

# 画像認識を用いた個体識別による農産物のトレーサビリティ

石山 壘

## 要 旨

トレーサビリティの実現手段として個体を識別するバーコードやICタグが用いられていますが、コストや偽装対策などの課題があり、タグ付けによる管理が難しいものもあります。本稿では、農産物など個体ごとに微妙に異なる外観を持つものに対し、写真1枚で個体を識別する画像認識手法を紹介します。例えばメロンの縞模様などは同一品種でも個体ごとに異なります。出荷時にその写真を撮っておき、流過程で撮った写真と照合すれば、産地や検査結果などを確認できます。タグに頼らず実物を照合できるので、偽装やすりかえの対策としても期待されています。

## キーワード

●個体識別 ●トレーサビリティ ●特徴点 ●2値化 ●姿勢正規化 ●FAR ●FRR

## 1. はじめに

モノの生産から在庫・流通の管理に至るまでの品質管理や効率改善には、まず、個々のモノについて履歴を記録し調査できること、すなわち、トレーサビリティの確立が必要です。その実現手段として、各個体を識別するためのバーコードやICタグを対象物に取り付けるのが一般的です。しかし、タグやそれを取り付ける作業に掛かるコストや、素材や形状・衛生面などの問題からタグが付けにくい対象物があること、偽装やモノのすりかえのリスクがあることなど、さまざまな課題があり、タグ付けに基づく管理を適用しにくいモノもあります。こうしたタグ付けが難しいモノの管理をICT（Information and Communication Technology）で実現するため、NECでは、画像認識技術を応用した個体識別ソリューションを研究しています。

### 1.1 トレーサビリティのための個体識別

シリアルナンバーを埋め込むことが容易な工業製品では、個体ごとの履歴を記録し、クレーム対応や生産効率・品質改善などの基礎データとして利用することは、ごく当たり前に行われています。一方、安全性など重大なリスクがあるにもかかわらず個体レベルでの管理が進んでいないモノの1つに、農産物があります。

従来、消費者の間には、販売されている農産物の素性をあ

えて確かめようとする意識は強くありませんでした。また、比較的安価で大量に生産される農産物は、タグ付けによる管理コストの負担が生産者にとって大きいという課題もありました。こうした背景もあり、牛肉など法制度化したものや一部の高級ブランド品を除き、厳密なトレーサビリティの普及は遅れていました。しかし、度重なる食品事故や偽装事件の発覚、輸入の拡大、更に、消費者の品質へのこだわりなどによって、農産物に対するトレーサビリティの確立が強く求められています<sup>1)</sup>。

### 1.2 画像認識によるタグなしでの個体識別

農産物トレーサビリティの普及・拡大には、低コストで運用でき、手軽に履歴情報とモノの真贋確認ができる個体識別手法が望まれます。本稿では、農産物の外観（表皮の模様）を撮影した画像1枚で個々の個体を識別できる画像認識手法<sup>2)</sup>を紹介します。例えばメロンの縞模様などは、同一品種でも個体ごとに異なります。図1に示すように、出荷時にその写真を撮っておき、流過程で撮った写真と照合するクラウドサービスが提供されれば、誰がどこで購入するとしても、その商品の産地や検査結果などを確認することができるようになります。このとき、写真で実物そのものを照合するので、高価な偽装防止タグを用いなくても、偽装やすりかえを防止できます。また、一般に普及している携帯電話の内蔵カメラなどで個体識別ができれば、一般消費者が自ら確認できるた

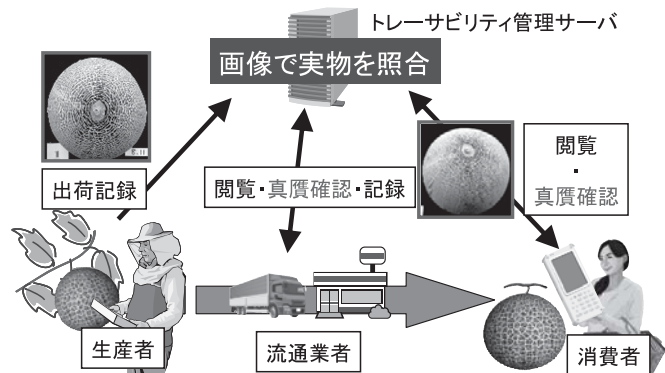


図1 画像を用いた個体識別に基づく農産物トレーサビリティシステム

め、商品への信頼感を高め、付加価値となる情報をアピールできるなど、生産者側のマーケティング効果も期待できます。

## 2. 利便性と識別性能を両立する画像認識手法

以上に述べたような、アクセスが容易な画像による個体識別を実現するためには、撮影時の対象物の向きや、照明環境の変化に影響されない認識手法が必要です。ヘタなど、何らかの目印を基準にその真上から撮影するといったことを決めておいても、出荷記録のために撮影した画像と、店頭で照合するために撮影した画像では、ある程度の向きの変化は避けられません。手で持ったカメラで撮影すれば、両者間で20度程度の角度差が生じると考えられます。そのため、撮影された画像そのままでは、向きの違いによって模様見え方が変わり、微細な個体差の識別が困難になります。

そこで、対象物の3次元形状を用いた向きの補正手法<sup>3)</sup>を導入します。更に、照明の変化に対しても安定して照合できるよう、表皮模様から特徴点を抽出し、その位置の分布の同一性を評価します。

### 2.1 3次元的な姿勢変化の補正

まず、メロンの3次元形状モデルを画像に当てはめて、図2のように、仮想的に一定の姿勢に正規化した画像を生成します<sup>3)</sup>。本手法では、メロンの3次元形状を球で近似します。球体を斜めから撮影した画像に対し、球の3次元形状を当てはめ

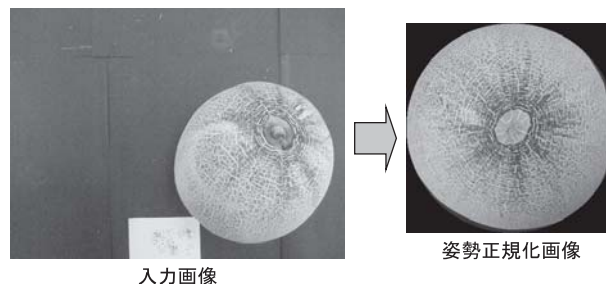


図2 3次元回転補正による姿勢正規化画像の生成

ることができます。画像の各画素について、3次元球表面上の位置を求めることができるので、疑似的に真上から撮影した画像（以下、姿勢正規化画像）に変換することができます。

### 2.2 果物の表皮模様の抽出

次に、姿勢を正規化した画像に対して2値化処理を適用し、網目模様の輪郭線を抽出します。画像撮影時の照明の影響によって陰影が変化するので、画像の部分領域ごとに明るさが異なってきます。そこで、照明の影響に対応するため、局所領域ごとの輝度値の平均と分散を用いて適応的に2値化の閾値を設定する「局所適応2値化法」を適用します。

図3に処理結果の例を示します。このように2値化処理を適

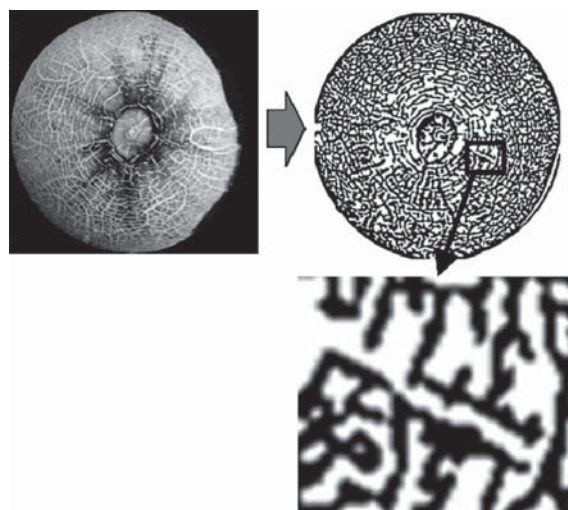


図3 局所適応2値化処理による表皮模様の抽出

用することで、照明上の変動に影響されず、メロンの表皮模様の輪郭を抽出することができます。

### 2.3 特徴点の抽出

このように抽出した網目模様から、位置を安定して決定できる、特徴的な点（特徴点）を抽出します。画像中で網目模様の線は、幅を持った領域として2値化されています。この輪郭線がとぎれている端の点や、交差する点、急峻に曲がっている点などを、特徴点として抽出します。

### 2.4 特徴点配置の照合

提案手法では、上述した手法によって抽出された特徴点の配置の一致度を、偶然一致確率法<sup>4)</sup>を用いて評価し、個体識別の照合スコアとします。これは、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す。照合する画像から抽出される特徴点の数のばらつきが大きい場合などでも、特徴点の数に影響されず安定して照合を行うことができるという特長があります。本手法で想定している応用のように、姿勢変動を伴う3次元物体の認識においては、照合する画像間で姿勢が異なることにより、照合の都度、双方の画像で対応付け可能な特徴点の数が変動します。このような場合に、識別性能を安定させるために有効な手法です。

## 3. メロン約1,800個での個体識別実験

提案手法による識別性能を評価する実験を行いました。この実験は、図1のように、メロン農家が出荷時にメロン画像を登録しておき、一般消費者が手持ちの携帯端末で撮影した画像で照合する場合を想定しています。登録時と照合時はそれぞれ撮影時の姿勢にブレがあり、また、輸送などにより数日程度の間があるため、メロン自体にも若干の変化があることを考慮しています。

実験では、実際に1,776個のメロンを用意し、デジタルカメラで撮影した登録用画像と、数日後に別の場所で携帯電話のカメラで撮影した照合用画像のデータベースをそれぞれ作成しました（図4）。照合する2つの画像間では、常に20度程度の姿勢の差がありました。

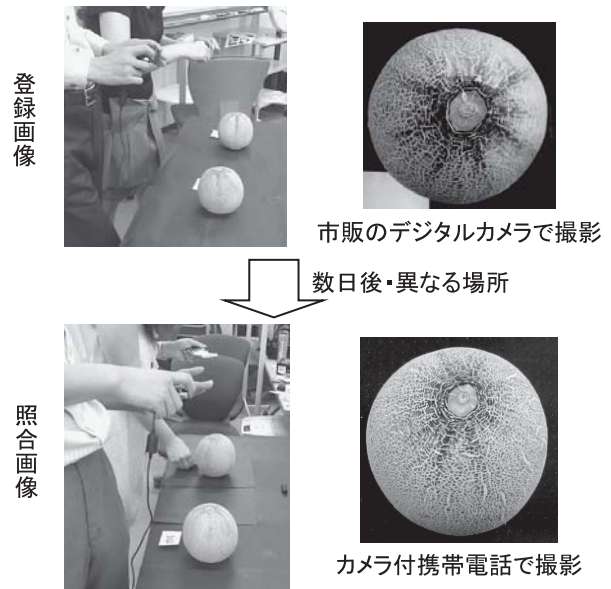


図4 性能検証実験（上：登録用画像、下：照合用画像）

個体識別の性能は、FAR（False Accept Rate：異なった個体を同じ個体と誤判定する割合）とFRR（False Reject Rate：同一の個体を異なった個体と誤判定する割合）の2つの評価値の組で評価されます。FARは偽装防止や識別可能個体数の評価に関係し、FRRは利便性に関する評価尺度といえます。判定を厳しくすればするほどFAR（偽装を許してしまう確率）を低くできますが、そうすると逆に、本物であるのに偽装と誤判定してしまう確率（FRR）が高くなってしまいます。このように、FRRとFARは互いにトレードオフの関係にあり、両者を同時に低くできることが重要です。

この実験において、紹介した手法は、偽装や偽物を見逃してしまう確率（FAR）が100分の1と強力に偽装を防ぐときにも、認証失敗率（FRR）が0.2%と極めて良い識別性能を達成できました。また、1,776個の個体の中から正しい個体を探し出せる成功率（1位照合率）は99.9%でした。

## 4. おわりに

トレーサビリティに必要な個体識別をタグ付けによって行うことが難しい対象物の管理手法として、画像認識を用いたタグなしでの個体識別手法を紹介しました。その一例として、



果物の表皮の模様を用いて個体識別を行う手法を概説しました。同手法を応用すれば、画像を1枚撮影するだけで個体を識別でき、低コストで利便性の高いトレーサビリティシステムを実現できます。実物を照合しているため、タグの偽装やすりかえといった不正の防止も期待できます。

果物の出荷時の検査（糖度や等級などによる選別）は、光センサなどを用いた自動化が進んでいます。したがって、出荷される果物の画像を自動的に撮影することは容易であると考えられます。その画像を流通過程で撮った写真と照合するM2Mクラウドサービスが提供されれば、出荷後の果物がどこへ流通されても、カメラ付携帯電話などで簡単に照合できるようになります（図5）。そうなれば、市場全体で偽装を防止し、安全・安心なトレーサビリティの実現と、農産物の付加価値向上に貢献できると期待されます。

本稿で紹介した画像認識手法は、撮影時の向きの違いを3次元的に補正したうえで、姿勢や照明などの変化に対して安定した特徴点を抽出し、その配置を照合して個体識別を行います。実際に約1,800個のメロンを用いた実験で、極めて高い識別性能が得られました。

今後、より大規模なデータで実証実験を行うことや、他の対象物に対する手法の開発など、画像認識を用いた個体識別の実用化と応用拡大への取り組みを進めていきます。

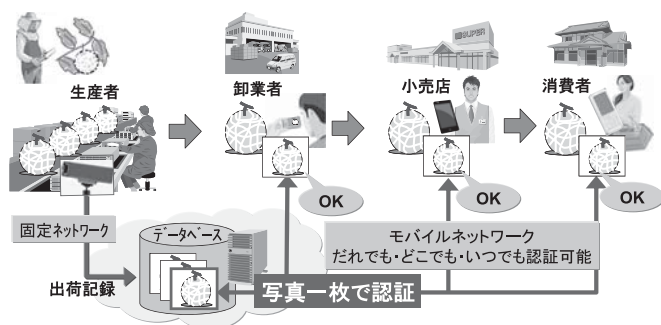


図5 M2Mネットワークを利用した個体識別ソリューション

#### 参考文献

- 1) 農林水産省「食品トレーサビリティシステム導入の手引き（改訂版）」（2008）
- 2) 中村陽一、門田啓、石山壘「メロンの表面紋様を用いた個体識別」FIT2011（2011）
- 3) 石山壘「一般3D顔モデルを用いた姿勢変換による非正面顔画像の照合」電子情報通信学会2007年総合大会、D-12-085、pp.201（2007）
- 4) 黄磊、門田啓、吉本誠司「誤受率確率に基づく指紋識別」SCIS2004（2004）

#### 執筆者プロフィール

石山 壘  
情報・メディアプロセッシング研究所  
主任研究員

●本論文に関する詳細は下記をご覧ください。

#### 関連URL

<http://www.nec.co.jp/press/ja/1103/0702.html>

# NEC 技報のご案内

NEC技報の論文をご覧くださいありがとうございます。  
ご興味がありましたら、関連する他の論文もご一読ください。

NEC技報WEBサイトはこちら

NEC技報(日本語)

NEC Technical Journal(英語)

## Vol.64 No.4 Network of Things特集

Network of Things 特集によせて  
NECが取り組むM2M事業

### ◇ 特集論文

#### M2M事業実現のための取り組み

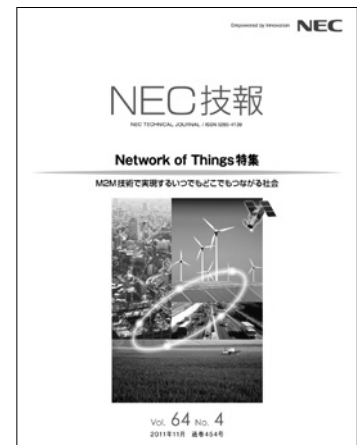
M2Mサービスの現状と展望  
M2Mサービスプラットフォームの開発  
M2Mグローバル展開の取り組み  
M2M標準化動向と遠隔管理技術の標準化活動

#### M2Mサービス

農業ICTにおけるM2Mサービスプラットフォーム活用  
「NECオートモーティブクラウド」への取り組み  
ITSにおけるM2Mサービスプラットフォーム活用  
M2Mを活用したxEMS(エネルギーマネジメントシステム)  
宇宙からの地球観測とM2M～知の構造化に向けて～  
産業機械・工作機械業界におけるM2M技術の活用  
自販機電子マネー決済におけるM2Mの活用  
M2Mクラウドによる業際ビジネスの実現に向けて

#### M2Mサービスを支えるデバイス及び要素技術

近距離無線規格「ZigBee」への取り組みと開発  
M2Mサービスを支えるデバイス製品と活用事例  
M2Mデバイスにおける組込みモジュールへの取り組み  
エネルギーマネジメントに最適な「スマート分電盤」  
M2Mサービスプラットフォームにおける大規模リアルタイム処理技術  
画像認識を用いた個体識別による農産物のトレーサビリティ



Vol.64 No.4  
(2011年11月)

特集TOP