

M2M・IoT 研究会 第21 回専門部会セミナー(2024.10.23 藤沢商工会館)

スマートフォレストリー: 林業DX を目指したメカトロニクス技術



東京電機大学 未来科学部 ロボット・メカトロニクス学科
岩瀬 将美

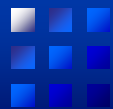
□ 本研究は多くの方のご支援をいただいております。
皆様に感謝申し上げます。



★本プロジェクトの一部は埼玉県先端産業プロジェクトの支援をいただきました。

★また、本プロジェクトの一部は福島国際研究教育機構（F-REI）の委託研究に採択されております。

(C) TDU IWASE Lab 2024



山林と林業

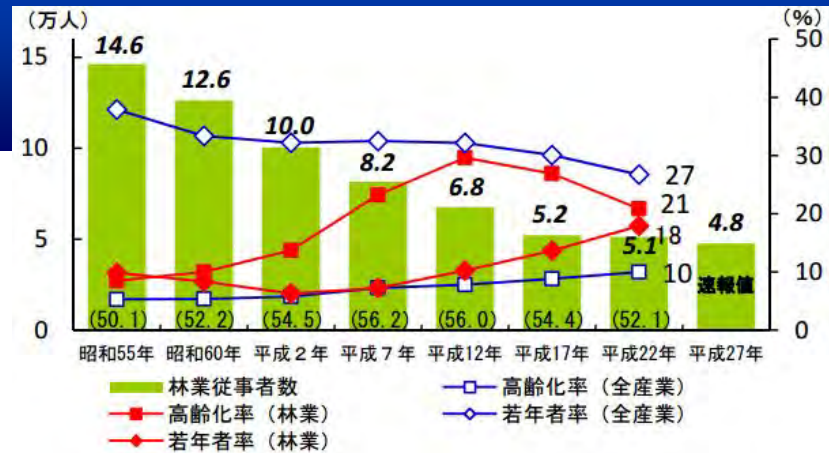


林業の現状(問題点)



間伐が行われないと...

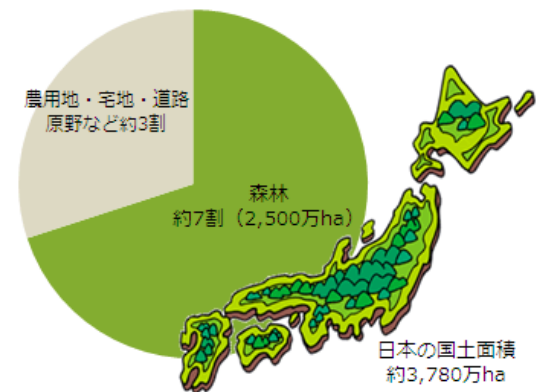
- 土壌が失われ、土砂崩れの原因になる
- CO₂吸収量が低下する
- 病虫害が発生しやすい



産業別事故発生度合^[1]

区分	平成20年	平成21年	平成22年	平成23年	平成24年注	平成25年
全産業	2.3	2.0	2.1	2.1	2.3	2.3
林業	29.9	30.0	28.6	27.7	31.6	28.7
鉱業	14.0	14.2	13.9	13.9	9.9	12.0
建設業	5.3	4.9	4.9	5.2	5.0	5.0
製造業	3.0	2.5	2.6	2.7	3.0	2.8
木材製造業	8.3	7.2	7.4	7.9	13.1	11.4

日本の森林率
(国土面積に占める森林面積の割合)



※画像元は政府広報オンライン

国土面積に占める森林面積7割

先進国では1:フィンランド, 2:スウェーデン, 3:日本
5割(1300万ha):天然林, 4割(1000万ha)人工林

A 3x3 grid of squares showing a color gradient. The top-left square is white, and the color transitions through light blue to dark blue in the bottom-right square.

□ 評価額は70兆円/年^[2]

- 森林面積は国土の2/3

→ その内4割が人工林

✓ 植栽, 下刈り, 間伐, 主伐

→ 50%以上が主伐期

□ 林業の現状^[2-4]

- ## → 輸入材の増加（自給率3割）

✓ 安価, 大量ロット, 安定供給

→生産量の低下 (ピークの4割)

→ 林家の平均所得 (11万円/年)



図3: 森林の多様な価値 (イメージ) [2]



図4: 日本の木材生産量と自給率の推移^[4]

林業の活性化が不可欠

[2] 林野庁, “森林・林業・木材産業の現状と課題”, Jan. 31, 2017

[3] 林野庁, “平成27年度 森林・林業白書”, May 17, 2016

[4] 林野庁, “平成27年木材需給表”, Sep.27, 2016

林業活性化＝炭素・エネルギー循環



※画像元は政府広報オンライン

現在の林業における問題点

林業資源の価値低下とコスト増

造林補助金: およそ35万円/ha(330万haの間伐整備を行うと約1兆1500億円)

補助金に頼らない林業のためには

素材生産量として主伐13m³/人日

(現状の平均的な生産量が2~6m³/人日)

造林・保育コスト2割縮減

主伐生産量増加には高性能林業機械(ハーベスター, プロセッサー, グラップラー, フォワーダ等)の導入が有効

効果的な利用: 幅員3.5m以上, 180~200m/haの高密度路網整備が必要

小さな区画毎に所有者が異なるような日本の場合, 大規模化がしづらいという課題がある。



◎タワーヤーダ
切り倒した木を作業場所まで集めるための機械。6~10m程度のタワーの先からワイヤーロープを張って木を集める。移動が容易にできるのが特徴。



◎プロセッサー
切り倒した丸太に切りこめることができる



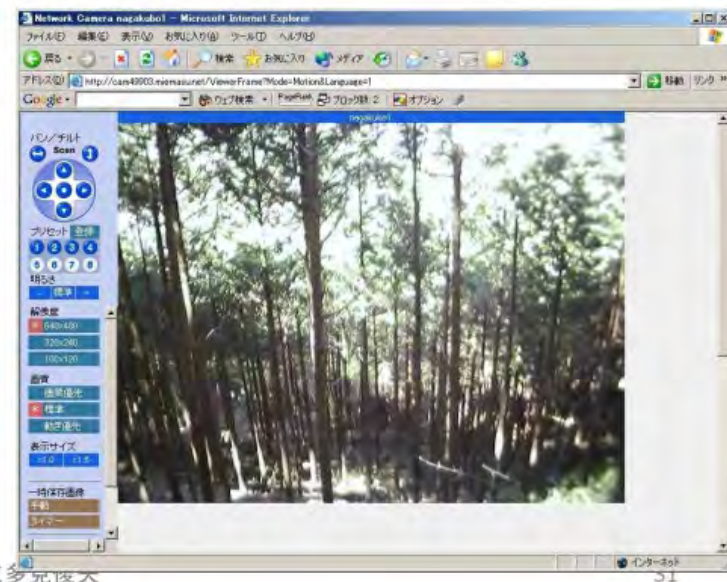
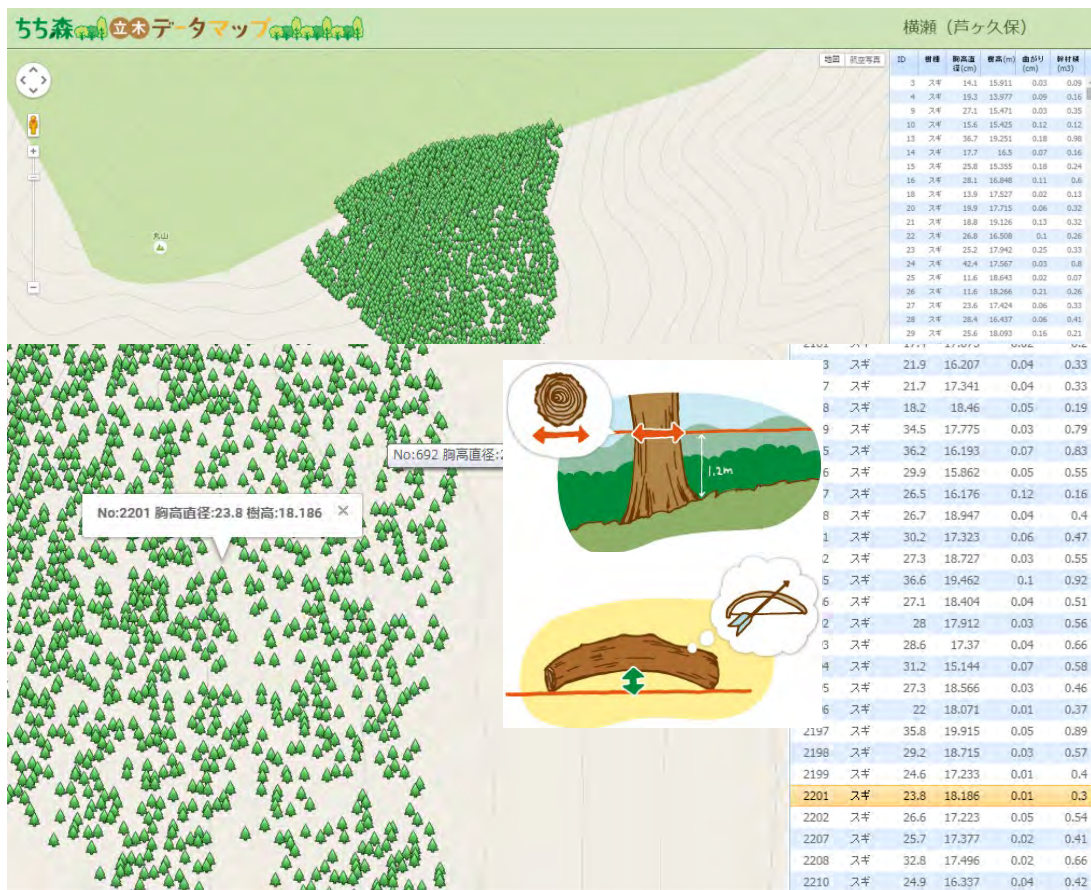
◎ハーベスタ
立木を伐倒し、枝を払って、丸太に切りつめ、集積することが1つの作業機で行える機械。



◎スイングヤーダ
油圧のショベルカーにウインチを搭載した機械。旋回可能なアームがタワーの代わりとなっており、ワイヤで木を集める。

秩父地域森林林業活性化協議会

ちち森立木データマップ



A 3x3 grid of squares showing a color gradient. The top-left square is white, and the bottom-right square is black. The colors transition smoothly from white to black across the grid, with intermediate shades of gray and blue.

・スマートフォレストリー

イ) ビジネスモデル・フィージビリティスタディ 検討

システムを活用した生産者及び所有者等のそれぞれの立場において考えられるビジネスモデルの検討及びフィージビリティスタディを行い、システムの最適化にフィードバックする。

【機能化森林GIS→行政・森林組合等】

会員制(双方向・マッチング)サービス等



【森林・ユー・ビジネス】
本機能化森林GISで
構築・展開される事業
・高生産性林業
（競争力高い）
・バイオマスエネルギー事業
・植林・育林事業
・コンサルティング事業
等

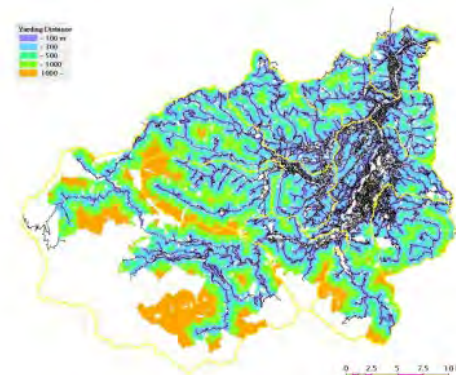
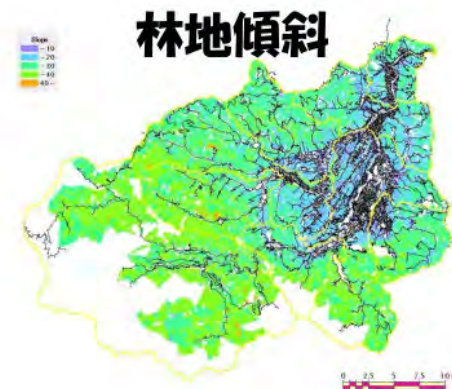
販売コスト	58,000円			
材料費	材料	労務費	管理経費	雑費
製造	75,000円	1,000円	2%	
人件費合計	804,000円			
労務費	労務	材料	管理経費	雑費
金額	26,000円	100円	2,000円	40円
マシーナークラスター	60,000円	C	2,500円	12円
作業員	940,000円	D	1,500円	40円
作業日数	6日			
生産性	50台/毎日1人/1人/台			
コスト合計	1,870,000円			
収入	1,356,000円			
				投入超過額

シミュレーション可能



小班と道路端土場の位置関係
(図中で緑線は小班界、茶線は道路を示している。)

集材距離

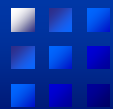


その他、工程、機械等の
条件を変えて各種ビジネス分析が可能

プロジェクトの目的・目標



林業計画
伐採指示
作業指示



プロジェクト概要



実証実験フィールド



LiberaWare
CO., LTD.

INDUSTRY
NETWORK
インダストリーネットワーク株式会社

enRoute

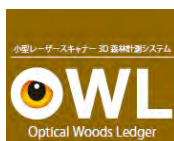
×

TDU

ドローンによる森林調査の研究開発



スマートフォレストリー
仁多見先生



森林レーザー計測技術の普及



アドイン研究所様



Smart
Forest IRT
Project

スマート林業（森林組合）
・森林計画へのデータ利活用
・施業の**高安全・高効率化**
・林業の振興と持続的な森林管理

森林組合様

森林の育成
・次世代につながる森づくり
・サステナブルな森の恵み
・CO2循環
・里山-きのこ-山菜

森林保全
・CO2吸収率増加-
地球温暖化防止
・生物多様化
・土壌保全-災害防止
・水源涵養





従来の森林計測



人による森林調査 (毎木調査) [5]

- 胸高直径: 分解能2cmの輪尺で計測
- 樹高: 三角測量による推定値
- サンプル調査: 統計的に算出



リモートセンシング (衛星, 航空機) [6]

- 上空数百mから計測(画像やレーザセンサ)
- 樹高や位置の推定
樹冠と地面の差から統計的に推定

関連研究①：リモートセンシング

□ 方法：リモートセンシング（衛星，航空機）^[6]

→ 上空数百mから計測（画像やレーザセンサ）

→ 材積の推定

✓ 樹冠と樹高から直径を統計的に推定

スマート林業では...

□ 利点

→ 効率的：数千ha規模も計測可能

□ 問題点

→ データ量：形や曲がりが計測不可

→ 低精度：推定値のため，
単木単位の計測不可

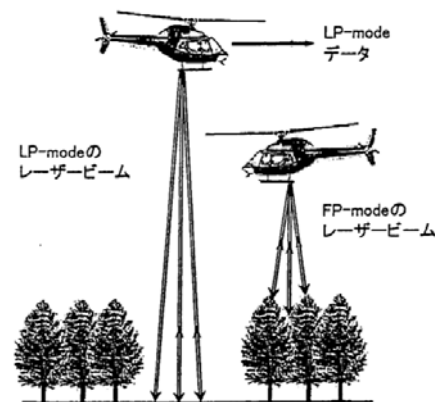


図6：リモートセンシングの概念^[7]

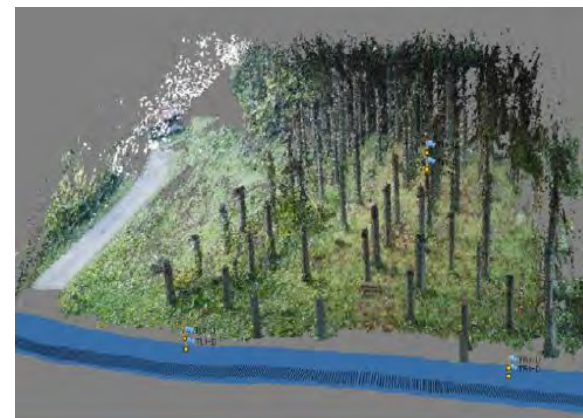
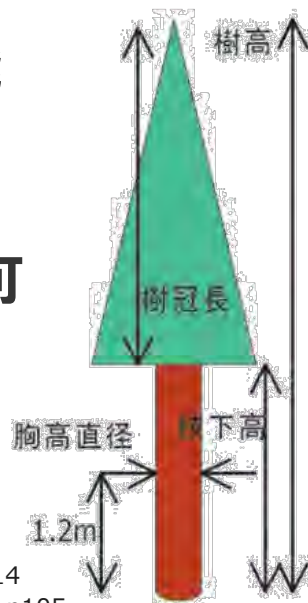


図7：画像解析により
生成した3Dマップ^[8]

[6] 北海道立総合研究機構，“リモートセンシングにおける3次元情報解析技術の開発”，2014

[7] 大政謙次，“農業・環境分野における先端的画像情報利用”，社団法人農業電化協会，p105

[8] 米康充，“航空写真を用いた森林資源とその賦存量可視化システムの開発”，島根大学，Aug.28,2015

関連研究②：人によるレーザ計測

□ 方法：人×レーザセンサの計測

→ 森林内からレーザ計測

スマート林業では...

□ 利点

→ 高精度：胸高直径の推定誤差2cm以内

→ データ量：豊富で計画性の向上

✓ 胸高直径, 樹高, 曲がり, 位置, 間伐率 etc.

→ 単木単位で計測可能

□ 問題点

→ 計測時間：4時間/ha

→ 安全性：急斜面な箇所での計測

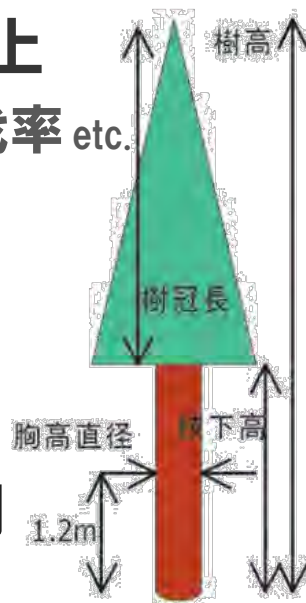


図9:OWLによる計測



提案手法・コントリビューション

□ 方法

→ **ヘキサコプタ**で**森林内**から計測

□ 利点

→ **高効率**: 15分/ha を目指す

→ **高精度**: 人×レーザ計測と同程度

→ **高安全**: 人が入れない危険地帯も計測可能

□ 問題点の対策

→ **航続時間**: エンジン駆動 1～2時間

→ **操縦性**: 半自動制御 林業従事者も操作可能



図10:エンジン駆動ヘキサコプタ



図11:電動ドローンによる林内飛行

スマート林業の実現⇨森林保全に貢献

[1] (株)アドイン製作所, “森林3次元計測システム「OWL」”, Feb. 2, 2017

[9] Zenoah, Gasoline-engine: G260PUH1 (29mL)



課題・アプローチ：全体概要

□ヘキサコプタの飛行制御

→機体の設計製作^[10]

→安定したホバリング ... 森林調査へ

✓姿勢角度制御

✓高度・位置維持制御

→衝突回避制御 ... 誰でも使える

✓ Simultaneous Localization And Mapping
による自己位置推定とマッピング^[11]

✓衝突回避の制御系設計

□森林資源の推定

→SLAMで得た点群から、
直径、樹高、曲がり、地表面などを推定^[12]

✓姿勢角・位置を推定し、偏差を補正



動画2：飛行実験の様子



[10] 設計・製作, Industry Network Co., Ltd. Group

[11] 共同研究, 株式会社Liberaware

[12] 共同研究, 株式会社アドイン研究所

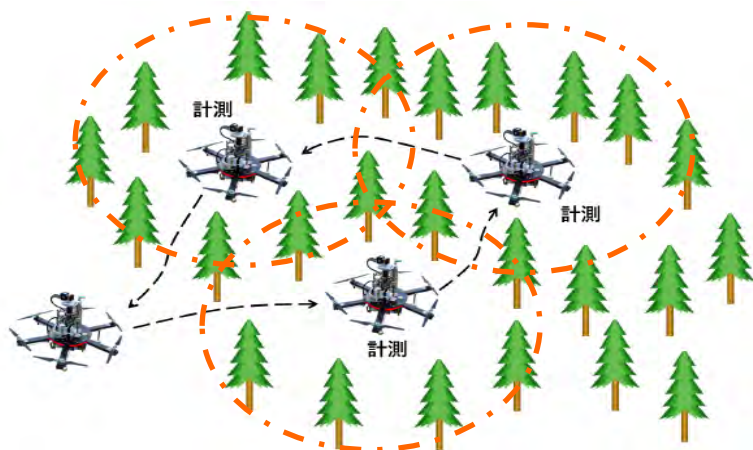
提案手法

□ システム構成

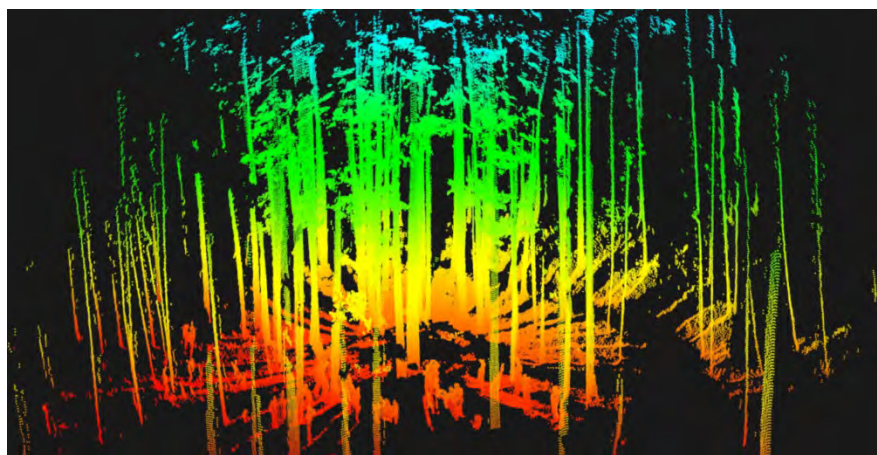
- レーザーセンサにより三次元の点群データを取得
 - ✓ ステッピングモータでレーザーセンサを回転
- 森林内を飛行し複数地点で計測
 - ✓ ホバリング状態で木々を計測
- 各地点の点群データを結合しマップを作成



システム構成



森林調査イメージ



樹林の点群データ

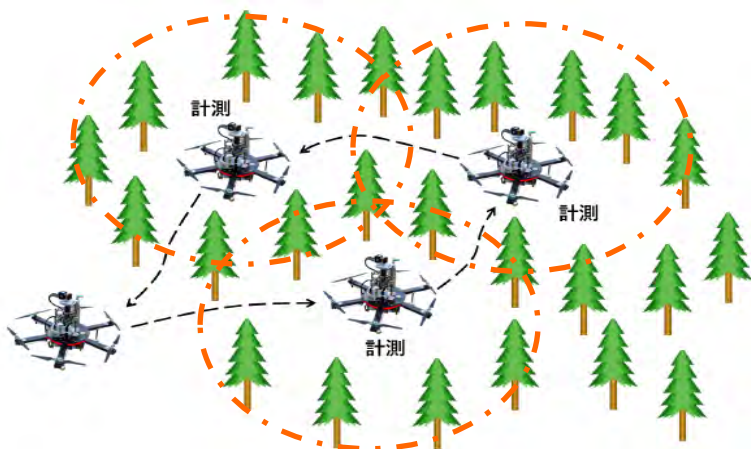
提案手法

□ システム構成

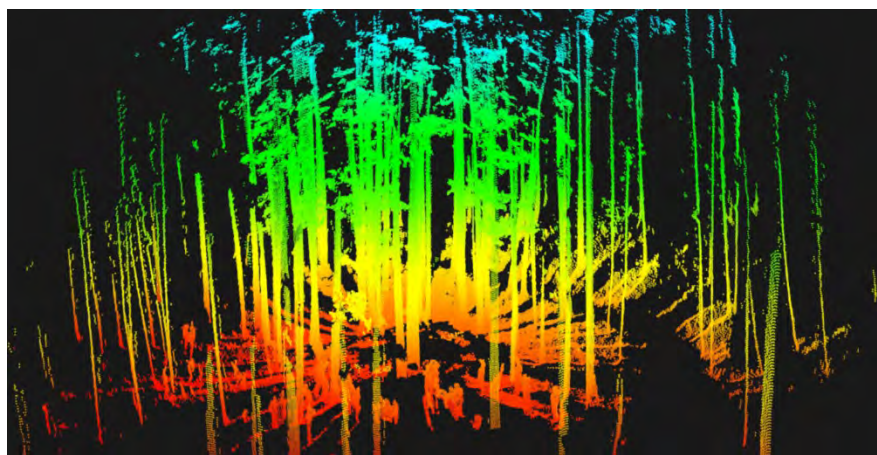
- レーザーセンサにより三次元の点群データを取得
 - ✓ ステッピングモータでレーザーセンサを回転
- 森林内を飛行し複数地点で計測
 - ✓ ホバリング状態で木々を計測
- 各地点の点群データを結合しマップを作成



点群データ取得中



森林調査イメージ



樹林の点群データ



エンジン型ドローンによる森林計測





エンジン型ドローンによる森林計測

□ エンジン型ドローン三次元スキャナーを搭載 森林計測



表:エンジンドローン仕様

タイプ	NCE-013
全長	1300mm
全幅	1300mm
全高	550mm
機体重量	5.9kg
エンジン	ゼノアG260PUH1(29CC)
燃料	混合ガソリン 1L
開発製作	インダストリーネットワーク・東京電機大学

表:三次元スキャナ仕様

測定距離	30m
測定範囲	270°
ステップ数	1,080ステップ
ステップ角	0.25°
スキャン時間	25ms

サステイナブルなエネルギー・炭素循環を支える スマートフォレストIRT(平成28年度総括)

- 埼玉県産学連携研究開発プロジェクト補助金事業
日本の新たな林業モデル「スマートフォレストリー」
を創発する情報-ロボット融合技術(IRT)の開発

方法

- 国内木材価格の低迷に負けず林業を立て直すためには、「どこに」「どのような木がある」のかを**正確にデータ化**し、需要にタイムリーに応え、効率的な生産計画を立案し、適切な作業指示に落とし込み、生産性の向上、作業安全性の向上が重要
- **エンジン型ドローン** + **三次元スキャナー**によって、毎木調査の**高効率化・高安全化**を図る



三次元スキャナーを搭載した
エンジン型ドローン

結果

三次元スキャナー画面



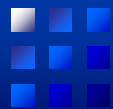
実際の計測対象



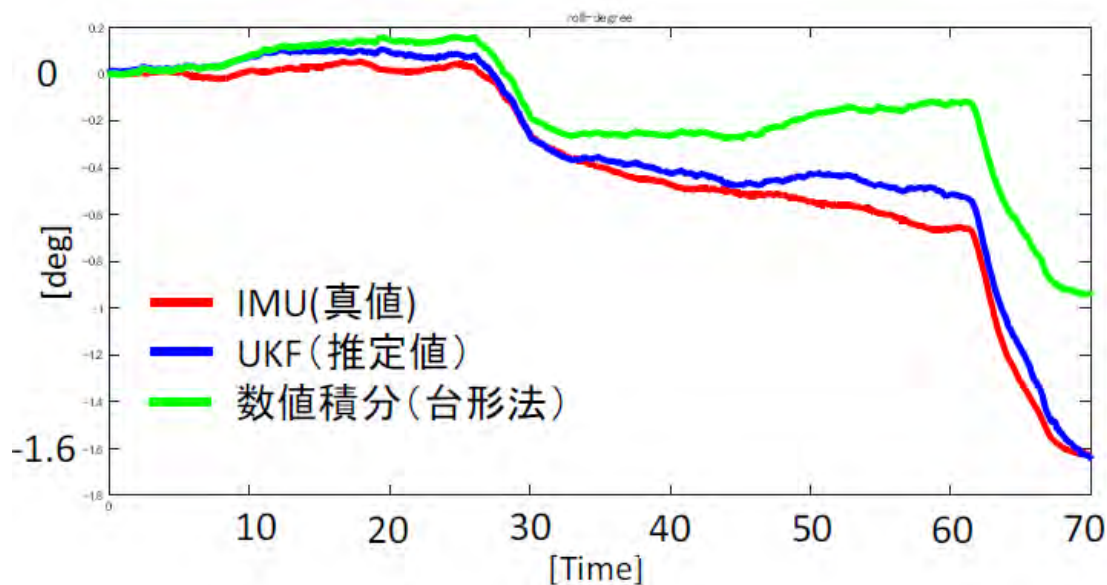
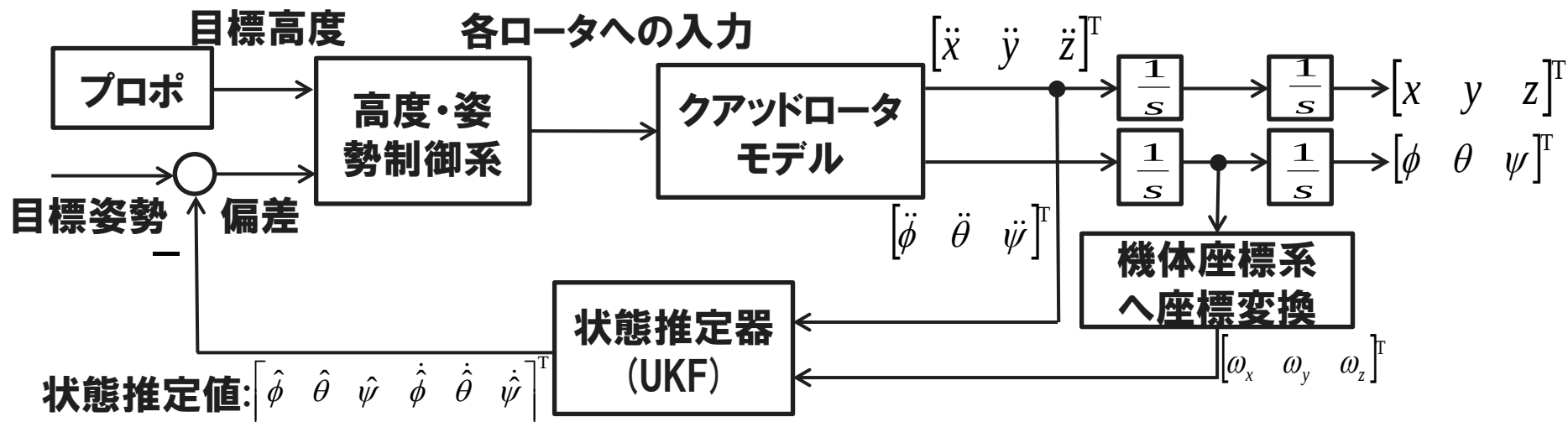
- ドローンに搭載した三次元スキャナーが的確に前面の木々を捉えている
- エンジン型ドローンは長時間(1hour/回)飛行が可能



開発したドローンによる
林スキャン実験



高精度IMU補正





姿勢角変動補正の検証実験

□ 計測システムを傾斜させながら点群データを取得

→ 計測対象: 丸太 (直径 28 cm, 高さ 40 cm)

レーザ一センサ

ステッピングモータ

慣性センサ

回転中心

計測システム

計測対象(丸太)

点群データ(補正前)

点群データ(補正後)

補正式による姿勢変動の補正を確認

Page 23

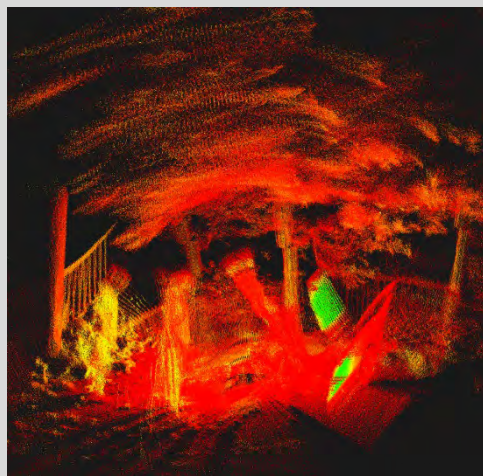
(C) TDU IWASE Lab 2024

10

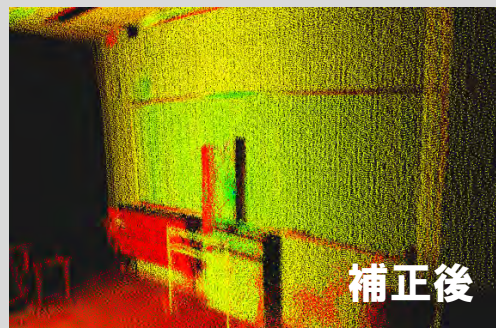
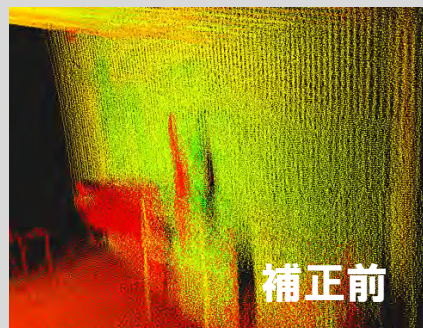


エンジン型ドローンによる森林計測

□ドローンの揺れが与える三次元計測への影響低減



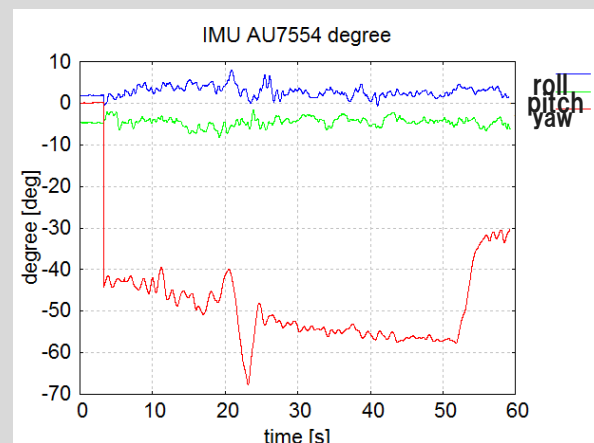
(左)実際の樹木、(右)エンジン型ドローンでホバリング時のスキャン結果。ドローンの揺れが計測結果に影響を及ぼしている。



同次変換行列+IMU(慣性センサ)により、ドローンの揺れの影響を低減化する

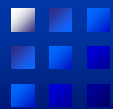
$$p_{gro.} = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & l\sin(\theta)\sin(\theta) \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & l\sin(\phi)\sin(\theta) \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & l\cos(\phi)\sin(\theta) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} p_{cam.}$$

(上)同次座標変換、(下)慣性センサ



群馬県利根郡 実証実験





点群データの結合実験

□ ドローンで計測した点群データを結合

→ 格子状(3×3)に9箇所で計測 (10 m 間隔)

→ ドローンの位置変動の補正なし (姿勢角の補正のみ)



計測環境

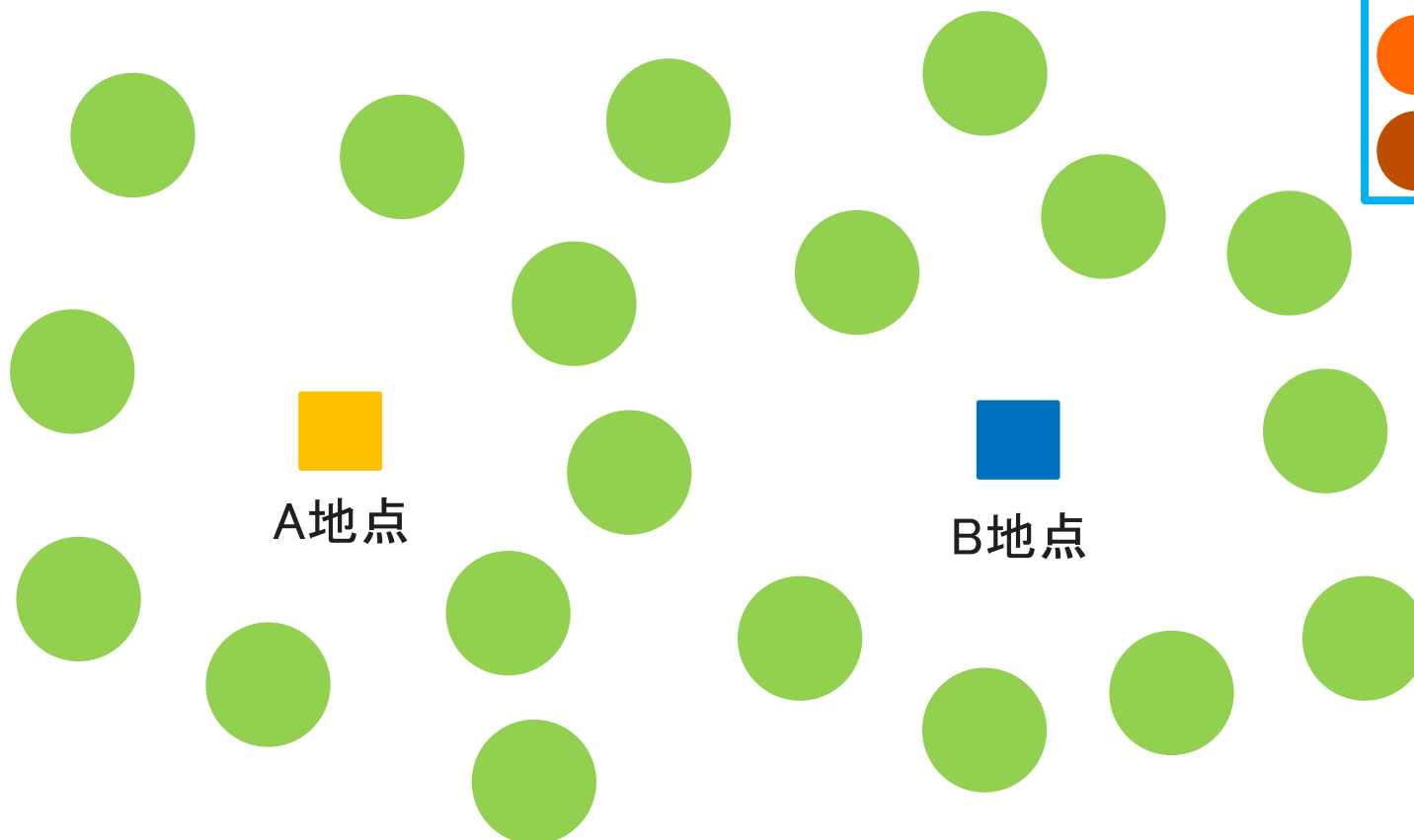
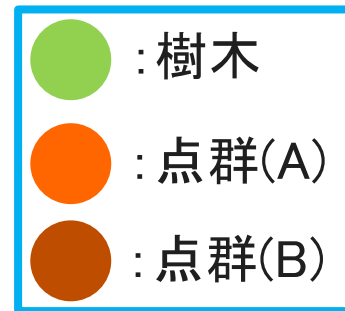


計測中



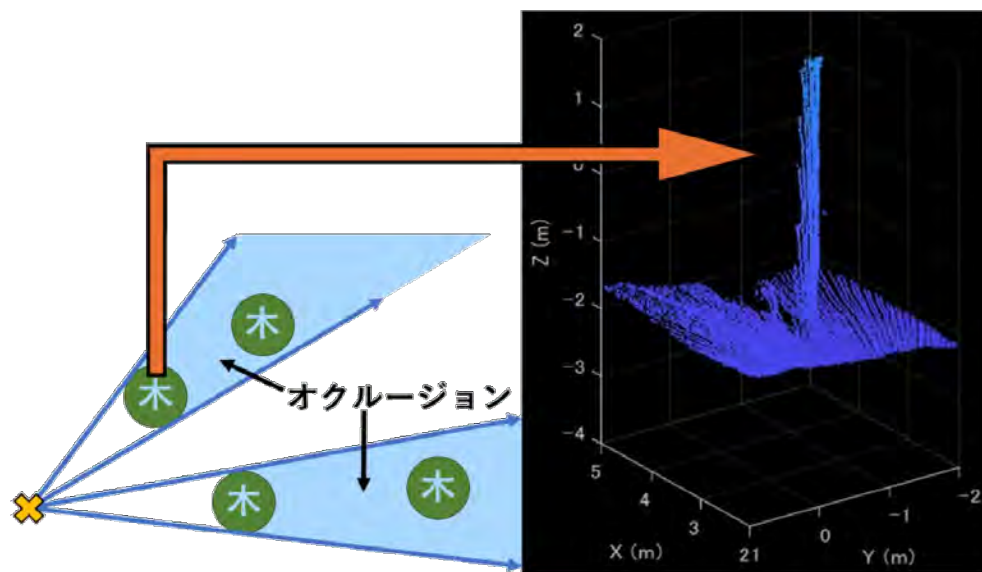
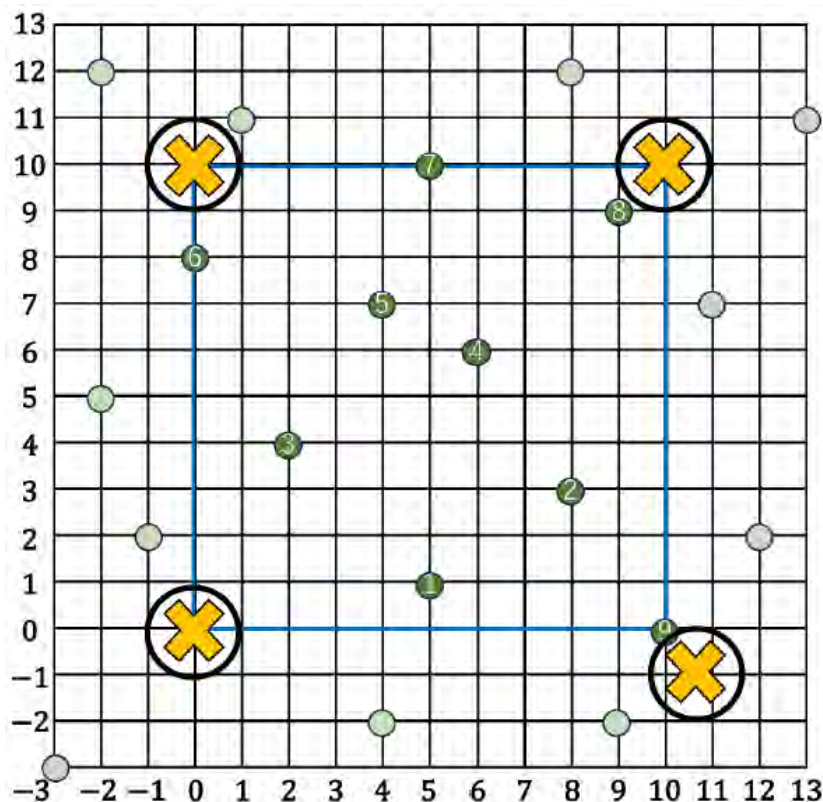
点群データの結合

□ 特徴点の検討



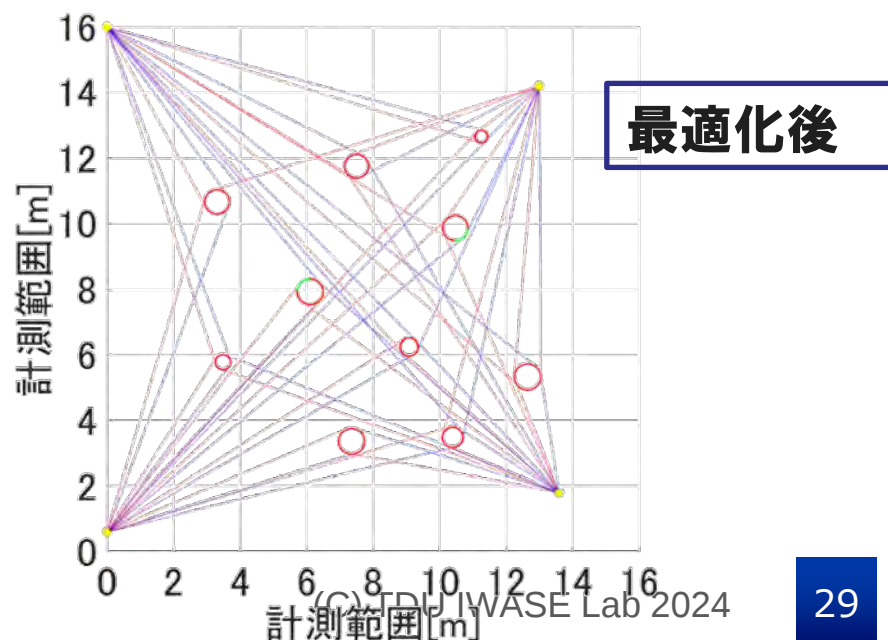
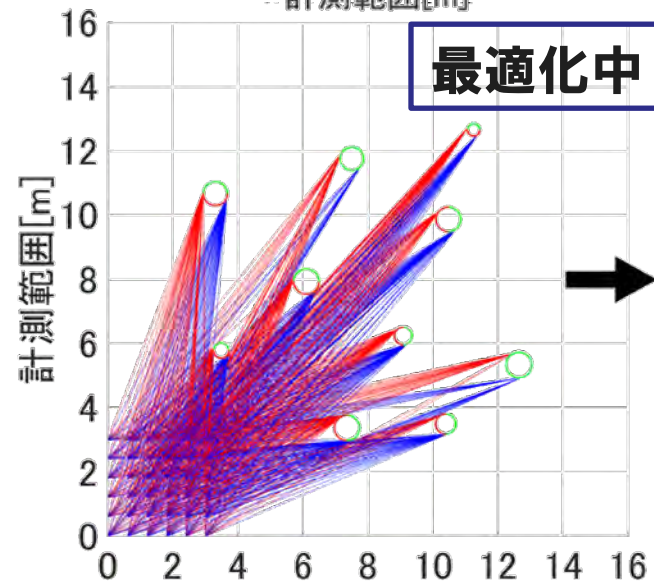
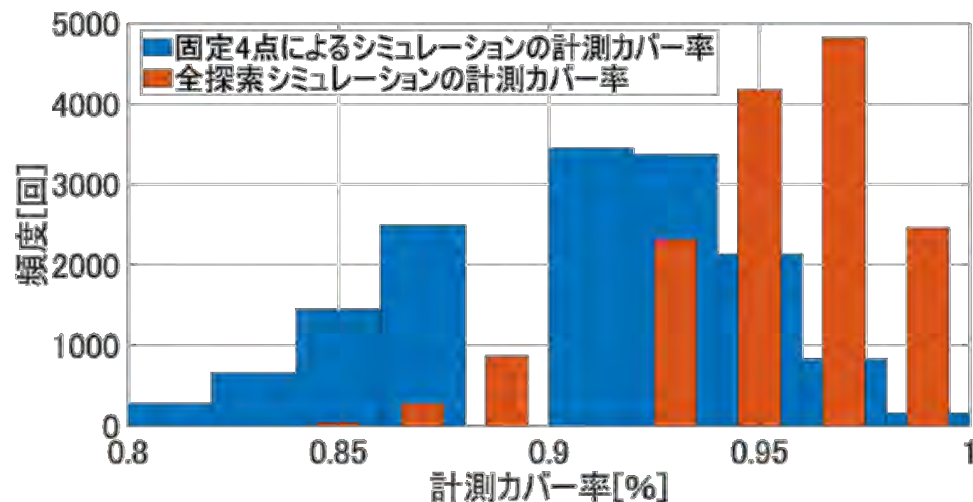
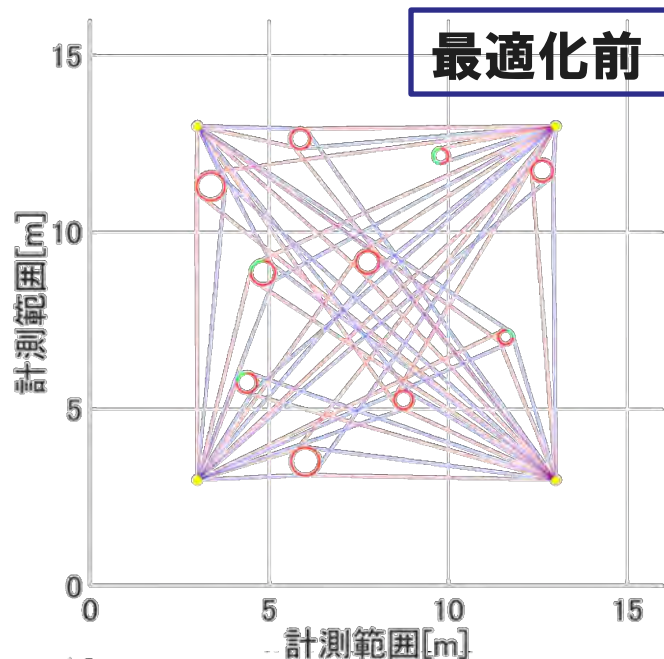
学習によるオクルージョン

□ 林業従事者は、経験と勘から見通しが良いポイントを自然に探している





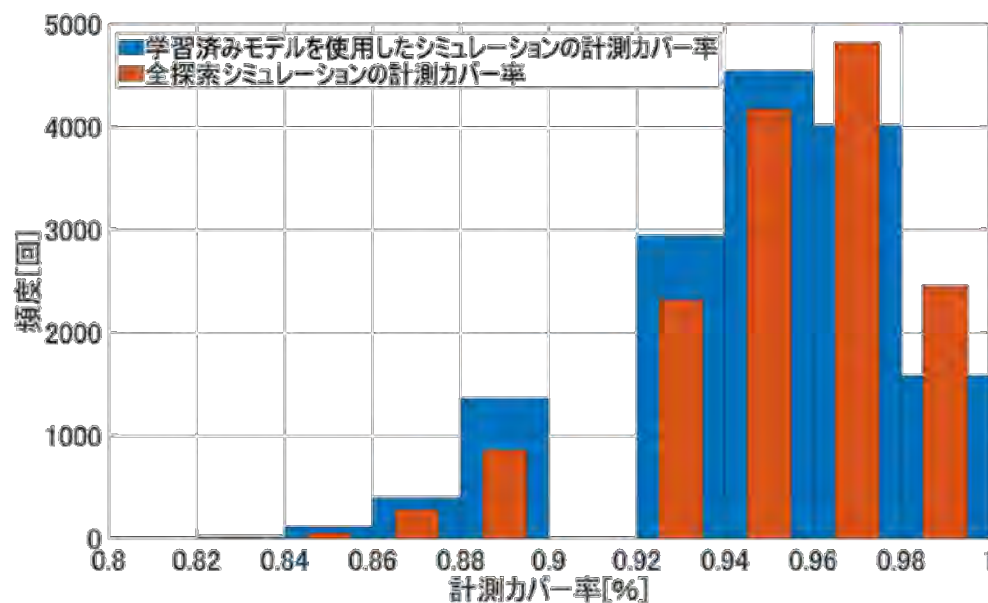
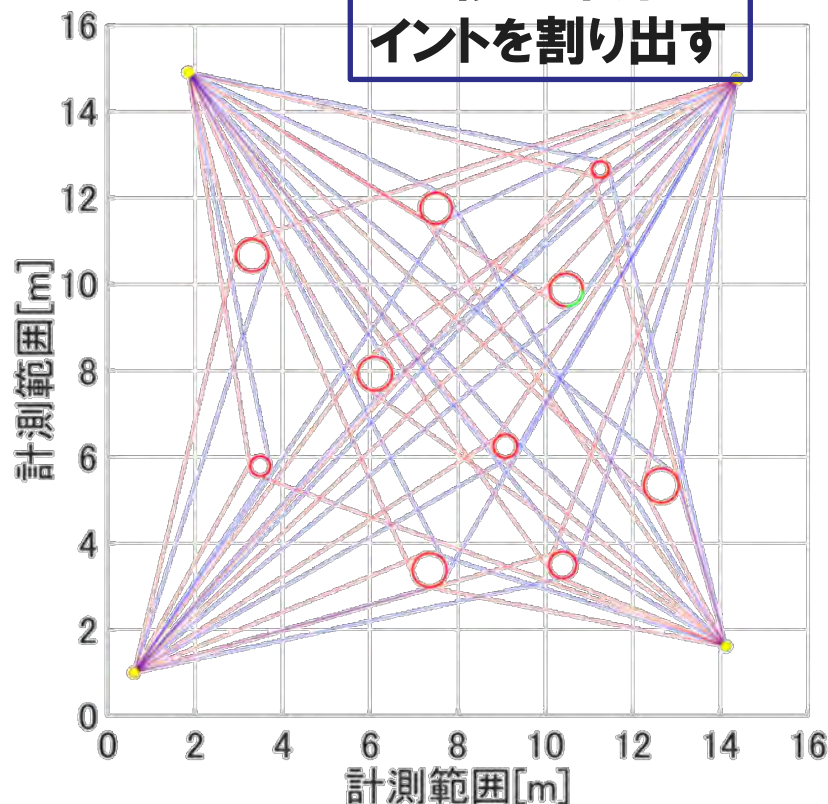
学習によるオクルージョンの解決



学習によるオクルージョンの解決

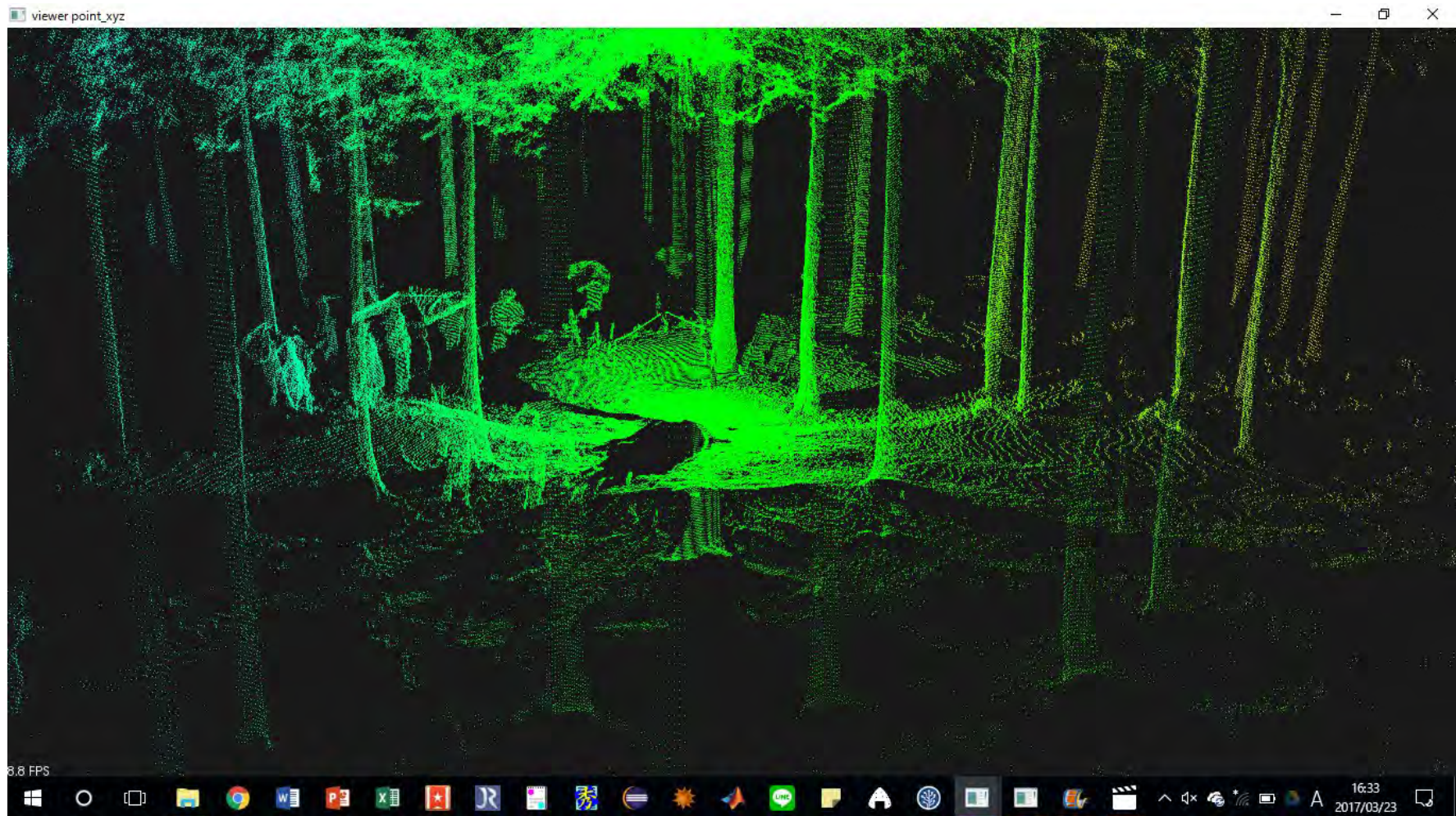
- 最適化には計算コストがかかる ⇒ リアルタイムに実行できない
- 深層NNを教師あり学習させ ⇒ 計測ポイントを瞬時に割り出す

0.6秒で計測ポイントを割り出す



学習した深層NNは最適解とほぼ同一の計測ポイントを返す

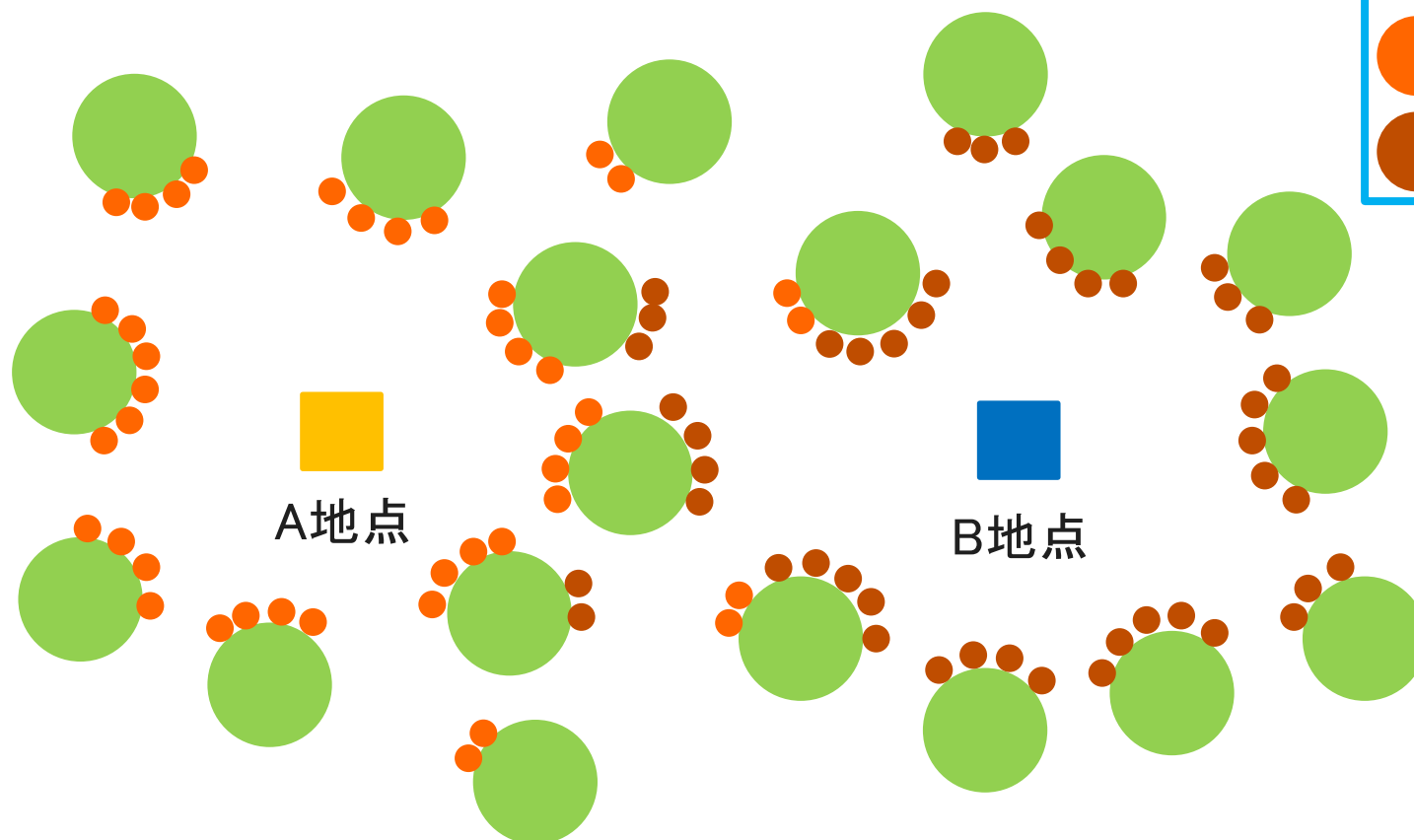
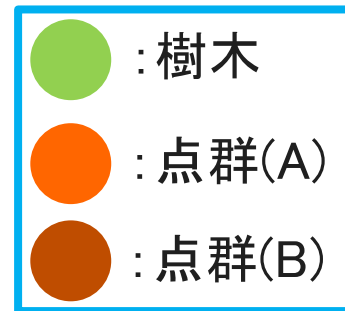
レーザーレンジファインダスキャン結果





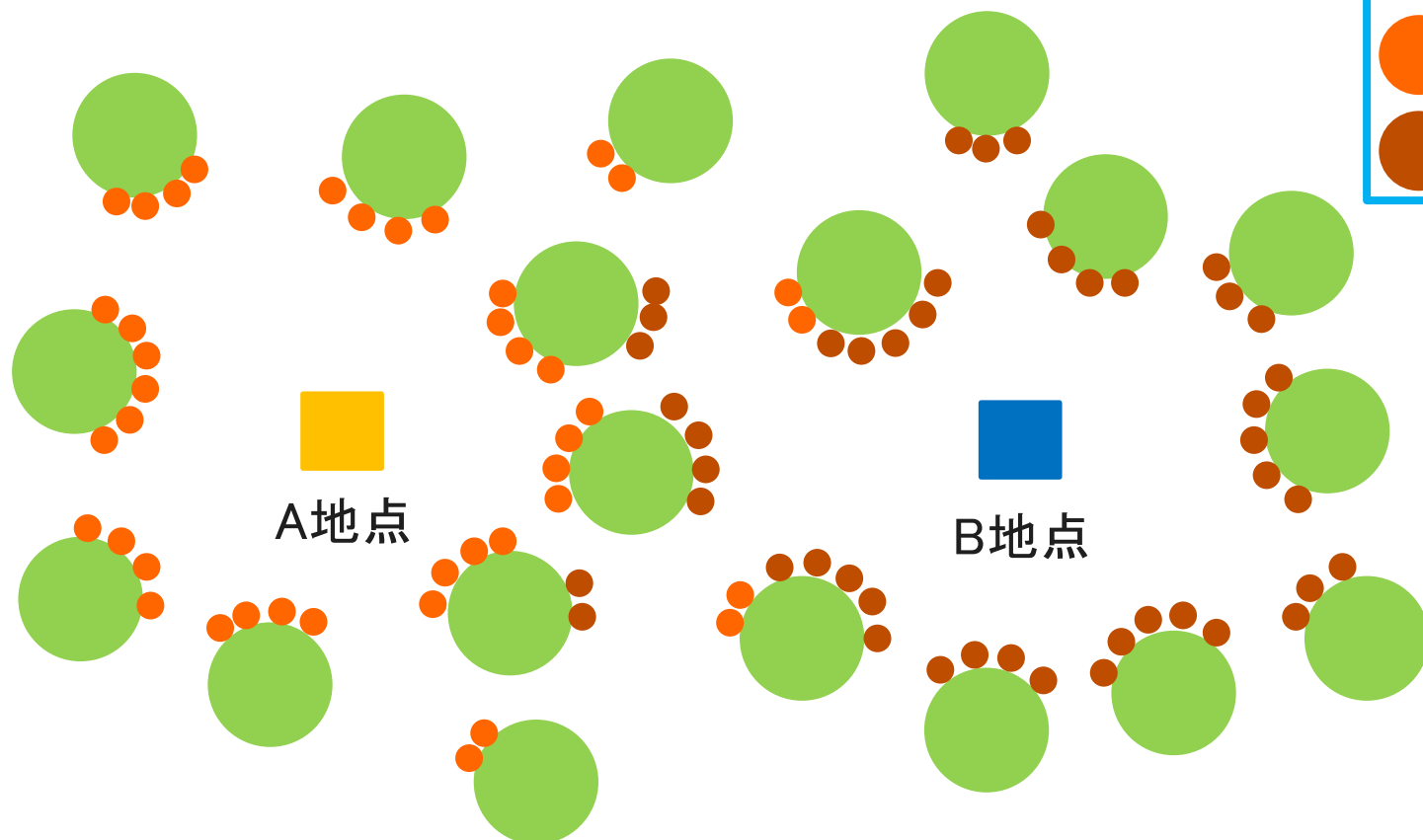
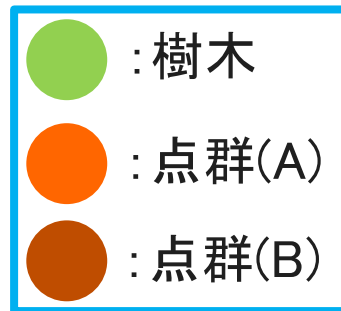
点群データの結合

□ 特徴点の検討



点群データの結合

□ 特徴点の検討



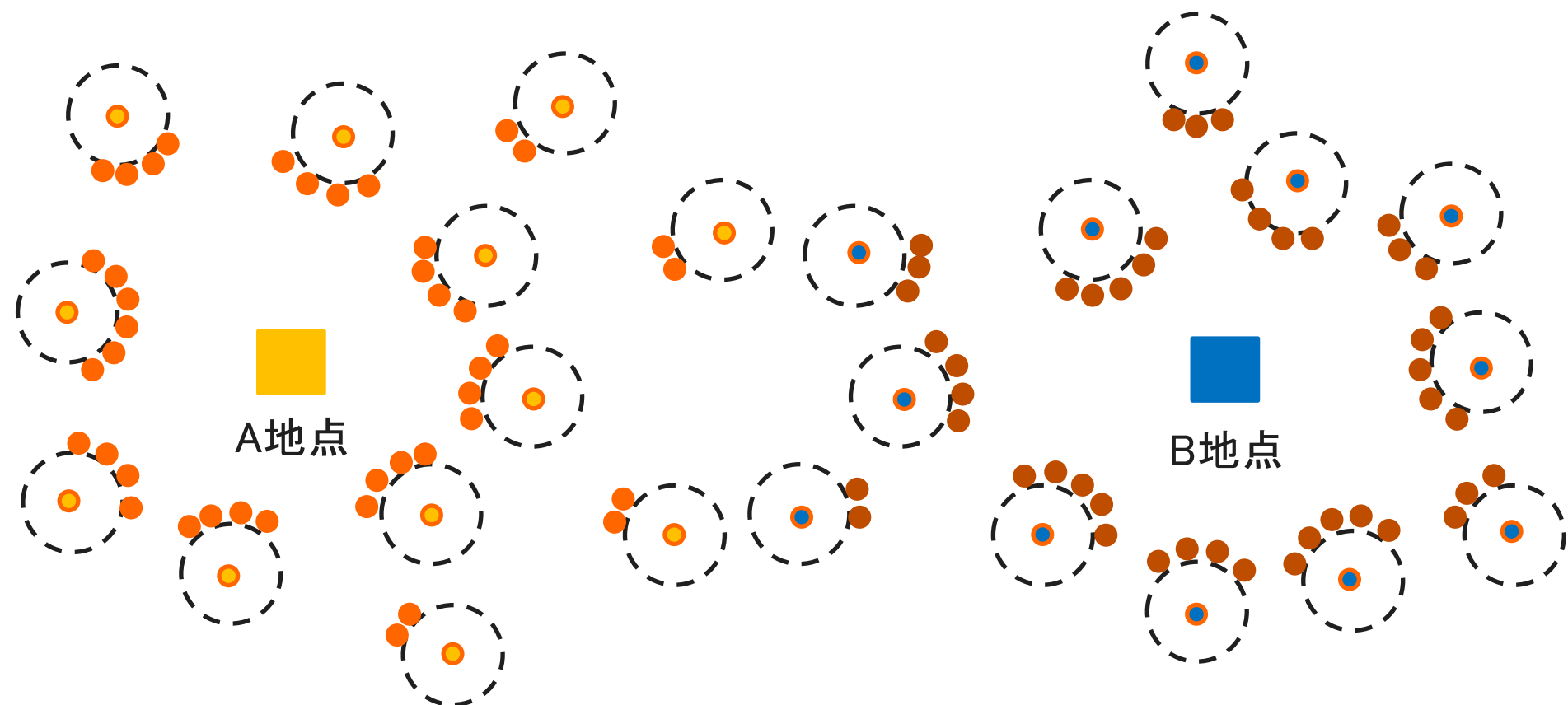
2つの点群で共通する点が少なくIterative Closest Point による結合は困難

樹木の軸を特徴点として結合



点群データの結合

□ 特徴点の検討

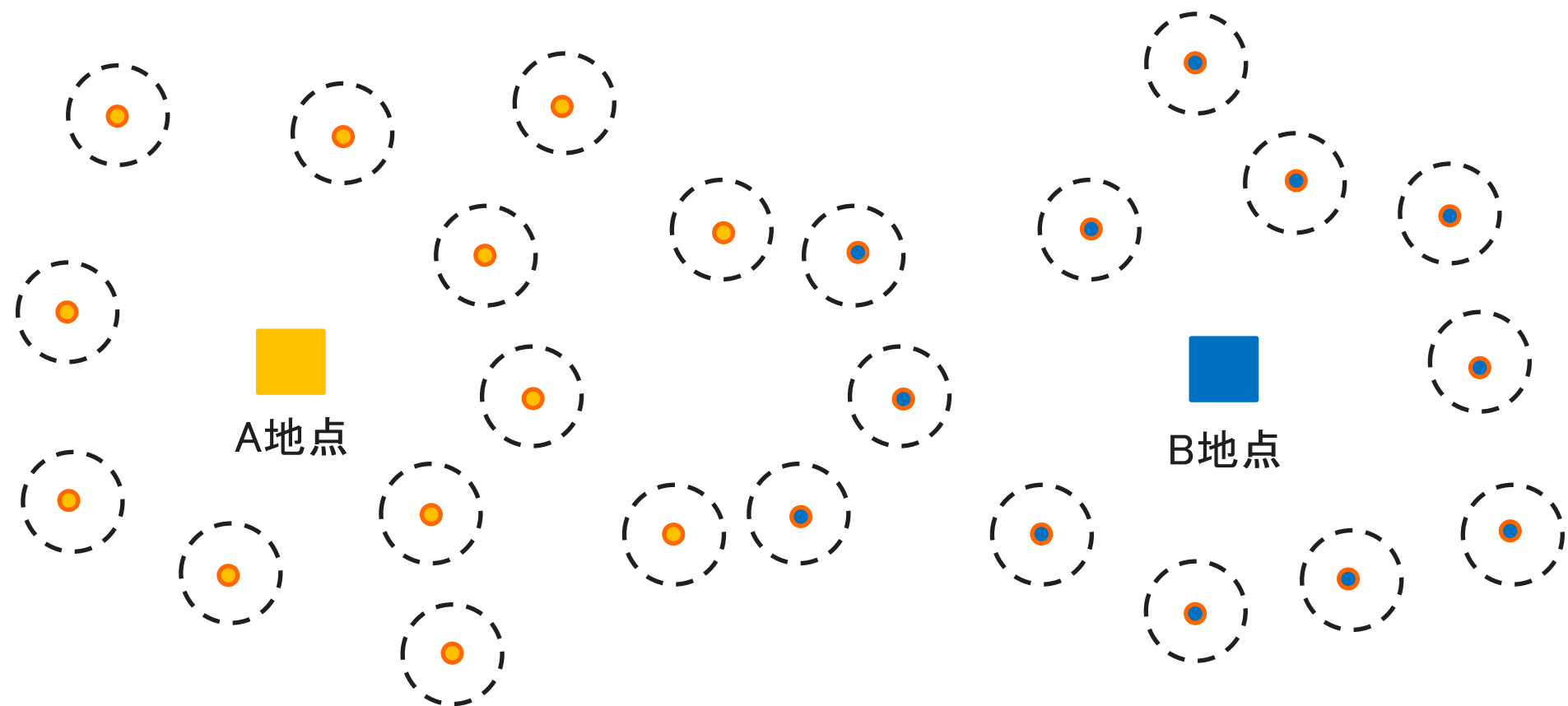


樹木の軸を特徴点として結合



点群データの結合

□ 特徴点の検討

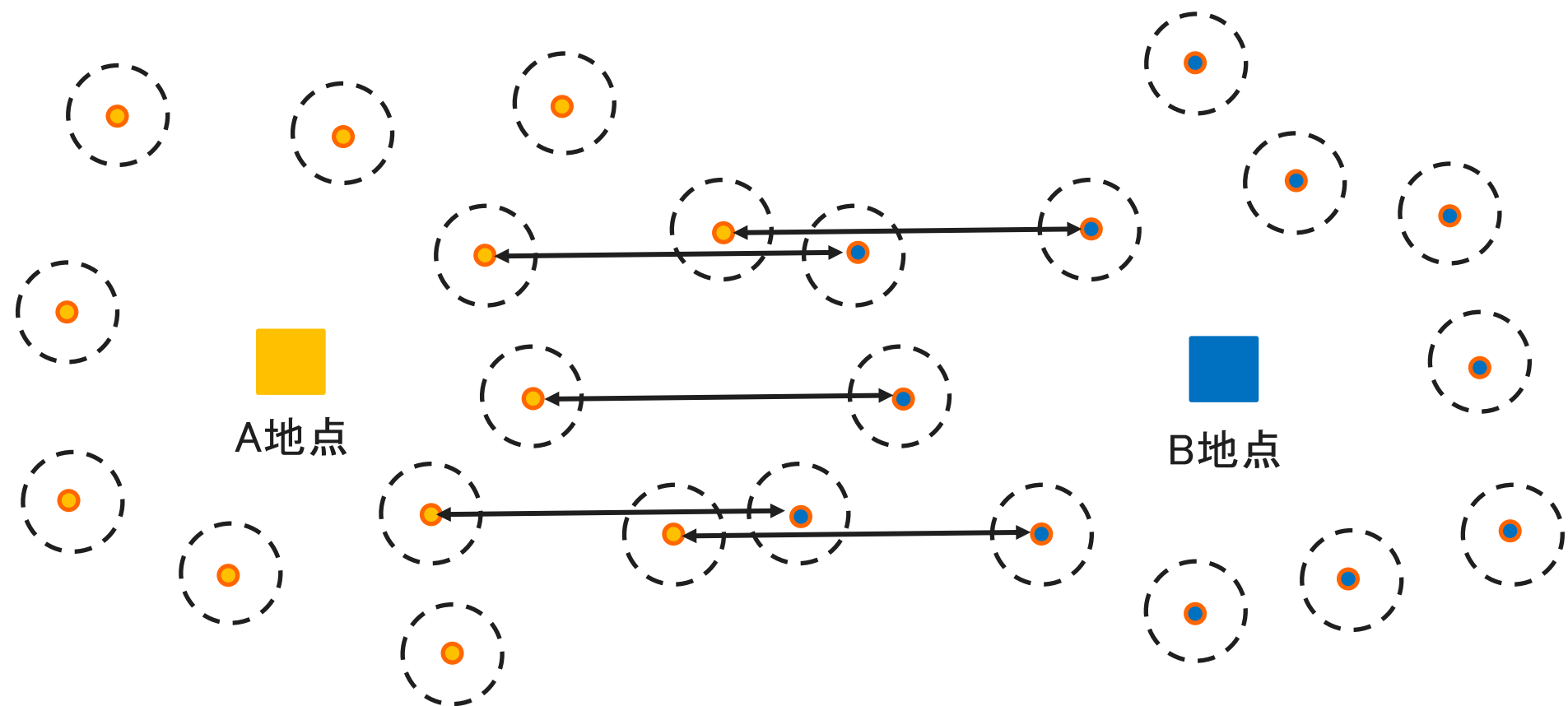


樹木の軸を特徴点として結合

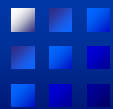


点群データの結合

□ 特徴点の検討

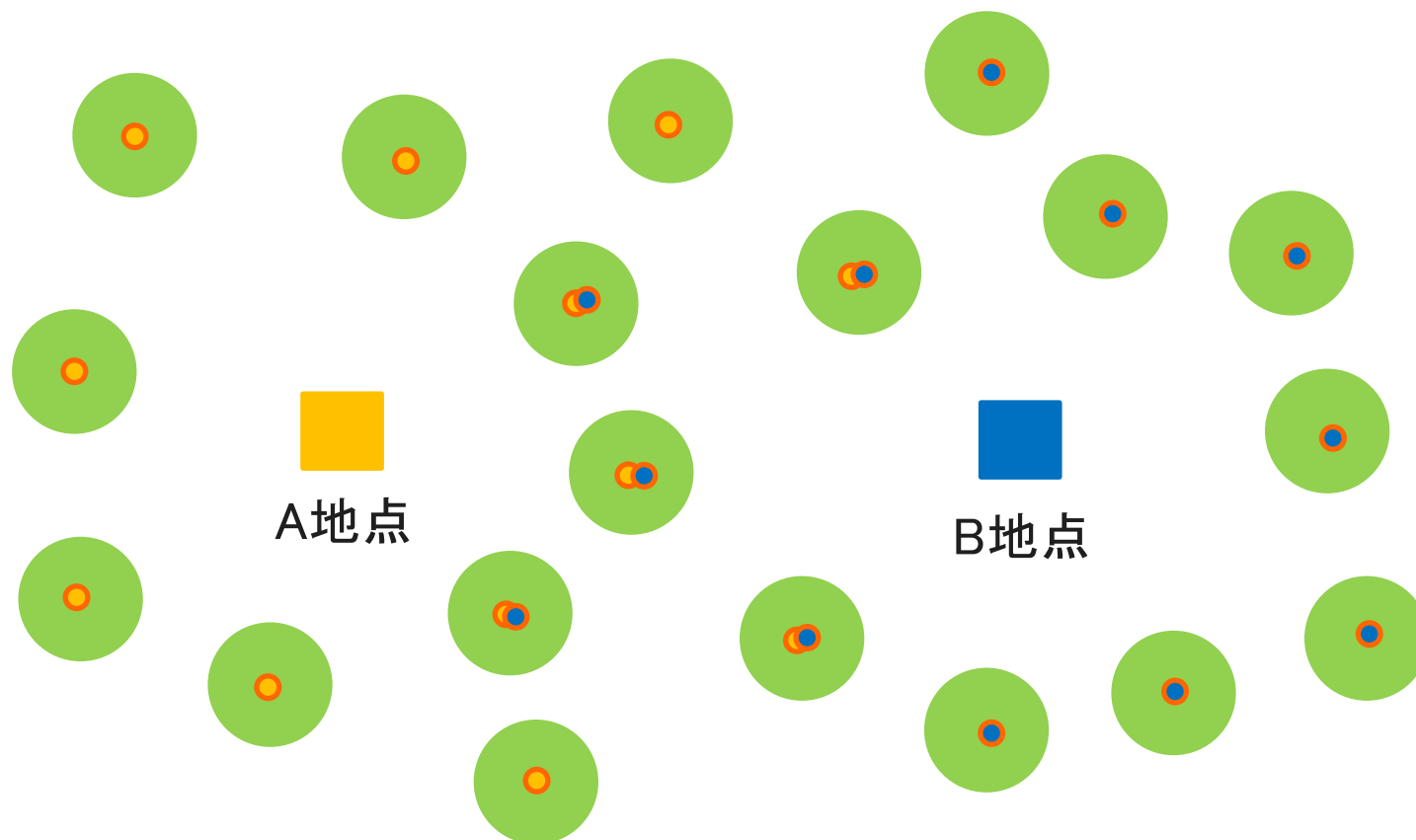


樹木の軸を特徴点として結合



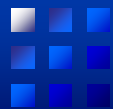
点群データの結合

□ 特徴点の検討



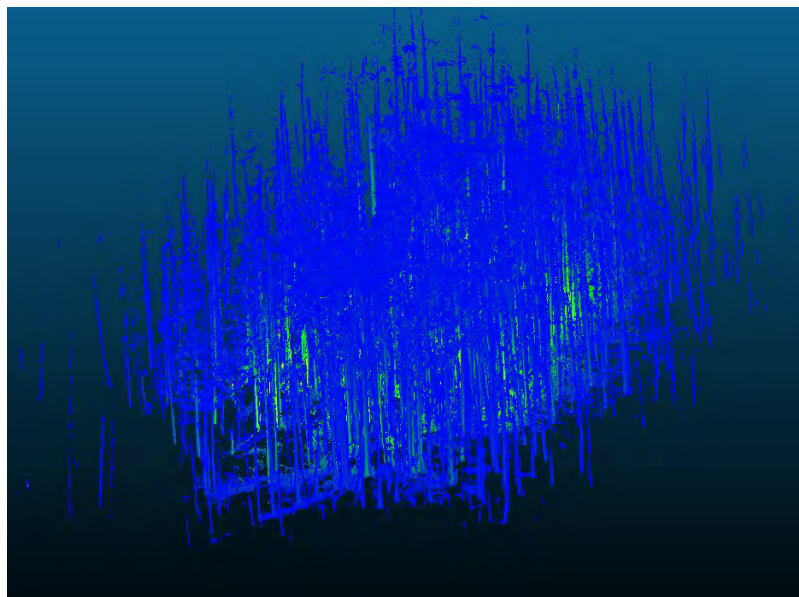
樹木の軸を特徴点として結合

(C) TDU IWASE Lab 2024

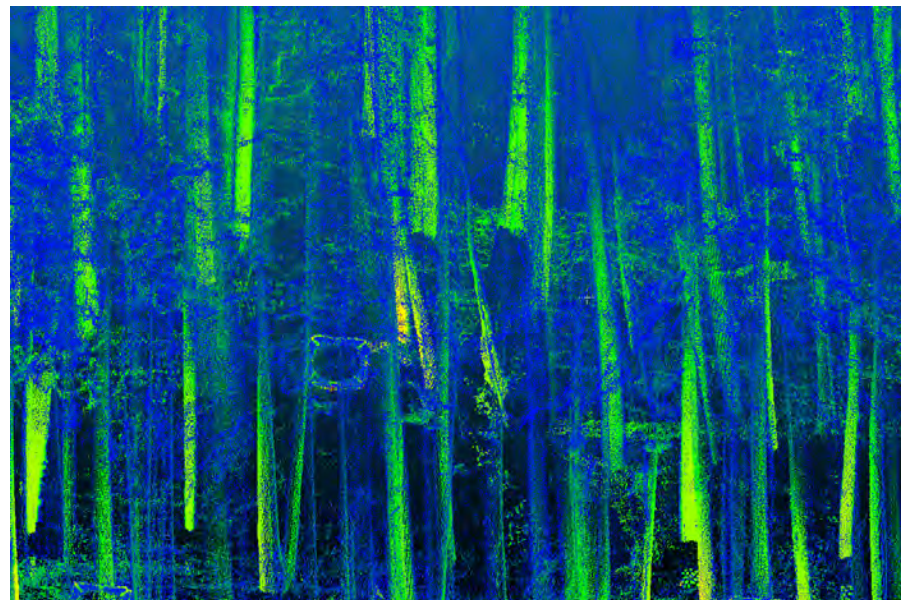


点群データの結合実験

□ 森林マップの作成結果



森林マップ(全体)



森林マップ(内部)

複数地点の点群データの結合を確認

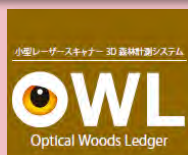
アドイン研究所様との共同研究

絶賛
発売中！
2015年～

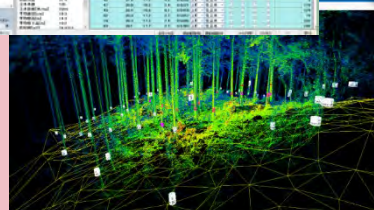
(株) アドイン研究所

共同研究
(2017年)

- OWLによるレーザー計測
- ✓ 10m程度の間隔で計測
- ✓ 立木の位置関係の特徴点として、多地点の計測結果を結合（特許取得済）
- ✓ マーカーを必要としない、世界発のレーザー計測システム



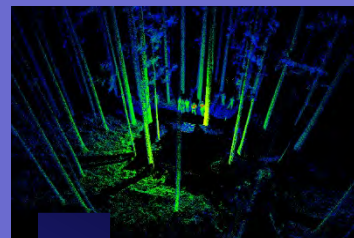
- OWL manager（専用ソフト）
- ✓ 複数地点の計測データの統合・可視化・解析
- ✓ 立木の位置・直径・樹高・形状、地面情報を導出
- ✓ 胸高直径±2cmの精度
- ✓ 2次元、3次元（ワークスルー）表示



既に製品化
製品実績あり

Liberaware
CO., LTD.

INDUSTRY
NETWORK
インダストリーネットワーク株式会社

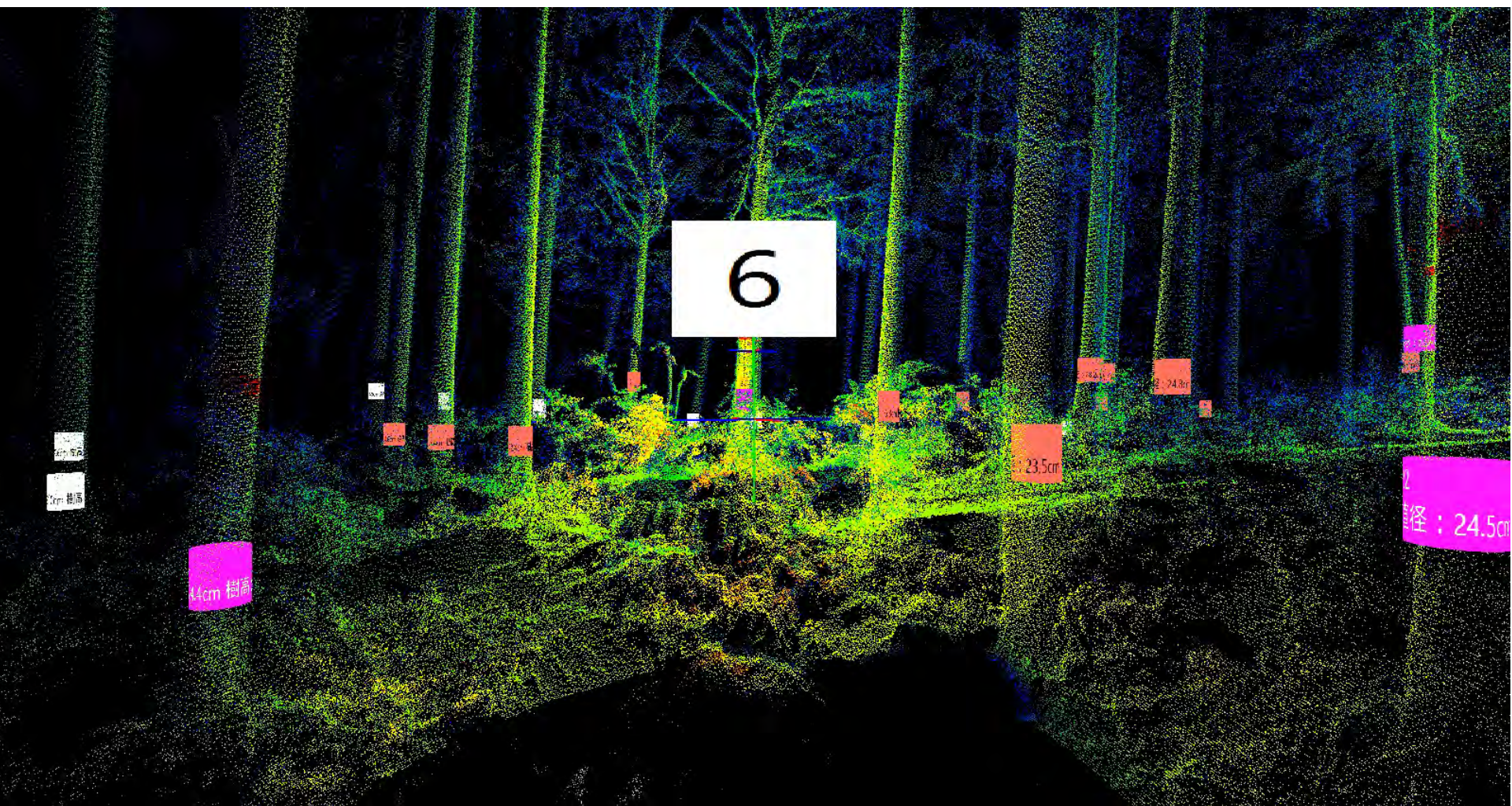


間欠的なスキャン
⇒ホバリングと補正
OWLで実現済

ドローンホバリング中の
データ計測（実証中）

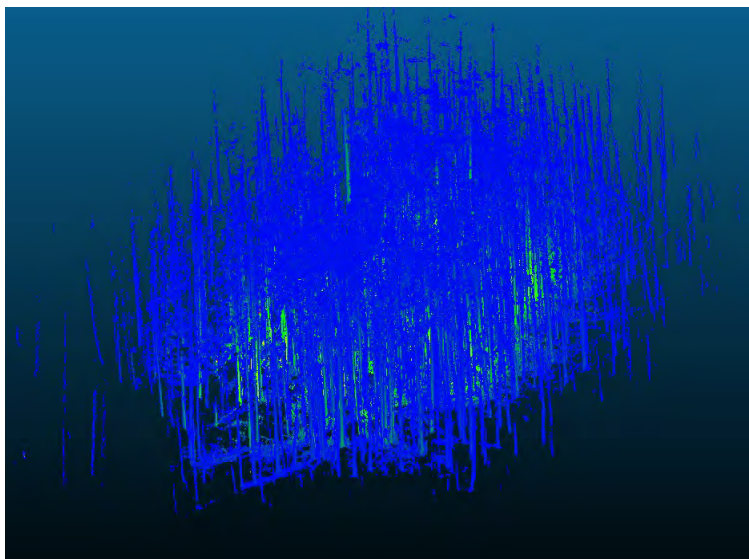
OWL マネージャー上で
利活用できるよう
共同研究開発中
2017年～

実用化に向けて試作
研究開発中

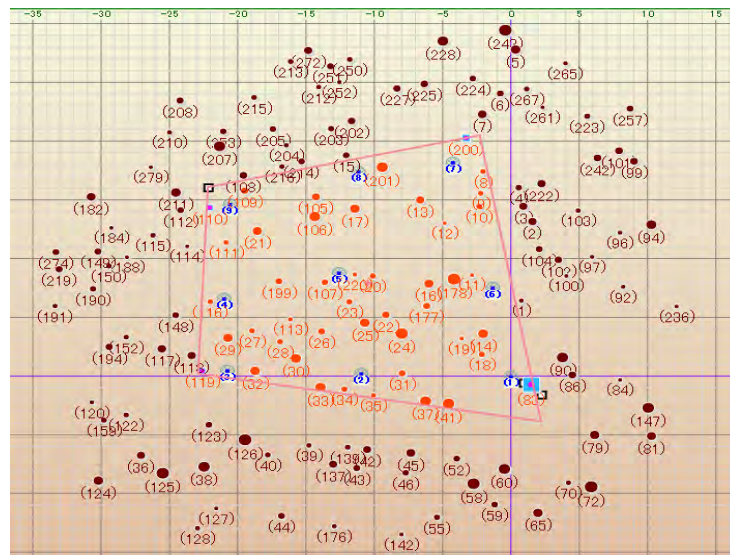


※アドイン研究所様 ご協力資料

(C) TDU IWASE Lab 2024



木の位置（三次元）



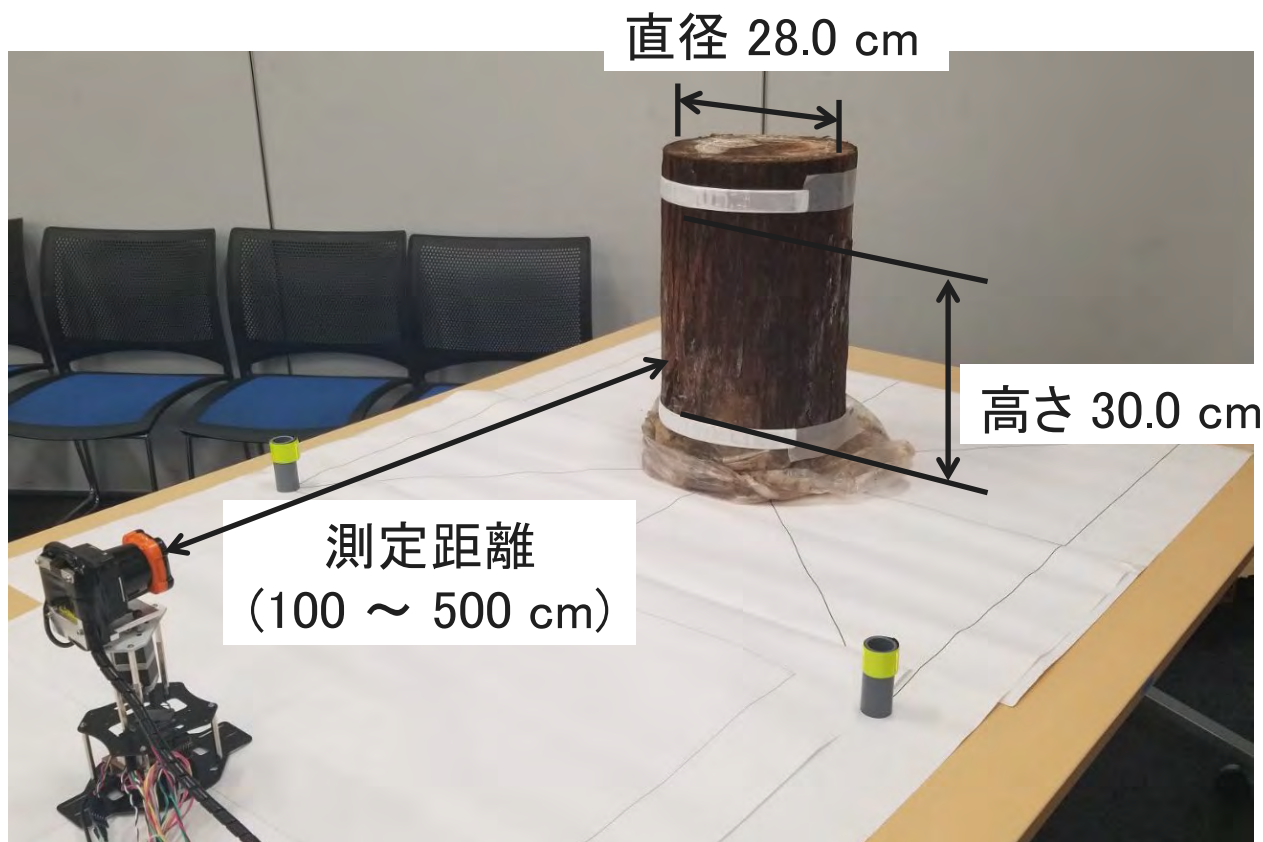
木の位置

樹幹の太さ推定実験

□ 計測システムを傾斜させながら丸太を計測し直径を推定

→ 測定対象: 丸太 (直径 28.0 cm, 高さ 30.0 cm)

→ 測定距離: 100 ~ 500 cm (100 cm 刻み)



点群データからの円推定

LiDARによって右図のように単木の幹の一部が点群として計測されている。

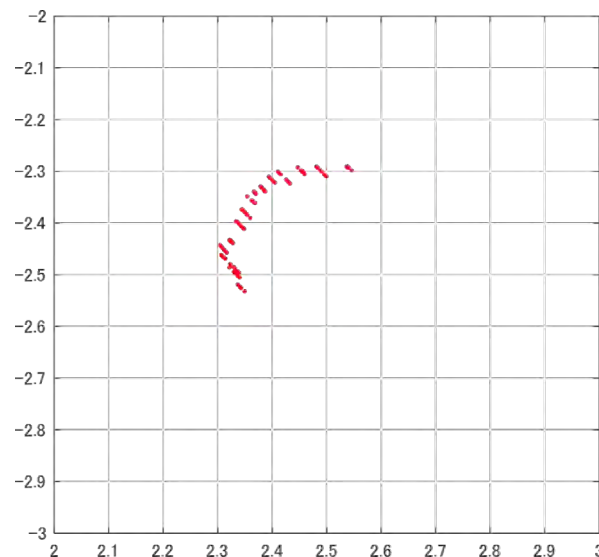
この時、幹の断面が「円である」と仮定して、その円の中心座標と半径を特定する。

中心座標を (x_o, y_o) 、半径を r とする。点群は N 個あり、各座標を $(x_i, y_i), i = 1, \dots, N$ とする。

この時、各点群は円の方程式を満たしていなければならない。

$$(x_i - x_o)^2 + (y_i - y_o)^2 = r^2$$

上式を変形し、データから構成されるベクトルと、求めたい未知ベクトルの内積表現(リグレッサー形式)を求める。



点群データからの円推定

各点群は円の方程式を満たしていなければならない.

$$(x_i - x_o)^2 + (y_i - y_o)^2 = r^2$$

上式を, データから構成されるベクトル ξ_i と, 求めたい未知ベクトル θ の内積表現(リグレッサー形式)に変形.

$$(x_i - x_o)^2 + (y_i - y_o)^2 = r^2$$

$$x_i^2 - 2x_ix_o + x_o^2 + y_i^2 - 2y_iy_o + y_o^2 = r^2$$

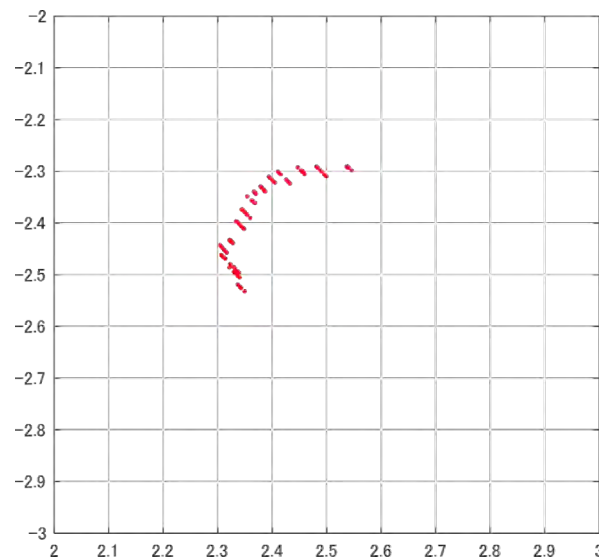
$$\begin{bmatrix} x_i^2 + y_i^2 & -2x_i & -2y_i & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ x_o \\ y_o \\ x_o^2 + y_o^2 - r^2 \end{bmatrix} = 0$$

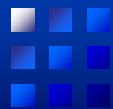
$$\xi_i = \begin{bmatrix} x_i^2 + y_i^2 & -2x_i & -2y_i & 1 \end{bmatrix}^T$$

$$\theta = \begin{bmatrix} 1 & x_o & y_o & x_o^2 + y_o^2 - r^2 \end{bmatrix}^T$$



$$\xi_i^T \theta = 0$$





点群データからの円推定

全ての点群に対して内積表現は成立しなければならない

$$\xi_1 \theta = 0, \quad \xi_2 \theta = 0, \quad \dots, \quad \xi_N \theta = 0$$

これらを満足する未知パラメータベクトル θ を求める

内積表現を縦に並べる

$$\begin{bmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \vdots \\ \xi_N \end{bmatrix} \theta = 0 \Rightarrow X_i \theta = 0, X_i = \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \vdots \\ \xi_N \end{bmatrix}$$

X_i^T を左からかけると $M = X_i^T X_i$ が正方行列となる

$$X_i^T X_i \theta = 0 \Rightarrow M \theta = 0$$

$M \theta = 0$ を満たすものをカーネル(零化空間)と呼ぶ。

カーネル(零化空間)を求めるためには M の固有値・固有ベクトルを計算し、最小固有値に対応する固有ベクトルが θ の候補となる。

点群データからの円推定

X_i^T を左からかけると $M = X_i^T X_i$ が正方行列となる

$$X_i^T X_i \theta = 0 \Rightarrow M \theta = 0$$

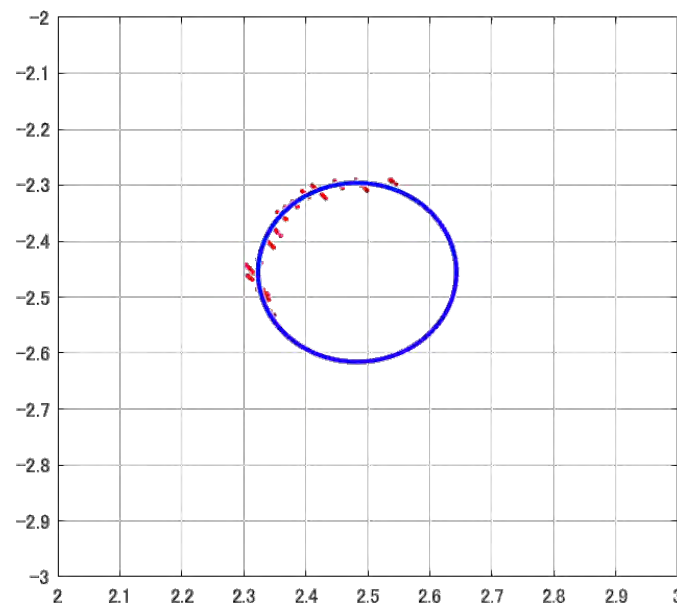
$M \theta = 0$ を満たすものをカーネル(零化空間)と呼ぶ。

カーネル(零化空間)を求めるためには M の固有値・固有ベクトルを計算し、最小固有値に対応する固有ベクトルが θ の候補となる。

$$M v_i = \lambda_i v_i$$

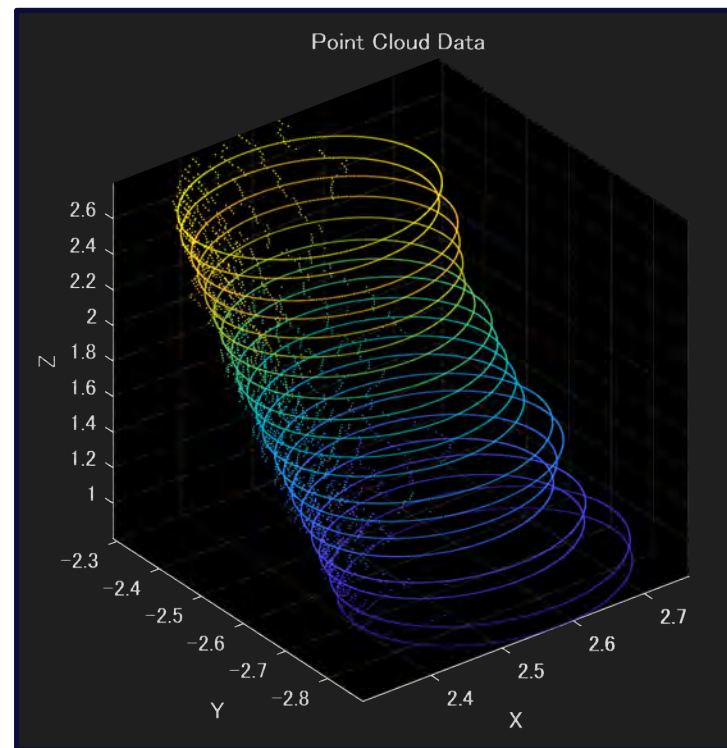
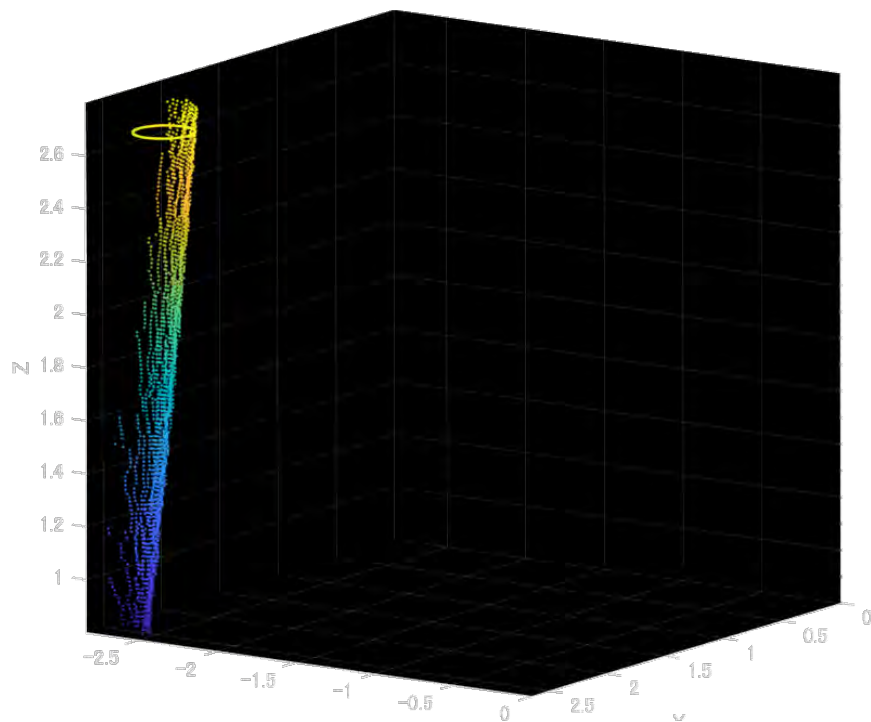
$$v_i = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ v_2/v_1 \\ v_3/v_1 \\ v_4/v_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ x_o \\ y_o \\ x_o^2 + y_o^2 - r^2 \end{bmatrix}$$

$$x_o = v_2/v_1, y_o = v_3/v_1, r = \sqrt{x_o^2 + y_o^2 - \left(\frac{v_4}{v_1}\right)}$$



点群データからの円推定

Z軸方向に点群をスライスし、そのゾーン毎に円推定した結果



樹幹の太さ推定実験

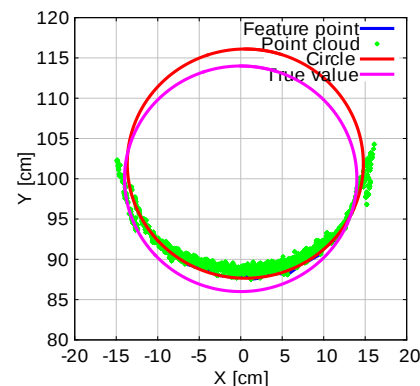
□ 丸太の直径の推定結果

→ 測定対象: 丸太 (直径 28.0 cm)

→ 推定誤差: ± 2.00 cm以内

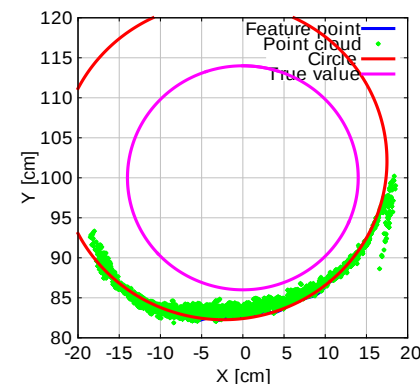
丸太の推定直径

測定距離 [cm]	推定直径 [cm]	誤差 [cm]
100	40.2	+12.2
200	27.6	-0.446
300	27.3	-0.715
400	28.2	+0.174
500	26.8	-1.15



緑: 計測点
青: 特徴点
赤: 推定円
桃: 真値の円

円近似(100 cm, 静止状態)



円近似(100 cm, 姿勢角補正)

測定距離 200 ~ 500 cmにおいて
誤差 ± 2.00 cm以内で直径を推定

秩父での実証実験(GPS環境)

秩父



図2：三級基準点

1点毎の計算		一括計算	
座標値の入力方法 ☒ 数値入力 ☐ 地図上で選択			
変換方向 ☒ 日本測地系 → 世界測地系 ☐ 世界測地系 → 日本測地系			
座標値の入力 地図上で確認			
☒ 緯度・経度	緯度	360613.58925	
	経度	1400516.27815	
☒ 度分秒 ☐ 十進法度単位			
☒ 平面直角座標	系番号	9系 360000.1395000. ▼	
	X座標	-5884.360	
	Y座標	-80660.164	
【緯度・経度の値の入力例(度分秒)】 緯度 32° 2' 10.80000" → 緯度 32.036111°			

入力値		
楕円体	Bessel	
平面直角座標系	9系	
平面直角座標	X座標	-5884.360 m
	Y座標	-80660.164 m

出力値		
楕円体	GRS80	
補正後の緯度・経度	緯度	35°56'48.52418"
	経度	138°56'09.68253"
平面直角座標系	9系	
補正後の平面直角座標	X座標	-5528.9046 m
	Y座標	-80952.0492 m
真北方向角	+0°31'36.41"	
縮尺係数	0.99998072	

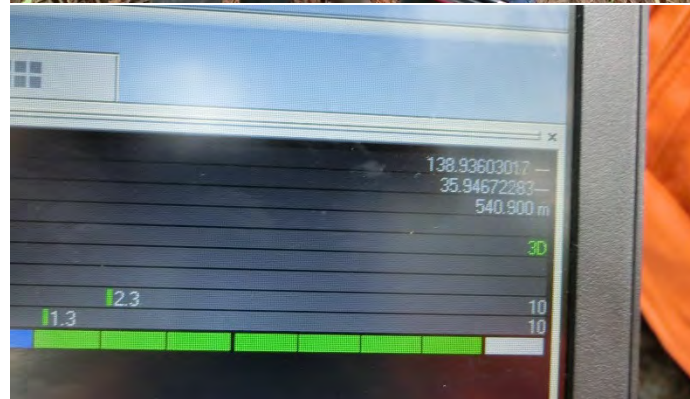


図3：GPS計測結果

図4：（左図）三級基準点位置



林内自動飛行に向けて

- ❑ 目的: 傾斜に合わせた高度保持
- ❑ 方法: 単眼レーザーセンサによる高度保持
- ❑ 結果: 気圧計より安定した高度の取得

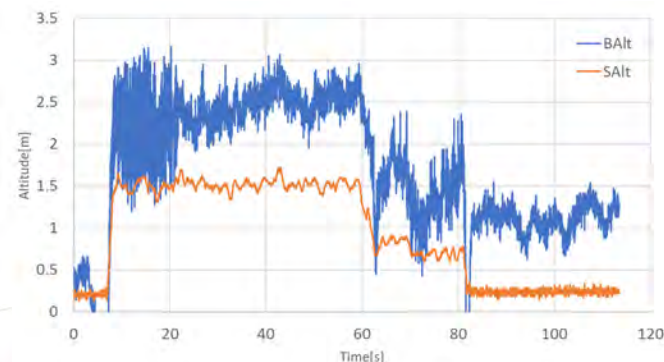


図 気圧計 vs レーザーセンサー

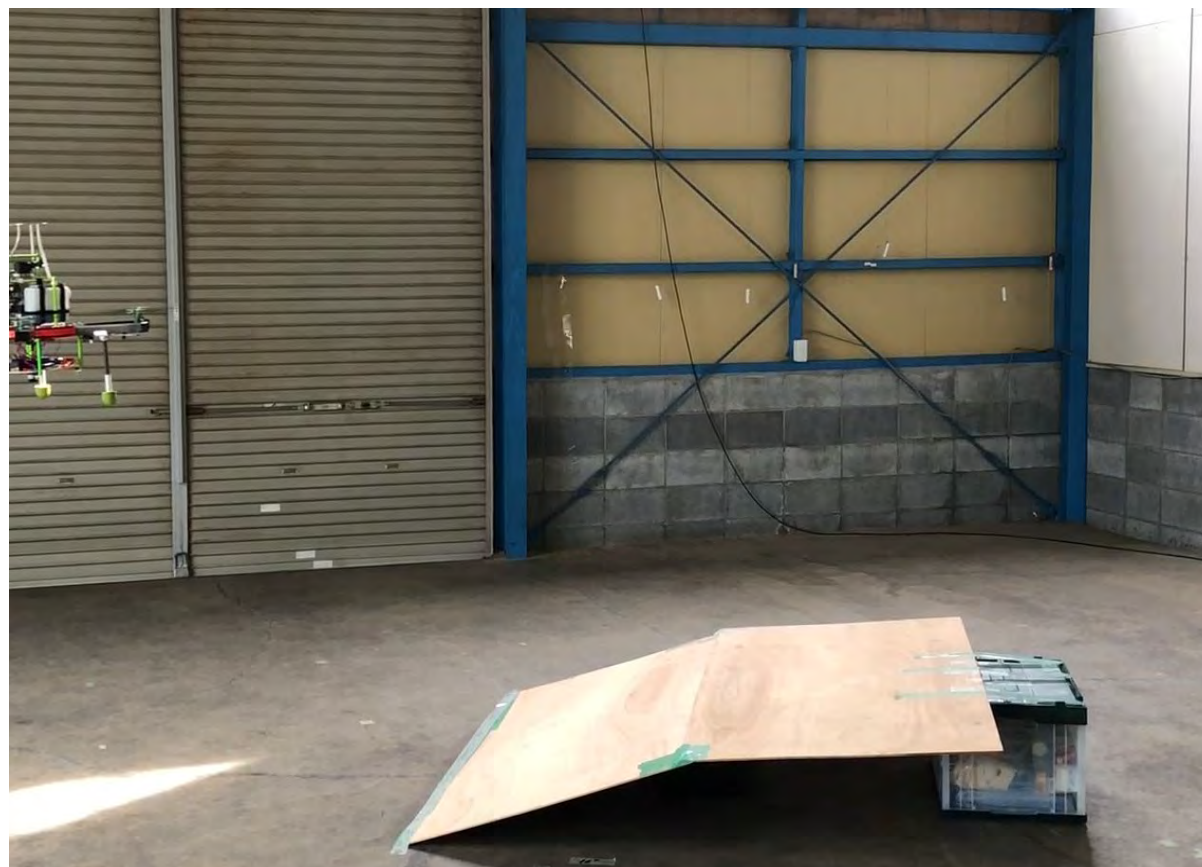


図 傾斜



林内自動飛行に向けて

- ❑ 目的: 傾斜に合わせた高度保持
- ❑ 方法: 単眼レーザーセンサによる高度保持
- ❑ 結果: 気圧計より安定した高度の取得

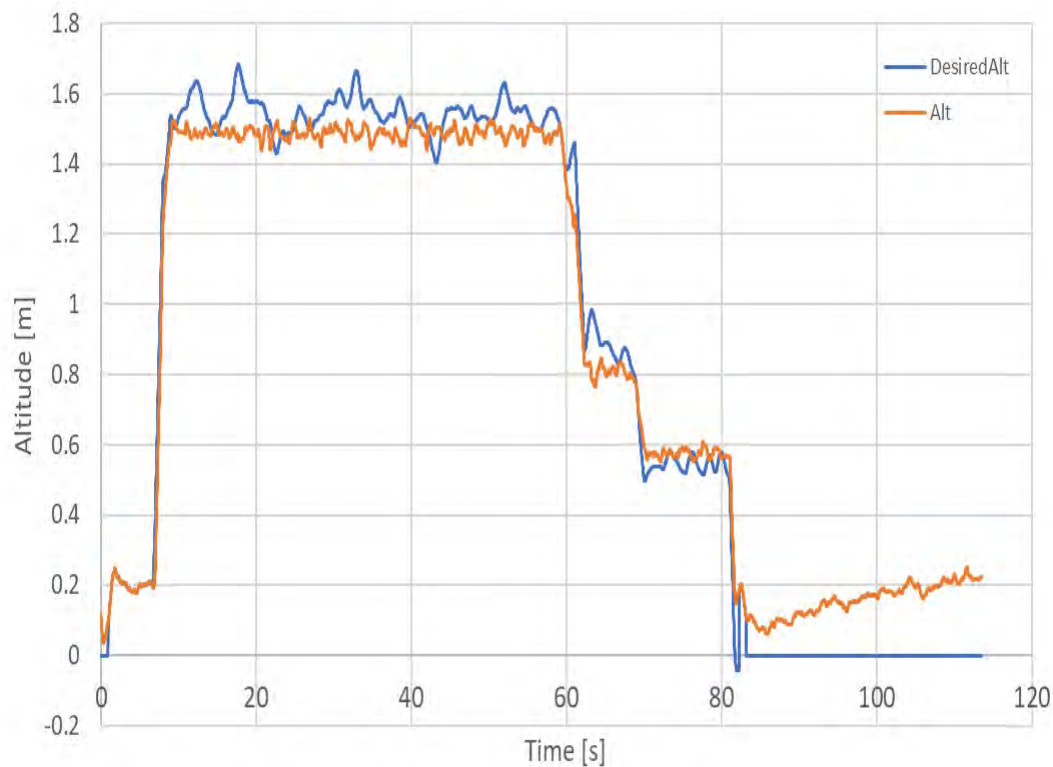


図 所望高度と実際の高度

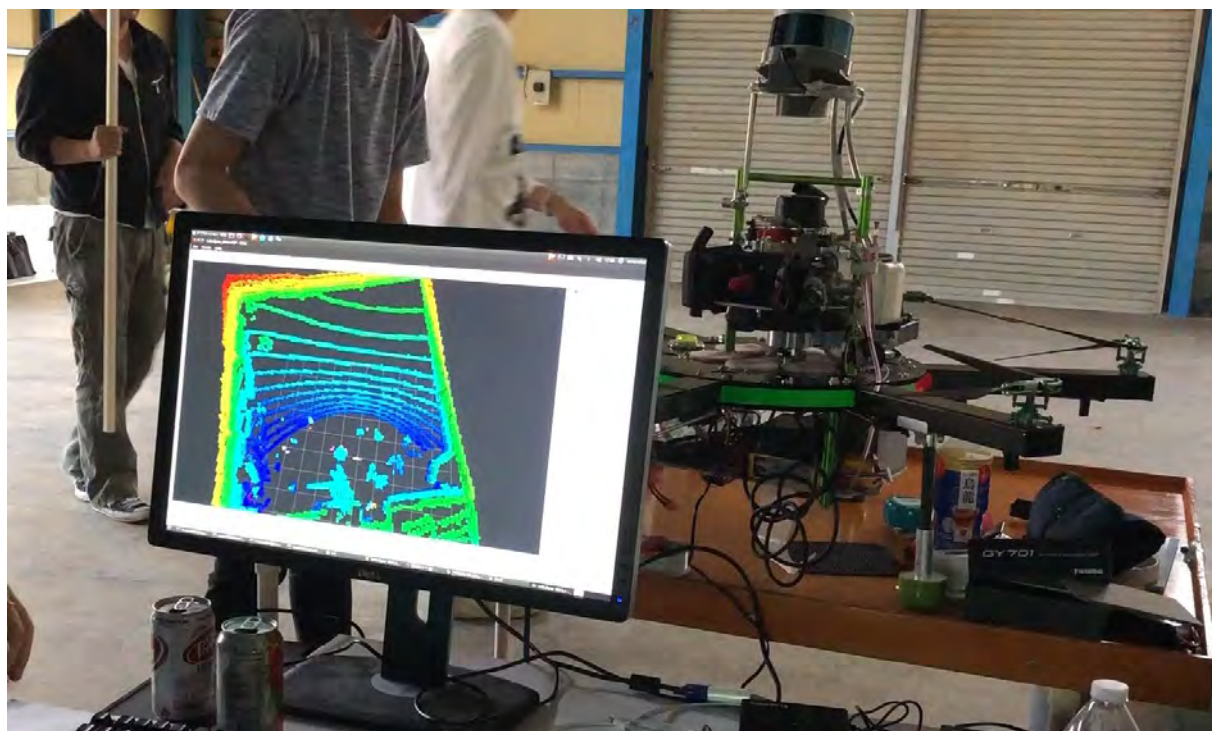




林内自動飛行に向けて

□ Velodyne製Lidarセンサーによる環境認識 (SLAM)

- エンジンドローンの上部に搭載
- 周囲 ~20mの点群データを取得



まとめ



実証実験フィールド



LiberaWare
CO., LTD.

INDUSTRY
NETWORK
インダストリーネットワーク株式会社

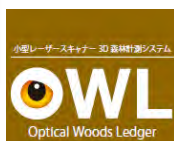
enRoute

TDU

ドローンによる森林調査の研究開発



スマートフォレストリー
仁多見先生



森林レーザー計測技術の普及



Advanced
Intelligence

アドイン研究所様



Smart
Forest IRT
Project

スマート林業（森林組合）
・森林計画へのデータ利活用
・施業の**高安全・高効率化**
・林業の振興と持続的な森林管理

森林組合様

森林の育成
・次世代につながる森づくり
・サステナブルな森の恵み
・CO2循環
・里山-きのこ-山菜

森林保全
・CO2吸収率増加-
地球温暖化防止
・生物多様化
・土壌保全-災害防止
・水源涵養

