

水田における小型球体ロボットの除草能力

高山耕二^{1)†}, 山植珠翠¹⁾, 中村南美子²⁾, 加藤達也³⁾, 大塚弘文³⁾,
小田川裕之³⁾, 中西良孝¹⁾, 松添直隆⁴⁾

¹⁾鹿児島大学農学部農業生産科学科家畜管理学研究室

²⁾鹿児島大学大学院連合農学研究科

³⁾熊本高等専門学校

⁴⁾熊本県立大学環境共生学部

令和 3 年 12 月 16 日 受理

要 約

水田内除草用の小型球体ロボット（以下、ロボット）の改良に向けた基礎的知見を得ることを目的として、2021年5月19日～6月9日にかけて水田（2 a）を自律移動するロボット（直径 12.5 cm で 1 cm の突起あり）3 台を導入したロボット区（0.75 a）、8 日齢のアイガモ雛 3 羽（すべて雌）を放飼したアイガモ区（0.75 a）、そして除草処理を行わない対照区（0.5 a）に区分し、ロボットによる除草効果を検討した。アイガモは 24 時間連続で放飼し、ロボットは 1 日当たり約 2 時間稼働させた。ロボットとアイガモが水田内を移動する際に濁水が生じていたものの、これによる除草効果は認められなかった。試験期間中、対照区で 151 本、ロボット区で 292 本およびアイガモ区で 580 本の雑草が各区の排水口で回収され、3 処理区間で有意差が認められた（ $P < 0.05$ ）。試験終了時（試験開始後 21 日目）における雑草の密度については、対照区で 101 本/m²、ロボット区で 32 本/m²およびアイガモ区で 0.5 本/m²であり、各区間で有意差が認められた（ $P < 0.05$ ）。以上のように、ロボットの除草能力はアイガモに比べて劣っていたものの、回転時における中耕によって雑草を浮き上がらせ、効果的に除去する可能性が示された。

キーワード：小型球体ロボット，除草，水田，スマート農業，有機農業

†責任著者. Tel: 099-285-8591; E-mail: takayama@agri.kagoshima-u.ac.jp

緒 言

2021年5月、農水省は農業の生産力向上と持続性の両立の実現をめざす『みどりの食料システム戦略』を策定し、その中で2050年までに耕地面積に占める有機農業の取り組みを25%、100万haに拡大することなどを目標に掲げている[2]。一方、農地の約半分を占める水田において、有機稲作を実践する際に最大のネックになるのがヒエやコナギなどの雑草の繁茂である。近年、ロボット技術やICT（情報通信技術）を活用したスマート農業が注目されており、申請者らは棚田など小面積の水田で省力的かつ効果的に除草を行う『小型球体ロボット』の開発を進めている（図1）。既に実験室レベルでは、ある程度の除草効果が得られることが明らかにされている（松添ら未発表データ）ものの、水田におけるその効果は未解明である。

本研究では、有機稲作推進に向けた小型球体ロボット（以下、ロボット）の改良における基礎的知見を得ることを目的として、水田での生物的技術として一般によく知られ、かつ効果的に除草を行うアイガモ雛を比較対象とし、その除草効果を明らかにした。

なお、本研究は鹿児島大学動物実験委員会の承認を得て行われた（承認番号：A21004号）。



図1. 小型球体ロボット（プロトタイプ）

Fig. 1. Small spherical rolling robot (prototype).

材料および方法

2021年5月19日に代かき11日後の水田（2a）にロボット3台を導入したロボット区（0.75a）、8日齢のアイガモ3羽を放飼したアイガモ区（0.75a）、そして除草処理を行わない対照区（0.5a）に区分し、21日間調査を行った（図2）。

供試したロボット（図1）は直径12.5cmの球殻に1cmの突起を有しており、内部に2輪の自律移動ロボットを搭載していた。内部での車輪の回転が球殻に伝わることで、全体が回転して移動する構造となっており、その電源は単3乾電池4本であった。ロボットは最初にBluetoothで起動し、動作開

始の合図を送ると、直進 15 秒と右旋回をランダムに繰り返し、これにより水田内を動き回り、突起で地面を搔くことで除草するように設計された。アイガモは 24 時間連続で放飼し、ロボットは 1 日当たり約 2 時間稼働させた。

各区にネットで囲い、ロボットとアイガモの侵入を防ぎ、水の出入りのみが可能なプロテクトケージ (1.5 m × 1.5 m) を 3 ヶ所ずつ設置し、ロボットとアイガモの動きによって生じた濁水による除草効果を評価した。調査は試験終了時 (開始後 21 日目) に 1 m × 1 m のコドラートを用いてプロテクトケージ内側の雑草発生量 (単位面積当たりの雑草の密度: 本数/m²) を計測した (n = 3)。各区の排水口には家庭用の水切りネットを設置し、試験期間中にロボットとアイガモによって水面に浮き上がった雑草をすべて回収してその本数を記録した。試験終了時 (開始後 21 日目) に 1 m × 1 m のコドラートを用いてプロテクトケージ外側の雑草発生量 (単位面積当たりの雑草の密度: 本数/m²) を計測した (n = 8)。なお、供試した水田では水稻の移植を行わず、水深は 5 cm ~ 10 cm とし、湛水状態を維持した。

得られた結果については、排水口で回収した雑草本数は対照区における単位面積当たりの回収本数を基準値として、これに対するアイガモ区とロボット区における本数の増減をカイ二乗検定により比較した。プロテクトケージ内外の雑草の密度については、一元配置分散分析により各区間で比較を行った。



アイガモ区 (左上), ロボット区 (右上), 対照区 (下)
ネットで小さく囲んだ部分がプロテクトケージ

図 2. 試験地の外観

Fig. 2. Aspect of an experimental paddy field.

結果および考察

ロボットは回転しながら前進し、水田全体を移動する状況が観察された (図 3)。回転時には、表面の突起が地面に触れることで土壌を攪拌し、濁水を発生させていた。アイガモも水浴しながら移動す

る際に濁水を発生させており（図 3），アイガモ農法においては濁水で雑草の光合成や発芽を抑制する効果があるとされている[1]。しかしながら，試験終了時における各区のプロテクトケージ内の雑草の密度には差がみられず，本研究ではロボットならびにアイガモが発生させた濁水による除草効果は認められなかった（図 4）。なお，ロボットは水深が 5 cm 未満で移動が困難となり，水深が 10 cm を超えると突起が地面に触れずに濁水が発生しない状況が観察されており，実用化に向けて対応策を検討する必要が示された。



図 3. ロボットとアイガモによって生じた濁水

Fig. 3. Water muddied indeed by movement of robots and *Aigamo* ducks in a paddy field.

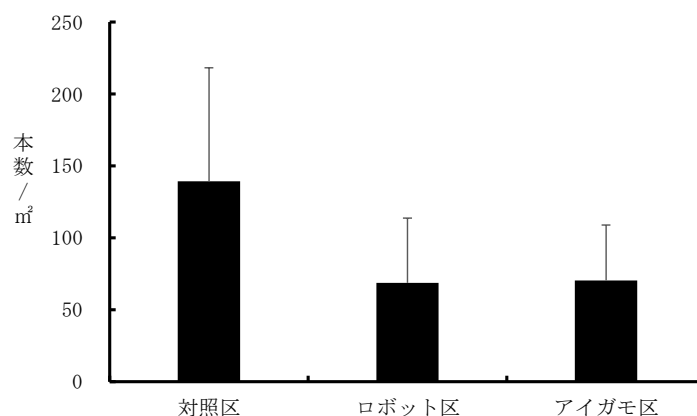


図 4. ロボットとアイガモの濁水による除草効果（プロテクトケージ内の雑草密度）

Fig. 4. Weeding effect of muddy water by robots and *Aigamo* ducks.

その一方で，ロボット区とアイガモ区では両者が移動した後に田面水に雑草が浮き上がる状況が確認され，試験期間中に各区の排水口で回収された雑草は対照区で 151 本，アイガモ区で 580 本に対し，ロボット区は 292 本であり，各区間で有意差が認められた（ $P < 0.05$ ）。回収された雑草の約半分はヒエであり，対照区ではしょう葉と 1 葉期のヒエのみが観察されたのに対し，アイガモ区とロボット区では，2 葉期のものも観察された。水田放飼したアイガモはイネ科草に対する嗜好性が低いものの，2 葉期までのヒエであれば脚掻きによる中耕で浮き上がらせることが知られている[1]。本研究では，アイガモ区だけでなく，ロボット区でも同様な状況が観察された。対照区で回収されたヒエは主に田面

水の浮力によって浮き上がったものと考えられ[3]、ロボット区とアイガモ区においてはロボットとアイガモが水田内を移動する際に突起または脚先で中耕したことで雑草が浮き上がったものと推察された。試験終了時における各区のプロテクトケージ外の雑草の密度は、対照区で 101 本/m²、アイガモ区で 0.5 本/m²、ロボット区で 32 本/m²であり、各区間で有意差がみられ (P<0.05) , ロボットならびにアイガモによる除草効果が認められた (図 5)。

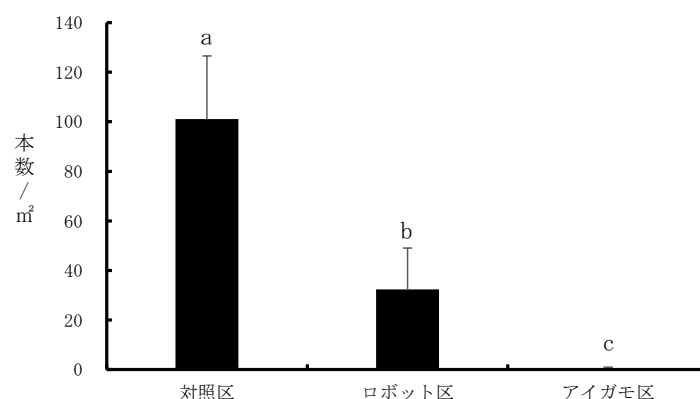


図 5. ロボットとアイガモの中耕による除草効果 (プロテクトケージ外の雑草密度) 各区の異文字間に有意差あり (P < 0.05)

Fig. 5. Weeding effect of intertilling soil by robots and *Aigamo* ducks.

以上のように、ロボットの除草能力はアイガモに比べて劣っていたものの、回転時における中耕によって雑草を浮き上がらせ、水田雑草を効果的に除去する可能性が示された。今後は稼働時間の延長に向けたロボットの改良を進めると同時に、水稻栽培時における除草効果についても検証する必要がある。

文 献

- [1] 古野隆雄 (1997). 無限に広がる アイガモ水稻同時作. 173 p., 農山漁村文化協会, 東京.
- [2] 農林水産省. みどりの食料システム戦略. <https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/index.html> (2021年10月25日参照).
- [3] 涌井義郎, 館野廣幸 (2008). 【解説】日本の有機農法 土づくりから病虫害回避, 有畜複合農業まで. pp. 147–206, 農山漁村文化協会, 東京.

謝 辞

本研究は令和2年度科学研究費 (挑戦的研究, 課題番号 20K21354, 松添直隆 代表) の助成を受けて行われた。

Weeding Effect of Small Spherical Rolling Robot in a Paddy Field

Koji Takayama^{1)†}, Tamami Yamaue¹⁾, Namiko Nakamura²⁾, Tatsuya Kato³⁾,
Hirofumi Otsuka³⁾, Hiroyuki Odagawa³⁾, Yoshitaka Nakanishi¹⁾, Naotaka Matsuzoe⁴⁾

¹⁾ *Laboratory of Animal Behaviour and Management, Department of Agricultural Sciences and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Kagoshima University*

²⁾ *The United Graduate School of Agricultural Sciences, Kagoshima University*

³⁾ *Kumamoto National College of Technology*

⁴⁾ *Faculty of Environmental and Symbiotic Sciences, Prefectural University of Kumamoto*

Summary

We evaluated the effects of small spherical rolling robot (robot) on weeds in a paddy field from May 19 to June 9, 2021. Three treatments were applied: 1) Three automatically moving robots with a 1 cm projection (12.5 cm in diameter) on a robot plot of 0.75 a, 2) Three free-ranging *Aigamo* ducks (8 days of age, female) on an *Aigamo* plot of 0.75 a, and 3) no robot and no ducks, on a control plot of 0.5 a. The ducks were free-ranged for 24 hours, and the robots moved for about 2 hours a day. Although muddy water indeed by movement of robots and *Aigamo* ducks were observed, there was no weeding effect of muddy water. The number of weeds collected in drain port during the experiment period was 151 in the control plot, 580 in the *Aigamo* plot, and 292 in the robot plot ($P < 0.05$). At the end of the experiment (Day 21), the density of weeds showed significant differences among the three treatments, with an average of 101 plants/m², 0.5 plants/m², and 32 plants/m² in the control, *Aigamo*, and robot plots, respectively ($P < 0.05$). These results indicate that the small spherical rolling robot, being inferior to the *Aigamo* ducks, has the potential to effectively pull out weeds by a rolling motion as intertilling soil.

Key words: Organic agriculture, Paddy fields, Smart agriculture, Small spherical rolling robot, Weeding

[†]Corresponding author. Tel: 099-285-8591; E-mail: takayama@agri.kagoshima-u.ac.jp