

令和 5 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の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」等の作業を自動化させ削減する。農業業務をスマート化し、収益向上も可能にする農業 DX を実証することが本研究開発の目的である。

【本研究開発の成果となる農業 DX の効果】

・本研究で開発する深層学習継続型の農業支援 AI を核にして、農業支援 SaaS、水門バルブ自動開閉システム、ドローン自動飛行システムが連動し、農業における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農業従事者が全く農作業を行わない非常に生産性・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、自動収集した栽培環境データ、生育データを農業支援 AI と SaaS が常時モニタリングし分析し自動化することにより、排出されるメタンや一酸化二窒素の温室効果ガス排出量を最小化す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

・本研究開発で整備、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 が圃場農業がかかえる自然リスク（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

・農業支援 SaaS が、毎日生育画像付きの栽培記録を自動作成  
作物の栽培トレーサビリティを自動化

【効果】高機能な自動トレーサビリティにより栽培作物の付加価値を創造する

(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5年度までの総額 15百万円（令和5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・分けつ数・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	0	0
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	13	7
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	1	1
	展示会	2	2
	受賞・表彰	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目 1 深層学習継続型農業支援 AI の研究開発

下記機能を持つ深層学習継続型農業支援 AI の設計、開発を完了して、令和5年の稲作実証において性能ならびに効果を評価し成果を確認できた。

- ・生育ステージを自動で判定する機能（特に「出穂時」と「収穫時」の判定精度を高めた）
- ・「草丈」、「分けつ数」を自動で判定する機能
- ・上空画像より生育状況を自動で判定する機能

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、稼働ならびに保守を可能にするクラウド基盤の設計を令和4年12月末に

完了させ、令和5年3月に農業支援 AI ならびに農業支援 SaaS の開発、稼働ならびに保守のための基盤の構築を完了した。現在、農業支援 AI ならびに 農業支援 SaaS が稼働する農業 DX 用サービス基盤を運用管理している。

#### 1-2 草丈・分けつ数・出穂時を判定する AI 機能を開発

スマートホンの画像から水稻の草丈の推定値と実測値の相関が 0.9 を超える AI を作成できた。また出穂について、画像の分割技術を用い、出穂期の検出率を大幅に向上させた。

#### 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

上空画像から水稻の植生指数 (NDVI) を得るための、ドローン空撮条件及び画像解析条件を明らかにした。画像解析から得られた NDVI と生育量 (窒素吸収量)、収量に高い相関があることを確認した。また成熟期の窒素吸収量、収量、品質 (玄米タンパク質含有率) の関係から理想的な窒素吸収量を明らかにした。

#### 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

スマートホンで AI 用画像を撮影し、アノテーションを付与し再学習を行った。定点カメラの画像では学習用画像を撮影できなかったため明瞭な画像を撮影できるシステムを開発した。

#### 1-5 教師データ自動作成自動取込みシステムの開発

令和5年度に教師データを自動作成し AI 学習用インプットデータとして指定領域に送信するシステムの運用を開始している。

### 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年度の稲作作業での効果検証が可能になるよう令和5年5月までに農業支援 SaaS の実証版を完成させた。令和5年9月末までに農業支援 SaaS に新機能の追加開発を実施した。新機能によりエッジ AI が判定した「草丈」「分けつ数」がポータル上にリアルタイムで自動表示されるようになった。作物生育記録(トレーサビリティ)自動作成機能も稼働した。

#### 2-1 地域 LoRaWAN 基盤の整備と運用

令和5年度の稲作で農業支援 AI と SaaS の効果を検証するため 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・稼働基盤、農業支援 AI の開発・稼働基盤そして API 基盤の構築作業を完了させサービスを開始した。

#### 2-2 実証圃場の IoT&通信基盤整備

令和5年度に徳島県内の 11 ケ所の実水田圃場において、研究開発した農業支援 AI と農業支援 SaaS を稼働させて効果実証を行った。

#### 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

温度データ及び日長から生育ステージを推定するモデルをベイズ最適化によりパラメータを推定した。本年度の温度データをモデルにあてはめたところ、1 日程度の誤差で出穂を判定することに成功した。

#### 2-4 稲作用ナレッジシステム整備開発

栽培用ナレッジシステムの設計を完了し農業支援 SaaS に栽培ナレッジシステムを実装した。気温データ、日長、ステージ判定パラメータ、AI 解析により、生育ステージを判定す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

ナレッジシステムを活用して作物栽培者への作業提案、警告や、わかりやすいアドバイスを可能にする栽培者向け自動アドバイスシステムの設計開発を完了させた。LINE を用いて圃場の管理者にアラートを自動で送る機能も開発した。

### 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、全作業の約 45%部分の作業を自動化するためのシステムの設計を完了した。実圃場で稼働する実証用試作システムの開発も完了した。徳島県美馬市内の 2 箇所の実圃場で令和5年度の稲作で稼働させて自動化性能を評価した。

### 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システムの制御により水門バルブを自動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を開発し令和 5 年度の稲作で稼働試験を完了した。農業支援 SaaS の機能により水田の無人水管理が可能になった。

### 3-2 追肥農薬散布ドローン自動飛行システム開発

水稻の生育診断のための空撮や解析条件について同じイネ科であるソルガムを用いて検討し、生育むらを明確に判別できる条件を明らかにした。

また、水稻（あきさかり）の目標収量を 600kg/10a 以上、玄米蛋白質含量 7%以下とした場合の最適窒素吸収量の範囲を明らかにした。

## (8) 今後の研究開発計画

令和 5 年度の実水田圃場 11 箇所の実証により得られた課題や改善の必要な項目について解決策を検討し令和 6 年度の 2 回目の実証でより大きな成果を示せるようにしたい。

### 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 年度の実証で使用したカメラ装置の解像度や性能の原因により、AI の機能が十分に引き出なかった。原因を分析し使用するカメラ装置候補を Raspberry Pie 用 Camera Module V3 に変更した。令和 6 年度の実証でこの Camera Module V3 を生育画像収集システムに採用し、深層学習継続型農業支援 AI と連動させ AI の性能を確実に発揮させることのできる生育画像撮影システムの改修作業を実施し性能向上を確認する。

#### 1-1 農業支援 AI 開発・稼働基盤の構築と運用

令和 6 年度の 2 回目の実証では全国規模の実圃場での農業 DX 実証を成功裡に完了させるため、サービス基盤の安定稼働と監視を強化のためシステム基盤のチューニングやセキュリティ対策作業を実施する。

#### 1-2 草丈・分けつ数・出穂時を判定する AI 機能を開発計画

水稻の画像を撮影し、画面上の基準から水稻の草丈及び株の大きさを推定するとともに画像から穂を検出することで出穂期を特定する。本年度は、令和 5 年度に改良した光条件の変化に強いオートフォーカスカメラシステムを用い画像データを蓄積し現地試験の結果とあわせ AI の再訓練を行う。

#### 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

ドローンを用いた生育診断や追肥量算定システムの構築につなげるため、グラデーショ施肥により人為的に生育むらを作出した圃場を用い、投入窒素量、NDVI および収量、品質等との相関を調べる。得られた相関式から目標収量等に対応した生育診断指標および追肥量算出式を作成する。

#### 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

定点カメラの画像を用い、自動で教師画像を収集し、データ数を増大させ、様々な条件において安定してより高精度に画像データを判別できるモデルを改善する。改良したカメラシステムの有効性を検証する。

#### 1-5 教師データ自動作成自動取込みシステムの開発

今後の計画として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にするシステムを運用するとともにシステムの改良作業を継続する。

### 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 年度の実証圃場の稲作作業で農業支援 SaaS の性能や効果を検証した。明確になった課題点を解決するための改良作業を実施する。令和 6 年度の実圃場での実証のために令和 6 年 5 月頃までに農業支援 SaaS の改良版を完成させる。

#### 2-1 地域 LoRaWAN 基盤の整備と運用

令和 6 年度は、徳島県以外で長野県の圃場 4 箇所で実証を予定している。このため長野県内 2

箇所を LoRaWAN ゲートウェイ装置を新たに設置する。農業支援 AI、農業支援 SaaS の全国へのサービス提供を可能にするための布石を確立する。

#### 2-2 実証圃場の IoT&通信基盤整備

令和 6 年度の実証圃場 14 箇所を決定した。令和 6 年度は徳島県内に加えて今後のビジネス展開の布石として長野県内 4 箇所の圃場で実証を実施することも決定した。令和 6 年 5 月末までに本年度の実証に必要な圃場用各 IoT 機器の製作と稼働試験を完成させる。

#### 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

バイズ最適化等の手法を用い、温度データ等と生育ステージの関連を紐付けし、R5 年度のデータを加え再調整したモデルの有効性を検証する。

#### 2-4. 稲作用ナレッジシステム整備開発

令和 6 年度は新たに長野県の 4 箇所の水田圃場で実証を行う予定である。長野県 4 箇所の圃場で栽培する稲の品種は「コシヒカリ」であるため、徳島県立農林水産総合技術支援センターの支援を得て、稲作栽培用のナレッジの調査、研究を実施し、農業支援 AI と SaaS に「コシヒカリ」品種にも対応できるモデルやナレッジを追加装備する。積算温度による生育ステージの判定機能にも「コシヒカリ」バージョンを追加実装する。

#### 2-5 栽培者向け自動アドバイスシステム開発

令和 6 年度にさらに優先の高いアドバイス内容を数種追加選定して、SNS で稼働できるようなシステムに改良を加える。

WAGRI 農研機構の栽培管理支援情報と API 連携し栽培環境で発生するリスク情報を栽培管理者に PUSH 通知が届くようにする。

### 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

令和 5 年度の実証で明確になった下記課題を解決し、令和 6 年度の実証で改善の効果を確認する。

●きめ細かな「中干」「かけ流し」「間断灌水」を可能にする水位自動制御管理システムの水管理精度の向上

●水門バルブ自動制御システムによる自動(無人)水管理により「中干し延べ期間」を自動で 7 日間以上延長し Jクレジットの申請を可能にする

●Jクレジット申請のために必要な申請書書類の自動作成機能の追加

#### 3-1 水門バルブ自動制御システム開発

水門バルブ自動制御システムに下記機能を追加改良し商用サービス化を確実にする。

(1)きめ細かな「中干」「かけ流し」「間断灌水」を可能にする水位レシピ制作方法的確立

(2)「中干し延べ期間」を自動で 7 日間以上延長し、Jクレジットの申請の要件を満たす機能

(3)長野県における水田圃場実証のため、新たにゲート式の自動水門開閉装置を農業支援 SaaS でサポートし、長野県圃場 3 箇所の実証において無人水管理を成功させる

#### 3-2 追肥農薬散布ドローン自動飛行システム開発

上空画像による窒素や生育むら等の状況を判定できる AI による NDVI 解析分析によって追肥散布の必要な箇所を解析することが可能になった。解析したデータをドローンの自動飛行システムに連携させて、令和 6 年度の稲作実証の圃場においてドローンによる自動散布を実証させ効果を検証する。