

アグリロボット要素技術の研究(第2報)

— 圃場におけるロボットを利用した除草実験 —

光井 輝彰 小林 孝浩* 鍵谷 俊樹** 横山 哲也 稲葉 昭夫

Development of Basic Technologies for Agricultural Robots (2nd report) - Field Experiment Using Robot for Weeding (H18) -

Teruaki MITSUI Takahiro KOBAYASHI* Toshiki KAGIYA** Tetsuya YOKOYAMA Akio INABA

あらまし 本研究は農作業の補助や農産物の高品質化など、将来的に農業分野でロボット技術を活用するために必要となる要素技術について調査・研究を行う。これまでに、県内に多い中山間地等の比較的小規模な圃場への導入を想定した小型ロボットの移動機構について開発を行ってきた。本報では、このロボットを利用した水田内除草作業の有効性を圃場実験の結果を踏まえて述べ、農業分野におけるロボット活用の一例を示す。

キーワード ロボット, 農業, 除草, 水田, 水稻有機栽培

1. はじめに

日本の農業を巡る情勢は、食料自給率が依然と低い水準にあることや、農業従事者の高齢化が著しいなど深刻な状態にある。また、食の安全や環境問題に関する意識の高まりの中で、環境保全型農業^[1]やクリーン農業^[2]を推進する動きが高まっている。水稻栽培についても同様であり、有機栽培をはじめとして各種の環境に配慮したクリーン農法が試みられている。しかし、ここで大きな問題となるのが雑草対策である。例えば、農林水産省の統計情報^[3]では、環境保全型有機栽培農家の生産労働時間の1/4以上を除草作業が占めており、全作業の中で最大となっている。本報ではこの除草作業を、これまでに開発したロボットの要素技術^[4]を利用して行い、農業分野におけるロボット利用の有効性を示す。実験は田植え後の水田で実際に行い、ロボットによる除草作業の結果を残草調査により調べた。さらに、稲の収穫期まで調査を継続し、除草作業終了後の残存雑草等の影響について稲の収量から考察した。

る。つまり、ここでの除草作業は水田内を走行するだけである。除草効果は水田内をロボットが走行する際の、

- ・クローラによる雑草の踏み潰し
- ・クローラによる表層土壌の攪拌、雑草の掻き出し
- ・土壌攪拌による水中照度の低下の他、濁水中に浮遊する粘土粒子の土壌表面と幼雑草への堆積^[5]

等により得られると推測している。雑草を直接取り除くというよりも、雑草を弱らせて繁殖を抑制することが、結果的に除草作業につながる。ロボットは水田内の稲を跨いで走行するため、稲が生長して背丈が伸びてくると、

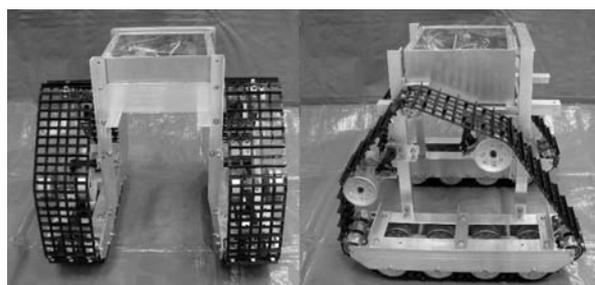


図1 移動機構

2. ロボットによる除草作業

ロボットはクローラ部分で稲条を跨いで水田内を走行する。図1にクローラユニットの形状を、緒元を表1に示す。ロボットは除草のための専用の機構を持たないが、このクローラによる水田内の走行が、除草効果を発揮す

表1 ロボット諸元

	実験1	実験2
全長	400mm	1000mm
全幅	400mm(200mm)	
高さ	370mm(280mm)	
全備重量	5000g	5600g
モーター型	380	
ギア比	59.77	
バッテリー	Ni-MH3300mAh 7.2V	
クローラ幅	90mm	

(): クローラベルト内側

* 情報科学芸術大学院大学

** 岐阜県中山間農業研究所

水田内を走行することは困難になる。しかし、稲がある程度成長してしまえば、稲の生育に影響するような雑草害はほとんど問題にならないと考えられる。そのため、田植え後の稲を跨げなくなるまでの数週間に除草作業を実施することを想定する。このロボットによる除草作業の有効性を確認するために、実際の田植え後の水田でロボットによる除草作業を行い、走行条件の違いによる除草効果について調べる。

3. ロボットによる除草実験 1

実験圃場は岐阜県中山間農業研究所（飛騨市古川町）の研究圃場を使用した。耕種概要は表2（実験1）の地域慣行に近い作型とした。表3（実験1）のとおり移植後の10日間にロボットによる除草作業を実施して、残草調査を行った。この実験結果は、次の長期実験（除草実験2）におけるロボットの走行条件設定の参考とする。

3. 1 実験用ロボットと走行条件の比較 1

ロボットは防水性を考慮して制御基盤やモータ等の電装部品を高い位置に設置しているため重心が高く、路面

表2 耕種概要

	実験1	実験2
代かき	2006.5.11	2006.5.31
移植	2006.5.17	2006.6.1
移植方法	手植え	手植え
苗/株	4本	4本
品種	コシヒカリ	ひだほまれ
施肥	基肥なし 追肥(ナタレット0.4kg/a)	
栽植密度	22.2 株/m ² 30x15cm	22.2 株/m ² 30x15cm

表3 雑草調査方法

	実験1	実験2
除草作業期間	2006.5.22-31 10日間	2006.6.8-7.19 42日間
残草調査	2006.6.1	2006.7.20
移植後日数	15日	49日
優占雑草	ホタルイ ノビエ	ホタルイ コナギ

表4 除草作業の比較条件（実験1）

試験区	作業日時	作業回数
N1	無処理	
C7	10時	1往復/日
C14	10時, 14時	2往復/日
N2	無処理	
W1	10時(月曜)	1.5往復/週
W2	10時(月曜, 木曜)	3往復/週

表5 雑草調査結果（実験1）

試験区	ホタルイ(本/m ²)	ノビエ(本/m ²)
N1	256 (±122) b	12 (±4)
C7	39 (±24) a	3 (±2)
C14	45 (±43) a	7 (±12)
N2	240 (±14) b	12 (±8)
W1	20 (±16) a	3 (±5)
W2	53 (±27) a	0

a,b : Tukey-Kramer Test (5%)

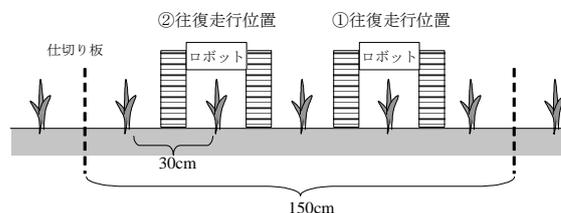
の凹凸でバランスを崩しやすい。そのため、図2に示すように2台のクローラユニットを連結して用いる。除草効果の比較をロボットの走行回数と走行位置について行うため、実験圃場は図3のように6区画に分ける。各区には攪拌した土壌の影響が隣接区に及ばないように仕切り板を入れ、苗4本を1株とする稲列5mを5列づつ手で植える。除草作業はロボットが苗の条間を確実に走行するようにマニュアル操作で行い、走行による除草効果を均一に保つため、旋回動作は行わずに前進と後進のみで行う。走行速度は約35cm/sに設定する。各区の走行（除草）条件を表4に示す。また、条間走行（Area C）と全面走行（Area W）のイメージを図4に示す。



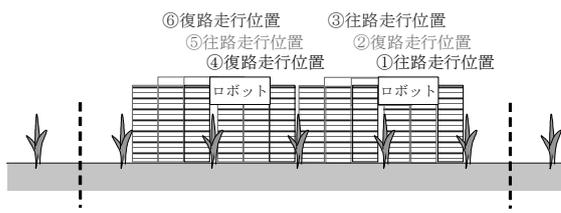
図2 除草作業中のロボット（実験1）



図3 試験圃場



試験区 C: 稲の条間の中央部分を除草作業（走行）する試験区



試験区 W: 稲の条間全面を除草作業（走行）する試験区

図4 ロボットの除草作業イメージ



図5 水抜き後の試験圃場の土壌状態 (実験1)

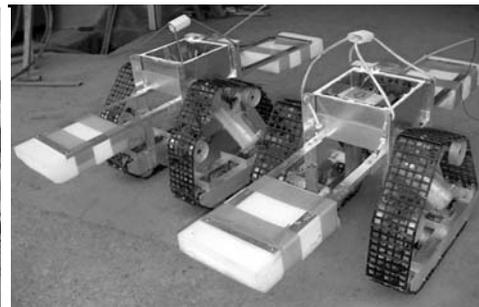


図6 除草実験用ロボット (実験2)

表6 除草作業の比較条件 (実験2)

試験区	作業日	作業回数
N1	無処理	
C2	月曜, 木曜	2往復/週
C4	月, 火, 木, 金曜	4往復/週
N2	無処理	
W1	月曜	1.5往復/週
W2	月曜, 木曜	3往復/週

表7 雑草調査結果 (実験2)

試験区	ホタルイ[本/m ²]	コナギ[本/m ²]
N1	300 (±118) a	588 (±118) a
C2	28 (±15) b	72 (±8) b
C4	42 (±8) b	143 (±40) b
N2	340 (±84) a	711 (±214) a
W1	9 (±12) b	41 (±36) b
W2	7 (±3) b	4 (±2) b

a,b : Tukey-Kramer Test (5%)

3. 2 除草実験1の結果

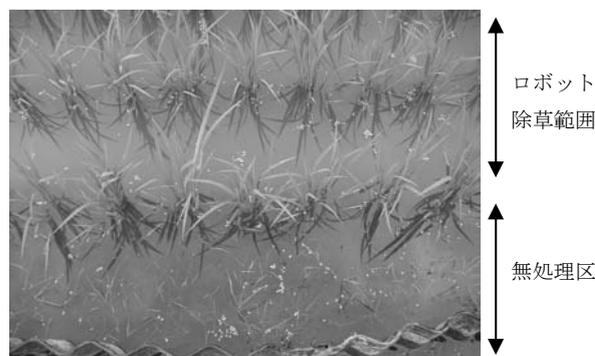
表5に残草調査の結果を示す。優占している雑草は、ホタルイとノビエであった。ホタルイでは条間走行区 (C7, C14) と全面走行区 (W1, W2) 共に無処理区 (N1, N2) と比較して有意な除草効果が認められた。また、走行 (作業) 条件の違いによる除草効果に関しては有意な差が認められなかった。一方、ノビエについては相対的に本数が少なく、統計的有意差は認められなかった。図5に水抜き後の圃場内土壌の様子を示す。条間の走行部分の土壌が株間部分に堆積している様子が確認できる。これによって、直接クローラで踏んでいない部分についても、初期雑草の繁殖が抑制されることが考えられる。

4. ロボットによる除草実験2

除草実験1の終了後、全面走行の比較区 (N2, W1, W2) は欠株部分に苗 (コシヒカリ) を植え直し、条間走行の比較区 (N1, C7, C14) については代掻きの後、表2 (実験2) の耕種概要で実験圃場を再設定した。表3 (実験2) のとおり移植後の42日間にロボットによる除草作業を実施した後、残草調査を行った。その後は、手を加えずに収穫期まで放置して、経過状況を調査した。

4. 1 実験用ロボットと走行条件の比較2

除草実験2に使用したロボットの外観を図6に、緒元を表1に示す。連結したクローラユニットではロボットが重く取り扱いが大変なため、実験2ではクローラユニットを1台として前後に転倒防止用のアシストバーを設けて使用する。クローラによる走行回数が半減することになるが、走行条件による除草効果の違いが確認されていないため、条間走行区 (C2, C4) の走行頻度を実験1よりも減らして、週2回と4回に設定する (表6)。除草作業は実験1と同様に前進と後進動作のみをマニュアル操作で行い、走行速度は約45cm/sに設定する。



(1) 試験区C4 (2006.6.30)



(2) 試験区C4 (2006.7.7)



(3) 試験区N1 (2006.7.19)

(4) 試験区C4 (2006.7.19)

図7 ロボットによる除草作業の効果



図8 除草実験後の試験圃場の様子 (2006.8.18)

4. 2 除草実験2の結果

表7に残草調査の結果を示す。今回の優占雑草はホタルイ、コナギであった。各雑草について、条間走行区 (C2, C4) と全面走行区 (W1, W2) 共に、無処理区 (N1, N2) と比較して有意な除草効果が認められた。一方、実験1よりもクローラの走行頻度を減らしたものの、走行条件の違いによる除草効果に関しては有意な差は認められなかった。図7に試験区C4のロボットによる除草作業の経過状況を示す。

4. 3 除草実験後の調査 (収穫期まで)

実験からはロボットの走行による除草効果を確認することが出来た。ただし、この除草作業により水田内の全ての雑草が無くなる訳ではなく、クローラで踏んでいない株間等の部分では雑草が残る割合が多い。これらの部分は、図7の(1)(2)で確認できるように、ある程度は雑草の繁殖が抑制されている。これはロボットの除草作業による水中照度の低下や拡散した土壌の堆積による抑草効果が、株間の雑草にまで及んでいるためと考えられる。しかし、繁殖が抑制されたとはいえ、クローラで直接踏んだ部分は雑草がほとんど無くなるのに対して、小さな雑草は残っており、除草作業終了後はこれらの残存雑草が生長してくる。これらの残存雑草の影響を調べるために、除草実験後は雑草に手を加えず放置して、その後の状況を観測した。図8に経過状況を示す。無処理区 (N1, N2) は除草実験終了時にすでに雑草が生い茂っていたが、8月になるとさらに雑草の勢いが増して、稲の間からあふれ出てきた。条間走行区 (C2) の稲を掻き分けてみると、株間に残った雑草が伸びていることが確認できる。ただし、無処理区と比較するとその量が少ない事が分かる。その後は10月初旬の稲刈りまでの間に、残存雑草は多少増えるものの量的には大きな変化は無かった。稲の生育状況は虫害や病害も無く順調であり、処理区 (C2, C4, W1, W2) では残存雑草による影響も無いようであった。稲刈り後の収量調査の結果を表8に示す。ロボットで除草した処理区は無処理区 (N1, N2) と比較すると明らかに増収し、ロボットによる除草作業の有無が収量に影響していることが分かる。条間走行区 (C2, C4) と比較して全面走行区 (W1, W2) の収量が少ないのは、除草作業中に一部の苗や分けつを踏んだことで、莖数が少ない株や欠株が生じたことが原因と考えられる。条間

表8 収量の比較 (実験2)

品種	試験区	穂数/株	収量[kg/a]
ひだほまれ	N1	8.7 (±1.6) a	26.1
	C2	12.9 (±2.8) b	49.6
	C4	12.3 (±3.3) b	45.9
コシヒカリ	N2	8.0 (±1.4) a	23.9
	W1	11.1 (±3.0) b	42.7
	W2	13.2 (±3.4) b	36.5

a,b : Tukey-Kramer Test (5%)

走行区 (C2, C4) の収量は、慣行栽培と比較すると減収となるが、有機栽培としては許容範囲にあると考える。今後は施肥管理を検討して増収を図りたい。

5. まとめ

田植え後の水稻の有機栽培圃場でロボットを走行させて、その除草効果について調べた。このロボットによる除草作業の効果は無処理区と比較して有意であった。走行条件の違いによる有意差は得られておらず、さらに走行頻度を減らしても除草効果が期待できる。ただし、この除草作業では雑草を完全に無くすわけではなく、株間などに多少の雑草が残る。実験ではこの残存雑草を放置しても、有機栽培米としては適当な収量が獲られた。今後は、除草効果の有効性をより詳細に検証する予定である。同時に、ロボットを活用した水稻のクリーン農業体系を考慮して、ロボットの高機能化を進める予定である。

文 献

- [1] “環境保全型農業”, http://www.maff.go.jp/soshiki/kambou/joutai/onepoint/public/kan_m.html
- [2] “ぎふクリーン農業”, <http://www.pref.gifu.lg.jp/pref/s11435/clean/index.html>
- [3] “環境保全型農業 (稲作) 推進農家の経営分析調査報告H15”, <http://www.tdb.maff.go.jp/toukei/a02smenu?TouID=E023>
- [4] 光井輝彰, 小林孝浩, 田畑克彦, “アグリロボット要素技術の研究”, 岐阜県生産情報研究所研究報告第7号, pp.60-65, 2006
- [5] 福島和敏, 保田謙太郎, 芝山秀次郎 “田面水の攪拌が雑草の発生に及ぼす影響”, 雑草研究, Vol.48 (別), pp.224-225, 2003