GLONASS 暦精度の推移と Availability について

山田 英輝*・高須 知二**・久保 信明***・海老沼 拓史***

Transition of GLONASS of ephemeris accuracy and the analysis of availability when combined with GPS satellite

Hideki Yamada*, Tomoji Takasu**, Nobuaki Kubo*** and Takuji Ebinuma***

Abstract

The purpose of this paper is to evaluate the stand-alone positioning accuracy and the satellite visibility when combining the GLONASS to GPS systems. Station and car navigation results showed that the satellite visibility was improved by the additional GLONASS satellites in limited sky view areas surrounded by tall buildings, but the stand-alone positioning accuracy of the combined GLONASS and GPS systems was worse than that with only GPS. The GLONASS ephemeris error was considered to be one of the main error sources to degrade the stand-alone GLONASS/GPS positioning accuracy. In order to evaluate the effect of GLONASS ephemeris accuracy, the transition of GLONASS ephemeris errors for the past three years was analyzed. The results showed that the GLONASS ephemeris errors had been improved by 0.3m for legacy GLONASS satellites and 1.7m for newer GLONASS-M satellites. However these errors are still about five times as large as GPS ephemeris errors.

Keywords : *Stand-alone positioning, GLONASS, GPS*

キーワード : 単独測位, GLONASS, GPS

1. はじめに

GLONASS とは、旧ソビエト連邦により構築された GNSS(Global navigation satellite system)であり、現在はロシア共和国によって運用されている。その測位精度は、2007 年においては、GPS よりも約 6 倍悪いとされている⁽¹⁾。GLONASS の測位性能を劣化させる要因はいくつかあるが、主要な問題点は、衛星軌道と衛星時計の決定誤差である⁽¹⁾。しかし、従来の GLONASS 衛星より性能の向上が図られた GLONASS-M 衛星では、暦の精度の改善を示す報告がある⁽²⁾。GLONASS-M 衛星は、近年、継続

的に打ち上げられており、2007 年 8 月の時点では、17 機の GLONASS 衛星の内、6 機の GLONASS-M 衛星がすでに運用されている⁽³⁾。この進展に伴い、GLONASS の測位性能は、今後、徐々に改善すると考えられる。

現時点では、GLONASS のみの測位精度は、通常の測位環境において GPS と比較して改善はしない。しかし、GLONASS と GPS との複合測位によって、測位性能の改善が期待される。例えば、中基線のキネマティック測位では、GLONASS と GPS を複合することにより、シングルエポックのアンビギュイ

* 学生会員 東京海洋大学(〒135-8533 東京都江東区越中島 2-1-6) hideki@denshi.e.kaiyodai.ac.jp

** 非会員 東京海洋大学海洋工学部 産学官連携研究員

*** 正会員 東京海洋大学海洋工学部

ティ決定性能が、GPS のみの場合よりも、向上するとの発表研究がある⁽⁴⁾。単独測位についても、GLONASS と GPS の両方使用したときの水平誤差は、GPS のみと比較して、約 1/2 に減少する⁽⁵⁾。ただし、この結果は、SA(selective availability)がまだ存在した 1997 年に報告されたもので、SA がすでに解除された現在に、必ずしも当てはまるものではない。

本研究の目的は、SA が存在しない現在において、GPS/GLONASS コード単独測位精度とアベイラビリティを評価することである。まず、第一に、最新の観測データを用いて GPS/GLONASS コード単独測位を行い、測位精度とアベイラビリティの観点から GLONASS を加えることによる利点について GPS のみの場合と比較して検証した。

第二に、GLONASS の測位性能を劣化させる主要因と考えられている衛星軌道決定誤差のレベルを推定するために、2005 年から 2007 年までの GLONASS 暦精度の推移について定量的に評価した。また、この結果の中には、2006 年 12 月に打ち上げられた 3 機の GLONASS-M 衛星の軌道誤差も含まれている。

2. GLONASS 測位の理論

GLONASS と GPS 両方の擬似距離観測データを使用したコード単独測位計算過程の大部分は、GPS 単独測位のアルゴリズムと同じである⁽⁶⁾。ただし、GLONASS と GPS を複合した観測データの適切な解析には、いくつかの注意を払わなければならない。以下の節では、GLONASS を GPS と統合してコード単独測位を行う際に考慮すべき点について示す。

2.1 GLONASS エフェメリス

エフェメリスを使用した GLONASS 衛星位置を計算するためのアルゴリズムは、GLONASS-ICD(GLONASS Interface Control Document)に指定されている⁽⁷⁾。GPS のエフェメリスは、衛星軌道要素と補正パラメータで構成されているが⁽⁸⁾、GLONASS では、30 分ごとの基準エポック時刻における衛星の位置、速度、加速度で表現されている。GLONASS ユーザは、基準時刻の近傍にある時刻の衛星位置と速度を求めるためには、ルンゲクッタ法のような数値積分を使用することになる。

2.2 座標変換

GLONASS のエフェメリスにある衛星位置は、PZ-90(Parametry Zemli 1990-Parameter of the

Earth 1990)座標系と呼ばれる地球固定座標系で表現されている。PZ-90 座標系と WGS84 座標系との間には、地表面で 10m 以内程度の差があるとされている。GPS 測位で GLONASS の観測データを組み合わせるためには、衛星位置を WGS84 座標系のような共通の座標系に変換することになる。本研究では、PZ-90 系の GLONASS 衛星位置を、式(1)に示した Misra⁽⁹⁾が提案した変換パラメータを使用して WGS84 系に変換している。

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{WGS84} = \begin{bmatrix} 0 \\ 2.5m \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & -0.39'' & 0 \\ 0.39'' & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix}_{PZ-90} \quad \dots(1)$$

2007 年 9 月 20 日 12h~17h (UTC)に、全 GLONASS 衛星のエフェメリスに含まれている衛星位置等を表す座標系は、PZ-90 系から PZ-90.02 系に移行し、新しい座標系である PZ-90.02 系と ITRF 系との差が縮小したとの報告⁽¹⁰⁾があり、この日以降から PZ-90.02 系と WGS84 座標系の変換パラメータが新たに決定するまでは、PZ-90.02 系と ITRF 系との間の変換パラメータはゼロにすることを推奨している。

2.3 システム時刻の変換

座標系と同様に、GLONASS と GPS の両方を使用した解析では、共通のシステム時刻が使用されなければならない。GLONASS の時刻系は、GLONASS 時刻と呼ばれるもので、GLONASS の地上制御局で生成・維持されている⁽⁷⁾。GLONASS 時刻とロシアの基準時刻である UTC(SU)時刻との差は、1 μ sec の間に維持されている。この差は、GLONASS の航法メッセージに含まれている。また、GLONASS 時刻と UTC(SU)の間には、3 時間の一定のオフセットがある。この補正值(GLONASS 時刻-UTC(SU))だけで GPS 時刻と GLONASS 時刻の差を算出することはできない。国際原子時や UTC を決定する機関である BIPM(Bureau International des Poids et Mesures)機関の Circular T⁽¹¹⁾と呼ばれる世界の全時刻情報を定期的に公開したレポートでは、この時刻差が記載されているものの、最新のデータが掲載されるまでに一ヶ月ほどかかってしまうことや、数百 ns の不確定性を持っている。

以上の問題を解決するために、このシステム時刻差を、GLONASS と GPS の複合観測データを処理する際の未知パラメータとして推定する手法が提案されている⁽¹²⁾。したがって、GLONASS の擬似距離観測方程式に限っては、式(2)に示すように、システ

ム時刻差のパラメータを追加している。このパラメータは、受信機位置や時計バイアスのような他のパラメータと同様に最小二乗法で推定している。この方法により、GLONASS 時刻・GPS 時刻の差をリアルタイムで算出できる。ただし、推定されたシステム時刻差は、受信機位置や時計バイアスと同様に、軌道誤差や衛星時計誤差、DOP(主に時間精度劣化指数)の影響を受けると考えられる⁽¹³⁾。

$$P_r^i = c \cdot \tau_r^i + c \cdot \Delta t_r - c \cdot \Delta t^i + c \cdot \Delta t^s \dots\dots\dots(2)$$

P_r^i : 擬似距離観測値

τ_r^i : 衛星から受信機までの伝送時間

Δt_r : 受信機時計バイアス

Δt^i : 衛星時計バイアス

c : 光速

$\Delta t^s = t_{GPS} - t_{UTC(SU)}$: システム時刻差

2.4 電離層遅延量補正

GPS の一周波単独測位の電離層遅延量は、通常では、GPS の航法メッセージにある電離層パラメータによって補正されるが、GLONASS の航法メッセージには、これらのパラメータは含まれていない。GLONASS の一周波観測では、電離層遅延量は、数十メートルに達するので、その補正については、何らかの方法で考慮されなければならない。この研究では、GLONASS 観測データの電離層遅延量補正は、GPS の航法メッセージに含まれている電離層パラメータを用いて補正している。GPS の L1 搬送波のスラント電離層遅延量は、電離層パラメータ、受信機の緯度と経度、衛星の方位角と仰角を用いた電離層モデルによって計算される。擬似距離の電離層遅延量は、搬送波の二乗に逆比例するので、いったん GPS の L1 周波数の電離層遅延量 I_{GPS} が衛星ごとに計算されれば、搬送波周波数の関係を使用することで次式によって GLONASS の電離層遅延量 $I_{GLONASS}$ に変換することができる⁽¹⁴⁾。

$$I_{GLONASS} = \{f_{GPS} / f_{GLONASS}\}^2 \times I_{GPS} \dots\dots\dots(3)$$

ここで、 f_{GPS} 、 $f_{GLONASS}$ は、それぞれ、GPS、GLONASS の送信周波数である。

3. 単独測位精度

3.1 データ及び解析

本研究の測位精度及びアベイラビリティの評価で用いた測位環境及び測位条件を Table1 にまとめる。GPS/GLONASS 観測データ取得日時は、2007 年 8 月 21 日 10 時 19 分から 22 日 8 時 55 分(日本時間)の約 22.5 時間である。GPS/GLONASS 観測データ取得用の受信機とアンテナは、それぞれ JAVAD 社製の LEGACY と LegAnt を使用し、アンテナは周りに障害物が無い東京海洋大学敷地内の建物の屋上に設置した。また、後処理基線解析によりアンテナ位置の真値を算出した。次に、取得したログデータは、RINEX データへ変換して、後処理解析を行った。解析用プログラムは、MATLAB で作成した。また、測位の形式はコード単独測位であり、GPS、GLONASS の擬似距離観測データは、共に L1 帯の C/A コードのみを使用した。電離層・対流圏モデルは、それぞれ Klobuchar と Saastamoinen モデルを使用した。

Table 1 Positioning Environment

Place to obtain data	Roof of building in Tokyo university of marine and science
Date to obtain data	From 2007/8/21/10h19m to 2007/8/22/8h55m
Receiver to obtain data	LEGACY(JAVAD)
Antenna to obtain data	LegAnt(JAVAD)
Software to analyze	MATLAB
antenna precise position	baseline analysis
Positioning mode	Stand-alone positioning
Ionospheric delay model	Klobuchar model
Tropospheric delay model	Saastamoinen model

3.2 結果及び考察

Table 1 で記述したデータ及び環境を使用して、GPS/GLONASS コード単独測位の精度を評価した。この解析では、仰角のマスク角は 5 度に設定した。Table 2 に GPS のみの単独測位と GPS/GLONASS コード単独測位の測位誤差をまとめる。Table 3 に、複合測位と GPS のみの測位の HDOP と VDOP を示す。複合測位のほうが、GPS のみの測位と比較して HDOP、VDOP とともに改善されるが、測位精度は劣化している。このことから、GLONASS の擬似距離誤差が GPS よりも大きいといえる。

Table 2 Summary of horizontal and vertical error of stand-alone positioning

	GLONASS+GPS	GPS only
Horizontal 2DRMS(m)	5.53	4.10
Vertical RMS (m)	3.68	2.99

Table 3 HDOP and VDOP of stand-alone positioning

	GLONASS+GPS	GPS only
HDOP	0.86	0.97
VDOP	1.33	1.48

4. アベイラビリティの評価

高層ビルに囲まれた都市部では、上空の視界は良くないので、可視衛星数は減少する。このような環境では、測位するための最低限の衛星数が時折確保できないことがある。しかし、GLONASS 衛星を追加することで、衛星の可視性が向上することにより、アベイラビリティが改善することが期待される。そこで、本節では、GLONASS を GPS と複合することによる衛星可視性の向上について評価した。

4.1 評価方法

アベイラビリティ(測位率)の評価を、本論文では以下のように算出した。まず、測位環境を Table 1 で取得したデータを基にアベイラビリティの評価を行った。屋上のデータでマスク角を変化させ仮想都市を模擬した。評価用の測位プログラムでマスク角の設定を変えて、エポックごとに測位が可能であるかどうかをカウントすることによりアベイラビリティを次式で算出することができる。また、22.5 時間のデータを 3.1 節で紹介した評価用のプログラムを使用して 1 秒おきに処理する場合、計算時間が膨大になってしまうので、RINEX ファイルの各エポック間隔を 1 秒から 30 秒に間引きしてアベイラビリティの評価を行った。

$$\text{測位率} = (\text{測位可能エポック数} / \text{全エポック数}) \times 100(\%) \dots\dots\dots(4)$$

本論文での測位可能の定義は、測位するために最低限必要な可視衛星数を確保でき、測位解が得られた状態を指す。したがって、GPS のみの単独測位では、測位可能であるために最低 4 衛星必要である。一方、GLONASS を含めた複合測位では、推定パラメータが 5 個あるので最低 5 衛星必要である。ここ

で、可視衛星数が 4 機の場合において、すべて GPS 衛星ならば、システム時刻差を推定する必要がないので GPS のみの単独測位を行うことができるが、1 機以上 GLONASS 衛星が含まれると、システム時刻差を推定する必要があるため測位は不可能となる。この問題を解決するために、3.1 節で紹介した評価用のプログラムでは、可視衛星数が 4 機の場合で、且つその衛星の中の GLONASS 衛星の有無で条件分岐を行っている。この条件分岐により、複合測位では、可視衛星数が 4 機の場合において GLONASS 衛星が含まれていないならば、GPS のみの単独測位を行うように記述して測位可能であるとカウントした。

4.2 仮想都市環境での結果及び考察

Fig.4 に、仰角マスク角を設定した仮想都市におけるアベイラビリティの変化を示す。評価用の観測データは、Table 1 と同じである。仰角マスク角 40 度では、GPS のみの測位可能エポックの割合は 31% であるが、GLONASS と GPS を複合することによりその割合は 17.8% 増加した。

Fig.4 Availability at mask angle 5 to 45 degrees (21 August in 2007, Tokyo Japan)

4.3 市街地での結果及び考察

次に、測位環境を変えて実際の市街地環境でのアベイラビリティを評価した。東京海洋大学越中島駅周辺市街地を自動車で 2 周走行し、RINEX データを取得した。データ取得日時は 2007 年 10 月 2 日 18 時 43 分から 18 時 55 分である。この時刻は Trimble 社の planning software という衛星解析ソフトを使用して、1 日の内で GLONASS 衛星が最も多く見えて、且つ GPS 可視衛星数が少ない時間帯を選んだ。

Fig.5 に自動車走行の RINEX データを後処理したコード単独測位(可能)点のプロットの一部(1 周分)を示す。また、市街地を 2 周分走行したときの衛星数の変化を Fig.6 に示す。Fig.5 中の A~D は、走行ルートの各区間における時間帯を表し、Fig.6 の時間軸の A~D との対応を表している。次に、アベイラビリティの算出は、走行 2 周分のデータで計算した。このデータは短時間(12 分間)のため、エポック間隔を 1 秒間隔とした。したがって、式(4)の分母である全エポック数は、761 個(2 周分)とした。アベイラビリティの結果は、GPS のみでは、38%に対し、複合測位では、87%であり、アベイラビリティの大幅な改善を確認できた。例えば、Fig.6 の区間 B 及び D において、GPS 衛星だけでは、最低可視衛星数を確保できないが、同エポックでの可視 GLONASS 衛星が加わることで、測位可能となっている。

Fig.5 Mobile positioning results (Urban area around our campus) GLONASS+GPS(up), Only GPS(down)

Fig.6 Number of visible satellites when car running (2 October in 2007, Tokyo Japan)

5. GLONASS 暦(エフェメリス)の精度

Table 2 に示したように、GPS/GLONASS コード単独測位精度は、GPS のみの単独測位精度よりも劣る。これは、1 章で述べたように、GLONASS 暦誤差及び衛星時計誤差が、GPS 暦誤差及び衛星時計誤差よりも大きいという問題に強い関係があると推測する。本研究では、その各要因の中で GLONASS 暦誤差について評価した。

5.1 評価目的

GLONASS 暦の公称誤差は、GLONASS-ICD を参照して頂きたい⁽⁷⁾。本論文では、以下の三点について評価した。第一にこの公称誤差は、2002 年のデータなので、2007 年現時点で、GLONASS 暦誤差がどの程度であるかを評価した。第二に、GLONASS 暦誤差と GLONASS-M 暦誤差の差が、GLONASS-ICD に示している程度の差が実際あるのかを調査した。第三に、現時点における GLONASS 暦誤差と GPS 暦誤差の差がどの程度あるのかを比較した。

5.2 評価方法

GLONASS 暦誤差は、IGS(International GNSS Service)の SP3 フォーマットとして公開されている GLONASS 精密暦を基準値として検証した。SP3(Standard Product #3)は、衛星の精密軌道情報のフォーマットとして広く用いられており、衛星位置の 3 次元座標だけでなく、衛星が搭載する時計補

正值や衛星位置を表現するための座標系の種類が記載されている。また、IGS 精密暦は、世界中の IGS 局で集計した GLONASS 観測データの後処理解析によって決定されている。GLONASS 精密暦の公称精度⁽¹⁵⁾は、15cm であり、これを誤差評価の基準と仮定した。IGS 精密暦には、15 分ごとの衛星位置が含まれている。衛星位置は、ITRF 座標系及び GPS 時刻系に基づいている。したがって、2 章に記載されている座標及び時刻系の変換を行う必要は無い。

暦誤差の算出について説明する。暦誤差はエフェメリスと精密暦の衛星位置座標の差分より算出した。この差分は ECEF 座標で表されており、GLONASS-ICD の公称誤差で用いられる Radial、Along-Track、Cross-Track 座標系に座標変換を行った。これら三成分の自乗和の平方根(3D-RMS)を暦誤差として以下の式(5)で統計的に算出した。また IGS の精密暦は、衛星の重心位置で定義されるのに対してエフェメリスはアンテナ位相中心で定義されているが、本論文ではこの補正を無視した。

$$PositionError = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \sqrt{(x_n - x_{n,0})^2 + (y_n - y_{n,0})^2 + (z_n - z_{n,0})^2} \quad \dots(5)$$

ここで、N は全データ数を表し、 x_n, y_n, z_n は、エフェメリスより求められた衛星位置座標であり、 $x_{n,0}, y_{n,0}, z_{n,0}$ は、衛星の精密位置座標である。

5.3 結果及び考察

2007 年から過去 3 年間の GLONASS 暦誤差推移の結果と現在の GPS 暦との比較結果を、それぞれ Table 4、Table 5 に示す。また、Table 4 の 2002(Nominal)値は、GLONASS-ICD に記載されている三方向誤差を 3D-RMS で算出したものである。

Table 4 Transition of GLONASS ephemeris error (3D-RMS)

	GLONASS	GLONASS-M
2002(Nominal)	22m	10m
2005	13.20m	13.80m
2006	13.03m	12.89m
2007	12.95m	12.10m

Table 5 Comparison of GLONASS and GPS ephemeris error (3D-RMS)

	GLONASS	GLONASS-M	GPS
2007	12.95m	12.10m	2.58m

過去 3 年間で、GLONASS 暦誤差は、GLONASS では約 0.3m、GLONASS-M では、1.7m ほど改善していた。そして 2007 年現時点における GLONASS と GLONASS-M の暦誤差の差は、約 1m 程度の差しか見られなかった(Table 4)。また、現時点で GLONASS 暦誤差は GPS 暦誤差の約 5 倍大きいという結果が得られた(Table 5)。

以上の結果から GPS と比べて GLONASS 擬似距離誤差を大きくする主要な要因の一つに、GLONASS 暦精度が関わっているといえる。ただし、1 章で述べたように、GLONASS の測位性能を劣化させる他の主要な要素として、衛星時計誤差が挙げられている。また、GPS/GLONASS コード単独測位では、システム時刻差の誤差も測位精度に影響する。特に DOP(主に時間精度劣化指数)の良好でないケースで GPS/GLONASS コード単独測位を行った場合に、この影響は無視できないと考えられるが⁽¹³⁾、衛星時計誤差及びシステム時刻差の誤差評価は今後の課題とする。

6. まとめ

本論文では、現時点での GPS/GLONASS コード単独測位と GPS のみの単独測位精度とアベイラビリティの比較・解析を試みた。次に GLONASS 測位誤差の主要因である軌道誤差について、統計的・定量的に評価した。

現時点では、GPS/GLONASS コード単独測位精度は、GPS のみの単独測位精度よりも劣るが、マスク角の高い環境や市街地を自動車で行く環境では、時間帯によってアベイラビリティの大幅な改善を確認できた。また、GLONASS 暦誤差は、ここ 3 年間で、GLONASS では約 0.3m、GLONASS-M では、1.7m 程度の改善しか見られず、GPS 暦誤差と比較して現時点で依然として約 5 倍大きいことがわかった。

今後の予定としては、GLONASS 測位誤差要因のより詳細な解析を行うために、GLONASS 衛星時計の精度について調査する。

謝辞

衛星航法技術関連で共同研究を行っている船井電機株式会社にこの場を借りまして感謝致します。また、本論文において、安田明生特任教授から GLONASS に関する数々の貴重な情報・御意見を提供して頂きました。心からお礼を申し上げます。

参考文献

- (1) Averin, S. V: GLONASS System , Text for GPS/GNSS symposium 2006, pp.15-22, 2006.11.15-17.
- (2) Bartenev, V.A and Kossenko, V. E and Krasilschikov, M.N: GLONASS Status and Development, Text for GPS/GNSS symposium 2004, pp. 15-19, 2004.11.17-19.
- (3) UNB Geodesy and Geomatics Engineering のホームページ,
<http://gge.unb.ca/Resources/GLONASSConstellationStatus.txt>
- (4) Dai, L: Dual-Frequency GPS/GLONASS Real-Time Ambiguity Resolution for Medium-Range Kinematic Positioning, GNSS 13th International Technical Meeting of the Satellite Division, pp. 1071-1080, 2000.9.19-22.
- (5) Hall, T and Burke, B and Pratt, M and Misra, P: Comparison of GPS+GLONASS Positioning Performance, Meeting of the Satellite Division of the Inst of Navigation ION GPS 1997., pp. 1543-1550, 1997.
- (6) Misra, P and Enge, P: GLOBAL POSITIONING SYSTEM Signals, Measurements, and Performance, pp. 159-164, Ganga-Jamuna Press, 2001.
- (7) PNT Information Analysis Center: GLONASS INTERFACE CONTROL DOCUMENT, version 5.0, p. 22, pp. 41-44, 2002.
- (8) ICD-GPS-200C, Navstar GPS Space Segment / Navigation User Interfaces, p. 94, 1999.10.
- (9) Misra, P and Abbot, R.I and Goposchin, E.M: Integrated case of GPS and GLONASS; Transformation between WGS84 and PZ-90, Proceedings of ION GPS-96, pp. 285-299, 1999.
- (10) PNT Information Analysis Center のホームページ,
<http://www.glonass-ianc.rsa.ru/>
- (11) BIPM のホームページ,
<http://www.bipm.org/>
- (12) Habrich, H: Geodetic Applications of the Global Navigation Satellite System (GLONASS), PhD thesis, University of Berne, Department for Philosophy and Natural Sciences, Berne, Switzerland, 1999.
- (13) Alexei E. Zinoviev: Using GLONASS in Combined GNSS Receivers: Current Status, ION GNSS 18th International Technical Meeting of the Satellite Division, pp. 1050-1051, 2005.9.13-16.
- (14) 新井直樹, 星野尾一明, 伊藤実, 村上篤史: GPS の航法メッセージを用いた GLONASS における電離層伝播遅延量の補正, 電子航法研究所報告, No.93, pp. 3-4, 1999.8.
- (15) IGS のホームページ,
<http://igsb.jpl.nasa.gov/components/prods.html>

質疑応答

河合 雅司(富山商船高等専門学校)

GPS と GLONASS の擬似距離を用いた場合と GPS のみの擬似距離を用いた場合の単独測位精度の比較を行っていますが、GPS と GLONASS で擬似距離の精度に差があります。最小二乗法で測位計算を行う場合の重み関数について教えてください。

山田 英輝

本研究における GPS/GLONASS コード単独測位及び GPS のみの単独測位では、重み行列を考慮せずに測位計算を行いましたが、今後、重み付けも検討する予定です。