

農研機構における農業×ICTの取り組み

研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構） 理事
農業情報研究センター センター長

なかかわ じ てつ お
中川路 哲男



1. はじめに

急激に進展するICTは、多くの産業で活用され、社会や人々の生活に大きな変革と進展をもたらした。エネルギー、交通、流通、製造業などでは産業構造が一変し、利用者に便利、安全・安心、安価など多様な価値をもたらしている。一方、農業という産業は、長年の熟練者の暗黙知によって支えられてきており、いわゆる経験と勘の比重が大きく、ICTの導入は緒に就いたばかりである。しかしながら、食による健康、食糧安全保障、気候変動対策などの要因から、農業の重要性は今後ますます高まることが予想され、ICTによる農業の高度化・効率化が期待されている。本稿では、民間企業でICTの研究開発に従事してきた筆者が、農研機構という国の研究機関に入構し、取り組んでいる「農業×ICT」について紹介する。

2. 農業を取り巻く現状

現代の日本農業が抱える大きな課題としては、「担い手不足」が挙げられ、今後の事業承継や農業の発展に大きな影響を与えていると考えられている。基幹的農業従事者数（普段仕事として主に自営農業に従事している者）の動態を表1に示す。これを見ると、2015年には175.7万人であったのに対し、2021年は136.3万人と、わずか5年で約40万人もの農家人口が減っている。また、65歳以上の割合は、同期間で64.9%から69.6%に上昇し、平均年齢も67.1歳から67.8歳と高齢化が進んでいる。一方、毎年5万人以上が新規就農者として農業に参入しているが、農業所得で生計が成り立っているのはわずか4分の1であり、農業に参入することの難しさが大きな課題である。

今まで熟練者の暗黙知によって支えられてきた日本の農

■表1. 基幹的農業従事者の推移

単位：万人、歳

	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年
基幹的農業従事者	175.7	158.6	150.7	145.1	140.4	136.3	130.2
うち女性	75.1	65.6	61.9	58.6	56.2	54.1	51.2
うち65歳以上	114.0	103.1	100.1	98.7	97.9	94.9	90.5
平均年齢	67.1	66.8	66.6	66.6	66.8	67.8	未

出所：農林水産省「農業労働力に関する統計」

業であるが、高齢化や参入の難しさが大きな課題となりつつある。そのために期待されているのがICTの導入である。ICTにより作業の自動化や情報共有の簡易化を実現することができれば、担い手不足の解消と収益の向上が可能となる。特に新規就農者は年齢層が若く、ICTの活用のハードルも低い。そのために、AIやデータ活用、ロボティクス、高速無線通信などのICTの農業への導入が活発に検討されている。これがいわゆるスマート農業やデータ駆動型農業と呼ばれているものである。

3. 農研機構の目標と農業情報研究

筆者の属する研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）では、国の研究機関として、農業・食品分野における「Society5.0」の実現により、

- ① 食料自給率向上と食糧安全保障
- ② 農産物・食品の産業競争力強化と輸出拡大
- ③ 生産性向上と環境保全の両立

に貢献することを目標として、科学技術イノベーションを創出する研究を推進している。特に、ICTに関しては、その科学技術イノベーションの中核となる技術として注力しており、2018年に新たに「農業情報研究センター」を発足させ、内外のリソースを最大限活用して、研究開発を強化している。

農研機構における農業情報研究への取り組みを図1に示す。研究推進の枠組みは、以下の3つの軸から構成されている。

① 農業情報研究基盤

ICTの活用において重要となるのは、情報（データ）



■図1. 農業情報研究への取り組み



の整備である。農業に関するデータとしては、作物の生育や遺伝資源に関するデータ、農地・気象・土壌などの環境に関するデータ、作物に悪影響を及ぼす病害虫のデータ、作物から作られる食品のデータなど様々なデータが存在する。これらのデータを格納して有機的に結合するための農研機構統合データベースの構築・運営とともに、AIスパコン「紫峰」と高速ネットワークで結合し、データを最大限活用できる基盤整備を行っている。さらに外部のクラウドサーバとも接続されており、本研究基盤の外部連携も可能としている。

② 農業AI研究

農業情報研究基盤でのデータを活用し、農業現場での観測データと合わせて、AIによる計測・認識・識別・分析・予測・制御などの機能を提供するAI研究を推進している。データの種類や数、目的によって、古典的な統計数理手法から機械学習、深層学習など様々な手法を組み合わせ、現場での実用性を重視したAI機能の実装を行っている。農業AI研究は、農研機構内の各研究センターから課題を持ち込む形で研究が設定され、AI研究指導者との連携によって推進されている。併せて、AI人材の育成も行っている。

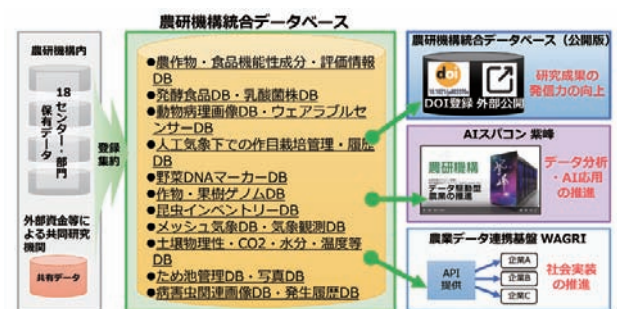
③ 農業データ連携基盤“WAGRI”

農業に関するデータを、生産者はじめステークホルダー間で共有し、有効活用する必要があるが、生産者のITリテラシーは必ずしも高いとは限らない。そのような生産者に対してICTを提供するには、スマホアプリなどの現場で使いやすいインターフェースでの提供が重要である。データやAIによるプログラムをAPI (Application Program Interface) という形で提供し、それを使ってICTベンダーや農機メーカーが生産者に使いやすいアプリケーションを供給するためのプラットフォームが、農業データ連携基盤“WAGRI”である。

4. 農業情報研究基盤

農業情報研究の推進に当たって、まず着手したのが農業情報研究基盤の整備である。GoogleやAmazonを見ても分かるように、いくら高機能なAIや高性能なサーバ群があっても、データがないと価値を生み出せない。農研機構では、長年の研究活動の成果として、農作物・家畜のゲノム、育種、栽培、病害、食品成分・機能性、環境等に関する膨

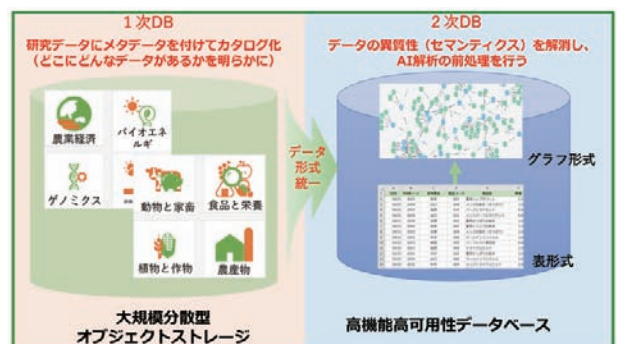
大なデータを蓄積してきており、総データ量は約1PBにも及ぶ。しかしながら従前は、その多くのデータが、個々の研究者のPCやハードディスク内に保存され、他の研究者が活用することが困難であった。そこでそれらのデータを一元管理するために、農研機構統合データベースを整備し、研究データを登録・集約することとした。



■ 図2. 農研機構統合データベース

図2に、農研機構統合データベースの概念図を示す。農研機構統合データベースでは、単にデータを格納するだけではなく、その活用の利便性を高めるために、全データにメタデータを付与し、研究データを見える化・カタログ化している。メタデータとしては、タイトル、作成者、研究課題、ライセンス情報など、データの属性を示す情報を付加している。農研機構統合データベースを実現するハードウェアとしては、最大3重バックアップ可能な実効容量3PBの大規模ストレージで構成しており、高速ネットワーク回線でAIスパコン「紫峰」や、農研機構地方拠点と接続されている。農研機構内の研究者だけでなく、外部の研究機関や企業との研究者とも共同研究を可能とするため、農研機構統合データベースの一部は公開版として外部に公開されている。

農研機構統合データベースは、図3に示すように、内部的には1次DBと2次DBから構成されている。1次DBは、集



■ 図3. 農研機構統合データベースの構造

積した研究データにメタデータを付けてカタログ化したものであり、どこにどんなデータがあるかを明らかにしたものである。2次DBは、集積されたデータの異質性を解消して相互に関連付け、包含関係や相関関係などを表現し、AI解析しやすいように構成したものである。情報の表現形式には、表形式のものとグラフ形式のものがある。

AIスパコン「紫峰」は、AI研究のために導入したスーパーコンピュータである。多くの機関のスーパーコンピュータがシミュレーションなどのジョブ実行を主目的として設計されているのに対して、紫峰はAIにおけるリアルタイム演算高速化のために専用設計されている。AI研究においては、様々なデータや手法を試行錯誤することが重要であり、リアルタイムに結果を返すことが重要だからである。本AIスパコンは、同時に100名以上のAI研究者が利用可能である。

5. 農業AI研究

農業情報研究基盤に蓄積されたデータを活用して、農業現場の生産性向上のためのAI研究を行っている。ドローンで撮像された画像から圃場の状況を認識するAI、カメラで撮影した作物の状況から病害虫を診断するAI、ゲノム情報から作物の形質を予測するAIなど、様々なAI研究を推進している。

強く意識しているのは、「アプリケーション指向」である。AIそのものの手法やアルゴリズムを研究するのではなく、農業現場の様々な課題をいかにAIによって解決するか、が研究テーマである。AIはデータさえあれば効果を発揮するというものではなく、課題を解決するために最適の手法を考案する必要がある。特に、農業現場では十分なデータが収集されているとは限らず、また病害虫のようにデータを採取することが困難なものもある。

また、デジタルデータとアナログな経験値との融合も大きな特徴である。農研機構では、長年の研究により、作物の生育、気象の変動、土壌成分の分布、病害虫の症状や対策といった、農業・食品に関する膨大な知識を蓄積してきている。これらとデジタルデータをうまく融合させることにより、単にデータを学習しただけでは構築できないアプリケーション指向のAIモデルを構築することが可能となる。

ここでは代表例として、AIによる温州みかんの糖度・酸度予測とイネウンカ自動カウントの2例を紹介する。

(1) 温州みかん糖度・酸度予測AI

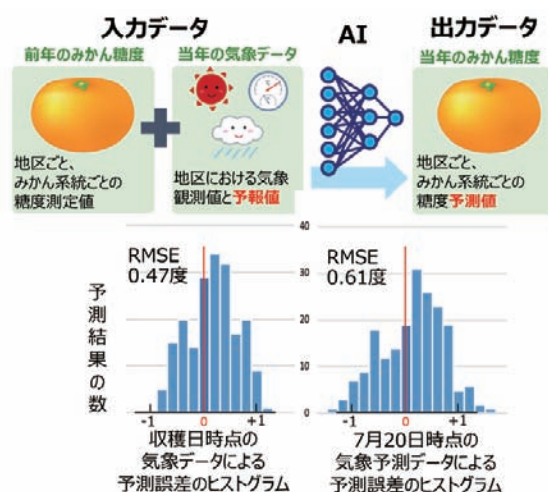
温州みかんの産地では、生産者の減少・高齢化への対

応として、高品質なブランドみかんの生産に力を入れている。みかんにおける品質の一つが「糖度・酸度」であり、糖度の高低によって商品がランク分けされ、価格と直結している。出荷時の品質（糖度・酸度）が早期に予測できれば、これに基づいて栽培指導や出荷計画を行うことが可能となり、ブランドみかんの効率的な生産につなげることができる。

ここで紹介するAIは、みかんの糖度・酸度がその産地での過去の糖度・酸度と気象に関係することに着目し、みかんの樹木としての生物モデルにそれらのデータを学習させたAIをソフトウェアとして実装したものである。従来は収穫の直前まで分からなかった糖度や酸度を、収穫の3~5か月前に高精度に予測することができる。

ここで開発したAIは、図4に示すように前年のみかん糖度と当年の気象情報（気温と降水量）を入力とし、指定された時期でのみかんの糖度を予測するものである。気象情報としては、それまでの観測値に加えて、その後の予測値も加えることでAI予測の精度向上を図っている。

みかんは通常10~2月頃に収穫されるが、その時点での二乗平均平方根誤差（RMSE：root-mean-square error）が0.47度、半年前の7月の時点でも0.61度と高い精度で予測することが可能である。従来法の予測誤差は1度以上あったが、みかんの糖度は1度でも違うと価格に大きく影響するため、本AIの現場導入への期待は非常に高い。



■図4. 温州みかん糖度・酸度予測AI

(2) イネウンカ自動カウントAI

イネウンカ類は、小さなセミのような形をした5mm以下の昆虫で、イネの茎や葉から汁を吸い、大発生して収穫に

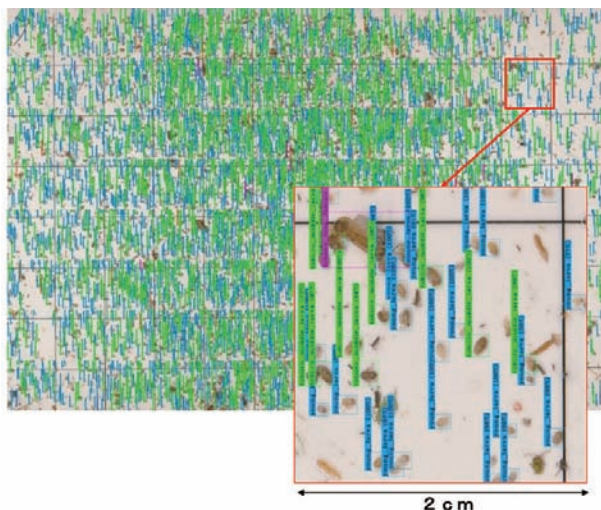


大きな被害を及ぼしたり、イネのウイルス病を媒介したりする害虫である。古くから知られた害虫で、江戸時代の大飢饉の原因ともいわれている。イネの害虫として、ベトナムや中国から飛んでくるトビイロウンカやセジロウンカ、国内にも分布するヒメトビウンカの3つが知られ、それぞれがイネの枯死、生育抑制、ウイルス病の媒介を引き起こすため、その早期発見が重要な課題である。

国の発生予察事業では、水田のイネを対象として全国約3000地点について、都道府県の病虫害防除所が、月2回以上の定期的な調査を行っている。この調査は、予察灯やトラップなどによる定点調査に加え、イネウンカ類の発生活動を把握するために、粘着剤を塗った調査板をイネの株元に置いて、葉や茎に付いている虫を叩き落とし、調査者が目で見て確認しながら、数を数えるという方法で行われている。調査者はこれらを判別しながら数を数えるが、熟練した専門家でなければ、イネウンカ類の判別精度が大きく下がるため、調査の現場では、イネウンカ類の判別技術の次世代への継承が、大きな問題となっている。

今回開発したAIは、調査板をスキャナーで撮像した画像を解析し、イネウンカ類3種類を、成虫の雌雄や幼虫などに18分類して、平均90%以上の精度で認識する。特に、激しい被害を引き起こすトビイロウンカは、平均95%以上の精度で認識可能である。人間が一般の画像を分類する際のエラー率は、5.1%といわれているので、ほぼ人間と同等の認識精度を持つと考えられる。

一方、調査板を専門家が目で見て調査し数える場合、付着した虫が少ない場合で5～10分、多い場合には、1時間以上の時間を要する。今回開発したAIを用いると、調査板



■図5. イネウンカ自動カウントAI

の画像化に約2～3分、AIでの認識と分類及び計数に1分費やしたとしても、付着した虫の数が多くても少なくとも、3～4分以内に処理を完了することができる。

このAIで認識した結果の様子を図5に示す。タグの色の違いは、虫の種類の違いを表している。拡大した2cm角の中でも、非常に小さい幼虫まで精度よく認識することができる。

このように、今回開発したAIは、精度としては熟練者と同等、時間は約20分の1と大幅な削減効果が期待できる。特に熟練者は減少の一途をたどっているため、熟練者なくとも業務を遂行できるところも大きな利点である。

6. WAGRI

WAGRIは、データを活用したデータ駆動型農業の普及を促進するためのデータ連携基盤である。生産者が必要とするデータやプログラムをAPIの形式で提供し、ICTベンダーや農機メーカーがアプリケーションとして生産者に提供することを狙ったものである。WAGRIで利用可能となるものとしては、農地、気象、土壌などの環境データ、市況データ、病害虫に関する情報や診断プログラム、作物の生育予測プログラムなどがある。WAGRIのアーキテクチャは、図6に示すように、3層構造のいわゆるB-B-Cモデルの構成となっている。



■図6. WAGRIの構成

- ① データ提供者：農業に関する様々なデータやプログラムを提供する役割であり、民間企業、官公庁、農研機構などが相当する。
- ② データ利用者（ミドルB）：WAGRIから提供されるAPIを組み合わせてアプリケーションを構築し、生産者に提供する役割であり、ICTベンダーや農機メーカーが相当する。
- ③ 生産者：ミドルBが提供するアプリケーションを利用し



て、実際の農業生産を行う役割である。

WAGRIでは、データダウンロード方式ではなく、リクエストに応じた応答を返すAPI方式を採用している。これは、利用側の負荷を軽減するとともに、データを常に最新の状態に更新しておくことが可能となるからである。様々なAPIの組み合わせが可能であり、柔軟でスケーラブルなアプリケーションを構築することができる。

WAGRIの通信プロトコルとしては、ステートレスなREST (Representational State Transfer)-APIを採用している。これにより、クライアント・サーバが双方の状態に依存せずに動作することができ、柔軟でスケーラブルなシステムを構築可能である。また、情報交換形式としては、業界標準のJSON (JavaScript Object Notation) を採用している。これにより、構造化された様々な属性の情報を交換することを可能としている。

WAGRIで提供されるデータ・プログラムの一覧を表2-1及び2-2に示す。現状はデータが中心であるが、今後は上

■表2-2. WAGRIで提供されるデータ・プログラム (2)

分類	内容	特徴	提供者 (注)
生育予測	水稲・小麦・大豆の生育予測システム	農研機構と共同で研究開発された、現地管理支援システムのモデルを活用	ビジョントック
"	露地野菜の生育予測プログラム	農研機構が開発した露地の収穫日予測プログラム	農研機構
"	施設園芸の生育収量予測 (トマト、パプリカ、キュウリ)	農研機構が開発した施設園芸作物の生育予測プログラムを2020年度に提供開始	農研機構
"	イチゴ生育解析	農研機構が開発中のイチゴの生育解析プログラムの2021年度以降の提供を検討中	農研機構
"	トマト産地出荷量予測解析 (地域トマトの出荷量予測)	農研機構が開発中のトマトの出荷量予測プログラムの2021年度以降の提供を検討中	農研機構
"	温州ミカン糖度予測プログラム	前年までに蓄積された糖度データと気象データから当年の糖度を予測するプログラムを2021年度以降の提供を検討中	農研機構
病害虫	水稲稲こじ病診断	農研機構と共同で研究開発された、稲こじ病の診断プログラム	ビジョントック
"	昆虫世代予測プログラム (昆虫のステージ・世代予測)	カメムシ科43種、キツバダ科1種の世代予測が可能なプログラムを2021年度に提供開始	農研機構
"	PRISM病害判定プログラム	スマートフォン等で撮影した部位画像から病害を判定するとともに、当該画像を収集するプログラムを2021年度に提供開始	農研機構
作業計画	土壌凍結度予測プログラム	積雪地域の野良イチゴ農として行う雪割、雪踏み作業計画に役立つ予測プログラムを2021年度以降の提供を検討中	農研機構

(注) カッコ内は元データの提供・提供機関、太字は有料API、青字は提供予定

記AIなども活用したプログラムも充実させていく予定であり、現状の分析だけでなく、予測や制御といった、より高度な営農支援を行うことが可能となる。

WAGRIについての詳細な情報は、Webサイトを参照されたい (<https://wagri.naro.go.jp/>)。

7. 今後の課題

農研機構におけるICTを活用した農業情報研究について紹介した。現状はまだデータの集積とAIによる分析が中心である。今後、ロボティクスや高速無線通信などの技術も取り入れることによって、よりインテリジェントな機器制御を行うことが可能となり、農機の自動運転や、植物工場の自動環境制御などの実現を目指したい。さらにはフードチェーン全体でのICTとの融合を通じて、食・健康といった分野でのICT活用により、国民生活の安全・安心に貢献する所存である。

■表2-1. WAGRIで提供されるデータ・プログラム (1)

分類	内容	特徴	提供者 (注)
肥料	肥料登録銘柄情報	約2万種類の農林水産大臣登録肥料銘柄情報	WAGRI運営事務局 (農林水産消費安全技術センター)
農薬	農薬登録情報	約7,400種類の農薬登録情報	WAGRI運営事務局 (農林水産消費安全技術センター)
辞書	農作物、農作物語彙辞書 (CAVOC)	482語の農作物語彙情報と1,514語の農作物語彙情報	農研機構
地図	地図データ、航空写真の画像データ	国内トポグラフィの高精度と網羅性を誇る空間情報コンテンツ	NTT-インフラネット
"	土壌の種類や分布が分かるデジタル土壌図	全国の土壌の種類や分布情報	農研機構
農地	農地の区画情報 (筆界ライン)	全国約3100万筆の農地区画情報	WAGRI運営事務局 (農林水産省)
"	農地の緯度経度情報 (農地IDデータ)	全国1,234市区町村のうち1,595市区町村の所在・地名、地目、地域区分等の情報	WAGRI運営事務局 (全国農業会議所)
"	統合農地データ	全国の農地区画、農地ID及び土壌データを統合したデータを2020年度に提供開始	農研機構
気象	経路3日先までの特別気象情報 (1kmメッシュ)	気象庁発表のデータにメッシュ作成、独自の補正処理を加えた気象情報	ハレックス
"	経路26日先までの特別気象情報 (1kmメッシュ)	14種類の確定値、予測値、半年値がラッシュレス提供された1kmメッシュ長期予測情報 (農研機構提供)	ライブビジネスウエザー
営農	農業経営体数予測データ (市町村別)	農研機構が予測した2020年までの農業経営体数データと2021年度に提供開始予定	農研機構
"	スマート農業標準経営体数データ	スマート農業で収集される経営体数データ解析結果の2021年度以降の提供を検討中	農研機構

(注) カッコ内は元データの提供・提供機関、太字は有料API、青字は提供予定

ITUが注目しているホットピックス

ITUのホームページでは、その時々ホットピックスを“NEWS AND VIEWS”として掲載しています。まさに開催中の会合における合意事項、ITUが公開しているICT関連ツールキットの紹介等、旬なテーマを知ることができます。ぜひご覧ください。

<https://www.itu.int/en/Pages/default.aspx>