

LiDAR 搭載 UAV で実現する安全な事業計画策定

北海道森林管理局 根釧西部森林管理署 森林技術指導官 佐藤 亜樹彦
大澤木材株式会社 総務課技術開発係長 野上 一平
福島県森林林業総室（元 根釧西部森林管理署） 見付 亜那

1 背景と目的

近年は、多くの人工林が主伐期を迎え、木材生産量の増加と共に、更新量が増加する中、林業従事者の高齢化や若手職員の離職が深刻化しています。とりわけ若手の山離れの理由に、ヒグマとの遭遇、労働災害リスクや重労働があげられており、とりわけ、令和3年には、当署管内の請負生産事業において、山林の調査中に事業体の職員がヒグマに襲われる労働災害が発生しました。釧路新聞社様からご提供いただいた記事（図1）にもありますように、一歩間違えば死につながる重大な災害でした。

受注者であった大澤木材株式会社では、この労働災害を受け、「どうすれば安全に作業がおこなえるか」を模索すると同時に、受注側の課題である路網設計における現地調査への多大な時間と労力、安全面からの複数配置作業等の課題にもアプローチを行い、安全性、効率性、正確性の向上を目的に、LiDAR 搭載 UAV と GIS を組み合わせた新たな可能性について検討を行いました。



図1 当時の新聞記事

2 使用機材とLiDAR（ライダー）技術の特性

今回、使用した機体及びカメラは、産業用ドローン「マトリス 300」、カメラ（LiDAR）が「ゼンミュージズ L1」ペイロード（積載）2.7 kgで、LiDAR モジュールに加え光学カメラも同時に搭載している機材を使用しました。（図2）

LiDAR 技術とは、レーザー光を照射してその反射光を利用し対象物までの距離や形状を計測するものです。

LiDAR の特性として、木や葉の間を通り抜けて地面や森林内の測定が可能で、高精度な地形や樹形の測ができます。LiDAR で取得したデータは、専用ソフトウェアを使って点群処理を行い、3D の点群データを作成します。

この点群データは、RGB カラーで色彩表現も可能で、さらに、DEM（デジタル標高モデル）も出力できるようになっています。（図3）

DJI MATRICE 300 RTK(マトリス)		デバイス・ソフト	使用機材名	価格
		UAV	DJI Matrice300 RTK	80万円
		ペイロード	Zenmuse L1 積載2.7kg	230万円
		RTKアンテナ	D-RTK2 測位衛星システムアンテナ	20万円
		処理ソフト	DJI Terra	40万円
		解析ソフト	QGIS	無料
DJI ZENMUSE L1(ゼンミュージズ)				

図2 使用機材

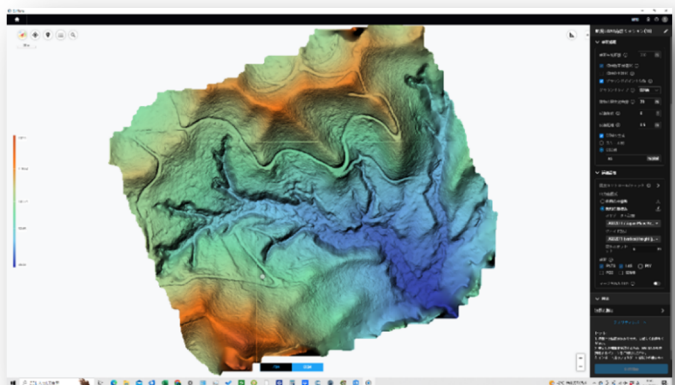


図3 LiDAR データの解析

一方、光学カメラは写真や動画が鮮明で、色や模様を記録するのが得意なものです。写真撮影でオルソ画像を作成、林相判別や面積測量が可能です。(図4)(図5)



図4 オルソ画像(森林)



図5 オルソ画像(土場)

3 実証地の概要等

実証地は北海道森林管理局根釧西部森林管理署管轄のパイロットフォレストで実施しました。

また、大澤木材株式会社は、当該流域で樹木採取権の契約を締結しており、複数年で協力体制が推進できるパートナーでもあります。

4 対象区画のオートパイロットとフライト時間

対象区画はおおよそ 77ha ですが、対象区外の既設作業道も把握するため、対象より広範囲のフライトを実施しました。

広範囲な飛行を必要としており、(バッテリー 2 本で、最大 45 分) ペイロードにより 35 分程度で、今回は 20 分のフライトを 4 回行い、準備を含めて約 2 時間で作業を完了しています。

事前に計測範囲を設定することで UAV は自立飛行、いわゆるオートパイロットが可能であり操作技術も容易なものとなっております。(図6)

パラメータの設定値は、飛行高度 140m 地形追従なし、飛行速度は 10 m/s、ラップ率はサイドラップ 65%、オーバーラップ 65%、レーザーパルスはトリプル 160kHz リターンなし、1 m²あたりの点数は 50 点程度としました。

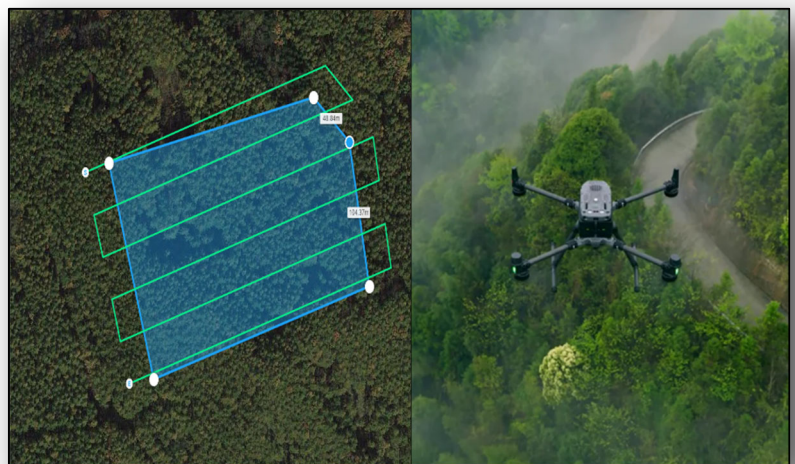


図6 オートパイロットによるフライト

なお、フライト撮影は、車両の周辺で行うため林内で起こりうるリスクはほぼありません。

5 解析及び事務処理

フライトで撮影された画像処理や現場で必要な情報を GIS に反映させるために、7 時間程度を要し、解析等は合計で約 9 時間を要しました。

6 地形情報を CS 立体図で表現

上記のフライト条件で得られたデータを点群処理し、QGIS を用いて作成した CS 立体図が(図7)です。CS 立体図とは、長野県林業総合センターにより考案された、地形を視覚化し直感的に判読できる地形表現図で、色の薄い箇所が傾斜の緩いところ、色の濃い箇所が傾斜の急なところです。

CS 立体図では、片切も表現されて既設路の把握が容易であり、作業道作設作業の際に問題となる小

さな沢や軟弱な地形等も把握できることから、作業道作設の計画も机上で行えました。

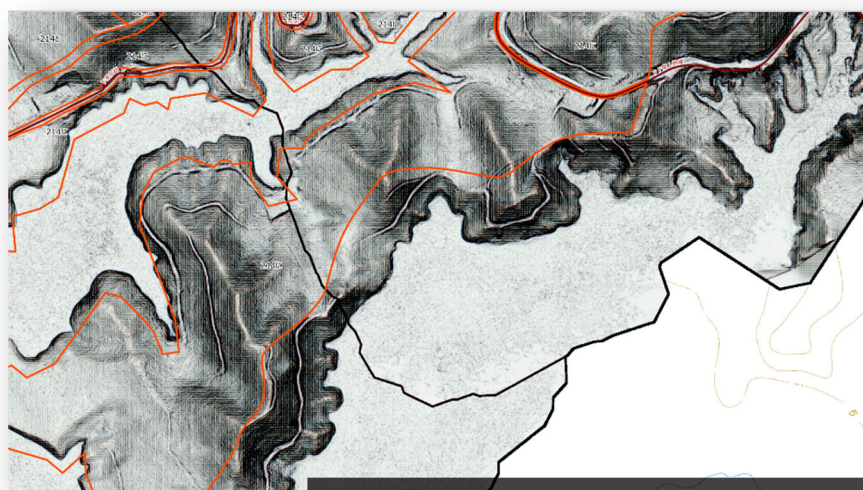
7 現場への実装

大澤木材株式会社では、CS立体図を基にGISで作成した地図を、アプリを介して現場全体へ共有し、高性能林業機械にタブレットを取り付けて施業を行っています。

GPS搭載のタブレットで自身の位置及び機械の向きをリアルタイムで確認できるため、判断がスムーズになり、誤った作業道の開設や誤伐の防止に繋がるなど、作業の正確性が大幅に向上します。

なお、現在は、ザウルスロボ5台、ハーベスタ3台にタブレットを搭載し、運用しています。(図8)

また、こちらを活用することによって、より正確で効率的な作業道作設が可能となり、オペレータは様々な思考をしながら作業を行いますが、その意思決定の補助となっています。



CS 立体図:長野県林業総合センター考案

図7 CS 立体図



図8 高性能林業機械に搭載されたタブレット

8 事業体との技術開発と連携

根釧西部森林管理署では、作成した作業道や土場の計画・実行データをGISデータとして受け取り、そのまま事業計画書や実行結果図として活用しました。従来の森林管理では、紙の図面やExcelのお絵



図9 技術開発による連携

描き機能によって管理・共有されていましたが、事業体と森林管理署で情報を二重に管理するため、当時の事務作業は双方にとって負担の大きいものでした。双方のデジタル化が進んだことで、GISを基準とした情報共有が可能となり、従来のキルビメーターやエクセルを使って手作業で管理・共有していたものが、GISで作成した線形などから簡単に小班ごとの延長管理などが、出来るようにな

ったため、支払い延長や保安林の作業行為の上限の確認などが容易に行えます。

これらにより、事務作業の効率 UP、図面や座標の正確性 UP、ペーパーレス化によるコスト削減が達成されています。また、現場では、安全性、効率性、正確性が格段に UP しています。(図 9)

9 考察・結論

(1) 安全性

安全性は、ヒグマの冬眠明けの時期に、山に入る時間を大幅に減らすことが可能となったことから、林内で起こりうる様々なリスクを、大幅に軽減することができ、安全性の大きな向上が見込めました。

表 1 LiDAR 搭載 UAV 実証結果

	現場作業	事務作業
1.安全性	現場滞在時間の大幅な削減	-
2.効率性	タブレットによる、現在地の把握 道つけ作業等の効率性UP	図面作成や管理の簡易化 事業体と発注者間の円滑なデータ共有
3.正確性	伐区や伐採方向の確認 計画時と作業時で、線形の齟齬減少	実行結果図の延長等、計測作業の自動化 (小班毎の作設延長・修繕延長)

(2) 効率性・正確性

効率性は、踏査が不要となり、事務作業はパソコンでの解析ができることから、作業時間の節約が図られ、作業コストが事務作業も含め、全体で約 90%の削減が可能となりました。

さらに、広範囲の地形を把握できるようになり、線形の検討には経験が必要であるものの、詳細な地形の把握自体は、経験が浅い作業者でも、視覚的に容易に行えるようになりました。

また、現場の重機に、タブレットを取り付けて、自身の位置と計画の線形、伐区などを表示し、常に確認しながら作業が行えるようになったことで、現場での様々な確認作業の大幅な削減や、誤伐防止など、効率性・正確性ともに大きく向上しました。

正確性は、GIS の導入により、図面の精度が飛躍的に向上しました。(表 1)

また、事務作業でも、図面作成の置き換えや、図面データを GIS データに統一し、それらを都度共有しながら、それぞれの事務を行った結果、各作業時間の短縮や、延長の確実性の担保が図られたことにより、効率性と正確性が大幅に改善されました。

一方で、本手法では知識が求められること、初期投資のハードルが高いことがデメリットと言えます。

表 2 人力踏査 vs UAV 調査

	人力踏査	UAV調査
安全性	野生動物や急斜面で危険が多い	林内立ち入り不要で安全
延べ作業時間 (本調査地77ha)	98時間 (現地踏査+図面作成)	9時間 (現地フライト+解析+図面作成)
地形把握	経験による差が大きい	誰でもCS立体図で把握可能
カバー範囲	限定的(踏査範囲のみ)	広範囲(空中から把握)
管理事務作業	事務人工:多い 共有性:中 知識:少ない	事務人工:少(約75%減) 共有性:高 知識:多い
初期投資	約20万円(GPS、タブレット等)	約370万円

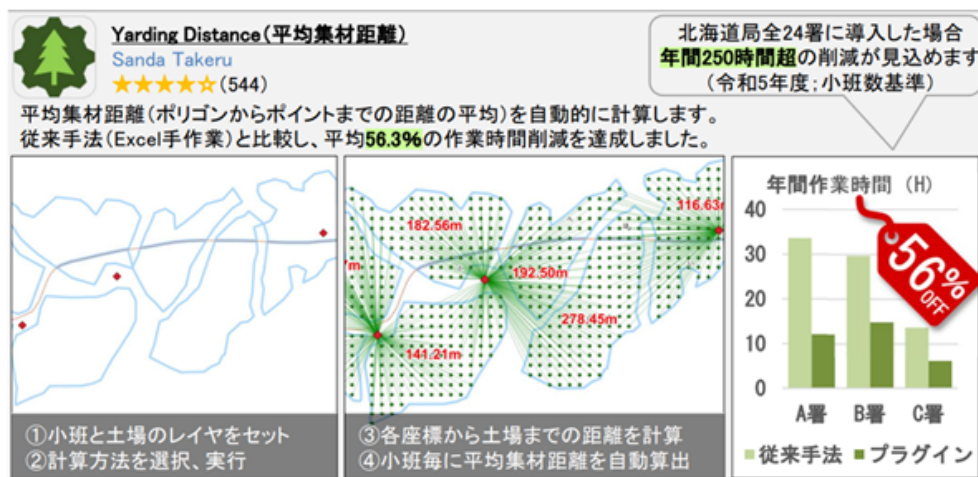
ただし、調査範囲が広がるほど、1 ha あたりのコストが下がり、且つ 10 分の 1 の作業時間は、人件費の面でも、相当な費用対効果が期待できます。（表 2）

10 新たな試み

今回 GIS を使用した管理を行っていますが、QGIS のプラグイン機能で新たな試みが出来ましたので紹介します。

プラグインとは、フリーソフトである QGIS の機能にプログラムを追加することを指します。

こちらは、当署の職員が開発した QGIS 上で平均集材距離を自動計算するプラグインです。



平均集材距離を自動計算できるため、従来手法より作業時間の削減を実現出来ました。（図 10）

プラグインは使うだけではなく作ることもできるので、現場の課題に併せて専用の QGIS を育てることで作業の効率化を図ることも可能です。

なお、この平均集材距離を自動計算するプラグインは GitHub アカウントを作成し公開されているので、全国の森林管理署で使用可能となっています。

11 今後の展望（実証から実装に向けて）

実証を行う中で、解析や図面作成などで行き詰まる箇所が多く、UAV や GIS を扱うには知識が必要だと痛感しました。

UAV や GIS は活用できるまで低くないハードルがあるため、普及に向けた研修などを実施しています。（図 11）

また、今回取得したデータで課題となる点がありました。

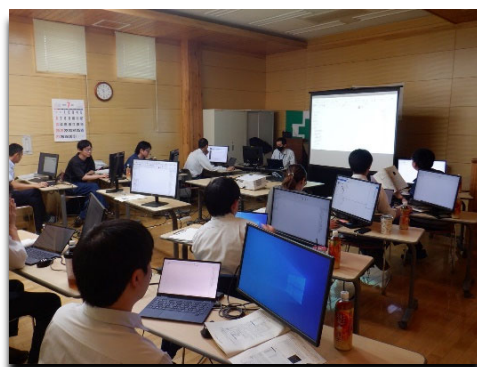


図 11 普及に向けた研修

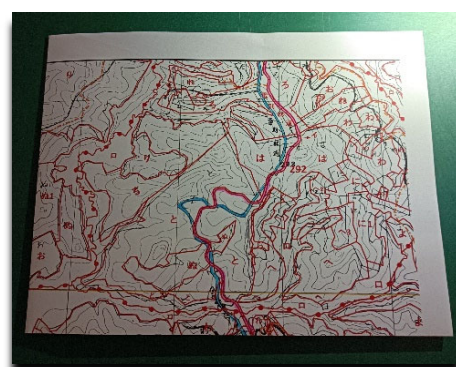


図 12 元データの修正

データと大元の図面で合致

しない箇所があったため、それらを都度見直していく作業も必要となりました。（図 12）

最後になりますが、LiDAR 搭載 UAV を活用した実証を通じて、安全性、効率性、正確性の向上が図れた実感がありました。

ただ実証して終わりではなく、現場への実装まで繋げられたことが一番の成果に思っています。