

GLONASS と BeiDou の併用測位に関する研究

- GPS の代替となる測位方法の検討 -

Study on the Combination Positioning by GLONASS and BeiDou

- Study of the Positioning Method as the Substitute of GPS -

○田辺優晴¹, 佐田達典², 江守央²*Masaharu Tanabe¹, Tatsunori Sada², Hisashi Emori²

Abstract : The combination positioning of GLONASS and BeiDou has been proposed as the substitute of GPS in this study. GLONASS, BeiDou, and GPS were observed during 24 hours at the same time. Then, it was carried out baseline analysis. As a result, it was difficult to get the precision of the level same as GPS by GLONASS, and by BeiDou, but it was possible to show comparable accuracy with GPS when used in combination with GLONASS and BeiDou.

1. はじめに

近年, 各国の測位衛星を組合せ, 複数の種類の測位衛星を利用したマルチ測位が進められている. 既往の研究ではほとんどがアメリカの GPS と他国の GNSS を用いたマルチ測位が行われているが, GPS を使用しないマルチ測位の研究例が少ない. また, GPS は単独の測位としても高い精度で利用できるが, 妨害電波によって受信障害が発生した事例があり, GPS が突然受信出来なくなる可能性がある.

本研究では衛星数の確保に着目し, GPS 単体と比較的多くの衛星数を確保できる GLONASS 単体, BeiDou 単体, GLONASS, BeiDou の組み合わせとの比較を行い, それぞれの測位方法と GPS 単体との測位精度を比較し, GPS の代替として利用が可能かを検証する.

2. 実験方法

(1) 観測方法

本研究では日本大学理工学部 7 号館屋上で日本時間 2016 年 6 月 27 日 9:00~翌日 9:00, 1Hz の条件で 24 時間観測を行った. 観測した基準点は千葉県白井の電子基準点データから求めた座標値を基準値とした. 受信機は 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 を使用した.



Figure 1. Experimental observation

(2) 解析方法

解析は, 6 月 27 日に行われたデータを後処理基線解析ソフトウェアである RTKLIB を用い, 衛星の軌跡を示す天空図, 位置精度低下率 PDOP, 二乗の平均の平方根 rms, 2drms 値を求めた. 2drms 値は既知の点で連続して測位した際, 既知の点を中心に散らばった全測位点の少なくとも 95% を含む円の半径を示す値である.

2drms 値は, 測位データより求めた x 座標, y 座標を x_k , y_k とし, 電子基準点データから求めた基準値の座標を x_0 , y_0 として計算した. 式を以下の(1)~(3)に示す.

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

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

$$2drms = 2\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad (3)$$

3. 実験結果

(1) GPS の代替となる手法の検討

GPS 単体, GLONASS 単体, BeiDou 単体, GLONASS と BeiDou を組合せた測位方法でのそれぞれのデータ数, 24 時間のデータ取得率, Fix 率, 衛星数, PDOP, 水平方向の平均値および 2drms 値, 鉛直方向の平均値および鉛直方向の結果について Table 1. に示す. なお, 各項目で最も良い値を赤字で示す.

ここで, GPS の次または GPS よりも良い値を観測出来た測位方法は, GLONASS と BeiDou を併用した測位方法であった. よって, GPS の代替となり得る測位方

法は GLONASS と BeiDou を組合わせた方法であると
考えられる。

Table 1. Experimental observation

| | GPS | BeiDou | GLONASS | GLONASS+BeiDou |
|----------------------|--------------------------|--------------|--------------|----------------|
| Data | 86400 | 86400 | 83573 | 86400 |
| Acquisition Rate | 100.00% | 100.00% | 96.73% | 100.00% |
| Fix Rate | 99.99% | 99.94% | 73.04% | 99.90% |
| Number of Satellites | Average 7.75 | 7.56 | 6.26 | 13.45 |
| PDOP | Average 1.45 | 3.11 | 1.93 | 1.33 |
| X-Coordinate | Average (m) -30571.48137 | -30571.48105 | -30571.48177 | -30571.48140 |
| Y-Coordinate | Average (m) 20276.49873 | 20276.49962 | 20276.49911 | 20276.49941 |
| Horizontal Direction | 2drms (mm) 5.16 | 5.49 | 142.67 | 4.61 |
| Height | Average (m) 44.975 | 44.970 | 44.977 | 44.973 |
| Vertical Direction | rms (m) 0.414 | 0.419 | 0.498 | 0.416 |

また、GLONASS の 2drms 値が大きくなった。原因として、Fix 解と Float 解が交互に観測されたことにより安定した Fix 解が得られなかったこと、既往の研究より GLONASS には衛星に搭載されている原子時計の誤差が指摘されている [1] が考えられる。

(2) 水平方向

水平方向は **Table 1.** の 2drms の結果から、GLONASS と BeiDou を組合わせた結果が GPS よりも 0.553mm 小さな値となり、水平方向では GLONASS と BeiDou を組合わせた結果の方が優れた結果になった。Figure 2. に 6 月 27 日の GPS 単体と BeiDou 単体、GLONASS と BeiDou を併用した測位の午前 9 時から翌日午前 9 時までの天空図を示す。

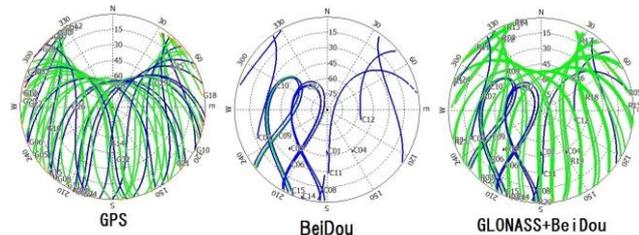


Figure 2. Skyplots of GPS and BeiDou and GLONASS+BeiDou

GPS は全体的に密度が高く、東西方向では大きな誤差が少ないと考えられるが、北方向は天頂角 60° 以下に衛星が存在しない。一方、GLONASS と BeiDou の併用測位では GLONASS が GPS よりも北方向まで網羅し、南西方向を中心に BeiDou が GPS よりも密度が低い GLONASS を補完しているため、2drms の結果が GPS よりも小さくなったと考えられる。しかし南西方向に遮蔽物が存在した場合、BeiDou の信号をほとんど受信できなくなる可能性がある。

(3) 鉛直方向

鉛直方向は **Table 1.** の鉛直方向の rms 値の結果から、GPS が GLONASS と BeiDou を組合わせた結果よりも 0.002m 小さな値となり、鉛直方向においては GPS の結果の方が優れた結果になった。

次に **Figure 3.** より 9 時から 10 時にかけて、GLONASS と BeiDou を組合わせた結果において、標高の変動が大きくなるのがわかる。ここで、**Figure 4.** の天空図に着目すると、この時間において GLONASS と BeiDou を組合わせた結果では、天頂付近 60° 以上に衛星が通過していないことがわかる。これが、鉛直方向の誤差の大小に関わると考えられる。

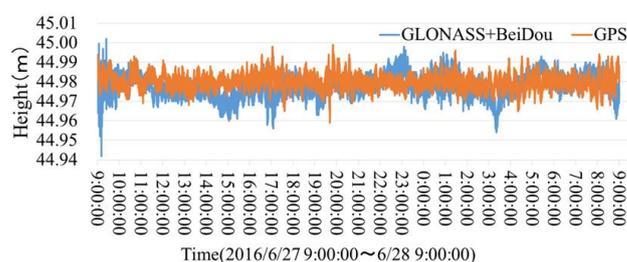


Figure 3. Relationship between time and altitude

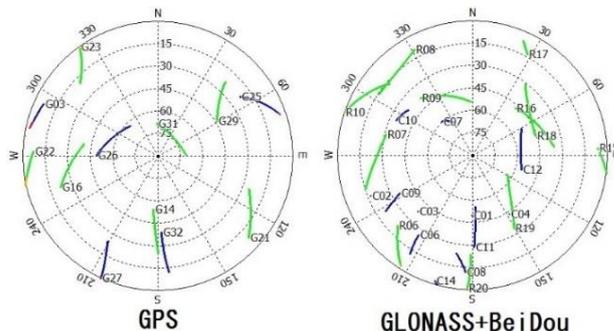


Figure 4. Skyplots from 9:00 a.m. to 10:00 a.m.

4. おわりに

本研究により衛星数を確保できる GLONASS 単体や BeiDou 単体でも不安要素が多いことから、GLONASS と BeiDou を併用した測位方法が GPS の代替となることがわかった。

今後の予定として BeiDou の多く配置されている南西方向に遮蔽物が存在する場合についての検証を行う。

5. 参考文献

[1]山田英輝, 高須知二, 久保信明, 海老沼拓史: GLONASS 暦精度の推移と Availability について, 日本航海学会論文集, pp.229-235, 2008.