

メロンの表面紋様を用いた個体識別

Melon Identification with Surface Pattern

中村 陽一† 門田 啓† 黄 磊†† 吉本 誠司† 石山 壘†††

Yoichi Nakamura Akira Monden Lei Huang Seiji Yoshimoto Rui Ishiyama

1. まえがき

近年、食の安全に対する消費者意識が高まっている。これを受けて、平成11年にはJAS法において全食品で原材料や原産地など品質に関する一定の表示が義務付けられ、平成21年には産地偽装に関する罰則が追加されるなど、適切な食品表示に関する要求が厳しくなっている。適切な食品表示を行うための方法として食品のトレーサビリティが注目されている。食品のトレーサビリティとは、生産、加工及び流通の特定の一つまたは複数の段階を通じて、食品の移動を把握できることである。トレーサビリティを実現するためには食品の個体管理が必要であり、バーコードラベルやRFタグを用いる方法が広く用いられている。しかしタグ付けによりコストが増加するという問題がある。また、タグを直接つけることが困難な農水産物もある。さらに、タグを模造したり付け替えることで、産地や栽培方法などの付加価値を決定づける情報を偽装することも可能である。産地偽装などの問題は、経営努力によって高付加価値を実現している生産者にとって死活問題であるといえる。

そこで、タグなどを用いずに農水産物の個体を識別する方法として、各個体が持つ固有の表面紋様を撮影し、その画像特徴を用いて個体を識別する手法(アグリバイオメトリクス)を提案する。本稿では、特に産地などの情報による付加価値が高い農産物の一例としてメロンを対象物とする。低コストで実用的なシステムを実現するため、単一画像のみで識別でき、撮影時の向きの変動や、撮影場所による照明条件の変化、流通過程での経時変化等にも影響されず、高い精度で識別できる手法を提案する。

2. 提案手法

提案手法では、メロンの表面にある網目状の紋様を用いて個体識別を行う。あらかじめメロンの画像(登録画像)を登録し、新たに取得したメロンの画像(照合画像)と照合してメロンの個体を識別する。メロンの表面紋様というメロンが持っている特徴を用いて個体識別することにより、タグ等をつける必要が無くなるため、コストの増加を抑えることが出来る。また、表面紋様を人工的に加工することは困難なため、タグによる個体管理と異なり偽装を困難に出来る。

提案手法では、以下に示す流れによりメロンの個体識別を行う。まず、識別対象となるメロンの画像取得を行う。次に、撮影時のカメラに対するメロンの向きを一致

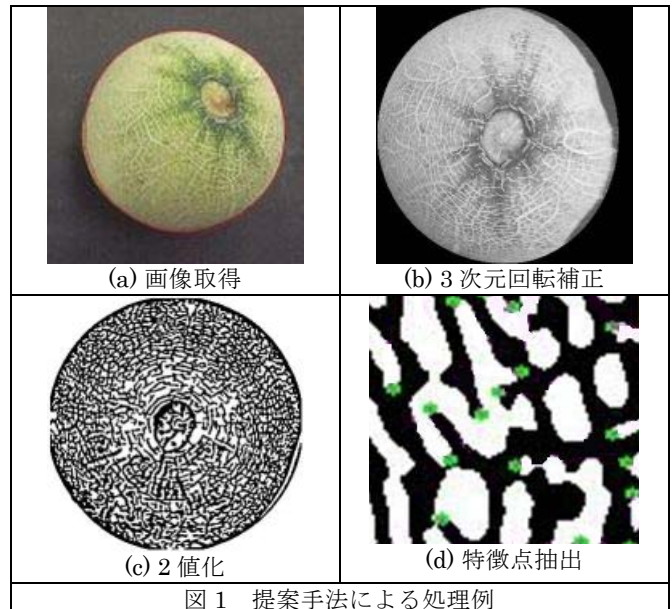


図1 提案手法による処理例

させるために、3次元回転補正を行い、補正された画像から表面紋様を抽出するために2値化を行う。そして、表面紋様から照合に用いる特徴点を抽出する特徴点抽出を行い、テンプレートの特徴点と照合する。以降では、それぞれの処理について詳細に述べる。

2.1 画像取得

提案手法における画像取得では、カメラ等を用いて画像を取得する。登録時と撮影時で同じ表面を撮影する必要があるため、へたを含む側を撮像することにした。図1(a)に画像取得結果の例を示す。

2.2 3次元回転補正

3次元回転補正では、へたの位置を基準としてメロンの3次元的な回転を補正する。画像取得により取得したメロンの画像では、登録時と照合時の画像でメロンの向きが一致しておらず、画像内でメロンが3次元的に回転していることが多い。しかし、照合するにはメロンの位置や向きが合っていないと照合することが出来ない。そこで3次元回転補正により、メロンの位置や向きを合わせる。提案手法では、メロンが球形であると仮定し、メロンのへたの位置を基準として3次元的に回転することで、メロンの3次元的な回転を補正する。図1(b)に3次元回転補正の処理例を示す。図に示すように、3次元回転補正を行うことによって画像取得時に生じていた3次元的な向きの違いが補正され、同一方向(真上)から撮影した画像として扱うことができる。

2.3 2値化

2値化では、3次元回転補正後のメロンの画像からメロンの領域内を2値化する。カメラにより撮影したメロンの画像では、照明の影響によって領域ごとに明るさが異なっ

† NEC 宇宙システム事業部

†† NEC ソフトウェア資材部

††† NEC 情報・メディアプロセッシング研究所

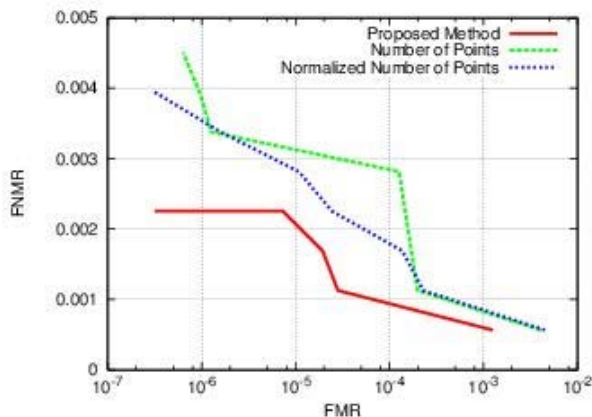


図2 実験結果

ている場合がある。そこで提案手法では、照明の影響に対応するため、局所的な画素情報を用いて2値化を行う。図1(c)に2値化後の例を示す。このように2値化することで、メロンの表面紋様を抽出することができる。

2.4 特徴点抽出

提案手法では、メロンの表面紋様を構成する線の曲率が大きい箇所を特徴点として抽出する。メロンの表面紋様を構成する線の屈曲・交差などの様子はメロンにより異なっている。そこで曲率を基に線の特徴点を抽出する。画像中で表面紋様を構成する線は幅を持った領域であることから、領域の輪郭を走査して曲率を求め、曲率が高い箇所を特徴点として抽出する。図1(d)に特徴点抽出結果を示す。図1(d)の画像は、結果の図の一部を拡大して示したものであり、緑点が抽出した特徴点である。

2.5 照合

提案手法では偶然一致確率法[1][2]を用いて照合する。従来の特徴点を用いた照合手法として、登録画像と照合画像の間で対応する特徴点数を用いる方法(従来手法1)がある。また、従来手法1では特徴点数が多いほどスコアが高くなるという問題があり、これを改善する手法として、対応する特徴点数を照合画像の特徴点数で正規化する手法(従来手法2)がある。これに対して偶然一致確率法は、登録画像と照合画像間の対応関係よりも似た対応関係が、偶然に得られる確率を評価基準とする手法である。そのため、抽出する特徴点数のばらつきが大きい場合などでも、特徴点数に影響されず安定して照合を行うことが出来るという特長がある。本稿では対応関係の類似度を求める指標として、登録画像と照合画像間で対応する特徴点数の数を基にした誤受理確率を用いる。偶然一致確率のモデルとしては、文献[2]の2項分布モデルを用いる。誤受理確率 $p(n; n_i, n_i, n_p)$ を次の式で定義する。 n_i と n_i は登録画像と照合画像の特徴点数、 n は対応する特徴点数を示す。

$$p(n; n_i, n_i, n_p) = \frac{\binom{n_i}{n} \binom{n_p - n_i}{n_i - n}}{\binom{n_p}{n_i}} \quad (1)$$

n_p は特徴点の d -近傍領域内に他の特徴点が無いとした時、特徴点を抽出する領域の面積 s を用いて次式で定義する。

$$n_p = \left\lceil \frac{s}{\pi d^2} \right\rceil \quad (2)$$

3. 実験

提案手法の有効性を確認するため、メロンの画像を用いて照合実験を行う。本実験では、例えばメロン農家が出荷時にメロン画像を登録し、消費者が携帯端末で撮像した画像でトレーサビリティ情報を確認するために個体を照合する場合を想定する。登録時はデジタルカメラなどの高画質な画像を、照合時は携帯電話のカメラを手持ちで撮像した低画質で撮影方向が定まらない画像を用いることを想定する。また、登録時と照合時は輸送などにより数日程度の間があり、メロン自体にも若干の変化があることを想定する。

3.1 実験条件

本実験では1776個のメロンを用意し、コンパクトデジタルカメラ(有効画素数1000万画素相当)で撮像した登録用画像と、携帯電話のカメラ(有効画素数100万画素相当)を用いて撮像した照合用画像のデータベースをそれぞれ作成した。2つの画像データベースはほぼ真上から撮像しているが、目を空けて撮像しており、メロンは3次元的に回転している。照合実験では、ある1つの照合用画像が、同じメロン個体の登録用画像1枚、及び、異なる個体の登録画像1775枚と照合される。従来手法と提案手法との照合精度を比較することで、提案手法の有効性を検証する。

3.2 実験結果

図2は、ある閾値を用いて判定した場合のFMRとFNMRの関係を示すROC曲線であり、横軸はFMR(False Match Rate: 異なったメロンを同じ個体と誤判定する割合)、縦軸はFNMR(False Non-Match Rate: 同一のメロンを異なった個体と誤判定する割合)を示す。提案手法による結果を赤線、従来手法1を緑線、従来手法2を青線で示す。

提案手法の方が従来手法1及び従来手法2のいずれよりも高い照合精度を達成している。FMR=10⁻⁶の時に比較すると、従来手法1はFNMR=0.45%、従来手法2はFNMR=0.39%であるのに対し、提案手法ではFNMR=0.23%となり、従来手法1と比較してFNMRを約1/2に、従来手法2と比較してFNMRを約3/5に改善することが出来た。またFMR=10⁻⁶時にFNMR=0.23%と非常に良好な照合精度を達成し、提案手法によりメロンの表面紋様を用いて個体識別が可能なが示された。

4. まとめ

本稿では、メロンの表面紋様を用いた個体識別手法を提案した。提案手法ではメロンの表面紋様を用いているため、タグ等をつける必要が無く、タグの偽装や付け替えによる産地偽装を防止することもできる。本稿では、カメラにより撮像したメロンの画像データベースを用いて照合実験を行い、提案手法の有効性を示した。

文献

- [1] A. Monden, S. Yoshimoto, "Fingerprint Identification Using the Accidental Coincidence Probability," Proc. IAPR Workshop on Machine Vision Applications (MVA), pp.124-127, Nara, Japan, Dec. 11-13, 2002.
 [2] 黄磊, 門田啓, 吉本誠司, "誤受理確率に基づく指紋識別," SCIS2004, Sendai, Jan. 27-30, 2004.