

参 考 文 献

- 井貝紀幸 (2021) 森林内における R TK 法-GNSS 測量の水平誤差及びその低減に向けた受信機設定の検討. 日本森林学誌 103:395-400
- 小林裕之ら (2022) 低コスト GNSS 受信機による森林内での測位正確度の検証. 日本森林学会誌 104:1-9
- 国土地理院 (2020a) マルチ GNSS 測量マニュアル (案) 国土地理院技術資料 G1-No.18
- 国土地理院 (2020b) マルチ GNSS 測量マニュアル (案) 近代化 GPS、Galileo 等の活用. 解説
- 国土地理院ホームページ. GNSS を活用した測量のいろいろ. (2023 年 2 月 10 日閲覧)
- 国土地理院ホームページ. セミ・ダイナミック補正. (2023 年 2 月 10 日閲覧)
- 国土地理院ホームページ. ジオイドとは. (2023 年 2 月 10 日閲覧)
- 内閣府ホームページ みちびき (準天頂衛星システム). (2023 年 2 月 10 日閲覧)
- 大島愛彦 (2021) 岐阜県における森林の測量・計測技術の普及に向けた取組. 森林技術 948
- 林野庁 (2018) 「国有林における収穫調査等の効率化手法実践体制構築委託事業」報告.
- 林野庁北海道森林管理局十勝東部森林管理署 QGIS 参考マニュアル
- 松井尊大ら (2016) GNSS 受信機を用いた収穫調査の周囲測量についての考察. 東北森林管理局森林林業技術交流発表会.
- 松岡真如ら (2018) GNSS 測量で得られた面積の精度評価指標. 日本森林学誌 100:193-20

(本事業で使用した GNSS 受信機説明書等)

- | | |
|----------------|----------------------------|
| ・ ビズステーション株式会社 | Drogger GPS アプリガイド |
| ・ 株式会社竹谷商事 | TK-1 LT 操作説明書 |
| ・ 株式会社ギョロマン | 高精度 GNSS GG-2/GG-2LT 操作ガイド |
| ・ 株式会社コア | Cohac∞10 取扱説明書 |
| ・ 合同会社 JPS | GNSS 受信機設定アプリ 操作説明書 |

用 語 説 明

GNSS 全球測位衛星システム 衛星測位システム	Global Navigation Satellite System 元々は航空機・船舶等の航法支援用に開発されたシステムで GPS 衛星、地上管制局、利用者の受信機で構成される。利用者は 4 機以上の GPS 衛星からの距離を同時に知ることにより位置等を得ることができる。 注：6 軌道面に衛星を 30 個配置すると地球の全域をカバー可。
GPS 全地球測位システム 衛星測位システム	Global Positioning System 米国国防総省が開発した人工衛星を利用した位置測定システムで、GNSS の一つ。航空機・船舶、地上の車両等の受信者に三次元位置を与えるために使用される。 注：日本では初期から GPS を利用していたため、衛星測位システム全般を指してよぶことが多い。
QZSS 準天頂衛星システム	Quasi-zenith Satellite System 地域航法衛星システムであり、地上から高仰角で観測できる準天頂衛星を常に 1 機は見通せることができるようにするもの。日本は、H22 年に実証のための初号機みちびき (QZS-1)を打ち上げ、H29 年に 3 機を追加し、H30 年から 4 機体制でシステム運用を開始している(注：2023 年は 7 機体制となる予定)。 QZS は GNSS と併用して用いられる。
GIS 地理情報システム	Geographic Information System 地理空間情報(地点や区域の位置情報等)を管理・利用するシステム。
トータルステーション	トータルステーションとは、水平角と鉛直角を計測する経緯儀という器械に、測距儀の機能が内蔵された測量器械。
単独測位	GNSS 衛星から送信される衛星の位置や時刻などの情報を 1 台で受信し、4 個以上の衛星から観測点の位置を決定するもの。誤差は約 10m 程度とされる。
SBAS 衛星航法補強システム	Satellite-Based Augmentation System GNSS の性能向上のためのシステムで、静止衛星の補助信号を用いて GPS などの衛星測位システムによる測位の誤差が補正される。誤差は上空が開けた場所でサブメータ級。
CLAS センチメータ級測位補強サービス	Centimeter Level Augmentation Service 電子基準点のデータを利用して補正情報を計算し、測位補強情報を準天頂衛星みちびきから送信するもので、誤差は上空が開けた場所でセンチメータ級。
RTK	Real Time Kinematic 移動する GNSS 受信機「移動局」と、事前に位置の分かっている GNSS 受信機「基準局」を無線又はインターネットで繋ぎ、移

	動局において衛星からの信号と基準局からの信号をリアルタイムで解析して観測点の計測精度を高める方式。
PDOP	位置精度劣化度。衛星配置の偏りを指数化。値が小さいほど良好な衛星配置であるとされる。
2 DRMS	平均座標との距離を二乗して平方根をとった値が DRMS で、半径が 2DRMS の円内に位置座標の約 95%が収まるとされる。値が小さいほど位置座標の揺れが小さいことを示す。
QGIS	QGIS（キュージーアイエス、旧称:Quantum GIS）は、地理空間情報データの閲覧、編集、分析機能を有する無償の GIS ソフト。
CRS 座標参照系	Coordinate Reference System GIS 上で位置を表すための座標参照系には「地理座標系」と「投影座標系」の 2 種類がある。地理座標系は地球を球体とみなし緯度経度で位置を表す。投影座標系は地球の狭い範囲の一部を平面へ投影し、ある原点からの X 方向と Y 方向の距離で位置を表す。投影後のデータは、GIS 上でより正確な距離や面積、角度を測ることができる。
WGS84	World Geodetic System（世界測地系）1984 の略語。 WGS84 は、米国が構築・維持している世界測地系（地理座標系）であり、緯度、経度、高さにより地球楕円体上の 3 次元の位置を示す。GNSS 測位のデータは基本的には WGS84。
JGD2011 ○○系	世界測地系の日本付近を投影した平面で位置を表すための投影座標系。GIS 上で JGD2011○○系に投影した GNSS 計測データから、より正確な距離や面積、角度を測ることができる。
レイヤ	GIS 上で表示する地図などの層。
ベクタ	複数の点の位置とそれを繋いだ線、色、カーブなどを数値データとして記憶し画像を再現するデータ形式。ポリゴンなど。
ラスタ	1pixel の点が縦横と格子状に並び構成されたデータをラスタ形式という。写真や地図など。
ジオメトリ	空間的な特徴を表すポイント、ライン、ポリゴンは一般的にジオメトリと呼ばれている。
ポリゴン	線で囲まれた多角形の面データのこと。
ジオリファレンス	スキャンした地図等の画像を GIS に取り込んで、地形図等と対比しながら画像に位置情報を付与すること。

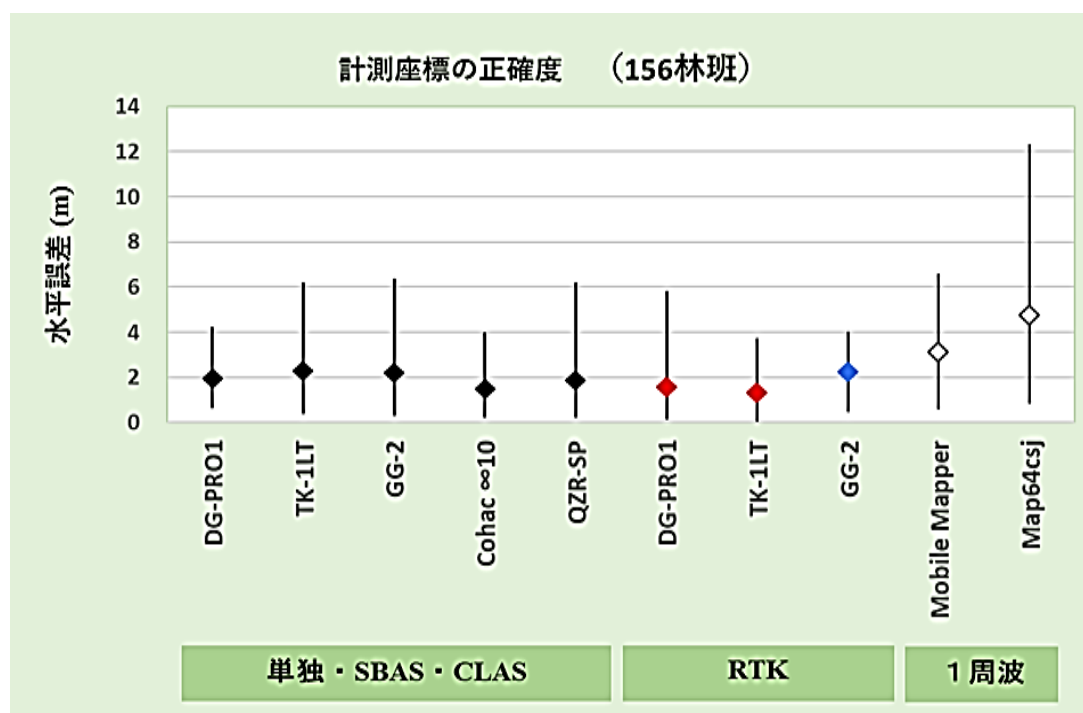
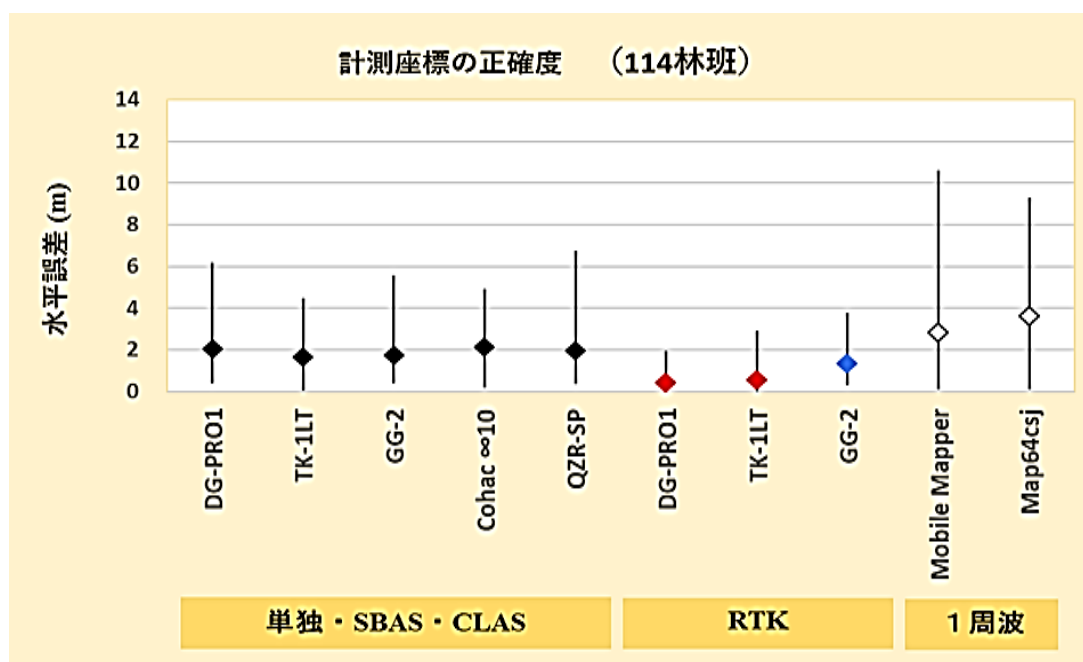
(参考1) 高精度GNSSの計測精度の例 (平地、三角点)

計測座標の正確度						
						(単位: m)
機 種	平地の三角点における計測座標の誤差					
	通常計測 (約10秒間)			連続計測平均座標 (約5分間)		
① 2周波GNSS						
DG-PRO1RWS		0.63			0.23	
② CLAS対応GNSS						
QZR-SP		0.04			0.04	

(参考2) 森林内でのGNSS計測精度の例

GNSSは、上空が十分に開けていなかったり、電波を反射する障害物がある場所では精度が低くなる。山地の森林内は上空が樹木で覆われ、樹木や地形による反射波等で平地より誤差が大きくなりやすい。

計測座標の正確度 (TS計測値との水平誤差)						
						(単位: m)
	114林班			156林班		
	最 小	最 大	平 均	最 小	最 大	平 均
① 単独測位・SBAS・CLAS						
DG-PRO1RWS	0.422	6.202	2.037	0.607	4.252	1.941
TK-1LT	0.050	4.473	1.658	0.355	6.213	2.265
GG-2	0.387	5.583	1.755	0.273	6.359	2.208
Cohac ∞10	0.197	4.910	2.115	0.194	3.985	1.488
QZR-SP	0.346	6.734	1.935	0.216	6.189	1.883
② ネットワーク型RTK						
DG-PRO1RWS	0.009	1.918	0.413	0.141	5.822	1.563
TK-1LT	0.014	2.899	0.522	0.038	3.751	1.279
③ 無線RTK						
GG-2	0.331	3.778	1.309	0.478	4.041	2.204
(比較用) 1周波GNSS						
モバイルマッパー50	0.106	10.585	2.797	0.596	6.571	3.104
Map64csj	0.116	9.309	3.602	0.819	12.347	4.755

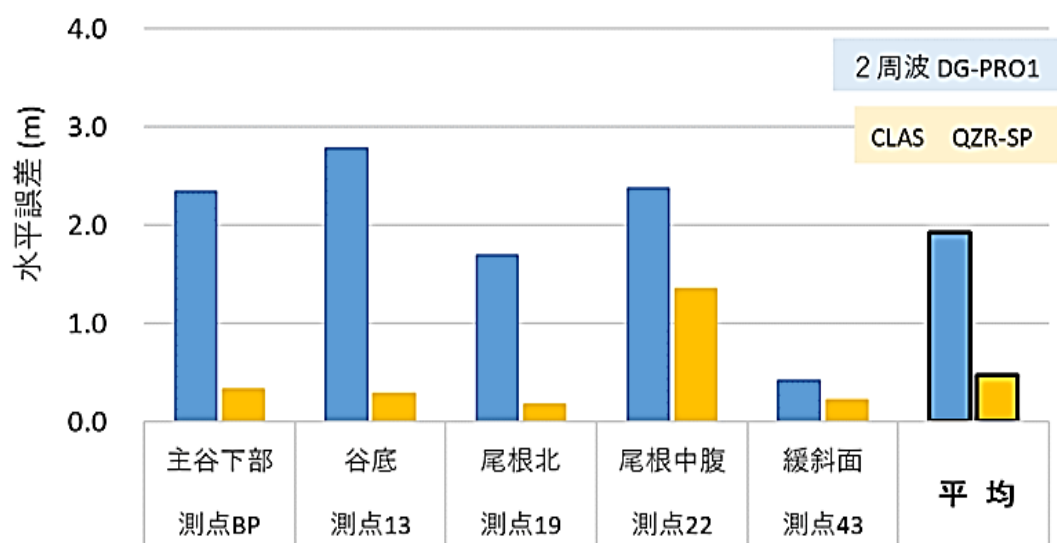


計測座標の最小値と最大値の幅（線）と平均値（ひし形）

計測方法：測点到着1分後から計測をはじめ、約10秒間の平均座標を取得、トータルステーション（TS）計測座標と対比した。

(参考3) 森林内5分連続計測による平均座標の正確度の例

平均座標の正確度 (TS計測値との水平誤差)					
機 種	平均座標の水平誤差				
	測点BP	測点13	測点19	測点22	測点43
	主谷下部	谷底	尾根北	尾根中腹	緩斜面
2周波GNSS DG-PRO1RWS	2.34	2.78	1.69	2.38	0.42
CLAS対応GNSS QZR-SP	0.33	0.28	0.18	1.35	0.22
【平均座標の水平誤差】 5分間の計測値 (NMEA) の平均座標とTS座標との距離を算出					

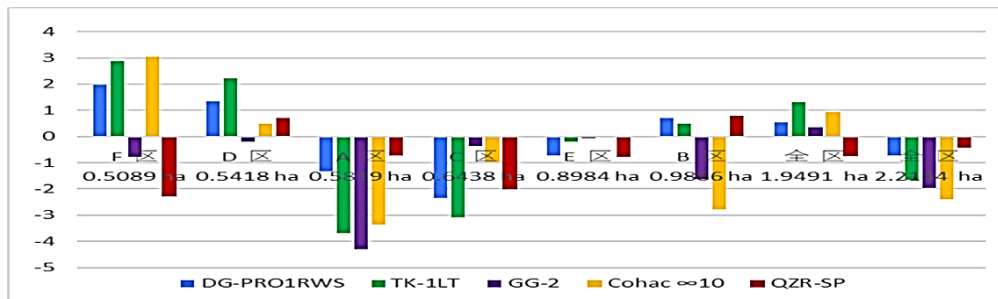


※CLAS 対応機種では、連続計測した平均座標で精度の向上が見られた。

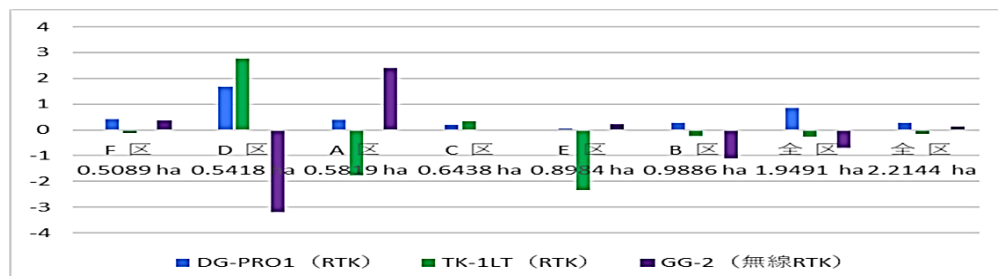
(参考4) 森林内での計測面積の正確度の例

計測面積の正確度 (TS計測面積との比率)								
	(単位: %)							
	114林班				156林班			
	全 区	A区	B区	C区	全 区	D区	E区	F区
	2.21ha	0.58 ha	0.99 ha	0.64 ha	1.95 ha	0.54 ha	0.90 ha	0.51 ha
①単独測位・SBAS・CLAS								
DG-PRO1RWS	99.28	98.67	100.71	97.64	100.55	101.33	99.28	101.97
TK-1LT	98.35	96.31	100.48	96.92	101.32	102.21	99.80	102.87
GG-2	98.04	95.69	98.38	99.63	100.34	99.80	99.94	99.23
Cohac ∞10	97.59	96.63	97.22	99.03	100.93	100.48	100.00	103.05
QZR-SP	99.58	99.27	100.80	98.00	99.24	100.70	99.21	97.70
②無線RTK								
GG-2	100.13	102.41	98.90	99.97	99.31	96.81	100.22	100.35
③ネットワーク型RTK								
DG-PRO1RWS	100.28	100.39	100.28	100.19	100.85	101.68	100.03	100.41
TK-1LT	99.86	98.24	99.76	100.32	99.72	102.77	97.65	99.86

【単独測位・SBAS・CLAS】



【ネットワーク型RTK 無線RTK】



GNSS計測面積の誤差率の例 (TS計測面積を真値と仮定)

令和 4 年度収穫調査へのリモートセンシング技術の導入検証等委託事業
収穫調査における高精度 GNSS 活用の手引き

令和 5 年 3 月

業務受託 一般財団法人 日本森林林業振興会
〒112-0004 東京都文京区後楽 1-7-12
TEL : 03-3816-2471
担当 : 中村 毅