

令和 5 年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 23301
研究開発課題名 データ利活用等のデジタル化の推進による社会課題・地域課題解決のための実証型
研究開発 (第2回)
副 題 ドローンによるダウンウォッシュを活用したスマートイチゴ栽培管理手法

(1) 研究開発の目的

イチゴ栽培は施設園芸の中でも労働時間が長く、作業管理の効率化や省力化が強く求められる。特にイチゴの促成栽培は、休眠打破をはじめ特異な生理状態変化を伴う作物であるため、作物の生育状態を詳細に把握することが求められる。また受粉にはミツバチ等の花粉媒介昆虫を導入しなければならないが、気温や天候をはじめ様々な要因で受粉がうまくいかないといったリスクを常に抱えている。そのため、近年のスマート農業技術を活用し、これらの課題を解決することでイチゴの生育調査・栽培管理におけるコスト低減・省力化・生産安定化などを目指す必要がある。

そこで本研究では、近年のスマート農業で利用されるドローン技術を活用し、これらの課題を解決する新たなスマートイチゴ栽培管理手法の開発を行う。具体的には①これまで実現が難しかった施設内でのドローン飛行を可能にし、イチゴの栽培管理をスマート化する。特にドローンのダウンウォッシュを活用することで、②群落内に隠れている重要な生育指標を観測可能にするほか、③ミツバチ等を利用せずとも人工的にイチゴの受粉を実現する、画期的な技術などを開発する。2025 年度までにイチゴ栽培農家にて実証試験を行い、開発した各種技術の情報公開を進めながら、研究成果の社会実装を目指す。

(2) 研究開発期間

令和 5 年度から令和 7 年度 (3 年間)

(3) 受託者

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構<代表研究者>
国立大学法人岡山大学
独立行政法人国立高等専門学校
徳島県
エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社
株式会社NTTドコモ

(4) 研究開発予算 (契約額)

令和 5 年度から令和 6 年度までの総額 24 百万円 (令和 5 年度 12 百万円)
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目 1 施設内でのドローン活用のための飛行技術の確立

- 1-1 狭所・非 GNSS 下での飛行システムの開発 (エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社)
- 1-2 作物へのダウンウォッシュ量の推定・制御 (国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構)
- 1-3 ドローン画像認識技術を活用した作物把握 (株式会社NTTドコモ)

研究開発項目 2 ドローンによる生育モニタリングシステムの開発

- 2-1 ドローン取得画像からの基本生育情報の抽出 (国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構)
- 2-2 群落内の新葉・花蕾の自動検出システムの開発 (国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構)

2-3 計測・解析・提示の一連作業のシステム化（エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社）

研究開発項目3 ドローンによる受粉の安定化手法の解明

3-1 環境・作物状態を考慮した受粉最適送風条件の解明（独立行政法人国立高等専門学校）

3-2 送風受粉における受粉効果のモデル化（国立大学法人岡山大学）

研究開発項目4 スマートイチゴ栽培管理手法の実証

4-1 実栽培環境下での提案手法の長期試験評価（徳島県）

4-2 ドローン栽培管理実現に向けた運用手法の構築（国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構）

(6) 特許出願、外部発表等

		累計（件）	当該年度（件）
特許出願	国内出願	0	0
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	0	0
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	0	0
	受賞・表彰	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目1：施設内でのドローン活用のための飛行技術の確立

1-1. ハウス内で非 GNSS 下でのドローン飛行を検証した。試験圃場（徳島県）では、衝突防止センサー距離を約 15cm と設定することで、送風受粉要件を考慮した飛行が行えることを確認した。実証試験ハウス（JA 全農・のぞみふぁーむ）では、施設内特有の上部ワイヤーやフレームによって飛行エリアの確保が難しく、衝突防止センサーを最小値としてもハウス内障害物に反応することが確認された。そのため、飛行エリアを検討するためのデータ蓄積を行った。

1-2. 受粉やモニタリングに適した飛行方法を検討するため、ドローンのダウンウォッシュの風速分布、及び、飛行動作と風速の関係を計測した。風速は、最大 10m/s 程度で、機体の下方及び側方に離れるほど、また飛行速度が速いほど低下した。また飛行時のダウンウォッシュが作物にどのように作用するか（風向）を解析するための実験手法を検討し、準備を整えた。

1-3. Skydio 飛行時に出力可能な画像データ仕様を明らかにするとともに、画像認識が必要な基礎的なクラスとして、新葉・花蕾・花・株の4つを決定した。決定されたクラスに基づきアノテーション設計およびおよそ 300 枚の画像を用いてデータセット作成の実施、基礎的な画像認識モデルの構築と評価を実施するとともに、基礎的な4クラスにおいては 6 割程度の精度で花蕾等の検出が可能なることを確認した。

研究開発項目2：ドローンによる生育モニタリングシステムの開発

2-1. 葉面積などの基本生育情報を精度良く検出するのに適した飛行条件を明らかにするため、ダウンウォッシュ生成実験装置を用いて、風速 0~12m/s 内の 8 段階で、基本生育情報の観測動画データと、作物付近の風速実測データを収集した。また徳島農総技セにおいて、2~3月に安全性の確認を行い、3月中旬よりドローン自動飛行による観測データの収集を始めた。

2-2. 群落内死角に発生する重要な生育情報を観測するのに適した飛行条件を明らかにするため、ダウンウォッシュ生成実験装置を用いて、0~12m/s 内の8段階で、新葉や花蕾の観測動画データと、作物付近の風速実測データを収集した。また徳島農総技セにおいて、2~3月に安全性の確認を行い、3月中旬よりドローン自動飛行による観測データの収集を始めた。

2-3. 対象圃場にて各種生育情報解析の基となる画像取得作業(約 500 枚)を行い、解析・提示に向けた適切な撮影パラメータの算出を行った。生育情報取得時は晴天時の光量が多い時間帯が

望ましく、反復的な画像取得が施設内の状況が整っている際は各設定値を AUTO とすることとした。周囲の状況に合わせた適切な設定値取得のため、環境の異なる長期的なデータ蓄積を始めた。

研究開発項目 3：施設内でのドローン活用のための飛行技術の確立

3-1. 最適な送風条件を解明するため、花房の振動解析を行える機械学習モデルの構築を進め、振動特性解析を行う場合の問題点である、複数の花房の検出と花房形状が変化した場合の認識率について改善を行った。複数の花房を検出する場合には推論時に画像の加工を行い、対象となる花房だけを対象とするように変更し、問題点を解決した。また花房の形状が変化した場合の認識率を向上するため、花房の形状が変化した画像を学習データに追加することで精度の向上を確認した。

3-2. イチゴ品種 ‘かおり野’ と ‘ゆめのか’ に関して送風処理の有無が柱頭への花粉付着量に及ぼす影響について調査を開始した。送風処理は風速 15m/s・週3回ブローを使って実施した。送風処理を行った場合の奇形果発生率は ‘ゆめのか’ のほうが ‘かおり野’ よりも高くなる傾向があることが報告されていたが、送風処理による花粉付着量について両品種で比較したところ、着果率の低い ‘ゆめのか’ の方が付着程度が低い傾向があり、送風処理による着果促進効果は、送風処理による花粉が付着しやすさが影響している可能性が示唆された。

研究開発項目 4：ドローンによる生育モニタリングシステムの開発

4-1. 試験圃場（徳島県）で、ダウンウォッシュ生成実験装置を用いた送風受粉の効果を検証した結果、1回あたりの送風時間を長くしたり、数秒間隔で送風する回数を増やしたりしても、雌ずいへの花粉付着率に大きく影響しないことがわかった。また現地実証ハウスにて、試験のための環境整備・準備（環境情報や栽培データを取得、ハウス内の寸法測定やドローンテスト飛行）を行った。また送風受粉の効果検証のため、雌ずい柱頭への花粉付着を非破壊で簡易に判別できる方法を検討し、深度合成が可能なカメラ+マクロレンズを用いた手法や、iPhone15 を利用した簡易測定法を構築した。併せて、受精不良果の評価基準も作成し、受粉効果の長期評価に使用することとした。

4-2. 令和6年度からの実証にかかる目標を検討するため、全農とくしま、のぞみふぁーむの現地調査を実施するとともに、R6年度からの研究開発項目1と3の円滑な連携のため、徳島農総技セに実験環境を整備し、4-1と共同で送風授粉にかかる気流作用効果の基礎データを取得した。また3月中旬よりドローンの自動飛行による送風受粉の試行を開始した。

(8) 今後の研究開発計画

研究開発項目1については、ある程度のマージンが確保された施設内環境下で、ドローンを定期的に飛行・データ蓄積させる仕組みを確立する。またドローン飛行時に発生するダウンウォッシュ量と、作物への影響度合いについて把握し、作物に目的のダウンウォッシュ量を与えるドローン飛行条件を明らかにする。またドローン飛行で計測された画像データから、作物株・部位の位置・個体識別を行う要素技術を開発する。

研究開発項目2については、ドローンの手動飛行やダウンウォッシュ生成実験装置などで蓄積された作物画像をもとに、目的の作物部位や作物の生育評価指標などを抽出するための画像処理システムやドローン飛行条件といった、モニタリングシステムのプロトタイプを開発し性能評価を行う。

研究開発項目3については、各送風条件における花房の振動特性を把握し、基本的な送風振動モデルを構築するとともに、送風による花粉の付着状況や受粉効果について評価し関係性を明らかにする。また送風受粉が効果的に働く条件や送風受粉モデルの開発を行う。

研究開発項目4については、研究開発項目1～3で開発される個別要素技術を生産現場で評価できるように、実栽培環境に近い試験圃場にて提案手法の長期試験評価を行うとともに、現場導入に向けた課題・改善点などを明らかにする。また現地実証ハウスでの実証試験に向けた環境整備・予備試験を進めていく。

また、研究開発項目1で開発された施設内ドローン飛行技術を研究開発項目2、3に展開し、ドローンによる生育モニタリングシステムの開発やドローンによる受粉の安定化手法の開発を進め、研究開発項目4でこれらの開発された技術が実際の生産現場で有効に機能するように実証試験を行うことで、本研究の有効性の評価や実用化に向けた対応を進めていく。