

CLAS 対応 GNSS 受信機を活用した自動草刈ロボットの研究

森田 佳祐† 工藤 響† 千葉 慎二†

仙台高等専門学校†

1. 研究背景

近年、農林水産省による農業労働力に関する統計にあるように日本の農業従事者数は減少傾向にあるだけでなく、高齢化が深刻になっている[1]。また、農林水産省による農地に関する統計にあるように耕地面積も減少傾向にあるものの、1人当たりの耕地面積は増加傾向にある[2]。これらの傾向が続けば今後、高齢な農業従事者がより広大な耕地での農作業を強いられるようになることが考えられる。

この現状に対してロボットトラクターや農業向け運搬ロボットなど様々な種類の農業ロボットの開発や導入が進んでおり、農作業の効率化や農作業負荷の軽減、生産性の向上などが期待されている。本研究でも農業ロボットによる農作業支援の実現を目指す。

先行研究からご協力いただいている秋保ワイナリーは約2haのブドウ園を有しており、このような広大な敷地を持つ農地は、農薬散布、収穫、健康状態の監視、有害鳥獣による被害の対策など多くの課題を抱えている。中でも作物の根元部分の草刈りが大きな農作業負荷となっていることが秋保ワイナリーへのヒアリングにより分かっている。

また、本研究において実証実験を行った東京都の利島には急峻な地形に多くのツバキ栽培圃場があり、高齢化の影響で栽培作業の負荷が問題となっている。草刈り作業も大きな負荷の一つであり、スマート農業技術を使用した自動化が期待されている。

2. 先行研究の成果

先行研究として、自律走行する垣根の際刈りが可能なクローラ型ロボットの開発を行っている(図2)[3]。



図2 先行研究のロボット

本ロボットは、不整地走行のためのクローラモジュール、受動的な動作が可能な草刈り機構、各種センサと制御回路、電源ボードから構成されており、研究背景のとおり主にワイナリーでの運用を想定している。ブドウ垣根間を走行するよう目標座標を設定すると自己位置推定を行い、目標座標を通過するよう自律走行する。そして草刈

A Study on Automatic Mowing Robot Using CLAS with GNSS Receiver

† Keisuke Morita, Hibiki Kudo, Shinji Chiba

† National Institute of Technology, Sendai College

機構を対象作物へ押し当てることにより根元部分の際刈を行う。また自律走行中には、垣根の位置推定を行い、垣根横を高精度に追従走行する。

3. 研究概要

先行研究のロボットは、草刈機構の設置位置、際刈対象作物や人を傷つけることを防ぐための草刈刃カバーの形状、自律走行システム等が、主にワイナリーのように垣根を有した畑での運用を想定されて製作している。このため垣根がある畑以外での運用を考慮した場合、汎用性に欠けることが考えられる。本研究では、利島のツバキ栽培圃場のように垣根がない畑での実証実験を通して改良を重ね、様々な形状の圃場に対応した、効率的に草刈りを行える草刈機構を開発する。また草刈り領域の判定をCLAS対応のGNSS受信機による緯度経度情報のみで行うため、従来の自動草刈ロボットが領域判定する際に使用する、ワイヤーやマーカの敷設といった作業を必要としない。以上により、様々な圃場へ容易に導入が可能な自動草刈ロボットの実現を目指す。

4. 予備実験

先行研究のロボットが、亜熱帯気候となる利島[4]のツバキ栽培圃場での草刈に対応可能かを仙台高専広瀬キャンパス敷地内圃場で確認した。利島の雑草を想定し、比較的丈の高い雑草が生えてる圃場区画(図3左)を対象とし、草刈ルートの目標座標(図3右)を設定し、自律走行で草刈を実施した。その結果、雑草の状態によっては草刈が困難となる場合があることが確認された。



図3 校地内の雑草が成長している圃場区画と目標座標(赤枠内)

先行研究ロボットの草刈り機構は際刈を対象としていたため、作物が傷つかないように草刈り刃の全周を囲うカバーが施されている(図2)。丈のある雑草はこのカバーで折り曲げられ、草刈り刃に到達することができないことが確認された。草刈り刃機構は垣根の葡萄の木に当たったときに折れ曲がり、木の周囲を刈るようにしている。このため多くの雑草が茂っている環境では、雑草自体の負荷で草刈り機構が折れ曲がってしまい、草刈が効率的に行えなかった。以上を踏まえ、本研究では汎用性のある草刈を行えるようにするため、草刈刃をロボット前方に配置し、カバーを草刈り刃と距離を置いて配置するようにした(図4)。これにより雑草をロボットの自重で抑

え込みながら草刈り刃に雑草を押し当てることが可能となる。



図 4 予備実験後に各部を改良したロボット

5. 改良ロボットによる草刈り実験

東京都の利島にある複数のツバキ栽培圃場にご協力いただき、改良を施した草刈りロボットによる草刈りと自律走行に関する実験を行った。圃場の雑草が成長している区画を対象に、本ロボットでの草刈り実験を行った(図5)。



図 5 利島ツバキ栽培圃場での草刈り実験

実験の結果、草刈り機構をロボット前方に固定しているため、圃場の凹凸で草刈り刃が大きく上下に振られてしまい、草刈りがうまくできないことが分かった。また、図6のように草刈り刃を回転させるモーターのシャフトに刈りとった雑草が巻き込まれ、モーターの回転を阻害する可能性があることも分かった。以上から、草刈り機構にはさらなる改良が必要であることが確認された。



図 6 シャフトに絡みついた雑草(赤枠内)

6. 自律走行機能の開発

先行研究ロボットに実装していた自律走行システムのプログラムは、ワイナリーのように垣根を有した畑での運用を想定されており、ロボットに実装した LiDAR で検知した垣根に沿うようにして走行する。汎用的な圃場では垣根に沿って走行する機能は不要となるため、単純に目標座標をめぐるプログラムに変更し、GNSS によるロボット走行動作の確認を行った。ロボットは走行パス上の目標との距離が 1 m 以内になったら目標に到達したと判定し、次の目標に向けて方向を変える動作をするようプログラムされている。図7の各目標とロボットの軌跡(ロボットが次の目標に向けて方向変換しているポイント)の距離を測ると 1m 以内に収まっており、十分な精度で走行動作できることが確認できた。

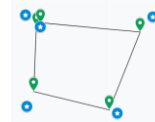


図 7 目標座標と走行軌跡

一般的な草刈りは決められた領域内を一通り刈る作業となるので、本ロボットの走行プログラムには以下の流れを実装する。①ロボットが随時、GNSS を用いて自己位置を取得する。②あらかじめ設定された緯度経度で表される座標で囲まれた領域内を前進する。③領域の内外判定は地理空間データ解析ライブラリである turfpy により判定し、領域外と判定したらランダムな角度旋回動作を行う。以上を繰り返すことにより領域内の草刈りを行う。本提案プログラムの動作確認のため、動力学シミュレータ Gazebo で ROS の標準ロボットプラットフォームである TurtleBot を本ロボットに見立て、シミュレータ内で動作検証を行っている(図8)。

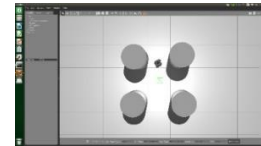


図 8 シミュレータ内での動作検証

7. まとめ

ワイナリーの垣根の際刈りを目的とした自動草刈りロボットを、より汎用的な自動草刈りロボットとするための改良を行った。改良した草刈り機構については、ツバキ栽培圃場にて動作検証を行い、さらなる改良が必要であることを確認した。草刈り領域内の走行プログラムについては、CLAS 対応 GNSS 受信機からの緯度経度情報を元に領域判定をするプログラムを提案し、シミュレータによる動作検証を進めている。

今後の草刈り機構部分の改良については、シャフトの周囲に絡みつき防止カバーを作成して実装し、草刈り機構を回転ジョイントで上下に動くリンクでロボット本体に実装することで、圃場の凹凸に対応するよう検討している。また走行プログラムについては、シミュレータでの動作検証後に実機に組み込み、実際の圃場での走行実験を進める。その後、各圃場での実証実験を行う予定である。

参考文献

- [1] 農林水産省, “農業労働力に関する統計,” Available: <https://www.maff.go.jp/j/tokei/sihyo/data/08.html>. Accessed: 2023/11/03
- [2] 農林水産省, “農地に関する統計,” Available: <https://www.maff.go.jp/j/tokei/sihyo/data/10.html>. Accessed: 2023/11/03
- [3] 渡邊 悠人, 千葉 慎二, “自律走行する垣根の際刈り可能なクローラ型ロボットの開発,” 令和四年度 仙台高等専門学校専攻研究論文
- [4] 東京大学大学院農学生命科学研究科森林科学専攻森林風致計画学研究室, “ツバキで覆われた島〜東京都利島村〜,” Available: <https://www.fuuchi.fr.a.u-tokyo.ac.jp/lfl/report/2007toshima/report.html>. Accessed: 2023/11/03