

農業とインフラシンポジウム「スマート農業を食料安全保障につなぐ」 －社会課題に挑む地域の力

農村人口の減少、災害や過酷気象の頻発、物流問題、食品価格の高騰、フードロスなど、食料安全保障をめぐる課題は多岐にわたります。他方、新たな農業技術への期待も寄せられ、特にスマート農業技術に対しては政策的支援の下でその活用促進が進められてきましたが、食料安全保障との接点は必ずしも十分議論されてこなかったように思われます。

そこで、消費者や地域の視点も織り交ぜながら、スマート農業技術を核とした「フードシステム」の可能性を探り、持続可能な食料システムのあるべき姿とその実現に向けた課題について議論するため、基調講演と各領域の関係者をパネリストに招いたパネルディスカッションの構成で題記のシンポジウムを開催したので、その内容を以下に報告します。(事務局)

日時：2025年12月5日（金）13:30－16:30

会場：中日ビル カンファレンスRoom1、オンライン配信併用

主催：公益財団法人中部圏社会経済研究所

後援：農林水産省東海農政局、一般社団法人中部経済連合会、公益財団法人名古屋産業科学研究所

I. 基調講演「スマート農業が切り拓く持続可能なフードシステム」

北海道大学大学院農学研究院 研究院長・教授 野口 伸 氏



1990年北海道大学大学院博士課程修了。農学博士。
1990年北海道大学農学部助手、1997年助教授、2004年教授。2023年農学研究院長（現在に至る）。

この間、日本学術会議会員（第20－22期）、日本学術振興会学術システム研究センター専門研究員（2006－2009年）、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第1期「次世代農林水産業創造技術」プログラムディレクター（2016－2019年）

日本農業工学会会長（2021－2024年）など歴任。農業ロボットなどスマート農業に関する研究に従事している。

本日は、スマート農業に関する私の考えと、現在進めている取り組みを中心にお話しします。

今回の参加者には、農業に詳しくない方もいらっしゃると思いますので、最初に食料問題の現状を簡単に整理し、そのうえでスマート農業の特徴について触れます。続いて、リモート農業や野菜作りのスマート化、さらにデジタルツインを活用したデジタルは場といった次世代技術についてご紹介いたします。

私はアカデミアの立場から、現状の技術だけでなく、さらに先を見据えたスマート農業の研究を

進めていますので、その未来像もお話しできればと思います。

最後に、今回のテーマでもあるインフラの観点で、こうした新しい技術をどのように現場に導入すべきかを話したいと思います。

1. 食料問題とスマート農業

日本の食料安全保障を確保するうえで非常に難しい課題は、農業従事者の減少と高齢化です（図1）。

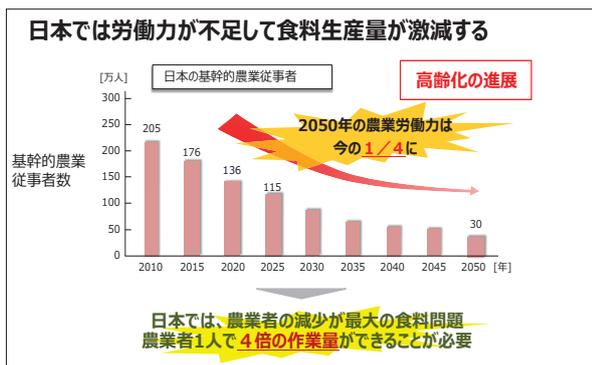


図1 日本の基幹的農業従事者

2005年から2025年の20年間で基幹的農業従事者の数は半減しました（2005年：224万人）。さらに、農林水産省の予測では、2050年までにその数が現在の4分の1程度にまで減少するとされています。シンクタンクによっては、5分の1まで減るという見方もあります。

加えて、高齢化も深刻です。現在の平均年齢は69歳前後で、少し下がったという話もありますが、依然として高齢です。65歳以上の方が全体の約70%を占めています。

生産基盤は非常に脆弱であり、今後さらに脆弱化していくことが予想されます。このような状況で、食料へのアクセスを含めた食料安全保障をどのように確保するかは、極めて重要な課題です。

そこで、今日のテーマであるスマート農業の話になります。スマート農業の全体像を説明する際、私はよく図2の絵を使います。スマート農業の特

長は、大きく二つあります。第一に、データを活用する農業であること。第二に、自動化・ロボット化を進めること。この二つがテクノロジーの鍵だと理解しています。

従来の「経験と勘」に頼る農業から「データ」に基づく農業へ移行するためには、データをいかに効率的かつ低コストで収集するかが重要です。そのために、ほ場を使った農業では、例えば、リモートセンシング技術、人工衛星やドローンを使ってデータを取得する。さらに、気象データは非常に重要です。気象情報を適切に扱い、最適な農作業計画を立てることで、営農を効率化できます。

つまり、ポイントはデータの収集です。集めたデータは伝送し、蓄積し、解析して有用な情報に変換します。そして、その情報を農家に提供し、農家はそれを活用して農作業を行う。

この流れがスマート農業の全体像であり、将来像でもあります。最終的には、人がいない農村地域でロボットが人の代わりに作業を行うことになるでしょう。

図2の上の層はリアルな空間であるフィジカル空間、下の層はデータの空間であるサイバー空間です。スマート農業のポイントは、このフィジカル空間とサイバー空間を高度に融合することにあります。特に、サイバー空間をどう活用するかがスマート農業のポイントです。

この考え方は、皆さんもご存じのSociety 5.0そのものです。IoTでデータを収集し、ビッグデータを形成し、AIで分析する。そして、生産年齢人口が減少する日本社会、特に農業分野では、ロボットが人の代わりに作業を担います。こうしたコア技術によってスマート農業は構成されます。

スマート農業の特長をあらためて整理します（図3）。

まず自動化・ロボット化です。これは非常に分かりやすい特長で、人手不足が深刻化し、高齢化が進む中で、ロボットや自動化技術によって作業

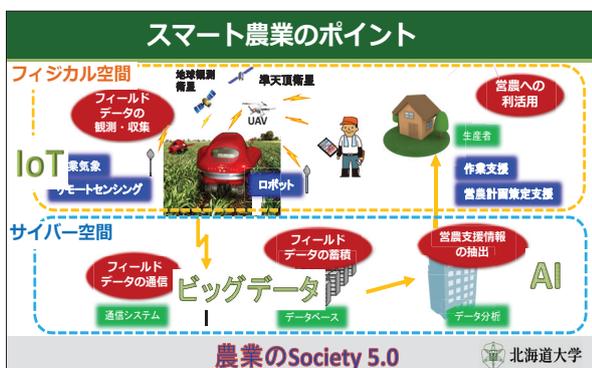


図2 スマート農業のポイント

(※1) 15歳以上の世帯員のうち、ふだん仕事として主に自営農業に従事している者

(※2) 日本が目指すべき未来社会の姿で、「サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する人間中心の社会」

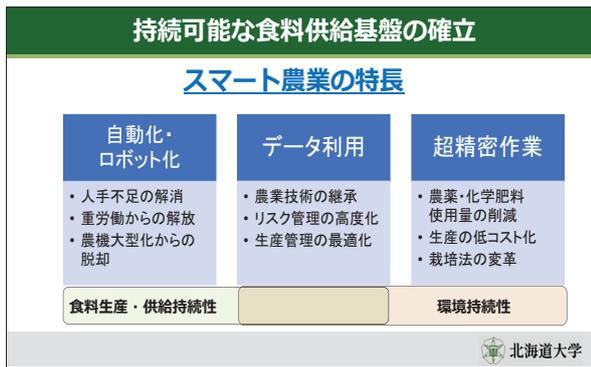


図3 スマート農業の特長

を代行します。

次に、データの活用です。熟練農家のノウハウや経験が高齢化に伴って失われ、後継者も少ない中、データを活用することで安定した生産と供給を実現します。

そして、AIなどを活用したロボットによる超精密作業です。人間を超える精度で作業が可能になり、これにより持続的な食料生産システムが構築され、環境面における持続性に対しても貢献できます。

こうしたスマート農業は、2024年に改正された食料・農業・農村基本法の中でも技術的要素として明確に位置づけられています。

2025年4月に策定された食料・農業・農村基本計画では、食料安全保障の確保の項目の中で「農地総量の確保、サステナブルな農地構造の構築、生産性の抜本的向上による『食料自給力』の確保」などの6つの主要な点の一つとして「生産コストの低減を図るため、農地の大区画化、情報通信環境の整備、スマート農業技術の導入・DXの推進や農業支援サービス事業者の育成」が明記されています。最終的な目標は、「農業経営の『収益力』を高め、農業者の『所得向上』」を図ることです。

本日は特に、この「農業支援サービス事業者の育成」に貢献する技術について詳しくお話ししたいと思います。

ここからは、スマート農業技術が日本の生産力や食料安全保障の確保にどのように貢献できるのか、具体的な技術についてお話ししたいと思います。

2. リモート農業

(1) ロボット農機の自動化レベル

まず、リモート農業です。私たちはこの分野に10年近く前から取り組んでいます。北海道では、リモート農業の社会実装にはまだ至っていませんが、実証段階まで進めることができました。

ロボット農機については、残念ながら本州ではまだ広く普及していませんが、無人のロボット農機はすでに社会実装されています。

ここでは、ロボット農機の自動化レベルについて説明します(図4)。



図4 ロボット農機の自動化レベル

レベル1は、自動操舵システムです。これは、手放し運転ができる仕組みで、最近は価格も下がり、本州でも導入する農家が増えていると聞いています。従来、女性にトラクターなどの農業機械を運転させることは難しいとされていました。操作が難しいためです。しかし、自動操舵システムによって手放し運転が可能になると、監視役として女性も作業に参加できるようになり、とても貴重されています。結果として、生産性の向上にもつながっています。

次にレベル2、これは無人で動く農業機械です。農林水産省が積極的に実装に取り組み、世界に先駆けて2018年に社会実装されました。現在は、大型トラクターをベースにしたものしかありませんので、本州での普及は限定的ですが、すでに大手農機メーカーから市販化されています。ただし、これはロボット農機の作業を「目視監視」するこ

とが前提です。つまり、人がロボット農機の作業をそばで監視する必要があります。安全性を確保するための仕組みです。トラクターに乗る必要はありませんが、作業中のトラクターを近くで見なければならぬ。これでは生産性が十分に上がりません。暑い夏なら、むしろトラクターに乗っているほうが楽だということになりかねません。

そこで工夫が必要です。例えば、1人が1台のトラクターを運転し、もう1台を無人で動かす。作業しながら監視も行うことで、2倍の作業効率を実現する方法です。また、監視しながら畦畔の草刈りをするなど、並行作業によって生産性を高めることも可能です。しかし、これにも限界があります。せいぜい1人で2台分の仕事ができる程度です。

次の段階がレベル3、遠隔監視型のロボット農機です（図5）。これはまだ実用化されていません。

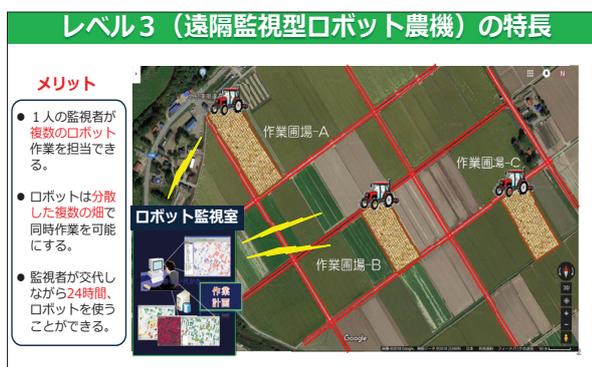


図5 レベル3（遠隔監視型ロボット農機）の特長

遠隔監視とは、離れた場所からロボット作業を監視する仕組みです。

私たち北海道大学では、主にNTTと共同研究を進めています。監視室を設け、そこから複数のロボット農機を遠隔で監視するシステムの研究開発を行っています。監視室にいる1人のオペレーターが、3台、5台、6台、さらには10台のロボット農機を同時に作業させることが可能になります。

この仕組みによって、本州に多い分散錯圃、つまり分散した複数の畑で同時作業を行うことができます。さらに、監視者は交代しながら24時間体

制で作業を続けることができます。ロボットは人間と違って休憩が不要で文句も言いませんので、費用対効果を最大限に生かすためには24時間稼働させます。こうした使い方をすれば、1人で複数の畑を同時に管理することが理論的に可能になります。

ここで強調したいのは、この仕組みは農家が個別に機械を持つのではなく、どこかのオフィスでシフトを組み、交代で遠隔監視を行うという点です。農村地域の人口が減少する中で、生産性を維持するための一つの解決策になるでしょう。例えば、名古屋のオフィスから中部地域の中山間地の農地作業を遠隔で支援する、といった使い方が可能です。

（2）レベル3の課題

ただし、これを実現するには技術的な課題があります。現在のロボット農機だけでは不十分です。遠隔監視を行うためには、新たにカメラを搭載して、映像をリアルタイムに伝送する必要があります。ただし、インターネットを使うため、通信遅延が発生します。通信が混雑した時には遅延が長くなることもあり、遅延のある映像を見ながら監視するのは難しいです。そのため、トラクター側に2Dライダーなどの障害物検出センサーを搭載して、トラクター側でも判断処理を行うことで安全性を確保します。すなわち、多層の安全対策が必要です。

農道走行の実験を行っていますが、農道にある他のトラクター、人、動物などをAIで認識し、距離を推定して安全を確保します。具体的には、障害物に接近するとホーンを鳴らして警告し、さらに近づくと緊急停止します。監視者はいますが、監視者に頼らず、できるだけ安全対策も自動化を進めて、ヒューマンエラーを防止する仕組みです。

ここでのポイントは、道路走行の実現です。これまで農機は公道走行が許されていませんでした。しかし、農村の担い手が減る中で、ロボット農機の導入は不可欠です。ほ場間の移動や格納庫からほ場への移動が無人でできなければ、生産性向上の制約になります。

この課題を解決するには、農林水産省だけでなく、国交省や警察庁との連携が必要ですが、国交省が保安基準を改定し、警察庁が自動車と同様の制度を農業機械に適用することで、安全性を確保したうえで許可を得れば、公道を含む場間の移動が可能になりました。これで法的な問題はクリアされます。

残る課題は技術面です。公道には事前予測できない車、歩行者、動物などが存在するため、安全性を確保するのは非常に難しい問題です。技術がまだ成熟していないため、農機メーカーからは製品化されていませんが、将来的にはこうした仕組みが実現することは間違いありません。公道走行が可能になり、複数台の同時監視が可能な仕組みが実現できます。

(3) レベル3の実証実験

私たちは、北海道でさまざまな取り組みを進めています。図6は岩見沢市での事例です。岩見沢市は札幌から約40km離れたところにありますが、JR岩見沢駅前に監視センターを設置し、そこで4台のロボット農機を監視する実証実験を行いました。



図6 ロボット農機遠隔監視システム

ロボット農機は、北海道大学の農場に2台、岩見沢市内で8km離れた農地に2台、合計4台配置しました。監視センターには3人が座っていますが、真ん中の学生が監視者で、左右の2人は補助的に座っているだけです。監視者はボタンを一つ押すだけで、それぞれのロボット農機を動かす

ことができます。前方のモニターには各機体の映像が映し出され、中央のGISモニターでは、それぞれのロボット農機がどこで作業しているかを地図上で確認できます。

障害物を検出すると、パトライトが点灯し、警告音が鳴ります。「障害物を検出した」という合図です。監視者は4台すべての映像を見続けることは大変で、1時間もすると疲れてしまいます。そこで、障害物が出た時に自動的に警告音を鳴らし、監視者が注視すべきポイントを示す仕組みを導入しました。こうすることで、複数台の監視が可能になります。

北海道大学と岩見沢市は約40km離れていますが、ボタンを切り替えることでGISモニターが変わり、どこでどの作業をしているかをリアルタイムで確認できます。この仕組みによって、1人で4台、これまで最大で6台まで監視したことがあります。特別な訓練をしなくても、作業監視は十分可能です。

(4) 農業現場での課題

では、この仕組みが農家に受け入れられるかどうか。農家がこうした技術を使うというのは、作業を委託するということです。委託してくれるかどうか重要なポイントです。

このメリットは、農林水産省のスマート農業実証プロジェクトで確認しました。農家の方にも参加していただきながら検証しました。

まず、自分で作業しなくてよくなるので、労働時間が大幅に削減されます。作物にもよりますが、稲作を中心とした輪作体系では、約70%の削減が可能です。さらに、農機を共用することで、生産コストが約16%低減します。機械を購入する必要がないため、初期投資も不要です。削減した時間を活用して、これまで作れなかった高収益の野菜などを生産でき、利益改善効果も期待できます。今年のような猛暑の中で作業を委託し、ロボットに任せることで、健康面でも大きなメリットがあります。

ただし、農業は工場のようにロボットに適した



図7 圃場間移動自動化の技術課題

環境を整えることができません。ロボット農機が作業環境に合わせる必要があります。これが非常に難しく、コストのかかる部分です。例えば、図7に示すようには場間移動の際、防風林や雑木林がある場合、中山間地域ではよくあることですが、GNSSを使った航法センサーでは測位できないことがあります。その場合、別のセンサーを使って走行できるようにしなければなりません。

舗装された道路であれば、路肩を検出するカメラを使って比較的簡単に自動走行できます。しかし、農業では舗装されていない道も多く、路肩の検出が難しい場合があります。その場合、植生を検出し、土と植生の境界をAIで認識して走行させます。何とか走らせることはできますが、精度は不安定です。農家は作業の中断を嫌いますので、止めずに動かすことが非常に重要です。GNSSが使えない環境でも、衛星の配置によって精度が回復する場合がありますので、少し動かして回復を待つという工夫も必要です。

それでも危険だと判断される場合は、最後に人が遠隔で操縦します(図8)。この機能も組み込んでいます。例えば、4台のロボット農機を監視している中で、1台がGNSSのトラブルで止まった場合、遠隔操作で天空の開けた場所まで移動させ、GNSSを回復させます。現場に行かなくても対応できるわけです。

こうした仕組みによって、作業を止めずに継続することが可能になります。



図8 ロボット農機の遠隔操作機能

日本の農業現場では、完全自動化はほぼ不可能だと私は考えています。人とロボットがどう協業するかがポイントです。これが、私たちが考える具体的な方策の一つです。

3. 野菜作りのスマート化

(1) スマート化の課題

次に、野菜作りのスマート化についてお話しします。東海地域や中部地域は野菜作が非常に盛んだと理解していますが、野菜や果樹のスマート化は難易度が高い分野です。水田や畑作ではスマート農業技術のラインナップが整い、特に平場では多くの方に利用されるようになってはいますが、野菜や果樹はまだ課題が多く、アカデミアが研究開発に取り組むべき領域だと考えています。私たちも現在、さまざまな研究を進めています。

スマート露地野菜生産について議論すると、最も問題になるのは収穫です。収穫作業に必要な人手が足りず、地域に若い人がいない。収穫のためだけに雇用しようとしても人が集まらない。このため、収穫の自動化は強く求められています。ただし、収穫だけを自動化すれば良いわけではありません。スマート農業技術はデータでつなぐことが重要です(図9)。

播種や移植から始まり、管理作業、収穫、さらに出荷まで、生産全体をスマート化することが不可欠です。トータルで取り組む必要があります。

(※3) Global Navigation Satellite System (全球測位衛星システム)、人工衛星からの信号を受信することで、地球上の現在位置を正確に求めるためのシステム。主なシステムにGPS (アメリカ)、みちびき (日本) などがある

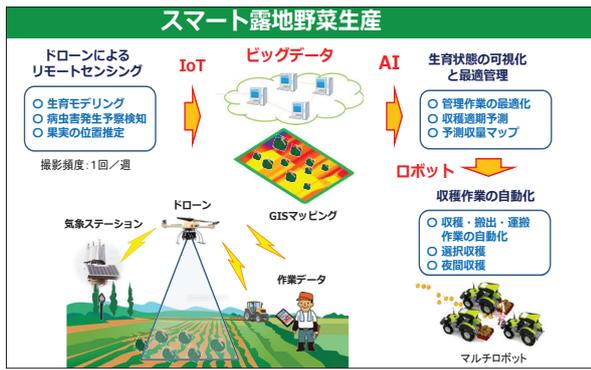


図9 スマート露地野菜生産

そのために必要な技術は、IoT、ビッグデータ、AI、ロボットです。私たちが取り組んだのは、収穫の適期予測、予測収量マップの作成、選択収穫、夜間収穫の実現です。そのために、ドローンによるリモートセンシングなども活用しています。

(2) カボチャの実証実験

今回、カボチャを対象に実証実験を行いました。北海道は国産カボチャの最大の生産地であり、中部地区では長野県もかなりの作付面積を持っています。しかし、全国的には作付面積、生産量ともに減少しています。大きな理由は労働力不足です。

カボチャの収量予測では、ドローンで畑を撮影し、画像を地図化します(図10)。複数の画像を統合して畑全体の画像を作成し、AIで分析します。

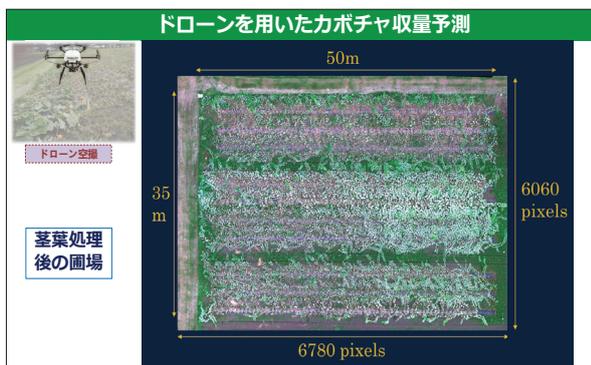


図10 ドローンを用いたカボチャ収量予測

対象は北海道の主要品種であるコリンキー、おいとけ栗たん、えびすです。同じカボチャでも色は異なり、オレンジ色のコリンキーは土の色に近く、緑色のおいとけ栗たんやえびすは雑草とほぼ

同じ色です。人間が目視でカウントするのは不可能に近いため、AIモデルを使って検出します(図11)。画像を二値化し、白い部分がカボチャです。AIによる検出精度は90%以上で、1つのAIモデルで異なる品種を認識できます。

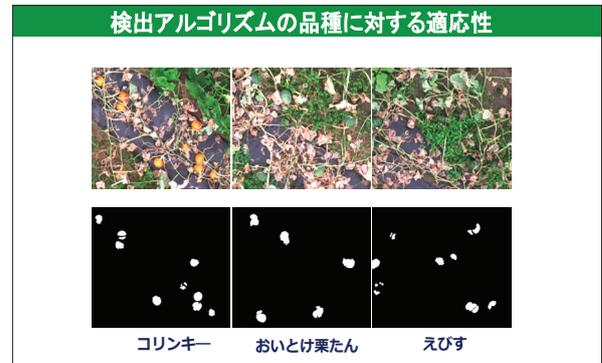


図11 検出アルゴリズムの品種に対する適応性

ここでのポイントは、収穫前に収量を推定できることです(図12)。

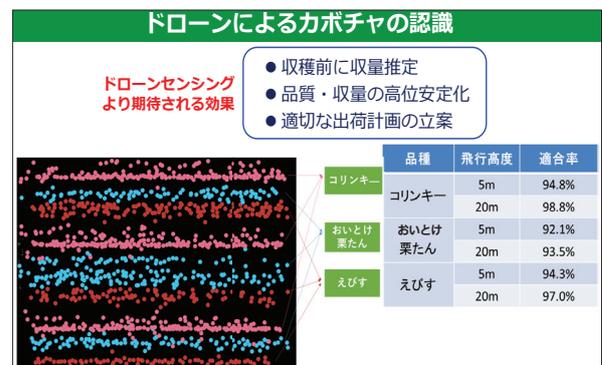


図12 ドローンによるカボチャの認識

栽培段階から位置データを含めてデータ管理することで、品質や収量の安定化につながります。さらに、出荷計画を事前に立てることができます。従来は収穫後にコンテナに入れて初めて収量が分かるという状況でしたが、事前に予測できることは大きなメリットです。

最もニーズが高いのは収穫作業です。特にカボチャのような重量野菜では、収穫は重労働です。例えば、10aで約1,000個のカボチャがなるといわれています。葉が生い茂り、つるが絡む中からカボチャを探し、切り取る作業は非常に大変です。

私たちは、茎葉処理をした後にロボットで収穫する仕組みを試みています（図13）。AIでカボチャを認識し、収穫しますが、つるに絡まって100%は収穫できません。失敗もあります。しかし、夜間作業が可能で、約70%をロボットが収穫し、残り30%を人間が行うことで、作業負担は大幅に軽減されます。実際、夜間のほうが安定して収穫できます。光環境が人工光源で一定だからです。



図13 カボチャ収穫AIロボット

(3) 海外の事例

海外の事例も紹介します。

フロリダでは、オレンジの病気検出や収量予測にAIを活用しています。また、イチゴの露地栽培では、花の数をカウントして収量を予測するロボットが使われています。花の数は着果数に直結するため、早期予測に役立ちます。規模が大きく

なるほど、収穫量の予測は経営に直結するため、こうした技術のニーズは高まります。

オランダでは、トマトのグリーンハウスでの事例があります。施設は5ヘクタール、最近では10ヘクタール規模もあります。ここでは収穫ロボットのニーズもありますが、まず導入されているのは、見回りロボットです。リアルタイムで熟度を測定し、果実の数をカウントして収穫時期と出荷量を予測します。規模が大きくなるほど、この機能が重要になります。先ほどのカボチャの例と同様、収穫前に収量を把握できることは非常に重要です。

4. スマートフードチェーンの意義と課題

これからの農業では、フードチェーン全体、つまりサプライチェーン全体のデータ化が極めて重要になります（図14）。

私は国のプロジェクトであるSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）にも関わってきましたが、第2期のSIPでは、スマートフードチェーンのプラットフォーム構築に力を入れました。

生産のスマート化は「スマート農業」という言葉で広く進められていますが、本当に重要なのは、その先の下流工程です。輸送、加工、流通、そして消費に至るまでの情報をうまく活用し、生産の



図14 スマートフードチェーンプラットフォーム

情報を消費者に伝えることが重要です。データを生産段階だけで閉じてしまうのは、非常にもったいないことです。

農業の産出額は約9兆円といわれていますが、消費段階では100兆円規模の大きなマーケットがあります。この100兆円の市場を意識しながら、こうした仕組みを構築することで、生産・加工・流通を進めることが重要です。特に生産者は、この視点を持って生産や出荷を行うことで、所得に大きく反映させることができます。

さらに、海外の消費動向を正確に把握できれば、輸出にも貢献できますし、需給バランスの調整にもつながります。これは食品ロスの削減にも大きく寄与します。

今回は野菜を中心に話していますが、需給バランスを適切にとり、各消費地のPOS情報^(※4)を集約することで、生産者は的確な生産・出荷が可能になります。この仕組みをつなげていくことがポイントです。

しかし現状では、生産段階の情報と下流の情報がなかなかつながっていません(図15)。これをつなぐことが非常に重要です。

そのために必要なのは、出荷予測と需要予測です。技術的には、この2つが鍵になります。需要予測は経済学の領域ですが、出荷予測は農学の領

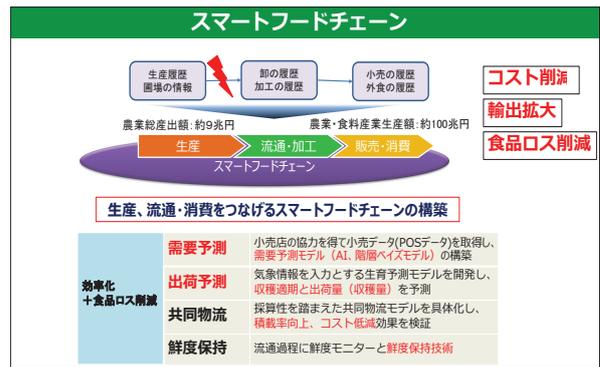


図15 スマートフードチェーン

域であり、センサーやモデルを活用して予測することが重要です。

一例として、ドローンで生育状態を把握し、短期の生育モデルを使って出荷予測を行う方法があります。

フードチェーン全体が合理的な仕組みになれば、需給バランスをとりながら、どれだけ出荷できるか、いつ出荷できるかを考え、販売先を決めることが可能になります。

さらに、物流における、いわゆる「2024年問題」、そして「2030年問題」と言われるように、ドライバー不足が進む中で、積載率を向上させ、コストを低減することが重要です。事前に出荷量が分かれば、積載率を高めて運搬でき、コスト削減だけでなく、温室効果ガスの削減にもつながります。

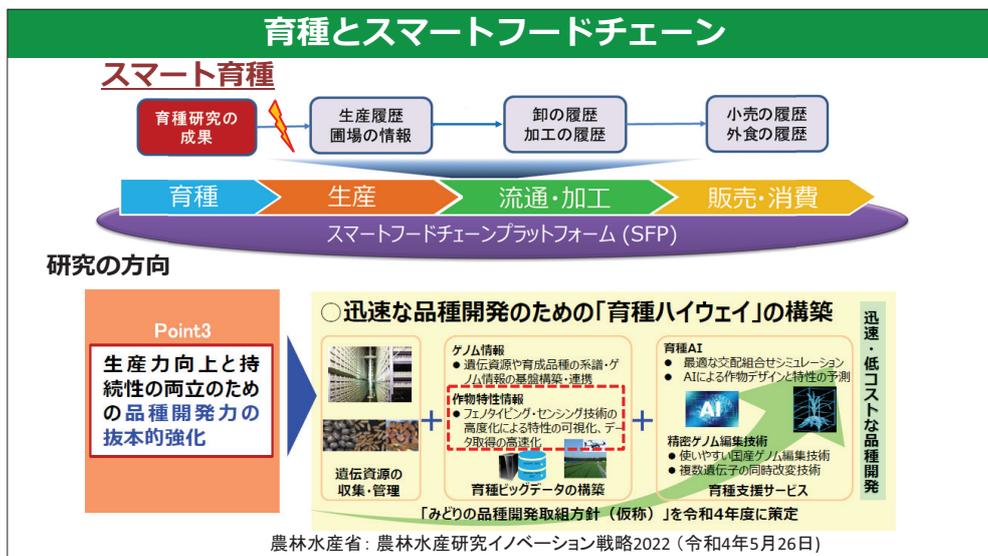


図16 育種とスマートフードチェーン

(※4) Point of Sale、販売時点情報管理システムの略称で、商品が販売された際の取引情報をリアルタイムで記録・管理するためのシステム

鮮度保持の面でもメリットがあります。

こうした点で、スマート農業を活用することは非常に重要です。そして、さらに進めなければならないのは、消費者が求める農産物を的確に供給することです。そのためには、生産の前段階である育種研究の成果を反映させる必要があります(図16)。

しかし、育種には時間がかかります。通常の交配では10年程度かかることもあります。

そこで、データに基づいたスマート育種を農水省や農研機構も進めています。消費者が求める健康機能性の高い品種などの情報をデータ化し、それを迅速に育種・商品化・生産につなげることが求められます。

この過程では、生産データや育種データ、ゲノム情報などを活用します。ゲノム編集まで進められれば理想ですが、社会的な受容性の課題もあります。それでも、ゲノム情報を活用して的確な育種を進めることで、新しい品種を早く生み出し、海外輸出にもつなげることができます。これが次の課題だと考えています。

5. デジタルツインによるデジタルほ場

(1) デジタルツインのメリット

次に、デジタルツインによる「デジタルほ場」

についてお話しします。これは現在、私たちが研究として進めている内容で、最終的なゴールは図17に示すような仕組みの実現です。

デジタルツインとは、現実世界(フィジカル空間)をサイバー空間に写像し、バーチャルなモデルを構築する技術です。

農業の現場でこれを実現するには、構成する要素が非常に多く、正直言って簡単ではありません。

農業の場合は、気象、水、土壌、作物、品種、病害、栄養、ロボットの作業、収量、さらにフードチェーン全体や消費動向まで含めて、これらをすべてサイバー空間にモデル化し、統合する必要があります。

これがもし実現できれば、デジタルツインによる「バーチャルほ場」を構築し、最適な農作業を提案できるようになります。

例えば、AIの学習データについて考えてみます。単作の場合、1年で1つのサイクルしかデータが取れません。個々の作業では、病害検出などはAIを使えますが、農作業全体の最適化を考えると、データ数が圧倒的に不足します。

しかし、モデルが構築できれば、サイバー空間で教師データやトレーニングデータを生成できます。これは非常に大きなメリットです。気象変動の扱いなど課題はありますが、理論的には100年分のデータを30秒で学習できる世界が見えてきま

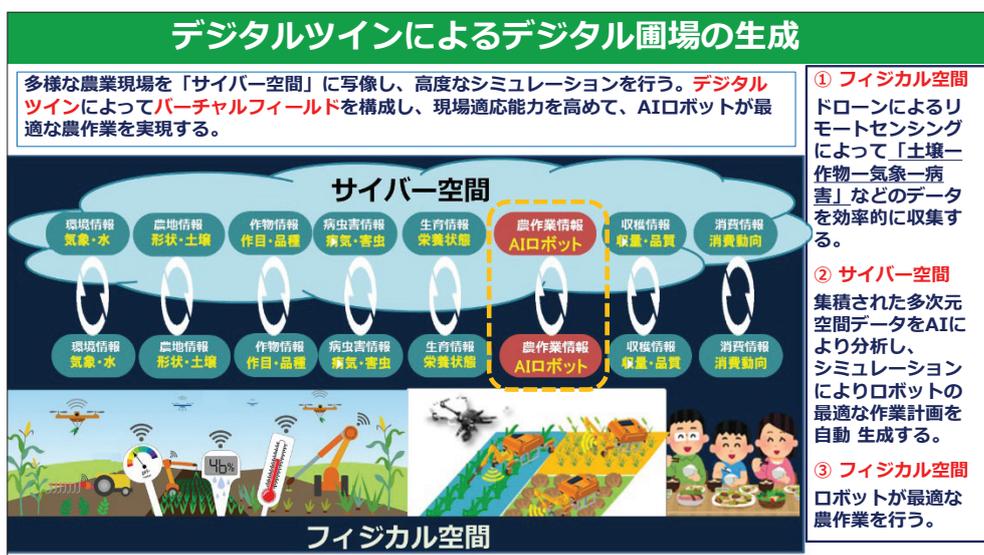


図17 デジタルツインによるデジタル圃場の生成

す。現在の農作業についても、最適な作業計画を提案できるようになるでしょう。

これはまだ夢物語ですが、こうした方向を目指すことが重要だと考えています。データ駆動型農業の将来像として、私たちはこの研究を進めています。

(2) デジタルツイン技術の事例

ここで、分かりやすい例として、私の専門である自動化・ロボット化にデジタルツイン技術を導入した場合、どんなことができるかをご紹介します。

まず、デジタルほ場を作る必要があります(図18)。現在では、高精度なモデルを比較的簡単に作成できます。北海道の岩見沢市にある水田で、2.2ヘクタールの1筆のほ場を対象に、ドローンを飛ばして3Dマップを作成します。2.2ヘクタールのほ場であれば、データの取得だけなら約1時間半で完了します。



図18 デジタル圃場(北海道岩見沢北村地区)

私が将来描いているのは、地域全体の3Dマップを構築することです。そうなれば、さまざまなことが可能になります。

精度はおおむね3センチから5センチの誤差です。この精度で作成されたマップが、バーチャル空間にデジタルマップとして構築されます。すべて点群データで構成されており、各点には緯度・経度・標高の情報が含まれています。このデータを使って車両の走行計画を立て、シミュレーションでうまく走行できれば、そのデータをそのまま実機に転送し、現実のほ場で同じように走行させ

ることができます。

農道なども含め、3センチ程度の誤差でマップを作成できます。データ処理にはその後1日ほどかかりますが、データ取得だけなら短時間で可能です。

まず、何ができるのか、簡単な例からご紹介します。デジタルほ場を作成したうえで、取得した3次元マップを使ってロボットの作業計画を立てる——これを一つの例題として考えてみます(図19)。



図19 デジタル圃場の活用

現在、農家の方がロボット農機を購入すると、まず畑の外周を1周走らせる必要があります。これはロボットトラクターにティーチング(教示)を行うためで、この作業によって自動的に走行経路が生成されます。

農家自身が機械を所有し、自分の畑を熟知していれば、この方法で問題ありません。しかし、私が注目しているのは「サービス事業者が使う技術」です。サービス事業者が農家から作業を受託する場合、現場に機械を持ち込み、外周を1周回るだけでもコストがかかります。

そこで、農家のほ場を含めた農地マップを事前に持っていれば、現場でティーチングを行う必要がありません。バーチャルほ場、つまりデジタルほ場で区画データが把握できるため、その情報を基に作業計画を立てることができます。ロボット農機を購入してサービス事業を行う場合と比べ、こうした方法を使えば人件費は大幅に削減でき、効率性が高まります。

ただし、課題もあります。中部地区でも同様ですが、農地が必ずしもきれいに区画化されているわけではありません。小さい区画、大きな区画、農道形状などさまざまです。事前に、本当にロボットが作業できるか確認する必要があります。

そのため、サイバー空間にモデルを構築し、その中で走行可能かどうかを検証します。実際に現場で試すのではなく、モデル上で試行錯誤し、作成した作業計画の確認します。ロボット農機が作成した計画どおりに走れるか、溝に落ちないか、安全性は確保されているか、ほ場への進入は問題ないか——こうした確認をすべて行います。

ポイントは、できるだけサイバー空間で試験を行い、現場での試行錯誤をなくすことです。これが重要です。

検証が終わったら、実際に作業を行います。ここからはフィジカル空間です。サイバー空間はフィジカル空間を模倣したものではなく、サイバー空間で作成した経路や作業計画をそのまま実機に搭載し、現場で走行させます。ほとんど同じ動きをしていることが確認できました。

つまり、サイバー空間で確認した作業計画を、フィジカル空間のロボットに適用して作業を実行できるということです。これは、3～5センチの精度で作成された地図があるからこそ可能になります。さらに重要なのは、ロボットの機体モデルです。車両の運動モデルや制御系をすべて反映させることで、現実に近い動きを再現できます。

もちろん、路面が滑ったり、ぬかるんだりすると、滑りが発生します。こうした問題があるため、完全なオフライン運用は難しく、基本的には通信を前提に考えます。それでも、同様の走行を実現できることが確認されています。

(3) デジタルツイン技術の活用した協調作業

今、北海道の2.2ヘクタールのほ場を例に議論していますが、このデジタルほ場を使えば、1台のロボット農機だけでなく、3台、5台、7台、9台、11台と複数台での作業をシミュレーションできます(図20)。

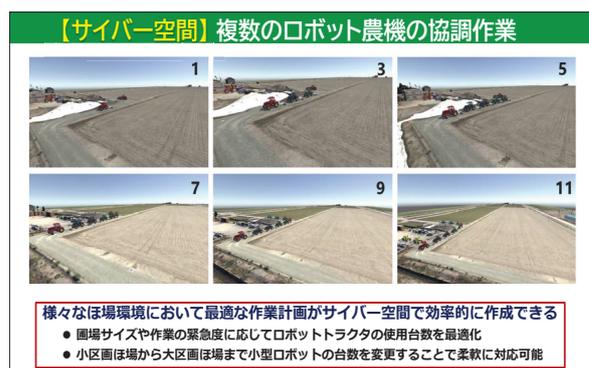


図20 サイバー空間：複数ロボット農機の協調作業

例えば、農家の方から「明日の朝までに耕運と播種を終えてほしい。その後、雨が降りそうだから急いでほしい」という依頼があった場合、サービス事業者は保有する10台のトラクターをどう運用すればよいかを判断しなければなりません。現状では、こうした計画を精緻に立てることはほぼ不可能ですが、デジタルほ場を使えば、必要な台数と作業時間をシミュレーションで算出できます。

さらに、将来的には大型トラクターだけでなく、小型ロボット農機を複数同時に使う戦略も考えています。小さなほ場には小型機を、大きなほ場には複数台を投入することで、最適化が可能になります。従来は「1人が1台を操作する」前提だったため、大型機が必要でしたが、人が乗らないロボット農機なら、台数で調整する発想が成り立ちます。

シミュレーションでは、作業時間を精緻に計算できます。例えば、1台で74分かかかる作業が、11台なら13分で完了するという結果が得られます。これに基づいて、効率的な作業計画と機械運用が可能になります。

さらに、サイバー空間で作成した作業計画は、そのまま実機に搭載できます。現場で再度ティーチングする必要はありません。計画どおりに動くことは確認済みです。例えば3台のロボット農機を編隊で走らせ、人は監視のみを担当します(図21)。安全性は監視者が確保し、監視者は作業をしません。

もう一つのポイントは、夜間作業にも対応できることです。暗くても自動走行が可能です。その



図21 フィジカル空間：複数ロボット農機の協調作業

際のポイントは、この人が単に監視するだけではなく、肥料や農薬、種の補給といった作業も担当します。

こうした仕組みによって、従来3人で行っていた仕事を1人でこなせるようになります。現在、このような仕組みの検討を進めているところです。

(4) 生育シミュレーション

そして、当然ですが、ほ場では作物を育てる必要があるので、生育のシミュレーションを行わなければなりません(図22)。

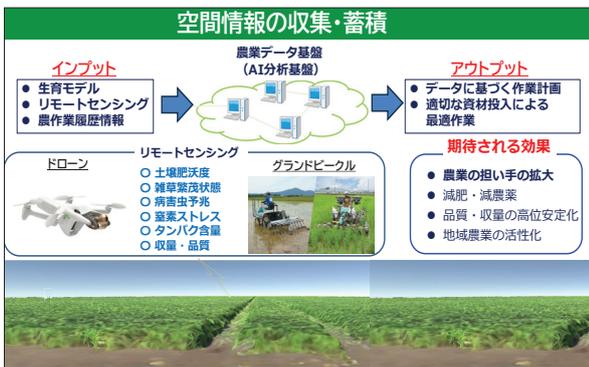


図22 空間情報の収集・蓄積

現在、農研機構では多様な生育モデルを開発しています。これは農研機構ならではの取り組みであり、作物の成長をシミュレーションできる仕組みです。モデルにデータを入力することで、生育過程を予測できます。さらに、リモートセンシングなどを活用し、栄養状態の確認や病害の検出に

関する研究も進んでいます。こうした情報はすべてデータ化され、最適な作業につなげることがゴールです。

病害の予測は難しいものの、成長モデルは気象データを組み込むことで動作します(図23)。例えば、WAGRIの気象データは26日先まで1 kmメッシュで提供されており、これを成長モデルに入力することで、幼穂形成期、出穂期、成熟期などの重要なステージを予測できます。水稻や小麦など、すでに複数のモデルが用意されています。

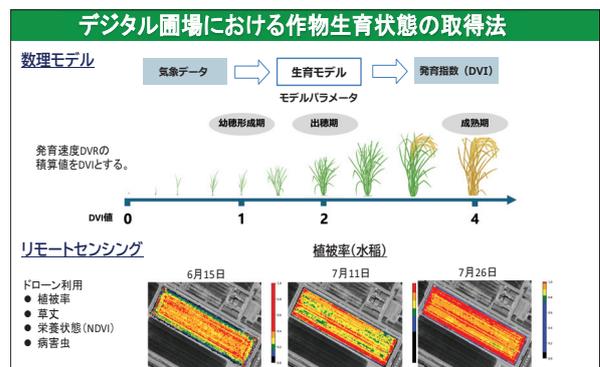


図23 デジタル圃場における作物生育状態の取得法

栄養状態の診断には、ドローンを使ったリモートセンシングが有効です。こうした作業は、意欲的な農業者自身が行うことも可能ですが、サービス事業者が行う方がよいです。例えば、畑ごとに1 kmメッシュのデータを活用し、成長ステージが把握できます。試験場の結果と比較しても誤差は3~4日程度で、これに基づき、追肥や農薬散布などの作業計画を事前に立てることができます。

(5) サービス事業の課題

ただし、サービス事業者には課題もあります。作業が特定の時期に集中し、繁忙期と閑散期の差が大きいことです。

そのため、生育状態を事前に把握し、優先すべき作業を計画することが重要です。ドローンによる定期的なモニタリングは、農家が畑を見回る負

(※5) 気象や農地、収量予測など農業に役立つデータやプログラムを提供する公的なクラウドサービス

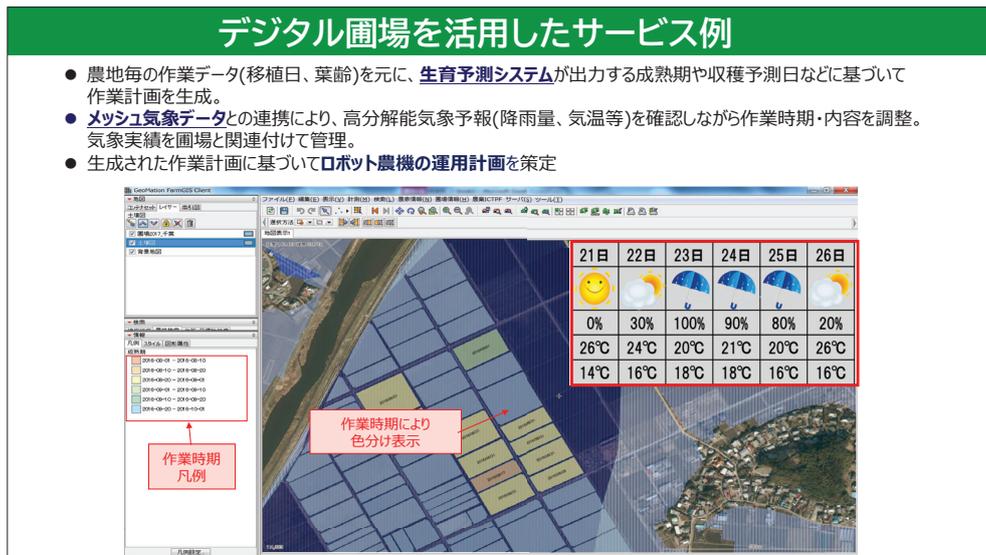


図24 デジタル圃場を活用したサービス例

担を減らし、病害の早期発見にも役立ちます。最近のドローンは性能が向上し、個体レベルでの検出も可能です。

さらに、サイバーとフィジカルの融合により、遠隔操縦も可能です。例えば、2台のロボット農機を自動走行モードで監視し、必要に応じて遠隔操縦に切り替えます。夜間作業では、暗くて視界が悪くても、サイバー空間のふかん映像をリアルタイムで確認しながら運転できます。北海道では積雪時の除雪作業にも応用可能です。こうした技術により、24時間体制で安全な作業が現実になります。

繰り返しになりますが、デジタルほ場を活用することで、地域レベルで生育予測や作業計画の運用が可能になります。天気予報を参考にしながら、農家の作業を支援する仕組みが構築できるのです(図24)。

6. 次世代スマート農業の現場実装

(1) 目指す姿

最後に、次世代スマート農業の現場実装についてお話しします。こうした技術を実際に使うためには、どのようなインフラが必要なのか、どのような方法があるのかという点です。

まず、これまでお話しした内容を図25にまとめ



図25 次世代スマート農業

ました。サービス事業者が中心にいて、地域の農地の三次元マップや作付け状態を把握し、そこに天気予報や生育状態などのシミュレーションを組み合わせます。

さらに、必要に応じてドローンを使ってデータを取得し、生育状況を地図化していきます。データを集めるのは非常に大変ですが、こうした仕組みができれば、地域レベルでの次世代のスマート農業が可能になります。そのデータに基づいて作業計画を立案し、作業を代行したり、農家にアドバイスすることができるようになります。

ほ場レベルでは、例えば「肥料の量を減らしたい」、「農薬の量を減らしたい」というニーズがあります。その場合、ドローンではほ場を撮影し、バーチャルフィールド上にオーバーレイして、それに基づいて適切な施肥や防除を行います。可変施肥

をやりたい場合、専用の機械が必要ですが、それをサービス事業者が保有し、必要な肥料を散布する作業を請け負うことができます。こうすれば、農家は資材や高額な機械を購入する必要がなく、効率的に作業を進められます。

(2) 必要なインフラ

こうした仕組みを広域に展開するためには、当然インフラが必要です(図26)。

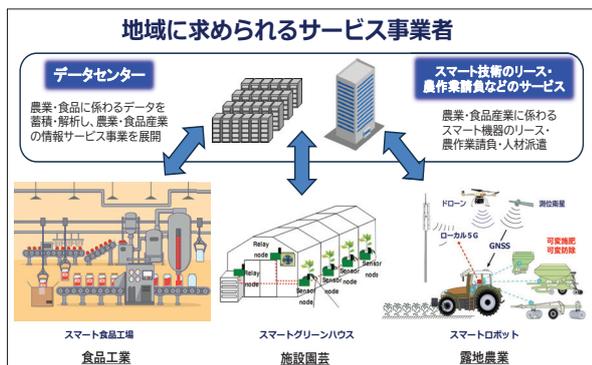


図26 地域に求められるサービス事業者

まず、スマート農業の作業を請け負うサービス事業者の存在が不可欠です。これは農業者が中心となって立ち上げるスタートアップでもよいですし、JAでも構いません。農業に関係のない企業が参入することも可能です。そこには、機械を使って作業を請け負う人材が必要ですし、情報技術を扱うため、ICTに詳しい人材や、現場の農業に精

通した人が顧問として入ることも重要です。

もう一つはデータセンターです。地域のデータを集約する仕組みが必要です。大規模なデータセンターでなくても、エッジ型のローカルデータセンターで十分です。農業や施設園芸のデータを集め、活用できるようにします。

さらに、食品工業の存在も重要です。地域の人手不足が顕在化している中で、スマート農業を導入すれば生産性は向上しますが、そのことにより、人がいなくなって地域が消滅してしまつては意味がありません。新しい雇用を生み出すことを考えなければなりません。物流問題もあるので、原料を使う食品工場は生産地の近くにあるほうが効率的です。こうした産業を地域に組み込むことが重要です。

その先は、当然ながら、消費者につなげる仕組みです。スマートフードチェーン全体に対しても、サービス事業者が関わる必要があります。

そのための基盤整備を図27に示します。

当然ながら農地整備は非常に重要ですが、バーチャルの観点では高速無線通信網の整備が不可欠です。5Gは人口カバー率で98%程度といわれていますが、農地ではまだまだです。少なくとも4Gが安定して使えるように早急に整備してほしいと思います。また、農地の3D地図も必要です。サービス事業者が個別に作るのは負担が大きいため、農地整備の際に併せて作成することが望まし



図27 スマート農業の地域実装

いでしょう。さらに、データセンターの整備もインフラとして非常に重要です。

こうした仕組みが整えば、加工施設も入り、すべてがデータでつながります。

農家の方は高齢化が進んでいますが、こうしたサービスを受ける際に、どのサービスを利用すれば利益につながるのかを理解する必要があります。そのためには、スマート農業技術の種類やコスト、メリットを学んでいただくことが重要です。スマート農業技術を使う必要はありませんが、そのメリットを把握し、経営者として選択できるようにするための研修機能は不可欠です。

これが私の描く次世代スマート農業の姿です。

そして、当然ながら若い人にも参入してもらわなければなりません。大阪・関西万博の際、農林水産省、国税庁、文化庁の3つの機関で開催された「食と暮らしの未来ウィーク」では、子どもたちを対象に遠隔操縦体験を行いました（図28）。



図28 大阪・関西万博における北海道大学×NTT実演展示

NTTの最先端技術IOWN^(※6)を使い、遅延は5Gの200分の1、わずか2~3ms^(※7)です。北海道と大阪・夢洲をつなぎ、子どもたちにトラクターを遠隔操作してもらいました。

北海道に行ったことがない子ども、トラクターを見たことがない子どもが、1,200km離れた場所から遅延なく操作できるのです。これを体験してもらうことで、「農業って面白そうだな」、「夢があるな」、「楽しそうだな」と感じてもらうことが

非常に重要だと思っています。若い世代に農業への関心を持ってもらうためです。

7. まとめ

最後に、これまでお話した内容を図29まとめます。

まとめ

- スマート農業は**自動化とデータ利用**がポイントである。
- ロボット農機は**自動化から知能化**に進化し、これまで以上にデータの利活用が重要になる。
- 今後のスマート農業は**サービス事業者が利用できる技術**が必要である。**リモート農業、デジタルツイン**は大きな変革をもたらす。
- 生産ー流通ー加工ー販売ー消費をデータで繋ぐ**スマートフードチェーンプラットフォーム**は持続的なフードシステム構築において重要である。
- 次世代スマート農業に必要なインフラは**フィジカル空間ではスマート農業に適した農地、サイバー空間では農地3D地図、高速無線通信網、データセンター**であり、政府の今後の整備に期待したい。

図29 まとめ

スマート農業のポイントは、自動化とデータ利用です。現在のロボット農機は単純作業の自動化ですが、これからは知能化へと進化していきます。今日お話した技術は、サービス事業者が利用できるものです。

普及が遅れている理由は、コストの高さや高齢農業者の受容性、ほ場の小規模性など、さまざまな要因があります。しかし、サービス事業者がこうした課題を肩代わりし、実際に運用することで解決できます。

そして、スマートフードチェーンの構築です。もうかる農業を実現するためには、サプライチェーン全体を見渡した生産が不可欠です。そのためには、インフラ整備が必要です。フィジカルな農地をスマート農業向けに整備し、サイバー空間では農地の3Dモデル、高速無線通信網、データセンターを整備することが重要です。

こうした取り組みを、農水省をはじめ関係機関に進めていただきたいと思います。

ご清聴ありがとうございました。

(※6) Innovative Optical & Wireless Network、最先端の光技術を使って、豊かな社会を創るための構想

(※7) ミリ秒。1msは0.001秒を表す。

Ⅱ. パネルディスカッション「地域課題を乗り越えるスマートフードシステムの可能性」

〔モデレーター〕	立川 雅司 氏	名古屋大学大学院環境学研究科 教授
〔パネリスト〕	野口 伸 氏	北海道大学大学院農学研究院 研究院長・教授
	高橋 克也 氏	東洋大学食環境科学部 教授
	佐野 文昭 氏	生活協同組合コープあいち 特別商品推進 担当部長
	鈴木 貴博 氏	株式会社鈴生 代表取締役社長

自己紹介

立川：名古屋大学環境学研究科の立川です。

本日のパネルディスカッションのテーマは「地域課題を乗り越えるスマートフードシステムの可能性」です。先ほどの野口先生の基調講演では、非常に印象深い先進的な取り組みをご紹介いただきました。この取り組みが、どのように食と農をつなぎ、食料安全保障に貢献していくのかという点を、パネルディスカッションでさらに深めていければと思います。



まず、パネリストの皆さまに自己紹介をお願いします、その後、ディスカッションの趣旨を私から説明します。その後は、パネリストの方々から野口先生の講演に対する質問やコメントをいただきながら、議論を進めていきたいと思ひます。

私は、農学部ではなく、現在は社会学の分野で研究をしています。専門は食と農の社会学、あるいは社会経済農学です。

出身は岐阜県大垣市で、農林水産省関係の試験研究機関に約20年勤務した後、茨城大学農学部を経て、現在の職に就いています。

これまで、特に科学技術と社会との関係について研究してきました。農業分野は科学技術の進展が非常に速い分野ですので、そうした技術がフードシステムや消費、社会にどのような影響を与えるのかをテーマにしています。

高橋：東洋大学の高橋と申します。

私も立川先生と同じく、2025年の3月まで農水省の研究所に勤務しており、4月から東洋大学に着任しました。専門は「食料品アクセス」です。



食料品アクセスマップの作成をしています。5年ごとに更新しており、現在は2020年版を公表しています。次は2025年版をどう作るかという段階です。

図30の左側は、名古屋および中京圏の500mメッシュの食料品アクセスマップです。定義としては、65歳以上で店舗まで500m以上離れている方の人口をGISで推計したものです。背景データは店舗情報や人口メッシュデータで、それを空間経済学的に計算し、公表しています。

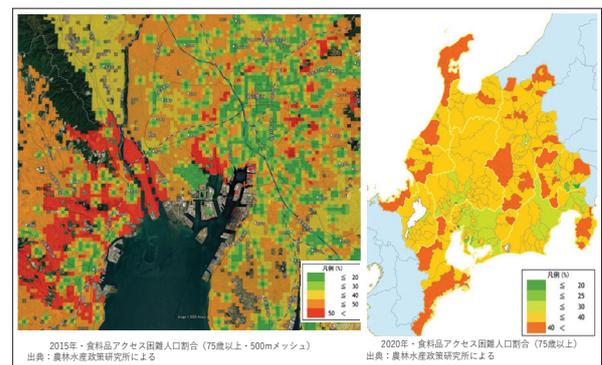


図30 食品アクセス困難人口割合

図30の右側は2020年版の中部圏の75歳以上のデータです。過疎地では割合が高いのは当然ですが、名古屋周辺の都市近郊でも赤いエリア、つまりアクセス困難な地域が広がっていることが分かります。

を見直す活動をすすめています（図32）。宅配職員が商品を届ける際、その接点で自分の言葉で、体験をもとに農産物の特長を伝えることが求められます。さらに、センター企画を通じて、地元の食材をより鮮度よく届ける仕組みづくりにも取り組んでいます。

物流のラストワンマイルを担う私たちは、単に物を運ぶだけでなく、生産者のこだわりや「コト」を届ける大事な役割も担っているので、これからも生産者の方々と一緒に、生産と消費をつなぐ取り組みをすすめていきたいと思ひます。

鈴木：鈴生の鈴木と申します。本日はよろしくお願ひいたします。



まず、会社概要をご紹介します（図33）。

私たちは2008年に会社を設立しました。もともとは「鈴木農園」という小さな個人農家から始まり、両親と兄弟3人で立ち上げたのがスタートです。その後、法人化し、現在の「鈴生」という会社を設立しました。

現在、グループ全体で従業員は約156名、平均年齢は32.8歳と農業法人の中では非常に若いメンバーで構成されています。厳しい業界ですが、力を合わせて一生懸命頑張っています。

鈴生の事業内容は、生産と販売を中心に、グループ法人の運営、新しい作物の試験研究などです。試験研究では、スマート農業や新しい取り組みにも力を入れています。「これなら世の中に広められる」という技術や方法を試験し、実用化して

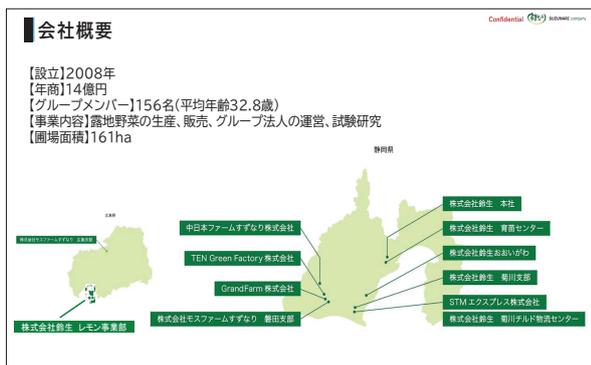


図33 株式会社鈴生 会社概要

くことを目指しています。現在、ほ場面積はグループで延べ161ヘクタールほどを管理しています。

私は、今後農家の数は減少していくと考えていますが、一軒一軒の農家はより強くなると思っています。そのためには、農業の「関係人口」を増やすことが重要です。単に農業を行うだけでなく、農業に関わり、応援してくれる人々を増やすことが、農業界全体の持続性につながると考えています。そのため、さまざまな企業との合弁事業を進めています。

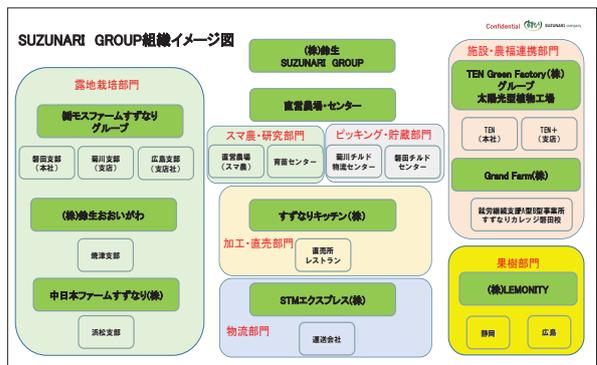


図34 SUZUNARI GROUP組織イメージ図

図34の組織イメージ図で、具体的な事例をご紹介します。左上は、モスバーガーとの取り組みです。レタスの安定供給を目的に一緒に合弁会社モスファームすずなりを作り、現在は菊川、磐田、広島に拠点を設けています。左下の「中日本ファームすずなり」では、新東名浜松インター近くに拠点を設け、周辺の約10ヘクタールの耕作放棄地を再生し、後継者がいなくなったお茶畑を引き継ぎ、野菜畑に変えるなど、地域活性化に取り組んでいます。右上の「TEN Green Factory」は、太陽光型の植物工場で、水耕栽培を行っています。ここでは農福連携も進めています。右下は、2025年9月に設立した「LEMONITY」という果樹部門の新会社です。ポッカサッポロさんとWismettacホールディングスさんから出資を受け、国産レモンを中心に果樹事業を広げています。

農業の現場では、価格の仕組みが複雑で、基本はお客様の希望場所にお届けするまでが農家の負担です。契約単価は固定されていて、運賃が上

ると契約単価を上げていただかない限り、農家の手取りが減ってしまいます。この課題を解決するため、2018年に「農家の手取りを絶対に下げない」という強い思いで運送会社を設立しました。少しずつ改善を進めていますが、物価高によるコストアップが激しく、農業は非常に厳しい状況です。野菜の価格も上がってほしいと願っています。

スマート農業への取り組みについてもご紹介します。

私たちは、ブロッコリーの生産に関する取り組みとスマート商流に関する取り組みで、スマート農業実証プロジェクトに参画しました。また、SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）事業のスマート物流分野や「ukabis」^(※8)にも関わりました。

日本の農産物は、「物と情報が別々に動いても問題ない」状況です。安心安全が当たり前なので、野菜のトレーサビリティ情報がなくても見た目ですべて買ってもらえます。しかし、輸出となると話は別です。「この証明書（安全性）はどこにあるのか」と聞かれます。そこで、物と情報を一緒に動かす仕組みが必要だと痛感しました。



図35 QRコード付きトレーサビリティシステム

そのため、QRコードでトレーサビリティ情報を添付して出荷する自社システムを導入し、情報と野菜を一緒にして販売する仕組みを構築しました（図35）。加工業務用が中心ですが、スーパー

向けの商品にもQRコードを付けています。トレーサビリティや生産者情報を確認できる仕組みになっています。

最終的な目標は、物と情報を完全に一体化させることです（図36）。市場を経由すると流通経路が不明になることがありますが、QRコードを付け続ければ追跡可能です。この取り組みはJGAP^(※9)の団体認証にもつながり、農林水産大臣賞を受賞することができました。情報を集約することで、格付けや評価が可能になります。将来的には、農水省などが情報センターを設立し、野菜のトレンドなどの情報が農家にフィードバックできる仕組みになるように取り組んでいます。

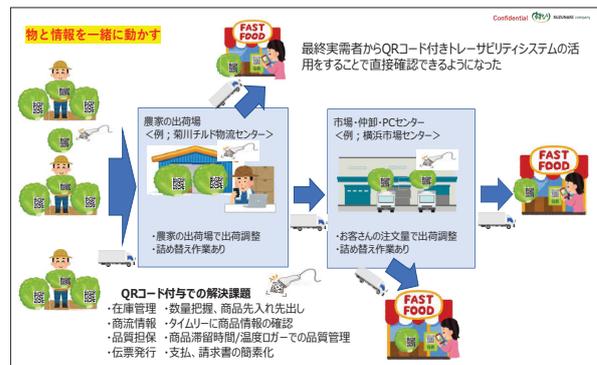


図36 物と情報を一緒に動かす

さらに、伝票の簡素化にも挑戦していきます。農家にとって伝票処理は大きな負担です。赤伝の処理なども含め、これをなくすことで事務作業負担を減らしたいと考えています。まだうまくいっていませんが、チャレンジを続けていきます。

スマート農業機械については、稼働率が低く、単価が高いため、採算が合いません。そこで、コントラクター事業を立ち上げました^(※10)（図37）。特殊機械を購入し、フル稼働させるために、自社の畑だけでなく、他の農家のほ場も請け負っています。200ヘクタール規模で稼働率を確保し、稼働率を上げて売り上げを増やすことで、減価償却費負担を減らす取り組みです。

(※8) スマートフードチェーンプラットフォーム。生産者、卸売事業者、小売業者などが農と食のサプライチェーンに係るデータを共有するための情報連携基盤

(※9) Japan Good Agricultural Practice 農畜産物を生産する工程で生産者が守るべき、日本で作成された管理基準とその取組みのこと

(※10) 農作業機械と労働力などを有し、農家等から農作業を請け負う事業



図37 コントラクター事業

それから、露地野菜にスマート農業を導入する際、最大の課題は除草です。除草機は日本中で必要になると思いますので、こうした必要性が高い機械からスマート化を進めてほしいと考えています。静岡県もものづくりが盛んな地域ですから、光や電流を使って夜間に虫や草を駆除する技術など、世界で進んでいる方法を日本でも開発してほしいと思っています。

2. イントロダクション

立川：ここまでで、川上に近い立場の鈴生の鈴木社長、そして川下に近い立場のコープあいちの佐野部長、さらに高橋先生からは買い物アクセスの問題を中心に自己紹介をいただきました。

ここからは、私のほうでまとめたスライドをいくつかご紹介し、パネルディスカッションのイントロダクションとしたいと思います。

スマート農業は政策的に強く推進されています。一方で、食料・農業・農村基本法の改正により、食料安全保障が重要な課題として打ち出されています。この二つの領域をどのようにつなぐことができるのか。それが今回のシンポジウムの企画意図です。

パネルディスカッションのテーマは「地域課題を乗り越えるスマートフードシステムの可能性」です(図38)。

フードセキュリティ、つまり食料安全保障とスマート農業はどのように関連し合うのか。私自身、以前は行政に携わっていましたが、行政の現場を

パネルディスカッション 「地域課題を乗り越える スマートフードシステムの可能性」

- ◆基本法改訂において重視された「食料安全保障(フードセキュリティ)」と「スマート農業」:これらはどのように関連しあうのか?
- ◆とくに地域農業や食品流通、消費者にとっての可能性や課題は?
- ◆効率性、持続性(ロス削減)、アクセス向上などへの含意
- ◆様々な連携にむけた課題は?(データ、事業者間、地域間)
- ◆さらには災害対応やレジリエンスに対する示唆は?

【キーワード】
スマートフードシステム、フードセキュリティ、アクセス、
地域農業、連携協力、フードロス、インフラ

図38 パネルディスカッションテーマ

見ていると、自分の担当分野には非常に熱心でも、隣の課や他分野には関心が薄いということがよくあります。政策と政策の間にはどのような相互作用があるのか、あるいは相乗効果をどう生み出すのか。場合によっては調整が必要な場面もあります。こうした視点を踏まえ、このパネルディスカッションを進めていきたいと思っています。

フードセキュリティ(食料安全保障)については、基本法では「良質な食料が合理的な価格で安定的に供給され、かつ、国民一人一人がこれを入手できる状態」と定義されています(図39)。今回の改正では「国民一人一人」という部分が新たに強調されました。佐野部長のお話にもありましたように、ラスト・ワンマイルの課題や合理的な価格の確保、そして野口先生の基調講演で示された「持続的な農業生産をどう続けるか」という視点が非常に重要です。

フードセキュリティ(食料安全保障)とは?

- 「食料・農業・農村基本法」の改訂(2024.5)において、「食料安全保障の確保」が重要な政策目標として明記
- 「食料安全保障」とは、「良質な食料が合理的な価格で安定的に供給され、かつ、国民一人一人がこれを入手できる状態」(第2条)
- ➡ フードセキュリティの確保においては、
- 国内農業生産の振興、合理的な価格の形成、安定的食料輸入などと共に、地域(ローカル)における適切な取り組みが不可欠。
(「食品等の持続的供給」「合理的費用」「ラスト・ワンマイル物流」etc.)

図39 フードセキュリティとは?

図40に示す通り、国連などでフードセキュリティを議論する際、「供給」、「アクセス」、「利用」、

「安定性」の4つの側面が重要と言われてきました。さらに最近では、国連の専門家グループから「主体性（agency）：食のあり方に関して一人一人が主体的に行動できるかどうか」、「持続性：環境負荷を考慮しながら持続可能なフードシステムを構築すること」の2つの視点が提案されています。

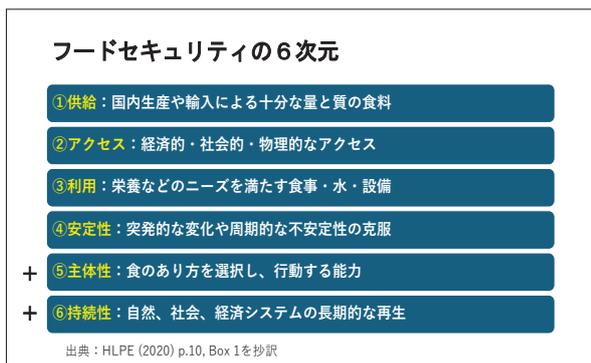


図40 フードセキュリティの6次元

そして、スマート農業技術活用促進法が2024年施行されました。この法律では「新たな生産方式の導入」として、作業効率化、機械化体系、出荷方法、データ共有などが明記され、現場での実証試験や研究開発への支援も進められています。また、食料・農業・農村基本計画では、フードシステム全体のDX化が重要課題として掲げられています。スマート農業だけでなく、フードチェーン全体をデジタルトランスフォーメーションすることが求められています。

ここで繰り返し強調したいのは、スマート農業とフードセキュリティをどう結び付けるかという

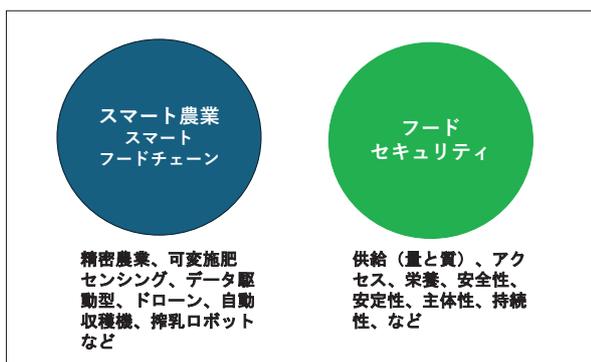


図41 スマート農業とフードセキュリティ

ことです（図41）。それぞれが重要な政策課題であり、個別に予算や施策が進められていますが、それらを重ね合わせることで、どんなことを考えるべきなのか。

例えば、生産の拡大・安定化、流通ロスの削減、需給ギャップの解消、コスト削減、食品アクセスの改善など、さまざまな可能性が考えられます。

技術開発や政策立案には、未来を創造する力が不可欠です。どんなことをさらに進められるのか。今回は、スマート農業とフードセキュリティという二つの政策を重ね合わせた時に、地域課題の解決にどう結び付けるかを議論したいと思います（図42）。

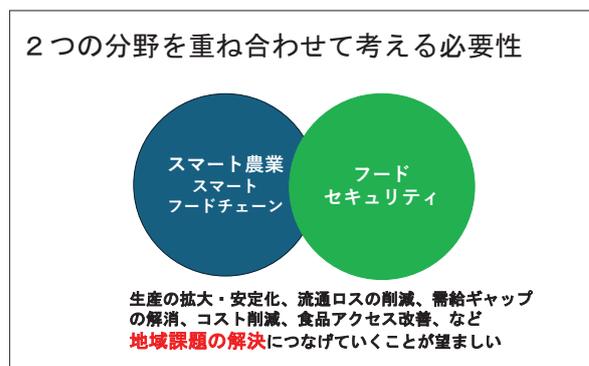


図42 スマート農業とフードセキュリティの重ね合わせ

さらに、東海地域は南海トラフ地震のリスクを抱えていますし、日本はこれまでも災害に繰り返し直面してきました。今年の夏の猛暑も災害級の異常気象といえるでしょう。最近では、中山間地域でクマが市街地に出没するなど、環境変化への対応も求められています。

スマート農業とフードセキュリティを重ね合わせる中で、災害対応やレジリエンスをどう組み込むか。例えば、災害時の食料供給、地域間・事業間の連携、データ連携など、考えるべき課題は多岐にわたります（図43）。

技術や政策の間には、相乗効果（シナジー）とトレードオフがあります（図44）。効率性を高めるほど、集中化によるリスクが増す場合があります。大規模データセンターが停止すれば、作業全体に影響が及ぶ可能性があります。

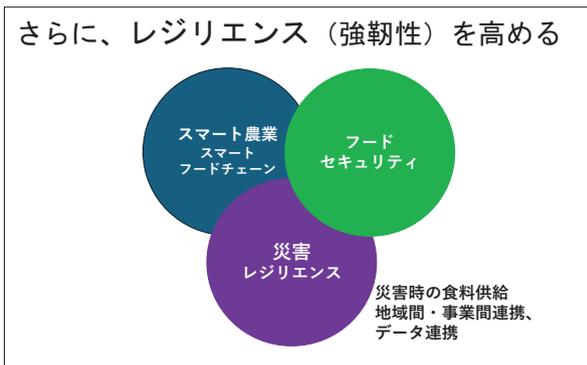


図43 さらにレジリエンスを高める

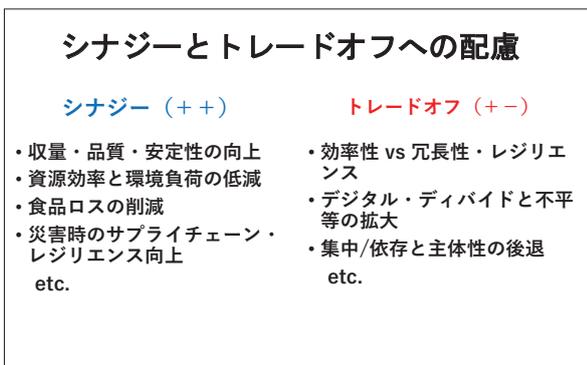


図44 シナジーとトレードオフへの配慮

レジリエンスを高めるためには、冗長性や複数性が重要です。また、デジタル・ディバイドや不平等の拡大も懸念されます。さらに、技術が高度化するほど、現場での修理能力が失われるという問題もあります。昔はトラクターを自分で直せましたが、今はICチップが入っていて、故障すればお手上げです。こうした課題も考えていく必要があります。

3. パネルディスカッション

（1）基調講演の深掘り

立川：以上の視点を踏まえ、まずは基調講演をいただいた野口先生へのコメントや質問を、パネリストの皆さまからいただきたいと思います。

高橋：私自身、今ご紹介いただいたように、消費や小売り、いわゆる川下に近い領域の研究をずっとやってきました。そのため、スマート農業とこの領域がどのように接点を持つのか、スマートフードサプライチェーンというものがどこで結び付く

のか、このテーマをいただいたときからずっと考えあぐねていました。

野口先生のスライドに「スマートフードチェーンプラットフォーム」という図があったと思います（図14）。先生のお話はスライド左側の生産現場に近い部分を中心でした。一方、私の専門はスライド右側の販売や消費の部分です。

立川先生からもご紹介がありましたが、効率性を追求すると、いざというときの冗長性はどうかという問題が出てきます。例えば、コンビニでは一店舗で年間約500万円弱の食品ロスが出るといわれています。これは中央値ですので、平均値はやや低めになると思います。コンビニ店舗の年間売上は平均で約2億円、そのうち食品が9割程度ですから、2億円に対して500万円弱というと、ロス率は4%程度です。これを「効率的」と見るのか、それでも「ロスが出ている」と見るのかは議論の余地があります。効率性の高いとされるセブンイレブンでもこの程度のロスがあり、しかも天候やイベントの有無によって数値が大きく変動します。

これはロスという視点ですが、逆に消費者にとって、いざというときやイベント時にどう対応できるのかという問題もあります。

スマート農業が進展すると、こうしたロス以外に、品質面でどんなメリットがあるのか。特に最近、食料安全保障は「量」から「質」へと重点が移ってきています。物量だけでなく、スマート農業が進むことで、消費者や小売店にどんな「嬉しいこと」があるのか。そうした視点でのメリットがあるのかどうか、ぜひお聞きしたいと思います。

佐野：まさに消費の最終出口に位置する生活協同組合の立場からすると、今日のお話は「知らないことばかりだった」というのが率直な感想です。組合員である消費者も、スマート農業の現状や技術についてはほとんど知らないと思います。

逆に言えば、その技術や取り組みが生産物の価格にどう反映しているのか、消費者にはなかなか結び付いていません。消費者は「より安く」とい

意識が強い一方で、スマート農業の導入には大きなコストがかかるはずで、そのコストが価格に反映しない現状を、買う立場としてどう理解すべきなのか。ここが非常に難しいところです。

基本法の中でも「消費者理解の醸成」という言葉が出てきますが、まさにその通りだと思います。生産側と消費者側が一緒になって理解を深める取り組みが必要で、そのための機会をどう設けるかが課題です。

先ほど鈴木社長から「農業の関係人口」という言葉がありましたが、私たちもそこを切り口にして、スマート農業のメリットを消費者に実感してもらうことが重要だと思います。それが価格転嫁の理解につながり、さらに合理的な価格で安定的に購入できるという仕組みにつながることを期待しています。

鈴木：野口先生のお話、本当にすごかったです。僕たちが夢見ていた機械を、実際に実装して研究されているのは本当に驚きです。

私たちは首都圏に近い農業をやっていて、周囲ではどんどん住宅が建っています。物流コストの面では有利かもしれませんが、農業を続ける環境としては非常に厳しくなっています。逆に、中山間地、例えば広島県の拠点は人口2.5万人程度の市ですが、最先端農業をやる環境としてはむしろやりやすい。物流面では課題がありますが、農業そのものはやりやすいのです。

中山間地の農業を守るためには、人口が少ない分、機械化・スマート化が不可欠です。むしろ中山間地ほどスマート農業で発展する可能性があるかと、今日のお話を聞いて感じました。

私たちの地域では、例えば農薬を散布する際には事前にご挨拶に行き、お願いしなければならない。こうした手間がスマート化を難しくしています。しかし、中山間地なら地域の理解や協力が得やすく、スマート農業の導入は進みやすいのではないかと思います。

もう一つ、夜間作業というキーワードが非常に響きました。夜は本当にもったいない時間です。「明日までに作業を終えたい」「雨が降る前に終わ

らせたい」というときでも、夜は作業を止めなければならないことが多い。夜間に作業できるのは大きなメリットです。夜間に特化したスマート化が進めば、非常に助かります。

今後、リモート化が進むと、機械の価格はさらに高くなると思います。導入のためには、1台の機械の稼働率をどれだけ上げられるかが鍵です。これはコストダウンにもつながりますし、コントラクター事業を行う立場にとっても重要です。地域全体でコントラクター事業者へ委託し、稼働率を最大化する仕組みをつくれれば、採算が合うようになると思います。

野口：ありがとうございます。高橋先生、佐野部長、鈴木社長から、非常に重要なご意見をいただきました。

まず、高橋先生と佐野部長のお話は、消費者側に重心を置いた視点だったと思います。一方、私の話はどちらかというと生産者側に軸足を置いています。この違いがポイントだと思います。

今日の基調講演では、食料・農業・農村基本計画にもあるように、最終的に「生産者の経営力を強化し、農業者の所得を増やす」ことを目標にスマート農業を位置づけてお話ししました。スマート農業は、経営的な側面で農業者の所得を上げるための手段です。しかし、所得を上げるためには、消費者に買ってもらうなければなりません。そのためには、スマートフードチェーンを構築し、消費者にとって魅力ある農産物を生産し、流通させることが非常に重要です。この点の説明が不足していたと思いますが、当然そこまで考えなければなりません。

そのためには、「どのようにつくられたか」という情報が重要です。佐野部長のお話にもありましたが、生産者と消費者をつなぎ、消費者に生産の現場や方法を理解してもらう取り組みは非常に大切です。

農産物の価格や出荷計画といった経営的な情報も重要ですが、それ以上に「誰が、どのように作ったのか」「農業とはどういうものか」を消費者に知ってもらい、商品価値を理解してもらうことが

不可欠です。そういう意味で、農業情報をフードチェーン全体で共有し、消費者に届ける仕組みが必要だと考えています。

次に、高橋先生がおっしゃった「量より質」という視点についてです。

食品ロスの問題は、事業者と家庭では全く次元が異なります。事業者の場合、食の安全性の確保という制約があるため、ロス削減は簡単ではありません。しかし、ここでもやはり情報の連携が重要です。生産者から消費者まで、データをしっかりつなぐこと。鈴生が取り組まれているように、QRコードで生産履歴や流通経路、鮮度などの情報を提供する仕組みは非常に有効です。消費者が「安全で安心な食」を理解できれば、多少価格が高くても購入する動機づけになります。

いずれにしても、単に需給バランスを取るだけでなく、良質な農産物を消費者に理解してもらい、国産農産物を選んでもらう取り組みが必要です。

佐野部長がおっしゃったように、価格転嫁の問題があります。消費者は「安いものがいい」という意識が強いですが、それだけでは持続可能な農業は成立しません。だからこそ、生産者と消費者の間でコミュニケーションを深めることが重要です。情報の流通だけでなく、人と人のつながりを含めた仕組みが必要だと思います。

鈴木社長のお話については、私と同じ視点を共有していただいていると感じました。中山間地域の重要性については、私も強く認識しています。日本の国土の約70%は山地で、農水省のデータでは中山間地域の農業が農地面積の約40%、産出額でも約40%を占めています。非常に大きな割合です。

中山間地域での機械化・スマート化は難しいことは言うまでもありません。しかし、サービス事業者をうまく活用しながら、中山間農業を維持・発展させることは極めて重要です。さらに、中山間地域には特徴があります。標高、土壌、気象条件が異なるため、少量でも高品質な農産物を生産

できる可能性があります。こうした特長を活かせば、市場で高く評価される農産物をつくることができます。

また、防災の観点でも中山間農業は重要です。耕作放棄地が増えると、土砂災害のリスクが高まるという報告もあります。農地を管理することは、防災にも直結します。したがって、中山間農業を発展させることは、生産性だけでなく、国土保全や地域の安全にも関わる重要な課題です。

中山間地域は特長のある農作物を作れる可能性が十分にあり、今後は発展すべき領域だと思います。こうした取り組みを進めるためには、サービス事業者の存在が不可欠です。

(2) サービス事業のあり方

立川：ありがとうございました。今、ひととおりの答えいただきましたが、私からも質問させていただきたいと思います。

最後におっしゃった「サービス事業者」についてです。これは、どういった事業体を想定されているのでしょうか？ 地域で分散した事業体がつくられることが望ましいというお話でしたが、例えば農協や既存のコントラクターで代替できるものなのか、それともデータビジネスに強い企業でないか、難しいのか。そうなると、候補はかなり限られてくるのではないかという印象を持ちました。

それから、補足的な話ですが、食品ロスについてです。データ共有ができれば需給調整が進みますし、Webサイトを見た限りでは「ukabis」や「Kuradashi」^(※11)のように、余った食品をフードバンクに寄付する仕組みもあります。こうした取り組みはフードセキュリティにも結び付くのではないかと思います。

野口：サービス事業者の規模についてですが、これは非常に難しい問題です。「市町村レベルで」と単純に言えるものではありません。どれくらい農村が集団で固まっているか、どれくらいの事業規模になるかによって、適正な事業者の規模も変わります。

(※11) フードロス削減に取り組む社会貢献型ショッピングサイト

では、どういう構造が望ましいのか。私自身もまだ明確な答えは持っていませんが、スマート農業を進めるうえで重要なのは「情報通信」です。

私たちは現在、NTTの研究開発マーケティング本部や研究所と共同研究を進めています。一方で、事業体としてはNTT東日本とも一緒に仕事をしています。NTT東日本は情報通信を基盤に新しいビジネスを起こしたいという意欲がありますので、こうした企業がデータセンターを整備することは十分考えられます。大規模なデータセンターでなくても、分散型でコンテナに収まる程度の設備であれば、相当な量のデータを扱えますし、処理も可能です。

ただし、情報通信の技術だけでは不十分です。地域の農業を理解していることが非常に重要です。いくらデジタルツインやICTが使えても、地域の農業を知らなければ運営できません。したがって、地域に根ざした人材や組織が必要です。例えば、その地域の農業に関心を持つ人たちがスタートアップを立ち上げるというのは1つの姿です。

もう1つは、既存組織の活用です。やはりJAは有力な候補だと思います。JAは多くの組合員を抱えており、「高齢のため農作業が難しいので、作業を委託したい」という要望をよく耳にします。組合員のために、スマート農業機械を用意し、遠隔監視で作業を代行する。これは大きなサービスになるでしょう。こうした組織が現場の運営拠点になる可能性があります。ただし、規模の問題は本当に難しいです。

そして、もう1つ重要なポイントがあります。それは「作付けの分散」です。同じ品目、同じ作期が集中すると、サービス事業者は対応できません。作業が集中し、逆に暇な時期も生じます。こうしたコーディネーションが必要です。自治体が関与し、全体として最適化するような作付け計画を調整することも必要になるでしょう。ですから、自治体やJA、あるいは連合体のような組織が責任を持って調整する仕組みが必要だと思います。さらに、保険の仕組みも関わってくるでしょう。こうした制度設計を含めて考えないと、今の農業

基盤では持続できないのではないかとというのが私の率直な印象です。

(3) サービス事業とスマート農業の接点

高橋：今のお話で気になったのは「コントラクター」です。例えば、野口先生の地元である北海道の十勝では、コントラクターだけで農業を営んでいる方々がいらっしゃいます。そこで麦や大豆、テンサイをぐるぐる回して栽培しているわけですが、こうした現場と、野口先生が実験農場で進めているスマート農業の機械やシステムとの接点は、現時点で生まれつつあるのでしょうか？

十勝は比較的分散していて、大規模な農業が行われていますし、自治体も絡んでいます。条件としては整っているように思いますが、あと何が足りないのか、あるいはどのような課題があるのか、そのあたりをお聞かせいただければと思います。

野口：例えば、北海道は畑作や水田を大規模で行っているので、今日お話したようなスマート農業の取り組みを、それぞれの現場で、NTTやJAの方々などの機械やシステムを供給する側に対して、そして農業経営者に対して、さまざまな場面で説明や提案を行っています。

ただ、農家の方々は基本的に「自分で機械を持って、自分で作業するのが一番安心」という考え方を持っています。それが農業者の心理です。しかし、問題は機械の価格です。高額な機械を購入しても、稼働率が上がらない。高い機械を買っても、1日8時間しか稼働しないわけです。これではペイできません。このジレンマが非常に大きいのです。

ですから、重要なのは「安心感を与えられる仕組みをつくれるかどうか」です。現状では、まだそのレベルには達していません。農家の方々も生活がかかっていますから、「こんな仕組みがあります。やってみませんか？」と言っても、簡単には乗ってきません。だからこそ、スモールスタートでいいので、地域レベルで成功事例をつくるのが大切だと思っています。その成功事例を他の地域に横展開していくことが、普及への第一歩で

す。今はようやく、スモールスタートができる態勢が整いつつある段階です。

（４）スマート農業の拡張に向けた連携のやり方

立川：私からも一つ質問させていただきます。野口先生のご説明で印象に残ったのは、スマート農業の対象がどんどん広がっているという点です。これまでは「ほ場内の作業を最適化する」ことが中心でしたが、今は機械利用やさまざまなファクターの動き方まで含めて最適化する方向に進んでいます。つまり、スマート化の対象を外延的に拡張していくということです。

そうなると、連携が非常に重要になります。先ほどのお話で、自治体が作付け計画に関与するという話がありましたが、実際にはどの程度進んでいるのでしょうか？

また、海外ではこうした取り組みがすでに行われているのでしょうか？ 国際的な情報もお持ちだと思いますので、そのあたりも教えていただければと思います。

野口：作付け計画まで含めた連携となると、ハードルは非常に高いのは間違いありません。ただ、スモールスタートで考えると、可能性はあります。

例えば、北海道の岩見沢では、200人ほどの農業者が自律的に研究会をつくっています。これは自治体が強制したものではなく、農家自身が立ち上げたものです。こうしたグループの日常的なディスカッションの中に、スマート農業の話題が入り込み、議論されるようになっていきます。私が描いている理想とは少し違う形になるかもしれませんが、農家が「これは地域農業にとって必要だ」と合意できれば、動き始めます。

作付け計画まで一緒にコントロールするのは難しい面があります。気象条件によって栽培開始時期が異なるため、調整は容易ではありません。しかし、安定した生産が難しくなる状況が目の前にあるとき、地域で合意形成を進めることが重要です。こうした合意形成は、研究会やグループがあることで可能になると思います。

若い農家の方々と話すと、「こういう仕組みが

必要な時代だ」と理解してくれます。機械に大きなコストをかけられない、土地がどんどん増えて、自分たちだけでは対応できない。規模拡大の中で、地域を維持・発展させるための選択肢として、スマート農業を受け入れる姿勢があります。

成功する条件としては、農地基盤・通信基盤のインフラが整備されていること、自治体やJAが積極的に関与すること、そして一番大事なのは農業者の理解と集団的な合意があること。この3つが非常に重要です。こうした条件がそろった地域から導入を進めるのが現実的だと思います。

海外についてですが、アメリカは農業のスケールが全く違います。大規模な機械を導入し、効率化を徹底する産業構造なので、日本とは比較しにくいです。ただ、アジアモンスーン地域では、日本型のスマート農業モデルが成立する可能性があります。韓国や台湾なども同じ課題に直面しており、日本が成功すれば、彼らも追随するでしょう。日本は農業生産において非常にシリアスな状況にあり、スマート農業の分野では世界のフロントランナーだと思います。

（５）川下と川上とつなぐスマート農業の可能性

立川：川下と川上をつなぐことの重要性について、皆さんからコメントをいただきました。鈴生ではQRコードで生産情報を付けて消費者に届ける取り組みをされていますし、生協では商品情報を組合員に提供し、商品に対する思いや価値を伝える活動をされています。

そこで、鈴木社長、佐野部長にお伺いします。これまで生産と消費者を結び付ける取り組みがされてきた中で、さらにスマート農業やスマートフードチェーンの観点から改善の余地や今後の可能性があると感じる点はありますか？

また、研究開発や政策的なサポートをこういう部分で強化してほしいという要望があれば、ぜひコメントをお願いします。

鈴木：私たちは世界4か国に輸出していましたが、その際に「消費者が何を求めているのか」を知るため、アンケート調査を行いました。トレーサビ

リティや鮮度を重視するのではないかと予想していましたが、最も多かった回答は「どうやって作っているかを知りたい」というものでした。現地を見たい、日本のワサビがどんな場所で栽培されているのか、現場の情報を知りたいというニーズが非常に強かったのです。

そこで、現地での栽培風景を動画に撮影し、Instagramに投稿して海外の消費者に見てもらい、コメントをもらう取り組みを始めました。日本ではこういうスマート農業の機械を使っているんだ、という情報を発信することで、日本の技術力を伝えたいと思っています。国によって「進んでいる」と評価されるか、「遅れている」と見られるかは違うかもしれませんが、日本の農業技術は世界に誇れるものだと思います。

食育の現場でも同じです。保育園で「枝豆の絵を描いて」とお願いすると、土の中に描く子もいれば、リンゴの木のように描く子もいます。つまり、どうやって作られているかを知らない子どもが多いのです。

農業ファンを増やすためには、食べる人と農家の距離を縮めることが不可欠です。もっと機械に触れてもらい、土に触れてもらう機会を増やすこと。それが農業関係人口を増やし、スマート農業やスマートフードチェーンの一体化につながると思います。

佐野：鈴木社長がおっしゃった「距離感を縮める」という点、本当に大事だと思います。

私たちも、大豆の交流会を組合員向けに開催しています。ピーク時には200人以上が参加し、収拾がつかないほどでしたので、現在は20組程度に制限しています。10月頃、収穫前的大豆畑に行き、枝豆の状態で収穫してもらいます。大豆と枝豆の関係を知らない消費者や子どもが多いからです。現場で収穫し、持ち帰って食べる体験をしてもらいます。

この企画のメインイベントは、お豆腐屋さんに来ていただき、豆乳を持参してもらい、家族ごとに豆乳を固めて手作り豆腐をつくり、その場で食べることです。大豆から日常的に食べている食品

がどうできるのか、どんな人がどんな努力をしているのかを体験的に理解できます。親子の思い出にもなりますし、食育の効果も大きいです。

スマート農業にも関心を持っていただくため、こうしたイベントにスマート農業の要素を取り入れることが今後の課題です。

例えば、稲作体験では農業者に来てもらい、大型コンバインや田植え機、ドローン、ヘリコプターを展示します。「この機械はいくらすると思いますか？」と質問すると、参加者は驚きます。「家が一軒建つくらいじゃないか」という声も出ます。農業には非常にコストがかかること、その価格がどう反映されているのかを直接伝えることができます。

生産と消費の距離はまだまだ遠いのが現状です。それを縮めるために、こうした体験型の取り組みを広げていきたいと思っています。農業に関心を持つ人を増やし、「あの人が作ったものだから買いたい」という気持ちにつながれば、適正価格の理解にもつながるはずですよ。

4. 質疑応答

(1) スマート農業における除草サービス事業

質問A：鈴木社長の自己紹介の最後で「除草機が欲しい」というお話がありましたが、私も有機農業の研究をしていて、スマート農業における除草技術は非常に重要だと思います。

ただ、除草機のサイズ感やコストを考えると、どうしても高価になりがちです。そうなると、コントラクターのような「除草専門のサービス事業者」が必要になるのではないかと思います。

そこで質問です。こうした機械開発のシーズや、ビジネスにつながるアイデアがあれば、野口先生からご紹介いただけますでしょうか？

野口：雑草との戦いは、アジアモンスーン地域の農業において非常に重要な課題です。有機農業の推進目標もありますよね。たしか2050年までに25%でしたか。こうした大きな目標を達成するためにも、除草技術は欠かせません。

技術的な観点でいくつか例を挙げます。

1つは、農研機構や民間企業が取り組んでいる「整列播種」です。条間の除草は比較的容易ですが、株間の除草が難しい。そこで、作物を整列させて植えることで、除草作業を効率化するという発想です。これは分かりやすい例です。

海外では、画像認識技術を活用した方法があります。私たちの研究室でも、ハイパースペクトルカメラを高度化し、雑草の種類を特定して除草剤の使用量を大幅に減らす取り組みを進めています。

さらに、北海道千歳市に設立されたラピダスという会社が次世代半導体を開発していますが、この技術をハイパースペクトルカメラに導入することで、従来10秒かかっていた画像処理を、20Hzでリアルタイム処理できるようになります。センサーの進化によって、除草技術も大きく変わる可能性があります。

物理的な除草では、海外では、「画像から形状認識して、ピンポイントでドリルで雑草を抜く」技術があります。また、レーザー照射で雑草を焼き切る方法もあります。ただし、レーザーの場合、危険を回避するために低出力レーザーを使う必要があります、その場合は植物の成長点を正確に狙う必要があります、風で植物が動く中での照射は非常に難しい課題です。

現時点では、整列播種やピンポイント除草が有力な方向性だと思いますが、いかがでしょうか？

逆に、現場の視点からもご意見を伺いたいところ です。

質問A：私は技術の専門家ではなく、農業経営の分野が専門なので、技術的な詳細は明るくありません。ただ、今日いただいたご意見を職場に持ち帰り、検討したいと思います。ありがとうございました。

（2）基盤整備の課題

質問B：担い手が減少する中で、スマート農業の普及を加速させる必要があると思います。

現在、農地の基盤整備では3D画像を利用した設計が普及していますが、その設計データをUSBで取り出し、トラクターに差し込めば、自動運行の基盤マップとして使えるのではないかと期待しています。ただ、まだ課題が残っていると聞きます。

そこで質問です。こうした技術を円滑に活用するための課題は何でしょうか？また、いつ頃こうした仕組みが実用化される見通しでしょうか？

野口：ご指摘の点は非常に重要です。基盤整備で作成されたIT施工の設計図や出来形データを、そのまま営農に活用するという発想ですね。GNSSデータをそのまま使えるので、理論的には可能です。

私の理解では、農水省もこの方向性を検討していると思います。国土交通省北海道開発局ではIT施工を進めていますが、同様の方針を持っていると理解しています。

ただ、基盤整備には時間がかかります。農地整備の事業計画から事業完了まで含めると10年単位の時間がかかることもあります。ですから、技術的には可能でも、実装には時間軸の課題があります。

そして、メンテナンスの課題もあります。地震により地殻変動がある日本では地図データを更新し続ける必要があります。これを誰が担うのか。国や自治体が対応してくれればよいのですが、利用者に任せる場合、メンテナンス体制や予算確保が課題になります。

さらに、運用面でも問題があります。例えば、農地の合筆や進入路の形状変更などがあった場合、それをどう反映させるか。こうした変更を反映する仕組みが必要です。

運用体制をどう整えるか、誰が責任を持つか、予算をどう確保するか。このあたりが最大の課題だと思います。

ただ、方向性としては、今おっしゃった通りだと理解しています。

（※12） 苗の列（条）の中心から隣の列の中心までの距離

（※13） 同じ列内の苗と苗の間の距離

(3) 農産物と消費者との情報のつなげ方

質問C：野口先生のプレゼンで、先ほども話題になった「スマートフードチェーンプラットフォーム」について質問です。

農産物の情報をつなげることで、食品ロス削減や品質情報の共有が進み、消費者に正しく価値が伝わることで農産物の評価が上がり、良いものを作ろうというインセンティブが生まれる。これは非常に理想的な仕組みだと思います。

質問は2点です。

1つ目は、海外でこうした取り組みが進んでいる事例があれば教えてください。

2つ目は、日本でこの仕組みを整備する上での課題は何でしょうか？

佐野：価格という切り口と、量的な側面の両方があると思います。

価格について言えば、私たちの宅配事業では、農産物の価格を3か月前から設定しますが、天候によって大きく変動します。鈴木社長も生協との取引でご苦労されていると思います。

野口先生のお話にあった「収穫量の予測」が可能になれば、価格面でのリスクを減らし、消費者と生産者双方にメリットがあるWin-Winの関係が築けるのではないかと期待しています。

私たちは価格の安定を目指し、予約登録システムを導入しています。通常は週替わりで価格が変動しますが、ジャガイモやタマネギ、トマトなどを「毎週届く」「隔週届く」と事前登録していただくと、あらかじめ価格を固定できます。

スマートフードチェーンのプラットフォームにこうした考え方を組み込めば、面白い取り組みになると思います。

鈴木：補足になりますが、先ほど佐野部長とも話しましたが、POSレジの情報をどれだけ生産側に戻せるかで、スマートフードチェーンの価値は大きく変わると思います。

例えば、コープさんは1拠点で200万人分の購買情報を持っています。「どんな人が何を買っているか」、「トレンドはどう動いているか」。こうした情報が生産者に届かないまま、「来年もレタ

スを作ろう」、「今年キャベツが高かったから来年はキャベツにしよう」と判断するので、翌年は供給過剰になることがあります。

この情報は今、十分に活用されていません。コンビニや生協のPOS情報を分析し、「来年はこの品目を流行らせませう」と事前に仕掛けてから生産を調整すれば、需給ギャップを防げます。例えば、メディアで「この野菜が健康に良い」と話題になった後、裏で生産を増やしておく。こうした仕組みがあれば、需給バランスが崩れることがなく、価格も安定します。

情報を有効活用しないことが、一番もったいないと思います。サプライチェーンを構築する際には、情報を「戻す」仕組みが必要だと思います。

野口：私も鈴木社長のご意見に同感です。消費動向の情報は、まさに「宝」です。最も価値のある情報ですが、開示は難しい面があります。それでも、生産者に情報が届けば、メリットは非常に大きい。

もう1つの課題は、出荷から消費までの間に関わるプレイヤーが多いことです。流通、貯蔵、小売りなど、複数の段階で価格が形成されます。この構造を変えるには、コンソーシアムのような仕組みをつくり、出口まで含めたグループで連携する必要があります。そうしないと、理想は分かっているけれども、実現は難しい。

海外については、ヨーロッパである程度こうした仕組みが動いていると聞いたことがありますが、詳細は不明です。

(4) レンコン生産への適用

質問D：雑草除草や、地中に埋まっているレンコンを折れないように出荷する作業は、すべて人手に頼っており、とても重労働です。スマート農業はどのような形で可能でしょうか？

また、共同研究している大学や研究機関はありますか？

野口：レンコンについてですが、正直申し上げます、私はレンコンの栽培に詳しくありません。ただ、別の事例として、北海道の十勝で栽培されて

いるナガイモの話をご参考にお伝えします。ナガイモも非常に高収益作物ですが、収穫作業は大変です。

ナガイモの場合、収穫は「トレンチャー」という機械を使います。まず、植え付けの段階で真すぐに植えることが重要です。収穫時には側溝を切り、トレンチャーで土を削りながら掘り進めます。この作業は非常に低速で行わなければならないので、オートガイダンスのような技術を使って、植え付け位置を記録し、正確に掘り進めることで作業を楽にします。もちろん、ナガイモは折れやすいので、最後は人手で丁寧に扱う必要がありますが、こうした工夫で負担を軽減しています。

レンコンも同様に、植え付け位置を正確に記録し、収穫時に傷をつけないように機械で掘り進める仕組みができれば、スマート化の可能性はあると思います。ただ、私はレンコンについて専門外ですので、この程度の回答しかできません。ご了承ください。

(5) 都市近郊農業地域へのスマート農業技術の導入

質問E：スマート農業技術は地域ごとに条件が異なると思いますが、東海地区のような都市近郊農業で導入する場合、どのような課題や可能性があるとお考えでしょうか？

野口：名古屋近郊の農業は非常に可能性があると思います。中部地域ではお米はもちろん、温暖な気候を活かして多様な野菜が栽培されています。スマート農業の導入は大きなメリットをもたらすでしょう。

先ほど、スマート農業でサービス事業者を活用する場合、作付け調整が必要になると話しましたが、重要なのは「時間ができる」という点です。私たちの試験では、スマート農業を導入すると作業時間の約70%が削減されます。この余裕時間をどう使うかがポイントです。

例えば、「今まで作れなかったけれど、名古屋ではこの野菜が売れそうだから試してみよう」ということが可能になります。新しい作物を育てる

には通常、専用機械を購入する必要がありますが、「試しに作ってみたい」という場合、サービス事業者に作業を委託すれば機械を買わずに挑戦できます。

もちろん、サービス事業者を活用するために、主要な稲作品種を変えたり、作期を調整したりする必要があるかもしれません。しかし、そのメリットは非常に大きいです。70%の時間が空くわけですから、その時間を新しい作物や高付加価値作物の栽培に充てることができます。

東海地域は温暖な気候なので、転作の柔軟性があります。例えば、お米の価格が下がりそうなら、別の作物に切り替えることも可能です。水田の汎用化を進めることで、ビジネスチャンスはさらに広がります。

作期や作業計画、場合によっては作付け計画まで見直す必要があると話しましたが、個々の農家レベルで考えれば、「70%の作業時間が削減され、機械を買わずにサービスを利用できる」という点を活かすことで、非常に大きな可能性が広がると思います。

(6) DXによる地域コミュニティの変化

質問者F：デジタル化が進む中で、顔を合わせた付き合いが薄くなり、デジタル活用が苦手な高齢者が孤立化するのではないかと心配です。地域コミュニティの役割は今後どう変わるべきだと思いますか？

高橋：私が対象としているのは、65歳以上の高齢者です。ただ、今どき65歳はまだまだ元気で、むしろ75歳、80歳以上の高齢者が問題になります。こうした方々がどうやって買い物に行くのか、買い物できる環境をどう整えるのかが課題です。

私のフィールドである島根県や鳥取県の山間部では、高齢化が急速に進み、人がどんどん抜けていきます。デジタルでピッと注文できるような環境は整っていません。まさにその通りの現状です。それでも、彼らなりに工夫して生活しています。

ここでヒントになると思ったのは、5年、10年

前に福岡県を中心に「にしてつストア」が導入した仕組みです。電話注文をデジタルに変換し、配送するという方法です。高齢者は、スマホは使えませんが、電話なら使えます。電話で集中センターに「どこそこの誰ですが、広告のこの番号の商品をください」と注文します。買うものは大体決まっています、牛乳ならこの銘柄、パンならこれ、というパターンです。顧客ごとの注文履歴はすでにデジタル化されているので、オペレーターが簡単に処理できます。

現在は専門業者に外注していると思いますが、この2、3年でAIによる音声認識や注文認識が進み、ピッキングまで自動化できるのではないかと思います。

そうすると、課題は「どこまで配送するか」です。山のてっぺんまでは難しいですが、集会所や自治会館、役場の手前まで届けて、そこから元気な高齢者が配達する仕組みなど、いろいろな方法が考えられます。

こうした仕組みはせいぜい10年程度の過渡期でしょう。その後はスマホを使える高齢者が増え、別の方法が必要になります。時代に応じて仕組みを変えていくことが重要です。

また、私たちが定義している「店舗まで500m以上で自動車を持たない高齢者」というアクセス困難人口の定義が、今後も妥当なのかどうかも問われてきます。見直すかどうかは別として、新しいやり方を考えなければなりません。こうした課題を発信し続けると、「古い考え方だ」「今の時代に合わない」と言われてしまいますので、常に新しい方法を模索していく必要があると考えています。

(7) 生協の役割の変化

質問者G：生協は物理的にも精神的にも生産者と消費者をつなぐ役割を担っていますが、スマート化によって協同組合の事業やサービスにはどのような変化が起こると予想されますか？

また、スマート化されてもぶれてはいけない理念や思いがあれば教えてください。

佐野：なかなか答えを導くのが難しいテーマですが、スマート化がどのように進むのかという点は非常に重要だと思っています。今のままでは、地元産や国産の農産物を手に入れることが難しくなり、価格も高騰せざるを得ません。逆に価格が上がらなければ、生産者がいなくなってしまうでしょう。スマート化によって価格上昇を少しでも抑え、消費者が買える状況を維持できることを期待しています。ただ、現時点ではどうなるのか全く見えないというのが正直なところですよ。

もう一つ、生活協同組合として絶対にぶれてはいけない理念があります。生協は消費者に代わって商品を仕入れる「買う立場」の組織です。生産者との関係は「売った・買った」だけで決めるものではありません。適正な価格で仕入れ、それを組合員に届ける。そのために、生産者やメーカー、取引先と一緒にあって取り組むことが重要です。

私たちには「産消提携」という言葉があります。生産者と消費者が手を取り合って物事を進めるという考え方です。スマート農業の導入にあたって、この産消提携の精神を大切にしながら進めていきたいと思っています。

5. エンディング

立川：だいぶ時間が迫ってまいりましたので、最後に、パネリストの皆さまから一言ずつコメントをいただければと思います。

野口：スマート農業についてお話ししましたが、間違いなくスマート農業は必要だと確信しています。そして、消費者に受け入れられる価格で、価格に見合う品質の農産物をきちんと提供できる仕組みをつくるのが非常に重要です。

繰り返しになりますが、日本の食料安全保障の観点でスマート農業は必須です。ぜひ皆さまからもさまざまなご意見をいただきながら、改善を重ねていきたいと思っています。今後ともよろしく願いいたします。

高橋：私自身、非常に勉強になりました。先ほどもお話ししましたが、食料品アクセスの課題は

「量」から「質」へと移りつつあります。

今日の議論で出たスマートフードチェーンについても、消費者が「安いから買う」というだけでなく、川上の農業や生産物、自分たちの食べ物がどう作られているかに関心を持つことが重要です。そうしないと、責任を持って食べることはできません。

立川先生がおっしゃった「agency（主体性）」、つまり食料や食料安全保障に主体的に関わるという視点は非常に大切です。研究者としても、この点をしっかり訴えていかなければならないと感じています。今日は本当にありがとうございました。

佐野：大変勉強になりましたし、スマート農業を食料安全保障につなぐことは、まだまだ消化しきれない大きなテーマだと感じています。

スマート農業が、いかに消費者にとってのメリットにつながるか、そのために情報発信や体験の場づくりを、生産者の皆さんと一緒に進めていきたいと思います。

生活協同組合は、生産と消費をつなぐ「橋渡し役」であることに価値があります。この役割を改めて強く意識しました。今後の私自身の仕事のテーマとしても位置づけ、取り組んでいきたいと思っています。ありがとうございました。

鈴木：レンコンの話もそうですが、私自身、枝豆を作っていて、収穫が非常に大変です。10年前、自動で刈り取る機械を導入した瞬間、みんながそれを使い、枝豆の単価が下がりました。スマート農業が進むと、生産者が増え、一度は価格が下がる局面が来ると思います。しかし、最後に残るのは、機械を導入できた人、そして良いものを作り続ける人です。

日本の農業は今、危機的な状況にあります。肌感覚で言えば、生産者が激減している品目などは、お金を払っても荷物が集まらない時代が、もうすぐそこまで来ています。

スマート農業が進む分野は順調ですが、施設野菜や植物工場のように誰でも参入できる分野は競争が激しく、厳しい状況が続くでしょう。一方で、私たちの分野である、泥と土にまみれる現場は、

どれだけ技術が進んでも人の力が必要です。だからこそ、参入者が少ないのです。

それでも、日本の食を守りたいという強い思いがあります。うちの社員も含め、そういう若い人が多い。日本の食をギリギリで支えながら、ここを乗り越えたい。スマート農業の力と、皆さんの応援で、この困難を一緒に乗り切りたいと思っています。よろしくお願いします。

立川：最後に私から総括的に一言述べさせていただき、シンポジウムを締めたいと思います。

本日は、スマート農業の最先端の状況について、野口先生に詳しくご紹介いただきました。お話を伺って、まだまだ効率化できるフロンティアが非常に広いことを改めて実感しました。夜間作業の可能性、土地利用の調整、そして消費者と生産者之間にあるデータのギャップを埋めることで、効率性を高め、ロスを減らす取り組みが、持続性や環境負荷の低減にもつながっていくという点です。研究の余地は非常に大きく、今後も多くの課題に挑戦できる分野だと感じました。

また、「関係人口」というキーワードも印象的でした。消費者と生産者を結ぶ中で、社会科学の分野では消費者研究がまだ十分に進んでいない現状があります。消費者を一括りにしてしまう傾向が強いのです。

鈴木社長からPOS情報の活用や、コンソーシアムをつくって研究するという提案もありました。各業界に蓄積されているデータを、いかに日本の農業の未来に活かしていくか、これは国や行政が音頭を取って進めるべき重要な課題だと思います。

こうした取り組みを進めることで、国際的な競争力を高めることができますし、生産者の思いを消費者が理解するきっかけにもなります。

今回の議論を通じて、デジタルスマート農業やスマートフードサプライチェーンは非常に奥深く、今後も長期的な研究と政策的な支援が必要な領域であることを改めて確認できました。

最後に、野口先生をはじめ、高橋先生、佐野部長、鈴木社長に心から感謝申し上げます。