

D-007

# 潜在的意味空間と連想規則を用いた印象語による顔検索システム

## Face Image Retrieval Based on Latent Semantic Space and Association Rules

川井 優司  
Yuji Kawai

伊藤 秀昭  
Hideaki Ito

奥水 大和  
Hiroyasu Koshimizu

### 1. はじめに

顔画像を有効に利用するためには、顔画像に索引付けを行うシステム、および印象語を用いて顔画像を検索するシステムを開発する必要がある。顔画像を検索するシステムでは、問い合わせに与えられる印象語に適合する顔画像を、索引付けられた顔画像の集合から検索する。しかし、人手による索引付けでは、索引付けられる印象語にばらつきが生じる。そのため、顔画像検索システムでは索引付けられた顔画像から、印象語に厳密に一致する顔画像だけを適合する顔画像として検索するのでは不十分である。

これまで我々は顔画像に索引付けを行うシステムの開発を進めてきた[2]。このシステムでは潜在的意味索引付け[1]を用いて潜在的意味空間と呼ぶ空間を構成している。潜在的意味空間では視覚特徴と記号特徴である印象語とが統合されているので、印象語を用いた顔検索メカニズムを実現できると考えられる。本論文では潜在的意味空間と連想規則を適用した印象語による顔検索システムと、その実験結果について述べる。

### 2. 顔記述と潜在的意味空間

個々の顔記述は、顔画像、顔画像の視覚特徴およびキーワードの3つから成る。視覚特徴は顔部品の大きさや長さを表す数値であり、24ヶ所の顔部品の距離を計測して得た。キーワードは顔部品の印象的な大きさや長さを表す印象語である。本研究では240件の顔画像を計測して視覚特徴を得た。また、印象語として76種のキーワードを得た。

顔記述の視覚特徴とキーワードを用いて個々の顔を表現する顔記述ベクトル[2]を構成する。顔記述ベクトルの集まりは顔記述行列となる。潜在的意味空間は顔記述行列に潜在的意味索引付け[1]を用いて構成される。しかし計測された視覚特徴に潜在的意味索引付けを適用すると、潜在的意味空間ではキーワードと視覚特徴とが離れている。このため視覚特徴を正規化する。正規化には式2-1を用いる。

$$v'_{ij} = \frac{v_{ij} - \bar{v}_j}{s_j} + 0.5 \quad (\text{式 2-1})$$

$v_{ij}$  は計測された値、 $v'_{ij}$  は正規化された値、 $\bar{v}_j$  は属性  $j$  の平均、 $s_j$  は属性  $j$  の標準偏差である。視覚特徴の平均を0.5とするために0.5を加える。

正規化により得られた顔記述行列  $A$  に潜在的意味索引付けを適用する。顔記述行列  $A$  は  $A=U\Sigma V^t$  と特異値分解により分解される。 $U$  は属性行列、 $\Sigma$  は特異値行列、 $V$  は顔記述行列である。これらの行列を用いて潜在的意味空間を構成する。

### 3. 連想規則

顔記述に付与されているキーワードを用いて連想規則[3]を構成する。連想規則を構成するためには支持度、および確信度を指定する必要がある。確信度および支持度は次のとおりである。

$$\text{確信度} = \frac{\text{条件部と結論部のキーワードが付与された顔記述の数}}{\text{条件部のキーワードが付与された顔記述の数}}$$

$$\text{支持度} = \frac{\text{キーワードの組が含まれる顔記述の数}}{\text{顔記述の数}}$$

例えば、次の連想規則が得られる。「長い鼻→面長、確信度 22.2%、支持度 1.7%」、「小さい鼻、小さい顔→小さい口、確信度 75.0%、支持度 1.2%」。

### 4. 顔記述検索

#### 4-1. 顔記述検索処理の流れ

潜在的意味空間を用いて顔記述を検索するために、顔記述検索処理を行う。顔記述検索処理の流れを図1に示す。

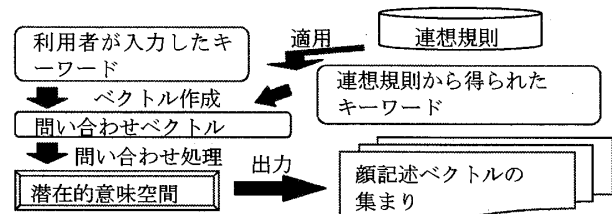


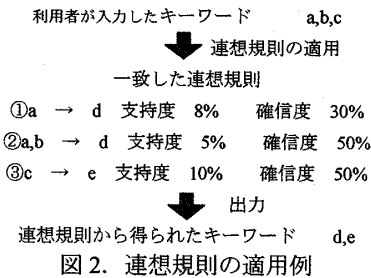
図1. 顔記述検索処理の流れ

顔記述検索処理では利用者が印象語をキーワードとして入力する。入力されたキーワードに連想規則を適用して、キーワードを展開する。次に、入力されたキーワードと連想規則によって得られたキーワードを用いて問い合わせベクトルを作成する。このベクトルを変換して潜在的意味空間で適用される問い合わせベクトルを作成する。問い合わせ処理では顔記述ベクトルの集まりを出力する。

#### 4-2. 連想規則の適用

連想規則を用いたキーワードの展開は次のように行われる。まず利用者が入力したキーワードが連想規則の条件部と一致するかどうかを調べる。条件部が満たされれば、連想規則の結論部のキーワードを問い合わせベクトルの作成に加える。

図2に連想規則の適用例を示す。連想規則の適用では、確信度が大きい連想規則が優先される。図2では①と②の連想規則からキーワード  $d$  が得られる。この場合、確信度の大きい②の連想規則がキーワードの展開に用いられる。



4-3. 問い合わせベクトル

利用者が入力したキーワードと、連想規則によって得られたキーワードを用いて問い合わせベクトルを作成する。このベクトルのキーワード部にはキーワードの重みが記入される。利用者が入力したキーワードの重みは1である。また、連想規則によって得られたキーワードの重みは適用された連想規則の確信度である。視覚特徴部には平均値である0.5が記入される。図3にベクトルの例を示す。

$$\mathbf{q}^t = (\underbrace{0, 1, 0.5, 0, \dots}_{\text{キーワード部}}, \underbrace{1, 0.5, 0.5, \dots, 0.5}_{\text{視覚特徴部}})$$

図3. ベクトルの例

潜在的意味空間で問い合わせ処理を行うために、このベクトルを  $\hat{q} = \mathbf{q}^t \mathbf{U}_k \Sigma_k^{-1}$  によって変換して問い合わせベクトル  $\hat{q}$  を作成する。kは問い合わせ処理に用いる潜在的意味空間の次元数である。

問い合わせベクトル  $\hat{q}$  と潜在的意味空間内の顔記述ベクトルとの間の類似度は、コサイン類似度を用いて計算する。

5. 実験

問い合わせ実験を行った。問い合わせ実験では35種のキーワードの組を用いた。例えば、次のような問い合わせが用いられた。

[問い合わせ実験に用いたキーワードの例]  
 大きい口  
 四角い顔,四角いあご

利用者が入力したキーワードに連想規則を適用しない場合と連想規則を適用した場合の実験を行った。

また、実験では潜在的意味空間の累積寄与率に基づいて次元数を変化させた。用いた次元数は表示に用いる3次元、累積寄与率が0.8を超えた次元、累積寄与率が0.9を超えた次元、および全ての次元の4種である。問い合わせベクトルと空間の顔記述ベクトルとの類似度を判定するためのしきい値を10°から90°まで変化させた。それぞれの次元で得られる結果の平均精度と平均再現率を求めた。精度は  $\alpha/\beta$ 、再現率は  $\alpha/\gamma$  で表され、 $\alpha$ は人の評価と一致する顔記述の数、 $\beta$ は問い合わせ処理で得られた顔記述の数、 $\gamma$ は問い合わせに用いられたキーワードが付与された顔記述の数である。

まず、連想規則を適用せずに問い合わせ処理を行い、しきい値を変化させた。図4に結果の平均精度と平均再現率を示す。

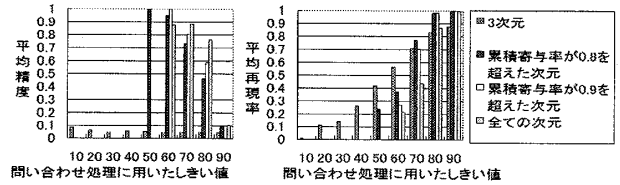


図4. 連想規則を適用しない場合 平均精度と平均再現率

次に、支持度が1%以上、確信度が20%以上の連想規則をキーワードの展開に用いた。連想規則の数は185個である。問い合わせである35種のキーワードの組に連想規則を適用した。各々の組に対して約2.8個のキーワードを得た。

連想規則を適用して問い合わせ処理を行い、しきい値を変化させた。図5に結果の平均精度と平均再現率を示す。

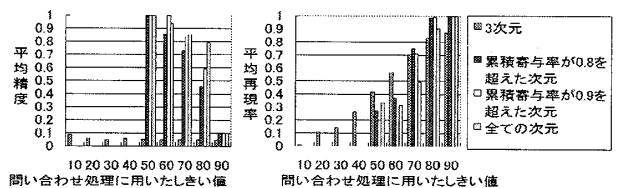


図5. 連想規則を適用した場合 平均精度と平均再現率

実験の結果を比較すると、3次元および累積寄与率が0.8を超えた次元での問い合わせ処理では、連想規則の有効性は明確ではない。しかし、累積寄与率が0.9を超えた次元および全ての次元での処理では、連想規則を適用しないときより、適用したときの平均再現率が高い。また、すべての次元を用い、かつしきい値を70°としたとき以外の平均精度は、連想規則を適用することにより向上した。さらに、しきい値が50°の場合、連想規則を適用しないときは顔記述が得られないが、適用すると顔記述が得られる。

6. まとめ

本論文では潜在的意味空間と連想規則を適用した印象語による顔検索システムとその実験結果について述べた。

利用するユーザの反応に応じてより適切な結果を出力するように潜在的意味空間を変更するシステムを開発することが今後の課題の1つである。

謝辞

本システムで用いた顔画像データは(財)ソフトピアジャパン研究開発グループ地域結合型共同研究推進室から使用許諾を受けたものです。

参考文献

[1]Michael W. Berry, Susan T. Dumais, Todd A. Letsche: Computational Methods for Intelligent Information Access, Proc. IEEE/ACM SC Conference 1995.  
 [2]川井, 伊藤, 奥水: 潜在的意味索引付けとルールを統合した顔注釈システムについて, 情報処理学会第71回全国大会.  
 [3]元田, 津本, 山口, 沼尾: データマイニングの基礎, オーム社, 2006.