

水田用小型除草ロボット(アイガモロボット)の開発(第5報)

藤井 勝敏 田畑 克彦 横山 哲也 平湯 秀和 遠藤 善道

Development of a Small Weeding Robot "AIGAMO ROBOT" for Paddy Fields

Katsutoshi FUJII Katsuhiko TABATA Tetsuya YOKOYAMA
Hidekazu HIRAYU Yoshimichi ENDO

あらまし 水田用小型除草ロボット(アイガモロボット)の実用化を目指し、これまでに開発した試作機を用いて県内外複数の水田で実証実験を行ったところ、特に中山間地での自律走行設定時に稲列追従制御が機能しない問題が発生した。本報では、次年度の実証実験に向けて、その問題の根本的な原因を突き止めるべくアイガモロボットに搭載した運転情報記録装置(ドライブレコーダー)について報告する。

キーワード アイガモロボット, 軟弱土壌, 稲列追従走行

1. はじめに

水田用小型除草ロボット(以下、アイガモロボット)は、当研究所が平成15年から開発してきた水稻の移植(田植え)直後の時期に使用する雑草抑制用除草機である^[1]。稲が十分に生育し雑草より優勢になるまでの期間、週2回程度、繰り返し走行させることで、除草剤を使わずに雑草を抑える効果がある。これまでにアイガモロボットの開発・改良と並行して、平野部の水田などでアイガモロボットを試用することにより、除草効果と収穫量や品質への影響等について調査研究を行ってきた^[2]。

本年度は、直近の3カ年間の研究開発事業^[3]で製作した試作機を使用し、農家や組合の協力の下、中山間地の水田で1シーズン通して実証実験を行うとともに、埼玉、岡山、島根、兵庫の試験圃場においても同様の実証実験を実施した。その際、将来の一般農家への販売を想定し試作機一式の管理、操作および手入は貸出先の協力農家や農業普及員もしくは研究機関等に任せ、商品化を見据えた運用データの収集を試みた。

しかし、実験では自律走行設定時に稲列追従制御が正常に機能しないなどの様々な問題が発生し、結果的にはオペレータが手動操作で運用することでシーズン中の作業を完了した結果となった。

問題発生の原因については、アイガモロボットの個体差、水田の地質、水深、営農方法、日照条件、運用管理者の操作技術習熟度の違いなどが複合したものであると疑われるが、いずれの要素についても再現性がないために、現時点では原因特定に至っていない。

そこで来シーズンの実証実験への備えや、その後の実用化を念頭に、現地でのアイガモロボットの運転状況を記録するための改良と、特に重要な不具合である稲列追

従動作の不具合に関する考察と改良に取り組んだので報告する。

2. 稲列追従制御の不具合

アイガモロボットは、本体上部のカメラで図1のような濃淡画像を撮影し、リアルタイム画像処理を経て、現在走行中の稲列に対しての機体のずれを認識し、左右の駆動モータへの出力を調節して進行方向を調整する仕組みで稲列追従を行う。

本年度の実証実験では、アイガモロボットを自律走行状態に切り替えたとき、この調整機構が発現せずに稲列を踏み潰してしまう不具合が複数箇所が発生した。

これらの圃場では自律走行ではなくラジコンによる手動走行を使って予定の走行作業を完遂させたが、圃場全体をオペレータが手動操縦するのでは省力化にならず、また、オペレータからアイガモロボットを目視できない広大な圃場においては、自律走行なしに運用することは実用的でないため、ユーザからはこの問題解決が強く求められている。



図1 稲列撮影画像

3. 不具合情報の収集

現地実証実験中に不具合報告が起きた機体は確認のためにすぐに回収し、平地の標準圃場を使って動作確認を行った。しかし、その際には稲列追従制御は試運転時と変わらず問題なく機能し、内部データにも異常は認められなかった。

そのため不具合発生状況については現地オペレータからのヒアリングに頼るしかなく、その場合に得られる情報は作業環境(圃場の広さ、方角、天気)と作業時のアイガモロボットの様子程度である。しかも各圃場にはアイガモロボットは1台ずつしか割り当てておらず、アイガモロボットの様子について正常機体との比較できないため、オペレータの主観的な印象でしか得られない。

このような状況は、アイガモロボットが将来一般向けに販売された場合にも当然想定すべきである。今年度や従来の研究中においては、現地実証実験に開発者が立ち会い、ロボットの挙動を確認してその場で修理、調整を行うことがあったが、同様な対応は一般農家向けに製品として販売した後では極めて困難になる。

アイガモロボットの製品化を目指す上で、この作業に関するノウハウをメーカーあるいはユーザに委譲することが、最大の壁とも言える。



図2 軟弱土壌での走行



図3 防草シートを敷設した枕地

4. 制御プログラムの改良

オペレータから聴取した不具合発生の傾向や現地調査から、追従動作に係る問題は、

- ・圃場の条件(土質、気象、周辺環境)
- ・運用方法(時間帯、操作ミス、苗の生育状況)
- ・機械的な性状(経年劣化、さび、故障、個体差)

のいずれか、もしくは複数の要因が、設計上想定している誤差範囲を超えたことが直接の原因と推察される。

例えば圃場の土質に関しては、従来から軟弱土壌でアイガモロボットが直進走行する際、転覆の恐れがあることがわかっており(図2)、一部の機体では転動輪に浮力を持たせ、走行中の機体姿勢を安定化する改良を行っている。また軟弱土壌における旋回動作では、クローラーベルトの縁が地面を掘り下げて荒らすため、昨年度は枕地に防草シート(図3)を敷設する対策を実施したが作業性とシートの維持に問題があったため、今年度は旋回半径を大きくとることで地面への影響を軽減する改良を行っている。

今回の稲列追従に関する不具合も、そのほとんどが中山間地の軟弱圃場で発生していることから、土質の軟らかさが一因の可能性が高い。今回は曲がっている稲列に沿わずに直進することが問題となっているため、走行制御プログラムの改良点として、稲列から外れたときの補正に使うモータ出力制御量を従来よりも大きく設定できるように改良した。なお、正常に追従走行できた平地圃場においては、次年度の実証の中で、従来の設定と軟弱地用設定との動作状況を比較する予定である。

5. ドライブレコーダの開発

前節の推察に基づいてアイガモロボットの制御プログラムに改良や調整を加えているが、根本的な原因が特定されていないため、来年度の実証実験においても今年度と同じ不具合が再発する可能性は十分考えられる。

そこで不具合の原因絞り込みのために、来年度実証実験に使用する予定のアイガモロボットすべてに、制御システムの内部状態変化を自動的に記録する装置(ドライブレコーダ)を開発し、搭載した。収集を予定する情報(ログ)の項目を表1に示す。なお、ログに含まれる時刻情報は、アイガモロボットに搭載されているバッテリーバッ

表1 ドライブレコーダの記録項目

内容	形式
カメラ画像	ビットマップ
オペレータ操作 (ラジコン、パネル)	時刻+内容
自律走行判断	時刻+内容 (状況により+画像)
センサ異常値	時刻+センサデータ +画像



図4 アイガモロボットドライブレコーダー

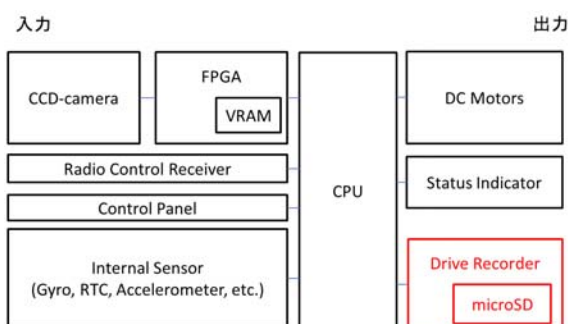


図5 アイガモロボット制御ブロック図

クアップされた時計ICを参照している。

ドライブレコーダ自体は図4のような組み込みモジュールとして本体内に収納され、従来通りにロボットの電源を投入しラジコン等を使って操縦していれば、自動的にSDカードにログが保存されるようにプログラムしてある(図5)。そのため、運用時に不具合が生じた後で、オペレータからの聞き取りと合わせてこのログを解析することによって、異常発生時刻周辺でどのような状況が発生していたかが明らかとなり、不具合発生原因の手がかりが得られるのではないかと期待している。

6. まとめと今後の予定

今年度は、開発したアイガモロボットを中山間地等の複数の実証試験圃場で使用し、開発者の立ち会いなしにシーズン運用を行ったところ、想定外の故障や不具合が発生し、設計通りの性能を発揮できない結果となり、実験の目的であった自律走行を主体とする作業性や使用感等の運用データが収集できなかった。また、オペレータ等の主観が入る不具合報告からは根本的な原因究明や対

策が得られないことも分かった。

そこで次年度の実証実験に備え、今年度と同様すべての現地試験に開発者が立ち会えない状況を補完し、不具合の発生状況を後日解析できるようにするため、ドライブレコーダを開発し、実証実験予定のアイガモロボット全機に搭載した。

この改良により、次年度5月から7月にかけて予定する現地実証実験での各地の運転状況がデータとして蓄積できることから、稲列追従に関する不具合を含め、アイガモロボットの実運用上の課題の特定や解決に資すると考えられ、実用化に向けて前進することが期待される。

謝 辞

本研究は、農林水産省平成25年度農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「機械除草技術を中核とした水稲有機栽培システムの確立と実用化」の一分担として実施しました。

本研究に際し、農林水産省新技術導入広域推進事業に係る現地実証試験にご協力下さった水稲生産者の皆様、農業普及員の皆様に深く感謝いたします。

また、現地実証実験に先立ちアイガモロボットの調整と試運転のために試験圃場を提供してくださいました岐阜大学応用生科学部大場先生ならびに岐阜フィールド科学教育研究センター古川様、みのる産業株式会社、中山間農業研究所に深く感謝いたします。

文 献

- [1] 光井輝彰,他, “有機栽培技術の高度化に関する研究－水田除草ロボット(アイガモロボット)移動機構の開発－”, 第5号, pp.33-36, 2003.
- [2] 光井輝彰,他, “水田用小型除草ロボット(アイガモロボット)の開発－現地実証試験2012－”, 第14号, pp.13-14,2013.
- [3] 光井輝彰,他, “水田用小型除草ロボット(アイガモロボット)の開発－自律走行ロボットの開発(第4報)－”, 第14号, pp.11-12,2013.