

局所的気象観測IoTデバイスによる スマート防除システムの開発

旭川工業高等専門学校 システム制御情報工学科 岩城瑛大
指導教員 浜田良樹

背景

北海道などの大規模農業において、局地的な「霧」や高湿度は、いもち病や赤かび病といった病害を引き起こす重大な要因です。しかし、既存の広域観測網(AMeDAS等)では、農地ごとの微気象(マイクロクライメイト)まで正確に捉えることができません。この「観測の空白」により、生産現場では病害リスクを正確に把握できず、安全を見込んだ予防的な定期散布に依存せざるを得ないのが現状です。結果として、化学農薬の過剰使用や生産コストの増大を招いています。「みどりの食料システム戦略」が目指す持続可能な農業を実現するためには、経験則に基づく慣行防除から、データを活用して「必要な時だけ散布する」スマート防除への転換が不可欠です。

目的

本研究の目的は、汎用的なIoT技術を活用し、個々の圃場レベルでの微気象、特に霧の発生を低コストかつリアルタイムに観測可能な自立型デバイスを開発することにあります。これまで定量化が困難であった霧の発生状況を可視化することで、従来の「予防防除」から、データに基づいた「適期防除」への転換を支援します。これにより、必要な時に必要な場所へ限定したピンポイント散布を可能にし、「みどりの食料システム戦略」が掲げる化学農薬使用量の大幅な低減と、農産物の品質維持を両立させる持続可能な農業生産システムの構築に寄与することを目指しています。

システム構成

低コストかつ電源のない圃場でも運用可能なシステムを構築した。

- ・制御部: Raspberry Pi 4 Model B(データ処理・通信制御)
- ・通信部: LTE通信モジュール(4G回線によりクラウドへデータを自動送信)
- ・センサー部:
 - ・レーザー式粒子センサー(Plantower PMS7003):空気中の微粒子濃度から霧を推定
 - ・複合環境センサー:気温・湿度・気圧を測定
- ・電源部: 10Wソーラーパネル + リチウムイオンバッテリー(完全自立稼働)
- ・筐体: プラスチック製クリアボックス(防水・防塵設計)

観測原理とアルゴリズム

霧は微細な水滴が浮遊する現象である。本システムでは、以下のロジックで霧検知(病害リスク判定)を行う手法を提案する。

1. 高湿度の検知: 相対湿度が95%以上であることを確認。
2. 粒子の検知: レーザーセンサーにより空気中の浮遊粒子濃度(散乱光強度)の上昇を検知。
3. 判定: 上記2条件が揃った場合を「霧」と判定し、管理者へアラートを送信する。

製作・開発

農業現場での過酷な環境に耐えうるフィールドサーバーを試作した。

- ・外装: 市販のクリアボックスを加工し、上部にソーラーパネル、側面に観測装置を配置。
- ・コスト: 汎用部品の組み合わせにより、従来の農業用気象ステーションと比較して約1/10の低コスト化を実現した。
- ・ソフト: Raspberry Pi 4で動作するPythonプログラムを独自開発しました。15分間隔でデータを取得し、LTE回線でクラウドへ自動送信する完全無人監視システム

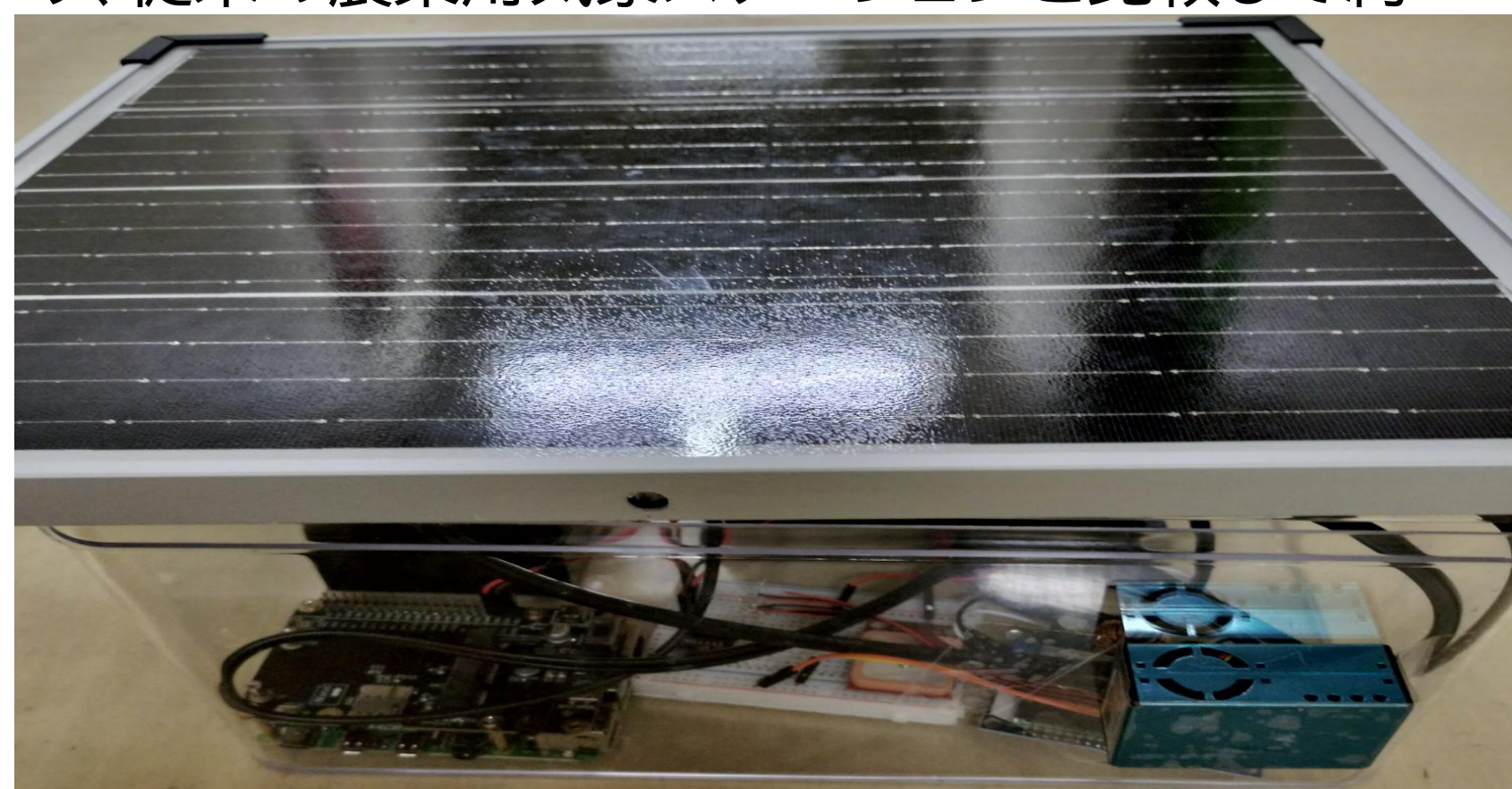


図28. 観測装置本体

実証実験と結果

【フィールドサーバーとしての基本性能の実証】
北海道旭川市および層雲峡周辺にて長期稼働実験を実施しました。日照条件が変動する環境下でも、10Wソーラーパネルと電源管理により余剰電力を効率的に蓄電し、夜間や曇天時を含めた24時間の完全自立稼働を達成しました。また、LTE通信を用いた15分間隔のデータ送信も欠測なく安定して継続し、電源や通信インフラが整備されていない圃場においても、メンテナンスフリーで運用可能な農業用フィールドサーバーとしての高い信頼性を実証しました。

【微気象モニタリングと今後の課題】
作物の病害発生に深く関わる微細な気象変化(マイクロクライメイト)をリアルタイムに捉えることに成功しました。実験期間中は濃霧の発生には恵まれませんでした。粒子センサーは湿度上昇に伴う微粒子の挙動変化を鋭敏に検知しており、環境変化に対する十分な応答性能を確認しました。今後は人工霧を用いたキャリブレーション実験により霧濃度の閾値を明確に設定することで、より高精度なスマート防除システムとしての実装を目指します。

考察

本研究で開発した霧観測デバイスは、農業現場で要求される耐久性・電源自立性・通信安定性を満たした点で、農業 IoT 基盤として十分な実用性を示した。特に、ソーラーパネルと大容量バッテリーによる電力供給は、日照条件が変動する北海道地域においても安定的に作動し、遠隔圃場における無人連続稼働が可能であることを確認した。また、15分間隔の LTE 通信によるクラウドデータ蓄積が安定して行われたことから、圃場の微気象データを常時監視できる基盤技術として成立しているといえる。粒子センサーによる霧推定は、本実験期間中に濃霧が発生しなかったため明確な判定は得られなかったものの、微粒子濃度の小さな変動を正確に捉えていたことから、今後のキャリブレーション次第で霧検知への応用可能性が高いと評価できる。特に、人工霧や散水施設を用いた制御環境下での追加実験を行うことで、粒径分布と湿度変化を組み合わせた識別モデルの精度向上が期待される。本デバイスは高価な農業気象ステーションに比べ約1/10のコストで構築できる点で優位性があり、複数台を圃場内に分散配置することで、農地ごとのマイクロクライメイト差を面的に捉える観測網としても発展可能である。また、観測データを農薬散布タイミングの判断に活用することで、従来の慣行的な定期散布から、病害リスクに基づく適期散布への転換を後押しし、化学農薬の削減につながる。これらの点から、本研究はみどり戦略が掲げる環境負荷低減型農業の実現に資する基盤技術として有望であり、今後の継続研究によって実装段階へ進める確かな足がかりを得たといえる。

みどりの食料システム構成戦略への貢献性

本システムの実装は、みどり戦略のKPIである「化学農薬の使用低減」に直接的に貢献するものです。目に見えない病害感染リスクをスマートフォン上で可視化することにより、生産者に対して「今は散布しなくても安全である」という科学的根拠を提供し、過剰な防除行動の変容を促します。さらに、従来の業務用気象計の数分の一という低コストでの導入を可能にすることで、大規模法人だけでなく家族経営の農家へのスマート農業普及を後押しし、地域全体で環境保全型農業に取り組むためのボトムアップ型のアプローチを実現します。

今後の展望

今後は、霧粒子の粒径分布に特化した光学センサーへの換装による検知精度の向上や、湿度継続時間から病害発生確率を算出するエッジAIの実装を進める計画です。さらに、将来的には観測データを農業用ドローンと連携させた完全自動防除システムの構築を目指します。霧の濃度が高いエリアの座標データをドローンへ送信し、必要な箇所にのみ自動で農薬を散布する仕組みを確立することで、労働力不足の解消と環境負荷低減を極限まで追求した次世代の農業モデルを提案していきます。

結論

本研究では、農業生産における病害発生の重要因子である「霧」を農地単位でリアルタイム観測するため、汎用ハードウェアを組み合わせた自立型IoT観測デバイスを開発した。試作機の運用実験を通じ、ソーラー発電による連続稼働、LTE通信を用いた安定したデータ送信、そして温湿度・粒子濃度といった微気象データの取得など、農業IoTに求められる基礎機能が十分に成立することが確認された。霧そのものの検知には至らなかったものの、センサーが微細な環境変動に反応していることから、キャリブレーションを適切に行うことで霧判定精度を向上できる見込みが得られた点は、重要な知見である。本デバイスの実装により、従来の「経験則による定期散布」から「病害リスクに応じた適期散布」への移行が可能となり、化学農薬の使用量削減と環境負荷低減を同時に達成できる。特に北海道のように局所的な霧の発生しやすい地域では、本研究のアプローチが農業の課題に直接的な解決策を示すものであり、みどり戦略が掲げる持続可能な農業生産体系へ貢献する社会的価値は大きい。今後は霧検知専用センサーの追加やAIを用いた判定ロジックの高度化、さらにドローン散布との連携など、精密農業への発展的応用が期待される。本研究で得られた知見は、単なる計測装置の試作にとどまらず、農業の気象リスク管理の高度化に向けた新たなアプローチを提示した点で意義深いものである。