

フーリエ記述子と色情報を用いた野菜識別手法

山崎 太一^{†1} 石井 大祐^{†1} 渡辺 裕^{†1}

概要: 本稿では、家庭の食卓で使われる身近な野菜を対象とし、形状と色情報から野菜を識別する手法を提案する。提案手法では、まず色情報から大まかなクラスに分類し、次にフーリエ記述子により定量化された形状情報を用いて野菜の識別を行う。識別性能は、leave-one-out cross validation 法による平均識別率で評価し、その結果から提案手法の有効性を確認した。

Vegetable Identification Using Fourier Descriptor and Color Information

TAICHI YAMAZAKI^{†1} DAISUKE ISHII^{†1} HIROSHI WATANABE^{†1}

Abstract: In this paper, we propose a method to identify vegetables by using shape and color information of captured images. First, the proposed method classifies input images by color information. Then, shape information, characterized by the P-type Fourier descriptors, is used to identify vegetables. In the evaluation experiments, average identification rate is obtained by the LOOCV method. Results show sufficient validity of the proposed method for identification of vegetables.

1. はじめに

近年、スマートフォンの普及はLTEなどの高速通信規格によって加速している。スマートフォンの性能は年々向上しており、より複雑な処理を行えるようになってきている。特色として多彩なアプリケーションが実行可能であり、サードパーティによる新たなアプリケーション開発が活発化している。スマートフォンを使った新たなライフスタイルの提案の一つに、食料品の自動認識がある。例えば、スーパーマーケット等である料理のレシピに必要な食品を購入する際に、できるだけ家庭の冷蔵庫に保管してある食材を使い、無駄を省きたいという要望がある。

そこで本研究では、身近にあるスマートフォンで購入した食材を冷蔵庫に入れる前に認識・識別させることで、冷蔵庫内の食材を管理するシステムを目指す。本研究では、食材として購買頻度の点からまず野菜を認識・識別対象とする。本システムでは冷蔵庫の近くにスマートフォンを固定し、ユーザが野菜を写すことで認識・識別を行う。した

がって、野菜画像に対して回転、拡大縮小、平行移動に対してロバストな認識手法が求められる。

本稿ではこのシステムの核である野菜の識別手法について述べる。また評価実験はPC上で行い、野菜画像はあらかじめ前景と背景を分離したものを使用した。図1は実際に使用した野菜画像のリストである。以下2章では関連研究について述べる。3章では野菜を識別するための提案手法について述べる。4章では提案手法の評価実験の結果を示す。5章ではまとめと今後について述べる。

2. 関連研究

ここでは画像処理による物体認識・識別に関する関連研究を紹介する。モバイルデバイス上での物体認識アプリケーションでは、GoogleのGoogle Goggles[1]がある。このアプリケーションは、カメラで撮影した文字、バーコード、ロゴ、絵画、書籍、ランドマークを認識し、それに関連するWeb上の情報を表示する。Googleが持つ巨大なデータベースを用いているため、非常に高い精度で物体を認識できる。ただし、それらは特定物体の認識や疑似画像検索によるところが大きく、野菜などの個体差のある物体

^{†1} 早稲田大学大学院国際情報通信研究科
Graduate School of Information and Telecommunication
Studies WASEDA University

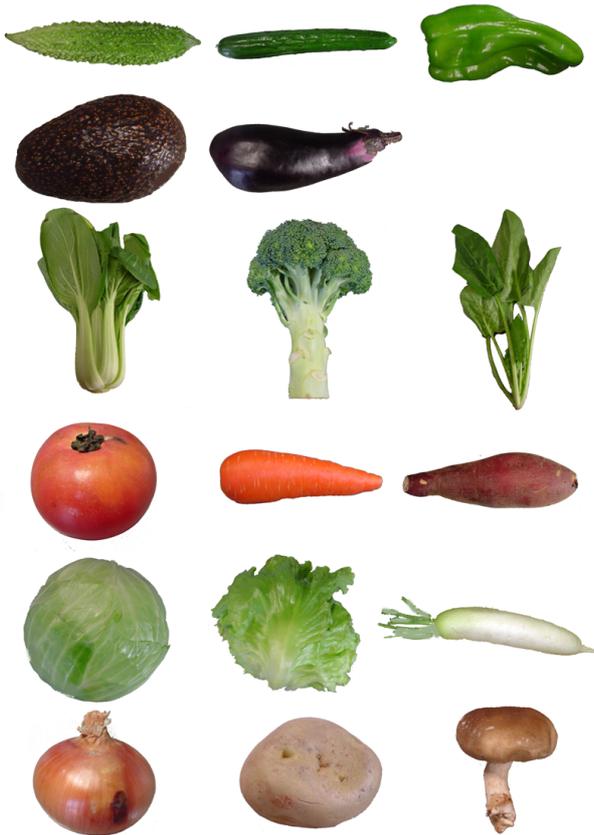


図 1 野菜画像リスト

の認識は困難である。個体差のある物体の識別には、P型フーリエ記述子 [2] を用いた研究 [3]-[4] がある。森本らは葉の形状に対して、鄭らはハナハスの形状に対して P型フーリエ記述子を適用しその有効性を示している。ただし、形状が似ている場合には P 形状フーリエ記述子による形状情報だけでは識別できない例が挙げられている。

野菜の識別に関する技術は、現時点ではまだ確立されていない。その要因の一つに個体差が挙げられる。そのため個体差の出ずらい特徴量は、野菜の識別に有効であると考えられる。そこで、本稿では野菜を識別する特徴量として P型フーリエ記述子による形状情報を採用した。また P型フーリエ記述子による形状情報以外に色情報も採用した。形状情報だけでは識別できない場合に有効になると考えたためである。以上より、本研究では野菜の識別に P型フーリエ記述子による形情報と色情報を採用した。

3. 提案手法

提案手法では、まず色情報から大まかなクラスに分類し、次にフーリエ記述子により定量化された形状情報を用いて野菜の識別を行う。

3.1 色情報

色情報は、野菜を白、赤、茶、緑、黒の5つの色クラスに分類するために用いる。色情報の記述には回転、拡大縮小、

平行移動に対するロバスト性と照明環境による依存度を考慮し RGB による平均値を用いた。クラス分けの方法は、あらかじめ各野菜のサンプルに対して各クラスとのユークリッド距離を求め、どのクラスに属するかを求める。そして、識別したい画像に対して、各クラスとのユークリッド距離が最少になるものをその野菜のクラスとする。表 1 は野菜をクラス分けした結果である。

表 1 色クラスと野菜の対応表

色クラス	野菜
白	キャベツ, 大根
緑	ゴーヤ, ピーマン, 青梗菜, ブロッコリー, キャベツ, キュウリ, レタス, ほうれん草
赤	人参, 椎茸, さつまいも, トマト
茶	玉葱, ポテト, 椎茸
黒	アボガド, ナス

3.2 形状情報

平面上の曲線を周波数領域で記述する方法としてフーリエ記述子がある。曲線上の座標や偏角をある位置からの関数とみなし、その離散フーリエ変換して得られるフーリエ係数の集合をフーリエ記述子と言う。フーリエ記述子には Z 型, G 型をはじめ様々な種類があるが、本稿では以下の理由から P 型フーリエ記述子を採用した。P 型フーリエ記述子では図 2 のように複素数平面上の曲線を N 等分した折れ線で近似する。ここで、偏角 θ_i の指数関数と複素平面における座標 Z_i との関係式は次式となる。

$$W_i = \exp(j\theta_i) = \cos \theta_i + j \sin \theta_i$$

$$= \frac{x_{i+1} - x_i}{\delta} + \frac{jy_{i+1} - y_i}{\delta} = \frac{z_{i+1} - z_i}{\delta} \quad (1)$$

$$(2)$$

δ は線分の長さであり、

$$\delta = |Z_{i+1} - Z_i| \quad (3)$$

である。

また W_i を周期関数として、離散フーリエ変換することで P 型フーリエ記述子

$$C_k = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} W_i e^{-j \frac{2\pi k i}{N}} \quad (4)$$

を得る。

P 型フーリエ記述子は拡大縮小、平行移動に対して不変であり、また絶対値は回転にも不変である。そのため形状の記述には P 型フーリエ記述子の振幅スペクトルを用いた。振幅スペクトルは

$$p_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2} \quad (5)$$

である。

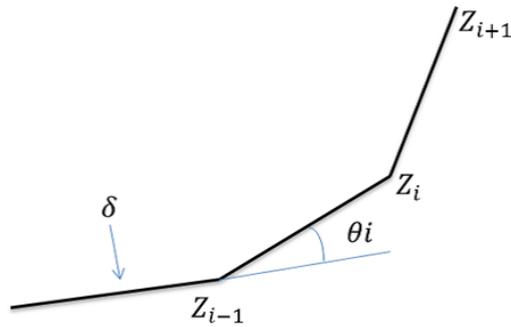


図 2 曲線の折れ線近似

ただし、 a_k 、 b_k はそれぞれ C_k の実数項係数と虚数項係数である。本稿では 8 近傍の輪郭追跡から野菜の輪郭線を抽出し、 $N=200$ で折れ線近似した。また P 型フーリエ記述子の項数 K は $0, \dots, N$ である。図 3 は P 型フーリエ記述子からフーリエ記述子の項数 K を 1, 2, 5, 15 とした場合の再生曲線を表している。フーリエ記述子では低域成分が輪郭線の大まかな形状を、高域成分が局所的な形状を表現する。図 3 から、フーリエ記述子の項数 K の値が小さいときは大まかな形状を表し、 K の値が大きくなるにつれ再生曲線が元の輪郭線に近づいていくことを確認できる。

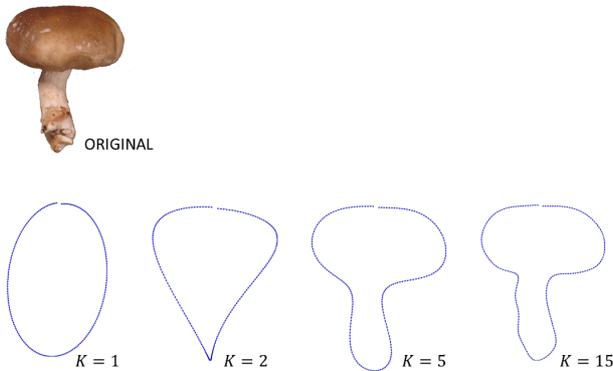


図 3 P 型フーリエ記述子から得られる再生曲線の例

3.3 提案手法

図 4 は提案手法の概要である。 V_i は野菜のクラスである。 $SVM(V_i, V_j)[5]$ は正例に V_i 、負例に V_j を学習させた判別器である。ただし $i < j$ とする。 X_i は 3.1 で述べた野菜を大まかに分ける色クラスである。 M は野菜の品種数である。本稿では $M = 17$ である。提案手法は、以下に示す処理フローに基づいて野菜の識別を行う。

- STEP1) 入力画像から形状と色情報を得る。
- STEP2) 色情報から入力画像の属するクラス X_i を決定する。
- STEP3) あらかじめ形状情報を学習させた判別器の中から

X_i に関する判別器を全て選択する。

STEP4) STEP3 で選択した判別器に入力画像の形状情報を判別させる。

STEP5) STEP4 で最多識別回数となった野菜クラスを識別結果とする。また最多識別回数が重複するケースは、判別器の出力値の総和が最大となる野菜クラスを識別結果とする。

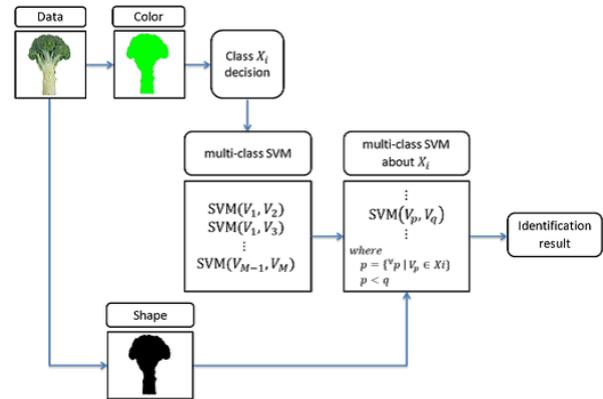


図 4 提案手法の概要図

ここで STEP4 の判別器の生成方法について補足する。STEP4 の形状情報を学習させた判別器は、one-vs.-one により生成されたものである。one-vs.-one は、全てのクラスのペアから判別器を生成し、それらを利用することでマルチクラスの識別を行う手法である。one-vs.-rest も one-vs.-one と同様にマルチクラスの識別を行う手法である。one-vs.-rest はあるクラスとその他のクラスのペアから判別器を生成し、マルチクラスの識別を行う。予備実験では、双方の手法で判別器を生成し識別実験を行った。結果として、one-vs.-rest ではほとんどの判別器の出力が負の値となり正しく学習できなかった。正例と負例のサンプル数の偏りによるものと考えられるが、偏りの無いように負例を選ぶためには、条件が複雑化してしまい実験結果の評価が難しくなる。そのため、本稿ではマルチクラスの識別手法に one-vs.-one を採用した。

4. 評価実験

4.1 実験概要

3 章にて述べた提案手法を用い、野菜の識別実験を行った。P 型フーリエ記述子による形状情報と色情報によるクラス分けの有効性を評価実験より検証し、提案手法の有効性を示す。

4.2 実験条件

対象は、表 1 に表示される 17 品種各 10 サンプルである。本稿ではあらかじめ前景と背景が分かっている画像を使用する。また P 型フーリエ記述子の項数 K は 0 から 200 の全ての値を対象とする。

4.3 評価方法

本実験で用意できた各野菜のサンプル画像は10枚と少なく、識別結果はテストデータと学習データの分類に大きく依存する可能性がある。そこで本実験では leave-one-out cross-validation(LOOCV) 法による平均識別率で性能を評価した。LOOCV 法は、全サンプルの中から1サンプルだけをテストデータとして取り出し、残り全てのサンプルを学習データとする。そしてこれを全サンプルが一回ずつテストデータとなるよう検定を繰り返す。

4.4 実験結果

図5はP型フーリエ記述子の項数K=200の時の各野菜における識別率と平均識別率を表している。実験結果が

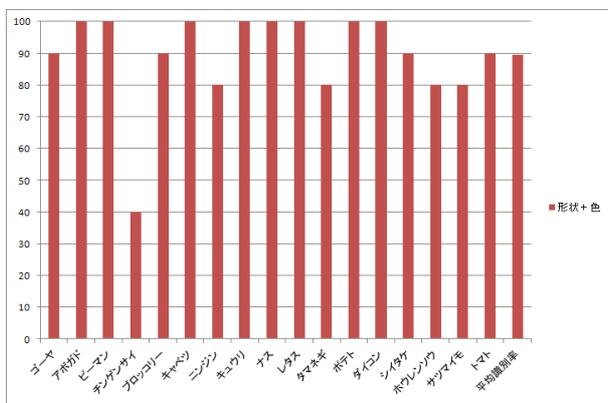


図5 P型フーリエ記述子の項数 K=200 の時の各野菜における識別率と平均識別率

ら K=200 のときに最高平均識別率 89.4 % を得た。高い識別結果を得られた野菜に、ゴーヤ (90 %), キュウリ (100 %), ピーマン (100 %) がある。これらの野菜は色は似ているが、形状は異なる野菜である。そういった野菜に対して提案手法は高い識別率を得たことから、野菜の識別に対して P 型フーリエ記述子による形状情報が有効であることが分かる。

次に色情報によるクラス分けの有効性を示す。図6はP型フーリエ記述子のみを用いた場合と提案手法との識別率を比較した図である。P型フーリエ記述子のみを用いた場合とは、提案手法の色情報によるクラス分けをしない場合である。提案手法では各野菜の識別率は青梗菜の覗き全て80%以上となり、ほとんどの野菜でP型フーリエ記述子のみの場合よりも識別率が向上した。またP型フーリエ記述子のみでは10%だった青梗菜の認識率は40%と向上した。以上より色情報によるクラス分けの有効性を確認した。この結果から本提案手法の有効性を確認した。

5. 実験結果

本稿では、家庭の食卓で使われる身近な野菜17品目を識別するために、フーリエ記述子による形状とRGBの平

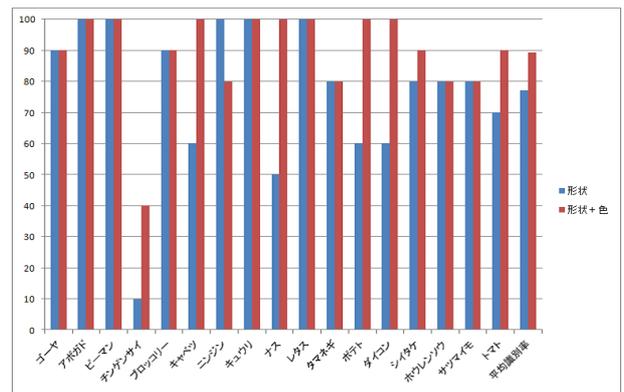


図6 形状のみを用いた場合と提案手法を用いた場合の各野菜の識別率の比較

均値による色情報を用いた野菜識別手法を提案した。識別性能は、LOOCV法による平均識別率で評価した。その結果、平均識別率89.4%を得た。今後の課題としては、識別率の低かった青梗菜などの形状が固定されていない野菜への対応が挙げられる。今後は形状だけではなく内部のテクスチャ情報も考慮し、識別率の向上を図る。

6. 参考文献リスト

- 1) Google 「Google Goggles」
<http://www.google.com/mobile/goggles/> (2012/10/20 アクセス)
- 2) 上坂吉則 (1984) 「開曲線にも適用できる新しいフーリエ記述子」, 電子通信学会論文誌, vol. J67-A, No. 3, pp. 166-173.
- 3) 森元亜美, 向井信彦, 小杉信 (2010) 「葉形状特徴を用いた植物の識別」, 映像学支報, vol. 34 no. 15, AIT2010-73, pp. 69-72.
- 4) 鄭澤宇, 田村義保 (2005) 「P型フーリエ記述子を用いたハナハス花卉先端部の輪郭線による品種識別」, 園芸学研究, 4, 385-390.
- 5) C. Cortes and V. Vapnik, Support-Vector Networks, Machine Learning, 20(3):273-297, September 1995