

(1) 実施機関名：

東北大学理学研究科

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）リアルタイムGNSSデータに基づく断層滑り即時把握手法の高度化とその社会実装

（英文）Advancement and social implementation of a method for real-time estimation of the coseismic fault model based on GNSS data

(3) 関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(2) 地震の災害誘因の即時予測手法の高度化（重点研究）

イ. 津波の即時予測手法

(4) その他関連する建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究

(1) 南海トラフ沿いの巨大地震

(3) 千島海溝沿いの巨大地震

(5) 本課題の5か年の到達目標：

巨大地震発生直後に、その地震規模や断層面の広がりを実時的に把握することは、津波やその内陸部への浸水の即時予測の観点から、きわめて重要である。さらに、プレート境界周辺で発生する地震の破壊域を迅速に把握することは、発生が危惧される後続地震の発生確率等を推定する観点からもその重要性は高い。こうした背景に対して、特にマグニチュードが8を大きく超えるような超巨大地震におけるリアルタイムGNSSを用いた震源断層即時推定手法の優位性がこれまでに明らかになりつつある。東北大学大学院理学研究科と国土地理院は、2012年よりREGARD（REal-time GEONET Analysis system for Rapid Deformation monitoring、電子基準点リアルタイム解析システム）の共同開発を進めている。同システムは、世界でも有数の稠密GNSS観測網であるGEONETのデータをリアルタイムで解析し、地震時永久変位から断層モデルを実時的に解析する。一方、津波を効率的に励起しうる海溝軸近傍の滑りは、陸上のGNSS観測点における変位場のみでは解像が難しい。すなわち推定される地震時滑りには大きな不確実性が含まれる。また、地震時滑り分布の推定は、本質的に劣決定問題であり、推定における正則化拘束にその結果は大きく依存する。これら海域における滑りを、適切な正則化拘束とともに、その推定誤差も同時に、迅速かつ正確に把握する技術の獲得は、REGARDの高度化の観点から喫緊の課題である。また、海域における観測量を適切に取り込みつつ、推定の確度を向上させ、その推定誤差を減少させることも、発災後の様々な行政等の対応の観点からも重要である。

こうした背景・問題意識に基づき、本研究課題の目的を、リアルタイムGNSSデータにもとづく断層滑りとその推定誤差の即時推定手法の構築および、それらの海域観測量にもとづく逐次改良手法の構築とする。本提案は、REGARDへの技術移転を前提とした課題であり、国土地理院と密接に連携しつつ、社会実装にあたって解決すべき課題を明確にしながら研究を遂行する。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

令和6年度～令和8年度：海域における滑りを、適切な正則化拘束とともに、その推定誤差も同時に、迅速かつ正確に把握する技術の開発を実施する。さらに、海域観測量にもとづくすべり量の逐次改良手法の構築を開始する。

令和9年度：海域における滑りを、適切な正則化拘束とともに、その推定誤差も同時に、迅速かつ正確に把握する技術の開発を継続するとともに、開発した技術の国土地理院への技術移転に必要な事項の整理を開始する。海域観測量にもとづくすべり量の逐次改良手法の構築の継続する。

令和10年度：開発した技術の国土地理院への技術移転およびそれに向けた知見を取りまとめ、問題点を明らかにするとともに、得られた知見から修正点等を明らかにする。

(7) 令和7年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

目的とする海域におけるすべりを適切な正則化拘束とともに、推定誤差も同時に、迅速かつ正確に把握するための技術開発を継続した。具体的にはより物理的妥当性の高い地震時すべり推定を実現する枠組みの構築を目的とし、von Kármán型自己相関関数 (ACF) に着目し、これを正則化拘束として明示的に組み込む手法を開発した。von Kármán ACFは、相関距離とハースト指数によって特徴付けられ、これらは断層すべりの空間相関と短波長成分の性質を規定する。実装としてはすべり量の事前分布にvon Kármán ACFに基づく共分散構造を導入し、相関距離を未知パラメータとしてすべり分布と同時推定する枠組み (VKR) を構築した。さらにその妥当性を数値実験により検証し、稠密な測地観測データの条件下ではすべり分布と相関距離の両方を高い確度で推定できることを示した。これらの結果は、自己アフィン性を明示的に仮定したすべり分布推定を不確実性ととも評価可能であることを示す重要な成果である。

巨大地震直後のゆっくりとした地殻変動を正確に把握することは、プレート境界における非定常すべりの把握という観点で重要である。一方でGNSS測位においては、それら1日以下の時定数の地殻変動を把握が様々な阻害要因の存在から難しく、非定常すべりに起因する地殻変動をリアルタイムで把握することは現状では容易ではない。そのため本年は電離層や対流圏遅延を無視可能な短基線相対測位に着目し、RINEX観測ファイルに対してマルチパスノイズ補正を行う汎用的なマルチパスノイズ低減手法を構築し、それらの初期的な精度評価を行った。その結果、補正後のキネマティックGNSS時系列において1,000秒から10,000秒の時間帯域でノイズレベルを低減できる結果を得た。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

建議における、3(2)イ「津波の即時予測手法」において求められている「大学は、リアルタイムGNSSや海域での観測量等を用いて巨大地震の断層すべりをその確からしさも含めて即時的に推定する手法の開発を行い、津波即時推定手法の高度化と自動化に関する研究を進める」について、適切な正則化拘束の構築という観点で順調に進展している。さらに1日以下の時間帯域におけるGNSS時系列の高精度化の観点でも初期的な成果を得ている。

(8) 令和7年度の成果に関連の深いもので、令和7年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Kano M., K. Yano, Y. Tanaka, T. Takabatake, Y. Ohta (2025), Spatio-temporal characteristics in the GEONET F5 solution in the frequency domain estimated based on the robust spectral analysis, Earth Planets Space, 77, 103, <https://doi.org/10.1186/s40623-025-02236-3>, 査読有, 謝辞有

Yamada T. and Y. Ohta (2026), Simultaneous estimation of slip distribution and correlation length using Bayesian optimization and the impact of inhomogeneous observation network distribution, Volume 244, Issue 3, ggaf525, <https://doi.org/10.1093/gji/ggaf525>, 査読有, 謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

伊藤 嘉秋, 太田 雄策, MHM法によるGNSSマルチパスノイズ低減手法の最適化, JpGU 2025

大塚 英人, 太田 雄策, WANG SHUYA, 碓氷 典久, 日野 亮太, Evaluation of vertical oceanic

processes affecting seafloor pressure using MRI.COM and DONET observations, JpGU 2025

伊藤嘉秋, 太田雄策, MSS-MHM 法によるGNSS マルチパスノイズ低減手法の高度化, 日本測地学会  
第114回講演会

山田太介, 太田雄策, ハイレートGNSSに基づくkinematic slip inversionにおける地震時すべり分布と  
その相関距離の同時推定, 日本測地学会第114回講演会

伊藤嘉秋, 太田雄策, 搬送波位相残差マップに基づくRINEX観測ファイルに対するGNSSマルチパスノ  
イズ低減手法, GPS/GNSSシンポジウム2025

(9) 令和7年度に実施した調査・観測や開発したソフトウェア等のメタ情報：

(10) 令和8年度実施計画の概要：

目的とする海域におけるすべりを高精度に進めるために1日以下の時定数の地殻変動を高精度に把握  
するための技術開発を継続する。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

太田雄策（東北大学大学院理学研究科），日野亮太（東北大学大学院理学研究）

他機関との共同研究の有無：有

国土地理院 測地観測センター 電子基準点課

(12) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター

電話：

e-mail：yusaku.ohata.d2@tohoku.ac.jp

URL：https://www.aob.gp.tohoku.ac.jp

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：太田雄策

所属：東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター