

平成22年5月14日現在

研究種目：基盤研究（B）  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19380142  
 研究課題名（和文） 生育ステージの異なる多棟ハウス栽培における知的軽労化灌水制御システムの開発  
 研究課題名（英文） Development of intelligent labor saving and automatic watering systems for multi-greenhouse on different developing stage  
 研究代表者  
 中野 和弘（NAKANO KAZUHIRO）  
 新潟大学・自然科学系・教授  
 研究者番号：70188994

研究成果の概要（和文）：ハウス内灌水作業の軽労化のために育苗時生育速度の斉一化を検討した結果、苗の色成分の平均輝度値を用いて健全苗と萎れ苗の相違を判別することが可能となった。ハウス内での植物病害の自動診断が可能なソフトウェアを開発した結果、異なる生育ステージにおける病害の検知が可能となった。メロン定植日を7～10日間ずらして灌水制御実験を行った結果、自動制御区は慣行区より14%～63%の節水率となり、節水効果が認められた。

研究成果の概要（英文）：The intelligent labor saving and automatic watering systems for multi-greenhouse on different developing stage were constructed. Optical differences between sound and shrivel plants were distinguished by using average brightness value (R-G-B) of the plants. The software, which can diagnose plant disease for different developing stage in greenhouse, was developed and showed experimentally to be possible to detect the disease of the plants. The experimental discussions on watering control for the plants, which were sifted 7-10 days settlement, were made. As for the results of watering control for netted melon cultivation of 7-10 days delay settled to the greenhouse, Fuzzy and On-Off controlling sections were showed to save the volume of 14-63% water compared to manual watering control. Grade of appearance of melon fruit cultivated in the greenhouse of 7-10 days sifted were compared. The results were that Fuzzy controlling section of the 1<sup>st</sup> cultivation and Fuzzy and On-Off controlling sections of the 2<sup>nd</sup> Cultivation showed AA (Super excellent) grade of the 70% of melon fruits even though the 49% of melon of the manual watering control.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	8,500,000	2,550,000	11,050,000
2008年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2009年度	2,100,000	630,000	2,730,000
年度			
年度			
総計	14,000,000	4,200,000	18,200,000

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：生産・流通施設

## 1. 研究開始当初の背景

これまでの研究成果は栽培農家へ援用可能であるとは言い難く、重労働を強いられるハウス栽培農家の軽労化、高品質農産物の安定的生産、高効率化の達成など、一段とハウス栽培農家サイドに立った研究が望まれている。

また、国外におけるハウス栽培ではオランダが先進国であるが、同じく日本の気象条件と大きく異なることと、高価格で周辺諸国へ輸出可能であることなどを考え合わせると、オランダのハウス制御方式をそのまま日本に適用することはできず、やはり日本独自の栽培管理システムの構築が必要である。

## 2. 研究の目的

これまでに得られた申請者の次の研究成果を実際のハウス栽培圃場に具現化することを目的とする。なお、その過程で出現する学術的課題にも積極的に取り組むこととする。

- ファジィ理論による篤農家灌水ノウハウの表現
- 上記ノウハウによる節水型ファジィ灌水技術の応用
- 画像処理による育苗時の灌水ノウハウの抽出
- 画像処理を用いた品質評価システムの援用
- 遠隔無線水管理システムの援用

## 3. 研究の方法

### a. 定植前育苗における生育速度を斉一化する灌水管理システムの構築

「個々の苗の顔に合わせた灌水ノウハウ」を苗と土壌の画像データから客観的に表現し、そのノウハウに従って個々の苗ごとに灌水を行う「自動育苗灌水個体管理装置」を試作する。

### b. 定植後の各生育ステージにおける灌水自動化システムの構築

ハウス内の温・湿度、気圧変化、ハウス内日射量の条件をファジィメンバーシップ関数で表現して、メロン篤農家の目指す灌水条件を計算するシステムを構築する。

### c. 多棟ハウス内の水蒸気移動シミュレータの開発による結露予測法の検討

ハウス内では、結露検出も病虫害予防の重要な因子である。これに対して結露発生予測シミュレータの開発を担当し、これと3D動画解析システムを対応させる。

### d. 多棟ハウス栽培における節水灌水方式の検討

多棟ハウスの土壌水分を一括管理するシス

テムを構築する。一般的にメロン農家は、各ハウスにおいてメロンの生育ステージが異なるように苗を定植するので、各棟内の苗生育ステージの把握技術が必要となる。

## 4. 研究成果

ハウス内灌水作業の軽労化のために、育苗時の生育速度の斉一化の検討を行った。画像処理による「萎れ苗」を定義し、篤農家の判断に基づく最適灌水量の算出と制御を行うアルゴリズムの構築と装置化を行った。その結果、育苗セルトレイ内苗の色成分(RGB)の平均輝度値を用いて、健全苗と萎れ苗の相違を判別することが可能となった。また、土壌画像と含水比の関係から、土壌の色成分(R)による必要灌水量の算出式を作成した。この結果を内蔵したメロン育苗自動灌水個体管理装置を開発し、篤農家の灌水作業を自動化する方法を示した。

ハウス内外の気象条件の変動によるハウス内結露条件のシミュレーションプログラムを作成した。測定された気象条件をCFDシミュレータに入力し、ハウス内環境条件の変動と予測を比較することで、以後のシミュレーションに利用可能なプログラムを作成した。現在、予測精度の評価を行っている。

ハウス内結露予測のためのシミュレーション部の構築については、3DCGシミュレータの基礎基盤を構築するため、OpenGLとC言語を用いた3DCGシミュレータを開発した。特に、植物病害のアクティブセンシング手法を開発し、その応用を試みた。これにより、基本構成要素の仮想空間、植物オブジェクト、ロボットマニピュレータ、カメラセンサなどが多棟ハウス内のシミュレータ開発に援用できる可能性が示された。加えて、遺伝的プログラミングの改良により、多棟ハウス栽培における異なる生育ステージの知的灌水制御システム構築に不可欠なアルゴリズムの知見が得られた。

システムは、電磁弁や制御盤等のハードウェア部と灌水管理を適切に判断するソフトウェア部からなる。篤農家の灌水技術を再現するためのファジィ制御区と、土壌水分値のみを灌水判断基準とするON-OFF制御区を設置した。これらの制御区と比較するために、篤農家の手動灌水による「慣行区」を設けた。

ファジィ制御区では各種センサからの出力値によるファジィ推論を行い、その日の気象変動を考慮した灌水制御を行った。また、栽培時期を1週間～10日間ずらしたI作とII作を設置し、本システムの実効性を検証した。

ファジィ制御区の土壤水分は、定められた制御目標範囲内で精度良く推移した。しかしON-OFF制御区では、制御目標範囲の上限値を超えて灌水するオーバーシュート現象が見られた。積算灌水量は、両制御区とも慣行区より14%~63%の節水率となり、節水効果が認められた。メロン果実の糖度は、I作のファジィ制御区では慣行区と同程度の15%であった。しかし、他の制御区では実験期間が特に冷涼な気候と重なったために、例年より若干低い糖度となった。果実外観等級に関しては、I作のファジィ制御区、II作の両制御区での秀品率は約70%となり、慣行区の49%を大きく上回ったことから、本システムの実効性が確認された。

#### 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6件)

- ① Digui YANG, Kazuhiro NAKANO, Daisuke TERANO, Haijun YAN, Shintaroh OHASHI and Qingyun CHEN, Numerical Analysis on Microclimate inside Four Single-Span Greenhouses under Various Wind Speeds and Directions using CFD、農業施設、査読有、40巻、2009、133-142
  - ② Kazuhiro NAKANO, Takako AIDA, Digui YANG, Shintaroh OHASHI and Qingyun CHEN、Development of Automatic Irrigation Systems for Netted Melon Cultivation in Greenhouse Using Fuzzy Controller、農業施設、査読有、40巻、2009、57-65
  - ③ Digui YANG, Kazuhiro NAKANO, Takako AIDA, Keitaro ABE and Qingyun CHEN, Comparison of Three Irrigation Systems for Net-Melon Cultivation in a Greenhouse、Biosystem Studies、査読無、Vol.19、2007、228-234
  - ④ 佐々木 豊・田島 淳・上石隆彦・井上俊太・鈴木正肚、仮想空間におけるイネいもち病徴の検知手法の検討、農業情報学会誌、査読有、第16巻2号、2007、60-65
  - ⑤ 佐々木 豊・田島 淳、遺伝的プログラミングを応用したいもち病認識パラメータの自動生成、東京農業大学農学集報、査読有、第52巻第2号、2007、102-108
  - ⑥ 佐々木 豊・田島 淳・井上俊太・鈴木正肚、街路樹管理・診断ロボットを想定した仮想空間における樹木認識、東京農業大学農学集報、査読有、第52巻第1号、2007、33-38
- [学会発表] (計13件)
- ① ベラスケス L. ノエ・佐々木 豊・荒川直毅、DISEASE DETECTION OF GREENHOUSE ROSE BY IMAGE PROCESSING USING OPEN CV、農業環境工学関連学会、2009年9月18日、東京大学駒場
  - ② 寺野大輔・中野和弘・楊 迪桂・大橋慎太郎・佐々木 豊、生育ステージの異なるハウス内メロン栽培の土壤水分制御に関する研究、農業環境工学関連学会、2009年9月17日、東京大学駒場
  - ③ D. Yang, K. Nakano, S. Ohashi, D. Terano, Y. Sasaki, H. Yan, Effect of Insect-proof screens on natural ventilation of a group of single-span greenhouses、農業情報学会、2009年5月21日、東京大学農学部
  - ④ Noe Velazquez Lopez, Yutaka Sasaki, Naoki Arakawa and Kazuhiro Nakano, Development of an automatic control management system for a Greenhouse - Automatic plant disease recognition-、農業情報学会、2009年5月21日、東京大学農学部
  - ⑤ 中野和弘・楊 迪桂・佐藤祐也・陳 青雲、甜瓜育苗動灌漑机器人的開発研究、中国施設園芸工学会、2008年10月30日、中央民族大学(北京市)
  - ⑥ Digui Yang, Kazuhiro Nakano, Daisuke Terano and Haijun Yan, Numerical Analysis of Microclimate inside Four Single-span Greenhouses、Proceeding of the 5th Asian Conference for Information Technology in Agriculture、2008年8月24日、東京農業大学
  - ⑦ 中野和弘・寺野大輔・大橋慎太郎・楊 迪桂、最適換気制御のための必要換気面積の算出、農業施設学会年次大会講演要旨集、2008年8月21日、筑波大学
  - ⑧ Noe Velazquez Lopez, Yutaka Sasaki, Takahiko Furuhashi, Kazuhiro Hayashi, Examination of Plant Diagnosis for Green House Rose in Mexico、Proceedings, The 44th Annual Meeting of KANTO Branch, The Japanese Society of Agricultural Machinery、2008年8月10日、富山県立大学
  - ⑨ 佐藤祐也・中野和弘・巖 海軍・小幡谷夏貴、メロン栽培における定植前育苗自動灌水ロボットの開発研究、システム農学会、秋期大会講演要旨集、2007年10月26日、41-42頁、岐阜大学
  - ⑩ 佐藤祐也・中野和弘・小野塚拓平・楊 迪桂・巖 海軍・陳 青雲、自動育苗灌水個体管理装置の開発、農業環境工学関連学会2007年合同大会、2007年9月14日、

- 東京農工大学
- ⑪ 巖 海軍・中野和弘、Numerical and Experimental Study on Hydraulic Performance of Agricultural Impact Sprinkler with Straightening Vanes、農業環境工学関連学会2007年合同大会、2007年9月14日、東京農工大学
  - ⑫ 佐々木 豊・田島 淳、仮想空間におけるいもち病検知手法の検討、農業環境工学関連学会 2007 年合同大会、2007 年9月12日、東京農工大学
  - ⑬ Digui Yang, Kazuhiro Nakano, Takako Aida, Keitaro Abe and Qingyun Chen、Development of an Automatic Irrigation System Using a Fuzzy Controller、The 5th European Conference of the European Federation for Information Technology in Agriculture Food and the Environment、2007年7月3日、グラスゴー (英国)

[図書] (計0件)  
[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]  
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中野 和弘 (NAKANO KAZUHIRO)  
新潟大学・自然科学系・教授  
研究者番号：70188994

(2) 研究分担者

佐々木 豊 (SASAKI YUTAKA)  
東京農業大学・地域環境科学部・講師  
研究者番号：60313508  
大橋 慎太郎 (HASHI SHINTARO)  
新潟大学・自然科学系・助教  
研究者番号：70452076  
長谷川 英夫 (HASEGAWA HIDEO)  
新潟大学・自然科学系・准教授  
研究者番号：80292514