

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月3日現在

機関番号：11101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22580294

研究課題名（和文）画像特徴解析を基盤にした病害虫防除管理支援Webシステムに関する研究

研究課題名（英文）Web-based support system for diagnosis of rice diseases using image characteristic analysis

研究代表者

高橋 照夫 (TAKAHASHI TERUO)

弘前大学・農学生命科学部・教授

研究者番号：70003522

研究成果の概要（和文）：

本研究は、精密農業用としてのイネの防除支援 Web システム開発のため、病状画像の特徴解析と病気判定の手法確立などを目的とした。病斑の色特徴指標 HSL の二次元分布を EM アルゴリズムで解析して GMM パラメータを求め、SVM 判別分析法で主な病気 3 種 9 ステージ間の判別実験を行った結果、異種の病気間では平均 90%以上の正判別率であった。さらに、ほ場の携帯端末から Web システム(プロトタイプ)の利用実験を行い、実用化のための改善点を検討した。

研究成果の概要（英文）：

This study was carried out for the purpose of the method establishment of the image characteristic analysis and the disease judgment for development of the Web-based support system on diagnosis of the rice disease for precision agriculture. Two-dimensional distribution among the color characteristic index HSL at the lesion was analyzed by EM algorithm, and GMM parameters were calculated. As a result that the discrimination experiment between three kinds of main diseases with 9 stages was carried out by SVM discriminant analysis, a right discrimination rate more than an average of 90% was obtained between the different types of diseases. Furthermore, the use experiment of the Web system (prototype) was conducted from handheld device at the farm, and some improvement for practical use was considered.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2012 年度	500,000	150,000	650,000
2013 年度	600,000	180,000	780,000
2014 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	1,600,000	480,000	2,080,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業情報工学

キーワード：病害虫防除, Web システム, 画像特徴解析, 病状診断, EM アルゴリズム, サポートベクターマシン

## 1. 研究開始当初の背景

農業者の高齢化や後継者不足により農業の弱体化が進行する中で、広域ほ場を対象に

集約的な栽培管理を可能にする精密農業への取り組みが緊要の課題になっている。精密農業は、端的に言えば、作物生育に関係する

諸情報を直接又は間接にほ場にて小メッシュ単位で収集して、それらを当該メッシュごとの最適栽培に活用する体系である。そのため、膨大な情報を収集・処理・蓄積し、適切な利用を可能にする情報システムが極めて重要になる。そこで、ほ場作物の生育・肥培・土壌特性・病害虫・収量などの栽培情報を、ほ場現場(2D)、リモートセンシング(3D)及びインターネット(時間軸, DB など)の4次元の時空間情報として同時又は経時的に関連づけて収集・処理・蓄積し、各種情報との協調・連携のもとに栽培・経営管理に利用できる情報システムの開発が必要になる。これまでそれらに関する個別的な研究はあるものの、上述のような総合的情報システムを指向した研究は国内外とも見られない。本研究は、その概念を防除管理支援 Web システムに試行するものである。

精密農業の水稲作における防除支援システムでは、広範な水田現場で病害の発生や拡散に関する情報を自動的に収集し判定する機能が求められる。そのためにはカメラ等で撮影した病状画像の特徴を自動解析処理によって指標化し、病気の診断・分類に利用することが重要であるが、そうした研究は国内外ともまだ無い。また、上述の各種データと農薬管理データ及び Web 上の種々の情報を構造化し、かつ農業者とのインターフェースに配慮して連携利用を図る支援システムの研究もまだ見られない。

## 2. 研究の目的

本研究はイネの主な病気の防除支援 Web システム開発のため次の3課題を研究目的にする。

① カメラ撮影で得たイネ病状の画像特徴の自動解析と病気の分類・判定手法の確立

② 病状画像の特徴の自動解析と病気分類を実行処理する Web システムの構築

③ 上述の防除支援 Web システムのプロトタイプの実験

はじめに、栽培中のイネ病気画像特徴の自動解析処理による判定手法を取り上げる。筆者らの既往研究によれば、病状診断ではイネの病状部位の枯れ具合・形状・色状態などが判断基準として用いられるが、その際には画像特徴が病気別にパターン化され、特徴要素の組合せとして認識・利用されていることが分かった。そこで、それらの研究成果をもとにカメラ撮影画像の病状の形状・色などの特徴を自動解析処理して病状判別と分類を行う手法を提案する。

次に、上述の病状画像の特徴を自動解析処理する手法を、農業者がほ場現場からカメラ付き携帯電話やスマートフォンにより Web 上で利用できるようにするため、Web 応答システムと画像解析システムを基本構成とする

システムの構築を図る。

さらに、上述の病状画像解析や各種情報システムを、携帯電話やパソコンを介して容易に利用できるようにするための条件について、とくに入出力機器のインターフェース操作面から吟味し、利用しやすい防除管理支援 Web システムのあり方についてプロトタイプの実験を行い、実用指針を明らかにする。

## 3. 研究の方法

(1) イネ病斑画像特徴の自動解析処理による病状判定手法の確立に関する実験

まず、①イネ(水稲)の葉部と茎部における主な病気の診断において、病害虫専門家が病斑の画像特徴をどのように識別・利用しているかを調査して明確にし、画像解析処理のアルゴリズムに利用する。つぎに、②最近強力なパターン判別分析手法として種々の分野で利用されているサポートベクターマシン(SVM)などの機械学習手法やニューラルネットワーク(NN)などの従来手法を取り上げ、病状の画像特徴である色と形状の指標値を用いた場合の性能を比較・検証することにより、高い信頼性の得られる判定手法を選定する。さらに、③その手法を Web システムで利用するための方法と手順について考察し具体案を示す。

(2) 病状画像の特徴の自動解析と病気分類を実行処理する Web システムの構築

前項の検討に基づき、Web 上からアクセスし、画像特徴をもとに病状診断や防除対策の支援を行うための Web システムのプロトタイプを構築する。その際、サーバ側については、OS や送受信条件、画像解析プログラムの内容と連携、実行手順など、クライアント(農業者)側については携帯電話、スマートフォン及びノートパソコンを利用する場合の画像やデータの送受信方法・条件、操作方法・手順などに留意する。

(3) 防除管理支援 Web システム・プロトタイプの実験

前項で構築したシステムの使用手順に従って、クライアント側から病斑画像を送信しサーバ側の解析処理プログラムを実行して処理結果を受信する。その際、農業者側で行う操作や送受信画面の表示方法等について利用しやすい条件を検討するとともに、農業者の端末カメラ使用における撮影方法・条件などの運用上の問題点を検討し改善策について考察する。

## 4. 研究成果

(1) カメラ画像特徴の自動解析処理による病状判別手法の確立に関する実験結果

① イネの葉部と茎部における主な病気の診断において、病害虫専門家が病斑の画像特徴をどのように識別・利用しているかを明確

にするため、青森県産業技術センターの研究者などに聞き取り調査を行った結果、一般には病斑の外観上の特徴、気象状況、発生時期や部位などを判断材料とし、最終的には顕微鏡観察による孢子診断等で病名判定を行うこと、色・形状については、病気によって特有な典型的特徴に留意するものの、同じ病気でも発現態様が多様なものや、異なる病気でも類似外観を呈する場合があります、画像特徴だけでは一概に判定できないことが示唆された。それらより、画像特徴を病気診断に利用する場合は、各病気・病状の典型的特徴の抽出・分類とともに、類似した色・形状特徴の病状と比較・判別ができるように、多段階分類や柔軟なパターン認識が可能な機械学習を用いた判別手法が適切と推察された。そこで、病害虫診断のための画像解析やデータベースの作成にあたってはそれらの点を考慮することにした。

② カメラ撮影画像の病状特徴を画像処理によって判別する手法に関する実験は、イネの主な病気3種4病状区の良い画像約460枚を供試して行った。病斑画像の形状指標には円形度やフェレ長比など5個を、色指標には色相と彩度の2個を選定し、6種類の判別分析法(機械学習法としてSVM, 集団学習, 樹木モデル, 従来法としてNN, 線形判別分析, 2次関数判別分析)による判別性能と適用性を調べた。その結果、供試病気画像4病状区の一括分析では、いずれの判別法でも正判別率が76%以上となったが、中でもSVMが86%と他に比べ高い判別性能を示したのでシステム用に利用することにした。ただし、病気によってはSVM以外の手法が良好な場合もあったので、実際にはこれら複数の手法の組み合わせがより有効と考えられる。

③ 上述の結果をもとに、本研究のWebシステムは、農業者がアクセスし画像処理を行う際に、できるだけ簡易な操作で行えるように、画像特徴の指標を色特徴の色相H, 彩度S及び明度Lに限定し、各指標間の二次元分布形状をもとに各病状の判別分析をSVMで行う方式を採用した。病斑画像の特徴解析と病気判定手順の概要を図1に示す。

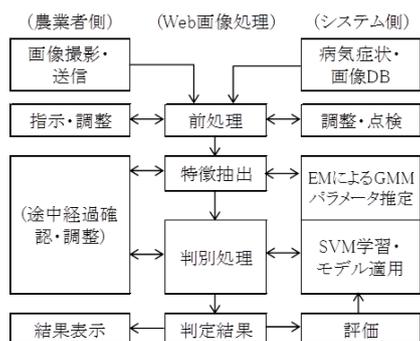


図1 病状画像の特徴解析と病気判定手順の概要

図1では、まずWebサーバ側において、予め収集したイネ病気の症状画像を対象に、病状領域抽出の前処理を行った後、H, S, L相互の二次元分布の構成を混合ガウス分布(GMM)と仮定してEMアルゴリズムによりGMMパラメータを算出する。次に判別処理で病気とパラメータの関係をSVM手法で学習させ、判別モデルを作成するとともに、テストデータの判定結果を評価しデータベースの蓄積、及び判定の改善・利用に供する。農業者から病状画像の診断依頼があった場合、撮影画像の前処理を経てGMMパラメータを算出し、判別処理で各病気の特徴モデルとの適合度判定を行う。その結果より病名の推定と病状診断情報及び関連情報の収集を行い、農業者の端末画面に表示する。なお、画像解析と判別処理のプログラムはOpenCVやRの関数を用いて作成した。

Webシステム側の特徴解析と判定性能に関する実験は、葉いもち, 紋枯病, ごま葉枯病の3種9ステージの画像約320枚を供試して行った。はじめに、前処理後病斑領域のHS, LH, LSの各二次元分布にEMアルゴリズムを適用してGMMパラメータを推定し、SVMの学習データとした。次に、学習データについて交差確認法(20分割)により正判別率を求め、病状画像診断に関する判定性能を検討した。その結果、2値化と病斑領域の抽出は、正常葉のHSを基準にした場合、9割以上が適切に行われた。病斑のHSL二次元分布のEM分析はクラスタ数1~4個で行った結果、図2の例のように概ね良好なGMMが得られ、病気の種類やステージで特徴の違いが現われるものが多かった。

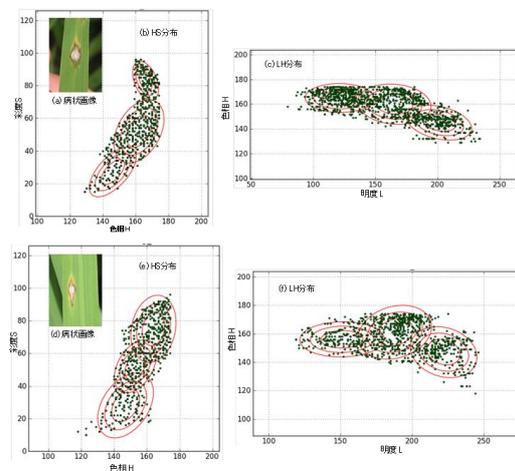


図2 EM分析結果の例:(a)~(c)葉いもち(初期), (d)~(f)同(慢性型)

交差確認法によるSVM判別処理(HS, LH, LSの各GMMパラメータ一括使用)の結果は、表1のように異種の病気間では平均90%以上の

正判別率であったが、同種病気のステージ間では70~80%の性能に止まった。

表1 SVM判別処理(交差確認法20分割)によるステージ間の正判別率(単位%)

病名(ステージ)	区分	As_2	As_3	Av	B_1	B_2	C_1	C_2	C_3
葉いもち(初期)	As_1	77.5	91.2	92.5	84.6	83.7	92.5	92.5	97.1
同上(中期)	As_2		80.8	91.3	98.7	91.2	92.5	97.1	96.7
同上(晩性型)	As_3			92.9	97.5	87.1	93.3	93.3	92.1
同上(橋点型)	Av				100.0	90.0	79.2	91.2	95.4
紋枯病(初期)	B_1					82.1	97.1	98.3	98.3
同上(中期)	B_2						90.8	84.2	91.2
ごま葉枯病(初期)	C_1							74.2	73.3
同上(中期)	C_2								75.0
同上(後期)	C_3								

以上の結果より、採用した手法は異種の病気に対して概ね良好な判定性能をもつが、より確実な判定のためには図1左側に示したように、処理過程で途中結果等を農業者が確認できること、判定処理に他の手法も指定できるようにすることなどの対策が必要であることが分かった。

## (2) 防除管理支援 Web システムのプロトタイプ構築に関する結果

Web システムの構築に当たっては、農業者がほ場現場で利用する種々の端末機器の OS (Windows, Android, iOS) に対応できること、端末機器の通信設定や画面操作が容易であることなどに留意した。そこで、Web サーバは Windows OS のもとでフリーソフト TeamViewer によるリモートデスクトップ・サービスの環境を整え、前述の各プログラムを実行できるようにした。農業者は各自の端末対応の TeamViewer を導入すれば、自分で直接画像診断処理の指示、確認ができる。なお、Web 通信のための無線データ規格は 3G と WiMAX を装備した。これにより、サーバ側、クライアント側とも複雑な通信設定をせずに Web システムを利用できる。

## (3) 防除管理支援 Web システム・プロトタイプの試用実験の結果

試作したプロトタイプの Web システムについて、実用性や問題点を明らかにすることを目的に運用実験を実施した。はじめに、本システムの動作特性を調べるため、津軽地方水田(電波強度3段階)で、Smartphone (OS: Android, 無線規格:3G), Tablet PC(同)及び Mobile PC (Windows, WiMAX)の3種の端末機を供試し、画像の転送速度、画像解析時間、タッチパネル操作性等の条件について実験を行った。その結果、パネルサイズが小さいほど操作画面の拡大縮小に要する時間が長くなりサーバ側の画像解析・判定に要する延べ時間も長くなること、電波強度が弱の場合交信中に途切れることがあるもののサーバ処理には影響しないことなどが判明した。なお、各モバイル機器とも、接続や画像送信などの通信状況は良好であったものの、ユーザ

側からリモートデスクトップ操作によりサーバ上で画像処理を行った際に、モバイル画面表示の拡大や入力操作に手間取る場合が見られた。また、Web サーバでの判別処理等はスムーズに行われたが、各処理作業の連携に不十分な点あった。今後実用化に当たっては、判別性能の向上とともに、それらの点について改善が必要である。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

① G. Maharjan, T. Takahashi, S. H. Zhang: Classification Methods Based on Pattern Discrimination Models for Web-based Diagnosis of Rice Diseases. Journal of Agricultural Science and Technology A, 査読有り, Vol. 1(1):48-56, 2011

[学会発表] (計1件)

① 高橋照夫, 張樹槐: イネ病状画像の特徴解析による Web 診断支援, 農業環境工学関連学会 2012 年合同大会講演要旨集 CD-ROM: P22, 2012

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

高橋 照夫 (TAKAHASHI TERUO)  
弘前大学・農学生命科学部・教授  
研究者番号: 70003522

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号:

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号: