

林野庁補助事業

令和4年度「新しい林業」に向けた林業経営育成対策のうち

経営モデル実証事業

ICT を活用した CTL システムによる
垂直統合型経営モデルの構築
事業成果報告書

令和5年3月

株式会社柴田産業
住友林業株式会社
国立大学法人岩手大学 農学部

目次

1	実証事業の概要.....	1
1.1	事業の名称.....	1
1.2	事業実施体制.....	1
1.3	実証のテーマ.....	2
1.4	事業実施の背景（現状と課題）.....	3
1.5	実証事業の内容.....	6
1.6	実証事業の目標.....	8
2	令和4年度事業実績報告.....	9
2.1	協議会・現地検討会の開催.....	9
2.1.1	第一回岩手地域協議会.....	9
2.1.2	第二回岩手地域協議会.....	9
2.1.3	現地検討会.....	10
2.2	事業実施成果.....	12
3	次年度計画.....	22
3.1	システム構築.....	22
3.2	ドローンレーザ計測.....	24
3.3	ハーベスタ・フォワーダの更なる連携.....	24
3.4	素材生産現場と工場の連携.....	25
3.5	トラクター地拵.....	25

1 実証事業の概要

1.1 事業の名称

ICT を活用した CTL システムによる垂直統合型経営モデルの構築

1.2 事業実施体制

本事業は、株式会社柴田産業を林業経営体とし、住友林業株式会社と国立大学法人岩手大学農学部が支援機関となっており、実証主体を形成し事業を遂行した（図 1）。事業の遂行に際しては、地元有識者から構成される地域協議会を設置し、事業に対する評価・助言を頂いた（表 1）。

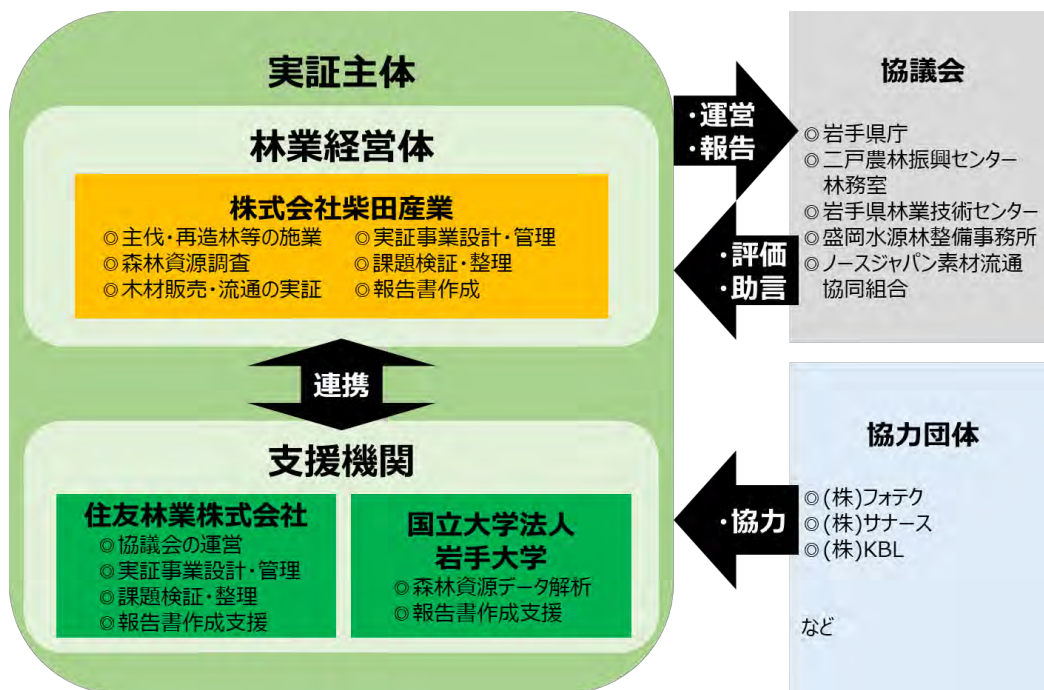


図 1 事業実施体制

表 1 地域協議会委員

区分	氏名	所属
委員	村山 裕	岩手県農林水産部森林整備課 技術主幹 兼 計画担当課長
	高橋 忠幸	岩手県県北広域振興局農政部 二戸農林振興センター林務室 林務室長
	高橋 攻	岩手県林業技術センター 首席林業普及指導員
	佐藤 孝治	国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林整備センター盛岡水源林整備事務所 所長
	一条 克也	ノースジャパン素材流通協同組合 参与 兼 経営企画管理部部長

1.3 実証のテーマ

本事業においては、以下の3点をテーマに、実証を行った。

① 素材生産から再造林、製材を含めた垂直統合モデルの構築

林業経営体である柴田産業が、素材生産だけでなく、再造林・製材等も一貫して手掛ける強みを活かし、森林資源・地形・木材需要等の情報をフル活用した、新しい垂直統合型経営モデルの有効性を実証する。

また素材生産や再造林における、年間計画・個別計画・現場設計と生産管理の連動を可能とするシステムの構築・運用実証を行い、一定規模以上の林業経営体が事業全体の最適化を実現した際のトータルコストダウン効果を確認する。

② 日本版CTLシステムの確立

CTL（短幹集材）システムは、北欧で主流の伐出システムであり、高い生産性と林地保全への配慮を両立可能な優れた手法である。日本でも北海道・東北における緩傾斜地において適用可能とされているが、専用の機械やオペレーターの習熟が必要であることから、本格的な採用には至っていない。

林業経営体である柴田産業は、既にCTLを行う作業班を有しており、同社により本事業で導入するソフトウェアによる生産性向上と機械稼働率向上の検証を行い、日本版CTLシステムの可能性と有効性を確認する。

③ 「ICT林業生産管理標準仕様」の普及

支援機関である住友林業は、令和2年度からの2ヶ年で、素材生産におけるICT導入の普及を目指した林野庁補助事業「ICT生産管理標準化事業」の事業実施主体として「ICT林業生産管理システム標準仕様」を作成した。

本事業では、この「ICT林業生産管理システム標準仕様」に準拠したソフトウェアを開発し、StanForD2010に準拠したハーベスタやフォワーダとの連携を実証することで、標準化されたデータ形式やシステムを適用することの有用性を確認し、今後の「ICT林業生産管理システム標準仕様」の普及の一助とする。

1.4 事業実施の背景（現状と課題）

◎システム構築

支援機関である住友林業は、林野庁補助事業「ICT 生産管理標準化事業」の実施主体として「ICT 林業生産管理システム標準仕様」（以下、標準仕様という）を作成した。この標準仕様は、ICT ハーベスタ・フォワーダを管理するソフトウェアや、日報管理、材積検知等のアプリについて、そのデータ形式やシステム要件の標準化を行ったもので、機械管理に関しては、世界的な標準仕様「StanForD2010」をベースとした「日本版 StanForD2010」として位置づけている。

この標準仕様は令和3年度に完成したが、標準仕様を正式に採用した機械やシステム・アプリが未だ存在しないため、その普及に貢献する実証が求められている。



図2 「ICT 林業生産管理システム」のパンフレットと仕様書

◎森林調査（データ取得）

柴田産業では、森林所有者に施業提案を行って立木を購入し、主伐を行っている。施業提案および立木購入の際に基礎資料となる資源情報は、自社で調査を行っている。実効性の高い素材生産の計画・設計や、造林の設計を行うにあたって、詳細な資源情報および地形情報が必要となる。現状、資源情報の把握は、人力での調査によるため、大きな手間が掛かっている。また、限られた労働力の中で、調査に掛けられる労務量は多くなく、効率化を図る必要がある。

◎素材生産

国内における素材生産現場では、建機や不整地運搬車をベースとしたクローラ式の林業機械を用いて、高密度な路網を作設・利用し、素材生産を行うことが多い。一方、柴田産業では、KONRAD社（オーストリア）製ハーベスタおよびGREMO社（スウェーデン）製フォワーダのホイール式高性能林業機械を用いて、作業道から林内へ直接進入して素材生産を行っており、生産性が高いことで知られる北欧のCTL(Cut To Length)システムを、

国内で実践している数少ない先進的な事業体である。

また岩手県は、北海道に次ぐ全国2位の森林面積を有しており、豊富な森林資源が存在する。近隣に大型の需要先が複数存在することから、素材生産も盛んで、素材生産量は全国第3位となっている。地形では、県北地域を中心に比較的緩傾斜の地域も見られる。

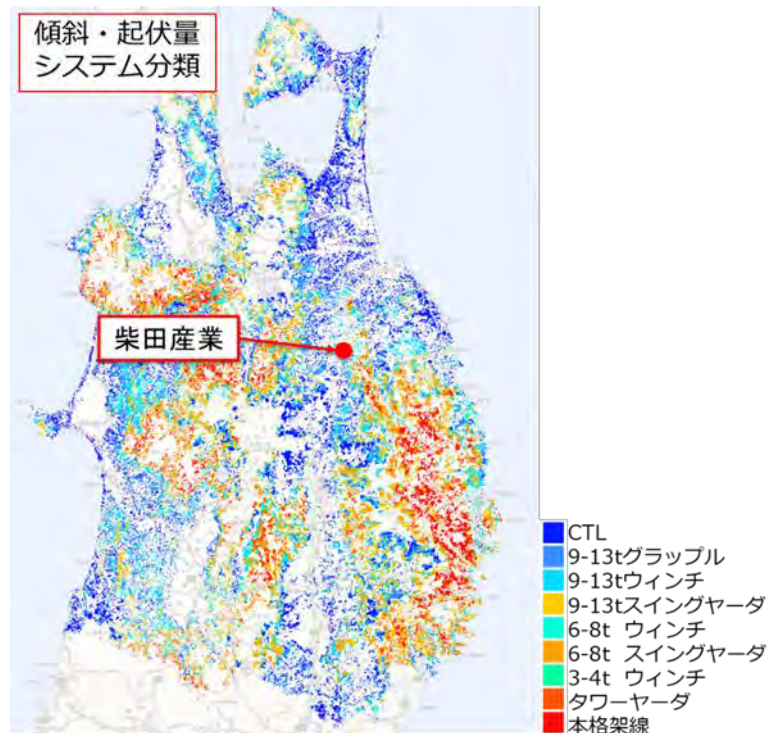


図3 傾斜・起伏量による作業システム適地分類（岩手大学 齋藤准教授作成資料より）

また、計画的な素材生産・木材の安定供給のため、年間事業計画を策定した上で、月別・現場別の生産目標を立てているほか、週次のミーティングでは現場班長から各現場の情報共有を行っている。年間事業計画作成や週次の情報共有が行われている一方で、各個別現場の生産計画・現場設計作成は不十分な状況にある。

各現場では、ハーベスタによる伐倒・玉切、フォワーダによる集材、路網作設、運材といった工程が生じるが、こうした計画・設計は現場班長の頭の中にはあるものの、他者に情報共有されていない。このため、管理者・現場班長・オペレーターが、統一した目標を共有できていない。現場進捗に関わる情報は、各オペレーターの経験・勘に基づく曖昧なものになる場合が多く、管理者が生産計画の進捗管理を行うために十分な精度を有していない。

さらに、高性能林業機械導入により、素材生産における個別作業の生産性は、高まっているものの、機械間での情報共有ができておらず、ハーベスタ・フォワーダの連携によるさらなる生産性の向上が不十分な状態にある。

◎販売・流通

柴田産業では、素材生産以外にも自社で製材工場・チップ工場を営んでいる。自社で素材生産した原木のうち、製材グレード・チップグレードは自社工場へ持ち込んで、加工している。自社の製材工場が必要とされる原木の規格は、生産する木材製品の製造計画によって刻々と変化する。また、特殊な材長の注文が入ることもある。製材工場から素材生産現場に対して、採材する原木の規格について、製材工場の従業員が必要に応じて素材生産現場へ連絡しているものの、十分に需要情報を伝達できているとはいえない。素材生産現場からすると個別連絡は煩雑な面があり、需要情報の集約化が必要な状況にある。



図 4 (株)柴田産業 製材工場

◎再造林

柴田産業は主伐だけでなく再造林も自ら行っている。森林所有者に対する主伐の施業提案の際には、再造林もセットで提案を行う場合もある。また、森林経営計画策定による集約化も積極的に行っており、地域の資源循環型林業推進に貢献している。

年間事業計画作成や週次の情報共有が行われている一方で、各個別現場の造林計画・現場設計作成は不十分な状況にある。施業においては、地拵を刈払機による人力作業に依存しており、今後生産性の大幅な向上は見込めないほか、安全面でも課題がある。

1.5 実証事業の内容

● システム構築

本実証で使用する「素材生産管理システム」、「造林計画システム」を構築する。それぞれの主要な機能は、以下の通りであるが、全てのシステムは、「ICT 林業生産管理システム標準仕様」に準拠したものとする。

➤ 素材生産管理システム

✓ 生産計画機能

作業班ごとの年間事業計画や、現場ごとの詳細な生産計画を入力・表示する機能：GIS上で資源情報・地形情報を読み込み、路網・運材等を含めた計画を入力できるようにする。

✓ 生産管理機能

素材生産の進捗状況を把握するために、GNSS・ICT ハーベスタ等から情報を取得し、地形情報やオルソ画像を背景図として、表示する機能：GIS上でハーベスタ・フォワーダの走行軌跡や造材した1本1本の原木の位置・材長・径級・材積等の情報を表示する。

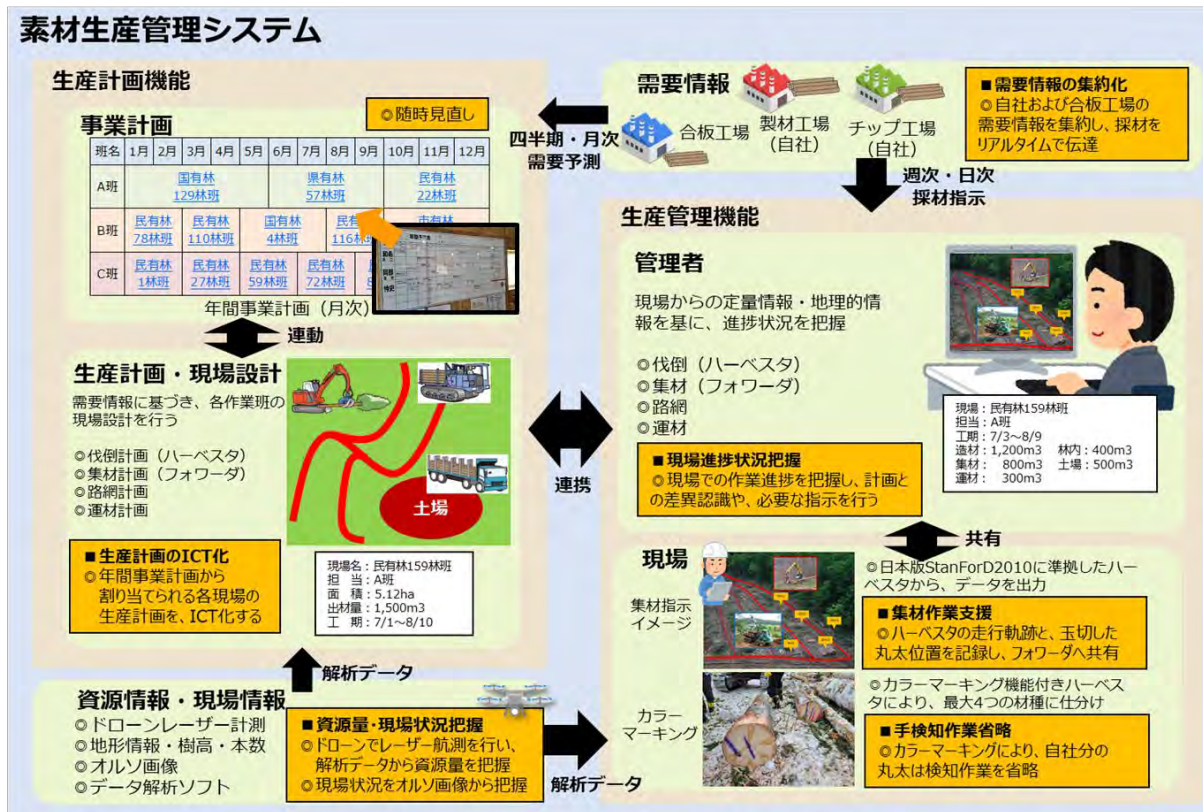


図5 素材生産管理システム概要

➤ 造林計画システム

✓ 造林計画機能

機械地拵可能範囲のゾーニングを行う機能：ドローンレーザー計測で得られた詳細な地形データから、傾斜等のパラメータを基に、機械地拵と人力地拵の範囲をゾーニングする仕様とする。

苗木配置を設計する機能：苗木の配置を設計するために植栽密度や最低間隔の植栽列な

どの条件をユーザーが入力することで、地形データから最適な苗木配置を設計する仕様とする。

✓ 造林管理機能

進捗状況を把握するために、造林現場から得られたデータと管理者が作成したデータを読み・閲覧・集計・修正する機能：地拵え、造林、下刈の作業状況について読み・閲覧・集計・修正出来、現場管理機能と共有出来る仕様とする。

機械地拵えに用いるトラクターの軌跡データを読み・閲覧・編集する機能：GIS上で植栽位置を閲覧すること、管理者機能とも共有出来る仕様とする。

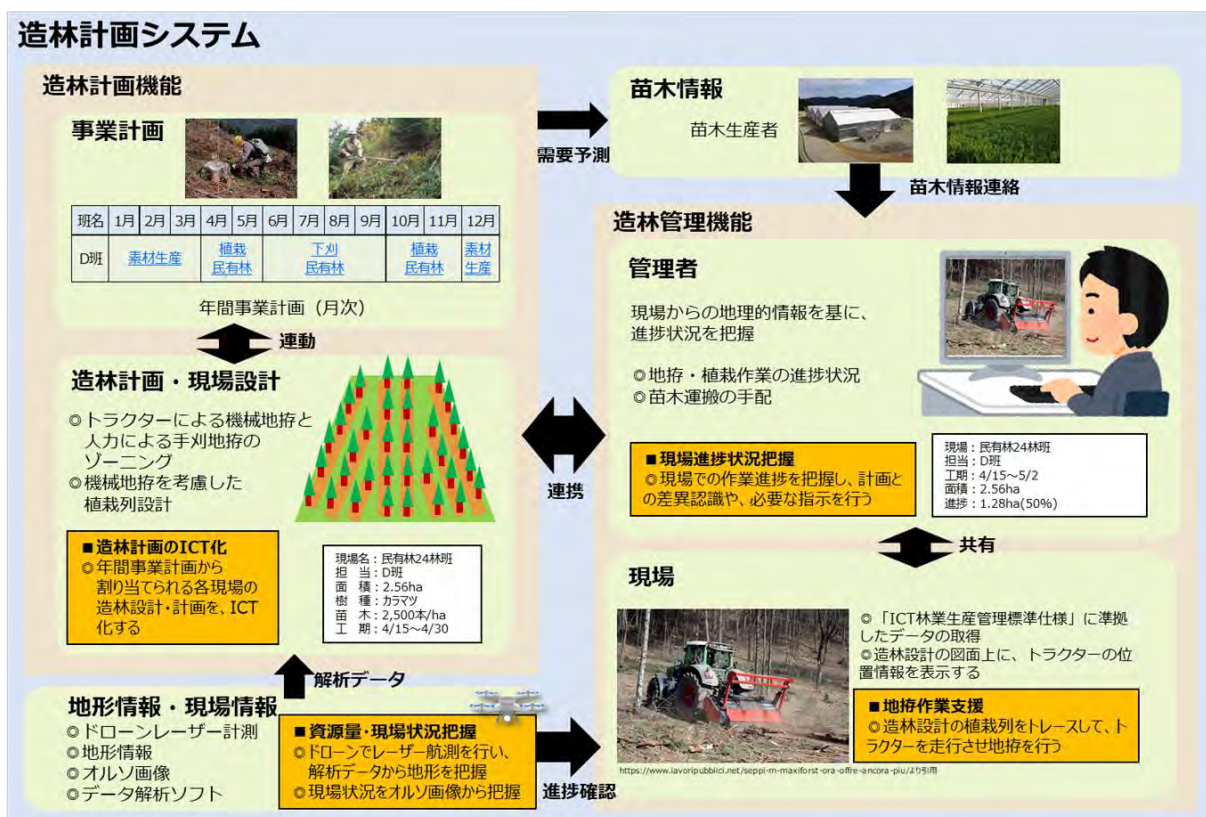


図 6 造林計画システム概要

● 森林調査

ドローンによるレーザー計測を利用することによって、地形情報や単木の樹高・本数といった定量的情報を高い精度で把握することができるようになるため、森林調査の大幅な省力化が期待できる。さらに細かいメッシュサイズで、精緻な地形情報（数値標高モデル）を作ることができるため、微地形も詳細かつ精緻に表現することができる。

● 素材生産

まず現場で得られた地形情報や資源情報から、各現場の生産計画・現場設計を作成する。現場作業開始後は、ICTハーベスタから得られるStanforD2010準拠のデータやカラーマッピング機能等を活用して、曖昧さを排除した現場の定量情報・地理的情報を共有することにより、管理者による事業の進捗管理および適切な意思決定を可能とする。加えて、林業機械間の情報共有を容易にし、特にフォワーダの集材作業支援に使用する定量情報・地

理的情報をソフトウェア等により提供し、CTL システムをより円滑に進める環境を構築する。

- 販売・流通

本事業では、製材工場の需要情報を集約化し、採材仕様が素材生産現場に分かりやすく伝達できるようなシステム化を目指す。また、需要に応じた採材を行うことにより、素材歩留まりが向上することが期待される。

- 再造林

トラクターに枝条破碎用のクラッシャーアタッチメントを装備し、地拵作業の機械化を行う。機械化により、軽労化・省力化が図れるほか、生産性・安全性向上も期待できる。さらに、ドローンレーザー計測データから取得した地形情報を使って、植栽列等を設計できるソフトを使用する。

1.6 実証事業の目標

- 森林調査

CTL システムを使用する全現場でのドローンレーザー計測実施

- 素材生産

CTL システムの現場における、素材生産コスト 1,000 円/m³ ダウン

- 販売・流通

需給情報の採材への活用による、CTL システム現場から出材した原木の売上高 5% 向上 (3m 採材の増加による素材歩留まり向上と長尺注文への適時対応)

- 再造林

トラクターでの地拵面積 10ha/年

2 令和4年度事業実績報告

2.1 協議会・現地検討会の開催

2.1.1 第一回岩手地域協議会

- 日時：令和4（2022）年8月5日
- 場所：農林会館 および WEB 会議（Zoom）
- 議事次第
 - 事業概要説明
 - 事業スケジュール
 - その他



図 7 第一回岩手地域協議会実施状況

2.1.2 第二回岩手地域協議会

- 日時：2023年2月6日
- 場所：農林会館 および WEB 会議（Zoom）
- 議事次第
 - 事業概要
 - 今年度事業実績報告
 - 次年度計画説明



図 8 第二回岩手地域協議会実施状況

2.1.3 現地検討会

- 日時
令和4（2022）年11月30日 午前の部： 9：00～12：00
午後の部：13：00～16：00
- 場所
北山形公民館および実証現場（岩手県岩手郡岩手町川口地内）
- 参加者
午前の部 23名
午後の部 34名
合計 57名
- 内容
岩手町にある北山形公民館に集合し、室内で約1時間、事業概要説明・ドローンレーザ計測による森林資源把握・素材生産管理システムの概要について、説明を行った。室内にQRコードを掲示し、参加者の手持ちのスマートフォン等で、素材生産管理システムのデモ版を体験してもらった。
その後、車で約5分の距離にある実証現場へ移動し、カラーマーキング機能付きハーベスタとフォワーダによる連携、トラクター地拵を実演した後、オペレーターの意見等を説明した。
参加者からは、ドローンレーザ計測の効率や、CTL作業システムの適した現場条件、素材生産管理システムへの期待など、様々な質問・意見が活発に出された。
当日の様子は、IBC岩手放送でのテレビ放映を始め、岩手日報・岩手林業新報社で新聞記事が掲載されるなど、各種メディアを通じて取り上げられた。



図9 現地検討会の実施状況（左：室内における報告、右：実証状況）

● アンケート

現地検討会終了後、参加者にアンケート記入を依頼し、参加者 57 名中 43 名より回答を得た（回答率 75%）。アンケート結果を図 10 に示す。

回答者の 1/3 以上が、森林組合を含めた林業事業体に所属していた（問 1）。また、現地検討会参加にあたって期待していた技術、および当日最も関心を持った技術は、いずれも素材生産管理システムが最多となった（問 2・問 4）。また、各項目について、ほとんどの参加者が「満足」「ほぼ満足」を選択しており、高い満足度だったことがうかがえる（問 3）。問 5 からは、最も関心を持った記述を選んだ理由として、「生産性向上が見込めるから」と同等に、「労務環境改善・省力化が見込めるから」が選択されており、生産性向上だけでなく、作業者の労働環境改善に対する関心が高いことが感じられた。

また問 6 ICT 林業生産管理による効果に関する自由記述では、「計測について、ある程度の誤差は許容するなど、これまでの慣習を変えていくことが必要のように感じた」といった、商慣習そのものの変革に対する意見も見られた。

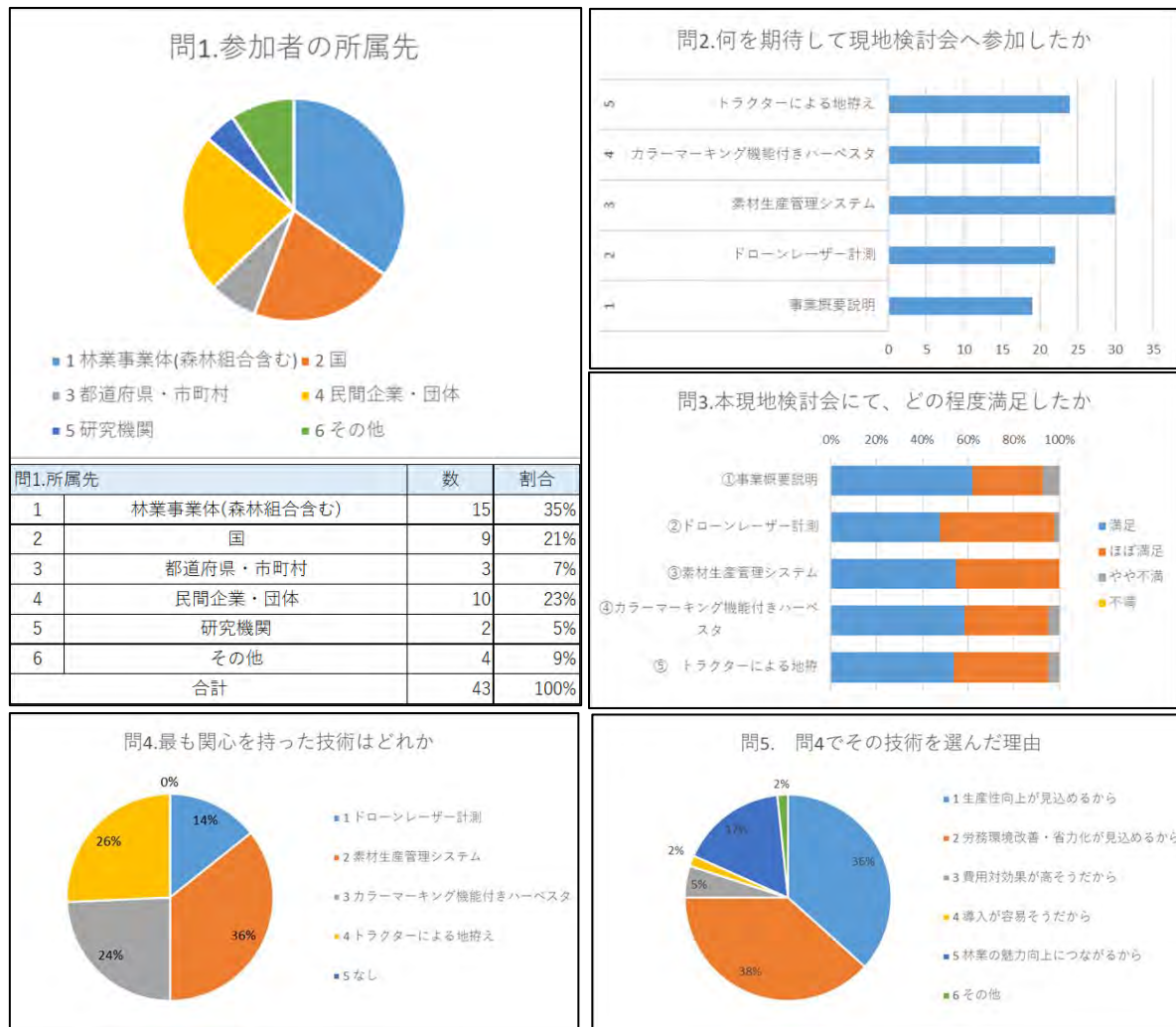


図 10 現地検討会におけるアンケート結果

2.2 事業実施成果

2.2.1 ドローンレーザ計測

2.2.1.1 LiDAR の諸元

実証は、柴田産業が導入した以下の機材を用いて行った。いずれも市販品であり、汎用ドローンを使用した、他の林業事業体でも導入・運用が容易なシステムのため、普及展開を図ることが可能である。

- ※ 機 種：DJI Matrice 300 RTK
- ※ センサー：Zenmuse L1 レーザセンサー
- ※ 基準局：D-RTK アンテナ
- ※ 飛行ソフト：DJI Terra



図 11 ドローン飛行状況 (左)・アンテナ設置状況 (右)

2.2.1.2 LiDAR 計測方法およびデータ検証方法

対象地のドローンレーザ計測は、対象範囲、計測高度、オーバーラップ率・サイドラップ率を設定し飛行計画を作成すれば、自動飛行で行うことができる。本実証地では、実証地面積 (4.74ha) とその周囲を対象範囲とし、計測は約 30 分程度で完了した。

本機種に限らず、ドローンレーザ計測の一般的な留意点として、計測高度の調整が重要となる。計測高度が低いと立木等への接触や、プロポ (手元の操作機器) とドローンの通信障害が発生するリスクが高くなる。一方で、計測高度が高いとデータの点密度が低下する。これらの要素を踏まえたうえで、適切な計測高度を設定する必要がある。

本実証事業では、事前に写真による対象地の DSM 計測を行った。この DSM を使用することで、相対高で地形に追従した飛行 (コンターフライト) を行うことが可能となる。



図 12 ドローンレーザ計測実施状況

2.2.1.3 計測結果

相対高度 80m で飛行し、地上点密度は約 400 点/m²となった



図 13 取得した点群データから作成した 3D モデル

2.2.1.4 データ解析処理

点群加工および樹頂点抽出は、市販ソフトウェア (ScanSurvey Z、(株)ビーシステム) を使用して行った。点群加工では、フィルタリング処理による DEM (地盤高)・DSM (表層高) の作成、および DEM と DSM の差から DCHM (樹冠高) の作成を行った。樹頂点抽出では、立木本数及び樹高の計測を行った。また樹高または樹冠サイズから、直径を推定し、資源量の推定を行った。

樹高 (および資源量) の推定を行うにあたっては、DEM の精度が与える影響が非常に大きい (図 14 図 14 地理院 DEM (青線) と LiDAR DEM (赤線) の比較)。DEM として一般的に用いられる国土地理院標高データ (青線) は、5m メッシュまたは 10m メッシュのため、その精度に限界がある。一方、LiDAR 計測による DEM データ (赤線) は、適切なフィルタ処理 (後述) を行うことによって、50cm メッシュの精度の良いデータを得ることができる。

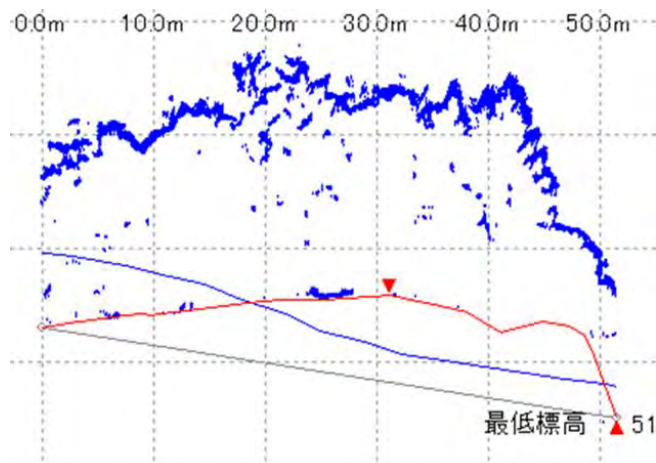


図 14 地理院 DEM (青線) と LiDAR DEM (赤線) の比較

フィルタ処理については、市販ソフトでは、図 15 の通り 2m メッシュ・5m メッシュでの処理を試みた。この方法では、解析処理方法に未習熟な担当者でも、マニュアルに沿った簡便な作業によって DEM データを得ることができる。2m フィルタでは、詳細な地形情報が得られる一方で、ノイズに影響されてしまった結果、スムーズではない DEM が出力された。5m フィルタでは、こうしたノイズの影響はあまり見られなくなったが、地形情報としては十分な精度が確保できなかった。

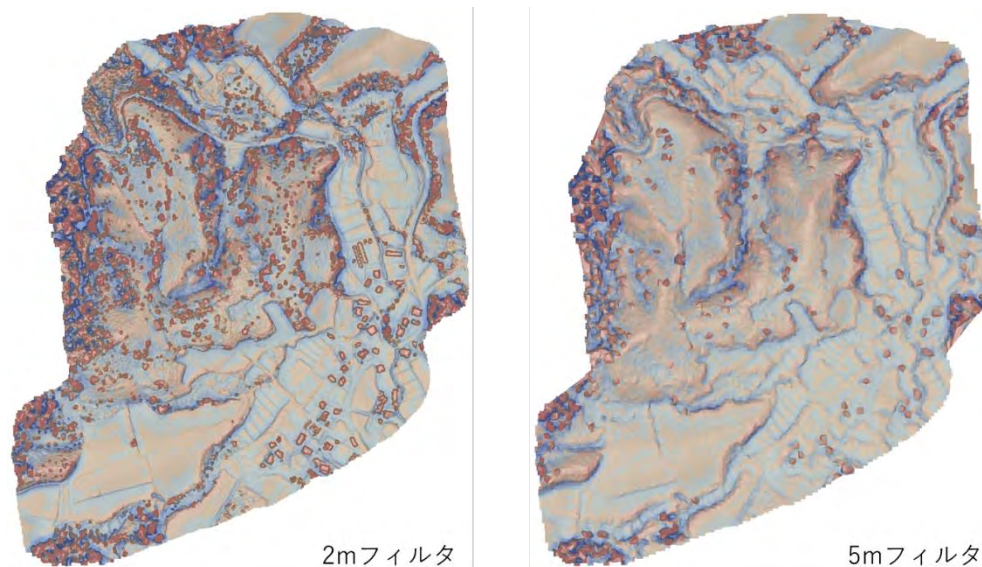


図 15 市販ソフトで作成した DEM のフィルタサイズによる違い

同じ点群データを用いて、解析処理方法に習熟した技術者が、高機能の専門ソフトを用いて適切なフィルタ処理の設定を行い、作成されたのが図 16 の 50cm メッシュの DEM である。図 13 の DEM と比較して、スムーズなデータとなっていることがわかる。



図 16 解析処理に習熟した技術者が作成した DEM

2.2.1.5 本数抽出率と樹高の比較

本数・樹高を市販ソフト上で抽出した。結果、プロット間で精度にバラつきがあり、林分条件・計測条件等について、今後改めて検証が必要と考えられた。なお、樹高の実測はバーテックス測高器を用いて行っており、その測定誤差によっては必ずしも実測樹高の方が高精度と判断できない可能性がある。

表 2 LiDAR による本数抽出精度

	実測本数	UAV	抽出率
plot1	33	27	82%
plot2	25	27	108%
plot3	26	23	88%
plot4	43	29	67%
plot5	30	50	167%
計	157	156	99%

表 3 DEM の違いによる樹高の比較

実測樹高	地理院	LIDAR
16.9	24.91	20.62
21	22.73	23.99
17.1	21.48	20.88
17.8	19.82	20.21
22.3	20.12	21.61
19.02	21.812	21.462
精度	115%	113%

2.2.2 素材生産管理システム

今年度の素材生産管理については、生産計画機能については手作業でデータ作成し、主に生産管理機能部分についてシステムの現場導入を行った。

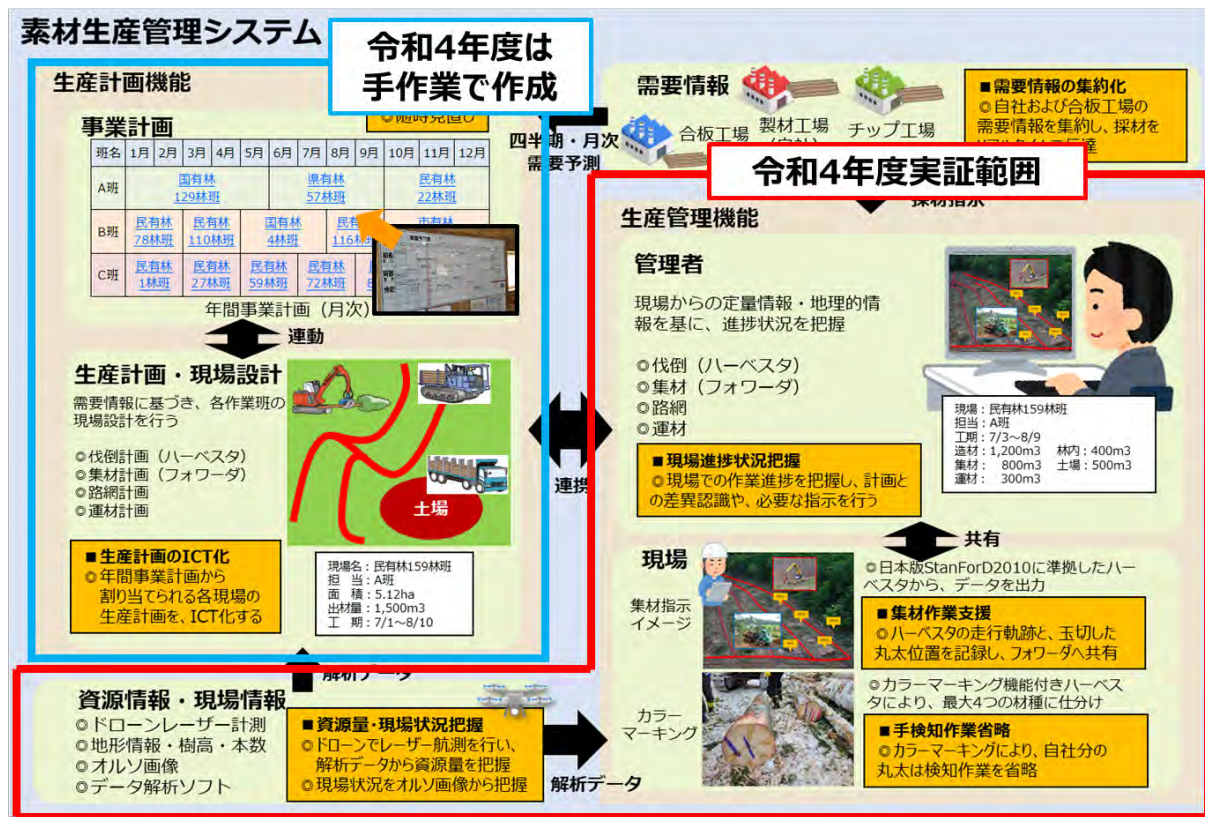


図 17 素材生産管理システム令和4年度実証範囲

2.2.2.1 素材生産計画機能

現場着手前に、柴田産業事務所にて、ドローンレーザ計測による地形情報やオルソ画像を確認しながら、作業班長と打合せした上、素材生産計画を作成した。

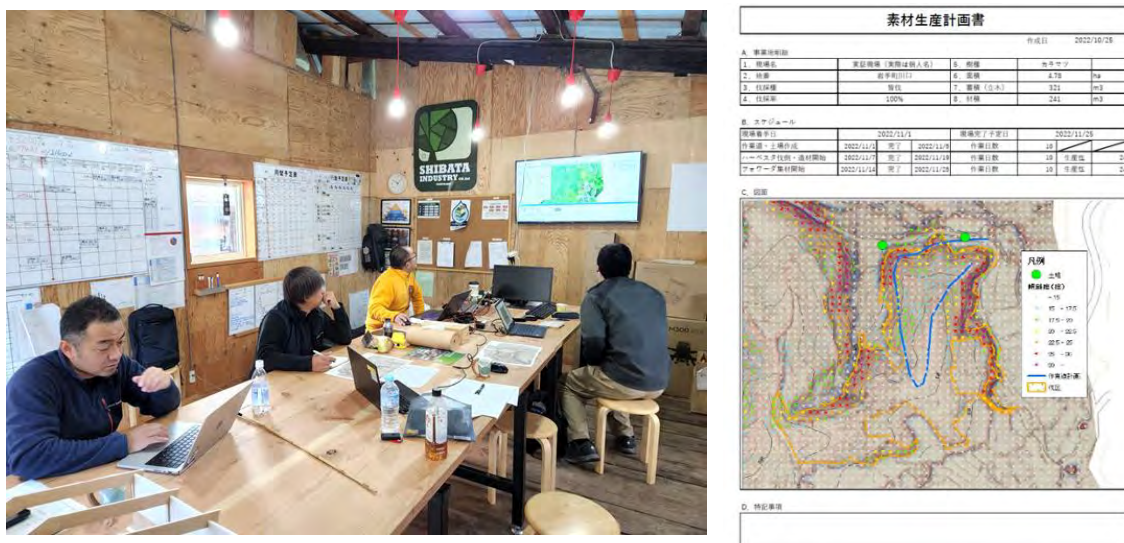


図 18 素材生産計画作成状況

2.2.2.2 素材生産管理機能

素材生産管理機能は、システムによるデータの記録・共有によって、ハーベスタとフォワーダの機械間連携を高めるとともに、作業班内および管理者（経営者）との情報共有による PDCA サイクルの推進を目的としている。

図 19 に機械間の連携イメージを示す。ハーベスタの走行軌跡と、玉切した原木の位置情報等を記録し、フォワーダへ情報を共有する。

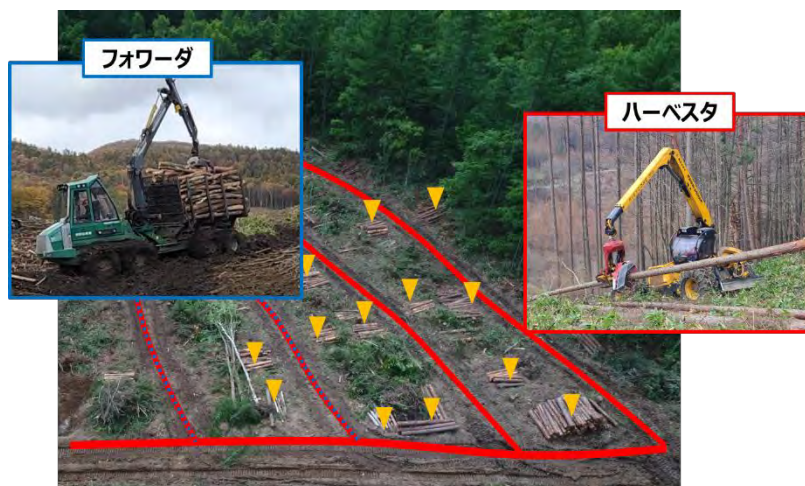


図 19 機械間の連携イメージ

実際にハーベスタにおいてデータを生成する流れを、図 20 に示す。ハーベスタで造材すると、StanForD に準拠したデータが、ハーベスタ操作用タブレット PC の中に、自動的に蓄積されていく。蓄積されたデータは、ハーベスタシステムの「StanForD」の画面から、hpr ファイルという形式で、出力することができる。出力した hpr ファイルには、取得されたデータが、XML 形式で記述され、格納されている。

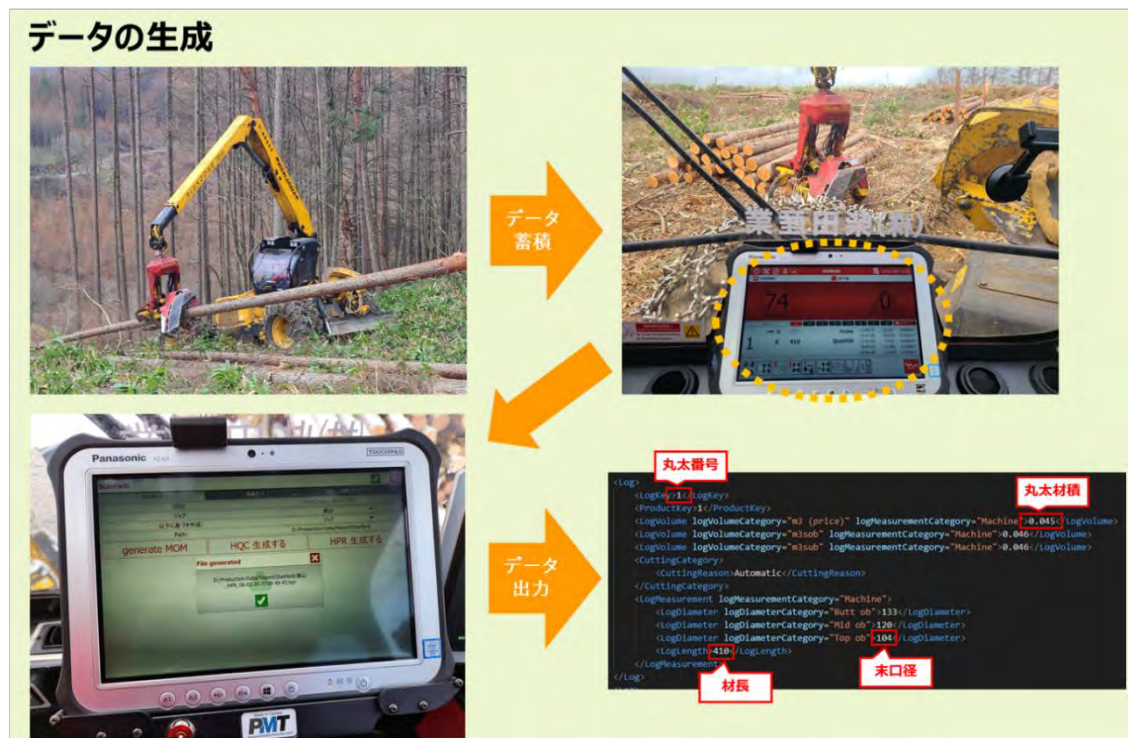


図 20 データ生成の流れ

本システムでは、hpr ファイルのデータを取り込み、ハーベスタの走行軌跡と玉切した原木の情報を表示することができる (図 21)。ハーベスタのオペレーターが、当日の仕事終了時に、通信可能な場所でデータを出力し共有することで、フォワーダのオペレーターは、前日の作業終了時点の情報を基に、作業を行うことができる。

原木のアイコンをクリックすると、集計した材積の情報や、一本一本の原木の情報も確認することができる (図 22)。

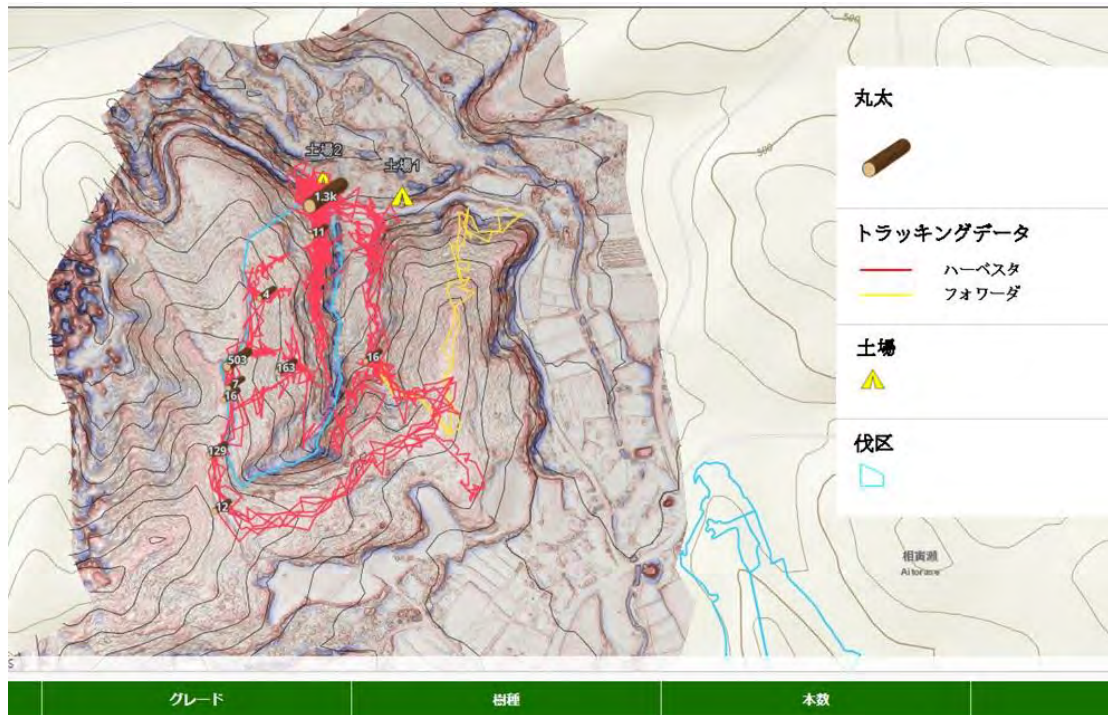


図 21 素材生産管理システム メイン画面

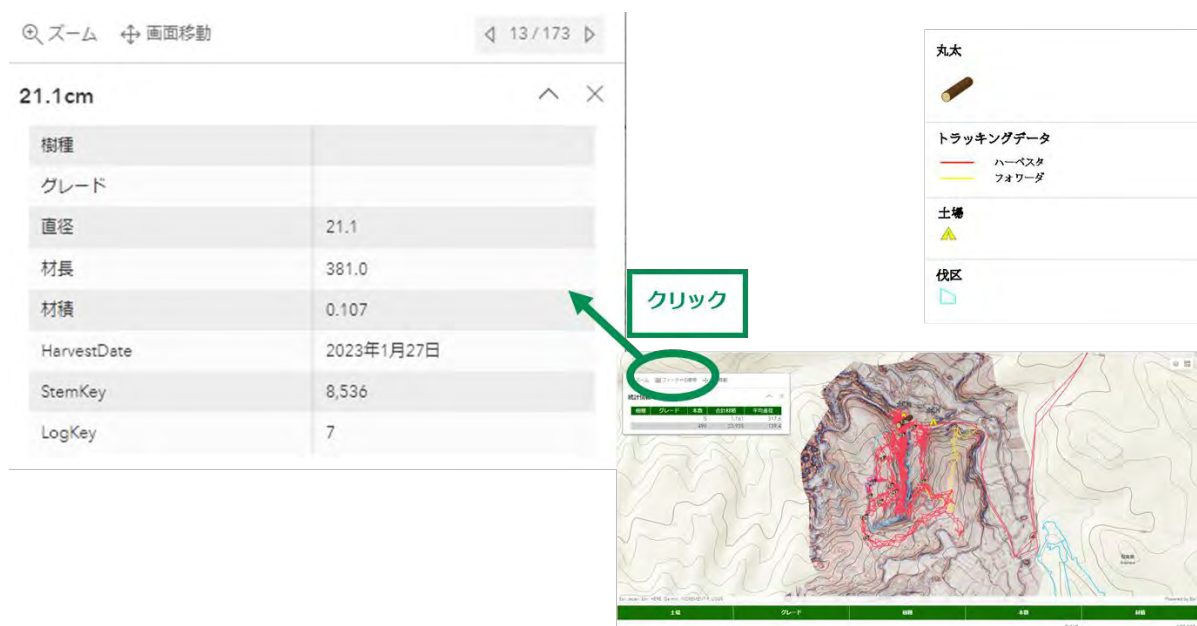


図 22 素材生産管理システム 詳細情報の確認

2.2.3 カラーマーキング

カラーマーキング機能付きハーベスタを用いて、カラーマーキングの有用性を確認した。図 24 に示す通り、特に原木種別の境界となる径級付近において、一目でどちらの種別か判断することは難しい。カラーマーキングにより、フォワーダによる集材時に、オペレーターが径級による種別分けで悩む時間が短縮された。



図 23 カラーマーキング実施状況

種別	径級
バイオマス	～16cm
小	18cm～22cm
中	24cm～30cm
大	30cm～

境界付近の径級は、一目で判断がつかない

図 24 原木の種別分けイメージ

また、柴田産業の自社製材工場（図 25）においては、原木の太さによって、歩留まりを考慮し製材品の挽き方を変えている。ただし、径級まで特定する必要はなく、図 24 で示した小・中・大程度の種別分けで、運用上は必要十分と判断している。従って、カラーマーキング機能を用いることで、検知作業の省略が可能となる。



図 25 (株)柴田産業 製材工場の状況

カラーマーキングによる効果を、検知作業の省略により削減される工数によって計測した。トラック約1台分を目安として、検知1人・野帳1人で通常の人力検知を行った場合、表4の結果となった。

3回の検知に掛かった合計時間48分34秒は、1日8時間労働とすると約0.10人日に相当する。作業者の人件費単価を20,000円/人・日とすると、

$$20,000(\text{円}/\text{人}\cdot\text{日}) \times 2(\text{人}) \times 0.10(\text{日}) \div 60.766\text{m}^3 \approx 66(\text{円}/\text{m}^3)$$

となり、m³当たり約66円のコストが削減できることが分かった。

表4 人力検知作業にかかる工数

回数	1回目	2回目	3回目	合計
数量	20.282m ³ 88本	20.188m ³ 90本	20.296m ³ 93本	60.766m ³ 271本
時間	15分36秒	17分05秒	15分52秒	48分34秒
作業者	検知1人、野帳1人			

ただし、カラーマーキングとその恩恵となる検知作業の省略がもたらす効果は、これだけではない。現場オペレーターへのヒアリングでも、フォワーダによる集材時に検知作業を行う場合、検知しない場合と比較して、フォワーダの搬出量が半減するという意見があった。高い生産性を持つフォワーダが、検知作業を行う間稼働が止まってしまうことは、大きなロスにつながる。逆に言えば、検知作業を省略することで、検知に充てていた時間を、搬出作業に回すことができれば、生産量を増やし生産性を高めることができる。今後これらの仮説についての実証を深めていきたい。なおCTLシステムは、ハーベスタ・フォワーダの2台で作業が完結する作業システムであり、オペレーターも2名となる。よって検知作業を行う追加人員を充当することは、CTLシステムの優位性を損なう。

2.2.4 トラクター地拵

トラクターに地拵用アタッチメントを付けた機械を導入した。緩傾斜の範囲では、伐根を含めて問題無く破碎できることが確認できた。導入後すぐに積雪期を迎えたため、本格的な稼働・検証は今後となるが、機械地拵可能な傾斜等の条件について、今後検証を通じて明らかにしたい。



図26 トラクター地拵実施状況

2.2.5 計画・実績の整理

今年度の当初計画に対する、実績の進捗を図 27 に示す。

	R4計画	R4実績
システム構築	素材生産管理システム ◎生産計画機能 ◎生産管理機能 生産管理システムの改良と実証	生産計画機能は、手作業で実施し、必要項目の洗い出しができた。素材生産管理システムは、現場へ導入できた。
	造林管理システム ◎造林計画機能 ◎造林管理機能 造林管理システムの設計	トラクター地拵を導入し、大まかな傾向や、今後検証する必要がある項目・パラメータを抽出できた。
森林調査	ドローンレーザー計測 ◎資源・地形情報 資源・地形情報の把握・解析・活用	ドローンレーザー計測を行う日を定め、業務におけるルーティン化ができてつある。解析処理・資源量推定手法が課題。
素材生産	生産計画・現場設計、生産管理 ◎システム運用 ◎ICTハーベスタ活用 既存技術組合せによる運用	カラーマーキングを現場へ導入し、素材生産現場における有効性を確認できた。ハーベスタとシステムのデータ連携ができた。
流通・販売	需要情報集約化、採材支援 ◎需要情報集約化 ◎採材支援 既存技術組合せによる運用	カラーマーキング機能によって、トラック運搬における、自社工場向けの検知作業を省略することができた。
再造林	造林計画・現場設計、造林管理 ◎システム運用 ◎植栽列設計 既存技術組合せによる運用	トラクター地拵を導入した。本格的運用は次年度以降となるが、今後の検証項目抽出を行った。

図 27 今年度計画と実績の進捗

2.2.6 各実証テーマで見えてきた可能性と課題

1.3 で述べた3つの実証テーマにおいて、それぞれ見えてきた可能性と課題を、図 28 に示す。

1. 素材生産から再造林、製材を含めた垂直統合モデルの構築

項目	説明
可能性	一般的には、取引先との利害対立が発生する内容について、特別な合意形成の必要なく、経営者の判断で進めることができる
課題	社内での合意形成・情報共有が必要となる。特定の人材ではなく、一定以上の立場の人材が、それぞれリテラシーを持つ必要がある

2. 日本版CTLシステムの確立

項目	説明
可能性	少人数で高い生産性を発揮でき、経験年数が浅い人でも、快適かつ安全な作業環境で活躍することができる。
課題	CTLがあらゆる現場に対応できるわけではない。適用可否の判断が必要。投資額が大きいため稼働率上昇・事業地確保が重要

3. 「ICT林業生産管理標準仕様」の普及

項目	説明
可能性	StanforD形式のデータに対応することで、作業班内やサプライチェーンにおけるデータ連携・共有が容易になる。
課題	ハーベスタ側でStanforDに準拠したデータを取得できていない。取得したデータを分かりやすい形で閲覧できるソフトが少ない。

図 28 各実証テーマで見えてきた可能性と課題

3 次年度計画

3.1 システム構築

システム構築においては、今年度導入した生産管理機能について、運用・改良を図りつつ、生産計画機能についてシステム導入を行う。

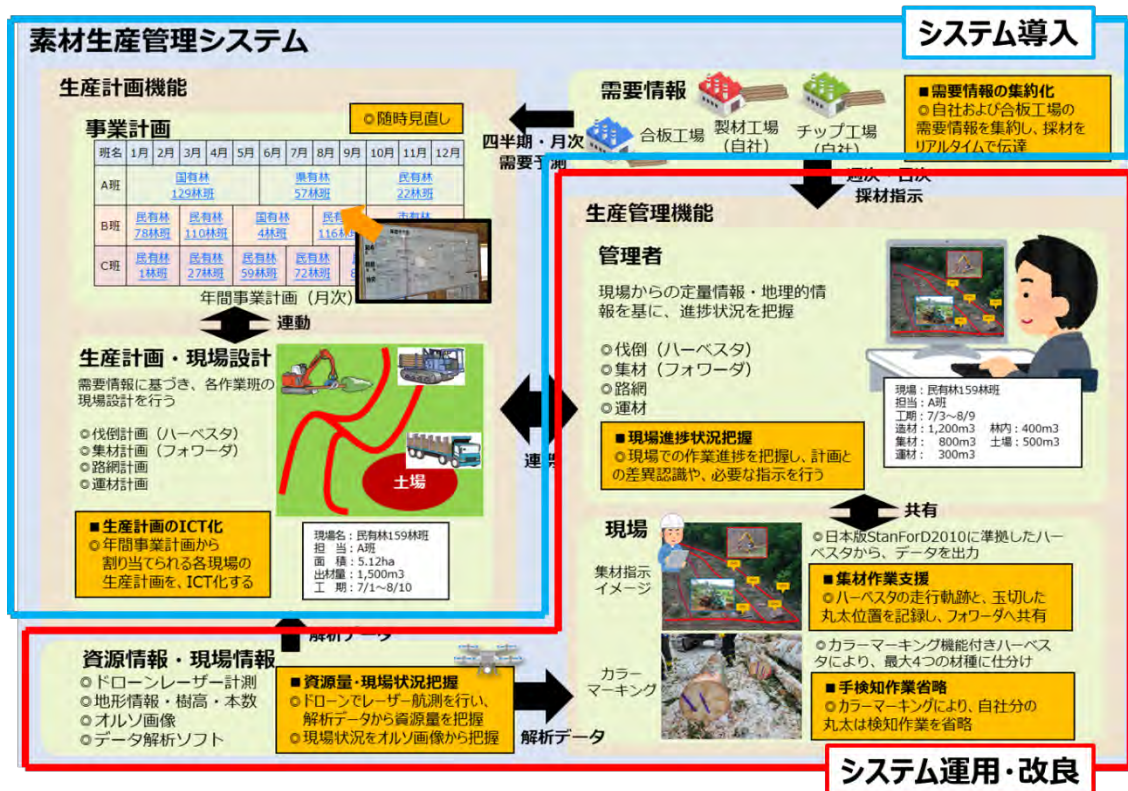


図 29 システム構築令和5年度事業計画

● 素材生産計画機能の導入

柴田産業では、現在作業班別の年間事業計画や週別の作業計画を、ホワイトボードを用いて行っている (図 30)。これをシステム化し、管理者 (経営者) と現場作業班長・現場作業員による目標とスケジュールの共有についての、効率化・高度化を目指す。



図 30 ホワイトボードによる事業計画

- CTL エリアのゾーニング

CTL 作業システムは、生産性が高く労働安全性も高い作業システムであるが、地形等の条件により、全ての現場で適用することは難しい。現場条件によっては、CTL と従来型の路網集材を併用する場合もあるが、現状では作業班長が現場を確認のみで適用する作業システムを判断している。

ドローンレーザ計測データを活用することにより、詳細な地形情報を得ることが可能となるため、傾斜等のパラメータを用いて、計画段階から作業システムのゾーニングを行える機能を導入する。図 31 にゾーニングのイメージを示す。

- 週別伐採計画の作成

現在ホワイトボードで作成・共有している作業工程の計画に加え、各現場における伐採計画において、どの順序で現場作業を進めるか、システム上で表示できるようにする。一部、GIS によるポリゴン作成等の作業については、システム外での対応を想定するが、柴田産業社内のデジタル技術に習熟した人材に研修を受講してもらい、社内で作業が完結することを目指す。

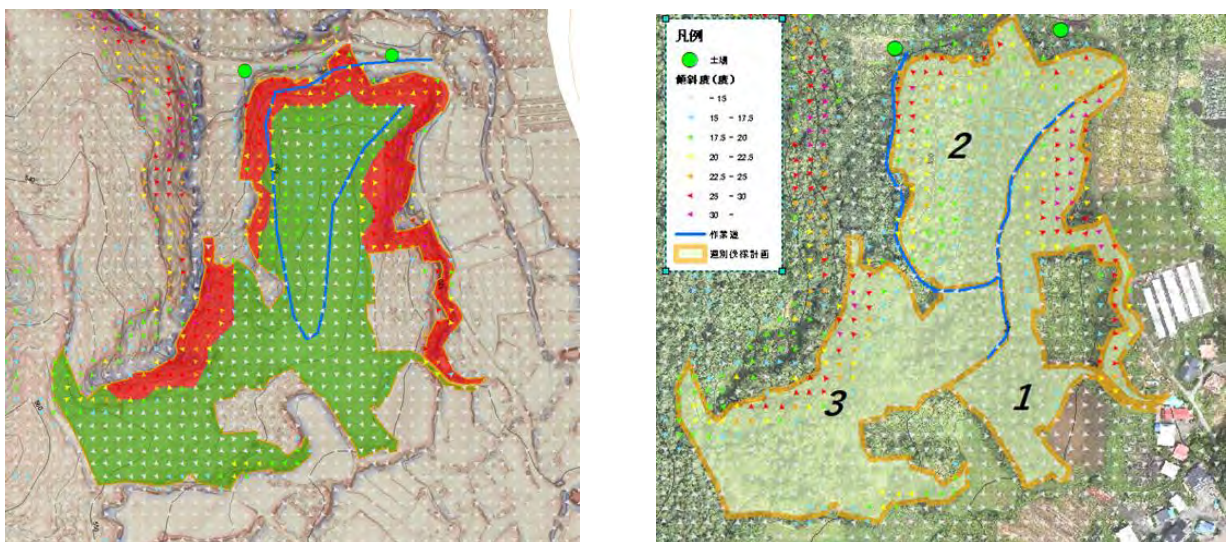


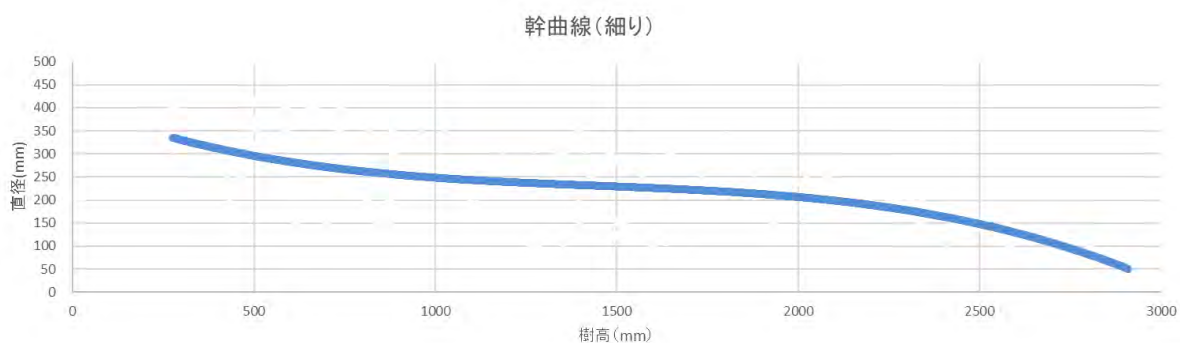
図 31 CTL ゾーニング (左) と週別伐採計画 (右) のイメージ

3.2 ドローンレーザ計測

森林資源量および素材材積の推定について、今年度の計測結果・分析を元に、考察を深める。ただし、素材生産を計画・実行する上で必要な精度のデータを、できるだけ簡便な方法で取得することが目的とするため、費用対効果以上の手間を掛けることによる過剰なデータ精度は追求しない。

森林資源量の推定においては、細りについて分析を行う。現状は、幹材積表の値を用いているが、直径・樹高が同じでも、細りが異なると蓄積・材積が変わるため、伐採対象区域に適合した細りを、ICT ハーベスタから得られる StanForD のデータ等から考察する。

図 32 細りのイメージ



3.3 ハーベスタ・フォワーダの更なる連携

素材生産管理システムの運用・改良と、カラーマーキング機能の活用によって、それぞれの技術を日常業務の中に定着させ、ハーベスタ・フォワーダによる CTL 作業システムの連携を高める。



図 33 CTL 作業システムの作業状況

3.4 素材生産現場と工場の連携

カラーマーキング機能の活用による、無検知材の工場への受入や、採材指示の情報共有において、素材生産現場と工場のさらなる連携を図る。無検知材の受入については、受入量が増加した際に発生する課題の抽出を行う。また工場側からの採材指示について、素材生産現場への伝達方法や、更新頻度等について、検討を行う。



図 34 柴田産業工場在庫（左）と製材工場の状況

3.5 トラクター地拵

トラクターによる機械地拵の生産性の計測や、トラクター地拵の作業可能範囲に影響を与える傾斜等のパラメータの特定と閾値の評価を行う。その上で、機械地拵・人力地拵のゾーニングを行えるようにする。

また、土壌環境への影響を評価するため、土壌のコンパクションについても計測を行う予定。



1. 図 35 トラクター地拵の状況

令和4年度「新しい林業」に向けた林業経営育成対策のうち
経営モデル実証事業

ICTを活用したCTLシステムによる
垂直統合型経営モデルの構築
事業成果報告書

令和5（2023）年3月

実証主体
株式会社柴田産業
住友林業株式会社
国立大学法人岩手大学 農学部