

1 北欧をモデルにした北海道・十勝型機械化林業経営

(有)大坂林業 (株)渡邊組 (有)サンエイ緑化
(国研)森林総研 (地独)道総研森林研究本部 (株)フォテク

北欧で実施されているICTを活用した高効率性と低環境負荷が両立する持続可能な作業システムを参考モデルとして、作業計画から素材生産、流通、再造林、保育に至る各工程において、新技術を導入した安全で収益性の高い作業システムの構築に取り組んだ。

1. 生産計画

LiDAR搭載UAVによる点群データを令和4年度に3.5ha、5年度に8ha取得し、ScanXで解析し、地表面抽出、等高線出力、樹木分類、樹頂点抽出、樹高・樹冠面積を把握した。

出材量予測と伐採後の実績比較では高精度な予測が確認され、地域特性に応じたデータ蓄積の重要性が示された。6年度には、3D点群データの森林資源把握・路網計画への有用性が確認され、DEMを活用した作業道作設の効率化と安全性向上を実現した。トドマツ人工林において、オルソ画像と樹高データを用いたAI資源解析を試行し、従来の全木毎木調査(4人・日)と比較して、UAV調査(1人・日)で大幅な省力化と人的コスト削減を達成できた。今後の課題は撮影技術・解析スキルの向上があげられる。

計測データをタブレット端末に取り込み、現場作業者がリアルタイムで確認できる仕組みを整備したことにより、誤作業の防止や計画修正の柔軟性が向上し、現場と管理部門の情報連携が強化された。また、GISソフトと連携し、新設路網の設計や既存路網の把握を効率的に行うことが可能となった。



単木判別、樹冠計測からDBHの推定



携帯端末による現場とのデータ共有

2. 素材生産・流通

完全機械化CTL(短幹集材)作業システムの実証にICTハーベスタを活用し、北欧で川上と川下の間の情報共有システムとして活用されているStanForD準拠のhprファイルを出力することでExcel等での管理を可能にし、位置情報付加や通信機能を持たない普及型ハーベスタを含め、生産性の比較検証を実施した。Timber base Cloudの開発により、地図重ね合わせ機能、材のソート機能、hprインポート機能が追加され、フォワーダ集材との連携を強化した。ハーベスタ計上材積と自動選木機の誤差が5年度は0.1%と極めて小さく、データ活用による流通効率化の可能性を実証した。6年度には、機械検知材の径級区分を人力検知・ICTハーベスタ・製材工場の自動選木機と比較し、ICTハーベスタのキャリブレーションや取引慣行の変革が課題として残るが、機械化による検収作業の効率化・経費削減が確認された。

ICTハーベスタとフォワーダを活用した完全機械化CTL作業システムをカラマツ人工林(約3.4ha)で実証した。StanForDを山側と製材工場間の情報共有の核とし、作業指示ファイルを用いたリミテーション機能やカラーマーキングにより、材の仕分け効率化を実現し、生産量は11日間で704.8m³、作業生産性は64.1m³/人・日を達成した。

また、トドマツ林を対象にICTハーベスタによる原木生産と製材工場での受け入れを実証した。ハーベス

タ計測データと工場の自動選木機データを比較し、高い一致率が確認できた。ICT活用により伐採現場での採材データの即時記録と、材種別・直径階別管理が可能となり、従来の手検知方式に比べ作業効率が大幅に向上した。一方で、製材工場での受け入れ方法やデータの信頼性向上、現場の運用体制整備が課題として残る。

フォワーダ集材では、重量検収の実用性を確認した。また、トドマツ林では全木作業システムで林地残材が質量の4割を占めるため、バイオマス収穫の可能性が示唆された。

3. 再造林・保育

再造林作業の機械化に向け、自動植付け機(Bracke社P12.a)、乗用刈払機(筑水キャニコム社 山もつとモット)、クラッシャー(Seppi社 MINI-BMS125)を活用し、地拵え・植栽・下刈り作業の効率化を実証した。自動植付け機に植栽位置誘導装置を実装し、植栽列の整列性向上と下刈り時の誤伐防止(誤伐率0.8%)を実現した。また、乗用刈払機による列間下刈りの作業工期は0.7人/haと省力化の効果を確認した。6年度には、電動クローラ型一輪車「斜楽」を活用した小型植栽ユニットを開発し、30°の登坂・下降試験でも平地と同様の作業時間で植栽可能であることを確認できた。ただし、等高線方向の移動では地面への干渉があり、改良が必要である。

植栽試験では、自動植付け機と人力用植栽器具(スプレーマーカ、電動オーガ、エンジンオーガ)を比較し、それぞれの作業効率と精度を検証した。植栽位置誘導装置の高い誘導精度により、自動植付け機・人力植栽・乗用刈払機下刈りでの作業効率が向上し、コスト削減を上回る価値を提供できたが、位置誘導装置を外して下刈り作業を試験した結果、「ルートロスト」による作業時間ロスが13%発生し、位置誘導装置の有無が作業効率に与える影響が明確となった。

本実証により、LiDARを活用した高精度な森林資源把握、ICTによる素材生産の効率化、再造林・保育作業の機械化による省力化が確認された。一方で、技術の精度向上、機械化導入のコスト対策、取引慣行の見直しなどの課題も明らかとなり、今後の改良が求められる。



クラッシャー



自動植付け機



乗用刈払機



「新しい林業」PV動画：北海道
<https://youtu.be/g-cNOSRQ204>

別表 1 12 実証主体の取組総括一覧

実証主体1
事業名

北海道
(テーマ) 北欧をモデルにした北海道・十勝型機械化林業経営
(背景) 高効率、低コストな素材生産実現のため、林分資源や事業地微地形等の安全で迅速な把握とともに、各種データ処理による完全機械化作業システムの導入、ICT 機能のフル活用が課題。また
将来の労働力不足を見据え、造林保育作業の機械化や ICT 化が課題。

分野	従来型作業システム	実証経営モデル	導入した新技術・新手法	実証成果	課題
森林資源 把握	・人力事前踏査 ・人力収穫調査 (標準地調査・毎木調査) ・人力周囲測量 ・人力踏査による路網設計	・UAVを活用した資源管理 ・LiDAR搭載UAVを活用した路網設計	・光学 UAV (通常型) 及び LiDAR 搭載 UAV による森林資源内容の把握、3D 地形モデルによる伐採作業計画の策定 ・LiDAR 搭載 UAV による CS 立体図から作業道開設計画策定	・地形を含めた森林構造、樹木分類、樹頂点、樹高、樹冠面積等の解析に加えて、AI を活用した自動樹冠抽出を実施。これにより、高い精度の資源把握や出材数量予測が可能となり、従来の標準地調査や毎木調査作業等現地調査の大幅な縮減、省力化・効率化を実現 (人力調査 9,000 円/ha → LiDAR 搭載 UAV 1,900 円/ha、光学 UAV 5,300 円/ha。事務作業 75% 削減) ・UAV 取得データから、CS 立体図上で既設路網と伐採予定樹木の位置情報を重ね表示し、新設路網計画の検討が可能	・伐採→造林保育作業を担う各事業体、また川上～川下を通じた関係者による取得データの共有・活用 (データ循環サイクルの構築) ・伐採データとの整合性
主伐・ 素材生産	・ハーベスタ伐木造材 ・フォワーダ運材	・ICT ハーベスタ、フォワーダの完全機械化 CTL システムの構築 ・ICT ハーベスタによる最適採材、素材データを ICT 生産流通管理 ・GNSS 付属ハーベスタとフォワーダの生産、集材データによる丸太の図上管理と在庫管理 (Timber base Cloud) ・造材データ活用による検知省略	・製材工場の需要情報に基づく ICT ハーベスタによる最適採材 ・ICT ハーベスタのカラマーキング機能による効率化の仕訳 ・GNSS 付属ハーベスタとフォワーダの生産、集材データによる丸太の図上管理と在庫管理 (Timber base Cloud) ・造材データ活用による検知省略	・迅速で柔軟な需給マッチングの実現 ・集材時の識別を容易化し、作業効率化を実現 ・災害リスクの軽減 ・ハーベスタの移動経路、フォワーダによる丸太の移動表示や在庫を明らかにし、丸太生産・流通を効率化 ・製材工場自動選木機で計算された材積とばらばらで、十分な精度を確認 ・ICT ハーベスタによる造材データに基づく新たな木材取引の可能性 ・丸太検知に係る人件費の大幅な削減 (人力検知の 1/10) ・材積誤差は僅かであり、重量検収の可能性 ・破砕物のマルチング効果で植栽当年度の下刈り省略が期待。トータルコストを低減 ・GNSS 測位により計画植栽位置にほぼ正確に誘導。植付け時の圧不足は大きな問題なし。マーキング、苗間測尺作業は不要となり、作業の効率化、省力化を実現 (4 名体制で 6.6 人/ha → 植栽ナビ 2 名体制で 3.5 人/ha、自動植付け機 1 名体制 1.64 人/ha) ・植栽実位置を記録し機械下刈り (列間刈) の効率向上に有効 ・軽労化に期待 ・乗用刈払機による列間刈 (人力補正を含む) は人力全刈より作業効率が良くなる ・刈物災害リスク、ハチ刺されリスクが軽減し安全性が向上	・森林域での通信の確保 ・カラマーキングの多色化または仕訳環境下の簡素化・ルール化。日本の気象環境下に適したインク ・トレサービリティの確保 ・選木機や ICT ハーベスタで処理量をデータ管理する工場では受け入れの可能性 ・小規模製材工場では受入れ時、選木時、製材機投入時にも寸面 (末口径級表記) 確認するため、人力検知省略に難色 ・ハーベスタコンピュータ操作の技術習得体制が未整備 ・計画植栽位置に岩、伐根がある場合は実位置と若干のズレ ・植穴開けに時間がかかる。装置完成度が低く改良が必要 ・位置誘導ズレに起因し若干誤伐発生するため、作業開始時に位置ズレ補正が必要 ・乗用下刈り機での列間刈時の誤伐率は極めて低いが、その後の人力補整刈りで誤伐が発生するので、位置情報を人力作業にも活用することが必要
流通販売	・人力山元検知 ・製材工場自動選別機	・ICT ハーベスタによる検知自動化 ・生産量の重量検収	・フォワーダ積載質量、積載比重から積載材積を予測 ・前生樹、伐根全数切削 (末木枝条破砕) ・植栽位置誘導システムを実装した自動植付け機 (ソフトウェア製) による植栽 ・小型植栽機による植栽	・材積誤差は僅かであり、重量検収の可能性 ・破砕物のマルチング効果で植栽当年度の下刈り省略が期待。トータルコストを低減 ・GNSS 測位により計画植栽位置にほぼ正確に誘導。植付け時の圧不足は大きな問題なし。マーキング、苗間測尺作業は不要となり、作業の効率化、省力化を実現 (4 名体制で 6.6 人/ha → 植栽ナビ 2 名体制で 3.5 人/ha、自動植付け機 1 名体制 1.64 人/ha) ・植栽実位置を記録し機械下刈り (列間刈) の効率向上に有効 ・軽労化に期待 ・乗用刈払機による列間刈 (人力補正を含む) は人力全刈より作業効率が良くなる ・刈物災害リスク、ハチ刺されリスクが軽減し安全性が向上	・位置誘導ズレに起因し若干誤伐発生するため、作業開始時に位置ズレ補正が必要 ・乗用下刈り機での列間刈時の誤伐率は極めて低いが、その後の人力補整刈りで誤伐が発生するので、位置情報を人力作業にも活用することが必要
再造林・ 保育	・人力地植え ・人力植付け ・人力下刈り	・クラッシャー、乗用刈払い機 (山もつとモット) による機械地植え ・植栽位置情報を活用した植栽作業の機械化 ・植栽位置情報を活用した保育作業の機械化	・クラッシャー、乗用刈払い機 (山もつとモット) による機械地植え ・植栽位置情報を活用した植栽作業の機械化 ・植栽位置情報を活用した保育作業の機械化	・計画植栽位置に岩、伐根がある場合は実位置と若干のズレ ・植穴開けに時間がかかる。装置完成度が低く改良が必要 ・位置誘導ズレに起因し若干誤伐発生するため、作業開始時に位置ズレ補正が必要 ・乗用下刈り機での列間刈時の誤伐率は極めて低いが、その後の人力補整刈りで誤伐が発生するので、位置情報を人力作業にも活用することが必要	・計画植栽位置に岩、伐根がある場合は実位置と若干のズレ ・植穴開けに時間がかかる。装置完成度が低く改良が必要 ・位置誘導ズレに起因し若干誤伐発生するため、作業開始時に位置ズレ補正が必要 ・乗用下刈り機での列間刈時の誤伐率は極めて低いが、その後の人力補整刈りで誤伐が発生するので、位置情報を人力作業にも活用することが必要