

測位に使用する衛星位置と鉛直方向精度に関する実証的研究

日本大学 学生会員 ○酒井 昂紀
 日本大学 正会員 佐田 達典
 日本大学 正会員 江守 央
 日本大学 正会員 池田 隆博

1. はじめに

衛星測位システムは GPS, GLONASS などの衛星から送信される信号を利用して現在位置を知ることができるシステムである. 近年, 日本の準天頂衛星の試験運用開始, EU が運用する Galileo の打ち上げ, さらに新たな衛星信号を送信する測位衛星の運用開始により, 衛星測位の近代化が進んでいる.

衛星測位の課題として水平方向は衛星が満遍なく配置されているため高い測位精度が期待できるが, 鉛直方向は地平線より下にある衛星の信号を受信できないため測位精度が劣るとい課題がある. 鉛直方向の測位精度が向上すれば, これまで利用できなかった高さの高精度が要求される施工測量への適用が期待される.

そこで本研究は衛星の位置と鉛直方向精度について検討する. その際, 衛星の配置状態を表した指標である DOP 値 (Dilution of Precision) を使用する. DOP 値は数値が低いほど測位精度が高くなるとされている. そのため DOP 値と衛星の位置による測位の平均誤差, 標準偏差との関係を見ることで最適な衛星位置の検討を目的とする.

2. 既存研究の整理

池田ら¹⁾は, 複数衛星系の測位信号による電離層遅延の検知と鉛直方向精度に関する研究を行った. 信号強度と搬送波の位相変化量の差からマルチパスの影響を受けている衛星電波の判別が可能か検証を行い, マルチパスの影響を含む衛星電波の判別が可能であることが明らかにした. それにより, マルチパスの影響を受けている衛星を外すことにより鉛直方向精度が向上することを示した. しかし, 衛星位置による使用衛星の選択による鉛直方向精度向上の研究についてはまだ報告されてない.

3. 実験概要

日本時間平成 26 年 6 月 19 日 21 時から 6 月 20 日 6

時まで日本大学理工学部船橋キャンパス, 7 号館屋上にて衛星測位実験を行った. 衛星受信機はニコン・トリニブル社製 NetR9 を使用し, 周囲に電波遮蔽がない環境で基準局と移動局の 2ヶ所に設置して観測した (図-1).



図-1 実験状況

4. 実験データの解析方法

図-2 は, 日本時間 6 月 20 日 1:00-2:00, 3:00-4:00 の 1 時間分の GPS と準天頂衛星のみの軌跡を天空図に示したものである.

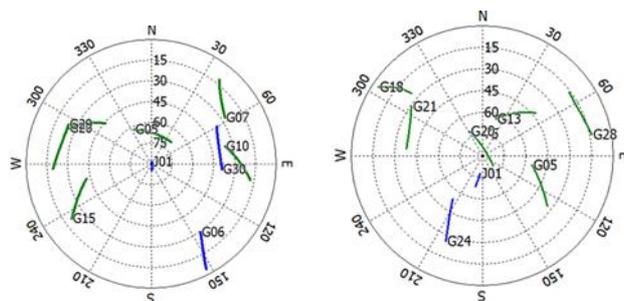


図-2 天空図 (左: JST1:00-2:00, 右: JST3:00-4:00)

1:00-2:00 の天空図の特徴は準天頂衛星が天頂に位置している. また, 3:00-4:00 の天空図の特徴は GPS が準天頂衛星より天頂付近に位置している.

衛星の位置と DOP 値の関係及び解の精度について検証した. 天頂付近に 1 機, 最低仰角に 120°間隔で配置することが理想とされているため, 衛星の組み合わせは

- ① 仰角 60°以上に位置する準天頂衛星と仰角 60°未満に配置する GPS 衛星から 3 機を組み合わせ

キーワード : GPS, 準天頂衛星, 鉛直方向精度, 衛星位置, VDOP

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

- ② 仰角 60°以上に位置する GPS 衛星 (JST1:00-2:00 :G5, JST3:00-4:00:G20) と仰角 60°未満に配置する GPS 衛星から 3 機を組み合わせ
- ③ 仰角 60° 未満に配置する GPS 衛星を 4 つ組み合わせ

の 3 パターンを作り, 天頂付近の衛星を使用する場合と使用しない場合との比較をする.

比較に際しては, DOP として鉛直方向の精度劣化指標である VDOP 値を用いる. VDOP 値と基線解析結果の楕円体高の平均較差, 標準偏差の関係の検証を行い, 鉛直方向に最適な衛星位置を検討した.

データ解析には日本時間 1:00-2:00, 3:00-4:00 の 2 つの 1 時間観測したデータを使用し, Fix 解のみを電子基準点による基線解析値と比べ楕円体高の較差を算出した. 衛星の組み合わせごとに DOP 値と平均較差, DOP 値と標準偏差の関係を分析した.

5. 解析結果

まず DOP 値と楕円体高の平均較差の相関図と回帰直線を見ると, JST1:00-2:00 (図-3) と JST3:00-4:00 (図-4) のどちらの回帰直線でも天頂付近に衛星の有無によって回帰直線の傾きに差が明確に出ている. 天頂付近の衛星を使用すれば回帰直線の傾きが小さくなり, 平均較差が小さくなっている. また, 「天頂付近に準天頂衛星がある場合」と「天頂付近に GPS 衛星がある場合」の相関図を比較すると, 「天頂付近に GPS 衛星がある場合」では平均較差が大きい異常値が確認された.

DOP 値と標準偏差の関係 (図-5, 図-6) でも天

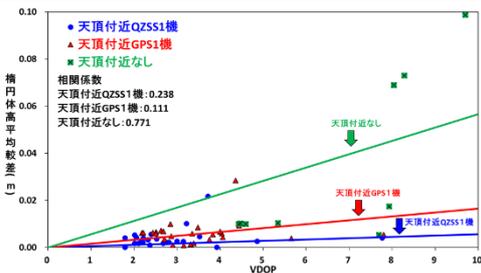


図-3 楕円体高の平均較差と VDOP (JST1:00-2:00)

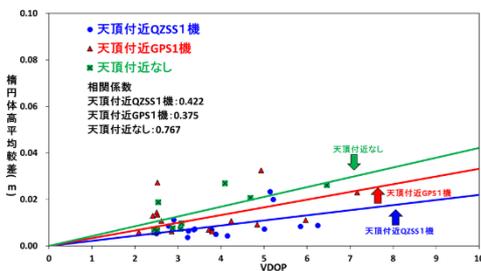


図-4 楕円体高の平均較差と VDOP (JST3:00-4:00)

頂付近に衛星があれば標準偏差が小さくなり, 天頂付近に準天頂衛星を使用することで天頂付近に GPS 衛星を使用した場合より標準偏差が小さくなることがわかった.

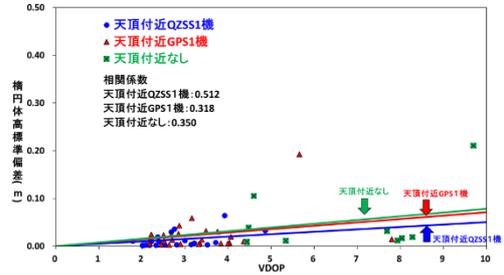


図-5 楕円体高の標準偏差と VDOP (JST1:00-2:00)

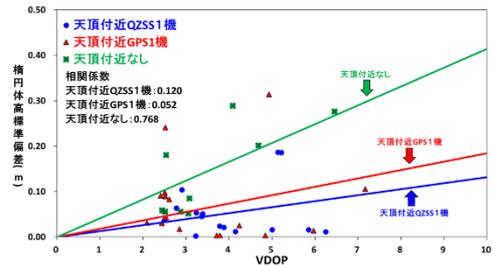


図-6 楕円体高の標準偏差と VDOP (JST3:00-4:00)

6. 考察

本研究では, 衛星位置による使用衛星の選択により鉛直方向精度向上を目指した基礎的な研究を行った. その結果から次の知見が得られた.

- ① 天頂付近 (仰角 60°以上) に測位衛星 1 機配置することで鉛直方向精度が向上することが示された
- ② 準天頂衛星を天頂付近に配置すれば GPS 衛星を天頂付近に配置した場合より鉛直方向精度が向上することが示された

7. おわりに

天頂付近の準天頂衛星を使用することで衛星測位の鉛直方向精度向上が期待できる. 今後は他の衛星を使用した場合の検証, 準天頂衛星が増えた場合の検証を行う予定であり 24 時間安定した高精度衛星測位を実現する手法を検討する.

謝辞

本研究は平成 27 年度科学研究費助成金(基盤研究 C) 26420521 の助成を受けた. ここに記して謝意を申し上げる.

参考文献

- 1) 池田隆博・佐田達典: 複数衛星系の測位信号による電離層遅延の検知と鉛直方向の精度に関する研究, 応用測量論文集, vol.26, pp.33-44, 2015.