

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タ級（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。

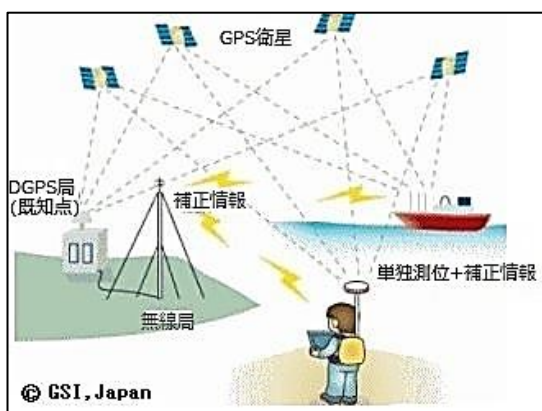


図 1-3 DGPS 測位の概念図

出典：“GNSS を使用した測量のいろいろ”
(国土地理院)

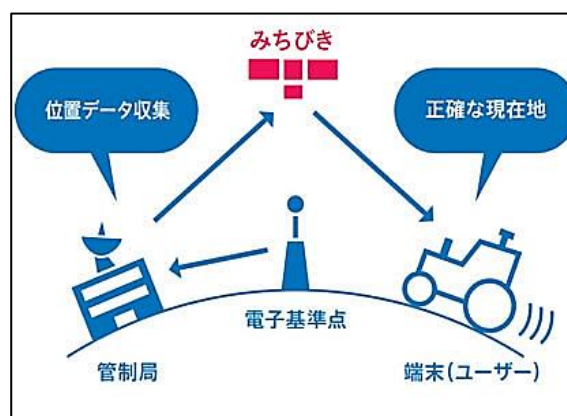


図 1-4 CLAS の概念図

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。

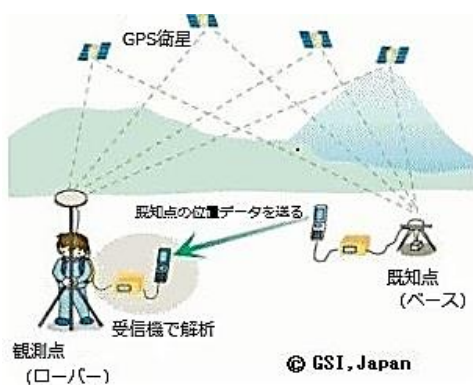


図 1-5 無線 RTK 法

出典：国土地理院”GNSS を使用した測量のいろいろ”

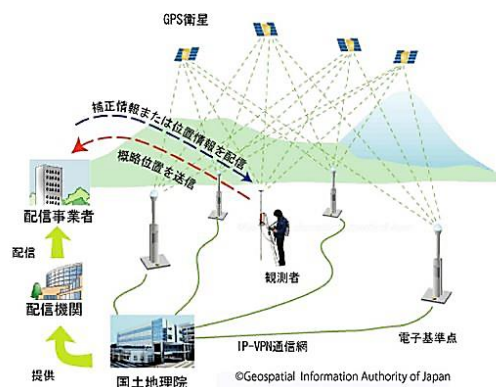


図 1-6 ネットワーク型 RTK 法

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。