

(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6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実施した。具体的には、2024年度能登半島地震を対象に、断層幾何、特に断層傾斜角の仮定による推定結果の変化を調べることを目的とした傾斜角の網羅的探索を実施した。その結果、能登半島直下の断層では傾斜角が45度を仮定した際に、観測された水平・上下成分をバランスよく説明できることを明らかにした。

本研究課題で目的とするリアルタイムGNSSデータにもとづく断層すべり即時推定手法の高度化の技術を活用し、火山における力源を即時的に推定手法の開発を行った。具体的には、東北大学理学研究科と国土地理院で共同開発しているMCMC法を用いた力源推定手法であるRUNE (Real-time automatic uncertainty estimation of source models using crustal deformation data) (Ohno, Ohta et al., EPS, 2022) を火山における力源推定に拡張した。仮定できる力源としては、開口割れ目(ダイク)、茂木モデル、回転楕円体、矩形断層モデルであり、それらを複数個仮定して推定することが可能である (Ohno, Ohta et al., EPS, 2024)。観測量としては、GNSSによる変位三成分に加え、傾斜計や体積歪計データも同時に入力データとして活用できるように拡張が進められている。開発した手法を2024年度に周囲のGNSSや地殻変動連続観測データから膨張傾向が確認されている岩手山におけるイベントに適用した。推定においては、国土地理院GEONETに加え、THK_12の課題で活用が進められているソフトバンク独自基準点 (SB点)、東北大学のGNSS観測点および体積ひずみ計を使用した。推定においては、岩手山の西側に回転楕円体とダイク(開口割れ目)を仮定して推定を行った。その結果、体積ひずみ計およびGNSS観測データをおおむね説明できる結果が得られた。

・「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、海域観測データの取り込み等はまだ未達であるが、それに先立つ断層推定手法の高度化については、2024年能登半島地震を事例として順調に進んでいる。更に、開発した技術を火山の力源推定に活用する技術を開発し、それらの能力を実際に進行している岩手山の膨張イベントで検証するなど、副次的に得られているせいも大きく、目的達成に大きく貢献していると考ええる。

(8) 令和6年度の成果に関連の深いもので、令和6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

Ohno, K., Ohta, Y., Takamatsu, N. H. Munekane and M. Iguchi, Real-time modeling of transient crustal deformation through the quantification of uncertainty deduced from GNSS data. Earth Planets Space 76, 140 (2024). <https://doi.org/10.1186/s40623-024-02068-7>, 査読有, 謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

山田太介, 太田雄策, 西村卓也, 平松良浩, 木下陽平, 吉田圭佑, 稠密測地観測にもとづく2024年能登半島地震の地震時すべり分布と断層幾何の定量評価, 日本測地学会第142回講演会, 2024.

山田太介, 太田雄策, 西村卓也, 平松良浩, 木下陽平, 吉田圭佑, 稠密GNSS観測網に基づく2024年能登半島地震のすべり分布および断層幾何の網羅的評価, 日本地震学会2024年度秋季大会, 2024.

大園真子, 高橋浩晃, 奥山 哲, 太田雄策, 大野圭太郎, 超稠密 GNSS 観測網による屈斜路カルデラ周辺の非定常地殻変動, 日本火山学会2024年度秋季大会, 2024.

山田太介, 太田雄策, 西村卓也, 平松良浩, 稠密GNSS観測網に基づく2024年能登半島地震のすべり分布の推定, JpGU 2024, 2024.

山田太介, 太田雄策, 西村卓也, 平松良浩, 木下陽平, 吉田圭佑, 稠密測地観測データにもとづく2024年能登半島地震におけるすべり分布とその断層幾何の関係, JpGU 2024, 2024.

山田太介, 太田雄策, 南海トラフにおけるプレート境界および分岐断層上の地震時すべりの 同時推定に関する検証, 日本測地学会第142回講演会, 2024.

(9) 令和6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7年度実施計画の概要：

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する。具体的には適切な正則化拘束としてラプラシアン平滑化以外の拘束条件を付した解析手法の高度化等を進める。また火山における力源即時推定手法についてもその能力評価を継続する。

(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科）

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.ohta.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