

( 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：

海陸測地データを活用したプレート境界面すべり即時把握能力の向上とそれにもとづく津波即時推定手法の高度化

( 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・火山噴火の災害誘因の即時予測手法の高度化

イ. 津波の即時予測手法

( 4 ) その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化

ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震

2 地震・火山噴火の予測のための研究

(2) 地殻活動モニタリングに基づく地震発生予測

ア. プレート境界滑りの時空間変化の把握に基づく予測

5 研究を推進するための体制の整備

(2) 総合的研究

ア. 南海トラフ沿いの巨大地震

( 5 ) 総合的研究との関連：

南海トラフ沿いの巨大地震

( 6 ) 平成 30 年度までの関連する研究成果(または観測実績)の概要：

本研究課題は「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」(平成 25～30 年度)における「トランジェント現象リアルタイムモニタリングのための複合測地データ利用の高度化」(課題番号：1209)と密接に関連した課題である。同課題は、幅広い時間帯域における地殻変動現象を複合測地観測データから明らかにするための研究計画であり、以下で述べる成果をこれまでに得ている。

(1) リアルタイム GNSS を用いた震源断層即時推定手法の高度化に関する研究

リアルタイム GNSS 測位から変位の自動検知、そして断層モデル推定とその津波予測への活用という一連の流れを、2011 年東北地方太平洋沖地震のデータを例としてこれまでに示した(Ohta et al., JGR, 2012; Ohta et al., IAGS, 2015)。さらにそれらの技術は現業機関である国土地理院に技術移転され、東北大学との共同研究によって地震時断層即時推定システム( REGARD, Kawamoto et al., JGR, 2017)と

してすでに実際の地殻変動監視に活用されている。2016年熊本地震では実際に、人の手を介さずに震源断層モデルを即時推定することに成功している (Kawamoto et al., EPS, 2016)。また、東北大学を中心とするコンソーシアムによって開発が進められている、実時間で津波浸水を高い空間分解能で予測するシステムにおいて REGARD は、断層モデルを提供する一機能として活用されている。さらにそれら津波浸水予測に関するシステム全体は、内閣府の総合防災情報システムの一機能である「津波浸水被害推計システム」として採用され、政府の防災時初動対応へ活用が期待されている (Ohta et al., JDR, 2018)。また、通常のキネマティック測位を介さずに、GNSS の生データである搬送波位相の変化と断層すべりを直接結びつけて推定する Phase To Slip (PTS) と呼ばれる手法の高度化を行い、短い時間帯域の現象であれば、精度の低い放送層等の衛星軌道情報でも断層すべり分布を推定できることを示した。さらにリアルタイム GNSS によって即時的に推定される断層すべりが持つ不確実性の定量評価を迅速に把握するための研究開発を開始した。

#### (2) 様々な時定数を持つ地殻変動現象の高精度把握のための研究

これまでにキネマティック GNSS における対流圏遅延と地殻変動場の高精度な分離を目的とした解析時の最適プロセスノイズ値の網羅的探索手法の開発を行い、上下成分で最大 29% (日毎の座標値のばらつき) 時系列のばらつきを低減できることを示した (Hirata and Ohta, EPS, 2016)。さらに海底圧力計の長期ドリフト成分の低減に向けた室内実験を産業技術総合研究所計量標準総合センターと共同で 2016 年より継続して進めている。

#### (7) 本課題の 5 か年の到達目標：

GNSS データや海底水圧計など、海陸の測地データを活用したプレート境界面におけるすべりの即時的な把握能力向上を目指した技術開発およびそれにもとづく津波即時推定手法の高度化を行う。

プレート境界すべりの時空間把握 (地震間、地震時、地震後) を即時的に行い、その推移予測を行うことは、地震発生予測を行う上で基盤となる技術である。特に陸上 GNSS に代表される測地観測データや、繰り返し地震等の地震学的データによる日～月～年単位でのプレート間カップリング状態の把握はこれまでに数多くの成果を挙げている。しかしそれらの結果を推移予測に活用していくためには、推定精度および時間分解能の向上が必須である。特に高い時間分解能を持つ GNSS では、主として対流圏遅延等の影響によって数十分～1 日程度の時間帯域における精度劣化が大きく、こうした時間帯域の地殻変動把握の障害となっている (例えば、Hirata and Ohta, EPS, 2016)。また海底における圧力観測は上下地殻変動場を連続的に把握できるという点で大きな利点を持つが、センサー固有のドリフトが大きく、特に数ヶ月以上の時定数を持つような地殻変動場、例えば地震間のひずみ蓄積や地震後の余効変動等の把握に困難性が存在する。

一方、より短い時間帯域の現象である地震時の断層すべりの即時推定に関しては、国土地理院と東北大学が開発を進めているリアルタイム GNSS を用いた地震時断層即時推定システム (REGARD, Kawamoto et al., JGR, 2017) の運用がすでに開始されており、実際の地震規模推定等に活用されている。しかし REGARD では陸上 GNSS によって得られた永久変位データのみを用いていることから震源域から遠く離れた海溝軸近傍での断層すべりを高い精度で推定することが難しく、推定誤差の定量的な把握が難しいという問題点がある。

こうした背景を受けて、本研究課題では様々な時間帯域 (年、月、日、分) におけるプレート間カップリングを、海陸測地データ (GNSS および海底圧力計) 観測・解析の高度化にもとづいてシームレスに把握する能力の向上を目指す。また、そうした精度向上と並行して、リアルタイム GNSS によって推定されるプレート境界型地震および海域で発生する地震の断層モデルが持つ不確実性を定量的に明らかにする手法を確立する。同手法については、国土地理院と東北大学が共同開発している REGARD への実装を目指す。さらに、S-net や DONET 等の沖合津波観測で実際に観測される津波記録を用いて、陸上 GNSS から即時的に推定される断層モデルが持つ不確実性を低減させる統合インバージョン手法 (例えば tFISH/RAPiD, Tsushima et al., GRL, 2014) の高度化を併せて行う。申請者らは、スーパーコンピュータを利用したリアルタイム津波浸水被害予測技術の高度化に取り組んでおり、即時的に得られ

る断層モデルのリアルタイム浸水予測の精度向上における優位性を実証するとともに、それら断層モデル等の不確実性が沿岸津波波高および津波浸水予測に与える影響を併せて検討し、それら不確実な情報をどのように災害情報に結びつけるべきかについて検討を進める。

( 8 ) 本課題の5か年計画の概要：

平成 31 年度：キネマティック GNSS の感度が大きく低下する時間帯における対流圏遅延と地殻変動場の高い精度の分離を目指し、搬送波位相変化から断層すべりを直接推定する手法による1日以下の時間窓におけるモニタリング能力の精度検証を行う。また海底水圧計の長期ドリフトの室内実験での把握実験を行う。また実海底環境下でドリフト特性をその場で把握できる観測機材の開発を開始する。さらにリアルタイム GNSS による震源断層即時推定における不確実性の定量把握をマルコフ連鎖モンテカルロ法 (MCMC) で行うための技術開発を行う。

平成 32, 33, 34 年度：搬送波位相変化から断層すべりを直接推定する手法による1日以下の時間窓におけるモニタリング能力の向上のために、対流圏遅延推定のためのハイパーパラメータ等の最適化を行う。室内実験での海底水圧計の長期ドリフトの把握結果を基に、実海底環境下でドリフト特性をその場で把握できる観測機材の開発を継続し、実海域での試験観測を行う。実海域での試験観測は主としては、根室沖の S-net 観測点近傍で行う(根室沖における海底測地観測に関する研究課題と密接に連携)。MCMC 法で与えられた断層モデルの不確実性を沖合津波観測データで更新していく手法の高度化のための開発を行い、数値実験や既往地震等によってその性能を定量的に評価する。さらにこれら不確実な情報の災害情報への活用について特に津波浸水被害に着目して検討を行う。

平成 35 年度：搬送波位相変化から断層すべりを直接推定する手法による地震現象モニタリング能力の定量評価を行う。海底環境下でドリフト特性をその場で把握できる観測機材による既設海底水圧計等のドリフト推定を試みる。断層モデルの不確実性の災害情報へ活用する方策を特に津波浸水被害に注力してまとめる。

( 9 ) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

東北大学大学院理学研究科 太田雄策，日野亮太，東北大学災害科学国際研究所 越村俊一  
他機関との共同研究の有無：有  
国土交通省 国土地理院 測地観測センター，産業技術総合研究所 計量標準総合センター

( 10 ) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名：東北大学大学院理学研究科  
電話：  
e-mail：  
URL：

( 11 ) 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