

令和6年度

林業イノベーション推進
スマート林業技術等実証業務

報 告 書

令和7年4月

富山県

富山県林業イノベーション推進協議会

目 次

第1章	はじめに	1
第1節	実証事業の目的と概要	1
1	実証事業の目的	1
2	実証事業の実施体制	2
3	令和6年度の実証内容	3
4	実証事業の概要	4
5	実証事業の実施箇所	5
第2章	実証事業	6
第1節	タワーヤードを活用した架線集材	6
1	目的	6
2	実証地と実証方法	6
3	実証結果	14
4	課題と今後の計画	15
第2節	ドローンによる森林資源調査業務	17
1	目的	17
2	実証方法と実証地	17
3	実証結果と検証	22
4	現場への実装方法	31
第3節	緊急時の連絡体制の構築	37
1	目的	37
2	実証地と実証方法	37
3	実証結果と検証	44
4	課題と今後の計画	46
第4節	動画等を活用した生産管理	47
1	目的	47
2	実証地、実証方法等	47
3	課題と今後の計画	53
第3章	富山県林業イノベーション推進協議会の運営	54
1	開催日時と内容	54
2	メンバー構成	55
3	議事録	56
4	開催状況	57

第1章 はじめに

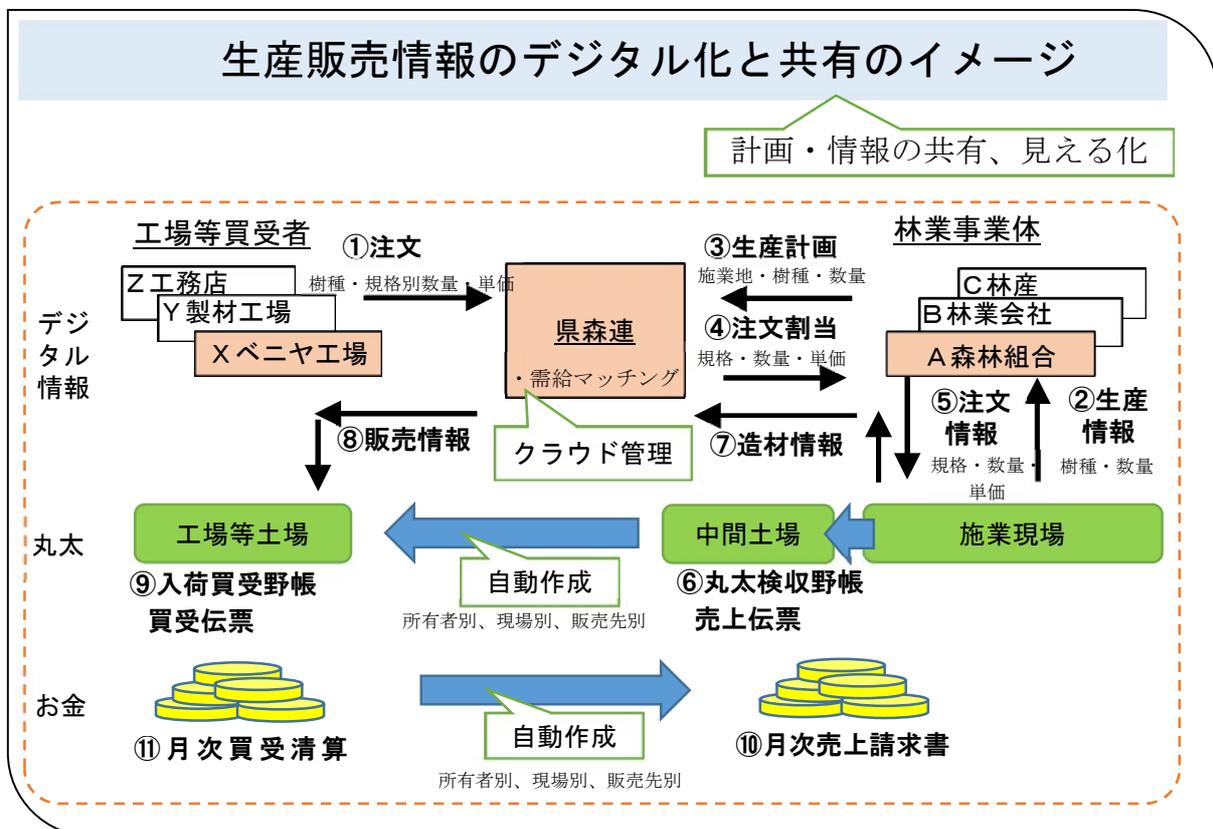
第1節 実証事業の目的と概要

1 実証事業の目的

県内の人工林は本格的な主伐期を迎えており、今後、こうした森林から木材生産を行い、森林資源の循環利用を進めるには、林業の担い手の確保、生産性と安全性の向上、県産材の流通の円滑化等の諸課題に対応する必要がある。これらの課題の解決には、地理空間情報の高度な活用や近年目覚ましい発展を遂げているICT等の先端技術を積極的に活用して林業イノベーションを進めることが不可欠である。

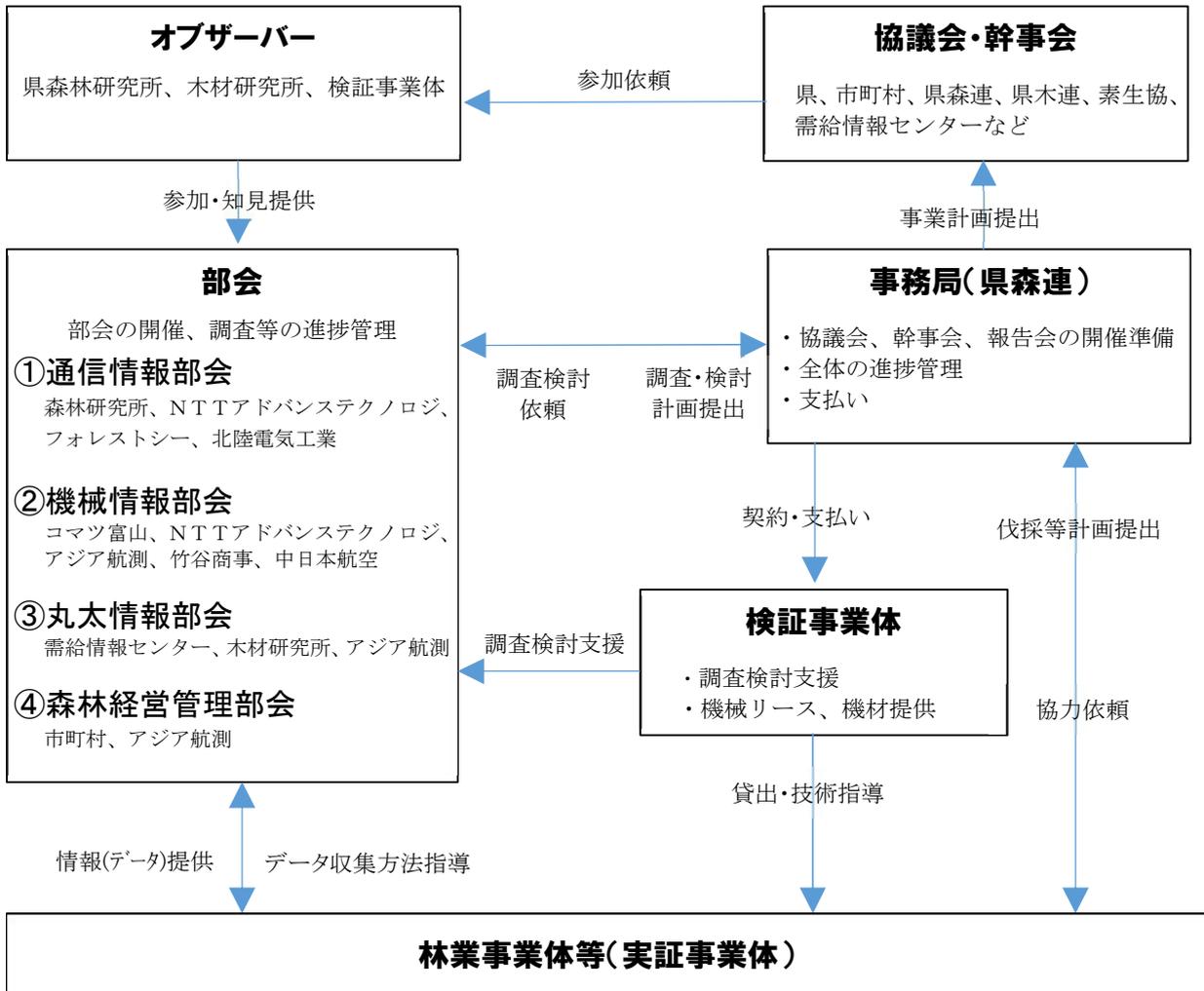
本事業は、こうしたことを踏まえ、県内の森林・林業・木材産業等の関係者が連携し、ICT等を活用した森林施業や木材生産の効率化・省力化を段階的に実証し、県内へのスマート林業の普及を進めることを目的とする。

また、この取組みを通じ、市町村が行う森林経営管理などによる森林整備を支援する。



2 実証事業の実施体制

実証事業の実施体制



3 令和6年度の実証内容

① 架線（タワーヤード）による木材生産の実証

内 容	実施項目
路網の開設が困難な急傾斜地等でのタワーヤードを活用した木材生産を検証	①タワーヤードを活用した工程毎の作業時間や素材生産量等の計測 ②生産性や生産費の算出

② ドローンを活用した森林資源調査の実証

内 容	実施項目
ドローンで撮影した画像を用いた森林資源量の把握を検証	①ドローンによる対象森林の撮影 ②撮影地の画像を基に、抽出した立木について、現地で樹種、胸高直径を調査 ③ドローンで取得したデータと現地調査の結果を基に、樹種判定と直径、材積の算定 ④算定した材積と毎木調査との比較などによる、精度の検証

③ 緊急時の連絡体制の構築

内 容	実施項目
携帯電話圏外の林業フィールドにおいて、緊急時に事務所などと連絡するための通信機器を検証	①低軌道衛星を活用した通信環境の普及 ②デジタル簡易無線機を活用した作業者間での音声通話やデータ通信（文字、位置情報等）などの検証

④ 動画等を活用した生産管理の実証

内 容	実施項目
スマートフォンで撮影した動画やアプリを用いた丸太検知作業や素材生産量管理を検証	①動画による検知時間の計測と精度の検証 ②納材時の計測データの活用に向けた関係者との合意形成

4 実証事業の概要

実証事業の概要

赤字：実証事業 青字：導入済、実証済



5 実証事業の実施箇所

① 架線（タワーヤーダ）による木材生産

NO	所在地	標高	施業内容・面積	実証事業体
1	黒部市福平地内 (公社造林地)	250m～330m	面的複層林施業 (更新伐) 2.32ha	富山県農林水産 公社

② ドローンを活用した森林資源調査

NO	所在地	標高	施業内容・面積	実証事業体
1	南砺市山本地内 (旧福光町)	200m～350m	—	DeepForest Technologies(株)
2	中新川郡立山町吉峰地内	240m～290m		

③ 緊急時の連絡体制の構築

NO	所在地	標高	使用機材	実証事業体
1	南砺市田向地内 (旧平村)	650m～990m	スターリンク、デ ジタル簡易無線機 (soko-co FOREST)	富山県西部森林 組合
2	富山市三熊地内 (旧婦中町)	70m～90m	スターリンク	(株)グリーンマテ リアル北陸
3	富山市八尾町西松瀬地内	320m	スターリンク	婦負森林組合

④ 動画等を活用した生産管理

NO	所在地	標高	施業内容・面積	実証事業体
1	富山市八町地内 [富山県森林組合連合会 土場]	—	—	富山県、富山県 森林組合連合会
2	小矢部市平田地内 [富山県西部森林組合中 間土場]	—	—	富山県、富山県 西部森林組合

第2章 実証事業

第1節 タワーヤードを活用した架線集材

1 目的

県では森林資源の循環利用に向け、主伐や間伐などによる木材生産を推進しており、これを受け、農林水産公社において、将来の伐採に向け、面的複層林施業地の候補地を調査したところ、一部の急傾斜地など、路網の開設が困難な森林が含まれ架線集材を導入する必要性が生じた。

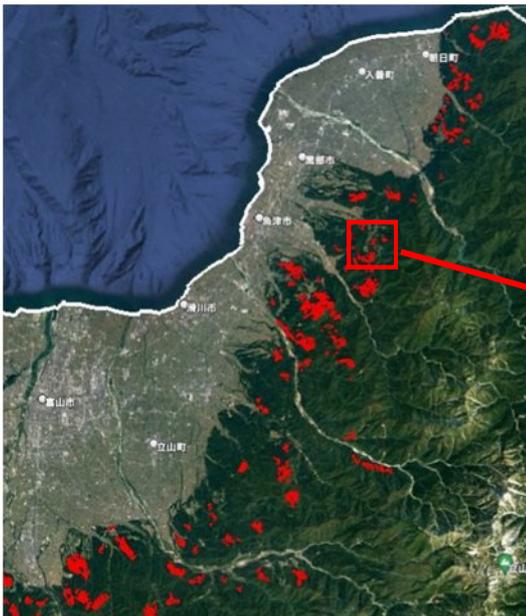
このため、タワーヤードによる「架線系作業システム」による集材を実施し、その有効性について検証を行う。

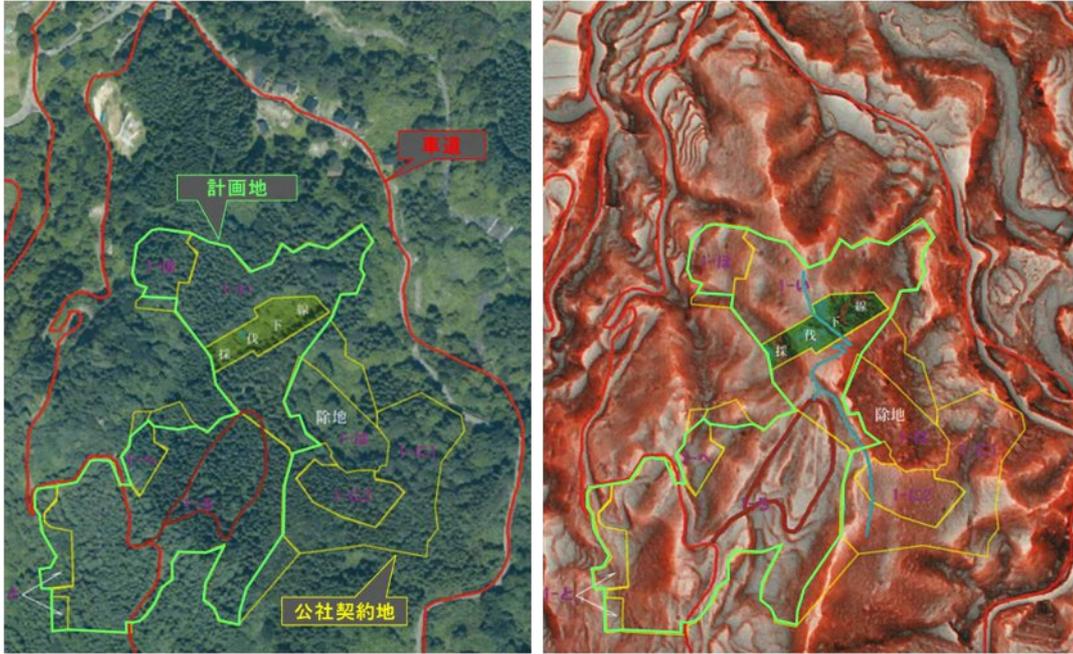
2 実証地と実証方法

(1) 実証地 黒部市福平 [公社造林地] 6.98ha

【林況】

- ・ 植生：スギ人工林（59・64年生）
- ・ 傾斜：15°～18°
- ・ 立木密度：456本/ha
- ・ 標高：250m～330m
- ・ 斜面方向：北向き
- ・ ha当たり幹材積：473m³/ha





(2) 実証方法

施業地の一部において架線集材を行うにあたり、近年、県内ではタワーヤードによる木材生産が行われていないため、隣県の岐阜県において、タワーヤードを積極的に活用されている、飛騨市森林組合に作業を委託し、実施。

1) 作業期間

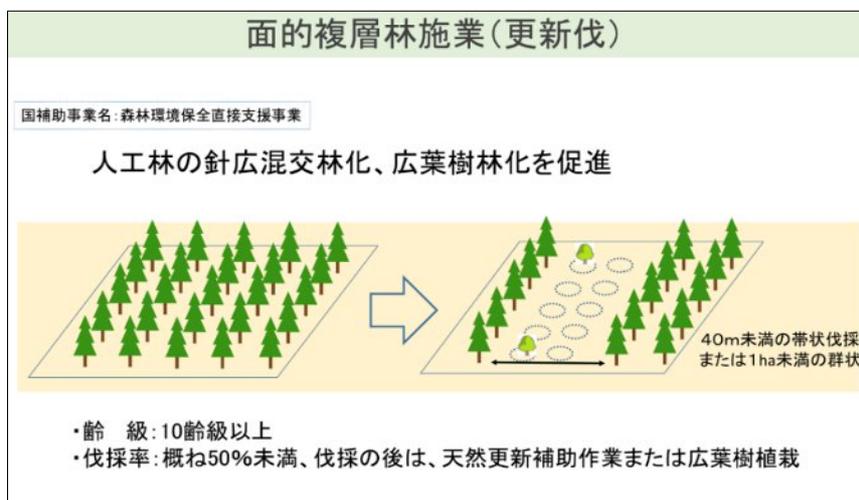
令和6年7月9日～10月24日（実働18日。うち、研修会等4日）

2) 施業内容

人工林面的複層林施業（更新伐）

- ・ 施業面積：2.32ha
- ・ 伐採率：23.3%
- ・ 伐採面積：0.54ha（1ha未満の群状伐採）
- ・ 林内運搬：約50m

【参考：面的複層林施業のイメージ】



3) 作業概要

① ドローンレーザによる施業地の調査

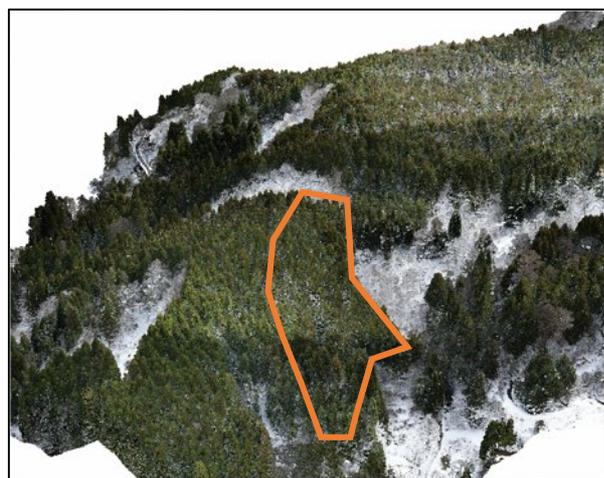
索張り計画を策定する際に必要となる、先柱の選定や中間支柱の要否の判断などを正確、かつ、効率的に行うため実施。

- ・実施日：令和6年3月22日
- ・実施者：㈱ドローンコンシェルジュ（飛騨市）

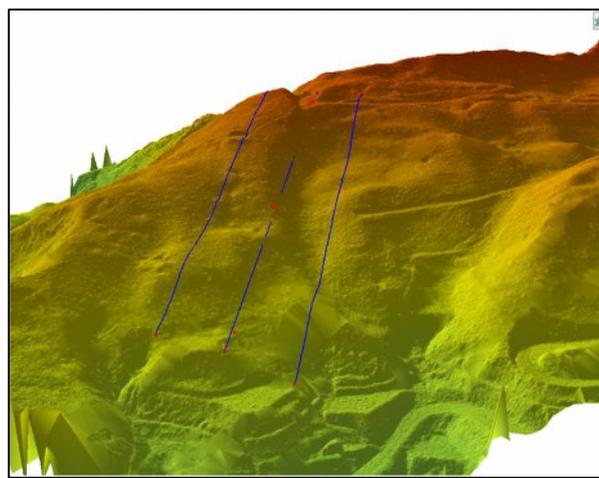
【ドローンレーザの解析画像】



事業対象地（全景）



集材エリア（林況）



集材エリア（地盤）と計画線形（中央の線）



計画線形上の地盤と樹冠

② 現地調査①

ドローンレーザでの計測成果より検討した索張り候補地（線形3本）について、タワーヤードの設置箇所や先柱の候補となる立木、中間支柱として使用する立木などを調査。

- ・実施日：令和6年7月9日（火）
- ・人工数：2人日

③ 現地調査②

索張りすることとなった線形（1本）について、タワーヤードの設置箇所や先柱の候補となる立木、中間支柱として使用する立木などを最終確認。

- ・実施日：令和6年9月9日（月）
- ・人工数：1.5人日

④ 先行伐採

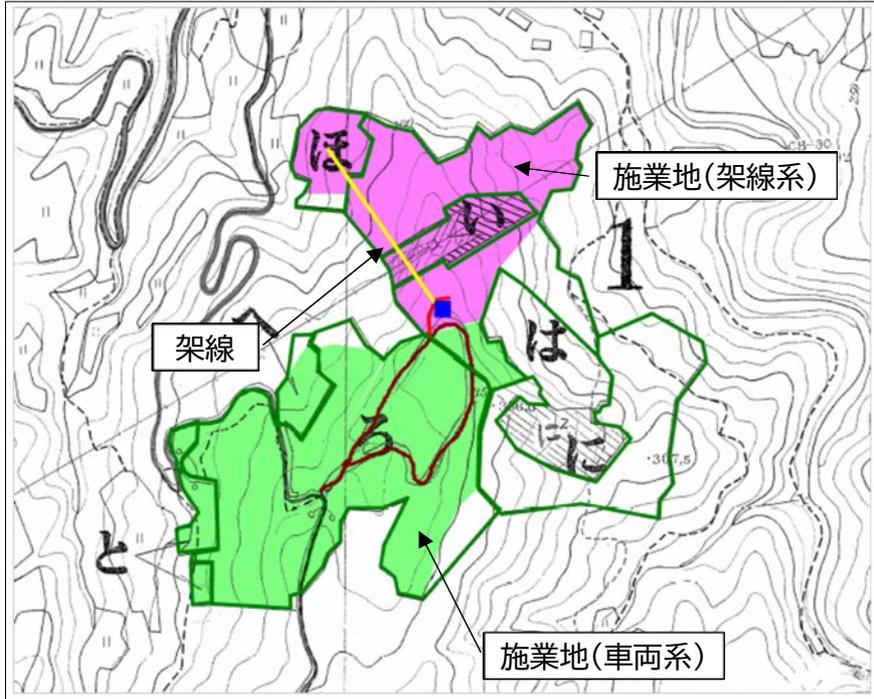
線形周辺の立木をチェーンソーで伐採。

- ・実施日：令和6年10月1日（火）
- ・人工数：1.8人日
- ・数量等：43本

⑤ タワーヤードの据え置きと架線設置

既設作業道の終点にタワーヤードを据え置き、先柱及び中間支柱を用いて主索・控え索を張上げ。

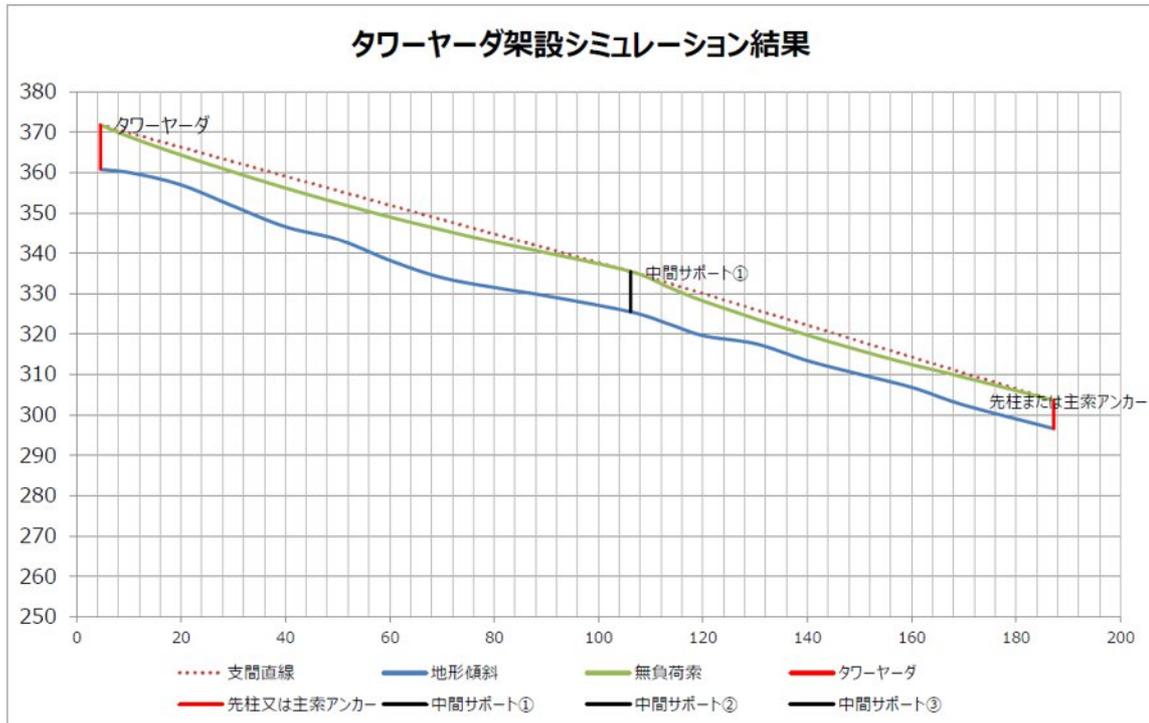
- ・実施日：令和6年10月2日（水）～4日（金）
- ・人工数：8.8人日
- ・架線の概要：延長約190m、高低差約65m、タワー高11m、中間支柱1箇所（高さ約10m）、先柱（高さ約9m）



架線設置概要図（平面図）



架線設置概要図（拡大平面図）



先柱の設置状況



中間支柱の設置状況

⑥ 伐採（先行伐採除く）、集材、造材、林内運搬

施業エリア内の立木伐採〔チェーンソー〕、伐採木の集材〔タワーヤーダ〕、造材〔ハーベスタ〕、林内運搬〔フォワード〕。

- ・実施日：令和6年10月4日（金）～24日（木）
- ・人工数：18.6人日　〔基本構成〕伐採1人、集材1人、造材1人、運搬1人
- ・数量等：266 m³

・集材方法

- i 上げ荷集材
- ii 元口に玉掛し、地曳きで全幹集材
- iii 搬器はリフトライナーを使用し、伐採木の引き寄せ及び土場への集材はリモコンで操作
- iv 予め、荷揚げポイントや土場の場所を設定することで、リフトライナーは自動で走行、停止
- v 上げ荷のため、荷揚げポイントまでリフトライナーは自重で降下
- vi 吊り上げ可能量は最大 3t。横取りは左右 85mまで可能
- vii 土場での荷下ろしを省力化するため、オートチャーカーを使用



集材状況



集材状況（中間支柱通過時）



集材状況（土場周辺）

⑦ 架線の撤去とタワーヤーダの撤収

先柱及び中間支柱、控え木に設置しているワイヤーロープ、スリング等の撤去、タワーヤーダの撤収。

- ・実施日：令和6年10月23日（水）
- ・人工数：4人日

(3) 使用機械

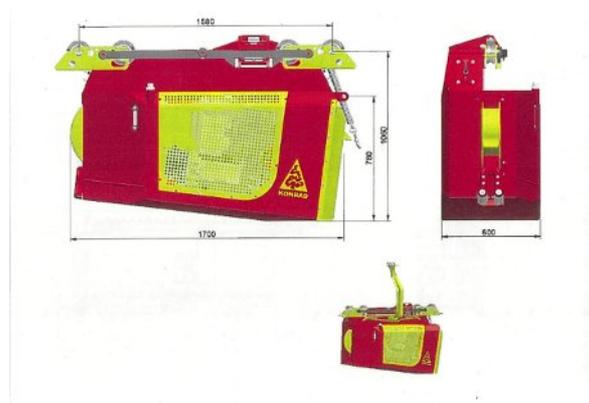
1) タワーヤーダ

- ・コンラート社（オーストリア製）3000U ホイールタイプ
- ・タワー高 最大11m
- ・総重量 19,500kg
- ・荷揚げ能力 最大4t
- ・ワイヤー スカイライン D20 mm（600m）、ホールバックライン
ワイヤーロープは主にヨーロッパで使用されている圧縮ワイヤーを使用。一般的なワイヤーに比べ高価であるが、耐久性が高く滑車に跡が残らない等の利点あり。



2) リフトライナー

- ・コンラート社（オーストリア製）
- ・総重量 950kg
- ・荷揚げ能力 最大3t
- ・巻き上げ索 D20 mm（85m）



3 実証結果

今回の実証は、令和6年7月9日～10月24日（実働18日）で行ったが、この間に県内の林業事業者をはじめとした関係者向けの研修等が開催された。作業に影響を与えた研修日と清掃等の片付けに要した日を除いた、期間中の作業人工は33.2人日で、生産された木材量は266 m³となった。この結果、一連の作業（タワーヤード設置～伐採～集材・造材～林内運搬～タワーヤード撤収）の生産性は、8.0 m³/人日となり、県内の主伐の生産性6.3 m³/人日（R4）や全国平均（下表）より高い値となった。

また、生産費については、7,400円/m³程度（労務費、機械経費等）となり、全国平均（皆伐、架線系）よりも低くなった。

[参考]「令和4年素材生産事例調（林野庁調べ）」より

	皆伐 [高性能林業機械]		間伐 [高性能林業機械]	
	車両系	架線系	車両系	架線系
生産性 (m ³ /人日)	7.40	6.04	4.56	7.02
生産費 (円/m ³)	6,190	8,356	9,261	6,564

※スギの伐木、造材、集材の全国平均。

※架線系の事例数は少なく、年によりばらつきがある。

実証地の隣接地では、同時期に車両系作業システムにより同様の施業（更新伐）を実施しており、その生産性は5.6 m³/人日となった。なお、この生産性には作業道設置に伴う人

工（161m。18人日）は含まれておらず、この人工を考慮した場合、生産性は、4.7 m³/人日となる。また、車両系の作業システムでは、路面が泥濘化しないよう、雨天時に作業を見合わせた日が数日あったが、タワーヤードでの作業では、そうした日がなく、架線系作業システムは天気の影響を受けにくく、作業日数の向上に寄与できると思慮される。

4 課題と今後の計画

（1）農林水産公社での対応

現場の様々な条件を考慮した架線集材の適用可否および生産性データが充実すれば、よりコストダウンが見込める集材方法の選定が現場ごとに可能となる。

これにより、公社造林地において搬出が困難とされる一部の急傾斜地に造林された森林資源の収益化の検討も可能となり、木材生産と販売収入の増大による経営改善と、公社による分収造林事業の継続に資するものとして期待している。

今後、得られた知見を航空レーザ計測データの解析等と組み合わせ、より高収益となる伐採計画の策定に活かしていくことを検討する。

（2）県での対応

1) 収益性の検証

今回の実証地の傾斜は 15° 程度の中傾斜地で、「路網・作業システム検討委員会 最終とりまとめ（林野庁。2010）」に記載されている、傾斜毎の作業システムの想定では、一番緩い傾斜となる。

一方、本県のスギ人工林は、約半分が 30° 以上の急傾斜地に分布していることや、立木の等級比率や運搬距離などの森林条件により収益性が大きく左右するため、引き続き、条件が異なる箇所の実証し、収益が確保できる条件などを検証する必要がある。

2) 活用可能地の選定

タワーヤードで架線集材を出来る基本的な現地の条件としては、以下の点があげられ、導入にあたっては、これらを満たす活用可能地を選定する必要がある。

- ①タワーヤードを据え置く作業基点に到達するため、要件（路盤強度、傾斜、幅員など）を満たす搬入路がある（又は開設できる）。
- ②先柱及び先柱のアンカーとして利用できる立木（原則、4本）がある。
- ③元柱（タワーヤード本体に付属）のアンカーとして利用できる立木（原則、4本）がある。また、立木がない場合、丸太を埋設し代替できるとともに、これに伴う費用を賄うことができる。
- ④垂下比等を考慮し、中間支柱の活用も含め、架線が地盤に触れないよう設置することができる。
- ⑤地盤の横断方向の凹凸や巻上げ索の延長等を考慮し、集材対象エリアをカバーする線

形を設置できる。

3) 人材育成

現在、県内では、タワーヤーダを用いた木材生産は行われておらず、架線集材もほとんど行われていないことから、索張りやタワーヤーダの操作、作業の安全確保等の基礎知識と活用可能地の選定や架線計画の策定などのスキルを取得するため、研修などにより人材を育成する必要がある。

また、集材する反対方向に向けて伐倒するため（揚げ荷の場合は、梢端部を斜面下方向、下げ荷の場合は、梢端部を斜面上方向）、浴びせ倒しとなる可能性が高く、伐採を安全に行うための技術習得も必要となる。

4) タワーヤーダの導入と運用方法などの検討

前述までの課題等への対応に加え、タワーヤーダ本体は高額（約1億円）なため、事業者等の意向に基づき、機種を選定を慎重に行うとともに、導入経費の確保や架線技術者の配置、費用対効果を満たす事業計画の策定が必要となる。

また、ドローンを活用したリードロープの設置等、更なる低コスト化についても検討が必要である。

第2節 ドローンによる森林資源調査業務

1 目的

木材生産を行う上で森林計測を行うことは重要であるが、その調査方法は毎木調査が主流であり、大きな労力がかかる。近年では、リモートセンシングの技術が発達し、スギ・ヒノキ林などの針葉樹林で樹木本数を計測したり、材積を推定することが可能になってきた。

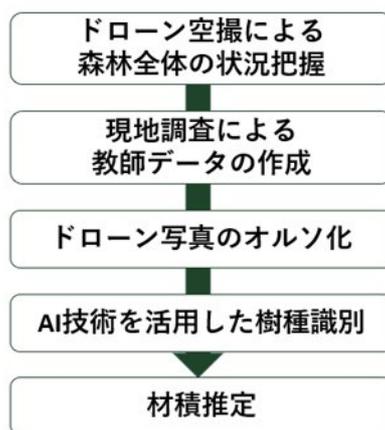
一方で、様々な樹種が存在する広葉樹を含む森林の調査をリモートセンシングの技術を用いて代替するのは難しい。また、樹種によって材価も異なるため、森林全体の価値を把握するためには森林全体の樹種構成も把握する必要がある。

このため、本実証事業では、ドローン画像から樹種識別や材積推定ができる技術を活用して、県内の森林を解析することを目的とする。

2 実証方法と実証地

(1) 概要

ドローンを活用した森林資源調査の高精度かつ効率的な実施手法の確立のため、県内の森林3か所（南砺市山本2か所および立山町吉峰1か所）において、ドローンによる森林資源調査を実施した。



作業フロー

(2) 実証に利用したソフトウェア

1) Metashape

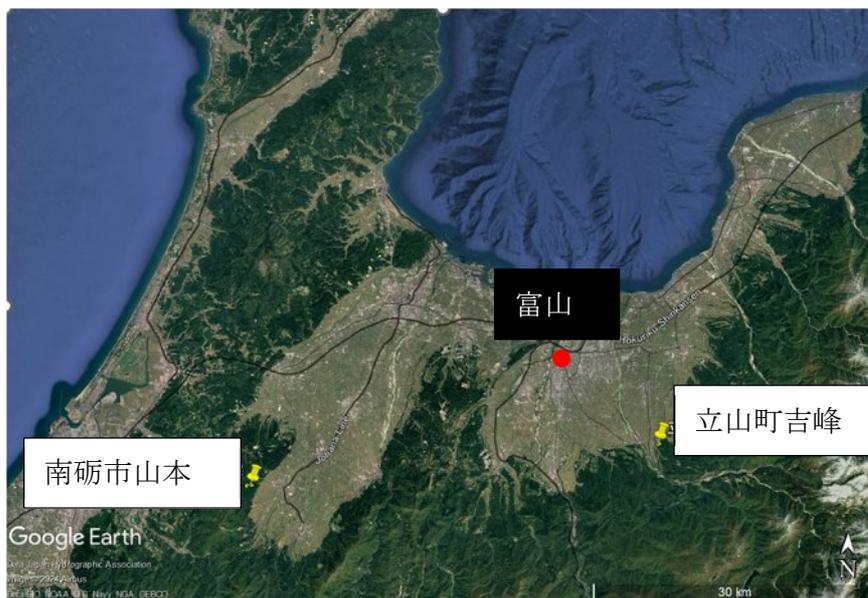
Metashape は Agisoft 社が開発した画像処理ソフトウェア。オルソ画像（位置情報を基に歪みを補正した地図画像）や 3D モデルの作成が可能。

2) DF Scanner

DF Scanner は、DeepForest Technologies 社が開発した森林解析ソフトウェア。AI のディープラーニング機能を活用し、ドローンで撮影した森林の樹冠画像から、樹種、樹高、胸高直径、幹材積、CO2 固定量などの樹木の情報を単木あたりで取得が可能。一般的なデジタルカメラを搭載したドローンやレーザードローンのデータに対応し、ドローン計測で取得したオルソ画像と表層高モデルを利用してその解析を行う。

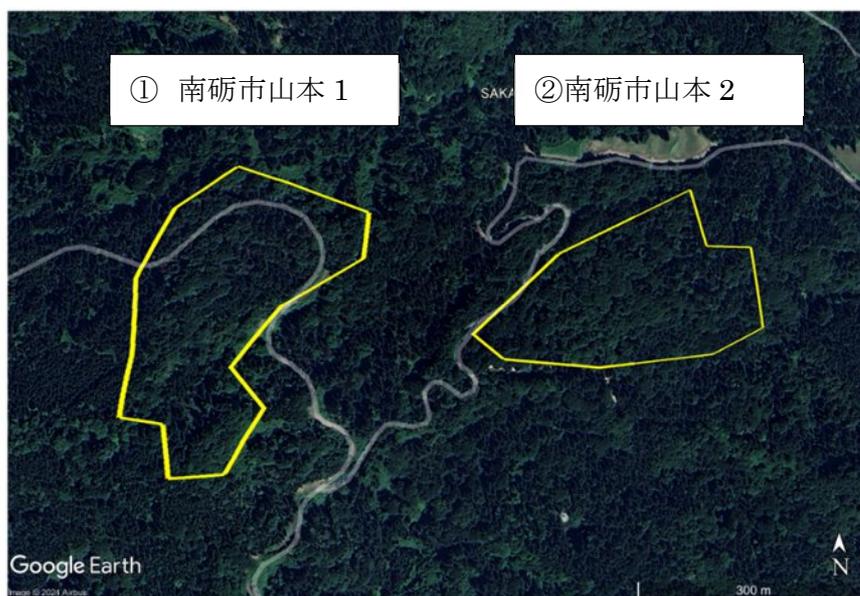
(3) 実証地

(広域)



(詳細)

①南砺市山本 1 (約 5.5ha) 及び ②南砺市山本 2 (約 5.4ha)



③立山町吉峰（約 5.5ha）



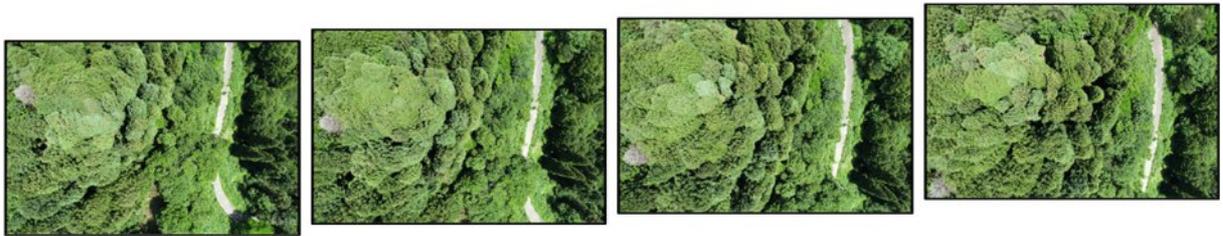
（４）実証方法

1) 計測

① ドローン計測

DJI 社製 Matrice350 および Zenmuse L1（以下、ドローン）を使用して、県内のそれぞれ約 5ha の森林 3 か所の上空を飛行させ、画像データを取得した。森林全体の状況把握におけるドローン空撮においては下記条件を満たす仕様で行った。ドローン空撮にかかる所要時間は 1 か所の計測につき 30 分程度であり、南砺市山本 1 は計 449 枚、南砺市山本 2 は計 297 枚、立山町吉峰は計 314 枚の撮影枚数となった。

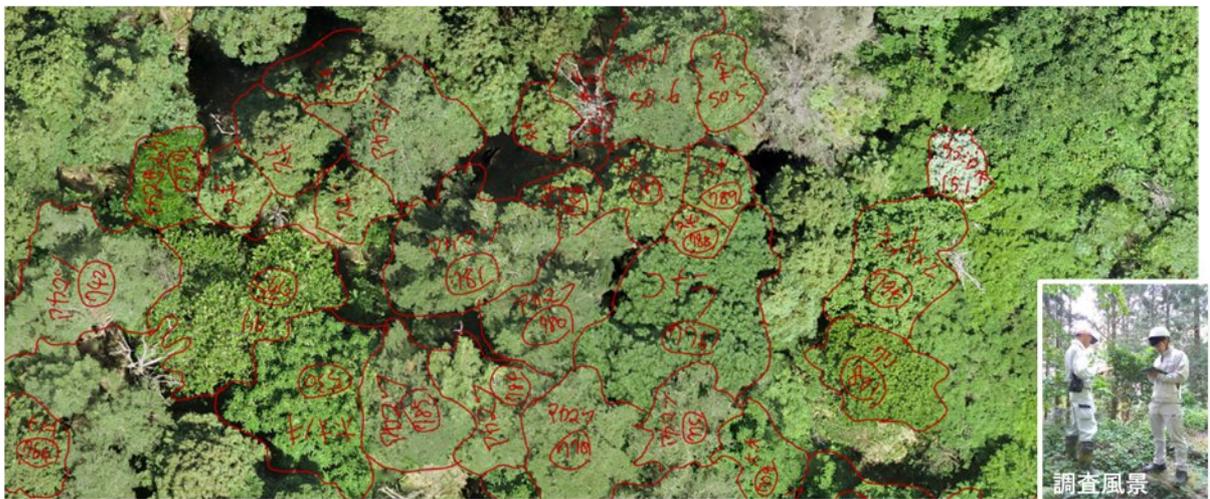
計測諸元	
対地速度	5m/s
地上解像度	2.5 cm
オーバーラップ	85%
サイドラップ	75%
計測時間帯	10 時 ～ 14 時
位置測位	ネットワーク RTK



画像データの一部

2) 現地調査

撮影した画像データを元にオルソ画像を作成し、タブレットにインポートして現地にて実地調査を実施した。調査項目は、樹種及び胸高直径で、所要時間は1か所あたり3時間程度であった。



南砺市山本1	南砺市山本2	立山町吉峰
樹種調査本数： 171本 直径調査本数： 79本	樹種調査本数： 125本 直径調査本数： 89本	樹種調査本数： 114本 直径調査本数： 86本

3) ドローン写真のオルソ化

オルソ画像は SfM ソフトウェア (Metashape) を用いて解像度 2.5 cm で作成を行い、併せて DSM データ (表層高モデル) も同時作成した。



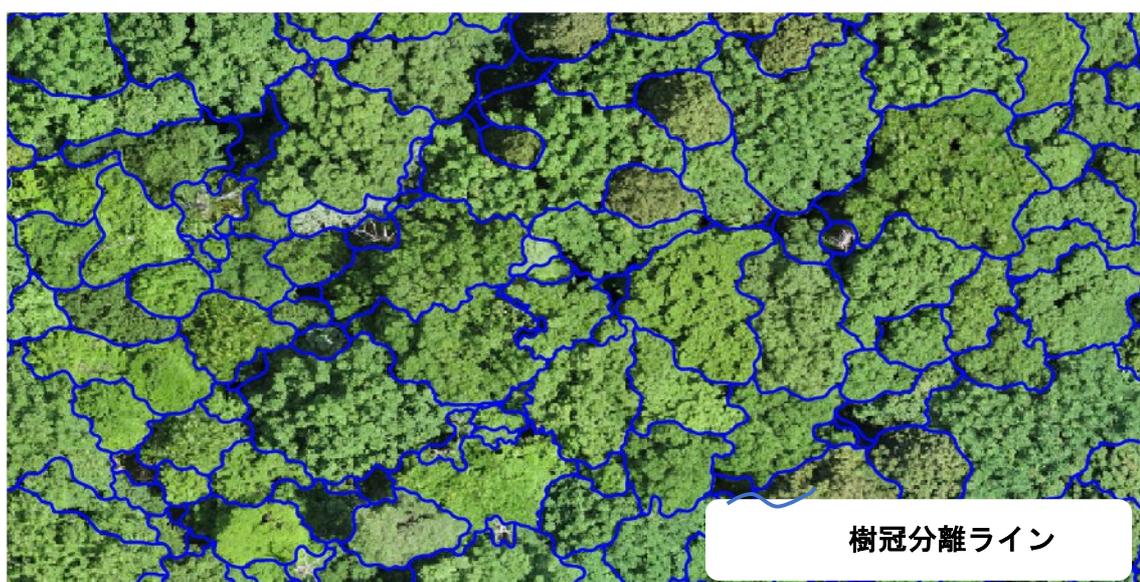
作成したオルソ画像

また、得られた DSM データと、既に富山県で取得済みの航空レーザデータから作成された DTM データ（地面高モデル）の差分から、DF Scanner を用いて CHM データ（樹冠高モデル）を生成した。

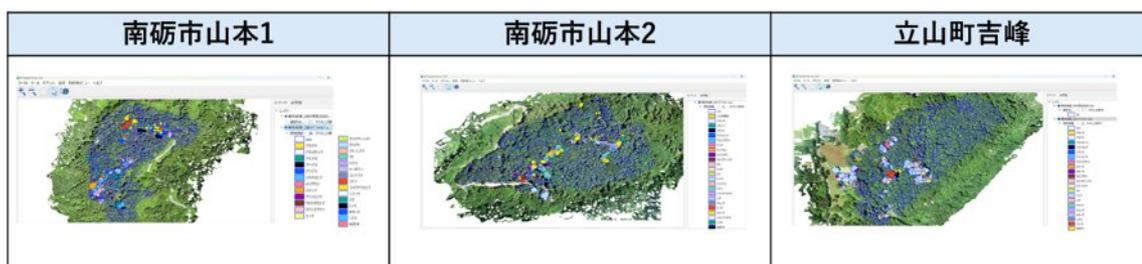


4) AI 技術を活用した樹種識別

DF Scanner を用いてオルソ画像を確認しながら、目視により樹冠分離を実施し、シェープファイルを作成した。



作成された樹冠ポリゴンに、現地で記録した樹種及び胸高直径のデータを入力した。



データを入力した様子

樹種データを入力後、DF Scanner のディープラーニング機能を用いて、調査範囲全域の樹種推定を実施した。

5) 材積推定

対象地区の針葉樹・広葉樹について、DF Scanner を用いて、CHM のデータから各樹木の樹高を推定し、樹高、樹冠面積、樹種情報を基に、胸高直径および幹材積を推定した。幹材積の推定モデルは、「細田和男・光田 靖・家原敏郎「現行立木幹材積表と材積式による計算値との相違およびその修正方法」 森林計画学会誌 44 巻 2 号 : 23~39 ページ、2010 年 12 月発行」を使用している。現地で胸高直径を 5 本以上調査した樹種については、DF Scanner Pro に胸高直径を入力することで自動で現地推定式を作成して、胸高直径を推定した。

3 実証結果と検証

(1) 実証結果

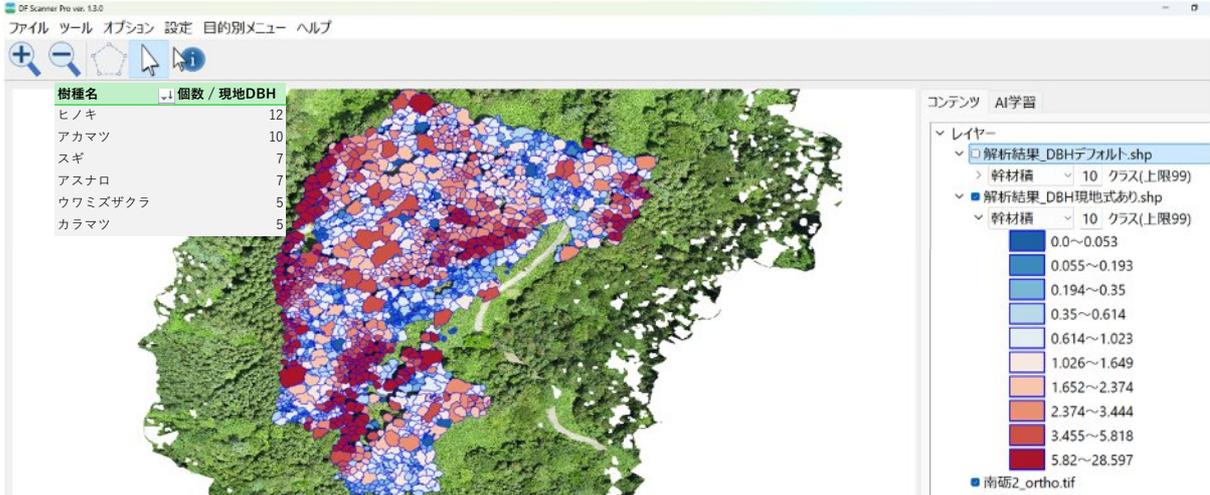
1) AI による樹種識別結果

ディープラーニングによって、調査範囲全体の樹種識別を自動で行った結果を以下に示す。

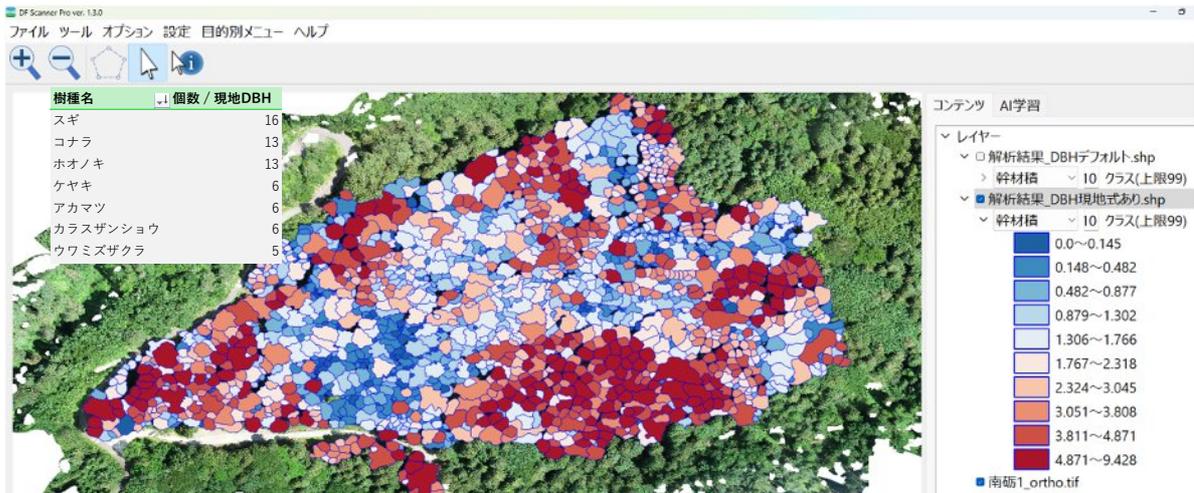
2) 材積推定結果

材積推定を実施した結果を以下に示す。それぞれのエリアで胸高直径の現地推定式を採用したもの（現地で胸高直径を5本以上計測した樹種）について左上の表で示している。

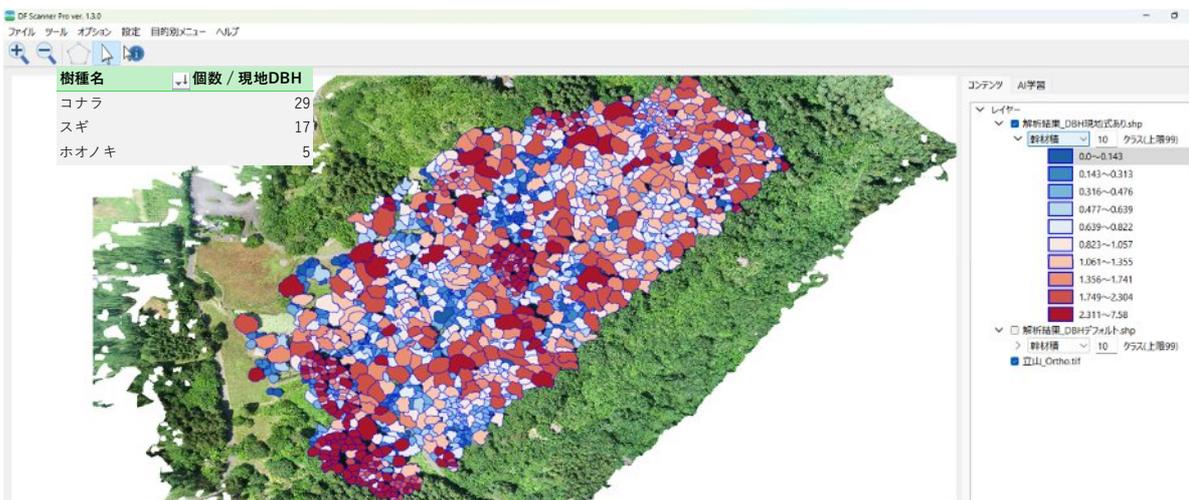
① 南砺市山本_1



② 南砺市山本_2



③ 立山町吉峰



(2) 毎木調査結果との比較検証

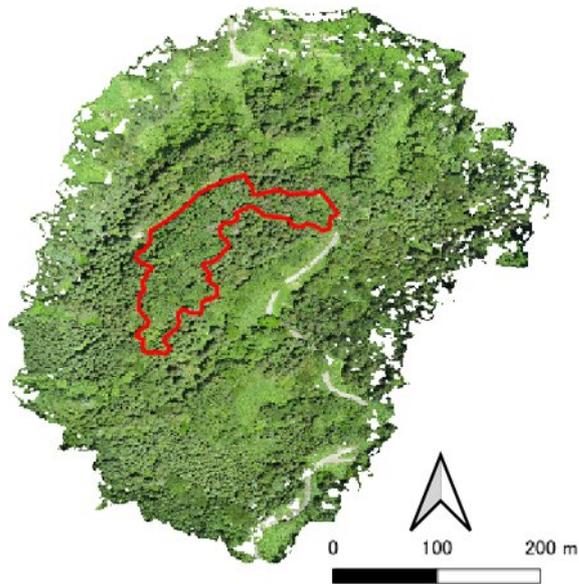
1) 毎木調査条件

それぞれのサイトで、以下の条件で毎木調査（樹種・胸高直径）を実施した。

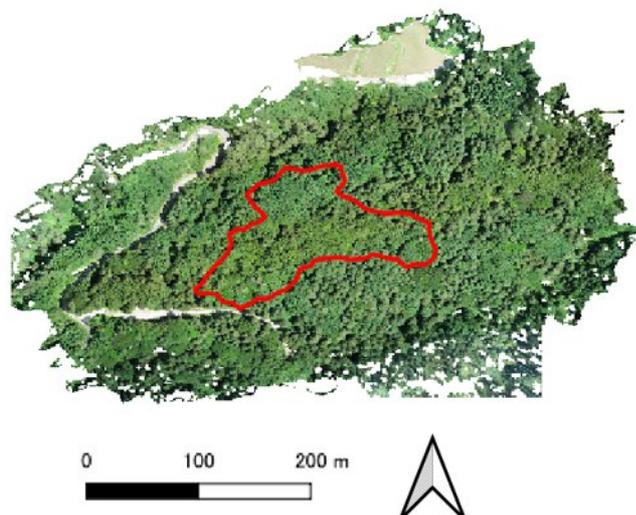
- ・ 胸高直径 15cm 以上の樹木
- ・ 上空から樹冠が見えると思われる、直径 15cm 未満で樹高 5m 以上の立木（ギャップ内など）
- ・ 上空から枯死幹が見えると思われる枯死木（マツ枯れ木など）

2) 毎木調査の実施範囲

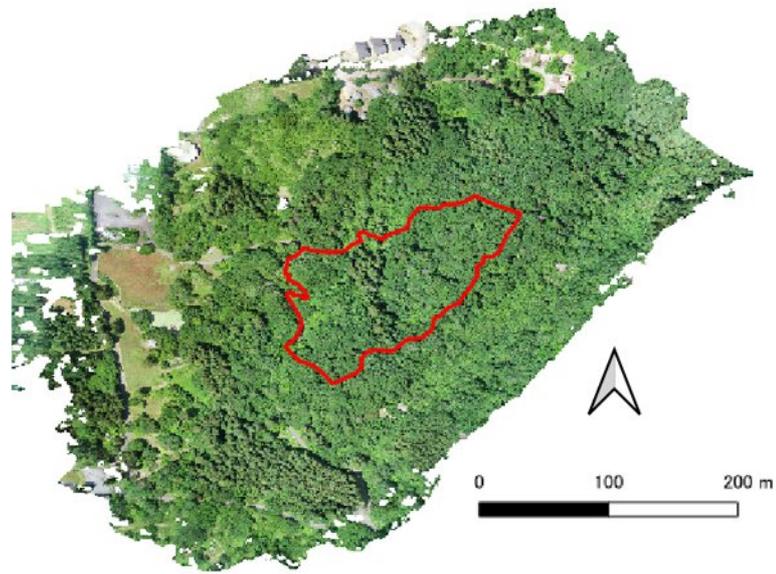
① 南砺市山本_1 (1.41ha)



② 南砺市山本_2 (1.62ha)



③ 立山町吉峰 (1.71ha)



3) 毎木調査結果とドローン解析結果の比較

毎木調査結果とドローンからの解析結果を比較し、解析精度の検証を実施した。検証に際し、現地で得られた胸高直径のデータを活用しなかった場合の解析結果とも比較を行った。各表内に記載の「現地調査あり」は第3項(4)2)の現地調査で得られた調査結果を用いて解析を実施したものであり、「現地調査なし」はDF Scanner内に組み込んであるモデルのみを活用して解析を実施したものを示している。また、各表内のBAは、胸高直径断面積合計を示している。

① 南砺市山本_1 (1.41ha)

山本1 1.41ha	本数		/ha		BA			BA率			材積		
	本 毎木調査	DF Scanner	本数 毎木調査	DF Scanner	毎木調査	m ² /ha		毎木調査	DF Scanner		毎木調査	m ³ /ha	
						現地調査 なし	現地調査 あり		現地調査 なし	現地調査 あり		現地調査 なし	現地調査 あり
樹種													
スギ	194	171	138	121	20.8	13.6	26.5	42%	43%	58%	196.9	140.4	259.3
ヒノキ	21	12	15	9	2.6	1.1	1.5	5%	4%	3%	23.9	11.7	13.8
アカマツ	19	16	14	11	2.3	1.3	1.5	5%	4%	3%	21.2	13.8	14.7
アテ	27	13	19	9	2.0	0.3	1.0	4%	1%	2%	19.9	3.2	11.0
カラマツ	5	3	4	2	0.7	0.3	0.5	1%	1%	1%	6.4	3.8	5.4
針葉樹計	266	215	189.0706	152	28.46562	16.7	31.1	57%	53%	68%	268.3	173.0	304.1
ホオノキ	95	72	68	51	10.1	8.0	8.0	20%	25%	17%	79.9	72.6	73.3
ウミズザクラ	72	12	51	9	3.0	0.8	0.8	6%	2%	2%	20.7	6.3	6.2
コナラ	30	18	21	13	2.7	1.5	1.5	5%	5%	3%	20.7	13.2	13.2
ミズキ	12	19	9	13	1.0	0.8	0.8	2%	2%	2%	7.6	6.4	6.4
アオハダ	18		13		0.5			1%			2.9		
イタヤカエデ	5	24	4	17	0.5	0.5	0.5	1%	2%	1%	3.6	4.2	4.3
クマノミズキ	5	10	4	7	0.4	0.4	0.4	1%	1%	1%	3.0	3.2	3.3
ウリハダカエデ	12	3	9	2	0.3	0.1	0.1	1%	0%	0%	2.0	0.7	0.7
シナノキ	4	2	3	1	0.3	0.1	0.1	1%	0%	0%	2.3	0.8	0.8
ヤマモミジ	17		12		0.3			1%			1.7		
キハダ	1		1		0.3			1%			2.2		
ウラジロノキ	5	6	4	4	0.3	0.1	0.1	1%	0%	0%	1.8	0.4	0.4
コシアブラ	5	1	4	1	0.2	0.0	0.0	0%	0%	0%	1.7	0.3	0.3
ミズナラ	3		2		0.2			0%			1.5		
クリ	3	5	2	4	0.2	0.4	0.4	0%	1%	1%	1.3	3.1	3.0
クマシデ	8		6		0.2			0%			1.0		
イヌザクラ	1	3	1	2	0.1	0.2	0.2	0%	1%	0%	0.8	1.2	1.2
カラスザンショウ	4	7	3	5	0.1	0.3	0.3	0%	1%	1%	0.5	2.9	2.9
コハウチワカエデ	2	8	1	6	0.1	0.2	0.2	0%	1%	0%	0.5	1.6	1.6
エゴノキ	4		3		0.1			0%			0.4		
ケヤキ	1	22	1	16	0.1	0.5	0.5	0%	2%	1%	0.6	4.2	4.2
アワブキ	2	1	1	1	0.1	0.0	0.0	0%	0%	0%	0.5	0.3	0.3
カスミザクラ	3		2		0.1			0%			0.4		
エノキ	1	2	1	1	0.1	0.2	0.2	0%	1%	0%	0.4	1.9	1.9
アカメガシワ	2		1		0.0			0%			0.3		
ヤマボウシ	2		1		0.0			0%			0.2		
ネムノキ	1		1		0.0			0%			0.1		
カキノキ	1		1		0.0			0%			0.1		
サウシバ	1		1		0.0			0%			0.1		
リョウブ	1		1		0.0			0%			0.1		
広葉樹計	321	215	228.1641	152	21.0725	14.1	14.1	43%	45%	31%	158.9	123.3	124.0
計	587	430	417	305	49.5	30.8	45.2	100%	97%	98%	427.2	296.3	428.1

② 南砺市山本_2 (1.62ha)

山本2 1.62ha	本数		/ha		BA			BA率			材積		
	本 毎木調査	DF Scanner	本数 毎木調査	DF Scanner	毎木調査	m ² /ha		毎木調査	DF Scanner		毎木調査	m ³ /ha	
						現地調査 なし	現地調査 あり		現地調査 なし	現地調査 あり		現地調査 なし	現地調査 あり
樹種													
スギ	132	94	81	58	15.6	10.6	17.7	38%	34%	44%	164.7	113.9	176.2
ヒノキ	29	4	18	2	2.3	0.2	0.2	6%	1%	1%	23.2	1.9	1.9
アカマツ	9	11	6	7	0.8	0.6	1.1	2%	2%	3%	7.7	4.9	9.4
針葉樹計	170	109	104.8502	67	18.63024	11.3	19.1	46%	36%	48%	195.6	120.7	187.4
コナラ	149	133	92	82	10.7	9.1	10.3	26%	29%	26%	90.4	88.1	99.0
ホオノキ	82	70	51	43	6.6	5.7	6.0	16%	18%	15%	57.5	53.7	57.0
アオハダ	67	5	41	3	1.3	0.1	0.1	3%	0%	0%	8.1	0.7	0.7
コシアブラ	20	3	12	2	0.6	0.1	0.1	1%	0%	0%	4.1	0.9	0.9
ウミズザクラ	22	18	14	11	0.6	0.7	0.6	1%	2%	1%	3.9	6.3	5.0
エゴノキ	20		12		0.3			1%			1.8		
アカシデ	5	17	3	10	0.3	0.9	0.9	1%	3%	2%	2.6	8.3	8.3
ウラジロノキ	9	8	6	5	0.3	0.2	0.2	1%	1%	0%	2.1	1.7	1.7
カスミザクラ	9	10	6	6	0.3	0.4	0.4	1%	1%	1%	2.1	3.0	3.0
クリ	6	4	4	2	0.3	0.2	0.2	1%	1%	1%	1.9	2.2	2.2
カラスザンショウ	6	9	4	6	0.1	0.3	0.2	0%	1%	0%	1.0	1.8	1.1
コハウチワカエデ	9	21	6	13	0.1	0.2	0.2	0%	1%	0%	0.8	1.7	1.7
ケヤキ	3	13	2	8	0.1	0.8	0.5	0%	3%	1%	0.9	7.3	5.2
マルバアオダモ	3	7	2	4	0.1	0.3	0.3	0%	1%	1%	0.5	2.1	2.1
アワブキ	4		2		0.1			0%			0.4		
ヤマボウシ	2		1		0.0			0%			0.2		
クマシデ	2		1		0.0			0%			0.2		
クヌギ	1	1	1	1	0.0	0.0	0.0	0%	0%	0%	0.2	0.4	0.4
ウリハダカエデ	2		1		0.0			0%			0.2		
ソヨゴ	2		1		0.0			0%			0.1		
ネムノキ	1	1	1	1	0.0	0.0	0.0	0%	0%	0%	0.2	0.2	0.2
カキノキ	1		1		0.0			0%			0.1		
イタヤカエデ	1		1		0.0			0%			0.1		
ミズキ	1	11	1	7	0.0	0.4	0.4	0%	1%	1%	0.1	3.7	3.7
エノキ	1		1		0.0			0%			0.1		
広葉樹計	428	331	263.9757	204	21.98273	19.5	20.5	54%	62%	51%	179.5	182.0	192.1
計	598	440	369	271	40.6	30.8	39.6	100%	99%	99%	375.1	302.7	379.5

③ 立山町吉峰 (1.71ha)

立山 1.71ha	本数		/ha		BA			BA率			材積		m ³ /ha	
	本数 毎木調査	本 DF Scanner	本数 毎木調査	DF Scanner	毎木調査	m ² /ha		毎木調査	DF Scanner		毎木調査	m ³ /ha		
						現地調査 なし	現地調査 あり		現地調査 なし	現地調査 あり		現地調査 なし	現地調査 あり	
スギ	87	91	51	53	8.8	6.8	9.3	29%	25%	33%	87.9	70.2	93.5	
アカマツ	13	18	8	10	0.7	0.6	0.6	2%	2%	2%	6.5	4.7	4.7	
針葉樹計	100	109	58.38055	63	9.536787	7.4	9.9	31%	27%	35%	94.4	74.9	98.2	
コナラ	300	205	175	119	15.2	16.0	14.3	49%	58%	51%	120.9	146.4	129.2	
ホオノキ	61	17	36	10	2.2	1.5	1.2	7%	5%	4%	16.3	12.8	10.4	
ウワミズザクラ	31	10	18	6	0.7	0.2	0.2	2%	1%	1%	5.2	1.6	1.6	
アオハダ	39	9	23	5	0.7	0.3	0.3	2%	1%	1%	4.1	1.9	1.9	
コシアブラ	22		13		0.4			1%			2.7			
クリ	9	12	5	7	0.4	0.5	0.5	1%	2%	2%	3.2	3.9	3.9	
カスミザクラ	11	1	6	1	0.3	0.1	0.1	1%	0%	0%	2.1	0.8	0.8	
ソヨゴ	14		8		0.2			1%			1.3			
イタヤカエデ	7	8	4	5	0.2	0.3	0.3	1%	1%	1%	1.5	2.0	2.0	
アカシデ	7		4		0.2			1%			1.1			
エゴノキ	9	2	5	1	0.1	0.1	0.1	0%	0%	0%	0.8	1.0	1.0	
シロダモ	7		4		0.1			0%			0.5			
ウラジロガシ	5		3		0.1			0%			0.6			
コハウチワカエデ	6		4		0.1			0%			0.5			
ミズキ	5	5	3	3	0.1	0.2	0.2	0%	1%	1%	0.5	1.0	1.0	
ウリハダカエデ	4		2		0.1			0%			0.4			
カラスザンショウ	2	5	1	3	0.1	0.2	0.2	0%	1%	1%	0.4	1.5	1.5	
ネムノキ	1		1		0.0			0%			0.3			
タカノツメ	1		1		0.0			0%			0.3			
ウラジロノキ	2		1		0.0			0%			0.2			
ヤマボウシ	1		1		0.0			0%			0.2			
クマシデ	2		1		0.0			0%			0.2			
アズキナシ	1		1		0.0			0%			0.2			
ヤマモミジ	2		1		0.0			0%			0.1			
カキノキ	1		1		0.0			0%			0.1			
ミズメ	1		1		0.0			0%			0.1			
アカメガシワ	1	3	1	2	0.0	0.1	0.1	0%	0%	0%	0.1	1.5	1.5	
ゴンズイ	1		1		0.0			0%			0.1			
ウリカエデ	1		1		0.0			0%			0.1			
広葉樹計	554	277	323.4282	161	21.33636	19.4	17.3	69%	70%	62%	164.3	174.4	154.8	
計	654	386	382	225	30.9	26.8	27.2	100%	98%	98%	258.7	249.3	253.0	

それぞれのサイトでの毎木調査結果との本数誤差および総幹材積誤差について下記の表に示した。なお、手動による樹冠分離を実施した後に現地調査の結果を活用しない解析と、現地調査の結果を活用した解析をそれぞれ実施したため、総本数誤差については現地調査の有無によって変化はしない。現地で調査したデータを活用することで総幹材積は毎木調査に近い値へと精度が向上する傾向があることがわかった。

	総本数誤差	総幹材積誤差		
		総材積誤差_現地調査なし	総材積誤差_現地調査あり	
南砺市山本1	針葉樹	-19.2%	-35.5%	13.3%
	広葉樹	-33.0%	-22.4%	-22.0%
	計	-26.7%	-30.6%	0.2%
南砺市山本2	針葉樹	-35.9%	-38.3%	-4.2%
	広葉樹	-22.7%	1.4%	7.0%
	計	-26.4%	-19.3%	1.2%
立山町吉峰	針葉樹	9.0%	-20.7%	4.0%
	広葉樹	-50.0%	6.2%	-5.8%
	計	-41.0%	-3.6%	-2.2%

また、各実証地の誤差の要因などとしては以下の点が想定される。

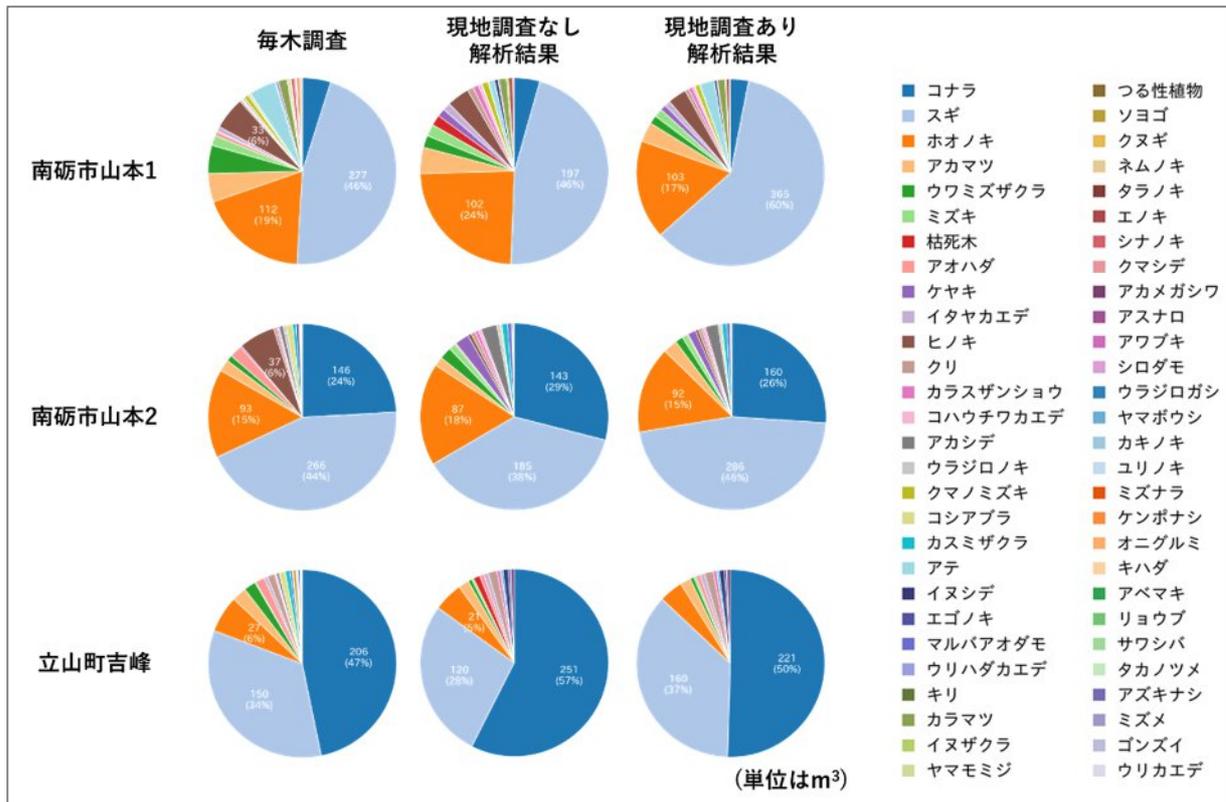
[山本1]

- ・ 当地の針葉樹は、広葉樹と混在した劣勢木が多く、ドローンで特定できないため材積精度が低い。
- ・ 現地調査の結果、胸高直径の推定式に用いるスギの本数が少なくなったため、針葉樹の材積精度が低い。

[山本 2、吉峰]

・広葉樹の幹材積誤差は 10%以内であれば十分な精度とされていることから、許容範囲内と考えられる。

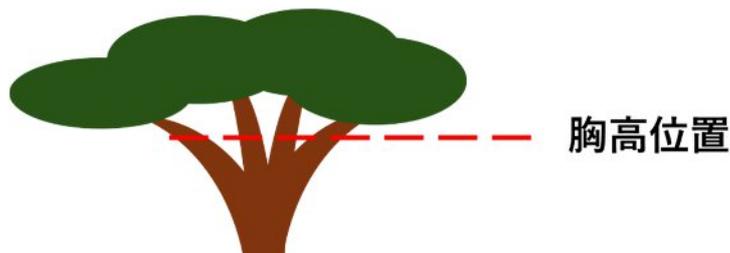
樹種ごとの材積について円グラフを用いて比較した。



(3) まとめ・考察

ドローン調査によって得られた樹木本数は毎木調査と比べて 60~80%程度と大幅に過小評価する結果となった一方で、幹材積量については、胸高直径の現地推定式を作成することにより数%の誤差範囲に収まる結果となった。

本数精度が悪い大きな要因としては、広葉樹の樹冠分離にあると考えられる。広葉樹は針葉樹よりも枝分かれしていることが多く、同じ個体であっても胸高位置で複数の幹に分かれていることがある。その場合毎木調査では複数の幹として記録するが、上空から見ると、固まった一つの樹冠に見えるため毎木調査の結果よりも少ない本数となる。



胸高位置で複数の幹に分かれている様子

この場合、毎木調査の際には 4 本として記録する

一方で、ドローン調査によって得られた総幹材積量の値およびそれぞれの樹種ごとの幹材積割合は毎木調査に近い結果となった。これは、例えば毎木調査では2本の小さな材積のものが、ドローン調査では1本の大きな材積の樹木ととらえることで、全体的な材積量で見ると大きな差が生まれなかったためであると考えられる。これらの結果は、森林全体のバイオマス量を把握したり、樹種構成を把握する上では十分に使用可能と言える。

4 現場への実装方法

DF Scannerをはじめとする各種ソフトウェアは、林業事業者や地域のドローン計測会社が導入して活用することを想定している。

以下に2024年12月現在のソフトウェアおよびその他機材を用いて、広葉樹の森林解析を行う手法について紹介する。詳細な手順については前述の「実証方法」およびDF Scannerのマニュアル等を参照されたい。

(1) 必要機材およびその概算価格

品名	概算単価	数量	概算単価（税抜き）
Mavic3Enterprise	¥770,000	1	¥770,000
RTKセット	¥470,000	1	¥470,000 (※)
Galaxy Tab S9FE(Wi-Fiモデル)	¥70,000	1	¥70,000

※高精度な位置情報取得が必要な場合に使用

(2) 必要ソフトウェアおよびその価格

品名	単価/年	数量	金額/年（税抜き）
DF BIRD	¥50,000	1	¥50,000 (※1)
DF Scanner Pro	¥450,000	1	¥450,000 (※2)
DF Walker	¥0	1	¥0

※1 DF BIRDはDF Scanner Pro/Liteを利用の場合は無料

※2 林業事業者向け価格

- ・DF BIRD：DeepForest Technologies社が開発した、ドローンで撮影した複数の写真からオルソ画像や3次元データなどを生成するSfM (Structure from Motion) ソフトウェア
- ・DF Scanner Pro：DF ScannerのPro版では、針葉樹と広葉樹の樹冠分離やAIによる樹種識別、AI学習モデルの作成、CO2固定量の推定などの高度な機能が利用可能。一方、DF ScannerのLite版は手動での樹冠分離やAI学習モデルの作成など一部の利用制限あり。
- ・DF Walker：DeepForest Technologies社が開発した、森林に特化した現地調査用アプリケーション。タブレットやスマートフォンを利用して、フィールドでの現地調査の効率的な収集が可能。

(3) 手順

「第3項(2)3) 毎木調査結果とドローン解析結果の比較」で示した最も精度の良い「現地調査あり」で実施した解析と同等の手法について下記に手順を示す。

1) 現場での作業

- ・まず、解析対象範囲で実証方法に記載の計測諸元に従いドローンの自動飛行を実施する。用いるドローンは画像が取得できるドローン (Mavic3Enterprise等) であれば十分であ

るが、地面の高さ情報が入手できないケースや、より正確な樹高情報を入手したい場合はレーザドローンの飛行を推奨する。30分ほどのフライトで10ha弱の面積の計測が可能である。同じような林相であれば、50～100haほどの面積を同時に解析することができる。

- ・次に、ドローン飛行により得られた画像データから、DF BIRDなどのSfMソフトウェアを用いてオルソ画像を入手する。
- ・続いて、現地調査をするエリアを選定してDF Scanner等のGISソフトウェアでオルソ画像を切り出し、位置情報が測位可能なタブレット(Galaxy Tab S9FE(Wi-Fiモデル)等)上でインストールしたDF Walkerに取り込む。
- ・DF Walker上でオルソ画像を表示しながら、森林内で樹種情報などのデータを書き込んでいく。各樹種10～20本以上のデータを取得することを推奨する。また、胸高直径の推定式を再作成したい樹種については、同様にして各樹種10～20本以上の胸高直径を計測することを推奨する。

2) 解析作業

DF BIRDなどのSfMソフトウェアで作成したオルソ画像およびDSMデータをDF Scanner Proに取り込む。DF Scanner Pro上で下記の作業を実施する。

- ・まず、手動による樹冠分離を実施し、新たにシェープファイルを作成する。または、後述するように広葉樹樹冠分離機能を用いて自動で樹冠分離を実施する。
- ・樹冠分離を実施後、現場で得られた樹種情報を入力し、樹種識別モデルを自動作成する。得られた識別モデルを用いて、オルソ画像全体の樹種を識別する。
- ・次に、DSMとDTMの差分からCHMを作成し、樹種識別済みのシェープファイルとCHMを用いて各樹木の樹高を自動で割り当てる。また同時に胸高直径を推定するが、その際に現場で胸高直径を取得した樹種については、シェープファイルに現場で取得した胸高直径を入力することで現地推定式を作成することもできる。
- ・続けて幹材積量や炭素蓄積量の推定を行うことで解析が完了する。解析範囲のシェープファイルがある場合は、その範囲の統計情報等をExcelファイル等に出力することもできる。

3) ドローン計測から解析までの所要時間

解析フロー	所要時間 (時間)
ドローン計測	5haあたり20分
現地調査	まとまった森林1か所あたり8時間 (※)
ドローン画像処理 (DF BIRD)	5haあたり30分 (PCでの自動処理)
ドローン画像解析 (手動樹冠分離)	5haあたり8時間
ドローン画像解析 (現地調査結果入力)	5haあたり30分
ドローン画像解析 (残りの解析)	5haあたり1時間 (PCでの自動処理)
10.7時間/5ha (うち、自動処理除く9.2時間)	

※1か所の最大の目安は30ha。1か所あたり各樹種10～20本以上のデータを取得することを推奨する。

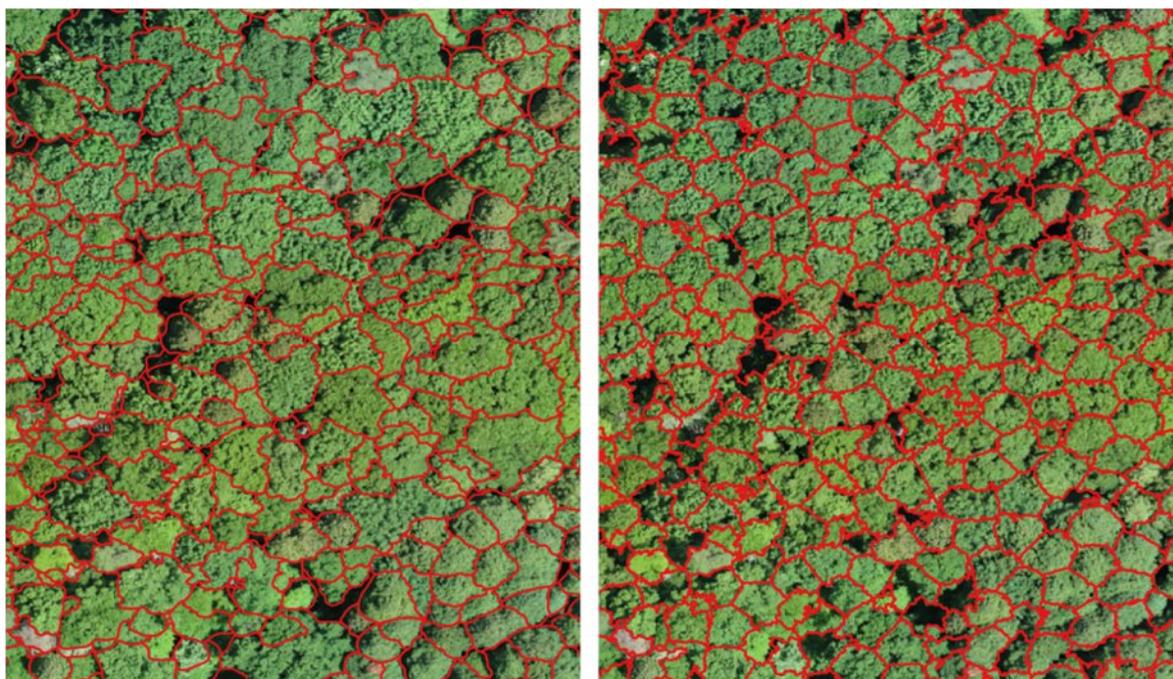
(4) 今後の課題・展望

1) 樹冠分離

本実証では樹冠分離はオルソ画像から目視で手動により行った。1ha あたり 1 時間程度の作業量となった。スギ・ヒノキなどの針葉樹のみの森林であれば高さ情報から高精度に自動で樹冠分離をすることが可能であるが、広葉樹の樹冠は高さで判断が難しいケースがほとんどであり、オルソ画像の色情報から分離を行う技術が必要となる。人工林では、特にスギの一斉林の場合は高さのばらつきも少なく、高さ情報から自動で樹冠分離を 9 割以上の本数精度で実施することができるが、広葉樹林ではその技術は用いることができないケースが多い。現在、オルソ画像の見た目から自動で樹冠分離を行う機能を DF Scanner 上に実装しているが、さらに精度の高い分離技術を 2024 年度現在開発中である。本章では、現在実装している樹冠分離、および開発中の樹冠分離（改良後 2025 年度実装予定）について紹介する。

① 現在実装している樹冠分離

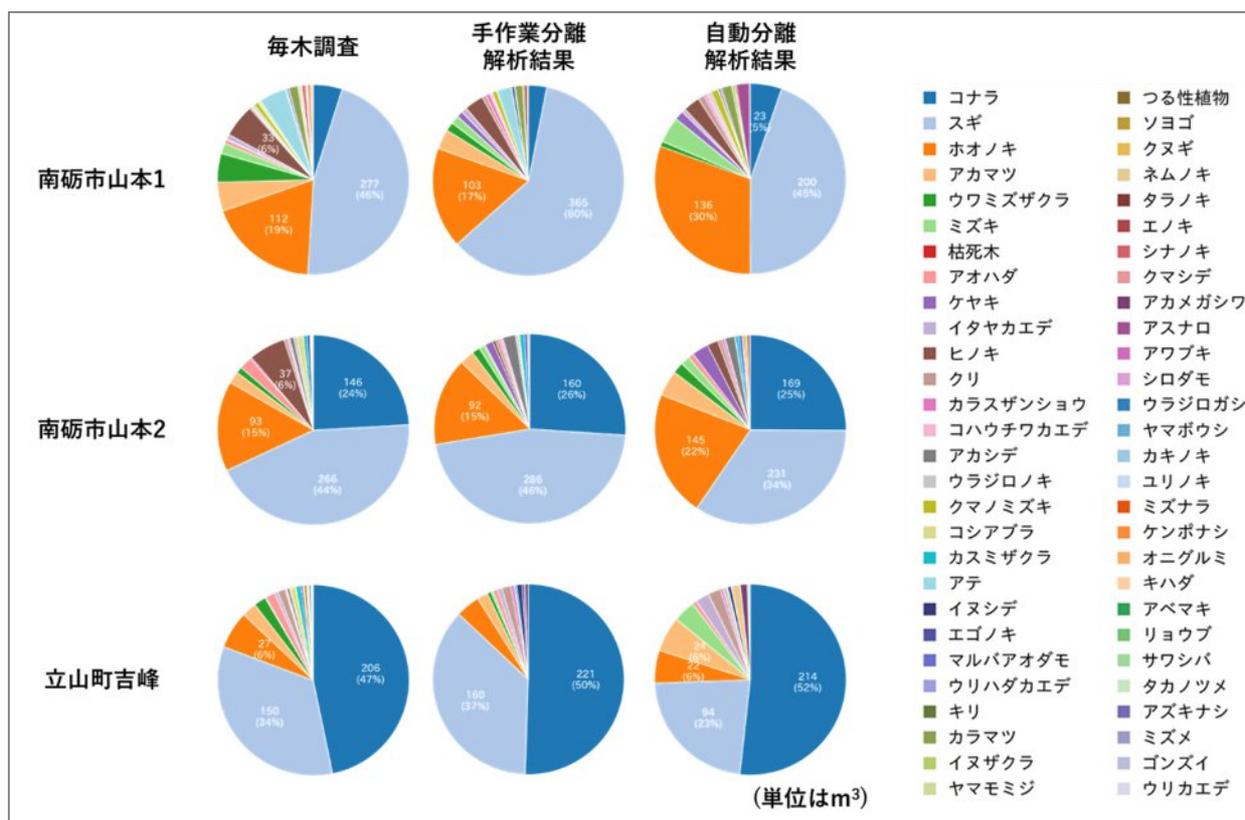
現在 DF Scanner Pro に実装している広葉樹樹冠分離機能を用いて自動樹冠分離をした結果（一部拡大）を以下に示す。



手作業で作成した樹冠分離(左)、現在実装している樹冠分離(右)

また、手作業による樹冠分離と同様にしてその後の解析を実施した。その結果を毎木調査結果と比較したものを以下に示す。

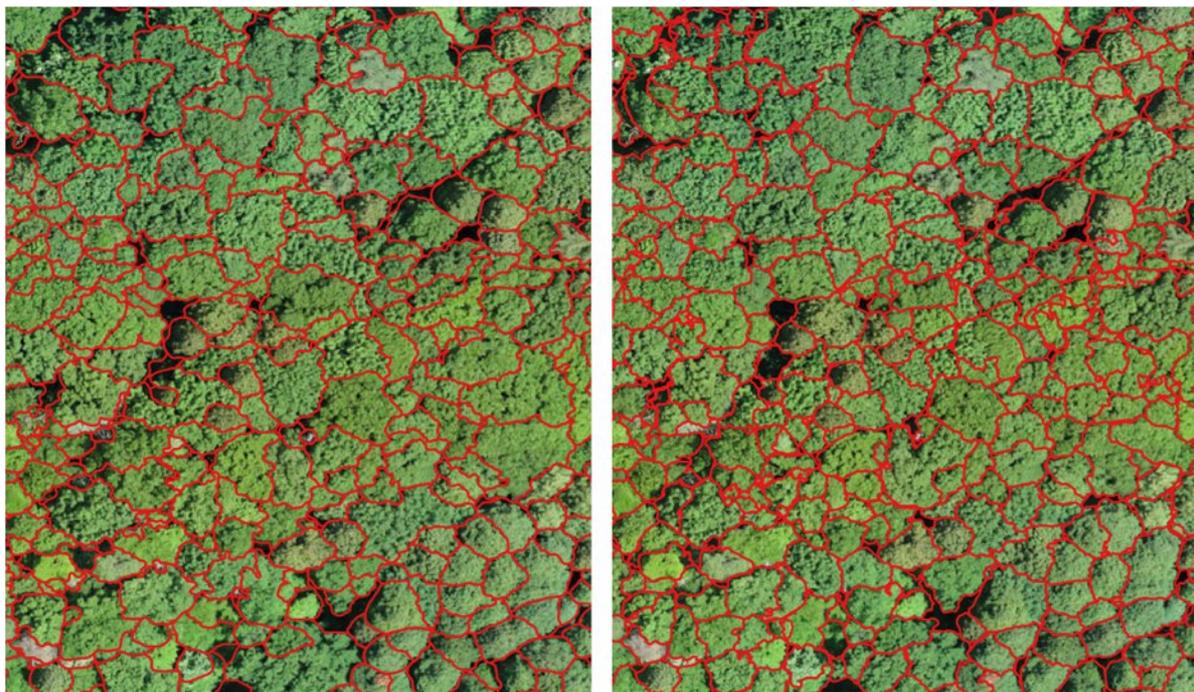
	本数結果		幹材積	
	本数結果	本数誤差	幹材積結果	幹材積誤差
南砺市山本1	386本	-34.2%	316.9m ³	-25.8%
南砺市山本2	498本	-16.7%	414.7m ³	10.6%
立山町吉峰	352本	-46.2%	241.6m ³	-6.6%



本数誤差は大きなものとなったが材積は最大 25.8%の範囲内に収まった。また、大まかな樹種構成割合についても参考として活用することも可能である。

② 開発中の樹冠分離（改良後 2025 年度実装予定）

2025 年度に DF Scanner Pro に実装予定の樹冠分離機能を用いて自動樹冠分離をした結果（一部拡大）を以下に示す。なお、今後さらに改良を行った後に実装を予定している。



手作業で作成した樹冠分離(左)、現在開発中の樹冠分離(右)

また、手作業による樹冠分離と同様にしてその後の解析を実施した。その結果を毎木調査結果と比較したものを以下に示す。見た目としては手作業に近い結果となっているが、細かく分離されてしまったり、分離されるべきところが分離されていないなど、分離が上手く出来ていない箇所がまだ多いため、さらに改良を実施する必要がある。

	本数結果		幹材積	
	本数結果	本数誤差	幹材積結果	幹材積誤差
南砺市山本1	366本	-37.6%	341.2m ³	-20.1%
南砺市山本2	477本	-20.2%	379.4m ³	1.2%
立山町吉峰	346本	-47.1%	239.6m ³	-7.4%

第3節 緊急時の連絡体制の構築

1 目的

山間部の林業フィールドでは、スマートフォン（LTE 通信）などの通信の圏外となることが多く、生産管理などの ICT 化や事故などが発生した際、関係者に速やかに連絡することが困難な状況となっている。このため、昨年度までの実証で有効性が確認できた、低軌道衛星（スターリンク）を活用した通信環境の普及と低軌道衛星とデジタル簡易無線機との連携などによる緊急時の連絡体制の構築について実証を行う。

2 実証地と実証方法

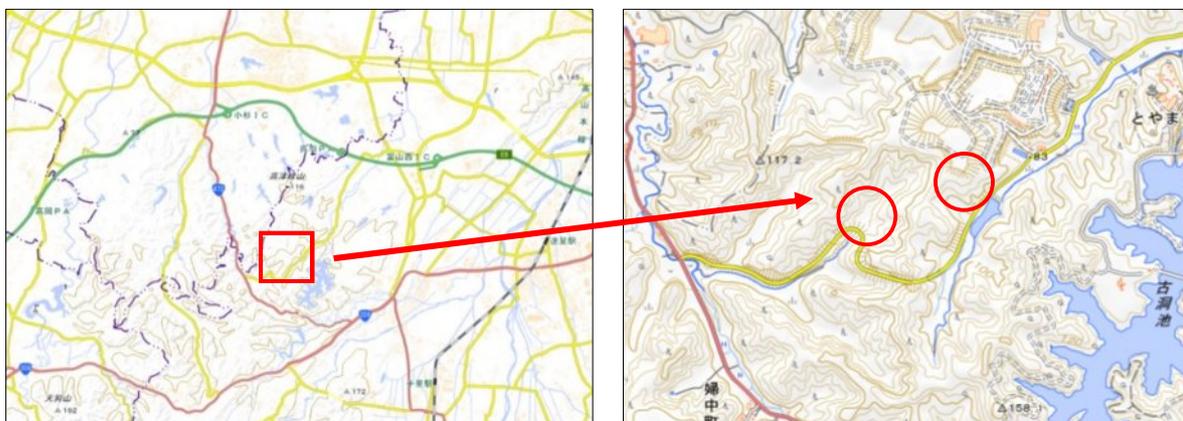
(1) 実証地及び期間

1) スターリンク

① (株)グリーンマテリアル北陸

実証地：富山市三熊（旧富山市） ※携帯電話圏外

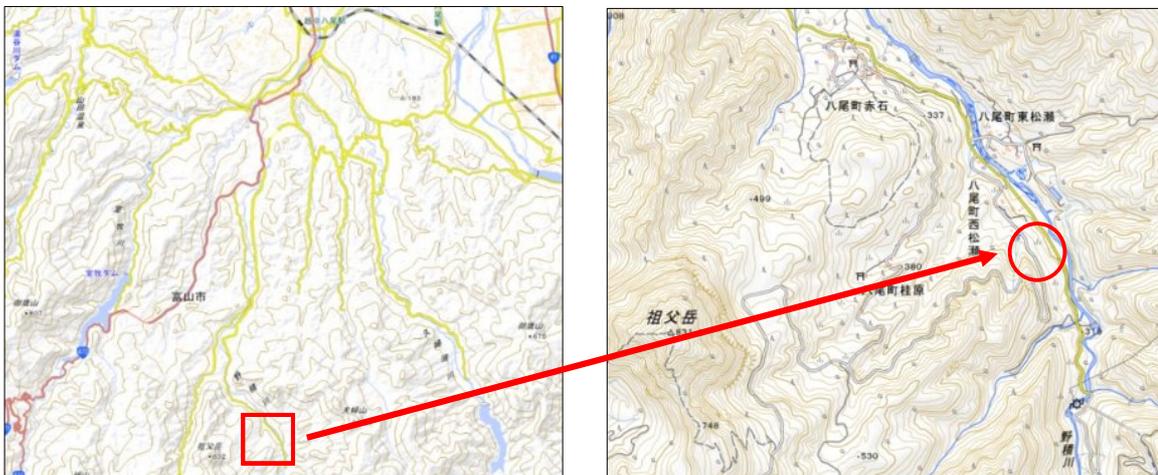
期 間：令和6年12月6日～令和7年2月13日



② 婦負森林組合

実証地：富山市八尾町西松瀬 ※携帯電話圏外

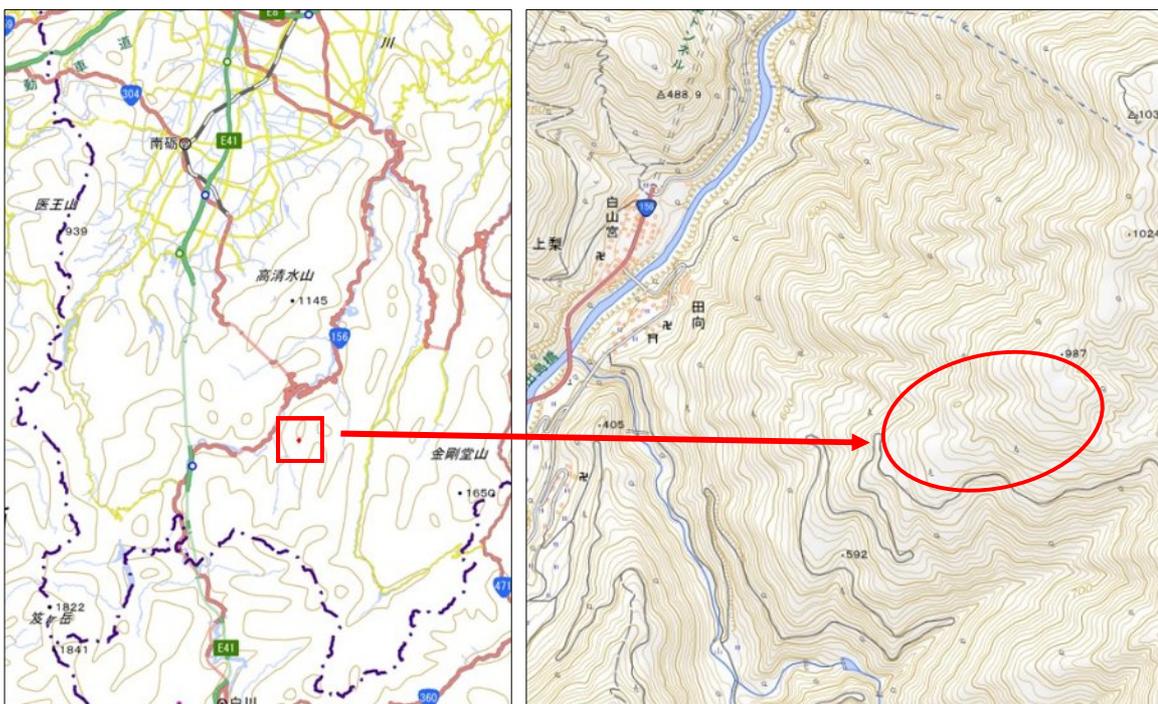
期 間：令和7年2月4日～令和7年2月12日



2) スターリンク・デジタル簡易無線機

実証地：南砺市田向字重峰（旧平村） ※携帯電話圏外

期 間：令和6年9月25日～令和6年10月11日



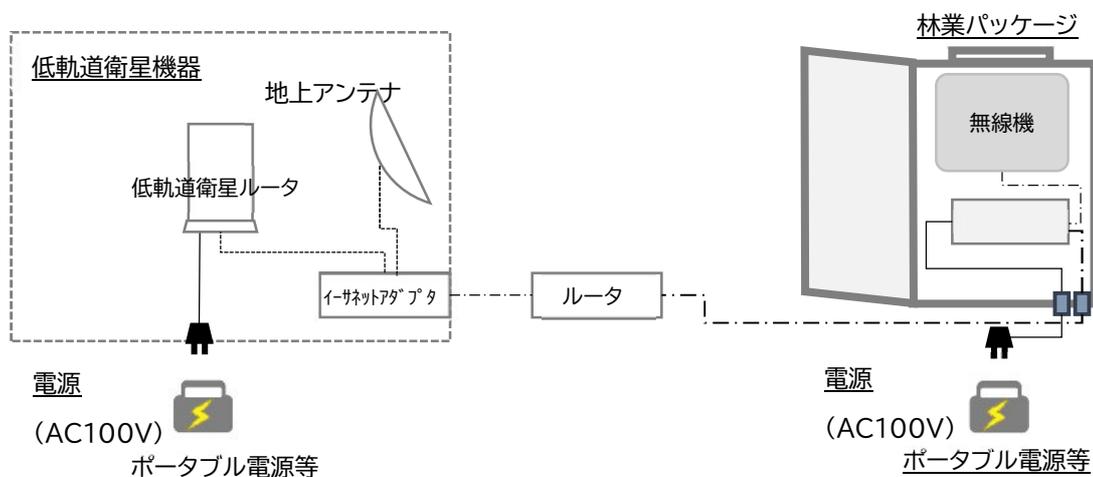
(2) 実証方法

1) スターリンク

スターリンクを林業現場で使用するため、昨年度の実証で整備した、国内電波法への準拠や降雨時に稼働できる機材「林業パッケージ」を林業事業体に貸し出し、生産管理や各種情報の収集等への活用を普及した。

なお、スターリンクでの通信は、「アンテナを上空の見通しが7割程度確保できる箇所に置く必要がある」「通信可能範囲が無線機から半径 50m程度」であることから、林道等の作業基点において利用した。

【機器構成図】



【スターリンク】



【林業パッケージ】



【林業パッケージの特徴】

- ・無線機は国内電波法に準拠した周波数を使用。
- ・防水仕様。
- ・設定やケーブル接続等の煩雑な現場作業は不要。(コンセントを接続するだけで使用可能)
- ・無線機は、設置の方向等を気にせず設置可能。(全方位最大半径 50m程度)
- ・通年通した屋外の環境で利用可能。(使用可能気温-20° ~50°)

【作業現場付近の林内での設置状況】



【現場事務所から電源を確保し設置】



① 具体的な使用方法

【設置方法】

- ・ 施業地に設置している現場事務所の周辺に受信機を置き使用。電源は現場事務所から供給。現場事務所を離れる際には、施業地付近に移動させ林内に設置。
- ・ 木材搬出用の土場に設置。

【使用方法】

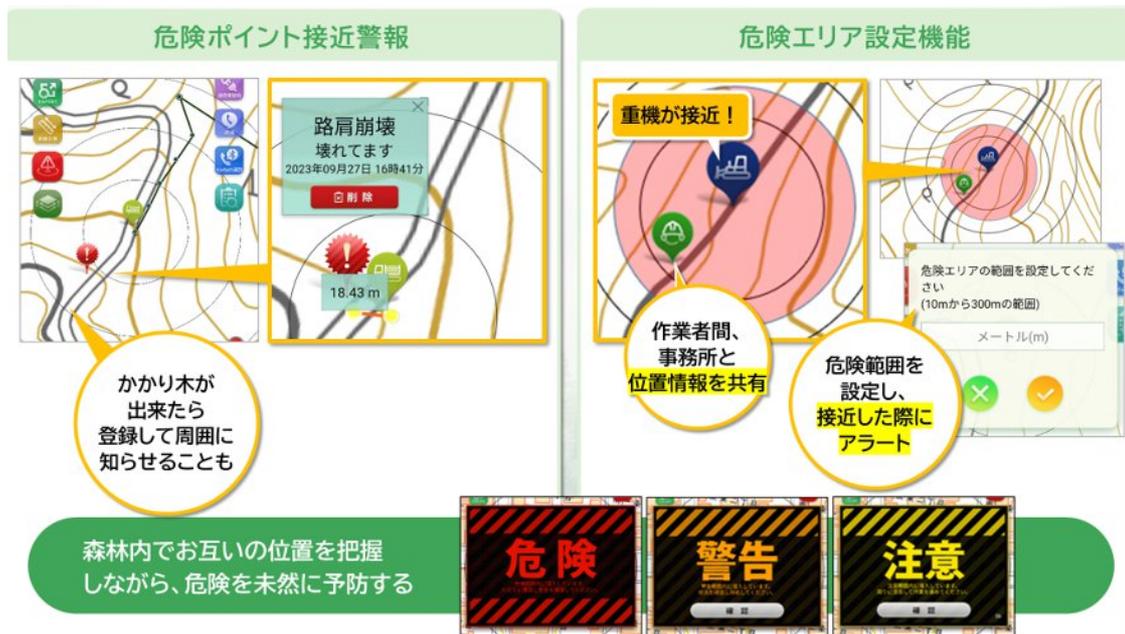
- ・ 本社に進捗状況などを定時報告する際に使用。
- ・ LINE WORKS を使用し、作業の進捗状況の報告や重機の修理依頼、天気情報の確認等に使用。

2) スターリンク・デジタル簡易無線機 (soko-co FOREST)

スターリンクを利用した通信エリアは、無線機を設置する林道等から 50m程度に限定されるため、林内の作業員から外部の事務所等への連絡や作業員間で通信を行うことができない。

このため、スターリンクとの連携による外部との連絡や作業員間の音声通話が可能な簡易無線機等（「soko-co FOREST」。㈱breakthrough、㈱JVC ケンウッド）を用い、林内での活用方法を実証した。

【システム概要】



【使用機器】

高機能 簡易無線携帯機(TCP-D751CT)



The advertisement features three main images: on the left, a product shot of the walkie-talkie next to its retail box; in the center, the device is shown floating on water with a green '防水(IP68)' label below; on the right, the device is shown with its back cover removed, revealing internal components, with a green '防塵' label below. To the right of these images is a list of features in yellow rounded rectangles: 'エマージェンシー', 'マンダウン', '音声+データ', and '免許局・登録局デュアル運用'. A green callout bubble at the top right contains the text '転倒を自動で検知! 自動で音声回線オープン!'. At the bottom of the advertisement, a note states: '※国内最大の5Wの出力で、森林内のみならず平地だと更に広範囲にクリアな通話が可能。'

転倒を自動で検知!
自動で音声回線オープン!

エマージェンシー

マンダウン

音声+データ

免許局・登録局
デュアル運用

防水(IP68)

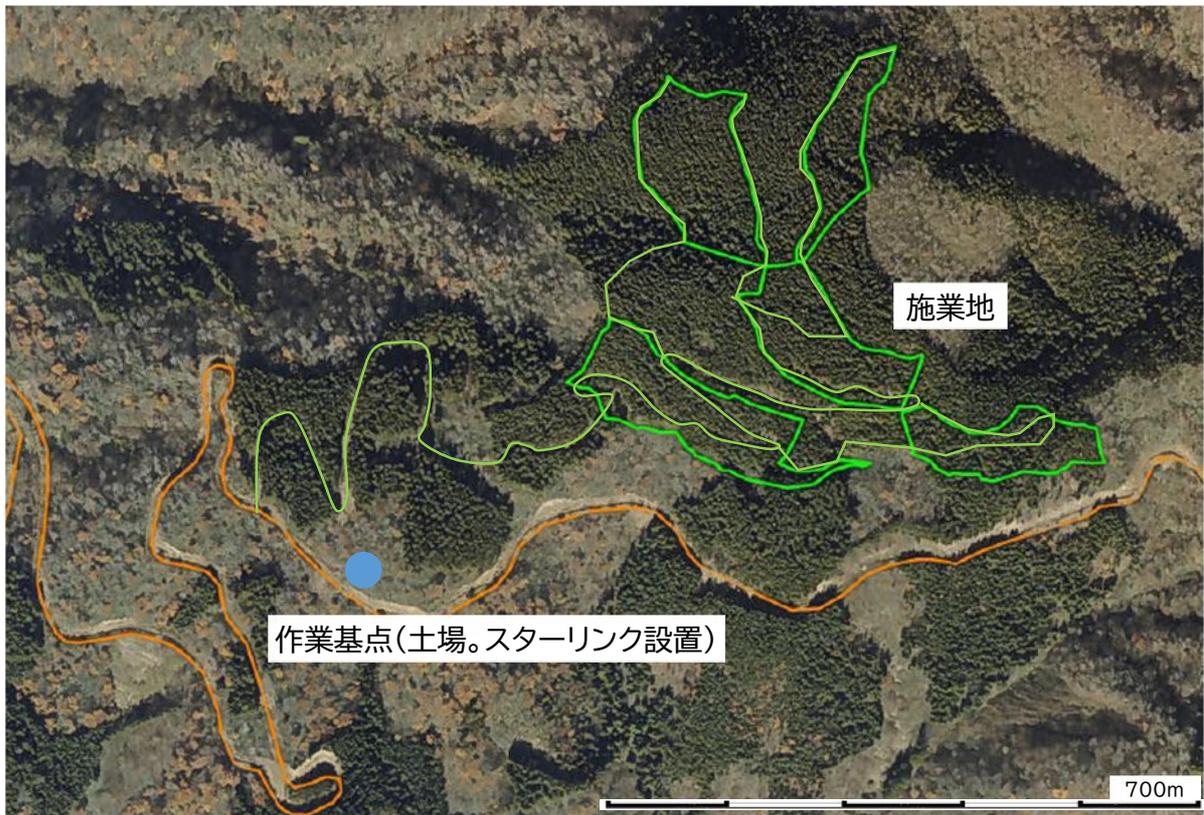
防塵

※国内最大の5Wの出力で、森林内のみならず平地だと更に広範囲にクリアな通話が可能。

【soko-co FOREST の特徴】

- ・森林内で約1～3kmで通信、通話が可能。
- ・スマートフォンと連携し、地図上に位置情報を表示し、共有可能。
- ・オフラインでも、スマートフォンで森林基本図や空中写真などを背景図として表示可能

【施業地の概況】



【施業の状況】



① 施業内容

- ・人工林更新伐（群状伐採。0.9ha程度のまとまりで8箇所伐採）
- ・伐採木は、フォワーダに積載し、作業道を走行し林道まで運搬。
- ・作業員6名（伐採2名、造材・集材2名、運搬2名）

② 具体的な使用方法

スターリンクは、現場までの移動に使用している車両の駐車スペース（作業基点）に林業パッケージとともに設置した。使用方法としては、機械トラブルが発生した際の連絡、作業や通行（施業地までは林道を約6km走行する必要がある、この間には、のり長の長い箇所や沢部があり、雨天時には通行できなくなる可能性が高い。）の安全を確保するための天気情報の確認などに活用した。

また、soko-co FOREST（3台）は、伐採、集材、運搬を行う作業員がそれぞれ携帯した。使用方法としては、各作業員が施業の進捗状況を確認するための位置確認や伐採木の運搬時に、積込者と運搬者の位置情報共有に活用した。

なお、両機器とも作業を行う日は必ず携帯した。

【スターリンクの設置状況等】



3 実証結果と検証

(1) 実証結果と検証

昨年度までの実証で有効性を確認できたスターリンク及び林業パッケージによる林内通信を、実際の林業現場で活用することができた。

また、soko-co FORESTについては、現場内での位置情報の共有が図れたとともに、スターリンクを利用することで、緊急時には作業基点までの短い移動距離で事務所などの関係者に連絡できることを確認した。

(2) 使用する際の留意点

[スターリンク + soko-co FOREST]

- ・充電等が必要な機材が多い。

《必要な機材等》

◇ポータブルバッテリー2台（スターリンク用、林業パッケージ用）

◇使用者分のデジタル簡易無線機及びスマートフォンの充電

- ・デジタル簡易無線機とスマートフォンを常に携帯する必要がある。
- ・毎日、使用開始前に動作確認を行う必要がある。
- ・今回の実証地は施業範囲が広く（面積 11.87ha、長さ約 1 km、標高差約 200m）、時々、デジタル簡易無線機での通信が出来ないエリアもあった。このため、施業範囲が広い場合、使用にあたっては通信できる範囲を予め確認する必要がある。

[スターリンク]

- ・長期的に現場で使用するために、防水仕様となっていないポータブル電源等の機器の保管、管理が課題。車内での使用も試したが、接続距離が短くなることやデータ通信速度が遅くなるなどのデメリットがある。
- ・人が常駐していない現場に設置することがあり、盗難に対する心配がある。
- ・1日現場で使用する場合、1,000Wh クラス以上の電力量を持つバッテリーが必要となる。

(3) 利用者の感想

[スターリンク]

- ・設置後すぐに通信が可能となり煩わしさを感じなかった。
- ・携帯電話圏外での現場では、天気情報などがわからず、帰路の林道状況に不安を感じながら作業をしていたが、通信できることで不安が解消された。
- ・これまで携帯電話圏外では本社への連絡が適時に行うことができなかったが、スターリンクを活用することでスムーズに行うことができた。
- ・施業地内の作業員間の連絡手段としても使用してみたい。
- ・引き続き、データ取得や事務所との連絡などに活用するとともに、RTK 測量にも活用したい。

[soko-co FOREST]

- ・便利な機能が色々あるが、操作に慣れるまで時間がかかった。
- ・短期間では使いこなせなかったなので、引き続き、利用して試してみたい。

4 課題と今後の計画

スターリンクについては、これまでの実証事業で有効性が確認されるとともに、現場での使用に対する障壁が低くなっていることから、本協議会で保有する「林業パッケージ」を事業体へ貸し出すなどにより、林業現場への普及を進める。

soko-co FOREST については、メーカーの都合で、レンタル期間が短く慣れるまで時間を要したことから、具体的な活用事例の収集を十分行うことが出来なかった。また、使用してきた事業体も1社となった。このため、引き続き、事業体で実証を行い、安全性や生産性の向上、労務管理などへ活用できるかを実証することとする。

第4節 動画等を活用した生産管理

1 目的

土場などに出材された原木の量は、メジャー等を用いて人力により計測し、手書きで野帳に記入したのち、パソコンに入力を行い把握しているため、手間と時間を要する。このため、業務の効率化に向け、他県ではスマートフォンで撮影した画像を用いた丸太計測が進められており、当協議会でも実証した結果、手検尺と同程度の精度であった。このため、受入先との取引に活用するため、関係者と協議を行う。

一方、アプリでの計測では、「材面を揃える必要がある」「丸太の元末を揃える必要がある」「静止画像のみの解析のため精度向上が期待できない」などの課題がある。このため、(株)ジツタで開発が行われている動画による丸太計測（「3D丸太検収システム」）の有用性について実証を行う。

2 実証地、実証方法等

(1) 動画による丸太計測

1) 実証地

富山県森林組合連合会土場、富山県西部森林組合中間土場

2) 実証期間

令和6年5月～11月

3) 実証方法

県森林組合連合会等の土場に桝積みされている丸太について、計測精度の実証を行った。具体的には、従来のメジャーを用いた計測により把握した本数、材積と、スマートフォンで撮影した動画により算出した結果を比較し、誤差を確認した。

動画の具体的な撮影、解析方法は以下のとおり。

[撮影]

- ①桝積み（元末不揃いでも可）の一方の小口側正面に立ち撮影を開始し、小口 → 側面 → 小口（反対側）の順に3面を撮影。
- ②撮影の際には、被写体が正面に来る位置に立ち、全ての小口が写るよう、ゆっくり歩きながら撮影。

【小口】



【側面】



【小口 (反対側)】



【解析】

①撮影した動画をパソコンに保存。

②「3D丸太検収システム」において、

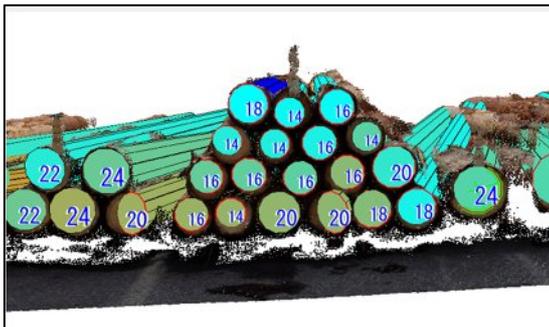
「動画読込」 → 「点群読込・作成 (SFM 処理)」 → 「対象の極積みの指定」 → 「円柱作成」 → 「基準径の設定」 → 「材積算定」 を実施



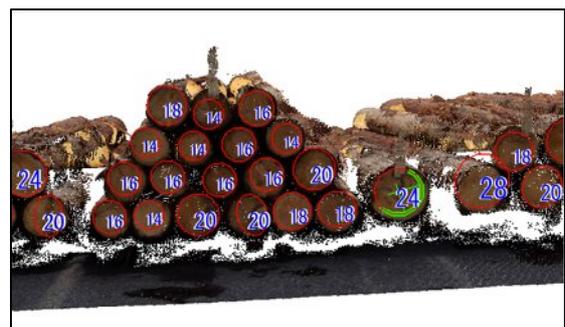
【点群読込・作成】



【対象の極積み指定】



【円柱作成】



【基準径設定】

4) 実証結果と検証

① 本数、材積の比較

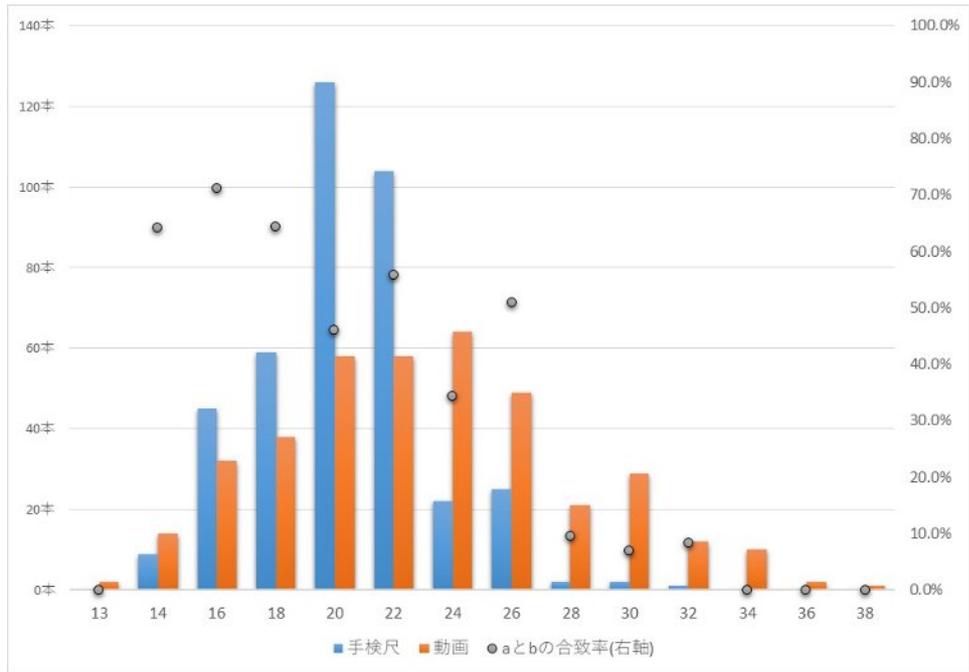
手検尺と動画での計測結果は次表のとおりとなった。

この結果、総本数の誤差は2%未満と小さいのに対し、総材積の誤差は、1割程度と大きく、昨年度実証した丸太検知アプリ（3～4%程度）と比較しても大きくなった。

場所・月日	計測方法	総本数	材積
富山県森林組合連合会 土場 11月7日	手検尺	33本	3.874m ³
	アプリ	33本	3.246m ³
	差異(実数)	0本	-0.628m ³
	差異率	100.0%	83.8%
富山県森林組合連合会 土場 11月27日 ①	手検尺	57本	12.062m ³
	アプリ	56本	14.340m ³
	差異(実数)	-1本	2.278m ³
	差異率	98.2%	118.9%
富山県森林組合連合会 土場 11月27日 ②	手検尺	175本	26.312m ³
	アプリ	172本	37.294m ³
	差異(実数)	-3本	10.982m ³
	差異率	98.3%	141.7%
富山県森林組合連合会 土場 11月27日 ③	手検尺	130本	24.618m ³
	アプリ	129本	18.764m ³
	差異(実数)	-1本	-5.854m ³
	差異率	99.2%	76.2%
計	手検尺	395本	66.866m ³
	アプリ	390本	73.644m ³
	差異(実数)	-5本	6.778m ³
	差異率	98.7%	110.1%

また、径級別本数の比較については次のグラフのとおりであった。

この結果、径級毎の合致率は、5～6割程度で、昨年度実証した丸太検知アプリ（8～9割程度）と比較し低くなった。



なお、動画での撮影時間は、桧積み大きさにもよるが、手検尺と比較し、5%程度と大幅に短くなった。

② 計測差の要因

本数誤差が生じた桧積みにおいて、SFM 処理後の画像を確認したところ、日の当たり方や背景などの撮影環境に起因すると思われる未検知や誤認識があり、このことが誤差の要因と考えられる。

また、SFM 処理後の点群の精度が低く、直径の測定精度に影響していることも要因と考えられる。

【日陰のため検知されていないケース】



実際の桧積み画像

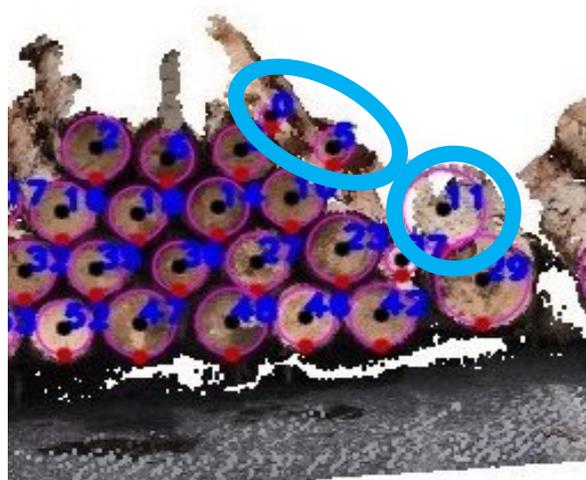


点群作成後の桧積み画像

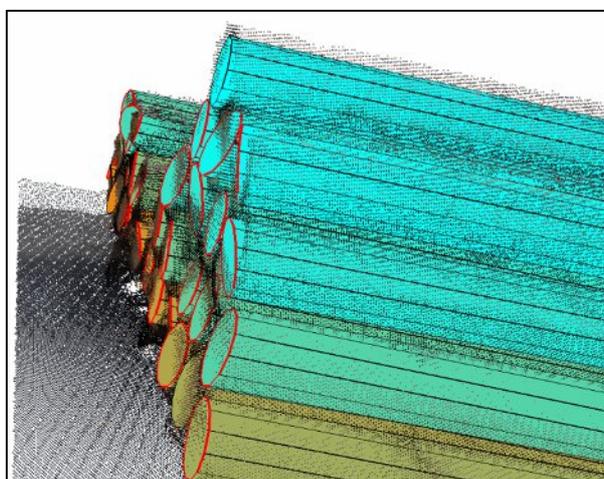
【背景などの影響で誤認識されたケース】



実際の桧積み画像



点群作成後の桧積み画像



解析精度が低く、円柱断面の角度が実際の断面と異なる

(2) 丸太検知アプリの活用

昨年度までの実証で得たアプリによる計測データを基に、関係者と協議した結果、追加で、基準径の設定方法や土場の環境などが異なる条件でデータを収集するよう求められた。このため、富山県西部森林組合の協力を得てデータを収集し、とりまとめを行っている。

また、本年度、近県でアプリを活用した納材を検討されており、具体的な計測方法など情報収集を行い、足並みを揃えた運用方法を検討している。

3 課題と今後の計画

(1) 課題

1) 動画による計測

- ・アプリと比較し、材面を揃える必要がないことなど使用できる場面が多いことが利点ではあるが、精度がアプリと比較し低い。また、桟積みからある程度距離を保ち3面を撮影する必要があることから、土場が狭く桟積み間が隣接している箇所など、使用出来ないケースもある。
- ・解析には、SFM 処理等を行えるスペックを備えたパソコンが必要であるとともに、スマートフォンで解析できるアプリと比較し、時間も要する。

(2) 今後の計画

1) 動画による計測

精度や解析時間などに課題があり、改良が必要であるが、メーカー側では当面、新たな改良の予定がないことから、検証については、一旦、終了する。

2) 丸太検知アプリの活用

実際の商取引に納材量（出荷量）として活用できるよう、引き続き、納材先等の関係者と協議を続ける。

第3章 富山県林業イノベーション推進協議会の運営

1 開催日時と内容

開催日	会議名等	議事内容
令和6年 4月23日	第1回 富山県林業イノベーション推進協議会	1 議題 (1) 事業計画及び収支予算について (2) スマート林業技術等の実証事業について (3) 意見交換
令和6年 5月19日	とやま森の祭典 2024 (出展)	1 内容 (1) 実証事業のパネル展示 (2) マッスルスーツの試着体験 (3) 大型ドローンによる資材運搬の実演
令和6年 9月5日～ 6日	スマート林業先進地視 察研修 (長野県長野市、伊那 市)	1 視察先・内容 (1) 北信木材生産センター協同組合 主伐・再造林、タワーヤードによる木材生産 (2) 長野県森林組合連合会 RTK 基準局設置による GNSS 測量の精度向上 など (3) 精密林業計測(株) ドローンによる森林資源調査 (4) 平澤林産(株) 架線集材、未利用材の活用 2 参加者 県、市町村、公社、林業事業者、木材加工業者など 28名
令和6年 9月13日	第1回 実証事業研修会	1 場所 富山県西部森林組合高岡支所(高岡市福岡町上向田) 2 内容 (1) スマートフォン等を活用した生産管理：(株)ジツタ (2) ドローンによる森林資源調査： DeepForest Technologies(株) (3) 携帯電話圏外での通信：soko-co FOREST、NTTAT(株) (4) ラジコン式地拵え機・下刈り機：(株)アクティオ 3 参加者 県、市町村、林業事業者など 34名

開催日	会議名等	議事内容
令和6年 10月16日	第2回 実証事業現地研修会	1 場所 黒部市福平地内（公社造林地） 2 内容 タワーヤードによる木材生産 講師：飛騨市森林組合 新田課長 3 参加者 国、県、公社、林業事業者、木材加工業者など 42名
令和7年 3月19日	第2回 富山県林業イノベーション推進協議会	1 議題 (1) 令和5年度収支決算について (2) スマート林業技術等の実証事業の概要 (3) 意見交換

2 メンバー構成

No.	会員名	所属等	備考	
1	富山県	森林政策課	県	
2	魚津市	農林水産課	市町村	
3	滑川市	農林課	市町村	
4	黒部市	農林整備課	市町村	
5	入善町	建設課	市町村	
6	朝日町	農林水産課	市町村	
7	富山市	森林政策課	市町村	
8	上市町	産業課	市町村	監事
9	立山町	農林課	市町村	
10	舟橋村	生活環境課	市町村	
11	高岡市	農地林務課	市町村	
12	氷見市	農林畜産課	市町村	
13	小矢部市	農林課	市町村	
14	射水市	農林水産課	市町村	
15	砺波市	農地林務課	市町村	
16	南砺市	森林・農地整備課	市町村	
17	(公社) 富山県農林水産公社	森林部	林業関係団体	
18	富山県森林組合連合会	代表理事会長	林業関係団体	会長
19	富山県木材組合連合会	副会長専務理事	木材関係団体	副会長
20	富山県素材生産組合	会長(株)島田木材)	民間林業事業者	
21	新川森林組合	業務部	森林組合	監事
22	立山山麓森林組合	事業部	森林組合	
23	婦負森林組合	事業課	森林組合	
24	富山県西部森林組合	業務部	森林組合	
25	とやま県産材需給情報センター	事務局(県森林組合連合会)	木材加工、流通	
26	NiX JAPAN(株)	都市計画部	検証事業者	

No.	会 員 名	所属等	備 考
27	コマツ富山(株)	業務部	検証事業体
28	NTT アドバンステクノロジー(株)	西日本事業本部	検証事業体
29	(株)竹谷商事	—	検証事業体
30	(株)フォレストシー	IoT 通信事業部	検証事業体
31	北陸電気工業(株)	—	検証事業体
32	DeepForest Technologies(株)	事業総括部	検証事業体
33	中日本航空(株)富山支店	—	検証事業体
34	新川農林振興センター	林政・普及班	県出先
35	富山農林振興センター	林政・普及班	県出先
36	高岡農林振興センター	林政・普及班	県出先
37	砺波農林振興センター	林政・普及班	県出先
38	県森林研究所	—	オブザーバー
39	県木材研究所	—	オブザーバー
40	鹿児島大学	非常勤講師 (アジア航測株式会社)	オブザーバー
41	アジア航測(株)北陸支店	—	オブザーバー
42	事務局（県森連）	事務局長（専務）	

3 議事録

(※別紙参照)

4 開催状況

【協議会】



第1回(R6.4.23)



第2回(R7.3.19)

【先進地視察】



令和6年9月5日～6日 長野県内

【研修会】



第 1 回 (R6. 9. 13) 富山県西部森林組合高岡支所



第 2 回 (R6. 10. 16) 黒部市福平地内 (公社造林地)

この取組みは、「森林環境譲与税」を活用しています。