

発表プレゼンから抜粋

第51回森林・林業技術シンポジウム  
平成30年1月18日(木)

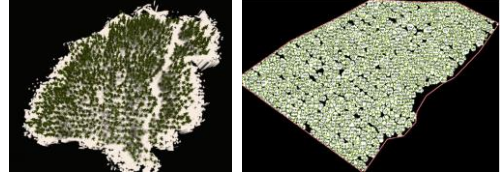
レーザーセンシングによるICTスマート精密林業

- ・ 森林分野になぜレーザーセンシングが必要か
- ・ 革新的技術開発事業（地域戦略プロ）【林業分野】
  - 平成28年度 研究成果（ドローンレーザ）
  - 平成29年度 研究成果（ICTスマート林業）
- ・ 次年度計画、スマート林業のモデル、普及
  - 日本は単木管理のスマート精密林業

信州大学先鋭領域融合研究群 山岳科学研究所 加藤 正人

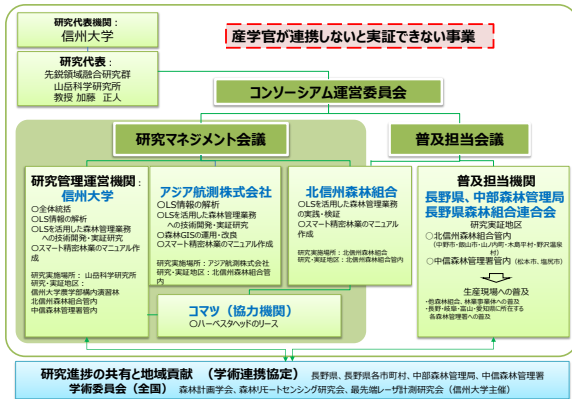
農水省革新的技術開発事業（地域戦略プロ）【林業分野】 H28～31

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の開発



【研究代表者】 加藤正人  
【構成員】 信州大学、北信州森林組合、アジア航測株式会社  
【協力機関】 長野県、中部森林管理局、長野県森林組合連合会、コマツ

「LSによるスマート精密林業コンソーシアム」体制



信州大学（1） ドローンレーザによる森林の見回りと森林調査

現場での課題解決に向け先行して 北信州森林組合、中信森林管理署で実証研究を行い、  
単木の精密な資源算出技術を開発して特許出願（特願2016-227207）  
当該事業では森林の見回りや収穫や間伐前後に計測し、間伐木の自動抽出と検証を行う



ドローンレーザ



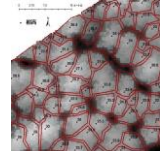
中信森林管理署 奈良井国有林カマツ林

コンソ参画機関  
中信森林管理署  
間伐前後で3回飛行計測  
平成28年5月31日、  
8月25日、11月15日

協力企業  
・ ㈱みるくる  
・ ㈱Ace-1  
・ YellowScan (フランス)



北信州森林組合 山ノ内町スギ人工林



単木抽出の資源量解析

長所：点群50点/m<sup>2</sup>  
限界：範囲5ha/回  
こたわり  
精密樹冠の作成  
1つの樹冠に  
1つの樹高(樹頂点)

信州大学（2）バックパッカーレーザによる地上での収穫調査

航空機やドローンでは限界のある森林内の把握に対し、地上レベルから森林を正確に三次元計測するバックパック（歩行携帯）レーザをフィンランド研究所と共同開発中



国際共同研究  
-大学間連携協定-  
フィンランド  
・最先端レーザ研究所  
・地球空間研究所  
・ヘルシンキ大学  
・オールド大学

協力企業  
㈱Solid Potato  
(フィンランド)  
㈱みるくる



出力図 明瞭な地形と林床、中下層木の3D横断面図



計測中 北信州森林組合  
2017年3月13日

平成28年度 革新的技術開発事業 研究成果

ドローンレーザによる森林の見回り  
精密な森林資源算定と精度検証

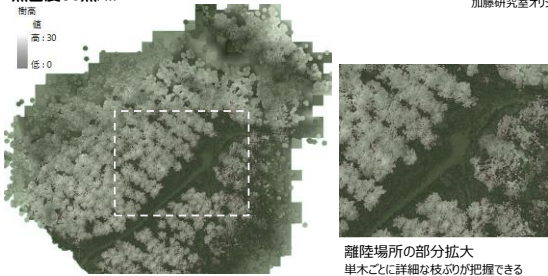
実証地：中信森林管理署 奈良井国有林

加藤正人・市川栞・中山智仁・トウソウキョウ・竹中悠輝・張桂安（信州大学）  
岩塚伸人・角秀敏（中信森林管理署）・中野亨（国有林野総合利用推進室）  
協力企業：㈱みるくる、㈱Ace-1、YellowScan（フランス）

**樹冠解析図**  
ドローンCHM10cm  
点密度50点/m<sup>2</sup>

ドローンレーザのデータから表層モデルと樹高モデル (CHM) は5cm、10cmの高分解能で作成できる。  
ドローン10cmの樹冠解析図を示す

加藤研究室オリジナル

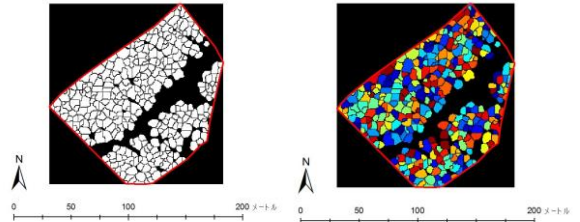


離陸場所の部分拡大  
単木ごとに詳細な枝が把握できる

**結論：**ドローンレーザの表層モデルと樹高モデル (CHM) は優れている  
間伐や収穫などの単木レベルの解析には適している。

**新技術① 単木樹冠抽出 (ITD) 法による  
精密樹冠の自動抽出**

加藤研究室オリジナル

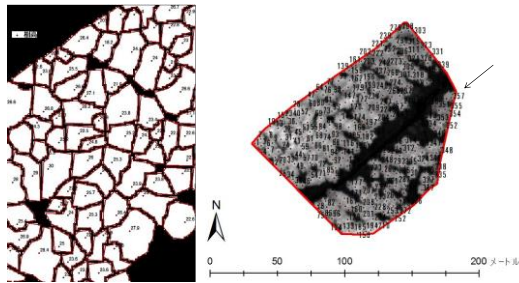


精密樹冠の自動抽出  
林道や下層植生を除去

単木ごとにカラーで色分け

**新技術② 樹高とラベリング**

加藤研究室オリジナル



高精度な樹高 (cm) の自動抽出  
樹冠内で最高値DCHMを樹高値

自動ラベリング 本数357本

**新技術④ 単木ごとの材積算定**

奈良井園有林 ドローンレーザ-単木材積結果.xlsx - Microsoft Excel

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	ナンバー	X座標	Y座標	樹冠直径	樹冠面積	樹高	DBH	樹種	材積
2	1	-60087.85	-16149.39	4.2	18.2	27.5	40.9	5	1.679
3	2	-60089.62	-16145.89	6.9	37.5	28.7	44.2	5	2.021
4	3	-60089.2	-16151.18	4.7	17.5	26.5	38.3	5	1.438
5	4	-60082.58	-16155.76	3.7	10.5	22.3	29.1	10	0.732
6	5	-60086.84	-16149.74	4.8	22.8	29.9	38.6	5	1.478

**単木材積の算定**

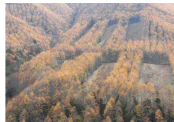
- ・カラマツ樹冠、樹高、樹冠直径、樹冠面積を自動算定
- ・樹高は樹冠内の樹冠モデル (DCHM) の最大値
- ・胸高直径 (DBH) は多変量解析から推定
- ・材積はDBH、樹高、樹種から東日本立木幹材積表の計算式から自動算出
- ・解析結果は現場で利用しやすいM S社のExcelで出力・提供

**同一飛行ルート撮影による  
森林の3Dモデル作成**

収穫前 (赤は更新伐予定箇所)



収穫後



見える化  
収穫前後の変化を

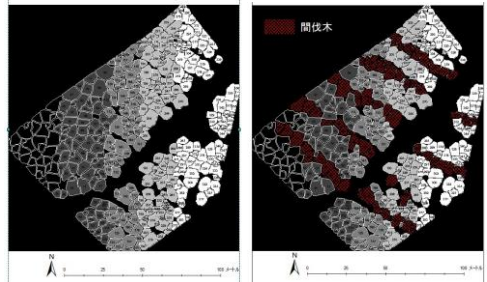


2016年8月24日計測

2016年11月15日計測

**応用事例 間伐計画のシミュレーション**

空からの精密樹冠による選木→残存木の適正配置



机上で間伐計画 (3残1伐、径級の定性間伐) をシミュレーションすることで、適切な樹木配置や出材量を得る

## まとめ

- ▶ ドローン計測データから、1本単位での精密樹冠抽出から胸高直径、材積の森林資源量を算定方法を開発（特願2016-227207）。
- ▶ ドローン計測で3Kと言われる現地調査が省力化され、安全かつ短時間、高精度で全数木での森林資源を把握できる。
- ▶ ドローンレーザ計測の現地検証結果  
単木検出率：81% 材積検出率89%  
※ 未検出は被圧木と集団木の中層木であり、林業に影響少ないPS、他林分でも実施しているが、8割～9割
- ▶ ドローンは同一飛行ルートを何回も撮影可能  
収穫木の確認、植栽木や残存木の将来予測が可能
- ▶ 実用化に向けて、高価なドローンレーザの開発技術を普及型ドローン（DJI社Phantom）で開発した

### 平成29年度革新的技術開発事業現地検討会で公開 日本初のスマート精密林業

- ・ 当該事業の2年目となり、参画機関が個別取組みを体系化してスマート精密林業のイメージを具体化した。現地検討会を開催し、開発技術を公開した。
- ・ 航空LSを利用した森林施業の優先度の広域ゾーンニングと団地作成システム、地上LSによる精密立木位置図の作成、ドローンLSによる精密計測、間伐基準にもとづいた定性間伐による自動選木、タブレット端末のナビゲーションシステム、検尺機能付きIoTハーベスタ（コマツ）の運用、オペレータは運転席のディスプレイに表示されるマシン位置と間伐木へのナビゲーション、伐採を実施。
- ・ 伐倒・造材作業では、伐採した丸太の「樹種」「長さ」「径級（末・元）」「曲り」情報がハーベスタヘッドのセンサーにより自動集計され、インターネットによるメール転送・クラウド処理を行った。この仕組みにより、森林組合事務所では、効率的に素材生産の現場でどのくらいの丸太が実際に生産されたかを即時に把握できる。

### 平成29年度 革新的技術開発事業 研究成果

#### IoTハーベスタによる情報共有型林業



- ・ 運転者は運転席のディスプレイに表示されるマシン位置とドローンで選木された間伐木へナビゲーションと伐採
- ・ 採材情報はディスプレイ表示でインターネット接続

運転者と同じ情報を共有  
透明情報の見える化で 事務所へ

### 平成29年度 革新的技術開発事業 研究成果

#### 日本初のスマート精密林業の実施

実証地：北信州森林組合 山ノ内町牛首カラマツ人工林

現地検討会（平成29年10月10日）97名参加

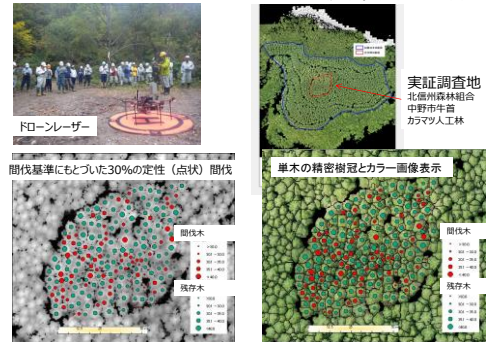


【コンソーシアム構成員】 信州大学、北信州森林組合、アジア航測株式会社  
【協力機関】 長野県、中部森林管理局、長野県森林組合連合会、コマツ

### 平成29年度 革新的技術開発事業 研究成果

#### ドローンレーザによる間伐計画

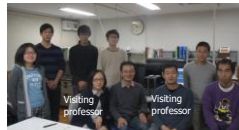
ドローンによる精密計測、間伐基準にもとづいた定性（点状）間伐による自動選木



### 平成29年度 革新的技術開発事業 研究成果

#### おわりに

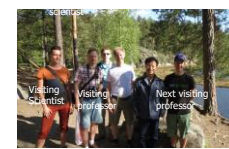
【スマート精密林業コンソーシアム】のメンバーの協力と支援で、実証研究を一步一步進めています。技術レベルを世界標準にすることで、国内外への情報発信と技術展開 モデルの輸出産業化



人材育成 森林レーザ計測特別講義  
過去3年間、フィンランドから招聘教授



林業イノベーション 信州大学院ベンチャー起業



研究成果の国内外での情報発信  
フィンランド最先端レーザ研究所のメンバーと



本研究は生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業（地域戦略プロ）LS」によるスマート精密林業技術の開発への支援を受けました。

フィンランドとのICTスマート精密林業in東京