

H-019

距離センサを用いた物体の分離・識別に関する検討

A Study of Object Separation and Recognition by Using Depth Sensor

前田 大輔[†]
Daisuke Maeda森本 雅和[†]
Masakazu Morimoto藤井 健作[†]
Kensaku Fujii

1. はじめに

スーパーマーケット等で販売されているパンや惣菜、野菜などには、バーコードなどの商品管理タグが取り付けにくい商品がある。そのため、レジではこれらの商品の識別を店員の目視で行う必要がある。これは、レジで商品を通す際の効率低下をつなぎ、また、店員に全ての商品の名称や価格を覚えるという負担を与えている。このことから、物体の自動識別システムの開発が求められている。

これまでの研究では、カラー画像を入力情報とし、主に色情報を用いた物体の分離・識別を行ってきた[1]。色情報を用いた場合でも高い識別率で物体を識別することが可能であるが、密着した複数の対象商品の分離や、照明環境の変化により対象の色が変化すると識別率が下がるという問題がある。

そこで、物体の分離・識別に有効な情報として、距離情報に注目する。距離情報は環境の変化に強く、また、近年では距離センサをもつカメラも比較的安価に市販されており、装置の入手も容易となっている。2010年11月にMicrosoftから発売されたKinectではRGB画像(図1)と距離画像(図2)を得ることができ、これらの情報の両方を組み合わせることで、より正確な物体の分離と照明変化等に強い識別が可能となる。本研究では、距離情報を用いて物体の輪郭抽出・物体同士の分離を高精度に行うことで、物体の分離・識別精度の改善を目指す。

2. 距離センサを利用した物体分離の前処理

撮影画像から物体を抽出するために、背景と分離する必要がある。従来では、対象画像から目的の物体を抽出する方法として、色情報を利用する方法が用いられている。しかし、色を基準とした物体の抽出では、照明等の撮影条件によって分離結果が左右されることが多く、背景と対象物の色が似ている場合に目的の物体のみを綺麗に抽出できないことがある。そこで、背景である机上平面が平らな平面であると仮定し、距離情報を用いた背景との分離を行う。

カメラ及び距離センサは物体の上面を撮影するために、物体の上数十 cm の場所に取り付けた。この時カメラが得る情報は、物体の真上よりやや斜めの情報となる。しかし、この傾きを変換ごとに考慮するのは大変なので、机上平面からの距離に変換して用いることにした。図2を机上平面からの距離画像に変換した結果を図3に示した。図3は対象物が見やすいようにやや拡大しており、背景の机上平面は後の処理で邪魔にならないように黒くしている。また、図3の白線AB部分の断面図を図4に示した。

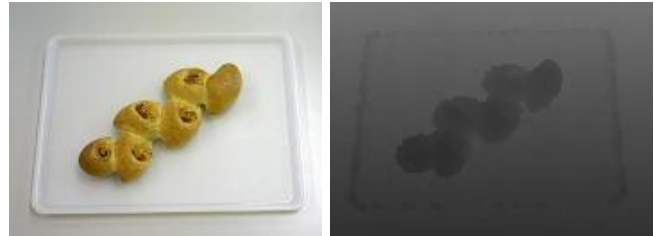
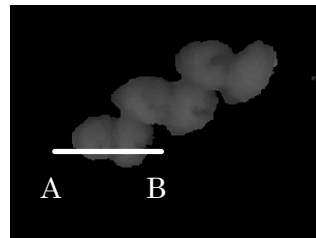
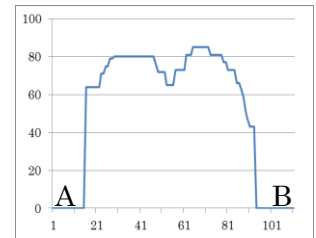


図1 RGB 画像

図2 距離画像

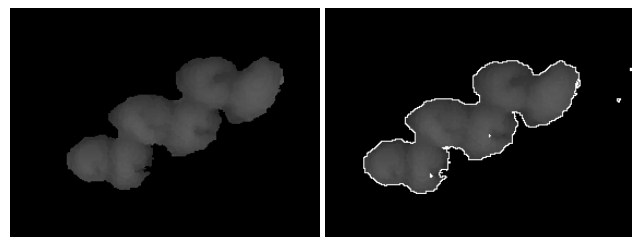
図3 距離画像
(机上平面基準)図4 図3 白線部の断面図
(縦：高さ、横：座標)

3. 物体の輪郭抽出

図4より、物体の境界では隣接画素同士で大きく高さが異なることがわかる。そこで、隣接点間の高さが大きく異なる場合を物体の境界とみなして輪郭抽出を行う。

3.1 高さの違いに注目した輪郭抽出

机上平面推定画像(図5, 図7)から、距離センサを用いて物体の輪郭抽出を行った結果を図6, 図8に示した。抽出結果画像は、変換前画像に抽出された輪郭線を白線で重ねあわせた状態になっている。図6では背景と物体部分が輪郭を示す白い線で囲まれており、所望の輪郭線を得ることに成功している。一方図8を見ると、接触している物体全体を囲む輪郭線は抽出できているが、接触部分では境界線が出力されず、本来2つの物体として検出できなかった物体を1つとして認識している。これは、接触している物体同士の高さが似ているため、高さの著しい違いに注目した本手法では輪郭検出に失敗したからである。

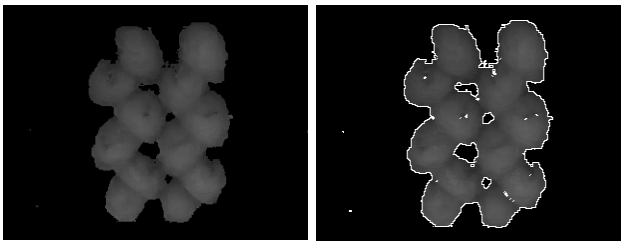


(a)原画像

(b)出力結果

図5 輪郭抽出結果 (対象画像：ベーコン・エビ)

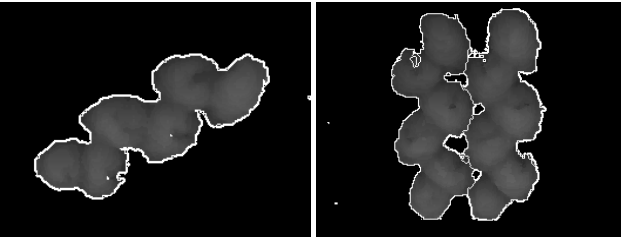
[†]兵庫県立大学大学院工学研究科,
Graduate School of Engineering, University of Hyogo.



(a)原画像

(b)出力結果

図6 輪郭抽出結果 (対象画像: パン・エビ横並び)

図7 Watershed 実行結果
(原画像: 図 5(b))図8 Watershed 実行結果
(原画像: 図 6(b))

3.2 Watershed 法を用いた輪郭抽出

3.1 節で得られた輪郭で分離される物体について、更に分離することができるかを調査する必要がある。今回は、Watershed 法によって調査する。Watershed 法は、画像内で山となっている部分にマーカーを置き、そこから大きなエッジが検出される部分に向かって領域を拡大していくことで領域を分割する手法である[2]。

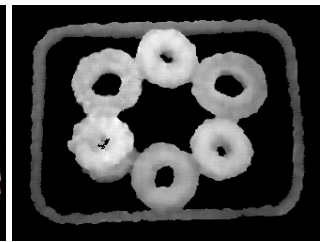
まず、Watershed 法を行うために必要なマーカー画像を作成する。今回は、距離画像に収縮、膨張処理を行うことで、自動でマーカー画像を生成するようにした。このマーカー画像を基準に Watershed 法を実行し、境界を検出する。実行結果は、3.1 節の場合と同様、変換前画像に抽出された輪郭線を白線で重ねあわせた。図 5(b)、図 6(b)の画像に Watershed 法を行った結果を図 7、図 8 に示した。図 7 では物体を過分割することなく、また、図 8 では横並びの物体の接触している部分に白線がひかれており、物体の分割に成功していることが確認できる。

4. 距離特徴を活用した物体の識別

距離情報を得られることにより、物体の面積、体積、同時正規行列（物体の凹凸を示す）を得ることができる。これらの特徴量と、色情報から得られる特徴量をあわせて利用することで、より精度の高い物体識別をおこなう。

撮影には分離実験と同じ撮影手法を用いる。特徴量を学習画像で学習し、学習結果を元に識別を行い、第 3 候補までを表示した。

特徴量には、従来法で用いられている色特徴 24 次元、形状特徴 7 次元、テクスチャ特徴 10 次元、Hu 不変モーメント 14 次元の計 55 次元を基本特徴量とする。これらに加え、高さ 1 次元、体積 1 次元、同時正規行列 10 次元を追加した識別を行う。追加の方法は、1 種類ずつ追加する場合、2 種類ずつ追加する場合、全てを追加する場合の合計 7 通りとし、それぞれについて識別実験を行う。

図9 識別画像
(ドーナツ, カラー)図10 識別画像
(ドーナツ, 深さ)

対象物体をドーナツ 30 種類とする。各種ドーナツを 4 個ずつ用意し、それぞれを照明 3 条件（明、中、暗）、トレイ 3 種類（白、茶、橙）の 9 パターンで撮影した。うち 3 個分（27 枚）は学習画像とし、残り 1 個分（9 枚）を識別に使用した。

まず、識別結果で第 1 位となっている候補の識別率に注目すると、特徴量を追加したいずれの場合でも基本特徴量だけの場合の識別率を上回った。最も高い識別率が得られたのは体積と同時に正規行列を追加した場合で 98.5% であった。また、追加特徴量に同時正規行列を含む場合では識別率 98% 以上となっており、同時正規行列が特に有効であったと考えられる。一方で、基本特徴量の場合と、追加特徴量が体積の場合では第 2 位の候補でも識別率 100% を達成できなかった。その他の場合においては第 2 位までで 100% の識別率を得ることができた。また、第 3 位まで許容すれば、全ての場合において識別率 100% を得ることができた。

5. まとめ

本研究では、物体の分離に距離情報を用いることで、物体の輪郭抽出を行った。各物体同士が離れている場合には輪郭が正しく検出できたが、接触していたり重なっていたりする場合には正しく検出できない場合があり、今後改善していく必要がある。また、抽出した輪郭で物体を分離し、各々の結果で色情報と距離情報を用いた物体識別実験も行った。距離特徴量を用いることで、高い精度での物体識別を行えることが確認できた。一方で、現在使用している色特徴、距離特徴がともに似ている物体も存在しており、これらを識別するための新たな特徴量の検討が必要である。

参考文献

- [1] 三好, 森本, 藤井, “マイナー成分分析を用いたパンの画像識別,” 信学論, Vol.J94-A, No.7, pp.548-511, 2011.
- [2] L. Vincent and P. Soille, “Watersheds in digital spaces: An efficient algorithm based on immersion simulations,” IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intel., vol.13, no.6, pp.583-598, June 1991.