

平成 30 年 6 月 28 日現在

機関番号：57102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K11960

研究課題名(和文) 津波被災農地の高塩濃度土壌における水分・塩分量計測センサネットワークの開発と適用

研究課題名(英文) Development and application of a sensor network for measuring soil moisture and salinity in high salt concentration of tsunami-affected agricultural land

研究代表者

石川 洋平 (ISHIKAWA, YOHEI)

有明工業高等専門学校・創造工学科・准教授

研究者番号：50435476

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の成果は、塩濃度の高い土壌(津波被災農地や有明海沿岸地域)の状態をインターネット上でモニタリングできる仕組みを構築したことである。今までは、センサの近くにデータロガーを設置し、一定の間隔で現地の機器からデータを回収するという形式が一般的であったため、本研究により、データ取得の負担が大幅に軽減できることとなった。

福岡・佐賀・熊本・東北という広域にシステムを展開することで、研究連携の重要性やシステムの利便性の周知に努め、IoTで今後益々重要となる「電源の確保」「電波の見える化」に関する問題提起が可能となり、社会実装を見据えた技術教育の方向性を示すことができた。

研究成果の概要(英文)：The result of this research is constructed the monitoring system using internet which is able to measuring soil moisture and salinity in high salt concentration of agricultural land. In the past, it was using data logger near of sensors. This study has made it possible to drastically reduce the burden of data acquisition. By deploying the system in Fukuoka, Saga, Kumamoto, and Tohoku, its importance and convenience were confirmed. Through this study, we were able to inform the fact that the two problem "securing a power supply that can be provided stably for a long time" and "visualization of radio waves to confirm the cause of missing data" become more and more important in the IoT era. Consequently, it was possible to show the importance of technical education oriented the social implementation.

研究分野：電子回路

キーワード：IoT センサネットワーク クラウド 津波被災農地 高塩濃度土壌 土壌物理 産学連携 電子回路

1. 研究開始当初の背景

(1) 2011年3月11日、東北地方太平洋沖地震が発生した。東日本大震災における被害は甚大で、東北沿岸地域の農地も津波を被ってしまい営農再開までの道のりは遠く思えた。研究代表者石川は電子回路・ITを専門としており具体的な支援の方法に悩んでいた。

(2) 石川は2008年にアメリカ Texas A&M 大学に研究留学しており、その時に土壤物理の専門家である研究分担者の徳本氏と出会った。

(3) 佐賀大学の教員となった徳本氏と2014年に再会し、本研究の柱である農工連携の着想に至った。津波被災農地等の高塩濃度土壌で利用可能な TDT センサ (誘電率 (BP) と電気伝導度 (EC) を同時計測可能) を佐賀大学の宮本氏にご紹介いただき、図1に示すシステム構成と図2に示す無線メッシュネットワークによる広域計測を提案することとなった。

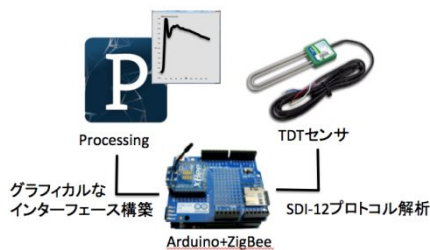


図1 Arduino と TDT センサを組合せたデータロギングシステムの提案

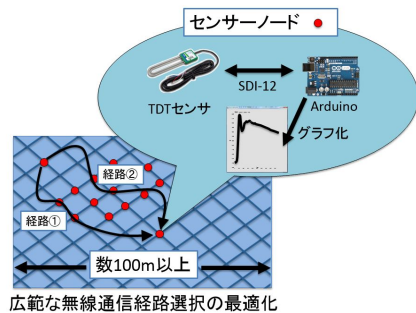


図2 システムの無線化とメッシュネットワークの提案

2. 研究の目的

(1) 東北の津波被災農地における復旧活動が進行する中、高塩分土壌における水分計測の困難性および塩類土の高い空間変動性が明らかとなった。

本研究では津波被災農地における土壤水分・塩分計測を目的として、時間領域透過法 (TDT) と無線技術 (ZigBee 及び 3G) を利用した高精度な土壤水分・塩分量計測センサネットワークの開発および現場計測を実施し、具体的には研究期間内に次の3点の遂行を目標とした。

無線技術を利用した時間領域透過法の土壤水分・塩分量の計測制御手法の提案

土壤水分・塩分量センサネットワークの開発および無線化システムの評価

津波被災農地でのシステム運用と計測データのウェブ配信システムの構築

3. 研究の方法

(1) 研究に着手する前提として、予備実験により、Arduino と TDT センサの通信に成功した。また、ZigBee 通信に関して、1300m 程度の通信が可能であることを研究分担者の嘉藤氏が確認しており、既存のセンサネットワーク拡張の可能性を明らかにしていた。さらに、通信プロトコルである SDI-12 の実装ライブラリの独自開発の準備も整っていた。実験圃場に関して、研究分担者の徳本氏らの計らいにより、有明海近辺の干拓地圃場および宮城県津波被災復旧農地へのセンサ設置が可能であることが確認できた。

(2) 図3に示す通り、多地点 (3点) で3深度 (10cm, 20cm, 40cm) にセンサを埋設し ZigBee で通信を行い、3G 回線を用いてインターネットにデータを送る仕組みを構築した。佐賀大学内の圃場から始まり、宮城県岩沼市・東松島市 (大曲) 熊本県玉名市 (横島) 福岡県大牟田市 (有明高専) でシステムの実験を行った。



図3 3点3深度のデータ計測と実験圃場

4. 研究成果

(1) 開発したシステムは順調に稼働しており、欠測データはあるものの、3年間にわたるビッグデータとして蓄積ができた。研究目的であるシステム開発 無線化 東北での試験運用も達成することができ、アウトリーチに向けてケース教材の準備も整いつつある。取得したデータの公開を研究開始当初は考えていたが、データを公開しただけでは活用までには至らないと考え、現在は、ダークデータ (収集・蓄積されるだけで活用され

ていないお蔵入りになりそうなデータ)として認識し、その統計的処理を検討するという方向性で再検討している。

2016年4月14日、16日に発生した熊本地震の際もシステムは動き続け、データを取得し続けることができていた。この経験は、システムの堅牢性を考えるきっかけとなった。

(2) 本研究は福岡・佐賀・熊本・東北と広域に展開してきた。IoT (Internet of Things)を目的に実現した本提案システムでは、開発・設計・運用の面で大変恵まれた環境にあり、多くの協力者を得ることができた。一般に提唱されているIoTでは、システムの利便性に注目が行き過ぎ、安定運用のための努力や、トラブル時の対応等、技術開発・研究以上に注視しなければならないことが多いという重要な観点が見落とされがちである。

一番大切なことは、システムの開発よりも「どこに設置できるか(許可)」「誰が設置・メンテナンスするか(責任)」であることが分かった。様々なステークホルダーが存在する中、我々は多くの協力者に恵まれシステムを稼働させ続けることができた。特に、快く設置を許可いただいた農家の皆様や、システムの設置や日頃のメンテナンスにあたってご尽力いただいた研究協力者の皆様の力があって成り立った広域連携だったと振り返る。メンテナンスフリーで格安なシステムを開発すれば、もしかすると人手は少なくともよくなる可能性はあるが、自然界(各種センサーデータ)とシステムをつなぐインターフェースとして人間が介在する重要性は今後益々大きくなるのではないかと確信している。

(3) 研究代表者石川は電子回路が専門であり、農学には全く知見を持っていなかった。しかし、現在では、農業従事者の皆さんや農学関係の研究者と、以前より円滑にディスカッションできるようになった。「農工連携」と一言で片づけることは簡単ではあるが、分野を越えるためには基礎的な知識のすり合わせ、テクニカルタームの相互理解が大切であり、多くの時間を必要とする。システム開発とデータ取得・解析を社会実装まで導くためのコーディネータの育成も研究遂行上重要な要因であることを確信した。

(4) 図4が稼働中のシステムの一部である。大きなソーラーパネルとシステムを自然災害・鳥獣被害から守るためのボックスで、ボックス内で一番体積を占めているのは大きな鉛蓄電池である。「電源確保」はIoTにおいて非常に重要である。特に無線を使う場合、広域になればなるほど送信出力を上げる必要があり、システムが大きくなってしまふ。また、無線は目に見えないため、通信経路に草木や人・車の往来があると電波が途切れて

しまうことが多々ある。「電波環境の見える化」は今後のシステム開発において重要になる。

現在、我々のシステムは、独自サーバでのデータ運用から企業と連携したWebシステム構築に移行しつつある。「電源」「電波」の問題による欠測等は学術研究では許されても、ビジネスでは許されない場合も多い。従って、IoT向け超低消費電力の独自ICの設計を視野に入れて、システムの小型化や堅牢性向上を目指して研究を続けていく必要がある。

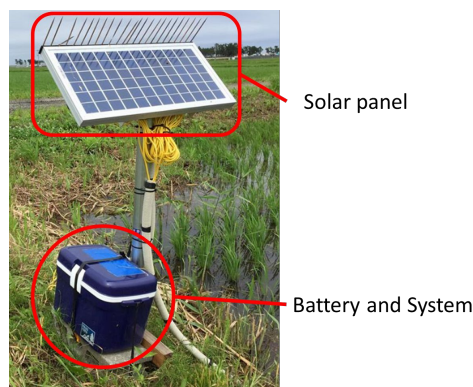


図4 システムの外観

(5) 今後の本研究の発展案として、東北で取得したデータを時系列データとして扱い、人工知能(AI)を適用し解析を行うことを考えている。図5に示す通り、11250 辺りまでのBP(赤)と降水量(黄)を学習データとして用い、BPを推定した結果、緑の推定値を得た、青の実データとの一致はまだまだ良好とはいえない。しかし、欠測や、予測に関する有意義な結果を含んでいると考えている。「軸となる分野(農業 etc.)」+「そこで取得した時系列データ」にAIを掛け合わせるによりデータ駆動型社会の実現を目指すことを本研究の未来として提言して結語とする。

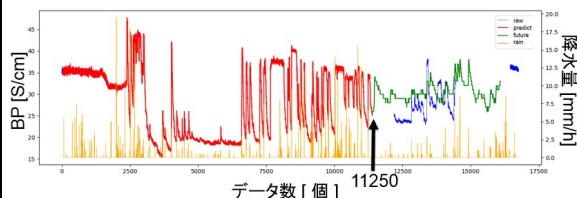


図5 東北観測点2の深さ10cmでのBP約2年分のデータ(2016/5-2018/6)

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計9件)

堀田孝之、荻島真澄、中島正寛、古賀つかさ、石川洋平、野口卓朗、遠隔地設置機器の管理と高専間連携、第9回高専技術教育研究発表会 in 舞鶴 発表概要集、2018、pp.82-83

大塩悠貴、國崎恒成、石川洋平、深井澄夫、バッテリー劣化判定機能付きフィールド実験用電源管理システムの検討、電気学会計測研究会、IM-17-047、2017 Iori Morishita, Kosei Kunizaki, Yuki Oshio, Takayuki Horita, Takuro Noguchi, Akio Shimizu, Yohei Ishikawa and Sumio Fukai, Addition of Data Logging System to Wireless Sensor Network using Arduino, ICAEME2017, 2017, pp.23-24

大塩悠貴、野口卓朗、深井澄夫、石川洋平、フィールド実験用電源管理システムの検討、電気学会電子回路研究会資料、ECT-17、1-21、2017、pp.69-72

國崎恒成、森下伊織、大塩悠貴、堀田孝之、荻島真澄、中島正寛、古賀つかさ、深井澄夫、石川洋平、土壌水分センサネットワークのクラウド運用に関する一考察、IEEE 計測研究会 学生研究発表会、2016

森下伊織、國崎恒成、大塩悠貴、古賀つかさ、中島正寛、荻島真澄、堀田孝之、徳本家康、宮本英揮、石川洋平、土壌水分センサネットワークの安定運用に関する考察：熊本地震前後における土壌水分・土壌 EC の経時変化、2016 年度 土壌物理学会大会、2016

石川洋平、堀田孝之、中島正寛、荻島真澄、嘉藤学、松野哲也、清水暁生、宮本英揮、徳本家康、佐藤三郎、深井澄夫、上村祐一郎、産学連携の可能性と障壁 - 農工連携のスタートアップ期を例に -、産学連携学会第 14 回大会、2016

Yuki Oshio, Kazuki Kondo, Kosei Kunizaki, Takayuki Horita, Akio Shimizu, Yohei Ishikawa, Development of Dynamic Statistical Analysis System by R Language for Wireless Sensor Network, 第 2 回電子デバイス・回路・照明・システム関連教育・研究ワークショップ, 2015

國崎恒成、近藤一輝、大塩悠貴、野口卓朗、中島正寛、荻島真澄、堀田孝之、徳本家康、宮本英揮、石川洋平、Arduino と XBee を用いた土壌水分センサーネットワークの検討、2015 年度 土壌物理学会大会、2015

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.iclab.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石川 洋平 (ISHIKAWA, Yohei)

有明工業高等専門学校・創造工学科・准教授

研究者番号：50435476

(2) 研究分担者

徳本 家康 (TOKUMOTO, Ieyasu)

佐賀大学・農学部・助教

研究者番号：80445858

宮本英揮 (MIYAMOTO, Hideki)

佐賀大学・農学部・准教授

研究者番号：10423584

松野 哲也 (MATSUNO, Tetsuya)

有明工業高等専門学校・創造工学科・教授

研究者番号：80243921

嘉藤 学 (KATO, Manabu)

有明工業高等専門学校・創造工学科・准教授

研究者番号：40270376

堀田 孝之 (HORITA, Takayuki)

有明工業高等専門学校・教育研究技術支援センター・技術専門職員

研究者番号：80450146

(平成 29 年度より研究分担者)

深井 澄夫 (FUKAI, Sumio)

佐賀大学・工学系研究科・准教授

研究者番号：30189906

(平成 29 年度より研究分担者)

清水 暁生 (SHIMIZU, Akio)

有明工業高等専門学校・創造工学科・准教授

研究者番号：90609885

(平成 29 年度より研究分担者)

(4) 研究協力者

野口卓朗 (NOGUCHI, Takuro)

荻島真澄 (OGISHIMA, Masumi)

中島正寛 (NAKASHIMA, Masahiro)

古賀つかさ (KOGA, Tsukasa)

小山真二郎 (KOYAMA, Shinjiro)

山岡靖明 (YAMAOKA, Yasuaki)

上村祐一郎 (UEMURA Yuichiro)