

# 農業 IoT 用土壌センサと計測システムの開発

## Development of a soil sensor and measurement system for IoT agriculture

田中 和紀†  
Kazuki TANAKA

小川 勝史†  
Katsushi OGAWA

### 1. まえがき

年を追うごとに減少する日本の農業就業人口は平成 27 年から平成 30 年の 4 年間でその数を約 210 万人から 175 万人となり、一年間で約 8.5 万人減少している[1]。また、農業法人の増加等によって農業経営の点に変化が見られ、1 経営あたりの耕地面積が増加しており、一人当たりの農作業の労働面積は増え、一人当たりの労働量も増える傾向にある[2]。そのため深刻な労働力不足が大きな問題となっており、農作業における労働の効率化が課題となっている。こうした問題を改善するためにテクノロジーを活用したスマート農業による自動化、システム化、ノウハウの蓄積やデータ共有による高効率、高品質生産を目指した取り組みが注目されている。

農業の現場では、依然として人手に頼る作業や熟練者でなければできない作業が多く、熟練農家の匠の技の農業技術を、ICT 技術により、若手農家に技術継承することに対する要求が高まっている。その中でも特に、土壌状態の把握は、農業生産において重要であり、土壌の物理性、化学性、生物性は作物の生産性に大きな影響を与える[3]要素であり、この技術の習得は難しい課題の一つである。これを客観的な把握を可能にする技術が、センシング、IoT 技術である。現状では、農業従事者によるこれらの測定はいわゆる「触診」という土を握った時の感覚に頼った、定性的技術であるため習得には知識と経験が必要になる[4]。新規就農者にとって、この技術の習得が大きな障壁となることが考えられ、土壌環境のモニタリング技術の確立が望まれる。例えば高温対策として曇りに環境制御を行う遮光機能のある装置を作ったとしても農作物の生体反応への軽視から最適な制御がなされていないなどの不整合が発生している[5]。そのため、ある程度農家自らが農作物の種類に応じて対応することができるように自由度のある制御システムや計測システムが必要である。

我々は、土壌データの取得、視覚化を一般的なものとするため、農家の方々が自ら土壌環境の計測システムを容易に構築し、導入することできる IoT 土壌計測システム構築手法の確立とそれを可能にする IoT 土壌センサの開発を目指す。本稿では、農作物にとっての土壌環境の定量的把握を目的とした土壌環境のモニタリングの中でも重要な要素である土壌 pH の簡易計測センサモジュールの開発と IoT 計測システムの構築を行う。

### 2. 関連研究

近年の技術的背景として、IoT 技術の発展は目覚ましく、センサを用いた物理現象のデータ取得を基に様々な家電等がより便利に扱いやすくなっている。農業においては、温度、湿度、日照量、二酸化炭素濃度、土壌水分量、電気伝導度 (EC) など様々なパラメータを計測する、フィールドモニ

タリングシステムが開発されてきた[6][7]。積極的に農業現場への実装へとつながることが期待される。実践的なシステムにおいては、センサデータを集めるセンシング、収集したデータを解析するプロセッシング、データ解析の結果を反映した制御を行うアクチュエーションの三つを整備し全体としての最適化が必要になる。しかしこの三つの要素は別々に検討されていることが多く、全体像を把握しないまま、各要素の検討進めた結果、不整合を生んでいることも少なくない[4]。これはデータを取得する機能を持ったアプリケーションを開発したとしても、そのデータがどのように利用されるかを踏まえずに開発されているために生じる技術的不一致による。

### 3. 仮説

農業 IoT における計測システムにおいて、システムとして最適化が効率的・効果的になされず不整合な部分を内包するようなシステム構築が常態化すると、農業現場への実装が進まないことに繋がってしまう。また、社会実装が進んでいく段階を考えた際には、常に ICT の専門家がシステム構築を行うのではなく、現場の農業の専門家によってシステム構築が行われる場面が多くなることが予想される。そのようなケースを想定すると、可能な限りシンプルで、なおかつ扱いやすいアプリケーションが準備された、IoT センサ通信モジュールの開発やシステム設計構築手法、及び設計支援環境の確立が必要ではないかと考える。

本稿では、土壌環境に関する情報のモニタリング技術において、IoT に対応した簡易型土壌 pH センサの開発を行い、取得データを収集、蓄積する計測システムを構築する。その際に IoT 計測システムについてセンサを基盤としてその取得したデータに関する処理等の働きを階層構造 (レイヤ) で明示化した、「IoT 計測システムモデル」を提案して、それを基にシステム構築を行い、その構築手法に言及する。これまで農業、及び ICT に関する技能・技術を習得するのに多大な時間を要すると考えられてきたが、効率化されることで短縮され、誰でもあっても農業への参入障壁が低下するのではないかと考える。

### 4. IoT 計測システムモデルとシステム設計

#### 4.1 IoT 計測システムモデル

IoT 計測システムを効率よく開発するにあたり、図 1 に示すような、IoT システムの各機能を階層構造で分類した「IoT 計測システムモデル」を提案する。土壌 pH 等のセンサ情報を取り扱う「物理データ計測階層 (レイヤ 1)」、センサ計測値から有用なデータを取り出す処理を行う「データ処理階層 (レイヤ 3)」、取り出したデータを一括で蓄積・解析する「データ解析階層 (レイヤ 5)」、及びそれらの階層をつなぐ「通信階層 (レイヤ 2, レイヤ 4)」の 5 階層に分類した。

† 大阪電気通信大学

System design based on IoT Measurement System Model

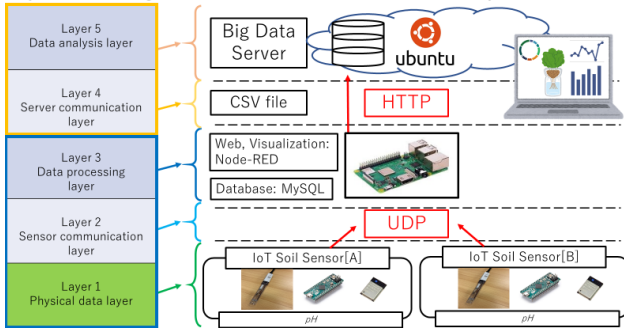


図1 IoT計測システムモデルとそれに基づいてシステム構築を行った計測システム概念図

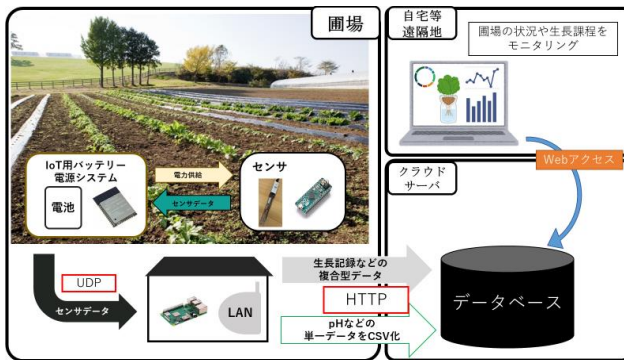


図2 センサシステム設置環境条件

#### 4.2 モデルに基づいた計測システム構築

##### 【設計条件】

本稿で設置する図2に露地栽培の圃場において土壌 pH の計測を行い、遠隔地から監視する。IoT 土壌センサモジュールの設置場所は、屋外で電源供給は無いが、10m 程度離れた建屋には LAN 環境が存在する。計測は毎時行いデータにおいてグラフ化して Web で閲覧可能とする。

##### 【レイヤ 1】

簡易型 IoT 用土壌 pH センサモジュールを開発する。センサ電極部より得られた電圧値を A/D コンバータによりデータ化する。

##### 【レイヤ 2】

Wi-Fi 通信機能を搭載したマイコン ESP32 を用いて、UDP によってデータ通信する。

##### 【レイヤ 3】

UDP で受信した土壌データを処理してデータベースに保存する。ここでは、Raspberry Pi に MySQL でデータベースを構築する。蓄積されたデータを CSV ファイル形式にて出力することが可能とする

##### 【レイヤ 4】

処理した土壌データを Raspberry Pi から HTTP によってクラウドデータベースサーバにデータに送信する。

##### 【レイヤ 5】

圃場データをクラウドサーバで一括管理し、データの可視化を行い、Web で閲覧可能とする。

#### 5. IoT 土壌センサモジュールの詳細仕様

IoT 計測システムモデルにおけるレイヤ 1 で使用する IoT 土壌センサモジュールで本システムのコンセプトに沿った、容易に実装可能で IoT に対応したものが無いため本稿ではセンサモジュールの開発を行った。

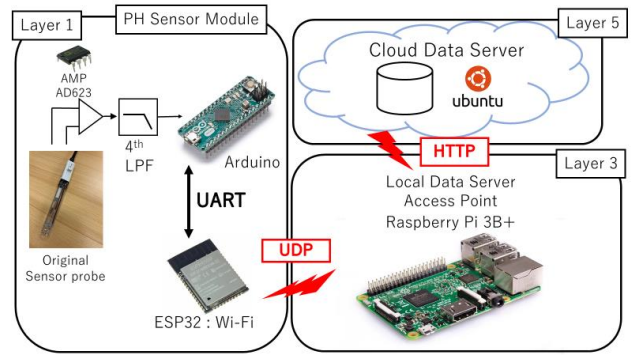


図3 センサモジュールシステム概念図

#### 5.1 測定プローブ

畝に作物を作付けする際に苗と苗の間にセンサを設置し、センサデータを取得する。2つの電極から電位差を取り出す。

#### 5.2 マイコン・電子回路

AMP 回路によって増幅し 4 次バターワース特性の電圧ソース回路を用いたローパスフィルタによってノイズキャンセリングを施しデータ精度を向上させ、Arduino マイコンに入力しデータ取得を行う。Arduino マイコンによって取得されたアナログデータを UART 通信により ESP32 マイコンに送信する。

#### 5.3 データ通信

ESP32 マイコンに送られたセンサデータを UDP 通信にてローカルデータベース (Raspberry Pi) に伝送する。ローカルデータベースに蓄積された様々なセンサデータを処理し、生長記録などの複合情報と pH や気温などの単一情報を選別し、HTTP 通信によってクラウドデータベースに伝送する。クラウドデータベースに蓄積された各情報を Web 等からアクセスし、圃場の状況を閲覧する。

#### 5.4 電源

ビニールハウスや植物工場などの施設栽培であれば、電源を設置されている場合が多く、センサや通信機器等を運用する際に利用することが出来る。しかし本稿で述べるように露地栽培においてはその限りではないため、電池による電源供給で動作させることを考慮して設計する。今回開発したセンサシステムではマクセル株式会社の開発した IoT 用バッテリー電源システムを用いる。

#### 6. おわりに

農林水産省をはじめ農業を高品質かつ高効率に生産するスマート農業を推進する働きは大きくなってきているが、コストやアプリケーションの取り扱いの難しさなどの問題から圃場に継続的に導入されている例は少ない。今回開発した農業 IoT 土壌センサは圃場の土壌に埋め込み、電源を入れるだけで視覚的にデータを確認できるため、これらの問題に対し解決策として有効と言える。また今後の展望としてユーザビリティをさらに意識して開発していくことでよりカスタマイズ性に富んだ扱いやすいセンサ及び計測システムを開発、実装していく。

#### 7. 参考文献

- [1] 農林水産省 「農業労働力に関する統計」  
<http://www.maff.go.jp/j/tokei/sihyo/data/08.html> (最終閲覧日 2019年7月23日)
- [2] 農林水産省 「スマート農業の展開について -2019年7月-」  
[http://www.affrc.maff.go.jp/docs/smart\\_agri\\_pro/attach/pdf/smart\\_agri\\_pro-11.pdf](http://www.affrc.maff.go.jp/docs/smart_agri_pro/attach/pdf/smart_agri_pro-11.pdf) (最終閲覧日 2019年7月24日)

[3]National Research Council, " Precision Agriculture in the 21st Century", 1997

[4] 繁田 亮, 川原 圭博, 農業用センサシステムに見るエンドツーエンドのIoTアプリケーション設計 電子情報通信学会論文誌 B Vol.J102-B, No.6, pp.399-412, 2019

[5] 小沢 聖, 作物反応を活用した高温対策制御 日本農業気象学会 生物と気象 19 巻 pp.47-59, 2019

[6] 溝口 勝, 伊藤 哲, 農業・農村を変えるフィールドモニタリング技術 水土の知: 農業農村工学会誌(2), pp.93-96, 2015

[7] 深津 時広, 平藤 雅之, 圃場モニタリングのためのフィールドサーバの開発 農業情報研究 12 巻, 1 号, pp.1-12

[8] 横谷 哲也 IoT と通信ネットワーク技術 電子情報通信学会誌 Vol.102, No.5, pp383-387.

[9] ラピスセミコンダクタ株式会社, 土壌センサユニット「MJ1011」

[http://www.lapis-semi.com/jp/company/news/news2017/r201711\\_2.html](http://www.lapis-semi.com/jp/company/news/news2017/r201711_2.html)

(最終閲覧日 2019 年 7 月 26 日)

[10] シンワ測定株式会社, 72724/土壌酸度 (pH) 計 A

<https://www.shinwasokutei.co.jp/products/72724/>

(最終閲覧日 2019 年 7 月 26)