

認知構造を利用した画像検索システム

7Q-8

三田村 保† 大内 東† 尾田 政臣†
北海道大学工学部† ATR 人間情報通信研究所†

1. はじめに

画像データベースを検索する場合、検索者自身のイメージが曖昧な場合が想定される。このような場合、利用者の検索過程は図形概念の認知構造の形成過程として捉えることができ、選択された図形概念の類似性を利用した検索方式 [1]、遺伝的アルゴリズムを用いた検索方式が提案されている [2]。

本稿では、人間の図形概念の認知構造を決定規則として獲得し、決定規則を利用した画像検索法を提案する。

2. 画像検索システム

2.1 諸記号・諸定義

本稿で使用する諸記号・諸定義を記述する。

$U = \{x_i | i = 1, 2, \dots, n\}$: 顔画像データベース

$A = \{a_j | 1 \leq j \leq m\}$: 属性集合。

$V^{a_j} = \{v_p^{a_j} | 1 \leq p \leq l^{a_j}\}$: 属性 $a_j (a_j \in A)$ に対する値の集合。

$x_i = \{x_{ij} | 1 \leq j \leq m\}$: 顔画像ベクトル

$\text{CARD}(X)$: 集合 X の要素数。

画像ベクトル x_i は、 m 個の特徴の成分を持つベクトルである。

2.2 システム概要

画像データベースの検索システムは、画像データベースに格納された画像集合 U の中から検索者にとって最も希望する画像 $x_T (x_T \in U)$ を検索することを支えるシステムである。

その場合、検索者の想定する検索対象画像 x_T が事前に明確である場合と、ない場合が想定できる。前者の場合、検索者の求める検索対象画像 x_T がはっきりしており、検索対象の特徴や分類名等の検索キーを

用いたり、部分画を入力し検索を行う。後者の場合、検索者が検索対象に対して曖昧なイメージのみを持っている状態で画像データベースの検索を行う場合が想定される。このような状況では、検索者は検索希望対象の特徴や分類名等を明確に言語化して示すことはできない。しかし、そのような状況下でも、データベース中の画像を提示することによって検索希望画像か否かの判断は可能である。よって画像自身をキーとして検索することによって対応する。検索者は明確にイメージを表現することができないので、次々に画像を検索し、好みに合った画像をマークし、最後まで検索が終了すると、マークしたデータを再度呼び出し比較しながら最終的に最も望ましい画像を選択することになる。

検索の手順はステップ k を用いて以下に示す。ここで、 X_1 は選択画像集合、 X_2 は非選択画像集合、 X_3 は未提示画像集合であり ($X_i \subseteq U, X_i \cap X_j = \phi, \cup X_i = U$)、第 k ステップにおける各画像集合を $X1(k), X2(k), X3(k)$ とする。

(1) 検索者に $k = 0$ における提示顔画像集合 $Y(0)$ を決定、提示する。

(2) while(検索者の検索終了指示 \neq yes)

(a) ターゲット $x_T \in U$ を検索するために、検索者が x_T と思われる顔画像 $X1(k)$ を選択する。

(b) $X2(k) := Y(k) - X1(k)$;

$$D1(k) := \bigcup_{i=0}^k X1(i);$$

$$D2(k) := \bigcup_{i=0}^k X2(i);$$

(c) $D1(k)$ と $D2(k)$ を基にして、提示顔画像集合 $Y(k+1) (\subseteq X3(k))$ を決定、提示する。

(d) $k := k + 1$;

A Image Retrieval System Using Cognition Structure

†Tamotsu MITAMURA, Azuma OHUCHI

‡Masaomi ODA

†Faculty of Engineering, Hokkaido University

Kita 13 Nishi 8, Kita-ku, Sapporo, 060, Japan

‡ATR Human Information Processing Research Laboratories

上記の検索プロセス(c)に対して、図形概念形成時の動的特性について調べ、文脈依存による検索方式が提案されている[1]。文脈依存の検索方式は、選択画像集合 $D1(k) (\subseteq U)$ の平均画像を算出し、任意の未提示画像集合 $S (\subseteq U - D1(k) \cup D2(k))$ との類似性を計算し、類似性の高い画像集合 $Y(k) (\subseteq S)$ を次候補として提示する。このように、検索者の既選択画像を利用し、検索の文脈を制御することによって、効率的な検索を実現している。

また、著者らは遺伝的アルゴリズムを利用した画像検索方法を提案している[2]。画像を個体とし、選択された画像に高い適応度を与え、個体集合に進化的操作を施し、検索対象と思われる提示画像集合を決定するものである。

上記のいずれの方法は検索者の選択情報は利用しているが、非選択情報を積極的に利用しているとは言えない。よって本稿では、画像検索過程での検索者の認知構造を獲得するために、選択画像および非選択画像における各属性値の従属度を特定し、属性の優先順位を解析し、決定規則を生成する。

3. 認知構造の獲得

検索システムにおいて検索者の画像に対する認知構造を獲得することは、検索者の提示画像集合に対する意思決定の決定規則を獲得することである。提示画像は各属性に対する属性値を持つことより、提示画像集合 $Y(k)$ は、属性 a_j によって以下の同値類の部分集合に分割される。

$$Y(k) = \{Y(k)_1^{a_j}, Y(k)_2^{a_j}, \dots, Y(k)_n^{a_j}\} \quad (1)$$

$$n = \text{CARD}(V_{a_j})$$

画像集合 $Y(k)_p^{a_j}$ は属性 a_j において属性値 $v_p^{a_j}$ をもつ画像集合である。

検索者は提示された画像集合 $Y(k)$ を比較・検討し、対象画像 x_T と類似した画像を選択するという行為は意識的か無意識に関わらず各画像の属性を検討し、 x_T と同様の属性値を持つ画像を選択画像集合 $D1(k)$ の要素として考えられる。よって検索者の決定規則は、提示された画像集合 Y に対する選択画像集合 $D1(k)$ および非選択画像集合 $D2(k)$ の各属性値の従属度を計算することによって求めることが可能である。

3.1 属性の従属度

選択画像集合、非選択画像集合の各属性 a_j の値 $v_p^{a_j}$ について従属度を計算する。

$$S1(v_p^{a_j}) = \frac{\text{CARD}(X1(k)_{v_p^{a_j}})}{\text{CARD}(Y(k)_{v_p^{a_j}})} \quad (2)$$

$$S2(v_p^{a_j}) = \frac{\text{CARD}(X2(k)_{v_p^{a_j}})}{\text{CARD}(Y(k)_{v_p^{a_j}})} \quad (3)$$

従属度が1であるとき、属性 a_j の属性値 $v_p^{a_j}$ は決定規則において無矛盾である。従属度が低い程、決定規則において矛盾が多く含まれていることになる。また、従属度が0であるときは、決定規則において無関係である。

3.2 決定規則の獲得

k ステップまでに得られた検索者の選択および非選択画像に対する属性の従属度 $S1, S2$ より決定規則を得る。選択決定規則 $R1(v_p^{a_j})$ 、非選択決定規則 $R2(v_p^{a_j})$ は、提示画像集合に対する属性 a の値 a_v の従属度 $S1, S2$ を合成することにより生成する。この場合、時間的文脈を考慮するために係数 $\alpha (1 > \alpha > 0)$ を用いて以下とする。

$$R1(k) = \max_i (\alpha^{k-i} S1(i)) \quad (4)$$

$$R2(k) = \max_i (\alpha^{k-i} S2(i)) \quad (5)$$

今回の提示画像集合を決定する場合、決定規則 $R1(k), R2(k)$ により任意の画像集合の中から属性値の従属度が高い画像を提示画像 $Y(k+1)$ として選択し、検索者に提示する。

4. おわりに

本論文では、検索システムにおいて、人間の図形概念の決定規則の獲得を行ない、画像検索の支援を行った。今後の課題として、複数の属性による選択画像集合への従属度の計算、概念形成過程の動的解析および実験が挙げられる。

参考文献

- [1] 尾田: "人間のイメージ形成過程の特性を利用した画像検索システム", 情報処理学会論文誌, Vol. 35, No. 7, pp1449-1456(1994).
- [2] 長尾, 三田村, 山本, 大内: "遺伝的アルゴリズムを用いた顔画像検索アルゴリズム", 平成8年度電気関係学会北海道支部連合大会(1996).