

3M-9

# 特徴空間での空間分割を用いた類似検索手法の一検討

田邊 勝義 大谷 淳 岸本登美夫

NTT ヒューマンインタフェース研究所

## 1. はじめに

画像データベースの構成はその使用目的に応じて種々考えられるが、筆者らはカテゴリ(ものの名前)毎に画像が蓄積されたシステムを取り上げ、その類似形状検索について検討を進めている[1][2]。

本論文では、 $n$ 次元特徴空間において一定の規則に基づき空間分割することにより、カテゴリ内では多少異質な画像が検索キーの場合でも検索精度を落とさない手法を提案する。

## 2. 類似画像検索

筆者らは、各カテゴリ毎に標準図形(モデル)を考え、蓄積画像中の対象の標準図形からの”変形”を利用して類似検索を行う手法を検討している。その手法としては、各画像から抽出した各種特徴量( $m$ 個)に主成分分析を施し、次元を $n$ 次元に減少させ( $n < m$ )、さらに重回帰分析を行うことにより、人間の感覚に合った類似尺度の構築を目的としている。

## 3. $n$ 次元心理特徴空間

図1に標準図形を基準とした心理量を反映させた類似尺度を示す。

$P_k$ 点が検索キー画像の推定された点とすると、従来、この点から±方向に調べて類似度の近いものから順に候補画像として表示していた。図2に示す様にカテゴリの標準図形を原点とする $n$ 次元の心理特徴空間座標系を考えると(図2は3次元の場合)、1つのカテゴリはこの空間上で閉領域を構成していると考えられる。また、カテゴリ内の任意の画像はこの閉領域内の1点に対応する。ある画像が検索キーとして与えられ、その画像と類似した画像を検索するための類似尺度を計算することは、この座標系における検索キー画像ベクトルのノルムを計算することであり、類似度の等しい画像とは、このノルムを半径とする超球上の点の集合(蓄積画像は離散的に超球上に分布している)を指す。したがって、検索キー画像と等しいノルム(類似度)をもつ画像の中には、原点から検索キー画像ベクトルと反対の向きの画像ベクトルをもつ画像も超球上に類似候補として存在する。従来、類似検索において似ている画像も出て来るが、出てきた候補画像同志が似ていない画像があるということは、手法により原点座標のとり方に相違はあるが、この超球上の画像を候補画像として検索していた結果であると考えられる。検索キー画像が図3の点 $Q_i$ のように検索キー画像ベクトルのノルムが小さい場合には反対向きのベクトルをもつ候補画像 $Q_j$ とのベクトル $Q_i Q_j$ のノルムも小さいため画像 $Q_j$ は候補画像として許容されるが、点 $P_k$ のように検索キー画像ベクトルのノルムが大きい場合には反対向きのベクトル候補画像 $P_1$ とのベクトル $P_k P_1$ のノルムがその2倍大きくなり画像 $P_1$ は候補画像として許容できなくなる。さらに大きくなれば別のカテゴリに属する画像とした方が適切な画像も出て来る。このようにカテゴリ毎に分けられた画像データベースではカテゴリ内の画像の分布(あるいはカテゴリの数)と検

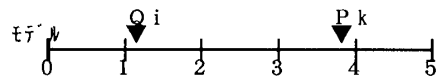


図1 類似尺度( $P_k, Q_i$ :検索キー画像)

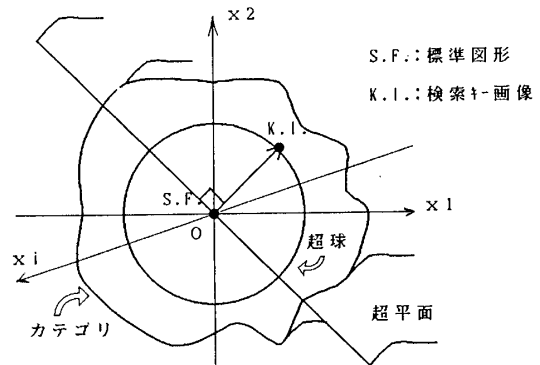


図2  $n$ 次元心理特徴空間

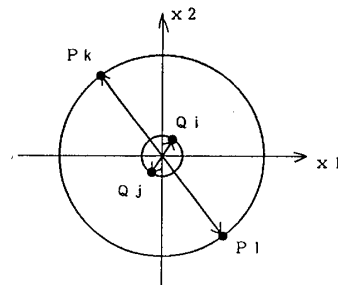


図3 標準図形から近い検索キー画像( $Q_i$ )と遠い検索キー画像( $P_k$ )の特徴空間上での関係

したがって、検索キー画像と等しいノルム(類似度)をもつ画像の中には、原点から検索キー画像ベクトルと反対の向きの画像ベクトルをもつ画像も超球上に類似候補として存在する。従来、類似検索において似ている画像も出て来るが、出てきた候補画像同志が似ていない画像があるということは、手法により原点座標のとり方に相違はあるが、この超球上の画像を候補画像として検索していた結果であると考えられる。検索キー画像が図3の点 $Q_i$ のように検索キー画像ベクトルのノルムが小さい場合には反対向きのベクトルをもつ候補画像 $Q_j$ とのベクトル $Q_i Q_j$ のノルムも小さいため画像 $Q_j$ は候補画像として許容されるが、点 $P_k$ のように検索キー画像ベクトルのノルムが大きい場合には反対向きのベクトル候補画像 $P_1$ とのベクトル $P_k P_1$ のノルムがその2倍大きくなり画像 $P_1$ は候補画像として許容できなくなる。さらに大きくなれば別のカテゴリに属する画像とした方が適切な画像も出て来る。このようにカテゴリ毎に分けられた画像データベースではカテゴリ内の画像の分布(あるいはカテゴリの数)と検

索精度はtrade-offの関係にあると言える。実際にはあるカテゴリを選択したとき、その分布が理想的な状態であることはありえないので今までに述べた検索キー画像Pkと候補画像Plと似た関係は存在する。

4. 空間分割手法

候補画像として許容できない範囲の画像をうまく特定し、排除できれば検索の精度の向上が期待できる。

検索キー画像ベクトルのノルムがどのくらいの値以上なら排除するというしきい値を用いる方法も考えられるが、ここではノルムの値ではなく、検索キー画像ベクトルが属する空間により規則的に許容する空間(あるいは排除する空間)を決定する手法を提案する。

簡単のために2次元の特徴空間を考える(図4の(a)(b)(c))。空間を図4(a)の(7)(1)(7)(1)のように4象限に分けることができる。検索キー画像が第I象限にあるとすると候補画像として許容する範囲の絞りこみ方法として以下の3手法が考えられる。

- (i) 検索キー画像ベクトルが属する象限と同じ象限の画像だけを選択する( $x_i > 0 (i=1, \dots, n)$ )の領域 図4(a)の場合第I象限)。
- (ii) 検索キー画像ベクトルが属する象限と符号が反対の象限の画像だけを排除する( $-x_i > 0 (i=1, \dots, n)$ )の領域 図4(b)の場合第III象限を排除)。
- (iii) 検索キー画像ベクトルを法線ベクトルとする超平面で特徴空間を分け検索キー画像ベクトルの属する領域の画像を選択する(超平面  $f(x_1, \dots, x_n) > 0$  の領域 図4(c)の場合  $ax_1 + bx_2 > 0$ )。

(i)は画像が一様分布である前提で3案の中で絞り込み効率が高い( $n$ 次元での占有率:  $1/2^n$ )。検索キー画像が各特徴軸の近くにある場合の難点を回避するために(i)の領域に接する領域を含めた領域に絞り込む手法も考えられる( $(n+1)/2^n$ ) [2次元では図4(b)に相当]。(ii)は検索キー画像ベクトルと最も遠く離れた各特徴軸に囲まれた閉領域を排除する。もれは少ないが絞り込み効率は落ちる( $(2^n - 1)/2^n$ )。(i)の領域と(ii)の排除する領域とも、特徴量の次元数が多くなると小さくなる。(iii)は次元数に左右されず常に領域を半分に分ける。(i)(ii)(iii)とも検索キー画像ベクトルのノルムのしきい値を併用することが(図4点Qiには適応せず、点Pkには適用するようなしきい値 $th$ )、より効果的である。以上から(i)の手法を採用した。

5. 実験と考察

5.1 対象画像と主観評価

画像は蝶33画像の白色無背景の輪郭形状図形を用いる(標準図形「図5」を含む)。

一方、被験者21人(男性18人;女性3人)が標準図形と蓄積画像との類似度を5段階評価(小数点を含む)するものを主観評価データとして用いる。

5.2 類似度の評価

一例として、蝶について本手法(i)の適用前と後での結果を図6に示す。図6(a)では検索キー画像が標準図形

から離れているためモデルから似ていないという点で似ている図形が多く候補として存在する。図6(b)では、図形の横方向の広がりや羽の角度の鋭角性に特徴のある群に位置している画像が候補として上がっている。このことから本手法の絞り込みによって、標準図形と比較して特徴ある心理的性質を現わす群を選択できる見通しが得られた。

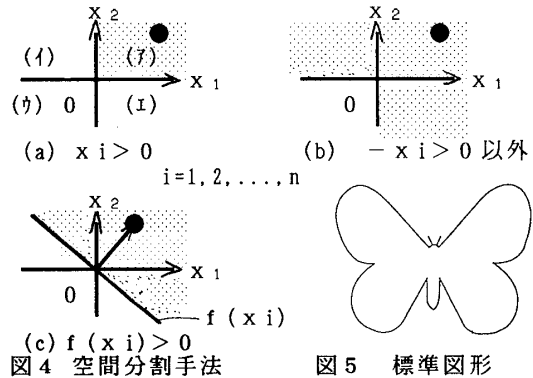
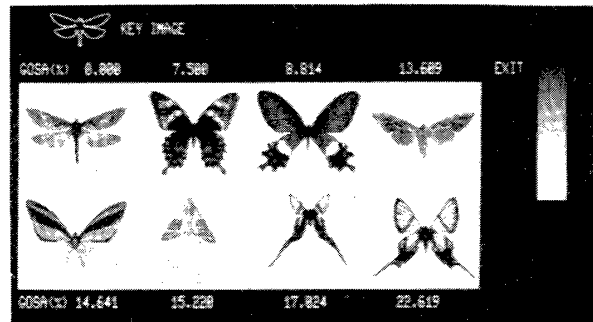


図4 空間分割手法 図5 標準図形



(a)本手法適用前

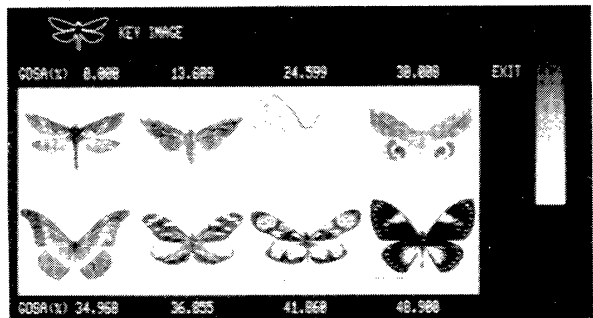


図6 検索結果 (b)本手法適用後

6. おわりに

本稿では、類似検索のための特徴空間の分割手法を提案した。多変量解析により物理空間を心理空間に対応づけた後にn次元心理特徴空間を利用して検索の精度を上げる手法として空間分割を用いている。この特徴空間の選択を検索のために利用する空間分割の手法は通常n次元の物理特徴空間にも適応できる。また、適用画像に制限はない。

文献 [1]田邊、大谷: "輪郭線特徴量を用いた形状類似画像検索の一検討", 情報大全Vol. 38, 6C-3, (1989)  
 [2]田邊、大谷: "形状類似画像検索における類似尺度の検討", 信学技報 PRU88-68 (1988)