

レーザーセンシングによるICTスマート精密林業の技術体系

試験研究計画名：レーザーセンシング情報を使用した持続的なスマート精密林業技術の開発
 地域戦略名：レーザーセンシング情報による素材生産向上「長野モデル」の普及
 研究代表機関名：(国) 信州大学

地域の競争力強化に向けた技術体系開発のねらい：

長野県が策定した『森林づくり指針』(H23～H33)では、森林を活かし森林に生かされる私たちの豊かな暮らしを目指し、森林の適正管理、持続的に豊かな資源の管理と供給、競争力のある林業を構築するための素材生産量増大に取り組むとされています。そのためには、航空機・ドローン・地上レーザーセンシング(以下LSと略する)データを統合し、広範囲で詳細情報をもつ森林デジタル情報に高度化して、森林作業の省力化と持続的な木材生産性を向上させる「スマート精密林業」の技術開発が必要です。

そこで「スマート精密林業」に求められる林業の森林調査から素材生産までの流れを図1に示しました。森林計画、収穫調査、素材生産の各ステージにおける課題を整理し、課題解決に向けた技術を開発しました。

技術体系の紹介：



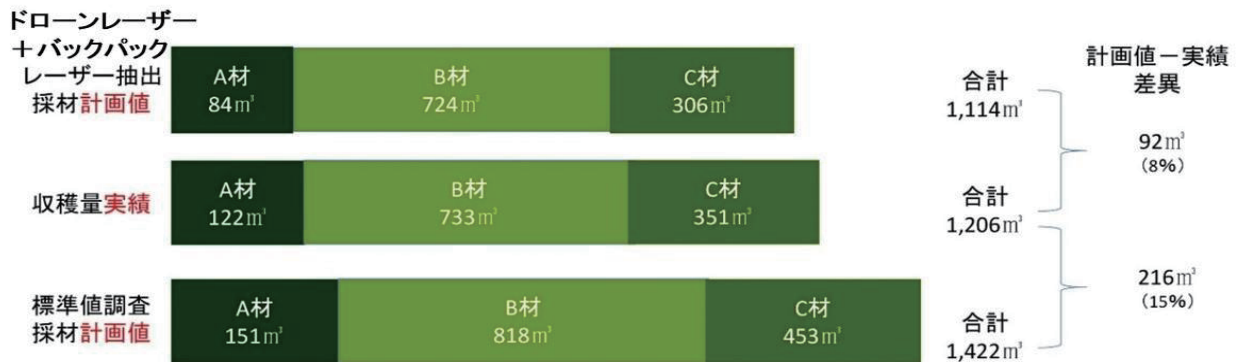
図1 林業の各ステージにおける課題と技術開発

1. 高精度のLS情報技術

航空機LS情報により広域の森林資源の地形、蓄積量等の基盤情報をつかみ、森林施業の優先度からみた広域ゾーニングと団地作成を行います。ドローンLSでは、詳細な森林の3D化、地形と樹高計測、間伐木と残存木の情報を取得し、その情報を森林の見回りと森林調査の省略、間伐木の確認、森林被害の情報把握に活用します。さらにバックパックLS(歩行携帯)で幹曲がりなどの品質情報を取得し(表1)、それらの情報を素材生産価格の算定に活用します(図2)。そして、流域単位の森林から個別の森林までのLS情報が体系化されることで、森林情報の高度化をはかります。

表 1 レーザー計測機器の技術的特徴

	航空レーザー計測	ドローンレーザー計測	携帯・バックパックの地上レーザー計測
計測密度	4 点/m ² 程度	100 点/m ² 以上	数千点/m ² 以上
対象面積	数千 ha 以上	数十 ha 程度	数 ha 程度
取得頻度	5~10 年程度	必要に応じて	必要に応じて
データ種類	広域基盤データ	詳細補完データ	詳細補完データ
利用目的、事例	ゾーニング、集約化検討、 施業計画、路網検討、素材生産量の推定	詳細単木情報の取得、素材生産量の推定、間伐対象木の選定、伐採後のモニタリング	曲がり情報の取得、素材生産量の推定、間伐対象木の選定、木取りの検討、伐採後のモニタリング
コスト(レーザー計測からGIS データ整備まで)	3,000~3,500 円/ha	10~15 万円/ha	30~50 万円/ha



備考：採材計画値のA・B・C比率は、地域慣行的な按分により求めた。

図 2 収穫計画、従来方法との精度比較

2. スマート素材生産技術

ドローン LS による上層木と中層木の森林資源情報をもとに定性（木の形質・配置を重視）的な全層間伐について、システムに組み込まれているプログラムによる自動選木を行います（図 3）。選木した間伐木の位置情報は伐採作業員が持つタブレット端末や GNSS を装備した検尺機能付き IoT ハーベスタ（高性能林業用機械）に送られ、間伐木への指示・誘導が行われます。IoT ハーベスタの運転席のディスプレイの立体図上には、マシン位置と選木結果が表示されます。ハーベスタは自動検収機能があり、採材時に「樹種」「長さ」「径級（末・元）」「曲り」情報が自動集計され、人手による検収が省かれます。

IoT ハーベスタは、情報通信技術を利用した生産工程や収穫情報を管理する機能を備えており、伐採現場から事務所や川下の製材工場等と情報を共有し、流通の最適化にも効果をあげます。

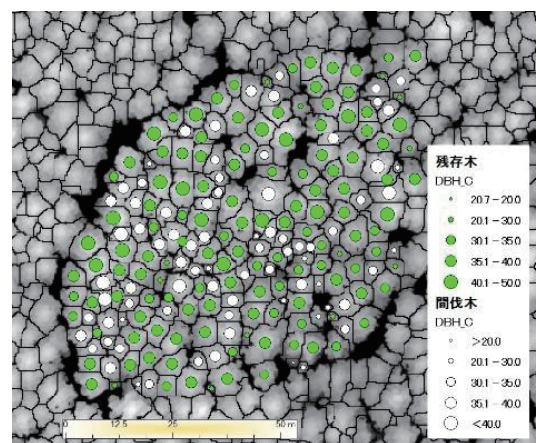


図 3 ドローンによる定性（点状）的な全層間伐の自動選木結果

3. 現場運用システム

森林マネジメント支援システム ALANDIS NEO FOREST は、単木ごとの資源量（材積）、施業履歴、更新情報などの精密 LS 情報を林業事業体に提供します。LS データから単木レベルでの詳細な森林デジタル情報を作成することで、このシステムで活用できます。

計画立案から作業着手までのリードタイム短縮の効果により、通期に渡る生産能力の逸失を防止できることも確認できます。さらに、自治体単位など広域の LS 情報により、間伐の優先度や収穫予測量の見積りなどのゾーニング結果（図4）を森林GISにより容易に抽出することが可能で、具体性のある中長期計画の立案につながります。

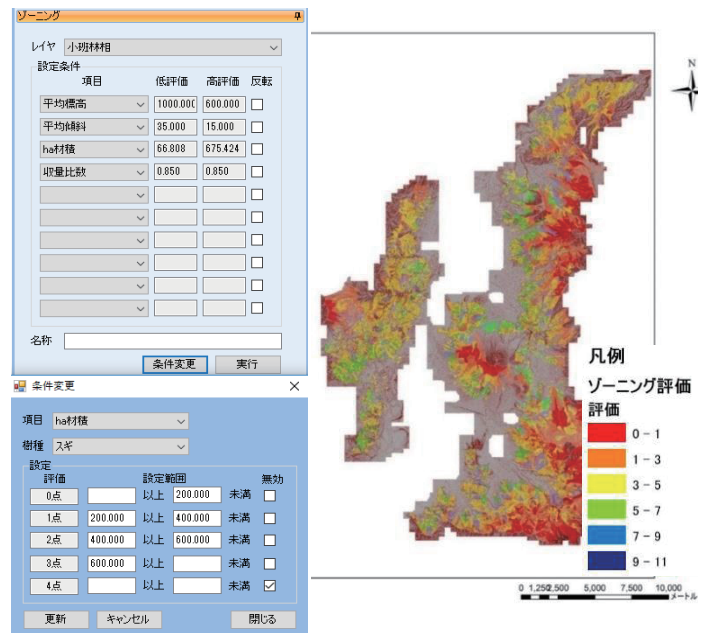


図4 森林GISゾーニング設定の例（左）と
経済林としての評価のゾーニング結果（右）

4. レーザーセンシング情報の統合技術

レーザーセンシング情報は森林管理の世界標準の革新的技術であり、安全・短時間・科学的に三次元での精密な森林資源情報と地形を把握できます。先進モデルでは、航空レーザー解析の他、ドローンレーザーや地上レーザー計測、さらにIoTハーベスタの活用により、森林情報の高度化、作業の省力化と持続的な木材生産性を向上させることができます。また、普及モデルは、航空レーザー解析とRGBカメラ搭載のドローンによる初期投資の少ない技術で伐採状況の確認・検査等の現地調査を補完します。これらのリモートセンシング技術を活用することで、森林調査・施業計画の負担・コストを軽減し、作業の効率性を高めます。どちらのモデルも、施業計画だけでなく、施業履歴の管理にも有効な手段となります（図5）。

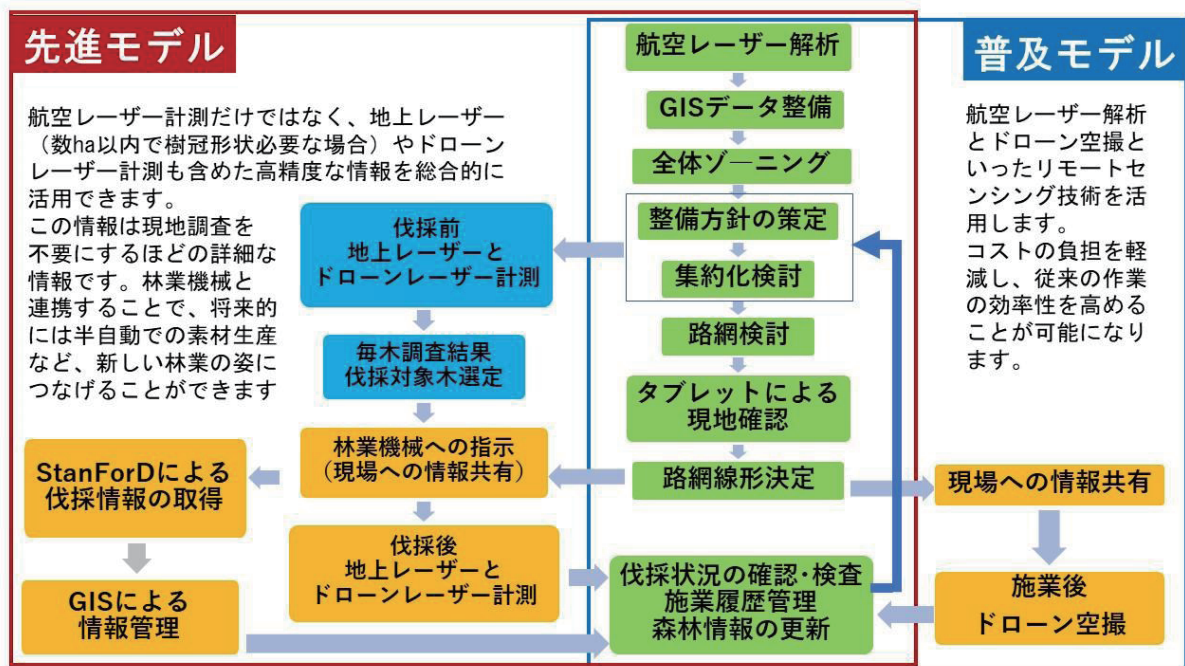


図5 スマート精密林業モデル（緑色：森林計画、水色：収穫調査、黄色：素材生産）

技術体系の経済性は：

経営改善効果

レーザーセンシングによる単木レベルの森林資源情報を活用することで、調査から計画までの工数を従前に比べ最大で 60%の縮減が可能となりました。これにより、施業区単位のプランニングに係る航空レーザー導入による人件費コストは、10 haあたり 3 万円の低減効果があります（表 2）。

表 2 実証地における航空レーザーデータ抽出と従来方法の人件費コスト比較（10ha あたり）

対象林分抽出（図面準備含む） 0.4人	標準地調査（現地踏査） 3.4人			調査結果集計 0.8人	採材計画 0.4人	従来方法によるコスト 95,000円	
人件費コスト（@19千円×5人）95千円							
航空レーザー導入コスト （@3.5千円×10ha） 35千円		資源 情報 抽出 0.2人	作業 条件 設定 0.2人	採材 計画 0.2人	現地確認 0.8人	調査 結果 集計 0.2人	レーザーデータ抽出 の採材計画のコスト 65,000円
人件費コスト（@19千円×1.6人）30千円						10haあたり 30,000円の コスト縮減	

経済的な波及効果

レーザーセンシングによる森林資源情報の活用により、計画的かつ安定的な原木生産が可能となることで、川上側にとっては販売価格交渉の優位性が高まり、生産者への還元の増加につながります。

川下側では調達の安定化により、原材料在庫の適時適量化を図ることが可能となり、関連コストが縮減されること、生産設備の稼働効率改善により生産性が向上するなどの効果が見込まれます。

流通面においても、これまで運送業者は不明瞭な素材生産体制に翻弄されていましたが、確実な荷物の確保や運行の効率化につながり、経営の安定化を図ることができます。

こんな経営、こんな地域におすすめ：

この ICT スマート精密林業の技術体系は、数百ヘクタール規模の経営をする林家、林地集約により大面積の受託管理を行っている森林組合や林業事業者、自治体や公益団体等で利用すると効果的です。IoT ハーベスタを新規導入する場合には 2 千万円超の初期コストがかかり、全ての森林組合で同様の手法が選択できない可能性があります。このため、LS 技術を使用する先進モデルと、RGB カメラ搭載のドローン計測による初期投資の低い普及モデルの 2 つの運用方法を提案しました。

技術導入にあたっての留意点：

ICT スマート精密林業の技術は、航空機・ドローン・地上 LS だけでなく、IoT 機器となる高性能林業機械も含まれる全体システムです。先進モデル・普及モデルはともに森林 GIS の活用が必要であり、施業計画だけでなく、施業履歴の管理にも有効な手段となっています。

実践にあたっては、実務者の情報活用の熟練度、リモートセンシング技術や GIS に関する知識などを考慮して情報共有を行う仕組みを構築し、導入事例や実務を通して得られた知識や経験をもとに地域特性に応じて調整していくことが重要です。

研究担当機関名：（国）信州大学、北信州森林組合、アジア航測

お問い合わせは：（国）信州大学農学部総務グループ（研究支援・産学官連携）藤川 将吾

電話 0265-77-1305 内線 2208 E-mail fujikawa_shougo@gm.shinshu-u.ac.jp

執筆分担（（国）信州大学 加藤正人、北信州森林組合 堀澤正彦、アジア航測 大野勝正）