

研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18780196  
 研究課題名（和文）分散ロボットネットワークによるダイズわい化病罹病解析に関する研究  
 研究課題名（英文）A study on Monitoring System for Soybean Dwarfing using Distributed Robot Networks

研究代表者  
 長坂 善禎（NAGASAKA YOSHISADA）  
 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・中央農業総合研究センター・高度作業システム研究チーム・主任研究員  
 研究者番号：70355519

## 研究成果の概要：

ロボットネットワークを構成する圃場探査用の小型ロボットについて検討、設計した。また、ダイズわい化病（わい化系統、黄化系統）に感染した株と健全株の株高さと SPAD 値を調べるとともに、彩度の違いをダイズの生育の経時変化とともに観察した。撮影画像を、HLS 表色空間内で一定のしきい値で切り分けることで、植物体のみを抽出することが可能になった。解析の結果、ダイズは生育後期になると健全株とわい化系統感染株は、枯れあがって H（彩度）の値が小さくなるが、黄化系統は枯れあがりが遅いため、H の低くなる時期が遅れる。生育ステージごとに植物体の彩度を比較することで、健全株とわい化病感染株の区別が可能であると考えられた。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,200,000	0	1,200,000
2007年度	1,400,000	0	1,400,000
2008年度	208,650	62,595	271,245
年度			
年度			
総計	2,808,650	62,595	2,871,245

## 研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業環境工学

キーワード：生態計測、ロボット、農業工学

## 1. 研究開始当初の背景

高価格で取り引きされている高品質なダイズを収穫する上で、ダイズのわい化病は大きな問題となっている。本病が発生すると、低い発病率でも汚粒の原因となり、収穫物の品質を大幅に低下させる。このため、耐病性品種の開発と、本病の発生を予察し効果的に防除する手法に関する研究が行われている。しかし、わい化病は発生要因が複雑であり、発生予測は困難とされている。現在、実際の

圃場における発病率および発病度の調査や媒介アブラムシの数、保毒虫数のカウントは目視や手作業に頼っている。工業分野において発達が著しい各種センサによるセンシング技術、画像処理技術等を用いた小型ロボットネットワークを使って目視や手作業による調査を自動化できれば、広域にわたって同時期に圃場全面のダイズの感染時期、発病率や発病度、保毒虫の分布や密度を効率的かつ高精度に調査できる新たな手法となる。

## 2. 研究の目的

本研究では、小型ロボットネットワークを使って圃場全面のダイズの経時的な観察を行い、感染の兆候を早期に発見し、これまで人力に頼っていた感染時期や発病率、発病度の調査を自動化し、その変遷を記録、解析する手法を開発することを目的とする。

## 3. 研究の方法

- (1) 圃場でダイズわい化病に感染した株と健全な株を肉眼で見比べるとともに、デジタルカメラで感染株と健全株を撮影し、色調の違いを調査した。
- (2) 人工的にわい化病に感染した株（ハタユタカ、播種日 6/13 で、接種は、人工気象室内でアブラムシにより 6月 18 日から 25 日まで 1 週間かけて接種吸汁させ、わい化病に感染させた株）と健全株を 7 月 13 日にポットに移植し、約 1 週間おきに色調の経時的な変化を SPAD メータで記録するとともに分光放射計で葉の反射光を記録し、さらに、日没後、ハロゲンランプ光源下で 450nm から 960nm のバンドパスフィルタを装着したデジタルビデオカメラで撮影し、経過時間と色調の変化、色調の差異を計測した。
- (3) これまでの研究から得られた知見から、小型ロボット台車について検討し、今回の研究に使用できる台車を設計した。
- (4) 人工的にわい化病に感染したダイズ株（ハタユタカ、播種日 4/29 で、播種後人工気象室内で 5 月 9 日からアブラムシに 1 週間接種吸汁させ、黄化系統とわい化系統に感染させた株）と健全株を、5 月 31 日にポットに移植し、生育初期は約 1 週間程度、生育後期は約 1 か月おきに色調の経時的な変化を SPAD メータで記録するとともに、株高さを計測した。
- (5) 生育段階ごとと色調の違いを比較するため、SPAD メータと株高さを計測を行うごとに個別のダイズ株をデジタルビデオカメラで撮影した。撮影には図 1 に示すような実験装置を使用した。1/2000 ワグネルポットを台とし、上にダイズ株を乗せて撮影した。光の条件を均一にするため、室内で 500W のハロゲンランプを 2 個使用し、台から 130cm 離れた高さ 120cm の場所に設置し、デジタルビデオカメラは台から 120cm 離れた高さ 120cm の場所に設置して撮影を行った。これらのビデオカメラで撮影した画像を静止画（ビットマップ）としてコンピュータに取り込み、これを RGB 表色空間から HSL 表色空間に変換し、 $40 < H < 150$  で表色空間内を切り分けることで植物体の部分を抽出した。

## 4. 研究成果

- (1) 北海道立十勝農業試験場内および鹿追現

地圃場において、わい化病感染株を観察した。圃場の上から見た範囲では、感染がひどくない場合はわい化病の発見は難しいが、株の横、あるいは下から見ることで、容易に見分けがついた。デジタルカメラに記録した健全株と感染株の葉を、パソコンの静止画解析ソフトで解析したところ、黄化系統の場合、感染株は健全株と比較して葉の周辺または一部が黄色い等の特徴があった。色調の違いを画像処理によって識別することで、感染株を自動的に見分けることが可能であるとの知見を得た。（図 1）



図 1 圃場内のわい化病感染株

- (2) 東北農業研究センターで、人工的にわい化系統ウイルス（わい化系統）に感染した株を、7 月 20 日より観察した結果を示す。（図 2）感染させてから 1 ヶ月程度後から観察したが、感染後 1 ヶ月半程度は健全株と比べて緑色が濃い傾向があった。その後葉色は次第に健全株と同程度となり、収穫時期になっても緑の状態のままであった。このことからわい化系統の場合、気象条件にもよるが感染後 1 ヶ月程度が色調の差異が最も大きくなると考えられた。

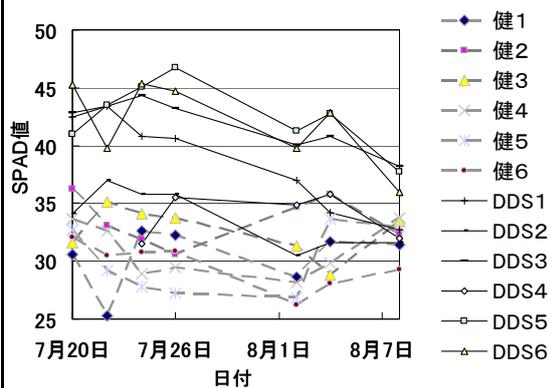


図 2 SPAD 値の変化

- (3) 小型の模型を試作し、構造、稼働時間、ペイロード、実際に走行させる圃場の条件等からロボットのシステムの仕様を決定した（図 3、表 1）。



- a) 模型の利用
- ・耐久性と旋回半径の大きさが問題
- b) 三輪(二輪駆動)
- ・構造が単純
  - ・条間に適した大きさで製作が可能
  - ・旋回半径が自由に設定できる

図3 ロボットシステムの検討

表1 検討したロボットシステム

項目	仕様
カメラ	ネットワークカメラ
コントローラ	ARM9
通信	無線 LAN ( IEEE802.11b )
航法センサ	超音波距離センサ、レーザー距離センサ
圃場内の位置記録	DGPS (MSAS 利用)
バッテリー	12V 12Ah × 2
モータ	100W ブラシレスモータ × 2
寸法	500mm (W) × 500mm (L) × 400mm (H)

(4) 移植後の株高さの変化を図4に示す。わい化系統は移植後から株高さが低く、7月に入ってから、株高さはほとんど変化していない。黄化系統については、株高さは健常株に比べてやや低いが、わい化系統ほど大きな差は生じていない。SPAD値は、6月上旬は大きな差はないが、7月に入るとわい化系統感

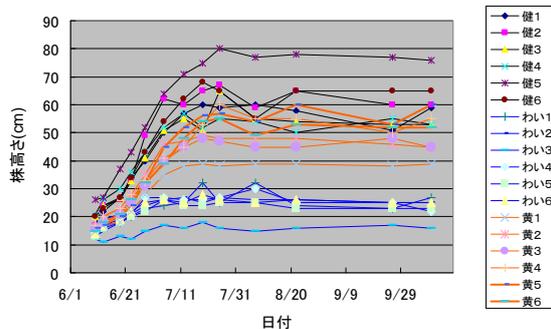


図4 株高さの変化

染株は他の株に比べると SPAD 値が大きくなった。

(5) ビデオカメラで撮影した動画の一コマを windows の BMP ファイルとして保存し、これをさらに扱いやすいように PPM ファイルに変換した上で、各画素の RGB 値を HLS 値に変換し、表色空間に投影し、成分の範囲を、H は 0 から 360、それ以外は 0 から 1 とすると、変換式は式 1 のとおりである。変換した画像で、H (彩度) の値が 40 未満、150 以上の値を取り除くことで (図 5)、植物体のみを抽出

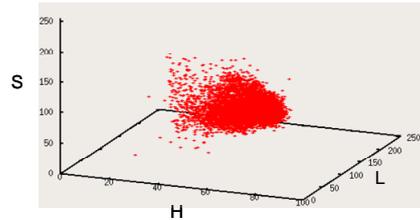


図5 HLS 色空間での抽出することができた (図6)。



図6 植物体領域の抽出

生育後期になると、健常株とわい化系統感染株は、枯れあがってHの値が小さくなり、このしきい値では抽出できなくなるが、黄化系統は枯れあがりが遅く、このしきい値で抽出した場合に、他の株と区別することができる (図7)。

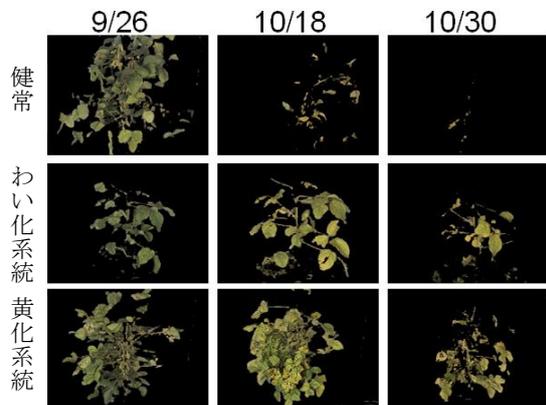


図7 生育後期の抽出画像

## 5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計2件)

- ① 長坂善禎、兼松誠司、関正裕、玉城勝彦、齋藤秀文、小林恭、建石邦夫、宮崎昌宏、小型ロボットを使ったダイズわい化病の罹病解析(第2報)、農業機械学会第67回年次大会、97、2008年3月27日、宮崎観光ホテル
- ② 長坂善禎、兼松誠司、関正裕、玉城勝彦、齋藤秀文、小林恭、建石邦夫、宮崎昌宏、小型ロボットを使ったダイズわい化病の罹病解析(第1報)、農業環境工学関連学会2007年合同大会、22-34、2007年9月11日、東京農工大学

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

長坂 善禎 (NAGASAKA YOSHISADA)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・中央農業総合研究センター・高度作業システム研究チーム・主任研究員

研究者番号：70355519