

〈一般研究課題〉 顔イメージを対象とした生活空間を豊かにするための  
の感性語による索引付けに関する研究  
助成研究者 中京大学 伊藤 秀昭



## 顔イメージを対象とした生活空間を豊かにするための 感性語による索引付けに関する研究

伊藤 秀昭  
(中京大学)

### On annotation of face images in impressive words for making a bountiful life

Hideaki Ito  
(Chukyo University)

#### Abstract

This paper presents three mechanisms for face image annotation in terms of impressive words. The impressive words represent impressions inspired from face images. To develop an annotation mechanism it is necessary to integrate two types of features, they are visual features and symbolic features. These features are corresponding to lengths/widths of face parts in a face image, and keywords assigned to the face image. The function of the mechanism is to find the suitable symbolic features to a face image based on the visual features of it, when the face image is given as a target for annotation. In order to realize such function, we try to implement three mechanisms which are based on latent semantic indexing, decision trees and association rules. When latent semantic indexing is applied, a space is constructed whose members are visual features and symbolic features. Decision trees specify relationships between visual features and symbolic features. Association rules specify co-occurrence relationships among symbolic features. Moreover, the efficiencies of these mechanisms are measured in a sense of recall and precision of assigned keywords to face images.

## 1. はじめに

近年、画像データを容易に扱う環境やツールが整い、画像データはWebページやアルバムなどでは一般的なコンテンツとなっている。このことに伴って、多大な量の画像データが蓄積されるようになってきた。しかし、画像データの増加に伴って大量の画像データの管理や利用が困難になっている<sup>1), 8)</sup>。画像データを管理して利用するためには、画像データの内容を適切に表現する語彙をキーワードとして画像データと共に記述する必要がある。例えば、画像データが風景写真ならば、写真に写った対象や画面上の領域の名称がキーワードとして付与されるであろう。画像データは画像の画質等の性質や数値的な特徴を記述するのではなく、画像の被写体や表現内容が記号化されて記述されることによって管理や検索が容易となる。さらに、画像データが静物や風景などの静的な被写体であり事実や表現対象をキーワードとして付与するだけではなく、感性に基づくキーワード付与が必要となることがある。例えば、芸術作品の感想、写真や絵画を見た際の印象や感想などをキーワードとして付与することや、印象が検索対象となることも要求されるようになってきた。しかし一般的な画像の索引付けや印象による索引付けは現時点においては困難であるので、対象領域を限定して感性や直感に基づく知識を明確にする必要がある。

本研究では、芸術作品と比較して印象記述のための印象語が表出するであろうと考えられる顔イメージを対象とする。例えば、日常生活において多くの場合、「人に会ったとき」や人の「顔を見たとき」には、その特徴が言語化されて、印象として表現されるであろう。

我々はこれまでに顔イメージの印象語による索引付け機構やシステムの開発を進めてきた<sup>4), 5), 6)</sup>。「印象語」は顔イメージを表現するための言葉であり、顔イメージをみたときに想起される印象を表現するための言葉である。画像に対する印象を処理対象とする際には、顔イメージに限らず、視覚特徴と記号特徴とを統合する必要がある。顔イメージを処理対象とするとき、視覚特徴は顔部品の大きさや長さに相当する。また、記号特徴は顔イメージから受ける印象を表現するための印象語が相当する。視覚特徴と記号特徴を統合するための機構として、本研究では視覚特徴と記号特徴とが混在する空間を構成する隠れ意味空間、決定木に基づく判断規則、および記号特徴の共起関係を記述する連想規則を採用する。このことによって記号特徴と視覚特徴の関係が明らかになると考えられる。むろん、人間の感性や知識のレベルでは、印象を記述する語彙が互いに関連していたり、複数の視覚特徴が互いに関連していたりすると考えられる。これらの関連性は規則を用いて記述されたり、空間上での位置関係で表されたりする。

隠れ意味索引付け<sup>2)</sup>では、顔記述に基づき隠れ意味空間と呼ぶ空間が構成される。また、本研究では2つの隠れ意味空間が構成される。1つは視覚特徴により記述された顔イメージに基づき構成される視覚空間、他方は視覚特徴と記号特徴より構成される統合空間である。視覚空間はキーワード付与の対象となった顔イメージと類似する顔イメージを検索するために、また、統合空間は与えられた顔イメージに適するキーワードを検索するためにそれぞれ利用される。さらに、記号特徴と視覚特徴の関連は決定木を用いて表され、決定木から規則が作成される。この規則を決定規則と呼ぶ。決定規則はキーワード毎に構築され、対象となった顔イメージの視覚特徴が決定規則の条件を満たせば所定のキーワードが付与される。一方、記号特徴間の関連は連想規則により記述される。連想規則では記号と記号間の関連のみが記述される。あるキーワードと同時に他のキーワードが付与されることが多いので、そのような規則を関連規則として抽出する。

これまでに画像データの視覚特徴に基づき記号特徴を付与するシステム構築が進められている。文献2), 10)では、視覚特徴と記号特徴の関連が規則を用いて表されている。このとき、視覚特徴として色情報やテクスチャが用いられている。文献9), 12)では隠れ意味空間に基づく索引付けが試みられた。文献9)ではWebページに記載されている画像の索引付けが試みられた。画像データの色情報が視覚特徴として用いられている。また、文献12)では単純な隠れ意味索引付けではなく、確率的隠れ索引付けが適用されている。

本報告では、索引付けのために構築されたサブシステムの構成、手法の概要などについて述べる。第2節ではシステム構成について示す。顔イメージの記述は第3節に示す。第4節では、実装した3つの手法である隠れ意味空間を用いた方法、決定木を用いた手法、および連想規則を用いた手法について簡潔に示す。第5節に、まとめと今後課題を示す。

## 2. システム構成

図1に開発を進めているシステムのシステム構成を示す。顔イメージの視覚特徴を部位データといい、顔の長さ、顔の広さ、鼻の長さなど、顔部品の大きさや長さなどがある。顔イメージは部位データによって特徴付けられている。本システムが提供する機能を用いて与えられた顔イメージに索引付けが行われる。得られる結果は顔に付与されるキーワードである。

視覚特徴や記号特徴が事前に付与された顔記述が隠れ意味空間や種々の規則を構成するために必要である。これらは顔イメージデータベースに格納されている。顔イメージデータベースの構成要素は、顔イメージ、顔イメージより計測された部位データ、および事前に我々が付与したキーワードである。キーワードには、顔部品の大きさや長さ、または形状を表す語彙がある。例えば、「鼻が長い」、「目が小さい」「目が丸い」など。現在、顔部品の特徴を示すために43種類の印象語が登録されている。

隠れ意味索引付けでは特異値分解によって顔イメージの集合を記述する行列に基づいて隠れ意味空間が構成される。本システムでは2種の隠れ意味空間が構成されている。1つは視覚空間であり、他方は統合空間である。視覚空間は部位データより成る顔記述より構成され、構成要素は顔イメージである。また、統合空間は顔イメージ、部位データおよびキーワードを記述した顔記述より構成され、その構成要素は顔イメージおよびキーワードである。まず、視覚空間を用いて対象となった顔イメージと類似する顔イメージが求められる。次に、先のステップから得られた顔イメージに基づきキーワードが統合号空間を用いて検索される。得られたキーワードが対象となった顔イメージ

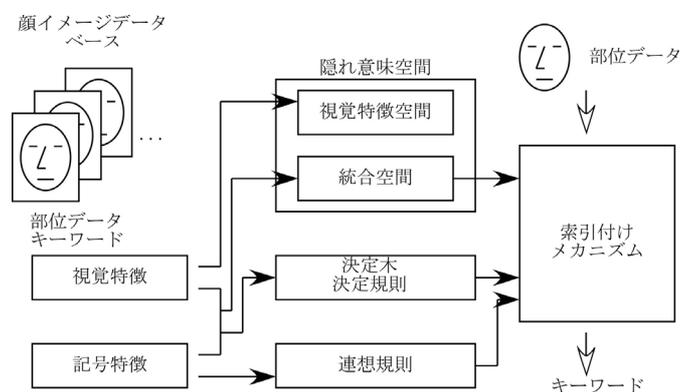


図1 システム構成

に対するキーワードと見なされる。

決定木<sup>3)</sup>は判断を記述するための木構造である。本システムでは部位データとキーワードとを関連づけるために構成される木構造である。決定木より規則が構成され、得られた規則は決定規則と呼ばれる。決定規則の条件部は部位データに関するパターンである。また、結論部はキーワードである。索引付けの対象となった顔イメージの部位データが、決定規則の部位データに関するパターンを満たすならば結論部に付与されたキーワードが付与される。むろん、決定木は顔イメージデータベースに格納された顔記述より構成される。

連想規則<sup>3)</sup>は一般には何らかの要素間の共起関係を記述するための規則である。本システムではキーワードの共起関係を表現するための規則である。例えば、「小さい目」、「小さい鼻」といった小さい顔部品を有する顔イメージでは、他の顔部品も小さいと考えられる。このように、連想規則はあるキーワードから頻繁に連想されるようなキーワードを得ることを可能とする。

システムはこれらの手法を実装するサブシステムより成る。利用者(注釈者)は提供されているサブシステムより得られるキーワードを適切に統合することにより、顔イメージにキーワードを付与する。

### 3. 顔記述

1つの顔記述は計測された部位データと付与されたキーワードから成る。部位データは顔部品の大きさや長さである視覚特徴であり、数値データである。図2に部位データの計測場所を示す。隠れ意味空間、決定木および連想規則を構築するために、約250枚の顔イメージに対して部位データを計測すると同時に、キーワードを付与した。キーワードは、顔部品の印象的な大きさ、長さ、広さを表現するための印象語であり、43個がある。例えば、目が大きい、目が小さい、目が丸いなどがある。

顔記述は、キーワード部と部位データ部より成る。1つの顔記述はベクトル表現を用いて  $F_i = (k_{i,1}, k_{i,2}, \dots, k_{i,43}, v_{i,1}, v_{i,2}, \dots, v_{i,24})$  と表される。このベクトルは2つの部分より成り、 $k_{i,1}, k_{i,2}, \dots, k_{i,43}$  はキーワード部の構成要素、および  $v_{i,1}, v_{i,2}, \dots, v_{i,24}$  は部位データ部の構成要素である。 $k_{i,j}$  はキーワード  $j$  が顔イメージ  $i$  に付与されているかどうかを表し、キーワードが付与されていれば1が、キーワードが付与されていない場合は0が記入されている。また、部位データ部の値  $v_{i,1}$  は部位1の計測データである。

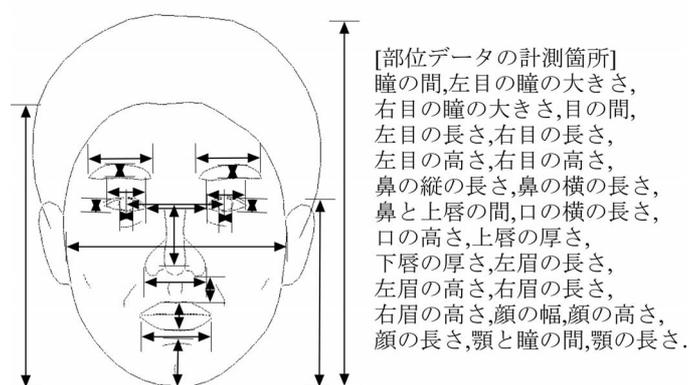


図2 部位データ

## 4. 注釈機構

### 4.1 隠れ意味空間

第3節に示したように顔記述はベクトルを用いて表現され、顔記述ベクトルとなる。顔記述ベクトルの集まりが顔記述行列 $F$ となる。顔記述行列は隠れ意味索引付けにおいて実行される特異値分解により、 $F=USV^T$ として3つの行列に分解される。Uは属性行列、Sは特異値行列および $V^T$ は顔行列である。属性行列Uの要素は顔記述ベクトルの属性を表現する属性ベクトル、顔行列 $V^T$ の要素は顔イメージを表現する顔イメージベクトルである。また、特異値の数を制限することにより、考慮すべき空間の次元が縮小される。すなわち、 $F=USV^T \approx U_k S_k V_k^T$ によって近似される。この次元縮小に応じて、属性ベクトルおよび顔イメージベクトルの次元も縮小される。

視覚空間は部位データよりのみ成る顔記述ベクトルより構成される。視覚空間の構成要素は顔イメージである。顔イメージはベクトルで表現されており、視覚空間における顔イメージベクトルとなっている。また、統合空間は部位データ部とキーワード部より成る顔記述ベクトルに基づき構成される。統合空間の構成要素は、キーワードおよび顔イメージである。これらはベクトルで表されており、統合空間におけるキーワードベクトルおよび顔イメージベクトルとなる。

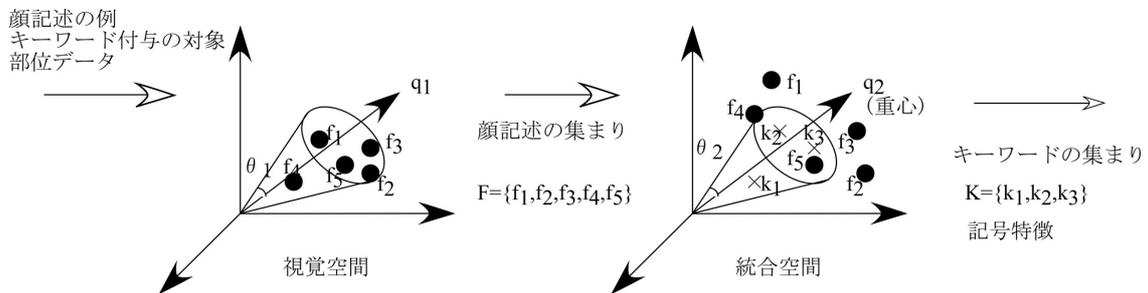


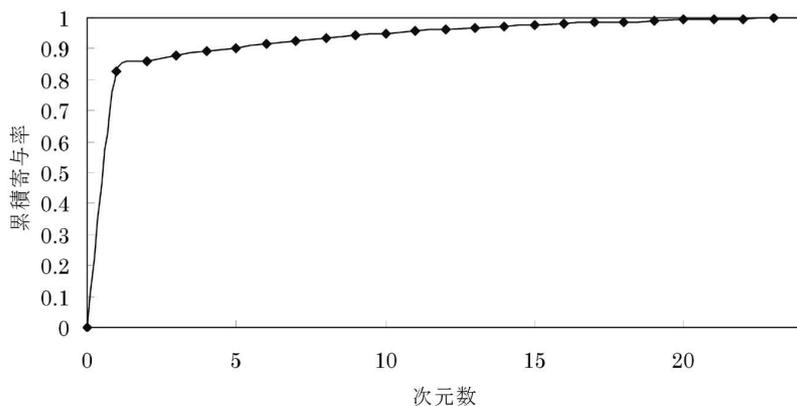
図3 隠れ意味空間を用いたキーワード付与の概略

隠れ意味空間を用いたキーワード検索の概略を図3に示す。まず、キーワード付与の対象となった顔イメージの部位データが計測され、それらがベクトル化される。このベクトルを問い合わせベクトルとして、付与対象となった顔イメージに類似する顔イメージが検索される。このとき、ベクトル間の類似度の評価には余弦距離が用いられている。余弦距離を定義するための角度として閾値を設定することができる。検索結果としていくつかの顔イメージが得られるので、得られた顔イメージの統合空間での重心ベクトルを求める。求められた重心ベクトルを問い合わせベクトルとして、先のステップと同様に類似度の条件を満たすキーワードベクトルが答集合として得られる。むしろ視覚空間の検索と同様に類似度を定義するための閾値を設定することができる。

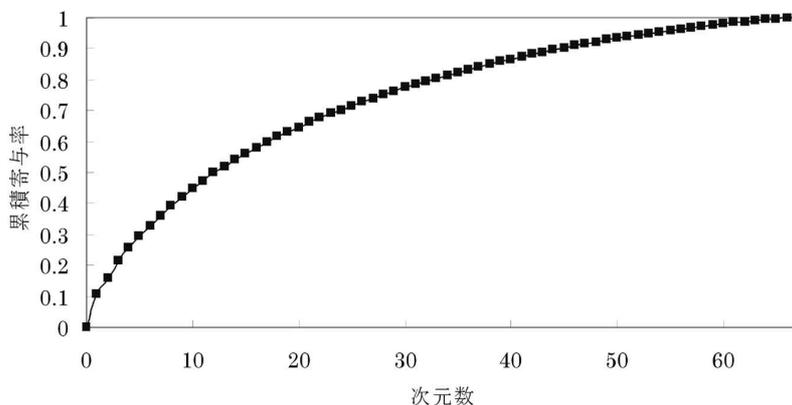
隠れ意味空間に基づく検索を実行するとき、適切な次元を求めることは困難であり、隠れ索引付けが情報検索システムに適用されたときと同様に経験的に次元を定める必要がある<sup>7)</sup>。この要求に応えるために、システムが処理する次元を可変とし、2つの空間における問い合わせ処理の際に次元を反映する問い合わせ処理手続きを実現した。

また、次元を決定するために視覚空間および統合空間を構成する特異値分解によって得られる特異値の累積寄与率を計算した。各々の空間の累積寄与率を図4に示す。図4(a)に示すように、

視覚空間を構成するための特異値の累積寄与率の変化より、各々の部位データ間の関連は強い。また、統合空間を構成する空間では各々の属性やキーワードの関連が弱く、元の行列との差を少なくするためには多くの特異値を要する。すなわち、検索要求の性能を向上するためには多くの次元数を要する。



(a) 視覚空間のために累積寄与率



(b) 統合空間のために累積寄与率

図4 視覚空間と統合空間を構成するための特異値分解における特異値の累積寄与率。

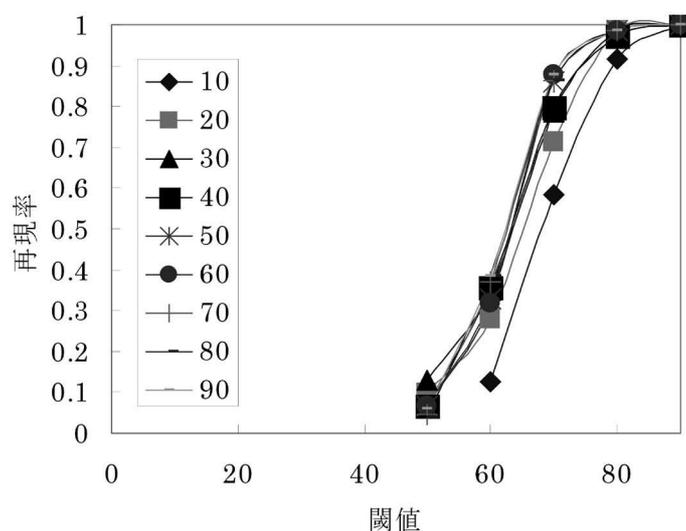
視覚空間の次元数を3として、また、統合空間において累積寄与率が0.8を超える次元数である33を選択してキーワード付与実験を行った。実験結果は得られるキーワードの再現率と精度を評価した。再現率は、事前に付与したキーワードのうち検索結果に含まれるキーワードの割合である。また、精度はシステムから得られたキーワードのうち、事前に付与されたキーワードの割合である。

閾値を変化したときの再現率と精度との変化結果を図5に示す。図3に示したように閾値には視覚空間における類似する顔を検索するために設ける閾値と、統合空間におけるキーワード検索のために設ける閾値の2つがある。図5(a)に統合空間の検索結果として得られるキーワードの再現率の変化を示す。横軸は余弦で与えられる類似度定義のための閾値であり、2つのベクトルのなす角度である。縦軸は再現率である。横軸の閾値は統合空間検索のための閾値である。視覚空

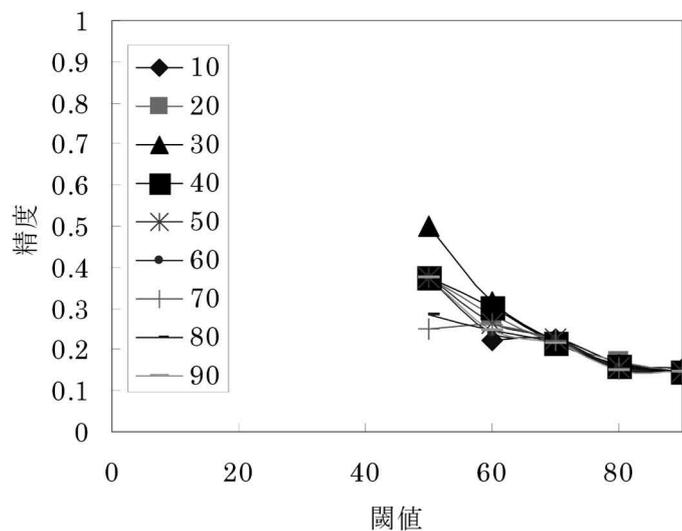
間検索のための閾値を同時に変化させた。図5(a)の1つの線は視覚空間検索のための閾値をある特定の値に固定して、統合空間検索の閾値を変更した際に得られた結果の再現率である。図5(a)に示すように視覚空間検索の閾値および統合空間検索の閾値をそれぞれ10°から90°まで変化した。この図に示すように視覚空間検索の閾値が20°から90°のとき、再現率はほぼ同様である。

また、図5(b)に精度を示す。視覚空間検索の閾値が30°であり、統合空間検索の閾値が50°のとき得られるキーワードの精度が最も高い。ただし、統合空間検索の閾値が60°よりも大きいならば、視覚空間検索の閾値にかかわらず精度はほぼ同様である。

さらに、統合空間の閾値が50°以下であれば答集合となるキーワードが求まっていない。これは、統合空間検索においてキーワードが検索されない場合と、視覚空間検索において類似する顔イメージが得られないという場合とがある。



(a) 再現率



(b) 精度

図5 得られるキーワードの精度と再現率.

## 4.2 決定規則

隠れ意味空間では2つの特徴が混在して空間上に位置するので、視覚特徴と記号特徴の直接的な関連が不明瞭である。この問題を解決するために視覚特徴と記号特徴間の関連を、決定木によって記述することを試みた。決定木はあるキーワードに関連付けられる部位データの値の組み合わせを表現する。

顔イメージ*i*における部位データに相当する属性*j*の値 $v_{ij}$ は、 $v_{ij}' = (v_{ij} - V_j) / \sigma_j$ により正規化される。 $V_j$ および $\sigma_j^2$ は部位データ*j*の平均および分散である。次に、正規化された値に基づき、3つに分割するための分割点を定めて、分割点によって定められた区間の値を記号化した。各々の部位データに関して25%の対象を高位、50%の対象を中位、25%の対象を低位とするように分割点を定めて、各々の区間に対して記号を割り当てた。記号はそれぞれ、'a'、'b' および 'c' と表されている。画像における部位データの離散化後の顔イメージ記述例を示す。例えば、部位データが、

6. 2, 1. 2, 1. 2, 3. 5, 3. 0, 2. 9, 0. 9, 0. 9, 4. 7, 3. 5, 1. 8, 4. 0, 1. 65, 0. 75, 0. 9, 3. 6, 0. 8, 3. 3, 0. 85, 13. 4, 23. 6, 16. 2, 11. 6, 3. 45

ならば、各々の部位データは平均と分散を計算して離散化することによって、

b, b, a, b, a, b, b, b, b, b, b, c, b, c, c, b, b, b, b, b, b, c, b, b

と表される。このようにして作成された顔記述を訓練集合としてキーワードが付与されていることを示す決定木を構築した。ただし、顔イメージの識別子は決定木の作成には用いられていない。決定木の作成する手続きは情報利得を利用する比較的単純な手続きとして実現している。情報利得を各々の属性毎に計算して、値が最大になる属性を選択する。この属性が決定木のノードとなる。属性により顔イメージデータがすべて同一のクラスに分けられるまで木の成長を続ける。

決定木を作成した後、どのような視覚特徴を持つ顔イメージがキーワードを得るかを表現するルールを構成した。得られたルールは条件部と結論部から成る。条件部の要素は部位データの名前とその値から成り、複数の要素がANDで結合されているとみなす。結論部はキーワードを付与するか否かである。得られたルールの例を示す。結論部の○はキーワードが付与されることを示している。

例。「離れた目」を付与する視覚特徴のルール

瞳の間(a)∧左目の長さ(b)∧鼻の横の長さ(a)∧右目の瞳の大きさ(b)∧左目の瞳の大きさ(b)→○

上のルールは、単純に部位データ「瞳の間」が大きいことを表す 'a' となっているのみでは、キーワード「離れた目」が付与されないことを示している。

完成した決定木の葉には、特定のキーワードが付与されている顔イメージの集まりが割り当てられているか、またはキーワードが付与されていない顔イメージのみが割り当てられている。すなわち、根からキーワードが付与されている顔イメージのみが割り当てられている葉に至るまで

の部位データに関する条件を満たす顔イメージに、結論部に示されるキーワードが付与される。

しかし、決定木が成長するとき、全ての顔イメージがキーワードが付与されているのではなく、いくつかの顔イメージにはキーワードが付与されていないことを許容して、決定木が成長する際の枝狩りを図る方法がある。また、誤りを許すことによって雑音に影響されることが少ない決定木の構築が期待できる。許容する度合いを誤り率といい、ノードを展開するとき、誤り率を考慮することにより展開を妨ぐことができるので枝狩りを可能とする。誤り率は、キーワードが付与されていない顔イメージの割合であり、以下のように定義する。

$$\text{誤り率} = \text{キーワードが付与されていない顔イメージの数} / \text{顔イメージの数}$$

一般には誤り率が0となるように葉が展開されることによって、決定木は成長する。しかし、誤り率を指定することによって、誤り率を満たす葉は展開されないことがない。

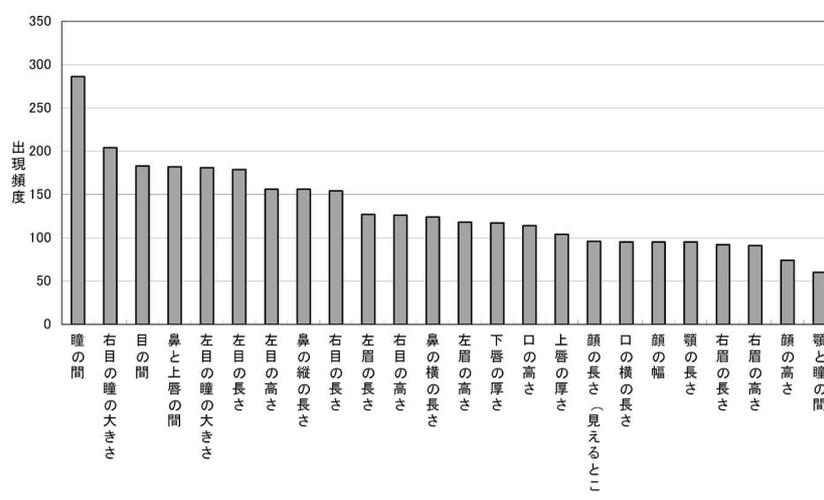


図6 決定規則に用いられた部位の利用頻度

表1. 平均精度と平均再現率

誤り率(%)	平均精度(%)	平均再現率(%)
0.0	47.3	36.3
0.1	49.3	38.8
0.2	47.1	38.8
0.3	45.7	38.8
0.4	43.7	42.6
0.5	37.1	48.7

43個のキーワードに対して、誤り率を0として決定木を構築した。このとき約800個の決定規則が得られた。個々の決定規則の条件部の要素数は平均4つであった。決定規則作成に利用された各顔部品の頻度を図6に示す。頻繁に利用される属性は判断に重要な役割を果たしているといえる。キーワード付与の判断には、目や目の周りの大きさや長さが重要な役割を果たしている

考えられる。例えば、「瞳の間」は半数以上の決定規則で用いられている条件である。

新たにキーワード付与対象となる顔イメージは問い合わせに相当する。新たに付与対象となる10件の顔イメージに対して決定規則に基づきキーワードを付与した。得られたキーワードの平均再現率と平均精度を表1に示す。誤り率を大きくすれば平均再現率が増加する。ただし、誤り率を0.1としたときは誤り率が0.0のときと比較して平均精度が減少している。これは厳密に構築された決定木では雑音と考えられる属性が影響するためであると考えられる。

### 4.3 連想規則

顔イメージに付与されている各キーワード間の関連を表現する規則を、連想規則を用いて構成する。連想規則はキーワード間の共起関係を基にしたIF-THEN形式の規則である。連想規則を用いて顔イメージに付与されたキーワードの展開を可能とし、連想規則はあるキーワードが付与されているとき別のキーワードを付与するというキーワードの拡張を表現して実行するための規則として利用される。

連想規則は条件部と結論部より成る。条件部と結論部はそれぞれ互いに素なキーワード集合である。顔イメージデータベースに定義されている顔記述において条件部に示されるキーワードが付与されている顔記述では結論部に記述されているキーワードが同時に設定されていることが多いということを、連想規則は表す。これを用いて条件部のすべてのキーワードが付与されている顔イメージに対して、連想規則の結論部のキーワードを付与するという方法で、キーワードの展開を図る。

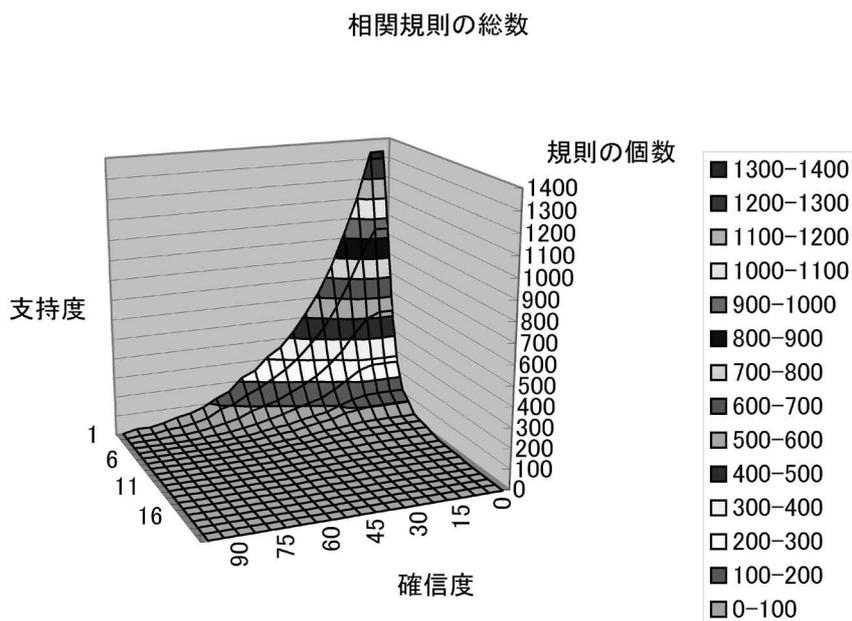


図7 得られる連想規則の数の変化。

連想規則を得るために支持度と信頼度が規則の質を計るために用いられる。支持度は連想規則の条件部と結論部に含まれるキーワードの集まりが付与されている顔記述が、データベース中の顔記述に含まれている割合である。また、確信度はキーワードの条件部のキーワードが付与され

た顔記述のうち、結論部のキーワードが付与された顔記述の割合である。連想規則を構成するためには、支持度と確信度とを閾値として設定する必要がある。むろん、連想規則構成に用いる閾値を変化することによって得られる連想規則の数と質が変化する。

アプリアリアルゴリズム<sup>3)</sup>を用いて連想規則を構成した。規則を作成すると同時に、構成された連想規則の支持度と確信度を計算した。図7に支持度と確信度を変化したとき、得られる連想規則の変化を示す。

表2 連想規則から得られた連想規則の性能

支持度(%)	確信度(%)	連想規則の数	妥当性
1.0	65.0	121	0.84
3.0	45.0	122	0.71
5.0	20.0	124	0.51
6.0	15.0	102	0.53

図7を参照して約120個の連想規則が得られる支持度と確信度の組み合わせをいくつか選んだ。例えば、支持度と確信度をそれぞれ1%および65%としたとき約120個の連想規則が得られた。得られた個々の規則の妥当性を計算した。妥当性は連想規則により得られたキーワードが顔イメージに付与することが適切であるかまたは否かであるのかを示す割合である。妥当性は以下の式によって計算された。

妥当性 = (条件部のキーワードと結論部のキーワードが付与された顔イメージの数と条件部のキーワードが付与されており結論部のキーワードを付与することが適切な顔イメージの数の和) / (条件部のキーワードが付与された顔イメージの数)。

表2に示すように確信度の高い連想規則の妥当性が高い。したがって、得られたキーワードを付与するかどうかは、連想規則の確信度を評価する必要がある。

## 5. まとめおよび今後の課題

本稿では顔イメージに対するキーワードによる索引付け機構について述べた。本システムでは顔部品の大きさや長さを表すキーワードを印象語として扱っており、計測された部位データは顔部品の大きさや長さを扱うために設けられた。また、本システムでは索引付け機構として、隠れ意味索引付け、決定木および連想規則を備えている。これらの機能を実現することによりキーワード付与機構に対する基本的なメカニズム開発の第1段階は終了したと考えている。しかしながら、現時点においてこれらの機能は各々独立に実現されており、注釈者は注意深くキーワードを統合する必要がある。

今後の課題として以下のようなことが挙げられる。3つの方法が同じ顔イメージに適用されたときには、矛盾するキーワードが得られることがあると考えられる。この問題を解決して3種の機構を統合する必要がある。手続きとして単純にこれらを統合するだけでなく得られたキーワード群

の矛盾を解消するような統合化機能が必要である。また、各々のモデルや結果を反映して、索引付けを直感的に容易とするようなインタフェースの開発が必要である。さらに、キーワードの種類を豊にすることが挙げられる。現時点において、印象語は顔部品の大きさや長さを表現するためのキーワードとなる語彙に制限されている。印象語の種類を増やして、より豊かな表現を可能とすることが課題である

## 謝辞

本研究は中京大学情報理工学部 輿水大和教授との共同研究により行われました。ご指導を頂く輿水大和教授に深謝いたします。利用した顔イメージデータHOIP-FDBは、(財)ソフ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ました。本研究の一部は(財)日比科学技術振興財団の助成により行われました。記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) Datta, R. , Ge, W. , Li, j. , and Wang, Z. : Toward Bridging the Annotation-Retrieval Gap in Image Search, IEEE Multimedia, July-September, (2007).
- 2) Djeraba, C. : Association and Content-Based Retrieval, IEEE Tran. Knowledge and Data Engineering, 15(1), (2003).
- 3) Han, J. , Kamber, M. : Data Mining, Concepts and Techniques, 2nd ed. , Morgan Kaufmann, (2006).
- 4) Ito, H. , Kawai, Y. and Koshimizu, H. : Face Image Annotation based on Latent Semantic Space and Rules, Proc. KBS 2008 (to appear).
- 5) 川井, 三澤, 伊藤, 輿水:決定木を用いた顔データのキーワード付けに関する検討, FIT2007.
- 6) 川井優司, 三澤直樹, 伊藤秀昭, 輿水大和:顔イメージに対するルールに基づく キーワード付与の検討, 第12回 日本顔学会大会 (フォーラム顔学2007)
- 7) Kontostathis, A. and Pottenger, W. M. : A Framework for Understanding Latent Semantic Indexing (LSI) Performance. Information Processing and Management, Vol. 42, (2006).
- 8) Lew, M. S. et al. : Content-Based Multimedia Information Retrieval: State of the Art and Challenges, ACM TOMCCAP, vol. 2 No.1, 2006.  
元田, 津本, 山口, 沼尾:データマイニングの基礎, オーム社, 2006.
- 9) Monay, F. , and Gatica-Perez, D. : Modeling Semantic Aspects for Cross-Media Image Indexing, IEEE Tran. PAMI, 29(10), (2007).
- 10) Sethi, I. , Coman, I. L. , Stan, D. : Mining Association Rules between Low-level Image Features and High-level Concepts, Proc. AeroSense 2001, Data Mining and Knowledge Discovery: Theory, Tools and Technology III, (2001).
- 11) Softopia Japan Foundation: Face Image database. <http://www.hoip.jp/web=catalog/top.html>.
- 12) Zhao, R. and Grosky, W. I. : Narrowing the Semantic Gap? Improved Text-Based Web Document Retrieval Using Visual Features. IEEE Trans. on Multimedia, 4(2), 2002.