

II-488 画像処理によるごみ内容物の認識に関する基礎的研究

—— びんとカンの識別 ——

北海道大学工学部 学員 熊野 顕生 正員 松藤 敏彦
正員 神山 桂一 高島 基夫

1. はじめに

画像処理によるシステムが様々な分野で実用化されているが、ごみ処理の分野でも応用しうる対象は多いと思われる。その可能性を探るため、今年度は研究の手始めとして、形状もほぼ一定で収集後も形状を保っている空きびん・空きカンを対象とした。処理を容易にするため、背景一様の下で、一個ずつ撮影し、照明等の条件も一定とした。

2. 処理手順

(1) 画像の取り込み：画面を256×256の最小単位（画素）に、濃度を黒から白までの64階調に分割し、ビデオからの入力画像をデジタル画像として取り込む。

(2) フィルタリング：平滑化（雑音の影響を緩和）、エッジ（対象物と背景の境界線）の検出等の為、画像に対し、別に用意した加重マトリクス（フィルタ）との積和演算を行い、それを出力とする。

$$G_{OUT}(I,J) = \sum_K \sum_L M(K,L) G_{IN}(I+K, J+L)$$

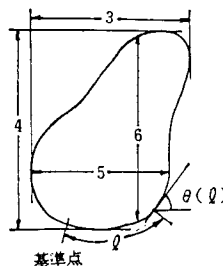
ここで G_{IN} は入力画像、 G_{OUT} は出力画像である。また、 M は3×3の加重マトリクスで K, L は-1から+1までの値を取り、 I, J は画素の座標である。いくつかのフィルタについて検討した結果、今回は平滑化のためにメディアンフィルタ、エッジ検出にはPrewitt、ラプラシアン、の2つを用いた。

(3) 2値化：データ圧縮、処理速度の向上を目的として、画像情報から濃度情報を除き、対象の有無を1または0で表すことを2値化と言う。その為の基準の値（閾値）は濃度ヒストグラムを基に算出する（閾値決定）。閾値決定には、判別分析に基づくOtsu法を使用した。次に閾値を基準として、濃度値の大小で画像を目的物と背景の2つの群に分割する。この操作により、エッジが1画素として得られる。

(4) 画質改善：2値化の後、残っている雑音の除去の為に、膨張・収縮（画像を1画素分太らせたり、やせさせる操作）と呼ばれる操作を行う。今回は、膨張→収縮により小さい穴、隙間を埋め、収縮→膨張により孤立点、細線を消去した。この後、エッジの内側を1画素で塗りつぶす操作を行った。

(5) 特徴量計測：得られた2値画像から、その形状特徴を表す量を計測した。図1に今回考慮したものを示す。1～6の単位は画素である。

(6) 判別：びんとカンを判別するため判別関数法を適用した。判別に用いる特徴量としては、図1の1～9の場合と、偏角関数をフーリエ級数展開して得られる係数（フーリエ記述子）の場合について検討した。それぞれ、全特徴量に対して統計検定を行い、判別に効果のある特徴量を求め、それを用いた判別関数を算出して判別効率を調べた。



- 1.面積
- 2.周囲長
- 3.フェレ径(x)
- 4.フェレ径(y)
- 5.最大弦長(x)
- 6.最大弦長(y)
- 7.円形度 = (面積) / (周囲長)² × 4π
：対象が円に近いほど1に近づく
- 8.占有率 = (面積) / (外接長方形の面積)
：対象が長方形に近いほど1に近づく
- 9.縦横比 = (最大弦長X) / (最大弦長Y)
- 10.偏角関数：エッジ上で、ある基準点からの距離 Q における、接線の傾き $\theta(Q)$

図1 図形の形状特徴

図2は、原画像が各処理を施されて変化していく様子を示している。

3. 計測と判別の結果

対象物は、札幌市篠路清掃工場の破碎ステージ上で、分別収集車1台分のごみの中から、びんとカンを中心にペットボトルを含め、無作為に273個抽出したものをを用いた。背景を一様にするために建築紙（黒）の

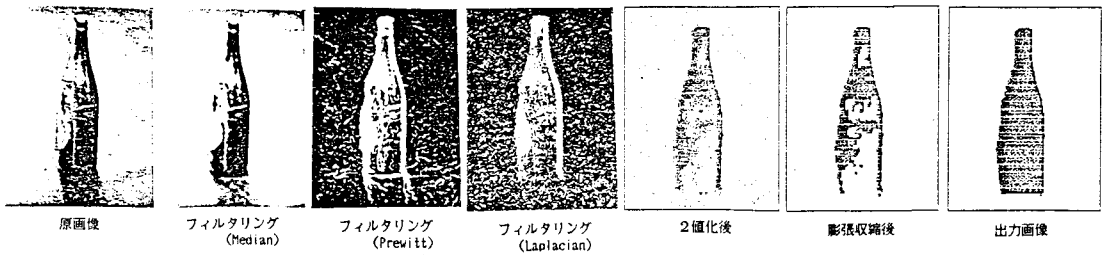


図2 画像処理の過程（左から右）

上に1つずつのせ、ビデオで撮影した。その画像に対し、市販のイメージメモリボード(EIP-98)+PC-9801のシステムで演算を行い、偏角関数を除く9種の特徴量を各画像毎に算出し、得られたデータから判別関数を求めた。特徴量を1つずつ増していったところ、3つ以上としても判別効率は2つのときに比べてあまり変わらなかった。図3に、選択された2つの特徴量と判別関数 Z を示す。 $Z=0$ が判別の境界線を表し、 Z の符号によりそのデータがどちらの群に属するか判定する（ $Z \geq 0$ でびん、 $Z < 0$ でカン）。正解数はびん91個中74個、カン85個中76個であった。ただし特徴量を算出した時点で、雑音等の影響のため画像が原形をとどめていないものについては、判別関数の算出に使用するデータから除いた。この関数を、新たにテスト用としてとった画像に対して適用したところ、正解数はびん14個中12個、カン10個中10個であった。ペットボトルに対しても適用してみたが、びんと判断されたものは12個中4個であった。

次にテスト用の画像のうち、びんとカンの画像から得られたフーリエ記述子を用い、判別関数を求めた。前と同様の検定の結果、余弦項の4次、5次の係数 a_4 、 a_5 が選択され、びん17個、カン10個の判定はすべて正解であり（図4）、先の占有率と縦横比を用いた判別関数に比べ、良好な結果が得られた。またペットボトルは9個ともびんと判断された。

4. 結論

ガラス製のものをびん、金属製のものをカンと分類した為、判別を誤ったものの中には、形状的には区別できないものが多い。特にびん（ガラス製の容器）には、カンと同様円筒形のものがある。しかし、それらのびん中に占める割合はごく小さく、結論として、形状に大きな影響を与える雑音さえ除去できれば（前述の除外したデータはこれができなかったものである）、びんとカンの判別は容易であると考えられる。

（参考文献） 田村秀行：コンピュータ画像処理入門、（昭60）、総研出版

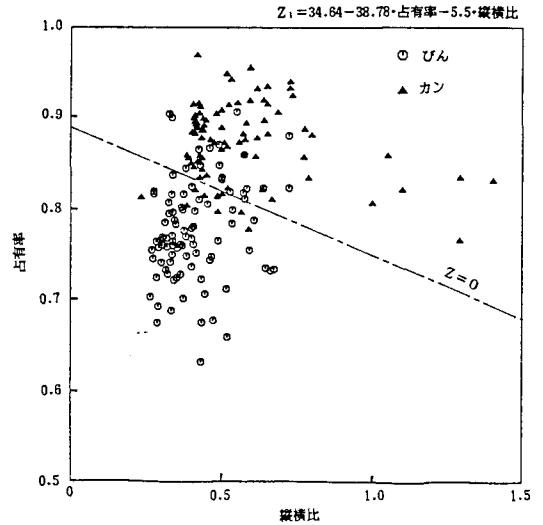


図3 占有率と縦横比による判別関数

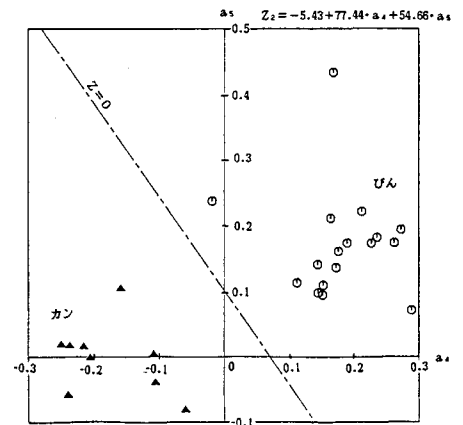


図4 フーリエ記述子による判別関数