

単周波 GPS 受信機を用いた事後解析処理による低速移動体の高精度測位の検討

環境リモートセンシング研究室 11333990 塚田千夏
指導教員 高橋一義

1. はじめに

測位航法衛星システム,Global Navigation Satellite Systems(GNSS)の代表的なものとして, Global Positioning System(以降 GPS)がある. GPS 受信機には, 測位精度が数 mm~cm である L1・L2 帯の電波を利用する 2 周波 GPS 受信機と測位精度が数 m である L1 帯の電波のみを利用する単周波 GPS 受信機がある¹⁾.

2 周波 GPS 受信機は, 高価で測量など精密な測位が求められる場面で利用される. また, 単周波 GPS 受信機は, 安価で携帯端末や自動車などの測位やナビゲーションに利用されている.

しかし, 要求精度が十数 cm の場合, 2 周波 GPS 受信機ではオーバースペックとなり, 安価な観測システムが見当たらないのが現状である.

また, 単周波 GPS 受信機は, おもにカーナビゲーションなど即時性を求める場合に, 単独測位で利用されているが, 測位結果に即時性を求めない状況下では, 事後解析処理による干涉測位で測位精度の向上が可能といわれている.

本研究では, 単周波 GPS 受信機と事後解析処理を組み合わせることで, 即時性を求めない状況下において, どの程度の測位精度が得られるのかを実験結果から検討した.

2. 使用した GPS 受信機と測位解析ソフト

u-blox 社製の GPS モジュールを搭載した株式会社センサコム製の GPS 受信機を用いた. 測位ソフトウェアは, 東京海洋大学の高須知二氏が開発・公開している RTKLIB(<http://www.rtklib.com/>)を使用した.

3. 測位実験

単周波 GPS 受信機と事後解析処理を組み合わせることにより, どの程度の測位精度が得られるのかを検討するために, 定点測位実験と移動体を想定した測位実験を実施した.

3. 1 定点測位実験

国土地理院によって座標が公表されている三角点(高頭)の座標を GPS により測位した. 10 月 15 日, 11

月 5 日, 11 月 9 日の 3 日間で計 4 回, 2 時間ほど測位を行った. 図 1 に, 実験の様子を示す.



図 1 定点測位実験の様子

3. 2 移動体測位実験

平坦で GPS 衛星の電波を遮断する恐れのある障害物(建物など)がない, 大学内の駐車場において, 8 月 8 日に実施した. 台車を低速移動する移動体と想定し, 計測実験をした. 単周波 GPS 受信機を取り付けた台車を図 2 のように, 2 点間(点 P, Q 間)を 5 回往復移動させた. この時, 各点に対応する測位データを判別しやすくするために点 P, Q で台車を約 1 分間静止させた. そして, 点 P, Q で台車を静止させるごとにトータルステーションにより, 2 点間の距離を測定した. また, 実験の様子をビデオカメラで撮影し, 台車の移動, 停止時刻の参照情報とした.

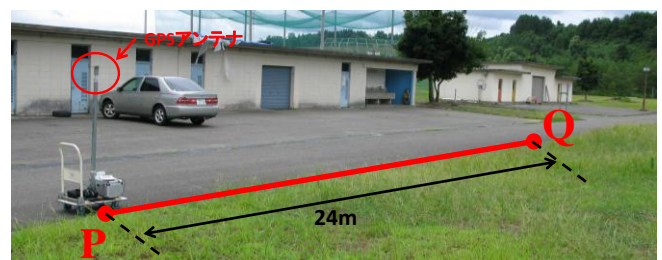


図 2 点 P, Q 間の移動経路模式図

4. 測位解析結果と考察

各測位実験の GPS 受信データから前述した RTKLIB を用いて単独測位, 干渉測位データを算出した. 干渉測位では, 国土地理院が公開している実験地近辺の電子基準点(新潟三島:緯度 37.498, 経度 138.779, 出雲崎:緯度 37.535, 経度 138.706, 小千谷:緯度 37.311, 経度 138.799)を基準局とした. 基準局の座標は, 速報値と確定値がある. 速報値は, 測位から約 2 時間後で取得できる座標値で, 確定値は 2 週間後に取得できる座標値のことである. 測位データは, 電子基準点を原点とした地平座標(E, N, U)へ変換した²⁾. 地平座標の E, N, U 成分はそれぞれ原点からの東西, 南北, 鉛直方向の距離を表している.

4. 1 定点測位実験

この実験では, 静止状態における GPS の測位精度を検討するために, 三角点の座標を基準として GPS 測位座標の平均および標準偏差を算出した. 図 3 に測位結果の一例を, 表 1 に確定値による事後解析処理での平均距離および標準偏差の一例を示す. 表 1 より各基準局で解析した結果, 三角点からの平均距離は, 0.169~0.207m であった. ちなみに, 速報値による平均距離は 0.127~1.099m で, 単独測位による平均距離は 0.280m だった. 単独測位と比較すると, 事後解析処理の測位精度が高いことがわかる. さらに, 確定値を用いると測位精度が向上した. 利用する基準局や座標値によって測位精度が左右しているのは, マルチパスや電子基準点のアンテナの性能が影響している可能性がある.

4. 2 移動体測位実験

この実験では, 2 点間の距離を比較することと移動軌跡の直線性について検討するために, 台車を往復移動させた. 図 4 は, 台車の静止・移動状態を地平座標上で表した模式図である. 台車の点 P, Q における出発・到着時刻を実験の様子を撮影したビデオから判定し, その時刻を基準として静止, 移動区間の区間分けをした. 各区間に対応する測位データを明確にするため, 静止と移動区間の間は 3 秒間空けた. ここで, 静止区間は, 1 分間静止している中の 10 秒間とした. 移動区間は, 台車が点 P, Q 間を移動している状態に対応している.

台車の停止, 移動区間それぞれで測位データの評価を実施するため実験時に撮影したビデオデータから点 P, Q の出発, 到着時間を判定した. しかし, GPS データとビデオ判定結果を照合すると約 15 秒ズレていることが分かった. そこで, 本研究では, ビデオ判定

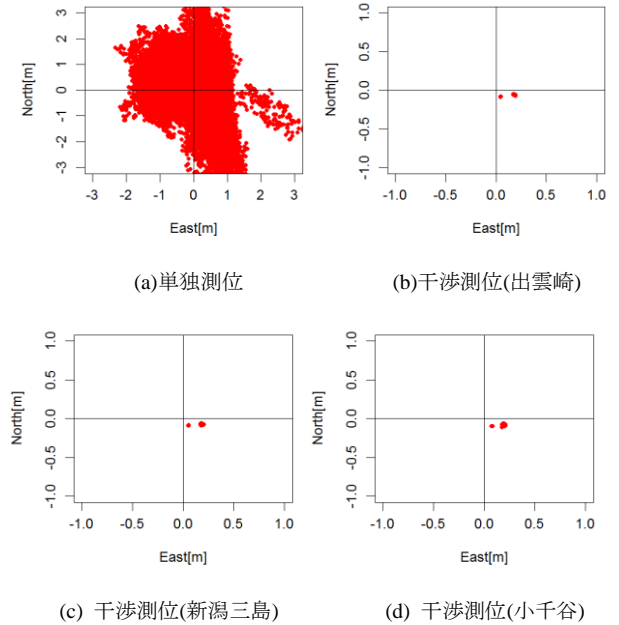


図 3 定点測位実験結果(11月5日)

表 1 測位結果の平均距離と標準偏差 (11月5日)

	出雲崎			新潟三島			小千谷		
	距離	E	N	距離	E	N	距離	E	N
平均	0.193	0.184	-0.059	0.169	0.150	-0.080	0.207	0.190	-0.083
標準偏差	0.010	0.011		0.059	0.007		0.019	0.008	

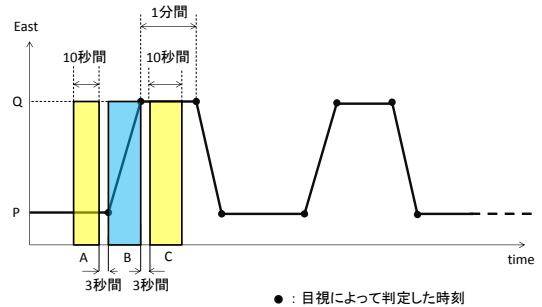


図 4 静止・移動状態を表した模式図

表 2 距離の差分の平均絶対偏差および標準偏差

	トータルステーションとの差分				
	トータルステーション	単独測位	干渉測位	単独測位	干渉測位
平均絶対偏差	24.265	24.152	24.237	0.507	0.035
標準偏差	0.041	0.620	0.054	0.330	0.026

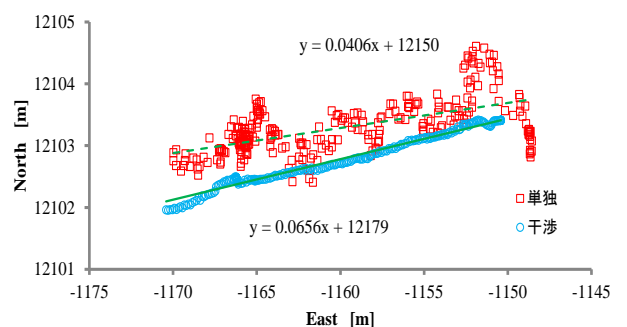


図 5 単独・干渉測位による移動区間の軌跡例

時間を基準に GPS データの時間をシフトさせ、静止、移動区間の GPS データを切り出し、測位データを評価した。

4. 2. 1 二点間距離について

台車の静止区間の測位データを用いて、点 P, Q 間の距離を算出し、GPS による二点間距離の測位性能を評価した。この際、トータルステーションにて計測した二点間距離を基準とした。表 2 に、トータルステーション、単独測位、干渉測位の平均距離、絶対偏差および標準偏差を示す。表 2 より、平均絶対偏差は単独測位、動的干渉測位でそれぞれ 0.507m, 0.035m だった。このことから、事後解析処理を行うことで単独測位よりも測位精度が大きく向上したことが分かる。

4. 2. 2 軌跡解析について

移動区間では、台車は点 P, Q 間を直線的に移動している。そこで、台車の移動軌跡がどの程度、直線状であるか評価した。ここでは、測位点から求められる近似直線と測位点の偏差を算出した。単独、動的干渉測位における台車の移動軌跡を図 5 に例示する。これをみると、単独測位よりも干渉測位結果が近似直線周辺に測位点が散布していることが分かる。近似直線と基準とした測点の RMSE は、単独測位、動的干渉測位でそれぞれ 0.272~0.453m, 0.034~0.066m だった。動的干渉測位の RMSE は単独測位の約 1/8 とばらつきが小さく、事後解析処理の移動軌跡の直線性が高いことがわかる。

4. 2. 3 GPS データの時刻ズレについて

8 月 8 日の移動体測位実験での GPS データの時刻ズレを検討するため、11 月 28 日に大学内の駐車場で同様の実験を行った。ただ、トータルステーションによる 2 点間距離は計測しなかった。

測位データとビデオデータの判定時刻を照合すると約 9 秒のズレが生じていて、時刻ズレが再現された。

しかし、前回の時刻ズレは 15 秒だったが、今回は 9 秒だった。このことから、時刻ズレ量は一様でないといえる。

また、時刻ズレの要因やズレ量については、不明である。

5. まとめ

本研究では、単周波 GPS 受信機と事後解析処理を組み合わせることで、即時性を求めない状況下において、どの程度の測位精度が得られるのかを定点測位実験お

よび移動体測位実験の 2 つの測位結果から検討を行った。

定点測位実験より、単独測位よりも事後解析処理を行うことで測位精度が向上することがわかった。さらに、速報値よりも確定値を用いることでより測位精度が向上する。

移動体測位実験より、二点間距離では、平均絶対偏差を単独と干渉測位で比較すると、干渉測位で精度の向上が望めた。移動軌跡では、RMSE から動的干渉測位の方が単独測位よりも移動軌跡の直線性が高いことが分かった。

以上のことから、単周波 GPS 受信機に事後解析処理を組み合わせることで、測位精度が十数 cm 程度となる可能性が確認できた。

参考文献

- 1) 小白井亮一：わかりやすい GPS 測量，株式会社オーム社，pp.57, 2010
- 2) 福島荘之介，理解するための GPS 測位計算プログラム入門，航空無線，2003，
http://www.enri.go.jp/~fks442/K_MUSEN/1st/1st021118.pdf