

SGD021-01

会場:201A

時間:5月23日 08:30-08:45

内核の1次元運動と地球自転運動

Degree one motion of the inner core and Earth rotation

角田 忠一^{1*}

Chuichi Kakuta^{1*}

¹ なし

¹ none

地球内核の東半球 (40 degE-180 degE) および西半球 (180 degW-40 degE) は1次元変化を示す。この原因は内核表面層付近の成長の東西半球差と考えられている。Wen(2006) はアフリカ中央部下方で1993年12月1日から2003年9月6日にかけて0.98-1.75 kmの内核半径の増加を示した。本報告ではマントルおよび内核の重力結合に内核表面の変形による外核の変形と内核の重力結合を加える。内核および外核を楕円柱として楕円座標で表す。外核の体積は外核の体積から内核接線円柱を除いた体積に等しいとする。ICB(内核境界)における楕円の長半径はICB平均半径に、Wen(2006)の結果を考慮して、100mを加えたものとする。核を剛体と仮定する。内核長軸方向に対し、外核長軸方向がずれば極軸のまわりに外核および内核の楕円の長軸を一致させようとする重力結合トルクが発生する。またマントルと1次元移動により結合する内核の表面形状変化と関係がある。この結果マントルおよび外核に自由振動が発生する。このマントルの自由振動周期(前回の結果は92年)は短くなる。

キーワード: 内核, 外核, マントル, 重力トルク, 1次元運動, 地球自転

Keywords: inner core, outer core, mantle, gravitational torque, degree one motion, Earth rotation

SGD021-02

会場:201A

時間:5月23日 08:45-09:00

2010年チリ地震による極移動の続報および地震による長期的な極移動について Polar motion due to the 2010 earthquake in Central Chile and long-term polar motion due to earthquakes

小林 裕太^{1*}, 日置 幸介¹
Yuta Kobayashi^{1*}, Kosuke Heki¹

¹ 北海道大学・院理

¹ Dept. Natural His., Hokkaido Univ

地震による断層のずれは地球上の質量再分配を引き起こし、Length-of-Day (LOD:地球の1日の長さ)や自転軸に変化を起こす。2010年チリ地震では宇宙測地技術より、最大で5マイクロガルの重力減少を示したが、これは地球の慣性主軸が約8cm動いたことに相当する (Heki and Matsuo, GRL 2010)。2010年秋の測地学会および地震学会では、2010年チリ地震による8cmの極運動を測地学的な観測でとらえる可能性について報告した。しかし極運動は地球表層流体である大気や海洋の動きによっても励起されるため、それぞれ NCEP データと ECCO モデルを用いて補正を行った。しかし、当時は海洋励起補正のための ECCO モデルが2009年半ばまでしかなかったために、チリ地震前後の極運動を直接議論することが出来なかった。しかし大気・海洋双方の補正モデルがリリースされている期間の極運動励起極にこれらの補正を行うと、励起極(極運動の中心)の年平均を三次の多項式で回帰した残差はチリ地震による変化とほぼ同じ程度になることから、地震時の海洋励起補正モデルが公開された時点で再解析すれば、2010年チリ地震による極運動を検出できる可能性があることを示唆した。

今回の発表では、連合大会までには公開されているであろう ECCO モデルに基いて海洋による励起を補正して、地震前後の極運動について再度解析を試みる。

今回の発表では、2010年チリ地震の極運動の話に加えて、地震により励起される長期的な極運動を計算した結果についても報告する。この分野の研究は先行研究がなされており、今から約100年前に始まった極運動観測の結果としばしば比較されている。少なくとも1900年以降に地震に励起された極運動の方向は経度140E方向であり、観測されたグリーンランド方向の極運動とは逆向きかつ移動量は実際の極移動に比べてごくわずかであることが分かっている (Chao et al., 1996, Spada, 1997)。本研究では地震に励起された極運動について再度解析を試みる。地球上で起こる大地震の多くは沈み込み帯で発生し重力減少を引き起こす。そのため地震と同じ半球にある極は地震によって震源の方向へ動く性質がある。地震により励起される極運動の平均的な方向は140E方向であるが、それらは北半球ではアジアの太平洋岸の沈み込み帯、南半球では南米大陸太平洋岸の沈み込み帯で発生することが多い巨大地震を反映しているのであろう。

キーワード: 2010年チリ地震, 極運動, 質量再分配, 極運動観測

Keywords: The 2010 Chilean earthquake, polar motion, mass redistribution, earth rotation parameters

SGD021-03

会場:201A

時間:5月23日 09:00-09:15

高速ネットワーク回線を用いた地球自転速度の即時算出 Ultra-rapid dUT1 measurement with high-speed network

小門 研亮^{1*}, 栗原 忍¹, 川畑 亮二¹, 農澤 健太郎², 谷本 大輔²

Kensuke Kokado^{1*}, Shinobu KURIHARA¹, Ryoji KAWABATA¹, Kentaro NOZAWA², Daisuke TANIMOTO²

¹ 国土地理院 測地部 宇宙測地課, ² 株式会社エイ・イー・エス

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

地球自転速度 (UT1) 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 UT1 値は国際 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～数日かかっている。

実際に UT1 値を利用する場合、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 UT1 値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、この UT1 解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。2008 年には、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、定常観測での即時算出が可能となった。2010 年 4 月に国土地理院が IVS の解析センターに登録されたことで、正式に UT1 解を公表することができるようになり、システム整備と解析結果の検証に取り組んでいる。本発表では、2010 年から 2011 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, UT1, 地球自転, 高速ネットワーク, 即時算出

Keywords: VLBI, UT1, EOP, High-speed network, ultra-rapid

SGD021-04

会場:201A

時間:5月23日 09:15-09:30

極小アンテナによる測地 VLBI 観測の成果 Results of Geodetic VLBI Observations by Compact Antennas

川畑 亮二^{1*}, 栗原 忍¹, 黒田 次郎¹, 石原 操¹, 小門 研亮¹, 市川 隆一², 瀧口 博士², 岳藤 一宏², 木村 守孝², 小山 泰弘², 石井 敦利³, 向井 泰子³, 谷本 大輔³, 農澤 健太郎³

Ryoji Kawabata^{1*}, Shinobu KURIHARA¹, Jiro KURODA¹, Misao Ishihara¹, Kensuke KOKADO¹, Ryuichi ICHIKAWA², Hiroshi TAKIGUCHI², Kazuhiro TAKEFUJI², Moritaka KIMURA², Yasuhiro KOYAMA², Atsutoshi ISHII³, Yasuko MUKAI³, Daisuke TANIMOTO³, Kentaro NOZAWA³

¹ 国土地理院, ² 情報通信研究機構, ³ エイ・イー・エス

¹GSI of Japan, ²NICT, ³AES

国土地理院では、情報通信研究機構と共同して、口径 1.5m 級の極小アンテナを用いた測地 VLBI 実験を行ってきた。この極小アンテナは基台となる支柱から取り外すことができ、その支柱に GPS アンテナを設置して異なる測地技術の結果を比較することが可能である。また、その可搬性から全国各地の拠点に設置して測地観測を行うことも可能であるため、次世代の VLBI アンテナとして国土地理院及び情報通信研究機構で研究を行ってきた。

この極小アンテナを用いた VLBI 観測では、30m 級の大型アンテナを相手局とすることで高精度な測地成果を得ることが可能となる。現在、極小アンテナは情報通信研究機構鹿島宇宙技術センター内の 1 号機及び国土地理院構内の 2 号機があり、鹿島 34m アンテナ及びつくば 32m アンテナを相手局とした実験を行っている。2009 年 12 月以来計 7 回の 24 時間観測を実施し、測地解を算出することに成功した。このうち 2010 年 11 月 12 日の観測では、より高精度な測地成果を得るため、X 帯及び S 帯の中間周波数帯信号 (500MHz 幅) を計 2Gbps で記録する広帯域実験を行った。本発表ではこれらの VLBI 観測の成果について報告する。

キーワード: 超長基線電波干渉法, 測地, 極小アンテナ

Keywords: VLBI, geodesy, compact antenna

Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SGD021-05

会場:201A

時間:5月23日 09:30-09:45

VLBI2010 と GGOS VLBI2010 and GGOS

栗原 忍^{1*}, 黒田 次郎¹, 石原 操¹, 小門 研亮¹, 川畑 亮二¹

Shinobu Kurihara^{1*}, Jiro Kuroda¹, Misao Ishihara¹, Kensuke Kokado¹, Ryoji Kawabata¹

¹ 国土地理院

¹GSI of Japan

国際 VLBI 事業 (IVS) では、VLBI2010 と呼ばれる次世代 VLBI システムの検討を行ってきた。システムの仕様は 2009 年 3 月にフランスで開催された IVS 総会で承認され、各国の IVS 加盟国、加盟機関が VLBI2010 システム整備に向けて動き出している。VLBI2010 は国際測地学協会 (IAG) が目指す全地球測地観測システム (GGOS) のために必要不可欠なものである。本報告では、VLBI2010 について概説するとともに、VLBI2010 に向けた各国の進捗状況、GGOS との関係等について述べる。

キーワード: VLBI, VLBI2010, IVS, グローバル, IAG, GGOS

Keywords: VLBI, VLBI2010, IVS, Global, IAG, GGOS

SGD021-06

会場:201A

時間:5月23日 09:45-10:00

逆問題のデータ同化理論

Combining different types of data for inverse ill-posed problems

徐培亮^{1*}

Peiliang Xu^{1*}

¹ 京都大学

¹ Kyoto University

Data assimilation theory for geophysical inverse problems

Peiliang Xu

Disaster Prevention Research Institute

Kyoto University

The method of generalized cross-validation (GCV) has been widely used to determine the regularization parameter, because the criterion minimizes the average predicted residuals of measured data and depends solely on data. The data-driven advantage is valid only if the variance-covariance matrix of the data can be represented as the product of a given positive definite matrix and a scalar unknown noise variance. In practice, important geophysical inverse ill-posed problems have often been solved by combining different types of data. The stochastic model of measurements in this case contains a number of different unknown variance components. Although the weighting factors, or equivalently the variance components, have been shown to significantly affect joint inversion results of geophysical ill-posed problems, they have been either assumed to be known or empirically chosen. No solid statistical foundation is available yet to correctly determine the weighting factors of different types of data in joint geophysical inversion. We extend the GCV method to accommodate both the regularization parameter and the variance components. The extended version of GCV essentially consists of two steps, one to estimate the variance components by fixing the regularization parameter and the other to determine the regularization parameter by using the GCV method and by fixing the variance components. We simulate two examples: a purely mathematical integral equation of the first kind modified from the first example of Phillips (1962) and a typical geophysical example of downward continuation to recover the gravity anomalies on the surface of the Earth from satellite measurements. Based on the two simulated examples, we extensively compare the iterative GCV method with existing methods, which have shown that the method works well to correctly recover the unknown variance components and determine the regularization parameter. In other words, our method lets data speak for themselves, decide the correct weighting factors of different types of geophysical data, and determine the regularization parameter. In addition, we derive an unbiased estimator of the noise variance by correcting the biases of the regularized residuals. A simplified formula to save the time of computation is also given. The two new estimators of the noise variance are compared with six existing methods through numerical simulations. The simulation results have shown that the two new estimators perform as well as Wahba estimator for highly ill-posed problems and outperform any existing methods for moderately ill-posed problems. More details on this topic can be found in Xu et al. (2006, *J Geodesy*, 80, 69-81), Xu (2009, *Geophys J Int*, 179, 182-200) and Shen, Xu and Li (2011, submitted).

キーワード: 逆問題, データ同化

Keywords: inverse problems, data assimilation

SGD021-07

会場:201A

時間:5月23日 10:00-10:15

小型絶対重力計の開発6 Development of a compact absolute gravimeter (6)

新谷 昌人^{1*}, 田村 良明², 坪川 恒也³
Akito Araya^{1*}, Yoshiaki Tamura², Tsuneya Tsubokawa³

¹ 東大地震研, ² 天文台水沢, ³ 真英計測

¹Earthquake Res. Inst., Univ. Tokyo, ²National Astronomical Obs., Mizusawa, ³Shin-ei Keisoku

絶対重力計は、重力加速度の値を9桁程度の精度で測定できるため、地殻変動や地下の物質移動（マグマ上昇・地下水の変動など）を調べる有効な手段である。とくに火山近傍のような重力基準点を設けることが難しい場所において、火山活動の推移を予測するための重要な情報をもたらすものと期待される。

本研究は自由落下式の絶対重力計を小型化し野外観測に広く応用するためのものであり、新しい干渉信号処理方法・参照鏡制御による地面振動補正・落下装置の小型化、などを行いプロトタイプ小型絶対重力計を開発した。実用性を向上させるため、さらなる小型化と野外で可搬できる構造へ改良をすすめている。講演では、改良の詳細と性能評価、実用性などについて説明する。

キーワード: 測地学, 重力, 絶対重力計, レーザー干渉計, 自由落下

Keywords: geodesy, gravity, absolute gravimeter, laser interferometer, free fall

Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SGD021-08

会場:201A

時間:5月23日 10:15-10:30

小型高感度傾斜計の開発 Compact and highly sensitive tiltmeter

高森 昭光^{1*}, Alessandro Bertolini², Riccardo DeSalvo³, 金沢 敏彦¹, 篠原 雅尚¹, 新谷 昌人¹

Akiteru Takamori^{1*}, Alessandro Bertolini², Riccardo DeSalvo³, Toshihiko Kanazawa¹, Masanao Shinohara¹, Akito Araya¹

¹ 東京大学地震研究所, ² ピサ大学, ³ カリフォルニア工科大学

¹ERI, Univ. of Tokyo, ²Universita di Pisa, ³California Institute of Technology

開発中の小型高感度傾斜計について、装置の概要と試験観測結果を報告する。

キーワード: 傾斜計, 折りたたみ振子, 光検出, 海底, ボアホール

Keywords: tiltmeter, folded pendulum, optical transducer, ocean bottom, borehole

SGD021-09

会場:201A

時間:5月23日 10:45-11:00

準天頂衛星「みちびき」の測量利用に向けて - 基線場における GPS 補完機能の実証実験 -

Towards the Utilization of QZSS for GPS surveying: Test observation at Tsukuba Base-line Field

辻 宏道^{1*}, 矢来 博司¹, 豊田 友夫¹, 矢萩 智裕¹, 吉田 賢司¹, 畑中 雄樹¹, 宗包 浩志¹, 小暮 聡², 山下 二郎², 三好 基之², 館下 博昭², 若林 野花², 高須 知二³

Hirumichi Tsuji^{1*}, Hiroshi Yurai¹, Tomoo Toyoda¹, Tomohiro Yahagi¹, Kenji Yoshida¹, Yuki Hatanaka¹, Hiroshi Munekane¹, Satoshi Kogure², Jiro Yamashita², Motoyuki Miyoshi², Hiroaki Tateshita², Yaka Wakabayashi², Tomoji Takasu³

¹ 国土地理院, ² 宇宙航空研究開発機構, ³ 東京海洋大学

¹GSI of Japan, ²JAXA, ³TUMSAT

国土地理院 (GSI) と宇宙航空研究開発機構 (JAXA) は、準天頂衛星の GPS 補完機能の実証実験として、平成 23 年 1 月 26 ~ 28 日に国土地理院基線場において共同で試験観測を実施した。

平成 22 年 9 月 11 日に打ち上げられた準天頂衛星システムの初号機「みちびき」は、12 月 13 日から定常段階に移行し、現在、関係機関が各種の実証実験を行っている。国土地理院においても測量向けの「GPS 補強」(準天頂衛星から送信する補正情報により GPS の性能を高める方法)について実証実験を既に行っているが、今回、「GPS 補完」(準天頂衛星を“GPS 衛星”の一つとして利用する方法)について JAXA と共同で初めて実験を行ったものである。

試験観測では、JAXA 所有の準天頂衛星対応 GNSS 受信機 (JAVAD 社製) 14 台を、国土地理院つくば長距離 GPS 比較基線場 (構内 2カ所、高岡 9ヶ所、国松 1ヶ所) 及び JAXA の筑波宇宙センター内 (2ヶ所) に設置し、24 時間の観測を行い、GPS 及び準天頂衛星の L1 及び L2 帯のデータを取得した。

解析では、観測点を組み合わせることができる様々な基線について、GPS 信号のみで測量をした場合と、「みちびき」の GPS 補完信号も加えて測量を行った場合とを比較する。この際、解析に利用する衛星の最低仰角を変化させ、天頂方向に見える準天頂衛星の効果を確かめる。JAXA での解析には、東京海洋大学 (TUMSAT) が開発中の RTKLIB の拡張版を、国土地理院での解析には GAMIT の改造版を用いる予定である。

今後も、国土地理院は JAXA 等と連携しつつ、準天頂衛星を含むマルチ GNSS の測量利用の推進に必要な検証や技術開発を進めていく。なお、平成 23 年度より、国土交通省総合技術開発プロジェクトの一環として、「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」が行われる予定であり、講演ではその概要についても触れる。

キーワード: 準天頂衛星, GPS 補完, 測量

Keywords: QZSS, GPS augmentation, surveying

SGD021-10

会場:201A

時間:5月23日 11:00-11:15

「みちびき」からの測位補正情報を用いた測位手法の開発及び測量作業への適用について

Development and availability of a new positioning technique using GPS augmentation information from QZS-1 'Michibiki'

矢萩 智裕^{1*}, 吉田 賢司¹, 豊田 友夫¹, 矢来 博司¹, 辻 宏道¹, 畑中 雄樹¹, 宗包 浩志¹, 黒石 裕樹¹

Toshihiro Yahagi^{1*}, Kenji Yoshida¹, Tomoo Toyoda¹, Hiroshi Yurai¹, Hiromichi Tsuji¹, Yuki Hatanaka¹, Hiroshi Munekane¹, Yuki Kuroishi¹

¹ 国土地理院

¹ GSI of Japan

我が国独自の衛星測位システムである準天頂衛星システム (QZSS: Quasi-Zenith Satellite System) の初号機「みちびき」が、平成 22 年 9 月 11 日に成功裡に打ち上げられ、各種初期機能確認試験等を経た後、同年 12 月から関係機関による技術実証実験が進められているところである。同システムは、3 機の衛星のうち常に 1 つの衛星が日本の天頂付近で可視となるよう配置され、GPS 互換信号 (L1C/A, L1C, L2C, L5) を送信することにより GPS 衛星の幾何学的配置を改善する「GPS 補完」と、独自の補強信号 (L1-SAIF, LEX) に載せて測位補正情報を配信することにより GPS 等による測位精度を向上させる「GPS 補強」という 2 つの機能を持つ。

国土地理院では、関係機関によって進められている QZSS に係る研究開発のうち、準天頂衛星の LEX 信号を用いた GPS 補強技術の一つとして測量向けの測位補正技術の開発を担当している。2 周波型 GPS 受信機に比べて安価な 1 周波型 GPS 受信機を用い、15 分程度の観測で水平 cm 級の測位を実現することを開発目標とし、平成 19 年度までに基本システムの開発を行った。その後、開発したシステムを用い、平成 20、21 年度には静止衛星を利用して配信された測位補正情報を用いた模擬実験を実施し、精度評価を実施するとともにシステムの改良を行った。「みちびき」打ち上げ後の平成 22 年 12 月からは、実機からの補正情報を用いた試験観測を実施し、測位精度について検証するとともに、実際の測量作業で利用するための作業マニュアル (案) の作成を行った。

本講演では、国土地理院が開発した測位手法と各種実証実験の結果及び作業マニュアル (案) の内容等について紹介する。

キーワード: 準天頂衛星, GPS 補強, 測量

Keywords: QZSS, GPS augmentation, surveying

SGD021-11

会場:201A

時間:5月23日 11:15-11:30

WINDS 衛星電波の降雨減衰測定における 電波干渉計と気象庁ナウキャスト法の比較研究

Comparison of Ka-band Rainfall Attenuation Measurement between radio interferometry and Nowcast data for WINDS satellite

佐藤 宏和^{1*}

Hirokazu Sato^{1*}

¹ 横浜国立大学工学府

¹Yokohama National University

Ka バンドにおける降雨減衰測定はこれまでも気象庁の各気象台の気象データや、それぞれ独自の降雨量計などを用いて行われてきた。本講演では、WINDS 衛星電波観測に Ka バンドアンテナを組み合わせた電波干渉計を用い、また降雨量に気象庁降雨ナウキャストデータから求める推定降水量を用いることにより、従来の降雨減衰測定法との比較を行うものである。

キーワード: WINDS, 降雨減衰

Keywords: WINDS, Rainfall Attenuation

SGD021-12

会場:201A

時間:5月23日 11:30-11:45

南東アラスカ GPS 時系列の季節変動に対する荷重変形の寄与について Mass loading contribution for seasonal variation of GPS time series in southeast Alaska

赤塚 正樹¹, 太田 雄策^{1*}, 三浦 哲¹, 佐藤 忠弘¹, Jeffrey T. Freymueller²

Masaki Akatsuka¹, Yusaku Ohta^{1*}, Satoshi Miura¹, Tadahiro Sato¹, Jeffrey T. Freymueller²

¹ 東北大学 地震・噴火予知研究観測センター, ² アラスカ大学地球物理学研究所

¹RCPEVE, Tohoku University, ²GI, UAF

We assess contributions of mass loading effects to GPS time series seasonal variation in southeast Alaska.

In southeast Alaska shows very rapid uplift, with peak rates exceeding 30 mm/yr based on the mainly campaign GPS observation, which are mainly caused by GIA due to the effects of past and present-day ice melting [1]. The almost continuous sites, however, clearly shows the strong seasonal variation in vertical components. It may be interfered with precise vertical velocity estimation. In this study, we consider well-known mass loading for the GPS time series correction, which contain atmosphere, snow and soil moisture loading effect.

We re-analyzed the PBO (Plate Boundary Observatory) GPS data in and around Alaska region using PPP (Precise Point Positioning) approach implemented in GIPSY-OASIS II Ver. 6.0. We applied VMF1 mapping function and reproduced JPL precise orbit and clock products (flinnR products). Obtained GPS vertical component time series clearly show seasonal variation. The Green's function approach is adopted to calculate site displacements from various mass loads [2]. We used the NCEP/NCAR re-produced product as atmospheric pressure data for loading calculation. Mass redistribution from variations of snow cover (snow water equivalent, SWE) and soil moisture is derived from the assimilated model of GLDAS (Global Land Data Assimilation System [3]). Compared with GPS and synthetic displacement time series generated by all loading component, both time series are basically agreement with each other. The synthetic time series, however, underestimate seasonal variation amplitude. The mass loading can explain only 30 % of annual signal amplitude. The one of the inconsistency reason include the inaccurate GLDAS SWE data set because of GLDAS SWE amount is not consistent with ground observation result.

[1] Larsen et al. (JGR, 2005)

[2] Farrell (Rev. Geophys. Space Phys, 1972)

[3] Rodell et al. (Bull. Amer. Meteor. Soc., 2004)

SGD021-13

会場:201A

時間:5月23日 11:45-12:00

地震観測に向けた高頻度出力 GPS 受信機の特性比較実験 Performance Comparison of High-Rate GPS Receivers for Seismology

海老沼 拓史^{1*}, 加藤 照之²

Takuji Ebinuma^{1*}, Teruyuki Kato²

¹ 東京大学, ² 東京大学地震研究所

¹The University of Tokyo, ²Earthquake Research Institute

High-rate GPS observations with higher than once-per-second sampling are getting increasingly important for seismology. A number of reports have shown that high-rate GPS receivers are capable of capturing the ground vibration due to earthquakes. Unlike a traditional seismometer which measures short period vibration using accelerometers, the GPS receiver can measure its antenna position directly and record long period seismic wave and permanent displacements as well. The high-rate GPS observations are expected to provide new insights in understanding the whole aspects of earthquake process.

The ground vibration due to an earthquake is composed of a wide spectrum of frequencies. In general, the seismic energy in frequency spectrum decreases toward higher frequency, and the corner frequency is around several to tens of hertz depending on the earthquake magnitude. In order to grasp such a wide frequency range, the GPS receiver is required to provide higher data sampling rate. The receiver also needs to maintain lock to the GPS signals under high acceleration and high jerk environment due to the earthquake.

In this study, we investigated dynamic characteristics of the high-rate GPS receivers capable of outputting the observations at up to 50Hz. This higher output rate, however, doesn't mean higher dynamics range of the GPS observations. Since many GPS receivers are designed for low dynamics applications, such as static survey, personal and car navigation, the bandwidth of the loop filters tend to be narrower in order to reduce the noise level of the observations. The signal tracking loop works like a low-pass filter. Thus the narrower the bandwidth, the lower the dynamics range. In order to extend this dynamical limit, high-rate GPS receivers might use wider loop bandwidth for phase tracking. In this case, the GPS observations are degraded by higher noise level in return.

In addition to the limitation of the loop bandwidth, higher acceleration due to earthquake may cause the steady state error in the signal tracking loop. As a result, kinematic solutions experience undesirable position offsets, or the receiver may lose the GPS signals in an extreme case.

In order to examine those effects for the high-rate GPS observations, we made an experiment using a GPS signal simulator and several geodetic GPS receivers, including Trimble Net-R8, NovAtel OEMV, Topcon Net-G3A, and Javad SIGMA-G2T. We set up the zero-baseline simulation scenario in which the rover receiver was vibrating in a periodic motion with the frequency from 1Hz to 10Hz around the reference station. The amplitude of the motion was chosen to provide up to 10G acceleration to emulate high frequency and high acceleration earthquake motion.

The simulation results showed that the amplitude was too small when the frequency was higher than 5Hz, and kinematic solutions were buried under the noise level. The jerk was also too high in such high frequency region, and no receiver was capable of maintaining signal lock. Many receivers lost signal under the acceleration higher than 4G. We also found that the accuracy of high-rate GPS observations was independent of sampling rate of the receivers, and the 50Hz sampling rate provides better resolution to the kinematic solutions.

Our experiment suggested that, in the given environment and receiver sets, higher sampling interval was recommended to measure the ground motion in higher resolution. On the other hand, the dynamic characteristics of the signal tracking loop put a limit on the frequency and the acceleration of the antenna motion, and it would be quite difficult to capture the ground vibration with higher than 5Hz in frequency and 4G in acceleration. We will further continue our experiments to find the optimal configurations of the high-rate GPS receivers to monitor seismic events.

SGD021-14

会場:201A

時間:5月23日 12:00-12:15

IGS リアルタイム精密暦によるリアルタイム PPP の性能評価 Evaluation of real-time PPP performance with IGS real-time precise ephemerides

高須 知二^{1*}

Tomoji Takasu^{1*}

¹ 東京海洋大学

¹Tokyo Univ of Marine Science and Tech

PPP (精密単独測位) は GNSS 衛星の主に搬送波位相観測データを使って GNSS 受信機の位置を高精度に求める測位手法である。精密測位に一般的に使われる基線解析に比較して、PPP は基準局を必要としないというメリットがあり、特に基準局を近くに設置できない海洋等においての高精度な測位応用に期待が持たれている。従来型の PPP では IGS (国際 GNSS 事業) 精密暦等を利用して後処理解析で解を求めるケースがほとんどであった。IGS では 10 年ほど前から精密暦のリアルタイム化や配信形式の標準化を RTPP (リアルタイムパイロットプロジェクト) の活動を通じて行っており、既にリアルタイム精密暦の配信を試験的に開始している。現在、IGS リアルタイム精密暦は RTCM ver.3 SSR (State Space Representation) 形式のメッセージとして NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) を使ってインターネット上で放送されており、誰でも利用できる環境となっている。このリアルタイム精密暦には GPS のみならず GLONASS の精密軌道・クロック情報が含まれており、GPS と GLONASS を組み合わせることにより GPS のみに比較して PPP 測位性能の向上が期待できる。ただし、PPP 解の性能はこれらのリアルタイム精密暦の品質に強く依存し、従来その評価は十分行われていない。本研究では、半年程ほど長期連続で IGS リアルタイム精密暦をインターネット経由で受信し、固定観測点のリアルタイム PPP 実験を行いその性能を評価した。現在、IGS リアルタイム精密暦としては解析センタ (AC) の併合解の他に、各 AC の個別解も同時配信されており、それらについても評価している。本 PPP 実験には筆者らが開発中の解析ソフトウェアである RTKLIB を使用した。RTKLIB では 2010 年 8 月にリリースした ver. 2.4.0 から後処理およびリアルタイムの PPP の機能を追加しており、実験ではその機能を利用している。本発表では、これらの実験を通じて得られた測位精度、収束時間、GPS のみと GPS/GLONASS 両者の比較、後処理による従来型 PPP との比較等の評価結果を報告する。

キーワード: 精密単独測位, IGS, 精密暦, リアルタイム

Keywords: Precise Point Positioning, IGS, precise ephemeris, real-time

SGD021-15

会場:201A

時間:5月23日 12:15-12:30

ソフトウェア無線機を用いた GNSS-R 環境計測手法 A GNSS-R system based on software defined radio

ホビガー トーマス^{1*}, 雨谷 純¹, 相田 政則¹, 後藤 忠広¹

Thomas Hobiger^{1*}, Amagai Jun¹, Aida Masanori¹, Tadahiro Gotoh¹

¹ 情報通信研究機構

¹NICT

GNSS 信号の反射波を用いた海面高度計など, GNSS 信号を環境計測に活用する研究が行われている。海面では反射波の信号強度が強く, ハードウェア受信機でも計測可能であるが, 信号強度が弱い地面などに応用する場合は, 反射波の検出が難しく高解像度の情報収集が困難となる。そこで, 観測時に受信信号を高速サンプリングにより蓄積し, ソフトウェアでデジタル信号処理を行うことで, ハードウェアでは検出困難な地面からの反射などにも応用可能なシステムを構築する。ソフトウェア処理では, 様々なアルゴリズムを自由に実装できることから, ハードウェア受信機では困難な高解像度の観測が可能となる。また, 新しい測位衛星信号も容易に追加が可能なことから, より多くの空間サンプリングが可能となり, 観測可能領域を広げることにも容易となる。海面などから反射された GNSS の信号をパッシブレーダとして活用する研究が行われてきているが, 本研究では, ソフトウェア無線技術を採用することで, 海面以外からの微弱な反射波も検出可能な装置の開発を行い, GNSS 信号を用いた様々な事象を観測可能な環境計測手法の確立を目指す。ソフトウェア無線機で開発したシステムを発表と, それを用いた最初の結果について報告する。

SGD021-16

会場:201A

時間:5月23日 12:30-12:45

IGS 再計算精密暦の国内 G P S 観測網データ解析による評価 (その 2) Evaluation of IGS reproduction precise ephemeris applying the analysis of Japanese domestic GPS network data (Part 2)

島田 誠一^{1*}

Seiichi Shimada^{1*}

¹ 防災科学技術研究所

¹ NIED

IGS では、1400 G P S 週 (2006 年 11 月 5 日) 及び 1410 G P S 週 (2007 年 1 月 14 日) に IGS 精密暦の計算方法を変更する以前の期間について、1410 週以降と同一条件で精密暦を再計算している。

島田 (2010) は、1997 年～1998 年の期間について、東海・伊豆地域の約 90 点の GEONET 点、5 点の防災科研観測点の観測データを、座標基準点として東アジア周辺の約 15 点の IGS 観測点を用いて、従来の IGS 最終暦と IGS 再計算暦を用いて解析して、東海・伊豆地域の観測点の座標値再現性を比較した。解析では、東海・伊豆地域及び座標基準点とした IGS の観測点座標値、観測点上空の天頂遅延量・大気勾配、ambiguity 値、衛星軌道パラメータ及び地球回転パラメータを推定した。その結果、従来の IGS 最終暦と IGS 再計算暦とを用いた場合について、特に顕著な座標値再現性の違いは見られなかった。これは、座標基準点の座標値として ITRF2005 (Altamimi et al., 2007) で与えられている座標値及び速度を用いて軌道パラメータも推定したために、従来の IGS 最終暦においても衛星軌道が向上してしまい、解析結果に差がなくなってしまった可能性が考えられた。

このため本研究では、同一期間の同一観測点の観測データについて、軌道パラメータを推定せずにそれ以外は上記と同一条件で解析し、同様に両軌道暦について座標値再現性を比較した。その結果、IGS 再計算暦の座標値再現性及びその標準偏差は、南北・東西・上下成分についてそれぞれ 2.0 ± 0.9 mm, 2.6 ± 0.8 mm, 及び 6.4 ± 1.3 mm となり、従来の IGS 最終暦の場合は 2.1 ± 0.9 mm, 3.0 ± 0.8 mm, 及び 7.1 ± 1.2 mm となった。標準偏差の大きさから判断すると必ずしも有意とはいえないが、特に東西成分と上下成分において IGS 再計算暦の方が座標値再現性が向上しているように見える。

キーワード: IGS 再計算暦, 座標値再現性

Keywords: IGS reproduction precise ephemeris, site coordinates repeatability