

卒業論文要旨

細い畝間を走る牽引型運搬ロボット

A towed transport robot that runs through narrow furrows

システム工学群

機械・航空システム制御研究室 1240031 大谷奏太

1. 緒言

日本の農林水産省が公表しているデータ⁽¹⁾によると農業従事者の減少高齢化が年々進んでおり、人手不足や身体的負担が懸念される。これらの課題を改善するため、作業の機械化・自動化の導入が進んでいる。本研究では単純労働であり、かつ身体的負担が大きいと考えられる運搬作業について考察し、農作業用自律移動ロボットの開発を目標とする。現在導入されている運搬ロボットは、農作物や農具などあらゆるものを積載し搬送することができる一方、ロボットが大型・高重量となっている⁽²⁾。複数の農場がある場合、運搬ロボットを使用するために農場間を移動させる必要がある。しかし、ロボットを持ち運びするには現在の運搬ロボットでは比較的大きなトラックに積載させる必要があるため、農業従事者の身体的負担、労力の増加が考えられる。

本研究では、小型、軽量化により、持ち運びが可能な運搬ロボットの開発を目的とした。本稿では、提案したロボットの開発方針を説明する。次に試作機を紹介した後、そのロボットを用いて行った実験結果を述べる。

2. 提案するロボット

2.1 コンセプト

農作物を運搬するために、1台のロボットと複数の台車を用いるものとする。農作物は台車上に積載され、その台車を自律的に牽引する牽引型運搬ロボットを開発する。開発する運搬ロボットの概念図を図1に示す。この機構は、ロボット自体には積載しないため、積載荷重を考慮した構造にする必要がなく、小型、軽量化により持ち運びを可能にすることを目標に開発したものである。ロボットは走行の自由度が高いことから、2輪駆動ロボットを採用し、台車、牽引治具を製作する。

開発する自律運搬ロボットの動作原理を次に示す。

- 作業者が台車に収穫物を積載し終えたとき、台車からロボットへ信号をおくり、ロボットを呼ぶ
- ロボットが台車位置を検出し、台車へ向かい、連結する
- 目的地へ台車を運搬し、台車を切り離す

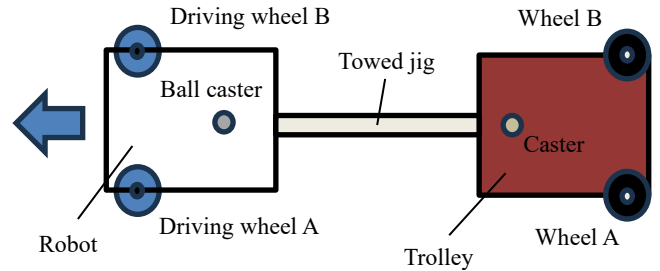


Fig.1 Model of robot

2.2 機体の設計・製作

機体の諸元を表1に示す。畝間の旋回を考慮し、台車がロボットと同じ軌跡を走行するように設計条件を設け、製作を行う⁽⁵⁾。ロボットの重量は8.3kg、大きさは330mm (L) × 355mm (W)、駆動輪直径は127mmである。駆動輪に直接取り付け付けたギヤヘッド付きDCモータによって駆動させる。ロボットの目標速度は0.2m/sである。ロボットには、ブラケット、キーハブ、アルミ材 A7075 アルミ板を使用する。また、牽引治具には、アルミフレーム、ベアリング、3D プリンタを使用する。台車には、ロボットと同じ径の従動輪を使用し、収穫コンテナを設置できる大きさで製作する。

駆動輪に取り付けたモータの回転速度はソフトウェア Simulink から Arudino Mega2560 を用いて、Dual Motor Driver に信号を送り、制御する。

Table.1 Specifications

Weight (Robot)(kg)	6.9
Speed(m/s)	0.2
Size(mm)	L330×W355
Wheel size(mm)	127
DC Motor	IG-42GM
Gear Head	104:1
Battery(V)	12
Control Board	Arudino Mega 2560
Motor Driver	Cytron MOD10A
Length (Towed jig)(mm)	105
Size (Trolley)(mm)	L540×W365
Wheel size(mm)	127

3. ロボットの旋回実験

開発する牽引型運搬ロボットの課題として、ハウス内の走行を考えると畝間の狭い部分での旋回を考える必要があり、そのときの内輪差を考慮しなければならない。500mmの畝間を想定し、機体の旋回実験を行った。機体の目標旋回

半径を 250mm とし、並進速度は 0.2m/s であるため、これを満たす目標の旋回速度 0.8rad/s と設定する。この制御のブロック線図を図 2 に示す。目標値 r を並進速度 v (m/s)、旋回速度 ω (rad/s) とし、それに比例ゲイン P 、積分ゲイン I を乗じている。また、2 輪駆動ロボット逆運動学モデルを通して、角速度 u (rad/s) をモータへ入力し、エンコーダで得た角速度(rad/s)を 2 輪駆動ロボット運動学モデルを通して、並進速度、旋回速度 y を出力している。

本実験は床に黄テープを貼り付けることで畝間を再現し、ロボットを旋回させ、車輪がはみ出さずに走行できるかを確認する。また、モーションキャプチャによりロボットと台車の走行軌跡を取得し、台車がロボットと同じ軌跡をたどっているか考察する。

実験結果を図 3, 4 に示す。図 3 より、 x 軸方向の最大誤差が 160mm, y 軸方向の最大誤差は 120mm となっている。また、図 3 より、台車の車輪が黄テープをはみ出してしまっている。原因として、ロボットが旋回を始めた際に生じる作用が牽引治具を通して、台車に影響を与え、台車が外側に膨らみながら旋回したことが考えられる。このことから、ロボットからの作用の影響を抑制するために設計条件を満たしながら牽引治具を短くし、旋回半径を 250mm から 300mm に変更し、再度実験を行った。

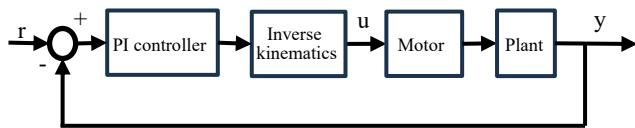


Fig.2 Block diagram

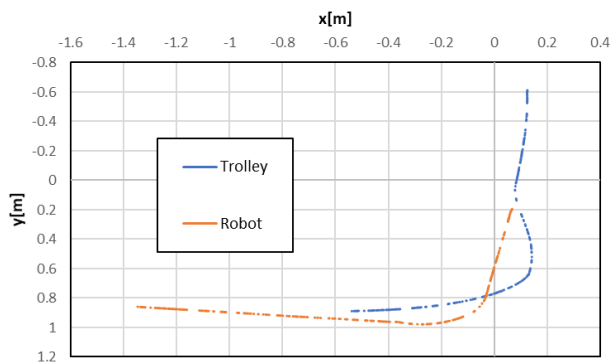


Fig.3 Robot and trolley travel trajectory in the furrows



Fig.4 Robot furrow rotation

実験結果を図 5 に示す。 x 軸方向最大誤差を 70mm, y 軸方向最大誤差を 60mm に低減することができている。このことにより、車輪は黄テープをはみ出すことなく走行するこ

とができた。

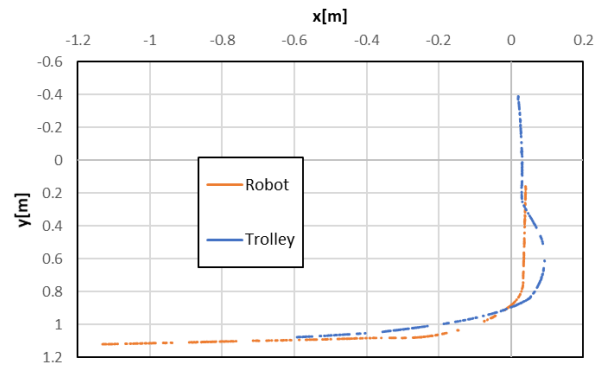


Fig.5 Robot and trolley travel trajectory in the furrows

4. 緒言

本研究では、運搬台車を牽引する自律移動ロボットを提案し、実験機で畝間を想定した旋回実験を行った。今後は、牽引治具、台車を製作し、畝間を想定した旋回実験を行い、本ロボットの有効性を検証する。また、自律移動のための 2D LiDAR を用いた SLAM, それに対する経路計画, 軌道追従を検討する。

文献

- (1) 農林水産省ホームページ 基幹的農業従事者
https://www.maff.go.jp/wp/paper/w_maff/r3/r3_h/trend/part1/chap1/c1_1_01.html (参照日 2024 年 1 月 23 日)
- (2) 農林水産省ホームページ 2019 国際ロボット展
https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/maff_irex.html (参照日 2024 年 1 月 23 日)
- (3) agbee ホームページ
<https://agbee.co.jp/> (参照日 2024 年 1 月 23 日)
- (4) 日本機械工学会 機械工学便覧
- (5) 高野 政晴, 詳説 ロボットの運動学 平成 16 年 12 月 20 日