

8 農水産フィールドでのIoTセンシング実証試験

問山清和、寺山 朗、長岡 孝、姫宮一輝、石田大騎、川口 修*

Demonstration and verification test for IoT sensing and wireless communication in agricultural and fishery fields

TOIYAMA Kiyokazu, TERAYAMA Akira, NAGAOKA Takashi, HIMEMIYA Kazuki, ISHIDA Daiki and KAWAGUCHI Osamu

For the implementation of IoT in the agriculture and fisheries fields, sensing and wireless communication technologies were applied to the following two fields. (1) Wireless mesh network temperature measurement in orchard. Prototype devices were set up at 15 locations in the field with an area of 40m x 160m. Temperature and humidity were measured at each points for about half a year. The data were collected using a wireless mesh network, stored on a main server, visualized and shared with everyone having LAN connection. The durability of the devices were also confirmed. (2) Wireless measurement of seawater temperature. The surface seawater temperature in front of the Aquatic Technology Center was measured. The data were transmitted to PC (Raspberry pi) inside the building by wireless technology, which will be utilized by publishing it on the prefectural website.

キーワード：IoT、無線メッシュネットワーク、気温測定

1 緒 言

農林水産分野におけるIoT技術の実装を目指し、次の二つのフィールドにおいて、センシングと無線通信技術を適用した実証試験を実施した。

一つ目は果樹園における無線メッシュネットワークによる面的な気温測定である。県の特産品であるレモンをはじめとする柑橘は一般に冬の低温に弱い^{1) 2)}。また、柑橘圃場の多くは日当たりの良い傾斜面にあり、標高差などから圃場内に気温差が生じ、樹木の生長や低温被害の程度が異なるため、圃場内の気温分布を面的に実測したい要望がある³⁾。そこで、圃場内温度分布を面的に測定・収集するデバイスを作製しフィールド計測を実施した。

二つ目は地先海水温のワイヤレス測定である。従来は現地で測定されデータロガーに蓄積された表層海水温データを現地まで出向いて収集し、これを手作業で整理・グラフ化しWEB公開していた⁴⁾。これを現地に出向くことなく、無線通信により収集・整理し、更に県HP上で公開するデータとして活用することを試みた。

2 果樹園気温の無線メッシュ測定

2.1 測定の目的と測定場所

今回の測定場所は、農業技術センター果樹研究部(以下「果研」という。)の柑橘圃場(約150m×40mの面積)

で、現状でも数点の気温を測定しているが、傾斜地のため場所により気温差が生じていると予想され、特に低温被害が懸念される冬場の気温分布を計測したい要望がある。そこで、圃場内の気温を面的に多点計測し、そのデータを無線通信でLAN端末のある建物(以下「受信建屋」という。)に送信し、LAN内のサーバにて蓄積・可視化し、遠隔地から確認できるようにすることを目的とした。

2.2 無線ネットワークの構成

圃場内に、**図1**に示すように合計15点の測定点を定め気温を測定した。圃場内の計測は西部Cにて無線メッシュネットワーク計測に実績のあるZigBeeを用いた。圃場から受信建屋までは、見通し500m通信可能なWiSUN-FAN(以下「WiSUN」という。)を用いた。**図2**に無線通信経路の概要を示す。当初は圃場内で集約したデータを直線距離で230m離れた受信建屋に直接送信する予定だったが、樹



図1 圃場内の測温位置

*水産海洋技術センター



図2 無線通信経路の概要

木や防風林及び建物、樹体を被覆する寒冷紗等により電波が減衰して通信が不安定となったため、圃場と受信建屋の間にある建物の屋上に WiSUN 中継器を設置して通信を安定させた。

2.3 作製した IoT 通信デバイス

今回の通信に用いた各デバイスについて説明する。まず、気温計測用の IoT 通信デバイス(3種類)の圃場設置状況とエンドデバイスの拡大写真を図3に示す。これら3種類のデバイスの役割を次に示す。

- ・コーディネータ(1台、図1の赤丸位置)：圃場内気温データを集約し、WiSUNで受信建屋へ送信する。
- ・ルーター(4台、図1の青丸位置)：自身の計測データ送信に加え、他デバイスから送られたデータを中継する。
- ・エンドデバイス(10台、図1の灰丸位置)：計測データを送信する。それ以外の時間はスリープ状態となり平均消費電力 $60 \mu W$ 以下と省電力化している。

圃場内ではこれらのデバイスがメッシュネットワーク(無線の通信網)を形成し、電波状態の良い経路を自動選択してコーディネータにデータ集約される仕組みとなっている。上記3種類のデバイスそれぞれに役割が異なり消費電力が違うため、それに合わせて太陽光パネルと蓄電池の容量を設計している。例えばコーディネータでは ZigBee、WiSUN 等が同時稼働し $3.3V$ 、 $80 \sim 120mA$ ($260 \sim 400mW$) 程度の電力を消費する。晴天が一週間ない場合でも動作し、その消費電力を一日(約6時間)の晴天で満充電できるよう、 $16V-30W$ の太陽光パネルと $12.8V-8Ah$ の蓄電池を用いた。一方、エンドデバイスは、2分に一回の頻度で温度湿度を計測し無線通信する以外はモジュールがスリープ状態となり、前述のとおり平均消費

電力が $60 \mu W$ 以下と超省電力であるため、太陽電池は $5V-1W$ の小型のもの、蓄電池は小型の LiFePO4 蓄電池 ($3.2V-550mAh$)等を用いた。

受信建屋には WiSUN 受信機と LAN 端末 (RaspberryPi 400) を設置し、この端末から LAN 内のメインサーバに計測データを自動送信する。メインサーバは、データベース



図3 圃場内に設置した IoT デバイス

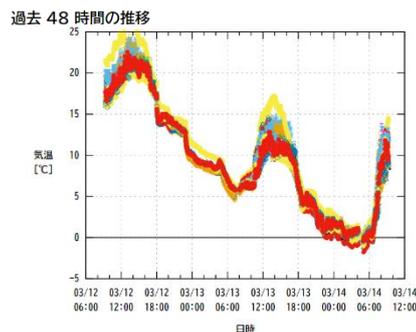


図4 圃場気温のWEB 確認画面

スにデータを蓄積する機能と、図・グラフ等で可視化し LAN 内に公開する機能、及び必要なデータをダウンロードできる機能を担わせた。これにより、**図4**に示すような圃場の気温分布や時間変化を可視化した WEB 画面を LAN 内の各所で共有できるようになった。

2.4 測定データ

令和4年12月～令和5年3月の間、圃場の気温測定を実施した。**図5**に令和5年1月下旬から2月末までの、一日ごとの最高気温と最低気温の推移を示す。赤線が今回設置したデバイスの測温結果、黒線は既設気温計の測温結果である。最高気温と最低気温の推移傾向は両者で一致しているが、今回設置したデバイスは既設のものに比べて最高温度は最大で5℃程度高く、最低気温は1℃ほど低くなっている。両者の測定位置が異なることを差し引いて考えても、上記結果の差異は有意であると思料できる。

今回設置したデバイスの測温部は自然通風式であり、風が弱い日は輻射(日射)により測温装置のラジエーションシールドが温められ、そこからの二次輻射により最高気温が5℃程度高く計測されたと考えられる。最低気温についても同様である。測定系の一部に輻射の影響を最小限に抑えた強制通風筒式気温計を組み込み、比較・校正を図るなどの対策が必要と考えられる。

次に、圃場内の気温差について東端と西端の温度を比較する。当該圃場は東の標高が低く西が高い地形にあり、

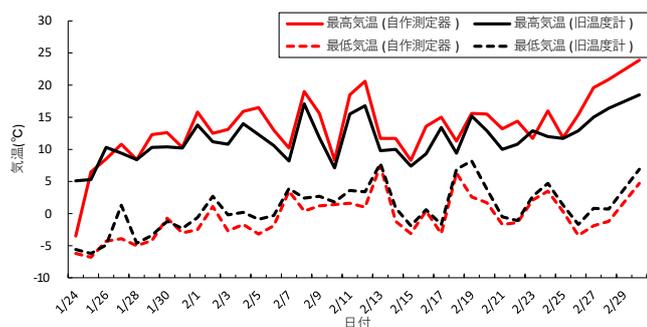


図5 測定した最高気温と最低気温の推移

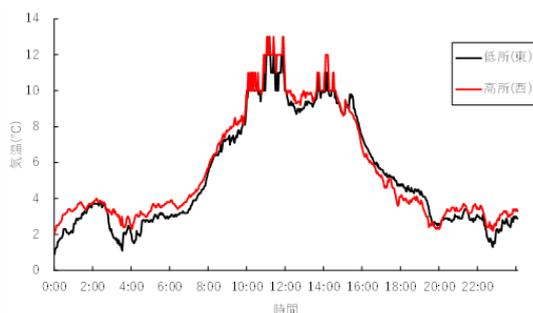


図6 圃場の2地点における1日の気温の推移

両者の標高差は約11～12m程度である。**図6**に一日(令和4年12月31日)の気温の推移を示す。日中の気温はほぼ等しいが、夜から明け方にかけて標高の低い東端の温度がおおよそ1℃ほど低いことがわかる。今回の測定装置によって、圃場内の最低気温に場所による差異が生じることが実測ベースで確認できた。

3 地先海水温のワイヤレス測定

3.1 測定の目的と実施場所

海水温は海中生物の生態に大きく影響し、魚の生息量や漁獲量の変動に寄与する重要指標の一つである⁵⁾。瀬戸内海沿岸では気象庁の観測だけで周防灘、安芸灘・伊予灘、備後灘・燧灘、大阪湾があり、兵庫、香川、岡山、山口の各県でも測定を行い一般に公開している。広島県の水産海洋技術センター(以下「水産C」という。)でも地先の表層海水温を測定し HP 上で公開している⁴⁾。この作業は担当者が地先に出向き、データロガーで計測・記録されたSDカードを持ち運び、手作業で図表を作成、PDF ファイルを HP へ登録していた。本取組の目的は、これらの作業を自動化することである。

図7に測定点近傍の航空写真と棧橋付近の写真を示す。水温を測定する地先からデータの受信点までの直線距離は約70mである。無線はWiSUNを使用し、測定点近くの棧橋には配電盤用の防雨ボックス(**図7**右側)が設置されており、商用電源も供給されているためこれを活用することとした。



図7 測定点(地先)と受信点との位置関係

3.2 作製したデバイスとデータ通信の流れ

水温測定用の温度計はステンレスプローブで防水仕様の1-Wire 通信方式の半導体温度センサを用いた。

代表的な高精度温度センサには白金抵抗体、熱電対などのアナログ出力系や、半導体センサでアナログ出力型や、I2C、SPI、1-wire 等の各通信型がある。本件では

水中測定点と計測回路までのケーブル長が約5mあり、アナログ系ではノイズが重畳して測定誤差が大きくなる懸念があった。また、I2C通信、SPI通信は元々基板内の近距離通信規格であるので、離隔距離として精々1mまでしか対応できない。その点1-Wire型は10m程度の通信にも対応する。採用した1-Wire型半導体温度センサ(DS18B20+)の仕様上測定誤差は±0.5℃であるが、バイアス補正することにより実質誤差を±0.2℃程度まで抑えることができる。

センサ部は海中に浸漬し、陸上ではケーブルをPF管で保護し防水ボックス内に設置した測定モジュールに接続した。なお、当該センサは防水をうたっているものの、海中に浸漬して一日程度で水漏れにより測定不能となった。このため水漏れした部分を樹脂で固めるなどの防水対策が必要であった。センサの信号はマイコンで取り込み、WiSUN送信する仕組みになっている。

WiSUN受信にて得られたデータは、RaspberryPi 400内にて、公開テスト用の水温変化のグラフ表からなるWEBページ(html)を自動作成し、一日に一回の頻度にてLAN経由で公開サーバにデータを送っている。現在は、テス

トページの閲覧が可能である。

図8にこれらデータ通信の流れを示す。また、図9に公開サーバによって閲覧可能な地先水温のテスト表示画面を示す。このように、日ごとの温度変化を示すグラフと表が一日一回の頻度で更新されるシステムを構築することができた。

4 結 言

農林水産分野におけるIoT技術の実装を目指し、果樹園全域での面的気温測定と地先水温の測定という二つのフィールドを対象に、センシングと無線通信技術による実証試験に取り組んだ。その結果、各種デバイスの設計・製作や通信ネットワークの構築などを通して、どちらのフィールドにおいても、無線通信技術を駆使したデータ取得可能なシステムを構築できた。

なお、本実証試験は、工業系の西部Cと、農水系の果研、水産Cの複数の研究員が共同で行い、それぞれニーズのある具体的な課題への取組を通して、IoT技術に関する基礎的知識や、デバイスの設計・製作などに関する技術獲得という、人材育成にも寄与する取組となった。

謝 辞

おわりに当たり、本実証試験を実施するに当たり、農業技術センター果樹研究部の皆様には多大なご協力をいただきました。ここに感謝の意を表します。

文 献

- 1) 小中原：農業気象(J. Agr. Met.), 39(4) (1984), 315
- 2) 福岡県農林業総合試験場研究報告 4 (2018), 122
- 3) 農研機構プレスリリース 2023年5月29日：複雑な地形における日最低気温をピンポイントに推定- 作物の凍霜害対策等に期待 -
- 4) <https://www.pref.hiroshima.lg.jp/uploaded/attachment/526966.pdf>
- 5) 地球温暖化が引き起こす海水温上昇と漁業の関係水産界 3, (2020), 55

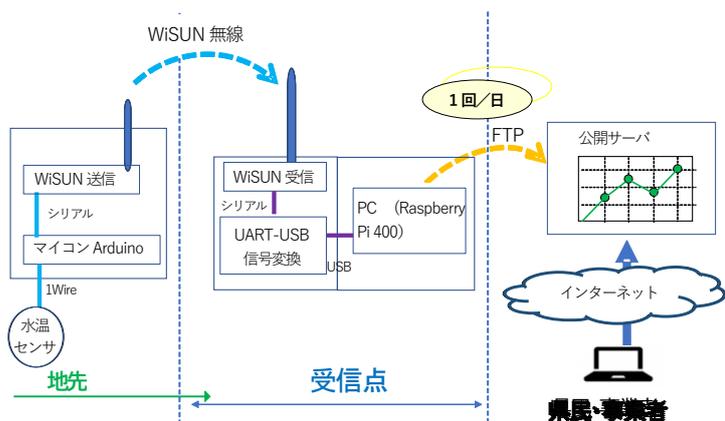


図8 データ通信の流れ

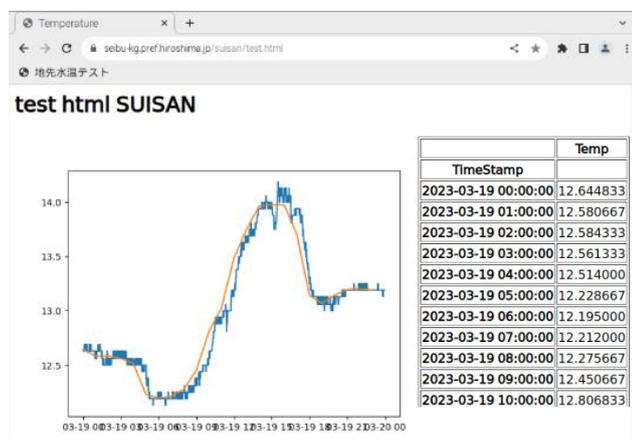


図9 地先水温の表示画面 (テストページ)