

霜害アラートシステムの開発とその検証 Development and verification of frost damage alert system

○山本樹生* 竹下伸一* 友枝祐作** 黒木忠治**

○YAMAMOTO Tatsuki TAKESHITA Shinichi TOMOEDA Yusaku KUROKI Tadaharu

1. はじめに

晩秋や早春に時折発生する霜は、植物に壊滅的なダメージを与え、農作物の不作の原因となる深刻な気象災害の一つである。そのため降霜予測に関する研究は数多く報告されているが、農地で得られた観測値に基づいてリアルタイムに降霜を予測し、対策を講じることはこれまで難しかった。そこで本研究では、IoT に対応した気象観測装置を利用して、電源のない山間農地から送信される気象データと ICT 技術を組み合わせた霜害アラートシステムを開発し、その可能性を検証することを目的とした。

2. 研究方法

研究対象地は、図 1 に示す宮崎県西都市東米良尾八重地区にある標高約 700m の唐辛子畑（面積：約 23,000 m²）である。

気象観測装置 2 基と基地局 GW を設置した。GW は入口に程近い場所で、通信装置と太陽光パネル、バッテリーからなる。以下に説明する観測装置（MS とくぼ地センサー）から受信したデータを 3G・LTE にてクラウドサーバーにアップロードする。1 基目の気象観測（以下、MS）は、センサーと太陽電池、無線機がセットになっており、それぞれのセンサーの高さは地面から約 1.7~2.0m である。観測項目は風向・風速・雨量・照度・気温・湿度の 6 項目からなり 10 分おきに観測した。2 基目の気象観測（以下、くぼ地センサー）は、電源は乾電池で、無線機とセンサーを搭載し、センサーまでの高さは約 1.5~1.7m である。観測項目は気温・湿度・体積含水率・電気伝導率・地温で 1 時間に 1 回観測した。ほ場は、南西の方角に向かって傾斜し、くぼ地のようになっているため、冬季はここへ冷気が流れると考えられる。そこでくぼ地センサーをここに設置した。MS から GW までは約 50m、くぼ地センサーからは約 150m で、いずれも LoRa によりデータ通信した。

観測装置と GW は 2022/2/22 に設置され、2022/3/1 から現在まで順調に稼働している。しかし、通信装置の不具合により 2022/3/18~4/7 の期間は欠損していた。

クラウドサーバーに送信された気象情報から、必要な情報を選別・処理した後に、手元の端末に表示するアプリを 2022 年 4 月末に実装した。併せて、クラウドに収集されたデータを閲覧・ダウンロードできるアプリも実装し、これを利用してほ場の実測データを逐次入手した。2022 年 5 月 1 日より 2022 年 10 月 16 日までのデータを利用し

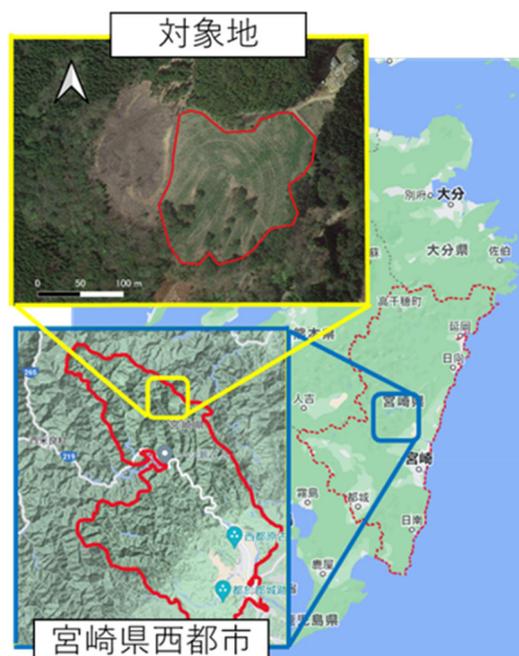


図 1 研究対象地の位置と概要

所属[*宮崎大学農学部, **株式会社ソフモ] 所属[*Faculty of Agriculture, University of Miyazaki.

**Sofmo Co., Ltd.] キーワード [早霜, 遅霜, ICT/IoT, スマート農業, アラートシステム]

て、気象条件（無降雨，微風，晴天）により選別・処理した後，宮崎气象台と対象ほ場の最低気温の相関図より，宮崎市の最低気温から，ほ場の最低気温を予測する推定式を2通り作成した．1つは気候環境の差を重視して推定する方法で，予報地である宮崎市とほ場の標高差及び地形特性から導いた推定式を用いる MLR 法．もう1つは気温差の履歴を重視して推定する方法で，宮崎市とほ場の最低気温出現時の相関関係をベースに導き出した推定式を用いる LEM 法である．これをベースに以下に示す霜害アラートアルゴリズムを開発した．

サーバー上で毎朝9時に json 形式で，宮崎市の予報最低気温を取得する．この時の予報は1日後から5日後まで取得する．次に，作成した MLR 法および LEM 法の2通りの推定式により，ほ場の1日後から5日後までの最低気温を予測する．予測された2通りの，1日後から5日後までの最低気温から，それぞれ夜間熱収支式により葉面温度を予測する．そして，予測葉面温度により，降霜の有無を判定し，降霜有と判定された場合，霜害アラートを発信する．

このアルゴリズムをサーバー上で稼働するようプログラムを実装し，2022年12月14日より霜害アラートシステムとして運用を開始した．運用開始後は正常に降霜判定，霜害アラートの発信が行われている．この霜害アラートは最長5日前より発信されるため，情報を入手した栽培担当者が，霜害防止のための対策をとる時間的な余裕があることが最大の特徴である．

3. 結果

霜害アラートシステム運用開始後，検証用データが揃う2022年12月19日から2023年1月10日までの期間で予測精度の検証を行った．まず宮崎市の予報最低気温の誤差平均値を算出したところ，5日前の2.0℃よりも，1日前が1.8℃と精度がよかった．本システムはこの予報に基づくため，葉面温度の予測，ひいては降霜判定についてもこの誤差の制約をうける．

図2には予測した葉面温度と，観測値により推定した葉面温度を比較した．ここでは，くぼ地センサーにおける結果を示している．これを見ると予測精度は両手法とも同じであった．本システムは霜害アラートを目的とするため，予測値が観測値より低いことが望ましい．つまり赤線よりも上に多くプロットされることが，霜害アラートシステムとしては有益であることを示す．そこで，検証データ全体に占める有益な予測の割合を求めたところ，MLR法で71%と，LEM法よりも優れていた．霜害アラートシステムとして，もっとも避けたい誤差は，予測葉面温度が0度以上，つまり降霜無と判断したにもかかわらず，観測では葉面温度が0度以下で降霜有となってしまうことである．それは第4象限にプロットされる点がないことであり，その点では両手法ともに良好であった．

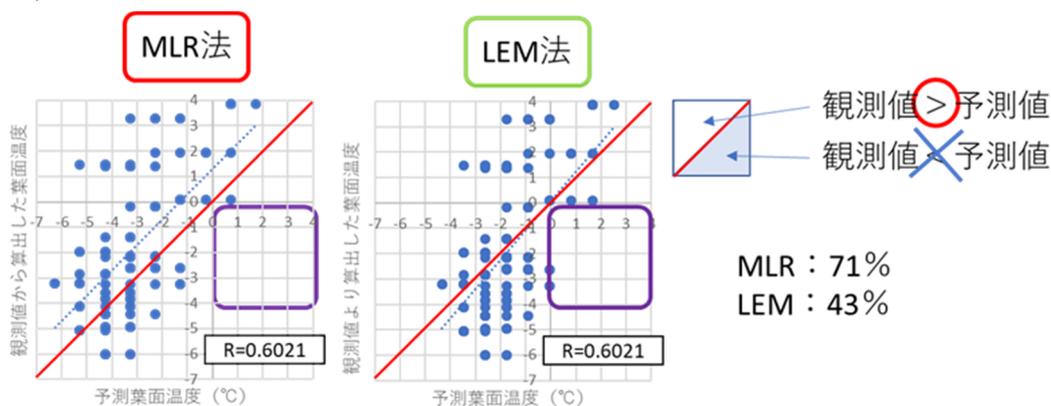


図2 予測葉面温度の推定精度の検証結果

本研究は公益財団法人宮崎県産業振興機構「若手技術者等育成支援事業」による「山間部のスマート農業実現に向けた ICT・IoT 技術の確立（代表：黒木忠治）」の成果の一部である．