

Galileo の併用効果に関する研究

Study on the effect for the satellite-based positioning system by the combination use of Galileo

○西隆宏¹, 佐田達典², 江守央², 池田隆博²

*Takahiro Nishi¹, Tatsunori Sada², Hisashi Emori², Takahiro Ikeda²

Abstract :

This study focuses on Galileo that has been started operation from 2005. Recently, GPS and GLONASS are major satellite positioning system. The experimental observation of the signals of GPS, GLONASS and Galileo has been executed, and the positioning accuracy of GPS and GLONASS was verified in combination use of Galileo.

1. はじめに

現在, 屋外における位置情報の特定は, 主に衛星測位システムにより提供されている. 衛星測位システムを利用した高精度測位により, 測量の分野だけではなく, カーナビゲーションの高度化等にも応用されている. 今後, 衛星測位システムを搭載した製品の更なる市場拡大が期待できる.

Galileo は, 欧州が 2005 年 12 月 28 日に試験衛星を打ち上げ, 2013 年から本格利用が開始している衛星測位システムの一つである^[1]. Table1 に主な仕様を示す. 今後は最終的に 30 機を配備したフルサービス提供を目標としている. 現在, Galileo は全世界での観測可能衛星数がまだ少ない状況にあるため, 正式運用されている米国の GPS(Global Positioning System)やロシアの GLONASS(Global Navigation Satellite System)との併用による効果が期待できる.

本研究では, GPS, GLONASS, Galileo の衛星電波を用いて, 高精度測位 (スタティック測位) を行い, Galileo の併用効果を検証する.

Table 1. Specification of GPS, GLONASS, Galileo^[2]

特徴	GPS	GLONASS	Galileo
構築費用	政府	政府	政府&民間
軌道傾斜角	55°	64.8°	56°
長半径	26560km	25508km	29601km
信号	CDMA	FDMA	CDMA
搬送周波数	L1:1575.420 L2:1227.600 L5:1176.450	G1:1602.000 G2:1246.000 G3:1204.704	E1:1575.420 E6:1278.750 E5:1191.795
コード数	11	6	10

2. 実験方法

本研究では, 2015 年 6 月 13 日 UTC0:00~12:00 の間に, Figure2 に示す環境 (日本大学理工学部船橋キャンパス 7 号館屋上) にて, GPS, GLONASS, Galileo の電波

を受信した. 実験で使用した受信機は, Trimble 社の NetR9 である.



Figure1. Experiment Image

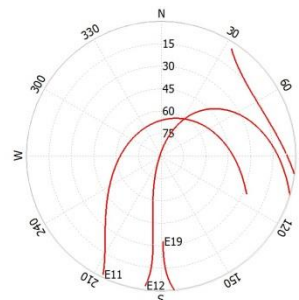


Figure2. Skyplot of Galileo

本実験は, 12 時間連続して観測を行い, 1 台の受信機で GPS, GLONASS, Galileo の電波を同時観測した. Figure2 に Galileo の軌跡を示す. Galileo の 3 機以上の観測時間が UTC4:00~10:00 であったので, 6 時間のデータで解析した. 測位解出力間隔は 1 秒である. GPS のみ, GPS+Galileo, GPS+GLONASS, GLONASS のみ, GLONASS+Galileo, GPS+GLONASS+Galileo の 6 種類のデータの比較を行い精度の検討を行った.

計測データの基線解析を行い, 解析により得た測地座標値を, 平面直角座標値に変換し, 精度評価を実施した. 解析では, 後処理基線解析ソフトウェアの RTKLIB Ver.2.4.2 を用いた. また, 解析で得た測位解の

1 : 日大理工・学部・交通 2 : 日大理工・教員・交通

うち、誤差の大きい Float 解を除去し、Fix 解のみを用いて評価した。

3. 評価結果

評価指標とした 2DRMS とは、測定値と真値（電子基準点データによる解析結果）とのばらつきを表し、その値を半径とする円内に 95%の測位点が入るとされ、位置精度の誤差の目安とされている。以下の図は、基準座標を中心として 2DRMS 値を半径とする円を挿入して、誤差を評価する。

ここでは、特徴的な分布を示した、GLONASS+Galileo、GPS+GLONASS+Galileo、GPS+Galileo の 3 種類の測位結果の水平方向の分布データと 2DRMS を Figure3～5 に示す。

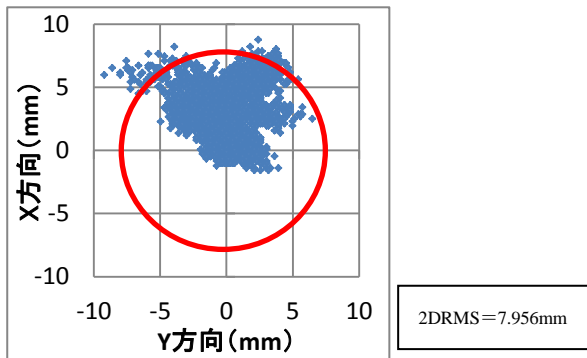


Figure3. 2DRMS of GLONASS, Galileo

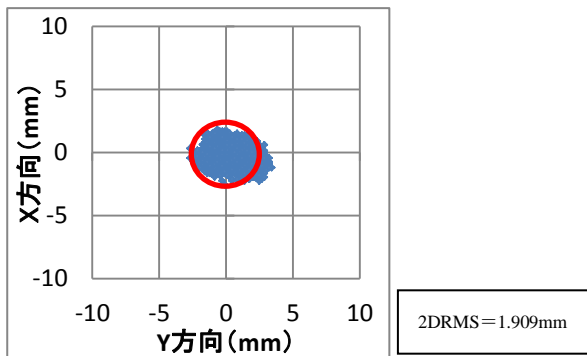


Figure4. 2DRMS of GPS, Galileo

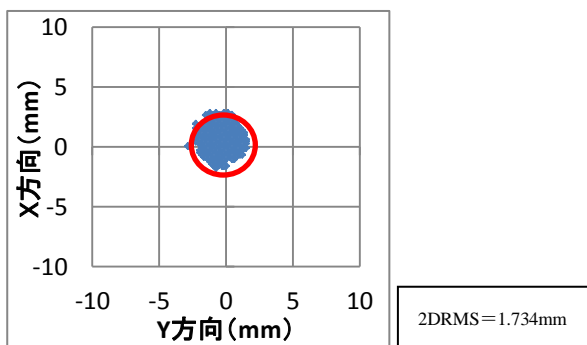


Figure5. 2DRMS of GPS, GLONASS, Galileo

Figure3 と Figure4 を比べて、2DRMS 値が約 5mm 大きいことが、3 衛星を併用した Figure5 と Figure4 は 0.2mm の違いしかないことがわかる。すなわち、今回の実験では GLONASS に比べ、GPS の方が Galileo 併用による効果が大きいことがわかる結果となった。

4. 考察

Table1 で示したように、GLONASS は他の 2 衛星と比べ異なる信号 FDMA(Frequency division multiple access) である。これは、周波数スペクトルを変えて認識をする方式である。それに比べ GPS と Galileo は CDMA(Code division multiple access)は、コード領域を変えて認識する方式である^[2]。このように信号方式が異なるため、受信機システム内で干渉が起こった可能性が高いため、GLONASS+Galileo は、GPS+Galileo に比べて測定値にばらつきが生じたのではないかと考える。

5. 結論

今回の実験では、Galileo の併用効果は、GPS を用いた方が有効であることが示された。GPS と Galileo は、衛星信号が同じであることや、搬送周波数が酷似している等、互換性が高く、高精度な結果に繋がったと考える。今後、Galileo の観測可能衛星数が増えれば、さらに精度向上が期待でき、より有用なシステムになると期待できる。

今後の課題としては、解析にて算出した 2DRMS 値域内に入っている割合の算出し、具体的な傾向を検討。また衛星数や DOP（精度劣化度）と測位解との相関性を導く。また、現状の研究では水平方向での検討のみであるので、高さの検証を行ってより深く解析を行う必要があると考える。

謝辞

今回の実験にご協力いただいた（株）ニコン・トリンブル殿に心より謝意を表す。

参考文献

- [1] 土屋淳・辻宏道：「GNSS 測量の基礎」, 日本測量協会, pp.22-24, 2008
- [2] ヴェレンホーフ, リヒテンエッグ, ヴェスレ：「GNSS のすべて－GPS、グロナス、ガリレオ…」, pp.72-330, 2010