

研究成果報告書

研究開発課題名	広域大区画農地の水稻生産における ICT 利用自動化システムの開発
研究総括者	株式会社オネスト スマートアグリ部 森本 透
研究開発組合	株式会社オネスト 有限会社 KESAJIN
試験研究機関	国立大学法人九州大学農学研究院 環境農学部門 岡安崇史 准教授

1 事業の実施内容

1. 1 事業の背景及び目的

従来の農業においては、農業機械の技術の著しい進歩によって農作業の自動化が促進されてきた。今回研究開発を実施した技術は、対象となる研究開発課題のうち「ア 農地の大区画化・汎用化に資する技術」のなかで「① 農地の大区画化等に資する情報化施工技術の開発」である。

具体的には「920MHz 無線帯を利用した広域遠隔環境管理システムの実現」「広域大区画農地の水稻生産における効率的な自動環境管理システム」である。日本が国際的競争力を有するユビキタスネットワーク技術と、新規開発の自動環境管理システムを組み合わせることにより農作物生産の省力化、高品質化、環境負荷の低減等を実現すること、およびこの技術の啓発普及を行うことにより農業農村整備事業を一層効率的に推進することを目的とする。

日本の農業においては、他国との競争力強化のため、農業生産の大規模化、省力化は不可欠である。加えて、耕作放棄地の管理・再利用の加速化、飛び地となっている圃場の管理の具体化等、急務な課題が散在している。これらの実現には、農地情報の連続リアルタイム計測とこれらの情報に基づく緻密な圃場管理技術の開発が必要となる。今回開発したモニタリング装置は、従来の計測装置に比べて、省電力で長距離伝送可能な 920MHz 帯を利用することで、大区画圃場でも十分な性能を発揮し得る。また、今回は水稻生産における水管理の自動化等の環境制御機能も実装し、その効果を確認した。本制御機能は、水田フル活用事業による水田の多面的利用の場合でも、圃場灌水制御等への流用が可能である。

① 現場レベルでの IT 活用の実際

表 1 は、農林水産省が調査し、その結果をまとめた平成 24 年度の「IT 活用により農林水産業の効率化、生産性の向上、農山漁村の活性化等を実現（可能と）している IT 導入者の事例」である。

都道府県	取組名	取組主体
茨城	フィールドサーバ，経営・圃場管理ソフト等を連携させた総合的 経営管理	横田農場
埼玉	携帯電話のカメラを利用した見回り情報登録システム	イオンアグリ創造株式会社松伏農場
神奈川	センサネットワークによる「農場の見える化」とその応用としての「遠隔操作」の効果検証	明治大学黒川農場
山梨	ブドウ生産における IT システムの構築	奥野田葡萄酒醸造株式会社
山梨	スイートコーン栽培における IT システムの構築	西八代郡農業協同組合
静岡	メロン栽培におけるセンサの活用検証	名倉メロン農場
新潟	航空マップを利用した圃場管理・栽培履歴管理システム	そうえん農場，農事組合法人ナルミ農産，石井農園
滋賀	直売所における POS レジシステム，トレーサビリティ・システムの導入	株式会社びわこだいなか愛菜館
滋賀	稲作における IT システムの構築	有限会社フクハラファーム
和歌山	みかん生産における IT システムの構築	株式会社早和果樹園
岡山	酪農における遠隔監視システム	妹尾牧場
福岡	フィールドモニタリング装置を用いた水稻の肥培管理、収穫日予測	粕屋農協
大分	イチゴ栽培における IT を活用したハウス環境計測	株式会社アクトいちごファーム
大分	トマト栽培における栽培環境の自動制御システム	株式会社サニープレイスファーム

表 1 農山漁村における IT 活用事例(平成 24 年度) 出典：農林水産省

この導入事例では、施設園芸のセンサによる環境管理や作業管理、流通支援等の IT による支援が中心となっている。わが国の農業生産額の約半分を占める稲作における IT 支援の事例は、茨城県の横田農場、滋賀県のフクハラファーム、福岡県の JA 粕屋等のいくつかの事例のみであり、その内容は日々の作業実績や使用資材、スマートフォンで撮影したデータをデータセンタに蓄積し、人材の育成に役立てるものとなっている。

近年、農業従事者の高齢化や人手不足問題、TPP により海外産の安い米が大量に輸入されることも想定されることから、水稻栽培においても競争力のある米を作れるような仕組みが求められている。

② 水稻生産における ICT 利活用の可能性

このような水稻生産における状況を改善するために、農業自動化機械の導入や品種改良など様々な方法が取り入れられてきた。しかしながら、従来の栽培方法や流通方法では、利益を得ることが困難になってきており、水稻以外の農作物への転換や、農業からの撤退により、耕作放棄地がますます増える傾向がみられる。同時に、農業従事者の減少から、大規模な水稻栽培を少人数で効率的に実施する方法が求められている。

本提案では、従来技術では実現できなかった以下の方法を開発する。

・数ヘクタール以上の広域かつ大区画水田の環境管理に資する、低価格で実用的な無線ネットワーク網を活用した環境管理システムを開発する。

「920MHz 無線帯を利用した広域遠隔環境管理システムの実現」

・水田をセンサネットワークで管理する手法、データに基づいて管理を行うための水稻栽培用センサの検討とそのデータ利用方法を開発する。

「広域大区画農地の水稻生産における効率的な自動環境管理システム」

1. 2 事業の内容及び実施方法

(1) 920MHz 無線帯を利用した広域遠隔環境管理システムの開発

(2) 広域大区画農地の水稻生産における効率的な自動環境管理システムの開発

(3) 実証試験：

上記研究開発されたシステムを鹿児島県始良市の水稻栽培区画において実証試験を行った。

(無線伝播測定試験は、新潟市で実施。)

1. 3 事業着手時に想定した技術的問題点への対応

技術的問題点	対応
センサネットワークを利用し、数ヘクタール以上の面積をカバーするためには、非常にたくさんの中継局や電源設備、配線等が必要になり、物理的にもコスト的にも実用には適さない。	本提案では、最近利用できるようになった 920MHz 無線帯を利用して無線センサネットワークを実現する。従来利用可能であった Wi-Fi (無線 LAN)や ZigBee(省電力無線 LAN)では、無線ノード間の通信距離が、数十mから百m程度であり、数ヘクタール以上の広域をカバーするためには、非常にたくさんの中継局を設置する必要があるが、920MHz を使った通信システムでは、ZigBee と同程度の送信出力でも 1km 程度の通信距離が確保できるために、現実的な設置台数で、広域をカバーするセンサネットワークを実現することができる。

1. 4 事業の実施体制

(1) 研究開発組合内の役割分担

研究開発の項目	事業実施主体（新技術研究開発組合）		試験研究機関
	株式会社オネスト	KESAJIN	九州大学
センサネットワーク	◎	○	○
自動環境管理システム	◎	○	○
実証実験	○	◎	○

(2) 試験研究機関と研究開発組合の役割分担

本事業において九州大学は、広域大区画農地の水稻生産における ICT 利用自動化システムの開発において、農業生産の諸過程の機械化・装置化を軸とした生産性の向上と高品質化に関する研究を推進する立場から、本事業への連携を希望している。本事業の開発・実証実験において効率的な農業生産を実現するにあたり、事業実施主体を指導することとした。

1. 5 事業の年度計画と実績

項 目	平成 26 年度		平成 27 年度		平成 28 年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期
センサネットワークの研究開発						
自動環境管理システムの研究開発						
実証試験						

注)  は計画、 は実績。

1. 6 研究開発の概要、結果、課題等

(1) センサネットワークの研究開発

センサネットワーク機器として、施設園芸用に開発されたスマートノード2を利用した。本製品は、通信規格として Wi-Fi モジュールを搭載しているが、920MHz 帯無線モジュールに利用し、最大 1km 程度の通信距離を確保することで、現実的な設置台数で広域をカバーするセンサネットワークを実現した。

なお、本製品は水位調整装置(田門)の状態監視（開閉状況）、自動制御および遠隔操作を実現するため、外部入力スイッチを有している。

スマートノード2仕様	
外形	高さ 250 × 幅 100 × 奥行き 55 (mm) 防塵・防水 (IP54 相当)
重さ	約 600g (乾電池含まず)
電源	単三乾電池 4 本
電池寿命	10 分毎のデータ計測間隔で約 3 ヶ月
動作温度範囲	0～50℃
標準組込センサ	温度：-10～60℃ 相対湿度：0～100% 照度 0～10 万 lx
追加可能センサ (オプション)	水分、EC、土壌温度センサ、水位センサ、気象センサ
外部スイッチ入力	最大 8 チャンネル
外部機器制御	コントローラ経由で 8 チャンネル
無線通信規格	920MHz 帯無線
無線通信距離	見通しの良い場所で約 1km



図1 スマートノード2外観

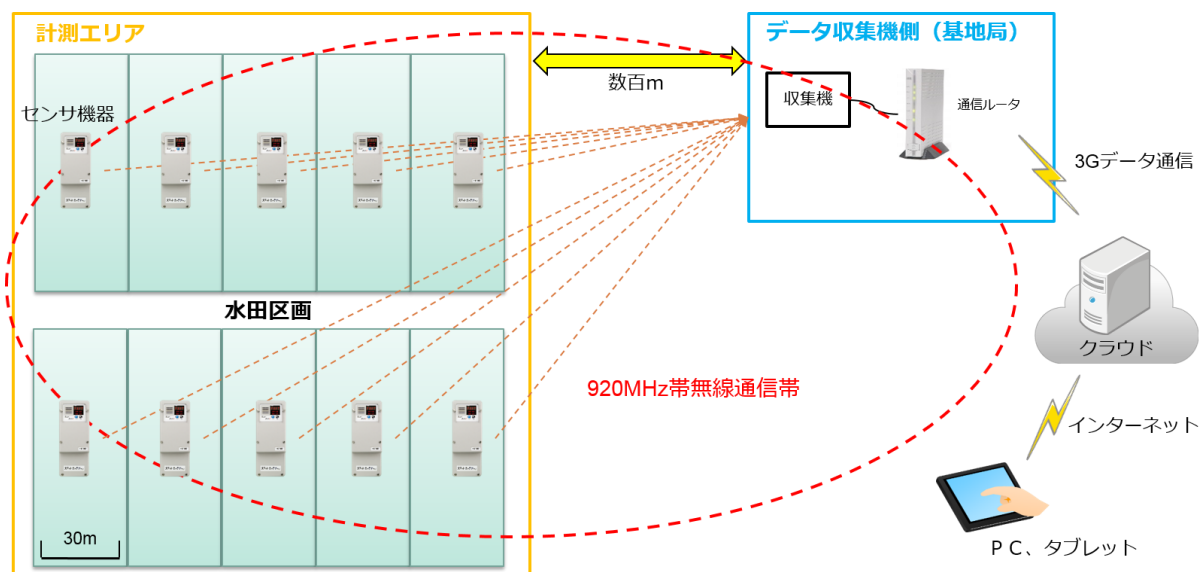


図2 センサネットワーク概要

計測エリア（各センサ計測機器）から数百 m 離れた地点（メーカー推奨：最大 1km 程度）にデータ収集機を設置した。無線通信により収集したデータは、NTT 通信回線を利用してクラウドサーバに吸い上げ、データの利活用を実施する。なお、本製品から収集したデータは、パソコン、タブレット端末、スマートフォンを使っていつでもどこでも計測結果を閲覧することが可能である。

結果：実証実験中において異常なく動作した（詳細は後述）。

ただし、実証試験段階で 10 分毎の計測において電池寿命が 1 ヶ月程度であったことから、主に通信処理プログラムの見直しを実施した機能強化試験を行い、約 3 ヶ月程度まで電池寿命の延命を達成した。

課題：電池寿命の延命を行ったが、それでも 1 シーズン（約半年程度）電池交換なしで稼動できるところまで（1、2 回の交換は必要）とはならなかったため、より一層の省電力化が求められる。

ただし、本試験では 10 分ごとの計測であったが、現場生産者の声を聞くと、1 時間に 1 回程度の計測データ（6 分の 1）で十分との意見が多かった。この場合は、電池負荷がかなり軽減されるため 1 シーズン電池交換なしでの稼動が可能となるため、実運用にて大きな問題とはならない。また、電池交換についても、現場での作業が可能である。

なお、水位調整装置(田門)に接続するスマートノード2は、常時監視が必要となり、電池駆動では適さないためソーラ発電システムを利用する。この場合、システム故障時の対応などを考慮し、日照時間が最大 1 週間程度なくても常時稼動するだけのバッテリーを実装する必要がある。実証試験では、日照不足などにより最大 7 日間ソーラパネルからの発電がない場合でも、常時稼動するバッテリーと、1 日で 2 日間稼動できるだけの発電容量があるソーラパネルを使用したところ、電源切れによる障害は一度も発生しなかった。

しかしながら、これだけの容量を確保するためには、相応の大きさのバッテリーを用意する必要がある。実証期間中は、水田内に設置場所を確保（P15 図 14 参照）したが、実運用となると設置作業の負荷および栽培作業の邪魔になる恐れがあり、あまり現実的とは言えないため、設置機器の小型化が大きな課題となる。

（参考）大区画用のセンサネットワークの使用機器配置比較と導入コスト例

従来技術である Wi-Fi ネットワークを利用しても数百 m 以上のセンサネットワークを実現できるが、大区画ネットワークを構築する場合、データ中継機器を多数設置する必要があり、初期導入コストが増大してしまう。この点、直径数キロオダのネットワークを容易に構築できる 920MHz 帯無線ネットワークを利用することにより、現実的な導入コストでのシステム提供が可能となる。

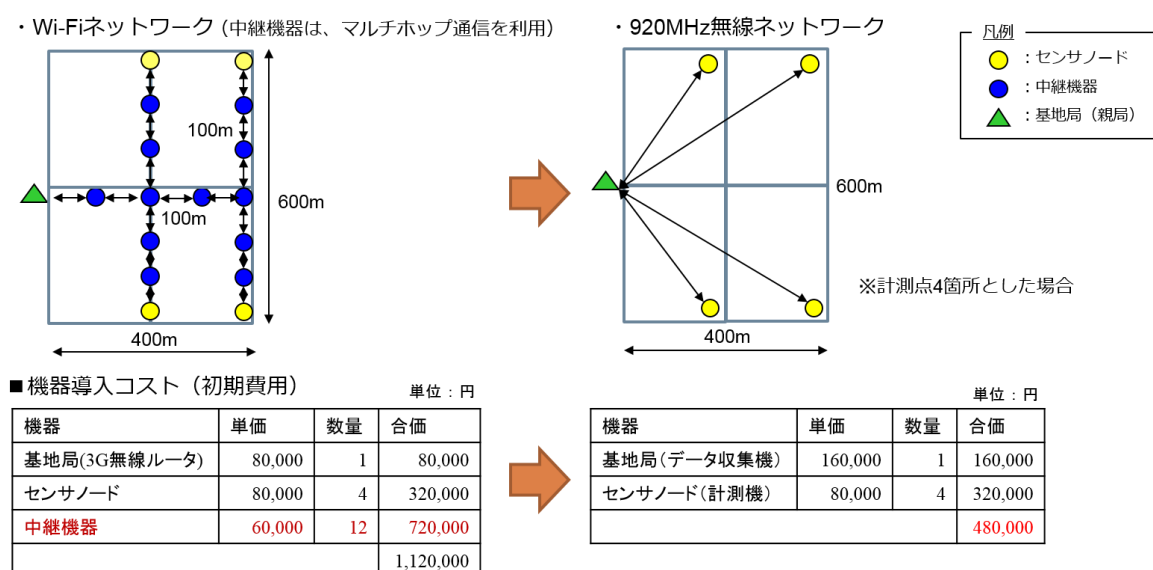


図3 使用機器配置比較と導入コスト例

（2）自動環境管理システムの研究開発

環境データの閲覧、水位自動制御および遠隔操作を実現するために、クラウドサーバ上で稼働する管理アプリケーション「スマートガーデナー」を活用した。

スマートガーデナーは、主に施設園芸向けの環境モニタリングおよび制御機器の遠隔操作アプリケーションであり、本事業にて、水稻栽培向け環境管理システム用に改修を行った。

スマートガーデナーサーバ仕様	
OS	Linux（CentOS）
開発言語	Java
DB	PostgreSQL
WEB サーバ	Apache

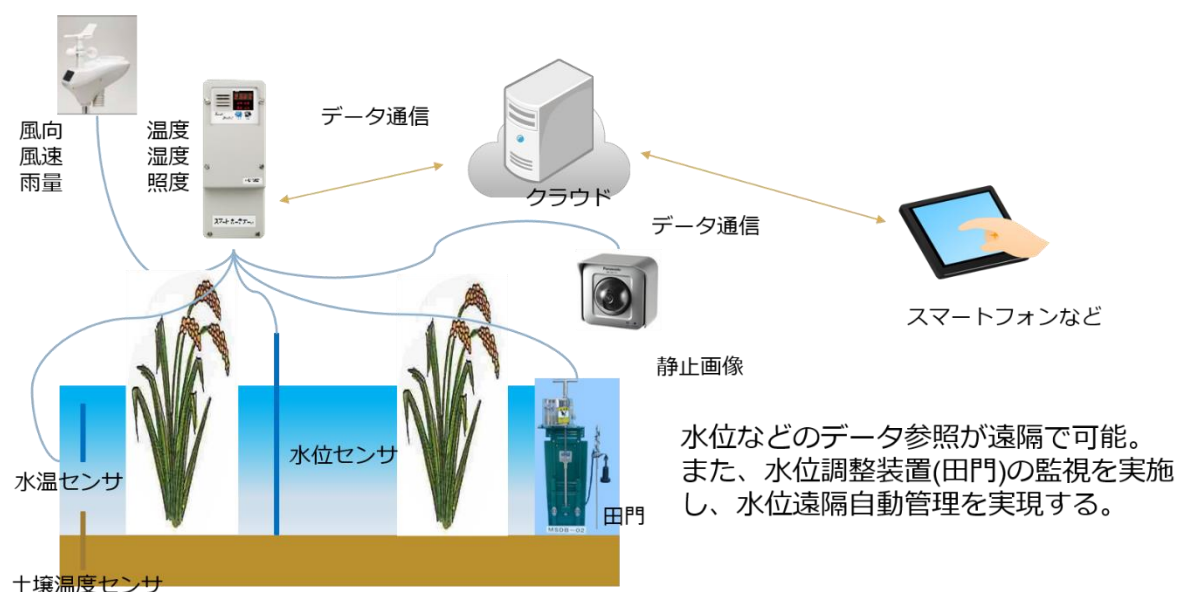


図4 システム概要

・環境データの閲覧

圃場の環境把握のため以下のデータを取得した。

- ・圃場条件（土壌温度、EC、水分、水位）
- ・気象条件（温度、湿度、湿度飽差、日射、風向、風速、雨量、紫外線量）
- ・画像（圃場静止画※1時間ごと）

10分ごとの計測で、利用者はその場にいなくてもパソコン、スマートフォンなどから常時データを閲覧できるようにした。また、分析機能として1日のグラフ表示によるデータ履歴、日付指定による積算データの閲覧機能を実装した。

グラフ

詳細情報

積算情報

2016年08月06日(土) 07時50分

<<1日

<<1時間

<<10分

現在時刻

10分>>

1時間>>

1日>>

日付指定

ソテリ電圧 (V)	土壌温度 (℃)	EC (dS/m)	土壌水分 (%)	温度 (℃)	水位/HM-900 (cm)	水位/ASZ-M0917 (cm)
27.0	0.14	37.2	27.2			
27.1	0.14	43.8	27.4	---	10.15	
26.4	0.19	31.4	27.1			
27.1	0.16	39.5	26.9			
26.9	0.12	44.2	27.2	---	11.85	
26.4	0.23	0.0	26.5			

制御情報

WEBカメラ

出力

環境設定

図5 閲覧時のデータ（水温等 10分ごとの環境データ）

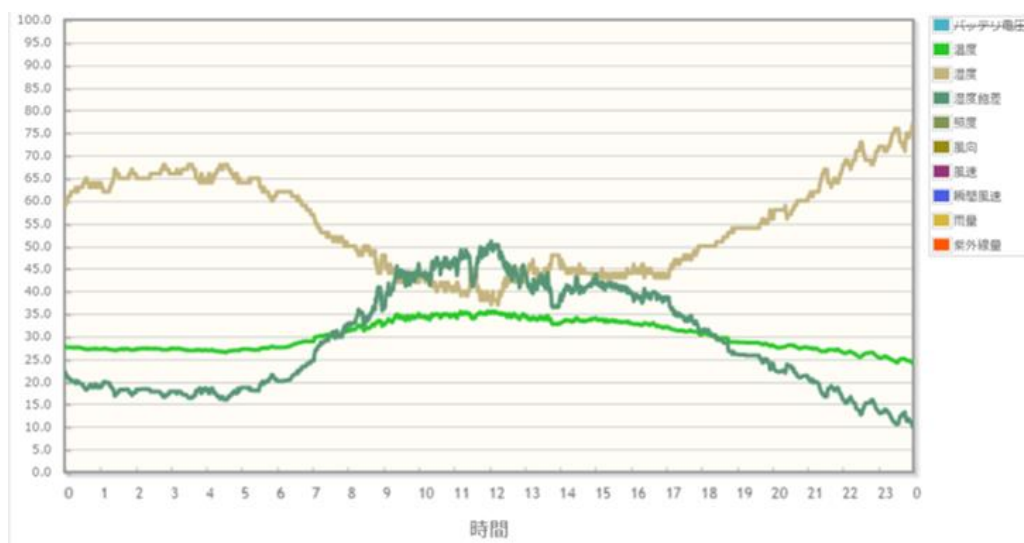


図6 1日の環境グラフ

グラフ

詳細情報

積算情報

積算期間1

日付指定

クリア

2015/09/15 ~ 2015/10/05

積算期間2

日付指定

クリア

～

積算情報出力

積算期間3

日付指定

クリア

～

ノードID	積算期間	積算日数(日)	積算気温(℃)	積算湿度(hx)	日平均気温(℃)	日平均湿度(hx)
SN11	2015/09/15	21	438.6	64000	20.9	3048
	2015/10/05					
SN12	2015/09/15	21	450.3	55200	21.4	2629
	2015/10/05					
SN13	2015/09/15	21	433.9	45120	20.7	2149
	2015/10/05					

図7 積算データ



図8 静止画像（概況）

※静止画像は、Web カメラからデータ収集器(スマートノード)に画像を取り込み基地局へ送信した。920MHz 無線通信規約 (802.15.4g、ARIB STD-T108) により、時間単位に送信できるデータ容量に制限があるため、ファイルサイズを 30KB 程度(640x480 ピクセルの解像度)の画像データを転送した。

・水位調整装置（田門）の監視と水位遠隔自動操作

水位センサを活用した水位自動計測による水位調整として、下限水位を下回ると田門ゲートを開け、上限水位を上回るとゲートを閉じる水位調整機能を実装した。上限水位と下限水位は、管理アプリケーションで生産者が自由に設定（0cm～12cm間で1cm刻みの設定）できることとした。なお、実際にゲートを開閉するタイミングは設定水位よりも0.5ミリ以上開きがあった場合とした。また、一度下限水位を下回ってゲートが開くと、上限水位になるまでゲートは閉じないこととし、水面の揺れによる水位のバラつきに対して、不必要なゲートの開閉を防止することで、電力消費と用水の無駄使いを抑制した。さらに、生産者が現地まで行かなくてもスマートフォンなどからゲートの開閉を遠隔操作できる機能を提供するとともに、水位低下時のアラーム通知メール機能を実装した。水位管理においては、従来のフロート制御による水位監視ではなく、水位センサ計測による緻密な監視のもと自動調整および遠隔操作を実施することで、毎日の見回りや水管理にかかる作業時間を大きく削減（画面操作・確認程度）する効果があった（後述）。

制御対象

施設名

田門制御

制御機器

田門 1

動作条件

制御方法

計測値

優先順位

1

制御期間

00 : 00 ~ 00 : 00

条件1

【田門 1】 SN11 の 水位 が 3 cm 以下 ↓ で制御開始

(10 cm 以上 ↑ で制御終了)

削除

AND 条件を追加

例：

水位が 3cm 以下になると制御開始（ゲート開ける）となり、
水位が 10cm 以上になると制御終了（ゲート閉じる）。
一度ゲートが開いた後は、終了条件（水位 10cm 以上）になるまでゲートは開いたままとなる。

制御状態：07時24分 現在 更新

田門制御

No.	制御機器	モード				状態
1	田門 1	開ける	閉める	停止	自動	停止 (手動)
2	田門 2	開ける	閉める	停止	自動	停止 (手動)
3	田門 3	開ける	閉める	停止	自動	停止 (手動)

図 9 田門自動制御設定および遠隔制御画面

【水位注意】スマートガーデナーよりメッセージ



図 1 0 水位注意アラート通知メール

☒ このノードの環境データを使用する。

データ項目	基準値指定		計測通知時間	
温度	☒ 35 °C	以上 ▼	00:00 ▼	~ 24:00 ▼
	☐ °C	以上 ▼	設定しない ▼	~ 設定しない ▼
湿度	☐ %	以上 ▼	設定しない ▼	~ 設定しない ▼
	☐ %	以上 ▼	設定しない ▼	~ 設定しない ▼
湿度飽差	☐ g/m ³	以上 ▼	設定しない ▼	~ 設定しない ▼
	☐ g/m ³	以上 ▼	設定しない ▼	~ 設定しない ▼

図 1 1 環境異常通知設定画面

※水位だけでなく、取得する環境データはすべてあらかじめ閾値を設定しておくことで、アラート通知メールを受け取ることができる。

1. 7 実証試験（現場適用）の概要、結果、課題等

（1）無線センサネットワークの実証試験

広域大区画水稻栽培圃場におけるセンサネットワークの実験検証を実施した。

- ① 時期 平成 26 年 10 月～平成 28 年 12 月
- ② 場所 大楠農産 水稻圃場（鹿児島県始良市蒲生町）
※無線伝播距離測定試験は、新潟市で実施
- ③ 内容 水稻生産における広域大区画農地に 920MHz 帯無線センサネットワークを配置し、2.4GHz 帯無線通信(Wi-Fi)ではデータ収集困難な通信機器間 100m 以上の水稻圃場環境データの収集を実証検証する。

（2）自動環境管理システムの実証試験

自動環境管理システム有効性を検証するための実験検証を実施した。

- ① 時期 平成 26 年 10 月～平成 28 年 12 月
- ② 場所 大楠農産 水稻圃場（鹿児島県始良市蒲生町）
- ③ 内容 無線センサネットワークを利用して収集した水田水位計測値を、クラウドサーバにアップロードし、水位調整装置(田門)の自動遠隔機能の監視を実施する。

なお、上記実証試験期間中、開発する広域大区画用無線センサネットワークを活用して収集したデータは、NTT 通信回線を利用してクラウドサーバにアップロードし、データの利活用を行った。

（ア）無線センサネットワークの実証試験

920MHz 無線の電波伝搬測定試験を実施した。送受信機器間最大約 3km（障害物なし）までの測定試験を実施した結果、この間での通信が正常に行われること、受信電波強度（RSSI）が安定的に通信可能な値を確保していることを確認した。なお、本実証試験では、送受信機器間 300～500m 程度での運用とした。

【試験概要】

基地局がポーリングし、それを受信した子局から基地局へ返信する。一往復の通信が成功したかどうか、および通信成功時の親局から子局への通信パケットの RSSI 値（0-255）を記録する。

※参考：通信品質が安定して保たれる RSSI 値は、40-80 前後。基地局と子局を隣に置いた場合の RSSI 値は 80。

【結果】

機器間最大 3km 地点において、機器間 1km 前後と比較して通信品質および安定性は劣るものの送受信が可能であることを確認した。



図 1 2 920MHz 電波伝搬測定実施場所（新潟市水田地帯）

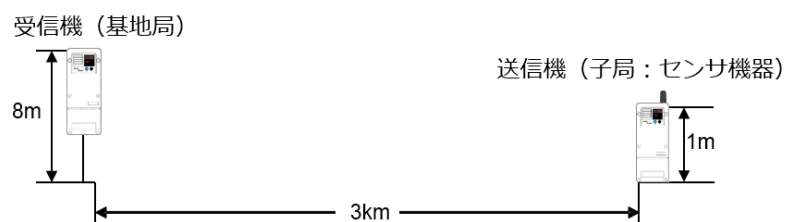


図 1 3 送受信機器設置高さ

表 2 通信距離別RSSI値測定結果

距離(m)	RSSI 値(試行回数:3 回)
100	79,77,79
300	77,74,78
500	60,61,57
1000	37,34,36
1800	9,11,13
3000	7,6,7

※メーカー推奨距離は、1km

(イ) 実証試験圃場

試験圃場は、鹿児島県始良市蒲生町米丸に位置する中山間地にある水田である。20a の水田 3 面で、取水口は下記図の上から下への中央の道にあり、排水口は取水口の長辺反対側にある。以下に示されている米丸地区全体図の黄色に塗られている部分が試験圃場の位置であり、水田 3 面にデータ計測器(子局: センサ機器)、水位自動調整装置(田門)を設置する。データ計測器で収集されるデータは、920MHz 帯無線を利用して、データ収集器(基地局)へ送信される。基地局は、図の左中央部赤丸で示された場所に設置した。データ計測器～データ収集器間は、およそ 500m ほどである。

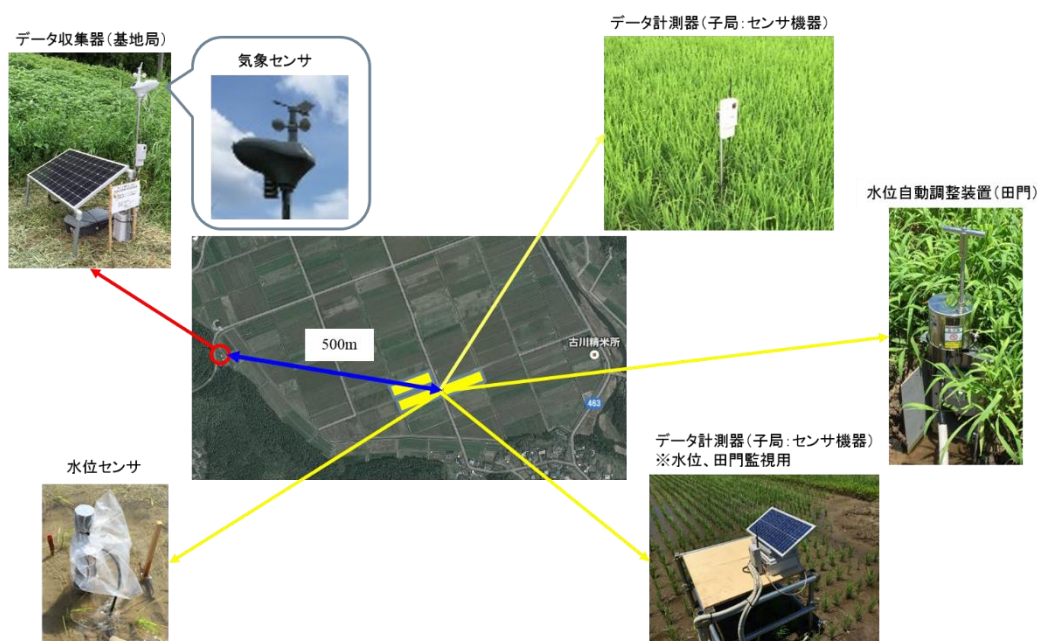


図 1 4 試験圃場全体図

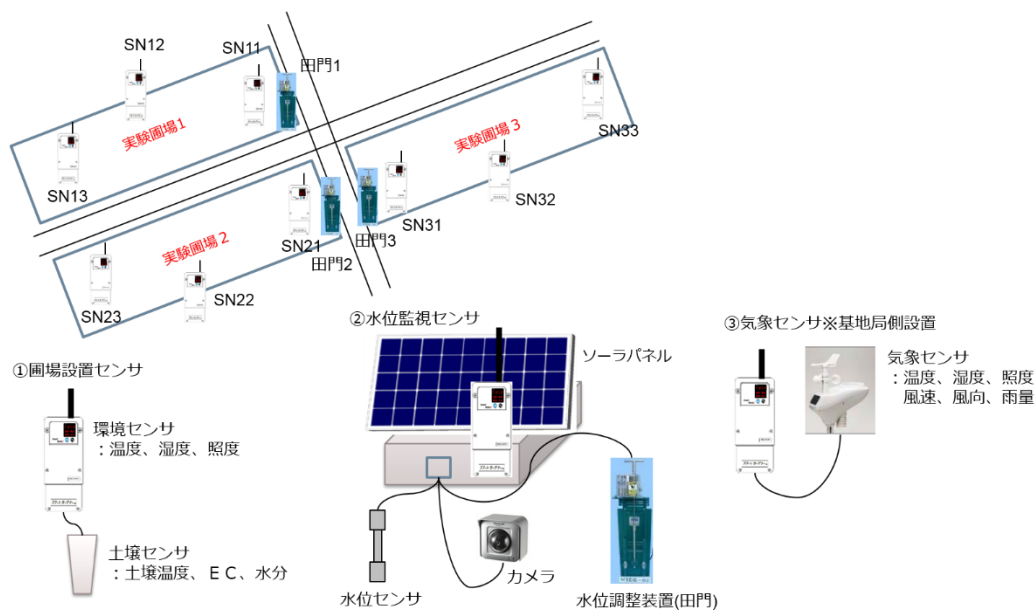


図 1 5 機器設置詳細

表 3 環境計測機器(子局)

	ノード	田門	測定項目	電源	測定間隔
1	SN11	○	温度、湿度、照度、水温、水分、ECセンサ、水位センサ	ソーラ電源	10分
2	SN12		温度、湿度、照度、水温、水分、ECセンサ	電池	10 分
3	SN13		温度、湿度、照度、水温、水分、ECセンサ	電池	10 分
4	SN21	○	温度、湿度、照度、水温、水分、ECセンサ、水位センサ	ソーラ電源	10 分
5	SN22		温度、湿度、照度、水温、水分、ECセンサ	電池	10 分
6	SN23		温度、湿度、照度、水温、水分、ECセンサ	電池	10 分
7	SN31	○	温度、湿度、照度、水温、水分、ECセンサ、水位センサ	ソーラ電源	10 分
8	SN32		温度、湿度、照度、水温、水分、ECセンサ	電池	10 分
9	SN33		温度、湿度、照度、水温、水分、ECセンサ	電池	10 分

(ウ) 苗床

苗床は、ハウスで苗箱において栽培する方式を大楠農産では採用している。苗床の写真を下図に示す。苗床の温度管理は重要であるため、苗床ハウスに環境計測機器を設置して、苗床の温度を記録できるようにした。



図 1 6 苗床ハウス

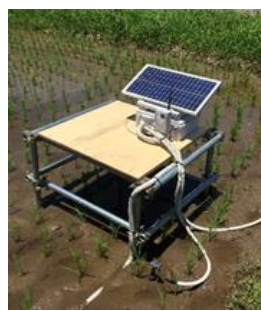
(エ) 機器設置写真



親局



田門



子局(田門)



子局(計測)

2 事業の成果

2. 1 成果の内容

(1) 農作業負荷の軽減

圃場の見回り作業においては、技術導入前は毎日朝夕の2回を基本にしていた。実証試験では、試験区とほぼ同等の区画を比較対象として、聞き取り調査による見回り時間と回数の差を集計した。圃場環境の遠隔監視および水位の自動調整を行うことにより、作業時間はおよそ5割程度、見回り回数についてはおよそ4割程度削減する結果となった。また、数日ではあるが現地見回りを実施しない日も作ることができた。労働時間に関してコスト換算すると、1haあたり労働費を田植えから稲刈り時期（新技術稼働期間：約6ヶ月）まで、およそ5万円程度削減できる効果となった。

農作業負荷を小さくすることにより、余った時間を有効活用することが可能となる。農業の競争力強化や従事者の確保が喫緊の課題となっていることから成長産業化として発展させる「6次産業化」への効果も期待できる。

※労働費は、最低賃金時間額(鹿児島県)715円（更新日：2016年10月3日）をもとに算出

表 対象区(試験区)と区外(比較区)における作業時間、労働費、見回り回数の比較

3箇所(0.5ha)						
	対象区			区外		
	実作業時間(h)	労働費(円)	回数(回)	実作業時間(h)	労働費(円)	回数(回)
7月	3.50	2503	14	5.00	3575	22
8月	9.00	6435	30	23.00	16445	62
9月	6.75	4826	34	15.00	10725	65
10月	8.75	6256	27	16.75	11976	51
11月	2.00	1430	8	2.50	1788	10
計	30.00	21450	113	62.25	44509	220

表 区画面積ごとの新技術導入コスト回収試算

区画面積	回収年数
0.5ha	10年
1ha	9年
3ha	3年
5ha	2年

※今回開発した、センサ機器の耐用年数を10年として試算

※実証試験区(0.5ha)に技術を導入した場合のコストは、およそ40万円

(2) 環境把握（データ自動計測）による栽培管理

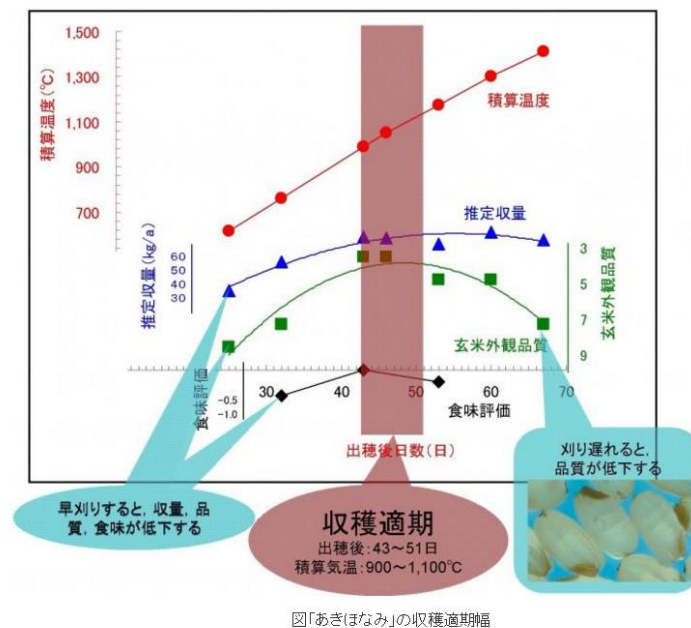
技術導入前においては、これまでの経験に基づき日数管理をベースとした収穫を実施していた。これに対し、圃場環境を自動計測することで、積算温度データに基づく緻密な栽培管理が可能となる。実証試験では、収穫適期は出穂後の日数と温度積算値から概ね推定できることを利用して収穫作業を実施した。圃場環境を常時把握することで、収量と品質を担保するとともに、水田ごとに収穫作業日の予定を計画することが可能となることから、大区画化に伴う収穫作業の増加や、山間地域の高齢化・人手不足による人材の確保の面でも環境データを活用していくことは有効である。また、これまでの暗黙知（匠の技）を形式知化（実際のデータとその利用）することにより農業技術を継承できる効果も生まれることから新技術の普及可能性は高い。

表 4 出穂後から収穫までの積算温度データ（抜粋）

日付	日平均温度	積算温度
2016/9/15	26	26.0
2016/9/16	23.7	49.7
2016/9/17	25.8	75.5
2016/9/18	23.1	98.6
...	...	...
2016/10/24	17.7	890.2
2016/10/25	18.9	909.1
2016/10/26	20.6	929.7
2016/10/27	19.2	948.9
2016/10/28	20.9	969.8
2016/10/29	19.3	989.1
2016/10/30	15.1	1004.2
2016/10/31	16.1	1020.3
2016/11/1	15	1035.3
2016/11/2	12.9	1048.2
2016/11/3	11.6	1059.8
2016/11/4	10.3	1070.1
2016/11/5	13.4	1083.5
2016/11/6	16.1	1099.6
2016/11/7	14	1113.6
2016/11/8	16.4	1130.0
2016/11/9	12.5	1142.5
2016/11/10	12.2	1154.7

収穫適期

収穫日



出展元：鹿児島県

<https://www.pref.kagoshima.jp/ag11/pop-tech/zenbu/0887.html>

2. 2 目標の達成度

(1) 成果から得られる効果

今回開発した技術を利用した ICT による栽培管理を導入することにより、以下のよう
な効果が期待できる。

- ・ 水稲圃場の正確な水位計測による自動計測および制御
- ・ 適期収穫による収量の安定、高品質化（積算温度の利用）
- ・ 見回り時間の短縮
- ・ 温度・湿度等のデータから病虫害の発生予測を行うための基礎データ収集
- ・ 暗黙知(匠の技)の形式知化(実際のデータとその利用方法)により農業技術の継承

(2) 従来技術との比較

1) 比較する従来技術

開発した技術	従来技術	従来技術に対する優位性
大区画向け 920MHz 無線モジュール搭載センサノード	フィールドサーバ（イーラボ・エクスペリエンス）	IEEE802.15.4 無線規格を採用。今回開発したセンサノード機能はフィールドサーバとほぼ同じで、価格は 1/2 以下。また、開発機は、水位調整機などの機械制御機構を搭載している。ただし、フィールドサーバでは、カメラ機能が標準装備されている。
	プロファイnder（誠和）	温度、湿度、照度、CO2 センサが標準で装備されている施設園芸用の環境測定装置。有線接続なので、配線工事が必要。また電源として 100V が必要なので、電源工事が必要。
	おんどとり（ティアンドディ）	データロガータイプなので、データを定期的に回収する作業が必要である。温度・湿度計測がメインであり、土壌センサなどは接続できない。

2) 類似技術に対する比較（優位性の考察）

・類似技術

PaddyWatch（水稻向け水管理支援システム：株式会社イーラボ・エクスペリエンス）

提供開始日：2016 年 4 月 15 日（金曜）

出典元：<https://field-server.jp/paddywatch/>

製品概要

高精度でモバイル通信対応型の多地点計測を可能とする製品です。水稻生産に重要な水位・水温を自動計測・蓄積を行ない、地上部の温度・湿度の変化も記録可能です。計測データは、本体部にある記憶装置に記録され、モバイル回線を通じて、インターネット経由で専用サーバに蓄積され、スマホ・タブレットアプリに配信されます。

製品本体比較

			PaddyWatch	新技術
センサー	水位	検出方式	水圧検知方式	電気抵抗方式
		水測定範囲	0～50cm	0～12cm
	水温	検出方式	サーミスタ検知方式	サーミスタ検知方式
		水測定範囲	0～40℃	0～50℃
	温度	検出方式	半導体方式	半導体方式
		測定範囲	-10～50℃	-10～60℃
	湿度	検出方式	静電容量方式	静電容量方式
		測定範囲	0～100%	0～100%
	照度	検出方式	なし	半導体方式
		測定範囲	なし	0～15000lx
オプション			温度/葉面濡れ ピンポイント天気予報(1km メッシュ) 風向/風速/降雨量予測(1km メッシュ)	土壌水分、EC 気象計連携により風向・風速・雨量
無線方式			モバイル通信 W-CDMA（DS-CDMA、T-HCDMA）	IEEE802.15.4g(920MHz 帯無線) データ収集機（基地局）が必要
外部機器制御インターフェース			なし	あり（水位自動調整装置の遠隔操作用）
電源電圧			一次電池 3.0V	一次電池 3.0V （DC5.0V：水位自動調整装置使用時）
電池寿命			9ヶ月	およそ3ヶ月

環境計測センサの比較では、計測項目に差はほぼないと考えられる。施工性においては、PaddyWatch が製品単体(モバイル通信機能搭載)で動作可能であるのに対し、新技術では通信仕様上、データ収集機(基地局: データをインターネット上のクラウドサーバへ転送する装置)の設置が必要となるため劣る。ただし、複数台設置時の通信コストは、新技術の方が、低コストで実現可能である(PaddyWatch は設置台数分モバイル通信コストが発生するため)。

また、新技術では遠隔での水田水位自動調整機能を有しているため、より大区画および複数の水田管理を実施する場合は、水管理作業の省力化という点について優位性があると判断する。

2. 3 成果の利用に当たっての適用範囲・留意点

適用範囲：

圃場の効率的な管理や農作物生産の省力化、高品質化を図りたい場合に、環境データの自動収集や機器の制御を ICT を利用して効率的に行う機能を提供する。

また収集されたデータはインターネットを通していつでもどこでも利用できるため、離れた場所にある圃場や分散している圃場間を効率的に管理する機能を提供する。

留意点：

- 1) 導入にあたっては、どのような環境計測・制御を実装したいのかを事前に考慮し、必要なセンサノード数や制御機器（水位調整装置）の制御方法を検討すること。
- 2) 無線ネットワークを構築する場合には、設置前に付近の電波状況の調査を行い、適切な周波数チャンネルの割当を行うこと。また適切な通信品質が確保できるようなセンサノードの配置を行うこと。
- 3) 機器制御を行う場合のリレー等の設置は適切な工事資格を持った電気工事業者に依頼すること。
- 4) ECセンサ等の較正が必要なセンサの精度は定期的を確認し、必要であればセンサの較正を行うこと。
- 5) 管理システム（クラウド）が故障した場合でも手動灌水が出来る等のシステムの 2 重化（故障対策）を講じておくこと。

3 普及活動計画

3. 1 想定される利用者

本実証試験実施にあたり、生産者より以下の声をいただいた。特に農作業の効率化・省力化に効果が期待できる点においては、農業従事者の高齢化・人手不足による人材確保といった点において普及の可能性はある。

【生産者の声】

- ・広域大区画農地の環境計測を行える低価格で実用的なシステムがなかった。
- ・日ごと何度も数キロ離れた圃場に行く回数が減るだけでもありがたい。水位の自動調整もスマートフォンを操作するだけなので便利であった。
- ・自宅から 5km 以上離れているため車を使用しなければならずガソリン代も減らすことができる。さらなる遠方、大区画になればなるほど効果は大きい。
- ・圃場の数が増えたり、管理圃場が飛び地となったりするとすべて回りきれないことや忘れてしまうことがある。環境状況を随時把握できるのは安心。
- ・積算温度による管理は、これまでの経験則でやってきたものからデータに基づく緻密な圃場管理へ移行することが可能となった。新規就農者への数値指標としても有効に活用できるのではないか。
- ・データに基づく緻密な水田の温度管理を安価にやりたいという生産者の声あり（愛知県弥富市）

実証試験結果より、新技術を導入した場合、農作業負荷の軽減によって得られる労働時間のコストは、田植え～稲刈り期の約 6 ヶ月で 1ha あたり 5 万円程度削減できる見込みである。新技術導入初期コストの回収試算は、水田面積が 0.5ha～1.0ha でおよそ 10 年程度かかることから、3 年程度で回収可能な 3ha 以上の経営面積をもつ生産者を主な普及ターゲットとして考えたい。農林水産省平成 28 年農業構造動態調査によると、1 者あたりの水田経営面積は家族経営体で 1.52ha、組織経営体で 20.7ha となっていることから、複数農家が共同しての集落営農者や、大規模経営である農業生産法人、企業の農業参入組織などへ普及の可能性はある。

また、本技術のような ICT 技術による精密な農業を実施することで、作業内容および時間の事前把握、適切な作業人員配置に効果が見込まれるため、安心・安全な農業生産工程管理ができるメリットが生まれるため、たとえば JGAP（Japan Good Agricultural Practice）のような認証取得を目指す生産者への普及も考えられる。

なお、本技術は主に水稻栽培生産者向けに開発したものであるが、農作物栽培環境管理に広く使えるため、水稻以外の農作物生産にも活用できる。

3. 2 利用者への普及啓発等の方法

利用者への普及啓発方法として以下のような手法を実施又は計画している

- 農業分野展示会への出展
 - アグロイノベーション
 - 農業資材E X P O(2016 年 10 月出展)
- 自社ホームページへ掲載
 - 応用事例集（予定）
 - 資料等の掲載（予定）
- 農業資材販社への勉強会

3. 3 利用者に対するサポート体制、参考資料等

	サービス・資料	内容
サポート体制	オンラインサポート	インターネット回線を通してのオンラインサービス（バージョンアップ等）
	オフラインサポート	現場での対応
販売資料	カタログ	システム概要
	スマートガーデナー	操作マニュアル オンラインヘルプ
	スマートノード	製品仕様書 ソフトウェア仕様書

3. 4 特許・実用新案等の申請予定

特に無し

4 研究総括者による自己評価

項 目	自己評価	自己評価の理由
研究計画の効率性・妥当性	A	基本となるセンサノード、クラウドサーバ及びそれらを利用したサブシステムを製品として耐えうるレベルまで開発できた。
目標の達成度	B	環境測定・制御システムとして完成はしたが、効果の確認・検証にはもう少し時間をかける必要があった。
研究成果の普及可能性	B	圃場大区画化に伴い、より広域をカバーするセンサネットワークを利用した農地情管理システムは、水稻圃場だけでなく普及の可能性があると感じている。
総合コメント 施設園芸における環境データ計測の要求は近年特に増加しており、その重要性も理解されてきているが、水稻生産のような露地栽培では生産者が使える便利かつ安価な環境測定・制御システムはあまり存在していない。本実証試験により、露地栽培においても実用に耐えうるシステムとして研究開発できたと感じている。		

注) 評価結果欄は、A、B、Cのうち「A」を最高点、「C」を最低点として3段階で記入する。

5 今後の課題及び改善方針

延べ3か年にわたる官民連携新技術研究開発事業であったが、実証実験を行っていただいた鹿児島大楠農産以外にも、試用いただいたいくつかの生産者や、見込み客のお客様から様々なご要望やご意見をいただき、かなり実用に耐えうるレベルに近づいたと感じている。

日本の農業を取り巻く環境は、農業従事者の高齢化や人手不足に加えて、TPPによる農作物関税の自由化問題等により一層深刻化している。この現状を打破するために、若手就農者の増加や、生産規模の大規模化、競争力のある農産物生産や高品質化、6次産業化による収入増等が重要な施策として導入されている。これらをより発展させるために、今回実証したようなICT技術を活用することは、農作業の効率的制御、省力化、高品質化等の実現に大きな効果があると感じられる。

今回開発したシステムが、実際のデータに基づいた適切な管理を実現し、農業生産の自動化・省力化・高品質化を図っていただく一助になれば甚だ幸いである。

今後に向けては、機器の省電力化、より一層のサービスの向上や低価格化、またICTを利活用した使った営農支援のコミュニティを作って、農業全体のサポートができるような仕組みを構築していきたいと感じている。