

令和元年6月18日現在

機関番号：32714

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K07973

研究課題名(和文) 果樹園農家支援のための大規模センサデータ取得・解析に関する研究

研究課題名(英文) Research on acquisition and analysis large scale sensor data for orchard farmers support

研究代表者

大塚 真吾 (Otsuka, Shingo)

神奈川工科大学・情報学部・准教授

研究者番号：70509736

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)：現在の果物栽培の多くは、生産者独自の経験則や感覚を頼りに行われているため、気温や湿度などの作物の育成環境のデータは蓄積されることは少ない。また、電源供給の難しい環境に果樹園が存在することが多い。そこで本研究では、Arduinoのようなマイコンやソーラーパネルなどを用いることで、電源を自給できる果樹園の育成環境のデータを定期的に記録するシステムの提案を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

みかん農家から環境データを取得・解析・比較する試み、および、生育環境が異なる2箇所のみかん農園から環境データを取得・解析する試みは他に類を見ない。また、環境(育成)データを低コストで取得するための試みや、太陽光発電を用いて気象データを取得する試みも独創的であると考えている。みかん畑の多くは日当たりの良い南東の斜面にあるため太陽光を集め易いといった特徴を利用している。本研究の成果に、生育環境とみかんの品質の関連抽出が挙げられ、高品質の農作物を大量に生産するための基盤となることが予想される。

研究成果の概要(英文)：Currently, farmers grow crops by their experimental rule and intuition. It is rare to accumulate environmental data at the time of cultivation. In addition, often there are orchards in an environment where power supply is difficult. We propose a system that periodically records the data of the growing environment of orchard using microcomputer such as Arduino. And we use solar panel and battery for self-supply power source.

研究分野：データ処理

キーワード：コンピュータネットワーク・ICT センサネットワーク データ解析 農業支援

1. 研究開始当初の背景

農作物に関するデータは農業試験場や(独)農業・食品産業技術総合研究機構などの公的機関が定期的に発表しているが、新規の品種や農作物の病気に関する情報、米などの主要な農作物の収穫量に関する情報が多く、農作物の味など品質に関する情報はほとんど存在しない[]。また、高齢者が営む果樹園農家においては、果物の栽培は長年に渡り各農家の独自の経験則や熟年者の感覚によって行われており、それら経験則の大部分は本人の頭の中や本人にしか理解できない内容がノートに書かれているだけのケースが多い。したがって、気温や湿度など品質に影響する気象情報などの統計的な環境データがほとんど存在しない状況にある。

近年、農作物の自由化などの影響により、農業だけで安定した収入を得ることが難しく、後継者が減少すると共に、生産者の高齢化により廃園になるケースが増加している。農林水産省の作物統計においても、果樹栽培面積の減少理由は「生産者の高齢化に伴う廃園等が進んだ」と結論づけている[]。また、果物の生産に興味がある若者も果物栽培の経験則を教わる機会が少なく、収穫期の作業量の多さに見合った報酬を得ることが難しく、果樹園業への新規参入が伸び悩んでいる。みかん、りんご、葡萄など多くの果物の収穫は手作業のため収穫にかかるコスト(人件費)は高くなる傾向があり、収穫物を高く売するためには農協などを通さずに直売しなければならない。例えば、高品質の 1Kg のみかんを手売りしたときの価格は 250-300 円であるが、農協などに出荷すると 100 円程度、ジュースの原材料として出荷した場合は 5 円程度であり、品質が落ちると販売価格は 1/3 程度となる。このように、果樹園農家を取り巻く環境は厳しいものであるが、その一方で、さくらんぼやメロンなどについては高品質なものは輸入自由化後において価格が上昇し、葡萄においてもブランド品は高価格で売買されている。

2. 研究の目的

本研究では、果樹園農家における農作物の安心・安全かつ高品質化を目指すために、「低コストでの環境(生育)データ取得」と「環境(生育)データと農作物の品質の関連性の解析」を行う。環境データの収集は生育環境が異なる神奈川県(小田原市)と島根県(隠岐郡)の 2 箇所のみかん農園で行う。この 2 つは経営耕地面積以外にも、面している海や気候、地質も異なるため、双方の環境データを比較することで、農作物が育った土地の性質が農作物の品質に与える要因を特定する。これにより、高品質な農作物を生産するための土地改良や、その土地に見合った品種の選定のためのサポートを目指す。実施する具体的な研究内容は以下に示す。

- みかんは樹木ごとに品質が異なるため、多くの樹木から環境データを取得する必要がある。本研究では、神奈川県小田原市と島根県隠岐郡のみかん農園の樹木に環境センサを設置する。また、風力など特殊な計測器を搭載した環境センサを各地に設置し、環境データを定期的にサーバへ送信システムを構築する。
- 環境センサを設置したみかん樹木になった果実の糖度、酸度、水分量、大きさなどを調査し、環境センサから取得した環境データと収穫した果実の品質との相関関係を抽出する。
- 生産者が取得した環境データを分かりやすく提示するシステムの構築を行い、生産者が農作物の異変に素早く気づくことが可能なシステムを構築する。
- 環境データの収集と送信にかかる電力は全て太陽光発電で賄うことを目標とする。

3. 研究の方法

研究計画についての概略を図 1 に示す。まず、みかんの気温や湿度、土壌の水分量や pH 値など農作物の品質に影響を与える環境データを取得するために、大量の環境センサを設置し、Wi-Fi ルータから 3G 回線など公衆データ通信網を通じて、定期的に環境データをサーバへアップロードを行うシステムを構築する。また、センサを設置したみかんの樹木の生育状況の調査を定期的に行う。さらに、環境データは膨大な量となるためデータを効率良く保存する方法についての検討を行う。

環境センサから取得するデータは、気温、湿度、気圧、照度、土中の水分量、土中の pH 値、および、一部のセンサは、風力と降水量の計測が可能なものを導入する。したがって、環境データは計 8 種類となる。また、みかんの味などに関する品質データは、収穫した果実の糖度、酸度、水分量、大きさ、および、環境センサを設置した樹木の生産量の計 5 種類を予定している。

4. 研究成果

果物生産のための経験則を様々な気候情報を記録することで客観的に示すことができると考え、農作物の栽培に大きな影響を及ぼすいくつかの気候情報を記録するシステムを低コスト、および、低電力で構築した。実際には、Arduino Uno を用いることで、電源の確保が難しい環境下でもシステム運用を可能とした。

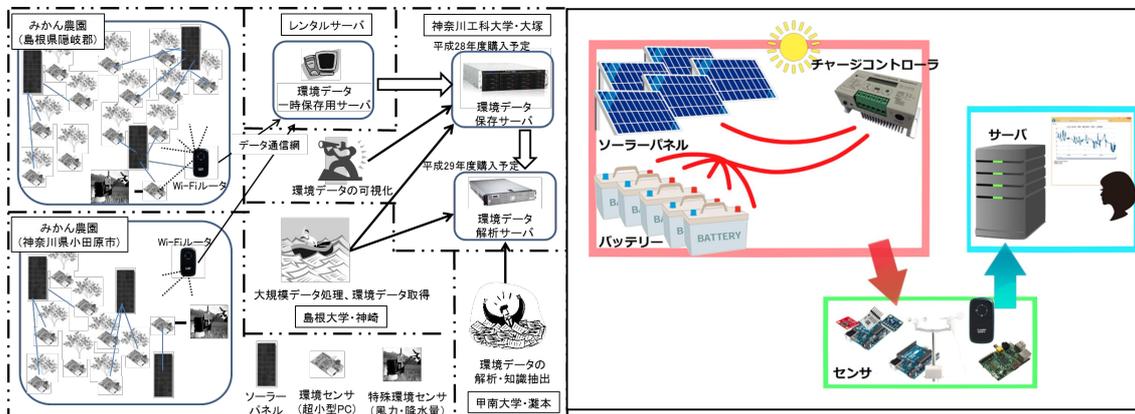


図 1：研究体制

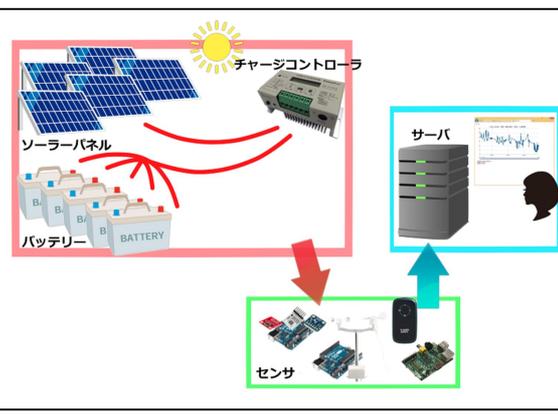


図 2：システム構成図

(1) システム概要

神奈川県小田原市と島根県隠岐郡のみかん農家においてシステムの構築・導入を行った。Arduino Uno や Raspberry Pi といった低価格で導入可能な小型シングルボードコンピュータを用いて実装を行い、シングルコンピュータに温度・湿度・気圧・照度・土壌湿度センサをや風速計，風向計，雨量計を接続した。また，みかん農園を観察できるように Raspberry Pi に USB カメラ，温度湿度センサを接続したものも設置作成した。みかん農園は南向きの山の斜面に作られることが多く，今回の実験場所も同じ状況にある。ランニングコストの抑制と電源確保が難しい箇所である山間部に設置するために，電源はソーラシステムを用い，発電によって得た電力によってシングルボードコンピュータとセンサを稼働させ，モバイルルータを介して取得したセンサデータをサーバにアップロードする。システム全体の構成を図 2 に示す。

本研究ではモバイル回線を用いてデータをアップロードするが，メッシュネットワークを構築し一度一台の端末に各センサのデータを収集した後にその端末からのみサーバにアップロードを行うこととした。また，ネットワークトポロジーの一つであるメッシュ型のトポロジーを持つネットワークを用い，接続する機器が一つのルータに接続するのではなく，接続する機器がそれぞれに接続することでネットワークを格子状に構築した。メッシュ型の特徴として，接続した機器すべてが経路として扱われるため，故障などで使えなくなった経路が発生しても継続的に接続・再構成を繰り返し，送信先に達するまでノードからノードへ転送を行うことが挙げられる。これは，屋外に設置するため物理的に故障が起こり得る本研究においても利点である。また，機器を増設する際にハブ等を用意する必要がなく，センサ機器をネットワーク内に設置するだけで増設が可能である。この点も果樹園の規模にも様々な場合があるため適していると言える。

今回実験で使用した Arduino や Raspberry Pi は機器の拡張が可能であるため，気象センサを作成するにあたり以下の機器を使用した。

温度湿度センサモジュール

SparkFun Electronics 社が販売する Semsirion 社製 SHT を搭載したモジュールを使用した。温度測定範囲は，-40~125 ，湿度測定範囲は 0~100% ，測定誤差は気温 25 において ± 0.3 ，湿度は 10~90% において $\pm 2\%$ である。

気圧センサモジュール

SainSmart 社製の販売する Bosch Sensortec 社製 BMP085 センサを搭載したモジュールを使用した。気圧測定範囲 ha300~1100hPa，測定誤差は気温 25 において ± 0.2 hPa である。

照度センサモジュール

Adafruit Industries 社が販売する Texas Advanced Opto-electronic Solutions 社製の TSL2561 センサを搭載したモジュールを使用した。測定範囲は 0.1~40000lx(ルクス) である。

土壌湿度センサモジュール

Seeed Studio 社製のモジュールを使用した。土壌中の水分量による抵抗値の変化からデータを取得する。

風力・風向・雨量センサモジュール

Sparkfun Electronics 社が販売する気象観測船サーキット Weather Meters を使用した。風速・雨量はパルス回数をカウントすることでデータを取得する。風向は，抵抗値との組み合わせからデータを取得する。

無線通信モジュール

DIGI 社製の XBee モジュールを用いた。Zigbee という近距離無線通信規格を利用でき，様々な構造のネットワーク構築を行える。本研究では Series1 タイプの XBee を使用し，メッシュネットワークを構築した。

(2) ソーラシステム

上記に記載した各機器の電源供給にはランニングコストの削減のため太陽光によって発電した電力を使用する。本研究では5枚のソーラパネルと5台のバッテリーを使用した。設置箇所が山の斜面であるため専用の架台を用いて設置した。実際にソーラシステム構築するにあたって使用した機器を以下に示す。

ソーラパネル

本システムでは100W単結晶シリコン基盤のソーラパネルを使用する。

チャージコントローラ

太陽光パネルから得た電力をバッテリー

に充電し各センサに電力を供給する用途で使用する。またバッテリーへの過放電も防ぐことも可能である。本研究では未来社が販売しているPV-1230D1ABを用いる。バッテリーの温度の監視や充電量の確認が可能である。

バッテリー

太陽光パネルから得た電力を蓄電するために使用する。長寿命といった特徴があるディープサイクルバッテリーを使用することで、放電時に安定した電圧を持続可能である。本システムでは、115Ahのバッテリーを3つ使用する。各機器をすべて接続しても満充電時であれば5日前後の連続稼働が可能となっている。そのため雨天が続き十分に太陽光の発電が見込めない際にも電力供給が可能となっている。



図3：果樹園に設置したセンサとソーラパネル

(3) 気象データの保存

作成したセンサは5分毎にデータを取得し、無線モジュールを介して一度Raspberry Piへと送信する。Raspberry Piは受信したデータをテキストとデータとして保存し、モバイル回線を用いてサーバへとアップロードされる。データを受信したサーバ側では、PHPスクリプトにより取得したデータを送信したシングルボードコンピュータ毎にcsvファイルとして保存を行う。HTMLのGETメソッドを利用して気象データをアップロードしているため、GETメソッドの属性名をもとにタイムスタンプも付与して保存する。

(4) 稼働実験

実際に作成した気象データ取得システムを神奈川県小田原市と島根県隠岐郡のみかん農園に設置し、定期的にサーバへデータ送信されるかの検証を行った。また電源にはソーラシステムを使用し、各シングルボードコンピュータ、モバイルルータへの電力供給を行った。

機器の防水対策

実験を行った崎地区は台風の通過や降雪があるため防水対策は必須である。ソーラシステムのバッテリーは専用のバッテリーボックスが販売されているためそれを用いた。チャージコントローラは市販されているタップパを利用して穴を開けてケーブルを通し、ホットボンドで密封処理を行った。気象センサの防水加工には図3のようなケースの中にシングルボードコンピュータを入れることで施した。温度湿度センサ、気圧センサはシングルボードコンピュータとともにケースに入れたが、照度センサ、土壌センサはケースの外にある必要があるため別の処理を施した。照度センサはタップパでの防水加工を施したところ風雨の影響により素材が傷つきセンサの数値の幅が狭くなるといった不具合があった。また、カメラの防水については画像の鮮明さを考慮する必要があり、最終的にアクリル製の容器の中に入れることにした。土壌センサは直に畝に差し込みセンサをつなぐケーブル部分に癒着性絶縁テープを巻きつけて防水加工を施した。また各センサをつなぐケーブルにも同様の処理をし、防水加工と感電対策を施した。

取得データの可視化

今回の実験では各シングルボードコンピュータから5分間隔でサーバへ転送するように設定したがデータの転送はおおよそ問題ないことがわかった。保存したデータをWeb上にグラフとして可視化しているため、みかん畑へ直接行かなくても果樹園の状況把握をWebページなどから行うことが可能である。Webブラウザでの表示例を図4,5,6に示す。グラフはサーバに保存されたcsvファイルを読み込み表示していて、横軸が日時を示していて縦軸が気象データの値を示している。また、グラフ上にカーソルを合わせることでその時点の時刻とグラフ上部に設置したチェックボックスにより選択された気象データが表示される。図4では温度データを表示している。表示している期間は2017年6月21日のデータであり午前8時頃では25度を表示している。

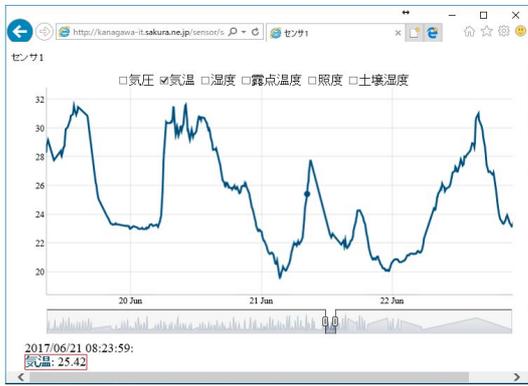


図 4：気象データの可視化例(気温)

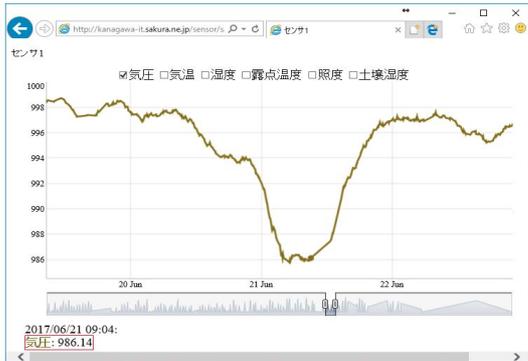


図 5：気象データの可視化例(気圧)

実際の天気では最低気温 21 度，最高気温 25 度だが，Arduino と同じケースの中に収納しているため少し高い値が取得されている．図 5 では気圧データを表示している．図 4 と同じく表示している期間は 2017 年 6 月下旬の一週間のデータであり 21 日には急激な気圧の低下が見取れる．この期間では梅雨前線が日本列島にかかっており，風雨対策をする必要があることがわかる．図 6 は風向データ・風速データを表示している．風向データは数値で取得されるが，折れ線グラフとして表示すると風向の変化が理解しづらいためグラフ下部に別途図を表示させることにした．データが欠損している箇所や折れ線グラフが直線で表示される箇所は電波障害などでサーバに気象データが送信されなかったためである．その他，照度データや土中の水分量などのデータも可視化を行うことができた．また Raspberry Pi を用いた Web カメラは 30 分ごとに撮影されサーバに転送される．画像データは Web ブラウザから閲覧可能であり，日付を指定すると図 7 に示すように，1 日分の画像データのサムネイルが表示され，サムネイルを選択するとより詳細な画像が表示される．

センサ機器の低電力化

これまでの実験では，センサ機器についてもバッテリーを設置しているところから電源ケーブルを引かなければならず，農家の草刈り作業でケーブルの切断や，ケーブルの埋設に手間がかかるという問題があった．そこで，センサにモノワイヤレス社から販売されている無線マイコンモジュールである Twelite を用いた実験も行った．Twelite はボタン電池である CR2032 で数ヶ月から 1 年程度可動することができるため，データ転送を行うシングルボードコンピュータとモバイル Wi-Fi のみソーラシステムで可動するシステムを構築し動作確認を行ったが，研究期間内に実証実験を行うことはできなかった．

(5) 考察

実験では 5 分おきにサーバと通信を行うように設定したが，シングルボードコンピュータからのアップロードは台風などが多い 8,9 月を含む数ヶ月間において通信が行えない期間があったが，失敗があったが継続して行われていたため，本ソーラシステムでは長期な電源供給が可能であること，各機器に施した防水加工によって耐環境性が向上したことが確認できた．潮風などによりタッパがもろくなったことを確認したが，これはタッパに用いられるポリプロピレンという素材の耐候性が低いためだと考える．また Web による取得した気象データの可視化については，実験結果から気象の変化がわかりやすく表示させることができた．特に図 5 のように，急激な気圧の変化などをセンサから観測することが出来た．これにより，気象データの取

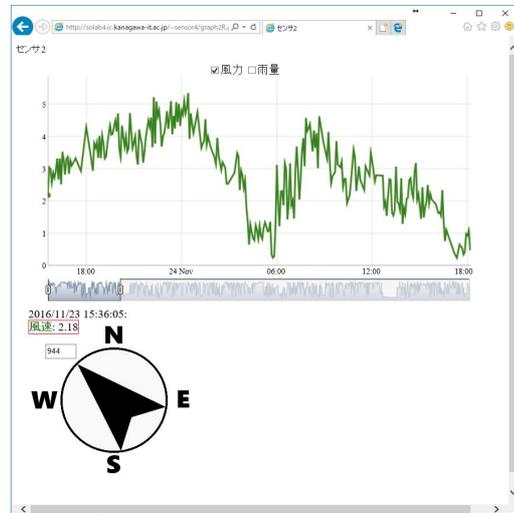


図 6：気象データの可視化例(風力・風向)

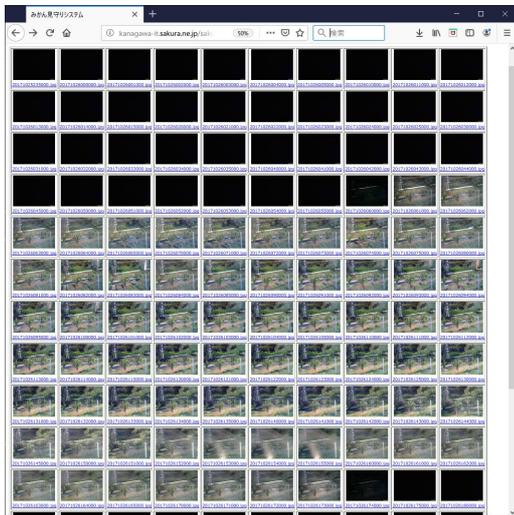


図 7：Web カメラの画像(1 日分)

得による果樹栽培の経験則を数値化することは可能であると思われる。本研究ではみかん農園を対象に実験を行ったが、本研究で構築したシステムを利用することで他の農業でも経験則の数値化、さらには後継者育成を支援することが可能であると考えられる。

<引用文献>

松野智明, 増井崇裕, 安部恵一, 峰野博史, 大須賀隆司, 水野忠則, 「無線センサネットワークを利用した農業支援環境の見える化の実現と評価」, 第73回全国大会講演論文集 2011(1), 167-168, 2011.

農林水産省: “作物統計,”

<http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/index.html> [accessed Dec.8, 2017.]

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計2件)

Tepei Murase, Shingo Otsuka, ‘Anomaly Monitoring System for Mandarin Orchard’, IIAI Journal Series - Information Engineering Express (IEE), 査読あり, 2019.(発刊準備中)

大塚 真吾, 「農家におけるセンサデータ取得の現状」, 知能と情報(日本知能情報ファジィ学会誌), 査読あり, Vol.30, No.1, pp.35-41, 2018.

[学会発表](計4件)

Kazuhiro Akiyama, Kensuke Mitsuzawa, Kazuya Narita, Tadahiko Kumamoto, and Akiyo Nadamoto, “Clause-level Negative-opinion Analysis for Classifying Reviews on Multiple Domains”, The 20th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services(iiWAS2018), pp. 113-121, 2018.

神崎映光, 北野数馬, 吉崎翼, “組込み機器向け言語mruby/cにより動作する小規模農業支援のための無線センサネットワークの構築について,” 情報処理学会研究報告(コンシューマシステム&デバイス 2018-CDS-22), pp.1-6 (2018).

熊坂瞳, 三上拳祐, 村瀬哲平, 大塚真吾, 「ワンボードマイコンを用いた異常気温検知システム」, 第9回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM2017), P5-2, 2017.

Hitomi Kumasaka, Tepei Murase, Shingo Otsuka, ‘A Study for Abnormality Notification System in Orchard’, The Fifth Asian Conference on Information Systems(ACIS2016), 2016.

[図書](計0件)

[産業財産権]

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

[その他]なし

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名: 灘本 明代

ローマ字氏名:(NADAMOTO, Akiyo)

所属研究機関名: 甲南大学

部局名: 知能情報学部

職名: 教授

研究者番号(8桁): 30359103

研究分担者氏名: 神崎 映光

ローマ字氏名:(KANZAKI, Akimitsu)

所属研究機関名: 島根大学

部局名: 総合理工学研究科

職名: 准教授

研究者番号(8桁): 80403038

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。