

## 論文 Article

## 水田における除草マシンの試作

原稿受付 2024 年 8 月 8 日

ものづくり大学紀要 第 14 号 (2024) 7~10

三井 実<sup>\*1</sup>, 荒川 龍聖<sup>\*2</sup>, 田中 宥幸<sup>\*2</sup>, 高橋 弥哲<sup>\*2</sup><sup>\*1</sup> ものづくり大学 技能工芸学部 情報メカトロニクス学科<sup>\*2</sup> ものづくり大学大学院 ものづくり学研究科

**概要** 日本では農業従事者数が年々減少している。理由として水田・畑の管理運用が大変であることが挙げられる。そこで稲作農業における水田の管理運用に対するリソースを減少すべく、雑草を絡めとるウィーダーを牽引する除草マシンの開発を行った。要求仕様を明らかにしそれらに対応したシステムを設計・開発した。

**キーワード** : 水田, 除草マシン, マイコン, リモートコントロール, ウィーダー

## Prototype of weeding machine system in rice paddy field

Minoru MITSUI<sup>\*1</sup>, Ryusei ARAKAWA<sup>\*2</sup>, Hiroyuki TANAKA<sup>\*2</sup> and Hiroaki TAKAHASHI<sup>\*2</sup><sup>\*1</sup> Dept. of Information Science and Mechatronics Engineering, Institute of Technologists<sup>\*2</sup> Graduate school of Technologists, Institute of Technologists

**Abstract** The number of people working in agriculture in Japan is decreasing year by year. Therefore, in order to reduce the resources required for managing and operating paddy fields in rice farming, we developed a weeding machine that pulls a “WEEDER” that tangles weeds. We clarified the required specifications and developed a weeding system.

**Key Words** : rice paddy field, weeding machine, micro controller, remote controller, WEEDER

## 1. はじめに

農林水産省によると、農業従事者数は年々減少の傾向にある<sup>1-2)</sup>。表 1-1<sup>1)</sup>より 65 歳以上の農業従事者の割合が高くなっており、平均年齢も年々上昇しているのがわかる。

Tab.1-1 : Agricultural workers (Unit: 10,000 person)

Year	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Agricultural workers	176	136	130	123	116	111
65 years old or older	114	94	90	86	82	80
Average age	67.1	67.8	67.9	68.4	68.7	uncounted

さらに表 1-2<sup>2)</sup>より、新規就農者数に関しても、年々減少傾向にあり、高齢により農業を引退する人数を補えないため、日本全体の農業従事者減少の原因となっている。

Tab.1-2 : Changes in the number of new farmers

Year	the number of new farmers
2014	57,650
2015	65,030
2016	60,150
2017	55,670
2018	55,810
2019	55,870
2020	53,740
2021	52,290
2022	45,840

これらのことから、日本の農業に関わる人口は減少するだけでなく、どんどん高齢化が進んでいくことになる。農業従事者数の減少の原因として挙げられるのが、過酷かつ時間や体力を大きく割かれる農業労働の実態である。例えば米農家の仕事の大部分を占めるのが、水の管理や、除草など水田の管理運用と言える。オンシーズンには、炎天下中ほぼ毎日水田の管理運用を行うことになる。

農業における労働コストを減らし、新規就農者数を増やし、日本の農業に貢献したいと考え、これまで三井研究室では、PBL 型インターンシップの課題として、様々な農業支援システムの開発を行ってきた。その中でも本報告では、水田における除草マシンを研究開発し、実際に水田で動作試験を行ったのでこれを報告する。

## 2. 本開発における除草の基本的考え方

水田における除草には、様々な考え方が存在し、水田の規模、従事する人数、気候、地形など様々な背景要因により様々な運用の仕方がある。その中でも「NPO 太陽と水と緑のプロジェクト」では、長野県木島平村の水田にて、減農薬による稲作に取り組んでいる。本 NPO とものつくり大学は 2015 年から共同研究や、インターンシップ受け入れなどの交流がある。

この NPO で取り組んでいる減農薬農法の基礎となっている知見が、新潟県農業総合研究所で開発された「表層攪拌型除草機」<sup>3)4)</sup>を用いた除草方法である。本方法は特許出願（特許出願済み（特願 2019-48492））・取得（特許第 6970449 号）されている。具体的には、ヒエやコナギといった水田に生える雑草の種子は水田底部の表層 2cm 以下の泥の中にある限りは、十分な日光が届かず、発芽しないと言われている<sup>3)4)</sup>。水田に水が入り、稲が植えられ稲が十分定着した後、発芽してしまった雑草はまだ根がしっかりと張られていない。この原理をうまく利用し、ウィーダー (WEEDER) と呼ばれる図 2-1<sup>3)4)</sup>、2-2<sup>3)4)</sup>に示すような器具を水田に浮かせながらロープなどで引っ張って移動させると、雑草がかなり綺麗に除去できるという方法である。



Fig.2-1 : Side view of WEEDER (Weeding equipment)



Fig.2-2 : Overall view of WEEDER

このウィーダーは、多数の穴を空けた板に、ナイロン製の細棒をくし状に固定したものである。これにより、しっかりと根が張っていない雑草を絡め取りつつ、泥を攪拌せずに、まだ発芽していない種子を光に当てないようにする仕組みである。

確かにこの器具により、除草作業が簡単になることは明白ではあるが、水田を挟んで畔を複数人でウィーダーを引っ張る作業が必要となる。

そこで本研究開発では、ウィーダーを引っ張るためのマシンを構築し、リモートコントロールで制御可能とすることで、一人でも除草作業が出来るようなシステムを試作し、今後の開発の指標とすることを考えた。

まず要求仕様として、水田の底の泥を掻き交ぜることが無いよう、ホバークラフトのような構造で、パワートレインが水上・空中にあるべきと考えた。また、前進に加え、旋回、方向転回できる機能を有するべきである。後進をしてしまうと掻き集めた雑草がリリースされてしまうため、後進機能は必要ない。さらに、ウィーダーを引っ張るためにはかなりの推進力が必要と推測できるため、パワートレインには、十分な出力パワーのあるモ

ータと、大量の空気を掻きだせるプロペラを有する必要がある。そして田んぼの畔からリモートコントロールできるように通信システムを設計する必要がある。これらシステムに電源を供給するバッテリーは充電および装置との接続が容易であり、長時間の作業に耐えうる電源容量が必要である。これら要求仕様を踏まえて、次章で開発した除草マシンについて説明する。

### 3. 開発した除草マシン

#### 3.1 メカの構想と設計

前章で述べた通り、要求仕様に対して、システムを構築していった。設計したシステムの 3D 設計図を図 3-1 に示す。

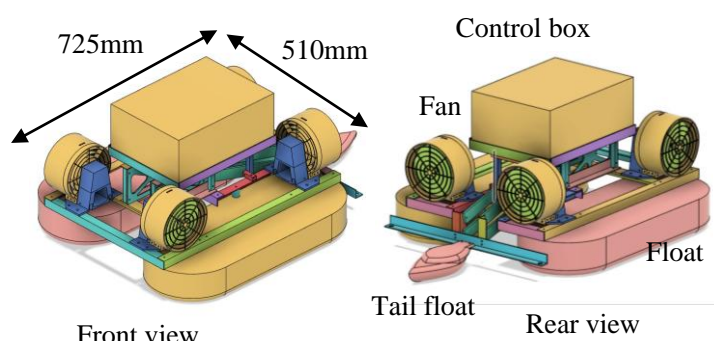


Fig.3-1 : Overall view of weeding machine

水田の底を掻き混ぜず、雑草の種子が表層 2cm 以上に浮き出ないために、ホバークラフトのように、プロペラファンを水上に配置した。また、前進・方向転回が出来れば良いため、前進用のファンをマシン後方に、転回用のファンをマシン前方に配した。ファンのスペックは十分と推測できる推進力を得るため直径：4inch(102mm)、ピッチ(移動量/回転)：4inch(102mm)、翼枚数：3 枚であるものを採用した。空気の流れを絞るため、また、パワートレインであるモータ部の防水、本体へのマウント、回転するプロペラの安全対策などからカバーを 3D プリンタで成形した。

フロートの材には水泳のビート板にも使われる、厚さが 75mm のポリエチレン樹脂を用いた。これを端部が丸みを帯びるようにカットし、進行時の水の抵抗をなるべく減少させるよう設計した。後方に装置本体と独立したフロートを配して、ウィー

ダーを抑えこむ役割を与えた。

ウィーダー（除草部）に関しては、W:683mm×D:380mm のベニア板に横方向は 20mm、前後方向は 40mm ピッチで穴を空けた。この穴に草刈り機用のナイロンコードを挿入した。ナイロンコードは表面構造がギザギザしているため、雑草を掻き集めやすいと考え採用した。制御部を納める筐体は、制御部を水から守るため密閉機能付きのツールボックスを採用した。

#### 3.2 制御の構想と設計

本研究で開発した除草マシンの制御部のシステム

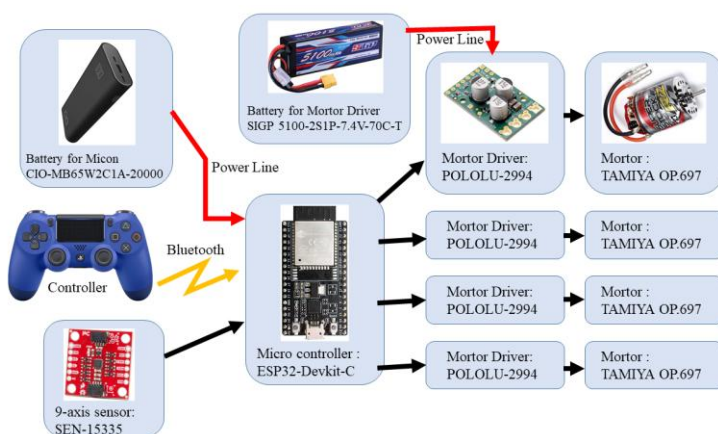


Fig.3-2 : System diagram of control circuit

制御部のマイコンには ESP32 Devkit-C を採用した。PWM 信号をモータドライバに出力できる入出力ピン数の多さ、操縦に必要なリモートコントローラと Bluetooth で接続したかったためこれを用いた。モータは TAMIYA 製の OP.697、モータドライバは POLOLU-2994 を採用した。これらは、プロペラを高回転で回したいことから、ラジコン用電動推進器として一般的なブラシレスモータではなく、ブラシ DC モータの中から、回転数 20,000rpm 以上と高速回転可能なものを選定した。ウィーダーを引っ張りながら前進・方向転回をするため、ハイパワーなものを選択した。マシンを操縦するためのコントローラは SONY PLAYSTATION4 用の CUH-ZCT2J を採用した。コントローラに伴い Bluetooth の規格は Bluetooth classic を採用した。これにより機体から半径約 100m 以内での操縦が可能と考える。センサには 9 軸センサ（加速度、傾斜、地磁気）が X,Y,Z 方向で



合計 9 軸) を用いて、機体がどの方向に向いているか検知する。バッテリーはマイコン用として CIO-MB65W2C1A-20000 と、モータドライバ用として SIGP 5100-2S1P-7.4V-70C-T を採用した。制御に信号ノイズを載せたくないこと、モータを動作させるのにパワーが必要なことなどを理由として、電源バッテリーは制御用と動力用に分けた。

### 3.3 実装したマシン

前節までで述べた構成・設計から実装した除草マシンを図 3-3 に、図 3-4 に実装したウィーダーを示す。動作確認を行うため簡易プールに水を張って浮かせたところ、前進・方向転回に成功した。



Fig.3-3 : Developed weeding machine



Fig.3-4 : Developed WEEDER

## 4. 水田での動作試験

図 4-1 に示すように実際の水田での動作確認実験を行った。その結果、以下の問題点・改善点が明らかになった。まず、単体での水上移動は実現したが、ウィーダーを牽引しての移動はほぼ動作しなかった。ウィーダーとフロートが稲にあたり、抵抗が生じていた。また、距離が離れてしまうと、コントロールが不能になってしまう現象が発生した。この原因は制御用の筐体中に Bluetooth のアンテナを封入したためである。さらに制御部筐体の中にモータドライバを封入したため、排熱が足りず、モータドライバや周辺回路が熱くなっていた。



Fig.4-1 : Operational experiment of weeding machine

## 5. 今後の課題と考察

実際に水田で動作させた実験結果を踏まえ、今後の課題を以下に列記する。ウィーダーを引っ張ると移動できない問題に関して、モータのパワーをさらに向上させると同時に、ファンの外径、ピッチを選定し直し、よりパワフルに動けるように改善する。また、フロートが稲を受け流せるような素材もしくは構造にすべきであるためマシン全体を高い姿勢で移動することで改善できると考える。また制御部の筐体から Bluetooth アンテナおよび、モータドライバの放熱板などを外に出し、通信および排熱がしやすい構造に改良する。

## 謝辞

NPO 太陽と水と緑のプロジェクトの皆様には動作試験での水田のご提供・ご助言でお世話になりました。また本プロジェクトはものづくり大学学長裁量経費「木島平村・NPO 太陽と水と緑のプロジェクト・下高井農林高校との連携プロジェクト」の援助で行いました。ここに謝意を表します。

## 文 献

- 1) 農業労働力に関する統計，農林水産省，  
“<https://www.maff.go.jp/j/tokei/sihyo/data/08.html>”
- 2) 令和 4 年新規就農者調査結果，農林水産省，  
“[https://www.maff.go.jp/j/tokei/kekka\\_gaiyou/sinki/r4/index.html](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kekka_gaiyou/sinki/r4/index.html)”
- 3) “水稻有機栽培ほ場で除草作業実施中”，  
新潟県農業総合研究所，  
<https://www.pref.niigata.lg.jp/site/nosoken/210607-kibanken.html>
- 4) Ys.WEEDER 除草機，株式会社 YARUSHIKA，  
<https://www.yarushika.co.jp/ys-weede>