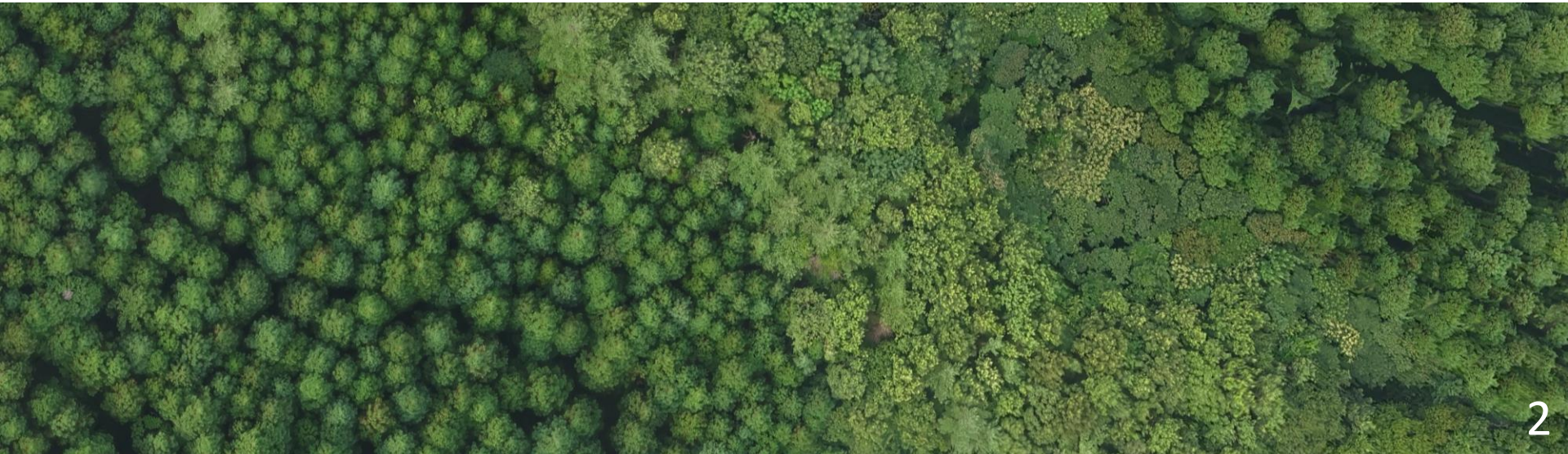
AI・ドローン等
スマート林業技術の現場実装

石川県農林総合研究センター
林業試験場　情報普及室
矢田　豊

発表内容

Ⅰ．取組の経緯
Ⅱ．調査地と方法
Ⅲ．結果
Ⅳ．開発アプリ概要
Ⅴ．まとめ／ＡＩ活用～今後の課題

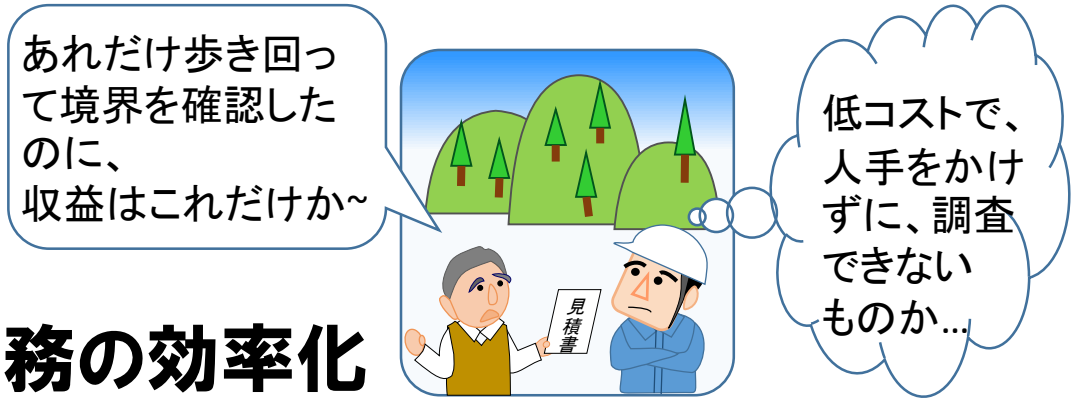


Ⅰ.取組の経緯　～林業現場の課題

戦後植栽して成長した山の
主伐をしようとしても…

【所有者】
- 山の境界がわからない！
- 高齢で山に行けない！
- 植栽のコストを差し引いたら収益が残らない！

［事業体］人手不足で境界確認や資源量調査に手が回らない！



境界明確化・森林調査業務の効率化
→　森林施業集約化の促進を！

これまでの取り組み

石川県・県森林組合連合会・コマツ
林業に関する包括連携協定（H26）

ドローンによる**スギ人工林材積推定システム**などを構築

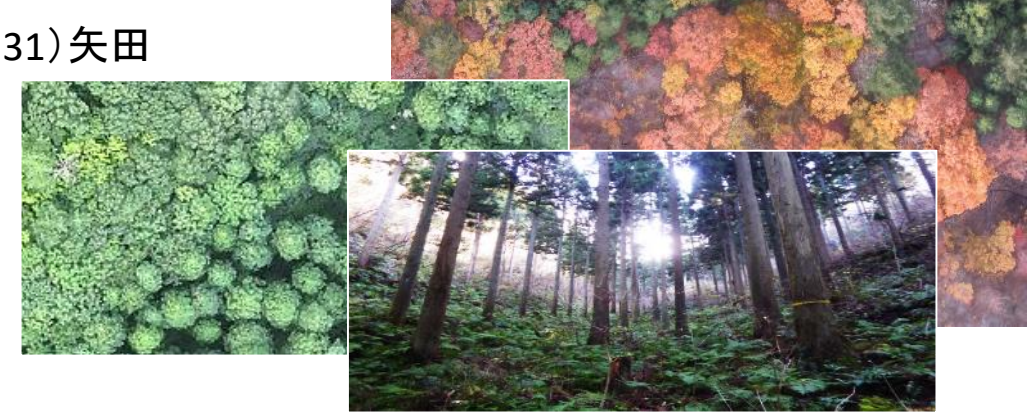
＋

コマツのクラウド LANDLOG と連携した
林業アプリ FOREST SCOPE を開発

平成30年度より、
いしかわスマート林業推進協議会
にて活用開始

山の中を歩き回らなくても材積がわかるようになった！

技術的課題と本研究の方向性



[完] ドローン空撮により低コストで高解像度森林画像が入手可能に。
[未] 画像上での境界の確認作業は手作業で手間がかかる。

[完] 上空から認識できる針葉樹人工林立木の材積推定は可能に。
[未] 上空から認識できない被圧木の材積が算入されない。
また、材価計算の際に重要なA：B：C材の情報は取得できない。

金沢工業大学での予備研究の結果を踏まえ、**AIを活用**し、
ドローン空撮等で得られた森林画像情報を自動解析

研究実施

AI（人工知能：Artificial Intelligence）

深層学習（deep learning

CNN：Convolutional Neural Network）

- 画像認識
- 音声認識
- 自然言語処理
- 翻訳

にて実用化

→ 現在の(第3次)AIブームの火付け役に

特化型AI、生成AI（後述）の主要な駆動技術

ドローン空撮画像と林内全天球画像を活用するＡＩアプリの開発（H30～R5）

生研支援センター イノベーション創出強化研究推進事業（JPJ007097および先行課題）

石川県農林総合研究センター 林業試験場 ：統括（前半）、現場実装他
金沢工業大学 ：統括（後半）、AI開発
石川県森林組合連合会 ：データ収集、境界明確化支援、実証評価
（株）エイブルコンピュータ ：アプリ開発、全天球画像活用

AI（深層学習）を活用して、森林調査を支援！

【主な取り組み課題】

a）ドローンオルソ画像とAIを活用した森林境界明確化支援

b）全天球画像とAIを活用した人工林材積・A：B：C材比等推定

c）開発したAIエンジンを活用するためのWebアプリの開発

研究の主要な成果

①AIエンジン開発

林内全天球画像 → 材積樹高、胸高直径等の6要素、A：B：C材比

ドローンオルソ画像 → （林相→）森林境界

②Webアプリ（WoodRepo®）開発

上記AIエンジン、施業提案書出力機能の他、有用な機能を実装

③ユーザーからの評価・フィードバック

実証運用：県内4森林組合　県外3森林組合、2事業体　⇔　フィードバック

アンケート：石川県外の事業体を含む6機関（回答5機関）

→「実用可能」：4機関　　作業効率化の程度：平均4割減

④マニュアル制作

山地におけるオルソ画像作成等を目的としたドローン空撮

AIエンジンの開発および精度向上のためのデータセット収集法

本日はこの中から…

本日の報告内容

Ⅱ．調査地と方法　Ⅲ．結果

０）AI開発の流れ

１）林内全天球画像から材積等を推定するAI開発

２）林内全天球画像単体の推定精度評価

３）林分全体の推定精度と測定点数との関係解析

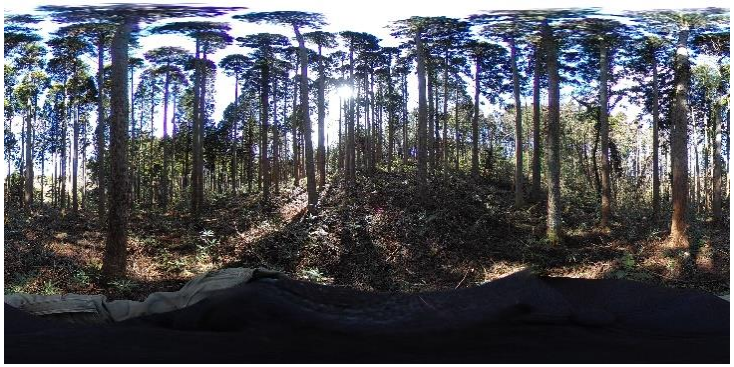
４）現場作業効率化のためのドローン活用の検討

Ⅳ．開発アプリの概要

Ⅴ．まとめ　AI活用～今後の展望

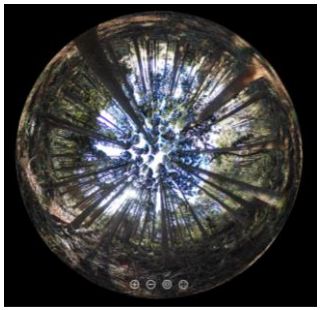
林内全天球画像

1枚の画像で、撮影地点から
360°方向の森林の状況を把握



全天球画像（正距円筒図法）
保存される画像
（横：縦＝2：1）

専用ビューア

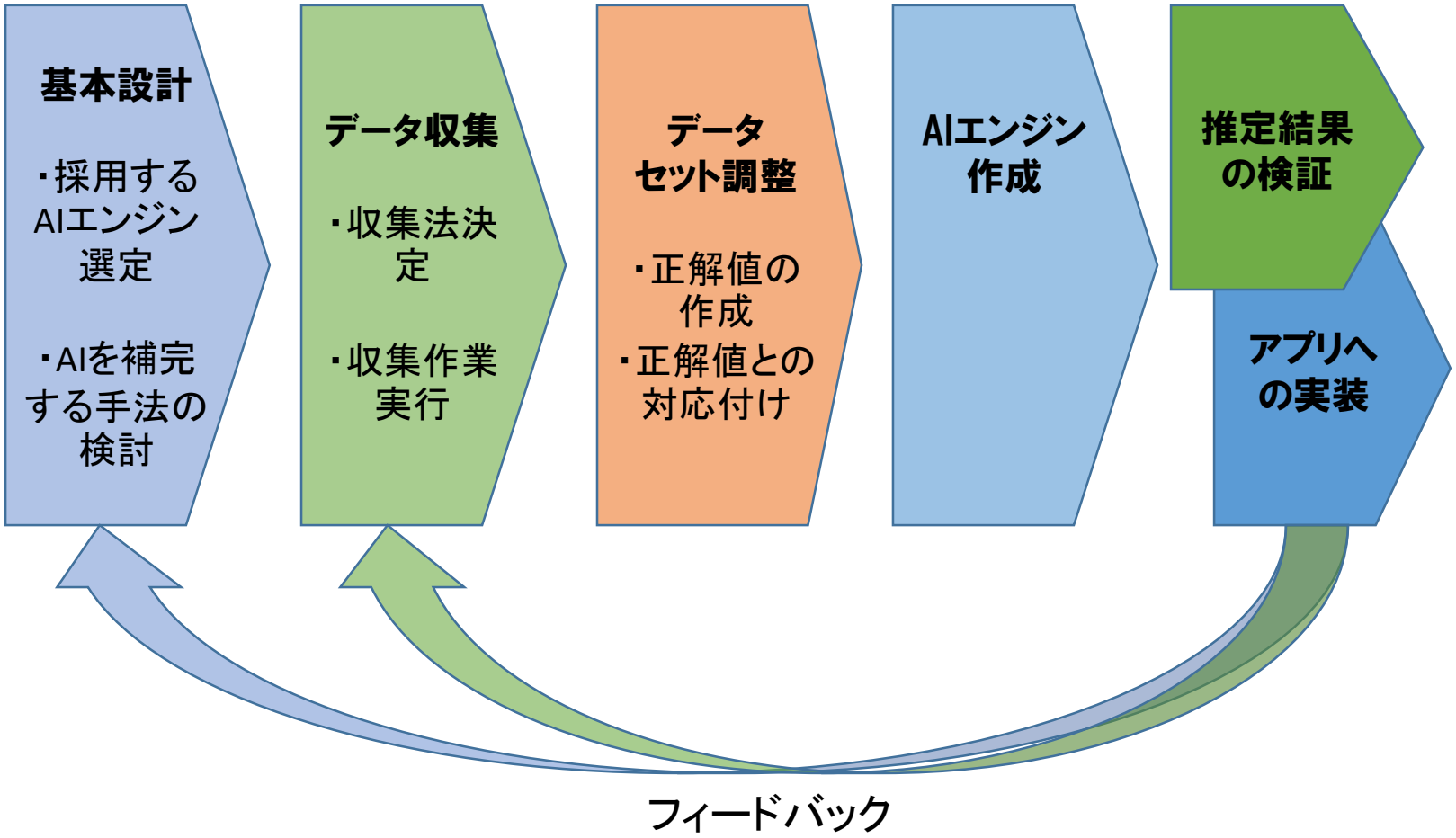


全天画像（等距離射影法）

パノラマ動画

Ⅱ.調査地と方法

０）ＡＩ開発の流れ



Ⅱ.調査地と方法

１）林内全天球画像から材積等を推定するAI開発

（学習データ）

石川県内のスギ人工林19林分　全天球カメラ：リコー THETA SC

約10m間隔で、直交する2方向各2回撮影

→　計1,148枚（データ拡張→4,592枚　別途評価用：488枚）

（教師データ）

材積、樹高、立木密度、胸高直径、〃不偏標準偏差、胸高断面積合計、矢高

地上型LiDAR（アドイン研究所 OWL）　樹高：D-H関係から推定

→スキャン・撮影地点から半径12.6m（500m^2）の各値を計算

A：B：C材比

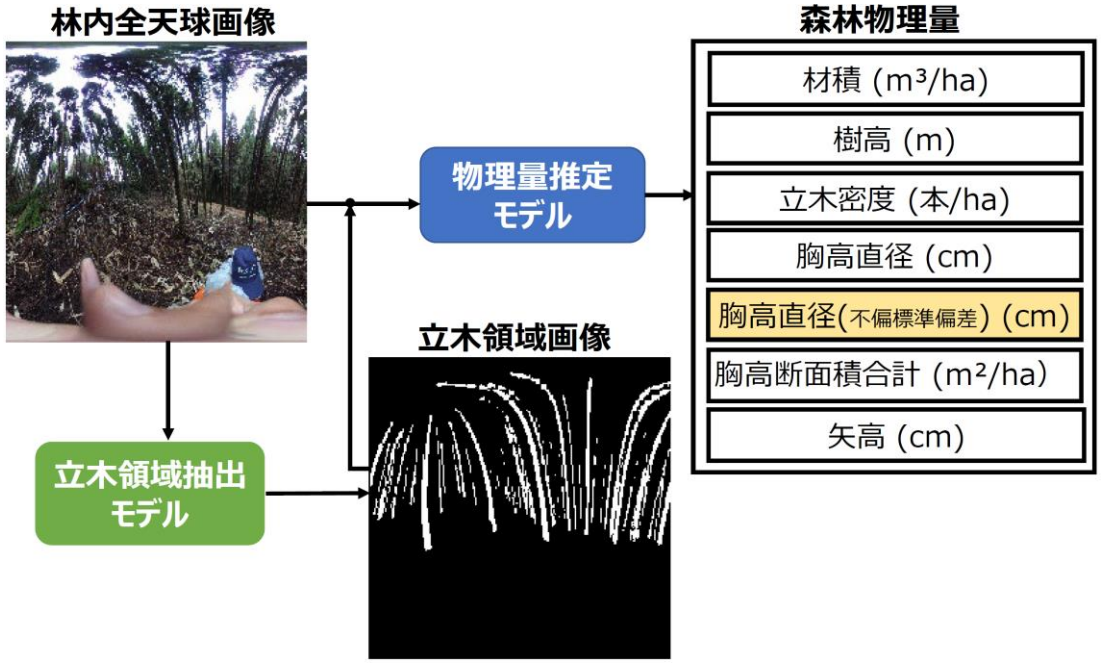
熟練者（県森連 木村、山路）が撮影地点にて目視評価

Ⅱ.調査地と方法

１）林内全天球画像から材積等を推定するAI開発～AIエンジンの開発

材積等：立木領域抽出
→ 物理量推定

A:B:C材比：A、B、Cを独立推定
→ 比換算



２）林内全天球画像単体の推定精度評価

学習に使用していない488枚の、1枚ごとの推定値と正解値を比較

３）林分全体の推定精度と測定点数の関係解析

次ページ調査地における、林分全体の平均値と毎木調査結果を比較

樹高：20本のD-H関係式を求め、全立木の樹高を推定

３）林分全体の推定精度と測定点数の関係解析
４）現場作業効率化のためのドローン活用の検討

調査地

金沢市営造林
寺津団地
スギ（58年生）
面積：2.41ha
傾斜：20°

30 m

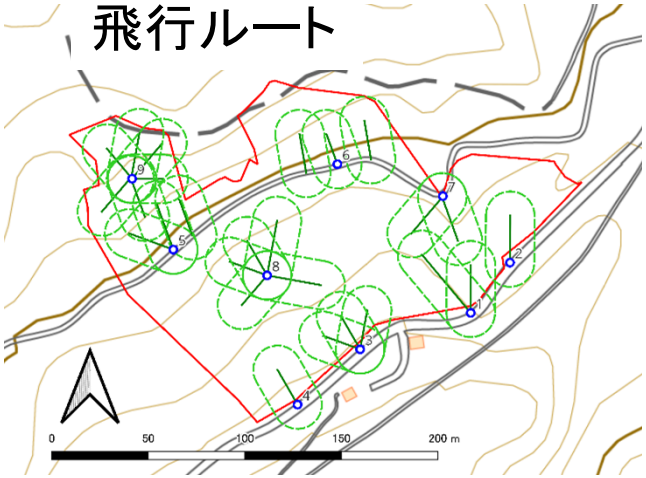
地理院地図

３）林分全体の推定精度と測定点数の関係解析
４）現場作業効率化のためのドローン活用の検討

1.計画

図上にて半径30mの調査エリアを設定

【基本】飛行ポイントから30m往復・6方向



2.外業

DJI Mavic 2 ProにRicoh THETA Vを搭載※

地上高：2m　　撮影：10秒間隔　にて、

飛行→ 作業時間等記録

3.内業

開発アプリ（ WoodRepo）にて材積を推定

4.分析

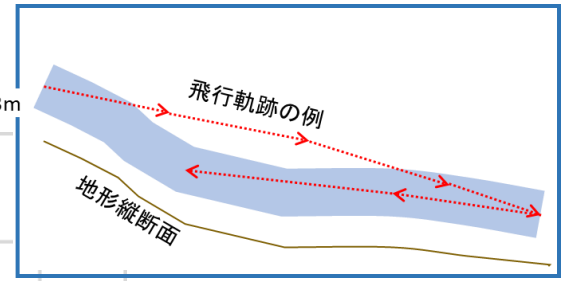
毎木調査結果との比較・検討

※ 国交省への「改造申請」が必要

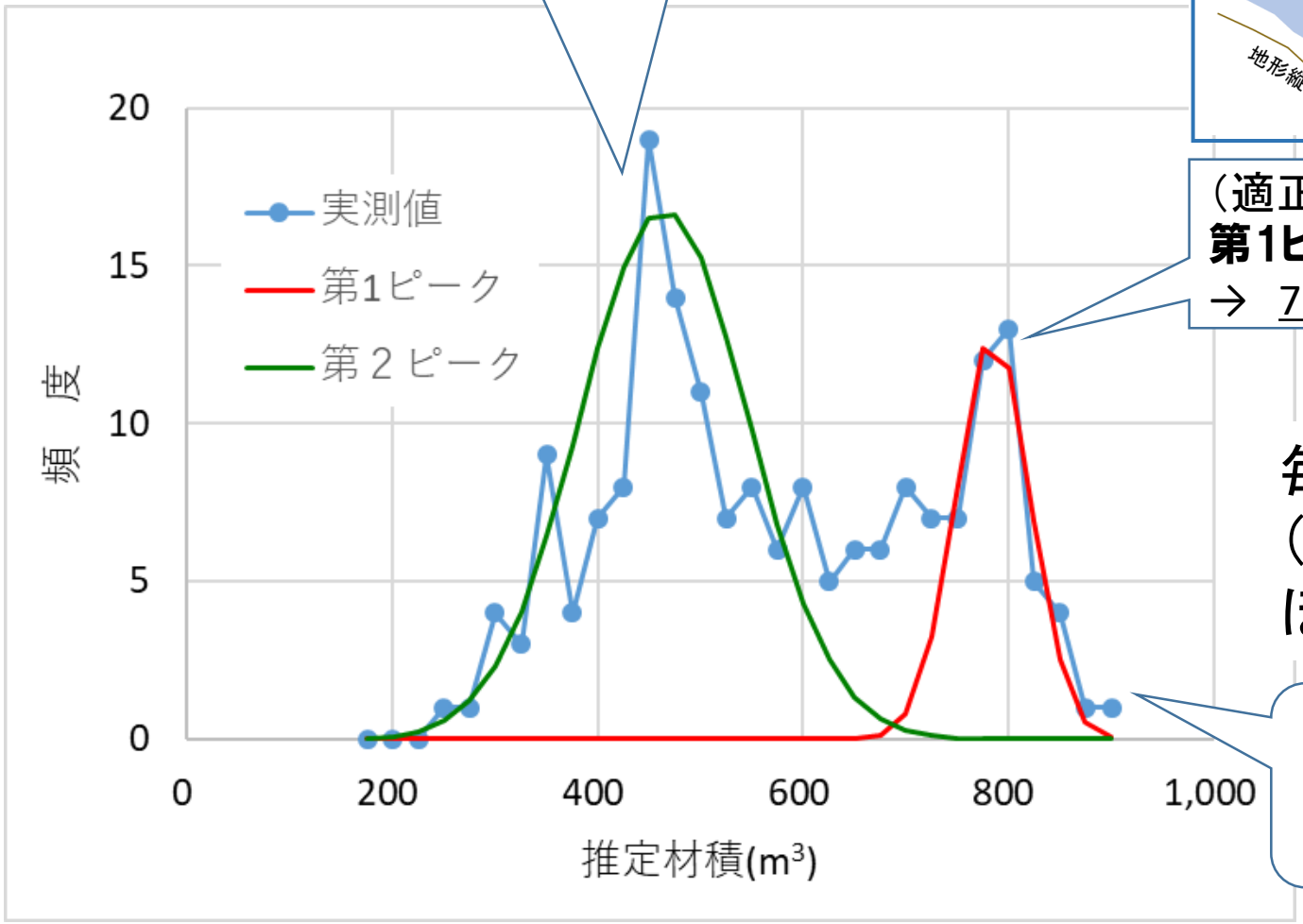
Ⅲ．結果

３）林分全体の推定精度と測定点数との関係解析

飛行高度のズレ等による不適値



（適正な撮影画像による）
第1ピーク所属値の平均
→ 777m³/ha



毎木調査結果（776m³/ha）と、ほぼ一致

GRG非線形計画法（Excelのソルバー機能）により、分離

Ⅲ．結果

３）林分全体の推定精度と測定点数との関係解析

（第1ピークに属する）全画像データ

：47点、撮影間隔23m、20点/ha相当

↓

手持ち撮影の場合、

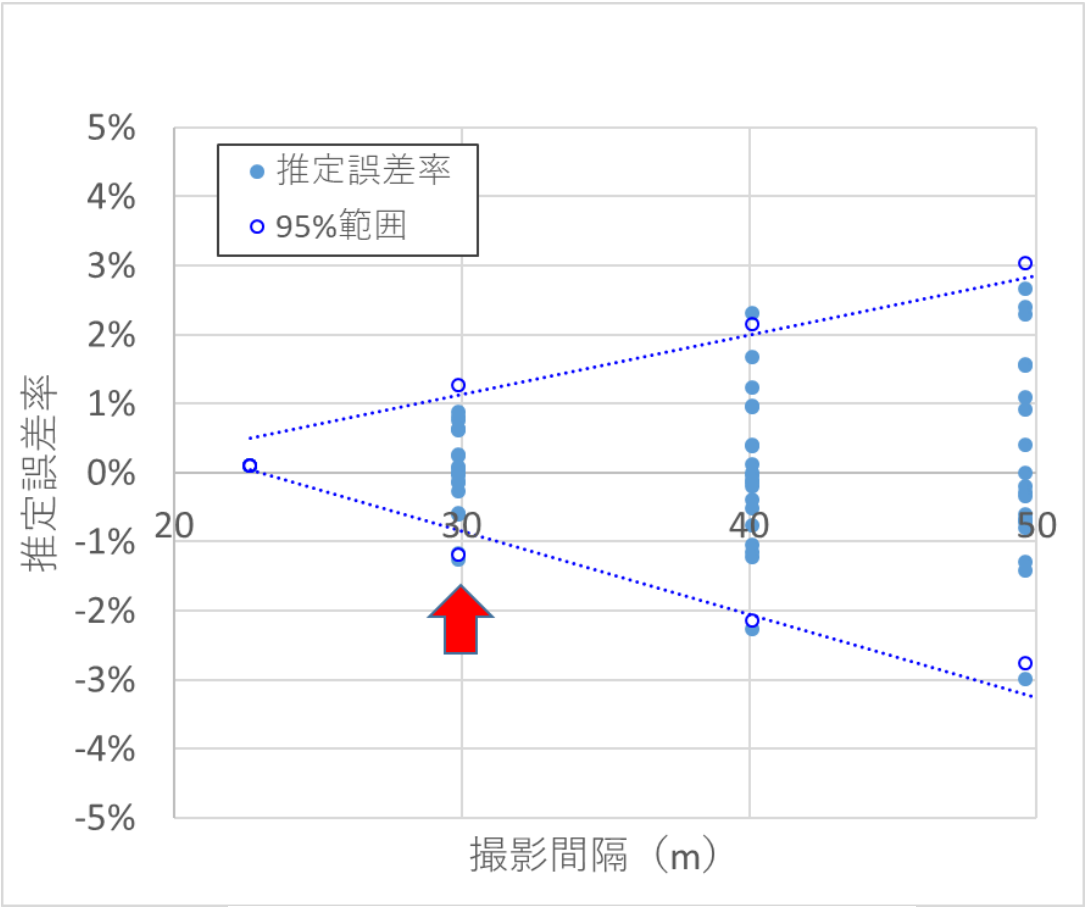
どのくらい、撮影作業を減らせるか？

↓

ランダムに一定数の画像を20回抽出し、推定誤差率の傾向を確認

↓

撮影間隔が30m（⬆約10点/ha）にて、危険率5%（20回の試行中19回）で、推定誤差率が±1.3%



撮影間隔と誤差率の関係

Ⅲ．結果

４）現場作業効率化のためのドローン活用の検討

外業：毎木調査（4.6人日/ha）の　約15/1（0.3人日/ha）

内業：20分弱　（WoodRepo使用）

全天球カメラ手持ち撮影作業（同林分内0.36ha範囲）との比較

空撮：18分（＋準備・撤収・移動：50分）　　手持ち：20分

→ ドローン空撮より手持ち撮影の方が、3.4倍速く作業実施

→ 今回の（小面積での）比較条件では、ドローン空撮による作業効率化は認められず（大面積の場合等には…）

Ⅳ．開発アプリ概要

WoodRepo®

森林施業を
もっと効率的に

WoodRepo 3つの特徴

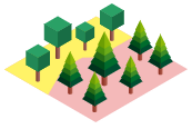
01

効率的に
材積などを計測

全天球画像を林内で撮影しアプリにアップロードすることで材積推定量を算出

02

樹種を判別し
所有界を明確化



ドローンで空撮した画像をもとに樹種をAIで判別、さらに境界を明確化

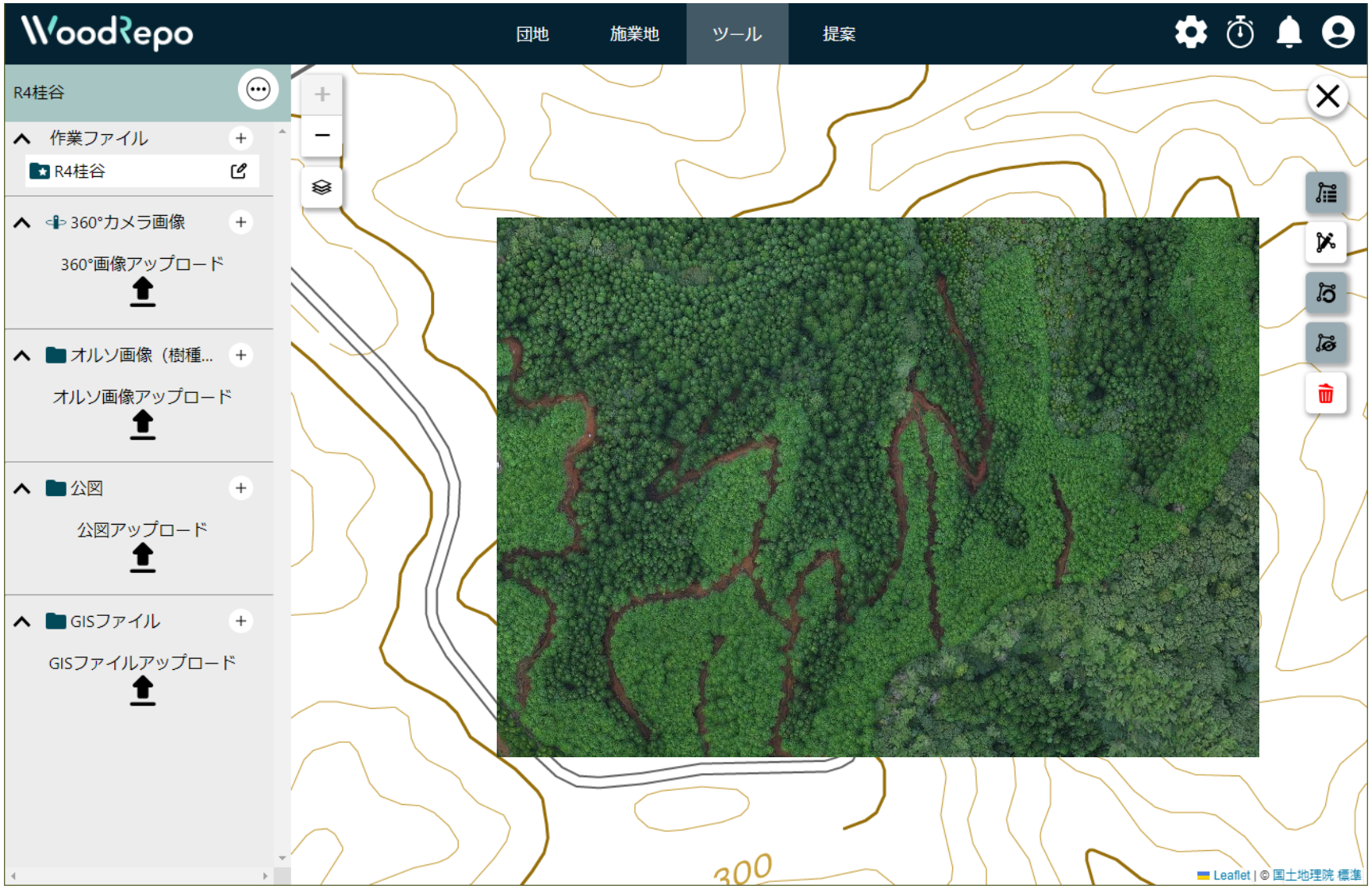
03

提案資料を
カンタン作成

アプリにアップロードすることで材積推定量をAIで算出

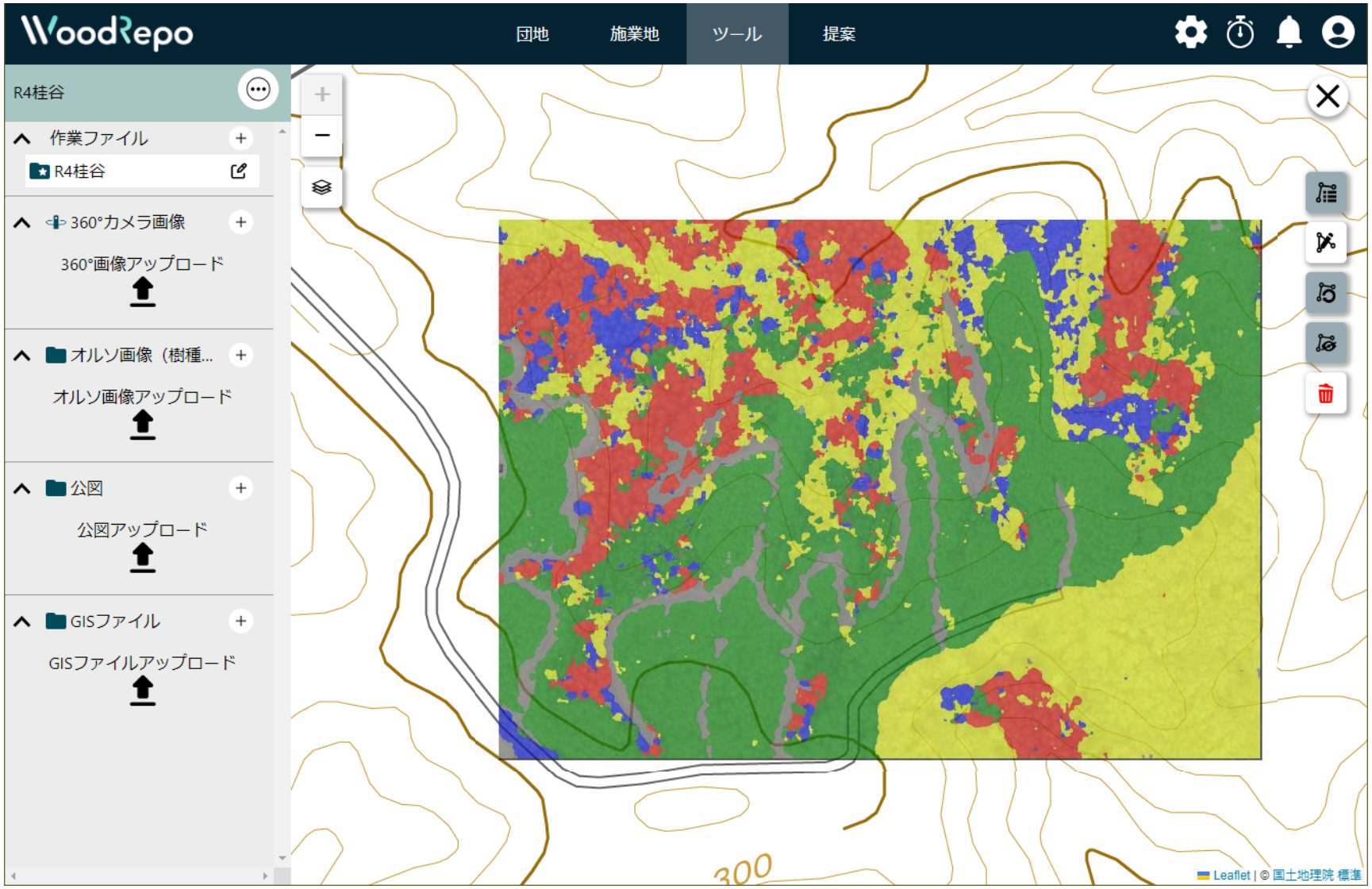
WoodRepo® 画面紹介

森林境界明確化支援



WoodRepo® 画面紹介

森林境界明確化支援



WoodRepo® 画面紹介

人工林材積、A:B:C材比等推定

Ⅳ. 開発アプリ概要　WoodRepo® 機能一覧

機能分類	項目
境界明確化支援	・オルソ画像のアップロード・表示 ・オルソ画像からの林相区分・表示 ・地形（尾根線、谷線）の強調表示 ・公図等参考画像の表示、変形 ・ポリゴンの描画・ダウンロード　…
材積・A:B:C材推定	・全天球画像のアップロード・表示 ・全天球画像からの材積・A:B:C材推定 ・地図上の像撮影位置のピン表示 ・ポリゴン内の材積、A:B:C材推定 ・推定結果のダウンロード　…
施業提案書作成	・森林経営計画制度に沿ったデータ構造 ・売上・経費・運賃、伐採材積・面積に基づく事業費の積算、補助金の選択 ・所有者への提案を行うためのプレゼンテーション支援　…

Ⅳ. 開発アプリ概要

実用度評価

石川県外の事業体を含む６機関にアンケート

・回答のあった5機関のうち４機関（８割）から、実用可能との評価

・作業効率化：平均4割減

今年度より実働

金沢市営林、能登森林組合

（南加賀指導区内県営林でも検証中）

Ⅴ.まとめ　ＡＩ活用～今後の展望

プロジェクト全体の主要成果 → P8

まとめ

１）林内全天球画像から材積等を推定するAI開発

↓

２）林内全天球画像単体の推定精度評価

・材積：全評価画像中59%で誤差10%以内、同85%で誤差±20%以内

・樹高、胸高直径等でも、同等かそれ以上の推定精度

３）林分全体の推定精度と測定点数の関係解析

・評価林分の毎木調査の材積計算値と、ほぼ一致

・撮影間隔を30m（約10点/ha）にした場合、誤差1.3%以内（危険率5%）

４）現場作業効率化のためのドローン活用の検討

・毎木調査の1/15、手持ち撮影の3.4倍（小面積での評価）

AI ～ 活用の課題

・学習データセットの用意に多大な労力

（開発の第1段階で…）

オルソ画像・全天球画像：各約30林分

→異なる地域/撮影条件/林相等で、推定精度が低下する可能性 → 学習データの追加・再調整

・（オルソ画像の処理の場合、）解析時間が1林分あたり数時間 ← 運用コストも考慮した結果

【参考】AI進化の過程

予測AI
特化型
- 予測・分類などに特化
- 未来予測や価値最大化
- 第3次AIブームをけん引

生成AI
汎用性
- 大量知識を事前学習
- 言葉で対話・指示
- 文書・画像を生成

AIエージェント
自律性
- 人の指示を作業分解
- 計画、実行、思考錯誤
- 複雑な問題を解決

汎用AI
人間レベルの知能
- 高度な汎用性×自律性
- 未知の問題にも対応
- 設定次第で人の道具？

超知能
人類全体に匹敵・凌駕
- さまざまな実現シナリオ
- 継続的に自己改良
- 異種？ 人と敵対の懸念

三菱総合研究所 https://www.mri.co.jp/knowledge/opinion/2024/202412_1.html

AI活用：現在～今後の展望（私見）

特化型AI ～煩雑/専門的な（デジタルベースの）作業を効率化/自動化

各種リモートセンシングデータ処理／成長・収穫予測／木材検知業務／
林業機械（ドローン・ロボット）の自動運転　など…

生成AI（→ AIエージェント → 汎用AI）

施業提案・研修・学習・普及用コンテンツ生成
各種分析業務支援→経営・施策等計画支援
林業機械（ドローン、ロボット）の自律運転
気候変動/経済変動予測等を踏まえた林業生産系のシミュレーション
など…

- 森林ビッグデータの効率的取得（デジタル化）
- 森林・林業分野のAI（開発・）精鋭人材の育成

} が、必要

◎ 個人情報保護　セキュリティ対策に留意

謝　　辞

新技術の検証にご理解・ご配慮・ご協力いただいている森林所有者・管理者各位、県・市町関係各位

包括連携協定の下、スマート林業の取り組みに連携して取り組んでいただいている(株)小松製作所および関係会社・県森連関係各位

石川県森林・林業画像認識AI研究開発コンソーシアム、「知」の集積と活用の場®スマート林業研究開発プラットフォーム関係各位

研究の推進等において支援いただいた、歴代場長をはじめとする林試関係各位

厚く御礼申し上げます。

ご清聴、ありがとうございました。