



# 岐阜大学機関リポジトリ

Gifu University Institutional Repository

## ナスのロボット収穫システムの開発に関する研究

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2014-04-01 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 林, 茂彦 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12099/2524">http://hdl.handle.net/20.500.12099/2524</a>

氏名（国籍）	林 茂彦（愛知県）
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	農博甲第183号
学位授与年月日	平成12年3月14日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科及び専攻	連合農学研究科 生物環境科学専攻
研究指導を受けた大学	岐阜大学
学位論文題目	ナスのロボット収穫システムの開発に関する研究
審査委員	主査 岐阜大学教授 石井 征 亜 副査 信州大学教授 有馬 博 副査 静岡大学教授 糠谷 明 副査 岐阜大学教授 前澤 重禮 副査 岐阜大学助教授 田中 逸夫

## 論文の内容の要旨

本研究では、野菜のうち、色認識の点から最も困難なナスを対象として、果実の認識、接近および採果の基本動作を遂行するロボット収穫システムの開発を行った。ナスの収穫は、大きさや形の異なる果実が点在しているなかから、収穫適期の果実のみを摘み取る選択収穫を基本としている。この収穫作業を自動化するためには、生産者の持つ高度な知的判断能力を具備する知能ロボットが求められている。

第1章では、ナス生産のうち、収穫作業が全労働時間の40%弱を占め、生産者は、果実重110g程度の果実を選択したのち、採果ハサミで果柄を切断し収穫を行っており、機械化が遅れている現状を指摘している。栽培方法でのV字型整枝法は、比較的容易に果実を通路側に向けることができるため、収穫作業の自動化に適した方法であると考えた。

第2章では、ナスの形態的特徴、物理的特性および色特性に関する調査および実験結果について述べている。果実重については、果実長と果実最大径の計測から推定でき、収穫適否を判定できると考えた。次に、果実を損傷なく収穫するためには、動作において4N以下の力で把持する必要があると、さらに、採果ハサミを用いて果柄を切断するためには、最大85Nの果柄切断力が必要であると判断した。またRGB画像における果実の濃度値は、茎葉など他の部位の濃度値に比べて低く、この色特性が画像処理アルゴリズムを考案するために有用な情報であると考えた。

第3章では、画像処理アルゴリズム、マニピュレータ制御およびナス収穫用エンドエフェクタの3つの基本要素の技術開発について述べている。

まず、果実を認識するため、2値化処理と垂直分割処理からなる2段階の画像処理アルゴリズムを考案し、RGB画像の低濃度値の領域を検出したのち、2値化処理で誤認識した茎葉

を除去した。この方法により、屋外および室内で撮影した画像に対し、80.0～98%の確率で果実の有無を約1秒で認識できた。

次に、前述で認識できた果実の2値画像をフレームの中央になるように制御するため、5軸のマニピュレータを制御するビジュアルフィードバック・ファジー制御モデルを構築した。なお予測困難な要因を含む画像情報を処理するために、ファジー推論を適用することが有効であった。また、果実への接近動作中に、画像処理データから果実の傾きを推定させた。

さらに、収穫適否の判定、果実の把持および果柄の切断の各機構から構成されるエンドエフェクタを試作した。このエンドエフェクタは果実長を指標に、収穫の適期および前後を判断し、果実を破壊しないよう把持した上、果柄の切断を100%可能とした。

第4章では、これまでに試作、構築した基本要素を機能的に組み合わせたロボット収穫システムの開発について述べている。

葉を判定機構内に巻き込まずに果実のみを採果するため、採果直前に、マニピュレータの手首のひねり軸を制御させ、エンドエフェクタの向きを果実角度に合わせ、果実を把持機構内に容易に引き込ませた。これにより、接近動作中に、マニピュレータを、垂直、水平および前進方向に制御するとともに、採果動作時に、手首のひねりおよび曲げの制御を行い、ナスの収穫の基本動作を遂行するための5つの関節を全て稼働させるための、画像処理とマニピュレータ及びエンドエフェクタの制御を統合したナス収穫制御プログラムを開発した。

第5章では、本研究で明らかになったことを総括的に述べた。

ロボット収穫システムの発展性について、移動走行技術との融合、小型軽量化などの面から考察を加えた。そして、本研究により、収穫作業の完全自動化を目指した知的判断を有するナス収穫ロボットの基盤技術がほぼ確立されたと結論している。

## 審 査 結 果 の 要 旨

本年1月28日、岐阜大学大学院連合農学研究科において審査委員全員参加の下に公開発表会を実施し、約40分間の発表と、約30分間の質疑応答が行われた。

本研究は、ナス果実の認識、果実への接近、採果の一連の収穫基本動作を遂行するロボット収穫システムを開発することを目的とした。

ナス収穫の自動化は、果実と茎葉の色情報が似かよっているため、トマト収穫の色認識を主としたものとは異なる。まず、収穫作業自動化のためのナスの整枝法、形態的特徴、物理的特性および色特性を把握した上で、色特性および2値化処理と垂直分割処理からなる形態的特徴からアプローチした画像処理アルゴリズムを考案し、それによる果実認識後、ビジュアルフィードバック・ファジー制御モデルを構築して5軸のマニピュレータを動作させて果実に接近させ、収穫用エンドエフェクターを制御して、収穫適期の果実を把持し果柄を切断する機構を開発したものである。

本研究は、ナスの認識過程と採果装置開発に特徴を有し、細部の改良点を有するものの、収穫作業の完全自動化を目指した知的判断を有する、初めてのナス収穫ロボットの基盤技術をほぼ確立したものであり、今後、他の農作物収穫ロボットにも応用できるもので高く評価される。

本論文審査委員会は、提出論文並びに基礎となる学術論文等について慎重に審議し、審査委員全員一致で、本論文が岐阜大学大学院連合農学研究科の学位論文として十分価値あるものと判定した。

#### 学位論文の基礎となる学術論文

- 1) Shigehiko Hayashi, Katsunobu Ganno, and Yukitsugu Ishii : Machine vision algorithm of eggplant recognition for robotic harvesting . Jour.Soc.High Technology Agriculture., (in press)
- 2) Shigehiko Hayashi, Katsunobu Ganno, and Yukitsugu Ishii : Visual feedback guidance of manipulator for eggplant harvesting using fuzzy logic., Jour.Soc.High Technology Agriculture., (in press)

#### 既発表学術論文

- 1) Shigehiko Hayashi, Osamu Sakaue, and Mitsuho Sugimoto : Application of robotics for vegetable production . Proc.International Symposium on Automation and Robotics in Bioproduction and Processing. J.Soc.Agric.Mech. 1995
- 2) Shigehiko Hayashi, Osamu Sakaue : Detection of cabbage head by image processing . Proc.International Symposium on Automation and Robotics in Bioproduction and Processing. J.Soc.Agric.Mech. 1995
- 3) 林 茂彦・坂上 修：画像処理によるキャベツの結球抽出. 植物工場学会誌 8 (1) 20-27. 1996
- 4) 林 茂彦・坂上 修：円認識を用いたキャベツ結球の大きさ推定—注目領域の特定とハフ変換の適用—植物工場学会誌. 8 (4) 271-279. 1996
- 5) 林 茂彦・坂上 修：ロボットによるトマト収穫システムの基本動作—切断補助機構を有する収穫2指ハンドの試作と収穫基礎実験—野菜・茶業試験場研究報告 第12号 別冊 133-142. 1997