

委託プロジェクト研究課題評価個票（終了時評価）

研究課題名	現場ニーズ対応型研究のうちドローンやほ場設置型気象データセンサー等センシング技術を活用した栽培管理効率化・安定生産技術の開発	担当開発官等名	農産局園芸作物課 農産局果樹・茶グループ
		連携する行政部局	消費・安全局植物防疫課
研究期間	H30～R4（5年間）	総事業費（億円）	2.2億円（見込）
研究開発の段階	基礎	応用	開発
			

研究課題の概要

①「センシング技術を活用したレタス・こんにゃくの栽培管理効率化・安定生産技術の開発」（土地利用型園芸作物・工芸作物）
 土地利用型園芸作物における栽培管理の効率化ならびにニーズに対応した安定供給生産技術の開発を目的に、ドローンやほ場設置型気象データセンサー等センシング（※1.1）技術を活用した生育または病害発生状況予測手法、栽培管理手法をレタス、こんにゃくにおいて開発する。レタスでは、供給と経営の安定化のため、ドローン空撮画像からレタスの生育状況を推定し、収穫日や収量の予測を行い、さらに生育診断から安定生産を行うための研究を実施する。こんにゃくにおいては、ほ場可視光画像情報を用いた立毛状況推定手法および病害発生状況推定手法を開発し、大規模分散圃経営を含む生産現場において実証を行う。

②「ドローンやセンシング技術を活用した果樹の病虫害防除管理効率化技術の開発」（果樹）
 カンキツやカキの急傾斜地果樹園における薬剤防除作業の省力・軽労化を目的として、ドローンによる病虫害発生に係る状況の把握と予測技術ならびに急傾斜地果樹園での農薬散布技術を開発する。具体的には、以下の4つの課題に取り組む。カンキツ、カキの病虫害発生に係る状況の把握と予測に必要なセンシングデータの仕様を決定するとともに、センシングデータと病虫害発生との関連を解明する。急傾斜地果樹園を飛行し、三次元地形データに沿って一定高度を維持する機能を実装したドローンとこれに搭載して果樹への濃厚少量散布に最適化された農薬散布機を開発する。また、ドローンから濃厚少量散布することにより十分に防除効果が上がる薬剤を選抜する。

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

①土地利用型園芸作物・工芸作物

- ・農研機構が開発済みのレタス生育モデル（※1.2）を淡路島におけるレタス主要6品種へ適用拡大する。
- ・AIによるドローン空撮画像の認識によりレタスの葉齢（※1.3）判定精度を90%以上確保する。
- ・遅くとも収穫2週間前に予測した収穫開始日より7日以内に収穫されたレタスほ場の割合を、80%以上にする。
- ・ドローン等による空撮画像を利用したこんにゃく根腐病（※1.4）等発生状況等を推定する手法を開発する。
- ・ほ場モニタリングデータを活用したこんにゃく栽培管理支援技術の有効性を現地実証する。

②果樹

- ・カンキツ、カキの病虫害各1種類以上でセンシングデータと病虫害発生との関連から発生状況を把握若しくは予測する技術を開発する。
- ・濃厚少量農薬散布機を架装した急傾斜地果樹園用ドローン試作機により、慣行比で約4割の防除作業時間削減が可能となることを実証する。
- ・濃厚少量散布用として選抜した農薬に係る薬害・防除効果等の情報を農薬メーカーと関係機関に開示して農薬登録を促す。

2. 事後に測定可能な委託プロジェクト研究課題としてのアウトカム目標（R7～9年）

①土地利用型園芸作物・工芸作物

レタス生育予測モデルを活用した出荷調整技術が、実証地域のレタス109haへ普及し、異常気象時に適切な栽培管理や出荷調整を行い、収量減少割合を5%（通常20%）にとどめることで、年間8,300万円の経済効果が生じる。（R7年目標）

こんにゃくの生産において、根腐病等の発生状況推定手法および発生状況に応じた適切なほ場利用の実施をこんにゃく栽培面積の2.5%へ普及し、病害等発生による収穫ロス（減収率（※1.5））を10%（現状20%）にとどめることで、年間3,000万円の経済効果が生じる。（R7年目標）

②果樹

急傾斜地果樹園用自動航行ドローンと、これに実装可能な病虫害発生診断システムおよび濃厚少量農薬散布機が開発され、カンキツ園等向けに2億円規模（200万円×100機、ウンシュウミカン生産者の0.2%が購入すると試算）の市場が形成される。

ドローンによる病虫害防除がカンキツ生産面積の5%に普及することにより防除に要する時間が約4割削減され、時給1,000円換算で2億円程度の省力化が達成される。（R9年目標）

【項目別評価】

1. 研究成果の意義

ランク：A

（研究成果の科学的・技術的な意義、社会・経済等に及ぼす効果の面での重要性について記載）

①土地利用型園芸作物・工芸作物

土地利用型園芸作物・工芸作物の生産現場においては、高齢化による離農に伴い労働力の確保が困難となる中、栽培管理の効率化が求められている。更に、加工・業務用需要の拡大、近年多発する極端な気象等による不作、作期の乱れがもたらす出荷減による価格高騰や出荷集中による価格暴落が発生している。このような背景から、栽培管理の効率化や安定生産を目的とした生育または病害発生予測技術、栽培管理技術の開発が求められており、本研究はそのような生産現場のニーズを的確に反映している。

②果樹

わが国の国土は斜度8度以上の傾斜地が71%を占めており、特に急傾斜地は主に果樹園と放牧地に利用されてきた。急傾斜地における果樹栽培は国土を有効活用できるのみでなく、斜面の向きを選ぶことで良好な日当たりや適度な水分ストレス付与により高品質で高単価の果実が生産できることから、戦後の高度経済成長の中でウンシュウミカンを中心に果樹栽培面積が急増した。その後、ウンシュウミカンは価格下落等の影響もあり1975年の生産面積16.1万haをピークに栽培面積が漸減したものの、今日までわが国の果樹産業と地域経済を支えているものである。

しかし、ウンシュウミカンをはじめとした果実の販売単価が持ち直した近年でもなお栽培面積減少に歯止めがかからず、地域経済が崩壊するおそれが日増しに高まっている。これは急傾斜地での果樹栽培に係る労働強度が平地に比べて著しく高いことから、近年急速に進む担い手の高齢化により担い手が営農を継続できず生産者の離農が加速したことに起因する。特に急傾斜地果樹園での病虫害防除では、病虫害発生状況の把握のためにくまなく行う園地の昇降・巡回のほか、動力噴霧器（※2.1）による過酷な手散布作業が必須となる。このような背景は、研究開始時から現在まで変わらず、果樹栽培を将来にわたって継続するには、防除にかかる労働負荷の低減に資する技術の開発が不可欠である。

本課題は、急傾斜地果樹園における病虫害発生状況の把握と病虫害防除をドローンとAIを活用してリモートで実施する技術を開発するものであり、省力化を求める生産現場のニーズを的確に反映し、かつ、革新性、先導性、実用性に優れる。

2. 研究目標（アウトプット目標）の達成度及び今後の達成可能性

ランク：A

（最終の到達目標に対する達成度、今後の達成可能性とその具体的な根拠について記載）

①土地利用型園芸作物・工芸作物

レタスについては、葉齢増加モデルの主要6品種への対応拡大を終えているほか、AIでの画像認識による葉齢判定精度を90%確保し、神戸大学、農研機構、兵庫県の3者で特許出願済み（2019年11月）で

ある。収穫期予測を行うための葉齢増加モデルを開発し、予測収穫日と実収穫日の誤差については農家ほ場で概ね誤差3日以内と十分な予測精度を確認している。さらに、画像認識による葉齢推定と生育モデル、メッシュ農業気象データを組み合わせ、スマートフォンを使って簡単に収穫日を予測できるアプリケーションソフトウェア（以下「アプリ」という。）を開発している。

レタスの生育モデルについては、結球重の実測値と推定値の誤差が少なく、推定精度の高い物質生産モデルを開発している。また、葉齢推定については、誤差1枚の範囲で評価画像の判別率が88%と十分な精度を得ている。現地試験の結果を踏まえてさらに推定精度向上を図る予定であることから、研究目標についてはいずれも概ね達成している。

こんにゃくについては、ほ場のドローン空撮画像からの倒伏率（※1.6）推定により、根腐病発生程度の推定指標を作成した。また、遠隔地ほ場のセンシング情報を取得して土壌消毒などの作業可否を判断できるほ場管理支援方法を開発した。さらに、技術普及のためのマニュアルを作成している。

こんにゃくでは、9月10日以前の倒伏率が根腐病発生程度ならびにほ場の減収率と高い相関を持つことを明らかにしたことから、今後、生育時期別に現地ほ場で検証を行って病害による減収率の推定手法を高度化することで、目標は十分に達成可能である。また、栽培管理支援技術については、気象ロボットを用いた計測によって過去の土壌水分データと気象条件の関係を解析し、土壌水分の推移を推定する手法を開発した。今後、土壌水分推定に基づく作業可否判定支援手法の検証を進めることで、目標の達成は十分に可能である。

②果樹

本課題では、農研機構のほか農薬散布機メーカー、農薬メーカー、国内主要産地の公設試験研究機関と生産者が連携し、ドローンからの病害虫発生モニタリング技術と薬剤散布技術の開発を行うことで目標達成への可能性を高めている。これまでに、ドローンからの病害虫発生モニタリング技術の開発では、カンキツとカキの病害虫について空撮した病斑・食害痕の画像にラベル付けして作成した教師データをAIに学習させて学習モデルを構築した。さらに学習過程では未使用の病斑・食害痕の空撮画像データに対するAI診断（※2.2）に本モデルを供試し、その精度を評価した。その結果、カンキツかいよう病（※2.3）ならびにカキ果実におけるカメムシ吸汁痕について空撮動画からでもAI診断が可能と示唆された。そこで、5年かけて蓄積した画像データを基にあらためて学習モデルを構築し、精度及び速度の両面から検証を重ねて実用的なセンシングデータと病害虫発生との関連から発生状況を把握及び予測する技術が開発できる見込みである。

また、濃厚農薬少量散布機搭載ドローンの開発では、令和2年度後半からコンソーシアムに加入したヤマハ発動機（株）が、農薬散布ヘリコプター開発で培った数値標高モデル（※2.4）データに基づく3次元飛行技術をドローン開発に導入して傾斜13度の果樹園において試作機体の試験航行を行い、DEMデータに沿った傾斜地自動飛行が可能であることを実証するなど、短期間で顕著な成果を挙げている。ヤマハ発動機（株）は浜松市に所在するため、今後の試験では主に同じくコンソーシアムに属する静岡県の実地実証カンキツ園を利用する。そのため、天候の変化にも臨機応変に対応した試験日程が可能となり円滑に機体の開発が進むとともに、登録薬剤によるシーズンを通したドローン防除も容易となつて、最終目標である「慣行比で約4割の防除作業時間削減」が可能であることの実証も円滑に進むと見込む。

ドローン散布が望まれる農薬のうち、合計80種類の殺虫剤及び殺菌剤からカンキツとカキに対して薬害や果実残留リスクの低い薬剤を選抜するとともに、ドローンからの濃厚少量散布により合計15種類のカンキツとカキ病害虫に対して有意な防除効果を確認した。ドローンからの濃厚少量散布が可能な農薬の選抜においても、プロジェクト開始時には5剤しか登録がなかったところ、本プロジェクトにおいて2剤を「無人航空機による散布」で適用拡大登録（2021年1月4日時点でさらに2剤が申請準備中）するなど概ね順調に進捗している。

以上のことから、ドローンによる病害虫発生に係る状況の把握と予測と、傾斜地果樹園でのドローンによる農薬散布の両技術の開発という目標は十分達成可能である。

**3. 研究が社会・経済等に及ぼす効果（アウトカム）の目標の今後の達成可能性と
その実現に向けた研究成果の普及・実用化の道筋（ロードマップ）の妥当性**

ランク：A

（アウトカム目標の今後の達成の可能性とその具体的な根拠、研究成果の活用のために実施した具体的な取組内容の妥当性、他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度について記載）

①土地利用型園芸作物・工芸作物

レタスでは、実証地域であるJAあわじ島管内の先進的生産者200戸（109ha）が生育予測システムの導入による適切な栽培管理、出荷調整を行うことで、異常気象時の収量減少割合が20%から5%に低減すると想定し、レタスの単位収量を22,000kg/ha、販売単価を230円/kgとして8,300万円/年の経済効果、その後さらに全国5箇所以上の産地（約500ha）でシステムを普及させることで、約4億円/年の経済効果が生じることとした。

生育予測に必要なドローンによるレタスほ場全筆の空撮画像の撮影体制については、現在南あわじ市が行っているドローン産業育成事業と連携しながら、継続的に撮影できる仕組み作りを行っている。また、JAあわじ島は管内のレタス生産者のうちスマートフォンやタブレット端末による栽培情報の入力に対応できる意欲ある生産者数を200戸程度と見込み、本事業で開発する手法を活用したシステム化を進めるための補助事業の活用を検討しているほか、生産現場で使いやすいシステム構築に向けて、研究開始時から広く生産者の意見を取り入れてシステムの改善を図っている。

AIによる葉齢推定システムは、レタスの他、キャベツ、ハクサイなどの結球性野菜に応用可能で、生育モデルと組み合わせることで生育診断及び出荷予測に貢献できる。このような汎用性の高い栽培管理技術の開発のため、研究代表者らが取り組んでいるキャベツの生育予測に関する技術（別事業での特許出願中）を活用していく予定である。

こんにゃくでは、現地試験地である群馬県松義台地の生産面積（約100ha）で、根腐病の発生状況に応じたほ場利用指標に基づき病害対策として適正な土壌消毒や輪作等のほ場管理を実施することで、病害等発生による収穫ロスが現状の20%から10%に低減すると想定し、こんにゃくの単位収量を24,000kg/ha、販売単価を125円/kgとして、3,000万円/年の経済効果が生じることとした。

普及・実用化に向けて生産者及び普及機関がコンソーシアムに参画しており、今後、技術交流会など活用しながら、成果のスムーズな普及を進める。また、遠隔ほ場の土壌水分推定に基づく作業可否判定支援手法は、露地野菜を含めた畑作物全般に適用可能である。

②果樹

カンキツ生産者（約50,000戸）のうち100戸が自動航行ドローン等（200万円/機）を導入すると想定し、2億円規模の市場が形成されること、また、カンキツ生産面積（ウンシュウミカン約44,000ha、その他カンキツ類約17,000ha）の5%にドローンを用いた病虫害防除が普及すると想定し、傾斜地での防除に要する時間（15時間/10a）の4割が削減されることで、時給1,000円として約2億円/年の経済効果が生じるとした。また、カキでの濃厚少量散布が可能な農薬の登録が進むことで、カキ園等向けの市場形成も期待される。

ドローン散布の普及に当たり隘路となる「無人航空機による散布」が可能な果樹病虫害防除用農薬の登録数が令和元年の18件から令和3年には31件と増加し、特にウンシュウミカン成木で問題となる病虫害に対して効果を示す農薬が揃いつつあることから、目標は十分達成できると見込まれる。

研究コンソーシアムには、普及・実用化に向けてドローンメーカー、農薬散布機メーカー、農薬メーカーに加え、国内主要産地の公設試験研究機関と生産者が参画している。また、すでにコンソーシアムから2つの薬剤について「無人航空機による散布」で適用拡大登録するなど普及に移行可能な成果を創出しているが、今後さらに普及への取り組みが見込める。さらに、学会、刊行物、新聞記事、シンポジウム等で15件の発表を行うなど、本プロジェクトで開発する技術の広報を実施しており、今後も研究成果の円滑な普及を見据えた、技術の受け手への情報提供を積極的に取り組む。以上より、目標達成に向けた具体的な取組内容は妥当である。

本課題の成果のうち、急傾斜地果樹園を自動航行できるドローン機体については、林業分野等へ横展開できる可能性がある。

4. 研究推進方法の妥当性

ランク：A

(研究計画(的確な見直しが行われてきたか等)、研究推進体制、予算配分(研究の進捗状況を踏まえた重点配分等)の妥当性について記載)

①土地利用型園芸作物・工芸作物

7名の外部専門家と、関係する行政部局で構成する運営委員会を設置し、行政ニーズや各課題の進捗状況を踏まえて実施計画の見直し等の適切な進行管理を行っている。こうした進行管理により、研究計画が改善され、目標の達成可能性を高めている。

レタスに係る課題の研究計画について、AIによる病害判別法に関しては比較的高い判別率となる結果が得られたことから、本年は、より現場ニーズの高い収穫日や収量を予測する技術とそれによる収穫日予測アプリの開発に、重点化を図った。

研究体制については、試験研究機関や生産団体に加えて、AI研究者やドローン事業者など要素技術開発に必要なかつ十分な体制が組まれている。

予算配分については、本研究の基礎となるドローンの運用に関する経費と、システム化されたときの中心となるAIによる葉齢推定に重点配分されている。また、研究後期に現地実証への重点化を意識した妥当な配分となっている。なお、事業着手前の検討では、JAあわじ島における実用的生育予測システムの構築も想定されていたが、その必要予算が大きいことと、当該実用システムはJAあわじ島に特化したものになってしまうことから、本事業では試作機開発までの取り組みとし、社会実装にあたってはJAあわじ島が各種事業の活用も含めて主体的に実用システムを構築することとした。実用システム構築については、コンソーシアムのレタス関係課題担当者が継続してサポートする予定である。

こんにゃく課題の研究計画については、収量減への影響が大きい根腐病の発生程度を推定する手法開発に重点化を図った。また、栽培管理技術の開発に関しては、「土壌水分推定に基づく作業可否判定支援手法の開発」に課題を明確化し、研究資源の集中を図るなど必要な見直しを行った。

研究体制については、ドローンに関わる業務の外部委託、解析については群馬県産業技術センターの助言を得るなど必要な取組を行っている。

予算配分については、ドローンによる空撮回数が最小限になるような飛行高度の検討など適切な重点化と見直しを行い、適切である。

また、運営委員会のほか、兵庫県淡路島(レタス)、群馬県(こんにゃく)とも、それぞれの地域で、生産者及び普及関係者も交えた定期的な打合せを行っている。

②果樹

6名の外部専門家と、関係する行政部局で構成する運営委員会を設置し、行政ニーズや各課題の進捗状況を踏まえて実施計画の見直し等の適切な進行管理を行っている。こうした進行管理により、研究計画が改善され、目標の達成可能性を高めている。

これまでに年度初めと年度末に計画と成績を各々検討する推進会議を毎年2回開催し、研究プロジェクトの進捗状況に応じて研究実施計画や課題構成を逐次見直すなど、適切な推進体制としてきた。また、適宜オンラインや対面での小会議(令和2年と3年にそれぞれ3回と4回)を催し、濃厚農薬少量散布機搭載ドローン試作機の運用についてコンソーシアムで調整するなど散布方法の検討や航空散布用候補農薬の防除効果試験を効率的な実施に努めた。このほか、現地検討会を令和元年と令和2年に各2回、濃厚農薬少量散布機搭載ドローン試作機運用のための操縦講習会を令和2年に1回開催した。予算については、課題2の傾斜地果樹園航行用ドローン開発において令和2年度に担当参画機関がヤマハ発動機(株)に交代したため、急遽、新たに必要となった試作改造用ドローン機体購入費や飛行制御プログラム改修経費など、当該参画機関へ配分を集中して当初目標達成までの期間短縮を図った。

【総括評価】

ランク：A

1. 委託プロジェクト研究課題全体の実績に関する所見

- ・栽培管理効率化や安定生産技術の確立に向けて、ドローンや圃場気象データ活用のニーズは高く、重要な研究課題である。
- ・特許出願、アプリ開発など、技術の普及・実用化を意識した研究であり高く評価する。
- ・最終目標を達成できることが確認でき、社会実装に向けた取組も着実に実施されており、成果の普及・活用が期待できる。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・製品化に向けて、コスト・精度面で現場にとって使いやすいものとなることを期待する。
- ・今後、アウトリーチ活動の積極的な実施に期待したい。

〔研究課題名〕 「ドローンやほ場設置型気象データセンサー等センシング技術を活用した栽培管理効率化・安定生産技術の開発」のうち

①センシング技術を活用したレタス・こんにゃくの栽培管理効率化・安定生産技術の開発

用語	用語の意味	※番号
センシング	センサーを使って光や温度等を計測すること。	1.1
生育モデル	その植物にとって生長可能な温度、光条件、土壌水分などの範囲で生育した場合の生育ステージや生育量の増加量を数式化し、一般化したもの。レタスであれば品種毎に生育モデルは異なる。	1.2
葉齢	発芽後の子葉を除く、本葉の展開葉数と結球葉数を足したもの。	1.3
根腐病（こんにゃく）	Pythium属糸状菌を病原菌とする土壌伝染性病害。対策として、種イモ消毒、排水改善、土壌消毒、輪作が上げられる。ただ、大規模・専作化が進む現行こんにゃく産地では、他作物の輪作は容易ではない。発病程度に応じて、輪作も含めた対応策が必要であるが、現時点では、その明確な基準はない。	1.4
減収率	ある圃場において想定される収量と比較して実際の収量が減少した割合。こんにゃくでは、倒伏した株でも収穫皆無とは限らないため、倒伏率＝減収率とはならず、倒伏時期により減収率は異なる。	1.5
倒伏率	こんにゃくにおいて倒伏とは、葉がしおれて黄化し、倒れること。倒伏率は、圃場における倒伏した部分の面積割合。晩秋期には自然に倒伏するが、土壌伝染性病害が発生すると、より早期に倒伏する。	1.6

[研究課題名] 「ドローンやほ場設置型気象データセンサー等センシング技術を活用した栽培管理効率化・安定生産技術の開発」のうち

②ドローンやセンシング技術を活用した果樹の病虫害防除管理効率化技術の開発

用語	用語の意味	※番号
動力噴霧器	ガソリンエンジン等で稼働する噴霧器。農薬タンクとともに軽トラック等運搬車に搭載する。停車した果樹園直近の農道からホースを伸ばして手で保持した散布竿から農薬散布を行う。	2.1
AI診断	人工知能による病虫害自動同定技術。画像情報から単位面積当たりの被害程度の定量も可能。	2.2
カンキツかいよう病	細菌による病害。感染すると果実、葉、枝などにかいよう状の病斑が生じる。被害果実の商品価値が低下するほか、多発すると落葉や枝枯れにより樹勢の著しい低下を招く。	2.3
数値標高モデル	数値標高モデル (DEM; Digital Elevation Model) は地表面の地形 (標高) を数値化して表現したモデルを指す。本課題では、小型ドローンを用いた航空写真測量により当該データを取得する。	2.4

⑧ ドローンやほ場設置型気象データセンサー等センシング技術を活用した栽培管理効率化・安定生産技術の開発

- 生産現場では、高齢化による離農等に伴い労働力の確保が困難となる中、ほ場・園地管理の効率化が求められている。また、近年拡大する加工・業務用需要や、大雨などの極端な気象や病害虫に起因する不作による価格高騰に対応する安定生産技術の開発が求められている。
- そこで、**ドローンやほ場設置型気象データセンサー等センシング技術を活用し、ほ場や生育状態を把握する技術、病害虫管理を効率化する技術を開発**する。
- これらの技術により、気象の変化や需要に対応した生育判断・出荷予測、病害の早期発見による生産安定化・薬剤散布労力の削減が図られる。

生産現場の課題

- ・ 労働力が不足する中、より効率的なほ場管理技術が必要。
- ・ 加工・業務用需要に応えるため、安定生産技術が必要。
- ・ 気象の変化や病害虫による不作を回避したい。
- ・ 傾斜地ほ場では、病害虫発生確認のための見回りや薬剤散布の負担が大きい。



<イメージ>



分散ほ場の見回り労力



傾斜地ほ場での見回り・薬剤散布労力



生産現場の課題解決に資する研究内容

- ・ 土地利用型野菜及びこんにゃくにおいて効率的、安定的生産の達成のために必要なセンシングデータの種類・性質を解明する。
- ・ 精度の高い生育予測や生育状況把握技術を生産現場において実証する。
- ・ 主要果樹の病害虫2種類以上（害虫1種類以上、病害1種類以上）について、発生を把握・予測するために必要なセンシングデータの仕様を決定し、センシングデータと病害虫の発生との関連を解明する。
- ・ 傾斜地果樹園において、ドローンによる薬剤防除技術を開発・実証する。

<イメージ>



スピードスプレイヤーによる防除が困難な急傾斜園地に対応

社会実装の進め方と期待される効果

- ・ 既存の農地情報データベースと連携したウェブアプリとして公表。営農組織と連携した普及計画を実施。
- ・ 他品目展開を可能とする知見を公表し組織等に波及させる。
- ・ ドローンによる農薬散布についての情報を提供し、農薬登録を加速化させる。

- ・ ドローンによる薬剤散布により、薬剤散布に係る時間を4割削減可能とする防除技術を開発。
- ・ 気候変動や需要に対応した生育判断・出荷予測を実現し、減収を5割軽減。

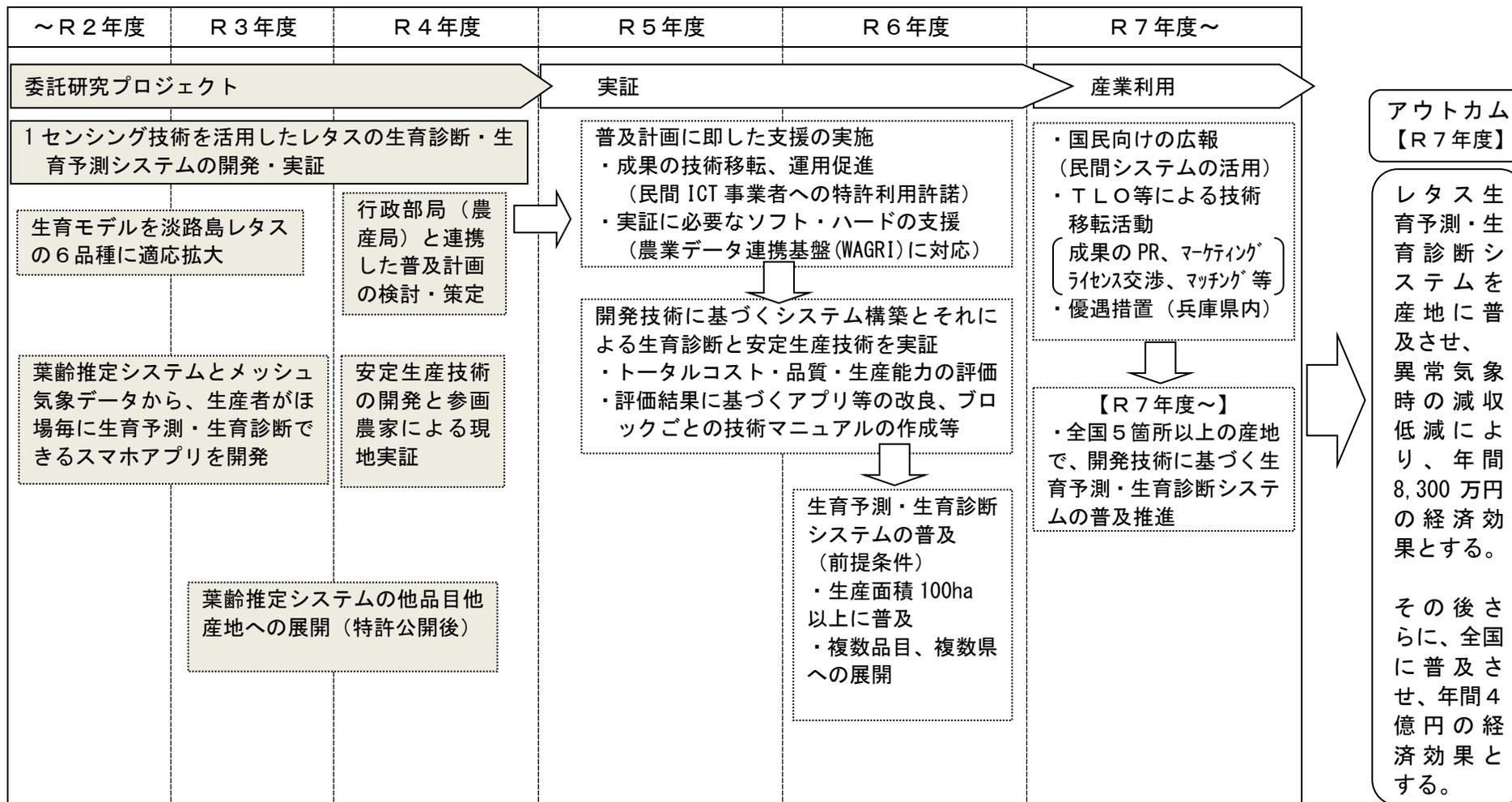


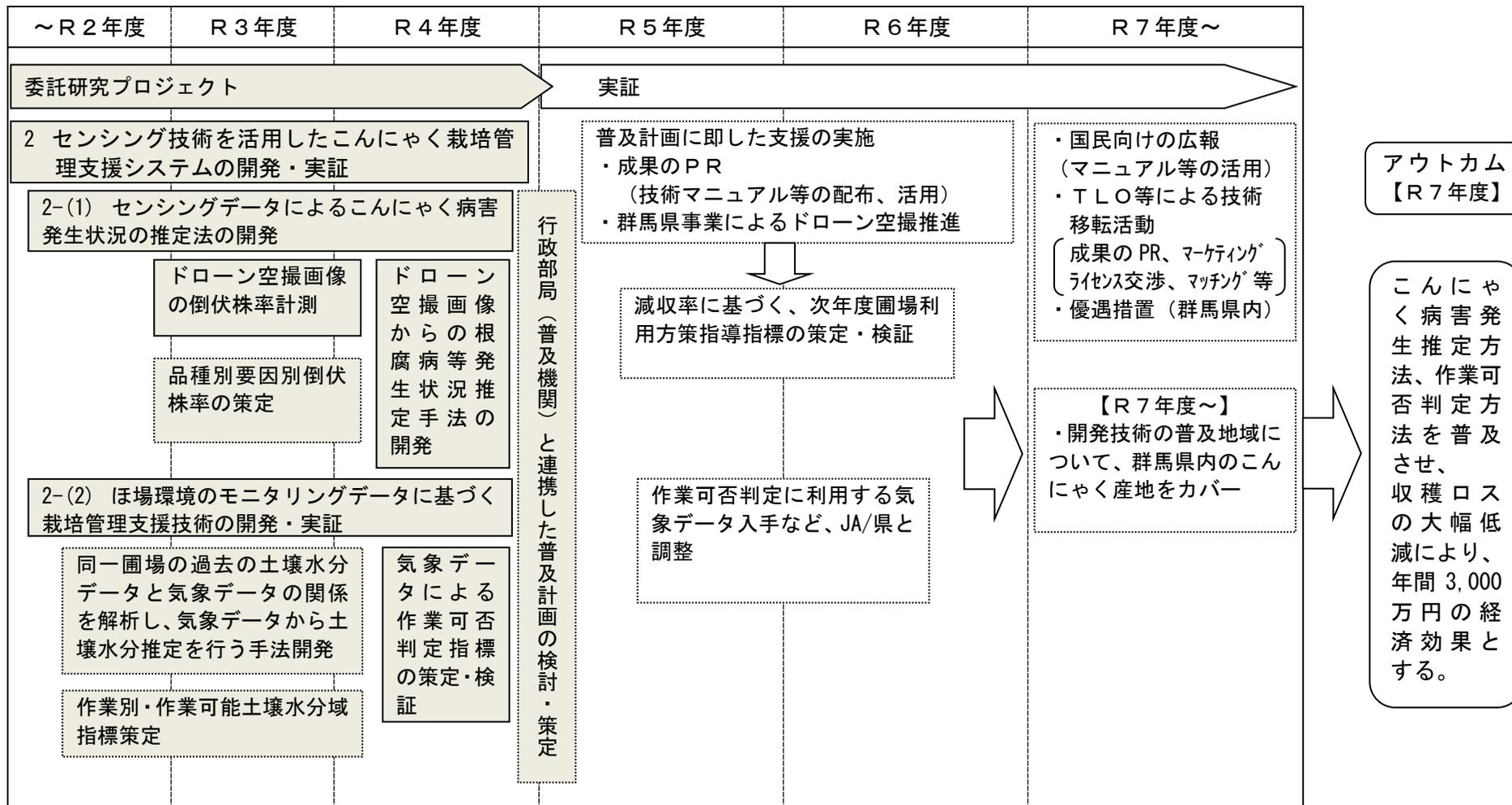
ドローンによる薬剤散布

【ロードマップ（終了時評価段階）】

「ドローンやほ場設置型気象データセンサー等センシング技術を活用した栽培管理効率化・安定生産技術の開発」のうち

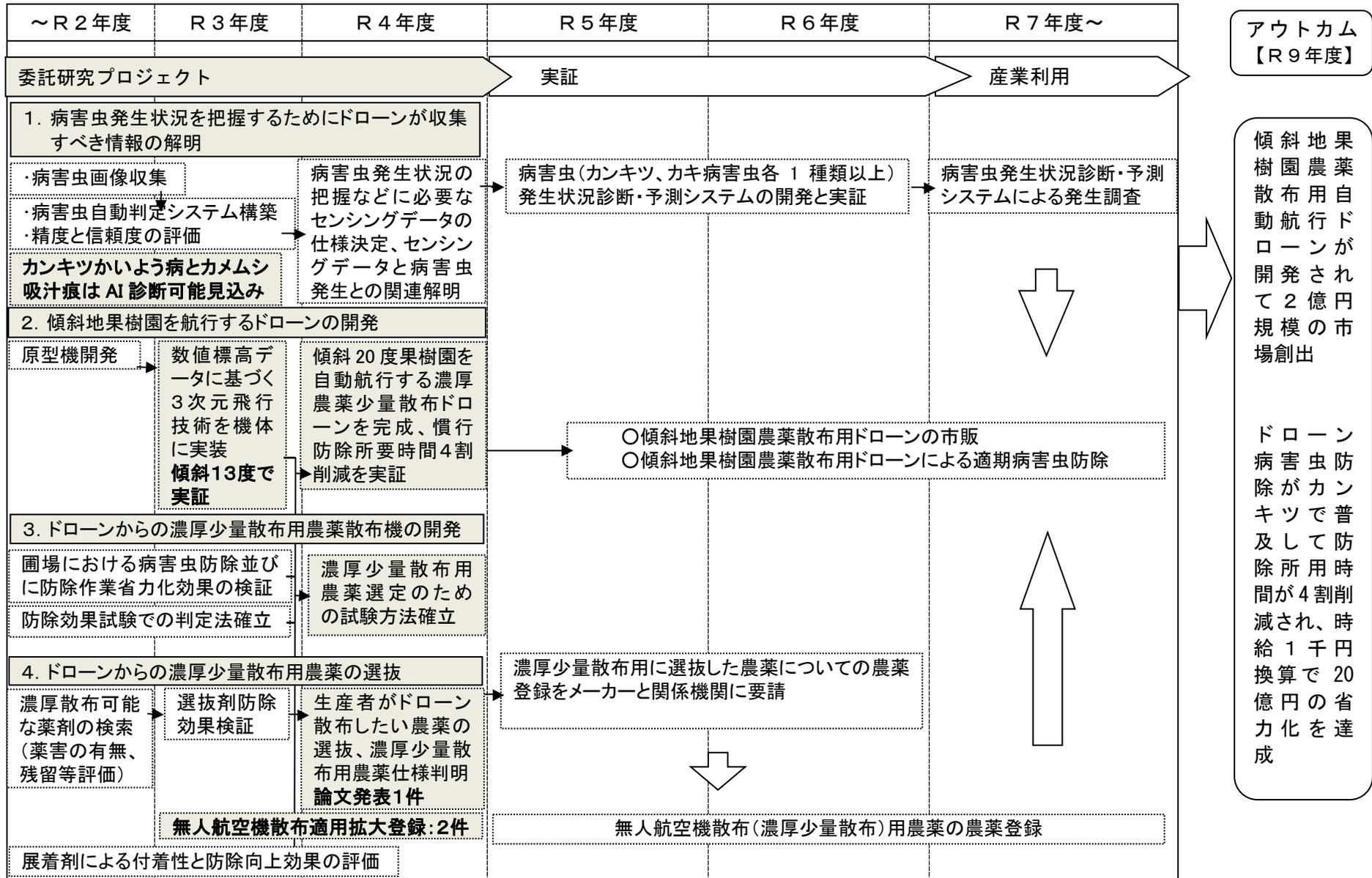
①センシング技術を活用したレタス・こんにゃくの栽培管理効率化・安定生産技術の開発





「ドローンやほ場設置型気象データセンサー等センシング技術を活用した栽培管理効率化・安定生産技術の開発」のうち

②ドローンやセンシング技術を活用した果樹の病虫害防除管理効率化技術の開発



「ドローンやほ場設置型気象データセンサー等センシング技術を活用した栽培管理効率化・安定生産技術の開発」のうち

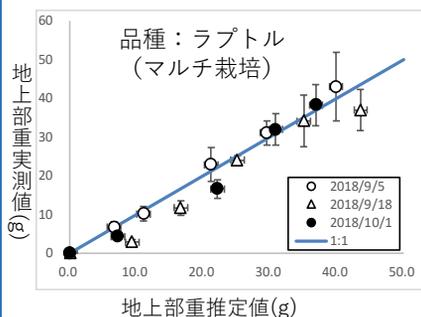
①ドローンやセンシング技術を活用した、土地利用型園芸作物等の栽培管理効率化・安定生産技術の開発

研究概要

ドローン等による画像データ・圃場設置型センサデータによるレタス生育診断・生育予測技術、こんにゃく立毛状況・病害発生状況推定技術を開発し、生産現場で実用性を実証する。

センシング技術を活用したレタスの生育診断・生育予測システムの開発・実証

淡路島レタスの6品種に農研機構作成の生育モデルを適応拡大



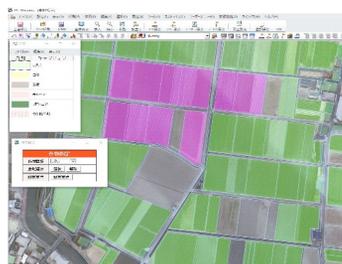
レタスの葉齢、地上部重、結球重について、推定精度の高い生育モデルを開発

AIを利用した画像認識によるレタスの葉齢推定システムの開発



AIによりレタス画像を学習し、画像からレタスの葉齢（葉の枚数）を推定する手法を開発（令和元年11月5日特許出願）

ドローン画像とGISによる作付面積の把握



ドローンで空撮した画像を地図上にオーバーレイ表示し、レタスの作付面積を推定（JAあわじ島阿万支所、1300筆、図中の紫色部分）

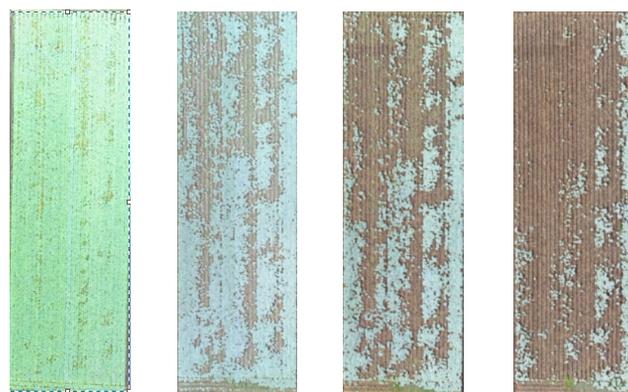
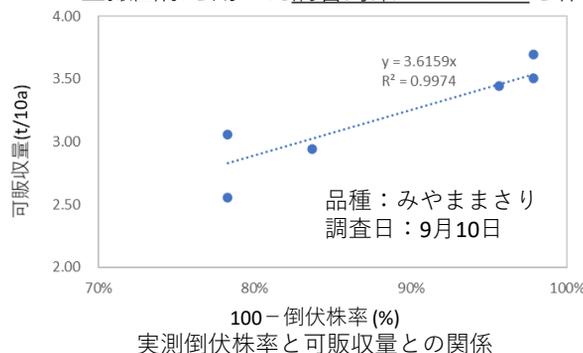
レタス収穫日予測アプリの開発



画像認識による葉齢推定と生育モデルを組み合わせて、スマートフォンを使って簡単に収穫日を予測できるアプリを開発

センシング技術を活用したこんにゃく栽培管理支援システムの開発・実証

- 9月10日以前では倒伏部分の多くが根腐病であったことを生産圃場レベルで確認。圃場の倒伏率から、根腐病発生程度の推定が可能。
- 9月10日前後の倒伏率は減収率と相関が高いことを確認。この時期に圃場のドローン空撮を行えば、画像から減収率の推定が可能。
- 空撮画像を用いた病害対策マニュアルを作成。



推定倒伏率 5.5% 49.7% 55.6% 78.9%
撮影日 7月29日 8月12日 8月31日 9月22日

同一圃場の時系列空撮画像（根腐病多発圃場の例）

②ドローンやセンシング技術を活用した果樹の病害虫防除管理効率化技術の開発 <課題1：病害虫発生状況を把握するためにドローンが収集すべき情報の解明>

研究概要: カンキツ、カキの病害虫発生状況の把握と予測に必要なセンシングデータの仕様を決定するとともに、センシングデータと病害虫発生との関連を解明する。

AIでの診断対象とした病害虫

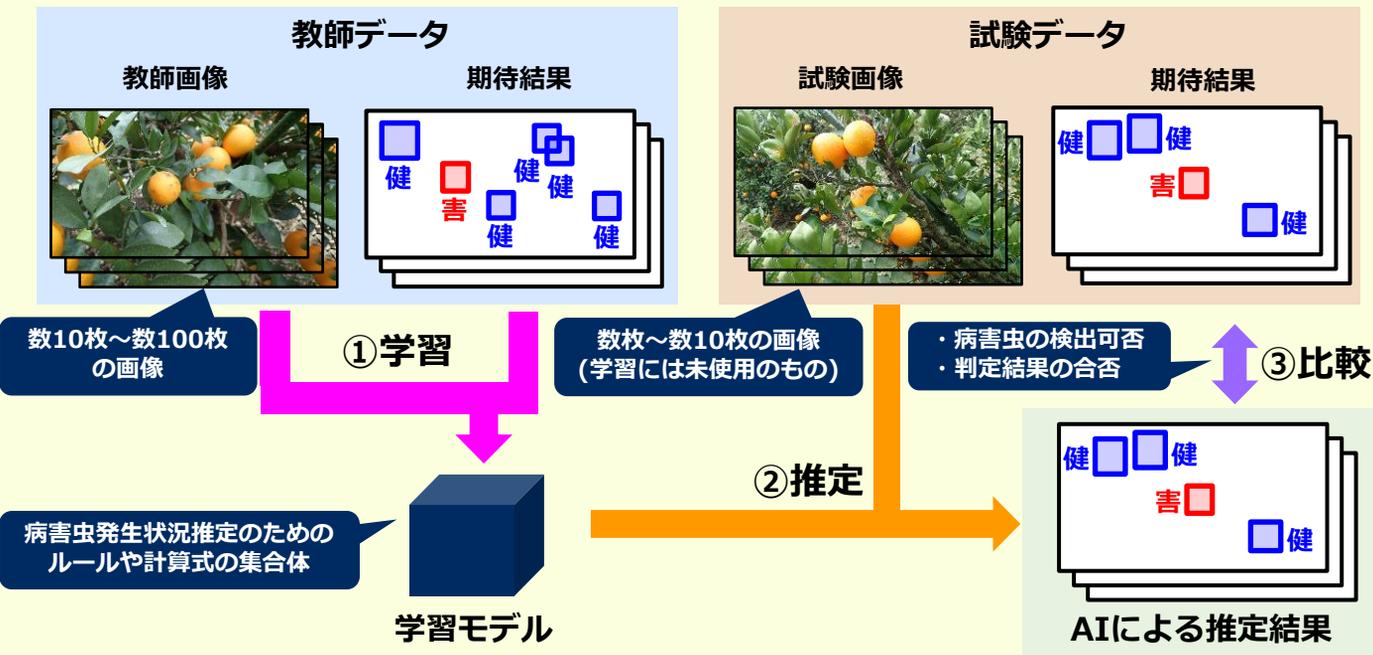
カンキツ:かいよう病、赤衣病、そうか病、ミカンハモグリガ、
 カキ:炭疽病、円星落葉病、イラガ早期食害痕、カメムシ吸汁痕

検証の流れ

教師画像：学習を行うための画像

試験画像：学習結果の妥当性をテストするための画像

- ① 教師画像とそれに対応する期待結果のセットを学習し、学習モデルを構築する
- ② 試験画像を学習モデルに適用し、AIによる病害虫発生状況の推定結果を得る
- ③ 試験画像に対応する期待結果と②の結果とを比較し、AIによる推定の精度を測る



カンキツかいよう病とカメムシ吸汁痕は空撮画像からAI診断が可能と見込む。



ミカンハモグリガ食害痕のように複雑なパターンを機械学習させるためには極く多数の食害葉画像と対照とする健全葉画像が必要と見込まれた。

②ドローンやセンシング技術を活用した果樹の病害虫防除管理効率化技術の開発 ＜課題2：傾斜地果樹園を航行するドローンの開発＞

研究概要：傾斜地果樹園を飛行し、高精度マッピング機能が実装されたドローンを開発する。

傾斜地果樹園を自動航行する農薬散布ドローン開発のベース機体の選定

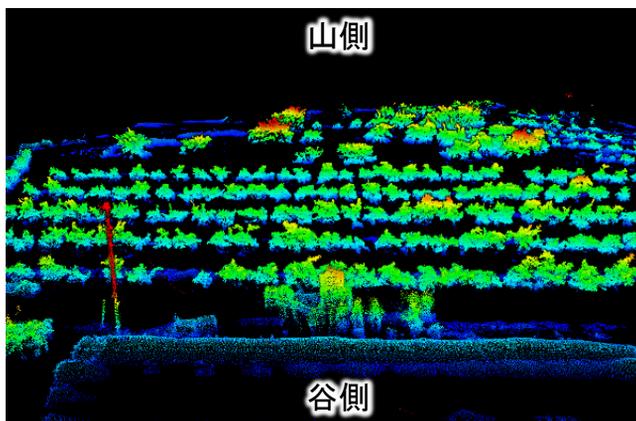


ヤマハ発動機（株）製ドローン YMR-08APは強いダウンウォッシュを発生する上下二重反転ローターと最適配置された散布ノズルを装備し、同社製無人ヘリに匹敵する散布品質を示すことから傾斜地果樹園を自動航行する農薬散布ドローンのベース機体として選定した。

DEM（Digital Elevation Model）データを用いた傾斜地飛行の実現



▲ ドローン散布試験の流れ



▲ 傾斜地カンキツ園の高精度3次元地図情報

- ▶ 令和元年までの研究で、機体周囲の障害物を検知しながら自立飛行することは困難と判明したため、あらかじめ、小型ドローンで別途、空撮測量して生成した**DEM（数値標高モデル）データに沿ってプログラムした経路を飛行する機能**を採用した（本機能はすでに同社製無人ヘリで実績あり）。
- ▶ **YMR-08APの制御ソフトウェアをDEMデータに沿って3次元飛行するソフトウェアに書き換え、傾斜13度の傾斜地果樹園で計画通りの飛行を実証。**
- ▶ 今後、異なる斜度の傾斜地果樹園において当該試作機を供試して、樹から2 m程度の上空から自動飛行による散布試験を重ねて、安全性と薬剤防除能力を最大化する飛行パラメーターに調整し、プロトタイプ機へと発展させる。

②ドローンやセンシング技術を活用した果樹の病害虫防除管理効率化技術の開発 <課題3：ドローンからの濃厚少量散布用農薬散布機の開発>

研究概要：ドローンから果樹への濃厚少量散布に最適化された農薬散布機を開発する。

ドローン搭載 散布装置開発

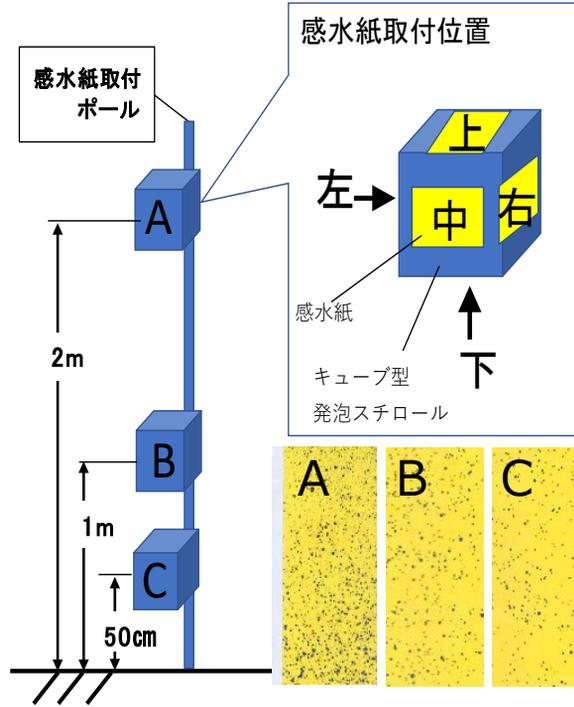


YMR-08APに装着された
噴霧器ポンプ

- 送信機からON/OFFと吐出を制御
- 吐出能力0.87~1.33L/分が最大2.0L/分に向上
- 散布幅5mが2mに縮小

防除効率を最大化する散布幅を検証・確定

濃厚少量散布効果試験の判定法の開発



ドローンから果樹園に散布された薬液の付着量と付着形状を異なる高さの全方位で判定可能な観測用ポールを開発

本装置で検出された薬滴の被覆面積率と防除効果が相関すると確認

濃厚少量散布の効果試験判定法と確定

カンキツ園での濃厚少量ドローン散布で効率的な散布方法の開発

経路	A	B	C
被覆面積率グラフ			
最大値	25.76~	20.30~	9.79~
最小値	17.27%	5.86%	5.08%
	上	上	上
	側面	側面	側面
	下	下	下
	2.90~	4.01~	7.15~
	0.11%	0.21%	0.18%
	0.21~	0.03~	0.46~
	0.01%	0.01%	0.14%

A: 樹上を片道のみ通過する散布航路

B: 樹上を往復する散布行路

C: 樹上とその樹間を通る1.5往復の航行経路

Cが最も全面的に付着程度が大きい散布経路と判明

②ドローンやセンシング技術を活用した果樹の病害虫防除管理効率化技術の開発 <課題4：ドローンからの濃厚少量散布用農薬の選抜>

研究概要：ドローンからの濃厚少量散布用農薬として十分に防除効果が上がる薬剤を選抜する。

ドローンからの濃厚少量散布で防除効果を評価した薬剤と病害虫

殺菌剤	防除効果が認められた病害*2
カンキツ デランFL、ジマンダイセン水和剤*1、 トップジンMゾル*、ベンレート水和剤、 ベフトップジンFL、マネージDF、ストロビー DF、ナティーポFL*1、ペフラン液剤25	そうか病、灰色かび病、黒点病、 青かび病、緑かび病
カキ スコア顆粒水和剤	円星落葉病、角斑落葉病
殺虫剤	防除効果が認められた害虫*2
カンキツ ロディー乳剤、テルスターFL、 モスピラン顆粒水和剤、アドマイヤーFL*1、 ダントツ水溶剤*1、アルバリン顆粒水和剤、 ダニゲッターFL、アグリメック*1、 ダニコングFL、エクシレルSE、スピノエース、 アクセルフロアブル	訪花昆虫、ゴマダラカミキリ、 ミカンハダニ、ミカンサビダニ、 ナミアゲハ、チャノキイロアザミウマ、 チャバネアオカメムシ
カキ アルバリン顆粒水和剤、 スタークルメイト液剤10	チャバネアオカメムシ



登録適用拡大申請に本課題の試験データを用いた剤

ダントツ水和剤

ミカンハモグリガ、コアオハナムグリ、アザミウマ類、アブラムシ類、ケシキスイ類、ツノロウムシ、コナカイガラムシ類、ゴマダラカミキリ、カメムシ類、アゲハ類、アカマルカイガラムシ、ナシマルカイガラムシ、ミカンバエ、ミカンキジラミ、コナジラミ類、アオバゴロモ、カネタタキ

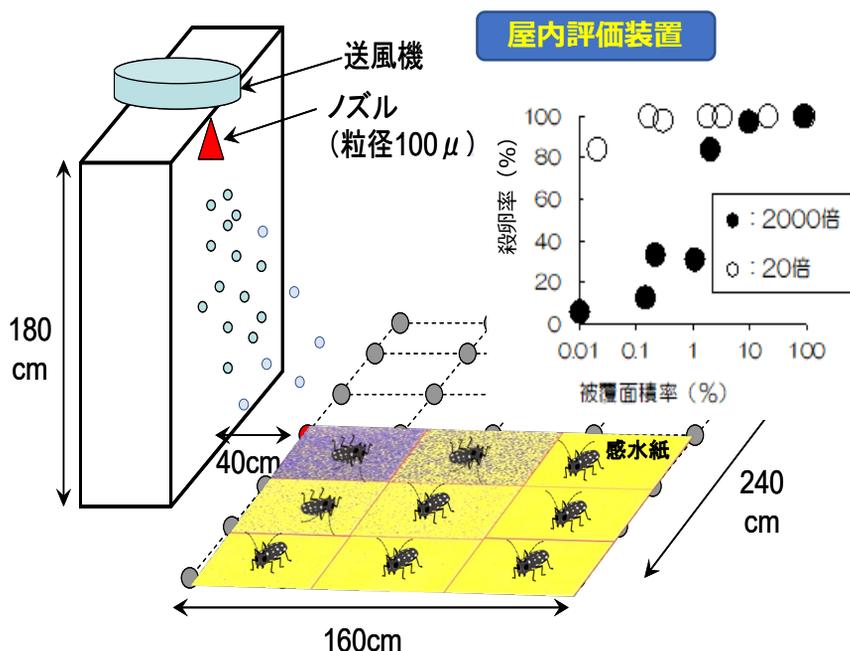
アグリメック

ミカンハモグリガ、チャノホコリダニ、ミカンサビダニ、アザミウマ類

*12021年12月時点で「無人航空機による散布」で農薬登録がある剤

*2元々登録のある左記の剤を濃厚少量散布して防除効果を認めた病害虫

ドローン散布を模した屋内モデル試験で防除効果を推定



- ・ノズルから100 μ の粒滴を噴霧するとともに送風機から下降流を送りドローン散布を模倣
- ・ノズル直下から40cm離して奥行き160cm、幅240cmの範囲に任意の間隔で感水紙を設置
- ・感水紙上に対象害虫を配置し、被覆面積率(感水紙)と殺虫(卵)の有無を同時に把握。

- 本装置で被覆面積率100~0.01%の設定が可能
- 高濃度少量散布で被覆面積率0.1%でも殺卵効果を示す特定の殺虫剤とダニ類の組み合わせが見出された。