

新規研究課題提案書

1. 研究課題名：迅速・高精度な GNSS 定常解析システムの構築に関する研究

2. 研究制度名

特別研究

3. 研究期間：平成 29 年 4 月 ～ 平成 32 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

国土地理院は、電子基準点網(GEONET)で取得されるGNSSデータを定常的に解析し、地殻変動を監視しており、その結果は、地震調査委員会、地震防災対策強化地域判定会においては地震本震やその後の余効変動による地殻変動データ、断層モデルを提供し地震活動の評価等に利用されているとともに、火山噴火予知連絡会においても活火山の山体の変化の監視や、噴火時の噴火活動の推移監視における基礎的な資料として活用されている。

しかし地殻変動の監視において、現在の定常解析の性能を以ってしても不十分な場合もある。そのような場合の一例としては、その迅速性に起因する問題が挙げられる。現状では、最も迅速なQ3解でも解析結果が得られるのがデータ取得後3時間後である。例えば、平成28年4月14日夜に発生した熊本地震においては、地殻変動情報が得られたのは翌15日の朝になった。臨時会は通常大地震発生の半日後には開催されるため、場合によっては地殻変動情報が提供できず、地震像の把握が遅れる可能性があった。現に東北地方太平洋沖地震では、定常解析では地震発当日の21時に開催された地震調査委員会の臨時会には間に合わなかった。このときには別途緊急解析を実施し、地殻変動の暫定値を臨時会に報告できたが、それでも断層モデルの作成は間に合わなかった。

いまひとつの例としては、その時間分解能に起因する問題が挙げられる。現状では、もっとも時間分解能が高いQ3解でも時間分解能は6時間である。熊本地震の例では14日のM6.5の地震に続いて、同等の規模の余震が発生しており、余震による地殻変動も生じていると考えられたが、15日午後の臨時会に提出した地殻変動情報においては、M6.5の地震による地殻変動と余震による地殻変動を分離できず、地震像の把握に支障があった。また、巨大地震後に発生する余効変動は、地震発生直後から急速に減衰していくため、これを正確に見積もるためには地震直後から余効変動をとらえる必要があるが、定常解析の時間分解能では抽出した地殻変動量に本震と余効変動の影響が両方含まれてしまい、地震計による地震動から求めた断層モデルなどの他のモデルと比較が行えず、地震活動の評価に問題をきたす可能性がある。さらに、火山において噴火直前の山体膨張と、噴火後の収縮を監視するには、数分の時間分解能が必要であるが、現状の定常解ではそれは不可能であり、火山活動の評価に支障をきたす可能性がある。

現状の定常解析よりも迅速性・時間分解能を向上させ、かつ精度の劣化をきたさない解析法として近年注目されているのが精密単独測位(Precise Point Positioning; PPP)と呼ばれる手法である。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を用いれば、

格段に少ない計算負荷で、1エポックごとの位置を算出できることが特徴である。PPPでは相対測位に比べ精度が若干劣っていたが、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 (PPP-AR法)、相対測位に匹敵する精度を出せる可能性が高くなった。さらにPPP-AR法には、超巨大地震で広域な地殻変動が発生した場合についても、電子基準点の変位を直接に算出でき固定点が不要であるという利点もある。

このような背景のもと、より迅速でより高い時間分解能をもつGNSSの定常解析手法をPPP-AR法をベースにして構築することは、地殻変動監視能力を向上させるために必要である。

6. 研究開発の目的 (アウトプット指標、アウトカム指標)

本研究では、現在の定常解析よりも迅速・高精度なGNSS解析手法を開発するとともに、将来の定常解析を想定してこれを実装したプロトタイプシステムを開発することとする。

アウトプット指標としては、GEONETの1秒値データを用いて、定常的かつ安定的に、1秒間隔の解を、データ収集の約2時間後までに算出するプロトタイプシステムを構築することとする。

7. 研究開発の内容

本研究では、現在の定常解析よりも迅速・高時間分解能で、定常解析化を見据えたGNSS解析手法を開発する。

本研究においては、以下の2点を実施する。

(1) 高精度なPPP後処理解析に必要な精密暦及び補正情報の生成システムの開発

現在、特別研究「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」(H27~29) において、精密単独測位によりリアルタイムに2cmの再現性で測位可能とするための補正情報(測位衛星の位置・時刻情報・ARのための補正情報)の生成システムを開発中である。これを改良し、後処理でより高精度な精密単独測位を行うことが可能な精密暦及び補正情報を生成する手法を開発し、これを実装した補正情報生成システムの開発を行う。具体的には、観測点の選定、データ入手タイミングの最適化等による、グローバルな観測データを用いたより高精度な衛星軌道及び衛星時計の推定手法の開発、リアルタイムよりも遅れがあるが、より確実に解が得られるPPP-AR手法の検討を実施する。これを用いてGEONETの過去データの解析を行い、1秒解の精度、安定性を評価し、補正情報生成手法にフィードバックする。

(2) プロトタイプシステムの開発、及び評価と改良

(1) を実装したプロトタイプシステムの開発を行い、過去のデータを解析し評価を行う。あわせて、プロトタイプシステムの運用を支援するGUIを有したソフトウェアの開発を行う。

8. 研究開発の方法、実施体制

上記(1)における補正情報を生成する手法の開発については、宇宙測地研究室の主任研究官らが中心となって実施する。(1)における補正情報生成システムの開発及び検証、(2)におけるプロトタイプシステムの開発及びシステム運用支援ソフトウェアの開発に関しては、高いプログラミング技術を有する企業に外注し、効率的な研究開発を実施する。

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

本研究で想定される成果は、高時間分解能で迅速な測位解と、その解析に必要な精密暦及び補正情報である。

本研究で得られると想定される測位解と、従来の定常解析解の比較を下に示す。

解析の種類	解析に用いるデータ (時間分解能)	解の間隔	データ取得後結果が出るまでの時間
従来の定常解析解			
F3 (最終解)	24 時間 RINEX	1 日	2~3 週間後
R3 (速報解)	24 時間 RINEX	1 日	2 日後
Q3 (迅速解)	6 時間 RINEX	3 時間	約 3~9 時間後
本研究により得られる解			
精密単独測位	1 時間 BINEX (1 秒値データ)	1 秒	約 2 時間後

本研究により、現在、半日程度かかっている地殻変動把握が2時間程度に迅速化されるとともに、高時間分解能化される。その結果は、主として以下のような活用が想定される。

(1) 地殻変動情報や地震断層モデル・火山活動モデル等をこれまで以上に迅速に発信する。

(2) 大地震が発生した際に、地震調査委員会臨時会に確実に地殻変動情報を提供できるようになる。この情報は、地震の他の観測情報とともに、地震調査委員会臨時会による地震活動の評価に活用されることが想定される。

(3) 地震本震による地殻変動とその後の余効変動とをより正確に分離できるようになり、地震活動のモデリングがより正確になる。地震調査委員会臨時会による地震活動の評価に活用されることが想定される。

(4) 火山噴火前後の火山活動がより正確にモデリングできるようになり、火山噴火予知連絡会における火山活動の評価の資料としての活用が想定される。

(5) 複数の地震が時間差をもって発生する可能性がある場合、破壊の進展や破壊領域の把握、及び余効変動の遷移のモデリングを迅速に実施できるようになり、地震調査委員会や地震防災対策強化地域判定会における、震源域の隣接領域の破壊の可能性予測への貢献が見込まれる。

このようにして地震・火山の適時的な推移把握が可能になると、これらの情報が防災機関に適切に提供されることで、地震・火山噴火における活動予測に貢献することが見込まれる。さらに、その情報が地方公共団体等へ適切に提供されることで、地震・火山噴火の被害軽減への貢献につながることを期待される。

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

本研究における技術開発は、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