

農地環境を推定する技術の進歩と農業生産現場における利用

農研機構西日本農業研究センター

植山秀紀

1. はじめに

近年、センサー類から得たデータに基づき、精密な栽培管理を実現するスマート農業が推奨され、そのための様々な施策が講じられている。このスマート農業の実現には、園地ごとの環境データの取得が必須となることから、企業等が販売する気象ロボット等の活用が進められている。しかし、果樹園地の多くが、傾斜地等の地形が複雑で多様な気象条件を有する地域にある日本では、多数の地点に測器を設置する必要があるほか、測定精度を維持するためのメンテナンスにかかる費用の負担に見合った効果が見出されていないこともあり、データにもとづく精密な栽培管理による高品質果実生産は、実現していない。このようなことから、農研機構では、気象ロボットのような、常設の観測装置を利用するのではなく、アメダス等の公共のデータのみで、園地の気象データを安価かつ高精度に取得できる、“農地環境推定システム”を開発した（植山ら 2018）。本講演では、農地環境推定システムの概要と、園地から得られる気象等の環境データを果樹栽培において利用する上での考え方について紹介する。

2. “農地環境推定システム”の開発目標

農地環境推定システムは、過去の経験や結果にもとづいて日々の作業を最適化し、生産性の向上に有用な気象データとして提唱されている、“精密気象情報”の取得を目的として開発された。精密気象情報の定義は、測定値の示す地点および誤差が明確であること、そして任意の年月日のデータが取得できることであり、観測機器による測定値と同等のデータを意味する。しかし、気象ロボットのような測器による観測の場合、設置日以前のデータがなく、過去の事例を参考に、現在の栽培等の改善に活かすためのデータの蓄積には、かなりの時間を要する。また、センサーの精度を維持し、同質のデータを長期間取得するには、専門知識を有する技術者によるメンテナンス費用のほか、データを常時監視するための費用を負担する必要がある。測器を必要としない、メッシュ気象データが実用化されているが、空間分解能が 1km であるため、土地利用型農業に不利な中山間地域や傾斜地等で利用するには解像度が不十分な場合がある。そこで、農地環境推定システムの開発においては、観測装置からでなく、どのような地形であっても近隣のアメダス観測値等の公共データから気象値が推定でき、なおかつ設備投資が困難な中小の経営体であっても導入可能なシステムとすることを目標とした。公共データによる気象推定のメリットは、以下のとおりである。

- 気象ロボット等の観測機器の設置コストが不要である。
- センサーの精度維持のための日々のメンテナンスコスト、および観測値に異常がないかを監視するための人件費等が不要である。
- 日本全国統一された規格で管理されたデータにもとづくことから、他地域との比較が容易で、地域が違っていても技術導入の指針となりうる。

農地環境推定システムは、数字にすぎない気象データを社会に有用な“天気予報”に翻訳して配信しているのと同様に、精密気象情報の取得の他、気象データを農業に有用な情報に翻訳し、提供する機能をもつ。多くの農業支援システムは、開発者側の設計思想に基づいて作られたシステムであるが、農業支援システムの成功事例は、開発段階から生産者と一緒に取り組まれたものであり、他の農業機械などと比べ、一つの農業支援システムの普及対象は限られたものとなる。特に園芸作物の場合、作物の種類によって必要とされる情報は異なる上に、たとえ同じ作物を栽培していても、産地が異なれば必要とされる情報も異なる場合がある。このことから、農地環境推定システムにおける栽培情報は、ユーザーの要求に柔軟に答えられる仕組みとしている。

3. “農地環境推定システム”の概要

農地環境推定システムで取得できる気象データは表1のとおりである。基本的には、ポイントでの気象を推定するシステムであるが、同地域における20地点でデータが取得できれば、50mメッシュデータ（植山2019）を作成し、任意の地点のデータを取得することが可能となる。また、試験研究目的等のため、センサーから得られる土壌水分等の観測データを取得・表示できる。

データは、パソコンでの利用を想定したシステムとスマートフォンやタブレット等のモバイル機器用の2種類で扱える（図1）。農地環境推定システムは、特定のアプリケーションをインストールするのではなく、情報通信端末のWebブラウザで利用するWebサービス型システムで、OSやそのバージョンの違いといった動作環境は、利用上の問題とならない。また、他社のシステム等におけるデータ利用を可能とする、気象データ取得のためのAPIも開発している。

パソコン用のシステムは、国土地理院の地理院タイルを背景画像として、複数のデータ取得地点を俯瞰して管理できる。モバイル機器用のシステムで扱えるデータは、パソコン用と同じであるが、現場での利用を想定していることから、登録した個別の地点ごとに、ホーム画面上に気象要素を表示する。さらに、ホーム画面には、当日の作業計画の立案等を補助するため、現在時刻から6時間先までの降水量の予測値の他、当日～2日先までの天気予報および風速の情報が表示される。両システムは、いずれも、データのグラフ化及びダウンロードの機能、そして病害虫の発生予察や防除のタイミングといった栽培情報の配信機能を有している。

表1 農地環境推定システムで取得できる気象要素

気象要素	出力データ
気温・湿度	日平均気温（℃）・日最高気温（℃）・日最低気温（℃）・日平均相対湿度（％） ＊1986年以降のデータ作成が可能で、将来予測は2日先まで推定可能。 ＊ホーム画面には、昨日から2日先までのデータを表示。
日射量	日積算水平面日射量（MJ/m ² ） ＊1986年以降のデータ作成が可能だが、前日までのデータ作成はできない。
蒸発散量	日積算基準蒸発散量（mm） ＊1986年以降のデータ作成が可能だが、前日までのデータ作成はできない。
降水量	日積算降水量（mm）・6時間先降水量（30分毎、mm） ＊2006年以降のデータ作成が可能。当日分は、午前0時から現在時刻までの積算値



図1 農地環境推定システムのパソコン用画面(左)とモバイル機器用農地環境ナビの画面(右)

4. 栽培管理における圃地データ利用の考え方

生命維持に必要なエネルギー源となる、米や麦といった作物とは違い、嗜好品である果樹は、品質への要求は非常に高く、そのための精密な栽培管理が求められている。精密な栽培管理とは、複雑な工程を効率的に実施することであるが、これを実現する手法として、工業分野で実施されているPDCAサイクルを農業に導入することが、以前より提唱されている。しかしながら、農業現場への研究成果の導入において、PDCAサイクルの考え方が実践されている事例は少ない。PDCAサイクルが回らない理由としては、“C”heckの部分がかうまく機能していないことが考えられる。つまり、成果が得られた時の気象環境とそれを適用する圃場の気象環境の違いが不明なため、適切な改善策を選択できないことが要因となり、PDCAサイクルが十分に機能しないと考えられる。農地環境推定システムは、この“Check”機能に貢献することで、過去の経験や結果にもとづいて日々の作業を最適化し、生産性を向上させ、以下を実現するためのツールになることを期待している。

- 過去と現在の栽培状況の客観的な評価・比較が可能となることで、過去の経験を現在にフィードバックすることが容易になる。
- 他の生産者（圃地）の栽培状況との客観的な比較が可能となることで、共通の基準による情報交換や地域の栽培状況に対する認識が共有される。
- 過去の経験や知見が、客観的なデータとともに保存・継承されることで、産地で培われた技術や知識が、産地全体の財産として共有される。
- 公設試験場や大学等で開発された技術や研究成果が、農業現場へ円滑に導入される。

過去や他産地の経験を現在に活用する場合や試験場等の知見の活用には、注意すべき点がある。それは、環境データの取得方法への配慮が必要だということである。例えば気温の場合、日射等の影響から温度計を保護するシェルターが、強制通風式か自然通風式かによって測定値は異なり、同じ環境であっても最大8℃の差が生じるとの報告がある。また、同じ測器であっても、測定間隔によって気温のデータは異なる。図2は、農研機構西日本農業研究センター四国研究拠点の気象観測所で観測された、1時間間隔の測定値と10秒間隔の測定値より求められた日最高気温と日最低気温の関係を示したものであるが、同じ装置による観測であっても、測定間隔によってデータが示す値は異なり、データの示す数字が同じであれば同じ環境にあるとは、単純に判断できない。このため、データを活用した精密な栽培管理の実践においては、データが得られた方法や装置の特性を把握しておくことの重要性を理解しておく必要がある。

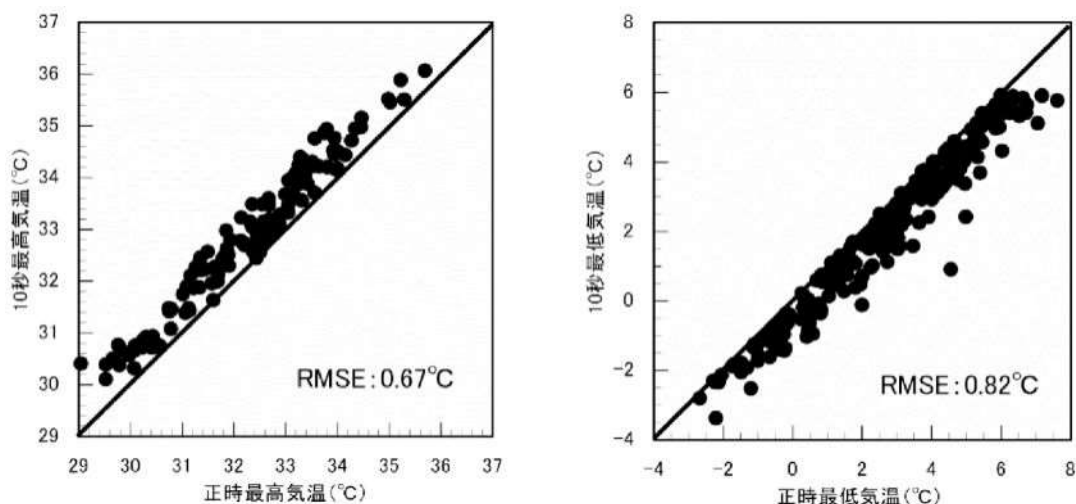


図2 1時間間隔と10秒間隔で観測された日最高気温及び日最低気温（2017～2018年において、正時観測値が、最高気温30℃以上および最低気温6℃以下の日の観測データのみ表示。RMSEは、二乗平均平方根誤差[Root Mean Square Error]の略称）

5. 農地環境推定システムの今後の展望

農地環境推定システムにおける気温推定では、短期間の現地気温観測データから、近隣のアメダスポイントとの気温地点間差推定モデルを作成することで、アメダスに準じた気温を推定している。これは、日射量などとは違い、地形や土地被覆条件等の現地特有の地理要因の影響を強く受ける気温については、現地観測値から理論式を補正する必要があるためである。様々な園地環境データが理論値と合致することが理想であるが、実際には現場の様々な要因により、理論値と現実の値が一致することはない。このため、現地調査から得られたデータと環境データを組み合わせ、現場にもっとも適したモデルを開発することが、真に有用なデータ活用であると考えられる。この考えに基づき、現地において事前に土壤水分調査を実施することで、農地環境推定システムの基準蒸発散量データから、土壤水分の変化をシミュレーションする技術を開発している。また、気象庁の数値予報モデルの出力値にはモデルバイアス（誤差）が含まれており、現実の地上気温を厳密に再現していない。このため、気象庁が配信するガイダンス（気温のポイント予報）は、観測値から予報値を補正しているが、気象庁が採用している補正方法は、常設の気温観測所でのみ適用可能である。そこで、農地環境推定システムにおける気温推定式作成のための短期の気温観測データから、気象庁の数値予報モデルの計算値を実際の地上気温に補正する手法を開発した。この技術が確立されれば、低温の発生時間の予測等が可能となり、寒害の回避につながると期待している。これらの取組と同様に、果実の糖酸度や果実肥大といった生理現象なども、現地調査の結果と気象データとの関係を解析することで、園地環境データにもとづく、産地に適した栽培指針が作成されることを期待している。

5. さいごに

これまで、公設試験場や大学等の成果を現場に適用する際には、開発現場とは環境が異なることから、日々の栽培管理において何らかの調整が必要であり、上手くいかないケースがあった。そして、合理的な調整を行うためには、圃場において正確な環境データを取得することが必要である。また、どのような環境において、どのような管理を実行すれば高収益栽培が実現できるかを明らかにする試験等が実施されているが、環境データとセットにしてマニュアル化することで、現場への適用が容易になる。そして最近、情報通信技術（ICT）に加え、人工知能（AI）による栽培管理技術の開発への期待が高まっているが、AIによる精度の高い予測には、園地の環境データは必須であり、AI/IoT技術の発展によるデータ社会へと変貌する過程において、今後、環境データを簡便・安価・高精度に取得することの重要性は増してくると考える。

謝辞

農地環境推定システムの開発および土壤水分シミュレーション試験は、農林水産省“攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業（うち産学の英知を結集した革新的な技術体系の確立）”、および農林水産省“革新的技術開発・緊急展開事業（うち経営体強化プロジェクト）”による支援を受けて実施しました。

引用文献

- 植山秀紀・柴田昇平・岡田周平・大木秀行，2018．露地における精密な栽培管理の実現に資する農地環境推定システム．生物と気象 18：76－85．<https://doi.org/10.2480/cib.J-18-042>
- 植山秀紀，2019．気温・日射量・相対湿度・基準蒸発散量の 50m メッシュデータ作成アプリケーション群の開発．農機機構研究報告西日本農研センター 第 19 号：11-43．<http://doi.org/10.24514/00001463>