

長崎大学 学生会員○江口和季 長崎大学 正会員 奥松俊博
長崎大学 正会員 中村聖三 長崎大学 正会員 西川貴文

1. はじめに

GPS に代表される GNSS システムは、その効率性から、従来型の測量のみならず、災害調査や維持管理など、その適用範囲を急速に拡大させている。特に、様々な移動体（無人化重機、移動体によるモニタリング等）を用いた位置情報管理技術の開発により、社会基盤構造物の維持管理をロボット化する動きも始まっている。一般に、GNSS を用いた高精度測位には、複数の受信機と無線装置を必要とするリアルタイムキネマティック測位法が用いる必要がある。当該計測法に必要とされる測位機器および周辺機器のサイズおよび重量は、機動性を有する移動体のペイロード内に収めることができない。つまり移動体には、コンパクトアンテナと装置のみが必要な単独測位法を適用することになり、その測位精度は公称精度である 10m 程度と、自動制御上の支障となることが予想される。本研究では、まず単独測位法の位置精度の評価を行うことを目的とし、LabVIEW による計測プログラムの作成をした。また、衛星配置指標である各種 DOP の取得および位置精度について検討を行った。

2. LABVIEW による GNSS 測位プログラミング

国土地理院提供の座標変換プログラムに基づき、MATLAB で再プログラミングし、これを LABVIEW スクリプト挿入することで、リアルタイムな位置計測プログラムを開発した。単独測位型 GPS 受信機から得られる経緯度から平面直角座標系 (XY 座標) への自動変換、また NMEA フォーマット上の各種情報の抽出と精度との評価を可能とした。

1) 衛星配置情報の抽出

図-1 は、ある時刻の単独測位型 GPS 受信機から得られる衛星仰角、衛星方位角を抽出して衛星配置を作成したものである。この図の中心は仰角 0 度を表し、外側の円が仰角 90 度を表している。図の上下左右はそれぞれ東、西、南、北に対応している。単独測位により測位を行うためには最低 4 機の衛星からの電波を受信することが必要であるが、一般的には、図-1 のように 10 機程度の衛星を補足可能である。

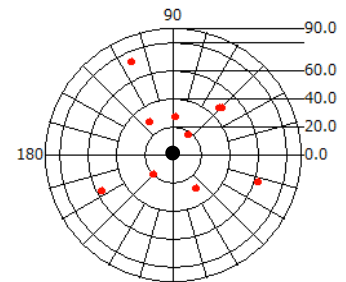


図-1 衛星配置

2) DOP 情報の抽出

測位精度は、衛星の配置状態が測位精度に大きく影響する。DOP は各衛星の方位角 AZ_i と仰角 EL_i により行列 G において右式に示す計算式で DOP を算出する。GNSS 受信機から得られる PDOP (位置の決定精度)、HDOP (水平方向の位置の決定精度)、VDOP (鉛直方向の位置の決定精度) 等がある。その一例は右式に示すとおりである。

$$G = \begin{bmatrix} \cos AZ_1 \sin EL_1 & \cos AZ_1 \cos EL_1 & \sin EL_1 & 1 \\ \cos AZ_2 \sin EL_2 & \cos AZ_2 \cos EL_2 & \sin EL_2 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \cos AZ_N \sin EL_N & \cos AZ_N \cos EL_N & \sin EL_N & 1 \end{bmatrix}$$

$$(G^T \cdot G)^{-1} = \begin{bmatrix} \sigma_{xx}^2 & \sigma_{xy}^2 & \sigma_{xz}^2 & \sigma_{xt}^2 \\ \sigma_{yx}^2 & \sigma_{yy}^2 & \sigma_{yz}^2 & \sigma_{yt}^2 \\ \sigma_{zx}^2 & \sigma_{zy}^2 & \sigma_{zz}^2 & \sigma_{zt}^2 \\ \sigma_{tx}^2 & \sigma_{ty}^2 & \sigma_{tz}^2 & \sigma_{tt}^2 \end{bmatrix} \quad \begin{aligned} \text{PDOP} &= \sqrt{\sigma_{xx}^2 + \sigma_{yy}^2 + \sigma_{zz}^2} \\ \text{HDOP} &= \sqrt{\sigma_{xx}^2 + \sigma_{yy}^2} \\ \text{VDOP} &= \sqrt{\sigma_{zz}^2} \end{aligned}$$

3. GNSS 測位特性評価

3-1. 衛星数と DOP

衛星配置状況を確認するため、大学の校舎屋上 (6F) において、単独測位型 GPS アンテナによる計測実験を行った (図-2)。なお GPS 受信機による信号出力間隔は 1 秒とし、データは平成 25 年 12 月 11 日 16:30~17:30 (1 時間分) に観測したデータを用いている。



図-2 測定状況

図-3 は上述の計測の時間的変化を表すものであり、横軸は、計測時間（1 時間）である。縦軸は、上図が捕捉衛星数、下図が各種 DOP 値である。当然ではあるが、使用衛星数が多い場合、DOP 値は低くなることがわかる。

3-2. DOP と測位精度

DOP と測位精度について検証するために、前項とは異なる計測地点（小高い山の頂上）において、複数の GPS アンテナを用いた計測実験を行った。GPS アンテナは図-4 に示すとおり車両の屋根に 2 個を設置し、仮想計測器ソフトウェア LabVIEW で作成した計測プログラムを用いて、前項同様、1 秒おきにデータロギングを行った（図-5）。計測地点は見通しのよい小高い山の頂上であるが、一部に障害物（樹木、低層建物等）の存在が確認できる（図-6）。

計測時間は約 2 時間とした。図-7 は 5 分間毎の観測データに対する各種 DOP

(GDOP, PDOP, HDOP, VDOP, TDOP) の平均値をプロットしたものである。水平精度の指標となる HDOP は 0.8 程度で推移していることがわかる。いずれの DOP 値も全計測時間に渡り、おおよそ安定した値（平均値）となっているが、計測時間中 3 か所程度、値が大きくなっている（測位精度の劣化）箇所が確認できる。これは衛星軌道周期に伴う出現状況や障害物等による影響によるものであり、その値に伴い、測位精度は劣化することを確認した。なお、計測地点の測位精度および観測衛星数、また複数アンテナによる観測状況等については、ここでは割愛し、発表時に報告を行う。

4. まとめ

本研究では、GNSS 観測に関する基礎的な研究と位置づけ、まず、LABVIEW による GNSS 測位プログラムを構築した。次に単独測位型 GPS 受信機から得られるデータより、学内の校舎および小高い山の頂上において計測実験を行い、DOP 値、衛星数と測位座標などにより位置精度に影響する因子の抽出および評価を行った。衛星シフト時に発生する一時的な精度劣化は、移動体を制御する場合に重大な支障を起こすことが考えられるため、当イベント発生時の対策が必要と考えられる。

【参考文献】：坂井著：GPS のための実用プログラミング

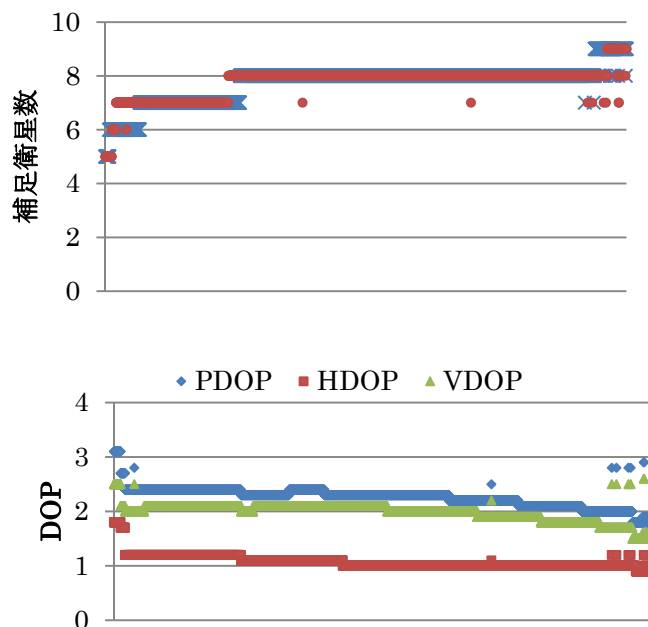


図-3 学内測定結果（衛星数および DOP）



図-4 GPS アンテナ設置状況



図-5 計測状況



図-6 計測環境

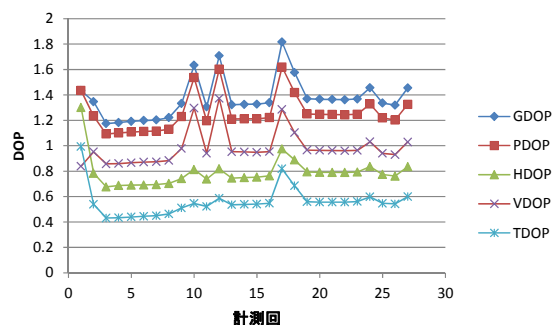


図-7 計測結果（各種 DOP 値）