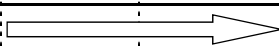


委託プロジェクト研究課題評価個票（中間評価）

研究課題名	人工知能未来農業創造プロジェクトのうち、AIを活用した栽培・労務管理の最適化技術の開発（継続）			担当開発官等名	研究統括官（生産技術）室
				連携する行政部局	大臣官房政策課技術政策室 生産局園芸作物課 生産局技術普及課
研究期間	H29～H33（5年間）			総事業費（億円）	11億円（見込）
研究開発の段階	基礎	応用	開発	関連する研究基本計画の重点目標	重点目標 7、28
					

研究課題の概要

我が国の農業現場における農業従事者の高齢化や減少の進行に伴う人手不足や生産性向上の伸び悩み等の課題を解決し、農業の競争力強化、農業の成長産業化を推進するため、人工知能（AI（※1））やICT（※2）等の先導的で高度な最新技術を農業分野に導入し、農畜産物の生産性の飛躍的な向上及び高付加価値化を図るために、「スマート農業（※3）の実現に向けた研究会」において示された「AI、IoT（※4）によるスマート農業の加速化」等に即した研究開発を実施する。

大規模施設園芸の経営を効率化するためには、人的資源を最大限に活用可能な労務管理を行うことが不可欠であることから、本プロジェクトでは、AIを活用した栽培・労務管理システムを開発することにより、経営の効率化に寄与する。

施設園芸において、植物の生育状態から栽培管理作業量を予測する技術等を利用することで、生育制御や、作業者の最適配置等により労働時間の平準化と短縮を可能とする効率的な農場管理技術を開発する。また、施設園芸におけるオープンイノベーションを支援し、AIを活用した栽培・労務管理の最適化技術の開発を加速化するため、AIの学習に利用できる栽培管理及び労務管理のオープンデータセットを構築するとともに、栽培の最適化のほか、労働時間の平準化や短縮に資するAIを活用した個別技術を開発する。なお、本研究課題では、個別農場管理技術を活用できるオープンプラットフォーム（※5）として、農業データ連携基盤（※6）を想定している。

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

中間時（2年度目末）の目標	最終の到達目標
<ul style="list-style-type: none"> ・既存技術を使用し、AIに活用し得る栽培・労務管理に関連する各農場のデータを2年以上整備する。 ・各種データ収集のため、植物生育計測のための機器のプロトタイプ（※7）及び、作業量計測のための基本システムを開発する。 ・収集されるデータを活用して、栽培・労務管理の平準化や労働費削減に結びつくAI技術を1種類以上開発する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・栽培・労務管理に関連するデータを5年以上整備した上で、データを公開して新たな技術やサービス開発に利用できるようにする。 ・栽培・労務管理最適化により雇用労働費1割以上削減を可能にするAI技術を3種以上開発する。また、それら技術は、農業データ連携基盤上で活用できるようにする。

2. 事後に測定可能な委託プロジェクト研究課題全体としてのアウトカム目標（H38年）

栽培・労務管理に関連するデータを5年以上整備し、オープンデータとして利用できるようにすることによってシステムベンダー（※8）等がAIソフトウェアを開発することが可能となる。

大規模（1ha以上）経営体に、本事業で開発されるAI技術またはそれを基にした労務管理ソフトウェア等の栽培・労務管理最適化技術が導入され、雇用労働費の1割が削減される。アウトカム目標の実現には、技術移転機関（TLO）等を含めた産学官連携と、技術移転活動が不可欠である。また、次世代施設園芸拠点等大規模生産法人の協力も必要である。

【項目別評価】

1. 社会・経済の諸情勢の変化を踏まえた研究の必要性

ランク：A

① 農林水産業・食品産業、国民生活の具体的なニーズ等から見た研究の重要性

農業従事者の減少・高齢化の進行とともに、経営規模の拡大により重要な生産管理を行うことが難しくなっている。施設園芸の経営を効率化するためには、人的資材を最大限に活用可能な労務管理を行うことが不可欠である。特に、大規模経営では雇用労働力に依存しており、このことが大規模化による生産性向上を阻害する要因の一つとなっている。

このため本課題では、経営の効率を飛躍的に向上させるため、AIやICTを活用して栽培管理と労務管理を行い農場の適切な管理を支援する技術を開発するものであり、農業者等のニーズを的確に反映し、かつ、革新性、先導性、実用性の高い課題である。

② 引き続き国が関与して研究を推進する必要性

科学技術基本計画、科学技術イノベーション総合戦略2017等においてSociety5.0（※9）の実現に向けて、AIやIoT等の農業分野への活用、研究開発の推進が明記されている。

本プロジェクトでは、上記の戦略等に基づき、AIやIoT等を活用した生産性や品質の向上に取り組んでいる。国内の農業現場の共通的な課題の解決に資する公益性の高い研究開発であり、その成果を幅広く普及・利用するものであることから、国自ら取り組む必要がある。

2. 研究目標（アウトプット目標）の達成度及び今後の達成可能性

ランク：A

① 中間時の目標に対する達成度

全国の大規模生産法人において植物の生育と栽培環境、作業に関する週次の情報を2年以上記録している。

効率的農場管理に必要となる栽培・労務管理技術に不可欠な植物生育計測について、これまで生産現場で光合成測定をする場合、植物の葉の限られた範囲の光合成量しか計測できなかったが、本プロジェクトにてリアルタイムで植物個体全体の光合成を測定できる光合成計測チャンバ（※10）を開発し、すでにプロトタイプによる実証試験を開始している。また、広範囲の植物の光合成活性の程度を診断できるクロロフィル蛍光画像計測装置（※11）については、本プロジェクトにて日単位の生育を把握できる茎伸長計測機能を追加するとともに、普及性を考慮し完全自動計測（自動充電を含む）が可能となり下げ型画像計測ロボットとして試作が完了している。作業量計測については、作業データをバーコード、QRコードを利用して半自動で収集するための基本システムを2機種（バーコード型、スマホ型）試作・開発し、実験施設や大規模生産法人で実証し、問題点を把握するとともに利用性を向上する改良を行っている。

また、栽培・労務管理を最適化するAI技術については、収量予測や病害発生予測による労務管理平準化を目的に、各種農場データを活用して2種のシステムを開発した。具体的には、着花・着果（※12）の状況を自動でモニタリングするシステムの開発のために深層学習（※13）を利用した果実検出モデルを試作し約90%の精度で果実を検出できており、現時点で必要と考えられる精度を達成している。また、病害発生により生じる薬剤散布等の管理作業を予測可能にするため、特に施設でのトマト生産において影響の大きい灰色かび病（※14）の発生を予測するAI技術を、生産現場での実運用に対応できる精度（現在92%の正解率）に精緻化し、実証を開始した。

以上、中間時の目標に対して、順調に進捗している。

② 最終の到達目標の今後の達成可能性とその具体的な根拠

蓄積データをオープンデータとして利用可能にするため、次世代施設園芸拠点を始めとする協力大規模生産法人から、植物生育、栽培環境及び作業データを収集できる環境を整備した。

植物生育計測については計画どおり又は開発の加速化による当初計画よりも早い進捗を見せており、最終の到達目標の達成可能性の見通しは高い。作業量計測についても、作業データ入力デバイスや、作業動態自動把握システムの開発が進んでいる。また、AI技術開発についても、当初計画を上回る2種の技術が実証段階に入っているなど順調に進捗しており、最終の到達目標の達成可能性の見通しは高い。なお、個々の開発要素単体の導入でも数%の雇用労働費の削減が可能と示唆され、研究目標への貢献が見込まれる。また、それら開発技術を農業データ連携基盤上で利用するための中間ソフトウェア（API（※15））化も計画どおり進んでいる。

以上のことから、最終目標は達成できる見込みである。

3. 研究が社会・経済等に及ぼす効果（アウトカム）の目標の今後の達成可能性とその実現に向けた研究成果の普及・実用化の道筋（ロードマップ）の妥当性	ランク：A
---------------------------------------------------------------------------------	--------------

① アウトカム目標の今後の達成の可能性とその具体的な根拠

オープンデータとしての農場データの蓄積や、オープンプラットフォーム上で開発技術を利用可能な状態にすることで、多くのIoT関連企業やシステムベンダー等がAIソフトウェアを開発可能になると考えている。アウトカムとして開発されるAIソフトウェアについては、今年度までのデータによりAIによるトマト灰色かび病発生予測を機能限定版としてすでに実用化し、導入農家の8割において防除回数の減少を確認しており、今後実証試験を重ね省力・省資源効果を提示していくこととしている。

担い手農業者が広く活用する技術とするためには、誰でも利用しやすい、運用の労力が少ない、費用対効果が明確である、等の要素が必要であると考えられるため、研究開始当初より、これらの要素を満たすサービス提供を想定して開発を行っている。植物生育計測については平成30年度より、本課題の成果の一部である光合成計測チャンバのプロトタイプを5県・2大学のは場等に試験導入し、長期計測を開始しており、社会実装に向け取組を進めている。コンソーシアム参画機関として次世代施設園芸拠点や大規模生産者が参画しており、データ収集、技術開発及び実証が緊密に連携して研究開発を進めており、商業的生産現場での実運用の観点を含めた実証と実際の労務・栽培管理者及び現場作業者のユーザビリティの観点でのフィードバックを随時得られる体制にある。

以上のことから、アウトカムの達成が可能と考えている。

② アウトカム目標達成に向け研究成果の活用のために実施した具体的な取組内容の妥当性

アウトカム目標達成に向け、各種展示会、シンポジウム（日本農業情報システム協会(JAISA)「スマートアグリシンポジウム2018」、AG/SUM 2018、農業環境工学関連5学会2018年合同大会シンポジウム、国際農業資材EXPO 農業ワールド、日本学術会議公開シンポジウム等）においてプロジェクト概要を紹介し、研究成果を周知している。これまでに30社程度の大規模法人から参画機関へ問い合わせがあり早期の実用化・導入要望が寄せられている。また5社程度のシステムベンダーからの取組内容に対する問い合わせ、データ活用の要望が寄せられるなど、技術開発後にアウトカム目標が達成できる可能性は極めて高いと考えている。

③ 他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度

生体情報計測技術については、育種分野におけるフェノタイピング技術（※16）として注目されており、民間・公的機関を問わず、高精度植物生体情報計測技術としての活用が期待される。また、労務管理技術及びAI技術は、トマト以外の野菜や果樹、花きを対象とした、施設園芸生産現場で省力化作業管理のために利用できる。

4. 研究推進方法の妥当性	ランク：A
----------------------	--------------

① 研究計画（的確な見直しが行われているか等）の妥当性

毎年度開催される運営委員会、研究推進会議、現地検討会、随時行う全参画機関が参加する定例研究会議等において、進捗状況の確認や研究計画の確認を行うとともに、研究推進会議に外部有識者を招聘し意見を伺っている。これらの会議体等で得られた内容は適宜研究開発へも反映しており、一部試験を前倒して実施するなど計画の見直しを行っている。

② 研究推進体制の妥当性

外部有識者及び関連行政部局で構成する運営委員会にて、進捗状況及び次年度の研究計画の確認、研究推進上の問題点や行政ニーズの把握等を行い、着実に研究成果が得られるよう進捗管理を行っている。

また、栽培生理研究、作業技術研究、AI研究、各分野の研究実績のある公的研究機関、迅速な社会実装に不可欠な複数の民間企業からコンソーシアムが構成されており、研究推進体制は妥当である。

③ 研究課題の妥当性（以後実施する研究課題構成が適切か等）

公的研究機関が生体情報計測技術・作業計測技術を開発し、これらの機器が収集するデータを活用して民間企業とともに労務管理システムを開発することとなっている。また、公的研究機関が中心となり次世代施設園芸拠点等施設園芸の栽培・作業データを収集してきており、これらを基に公的研究機関及び民間企業がそれぞれAIプログラムを開発している。現状の課題構成は、最終目標達成と社会実装に向けて妥当である。

④ 研究の進捗状況を踏まえた重点配分等、予算配分の妥当性

各課題ともに順調に進捗しており、適正な予算配分となっている。今後は、基本技術開発部分を縮小し、実証試験による技術開発、農業共通データ連携基盤への対応、社会実装につながるAIプログラム開発に重点化を図る予定である。

【総括評価】

ランク：A

1. 委託プロジェクト研究課題の継続の適否に関する所見

・中間時の目標は達成しており順調に進捗していることから、本研究を継続することは妥当である。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・アウトカム目標について、金額で示すとともに、もう少し高めの目標とすることを期待する。
- ・AIを活用した栽培・労務管理の最適化に合わせた、品種開発を進めることを検討されたい。
- ・AIの活用は重要であるが、働く人の問題などAIを使ったアルゴリズムだけでは解決できない課題もあるため、現場に十分配慮し、導入時には慎重な対応を期待する。

[研究課題名] 人工知能未来農業創造プロジェクトのうち、AI を活用した栽培・労務管理の最適化技術の開発

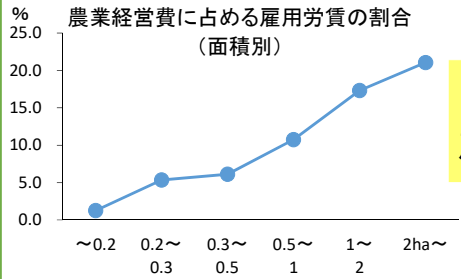
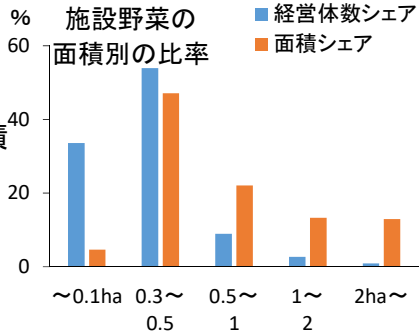
用語	用語の意味	※番号
AI	人工知能。Artificial Intelligence の略。	1
ICT	情報通信技術。Information and Communication Technology の略。	2
スマート農業	ロボット技術やICT(Information and Communication Technology:情報や通信に関連する科学技術)を活用して、農作業の超省力(手間や労働力を省く)化や高品質の農産物生産を実現する新たな農業。	3
IoT	モノのインターネット。Internet of Things の略。コンピュータなどの通信機器だけでなく、様々なモノに通信機能を持たせ、インターネットに接続したり相互に通信することによって、自動認識や遠隔計測等を行うこと。 例：果樹園に設置した日射、温度、湿度等を通信機能のある計測機器で自動的に集め、分析結果を栽培に活用する等。	4
オープンプラットフォーム	ハードウェアやソフトウェアなどにおいて、技術仕様やプログラムのソースコードなどを公開したプラットフォームのこと。このような形式での技術開発を行うことで、後発者も関連技術の開発に参画することができるだけでなく、参画者間で分業しながら開発・協業が行え、新たな技術開発や製品の普及促進が期待される。他方、ユーザー視点からも、技術導入の際に特定の開発会社(メーカー)に縛られることなく、様々な製品を組み合わせることでシステムを構築できる利点がある。	5
農業データ連携基盤	農業ICTの抱える課題を解決し、農業の担い手がデータを使って生産性向上や経営改善に挑戦できる環境を生み出すために農林水産省が開発を推進するデータ連携・共有・提供機能を有するデータプラットフォーム(略称:WAGRI)	6
プロトタイプ	デモンストレーション目的や新技術・新機構の検証、試験、量産前での問題点の洗い出しのために設計・仮組み・製造された原型機・原型回路・コンピュータプログラムのこと。	7
システムベンダー	ソフトウェア製品のメーカー、または販売会社。基本的には、ユーザーへ製品を提供している会社を指し、開発のみに携わる会社はベンダーとはいわない。	8
Society5.0	サイバー空間(仮想空間)とフィジカル空間(現実空間)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(Society)。狩猟社会(Society 1.0)、農耕社会(Society 2.0)、工業社会(Society 3.0)、情報社会(Society 4.0)に続く、新たな社会を指すもので、第5期科学技術基本計画において我が国が目指すべき未来社会の姿として初めて提唱された。	9
光合成計測チャンバ	本委託プロジェクトで開発された作物個体を対象として開放型同化箱法により光合成速度と蒸散速度を5分間隔で計測する装置のこと。具体的には、トマト2個体を透明な被覆材に内包(この構造をチャンバと呼ぶ。チャンバ底部は温室内空気に対して開いている)し、チャンバ上部のファンを用いて一定速度でチャンバ内空気を排気する。このとき、排気される空気とチャンバ底部からチャンバ内に流入する空気のCO ₂ (H ₂ O)濃度の差を計測し、これに排気速度を乗じることで光合成速度と蒸散速度を算出する。	10
クロロフィル蛍光画像計測装置	植物が葉緑素(クロロフィル)で光を吸収し光合成を行う際、使えなかった光の一部を赤い光(クロロフィル蛍光)に変換して発光する。光合成反応の状態によってクロロフィル蛍光の強さが変化することを利用し、光合成活性の程度を測定することができる。本装置はこの原理を利用して植物の生育状態の診断を行うもので、光	11

	源・カメラ・制御装置を有し、青色LEDを照射した際のクロロフィル蛍光画像を取得する。	
着花・着果	着花は野菜などの花が株上で形成されている状態のこと。同様に着果は果実が形成されている状態。トマトの場合は、花と果実が複数混在した生育状態で長期間、選択的に収穫することから花数、果実数の計測が収量の予測に有効である。	12
深層学習	ディープラーニングの直訳であり、人工知能のうちの1つの技術である。大量のデータから規則性や関連性を見つけ出し、判断や予測を行う手法である。予め複数画像で対象物を人間が指示し、コンピュータに学習（解析）させると、別の画像で自動的にその対象物を検出することが可能になる。	13
トマト灰色かび病	トマトの茎葉や果実に灰色のカビが発生する植物の病気。ハウス内が発生しやすい環境になると大量の胞子がハウス内に飛散、まん延し、広がる。果実に生じると出荷できなくなり、茎葉に生じると生育を悪化させ、株を衰弱、枯死させることもある。	14
API	Application Programing Interfaceの略。アプリケーションソフトやウェブアプリケーションが、自ら持つ機能の一部を外部のアプリケーションソフトやウェブサービスから簡単に接続し、利用できるようにするインターフェース。ここでのインターフェースとは、機能の呼び出し手順や記述方法などを定めた仕様。農業データ連携基盤に準拠したAPIを公開することで開発者以外がAPIを利用して新しいアプリケーションを開発できる。開発コスト、時間を大幅に削減できるメリットがある。	15
フェノタイプング技術	遺伝子型（ジェノタイプ）が植物の形態、構造、生理的性質などの外部から計測可能な特徴として現れたものをフェノタイプ（表現型）と呼び、これらを計測することをフェノタイプングと呼ぶ。本委託プロジェクトでは、開発された各種計測装置を用いて計測される光合成（蒸散）速度や茎伸長速度等の動的な植物生体情報を新しいフェノタイプと定義（2018年12月19日に豊橋技術科学大学で開催された日本学術会議公開シンポジウム「先端的フェノタイプング技術の農作物生産への実装」において検討済）している。	16

背景と目的

規模拡大の遅れ

一戸あたり施設面積
(施設園芸)
2000年 20a
↓
2015年 21a



大規模経営での
雇用労賃の負担大

将来像

雇用労働力を活用した効率的な農場管理を行う大規模施設園芸

1ha以上、10数名雇用

期待される効果

AIを活用した栽培管理と労務管理に基づく効率的な農場管理技術により、**雇用労働時間を10%削減、オープンプラットフォーム・データセットの整備**

研究内容

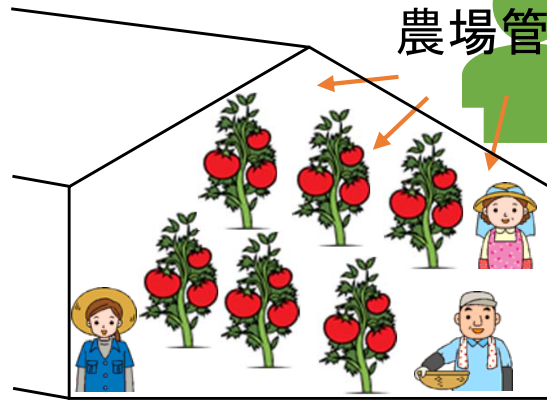
●栽培・労務管理の最適化

AI

(労務)作業管理データ
(植物)生育制御データ
(環境)環境制御データ

生育予測、作業予測、
生育制御、作業計画等

農場管理者



●技術開発の加速化

指導機関(農協・普及)

経営指導

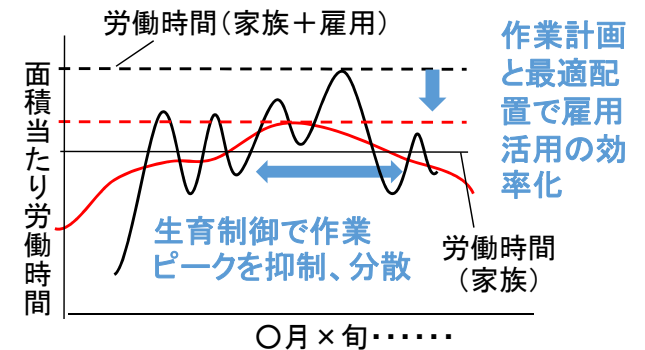
技術指導

オープンプラットフォームで
利用可能な
AI学習用データセット

データの標準化



AIによる解析
情報提供



【ロードマップ（中間評価段階）】

AI を活用した栽培・労務管理の最適化技術の開発

