

# スマートフードチェーンによる野菜生産強靱化の実証

(株)サンライズファーム西条 (愛媛県西条市)

## 背景及び取組概要

〈実証面積: 10ha〉 〈実証品目: タマネギ、レタス、キャベツ〉

○ 露地野菜生産を対象に、人工知能を活用したフードチェーンのトータル管理システムを構築

- ① スマート化に関する自動運転トラクタ等の最新機材、計測装置、データベース及びAI解析技術等を導入し、野菜栽培の育苗、栽培、収穫、貯蔵、加工、販売の各工程の作業を効率化。
- ② 生産計画、販売計画について、各種データを用いたAIによる解析を行い、次の生産計画にフィードバックすることにより経営を健全化。
- ③ 本実証で得られた成果を、西条市における露地野菜栽培において普及。

## 導入技術

### データに基づく生産計画作成

・推定利益を最大化する生産計画を出力する数理モデル(人工知能)の構築



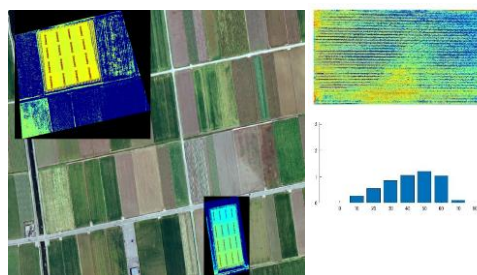
### 自動運転トラクタ等の機械化

・自動運転トラクタ等の導入による労働時間の短縮



### 各種センシングシステム

・ドローンによる圃場のSPAD値推定に基づく施肥マップ作成  
・環境センサーや画像センサーのモニタリング



### 貯蔵加工出荷調整の最適化

・カット野菜の鮮度保持日数を5日保証から6日保証へ延伸  
・タマネギ乾燥処理の最適化による腐敗率の低減

規格値	栽培法	種バラチ切りmm			玉ねぎ70x7mm		
		5日後	6日後	7日後	5日後	6日後	7日後
鮮性	従来法	○	○	○	○	○	○
	新法	○	○	○	○	○	○
3000個/g以下	従来法	○	△	×	○	×	×
	新法	○	○	○	○	△	×
鮮性	従来法	○	○	○	○	○	○
	新法	○	○	○	○	○	○
10 <sup>4</sup> 個/g以下	従来法	○	△	×	○	×	×
	新法	○	○	○	○	△	×
なし	従来法	○	○	○	○	○	○
	新法	○	○	○	○	○	○

生産計画

耕起・播種

栽培・収穫

貯蔵・加工

流通・販売

次期  
生産計画へ

## 実証課題の達成目標

達成目標1. 栽培における野菜の高品質化

規格品(L玉で大きさがそろったもの)の割合が、現在70%程度であるが、これを90%以上とする。

達成目標2. 栽培における作業の効率化

作業効率1.25倍を目指す。

達成目標3. 栽培における労力の軽減

作業時間を3割削減する。

達成目標4. 貯蔵・加工における野菜の高品質化

貯蔵期間3ヶ月での腐敗率を現在の15%から5%以下にする。加工の鮮度保持日数を1.25倍にする。

達成目標5. 貯蔵・加工における作業の効率化

加工作業効率を1.2倍を目指す。

達成目標6. 出荷ロスの低減

出荷ロスを10%以下にする。

達成目標7. 最終目標

以上の取り組みにより、経営全体においてコストを2割以上削減し、売り上げを約1.5倍、それによる収益を1.5倍以上に増やす。

## 各研究項目の現在の達成状況

○達成目標1については、多元的植物生体情報画像計測システムによる活着不良苗の置換を行うことで、生育不順の抑制を試行したが、レタスの活着不良がほとんど生じなかった。初期成育不良苗の置換により、土地生産性の低下を約28%低下から約10%低下に抑制した。

○達成目標2については、自動運転トラクターについて協調耕耘によりオペレーター1名による2台作業が可能となったことや、動力運搬台車の導入により、キャベツを100コンテナ収穫する場合の作業効率は2.18倍となったこと等から、目標を達成した。

○達成目標3については、自動運転トラクターと既存トラクターの協調耕耘により、作業時間を23%削減できたことや、施肥・畝立てマルチャーについて作業時間を53%削減できたこと、自動杭打ち機について一畝当たりの作業時間を26%削減できたこと等から、目標を達成した。

## 各研究項目の現在の達成状況(続き)

○達成目標4のうちタマネギ乾燥については、人工知能から得られた最適な乾燥温度制御法をJA乾燥施設に適用し実証した結果、コンテナ内の通気が不十分で、また雨天日が例年より多かったため、腐敗率が20%（コントロール80%）となり目標達成できなかった。一方、恒温恒湿器を用いた基礎実験では腐敗率が5%（コントロール10%）となり目標達成できた。

加工の鮮度保持日数延長については、令和2年度には従来の5日から1日延ばし6日とすることができ、1.2倍にすることができた。令和3年度はキャベツ、タマネギ共に全国的に天候不順による不作の年であり、良質な原体を仕入れることが困難で、品質の悪いものが大量に混入したため延長することができなかったが、原料の良い品については概ね目標を達成した。

○達成目標5については、機械化やレイアウトの変更による導線見直しなどを進めた結果、月あたり生産数量は約1.4倍となり、目標を達成した。

○達成目標6については、植物生体情報に基づく生育診断により、生理障害および病虫害を早めに検知し、その対策を取ることににより、生産ロスを10%以下にする計画であったが、初年度の検討において、病害の発生が葉の内側にあり、外部からの把握が極めて困難ということが分かり、本実証における対策の対象外とした。

なお、ドローン技術を用いた追肥診断では、診断結果に基づく追肥を行った結果、本追肥を行った実証圃場においては、慣行圃場と比較し16%増加した単収が得られた。

また、生産計画用の人工知能の構築では、慣行の方法で策定した生産計画と比較してシミュレーションベースで売上高6.8%増、また、令和3年8月から12月末までの5か月間の実績は、参考値で前年同時期対比で売上高30%増となったことから、概ね目標を達成した。

○最終目標である達成目標7については、生産計画から栽培（育苗・定植・栽培）、貯蔵・加工に至るまでのスマートフードチェーンの上記取組において、それぞれ一定の成果が得られたが、異常気象により作物の品質低下や収量の減少、新型コロナ禍で外食需要が減少したこと等による影響が大きく経営改善には至っておらず、コスト、売上、収益共に目標を達成しなかった。

## 取組概要

キャベツ、レタス、タマネギの対象となる全ての作業について、スマート農機を導入することにより、以下の労力軽減に向けた実証を行った。

- ・自動運転トラクターの導入:労働時間の2割削減
- ・畝立て施肥の自動化による同時作業化:労働時間の2割削減
- ・収穫補助機器:作業効率1.1倍
- ・自動くい打ち機の導入:労働時間の2割削減

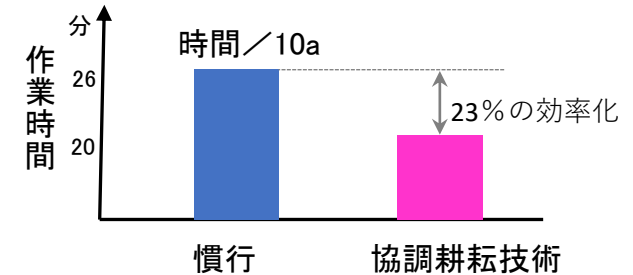
(実証面積) キャベツ6.5ha、レタス2.5ha、タマネギ1.54ha

(使用機器) 自動運転トラクター(TJV655R1ZWXH)、  
アタッチメントニプロSKL2200(作業幅2.2m)  
有人トラクタ 三菱60馬力、アタッチメント三菱RD200(作業幅2.0m)  
自動トンネル支柱打込み機(TPN-13FC)  
野菜運搬機(NG14AHW)  
乗用自動施肥畝立てマルチ張り機(YT-232JXUQ)



## 実証結果

- 有人・無人機の2台協調作業による耕起作業では、作業時間を慣行比で23%削減(トラクタの設定・運搬等の準備作業を含む。)



- 施肥・畝立てマルチャーについては、施肥と畝立ての工程を同時に実施するため、作業時間を53%削減
- 収穫補助機器については、キャベツを100キャリアー収穫する場合の作業効率は2.2倍
- 自動くい打ち機については、一畝当たりの作業時間は、熟練者で38分から28分に減少し、26%の時間節約

## 今後の課題 (と対応)

自動運転トラクターについては、1圃場の面積が50a以上で、かつ連坦圃場の場合でなければこれ以上の作業時間削減効果は期待できない。

## 取組概要

達成目標4の加工鮮度保持期間を1.25倍とする取り組みでは、キャベツ、タマネギについて、カット・洗浄工程を最適化することにより、従来の生産物や加工品と比較して、鮮度保持日数が平均で1.3倍の延長を目指して取り組んだ。

・達成目標:キャベツ7日保証(5日⇒7日保証、1.4倍)、タマネギ6日保証(5日⇒6日保証、1.2倍)として、平均1.3倍を目指す。

### <令和2年度の結果>

検査項目	規格値	殺菌法	キャベツ千切り1mm			タマネギスライス1mm		
			5日後	6日後	7日後	5日後	6日後	7日後
黄色ブドウ球菌	陰性	従来法	○	○	○	○	○	○
		新法	○	○	○	○	○	○
大腸菌群	3000個/g以下	従来法	○	△	×	○	×	×
		新法	○	○	○	○	○	×
大腸菌	陰性	従来法	○	○	○	○	○	○
		新法	○	○	○	○	○	○
一般生菌数	10 <sup>6</sup> 個/g以下	従来法	○	△	×	○	×	×
		新法	○	○	△	○	△	×
外観・におい	なし	従来法	○	○	△	○	○	○
		新法	○	○	○	○	○	○

○:合格, ×:不合格, △:バラツキあり

達成目標5の加工作業の効率化に取り組むには、機械化やレイアウトの変更による導線見直しなどを進め、作業効率1.2倍を目標として取り組んだ。

	生産数量 (ton/月)	労働時間 (時間/月)	製造人数 (人/月)
2019年度平均	104	5801	46
2020年度平均	122	5235	43
2021年度(～12月)平均	143	5351	42
2021年度/2019年度	137.5%	92.2%	91.3%

## 実証結果

令和2年度に、加工野菜の鮮度保持日数を従来の5日から1日延ばし6日とすることができ、1.2倍にすることができた。

令和3年度についても更なる鮮度保持日数の延長を目指して検討を行った。しかしながら、令和3年度はキャベツ、タマネギ共に全国的に天候不順による不作の年であり、良質な原体を仕入れることが困難で、品質の悪いものが大量に混入した。例年であれば6日保証できる方法でも5日保証が困難な状況となり、鮮度保持日数の延長は達成できなかったが、原料の良い品については概ね目標を達成した。

加工作業の効率化については、機械化やレイアウトの変更による導線見直しなどを進めた結果、月あたり生産数量は約1.4倍となり、一方、労働時間は8%程度の削減され、生産効率1.2倍とする目標を達成した。

## 今後の課題（と対応）

如何に良質な原体を確保するかが課題と考えられるため、今後は高い技術を持った農業団体との仕入れ契約および産地育成、仕入れ先の栽培指導・求める品質についての情報交換などを行い、仕入れ原体の品質向上と数量の確実性を確保する必要がある。一方、非破壊検査で内部の葉先枯れや腐れなど品質の確認を迅速にできるシステムがあれば導入の検討を行いたい。

## 取組概要

## 貯蔵・加工管理用の人工知能の構築

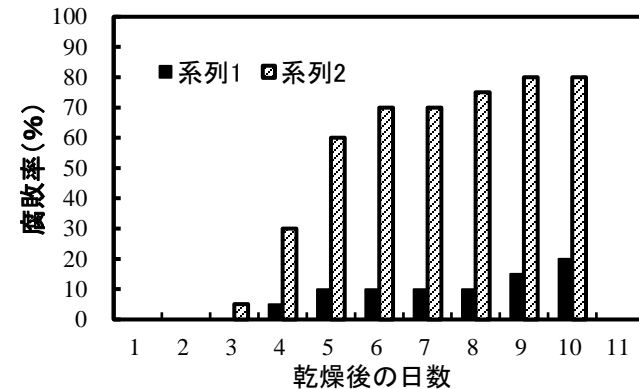
○人工知能により得られたタマネギの最適な乾燥温度制御法(1日目40、2日目35、3日目以降30℃)をJAの大型乾燥施設に適用し、乾燥後3か月目の腐敗率を5%以下にする実証を試みた。コントロールは通常30℃一定である。経過については、コンテナ連結部に隙間が生じコンテナ内部へ温風が流れない問題(風速=0)が発生した。このため、1日目は隙間をふさぐことでコンテナ内の風速をある程度(風速=0.3m/s)確保できたが、2日目にコンテナを継ぎ足すと再び隙間が生じて風速=0となった。以降は風速=0で乾燥させた。

○上記のような問題があった実証の補足として、風速がきちんと設定できる恒温器を用いた基礎実験も行った。

○JAの大型乾燥施設に対応し、現場で活用できるタマネギ乾燥法のマニュアルを作成した。

## 実証結果

○乾燥後3か月間の腐敗率は、コントロールでは1か月後から急激に増大し3か月後で80%となったが、最適制御では3か月後でも20%と低かった(下図)。しかし、腐敗率5%以下にできなかった。この原因はコンテナ内の通気が不十分であり、この時期雨がかなり多かったためと考えられる。



○基礎実験では、3か月後の腐敗率が最適制御で5%となり(コントロールは10%)、目標達成できた。

## 今後の課題 (と対応)

○コンテナ連結部の隙間の解消と本最適制御法の適用について、JAと相談し進める。

## 取組概要

圃場における対象作物（キャベツ、タマネギ、レタス）の推定SPAD値をドローンを用いて計測した画像から推定し、各圃場における生育のムラを可視化する。この情報を元に、生育の悪い部分に追肥を行い収穫量アップを目指す。

また、これを栽培期間を通じて行う事により、生育の状態の時間変化についても可視化することにより、西条市特有の水田との隣接かつローテーションによる栽培において、周辺の圃場の利用形態によって各圃場の水分状態の変化を可視化することが可能となる。この結果から目的圃場の水分状態を推測し、次年度以降の栽培における施肥のサポートに利用する。

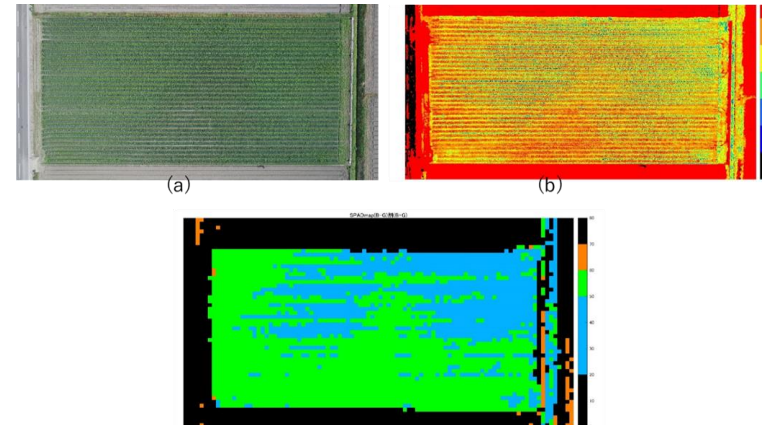
計測コストの削減を目的として、農家自身が現場において、小型ドローン（機体重量199g）の画像を撮影し、パソコンを用いて、推定SPAD値マップを作成し、生育の良否から肥料不足の場所を見える化するシステムを提供する。

## 今後の課題（と対応）

今後は、さらに小型のドローンの利用を考えるか、資格取得を推奨するかについては、今後の動向次第である。SPAD値マップを精査することによって、栽培者が直感で持っていた土壤水分の状態分布を示していることが解った。このことは、栽培計画において施肥量の決定と、追肥場所と追肥時期の推定の可能性を示唆しており、周辺環境を加味した栽培計画に利用できるよう改良を続けてゆく。

## 実証結果

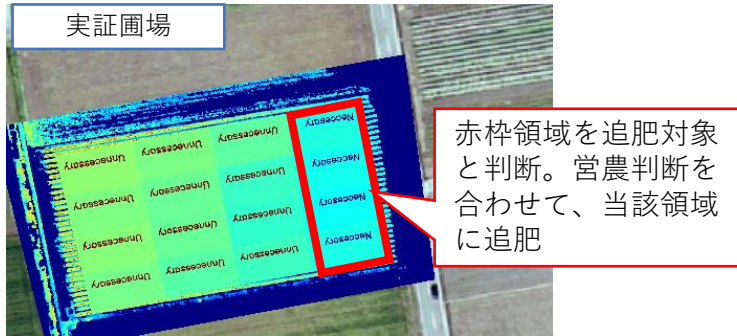
中型と小型（199g以下）のドローンを用いて画像計測を行った。中型のドローンは、計測画像をRGBの通常画像、OCN、RGN、RedEdge、赤外線画像である。これら画像から、キャベツ、タマネギ、レタスのSPAD値を推定するための式を求めた。つぎに、システムの低価格化を実現するために、小型ドローンをもちいた画像を、現場においてパソコンにセットすることでその場で、SPAD値を推定し、作物の生育状況をSPAD値マップで表すことができた、さらに、生育の状況から施肥が必要な場所を示す施肥マップを示すことができた。このデータは実証項目④においてAI等の解析に利用する事ができた。



キャベツ圃場のRGB画像 (a)、SPAD値マップ (b)、生育状態 (c)  
青は追肥が必要な場所を示す

## 取組概要

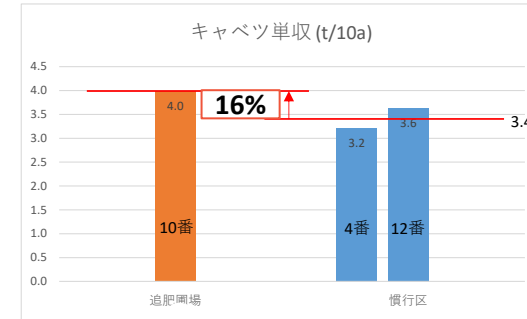
- SPAD推定値に基づく追肥マップの作成、および追肥マップに基づく適切追肥を行い、生産性の向上を実証した。



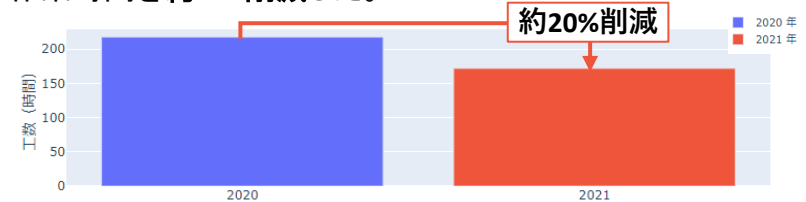
- 多元的植物生体情報画像計測システムを用いた初期成育不良苗の置換による、土地生産性の向上を実証した。
- Webカメラおよび環境センサーを用いて育苗施設を遠隔(在宅等)で監視し、10%の育苗施設訪問回数の削減を試行した。
- 労務・生産・販売データについて、電子ベースでの取得、解析を行う体制を構築した。  
※次ページの生産計画用の人工知能の構築の入カデータとしても活用

## 実証結果

- 追肥マップに基づく適切追肥を行った実証区で、慣行区と比較して**16%多い単収**が得られた。



- 初期成育不良苗の置換により、土地生産性の低下を約**28%低下**から約**10%低下**に抑制した。
- 遠隔監視により、訪問判断が必要となる冬期の育苗施設作業時間を約**20%削減**した。



- 得られた各種データから、月次または作期ごとに、労務量や生産性指標等の集計/可視化を行い、データに基づく営農支援を行った。

## 今後の課題 (と対応)

- ドローンデータおよび生産性データの継続収集による、追肥マップ作成精度の高度化と、作業性の向上を検討する。

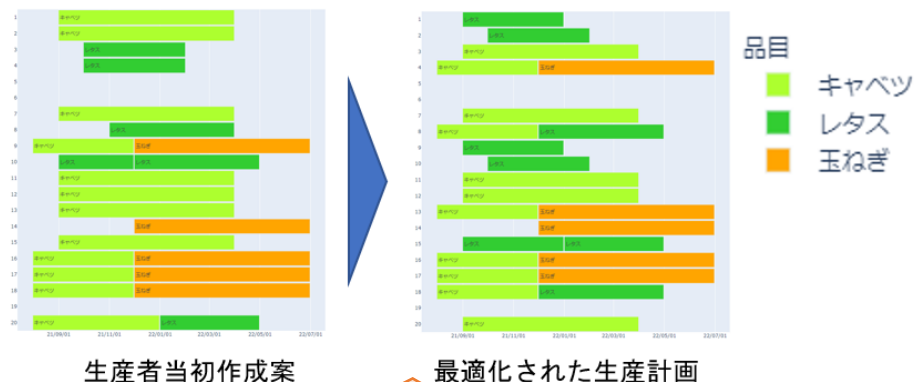


## 取組概要

- 数理モデルを用いた生産計画(いつどこに何を植えるか)の最適化を行い、策定した生産計画に基づく栽培を実施  
(実証範囲:18圃場、延べ約7ha)
- 収量や工数の見込み値は作業記録等の実データを基に作成
- 将来の販売単価は降水量の長期予報をインプットとした価格予測モデルを構築して作成
- 生産者とディスカッションを重ねて種々の制約条件等を追加
  - ・ 定植機の稼働限界による定植面積制約
  - ・ 包装機の稼働限界による収穫量制約
  - ・ 隣接する圃場の影響による面積補正
  - ・ 圃場の形状の影響により面積補正 等々
- 生産者が最適化を実行できるWebアプリを実装

## 実証結果

- 慣行の方法で策定した生産計画と比較すると、シミュレーションベースで**売上高6.8%増、利益7.0%増**の見込み
- 栽培開始後5カ月の実績で、前年同時期対比で**売上高30%増**



収益性の高いレタス(濃緑)の定植面積を22%増加

## 今後の課題 (と対応)

- データを蓄積し収量や工数の見込み値の精度を向上する
- 肥料や農薬の使用データも蓄積しこれらの経費を考慮した最適化を行う

実証を通じて生じた課題

今回の実証で導入したスマート農業機械・技術

	作業内容	機械・技術名	技術的な課題
1	耕うん・整地	自動運転トラクター (TJV655R1ZWXH)	障害物の感知が音波のみなので雑草・野鳥(サギ)
2	トンネル設置	自動トンネル支柱打込み機 (TPN-13FC)	打込機を操作するオペレーターの熟練が必要
3	収穫台車	野菜運搬機 (NC14AHW)	走行速度が若干遅い

# (実証成果 (全体)) 4. 実証課題で取り組んだスマート農業技術を普及するための今後の取組・考え方

## ○ 実証課題で取り組んだスマート農業技術を普及するための今後の取組・考え方

①ドローン計測およびSPAD値マップ作成については、現在、愛媛大学と県下農業高校との高大連携において実習を行っており、令和4年度からは愛媛大学の学生実験に組み込む予定である。また、育苗施設の遠隔監視についても、その組み立て・プログラミング・および温室の監視について、愛媛大学の実験実習に採用している。

また、ドローンによるSPAD値による診断サービスについては、愛媛大学がNTT西日本と共同で実用化にむけた調整を行っている。

②実証項目4記載の生育診断・労務分析については、露地作物の生産者を対象とした展開を検討している。今後、ドローンのオペレーターやクラウドサービスの提供者の決定や、サービス化時のデータ取得・分析・結果蓄積の担当の決定といった、アプリケーション提供に必要な体制の確立を行うため、コンソ内での協議をしつつ継続的に検討を行う。

③生産計画の最適化については、外部提供可能なWebアプリを実装し、かつ有用性やユーザビリティについて、生産者より好意的なフィードバックを受領している。複数品種の栽培を行っている大規模生産者をターゲットにしつつ、SAAS型のサービス展開を行うことを想定している。生育診断・労務分析の普及への取り組み同様、パートナー企業との座組を考えながら引き続き検討を行う。

④タマネギの乾燥については、隙間問題の解消と人工知能により得られたタマネギの最適制御法の効率的な適用についてJAと議論を進め、本制御法が可能な大型乾燥施設の改善を目指す。

○問い合わせ先

氏名: 日野智之

所属: 西条市西部支所産業建設課農林振興係

電話番号: 0898-64-3811

メールアドレス: hino1299@saijo-city.jp

本実証課題は、農林水産省「スマート農業実証プロジェクト」（事業主体：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構）の支援により実施されました。

農研機構スマート農業実証プロジェクトホームページ  
<https://www.naro.go.jp/smart-nogyo/>