

気象観測センサによるデータ収集と営農への活用

堀 武司, 全 慶樹, 近藤 正一, 藤澤 怜央, 大村 功

Data Acquisition using Meteorological Sensors and its Applications to Farming

Takeshi HORI, Keiki ZEN, Shouichi KONDO, Reo FUJISAWA, Isao OHMURA

抄 録

北海道の大規模畑作を営む農業法人の圃場において、農業気象観測センサによるデータ収集、及び得られたデータの営農への活用を試みた。農業用の気象観測センサ機器3機種4基を圃場に設置し、2カ年に渡って継続的なデータ収集を行った結果、気温や降水量など営農での活用度が高い項目に関して有効なデータ収集が可能であることが確認できた。さらに、少数の気象観測センサからより詳細な局所気象データを得るために、センサによる実測値に加えて公開されているメッシュ気象データ等を用い、約60mメッシュの詳細化気象データを簡便に推定する手法を開発した。営農における気象データの活用事例として、秋まき小麦播種量計算ツールmakiDASに対して60m詳細化気象データ(日平均気温)を適用し必要播種量、越冬前茎数の予測計算を試みた結果、最寄りのアメダス観測点データを用いた場合と比較して、より実際の栽培実績に近い予測を得ることができた。

キーワード：IoT, 農業気象観測センサ, メッシュ気象データ, クラウドサービス

1. はじめに

近年、IoT (Internet of Things) とセンサ技術によるデータ収集、ビッグデータ解析など ICT分野における新たな技術、手法が注目を集めており、農業分野においても活用が期待されている。特に気象データは営農における基本的なデータであり、圃場設置用の気象観測センサ機器が様々な企業から販売されている。

施設園芸や水稲など一部の分野ではこのようなセンサの活用が進みつつある一方で、畑作においては、圃場設置型の気象観測センサを有効活用するための方策が確立していないため、現場への普及はあまり進んでいない。また、機器メーカーも、農業者に対して導入コストを上回るメリットを提案できていない。

そこで本研究では、畑作を営む大規模な農業法人の圃場において実際に農業気象観測センサの導入と運用を試み、実践的な取組みの中で大規模畑作における気象観測センサの活用方策の検討に取り組んだ。

2. 圃場での気象観測データ収集

網走郡津別町の農業法人A社の協力のもとに、A社圃場に4基の気象観測センサを設置し、2017年から2ヶ年に渡って継続的に圃場での気象データ収集を行った。

2.1 機器の選定

使用した気象観測センサ(3機種4台)は、いずれも農業用として開発、販売されているものである。各機器の仕様を表1に示す。

これらのセンサ機器はいずれも、太陽電池とバッテリーによる自立電源で動作するタイプである。施設園芸などの場合と異なり、大規模畑作においては圃場の気象観測センサに対して商用電源から給電することは困難であるため、自立電源での動作は事実上の必須要件である。

また、いずれの機器においても、観測されたデータは携帯電話回線を経由して機器メーカーが運用するサーバに随時送信される。利用者はPCやスマートフォンなどの端末を用い、機器メーカーが運営するクラウドサービスを経由して観測データにアクセスする構成である。




計測可能な気象データの項目は、気温、湿度は全機種とも対応しているが、その他の項目は機種により異なる。

機種1は、小型の強制通風筒を備えており日射等の影響を受けない高精度の気温計測が期待できること、小型カメラに

事業名：経常研究

課題名：一次産業におけるビッグデータ取得技術と利活用に関する研究(平成28～30年度)

表1 使用した気象観測センサ

メーカー・機種	みどり工学研究所 機種1	ニシム電子 機種2	データテクノロジー 機種3
機器外観			
計測データ種別	気温, 湿度 (強制通風式) 圃場の静止画像	気温, 湿度, 雨量, 風向, 風速, 照度	気温, 湿度, 雨量, 風向, 風速, 照度
電源	太陽電池+バッテリー	太陽電池+バッテリー	太陽電池+バッテリー
データ伝送	3G 回線	3G 回線 (親機) 特定省電力無線 (親-子機間)	3G 回線

より圃場の画像を遠隔から取得できることが特長である。

機種2及び3は異なるメーカーの製品であるがセンサユニットとして同一の製品(簡易気象観測ユニット Sensus 1502, データテクノロジー社製)を用いており, 雨量, 風向, 風速, 日照など多様なセンサによる計測を比較的安価に実現している。

機種2は, 子機である複数台の気象観測センサと親機の間を920MHz帯の特定省電力無線による通信で結び, 親機の携帯電話回線でサーバへのデータ送信を行うシステム構成である。

導入, 運用に関するコストは機種によって異なるが, センサ機器本体の価格は一台あたり概ね30万円程度であり, 通信回線やクラウドサービスの利用料(月額数千円)が別途発生する。

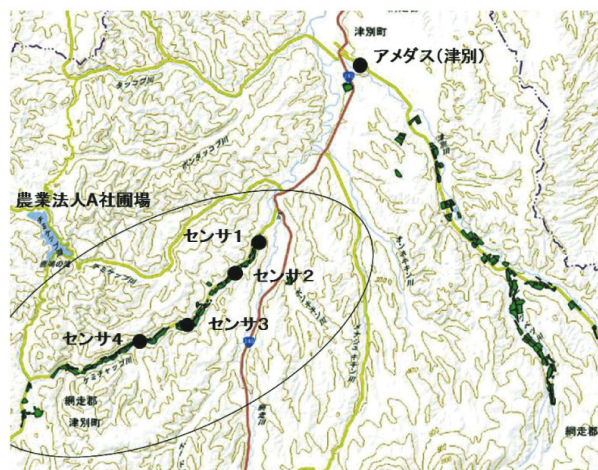


図1 気象観測センサの設置位置

2.2 圃場へのセンサ設置位置の検討

農業法人A社の圃場付近は携帯電話の電波状態が非常に厳しく, 地形の影響により通信が困難になる場合が多い。そのため, 気象観測センサの設置位置検討にあたっては, 営農上の必要性に加えて, 当該位置における通信の可否が重要となった。

農業法人A社の圃場の主要部分は, 沢沿いに細長く整列する形で約10kmの範囲に広がっている。これらを広くカバーし, かつ携帯電話等による無線通信が可能な位置を検討した結果, 図1に示す4箇所を選定し気象観測センサを設置した。

2.3 センサ運用実績と得られた気象データ

圃場に設置した気象観測センサ4基を用いて2017年度から2ヶ年に渡ってデータ収集を行い, センサ機器自体の可用性, 及び得られたデータの評価を行った。

運用の初期段階では, 一部の機器に関して設計上の問題と思われる機器の停止, データ欠測などが頻繁に発生したが, 機器の改修などによって不具合は順次解決し, 最終的には実用上十分な可用性が得られた。

センサ4基及び津別アメダス観測地点から得られた気温データの事例を図2に示す。全体的な気温増減の傾向は一致しているが, 観測地点により最大4℃程度の気温差が見られる。これらの気温差には, 局所的な気象条件の差異と, センサ自体の計測誤差の両方の影響が含まれていると考えられる。

機種2及び機種3(センサ2,3,4)は気温計測用の強制通風筒を持たず自然換気に依存する構造であるため, 日射の影響等による誤差が大きいことが予想される^{1,2)}。実際の観測値でも, 日射が強い時間帯にはアメダス観測点よりも高い値を示す傾向が見られた。また, 独自設計による強制通風筒を備える機種1(センサ1)の計測値も若干だが同様の傾向を示しており, 日射の影響を完全には排除しきれない可能性がある。

湿度に関しては, 最寄りアメダス観測地点が湿度データを提供しておらず, データの妥当性評価はできなかった。センサとして SenSu 1502を用いている機種2及び機種3については, 湿度の観測値が100%まで振り切れるケース(図3)が頻発しており, センサ機器の構造上の問題もしくは故障により正しい値が得られていないと判断した。

降水量(図4)に関しては、局所的な降雨も考えられるので厳密な検証は困難だが、津別アメダス等のデータと比較して概ね妥当な結果が得られていると判断した。

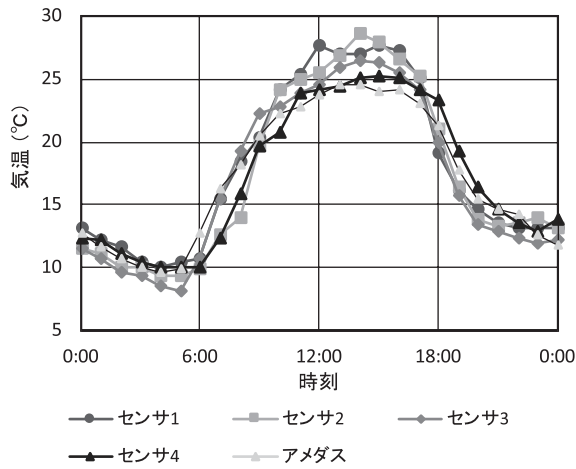


図2 センサ1～4 及びアメダス観測地点の気温データ (2018年8月6日)

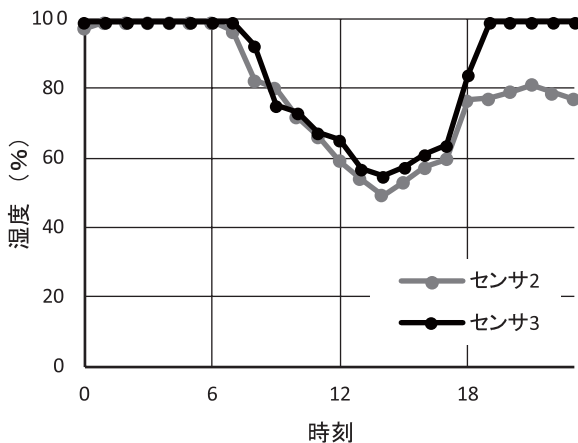


図3 湿度データの計測データ例 (2018年8月6日, センサ2,3)

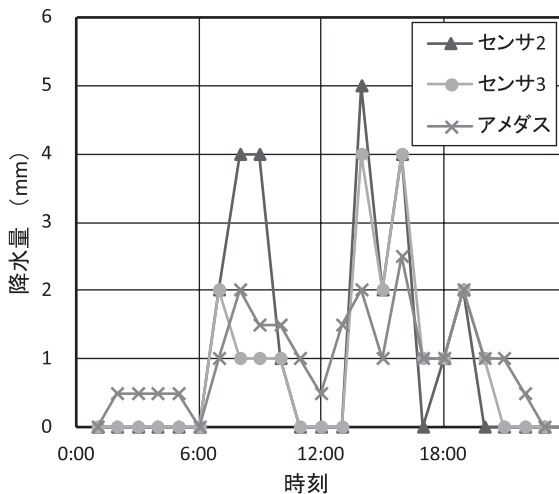


図4 降水量の計測データ例 (2018年8月6日, センサ2,3 アメダス)

3. 詳細な局所気象情報の推定

広い範囲に圃場を有する大規模農業法人の場合、保有する圃場すべてに渡って信頼度の高い気象データを取得するためには多数の地点にセンサを設置することが求められるが、機器の導入コストを考えると現実的ではない。そこで、公的機関等から公開されている各種気象データを活用することで、センサを設置した圃場の近傍におけるより詳細な局所気象情報の推定値を計算する手法を検討した。

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構(農研機構)が運用している「メッシュ農業気象データシステム」^{3,4)}は、アメダス等の気象データを元に標高などの地形情報を考慮した補間処理を行い、日本全国の日別気象データを約1 kmメッシュの単位でオンデマンドに提供するサービスである。日平均気温など14項目の気象データに関して、過去値(1980年～)、平年値(2011～2020年)、及び予報値(9日先又は26日先まで)のデータが提供されている(ただし、項目により提供されないデータがある)。

メッシュ農業気象データシステムを用いることで、アメダス観測地点(概ね20km間隔で配置)より密度が高い1 kmメッシュの気象データを得ることができる。しかし、これらのデータは近傍のアメダス観測地点の実測値、及び標高補正のみから計算されたものであり、圃場付近での実測値に基づくデータではない。また、圃場一つひとつの大きさを考えると、1 kmメッシュよりも更に細分化された詳細な局所気象データが得られることが望ましい。

そこで、圃場に設置した気象観測センサ、近傍のアメダス観測地点から得られる実測値、及びメッシュ農業気象データシステムの1 kmメッシュ気象データを利用し、センサ近傍において約60mメッシュの局所気象データを生成する手法を検討した。具体的な処理手順の概要は次に示す通りである。

1. 1 kmメッシュ農業気象データ(平年値)に対して予め補間計算を行い、60mメッシュのデータを用意する(平年値メッシュデータ)。
 2. 気象観測センサ及び周辺のアメダス観測地点で実測された値の平年値との差分に対して逆距離加重による補間計算を行い、60mメッシュデータを得る(平年差メッシュデータ)。
 3. 平年値メッシュデータと平年差メッシュデータを加算することで、実測値が反映されたメッシュデータを得る。
- 一連のデータ処理の実装には、python3言語、及び農研機構から提供されるメッシュ気象データ利用ライブラリを使用した。

詳細化の事例として2017年9月11日の日平均気温のデータを示す。図5は農研機構メッシュ気象データ(1 kmメッシュ)、図6は詳細化計算で得られた60mメッシュのデータである。

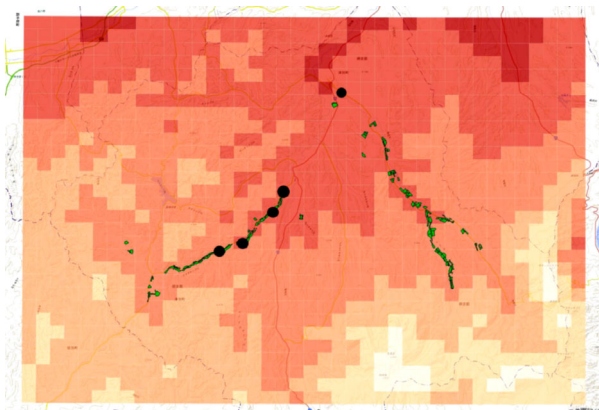


図5 農研機構メッシュ農業気象データ
(2017年9月11日, 日平均気温)

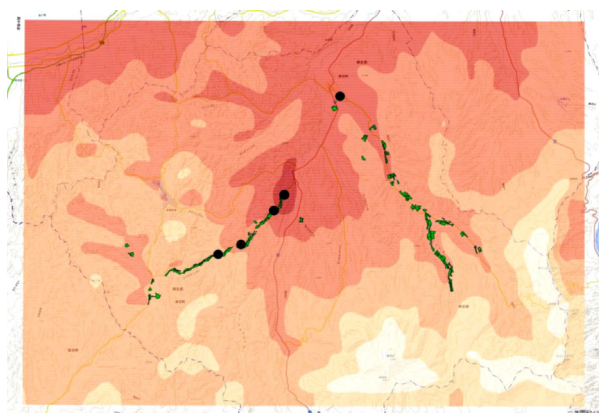


図6 60mメッシュ詳細化気象データ
(2017年9月11日, 日平均気温)

本手法で生成された詳細化局所気象データは、圃場において直接計測されたデータが反映されていることから、少なくとも気象観測センサを設置した圃場の近傍では良好な結果が得られているものと考えている。ただし、現時点では実測値に基づく精度検証がまだ十分に行われていない。今後、圃場での実測地点を増やし、交差検定などの手法による検証を進める必要がある。

4. 気象観測データの営農への活用

4.1 農業法人へのデータ提供と活用状況

気象観測センサの運用期間中、観測されたデータはクラウドサービスを経由して農業法人A社に随時提供し、農業者の視点からの気象データ活用の検討を依頼した。

農業法人A社、及び他の農業法人に所属する農業者に対し、日々の農作業における気象観測センサの活用状況、機器やクラウドサービスの改善項目、今後のセンサ活用に関する期待などに関して聞き取り調査を行ったところ、次のような結果が得られた。

* 日常の農作業においてよく参照する観測項目は、主に気

温と降水量の二つであった。

- * 気象観測センサによって明らかとなった圃場毎の気温差は、農業者の経験による知識とも近い結果であり、納得できる、とのコメントが得られた。
- * 降水量データは主に、雨天における圃場内での機械作業の可否を判断するために利用されていた（降り始めからの積算量により圃場の状態を判断）。
- * センサ機器のメーカー毎に異なるクラウドサービスの利用が求められること、ユーザインターフェースがメーカー毎に異なっていること、の二点はユーザビリティを著しく損なう原因となっていた。日常的な気象データの利用では、比較的ユーザインターフェースの設計が良好で、かつ子機2台のデータを同時に参照できる機種2が主に利用されており、他機種のデータはほとんど参照されていなかった。
- * 気温、降水量以外の気象データ（湿度、風向、風速、日照など）は、現時点ではあまり活用できていない。
- * 現在の気象観測センサはまだ高コストであり、10万円/台程度までの低コスト化を期待する意見があった。
これらの聞き取り調査の結果から、気象観測センサの普及活用を推進するための方策として、以下のような取組みが有効と考えられる。
- * 気温、降水量など、現場でのニーズが高い部分に機能を絞った、低コスト（10万円程度）な気象観測センサ機器の開発
- * 複数メーカーの機器間の相互運用性の向上（複数メーカーのセンサデータやアメダス等の外部データを横断的に参照できるユーザインターフェースの整備）

4.2 秋まき小麦栽培管理への活用

近年の農業分野へのICT技術の普及により、様々な作物に関する栽培計画設計支援や病虫害予察などを行うためのツール^{5,6)}が開発、提供されており、営農での活用が進んでいる。

これらのツール内で用いられている予測モデルの多くは有効積算気温などの気象データを用いて構築されており、正確な予測を実現するためには精度の高い気象データが求められる。

今回は、気象観測センサから得られた詳細化局所気象データの活用事例の一つとして、秋まき小麦播種量計算への適用を試みた。

道総研農業試験場は、秋まき小麦の生育管理ツールの一つとして、播種量計算ツールmakiDAS^{6,7)}を農業者向けに公開、配布している。makiDASはMicrosoft Excelのマクロ機能を用いて実装されたツール（図7）であり、播種予定日及び使用種子を与えると目標とする越冬前茎数を確保するために必要な播種量を計算する機能、播種日と播種量から見込まれる越冬前茎数を計算する機能を提供する。これらの計算では、

The screenshot shows the makiDAS software interface with two main calculation sections. The first section, '必要播種量の算出' (Calculation of Required Sowing Amount), shows results for three scenarios: 'アメダス' (4.3 kg/10a), '農研機構メッシュ' (5.8 kg/10a), and '60mメッシュ' (7.2 kg/10a). The second section, '越冬前茎数の算出' (Calculation of Winter Stem Count), shows results for the same scenarios: 'アメダス' (1,939 stems/m²), '農研機構メッシュ' (1,664 stems/m²), and '60mメッシュ' (1,392 stems/m²). The '実績値' (Actual Value) for both is 8.0 kg/10a and 1,280 stems/m².

図7 makiDASの実行画面

表2 makiDASによる小麦播種量及び越冬前茎数計算 (圃場1, 播種日2017年9月11日)

	播種量 [kg/10a] (目標1,000本/m ²)	越冬前茎数[本/m ²] (播種量8.0kg/10a)
アメダス平年値	4.3	1,939
農研機構メッシュ	5.8	1,664
60mメッシュ	7.2	1,392
(実績値)	(8.0)	(1,280)

表3 makiDASによる小麦播種量及び越冬前茎数計算 (圃場2, 播種日2017年9月20日)

	播種量 [kg/10a] (目標1,000本/m ²)	越冬前茎数[本/m ²] (播種量8.0kg/10a)
アメダス平年値	4.3	1,122
農研機構メッシュ	5.8	1,093
60mメッシュ	7.2	961
(実績値)	(8.0)	(896)

基礎データとして当該地域での日平均気温(平年値)から計算される有効積算温度を使用しており、通常はツールに組み込まれた各地域の平年値、もしくは最寄りのアメダス観測点のデータを使用することが推奨されている。

津別町のアメダス観測地点は市街地付近に設置されており、農業法人A社の圃場とは気温差がある。9月から11月の有効積算温度を比較すると、アメダス観測地点と圃場の各気象センサの値は場所により約-100℃から+50℃の差があり、これは生育管理上無視できない大きさである。そこで、3章の手法で生成した60mメッシュ詳細化気象データの9月~11月の日平均気温データをmakiDASに入力し、播種量計算及び越冬前茎数の推定を行った。また、2つの秋まき小麦圃場において実際に越冬前茎数の計数を行い、makiDASで得られた予測結果との比較を行った。

試験の結果を表2に示す。2017年の圃場1における栽培実績では、9月11日に播種を行い、播種量は8.0kg/10aであった(播種量の決定は農業者の経験に基づく)。また、越冬前茎数の計数結果は1,280本/m²であり、目標値である1,000本/m²に対してやや多い結果となった。

これに対して、makiDASを用いた必要播種量計算では、

津別アメダス観測地点の平年値を用いた場合の必要播種量は4.3kg/10aとなったのに対して、農研機構メッシュ気象データ、60mメッシュ詳細化データを用いた場合の必要播種量はそれぞれ5.8kg/10a、7.2kg/10aとなり、農研機構メッシュ農業気象データ、60mメッシュ詳細化気象データの順に、より栽培実績に近い結果が得られた。また、播種量を8.0kg/10a(実績値)として越冬前茎数の予測計算を行った場合についても、60mメッシュ詳細化気象データの方がより実績値に近い値が得られた。

播種日が異なる圃場2に関しても同様にmakiDASによる計算及び越冬前茎数の計数を行ったが、こちらについても圃場1と同様に60mメッシュ詳細化気象データに基づく計算の方が実績値により近い値が得られた(表3)。

秋まき小麦以外の作物の生育予測モデルでの検討はまだ行っていないが、多くの作物の生育予測モデルにおいて有効積算温度は重要なパラメータとなっているため、詳細化気象データを活用することで同様に予測精度の向上が期待できるものとする。

5. まとめ

北海道の大規模畑作を営む農業法人の圃場において、農業気象観測センサによる気象データ収集とデータ活用を試みた。農業用として販売されている気象観測センサ機器3機種4基を圃場に設置し、気象観測データ収集を行った。2カ年に渡ってセンサ運用を続けた結果、気温や降水量など、営農での活用度が高い項目に関して有効なデータ収集が可能であることが確認できた。

さらに、大規模な圃場において少数の気象観測センサからより詳細な局所気象データを得るために、圃場での実測値に加えて農研機構メッシュ気象データや近傍アメダス観測点等のデータを用い、約60mメッシュの詳細化気象データを簡便に推定する手法を開発した。

営農における気象データの活用事例として、秋まき小麦播種量計算ツールmakiDASに対して60m詳細化気象データ(日平均気温)を適用し必要播種量、越冬前茎数の予測計算を試みた。その結果、最寄りのアメダス観測点データを用いた場合と比較して、より実際の栽培実績に近い予測結果を得ることができた。

現時点では、得られた気象データの蓄積はまだ2カ年分であり、圃場における局所気象の傾向を正確に把握するには十分ではないため、今後も既設の気象観測センサによるデータ収集を継続しつつ、農業法人との協力により得られたデータの更なる活用検討に取り組む。また、開発した詳細化気象データ推定手法については、圃場に追加設置したセンサのデータを用いた交差検定などによって推定結果の妥当性検証を進め、最小限のセンサ設置台数による詳細な気象データ取得の実現

を目指す。

引用文献

- 1) 福岡峰彦・桑形恒男・吉本真由美他：建築資材を活用した低コスト強制通風筒 NIAES-09の製作法，生物と気象，11巻，pp.10-16，(2011)
- 2) 福岡峰彦・桑形恒男・吉本真由美：低コストで高精度の気温測定を可能にする強制通風筒，研究成果情報，農業環境技術研究書，26，pp.6-7，(2010)
- 3) 清野 豁：アメダスデータのメッシュ化について，農業気象，48巻4号，pp.379-383，(1993)
- 4) 大野宏之・佐々木華織・大原源二他：実況値と数値予報，平年値を組み合わせたメッシュ気温・降水量データの作成，生物と気象，16巻，pp.71-79，(2016)
- 5) 道総研 農業研究本部：メッシュ農業気象データを利用した飼料用とうもろこし収穫適期予測システム，<https://www.hro.or.jp/list/agricultural/research/konsen/labo/sakumotsu/corntekikiyosoku.html>，(2019)
- 6) 道総研農業研究本部：秋まき小麦生育管理ツール～NDAS, makiDAS, T-NDAS～，<https://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/ndas/index.html>
- 7) 道総研 農業研究本部：秋まき小麦「きたほなみ」生育管理ツール利用の手引き，(2018)