

## 画像情報を用いたあまおうの育成モニタリングに向けた自動周回撮影車両の試作 Prototype of an Automated Roving Vehicle for Visual Monitoring of the Amaou Cultivation

田中 悠登<sup>†</sup>  
Haruto Tanaka

古賀 矢響<sup>†</sup>  
Shion Koga

前原 秀明<sup>†</sup>  
Hideaki Maehara

前村 健太<sup>‡</sup>  
Kenta Maemura

### 1. はじめに

我がわが国の農業は急速な高齢化と担い手不足により、生産量・品質の両面で持続性が揺らいでいる。農林水産省統計によれば、農業就業人口は2000年から2023年までに約55%減少した。[1]こうした課題を受け、画像認識・ロボット技術・クラウド連携を核とした農業DX（スマート農業）が国内外で進められている。先行事例として、固定カメラ／固定センサ・GNSS基準局・高速通信網を前提など前提とし、圃場レイアウトをスマート農業仕様に再整備して高精度を達成する方式などが報告されている[2][3]。

本研究室は2023年度より既存農場に低侵襲で導入可能なスマート化を目標とする農業DXプロジェクトを開始し、2024年度には福岡県志賀島マエムラファームと連携して「あまおう」を対象とした実証研究を進めている[4]-[5]。研究メンバーは、果実検出・熟度推定・収量予測など複数課題を並行しているが、本稿ではタイトルに示すとおり“画像情報を用いた育成モニタリングのための自動周回撮影車両”にフォーカスし、その設計・実装・検証結果を報告する。初期試作では、段差対応やその場旋回（超信地回転）などの柔軟性を期待して、履帯式の試作車両を試作した。しかし、実際の農場における走行試験では、雨天後の湿潤路面で履帯に砂利が絡み、プラスチックの履帯が外れ、走行不能となる場面が発生した。そこで2025年度より前輪ステア・後輪駆動の四輪車に全面移行し、LEDランドマークと単眼カメラのみで自己位置を推定する誘導方式、自動ドッキング充電機構、遠隔制御用UIを実装した。本稿では、車輪型周回車両のハードウェア設計、車輪型周回車両のソフトウェア設計と低改修・既設導入モデルとしての優位性を考察した結果について述べる。

### 2. 試作した周回車両の概要

今回試作した周回撮影車両は、農場内を自律走行しながらいちごの生育状態を画像として記録し、ステーションに帰還して充電を行う機構を備えている。以下にハードウェアおよび制御構成について説明する。

#### 2.1 ハードウェア構成

本研究で開発した周回撮影車両は、既存の高設栽培ハウスを大きく改修せず導入することを前提に設計した四輪構成の小型車両である。車両本体は、前輪転舵・後輪駆動であり、旋回性能と不整地走行性能を両立するため、ゴム性のオフロードタイヤを装備した。ハウス内の走行を想定しているため防水機構は搭載していないものの、水たまり程度の浅い湿潤路面での走行には対応できる耐水性能を備えている。

駆動系には、後輪に左右独立のギア減速型DCモーター（12V駆動）、前輪の操舵にはサーボモーターを採用し、狭小な圃場内でも柔軟な進行方向制御が可能である。

搭載機器としては、USBカメラ2台と照明用LED、制御用マイコン、リチウムポリマーバッテリーを備える。撮影用カメラは、モーター駆動によって伸縮可能なロッド先端に設置されており、高設栽培における果実の高さに応じた柔軟な撮影を実現する。また、夜間や暗所での安定した撮影を考慮し、撮影用カメラの横には白色LEDを補助光源として設置し、低照度環境下でも画像の明瞭さとデータの正確性を確保している。

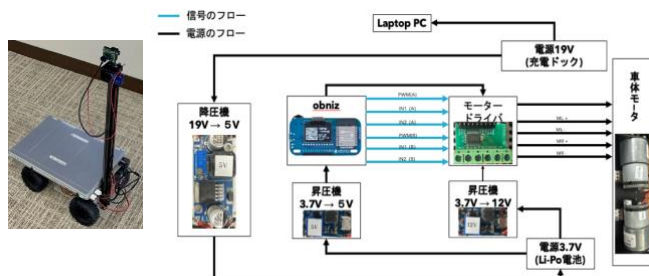


図1 外観

図2 電力と信号のフロー

自己位置推定には、ハウス上部に設置した2灯1組のLED（図3）、および充電ドック上の3灯のLEDランドマーク（図4）を基準とする。これらを航法用カメラで検出することで、車両のリアルタイムで位置および姿勢を推定する。撮影と車両制御を遠隔で行うPCは研究室に設置されている。車両は事前に設定されたルートに従って圃場内を自律走行し、撮影タスクを完了した後、自動で充電ステーション付近まで帰還する。帰還時には、LEDランドマークを航法カメラにより捕捉して自己位置推定（RMSE 1cm）と自律走行を行い最終的にマグネット付きの充電端子に自動接続される。この一連のプロセスにより、撮影・走行・充電を完全自動化しており、管理者による日常的なバッテリー交換や手動充電操作は不要である。

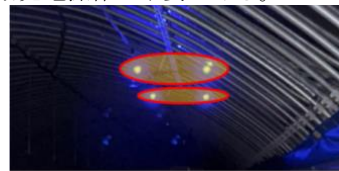


図3 ハウス上部ランドマーク設置イメージ



図4 ドックランドマーク設置イメージ

<sup>†</sup> 福岡工業大学 Fukuoka Institute of Technology

<sup>‡</sup> マエムラファーム Maemura farm

## 2.2 ソフトウェア設計

本システムはカメラと LED ランドマークを用いた航法を基本とし、航法用カメラからの映像はインターネットを介して研究室 PC へリアルタイムに送信される。研究室側では、この映像に対して画像処理を施し、LED の検出および自己位置推定を実行することで、走行制御と撮影タイミングの管理を一括して行っている。LED 検出には、まず RGB 画像を HSV 色空間に変換し、所定の色範囲にマスクをかけることで対象の LED 光源を抽出する。その後、検出された LED の座標情報に基づき、左右の LED (A および B) 間のピクセル距離から奥行き方向の距離 (*distance*) を算出する。また、中央の LED (C) の画像中心からの水平方向のずれ (*offset\_m*) を推定し、これをもとに車両から目標地点への偏差角度を次式で推定する。

$$\theta = \text{atan2}(\text{offset}_m, \text{distance}) \quad \dots (1)$$

これらの情報は逐次計算され、車両には走行・旋回・停止などの指令が即座に送信される構成となっている。

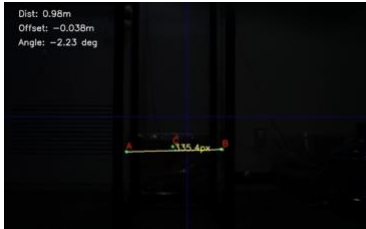


図 5 LED 間距離と偏差角度の計算結果

さらに、本システムでは通信障害や予期せぬ物理的障害に対応するため、複数の復旧機構を備えている。通信異常が発生した場合には車両の再起動を通じて接続の再確立を試み、障害物による不規則な停止が検知された際には直前の動作履歴に基づいた復旧動作を行う。また、LED が一時的に遮蔽され検出不能となった際には、探索動作を自動で行い、再検出を試みる。これらの手段で復帰できない場合には、管理者に異常通知メールが送信され、手動介入が促される。本システムは遠隔手動操作による制御機構も搭載している。これは、自律制御の補完的手段として、予期せぬ環境変化や車両動作の微調整が必要な場合に用いられる。今回実装したインターフェースでは、車両の前後進、旋回といった基本動作に加え、左右モーターの個別速度を調整できるスライダーも備えており、緊急時における柔軟かつ直感的な操作を可能としている。特に、各操作ボタンには色分けや明確なラベルを付与しており、視認性と操作性の両立を図ったデザインを目指した。(図 6) こうした UI によって、たとえ自動制御が一時的に失敗した場合でも、遠隔地から車両の制御を即座に引き継ぐことができ、農場内におけるシステムのロバスト性向上を図った。



図 6 手動制御用インターフェース

このように、本システムのソフトウェアは、自律走行機能と遠隔手動制御機能を統合的に備えることで、低コストかつ高い信頼性であまおう生育情報の収集を行う。

## 3. おわりに

本研究では、既存農場への低侵襲な導入を前提に、LED を基準ランドマークとカメラを用いた自律周回撮影車両を試作した。初期の履带式車両に代わり、前輪転舵・後輪駆動型の四輪車両を採用したことで、段差や不整地への対応力が向上し、自動運用のロバスト性を確保することができた。一方で、本システムの運用を通じて新たな課題も明らかとなった。四輪構成は走行の安定性を高めたが、切り返し動作には比較的長い時間を要し、旋回半径の制約により狭小な作業空間での取り回しには限界がある。さらに、現在は車両から送信される映像を研究室 PC で解析し、制御信号をネットワーク経由で送信する方式を採用しているため、通信品質が車両の動作安定性に影響を与えるという構造的な課題がある。これに対して今後は、画像処理と制御判断の一部を車両側で完結させるエッジコンピューティング構成への移行を視野に入れている。エッジ側での判断処理によってネットワーク負荷を削減し、通信遅延やパケットロスの影響を受けずに制御精度を高めるとともに、監視やログ記録といった機能を研究室側に分離することで、全体の信頼性と拡張性を高めることが期待される。さらに将来的には、ドック周辺や農場内に複数の外部カメラを設置し、自己位置推定のロバスト性向上を図る。特に、車両視点からの LED 検出が困難な状況においても、外部視点による補助情報により走行継続が可能となる体制の構築が求められる。また、ディープラーニングによる外乱耐性の高い画像認識の導入も並行して検討しており、これらの技術の統合により、より実環境に適した農業モニタリングシステムの実現を目指す。

## 謝辞

「ミスミ学生ものづくり支援」を通じて株式会社ミスミグループ本社様より製品提供のご支援をいただきました。感謝いたします。

## 参考文献

- [1] “日本の農業人口はどう推移している？ 農業現場へ与える影響とは”, BASF ジャパン株式会社, <https://minorasu.basf.co.jp/80076>
- [2] “ローカル 5G を活用した新しい農業技術の開発～遠隔農作業支援の実証レポート～”, 公益財団法人東京都農林水産振興財団, 東日本電信電話株式会社, 株式会社 NTT アグリテクノロジー
- [3] 桜井 大翔, Sutan Muhammad Sadam Awal, 中島 歩夢, 三岡 宗司, 平井 康丸, 岡安 崇史, “ROS による植物センシング向け小型ロボットベースの開発”, 農場情報学会論文誌, 2025 年度年次大会, P-16 (2025).
- [4] 前原 秀明, 田中 悠登, 倉上 優花, 平良 優衣, 前村 健太, “福岡工業大における農業 DX ～あまおう農場との共同研究について～”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 第 81 回仮想都市とサイバースペース研究会, No.6 (2024).
- [5] 田中 悠登, 古賀 矢響, 前原 秀明, 前村 健太, “自動周回車両を用いた高設栽培の生育モニタリングの試み”, 農場情報学会論文誌, 2025 年度年次大会, P-06 (2025).