

2 周波 GNSS 受信機を活用した面積測量について (林内での精度検証)

関東森林管理局 資源活用課 井上 祥吾

1 林内での GNSS 測量の特徴

GNSS 測量による面積測量は現在主流のポケットコンパスによる測量に比べて、必要時間や作業員の削減が期待できます。しかし、林内での GNSS 測量については、上空の見通しの悪さや地形の複雑さなどで計測条件が悪く、単独測位だと誤差が数十 m になる場合もあることがわかっています。

近年、L1、L2 帯を同時に取得でき、しかも安価な受信機が販売されるようになりました。今回はこの 2 周波 GNSS 受信機を活用し、林内で面積測量した場合にどの程度の誤差精度になるのか検証しました。

2 使用機器

(1) 2 周波 GNSS

RWP：受信機、アンテナ等のセット（図 1）

- ・受信機：DG-PR01RWS（ビズステーション（株））
- ・2 周波同時受信
（GPS QZSS：L1CA/L2C/L1S，GLO:L10F/L20F，GAL E1/E5b，BDS:B1I/B2I）
- ・アンテナ：u-blox ANN-MB-00
- ・重量：約 450g（バッテリー込）
- ・定価：¥89,800（税別 バッテリー等付属品別）



図 1 RWP

(2) 従来型 1 周波 GNSS

MobileMapper50（以下、MM50）：Android 端末受信機（図 2）

- ・1 周波受信機
（GPS QZSS：L1CA，GLO:L1CA，GAL E1，BDS:B1）
- ・価格：約 50 万円（測量支援ソフト込み、平成 30 年度購入時）



図 2 MM50

(3) VRSC

VRSC:CLAS(L6)を受信し、仮想点における観測データ(RTCM)を生成する基準局です。

CLAS が受信可能な箇所ならどこでも基準局が設置可能ですが森林内での CLAS 取得は困難であることがわかっています。

VRSC を基準局として使用した RTK を行うことにより精度を向上させることが期待できます。（Wi-Fi 接続による RTK 通信可能距離 数十 m ※遮断物がない場合）

今回は林道上のトータルステーションによる測量（以下、TS 測量）の基準点測量に使用しました。

3 検証場所

- ・群馬県渋川市赤城町 324 に 2 林小班

- ・スギ 41年生
- ・H30 保育間伐（活用型）実施
- ・南～南東向き斜面
- ・傾斜 0度～30度程度
- ・林内の開空率 10%程度

4 測量手順

- (1) 林道脇に基準点を2点設置し、VRSCを用いたRTKによる測量を3分間実施し、基準点の座標としました。
- (2) (1)で設置した基準点を元にTS測量による閉合トラバース測量により、林内に新点を10点設置しました。
- (3) (2)で設置した新点でRWPによる測量を3分間実施し、最後の1分間はMM50による測量も同時に実施しました。

5 測量結果

(1) VRSCによるRTK

基準点2点間距離 46.025m 光波による測量 44.863m 差 1.16m

(2) TS測量による閉合トラバース測量

閉合差 18mm 閉合比 約 1/12500

(3) RWP、MM50の座標値とTS測量の座標値の比較（RWP、MM50は同時計測の1分平均値）
（表1）のとおり

(4) TS、RWP、MM50の測量面積の比較
（表2）のとおり

(5) RWPの座標値の経過時間による誤差、ばらつきへの影響について

RWPによる3分間の測量を最初の1分間、間の1分間、最後の1分間に分けてTS測量との誤差、ばらつきを比較したところ、明確な差は出ませんでした。

(6) RWPの経過時間による測量面積の比較
（表3）のとおり

表1 座標値比較

測点	RWP				MM50			
	TSとの差			ばらつき 2 DRMS	TSとの差			ばらつき 2 DRMS
	X	Y	$\sqrt{X^2+Y^2}$		X	Y	$\sqrt{X^2+Y^2}$	
1	3.18	-2.40	3.98	0.68	4.83	-0.43	4.85	1.10
2	-2.13	-1.24	2.47	0.95	2.52	-3.53	4.34	3.94
3	-1.86	-4.02	4.43	1.67	6.83	1.30	6.96	2.71
4	-6.71	-1.28	6.83	1.26	-6.85	-1.87	7.10	5.16
5	-4.94	-1.68	5.22	0.94	-1.45	-0.89	1.70	1.19
6	-0.03	-2.78	2.78	2.38	1.98	-4.79	5.18	2.09
7	-0.67	-3.97	4.02	2.76	4.76	-2.98	5.61	2.64
8	-1.20	-2.49	2.76	1.04	-1.47	-4.40	4.64	0.90
9	-1.74	-0.69	1.87	0.58	2.70	-2.74	3.85	1.11
10	-1.53	-0.33	1.56	0.73	0.86	-3.36	3.47	1.90
平均	-1.76	-2.09	3.59	1.30	1.47	-2.37	4.77	2.27

2DRMS: $2\sqrt{\sum(\bar{x} - x_i)^2 + \sum(\bar{y} - y_i)^2}$ \bar{x}, \bar{y} : 観測平均
補足衛星数 RWP: 26~28個 MM50 8~12個

表2 測量面積比較

	面積 (m ²)	誤差率 (%)
TS	1,690	
RWP	1,825	7.99
MM50	1,953	15.56

表3 RWPの経過時間ごとの測量面積比較

	面積 (m ²)	誤差率 (%)
真値	1,690	
0~1分	1,889	11.81
1~2分	1,905	12.74
2~3分	1,825	7.99

6 測量結果考察

RWP と MM50 を比較すると、誤差、ばらつき、面積全てで RWP のほうがよい結果となりました。

RWP の経過時間による誤差、ばらつきについては明確な差は出ませんでした。面積については最後の 1 分間の結果での面積が一番誤差が少ない結果となりました。

あくまでも 1 箇所での結果ですので、今後検証を積み重ね、測量にかかる時間と測量精度を加味し最適な測量方法を検討する必要があります。

7 面積精度の検証

面積誤差率を考えたとき、測量する面積が大きい方が面積誤差率は小さくなります。測量誤差が、今回測量したばらつき（分散）で正規分布の確率で発現することを想定し（図 3）、机上での面積計算をします。今回の測量で X 座標、Y 座標の不偏分散をそれぞれ S_x 、 S_y とすると $S_x = 7.118$ 、 $S_y = 1.830$ となり、安全側を採用して $S_x = S_y = 7.118$ とします。

3 種類の形状、計測間隔を想定し、上記分散値、平均誤差 (0, 0) の正規分布として各測点での計測値を疑似乱数により発生させ、座標法による計算をそれぞれ 1 万回実施し（モンテカルロ法）面積誤差率を比較しました。

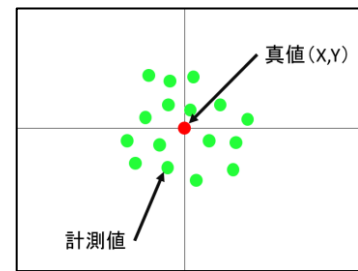


図 3 真値と計測値の関係

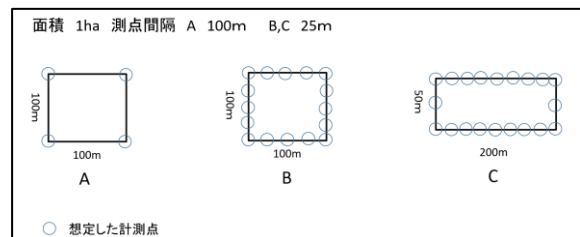


図 4 想定する形状、計測間隔

8 面積精度の検証結果

それぞれ 1 万回面積計算し、その結果を面積の大きいものから順番に並び変えたときの、上、下位 2.5% の面積、面積誤差率を表したものが（表 4）です。これにより測量結果の 95% の確率に収まる面積誤差率がわかります。

A、B の結果を比較すると、計測間隔を短いほうが面積誤差率が小さいことがわかります。B、C の結果を比較すると、ある程度形状が変化しても面積誤差率への影響は少ないことがわかります。また、今回実施した 2 周波 GNSS 測量のばらつき結果の場合で、1ha の面積を 25m 間隔で測量した場合、およそ 95% の確率で面積誤差が ± 5 に収まる結果となりました。

表 4 面積精度の結果

	面積 (m ²)			誤差率 (%)	
	平均	上位 2.5%	下位 2.5%	+	-
A	10,007	10,755	9,267	7.39	-7.47
B	9,996	10,504	9,511	4.85	-5.08
C	10,003	10,510	9,492	5.11	-5.07

9 まとめと今後の課題

今回の検証では 2 周波 GNSS と従来型の 1 周波 GNSS を比較し、2 周波 GNSS が精度よく測量ができていることが示され、2 周波 GNSS での面積測量による面積精度についての目安を示しました。今後は、測量の条件を変えるなどし、さらなる検証を進めていき

たいと考えています。

また、VRSCについても活用が期待されるため、精度検証や活用の可能性の検証をしていきたいと考えています。

10 参考文献

- (1)平成 30 年度「国有林における収獲調査等の効率化手法実践体制構築委託事業」報告書（林野庁 2019）
- (2) GNSS 測量で得られた面積の精度評価指標（松岡真如ら 2018）