

## 地域の差異に対応した農作物警戒情報伝達システムの開発

佐々木優太<sup>†</sup> 南野謙一<sup>†</sup> 後藤裕介<sup>†</sup> 渡邊慶和<sup>†</sup>

近年、地球温暖化の影響により、米をはじめとする農作物の品質低下を引き起こすことが広い地域で問題となっている。このため、農作物の品種、栽培方法に合わせて地域毎に、生育予測、高温・低温障害等の被害予測、栽培管理技術等の研究が行われている。しかしながら、このような研究成果を警戒情報として汎用的に生産者へリアルタイムに情報伝達できる手段はない。

そこで本研究では、地域の差異に対応し、汎用的に利用可能な農作物警戒情報伝達システムを開発する。本システムの開発においては、東北地域の警戒情報の差異を調査、分析して汎用的に利用可能な機能を洗い出し仕様をまとめた。これをもとに、1km メッシュの気象データを用いて地域の警戒情報を計算し、それをメッシュ、グラフで可視化して生産者へリアルタイムに情報伝達できるシステムを実現した。

**キーワード:** 農業, 警戒情報伝達システム, 地域の差異, システム開発, GIS

### Development of Early Warning System designed to be customized according to Regional Difference

YUTA SASAKI<sup>†</sup> KENICHI MINAMINO<sup>†</sup>  
YUSUKE GOTO<sup>†</sup> YOSHIKAZU WATANABE<sup>†</sup>

**Abstract:** In recent years, reduction in qualities of field crops by global warming has become a problem. Research on growth prediction and high and low temperature injury has proceeded. However, those research results unable to transmit real time warning information to the farmers. In this study, we developed Early Warning System designed to be customized according to regional difference. This system is able to transmit real time warning information that uses graph and mesh on Google map.

**Keywords:** Agriculture, Early Warning System, Regional Difference, System Development, GIS

#### 1. はじめに

近年、地球温暖化の影響により、地上平均気温の上昇や異常気象が発生している<sup>1)</sup>。米をはじめとする農作物では、生育上危険な時期の異常気象が、高温被害や冷害などの被害を引き起こすことが広い地域で問題となっている。

このため、農作物の品種、栽培方法に合わせて地域ごとに、生育予測、高温や低温障害の被害予測、栽培管理技術などの研究が行われている。しかしながら、このような研究成果は、文書でまとめられ各県で公開していたり、農業研究者が独自に計算した結果を公開していたりなど、警戒情報として汎用的に生産者へリアルタイムに情報伝達できる手段はなく、生産者に応じて柔軟に警戒情報を伝達できる仕組みが必要である。

警戒情報の伝達に関する研究は、多数行われているが、地域の差異に対応した柔軟なコンテンツ管理ができるシステムはあまり多くない。農業研究成果の伝達に関する研究として、池上らは、酒米品種「山田錦」の高温障害を軽減するために、最適な苗を植える日と高温障害の発生が予測される地域の情報を提供している<sup>2)</sup>。品種を「山田錦」、シ

ステムの対象をその産地である地域に限定しているが、既に明らかとなっている品種の特性を元に、週間天気予想の最高及び最低気温を利用して、高温障害の発生が予測される地域を地図上に可視化している。

また、地域の差異に対応したリアルタイムな情報伝達に関する研究として、Asanee Kawtrakul らは、生産者個人に対応した病害に関する警戒情報を伝達するために、いもち病の危険を警戒レベルで分けて評価をする blast units of severity(BUS) model<sup>3)</sup>と、移植期や幼穂形成期などの生育ステージと起こりうる病害を対応させた作物カレンダーを提供している<sup>4)</sup>。Web 上に散在する病害管理に関する情報を抽出している点や、天気が悪く、温度が低い場合には病気になるやすいというような if-then の形で管理者が警戒ルールを追加できる点が特徴である。しかしながら、これらの研究は、特定の地域と品種に対応したシステムであり、他の地域や品種へ対応させることができないため汎用的ではない。また、警戒情報の計算方法は多様であり、if-then の形の警戒ルールだけでは対応は難しいと考えられる。

そこで本研究では、地域の差異に対応し、汎用的に利用可能な農作物警戒情報伝達システムを開発する。本システ

<sup>†</sup> 岩手県立大学大学院 ソフトウェア情報学研究科  
Graduate School of Software and Information Science,  
Iwate Prefectural University

表 1 東北地方の生育予測モデル

県	品種	栽培方法	生育ステージ		計算方法
			始まり	終わり	
青森	まっしぐら	移植栽培	移植日	幼穂形成期	パラメトリック DVR 法
			幼穂形成期	出穂期	
		直播栽培	播種日	出芽揃期	有効積算気温
			出芽揃期	幼穂形成期	ノンパラメトリック DVR 法
秋田	あきたこまち	移植栽培	移植日	幼穂形成期	パラメトリック DVR 法
			移植日	出穂期	
宮城	ササニシキ	移植栽培	移植日	幼穂形成期	パラメトリック DVR 法
			移植日	出穂期	
福島	コシヒカリ	移植栽培	移植日	出穂期	パラメトリック DVR 法
	ひとめぼれ				
	あきたこまち				
山形	はえぬき	移植栽培	移植日	出穂期	パラメトリック DVR 法
		直播栽培	播種日	出穂期	

ムの開発においては、東北地域の警戒情報の差異を調査、分析して汎用的に利用可能な機能を洗い出し仕様をまとめた。これをもとに、1km メッシュの気象データを用いて地域の警戒情報を計算し、それをメッシュ、グラフで可視化して生産者へリアルタイムに情報伝達できるシステムを実現した。2章では東北地域の警戒情報の調査と分析について、3章では分析結果に基づく、システムの仕様、設計について、4章ではシステム開発、利用方法について、5章ではシステムの評価について、6章では考察について、7章ではまとめと今後の課題についてそれぞれ述べる。

## 2. 現状分析

### 2.1 生育予測モデルと農作物気象被害

生育予測モデルとは、幼穂形成期や出穂期、登熟期、収穫期などの各生育ステージを予測するための計算方法である。幼穂形成期は、幼い穂の長さが一定に達した時期のことで、出穂前 25 日頃に当たる。出穂期は、圃場全体の 50% が出穂している状態のことである。登熟期は出穂や開花から成熟までの期間で、その後収穫期を迎える。生育ステージにはそれぞれ、高温や低温に弱い期間（危険期）があり、予測モデルにより危険期を把握することで、それに応じた防除や被害対策を講じることができる。

主な農作物気象被害として、冷害による低温障害、高温障害がある。冷害の種類は、低温により出穂期が大幅に遅れたり、出穂後の長期間の低温により登熟不良になったりする遅延型冷害、栄養生長期のなかの穂ばらみ期の低温により、出穂しても受粉されず、もみが実らない生涯型冷害がある。高温障害には、登熟期の気温が高すぎて品質が低下する高温登熟障害があり、米が白く濁る白未熟粒や米に亀裂が入って割れやすくなる胴割粒が発生する<sup>5)</sup>。

### 2.2 東北地域の生育予測モデルの調査

本稿では水稲栽培をする上で防除や被害対策を講じるか否かの指標となる情報のことを警戒情報という。警戒情報は生育ステージを元に作成されるが、栽培地域によって生育ステージは異なるため、各県で水稲の生育を予測する予測モデルが作成されている。これらの予測モデルの差異を明らかにするため、東北地方の各県で使用されている生育予測モデルを調査した。調査結果を表 1 に示す。

表中の DVR 法とは、出芽後 n 日目の発育指数 (DeVelopmental Index, DVI) はその間の発育速度 (DeVelopmental Rate, DVR) を積算したものと与え、さらに発芽時の DVI を 0、出穂時の DVI を 1 として定めることによって、出芽から出穂に至る発育過程を  $DVI=0\sim 1$  の間の連続的な数値として表すことができる計算方法である<sup>5)</sup>。DVR 法にはノンパラメトリック DVR とパラメトリック DVR 法の二通りあり、前者はパラメータを与えず、気温と DVR 値の対応表から値を求める計算方法であり、後者はパラメータと計算式から DVR 値を求める計算方法である。

各県で使われている生育予測モデルを比較すると、県によって生育予測モデルが対応している品種が異なる。秋田県と福島県のあきたこまちのように、同じ品種でも県により計算する生育ステージが異なる場合もある。また、青森県のまっしぐらは、同じ県の品種でも栽培方法が違う場合には計算方法が異なる。

各生育予測モデルの計算方法に着目すると、有効積算気温やノンパラメトリック DVR 法、パラメトリック DVR 法が使われているが、どの計算方法も前日の値を積算していく計算方法である。地域の差異に対応した警戒情報の伝達のためには、それぞれの計算式に柔軟に対応した設計が重要であるといえる。

表 2 警戒情報と地域の差異

	気象	水稻	システムの要件
栽培管理	・気温や日照などの地域特性により発育速度が異なり、危険期が変動する	・栽培品種により生育予測の計算方法が異なる ・栽培方法（移植、直播）によって管理方法が異なる	・各県で作成されている生育予測モデルに対応する必要がある ・圃場位置に応じた情報を伝達する必要がある
低温警戒	・冷害対策をとる気温の基準が異なる	・低温に強い品種や弱い品種がある ・対策方法が異なる	・温度基準や品種に応じて、危険な地域が把握できるようにする必要がある
高温警戒	・高温登熟と判断する気温の基準が異なる	・高温に強い品種や弱い品種がある ・対策方法が異なる	
病害虫	・気温や降雨、日照などの地域特性により発生しやすい種類が変化する	・耐性に差がある ・対策方法が異なる	・気象や品種に応じた病害虫の発生予測に対応できるようにする

### 2.3 東北地域の地域差異の分析

警戒情報の項目と、地域による気象と水稻の差異、それに基づくシステムの要件を表 2 に示す。主な警戒情報として、栽培管理や低温警戒、高温警戒、病害虫に関するものがあり、それぞれ気象や品種によって差異がある。

栽培管理に関しては、気温や日照などの気象により水稻の発育速度が変化し、幼穂形成期や出穂期、収穫期が前後するため、高温登熟や冷害が発生しやすい危険期が変動する。また、東北地方の各県の品種ごとに生育予測モデルに差異があるように、栽培方法や栽培品種によって生育予測の計算方法は異なる。このため、各県で作成されているような生育予測モデルに対応し、圃場位置に応じた情報を伝達する必要がある。

低温警戒、高温警戒に関しては、栽培圃場によって気象が異なり、それぞれの県や普及センターの方針によって冷害や高温登熟などの判断基準が異なる。品種によっては、低温や高温に強い品種や弱い品種が存在し、品種の特性に応じて対策方法が異なる。このため、温度基準や品種に応じて、危険な地域が把握できるようにする必要がある。

病害虫に関しては、気温や降雨、日照などの地域特性により、発生しやすい病気や虫の種類が変化する。また、病害虫への耐性には品種によって差があり、それぞれ対策方法が異なる。そのため、気象や品種に応じた、病害虫の発生予測に対応できるようにする必要がある。

### 2.4 研究課題

これまでの研究で明らかとなっている課題と、上記で示した警戒情報の差異から、本研究で解決する研究課題を以下のように設定する。

#### 課題 1：生産者の圃場への対応

気象や栽培されている品種は、生産者が水稻を栽培している圃場によって異なる。また、低温や高温などの警戒は

地域によって基準が異なり、対策方法も多様である。そのため、それぞれの生産者が栽培する品種、圃場位置の気象データが必要となる。

#### 課題 2：複数の予測モデルへの対応

同じ品種でも県が違うだけで生育予測モデルの計算式が異なるように、各県には多くの生育予測モデルが存在する。これらの計算方法一つ一つに対して、開発者が現行システムを拡張する方法ではコスト、時間等の面で問題が発生する。そのため、容易に生育予測モデルを計算できる仕組みが必要である。

#### 課題 3：複数の警戒情報の作成

生産者に対して指導をする立場にある人（指導者）は、担当している地域の状況を把握しつつ、その地域に合った警戒情報を作成できる必要がある。このため、地域の状況を空間的に把握でき、なおかつ、特定地点の詳細な情報を取得できる必要がある。

## 3. システム設計

2 章で挙げた課題を踏まえ、本研究のシステムの設計方針を表 3 に示す。設計の主な分類として、気象情報や警戒情報などのデータ、警戒情報の元となる予測モデル、データの可視化をするグラフとメッシュがある。「警戒情報」は 2 章で挙げた項目の中の何を伝達するのか、「機能」はその機能で実現すべきことを示している。

### 3.1 データ

課題 1 に対応するため、生産者の栽培している圃場に関する当日の気温や今後の気温の予測値を毎日取得する。その気象情報を元に、生育予測情報を計算して、警戒情報を作成する。生産者は自分で品種や栽培方法、移植日や播種日などの圃場設定をする。

表 3 地域の差異へ対応した設計

	警戒情報	機能
データ	栽培管理（生育）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・毎日の気象データをリアルタイムに取得する</li> <li>・品種や栽培方法，移植日/播種日を設定できるようにする</li> </ul>
予測モデル	栽培管理（生育） （低温警戒，高温警戒，病虫害の予測モデルにも関連）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・各地域で作成されている計算式を登録できるようにする（計算式による予測値の計算に対応）</li> <li>・毎日の計算値を積算できるようにする</li> <li>・登録した計算値をグラフやメッシュで可視化できるようにする</li> </ul>
グラフ	栽培管理 低温警戒 高温警戒 病虫害	可視化 <ul style="list-style-type: none"> <li>・日平均気温や日照などの気象情報の平年，実況，過去の値を時系列で確認できるようにする</li> <li>・予測モデルの計算結果をグラフで可視化できるようにする</li> <li>・栽培品種の各生育ステージの予測日を表示する</li> <li>・DVI 値の推移をグラフで表示する</li> </ul>
		カスタマイズ <ul style="list-style-type: none"> <li>・グラフのタイトル，軸ラベル，表示日数を設定できるようにする</li> <li>・登録されている気象項目を複数選択し，1つのグラフにまとめて表示できる</li> </ul>
メッシュ	栽培管理 低温警戒 高温警戒 病虫害	可視化 <ul style="list-style-type: none"> <li>・登録されている気象情報の値の実況，予測，平年，過去の値を空間的に把握できるようにする</li> <li>・予測モデルの計算結果をメッシュで可視化できるようにする</li> <li>・危険な地域を色分けして表示できるようにする</li> </ul>
		カスタマイズ <ul style="list-style-type: none"> <li>・階調数を選択できるようにする</li> <li>・それぞれの閾値と階調の色を設定することができるようにする</li> </ul>

### 3.2 予測モデル

課題2に対応するため，主に生育に関する警戒情報を伝達する。ただし，予測モデルは水稻の生育予測以外にも，低温や高温の警戒予測，病虫害の発生予測などもあり，これらの計算式による予測モデルに対応する。各地域に存在する多様な予測モデルに対応するために，システム上に計算式を登録できるようにする。また，計算式の登録の他にも，DVR法の計算には前日の値を積算する必要があり，このような細かな計算方法にも対応する。登録した計算式による計算結果はグラフやメッシュでマップ上に可視化できるようにすることで，地域ごとの予測モデルに応じた情報伝達をする。

### 3.3 グラフ

課題3に対応するため，主に生育や低温警戒，高温警戒，病虫害に関する警戒情報を作成する。日平均気温や日照などの気象情報の平年や実況，過去の値を時系列で確認し，それをもとに警戒情報を作成する。登録した予測モデルによる計算結果もグラフ化でき，DVI値の推移をグラフで表示したり，栽培品種の各生育ステージの予測日を表示したりする。警戒情報の作成では，グラフ化するデータ，グラフのタイトル，横軸・縦軸のラベル，表示する日数を設定できるようにする。また，登録されている気象要素を複数

選択し，1つのグラフにまとめて表示できるようにすることで，それぞれの気象項目や前年度との比較を可能にする。

### 3.4 メッシュ

課題3に対応するため，主に，生育や低温警戒，高温警戒，病虫害に関する警戒情報を作成する。登録されている気象情報の実況，予測，平年，過去の値を空間的に把握し，それをもとに警戒情報を作成する。登録した予測モデルの計算結果もメッシュ化でき，危険な地域を色分けして表示できるようにする。これにより，指導者が危険な地域を把握しやすくなる。警戒情報の作成では，メッシュで表示する際の階調数を選択し，それぞれの閾値と階調色を設定することができるようにする。

## 4. システム開発

本システムでは，コンテンツを表示するためにHTMLとJavaScript，位置情報と対応したコンテンツを表示するために，Google Maps API，サーバ側のAPIやDB処理にはPHP，MySQLを用いて開発している。

### 4.1 1kmメッシュ農業気象データ

それぞれの生産者の栽培圃場に応じた警戒情報を伝達するために，農業環境変動研究センターが作成や整備，配信をしている1kmメッシュ農業気象データをサーバから取

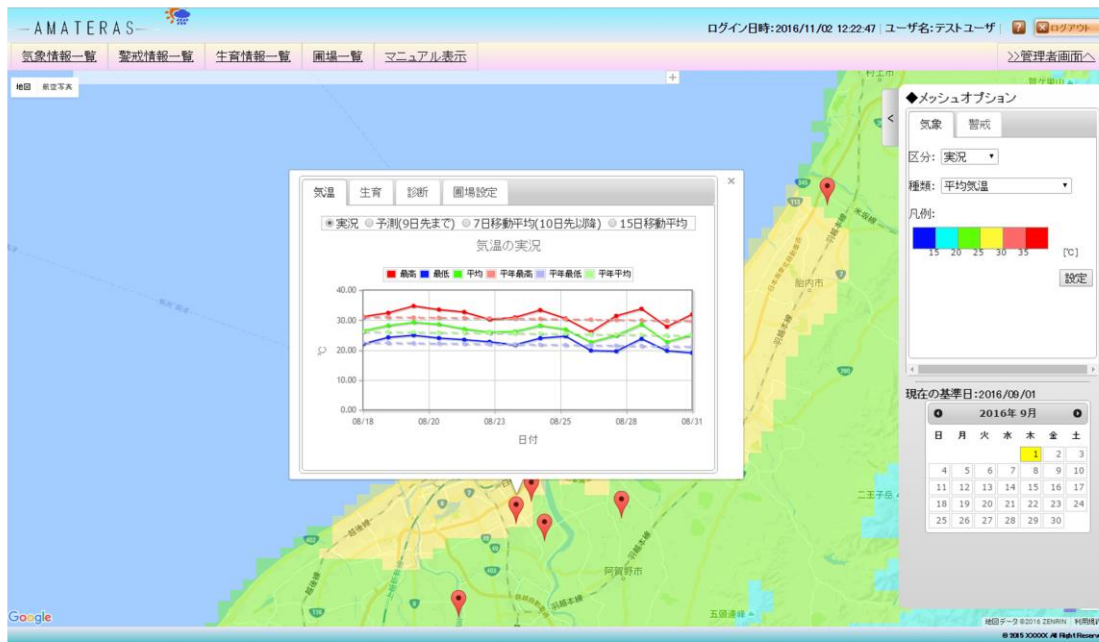


図 1 グラフ，メッシュの可視化後の画面

得して、これを DB に格納して各種計算に活用する。1km メッシュ農業気象データとは、観測地や数値予報、平年値などを組み合わせて、日別の農業気象要素を全国について 1km メッシュサイズで作成されたもの<sup>7)</sup>である。具体的には、日最高、平均、最低気温、日平均湿度や日照時間などの実況、平年、予測値を配信している。

#### 4.2 ユーザ（生産者）用の機能

##### (1) 圃場の設定

水稲を栽培している生産者一人一人の圃場位置に応じた情報を発信するための機能である。生産者は栽培品種、栽培方法、移植日や播種日を登録し、圃場設定テーブルに登録する。複数個所で水稲を栽培している生産者のために、圃場を複数設定することもできる。圃場を登録すると、地図上にマーカーが設置され、自分が設置した圃場がどこにあるのかを一目で認識できるようになる。また、移植日や播種日を設定することで、その日を基準とした幼穂形成期、出穂期、収穫期などの毎日の生育予測計算を行う。生育予測情報の計算方法には外部サーバから取得する方法と、独自の予測モデルを登録する方法の 2 通りあり、前者の場合は農業環境変動研究センターサーバの生育 API から JSON 形式で取得後、本システムの DB に格納する。後者の場合は、管理者画面から登録した予測モデルを使用して計算し、本システムの DB に格納する。

##### (2) グラフ化機能

警戒情報をグラフで可視化することで、栽培圃場の状況を時系列で確認することができる機能である。地図上に設置されたマーカーを選択すると情報ウィンドウが開かれる。情報ウィンドウ内には警戒情報の項目に応じて、気温や生育、診断などのタブがあり、閲覧したいタブを選択するこ

表 4 グラフの設定項目

	設定項目
データ系列	データ系列テーブルに登録されている値から選択する（複数可） 例：日平均気温、あきたこまち生育等
グラフタイトル	情報ウィンドウにグラフを表示した際に上部に表示されるタイトルを設定
軸ラベル	縦軸と横軸の名前や単位などを設定することができる

表 5 メッシュの設定項目

	設定項目
データ系列	データ系列テーブルに登録されている値から選択する（複数可） 例：日平均気温、あきたこまち生育等
階調数	階調数を 2~7 段階から選ぶ
閾値	0.1 刻みで値の境界値を設定する
配色	各閾値の色を RGB で設定する
単位	表示する値の単位を指定する

とで、それに応じた警戒情報がグラフで表示される。グラフの可視化後の画面を図 1 に示す。グラフの描写には、JavaScript ライブラリの jqplot を使用しており、カスタマイズ性が高いグラフ描写が実現できている。

##### (3) メッシュ化機能

警戒情報をメッシュで可視化することで、栽培圃場周辺の状況を空間的に確認できる機能である。地図上に 1km メッシュ単位でレイヤー表示することができる。メッシュとして表示できるのは、農業環境変動研究センターサーバから取得する気象項目、その気象項目を加工して新たに作成した 15 日移動平均気温などの気象情報、東北農業研究セ

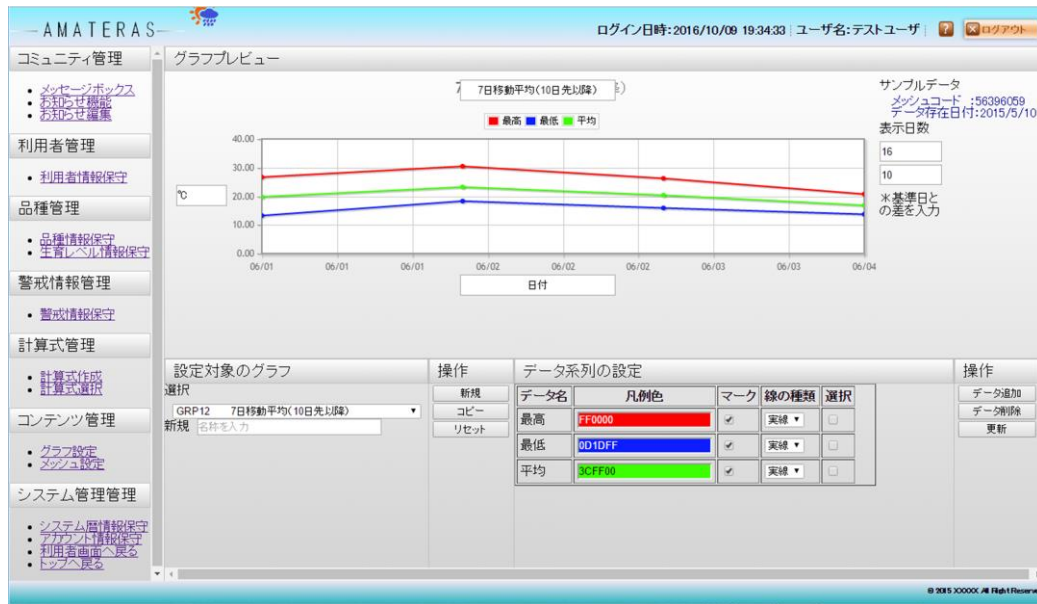


図 2 警戒情報-グラフカスタマイズ画面

ンターから取得した高温・低温警戒確率情報、予測モデルとして登録した計算式の計算結果などがある。

### 4.3 管理者（県等の農業担当者）用機能

#### (1) 警戒情報のカスタマイズ機能

生産者画面の情報ウィンドウに表示するグラフや地図上に表示するメッシュを登録、カスタマイズする機能である。グラフのカスタマイズ画面を図2に示す。設定可能な項目を表4に示す。データ系列は、気象情報や警戒情報など、登録されている項目から複数選択可能である。グラフタイトルと軸ラベルはグラフの意味づけをするために必要であり、提供する警戒情報の種類に応じて柔軟に対応できるようになっている。表示日数は、当日を0として何日前から何日先まで表示するのかを示したい場合には、-7、10と入力する。

メッシュで設定可能な項目を表5に示す。データ系列は、気象情報や警戒情報など、登録されている項目から選択可能である。階調数は2~7の範囲で設定可能である。閾値は0.1刻みで設定することができ、地域ごとの基準に合わせて設定することができる。配色はRGBで設定することができ、警戒基準や危険度に応じて配色を変更することができる。単位は、表示している警戒情報の種類に応じて設定することができ、気温の場合には℃、警戒確率の場合には警戒レベルのように変更可能である。

警戒情報の登録後は設定項目が描写パターンテーブルに格納され、一度設定した描写パターンを再び使用する場合には、簡単に呼び出すことができるようになっている。

#### (2) 予測モデルの登録機能

各地域に存在する独自の予測モデルの計算式をシステム上に登録することにより、異なる予測モデルへ柔軟に対応する機能である。登録後は、警戒情報のカスタマイズ機能により、グラフ化やメッシュ化ができる。登録から利用



図 3 予測モデル入力画面

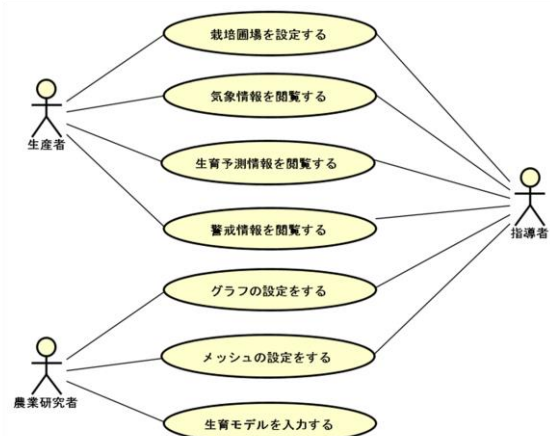


図 4 システムユースケース

表 6 新潟農業総合研究センターの関係者へのインタビュー結果

	利用価値	新たな要望	改善点	地域差異への対応
圃場の設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>自分の圃場位置の気象等を見ることができるのは面白い</li> <li>生育モデルの立証上の手助けとなる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>圃場のアイコンをクリックした時にその地点の警戒情報を知りたい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ユーザ操作を減らしつつ関連する情報を提示する必要がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自分の圃場位置の気象情報を見ることができるとに関心を示した</li> </ul>
グラフの可視化	<ul style="list-style-type: none"> <li>10日移動平均気温は胴割れの判断に、15日移動平均気温は基部未熟粒の判断にそれぞれ活用できる</li> <li>生育の予測表示は非常に助かる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>今年と昨年、平年のグラフを一緒に確認したい</li> <li>穂肥診断のためにできれば20日間先までの気温が見たい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>グラフを見やすくする</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1つ1つの地点の状況を見るよりも周囲の状況を把握したいという要望が強かった</li> </ul>
メッシュの可視化	<ul style="list-style-type: none"> <li>危険な地域を一目で把握できるのは嬉しい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>田植え日を決めた際に、出穂期が平年や前年より早い遅いを表示したい</li> <li>晩限を見たい</li> <li>メッシュ位置の情報をデータとして欲しい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>メッシュを色分けして表示するだけでなく、それに付随した情報コンテンツの表示が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>システムを見る時間が少ない中で、危険な地域や別地域との差異を把握できるのは嬉しいという反応を示した</li> </ul>
警戒情報のカスタマイズ	<ul style="list-style-type: none"> <li>農業環境変動研究センターと新潟県では高温登熟の判断基準が違うが、地域に合った情報伝達が出るのは良い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>メッシュ表示の温度刻みを変えたい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>管理者が利用しやすいインターフェースの実装</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>異なる警戒基準に対応が期待できる</li> <li>操作が簡単になれば使える</li> </ul>
生育モデルの登録	<ul style="list-style-type: none"> <li>計算式を登録してメッシュ化するのは要望がある</li> <li>水稻の生育予測以外にも地温の予測にも活用できる可能性がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現地試験の手助けをしてくれる仕組みがあると研究者は嬉しい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>日相対湿度や風速などの気象情報の入力に対応する必要がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地域ごとに予測式があることが確認でき、本システムへの組み込み可能性がある</li> </ul>

までの手順は以下の通りである。

**1. 計算式の入力:** 登録には、図3に示す電卓から予測モデルの計算式を入力する。計算式には、指数関数や対数などの一般的に使われている関数を入力することもできる。入力にはJavaScriptライブラリのMathJaxを使用することで、入力した数式を整形して一般的な形で表示し、入力式に誤りがないかを確認することができる。また、気象情報を使う場合には、電卓下部のドロップダウンリストから選択し、変数として入力可能である。

**2. オプションの選択:** 本機能では、オプションとして積算値を求めることもでき、予測モデルで一般的に用いられているDVR法に対応できる。これにより、農業研究者が予測モデル作成した後の情報発信用のシステム構築の手間を省くことができ、地域に応じた生育予測情報が伝達できる。

**3. グラフ描写パターンへの登録:** 予測モデルの登録後は、警戒情報のカスタマイズ機能にて、グラフ描写パターンを登録することで、生産者がグラフの可視化機能を活用して、生育予測情報を閲覧することができる。

#### 4.4 利用の流れ

システム利用の流れをユースケースにて図4に示す。生産者と指導者はシステムにログイン後、圃場の設定をし、気象情報や生育予測情報、警戒情報を閲覧することができ

る。指導者は、本システムの各種情報を参考にして、生産者に対して栽培管理の指導をする。また、指導者と農業研究者は、生産者に提供するグラフやメッシュの情報を設定する。農業研究者は県や地域で作成されている予測モデルをシステムに登録することで、地域に対応した警戒情報を配信する。

#### 5. 評価

新潟県農業普及センターの指導者や新潟県農業総合研究所の研究者を対象として、2016年7月から試験運用を行っている。試験運用では主に生産者が利用する圃場の設定機能、グラフの可視化機能、メッシュの可視化機能を公開している。気象データおよび標準の生育モデル(WebAPI)は、農業環境変動研究センターが提供しているものを利用している。

本システムを利用した新潟県農業総合研究所の研究者4名に対してインタビューを行い、実装した機能に対する評価や、管理者用の機能に対する意見をいただいた。具体的には、実装したそれぞれの機能に対する利用価値、新たな要望、改善点について聞き取り調査を行った。なお、管理者機能である警戒情報のカスタマイズ機能と予測モデルの登録機能は、実装した機能を実際に見せた上で、利用

価値や実現したい新たな要望, 改善点について聞いた。

インタビューの結果を表6に示す。圃場の設定に関しては, 自分の圃場位置の気象を見ることができるシステムに興味を示しているという生産者がいることが分かった。一方で, 圃場を設定して警戒情報を確認する暇がないため, システム利用に前向きではない人もいた。グラフの可視化機能については, 15日移動平均気温を本システム上で可視化していることから, 基部未熟粒の判断材料として利用価値があることが分かった。メッシュの可視化機能については, 被害の危険がある地域を一目で把握できることが嬉しいという声があった。警戒情報カスタマイズ機能については, 高温登熟の判断基準が農業環境変動研究センターと新潟県では異なるが, メッシュとして可視化する気象情報の閾値を自由に設定できることから, 地域によって異なる基準に本システムでは対応可能であった。また, 新潟県農業研究センターには地温の予測式を作成している研究者も存在し, その予測式を本システムに組み込むことが出来れば, 新たなコンテンツとして提供できそうであることが分かった。

## 6. 考察

課題1については, 生産者一人一人の圃場位置の気象データの取得, 栽培品種や栽培方法, 田植え日を設定ができるようにして対応した。インタビューの結果から, 自分の圃場に合った情報を閲覧できることについて, 前向きな意見を得ることができ, 問題の解決に寄与できたと考えられる。しかし, 現地で作業することが多い生産者にとって, Webページにアクセスした上でシステムを利用して圃場の設定をする機会は少ない。その中で, 生産者に警戒情報を伝えるためには, ユーザーが行う操作を減らしつつ関連する情報を提示する必要がある。

課題2については, 予測モデルの登録機能により対応した。計算式を登録できるようにすることで, 各県で作成されている予測モデルを本システムに組み込むことができる。更に, 水稻の生育予測に限らず, 地温の予測への活用可能性も示唆され, 管理者がそれぞれの地域に応じた警戒情報を追加していくことで, 地域による警戒情報の差異への対応が期待できる。ただし, 作成されている計算式の中には研究段階のものもあり, 研究者のみに公開するのかどうかの公開範囲を指定できるようにする必要がある。

課題3については, グラフ化, メッシュ化機能で対応した。危険な地域を一目で判断できるのは嬉しい, 15日移動平均気温は基部未熟粒の判断に活用できるなどのインタビューの結果から, グラフやメッシュの可視化が有効であったと考えられる。一方で, 平年値や前年値との比較をしたい, 出穂期が平年や前年より遅いか早いかを見たいなどの要望もあったことから, 気象情報や生育予測情報をそのまま表示するだけでなく, 平年値や前年値を組み合わせ

加工することによって, より伝わりやすい警戒情報になると考えられる。

今後は, 試験運用の対象者に対して, アンケート調査を行い, 要望や問題点などのシステムの意見を集め, 今回のインタビュー結果と合わせて, システムの改善に活用していく。具体的には, 地域の差異への対応やニーズへ答えるために, 予測モデルの登録機能と警戒情報のカスタマイズ機能を拡張していく。また, 研究者の現地試験の手助けができる仕組みを設計することで, 地域ごとに異なる警戒情報に対応したシステムを開発する。

## 7. おわりに

本稿では, 地域の差異に対応可能な農作物警戒情報伝達システムの設計・開発を行い, 試験運用とインタビューによる評価を行った。まず, 東北地方の警戒情報を調査し, 県ごとの差異を分析し, 農作物情報伝達システムを設計・開発した。主要な機能の利用価値や要望について新潟県農業研究センターの研究者の方にインタビューを行った。その結果, 地域の差異への対応可能性が示唆された。今後は, 試験運用の対象者に対してアンケート調査を行い, 要望や問題点などのシステムの意見を集め, システムの改善に活用し, 地域の差異への更なる対応のために, 警戒情報を組み込む環境を整備する。

**謝辞** 本研究は, 新潟農業研究センターをはじめとする多くの関係者の皆さまにご協力を頂きました。ここに謹んで感謝いたします。

## 参考文献

- 1) “気象庁 Japan Meteorological Agency”, <http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/index.html>, (参照 2016-10-8)
- 2) 池上勝, 加藤雅宣. 酒米の高温障害を軽減する栽培支援システムの開発. 作物研究 59 (2014):63-65.
- 3) Choong-Hoe-Kim, D.R. Mackenzie and M.C.Rush. Field testing a computerized forecasting system for rice blast disease. The American Phytopathological Society, 1998.
- 4) Kawtrakul Asanee, Phatchariya Tippayarak, Frederic Andres, Suchada Ujjin. "Personal warning service for pest management using a crop calendar and BUS model." Proceedings of the 7th International Conference on Management of computational and collective intelligence in Digital EcoSystems. ACM, 2015.
- 5) 図説: 東北の稲作と冷害, <http://www.reigai.affrc.go.jp/zusetu/zusetu.html>, (参照 2016/10/19)
- 6) 堀江武; 中川博視. イネの発育過程のモデル化と予測に関する研究 第1報 モデルの基本構造とパラメータの推定法および出穂予測への適用. 日本作物学会紀事, 1990, 59.4: 687-695.
- 7) 数値予報も取り込んだ全国1kmメッシュ農業気象データ, <http://adpmit.dc.affrc.go.jp/technical/cont67.html>, (参照 2016/10/15)