

パンの画像識別における領域分割の一検討  
A Study of Image Segmentation for Bread Recognition

三好 卓也<sup>†</sup>      森本雅和<sup>†</sup>      藤井 健作<sup>†</sup>  
Takuya Miyoshi      Masakazu Morimoto      Kensaku Fujii

### 1. はじめに

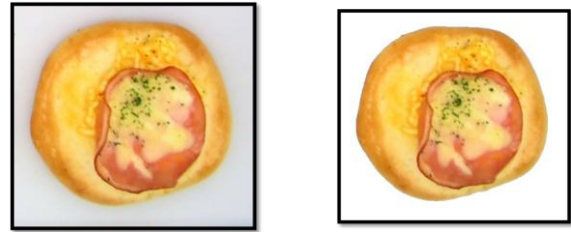
パン屋で販売されているパンの種類はおよそ 200 種類に及び、そのうち 100 種類程度が一日の店頭に並んでいる。バーコードや RFID などはパンに直接取り付けることが困難であるため、レジにおいて店員の目視による識別が必要とされているが、店員の習熟には数カ月を必要とすることもあり、パンの種類を画像から自動識別するシステムが求められている。

一般的な特定物体認識では、局所特徴量を用いた類似度により物体の検索・識別が行われている[1]。しかし、パンの識別では対象となるカテゴリが狭く、局所特徴に類似したものが頻出する。一方で、同一クラスの個体差が大きく生じるため、局所特徴量を用いた識別では十分な精度を得ることが困難である。

パンはその製造工程において発酵や焼成が含まれるため、同じ種類のパンであっても特徴に大きなばらつきが生じる。また、異なる種類のパンと類似した特徴を持つものが多数存在する。このようなクラス内の個体差とクラス間の類似性を考慮した上でパンの識別に有効な特徴のみを抽出する必要がある。また、照明条件による変化は、抽出される特徴量に大きな影響を与え、誤識別の原因となる。したがって、撮影環境の変動による影響についても考慮する必要がある。そのため、パン画像から、色特徴、形状特徴、テクスチャ特徴を抽出し、マイナー成分分析を行うことでパンの識別に有効な特徴を選択する手法が提案されている[2]。この手法では、パンの中央部に異なるトッピングが位置することを利用してパンを同心円状に 3 分割し、各領域の色特徴量を求めている。しかし、パンのトッピングの位置には個体差があり、また焼きムラが生じるため、本研究では、色相を用いて領域分割を行い、領域ごとに色特徴量を抽出することで識別率の向上を図る。

### 2. マイナー成分分析を用いた画像識別

画像識別ではまず、学習用画像から様々な特徴を抽出し、後段の識別器を生成する。このとき取得した特徴量をどのように変換し選択するかによって識別精度が大きく変化する。本研究では対象となる大きな個体差を有するパンの識別において、個体差に影響されない特徴量を抽出するため



(a)原画像      (b)パン部分  
図1 パンと背景の分離



(a)内側      (b)中央      (c)外側  
図2 パンの領域分割(同心円状)

にマイナー成分分析[3]を用いる。

#### 2.1 特徴抽出

画像から得られる特徴として、形状特徴、色特徴、テクスチャ特徴を用いる。形状特徴として、図 1 のように画像からパン部分を求め、その面積や円形度、Hu 不変モーメントなど 21 種類の特徴量を用いる。色特徴は、画像のパン部分の HSV の色平均と分散値と最頻値、さらに、図 2 のようにパン画像を 3 分割し、その HSV の色平均と分散値と最頻値を求め、36 種類の特徴量を用いる。テクスチャ特徴は、画像のパン部分から同時生起行列を求め、同時生起行列から求まるコントラストなどの特徴を 20 種類用いる。計 77 種類の特徴量を抽出する。

#### 2.2 特徴選択

抽出した特徴は必ずしもクラスを識別するために有効であるとはいえず、また相互に高い相関をもつものも含まれるため、識別器を生成する際に特徴選択を行う必要がある。本研究では特徴選択の手法として、特徴量間の相関を排除し、より少数の合成特徴量で元の特徴空間を表現する主成分分析に基づく手法を利用する。

主成分分析に基づく手法では、クラスごとに主成分分析を行ない、新しい合成特徴量とその寄与率を求める。このとき、寄与率の高い合成特徴量はそのクラス特有の分布の広がり表現しており、逆に寄与率の低い合成特徴量は、

<sup>†</sup> 兵庫県立大学大学院工学研究科,  
Graduate School of Engineering, University of Hyogo.

クラス内で変動の少ない安定した特徴を示している。このとき、寄与率の低い合成特徴量を積極的に用いる手法をマイナー成分分析という。

### 2.3 識別器

前節で説明した特徴選択手法に対して識別器を構築する。マイナー成分を利用する場合、クラス別主成分分析結果の上位 N 成分を削除して得られる各クラスのマイナー部分空間に入力ベクトルを投影し、原点からの距離が最短となるクラスとして入力を識別する。

### 3. 色相を用いたパンの領域分割

2.1 節では、色特徴としてパン部分を同心円状に 3 分割し、その範囲ごとに HSV 画素値の平均、分散、最頻値を求めた。しかし、パンはトッピング位置にバラつきがあり、また焼き色にもムラがあるためこの分割方法では安定した色特徴量を抽出できない。そこで本研究では、画像中のパン部分の色相を利用し、領域分割を行う。

まず、画像中のパン部分のヒストグラムを求め、ヒストグラム平坦化を行う。そして、色相の値を分割数  $k$  で均等に分けクラスタリングする。分割された領域ごとに HSV の色平均と分散値を求め、特徴量として用いる。図 3 に領域数 3 のときの領域分割例を示す。

### 4. 実験

実験には、一つの店舗で販売されている 50 種類のパンを 10 個ずつ、計 500 個準備し、それぞれのパンについて、ELMO 社製の書画カメラ L-1ex を用いて真上から均一な照明環境下で撮影した。各画像についてパン領域を求め、領域内を分割し色特徴量を抽出した。識別実験では交差検定を用いて、分割数を変化させマイナー成分分析による識別を行い、正解が何位の候補までに現れるかを調べた。また、同心円状に 3 分割した場合においても同様に識別を行い、結果を比較する。

それぞれの分割数における、第 3 候補までの識別結果を表 1 に示す。表 1 より、第 1 候補の識別率は、分割数 4 のとき 86.4% となり最も識別率が高い結果となった。また分割数 3 のとき、識別率は 80.4% となり円形分離の場合の識別率 71.0% を大きく上回った。これは、パン表面のトッピングの位置や焼きムラによって不安定となっていた色特徴量を、色相を利用した領域分割を行うことにより安定して抽出できたからであると考えられる。

次に、最も識別率の高かった分割数 4 のときの色特徴と形状、テクスチャの特徴を合わせて計 80 種類の特徴量を用いて同様に識別実験した結果を表 2 に示す。表 2 より、第 1 候補の識別率は、96.2% となり、同心円状の領域分割を用いた場合に比べ識別率が大きく向上したことがわかる。



(a)領域1 (b)領域2 (c)領域3

図3 色相を用いたパンの領域分割

表 1 50 種類のパンの識別結果(色特徴のみ)

領域分割手法	領域数	上位候補に含まれる確率(%)		
		1位	2位	3位
色相分割	2	73.0	84.0	89.4
	3	80.4	90.0	93.8
	4	<b>86.4</b>	<b>91.6</b>	<b>95.4</b>
	5	85.4	93.1	95.6
	6	83.8	91.6	94.0
同心円状	3	71.0	84.0	89.1

表 2 50 種類のパンの識別結果

領域分割手法	上位候補に含まれる確率(%)		
	1位	2位	3位
色相分割(4)	96.2	97.8	99.0
同心円状(3)	86.2	94.2	96.4

### 5. まとめ

本研究では、画像特徴からパンの種類を自動的に識別するシステムを開発した。色特徴として色相を利用した領域分割を行うことで、第 3 位候補までを許容した場合のマイナー成分分析による識別率は 99.0% となった。

今後の課題として、特徴量の追加や識別手法の検討により識別性能の改善を図るとともに、より個体数が多く、実店舗での環境光変化を受けたパン画像データベースを作成・利用することで、より信頼性の高い解析を行うことが挙げられる。

### 謝辞

本研究の一部は、経済産業省 中小企業基盤整備機構，“戦略的基盤技術高度化支援事業”，「パン等の画像識別による POS システム組み込みソフトウェアの開発」プロジェクトによるものである。関係各位に厚く御礼申し上げます。

### 参考文献

- [1] 柳井啓司，“一般物体認識の現状，” 情報処理学会論文誌 コンピュータビジョン・イメージメディア， Vol. 48 No. SIG16 (CVIM19) (2007).
- [2] 森本雅和，三好卓也，藤井健作，“マイナー成分分析を用いたパンの画像識別，” 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. J97-A No. 7, pp.548-551 (2011)
- [3] E.Oja, “Principal components, minor components and liner neural networks,” Neural Networks, vol.5, pp.927-935(1992)