

3 商用無線を用いた屋外遠隔 IoT センシング実証試験

問山清和、寺山朗、姫宮一輝、石田大騎、池田裕朗

Demonstration and verification of remote outdoor IoT sensing using commercial wireless network

TOIYAMA Kiyokazu, TERAYAMA Akira, HIMEMIYA Kazuki, ISHIDA Daiki and IKEDA Hiroaki

For the implementation of remote outdoor IoT sensing such as agriculture and fisheries fields, local wireless mesh network and commercial wireless technologies were applied in three different locations. Prototype devices were created and installed every 6 devices for each field, and air-temperature were measured at each location. Once the data were collected to a local central device (so-called coordinator) using a ZigBee wireless mesh network, sent to a main server via commercial wireless network, visualized and shared with everyone having LAN connection. Since each measuring field was more than 10kms away from a facility with a LAN environment, the LTE-M commercial wireless technology was applied for data transfer between measurement field and main server. LTE-M has relatively slower communication speed but much lower power consumption than conventional LTE system, which is suitable for solar battery powered operation. We also developed a battery-powered forced-draft thermometer because the precise air-temperature measurement is required for outdoor agricultural applications.

キーワード : IoT、LTE-M、気温測定、強制通風筒

1 緒 言

近年、スマート農業に代表されるように農林水産分野ではデジタル化を推進する動きが活発化している。それに伴って、各圃場における気温や湿度などの様々な環境データを低コストに取得したいというニーズが高まっている。

昨年度、著者らは農林水産分野における IoT 技術の実装を目指して、農業と水産の二つのフィールドにてセンシングと無線通信技術を利用した環境データ取得の実証試験を実施した¹⁾。野外のフィールドで課題となる電源確保や低コスト化に対応するため、太陽電池や免許不要の無線（以下「アンライセンス無線」という。）を組み込んだ自立型メッシュネットワークの構築に取り組んだ。これら、測定のための各種デバイスや通信ネットワークの設計・製作を通じて、農林水産分野における環境測定ノウハウを蓄積し、無線通信技術を駆使してどのようなフィールド条件においても環境データ取得が可能なシステムを構築した。一方で、より広範なニーズに対応するためにはアンライセンス無線の届かない遠隔地（数km～数百kmオーダー）における環境情報の取得や、気温測定値の正確性について改善の余地があることも分かった。

本研究では遠隔地圃場の正確な気温測定を目的に、商用無線の利用と電池駆動対応の省エネ強制通風式の気温測定ユニットを組み込んだ新たな測定・通信システムを構築した。本報ではその特徴や測定結果について報告する。

2 無線ネットワークの構成

2.1 気温測定圃場と測定点数

今回の測定では、広島県内の異なる3圃場の面的な気温データの取得を目的とした。各圃場のそれぞれ6箇所にて测温デバイスを設置し、6点×3圃場=合計18点の気温変化を計測した。

2.2 無線ネットワークの構成

図1に構築した無線ネットワークの構成を示す。各圃場に6機の気温測定のデバイスを設置し、これら6点の気温を一つの親デバイス（以下「コーディネータ」という。）に送信して圃場の情報を集約した。圃場内の通信は無線ネット計測に実績のあるZigBeeを用いた。集約した気温データはコーディネータから商用無線であるLTE-Mの回線で、東広島市に設置したLANに接続しているメインサーバにデータを蓄積した。データ可視化のため専用のWebページを作成し、LANにアクセスすることで遠隔地からデータを確認できるようにした。

3 通信デバイスの設計と作製

3.1 強制通風式温度測定ユニット

昨年度の実証実験では、気温はラジエーションシールド内に温度センサを配置した自然通風式気温計により測定した。しかし近年では野外での気温測定には、風が弱く空気の通りが悪い時、直射日光や地面などからの輻射

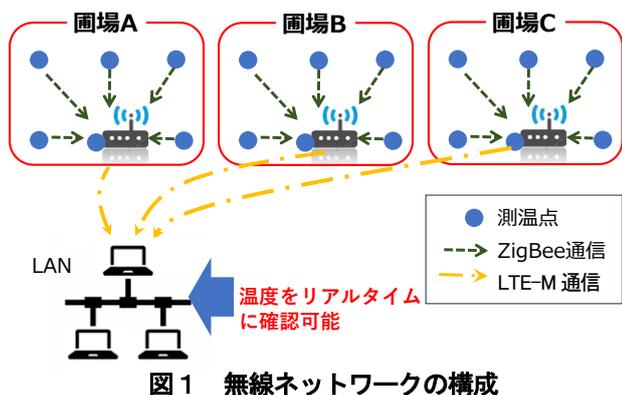


図1 無線ネットワークの構成

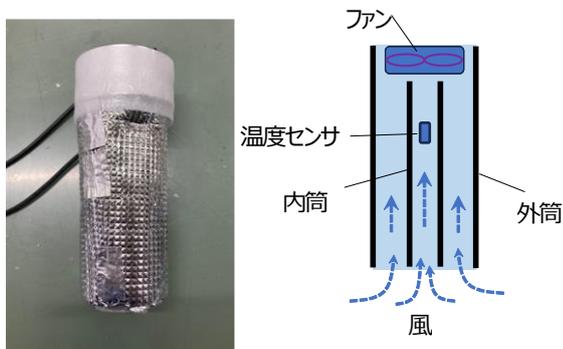
の影響を取り除くため、強制的に通風した環境下で測定することがより正確であるとされている。近藤純正のホームページ情報²⁾を参考に、正確な気温測定のため図2に示すような強制通風筒を試作した。内部は開放二重筒構造となっており、片方の開放口にあるファンにより、もう片方の開放口から筒内部に空気を吸い込み、筒の中心部付近に設置した温度センサで気温測定する。コスト抑制のため温度センサは測定精度±0.1℃の半導体センサ TSYS01 を用いた。

3.2 IoT 通信デバイス

圃場内には異なる3種類のデバイスを設置した。これらデバイスは当所内で設計・製作されたものである。各デバイスの名称、役割及び構成を次に示す。

① コーディネータ (各圃場1台)

測温圃場内の気温データ(6点)を集約し、商用 LTE-M 通信で LAN 端末にデータを送信する。図3にコーディネータの外観を示す。コーディネータのみ、強制通風式と自然通風式の2種類の気温測定センサを搭載し、両者の気温測定値の最新の差分校正値を保持する。これにより、圃場内の他デバイスに付属する低コストの自然通風式気温計の値から、精度の高い強制通風式で計測した気温に相当する値に校正することができ、低コストと高精度多



強制通風筒の外観

断面構造の模式図

図2 試作した強制通風筒の概要



図3 コーディネータの外観

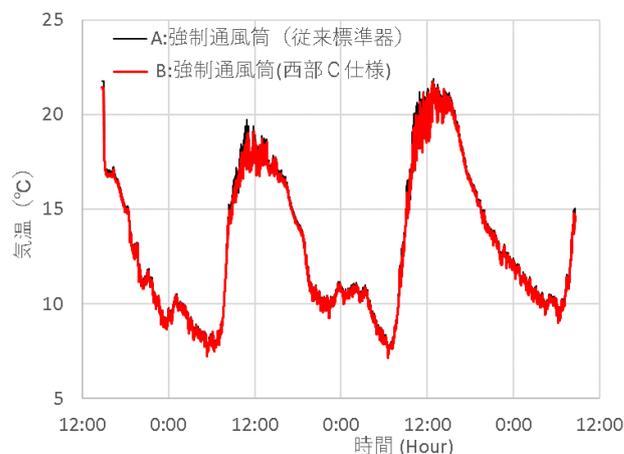


図4 2種類の強制通風筒気温計の比較実験の結果

点測定の両立を図っている。なお、この強制通風では常時ファンを回している。ファンは電池駆動対応できるよう太陽光用の低消費電力モーターと起風効率の良いファンブレードとの組合せを既製品から比較選択した。消費電力は $2V \times 125mA \approx 250mW$ である。従来ファンの消費電力が $12V \times 0.2A \approx 2.4W$ 程度であるので、約10分の1程度に低消費電力化している。通風筒入口の風速は $1m/sec$ 程度(従来機は $3m/sec$)とやや弱風ではあるが、既存の強制通風筒気温計³⁾との同時比較実験を行い、両者は同等の測定精度であることを確認している。図4は既存の強制通風筒気温計と今回開発した強制通風筒気温計とを同地点・同時期にて比較測定した結果である。両者の測定値は非常によく一致し、差異は最大でも $1^\circ C$ 程度であった。また、夜間早朝は、両者はよく一致した。

LTE-M 通信機能を含むコーディネータ全体を制御するマイコンは、ソニー系半導体メーカー製 SPRESENSE と LTE 拡張ボードを用いた。開発期間短縮のためライブラリーが充実している Arduino IDE 開発環境を採用した。

このマイコンはARM Cortex-M4Fの6コア、最大156MHz、SRAM 1.5MB、豊富な周辺モジュールを持つ高性能マイコンで、その上、低負荷時には自動で低消費電力化する機能を備え、今回のような多機能・電池駆動用途に適している。設計上コーディネータ全体の消費電力を約1.55Wと余裕ある設定とし、無日照日数を6日と想定、蓄電池容量は12V-18Ahとした。6時間程度の日照にて蓄電池を満充電させるべく、太陽光電池容量は50Wとした。

② ルーター (各圃場1台)

自然通風式の気温センサにより測定した自身の計測データ送信に加えて、エンドデバイスから送られたデータを中継する機能も併せ持つ。

③ エンドデバイス (各圃場4台)

自然通風式の気温センサで計測したデータを送信する。それ以外の時間はスリープ状態となり平均消費電力60μW以下と省電力化している。

なお、これら3種類のデバイスは外部電源を必要とせず、太陽光発電のみで動作可能な構成となっている。

4 気温測定データ

気温測定は令和5年11月から令和6年2月中旬までの冬季に実施した。その間、降雨・降雪等もあったが大きな通信障害は無く、継続した遠隔地の気温測定が可能であった。計測データをグラフにしてWEB ページ(html)上に自動作成し、閲覧が可能なシステムを構築した。図5に計測した気温変化の一例 (WEB ページ) を示す。圃場内の計測ポイントにマウスポインタを置くと、その端末の最新の計測値が表示され、グラフ上のデータ系列が強調表示されるなど、視認性の高いページとしている。一つの圃場内の位置が異なる6点の気温を表示している。気温変化は6点ほぼ同じ傾向であるが、最高気温や最低

気温は場所によって2~3℃程度の違いが確認できる。農業分野においては作物によって適正な生育温度があるため、当該技術の応用により、遠隔圃場の面的データを効率的に収集・確認することが可能である。

5 結 言

農林水産分野におけるIoT技術の実装を目指し、センシングと無線通信技術を駆使した遠隔圃場の気温測定に取り組んだ。商用無線通信を活用し、任意の遠隔地においても計測可能とした。また、精密な気温測定法である強制通風式と安価な自然通風式デバイスとを並存させ、これらを比較校正することにより、トレードオフとなる低コストかつ高精度な多点気温測定を両立させ、3箇所の遠隔圃場における正確な気温データ収集システムを構築できた。

強制通風式気温計をはじめ、今回開発した全てのデバイスは外部電源を必要としない太陽光自立型計測システムとなっており、屋外遠隔地での面的環境測定の際に設置の手間が少ない利便性の高いツールを開発できた。

なお、本研究は農業技術センター果樹研究部の協力のもと実施された。改めて感謝申し上げる。

6 文 献

- 1) 問山他：広島県立総合技術研究所西部工業技術センター研究報告、66(2023)
- 2) 近藤純正 <https://www.asahi-net.or.jp/~rk7j-kndu/kenkyu/ke100.html>
- 3) 岡田他：温度の正しい測り方 (1) 通風式放射よけの作り方、生物と気象 (Clim. Bios.) 10:A-2、2010

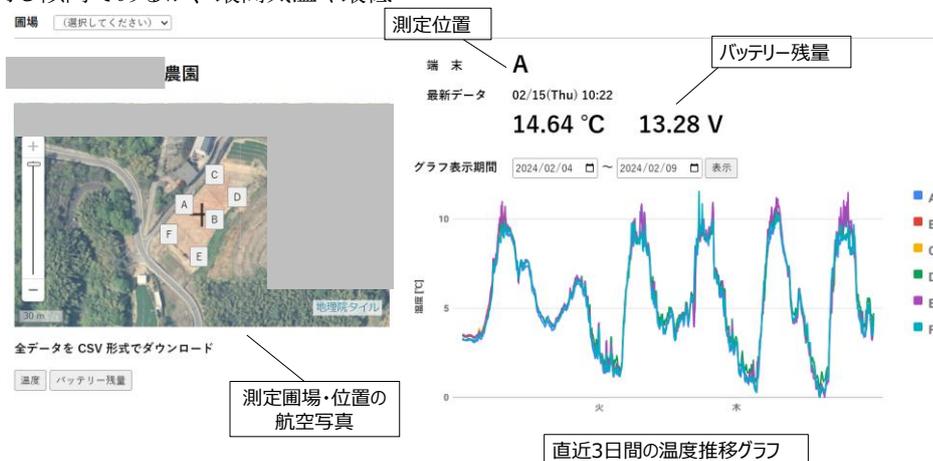


図5 測温データ表示の一例 (WEB ページ)