

GNSS 測位解の安定性に関する研究（第 2 年次）

実施期間

令和 3 年度～令和 4 年度

地理地殻活動研究センター

宇宙測地研究室 古屋 智秋

1. はじめに

衛星測位では、観測点の上空を遮る建造物や山等により反射（マルチパス）・回折した品質の悪い信号（以下「NLOS 信号」といい、直達した信号を「LOS 信号」という。）が観測データに含まれた場合、その影響を受け、測位精度が悪化することがある。しかし、この測位精度の悪化は、反射・回折を発生し得る樹木や建造物等の位置を方位角・仰角で示した非等方正の仰角マスク（以下単に「仰角マスク」という。）により品質の悪い信号を排除することで軽減することができる（多田ほか，2018）。仰角マスクの作成には、魚眼レンズを用いて当該観測点の上空を撮影することで得られる上空写真を用いることが最適ではあるが、観測点の上空を巡る環境は時間とともに変化することから、連続観測をしている観測点では上空写真を定期的を取得する必要がある、例えば観測点数が多い電子基準点では多大な労力が必要である。そこで、国土地理院では、令和 2 年度に「測量の生産性を向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」において、「周辺状況の写真と観測データから効率的に仰角マスクを作成する技術」を公募・試行し、上空写真ではなく GNSS の観測データの品質情報から仰角マスクを作成し、その仰角マスクを使用して観測データを編集するツールを開発した（古屋ほか，2021）。

本研究では、昨年度、国土地理院構内で観測した観測データについて、観測データの品質情報を基に作成した仰角マスクを精密単独測位（PPP）に適用することで、測位精度が改善することを確認した（古屋ほか，2022）。しかし、この時、観測データを LOS 信号と NLOS 信号に分類する閾値（以下「NLOS 閾値」という。）の推定には、国土地理院構内の別の観測点における同時期の観測データを用いていた。そこで、令和 4 年度は、昨年度推定した NLOS 閾値を用いて、電子基準点「石下」の観測データに対して、観測データの品質情報から作成される仰角マスクを適用することによる測位への効果を検証した。

2. 研究内容

2.1 検証する観測データの選定

電子基準点「石下」は、周辺樹木の繁茂により、観測データの品質が劣化し、定常解析結果のばらつきが大きかった時期が存在する。図-1 は、電子基準点「石下」の定常解析結果、その時系列モデル（小林ほか，2023）により得られるモデル値及びそれらの残差を示したものだが、2019 年夏以降に残差が大きくなる期間が確認でき、特に南北方向においてはモデル値から南に 20mm 以上の系統誤差が生じている。この系統誤差は、2019 年 10 月 18 日に電子基準点の東にある樹木を伐採した（写真-1）ことで解消しているため、樹木による観測データの品質劣化が原因と考えられる。そこで、今回の検証に使用する観測データは樹木による影響が大きい 2019 年 10 月 1 日の観測データとし、比較する座標値は樹木による影響が解消された 2019 年 11 月 1 日の観測データにより得られた座標値とした。

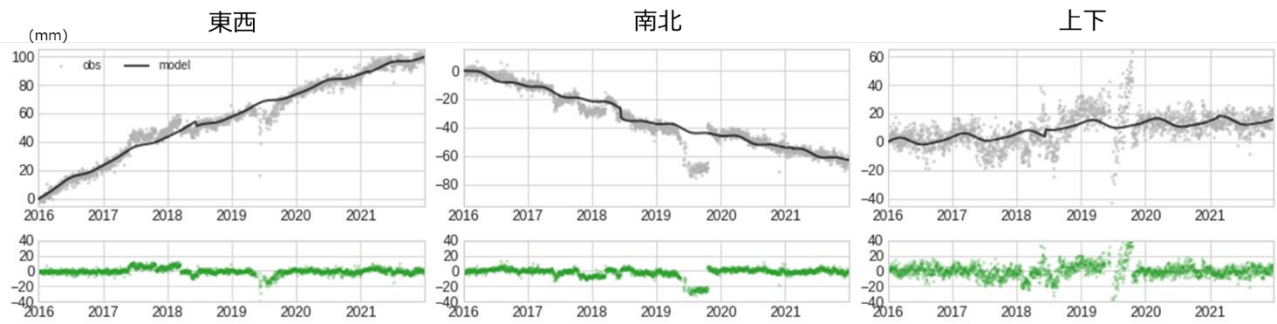


図-1 電子基準点「石下」の座標変化グラフ（灰：座標値，黒：時系列モデル，緑：残差）



写真-1 電子基準点「石下」の東方向の樹木（左：伐採前，右：伐採後）

2.2 観測データへの仰角マスクの適用

昨年度推定した NLOS 閾値を用いて，電子基準点「石下」の観測データに仰角マスクを適用した結果のスカイプロットを図-2 に示す．仰角マスクの適用前に南東方向を中心に存在した一部の周波数帯の信号が観測できていなかった品質の悪いデータが，適用することで除去されていることが確認できる．

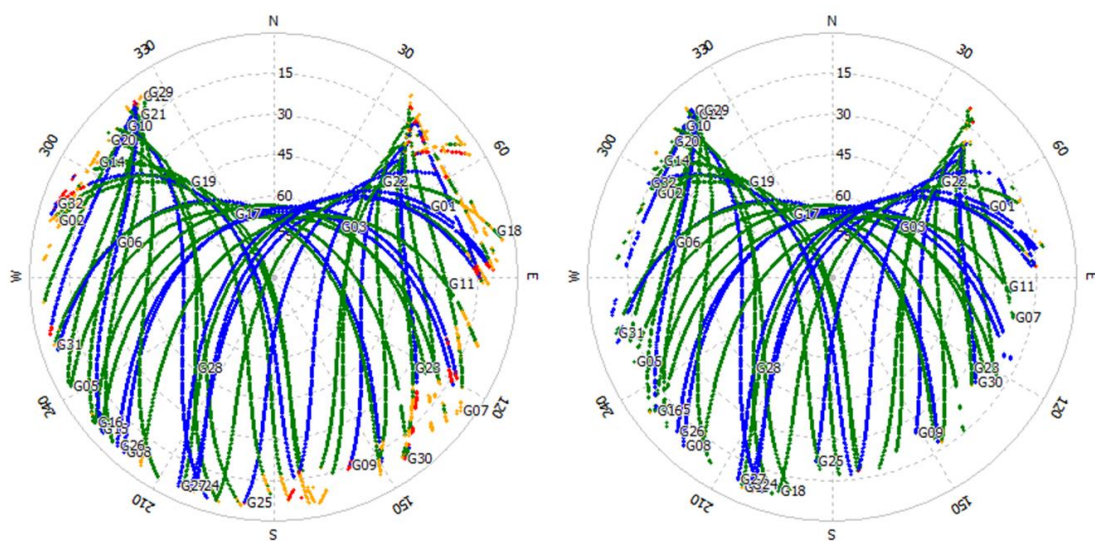


図-2 2019年10月1日の電子基準点「石下」のスカイプロット（左：元データ，右：仰角マスク適用後）．衛星の軌跡の色は観測できた周波数帯を示す（青：L1+L2+L5，緑：L1+L2，赤：L1+L5，黄：L1）．

2.3 観測データによる検証

電子基準点「石下」の仰角マスク適用前後の観測データを用いて、電子基準点「つくば3」との基線解析を実施した。解析は、rtklib ver.2.4.3 (Takasu, 2019) を用いた kinematic 解析で行った。その結果を図-3 に示す。仰角マスクを適用することで、FIX 率が 50.9%から 64.3%に上昇し、FIX 解の標準偏差が東西 54.3mm→18.4mm、南北 50.5mm→14.5mm、上下 203.5mm→44.1mm と大幅に改善されたことが確認できる。一方、樹木伐採後の 2019 年 11 月 1 日の観測データから計算した座標値と比較すると、南北方向で系統誤差があり、仰角マスク適用後も南に平均 2.1cm の系統誤差が存在する。これは、定常解析結果に生じていた系統誤差と概ね一致しており、仰角マスクの適用により改善されなかったと考えられる。

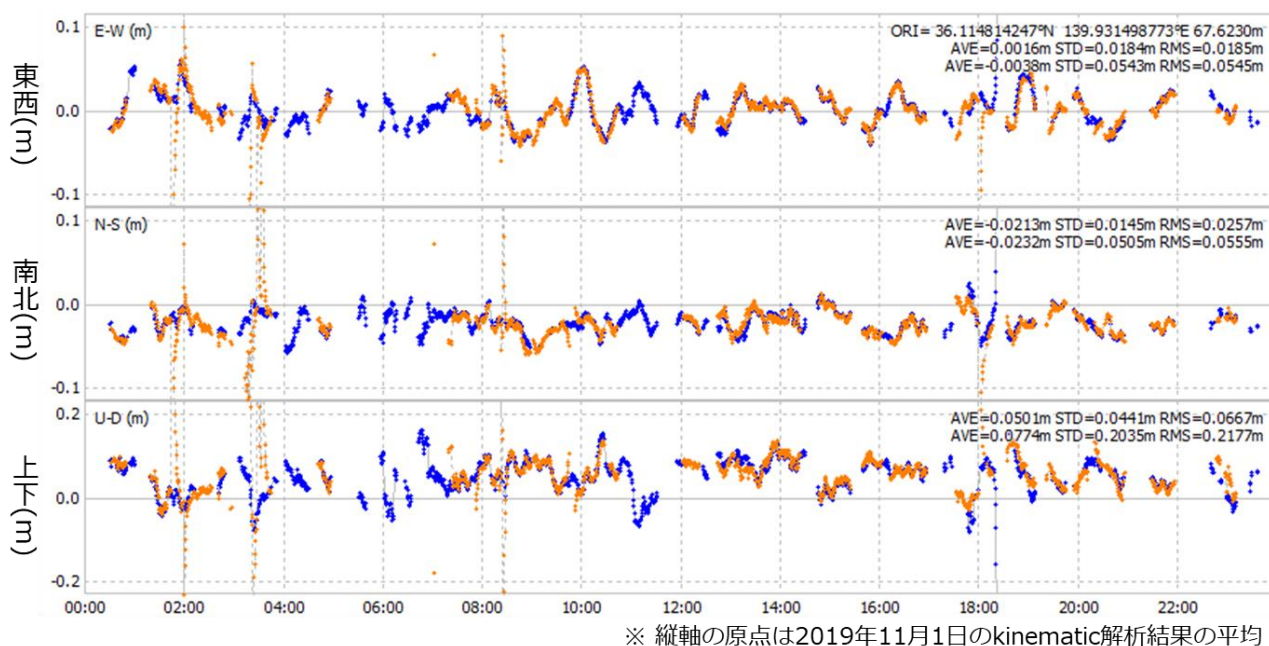


図-3 2019年10月1日の電子基準点「石下」－「つくば3」の kinematic 解析結果，FIX 解のみ（橙：元データ，青：マスク適用）

3. まとめ

今回、昨年度に国土地理院構内で観測した観測データに基づいて推定した NLOS 閾値を用いて、電子基準点「石下」の観測データに対して、観測データの品質情報から作成される仰角マスクを適用した。その結果、観測データの品質が悪い日における kinematic 解析結果の標準偏差が改善することを確認した。一方、改善が期待された座標値の系統誤差は解消されず、課題が残る結果となった。今後、系統誤差が生じている要因を分析しつつ、NLOS 閾値の見直しやツールの改良を検討する必要がある。

参考文献

- 古屋智秋，齋田宏明，村松弘規，高松直史，影山勇雄，山中雅之，熊谷光起，都筑三千夫（2021）：
GEONET の次世代化（第 2 年次），国土地理院令和 2 年度調査研究年報，102-106。
- 古屋智秋，山尾裕美，馬場靖幸（2022）：GNSS 測位解の安定性に関する研究（第 1 年次），国土地理院令和 3 年度調査研究年報，202-205。
- 小林知勝，中川弘之，古屋智秋，松尾功二：災害に強い位置情報の基盤（国家座標）構築のための宇

宙測地技術の高度化に関する研究（第3年次），国土地理院令和4年度調査研究年報，印刷中。

多田直洋，大中泰彦，宮川康平，酒井和紀，古屋智秋，鎌苅裕紀，山尾裕美，檜山洋平，畑中雄樹（2018）：
屋外3次元空間における高精度衛星測位の適用範囲拡大のための技術開発，国土地理院時報，130，
109-117.

Takasu, T. (2019) : RTKLIB: An Open Source Program Package for GNSS Positioning, <https://rtklib.com>
(accessed 17 Feb. 2023).