

千葉県産地形成に向けたかんしょ栽培実証 (スマート農業実証プロジェクト)



日本工業大学・教授 **平栗** ひらぐり たけふみ **健史**

日本工業大学・准教授 **清水** しみず ひるゆき **博幸**

千葉県担い手支援課・上席普及指導員 **熱田** あつた けいすけ **圭佑**

千葉県香取農業事務所・普及指導員 **吉野** よしの まさと **雅人**

1. はじめに

千葉県の主要作物であるかんしょは、生産農家の高齢化とともに作付面積の減少が続いている。平成30年度に印旛・香取農業事務所で産地の現状分析をした結果、今後5年間でかんしょ生産者数、栽培面積ともに88%に減少することが予測され、省力化による負担軽減、生産効率向上、所得向上、担い手への農地集約と大規模化推進などが急務となっている。特に生産地における規模拡大促進は、その地域に適したスマート農業技術を活用することが重要であり、産地内の農家はその技術をシェアリングするモデルが望ましい。

このような背景から、農研機構（農林水産省）が推進する「スマート農業実証プロジェクト（スマート農業産地形成実証）」^[1]の課題に対し、千葉県地域実装に向けたかんしょ栽培実証コンソーシアムを設立して、2年間、実証課題に取り組んできた。具体的には、大規模農業法人を中心とした千葉県かんしょ研究会を発足させ、かん



図1 実証区・芝山農園の圃場

コンソーシアム参画生産者（千葉県かんしょ研究会）として千葉県香取市の（株）芝山農園は、かんしょ試験区として1haの露地栽培を行っている。その他、かんしょ研究会メンバーとして大網白里市のNPO法人ジョブファームも実証に参画している。

しょ研究会の圃場による実証区・慣行区(図1参照)で、各種スマート農業技術の開発と実証を行ってきた。例えば、自動高さ調整型つる刈り機、AIによる自動サイズ判別装置、貯蔵庫内の見える化による在庫判別システム、さらに各種環境・作業データを活用した腐敗率情報に基づく販売支援などがあり、これらの開発・実証は、産学官連携によって進めてきた。最終目標は、生

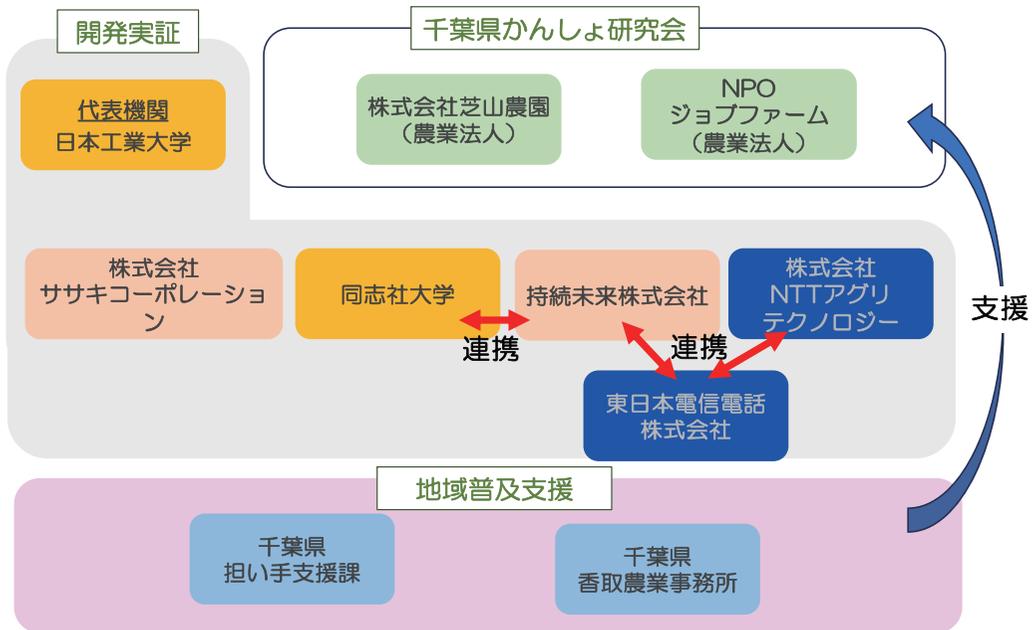


図2 かんしょ栽培実証コンソーシアムの体制

代表機関は日本工業大学とし、開発実証も兼ねる。(株)ササキコーポレーション、同志社大学、持続未来(株)、NTTアグリテクノロジー、NTT東日本千葉支店が開発実証を行い、実証圃場として、芝山農園とジョブファームが参画し、千葉県かんしょ研究会を構成。千葉県・担い手支援課と香取農業事務所は、かんしょ研究会を含む地域かんしょ農家の支援を行う。

産から出荷までのサプライチェーンにおける農作業の効率化、シェアリングモデル化、生産者の利益向上を実現することである。

2. コンソーシアムの体制と実証概要

かんしょ栽培実証コンソーシアムは、図2に示すように、日本工業大学が代表とりまとめを行い、千葉県内の農業法人である芝山農園^[2]とジョブファーム^[3]が千葉県かんしょ研究会と称して実証に参画した。また、スマート農機の開発は、ササキコーポレーション、同志社大学、持続未来、NTTアグリテクノロジー、NTT東日本千葉支店が行い、開発したスマート農機を用いて実証すると共に、千葉県担い手支援課と香取農業事務所がかんしょ研究会での実証を支援した。また実証後は、周辺地域において、開発したスマート農機のシェアリ

ングに取り組み、かんしょ栽培の産地形成を進める予定である。このように、大学、企業、千葉県庁関連部署が参画した産官学連携のコンソーシアムで実施した。

開発実証は4項目あり、図3に示すように、収穫時には、実証①：自動高さ調整型つる刈り機（ササキコーポレーション）により自動的に高さ調整をしながらつるを刈ることで省力化を図る。かんしょの収穫（掘り起こし）は、実証②：AI機器による収穫量・サイズ判定技術（日本工大、同志社大）により、AIカメラでサイズ、個数を識別しコンテナごとの収穫量をデータベース化する。さらにコンテナごとのデータベースは、実証③：在庫管理システム（持続未来、NTT東）と連携する。収穫したかんしょは、クラウド内のデータベースにコンテナごとに管理され、遠隔で貯蔵庫の

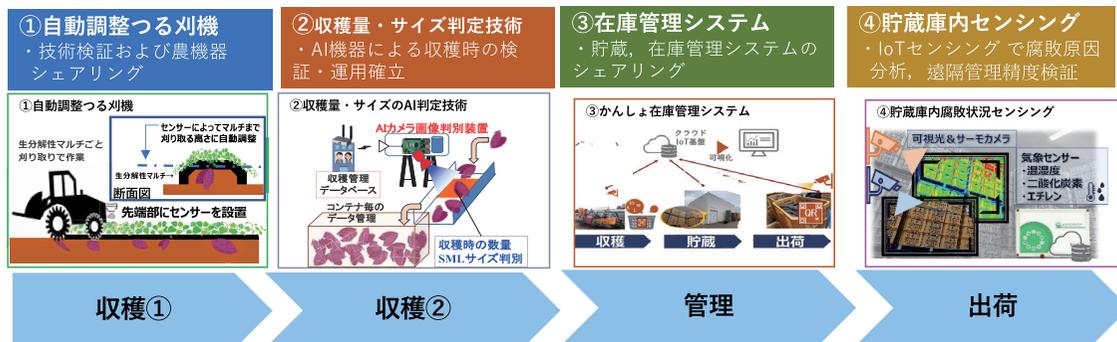


図3 開発実証の項目と収穫から出荷までの流れ

実証①～④までの開発項目があり、収穫から出荷までに応じた実証を行う。自動高さ調整型つる刈り機とAIカメラによる収穫量サイズ判定技術は収穫時に用いられ、収穫後の在庫管理は貯蔵庫内がデータベース化されると共に、スマートフォンなどのタブレットでも確認が可能となる。貯蔵庫内はセンサーやサーモカメラによりかんしょの腐敗状況も監視が可能となる。これらを一連のシステムとして運用することを目指す。

在庫状況から出荷まで情報が取得でき、これらは複数の農家で情報をシェアリングすることも可能となる。実証④：貯蔵庫内のセンシングによる腐敗原因分析（NTTアグリ）の結果は、出荷時の販売支援に役立てることを想定して、収穫から出荷までの一連の仕組みをシステム化したサプライチェーンを目指すことでまさに産地形成によるスマート農業を提供することが期待できる。

3. 開発実証と実施成果

各開発実証の詳細と成果について説明する。実証期間は2年間であり、現在（2月時点）、最終年度の実証が継続して進められているため、最終的な実施成果はしばらく先であり、現時点での紹介となる。

実証① 自動高さ調整型つる刈り機の開発と検証

つるの刈り取り時には、生分解性マルチの粉碎を考慮して駆動力を増強させ、自動高さ調整機を備える事により、つるの根本を刈る作業とマルチ除去作業を同時に自動で実施できる技術を開発し、労働力削減に

よる敷地面積拡大および、定植タイミングの調整による複数生産者でのシェアリングにより省力化と効率化を図る。

開発した自動高さ調整つる刈り機は、図4のようにトラクタ後方に装着可能な構成とし、畝高さを検知することができるセンサーをトラクタ後方に設置する仕様としている。図5は実証風景であり、自動高さ調整機構部は正常に動作することで、つる刈後のマルチ回収や刈残しの鎌入れ作業は不要となった。図6は実証区と慣行区の作業時間の比較を示したものである。慣行区では

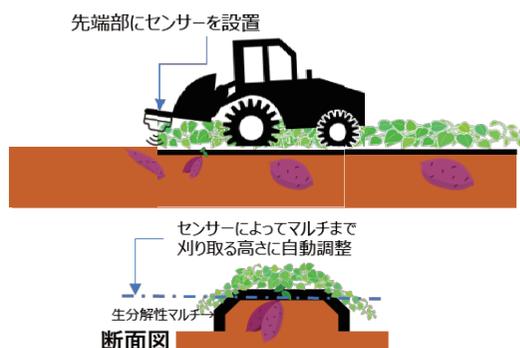


図4 自動高さ調整型つる刈り機の開発

畝高さをセンサーなどで計測し自動的に高さを調整しながらつるを刈り取る。この際、生分解性マルチも同時に取り除くことで、手作業による刈残しやマルチ除去作業が無くなるため、大幅な作業時間の軽減となる。



図5 自動高さ調整型つる刈り機の実証風景

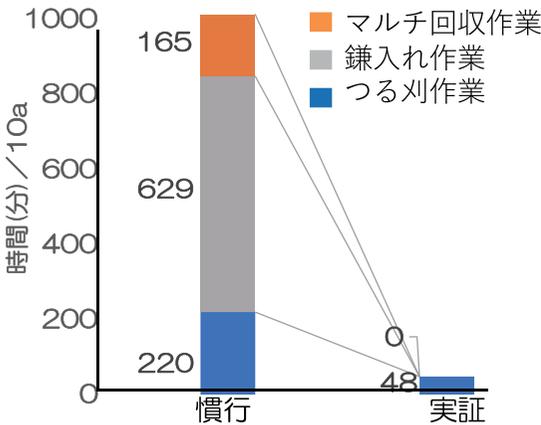


図6 実証区と慣行区での作業時間比較

既存のつる刈機を用いており、つる刈だけでなく、鎌入れが大きな作業時間を占めているが、これらの作業が完全に削減（95%の時間短縮）できることは、省力化として大きな効果が得られたと言える。

実証② AI機器による収穫量・サイズ判定技術

AIカメラによる自動判定技術により、かんしょの収穫時に、コンテナに入るかんしょの個数およびサイズ（S/M/L）を判定し、コンテナごとのかんしょ収量をデータ化する。この情報データを一元管理することにより、貯蔵から出荷までの運用・管理に役立てる。AI自動判定用カメラは図7のようにかんしょ収穫農機（ポテカルゴ）に設置する。ポテカルゴ^[4]は、かんしょ

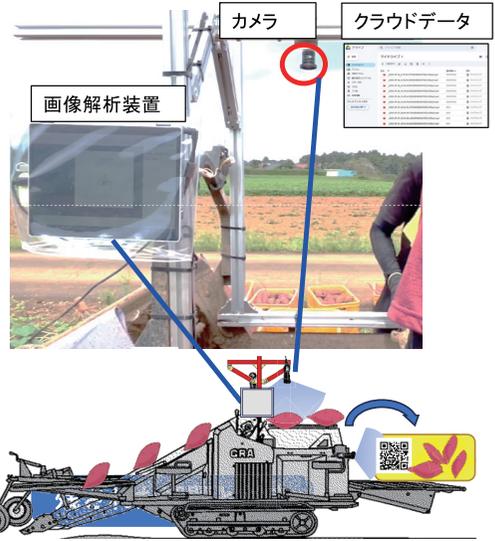


図7 収穫量・サイズのAI判定の開発
かんしょ収穫専用機のポテカルゴにAIカメラ判定機を実装。リアルタイムでかんしょのサイズと個数を判定し、同時に、無線通信でクラウド上に保存する。

を土から掘上し、コンテナ詰めを一貫作業で行える農機であり、掘上後にベルトコンベアー上を流れてくるかんしょに対してカメラで画像を撮影する。撮影された画像データから、リアルタイムでAIによりサイズと個数を識別し、外部のクラウドサーバにデータを転送する。この際、コンテナにはQRコードが付けてあり、別のカメラでQRを読み取ることで、コンテナIDを識別する。サイズ・収量は、このコンテナIDごとに紐づけて管理し、貯蔵庫でもコンテナごとの内容物がデータベースとして確認することが可能となる。

また、AIカメラによる判別は、機械学習のYOLO（You Only Look Once）^[5]と呼ばれる手法を用いる。最初に約2000枚のかんしょ画像を収集し、画像処理と学習を行う。学習された画像を元に、カメラ撮影した画像の形状からかんしょの物体を識別し、さらに大きさなども分類する。図8に

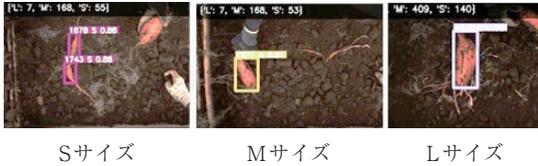


図8 機械学習によるサイズの判定

分類時には、バウンディングボックスと呼ばれる四角い箱で、物体を囲い込み、更に、S/M/Lの判定結果と正解率が表示される。

分類している様子を示す。正解率は90%以上であり、高い精度でかんしょの分類を実現した。

実証③ 在庫管理システム

従来の収穫後における農家での貯蔵方法では、どの規格（S/M/L）のかんしょがどれだけコンテナに入っているか、収穫直後には把握していなかったため、販売交渉では、バイヤーからもリスクを取られ低価格での取引がされる傾向にあった。そこで、AI自動判別技術と在庫管理システムをクラウド上で情報を組み合わせることで、在庫量把握、販売量の計算に役立てる。

具体的には、図9に示すようにコンテナに固有のQRコードを付加し、上述したAI判定結果情報にタグ付けすることで、一連の管理を行う。すなわち、貯蔵庫において

もコンテナの位置とコンテナの内容物がクラウドのデータベース上では管理されており、これらの情報を用いて集荷時の取引などに役立てることが可能となる。一例として、AI判定機で得られた一畝当たりの収穫物の割合を調べたところ921個のかんしょが収穫され、その内訳は、Sサイズ298個（32%）、Mサイズ536個（58%）、Lサイズ87個（10%）であった。実際、サイズごとのkg当たりの単価は、Sサイズ：160円、Mサイズ：210円、Lサイズ：140円で販売できるところ、従来は、10a当たりのバイヤー平均取引価格の150円/kgとされていた。今回判別したサイズと個数の価格に従うと、 $205円 (S : 125円 \times 0.32 + M : 250円 \times 0.58 + L : 190円 \times 0.10)$ で販売が可能となる。すなわち、貯蔵庫にある実際の在庫の内訳が見えることで、適正な価格の約200円/kg程度で販売交渉を行うことが期待できる。

さらに、これらの情報は、スマホやタブレットでも確認できるSNS（Social Networking Service）との専用アプリ（図10参照）を開発し、栽培農家はいつでも

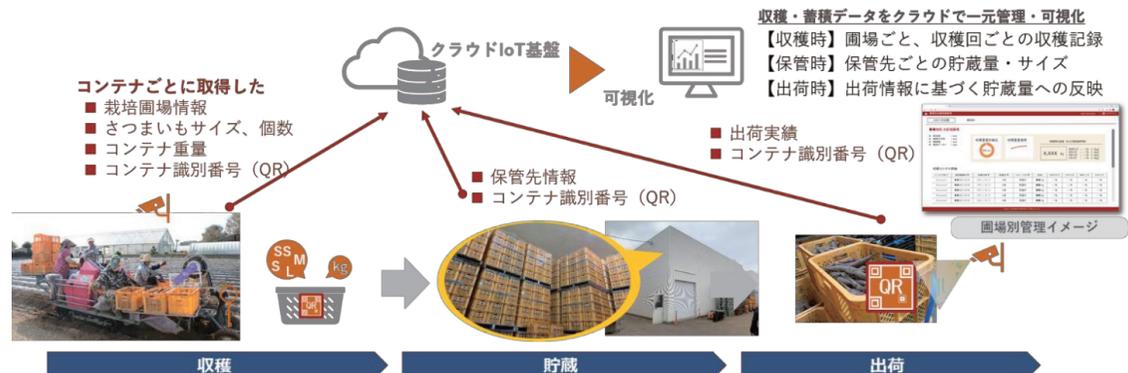


図9 かんしょ収穫・貯蔵量の統合型在庫管理システム

収穫時のAI解析技術による個数カウント・サイズ判定技術と連動させ、QRコードによるコンテナIDを活用し、これらの情報をクラウド上で管理する。収穫から貯蔵、出荷まで一連の流れでトレースすることができるため販売にも有利に交渉が可能となる。

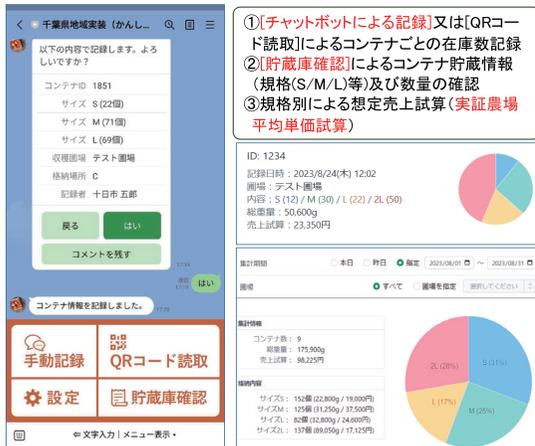


図10 LINEアプリによる在庫管理システム

誰でも管理情報にアクセスして確認することができる。また、チャットで農家同士の情報交換も容易に行うことができ、データベース (DB) 情報から売上試算などの算出もするため、非常に利便性の高いシステムとして完成した。

実証④ 貯蔵庫内のセンシングによる腐敗原因分析

貯蔵庫内には、IoT (Internet of Things) センサが設置され、温湿度、CO₂濃度、エチレン、カメラ (定点)、サーモカメラなどの環境データが収集される。本実証では、これらのデータを元にかんしょの管理状態を分析することを試みた。図11は、サーモカメラによる解析の例であり、腐敗が始まると、温度が上昇していることが確認できる。このように貯蔵庫内のコンテナごとの腐敗状況をデータ可視化することで、遠隔にてクラウドサーバ上で確認出来るようにし、さらに、貯蔵庫内の異常 (高温/低温等) を検知した場合にアラート通知によって迅速に対処できることが可能となった。このような貯蔵庫内の監視機能は、利用方法として、環境異常の検出

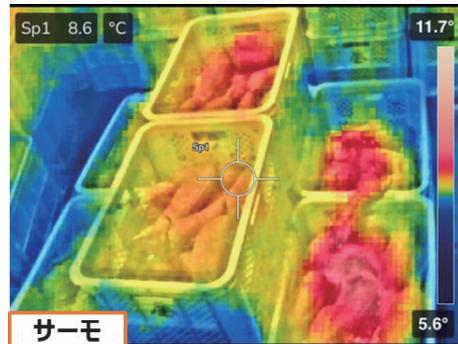


図11 サーモカメラによる確認
腐敗が進行しているかんしょの温度変化を観測。

だけでなく、腐敗の進みが早いコンテナから先行して出荷することで、かんしょの廃棄率を下げる事ができ、収益向上にも大いに期待ができる。ただし、本実証実験においては、サーモカメラによる腐敗の早期検出により他のかんしょに腐敗が広がる前に早期対処ができています。廃棄量は240コンテナ中2コンテナ分であり腐敗率を0.8%まで削減することに成功した (通常の5%から4.2%分の腐敗率削減を達成)。

4. おわりに

本かんしょ栽培実証は、令和4年度に農林水産省・農研機構が推進するスマート農業実証プロジェクト (スマート農業産地形成実証) の課題として採択され、令和5年度までの2年間実施された結果である。本

誌における報告は、令和6年2月時点での実証結果であり、現在も残り2か月の実証を継続中である。

本実証終了後の取り組みとしては、産地内への普及を進めるために、芝山農園と同等の大規模生産者、労力面が規模拡大の制限要因となっている中規模農家、新規就農で設備投資が追いつかない小規模農家とのシェアリングを行い、各経営規模におけるシェアリング効果を検証することを計画している。なお、本プロジェクトで開発された機械・システム等の供給体制については定まっていないものが多い。自動高さ調整つる刈機においては、量産化されるには一定の需要が必要となるため、香取地域に限らず茨城県等他地域にも周知を行い、需要を調査していくことが望ましい。したがって、実演会等の情報交換や普及活動を千葉県にとどまらず、隣県の茨城県とも連携し、より広域への周知を図ることが望まれる。将来は、スマート農業として持続可能な省力化だけでなく、農家が本当に儲かる農業として、本プロジェクトの成果が活用されることを期待したい。

謝辞：

本実証課題は、農林水産省（事業主体：農研機構）「スマート農業実証プロジェクト（スマート農業産地形成実証）（課題番号：畑4C3、課題名：千葉県地域実装に向けたかんしょ栽培実証）」の支援により実施されました。

引用文献（参考文献）

- [1] スマート農業実証プロジェクト（スマート農業産地形成実証）の採択：https://www.naro.go.jp/project/research_activities/laboratory/naro/152049.html.
- [2] 芝山農園：<https://shibayama-f.com/>
- [3] NPO法人・ジョブファーム：<http://sun.gmob.jp/jobfarm/>
- [4] ポテカルゴ：https://www.niplo.co.jp/products/products_dt.php?id=126
- [5] Redmon, J., and Farhadi, A. "YOLOv3: An Incremental Improvement," *Computer Vision and Pattern Recognition (cs.CV)*, DOI: 10.48550/arXiv.1804.02767, Apr. 2018.