

畑地用ロボット除草機の海外における開発状況

秋田県立大学
アグリイノベーション教育研究センター
保田 謙太郎

はじめに

ロボット除草機は、圃場内を自動で走行し、何らかの手段で雑草を自動で除草する農業機械である。畑地用、水田用、畦畔用などの用途にあわせて様々なロボット除草機がある。著者は、圃場内を自動で走行する機能を有するものを第1世代型とし、自動走行に加えて作物と雑草とを識別し、雑草だけを狙って除草する機能を有するものを第2世代型とした(保田 2018)。畑地用のロボット除草機は、ドイツやフランス、オーストラリアなどの農業先進国で開発が進められていることもあり(表-1)、すべて第2世代型である(保田ら 2020)。各国の研究者が独自に開発

を進めているが、自動化や機体の特徴に類似点は多い。本稿では、第2世代型の畑地用ロボット除草機の除草方法や自動走行の方法、機体の特徴について解説する。

1. 自動での除草方法

畑地用ロボット除草機で採用されている除草手段は、化学的防除と物理的防除の2種類である。化学的防除は、非選択性除草剤の雑草へのスポット散布であり、物理的防除はレーキやホーなどの機具の利用やマイクロウエーブの照射である。化学的防除と物理的防除では除草手段として大きく異なるが、自動化の機構は似ている。基本的な機構は、①カメラによって作物と雑草を撮影する(図-1)。②撮影した画

像を解析し、作物と雑草を識別する。③雑草であると識別したものを除草するである。この①→②→③の行程のくり返しである。

それぞれの行程を見ていくと、①の撮影では機体下部に取り付けられたカメラを利用する。地面に対して垂直方向に撮影するので、作物および雑草の画像は真上からの構図となる(図-2)。また、太陽光は機体によって遮られることになるが、各機体ともLEDなどの照明によって明るさを確保して撮影する。照明装置を機体に内蔵する必要があるが、光の強さを一定にでき、夜間でも運用できる利点がある。

②の解析では画像処理プログラムが活用される。画像処理プログラムには各機体とも独自のプログラムを採用している。雑草の検出精度は高く、ecorobotic社(スイス)で開発されているAVOでは85%以上の精度で条間および畦間にある雑草を特定できる。また、クイーンズランド大学(オーストラリア)で開発されているAgBot IIでは90%以上の正確性で

表-1 畑地用ロボット除草機の名称と除草方法

機体名称	除草方法	開発母体	国
Deepfield Weeding Robot*	物理的防除	Deepfield Robotics (Bosch)	ドイツ
AVO	化学的防除	ecorobotix	スイス
DINO	物理的防除	NAÏO TECHNOLOGIES	フランス
Kilter AX-1**	化学的防除	Kilter	ノルウェー
AgBot II	両方***	クイーンズランド大学	オーストラリア
RIPPA	化学的防除	シドニー大学	オーストラリア

*先に発表されたBoniRobから機体サイズや除草方法を大きく変更。

**ASTERIXから改名された。AXはASTERIXの略。機体の形状は変わらず。

***除草剤による化学的防除およびマイクロ波やホーを用いた物理的防除に対応

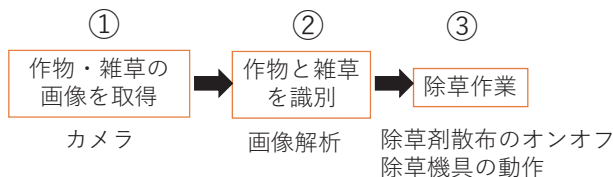


図-1 畑地用ロボット除草機での自動除草の行程
①②③の行程を高速でくり返す。

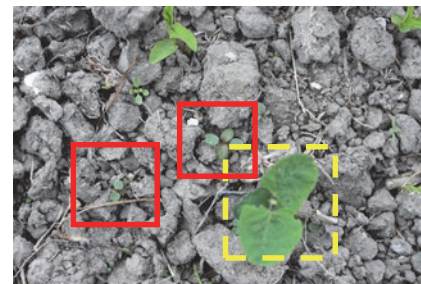


図-2 カメラによる画像の取得と作物・雑草の識別

垂直方向からの撮影によって画像を取得する。さらに、画像解析によってダイズ(点線四角、黄色)と雑草(実線四角、赤色)というように作物と雑草を識別する。

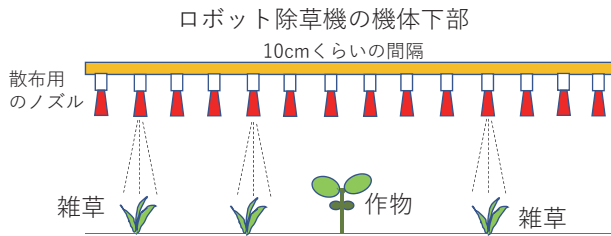


図-3 畑地用ロボット除草機の除草剤散布のイメージ図

機体下部に複数のノズルが進行方向に対して直角に配置される。対応するノズルより非選択性除草剤が雑草にピンポイントで噴射される。

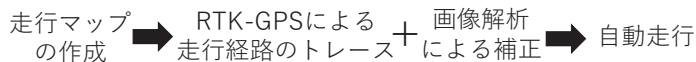


図-4 畑地用ロボット除草機での自動走行の方法

作物と雑草の種類を見分けられると報告されている。プログラムの開発にはニューラルネットワークといったAI技術が活用されており、今後も性能が上がっていくと考えられる。

③の除草では化学的防除と物理的防除について説明する。化学的防除では雑草に対して、除草剤が散布されるように噴射のオンオフが行われる。例えば、AVOでは除草剤散布用のノズルが機体下部に10cm くらいの間隔で進行方向に対して直角に位置されている(図-3)。認識された雑草に対応したノズルより除草剤がピンポイントで噴射される。さらに、Kilter社(ノルウェー)で開発されているKilter AX-1では散布方法に工夫がある。除草剤を噴射するのではなく、滴下するのである。Drop-on-Demand (DoD) system と名付けられている(Utstum *et al.* 2018)。このDoD システムの利点は、作物や土壌に除草剤が飛び散らない(ドリフトしない)点とわずかな量の除草剤で雑草を枯らすことができる点である。除草剤の使用量を全面散布に比べて5%に削減できることが報告されている。一方で、物理的防除では認識された雑草に対してホーやハロー、チゼルなどの除草機具が接触するように上下、左右に動作させる。NAÏO TECHNOLOGIES (フランス)で開発されているDINOでは使用状況に応じて除草機具(ホーとハロー)を取り替えられる。①と②の行程は、化学的防除と物理的防除で同じであ

り、③の行程も車速と雑草の位置から「噴射のオンオフ」と「除草機具の動作」のタイミングを計算して動かしており、機械的には似ているといえる。AgBot IIではその似ている特徴を生かして、除草ユニットを交換することによって化学的防除および物理的防除のどちらにも対応できるようになっている。

2. 自動走行の方法

畑地用ロボット除草機の一般的な自動走行の方法は、事前に設定した走行ルートをRTK-GPSを用いてトレースし、さらに、カメラ画像によって作物やその条を検出して走行を補正する方法である(図-4)。この方法では走行マップを事前に作成する必要がある。しかし、車の自動走行とは異なり、ロボット除草機の走行場所は圃場であり、多くても10筆程度であり、数は限られる。そして、走行マップを事前

に設定しておけばルートの逸脱などの事故防止ができる利点があり、採用していると考えられる。また、自動走行にはRTK-GPSだけでなく、カメラ画像による補正も加わる。RTK-GPSは高精度であるが、数cmの誤差は生じることになる。わずか数cmの誤差であっても、条間が狭い場合には車輪によって作物を踏みつける可能性がある。このような事態を回避するためカメラ画像によって作物の位置および条を把握して補正しているのである。ちなみに格納庫から圃場への移動や圃場間の移動については、自動走行は確立されておらず、トラクターでの牽引や運搬である。

3. 機体の特徴と1日あたりの除草面積

機体の外観は、機体下部に画像取得用のカメラや除草機具を装着し、ま

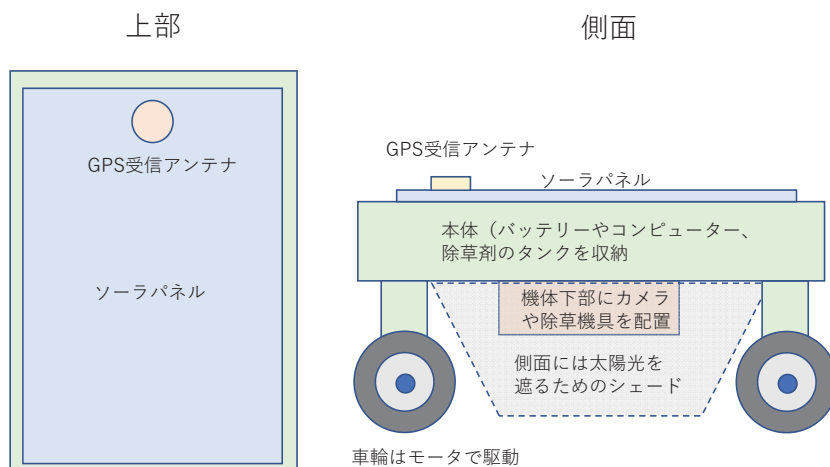


図-5 畑地用ロボット除草機のイメージ図

た、作業者が乗る場所を設けていないこともあり、似ており、イメージ図の様な形状である(図-5)。機体形状は、乗用車を縦方向に短く、横幅を長くしたような感じであり、重さはそれよりは軽い。例えば AVO では 3.75×2.45×1.3m(縦横高)であり、重量は 750kg である。動力は電気エネルギーであり、バッテリーが内蔵されている。充電は、バッテリーの交換や内蔵の発電機による発電、上部に付けられたソーラーパネルによる発電である。機体上部が空いていることもあり、上部にソーラーパネルを装着した機体は多い。走行手段はタイヤである。畑地での走行性はクローラタイプの方が高いと考えられるが、旋回性の高さやメンテナンスの簡便性などからタイヤが選択されていると考えられる。タイヤはモータで駆動し、四輪駆動や四輪操舵である場合が多い。

化学的防除を採用する AVO では 1 時間あたりの除草面積は 0.6ha であり、1 日では 5ha である。また、物

理的防除を採用する DINO でも除草面積は 1 日あたり 5ha である。他の除草機についての情報はないが、AVO や DINO と同程度の機体サイズを有していることから考えれば、1 日あたり数ヘクタールの除草は可能であると考えられる。

おわりに

ここまで第 2 世代型の畑地用ロボット除草機の自動化や機体の特徴を見てきたが、残されている課題としては完全自動化の達成である。現時点では、格納庫から圃場への移動の自動化や除草剤の補充の自動化は達成されておらず、ソーラーパネルを活用したエネルギーの完全自給化も一部の機体で未達成である。このような点を除けば、ほぼ完成の域に達していると考えられる。また、1 台あたりの除草面積も数ヘクタール規模であり、十分に実用に耐えうる広さである。実際に商業化されている機体もある。ただし、急速な

普及拡大は起こっていない。機体の価格や除草以外には活用できないという特殊性がネックになっていると考えられる。化学的防除を採用したロボット除草機のアピールポイントは、除草剤のスポット散布による少量使用と不要な場所には散布しないことである。物理的防除を採用したロボット除草機のアピールポイントは有機農業で利用できることである。いずれも環境への配慮をアピールポイントとしている。このような価値がより認められてくれば、ヨーロッパやオーストラリアなどの農業先進国で普及が進んでいくことになると考えられる。

引用文献

- Utstumo, T. *et al.* 2018. Robotic in-row weed control in vegetables. *Computers and Electronics in Agriculture* 154, 36-45.
- 保田謙太郎 2018. 除草ロボットの開発. 山口裕文監修, 宮浦理恵, 松嶋賢一, 下野嘉子編集『雑草学入門』pp.212-222.
- 保田謙太郎ら 2020. 農業先進国での畑地用ロボット除草機の開発状況. 秋田県立大学ウェブジャーナル A8, 91-96.