

対義語対からなる特徴空間を用いた感性語による画像検索システム

棕 木 雅 之[†] 田 中 大 典^{††} 池 田 克 夫^{†††}

対義関係にあるいくつかの代表的な感性語対(基本感性語)の組合せで他の感性語を表現して、その感性語にあてはまる画像を検索するシステムを提案する。まず、対義関係を利用すると、基本感性語について画像との適合度を対義語対ごとに独立に評価しても、適切な評価が行えることを実験により示した。次に、各対義語対における画像との適合度を結合して対義語対からなる特徴空間(対義語空間)を構築し、検索に利用した。対義語空間における表現を感性語ごとに独立に学習することにより、新たな感性語を追加することが容易になった。また、1つの感性語が複数の異なるイメージを表す場合を考慮して、対義語空間における教師画像群のクラスタリングを導入し、検索結果を改善した。さらに、ユーザによる検索要求の違いに対応するため、システムにフィードバック機構を設け、ユーザの希望する画像を効率的に検索できるようにした。本研究で提案した手法に基づく画像検索システムを構築し、実験によって提案手法の有効性を確かめた。

An Image Retrieval System Using the Feature Space Consisting of Antonymous Pairs of Adjectives

MASAYUKI MUKUNOKI,[†] HIRONORI TANAKA^{††} and KATSUO IKEDA^{†††}

We propose a system for image retrieval using emotional adjectives. The system employs adjectives to represent emotional feelings as a combination of basic adjectives, so that the system is able to accept various kind of adjectives. We adopt pairs of antonym as basic adjectives, and build the feature space consisting of antonymous pairs of adjectives. The system has high extensibility of adjectives since the system can learn each adjective independently. The system also detects clusters corresponding to each idea at the time of retrieval since one adjective may express several different ideas. Furthermore, the system has feedback mechanism in order to retrieve wanted images efficiently. Experimental results show the effectiveness of the proposed system.

1. はじめに

イメージの概要を表現する言葉には「明るい」「さわやか」「モダン」などのように物事の様子や状態を表す言葉がよく使われる。本研究ではそのような言葉を感性語と呼び、感性語による画像検索システムを構築する。

感性語は人間の視覚的印象に由来する言葉なので、個人の好み・背景の違いやそのときの状況によって、同じ感性語でも異なる画像が対応しうる。したがって、データベースに蓄えられた画像に対して人手でインデックスを付加することは現実的ではなく、個人やそ

のときの状況に適應した自動的な評価が必要になる。また、感性語には様々な言葉が使われる可能性がある。そのため、最初からあらゆる感性語を網羅して検索に使えるようにするのは不可能であり、感性語を自由に追加できる仕組みが必要になる。さらに、1つの感性語が複数の異なるイメージを表現することがある。したがって、同じ「明るい」という感性語にあてはまる画像でも、特徴空間ではそれぞれのイメージごとに分かれて分布していると考えられる。そこで、感性語が表すイメージの多様性に対応した評価方法が必要になる。

以上をまとめると、感性語から画像を検索するには

- 感性語の追加に対する拡張性、
- 感性語が表すイメージの多様性に対処した評価法、
- 個人や状況に適應するためのフィードバック機構、

という点をシステムが満足する必要があるといえる。本研究では、自然の情景を写した風景画像を対象に、いくつかの代表的な感性語(基本感性語)により、他の感性語を表現して、その感性語にあてはまる画像を

[†] 京都大学総合情報メディアセンター
Center for Information and Multimedia Studies, Kyoto University

^{††} 富士ゼロックス株式会社
Fuji Xerox Co., Ltd.

^{†††} 京都大学大学院情報学研究科
Graduate School of Informatics, Kyoto University

検索するシステムを提案する．基本感性語としては，意味的關係が明確な対義語を用いる．感性語の評価を対義語対ごとに行うこと，および，評価にクラスタリングを導入することにより，感性語の追加に対する拡張性を高めるとともにイメージの多様性に対処する．

また，ユーザによる検索意図の違いに対応するため，システムにフィードバック機構を設ける．もしユーザが希望する画像が検索結果に含まれていなかった場合，検索結果に対するユーザの評価をシステムにフィードバックして検索をやり直すことができる．本システムは，対義語対ごとに評価を行っているため，フィードバックの際のユーザの負担が少ないという利点がある．

以下，2章では上記の本システムの特長について詳しく述べる．3章では対義語空間の構築法と評価結果について述べる．4章では対義語空間を用いた画像検索システムについて述べ，5章でその評価を行う．

2. システムの特長

2.1 感性語の追加に対する拡張性

2.1.1 従来研究の問題点

従来の印象派絵画の検索^{1),2)}や景観画像の検索³⁾では，まず，検索に利用する感性語をすべてあらかじめ列挙しておく．次に，各学習用画像について，列挙したすべての感性語に対する評価をアンケートによって収集する．一方で，各学習用画像から画像特徴を抽出する．これらのアンケート結果と画像特徴は，ともに多次元ベクトル空間の点として表現されるので，両者の相関が最大になるよう，ベクトル空間を変換する．変換したベクトル空間での距離に基づき，感性語と画像特徴とを対応づけている．

このような手法では，すべての学習用画像とすべての検索用感性語との関係を利用しているので，感性語と画像特徴との対応づけを精度良く行うことができる．一方で，新たな感性語をシステムに追加する場合，学習用画像すべてに対して新たな感性語での評価を収集する必要がある．したがって，すべての感性語の概念を十分に説明できるような学習用画像を最初から選んでおかないと，学習に有効な教師データを収集できない．また，学習用画像を途中で追加すると，追加した学習用画像に対して，既存のすべての感性語での評価を再び収集しなければならない．以上のことから，従来研究の手法では検索システムに新たに感性語を追加する際の負担が大きいいえる．

感性語による検索では，一般のキーワードによる検索と同様に，必要な種類のキーワードが付加されることが前提となっている．しかし，必要なキーワー

ドの種類は自明なものではなく，実際に検索システムを利用していく中で明らかになっていくことが多い．したがって，新たな感性語の追加は，検索システムにとって非常に重要な要素である．本研究では，新たな感性語を容易にシステムに追加できる手法を提案する．

2.1.2 対義語対を用いた感性語の表現

従来の研究で，感性語を追加する際の負担が大きかったのは，すべての学習用画像とすべての検索用感性語との関係を与える必要があったためである．本研究では，検索用感性語に対応する画像（教師画像）を与えることで，感性語と画像特徴とを対応づけることを考える．この場合，各検索用感性語に対する評価は独立に行えるので，感性語に対する教師画像さえあれば，既存の教師画像や感性語の影響を受けず，感性語をシステムに追加でき，拡張性が高い．

一方で，感性語間や画像間の関係の情報は利用できないため，感性語と画像特徴との対応づけの精度は低くなると考えられる．この問題に対し，本研究では，イメージ表現によく使われる代表的な感性語（基本感性語と呼ぶ）をあらかじめシステムに与えておき，基本感性語についてのみ画像特徴との対応関係を学習するものとする．それ以外の感性語は基本感性語の組合せで表現する．

このようなアプローチは，たとえば，感性語による景観画像検索の研究^{3),4)}で行われている．文献3)では，学習用画像に対する複数の感性語対における評価をアンケートによって収集し，評価結果に因子分析を施して3~4個の主要な感性因子を推定している．この結果は，人間の視覚的な印象はいくつかの代表的な感性因子によって表現でき，各因子は感性語によって説明できることを示唆している．

本研究では，このような研究をふまえ，基本感性語として対義関係にある感性語対を利用する．ただし，因子分析を行うのではなく，対義語対ごとに画像特徴との対応関係を学習する⁵⁾．そして，それぞれの対義語対での評価値を組み合わせた対義語空間を特徴空間として検索に用いる⁶⁾．つまり，対義語空間は図1のように「にぎやか—寂しい」「暖かい—涼しい」「派手—地味」といった対義語対を基底とする空間である．

対義語どうしでは

- 評価基準が比較的明確であること，
- 評価基準に沿って両者がはっきりと離れて分布すること，

が期待できるので，適切に基本感性語と画像特徴との対応関係を学習できる．

対義語空間は画像特徴のような物理的な特徴量では

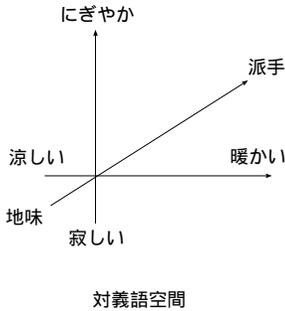


図1 対義語空間

Fig.1 Antonymous space.

表1 基本感性語(対義語対)の一覧

Table 1 Basic adjectives (antonymous pairs).

番号	感性語	番号	感性語
1 a	にぎやか・活気のある	7 a	雄大
b	寂しい・静かな	b	小ぢんまり
2 a	暖かい	8 a	重々しい・威厳のある
b	涼しい	b	みすぼらしい・貧弱
3 a	シック・粋な	9 a	モダン・現代的
b	野暮ったい・むさくるしい	b	レトロ・伝統的
4 a	陽気・明るい	10 a	穏やか
b	陰気・暗い	b	躍動感・迫力のある
5 a	生き生きした・瑞々しい	11 a	派手・豪華
b	古めかしい・古ぼけた	b	地味・質素
6 a	さわやか		
b	鬱陶しい・重苦しい		

なく、対義語対での評価値という意味的な特徴量を用いている。したがって、人間の主観的な距離関係を反映した空間であると期待でき、基本感性語以外の感性語についても、人間の主観を反映した検索が可能と考えられる。さらに、意味的な特徴量を用いているため、各特徴量が持つ意味を人間が直観的に理解しやすいという利点もある。

本研究では、自然の情景を写した風景画像を対象に感性語による検索を行う。基本感性語と対象とする画像の例を表1、図2に示す。検索に用いる感性語は、基本感性語により概念的に表現できる必要があるため、感性語の選択は重要である。ここでは、日頃から画像を扱っており、画像を言葉で表現することに慣れている50人のデザイナーから、よく使う言葉を調査しその中から対義関係にある感性語を基本感性語として選定した。基本感性語を決定した後にうまく表現できない感性語があった場合でも、その感性語を表現するのに適切な対義語対を新たに基本感性語として追加することで解決できるので、本研究では、基本感性語の選択の妥当性については、議論の対象外とする。

2.2 イメージの多様性への対処

ある1つの感性語が複数の異なるイメージを表すことがある。たとえば「明るい」という感性語の場合、

- 花が咲いている草原のイメージ、
- 青空や海のイメージ、
- 人や物が密集している市街地のイメージ、

などといった様々な異なるイメージを表す画像から同じ「明るい」という印象を受ける。このとき、それぞれの「明るい」画像は特徴空間において離れて分布していると考えられる。

本研究では、画像と感性語とを対応づける特徴空間を構築し、特徴空間における教師画像群との距離をもとにその感性語に適合しているかを評価する。その際、特徴空間で教師画像群が単一のクラスを構成するという仮定のもとで評価すると、特徴空間において教師画像群が複数のクラスを形成している場合に適切に評価できない可能性がある。

そこで、クラスタリングを導入することにより上記の問題を解決する。特徴空間において適切な数のクラスを抽出し、それぞれのクラスとの距離を個別に計算することでイメージの多様性に適切に対処できる。

2.3 ユーザへの負担が少ないフィードバック機構

人間が画像からの視覚的な刺激を受けていただく印象は、見る人やそのときの状況によって異なると考えられる。同様に、ある感性語について思い浮かべるイメージも個人個人やそのときの状況によって異なり、検索された画像の中にはユーザの感性に合わないものが含まれることがある。したがって、システムはユーザの検索意図を適応的に学習する必要がある。本研究では、適合フィードバック^{7),8)}を導入することにより、これに対処する。

フィードバックによる検索結果の修正では、いかにユーザの負担を少なくして効率的に検索精度を上げることができるかが重要である。

感性語による画像検索の研究でも、フィードバックを用いて検索結果をユーザ個人の好みに合うように修正する研究⁹⁾がある。この研究は印象派の絵画の研究^{1),2)}にフィードバックの機構を付加したものであるが、画像に対するすべての感性語での評価を教師データとしているため、フィードバックにおける修正でユーザは(検索画像の枚数) × (感性語の数) だけの評価をしなければならない。たとえば「明るい」という感性語に対して提示された画像が「明るい」にあてはまら

ただし、ここでは同音異義語のように同じ単語がまったく異なる意味を表現する場合は対象としない。



図2 風景画像の例(上段:「にぎやか・活気のある」,下段:「寂しい・静かな」)

Fig.2 Examples of outdoor images.

ないと感じた場合,ユーザは,その画像について「明るい」に対応していないというフィードバックを行うだけでなく,検索用の他の感性語すべてについても,その画像がそれぞれの感性語にあてはまるかどうか,指示しなければならない.

それに対して本手法では,その画像が「明るい」という感性語について自分のイメージに適合しているかどうかを評価するのみでよいので,(検索画像の枚数)分だけの評価で済み,ユーザにかかる負担は軽くなる.

3. 対義語空間の構築

3.1 対義語モジュールの構成

本研究では,対義語対ごとに入力画像の評価値を出力する対義語モジュールを設け,対義語モジュール群の出力を結合することで対義語ベクトルを生成する.

対義語モジュールは,対義関係にある感性語 A, B の教師画像群をもとに,入力画像の,その対義語対に対する評価値を出力する.評価値は -1 から 1 の間の値をとり,評価値の正負は入力画像が感性語 A, B のいずれに近いかを表し,絶対値が大きいほどその感性語に近いことを意味する.

対義語モジュールは以下の部分から構成される.

3.2 画像からの特徴量抽出

画像の特徴量には以下のものを用いる⁵⁾.

- (1) HSV ヒストグラム
画像を 2×2 の小領域に分割し,それぞれの領域での HSV 表色系でのヒストグラムを求める.画像の色彩特徴と構図特徴を表す.
- (2) フーリエパワースペクトル
画像を 2 次元フーリエ変換し,そのパワースペ

クトルを求める.画像のテクスチャの細かさと方向性を表す.

- (3) 隣接領域との濃度差画像のコントラスト特徴を表す.

これらの特徴量をまとめて 1 つの多次元ベクトルとして表現する.

3.3 判別分析

感性語 A と感性語 B の教師画像の特徴ベクトルの分布が分かれるように,判別分析¹⁰⁾によって画像特徴空間から判別空間を構成する.

3.4 クラスタリング

2.2 節で述べたように,1 つの感性語にはそれぞれ異なる特徴で表現される複数のイメージが該当し,それぞれのイメージごとに特徴空間で離れて分布していると考えられる.そこで,適切な距離評価をするために教師画像群に対してクラスタリングを行う.クラスタリングには,Kohonen の自己組織化マップ¹¹⁾を用いる.

3.5 評価値計算

感性語 A, B の教師画像群と入力画像の特徴量との距離をもとに感性語対における評価値 $value$ を計算する.評価値を計算する際には,クラスタリングによって検出されたクラスタとの距離のうち最小のものをその感性語との距離とする.

つまり,ある画像の 2 つの感性語 A, B と入力画像との距離 D_A, D_B は,

$$D_A = \min(D_A^{(1)}, \dots, D_A^{(M)})$$

$$D_B = \min(D_B^{(1)}, \dots, D_B^{(M)})$$

となる.ただし, M はクラスタの数である.また,

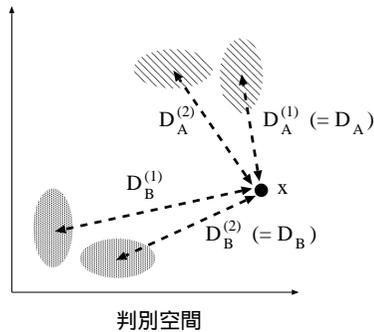


図3 評価値の計算

Fig. 3 Calculation of evaluation value.

$D_A^{(i)}$, $D_B^{(i)}$ は i 番目のクラスタの中心と入力画像の特徴量との距離である。

評価値 *value* は

$$value = \frac{D_B - D_A}{D_B + D_A}$$

によって計算する(図3)。この式は、*value* が $-1 < value \leq 1$ の範囲の値をとり、感性語 A に近いほど 1 に、感性語 B に近いほど -1 に近い値をとるように定めた。

3.6 対義語モジュールの実験と評価

3.6.1 実験の概要

前節の対義語モジュールを実装し評価実験を行った。50人のデザイナーを対象としたアンケートによって392枚の風景画像中から感性語にあてはまる画像を収集し、教師画像とした。アンケートに用いた対義語対は、表1に示したものである。

以下の2項目を組み合わせた計4種類の方法で、感性語に対する適合度を表す評価値を計算し、その結果を比較した。

判別空間の構成法

それぞれの対義語対に特化した判別空間を構成することで、判別に有効な画像特徴を抽出できたのかを検証する。以下の2種類の方法で実験した。

- 全感性語でまとめて1つの判別空間を構成。
- 対義語対ごとに判別空間を構成。

いずれの方法でも、もとの画像特徴空間の累積寄与率が90%になるようにして判別空間を構成した。

クラスタリングの有無

教師画像クラスタをサブクラスタにクラスタリングすることで、適切な距離評価ができたのかを検証するために、クラスタリングあり(クラスタ数は5)となしの2種類の方法で実験した。

アンケートに用いたのと同じ392枚の画像に対し、

表2 教師画像との平均適合率(22感性語)

Table 2 Average of precision with images used for training (22 adjectives).

	判別空間の構成法	クラスタリング	平均適合率
方法 i	まとめて	なし	0.245
方法 ii	まとめて	あり	0.363
方法 iii	対義語対ごと	なし	0.322
方法 iv	対義語対ごと	あり	0.622

上記の4種類の方法でそれぞれ評価値を計算し、評価値の高い画像(上位10枚)と教師画像との適合率(上位10枚中の教師画像の数)を求め、評価した。

3.6.2 結果と考察

表1の全22語の感性語での平均適合率を表2に示す。表2を見ると、対義語対ごとに判別空間を構成する方がまとめて構成するよりも平均適合率が高く、クラスタリングしないよりする方が平均適合率が高くなっている。以上のことから、本研究で提案する

- 対義語対ごとに判別空間を構成し、
- 距離計算にクラスタリングを導入する、

手法(方法iv)によって、より適切に感性語との適合度を評価できることが確かめられた。

4. 対義語空間を用いた画像検索システム

4.1 画像検索の流れ

本システムの検索処理の流れは以下のとおりである。教師画像の設定

ユーザはまず最初に欲しい画像のイメージを表す感性語を1つ選択し、検索キーとしてシステムに入力する。システムは入力された検索キーに対応する教師画像群を設定する。

対義語ベクトルの抽出

各対義語モジュールの評価値を結合して画像から対義語ベクトルを抽出する。検索キーの感性語の教師画像群とデータベースに蓄えられているすべての画像について、対義語ベクトルを計算する。

教師画像のクラスタリング

自己組織化マップによって、対義語空間で教師画像群をクラスタリングする。

距離に基づく評価

対義語空間における教師画像クラスタとの Mahalanobis 距離を計算し、距離が小さい画像から順に検索結果としてユーザに提示する。クラスタリングによって検出された各クラスタとの距離の最小値をもとに提示画像を決定する。

4.2 適合フィードバックによるカスタマイズ

情報検索における効率的な学習手法として、適合

フィードバック (relevance feedback) と呼ばれる手法がある。この手法は、検索結果に対してユーザが下した適合 (relevant)・不適合 (irrelevant) の評価を利用して、適合と評価された画像をより多く含み、不適合と評価されたものをなるべく含まないように、ユーザに対する検索結果の提示を改良していく手法である^{7),8)}。

本研究の検索システムに適合フィードバックの手法を応用すると、フィードバックのステップは以下のようになる。

- (1) システムは初期の教師画像群をもとに検索し、検索された画像をユーザに提示する。
- (2) ユーザの希望する画像が検索されたら終了する。
- (3) ユーザは検索された画像に対して自分のイメージに合っているかどうかを評価し、「適合」「不適合」の評価をシステムにフィードバックする。
- (4) システムはユーザの評価から教師画像群を修正する。具体的には「適合」と評価された画像を教師画像群に加え、「不適合」と評価された画像を除く。
- (5) 修正した教師画像群で検索をやり直して提示画像を決定する。ただし、提示画像を決定する際には一度ユーザに提示された画像が再び提示されることはないものとする。
- (6) 提示画像をユーザに表示して(2)に戻る。

5. 検索システムの実験と評価

5.1 対義語空間の検索実験

5.1.1 実験の概要

基本感性語以外の感性語による検索実験を行った。検索に用いた感性語は、

- アメリカン・ジャパネスク・ヨーロッパ
- 春・夏・秋・冬

の7語である。それぞれの感性語の教師画像は、3.6.1項と同様に、50人のデザイナーへのアンケートの回答をもとに構成した。

以下の2項目を組み合わせた計4種類の方法(表3)で検索実験を行った。

検索空間

検索空間として対義語空間を用いることで、人間の主観を反映した評価ができることを検証する。以下の2種類の方法で実験した。

- 11次元の対義語空間で検索する。
 - 画像特徴空間で検索する。
- ただし、画像特徴空間は判別分析によって累積寄与率が90%になるように縮退したとこ

表3 4種類の実験方法と平均適合率

Table 3 Experimental methods and average of precision.

	検索空間	クラスタリング	平均適合率
方法1	画像特徴空間	なし	0.283
方法2	画像特徴空間	あり	0.597
方法3	対義語空間	なし	0.493
方法4	対義語空間	あり	0.797

表4 主観評価アンケートの結果

Table 4 Results of subjective evaluation questionnaires.

評価	方法1	方法2	方法3	方法4
	33.9%	36.7%	31.7%	66.7%
	25.0%	28.9%	24.4%	18.3%
x	41.1%	34.4%	43.9%	15.0%

ろ、8次元に縮退された。

クラスタリングの有無

教師画像クラスタをサブクラスタにクラスタリングすることで、適切な距離評価ができたのかを検証する。以下の2種類の方法で実験した。

- 教師画像群をクラスタリングしない。
- 教師画像群をクラスタリングする(クラスタ数:5)。

5.1.2 結果と考察

まず、データベースに蓄えられた392枚の風景画像から上位10枚の画像を検索したときの、教師画像との適合率を計算した。7語の感性語で検索したときの平均適合率を表3に示す。

クラスタリングしないよりもクラスタリングする方が、画像特徴空間で検索するよりも対義語空間で検索した方が高い適合率を示しており、本研究で提案する手法である方法4の平均適合率が最も高い。

さらに、教師画像群に含まれない画像が適切に検索されているかを確かめるために、主観評価を行った。検索された画像のうち教師画像群に含まれない画像3枚を被験者に提示して、その画像から受ける印象が感性語にあてはまっているかどうかを3段階で評価してもらうアンケートを実施した。感性語として、3枚以上教師画像群に含まれない画像が提示された6語を用いた。

アンケートの回答は

- : あてはまる
- : ややあてはまる
- x : あてはまらない

の中から1つを選択する。

10人の学生を被験者としてアンケートを行い、回答を集計した。回答の総数は、10人×6語×3枚の合計180である。表4の結果をみると、方法1~方法3

表5 新規感性語の基本感性語による表現
Table 5 Expression of new adjectives with basic adjectives.

感性語	基本感性語番号										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
アメリカン	0.06	-0.10	-0.05	-0.14	-0.20	-0.10	-0.26	-0.22	0.84	-0.01	0.52
ジャパネスク	-0.18	-0.11	-0.15	-0.11	-0.41	-0.53	-0.40	-0.06	-0.37	0.01	-0.35
ヨーロッパン	0.12	0.14	-0.06	0.19	-0.07	-0.06	-0.43	0.47	-0.71	-0.03	-0.24
春	0.14	0.55	0.04	0.41	0.50	0.12	-0.13	-0.08	-0.22	0.22	0.23
夏	-0.05	0.22	0.00	0.65	0.26	0.61	0.09	0.04	-0.13	-0.13	0.18
秋	-0.02	0.17	-0.25	0.11	0.04	0.23	-0.58	-0.16	-0.40	0.48	-0.15
冬	-0.69	0.05	0.05	-0.53	-0.05	-0.48	-0.16	0.16	0.05	0.17	-0.30

では「適合」している回答の割合があまり変わらない(50~60%)のに対して、本研究で提案する方法4ではすべての回答のうち85%が「適合」しているとなっている。

以上のことから、本研究で提案する「検索空間に対義語空間を用い距離計算にクラスタリングを導入する手法」によって、検索精度が向上することが確かめられた。

5.1.3 基本感性語による表現

検索実験で用いた7語の感性語について、それぞれの感性語が基本感性語によってどのように表現されているかを調べた。感性語ごとに5つの教師画像クラスタを設定しているが、そのうちの1つのクラスタの中心を表5に示す。

表5では、各対義語対における評価値の絶対値が0.4以上の項目を太字で表している。太字の項目を抜き出し絶対値が大きい順に列挙すると、各感性語は基本感性語によって以下のように表現されていることが分かる。

アメリカン モダン・派手
ジャパネスク 重苦しい・古めかしい・小ぢんまり
ヨーロッパン レトロ・威厳のある・小ぢんまり
春 暖かい・生き生きした・明るい
夏 明るい・さわやか
秋 小ぢんまり・穏やか・レトロ
冬 寂しい・暗い・重苦しい

以上の表現はそれぞれの感性語が表すイメージのある程度正しく表現しており、基本感性語を用いてその他の感性語が適切に表現されているといえる。

5.2 提案システムの検索実験

5.2.1 実験の概要

本研究で提案する画像検索システムによって、効率的にユーザの希望する画像を検索できるかを検証する実験を行った。

実験では、ある感性語について繰り返し検索する場面を想定し、あらかじめ感性語にあてはまると思う画

表6 フィードバックの効果
Table 6 Effect of feedback.

感性語	フィードバック回数(回)	初期状態の最低順位	提示された画像数(枚)
春	5	108 / 392枚	60
夏	4	77 / 392枚	50
秋	1	21 / 392枚	20
冬	5	92 / 392枚	50
平均	3.75	74.5 / 392枚	47.5

像(正解画像)を10枚収集しておき検索過程をシミュレートする。4.2節で述べた手順に沿って、システムが提示した画像が正解画像に含まれていたなら「適合」と評価し、含まれていなかったら「不適合」と評価してシステムにフィードバックする。対義語空間を用い、クラスタリングをして(クラスタ数:5)検索する。「春・夏・秋・冬」の4つの感性語について10枚の正解画像を設定し、すべての正解画像が検索されるのにかかったフィードバック回数を測定した。

5.2.2 結果と考察

各感性語とも1~5回のフィードバックで目的の10枚の正解画像をすべて検索できた。ここで、4つの感性語について、実験の検索過程でユーザに提示された画像数と、正解画像の中で初期状態での検索順位が最も低かった画像の順位(392枚中)を表6に示す。

正解画像をすべて検索するまでに、フィードバックを用いなくて初期状態での検索結果を順番に見ていくと、平均で74.5枚の画像がユーザに提示されることになるが、提示画像に対するユーザの評価をシステムにフィードバックすることで、ユーザに提示される画像は平均で47.5枚に減少している。つまり、フィードバックによってユーザが希望する画像を効率的に検索することができている。

6. おわりに

本研究では、風景画像を対象とした感性語による画像検索において、対義語対により他の感性語を表現する手法を提案した。特に、対義語対ごとに独立に評価

を行うことにより、感性語の追加に対する拡張を容易にした。また、クラスタリングを導入することにより、検索の適合率を改善できることを示した。さらに、この枠組みにユーザからのフィードバック機構を導入し、ユーザへの負担をそれほど増やさず検索を効率化できることを示した。

今後の課題としては、まず複数の感性語による入力への対応があげられる。実際の検索場面では、「明るく」「にぎやか」や「さわやか」な「夏」などのように複数の感性語に当てはまる画像を検索したいという要求がある。現在のシステムでは一度に1つの感性語しか入力できないが、このような複数の感性語による検索要求にも対応できる必要がある。

また、本論文では比較実験により提案手法の優位性を示したが、実験データは1例にとどまっており、手法の適用可能な範囲については、明確になっていない。さらに、本論文では対義語対としてどのような単語を用意すればよいかに関する議論は行っていない。本手法を実際の検索場面に適用する場合、対象とする画像、検索場面に依存して、どれだけの単語を用意すればよいかを検討する必要がある。

参 考 文 献

- 1) 加藤俊一, 栗田多喜夫, 坂倉あゆみ: フルカラー絵画データベース ART MUSEUM—色彩感と略画による画像対話, 信学技報, Vol.IE88-118, pp.31-38 (1988).
- 2) 栗田多喜夫, 加藤俊一, 福田郁美, 坂倉あゆみ: 印象語による絵画データベースの検索, 情報処理学会論文誌, Vol.33, No.11, pp.1373-1383 (1992).
- 3) 柴田滝也, 加藤俊一: 街路の景観画像データベースのイメージ語による検索, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J82-D-I, No.1, pp.174-183 (1999).
- 4) 堀田裕弘, 大橋俊道, 村井忠邦, 中嶋芳雄: 景観画像からの感性因子の抽出と推定, 第5回知能情報メディアシンポジウム論文集, pp.177-184 (1999).
- 5) 田中大典, 前田茂則, 池田克夫: 対義関係にある感性語対を用いた画像検索, 情報処理学会 MIRU'98 論文集 I, pp.63-68 (1998).
- 6) 田中大典, 前田茂則, 池田克夫: 感性語間の関係に着目した画像検索システム, 信学技報, Vol.PRMU98-261, pp.49-56 (1999).
- 7) 石川佳治, Subramanya, R., Faloutsos, C.: MindReader: 例にもとづくデータベース問合せ手法, 情報処理学会研究会資料, Vol.98-DBS-116-53, pp.201-208 (1998).
- 8) Rui, Y., Huang, T.S. and Mehrotra, S.: Content-based Image Retrieval with Relevance Feedback in MARS, *Proc. IEEE International Conference on Image Processing* (1997).
- 9) 吉田 香, 坂本 隆, 曾田忠之, 加藤俊一: 主観的背景を考慮したデータベース検索システムの提案, 信学技報, Vol.IE97-26, pp.17-24 (1997).
- 10) 石井健一郎, 上田修功, 前田英作, 村瀬 洋: わかりやすいパターン認識, オーム社 (1998).
- 11) T. コホネン (著), 徳高平蔵, 岸田 悟, 藤村喜久郎 (訳): 自己組織化マップ, シュプリンガー・フェアラーク東京 (1996).

(平成 12 年 7 月 21 日受付)

(平成 13 年 4 月 6 日採録)



棕木 雅之

平成 3 年京都大学工学部情報工学科卒業。平成 8 年同大学大学院博士課程修了。同年京都大学工学部助手。平成 12 年より京都大学総合情報メディアセンター助手。現在に至る。

画像認識の画像検索への応用に関する研究に従事。京都大学博士(工)。電子情報通信学会会員。



田中 大典

平成 10 年京都大学工学部情報工学科卒業。平成 12 年同大学大学院修士課程修了。同年富士ゼロックス入社。現在に至る。



池田 克夫(正会員)

昭和 35 年京都大学工学部電子工学科卒業。昭和 40 年同大学大学院博士課程修了。同年京都大学助手。昭和 46 年京都大学助教授。昭和 52 年筑波大学教授。昭和 63 年京都大学教授。平成 13 年より京都大学名誉教授, 大阪工業大学教授。高度情報処理システムの構成に興味を持ち, コンピュータネットワーク, 分散処理システム, マン・マシンインタフェース, 画像理解の分野で研究を行っている。工学博士。情報処理学会(フェロー), 電子情報通信学会(フェロー), 人工知能学会, IEEE, ACM 各会員, IPL editor。