

## 高精度位置情報の取得

### — 低価格 2 周波 GNSS 受信機の可能性 —

蝦名益仁・速水将人・竹内史郎・大野泰之・中田康隆

#### はじめに

昨今、林業従事者の不足から、地理空間情報や ICT（情報通信技術）など先端技術を用いた森林管理の省力化が注目されています。これらの研究開発には、要素技術として高精度な位置情報の取得が重要となります。例えば、UAV を使った林分の資源量推定の研究を進める際、「毎木調査で取得した単木情報」と「UAV 空撮より得たデータから推定した単木情報」とを単木レベルで統合する際に高精度な位置情報が必要になります。また、実際の森林管理に UAV を使用する場合、UAV の空撮時に使用する地上評定点の位置座標取得やどの範囲（小班、伐採区）にあたるのかを把握する際に、精度の高い位置情報が重要となります。

このように、先端技術を用いた森林管理には位置情報の取得がなくてはならない重要な要素技術となります。しかしながら、従来林業の現場で多く使われている 7-8 万円程度のハンディ型の GNSS（Global Navigation Satellite System：全球衛星測位システム）受信機では誤差が大きく精度を満たすことができません。また、精度の高い測量用の GNSS は 100 万円程度と高価なため、林業分野で広く利用が進んでるとは言えないのが現状です。近年、低価格かつ高精度な 2 周波（L1, L2 バンド使用）GNSS が登場しました。これは、先端技術を用いた森林管理に用いるのに十分な精度があると考えられています。ここでは低価格 2 周波 GNSS の紹介、精度検証、植栽試験で毎木位置の取得について報告します。

#### 2 周波 GNSS 受信機って？

GNSS 衛星からは複数の周波数帯の電波が地上に向けて送信されています。従来のハンディ型の GNSS の多くはそのうち L1 バンド（1575.42MHz）と呼ばれる周波数帯のみを受信し、その到達時間と衛星軌道情報から位置を計算しています。この L1 バンドのみを受信する受信機を 1 周波 GNSS 受信機といいます。対して、L1 バンドに加えて L2 バンド（1227.6MHz）の 2 つの周波数帯の電波を受信する受信機を 2 周波 GNSS 受信機といいます。2 周波 GNSS 受信機は 2 つの電波の波長の違いを用いることによって、衛星が宇宙から発信した電波が電離層（地球の周囲を覆う層の一種）や大気中の水蒸気で受ける影響を補正することができます。この技術を利用することによって、1 周波測位に比べ短時間で高精度な測位をすることが可能となります。

#### 低価格 2 周波 GNSS 受信機の精度検証について

今回、私たちが使用した 2 周波 GNSS は u-blox 社より発売されている ZED-F9P（167.77USD：2019 年 12 月 9 日現在）です。u-blox 社は高価であった 2 周波 GNSS モジュールを安価で製造しているスイスの会社です。ZED-F9P を用いることで、より、低コストで高精度な位置情報の取得が可能になります。

しかしながら、ZED-F9P は IC チップ単体で発売されており、そのまま使用するのが困難です。そのため、札幌のエンジニアによって開発された「MG1」を使用しました。MG1 は ZED-F9P、小型のコンピュータ、無線モジュールが組み込まれている製品です（図-1）。MG1 は Wi-Fi で接続し、IP アドレスを入力することにより Web ブラウザ上での操作が可能です。Web ブラウザと Wi-Fi が使用できる機器であれば一般的なスマートフォン・タブレット・PC から操作可能です。また、グラフィックユーザーインターフェイス（GUI）は日本語で作成されており、直観的な使用が可能です（図-2）。



図-1 MG1 外観

MG1 外装は 3D プリンターで作成, ZED-F9P とコンピュータが内蔵されている。後ろに見える黒い棒は無線モジュールのアンテナ。



図-2 MG1 GUI

MG1 GUI はスマートフォン・タブレット・PC などの Web ブラウザ上で使用可能。日本語に対応しており, 直観的な操作が可能。

2 周波 GNSS の代表的な使用方法は二つが挙げられます。一つは GNSS 受信機を単体で使用方法です。ZED-F9P では survey-in というモードを使うことにより, 好条件下で 60 cm 程度の精度で位置計測が可能です。二つ目は GNSS 受信機を 2 台使用する RTK (Real Time Kinematic) という手法です。RTK は 2 台の GNSS 受信機を基地局と移動局として使用します。基地局から求めた衛星信号の誤差情報を基に移動局が受信している衛星信号の誤差を補正することで, 基地局からの移動局の方角と距離を求め, 高精度で移動局の位置を測位する手法です。RTK は 2 周波 GNSS を用いることで, 基地局と移動局の距離を長くしても, 安定した測位ができます。本試験では, MG1 を 2 台用い RTK による測位の精度検証をしました。

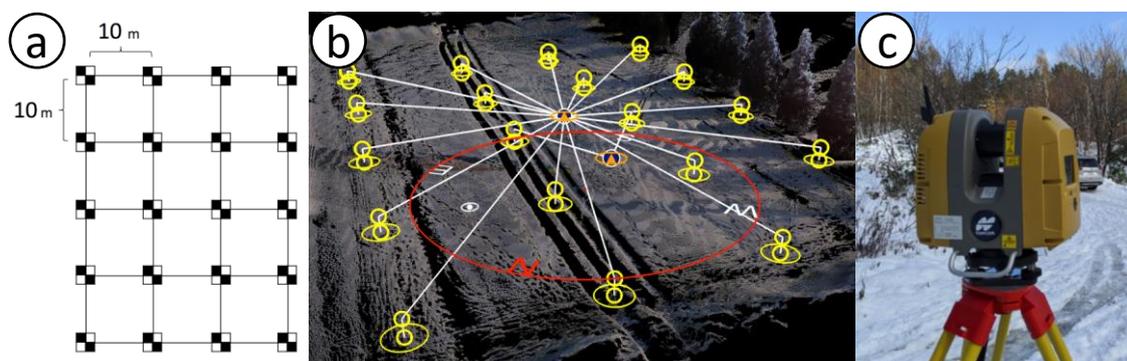


図-3 精度検証の概要

a は精度検証の試験地設定。10m 格子状に GNSS を設置し TLS でターゲット位置を測定した。  
b は TLS で取得した三次元点群とターゲット位置の三次元表示。ターゲット位置は黄色い円, TLS 設置位置はオレンジの円で描写。  
c は使用した TLS: Terrestrial Laser Scanner。

精度検証は美唄市の林業試験場内で行いました。図-3 に精度検証の概要を示します。図-3a のように 10 m 間隔の格子状に MG1 を設置しそれぞれの位置を計測しました。その後, 位置情報の精度検証をするため, 地上レーザ (TLS: Terrestrial Laser Scanner) 測量を用い各格子点の位置を計測しこれを正しい値としました (図-3b 参照)。TLS 測量はレーザ測距技術を用い測定機器周囲の地物の三次元座標を網羅的に高精度に取得する手法です。使用した TLS は GLS-2000 (TOPCON) です (図 3-c)。2 つの測定結果を

比較するため、それぞれの手法により近接する測定点間の距離を算出し、両者の差から誤差を算出しました。その結果、一辺あたりの誤差は1.36 cmとなりました。誤差の値は小さく、高精度に計測することができました。したがって、MG1は高精度な位置測位の手法として十分な精度を有していると考えられます。

### 毎木位置を測位してみました

毎木位置の測位は、令和元年5月に植栽試験を行った浦幌町内の三井物産社有林にて試みました。植栽試験は2haの皆伐地において、カラマツ、 $F_1$ (グイマツ×カラマツの雑種 $F_1$ )、クリーンラーチ( $F_1$ の中で特定のグイマツの母親×カラマツ精英樹)の裸苗( $F_1$ 除く)を1,500本/haで苗の種類がランダムになるように植栽しました。本試験地において、毎木位置を正確に測位することによって、苗の種類や環境条件と成長や生残を紐づけることが可能になります。その結果、どのような因子が成長や生残に影響を与えているかを明らかにすることができます。また、植栽木の正確な位置がわかることで、複雑な配植の試験地の維持管理に活用できる可能性があります。

本試験での毎木位置の測位はMG1を用いたRTKで行いました。RTKの方式は、座標が既知である点に基地局を設置し、基地局から無線によって送信される誤差補正情報を移動局が受信するという方式で行いました(図-4参照)。測定者が苗木の位置に赴き、移動局を据えることで測位を行います。今回の試験で、測定した苗木は特に成長について重点的にモニタリングを行う1119本です。

測位の結果、図-5のように苗木の位置を正確に測位することができました。植栽列ごと(10本以上植栽されている列を対象)に苗木一本当たりの測位所要時間を算出しました。その結果、平均で25.8秒計測(最大:44.2秒,最小:17.1秒)かかりました。本試験では各苗木の種類を記録する必要がありました。したがって、単純に位置だけを測位する場合には、測位時間を短縮できる可能性があります。今回得られた正確な毎木位置より、環境条件を算出し、成長や生残の差にどのような因子が関与しているかの検証を進めていく予定です。



図-4 基地局(左)と移動局(右)の誤差情報送信のイメージ

実際の基地局の設置状況と移動局での苗木位置測定。測定者が移動局を持ち毎木位置に移動し位置を測定する。

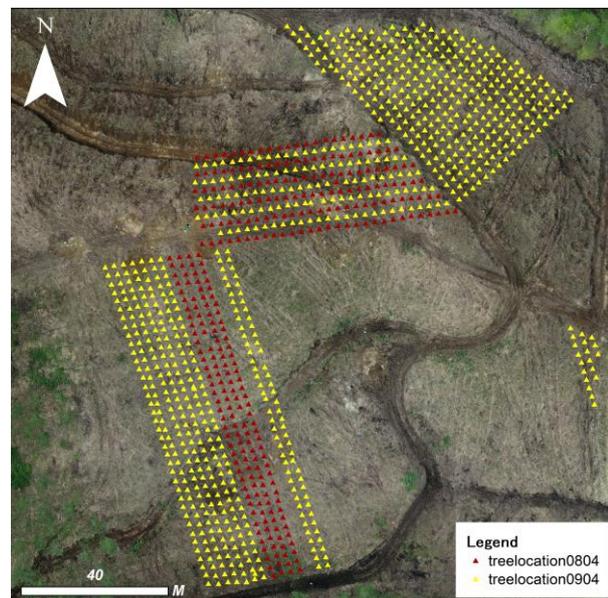


図-5 試験地のUAV画像と取得した苗木の位置  
UAVオルソ画像上に2回分(8月:赤,9月:黄色)の苗木測定を色分けして表示。各点は重なりがなく列が正確に表現されている。

### まとめと今後の見通し

今回の精度検証を通じて、低価格な2周波GNSSでも高精度な測位ができることがわかりました。この技術を導入することで低コストに、先端技術を用いた森林管理に適した高精度な位置情報の取得が可能です。また、植栽試験で毎木位置の測位を試み、作業にどの程度時間がかかるかを検証することができました。本事例では携帯電話ネットワークの圏外であったため、施業現場で2台のGNSS受信機を使用して測位を行いました。しかし、ネットワーク圏内であれば事務所などに2周波GNSS基地局を設置し、補正情報をインターネット経由で移動局に送信することで事務所から半径100km程度の範囲で一台の移動局だけを用いた簡易な運用も可能です。

GNSS測位の分野は今後も様々な発展が見込まれます。例えば、国内で打ち上げた衛星の‘みちびき’から発信される補正情報を用いることで移動局だけでも短時間で高精度な測位が可能になることが見込まれています。したがって、今後も試験研究を通じて、データと事例の積み上げを図り、一般の森林管理に応用可能な位置情報の取得技術に関して紹介をしていきます。

### 謝辞

毎木位置測位の試験は、三井物産フォレスト株式会社の協力によって行われました。また、MG1の使用には麦島正司郎氏の協力をいただきました。厚く御礼申し上げます。

(森林経営部経営グループ・森林環境部環境グループ・道北支場)