

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

林野庁



## 目 次

1 高精度 GNSS の概要 .....	1
1-1 高精度 GNSS とは .....	1
1-2 森林内で用いる主な測位方式 .....	2
(1) 単独測位・SBAS・CLAS .....	2
(2) 無線 RTK 法 .....	3
(3) ネットワーク型 RTK 法 .....	3
1-3 測位方式と通信環境 .....	4
(1) インターネット通信圏外 .....	4
(2) インターネット通信圏内 .....	4
2 GNSS 計測の実際 .....	5
2-1 事前の確認と準備 .....	5
(1) Google Earth 等による区域、地形、林相等の確認 .....	5
(2) インターネット環境、高精度位置情報サービス等の利用可否を確認 .....	5
(3) 測位方式の決定と携行機器の確認 .....	5
(4) 測位方式選定に際しての留意事項 .....	6
(5) 測点の設定 .....	6
2-2 各測位方式に共通する計測手順 .....	7
(1) 計測機器のセットアップ .....	7
(2) 各測点での計測手順 .....	9
2-3 GNSS 受信機による測位とデータ取得の留意事項 .....	10
(1) 2 m ポール等の活用 .....	10
(2) 経路等の画面表示 .....	10
(3) 計測座標の揺れ .....	10
(4) PDOP、2DRMS などの指標 .....	10
(5) 衛星数と取得データ数 .....	10
2-4 各測位方式の計測手順の概要 .....	11
(1) 単独測位・SBAS・CLAS .....	11
(2) 無線 RTK 法 .....	12
(3) ネットワーク型 RTK 法 .....	13

2-5 GNSS 計測の関連情報 .....	14
(1) 測位座標の今期と元期 .....	14
(2) 標高、楕円体高、ジオイド高 .....	16
3 測位データの処理と活用 .....	17
3-1 データ形式別の GIS 取込方法と面積計測 .....	17
(1) シェープファイル (.shp) の取込手順 .....	17
(2) GPX ファイル (.gpx) の取込手順 .....	22
(3) CSV ファイル (.csv) の取込手順 .....	26
(4) 複数回計測した測点データの整理 .....	28
(5) 位置ずれや歪みがないことの確認 .....	29
(6) 実測図等の作成 .....	32
参 考 文 献 .....	37
用 語 説 明 .....	38
巻 末 資 料 実証事業結果 .....	40

# 1 高精度 GNSS の概要

## 1-1 高精度 GNSS とは

2018 年 11 月、みちびき（準天頂衛星システム、Quasi-Zenith Satellite System: **QZSS**）による高精度な測位信号の送信サービスが開始された。みちびきから送られる複数周波の信号（L1,L2）を受信することで信号が電離層を通過する際の誤差を補正し、測位補強信号にも対応した **2 周波 GNSS 受信機** が市販されるようになった。上空が開けた場所ではサブメートル級（誤差 1m 未満）の精度が期待され、造林地の計測などで使用され始めている。

2020 年 11 月末に国内の電子基準点からの補正信号を「みちびき」で送信（L6）する **センチメートル級測位補強サービス（CLAS）** の本格運用が開始。これに対応する **CLAS 対応 GNSS 受信機** が登場し、一部は市販されている。CLAS の利用により、山地の通信圏外であっても、上空が十分開けた場所では測位精度が飛躍的に向上すると期待されている。

他方、GNSS 受信機による測位は、上空が十分に開けていない場所や電波を反射する障害物がある場所では、誤差が大きくなりやすい。山地の森林内は、樹木や地形による開空率の減少や電波の反射など、制約が少なくない。



図 1-1 検証に用いた高精度 GNSS 受信機  
右から 2 周波 GNSS 受信機  
（DG-PRO1RWS、TK-1LT、GG-2）  
左から CLAS 対応 GNSS 受信機  
（QZR-SP、Cohac∞10）

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（以下「実証事業」という。）において、2 周波 GNSS 受信機や CLAS 対応 GNSS 受信機を用いて山地の森林内で測位精度の検証を行った。その結果、従来の 1 周波 GNSS 受信機に比べて精度の向上が明らかとなった（巻末資料）。これらの機器を適切に用いることができれば、収穫調査の周囲実測に十分活用できると考えられる。



図 1-2 高精度 GNSS 受信機による計測

- \*1 **GNSS**（Global Navigation Satellite System / 全球測位衛星システム）：米国の GPS、日本の準天頂衛星（QZSS）、ロシアの GLONASS、欧州連合の Galileo 等の衛星測位システムの総称
- \*2 **GPS**（Global Positioning System）：航空機や船舶の航法支援用として米国で開発されたシステム。上空約 2 万 km を周回する GPS 衛星（6 軌道面に 30 個配置）、GPS 衛星の追跡と管制を行う管制局、測位を行うための利用者の受信機で構成される。GPS 衛星からの距離は、GPS 衛星から発信された電波が受信機に到達するまでの所要時間から求める。衛星からの電波には、衛星の軌道情報・原子時計の正確な時間情報などが含まれる。

## 1-2 森林内で用いる主な測位方式

### (1) 単独測位・SBAS・CLAS

- 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**：Satellite-Based Augmentation System（衛星航法補強システム）。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**：Centimeter Level Augmentation Service（センチメータ級測位補強サービス）。国土地理院が全国に整備している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。

#### ① 単独測位～SBAS（2 周波 GNSS 受信機等）

2 周波 GNSS 受信機で測位を行うと、単独測位から SBAS へと自動的に移行する。SBAS (Satellite-Based Augmentation System) は静止衛星の補強信号を用いて測位誤差を補正するシステムの総称であり、既知点の座標の測位誤差から観測点の測位座標の誤差を補正する方法（DGPS 測位）のひとつである。

#### ② 単独測位～SBAS～CLAS（CLAS 対応 GNSS 受信機）

CLAS 対応 GNSS 受信機で測位を行うと、観測条件に応じて自動的に、単独測位から SBAS、SBAS から CLAS へ移行する。CLAS（Centimeter Level Augmentation Service）とは、日本の「センチメータ級測位補強サービス」のことである。国内電子基準点からの補正情報を準天頂衛星「みちびき」から送信することで、上空が開けた場所での精度はセンチメータ級を実現している。

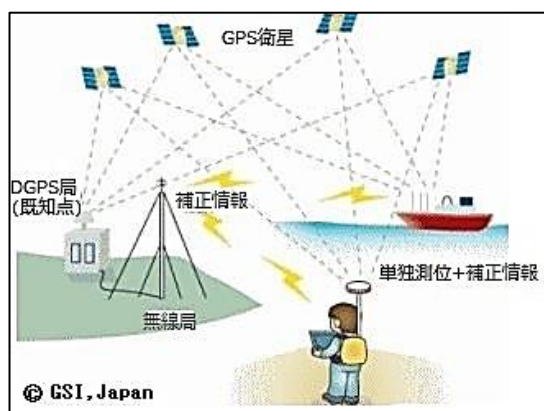


図 1-3 DGPS 測位の概念図

出典：“GNSS を使用した測量のいろいろ”  
(国土地理院)

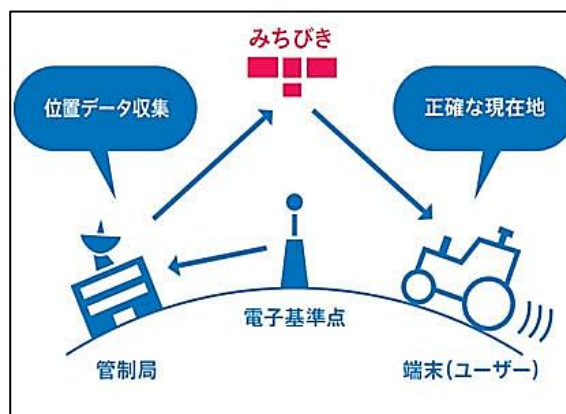


図 1-4 CLAS の概念図

出典：みちびき（準天頂衛星システム）  
(内閣府)

## (2) 無線 RTK 法

RTK (Real Time Kinematic リアルタイムキネマティック) 法とは、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である。

無線 RTK 法は、移動局と基準局を無線(例：920MHZ、250mW、林内で約 500m 到達)で繋いで精度向上を図る方式であり、無線に対応する GNSS 受信機を用いる必要がある。

なお、出力に応じて、基準局用受信機を総務省地方総合通信局で「無線局登録」を行い、電波利用料(例：400 円／年)を納める必要がある。

## (3) ネットワーク型 RTK 法

ネットワーク型 RTK 法とは、最寄りの電子基準点の測位情報を用いた補正情報をインターネット（有料の配信サービス）を通じて受信し、GNSS 受信機（移動局）で計測する測位情報の精度の向上を図る方式である。この方式はインターネット圏内での利用が前提となる。

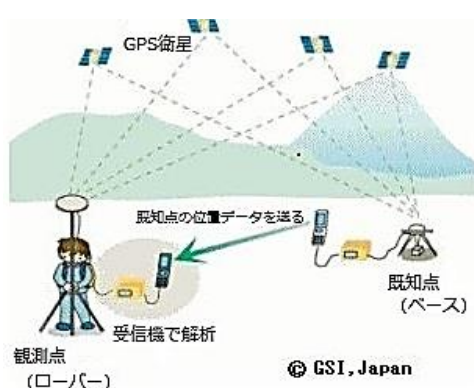


図 1-5 無線 RTK 法

出典：国土地理院”GNSS を使用した測量のいろいろ”

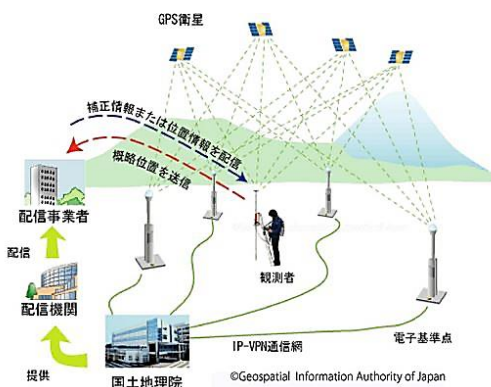


図 1-6 ネットワーク型 RTK 法

出典：国土地理院”GNSS を使用した測量のいろいろ”

### 補足説明

- 無線 RTK 法は、測りたい観測点（移動局）のほかに位置のわかっている基準局を必要とする測位方式で、移動局と基準局の位置情報を無線によりリアルタイムで取得して移動局の測位を行う。
- ネットワーク型 RTK 法は、位置情報サービス事業者が国土地理院の基準点から求めて配信する補正データをインターネットで受信して測位を行う方式である。基準局の設置が不要である。
- 一般に、RTK 法は衛星数が多いほど精度が良く、谷間などよりも上空の開けた場所が良い。

(出典：国土交通省九州地方整備局 HP を改変)

## 1-3 測位方式と通信環境

調査対象地では、その地形条件や対象林分の林況（樹高、林分密度、微地形、樹種構成等）などによって、衛星信号の受信状況やインターネット通信環境が異なる。したがって、GNSS による計測に際しては、調査地の条件に応じて、適切な測位方式を選択する。

### （１）インターネット通信圏外

#### ① 単独測位・SBAS・CLAS

- ・通信圏外でも実行可能な測位方式であり、山地森林における基本的な方法である。
- ・2周波 GNSS では単独測位～SBAS へ、CLAS 対応 GNSS では単独測位～SBAS～CLAS へと自動的に移行。
- ・CLAS 対応 GNSS では、通常の計測方法（例：10 回平均座標を取得）のほか、数分間の連続計測で平均座標を取得して、さらに精度を高める方法が考えられる（巻末資料の参考 3 を参照）。

#### ② 無線 RTK 法

- ・無線通信に対応した機種であればインターネット圏外でも可能。基準局と移動局の 2 機で実施する。
- ・森林内での無線到達距離は無線出力の大きさによって異なる。公称値が 500m 到達でも尾根越しになると届かない場合もあるが、自動で SBAS に移行して計測を継続できる。常時、無線 RTK 法による計測を継続したい場合は、基準局を計測地を見通せる尾根の上または反対斜面などに設置しておく必要がある。

### （２）インターネット通信圏内

#### ① ネットワーク型 RTK 法

- ・インターネット通信圏内であって位置情報サービスの提供エリア内で実施できる。
- ・計測途中でインターネットが不調になっても自動で SBAS に移行し、計測を継続できる。

表 1-2 測位方式と対応機種の例

機種名	機能の特性	インターネット通信圏外		インターネット通信圏内
		単独測位・SBAS・CLAS	無線RTK	ネットワーク型RTK
DG-PRO1 RWS	2周波GNSS	○		○
TK-1LT	2周波GNSS	○		○
GG-2	2周波GNSS	○	○	○
Cohac ∞ Ten	CLAS対応GNSS	○		○
QZR-SP	CLAS対応GNSS	○		○

注：実証事業で使用した検証機種を例示した。

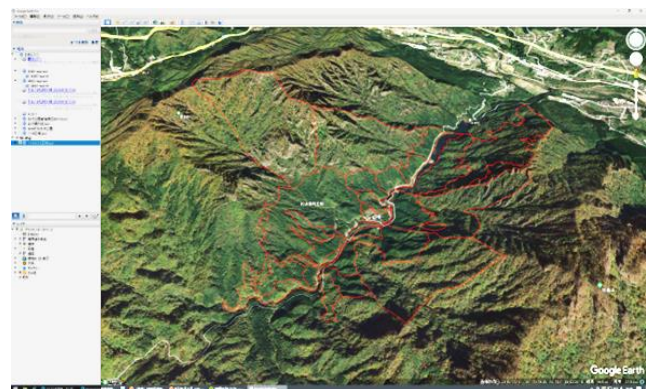
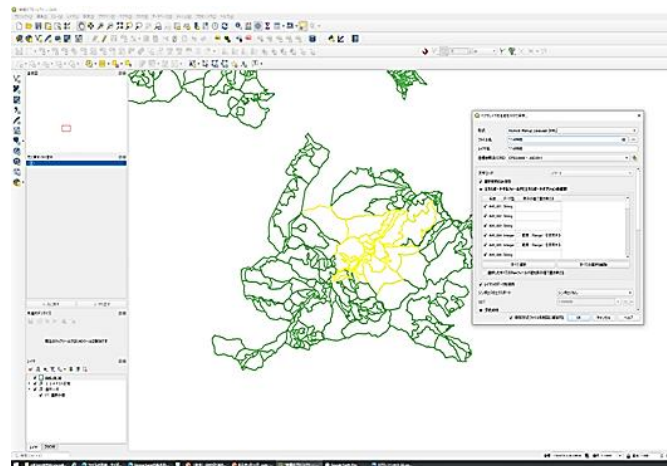


## 2 GNSS 計測の実際

### 2-1 事前の確認と準備

#### (1) Google Earth 等による区域、地形、林相等の確認

- ① 「国土数値情報ダウンロードサービス」等から林小班界データ（国有林野）を取得。
- ② QGIS に取り込み、「編集」→「選択」→「地物を選択」等で対象小班を選択する。
- ③ 「レイヤ」→「名前を付けて保存」→KML 形式を選び、ファイル名を記入、選択地物のみ保存にチェックし「OK」をクリック。
- ④ 保存された KML ファイルを開いて画像から対象区域と地形、林相等を確認する。



- ⑤ 対象区域の外周が深い谷で多く占められるような場合は、GNSS 以外の方法（次頁（4）③参照）も検討する。

#### (2) インターネット環境、高精度位置情報サービス等の利用可否を確認

- ① 携帯電話会社等の通信エリア図から調査予定地のインターネット環境を調べる。
- ② 契約している高精度位置情報の配信サービスのエリア図で配信サービスの利用の可否を調べる。

#### (3) 測位方式の決定と携行機器の確認

調査区域の条件等を確認して測位方式を決定し、GNSS 計測のための携行機器を確認する。

① 単独測位・SBAS・CLAS

GNSS 受信機、アンテナ、携帯端末、バッテリー（予備含む）、2 m ポール等。

② 無線 RTK 法

①に加えて、基準局用の GNSS 受信機、三脚。

③ ネットワーク型 RTK 法

①に加えて、契約しているサービスのホスト（IP アドレス）、ポート番号、ユーザ名、パスワード、マウントポイントの控え。

#### （４）測位方式選定に際しての留意事項

① GNSS 計測では、小面積や細長い区域では面積の誤差率が大きくなる場合がある（例：3～4%等）。このため、座標の揺れや指標値が小さくなっていることを確認しながら計測する、測点をこまめにとる等に留意する。

② 標準地調査法の場合は調査結果を全林に面積倍率で拡大することから、標準地面積の計測精度には特に注意。精度を高める測位方法として以下も検討する。

- ・ RTK 法を実施する。

- ・ CLAS で 3～4 分連続計測して平均座標を求める。

③ 林況等により GNSS 以外の計測方法も検討する。

- ・ 地上レーザ計測を用いた標準地調査（標本ライン調査）では、標準地の区域実測が不要である（レーザ計測データから PC 上で区域を設定し正確な面積を計測できるため）。

- ・ コンパス測量等の実施。

#### （５）測点の設定

① 測点は、立木に接近し過ぎない場所で、上空が見通せることなどを確認して設置する。（立木の根元付近では、上空を枝葉で覆われやすい）

② 測点の設置間隔は、一般的には 20～30m 間隔で、地形の変化点（尾根や谷など）にも設置する。ただし、区域面積が比較的狭い、区域形状が細長い、地形変化が大きいなどの場合は、必要に応じて設置間隔を狭く（10 数 m 程度）設置する。

③ 測点には測量杭を設置し、後日、確認できるようにする。

注）杭が目立つように蛍光オレンジ等のテープを巻くと、野生動物により亡失することがある（写真）



## 2-2 各測位方式に共通する計測手順

### (1) 計測機器のセットアップ

- ① 衛星信号が確実に受信できる上空が開けた場所で、GNSS 受信機を起動し、携帯端末とのペアリングを行う。接続方法は機種で異なるがアプリで接続する又は Bluetooth や Wi-Fi で接続する。

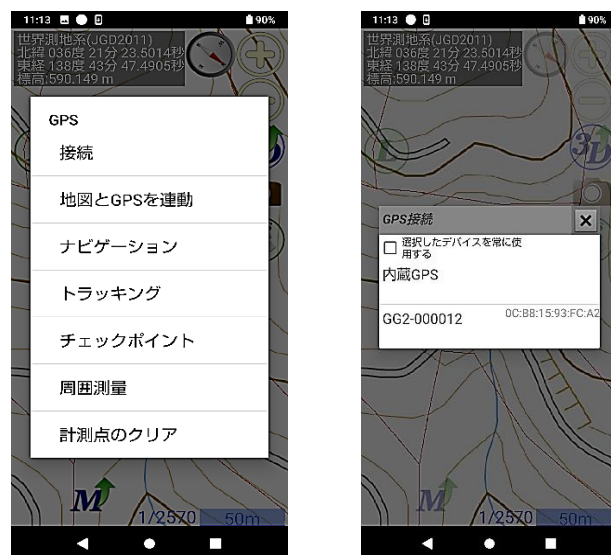


図 2-1 GNSS 機器セットアップ時の表示画面（例）  
起動時の接続画面の一例を示した。具体的には各機種の操作マニュアルで確認すること。



図 2-2 計測機器のセットアップ作業

調査地での計測前に、受信環境の良好な開けた場所で、GNSS 受信機の起動等、受信状況の確認を入念に行う。

- ② 受信状況を十分確認し、適切な測位方式を選択するほか、表示する測地系の設定、現在地の座標、衛星受信状況や衛星配置等の表示を確認する。

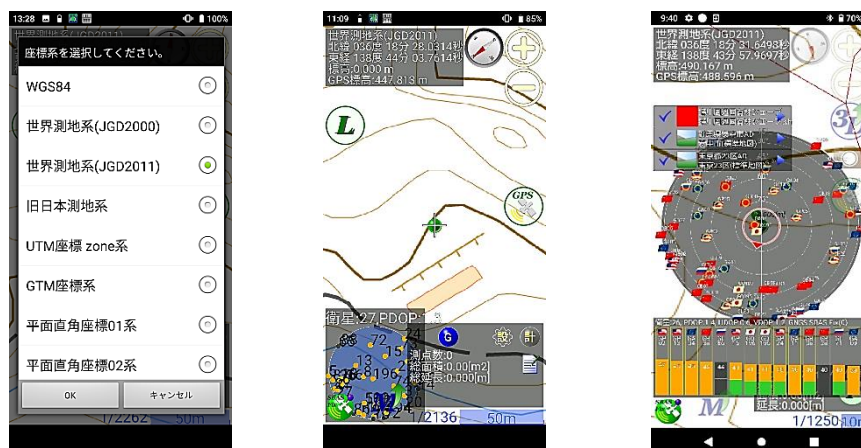


図 2-3 GNSS 機器セットアップ時の表示画面（例）  
起動時の設定方法や各種表示画面の一例を示した。  
具体的には各機種種の操作マニュアルで確認すること。

- ③ 携帯端末のアプリで計測方法の設定を行う。ポイントデータの取得回数（〇〇回平均値）等を入力する



図 2-4 GNSS 機器セットアップ時の表示画面（例）  
測点計測（チェックポイント）を選択し取得回数を 10 に  
設定した例。各機種種の操作マニュアルで確認すること。

## 補足説明

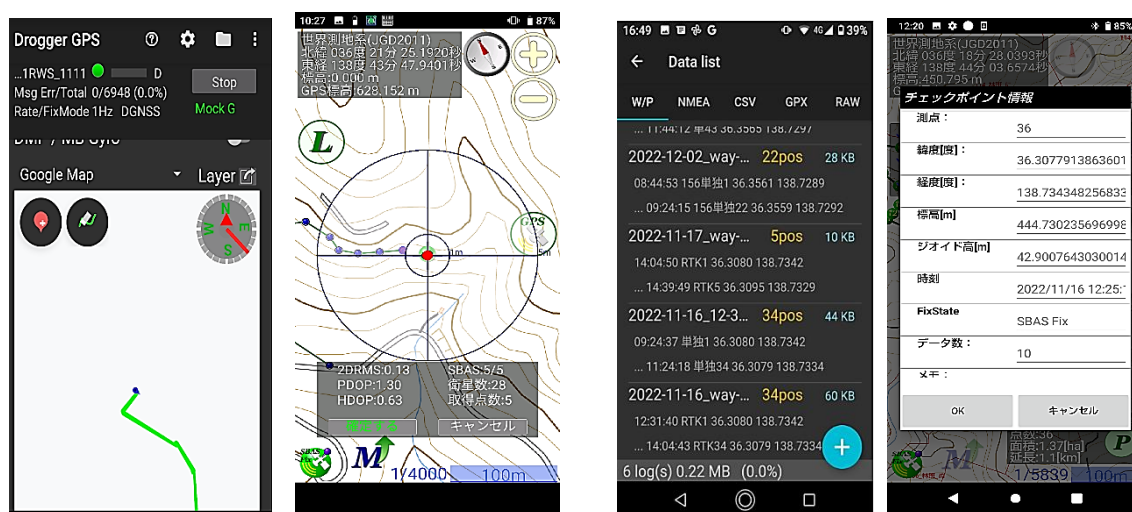
- 取得回数を 10 に設定する：通常、RTK 法による 3～4 級基準点測量では、1 秒ごとに連続取得した 10 秒間で得られる 10 データ（10 エポックという）の平均値を利用する。このため、本マニュアルでも 10 秒間以上、10 エポック以上の平均値を利用することを推奨する。



## (2) 各測点での計測手順

GNSS 機器によって、携帯端末の表示内容や計測設定方法が異なるが、実証事業で行った計測方法の基本的な手順は以下のとおりである。

- ① 電源を入れたまま測点に移動し、測点に到着してから約 1 分経過後に計測を開始する。(以後、繰り返し)。
- ② 測点で計測する際は、携帯端末の表示画面（座標の揺らぎ、移動経路等）を確認して、安定した計測値となるよう留意する。
- ③ 安定した計測値が得られると判断されたら、10 秒以上かつ 10 回計測以上の平均座標値を取得して保存する。平均座標値を得るためのデータの取得回数の設定方法は、機種ごとに確認しておく。
- ④ 計測したデータを保存する。測点番号は、最初の測点を入力すれば、以後、自動更新される機種が多い。



経路の表示例

データ保存画面の例

図 2-5 GNSS 機器の表示画面（例）

## 2-3 GNSS 受信機による測位とデータ取得の留意事項

### (1) 2 m ポール等の活用

GNSS 受信機のアンテナはポール先端に設置し、計測者の影を避ける。

### (2) 経路等の画面表示

画面上で計測した経路が表示される場合は、実際の移動経路と合致しているか確認する。直進したのに計測した測点の経路が曲がった場合等はその測点を再計測する。

### (3) 計測座標の揺れ

受信機に表示される位置座標が安定していることを確認する。受信状況が良好でない場合など、計測中の位置座標の「揺れ」が大きい状況では、計測せずに安定するまで待機するなど留意する。

### (4) PDOP、2DRMS などの指標

PDOP、2DRMS などの指標値が表示できる機種では、指標値が小さくなったタイミングでデータを取得する。

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。

2DRMS : 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。

### (5) 衛星数と取得データ数

衛星のデータ取得数に留意して計測を行う。例えば、30 の衛星データを 1 秒にひとつずつ取得し、10 に達すると上位 10 衛星のデータ取得を 1 秒ごとに順次更新する機種では、衛星数が 30 でも取得数が 5 程度ではデータを記録しない。取得数が 10 に達した約 20 秒後からデータ取得を開始する。

RTK Fix 等の表示

図 2-6 衛星捕捉状況等の表示画面の例

画面中央に「RTK Fix」が表示され、衛星数、取得数、緯度経度のほか PDOP、2DRMS 等が表示されている。



## 2-4 各測位方式の計測手順の概要

### (1) 単独測位・SBAS・CLAS

- ① 受信状況を確認しつつデータ取得を開始する。
  - ・画面の現在位置の揺れで確認
  - ・float～fix の表示で確認
  - ・衛星数と取得数で確認
  - ・PDOP、2DRMS 等の指標値が小さくなったタイミングを選ぶ等
- ② 2周波 GNSS 受信機は「SBAS fix」でデータ取得。CLAS 対応 GNSS 受信機は「CLAS fix」でデータ取得、「CLAS float」が続く場合でも3分までを目途にデータを取得する（※1）。
- ③ 10秒間以上、10回平均座標等を取得して保存する（※2）。
- ④ 次の測点に移動し、約1分経過後に計測を開始する（以後、繰り返し）。
- ⑤ アプリが面積計算機能を持つ機種では計測完了後に面積を表示し、想定した面積との関係を確認する。

（※1）SBAS fix を「3D DGNSS」と表示する機種がある。（以下同様）

（※2）実証事業で検証した計測方法を挙げた。

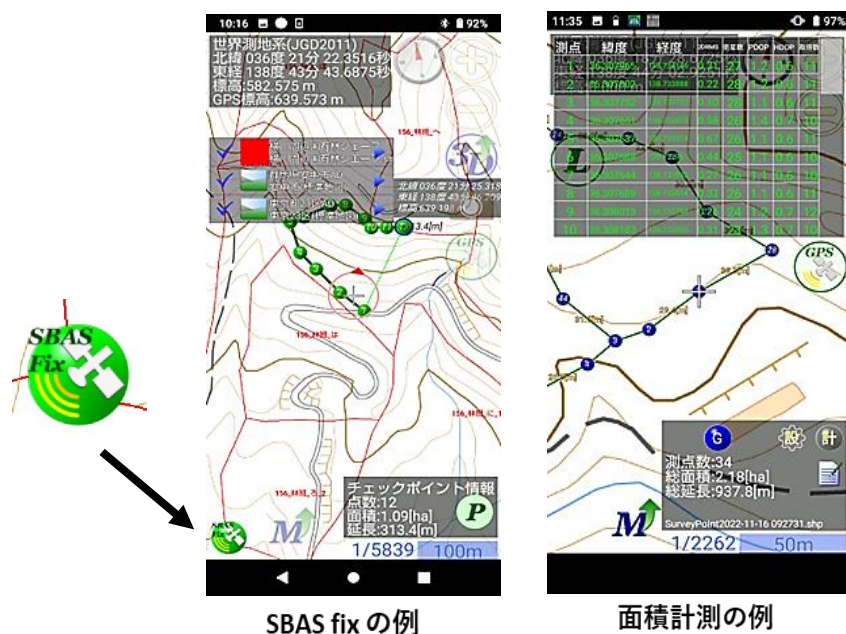


図 2-7 単独測位・SBAS の表示画面（例）

## (2) 無線 RTK 法

- ① 移動局（区域の測点を計測）を用いて基準局（固定点で連続計測）を置く基準点の座標を計測する（単独・SBAS）。
- ② 携帯端末で基準局を設定し基準点の座標を入力する。また、座標系、緯度、経度、楕円体高、無線チャンネルを入力する。
- ③ 携帯端末で移動局を再設定し、無線 RTK 法を開始する。
- ④ 基準局の無線アンテナは調査林分の方向に傾け、移動局の無線アンテナは基準局の方向に傾ける。
- ⑤ 移動局は、測点到着してから 1 分経過後に計測を開始する。
- ⑥ 「SBAS fix」→「RTK float」→「RTK fix」の表示を確認する。
- ⑦ 「RTK fix」でデータ取得、「RTK float」（※ 1）が続く場合でも 3 分までを目途にデータを取得（10 秒間以上、10 回平均座標等を取得して保存）する（※ 2）

（※ 1）「3D FLOAT」、「3D FIXED」と表示する機種がある。（以下同様）

（※ 2）実証事業で検証した計測方法を挙げた。

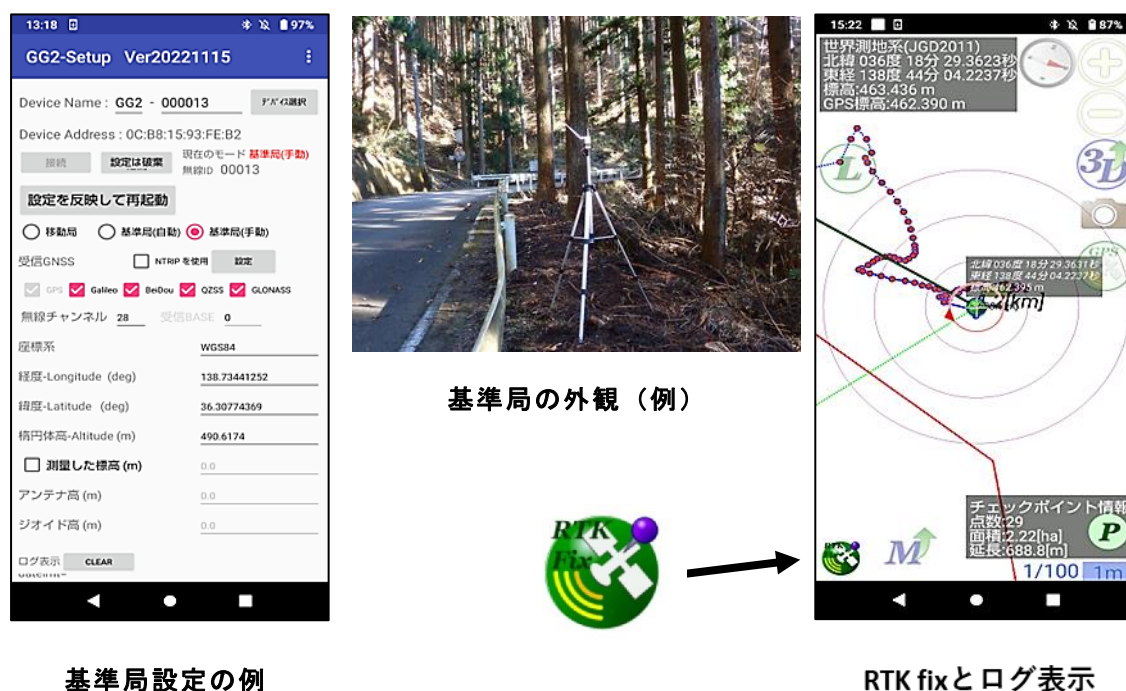


図 2-8 無線 RTK 法セットアップ時の表示画面等（例）



### (3) ネットワーク型 RTK 法

- ① インターネット通信圏内で利用する。契約している位置情報サービスの配信圏内であることを予め確認しておく。
- ② 携帯端末で利用する位置情報サービスにアクセスし補正情報を受ける準備をする。

「設定→RTK→移動局用ホスト」

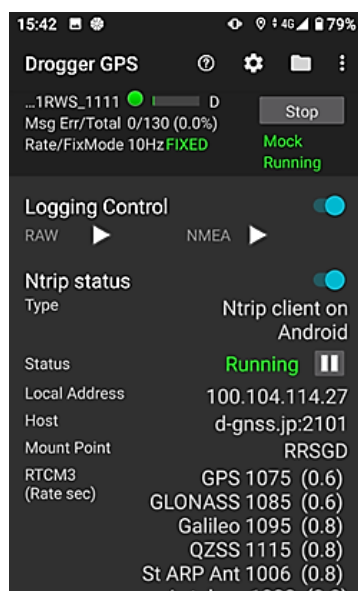
ホスト(IP アドレス)、ポート番号、ユーザー名、パスワード、マウントポイントを入力。

- ③ 設定を RTK にする。移動局の電源を入れる。
- ④ 画面で補正データの受信状況を確認する。(例：Ntrip status が Running)
- ⑤ 測点到着後、1 分経過後に計測開始。
- ⑥ 「RTK fix」でデータ取得、「RTK float」が続く場合でも 3 分までを目途にデータを取得（10 秒間以上、10 回平均座標等を取得して保存）する（※）。

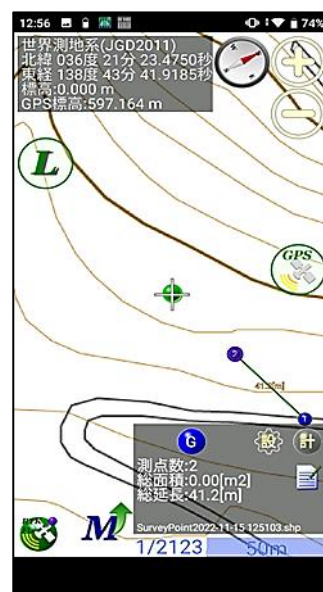
(※) 実証事業で検証した計測方法を挙げた。



RTK設定の例



RTK 受信 の例



RTK fix の例

図 2-9 ネットワーク型 RTK 法セットアップ時の表示画面（例）

## 2-5 GNSS 計測の関連情報

日本は複数のプレート境界に位置して、それぞれのプレートが異なる方向へ動いているため、測量の基準点も地殻変動の影響で、その座標値が時間とともにずれていく。

図 2-10 は、電子基準点や高度地域基準点測量の結果から計算した、1997 年 1 月から 2009 年 1 月までの地殻変動の様子である。

この図から、

- ・ 12 年間で数 10cm の動きがみられること
- ・ 地殻変動が一様ではなく地域によって異なることが分り、南西諸島などではこれまでに 1 m 程度の変動が見られる。

位置情報（緯度、経度、標高）の均一な精度を長期的に維持するためには、こうした地殻変動による歪みの影響を補正する必要がある、国土地理院では「セミ・ダイナミック補正」という方法で対応している。  
（出典：国土地理院 セミ・ダイナミック補正）

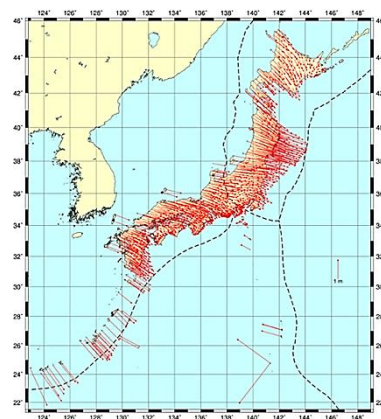


図 2-10 GNSS 連続観測が捉えた  
日本列島の地殻変動  
基準データ：測地成果 2011  
比較データ：2019 年 1 月 1 日

### （１）測位座標の今期と元期

測地成果 2011 の基準日を「元期（げんき）」とし、それ以降に観測を行った時点を「今期（こんき）」という。

セミ・ダイナミック補正は、GNSS 受信機で計測した今期座標を、国土地理院が公開している補正パラメータを用いて元期座標に変換する。これにより測地成果 2011 に基づく地図上などで GNSS 計測データを活用することができる。

- ・ 今期座標：GNSS 計測で得られる現在の座標
- ・ 元期座標：国土地理院「測地成果 2011」の基準年（2011 年）の座標

表 2-1 測位方式と取得する座標の関係

測位方式	元期座標	今期座標
単独・SBAS・CLAS		○
無線 RTK	○	○
ネットワーク RTK	○	

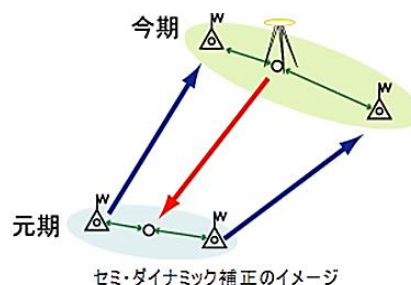


図 2-11 セミ・ダイナミック補正のイメージ  
出典：国土地理院 セミ・ダイナミック補正

### 【セミ・ダイナミック補正の方法】

- ・ 国土地理院ホームページの「セミ・ダイナミック補正計算」を用いて、今期座標と元期座標の変換ができる。
- ・ 測点毎の変換のほか、テキストファイルによる一括変換も可能。

SemiDynaEXE Ver.1.0.1			
トップページ	操作方法	Q & A	お問い合わせ
<p align="center"><b>入力値</b></p> <p><b>1点毎の計算</b>    <b>一括計算</b></p> <hr/> <p><b>座標値の入力方法</b>    ●数値入力    ○地図上で選択</p> <hr/> <p><b>使用するパラメータ</b>    SemiDyna2022.par ▼</p> <p><b>補正方法</b>    ○二次元補正    ●三次元補正</p> <p><b>補正方向</b>    ●元期→今期    ○今期→元期</p> <hr/> <p><b>座標値の入力</b>    <b>地図上で確認</b></p> <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>●緯度・経度</p> <p>緯度    360613.58925</p> <p>経度    1400516.27815</p> <p>●度分秒    ○十進法度単位</p> <p>標高    2340 m</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>●平面直角座標</p> <p>添番号    9系 360000, 1395000 ▼</p> <p>X座標    11573.3750 m</p> <p>Y座標    22694.9800 m</p> <p>標高    23.64 m</p> </div> </div> <p>【緯度・経度の値の入力例(度分秒)】</p> <p>緯度 36° 6' 13.58925"    →    360613.58925          経度 140° 5' 16.27815"    →    1400516.27815  <small>ddd mm ss.s    →    dddmmss.ss</small></p> <p align="center"><b>計 算 実 行</b></p>		<p align="center"><b>選択されたパラメータファイル</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・パラメータファイル名: SemiDyna2022.par Ver.1.0.0</li> <li>・パラメータファイルの説明</li> </ul> <p>基準点測量において、プレート運動に伴う定量的な地殻変動量を補正する「セミ・ダイナミック補正」を実施するための、地殻変動補正パラメータです。</p> <p>対象エリアは、日本全土（一部離島を除く）が含まれています。</p> <p>適用期間：2022年4月1日から2023年3月31日まで</p> <p>ただし、年度途中であっても、補正パラメータが更新される場合があります。ウェブページ等のお知らせにご注意ください。</p> <p>補正パラメータ基準年月日：2022年1月1日          補正パラメータ公開年月日：2022年3月31日</p>	

図 2-12 国土地理院セミ・ダイナミック補正のページ  
出典：国土地理院 セミ・ダイナミック補正

## （２）標高、楕円体高、ジオイド高

衛星測位で計算される「高さ」は、現実の標高とは違う。その理由は、衛星測位で計算される高さが、回転楕円体からの高さである「楕円体高」であることによる。

日本の標高の基準は、測量法で平均海面と定められている。この平均海面を仮想的に陸地へ延長した面をジオイドという。

国土地理院では、重力測量や水準測量の結果などから、地球を仮想的に表した楕円体表面からジオイドまでの高さ（ジオイド高）を決めている。衛星測位で決まる高さ（楕円体高）からジオイド高を引くことで、簡単に標高を求めることができる。

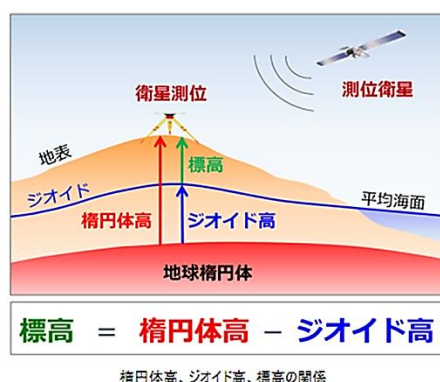


図 2-13 楕円体高ほか

出典：国土地理院 “ジオイドとは”

標高 = 楕円体高 - ジオイド高（平均海面を標高ゼロとする）

楕円体高 = GNSS 計測で得られる高さ

ジオイド高 = 平均海面を仮想的に陸地に延長した面の高さ

ジオイド高は標高の算出に必要であるが、多くの GNSS 機器ではジオイド高モデルが登録されていて、換算された標高値がディスプレイに表示されるようになっている。

ただし、無線 RTK 法の基準局の座標入力などで、楕円体高（標高+ジオイド高）の入力が必要になる場合もあることから、これらの関係に留意する。

## 3 測位データの処理と活用

### 3-1 データ形式別の GIS 取込方法と面積計測






取得データの保存形式は機種によって異なり、3つの形式（.shp .gpx .csv）がある。以下、QGIS（Ver. 3.22.14）によるデータ処理手順について説明する。

#### （1）シェープファイル（.shp）の取込手順

GIS で一般的なファイル形式であり、「SHP ファイル」をドラッグ&ドロップすることで、QGIS にデータを取り込んでレイヤ（地図の層）として表示できる。2 周波 GNSS の TK-1LT、GG-2 はこの出力形式である。

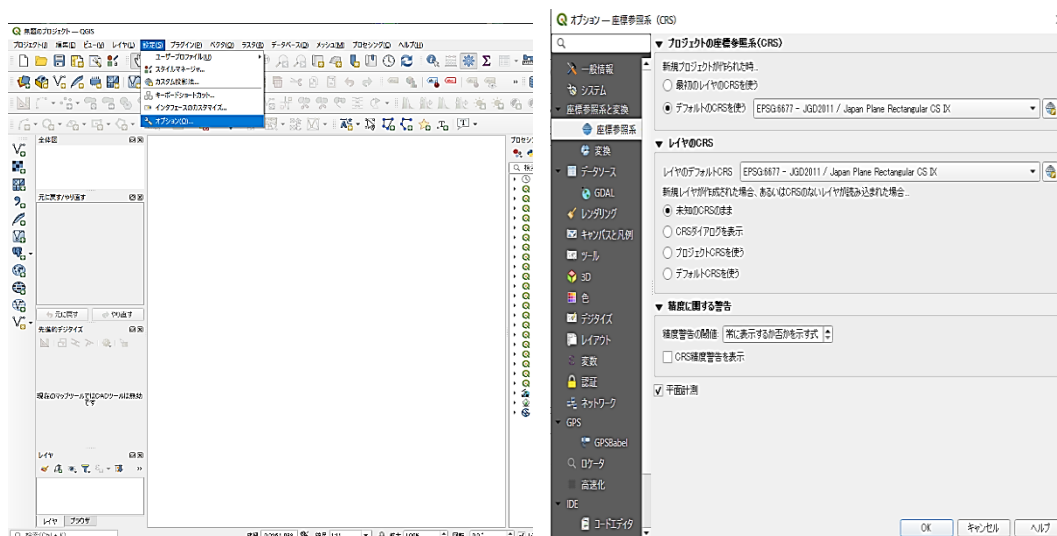
GNSS 計測データの CRS（座標参照系）は基本的に世界測地系 WGS84。QGIS に取り込み、正しい面積を計測して属性に付与するには、最初に WGS84 の計測データを JGD2011〇〇系(平面直角座標系)に自動で変換するための設定を行う。

（シェープファイルの例）

	SurveyPoint2022-11-16 124512pgn.dbf	2022/11/16 14:08	DBF ファイル	1 KB
	SurveyPoint2022-11-16 124512pgn.prj	2022/11/16 14:08	PRJ ファイル	0 KB
	SurveyPoint2022-11-16 124512pgn.shp	2022/11/16 14:08	SHP ファイル	1 KB
	SurveyPoint2022-11-16 124512pgn.shp.g...	2022/11/16 14:08	XML ドキュメント	1 KB
	SurveyPoint2022-11-16 124512pgn.shx	2022/11/16 14:08	SHX ファイル	1 KB

#### ① デフォルトの CRS（座標参照系）を設定する

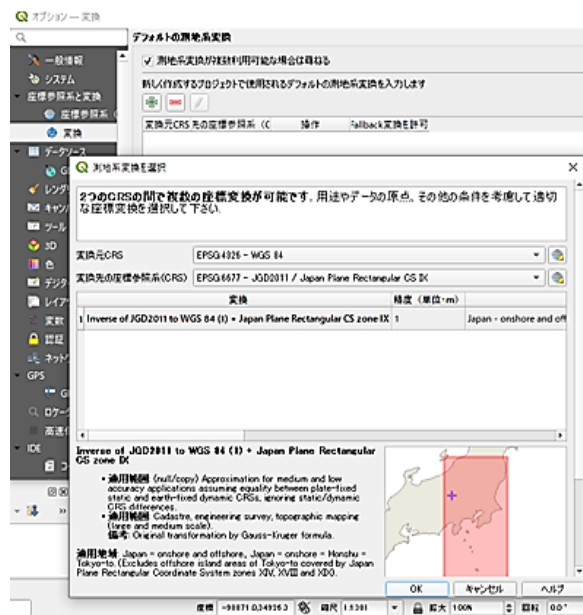
設定 ➡ オプション ➡ 座標参照系（CRS） ➡ デフォルトの CRS を使う  
➡ JGD2011〇〇系（平面直角座標系）を選択し「OK」



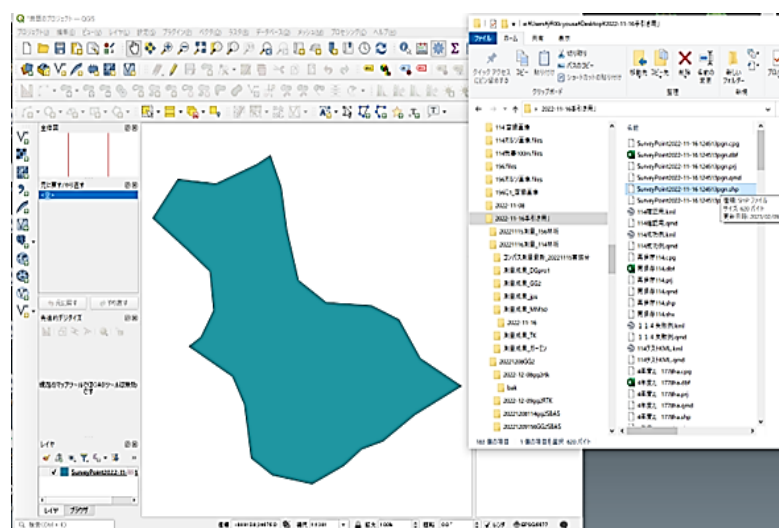


## ② CRS の自動変換を設定する

設定 → オプション → 変換 → 「+」をクリック → 変換元 CRS  
で WGS84 を選択 → 変換先 CRS で JGD2011○○系を選択し「OK」



## ③ png.shp ファイル（区域図形）をドラック＆ドロップして取り込む



## （説 明）

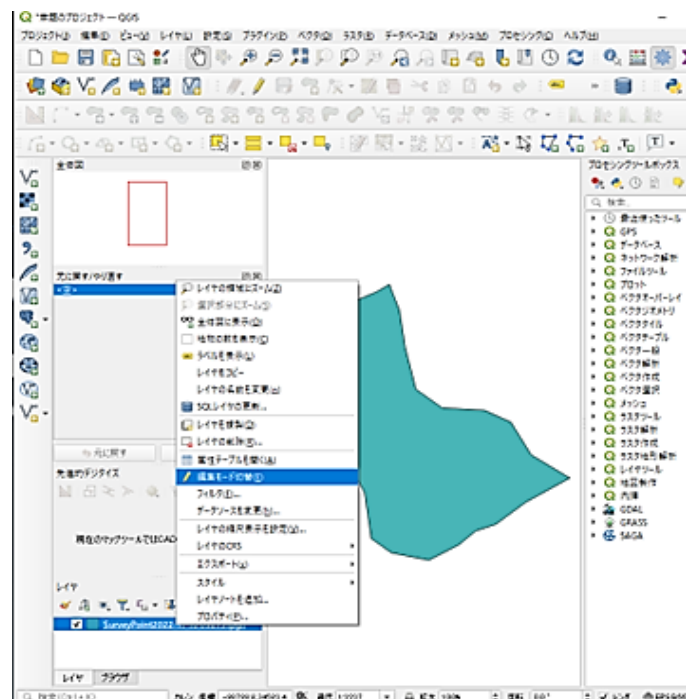
GNSS 測位データの座標参照系は基本的に WGS84（地球楕円体上の 3 次元座標）であり、これは平面ではないため、そのままでは正しい面積計測ができない。

正しい面積を計測して属性に付与するために、最初に QGIS の CRS（デフォルト、プロジェクト、自動変換先）を平面直角座標系の JGD2011○○系としておくと位置ずれや歪みのない測点や区域として取り込むことができる。

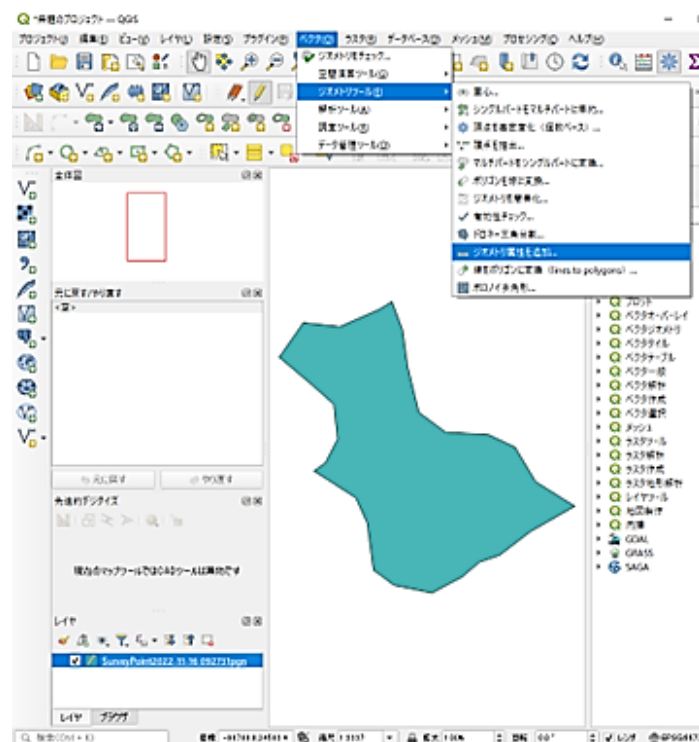
①～②の手順は GPX ファイルや CSV ファイルでも同じである。

【面積等の属性を付与して再保存する手順】

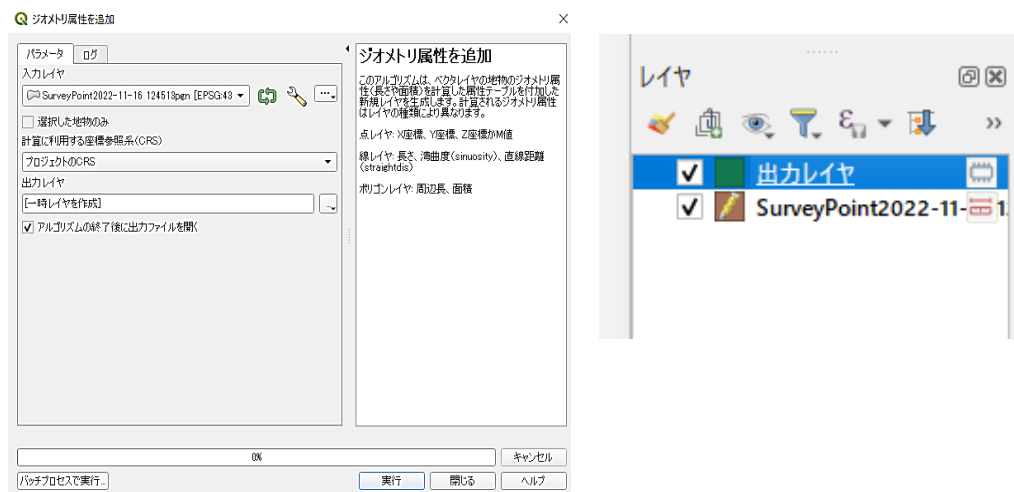
#### ④ 右クリックで編集モード切替



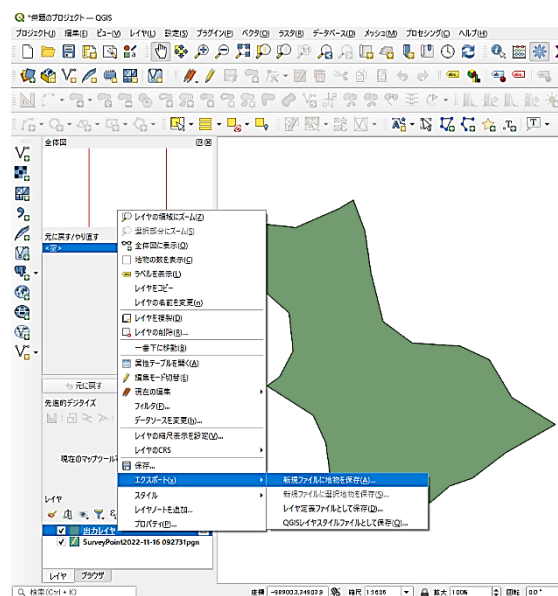
⑤ ベクタ ➡ ジオメトリツール ➡ ジオメトリ属性を追加



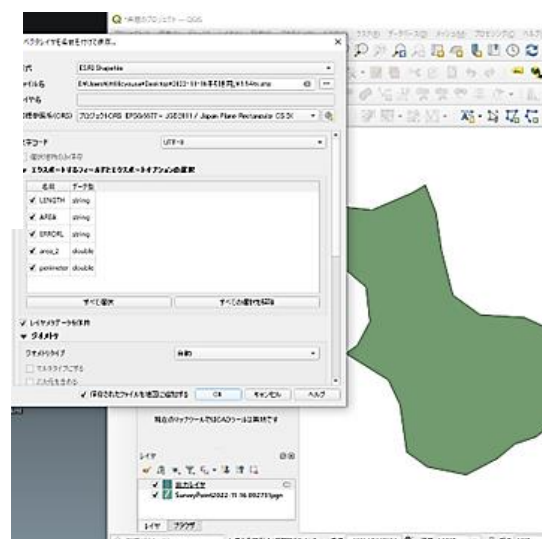
- ⑥ 計算に利用する座標参照系（CRS）で「プロジェクトの CRS」を選び「実行」  
「出力レイヤ」が一時的なレイヤとして追加される



- ⑦ 出力レイヤを右クリック  
→ エクスポート  
→ 新規ファイルに地物を保存



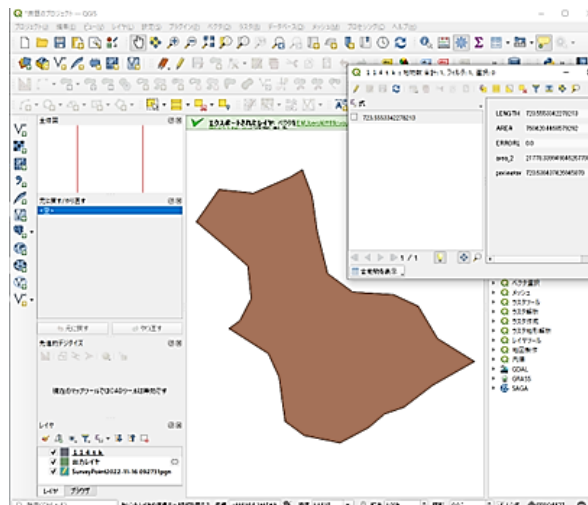
- ⑧ 新規ファイルに地物を保存  
ファイル形式（ESRI Shapefile）  
ファイル名（任意）  
座標参照系（JGD2011 〇〇系）





## ⑨ 属性データに正しい面積と周囲長が追加される

レイヤを右クリックし、「属性テーブルを開く」で確認



## 【測点ごとのデータを参照する方法】

(同時に CSV ファイルが出力される機種は CSV ファイルを参照)

No	Lon	Lat	Alt	DataN	Utc time	RMS	SatN	PDOP	Mode
1	138.1347	36.3079	500.5053	10	2022/11/16 03:45	0.039815	26	1.75	0
2	138.1339	36.3082	500.3116	11	2022/11/16 03:47	0.117075	26	1.74	0
3	138.1337	36.3075	502.1402	10	2022/11/16 03:49	0.209168	26	1.73	0
4	138.1335	36.3075	488.9369	10	2022/11/16 03:52	0.077599	25	1.89	0
5	138.1333	36.3073	504.1291	10	2022/11/16 03:55	0.075671	24	1.68	0
6	138.1333	36.3073	518.6063	10	2022/11/16 03:57	0.016053	24	1.65	0
7	138.1329	36.3073	524.6496	11	2022/11/16 03:59	0.013478	25	1.58	0
8	138.1328	36.3073	525.3045	10	2022/11/16 04:03	0.027946	25	1.58	0
9	138.1328	36.3080	524.1045	10	2022/11/16 04:05	0.015215	24	1.64	0

(シェープファイルで出力される機種はポイントデータ DBF ファイルを参照)

No	Lon	Lat	Alt	DataN	Utc time	RMS	SatN	PDOP	Mode
14	138.1347	36.3079	500.5053	10	2022/11/16 03:45	0.039815	26	1.75	0
15	138.1339	36.3082	500.3116	11	2022/11/16 03:47	0.117075	26	1.74	0
16	138.1337	36.3075	502.1402	10	2022/11/16 03:49	0.209168	26	1.73	0
17	138.1335	36.3075	488.9369	10	2022/11/16 03:52	0.077599	25	1.89	0
18	138.1333	36.3073	504.1291	10	2022/11/16 03:55	0.075671	24	1.68	0
19	138.1333	36.3073	518.6063	10	2022/11/16 03:57	0.016053	24	1.65	0
20	138.1329	36.3073	524.6496	11	2022/11/16 03:59	0.013478	25	1.58	0
21	138.1328	36.3073	525.3045	10	2022/11/16 04:03	0.027946	25	1.58	0
22	138.1328	36.3080	524.1045	10	2022/11/16 04:05	0.015215	24	1.64	0

## (2) GPX ファイル (.gpx) の取込手順

GPX ファイルは、GPS の共通ファイル形式であり、ファイルをドラッグ&ドロップすることで、QGIS にデータを取り込んで表示できる。2 周波 GNSS の DG-PRO1RWS はこの出力形式が主である。

なお、最初に座標参照系 (CRS) を平面直角座標系に自動変換する設定を行う手順はシェープファイルの①～②に同じである。

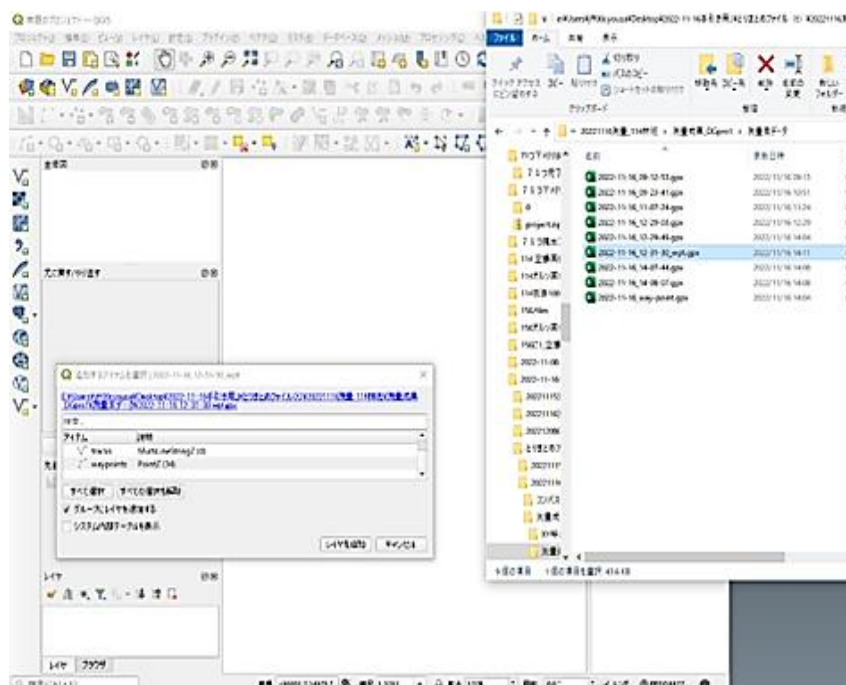
(GPX ファイルの例)

	2022-11-16_12-31-30_wpt.gpx	2022/11/16 14:11	GPX ファイル	44 KB
	2022-11-16_14-07-44.gpx	2022/11/16 14:08	GPX ファイル	4 KB
	2022-11-16_14-08-07.gpx	2022/11/16 14:08	GPX ファイル	6 KB
	2022-11-16_way-point.gpx	2022/11/16 14:04	GPX ファイル	60 KB

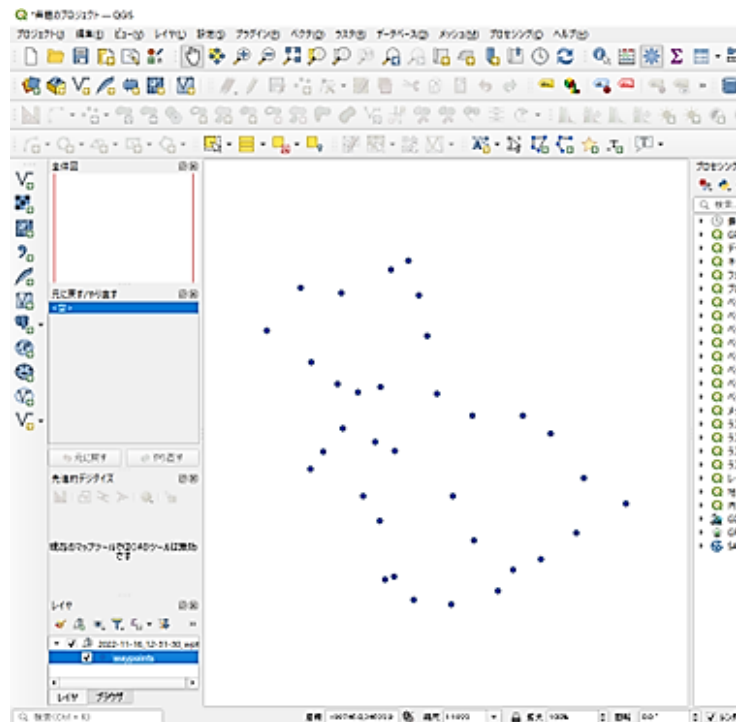
①～② シェープファイルの取込手順①～②に同じ (17～18 ページ参照)

### ③ GPX ファイルをドラック&ドロップ

ウェイポイント (waypoints) を選択 ➡ 「レイヤを追加」をクリック

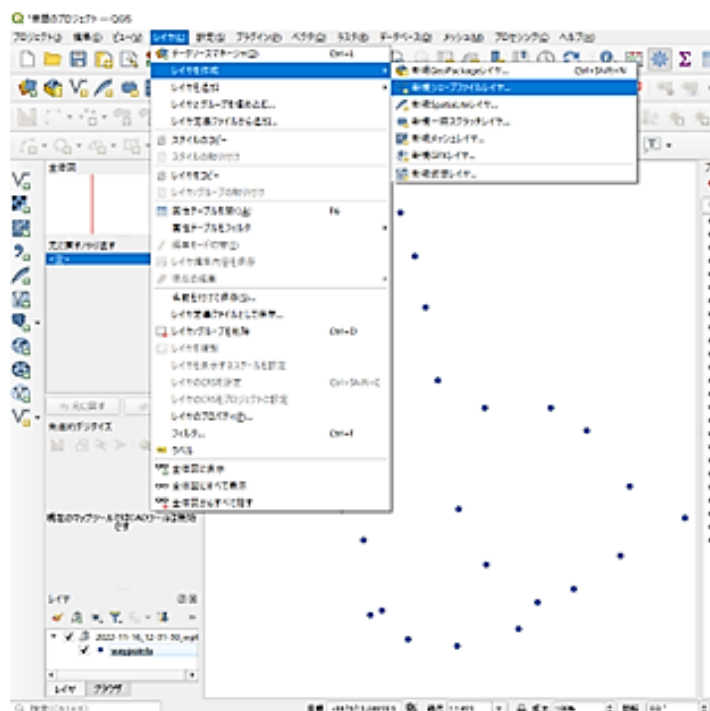


#### ④ GPX のポイントデータが表示される



### 【QGIS で区域ポリゴンを作成する手順】

#### ⑤ レイヤ ➡ レイヤを作成 ➡ 新規シェープファイルレイヤ



⑥ 新規シェープファイルレイヤに名前を付け保存～ジオメトリはポリゴンを選択

新規シェープファイルレイヤ

ファイル名: E:\Users\jif00cyousa\Desktop\2022-11-16手引き用J\114gpx.shp

ファイルの文字コード: UTF-8

ジオメトリタイプ: ポリゴン(Polygon)

追加次元: ☒ なし ☐ Z値(+ M値) ☐ M値

EPSG:6677 - JGD2011 / Japan Plane Rectangular CS EX

新規フィールド

名前:

データ型: abc テキストデータ

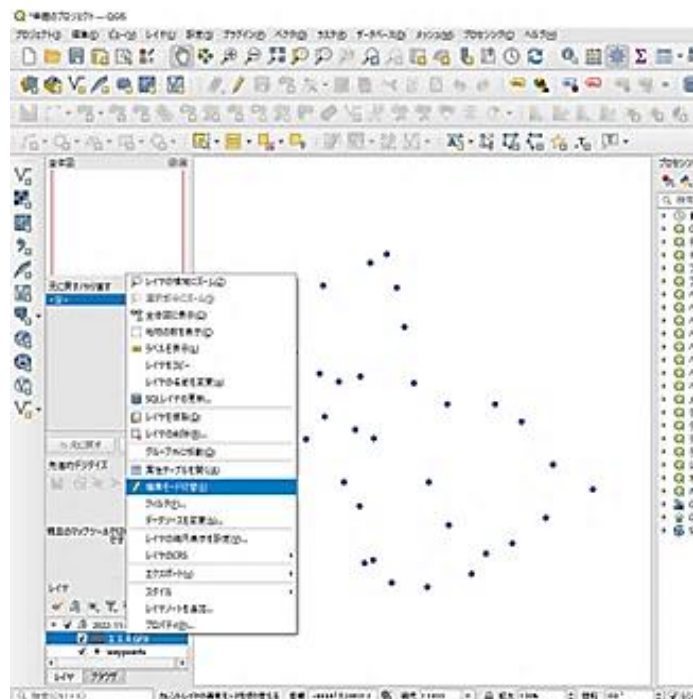
長さ: 80 精度:

フィールドリスト

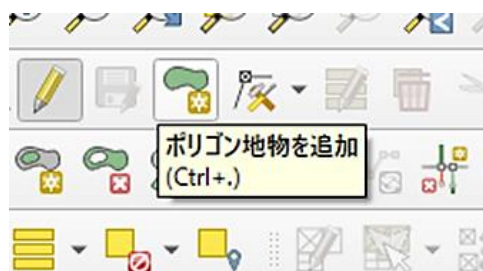
名前	データ型	長さ	精度
id	Integer	10	

OK キャンセル ヘルプ

⑦ 新規レイヤを右クリック ➡ 編集モード切替



⑧ ポリゴン地物を追加 ➡ スナップを有効にする

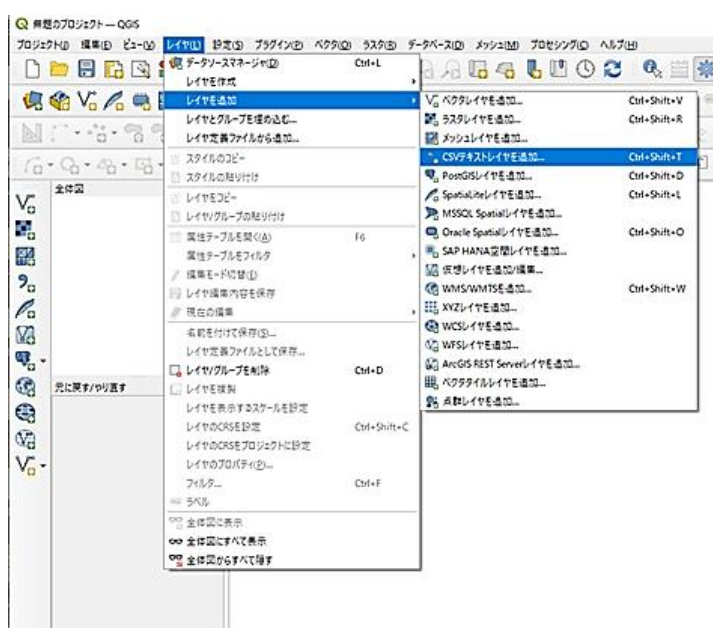


### (3) CSV ファイル (.csv) の取込手順

CSV ファイルは、各項目の間がカンマで区切られたデータの形式であり、CLAS 対応 GNSS の Cohac $\infty$ 10、QZR-SP などがこの出力形式である。なお、最初に座標参照系 (CRS) を平面直角座標系に自動変換する設定を行う手順はシェープファイルの①～②に同じである。

①～② シェープファイルの取込手順①～②に同じ (17～18 ページ参照)

③ レイヤ ➡ レイヤを追加 ➡ CSV テキストレイヤを追加



④ CSV ファイルを選択して追加する

X 属性に経度 (Lon)、Y 属性に緯度 (Lat) を指定した場合は CRS は「WGS84」を選択する

X 属性に平面直角座標系の Y 座標 (※)、Y 属性に X 座標 (※) を指定した場合は、CRS は「JGD2011〇〇系」を選択する。

補足説明

※ WGS84 は地球楕円体上の 3 次元座標であり、経度方向を X 軸、緯度方向を Y 軸で表記。  
「JGD2011〇〇系」は地球楕円体の日本付近を平面直角座標系に投影したものであり、基準点からの距離 (m) を緯度方向の X 座標、経度方向の Y 座標で表記。





#### (4) 複数回計測した測点データの整理

例えば、移動した経路はまっすぐなのに、画面上の計測点の経路が曲がった場合などは、念のため、当該測点で複数回の計測を行う場合がある。

複数回計測した測点データがあると、アプリ等で区域ポリゴンを自動作成しても重複点が出るため、データを整理する必要がある。その方法は以下のとおり。

データ（シェープファイルの DBF ファイルや GPX ファイル）を Excel で開いたうえで CSV ファイル形式で保存し、これを QGIS に取り込んで計測点をすべて表示する。

取り込んだ計測点のレイヤを右クリックして属性テーブルを開き、測点番号をクリックするとその計測点が黄色く光る。重複する点を確認し、CSV ファイルの重複行を削除してデータを整理する。そのうえで再度 QGIS に取り込む。

これにより、重複のない計測点のレイヤを作成することができる。

The screenshot shows the QGIS desktop environment. The main map area displays a series of green dots representing waypoints. On the right side, the 'Waypoints' layer is selected, and its attribute table is open. The table has columns for 'ele' (elevation), 'time', 'magvar' (magnetic variation), and 'geoidheight' (geoid height). The table contains 9 rows of data. The 7th row is highlighted in blue, indicating it is the selected feature. The status bar at the bottom shows the map scale as 1:1561 and the projection as EPSG:6668.

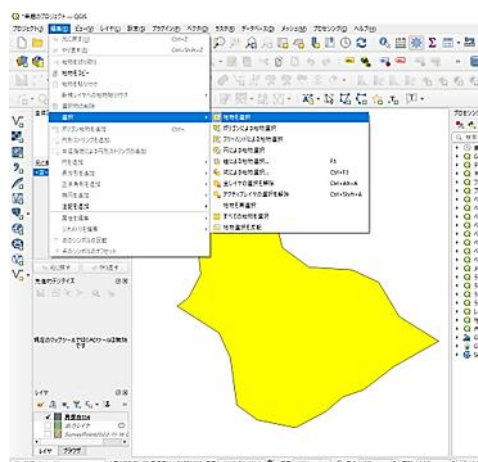
	ele	time	magvar	geoidheight	
1	459.9759901546...	2022/11/16 09:2...	NULL	42.90100984538...	単:
2	460.9815493303...	2022/11/16 09:2...	NULL	42.90245066960...	単:
3	463.9425766400...	2022/11/16 09:3...	NULL	42.90342335995...	単:
4	454.3338213622...	2022/11/16 09:3...	NULL	42.90417863777...	単:
5	463.7532282743...	2022/11/16 09:3...	NULL	42.90577172565...	単:
6	479.8421868305...	2022/11/16 09:4...	NULL	42.90681316943...	単:
7	483.662924526083	2022/11/16 09:4...	NULL	42.90707547391...	単:
8	485.9976184443...	2022/11/16 09:4...	NULL	42.90738155568...	単:
9	482.5723268269...	2022/11/16 09:4...	NULL	42.90667317301...	単:



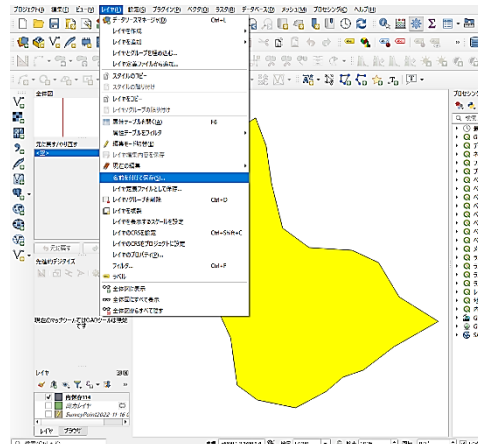
## (5) 位置ずれや歪みがないことの確認

区域ポリゴンに座標参照系 (CRS) の違いによる位置ずれや歪みが生じていないかを確認する方法の一例として、KML 形式で保存し Google Earth で確認する方法がある。

### ① 編集⇒選択⇒地物を選択



### ② レイヤ⇒名前を付けて保存



### ③ KML 形式で名前を付け保存 測地系は JGD2011〇〇系



### ④ KML ファイルを開いて、林相の画像や 小班界を参考に位置ずれや歪みがないことを確認する



← 座標参照系 (CRS) の違いにより位置ずれ等があると全く関係のない場所が表示される点に注意。

## (参考)「XYZtoGIS.xlsm」の活用

フリーソフト「XYZtoGIS.xlsm」を用いて区域ポリゴンを作成する方法がある。  
この方法は、座標参照系(CRS)の設定ミスによる位置ずれや歪みの心配がない。

### 1) CSV ファイルを利用する

GPX ファイルは Excel で開き、CSV ファイルで保存する。

(GPX ファイル)

creator	version	lat	lon	ns1:ele	ns1:time	ns1:geoidheight	ns1:name	ns1:cmt	ns1:fix	ns1:sat
Droger GPS for Android 2.11.209	1.1	36.30796811	138.7341715	459.9759902	2022-11-16T09:24:37.000+09:00	42.90100985	単独1	Raw-data lat=36.1dgps		21
Droger GPS for Android 2.11.209	1.1	36.30781171	138.7339212	460.9815493	2022-11-16T09:27:08.000+09:00	42.90245067	単独2	Raw-data lat=36.1dgps		21
Droger GPS for Android 2.11.209	1.1	36.3077513	138.733724	463.9425766	2022-11-16T09:30:28.000+09:00	42.90342336	単独3	Raw-data lat=36.1dgps		22
Droger GPS for Android 2.11.209	1.1	36.30762788	138.7336184	454.3338214	2022-11-16T09:34:01.000+09:00	42.90417864	単独4	Raw-data lat=36.1dgps		21
Droger GPS for Android 2.11.209	1.1	36.30754588	138.7332848	463.7532283	2022-11-16T09:39:03.000+09:00	42.90577173	単独5	Raw-data lat=36.1dgps		22
Droger GPS for Android 2.11.209	1.1	36.30757272	138.7330169	479.8421868	2022-11-16T09:42:47.000+09:00	42.90681317	単独6	Raw-data lat=36.1dgps		21
Droger GPS for Android 2.11.209	1.1	36.30770313	138.7328731	483.6629245	2022-11-16T09:45:23.000+09:00	42.90707547	単独7	Raw-data lat=36.1dgps		21
Droger GPS for Android 2.11.209	1.1	36.30768438	138.7328108	485.9976184	2022-11-16T09:46:38.000+09:00	42.90738156	単独8	Raw-data lat=36.1dgps		21
Droger GPS for Android 2.11.209	1.1	36.30802652	138.7327704	482.5723268	2022-11-16T09:49:48.000+09:00	42.90667317	単独9	Raw-data lat=36.1dgps		21
Droger GPS for Android 2.11.209	1.1	36.30816528	138.7326493	475.9361798	2022-11-16T09:56:10.000+09:00	42.90682016	単独10	Raw-data lat=36.1dgps		22
Droger GPS for Android 2.11.209	1.1	36.30832044	138.7322712	482.1050072	2022-11-16T10:00:02.000+09:00	42.90799277	単独11	Raw-data lat=36.1dgps		21
Droger GPS for Android 2.11.209	1.1	36.30841863	138.7323589	489.9756221	2022-11-16T10:03:10.000+09:00	42.9073779	単独12	Raw-data lat=36.1dgps		22
Droger GPS for Android 2.11.209	1.1	36.30855506	138.732499	487.566553	2022-11-16T10:05:18.000+09:00	42.90644697	単独13	Raw-data lat=36.1dgps		23

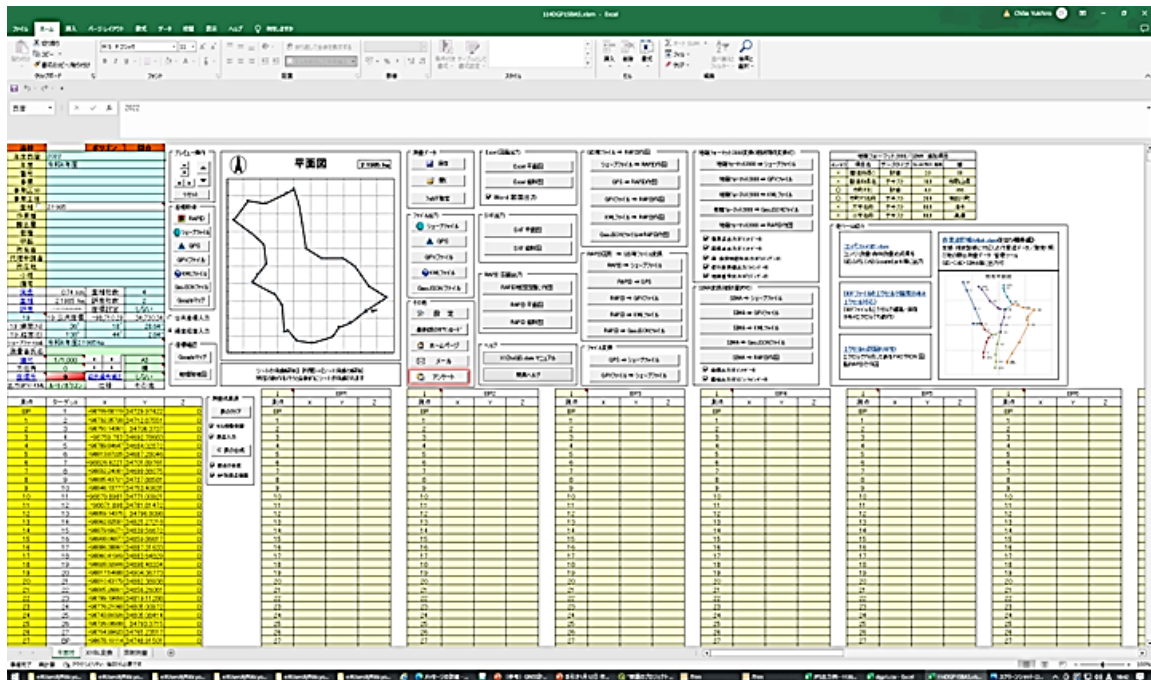
(CSV ファイル)

creator	version	lat	lon	ns1:ele	ns1:time	ns1:geoid	ns1:name	ns1:cmt	ns1:fix	ns1:sat	ns1:hdop	ns2:coord	ns2:geoid	ns2:startt	ns2:endtir	ns2:epoch
Droger G	1.1	36.30796811	138.7341715	459.976	2022-11-1	42.90101	単独1	Raw-data dgps		21	0	The current	GSIGEO 2	#####	#####	10
Droger G	1.1	36.30781171	138.7339212	460.9815	2022-11-1	42.90245	単独2	Raw-data dgps		21	0	The current	GSIGEO 2	#####	#####	10
Droger G	1.1	36.3077513	138.733724	463.9426	2022-11-1	42.90342	単独3	Raw-data dgps		22	0	The current	GSIGEO 2	#####	#####	10
Droger G	1.1	36.30762788	138.7336184	454.3338	2022-11-1	42.90418	単独4	Raw-data dgps		21	0	The current	GSIGEO 2	#####	#####	10
Droger G	1.1	36.30754588	138.7332848	463.7532	2022-11-1	42.90577	単独5	Raw-data dgps		22	0	The current	GSIGEO 2	#####	#####	10
Droger G	1.1	36.30757272	138.7330169	479.8422	2022-11-1	42.90681	単独6	Raw-data dgps		21	0	The current	GSIGEO 2	#####	#####	10
Droger G	1.1	36.30770313	138.7328731	483.6629	2022-11-1	42.90708	単独7	Raw-data dgps		21	0	The current	GSIGEO 2	#####	#####	10
Droger G	1.1	36.30768438	138.7328108	485.9976	2022-11-1	42.90738	単独8	Raw-data dgps		21	0	The current	GSIGEO 2	#####	#####	10
Droger G	1.1	36.30802652	138.7327704	482.5723	2022-11-1	42.90667	単独9	Raw-data dgps		21	0	The current	GSIGEO 2	#####	#####	10
Droger G	1.1	36.30816528	138.7326493	475.9362	2022-11-1	42.90682	単独10	Raw-data dgps		22	0	The current	GSIGEO 2	#####	#####	10
Droger G	1.1	36.30832044	138.7322712	482.105	2022-11-1	42.90799	単独11	Raw-data dgps		21	0	The current	GSIGEO 2	#####	#####	10
Droger G	1.1	36.30841863	138.7323589	489.9756	2022-11-1	42.90738	単独12	Raw-data dgps		22	0	The current	GSIGEO 2	#####	#####	10

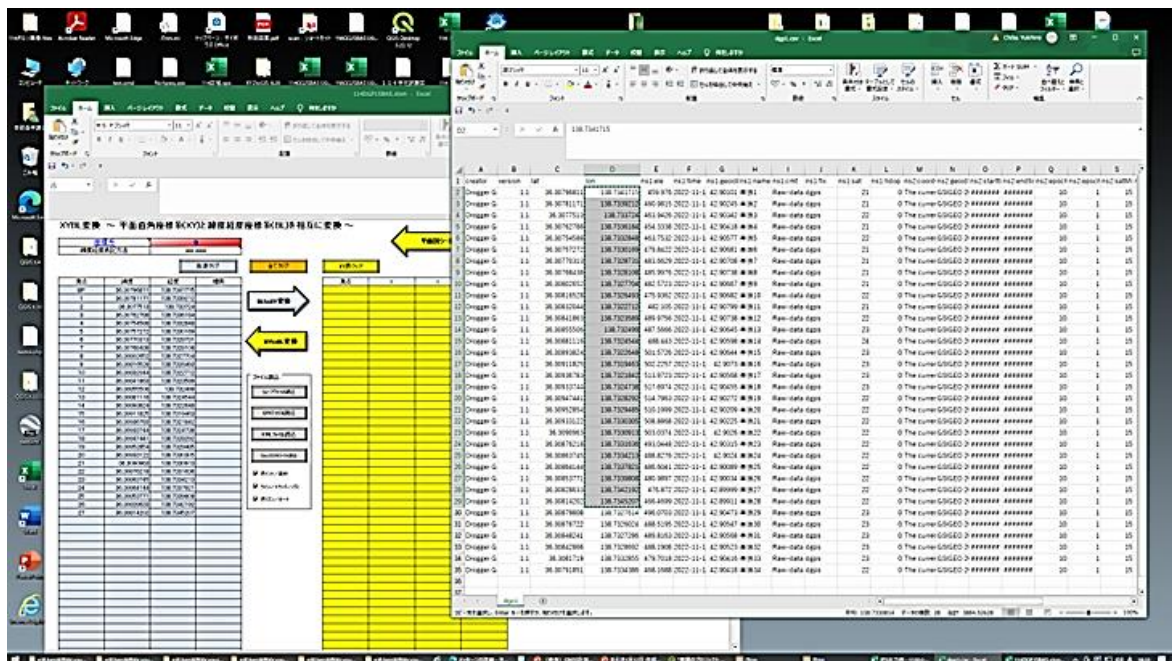
### 2) 「XYZtoGIS.xlsm」を開く

- ・平面図シートの赤部分で「ポリゴン」、「閉合」を選択。「座標系番号」を入力。
- ・座標変換シートに CSV ファイルの緯度データ、経度データをコピー&ペースト。  
開始点データを最終行に再ペースト。
- ・「BL to XY 変換」(青の矢印)をクリックして XY 座標一覧を出す。
- ・「平面図シートにコピーをする」(右上の黄色矢印)をクリックして平面図シートに座標と図形を自動出力。
- ・平面図シートで「公共座標入力」にチェックを入れ任意の測点と座標を入力する。
- ・「ファイル出力」から「シェープファイル」を選び出力して保存する。
- ・出力したシェープファイルを QGIS にドラッグ&ドロップして取り込み、面積等の属性を付与する。

### (平面図シート)



### (座標変換シート)

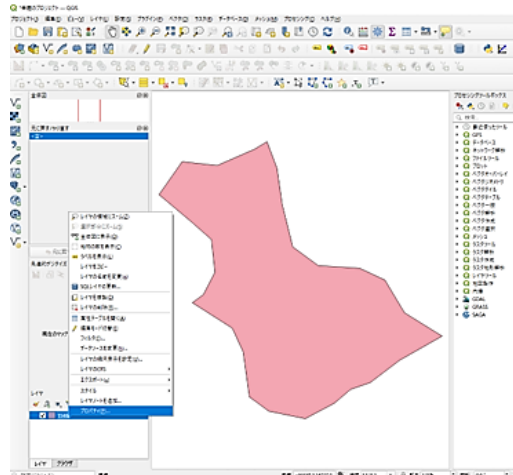


- 3) 出力したシェープファイルをドラッグ&ドロップして QGIS に取り込み、図面作成等に活用する

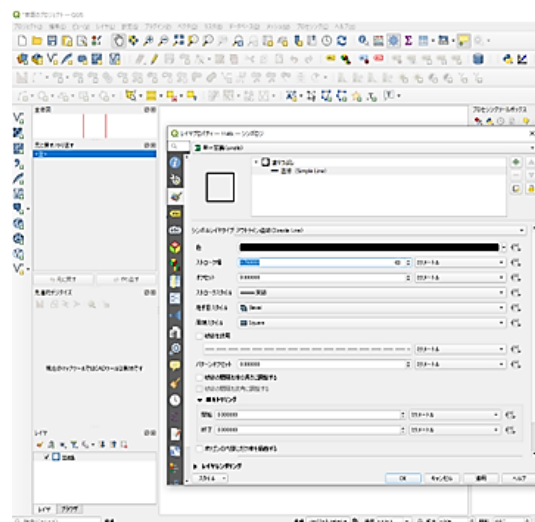


## (6) 実測図等の作成

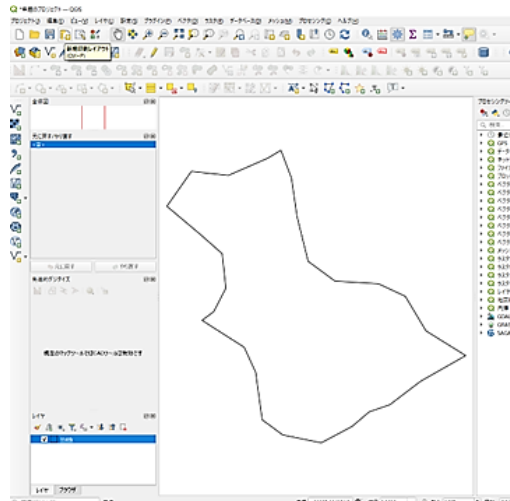
### ① 右クリックでプロパティ



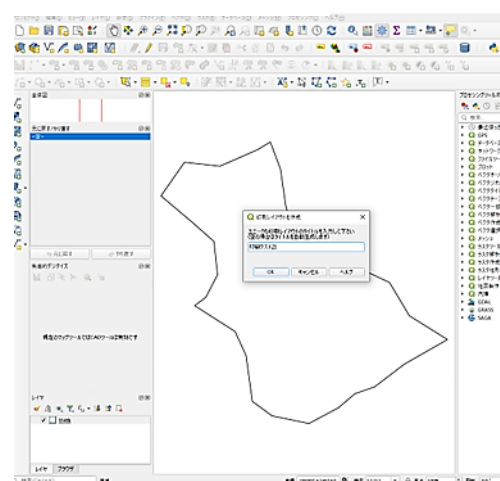
### ② 線の色や太さを調整



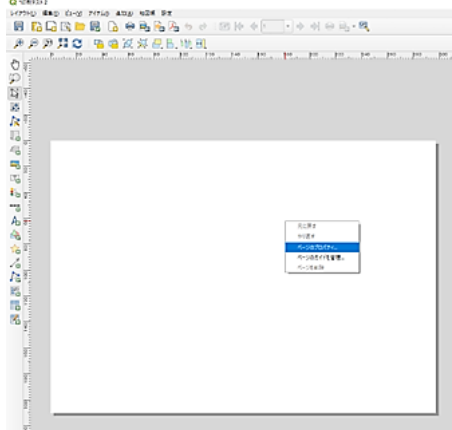
### ③ 「新規印刷レイアウト」をクリック



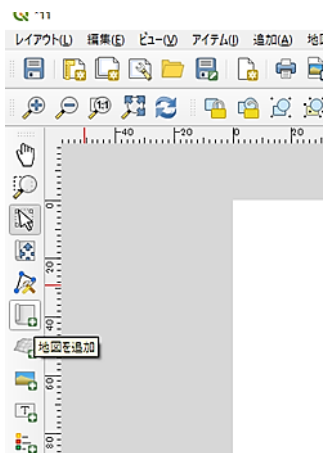
### ④ 名前を付けて保存



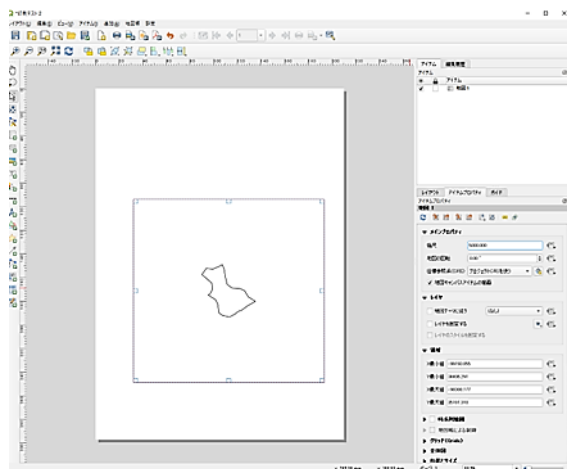
### ⑤ 白紙を右クリックし A4 縦に変更



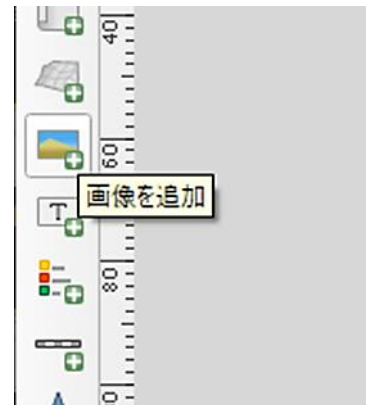
### ⑥ 「地図を追加」をクリック



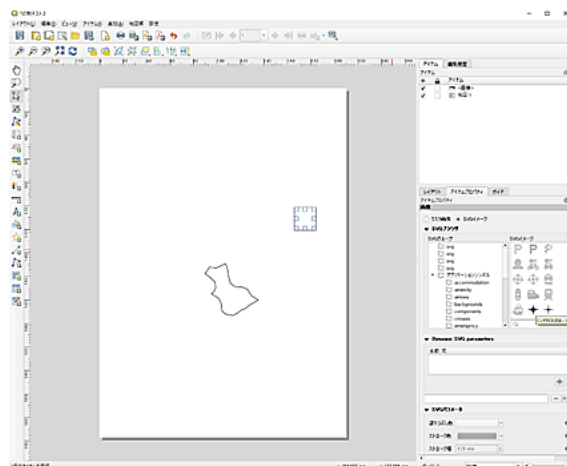
⑦ 斜めドラッグし地図を追加、縮尺 5000 を入力



⑧ 「画像を追加」



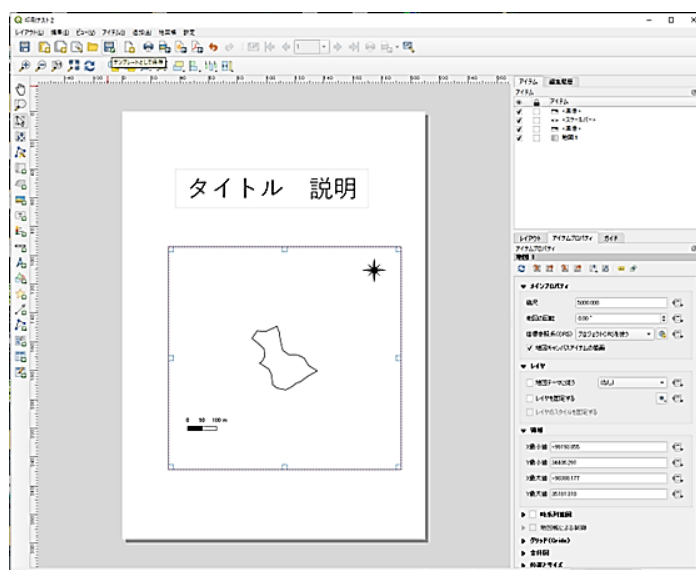
⑨ 方位マークを追加



⑩ 「スケールバーを追加」



⑪ 「画像を追加」でタイトル画像追加



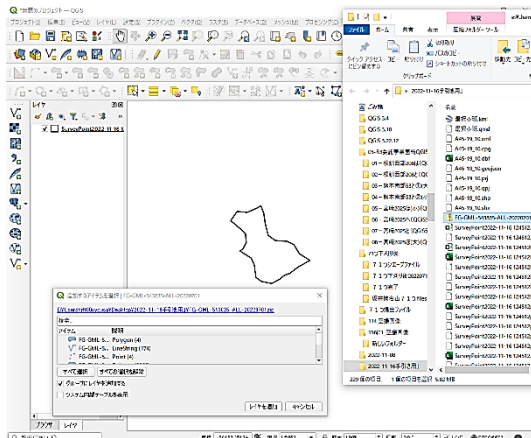
⑫ 実測図の保存、印刷

※「テンプレートとして保存」  
(左上) しておくとの後の  
実測図作成が容易になる。

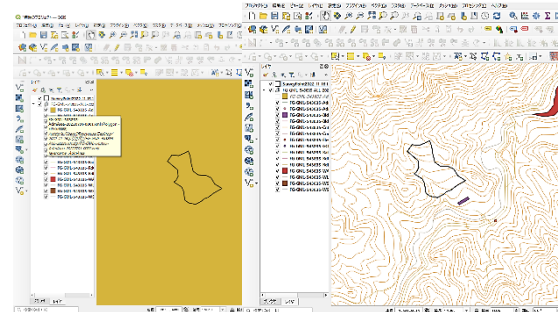
## 【位置図の作成】

### ① 地形図シェープファイルを取り込む

国土地理院「基盤地図ダウンロードサービス」から地形図データ（zip ファイル）を取得し、ドラッグ&ドロップで QGIS に取り込む。



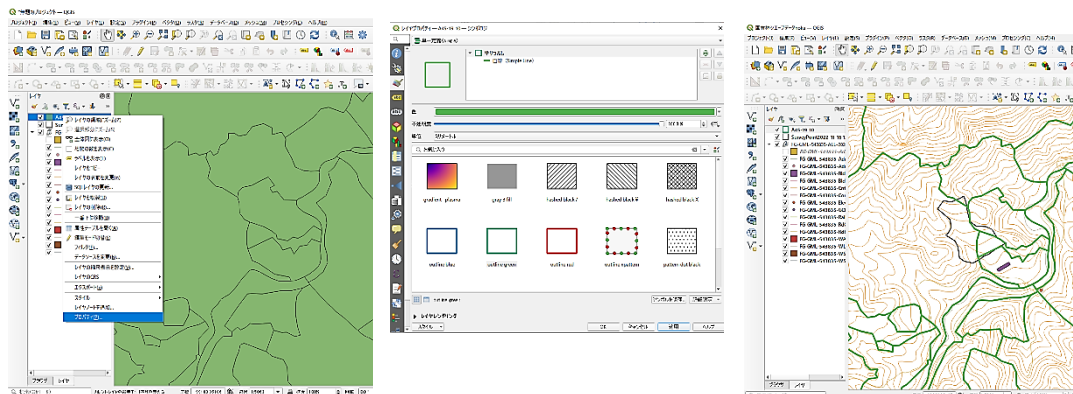
### ② 図郭（塗りつぶし）のチェックを外し等高線を表示する



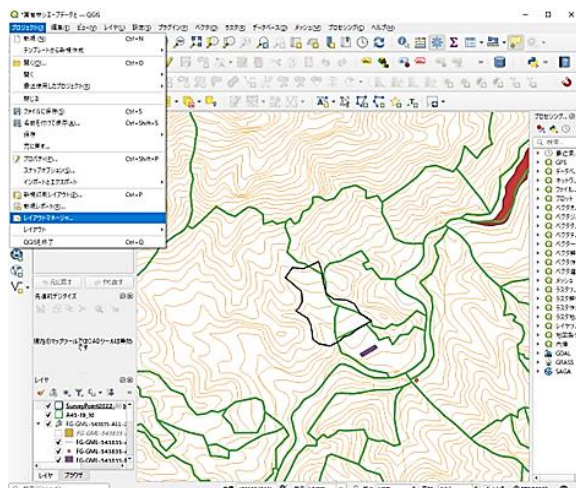
### ③ 林小班界シェープファイルを取り込んで表示する

国土交通省「国土数値情報ダウンロードサービス」の国有林野（ポリゴン）から林小班界シェープファイルを取得しドラッグ&ドロップで QGIS に取り込む。

取り込んだレイヤを右クリック ➡ プロパティ ➡ 区域線が緑色で中が空白の方形をクリックすると地形図上に林小班界が表示される。

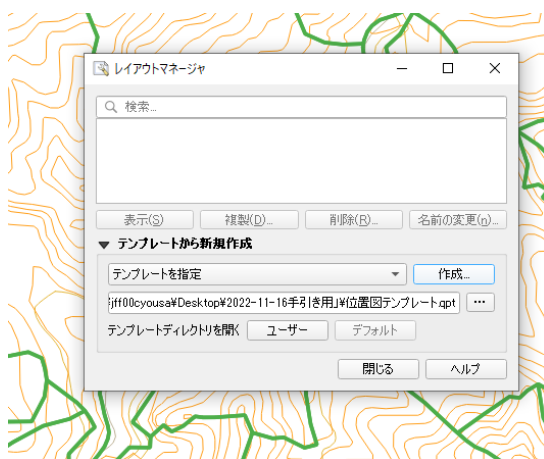


#### ④ レイアウトマネージャーの表示

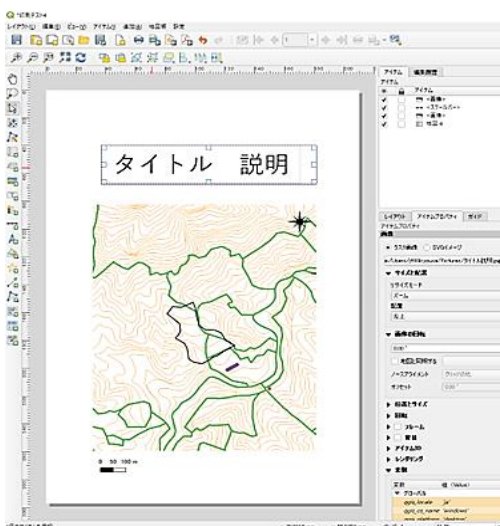


#### ⑤ テンプレートを指定し「作成」

先に作成した実測図テンプレートを  
活用して位置図テンプレート  
も予め作成しておく。



#### ⑥ 位置図の保存、印刷

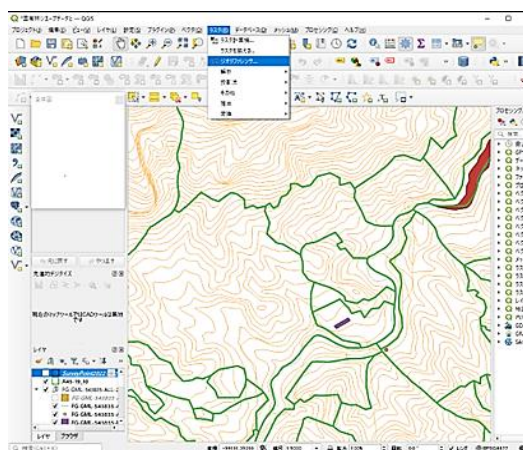




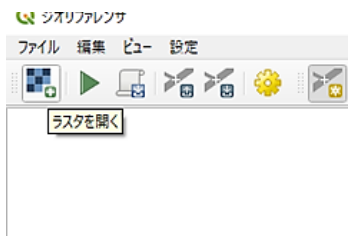
(参考) 背景図 (PDF) を QGIS に取り込み区域を重ねる

① 地形図等を表示

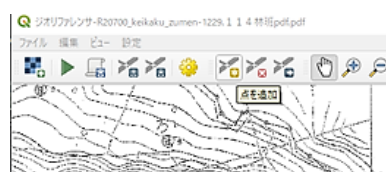
② ラスタ～ジオリファレンス



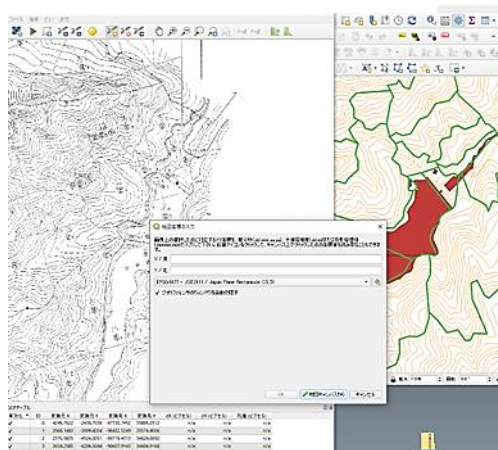
③ ラスタ (PDF) を開く



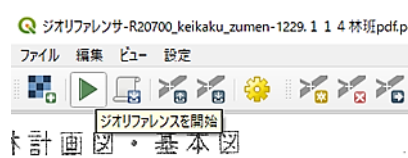
④ 点を追加



⑤ PDF 上の点に地形図上の点で座標を付与×4点



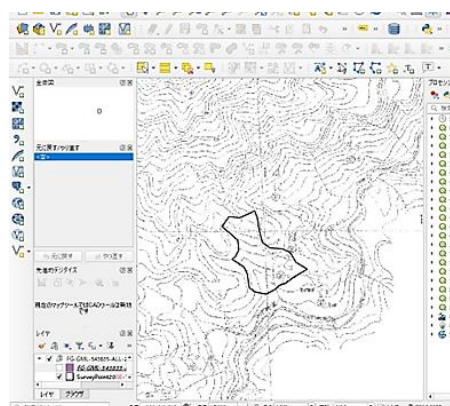
⑥ ジオリファレンスを開始



⑦ 変換タイプ、CRS 等を設定



⑧ PDF に座標が付与され保存や印刷へ





## 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。

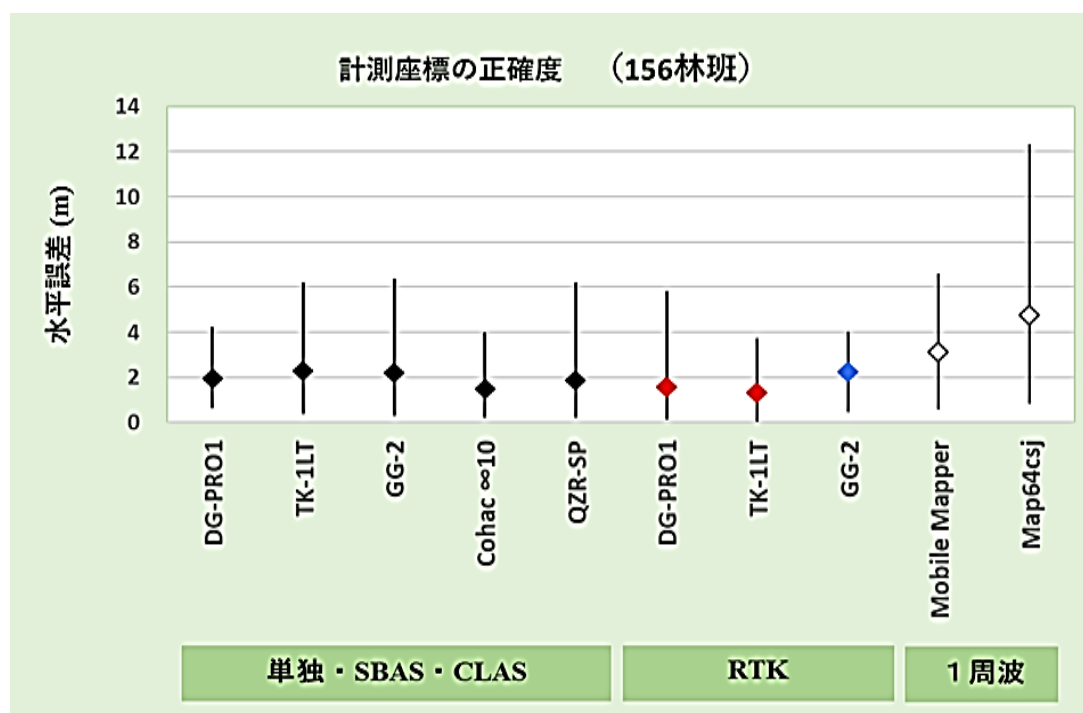
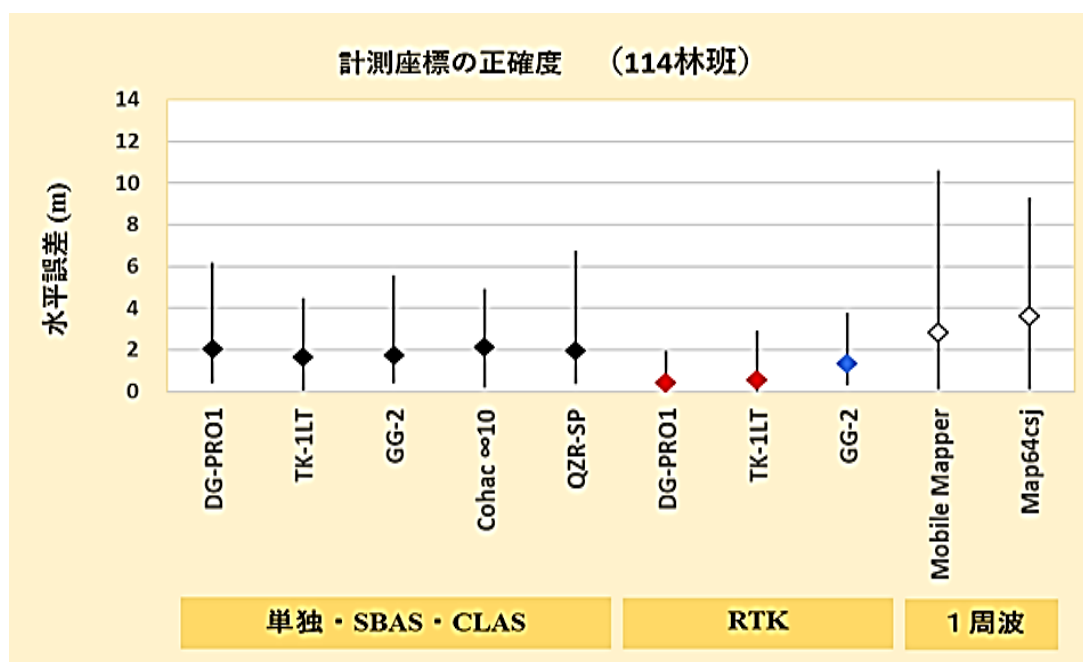
(参考1) 高精度GNSSの計測精度の例 (平地、三角点)

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

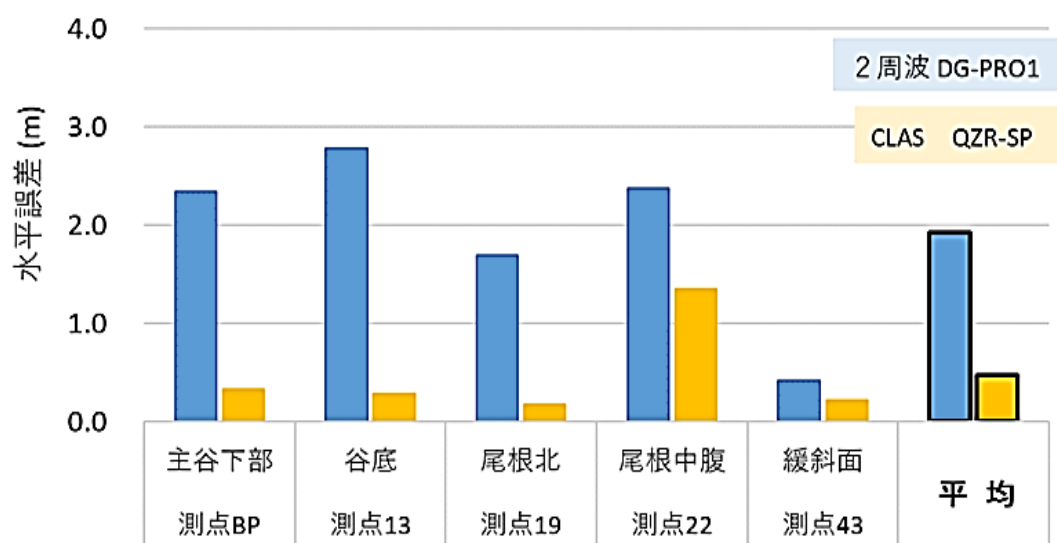


### 計測座標の最小値と最大値の幅（線）と平均値（ひし形）

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					



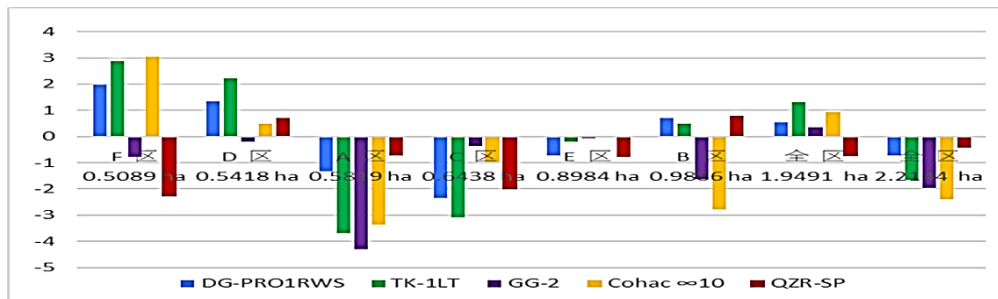
※CLAS 対応機種では、連続計測した平均座標で精度の向上が見られた。



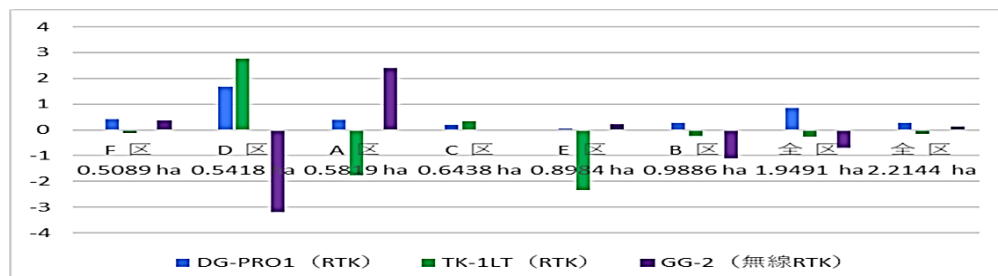
## (参考4) 森林内での計測面積の正確度の例

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