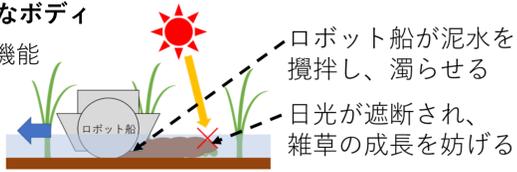


研究背景と目的

水田での稲作において大きな問題の1つとなっているのが雑草である。この雑草を処理することは農家にとって重労働となっている。雑草は、光を遮断することで発芽や成長が抑制されることが知られている。そこで、水田内を隈なく動き、泥や水を攪拌し、一定以上の濁度を維持することができる雑草抑制ロボット船が提案された。本研究では、ロボット船を小規模かつ安価に製作し、農業従事者の雑草抑制ロボット導入のハードルを下げることを目的とする。

解決に求められる条件

- ・ 苗と苗の間 (30cm) より小さなボディ
- ・ 泥を攪拌し、濁度を維持する機能
- ・ 確実な操舵性と推進性
- ・ 安価で扱いやすい



ロボット船の概要

雑草抑制ロボットの形状として、外輪船式形状が提案された。これは船体の左右に2つあるパドル（水かき）で推進するというものである。この外輪船方式において、実際に濁りを発生させることが可能であることが確認できた。

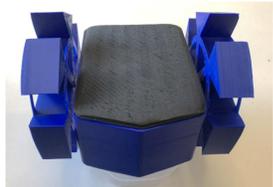
外輪船式形状

<メリット>

- ・ 舵がなくても前進、後進、方向転換が可能
- ・ 同時に濁りを発生させることができる
- ・ 水深が浅くてもパドルを着底して推進可能

<デメリット>

- ・ パドルが重い
- ・ パドルが水しぶきを発生させる



外輪船形状のロボット船

田んぼでの走行実験

昨年度、以下の写真に示す実際の田んぼで、ロボット船を走行させる実験を行うことができた。船体後方の水面に濁りが発生していることから、外輪船形状の船を用いることで、実際の田んぼにおいて濁りを発生させる効果があることが確認できた。なお、この実験で用いたロボット船の走行速度は約9[m/min]であった。その速度が実用可能な域にあるかなども含めて検討していきたい。



実験に使用した田んぼの様子

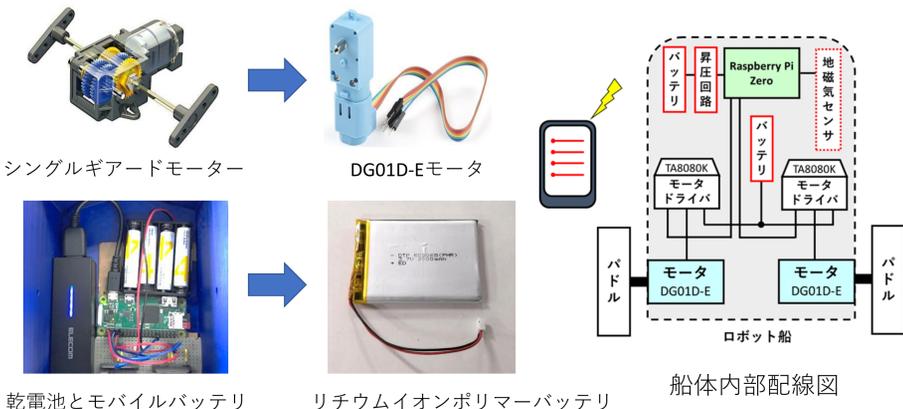


黄色の線内で濁りが発生していることが確認できる

濁りを発生させるために外輪船形状は有効である

駆動方法

昨年度に、DG01D-Eというモーターが提案され、それまで使用していたタミヤギアードモーターを置きかえた。DG01D-Eモーターはエンコーダ付きのため、回転数を外部から計測することができるようになった。



右上の図に、今年度のロボット船の内部配線図を示す。赤枠で示す部分は今年度新たに導入した部分である。電源は、リチウムイオンポリマーバッテリー（公称電圧3.7V）に変更し、軽量化を図っている。

Raspberry Pi用 モバイルバッテリー (5V)	Raspberry Pi用 リチウムイオンポリマーバッテリー (3.7V)
モーター用 乾電池4本 (6V)	モーター用 リチウムイオンポリマーバッテリー2個 (7.4V)
113+(11×4)=157g	45×3=135g

全体としては、バッテリーの容量を増やしつつ、軽量化に成功

船体形状

2年前から今年度にかけて、船体形状は以下に示すような変遷を遂げてきた。初期はプラスチックの箱を加工して船体としていたが、直近では積層式3Dプリンタを用い、自ら設計した船体を研究に用いている。



令和元年度 (ABS樹脂)

令和2年度 (PLA樹脂)

令和3年度 (PLA樹脂)

考慮した要素

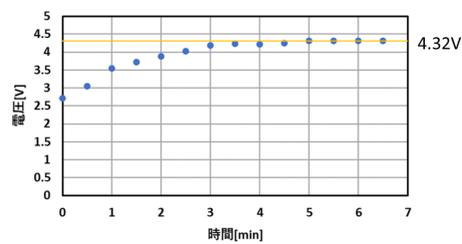
- ・ 苗を傷つけない大きさ
- ・ 浮力 (重量) と喫水
- ・ 整備のしやすさ
- ・ 船内の積載容量
- ・ 浸水への対策
- ・ デザイン性 等

濁度センサ

濁りを表す単位としてNTU (比濁濁り単位) がある。下の図に示すDFRobot社製 TSW-10というセンサを用いて濁度を調べる実験を行った。センサをArduinoマイコンに接続すると、以下のようなNTUを電圧に変換した値がPC上に表示される。この実験では、プラスチックの容器に土を3すくいほど入れ、それを攪拌した。



水の濁りに応じて電圧の値が表示される



濁度センサ
光センサで2点間を通る光の量を測定する。

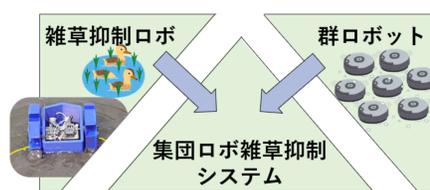
センサの出力電圧の例

	出力電圧[V]
空気中	3.08
水道水	4.32
攪拌した直後の水	2.72

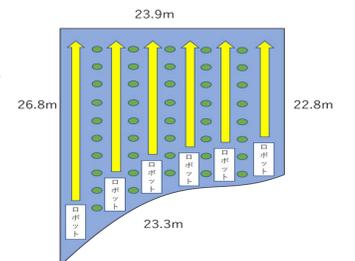
攪拌してから約5分で水道水と同じ濁度に戻る

集団ロボ雑草抑制システム

先述の田んぼで走行させたロボット船の速度は、約9[m/min]であった。しかし、この速度では田んぼの一边を走破するのに長いところだと3分もかかってしまう。濁度センサを用いた実験から、攪拌した地点の泥水が約5分で濁りのない水に戻ってしまう事が分かった。広大な水田を1台で攪拌し続けたとしても、目安として同じ地点を5分以内に再度通ることができなければ、雑草抑制効果が期待できない。そこで、「集団ロボ雑草抑制ロボット」を提案する。これは群ロボットという集団行動するロボットの技術を利用しており、複数台のロボットが連携して、均一に水田内を動き回るものである。



集団ロボ雑草抑制ロボットの概要



走行実験の項目で紹介した田んぼの俯瞰図。1辺は最長約27m。

仕様の変化

まとめとして、前回のKAFF-techフォーラムが開催された令和元年度より、雑草抑制ロボットの仕様がどのように変化してきたかを簡単に示す。このような改良により、走行や攪拌の性能、また扱いやすさが向上した。

	令和元年度	令和2年度	令和3年度
電源	乾電池とモバイルバッテリー	リポバッテリー	
モーター	タミヤギアボックス	DG01D-Eモーター	
形状	箱型	箱型 (一部曲面)	船を模した形状
センサ		濁度センサ	

まとめ

昨年度の研究で、雑草抑制ロボットが雑草を抑制させるための濁りを発生させることが分かった。このことから、外輪船形状のロボットを用いることで、雑草の抑制ができる可能性が示された。

今年度の研究では、駆動方法と船体形状の検討と改良をおこない、より使いやすいロボット船の製作を行った。今後、自律走行ができるように制御系を可能な限り改良することを目標にし、ハードウェア面だけでなく、ソフトウェア面に関しても改良を進めていく。