

スマート農業技術導入手引き書 (花き(きく))

花き露地栽培における AI 搭載型自動防除ロボットの導入による防除作業の省力化、コスト削減、及び
作業性改善のための手引き
～露地ぎくにおける UGV 技術の実証と
横展開に向けた技術定着の要件～

令和7年 12 月 19 日

実施グループ名:スマートマム技術活用コンソーシアム
(活用支援 ID:援 C32)
代表機関:株式会社イーエムアイ・ラボ

目次

はじめに	3
第1部 手引き書の概要.....	4
第2部 スマート農業技術活用産地支援を成功に導くポイント	7
1. この手引き書で伝えたいポイント	7
2. 地域（産地）における取組の手順（PDCAサイクルに基づく）	8
STEP 1: Plan（計画）— 目的の明確化と課題の抽出	9
STEP 2: Do（実行）— 計画の実行と検証	10
STEP 3: Check（評価）— 取得したデータの確認と評価	11
STEP 4: Action（改善）— データを基にした技術的課題と対応	12
3. 導入技術定着のための要件	13
第3部 スマート農業技術活用産地支援の取組内容と実施状況（ケーススタディ）	14
1. 取組内容の実施について.....	14
2. 地域（産地）における取組	14
STEP1: Plan（計画）—目的の明確化と課題の抽出	14
STEP2: Do（実行）—計画の実行と検証	15
STEP3: Check（評価）—取得したデータの確認と評価	19
STEP4: Action（改善）—データを基にした技術的課題と対応	22
3. 今後期待されるデータ駆動型精密防除	22
第4部 参考資料	24

はじめに

1. 導入の背景と課題

わが国の花き栽培、特にきく生産においては、栽培期間を通じて多種多様な病害虫の発生が避けられない構造的な課題を抱えている。このため、薬剤による防除回数及び薬液量が他の作物と比較して増大する傾向にあり、中間栽培管理時間の大部分が病害虫対策に費やされている。これは、経費及び労働時間の増大という経営的な課題を引き起こすだけでなく、猛暑下における防護服着用での重労働による作業者の身体的な負荷や、薬剤被ばくリスクといった安全面での深刻な課題を生じさせている。このような複合的な課題は、農業従事者の高齢化と相まって、産地の生産基盤の脆弱化を招く一因となっている。

2. UGV 技術の応用と本手引書の目的

これらの課題を抜本的に解決するため、本事業では、既に施設栽培のユリ防除において実用化されている AI 搭載型自動防除ロボット (Unmanned Ground Vehicle: UGV) の技術を、害虫発生リスクの高い露地ぎく栽培の環境に合わせた仕様に変更した上で、生産現場に導入するための支援を実施した。施設栽培向けに開発された技術を、環境条件や栽培様式が大きく異なる露地栽培へ転用する際には、駆動系や散布システム、そして圃場レイアウトなど、多岐にわたる技術的検証と調整が不可欠である。

本手引き書は、この支援事業を通じて得られた技術的検証項目、UGV の導入を成功に導くための圃場整備の要件、及び関係者との合意形成を含む導入プロセスを体系的に整理してまとめたものである。UGV 導入の成否を分けた「圃場レイアウトの最適化」と「労働負荷の軽減」という二大論点を深掘りすることで、露地ぎく経営体、普及員、及び他の露地園芸作物産地における UGV の普及に資する、実践的かつ科学的根拠に基づいた公式ガイドラインとなっている。

令和8年2月
支援実施グループ代表者
株式会社イーエムアイ・ラボ
代表取締役:西 教生

※免責事項

本手引き書への情報の掲載には細心の注意を払っておりますが、本マニュアルを利用することにより生じたあらゆる損害等について、理由の如何にかかわらず一切責任を負いません。本技術の活用効果は、作物を栽培する地域、気候条件、及び土壌条件等により変動することに留意してください。

第I部 手引き書の概要

1. この手引き書で取り上げる営農体系と品目

- ・花き(きく)

2. この手引き書で取り上げるスマート農業技術活用産地支援の項目

- ・導入した(又はする)スマート農業技術の有効・効果的な活用(導入技術活用型)

3. この手引き書で取り上げる技術

AI 搭載型自動防除ロボット(Unmanned Ground Vehicle: UGV) (写真1、2)



写真1 UGV 全体像



写真2 UGV での散布の様子

4 産地の現状と取り組む目的

支援対象となった栃木県 JA うつのみや管内では、露地ぎく栽培が盛んである。きくは栽培期間を通して病害虫が多発するため、薬剤による防除回数及び薬液量が増大し、栽培管理時間の多くを病害虫対策に費やしていた。小規模生産圃場が多く、乗用管理機を用いて薬剤散布を効率的に行うことが可能な圃場が限られており、背負い動噴やラジコン動噴での散布が主流となっている。そのため、経費及び労働時間の増大に加え、特に夏季の猛暑下での重労働と薬剤被ばくという作業者の安全面での深刻な課題が生じている。近年普及が進むドローンについては、オペレーターの確保等に課題がある。

本支援事業は、施設ユリ栽培向けに実用化された UGV 技術を露地ぎくへ転用し、防除作業の完全自動化を図ることを目的とする。このシステムは、RTK-GPS を利用した高精度な自律走行による薬剤の自動散布機能を有し、AI 画像解析による病害虫発生予察機能が実装可能である。具体的には、UVG を露地圃場で安定稼働させ、及び労働性の評価を通じて、労働負荷の軽減、作業の安全性向上、そして露地園芸作物への横展開を可能にするノウハウの確立を目指す。

5. 期待される成果

- (1) 薬剤防除作業の完全自動化による、労働時間の大幅な低減
- (2) 猛暑下での作業負荷軽減と、薬剤散布時の作業者の安全性向上

- (3) 労務コスト及び農薬コストの上昇抑制を通じた経営改善効果の創出
- (4) UGV 導入の課題克服と、露地園芸作物への横展開を可能にするノウハウの確立
- (5) 若手担い手への技術伝承を容易化し、産地の新規就農意欲を向上

6. この手引き書の活用面と留意点

(1) 活用面

本手引き書は、露地ぎく栽培を行う経営体が UGV 導入を検討する際の、事前チェックリスト及び圃場設計マニュアルとして活用できる。特に、施設栽培で実績のある UGV をきく栽培や露地環境に転用する際の必須要件と手順を体系的に提供している。

(2) 留意点

- ・通路走行を基本とするため、UGV の導入は露地園芸作物全般や、背負い動噴やラジコン動噴で薬剤散布を行っているような過酷な労働環境下での作業負荷軽減を求める経営体をおもな対象とする。
- ・UGV を効果的に活用し、そのポテンシャルを最大限に引き出すためには、圃場条件（通路幅、転回スペース）の事前変更（圃場整備）が必須となる。これは、UGV 導入の最も重要な成功要件である。
- ・薬剤の補給や機器の運行管理、突発的な問題への対応のため、完全に無人化された状態での別作業との並行は当面困難であり、UGV 運行のためのオペレーター1名は必須である。

第2部 スマート農業技術活用産地支援を成功に導くポイント

1. この手引き書で伝えたいポイント

(1) 軽労化と安全性への重点化

。

UGV 技術の導入を検討する際、単に防除作業の所要時間を削減する(省力化)という観点のみに焦点を当てるべきではない。重要なのは、UGV の真の価値が、労働の質の改善(軽労化)と安全性向上にあるという点である。初期の操作の複雑さを許容してでも、作業負担軽減に寄与することが最も重要である。猛暑下での重労働からの解放や、作業者の薬剤被ばくリスクの低減という、従来の省力化の枠組みでは捉えられなかった定性的メリットが、UGV 導入の主要な動機付けとなる。

したがって、UGV 導入の推進においては、技術の操作性向上を図りつつも、その最大の便益である「軽労化」と「安全性」について、ハードウェア(UGV 駆動系)、ソフトウェア(AI・ノズル)、及び環境(圃場整備)の三位一体の取組が必須となる。また、UGV への初期投資は、若手や非熟練者などの担い手の確保や定着に繋がることから、経営の持続性への投資として評価すべきである。加えて、営農管理システムとして労働時間計測ツール(第4部2. 参照)を連携させることは、データ駆動型経営改善につながり、経営の持続性に貢献する。

(2) 圃場インフラの最適化(新たな生産方式の導入)

UGV 導入の成否は、普及員等が技術開発者に指示して技術を現場の制約に合わせる努力だけでなく、生産者側が圃場レイアウトを技術仕様に最適化するという相互の適応努力にかかっている。

これまで実施してきた実証を通じて、UGV の安定走行と効率的な転回(繰り返し動作を含めて走行報告を変える)を保証するためには、圃場の物理的条件の変更が不可欠である。特に、UGV の寸法に合わせた通路幅と、RTK による自動走行・転回を正確に行うためのスペース(枕地)の確保は、技術の導入を決定づける最重要ポイントとなる。転回スペースを確保することでスムーズな運用が可能となる(写真3)。畝方向の両側に転回スペースが十分に確保されていない場合、転回ができず散布した通路を後退(バック走行)で戻り、圃場から出た後、散布する畝に入り直す必要があるため、作業効率に大きな影響が生じる。UGV 導入を検討する産地は、この圃場インフラの最適化を、導入計画の初期段階で組み込む必要がある。



写真3 UGV の転回のためのスペースが必要

2. 地域（産地）における取組の手順（PDCA サイクルに基づく）

UGV を効果的に活用し、その効果を最大化するための段階的なアプローチを、実証経験から得られた PDCA サイクルに基づいて以下に示す（図1）。

産地それぞれにおいて環境や課題が異なるため、この技術を導入するには、ただ UGV を入れば良いというものではない。UGV を提供するメーカーと生産者の橋渡し役が必須になる。つまり、現地を熟知した普及機関や全国の事例に明るいコンサルタントなどが加わり、側面から生産者をサポートするなどの必要がある。

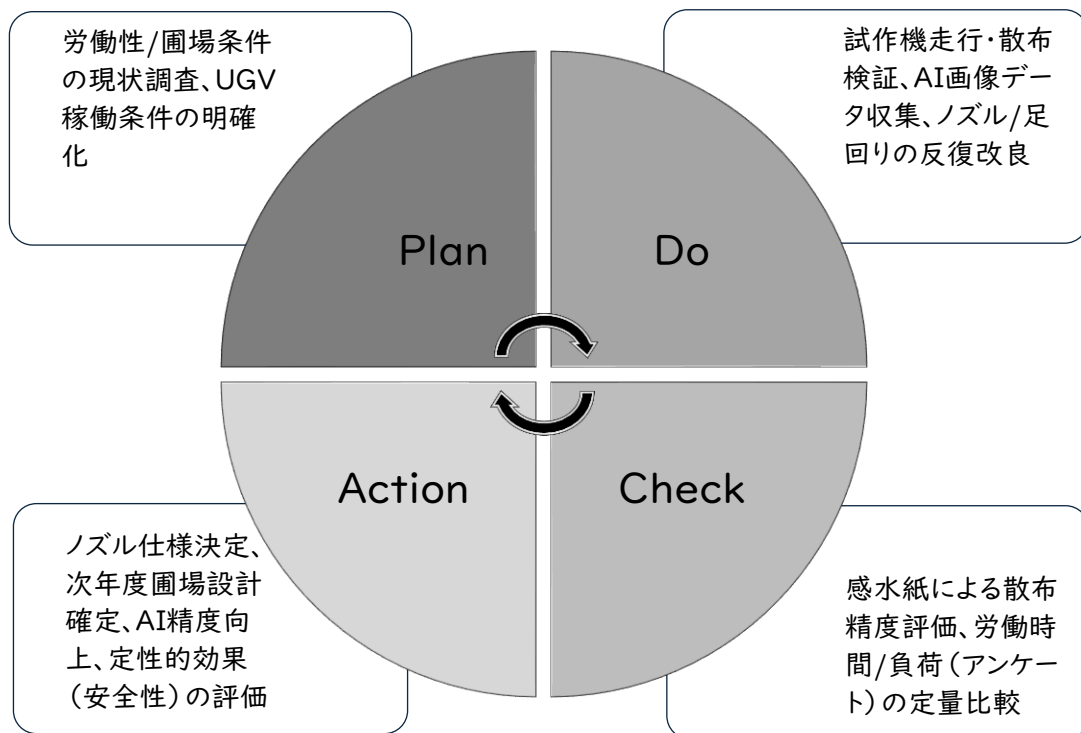


図1 UGV 導入を成功に導くための PDCA サイクル

STEP 1: Plan (計画) — 目的の明確化と課題の抽出

(1) 地域における課題の把握と現状分析、KPI の設定

現状の労働時間分析と KPI の設定を行うとともに、慣行栽培の防除作業に係る項目ごとの投下労働時間を詳細に調査し、UGV 導入後の省力効果試算のベースラインとする。また、労働時間の削減目標だけでなく、UGV 導入による労働負荷の質的改善を評価するため、猛暑下等での作業負荷軽減率を、アンケートや聞き取り等により作業者の安全性向上を示す KPI として設定する。さらに、UGV の病虫害防除効果を最大限発揮できるように散布精度についても検討する。

(2) UGV 稼働条件の調査と圃場設計要件の確認

UGV が稼働するために必要な栽植間隔、通路幅、土壌の硬さ、水はけ状況、圃場内での稼働上の障壁(ネット支柱等)をあらかじめ抽出する。

特に露地圃場では、走行安定性向上のための圃場整備の必要性を検討する。UGV 稼働に不適合な圃場条件(狭隘な通路、不安定な土壌)を事前に特定するとともに、次年度の栽培計画(通路や転回スペースの確保)をよく検討することが、後の手戻りを防ぐ最大のポイントとなる。

(3) 対象作物における防除対象となる病虫害の選定

生産者へのヒアリングを実施し、最も防除に取り組みたい病虫害(例:ヨトウムシ類等の鱗翅

目被害痕)を確認する。これにより、AI 画像解析プログラム生成のためのターゲットを絞り込むことで開発コストと期間を最適化するとともに、病虫害画像データ収集の目安を設定する。

STEP 2: Do(実行)― 計画の実行と検証

(1) UGV 試作機の現場稼働と課題への対応(表1参照)

UGV 試作機(AI 搭載・改良ノズル仕様)を用いて、実地圃場での走行試験と薬液散布試験を繰り返す。技術既発者と普及員が連携して駆動系、制御仕様の強化、及び対象に合わせたノズル配置(側面散布ノズル)への改良を反復して最適な仕様を構築する。その際には、作業時間データの取得や労働負荷に関する生産者を対象としたアンケートや聞き取り等を実施する。必要に応じて、UGV の操作方法や仕様、トラブルシューティング等を記載したマニュアルを準備して現地研修会を開催することも、技術を導入する上で役立つ。また、薬剤散布試験の際には、散布精度を確認するため、感水紙を多層的に圃場に設置するなどの処置を講じる。

表1 UGV の技術改良項目

項目	改良検討箇所
駆動系	タイヤの回転を効果的に伝えるために、使用するタイヤの表面パターン(例えば、トラクター型等)を圃場に合ったものにする
制御仕様(自動走行)	自動走行を可能とするための RTK 基地局を設置する。車両に障害物センサーが搭載されていない場合は、位置ズレにより、対象作物に接触する恐れがある。そのため、対象作物に応じた障害物センサーを付加する。狭いスペースのなかでの転回動作は、後進制御も入れて行なうことが望ましい
ノズル仕様と薬剤散布精度の検証	散布対象物の種類や地上からの高さにより、ノズルの配置を設定する。なおかつ、簡易に変更できる機構を要する複数のノズルを用いた薬剤散布精度の比較検証試験を行い、適したものを選択する
圃場設計	UGV の稼働に支障がないような路面状態に処置するとともに、圃場レイアウトについての合意形成を図る
AI 画像解析	機械学習に使う害虫画像の取得とともに、ターゲットとなる害虫がどこに潜んでいるのかも合わせて調査し、それに応じて車両に搭載するカメラの位置・向きを設定することが望ましい。機械学習に使用する害虫画像は多いほど精度が上がる

(2) 圃場要件等課題の迅速な対処と合意形成

圃場環境項目(走行路(通路幅)、転回スペース、路面状態)について、UGV の稼働に必要な条件を満たしているかを確認し、改善を図る(表2)。たとえば、走行検証において、既存の通

路幅では UGV が支柱に干渉し稼働困難となるなど物理的課題が判明した場合、通路幅の拡大などの対処を講じる。

表2 UGV 導入に必要な圃場要件

項目	UGV 導入成功への必須要件
走行路(通路幅)	UGV 本体と支柱・垂木の干渉回避、安定走行の確保
転回スペース	RTK 自動走行時の円滑な転回と横移動確保
路面状態	走行安定性の確保と故障リスク低減

(3) AI 画像データの収集と病虫害防除システムの構築及び検証

稼働中の UGV に搭載されたカメラで、病虫害の画像データ(食害痕や害虫の移動動画など)を収集し、AI プログラムの機械学習データとして活用する。さらに、病虫害防除システムの防除効果を検証するために、UGV に AI 搭載型カメラを設置して薬剤散布試験を実施する(図2)。

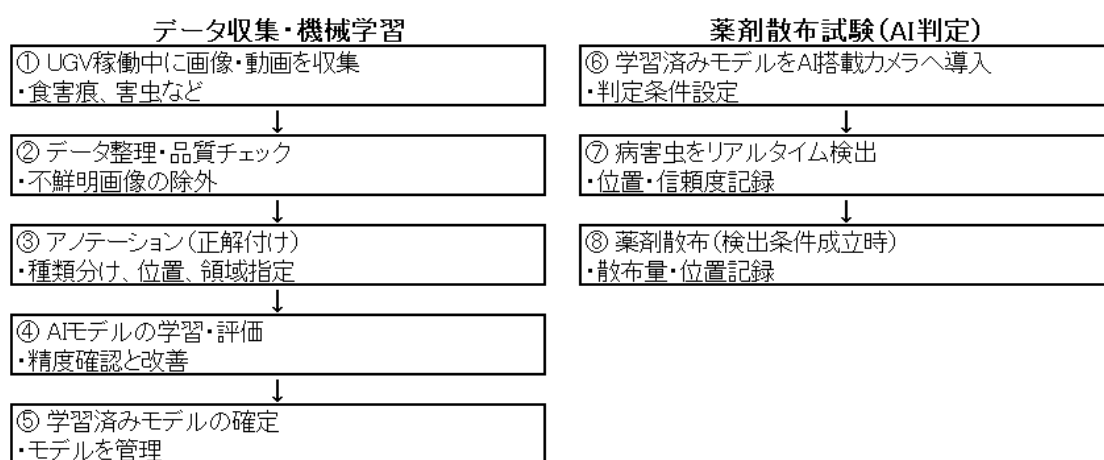


図2 AI 画像データに基づく病虫害防除システム構築までの流れ

STEP 3: Check (評価) — 取得したデータの確認と評価

(1) 慣行栽培との全工程作業時間比較と削減効果の評価

設定した圃場要件の下で、走行試験によって得られた UGV による全工程(薬剤調製・機材準備、移動、薬剤散布、薬剤再調製・補給、片付け・洗浄作業、点検・整備、安全確認・防護具装着、作業日誌の記録)の合計作業時間と、慣行栽培の労働時間を比較し、作業効率性向上の有無とその割合を工程ごとに確認する。また、アンケートを用いた測定を通じて、UGV 導入が作業者の身体的負荷をどの程度軽減したかを数値化し、労働の質の改善効果を評価する。作

業の効率化が図られていないと判断された場合には、UGV の仕様や圃場要件についてネックとなっている部分を洗い出す。

(2) 薬剤散布精度の評価

薬剤散布試験後には、感水紙への薬液の付着状況を確認するなどにより、設置場所ごとの散布精度を評価する。

(3) AI 画像解析に基づく病虫害防除システムの評価

防除システム構築の過程では、本システムによる対象病虫害の判別精度を繰り返し確認し、必要となる画像データ数を検討するとともに、それを確保するための方策を講じる。また、構築したシステムを用いて実施した薬剤散布試験の効果については、害虫密度などの防除価などにより評価する。

STEP 4: Action (改善) — データを基にした技術的課題と対応

(1) 作業効率化や圃場要件の改善

上記の評価に基づき、KPI を達成するための UGV の仕様や圃場要件等を明確にし、技術的な課題を抽出するとともに、改善策を立案し次年度以降の計画案を策定する。

(2) 散布精度の向上

散布精度検証の結果、散布不足が判明した場合、次年度は噴霧技術の根本的な改良（例：静電噴口、エアアシスト）の必要があれば最重要課題として設定する。

(3) AI 画像解析プログラム生成のための検討

稼働中の UGV に搭載されたカメラで、病虫害の画像データ（食害痕や害虫の移動動画など）を収集し、AI プログラムの機械学習データとして活用するに当たり、技術的課題や運用ノウハウ、生産者からのデータ提供と資料作成スケジュールを検討する。

(4) 地域の合意形成のためのポイント

高額なスマート農業技術の導入と、それに伴う圃場インフラ（通路拡幅など）への投資には、地域の関係者や生産者の合意形成が不可欠である。UGV 導入を成功させるための最大の課題は、UGV の安定稼働に必要な圃場レイアウトへの変更を生産者側が受け入れるかどうかという点にある。生産者にとって圃場レイアウトの変更は大きなコストと手間を伴うため、導入の必要性を生産者が理解することが求められる。安全性向上、過酷な労働からの解放、圃場間違い防止など、作業者にとってのメリットを具体的に提示し、生産者の抵抗感を払拭することが重要である。

さらに、圃場整備にかかる生産者側のコスト負担を軽減するため、政策的インセンティブの活用を提案することが極めて有効である。例えば、2024 年に施行された「農業の生産性の向上のためのスマート農業技術の活用促進に関する法律」に基づき、認定を受けた計画は、日本政策金融公庫からの長期低利融資といった有利な金融支援を受けることが可能となる。こ

の政策的連携を活用し、圃場整備の決断を促すことが、導入支援の重要な側面となる。

3. 導入技術定着のための要件

(1) UGV 運用に必須となる物理的・技術的要件

UGV 導入においては、技術設計の根本的な転換を達成するだけでなく、生産者側の圃場インフラ投資が不可欠である。

① 圃場レイアウトの適応(最重要要件)

・UGV の安定稼働と効率的な転回を保证するため、UGV の寸法に合わせた通路幅と転回スペースを確保する。

② 走行環境の整備

・露地圃場では、土壌の硬さや水はけ状況が走行安定性に直結する。導入前には、UGV の駆動系の能力が十分に発揮されるように、走行に適した圃場整備(均平化、排水対策)を実施する。

③ 防除システム要件

・薬液散布量が多い場合には、大容量の薬液タンク一体型方式の検討が推奨される。ノズル仕様については、防除対象となる病害虫によって、上方からの散布に加え、横方向散布ノズル(水平・垂直)の設置も検討する。

・散布精度が低くならないように、対象となる病害虫に効果がある散布条件の策定が重要である。

(2) 導入効果が発揮されやすい経営体と運用ノウハウ

① 導入効果が発揮されやすい経営体

・規模・労働力：経営面積が広く、農業従事者が多い経営体の方が、初期投資に対する労働生産性の向上効果が発揮されやすい。

・人材：UGV の調整やデータ活用には専門性が伴うため、UGV 導入に対して積極的に取り組む若手担い手など、技術的な学習意欲を持つ生産者が技術定着を確実にする。

・連携体制：AI プログラムの改善や駆動系の微調整は、コンソーシアムメンバーとの継続的な情報共有を必要とするため、関係機関との連携が前提条件となる。

② 運用ノウハウ

・移動性：圃場が点在する露地栽培では、UGV を圃場間の移動に負担なく運搬できるよう 2 トントラックなどを使用して、給水用の水と一緒に運搬するなどの事前の検討が必要となる。

・保管：UGV の損傷や盗難を防ぐため、施錠できる保管場所を圃場近くに設置する必要がある。

第3部 スマート農業技術活用産地支援の取組内容と実施状況(ケーススタディ)

1.取組内容の実施について

本章では、栃木県露地ぎく産地(小林農園)における UGV の検証と導入プロセスを、実地調査の結果に基づいて詳述する。実際の取組内容(産地において何が変わったのか)を第2部の PDCA サイクル(図1)に従って記載する。

2.地域(産地)における取組

STEP1:Plan(計画)ー目的の明確化と課題の抽出

(1)地域における課題の把握と現状分析、KPI の設定

この地域の露地ギク露地ぎく栽培における課題について事前に生産者3名に聞き取りをし、中間管理作業の多くの時間を病害虫防除対策に費やしていること、猛暑下での薬剤散布作業が重労働であることを把握した。そこで、労働時間の削減と労働負荷の低下を目標に掲げたが、聞き取りが3名であったことから、今回はあえてKPIは設定しなかった。

支援を受けた生産者は、後継者が認定新規就農者であり、UGV 導入に極めて積極的であった。UGV の導入に際して、従来の営農体系を変更してでも通路幅と転回スペースの拡大を合意したことは、技術の定着に向けた生産者側の強い関心を反映している。実際のところ、通路幅や展開スペースを拡大する前の事業初年度(2024 年度)は、外周のみの薬剤散布しかできなかった(写真4)。

(2)UGV 稼働条件の調査と圃場設計要件の確認

本事業では、主に露地栽培環境に適応した UGV の改善と、猛暑下における慣行栽培との労働負荷の違いに焦点を当てて導入に取り組んだ。取組の中では、コンソーシアムメンバー(生産者、普及員、JA 専門部、技術開発者、コンサルタント)で事前に労働性及び圃場条件の現状を把握するとともに、UGV 導入に必要な圃場設計要件(栽植間隔、通路幅、土壌の硬さ、水はけ状況、圃場内での稼働上の障壁(ネット支柱等))を確認し、情報を共有した。特に、走行安定性向上のための圃場整備が必須であるため、UGV 稼働に不適合な圃場条件を事前に特定し、栽培計画変更の合意形成を行った。

(3)対象作物における防除対象となる病害虫の選定

試験を実施するに際して、生産者への事前ヒアリングに基づき、ヨトウムシ類等のチョウ目を対象害虫に設定し、その食害痕及び幼虫移動動画を AI 解析プログラム生成の主要ターゲットとして画像解析を実施した。



写真4 2024 年当時の UGV による薬剤散布（初期段階）
外周のみ散布可能

STEP2:Do（実行）－計画の実行と検証

（1）UGV 試作機の現場稼働と課題への対応

UGV を露地ぎく仕様にするためには、表3に示したようにいくつかの技術改良が必要であった。駆動系は試作機で問題なく稼働したことから、特に改良は行わなかった。一方、制御仕様については、RTK 基地局を設置し、UGV を圃場内での動作に支障がないように小型化したことによって、難なく薬剤散布時の自動走行ができるようになった。

薬剤散布精度を検証するため、圃場には感水紙を多層的に設置し（写真5）（薬剤がかかった部分は感水紙が青色から黄色に変化することにより判別できる）、その結果により、ノズルの仕様を決定するとともに、新たな課題（STEP3（3）参照）を抽出した。施設ユリ栽培で用いられた UGV は上部からの薬剤散布のみであったが、きくの場合、側面からの薬剤散布が必須であったため、ノズルを側面に配置した。また、ノズルの細かいもの、荒いもの 2 種類で試験を行い、より精度が高い細かいノズルを採用した。

圃場要件については、生産者が、UGV が問題なく稼働できるように通路幅や展開スペースを変更した（STEP2（2）参照）。AI 画像解析は、生産者や県関係者が撮影した約 200 枚の画像を使用して実施したが、精度は 8 割程度にとどまった。精度向上には、さらに画像が必要であることが課題として浮かび上がった（STEP2（3）参照）。

表3 UGV の露地ぎく仕様への改良項目

項目	改良時期	実施内容	決定事項と課題
駆動系	R6 年 7 月	試作機の稼働状況を確認	稼働は問題はない
制御仕様 (自動走行)	R6 年 7 月 ～R7 年 7 月	リモコン操作による走行・散布試験。RTK 基地局設置。UGV の小型化	自動走行が可能に。走行時間は慣行とほぼ同等(約 1 分 6 秒)
ノズル仕様と薬剤散布精度の検証	R6 年 8 ～ 10 月	改良型ノズル(側面・上部)による噴霧試験、感水紙による散布状況調査を実施。きくの葉(表裏)全体に感水紙を設置し、細かい霧が出るノズルを 2 回、荒いもの 1 回で散布試験を行い、その結果を比較	広範囲防除のための横方向散布ノズルが必要であることが判明。ノズル仕様を水平 3 個+垂直 3 個(口径 0.7mm)に決定。ノズル自体はより精度が高い細かい霧が出るものを採用。葉裏への散布不足を技術的課題として抽出
圃場設計	R6 年 10 月～R7 年 7 月	UGV が稼働できる圃場レイアウトや路面状態への変更の合意形成	75cm 通路では走行困難であること(支柱干渉)から、通路幅 1.0m、転回スペース 3.5m に拡大することで生産者と合意。当初課題の地盤の凹凸や雑草への対応のため防草シート敷設
AI 画像解析	R7 年 8 月	生産者や県関係者が撮影した約 200 枚の画像を使用	ヨトウムシの「いる／いない」判定は約 8 割程度の精度。課題は、ヨトウムシは夜間に出ることが多く、昼間は発見が難しい。精度向上には、害虫ごとに約 1 万枚程度の画像が必要と推測



写真5 薬剤散布精度を検証するための感水紙の設置

(2) 圃場要件等課題の迅速な対処

UGV を露地ぎく栽培において活用するに当たり、作業効率の向上に資する圃場の形状、栽培方法の導入について、生産者が変更した内容を表4と図3に示す。これにより圃場の通路幅を広げ、圃場内も散布できるようになった(写真6)。

表4 UGV 導入前後の圃場要件の比較(露地ぎく)

項目	慣行栽培 (既存)	UGV 適合栽培 (推奨)	UGV 導入成功へのカギ
UGV 走行路 (通路幅)	75 cm 前後 (支柱含む)	1.0 m	UGV 本体と支柱・垂木の干渉回避、安定走行の確保
転回スペース	2.5 m 前後	3.5 m	RTK 自動走行時の円滑な転回と横移動確保
路面状態	不整地、深土壌	均平化、排水対策済み	走行安定性の確保と故障リスク低減

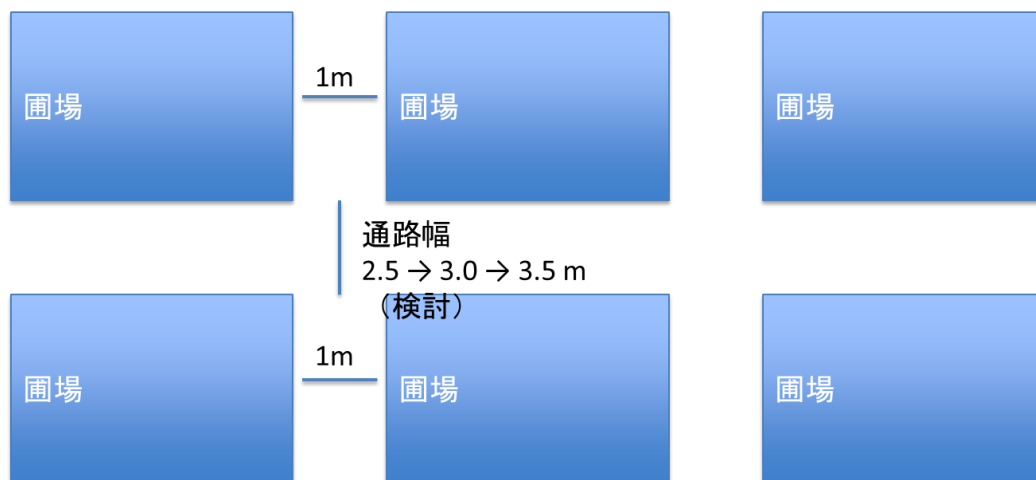


図3 UGV 稼働に適した露地ぎくの圃場レイアウト



写真6 2025 年の UGV による薬剤散布 (完成段階)

(3) AI 画像データの収集と病害虫防除システムの構築及び検証

AI 画像解析による病害虫防除システムの構築については、UGV に搭載されたカメラを利用してきく病害虫の画像データ(食害痕、幼虫移動動画)を収集し、AI プログラムの機械学習デ

ータ(2024 年度に生産者や県関係者が撮影した約 200 枚の画像)として活用を試みた。結果として、収集した画像データを用いて試作した AI モデルにより、きく栽培圃場におけるヨトウムシの「存在／非存在」の判定を行なったところ、判定精度はおおむね約 8 割程度となった。一方で、誤判定や未検出が生じる事例も確認された。

STEP3:Check(評価)ー取得したデータの確認と評価

UGV 導入の効果は、薬剤散布における補助作業のシステム化を通じた防除作業全般の効率化(表5)と、作業負担の劇的な軽減(表6)という二点により明確に示された。一方で、葉裏への散布が不十分であるという技術的課題が明確になり(写真7)、次年度の最重要改善項目になった。

(1) 慣行栽培との全工程作業時間比較と削減効果の評価

UGV 導入により、全工程の合計作業時間は最大で約 71 分削減される見込み(約 55%削減)であり、削減効果は補助的な前後作業に集中した(表5)。

表5 慣行栽培と UGV 導入による全工程作業時間の比較
(生産者圃場 20a で調査)

作業項目	慣行(動噴) [分]	UGV(ロボット) [分]	削減時間[分] /削減率	UGV による貢献
準備作業(薬剤調製・機材準備)	30	10	20 / 67%	システム化
移動時間	20	3.17 (3分10秒)	16分50秒 / 84%	自動走行
散布時間(1回あたり)	31	4~13 (1人で監視)	18~27	1人監視化
薬剤再調製・補給	0	10	-10	UGV の容量による
片付け・洗浄作業	30	20	10	
点検・整備	10	5	5	
安全確認・防護具装着	5	3	2	
作業日報の記録	2	2	0	
合計時間(慣行)	128	-	-	
全工程の削減効果(最大)	-	約57	約71 / 55%	補助作業の効率化

(2) 労働負荷の軽減(アンケートによる生産者の評価)

試験後に生産者へアンケートをした結果、散布速度の向上(Q2 作業時間:平均4.0)よりも、作業負荷の軽減(Q3 作業負担:平均 5.0)に UGV の価値があるという評価に至った。生産者は、操作性については PC 操作に複雑さ(Q1 操作性:平均 3.67)を感じていたが、それを許容してでも作業負担軽減を高く評価しており、全体の満足度は高い値となった(Q4 薬剤散布作業(全体満足度):平均4.33)。猛暑下での重労働と薬剤被ばくの不安から解放されるという質的なメリットが、UGV 導入の主要な動機付けとなるものと考えられる。

表6 AI 搭載型自動防除ロボットに関する生産者アンケート評価(平均値:5 点満点)

評価項目	平均値	分析
Q1 操作性	3.67	PC 操作の複雑さなど、改善の余地がある
Q2 作業時間	4.00	補助作業の効率化を評価
Q3 作業負担	5.00	軽労化、安全性向上(最も重要な導入メリット)
Q4 薬剤散布作業 (全体満足度)	4.33	高い総合評価

注:5 点を満点として利用者 3 人に調査した(慣行3点を基準として評価)

(3) 薬剤散布精度の評価

感水紙を用いた散布精度検証の結果、UGV は上位葉表面への散布は良好であったが、きくの主要な病害虫(白さび病の孢子堆、アザミウマ類の幼虫)が潜む葉裏への薬剤到達率が低いことが判明した。UGV の現行ノズル仕様(水平 3 個+垂直 3 個)では、上位葉表面には十分な散布量が得られたものの、きくの葉裏にはほとんど散布されていなかった(写真7)。これは、防除効果の確実性を担保する上で技術的障壁となり得ることから、さらなる改善が必要であることが示唆された。



写真7 薬剤散布後の感水紙の様子

- ・上の容器:細かい霧の出るノズルを使用

きくの上位葉はいずれの位置でも感水紙が青く染色されたことから、十分な散布量が得られた、中位葉は一定量の散布が確認できた。葉裏はほとんど散布されていなかったが、一定量の散布はあり、青く染色した。

- ・下の容器:荒い目のノズルを使用

きくの上位葉はいずれの位置でも感水紙が青く染色されたものの、細かい霧の出るノズルと比較すると散布量はやや少なかった。中位葉は中間距離では一定量の散布が確認できたが、最も離れた葉部への散布量は明らかに少なかった。葉裏はほとんど散布されていなかった。細かい霧の出るノズルと比較して、感水紙の端への散布量も少なく、ほとんど染色しなかった。

(4) AI 画像解析に基づく病虫害防除システムの評価

表3に記載した通り、ヨトウムシの「いる／いない」判定は約 8 割程度の精度であった。精度向上には、害虫ごとに約 1 万枚程度の画像が必要と推測されるが、ヨトウムシは夜間に出ることが多く昼間は発見が難しいことや、今回の試験では発生が多発する9月の作はなく8月までの作としていたこと、防除が上手くいったこともあり、発生自体が多くなかったため、取得する画像数が少なくなってしまった。また、多種の病虫害対応には膨大な画像収集が必要で、現状では難易度が高い。

STEP4:Action(改善)ーデータを基にした技術的課題と対応

(1) 作業効率化や圃場要件の改善

普及員及び技術開発者と生産者が協調して圃場のレイアウトを変更したことで、技術導入の可能性が高まった。稼働調査の結果に基づき、通路幅(1.0m)、転回スペース(3.5m)の寸法を最終決定し、生産者のR7年度の営農計画に組み込むことができた。

(2) 散布精度の向上(葉裏への薬剤到達不足への対応)

今後の技術改良の最重要課題として、葉裏への薬剤到達率を抜本的に改善することが強く推奨されることから、普及員と技術開発者が協力して先進技術の導入に取り組むことが必要であると考えられた。これらを統合することで、UGVは単なる「軽労化」ツールから、より少ない農薬でより高い防除効果を達成する「高効率・精密防除」ツールへと高度化するものと推測される。

① 静電噴口(Electrostatic Nozzle): 薬液粒子に静電気を帯電させ、植物体に電氣的に引き寄せられる「ラップアラウンド効果」により、葉裏への薬剤付着率を劇的に向上させる。

② エアアシストスプレー(Air-Assist Spray): 強力な気流を同時に噴射することで、作物の群落を物理的に押し広げ、薬液を葉裏や株元まで強制的に送り込む。

(3) AI画像解析プログラム生成のための検討

・AIの活用範囲拡大

今回はヨトウムシを対象としたが、露地ぎくでは他の害虫への対応も求められる。それを実現するためには、撮影時間帯やカメラの性能等の撮影条件の検討、側面全体が判別できるようにするカメラの取付位置や台数の検討、さらには、AI判別をヨトウムシ以外にも活用できるように生産者との十分な事前検討が必要である。

・今後の改善策

カメラの暗所性能を見直し、害虫検出精度を高めるために画像収集を強化する必要がある。また、害虫が潜む場所を調査し、それぞれの環境に適した方法で画像を収集することが重要となる。さらに、車両に搭載するカメラは、効果的な撮影が行えるよう、位置や向きを適切に設定することが求められる。

3. 今後期待されるデータ駆動型精密防除

UGVは、RTK-GPSによる高精度な移動プラットフォームとしての機能を持ち、カメラを搭載することで、体系的かつ高頻度に圃場データを収集する「移動式データ収集プラットフォーム」として機能する。収集されたデータは、農研機構が開発・提供する「AI病虫害画像診断WAGRI-API」などの既存インフラと連携させることで、診断と防除を統合することが可能となる。これにより、AIが病虫害の初期発生をピンポイントで検知し、必要な場所に、必要な量だけを散布する「Scan-and-Treat(診断して治療)」の精密農業モデルが実現し、農薬使用量削減と環境負荷の低減に大きく寄与することが期待される。さらに、このようなソフト面だけでなく、現場での作業性の向上を図るため、PC操作からスマートフォンなどによる操作への移行が

求められる。

今回の UGV は、ユリ用自動薬剤散布ロボットをベースにきく用に改良されたものである。ただし、きく専用であるため国内の市場規模は限られる。今後は、UGV の汎用性を高めるために、多品目や対象害虫ごとに仕様や圃場要件を検討する必要がある。また、AI 画像診断については一部の害虫のみに対応しており、今後の課題として残された。

第4部 参考資料

1. 参考資料一覧

2. 現地指導で用いた技術

- ・AI 搭載型自動防除ロボット(UGV) (株式会社イーエムアイ・ラボ)
- ・ほじょうコネクト(労働時間計測ツール)
(デモ画面) <https://hojyo-connect.com/demo/dashboard2>

3. この手引き書の著作権について

本手引き書の著作権は国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構に帰属します。

この手引き書の問い合わせ先
株式会社イーエムアイ・ラボ
〒399-0211 長野県諏訪郡富士見町富士見 3785-3
Email: info@emi-lab.jp

本事業は、農林水産省「スマート農業技術活用産地支援事業」(事業主体:国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構)の支援により実施されました。

農研機構スマート農業実証プロジェクトホームページ

<https://www.naro.go.jp/smart-nogyo/>