

研究課題終了時評価書

1. 研究課題名：GNSSによる地殻変動推定における時間分解能向上のための技術開発
2. 研究期間：平成26年4月 ～ 平成29年3月（3年間）
3. 予算：特別研究経費 18,517千円（3年間の総額）

4. 成果の概要

(1) キネマティックGNSS時系列の誤差低減技術の開発

キネマティック GNSS 時系列の支配的な誤差要因である、観測点周辺の地物からの信号反射の影響によるマルチパス誤差について、建物などの固定された地物が原因で誤差の時間変化が少ない場合、ある時期の位相残差をスタックしたものをキネマティック GNSS 解析時の補正量として利用することで測位安定性が向上することを確認した。また、樹木が原因の場合など、誤差の時間変化が顕著な場合について、位相残差が大きな仰角・方位角を手動で抽出し、そこから到来する電波を解析に使用しないようマスクをかけることで測位安定性が向上することを確認した。更に、それぞれについて GNSS 解析ソフトウェアの改修を行い、リアルタイムキネマティック解析に適用可能とした。

(2) キネマティックGNSS時系列から地殻変動を抽出・モデル化する技術の開発

地震や火山活動による地殻変動は複数の観測点で共通信号として現れることに着目し、経験的直交関数解析及び独立成分分析と呼ばれる統計的手法で、GNSSキネマティック測位の座標時系列を時空間的に相関があるパターン（モード）の重ね合わせで表現した上で、地殻変動に関連するモードのみを抽出することにより地殻変動を高精度に抽出を行う手法を開発した。箱根火山周辺のGNSS観測点のキネマティックGNSS時系列に独立成分分析を適用した結果、火山性地殻変動が高精度で抽出できることを確認した。

(3) リアルタイムキネマティック GNSS 時系列から迅速に地殻の状態を推定する（プロトタイプ）システムの構築

①地震時地殻変動の迅速なモデル化

まず、地震による地殻変動をモデル化するソフトウェアを開発した。開発したソフトウェアは、矩形断層すべりおよび三角要素に基づくプレート境界滑り分布の推定を行うものであり、従来のソフトウェアに比べ、高速（プレート境界すべりでも15秒程度）で動作するように設計されている。次に、開発したソフトウェアを測地観測センターが開発しているREGARDシステム（津波予測のための迅速な地震規模推定のため、リアルタイムキネマティックGNSS時系列から即時的に断層モデルを推定するシステム）に組み込んだ。また、東北地方太平洋沖地震を想定したシミュレーションを行い、地震発生後150秒後程度で適切な地震規模の推定が可能であることを示した。さらに、本システムの実運用を行い、平成28年熊本地震（Mj7.3）発生時にリアルタイムでの断層モデル推定に成功した。

②火山性地殻変動の迅速なモデル化

火山性地殻変動の力源をモデル化するソフトウェアを開発した。開発したソフトウェアは、多

様な形状の力源のモデル化が可能であること、また、山岳地域で地殻変動を計算する際に問題となる地形効果を補正することができること、アンサンブルカルマンフィルタにより、力源の状態変化（位置、形状、圧力等）を逐次推定可能なこと、などの特徴を有する。また、開発したソフトウェアを用いて2000年三宅島噴火の際のマグマ貫入イベントの前後の地殻変動を分析し、マグマだまりの挙動を詳細に明らかにした。さらに、開発したソフトウェアをもとに、リアルタイムキネマティックGNSS時系列から火山性地殻変動の力源の状態変化を逐次推定するシステムを構築した。

5. 当初目標の達成度

(1) 当初計画における目標

本研究は、過去の地震や火山活動に関して、GNSS解析技術を高度化し、得られるGNSS時系列から時間分解能5分程度で5mm程度の地殻変動情報を抽出する技術を開発すること、また、リアルタイムGNSS解析技術を高度化した上で、得られるGNSS時系列データから、迅速に火山活動時のマグマの状態等を推定するプロトタイプシステムを開発し、火山活動の推移等の監視に寄与することを目標とする。

(2) 最終達成度

本研究では、キネマティックGNSS解析技術の高度化手法として、位相残差に基づく補正および仰角・方位角マスクによる遮蔽という2つの手法を解析時に適用することで、キネマティックGNSS時系列を高精度化した。次に、主成分分析および独立成分分析に基づき地殻変動情報を目標どおりの高い精度で抽出する手法を開発した。さらに、それらの技術を適用した上で、リアルタイムキネマティックGNSS時系列から即時的に断層モデルおよび地震規模を推定するシステムおよび火山性地殻変動の力源の状態変化（位置、形状、圧力など）を逐次推定するプロトタイプシステムを構築した。

以上のことから、研究の当初目標は十分達成されたとと言える。

6. 成果公表状況

研究報告書	3件
発表論文	7件
学会発表	13件
特許等	0件

7. 成果活用の見込み

本研究で開発された地震による地殻変動から迅速に断層モデルおよび地震規模を推定するソフトウェアについては、「津波予測支援システム(REGARD)」に組み込まれて実運用されており、今後は関係省庁と連携して津波被害の軽減に活用される。

また、本研究で開発された火山性地殻変動逐次モデリングプロトタイプシステムは、宇宙測地研究室および地殻変動研究室で運用され、火山活動が活発化した際のマグマの状態等の推定に活用される。

8. 達成度の分析

(1) 有効性の観点からの分析

本研究で開発した、本研究で開発された地震による地殻変動から迅速に断層モデルを推定するソフトウェアについては、「津波予測支援システム(REGARD)」に組み込まれて実運用されており、今後関係省庁と連携して津波被害の軽減に活用される。また、本研究で開発した火山性地殻変動逐次モデリングプロトタイプシステムは、火山噴火予知連絡会等への情報提供のため用いられ、火山活動の把握等への貢献が期待される。よって本研究の成果は防災上有効なものである。

(2) 効率性の観点からの分析

リアルタイムキネマティックGNSS時系列から迅速に地震すべりおよび地震規模の推定を行うシステムについては、測地観測センターで開発している「津波予測支援システム(REGARD)」に本研究で開発したソフトウェアを組み込むことで、効率的な開発が実行できた。

火山活動に伴う地殻変動源推定ソフトウェアの開発においては、一部機能について既存のプログラムの提供を受け、それを組み込むことで効率的に開発が実行できた。

9. 残された課題と新たな研究開発の方向

本研究で開発した火山性地殻変動逐次モデリングプロトタイプシステムで用いられているリアルタイムキネマティックGNSS解析は、干渉測位法を用いているが、対象とする火山を増やした場合、観測点数の増加に伴う計算負荷の増大が懸念される。

10. その他、課題内容に応じ必要な事項

特になし

11. 提案課・室名、問合せ先

国土地理院 地理地殻活動研究センター 宇宙測地研究室

TEL : 029-864-1111(内 8331) FAX : 029-864-2655