

令和4年度デジタル技術を活用した青果物の供給可能量等  
の予測技術に関する国内外の状況等に係る調査報告書

【報 告 書】

2023年3月

株式会社富士通総研



## 【目次】

調査の背景・目的.....	2
調査の実施方法.....	3
第1章 国内における供給可能量等の予測技術とその活用事例.....	5
1-1 供給可能量予測の技術開発・実証にかかる概要.....	5
1-2 供給可能量予測の取組事例（産地）.....	22
1-3 供給可能量予測の取組事例（サービス提供者）.....	49
1-4 流通事業者の生産現場の供給可能量情報に対する要望.....	59
第2章 海外における供給可能量予測にかかる取組事例.....	65
2-1 調査対象国の抽出について.....	65
2-2 供給可能量予測に係る海外の取組事例.....	67
第3章 供給可能量予測にかかる将来展望.....	82
3-1 供給可能量予測技術の今後の展開について.....	82
3-2 青果物流通DXの実現に向けて.....	84

## 調査の背景・目的

---

近年、少子高齢化による就農人口の減少や農業資材・飼料の価格高騰などの影響を受け、日本の農業は非常に厳しさを増している。それに対する方向性の一つとして農林水産省では、農林水産業・食関連産業分野の DX (Digital Transformation) を実現するために「農業 DX 構想」(令和 3 年 3 月 25 日公表) を策定した。本構想の基本的方向である「発展著しいデジタル技術を活用したデータ駆動型の農業経営によって消費者ニーズに的確に対応した価値を創造・提供する農業への変革 (FaaS(Farming as a Service)) の実現に向けて、青果物の流通における DX の実現も重要な課題となっている。

農業は他の製造業と比べて、生物を相手に天候等の影響を受けつつ生産する特性があり、特に鮮度を要求される青果物については、実需者の要求に対しても出荷時期や出荷量を予定どおりに実現することが必ずしも必要でない特性がある。また一方で、生産側に小規模な経営体が多く、生産者団体が間に入り実需者との契約を行っているケースも多い業界の実情も相まって、生産から流通に至る各段階で IT 導入やデータ活用が思いのほか進んでこなかった現状もある。

しかし、国が粘り強く重要課題として供給可能時期や量の予測技術の研究開発を後押ししてきた成果もあり、様々な研究成果や試行結果が実際の農場で導入・活用されるシーンが増えてきている。その活用によって、生産者あるいは生産者団体が、実需者と有利な契約を結び、結果的に農家手取りの向上にもつながっている、つまりは生産者が持続的な農業経営を実現できる武器の一つとなってきている事例が生じつつある。

また、当然ながら正確な供給可能量が早い時点で把握できることにより、青果物の生産・流通段階での食品ロスを削減する社会課題の解決にもつながる。

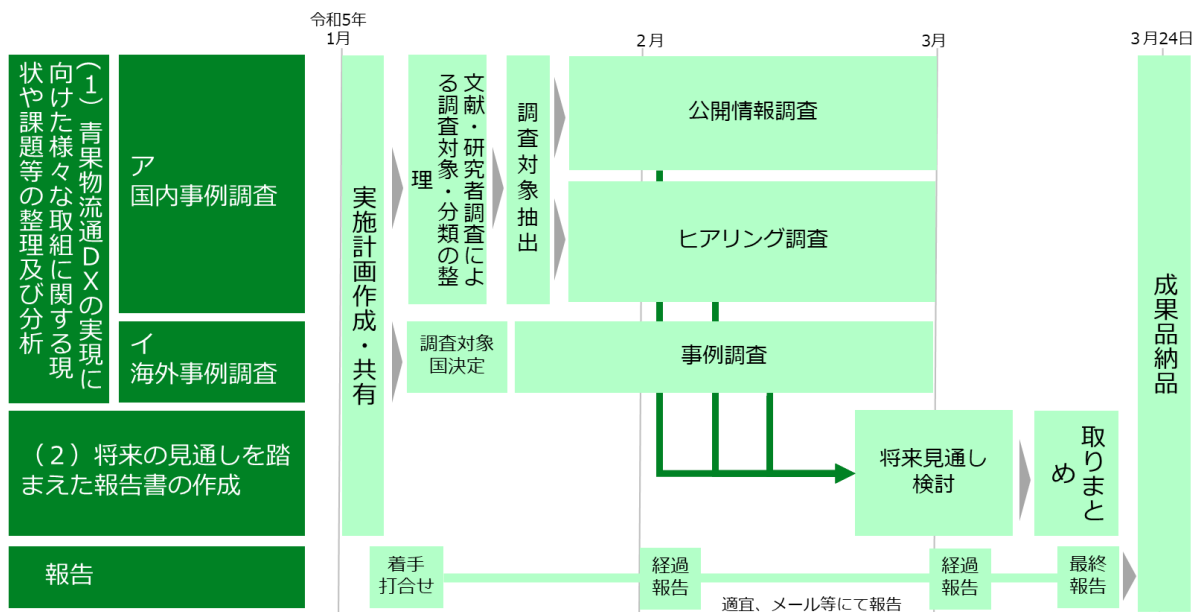
このように、青果物のお荷量予測技術に係る最新の状況や課題等を把握し、それを踏まえた対応策・普及策を検討することは、今後の農業及び青果物流通の DX の実現に向け非常に重要であると認識している。

## 調査の実施方法

本調査を実施するにあたっては、まず国内外の参考となる事例抽出に向けて文献調査（Web上の情報の検索による調査も含む）を実施した。また、調査対象である供給可能量予測技術の内容やそのトレンドを理解し、事例調査先の紹介を得ることを目的として本調査に関する専門的知見を有する、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）の研究者や国内の大学の教授を対象にヒアリング調査を実施した。

その文献調査や研究者へのヒアリング調査から、国内調査先のリスト化、および海外調査先国の選定を行った。

図表 1 調査の実施方法



国内事例調査は、単一の生産者、複数の生産者（生産者団体）、IT サービスを提供するサービス、そして生産者・生産者団体から出荷予定の情報を受領している流通事業者の各セグメントに対し、リモートもしくは対面にて、2023年2月～3月の約1.5ヶ月の期間に実施した。調査に当たっては、予測技術の精度、生産現場での成果、その課題、今後の展開などをできるだけ実態に即し正確に把握することに注力した。

海外事例調査は、Web上の公開情報を基に、ITを活用した農業に関して進んだ取組を行っている国の事例について整理した。

本報告書の第1章では、本調査の中心である国内における供給可能量予測技術とその活用事例について前述のセグメントごとに調査結果を整理した。第2章では調査対象国の供給可能量予測技術を用いた事例についてまとめた。第3章では調査結果を受けて、供給可能量予測技術、その適用の方向性に加え、

これらの技術の青果物流通 DX への影響や普及等に向けて考えられる施策等について整理をしている。

2023 年 3 月

# 第1章 国内における供給可能量等の予測技術とその活用事例

## 1-1 供給可能量予測の技術開発・実証にかかる概要

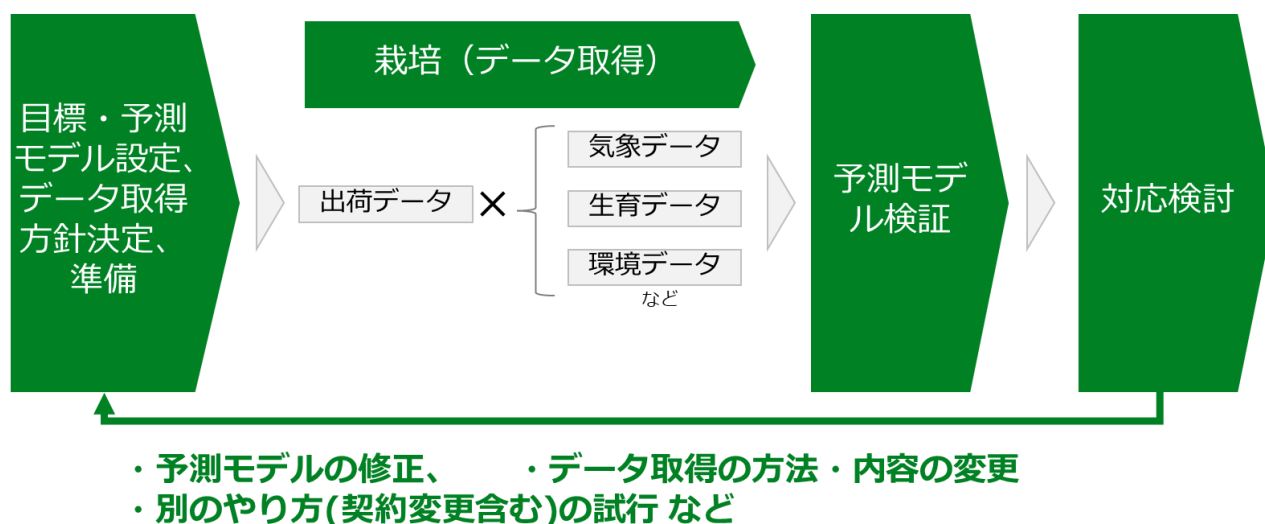
### (1) 供給可能量予測の精緻化の取組とその技術の分類

#### ① 供給可能量予測技術のPDCAサイクル

供給可能量の予測技術は、生物が相手であるため理論だけで手法として確立することはできず、何度も実証サイクルを回して精緻化を図り、ようやく業務に適用できるだけの精度が確保されていくものである。そのPDCAサイクルに対し、一年一作の果樹等は特にその検証ができる回数が限定されるし、また過去の開花日等のデータは、どの程度の割合の花が開花したら開花日と認定するかどうか等の判断基準が一定でない可能性もあり、信頼性が保証されないなどの課題もある。

それら供給可能量予測技術を精緻化するためのPDCAサイクルのイメージを、以下の図に示す。

図表 2 供給可能量予測技術の精緻化のためのPDCAサイクルイメージ



実設定した予測モデルを実際に検証した結果、予測モデルに足りないパラメータを追加したり不要なパラメータを削除し、必要と想定されるデータを追加した上でまたPDCAサイクルを回すという検証を繰り返す。

また、予測モデルの検証を行った結果、作物によっては、品種や地域の特性、あるいはデータ取得に必要な設備等の投資対効果等の観点から、予測精度の精緻化を追求するよりは、予測モデルの検証結果から導かれる一定の出荷時期・出荷量の幅を持った契約を取り交わし、出荷先等との情報共有を密にすることで持続的な取引を行っているケースもあると想定する。

本調査においては、上記の仮説を意識して、どのような予測モデル、体制、データ取得によりどう検証を実施したか、その結果としてどんな対策を行い、どんな成果を得ているか等について整理する。

## ② 供給可能量予測技術のアプローチの分類（仮説）

IT を用いた供給可能量予測のアプローチには、データの観点から、大きく以下の2つのデータ群を活用してモデル化する方法に分類できるものと想定する。

- ・ 気象（予測）、環境データ

根菜類を除く多くの農作物において、温度・湿度・日射量などとその生育は相関関係が認められている。特にキャベツ、レタスなどは積算温度の計算により適切な出荷時期を予測する手法が開発・導入されている。

※気象予測データに関しては、農業用に地域を絞った情報が比較的容易に入手可能となっている。

特に施設園芸においては施設内の環境制御が可能のため、温度・湿度・日射量・CO<sub>2</sub>濃度などを計測し、予測に留まらず収穫量の最大化などの対策につなげている。

- ・ 生育データ

生育途中のチェックポイントにおいて、生育状況（例．トマト：開花位置から生長点の長さや茎径（前回生育調査時の生長点位置）・花色など、ケール：草丈など）をサンプル調査し出荷量の予測に活用されている。

また、予測の精緻化に向けて、上記2つのデータを組み合わせるアプローチも増えているものと想定する。

本調査では、上記データについて注目して、どのようなデータ群・データ項目を予測に活用しているか、その取得の方法や投資コスト等も調査し整理する。

## (2) 作物の分類ごとの予測技術の研究、実証

### ① 施設園芸における予測や環境制御への活用

(SIP 第一期次世代農業「植物工場」コンソの取組と現状・今後) 農研機構 野菜花き研究部門 施設生産システム研究領域 今西俊介 氏、菅野圭一 氏

#### ● 取組の背景、経緯

日本のトマトは高品質で糖度 5°以上と高いが、年間収量は平均 15t/10a<sup>1</sup>以下と低い。一方施設園芸の先進国のオランダのトマトは糖度は低いですが、収量は約 65t/10a<sup>1</sup>と著しく多い。日本のトマトの収量増加には、環境制御装置とその利活用技術の導入と適正利用が重要であるが、制御を要する項目は多く、外部条件や品種や生育に応じて最適値は絶えず変化するため、適正な制御は容易ではない。

日本の施設園芸における環境情報制御装置の普及率は 2014 年から 2018 年で 2 割増えたが、環境制御装置導入時には初期コストが高くかつ使い方が難解という課題があった。例えば設定温度を 1 度上げた場合、あるいは CO<sub>2</sub> 濃度を 250ppm から 500ppm に増加させた場合に、収量や品質はどうなるのかの予測は勘と経験に頼っていた。

そのため、施設園芸において、その根拠を示したり予測技術を入れたりすることによって適切な環境制御を行えるようにし、併せて糖度 5°以上となる日本のトマトの年間収量の増加を目的として、環境条件と品種特性から生育・収量を算出するツールを開発した。植物生理学のメカニズムがモデルに入っていることが特徴であるが、それを生産者が意識せずに予測を行えることが目標である。

#### ● 取組の内容、体制

SIP 第一期において、構想フェーズとして生育収量予測技術を開発した。また国の別事業を活用して全国の大規模農場 6 拠点で実証を行った。そこで開発したツールは現在 WAGRI に API を登録し、IT ベンダーに使ってもらい BtoBtoC 型のビジネスモデルで普及を図っている。

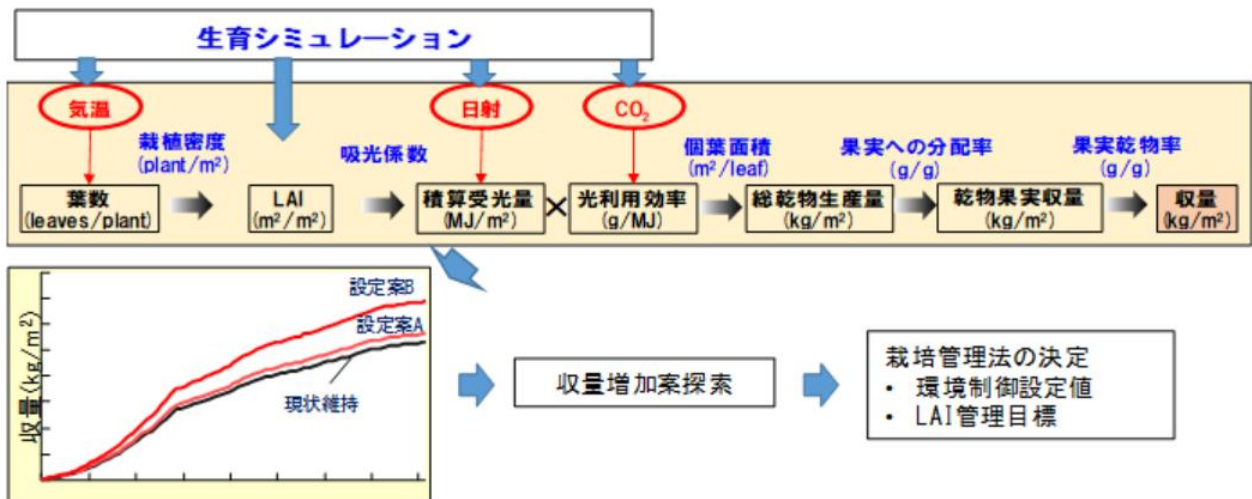
#### ● 予測技術の内容と成果

この生育・収量予測ツールの特徴は、植物生理を踏まえ、何が係数で何が計算式か等のメカニズムを全て取り込みフロー化して作った点にある。さらに、品種毎にどの係数に影響するかそのパラメータ調整も含めて整理している。

---

<sup>1</sup> 農研機構 HP 「生育・収量予測ツールによるトマト年間収量 55t/10a の実現」  
[https://www.naro.go.jp/project/results/4th\\_laboratory/nivfs/2018/nivfs18\\_s04.html](https://www.naro.go.jp/project/results/4th_laboratory/nivfs/2018/nivfs18_s04.html)

図表 3 生育・収量予測ツールを用いたトマト多収化のためのフロー



出典：農研機構 HP「生育・収量予測ツールによるトマト年間収量 55t/10a の実現」

[https://www.naro.go.jp/project/results/4th\\_laboratory/nivfs/2018/nivfs18\\_s04.html](https://www.naro.go.jp/project/results/4th_laboratory/nivfs/2018/nivfs18_s04.html)

インプット情報は、施設概要、気温、日射、CO<sub>2</sub>、葉数（予測実行日）※、個葉面積※、着果数※（※1,2週間に1回は生育調査）などであり、ツールのアウトプットは、葉数（今後の枚数）、LAI（葉面積指数）、総乾物生産量、収量 である。

パラメータ調整後の収量予測の精度は、長期（周年栽培の全体総数）の場合は±5%以下、短期（2週間先）の場合は誤差±10%を実現できている。また、糖度 5° 以上のトマト「鈴玉」の 10a 当たりの年間収量は 55t を実現しており、収量においてオランダに迫る成果が確認されている。

また、このモデル化においてトマトには、遺伝子や植物ホルモン、代謝産物といった植物の生理的な状態を調べる「オミクス」解析の手法を駆使している点が特徴である。この生育モデルはトマトのほかにはパプリカ、きゅうりに対応しており、理論的には他の作物にも適用可能である。トマトで成果を出して他の作物にも適用したモデルを開発していく方向性である。

● 今後の課題

収量予測モデルは WAGRI に API 登録し、その会員企業・IT ベンダーのアプリケーションを介して生産者が使いやすい機能の提供を進めている。以前のように直接生産者に提供するよりやや時間を要しているが、一方で IT ベンダーと継続して意見交換を行うことでブラッシュアップできていくのはメリットである。一例をあげると、昨年の GPEC において NTT アグリテクノロジー社がこの予測モデルを講演で紹介している。

また、普及に向けてこの予測のコア技術にどんな機能を追加すると付加価値になるかを検討しており、例えば作業時間試算機能などを考えている。

- 国内外の動向に関して  
海外において注目している研究や技術は特段ない。

**図表 4 施設園芸における収穫予測技術（農研機構開発）の特徴**

<b>概要</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 施設内の環境制御を勘や経験だけでなく理論的に実施できることを目指してモデル作りを行った。その結果、収量予測の精緻化が図れたと同時に、適切な制御を行えることでトマトの糖度を維持しつつその収量に関してオランダに匹敵する <b>55t / 10a</b> を実現できた。</li> <li>● この生育・収量予測ツールの特徴は、植物生理を踏まえ、何が係数で何が計算式か等のメカニズムを全て取り込みフロー化して作った点にある。さらに、品種毎にどの係数に影響するかそのパラメータ調整も含めて整理している。トマトのほかにパプリカ、きゅうりに対応しており、理論的には他の作物にも適用可能である。トマトで成果を出して他の作物にも適用していく。</li> <li>● 施設園芸の主としてトマトに対してこの機能を WAGRI に API 登録しており、IT ベンダーを介した BtoBtoC 型のサービス提供モデルにて普及促進を図る段階にある。</li> </ul>	

## ② キャベツ、レタスなどの露地栽培による葉物野菜

農研機構 露地生産システム研究領域 露地野菜花き生産管理システムグループ 菅原幸治 氏

### ● 取組の背景、経緯

キャベツやレタスなどの葉物野菜は一般に常温だと傷みやすく収穫から流通までの期間が短いため、スムーズに出荷するために収穫適期や収穫量を早期かつ正確に把握することが重要である。また、生長が盛んな時に収穫しなければならず、その収穫適期を過ぎるとすぐに規格外品が急増し、その結果圃場廃棄が増えてしまう。そのため、収穫予測技術に対するニーズは非常に高い。

農研機構では、露地栽培のキャベツ、レタスなどの葉物野菜に対して、様々な予測技術の研究を行ってきたが、早い段階で積算温度に基づくものが簡便でかつ予測精度が高いことが分かってきており、その生育モデルを構築していた。そのモデルは、民間企業が提供する収穫予測モデルの基となったり、また今回取り上げる先進事例にて検証された考え方の基となったりしている。

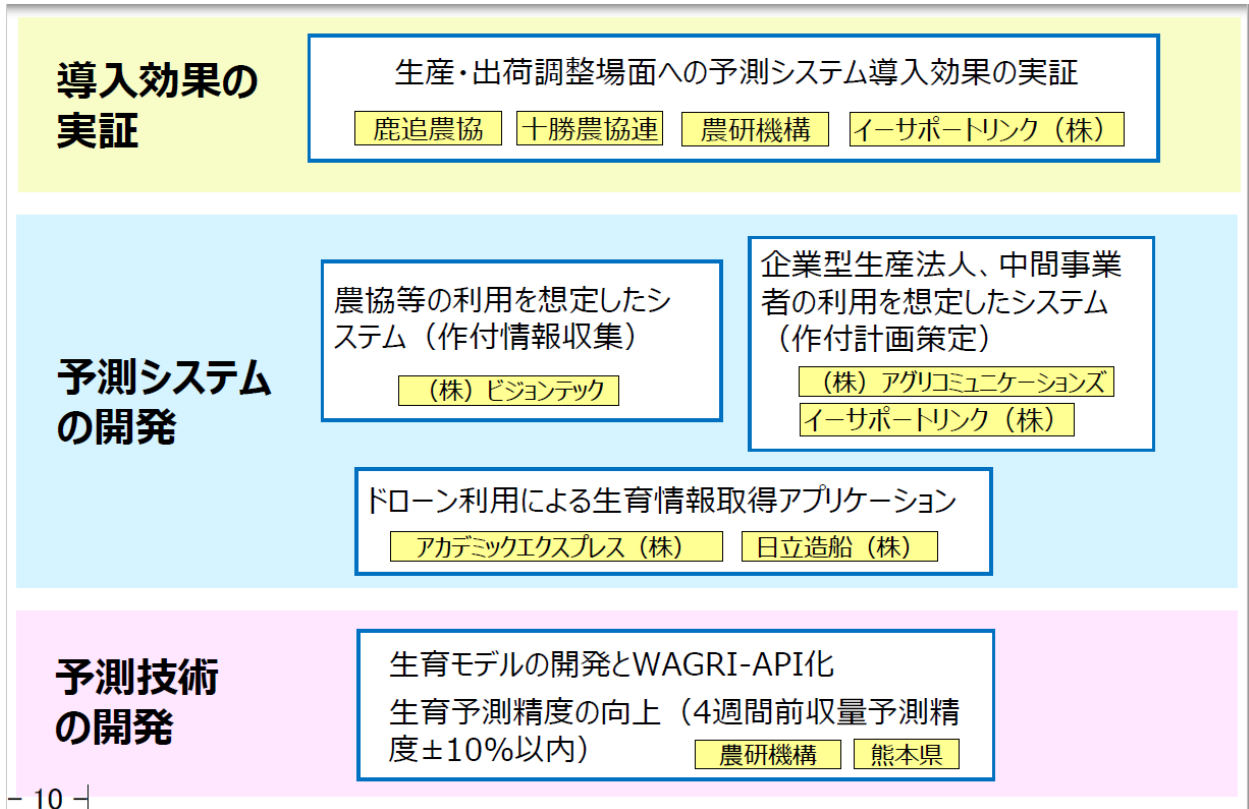
その研究成果である生育モデルを、2018年度～2022年度に実施されている SIP 第二期において、予測システムを開発する企業や導入効果の実証を行う産地などととも、画像センシングと組み合わせにより精度を向上させることや、社会実装や普及に向けた枠組みを整えることなどを目的として検証した。

### ● 取組の内容、体制

SIP 第一期において、農業生産現場の先進的なアプリケーションや圃場のデータをより有効活用することを目指して、国は農業データ連携基盤 WAGRI を構築した。そして農研機構は、機構の研究者が研究開発したアプリケーションをできるだけ WAGRI 上に API として搭載し、生産者・生産者団体には IT サービスを提供するベンダーを介した BtoBtoC 型でサービス提供することを推進している。

そうした流れを受けて、本 SIP 第二期における実証では、収穫予測モデルを研究開発しそれを WAGRI 上に API として搭載する農研機構の研究者と、その API を用いて自社の IT ソリューションと組み合わせて生産者へサービス提供する IT ベンダー、そして実際にそのサービスを活用する生産者団体の 3 者が参加している。

図表 5 SIP 事業の体制



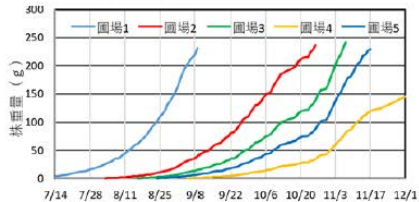

- 10 -

出典：農研機構「SIP 第2期スマートバイオ産業・農業基盤技術 精密生育情報技術とこれを活用したキャベツ・レタス 精密出荷予測システム・効率的作業技術の開発と実証 取り組みの概要」、佐藤文生

● 予測技術の内容と成果

本 SIP 事業では、それまで培ってきた、主として気象データをインプットとした生育モデルを高度化するとともに、作物を画像センシングして欠株を検知することにより収穫量を補正する技術を組み合わせ、より高精度な収穫予測技術の確立を目指した。

図表 6 目指す予測技術

予測技術	生育モデル	画像センシング
予測の情報元	気象データ（気温、日射量など）	作物画像（ドローンセンシングなど）
予測方法	作物の重量・齢の増加をシミュレーションで予測 <b>量の連続的な予測</b>	画像から収穫物をカウントして予測 <b>数の断片的な予測</b>
予測情報提供イメージ	 <p>株の日々の重量変化</p>	 <p>あるタイミングにおける株数</p>

SIP事業で双方の予測技術を融合

廃棄ロスと欠品の発生削減に向けて、より高精度な収穫予測が可能

出典：農研機構「SIP 第2期スマートバイオ産業・農業基盤技術 精密生育情報技術とこれを活用したキャベツ・レタス 精密出荷予測システム・効率的作業技術の開発と実証 取り組みの概要」、佐藤文生

まず生育モデルに関しては、積算気温と葉齢の関係について、結球開始を境に葉齢増加速度が変化することが全国複数拠点での定植時期を違えた試験栽培によって確認されたことから、その増加速度の変化を反映した「葉齢増加モデル」を開発した。それにより、実証産地の慣行法では2週間前の収穫適期の予測精度が±11日だったのが、葉齢増加モデルでは±1日まで精緻化された。

またそれに加えて、暖地の栽培では生育適温を超える高温で生育が遅延・停滞することが分かったため、積算する気温の上限値を設定しその上限値を葉齢増加に反映する計算式を開発してモデルに付加することでモデルの改良を図っている。この改良で、さらに予測誤差が1/3に縮減できたことが確認できている。

次に取り組んだのが、「物質生産モデル」開発と、画像センシングを活用したその改良である。収穫物の重量（収穫当日の球新鮮重（g/株））を予測するモデルを作成し、本実証においてそのパラメータを策定（例、日射利用効率）した。さらに、モデルの精緻化のために、株張りを計測することにより葉面積（m<sup>2</sup>/株）を入力することで予測補正を図ることとした。それにより、実証においては重量誤差が±17.5%から±4.6%まで改善した。

このモデルを基にした収穫物重量予測 API 等を用い、画像センシングによる圃場全体の欠株を検知し収穫歩留まりを計算した結果を組み合わせることで、収穫量予測の仕組みも構築している。

- 今後の課題

予測技術の検証や BtoBtoC 型のサービス提供について、実証においてはスムーズに検証することができた。今後は今回実証に参加した IT ベンダーであるイーサポートリンク（株）に加えて、農業生産者へ生産管理等の IT サービスを提供している IT ベンダーがこの収穫予測 API と自社アプリケーションを連携させ、広く生産現場に提供することが重要となる。それによって、さらに予測結果と実績の差異にかかるデータも集まり、モデルの精緻化にも繋がっていく。

- 国内外の動向に関して

海外において注目している研究や技術は特段ない。

**図表 7 キャベツ、レタスなどの収穫予測技術の特徴**

概要
<ul style="list-style-type: none"><li>● 露地栽培の葉物野菜の収穫予測技術については、農研機構では早くから研究が進んでおり、国内の実証の多くに採用されている。</li><li>● 基本的には気象データをインプットとした生育モデルであり、それに葉齢をパラメータとして加えた「葉齢増加（発育）モデル」、さらに葉面積から株の重量をパラメータとして重量を予測する「物質生産モデル」により構成される。</li><li>● 「葉齢増加モデル」は結球開始を境に葉齢増加速度が変化する点を考慮して改良し、予測精度が向上している。</li><li>● 「物質生産モデル」は株張り情報を加えるよう改良することで、予測精度が向上している。</li><li>● SIP 事業の実証においては、画像データから欠株率を推計するソリューションも検証できている。</li><li>● キャベツ、レタス、ブロッコリー、葉ネギに対して生育収量予測機能を WAGRI に API 登録しており、IT ベンダーを介した BtoBtoC 型のサービス提供モデルにて普及促進を図る段階にある。</li></ul>

### ③ ナシ、モモ、リンゴなどの果樹類

農研機構 果樹茶業研究部門 果樹生産研究領域 果樹スマート生産グループ 杉浦 俊彦氏

#### ● 技術開発の背景、経緯、活用体制

果樹は労働ピークが開花時期、摘果時期、収穫時期等短期間に集中している。また、開花日の数日前に行う必要がある農薬散布作業や、晩霜害の被害軽減のため生育予測を行い、対策を講じる等の作業計画を立てる必要がある。このような労働力確保の計画や作業計画策定のために開花期や収穫期を早期かつ正確に把握することが重要である。

図表 8 月別作業時間

#### ○月別作業時間

うんしゅうみかん(早生種)の月別作業時間(10aあたり)



りんご(ふじわい化)の月別作業時間(10aあたり)



ぶどう(シャインマスカット)の月別作業時間(10aあたり)



なし(幸水・豊水)の月別作業時間(10aあたり)



出典：農林水産省「果樹農業に関する現状と課題について」(令和元年10月)

[https://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/kazvu/r01\\_1\\_kaiyu/attach/pdf/index-19.pdf](https://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/kazvu/r01_1_kaiyu/attach/pdf/index-19.pdf)

とりわけモモやナシは収穫適期が短く、共同選果場の稼働計画や流通販売事業者との販売計画の調整を行うためにも収穫期予測技術のニーズは強い。

ナシの開花期予測、収穫期予測技術は20年以上前から開発がおこなわれており、果樹の中で最も予測技術の研究が進んでいる。ニホンナシの生育予測モデル(杉浦1997)<sup>2</sup>等を基に各都道府県の農業試験場が開花期、収穫期の予測を行い、県のホームページでの公開や普及員を通じて情報を現場に流している。都道府県によっては自県の状況に合わせたモデルの修正等を行っている場合もある。

モモやリンゴも予測モデルがあり、精度もナシと同等ではあるが、論文発表がなされておらず、ナシと比較して普及していない。

#### ● 予測技術の内容と成果

ナシの開花期、収穫期の予測のインプット情報は、気温データである。収穫期は満開日からの日数等もパラメータとして含まれるが、気温データが最も影響が大きい。毎日単位の気温を活用するよりも毎時単位の気温を活用する方が精度が高いが、将来値の毎時気温を予測することが難しいため、精度が低

<sup>2</sup> 杉浦俊彦. 1997. ニホンナシの気象生態反応の解析と生育予測モデルの開発. 京都大学学位論文.

いものの毎日の気温予測を活用している。

気温の予測精度により当然収穫予測の精度は落ちる。県の試験場等は過去値のデータは県の気象観測データかアメダスデータを利用している。未来値については平年値を使うか、週間予報（1週間先まで）を使うのが一般的である。杉浦氏は気象庁の4週先までのデータを利用することを推奨している。WAGRIのメッシュ農業気象データ（4週先）までを使う方法もあり、実施している箇所もある。ただし、現在メッシュ農業気象データは研究用途でしか無償利用はできないため、生産者に向けた実用のために県がメッシュデータを活用することは難しい。

気温の予測精度の影響を除くと、開花予測は±2日以内を目指している。ナシの予測精度は±2日以内を達成している。他の果樹はその範囲に入っていない場合もある。収穫期は栃木県農業試験場(大谷2006)<sup>3</sup>での予測精度は±2日以内を達成している。

#### ● 今後の課題

モデル作成においては過去データを用いて構築、実証を行う。その際、過去の測定方法の誤差等の影響を受ける。特に収穫期は生産者が収穫適期判定の基準としてサイズや糖度、色等の項目の何を重視するかにより誤差が発生する。更にその基準は毎年変わることもある。試験場においても観測担当者が変わると誤差が発生する状況である。

品種により高単価が見込まれるブドウは、収穫適期が長く、より上述した収穫日のずれが大きいことからモデルの精度を上げることが難しい。

#### ● 国内外の動向に関して

品質面の予測という観点においては、ナシの肥大予測や色、食味（糖度、酸）の予測技術の開発も進められている。

収穫量予測は現状研究が進んでいない。摘果量等人為的な判断基準に左右されているため過去に蓄積されているデータを活用する際には摘果量等の情報も必要となるが現状はそのような過去データは存在しないため、収穫量を予測することは難しい。ただし、収穫量も気象情報に影響を受ける部分はあるため、研究の余地はあるが、生物学的、農学的実験や実証が必要である。

このテーマについては国外においても研究は進んでいない。国外で研究が盛んな品目としては醸造用ブドウが挙げられるが、日本におけるニーズは比較的低い。

---

<sup>3</sup> 大谷義夫. 2006. 気象生態反応に基づくニホンナシの収穫期, 果実肥大, 果実生理障害予測. 栃木農試研報. 58: 17~29.

図表 9 果樹作物における収穫予測技術の特徴

概要
<ul style="list-style-type: none"><li>● 果樹は労働ピークが開花時期、摘果時期、収穫時期等短期間に集中しており、労働力確保の計画や作業計画策定のために開花期や収穫期を早期かつ正確に把握したいというニーズが一番大きい。またモモやナシなど収穫適期が短いものについては、共同選果場の稼働計画や流通販売事業者との販売計画の調整に使いたいとのニーズも強い</li><li>● ナシの開花日、収穫期の予測のインプット情報は、気温データである。そのため、気象データの正確性に大きく左右される。また、モデル作成は過去のデータを活用するため、その過去データの測定方法が人や場所等々により誤差が生じやすいためその影響を受けるのが課題である。</li><li>● 一年一作が多い果樹の場合、(ブドウ等を除けば)生産者毎に収穫予測を行うケースはあまりなく、県の試験場などが予測を行い地域に情報提供するような利用形態が多い。従って特にナシを対象にモデルは確立されているものの、施設園芸作物や葉物野菜と比べて API 提供するといった普及を促進する体制には至っていない。</li></ul>

#### ④ 施設園芸における生育診断技術

豊橋技術科学大学 大学院 工学研究科

愛媛大学 大学院 農学研究科 高山 弘太郎氏

##### ● 技術開発の背景、経緯、活用体制

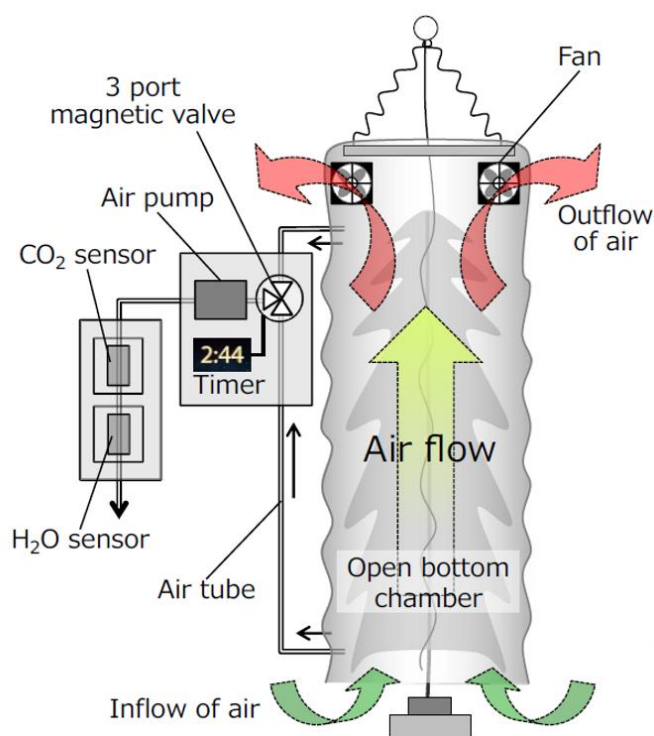
先進的な施設栽培を行うオランダはモデルを使って予測をしているが、オランダはそれほど気温が暑くなく、長くて暗い冬が克服の対象であるため、環境を制御すれば光合成量が理論値通りとなり、収穫量を把握することができる。一方で、日本は暑い夏等においてストレスのために光合成量が理論値から外れてくるため、環境情報から単純に収穫量を予測することが難しくなる。このため、環境の影響を受けた植物体自体の生体情報を環境情報から取得、分析することで予測モデルの精度向上を図る方法が適していると考え、このようなアプローチが本研究につながっている。

##### ● 予測技術の内容と成果

2つの方法で生体情報を取得、収量予測を行っている。1つ目が、光合成量を把握するオープンチャンバー方式、2つ目が、植物体の茎長や果実の色づき具合を画像解析する吊り下げ型ロボット方式である。

オープンチャンバー方式とは、下方がオープンになっているビニール式の囲いで植物を覆い、上方からファンで換気することで下方から空気が入るようになり、下方と上方の空気のCO<sub>2</sub>濃度差、蒸散量を測定することで、光合成量を計算する方法である。CO<sub>2</sub>濃度の絶対値を高い精度で測定できるセンサーは200万円程かかるが、CO<sub>2</sub>濃度ではなく濃度差を図ることが目的であるため、約1万円程度のセンサーでCO<sub>2</sub>濃度差検知に対応することが可能となった。

図表 10 オープンチャンバー方式での光合成速度計測のイメージ



出典：高山氏提供資料より抜粋

この測定結果はウェブアプリで5分間の光合成速度や蒸散速度を見ることができる。

このチャンバー方式で得られる過去4週間分の日積算純光合成量及び日積算蒸散量のみを利用し、2週間後の収量の変動予測を実施した。過去4週間分のデータを1週間ごとのグループに4分割し、ランダムフォレスト学習によってモデルを作成、2週間後の平均収量を予測した。その際は予測から±3日（2～30%）のずれであった。環境情報も入れて予測精度を高めたところ、±10%まで改善した。日照時間等の季節変動のあるパラメータを含めるとより精度が上がると考えられる。

現状は収量の傾向を示すモデルになっているが、kgといった単位換算されるプロセス量モデルも作成可能である。品種にもよるがトムグロ、トムシムというトマトの有力な生育モデルがあり、1つの房に何個果実がついているかによって、光合成産物である糖の分配量を算出する式となっている。これを使い、着果数5果で光合成量の67%が果実に分配されると設定し、計算している。これにより乾物量（糖）が把握でき、果実に占める乾物量割合を5%（標準換算値）で割り戻すことで果実の重さを測定することができる。

本研究の目的は1haを超える大規模生産者の労務管理の最適化である。研究の実績として、本システムを1セット導入することで雇用労働費の16%削減という実証結果があった。想定として、1haで1億円程売上があると、人件費は売上の1/3程度が一般的であることから約3,000万円程度と考えられる。年間人件費3,000万円に対し16%の削減効果は年間4～500万円であると計算される。年間300万円を導入できれば、人件費の削減分のみで導入費用が捻出できるものと考えられる。加えて予測を含めた裁

培管理にも使うと更に利益は増加する。よって 300 万円ほど払うことが可能な生産者が、実際の本研究を活用したサービスのターゲットとなると想定される。一方で 20a~40a ぐらいの中規模農家での使用実績もあるが、その際は、国プロや県の費用などを使って導入することになると想定される。

もう一つの生育情報の測定機器として、吊り下げ型ロボットがある。これはハウスの天井（骨組み）にカーテンレールを設置し、ロボットを吊り下げ、画像（Ch1 蛍光画像、カラー画像、NDVI 画像）から、上部に存在する生長点付近を計測し、毎日の茎の伸び、葉の量等の変化を捉えるものである。

本ロボットでは果実の情報も把握できる。この画像計測による着果カウント及び着色カウントでは、1 週間後の収量を予測することが可能となり労務管理・計画に活かせる。同様に茎の伸びの画像から将来の茎の伸びを予測し、つり下ろし作業を最適化している。この最適化により、従来であれば、例えば 10~11 人必要と推定したうえで余裕を見て 12 人配置するといったあいまいな労務管理をしていたところが、具体的に 10.8 人必要である、という形で確定できるようになる。

吊り下げ式の利点は、地面の状況によって制限されずに設置可能である点があげられる。また、かなり高さのある植物（トマトであれば 3m 以上）の上部を測定することも吊り下げ式が適している。加えて、自動充電ができ、人が充電を忘れていても問題なく計測可能な仕組みになっている。中小規模の温室でも使えるよう小型化している。

本研究は、これまで 4 軒の生産者で実証を行っている。凹凸のある地面を走る地面走行型タイプのロボットより安定感があり、日々確実にデータを取得しアプリに情報があげられている。

#### ● 今後の課題

セミクローズド温室の定義が統一化されておらず、扇風機で換気するだけの施設でもセミクローズドと呼ぶことがある。オランダや日本でも認識が違うためハードウェアとして予測しやすいセミクローズド温室の定義を統一すべきであると想定される。

#### ● 国内外の動向に関して

先進的な農業が普及するオランダと日本では環境条件が異なるため、青果物の予測に対するアプローチは異なる必要があると考えられる。オランダでは実施できる技術が他の地域ではできないことがあるため、注意が必要である。

図表 11 施設園芸における生育診断技術（豊橋科学技術大学・愛媛大学）の特徴

概要
<ul style="list-style-type: none"><li>● チャンバー方式による約 2 週間後の収穫予測日は、実際の収穫日から±3 日（2～30%）のずれであった。環境情報も入れて予測精度を高めたところ、±10%まで改善した。日照時間等の季節変動のあるパラメータを含めるとより精度が上がると考えられる。</li><li>● 対象を一定の大規模生産者（1ha 以上など）と考えれば、そのモデルの精度及びコスト的にも実装に向けて推進していける段階にあるものとする</li><li>● 農業先進国のオランダは環境条件が日本と異なるため、収量予測技術の方向性が異なる可能性があることに注意が必要である。</li></ul>

### (3) まとめ

施設園芸では農研機構の今西先生・菅野先生に加え、豊橋技術科学大学/愛媛大学の高山先生に、また露地栽培の葉物野菜においては農研機構の菅原先生に、そして果樹については農研機構の杉浦先生にと、いう顔ぶれの、農作物の収穫予測分野に関しそれぞれの分野で長く研究開発に携わってきた日本を代表する有識者にヒアリング調査を実施し、収穫予測モデルの考え方や、研究開発から社会実装に至る現在の到達点について確認することができた。

トマトに代表される施設園芸栽培、及び露地栽培でのレタス、キャベツ、ブロッコリー等に代表される葉物野菜の収穫予測技術に関しては、SIP（戦略的イノベーション創出プログラム）をはじめとする研究や実証が行われ予測モデルの精緻化が図られてきており、生産現場での要求に一定程度応えられる水準に達している状態であった。その予測モデルは、WAGRI から API として提供されていたり、IT ベンダーがサービスに組み込んでいたりして、産地や生産者にサービス提供される体制が整いつつあることも確認できた。また、露地栽培での予測においてインプット情報として必要な気象結果及び予報データについても、WAGRI で 1km メッシュ農業気象データが API により提供されており、精緻な気象情報が比較的 low コストで入手できる状況も整ってきている。

WAGRI の API を活用した BtoBtoC 型のビジネスモデルは、研究者と実際の利用者である生産者・生産者団体の間に IT ベンダーが入るため、現場ニーズがあるところにすぐ研究者が駆けつけて導入検証するようなスピード感はやや落ちる可能性はある。ただ、一方で、複数の IT ベンダーが組織的に拡張活動を行うことでより多くの利用者に使ってもらえる可能性が広がること、また研究者と IT ベンダー、及び IT ベンダーと利用者間で持続的な関係が維持されやすいため現場ニーズ等が継続的に研究者にフィードバックされる利点が考えられる。このように技術普及の枠組みの観点からも、社会実装に向けた準備が整ってきた状況と考える。

他方、果樹に関してはナンを始め主として気象データをインプットとした収穫予測技術は確立されているが、経営体の規模や品目の特徴、過去の収穫適期情報の入手が難しいなどの葉物野菜等との違いもあり、個々の生産者が技術導入するには至っていない。ただ、農業試験場が運用し、産地全体に参考情報として提供する取組は各地で行われており、収穫時の人手不足が進む中での利用ニーズの高まりやデータが蓄積されることでの予測の精緻化が進めば、製品化やサービス化への要望が高まっていくことは想定される。

特に施設園芸や露地栽培の葉物野菜に関して、予測技術は API 化やサービス化され、普及拡大の入口に達していると言えよう。この関係者のうち、サービスの利用者には予測結果から実際の出荷量を判断したり業務に落とし込んだりするスキルが求められ、また特に施設園芸では施設設備投資等に比較的大きなコストが掛かるため、これらのサービス等の利用者は、まずは大規模な生産法人や JA 組織が対象と想定されるが、IT ベンダーやサービスプロバイダーを介して利用が広がり、またデータや要望が研究者にフィードバックされることで精度が高まるサイクルを確立していくことが重要である。

## 1-2 供給可能量予測の取組事例（産地）

### (1) 単一の生産者が取り組む事例

#### ① 有限会社トップリバー

##### ● 組織の概要

従業員は、営農するメンバーが16名、パート32名である。収穫時等のオンシーズンでは100名ほどになる。

仕入販売も含め110万ケース程度を出荷しており、レタス約60%、キャベツ約20%、その他約20%の割合である。出荷先では、外食・中食・卸等がそれぞれ約25%程度であり、残り25%弱が生協である。

一番の繁忙期は6～8月で、オフシーズンは社員育成や組織化にあてている。

##### ● 取組の背景、経緯

露地野菜の生産収量は苗一つに一生産物であるため算定しやすいが、前代表が契約販売を行う際に、時期がずれることで生産側の数量が変動することがリスクであるという考えがあった。

生産側が出荷する時期の変動を小さくするためには、出荷日を決めそこを起点に生産計画を立て実行する、マーケットインの考え方が重要であるとした。この考え方のもと、ある時期に売れる生産物の出荷予定量と出荷日を設定し、その出荷日から計画を立てて栽培を行うために、生産管理システムが必要となった

##### ● 取組の内容、体制

元々栽培計画管理システムをオンプレミスで自社開発しており、2018年にクラウド化した。同システムはいわばBIツールであり、元々存在するデータを使い切るという発想のもと構築した。出口戦略、つまりは販売につなげることが重要であるという思想のもと、厳しい単価交渉にも使える分析ができることを目指したものである。また、GAP認証継続に必要な情報等も同システムから出力できる。

##### ● 予測技術の内容と成果

上述の栽培計画管理システムで蓄積していたデータを教師データとしてAI収穫予測を開発し、2年の実証を行った。結果、収穫予測日については、実際の収穫日と比較し±1.9日の精度が達成できた。クラウド化した同システムの一画面では、ガントチャート形式で、圃場ごとに手持ちの情報（生育日数、育苗日数）からの想定収穫予定日と、AIによる予測で得られた収穫予定日、および定植日（計画値、実際に植えてからは実績）等が表示される。

図表 12 トップリバー社が構築したシステムでの収穫日予測のイメージ



出典：日立ソリューションズ東日本「AIを活用したレタスの生育予測の実証で出荷予測精度を大幅に向上 有限会社トップリバー(長野県)の御代田農場および富士見農場において本格運用開始」

[https://www.hitachi-solutions-east.co.jp/newsrelease/2021/ai\\_Agri0910/index.html](https://www.hitachi-solutions-east.co.jp/newsrelease/2021/ai_Agri0910/index.html)

取引先に対して供給可能量予測の結果を活用して情報を早めに共有することで単価を10%単位で向上させることはできていないが、在庫ロスを発生させずに売切ることができ、また同時に出荷の信頼性が増すことで単価が変動しない契約取引を継続できることは大きなメリットになっている。

#### ● 今後の課題

予測の仕組み自体は精度が確保できることが分かったため、2023年は実際の業務でそれを用いてどれだけ効果が出るかを数字で出せるように検証する予定である。レタスのみではあるものの「収穫量計画対実績(積地)」画面を開発しており、週単位にAI収穫予測値、計画値及び実績値それぞれの圃場全体の合計値が参照可能となっている。これらの機能を用いて栽培計画の見直しや取引先との調整を行うことで、実際に経済的にどれだけ効果が出るかを見極めることを目的としている。

また、同システムの外販を検討している。理論的には2年間分の定植日や収穫日などの教師データがあれば、他の生産者組織等でも活用することができるはずである。

一方で、普及にあたっては既存のシステム間とのデータの違い等に対応するためにカスタマイズが必要で、場合によっては非常に手間とコストがかかる場合がある等の課題はあると想定している。

図表 13 トップリバーの露地野菜の収穫予測等の取組の特徴

概要
<ul style="list-style-type: none"><li>● トップリバーでは、過去の生育日数、育苗日数を教師データとして収穫日を予測する AI モデルを開発した。トップリバーにおいてはこの予測モデルにおいて実際の収穫日より±1.9日の精度が達成できており、これまでで最も実際の業務に活用できるモデルと考えている。</li><li>● 取引先と出荷の情報を早く正確に共有できることで、単価を10%単位で向上させることはできていないが、在庫ロスを発生させずに売り切ることができ、また同時に出荷の信頼性が増すことで単価が変動しない契約取引を継続できることは大きなメリットになっている。この予測を、栽培計画の見直しや労務管理、取引先との交渉などに利用して実際にどれだけ効果が出るかを図るのが2023年の目標である。</li><li>● 自社開発した予測機能を含むシステムの外販も考えている。ただし、データ項目の名称や単位などが標準化されていないためカスタマイズが必要で、非常に手間とコストがかかることが想定される。</li></ul>

## ② 奥野田葡萄酒醸造株式会社

### ● 組織の概要

奥野田ワイナリーは1989年よりワイン製造を開始し、1998年からブドウの自社栽培を始めた。現在従業員は4名、総面積1.5ha、計4か所に点在しており、圃場にてワイン用ブドウの栽培を行っている。

自社で販売する4万本のワイン、ブドウジュース3,000本に使用するブドウ45トンのうち、20トン自社栽培している。

栽培は5～8月上旬に多くの作業が発生する。特に品質管理に最も時間を要する。ワイン製造は8月上旬～9月が繁忙期である。

### ● 取組の背景、経緯

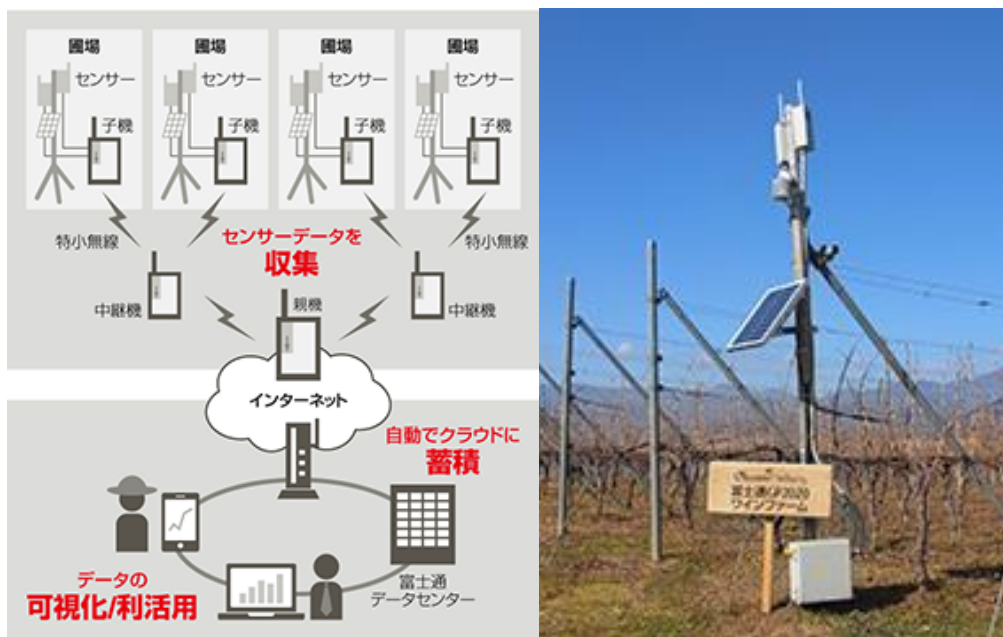
2010年に山梨県農政部が実施した『やまなし企業の農園づくり』制度という山梨県内の農業・農村の活性化に向けて、農村地域と企業が協働活動を促進する制度を通じ、富士通株式会社とビジネスマッチングの機会があった。当初はリフレッシュを目的とした農作業体験と労働力確保のマッチングであったが、その関係構築をきっかけに、2011年から圃場への環境センサーの導入実証が始まった。

具体的には、この環境センサーの情報を活用し、病害の発生予測と収穫期の予測に取り組んだ。結果として、病気の発生予測は精度高くモデル化することができた。一方、収穫期の予測については求めているレベルを満たすモデルは現在まで構築できていない。

### ● 取組の内容、体制

4か所の圃場に1台ずつ、計4台の環境センサーを設置し、温度・湿度・雨滴のデータを10分毎に測定している。そこから得られたデータを解析し、病害予測及び収穫期予測条件の発見に取り組んだ。

図表 14 センシング・ネットワークのシステムイメージ及び環境センサー



出典：富士通「マルチセンシング・ネットワークを活用したブドウ栽培支援」

<https://www.fujitsu.com/jp/about/environment/activities/japan/winefarm/>

病害予測について実現した内容は下記のとおりである。

病害の原因は複数のカビ（糸状菌）であり、胞子が発芽し 72 時間後に菌糸を張って初めてカビとして人が認識できるようになる。カビの種類により、病害名が異なる。

胞子の状態では薬剤に強く防除できない。菌糸を張った後も防除が難しい。よって発芽してから菌糸を張るまでの 72 時間の間に薬剤を散布し防除を行う必要があり、胞子が発芽する時期を見極める必要がある。胞子が発芽する条件とは、温湿度により決まる。温湿度センサーを圃場に導入することにより、温湿度を記録し、胞子が発芽する条件を捉えることができるようになり、適切な時期に薬剤散布を行うことが可能となった。どのカビでも温湿度の条件は変わらず、時期や生育ステージにより異なる病原菌が発生している。

これまでは定期的に薬剤を散布していたが、上記の胞子の状態に関係なく散布していたこともあり効率的ではなかった。これに対しセンサーから最も効果的なタイミングを予測して薬剤散布することが可能になり、散布回数を減らすことができ、品質も担保できるようになった。農薬散布の削減量は、雨が多い年、暑い日が多い年等、その年の気候条件により状況は異なるが、最大で半分程削減できたと認識しているとのことである。

当初は世界でも初めての取組であった。普及に関しては微生物知識が無いとできないし、またセンサーの費用対効果をベンダーは訴求できない（微生物の知識が無いから）ため、なかなか着手や普及が進まないのかもしれない。

体制としては、富士通がセンサー設置、データの蓄積、可視化、閾値を設定したアラートの提示システムを構築している。研究者や助成金・研究費等の活用は行わず、4台のセンサー費用160万円も含め奥野田ワイナリー自身の資金で運用している。

センサーは1km毎に設置できれば夕立等局所的な気象の変化を捉えることができる。

- 予測技術の内容と成果

収穫期、収量予測については求める精度でモデルの構築を行うことができなかった。

- 今後の課題

収穫期予測については、国内の研究や他産地でのブドウ栽培における予測への取組の成果を取り込んでいくことで、今後成果が出てくることが想定される。

また、センサーの初期投資費用は一般的な生産者が独自で導入するには障壁が高い。現状奥野田ワイナリーに来訪する県内外の視察者の中には、JA単位、市町村単位でセンサーを導入し、生産者に情報提供を行う仕組みを検討しているところがある。そのように産地全体の情報が取得できるようになるとカビの胞子の発芽する条件の時系列別な移動を読み取ることができ、薬剤散布の準備の時間を確保できる。

また、センサーの獣害対策も必要と考えている。

アメダスの情報や生産者をはじめとした民間が所持するセンサー情報が一括で把握できるようになればセンサーの初期費用を抑えることができると考えている。

**図表 15 奥野田ワイナリーによる病害発生等の予測の取組の特徴**

概要	
●	センサーの情報を用いて72時間以内の病害発生予測を行うことができるようになり、適切なタイミングでの薬剤散布が可能になったことで薬剤使用量が最大で半減した。
●	供給可能量予測という観点では、温湿度センサーでのモデル構築は求める精度が出せず実現できていない。

### ③ スマートアグリカルチャー磐田 (SAC 磐田)

#### ● 組織の概要

スマートアグリカルチャー磐田 (以下 SAC 磐田) は、2016 年に設立され、環境制御を活用して大規模施設栽培を行っている農業事業者である。開始当初はパプリカ、トマト、水耕葉物、土耕ケール等を栽培し、現在ではパプリカの栽培のみに注力している。65 名の従業員のうち、営農関係は 50 名以上が関わる。社員は 20 名で、残りはパート勤務である。

パプリカの出荷量は年間 600t であり、出荷先は 50~60 社程度である。すべて相対取引であり、仲卸が出荷先となることが多い。最終的な出荷先の大半は小売である。

栽培期間は 9 月~翌年の 7 月末、収穫時期は 11 月~翌年 7 月末 (出荷は 8 月初旬まで)、繁忙期は収穫量が増える 4~6 月となる。パプリカの加工事業等は実施していない。

#### ● 取組の背景、経緯

相対取引は取引価格の安定化が図れる一方、実需とのタイムリーな需給調整が不可欠であることから、収量予測精度の向上は重要な経営課題であり、事業開始当初より栽培コンサルタントから計算方法の知識の提供を受けたものを基に改善を続けている。また、労働集約型の品目のため作業の割り振り等の労務管理の観点からも収量予測精度の向上は重要である。

過去に自走式ドローンを活用して画像から着果数をカウントする共同研究を実施したが、走行安定性の低さや、画像データの過多、日射条件の影響を受けないよう夜間に実施するため正規の勤務時間に実施できないことや、後述の従来から実施していた収量予測との精度の差が小さい等の課題があり実用化に至らなかった。加えてパプリカはトマトのように葉かきを実施しないため葉に隠れて着果数のカウントが難しいという課題もあった。また、研究機関と植物生理に基づいたパプリカの予測モデルの活用検証に取り組んだこともあるが、環境情報を基にしたマクロなシミュレーションとしての用途は期待できるものの、実務面で日々の収穫予測ツールとして活用するまでには至らなかった。

#### ● 取組の内容、体制

現在は、設立当初から運用している収穫予測の考え方を Excel ツールとして整備し、品種ごとの過去データを参考に、精度向上が図れるようチューニングを継続している。また、日々の自動選果機の収量・サイズ分布のデータを基に予測精度を高めるための工夫も行うことで実用性を高めている。

#### ● 予測技術の内容と成果

収穫量予測は、着果数を計測し 7~8 週間後の収穫量を予測する長期予測と、着色状況から 1~2 週間後の収穫量を予測する短期予測を行っている。また、実需者が欲しい情報は商品規格毎の出荷量であるため、選果機の過去データを活用することで商品規格単位での予測値を算出している。全て Excel 管理である。

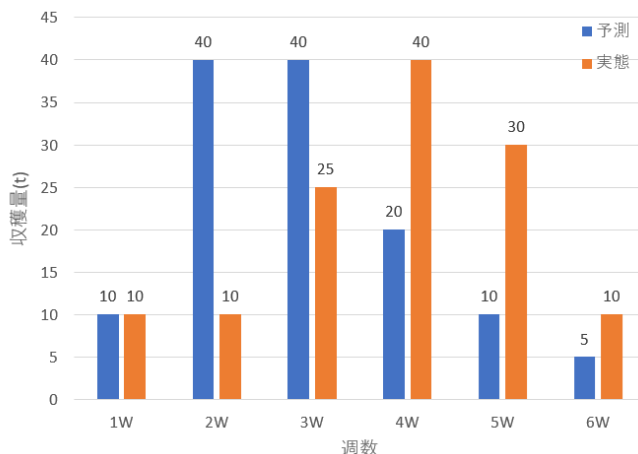
長期予測については、サンプル株の果実の着果数を用いている。サンプル株は数十株あり、週2回観察している。サンプル株にいつ・何個実が着いたかを確認し、過去実績から時期に応じて着果日から出荷までにかかる期間（およそ7~8週間）を考慮して、サンプル株数を栽培株数に合わせることで予測量を算出している。

予測した収穫量は±20~30%ずれることもある。その要因は、サンプル数が母集団に対して少ないことや、ハウス全体での日射量や環境条件のばらつき等であると考えられるが、作全体としての総量は予測から大きく変わらない。現状の予測に天候の予測は加味していない。

着果から収穫までの間に落果する実もあるため、サンプル株の着果数は週2回の生育調査で落果数も確認し、補正をかけている。

短期予測についても生育調査の情報を活用する。パプリカの着色状況を確認し、夏では1週間後、冬では2週間後の数量の予測を行う。ただし、短期予測は取引先に伝えるには遅すぎる時期のため、基本的には作業者の振り分け等労務管理のために利用している。下記図例が示す通り、予測した収穫量に対して実際の収穫量は週単位では大きくずれる可能性があるものの、一定期間内での総収穫量（図例の場合では、1W~6Wの予測、実態はともに125t）は変わらない（なお、図例の数値は参考値であり、実際の収穫量とは異なる）。

図表 16 パプリカ栽培における収穫量の波のずれの例



出典：SAC 磐田取材をもとに弊社作成

選果機によるサイズ分布予測は、過去の実績をインプット情報とし、翌週のサイズ分布を予測する。1玉単位で果重の測定が可能のため、データ量が多く、直近になればなるほど一定程度高い精度の予測ができる。

パプリカは作物の特徴として、収穫に波が発生しやすいため、収穫の波がずれると出荷量が大きく乖離することがある。それらは収穫日の調整や、Lサイズ、Mサイズの重さの基準等を調整し吸収する。

● 今後の課題

現場でデータをどう活用するかを常に検討できるスキルを持った人材が足りていないという問題が大きい。同時に人材の運用として、収穫までの積算温度の関係等は当然品種により異なるため、品種ごとの知見を貯めていく等現場の人間がデータ活用を常に行う意識が必要であると考えている。

同社が行っているような収量予測やデータ活用の考え方はその他の圃場においても応用可能であると考えられる。他圃場へ展開するうえでの留意点としては、①過去の栽培実績に基づいた係数の変更、及び②過去の果実分布（サイズのばらつき）の実績に基づいて、選果機の設定を変更しツールに合わせた調整が必要になる。

サンプル株を増やせば全体的な収量予測がより適切に可能になるが、人手で生育調査を行える量は限界がある。IoT 機器を用いてより簡単に生育調査を行うことができると良いと考えている。

ただし、サプライチェーン全体で考えた場合には、生産現場が単独で収量予測モデルの精緻化に取り組むだけでなく、サプライチェーンの各プレーヤーが連携して需給バランスの調整に取り組むことで、さらに流通の安定化は図れるものとする。パプリカは適切な温度で管理した場合、収穫から1か月保存可能である。そのため、自社でも保冷库を用意しており、SKU（ストックキーピングユニット：在庫管理上の最小の品目数を数える単位）毎に1週間分の在庫を持つことを心掛けている。また、畑在庫として収穫時期を調整している。加えて仲卸側でも在庫を有しており、これら3つの在庫で需要の変化に対応することが最も理想的であると考えている。

図表 17 SAC 磐田によるパプリカの収穫予測等の取組の特徴

概要
<ul style="list-style-type: none"> <li>● SAC 磐田が行うパプリカの収穫予測は、栽培コンサルタントの知見を踏まえた独自開発の Excel ツールで行っており、着果数のサンプリング調査を基に約 7~8 週間後の収穫量を予測する長期予測と、果実の色付き程度から 1~2 週間後の収穫量の予測を行う短期予測、及び選果機データから行うサイズ分布予測がある。</li> <li>● 長期予測による収穫量の予測精度は、±20~30%のずれである。選果機データによる分布予測は精度を算出していない。</li> <li>● 同社では様々な IT・IoT を用いた収穫予測を試行してきたが、実運用としては、人手による生育調査をインプットとした独自の Excel ツールの活用を継続している。ツールで利用する係数や調整を行えば、この方法は他の施設園芸農場に応用可能であるとする。また、収穫予測の精度も重要だが、パプリカは最大1か月保存可能であることもあり、扱う品目の保存の特性に合わせて、サプライチェーン全体で幅を持った取引ができる約束や調整を志向することが重要と考えている。</li> </ul>

#### ④ 近鉄ふぁーむ花吉野

本取組に対する調査は、トマトの栽培生産事業を行う近鉄ふぁーむ花吉野（以下、「近鉄ふぁーむ」という。）及び技術導入の主体である東日本電信電話株式会社（以下、「NTT 東日本」という。）について実施したため、各社の調査内容を併記する。

##### ● 組織の概要

近鉄ふぁーむは、近畿日本鉄道株式会社が 2012 年に立ち上げた農業事業である。同社内での路線の沿線地域の活性化を目指した未利用地の効率的な活用案の一つとして社内公募で採用された事業である。2015 年に近鉄不動産株式会社に事業が移管された。現在の従業員は、社員が 3 名のほか、営農を主に行う 25 名のパートが週 2~4 回のシフトで出勤を行う。

栽培圃場及び栽培作物としては、ビニールハウス（約 5,000 m<sup>2</sup>）でミディトマトのフルティカを栽培している。ハウスは 2,000 m<sup>2</sup>と 3,000 m<sup>2</sup>の 2 つの棟に分かれており、定植時期をずらすことで、通年出荷を行っており、年間 40t の出荷量を目標としている。また、完全人工光型植物工場ではフリルレタスとリーフレタスを水耕栽培で 720 株/日ほど生産している。

出荷先としては、同社グループの小売りである近商ストアが約 50%であり、約 40 店舗に週 4 回出荷している。また近鉄百貨店、近鉄リテーリング、都ホテル等にも出荷している。同社グループ以外では、近鉄ふぁーむの事業所近辺の吉野ストア、道の駅、委託販売等である。全体として同社グループ企業への出荷が 6 割程度、グループ以外への出荷が 4 割弱程度である。

取引先への現状の出荷通知として、翌週 1 週間の出荷量を今週の月、火曜日に連絡している。

トマトに関して、収穫量として 500-600kg 程度の月から、最大 5,000kg まで収穫できる月があり、ばらつきが大きいという課題がある。また、欠品によるクレームが出る事態を最も避けたいため、安全を見込んで出荷量を伝えているが、逆に多く収穫された場合に値が付かない、という課題があり、収量予測の検討が重要であるという認識がある。

一方、NTT 東日本から本実証の取組に参加したメンバーは、同社内で新規事業を立ち上げるミッションを持つ部署で、特に子会社の株式会社 NTT アグリテクノロジーを支援しているメンバーである。同グループは 2025 年に非通信分野で売上全体の約半分を上げることを目標に掲げている。特に NTT 東日本は地域に根付いた取組を注力対象としている。地域というキーワードにおいては一次産業が重要な産業であるが、一方で課題が多く、その社会課題の解決を目指して様々な事業に取り組んでいる。また NTT アグリテクノロジー自体も山梨市と調布市に自社圃場を保有し、栽培生産事業を行っている。近鉄ふぁーむと同様に、サプライチェーンに大きく影響を与える収量予測技術を重要視している。

- 取組の背景、経緯

本実証の期間は、2022年10月～2023年3月の予定である。国の補助等は受けず、2社による自主的な取組として実証を実施している。

近鉄ふぁーむでは、従来は農場の責任者が勘と経験で収量を予測していたが、前項に記載のとおり毎月の収穫量のばらつきや、多収、欠品等の課題が発生したため、収穫予測に対して課題意識を持つNTT東日本とともにトマトを対象として本実証に取り組むに至った。

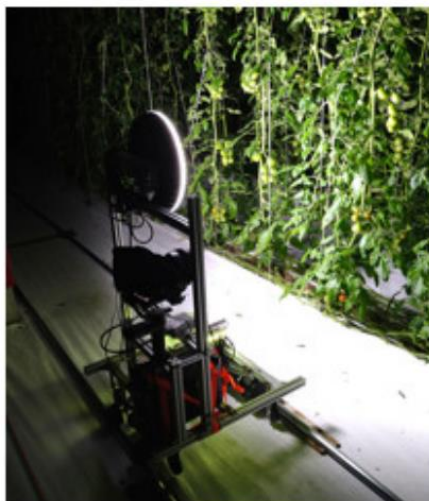
- 取組の内容、体制

予測を行うための取得情報は、ハウス内の環境情報及びトマトの生体情報である。環境情報はCO2濃度、気温、湿度、灌水、日射量等を、近鉄ふぁーむが既に導入していたセンサーから取得している。生体情報はカメラ撮影した動画から解析を行い、着果数、色づき、熟度、果実の大きさ、段数、葉の密度を取得している。

動画を取るためのロボットカメラはNTT東日本が組み上げたものである。圃場の栽培ベッド（畝と同単位）の横にレールを引き、その上を走る台車に、光源装置とカメラを設置している。画像解析には光の影響が大きく日中は反射等の問題があり夜に撮影する必要があるため、光源装置の導入が必要となった。

予測のインプットとして気象情報は活用していない。

**図表 18 近鉄ふぁーむで導入されたカメラロボットのイメージ**



出典：NTT 東日本「AI と動画解析の技術を活用したトマトの収穫量予測を実施  
～「近鉄ふぁーむ花吉野」にて実証実験の開始～」

[https://www.ntt-east.co.jp/release/detail/20221005\\_01.html](https://www.ntt-east.co.jp/release/detail/20221005_01.html)

## ● 予測技術の内容と成果

予測モデルは、環境情報及び動画解析により取得した生体情報から構築している。

モデルのインプットとなる情報については、農研機構の研究から重要な説明変数として何を採用するかを参考とした。生体情報の取得方法については、植物体自体に奥行きがあるため、複数角度から撮影した情報を組み合わせ画像解析することで適切な果実のサイズや数、熟度、葉面積数等を判別し、情報の精度を高めている。

これらの手法によって得られた生体情報と、前項に記載の方法で取得した環境情報を掛け合わせ、データ駆動型の学習を行うことで、独自の収量予測モデルを構築している。

予測モデルからの収穫予測情報としては、熟度に応じた収穫量が算出できる。ただし、実際に収穫するかは現場の判断によるため、出荷量と同義ではないことに注意が必要である。

当初の本実証の目標として、1週間後の収穫量予測の精度を±10%に設定していた。しかしながら、本調査時点（2023年3月）では、作付期間を通じた全体の精度は目標値に至っていない。ただし、全作付期間ではなく、例えば特定の週、あるいは特定の月での1か月先の予測では、精度が目標内に達している期間もある。予測精度が落ちる際の要因としては、病害等の発生や、労務管理の状況等が影響していると考えられる。

なお、ロボットカメラは1レーンのみ設置しているものの、圃場全体の収量を予測するのに大きな問題はないと考えている。1台のカメラからの情報を圃場全体に引き伸ばして環境情報と組み合わせることで全体の収量予測が算出可能であると想定している。

これらのロボットカメラ類一式の導入において、本実証では比較的高価な一眼カメラを用いたが、GoPRO等の安価なカメラでも問題なく撮影できることが判明している。レールと、レールに応じた台車を準備・設置する必要はあるものの、導入コストの削減を行うことができる余地はあると考えられる。

経営的な活用の観点として、近鉄ふぁーむは、予測収量の情報をもって出荷先と高単価での取引が可能になり、売上が安定するようになるとは想定しているものの、現時点では明確にその効果を算出することはできていない。

本実証は2023年3月で一旦終了するが、その後の活用や新たな目標設定については現在協議中である。また、NTT東日本による今回の予測技術のサービス展開についても前向きに具体化を進めている段階である。

## ● 今後の課題

NTT東日本は、予測精度の向上のために、予測のブレの要因となり得る労務管理の情報や病害虫の情報等を予測モデルに組み込むことで精緻化を目指すとともに、モデルの拡販も検討している。

一方で同技術の普及にあたっては台車やレールの規格等が標準的に定まっていないため、国としての規格の整備が必要であると考えられる。

図表 19 近鉄ふぁーむ花吉野による施設栽培トマトの収穫予測等の取組の特徴

概要	
●	ハウス内センサーによる環境情報と、ハウス内を稼働するカメラロボットが撮影した画像解析による生体情報をインプットとして、データ駆動型の学習を行うことで独自の収量予測モデルを構築している。
●	予測精度は、平均では1週間後の収穫量予測である±10%に至っていない。ただし、病害等の発生や労務面でのずれ等が起こった場合を除けば、目標の範囲内の精度を達成できていると考えられる。
●	本実証で開発した予測の仕組みは、NTT 東日本社においてサービス化に向け今後具体化を検討していく段階である。カメラや敷設したレールなども本実証の経験から比較的低価格化が可能と考えられる。また、施設内のレールの規格などの標準化を国が進めてくれれば一層低価格化が進むものと想定される

## (2) 複数の生産者が共同で取り組む事例

### ① JA 香川県（香川県農業協同組合）

#### ● 組織の概要

JA 香川県は、平成 12 年に県下 43JA が統合し県単一 JA として誕生した。販売品取扱高 379 億円、購買品取扱高 185 億円、組合員数が 140,735 人（正組合員数 58,457 人、准組合員数 82,278 人）、職員数 3,352 人の規模を誇っている。

#### ● 取組の背景、経緯

香川県では昭和 4,50 年代からブロッコリーの栽培に取り組んできた。平成初期には米国産の輸入量増加の影響で栽培面積は減少したものの、ブロッコリー自体の国内消費量の伸びと、米国産地の干ばつ等の影響による輸入減、そして県内における水稲からの転作の推進などを背景に、直近 20 年でその出荷量を約 4 倍の 1 万 4,400 トンに拡大させ、現在では北海道、愛知県に次ぐ全国第 3 位の大産地となっている。そのブロッコリーの取引先としては、JA 香川県の生産品を主に扱う 2 社が中心である。

JA 香川県は、結果的に求める精度は出なかったもののレタスの収穫予測に約 30 年前から取り組んだ経緯があり、予測技術の採用には以前から積極的であった。ブロッコリーは温度変化に敏感であり、かつ収穫量の“山”をなだらかにし無駄なく出荷するために集荷場と冷蔵庫を効果的に活用しているが、その運用を計画するためには収穫予測技術が特に必要であった。

#### ● 取組の内容、体制

元々は県の農業試験場がブロッコリーの品種ごとに必要な積算温度の調査を行っていた。そのノウハウを踏まえて、2019 年から、JSOL 社が基本となる出荷予測モデルを設計し、NTT データ社の営農支援プラットフォーム「あい作」上に予測システムを構築して、プロジェクトを立ち上げた。そしてまずはエリアを絞って検証を開始し始め、現在では県全域にわたり部会員約 1,500 人のうち登録がおおよそ 600 人、うちアクティブに約 100 人が参加する、JA 香川県第 7 次営農振興 3 カ年計画（令和 4 年～令和 6 年）の指導態勢・機能強化の有効な施策の一つとなっている。

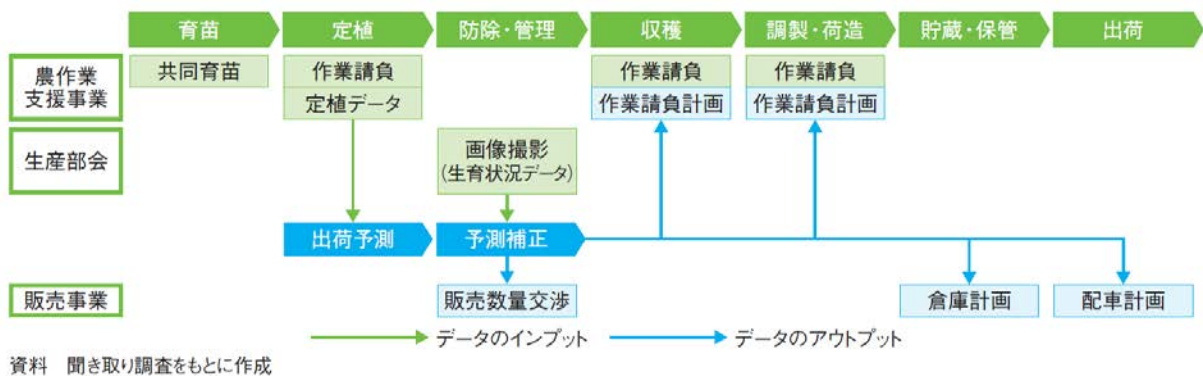
これだけの規模で継続してデータ収集が行われている背景には、JA 香川県が進める「農作業支援事業」の存在が大きい。JA 香川県は約 20 年前から希望者を対象に農作業を支援する事業を始めている。ブロッコリーについては、定植などの圃場での作業支援と荷造り・調製支援を行っている。そのため、積算温度を基本とする収穫日の予測を行う上で一番重要な「定植日」については、当該サービスを利用する生産者であれば JA と共有しており、JA 側が把握・入力することが可能となる。また、同様に収穫作業も生産者と一緒に JA が支援するため、実際にいつ収穫したかを正確に把握することができ、予測との差異についても把握することが可能となる。

また、後述する通り予測精度を上げるために JA 香川県ではさらにいくつかの取組を行っているが、

その一つとして花蕾の大きさの把握がある。これについては生産者が花蕾の画像を撮影しそれをサーバに送信する仕様とし、いちいち数値や入力作業を行わなくてよいようにして現場負荷の軽減を図っている。

さらに、JA 職員が入力し切れない部分は、NTT データ社に一部作業を依頼している。

図表 20 ブロッコリーの生産から出荷までの作業とデータの流れ



出典：尾高恵美(2021)「JA 香川県におけるブロッコリーの出荷予測」農中総研 調査と情報 2021.3 26-27

● 予測技術の内容と成果

定植日を起点に、メッシュ単位の温度データ（過去分は実績、将来1ヶ月は予測値）から、積算温度の計算を基本とした収穫適期予測を行い、画像から判断する花蕾の大きさからの計算により予測に修正をかけている。しかし、どうしても大雨や急な冷え込みなどの極端な気象の変化があると予測がズレてしまうケースがある。2022年11月後半には、気象予想に反してその月の前半に暖かい日が続いたため、収穫日予測に対し実際の収穫日が2週間ほど前倒しになってしまったケースもあった。

JA 香川県では、開始から4年が経過し、参加者・地域を拡大し蓄積するデータ量も増加させてきたこともあって一定の評価はしており、当初目的とした集荷場や保冷库の有効活用にも一部成果が出始めていると捉えている。ただし、取引先との交渉による有利販売の実現や獲れ過ぎた場合の平準化・廃棄ロスの減少という経済的な効果については、数値化できるまでに至っていない。

● 今後の課題

積算温度による予測に加え、業務で活用していくためにはその“修正”が重要である。現在は花蕾の大きさから修正を試みているが、他にも下記のようなデータが把握できれば、予測の精緻化につながる修正が可能になると考えている。

- ・ 品種の特性（積算温度に相関が高いもの／植え付けからの日数に相関が高いもの）
- ・ トレイの種類（現在2種類で栽培）

- 土壌水分量…把握が困難であるが、予測に影響があることは分かっている

また、同じ NTT データ社の「あい作」を用いている長崎県島原雲仙地区の同様の取組と比べると、参加する生産者数は少ないものの、予測精度は香川県より高かった。これは経営規模が同じくらいの生産者が揃っていることと若い生産者が積極的に（作業履歴等の）情報を入力していることがその理由として考えられる。この点についても予測精度向上に取り込めるものがあれば検討したい。

**図表 21 JA 香川県によるブロッコリーの収穫予測等の取組の特徴**

<b>概要</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 現場実証を開始して 4 年目で、県内のブロッコリーの部会員約 1,500 人のうち概ね 600 人が参加する規模でデータ収集、結果の検証を実施中。</li> <li>● JA が作業支援を積極的に行っているため、定植日・収穫日などの情報は（JA と作業計画を共有するために）データ化し JA と共有しやすい環境がある。</li> <li>● 定植日に対しメッシュ気象データの活用により積算温度を基本として収穫適期の予測を行い、花蕾の大きさの画像から予測の修正を行っている。</li> <li>● 集荷場や保冷庫の有効利用という当初目的については成果が出てきているが、まだ経済的な成果を示せる段階ではない。</li> <li>● 予測に対して修正を加えていくことが大事で、花蕾の大きさに加え、品種の特性、トレイの種類、土壌水分量などをデータ入手し試行してみることで、結果的により精度の高い予測になるよう引き続きチャレンジしていく。</li> </ul>	

## ② JA 西三河（西三河農業協同組合）

### ● 組織の概要

JA 西三河は、愛知県西尾市を管区に持ち、平成 12 年に、旧西尾市・幡豆郡の 5JA が合併して発足した。販売品販売高は 87 億円、組合員数が 31,022 人（正組合員数 8,462 人、准組合員数 22,560 人）、職員数 508 人である。

### ● 取組の背景、経緯

JA 西三河のキュウリ部会員数は 40 名おり、全員が JA 西三河に全量系統出荷を実施し、その出荷量は年間 3,000 トンにのぼる。総出荷量の 3 割を価格・量を予め決める契約販売を行っている。契約販売も市場を通して行っており、JA あいち経済連が販売機能を担っている。

キュウリは出荷量の増減が激しい品目であり、急激に出荷量が増加すると価格は暴落し、減少すると契約販売時は欠品補填を行う必要が生じ、市場価格が暴騰している状態での補填は利益損失につながる。近年は急に市場価格が暴騰するケースが発生しており、予測の重要性が増している状況であった。

### ● 取組の内容、体制

令和元年より農林水産省「スマート農業実証プロジェクト」を活用し、JA 西三河、愛知県西三河農林水産事務所、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構など 11 の機関でつくる「日本をリードする施設きゅうりスマート農業実証コンソーシアム」を発足し、民間のデータ分析の専門家を交えてキュウリの収穫量予測技術の開発・実証を実施した。

令和元年度は下村農園の 1 生産者、令和 2 年度は 7 生産者、令和 3 年度は新たに「スマート農業技術の開発・実証プロジェクト」に採択され、「日本をリードする JA 西三河きゅうり部会スマート農業実証コンソーシアム」を発足し、JA 西三河きゅうり部会の全部会員を対象として令和 4 年度まで実証を行った。令和元年度から令和 2 年度は生産者毎の収量予測を実施していたが、令和 3 年度からは JA 西三河きゅうり部会全体の出荷量予測の構築を行った。

令和 4 年度にて実証は終了するが、予測モデルは引き続き活用予定である。

### ● 予測技術の内容と成果

実証初期に生産者別の収量予測を実施した際には、インプット情報として圃場内に設置した環境センサーから取得した情報に加えて生育情報、作業情報を活用していたが、予測精度は低い状況であった。生産者ごとに予測を行うと、つり下ろし時期や病害虫等のノイズが入りやすく、結果的に産地全体の収量の方が精度高く予測できた。

産地全体での出荷量の予測モデル構築においては、よりシンプルな計算ロジックを採用して 2 週間先までの天気予報情報から予測した日射量と過去 1 か月の出荷実績をインプット情報としたモデルを構築した。天気予報情報は、一般的な晴れ、曇り、雨といったマークで表されるような広く入手可能な情報

であり、日射量予測に変換するために、JA 西三河管内の圃場に設置された 1 台の精度の高い全天日射計の過去データを用いて調整を行った。その予測モデルは独自に機械学習のようなアプローチで構築した。生産者の仮説をもとに様々な角度でデータを切り取り、生産者や実証関係者とディスカッションしながら分析を実施した。

この予測モデルでは 1 週間後、2 週間後の収穫量を算定する。等階級別の収量予測の実施も試みたが、高い精度には至らなかった。

作付期間を通しての予測精度は平均で±15%以内であった。ただし、時期により精度は異なり、3 月頃のハウスの窓を開ける等の作業により環境の連続性が保てないタイミングは精度が低くなる状況であった。±15%の差異は 1 週間先予測の予測値と実績値の乖離度を毎日計算し、絶対値を取ってシーズンの平均を出したものである。日々の状態を観察してもおおよそ±15%の誤差に含まれていると考えられる。天気予報が外れたケースや上記の窓開け作業が必要な時期も対象に含んでおり、それも精度が比較的悪く見える理由である。ただ、この予測モデルの構築にも参加した生産者が、この予測収穫量に対し、リスク要因や予測が外れる可能性の有無等の情報も付加して販売側に伝える形で運用しており、業務面では十分な効果が発揮されている。

直接的な売上効果は、市況要因を除いて、収量予測の効果だけを区分して可視化することは難しい。ただし、販売先に予測結果を伝えることにより、「JA 西三河の情報正しい」という信頼につながることや、出荷量の増加が早くわかることにより営業を行うなどして値崩れしないように取り組むことが可能となっていると感じている。

#### ● 今後の課題

前述のようにハウス内環境変化の傾向が変わり精度が低い時期が存在することは課題である。また、天気予報の精度によって影響を受けることは避けられない。このような時期による予測精度のリスクについても販売側に予測収量と共に伝えており、販売を行う JA あいち経済連が様々な情報を加味して販売戦略を決めている。

本モデルは最終的に Excel にて計算可能なロジックであり、比較的精度の高い日射計が産地に 1 台あれば利用可能なモデルと言える。ただし、JA 西三河は栽培技術レベルが高く、かつ栽培方法が下り下り栽培に統一されていることや、全量系統出荷であることがモデルの精度保持に影響していると考えられ、他産地に適用する場合はその状況に応じたモデルのチューニングを行う必要がある。加えて、予測モデルの特性やリスクを加味して運用するための素地が必要となる。このような課題を解決するためには、データ分析に強い人材を農業界に呼び込むことと、農業現場にいる人のスキルアップが必要であると考えており、その点は国の支援が必要と考えている。

図表 22 JA 西三河による施設栽培キュウリの出荷予測等の取組の特徴

概要	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 現場実証を開始して4年目で、管内のキュウリの部会員40人全体を対象に産地全体の出荷量を予測している。</li> <li>● 予測モデルは天気予報（晴れ、曇り、雨等の一般的な情報）からJA西三河の日射量を予測するモデルと、その日射量と過去1か月の出荷実績を活用した収量予測モデルで構成される。</li> <li>● 1週間後及び2週間後の収穫量を予測しており、1週間後の予測精度は平均±15%である。時期により精度に差があり、3月頃のハウスの窓を開ける等の作業により環境の連続性が保てないタイミングは精度が低くなる。加えて天気予報の精度の影響も大きいと考えられる。</li> <li>● 予測結果は時期等による精度リスクと共に販売側に伝えており、「JA西三河の情報は正しい」という信頼につながることや、出荷量の増加が早くわかることにより営業を行う等値崩れしない様に取り組むことが可能になっている。実証終了後も実務で活用し続ける予定である。ただし、予測を行うことによる経済効果は、市況等他の要因から切り離して算出することができず数値はできない。</li> <li>● 他産地展開の観点においては、インプット情報は少なく、モデル自体もExcelにて計算可能なロジックである一方、栽培方法や出荷形態等JA西三河の特性をベースとして構築されており他産地におけるチューニングにコストが発生することや、モデルの特性を把握したうえで適切に運用するためのノウハウが必要となる。</li> </ul>	

### ③ 倉敷青果株式会社（旧 倉敷青果荷受組合）

#### ● 組織の概要

倉敷青果荷受組合は昭和 21 年に設立され、青果物の卸売事業から始まり、洗浄殺菌カット野菜の製造・販売まで事業を拡大している。売上高は 133 億円、うちカット野菜部売上高は 47.7 億円にのぼり、西日本地区では最大規模のカット野菜メーカーである。令和 4 年に同グループ内に新たに設立した倉敷青果株式会社に事業譲渡を実施している。

カット野菜部門においては生産者と契約取引を行い、加工品はコンビニ、スーパー、外食産業等に出荷し、全国 260 社 7,350 店舗へ直接販売して販路を拡大している。また、同グループ内にカット野菜に適した生産及びその指導等を行う農業法人クラカアグリ株式会社を有する。

生産者との契約タイミング、方法は仕入バイヤーによって様々である。取引先とは信頼関係を基に、契約で決めてあっても適宜相談しながら取引を実施しており、仕入担当の勘と経験によるところが大きい。また、カット野菜の出荷先からの要請により、直近で生産者への発注量に変更されることもある。注文量は正式には約 1 週間前には決定する。ただし、契約先生産者や、品目により異なる。

#### ● 取組の背景、経緯

この収穫予測の実証に取り組む前から、日本気象協会及び日本ユニシス（当時）と AI を活用した需要予測に取り組んでいた。その際には受注データと気象データで分析を行っていた。このつながりがあったことから、本実証への参画依頼を受けた。

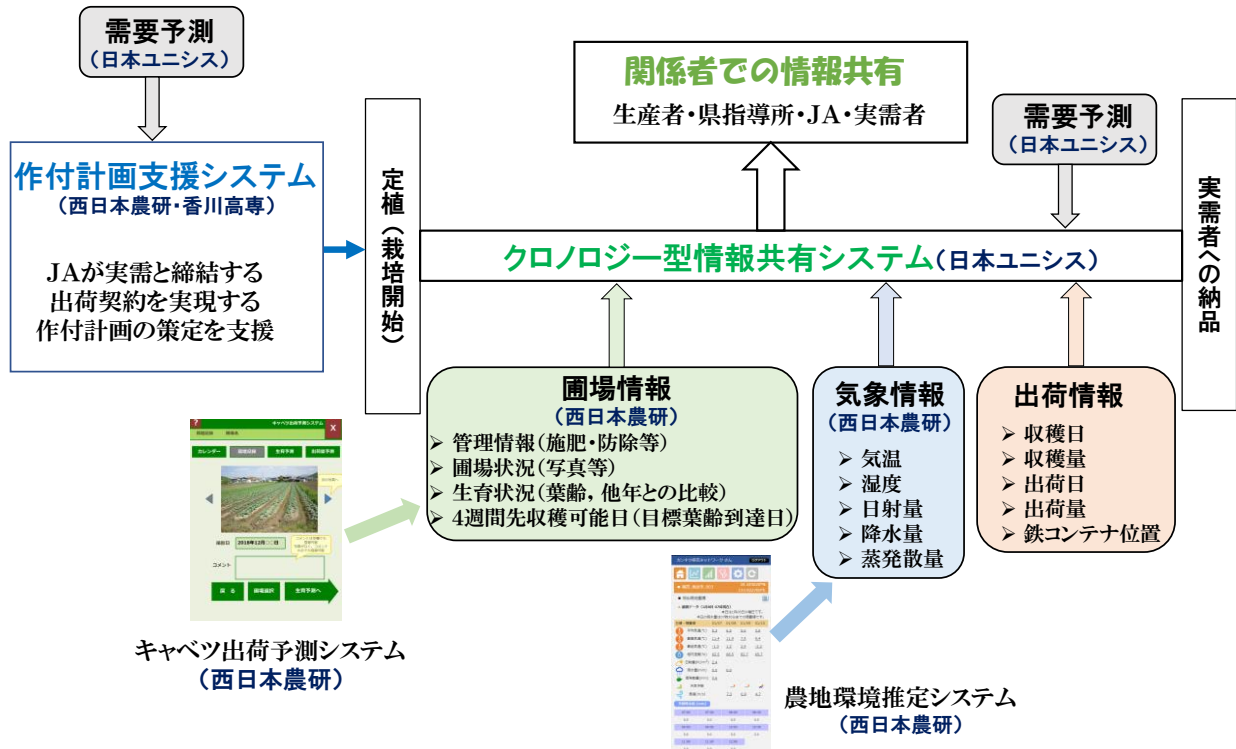
課題意識としては、長期的な需要予測に沿って生産計画を立て、仕入れを行いたいという考えがあった。

#### ● 取組の内容、体制

本事業は国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）による「高度通信・放送研究開発委託研究」に応募し、採択された「中国中山間地域の農業振興に資する地産地消型スマートフードチェーン構築のためのクロノロジー（時系列）型情報共有技術の開発」にて令和元年度から 2 年間行われた。本実証では農研機構西日本農研（協力：香川高専・UD工房）が開発する作付計画支援システムと日本ユニシス（株）が開発するクロノロジー型情報共有システムの 2 つを開発・実証した。収穫予測は、作付計画支援システムの一部として農研機構西日本農研の高橋英博氏・植山秀紀氏により開発が行われた。

本実証はキャベツを対象品目として実施され、生産法人を含む 6 つの農業経営体、中間事業者として全農ひろしま、実需者として倉敷青果荷受組合が参画している。

図表 23 実証の全体像



出典：倉敷青果株式会社資料より引用

● 予測技術の内容と成果

キャベツの収穫期予測モデルは、定植を起点とし日平均気温に基づいて葉齢進展を予測するモデルで、結球開始期を境として回帰式の係数を切り替える農研機構のモデルを活用した。収穫量については、定植株数、収穫物重量に良品割合を設定することで確定した。また、気象データについては 50m 解像度の精密メッシュ気象データを活用した。

葉齢予測モデルの精度について、観測葉齢と推定葉齢の日数差で見ると、春作では最大 4 日であったが、秋作では観測葉齢のばらつきが大きく、また収穫期の気温が低いことから葉齢進展が遅くなり、最大で 18 日の差であった。

また、実際の圃場における収量予測の精度検証は行わなかった。クロノロジー型の情報共有システムの開発とデータ入力に労力が割かれたためである。

● 今後の課題

別の生産管理システムを利用している生産者や、複数品目の生産を行う生産者にキャベツのみ生産管理状況を別システムに入力させることの負担感が高い状態であった。

実需者側としても、キャベツだけを対象としたため、効果は限定的であった。

図表 24 倉敷青果社（旧倉敷青果荷受組合）によるキャベツの収穫予測等の取組の特徴

概要
<ul style="list-style-type: none"><li>● 2年間の実証で6生産者が参加した。</li><li>● 収穫期予測モデルは、定植を起点とし日平均気温に基づいて葉齢進展を予測するモデルで、結球開始期を境として回帰式の係数を切り替える農研機構のモデルを活用した。</li><li>● 収穫量予測については定植量等栽培条件に関する調査により間接的に予測を行った。</li><li>● 予測モデルの精度は収穫期となる葉齢の算出においては春作で最大4日、秋作では最大18日差が発生した。ただし、実際の圃場における収量予測の精度検証は行われなかった。</li><li>● 定植情報等の入力のみ本実証専用のシステムに入力することに対する生産者の負担感が大きく、実証終了後は活用に至っていない。</li></ul>

#### ④ JA 高知県、高知大学 IoP 共創センター（Next 次世代型施設園芸）

##### ● 取組の背景、経緯

生産者にとって、相対取引においては予定量よりも収穫量が多いと価格が値崩れし、少ないと市場から購入するか、取引停止になってしまうため、収穫量の予測は非常に重要である。また、流通業者にはトラックの手配を1週間前には伝える必要があるが、予定していた運送量がずれると必要となるトラックの種類や数量が変更になり、空走等が生じてしまう。このため、配送業者側の利益にも収穫量予測が大きく関連する。この課題認識の下で、後述するように予測に活用できるデータが収集されていたことから、収穫予測技術の検証に取り組んだ。

##### ● 取組の内容、体制

高知県では、農業データ連携基盤「IoP（Internet of Plants）クラウド」（通称「SAWACHI」）というプラットフォームが導入、運用されており、このプラットフォームに収集された情報が収穫量予測に活用可能であった。このプラットフォームは、県下の生産現場に導入されている環境センサー、圃場カメラの情報及びJAへの出荷量のデータ、気象情報、市況情報等を一元的に参照、分析することが可能な仕組みである。本調査時点（2023年3月）では、県下約5,000農家のうち、約1,500農家が生産現場に環境センサーを導入し、プラットフォームに参加している。環境センサーを提供する企業は4,5社であり、企業のクラウド経由、あるいは環境センサーからSAWACHIへ直接連携することで、SAWACHIにデータを集約している。

このSAWACHI上に収集されたデータを用いて、高知大学IoP共創センターでは「生理生態AIエンジン」の開発を行った。この生理生態AIエンジンは、植物の生態を数式化し、AIによって植物の振る舞いを推定する技術である。このAIエンジンでは、ニラやネギなどの葉菜類については光合成で生産された糖が茎葉へのみ分配されるため、高い精度で収穫対象となる草丈を推定することができている。一方、ナスやピーマンなどの果菜類の場合は、茎葉と果実が交互に糖分配され成長するため、収穫対象となる果実部分の収量を同様に予測することが困難である。

そこで生体情報を活用した生理生態AIエンジンからのみ予測を導き出すのではなく、SAWACHIから取得できる出荷情報を学習したAIとのハイブリッドにより、予測モデルの構築に取り組んだ。

また同県ではSAWACHIを活用して栽培現場におけるさまざまな課題を解決するためにIoP農業研究会を設立しており、生産者や企業、県職員、研究者らの会員100人以上がslack等を使い、活発な意見交換などを行っている。

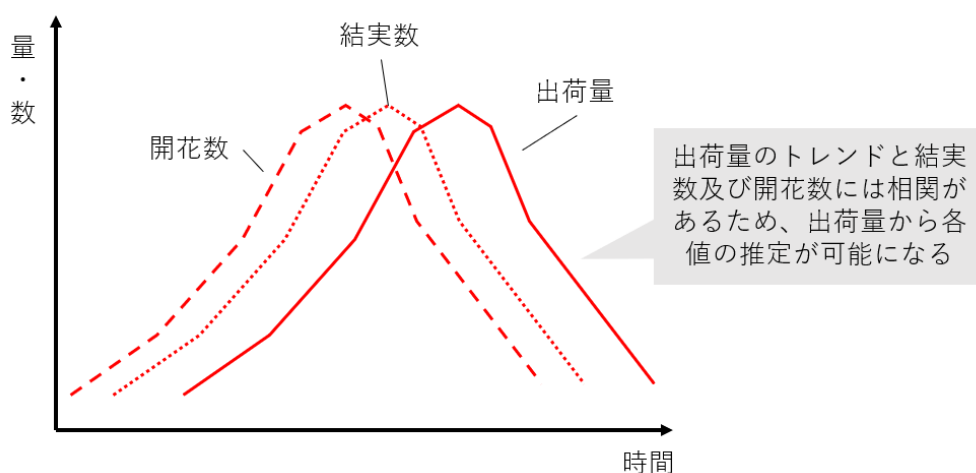
##### ● 予測技術の内容と成果

本技術での予測は、生理生態AIエンジンにより算出される数週間分の積算光合成量と、SAWACHIが保有する出荷情報のトレンドから算出した糖の転流比率（光合成により生産された糖が葉、茎、実、根等にどう分配されるか）の予測を組み合わせることで、予測を導き出している。

積算光合成量については前項に記載の通り、SAWACHI から得られる画像（定点カメラ）と環境情報（湿度、CO<sub>2</sub>、気温、PPFD[光合成光量子束密度]）から構築した生理生態 AI エンジンのモデルを用いて導き出す。

一方、糖の転流比率は、SAWACHI から得られる出荷情報をもとに算出する。SAWACHI からは出荷情報として、直近の出荷量及び出荷量の変化の情報が取得でき、これらの情報から出荷量のトレンドを解析する。出荷量と結実数、開花数は位相ずれに近い相関関係があり、出荷量のトレンドから、結実数、開花数が算出可能である。この相関から植物体の各部への糖の転流比率を算出し、着果数の動きを導き出している。

図表 25 出荷量のトレンドと、開花数、結実数の相関のイメージ



出典：高知大学岩尾氏資料より作成

ただし、SAWACHI から得られる出荷情報は、JA に対するいわゆる系統出荷の出荷量の情報のみであり、系統出荷以外の情報は SAWACHI 上にはない。このため、圃場の収穫量の予測及びその精度の算出は行っていない。

なお、JA にとってはトラックを正確に手配することが重要で利益の 5~10%程度が左右されることもある。そのため、JA で集荷した過去データを用いて物量予測（JA としての出荷量予測）に取り組んでいる。

#### ● 今後の課題

生産者、特にいわゆる篤農家は、自身の経験により一定程度の収量予測を行うことができるので、技術的な収量予測を行うニーズは高くないと想定される。むしろ、収量予測自体よりも、大きく減収する可能性がある場合にどのような対策を打つべきかを知りたいというニーズの方が大きいと想定しており、将来的には SAWACHI へ生体情報（病気の発生等）についてもデータを収集することも検討している。

図表 26 JA 高知県、高知大学 IoP 共創センター（Next 次世代型施設園芸）の取組の特徴

概要
<ul style="list-style-type: none"><li>● 高知県では生産現場の環境情報、栽培情報、市況情報等を集約したプラットフォームを構築、運用しており、予測ではこのプラットフォーム上で集約された情報を活用している。</li><li>● 生体情報からのアプローチで予測ができない果実の収穫量に対しては、糖の転流比率に着目し、直近の出荷情報から導き出した予測を活用している。ただし、現時点では同プラットフォームにある出荷情報は限られるため、収穫予測自体は行っていない。</li></ul>

### (3) まとめ

予測技術の利用者について、生産法人では早くからその開発や実証に取り組んで既に業務で活用しているトップリバーと SAC 磐田、及び NTT 東日本とロボットカメラを用いた先進的な取組に着手した近鉄ふぁーむを、また生産者に係る団体では JA 香川県、JA 西三河、JA 高知県及び倉敷青果株式会社（旧倉敷青果荷受組合）を公開情報より抽出し、その検討経緯から技術や実証の内容・予測精度、そして課題と今後の利用方針に関して調査し整理した。

まず、実証に留まらず業務において収穫予測技術を利用し続けているもしくは利用する意欲のあるトップリバー、SAC 磐田、JA 香川県、JA 西三河に共通してあるのは、危機感や取り組む意義・目的を組織内でしっかり共有されていること、優れたリーダーがいること、そしてできるだけデータを自動的に取得するもしくは業務としてデータ登録が位置付けられていることの3点が挙げられる。

一つ目の危機感や取り組む目的の共有について、今回の調査の中では精緻な予測を行って供給可能量を取引先に早く連絡することが直接的に取引単価を大きく上げることに繋がったという事例はなかった。ただし、正確な情報をこまめに取引先と共有することが信頼感の醸成に繋がり、結果的に良い契約を締結できるということは明らかであった。また、収穫予測を栽培計画の策定・修正や労務管理に活用したいというニーズも概ね共通しており、複数の作業者を抱える生産法人や作業受託を行う JA 組織等では効果的なリソース（倉庫利用や物流機能等を含む）の配置・活用に収穫予測は重要であることが改めて分かった。

次にリーダーについて、生産法人の経営者や JA 組織の長及び部会のキーパーソンなど優れたリーダーが、競争優位を得るためにデータを用いた経営が重要であると強く意識し、かつ自らその結果を確認しながら業務に落とし込むことにコミットした姿が今回の調査で強く印象に残っている。例えばトップリバーは、2015 年頃からデータを用いた収穫予測に取り組み、途中なかなか精度が出なかった時にも諦めることなくそれまでとは異なるデータ起点型・学習型のアプローチに切り替えてみて予測精度を高めることに成功している。また JA 西三河ではキュウリ部会のキーパーソン自らが外部のデータアナリストと相談しながら予測モデルの精緻化に取り組み、またその必要性を説明することで部会員全員がこの取組に参加するまでになっている。

最後に予測に必要なデータが比較的容易に集めやすい環境にあるという点は、今後の普及を考える上でも重要な要素である。例えばトップリバーでは、独自開発のシステムに社内の様々なデータを以前から蓄積している。また JA 高知県は、データ基盤で組合員の各種データを蓄積、分析する仕組みを作っている。この両者は予測の目的のためだけに現場の作業者にデータ入力させることは行っていないため、作業負荷が増えて現場の不満を招くこともない。一方、SAC 磐田では作業者の定常的な業務としてサンプル株の着果数をカウントして登録することを実施している。このサンプル数や頻度も過去に検証しながら現在の形に落ち着いており、無理なく続けられかつ予測の精度を保てる業務量が模索した結果として定着しているものと想定する。

予測技術についてはどの生産者・生産法人でも共通して使えるという決定的なものはないが、生産規

模や品目、栽培方法、データ収集の仕組みの有無などにより、経営者やリーダーが実務に利用できるものを選択して自らの業務に落とし込めるツールや予測モデルは揃ってきていると考える。

ただし、今回ヒアリング調査した先進事例は概ねリーダーが IT ベンダーや研究者任せにせず自ら予測に関しても仮説検証にコミットし、かつその結果を業務に落とし込む（栽培計画・人員配置の見直し等）まで通して定着化させることに努めており、予測精度自体を突き詰めてはいない点特徴的である。つまり、予測がずれるリスクも含めて利用者がその予測結果を咀嚼して経営に活かす能力が必要とされるものとする。

## 1-3 供給可能量予測の取組事例（サービス提供者）

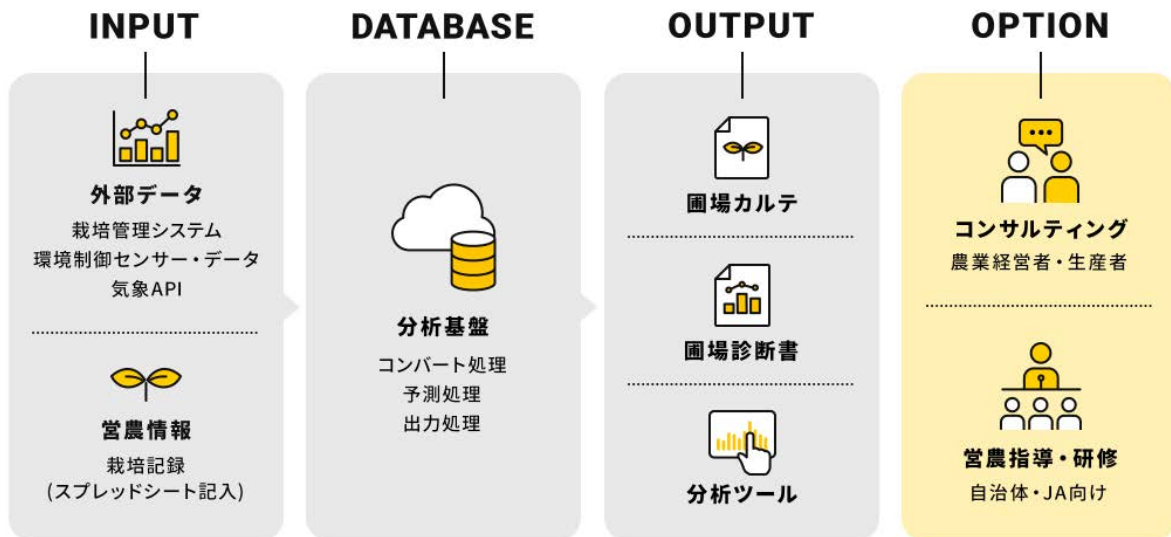
### (1) 供給可能量予測技術やサービスを提供するベンダーの事例

#### ① テラスマイル

- 事業の概要について

2011年から2013年にかけて大規模農場の立ち上げに参加し、その過程で出荷時期や量の予測を事前取引先に提示することの重要性を認識した。その経験を踏まえて2014年に創業し、2018年4月から経営管理クラウドサービス RightARM の提供を開始した。その後、国のスマート農業実証事業などを経て、2022年には自治体版をリリースしている。

図表 27 RightARM サービスイメージ



出典：テラスマイル「経営管理クラウドサービス RightARM [ライトアーム] とは」

<https://terracedmile.jp/right-arm/>

現在、宮崎県と静岡、東京、大阪に拠点を設けており、社員数は25名である。個々の生産者を対象とした従来の農業クラウドサービスと異なり、契約は大きな組織と取り交わしその組織内で大勢に使ってもらうことを前提としており、利用者（契約者）は大規模農業法人6社、自治体が47都道府県中12県、さらにJA組織がいくつかある。また、さらに4県が取組を準備している。

- サービス及び予測技術の内容

提供する予測サービスは、過去のデータにアルゴリズムをかけて「傾向」を予測する。インプットとして利用するデータは、過去の収穫実績、気象情報（実績、予測）、ドメイン知識（生育ステージのイベント情報等、詳細は言えない）などである。基本的には提供するのはいくまで産地の「傾向」であり、収穫適期や目安となる量を参考値として出すもので、人の作業行動が暗黙知である中で、予測の精度を

とにかく精緻化しないといけないという考え方は持っていない。従って、葉面積を測定し、今のモデル・アルゴリズムを補正するなどということまでは不要と考え、対応していない。現在のようにドメイン知識（現場知見）を有した「傾向」が分かれば、利用者の経営判断には十分と考えている。

2017年から農林水産省人工知能未来農業創造プロジェクト等の事業を活用してファンクションを開発してきたが、結果的にAIを使うには農業現場はデータが少なすぎて、ビジネスとしてのユニットエコノミクス構築が難しいという結論に至り、現状は統計的アプローチに変えている。

出荷予測以外の目的でのインプット情報として、市況、環境センサー、生産管理システムなどの情報、生育調査情報、出荷場データ等も取り込めるようになっている。WAGRIからは市況APIを用いてデータを取得している。

アルゴリズムは農研機構やJA、農機資材メーカー等と共に開発しており、現在は下記のとおり5種類ある。

図表 28 テラスマイルの予測アルゴリズム

品目	予測内容	協力機関
お茶	収穫傾向予測	農研機構
全般	集荷場の受入傾向予測	J A
露地野菜	収穫傾向予測	農研機構
きゅうり、トマト（施設園芸）	収穫傾向の予測	メーカー等
トマト（施設園芸）	収量予測	株式会社誠和

出典：ヒアリング結果をもとに弊社作成

予測に至るデータ取得に関しては、極力農業現場で入力させることはなくし、データ連携・自動入力されることを志向している。WAGRI やデータ提供サービスの活用に加え、誠和社の環境制御システムやウォーターセル社の生産管理システム「アグリノート」等とデータ連携を実現している。

- 本分野で参考とする取組や会社、あるいは競合相手

営農のドメイン知識を有したデータサービス企業はほとんどいない。予測関連サービスの提供元として注目しているプレーヤーとしては、農研機構と連携しているクボタやイーサポートリンク、ビジョンテック/AgriLook、NTT データ・NTT アグリ、カゴメ+NEC、日本ユニシス、高知県開発の施設園芸用営農支援サービス(SAWACHI)等が挙げられる。

- 今後の課題

収穫予測サービス自体に課題はあまりないが、Agritech のビジネスを推進・拡大していく上で、資

金調達面での国のサポートが重要になると考えている。Agritech は成果が出始めるまでに時間が掛かるため、民間からの Dept/Equity 資金調達だけでは、事業スケールを描くことが難しい。

図表 29 テラスマイルの取組の特徴

概要	
●	2014 年創業、2017 年に予測機能を含む経営管理クラウドサービス RightARM の提供を開始し、2022 年に自治体向けサービスを追加リリースした。大規模組織と契約する経営方針で、現在大規模生産法人 6 社、17 都道府県、さらに JA 県組織等と契約してサービス提供している。
●	あくまで経営判断のための「収穫量傾向」を示す機能と位置づけており、現在お茶や露地野菜（葉物野菜）、及び施設園芸（キュウリ、トマト）に対してアルゴリズムを提供している。
●	利用するインプットデータは、過去の収穫実績、気象情報（実績、予測）、ドメイン知識（生育のステージのイベント情報等）であり、取得に手間が掛かる葉面積等の生育情報などは利用していない。
●	供給可能量予測技術の精度向上にあまり重きは置いておらず、できるだけデータ入力することなく経営体が手を打つべきリスクや特徴があるかを把握するための「傾向」を提示することにフォーカスしている。そのため、ターゲットとする自治体や大規模法人等にとっては有効であり普及段階にある。

## ② イーサポートリンク

### ● 組織、事業の概要について

イーサポートリンク社は、1998年設立、売上高48億5,000万円(2022年11月)、従業員数は149名の組織である。バナナ等の輸入から卸までのサプライチェーンに対するシステムプロバイダー及び業務受託(事務代行サービス)等を実施するオペレーション事業と、生産者の集荷・選別・販売等を支援する農業支援事業の2つが事業の柱である。

提供するシステムサービスとしては、サプライチェーンを構成する異なる企業や部門間の流通情報をオンライン上で一元管理する「イーサポートリンクシステム」や、小売・量販店と取引先との間でリアルタイムに情報共有できる受発注システム「生鮮MDシステム」、さらに生産者向け生産管理等の機能を持つ「農場物語」などを有している。

### ● サービス及び予測技術の内容

SIP第二期の実証に対しては、既存システムのユーザから要望があった訳ではないが、今後JA組織や生産法人等にニーズが高まるのではないかと想定して、葉物野菜を対象とした収穫適期予測システムを開発して実証に参加した。予測の考え方については、農研機構の野菜花き研究部門よりサポートを受けた。

収穫適期の予測システムは、作付計画を入力することで収穫適期予測情報を提示するクラウド上の仕組みである。具体的には、作付日、品種、収穫予定サイズ等を入力すると、気象情報(実績及び予測)を使って算出した収穫予定日(予測値)が算出される。予測値については、26日先までの気象予報と27日以降は平年データを用いて算出している。

併せて予測値に対するベンチマークの値として、過去10年の気象情報を用いて算出した収穫予定日(平年値)、および去年の収穫予定日、一昨年の収穫予定日の3つを選択して表示できる。また、追加のパラメータとして被覆開始日・終了日を入れられるようにしており、被覆の有無で積算温度を変えている。

収穫期予測は、レタスとキャベツで±5日を実現できており、実証に参加した生産者からは十分な精度であるとの評価をもらっている。

図表 30 イーサポートリンクの収穫適期予測画面イメージ

シンプルなデザインとし、スマホでも操作することができます。

品種

サイズ

定植日

収穫適期  
(過去分と比較可能)

登録済み収穫予測定義: デモ:レタス 新規定義作成(N)    APIでの予測

定義名: デモ:レタス    管理番号: 1    地区: 八千代    定義削除(V)    計算に利用する気象データ: 平年値

気象データ取得(W)
収穫予定日計算(X)
予定日クリア
入力値クリア
グラフ表示(G)

行追加(A)
行コピー(C)
行削除(U)
ファイルを選択
選択されていません
ファイル取込(I)
取込フォーマットDL(L)

圃場 ID	圃場名	地番	品種	サイズ 目標葉齢	行別 定植 面積(a)	定植日	被害開始日	被害終了日	実測 葉齢	収穫予定日 (平年値)	収穫予定日 (予測値)	遅れ日数	収穫完了日
1	1101		サウザー	L		2022/09/01				2022/10/12	2022/10/10	-2	
2	1414		サウザー	L		2022/09/06				2022/10/19	2022/10/17	-2	
3	1212		サウザー	L		2022/09/11				2022/10/27	2022/10/25	-2	
4	1515		サウザー	L		2022/09/16				2022/11/06	2022/11/03	-3	
5	1313		サウザー	L		2022/09/21				2022/11/15	2022/11/13	-2	
6	2121		トリガー	L		2022/10/01				2022/12/10	2022/12/02	-8	
7	2424		トリガー	L		2022/10/06	2021/12/01	2022/02/21		2023/01/01	2022/12/18	-14	
8	2222		トリガー	L		2022/10/11	2021/12/01	2022/01/31		2023/02/04	2023/01/11	-24	
9	2525		トリガー	L		2022/10/16	2021/12/01	2022/02/21		2023/02/25	2023/02/03	-22	
10	2323		トリガー	L		2022/10/21	2021/12/01	2022/02/21		2023/03/12	2023/02/25	-15	
11	3131		パーグレー	L		2022/11/01	2021/12/01	2022/02/21		2023/03/31	2023/03/19	-12	
12	3232		パーグレー	L		2022/11/11	2021/12/01	2022/02/21		2023/04/11	2023/04/03	-8	
13	3333		パーグレー	L		2022/11/21	2021/12/01	2022/02/21		2023/04/19	2023/04/13	-6	
14	3434		パーグレー	L		2022/12/01	2021/12/01	2022/03/01		2023/04/25	2023/04/22	-3	
15	3535		パーグレー	L		2022/12/11	2021/12/11	2022/03/01		2023/04/29	2023/04/27	-2	

出典：イーサポートリンク提供資料

今回の仕組みでは、収穫量については予測の対象としておらず、項目として圃場面積に平均収穫量を掛けて参考に表示する欄を設けている。

2023年3月の実証終了後には、実証に参加したうちの2つのJA組織といくつかの生産法人から、有償でも使い続けたいとの意向を聞いているが、具体的な価格設定が直近の問題となっている。インプットデータである気象情報はWAGRIからデータ連携する必要があり4月以降の実運用フェーズではそのコストが有償となり、他方一度価格を設定すると急に値上げすることは難しいため、ミニマム利用者をどれだけ見込んで一利用者当たりいくりに設定するか検討している。

想定する利用者は、今回の実証に参加したようなJA組織や生産法人が主となる。作付情報に基づき収穫作業の計画を立案したり、JA組織における営農活動の計画立案に利用したりする利用シーンが主に考えられる。また、その他の利用者としては青果に強い仲卸などの中間事業者が挙げられる。それら企業の担当者は産地に日々足を運んでいると聞いているため、この機能により情報共有できればその回数を減らすことができる。さらに、これまでは生産者が畑をみて主観的に報告していた情報を基に中間事業者の担当者が把握していた状況から、同じ基準で情報確認できるようになり、情報の精緻化も図れるものと想定する。

- 本分野で参考とする取組や会社、あるいは競合相手

葉物野菜を栽培して先進的な取組を行われている生産法人のトップリバーに対して、収穫予測技術の実証を実施している日立ソリューションズ東日本社には注目している。

また、農研機構野菜花き研究部門が協力している淡路島のレタス・玉ねぎの予測についてはJAや兵庫県が組んで実施しており、これも参考にしている。

- 今後の課題

予測システム自体に課題はないが、製品化に当たり月額利用料をいくりに設定し、どう普及させていくかが実証終了後の課題となる。

図表 31 イーサポートリンクの取組の特徴

概要
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 青果物の流通事業者への受発注のシステム提供などに実績を持つイーサポートリンク社では、生産者から顕在化したニーズがあった訳ではないが将来的にニーズがあるとの想定で、SIP事業において葉物野菜の収穫適期予測システムを開発し、実証した。予測のロジックは、農研機構野菜花き研究部門にサポートいただいたものである。</li> <li>● 予測システムは、WAGRIと連携して入手する1kmメッシュ農業気象データをインプットとして、作付日、品種、収穫予定サイズ等を入力することで、収穫予定日（予測値）を算出する。収穫量の予測は今回対象外としている。予測精度はレタスとキャベツで±5日を実現しており、実証参加者からは実務に十分との評価を得ている。</li> <li>● 2023年3月のSIP実証終了後は、実証で利用したJA組織及び生産法人のいくつかから有償でも使いたいという要望があるため提供し続け、さらに製品化を図っていく予定である。ただし、WAGRIの利用料は今後定常的に発生するため、ユーザ数をどれだけ見込んで月額利用料をいくりにするか現在検討中であり、悩んでいるところである。製品化できれば、JA組織や生産法人以外に、仲卸などの中間流通業者にも拡販できるのではないかと考えている。</li> <li>● 農研機構野菜花き研究部門の生育モデルを用いたシンプルな予測技術であり、操作も分かりやすく今回の実証に参加した生産者からはその精度に対して評価されているため、普及段階にあるうちのツールの一つである。</li> </ul>

### ③ スカイマティクス

#### ● 事業の概要について

もともと商社で宇宙・GIS ビジネスを専門にしていた渡邊代表が 2016 年にそのリモートセンシング技術が強みにスカイマティクス社を創業した。翌年には以前から関わっていた農業分野向けに葉色解析サービス「いろは」、農薬散布サービス「はかせ」をリリースしている。農業分野が他産業と比べ生産性や技術の伝承の観点で遅れている点は、「製造業にもかかわらず、図面がないこと」であると考えている。また、特に農業分野では「面倒な作業の補完ではなく、代替できること」が明確にならないと受け入れてもらえない。

図表 32 葉色解析サービス「いろは」でできること

## 01 農地を画像データに変換する

ドローンが農地を画像に変換します。  
ドローン画像の解像度はおよそ1mm。  
作物の状態、雑草の種類まで確認できる、  
それがドローン画像です。  
※解像度は撮影高度によって変わります。

## 02 WEB上で農地を 管理・記録・共有する

撮影した画像はオンライン地図上に記録されるため、  
いつでもどこでも農地の状態を確認することが可能です。  
WEBを介して関係者へ情報を共有する。  
前年の農地の状態を振り返る。  
現場主権に基づく農地管理の概念が変わります。

## 03 農地画像を解析する

画像データに変換された農地を解析することで、  
色味を定量的に表示する、  
作物個体の数や大きさを計測する、  
地面の高低差を見える化するなど、  
農業従事者の皆様に分かりやすい情報に変えて表示します。  
作物や目的に応じて、様々な解析が可能です。

表の色	サイズ(cm)	個数	面積割合 (%)	平均サイズ (cm)
■	25.13 ~ 32.00	564	2.86	26.25
■	22.93 ~ 25.13	2683	13.62	23.71
■	20.73 ~ 22.93	5942	30.17	21.71
■	18.53 ~ 20.73	7925	40.26	19.70
■	16.33 ~ 18.53	2333	11.85	17.73
■	0.00 ~ 16.33	240	1.23	15.62

出典：スカイマティクス公式ウェブサイト

<https://smx-iroha.com/top.html>

一次産業に役立ちたいと考え農業分野へのサービス提供は続けているが、現時点では林業や建設業など他産業向けビジネスの方が成長している。

- サービス及び予測技術の内容（令和3年度スマート農業実証）

令和3年度スマート農業実証においては、鳥取県の農業試験場や生産者とともにブロッコリーの収穫予測技術の検証を実施した。ブロッコリー農家は農場を見回り収穫適期を判断してできるだけ効率的に収穫する計画を立てているが、ドローン画像を活用することでその見回りに掛かる労働負荷を削減することを主たる目的とした。

ブロッコリーの初夏作型と秋冬作型双方で実証を行ったが、生育モデルが存在しない品種でも早晚性の合致する品種の生育モデルで代用して予測でき、その精度は概ね±1週間に収まった。この予測を早期に行い、気象データと組み合わせて補正していくような使い方が実用として想定された。また、ドローン撮影からの予測と並行して、各圃場で10から30株ずつ計測して取得した葉数データから予測した結果は、ドローンでからの予測と大きな違いはなく、少ない葉数でも実用上問題ないと考えられている。

実証では、ブロッコリーが様々な品種・作型の組合せで栽培されるためその生育モデル作成方法を簡素化する必要があること、ドローン操縦の技術習得と規制による使用面でのハードルが課題として確認された。少ない株数の葉数データでも大きな誤差のない予測ができたことから、スマホ画像による代替も可能でドローンを使う必要性はそれほど高くないことも報告されている。

鳥取県では実証終了後、ドローンでの画像データ入手の取組は一旦中断している。

一方、スカイマティクスのサービスの収穫予測にかかる見回り手間を削減する目的での利用は、他産地ではそうした思いを持った生産者によって続けられている。生産者にはアジャスト能力があるため画像を用いた解析結果を自ら補正して業務活用している。

- 本分野で参考とする取組や会社、あるいは競合相手

農業分野でのドローン活用に関して、国内外で注目している取組や意識する競合相手はない。

- 今後の課題

見回りの手間削減や画像が残ることで振り返りや後の判断に活かせることをしっかり重視し、予測精度を理解のうえで自ら補正できる生産者にとっては、既にサービス生産者が存在する点でも実用段階にあるものと想定する。

しかし普及に向けては、農家が自らドローン操縦しデータを取得する環境が整うこと、設備投資になかなか補助金なしで取り組まない慣習のある生産者に対して農業機械と同じようにソフトウェアに対しても国が資金援助することが必要と考える。

図表 33 スカイマティクス社のブロッコリーの収穫予測等の取組の特徴

概要	
●	2016年にドローンによる画像認識サービスを強みに創業し、2017年に葉色解析サービス「いろは」、農業散布サービス「はかせ」をリリースした。農業分野においては、国や自治体の資金での導入は最小限にし、ドローン画像活用による手間削減の意義を感じ「思いを共有する」生産者にサービス提供している。現時点では、林業や建設業など他業界でのビジネスが成長している。
●	ブロッコリーの収穫予測実証では、画像データのみから収穫適期の予測を行っており、その精度は±1週間程度であった。その利用するデータは、基本的に画像データのみである。特徴は、花蕾の大きさに加え、葉数をカウントすることを行った点である。
●	鳥取県においては、ブロッコリーは様々な品種・作型の組合せで栽培されるためその生育モデル作成方法を簡素化する必要があること、ドローンの操縦性や規制面でのハードルが高いこと等から、ドローン画像による収穫予測の取組は一旦停止している。
●	予測値を出すことに限れば、ドローンを使わなくてもスマホサンプル画像から葉数をカウントして推計した予測値を利用することも可能である。また、見回りの手間削減や画像を残し経営判断に活かすことの意義を見出す生産者にとっては実用段階にあるサービスである。

## (2) まとめ

予測技術を提供する IT ベンダーとして、収穫適期や収穫量の「傾向」を示すサービスを開発し大規模生産法人や自治体向けに提供するテラスマイル、青果物の受発注の仕組みで既に定評があり農研機構の収穫予測 API の活用を志向するイーサポートリンク、そしてドローンからの撮影画像から収穫適期を予測するスカイマティクス の 3 社についてヒアリング調査を実施した。各社で技術の開発・実装の仕方やインプットされるデータなどに違いがあり、バランスよく情報が整理できたものとする。

自社にて予測技術を実装しているテラスマイル、スカイマティクスに特徴的であったのは、予測精度自体を突き詰めて向上させることに重きは置かず、比較的大規模な組織において予測の「傾向」を示して作業効率向上の参考にしたり、画像撮影により圃場見回り作業を代替したりすることの価値を強調し提供していることである。また両社に共通して、作業者が農業現場で入力するようなデータは採用しておらず、テラスマイルは過去の収穫実績と気象データ、スカイマティクスはドローンから撮影する画像データというシンプルなデータを用いて予測している。サービスの在り方として、活用するデータ種類を絞り込みかつモデルもシンプルにして利用継続しやすいような定型化を図っているものと想定する。

また、両社ともウォーターセル社の生産管理システム「アグリノート」とのデータ連携を実現しており、取得したデータは生産者が一元管理して後々確認したり分析したりしやすい状態を目指しているのも特徴的である。

一方で、イーサポートリンクは自ら青果物流通に関わるプレーヤーに受発注のプラットフォームを提供しており、また生産者に対しては生産管理システムの提供も手掛けている。その顧客基盤を活用し自社ツールとデータ連携していくことにより総合的に提供価値の最大化を目指す中で、予測モデルは農研機構が開発した API を利用する戦略を取ることを検討しているものと想定する。

既に予測サービスを提供、もしくは提供を視野に入れている 3 社に共通しているのは、予測精度自体を向上させることに自社リソースをそれほど投入しておらず、予測精度が差別化要因になるとはあまり考えていないという点である。予測精度を突き詰めると様々なインプットデータが必要になることもあり個別のカスタマイズが膨らむ原因になり、結果的にコスト高となって生産者の投資対効果が全く見込めなくなる可能性が高くなることと、農業者によるデータ入力の手間が生じることで農業者の負担が大きくなること、高い専門性が求められることから自社人材のみで対応することが困難なことなどがこのような考え方を取っている主な理由であると推察する。

日本の農業現場は IT 化が遅れていると指摘されて久しいが、そうした中で予測サービスを普及させていくには、3 社が示すように生産者の手を煩わせることなく収集できるデータから予測結果あるいは傾向を示す、定型的で分かりやすいサービスがまず展開されていく必要があると想定する。

## 1-4 流通事業者の生産現場の供給可能量情報に対する要望

### (1) 流通事業者の生産者・生産者団体との情報のやり取りの実態と供給可能量予測への要望

#### ① パルシステム

- 生産者・生産者団体との需給調整に係る連携について

パルシステムでは、生産者・生産者団体との契約を半年、1年単位で取り交わしている。

契約時には、パルシステムが提供する栽培管理システムに事前に作付計画を登録し、半年後の出荷量（例：1～3月のキャベツ出荷量を週ごと提示等）について合意を行う。

上記作付計画はシステムに入力する。3か月前に、2か月前、1か月前毎に産地に予定どおり出荷可能か、生産現場にてアナログで確認し調整を行う。

供給段階においては、組合員からの注文の前週末土曜日に、産地から出荷可能数量の最終提案を頂く。一部遠方の産地へは予測注文量を通達する（予測の内容については後項で記載）。予測注文量は全ての産地に情報共有していない。そして産地の供給体制を火曜日に確定する。注文を受けた週末土曜日から順次産地からの納品を受け、翌週月曜日から順次組合員への供給を行う。

上記のスケジュールについて以下に図示する。

図表 34 パルシステムにおける生産計画～供給までのスケジュール

作付け会議 上期・下期	3か月前	2か月前	1か月前	供給段階																		
	産地会議	産地会議	最終確認			土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	
	企画会議			組合員注文					○	○	○	○	○	○								
				産地供給体制	産地より出荷可能数量の提案	◆																
					産地供給体制の確定				◇													
				産地へ発注					◎	◎	◎	◎	◎	◎								
				産地納品	原料								△	△	△	△	△	△				
					バック品									▲	▲	▲	▲	▲	▲			
				セット										□	□	□	□	□				
				組合員供給											●	●	●	●	●			

出典：パルシステム提供資料をもとに弊社作成

- 需給調整に係る取組について

需要の予測は、顧客である組合員の入会状況等過去の経験値から半年前にはある程度注文傾向が把握できている。また、チラシでの表示場所の配置で発注量が変わることはAIで判断できるため、半年前には目玉商品などの打ち出し方まで決めている。これらの情報をまとめ予測注文量として産地に通達している。

一方で、産地は納品の1週間前に出荷可能予測量をパルシステム本部へ通達するが、これは産地での青果物の生育状態等からの人為的な判断になる。このため、寒波等の突発的な影響はどうしても読み切れないことから、本部へ通達された出荷可能予測量から上下2割のブレは産地と本部で柔軟に対応するという契約になっている。

予測のブレに対する対策は以下の2点を実施している。

- A) 1週間前の出荷可能予測量を達成できない産地は、毎回同じである傾向が強いので、翌年以降はその地域の出荷状況を見て作付品目の変更を行い、取引量は変わらないようにして、適地で作付けして品目を調整することで、予測のブレを小さくしていく。
- B) リスク分散を目的として、取引先のうち1つの品目に対して複数産地（例：大根では10産地）と契約している。

産地側の取組として、ハウス栽培では環境制御を行い、出荷予測を行っている産地も一部あるが、露地栽培は予測できていない状況である。特に有機農業については、虫食い等による被害を受けやすいことから、直前で出荷量が減少するブレが発生しやすい傾向がある。

● 今後の課題や供給可能量予測への要望について

企業が本格的に出荷量予測を行うような取組は、現在のところ野菜工場、特に水耕栽培に限定されている。企業ではない生産者にとってその投資を行うのはハードルが高いためと想定する。

**図表 35 パルシステムの生産者・生産者団体との情報のやり取りの特徴**

<b>概要</b>	
●	パルシステムでは栽培管理システムを取引先と共有し、生産履歴情報などを登録してもらっている。
●	計画は年度単位でまず作成・共有し、月次で産地と見直しながら、最終的には翌々週の出荷分を金曜日に産地からパルシステムに通知してもらう。契約では上下2割のブレは柔軟に対応することとしている。
●	パルシステムとしては産地の出荷予測精度を上げることは、露地栽培では急激な気象変化により難しいこと、生産者の投資が大きく普及が難しいことなどから、あまり期待できないと考えている。入荷量がブレるリスクへは、多くの産地から仕入れること、情報が共有できる産地と契約し続けることで対応している。

## ② 横浜市場センター（横浜丸中グループ）

### ● 組織プロフィール

横浜丸中ホールディングスに所属する、青果物などの生鮮品や加工品の販売・製造を担う会社である。量販店や実需者への販売が事業領域であり、吸収合併により加工部門も事業に加えている。主たる取引先は大手コンビニエンスストアや、それに商品を提供するメーカーが多い。

社内では取引先顧客ごとに部署が分かれており、それぞれが仕入業務も担い直接産地を開拓している。そのため、新しい品目の入荷先を探してみたら隣の部署が既に取り扱っていたという事態もあつたりして、部署間の連携の緊密化は今後の課題である。

また、仕入先は出荷団体や農業法人が多いが、JA 全農などとも取引がある。

### ● 生産者・生産者団体との需給調整に係る連携について

出荷先の顧客および仕入先の実業家の双方と、定期的な計画のすり合わせは明確には行っていない。昨年の実績を基に概ねの取引の計画立案は行うが、コンビニエンスストアはメニューの設定や変更が激しいため短い期間で量に変更になるケースが多いこともその要因である。

そうした背景もあり、そもそも生産者とは明確に量を定めたような「契約書」は締結しておらず、天候不順の場合などに生産者側に一方的にペナルティを負わせるようなことはしていない。生産者とは信頼関係の下で、共同体としてビジネスに取り組んでいる意識を持っている。ただ、取り決めのパターンはいくつかあり、例えば「この圃場でこの1年間でできるA作物は全て買取りする」とか「この期間に毎日XXX（数）は買い取る」などがある。

最終的な取引確定の流れは、取引の前週金曜日に翌週月から金曜日分のプレオーダーを顧客先企業から入手し、それを基に調達先生産者に依頼・調整を行う。そして、その翌週は、日々実際の出荷日の前日昼までに確定値の注文を顧客先企業から受け取る。顧客先からのプレオーダーや最終の注文情報については、デジタル化する仕組みを構築中である。一方、生産者や産地との情報のやり取りは、メール、LINE、電話など先方の要望に応じてバラバラである。

### ● 需給調整に係る取組について

主要な取引先がコンビニエンスストアであるため、注文する量は他業態と比べて流動的になる傾向がある。そのため、営業担当者ごとに、品目ごとに植え付けのタイミングで数か月先の収穫時期の取引量の確認をしたり、顧客先の新規商品開発担当者から試作品段階で情報を得たりして、プレオーダー時までに大きな認識の齟齬がないように努めている。

それでも天候不順などでどうしても青果の入荷量が足りない場合は市場から調達したりし、他方多く集まり過ぎる場合は他の取引先に出荷できないか調整したりする。

取引する生産者・出荷団体において、ITを用いた出荷予測を行っているところはほとんどないと認識している。そうした取組みについて、別の生産者から相談があれば紹介・推奨することはあるかもしれ

ないが、進んで普及させることは投資を伴うし難しいと考える。大規模な生産法人では、IT を用いていなくても、例年の気象状況との比較から出荷の傾向を早めに情報共有してくれたり、長期の気象予報に応じた植え付け量の調整を行ったりするなど、対策を講じてくれており、今の取引形態においては大きな問題はない。

● 今後の課題や供給可能量予測への要望について

川上から川下までの情報連携ができれば、作りすぎなどが減ったり調達量が足りなかったりということは減らせると感じる。また、自社内の担当者同士の情報共有もうまくいくかもしれない。今後現場の人手不足が進む可能性があり、そうした場合には情報連携の必要性が高まる可能性はある。

ただし、その開示する数値に各々が責任を持たねばならないことが前提となると、従来の農作物流通の慣習からうまくいかない想定する。

**図表 36 横浜市場センターの生鮮仕入れの取引先との情報のやり取りの特徴**

概要
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 主たる出荷先が、取引量の急な変化が比較的激しい業態であることもあり、取引する生産者・出荷団体ともペナルティが発生するような明確な出荷時期・量に関する取り決めは行っていない。ただし、営業担当者は取引前週末のプレオーダー受領及び入荷量の調整のタイミングに向けて、実需者と生産者双方と適宜こまめに情報共有することにより、大きな齟齬がないように努めている。</li> <li>● 取引している生産者・出荷団体において、IT を用いて供給可能量予測を行っているものはほとんどないと認識している。IT を用いなくても、昨年までの実績や長期気象予報などを基に情報共有や対策を打ってくれる取引先も多く、今の取引形態の中では大きな問題は起こっていない。ただ、今後現場の人手不足が進む可能性があり、そうした場合には情報連携の必要性が高まる可能性はある。</li> <li>● 生産者・出荷団体が供給可能量予測を開示し、流通の川上から川下までの情報共有ができれば廃棄ロスなどは減らせると想定する。ただし、その開示する数値に各々が責任を持たねばならないことが前提となると、従来の農作物流通の慣習からうまくいかない想定する。</li> </ul>

## (2) まとめ

生活者への青果物などの直販を手掛けるパルシステム、そして生産者と流通事業者や小売業者等との需給調整を行う横浜丸中グループの横浜市場センターの2社に、生産者・生産者団体との供給（予定）量に係る情報の共有の実態や、収穫適期や収穫量予測技術に対する期待等を確認することができた。

パルシステムは青果物の入荷の前々週には産地からの入荷量を確定させる業務運用を行っている一方、仲卸の横浜市場センターでは入荷の前週金曜日に入荷量を確定させており、横浜市場センターにおいて特に言えることであるが、入荷量の確定から実際に入荷するまではあまり時間的余裕がない実態にあった。そのため、注文の確定時に初めて量が足りないことが分かるようなことがないよう産地とのコミュニケーションや情報共有を図ることの重要性は共通して強調しており、それぞれの方法で情報共有を行っている。パルシステムは、作付前から契約する場合などはそのタイミングから情報共有して、定期的に産地・生産者の出荷予定量を共有している。一方仲卸の横浜市場センターは、営業担当者のスキルに依存する形ではあるが、昨年までの取引実績等を参考に産地・生産者別品目別に適宜情報交換を行い、注文確定時に量が大きく乖離することのないように努めている。

このように両社共通して産地や生産者とその出荷量に係る情報の共有の重要性は認識しているが、一方で、今回の調査においてITを用いた産地・生産者における供給可能量予測技術の活用には、予想していたほどは期待値が高くなかった。その理由は大きく以下の2点と考える。

まず一点目は、取引する産地や生産者に対しては、実績に基づきお互いに築き上げた「信頼関係」が両社とも最も重要であると考えている点である。これまで継続して約束を守ってきた産地や生産者の情報は信用できるし、また長い取引の中で傾向も把握することができる。つまり、情報の中身もさることながら誰が出す情報かをより重要視しているということである。また、その信頼に反する行いや情報乖離があった場合には、その産地との取引量を見直すことで仕入側では全体としてリスクヘッジすることができていく。なお、産地や生産者の実情を知っているため、ITを用いた供給可能量予測技術の導入に関する大きな投資は彼らにとって難しいとの配慮もあった。

二つ目に、青果物はどうしても天候不順等により産地の出荷量が予定より変動することがあり得る前提で、仕入側としては対応できる備えやノウハウを有している点である。両社ともそれぞれ青果物のお荷量に関する傾向やノウハウは当然蓄積しているし、量が足りないといった見込みが分かった時点で他に調達を持ちかける取引先が複数あったり市場から調達したりして補うノウハウがある。またパルシステムは販売側との調整を行うことも可能である。あくまで「仕入れの量はブレるもの」という前提で業務を運営していた。また両社ともに、そうした天候不順やアクシデントに伴うケース等では約束した量と一定の乖離が出ても産地や生産者に厳しいペナルティを持ちかけるような契約は取っていないとのことであった。

ただし、今後は人手不足や後継者不足もあり、人の勘や経験に依存する取引は難しくなっていくかもしれないとの意見も聞かれた。これまでの商慣習や仕組みでは予測技術に対して顕在化するニーズはなかったが、急激に進む人手不足や新しい取引の仕組みの登場によりその必要性が増す可能性は十分にあ

るものと考える。

## 第2章 海外における供給可能量予測にかかる取組事例

---

### 2-1 調査対象国の抽出について

- アメリカ

アメリカは世界有数の農業大国で、農業生産額は世界第3位、輸出額は第1位である<sup>4</sup>。近年のアメリカ農業における生産効率向上の背景として、「AgriFoodTech」の発展があり、その投資額は圧倒的に世界第1位である<sup>5</sup>。2021年ではベンチャーキャピタルからAgriFoodTech関連企業への投資額は517億ドルであり、2020年比85%増となった<sup>6</sup>。

- 中国

中国は農業生産額が2位以下に大差をつけての世界第1位である。2021年3月には農村部を正式に農業用ドローンの農機補助金制度の対象に加え、農村地域振興戦略の実施や近代化を推進するために科学技術での支援する意向を発表している。このように財政政策として中国は農業に関わる科学技術の普及と農業近代化の発展に注力している<sup>7</sup>。

- オランダ

オランダは農業関連輸出額が約900億ユーロ、日本の10倍強であり、アメリカに次ぐ世界2位である。オランダでは、産学官連携により重点的な技術開発により、ITを使ったコスト管理、ハウス内の栽培環境を最適に制御するシステム技術に高い競争力を確保・維持している<sup>8</sup>。このため、不安定な環境に対する収穫量や収穫期の予測を行うというより、環境を制御することによる徹底的な計画栽培を行う傾向が強いといえる。同時に、農地の集約、大規模化等により、より生産の効率性を向上させている。

- フランス

フランスは農業生産額ではEU最大であり、EU全体の19%を占める一大農業大国である。農地面積は国土全体の52.5%を占め（日本同12%）、EU最大の農地面積を有する。穀物生産量では、中国、アメリカ、インド、ブラジル、ロシア、インドネシアに次ぐ世界第7位。ほとんどの主要農産物において世界上位10位以内の生産量を誇る<sup>9</sup>。政府主導で農業のIT化が促進されており、2021年には「フレンチ・アグリテック」という農業分野の中小企業やスタートアップに支援するプロジェクトが計画され、5年間で2

---

<sup>4</sup> グローバルノート、農作物・食品輸出 2021年、農業生産額 2020年

<sup>5</sup> AgFunder、AgFunder AgriFoodTech Investment Report 2022

<sup>6</sup> 2022 AgFunder AgriFoodTech Investment Report. AgFUNDER.

<https://agfunder.com/research/2022-agfunder-agrifoodtech-investment-report/>

<sup>7</sup> 中国 XAIRCRAFT の「30万人農業人材育成計画」の始動

<https://www.drone-press.jp/international/xaircraft-hrdevelopment/>

<sup>8</sup> IT融合新産業の具体的例. 経済産業省.

<https://www8.cao.go.jp/cstp/kyogikai/life/3kai/siryo1-1-39.pdf>

<sup>9</sup> GLOBAL INDEX. クボタ. <https://www.kubota.co.jp/globalindex/france/01.html>

億ユーロの投資が決定されている<sup>10</sup>。

---

<sup>10</sup> 「フレンチ・アグリテック」立ち上げ、5年間で2億ユーロ投資. JETRO.  
<https://www.jetro.go.jp/biznews/2021/09/a87997344ce7f8ad.html>

## 2-2 供給可能量予測に係る海外の取組事例

### (1) アメリカ

#### ① EOS DATA ANALYTICS

##### ● 概要

同サービスは、人工衛星からのリモートセンシングと機械学習モデルを用いて、個々の農場から地域まで幅広いエリアをカバーし、露地栽培作物の収量予測を行うものである。

##### ● 技術内容及び予測の条件等

同システムは、生物物理学的収量予測と統計学的収量予測の2つの異なるタイプのモデルを融合したハイブリッドなアプローチにより、より複雑な予測にも対応することが可能とする。以下に2つの予測モデルについて説明する。

##### ・ 生物物理学的収量予測モデル

気象パラメータ、土壌分析、作物の状態等のデータを収集し、予測モデルの調整を行う。モデルのこれらの統計データがない場合、あるいはモデルの精度をより高める補正情報として、LAI（葉面積指数）をモデルに活用する。このモデルを利用し、生物生産性パラメータ（相対土壌水分、総水分消費量等）をシミュレーション、収量予測に資する。LAI の情報を合わせた場合のモデルによる収量予測の精度では、30%の観測圃場で95%以上の精度に達している。

気象データについては14日に一度更新等を行い、モデルの補正を行う。

##### ・ 統計的収量予測モデル

作物収量予測因子（雨量、温度、湿度、土壌タイプ、その他）の組み合わせを検証し、各栽培プロジェクトに適したモデルを選択する。例えば、線形回帰、ランダムフォレスト、LightGBM、XGBoost、CatBoost 等である。

上記2種のモデルを融合し、最終的な収量予測とする。

##### ● 効果

予測の精度については、得られた統計データの品質に依存するものの、最大95%であり、予測可能な期間としても、最大3か月先までの今シーズンの収穫量が予測可能である。また、予測に対応できる作物は露地栽培を対象とし、100種類以上である。

同サービスを利用することで、青果物の収穫、貯蔵、輸送作業に関連する意思決定のスピードアップを図ることが期待できる。

##### ● 参照

- ・ Crop Yield Prediction. EOS DATA ANALYTICS.

<https://eos.com/products/crop-monitoring/custom-solutions/yield-prediction/>

## ② GreenTriangle

### ● 概要

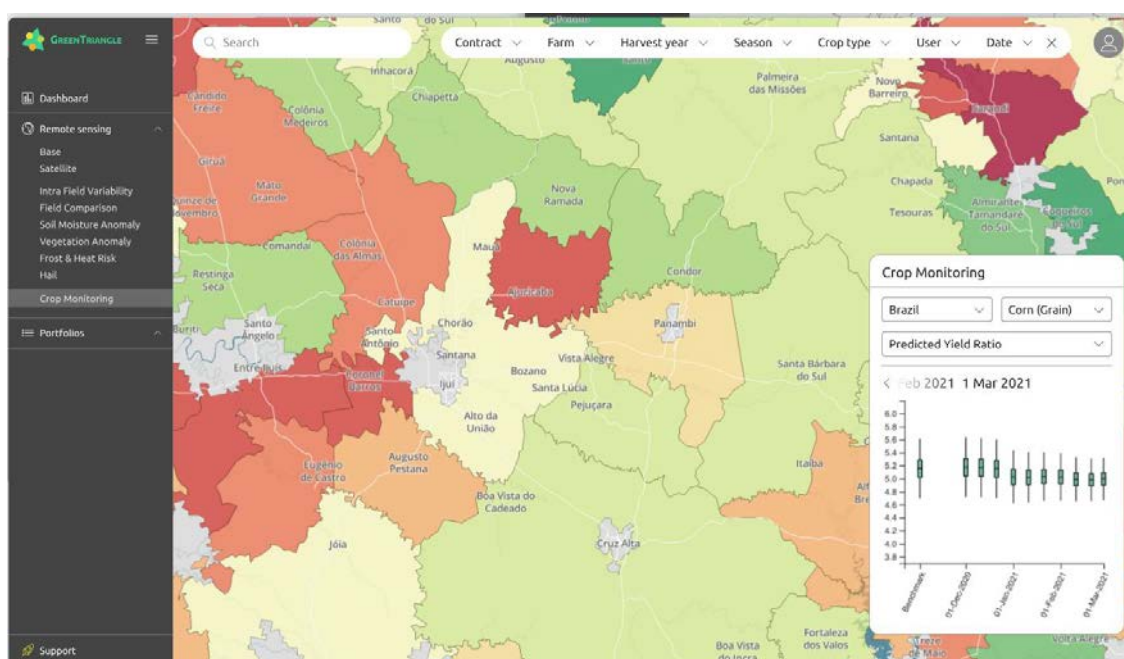
同プラットフォームは、圃場サンプリングデータとリモートセンシング技術及び AI モデルの組み合わせにより地域および圃場単位での収量予測を行う。また、対象ユーザは生産者、保険会社、食品加工業者等であり、各ステークホルダー向けに収量予測技術等を伝達するサービスを提供している。

### ● 技術内容及び予測の条件等

リアルタイムでの圃場サンプリングデータ、衛星データ及び AI を組み合わせにより開発された収量予測モデルを用いて、地域および圃場単位の正確な予測が提供可能である。

利用者はウェブアプリケーションを使用して、週単位で予測された収量をはじめとして、過去の収量、予想損失、各国のベンチマーク収量などを調べることができる。またシステムに格納された年間の過去の収量から、必要とされる在庫管理、製品の将来価格の推定を行うことができる。

図表 37 GreenTriangle のシステム画面イメージ



出典：GreenTriangle

<https://www.green-triangle.com/>

### ● 効果

生産者、中間事業者、食品加工業者は、商品開発や供給状況の変化を予測するために、信頼性の高い歩留まり予測のデータを活用できる。期間としては、収穫の 2~3 ヶ月前から収量予測の結果を得ることができる。この収量予測により、生産者の在庫管理、商品価格の予測が可能となる。

特に生産者にとっては、収量予測等のデータを参照することで、供給量の変化によるリスクの軽減を

図ることができるとともに、出荷する農産物とその原価の計算の精度を継続的に調整し、収益の向上を図ることができる。

同時に、世界的な作物のベンチマーキングデータ、衛星画像、AI の組み合わせにより、世界規模でのリアルタイムに収量と世界規模でのリスクを把握することが可能になる。

- 参照

- ・ GreenTriangle

<https://www.green-triangle.com/>

## (2) 中国

### ① 作物モデルと機械学習アルゴリズムの結合による華北平野の小麦収量予測に関する研究

#### ● 研究の背景、経緯

作物メカニズムモデル(以下、「CM」という)は、気象データ、様々なパラメータ、土壌データなどを取り込み、様々な環境条件下での作物の成長過程や収量形成過程を動的に予測できるモデルである。CMの発達に伴い、作物収量の推定に関する研究も徐々に増えてきている。

しかし、最も多い研究は、作物栽培シーズン終了後にそのシーズンの地域スケール等での収量を統計的に予測するものであり、作物栽培シーズン内に収量を予測するうえでの技術的な限界は、予測日から成熟日までの気象データがないことである。いくつかの研究では、CMと季節の気象予報を組み合わせることで予測結果を達成している。ただし、実際の気象条件は気象予報データと乖離している場合があり、この乖離により予測モデルの精度の信頼性を低下させることになる。

そこで、CMに対して、AIによる学習モデルを組み合わせた収量予測を行うことで、上述した不要な誤差を減らすことができると考えた。本研究では、収量予測に最適なAIモデルの検証を行うと同時に、両者を用いた予測の精度の検証を行った。

#### ● 研究の内容と成果

本研究は、農業生産システムシミュレータでシミュレーションしたバイオマス量と複数の気候指標(気候適性指標や異常気象指標など)を複数の学習モデルに組み込み、華北平原の小麦収量を予測したものである。

農業生産システムは、米国にて開発されたシステムのAPSIM(参照:<https://www.apsim.info/>)を活用した。

学習モデルについては、ランダムフォレスト(以下、「RF」という)アルゴリズムを用いた予測モデルが、他の回帰アルゴリズムを用いた予測モデルよりも優れていることが示された。

RFに基づくSM期(登熟開始からミルクステージ(乳熟期。でんぷん、たんぱく質の充填期間)までの期間)の小麦収量の予測は高い精度( $r = 0.86$ )を得ることができた。なお、小麦の生育の進行に伴い、収量予測モデルの性能は徐々に向上した。

FS期(開花から登熟までの期間)の収量予測では、より高い収穫量の予測精度が得られたと同時に、正確な収穫期の予測により安定的なリードタイムを確保することができた。

#### ● 参照

- ・ Zhao et al. (2023) The Prediction of Wheat Yield in the North China Plain by Coupling Crop Model with Machine Learning Algorithms.

<https://www.mdpi.com/2077-0472/13/1/99>

### (3) オランダ

#### ① YieldComputer

##### ● 概要

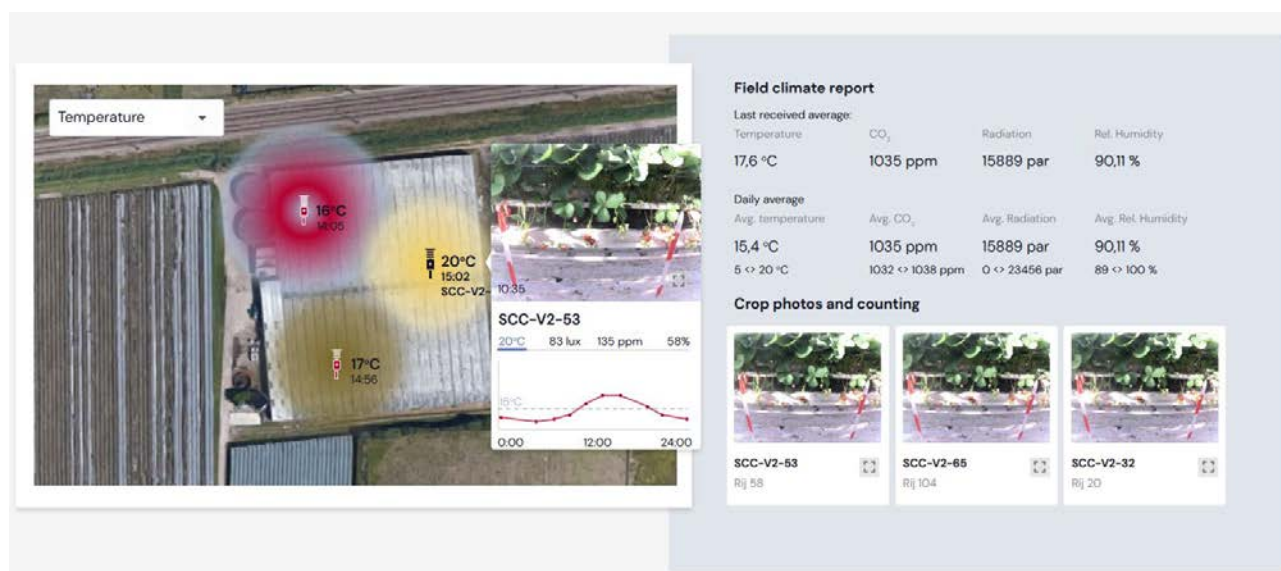
本システムは、イチゴの生産者と販売担当者が、収穫量の正確な予測を行うシステムである。格納するデータ及び人工知能を搭載し、1週間後乃至4週間後にどれくらいの果実が収穫されるかを知ることが可能である。イチゴを含む果菜類は通常、完全に熟す前に出荷されるため、正確でタイムリーな予測は、出荷価格を最大限にするために大きな影響を及ぼすといえる。

##### ● 技術内容及び予測の条件等

本システムは、データ駆動型のソフトウェアと、自立型気候ステーションというハードウェアの2つの機能で構築される。

自立型気候ステーション（以下、「ステーション」という。）は、温度、相対湿度、CO2、光等の環境情報を測定すると同時に、カメラが搭載されている。ステーションは、温室と屋外作物の両方に設置することができる。栽培場所ごとに最低4台が必要であるが、地域の状況や圃場の均質性によっては、さらに多く配置する必要がある。例えば、傾斜地や周囲に樹木がある屋外栽培では、高低差や日向と日陰の面積に差がある等条件の違いがあり、このような物理的な条件から、より多くのステーションが必要となる場合がある。

図表 38 ステーションを活用したカメラ撮影画像及び取得データのイメージ



出典 : Strawberry harvest prediction increasingly accurate: growers test model for kilogram prediction. Fresh Plaza

<https://www.freshplaza.com/europe/article/9506241/strawberry-harvest-prediction-increasingly-accurate-growers-test-model-for-kilogram-prediction/>



<https://www.bom.nl/actueel/yieldcomputer-voorkomt-verspilling-door-betere-voorspelling>

- YieldComputer.

<https://www.yieldcomputer.com/>

- Strawberry harvest prediction increasingly accurate: growers test model for kilogram prediction. Fresh Plaza.

<https://www.freshplaza.com/europe/article/9506241/strawberry-harvest-prediction-increasingly-accurate-growers-test-model-for-kilogram-prediction/>

## ② ecoation

### ● 概要

同サービスは、ハウス栽培向けの包括的な収量および総合防除ソリューションである。ハウス内で環境センシング、画像取得等を行うロボットと、ロボットから得られたデータ等を収集、解析する AI 分析を含むクラウドシステムで構成される。同システムでは、得られた情報を分析することで収穫適期、収穫量を予測することが可能である。

ハウス内で稼働するロボットは、環境センサー、360° 8K マシンビジョンカメラを搭載し、植物の列からデータを収集、分析、システムへのアップロードを行う。GUI を搭載した大型液晶画面では、ロボットが収集したデータの閲覧等が可能である。このデータをクラウドプラットフォームにアップロードすることで、生産者や管理者は、栽培植物からリアルタイムなデータと分析を得ることが可能になる。

図表 40 ハウス内ロボットの外観および利用イメージ



出典：ecoation.

<https://www.ecoation.com/>

### ● 技術内容及び予測の条件等

ロボットの収量予測モジュールで対象とする作物は、現在トマトとピーマンである。

ロボットにより、高精度の収穫量のグラフを参照することで、販売予測や意思決定に利用できる。

ロボットの動き方は、植物が植えられている列に沿って走行するものであり、この時に自動的に温室内の画像を取り込み、その分析をする。データは自動的に ecoation 社のクラウドサーバにアップロードされ、データ処理される。データ処理を経た分析結果は利用者によりリアルタイムで提供される。予測データは、労働力の計画・最適化、売上予測、市場でのより良い価格の確保に活用できる。

ロボットに搭載された 360° 8K マシンビジョンカメラと歩留まり予測 AI モデルが歩留まり予測データを取得、処理する。このデータは温室内の WiFi 経由でクラウドにアップロードされるため、温室内部

では高速で安定した WiFi 接続が不可欠である。

ロボットの AI は、複数のデータソースをシームレスに組み合わせ、作物の種類、過去の実績、投入量、害虫の危険性、その他の適切な質的変数を考慮したデータマップを作成することで、きわめて正確な予測が可能になる。

- 効果

トマトとピーマンを栽培する複数の温室を使った初期研究では、ロボットの予測と実際の収穫の間に極めて低い乖離があることが示された。機械学習アルゴリズムを用いることで、ロボットの予測精度は向上し、シーズンごとにさらに良い結果を出すことができる。

商業用温室での詳細な試験では、ROI の計算は栽培される作物の種類、市場の状況、季節性などに大きく依存するものの、15 倍の ROI があることが分かっている。

- 導入事例 : Twin Creeks Greenhouse

同社では、20 エーカーのハウスを 4 回に分けて建設し、現在の 80 エーカーのハウスでピーマンを栽培している。

従来同社は、多くの生産者と同様に、ポストごとの着果数を数え、その数を作物全体で平均することで収量と生産量を計算していた。具体的には、生産者は毎週、一部の株の観察と計測に基づいて、その週に収穫可能なピーマンを予測していた。しかし、この短期的な予測においても実際の収穫量と 10～67%の間で乖離するという課題があった。また、この手法は時間がかかり、誤差が生じやすい推定方法であり、手作業でのカウントに多くの労働力がかかっていた。

本サービスの導入後は、収穫量の予測が 12.4% 精度が向上した。また、1 時間あたりで 40 倍の着果実数のカウントが可能になり、50%の労働計画の改善につながった。

**図表 41 Twin Creeks Greenhouse 社での ecoation サービスの活用イメージ**



出典 : ecoation.

<https://blog.ecoation.com/how-twin-creeks-improves-yield-forecasting-with-ecoation>

- 参照

- ecoation

<https://www.ecoation.com/>

#### (4) フランス

##### ① コンピュータビジョンと機械学習を用いたブドウの品種間における早期収量予測

- 研究の背景、経緯

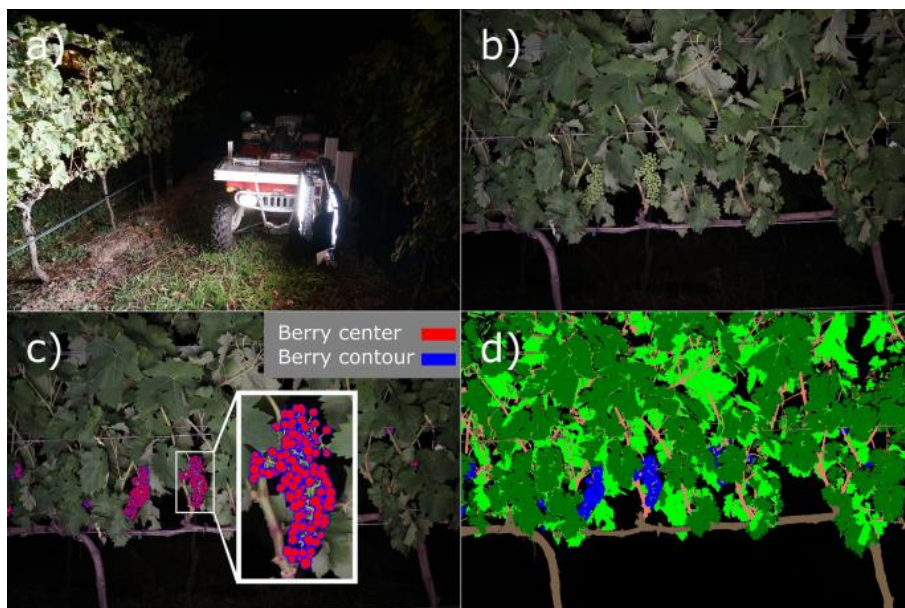
ブドウの収量評価は、フランスの重要な産業の一つであるワイン産業にとって非常に関連性の高い課題である。収量予測の研究自体は古くからおこなわれてきたが、2000年代初めまでは、個体に影響を及ぼしてしまう破壊的な手法が主体であった。2000年代からは画像解析技術の向上とともに非破壊的な調査手法が確立され、また圃場から取得できたデータをディープラーニングにより解析をすることにより収量予測の精度の向上が図られてきた。しかしながら、品種ごとによる房や結果数の違いにより収量予測にぶれが生じてしまう課題があった。

以上のようなブドウの早期収穫量予測という課題に対し、圃場で取得したRGB画像を用いたコンピュータビジョンと機械学習に基づく手法から、異なるブドウ品種の早期収量予測のための新しいアルゴリズムを開発することを本研究の目的としている。

- 研究の内容と成果

画像解析については、6品種のブドウの木を、豆粒大の実の段階でモバイルプラットフォームを使用して撮影した。撮影した画像については、SegNet（画像セグメンテーションニューラルネットワーク。参考：<https://qiita.com/cyberailab/items/d11862852eccc17585e8>）を用いて、機械的に果実と樹冠を検出した。この検出結果は実際の果実の数と収量との間のサポートベクトル回帰（SVR）モデルの学習に使用した。結果として、果実の検出に関しては、すべての品種において、推定果実数と実際の果実数の間で、F1スコア平均 0.72、決定係数（R<sup>2</sup>）0.92以上が達成された。

図表 42 モバイルプラットフォームによる圃場の画像取得と SegNet による検出イメージ



出典：Early yield prediction in different grapevine varieties using computer vision and machine learning.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11119-022-09950-y>

収量予測では、上記の予測結果数等の情報に加え、各ブドウ品種の収穫時に決定される平均果実重量（過去のシーズンから算出）をもとにして算出を行った。

結果、実収量と推定値の相関は、品種ごとでは  $R^2$  が 0.54~0.87、グローバルモデル（全品種含む）の  $R^2$  は 0.83 を得ることができた。新しいアルゴリズムを用いて、いくつかのブドウ品種において、収穫の 60 日前まで、実際の果実の数とブドウの木あたりの収量を予測することができた。

● 参照

- ・ Palacios, et al. (2022) Early yield prediction in different grapevine varieties using computer vision and machine learning.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11119-022-09950-y>

## ② Cropwin

### ● 概要

圃場では、一時的な気候の変動などにより植物にとっての生育条件が良好となり、予期しない急激な生長が起きる場合がある。この際、土壌から植物への窒素が大量に吸収されるため、土壌中の窒素飢餓が起きる状況が多く発生している。このような気候変動は、暖冬と豊富な降雨量によるものである。フランスのいくつかの地域では、過剰な降雨のために畑仕事に遅れが生じたため、農家が最初の窒素肥料の散布を行えたのは、1月下旬から2月中旬ではなく、3月中旬になった例もあった。

このような課題に対し、本システムでは農家が窒素の必要量を測定し、プロットの施肥をできるだけ細かく制御することで、質の良い収穫と最適な収量を保証することを可能にしている。シーズン中の灌漑と窒素施肥のコントロールにより生産管理を行い、栽培手法を最適化することを目的としている。

### ● 技術内容及び予測の条件等

入力された圃場データと、システムが保持するモデルデータを比較することで収量予測の品質を最適化できる。利用者の操作として、収量、穀物水分、収穫日が圃場データの項目として入力が必要である。

### ● 効果

システムから出力される項目として、小麦と穀物用トウモロコシの場合は、翌週のモデル収量と実際の収量との収量ギャップ、水ストレス、窒素ストレスの指標が参照可能である。

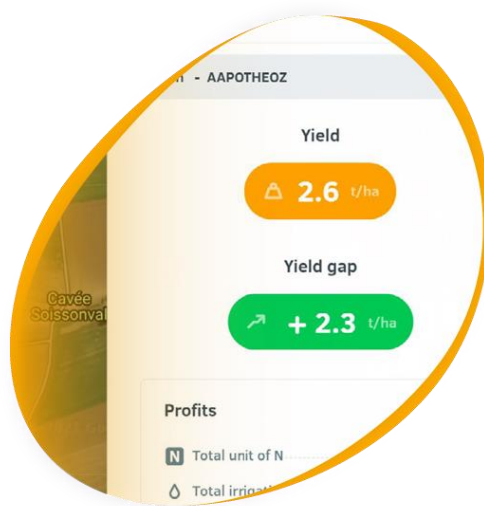
サイレージ用トウモロコシとしては、収穫予測日、予想される収穫量が参照可能である。この2つの情報により、利用者は収穫日等を計画し、サイレージ用トウモロコシの品質を最適化することができる。

地域または複数圃場での収量予測は、シーズン初日から利用可能である。本システムの収量予測は、実際の収穫の2~3ヶ月前から得ることが可能である。

作物の生育時期には、成長が脆弱になるステージとその圃場を予測することができる。

シーズン中の植物の窒素ストレスと水ストレスを視覚化し、適切な灌漑や窒素施肥の提案を受けることができる。水と窒素の管理は、窒素肥料を施すべきかどうか、いつ施すべきかを理解するのに役立つことができる。

図表 43 予測収量値（上段黄色）と、増収可能性の収量値（下段緑色）をシステムが示すイメージ



出典：Cropwin.itk

<https://www.itk.fr/cropwin/>

- 参照

- ・ Cropwin.itk.

<https://www.itk.fr/cropwin/>

<https://www.itk.fr/actualites/nouvelle-version-pour-cropwin/>

## (5) まとめ

以上の海外調査の過程で得られた収量予測の研究あるいはサービスの傾向としては、①リモートセンシング技術を活用することによる予測、②地域ごとの気象情報に基づく予測、および③過去の生産情報の実績等のデータを解析するプロセスベースによる予測の3種類に大別されることがわかった。実際、2018年2月上旬までに Web of Science に発表された収量予測に関する論文のうち、リモートセンシングデータは半数強、気象学的なモデルは3分の1程度、プロセスベースのモデルは15%の論文で見られた<sup>11</sup>。

アメリカにおいてもリモートセンシングを活用した予測技術が多く、また研究ベースではなく実際にアプリケーションサービスとして展開されている事例が多くある。また同国の特徴として予測対象となる作物は主に穀物類であり、小麦、トウモロコシ、大豆がその対象となる上位3位に入っている。アメリカではこれら主要な作物に生産が集中しており、かつ超大規模生産であって、また様々な保障制度や先物取引、オプション取引があるため、農場経営者は日本とは異なるリスクヘッジの観点から収穫量予測に対するニーズを持っていることを考慮する必要がある。

一方中国での予測技術は、研究の論文数としては2018年までの発表論文のうち上位10カ国に入る多さではあるものの、本調査においても挙げたような数理的にモデルを検証する研究がほとんどであった。また、実際に収量予測を生産者や生産法人が活用できるようなウェブサービス等まで技術が活用されている事例は公開情報では見受けられなかった。

施設園芸が発達しているオランダでは、ハウス内で稼働するロボットによるセンシング及び画像解析を用いて収量予測を行うサービスが多く見受けられた。また同国のサービスの方向性は、施設内での計画栽培に対して精密な予測値を得ることで環境を制御し、また販売計画や交渉等に活用するための技術であるといえる。このため、公開情報では同国での予測技術を活用したサービスは、収量予測に留まらず、労働管理や労務計画に訴求する傾向が見受けられた。施設園芸が対象であるため、我が国の青果物流通においても参考になる考え方は多いが、オランダは、日本の暑い夏のような植物にとってストレスのかかる環境にはないこともあり、その点の差異は考慮する必要がある。

次に EU における農業大国のフランスでは、農業の規模感と比較して収量予測に関する研究やサービスは多くなかった。本調査で取り上げたような、フランスの主要産業であるブドウ栽培に関しては画像センシングを活用した取組があるものの、全体としては農業規模に対しては収穫予測技術の活用は盛んではない印象であった。

---

<sup>11</sup> Baaso, B.&Liu, L. (2018) Seasonal crop yield forecast:Methods, applications, and accuracies. *Advances in Agronomy*.

## 第3章 供給可能量予測にかかる将来展望

### 3-1 供給可能量予測技術の今後の展開について

#### (1) 供給可能量に係る取組の概要

供給可能量に係る予測の取組については、主にその栽培方法や経営規模、品目等によってその技術開発から社会実装における進捗度合いは異なっている。予測技術が最も進展していて普及を促進できる段階にあるのは、施設で栽培されるトマトなどの果菜類や露地栽培でのレタス、キャベツなどの葉物野菜である。

その主な理由として、現場ニーズの高まり、データ入手のしやすさが挙げられ、各々の状況等について以下に整理する。

現場ニーズに関しては、施設園芸ではオランダ型の施設等による大規模栽培が日本でも増えてきており、このような栽培においては、環境を制御することにより供給可能量の予測が可能になる、あるいは供給可能量を予測するために環境を制御するという考えを持つことが可能となり、大規模栽培の増加と現場ニーズの増加との間には相関があると考えられる。また、施設園芸と露地栽培ともに、大規模な生産法人や産地組織が増えてきたことで、パートを含む人的資源の活用や、倉庫、物流設備等の効率的な管理・利用のために収穫予測が必要となってきた背景がある。また、増加傾向にある契約取引においては、取引先との約束に合う出荷を実現するために安全を見込んで多めに作付けし、結果的に収穫物が契約量より多くなったがために圃場廃棄に至るケースも多い。また葉物野菜は出荷適期を見誤ると規格外品率が急増するためこれも圃場廃棄に直結してしまう。このような経営規模の拡大、取引先との約束の順守も、施設園芸と露地栽培による葉物野菜で収穫予測が特に重要視されている理由になっている。

また予測のインプットとなる施設内の環境データや気象データの入手について、施設園芸では比較的安価な環境センサーが普及してきており、一般的なハウスでも導入が可能な状況となっている。一方露地栽培においても、以前のアメダスの気象データは全国で約 1,300 ヶ所しか観測点がなかったためどうしても密度の粗いデータであったが、現在では 1km メッシュ気象データが WAGRI 経由で提供されており、比較的容易に精度の高いリアルタイムの気象情報及び気象予報のデータが入手できるようになった点もニーズの高まりの理由に挙げられる。

収穫予測へのニーズが比較的高く、かつインプットとするデータの入手が容易になってきた施設園芸と露地栽培の葉物野菜に関しては、農研機構等で研究開発され実証を経たモデルが API 化され WAGRI に実装されている。これらは IT ベンダーが自社サービスに組み入れ生産者に提供する BtoBtoC 型のサービス形態で提供される。また、複数の IT ベンダーでは直近数年の間に自社でサービス化するものも出てきている。予測技術のサービス面においては、生産者が自身の作物や経営規模等に応じて予測技術を導入しやすい段階にきたものとする。

ただし、留意すべき点として、予測技術を導入し継続的に活用している生産法人や JA 組織では、キーパーソンが強いリーダーシップを発揮して予測の数値やその仮説検証にコミットし、またその結果を

栽培計画や労務管理に活用したり取引先に伝達する基礎情報として活用したりしている点が挙げられる。精緻な予測技術を導入してすぐに経済的な効果が得られたという事例はなく、その予測結果をいかに経営や栽培に活かすか、生産者の知見や意欲に加え、創意工夫も重要ということである。

また今回の調査において、青果物を取引する事業者からは、生産者・生産者団体との入荷予定量（生産者の出荷予定量）にかかる情報の密なやり取りは非常に重要であるが、ITを用いた精緻な供給可能量予測技術の活用に対して大きな期待を寄せているという意見は見られなかった。農作物取引はお互いの信頼関係に基づき持続的に行うことが重視されており、またその収穫量が計画とズレることは避けられないという共通認識があるという前提で現行の商取引が築かれているためと考えられる。ただし、この属人的な取引慣行が、今後人手不足の進行や直販チャンネル等新しい流通モデルが進展する中で維持していけるのか不透明な状況もあり、そうした観点からはより精緻な予測技術の必要性も増していく可能性はあるものと考えられる。

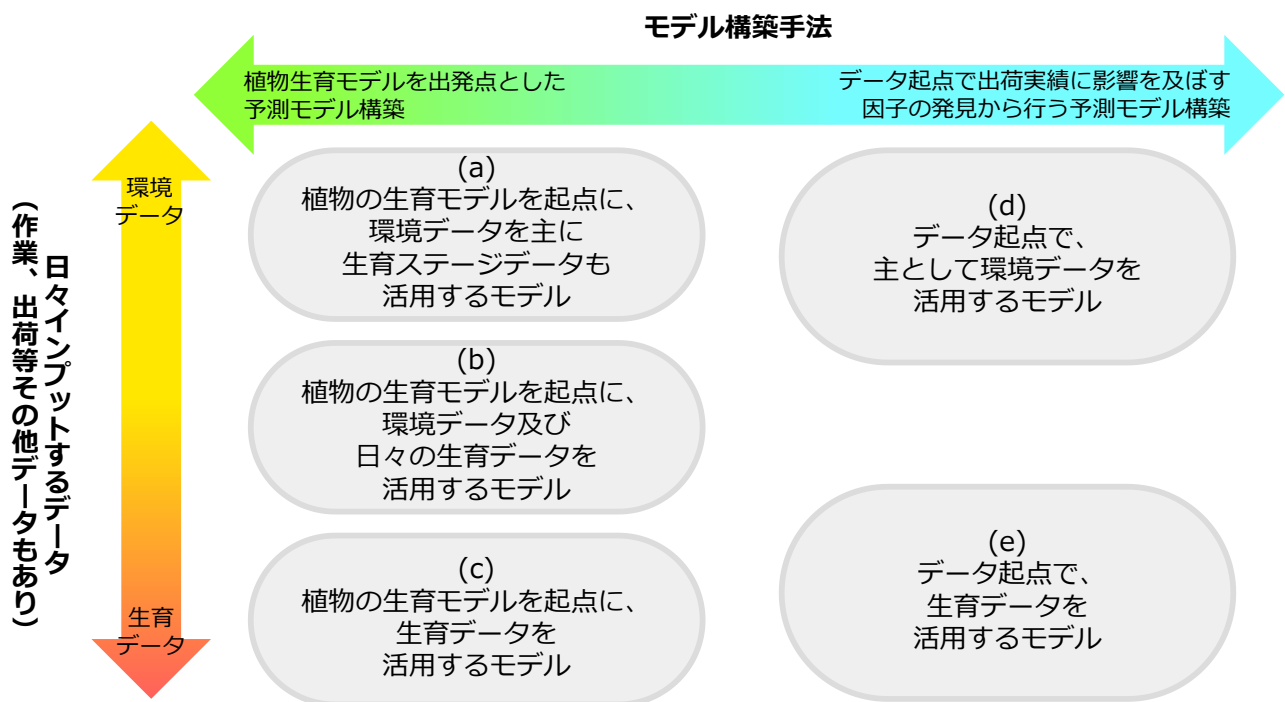
### 3-2 青果物流通 DX の実現に向けて

#### (1) 予測技術の展開

前述の通り、供給可能量の予測に繋がる収穫時期や収穫量の予測技術は、様々な組織等で研究開発及び実証が進められ、特に施設園芸や露地栽培の葉物野菜向けには API 化や IT サービス化により社会実装のフェーズに入りつつある。

改めて今回の調査結果を基に予測技術をマッピングすると、下図のような分類ができる。

図表 44 予測モデルの分類図



出典：調査結果をもとに弊社作成

分類軸として、横軸には、主として農研機構や大学の農学系の研究者を中心に開発された植物の成長に影響を与える因子を洗い出して生育モデルを策定しそのパラメータを設定する手法と、主として先進的な生産者・JA 組織や IT ベンダーを中心に開発されたデータ起点で開発された手法とを設定した。また縦軸には、主として活用するインプットデータが気象データや施設内環境データなのか、植物体の部位の長さ・大きさ、数、色づきや光合成量などの生育状況にかかるデータなのかに区分して設定した。

今回の調査対象をマッピングすると、概ね下記のとおりである。

- (a) 農研機構) 露地栽培の葉物野菜・イーサポートリンク、農研機構) 果樹、JA 香川、倉敷青果、テラスマイル
- (b) 農研機構) 施設園芸、農研機構) 露地栽培の葉物野菜 (SIP)、高知県、近鉄ふぁーむ
- (c) 豊橋技術科学大学、SAC 磐田[長短期予測]

(d) トップリバー、JA 西三河

(e) スカイマティクス

圃場で時間とコストを考えずに作物全ての生育状態を日々精緻に測定することができれば、収穫適期や収穫量の予測は理論的には精緻に行うことができる。しかし現実にはそのようなことは実行不可能であるため、植物の成長する仕組みをモデル化して、比較的容易に取得できるデータを投入することにより予測を行う研究が進められてきた。これが図の左上部に当たり、長い期間の研究・実証の成果と、精緻な気象・施設内環境データが比較的安価に取得できるようになったこともあり、API 等で提供され利用可能な状況になってきた。

また、「環境は生育情報を表す代替数値」（高山先生）との考え方とおおり、人手やコストを最小限に抑えながら生育情報が取得できれば、より直接的にモデルに反映させ精緻に予測ができる可能性が高まる。その考え方が図の左下部に当たり、生育情報の取得に一定のコストを投じることができる大規模施設園芸を対象に、ツールも整備されてきている。

一方で、農業 IT が整備されて農作物生産・販売にかかるデータが充実し、画像取得やセンシングの技術進歩や低コスト化が進んだことで、DX 的なアプローチとして生育モデルにデータを投入して予測するのではなく、出荷実績に対しどのデータが関係するかをデータ分析から導きだし予測する取組がここ数年試行されてきている。それが図の右側に当たり、主としてビッグデータ解析の結果環境データから予測するモデルを開発しているのが右上のセグメントであり、ドローン等から取得する生育画像等から予測する取組が右下のセグメントとなる。

このアプローチはデジタル化が進む生産現場において革新的に発展する可能性がある一方で、これを可能とする前提条件もある。その一つ目は、利用する生産者・生産者団体に他のアプローチ以上にスキルと意欲が求められる点である。研究者が洗練させてきた生育モデルに基づく予測と異なり、データ起点の予測手法はその予測のズレの原因追及やチューニングを生産者自らが主体となって行っていかなければならない。現にこのアプローチを導入しているトップリバーと JA 西三河では経営者あるいはキーパーソンが自ら予測の解釈やズレの原因分析に参加し仮説を提示したり、また先頭に立って実務に活かしたりしている。スカイマティクス社のサービスの利用者も、その特性を理解した上でどう現場の業務に活かすかを自ら考えられる生産者が多いとのことであった。

二つ目は、データ整備・蓄積が既に進んでいるか、あるいはドローン等のデータ取得サービスを利用可能なことである。この方法は、データ起点のアプローチ、言い換えるとビッグデータ解析を行って予測につなげるアプローチであるため、当然解析するためのデータが整備されていなければならない。また画像データを主体に予測する場合はその取得・蓄積が必須となる。予測のためだけにこれらデータを整備することは難しいため、組織に業務のデジタル化やデジタルデータの活用が定着していることが条件と考えられる。また、多くの生産者・生産者団体にこのデータ起点の予測モデルが普及していくためには、利用するデータが標準化されていることが前提となる。データ項目名、データ型、単位など、国

のガイドライン等に則ったデータが正しく連携されることでモデルが精緻化されていき、より多くの生産者が比較的容易に利用可能になっていくものと考える。

前述のとおり分類した予測手法は、それぞれについて長所と短所があり、一概にどの手法が優れているとは言えない。植物の生育モデルを出発点とした予測技術は API 化もされており今後多数の IT ベンダーが連携すれば生産者にとって比較的安価に利用しやすいものになると想定する。一方大規模で投資余力のある施設園芸の生産法人であれば、一定のコストを負担して生育情報の取得による手法を取り入れた方がより精緻に予測できる可能性もある。また業務のデジタル化やデジタルデータの経営面での活用が進んでいる生産法人や共同体（一例、高知 IoP）であれば、蓄積したデータをフルに活用して予測モデルを導き出すデータ起点型のアプローチの方が精緻でかつ自社の業務利用に適した予測結果を得られる可能性もある。

予測技術に関しては、今回分類した予測技術の多くが既にサービス提供されるかもしくは近い将来に提供を行う準備がなされており、今後普及が見込まれる段階にある。ただし、農業機械のように導入すれば必ず一定の労働時間削減効果が得られるという技術要素ではないこともあり、生産法人や生産者団体がどのように農場経営や販売戦略に使うのか、またどの予測技術が自社・自組織に適しているのかを見極めることが重要となる。

## (2) 予測技術を踏まえた青果物流通 DX の実現に向けて

今回の調査により、供給可能量に係る予測技術は、実証等において実際の業務に利用可能な水準にあるとの評価を得るものが出てきており、またそれらの一部が API 化やサービス化・製品化されている状況であることが改めて確認された。この予測技術を活用し普及させることで、今後生産者及び農作物物流通に関わる事業者にもメリットをもたらす、また農作物・食品の廃棄ロスを減らしていくことにつながる取組について整理する。

まず予測技術の向上や普及に繋がり得る取組について、以下に 2 点を挙げる。

1 点目は、具体的な予測結果の利用シーンやその経済的効果（費用対効果）の明示である。今回の調査においては、精緻な出荷予測を取引先に伝えることが有利な価格の契約取引に直結したという事例は見いだせなかった。しかし一方で、従業員を多く抱える生産法人や作業受託を行う JA 組織においては、予測結果を用いて栽培計画を効率的かつ柔軟に見直したり、労務管理を適切に行うことができることの効果が大きかった。現時点では供給可能量に関する予測の取組の経済効果を具体的な数字を挙げて公表できる事例はなかったが、トップリバーは 2023 年以降にその取組効果の明示化に取り組む意向とのことである。このように、どのような規模の経営体や JA 組織がどのような業務において予測技術をどう使えば、どれだけ経済的な効果があったかに関する具体例を増やすとともに、そうした事例を収集し、それらを普及していく取組が重要である。

2 点目は、取組の実施に伴い生産者に掛かる負担を低減しつつ、取組毎に予測精度を維持向上することである。予測技術については、前述のとおり大きく分けて 2 系統の予測の方法があるが、それぞれについて具体的な取組方向を以下に記す。

生育モデルを出発点とした予測モデルについては、既に API 化されているモデルの持続的なバージョンアップが挙げられる。WAGRI で提供されている API は BtoBtoC 型のビジネスモデルで普及が見込めるが、利用した際の課題や予測のズレについて IT ベンダーを介して正確に研究者にフィードバックされ、定常的にアップデートされるルールや仕掛けが必要である。実証した範囲においては十分な精度であるとの評価があっても、広く普及していく段階では十分な結果が出ないケースも起こり得る。それらに対応し続けないと、少数の事象で悪い評価が固まったり、IT ベンダーが API 連携を中止したりする結果につながりかねないためである。

次に、データ起点での予測モデルについては、やはり個々の経営体で試行するのではそのモデルの精緻化やチューニング等に限界があるため、先進的なモデルや取組を基に、品目や栽培手法などの条件が適いかつ必要なデータが入手可能な生産者・生産者団体を広く募り、文字どおりビッグデータ解析の取組を推進することがモデルの精緻化にとって望ましいと考える。この実現に向けては、まずはビッグデータ解析を行う者の存在が必要であり、運用に際しては、生産者にデータ提供に対する適切な対価が提供されるだけでなく、提供されたデータを組み合わせることを可能とするデータの標準化等のルール設定やそのルールを遵守させること等の仕組みの整備も必要となろう。

また、予測技術の活用も含めて、青果物流通 DX を一層進めるための観点について 2 点挙げる。

1 点目は、予測技術の普及は生産者と取引先事業者等との情報流通の電子化と一体で進めることが重要であるという点である。予測結果は取引に係る重要な情報コンテンツの一つであるが、そのやり取りする手段が現状では電話やメール、LINE などバラバラで、属人的な対応にならざるを得ない原因にもなっている。これらの出荷予定のやり取りに関する情報のルール化・デジタル化を進める際に、その出荷予定の裏付けとなった予測をどのように導いたかのメタ情報も加えることで、受け手はその予測のズレの傾向も把握した上で対応策を事前に考えることができ、また生産者の取組を知ることで新たな信頼感の醸成にもつながるものと考ええる。

2 点目は、情報流通の範囲を生産者から川下の複数の関係者にまで広げることが重要であるという点である。既に青果物流通については生産者団体や流通事業者に加え、物流業者や倉庫業者などを含めた様々な標準化に向けた実証が行われている。今回の調査では、予測結果を基に倉庫や物流機能も含めて余裕を持って調整することで生産物を売り切ることにつなげている SAC 磐田や、物流量予測にも注力する高知県の取組から、供給可能量予測というコンテンツをより効果的に活用するためには、取引先だけでなく倉庫・物流業者それぞれの業務にリンクさせることの重要性が改めて強調される結果となった。

これらの観点については、国が進めるスマートフードチェーンプラットフォーム「ukabis」でも検討及び試行が進められており、また民間の NTT グループのフードバリューチェーンに関する実証の取組等でも検討が進められているものと想定する。将来的に、予測技術の活用シーン及びそのメリットが浸透し、青果物流通において情報のやり取りの電子化や適切な範囲での共有も併せて進展することで、供給可能量予測が青果物流通 DX を進展させる生産側のコンテンツとして、その重要性が増していくものと考ええる。