1U-9

固有色空間の照合による薬剤パッケージ認識

杉本憲治郎 † 井上 治 ‡ 黒木祥光 ‡ 鎌田清一郎 †

早稲田大学大学院 † 久留米工業高等専門学校 ‡

1 はじめに

薬剤パッケージ認識は調剤過誤防止への活用が期待される重要な技術である．我々は Press Through Package (PTP) と呼ばれる薬剤パッケージ (図 1) を対象とした，高速かつ高精度な認識の実現に取り組んでいる．一般に PTP はシート・錠剤・印字が少数の異なる色で塗り分けられており，PTP 毎に特徴的な色の組み合わせを有する．したがって PTP の大局的色特徴を用いた認識の実現を図る．

色分布の効率的な記述子としてヒストグラム記述子と代表色記述子がある [1]．ヒストグラムは分布を量子化して記述したもので，構築や照合が低負荷であるが記述サイズが大きい．代表色記述は，色分布が少数の代表色からなるという仮定のもと，代表色に関する情報のみを記述する．記述サイズは比較的小さいものの，代表色抽出に必要なクラスタリング処理が高負荷であり，また代表色数の推定も一般に困難である．

本稿では，固有空間を用いた色分布の記述子を提案し薬剤パッケージ認識へと適用する．提案記述子は，少数の代表色が理想的には部分空間上に位置するという推察に基づいたもので，従来法と比べて高速な構築と照合が可能である．

2 提案手法

2.1 部分空間上に位置する少数の代表色

色分布の一般化として，K 次元空間中の C 個のクラスタからなる分布を考える．ただし，分布の平均ベクトルは $\mathbf{0}$ とし，理想的な場合として各クラスタは一点に分布すると仮定する．図 2 は $K=2$ におけるいくつかの分布例である．(a)〜(c) より，$C=1,2,3$ の場合のクラスタは 0〜2 次元の部分空間上にそれぞれ分布する．しかしながら $C \geq 4$ の場合は，(d) のように 2 次元 $(=K)$ の部分空間上に分布する．したがって $C \leq K+1$ に限れば，固有値はクラスタ数を反映していると予想される．また (b) と (e) のようにクラスタ数が等しい場合は固有値による区別は困難であるが，部分空間の方向を示す固有ベクトルは互いに異なる．(f) のように一部のクラスタが線型従属である特殊な場合においても，同様に固有ベクトルによる区別が可能である．

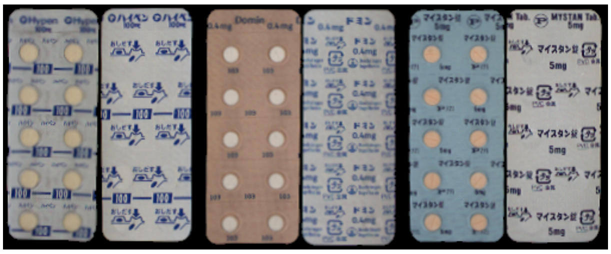
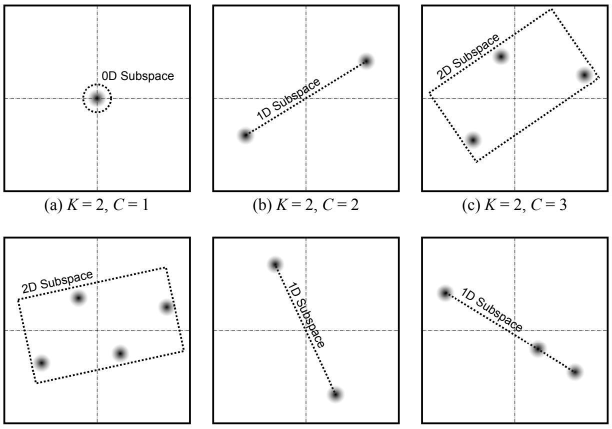


図 1 薬剤パッケージ画像（PTP）



(a) $K=2, C=1$ (b) $K=2, C=2$ (c) $K=2, C=3$

(d) $K=2, C=4$ (e) $K=2, C=2$ (f) $K=2, C=3$

図 2 少数のクラスタからなる分布と部分空間

これらの推察を色分布に置き換えると，RGB 空間（$K=3$）において代表色数が 4 色以下の場合，固有空間による識別が可能であると予想される．またその際，代表色数を推定する必要はなく，異なる代表色数のカテゴリ間も容易に照合できる．前述のように PTP は 2〜4 色程度でデザインされるため，この手法が機能すると考えられる．

2.2 固有空間による表現と相違度の定義

K 次元空間中の分布をなすベクトルを $\boldsymbol{x}_n (n=1,\ldots,N)$ とする．$\boldsymbol{x}_n$ のなす分布の共分散行列は次式で表現される．

$$\boldsymbol{S} = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}(\boldsymbol{x}_n - \bar{\boldsymbol{x}})(\boldsymbol{x}_n - \bar{\boldsymbol{x}})^{\mathsf{T}},$$

ここで $\bar{\boldsymbol{x}}$ は $\boldsymbol{x}_n$ の平均ベクトルである．$\boldsymbol{S}$ の固有値 $\lambda_k (k=1,\ldots,K)$ とそれらに対応する固有ベクトル $\boldsymbol{\phi}_k$ の関係は次式で表される．

$$\boldsymbol{S\Phi} = \boldsymbol{\Phi\Lambda},$$

ただし $\boldsymbol{\Lambda} = \mathrm{diag}(\lambda_1,\ldots,\lambda_K)$ および $\boldsymbol{\Phi} = [\boldsymbol{\phi}_1,\ldots,\boldsymbol{\phi}_K]$ である．なお $\lambda_1 \geq \ldots \geq \lambda_K \geq 0$ および $\boldsymbol{\Phi}^{\mathsf{T}}\boldsymbol{\Phi} = I$ と

Medicine package recognition using eigen-colorspace matching

†Kenjiro Sugimoto and Sei-ichiro Kamata, Waseda University

‡Koji Inoue and Yoshimitsu Kuroki, Kurume National College of Technology

表 1　性能評価実験に用いるテストセット

セット	画像数	カテゴリ数	備考
OBV	900	84	錠剤の見える面
REV	936	84	錠剤の見えない面
ALL	1836	168	OBV と REV

する．

二つの固有空間 $\mathcal{P}, \mathcal{Q}$ があり，それぞれの基底行列を $\mathbf{\Phi}, \mathbf{\Psi}$ とする．なお，固有ベクトルの符号不定性を考慮して，各固有ベクトル間の距離が小さくなるほうに片方の符号を反転させておく．ここで基底ベクトルの差分によって張られる空間の Frobenius ノルムを示す．

$$d^2 = \|\mathbf{\Phi} - \mathbf{\Psi}\|_F^2 = \mathrm{tr}\left((\mathbf{\Phi} - \mathbf{\Psi})^\mathsf{T}(\mathbf{\Phi} - \mathbf{\Psi})\right) \quad (1)$$

式 (1) の各固有ベクトルに重み係数を導入する．

$$d^2 = \left\|\mathbf{\Phi}\mathbf{\Lambda}_p^{\frac{1}{2}} - \mathbf{\Psi}\mathbf{\Lambda}_q^{\frac{1}{2}}\right\|_F^2 \quad (2)$$

ただし $\mathbf{\Lambda}_p, \mathbf{\Lambda}_q$ は $\mathcal{P}, \mathcal{Q}$ の固有値を並べた対角行列である．すなわち重み係数として標準偏差を採用した．我々は $\mathcal{PQ}$ 間の相違度として式 (2) を用いる．

2.3　相互部分空間法との相違点

提案手法は，手書き文字認識や顔認識を得意とする相互部分空間法 [2] の一つの発展形と考えられる．主な相違点として以下の二点が挙げられる．

- 提案法は相違度として差分空間の Frobenius ノルムを用いるが，相互部分空間法は正準角を用いる．ゆえに提案法では正準角導出のための固有値分解は不要である．一方，Frobenius ノルムは高次元の際に計算量が問題となる可能性がある．
- 提案法は固有値を基に重み付けするが，相互部分空間法は一般に各ベクトルをノルム 1 に正規化するために重みが 0 か 1 である．正規化の理由は，例えば手書き文字認識では薄い ‘A’ も濃い ‘A’ も同じカテゴリに属し，コントラストの違い（基底関数の振幅の違い）を無視すべきであるからである．これは提案法には当てはまらない．

このことから提案法は色分布向けに設計された相互部分空間法と言え，互いに対象とする問題が異なるため一概に良し悪しは比較できない．

3　性能評価実験

表 1 に示すテストセットを用いて提案法の性能評価を行う．全ての画像は 24bitRGB 形式であり QVGA 前後のサイズである．実験環境は CPU Intel Core 2 Quad 2.33GHz とメモリ 2GB で構成される．比較対象*1は，MPEG-7 に採用されているヒストグラム記述子 Scarable Color Descriptor (SCD) と代表色記述子 Dominant Color Descriptor (DCD) である [1]．

*1 http://savvash.blogspot.com/p/mpeg-7-descriptors.html

表 2　従来法と提案法の処理時間 [ms/package]

記述子	実装	構築時間	照合時間
SCD	C#	7.28	10.76
DCD	C#	374.05	245.21
提案法	C++	1.71	1.79

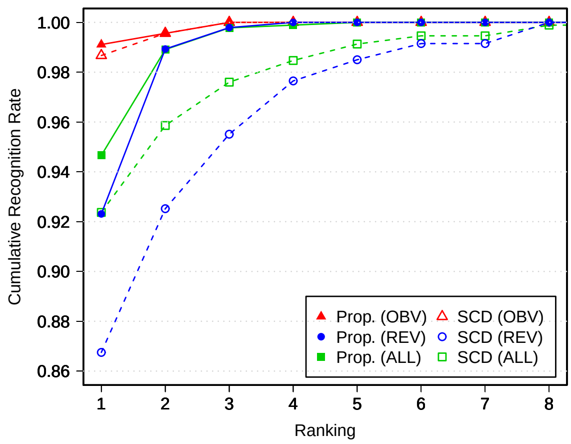


図 3　SCD と提案法の累積認識率

表 2 に構築時間と照合時間を示す．提案法が構築時間・照合時間ともに最も高速で，いずれも 2[ms/package] 未満であった．DCD はリアルタイムでの適用がやや困難である．

図 3 に SCD と提案法の累積認識率を示す．全てのテストセットにおいて提案記述子が SCD を上回り，特に REV では約 5% の認識精度の向上が見られた．REV に比べて OBV の認識率が高いが，錠剤色を含むことで次元数が向上するためであると考えられる．

4　おわりに

本稿では，少数の代表色からなる色分布のための固有空間表現を提案し，それを薬剤パッケージ認識に適用した．性能評価実験では，提案記述子がリアルタイム処理に適用可能であることと，SCD を上回る認識精度であることが示された．

今後の課題として，提案法に平均ベクトルを加えた記述の検討や，各カテゴリの適切な次元数の学習，外れ値に頑健な記述について取り組んでいく．

参考文献

[1] T. Sikora: “The MPEG-7 visual standard for content description—an overview”, *IEEE Trans.*, 11(6), pp.696–702 (June 2001).

[2] 前田賢一ほか: “局所構造を導入したパターン・マッチング法”, 信学論 D, vol.J68-D(3), pp.345–352 (1985-3).