

## PPP-ARによるロバストな超長距離GPS連続観測システムの開発 A Robust and Wide Area GPS Monitoring System by PPP-AR

和田 晃<sup>1\*</sup>, 石川 公美子<sup>1</sup>, 林 稔<sup>1</sup>, 山田 浩章<sup>1</sup>, 杉本 淳<sup>1</sup>

WADA, Akira<sup>1\*</sup>, ISHIKAWA, Kumiko<sup>1</sup>, Minoru Hayashi<sup>1</sup>, Hiroaki Yamada<sup>1</sup>, Jun Sugimoto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 日立造船株式会社

<sup>1</sup>Hitachi Zosen Corporation

これまでのGPSによるリアルタイムの地震、火山、地すべり、GPS波浪計等の連続観測の方法の多くは、RTK測位が用いられてきた。しかし、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震においては、広範囲にわたって、電子基準点の変動するなど、近傍に基準点が必要なRTK測位では、リアルタイムに正確な解析に対応できない事例が発生した。また、同様に火山監視においては、火山による地殻変動によって基準点自体が変動する可能性もある。他のリアルタイム測位方式として、基準点が必要なく、絶対座標が測位可能な精密単独測位(PPP)があるが、精度がRTKより落ちる弱点がある。

そこで、RTKの精度とPPPの良さを合わせた、アンビギュイティを解く精密単独測位(PPP-AR)を用いた連続観測システムを開発した。PPP-ARでは、補正情報を生成するための基準点網が必要になるが、補正網より1000km以上離れた場所においてもRTKと同等精度の測位がリアルタイムに可能である。

今回開発したシステムでは、PPP-ARを適用し、全国の電子基準点の変動を毎秒リアルタイムに解析する。本システムでは、複数の領域でそれぞれ別個に補正情報を生成し、1つの観測点を別々に解析する。大規模な地震等で電子基準点が大きく変動した場合においても、別の地域の補正情報を適用することで、安定してRTKと同精度解析結果を得るロバストなシステムとした。本システムの解析結果は、インターネットでリアルタイムに確認可能である。

キーワード: PPP-AR, GPS 連続観測システム

Keywords: PPP-AR, GPS Monitoring system

## 全国 GEONET 全点解析による可降水量の推定

### Estimation of precipitable water by way of analysis of all sites of nation-wide GEONET network

島田 誠一<sup>1\*</sup>, 清水 慎吾<sup>1</sup>

SHIMADA, Seiichi<sup>1\*</sup>, SHIMIZU, shingo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 防災科学技術研究所

<sup>1</sup>NIED

防災科学技術研究所では、首都圏において集中豪雨の発生メカニズムの解明と予測システム開発のために、マルチパラメータ (MP) レーダ観測データ等を同化して CReSS 稠密気象モデルを走らせており、このモデルの精密化のために首都圏約 150 カ所の GEONET 観測点の RINEX データを準リアルタイムで解析して、3 時間毎に毎時の可降水量を自動計算するシステムを運用しており、GPS 可降水量もモデルにデータ同化している。

また、昨年度からは、首都圏を除く 3 大都市圏や被災歴のある主要地方都市等で展開されている国土交通省の MP レーダ観測データを同化して、水災害発生時に CReSS 気象モデルを走らせて、局地的豪雨の発生メカニズムを明らかにする研究を開始している。この研究において CReSS 気象モデルの精度を向上させるためには、当該地域周辺の GEONET 点の GPS 可降水量データを同化することが不可欠である。

一方、防災科学技術研究所では、ダイナミック測地座標管理システムの開発研究のために、GEONET 全点の RINEX ファイルを毎日の観測直後に国土地理院のサーバから自動的にダウンロードして、IGS 予測暦を用いて、GEONET 全点の座標値を毎日自動推定するシステムを運用している。

そこで、現在得られている GEONET 全点の RINEX ファイルを用いて、IGS 迅速暦及び最終暦を用いて GEONET 全点の座標値を精密決定し、こうして得られた直近 30 日間の精密座標値を用いて上下成分の精密座標値を毎日自動的に計算し、全国各地で局地的豪雨が発生したときに速やかに当該地域周辺の可降水量を計算して、CReSS 気象モデルに同化できるシステムを開発した。本講演では、このシステムについて紹介する。

キーワード: GPS 可降水量, GEONET 全点解析, 局地的豪雨発生メカニズム

Keywords: GPS precipitable water, analysis of all GEONET sites, mechanism of heavy rainfall precipitation

## マルチ GNSS による高精度測位技術の開発について Development of a new precise positioning technique using multi-GNSS signals

古屋 智秋<sup>1\*</sup>, 酒井和紀<sup>1</sup>, 辻宏道<sup>1</sup>, 豊田友夫<sup>1</sup>, 森下一<sup>1</sup>, 矢萩智裕<sup>1</sup>, 川元智司<sup>1</sup>, 畑中雄樹<sup>1</sup>, 宗包浩志<sup>1</sup>  
FURUYA, Tomoaki<sup>1\*</sup>, SAKAI Kazuki<sup>1</sup>, TSUJI Hiromichi<sup>1</sup>, TOYODA Tomoo<sup>1</sup>, MORISHITA Hitoshi<sup>1</sup>, YAHAGI Toshihiro<sup>1</sup>,  
KAWAMOTO Satoshi<sup>1</sup>, HATANAKA Yuki<sup>1</sup>, MUNEKANE Hiroshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 国土地理院

<sup>1</sup>GSI of Japan

国土地理院では、平成 23 年度より、国土交通省総合技術開発プロジェクト「高度な国土管理のための複数の衛星測位システム (マルチ GNSS) による高精度測位技術の開発」(平成 23 ~ 26 年度)として、これまで GPS 測量が困難であったビル街等を含め、国土管理に必要な高精度測位の効率的な実施のため、米国の GPS をはじめ、日本の準天頂衛星 QZSS、ロシアの GLONASS、EU の Galileo といった各国の衛星測位システムのデータを統合的に利用するマルチ GNSS 高精度測位技術の開発及び標準化を進めている。その内容は、大きく次の 3 つに分けられる。

- 1) マルチ GNSS の解析技術等の開発
- 2) 解析技術の検証
- 3) 高精度測位技術の標準化

平成 23 年度は、1)において、新たな周波数帯 L5 を含む複数周波数信号を組み合わせることにより、従来の精度を維持しつつ、より短い時間で測位解を安定して得られる計算手法の検討や、複数の衛星系の観測データを組み合わせることにより、現状の GPS だけでは測位が困難な地域でも測位解が安定して得られる計算手法の検討を実施した。さらに、これらの検討結果及び各衛星測位システムを用いた高精度測位に必要な共通解析技術を踏まえ、マルチ GNSS のデータを統合利用して短時間に高精度の位置情報を取得し、測量等に適用することが可能なマルチ GNSS 解析システムの基本設計を行った。また、2)において、準天頂衛星を含むマルチ GNSS の観測が可能な受信機を調達し、つくばにおいて GNSS 衛星の試験観測を行い、各衛星のデータ品質及び特性を評価した。なお、3)においては、平成 25 年度以降に実施予定である。

本発表では、本プロジェクトの概要及び平成 23 年度に得られた結果について報告するとともに、平成 24 年度以降の技術開発の計画について述べる。

## GLONASS-R - ソフトウェア無線機を用いた先端的な環境計測手法 GLONASS-R: A novel GNSS reflectometry solution based on software defined radio

ホビガー トーマス<sup>1\*</sup>, 雨谷 純<sup>1</sup>, 相田 政則<sup>1</sup>, 成田 秀樹<sup>1</sup>  
HOBIGER, Thomas<sup>1\*</sup>, Amagai Jun<sup>1</sup>, Aida Masanori<sup>1</sup>, Narita Hideki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 情報通信研究機構

<sup>1</sup>National Institute of Information and Communications Technology

ロシア衛星測位システム (GLONASS) だけが周波数分割多元接続で信号を発信している。一方、他の衛星測位システム (米国によって運用される衛星測位システム (GPS) とガリレオ (EU 測位システム)) は同一の周波数で

信号を使用している。GLONASS からの直接波とは別に、下に向けたアンテナを使用し反射波を同時に観測することで、反射地点の形状を計測することが可能となる。海面高度計としての利用が一般的であるが、反射が弱い地面などにも応用することができれば SAR のような利用も考えられる。GPS 信号で環境計測手法を開発した場合、RHCP と LHCP の情報は直接に比べることができず、まず擬似乱数コードと相関処理しなければならない。一方、GLONASS の場合は、送信周波数が衛星によって違うため、RHCP と LHCP の相関を直接とることができ、解析方法が簡単になり高速化が可能となる。

キーワード: GNSS, GLONASS, 無線機, 反射

Keywords: GNSS, GLONASS, Software defined radio, Reflection

## 独立成分分析を用いた海底圧力観測記録からの鉛直地殻変動の抽出 Extraction of the vertical seafloor movement recorded on ocean bottom pressure data by applying ICA

徳永 旭将<sup>1\*</sup>, 稲津 大祐<sup>2</sup>, 伊藤 喜宏<sup>2</sup>, 日野 亮太<sup>2</sup>, 中村 和幸<sup>3</sup>

TOKUNAGA, Terumasa<sup>1\*</sup>, INAZU, Daisuke<sup>2</sup>, ITO, Yoshihiro<sup>2</sup>, HINO, Ryota<sup>2</sup>, NAKAMURA, Kazuyuki<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 明治大学研究・知財戦略機構 先端数理科学インスティテュート, <sup>2</sup> 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター, <sup>3</sup> 明治大学大学院先端数理科学研究科

<sup>1</sup>Meiji University, <sup>2</sup>Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Tohoku University, <sup>3</sup>Meiji University

In order to extract the vertical seafloor movement from ocean bottom pressure data obtained by the multi-point observation, we introduced Independent Component Analysis (ICA). The Ocean Bottom Pressure (OBP) change due to the predicted amount of seafloor vertical movement is comparable to or slightly less than that due to dynamic ocean processes. Therefore, it is needed some new methods that enable us to separate and/or extract the slow-slip component from oceanic components. ICA is one of the multivariable analysis techniques, which have been applied in the field of the speech processing and the electroencephalogram analysis [e.g., Common, 1994]. Since the spatio-temporal scale and the distribution of the slow-slip component is likely significantly different from those of oceanic components, ICA is expected to be a powerful method to separate them. In this study, we used FastICA algorithm developed by Aapo Hyvarinen (see <http://www.cs.helsinki.fi/u/ahyvarin/papers/fastica.shtml>). To evaluate the practical performance of FastICA, we performed some experiments using the test data. The test data is a sum of the OBP data and the simulated slow slip event. The OBP data was obtained on 2009, which is a quite time in earthquakes, in Miyagi-Oki region [Hino et al., 2009]. The slow slip event was generated based on the result of numerical simulation shown in Hino et al. [2009]. Before ICA, tidal components were eliminated from OBP data by using BAYTAP-G. Also, sensor drifts were corrected by linear fitting function in advance. We applied FastICA to the test data on the assumption that the number of significant sources is 3. As a result, the artificial slow slip event was successfully extracted as the first independent component. The second and third independent component was likely corresponding to oceanic components. For comparison, we also applied Principal Component Analysis (PCA) to the test data described above. The result clearly showed the superior performance of FastICA for extracting the slow slip event from OBP data.

キーワード: すべりイベント, 海底圧力観測, 海底地殻変動, 独立成分分析, 主成分分析

Keywords: slip event, ocean bottom pressure observation, seafloor movement, Independent Component Analysis, Principal Component Analysis

## Warkworth geodetic station as a potential GGOS core site in New Zealand Warkworth geodetic station as a potential GGOS core site in New Zealand

瀧口 博士<sup>1\*</sup>, Tim Natusch<sup>1</sup>, Sergei Gulyaev<sup>1</sup>  
TAKIGUCHI, Hiroshi<sup>1\*</sup>, Tim Natusch<sup>1</sup>, Sergei Gulyaev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> オークランド工科大学

<sup>1</sup> Auckland University of Technology

Auckland University of Technology (AUT) has constructed a 12-m radio telescope (WARK12M) in New Zealand near Warkworth, 60 km north of Auckland. It was launched October 2008 as New Zealand's first research capable radio telescope for the purpose of both astronomy and geodesy. Prior to that, GPS was the only space geodetic technique in New Zealand. WARK12M is collocated with GNSS station WARK belonging to the PositionNZ network operated by Land Information New Zealand. Warkworth is currently the only geodetic station in New Zealand that has the capability to become the national GGOS (the Global Geodetic Observing System) core site. Currently VLBI coverage of the Southern Hemisphere is low so Warkworth is an important new addition for the GGOS project.

The GGOS goal is an origin definition at 1mm accuracy or better and a temporal stability of the order of 0.1mm/yr, with similar numbers for the scale and orientation components. As a GGOS core site has to provide stable and high quality outputs, here we reconsider the geodetic analysis procedure at Warkworth, including ocean tide loading at the site. The displacements due to ocean tide loading calculated for Warkworth are up to +/-10mm for the horizontal components, and +/-40mm for the vertical component. A high-resolution land-sea data grid representation of the coastline is one of the important components for calculation of an accurate site-dependent ocean tidal coefficient. We compare the ocean tide loading displacements calculated using different grid data. One of the site-dependent coefficients was calculated by the Ocean Tide Loading Provider maintained by the Onsala Space Observatory. Another was calculated using GOTIC2 software with the Shuttle Radar Topography Mission data set, which provides 3 arc-second grid data all over the world. Differences between the ocean tide loading displacements in the two models were less than 1mm for the East-West component, +/-1mm for the North-South component, and +/-2mm for the vertical component. These differences are significant for the goal of 1mm target accuracy, demonstrating the importance of the right choice of coastline grid data.

Here we will discuss what is necessary to become a GGOS core site. In addition, we show the progress on the experiment we are conducting jointly with Japanese VLBI stations to provide ultra-rapid EOP result.

キーワード: VLBI, GNSS, GGOS, 海洋潮汐

Keywords: VLBI, GNSS, GGOS, ocean tide loading