

無人航空機とGISデータを利用した 森林作業道の位置情報の反映について

東北森林管理局 宮城北部森林管理署 ○高鷲 淳一
柳沢 英治

1 はじめに

(1) 背景

森林作業道は、「森林作業道作設指針」により基礎的な作設指針が示され、森林整備や木材の集材・搬出のため継続的に用いられる道として維持管理されている。

しかし、森林作業道の線形や位置等は、測量を要しない現地踏査により決められているため、保存されている路線図の精度は必ずしも高くない。また、台帳は整理することとされているが、路線図は紙媒体であり、電子データ化されていない現状である。

(2) 目的

森林作業道の維持・管理に向け、精度の高い森林作業道の位置情報を把握するため、平成30年度に導入・配備された、GPSを搭載した無人航空機（マルチコプター型）を使用することで、素早くかつ効率良く位置情報の取得が可能か試し、その精度や効率性、運用範囲等について検証するとともに、取得した位置情報をGISに反映させ、森林作業道の位置情報を電子データ化することを目的とする。

2 調査方法

(1) 無人航空機活用の課題

- ① 任意の点の位置情報を150m上空から取得できるか。
- ② どの程度の範囲、距離まで運用できるか。
- ③ 従来の携帯用GPSと比べて成果等の違いはあるか。

(2) 無人航空機の仕様

使用した無人航空機の主な仕様は以下のとおり。

- ・機種 DJI PHANTOM 4PRO
- ・重量 1,380g（バッテリー込）
- ・最大速度 20m/s（時速72km）
- ・最大実用上昇限度 6,000m（※航空法の規定では150mまで）
- ・最大飛行時間 約28分
- ・最大電送距離 3.5km
- ・衛星システム GPS/GLONASS

(3) 無人航空機の特徴

マルチコプター型の多くは姿勢を制御するため、高性能なGPSアンテナを搭載しており、本機も自らの位置を正確に割り出し、自動的に空中の同じ位置に静止することができる等の機能を有している。

また、機体下面中心にカメラを据えており、水平方向又は鉛直方向に向けて撮影することができ、撮影した写真に位置情報を記録することが特徴となっている。

なお、GPSの性能は非常に高いと考えられ、GPS衛星の受信については、同時に多くの信号を受信することが可能で、上空高く飛ぶことにより、地形や障害物の影響をほとんど受けないと考えられる。

機体の動きは、同じ高さのまま、前後、左右に移動することが可能で、微調整も簡単にできる。また、回転運動により、固定翼機のように旋回することも可能である。

(4) 調査地の概要

米川担当区、登米市東和町鮎川山国有林の2小班を対象に調査を実施した。(表-1)

表-1 調査地概要

項目	皆伐事業区 (伐採後)	保育間伐事業区	計
林小班	626に4	626に1	2小班
面積	2.42ha	9.89ha	12.31ha
主な樹種	カラマツ	アカマツ	—
林齢	1年生	55年生	—
森林作業道	850m	1,830m	2,680m

(5) 調査の概要

① 無人航空機の使用

森林作業道に沿って飛行させ、中心を捕捉して撮影し、位置情報を取得。要した飛行時間等を計測。

② 携帯用GPSの使用

GPSを携帯し、森林作業道全線を歩行し、位置情報を取得。要した歩行時間を計測。(使用機種：ガーミン GPSMAP 64scJ)

④ GISへの反映

取得した各々の位置情報をGISへ取り込み、地図上に反映させる。

3 取組の経過

(1) 無人航空機の操作

航空法により、地表又は水面から150メートル以上の高さの空域は飛行禁止されており、無人航空機の操作は、飛行させる者の直接肉眼による目視の範囲内で無人航空機とその周囲を常時監視して飛行させることとなっている。なお、機体を見失うことのないよう、補助者を配置し、安全上十分配慮し飛行させることとした。

送信機のモニターは、常時無人航空機搭載のカメラの映像を映しており、カメラを鉛直方向に向けた時に、地上の目標物の真上に位置するよう、照準を合わせるため、モニター画面に対角線状に糸を2本張り、中心が分かるようにした。

無人航空機を森林作業道に沿い飛行させ、上空150メートルから、ある程度離れた地点をピンポイントで撮影することで、森林作業道の位置情報を記録していく。

(2) 高度による位置情報の精度

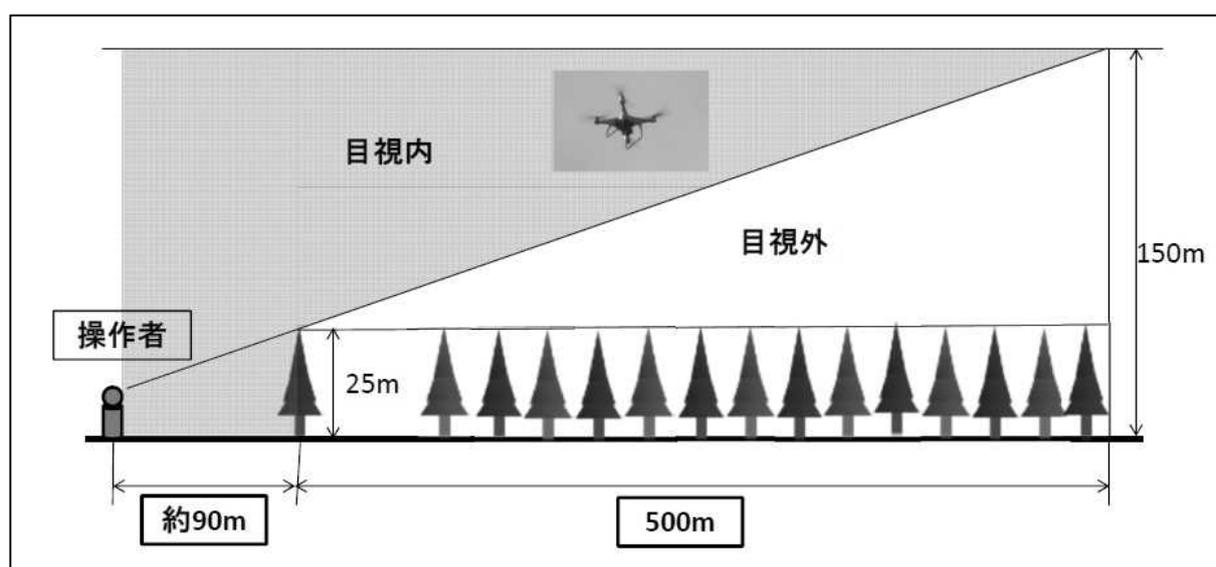
無人航空機の飛行高度によって捉える目標物の位置情報にどの程度の誤差があるか調べるため、地上の目標物からの高度を 25 メートル、50 メートル、100 メートル、150 メートルと変えて、その位置情報を記録していく。

取得した位置情報をGISに反映した結果、4つの点が直径約3メートルの円内に位置したことから、実用上問題ないと判断した。

(3) 無人航空機の飛行範囲

無人航空機の飛行高度を 150 メートルに保ちながら目視内飛行をさせる場合、どこで操作するかにより飛行範囲が決まる。障害物となる立木がある保育間伐事業区（に 1 小班）から約 90 メートル離れた皆伐事業区（に 4 小班）内の地点で操作すると、保育間伐事業区の林縁から 500 メートルまで目視内で飛行させることができる。(図-1)

図-1 無人航空機の目視による飛行範囲（模式図）



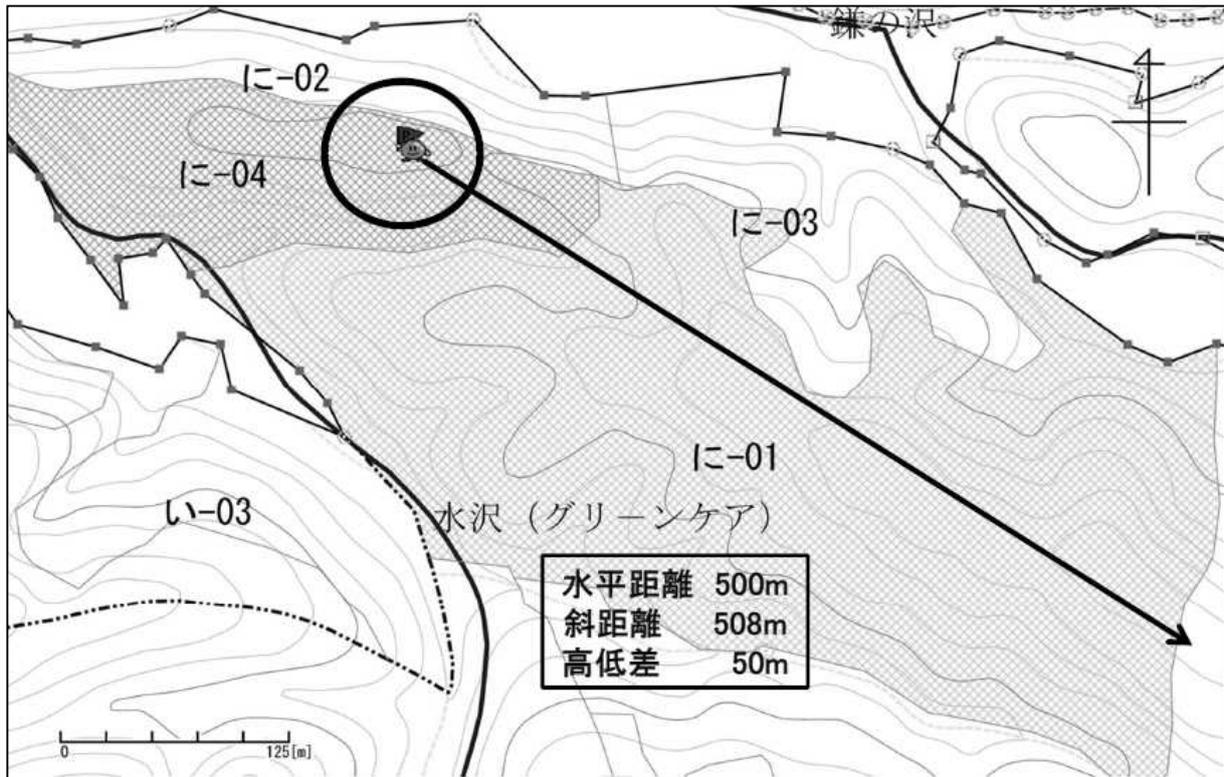
このことを念頭に置き、操作場所を選定し、実際に飛行させたところ、最大飛行距離は水平距離で 500 メートルとなった。操作場所を円内の地点とし、そこから最も遠く飛行させた地点を矢印で示すと、図-2のとおりとなる。

(4) 無人航空機の操作場所の選定

無人航空機の操作場所の選定について、その要点をまとめると以下のとおりとなる。

- ① 操作場所（離着陸地）を障害物からある程度離れた所に設けることで目視範囲が広がり、長距離の運用が可能。
- ② 見通しの良い所であれば、標高の低い場所からでも操作することができる。
- ③ ①、②の条件を満たせば、直線距離 500m 以上先の森林内の森林作業道の位置情報を取得することも可能である。

図-2 無人航空機の飛行範囲（平面図）



(注：「に-04」は皆伐事業区。「に-01」は保育間伐事業区である。)

4 取組の成果

(1) 無人航空機による位置情報の取得

無人航空機による任意の地点の位置情報を取得できるか試したところ、150メートルの高度でも大きな誤差は見られなかった。また、森林内の森林作業道であっても、適切な操作場所を選定することにより、目視内飛行が可能となり、位置情報を取得することができた。

(2) 無人航空機の運用範囲

位置情報の取得に無人航空機を運用できる範囲については、この度の調査では次のとおりとなった。

- ① 対象の小班面積 約 12ha
- ② 森林作業道の延長 2,680m
- ③ 最大飛行距離 500m

(3) 無人航空機と携帯型GPSとの比較

取得した位置情報をGISに反映したところ、その成果には大きな差はなかったものの、最大で約10メートルの差違(ずれ)があった。

無人航空機と携帯型GPSを使用し、対象の森林作業道の位置情報の取得に要した時間等を計った結果は、表-2のとおりである。無人航空機を使用して操作場所を1箇所にするれば、携帯型GPSに比べ歩行距離や歩行時間は大幅に短縮した。

表-2 無人航空機と携帯型GPSによる要した時間等の比較

項目	森林作業 道延長	歩行距離	歩行時間	飛行時間	時間計	備考
携帯型GPS	2,680m	3,780m	74分	—	74分	徒歩
無人航空機 (1回目)	2,680m	1,280m	24分	50分	74分	操作場所 2箇所
無人航空機 (2回目)	2,680m	840m	14分	39分	53分	操作場所 1箇所

(注：無人航空機の時間計には準備等の時間は含まない。)

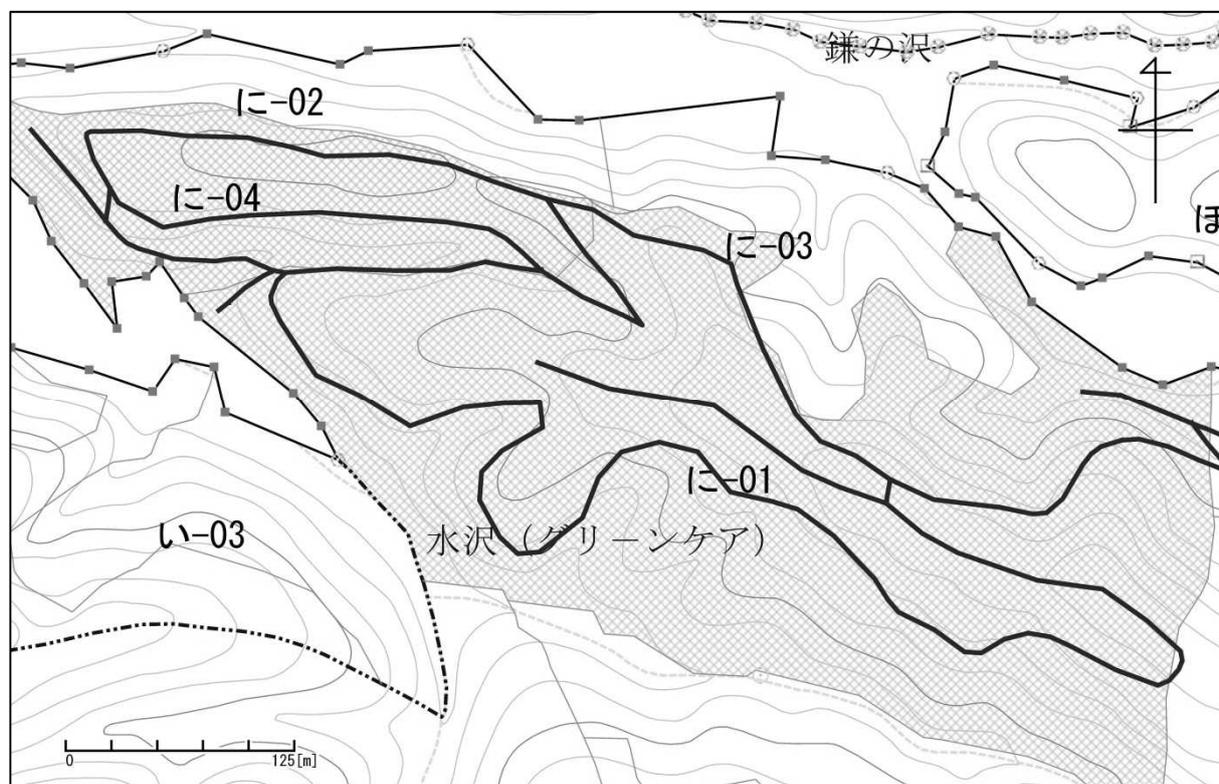
(4) GISへの位置情報の反映

ここでは、国有林GISに位置情報を入力した。

国有林GISへの位置情報の反映については、以下の手順により行った。

- ① 撮影した画像データを国有林GISに取り込み、ポイント情報を線でつなぎ作図する。(システム機能メニュー「地図編集」→「ポイント情報」→「ポイント情報メニュー起動」、画像ファイル選択、ポイント情報に変換。地図編集機能の「林道予定線」等を使用し作図。)
- ② 空中写真を参照して、作図した線形に修正を加える。
- ③ ポイント情報を削除して、森林作業道の線形を保存する。(図-3)

図-3 GISに反映した森林作業道の位置図(実線)



5 考察

(1) 森林作業道の管理

- ① 森林作業道の位置情報が従来の紙媒体のものから電子データ化されることにより共有することができ、現地踏査等の現場での活用が見込める。
- ② 精度の高い森林作業道の位置情報を基とすることにより、今後の森林作業道の維持・管理や森林整備への活用に資することが期待される。
- ③ 既設の森林作業道の位置情報を取得しておけば、その森林作業道に接続する新規の森林作業道を作設する際、より有効な線形を得ることが期待される。

(2) 無人航空機の活用

同様な使い方として、林内の崩壊地や風倒木等の被害箇所の位置情報をGISへ反映する活用が考えられる。

(3) 課題

- ① 森林作業道の位置情報を共有するためには、その方法をどのようにするか決めて、それを徹底する体制づくりが必要。
- ② この度の森林作業道の作図に当たっては、国有林GISの林道予定線の機能を使用したがる、専用の機能が追加されれば、より使い易くなる。

6 今後の展望

この度の試みは、森林作業道の位置情報の電子データ化を目的に、無人航空機のGPS機能に着目した位置情報取得の活用方法を検証したものとなっている。

従来の携帯型GPSの使用に代わり、無人航空機を使用する方法を提案する形になっているが、無人航空機使用による時間の短縮や労力の軽減について、ある程度検証できたものの、GPSとしての機能の比較までには至らなかった。しかし、無人航空機のGPS機能の精度には目を見張るものがある。無人航空機（マルチコプター型）の多くは、高性能なものになると、6～15ものGPS信号を同時に受信することが可能で、これにより自らの位置を正確に割り出し、自動的に空中の同じ位置に静止する（機体の位置を修正する）ことができるなど、位置情報を相当な精度（度、分、秒の小数点以下15桁）で読み込んでいる。

今後、三角点等の公共の基準点（緯度、経度の座標が公表されている）を目標に、携帯型GPSと無人航空機の両方で位置情報を取得し、その成果をGISへ反映し比較してみるなどの検証がなされることを望む。実用性が証明できれば、簡易な測量（収獲調査等）にも応用できるものと期待している。