

令和 6 年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 22603
研究開発課題名 データ利活用等のデジタル化の推進による社会課題・地域課題解決のための実証型
研究開発
副 題 地域農業従事者の業務をスマート化し収益性を高める農業 DX のための農業支援 AI
の研究開発

(1) 研究開発の目的

本研究開発で、深層学習継続型農業支援 AI と農業支援 SaaS を開発し、この性能により農業プロセスの自動化範囲を広げる。稲作例では全作業プロセスの約 80%を占める「圃場現地観察見守り」「水位調整作業」「水位監視作業」等の作業を自動化により削減する。
農業業務をスマート化し、収益向上も可能にする農業 DX を実証する。

【本研究開発の成果となる農業 DX の効果】

- ・研究開発する深層学習継続型の農業支援 AI を核にし、農業支援 SaaS、水門バルブ自動開閉・ドローン自動飛行システムが連動し、作物栽培プロセスを広範囲にわたり自動化最適化させる
【効果】栽培作業の一部にアウトソーシングを併用することで圃場管理者が全く農作業を行わない極めて生産性・収益性の高い農業が実現できる
【効果】農業新規参入障壁をなくし儲かる農業を可能にし、地域の農業ビジネスを隆盛させる
- ・IoT デバイス、地域自立型無線通信基盤 (LoRaWAN) を活用し、栽培環境データ、生育データを常時モニタリングし分析、自動化することにより、メタンや一酸化二窒素の温室効果ガス排出量を最少化させる自動栽培プロセスを開発する
【効果】地域農業の GX 化を推進する
- ・整備、開発する作物栽培ナレッジシステム、農業支援 AI と農業支援 SaaS が農業における自然リスク (地球温暖化・異常気象・鳥獣被害等) を排除し、収穫量と作物品質を安定化させる
【効果】地域で安定して高収益が得られるもうかる農業を増やす
- ・本研究で開発する水田圃場の水門開閉自動化ソリューションの活用により、ヒ素やガドミウム等の有害物質を減らした安心安全で高付加価値の地域ブランド米の生産を可能にする
【効果】有害物質を減らした地域ブランド米の創出
【効果】中干期間の自動延長によりメタン (温室効果ガス) の排出量を約 30%削減できる
- ・農業支援 SaaS が、毎日生育画像付きの栽培記録を自動作成する
【効果】自動トレーサビリティ機能により栽培作物の付加価値を創造できる

(2) 研究開発期間

令和 4 年度から令和 6 年度 (3 年間)

(3) 受託者

スタンシステム株式会社 <代表研究者>
徳島県立農林水産総合技術支援センター

(4) 研究開発予算 (契約額)

令和 4 年度から令和 6 年度までの総額 25 百万円 (令和 6 年度 10 百万円)
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目 1 深層学習継続型農業支援 AI の研究開発

- 1-1. 農業支援 AI 開発・稼働基盤の構築と運用 (スタンシステム)
- 1-2. 草丈・分げつ数・出穂時を判定する AI 機能を開発 (徳島県立農林水産総合技術支援センター)
- 1-3. 上空画像による窒素数や生育むら等の生育状況を判定する AI 機能を開発 (徳島県立農林水産総合技術支援センター)
- 1-4. 深層学習継続型農業 AI 用の教師データの設計と製作 (徳島県立農林水産総合技術支援センター)
- 1-5. 教師データ自動作成自動取込みシステムの開発 (スタンシステム)

研究開発項目 2 稲作支援 SaaS を機能強化する研究開発

- 2-1. 地域 LoRaWAN 基盤の整備と運用 (スタンシステム)
- 2-2. 実証圃場の IoT&通信基盤整備 (スタンシステム)
- 2-3. 稲作時のリスクを削減し、高品質米の安定収穫を可能にする稲作ナレッジの整備開発の支援 (徳島県立農林水産総合技術支援センター)
- 2-4. 稲作用ナレッジシステム整備開発 (スタンシステム)
- 2-5. 栽培者向け自動アドバイスシステム開発 (スタンシステム)

研究開発項目 3 農作業を自動化するシステムの研究開発

- 3-1. 水門バルブ自動制御システム開発 (スタンシステム)
- 3-2. 追肥農薬散布ドローン自動飛行システム開発 (スタンシステム)

(6) 特許出願、外部発表等

		累計 (件)	当該年度 (件)
特許出願	国内出願	1	1
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	17	4
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	1	1
	展示会	6	4
	受賞・表彰	0	0

(7) 具体的な実施内容と最終成果

研究開発項目 1 深層学習継続型農業支援 AI の研究開発

令和 5 年度は徳島県内の圃場で、令和 6 年度は徳島県と長野県の計 14 箇所の水田圃場で、開発した深層学習継続型農業支援 AI を稼働させて性能を評価した。

日々発生する生育画像データを解析し、草丈・分げつ数・出穂期の判定に成功した。

上空画像より生育状況(生育ムラ)を判定し、収穫予想に結びつけることが可能になった。

1-1. 農業支援 AI 開発・稼働基盤の構築と運用

農業支援 AI の開発・稼働基盤の設計を令和 4 年 12 月末に完了し、農業支援 AI・農業支援 SaaS のシステム基盤の構築作業を令和 5 年 3 月に完了し、運用を開始した。日々の生育画像の解析がエッジ側でも可能となり、高画質の画像を使用した解析により解析精度が向上した。

1-2. 草丈・分げつ数・出穂時を判定する AI 機能を開発

圃場に設置している生育画像自動撮影システムで撮影した画像から、水稻の草丈を高精度 (相関計数 0.98) で推定することに成功した。画像分割技術を用い出穂時期も正確に推定することに成功した。物体検出した画像内の基準と草丈を比較し生育ステージを推定した。改良した定点

カメラと実際の測定結果の草丈の相関係数は 0.98 と高い相関を示した。画像分割し穂の検出により実際の出穂期の検出数が増大し、検出推移により出穂時期を推定することができた。

- 1-3. 上空画像による窒素数や生育むら等の生育状況を判定する AI 機能を開発
空撮画像から算出した植生指数 (NDVI) による水稻生育量の推定方法を確立した。
NDVI を用いた収量予測、生育診断および追肥量推定を可能とするシステムを構築した。上空画像から水稻の NDVI を得るための空撮条件及び画像解析条件を明らかにした。
出穂 1~4 週前の NDVI は収量と高い相関がみられ、生育途中での収量予測および目標収量の達成に必要な生育量が確保されているかの生育診断が可能であることを確認した。収量・追肥量・出穂前 NDVI の関係解析により、目標収量達成に必要な追肥量推定システムを構築した。
- 1-4. 深層学習継続型農業 AI 用の教師データの設計と製作
太陽光で動作し、無電源で動作する、HDR (ハイダイナミックレンジ) 及び自動焦点機能を有するカメラを Raspberry Pi で制御し光条件の変化に頑健で鮮明な画像を撮影できるシステムを開発した。サーバー上に自動で学習データを追加し、学習を行えることに成功した。
- 1-5. 教師データ自動作成自動取込みシステムの開発
深層学習用の教師データを自動作成し、自動取り込みを可能なシステムの設計開発を完了した。

研究開発項目2 稲作支援 SaaS を機能強化する研究開発

令和 5 年 9 月末までに農業支援 SaaS に下記新規機能の追加開発を完了した。

- ・栽培環境データや生育画像、生育フェーズを常時モニタリングし、農業支援 AI と連動して、生育のためのリスクを早期に判定し水位の自動制御や、必要な作業を栽培管理者への自動提言を可能にする機能
- ・栽培作物や圃場環境の最新状況の可視化、作物の生育記録 (トレーサビリティ) の自動作成機能
作物の最新の生育画像を表示し、農業支援 AI が解析した最新の「草丈」「分けつ数 (莖数)」の表示、「草丈」「分けつ数」の履歴のグラフ表示を可能にした。毎日の生育画像付きの栽培日誌の自動作成機能を完成させ、これらの農業 SaaS の機能により圃場現地への見回り作業が不要になった。

2-1. 地域 LoRaWAN 基盤の整備と運用

LoRaWAN ネットワークサーバーシステムならびに農業支援 SaaS の開発、サービス運用、保守のためのシステム基盤構築を完成させた。

令和 5 年度には実証用水田 11 箇所において、そして令和 6 年度には徳島県内の 9 箇所の圃場と長野県内の 5 箇所の圃場で農業支援 AI と SaaS を稼働させる LoRaWAN サービス基盤の拡張構築を完了した。全国規模でのサービス提供が可能であることを実証した。

2-2. 実証圃場の IoT&通信基盤整備

令和 5 年に 11、令和 6 年に 14 の圃場で、栽培作物成育画像データ自動送信システム装置の改造により、毎日の生育画像を安定して送受診できることの実証に成功した。

令和 6 年には、長野県の実証圃場に設置した各 IoT 機器からのデータが受信できるよう長野県内にも LoRaWAN ゲートウェイを追加設置し通信基盤を整備した。

2-3. 稲作時のリスクを削減し、高品質米の安定収穫を可能にする稲作ナレッジの整備開発の支援

水稻の生育モデルのパラメータを初めてベイズ最適化を用いて推定した。従来の方法に比べ、推定時間 (移植~出穂モデル: 推定誤差 2.2 日、出穂~成熟期モデル: 推定誤差 2.5 日) も短く、高精度での予測 (出穂期: 平均誤差 2.5 日、成熟期: 平均誤差 0.5 日) が可能となった。

2-4. 稲作用ナレッジシステム整備開発

1 日の気温、日長、ステージ判定パラメータを基に、農業支援 AI が、出穂日を指数表示で、また最適な収穫日を指数表示できる仕組みを構築した。

2-5. 栽培者向け自動アドバイスシステム開発

LINE による圃場管理者自動アラート機能の開発を完了し、早期の多様リスク対応を実現した。

研究開発項目3 農作業を自動化するシステムの研究開発

稲作作業において不可欠であり、全作業の約45%部分を占める、「圃場観察見守り」「水田水位調整作業(水管理)」「追肥・除草・害虫駆除」等の作業を自動化できるシステムの開発を完了した。令和5～6年度、徳島県の2圃場と長野県塩尻市、安曇野市の5箇所、計7箇所の水田圃場で自動化システムを稼働させ、すべての圃場で無人水管理に成功した。開発した自動化システムにより、稲作全作業の約84%の省力化が可能となり、圃場管理者ならびに栽培管理者から自動化システムの性能に対し高い評価をいただいた。

3-1. 水門バルブ自動制御システム開発

LoRaWAN 通信基盤を利用して水門バルブを自動制御で開閉させ圃場の水位を自動調整できる水門バルブ自動開閉システムの開発を完了し、実証水田圃場で稼働させた。

各生育ステージにおける水位レシピを登録し管理するシステムを開発した。

令和5年6月の田植え前に実証圃場に水門バルブ自動開閉装置を設置し水門バルブ自動制御システムの性能検証を開始した。作物の生育ステージ毎に登録した水位レシピどおりに水門バルブを自動で開閉させ、水田水位を調整できることを確認した。稲も順調に生育した。

農業支援 AI が圃場の温度データ、生育画像データの解析ならびに、生育モデルを解析して作物の生育ステージを自動判定した。判定した生育ステージに適した水位を維持するために、水位レシピ(計画)と連動して、農場支援 SaaS が圃場の水門バルブに対し、LoRa 通信で開閉指示を自動送信した。この自動化システムにより、完全無人による水田の水位管理が可能になった。

令和5年度は徳島県美馬市内の2箇所の水田圃場で、令和6年度は、徳島県内、長野県塩尻市、安曇野市の計7箇所の水田圃場で、この水門バルブ自動制御システムを稼働させた。令和5～6年度の稲作作業において、水位管理作業の完全無人化に成功した。

全実証圃場においては、圃場管理者や栽培責任者は、ほとんど圃場現地には出向かず、水門バルブの開閉作業も全く行わなかった。水稻は順調に生育し収穫も無事完了した。収穫された水稻は、すべての圃場で一等級の品質であった。

圃場管理者、栽培責任者から、この農業 DX の実現に対して非常に高い評価をいただいた。

3-2. 追肥農薬散布ドローン自動飛行システム開発

研究開発項目1-3の上空画像による窒素や生育むら等の状況を判定する AI による NDVI 解析分析により、生育むらの判定の可能性が確認された。その判定結果をもとにして追肥散布の必要な箇所を決定した。農業法人と協業し、ドローンによる追肥散布マニュアルの制作に着手した。

(8) 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

実用化や標準化に向けての対応計画

今回、成果技術の特許を出願するにあたって、特許取得済みの技術から関連する技術について、外部の支援も得て広範囲に調査し、本研究開発の成果技術と類似、重複するような技術はなかった。令和6年2月19日に本研究開発の成果である、「農業無人化支援システム、生育管理装置、農業無人化支援方法および自動化プログラム技術」について技術特許として出願した。出願番号: 特願2025- 25084

今後の広報(対外発表)計画

・令和6年1月～7月までの間 日本 IBM 社の虎ノ門事業所内にある「IBM Innovation Studio」に、本研究開発成果である農業支援 SaaS/AI を「稲作支援 SaaS 先進ソリューション」として常設展示を開始した。

来場者は、展示期間中、約4000人を予定しており、非常に強力な広報となる。

日本 IBM 社と「稲作支援 SaaS 先進ソリューション」を軸にした共創活動を実施している。

・令和6年度、長野県内において、農業支援 SaaS による次世代スマート農業を実証する予定であり、この取り組み成果についてプレスリリースをする。

実用化へ向けての課題の検討 / 事業化への具体的な道筋について

- ・令和6年に、収穫量を増やし品質を高める「中干し開始時期」を正確に決定できる機能を無人水管理システムと自動連携可能な追加研究開発を実施予定である。(令和5年実証解決 Action) *1

- ・栽培品種、栽培場所、圃場特性入力による、最適「水位計画(水位レシビ)」を自動作成できるAI機能の開発を今後検討する。生成AI(農業技術知見に特化したLLM)の活用も今後検討する。*1

- ・可能な限り広大な水田圃場で農業支援AI/SaaSを稼働させ、この効果を数値化したい。

- ・長野県内の水田において、農業支援AI/SaaSの活用を拡大したい。

長野県塩尻市において、約6haの広大な水田で農業支援AI/SaaSを稼働させる予定である。

- ・令和6年度、農業支援AI/SaaSの活用により、「J-クレジット」の申請手続きが簡素化される機能をリリースする。

- ・令和6年度～徳島県美馬市地域を「スマート稲作のモデル地域」とするため、国・県・市の支援を得て、農業支援AI/SaaSの利用水田領域を拡大していく。

- ・農業DXの取り組み先進事例として、DX関連セミナー、農業DX関連セミナー等に積極的に参加し講演する。

- ・令和6年3月末までに、事業化プランを完成させる。

まずは、「稲作支援SaaS」を商品(正式サービス名)として、詳細なサービス内容、料金等のコンテンツを弊社のホームページに掲載する。すでに、各ビジネスプロデューサーとともに「稲作支援SaaS」の提案活動のためのリーフレット、標準提案書、デモコンテンツは完成させている。

関連する研究への貢献について

- ・日本全国各地域にすでに蓄積されている農業技術や知見を活用して、農業を支援できるLLMの開発を検討する。この生成AIと、本研究開発成果物である農業支援AI/SaaSがAPI連携させることにより、精度の高い農作業の自動化を可能にする。

- ・「研究開発項目1-3 上空画像による窒素や生育むら等の状況を判定するAI機能を開発」、「研究開発項目2-3 稲作時のリスクを削減し、高品質米の安定収穫を可能にする稲作ナレッジの整備開発の支援」の研究開発成果を活用することにより、作物の収穫量や品質の低下をくいとめるための、広範囲における専門家による成育改善アドバイスや支援が可能になる。本技術により、温暖化や自然災害による地域農業へのリスク削減、地域農業の作物収穫量や品質向上に寄与できる。

国民生活に対する効果

- ・農業支援AI/SaaSの普及により稲作の作付け圃場、面積数が拡大し、国内の米の生産高が大幅に拡大し自給率も上がり、品質の高い日本米の輸出ビジネスも拡大する。農業GDPが拡大する。

- ・農業支援AI/SaaSが普及することにより稲作の作付け圃場、面積数が拡大し、国内の休耕地・耕作放棄地の面積が縮小し、環境も改善する。

- ・農業支援AI/SaaS利用による農業の自動化により、国内の人口減少のなかでも農作物の生産量を増やすことができる。

新たな研究開発への展開

- ・衛星画像解析を利用した水田の水位の計測を可能にし、この水位計測データベースと、農業支援AI/SaaSを連動させる。

- ・日本全国各地域に蓄積されている農業技術や知見を活用して、農業技術に特化したLLMを開発する。この生成AI技術と、本研究開発成果物である農業支援AI/SaaSがAPI連携することにより、例えば、「栽培品種」「移植日」「栽培地域」「栽培圃場の特性情報」を入力すれば、最適な「水位レシビ(計画)」が自動作成され、農業支援SaaSはこの水位レシビをもとに自動で水門を開閉し制度の高い無人水管理をおこなうことができる。

上記以外の副次的な波及効果の状況

この農業支援AI/SaaSによる無人水管理技術により、中干期間の自動延長により、水田から発生する温室効果ガス「メタンガス」の削減が可能となる。地球規模でこの農業支援AI/SaaSが普及させることができれば削減効果は莫大なものになる。