

林業イノベーションの推進

令和 2 年 11 月

林 野 庁

林業における作業工程と現状

- 林業には、①森林境界の明確化や資源量の把握、②伐倒・造集材等の木材生産や木材の流通・販売、③植栽、下刈り等による森林資源の再造成といった作業工程が存在。
- 森林情報の把握や森林資源の造成に係る作業の多くは人力が基本であり、多くの労力と費用がかかる。木材生産段階の機械化は進んでいるが、チェーンソー伐倒など人による作業が残っており、木材価格に占める生産・流通コストの割合は依然として高い。

■ 林業における作業工程

森林情報の把握

- 森林境界の明確化、立木本数・蓄積などの資源量の把握。



境界明確化



森林調査

現地立会が基本であり、調整に時間を要する。

立木を手作業で計測するため、多くの労力を要する。

森林資源の造成

- 植栽、下刈り等により森林を造成。



植え付け



下刈り

苗木の運搬、植え付け作業は人力が基本

人力が基本で、夏季の炎天下で作業

木材の生産・流通

- 利用期にある森林から、立木を伐倒・造集材。



伐倒作業



集材作業

機械化は進んでいるが、チェーンソー伐倒、荷掛け作業は、人による作業が残る。

- 木材を検収し、本数や丸太材積を把握。
- 山土場や市場での選別等を経て、製材・合板工場等へ納材。



検収作業



選別・積み込み

検収は手作業で、生産データは紙ベースのアナログ管理。

繰り返しの積み卸し、小ロット運材になりやすくコスト高。

■ 森林調査等に係る労力

- 施業集約化に向けた境界明確化や森林調査には多大な労力。

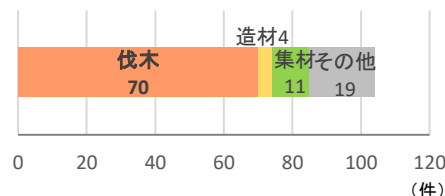
作業の労力	1ha当たり
集約化に係る労力※1	0.82人日
森林調査に係る労力※2	2.71人日

※1 農林中金総合研究所

※2 林野庁業務資料

■ 林業労働災害の特徴

- 過去3年間の死亡災害のうち約7割がチェーンソーなどによる伐倒作業中に発生。



※ 林野庁業務資料

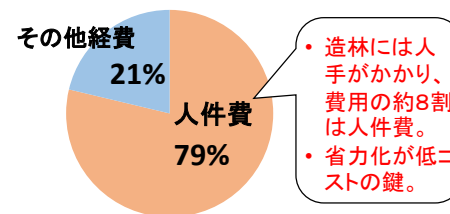
注 平成29年から令和元年の死亡災害104件について作業種ごとに分析

■ 造林作業に係る費用・労力

○ 造林初期費用



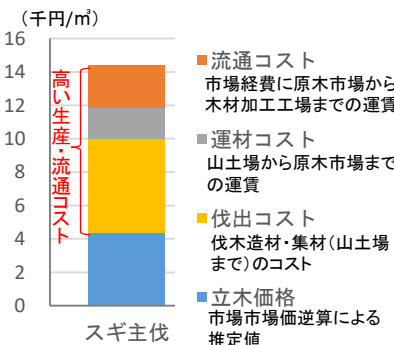
○ 造林初期費用に占める人件費の割合



・造林には人手がかかり、費用の約8割は人件費。
・省力化が低コストの鍵。

■ 木材価格のコスト内訳

- 木材価格の内訳は、生産・流通コストの占める割合が依然として高い。



※ 林野庁業務資料

※ 国立研究開発法人森林研究・整備機構

未だ多くの作業を人力に依存

更なる効率化が必要

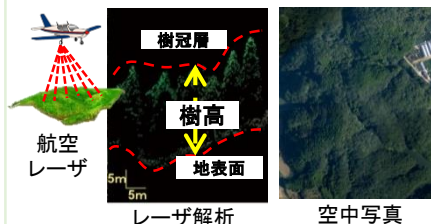
林業への新技術の活用に向けた芽吹き

- 人口減少社会を迎える中、あらゆる産業分野で人手不足が懸念されており、先端技術の活用による生産性向上の取組が進展。
- 森林・林業分野でも、レーザ計測等を活用した資源情報の把握、伐採や集材の自動化など新技術を活用した多様な取組が各地で展開されつつあり、「林業イノベーション」に対して大きな期待。
- このような中、新技術の現場への導入を加速化するため「林業イノベーション現場実装推進プログラム」を策定。

■ 林業イノベーションに対する期待

レーザ計測等による資源情報把握

- 航空レーザによる4点/㎡計測や空中写真で、材積と立木本数、樹種、単木ごとの樹高など詳細な資源量を把握。
- 調査に係る手間の大幅削減に期待。



林業機械の自動化

- AIが集材木を認識して自動で荷掛け・搬送・荷下ろしできる架線式ラップルを開発中。
- 集材作業の生産性と安全性の向上に期待。



自動集材機

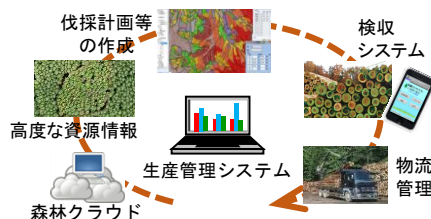
エリートツリー等の活用

- 成長の良いエリートツリー等の活用により、収穫期間の短縮を図るとともに下刈り回数の低減など造林コストの低減に期待。



ICT活用による生産管理

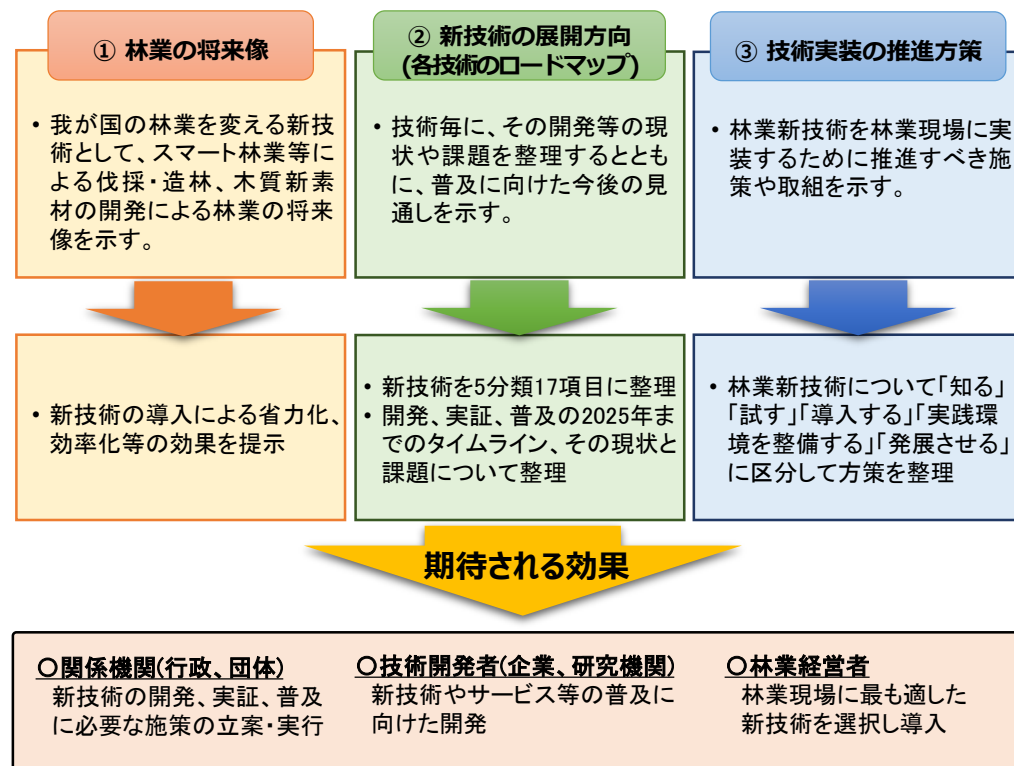
- レーザ計測データや情報端末を活用した木材検収ソフト等による生産管理システムの標準化に取組中。
- 伐採計画、進捗管理、在庫管理などの生産管理の効率化に期待。



■ 林業イノベーション現場実装推進プログラム

- 新技術の現場への導入を加速化するため、「林業イノベーション現場実装推進プログラム」を策定し、令和元年12月、政府の「農林水産業・地域の活力創造本部」にて了承。

○ 林業イノベーション現場実装推進プログラムの概要



※ 「林業イノベーション現場実装推進プログラム(令和元年12月)」より抜粋

林業における各作業工程の課題と方向性

- ・ 新技術の活用に向けては、森林情報の把握、木材の生産・流通、森林資源の造成の各段階において課題が存在。
- ・ 今後は、レーザ計測等による資源情報の高度化とクラウドによる共有を図るとともに、作業の省力化・軽労化のための技術開発や林業機械の自動化を進め、ICTを利用した生産・物流管理の効率化を図るなど、一体となって「林業イノベーション」を推進。

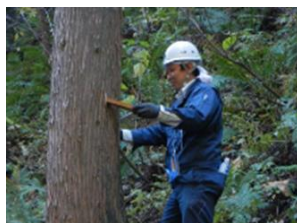
課 題

方向性

森林情報の把握

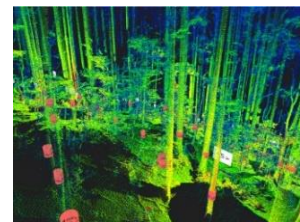
労力を要する森林調査と精度の低い資源情報

- ・ 人手と時間を要する森林調査
- ・ 現地立会が基本で調整に労力を要する森林境界調査
- ・ 調査者の経験に左右される精度



境界・資源情報の高度化・共有

- ・ レーザ計測等による単木レベルの詳細な資源情報の取得
- ・ レーザ計測や空中写真等を活用した境界確認
- ・ 森林クラウドによる情報の共有



木材の生産

危険な伐倒作業と経験に頼った生産管理

- ・ チェーンソーによる伐倒や重い丸太をワイヤーで括る危険な人力作業
- ・ 人の経験に頼った生産管理



生産性・安全性向上のための技術開発

- ・ 伐倒・搬出用機械の遠隔操作・自動化の開発

ICTを利用した生産管理

- ・ レーザ計測データを利用した効率的な伐採計画の策定や進捗管理



木材の流通

進まない流通の合理化

- ・ 手作業による検収、情報共有に時間のかかる生産データの紙ベース管理
- ・ 山土場での選別等、繰り返しの積み卸しやトラックの見込み配車によるコスト高



ICTを利用した物流コントロール

- ・ 情報端末を活用した木材検収ソフト等による生産データのデジタル管理、タイムリーな情報共有
- ・ 適正在庫管理と効率的な仕分け・トラック配送



森林資源の造成

労働強度の高い作業と長い投資期間

- ・ 人力による苗木運搬や植え付け、夏季炎天下での人力による下刈り作業
- ・ 50～60年に及ぶ投資(造林)から回収(木材生産)までの期間



省力化・軽労化のための技術開発

- ・ ドローンによる苗木運搬
- ・ 地植え・下刈り用造林用機械の開発
- ・ 成長の良いエリートツリー等の活用



資源段階における取組の方向性

- ・ 林地台帳や森林簿等の森林情報を市町村や林業経営体等の関係者間で効率的に共有するため、都道府県への森林クラウドの導入を促進。
- ・ 加えて、地形等の把握が可能な精度のレーザ計測（照射密度 1 点/㎡）は進みつつある中、森林蓄積等の資源情報を把握するためには、より高精度のレーザ計測（照射密度 4 点/㎡）等によるデータの取得・解析が必要。
- ・ それら把握した情報を森林クラウドに集積することで、市町村や林業経営体等による高度な利用が可能に。

■ 森林情報の取得・解析

○ レーザ計測

- 短期間で広域の情報を取得可能
- 治山や路網整備の計画作成、境界確認等に活用できる地形データの把握が可能
- 高精度の計測により単木単位の資源解析が可能

○ 空中写真・衛星画像

- 可視画像から色調の違い等を判読し、林相把握が可能
- レーザ計測データとの組合せにより、その精度が向上

○ 民有林面積におけるレーザ照射密度別のデータ取得割合

レーザ照射密度レベル	取得割合
照射密度 1 点以上/㎡ (地形情報や境界の把握)	60%
照射密度 4 点以上/㎡ (樹高・蓄積量など詳細な資源情報の把握)	33%

※ 林野庁業務資料

■ 森林クラウドの導入と情報の集積による高度利用

- ・ 市町村や林業経営体等における森林情報の共有を効率的に行うため、既存の森林GISを活用して、都道府県ごとに標準仕様に基づく森林クラウドを導入。
- ・ 新たに取得したレーザ計測データ等の高精度の情報を、森林クラウドに集積し、市町村や林業経営体による高度な利用を促進。



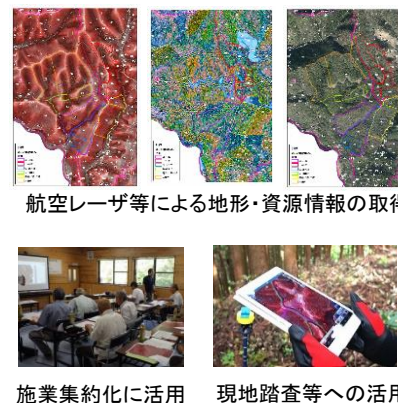
事例：森林クラウドによる森林関連情報の見える化の取組

- ・ 岡山県では、林業経営体がクラウド上の施業履歴データを活用し、間伐箇所等を把握して、施業集約化を推進。
- ・ クラウドデータの一部をタブレット端末で参照可能にしたことで、現場での現況と森林簿等の資源情報の確認が容易に。
- ・ 市町村が、クラウドに伐採届出情報を入力することで、衛星画像等による伐採跡地の確認や情報の見える化が可能に。



事例：航空レーザ計測や空中写真の活用によるICT林業の取組

- ・ 球磨中央地区林業活性化協議会では、航空レーザ計測データや空中写真等から得られた地形・資源情報を森林クラウドに集積し、関係者間で共有。
- ・ くま中央森林組合では、森林クラウドデータをタブレット端末により、現場で確認し、境界確認・現地踏査等に活用。
- ・ 効率的に施業集約化を行い、森林経営計画を作成。



※球磨中央地区林業活性化協議会は、熊本県、鹿児島大学、人吉球磨地域の市町村、くま中央森林組合、素材生産業者、製材工場等により構成。

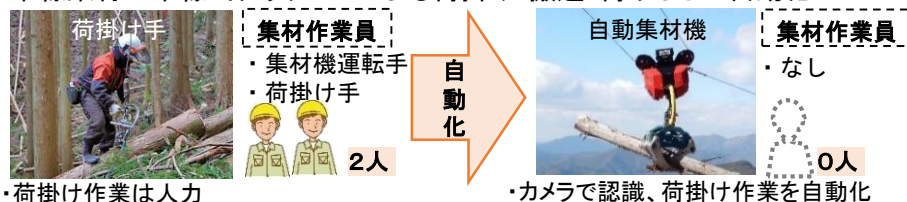
生産・流通段階における取組の方向性

- 生産段階における生産性や安全性の向上のためには、引き続き、伐倒・集材・搬出など各作業工程の機械化を図りつつ、カメラ画像やAI等を駆使した機械の遠隔操作や自動化を進め、人員配置の効率化や無人化を目指すことが重要。
- 流通段階も含めた効率化を図るためには、伐採計画～造材～配送等の各作業工程におけるICTの効果的な活用が重要であり、森林クラウドに集積された高度な森林情報を利用して、林業経営体がICTを活用した生産管理システムを導入することが効果的。

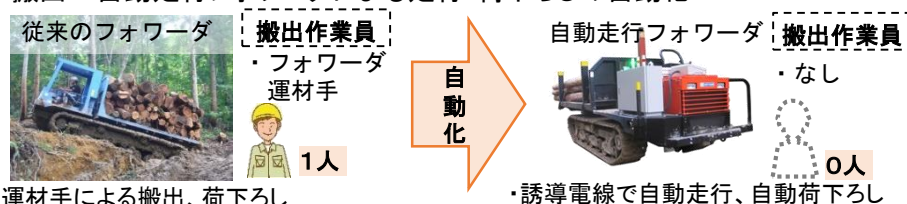
■ 機械の遠隔操作・自動化による生産性・安全性の向上

- 各工程の機械化を図るとともに、カメラやAI等を駆使した機械の遠隔操作や自動化を進めることで、生産性や安全性の向上に寄与。

○ 架線集材—架線式グラップルによる荷掛け・搬送・荷下ろしの自動化—



○ 搬出—自動走行フォワーダによる走行・荷下ろしの自動化—



事例：リモコン式伐倒作業車の開発

- 松本システムエンジニアリング(株)では、急傾斜地等に進入できる走破性を有し、遠隔操作できる小型の作業車を開発。
- 作業者は、安全な場所から、車両に搭載されたカメラ映像をもとに、伐倒・集材・搬出作業をリモコン操作することが可能。
- 車両の動きにシンクロしてワイヤー操作を制御する補助ウィンチを装備することで、傾斜40度の林内でも安定走行することが可能。



遠隔操作による伐倒作業



傾斜地での林内走行

■ 林業経営体におけるICTを活用した生産管理システムの導入促進

- ICTによる生産管理で、生産計画の策定から人員・機械等の手配、木材生産の進捗管理、物流の効率化、事業の精算までを効率的に運営。

○ ICT生産管理システムイメージ

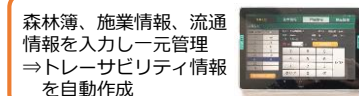
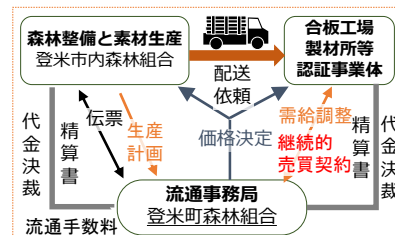


○ ICT生産管理システム導入のメリット

- タイムリーな情報共有により、伐採から配送までの生産の効率化を実現
- 在庫の適正管理と効率的なトラック配送による経営の効率化を実現

事例：ICTを活用したサプライチェーンの構築

- 登米町森林組合では、FSC認証に取り組む「登米市森林管理協議会」に参画し、地域の認証材流通を一元的に管理。
- 素材の生産管理から流通までの過程のトレーサビリティを確保するため、新たに「統合システム」を構築。
- タブレット端末から納品情報を入力して管理することで、事務処理コストの低減を実現。



統合システム

造林段階における取組の方向性

- ・ 造林作業の多くは人力で行われており重労働。造林作業の省力化・軽労化を進めるためには、一貫作業・低密度植栽・下刈り回数低減といった一連の作業の見直しやエリートツリー等の導入に加え、これらに対応する造林用機械の開発・普及を進めていくことが重要。
- ・ 林業経営体による造林の補助金交付申請や都道府県による事業実施後の検査業務は現地測量・確認等が基本。精度の確保を図りつつ、効率化や省力化を進めるためには、ドローン等によるリモートセンシング技術の活用が効果的。

■ 造林作業の省力化・効率化

○ 苗木のドローン運搬による植栽作業の省力化



人力で行っていた苗木運搬にドローンを活用。傾斜地での重量物の運搬作業から解放されることにより、労働災害リスクや作業員の労働強度を低減。

○ エリートツリー等による植栽本数・下刈り回数の低減



従来品種 エリートツリー

樹高成長が大きいエリートツリー等を活用し、
・ ha当たり1,500本植え
・ 下刈り回数2回
・ 30年伐期
など新しい林業を実施できる可能性。

事例：造林用機械による省力化・軽労化

- ・ (株)筑水キャニコムは、アタッチメントを交換することにより、1台で地拵え、下刈り、苗木運搬等の作業ができる造林用機械を開発。
- ・ 造林用機械を使用することで、下刈り作業の効率が、従来の人力による作業に比べて約3倍向上。



下刈り作業

事例：低コスト・高生産を実現する挿し木苗生産技術

- ・ 用土を用いず、ネット等に挿した状態で発根させることで、発根状況の確認を容易にし、発根後の移植で得苗率を大幅に向上。



挿し穂の発根の様子

■ 森林整備事業の申請・検査におけるリモートセンシング技術の導入

○ 森林整備事業の補助金申請・検査業務における課題

【間伐事業の検査】

- 申請者(林業経営体)、検査者(都道府県)ともに、
 - コンパス等での測量や現地確認を要する検査項目が存在し、多くの時間と労力が必要
 - 検査精度の確保には、検査者の熟練が必要



現地確認等

○ ドローン等によるリモートセンシング技術導入のメリット

- 申請者は申請時の現地測量が、検査者は現地確認が省略可能となり、申請・検査業務が効率化
- 技術的な熟度に左右されない検査精度の確保が可能
- データが蓄積されることで、長期的な資源管理への活用が可能



(緑：伐採木、黄：残存木)
撮影画像で確認

➔ ドローンやリモートセンシング技術は、申請・検査業務の省力化に効果
申請・検査業務のみならず、様々な施業への活用に期待

事例：ドローンを活用した検査と造林作業の効率化に向けた研修

- ・ 森林整備事業における申請・検査業務の効率化を図るため、大分県は、植栽などの確認に、ドローンを活用した検査を試行。
- ・ こうした取組を契機に、林業経営体におけるドローンの活用が広がるよう、林野庁では、林業経営体や地方自治体職員向けの研修を支援。
- ・ 将来的には、林業経営体がドローンを活用し、日常的な管理・点検業務を効率的に実施することを期待。



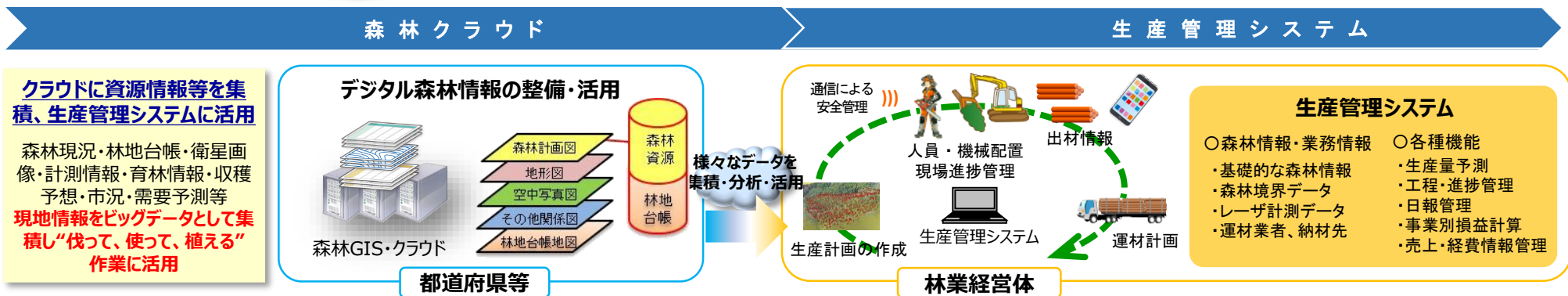
オルソ画像を用いて検査



研修で操縦を体験

林業イノベーションによる作業オペレーションの将来像

ICT等の導入により徹底した自動化を追求することで、生産効率の劇的な向上と労働災害の根絶を実現

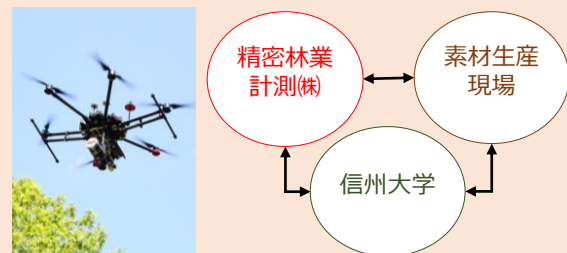


日常的な管理・点検業務にドローンを活用

新たなサービス産業の芽吹き

【事例】ICTを利用した間伐対象地での半自動選木技術の実証

- ・ 精密林業計測(株)は、産学官連携により現場ニーズの解決等に貢献することを目的に誕生した信州大学認定のベンチャー企業。
- ・ 特に、ドローンやレーザ計測などのICTを活用して得た様々な情報を駆使することで、効率的な森林管理を可能にする技術を、林業の現場に普及させることを目指している。
- ・ 最近では、北信州森林組合において、ドローンを活用した間伐の半自動選木技術の実証と精度検証を行っており、その結果を長野県内の林業経営体に普及展開中。



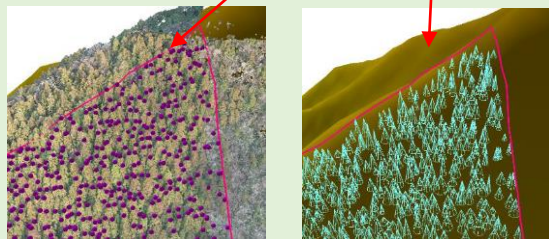
ドローンレーザによる
精密計測



ドローンを活用した間伐の半自動選木

【事例】ドローンを利用した資源計測システムをリース

- ・ (株)ジツタは、森林資源調査の省力化を目的に、ドローンを利用した樹高や立木本数、材積等の森林資源を把握する計測システムを開発。撮影用ドローン、解析用PC、専用ソフトのリースを開始。
- ・ ドローン計測により、従来の人力による毎木調査より調査効率が大幅にアップ。
- ・ また、有人機による航空レーザ計測よりも費用が安く、解析時間も短いため、省力化・効率化を目指す林業経営体を中心に利用が進みつつある。



専用ソフトウェアによる解析画面

【事例】技術力向上と労働災害防止のための研修用装置のレンタル・販売

- ・ (株)森林環境リアライズは、死亡災害件数が多い伐倒作業における労働災害を防止するため、VR(仮想現実)で伐倒作業時の災害を、疑似体験する「林業労働災害VR体験シミュレーター」を開発。平成29年5月からレンタルを開始。
- ・ 専用ソフト、VR用ゴーグル、チェーンソーコントローラ等を使用することで、自身で伐倒し、災害を疑似体験できるため、実習しながらの伐倒練習が可能。



屋内研修会での利用例



シミュレーション画像

- ・ フォレストリー・セーフティー・リサーチLLPは、労働災害防止と生産性向上を目的に、精度の高い伐倒技術を身につけるための伐倒練習機を平成29年に開発。
- ・ 6段階で傾斜が設定できるデッキと任意の傾きで伐倒木を固定できる丸太固定装置により、様々な伐採条件下での反復練習が可能であり、林業大学等での導入が進められている。



伐倒練習機を使用した伐倒練習の様子