

ICT 技術による一次産業の DX 展開から
サイバーフィジカル化への展望を考察する

農業での取り組み

農研機構（NARO）
理事（基盤技術担当）
中川路 哲男

講演者紹介

- 1983年 東京大学大学院工学系研究科電気工学修士課程卒業
- 1983年 三菱電機入社 情報電子研究所配属
 - ・ 情報ネットワーク、情報セキュリティ、AI/IoTなどの研究開発に従事
 - ・ 金融系情報システムSE
 - ・ 本社研究開発スタッフ
- 2015年 三菱電機情報技術総合研究所 所長（執行役員）
- 2021年 三菱電機退社
- 2021年 農研機構 農業情報研究センター センター長  Career Change!
- 2022年 農研機構 理事（基盤技術担当）

長年培ったICT技術の研究開発スキルを
活かして、豊かな国民生活実現に貢献したい

農業の可能性と魅力

■ 高齢化、経験・勘の世界:ICT技術活用余地が大きい

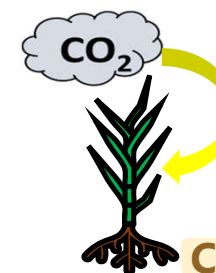
■ 伸びしろの大きな成長産業

(兆円)	生産	輸出
自動車	53.4	12.7
電子部品	14.6	7.4
農林水産業・食品	48.6	1.2 → 5.0(2030目標)



■ 利益追求だけの産業ではない

- 健康に直結
- 食糧安全保障：食料自給率は38%
- 環境への貢献:GHG排出量の22%が農業・土地、植物の光合成



■ 相手は自然、生き物：イノベーションの余地大

■ 日本の農業 vs 欧米の農業：アジアへの貢献（輸出）

農業×ICTの大きな可能性

日本の農業の現状

- 担い手の減少と高齢化
- 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

	平成27 年	28年	29年	30年	31年	令和 2年	3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

単位：万人、歳

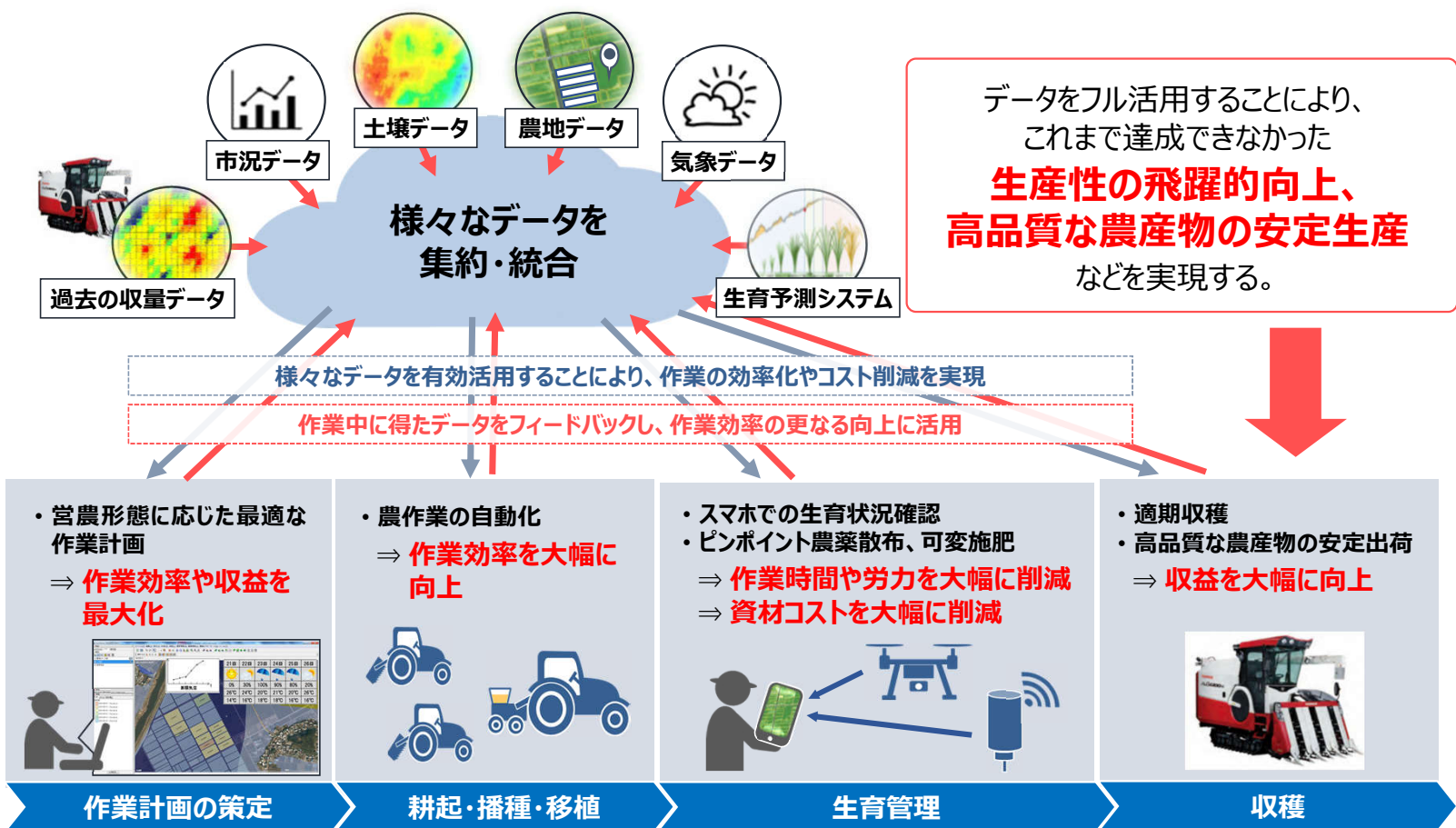
出所：農林水産省「農業労働力に関する統計」

- 肥料価格・飼料価格の高騰
- 環境問題との強い関係：化学肥料・農薬、気候変動（温暖化、豪雨災害）、食品ロス

農業のパラダイムシフト（品種・栽培）
が求められている

データ駆動型農業

■ 農業現場における**生産性を飛躍的に高める**ためには、**データをフル活用**できる環境を整備することが不可欠



- ICT技術**
- ・データ統合・管理
 - ・データ分析・予測 (AI)
 - ・物体認識・識別 (AI)
 - ・広域ネットワーク
 - ・狭域ネットワーク
 - ・ユーザI/F
 - ・センシング
 - ・シミュレーション
 - ・農機・ドローン・モバイルデバイスへの搭載
 - ・情報セキュリティ

出典：農水省「農業データ連携基盤の構築について」

日本の農業のデータ活用状況（１）

データを活用した農業を行っている農業経営体数（全国）

単位：千経営体



資料：2020 年農林業センサス(概数値)

注1：「データを取得して活用」とは、気象、市況、土壌状態、地図、栽培技術などの経営外部データを農業経営に活用することをいう。

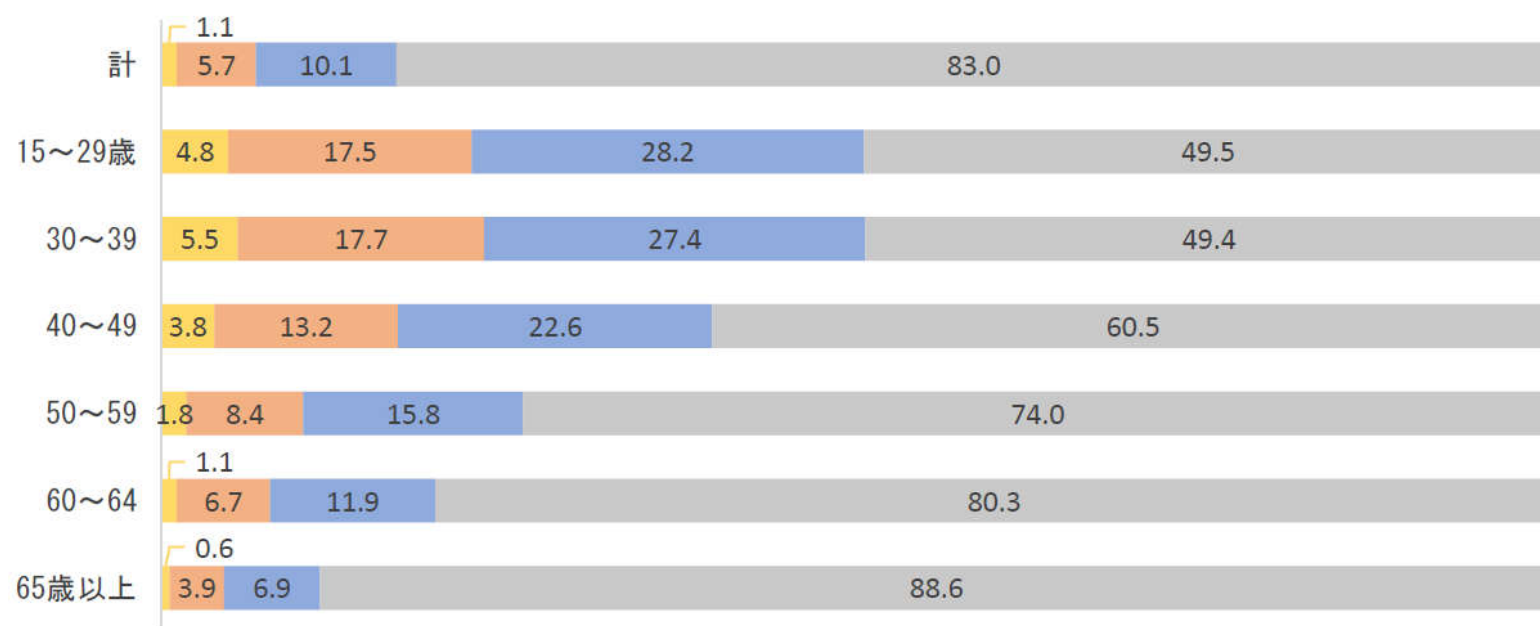
注2：「データを取得・記録して活用」とは、経営外部データに加え、財務、生産履歴、土壌診断情報などの経営内部データをスマートフォン、PCなどの機器に記録して農業経営に活用することをいう。

注3：「データを取得・分析して活用」とは、上記のデータに加え、センサー、ドローン、カメラなどを用いて、ほ場環境情報や作物の生育状況といったデータを取得し、分析して農業経営に活用することをいう。

出所：2020年農林業センサス報告書

日本の農業のデータ活用状況（2）

データを活用した農業を行っている農業経営体の割合
(農業経営主年齢別)



■ データを取得・分析して活用
■ データを取得して活用

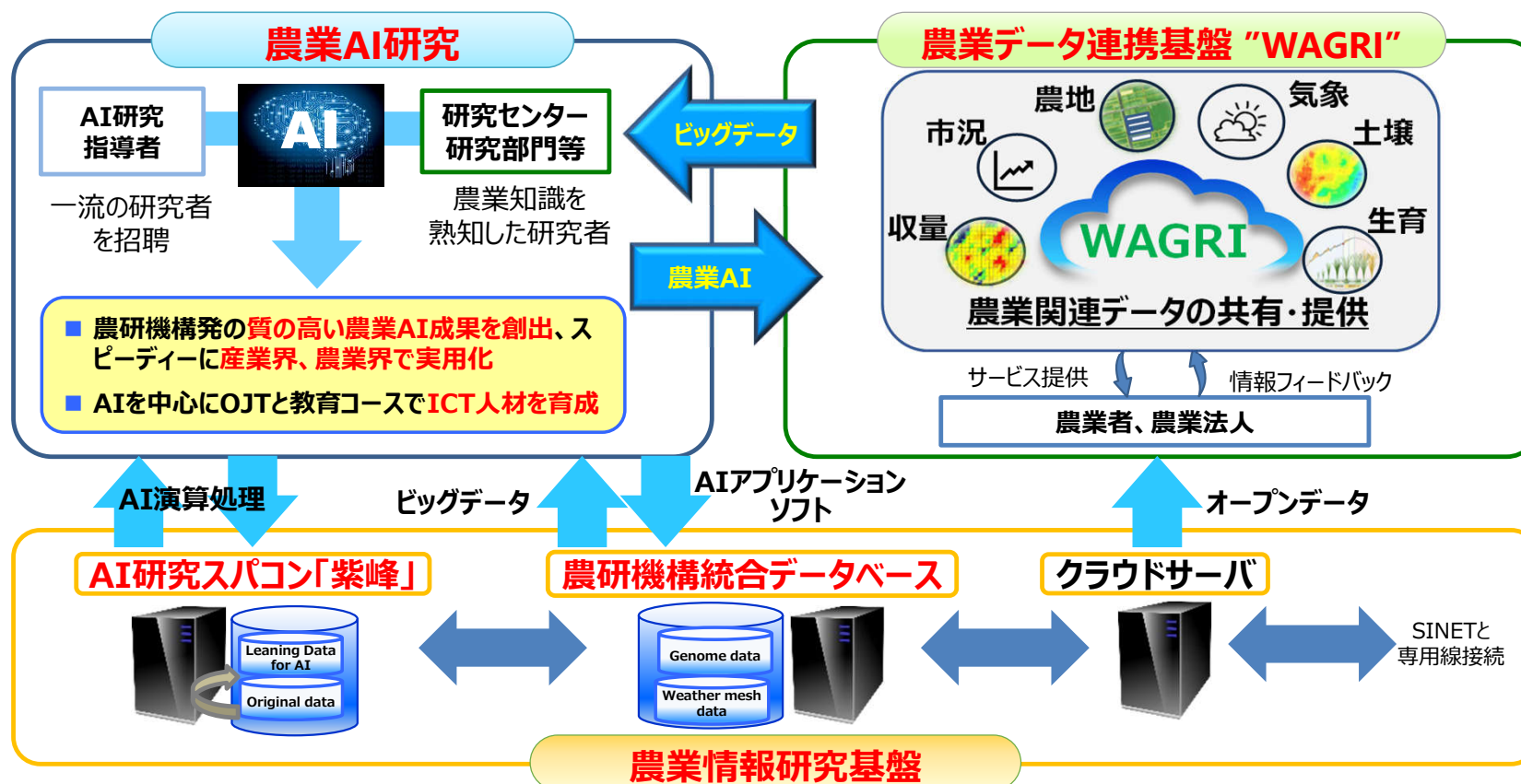
■ データを取得・記録して活用
■ データを活用した農業を行っていない

(単位：%)

出所：2020年農林業センサス報告書

農研機構における農業情報研究

- 農業情報研究センターを2018年10月開設
- **農業情報研究基盤**：AI研究とデータ連携基盤研究を支えるデータベース、スパコン、ネットワーク
- **農業AI研究**：徹底的なアプリケーション指向のAI研究の推進とAI人材育成
- **農業データ連携基盤(WAGRI)**：産業界へプラットフォームを提供



データはイノベーションの源

- 農研機構では、**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（総データ量は約 1 PB*）**
- **しかし、多くのデータが、個々の研究者のPCやHDDに保存され、他の研究者が活用しにくかった。**

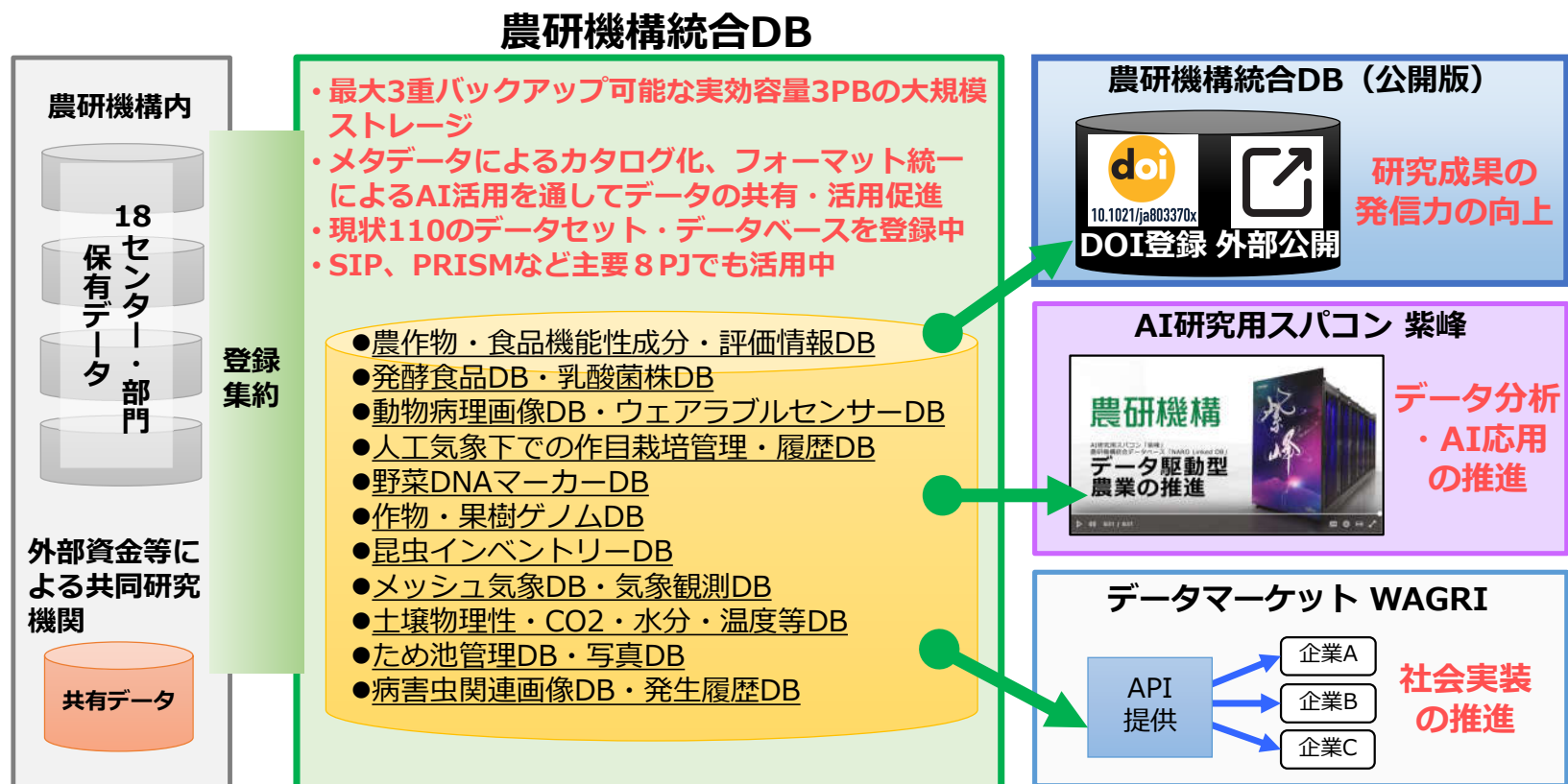
PB：ペタバイト。1GBの百万倍

農研機構内研究データの概要		
分野	データの内容	セット数（概数）
植物	ゲノム・育種, 栽培, 画像等	230
動物	ゲノム, 家畜診断, 管理等	20
昆虫・線虫	害虫, 診断方法等	50
微生物	病害, 病害写真, 病害同定等	60
食品	機能性成分, 成分分析等	30
環境データ	気象, 施設内環境, 土壌等	60
その他	農作業, 農業経済, 農業用地利用状況, 水利, 水質, インフラ整備関連, 地盤調査, 実験ノート等	50

研究データを一元的に集約し、農研機構統合DBとして構築・運用

農研機構統合DB

- **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**
 ※メタデータ：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



DOI：学術論文などに付与される永続的な識別子
 API：プログラム同士が欲しいデータをピンポイントでやりとりする方式

農研機構
NARO

トビイロ長翅メスが、
1, 2, 3…
トビイロ長翅オスが、
1, 2, 3…

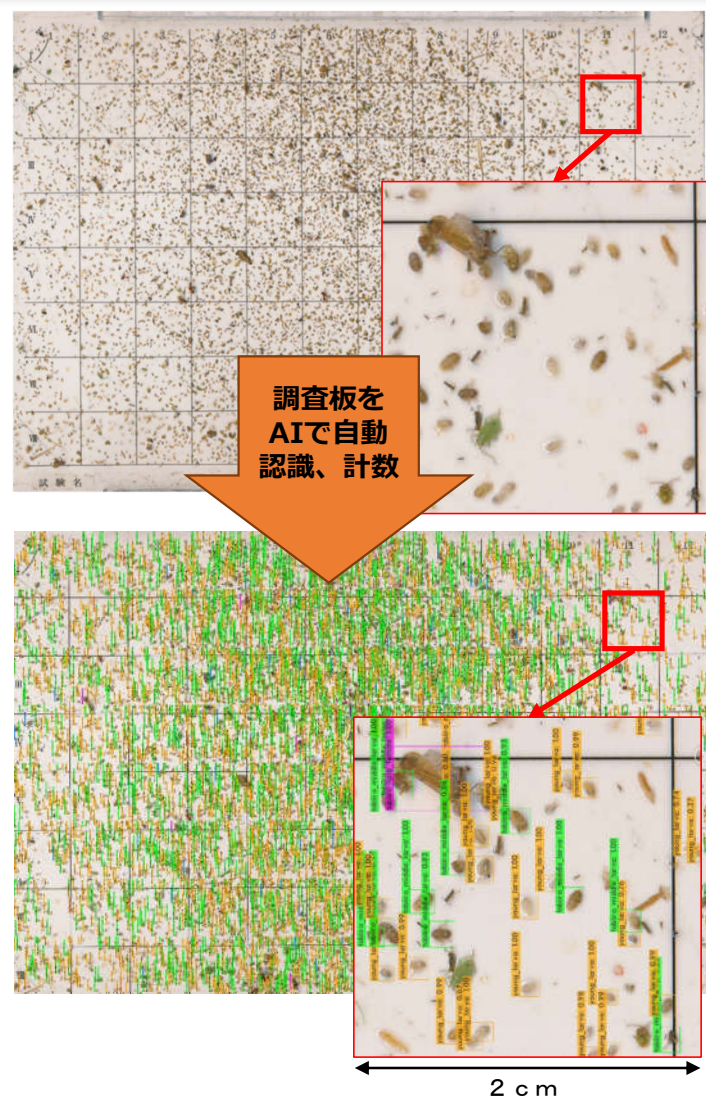


AIでは3~4分

tabiro_short_male: 98%	(left_x: 3 top_y: 338 width: 111 height: 148)	young larva: 0.9%
tabiro_final_larva: 100%	(left_x: 67 top_y: 258 width: 108 height: 169)	2e larva: 0.93
tabiro_final_larva: 100%	(left_x: 100 top_y: 425 width: 97 height: 115)	
young larva: 100%	(left_x: 245 top_y: 599 width: 56 height: 42)	
tabiro_middle_larva: 99%	(left_x: 266 top_y: 883 width: 65 height: 63)	
young larva: 100%	(left_x: 318 top_y: 589 width: 58 height: 53)	young larva: 1.0
tabiro_final_larva: 100%	(left_x: 373 top_y: 666 width: 86 height: 132)	
tabiro_middle_larva: 100%	(left_x: 612 top_y: 473 width: 76 height: 101)	ung larva: 0.9%
tabiro_final_larva: 100%	(left_x: 649 top_y: 181 width: 94 height: 117)	
tabiro_final_larva: 100%	(left_x: 650 top_y: 0 width: 93 height: 84)	
tabiro_middle_larva: 100%	(left_x: 748 top_y: 470 width: 72 height: 65)	
young larva: 99%	(left_x: 818 top_y: 134 width: 45 height: 51)	
tabiro middle larva: 41%	(left_x: 874 top_y: 916 width: 51 height: 29)	

AIによる認識・計数

- 調査板に付着したイネウンカ類をスキャナで画像化し、AIで計数しました。
- AIが調査板の画像中のイネウンカ類だけを自動的に認識し分類し、それぞれの分類ごとの数を出力します。
- さらに画像中のイネウンカ類を1匹ずつ枠で囲った画像ファイルも出力します。
- AIプログラムはPCではなく、スキャナの中に組み込みました。（利用者は必ずしもITリテラシーが高くないので）

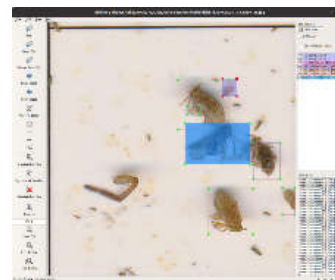


イネウンカ類計数結果

名称	認識数
トビイロ長翅メス	18
トビイロ長翅オス	2
トビイロ短翅メス	27
トビイロ短翅オス	1
トビイロ終齢幼虫	98
トビイロ中齢幼虫	3355
イネウンカ類若齢幼虫	4819
ヒメトビ長翅メス	0
ヒメトビ長翅オス	0
ヒメトビ短翅メス	0
ヒメトビ短翅オス	0
ヒメトビ終齢幼虫	0
ヒメトビ中齢幼虫	10
セジロ長翅メス	0
セジロ長翅オス	0
セジロ短翅メス	0
セジロ終齢幼虫	1
セジロ中齢幼虫	47

学習とAIモデル構築

- 2019年と2020年に収集した調査板を画像化し、約16,000枚の画像中の虫のアノテーション作業を約300時間かけて行い、学習データを蓄積しました。
- この学習データを、農研機構AI研究用スーパーコンピュータ「紫峰」で、のべ約120時間学習させてこのAIを開発しました。



×約16,000枚
作業時間約300時間

2019年と2020年の調査板をデータ化した



AIスパコン「紫峰」で、のべ約120時間の学習時間



従来、目視では一枚に1時間以上かかることも

- 専門家が目視で調査し計数する場合、付着した虫が少ない場合で5～10分、左図のように多い場合は1時間以上の時間がかかります。
- AIでは調査板の画像化と合わせても3～4分以内に終わります。



調査板をスキャナで画像化
(2～3分)

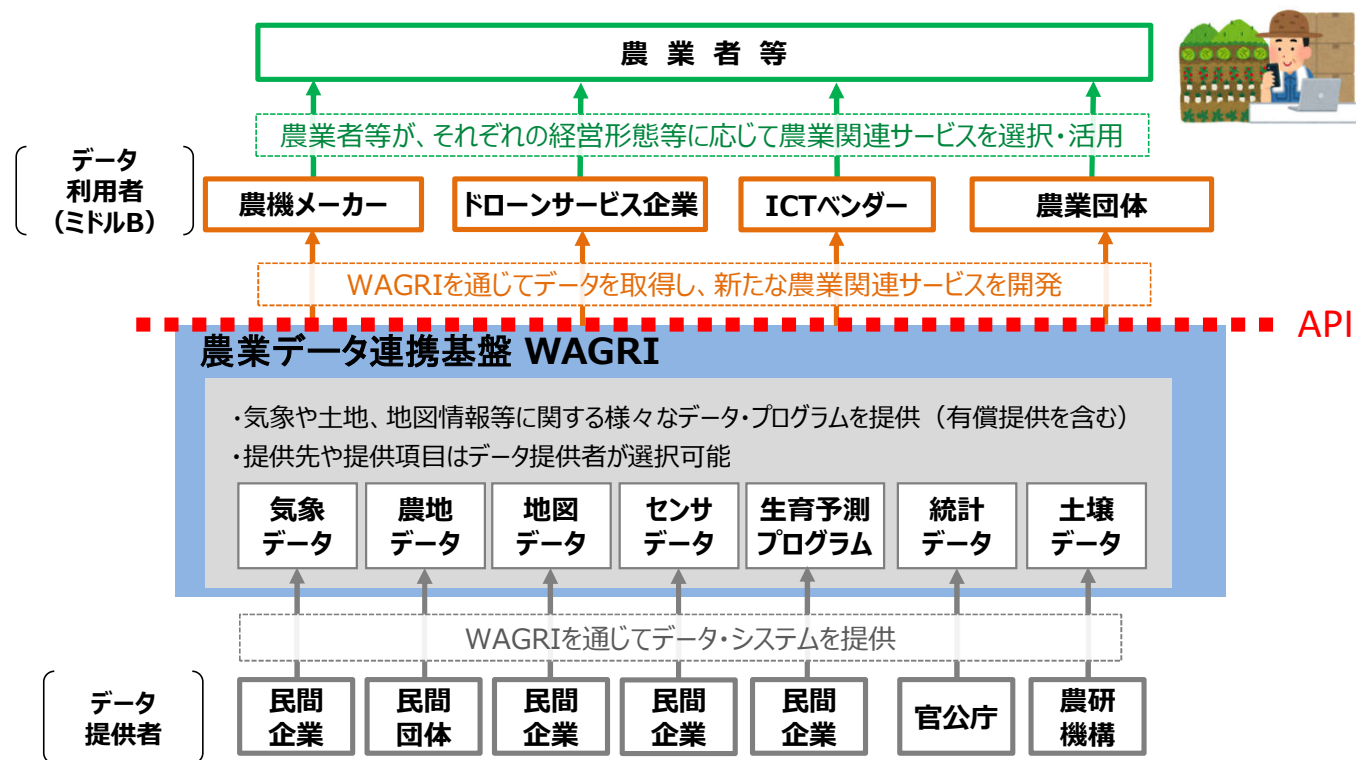


AIで認識、計数は一枚1分以内

3～4分で
処理終了

農業データ連携基盤WAGRI

- 民間企業、官公庁、農研機構が有する農業に関するさまざまなデータやプログラムを、農機メーカー、ICTベンダー、農業関連団体に提供し、現場の農業者に役立つさまざまなインターネットサービスの開発を支援しています。



主なAPIの一覧 (1/2)～基礎データ系～

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 (農林水産省オープンデータ)
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)
地図	地図データ、航空写真の画像データ	国内トップクラスの高い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 (筆ポリゴン)	全国約3,100万筆の農地区画情報	WAGRI運営事務局 (農林水産省)
〃	農地の緯度経度情報 (農地ピンデータ)	全国1,724市区町村のうち1,595市区町村の所在・地番、地目、面積、地域区分等の情報	WAGRI運営事務局 (農林水産省)
〃	統合農地データ	全国の農地区画、農地ピンおよ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	最長3日先までの時別気象情報 (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
〃	最長26日先までの日別気象情報 (1kmメッシュ)	14種類の確定値、予測値、平年値がシームレス接続された1kmメッシュ長期予報情報 (農研機構開発)	ライフビジネスウェザー
市況情報	青果物市況情報	青果物 (野菜・果実) の入荷量及び販売価格などの日別データ	WAGRI運営事務局 (農林水産省オープンデータ)
〃	青果物卸売市場調査情報	青果物卸売市場調査 (都市別、主要市場計) のデータ	WAGRI運営事務局 (農林水産省オープンデータ)
辞書	農作業、農作物語彙辞書 (CAVOC)	482語の農作業語彙情報と1,514語の農作物語彙情報	農研機構

赤字はアクセス数の多いAPI

主なAPI一覧 (2/2)～予測・判別サービス～

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、栽培管理支援システムのモデルを活用	ビジョンテック
〃	露地野菜の生育予測プログラム	農研機構が開発したレタス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、稲こじ病の薬剤散布適期を判定するプログラム	ビジョンテック
〃	昆虫世代予測プログラム (昆虫のステージ・世代予測)	カメムシ目43種、チョウ目81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
〃	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
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2030年までの営農継続者数データを提供開始予定	農研機構
〃	スマート農業標準経営指標データ	スマ農事業で収集される経営データ解析結果の提供を検討中	農研機構

赤字はアクセス数の多いAPI
青字は提供予定API

民間企業による活用事例

- (株) ファーム・アライアンス・マネジメント 「FarmChat」 -

- WAGRIの病虫害画像判定プログラム、青果物市況データを「FarmChat※」に連携。
- スマホで撮影した作物の葉の画像から病虫害を識別し、適切な防除が可能に。(2022年7月現在4品目に対応)
- 日々の市況情報の確認や産地リレー・端境期のモニタリングが可能に。API連携により、ICTベンダーは作業コストと人為ミスが低減。

※ チャット機能や様々な農業情報配信機能、業務効率化機能を備えた、農業者向けのスマートフォン用アプリ。



出所：農水省「農業データ連携基盤の構築について」を基に一部改変

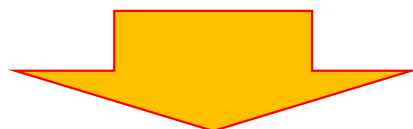
サイバーフィジカル実験基盤の構築

ボトルネック

- 野外における栽培試験は年に一度、少ない場所で行うため、**多数のデータを得る農業研究は手間と時間がかかる**

→ 様々な温度、湿度、光条件下における栽培データが存在しない。 (データの偏在性)

→ 作物形質 (環境応答変化) の連続的な計測データが存在しない。 (データの偏時性)



ブレイクスルー

- 栽培環境エミュレータ (高度な人工環境制御システム) により、様々な環境条件を再現・実現
- ロボット計測装置による作物形質 (環境応答変化) を連続計測

**➡ 栽培環境エミュレータ + ロボット計測技術により、
様々な環境に適応する画期的な新品種、栽培技術を開発**

ロボティクス人工気象室

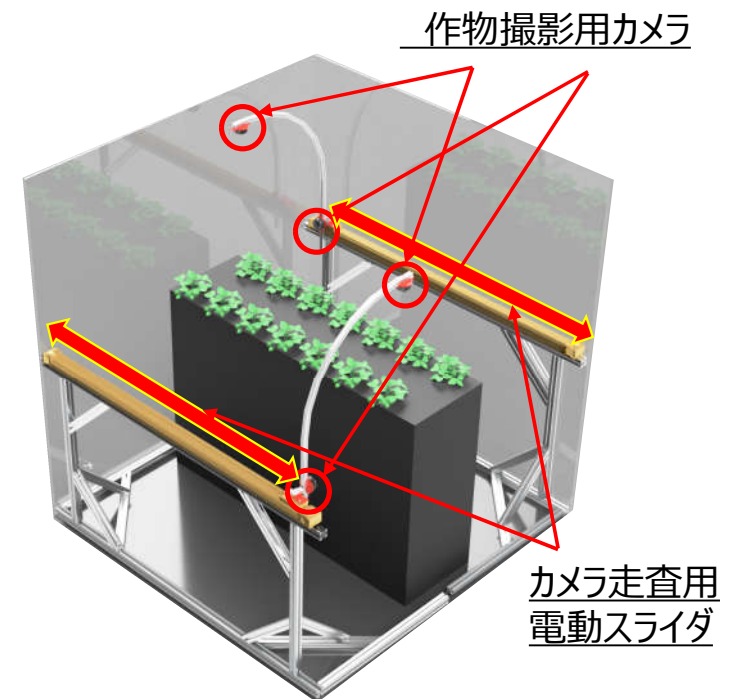
様々な環境条件を再現・実現する
「栽培環境エミュレータ」



主な特徴

- ・ 様々な環境を再現
- ・ 計測装置を格納できるウォークイン型

作物形質を連続的に計測する
「ロボット計測装置」

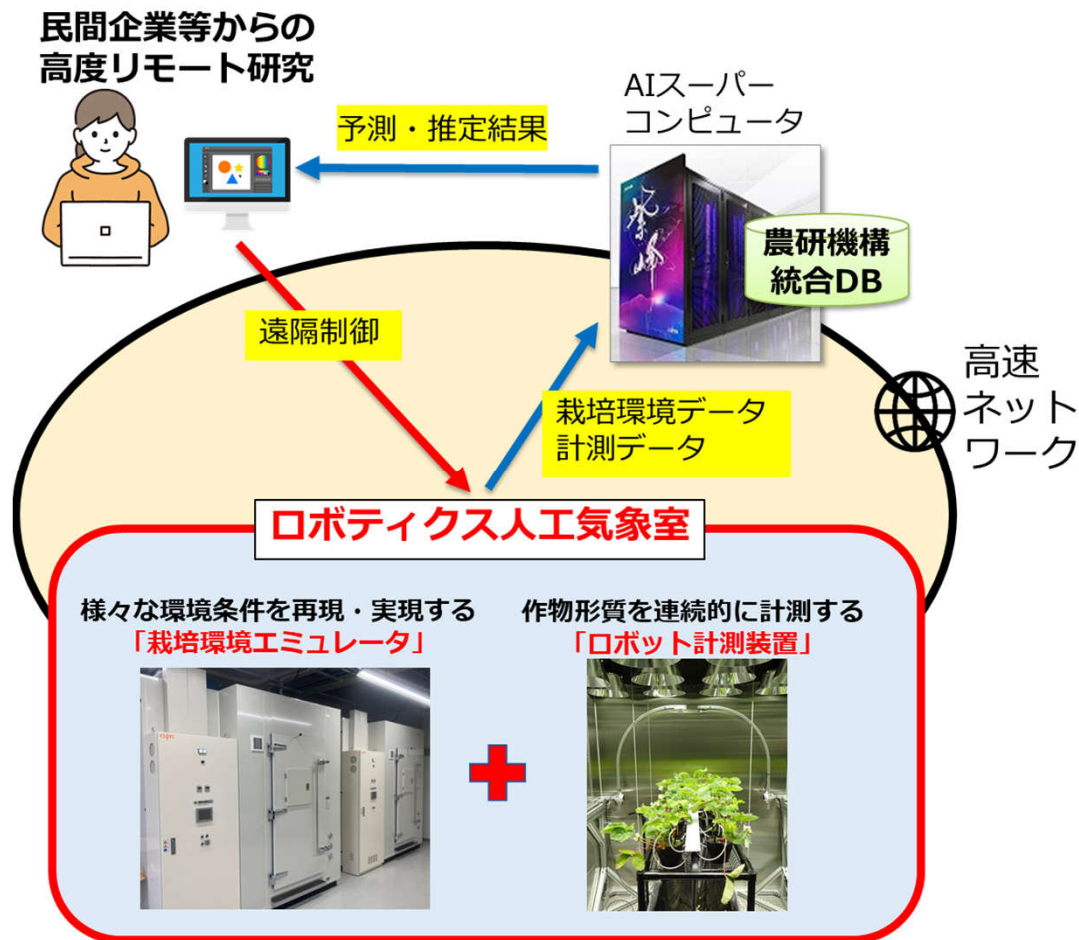


主な特徴

- ・ 複数個体を複数カメラで計測
- ・ 人工気象室を開閉せずに連続的に形質を測定



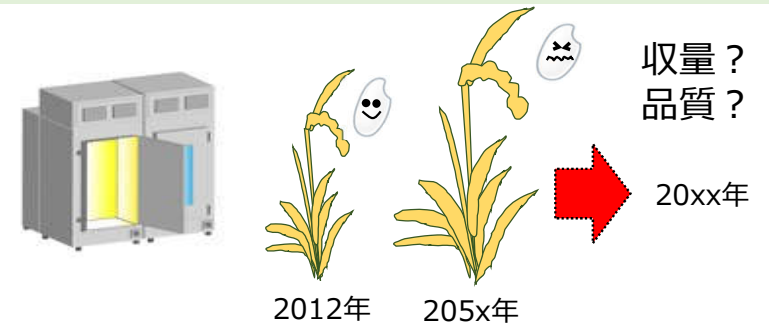
ロボティクス人工気象室を農研機構のネットワークと接続し、情報インフラと一体化した研究基盤を構築することにより、民間企業等を含む外部機関からも遠隔解析を行うことが可能



研究事例 1：品種の将来的な環境応答をリアルに評価

未来の環境を模擬

例) 国連の政府間パネルが示す温暖化シナリオに準じた各地域での高温・高CO₂環境



研究事例 2：高精度発育モデルによるJIT制御



- 開花日検知
 - 収穫日予測
 - 目標収穫日に合わせるための環境制御
- 農作物のJIT生産