

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^{1*}, 石川 公美子¹, 林 稔¹, 山田 浩章¹, 杉本 淳¹

WADA, Akira^{1*}, ISHIKAWA, Kumiko¹, Minoru Hayashi¹, Hiroaki Yamada¹, Jun Sugimoto¹

¹ 日立造船株式会社

¹Hitachi 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^{1*}, 清水 慎吾¹

SHIMADA, Seiichi^{1*}, SHIMIZU, shingo¹

¹ 防災科学技術研究所

¹NIED

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^{1*}, 酒井和紀¹, 辻宏道¹, 豊田友夫¹, 森下一¹, 矢萩智裕¹, 川元智司¹, 畑中雄樹¹, 宗包浩志¹
FURUYA, Tomoaki^{1*}, SAKAI Kazuki¹, TSUJI Hiromichi¹, TOYODA Tomoo¹, MORISHITA Hitoshi¹, YAHAGI Toshihiro¹,
KAWAMOTO Satoshi¹, HATANAKA Yuki¹, MUNEKANE Hiroshi¹

¹ 国土地理院

¹GSI 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^{1*}, 雨谷 純¹, 相田 政則¹, 成田 秀樹¹
HOBIGER, Thomas^{1*}, Amagai Jun¹, Aida Masanori¹, Narita Hideki¹

¹ 情報通信研究機構

¹National 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^{1*}, 稲津 大祐², 伊藤 喜宏², 日野 亮太², 中村 和幸³

TOKUNAGA, Terumasa^{1*}, INAZU, Daisuke², ITO, Yoshihiro², HINO, Ryota², NAKAMURA, Kazuyuki³

¹ 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, ² 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, ³ 明治大学大学院先端数理科学研究科

¹Meiji University, ²Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Tohoku University, ³Meiji 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^{1*}, Tim Natusch¹, Sergei Gulyaev¹
TAKIGUCHI, Hiroshi^{1*}, Tim Natusch¹, Sergei Gulyaev¹

¹ オークランド工科大学

¹ 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

非整数次元空間におけるグリーン関数：断層破碎帯における分数冪ラプラシアン Green's function in the non-integer dimensional space: the fractional Laplacian for the fault zone

山崎 和仁^{1*}, 岩山隆寛¹

YAMASAKI, Kazuhito^{1*}, Takahiro Iwayama¹

¹ 神戸大学理学研究科地球惑星科学専攻

¹Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kobe University

一般に、破碎帯にける岩体は様々なスケールの不連続性を有するが、その影響は空間次元数の非整数性として記述できる (e.g., フラタル幾何学)。従って、破碎帯付近における物理現象の定量的記述の為に、非整数次元空間のグリーン関数を導入することは興味深い問題と言える。この問題の考察が本研究の目的である。具体的に扱う作用素はラプラシアンであるが (従って、作用対象の物理量は、点震源周辺の体積歪みや応力の対角成分和など)、他の系に対しても拡張は可能であると考えられる。分数冪ラプラシアンは次式で与えられる:

$$(-\Delta)^{\alpha} f(r) = -g(r) \quad (1)$$

ここで、 α は微分の階数であり、任意の実数値をとる (つまり非整数を含む)。 f は作用対象の物理量、 g は外力的摂動で、本研究では二次元的摂動に限定して議論を進める。特に、 α が整数値 2.0 を取る時が、通常のラプラシアンである。これまで、分数階微分における解析は、地球流体力学においては、乱流系の解析などで行われてきたが (e.g., Watanabe and Iwayama, 2004; 2007)、固体系においては、粘弾性体における構成則の解析 (e.g., Yajima and Nagahama, 2010) などを除き、あまり行われてこなかった。ゼロおよび偶数の場合を除いて、任意の微分階数 α に対する式 (1) のグリーン関数は、次のリーズ型ポテンシャルで与えられる (e.g., Iwayama and Watanabe, 2010):

$$G(r) \propto r^{-D+2\alpha} \quad (2)$$

ここで、比例係数項などは省いて簡潔に記している。この結果と、任意の整数次元におけるラプラシアンとの関係から、空間の次元 D と α の間に以下の関係式が示唆される:

$$D+2\alpha = 4 \quad (3)$$

例えば、 α が整数値 1 および 3 を取る時、 $G(r) \propto 1/r$ および $G(r) \propto r$ 、という良く知られた 3 次元および 1 次元空間におけるグリーン関数の r 依存性が得られる。ここで注意しなければならないのは、分数階微分において、微分階数 α は非整数値を取りうる点である。従って、式 (3) から、次元 D も任意の非整数値を取りうる。例えば、 α が非整数値 1.5 を取れば、 $D=2.5$ 次元空間におけるグリーン関数: $G(r) \propto r^{-0.5}$ が得られる。本来、 $G(r) \propto r$ 自体は、微分の階数として与えられているので、より大きな α は、より非局所的な現象に関係する。式 (3) は、この微分階数が、実は空間の次元としても解釈可能であることを意味している。実際、次元が減少するほど、グリーン関数の距離依存性の意味において、現象は非局所化していく。これが、式 (3) の現象論的な解釈である。

キーワード: 非整数次元, グリーン関数, 分数冪ラプラシアン, 断層破碎帯

Keywords: non-integer dimension, Green's function, Fractional Laplacian, Fault zone

アジア太平洋地域における地殻変動監視 Crustal deformation monitoring in the Asia-Pacific region

鈴木 啓^{1*}, 宮原 伐折羅¹

SUZUKI, Akira^{1*}, MIYAHARA, Basara¹

¹ 国土地理院

¹ GSI of Japan

国土地理院は、アジア太平洋地域の地殻変動を監視すると共に ITRF に準拠した基準座標系の構築を目的として、同地域における GPS 観測を実施し、IGS 点の GPS データと合わせて解析を実施してきた。この目的を満たす安定した測位解を得るため、同地域に設置された GPS 観測点により構成される、数百 km から数千 km におよぶ長距離基線において解析戦略を検討した。また、過去データの時系列解析の結果から、解析結果の安定性を評価するとともに、地震等に伴う地殻変動の検出能力について評価を行なったので報告する。

キーワード: アジア太平洋地域, GPS, 長距離基線, 地殻変動, Bernese

Keywords: Asia-Pacific region, GPS, Long baseline, Crustal deformation, Bernese

e-VLBI技術を用いた地球姿勢パラメータの即時算出 Ultra-rapid EOP measurement with e-VLBI system

小門 研亮^{1*}, 栗原 忍¹, 川畑 亮二¹, 農澤 健太郎²

KOKADO, Kensuke^{1*}, KURIHARA Shinobu¹, KAWABATA Ryoji¹, NOZAWA Kentaro²

¹ 国土交通省国土地理院, ² 株式会社エイ・イー・エス

¹GSI of Japan, ²Advanced Engineering Service Co.,Ltd

地球姿勢パラメータ (EOP) は、人工衛星の軌道制御や宇宙探査、また GPS データの解析等に欠かせない情報である。この EOP は国際 VLBI 事業の国際 VLBI 観測によって算出されているが、データ処理に時間がかかるため、解を算出するまでに数時間～数週間かかっている。

実際に EOP を利用する場合、数日前の実測値から求めた予測値を用いているが、この予測値の精度は時間の経過とともに急速に悪くなる。このため、より正確な EOP を利用するために実測値をできる限り早く公表することが求められている。

国土地理院では、EOP のパラメータのうち地球自転速度 (UT1) の即時算出を目的として、2007 年から実験を繰り返してきた。現在では、国際 VLBI 観測でのデータ処理に即時算出のためのシステムを導入し、定常観測での UT1 即時算出を実施している。2011 年には、東西、南北基線での試験観測を実施し、UT1 だけでなく極運動の即時算出に成功した。本発表では、2011 年から 2012 年にかけて取り組んできた活動および成果について報告する。

謝辞：本実験では、情報通信研究機構で開発されたデータ処理プログラムおよび解析ソフトウェアを使用させていただきました。感謝申し上げます。

キーワード: VLBI, 地球姿勢パラメータ, 高速ネットワーク, 即時算出

Keywords: VLBI, UT1, EOP, e-VLBI

Fully automated multi-baseline VLBI analysis with c5++ Fully automated multi-baseline VLBI analysis with c5++

ホビガー トーマス^{1*}, 大坪 俊通², 関戸 衛¹
HOBIGER, Thomas^{1*}, OTSUBO, Toshimichi², SEKIDO, Mamoru¹

¹ 情報通信研究機構, ² 一橋大学

¹National Institute of Information and Communications Technology, ²Hitotsubashi University

Automated processing of UT1 single baseline session has been demonstrated by Hobiger et al. (2010) and is currently applied to regular INT2 sessions as well as ultra-rapid test sessions. We have extended the concept of fully unattended session analysis to multi-baseline sessions and applied it successfully to three station EOPs experiments. Thereby the ambiguity resolution is the crucial part which needs to be handled by a robust and straightforward algorithm before the estimation of the geodetic target parameters could start. Based on our software c5++, we will present a simple multi-baseline ambiguity resolution approach and demonstrate its effectiveness. Moreover we discuss results from real-time EOP estimation experiments and give an outlook how this would affect VLBI2010 operation.

キーワード: VLBI, 解析ソフトウェア, EOP
Keywords: VLBI, analysis software, EOP

VLBI 相関処理技術を利用した GNSS 衛星の時空情報正当性検証システムの開発 Development of the space-time information justification verification system of the GNSS satellite using VLBI correlation

梶原 透^{1*}, 高橋 富士信³, 高島 和宏², 市川 隆一⁴, 大坪 俊通⁵, 小山 泰弘⁴, 関戸 衛⁴, ホビガー トーマス⁴, 瀧口 博士⁶
KAJIWARA, Toru^{1*}, TAKAHASHI, Fujinobu³, TAKASHIMA, Kazuhiro², ICHIKAWA, Ryuichi⁴, OTSUBO, Toshimichi⁵,
KOYAMA, Yasuhiro⁴, SEKIDO, Mamoru⁴, HOBIGER, Thomas⁴, TAKIGUCHI, Hiroshi⁶

¹ 横浜国立大学大学院工学府, ² 国土交通省国土地理院, ³ 横浜国立大学 理工学部, ⁴ 情報通信研究機構, ⁵ 一橋大学, ⁶ Institute for Radio Astronomy and Space Research, Auckland University of Technology

¹ Graduate School of Engineering Yokohama National University, ² Geospatial Information Authority of Japan, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, ³ Faculty of Engineering Science, Yokohama National University, ⁴ National Institute of Information and Communications Technology, ⁵ Graduate School of Science, Chiba University, ⁶ Institute for Radio Astronomy and Space Research, Auckland University of Technology

近年、地理空間情報利用の普及拡大に伴い、利用する位置情報の信頼性担保が求められるようになってきた。その中でも、米国が運用する GPS 衛星を始めとした全地球測位衛星システム (GNSS) を利用した位置情報取得が増加している。GNSS では、衛星から送信される時刻情報及び軌道情報 (以下「時空情報」と呼ぶ) を基に受信端末の位置を算出する手法が、基本原理となっており、その時空情報の正当性を検証することで、位置情報利用における信頼性担保が可能となる。そこで、本研究では、超長基線電波干渉法 (VLBI) で用いられている相互相関処理技術を応用し、GNSS 衛星から送信された電波の生波形 (搬送波) を相関処理して得られた遅延時間差 (delay) 及び遅延時間変化率 (rate) から、その時空情報の正当性を検証するシステム開発を行なっている。

今回、GNSS 衛星を CUDA GPU を用いた FX 型 VLBI 相関処理で観測する実験を実施した。処理の結果を視覚化できるように相関処理をする場合、遅延と遅延変化率を非常に長いチップ列の FFT により 2 次元サーチする必要があるため、大きな計算量となってしまう。そこで、本研究では並列計算の能力に優れる汎用の GPU とその開発言語 CUDA を使用して、FFT 及び単純計算処理の大幅な高速化を行った。また、遅延と遅延変化率に関して相関処理による観測値と GNSS 衛星の軌道計算による計算値を比較し、捕捉した衛星群の同定を行うことに成功したので報告する。

キーワード: CUDA, GNSS, VLBI, 相関処理, FFT, GPU

Keywords: CUDA, GNSS, VLBI, Correlation processing, FFT, GPU

VLBI2010 広帯域受信アンテナの開発のための電波環境調査 Radio Environment Survey for the Development of Wideband Receiver Antenna of VLBI2010 Specification.

関戸 衛^{1*}, 岳藤 一宏¹, 市川 隆一¹, 氏原 秀樹¹, 小山 泰弘²

SEKIDO, Mamoru^{1*}, TAKEUFJI, Kazuhiro¹, ICHIKAWA, Ryuichi¹, UJIHARA, Hideki¹, KOYAMA, Yasuhiro²

¹ 情報通信研究機構 電磁波計測研究所 時空標準研究室, ² 情報通信研究機構 国際推進部門 国際連携推進室

¹NICT, Kashima Space Technology Center, Space-Time Standards Laboratory, ²NICT, International Cooperation Office

次世代の測地 VLBI システムの仕様として検討・開発が進められている VLBI2010 では、2 GHz から 14GHz までの広帯域の電波を受信して感度を向上させ、速い駆動速度のアンテナを使ってより多くの天体を短時間に観測することによって、測地 VLBI の計測精度向上を目指している。NICT の VLBI グループでは、VLBI2010 仕様のアンテナのプロトタイプとして 2.4m の小型アンテナ (MARBLE) を開発し、10 km の距離基準計測や時刻・周波数比較に利用する計画を進めている。またこの小型アンテナを改良したものを南極の VLBI アンテナとして新たに構築することも検討されている。

しかし、受信機が広帯域であるため、受信電力は比較的大きなものとなり、近年増加している携帯電話基地局などの干渉電波 (RFI) の影響を受けやすいなどの問題がある。そのため我々は、現在 MARBLE の 1 号機、2 号機を設置している鹿島宇宙技術センター、及び NICT 小金井本部において、総務省の委託研究「統計的手法による微弱放射電力の測定技術の開発」において開発した小型広帯域受信機を使って、利用可能な周波数帯域について環境調査を行った。その結果、3 GHz 以下の周波数では携帯電話や無線 LAN、MCA 無線、地上デジタル放送などの強い影響があり、VLBI2010 仕様の受信機整備にはこれらの周波数を除くための措置が不可欠であることが分かった。MARBLE アンテナもこれらの RFI により受信機が飽和するなどの影響を受けており、3 GHz 以下の周波数をカットするハイパスフィルター (HPF) を導入しつつある。発表では、鹿島、小金井での電波環境調査の結果と、HPF 導入後の試験観測結果などについて報告する。

キーワード: VLBI2010, 広帯域受信器, 電波干渉

Keywords: VLBI2010, Wideband Receiver, Radio Frequency Interference

内核赤道の楕円扁平率変化

Variations in the equatorial flattening of the inner core

角田 忠一^{1*}

KAKUTA, Chuichi^{1*}

¹ なし

¹ none

内核は東西半球やアフリカ東部下層の変化など1次元的な異方性および変動を示す。内核を自転軸に直交する円柱と考え、これらの変化は地心に対して赤道面の楕円扁平率変化で表わされる。ここでは内核赤道面の形状変化に伴う内核およびマンツルの重力結合をしらべる。外核の運動は無遠において速度0のポテンシャル流とし、内核境界(ICB)で法線速度0の条件を満足する運動で近似する。また内核および外核の形状変化に伴って外核に放出される熱エネルギーは短時間に回転軸に対称に配分され、外核に温度風を生じ、内核に相対自転運動を生ずる。東西半球の表面層(厚さ400 km)の密度勾配差から内核赤道面の楕円扁平率を求めると 1.69×10^{-5} となり Szeto and Yu (1997) の値 6×10^{-6} の2.8倍となる。また局地的な楕円扁平率の変化は 内核 - マンツル の秤動を励起する (Buffett, 1996; Zu et al., 2000; Aurnou and Olson, 2000)。

キーワード: 内核, 赤道楕円扁平率, マンツル, 重力トルク, 外核, 秤動

Keywords: inner core, equatorial flattening, mantle, gravitational coupling, outer core, libration

東北地方太平洋沖地震に伴う補正パラメータの評価について Evaluation of coordinate correction parameter of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake

檜山 洋平^{1*}, 岩田 昭雄¹, 湯通堂 亨¹, 犬飼 孝明¹
HIYAMA, Yohei^{1*}, Masao Iwata¹, Toru Yutsudo¹, Takaaki Inukai¹

¹ 国土交通省国土地理院

¹ GSI of Japan

1. はじめに

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震に伴い, 電子基準点の観測データにより, 東北地方から関東甲信越地方にかけての広い範囲で顕著な地殻変動が観測された. この地域の基準点の位置は大きく変動し, 測量成果を改定する必要が生じたため, 国土地理院では, 当該地域の三角点の基準点測量成果の公表を停止した.

三角点の測量成果改定において, 精度を確保する上で最も望ましいことは, 三角点で実際に観測を行うことである. しかし, 測量成果の公表を停止した三角点は約 4 万点に上るため, すべての三角点の再測量を実施することは現実的ではない. 今回の地震において観測された地殻変動は比較的一様であるため, 平成 15 年 (2003 年) 十勝沖地震における対応のように, 一部の三角点で再測量作業を実施し, 再測量によらない三角点の成果改定は, 補正パラメータによる補正計算として実施した. 本講演では, 東北地方太平洋沖地震に伴う補正パラメータの構築方法及びその評価結果について紹介する.

2. 補正パラメータの構築

補正パラメータは, 電子基準点や一部の三角点で観測を実施することにより地震に伴う地殻変動量を求め, これをクリギング法と呼ばれる補間法によりグリッド化したものであり, 公共測量成果等の補正にも利用することができる. 信頼できる補正パラメータを構築するには, 約 20km 間隔で設置されている電子基準点に加え, より多くの三角点で観測を実施することが必要である. このため, 東北地方から関東甲信越地方の骨格的な三角点 595 点において GNSS による 6 時間観測を実施し, 地殻変動量を求め, 水平位置を補正する座標補正パラメータと標高を補正する標高補正パラメータを構築した.

3. 補正パラメータの評価

座標補正パラメータは, 勾配二乗和根 (飛田, 2002), 内部評価, 外部評価等の精度検証作業を行った. 標高補正パラメータについても, 内部評価及び外部評価等を行った.

東北地方太平洋沖地震後の比較的規模の大きな地震により局所的な地殻変動が発生した地域では, 実際の地殻変動が補正パラメータによる補正計算で正確に計算できない可能性があるほか, 補正パラメータ構築時に使用したデータに異常データとして含まれてしまう可能性もある. そのような地域や三角点を検出するために勾配二乗和根の計算を行った. 震源に近い三陸沿岸で勾配二乗和根が大きいことが確認され, 震源に近いほど補正パラメータの変化が急であることに対応している. また, いわき市周辺及び長野・新潟県境付近では局所的な地殻変動が確認された. このような地域において補正パラメータを適用する際には, 点検測量等で精度確認を行うことが必要である.

座標補正パラメータ構築に使用した電子基準点・三角点の変動量と構築した補正パラメータの整合を確認するため, 成果改定地域内にある 1,092 点の内部評価を行った. 地震前の成果に対し構築した座標補正パラメータによる補正計算を実施し, 改定成果との比較を行った. その較差の標準偏差は南北方向 3 mm, 東西方向 4 mm と, 上限の目安とした 2 cm 以内に収まる結果となった.

さらに, 構築した座標補正パラメータがどの程度現況に整合しているか, 別途再測量を行った三角点やネットワーク型 RTK 法等で得られた観測値により, 座標補正パラメータの外部評価を行った. 内部評価と同様に 9 割以上の三角点で 10cm 以内に収まる結果となった. 反面大きな較差が生じている三角点も存在したが, 地域的な分布でないため旧成果算出時以降に異常が生じた可能性が高いと考えられる.

4. 補正パラメータの適用エリア

東北地方太平洋沖地震後に比較的規模の大きな地震が発生し, 電子基準点や干渉 SAR で局所的な地殻変動が確認された地域では, 補正パラメータによる計算結果が不適切であることが確認されたため, 適用エリアから除外することとした. また, 福島第一原子力発電所周辺の計画的避難区域及び緊急時避難準備区域についても公表していない.

5. まとめ

東北地方太平洋沖地震に伴い, 一部の三角点で再測量作業を実施し, 再測量によらない三角点 (41,392 点) の成果改定

Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SGD23-P08

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 10:45-12:15

定のための補正パラメータを構築した。座標補正ソフトウェア PatchJGD (飛田, 2009) による補正計算を行い, その評価を踏まえ, 改定成果を 10 月 31 日に公表した。あわせて, 公共測量成果の修正などに有効に活用されるよう, 構築した補正パラメータを国土地理院のウェブページから提供している。

参考文献

飛田幹男 (2002): 世界測地系移行のための座標変換ソフトウェア“TKY2JGD”, 国土地理院時報, 97, 31-51.

飛田幹男 (2009): 地震時地殻変動に伴う座標値の変化を補正するソフトウェア“PatchJGD”, 測地学会誌, 55, 355-367.

キーワード: 東北地方太平洋沖地震, 測量成果, 補正パラメータ

Keywords: the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, survey results, coordinate correction parameter

バングラデシュにおける GPS と高層気象の同時観測 Simultaneous Observation of GPS and Radiosonde

田中 幹人^{1*}, 田部井 隆雄¹, 村田 文絵¹, 寺尾 徹², Arjumand Habib³
TANAKA, Mikito^{1*}, Tabei, Takao¹, Fumie Murata¹, Toru Terao², Arjumand Habib³

¹ 高知大学, ² 香川大学, ³ バングラデシュ気象局

¹Kochi University, ²Kagawa University, ³Bangladesh Meteorological Department

バングラデシュは世界で最も降雨量が多い国の1つであり、年間降水量の全国平均は2000 mmを超え、北東部では年間降水量が5000 mmを超える地域もある。

バングラデシュにおいて GPS 固定連続観測を行い、そのデータから算出した可降水量 (GPS-PW) を、ラジオゾンデを用いた高層気象観測より算出した可降水量 (sonde-PW) および地表における降水量と比較した。GPS 観測点はバングラデシュ気象局のダッカ本部 (DHAK) と、ダッカから北東へ約 200 km に位置するシレット支部 (SYLT) に設けた。観測は2011年5月から8月にかけての約100日間行った。解析には GIPSY-OASIS II Ver.6.0 の精密単独測位法を用い、5分ごとに座標3成分とともに天頂湿潤遅延 (ZWD) を推定した。ZWD から GPS-PW への変換には係数0.16を使用し、1時間平均データを算出した。ゾンデ観測は DHAK では International Met Systems による iMet 1-AA, SYLT では同社の iMet 1-AB を用いて5月上旬の1週間にわたって行い、放球は DHAK では1日1回0000UTC, SYLT では1日2回0600UTCと1200UTCに行った。降水量データは GPS 観測と同期間の日雨量である。GPS-PW と sonde-PW の差の RMS は SYLT で2.6 mmであったが、DHAK では両者に系統的な差が認められ、後者が10 mm以上大きくなっていった。雨天時を除くと DHAK と SYLT の GPS-PW の差は5 mm以下であり、DHAK の sonde-PW の値を検討する必要がある。また、両点の GPS-PW は6月までの1ヶ月間のプレモンスーン期に約20 mmの増加を示し、それ以降のモンスーン期は60 mm前後でほぼ一定で、降水時に対応して短期的なピークを示した。

DHAK の上下成分は8月までの3ヶ月間に約4 cmの沈降を示した。これは DHAK 周辺の地下水位の低下が原因であると考えられる (Steckler et al., 2010)。GPS 観測期間はプレモンスーン期からモンスーン期に相当するが、降水から地下水位上昇までタイムラグがあるため、観測前の乾期に発生した地盤隆起がこの期間に遅れて減衰したと推定される。一方、SYLT では沈降は見られなかったが、DHAK よりも通年で降水量が多く、地下水位レベルが高い状態が維持されているためであると考えられる。Steckler et al. (2010) は振幅が6 cmを超える上下年周変動を検出しており、DHAK の3ヶ月間に約4 cmの沈降は年周変動の一部を表していると解釈される。それらを捉えるためには、より長期間の連続観測が必要である。

高分解能数値気象モデルを用いた大気遅延誤差診断の有効性 Diagnosis of troposphere-induced positioning errors using high-resolution numerical weather model

石本 正芳^{1*}

ISHIMOTO, Masayoshi^{1*}

¹ 国土地理院

¹GSI of Japan

国土地理院では、GEONETのルーチン解析により地殻変動監視を行っているが、対流圏遅延誤差と思われる見かけの変位がたびたび観測され、地殻変動を監視する上で問題となっている。これまでに、実際に地殻変動を監視する上で問題となった見かけの変位について、高分解能数値気象モデルを用いることにより再現できること、そのメカニズムについても高分解能数値気象モデルを用いて明らかにできることを示した(日本測地学会第116回講演会)。さらに、対流圏遅延誤差による見かけの変位を判断するために、高分解能数値気象モデルを用いたシステムの構築を目指している。

本研究では、様々な気象条件下において、数値気象モデルによる誤差推定と実際の解析結果との整合性を評価することにより、数値気象モデルを用いた対流圏遅延誤差の判断に有効か調査した。調査を行ったのは、2010年の1年間における梅雨前線、台風、低気圧の通過など典型的な気象条件及び気象災害をもたらした事例である。使用したデータは、米国大気研究センターが中心となって開発しているWRFを用いて、気象庁メソ数値予報モデルの初期値データを初期値・境界値として計算した、空間分解能1.5km、時間分解能30分のデータである。このデータを用いて、衛星測位システムシミュレータ(宗包、2007)により擬似GPS観測データを生成し、GIPSY ver6.1によりPPP解析を行って誤差を推定した。本報告では、以上の結果について報告する。