

みどりの食料システム戦略実現技術開発・実証事業のうち
農林水産研究の推進（委託プロジェクト研究）

現場ニーズ対応型研究

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

令和4年度 最終年度報告書

課題番号 (e-Radシステム課題 ID)	18064802
研究実施期間	平成30年度～令和4年度（5年間）
代表機関	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構果樹茶業研究部門
研究開発責任者	塩谷 浩
研究開発責任者 連絡先	TEL : 054-369-7100
	FAX : 054-360-2115
	E-mail : hiroshi@affrc.go.jp
共同研究機関	NECソリューションイノベータ株式会社
	ヤマハ発動機株式会社
	株式会社丸山製作所
	株式会社エスコ
	モメンティブ・パフォーマンス・マテリアルズ・ジャパン合同会社
	花王株式会社
	住友化学株式会社
	シンジェンタジャパン株式会社
	鹿児島県農業開発総合センター
	奈良県農業研究開発センター
	静岡県農林技術研究所果樹研究センター
	三重県農業研究所
	和歌山県果樹試験場
	和歌山県果樹試験場かき・もも研究所
	愛媛県農林水産研究所
	東京農業大学
	清水農業協同組合
	えひめ中央農業協同組合
	平井果樹園
	宮尾果樹園
金山パイロットファーム	
植地農園	
稲住農園	
猿棒農園	
普及・実用化 支援組織	

<別紙様式3>最終年度報告書

I-1. 年次計画

研究課題	研究年度					担当研究機関・研究室		研究担当者 (注1)
	H30	R1	R2	R3	R4	機関	研究室	
研究開発責任者	/	/	/	/	/	農研機構	前任者 果茶研リンゴ 後任者 果樹茶カンキツ	前任者◎岩波 徹 (2018.4~2019.3) 後任者◎塩谷 浩 (2019.4~)
1 病虫害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	○	○	○	○	○	農研機構	果樹茶カンキツ	○ 塩谷 浩
1-1 カンキツ園における画像収集と病害発生状況との関連の解明	○	○	○	○	○	農研機構	果樹茶カンキツ 植防研果樹茶病虫害	△ 富村健太 藤川貴史
1-2 カンキツ園における虫害発生状況の画像収集	○	○	○	○	○	鹿児島県農業開発総合センター大島支場	病虫害研究室	前任者△山口卓宏 (2018.4~2019.3) △ 林川修二 前任者 福元智博 (2018.4~2019.3) 前任者 濱島朗子 (2019.4~2022.3) 後任者 倉本周代 (2020.4~) 湯田達也 (2022.4~)
1-3 カンキツ園における虫害発生状況の画像収集の実証試験	○	○	○	○	○	平井果樹園	園主	△ 平井孝宜 (農)
1-4 カキ園における画像収集と病害発生状況との関連の解明	○	○	○	○	○	農研機構	植防研果樹茶病虫害	△ 須崎浩一 前任者 新井朋徳 (2018.4~2019.3) 後任者 土田 聡 (2020.10~) 井上広光
1-5 カキ園における虫害発生状況の画像収集	○	○	○	○	○	奈良県農業研究開発センター	果樹・薬草研究センター	前任者△杉村輝彦 (2018.4~2022.3) 後任者△小島 英 (2022.4~) 前任者 米田健一 (2018.4~2021.3) 後任者 辻本誠幸 (2021.4~) 兵頭由浩 (2022.4~) 前任者 仲 照史 (2018.4~2022.3)

								後任者 杉村輝彦 (2022.4~)
1-6 カキ園における虫害発生状況の画像収集の実証試験	○	○	○	○	○	宮尾農園	園主	△ 宮尾憲明 (農)
1-7 病害虫発生の自動診断に必要な情報の解明	○	○	○	○	○	NECソリューションイノベータ	スマートアグリ事業推進本部	△ 榎 淳哉 関谷和樹 水澤雅高 好光有一 前田広史
2 傾斜地果樹園を航行するドローンの開発	○	○	○	○	○	農研機構	前任者 果茶研リングゴ 後任者 果樹茶カンキツ	前任者○岩波 徹 (2018.4~2019.3) 後任者○塩谷 浩 (2019.4~)
2-1 傾斜地果樹園を航行するドローンの開発			○	○	○	ヤマハ発動機	ソリューション事業本部 UMS 事業推進部	前任者△中村 克 (~2021.8) 後任者△倉石 晃 (2021.9~) 堀 麻美 前任者 尾崎由斉 (~2022.3) 前任者 武内真一 (~2022.3) 前任者 粉川嗣教 (~2022.9) 前任者 青木啓高 (~2022.3) 松原良寿 鈴木健介 菅野遼太郎 辻村知之 (~2022.3) 水野 翼
3 ドローンからの濃厚少量散布用農薬散布機の開発	○	○	○	○	○	農研機構	前任者 果茶研リングゴ 後任者 果樹茶カンキツ	前任者○岩波 徹 (2018.4~2019.3) 後任者○塩谷 浩 (2019.4~)
3-1 傾斜地果樹園での無人航空機からの農薬散布に適した散布器と制御技術の開発	○	○	○	○	○	丸山製作所	技術課	△ 湯浅一康 前任者 旭 拓哉 (2018.4~2021.3) 後任者 清水建策 (2021.4~)
3-2 傾斜地果樹園での濃厚少量散布効果試験の判定法の確立	○	○	○	○	○	株式会社エスコ	第一試験調査部	前任者△古川雅也 (2018.4~2021.8) 後任者△安納弘規 (2021.9~) 成田恭平 (2021.9~) 前任者 高松博明 (2018.4~2022.6) 後任者 瀧内千尋 (2022.6~)
4 ドローンからの濃厚少量散布用農薬の選	○	○	○	○	○	農研機構	前任者 果茶研リングゴ 後任者 果樹茶カンキツ	前任者○岩波 徹 (2018.4~2019.3) 後任者○塩谷 浩 (2019.4~)

抜								
4-1 静岡県におけるカンキツ園でのドローンからの濃厚少量散布用農薬の選抜	○	○	○	○	○	静岡県農林技術研究所果樹研究センター	果樹環境適応技術科	△ 増井伸一 前任者 加藤光弘 (2019.4~2020.3) 後任者 石井香奈子 (2020.4~) 土田祐大 前任者 村田裕行 (2019.4~2022.3) 後任者 外岡千智 (2022.4~)
4-2 静岡県におけるカンキツ園でのドローンからの濃厚少量散布用農薬の実証試験	○	○	○	○	○	JA しみず	営農部柑橘果樹課	△ 小泉正樹 (農)
4-3 三重県におけるカンキツ園でのドローンからの濃厚少量散布用農薬の選抜	○	○	○	○	○	三重県	農業研究所・紀南果樹研究室	前任者 北上 達 (2018.4~2019.3) 前任者 伊藤 寿 (2019.4~2021.3) 後任者 鈴木孝明 (2021.4~) △ 須崎徳高 前任者 湊 英也 (2018.4~2020.3) 後任者 菅原康太郎 (2020.4~) 前任者 駒田達哉 (2018.4~2019.3) 前任者 小林孝徳 (2019.4~2022.3) 後任者 濱口有里佳 (2022.4~)
4-4 三重県におけるカンキツ園でのドローンからの濃厚少量散布用農薬の実証試験1	○	○	○	○	○	金山パイロットファーム	代表取締役社長	△ 里口健一 (農)
4-5 三重県におけるカンキツ園でのドローンからの濃厚少量散布用農薬の実証試験2	○	○	○	○	○	植地農園	園主	△ 植地増己 (農)
4-6 奈良県におけるカキ園でのドローンからの濃厚少量散布用農薬の選抜	○	○	○	○	○	奈良県農業研究開発センター	果樹・薬草研究センターおよび環境科	前任者 △杉村輝彦 (2018.4~2022.3) 後任者 △小島 英 (2022.4~) 前任者 上田直也 (2018.4~2021.3) 前任者 中村剛士 (2018.4~2022.3) 後任者 米田健一 (2022.4~) 三村知彰 (2022.4~)

								西川 学
4-7 奈良県におけるカキ園でのドローンからの濃厚少量散布用農薬の実証試験	○	○	○	○	○	宮尾農園	園主	△ 宮尾憲明 (農)
4-8 和歌山県におけるカンキツ園およびカキ園でのドローンからの濃厚少量散布用農薬の選抜	○	○	○	○	○	和歌山県	果樹試験場環境部 果樹試験場かき・もも研究所	△ 熊本昌平 武田知明 松山尚生 前任者 中 一晃 (~2020.3) 前任者 井口雅裕 (2020.4~2022.3) 後任者 山本浩之 (2022.4~) 前任者 間佐古将則 (2018.4~2019.3) 前任者 南方高志 (2019.4~2021.3) 前任者 森本涼子 (2021.4~2022.3) 後任者 大谷洋子 (2022.4~) 後任者 増田吉彦 (2019.4~) 弘岡拓人 古田貴裕
4-9 和歌山県におけるカンキツ園でのドローンからの濃厚少量散布用農薬の実証試験	○	○	○	○	○	前任者 森口農園 後任者 稲住農園	園主	前任者△森口幸宣 (農) (2018.4~2019.3) 後任者△稲住昌広 (農) (2019.4~)
4-10 和歌山県におけるカキ園でのドローンからの濃厚少量散布用農薬の実証試験	○	○	○	○	○	猿棒農園	園主	△ 猿棒博信 (農)
4-11 愛媛県におけるカンキツ園でのドローンからの濃厚少量散布用農薬の選抜	○	○	○	○	○	愛媛県農林水産研究所果樹研究センター	病理昆虫室	前任者△崎山進二 (2018.4~2020.3) 前任者△大西論平 (2020.4~2022.3) 後任者△宮下裕司 (2022.4~) 前任者 村上要三 (2018.4~2020.3) 前任者 畑中満政 (2018.4~2022.3) 後任者 金崎秀司 (2022.4~) 青野光男 前任者 柴田 勇 (2018.4~2021.3) 後任者 八木 遥 (2021.4~)

								前任者 松崎幸弘 (2018.4~2019.3) 前任者 小川 遼 (2018.4~2019.3) 前任者 渡邊湧也 (2018.4~2022.3) 後任者 梶原千椰 (2022.4~) 前任者 井伊吉博 (2019~2022.3) 後任者 松岡基憲 (2022.4~)
4-12 愛媛県におけるカンキツ園でのドローンからの濃厚少量散布用農薬の実証試験	○	○	○	○	○	JA えひめ中央	果樹課	△ 清家伯弘 (農)
4-13 ドローン散布におけるシリコン系展着剤利用の有利性の解明		○	○	○	○	モメンティブ・パフォーマンス・マテリアルズ	経営企画室	前任者△福原美智子 (2019.4~2022.3) 前任者△栗野寛隆 (2022.4~2022.12) △ 村上和仁 (2023.1~) 堀江 豊 後任者 吉澤孝弘 (2022.9~)
4-14 ドローン散布における非シリコン系展着剤利用の有利性の解明		○	○	○	○	花王	マテリアルサイエンス研究所	△ 林 利夫 宇井隆人 藤井亮輔 (2021.9~)
4-15 ドローン散布における展着剤による農薬付着性等向上の評価		○	○	○	○	東京農業大学	植物病理学研究室	△ 岩波 徹 篠原弘亮 キムオツキョン
4-16 ドローン散布用への登録拡大に向けた薬剤の選択1		○	○	○	○	住友化学	アグロ事業部	前任者△下村 勝 (2019.4~2020.3) 前任者△水口敦雄 (2020.4~2021.9) △ 佐藤直樹 (2021.10~)
4-17 ドローン散布用への登録拡大に向けた薬剤の選択2			○	○	○	シンジェンタジャパン	アグリビジネス事業本部	△ 吉岡弘夫 杉山 稔 森本輝一 細田明弘 (2020.4~2022.3)

(注1) 研究開発責任者には◎、小課題責任者には○、実行課題責任者には△を付してください。

I-2. 研究目的

カンキツやカキは急傾斜地で栽培されることが多く、生産者は大きな肉体的負担を強いられており、近年急速に進む生産者の高齢化や後継者不足により、ますます生産現場の労働負荷が深刻化している。一方で、近年急速に発展した産業用ドローンは、農家でも購入可能な価格であり、急傾斜地で特に問題となる病害虫発生状況の把握のための圃場見回りや農薬散布に利用し、防除作業の軽減が実現できる可能性を持っている。しかしながら、現状のドローンを急傾斜地で飛行させるためには、操作者のほかに補助者が必要で、補助者は急傾斜地を昇降してドローンを目視することになり、結局のところ作業の軽減化にはならない。

このため、本研究では、

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
2. 20度の傾斜地果樹園を航行するドローンの開発
3. ドローンからの濃厚少量散布用農薬散布機の開発
4. ドローンからの濃厚少量散布用農薬の選抜

により、カンキツ園、カキ園で病害虫を自動判定させるために必要な画像量と質を明らかにし、傾斜地果樹園の直上を自動航行できるようにして、さらにドローンに搭載する農薬散布機の流出量、粒径などと散布薬剤を急傾斜地果樹園用に最適化することを目標とする。

その結果、

1. 急傾斜地果樹園でのドローンによる農薬散布が可能となる。
2. 画像解析やドローンを積極的に取り入れた先進的農業生産地帯が増えることが期待される。

I-3. 研究方法

(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

カンキツ・カキ園において、種々の条件（時期、距離、角度、画像数、画素数など）を変えて撮影した重要病害虫の画像をAI学習させ、熟練した専門家が地上で肉眼観察して判定する基準と一致する画像の量と質を解明する。初年度はカメラの手持ち撮影のみ、以降はドローンから空撮した画像も加えて収集する。収集した画像は共同研究機関のNECソリューションイノベータ（株）で解析し、AI学習に適した画像量、質を明らかにするとともに、教師画像として用い学習モデルを構築する。重要病害虫については画像処理ソフトを用いて病斑あるいは食害痕の特徴づけを行うとともに、他の種々の病害虫の写真を収集しAIによる自動判定に適した病害虫を特定する。最終的には構築された自動判定システムによって、圃場での病害虫発生状況を評価可能か実証する。

(2) 傾斜地果樹園を航行するドローンの開発

水田などでの農薬散布用に開発された産業用ドローンを基本型とし、グーグルマップなどの汎用的な地図情報よりも精度の高い地図情報を使用するため、傾斜地果樹園の飛行に適応する3次元地形データ追従と自動航行機能を実装した試作機を製作する。また、ドローン散布実証試験を実施する傾斜地果樹園の3次元地形データを計測・作成するとともに、農薬散布飛行を行って作業所要時間を明らかにする。

(3) ドローンからの濃厚少量散布用農薬散布機の開発

既存の水田用ドローン搭載型散布機をもとに、流出量、粒径などに加えて散布幅、ノズル数、位置なども傾斜地果樹園用に最適化して小課題2で開発するドローンの試作機に搭載し、静岡県などの傾斜地果樹園で実証散布する。また、付着判定装置を作成し、現地圃場にて試作機ドローンを航行させた際に適切な付着量データが取得できるかを確認するとともに複数の航行経路で散布した場合の最適な航行経路及び最適なノズルの仕様及び散布水量等の条件について検討する。

(4) ドローンからの濃厚少量散布用農薬の選抜

生産者からの要望が強いカンキツおよびカキの病害虫について、通常散布での既登録薬剤をドローン等から濃厚少量散布して、防除効果、薬害、農薬残留値などを評価することにより、ドローンによる濃厚少量散布が可能な薬剤を選抜するとともに、有望薬剤については「無人航空機による散布」に係る農薬登録拡大申請に必要なデータを収集する。また、急傾斜果樹園用ドローン試作機に農薬散布機を実装し、現地において、手散布5回（所要時間10アール当たり450分）と10分で完了するドローン散布を5回程度（所要時間10アール当たり50分）行って年間防除時間を合計500分とし、1年間に10回程度行っている慣行の手散布による病害虫防除（所要時間10アール当たり900分）から、所要時間の4割削減が可能となることを示す。さらに、新規展着剤については付着性が高まる利用法を明らかにする。

I-4. 研究結果

(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

カンキツではかいよう病及びミカンハモグリガの被害葉について、カキでは炭疽病の罹病果、イラガ類の被害葉、果樹カメムシ類の果実吸汁痕について、偏光フィルターの有無など様々な撮影諸元や日照条件の下で画像を取得した。これらの画像にアノテーションを施したデータから構築した学習モデルによるAI診断について、その精度ならびに妥当性を検討した。その結果、カンキツかいよう病では、誤検出を排除できないものの肉眼で判別できる病斑につい

ては検出可能となった。撮影条件等が若干異なる画像でも頑健なAI診断を実現し、被害発生程度の判定に活用できると考えられた。なお、同一の樹を別の日に撮影した結果、曇天下で陰影の少ない画像ほどAIによる検出率が高くなる傾向を示した。一方、ミカンハモグリガ潜孔痕では、典型的な潜孔痕・硬化葉については検出できるものが見落としが多かった。また、実際の被害株率との相関もなく、有用性が認められない。カキにおけるイラガ被害葉では、画像分割による疑似的拡大をAI診断に適用することで検出能力が向上し、カメラの露出設定条件よりも対象により接近して撮影することが重要と考えられた。枝葉の隙間から見える被害も検出可能で実用に近いレベルと考えられた。カキ炭疽病でも画像分割による疑似的拡大をAI診断に適用することで検出能力が向上したが、果頂部などを病斑と誤検出する場合もあり、有用性は低い。カキ果実でのカメムシ吸汁痕では、AI診断の結果が実際の被害果率と相関があると示唆されたものの、実際は無加害でも加害と誤認する事例を排除できず、有用性が低い。以上の通り、AI診断の有用性が見込めるカンキツかいよう病及びカキを加害するイラガ類については発生状況を把握・予測するために必要なセンシングデータの仕様が決定した。

(2) 傾斜地果樹園を航行するドローンの開発

市販機体YMR-08AP（型式L83）の制御ソフトウェアをDEM（Digital Elevation Model：数値標高モデル）データに沿って3次元飛行する機能を追加したソフトウェアに書き換えた機体を試作した。また、小課題3と連携して、丸山製作所製のバッテリー駆動式背負動力噴霧器のバッテリー、モーター、ポンプ、ノズルを液剤散布装置（型式L84）に組付け散布装置を試作した。市販の小型ドローンを用いて傾斜13度及び傾斜25度のカンキツ園のDEMデータを計測して飛行マップの作成を行い、試作機体と試作散布装置を用いて傾斜地自動航行の実証を行った。

(3) ドローンからの濃厚少量散布用農薬散布機の開発

散布機として、最大吐出量と最大圧力がそれぞれ2.0L/minと2.0MPaで、現在普及している水稻用無人航空機の散布ポンプよりも能力の高いピストンポンプを選択した。農薬散布量を4L/10aまたは8L/10aと設定して散布条件を検討した結果、時間当たり散布量1.7L/min、散布幅2.5m、飛行速度10km/h（4L/10a）または5km/h（8L/10a）で散布ノズルをSV-10-80CV（ヤマホ工業株式会社）を使用することで散布条件を設定した。本散布機を搭載したドローン試作機を小課題4へ供用して実証散布した結果、防除効果が確認できた。薬滴付着程度の判定については、作成した判定装置が樹体への付着状況を正確に把握できることを確認した。また、付着判定装置を用いて3通りの航行経路（1方向散布、樹上を往復散布、1.5往復（樹上および樹間散布）した平面散布）について模擬的に水を散布して検討した結果、1.5往復した平面散布が最も付着程度が良いこと、ノズルの違いによる付着程度には大差はなく散布水量の違いによる側面および底面への付着傾向に大差はないことが明らかとなった。

(4) ドローンからの濃厚少量散布用農薬の選抜

ドローン散布が望まれる農薬のうち、合計82種類の殺虫剤・殺菌剤からカンキツとカキに対して葉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16種類のカンキツ・カキ病害虫に対して有意な防除効果を示す殺菌剤15剤と殺虫剤15剤を確認した。また、コンソーシアムの試験データをもとにダントツ水溶剤、アグリメック及びスコア顆粒水和剤について「無人航空機による散布」での農薬登録適用拡大を申請し、受理された（受理日はそれぞれ2021年8月25日、2021年12月22日、2022年10月12日）。展着剤については、Silwet806の加用がカンキツに対するジマンダイセン水和剤の付着性とカンキツ灰色かび病に対するスイッチ顆粒水和剤の防除効果を向上させる可能性を見出した。ジマンダイセン水和剤のドローン散布では、濃度を薄くして散布量を多くすると防除効果が高くなる傾向を認

めた。小課題2および3で作成したドローン試作3号機を用いて、斜度25度カンキツ園において年間総防除回数9回のうち6回を「無人航空機による散布」で農薬登録された薬剤でのドローン散布に置き換える試験を実施した。その結果、ドローン散布区での散布総作業時間が9回全てを手散布した場合の61%に縮減できることを実証するとともに、ドローン散布区でも同一薬剤による手散布区と同等の防除効果を確認した。

I-5. 今後の課題

(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

カンキツかいよう病に対して、当課題で開発した学習モデルに基づけば画像の撮影条件に左右されにくい実用的なAI診断技術が開発可能と示唆されたが、現場レベルで使用できるアプリ等の作製までには至っていない。さらに利用場面を想定しつつ、現場レベルで利用できるアプリ開発が望まれる。また、本研究で開発した病害虫診断アルゴリズムは、原理的に認識対象物が小さい、又は認識対象物の画像に占める面積割合が小さいと検出が難しくなるため、より接近した状況で大きく撮影することが望ましい。画像における対象物の大きさの目安は、かいよう病の病斑のように特徴が明確なものであっても最低10ピクセル四方、特徴が不鮮明なものについてはそれ以上が必要であり、ドローンでの近接が難しい場合は8Kカメラやズームレンズを使用する必要がある。さらに、画像の陰影が強く部分的に影が濃くなるとAI診断の精度が悪化することから、日照りの強い日は避けて曇天下での撮影が望まれる。

(2) 傾斜地果樹園を航行するドローンの開発

小課題2「傾斜地果樹園を航行するドローンの開発」及び小課題3「ドローンからの濃厚少量散布用農薬散布機の開発」では、開発した急傾斜地果樹園用ドローンプロトタイプ機が当初目標である慣行防除から4割ほどの作業時間削減を実証できたが、試作3号機はヤマハ発動機(株)独自の形式で生成したDEMデータのみでプログラム飛行が可能である。したがって、果樹園農薬散布用ドローンの市販化に向けては、ヤマハ発動機(株)形式のDEMデータを簡単に作成できるソフトも同時に開発する必要がある。

(3) ドローンからの濃厚少量散布用農薬散布機の開発

傾斜地果樹園を対象とするドローン搭載用農薬散布機の開発に一定の目処がついたが、10L以下の薬液搭載量では1回の飛行で最大20a程度しか散布できないため、更なる効率向上が今後の課題となる。また、薬液付着程度と防除効果とを比較した調査は、1種類の農薬(ベフトップジンフロアブル)で実施した結果であり、農薬の特性(浸透移行性や対象病害虫の違いなど)によって相関関係が異なる可能性があるため、ドローン散布への適性は剤ごとに検証する必要がある。

(4) ドローンからの濃厚少量散布用農薬の選抜

果樹においてドローン防除の普及を進めるにあたり「無人航空機による散布」で農薬登録された薬剤をさらに増やす必要がある。特に、ミカンハダニやカイガラムシ類など、ドローンからの薬剤散布では防除が難しい病害虫を対象とする薬剤の登録が求められる。また、薬剤の混用について要望が高いことから、混用の可否に係る知見の集積が望まれる。さらに、ドローン防除に適した樹形を解明するほか、ドローン散布における対象樹の品種間差を検討する必要がある。

小課題番号	1	小課題 研究期間	平成30～令和4年度
小課題名	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		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	農研機構果樹茶業研究部門・カンキツ研究領域・塩谷 浩名		

II. 小課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

カンキツかいよう病、黒点病、ミカンハモグリガ、果樹カメムシなどの中から害虫1種類以上、病害1種類以上につき、病害虫発生状況を把握・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。

2) 研究方法

カンキツ・カキ園において、種々の条件（時期、距離、角度、画像数、画素数など）を変えて撮影した重要病害虫の画像をAI学習させ、熟練した専門家が地上で肉眼観察して判定する基準と一致する画像の量と質を解明する。初年度はカメラの手持ち撮影のみ、以降はドローンから空撮した画像も加えて収集する。収集した画像は共同研究機関のNECソリューションイノベータ（株）で解析し、AI学習に適した画像量、質を明らかにするとともに、教師画像として用い学習モデルを構築する。重要病害虫については画像処理ソフトを用いて病斑あるいは食害痕の特徴づけを行うとともに、他の種々の病害虫の写真を収集しAIによる自動判定に適した病害虫を特定する。最終的には構築された自動判定システムによって、圃場での病害虫発生状況を評価可能か実証する。

3) 研究結果

カンキツではかいよう病及びミカンハモグリガの被害葉について、カキでは炭疽病の罹病果、イラガ類の被害葉、果樹カメムシ類の果実吸汁痕について、偏光フィルターの有無など様々な撮影諸元や日照条件の下で画像を取得した。これらの画像にアノテーションを施したデータから構築した学習モデルによるAI診断について、その精度ならびに妥当性を検討した。その結果、カンキツかいよう病では、誤検出を排除できないものの肉眼で判別できる病斑については検出可能となった。撮影条件等が若干異なる画像でも頑健なAI診断を実現し、被害発生程度の判定に活用できると考えられた。なお、同一の樹を別の日に撮影した結果、曇天下で陰影の少ない画像ほどAIによる検出率が高くなる傾向を示した。一方、ミカンハモグリガ潜孔痕では、典型的な潜孔痕・硬化葉については検出できるものの見落としが多かった。また、実際の被害株率との相関もなく、有用性が認められない。カキにおけるイラガ被害葉では、画像分割による疑似的拡大をAI診断に適用することで検出能力が向上し、カメラの露出設定条件よりも対象により接近して撮影することが重要と考えられた。枝葉の隙間から見える被害も検出可能で実用に近いレベルと考えられた。カキ炭疽病でも画像分割による疑似的拡大をAI診断に適用することで検出能力が向上したが、果頂部などを病斑と誤検出する場合もあり、有用性は低い。カキ果実でのカメムシ吸汁痕では、AI診断の結果が実際の被害果率と相関があると示唆されたものの、実際は無加害でも加害と誤認する事例を排除できず、有用性が低い。以上の通り、カンキツかいよう病及

びカキを加害するイラガ類についてはAI診断の実用化が見込め、発生状況を把握・予測するために必要なセンシングデータの仕様が決定した（表1）。

表1 センシングデータの仕様一覧

カメラ設定項目	推奨設定
撮影角度	直下及び斜め下の角度
被写体との距離	樹上約1mの高さ
画像解像度	4K（横4000×2000前後）以上 ※ズームレンズ装着を推奨
ISO感度	200程度 ※200より上げると粗さが目立つ
シャッタースピード	1/800～1/1000程度 ※1/800より遅いとブレが目立つ
F値	5.6程度 ※露出オーバーの場合はF値のほかPLフィルタで調整

4) 成果活用における留意点

カンキツかいよう病、カキ炭疽病、カキにおけるイラガとカメムシ加害については圃場全体における病害虫の発生状況をAI診断で把握できる見込みはあるが、病斑や食害・被害痕を正確に定量することは困難であるため、被害程度の評価は目視で行う必要がある。また、現状のドローン撮影では、光による反射でAIの検出能力が極端に低下するといった事案が認められることから、曇天下での撮影が推奨される。

5) 今後の課題

カンキツかいよう病に対して、当課題で開発した学習モデルに基づけば画像の撮影条件に左右されにくい実用的なAI診断技術が開発可能と示唆されたが、現場レベルで使用できるアプリ等の作製までには至っていない。さらに利用場面を想定しつつ、現場レベルで利用できるアプリ開発が望まれる。また、本研究で開発した病害虫診断アルゴリズムは、原理的に認識対象物が小さい、又は認識対象物の画像に占める面積割合が小さいと検出が難しくなるため、より接近した状況で大きく撮影することが望ましい。画像における対象物の大きさの目安は、かいよう病の病斑のように特徴が明確なものであっても最低10ピクセル四方、特徴が不鮮明なものについてはそれ以上が必要であり、ドローンでの近接が難しい場合は8Kカメラやズームレンズを使用する必要がある。さらに、画像の陰影が強く部分的に影が濃くなるとAI診断の精度が悪化することから、日照りの強い日は避けて曇天下での撮影が望まれる。

<引用文献>

小課題番号	2	小課題 研究期間	平成30～令和4年度
小課題名	2 傾斜地果樹園を航行するドローンの開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	農研機構果樹茶業研究部門・カンキツ研究領域・塩谷 浩名		

II. 小課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

傾斜地果樹園を飛行し、東海から近畿、九州にいたる気象条件が異なり栽培方法や栽植形式も様々な圃場で適用できるドローンを開発する。

2) 研究方法

水田などでの農薬散布用に開発された産業用ドローンを基本型とし、グーグルマップなどの汎用的な地図情報よりも精度の高い地図情報を使用するため、傾斜地果樹園の飛行に適応する3次元地形データ追従と自動航行機能を実装した試作機を製作する。また、ドローン散布実証試験を実施する傾斜地果樹園の3次元地形データを計測・作成するとともに、農薬散布飛行を行って作業所要時間を明らかにする。

3) 研究結果

研究開始初年度から(旧)エンルート社製水田用農薬散布ドローンをベースに試作1号機と2号機を作成し、傾斜地果樹園の自立飛行を検討したが、飛行に不可欠な三次元マッピング作成において汎用地図はデータ不足のため供用できないことが判明した。そこで令和3年度に、ヤマハ発動機(株)が市販するドローンYMR-08AP(型式L83)の制御ソフトウェアをDEM(Digital Elevation Model: 数値標高モデル)データに沿って3次元飛行する機能を追加したソフトウェアに書き換えた機体を試作し、斜度13度及び斜度25度のカンキツ園における自動航行を実証した。また、傾斜25度のカンキツ園において、年間総防除回数9回のうち6回を無人航空機からの散布で農薬登録された薬剤でドローン散布する試験を行った。その結果、10aあたりの散布時間を1回あたり手散布の12%に削減した。また、年間9回のうち6回をドローンに置き換えるとDEMデータ取得と飛行プログラム作成に要する時間(60分/10a)を加えても、9回全てを手散布とした場合の61%(10aあたり)に削減できることを実証した。

4) 成果活用における留意点

果樹園の傾斜角度が急峻だと等高線に平行する飛行ではドローンが樹冠と接触する恐れが高まることから、斜面上下方向に沿った飛行が望ましい。

5) 今後の課題

開発した急傾斜地果樹園用ドローンプロトタイプ機が当初目標である慣行防除から4割ほどの作業時間削減を実証できたが、試作3号機はヤマハ発動機(株)独自の形式で生成したDEMデータのみでプログラム飛行が可能である。したがって、果樹園農薬散布用ドローンの市販化に向けては、ヤマハ発動機(株)形式のDEMデータを簡単に作成できるソフトも同時に開発する必要がある。

<引用文献>

小課題番号	3	小課題 研究期間	平成30～令和4年度
小課題名	3 ドローンからの濃厚少量散布用農薬散布機の開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	農研機構果樹茶業研究部門・カンキツ研究領域・塩谷 浩名		

II. 小課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

ノズルの口径、形状、ノズルからの吐出量を改変してダウンウォッシュが弱いドローンの特性を補い、ドローンからの濃厚少量散布の効果が上がる農薬散布機を開発する。また、ドローンからの高濃度少量散布では、最適な噴射距離と機体の移動速度で樹体に効果的に付着させる検討が不可欠なことから、薬滴の樹体への付着程度を判定する方法を確立する。

2) 研究方法

既存の水田用ドローン搭載型散布機をもとに、流出量、粒径などに加えて散布幅、ノズル数、位置なども傾斜地果樹園用に最適化して小課題2で開発するドローンの試作機に搭載し、静岡県などの傾斜地果樹園で実証散布する。また、散布農薬液滴の付着判定装置を作成し、現地圃場にて試作機ドローンを航行させた際に適切な付着量データが取得できるかを確認するとともに複数の航行経路で散布した場合の最適な航行経路及び最適なノズルの仕様及び散布水量等の条件について検討する。

3) 研究結果

散布機として、最大吐出量と最大圧力がそれぞれ2.0L/minと2.0MPaで、現在普及している水稲用無人航空機の散布ポンプよりも能力の高いピストンポンプを選択した。農薬散布量を4L/10aまたは8L/10aと設定して散布条件を検討した結果、時間当たり散布量1.7L/min、散布幅2.5m、飛行速度10km/h(4L/10a)または5km/h(8L/10a)で散布ノズルをSV-10-80CV(ヤマホ工業株式会社)を使用することで散布条件を設定した。本散布機を搭載したドローン試作機を小課題4へ供用して実証散布した結果、防除効果が確認できた。

薬滴付着程度の判定については、作成した判定装置が樹体への付着状況を正確に把握できることを確認した。また、付着判定装置を用いて3通りの航行経路(1方向散布、樹上を往復散布、1.5往復(樹上および樹間散布)した平面散布)について模擬的に水を散布して検討した結果、1.5往復した平面散布が最も付着程度が良いこと、ノズルの違いによる付着程度には大差はなく散布水量の違いによる側面及び底面の付着傾向に大差はないことが明らかとなった。さらに、ベフトップジンフロアブルを散布した際に付着判定装置を用いて付着度合を測定し、合わせて装置周辺の樹の果実を用いて貯蔵病害に対する防除効果試験を実施して被覆面積率と防除効果の相関関係について検討した結果、被覆面積率と防除価とは正の相関関係が見られ、付着度合が高いほど安定した防除効果が得られることが明らかとなった。

4) 成果活用における留意点

散布装置は、今回の仕様と同一の散布量、散布幅が確保できれば、他社製のドローンにも転用可能であると考えられるが、一定のマッチング確認及び付着試験等が必要である。

また、薬液付着判定装置は、設置位置により付着度合が変動する可能性があるため、散布時の風向き、航行方向、樹との距離などを考慮して設置する必要がある。

5) 今後の課題

傾斜地果樹園を対象とするドローン搭載用農薬散布機の開発に一定の目処がしたが、10L以下の薬液搭載量では1回の飛行で最大20a程度しか散布できないため、更なる効率向上が今後の課題となる。また、薬液付着程度と防除効果とを比較した調査は、1種類の農薬（ベフトップジンフロアブル）で実施した結果であり、農薬の特性（浸透移行性や対象病虫害の違いなど）によって相関関係が異なる可能性があるため、ドローン散布への適性は剤ごとに検証する必要がある。

<引用文献>

小課題番号	4	小課題 研究期間	平成30～令和4年度
小課題名	4 ドローンからの濃厚少量散布用農薬の選抜		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	農研機構果樹茶業研究部門・カンキツ研究領域・塩谷 浩 名		

II. 小課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

東海から近畿、九州にいたる各地のカンキツ園およびカキ園で、生産者からの要望が高く、薬害が少なく、かつドローンからの濃厚少量散布用農薬で十分な防除効果が上がる薬剤を選抜する。

2) 研究方法

生産者からの要望が強いカンキツおよびカキの病害虫について、通常散布での既登録薬剤をドローン等から濃厚少量散布して、防除効果、薬害、農薬残留値などを評価することにより、ドローンによる濃厚少量散布が可能な薬剤を選抜するとともに、有望薬剤については「無人航空機による散布」に係る農薬登録拡大申請に必要なデータを収集する。また、急傾斜果樹園用ドローン試作機に農薬散布機を実装し、現地において、手散布5回（所要時間10アール当たり450分）と10分で完了するドローン散布を5回程度（所要時間10アール当たり50分）行って年間防除時間を合計500分とし、1年間に10回程度行っている慣行の手散布による病害虫防除（所要時間10アール当たり900分）から、所要時間の4割削減が可能となることを示す。さらに、新規展着剤については付着性が高まる利用法を明らかにする。

3) 研究結果

ドローン散布が望まれる農薬のうち、薬害や果実残留リスクの低い薬剤として、カンキツでは、殺菌剤8剤（デランフロアブル、ナティーボフロアブル、ジマンダイセン水和剤、エムダイファー水和剤、トップジンMゾル、ベルコートフロアブル、ストロビードライフロアブル、ベフトップジンフロアブル）、殺虫剤5剤（モベントフロアブル、アグリメック、アドマイヤーフロアブル、アドマイヤープラスフロアブル、ダントツ水溶剤、ダニコングフロアブル）を選抜した。カキ「富有」では、防除暦記載の農薬について、登録濃度の100倍で時期別に単用または混用で散布した結果、オリオン水和剤40、スプラサイド水和剤およびトクチオン水和剤を殺菌剤（ジマンダイセン水和剤、スコア顆粒水和剤、トレノックスフロアブル、デランフロアブル、キノンドーフロアブル、オンリーワンフロアブル）と混用散布、また、トクチオン水和剤とスミチオン水和剤を単用散布すると薬害の発生が認められた。

ドローンからの濃厚少量散布により、カンキツでは、ロディー乳剤（訪花昆虫）、モスピラン顆粒水和剤（訪花昆虫、ゴマダラカミキリ）、テルスターフロアブル（チャバネアオカメムシ）、アドマイヤーフロアブル（訪花昆虫、ゴマダラカミキリ、アザミウマ類）ダントツ水溶剤（チャバネアオカメムシ、ゴマダラカミキリ、アザミウマ類）、アルバリン顆粒水和剤（チャバネアオカメムシ）、ダニゲッターフロアブル（ミカンハダニ）、アグリメック（ミカンサビダニ、チャノキイロアザミウマ、チャノホコリダニ）、ダニコングフ

ロアブル（ミカンハダニ）、エクシレルSE（ナミアゲハ、ゴマダラカミキリ）、スピノエースフロアブル（ナミアゲハ）、アクセルフロアブル（ゴマダラカミキリ）、コルト顆粒水和剤（アブラムシ類）、スタークルメイト液剤10（チャバネアオカメムシ）、ディアナWDG（ハナアザミウマ）、ICボルドー66D（かいよう病）、デランフロアブル及びマネーヅドライブフロアブル（そうか病）、ジマンダイセン水和剤（黒点病）、ナティーボフロアブル、ベルコートフロアブル及びストロビードライブフロアブル（灰色かび病）、トップジンMゾル、ベンレート水和剤、ベフラン液剤25及びベフトップジンフロアブル（緑かび病・青かび病）の有効性を明らかにした（表1）。カキでは、ダントツ水溶剤、アルバリン顆粒水溶剤、スタークルメイト液剤10（カメムシ類）、スコア顆粒水和剤（角斑落葉病・円星落葉病）、アミスター10フロアブル（角斑落葉病）の防除効果を確認した（表2）。また、展着剤としてSilwet806をジマンダイセン水和剤及びスイッチ顆粒水和剤に加用すると、それぞれカンキツ黒点病及びカンキツ灰色かび病に対して防除効果が有意に向上した。ジマンダイセン水和剤のドローン散布では、濃度を薄くして散布量を多くすると防除効果が高くなる傾向が認められ、令和4年7月22日付で希釈倍数・散布液量の追加（10倍・8L/10a、20倍・16L/10a）が農薬登録で認められた。

表1-1. ドローンからの濃厚少量散布で効果を認めた薬剤（カンキツ害虫）

殺虫剤	対象害虫	希釈倍数・散布液量と効果 ²⁾	登録に向けての課題
テルスターフロアブル	チャバネアオカメムシ	▲72倍 16L/10a	圃場試験データの不足
アルバリン顆粒水和剤	チャバネアオカメムシ	▲48倍 16L/10a・鉢植え樹供試	界面活性剤を多く含むため、散布機への悪影響が懸念される
スタークルメイト液剤10	チャバネアオカメムシ	●20倍 16L/10a	メーカーは登録拡大申請に向けて作業を開始した
ダントツ水溶剤 ¹⁾	チャバネアオカメムシ ゴマダラカミキリ アザミウマ類	▲48倍 16L/10a ▲48倍 5L/10a・鉢植え樹供試 ●24倍 4L/10a	
アクセルフロアブル	ゴマダラカミキリ	●20倍 5L/10a・鉢植え樹供試	試験実施に向けてメーカーと調整中
モスピラン顆粒水和剤	ゴマダラカミキリ 訪花昆虫(ケシキスイ)	▲30倍 5L/10a・鉢植え樹供試 ●24倍 4L/10a、▲96倍 16L/10a	圃場試験データの不足
アドマイヤーフロアブル ¹⁾	訪花昆虫 ゴマダラカミキリ アザミウマ類	▲20倍 5L/10a、●40倍 10L/10a ▲40倍 5L/10a・鉢植え樹供試 ●40倍 7・8L/10a	
エクシレルSE	ゴマダラカミキリ ナミアゲハ	●50倍 5L/10a・鉢植え樹供試 ●57.1倍 8L/10a・鉢植え樹供試	圃場試験データの不足
スピノエースフロアブル	ナミアゲハ	●68.6倍 8L/10a・鉢植え樹供試	圃場試験データの不足
ロディー乳剤	訪花昆虫	▲20倍 5L/10a、▲40倍 10L/10a	圃場試験データの不足 (メーカーと調整中)
アグリメック ¹⁾	ミカンサビダニ チャノキイロアザミウマ チャノホコリダニ	●10倍 4L/10a ●10倍 4L/10a ●24倍 8L/10a	
ディアナWDG	ハナアザミウマ	●57.14倍 8L/10a	圃場試験データの不足
コルト顆粒水和剤 ¹⁾	アブラムシ類	●16倍 4L/10a	
ダニゲッターフロアブル	ミカンハダニ	▲20倍 5L/10a、●40倍 10L/10a、 ●80倍 20L/10a、●48倍 16L/10a、 ●32倍 8L/10a・鉢植え樹供試	メーカーは登録拡大申請に向けて作業を開始した
ダニコングフロアブル	ミカンハダニ	●24倍 8L/10a、●48倍 16L/10a	データの追加

1) 2023年3月1日時点で「無人航空機による散布」で農薬登録がある剤

2) ●: 対照区と同等以上の効果あり、▲: 効果あるが対照区より劣る

表 1-2. ドローンからの濃厚少量散布で効果を認めた薬剤（カンキツ病害）

殺菌剤	対象病害	希釈倍数・散布液量と効果 ²⁾	登録に向けての課題
ICボルドー66D ¹⁾	かいよう病	●2倍 10L/10a	
デランフロアブル ¹⁾	そうか病	●10倍 5L/10a、●20倍 10L/10a	
マネージDF	そうか病	●40倍 5L/10a、●80倍 10L/10a	圃場試験データの不足 (メーカーと調整中)
ジマンダイセン水和剤 ¹⁾	黒点病	●▲5倍 4L/10a、●▲10倍 8L/10a	
エムダイファー水和剤	黒点病	▲10倍 8L/10a、●20倍 16L/10a	高濃度では水への溶解性が悪い
ナティーボフロアブル ¹⁾	灰色かび病	●32倍 7.5L/10a、●24倍 4L/10a	
ストロビードライフロアブル	灰色かび病	●20倍 7L/10a	高濃度では水への溶解性が悪い
ベルコートフロアブル ¹⁾	灰色かび病	●20倍 8L/10a	
スイッチ顆粒水和剤	灰色かび病	●32倍 8L/10a: 0.5% Silwet806加用	展着剤(Silwet806)の登録が前提になる
トップジンMゾル ¹⁾	緑かび病	▲20倍 10L/10a	
ベンレート水和剤	緑かび病・青かび病	▲96倍 16L/10a	効果および薬害に係るデータ追加
ペフラン液剤25	緑かび病	▲48倍 16L/10a	イミノクタジン酢酸塩を含む農薬は 2025年までに登録失効の見込み
ペフトップジンフロアブル ¹⁾	緑かび病	●25倍 16L/10a、▲10倍 4L/10a、 ▲25倍 4L/10a	イミノクタジン酢酸塩を含む農薬は 2025年までに登録失効の見込み

1) 2023年3月1日時点で「無人航空機による散布」で農薬登録がある剤

2) ●: 対照区と同等以上の効果あり、▲: 効果あるが対照区より劣る

表 2. ドローンからの濃厚少量散布で効果を認めた薬剤（カキ）

薬剤	対象病害虫	希釈倍数・散布液量と効果 ²⁾	登録に向けての課題
ダントツ水溶剤	チャバネアオカメムシ	●24倍 8L/10a	データの追加
アルパリン顆粒水溶剤	チャバネアオカメムシ	▲40倍 8L/10a	界面活性剤を多く含むため、散布機への悪影響が懸念される
スタークルメイト液剤10	チャバネアオカメムシ	●20倍 8L/10a	登録拡大申請中
スコア顆粒水和剤 ¹⁾	角斑落葉病・円星落葉病	▲40倍 8L/10a	
アミスター10FL	角斑落葉病	▲16倍 8L/10a	データの追加

1) 2023年3月1日時点で「無人航空機による散布」で農薬登録がある剤

2) ●: 対照区と同等以上の効果あり、▲: 効果あるが対照区より劣る

ドローン散布を模した屋内評価では、アプロードフロアブル及びモベントフロアブル（ヤノネカイガラムシ）、ハチハチフロアブル（ミカンサビダニ）エクシレルSE（ミカンハモグリガ）、ウララ50DF及びトランスフォームフロアブル（ユキヤナギアブラムシ）の有効性が示唆された（表3）。

表 3. 濃厚少量散布屋内モデル試験で効果を認めた殺虫剤（カンキツ）

殺虫剤	対象害虫	希釈倍数・散布液量と効果 ²⁾	登録に向けての課題
アプロードフロアブル	ヤノネカイガラムシ	▲20倍	圃場試験データの不足 (メーカーと調整中)
モベントフロアブル ¹⁾	ヤノネカイガラムシ	●11.4倍 4L/10a	
ハチハチフロアブル	ミカンサビダニ	●40倍	圃場試験データの不足
エクシレルSE	ミカンハモグリガ	▲11.4倍 4L/10a	圃場試験データの不足
ウララ50DF	ユキヤナギアブラムシ	●57.1倍 4L/10a	圃場試験データの不足
トランスフォームフロアブル	ユキヤナギアブラムシ	●11.4倍 4L/10a	圃場試験データの不足

1) 2023年3月1日時点で「無人航空機による散布」で農薬登録がある剤

2) ●: 対照区と同等以上の効果あり、▲: 効果あるが対照区より劣る

本コンソーシアムでは取得したデータをもとに、ダントツ水溶剤とアグリメックでカンキツ害虫を対象に、またスコア顆粒水和剤でカキの落葉病を対象として「無人航空機によ

る散布」での農薬登録適用拡大を申請し、受理されるに至った（受理日はそれぞれ2021年8月25日、2021年12月22日、2022年10月12日）。

小課題2及び3で作成したドローン試作3号機を用いた斜度25度カンキツ園における薬剤散布試験では、2m幅の等間隔で飛行した場合、斜面上下方向の経路と等高線と平行する経路とで散布薬滴の被覆面積率に差は認められなかった。当園では、薬液調整や機材準備等に要する時間も含めて手散布で10aあたり167分を要した一方、試作3号機では60分と散布作業時間が36%に縮減された。令和4年度時点で「無人航空機による散布」で農薬登録された薬剤を用いて年間9回のうち6回をドローン散布に置き換えると、DEMデータ取得と飛行プログラム作成に要する時間（60分/10a）を加えても、散布総作業時間が10aあたり923分（手散布1502分の61%）に縮減すると試算された（表4）。年間9回のうち6回を試作3号機で散布した実証区では、同一薬剤による手散布区と同等の防除効果が確認された。

表4. 斜度25度カンキツ園における農薬散布作業実績から推定される年間所要時間（分）

	10a・回あたり		年間(10aあたり)	
	ドローン	手散布	ドローン6回 手散布3回	手散布9回
薬液調整	5	8	54	72
散布機準備	20	10	150	90
散布機始動～停止 ¹⁾	15	129	479	1160
片付け	20	20	180	180
DEM+飛行プログラム作成			60	
合計	60	167	923	1502
10アール当たり (対手散布%)	60	167	923	1502
	36 %		61 %	

1)散布機始動～停止の時間(10aあたり)は散布実績の結果を引用

4) 成果活用における留意点

本課題で実施したドローン散布で効果が高かった薬剤でも、「無人航空機による散布」で農薬登録がされていないものや登録があっても登録内容とは異なる希釈濃度での試験結果を含むことに留意する。また、薬害は様々な環境変化によって生じることから、本課題の結果は薬害がないことを確証するものではない。

本コンソーシアムでは、濃厚少量散布で防除効果を認めているダントツ水溶剤とアミスター10フロアブルでそれぞれカキのカメムシ類と落葉病を対象に更にデータを追加して「無人航空機による散布」で登録拡大を申請する予定である。また、防除効果向上効果が認められた展着剤Silwet806についても、地上散布濃度での加用について農薬登録を行った後に「無人航空機による散布」で登録拡大を申請する予定である。さらに、ダニゲッターフロアブル、ダニコングフロアブル、アプロードフロアブル、コルト顆粒水和剤及びスタークルメイト液剤10については試験データをそれぞれのメーカーに提供し、登録拡大申請に向けて検討が進められている。

5) 今後の課題

果樹においてドローン防除の普及を進めるにあたり「無人航空機による散布」で農薬登録された薬剤をさらに増やす必要があり、生産者からの要望が強い薬剤については、試験データを提供しつつメーカーへの要望を続ける。特に、ミカンハダニやカイガラムシ類など、ドローンからの散布では防除が難しい病害虫を対象とする薬剤の登録が求められる（表5）。なお、産地からの農薬登録拡大要望については都道府県を通じて毎年度、農水省植

物防疫課が「病害虫防除・農薬登録推進中央協議会」の活動の一環として収集されているところである。また、薬剤の混用について要望が高いことから、混用の可否に係る知見の集積が望まれる。さらに、ドローン防除に適した樹形を解明するほか、ドローン散布における対象樹の品種間差を検討する必要がある。

表5-1. 防除暦から見たドローンで使用可能な薬剤一覧（温州みかん：R5.3.1現在）

防除時期	対象病害虫	ドローンで使用可能な剤	登録拡大が望まれる剤
冬季 ¹⁾	カイガラムシ類	モベントフロアブル、ダントツ水溶剤	アプロードフロアブル
	ミカンハダニ		ダニゲッターフロアブル、ダニコングフロアブル
4月中下旬	そうか病	デランフロアブル、ナティーボフロアブル	マネージドライフロアブル
	ミカンサビダニ	アグリメック	ダニゲッターフロアブル、ダニコングフロアブル
5月中下旬	灰色かび病	ベルコートフロアブル、ナティーボフロアブル	スイッチ顆粒水和剤
	そうか病	上記	上記
	アブラムシ類	ダントツ水溶剤、モベントフロアブル、アドマイヤーフロアブル、アドマイヤープラスフロアブル、コルト顆粒水和剤	ウララ50DF、トランスフォームフロアブル
	訪花昆虫	スミチオン乳剤、ダントツ水溶剤	モスピラン顆粒水和剤、ロディー乳剤
6月上中旬	チャノキイロアザミウマ	アドマイヤーフロアブル、アドマイヤープラスフロアブル、ダントツ水溶剤、アグリメック、モベントフロアブル、スミチオン乳剤	ディアナWDG
	ゴマダラカミキリ	アドマイヤーフロアブル、アドマイヤープラスフロアブル、ダントツ水溶剤	エクシレルSE、アクセルフロアブル、モスピラン顆粒水和剤
	黒点病	ジマンダイセン水和剤、デランフロアブル、ナティーボフロアブル	エムダイファー水和剤
7月	チャノキイロアザミウマ	上記	上記
	ミカンサビダニ	上記	上記
	ナミアゲハ	ダントツ水溶剤	エクシレルSE、スピノエース
	黒点病	上記	上記
8月中下旬	チャノキイロアザミウマ	上記	上記
	黒点病	上記	上記
	カメムシ類	アドマイヤーフロアブル、アドマイヤープラスフロアブル、ダントツ水溶剤	テルスターフロアブル、スタークルメイト液剤10
9月中旬	ミカンハダニ	上記	上記
収穫前	青かび病、緑かび病	ベフトップジンフロアブル、トップジンMゾル、ベルコートフロアブル、ナティーボフロアブル、	ベンレート水和剤

1) 慣行の冬季防除ではマシン油乳剤を地上散布する

表5-2. 防除暦から見たドローンで使用可能な薬剤一覧（かき：R5.3.1現在）

防除時期	対象病害虫	ドローンで使用可能な剤	登録拡大が望まれる剤
12月～3月	各種病害虫・カイガラムシ類	慣行では「粗皮削りと落葉処理」、カイガラムシ類には発芽前に石灰硫黄合剤を地上散布	
3月下旬	うどんこ病(炭疽病)		ホーマイコート ¹⁾
4月中旬	うどんこ病		ベルコート水和剤、ナリアWDG、アミスター10フロアブル、スコア顆粒水和剤、キノドーフロアブル、デランフロアブル、トレノックスフロアブル、オンリーワンフロアブル、イオウフロアブル ¹⁾ 、サルファーゾル ¹⁾
	カキクダアザミウマ・フジコナカイガラムシ		ダントツ水溶剤、スタークルメイド液剤10、キックオフ顆粒水和剤、モスピラン顆粒水和剤
5月中旬	落葉病・炭疽病	スコア顆粒水和剤(落葉病)	アミスター10フロアブル、ベルコート水和剤、ナリアWDG、ジマンダイセン水和剤、キノドーフロアブル、デランフロアブル、トレノックスフロアブル、オンリーワンフロアブル
	チャノキイロアザミウマ・カキクダアザミウマ		ダントツ水溶剤、スタークルメイド液剤10、キックオフ顆粒水和剤、モスピラン顆粒水和剤、コルト顆粒水和剤
	ハダニ類		ダニコングフロアブル
6月上旬	炭疽病・うどんこ病		上記
	アザミウマ類・カキノヘタムシガ		ダントツ水溶剤、スタークルメイド液剤10、キックオフ顆粒水和剤、モスピラン顆粒水和剤
6月中下旬	落葉病・炭疽病	上記	上記
	カキクダアザミウマ・フジコナカイガラムシ		上記
7月中旬	落葉病・炭疽病	上記	上記(但しデランフロアブルを除く)
	カイガラムシ類・カキクダアザミウマ		上記
8月上旬	落葉病・炭疽病	上記	上記(但しデランフロアブルを除く)
	カキノヘタムシガ・イラガ類		フェニックスフロアブル、パダンSG
8月中下旬	炭疽病・うどんこ病		上記
	カメムシ類		ダントツ水溶剤、スタークルメイド液剤10

1) 本委託プロジェクト研究では未供試の薬剤

<引用文献>

Ⅲ 研究成果一覧【公表可】

課題番号 1864802

中課題名 ドローンやセンシング技術を活用した果樹の病害虫防

成果等の集計数

課題番号	学術論文		学会等発表(口頭またはポスター)		出版図書	国内特許権等		国際特許権等		PCT	報道件数	普及する成果	発表会の主催(シンポジウム・セミナー)	アウトリーチ活動
	和文	欧文	国内	国際		出願	取得	出願	取得					
1864802	3	0	8	0	7	0	0	0	0	0	3	3	3	17

(1) 学術論文

区分: ①原著論文、②その他論文

整理番号	区分	タイトル	著者	機関名	掲載誌	掲載論文のDOI	発行年	発行月	巻(号)	掲載ページ
1	②	無人航空機で散布した液滴によるカンキツ樹冠内の被覆面積率の分布	増井伸一・土田祐大・村田裕行・加藤光弘	静岡県農林技術研究所果樹研究センター	関東東山病害虫研究会報	https://doi.org/10.11337/ktpps.6787	2020	12	67	87-89
2	②	カキ円星落葉病に対する殺菌剤の濃厚少量散布の防除効果	杉村輝彦、小島英	奈良県農業研究センター	奈良県農業研究開発センター研究報告	未定	2023	3	54	印刷中
3	②	カキにおけるマルチローター散布のチャバナアオカメムシに対する防除効果	小島英、杉村輝彦	奈良県農業研究センター	奈良県農業研究開発センター研究報告	未定	2023	3	54	印刷中

(2) 学会等発表(口頭またはポスター)

整理番号	タイトル	発表者名	機関名	学会等名	発行年	発行月
1	傾斜地カンキツ園における無人航空機の利用と病害虫防除の省力化	増井伸一	静岡県農林技術研究所果樹研究センター	日本農薬学会第39回農薬製剤・施用法シンポジウム) 招聘講演	2019	10
2	ドローンの利用によるカキ病害虫の早期発見と防除の省力化	杉村輝彦	奈良県農業研究開発センター	農業研究開発センター成果発表会	2020	2
3	カンキツ園における無人航空機散布の効果的条件の検討(薬液濃度、被覆面積率とミカンハダニ防除効果の関係)	増井伸一・土田祐大・村田裕行	静岡県農林技術研究所果樹研究センター	日本応用動物昆虫学会第64回大会	2020	3
4	カンキツ害虫におけるドローン散布で有効な薬剤の探索	渡邊湧也	愛媛県農林水産研究所果樹研究センター	四国植物防疫研究協議会	2021	11
5	ドローンの利用によるカキ傾斜地における防除の省力化	杉村輝彦	奈良県農業研究開発センター	アグリビジネス創出フェア2021	2021	11

6	ドローンの利用によるカキ傾斜地における防除の省力化	小島英	奈良県農業研究開発センター	アグリビジネス創出フェア2022	2022	10
7	カキ落葉病類および果樹カメムシ類に対するドローン散布の防除効果	小島英	奈良県農業研究開発センター	農業研究開発センター成果発表会	2023	3
8	カンキツにおけるドローンを活用した年間防除体系が果実外観及び作業時間に及ぼす影響	濱口有里佳	三重県農業研究所	関西病虫害研究会(発表予定)	2023	6

(3) 出版図書

区分: ①出版著書、②雑誌(学術論文に記載したものを除く、重複記載をしない。)、③年報、④広報誌、⑤その他

整理番号	区分	著書名(タイトル)	著者名	機関名	出版社	発行年	発行月
1	④	愛媛果研ニュース「ドローンによるかんきつ防除の実用化に向けた取り組み」	柴田優	愛媛県農林水産研究所果樹研究センター		2020	9
2	④	果実日本 特集「果樹園用機械の最新動向」 「カンキツ栽培における無人航空機の活用による防除・施肥の省力化」	増井伸一	静岡県農林技術研究所果樹研究センター	日園連	2021	2
3	④	愛媛果研ニュース「ドローンによるかんきつ防除の実用化に向けた取り組み2」	渡邊湧也	愛媛県農林水産研究所果樹研究センター		2021	9
4	②	技術と普及「農業用ドローンによるカンキツ防除の実用化に向けた取り組み」	青野光男	愛媛県農林水産研究所果樹研究センター	全国農業改良普及支援協会	2021	11
5	④	愛媛県農林水産研究所だより「ドローンによるかんきつ黒点病防除の実用化に向けた取り組み」	八木遥	愛媛県農林水産研究所果樹研究センター		2022	7
6	④	ながさきの果樹 2022-6月号 「果樹園でのドローン防除の現状と課題について」	塩谷 浩	農研機構果樹研究部門	JA全農ながさき	2022	6
7	④	技術と普及 「カンキツの病虫害防除における農業用ドローン導入のための課題」	増井伸一	静岡県農林技術研究所果樹研究センター	全国農業改良普及協会	2022	10

(4) 国内特許権等

区分: ①育成者権、②特許権、③実用新案権、④意匠権、⑤回路配置利用権

整理番号	区分	特許権等の名称	発明者	権利者(出願人等)	機関名	出願番号	出願年月日	取得年月日
1		該当なし						

(5) 国際特許権等

区分: ①育成者権、②特許権、③実用新案権、④意匠権、⑤回路配置利用権

整理番号	区分	特許権等の名称	発明者	権利者(出願人等)	機関名	出願番号	出願年月日	取得年月日	出願国
1		該当なし							

(6) 報道等

区分: ①プレスリリース、②新聞記事、③テレビ放映、④その他

整理番号	区分	記事等の名称	機関名	掲載紙・放送社名等	掲載年月日	備考
1	②	令和3年度ドローン防除利用拡大研修会の開催について	愛媛県農林水産研究所果樹研究センター	日本農業新聞	2021/11/27	
2	③	令和3年度ドローン防除利用拡大研修会の開催について	愛媛県農林水産研究所果樹研究センター	テレビ愛媛	2021/11/27	
3	②	ドローンを用いた果樹防除の最新動向	農研機構果樹茶業研究部門	国際農業社「農村ニュース」	2022/10/11	

(7) 普及に移しうる成果

区分: ①普及に移されたもの・製品化して普及できるもの、②普及のめどがたったもの、製品化して普及のめどがたったもの、③主要成果として外部評価を受けたもの(複数選択可)

整理番号	区分	成果の名称	機関名	普及(製品化)年月		主な利用場面	普及状況
1	①	ダントツ水和剤、かんきつ／収穫前日まで／「無人航空機による散布」適用拡大登録	住友化学株式会社	2021	8	かんきつの害虫防除	全国での使用
2	①	アグリメックのかんきつに対する「無人航空機による散布」適用拡大登録	シンジェンタジャパン株式会社	2021	12	かんきつの害虫防除	全国での使用
3	①	スコア顆粒水和剤のかきに対する「無人航空機による散布」適用拡大登録	シンジェンタジャパン株式会社	2022	10	かきの病害防除	全国での使用

(8) 発表会の主催(シンポジウム・セミナー等)の状況

整理番号	発表会の名称	機関名	開催場所	年月日	参加者数	備考
1	令和元年度奈良県農業研究開発センター成果発表会及び奈良県スマート農業研修会	奈良県農業研究開発センター、奈良県農林部農業水産振興課	奈良県農業研究開発センター交流サロン棟2階研修室	2020/2/21	141	
2	ドローン防除の実用化に向けた取り組み	静岡県農林技術研究所果樹研究センター	Web配信	2021/11/20-2022/3/31		Youtube配信
3	令和3年度ドローン防除利用拡大研修会(果樹研究センター公開セミナー)	愛媛県農林水産研究所果樹研究センター	果樹研究センター	2021/11/26	67	うちWeb参加29名

(9) アウトリーチ活動の状況

区分:①一般市民向けのシンポジウム・講演会及び公開講座・サイエンスカフェ等、②展示会及びフェアへの出展・大学及び研究所等の一般公開への参画、③その他(子供向け)

整理番号	区分	アウトリーチ活動	機関名	開催場所	年月日	参加者数	主な参加者	備考
1	①	病害虫成績説明会「無人航空機によるカンキツ病害虫防除の効率化」	静岡県農林技術研究所果樹研究センター	クーポール会館(静岡市)	2019/3/6	50	農業関係事業者	
2	②	果樹研究会「無人航空機による濃厚少量散布の評価手法の検討」	静岡県農林技術研究所果樹研究センター	つくば国際会議場	2020/2/4	100	農研機構、都道府県	
3	②	農林水産参観デー	愛媛県農林水産研究所果樹研究センター	愛媛県農林水産研究所果樹研究センター	2020/10/1,2	webのみ不明		https://www.pref.ehime.jp/kashi/pa/neru/itiran.html
4	①	カキのスマート農業技術現地検討会	農研機構	奈良県農業研究開発センター果樹・薬草研究センター	2020/11/11	70	生産者、大学、農水省、奈良県	農林水産省主催
5	②	愛媛大学大学院農学研究科・愛媛県農林水産研究所合同研修会	愛媛県農林水産研究所果樹研究センター	愛媛大学	2021/9/6	150	大学、県、県内企業等	zoomでの開催
6	②	農林水産参観デー	愛媛県農林水産研究所果樹研究センター	愛媛県農林水産研究所果樹研究センター	2021/10/1,2	webのみ不明		https://www.pref.ehime.jp/kashi/pa/neru/itiran.html
7	②	アグリビジネス創出フェアでの成果発表「ドローンの利用によるカキ傾斜地における防除の省力化」	奈良県農業研究開発センター果樹・薬草研究センター	東京ビッグサイト青海展示棟	2021/11/24,25	50	生産者、大学、農水省、一般	
8	③	三重県植物防疫講演会	三重県農業研究所	三重県農業大学校	2022/2/8	web含め80	県、団体、農業関係事業者	

9	②	愛媛大学大学院農学研究科・愛媛県農林水産研究所合同研修会	愛媛県農林水産研究所果樹研究センター	愛媛大学	2022/9/13	131	大学、県、県内企業等	ハイブリッドでの開催
10	②	農薬の新施用技術検討協議会「カンキツの病害虫防除におけるドローン導入上の課題」	静岡県農林技術研究所果樹研究センター	オンライン会議	2022/9/28	100	都道府県、農薬会社	
11	②	農林水産参観デー	愛媛県農林水産研究所果樹研究センター	愛媛県農林水産研究所果樹研究センター	2022/10/1-2	2300	県内農家、団体	https://www.pref.ehime.jp/kashi/pa/neru/itiran.html
12	②	アグリビジネス創出フェアでの成果発表「ドローンの利用によるカキ傾斜地における防除の省力化」	奈良県農業研究開発センター果樹・薬草研究センター	東京ビッグサイト	2022/10/24-28	50	生産者、大学、農水省、一般	
13	②	農薬相模セミナー(公益財団法人相模中央化学研究所主催)「無人航空機導入によるカンキツ病害虫防除の省力化を目指した取り組み」	静岡県農林技術研究所果樹研究センター	公益財団法人相模中央化学研究所	2023/1/5	100	大学、農薬会社	
14	①	果樹営農指導員情報交換会	三重県農業研究所	三重県農業研究所	2023/1/23	25	県、農業関係事業者	
15	①	果樹試験場成果発表会	和歌山県果樹試験場	動画配信	2023/2/	100名	生産者、指導者等	申込者のみの限定公開 https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/070100/070109/004_happyo.html
16	①	かき・もも研究所成果発表会	和歌山県果樹試験場かき・もも研究所	和歌山県那賀振興局	2023/2/16	50名	生産者、指導者等	
17	①	三重県カンキツ生産者研修会	三重県農業研究所	御浜町福祉健康センター	2023/2/21	100	カンキツ生産農家	