

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：32675

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00443

研究課題名（和文）最新IoT規格の高級メロン生産管理への適用とその評価

研究課題名（英文）Agricultural Application of Web of Things Architecture

研究代表者

藤井 章博（FUJII, AKIHIRO）

法政大学・理工学部・教授

研究者番号：40241591

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：IoTの相互接続性を向上させる目的で、W3Cの提唱するWoT（Web of Things）アーキテクチャを導入し、機器の名前解決や出力情報の相互運用機能の実装を行った。この目的のために、セマンティックWeb技術で蓄積された、オントロジーやグラフ型データベース、問い合わせ言語（SPARQL）を活用した。これによって、IoT機器の所在やセンサーとして諸元等を公開し相互運用性の向上に資する。実装したIoTシステムは、山梨県の温室メロン栽培農家で実証実験を行った。併せて、既存のIoTシステム費用対効果の検証やWoT設計思想の有用性に関する検証を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スマート農業という用語に象徴されるように、情報技術の先進的な活用に基づいた、我が国の優位性が発揮できる包括的で持続可能な戦略的ビジネスモデルの構築が求められている。

本研究では、WoTシステムの設計に基づいて、次世代の農業の在り方も併せて検討した。

日照データの利活用、温度湿度センサーのデータの運用等、データサイエンス的側面に加えて、高級メロン栽培という組織の経営における観点の検討、消費者向けサービスの在り方の検討など、山梨県の事業者と具体的にプロジェクトを推進しながら実践的経営の研究も実施した。全体の俯瞰に基づくIoTシステムの導入、ビジネスモデルの在り方等を検討した。

研究成果の概要（英文）：The Internet of Things (IoT) is a term that describes a system of computing devices, digital machines, objects or people that are interrelated. Each of the interrelated 'things' are given a unique identifier and the ability to transfer data over a network that does not require human-to-human or human-to-computer interaction.

Motivations of the research have led to the creation of the Web of Things (WoT) which is W3C standards. Based on this design principle, we have constructed and run the WoT system in Melon production field with the help of producer company. We have developed a platform that enables various devices to collaborate and cooperate with each other, using WoT architecture that apply Web technology such as Semantic Web and RESTful Web API to IoT. The research results includes some definitions of ontology vocabularies in order to retrieve name resolutions of devices as well as synchronization of multiple transactions.

研究分野：分散処理

キーワード：IoTシステム WoTシステム RESTful API RDF SPARQL オントロジー

1. 研究開始当初の背景

農業分野向け IoT デバイスのあり方を検討する必要性が高まっている。プロトタイプとして、通信プロトコルの適切な選択、電子回路の電力供給機構の改善案、設置場所やセンサーの個数、土壌センサーへの収集情報の拡張等の課題解決が必要である。通信機構の改良、電子部品の軽薄短小化、電源供給システムの省電力化等が進行する中で実践的な機器の選択とシステム開発のノウハウの蓄積が喫緊の課題と考えた。また、サービスの創造という観点からは、WoT システムとしてサービスの統合化、データのオープン化等を重要な研究課題であると捉えた。併せて、W3C の提唱する WoT 規格の検討状況をいち早くシステムの仕様に反映させ、農業分野での有効性を検証するという要望を有した。

2. 研究の目的

本研究では、標準化団体 W3C で検討中の WoT(Web of Things)仕様を国内の高級メロンのハウス栽培の現場における環境計測に適用させ、作物の生産性を向上させる。その上で、(1) 生産性向上への効果、(2) 技術仕様の妥当性、(3) 流通時の販売促進に関する可能性、を研究する。

3. 研究の方法

IoT システムの相互運用性の向上のための解決案として、W3C(WWW Consortium)で提唱されている、Web 技術を IoT に適用させる WoT(Web of Things)規格をセンサネットワークに適用させるプロトタイプの構築を行う。このとき、センサネットワーク上のデータやデバイスに対して REST やセマンティック Web の技術を適用する。これらの技術を適用することにより、各デバイスへのインターフェースが標準化される。また、セマンティック Web 技術を用いることにより、データ表現の標準化を試みる。

農業分野への IoT の展開は多種・多様な要因と展開可能性がある。農業関係者との共同作業の過程から情報技術が貢献すべき新しい改題を積極的に模索することが重要であると考えられる。そのために、本研究活動の実施を通じて、大学と農業実務者、農作地域の行政担当者や農業従事者との親密なヒューマンネットワークを築きつつ実践的な研究活動を行った。

4. 研究成果

(1) 天気画像データからの天候の予測に関する研究

天候は、農業における重要な情報である。空画像を基に天候を自動的に判定するシステムの実装を試みた。live カメラなどの観測機やスマートフォンで撮影された画像から天気を人の手を介さずに推定することを目的とする。画像処理には、畳み込みニューラルネットワークの Sequential モデルを利用した。

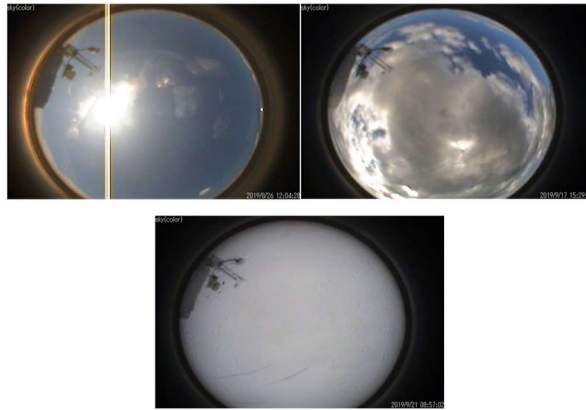


図 1-1 収集した空画像の例

画像をデータを基にした再現率と適合率の結果は以下である。

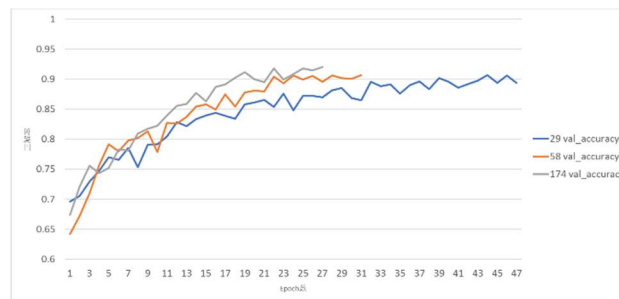


図 1-2 テストデータに関する正解率

(2) EnOcean 規格の IoT デバイスの試行

EnOcean とは光や温度、振動など微弱なエネルギーを集めて電力に変換する「エネルギーハーベスティング技術（環境発電技術）」の一つで、変換した電力で無線通信する国際規格である。EnOcean の特徴は独自のエネルギーハーベスティング技術、超低消費電力回路技術、EnOcean プロトコルの 3 点であり、これらの組み合わせで IoT 分野における大きな利点である電池レス・配線レスのセンサーデバイスを実現している。



図 2 JavaScript を介したデータ連携

EnOcean 規格の IoT デバイスは、本研究が課題解決の対象として想定する独自環境（サイロ化）したシステムである。そこで、データ連携を目的として、WoT 規格に則った Serviant

機能を Node.js ライブラリを用いて JavaScript で記述し実装を行った。図 2 は、WoT 仕様を実現するために JavaScript のライブラリである Node.js を利用してデータ連携を実現したシステムの概要を表す。

(3) WoT 実装プラットフォーム

IoT システムの相互運用のために、名前解決などの運用管理を的確に行う必要がある。そこで、既存の SSN オントロジーと M3 オントロジーを利用して、センサデータを表現した WoT の試験的実装システムを構築した。

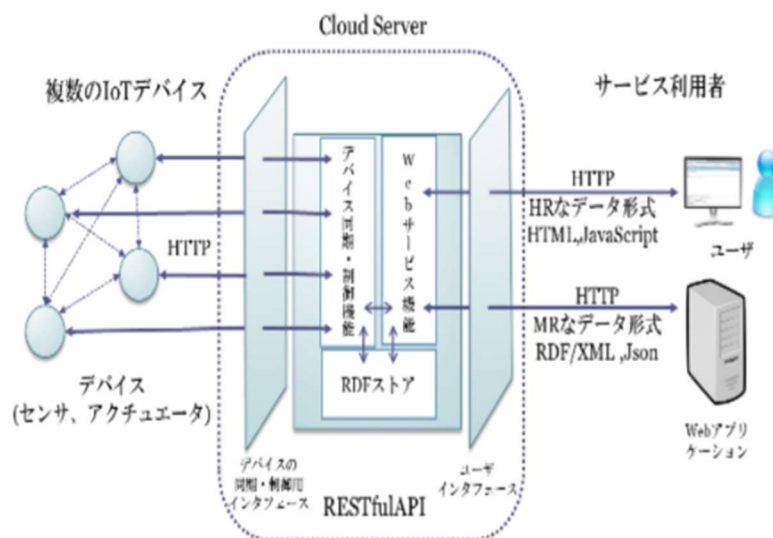


図 3 セマンティック情報を利用したサービス

図 3 は、上述したオントロジーと各種デバイスをセマンティック情報を利用して連携させた開発システムの概念図である。ここでは、さまざまなデバイスが自律して存在、動作する環境を想定している。WoT システムでは、他デバイスと協調して動作する必要がある。協調動作のためにはデバイス間での同期が必要となる。リーダー選出問題に代表される分散同期アルゴリズムを実装し動作の正しさと実行効率を検証した。

(4) セマンティックウェブを用いた IoT デバイス情報の定義

Internet of Things(IoT)のサイロ化の問題を解消するためには、セマンティック・ウェブの技術を適用することが重要である。また、セマンティック・ウェブの利益を最大限に享受するためには、適切なオントロジーの記述が重要となる。Semantic Sensor Network Ontology(SSN Ontology)は、W 3C によって提案されている、IoT システムで用いられる語彙を記述するためのメタ・オントロジーである。本研究では、これを採用し実装することで IoT システムの相互運用性を向上させることを試みた。図 4 は構成したオントロジーの概念図である。



図4 WoT システム運用のためのオントロジー

SSN Ontology は、対象としているセンサーやデバイス種類およびデータ形式は、衛星画像から家電の情報まで多岐にわたっている。SSN Ontology の主要な目的は以下の2点である。1. 多様なセンサーに関するオントロジーを網羅すること 2. オントロジーを用いて付与されたメタデータによってもたらされる利便性を明らかにして、具体的にその恩恵を教授する方法について検討すること、SSN Ontology では、センサーデータの情報を表現することに重きを置いている。SSN Ontology の語彙は、Web of Things Thing Description の基本クラスで利用されている。Machine-to-Machine Measurement Ontology(M3 Ontology)は、前述の SSN Ontology から発展し提案されている、IoT システムで用いられる語彙を記述するためのメタ・オントロジーである。M3 Ontology は、SSN Ontology と同様に、IoT システム で用いられる語彙を記述するためのメタ・オントロジーである。M3 Ontology では、基本となる語彙や構造は SSN Ontology をベースとしており、オントロジーの共有や利用に焦点をあてたものとなっている。本研究では、スマートホームの機器種類を表現するオントロジーとして、M3 ontology を選定し利用した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 平尾龍也	4. 巻 1
2. 論文標題 Web of Things における Semantic Web の活用に関する研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 法政大学大学院理工学研究科応用情報工学専攻修士学位論文	6. 最初と最後の頁 1,57
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 渡邊俊介、顧亦豊、小野寺陽平、平尾龍也、藤井章博
2. 発表標題 Web of Things アーキテクチャの農業分野への試験的実装
3. 学会等名 情報処理学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 米倉弥伸、清水宏泰、脇綾汰、藤井章博
2. 発表標題 楽譜データに基づく、楽曲の特徴抽出と分析
3. 学会等名 情報処理学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 水野翔輝、平尾龍也、清水宏泰、藤井章博
2. 発表標題 WoT アーキテクチャにおけるサービス連携のための一貫性制御機能の実装
3. 学会等名 情報処理学会研究会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 木嶋恭一、岸真理子、妹尾大、佐藤亮、伊東暁人、藤井章博、出口弘	4. 発行年 2019年
2. 出版社 放送大学教育振興会	5. 総ページ数 255
3. 書名 経営情報学入門	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----