

令和2年度研究開発成果概要書

採択番号 22001
研究開発課題名 データ連携・利活用による地域課題解決のための実証型研究開発（第3回）
副題 AI・IoTを活用した北海道における次世代施設栽培の確立

(1) 研究開発の目的

本研究開発では、大規模施設栽培に適した北海道において、IoTおよびAIを積極的に活用した安定的かつ効率的な次世代施設栽培の確立を目指す。特に、安定経営、高収益化という経営的視点に立ち、収穫量の予測及び農園管理に資する施設園芸AIシステム（アプリ）の開発を行う。

(2) 研究開発期間

令和2年度から令和4年度（3年間）

(3) 実施機関

国立大学法人室蘭工業大学<代表研究者>
エア・ウォーター株式会社

(4) 研究開発予算（契約額）

総額 19百万円（令和2年度 10百万円）
※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 施設栽培におけるAI活用

- 研究開発項目1-1… 高精度な短期収量予測（室蘭工業大学）
- 研究開発項目1-2… センシングデータに基づくトマト木状態推定（室蘭工業大学）
- 研究開発項目1-3… 生産者の熟練知・暗黙知を模倣したエキスパートシステム（室蘭工業大学/エア・ウォーター株式会社）

研究開発項目2 トマト木動画画像解析による植物状態特徴量抽出

- 研究開発項目2-1… 着果数の集計（室蘭工業大学）
- 研究開発項目2-2… 葉状態特徴の抽出（室蘭工業大学）

研究開発項目3 AI/IoTを指向した農園運営

- 研究開発項目3-1… 農園内におけるデータ計測方法の検討（エア・ウォーター株式会社/室蘭工業大学）
- 研究開発項目3-2… 開発システムの運用・評価（エア・ウォーター株式会社/室蘭工業大学）

(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	1	1
	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 施設栽培におけるAI活用

本年度は、施設園芸AIシステム（アプリ）の2テーマ（収量予測、エキスパートシステム）に関するアプリに組み込むアルゴリズムを検証し、実際に農園内で実証実験するための試作アプリを製作した。また、画像処理によるトマト果実の集計及びトマト木の葉状態特徴抽出の2項目に関しても一定の認識精度を実現する手法の開発に成功した。

・研究開発項目1-1 高精度な短期収量予測

高精度な収量予測を実現するため、トマト実の熟度進行に基づく収量予測モデルを構築し、その検証および試作アプリ化を行った。作成した予測モデルは、詳細なデータのある代表株における予測モデルを作成し、その結果を農園全体に拡張するという2段階となっており、1段階目の代表株を対象にした予測において1週間後予測において約10%、2週間後予測において約20%の予測誤差を実現することができた。

・研究開発項目1-2 センシングデータに基づくトマト木状態推定

光合成計測とグローア判断との関係について多面的な分析を行い、光合成の1週間累積値と樹勢について一定の相関が見られることなどを明らかにした。また、光合成の季節的な変動（トレンド）を分析し、グローアの時期ごとの制御指針についても一定の知見を得ることができた。

・研究開発項目1-3 生産者の熟練知・暗黙知を模倣したエキスパートシステム

エキスパートシステムを実現するために必要な栽培知識・経験に関してグローアにヒアリングするとともに、判断に必要な情報についての洗い出しを行った。また、実際に判断を下すための簡単なルールを作成するとともに、実際に利用が想定される研究開発項目3の担当からの要望・意見も踏まえた試作アプリの作成を行った。グローアへのヒアリングから、栽培期間はいくつかのシーズンに分けられ、葉長や莖径など実測で得られた生育情報に対してシーズンごとに許容範囲、目標数値は異なり、また、異常値が検出された際のすべき対応も異なることが明らかとなった。そのため、エキスパートシステムのルールを、シーズンごとに合わせた状態判別とユーザへの提案が行えるように設計した。その結果、過去のデータに基づく検証では、植物体の生育バランスの判別に関してはグローアの判断と約8割一致させることができた。

・研究開発項目2 トマト木動画画像解析による植物状態特徴量抽出

画像処理によるトマト果実の集計及びトマト木の葉状態特徴抽出の2項目に関する処理モデルの作成およびその精度に関する検証を行った。具体的には、教師となるアノテーションデータを作成するとともに、そのデータを活用した処理モデルを作成し、高精度化のためにシミュレーションを通じたハイパーパラメータの調整、再モデル化を行い、一定の認識率を実現するモデルを作成することができた。

- 研究開発項目2-1 トマト実の集計

Yolo を用いた画像内のオブジェクト検出では、房単位での認識モデルを作成することで高い認識率の実現を目指した。まず、農園内で撮影した動画データに対して教師となるアノテーションデータを一定数人力で作成し、それに基づく学習モデルを作成した。個々のトマト実ではなく房単位での認識とすることで、アノテーション作業の効率化および認識の容易化を実現することができ、結果として約7割の認識率まで向上させることができた。

- 研究開発項目2-2 トマト木の葉状態特徴抽出

葉面積指数(Leaf Area Index, LAI)を自動計測(推定)することを目的に、撮影データから葉領域を自動抽出するシステムの作成を行った。トマト実計測の場合と同様、人の手により写真中の葉の部分のアノテーションすることで教師データを作成し、そのデータを利用することで葉面積の自動推定を実現した。人の手で作成した葉部分と完全一致しないまでもおおよその葉面積を抽出することに成功した。

- 研究開発項目3 AI/IoT を指向した農園運営

研究開発する施設栽培方法を道内における他の農園で展開するため、研究開発項目1 および2において必要となるデータの運用方法について検討を行った結果、研究機関同士でのセキュアかつシームレスなデータ共有方法を確立した。

また、アプリの開発において利用者側にとって利用しやすいものとするため、実際に農園でAIシステム(アプリ)を利用することを想定し、こういった機能および項目がどの程度の精度で必要なのかといった視点に立ちAIシステム(アプリ)開発者側との協議を通じて仕様・インターフェースを固めた。その結果を生かし、試作アプリを完成させた。

- 研究開発項目3-1 農園内におけるデータ計測方法の検討

農園内におけるデータ計測の方法および実施形態について、計測データを活用する研究代表者側の要望と農園運営側の負担のバランスを考慮しながら決定した。特に、蒸散流や光合成といった先端ICT機器は計測にも準備が必要となるため、計測頻度および計測のタイミングだけでなく計測の方法論についても検討した。

- 研究開発項目3-2 開発システムの運用・評価

今年度は、実質的に試作アプリを農園内で実地検証するフェーズまで至らなかったが、アプリを運用する立場からの要望をまとめ、試作アプリの内部設計にフィードバックした。また、研究開発項目1-1である収量予測については、実際に今年度のデータを適用し、見込まれる予測精度および予測方法の問題点についての検証を行った。

(8) 今後の研究開発計画

来年度における本研究グループ全体の主目的は、本年度試作した施設園芸AIシステム(アプリ)の2テーマ(収量予測、エキスパートシステム)に関するアプリを農園で実際に実地検証し、その運用を通じて改善、精度向上を図るとともに動画・静止画解析、植物状態特徴量抽出、トマト木状態推定についてもその精度を高めデータ利活用方法を確立することである。農園内において計測・調査している各種データの管理・活用方法についてもより効率的な方法を確立することを目標とする。

収量予測システムでは、本年度作成したシステムを実際に運用し、最終的には平均誤差10%の精度を目指す。

エキスパートシステムも同様に、試作システムを実際に運用し、問題点および改善点を洗い出すことにより、より実用に耐えうる高精度なエキスパートシステムの実現を目指し、グローアールと同程度の判断を行うシステムの作成を目標とする。

動画・静止画解析、植物状態特徴抽出による画像処理モデルでは、中間評価を実施する2021年度の年度末に施設園芸AIグループに提供できるレベルのプロトタイプを完成させる見込みで開

発を進める。

トマト木の状態推定モデルでは、本年度取り組んだ、光合成計測とグロアー判断との関係分析等を踏まえて、計測データと木状態（グロアー判断）との関係を分析し、計測データ利活用方法の確立を目標とする。