

## 研究課題終了時評価書

1. 研究課題名：精密単独測位型RTK (PPP-RTK)を用いたリアルタイム地殻変動把握技術の開発
2. 研究期間：平成27年4月 ～ 平成30年3月 (3年間)
3. 予算：特別研究経費 33,077千円 (3年間の総額)

### 4. 成果の概要

#### (1) PPP後処理キネマティック解析システムの構築

電子基準点等のGNSS連続観測点について後処理でPPPキネマティック解析を行うシステムを試作した。PPP補正情報生成には宇宙研究開発機構(JAXA)で開発されたMADCOCA、PPP補正情報を用いたPPP測位には東京海洋大学 高須氏が開発したオープンソースソフトウェアRTKLIBを採用した。本システムでは、電子基準点について超速報解(データ取得後6-12時間後)、迅速解(2日後)、確定解(2週間後)の3種類の30秒キネマティック解が生成されるとともに、(2)のPPP-RTK解析システムで使用する海外GNSS観測点の固定点座標値が日々生成される。

本システムでは、1) マルチGNSS解析(GPSおよびGLONASS)および2) PPP-AR法(PPPにおける整数不確定性の決定)、の2種類の技術を採用することで、キネマティック解の精度を向上させることができた。

本システムのキネマティック解を用いて2016年熊本地震の解析を行ったところ、国土地理院の定常解析では困難だった2つの前震の分離が可能になり、本システムが地殻変動解析にも有効であることが示された。

#### (2) PPP-RTK解析システムの構築・評価

PPP後処理キネマティック解析システムをベースにして電子基準点等のGNSS連続観測点のリアルタイムデータを用いてPPP-RTK解析を行うプロトタイプシステムを試作した。PPP補正情報生成および測位にはPPP後処理キネマティック解析システムと同じMADCOCAおよびRTKLIBを採用した。PPP後処理キネマティック解析システムの評価においてマルチGNSS解析の効果が高かったことから、本プロトタイプシステムでもマルチGNSS解析を行うこととし、GPSおよびGLONASSを同時受信している国外観測点を中心に固定観測局を選定した。その際、国外観測点のリアルタイムデータがホストされている国外データサーバとの通信が不安定となる場合があることを考慮し、複数のデータサーバから多様なネットワークに属する国外観測点データを受信することで、受信観測点の減少による精度劣化リスクを回避した。また、リアルタイム解析の場合、精度の高い座標モデルがまだ存在しない観測点を採用せざるを得ないため、PPP後処理キネマティック解析システムで日々座標を推定し、固定点座標として使用することで補正情報の精度を高めた。

本システムで試行的に測位を行った結果、目標精度(水平単成分のばらつきが約2cm)以下で測位ができる見込みがたった。また、リアルタイム測位の場合においてもPPP-AR法が座標解のばらつきの低減に有効であることを明らかにした。

### 5. 当初目標の達成度

#### (1) 当初計画における目標

本研究は、全電子基準点にスケールアップ可能であり、長期的な座標解のばらつきが水平

単成分で2cm以下である、リアルタイム地殻変動把握のためのPPP-RTK解析システムを構築することを目標とする。

## (2) 最終達成度

本研究では、PPP-RTK解析システムを実際に構築し、安定的に動作させることができた。電子基準点について測位を試行した結果、目標精度（水平単成分のばらつきが約2cm）以下で測位ができる見込みがたった。その際、マルチGNSS化やPPP-AR法がばらつきの低減に有効であることを明らかにした。

以上のことから、研究の当初目標はほぼ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  | 3 件 |
| 学会発表  | 3 件 |
| 特許等   | 0 件 |

## 7. 成果活用の見込み

本研究で開発されたPPP-RTK解析システムは、南海トラフ地震に関する地殻変動監視機能の強化の一環として、測地観測センターが運用する電子基準点リアルタイム解析システム（REGARD）の堅牢性強化のために実装される。また、本研究で開発されたPPP後処理キネマティック解析システムについては、対象観測点を他機関のGNSS観測点（気象庁、防災科学技術研究所等）に拡充した上で、宇宙測地研究室および地殻変動研究室で運用され、地震・火山活動による地殻変動の把握のために活用される。さらに、本研究で得られた知見は、現在宇宙測地研究室で実施している特別研究「迅速・高精度なGNSS定常解析システムの構築に関する研究」において活用される

## 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PPP-RTK解析システムについては、南海トラフ地震に関する地殻変動監視機能の強化の一環として、測地観測センターが運用する電子基準点リアルタイム解析システム（REGARD）の堅牢性強化のために実装される。また、本研究で開発したPPP後処理キネマティック解析システムは、地震・火山活動による地殻変動の把握のために利用され、その成果が火山噴火予知連絡会等への情報提供などに活用されることが期待される。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

本研究で構築したPPP後処理キネマティック解析システムおよびPPP-RTK解析システムについては、PPP補正情報生成エンジンとして宇宙研究開発機構(JAXA)が開発したMADOCA、測位エンジンとしてオープンソースソフトウェアRTKLIBの提供を受けて組み込むことで効率的な開発が実行できた。

研究の実施にあたり、JAXAと国土地理院の間で定期的に行っているGNSS利用研究WGにおいてMADOCAの運用ノウハウについて意見交換したことが、システムの完成にあたって効率的であった。

9. 残された課題と新たな研究開発の方向

マルチGNSSについては、現状のGPSおよびGLONASSに加え、準天頂衛星、Galileo、BeiDouなどを追加することで更に精度が向上し、PPP-ARの安定性が向上するとの報告があり、引き続き検討が必要である(Geng et al. (2017), AGU Fall meeting)。

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

e-mail:munekane-h96nu@mlit.go.jp

代表担当者：宇宙測地研究室 宗包 浩志