

令和 6 年 6 月 11 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05844

研究課題名（和文）果樹園用自律型光性フェロモントラップ散布ロボットの開発

研究課題名（英文）Development of an Autonomous Light and Sex Pheromone Trap Spraying Robot for Orchards

研究代表者

Ahamed Tofael (Ahamed, Tofael)

筑波大学・生命環境系・准教授

研究者番号：40593265

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、夜間は誘引LEDライト、昼間は性フェロモンを用いて、結実初期から果実の成熟期まで害虫を駆除する新しいトラップシステムを備えた自律型農薬散布ロボットの開発を目指している。この新しいロボットは、生産コストを削減し、高齢化する農家を支援し、人の健康と環境を守る。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、光と性フェロモントラップによる減農薬のために、果樹園でロボットをナビゲートするサーモグラフィとリラを使用したセンシングシステムの新しい方法論とアプローチを平準化した。この研究は、果樹園の生産者にとって、農薬の使用量を減らし、果樹園の生産システムを省力化するために有益である。

研究成果の概要（英文）：This research aimed to develop an autonomous pesticide spraying robot equipped with a new trapping system that uses an attractant LED light at night and sex pheromones during the day to eliminate pests from the early fruiting stage to fruit maturity. This new robot will reduce production costs, assist aging farmers, and protect human health and the environment.

研究分野：農業ロボット工学

キーワード：農業ロボット 精密農薬散布 赤外線画像 人工知能 果樹園

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

日本産の果物は、味だけでなく、色や香りも魅力的である。しかし、梨、りんご、ぶどうなどの早期結実から成熟期において、害虫の防除が大きな課題となっている。一般的に、果樹では、花や果実の異なる生育段階で、10回以上の農薬散布を必要とするため、農薬散布量の削減と労働集約性が求められている。また、果樹園では、生産コストの上昇や健康・環境リスクに加えて、ポンプや送風機の騒音、スピードスプレーヤによる長時間の作業、さらに、オペレータの確保が課題となっている。

### 2. 研究の目的

本研究では、農薬散布のための労働力や散布時間の削減、また、農薬散布量の劇的な削減のために、光とセックスフェロモンを利用したトラップシステムを搭載した自律型農薬散布ロボットの開発を行う。本研究では、光の色の可変性と昆虫の魅力的なセックスフェロモンメカニズムを利用した統合的なアプローチは、昼夜を問わず、昆虫をロボット噴霧器に近づけることを提案している。また、農薬の使用量を減らし、効率を高めるために、

### 3. 研究の方法

(1)自律型農薬散布ロボット：研究車両は、電動台車を基に、台車の前輪をフロントアクスルに置き換え、ステアリング制御用のサーボモーターを接続することで改造された。車両全体が電動式であるため、果樹園での作業時にスムーズに走行し、騒音も最小限に抑えられている。台車には、制御装置、LiDARと赤外線カメラ、20Lの水タンクとノズル、紫外線(UV)ライトが装備されている。

(2)ナビゲーションシステム：本研究では、2D LiDARとサーマルカメラの2つのセンサーを使用して、車両のリアルタイム目標識別とナビゲーションを行う。サーマルカメラは、樹木から放射される赤外線に基づいて、異なる照明条件における樹木の画像を表示することができる。サーマルカメラはディープラーニングを利用して、樹木と安全な移動範囲をリアルタイムで識別する。LiDARは周囲の距離情報をリアルタイムで返し、サーマルカメラの視覚情報を融合することで、周囲の樹木やその他の障害物を区別し、樹木の位置のみに基づいて道路計画を行う。

### 4. 研究成果

(1)サーマルカメラビジョン：本研究では、果樹園の樹木を様々な時間帯に撮影し、ラベリングした後、ディープラーニングアルゴリズムを用いて訓練し、得られた重みファイルはリアルタイムで対象物を認識することができる。画像セグメンテーションでは、Mask RCNNとYolactを試したが、検出された物体のリアルタイム性を考慮し、fps 15のYolactを選択した。

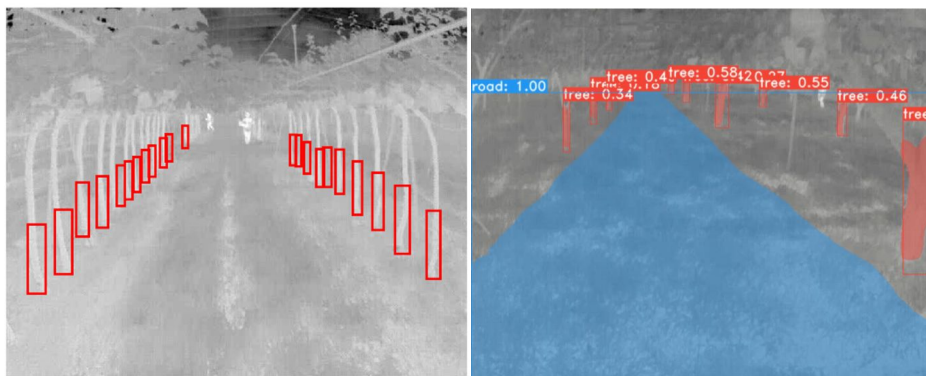


図1、サーマルカメラのディープラーニング結果。(a) Faster RCNNによる目標検出結果 (b) Yolactによる画像分割結果

(2)自律型農薬散布ロボット：車両は、コントロールユニットからの信号によって、操舵や速度の変更、農薬散布用ポンプのオン・オフができるように改造されている。車両の運転状態をリアルタイムで表示するディスプレイが搭載されている。



図 2、自律型農薬散布ロボット画像

(3) 道路計画：まず、LiDAR で得られた結果をもとに、DBSCAN アルゴリズムを使って対象物を異なるクラスターに分類し、その後、サーマルカメラの画像分割結果を比較して対象物の種類を判定した。道路を計画する際には、樹木のみを参照として使用し、K-means と RANSAC の計算によって最適なルートを求める。走行中の車両の前方 2m の範囲と画像分割の安全範囲を比較し、安全範囲を超えた場合は車両を自動停止させ、走行中の安全を確保する。

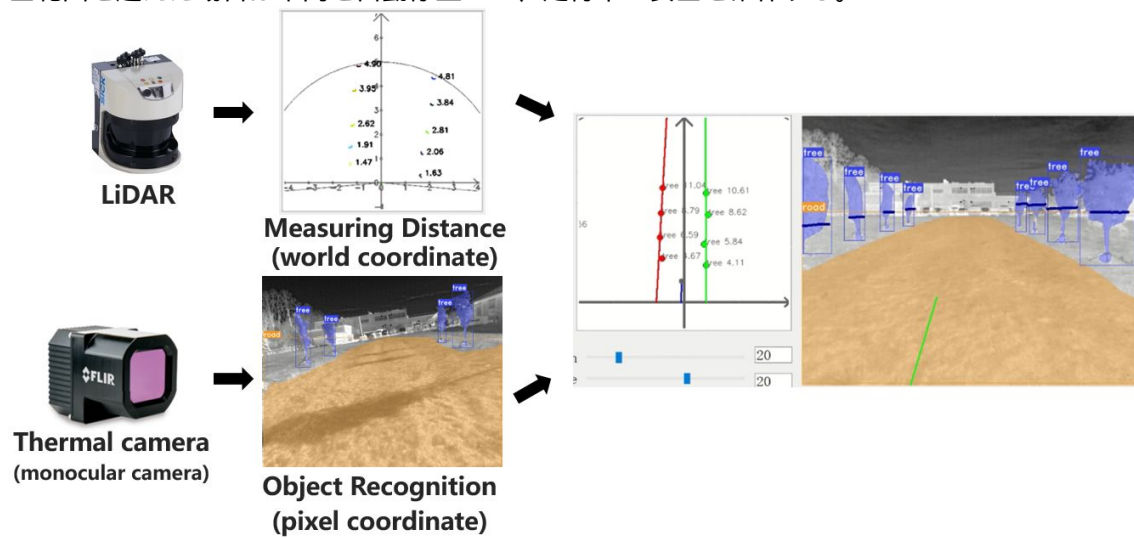


図 3、サーマルカメラと LiDAR を用いた道路計画

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Siyu Pan, Ahamed Tofael	4. 巻 22
2. 論文標題 Pear Recognition in an Orchard from 3D Stereo Camera Datasets to Develop a Fruit Picking Mechanism Using Mask R-CNN	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 4187 ~ 4187
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/s22114187	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Jiang Ailian, Noguchi Ryoza, Ahamed Tofael	4. 巻 22
2. 論文標題 Tree Trunk Recognition in Orchard Autonomous Operations under Different Light Conditions Using a Thermal Camera and Faster R-CNN	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 2065 ~ 2065
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/s22052065	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 3件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Ailian Jiang, Ryoza Noguchi, Tofael Ahamed
2. 発表標題 Development of an Autonomous Spraying Robot for Orchard Using LiDAR and Machine Vision
3. 学会等名 日本農業情報学会大会, 口頭発表
4. 発表年 2022年 ~ 2023年

1. 発表者名 Jiang Ailian, Tofael Ahamed
2. 発表標題 Development of a Navigation system for Orchard Sprayer Using Thermal Camera and LiDAR
3. 学会等名 農業食料工学会, 口頭発表
4. 発表年 2022年 ~ 2023年

1. 発表者名 Jiang Ailian, Tofael Ahamed
2. 発表標題 Development of an Autonomous Spraying Robot for Orchard Using Thermal Camera and LiDAR
3. 学会等名 中韓大学院生フォーラ, 口頭発表 (国際学会)
4. 発表年 2022年 ~ 2023年

1. 発表者名 Pan Siyu, Ryoza Noguchi, Tofael Ahamed
2. 発表標題 Development of Fruit Picking Object Detection Mechanism Using Depth Camera Sensor
3. 学会等名 日本農業情報学会大会, 口頭発表
4. 発表年 2022年 ~ 2023年

1. 発表者名 Siyu Pan, Tofael Ahamed
2. 発表標題 Estimation of Pear Recognition in an Orchard for Developing Autonomous Mechanism Using YOLACT and Mask R-CNN
3. 学会等名 日本農業情報学会大会、口頭発表
4. 発表年 2022年 ~ 2023年

1. 発表者名 Tofael Ahamed
2. 発表標題 Smart Tools and Techniques Towards Big Data Analytics for Achieving Sustainability in Agri-food Industries
3. 学会等名 Asian Productivity Organization (APO) (招待講演)
4. 発表年 2022年 ~ 2023年

1. 発表者名 Tofael Ahamed
2. 発表標題 Paradigms and Professionals in Agricultural, Food Sectors to Achieve Sustainability
3. 学会等名 Asian Productivity Organization (APO) (招待講演)
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 Ailian Jiang, Ryoza Noguchi, Tofael Ahamed
2. 発表標題 Autonomous Navigation System for Unmanned Speed Sprayer in Orchard Using LiDAR
3. 学会等名 日本農業情報学会大会、口頭発表、2021年5月22日
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Jiang Ailian, Ryoza Noguchi, Tofael Ahamed
2. 発表標題 Development of an Autonomous Spraying Robot for Orchard Using LiDAR and Thermal Camera
3. 学会等名 農業食料工学会, 口頭発表、2021年9月14日
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Pan Siyu, Ryoza Noguchi, Tofael Ahamed
2. 発表標題 Development of Measuring Method for Autonomous Fruit Picking Mechanism Using 3D Camera Sensor
3. 学会等名 日本農業情報学会大会、口頭発表、2021年5月22日
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tofael Ahamed
2. 発表標題 Advanced Automation in Agricultural Machinery Development for Orchard-based Plantation Crops
3. 学会等名 1st International Conference on Plantation Technology 2021 (1st ICPTech2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	野口 良造 (Ryozo Noguchi)  (60261773)	京都大学・農学研究科・教授   (14301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------