

氏 名	ソムチャイ リムシロラタナ Somchai LIMSIRORATANA
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学 位 記 番 号	農 博 第 1459 号
学位授与の日付	平成 17 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	農 学 研 究 科 地 域 環 境 科 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	Detection of Fruits in Natural Background (自然背景中の果実検出)
論文調査委員	(主 査) 教 授 池 田 善 郎 教 授 笈 田 昭 教 授 梅 田 幹 雄

論 文 内 容 の 要 旨

果実が葉や茎などの背景と同じ緑色の場合、自然背景より果実を検出するのは困難である。本研究では、果樹園で撮影したパパヤ果実 (*Carica papaya* L.) の画像を用いて、その形状情報による検出について検討を行った。形状情報として果実の輪郭を用いた。しかし、輪郭抽出をそのまま行くと、入力画像中のあらゆるエッジを検出してしまうため、果実と無関係なエッジを除くフィルタリングが必要となる。ここでは、エッジと色の情報、及び最大値・最小値フィルタを用いることによって、パパヤ果実の輪郭抽出が可能となった。

そして、原色比 (R/G, R/B, G/B) の閾値処理と最大値・最小値フィルタを利用して、自然背景中のパパヤ果実の輪郭を抽出する方法の提案を行った。しかし、重なりやノイズのような自然環境因子によって、抽出輪郭は完全な閉曲線とはならなかった。この不完全な輪郭画像から果実の大きさと位置を得るために、まず果実の代表形状を決定し、それを空間周波数領域で人為的に変形させ、探索対象の点列と変形形状とが一致する複数の形状について、重心間の距離によるグループ分けを行った。こうして得られた同一グループの平均形状から、果実の大きさと位置を決定することが可能となった。

本論文の主な内容は以下に示すとおりである。

第 1 章 緒言

果実・野菜収穫ロボット用のビジョンシステムの開発に関する研究がこれまで数多く行われてきた。樹上にあるパパヤ果実は、茎や葉と同じ緑色であるために、果実部分の検出が非常に困難である。本研究では、果実を含む画像中の色情報とフィルタの組み合わせにより輪郭抽出を行い、抽出された多くの輪郭線の中から楕円フーリエ記述子を用いてパパヤ果実の検出を行うこととした。

第 2 章 材料

果実形状の特定のために白色背景においた果実画像と、自然背景中の果実検出のために果樹園で撮影した画像の 2 種類の画像を用意した。検出用アルゴリズムを、FFT in the West (FFTW) と Intel OpenCV ライブラリを用いて、C++ 言語で専用プログラムの開発を行った。

第 3 章 果実輪郭検出のための画像解析

自然背景中の果実の輪郭抽出のために、通常用いられる抽出方法だけでは、果実以外の物体の輪郭も抽出してしまう。パパヤ果実と葉部は同じ緑色で判別が困難である。そこで、輪郭抽出とあわせて、原色比 (R/G, R/B, G/B) の閾値処理と最大値・最小値フィルタを利用した果実検出を試みた。その結果、パパヤ果実の輪郭抽出は可能であったが、若干のノイズと輪郭線の切断がみられた。

第 4 章 数学的形状記述と果実探索

128 個の白色背景中のパパヤ果実画像から、楕円フーリエ記述子による形状データの抽出を行った上で、重心、回転、位相シフト、記述開始点、スケールについて正規化を行い、パパヤの平均形状を決定した。それを空間周波数領域で人為的に

変形させ、探索対象の点列と変形形状とが一致するものを探索することで、パパヤ果実の検出を行った。しかし実際には、ノイズや果実と他の物体の重なりのために、複数の候補点列が生ずる。そこで、複数の候補形状について、重心間の距離によって同一グループに属する候補を決定し、その平均形状で果実の大きさと位置を決定した。

第5章 結言

自然背景中にあるパパヤ果実の輪郭は、原色比の閾値処理と最大値・最小値フィルタを組み合わせることで抽出が可能になった。しかし、若干のノイズと輪郭線の切断がみられた。そこで、パパヤの代表形状を決め、それを変形させながら抽出した輪郭線との照合を行った。複数の候補形状が得られるが、重心間の距離によるグループ分けを行い、同一グループの平均形状で果実の大きさと位置を決定することが可能となった。

論文審査の結果の要旨

本研究は、果樹園内の画像から、樹上のパパヤ (*Carica papaya* L.) 果実を検出することを目的とするものである。果実が、葉や茎などと同じ緑色であるために、色の違いを利用した検出は困難である。ここでは、原色比の閾値処理と最大値・最小値フィルタを利用した輪郭抽出を行い、検出に成功した。しかし、ノイズ及び他の果実や葉の重なりによって、輪郭線が切断される場合、果実の特定が困難になる。そこで、あらかじめ楕円フーリエ記述子によるパパヤ果実の代表形状を決定しておき、これを変形させながら抽出した輪郭点列とマッチングさせることで、果実位置の特定を可能とした。

本論文で評価できる点は次のとおりである。

1. 画像中の対象物の輪郭抽出に関する研究では、特殊なセンサ、人工光源、光学フィルタなどを用いた特殊な条件で撮影された画像が用いられることが多い。しかし本研究では、原色比の閾値処理と最大値・最小値フィルタを利用することにより、照明など特殊な条件設定をすることなく、果樹園内で汎用カメラにより撮影された画像について、パパヤ果実の輪郭を抽出することが可能なアルゴリズムを開発した。
2. 前項のアルゴリズムは、対象物と同系色の他の物体・背景が画像中に存在しても、対象物の輪郭抽出に有効である。
3. 最大値フィルタは、画像処理でよく用いられる膨張処理である。しかし、本研究ではこれをローパスフィルタとして使用し、さらに、異なるサイズの最大値フィルタと最小値フィルタを用いた処理により、輪郭抽出をより効果的に行うことを可能とした。
4. 抽出した候補輪郭線からの果実の探索のために、通常のフーリエ記述子ではなく、楕円フーリエ記述子を適用した。これは対象の形状を選ばず、適用範囲の広い方法である。
5. 本研究で開発された輪郭抽出・対象探索手法は、代表形状を変えるだけで、パパヤ以外の果実にも適用可能で、汎用性の高い技術である。

以上のように本論文は、果実収穫ロボットの視覚システムに必要な対象物画像抽出アルゴリズムを開発したものであり、農業システム工学、フィールドロボティクス、農産加工学の発展、特に収穫ロボットの開発に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成17年1月17日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。