し、観測データを統一的に説明できるようなモデルを構築して日本列島の地震テクトニクスに大きな影響を与えるアムールプレートの運動の実態を明らかにすることで、日本列島を含む東アジア地域のテクトニック・フレームを構築することが求められていた。

2. 研究の目的

ロシア極東地域で国際共同 GPS・地観観測を実施して高精度・高品質な地球物理学的データを取得し、アムールプレート運動による地殻変動や上部マントル構造を明らかにするとともに、プレート収束部での詳細な地殻変動速度場や地殻構造を明らかにして、アムールプレートを中心とした北東アジア地域のテクトニック・フレームを構築し、日本海東縁部の地震活動やひずみ集中の原因を広域テクトニクスの枠組みから明らかにする。

3. 研究の方法

アムールプレート運動を明らかにするため、ロシア極東地域において、ロシア側共同研究機関と広域 GPS 連続観測を実施するとともに、プレート収束地域であるサハリンや断層の存在が確認されている沿海州地方において機動 GPS 観測を実施してプレート運動や収束に伴う地殻変動を計測する。同地域において、上部マントル構造を明らかにするための広帯域地震観測を実施するとともに、プレート収束地域であるサハリン南部において稠密な地震観測を実施し詳細な地殻構造を明らかにするための地震学的データを取得する。これらのデータを解析してアムールプレートの運動学的モデルを構築するとともにその地下構造を明らかにすることで、北東アジア地域のテクトニック・フレームを構築する。

4. 研究成果

(1) ロシア側共同研究機関である国立極東総合大学、科学アカデミー所属の応用数学研究所、海洋地質地球物理研究所、テクトニクス地球物理学研究所、火山地震研究所、地球物理調査所本部、地球物理調査所サハリン支部、地球物理調査所カムチャツカ支部等を含むロシア極東地域における地震火山研究の包括的覚書をロシア科学アカデミー副総裁と締結した。これに基づきロシア極東地域に広域 GPS 観測網および地震観測網を運用し地球物理学的データを安定的に取得したほか、沿海州とサハリンにおいて機動 GPS 観測、サハリン南部において稠密地震観測を実施した。

(2) 本研究によりロシア極東地域で運用し

ている GPS 観測網によるオリジナルなデータと周辺の IGS 観測点のデータの統合解析を実施して地殻変動場を推定した。その結果、特に沿海州においてユーラシアプレートに対する地殻変動が年間数 mm 以下と小さい値であることが明らかになった。これは、アムールプレートの運動が非常にゆっくりとしたものであるか、もしくはアムールプレート自体が存在しない可能性を示すものである。一方、サハリンでの機動 GPS 観測からは、サハリン中軸部で年間 1 cm 弱の収束が見られることが更に明確になった。

(3) サハリン南部稠密地震観測網から得られた 2007 年ネベリスク地震に関連する地震学的データを解析した。地殻の地震波速度構造を推定し、それに基づいた精密な震源再決定を実施して、この地震の詳細な余震分布と断層面の形状を明らかにした。また、地殻のやや深部である深さ 25 km 付近でも活発な地震活動が存在することを明らかにした。このような地殻のやや深い部分での地震活動は、プレートの収束に伴う構造に起因する可能性があるとともに、同様な特徴は北海道北部でも見られることから、プレート収束地帯に位置する両地域の密接な関連性が示された。

(4) 本研究期間中に 2011 年東北地方太平洋沖地震が発生した。ロシア極東広域 GPS 観測網はこの地震時にも運用されており、このデータを含め、北東アジア地域の GPS データを統合し解析した結果、この地震による地殻変動が大陸まで広く及んでいることが明らかになった。ウラジオストクでの変位量は 4 cm であり、震源から約 2000 km 離れたゼーヤでも地震時変位が検出された。この結果は、日本海溝や千島海溝・南海トラフで発生する巨大地震による地殻変動がアムールプレートを含む北東アジア地域の広い範囲まで及ぶことを初めて実測データから示したものである。この事実は、太平洋プレートの沈み込みに伴う地震間固着による地殻変動も、アムールプレートの主な部分となる大陸内陸域にまで及んでいる可能性を示している。

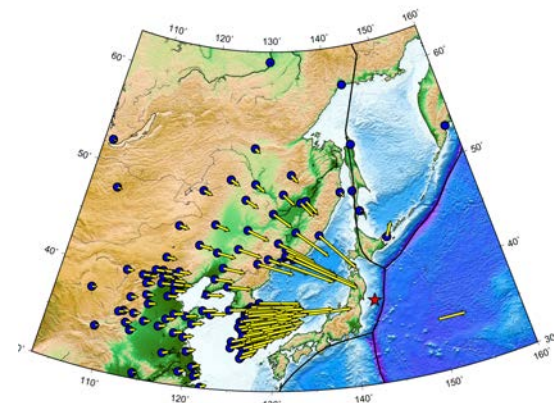


図. 2011年東北地方太平洋沖地震による北東アジア地域の地震時地殻変動場

地震後においてもGPSの観測は継続されており、データ解析を引き続き行った。その結果、ロシア沿海州地域において明瞭な余効変動が検出された。例えば、ウラジオストクでの2012年3月までの東向きの余効変位量は3cmに及び、これは地震時変動の80%以上に相当する量である。現在も変動は継続していると考えられ、地震時変動に加え余効変動に関しても北東アジアの広域にわたって発生していることが観測データより明らかにされた。

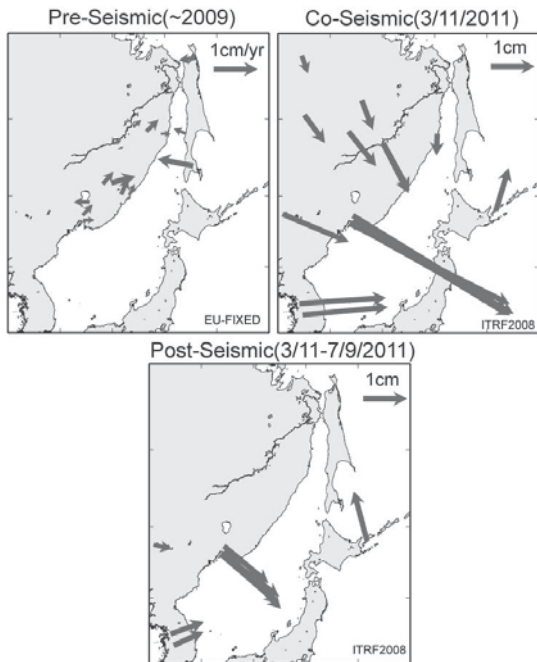


図. 2011年東北地方太平洋沖地震前（上左）地震時（上右）地震後（下）の地殻変動場。

(5) 観測された余効変動の原因の一つとして、上部マントルの粘性緩和による可能性が考えられた。このため、複数の1次元粘性構造を仮定し、2011年東北地方太平洋沖地震による粘性緩和がGPS観測点に及ぼす変位時系列を予察的に計算した。その結果、ロシア沿海州で2012年4月までに観測されている変位量を粘弾性緩和で説明するには、上部マントルの粘性率が 10^{18} Pa・sよりも小さいことが必要であることが明らかになった。この値は、東北地方やアラスカ等で推定された値より小さなものである。余効変動にはプレート境界面での余効すべりの影響が含まれていることも考えられるため、データを更に蓄積して検討を行うことが必要である。

粘性率が一桁違う場合は、沿海州地域でのGPS観測点で変位曲線パターンや変位の空間分布が大きく異なることも明らかになった。この知見は、今後観測データを10年程度蓄積してその変位曲線パターンや空間分布を得ることが出来れば、日本列島を含む背弧島弧海溝系における上部マントルの広域粘弾性構造の推定が可能になることを示す重要な結果で

ある。粘性率の違いにより余効変動の様式が異なることは、アムールプレート運動を含めた北東アジア地域のテクトニック・フレームの検討においては、粘性率を推定した上でその影響を評価したうえでモデル化することが必要であることを同時に示すものでもある。

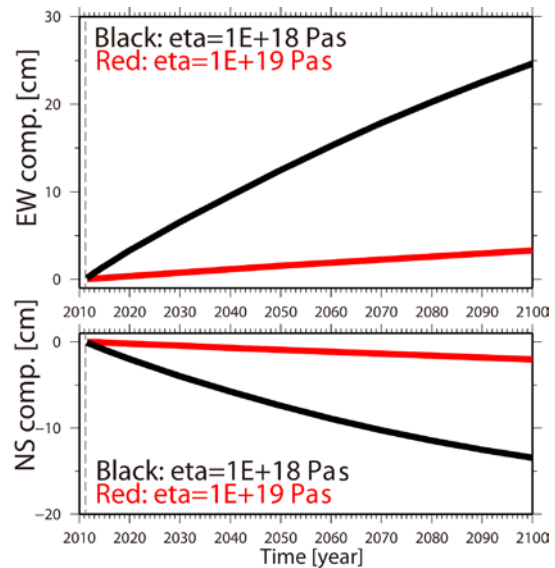


図. 上部マントルの粘性係数を 10^{18} Pa・sと 10^{19} Pa・sとした場合のウラジオストク付近で今後100年間に予想される余効変動曲線。粘性率の違いにより変動様式が大きく異なることが明らかになった。

(6) これまでに得られた結果は、北東アジア地域の地殻変動場は、日本列島周辺でこれまでに発生してきた巨大地震の地震時および余効変動の影響を大きく受けている可能性を示すものである。特に、上部マントルの粘性緩和による地殻変動は、地震発生後数百年にも及ぶことが考えられ、現在観測されている地殻変動場は、アムールプレート運動によるものに加え、過去の巨大地震による粘性緩和の影響や地震間固着による弾性粘弾性変形を含んだものである可能性が高い。また、それらの変動様式は粘性率に大きく依存する。2011年東北地方太平洋沖地震の前に観測されていた地殻変動場は、これらの影響を含んだものであると考えるべきであり、その解釈は再検討が必要である。

これらの影響を定量的に評価するための予察的解析として、過去に日本周辺で発生した巨大地震による地震時及び粘性緩和による変位パターンについて複数の粘性率を仮定して算出した。この結果、沿海州での余効変動は大きい場合には年間数mmの変位が数百年に渡って継続する可能性が示された。この結果は、北東アジア地域のテクトニック・フレームの構築には、その地域の変位場に含まれるこれら過去の巨大地震の影響を評価すること不可欠であることを定量的に示すものである。

日本は過去約1500年に渡る巨大地震の情報

が得られる世界で唯一の地域である。このため、2011年東北地方太平洋沖地震による余効変動データを用いて上部マントルの粘性率の推定がなされれば、過去の巨大地震の影響を定量的に評価することが可能となるはずであり、それは北東アジア地域のテクトニック・フレームの構築につながる。2011年東北地方太平洋沖地震による広域な余効変動は、日本列島を含む北東アジア地域の粘弾性構造を推定するのにまたとない機会であり、少なくとも今後10年間程度は観測を継続してデータを取得することが重要であり、粘弾性緩和を含めた地殻変動場をダイナミックにモデル化することで当該地域のテクトニクスモデルを刷新することが望まれる。

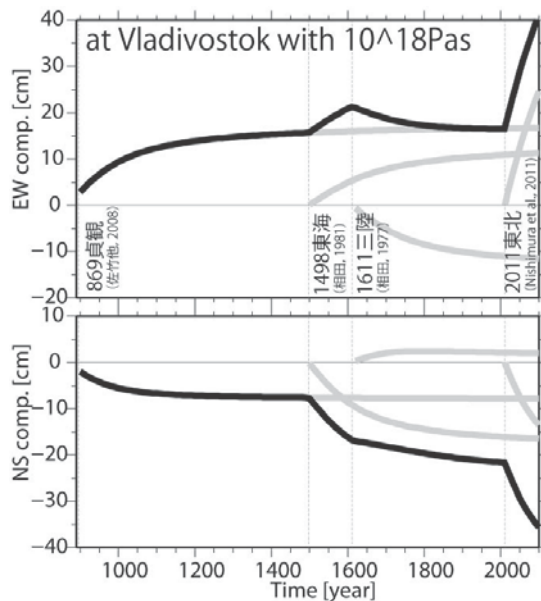


図. 869年貞観地震以降に日本で発生した巨大地震によるウラジオストクで推定された余効変動。粘弾性緩和による変動は数100年オーダーで継続する可能性が高い。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 64 件)

① Shestakov, N., H. Takahashi, M. Ohzono, A. Prytkov, V. Bykov, M. Gerasimenko, M. Luneva, G. Gerasimov, A. Kolomiets, V. Bormotov, N. Vasilenko, J. Naek, P. H. Park, M. Serov, Analysis of the far-field crustal deformations caused by the 2011 Great Tohoku earthquake inferred from continuous GPS observations, *Tectonophys.*, 524-525, 76-86, 2012.

② Takahashi, H., Coseismic strain and stress changes in eastern Japan due to the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake as derived from GPS data, *Earth Planets Space*, 63, 741-744, 2011.

③ Shestakov, N. V., M. D. Gerasimenko, H. Takahashi, M. Kasahara, V. A. Bormotov, V. G. Bykov, A. G. Kolomiets, G. N. Gerasimov, N. F. Vasilenko, A. S. Prytkov, V. Yu. Timofeev, D. G. Ardyukov and T. Kato, Present tectonics of the southeast of Russia as seen from GPS Observations, *Geophys. J. Int.*, doi: 10.1111/j.1365-246X.2010.04871.x., 2010.

④ Yoshizawa, K., Miyake, K. and Yomogida, K., 3-D upper mantle structure beneath Japan and its surrounding region from inter-station dispersion measurements of surface waves, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 183, 4-19, 2010.

⑤ Bourova, E., Yoshizawa, K. and Yomogida, K., Upper mantle structure of marginal seas and subduction zones in northeastern Eurasia from Rayleigh wave tomography, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 183, 20-32, 2010.

⑥ 一柳昌義・高橋浩晃・前田宜浩・笠原稔・宮町宏樹・平野舟一郎・センラクス・ミハイルワレンチン・キムチュンウン, 日露共同地震観測による2007年8月2日に発生したサハリン南西沖の地震(MJMA6.4)の余震活動, *地震II*, 62, 139-152, 2010.

⑦ Vasilenko, N. F., A. S. Prytkov, C. U. Kim and H. Takahashi, Coseismic deformation of the earth's surface in Sakhalin related to the August 2, 2007, Mw=6.2 Nevelsk Earthquake, *Russian Journal of Pacific Geology*, 3, 424-428, 2009.

[学会発表] (計 67 件)

① 高橋浩晃他, 日本列島太平洋海溝型巨大地震と地震間固着がアジア北東域のテクトニクスに与える影響, 日本地震学会 2012 年度秋季大会, 2012.

② 高橋浩晃他, 海溝型地震および地震間固着が大陸内部の地殻変動に与える影響, 日本測地学会 2012 年度秋季大会, 2012.

[図書] (計 1 件)

① 高橋浩晃・谷岡勇市郎 (分担執筆), 北海道新聞社, 北海道の地震と津波(2012), 245.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋 浩晃 (TAKAHASHI HIROAKI)
北海道大学・大学院理学研究院・准教授
研究者番号: 30301930

(2) 研究分担者

宮町 宏樹 (MIYAMACHI HIROKI)
鹿児島大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：30182041

中尾 茂 (NAKAO SHIGERU)

鹿児島大学・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号：90237214

蓬田 清 (YOMOGIDA KIYOSHI)

北海道大学・大学院理学研究院・教授

研究者番号：70230844

吉澤 和範 (YOSHIKAWA KAZUNORI)

北海道大学・大学院理学研究院・准教授

研究者番号：70344463

(H22 から研究分担者)

吉本充宏 (YOSHIMOTO MITSUHIRO)

北海道大学・大学院理学研究院・助教

研究者番号：20334287

谷岡勇市郎 (TANIOKA YUICHIRO)

北海道大学・大学院理学研究院・教授

研究者番号：40354526