

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 22 日現在

機関番号：12103

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24780248

研究課題名(和文)長楕円体状青果物選別装置の撮像系及び識別アルゴリズムの開発

研究課題名(英文)Development of Capturing System and Classification Algorithm of Sorting Device for Prolate Spheroid-Shaped Fruits and Vegetables

研究代表者

白石 優旗 (Shiraishi, Yuhki)

筑波技術大学・産業技術学部・講師

研究者番号：00389214

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、高齢農作業従事者の軽労化、及び国産農産物のブランド化による国際競争力の強化のため、知的認識技術を応用することにより、全面画像検査による青果物等階級選別装置を開発する。今回開発する選別装置は、安価(2～3件の農家で購入可能)、コンパクトで持ち運びが容易(各農家で使用可能)、学習機能により新規の青果物に容易に対応可能、という利点を持つ。結果、高速搬出により対象物を宙に浮かせることで、1個/秒の高速搬送識別を実現した。また、緑ピーマンを対象とした撮像実験並びに識別アルゴリズムの実装、評価の結果、搬送成功率、識別成功率ともに平均90%以上を達成した。

研究成果の概要(英文)：In this research, to lessen the burden of elderly farmers, and to strengthen the international competition power by branding the domestic agricultural products, a device for sorting fruits and vegetables into equal classes by using an image processing of whole surface of targets have been developed. The developed device can be produced compactly at a low cost, which can capture and classify prolate spheroid-shaped fruits and vegetables in short time. Furthermore, the system can adapt for a new kinds of fruits and vegetables easily by using machine learning. As a result, the fast conveyance and classification (1 sec/product) was realized by the mechanism that the system can capture the image of target in the air. The experimental results show that the conveyance ratio and classification ratio are both above 90%.

研究分野：人工知能システム

キーワード：画像処理 画像認識 選別装置 ニューラルネットワーク

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、農作業従事者の人口減少並びに高齢化が問題になっており、農作業の負荷軽減が望まれている。特に、目視による青果物の選別は長時間の労働を強いられるものであり、青果物前面の細かい傷などを認識する必要があるため、高齢者に対する負担が大きい。一方、従来型の青果物選別装置は、重量によって選別しているものがほとんどである。近年はX線画像を用いた選別装置も導入され始めているものの、腐れや傷や色むらなどの外観検査には対応できていない。また、農産物にX線を照射することの心理的負担は大きく、これはブランド化と逆行するとの意見もある。更に、従来型選別装置は集出荷場への導入を前提としており、大型でかつ高価である。今回開発する選別装置は、6つの高速・高感度カメラを用いて青果物の全面をほぼ同時に撮像することにより、安全・安心な等階級自動選別を実現する。

(2) 研究代表者らは、ピーマンやなす等の長楕円体状の青果物を対象とした選別装置の基礎実験装置を既に製作している。その際、対象物を1個に分離し、その後テグスにより対象物を擬似的に宙に浮かせることで6面同時撮像による全面検査を実現している。その際、搬送部及び撮像部はユニット方式を採用しているためそれらは容易に取り外し可能であり、撮像部のみを新規ユニットへと交換可能な機構としている。その際、撮像系においてはWebカメラ、家庭用LED光源、円偏光フィルターを用いて、それらの最適設置位置を実験により検証するとともに、検査アルゴリズムにおいても、自然物、鏡面反射、表面の凹凸、という困難な課題を克服すべく、背景差分、CIE Lab空間、二値化処理、モルフォロジー演算、ラベリング処理、エッジ検出等を適切に組み合わせ、かつ6面画像を統合処理することにより、品種(赤ピーマン、緑ピーマン、パプリカ等)、大きさ、形状、キズの有無等によるグレード分けを行っている。赤ピーマンを対象とした基礎実験の結果、分離成功率75%の搬送性能を、大きさ(大または小)及び5×5mmの黒キズの有無の認識率100%の識別性能を確認できている。ただし、形状不良(歪みなど)の平均認識率は65%に留まっており、更なる撮像環境の向上や認識アルゴリズムの改善が課題である。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、高齢農作業従事者の軽労化、及び国産農産物のブランド化による国際競争力の強化のため、全面画像検査による青果物等階級選別装置を開発する。今回開発する選別装置は、安価(2~3件の農家で購入可能)、コンパクトで持ち運びが容易(各農家で使用可能)、学習機能により新規の青果物に容易に対応可能、という利点を持つ。

本研究においては、長楕円体状青果物の中でもピーマンを対象とし、高速・高感度カメラを用いた撮像・識別ユニットの試作機を製作する。更に、新規検査アルゴリズムの開発及び実装を行い、90%以上の識別性能を目指す。

(2) 現在農作業従事者の目視判断により行われている選別作業は、熟練者のノウハウ(暗黙知)に強く依存するものであり、そのノウハウを言語化しコンピューターへ移植すること(従来型の画像検査アルゴリズムの作成)は困難を極める。したがって、本研究では、熟練者が選別した実物を直接コンピューターに教える手法の一つであるニューラルネットワークを用いることにより、この問題を回避する。本技術は、検査対象の青果画像を学習登録することで多品種の青果に容易に対応可能となる。更に、選別基準は柔軟性があるにも関わらず一定しているため、国産農産物のブランド化による国際競争力の強化に大きく寄与できると考えられる。

3. 研究の方法

(1) 本研究では、画像認識の実現に困難な特徴(鏡面反射や凹凸がある)を持ち、かつ多様な選別基準(キズ、形状、色ムラ等)を有するピーマンを主要な選別対象とする。選別対象であるピーマンは、自然物である、鏡面反射がある、表面に不規則な凹凸がある、という特徴を持ち、画像検査の実現が特に難しい対象である。これらの課題に対応するため、独自の撮像系及び識別器を構築する。具体的には、まず、選別装置の試作機において、現状の撮像部を改良し新たに撮像ユニットを製作すると共に、新規検査アルゴリズムの開発を行う。その際、本アルゴリズムの要素技術である、感性評価手法、多量画像データのデータベース格納手法、及び多量データを用いた学習アルゴリズムについての検討を同時に行う。

(2) 市場調査により、青果物選別機には高速性が要求されることが分かっている。よって、高速・高感度カメラを6台使い、対象物を停止せずに、短い経路長で対象物を分離しかつ擬似的に宙に浮かせて全面を同時撮像することにより、コンパクトで安価、かつ、鏡面反射を抑制しかつダイナミックレンジの広い画像を撮像する機構を開発する。その際、工業用カメラ、工業用LED光源、円偏光フィルターの選定、それらの設置位置及び角度、底面の撮像に最適なベルトの選定、を行う。また、識別ユニットのみを既存のラインに組み込みことも可能な構造とする。

4. 研究成果

(1) 農作業従事者へのヒヤリングにより1個/秒以上の高速搬送識別が必要であることが分かったため、従来型の検査装置の搬送機構を抜本的に見直し、これまでの対象物を擬似

的に宙に浮かせる機構から、高速搬出により対象物を実際に宙に浮かせる機構に変更し、新規の識別装置を開発した(図1, 図2)。その際、工業用カメラ6台(Baumer TXG02 GigE 2台, Baumer VLG02 GigE 4台)を用いて、選別対象の前後に2台、左右上下に4台、それぞれ仰角および俯角45度に配置することで、選別対象の全面の高速撮像(1個/秒)を実現した。光源にはLED光源8台(エコリカハイパワーLED電球ECL-HPL60SWH)を用いた。結果、安定した6面画像の同時撮像を可能とする仕組みの基盤を実現した。

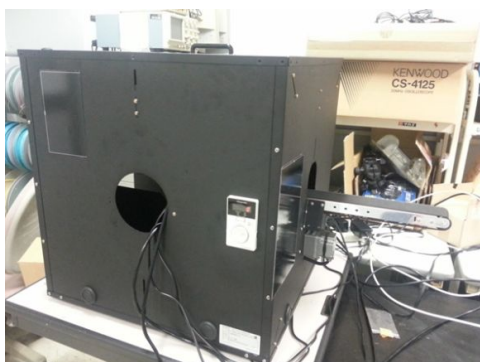


図1 開発装置



図2 撮像部

(2) 新規に開発した搬送機構に対して搬送実験を繰り返し行うことにより、搬送装置に関する各種パラメータ(搬送速度、搬送角度等)調整を行うとともに、対象物の全面を撮像装置中央部で正確に撮像するための対象物検知手法についての検討を行った。結果、アンプ内蔵形光電センサを使用し、対象物が搬送部に侵入した時点で全カメラに撮像のトリガ信号を通知することで、安定した撮像環境を実現できた。また、最適カメラパラメータ(露光時間、ゲイン)についての調査と決定も行った。ここで露光時間とは光をイメージセンサー(CCD)に照射する時間のことであり、ゲインとは信号の増幅率のことである。同時に、カメラ及び光源に円偏光フィルターを装着し、それぞれのフィルターの装着角度を適切に設定することで、鏡面反射を抑制した高速撮像(1秒/個)環境を実現した。

(3) 新規識別アルゴリズムの要素技術として、感性評価手法の検討を行った。具体的には、人が対象物から受ける印象を数値化してコンピュータで処理する手法についての検討を行った。更に、ニューラルネットワークを用いた学習の際に必要な、多量データの管理手法についての検討を行った。本システムは、コンピュータの操作に慣れていない、特に高齢の農作業従事者が操作することを想定している。したがって、本システムの実用化の際に重要となる、ヒューマンインターフェイスについての各種検討を行い、初心者を含む多様なユーザーのユーザーエクスペリエンス測定実験を実施した。以上により、図3に示す識別プログラムを開発した。

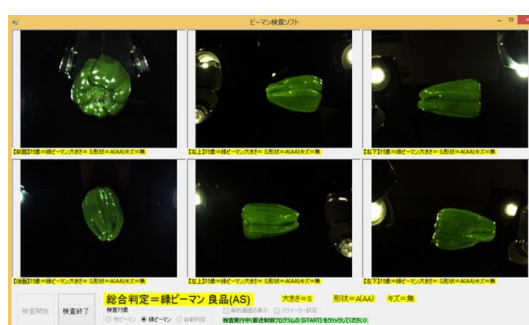


図3 識別プログラム

(4) 緑ピーマンを対象として、搬送性能および識別性能の評価を行った。実験では、大小の緑ピーマン3個に対してそれぞれ10回、形状不良および傷ありの緑ピーマン各5個に対してそれぞれ6回実施した。具体的には、各評価対象の撮像画像30パターン(1パターン6枚)を準備し、ランダムに選択された10パターンにより識別器を構成する。その後、残りのパターンを識別評価に用いる。表1に示す実験結果より、搬送成功率、識別成功率ともに平均90%以上を達成した。

表1 実験結果

	搬送成功率(成功数/評価数)	識別成功率(成功数/評価数)
大	90%(27/30)	88%(15/17)
小	100%(30/30)	100%(20/20)
形状不良	100%(30/30)	80%(16/20)
傷あり	90%(27/30)	100%(17/17)
計	95%(114/120)	91.9%(68/74)

(5) 本システムを使用することで、識別と同時に対象物の画像を格納する画像データベースを構築できるようにした。これにより、多量のデータを自動で格納でき、ニューラルネットワークの学習により識別器をアップデートできる機構を実現した。以上により、多種多量のデータを採り学習することで、更なる識別率の向上が期待できる。

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 11 件)

Wakamiya, S., Kawai, Y., Kumamoto, T., Zhang, J., and Shiraishi, Y., Comprehensive Web Pages of Multiple Sentiments for a Topic, Transactions on Engineering Technologies, pp.337-352, 2015, 査読有, DOI: 10.1007/978-94-017-9588-3

Shiraishi, Y., Kawai, Y., Zhang, J., and Akiyama, T., Web Page Centered Communication System Based on a Physical Property, Proc. the 19th International Conference on Database Systems for Advanced Applications, pp.513-522, vol.8422, 2014, 査読有, DOI: 10.1007/978-3-319-05813-9_35

Shiraishi, Y., Kawai, Y., Zhang, J., and Akiyama, T., Simultaneous Realization of Page-centric Communication and Search, Proc. the 21th ACM International Conference on Information and Knowledge Management (demo paper), pp.2719-2721, 2012, 査読有, DOI: 10.1145/2396761.2398738

[学会発表](計 14 件)

村城裕明、白石優旗、高速画像撮像による長楕円体状青果物識別支援システムの開発、WIT2014 第78回福祉情報工学研究会、2015.3.13、筑波技術大学春日キャンパス(茨城県つくば市)

6. 研究組織

(1)研究代表者

白石 優旗 (SHIRAISHI, Yuhki)
筑波技術大学・産業技術学部・講師
研究者番号: 00389214