



東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO

LiDARや画像による農業・林業分野での3Dデータ解析

板倉健太

東京大学大学院農学生命科学研究科 博士課程3年
学術振興会特別研究員(DC1)

MATLAB EXPO 2021 

背景：樹木のモニタリングについて

- 樹木の位置や構造：森林や都市環境などの評価にて重要
(Morgenroth and Gomez, 2014)
- 海外の例：シンガポール
 - 多くの人手により、樹木がよく管理されている
 - 景観管理や環境保全、将来予測のために、人手により、樹木の位置や寸法、樹種、バイオマスなどを管理



<https://www.channelnewsasia.com/news/singapore/new-technology-driving-traffic-singapore-roads-11688500>

- **高コスト・多大な労力・低い精度などの問題**



層別刈り取り

<http://nonbiryatere.blog73.fc2.com/blog-entry-284.html?sp>



毎木調査

<http://ishi-mori.com/kanbatu/>



衛星リモートセンシング

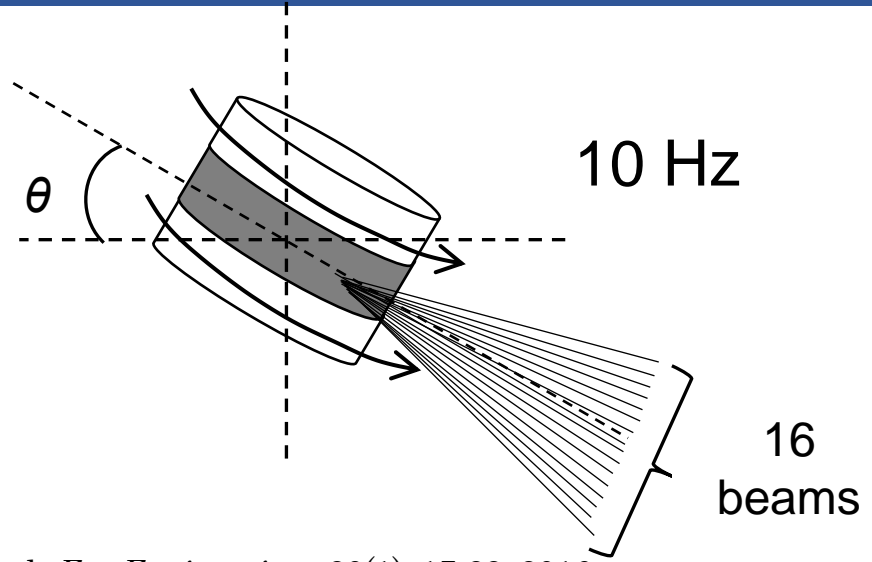
NASDA HPより



3Dスキャナー (LiDAR)

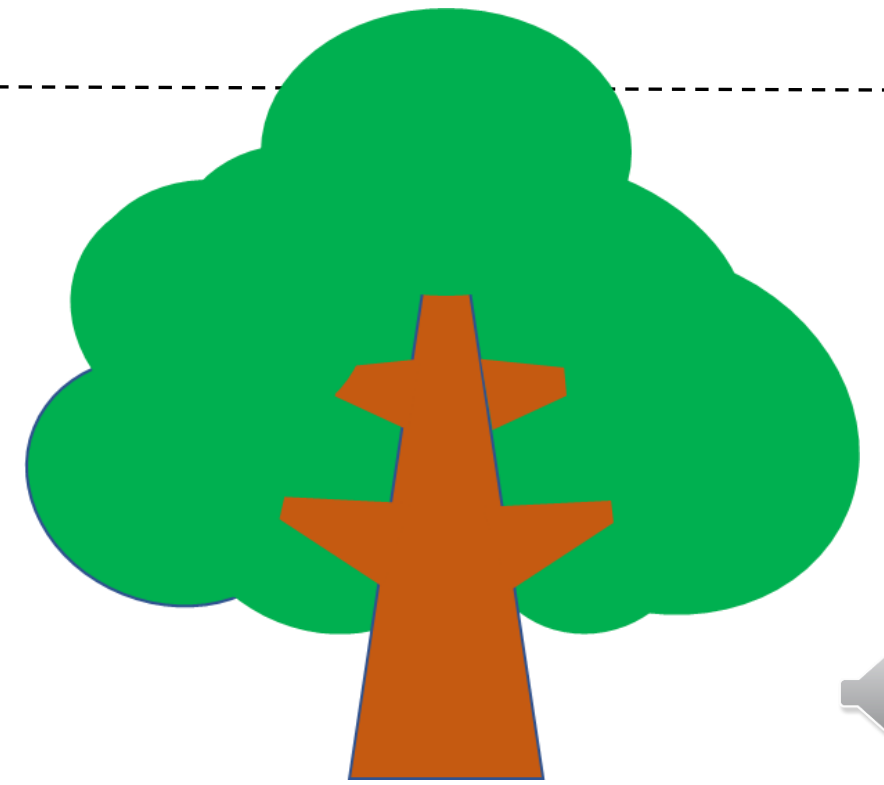
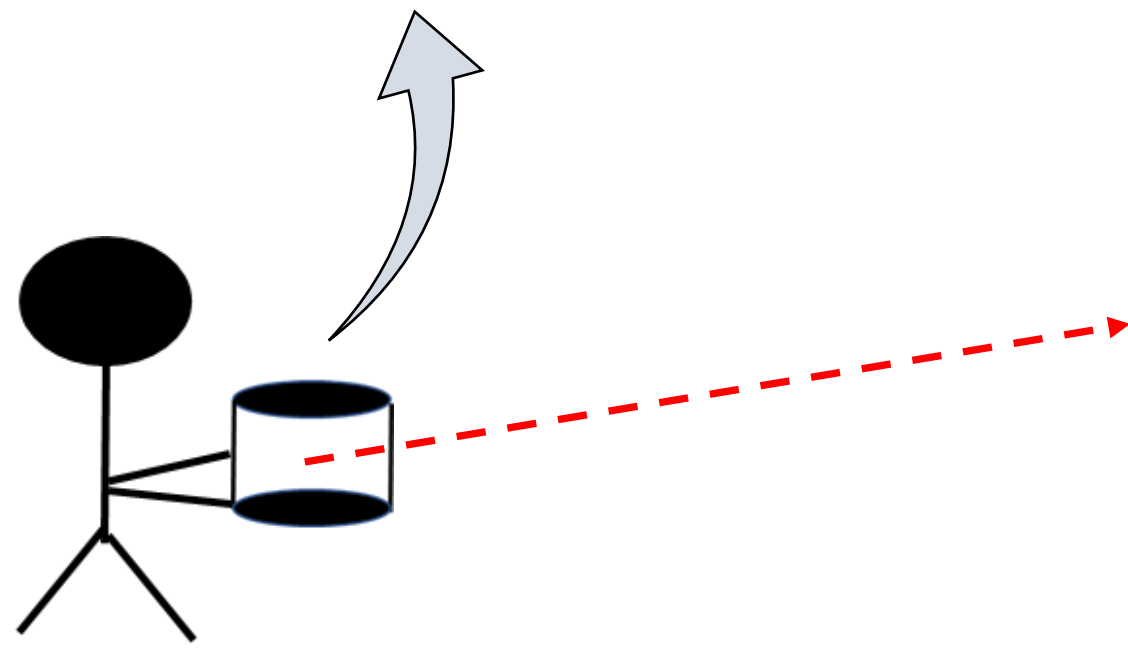
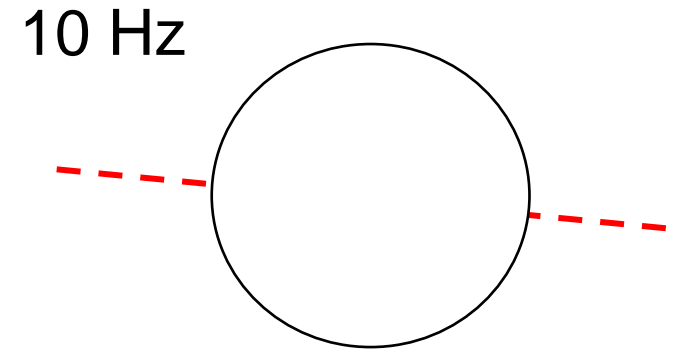
株式会社アルゴ <https://www.argocorp.com/cam/special/Velodyne/principle.html>

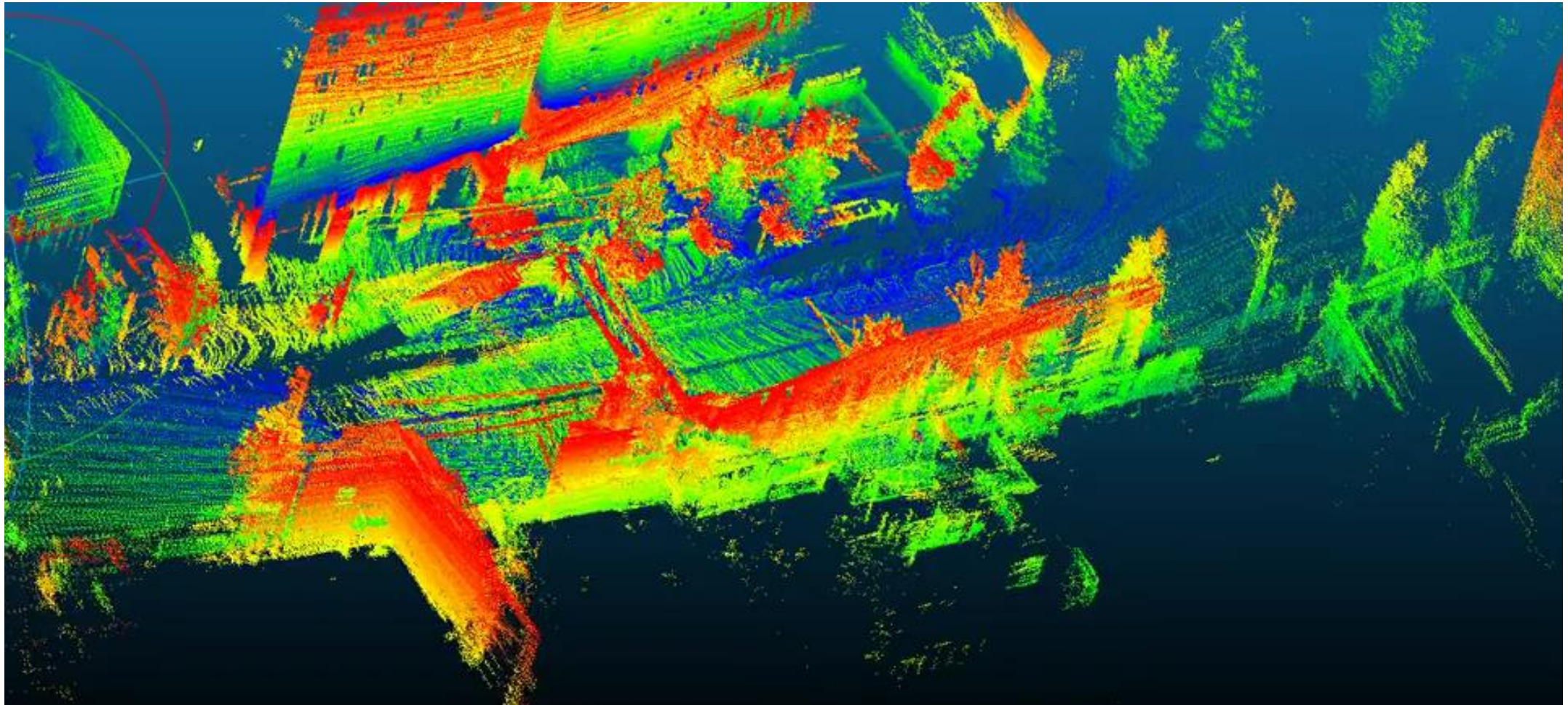
横から見た図



Pan et al, *Eco-Engineering*, 29(1), 17-22, 2016

上から見た図





➤ 位置、幹直径、高さ、葉の角度等を精度よく推定可能

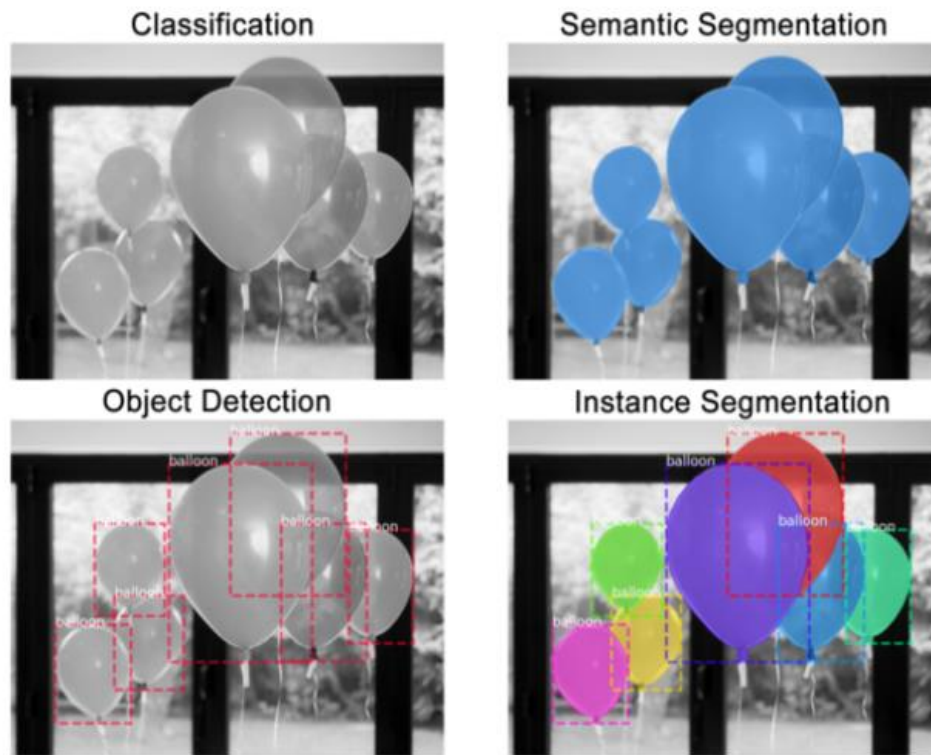


課題：樹木を自動認識し、全自動で解析



What is Instance Segmentation?

Instance segmentation is the task of identifying object outlines at the pixel level. Compared to similar computer vision tasks, it's one of the hardest possible vision tasks. Consider the following asks:



- **Classification:** There is a balloon in this image.
- **Semantic Segmentation:** These are all the balloon pixels.
- **Object Detection:** There are 7 balloons in this image at these locations. We're starting to account for objects that overlap.
- **Instance Segmentation:** There are 7 balloons at these locations, and these are the pixels that belong to each one.

出展: Waleed Abdulla
 Splash of Color: Instance Segmentation with Mask R-CNN and TensorFlow
 URL :
<https://engineering.matterport.com/splash-of-color-instance-segmentation-with-mask-r-cnn-and-tensorflow-7c761e238b46>

→ 3D(点群)を対象にしたInstance Segmentationは、より難しい!

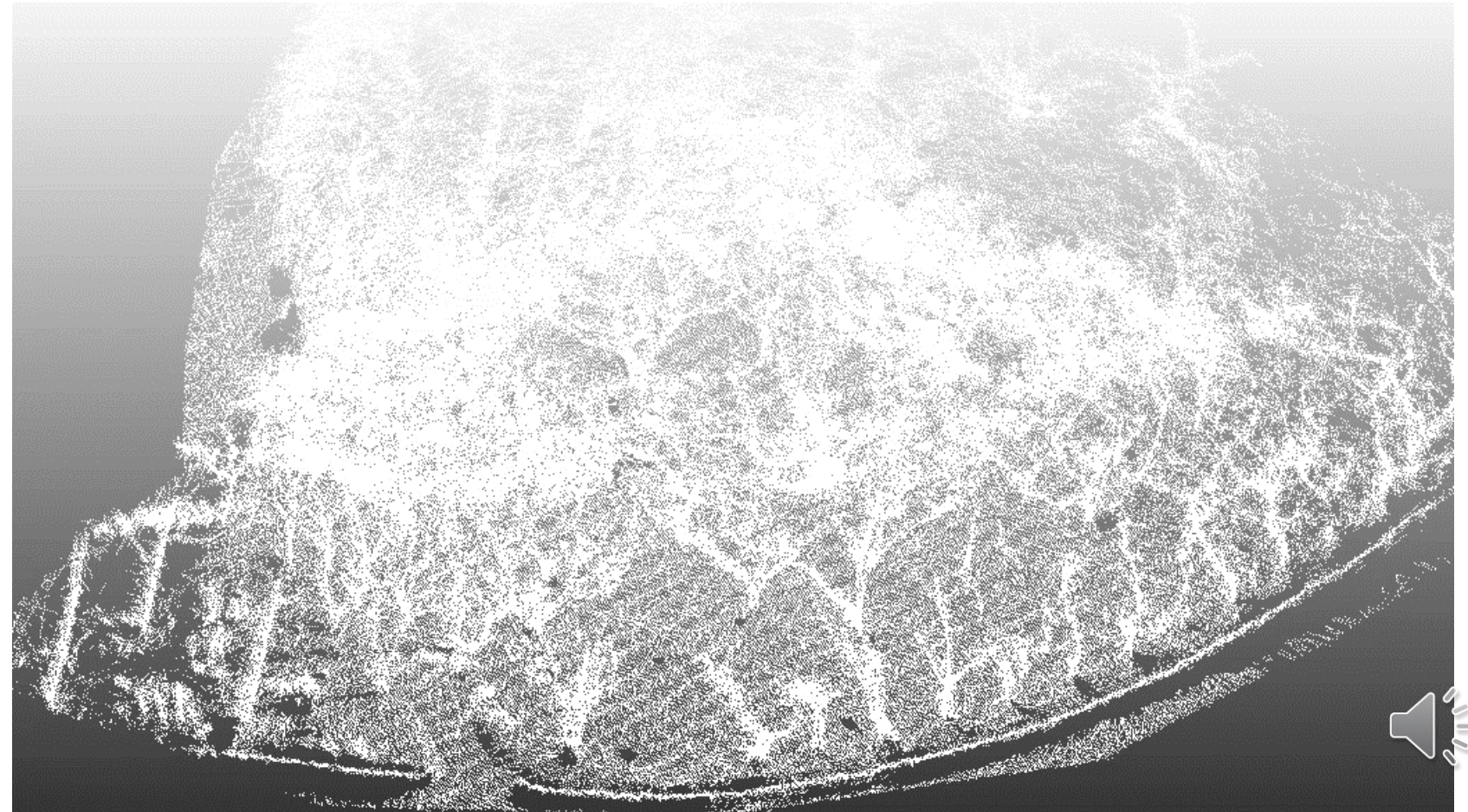
1. 樹木のLiDAR計測やその解析について
2. 農業分野での応用事例について



- 植生を対象として、手持ちのLiDARにより点群を取得した例
- 一点に設置するタイプや、自動車に搭載するタイプなどLiDARの種類もさまざま存在
- 特に植生の点群は目で見ても物体を認識しづらい

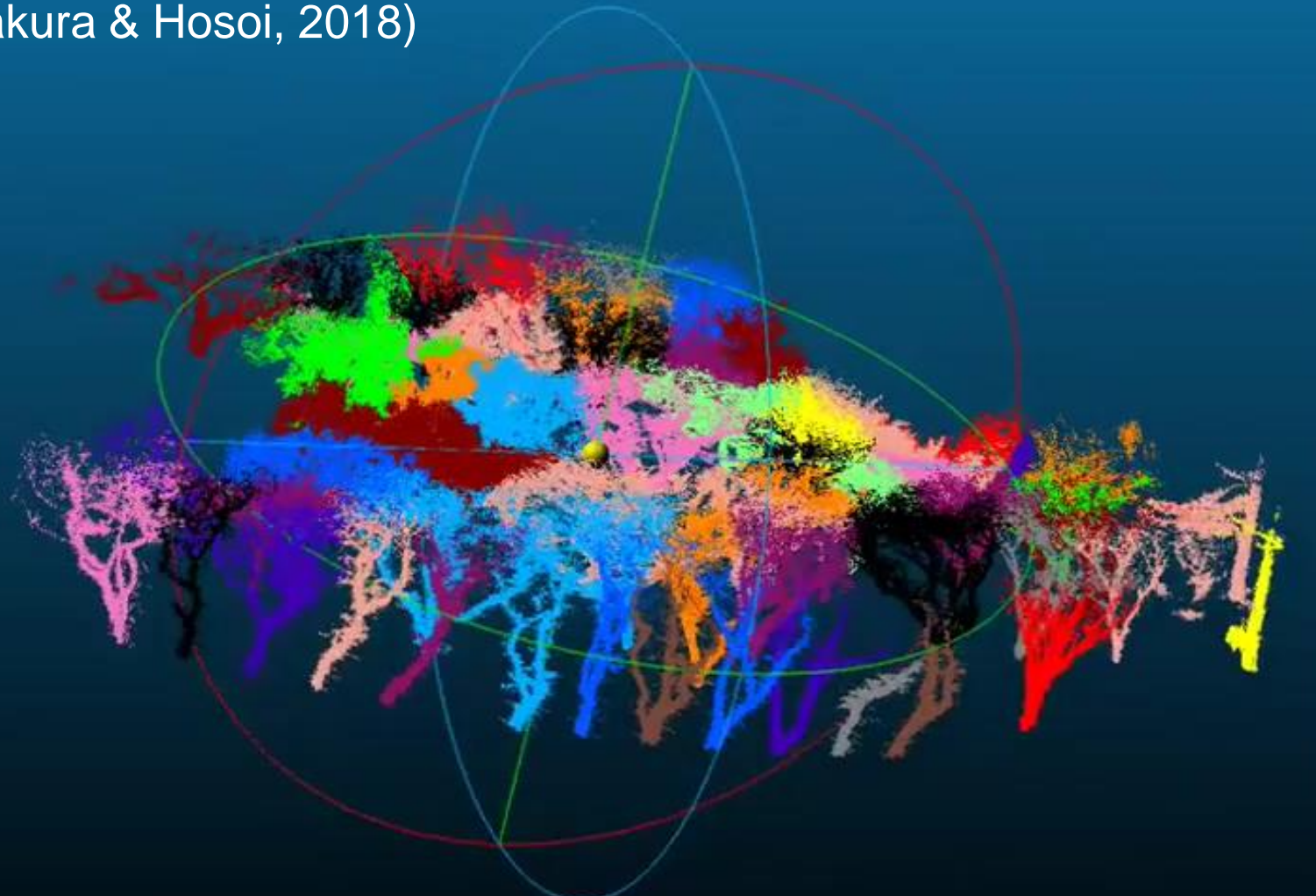


Velodyne VLP-16

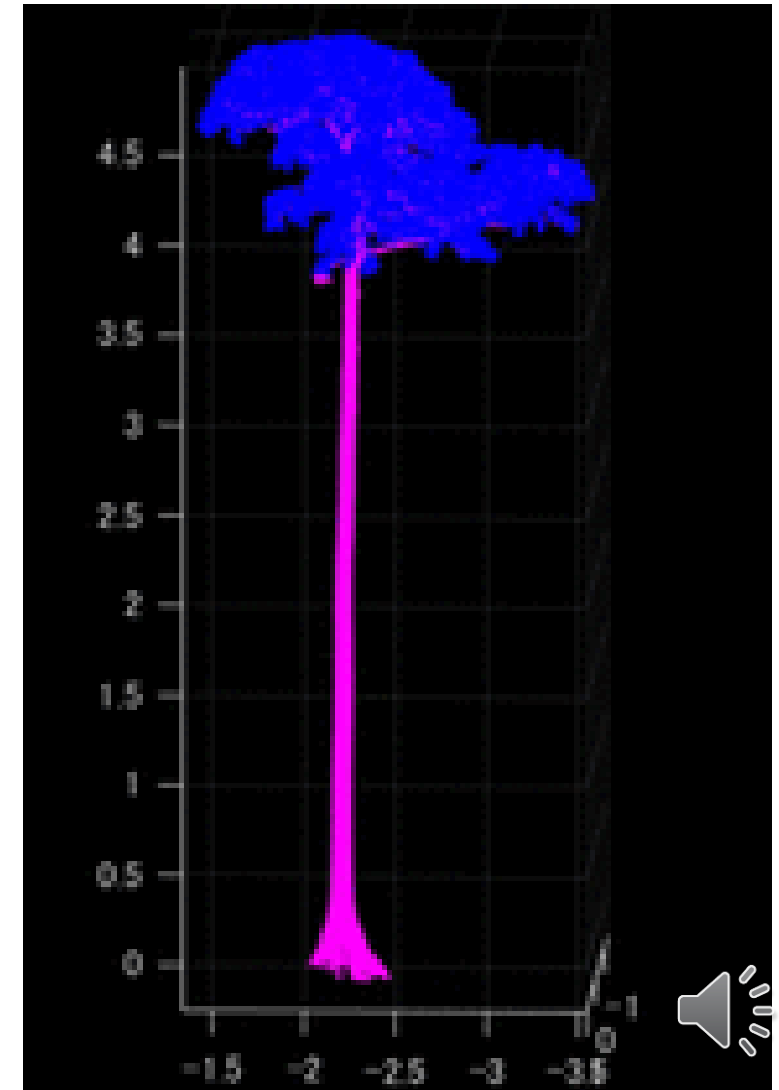


研究内容の例：樹木のLiDARデータの解析

- 森林の樹木のカウント & 幹直径や樹高の算出
 - **枝と葉の自動分離**により材木としての価値評価にもつなげる
- (Itakura & Hosoi, 2018)

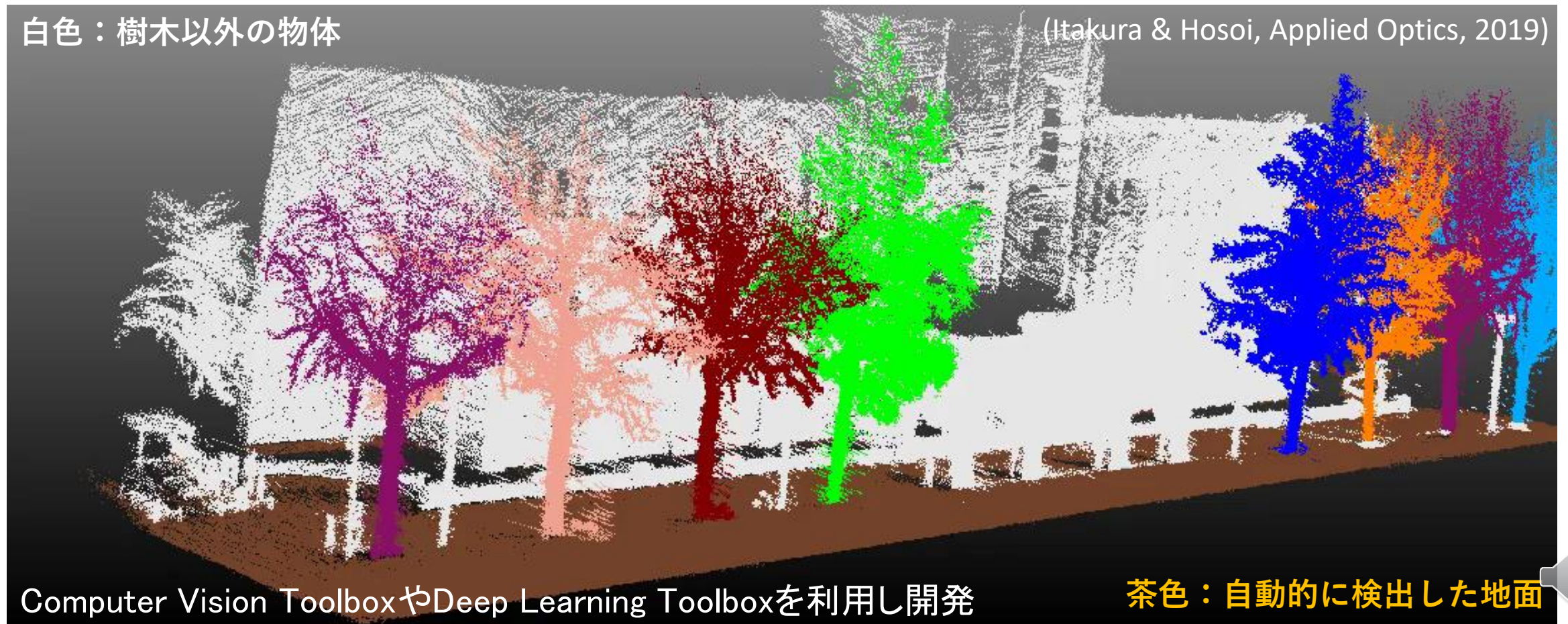


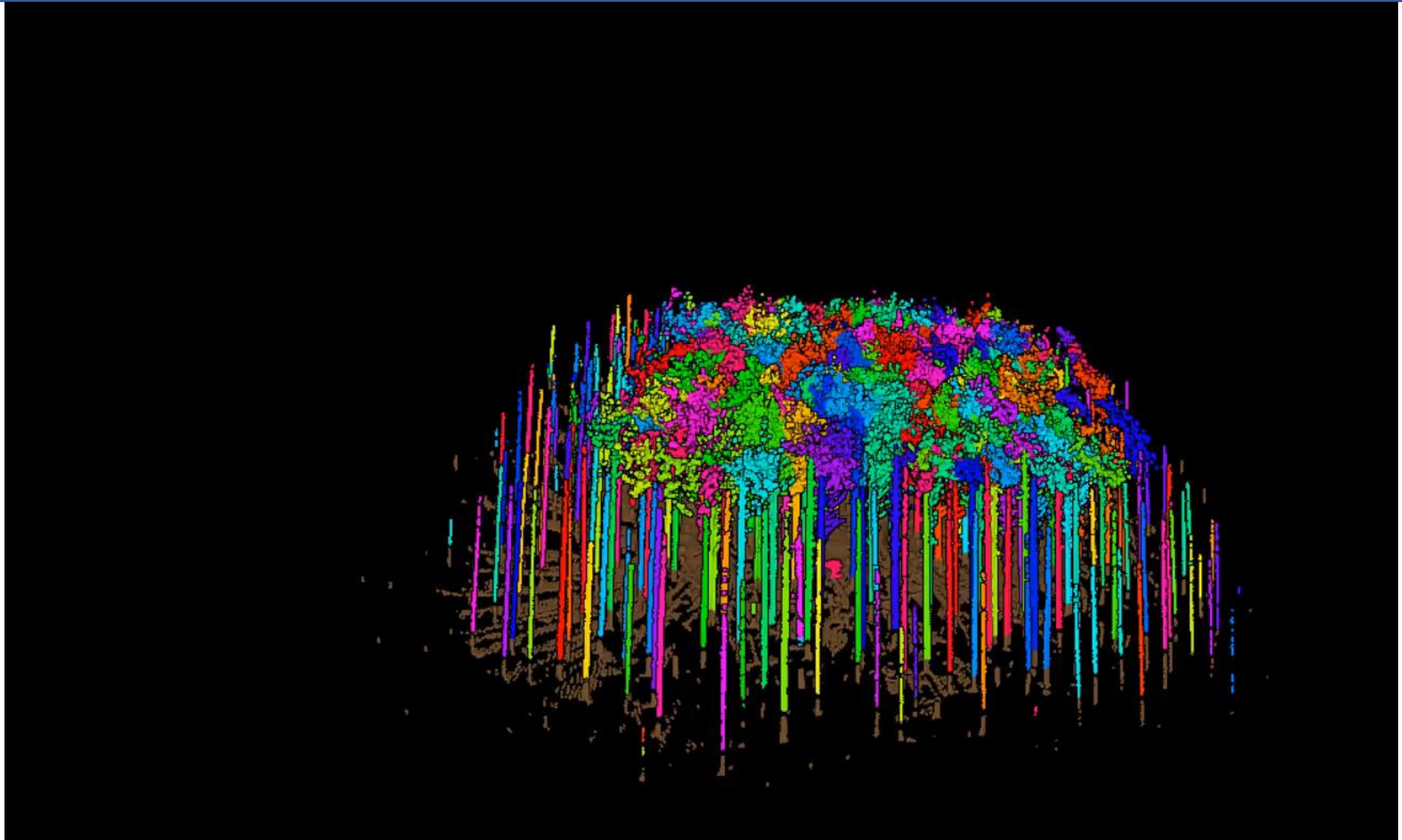
Computer Vision Toolboxを利用し開発



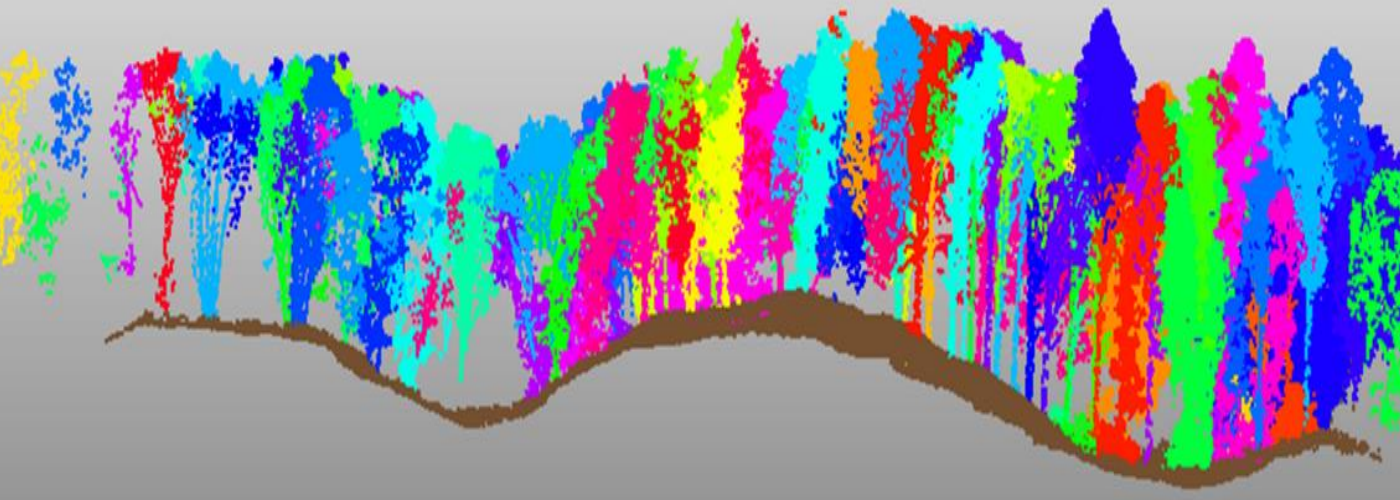
▶ 樹木のLiDARデータからの樹木の自動検出

- 都市部：スマートシティの実現に向け、**景観や成長モデリングのために活用**（シンガポール）
- ポールなどの樹木と似た構造をもつ物体も正しく「樹木でない」と自動認識

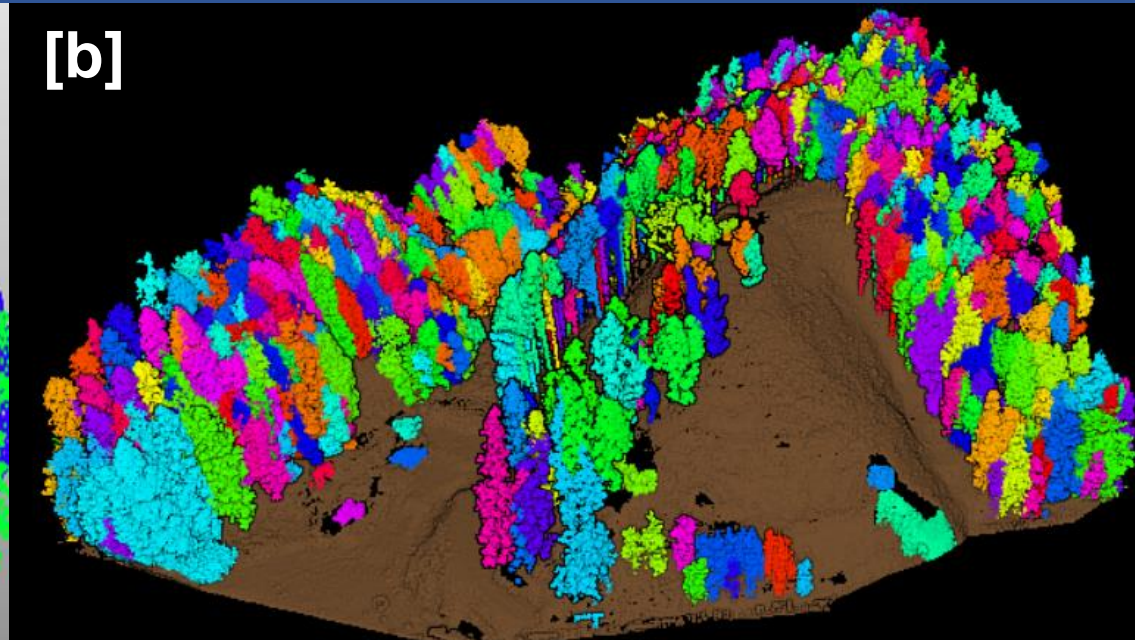




[a]



[b]



[c]

	A	B	C	D	E	F
1	Tree ID	X	Y	Z	TreeHeight	CanopyArea
2	1	61170.27	83692.27	472.133	4	50.1
3	2	61171.6	83684.98	474.352	3.3	19.2
4	3	61168.14	83682.68	474.892	1.8	0.4
5	4	61173.05	83688.09	473.575	3.6	15.2
6	5	61172.12	83698.47	471.068	4	26.5
7	6	61172.11	83654.89	469.721	5.2	8.5
8	7	61175.06	83705.49	467.59	2.7	15
9	8	61178.09	83676.71	471.965	6.2	65.1
10	9	61174.35	83651.09	469.468	4.5	10.7
11	10	61176.89	83694.65	471.893	4.8	53.6
12	11	61180.62	83684.08	471.085	7.8	160.2
13	12	61177.27	83708.28	467.906	2.5	3.6
14	13	61182.28	83663.53	472.1	6.9	8.2
15	14	61179.69	83660.04	469.213	5.6	0.1

自動認識した樹木の情報(高さ、幹直径など)を含む台帳を生成

[d]



認識した樹木の地理情報をGISソフトにエクスポート (Mapping Toolboxを利用)

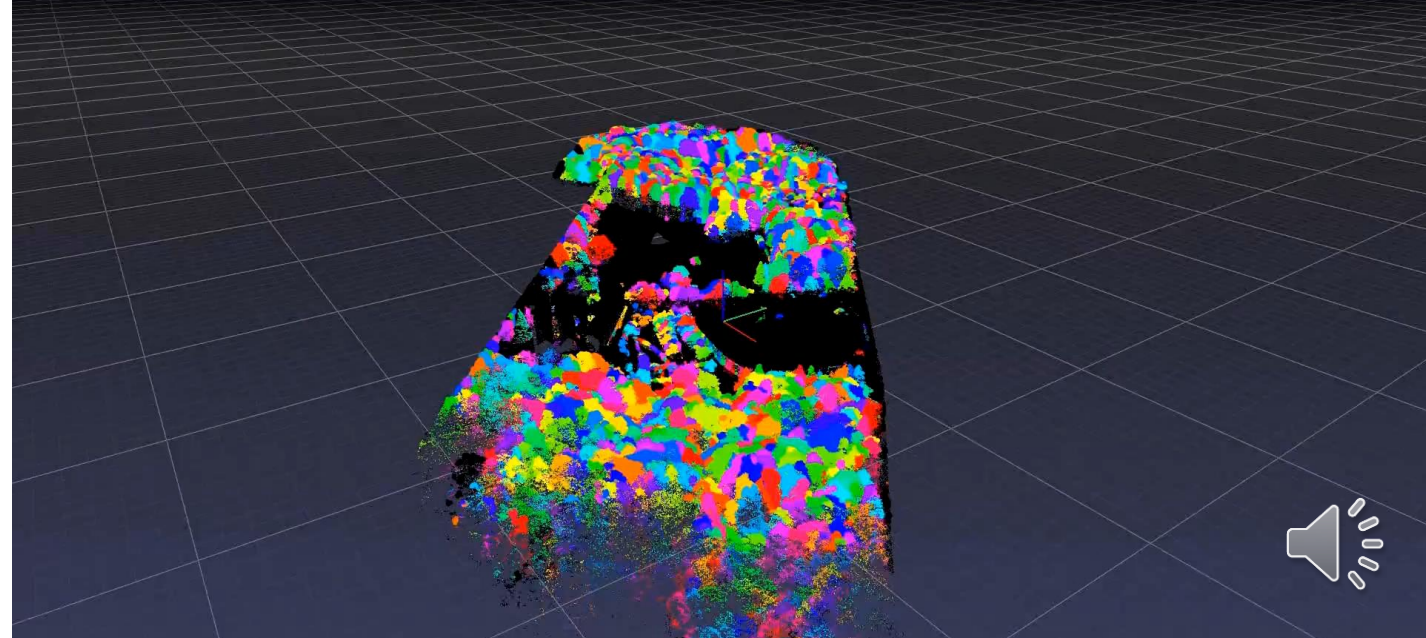


- 地上からの計測に加え、
ドローン搭載型のLiDARから計測可能
- 右図:DJI ZENMUSE L1を用いて計測
- より**広域な範囲**を精度よく、
短時間に計測・解析可能

謝辞: 株式会社セキド様よりデータを取得いただきました



図出展: セキド HPより



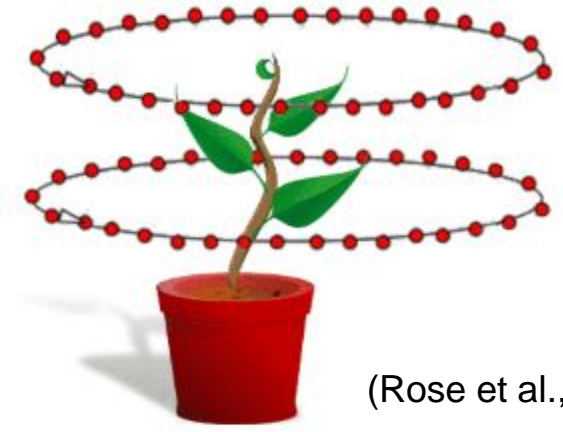
農業分野での応用事例



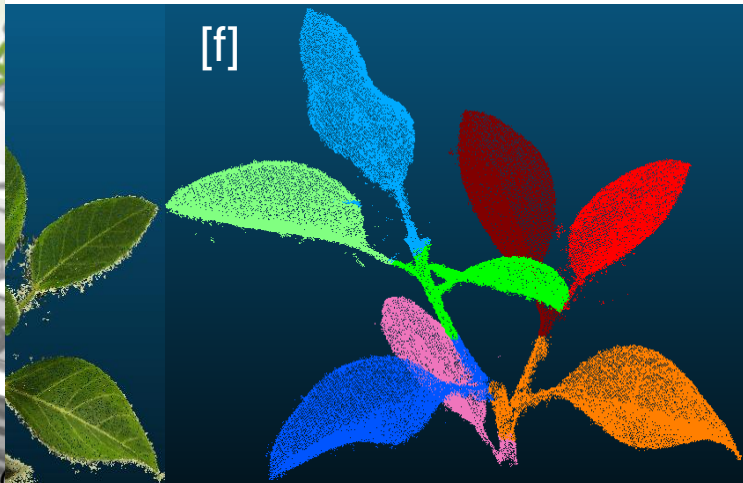
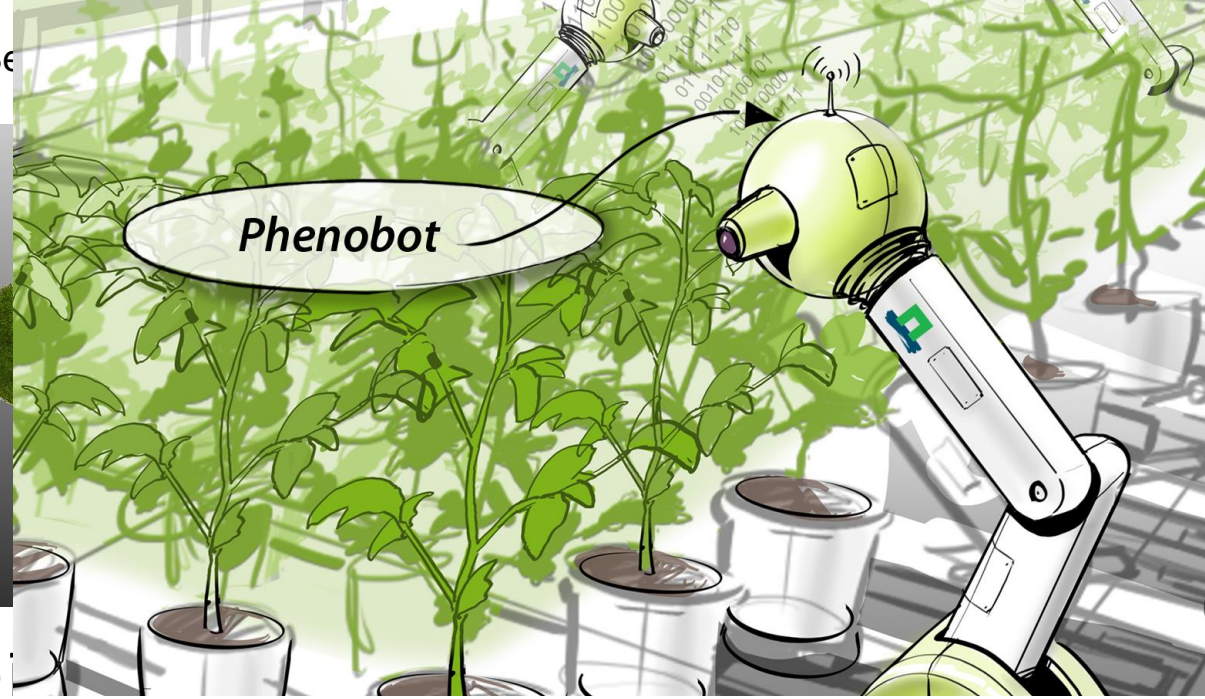
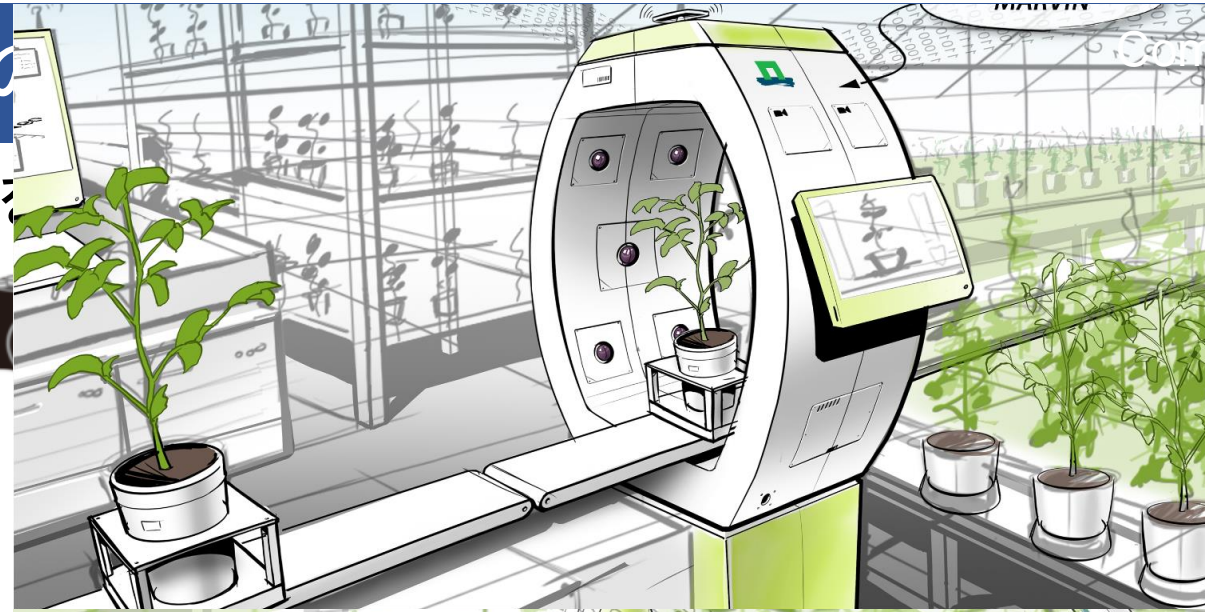
植物の3次元計測の

Computer Vision Toolboxを利用し開発
d Compareにて点群を表示している

➤ 植物の3次元画像



(Rose et al., Se



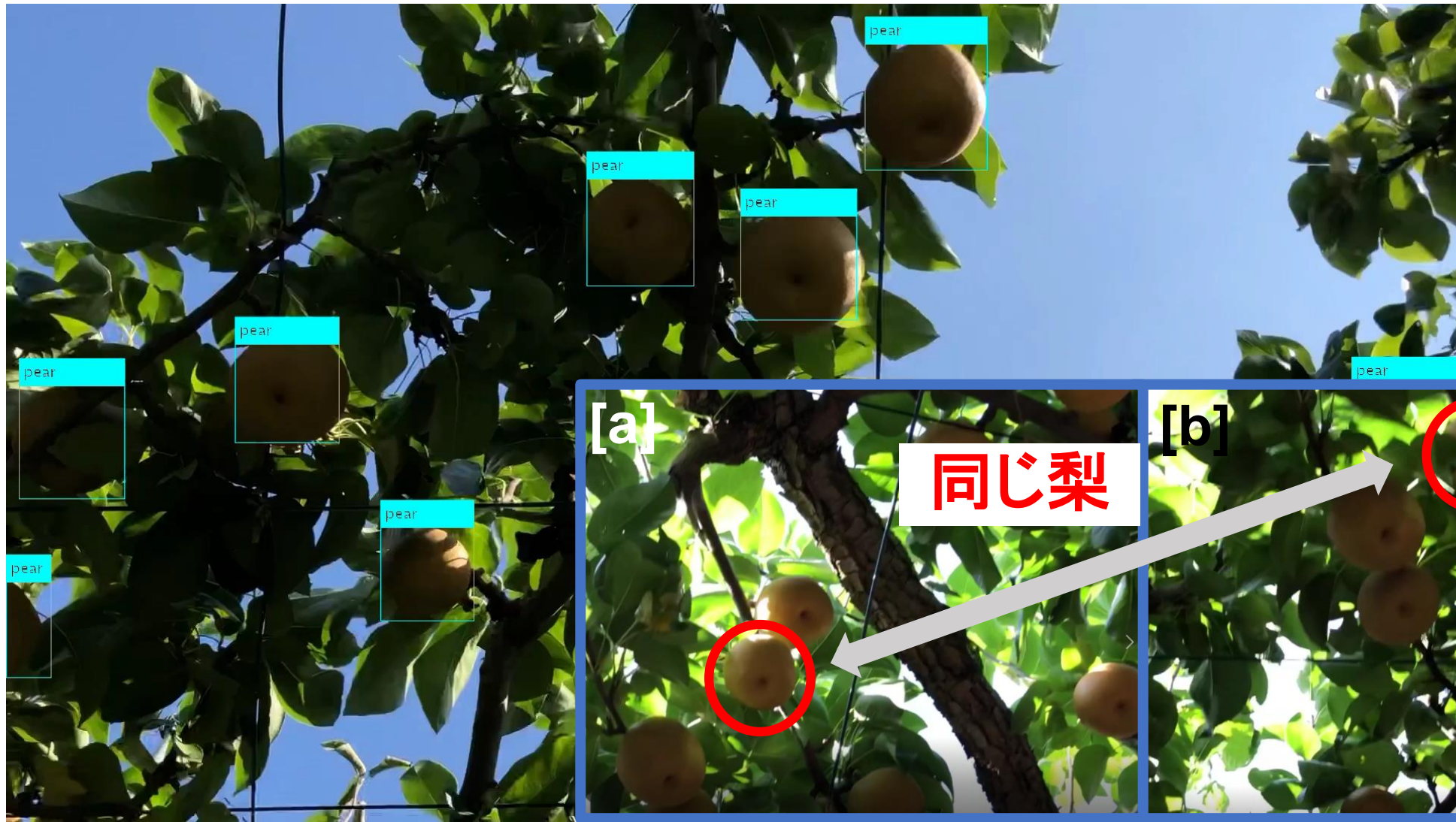
➡ 3D化した植物の

傾斜角を計算可能

Wageningen University & Research

- YOLO v3などを用いて梨を検出

➡ カウントには前フレームのそれぞれの梨との紐づけが必要



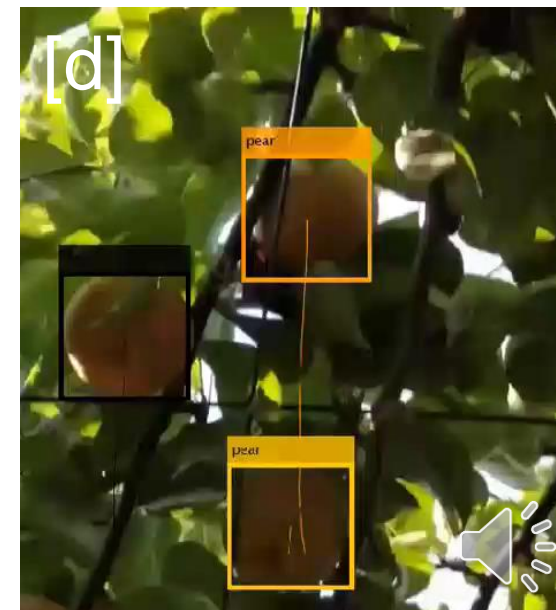
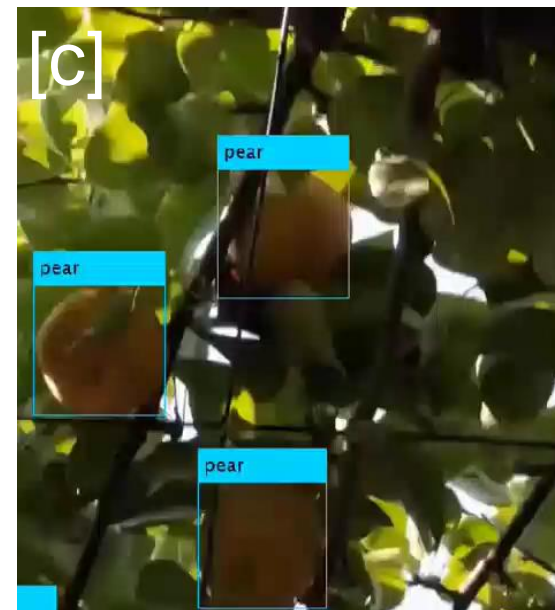
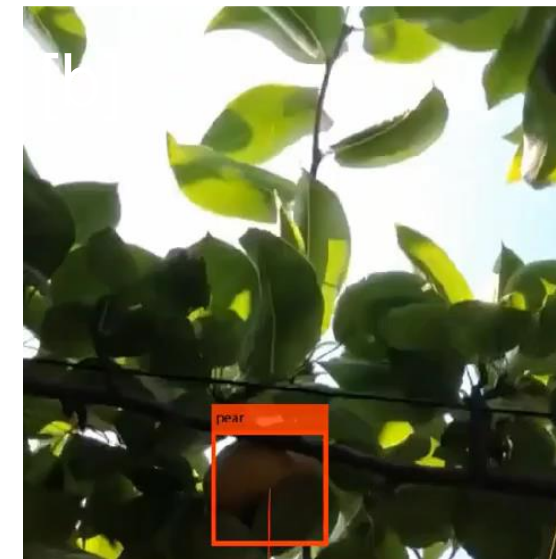
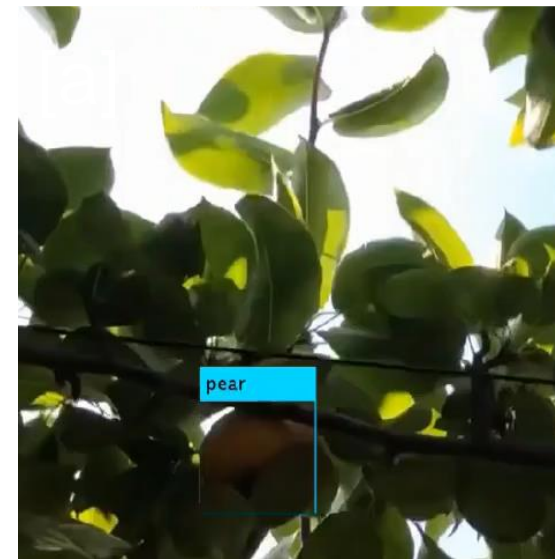
■ カルマンフィルタを用いた物体追跡によりカウントを実現

- 不安定な光条件下でも適用可能

(Itakura et al., OSA Continuum, 2021)



- ・ 物体検出 [a]: 検出漏れのフレーム
⇒ 前フレームの
同一の果実との紐付けが困難に
⇒ 2重カウントに繋がる
 - ・ 次の位置を予測しつつ追跡 [b]
⇒ 検出漏れをカバー
-
- ・ 物体検出 [c]: 光環境の変化
⇒ 検出漏れが発生
 - ・ カルマンフィルタによる追跡 [d]
⇒ 検出漏れがあっても追跡可能
⇒ 光環境の変化にも対応



- これまではカメラを手持ちで移動して撮影していた(左下図)
- ドローンにより、自動的に撮影できないか
- 市販のドローンでは、GPS情報をもとに自動航行可能だが、地上付近や施設内では難しい



MATLABでは小型ドローンの細かな制御が可能

Ryze Tello Drone Support from MATLAB

Control Ryze Tello drones from MATLAB and acquire sensor and image data.

Parrot Minidrones Support from Simulink

AR.Drone 2.0 Support from Embedded Coder

PX4 Autopilots Support from Embedded Coder



MATLAB Website: <https://jp.mathworks.com/hardware-support/tello-drone-matlab.html>



- 静岡県沼津市の柑橘農園(甘夏、きよみ)
- ドローンの動きをコーディングにて自動制御
- 用いたドローン: Ryze Tello (Ryze Technology, China)
- 地上約2mの地点から、左方向に移動しながら樹木の画像を撮影





Cloud Compareにて点群を表示

- [a] さきほどの結果と同様に、ドローンから果実を自動的に検出し、カウントが可能
- 今後は屋内(ハウス)でも実験を行う予定である
- [b] 対象の3次元構造(高さなど)も推定可能

- MATLABを用いることで画像 (2D) や点群 (3D)の情報を効果的に解析できた
- MATLABのセットアップ(環境構築)は非常に簡単で、コードも簡潔に記述可能
- ➡ **自分のメインの開発に集中**できる
(オリジナルの手法の開発、精度・計算速度アップのための細かなカスタマイズ)
- サポートが充実しており技術的な細かい質問や実装のアドバイスなどを受けることができる
- **画像/点群(3D)のセグメンテーション・検出・深層学習に関することについて様々な分野の企業の方と議論したく存じます。興味のある方はぜひご連絡ください**
- 開発への希望:より滑らかに動き、きれいに見える、より高度な点群のビューワーのサポート
- 本研究成果の社会実装に向け産学連携を進めています
 - LiDARの点群処理や樹木解析について:スキャンエックス株式会社
 - 農業系の画像・点群処理について:株式会社CULTA

