

令和3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けるAI・IoTを活用した高収益な施設栽培のための方法論確立を目指す。具体的には、AIを活用した収量予測といった収益性向上を目的とした施設園芸AIシステムの実現とその実現のために必要なIoTの設置・運用方法の確立を目指す。共同提案者が実際に営業している大規模施設栽培トマトをテストフィールドとして利用し、社会実装を強く意識した研究開発を進める。

(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）

令和2年度から令和4年度までの総額29百万円（令和3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     | 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）に関する試作アプリの基本アルゴリズムを再検討するとともに、実際に農園で実証実験し、そのフィードバックに基づく改良を行った。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、新規アノテーションに基づくより高精度な推定システムの検討を行うとともに、新たに農園の天井に固定カメラを設置し、農園全体のトマト木状態を推定、葉温度の測定が行える環境を整えた。

研究開発項目 1-1 高精度な短期収量予測

昨年度の熟度進行に基づく予測モデルを見直し、「収穫日を直接予測するアプローチ」と「平均的日数を基準にそのずれを予測するアプローチ」の比較検討を行った。平均経過日数を基準にそのずれを予測するアプローチでは、トマトが着果してから収穫されるまでに要した平均経過日数のずれに着目し収量予測を行うことで、直接日数を予測するアプローチよりも精度の高い予測ができると期待した。

実験結果では、両アプローチに大きな違いはなく、2週間後予測において目標とする誤差を大きく上回る約30%の予測誤差となったため、今後は確率分布としての統計量を予測するアプローチにするなどの検討を進める予定である。

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

トマト画像・動画データからのトマト実熟度推定についての検討も行き、一定程度の推定を行えるシステムを実現することができた。

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に関する試作アプリを農園で実証実験し、そのフィードバックに基づく改良を行った。具体的には、グローアが必要と感じた「対応画面の追加」、「グローア、栽培管理者間での意見交換用チャット機能」、「育成状態写真の保存および前週との比較」といった機能を追加し、実用性の向上に努めた。

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

セマンティックセグメンテーション（以下、SS）による植物特徴量の抽出方法としてU-Netを利用し、より高精細なトマト木の情報の抽出を試みた。特に撮影画像の手前側レーンのトマト株のみ認識することを試みた。また、より広域的な情報を取得するため、農園の天井に新たなカメラを設置し、トマト木状態を推定、葉温度の測定が行える環境を整えた。

研究開発項目 2-1 着果数の集計

昨年度作成した房単位での認識モデルを実際に様々なケースで適用し、モデルの汎化性能向上につとめるとともに、トマト実の熟度についての推定機能を実装し、一定の精度での熟度推定を実現するモデルを開発した。

#### 研究開発項目 2-2 葉状態特徴の抽出

本年度は、U-Net を利用し昨年度までよりも高精細なアノテーション情報を利用することで、レーンの前後関係も考慮した識別を実現した。具体的には、提案段階（昨年度までのアノテーション）に比べ、レーンの前後で異なるアノテーションが施されている高精細な画像データを利用した特徴抽出を行い、人間のアノテーションと比較し70%程度一致する葉部分の自動抽出を実現することができた。

#### 研究開発項目 3 AI/IoT を指向した農園運営

研究開発項目 1 および 2 において開発したアプリ、計測器を実際に農園内で運用し、その使用感、問題点などのフィードバックを行った。また、アプリを他の農園へ横展開するケースについて、必要となる計測データ、学習の基となるデータの精査を行い、汎用性の高いアプリ実現に向けてその枠組みを検討し、アプリ開発側と情報共有を行った。

#### 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

昨年度検討したデータ計測方法に沿った運用を行い、農園運営側の負担および計測データを活用するアプリ開発者双方のフィードバックに基づき、運用方法の改善を図った。

#### 研究開発項目 3-2 開発システムの運用・評価

今年度は、試作アプリを農園内で実地検証し、アプリ開発側に対して要望等のフィードバックを行った。いくつかの要望に対しては、フィードバックに対応した改善がすぐに行われたため、改善後の実地検証を行うことで、「開発」側と「運用」側が相互に連携しアプリ改善を行う枠組みを整えることができた。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、2021 年度に設置したカメラからの植物表面温度推定を行い、エキスパートシステムとの連携を目指す。

トマト木の状態推定モデルでは、これまでの葉面積指数 LAI 以外の指標と計測結果との関係分析を行い、これもエキスパートシステムとの連携を目指す。