

IoTによる農業改革に関する研究

飯田一朗¹, 草苺良至¹, 橋浦康一郎¹, 石井雅樹¹, 斎藤直樹², 吉田康德³, 上田賢悦³

¹ 秋田県立大学 システム科学技術学部情報工学科

² 秋田県立大学 システム科学技術学部知能メカトロニクス学科

³ 秋田県立大学 生物資源科学部アグリビジネス学科

本論文は、センシング (IoT) とデータ分析 (AI) を連携し、農業に関する様々な情報 (生育情報, 環境情報, 作業情報, 流通情報等) を、効率的に共有しながら栽培サポートする試みについて述べる。近年、農作業現場では就業者の高齢化と後継者不足により、熟練技能の断絶, 一人あたりの作業量の増加, 非熟練者による作業など, 農業存続が危ぶまれるような課題が山積している。ここでは、作物栽培に関する知見と情報通信技術とをリアルタイムに連携させることにより、従来人手や勘で行われていた栽培技術可視化と農作業サポートのためのパワーアシスト技術を、プロトタイプ構築と実証実験により評価した。

キーワード: ICT(Information and Communication Technology), 農工連携, IoT(Internet of Things), AI(Artificial Intelligence)

1. はじめに

近年, ICT とデータ分析を融合して農業の効率化を図るソリューションが各所で検討, 実証されている。本稿では, 各種 ICT を融合することにより, 地域農業の諸課題を解決する試みについて述べる。

2. 農業情報共有システムの構想

農業従事者の高齢化と後継者不足により, 農業の継続が危ぶまれている。とりわけ秋田県は, 若年層の人口流出が激しく, 従来世代間で自然に受け継がれてきた栽培技術が断絶し, 未経験の若年労働者への技術伝達が大きな課題となっている。

そこで, まず農業の実体をヒアリングし, どこに本質的な問題点があるのかを明らかにした。

1. 作物は種類によって生育方法に様々なノウハウがあるが, しっかりした定式化ができていない。
2. 作業が広範囲に分散されて実施されるため,

現場で取得される情報がばらばらに管理されており, 多くの場合個人レベルで蓄積されている。

3. 個人の獲得した情報を組織的に管理する手段がなく, 時系列の作業・環境データがわかる形で蓄積されていないため, それぞれの現場で発生する突発事象の情報共有が不十分で, 経験などが知識として伝播しづらい。

4. 緊急を要するイベントや多くの知識を動員する必要がある案件では, 対応が後手後手になってしまう。

IoT の活用

これらに共通する解決策は, 現場の時々刻々の状態変化をモニタリングし, リアルタイムに情報を共有して, 対応策を講じることである。したがって実証実験の場として農作業環境への IoT 技術適用は有意義である。

これにより, 少人数でも, 農業に詳しくない労働者でも効率的に農作業と栽培コントロールを行うことができるようになると考えられる。

図1は、農業生産者から遠隔の消費者を結ぶシステムの全体像を模式的に表したものである。

生産者と消費者の要求をマッチングしながら、生産、流通、消費の最適化を実現するためには、これらを全体として情報共有できるネットワークとデータ管理システムが重要である。特に生産者側の情報管理が現状不十分なのが問題の本質と捉え、図の実線内の部分にIoTを導入してシステム化することを中心に考えた。また、実際に現場で役立つものにするために、農家での実証実験により利便性や有効性の評価を行う。

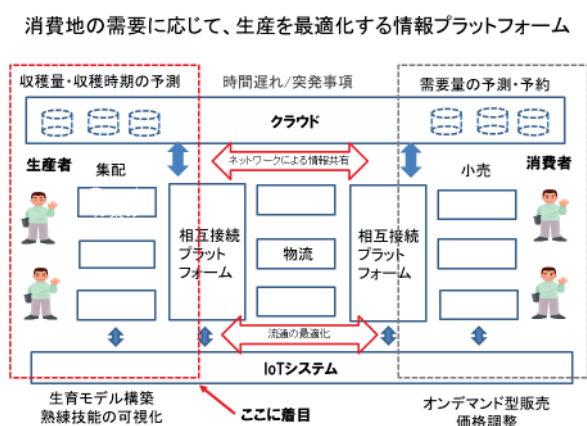


図1. 農業情報システムの全体像

これにより、日々の農作業記録と作物の環境情報をリアルタイムに収集し継続的に蓄積するとともに、この情報から得られる知識を検出して、農業に関わる様々な関係者グループにその状況をリアルタイムに共有させ、即座に対応策を講じられるようなシステムを開発することができる。

3. 研究体制と研究課題

本研究は、IoT 技術を活用したスマート農業を地域で推進し、生物とシステムの異分野の専門家と現場の農家/農業法人を巻き込んで、農工連携のための情報プラットフォームを作ることを目的とする。本研究では、安価なセンサデバイスとアドホック無線通信を組み合わせ、本格的なネットワークシステムを作らずともデータの自動収集を実現し、長く実用に耐えるシステムを目指す。

図2に、本研究の研究体制を示す。農業に関する各種ノウハウを有しているアグリビジネス学科とシステム技術を有している情報工学科と知能メカトロニクス学科の教員が、連携して実証型の研究を行う

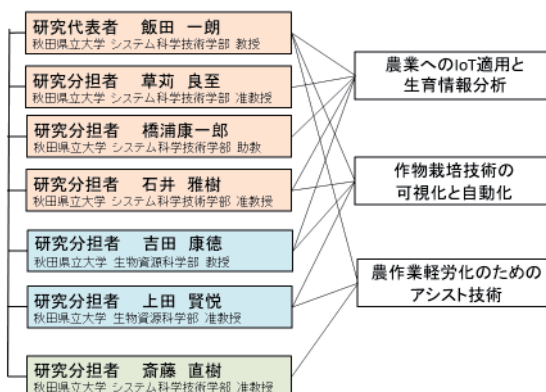


図2. 研究推進体制

体制となっている。

具体的な研究課題として、以下の5つのテーマで推進する。

- 1) 農業情報共有システム
- 2) 作物成長動態の長期モニタリング
- 3) 農作物栽培における熟練技能の抽出
- 4) 野外での果実収穫適期定量判定
- 5) 農作業軽労化のためのアシスト技術

以下に、それぞれの課題を述べる。

1) 農業情報共有システム

日々の環境情報と農作業記録とをリアルタイムに収集、蓄積するとともに、これらの情報から得られる知識を農業に関わる様々な関係者グループにリアルタイムに共有して即座に状況に応じた対抗策を開始できる情報ネットワークシステムをIoTとSNSの技術を融合して構築する。以下の2つのサブテーマで研究を推進する。

・農業IoTシステム

本研究では、無線センサノードを作成し、無線アドホックネットワークにより、各温室内の環境遠隔サーバに自動収集し、長時間無給電

駆動可能なネットワーク構成とする。具体的には温室内を Zigbee, 圃場と情報集約地点間を LPWA によりネットワークで結ぶことになる。ただし, LPWA は伝送速度が低く, 1 対 1 の通信となるため, メッシュ型のネットワークにするためには多数の中継局の最適な配置を検討する必要がある。本研究では, 由利本荘市および大潟村を中心として, 山間部および平野部の LPWA 伝送モデルを構築し, 最適な中継タイミングを構成する方法について検討を行った。

・生産地と消費地の情報共有システム

農業情報共有システムにより作物の収穫量/収穫時期予測ができるようになることを想定し, これらの情報をクラウド上で統合し, 消費地における需要変動に応じて, 常に新鮮な完熟作物を生産地に必要量だけ出荷できるシステムを構築することを最終目的とする。このようなシステムを実現するには, 特に情報化が遅れている生産側で, 圃場の栽培データ, 環境データ, 収穫データ等をセンサで集約した生育モデルを確立し, いつどのような作物がどれくらい収穫できるかをリアルタイム予測する必要がある。また IT 機器に不慣れな農業従事者でも簡単に情報収集やコミュニケーションができる仕組みを実現する。

将来的には, 機器の操作を行うことなく, 装着型デバイスによる近距離無線ですれ違い通信を繰り返すことで, 情報を伝達する無線アドホック通信システムを実現し, 普段通りに農作業しているだけでセンサ情報や作業情報が自動収集されるしくみを開発することを目指す。

2) 作物成長動態の長期モニタリング

これまでの生育モデルに関する研究では, ある環境条件下 (光量, 温度, 炭酸ガス濃度および灌水・施肥量など) で, 一部の生育ステージで計測した光合成速度などの測定値 (瞬間値) や, 生育期間の果実の収穫量 (総量) で要因を解析しているものがほとんどである。しかし, 実際のトマトの成長は, 瞬間値と物質生産の総量だけでは, そ

の生育期間で起こっている成長動態すべてを評価できない。本研究では, 毎日, 1 日 24 時間サイクルで成長動態を種々のセンサで長期間モニタリングして明らかにすることで, 実際の物質生産に則した要因の解析が検討できる。トマトの生理生態的特性によって反映される栄養成長と生殖成長の動態を見極めることで, 物質生産に関連する要因を詳細に解明することが可能となり, 物質生産を数値で評価し, 栽培技術の見える化に資することを目的とする。

3) 農作物栽培における熟練技能の抽出

高齢化の進展による農業労働力の減少と併せて熟練した農業者のリタイアが進展している。そのため, 熟練した農業者が有する「匠の技」としてのナレッジが次世代に継承されずに急速に失われている。本研究では, 農作業ナレッジを農業者の情報処理プロセスととらえ, 熟練農業者の特質を実際の農作業行動から明らかにすることで, 他の農業者や新規参入者等に継承する仕組みを確立する。具体的には, アイカメラを用いた農作業時の視線計測手法と, 視野映像を提示しながら農作業時の思考内容を問うレトロスペクティブレポート法を併用し, 熟練農業者の情報処理プロセスを明らかにし, 意思決定支援ツール, および学習支援ツールに発展させる。

4) 野外での果実収穫適期定量判定

現状の収穫判断は目視検査による定性評価であり, 判定のばらつきが大きい。本研究は, これを, 工学的技術を利用した自動判定に置き換えることで, 誰でも均一な収穫適期判定が行えるようにする。また, 作業者の動作を妨げないハンズフリーな携帯デバイスを用いることにより, 作業効率の向上にも貢献できる。これらは, 経験や勘に頼らない安定した農作物の栽培, 農業経営支援につながる。

5) 農作業軽労化のためのアシスト技術

近年, 筋骨格モデルを利用したバイオメカニクスに基いて人の動作解析や筋疲労などの解析技

術が進展し、スポーツや医療への応用が行われ始めている一方、農作業の軽労化への展開の実例が乏しい。

本研究では、農作業の軽労化として、中腰姿勢補助装具の開発を行い、その効果を、感性評価のみに依存せず、心拍数や血圧などのバイタルデータのモニタリング、及びバイオメカニクスによる力学の観点を含めて検証する。特に中腰姿勢補助装具は、社会への普及を目指して簡易かつ機能的なものを実際に試作し、作業実験を行って装具の有用性および、軽労化の評価やモニタリング方法を検討する。

4. 研究課題への取り組み

1) 農業情報共有システム

農業現場に IoT 環境を構築し栽培サポートを行う研究は各地で広く行われているが、実証実験までは可能でも、現場の農家で日常的に活用できる実用システムはほとんどない。

図2に農業情報共有システムの全体像を示す。

【目的】作物生育情報の継続的収集と生産地・消費地の相互接続

【内容】

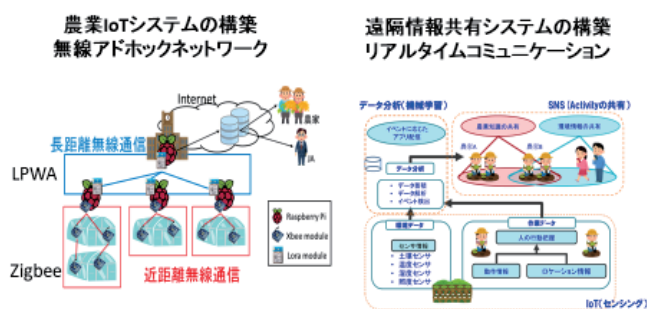


図3. 農業情報共有システム

今年度は、圃場と各地を結ぶ無線ネットワークの構築実験と、情報変化に応じた、ユーザ間の遠隔リアルタイム協調の実験を行った。

・LPWA による遠隔ネットワークの構築

室内レベルではすでに無線アドホックネットワークとセンサデバイスを接続し、システム構築と試験運用を1年間行ってきた。今年は大潟キャンパスでの温室にネットワーク環境を整備し、実用レベルでの実証を行う準備ができていることに加え、由利本荘市内において LPWA の通信実験を開始しており、2 ノード間の通信環境の測定を行っている。図4が、由利本荘市内での LPWA 通信実験の結果である。見通し内では長距離通信が低電力で可能なことが確かめられ、中継ノードを適宜配置することでキャンパス間ネットワークに発展可能なことが確かめられた。

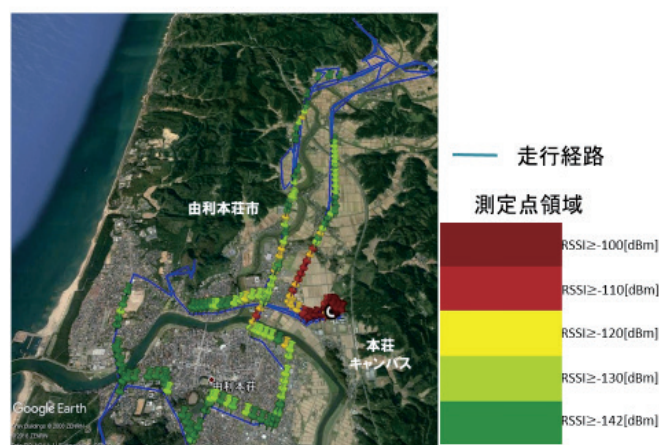


図4. LPWA 無線通信実験結果

・情報変化に応じた遠隔リアルタイム協調

IoT システムにより、現場情報が収集されると、それらの状態変化イベントを契機に、関係者間のコミュニケーションアプリをスマート端末で自動立ち上げる仕組みを開発した。作物の状態が変化したり、人が異変に気付いたりしたときに、関係する人々が即座に情報を共有し、その場で対応する業務が遠隔のまま実施できる仕組みとして活用できる。このため、GPS と非接触型の近距離無線通信を活用して位置把握を行う予定である。

また、アドホック通信技術に関してはすれ違い通信の原理とスマートフォンアプリの基本技術が確立しており、現実システムでの実証を行う準備ができています。

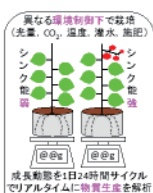
2) 作物成長動態の長期モニタリング

プロトタイプ構築と並行して、栽培技術と収穫量の相関関係を求める実証実験も行っている。農作業環境は、作物の生育状況と生育環境、それに人の作業が介在し、それらが複雑に関係して収穫量を決定する。また、作物の生育は原因となる因子が多岐にわたり、しかも入り組んでいるため、マクロな測定データから因果関係を導くことは不可能である。作物の生産は生育期間に起こっている成長動態の結果である。しかし、実際には生理生態的特性の一つである光合成、呼吸、転流、蒸散は刻一刻と変化し、多要因であることと計測の困難さから長期モニタリングする検討は少なかつた。近年の技術革新に伴い、様々なセンサが安価に購入できるようになり、詳細な検討が可能になりつつある。また、植物内部の栄養状態を非破壊で計測（茎や葉の電気抵抗など）することにも挑戦する。国内外で、本研究のような取り組みを実施している例は少なく、物質生産に関連する要因の解明と物質生産を最適化する新しい環境制御法につながる可能性が高く、画期的な成果が得られるものと期待される。

現在、光合成に必要な主要因子を限定して、これらの値を独立に変化させたときの生育データを1株ごとに測定するシステムを、大潟キャンパス・フィールド研究センターに構築し、因果関係をひとつずつ明らかにするアプローチを開始したところである（図5）。

【目的】1日24時間サイクル(昼夜)で異なる成長動態を1株の植物毎に着目し、開花から果実収穫まで長期間モニタリングすることで、①～③に取り組む。

【内容】



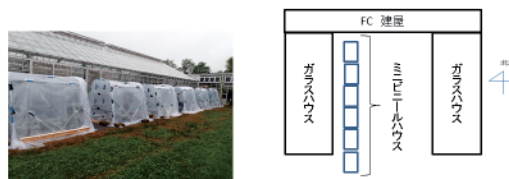
- ①異なる環境制御下の重量(物質生産)の推移を30分間隔で計測し、環境データと物質生産との関連性を解析する。
- ②定期的に撮影する画像データによる3次元モデルを活用した植物の外部形態と植物の栄養診断(栄養状態)ならびに生育診断(成長具合)を組み合わせ手解析する。さらに、Deep learning(深層学習)に資する画像データの取得にも努める。
- ③遠隔地からのwebカメラなどの情報ネットワークシステムの活用し、さまざまな栽培環境データを取得を目指す。

図5. 作物成長動態の長期モニタリング

すでに農学系とシステム系の研究室間の共同研究を進めていて、大潟キャンパスで小規模ハウス6棟を建築し、温度、光、炭酸ガスを独立に制御しながら生育データを収集している。

図6に、大潟キャンパスでの実験圃場の様子を示す。現在、1)のLPWA ネットワークによる両キャンパスの接続を準備中である。

大潟キャンパス(FC)内にミニビニールハウスを6棟設置



ハウスの外観

- 炭酸ガス濃度:外気レベルと過多レベル
- 遮光シート :0%,25%,50%

炭酸ガス濃度と日射量それぞれの組み合わせ、計6種類で実験計測データを、逐次クラウドに集積

図6. 大潟キャンパスの実験圃場

3) 農作物栽培における熟練技能の抽出

栽培関連の実証実験と並行して、農作業における熟練技能の可視化と初心者でも可能なマニュアル化を目指した検討も進めている。

【目的】

- ・ 熟練農業者が持つ農作業ナレッジ(暗黙知)を「見える化」し、他の人が利用できる「形式知」に変換して方法論と具体的手法を開発することで、農作業ナレッジ継承と人材育成を支援する。

【方法】

- ・ アイカメラによる視点軌跡データ、作業映像データ、発話データ等の定量および定性データの解析により、農作業ナレッジを抽出する(横手市、大仙市、仙北市のダリア生産者を対象)。

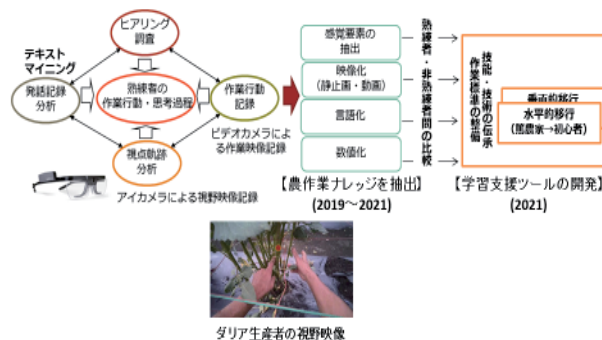


図7. ダリア摘芯作業での評価

今年度はダリアの摘芯作業に応用し、実証分析を行っている。使用しているモバイル型アイカメラは、小型軽量化が進み、栽培圃場での使用も容易であることが確かめられた。これらの映像の視

点映像と作業行動記録を基に、ヒアリングと発話分析も加えて熟練者の作業行動と思考過程を分析した(図7)。

4) 果実収穫適期定量判定

秋田県果樹試験場、秋田県産業技術センター、(株)オクトライズ(秋田市)の協力のもと、リンゴを対象とした共同研究を継続して実施している(図8)。今年度は、果樹試験場とともに、樹上果実の自動果皮色判定と目視による判定および糖度等の内部品質との整合性に関わる実証実験を実施している(秋田県農林政策課実践課題)。次年度は、上記で得られた知見を応用し、県オリジナルニホンナシ「秋泉」に適用予定である。

【目的】樹上に着果した果実の品質判定を行う収穫適期定量判定システムの開発

【内容】



【成果】

- ①屋外判定手法(画像補正・適期判定)の開発・実証試験
果色解析による収穫適期判定の応用可能性調査
- ②収穫適期判定アプリの開発・実証試験(果実検出・判定・GUI)
- ③携帯・ウェアラブルデバイスへの上記ソフトウェアの実装・実証試験

図8. 果実収穫適期定量判定

5) 農作業軽労化のためのアシスト技術

現在、歩行アシスト機械や上腕パワーアシスト機械などの開発を行っている(図9)。この中で、バイオメカニクスの解析手法を用いて、対象者の体内にかかる直接計測できない内力を間接的に推定する計算を行っている。また、アシストの効果も筋電位で評価したり、生体筋の特徴についてもこれまで様々調査をして、アクチュエータに応用したりしてきた。

一方で、中腰姿勢支援装置も試作を進め、2019年中には実地作業でのテストを実施できる状況にあり、静的な解析は終了しており、効果を確認

している。今後は実際の動作中におけるデータ収集し、これまで培ってきた解析技術を用いて行う予定である。

今後はこの他に、血圧や心拍数などのバイタルデータのモニタリングやデータ処理の面からの評価を追加する事を考えている。生活ログ計測程度の高精度を有しない測定ハードウェアは安価に販売されているものもあり、これらを活用して、本プロジェクトでは定性的な評価からはじめていく。

【目的】農作業の軽労化を支援する中腰姿勢補助装置の開発とICTを活用した軽労化評価

【内容】



【方法】

- (2019年度)中腰姿勢補助装置の試作および軽労化評価のための各種データモニタリング方法の検討
(2020年度)中腰姿勢補助装置の開発とバイタルデータ等の収集(ICTの活用検討)
(2021年度)中腰姿勢補助装置の開発と実際の農作業における軽労化評価

図9. 軽労化のためのアシスト技術

5. まとめ

今年度プロトタイプを構築し、それぞれ実証実験の対象も特定できたので、今後農作業データを継続的に収集しながら、農業の課題とIoTの課題を並行して解決するプロジェクトとして発展させていきたいと考えている。今後作業データや環境データを蓄積し、規則性を抽出していく予定である。

今回提案した農業情報共有システムの仕組みは、農業に限らず、人々が分散して仕事を行う実世界の情報システムの基盤として広い応用が期待されるため、大潟キャンパスで検討中の農工連携拠点センターの中核施設として位置付け、各キャンパスを連携した実験や教育が実現できるようなシステムに発展させていきたいと考えている。

謝辞

本研究は, 平成 30 年度 秋田県立大学 産学連携
部局提案型研究推進事業「IoT による農業改革に関する研究」によるものである. ここに記して関係各位に謝意
を表す.

〔 2019 年 6 月 30 日受付 〕
〔 2019 年 7 月 9 日受理 〕

Agricultural innovation using Information and Communication Technologies

Ichiro Iida¹, Yoshiyuki Kusakari¹, Koichiro Hashiura¹, Masaki Ishii¹, Naoki Saito²,
Yasunori Yoshida³, Kenetsu Ueda³

¹ *Department of Information and Computer Science, Faculty of Systems Science and Technology, Akita Prefectural University*

² *Department of Intelligent Mechatronics, Faculty of Systems Science and Technology, Akita Prefectural University*

³ *Department of Agribusiness, Faculty of Bioresource Science, Akita Prefectural University*

Abstract

This paper describes the information sharing and communication systems that provide various agricultural solutions.

We introduced the system concept of our prototype and conducted a feasibility study for the following three technologies.

1. Smart information sharing system combining IoT and SNS technologies.
2. Visualization and analysis of implicit expert knowledge of agriculture using pattern recognition technologies.
3. Power assisting device for agricultural labor.

We investigated the feasibility of this idea by constructing a prototype system in real-life circumstances.

Keywords: ICT (Information and Communication Technology), Collaboration between Engineering and Agriculture, IoT (Internet of Things), AI (Artificial Intelligence)