

富山市センサーネットワーク実証実験成果報告書（本編）

実験タイトル	農地におけるIoTセンサーのフィールドテスト	代表事業者	北陸通信ネットワーク（株）
		共同参加者	（株）エネルギー・コミュニケーションズ 伊藤忠テクノ・ソリューションズ（株） （株）セラク

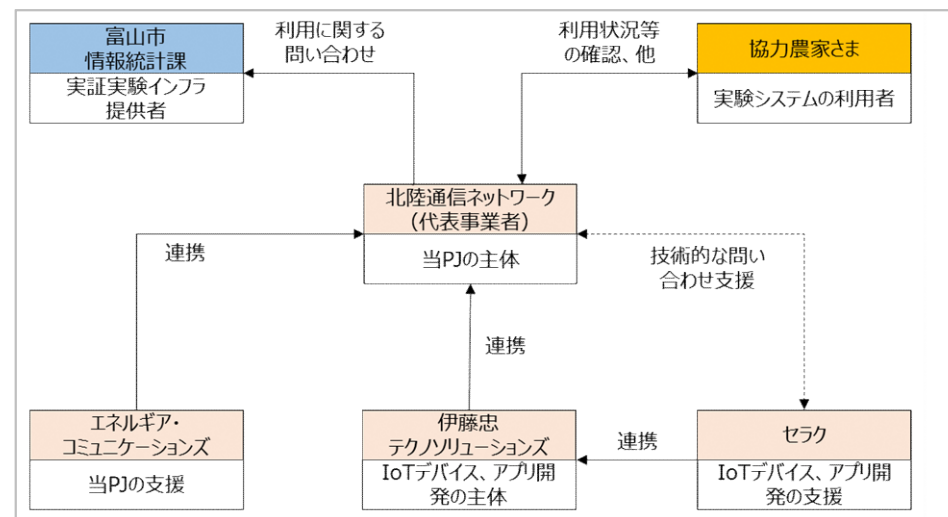
1. 実験の目的

- ・ 実証実験協力農家の農地（ビニルハウス環境）における、風速・風向、土壌温度・水分・ECの各種環境センサ情報の可視化の有用性を検証する。
- ・ LoRaWAN対応規格のデバイス開発を行う。

2. 体制

① コンソーシアム

- ・ 図1の通り、コンソーシアムを組み当PJに対応。
- ・ 北陸通信ネットワークが当プロジェクトの主体となり、プロジェクト管理・運營業務を担当した。
- ・ エネルギー・コミュニケーションズは、中国地方（広島県等）でのスマート農業における実証実験を既に手掛けており、その豊富な経験を活かし、当プロジェクトに対する弊社への運営支援を担当した。
- ・ 伊藤忠テクノソリューションズ・セラクは、LoRaWANデバイスを富山市実証実験基盤で利用するために必要な開発・チューニングを実施した。その他、センサーデバイスからアップロードしたデータを富山市基盤よりAPI連携し、Webアプリ上で可視化するための仕組み開発を担当した。



② 協力農家さん紹介

- ・ 山崎 修平氏、富山県エコファーマ認定番号 第3426号
- ・ 飲食店で10年働いた際に、富山県産の新鮮な野菜を仕入れるのに苦労したため、自身で生産者になると決意し、2013年に就農者に転身。現在、ハウス16棟を建て、コマツナを生産。今後は、コマツナ以外の生産も手掛ける予定。



② 使用したデバイス

I. センサー無線化キット 子機 LoRaWAN対応カスタマイズ版

- LoRaWANモジュールを内蔵し、付属のセンサーケーブルで各種センサーを接続
- 寸法：H:130mm / W:80mm / D:60mm
- 距離：ボックス設置個所から100m～500m
※周囲の環境に依存するため、到達距離を保証するものではない

II. 風速・風向センサー

- 露地栽培の霜対策、ハウス天窓・側窓からの突風被害の未然防止用
- 寸法：H:105mm / W:80mm / D:80mm
- 風量：0～40m/s ・ ±1m/s
- 風向：0～359° ・ ±5°
※0が北からの風 / 90が東からの風

III. 土壌複合センサー

- 土壌内の水分量・地温・土壌電気伝導度の計測用
- 体積含水率測定範囲：0～100%
- 温度測定範囲：-10～50℃ 精度±1.0℃
- EC測定範囲：0～7000 μ S/cm 精度±5%F.S.

IV. みどりボックスPro

- 携帯キャリアSIM内蔵、センサーの複数接続が可能なモジュール
- 寸法：H:180mm / W:180mm / D:81mm
- インタフェース：
カメラ接続用USBコネクタ：1ヶ（今回利用）
センサー接続コネクタ：6ヶ

V. カメラ

- 家電の単なるUSBカメラ、圃場内や作物の状況確認用
- 画角：60°、画像センサー：120万画素、静止画キャプチャ：1280x700
- 水濡れ不可



センサー無線化キット 子機
LoRaWAN対応カスタマイズ版



風速・風向センサー



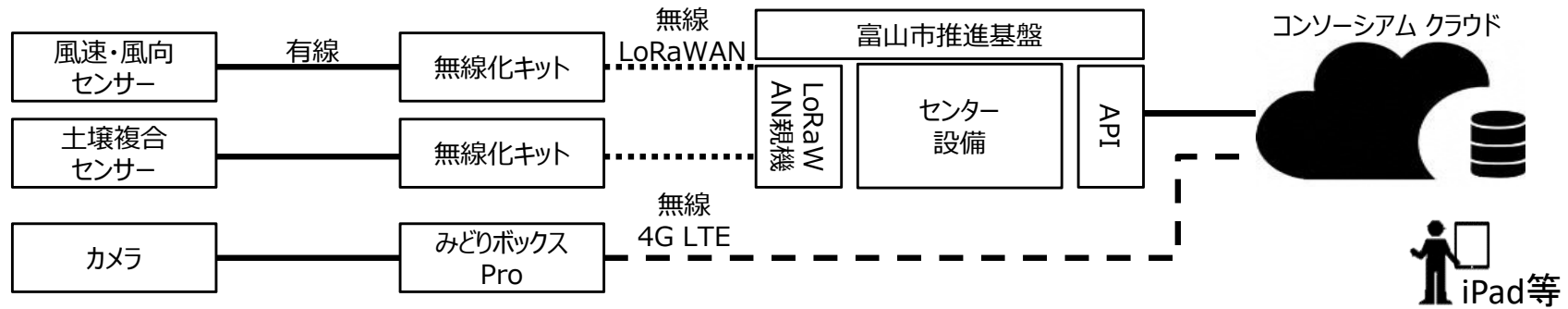
土壌複合センサー



みどりボックスPro

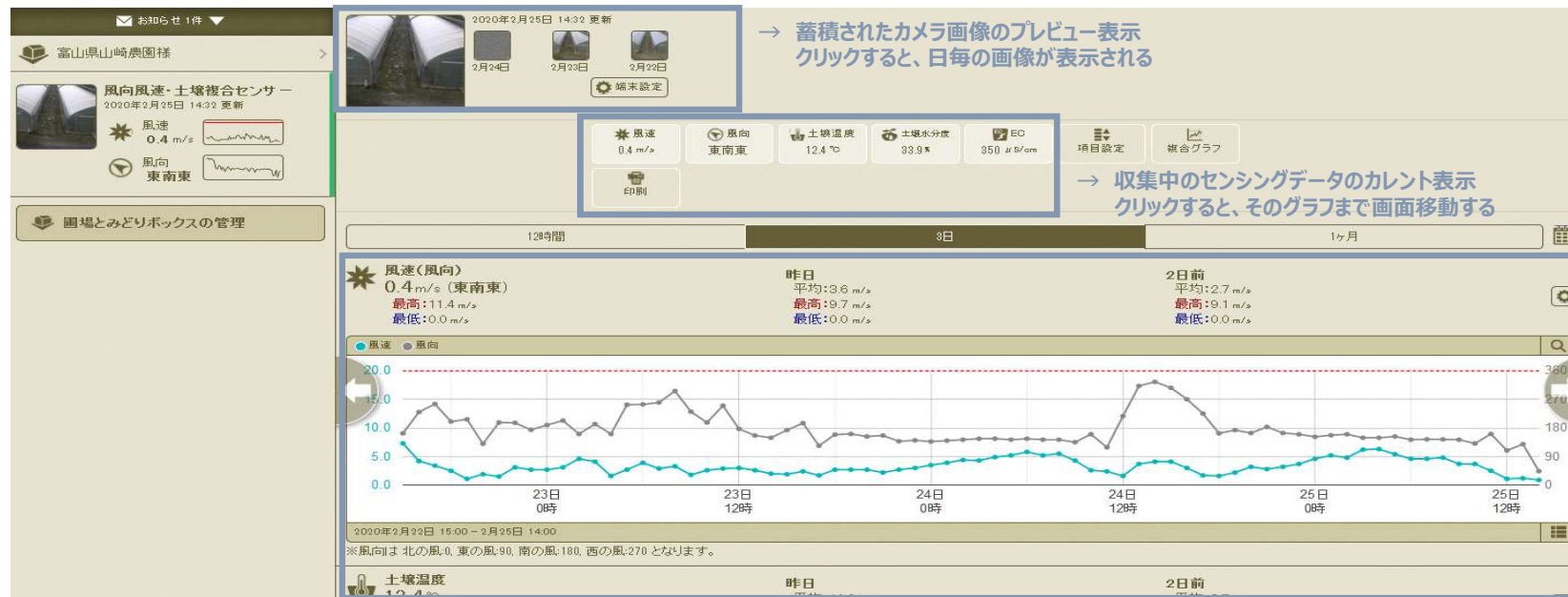
富山市センサーネットワーク実証実験成果報告書（本編）

③ 接続イメージ



④ 可視化イメージ

- スマートフォン、PCより所定のユーザID、パスワードでログインすることで以下の画面がリアルタイムに表示。
- また、各種センサーで取得したデータに閾値を設定することで、閾値超過時にメール通知が可能。



→ 風速・風向のグラフ一覧
設定により、1時間～1年単位のグラフ表示が可能

5. 実験結果

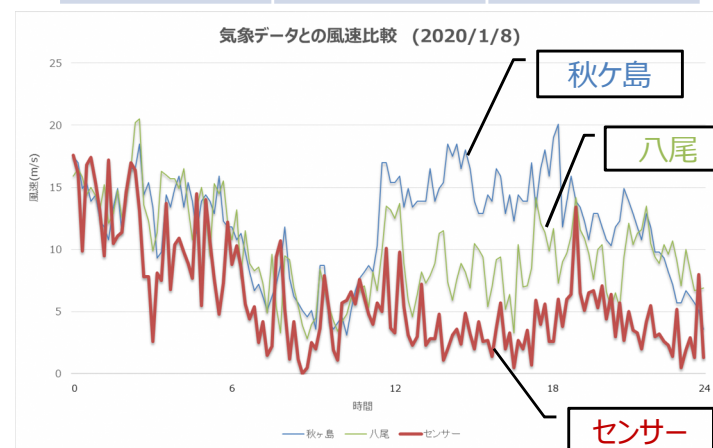
① センシングデータについて

I. 風速・風向センサー

- 山崎氏は風速データ可視化前までは、気象データと天気予報を参考にビニルハウスの保全を行っており、気象庁観測点の秋ヶ島、八尾のいずれかの風速が15m/sを超えると想定される場合は、現地で風速を確認し、実際に風が強ければ待機するが、多くの場合、体感風速はそこまで強くないため、即時に帰宅することが多かった。
- 待機する際は、昼夜問わず、風が収まるまで一定の時間待機する事が多く、中には5～6時間待機することもあった。
- 圃場と秋ヶ島・八尾の気象データの風速の比較において、右表と右グラフの通り、約7割以上が圃場における風速が気象データの値を下回っていることから、地理的に近い観測所ではあるものの、気象データの風速と現場の風速が大凡合致していないため、現地での確認を行わざるを得なかった。
- 可視化後、現場のリアルな風速を常時モニタリング出来るようになった事から、現場出勤の頻度が大きく減少した。

風速データサマリ（期間：12月～1月）

	秋ヶ島	八尾
観測数合計	8,774	8,720
センサー値が小の数	6,616	6,265
センサー値小の比率	75%	72%



II. 土壌複合センサー

A) 土壌温度

今期の暖冬の影響を受け、計測期間の土壌温度が5～20℃で推移したことで、コマツナの生育温度である5～35℃の範囲内に収まる結果となった。今回の実証期間においては、これまでの経験値が適正範囲内にあることが確認できた。

B) 土壌水分

一般的に、コマツナ栽培における灌水量は生育時期により大きく異なる。具体的には、発芽前は十分な量の灌水を行い、生育中期では土壌の湿り状態を視認した上で必要時に灌水し、後期には灌水を控えることとなる。コマツナの品質を維持するためには、これらの灌水時における土壌の湿り状態を現場で必ず確認しているが、実測データ値としても適正範囲であることが確認できた。

C) EC

2ヶ月の計測期間で平均320μS/mで推移。一般的にECが高くなるほど発芽率が低下するが、コマツナを含め、1作あたりの栽培期間が短い作物は、耕うん頻度が高く、発芽前に大量の灌水を行うことでEC値は適正值が維持される。今回の実証期間においても、実測データ値が適正範囲であることが確認できた。

更に、今回取得したデータは従来の暗黙知を形式知化したものであり、今後の農作業記録や技術継承の情報として活用することが期待出来る。また、測定期間を長期間にすることにより、異常値を検出するボーダー値を発見することが期待できる。

② LoRaWANレイヤ（無線レイヤ）について

（背景）

- 将来的なLPWAの商用利用を意識し、アクティベーション方式として、よりセキュアなOTAA方式にて実証実験を行った。
- OTAA方式の場合、IoTデバイスと認証サーバ間において、電源オフ・オン時に、再認証（新たな鍵交換、アドレス再配布）を要することから、電波の盗聴やなりすまし、といった攻撃から防御可能となる。
- IoTデバイスを設置し、実際に測定したデータを送信するまでには、必ず、最初にデバイス認証の手順が発生し、認証をパスすることで、測定データが送信出来る。
- 今回は2台のデバイスを近隣に設置し、タイプの異なるデータを送信（風量・土壌）する構成とした。

（結果）

- 不定期ではあるが、測定データが送信不可となる状況が発生したため、そのチューニング（原因究明と対策）に一月ほどの期間を要した。そこで発生した事象として、センサーからのデータ送信が、不定期に不可となったり、可となったりして、不安定な状態となった。

（要因分析）

- 今回用意したIoTデバイスはLoRaWANv1.0.2 ClassAに準拠しており、その特性は、当デバイスが送信スロットを1回送信すると、その後短い2つの受信スロットで受信する仕様であり、送信と受信のタイミングはランダムで決定され、しかも、送信スロットを送出した直後だけに設定され、常時、受信スロットが受信可能な仕組みとなっていないことが原因。

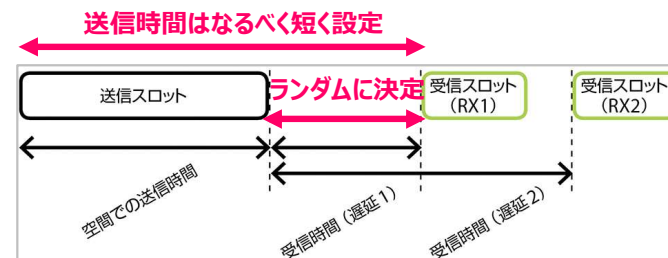


図4. スロットイメージ

出典：LoRaWAN Specification V1.0.2

（対策）

- データ送信レートを決定する要素として、DR(DataRate)というものがあり、通常、DRの決定はセンター設備であるネットワークサーバ側から要求され、IoTデバイスはこの要求に従う仕様であるが、初期設定のままでは、多くの場合、DRが最も小さい値で要求されたため、その結果として、データ送信に時間を要することで、受信スロットのタイミングと衝突することで事象が発生していた。DRは特性上、値が小さいと、転送サイズ、転送時間が大きく落ちる特長をもつ（DR0の場合、最大ペイロード長:51byte、転送時間:2793.47ms）
- これを回避するため、常時大きい値(DR5)で送信する設定に変更し、事象は改善した。（DR5の場合、最大ペイロード長：242byte、転送時間:374.02ms）

6. 効果

- 圃場における風速データの可視化により、実際に圃場で吹いている風速がリアルタイムで視認出来るようになったことから、無駄な現場出動が減少し、安心して生産に専念することが出来るようになった。
- カメラの外観監視においては、風速データによりハウスやその他設備への影響度を想定することができることから、風速データが外観監視の代替として利用できることが分かった。
- 土耕栽培（コマツナ）においては、土壌複合センサーの可視化により、今までの勘や経験による野菜栽培の環境が適正範囲内であることが定量的な情報として確認出来た。
- 提供事業者の網仕様に応じて、LoRaWANデバイスのチューニングが必要であり、そのポイントを理解出来た。

7. まとめ

- 総耕地面積の約4割を占める中山間地域に対して、IoTセンサーによる農地データの可視化については、高齢化や人手不足により、相応のニーズがあると想定されるので、提供に向けて今後の取り組みに繋げたい。
- LPWAに限らず、5G（ローカル5G含み）やLTEといった新技術、既存技術を上手く併用しながら、お客様のニーズに合わせセンシングソリューションの提供に繋げてたい。