

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

川上と川下のデータ連携を柱とする
コスト削減と山元還元の実証事業

事業成果報告書

令和5年3月

北信州森林組合

国立大学法人信州大学

森林連結経営株式会社（委託）

精密林業計測株式会社

目 次

I 実証事業の概要

1 事業の名称	1
2 取組の背景	1
3 実証のテーマ	1
4 実証団体の構成	1
5 実証事業の内容	1
6 実証事業の目標	1

II 令和4年度の実施結果

1 協議会、現地検討会の開催経過	3
2 令和4年度の実行結果及び取組の評価と課題	3

III 今後の事業の展開方向

7

I 実証事業の概要

1. 事業の名称

川上と川下のデータ連携を柱とするコスト削減と山元還元の実証事業

2. 取組の背景

北信州森林組合は、全国でも森林組合の中でも先進的取組を進めてきた。集約班を組織して域内の民有林約3万7千haのうち、約6千haの森林境界明確化を行い、施業集約化して木材生産量をほぼゼロから1万千m³へ増やし、ICTを活用した航空レーザ計測技術の導入、スマホによる木材検収システム、北信地区のクラウド木材在庫情報共有システムによる共同出荷体制の構築してきた。また、林野庁事業で長野県が事務局のスマート林業タスクフォースNAGANOでも中心的役割を担ってきた。

しかし、地域内森林の林齢は多くが80年を越えつつあり、主伐すべき森林が増加しているにも関わらず、先進地である九州地方と比較して同組合の主伐量は増加していない。主要な要因は、森林所有者から見て主伐で得られた収入がほぼ再生林・育林費用で無くなってしまうためである。森林所有者は「それなら伐らなくていい」という選択をせざるを得ず、素材生産側から見ても、主伐を薦めることを躊躇する状況である。

3. 実証のテーマ

スマート林業と製材・建築のデジタル連携を柱とする流通コスト削減と受注生産にあ山元還元

4. 実証団体の構成

北信州森林組合、国立大学法人信州大学、精密林業計測株式会社

5. 実証事業の内容

本事業においては、ドローンやホロレンズという新技術を導入して再生林やその後の保育時のコスト削減の効果を実証すると共に、丸太需要者にとって過不足の無い、様々な長さの丸太（乱尺と呼ぶこととする）の造材指示をICTハブスタワークオーダーという形で入力し、乱尺丸太を需要者に納入したとき、主伐費用を従来と大差なく抑えることができるのか、また納入した丸太の品質的歩留まりは実用に耐えうるものなのか、を検証する。それらを明らかにすることにより、これまで需要者にとって必要ない部分を、運搬したり、ごみとして処分していた費用を材価に乘せることや、乱尺造材することで剰余部を別に販売する利益により、同じ森林から生産された木材でも、販売価格を増やすことで実質の材価の上昇を図り、新技術導入による保育経費の削減と合わせ所有者への還元額を増やし、主伐へのインセンティブを高めることが本事業の目的である

6. 実証事業の目標

(1) 森林資源調査

信州大学と精密林業計測株式会社は、2種類のドローンレーザとモバイルレーザで計測された点

群データをオリジナル統合して、主伐地の単木の精密な森林資源情報を算定する。また幹に照射された点群データから、細り表と丸太の利用材積の算定モデルを開発し、現地適用する。建築データを元に製材に必要な丸太情報を提供する委託先のウッドステーション(株)は、大型パネル製造を行っている木材店の木造大型パネル予定物件に使用する大型パネルの部材データから、木拾いデータ、製造に必要な丸太情報（造材指示）を提供する。これによって、森林の価値が見える化され、川下の製材工場にも有益な丸太情報を提供できる。森林直販事業と国産無垢材の建築使用の活性化に取り組む委託先の(株)森林連結経営は、川上と川下のデータ連携におけるコスト削減と山元還元策を提案する。

目標は、事業地の森林資源把握にドローンレーザとモバイルレーザを統合して森林調査の省力化と丸太の利用材積を算定する新技術を開発する。

(2) 主伐

北信州森林組合は、森林資源調査の結果としての造材指示（ワークオーダー）の提供を受け、ICT ハーベスタにワークオーダーをアップロードし、主伐地にて乱尺造材、大型パネルの製造に必要な丸太を山土場に集積する。ハーベスタで採材された丸太情報とレーザ計測の丸太（極積）情報を突合して精度検証する。

目標は、乱尺造材時の手間の検証、さらにはその手間を最小化する丸太生産方法のノウハウの取得である。

(3) 流通・販売

北信州森林組合は、当該丸太および造材報告をウッドステーションに納入する。販売は当該造材報告を取引データとする。

目標は、StanForD2010 での商取引の実現と、一連の物流・商流における歩留まりの評価と、歩留まり 100%に至らぬ場合の余分をどのように造材・調達するかというノウハウの取得である。ウッドステーションと信州大学は、地場製材所と協力して、当該丸太において外見から判断がつかない病害虫による欠点等まで含めた品質歩留まり評価を行う。

(4) 再造林

信州大学と精密林業計測は、国内初、産総研と共同開発成果であるホロレンズ（複合現実）による再造林の植栽支援の実証を行う。主伐後にドローン計測で、地形情報と枝条集積箇所、植栽本数から植栽計画マップを作成する。ホロレンズに情報転送し、ホロレンズを装着した植付け作業員が植栽地にサイン表示された場所にナビゲートして植栽する。

目標は、ホロレンズによる誘導植栽の実証により、植栽計画マップで事前に的確な植栽本数が把握と、苗の植付け場所がわかるので作業の省力化である。

(5) 保育

信州大学と精密林業計測は、再造林時作成した植栽計画マップをホロレンズに情報転送し、ホロレンズを装着した北信州森林組合の下刈作業員がホロレンズ表示された植栽場所を避けながら下刈りする。信州大学と精密林業計測は、ドローンとAIによる植栽木、下刈欠損木と枯死木の自動抽出、植栽木の成長の違い、下刈り重点箇所と回避時期の判定技術を開発する。

目標は、下刈欠損木の低減と、人手による検査からドローンとAIによる保育経費の低減である。

Ⅱ 令和 4 年度の実施結果

1. 協議会、現地検討会の開催経過

- (1) 現地検討会は、追加公募の 10 月下旬採択であることから開催していない。主伐地のカラマツ林は、北信州森林組合管内木島平村の高標高域にあり、12 月より豪雪地帯のため入山はできない。車両通行は 5 月の連休明けを想定しており、ICT ハーベスタの主伐の際に、現地検討会を予定している。
- (2) 協議会は、事務局の信州大学から参画機関にオンライン会議の開催、メール、電話で配信した。
- (3) 流通・販売の森林直販の仕組みづくりで事務局は、令和 4 年 11 月 29 日、主伐材の製材・乾燥の協力依頼で長野県木材協同組合連合会にプロジェクトの協力依頼を行い、賛同を頂いた。その際に主伐地はカラマツ林であることから、宮崎会長（瑞穂木材株式会社）からカラマツ製材に関して、小林木材株式会社（長和町）を紹介していただいた。北信州森林組合が同席した。
令和 5 年 1 月 17 日に、カラマツの製材・乾燥の協力依頼で小林木材の工場と実棟建築する株式会社国興（松本市）の敷地や本社を見学し、プロジェクトの協力依頼を行い、賛同いただいた。森林連結経営が同行した。

2. 令和 4 年度の実行結果及び取組の評価と課題

令和 4 年度は、主伐地の確保、各種レーザ計測による資源調査と立木解析、建築部材の木取り情報、ハーベスタ用のワークオーダーの現地設計、流通・販売では森林直販の製材・建築の連携づくりを実施した。

森林資源調査、主伐、流通・販売、再造林・保育の実施項目別に説明する。

(1) 森林資源調査

北信州森林組合は、主伐地のカラマツ人工林（木島平村大字上木島）約 1.3ha について、所有者に事業および研究内容の説明を実施、立木買取契約およびその後の再造林・保育に関し実証事業を実施する了承を得た。

精密林業計測は、ドローンレーザによる精密森林資源調査を行った。令和 4 年 11 月 3 日に異なる種類のセンサを搭載した 2 機のドローン（DJI 社 Phantom4RTK、以下 P4R 及び DJI 社 Matrice600pro、以下 M600）を使用して、長野県下高井郡木島平村のカラマツ林約 1.3ha を対象とした計測を行った。P4R は位置精度の高い可視光域画像を取得する用途で使った。対象地上空を飛行しながら連続写真を撮影し、それらの写真を SfM (Structure from Motion) /MVS (Multi View Stereo) 処理を用いて解析することでオルソ画像を作成した。また、M600 にはレーザセンサである Surveyer Ultra (YellowScan 社) を搭載してレーザ計測を行った。レーザセンサは上空からレーザ光線を森林に照射し、反射して返ってくるまでの時間と照射方向から対象物の位置を計算する。これを 1 秒間に数十万点繰り返すことで対象物の形状を三次元的に復元する。今回の調査では森林の形状を再現した三次元点群の表層部と地表部の点群をそれぞれ抽出して数値表層モデル (Digital Surface Model, DSM)

と数値標高モデル (Digital Elevation Model, DEM) を作成した。さらに、これらの差分を取って樹冠高モデル (Canopy Height Model, CHM) を作成し、この CHM を解析することによって立木の樹頂点を抽出した。樹頂点位置の CHM の値を抽出して樹高を算出し、これに P4R で取得したデータから作成したオルソ画像を重ね合わせて樹種分類を行った。これらの処理により立木位置、樹種、樹高のデータが得られる。精密森林資源調査の結果を図 1 に示す。なお、この結果は信州大学に提供し、モバイルレーザ計測の計画立案にも活用された。

また、令和 4 年 12 月 8 日及び 12 月 13 日には以下の二つの目的をもって、再び M600 及び Surveyer Ultra を使用した計測を同じ対象地で行った。目的の一つは、カラマツが落葉した時期に計測を行うことで伐採計画立案時における活用を想定した詳細な地形データを

取得することである。もう一つは信州大学がモバイルレーザ計測結果の位置合わせ用に設置した標識の位置情報を面的に計測することである。この計測結果も信州大学に提供し、モバイルレーザ計測結果の処理に活用された。なお、12 月 8 日の計測データについては、位置情報の付加に使用する電子基準点のデータがエラー値となっており正確な測位ができなかったため、12 月 13 日に再計測を行った。

評価としては、計画通り実行できたと思われる。また、課題については、人的リソースが不足し、時間外労働が発生してしまった点が挙げられる (精密林業計測)。

信州大学は、レーザ計測と 3D 立木点群モデルから丸太情報の算定に関して、

①ドローンとモバイルレーザの計測範囲

- ・面積 : 約 0.5 (ha)
- ・樹種 : カラマツ
- ・本数 : 213 (本) ※ドローンからの抽出本数
- ・選定理由: ・モバイルレーザでの高精度な計測が可能な面積とした。樹高が 30m 以上の立木が多いプロットとした。なお、過去の施業履歴からスギはトビグサレにより使用不可と判断した。

②モバイルレーザの計測方法の検討および計測

- ・使用機材 : Hovermap (Emesent 社)、LiGrip (GreenValley 社)
- ・位置合わせ: 6 枚の GCP を設置
- ・ルート作成: コース間隔 10m で 2 つのルートを作成
- ・計測時期: 令和 4 年 12 月 (落葉期)

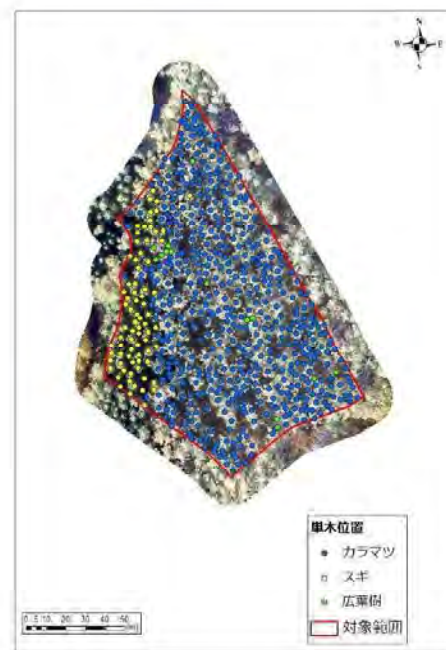


図 1. 精密森林資源調査の結果 (樹種情報で区分して表示)

- ・下層植生:なし ※チェーンソーにより伐採
- ・抽出本数 :・ドローンレーザ結果 213(本) ※上層木のみ
- ・計測時間 :1ルートにつき 15 分

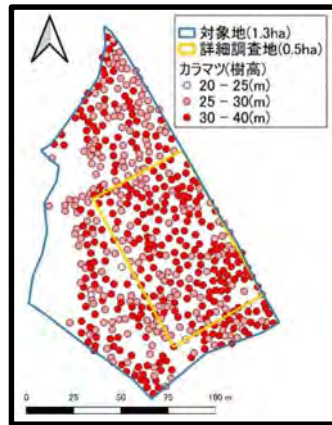


図2. 主伐地のドローンとモバイルレーザ計測によるカラマツの樹高分布



図3. 使用した背負子レーザ Hovermap (左) ハンディレーザ LiGrip (右)

③レーザデータを使用した単木解析

主伐地のモバイルレーザ計測の 3D 点群データから単木樹冠の抽出を行い、樹高抽出と胸高直径を算出した。

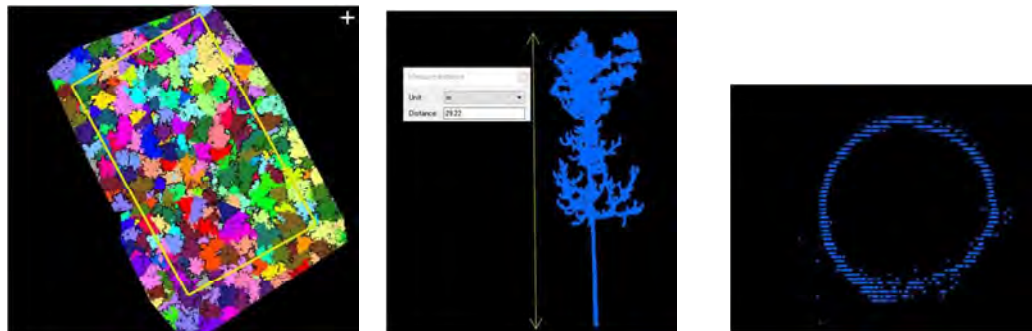


図3. 3D 点群データから単木抽出 (左)、樹高算出(中央)、胸高直径算出 (右)

(2) 主伐

北信州森林組合は、主伐に向けた課題検証整理を行った。

- ・主伐経費と所有者へ還元する立木単価についての妥当性の検討
これまでほぼ全量、北信州森林組合では木材生産を利用間伐により実施してきたことから、主伐に関する知識と経験がプランナー・作業員共に乏しく、妥当な経費を算出することが困難であったため、主伐の熟練者による講習と作業準備・手順の精査を組織内で実施した(2月末まで継続)
- ・ICT ハーベスタの操作の習熟と StanForD2010 の入出力の整備

本事業の実証に使用する ICT ハーベスタ（北信州森林組合設備）が令和 5 年 2 月上旬に納入された。ICT ハーベスタの概念・利点等について弊社現場設計者（プランナー）の理解と造材指示の作成方法の習熟、およびハーベスタオペレータのトレーニングを実施した（2 月末まで継続）。

(3) 流通・販売

北信州森林組合は、ICT ハーベスタ生成造材報告データの流通プレーヤー間の共通理解を行った。

- ・大型パネル工法の要であるウッドステーションに、StanForD2010 フォーマットで生成される造材報告データの情報を提供し、概要について理解を得た。商取引での利用に関しては、カラマツ無垢材の乾燥技術の難しさから丸太引き受け先が変更となり、今後打ち合わせによって決めていく。

- ・課題として、樹種（カラマツ無垢材は住宅において梁くらいしか使うところがない）、径級（梁で使うには一定程度の太さが必要）など、素材生産側の「伐りたい」森林と、需要者側の「買いたい」森林のミスマッチが顕在化した状況。提供・公開する森林の情報の精査が必要である。

森林連結経営は、以下に取り組んだ。

- ・工務店は国興（松本市）で建築物件も決定。カラマツを金物工法でどこまで使用できるか確認中。

- ・信州大学で現時点の図面から部材情報を拾い、必要な丸太寸法と本数の目安を算出済み。

- ・1/17 に国興・信州大学・森林連結経営でカラマツを専門に扱う小林木材を訪ね、情報収集を行った。

- ・カラマツの無垢材を金物工法に使えるか、大型パネル工法のウッドステーションが金物メーカーでもあるタツミに検討依頼中。タツミからの回答次第で、樹種変更か集成材使用を迫られる可能性もある。

- ・国興・ウッドステーションが協議し建築図面が確定した段階で、ウッドステーションから正確な部材情報・想定丸太情報が届く

- ・ウッドステーション・信州大学・小林木材の調整を経て、必要な丸太寸法と本数を確定、造材情報を作成する。

- ・2 月以降、北信州森林組合・信州大学が対象地で目標木を選定、予備を含めた提供本数を決定する。

今後の課題として、

- ・カラマツの無垢材が金物工法に適合しないとされた場合、使用部位を絞る、もしくは集成化するといった対応の検討が必要。

- ・最終図面を基に、対象地の状況（木材品質）を考慮しつつ、製材方法を含めた調整を行って必要な丸太の径と長さ、本数を確定。

- ・ハーベスタに入力する的確な造材指示データの作成。

- ・製材段階で目的とする製材品の生産が困難と判明した場合の対応・予備製材の検討。

- ・地元の材を使い流通を最短に抑えたこの住宅のコスト・販売価格をどう設定するのが妥

当か。

・研究のため特別にかかった運賃や予備材料費、人件費などをどう切り分けて精算するか。

(4) 再造林・保育

令和4年度は実施していない。

Ⅲ今後の事業の展開方向

令和5年度は、国内初となる川上のデジタル在庫による受注生産、建築部材のカスタムカット造材、森林直販による製材・建築との商取引の実現、森林産直の実棟建築、ドローンとホロレンズによる再造林支援に取り組む。

令和6年度は、流通コスト削減と山元還元の経営モデル構築、ホロレンズによる下刈り保育支援に取り組む。

森林資源調査、主伐、流通・販売、再造林・保育の実施項目別に説明する。

(1) 森林資源調査

信州大学は、3D立木点群モデルから丸太情報の算定に関して①～⑥に取り組む。

①現地調査結果と単木解析結果の精度検証

精度検証内容(立木抽出精度、胸高直径精度)

②単木点群データを使用した樹幹の曲がり算出手法の開発

樹幹の曲がりを単木情報に付与

→ 以下、単木情報(位置、樹種、樹高、高さ別直径、曲がり)

③単木情報を使用した詳細調査地の造材指示作成

建築予定物件に使用する立木の抽出、該当立木の造材指示

④単木情報を使用した細り表の作成

対象地の立木の特徴を反映

⑤細り表を使用した対象地および詳細調査地の利用材積推定

径級・長さごとの丸太本数を算出

(2) 主伐

北信州森林組合は、森林資源調査の結果としての造材指示(ワークオーダー)の提供を受け、ICTハーベスタにワークオーダーをアップロードし、主伐地にて乱尺造材、大型パネルの製造に必要な丸太を山土場に集積する。ハーベスタで採材された丸太情報とレーザ計測の丸太(極積)情報を突合して精度検証する。

(3) 流通・販売

北信州森林組合は、当該丸太および造材報告をウッドステーションに納入する。販売は当該造材報告を取引データとすることができるよう、乾燥・製材業者と造材報告での取引について検討を行う。

森林連結経営は、流通・販売の段取りを行った。

- ・北信州森林組合がハーベスタに造材指示を入力し、5月の連休明けに伐採・造材した丸太を小林木材に搬入し、製材・乾燥（構造材は乾燥2週間・養生3か月）
- ・9月～10月に沼田の大型パネル工場でパネル製作
- ・9月～10月に松本市内で上棟 翌年3月までに完成・お披露目・引き渡し。

(4) 再造林・保育

北信州森林組合は、ホロレンズを装着し植栽作業の検証を行う。また、下刈作業についても、ホロレンズ装着での作業の検証を行う。

精密林業計測は、ホロレンズによる再造林支援と、ホロレンズによる下草刈り補助とドローンデータによる造林地モニタリングの二項目について取り組む。ホロレンズによる再造林支援では、ドローンレーザ計測を活用した植栽計画の提案と複合現実デバイスであるHoloLens 2(Microsoft 社、以下ホロレンズ)を使用した植栽作業補助システムの開発を行う。まず、対象地の伐採後にドローンレーザ計測を行い、枝条集積箇所や林道を検出した上でそれらを除外した植栽可能域を抽出する。この植栽可能域において、指定された密度や植栽間隔に従った植栽計画をコンピュータ上で立案し、植栽位置の座標データをホロレンズに転送する。ホロレンズでは植栽位置座標が示すポイントを拡張現実(AR)として現実空間に投影し、苗木をどこに植栽したら良いかという情報を作業者が直感的に把握できる、という内容を想定している(図4)。

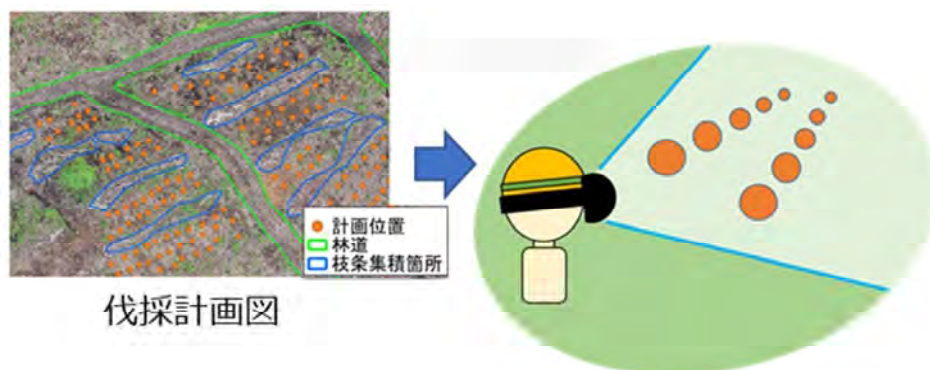


図4 ホロレンズによる再造林支援のイメージ図

令和6年度、保育経費削減に向けて継続的なドローン空撮による造林木の生育状況モニタリングと、それによって得られる造林木位置情報を活用したホロレンズによる下草刈り補助システムの開発を予定している。植栽後の造林地においてP4Rの飛行を行い、得られるオルソ画像に対して自動検出プログラムを適用することで対象地内の造林木位置情報を抽出し、生育状況の確認を行う。同一対象地について定期的に空撮を行うことで経時変化のモニタリングも可能となる。さらに、ここで抽出される造林木の位置情報をホロレンズに転送してARとして表示することで、デバイスを装着した下草刈り作業者が下草に隠れた造林木の位置を把握できるようになるため、作業の効率化が期待できる(図5)

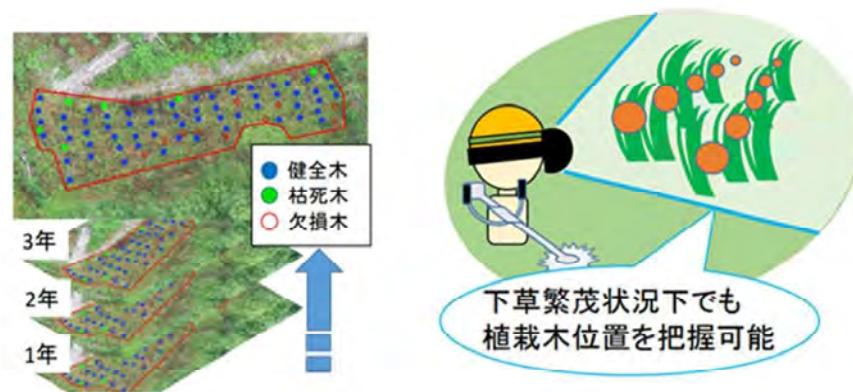


図5 ホロレンズによる下草刈り補助とドローンデータによる造林地モニタリング