

環境にやさしい水田用自律型中耕除草機の開発

機械システム課 上野 実*1、佐山利彦、金森直希、羽柴利直

農林水産総合技術センター 農業研究所 吉田 稔*2、板谷恭兵

富山高等専門学校 金子慎一郎、高田英治、林 宏樹*3

1. 緒言

水田の除草は、一般的に除草剤が使用されているが、食の安全・安心や環境に優しい農業への消費者の関心の高まりから、できる限り農薬を使用しない農業の実践も求められている。このため、土壌を浅く耕して雑草を取り除く中耕除草機が実用化されているが、旋回時に苗株を踏み潰すことや、一定期間ごとに繰り返しおこなう労力を必要とするため普及していない。

このため、車輪にらせん状の突起をもつアルキメディアンスクリュを用い、前後進時に車輪の突起により中耕除草を行い、苗の列をカメラで認識しながら自律的に苗列に沿って前後進・横移動できる苗列認識アルゴリズムによる制御システムの開発を行った。また、本手法による除草効果や実際に使用する際の運用方法を検証するため、実圃場において除草条件（時期、回数）を変えて作業を行い、無除草区や除草剤処理区に対して、残草量や収量がどう変化するかを比較し、本除草機の除草効果の検証を行った。

2. 除草機の開発及び除草効果の確認

2.1 除草移動機構の開発

車輪径を大型化し、機体の剛性、駆動トルクを向上させたプロトタイプ2号機（図1右）を用い、農林水産総合技術センター農業研究所の田植え後の実圃場において走行性能の確認を行った。車輪径φ180mmのサイズアッ



図1 プロトタイプ1号機(左)と2号機(右)

プの効果により除草作業を行う前後進時の走行性能は向上し、安定的に走行化可能であることが確認できた。横方向への移動時においてもプロトタイプ1号機と比較して駆動能力ははるかに向上したが、車輪の大型化により接地圧と、浮力が向上したにもかかわらず、スタックすることがあった。このため、車輪径を更に大型化(φ195mm)するとともに断面形状(たる型)を見直し、横移動時の抵抗の低減を図るとともに、スクリュのピッチ、突起高さの改良を行い、横移動の性能の向上を図った。

2.2 苗列識別と自律走行制御の開発

除草作業（走行）の自律化を図るため、機体前後に取り付けたUSBカメラから、進行方向の画像を取り込み小型CPUボードによるリアルタイム処理により苗列の認識をおこなう自律動作制御について開発を行った。

前後進時の除草作業時においては、苗列に対し一種のライントレース走行を行うこととなる。このため、取り込んだ画像（図2(a)）から苗色の緑をHSV色空間において抽出・二値化（図2(b)）し、マスク画像における抽出ピクセルの列ごとのカウント数を求め、画像中央に向けて存在確率が高いものとして重みづけを施したのちヒストグラムを作成（図2(c)）し、その最大値から苗列の方位を推測（図2(d)）した。得られた結果から、左右の車輪の回転速度を算出し、回転差を与えることにより操舵し、自律苗列追従走行を行うこととした。

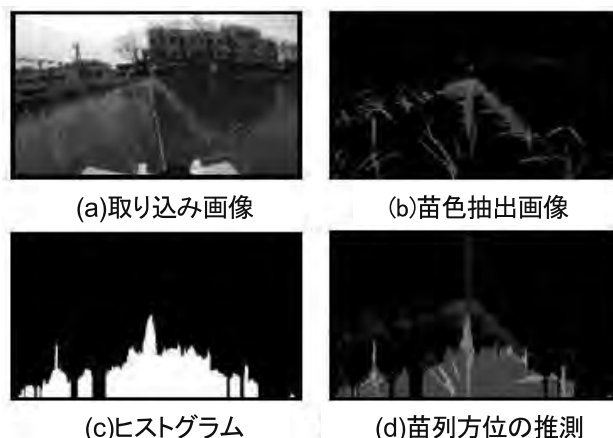


図2 苗列識別アルゴリズム

*1 現 生活工学研究所 *2 現 農業技術課 *3 現 東京工業大学

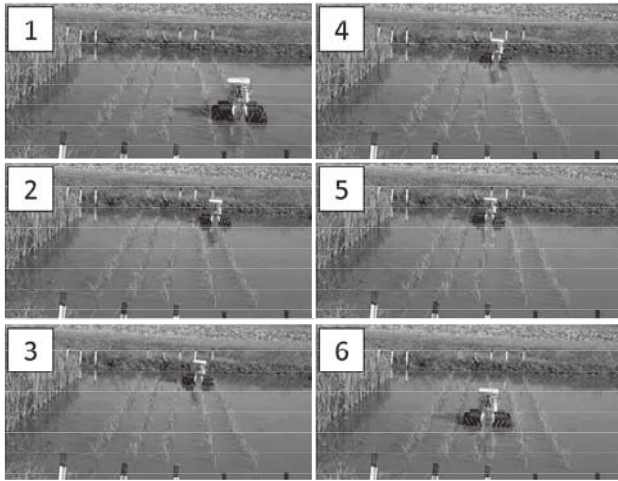


図3 自律苗列追従と苗列切り替え走行

苗列の端部においては、除草を行っていない苗列への横移動・苗列切り替え動作が必要となる。このため、進行方向のカメラ画像から苗列が消失した場合、苗列端部に達したと判定し、苗列切り替えモードに切り替わって、これまでの進行方向とは反対側のカメラの画像から2列分の苗列をカウントするまで、横移動を行い、圃場全面に対し、各モードを交互に切り替える構成とした。

本システムをプロトタイプ1号機に搭載し実圃場において実証実験を行った(図3)。その結果、設定どおり苗列追従、横移動・苗列切り替え動作が連続して動作可能なことが実証できた。

2.3 除草効果の確認

本方式の中耕除草方法の効果的な運用法について、農業研究所の実圃場において実証実験を行った。表1に示すように、除草を開始する時期と除草回数を変え、1週間ごとにプロトタイプ2号機によるマニュアル操作で除草試験を行った。

条間の雑草は車輪による掻き取りや、土壌に埋め込まれることにより効果的に除草されたが、株間におい

ては十分な効果が得られなかった。また、苗列切り替え動作においては車輪の大型化により、横移動時に苗を踏み倒したため欠株が多く発生した。

残草量(乾燥重量)及び収量を比較したところ、無除草区に対し残草量は半減しており、走行回数が多いほど収量が多くなった(表2)。しかし、除草剤処理区に比べると収量は65%と大きく減収しており、除草回数が5回程度では十分でなかったと推測される。

表1 除草試験の条件

試験区	移植後日数(除草日)				
	4日 (5/15)	11日 (5/22)	18日 (5/29)	25日 (6/5)	32日 (6/12)
1(5回)	○	○	○	○	○
2(前期4回)	○	○	○	○	×
3(後期4回)	×	○	○	○	○
4(後期3回)	×	×	○	○	○

表2 除草効果と収量

試験区	残草量 (g/m ²)	無除草 区比(%)	収量 (kg/10a)	完全除草 区比(%)
1(5回)	361	44	498	65
2(前期4回)	431	53	395	51
3(後期4回)	314	38	302	39
4(後期3回)	466	57	315	41
除草剤処理区	22	3	769	100
無除草区	816	100	157	20

3.まとめ

開発した自律型中耕除草機と、車輪を大径化したプロトタイプ2号機を用いて実際の圃場で除草・走行試験を行ったところ、走行性能の向上と除草効果が確認できた。農薬の使用を控えることで高付加価値米を生産する農家では、慣行栽培に対して何割かの減収は見込んでいることから、今後、フィールド実験を重ね実用性について評価を行い、効果的な除草方法の検証を行う予定である。

キーワード：水田、雑草防除、アルキメディアンスクリュ、自律制御

Development of an Autonomous Intertillage Weeding Robot for Eco Paddy Fields

Mechanical System Section; UENO Minoru^{*1} and SAYAMA Toshihiko, KANAMORI Naoki, Hashiba Toshihao
Agricultural Research Institute; YOSHIDA Minoru^{*2} and ITAYA Kyohei
National Institute of Technology, Toyama College; KANEKO Shin-ichiro and TAKADA Eiji, HAYASHI Hiroki^{*3}

We have developed a prototype of an autonomous intertillage weeding robot for paddy field using the Archimedean screw on the wheel. Through the outdoor running experiments in the paddy field, the robot showed a good performance, and herbicidal effect was confirmed.