

BeiDou の特性と GPS 併用時の測位精度の検証

Verification of the characteristics of BeiDou and positioning accuracy in combination use with GPS

○大川輝¹, 佐田達典², 江守央², 池田隆博²*Hikaru Okawa¹, Tatsunori Sada², Hisashi Emori², Takahiro Ikeda²

Abstract : In this study, BeiDou has been focused on as one of GNSS that has been started operation in the Asia Pacific Ocean region in 2012. By comparing and analyzing the positioning data of the GPS, BeiDou and GPS with BeiDou, the positioning accuracy of BeiDou has been verified in combination with GPS. It was found that the positioning accuracy was improved by combination use of GPS and BeiDou.

1. はじめに

北斗衛星導航系統 (BeiDou) には,東アジアの一部の地域対象にした RNSS の BeiDou 一号と地球全域を対象にした GNSS の BeiDou 二号の 2 つのシステムが存在している.通称コンパスと呼ばれる BeiDou 二号は中国がアメリカ合衆国の GPS に依存しない独自システムとして 2020 年完成を目標として開発した 35 機の衛星で構成される全地球測位システムであり,現在では MEO5 機,GEO5 機,IGSO5 機の計 15 機が打ち上げられ運用されている.^[1]

本研究では,2012 年 12 月 27 日にアジア太平洋地域での運用が開始された GPS と同じ GNSS である BeiDou 二号に着目した.GPS,BeiDou,GPS+BeiDou の測位データを分析,比較することにより BeiDou の特性と GPS と併用することによる測位精度の変化を検証する.

2. 実験方法

(1) 観測方法

本研究では,GPS,GLONASS,Galileo,BeiDou,準天頂衛星など様々な衛星に対応する受信機である Trimble 社の NetR9 をスタティック測位に使用することにより同一地点における GPS と BeiDou のデータを取得した.

観測は,2015 年 6 月 13 日の 9 時から 21 時までの 12 時間,6 月 19 日の 19 時から翌日の 7 時までの 12 時間,7 月 13 日の 9 時から翌日の 9 時までの 24 時間を 1Hz の条件で日本大学理工学部船橋校舎 7 号館屋上で行った.



Figure 1. Experimental observation

2) 解析方法

本研究では,6 月 13 日の 12 時間測位の測位データを後処理基線解析ソフトウェアの RTKLIB を用いて解析を行い,衛星の軌跡を示す天空図,測位可能衛星数を示す NSAT,衛星配置による 3 次元の位置精度低下率を表す PDOP,誤差の標準偏差を表し,位置精度を表す形式として使用される 2DRMS 値を求める.

2DRMS 値を求めるにあたっては,以下の式に RTKLIB より得られた 1 秒毎の x 座標,y 座標を x_k, y_k に,電子基準点データを用いた基線解析による測位地点の基準値の座標を x_0, y_0 として計算した.

$$2DRMS = 2\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad (1)$$

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum_{k=1}^n (x_k - x_0)^2}{n} \quad (2)$$

$$\sigma_y^2 = \frac{\sum_{k=1}^n (y_k - y_0)^2}{n} \quad (3)$$

3. 実験結果

(1) 天空図

Figure2 に 6 月 13 日の 12 時間観測によって得られた BeiDou の天空図を示す.この天空図より観測地点では静止軌道衛星である GEO (C01~C05) を 4 機観測することができ,仰角 15° から 45° の間に常に衛星を確保することができている.また,中国版の準天頂衛星といえる IGSO(C06~C10)の 5 機を長時間観測することができ,仰角 60° から天頂付近の間で観測できる時間帯では,GEO と合わせて仰角の高い位置と低い位置の両方に衛星を観測可能になっている.また,MEO (C11~C15) は 2 機のみ観測が可能であり観測可能時間も短くなっている.

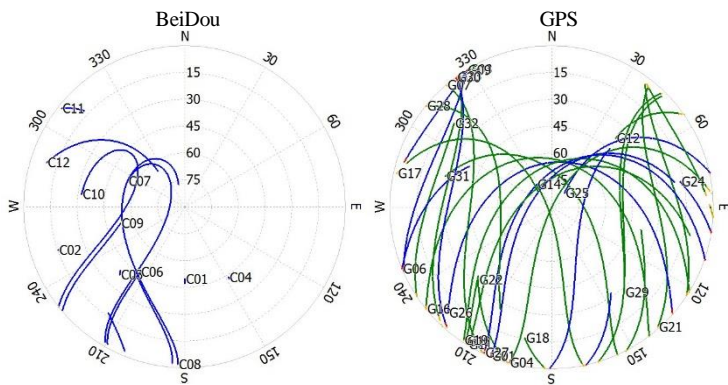


Figure 2. Skyplot of GPS and BeiDou

(2) NSAT,PDOP

Figure3 に 6 月 13 日の 12 時間観測より得られた GPS,BeiDou,GPS+BeiDou の NSAT と PDOP を示す. Figure3 より BeiDou のグラフを GPS のグラフと比較すると平均的に PDOP の値が 2 倍以上になっており,位置制度の劣化が大きいことがわかる.また,BeiDou では信号の受信と非受信を繰り返している衛星が存在し,NSAT が減少したことにより PDOP が高い値になっている時間が存在している.BeiDou の PDOP が大きくなった原因としては, BeiDou の NSAT の平均は 8.2 に対して GPS は 11.0 であり衛星数の平均が約 3 機違うこと及び BeiDou の衛星が仰角の低い位置に多いことによる影響が考えられる.

また,Figure3 の BeiDou+GPS のグラフより,BeiDou と GPS を併用することで GPS 単体より数値の低い PDOP となることがわかった.PDOP が低くなった原因としては,衛星数の増加に加えて BeiDou の静止軌道衛星が常に低い仰角で観測できることが測位精度の向上に影響を与えていると考えられる.

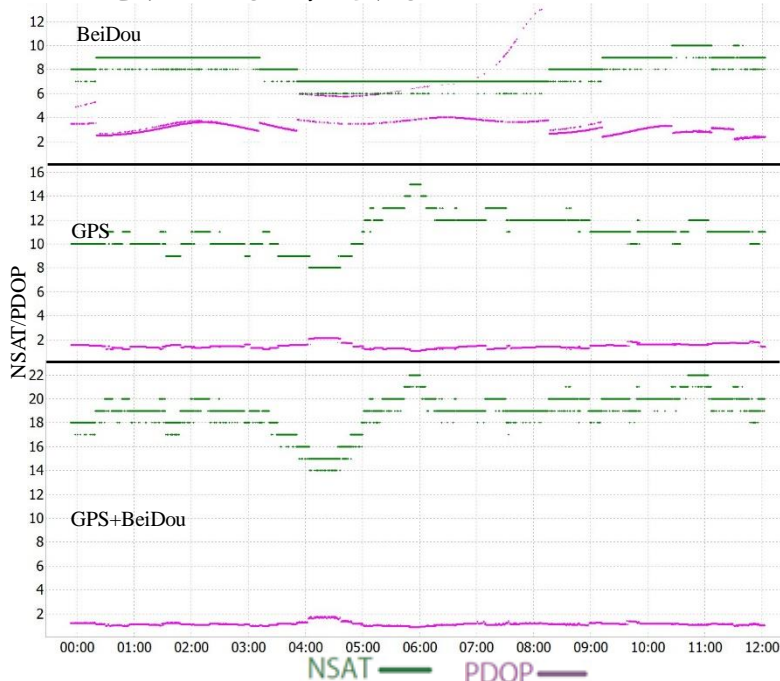


Figure 3. NSAT and PDOP

(3) 2DRMS 値

Figure4 に 6 月 13 日の 12 時間測位より得られた GPS,BeiDou,GPS+BeiDou 毎の電子基準点データを用いた基線解析による基準座標を中心とする分布図に 2DRMS 値を半径とする円を示す.Figure5 より BeiDou の 2DRMS 値は 10.22mm,GPS の 2DRMS 値は 5.24mm となっており,BeiDou の誤差が約 5mm 大きいことがわかる.しかし,BeiDou の 2DRMS の値は精度の低い値ではなく衛星数が少なく位置に偏りがあっても約 10mm の誤差で測位が可能であることを示しており,今後の衛星数の増加に 2DRMS 値の向上は十分に考えられる.

また,GPS+BeiDou の 2DRMS 値は GPS より更に 1mm 小さい 4.25mm であり,分布図の分布が中心に綺麗に密集していることから GPS で測位を行う場合は BeiDou を併用することで更に測位精度を向上させられることがわかった.

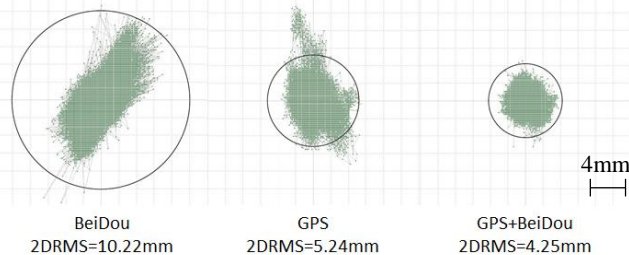


Figure 4. 2DRMS of GPS,BeiDou,GPS+BeiDou

4. おわりに

本研究では,TrimbleNetR9 で測位データを取得し,RTKLIB で解析を行うことで,BeiDou の特性と GPS に併用することによる測位精度の変化を検証した.BeiDou と GPS 単体を比較した場合,現在では BeiDou が劣るが今後の衛星の増加により GPS と BeiDou の差は小さくなると考えられる.また,アジア太平洋地域で常に観測可能な衛星を有する BeiDou と精度の高い測位が可能で GPS を併用し測位を行うことは日本では有効的な方法であると考えられる.

今後の課題として,6月19と7月13日の測位データの解析を行い,3回の測位からより正確な BeiDou の特性と併用効果を検証する.

参考文献

[1]安田明生:「マルチ GNSS の動向と我が国の取り組み」,電波航法研究会,平成 24 年 2 月 17 日
 [2]鈴木太郎:「GLONASS, Galileo, BeiDou の信号捕捉と追尾」,測位航法学会,平成 23 年 4 月 18 日