※本プレスリリースは、本学HPでもご覧いただけます。

NEWS RELEASE

高知工科大学
KOCHI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

2023年10月２日

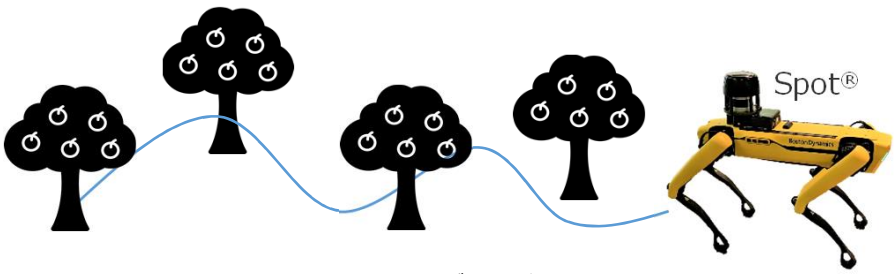
自動化・省力化による農家の負担軽減を目的とした実証実験を公開
『果樹栽培技術革新のための１樹葉果比推定技術』を４足歩行ロボットに搭載

高知工科大学は、高知県の農業を飛躍的に発展させるための産学官連携プロジェクト『IoP（Internet of Plants）が導く、「Society5.0型農業」への進化』（IoPプロジェクト）に参画しています。

このプロジェクトの研究課題のうち、『需要・価格変動の大きい農産品の出荷量・時期予測』について、情報学群 栗原 徹教授（共同研究者：高知大学 農林海洋科学部 濵田 和俊准教授）が研究を進めてきた、『果樹栽培技術革新のための１樹葉果比推定技術』を４足歩行ロボットSpot® ※1に搭載し、自動化・省力化による農家の負担軽減を目的とした実証実験を行います。

今回、自動化・省力化のため導入するSpot® は、国内でも導入例の少ない4足歩行ロボットです。導入にあたり、一般社団法人日本の農村を元気にする会が管理する株式会社土佐北川農園の圃場をお借りして実証実験の様子を公開いたします。

センサーを背負い葉数を調べる作業員の様子



Spot ®による圃場でのデータ収集イメージ図

開催概要

■日時：2023年10月11日(水) 11:00～（雨天の場合は11月1日（水）の同時間帯に延期）

■場所：〒781-6446高知県安芸郡北川村西谷字カミ峯ノクボ47-3（株式会社土佐北川農園）
山間の圃場のため道がとても狭くなっております。

※ 集合場所などをお伝えしますので、取材を希望される場合は、10月6日(金)17時までに、広報課へご連絡ください。

【研究に関するお問い合わせ先】
高知工科大学 情報学群 栗原 徹
TEL. 0887-57-2204
E-mail：kurihara.toru@kochi-tech.ac.jp

【取材に関するお問い合わせ先】
高知工科大学　広報課　石川・前田
TEL.0887-53-1080（当日連絡先：050-5363-1736）
E-mail：kouhou@ml.kochi-tech.ac.jp

協力：一般社団法人日本の農村を元気にする会(試験圃場・気象用センサーMIHARASデータ　提供)

【注目ポイント】

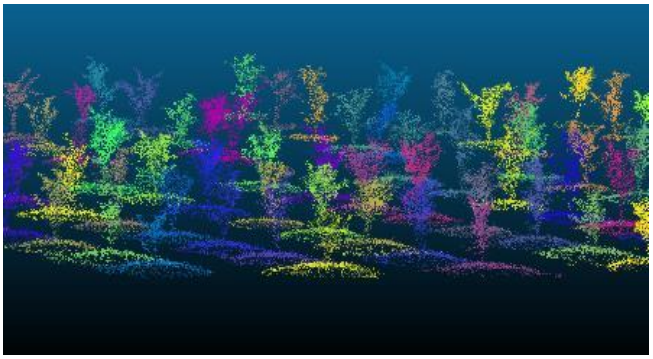
・ユズ（柑橘）は栽培上、隔年結果と呼ばれる豊作・不作の繰り返しを生じやすく、毎年の安定生産が農家にとって課題です。それを避けるため、適切な葉果比（＝葉数/果実数）が調べられています。

・つまり、ユズ（柑橘）の安定生産のためには葉果比を把握し摘果することが重要です。『果樹栽培技術革新のための１樹葉果比推定技術』は、適切な葉果比と摘果数を算出するもので、これまではデータ収集を人力で行っていましたが、このシステムをSpot® に搭載し、葉果比推定の自動化・省力化を行います。

【研究背景】
果実の産出額は、優良品種への転換により年々増加傾向にある一方で、生産者の高齢化や栽培農家数の減少により、栽培面積や生産量は緩やかな減少傾向に向かっています。継続的に安定した果実栽培を行うためには、生産効率を高めるだけでなく、作業量を少なくし、必要な労働人数や労働時間を削減することが必要です。

【研究内容】
LiDAR※2で得られる園地全体の点群データから、自動で各樹木を分離する樹木分離法を検討しました。また、樹木分離法の有用性を検討するため、先行研究の主成分回帰分析（点群数・樹高など４つの特徴量で算出）を行い、自動と手作業データとの結果を比較しました。
その結果、樹木分離法は、樹木との距離や雑草などの園地の特徴によって、正しく分離できないことが分かりました。一方、主成分回帰分析では、ボクセル化を行うことで手動の分離方法と近い結果を示し、樹木の葉数推定が可能であることが確認できました。
こうしてLiDARで推定された葉数を教師データとして、大量の画像を用いて画像からのゆず葉数推定を実現しています。

（比較実験のため葉の実数を数える様子。ゆずの木一本当たり、８,000～10,000枚の葉数を数えました）


（自動樹木分離後のデータの一例）

【今後の展開】
画像を用いた葉数と果実数を把握し、園地の樹木ごとに隔年結果指数を判定することで、樹木ごとの適正な葉果比を求め、最大収量での安定生産を実現します。また、ビッグデータによる園地管理手法の確立を目指します。

【用語解説】
※1 Spot®とはBoston Dynamics社が製造する自律4足歩行ロボット。
バッテリー電源で駆動し、反復的なタスクの自動化を可能にする自立プログラムを搭載。また高度な制御アルゴリズムにより、バランスを取りながらの砂地や草地、階段の昇降、障害物の回避、不整地での歩行が可能。

※2 LiDAR(Light Detection And Ranging)とは、レーザー光を用いて距離センシングと二次元又は三次元の空間イメージングをレーザー画像から行う技術。

【参考1】
NEDO若サポ
https://wakasapo.nedo.go.jp/seeds/seeds-3034/

末廣いのり, 栗原徹, 濱田和俊, ``3DLiDARによる点群データからの葉数推定に関する基礎的検討,'' 第38回センシングフォーラム, 1P1-26, p.27, 大阪電気通信大学, 9/30-10/1, 2021.
浜田和俊, 栗原徹, ``赤外線暗視カメラを用いたユズの葉数および葉果比推定に関する研究,'' 園芸学研究21別1: 158, 園芸学会春季大会, 3/17-23, 2022.
末廣いのり, 栗原徹, 浜田和俊, ``歩行型LiDARによる園地点群データからの樹木分離法の検討と葉数推定,'' 第39回センシングフォーラム, pp.89--94, 東京大学, 9/21-22, 2022.
福森寧々,楊易久,栗原徹,浜田和俊, ``1樹葉果比推定のための前景樹木抽出の検討,'' 第27回パターン計測シンポジウム, PM107_07, 11/11, 2022.
栗原徹, 末廣いのり, 楊易久, 松本正弘, 福森寧々,浜田和俊, ``近赤外線カメラを用いたユズの葉果比推定に関する検討,'' 第10回計測自動制御学会制御部門マルチシンポジウム, 2M3-5, 03/08-11, 2023.
松本正弘,楊易久,栗原徹,浜田和俊, ``ユズ果実数推定で用いる撮影方向数の比較,'' 第40回センシングフォーラム, p.202, 2P1-18, 高知, 08/31-09/01, 2023.
Yijiu Yang, Jun Yu and Toru Kurihara, ``Immature Yuzu Citrus Detection Based on DSSD Network with Image Tiling approach,'' Proc. of SICE Annual Conference, pp.1128--1133, Tokyo, Japan, Sep.08-10, 2021.
Yijiu Yang, Jun Yu and Toru Kurihara, Kazutoshi Hamada, ``Immature Yuzu Citrus Detection in Infrared Images using YOLOv4-large,'' Proc. of SICE Annual Conference, pp.604--607, Kumamoto, Japan, Sep.06-09, 2022.
Yijiu Yang, Jun Yu and Toru Kurihara, Kazutoshi Hamada, ``Single Tree Leaf Number Estimation in Infrared Image,'' Proc. of SICE Annual Conference, pp.1032--1035, Mie, Sep.06-09, 2023.
Inori Suehiro, Toru Kurihara and Kazutoshi Hamada, ``A study on individual tree segmentation from orchard point cloud data using watershed method,'' Proc. of SICE Annual Conference, pp.1036--1041, Mie, Sep.06-09, 2023.

夜間赤外画像を用いたユズ果実検出

高知工科大学　情報学群　教授　栗原徹
高知大学　農林海洋科学部　准教授　濵田和俊

研究概要

- 農業分野における果実検出の要求
  - 農業就業人口の減少（日本ではこの10年で100万人減少）
    ➡ 自動収穫ロボットの実現が期待され、開発されている。
  - 収量予測が販売価格を高める
    - 正確な予測によって契約価格を高くできる

- カラー画像を用いる果実検出の課題
  - 背景樹木の果実検出
  - 強い太陽光下で撮影すると
    - ✓ 樹体上部の白飛び
    - ✓ 影領域

    により、果実の見逃しが起こりやすい

曇天下での撮影が推奨される

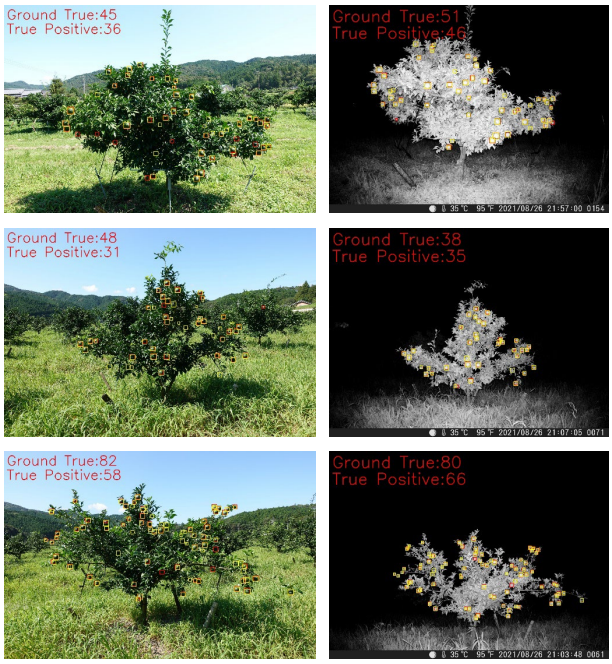
晴天時に使えないのは不便

➡ 夜間の赤外撮影でそのような問題の解決を図った。

カラー画像果実検出の課題

✓晴天時の白飛び・影による見逃し
✓背景樹木の果実検出（1樹果実数の推定ができない）

赤□：検出結果、黄□：正解



撮影角度の違いによるオクルージョンで見える果実数が異なるため真の個数の変わる

図１　カラー画像と赤外画像の検出結果例（未知のテスト画像）

表１　カラー画像と赤外画像の比較

P5,P6,P7は入力画像のサイズの違い。どのサイズでも赤外(infrared)の性能が高い。

Method	Precision	Recall	F1-measure
Yolov4-P5 + RGB	0.90	0.66	0.76
Yolov4-P6 + RGB	0.91	0.69	0.79
Yolov4-P7 + RGB	0.90	0.72	0.80
Yolov4-P5 + infrared	0.95	0.79	0.86
Yolov4-P6 + infrared	0.94	0.82	0.87
Yolov4-P7 + infrared	0.96	0.84	0.90

特許等

特願2022-041385情報処理装置、情報処理方法、及びプログラム

応用範囲

ウンシュウミカン、土佐文旦やレモンなどのカンキツには直ちに展開できる。またカンキツに限らず、多くの果樹に展開できるのではないかと期待している。

今後の展開

民間企業との共同研究を募集し社会実装を目指したい。

高知工科大学
KOCHI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
〒782－8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185
高知県公立大学法人 高知工科大学 研究連携部 IoP推進事務室
TEL:0887-53-9065 E-mail: iop@ml.kochi-tech.ac.jp