

迅速・高精度な GNSS 定常解析システムの構築に関する予備研究

Preparatory research on the development of rapid and accurate GNSS routine analysis system

中川弘之

和文

国土地理院は、GEONET で取得される GNSS データを定常的に解析し、日本全国の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は、現在の定常解析の性能をもってしても迅速性や時間分解能が不十分な場合もある。現状では、もっとも迅速な 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。地震調査委員会の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。

また、現状では、もっとも時間分解能が高い解も Q3 解であるが、それでも時間分解能は 6 時間である。熊本地震では 14 日の M6.5 の地震の 3 時間後に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。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も、現状の定常解では時間分解能が不足しており、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。これは、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。特に、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、PPP 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、国土地理院では、PPP-AR 法をベースに現在の定常解析よりも迅速・高精度な GNSS 解析手法を開発し、将来の GEONET 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目的とする特別研究を、2017 年度より 3 年計画で開始した。この研究では、GEONET の 1 秒値データを用いて、定常的かつ安定的に、1 秒間隔で水平方向のばらつき約 1cm の解を、データ収集の約 2 時間後までに算出することを目標としている。

本講演では、現在検討中の解析システムの構成および、これまでに実施した予備研究の結果を紹介する。

英文

The Geospatial Information Authority of Japan routinely analyzes GNSS data obtained by GEONET and monitoring crustal deformation all over Japan. The results, crustal deformation data and seismic fault models associated with main shock or postseismic movement, are used to evaluate earthquake activity by the Earthquake Research Committee (ERC) of the Headquarters for Earthquake Research Promotion and the Assessment Committee for Areas under Intensified Measures against Earthquake disaster. Also, the crustal deformation data are used by the Coordinating Committee for Prediction of Volcanic Eruptions as fundamental data for monitoring deformation of mountain body of active volcano and, when eruption occurred, monitoring eruptive activity.

However, even up-to-date routine analysis result sometimes do not have enough rapidness or time resolution. At present, even the result of the most rapid routine analysis, Q3-solution, needs three hours after GEONET data acquisition. In case of the 2016 Kumamoto Earthquake occurring at the night of April 14, crustal deformation information by Q3-solution is obtained on the morning of April 15. Special meeting of the ERC is usually held half a day after the large earthquake occurred. So for the case of the Kumamoto Earthquake, it had possibility that the crustal deformation information offered by GSI would have been late for the meeting and understanding of the earthquake would have got delayed.

Another problem is the time resolution of the solution. For even Q3-solution, which has highest time resolution, the time resolution is six hours. In case of the Kumamoto Earthquake again, three hours after the shock of M6.5 on April 14, an aftershock of almost same magnitude occurred and it also seemed to cause crustal deformation in addition to those caused by the first shock. However, the crustal deformation information using Q3-solution given to the special meeting of the ERC on the afternoon

of April 15, cannot distinguish between the crustal deformation caused by the first shock of M6.5 and those caused by the aftershock, which had some difficulties in the understanding of the earthquake. Moreover, present routine analysis do not have enough time resolution for monitoring inflation and deflation of volcanic body before and after eruption. It may have difficulty in evaluating volcanic activity.

These days the GNSS analysis method called Precise Point Positioning (PPP) gains publicity, which is more rapid, has high time resolution and has comparable accuracy to the routine analysis method of GEONET. The principle of PPP is that using precise orbit and clock information of GNSS satellites, GNSS point positioning is performed on each station. The feature of PPP is that the position of the stations in every epoch can be calculated with small calculation load. Moreover, adding corrective information called Fractional Cycle Bias (FCB), which differs for each satellite, enables ambiguity resolution in PPP (called PPP-AR), which is likely to result in the accuracy almost same as GNSS interferometric analysis. In addition, PPP-AR does not need fixed reference station which has advantage when crustal deformation occurs over wide area by large earthquake and it is difficult to find the point that is not subjected to the deformation.

On the background above, GSI has started a three-year research project since the April of 2017. In the project, we will develop more rapid and accurate GNSS analysis method based on PPP-AR and make prototype system implementing this method envisioning future GEONET routine analysis. The goal of this research is routinely and stably obtaining the solution of one-second interval within about two hours after data acquisition with typical repeatability of about 1cm in horizontal component.

In this presentation, I introduce a framework of the system under consideration and the result of the preparatory research.