

# 循環型農業の運用を支援する 広域センサネットワークシステムの検討

由上 智也 山本 寛  
立命館大学 情報理工学部 情報理工学科

## 1. はじめに

近年、日本の農業従事者数の減少が深刻な問題となっており、自然災害などの影響を受けにくい、持続可能な循環型農業システムであるアクアポニックスが注目されている。アクアポニックスとは、陸上養殖と水耕栽培を組み合わせた、魚・野菜・微生物による窒素循環を活用する、農業を必要としない新しい農業システムである。

本研究では、窒素循環の観測に要する様々な計測機能を備えたセンサノードによりセンサネットワークを構築する。特に、Thread のようなメッシュネットワークに対応した無線通信規格を活用して広域なセンサネットワークを構築し、収集したデータを解析することで、管理者へアクアポニックスの状態を可視化するシステムを構築する。また本システムが備える観測機能の1つである、野菜を撮影した分光画像から糖度を推定する、生育度の定量化手法を紹介する。

## 2. Thread を活用したセンサネットワークシステム

本研究で提案するシステムの全体像を図 1 に示す。本システムは、水槽内の水質を観測する水質センサノード、作物の分光画像を撮影する画像撮影ノード、ゲートウェイ、管理サーバによって構築されている。ここで、各種センサノードからゲートウェイへセンサデータを送信するために、Thread を活用したメッシュネットワークを構築している。また、応用層のプロトコルとして MQTT を利用しており、ゲートウェイが受信したセンサデータは、その種類に基づき整理されて管理サーバへ転送される。さらに、管理サーバは受信した分光画像を解析し、野菜の糖度を推定する。

本研究では、近赤外分光法と呼ばれる光学法を応用し、生育対象である小松菜の糖度を推定している。先行研究から、糖度は 904nm~912nm 帯の吸光度と深い相関があることがわかっている[1]。そこで本研究では、赤外線カメラを利用して 850nm 及び、910nm の分光画像を撮影し、画素値を入力、糖度を出力とする機械学習モデルを構築しており、機械学習技術として重回帰分析と SVR を採用している。

## 3. 実証実験

センサネットワークの通信デバイス数による通信性能への影響を評価するために、屋外においてゲートウェイから 15m 離れた地点に 1~4 台のデバイスを設置し、13 バイトの packets を 1 秒間隔で送信した際の、平均パケットロス率を評価する。本実験の結果を図 2 に示す。この図から分か

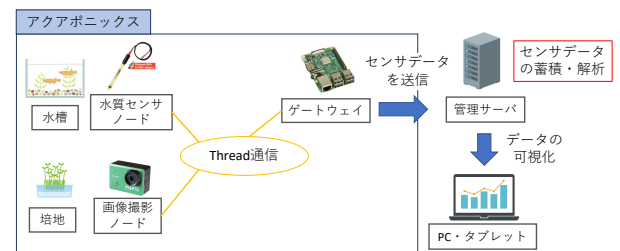


図 1. 提案システムの全体像

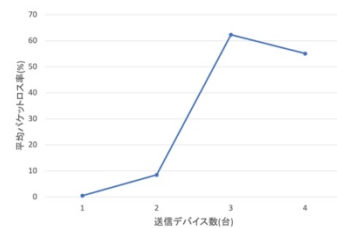


図 2. 送信デバイス数とパケットロス率の関係

るように、デバイス数が増加することで、パケットのロス率が上昇している。

また、提案する糖度の推定手法の有効性を評価するために、一定照明環境下で 32 枚の小松菜の葉を撮影し、手動で計測した糖度を正解として構築した機械学習モデルによる推定精度(RMSE)を評価する。本実験の結果を表 1 に示す。本研究で採用した 2 種類のモデルの中では、SVR で作成したモデルが最も推定精度が高くなっている。

表 1. 機械学習による糖度の推定精度

	決定係数	RMSE
重回帰分析	0.413	0.742
SVR	0.345	0.500

## 4. まとめと今後の予定

本研究では、アクアポニックスを支援するためのセンサネットワークシステムを提案し、基本的な通信性能と生育度に関する指標の推定精度を評価した。今後は、多様なセンサノードを収容できる無線通信技術を検討するとともに、水質と野菜の糖度の相関関係を解析することで、適切な水質環境を保持するシステムについて検討する。本研究開発は総務省戦略的情報通信研究開発推進事業 SCOPE(受付番号 JP225006003)の委託を受けたものです。  
**参考文献**

[1] 蔦瑞樹 “近赤外分光イメージングによるメロンの糖度分布可視化” 映像情報メディア学会誌 vol.56, 2002 年 12 月