

温室内を周期的に自律走行する成長記録システムの提案

伴 元輝[†] 小池 誠[‡] 峰野 博史^{†‡}

静岡大学情報学部[†] 静岡大学創造科学技術大学院[‡]

1. はじめに

近年、農業施設内においてセンサノードを用いた環境情報の収集および植物の成長記録を行うシステムの研究が注目されている。大規模な施設内でデータを収集する際の施設の面積に比例してセンサの設置量、設置コスト、必要経費が増大する。またハウス内を自走することで必要地点のデータを自律的に収集するシステムの開発も行われているが、バッテリー駆動の自律自走システムでは充電作業が必要不可欠である。

本研究では、市販のラジコンカーを車体とし、Raspberry Pi や RealSense といった IoT 向けデバイスを活用することで、温室内を周期的に自律走行する成長記録システムを提案する。

2. 関連研究

小型車両を自律走行させる手法として、ディープラーニングを用いてステアリングを制御する手法[1]や、RealSense や LiDAR から深度情報を取得してステアリングを制御する手法[2][3]などがある。特に位置特定と地図作成を同時に行う SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) を用いることで、高精度な自律走行を実現している。しかしこれらの手法では、SLAM による地図作成に時間を要するため、運用エリアが複雑、もしくは広域な場合にはバッテリー駆動のシステムではバッテリー切れになってしまうこともある。

本研究では、バッテリー駆動の市販のラジコンカーのような入手しやすい機材を組み合わせ、SLAM を用いずとも農業施設内を周期的に巡回し、植物の成長記録を実現するシステムの実現を目指す。

3. 提案システム

3.1. システム概要

提案システムの概要を図1に示す。本成長記録システムは、市販のラジコンカーのサーボモータ等を制御するモータードライバ、RealSense、バッテリー、Jetson Nano、USB カメラ等を搭載した車両と、充電ステーション、成長記録のデータを格納するデータベースサーバによって構成される。

動作イメージとしては、車両がビニールハウス内

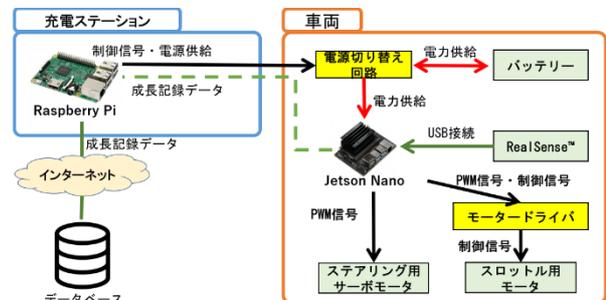


図1 成長記録システムの概要

を自律巡回し、植物の成長記録を行い、作業終了後に充電ステーションに帰還して収集データのアップロードならびに充電を行う、といった動作を毎朝実行し、植物の播種から収穫までの成長記録をメンテナンスフリーで実現する。ここで、充電ステーションは、車両の電源切り替え回路の制御を行うと共に、設定時刻になったら車両の成長記録動作を開始させる。

3.2. 車両

本システムの稼働環境は農業用ビニールハウス内を想定しており、ビニールハウス内ではホースなどの障害物や、地面の露出している部分が存在する。そのため、車両にはオフロードタイプのラジコンカーを採用する。また、そのままでは車両に Jetson Nano および電源切り替え回路、RealSenseなどを搭載できないため、アクリル板を加工し、すべてのデバイスを搭載できるような台座を利用する。

3.3. 車両走行制御

車両の通常走行や帰還走行時の走行制御について説明する。通常走行時は、RealSense から得られる車両進行方向撮像内左右の16地点と画面中央の9地点の深度情報を用いて栽培処理区間の通路を検出し走行制御を行うこととする。その理由は、至近距離の深度情報を正確に計測できないことがあるため、撮像内の代表的な複数地点の深度情報を用いることとした。また、中央の障害物を検知すると停止する。

充電ステーションへの帰還走行時は、ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF) 特徴量を用いたオブジェクトトラッキングによって車両走行制御を行い、車両の充電端子を充電ステーション側の充電端子に接触させる。このとき充電ステーションの充電端子に正しく接続できない可能性があるため、その場合は一度充電ステーションから離れ、再度充電ステーションに帰還するものとする。

Proposal for periodic self-driving and growth recording system for greenhouses

Genki Ban[†], Makoto Koike[‡], Hiroshi Mineno^{†‡}

[†] Faculty of Informatics, Shizuoka University

[‡] Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

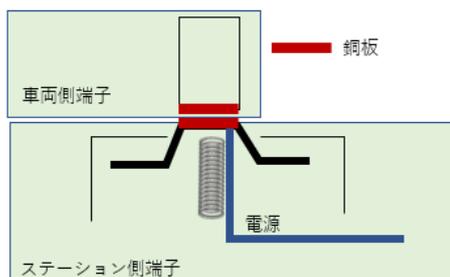


図 2 車両の充電端子の構造

3.4. 充電端子および電源切り替え回路

図 2 に、車両の充電端子と充電ステーション側の充電端子の接触イメージを示す。車両の充電端子は、一般的な掃除ロボットに用いられているものを参考に設計し、車両側と充電ステーション側でそれぞれ 5 本の充電端子を持つ。充電ステーション側の充電端子は、キーボードのようなバネ機構を採用する。このバネ機構によって、充電ステーションに車両が乗り込んだ際の車両の傾きを許容することができる。

車両に搭載される電源切り替え回路は、車両を充電ステーション側から充電するか、バッテリー駆動するかを切り替えるための回路である。回路はリレーで実装し、充電ステーションからの制御出力によって車両の電源を制御する。

3.5. 成長データ収集

成長データは、RealSense とは別に車両に搭載する USB カメラを用いて収集する。USB カメラのマウントは、車両の転倒を防ぐ程度の高さにし、車両から植物を見上げるように設置して成長データを収集する。収集されたデータは、通常走行時は Jetson Nano のローカルストレージに蓄積され、充電ステーション帰還時にデータベースサーバへアップロードする。

4. 基礎実験

4.1. 実験環境

研究開発中のプロトタイプ車両の走行試験を実施した。システム稼働環境とプロトタイプ車両をそれぞれ図 3(a)と(b)に示す。ビニールハウス内における処理区間の通路は、地面が露出した部分やホースなどの障害物が存在することが多く、通路の左右にはトマト栽培用の栽培ベッドが設置されている。このような実際のグリーンハウスで、プロトタイプ車両の通常走行を検証した。その際、RealSense で取得した深度情報を後に分析検証できるよう動画として保存し、同時に通常のカラー動画も記録した。

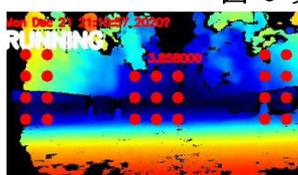


(a)システム稼働環境



(b)プロトタイプ車両

図 3 実験環境



(a)取得した深度情報



(b)取得した画像

図 4 走行結果

4.2. 実験結果と課題

プロトタイプ車両の走行試験では、車両が通路左右の栽培ベッドを検知して蛇行しながら走行し、通路終端の壁も検知して停止することを確認した(図 4)。特に車両のタイヤより小さな小石やホースといった障害物や地面の起伏も乗り越え走行することも確認できた。しかし、稀に通路左右の栽培ベッドの下に潜り込む、壁に衝突した衝撃等でシステムが停止するといった課題も明らかとなった。また、通常走行時に固定値のステアリング操作を行っているため、通路内を安定して直線走行できず、植物の成長記録を行う際に決まった画角で画像を記録できない可能性が判明した。

5. おわりに

本稿では、温室内を周期的に自律走行する成長記録システムを提案し、プロトタイプ車両を研究開発した。実際のビニールハウス環境下で基礎実験し、実現可能性の検証並びに改良点の抽出を行えた。今後、充電機能の検証だけでなく成長記録システムの検証、システムの信頼性や堅牢性の向上を図る。

謝辞

実験環境を提供していただいた株式会社 Happy Quality の宮地様、サンファーム中山株式会社の玉井様に深い感謝の意を表す。

参考文献

- [1] Usman Manzo Gidado et al.: A Survey on Deep Learning for Steering Angle Prediction in Autonomous Vehicles, *IEEE Access*, vol.8, pp.163797-163817 (2020).
- [2] Jon Eivind Stranden: Autonomous driving of a small-scale electric truck model with dynamic wireless charging, Master thesis, Institutt for teknisk kybernetikk (2019).
- [3] FARBOT™, <https://smart.ginzafarm.co.jp/farbot/> (参照日 2021 年 1 月 8 日)