

小型除草ロボットの開発状況と課題 —水田用及び畑用ロボットの開発状況など—

農研機構農業機械研究部門
無人化農作業研究領域
吉田 隆延

はじめに

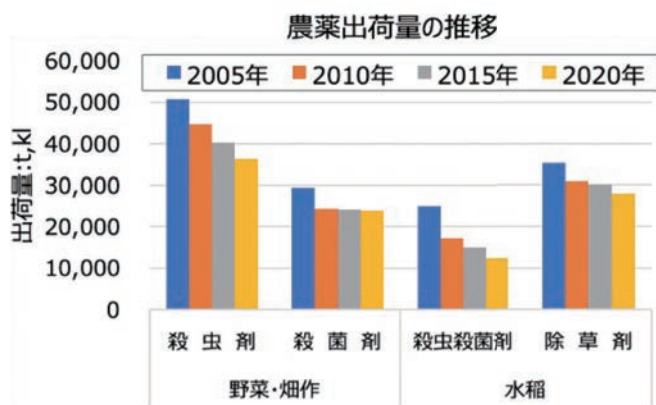
農林水産省は、令和3年5月12日「みどりの食料システム戦略」を策定、公表した（農林水産省 2021a）。さらに、これに伴い令和4年7月1日「みどりの食料システム法」が施行された。本戦略では具体的な達成目標値として、①農林水産業のCO2ゼロエミッション化の実現（温室効果ガス削減）、②化学農薬の使用量（リスク換算）を50%低減、③輸入原料や化石燃料を原料とした化学肥料の使用量を30%低減、④耕地面積に占める有機農業の取組面積の割合を25%（100万ha）に拡大（現状は0.5%、2018年）などを掲げており、「食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションで実現する」と公表している。一方、日本の農業生産現場では、農林水産省「2020年農林業センサス」（農林水産省 2021b）によれば、

2020年の基幹農業従事者数は136万人、平均年齢67.8歳である。同じく農林水産省「2010年世界農林業センサス」（農林水産省 2011）の2010年の基幹農業従事者数205万人、平均年齢66.2歳と比較しても、農業従事者の大幅な減少と高齢化が進んでいるのが現状であり、農業の担い手の更なる減少と労働力不足等が重要な課題となっている。

上記の生産現場が抱える高齢化、労働力不足の問題と、「みどりの食料システム戦略」が掲げる化学農薬50%削減、有機農業の取組面積を25%に拡大という目標を達成するためには、栽培管理に係る作業、特に除草作業の省力化は解決すべき重要な問題である。本稿では主に、現在、除草作業の省力化を目指して、農研機構農業機械研究部門で研究開発を進めている水田及び畑用小型除草ロボットについて紹介する。

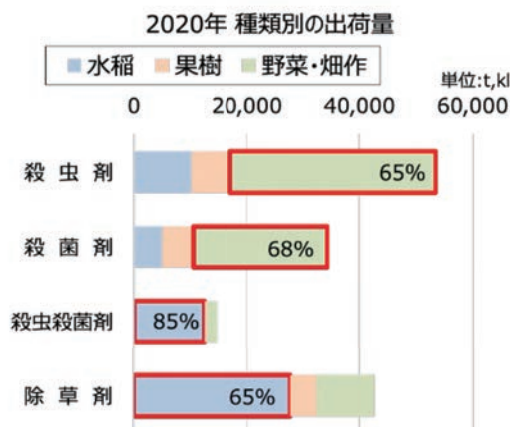
1. 日本の化学農薬使用量と有機農業取組面積の現状

農研機構 NARO 戦略開発センターが、農業工業会の「農業年度出荷実績」を基に作成した日本の農薬の種類別出荷量の推移と2020年出荷量を図-1、図-2に示す。2005年から20年までの5年毎の農薬出荷量の推移より、野菜・畑作の殺虫剤と水稻の殺虫殺菌混合剤は、近年面積当たりの使用量が減少している傾向が確認できる。また、水稻における除草剤の使用量は、作付面積の減少により減少している。一方、野菜における殺菌剤の使用量は横ばい状態が続いている。また、野菜・畑作における殺虫剤と殺菌剤の出荷量は、各々全出荷量の65%と68%を占め、割合が高い。また、水稻における殺虫殺菌混合剤と除草剤の出荷量は、各々前出荷量の85%と65%を占める。このデータより、「みどりの食料システ



農薬工業会「農業年度出荷実績」より農研機構NARO開発戦略センターが作成

図-1 農薬の種類別出荷量の推移



農薬工業会「農業年度出荷実績」より農研機構NARO開発戦略センターが作成

図-2 2020年の農薬の種類別出荷量

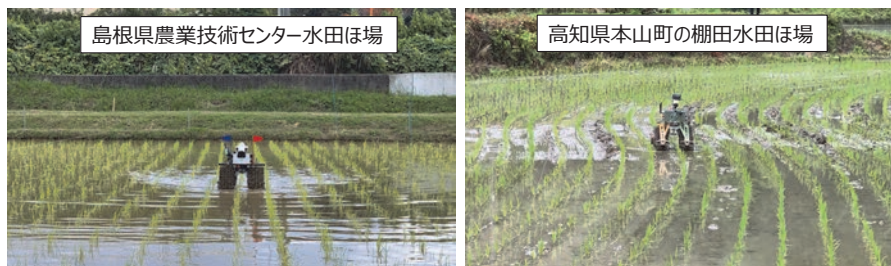


図-3 水田ほ場を自律走行する水田用小型除草ロボット

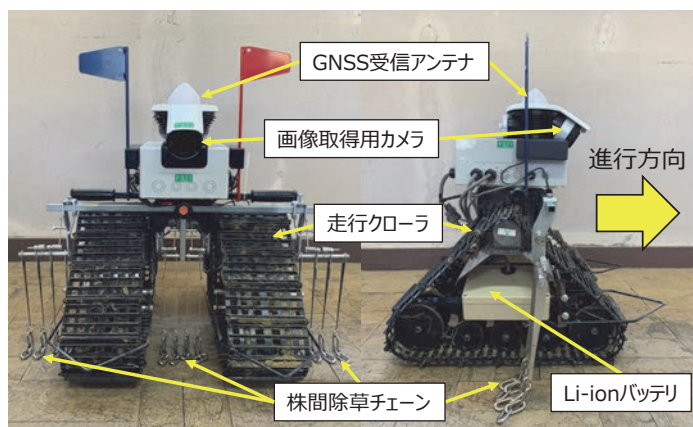


図-4 水田用小型除草ロボットの構成

ム戦略」の目標値である「化学農薬の使用量（リスク換算）を50%低減」を達成するためには、野菜・畑作における殺虫剤及び殺菌剤の使用量と水稲における除草剤の使用量を削減することが重要な課題と考えられる。

日本における有機農業の取組面積は、2009年から2018年までの間に45%増加し、そのうち有機JASを取得している農地は20%増加しているが、有機農業取組面積の総面積は耕地面積の僅か0.5%（237,000ha（2018年））である（農林水産省 2021a）。有機農業の取組面積を25%まで拡大するためには、水稲の有機農業取組面積を拡大する必要があり、そのためには除草剤を使用しない雑草防除技術の開発が必要不可欠である。また、野菜における有機栽培でも、除草剤を使わないため除草作業に関する作業時間が長く、有機農業に取り組んでいる生産者の多くが重労働な管理作業として除草作業をあげている。水田及び畑作ともに有機栽培を行うためには、除草作

業の省力化が重要な課題である。

2. 水田用小型除草ロボットの開発

現在、農研機構では、みのる産業（株）、（株）NTTドコモ、島根県農業技術センターと共同で水田用小型除草ロボットを開発中である（図-3）。本ロボットは、みのる産業が開発中の水田用小型除草ロボット（愛称：アイガモロボット）（飯田 2021）をベースに、棚田等の不定形な水田ほ場における自律走行を可能にするため、カメラによる取得画像を利用した自律走行AIシステムと、ネットワークRTK-GNSSによる位置情報を組み合わせた走行システムを利用している。

(1) ロボットの構成と自律走行

本ロボットは、画像取得用のカメラ、走行クローラ、DCモータ、モータドライバ、Li-ionバッテリー、走行制御を行うECU、自律走行AIシステム、

GPS受信アンテナ、リモコン等で構成される（図-4）。カメラで取得した画像を基に、自律走行AIシステムによりイネ苗列を自動認識し、走行方向を自動で判断する。この自律走行AIシステムの情報から、モータドライバを介して走行モータを随時制御しながらイネ列を踏まないように自律走行を行う。イネ列の終端認識と停止は、現在画像からAIシステムを介して行う終端認識と、ネットワークRTK-GNSSを利用する位置情報を基にした終端認識の2つの方法で行っている。現状では、画像とAIシステムによる終端認識と比較して、位置情報による終端認識の方がより精度が高い。自律旋回は、イネ列終端を認識後に停止、IMU（慣性計測装置）のジャイロセンサによりイネ列終端認識の直前の進行方向の情報を基に90度旋回、次に走行予定のイネ列まで移動（移動距離は変更可能）、停止後にさらに90度旋回して走行予定のイネ列までゆっくり移動、イネ列を自動認識してイネ列追従走行を行う。終端認識してから次に走行予定のイネ列までの旋回は、右右→左左→右右または左左→右右→左左を繰り返してほ場全体の自律走行を繰り返す。自律走行AIシステムを利用した自律走行性能については、現状ではイネ列追従率は欠株等がなければ、ほぼ100%を達成している。さらに、自律旋回成功率はほ場の土壌硬度に大きく左右されるが、現在約80～100%である。また、本ロボットはリモコンによる手動操作も可能な仕様となっている。

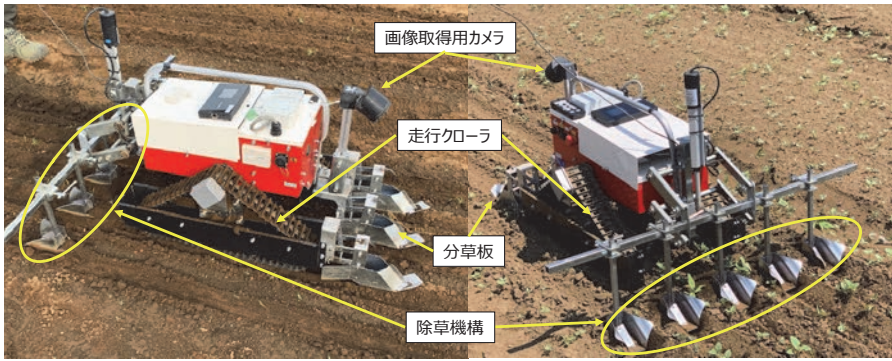


図-5 畑用小型除草ロボットの構成

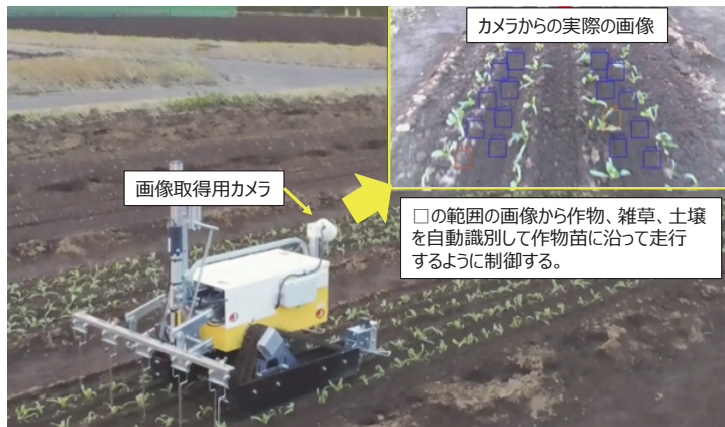


図-6 畑用小型除草ロボットの自律走行 AI システム

鹿児島県農業開発総合センターと共同で畑用小型除草ロボットを現在開発中である。本ロボットは、カメラによる取得画像を利用した自律走行 AI システムによりほ場内を自律走行しながら、後部に装着した除草機構により自動で除草するロボットである。

(1) ロボットの構成と自律走行

本ロボットは、画像取得用のカメラ、走行クローラ、DC モータ、モータドライバ、Li-ion バッテリ、走行制御を行う ECU、自律走行 AI システム、除草機構、分草板、リモコン等で構成される(図-5)。自律走行 AI システムは、水田用小型除草ロボットとほぼ同じ仕様となっており、カメラで取得した画像を基に自律走行 AI システムにより作物列を自動認識し、走行方向を自動で判断する(図-6)。この自律走行 AI システムからの情報を基に、モータドライバを介して走行モータを随時制御しながら作物を踏まないように自律走行を行う。また、終端認識も画像からの情報を基に制御されており、一定距離間(認識距離は変更可能)に作物列が確認できないと終端と認識して停止し、自動旋回を開始する。自動旋回は水田用小型除草ロボットと同様に、作物列終端を認識後に停止、IMU(慣性計測装置)のジャイロセンサにより作物列終端認識の直前の進行方向の情報を基に90度旋回、次に走行予定の作物列まで移動(設定移動距離は変更可能)、停止後にさらに90度旋回して走行予定の作物列までゆっくり移動、

(2) 除草方法及び作業能率など

本ロボットの除草方法は、イネ活着後(移植後約3日くらい)から、週2回(約3日に一度)程度の間隔で8回程度走行することで除草効果が得られる。除草は、条間は走行クローラ、株間は除草チェーンにより行う。本ロボットの作業能率は、10a/h程度で1回の充電で30a以上の除草作業が可能である。株間用の除草チェーンは、

ほ場条件に合わせて脱着ができる仕様である。本ロボットを利用した実証試験では、除草剤を利用する慣行栽培と比較して、8~9割程度の収量が確保できることが明らかとなっている。

3. 畑用小型除草ロボットの開発

農研機構では、みのる産業(株)、(株)NTTドコモ、群馬県農業技術センター、

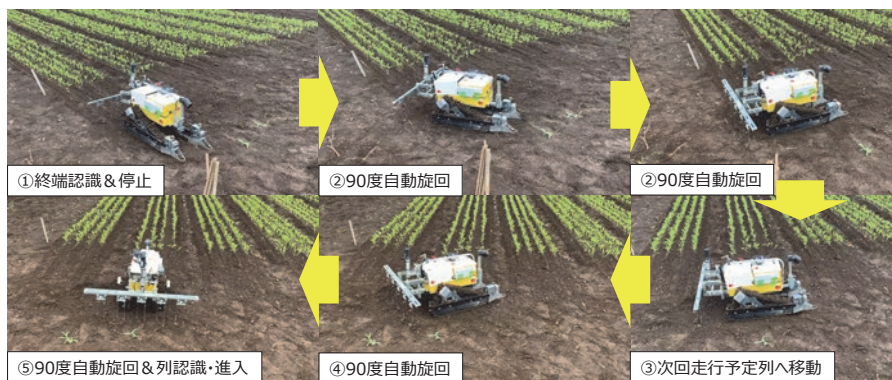


図-7 畑用小型除草ロボットの自律旋回の様子

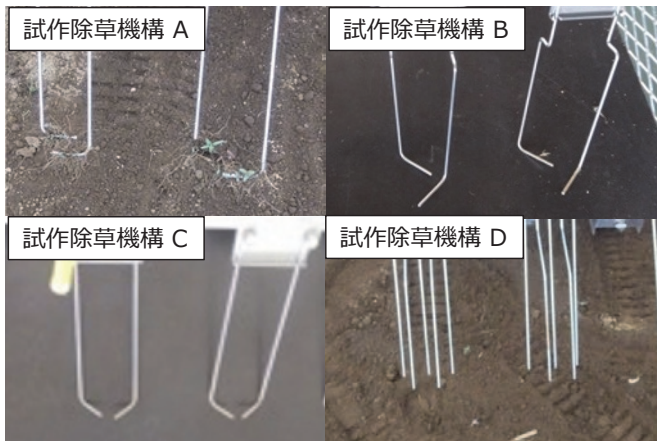


図-8 試作した畑用小型除草ロボットの各種除草機構

作物列を自動認識して作物列に侵入，自律追従走行を開始する（図-7）。終端認識してから次に走行予定の作物列までの巡回順序は，水田用小型除草ロボットと同様に右右（左左）→左左（右右）→右右（左左）を繰り返して，ほ場全体を自律走行する。本ロボットの作物列追従率は，作物苗の大きさに左右されるが，作物列が目視で十分確認できればほぼ100%に近い結果が得られている。一方，自律巡回成功率は，土壌硬度等のほ場条件にも左右されるが，現状では66%～80%程度である。今後はさらに自律巡回成功率を向上させる必要がある。そのためには，自律走行システムの性能向上とともに，巡回を可能にするほ場条件等の栽培体系を明らかにする必要がある。また，本ロボットもリモコンによる手動操作が可能仕様となっている。

(2) 除草機構及び作業能率など

現在までに，数種類の除草機構を試作し，除草試験を行って除草効果を検討してきた。その一例を図-8に示す。除草機構については，主に除草機構のレーキ部分の形状等について検討を行い，除草効果試験を行ってきた。図-8の各種除草機構の除草効果試験（対象作物ハウレンソウ）の結果では，試作除草機構A、B、C、Dの除草率

は各77.9%，79.4%，79%，70%であった。除草機構については，レーキの形状の差異や作業深度などにより除草効果が異なり，さらなる除草効果の向上を目指して現在も研究開発中である。また，作物の種類によって除草機構を変更することも検討しており，実用化の際には栽培する作物に合わせて除草機構を変更できる仕様を想定している。本ロボットの作業能率は3a/h程度，1回の充電での稼働可能時間は3～4時間程度である。

おわりに

本稿で紹介した水田用小型除草ロボット及び畑用小型除草ロボットについては，現在，実用化を目指して研究開発中である。本ロボットについては，「みどりの食料システム戦略」が策定，公表される以前より既に研究開発を進めていた経緯がある。農研機構では，これまでも環境保全型農業に寄与する機械や技術の開発を行ってきた。当研究部門でも，有機農業に役立つ高精度水田除草機や高能率水田除草機を農機メーカーと共同開発して実用化しており，これらの水田除草機は現在，生産現場に普及している。本除草ロボットの研究開発も，これらの農研機構の研究方針の一環として行ってきた。今後

の日本の農業の現状と地球温暖化防止を含めた世界的な環境保護の潮流を鑑みて，これからの技術開発は「みどりの食料システム戦略」を考慮せざるを得ない。本戦略の目標達成のためには，関連研究機関及び農業生産現場との幅広い連携と共同研究がさらに重要になると考える。

謝辞

本稿で紹介した研究は，農研機構の農業機械技術クラスター（2018～2022年度）及び農林水産省委託プロジェクト「国際競争力強化技術開発プロジェクト」のうち「AIを活用したスマート除草システムの開発」（2021～2023年度）により実施されたものである。

最後に，本稿で紹介した小型除草ロボットの研究開発において，共同研究に参加していただいている，みのる産業（株），（株）NTTドコモ，島根県農業技術センター，群馬県農業技術センター，鹿児島県農業開発総合センターの関係者の皆様に心より厚く御礼申し上げる。

引用文献

- 農林水産省 2011. 2010 世界農林業センサス. <https://www.maff.go.jp/j/tokei/census/afc/2010/houkokusyo.html>
- 農林水産省 2021a. みどりの食料システム戦略. <https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/>
- 農林水産省 2021b. 2020 農林業センサス. <https://www.maff.go.jp/j/tokei/census/afc/2020>
- 飯田一博 2021. 自動で水田雑草を除草するアイガモロボットの開発. 農業食料工学会 83(6), 437-442.