

移動測位におけるマルチ GNSS の天空率を用いた性能評価

日本大学 学生会員 ○山田 真
 日本大学 正会員 佐田 達典
 日本大学 正会員 江守 央

1. はじめに

近年、複数の衛星測位システムを用いて衛星測位を行う「マルチ GNSS」の活用が期待されている。マルチ GNSS を活用することで、可視衛星数の増加に伴う衛星測位の可用性向上が期待できる。

マルチ GNSS では、測位に用いる衛星測位システムの組み合わせや上空の開空状況などに応じて、測位性能が変化することが想定される。そこで本研究では、上空に占める空の割合を表す「天空率」を用いて、マルチ GNSS の性能評価を行った。

2. 実験および解析の方法

(1) 移動測位実験

実験では、自動車を用いた RTK 測位での移動測位実験を行った。実験場所は日本大学理工学部船橋キャンパス内である。大学構内には高さ約 20m の建築物が存在する。本実験では、大学構内を周回するように 3 つのルートを設定 (図-1) し、各ルートを時計回り、反時計回りに約 15km/h の走行速度で走行した。実験日時は、2021 年 5 月 29 日の 02:27:00~02:47:02 (UTC 時刻) である。

また、RTK 測位の基準局は、大学構内に整備されている基準点に設置した。基準局と移動局との距離 (基線長) は約 300~600m である。

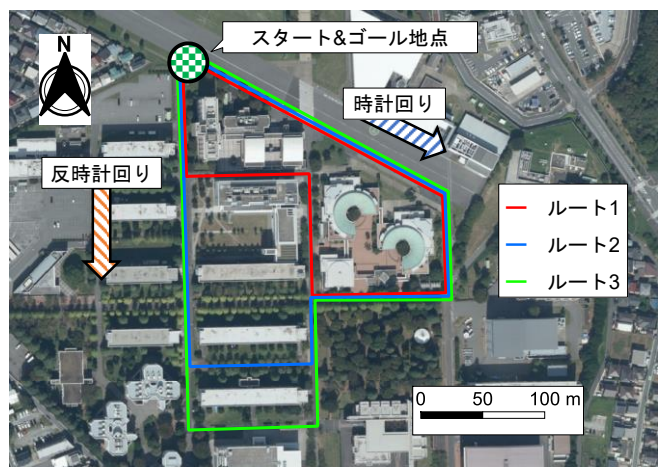


図-1 実験場所と走行ルート¹⁾

(2) 使用した機材と基線解析について

実験で使用した受信機は、基準局と移動局ともに Trimble NetR9 である。アンテナは、基準局で Trimble Zephyr 3 Geodetic, 移動局で Trimble Zephyr 3 Rover を用いた。基線解析は「RTKPOST ver. 2.4.2 p13」を用いた後処理解析で行い、10Hz の出力周期で解析結果を出力した。基線解析時の仰角マスクは 15 度とし、SNR マスクは設定せず、整数値バイアスの決定方法は Instantaneous, 測位解の種別は Forward とした。

(3) 天空率の算出と観測結果との時刻同期

天空率は、安藤²⁾の事例を参考に、実験車両のループにカメラを設置して上空の映像を撮影し、撮影した映像を二値化する方法で算出した。映像の二値化 (大津の二値化) により、映像上の空の部分が白色となる (図-2)。天空率は、映像全体の画素数に占める白色画素数の割合として、基線解析結果の出力と同じ 10Hz の周期で算出した。なお、撮影に用いたカメラは「KODAK PIXPRO 4KVR360」で、DOME (半球) モードで撮影した。映像の射影方式には、天空率計測の事例³⁾を参考に等立体角射影方式を採用した。

算出した天空率は時刻情報を含まないため、RTK 測位の結果から得た実験車両の走行開始時刻を走行開始時の映像のフレームに与えることで、天空率に時刻情報を与えた。この作業を行うことで、天空率と RTK 測位の観測結果をリンクできる。走行開始時の映像のフレームは目視で判断したため、天空率と RTK 測位の観測結果には、1 秒未満程度のずれが生じている可能性がある点に留意する必要がある。

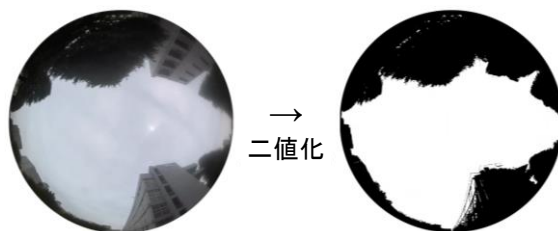


図-2 映像の二値化 (大津の二値化)

キーワード マルチ GNSS, 天空率, RTK 測位, 移動測位

連絡先: 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1 日本大学理工学部交通システム工学科空間情報研究室 TEL047-469-8147

(4) 性能評価の方法

マルチ GNSS の性能評価のための指標として、ここでは Fix 率と観測衛星数(測位に用いた衛星の数)を用いる。Fix 率とは、あるデータ全体に Fix 解(搬送波位相の曖昧さが解かれた精度のよい解)が占める割合を示したものである。本研究では、これらの指標と天空率との関係性を考察する。

また、衛星測位システムの組み合わせとして、ここではアメリカの GPS (G) と日本の QZSS (J) の利用 (GJ) を基準に、中国の BeiDou (C) を追加した場合 (GJC), 欧州の Galileo (E) を追加した場合 (GJE), ロシアの GLONASS (R) を追加した場合 (GJR) の 3 パターン (GJC, GJE, GJR) に着目する。

なお、実験時には上空(仰角 15 度以上)に GPS 衛星が 9 機、QZSS 衛星が 3 機、BeiDou 衛星が 8~10 機、Galileo 衛星と GLONASS 衛星がそれぞれ 5~6 機飛来する状況であった。

3. 実験結果

測位時の天空率(0~100%)を階級幅 10%で区分し、各階級での観測データの Fix 率を示したものが図-3、観測衛星数の平均(平均観測衛星数)を示したものが図-4 である。図中の折れ線の線色は、衛星測位システムの組み合わせを表している。

図-3 より、3 パターンの Fix 率(赤色・緑色・水色)は、基準である GJ(黒色)より高い傾向にあることがわかる。C, E, R の追加による Fix 率の向上は、天空率が低い場所で大きくなり、その大きさは $GJE > GJC > GJR$ となる傾向が見られた。

また図-4 より、天空率が高い(低い)場所では、可視衛星数が増加(減少)するため、平均観測衛星数は多く(少なく)なることがわかる。平均観測衛星数は、 $GJC > GJE > GJR$ となる傾向が見られた。

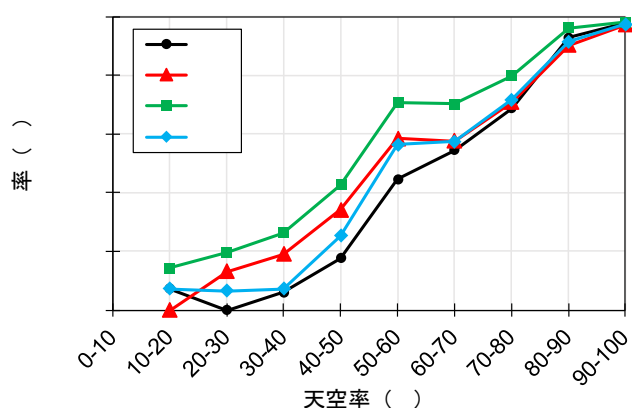


図-3 天空率と Fix 率の関係

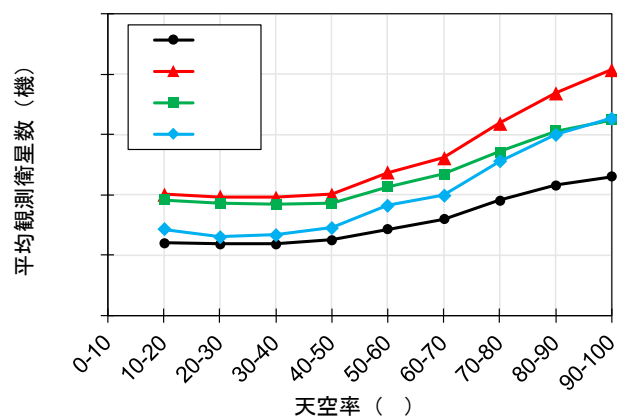


図-4 天空率と平均観測衛星数の関係

4. 考察

Fix 率は、特に天空率が低い場所で、GJ より GJC, GJE, GJR が高くなる傾向とあった。この要因の一つに、C, E, R の追加による観測衛星数の増加があるといえる。しかし、観測衛星数の多さでは GJC が最も優位であるが、Fix 率では GJE が最も高くなるなど、必ずしも 2 つの評価指標は対応関係にない。これは、衛星が送信する信号が建築物等で反射・回折してアンテナに届く「マルチパス波」の発生の有無や、それぞれの衛星が送信する測位信号の特性により、測位性能に違いが生じた結果であると考えられる。

5. おわりに

本研究では、天空率を用いてマルチ GNSS による測位性能の向上効果を示した。しかし、同様な天空率の場所でも、測位を行う場所や時刻によって、衛星の配置や遮蔽物の高さや方向が様々であるため、本研究での結果は全ての環境に適用されるものではない。

また、今回は衛星測位システムの選択に着目したが、SNR マスク等を用いて衛星を 1 つ 1 つ選択する手法も多く提案されている。適切な衛星選択を行うことで、更なる測位性能の向上も期待できる。

参考文献

- 1) 山田真, 佐田達典, 江守央: QZSS のセンチメートル級測位補強サービスにおける移動体での測位精度検証, 土木学会論文集 F3, Vol.78, No.2, pp. I_33-I_42, 2022.
- 2) 安藤隆浩: 衛星測位における天空写真の利用について, 東京海洋大学卒業論文, 2011.
- 3) ユファン, 本條毅: 全天球カメラ, Google Street View, Digital Surface Model による天空率測定, 環境情報科学学術研究論文集, Vol.32, pp.125-130, 2018.