

平成 29 年 5 月 24 日現在

機関番号：24506

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26330201

研究課題名(和文) 部分隠蔽された積層物体の分離・識別に関する研究

研究課題名(英文) A study of object extraction and recognition for partially hidden objects

研究代表者

森本 雅和 (Morimoto, Masakazu)

兵庫県立大学・工学研究科・准教授

研究者番号：10305683

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：物体が密集した状態での識別率を改善するために、RGB-Dセンサを導入し、三次元形状データを利用した。他の物体の上に乗る姿勢が変化した物体については、平面近似に基づく法線ベクトルを取得し三次元データの視点変換をおこなうことで、入力画像の正規化を行い識別率を改善した。他の物体に部分的に隠蔽された物体については、凸包補間に基づく形状特徴量を新たに算出することで、識別率を改善した。さらにカメラを2台配置する際の最適な位置関係についても明らかにした。

研究成果の概要(英文)：To improve recognition accuracy of clouded objects, we employ RGB-D sensor to achieve 3D shape data. For an object which changes its posture by getting on other objects, we apply view point transform to normalize its appearance to improve recognition accuracy. For an object which partially concealed by other objects, we extract shape features for its convex envelope to improve recognition accuracy. We also discuss optimum positioning of camera set to achieve best recognition accuracy.

研究分野：パターン認識

キーワード：物体認識 RGB-Dセンサ 視点変換 凸包補間形状特徴 三次元データ合成

1. 研究開始当初の背景

研究代表者の森本は、経済産業省の戦略的基盤技術高度化支援事業（サポイン）の助成を受け、共同研究の株式会社ブレインとともにパンの自動識別システムを開発し、その成果は既に「BakeryScan」として製品化され、複数の店舗に導入されている。しかし、既存のシステムでは、トレイ上に多数のパンが積み重なった場合、それぞれを分離識別できないという問題があった。そこで、距離画像センサを導入することで、多数の物体が積み重なった状態でも、できるだけ多くの物体を識別できるようなシステムを開発することが求められていた。

2. 研究の目的

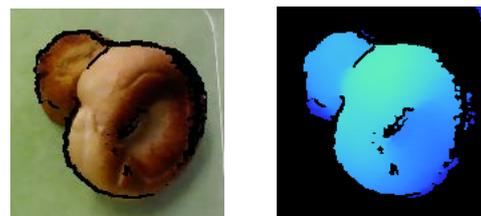
本研究では、パンなどのバーコードやRFIDタグを取り付けることが難しい商品について、多数の商品を一度に識別することを目的としている。この問題を解決するために、研究開始時点で既にRGB-Dセンサを導入することで積み重なった物体の分離を正確に行う手法を提案し、特許として出願していた。

本研究では、RGB-Dセンサで取得した三次元情報から、(1)他の物体の上に乗った物体の姿勢を推定し、仮想的に視点を正規化し登録データと撮影条件合わせることで、識別率を改善すること、(2)他の物体の下になり、一部が隠蔽された物体について、可視領域の情報を元に正しく物体の種別を判別すること、のそれぞれについて検討した。さらに、(3)隠蔽された物体の識別精度を上げるために、複数の視点から同時に撮影する場合、どのような視点を組み合わせれば、最も識別率を改善できるか、ロボットアームに取り付けたカメラを制御することで検討を行う。

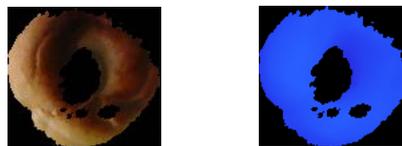
3. 研究の方法

(1)物体の姿勢推定と仮想正規化画像からの識別では、まず、対象物体の3次元点群を平面近似し、その法線ベクトルを求める。法線ベクトル上に仮想視点を設け、仮想視点からの画像を座標変換により取得する。図1(a)に取得したカラー画像と距離画像を、図1(b)に推定した物体平面の法線ベクトル上に視点変換した変換画像をそれぞれ示す。視点変換を行うことで、物体を単独で撮影した場合とほぼ同等の画像を取得することができる。

(2)一部が他の物体により隠蔽された物体を識別する際には、抽出した物体形状が本来の形状とは異なるものとして抽出されるため、そのまま形状特徴量を抽出してしまうと、識別精度を大きく低下させる要因となる。パンのように、円形の物体によって一部が遮蔽された場合、その部分は凹形状となるため、抽出した輪郭について凸包絡を取得し、この凸包形状から特徴量を取得する。凸法による輪郭補完の様子を図2に示す。



(a) 他の物体の上になり、姿勢が変化



(b) 視点正規化画像

図1 物体の姿勢推定と視点の正規化



(a) 積み重なったパン



(b) 下になったパン画像マスク



(c) 凸包による形状補完結果

図2 部分隠蔽物体の凸包輪郭補完

(3)他の物体により部分的に隠蔽された物体の識別を行う場合、1視点のみからの取得データでは、大部分が隠蔽され識別が不可能な場合が存在する(図3)。そこで、2台目のカメラを用いて別角度から撮影し死角を減らすことで、部分隠蔽された物体の識別率を改善することを検討する。2台のカメラを配置する場合、撮影角度が離れすぎると取得データの統合が困難になり、近すぎると新たに取得できるデータが少なくなるため、最適な角度について検討する。



(a) 視点1 (b) 視点2

図3 異なる視点からの撮影

4. 研究成果

(1)図4に示す食品サンプルを用いて、物体の姿勢変化に対する実験を行った結果を図5に示す。提案手法により姿勢推定を行い、距離特徴を利用することで、ほとんどの場合において識別率は改善している。今回の実験では、「クロワッサン」についてのみ、姿勢正規化により識別率が低下しているが、これは、輪郭付近の距離情報が正しく取得できていなかったため、視点変換によりその誤差が増幅されたためであると考えられる。



図4 実験に使用した食品サンプル

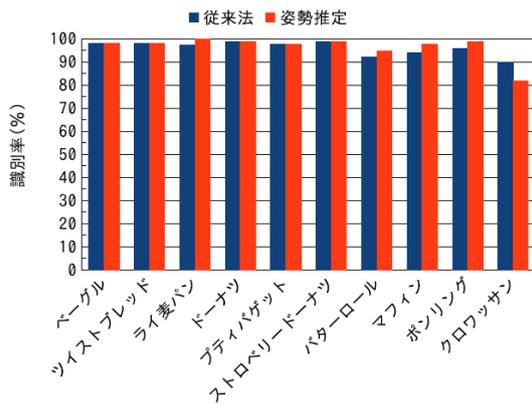


図5 姿勢推定と距離情報を用いた識別結果

(2)他の物体の下になり、部分的に隠蔽されたものの識別率について、同じく食品サンプルを用いて実験した。その結果を図6に示す。識別率は隠蔽の程度に強く影響を受けるため、今回の実験では、積み重ね方を様々に変化させ、カメラから下側の物体が見えている領域の割合を可視率と定義し、可視率と識別率の関係を表示している。

従来手法である、可視領域をそのまま入力として与える場合、可視率が70%を下回ると識別率が低下しはじめ、可視率が50%未満では、正しく物体の種別を識別することができない。一方、提案手法では、可視率が70%を下回ると識別率の低下が始まる点は同じだが、その低下はゆるやかであり、可視率40~50%程度の場合でも、識別率は60%を超えている。このように、一部が隠蔽された物体の輪郭形状を凸包により補完することで、隠蔽による識別率に対する影響を抑えることができる。

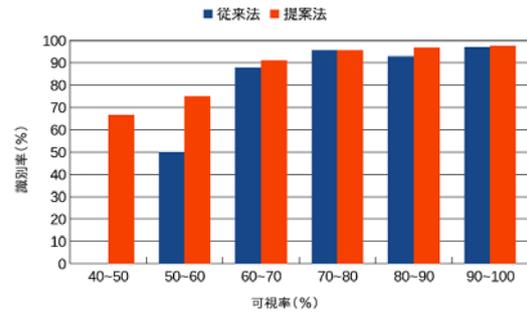


図6 物体の可視率と識別率の関係

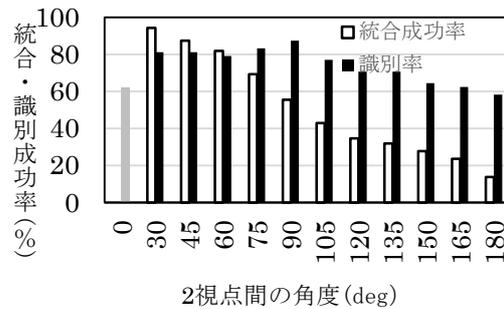


図7 視点データの統合・識別成功率

(3) 2視点間の角度が大きすぎると、2つの三次元データの共通情報が減少するため、統合に失敗する可能性が大きくなる。そこで、統合及び識別に最適な角度差を検証するために、次のような実験を行った。物体までの距離と距離画像センサの俯角を一定に保ちながら、円を描くようにロボットアームを動作させ、15°間隔で24ヶ所からの撮影を行い、視点間の角度差を変化させながら2視点のデータを抽出し、データの統合成功率を求めた。また、統合したデータを元に、部分的に隠蔽された物体の識別率を求めた。その結果を図7に示す。

図より、2視点間の角度が小さいほど2視点のデータを正しく統合できるが、その場合新規に取得できるデータが少ないため、識別率の改善は大きくない。2視点間の角度を増加させると、統合成功率は徐々に低下するが、識別率は徐々に増加し、視点間隔度を90度とした際に、最大の識別率を得た。その後は識別率が大きく低下し、2台目のカメラを導入したにも関わらず、1台のカメラで識別した場合と同等の結果しか得られなかった。

今回の実験では、2台のカメラは完全には固定されていないことを前提に実験を行った。これは、現在使用している三次元センサの特性が安定しておらず、事前に行ったキャリブレーション結果を用いても、2視点からの撮影データを正しく統合できなかったためである。今後センサの安定性が十分に担保できれば、統合成功率を考える必要がなくなるため、撮影角度は広くすればするほど良い結果を得られる。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕（計 4 件）

①行藤充陽, 森本雅和, 「RGB-D センサを用いた重畳物体の分離・識別に関する研究」, 平成 28 年電気関係学会関西連合大会 G13-2, 2016 年 11 月 22 日, 大阪府立大学 (大阪府堺市)

②Takaaki Oka, Masakazu Morimoto "A Recognition Method for Partially Overlapped Objects" World Automation Congress (WAC) 2016. Japan Satellite Session. 2016/8/6, Himeji(Japan).査読有り
DOI: 10.1109/WAC.2016.7583005

③Takaaki Oka, Masakazu Morimoto "An Extraction and Recognition Method for Partially Hidden Objects" 4th International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV-15) . 2015/6/16, Kitakyusyu(Japan). 査読有り
DOI: 10.1109/ICIEV.2015.7334055

④阜 貴晶, 森本雅和, 「部分遮蔽されたパンの分離・識別に関する検討」, 動画像処理実利用化ワークショップ(DIA)2015, IS1-A7, 2015 年 3 月 5 日, 広島工業大学 (広島県広島市)

6. 研究組織

(1)研究代表者

森本 雅和 (MORIMOTO Masakazu)
兵庫県立大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号：10305683

(2)研究協力者

多鹿 一良 (TAJIKAZ Kazuyoshi)
株式会社ブレイン