みかえる　～みかん栽培を変える～

令和 7 年 11 月

鳥羽商船高等専門学校
情報機械システム工学科
山田和汰　荻田龍斗
松岡洸希　和田謙吾

1. 背景

三重県南牟婁郡御浜町では、温暖な気候とみかん生育に適した自然環境を有し、多種多様なみかんが一年中生産されており、地域を代表する重要な産業となっている。しかし近年、生産者の高齢化と深刻な担い手不足が進行しており、農家数の減少に歯止めがかからない状況にある。これは、産地としての持続可能性を脅かす根本的な課題である。

この持続可能性の危機は、「栽培」「保管・流通」「販売」という生産プロセスの各段階に存在する、以下の 3 つの複合的な課題によって一層深刻化している。第一に、栽培技術の継承問題である。みかん栽培は、気象条件の把握や収穫適期の判断など、熟練生産者が持つ長年の経験と勘に依存する部分が大きい。高齢化により引退が進む中で、これらの暗黙知を新規就農者へ円滑に継承する仕組みが確立されておらず、技術の断絶が危惧される。第二に、流通過程における品質管理である。収穫されたみかんは、保管・輸送環境の温湿度管理が不十分な場合、品質が劣化するリスクを抱える。これは生産者の収益性低下に直結する。第三に、無人販売業務の負担である。特に小規模な生産者にとって、栽培作業と並行して行う無人販売所の在庫管理、商品補充、売上回収といった作業が 1 日に複数回発生するため、大きな時間的負担となっている。

これらの課題を放置すれば生産効率の低下と収益性の悪化を招き、地域産業の衰退は避けられない。したがって、産地の持続的発展を実現するためには、デジタル技術を活用し、これらの複合的な課題を包括的に解決する新たな仕組みの構築が急務である。

2. 目的

本プロジェクトは、「背景」で述べた御浜町のみかん産業が抱える「栽培」「保管・流通」「販売」の各段階における複合的な課題を解決し、みかん産業の持続的な発展に貢献することを目的とする。

この目的を達成するために、LPWA(Low Power Wide Area)の一種である LoRaWAN 通信基盤を導入し、栽培プロセスを一貫して支援する以下の 3 つのシステムを開発した。

1.「Weather Station」(栽培の課題解決)

2.「スマートコンテナ」(保管・流通の課題解決)
3.「スマート無人販売所」(販売の課題解決)

これらのシステムは、個々の農作業の負担を軽減するだけでなく、データに基づいた客観的な栽培管理や品質管理を可能とし、「栽培の効率化」「果実の品質向上」「次世代への技術継承」「担い手の手作業負担軽減」に貢献する。最終的にはこれらの活動を通して生産者の収益性を高め、地域農業の持続可能性の向上に貢献することを目指す。

3. プロジェクト内容

「背景」で述べた課題を解決するため、以下の 3 つのシステムを開発した。(付録:図 1)

3.1 Weather Station （「栽培」の課題解決）

■ 目的

これまで熟練生産者の経験と勘に大きく依存していたみかん栽培に対し、圃場の気象環境を自動測定・記録する。これにより、データに基づく客観的な栽培管理を支援し、栽培の最適化と次世代への技術継承をサポートする。

■ 機能

温湿度、降水量、風速、風向を測定し、クラウド上で一括管理する。生産者はダッシュボードから、スマートフォンや PC でリアルタイムに圃場状況を確認できる。(付録:図 2)

3.2 スマートコンテナ （「保管・流通」の課題解決）

■ 目的

輸送中の温湿度管理不備による品質劣化の課題に対し、コンテナ内の輸送環境を監視・記録する。これにより、流通過程における品質保証を確立し、みかんのブランド価値と付加価値の向上を目指す。

■ 機能

コンテナ内部の温湿度と位置情報を測定し、クラウド上で一括管理する。生産者はダッシュボードを通じて、輸送状況をリアルタイムに追跡・確認できる。(付録:図 3)

3.3 スマート無人販売所 （「販売」の課題解決）

■ 目的

生産者の大きな負担となっている無人販売所の運営に対し、在庫状況の遠隔監視と盗難防止機能の強化を行う。これにより、補充作業の最適化を通じて、生産者の運営負担を軽減することが期待される。

■　機能

人感センサが購入者を検知した際にシステムを起動し、重量センサで在庫量を、硬貨センサで売上を測定し、クラウド上で一括管理する。データはダッシュボードで可視化され、生産者は在庫・売上状況をリアルタイムで確認できる。在庫が設定値を下回った際は、生産者へ自動で通知が送信される。また、現金が投入されずに重量が減少した場合(盗難)は、ブザーで警告を行うと同時に、生産者へ通知する。(付録:図 4)

4. 昨年度との比較

本プロジェクトは昨年度開発したシステムをベースに、実証実験で得られた生産者からの具体的なフィードバックを反映し、実用化に向けた改良を行ったものである。主な変更点は以下の通りである。

4.1 Weather Station

課題：昨年度の 4 カ月間の長期運用テストの結果、より過酷な屋外環境での長期運用に耐えうる、さらなる耐久性の確保が課題となった。

改良：筐体および内部基板を全体的に再設計し、システムの耐久性・信頼性を向上させた。

4.2 スマートコンテナ

課題：生産者から「筐体の形状が原因でコンテナを積み重ねることができず不便である」との具体的な指摘があった。

改良：コンテナの積載を可能にする形状に筐体を全面的に見直した。また、輸送中の振動による接触不良を防ぐため、基板も再設計し、信頼性を高めた。

4.3 スマート無人販売所

課題：生産者から「盗難被害への対策」および「商品台が重量センサの 1 点支持であり、不安定である」という 2 点の改善要望が寄せられた。

改良：防犯対策として、新たにコインセレクタとブザーを導入。また、在庫測定の安定性を向上させるため、重量センサを 1 点から 2 点に増設した。

付録:表 1 に、昨年度からの主な改良点を表形式でまとめた。

5. 実証実験の流れ

開発した各システムについて、以下の要領で実証実験を行う。

5.1 Weather Station

場所：紀南果樹研究室(三重県南牟婁郡御浜町志原 2327 番地)

期間：1 週間

実施概要：30 分間隔で気象情報(温湿度、降水量、風速、風向)が正常に取得・記録され、ダッシュボード化できるかを検証した。(付録:図 5)

5.2 スマートコンテナ

場所：御浜町内の生産者協力による巡回車両

実施概要：実際の輸送環境を模擬し、1 分間隔でコンテナ内の温湿度および位置情報を取得。これらのデータから輸送経路の温度ヒートマップが作成可能かを検証した。
(付録:図 6)

5.3 スマート無人販売所

場所：御浜町内の無人販売所

期間：1 日間

実施概要：人感センサによる起動、在庫・売上データの取得、および盗難検知機能(現金未投入での重量減少時にブザー警告と通知)が正常に動作するかを検証した。
(付録:図 7)

6. 結果

6.1 Weather Station

紀南果樹研究室で実施した実証実験の結果、温湿度、降水量、風速、風向等の気象情報は周期的に正常に取得され、Google Spread Sheets へ問題なく記録されていた。さらに、蓄積されたデータは Grafana のダッシュボード上に意図通りに反映され、リアルタイムでの可視化が可能であることが確認できた。(付録:図 8、図 9)

6.2 スマートコンテナ

町内を巡回した実証実験において、輸送中のコンテナ内の温湿度および GPS は正常に取得され、Google Spread Sheets へ記録された。これらのデータを用いて、Grafana による時系列グラフ(付録:図 10)と輸送経路における温度・湿度の変化を示すヒートマップの両方を正常に作成可能なことが確認できた。(付録:図 11、図 12)

6.3 スマート無人販売所

無人販売所での実証実験において、在庫・売上データが正しく取得され、Google Spread Sheets に書き込まれることが確認できた。また、在庫・売上データが Grafana にも正常に反映されていることが確認できた。(付録:図 13)

7. 考察

本プロジェクトでは、みかん産業が抱える課題に対し、LPWA 通信技術を活用した 3 つの支援システムを開発し、その有効性を実証実験によって検証した。
実験結果から、開発した各システムが、それぞれの目的に沿ったデータを正常に取得し、クラウドへ送信し、可視化可能なことを確認した。これは、本プロジェクトの技術的な実現可能性が実証されたことを示すものである。

各システムの導入がもたらす意義は「背景」で提示した課題と明確に対応している。Weather Station は、これまで生産者の経験と勘に大きく依存していた栽培管理を、データに基づいた客観的なものへと転換させる第一歩となる。これにより、作業の最適化だけでなく、新規就農者への円滑な技術継承が可能となり、担い手不足という根本課題への貢献が期待される。

スマートコンテナは、流通過程の品質を「見える化」する。これは、御浜町産のみかんのブランド価値向上と、生産者の利益増加に直接的に繋がる。品質の可視化は、消費者からの信頼獲得にも不可欠である。
スマート無人販売所は、販売業務の負担を大幅に軽減し、生産者が栽培など、より付加価値の高い作業に集中できる環境を創出する。これは、高齢化が進む生産者にとって現実的な負担軽減策である。

一方で、今後の実用化に向けたさらなる発展可能性も明確になった。本プロジェクトではデータの「収集と可視化」までを実証したが、今後は蓄積されたデータを分析し、収穫時期の予測モデルの構築など、より高度な判断を支援する仕組みへと昇華させる必要がある。

総じて、本プロジェクトでは御浜町のみかん産業が直面する複合的な課題に対して「栽培」から「販売」までを一貫して支援する具体的な技術的解決策を提示し、その実現可能性を実証した点で大きな意義を持つ。今後は実用化に向けて進めることで、地域農業の発展に大きく貢献できるものと結論づける。