

## 新規研究課題提案書

### 1. 研究課題名：新規研究課題名を記入

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. 研究制度名

特別研究

### 3. 研究期間：平成 27 年 4 月 ～ 平成 30 年 3 月（3 年間）

### 4. 課題分類

(3) 防災・減災のための研究開発

### 5. 研究開発の背景・必要性

近年 GNSS 測位の分野では、精度の高い位置情報をほぼリアルタイムに近い時間で得ることができるリアルタイムキネマティック測位（RTK）技術が進展し、様々な分野で活用されている。地殻変動監視の分野では、RTK を導入することにより精度の高い地殻変動情報がリアルタイムに近い時間で得られれば、周波数特性の関係で地震計では検知することが難しいゆっくりとした地震・火山現象（津波地震やゆっくりとしたマグマの移動など）や、ダイナミックレンジの関係で地震計では正確な検知が難しい超巨大地震の規模を正確に検知できるようになる。そのような情報は、より即時性が求められる発災時の初動体制の設置などに活用することができることから、さまざまな大学・官庁において導入の検討が進められている。国土地理院においては、東北大学と共同で、電子基準点で観測された GNSS データをリアルタイムで常時解析し、地震時の概略の地殻変動量を即時に求め、気象庁の地震計を用いた津波予測の支援を行うシステム（津波予測支援のための GPS 情報提供システム）を開発している。

地殻変動監視で RTK を導入する場合、より高い精度を実現するため、基準局との相対的な位置を求める相対測位が行われるのが一般的である。しかしながら、相対測位では、基準局と観測局の間の距離が長いと精度が劣化するため、広域を対象とする場合、複数の基準局を設けて基準局と観測局との距離が長くないようにする必要があるが、それでは絶対的な地殻変動量の把握が困難となること、また、観測局数の増大に伴う計算負荷の増大が著しくなるため、大規模化や複数衛星データの利用（マルチ GNSS 化）を要するシステム構築が困難であること、などの問題点があった。

そのような背景の下、精密単独測位型 RTK（Precise Point Positioning RTK; PPP-RTK）と呼ばれる手法が、近年、急速に発展し、世界的に研究が進められている。本手法は、国際 GNSS 事業（International GNSS Service; IGS）などの外部機関から提供される、GNSS 衛星の精密な軌道および時刻情報を用いて、各観測局で単独測位を行うものである。PPP-RTK では相対測位型 RTK に比べ精度が若干劣ることから、特に高い精度が必要とされる地殻変動監視では活用が困難であったが、近年、衛星毎に異なる位相端数バイアス（Fractional Cycle Bias; FCB）と呼ばれる補正情報を追加することで、単独測位において波数の整数不確定性を決定する（Ambiguity Resolution; AR）ことが可能となり、相対測位型 RTK に比べ、格段に少ない計算負荷で匹敵する精度を出せることが示されたことから、将来的には、電子基準点におけるリアルタイム地殻変動把握業務への応用が期待されている。

しかしながら、現時点では、PPP-RTK において安定的に AR を行う手法の開発やマルチ GNSS

への対応など技術的な課題が残され、安定した精度（座標再現性）を実現する手法まで到達しておらず、実用的な段階にはない。また、電子基準点におけるリアルタイム地殻変動把握業務への導入を想定すると、実際の地殻活動時における地殻変動把握能力、異常値の発生頻度などの評価、あるいは、外部機関からの GNSS 衛星の精密な軌道および時刻情報が途絶した場合に、GEONET データのみを用いてそのような情報を安定的に生成できるか、などの実運用を想定した評価を通じたシステムの開発が必要であるが、現状ではそのような評価は行われていない。

以上のことから、PPP-RTK を用いてより安定した測位精度を実現するために必要となる技術を開発するとともに、それを適用して PPP-RTK によるリアルタイム地殻変動把握のためのプロトタイプシステムを構築し、実運用を想定した評価を通じて改良を加え、完成させることが必要である。

## 6. 研究開発の目的・目標

本研究では、電子基準点におけるリアルタイム地殻変動把握業務での、PPP-RTK の導入に向けたフィージビリティ評価を可能とすることを目的とする。

そのため、PPP-RTK において安定した測位精度の達成に必要となる、リアルタイムで安定的に AR を行う手法、マルチ GNSS 測位の安定化の対応などの技術開発を行うとともに、電子基準点データから PPP-RTK に必要となる補正情報を生成する手法開発を行い、最終的に全電子基準点にスケールアップ可能であり、目標精度として長期的な座標再現性で水平各成分 2cm 程度を有する、リアルタイム地殻変動把握のためのプロトタイプシステムを構築した上で、実運用を想定した評価を通じて改良を行い完成させることを目標とする。

## 7. 研究開発の内容

本研究では、PPP-RTK において安定した座標再現性を実現するために必要となる技術開発（安定的なリアルタイム AR 手法、マルチ GNSS 測位安定化手法の開発）を行う。また、電子基準点データから PPP-RTK に必要となる補正情報（測位衛星の軌道・時刻情報・AR のための補正情報）を生成する手法を開発する。次に、それらの手法に基づいて PPP-RTK によるリアルタイム地殻変動把握のためのプロトタイプシステムを構築し、実運用を想定した評価を通じて改良を行い、完成させる。詳細な実施内容は以下のとおり：

### （1）PPP-RTK によるリアルタイム地殻変動把握のためのプロトタイプシステムの開発

#### 1）PPP-RTK プロトタイプの要素技術開発

##### ①測位安定性の向上に関する研究

- i) リアルタイムで AR を安定的に行う手法に関する研究
- ii) マルチ GNSS 環境下での安定的測位の実現手法に関する研究

##### ②電子基準点データから補正情報を生成する技術の開発

電子基準点データから PPP-RTK に必要となる補正情報（測位衛星の位置・時刻情報・AR のための補正情報）を生成する技術を開発する

#### 2）PPP-RTK プロトタイプの試作

- 1) の技術要素を組み込んだ、補正情報生成部および測位部からなる、PPP-RTK によるリアルタイム地殻変動把握のためのプロトタイプシステムを試作する。

### （2）実運用を想定した評価を通じたプロトタイプシステムの改良

（1）で試作したプロトタイプシステムを用い、リアルタイム地殻変動把握での実運用を想定した評価および改良を行い、プロトタイプシステムを完成させる。そのため、プロトタイプを試験的に連続稼働し、地殻活動時の地殻変動把握能力、異常値の発生頻度、電子基準点データから推定する補正情報の安定性等を評価し、技術的課題を明らかにした上で改良を加える。

8. 研究開発の方法、実施体制

上記7. (1)、(2)については、測地観測センターの協力を得ながら、宇宙測地研究室の主任研究官が中心となって実施する。7. (1)に関しては、実績のある既存のソフトウェアを導入し、改良を加えることで効率的に実施する。

9. 研究開発の種類

(3) 技術開発

10. 現在までの開発段階

(1) 研究段階

11. 想定される成果と活用方針

想定される成果：

- ・ PPP-RTK により安定に位置を推定するための基礎技術が開発される。
- ・ 全電子基準点にスケールアップ可能であり、目標精度として長期的な座標再現性で水平各成分 2cm 程度を有する PPP-RTK によるリアルタイム地殻変動把握のためのプロトタイプシステムが完成する。

想定される活用方針：

- ・ 電子基準点におけるリアルタイム地殻変動把握業務への導入に向けたプロトタイプとして活用
- ・ 津波予測支援のための GPS 情報提供システムの品質評価に活用

その他波及効果：

- ・ 補正情報の外部提供→防災分野での PPP-RTK の活用促進
- ・ 測量への導入
- ・ GEONET のリアルタイムデータの品質情報提供

12. 研究に協力が見込まれる機関名

東京海洋大学等

13. 関係部局等との調整

技術開発は、GEONET を運用している測地観測センターの協力を得ながら実施する。

14. 備考

特になし。

15. 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  
茨城県つくば市北郷1番

TEL：029-864-1111（内8341）

FAX：029-864-2655

e-mail：munekane@gsi.go.jp

担当者名：宇宙測地研究室（氏名）宗包 浩志