

感性語による画像検索とその精度評価

木 本 晴 夫†

感性語を検索入力として、花やブラシペイント画像を検索する感性検索システムの開発と評価について述べる。感性語はシステムが内蔵する、感性語と配色パターンの対応テーブルによって、配色パターンに変換され、各画像から抽出された代表色パターンとの間で類似度計算をして、類似度順に検索結果を出力する。検索精度評価においては、テキスト検索で確立されている検索精度評価方法を使用するなどして評価方法を客観的、数値的なものとした。つまり、評価用の検索対象画像として、花の写真100枚、ブラシペイント画像100枚の合計200枚を準備して、これらに対する検索要求と個々の検索要求に対しての評価用正解データを作成して、画像検索を行ったのち、これらの精度評価用データを使用して検索精度の再現率・適合率の評価を実施した。本論文での新規な結果としては次のとおりである。(ア)花、ブラシペイント画像を検索対象として、今回作成した評価用正解データベースを使用して検索精度評価をした。従来は、本論文で示したような評価用正解データベースを用いての検索精度評価はなされていなかった。(イ)感性語とそれに対応する検索正解画像の色解析結果から、感性語ごとに、検索における感性語と色相・彩度・明度の関係を明らかにした。この関係を正解特徴量分布としてまとめた。また、この正解特徴量分布は離散データであるので、近傍のデータの影響を計算して連続データに補正した。この補正したデータを領域重み分布データと呼ぶ。従来は、画像と感性語の間の関係をアンケートデータを基にして感性語をベースとして分析したり、画像からの代表色抽出のために色相のみのヒストグラム分析をした報告はあったが、感性語と色相・彩度・明度との関連性を上記のような評価用の正解データに基づいて詳細に分析した報告はなかった。(ウ)検索のための類似度の計算において、上記の領域重み分布データを使って類似度の補正をした結果、検索精度を大幅に向上できた。

An Image Retrieval System Using Impressional Words and the Evaluation of the System

HARUO KIMOTO†

This paper describes the image retrieval system whose input search keys are impressional words, such as "refreshing", "bold" and "pretty". The databases for search are a flower image database and a brush paint image database. The input impressional words are translated into color patterns which correspond to the impressional words. An impressional words to color patterns table is used for this translation. Dominant colors are also extracted from each of the images of the databases. The similarity matching is made between these color patterns on the $L^*a^*b^*$ color space. And the system outputs the images in the similarity order. The evaluation of the system is made based on the recall-precision measurement that is frequently used for the evaluation of text retrieval systems. The recall-precision measurement is well established in the field of text information retrieval. For the evaluation of the image retrieval systems, a relevancy database was constructed. A relevancy database consists of a database of 200 images from flower image database and brush paint image database, 10 queries expressed by impressional words and the relevancy judgements. The result of the evaluation shows a couple of points. The first point is that this evaluation is the first one that uses the relevancy database, and, as a result, the evaluation is accurate. The second point is that for each impressional words, the degrees of the influence of hue, saturation and intensity of colors were made clear when retrieving the images using impressional words. This was made by analyzing the relevancy database. The third point is that the effectiveness of retrieval was greatly improved by using the results of analysis of the relevancy database. As a result, the relevancy database is very necessary for the image retrieval system.

1. はじめに

従来から図書、論文、新聞記事、特許などのテキスト情報に対する検索ニーズは高く、そのニーズに応え

† NTT サイバースペース研究所
NTT Cyber Space Laboratories

る技術開発・システム開発・サービス提供も活発に行われてきた。近年、ネットワークの高速化、記憶媒体の高密度化と低価格化、インターネットの普及にともなうデータベースなどへのアクセスの容易化などによって、テキスト情報に比べてデータ容量はるかに大きい画像データへのアクセスや検索ニーズが高まっている^{1),2)}。

テキスト情報は図書館に代表されるように、古くから、その情報管理方法が考究・実践されてきた。UDC (Universal Decimal Code) に見られるように国際化の実績もある。一方、画像情報についても、古くから美術館・博物館などでの管理実績があるが、物としての保管がテキストに比べてはるかに難しく、保管される量も限られるなど、テキストほどには容易にアクセスはできていなかった。したがって、画像の利用・流通も専門家などの一部に限られた人々の間でしか行われていなかった。あわせて、検索した画像をどのように有効に利用するかの利用方法の考究も十分になされていないとはいえない。

再度、テキスト情報との対比になるが、コンピュータを用いてテキストから意味のある語を取り出す技術は、ここ 10 年の間にかなりの高精度レベルに到達した。画像から意味のあるオブジェクトを自動的に抽出する技術はまだ研究段階である。

画像検索システムで商用のレベルにあるものは、IBM 社の QBIC、Virage 社の Illustra & VIR など、現状では数えるほどである。

画像検索の手法は大きくは次の 3 種類に分けられる。(ア) キーワード検索、(イ) 内容検索、(ウ) 感性検索である。キーワード検索はあらかじめ画像に付けられたキーワードを検索キーとして検索するものである。内容検索は画像の内容(画像中のオブジェクト)を検索キーとするものである。感性検索は感性語などの検索入力をシステムが色、テクスチャなどの画像特徴量に変換して、その画像特徴量を使って類似する画像を検索するものである。

現在までに報告されている研究開発をユーザが入力する検索キーを基にして分類すると、次のような種類に分類できる。(ア) キーワード検索、(イ) 自然文入力による検索、(ウ) 画像の色領域指定検索、(エ) 対象物スケッチによる検索、(オ) システムが提示する例示画と例示画の特徴をユーザが指示して検索、(カ) オブジェクトの形状、位置、大きさ、色、部分領域の関係、レイアウト情報をユーザが指定して検索する、(キ) 感性語検索(印象語検索、形容語入力、感性表現と比較表現入力など)。

テキストの検索でも同じであるが、検索において重要な課題は、ユーザが自分の内に持つ検索要求をどのような手段で表現して、検索システムに入力するかである。キーワード検索は図書、論文、画像などでそのタイトルや著者をあらかじめ知っている場合に有効である。内容検索は検索したいオブジェクトが分かっている、かつ、画像中でそのオブジェクトが切り出されている場合に効果を発揮する。感性検索では、タイトルや作者などのキーワードを知らない場合や画像全体から受ける印象を基にして検索を行う場合に有効である。人が一般に画像を見てどのような検索キーを本能的に付けているかを考えてみる。著者の考えであるが、色、形、大きさ、オブジェクトなどとともに画像全体から受ける感性的印象も検索キーとして付けると考えられる。もちろん、分かれば画像のタイトルや作者名も検索キーとして付ける。このような理由から感性検索は画像検索の 1 つの手法として必要である。この感性検索は画像検索だけでなく、音楽の検索、映像の検索、はたまた、印象を表現しているテキスト(詩、短歌など)の検索にも使えるもので、大きく見て、これらのすべてを横断的に感性語で検索するようなことも将来はありうると考える。

感性検索の具体的なニーズは、室内・ファッション・日用品などのデザイン支援、美術館・博物館などでの画像検索などが主なものである。基本的には気に入った画像を探して、それを参考にしつつ、デザインをしたり、イメージーションを膨らませるのに使われる。

画像検索の精度評価の問題点

従来から画像検索・感性検索技術で多くの研究報告がなされている。技術的には種々の考案がなされ、色情報、形状情報、レイアウト情報などを利用するなど多方面からのアプローチが進んでいる。しかし、全般的に検索結果の精度評価においてデータ数が少なく、開発された技術が実用レベルで使用可能かどうか不明である、という問題点があった。以下にこれらの問題点について述べる。また、以下では感性語による画像検索のことを感性検索と呼ぶ。

- 第 1 番目の問題点は、評価に使うデータ数が小さいことである。
- 第 2 番目の問題点は、画像検索の評価方法として標準的、あるいは共通に用いられているものがないということである。今までの研究例で行われた評価の方法は次のとおりで、様々である。(ア) 検索精度評価をしていない、(イ) 定性的なオピニオン評価、(ウ) 2, 3 の検索実施例についての詳細なデータ分析をしている、(エ) 論文の著者やシステ

ム作成者の主観的な評価、(オ) 10 個の満足する画像を得るまでの検索回数で評価、(カ) 再現率・適合率を算出して評価、などである。

以下に個々の研究報告における、評価に用いられた画像数と検索の評価方法を示す。

最初に、感性検索にかかわる研究の場合について示す。田中ら³⁾は風景画像 20 枚を対象として、それらの画像に対する印象語の自動付与をして、自動付与の再現率評価を実施、検索実験は実施せず。福田ら⁴⁾は日本の伝統的デザイン画 32 枚を検索対象としているが、検索精度評価なし(実装中)。野崎ら⁵⁾は 378 点の美術品の画像を検索対象としているが、検索精度評価はなし。大庭ら⁶⁾はカタログ写真 85 枚を検索対象としているが、検索精度評価なし。本研究は花、ブラシペイントの写真各 100 枚で合計 200 枚を検索対象として、再現率・適合率による検索精度評価を実施した。精度評価用の正解データベースの作成については、本章の後のパラグラフで詳述する。栗田ら⁷⁾は絵画 200 枚を検索対象としているが、検索の評価は、2, 3 例の検索についての著者の主観評価によっている。八村ら⁸⁾は絵画 400 枚を検索対象としているが、検索の評価は 2, 3 例の検索についての著者の主観評価によっている。尾田⁹⁾は 6 万の顔画像(ツールで自動生成)を検索対象として、20 人による検索の性能評価(検索回数による評価、10 個の満足する画像を得ると満足)を実施している。この評価方法では、より満足する画像がいくつあっても、それらを検索する以前に、満足する画像 10 個を得て、検索を終了してしまつて、必要な画像をすべては検索できないという本質的な問題がある。

次に、感性検索以外の画像検索の研究も次のように多数の報告がなされている。美濃ら¹⁰⁾、棕木ら¹¹⁾、高橋ら¹²⁾、金原ら¹³⁾、西山ら¹⁴⁾、金原ら¹⁵⁾、柴田ら¹⁶⁾、赤間ら¹⁷⁾の報告があるが、感性検索の研究報告ではない。

画像検索研究の分野とは異なるが、同じ検索という視点から述べると、テキスト検索の分野では精度評価については、古くから評価用データベースをはじめとして、多くの議論がなされてきている¹⁸⁾。最近では、テキスト検索の精度評価では米国で 70 万件のテキストが使われる TREC という名前のテキスト検索の評価会¹⁸⁾が行われている。日本では、テキスト検索システム評価用として、6000 件の検索対象データとともに検索要求とそれに対する正解を付けたテストコレクション¹⁹⁾が公開されている。これらのテキスト検索の評価用データと比較すると、現状での画像検索

評価用データはきわめて規模が小さいといわざるをえない。また、客観性があるともいい難い。以上のことから、現状の感性語による画像検索の研究では、定量的な検索精度評価をしていなかったり、評価方法がまちまちで、システム相互間の比較をすることや比較によって長所や短所を明らかにすることができずに、システム・技術の改善・改良が蓄積されてゆくベースがない。特に、感性検索の研究では評価用データベースを用いて精度評価をした研究報告は 1 例もなかった。

本論文では、従来の感性検索研究の問題点を解決するものとして、テキスト検索で確立されている検索精度評価方法を使用するなどして検索精度の評価方法を客観的、数値的なものとした。つまり、評価用の検索対象画像として、花の写真 100 枚、ブラシペイント画像 100 枚の合計 200 枚を準備して、これらに対して 10 個の検索要求と個々の検索要求に対しての評価用の正解データをあらかじめ作成した。評価用の正解データの判定は、1 つ 1 つの検索要求(これらの検索要求は感性語で表現されている)について、男 5 人、女 5 人の計 10 人が検索対象の全画像 200 枚について正解判定を行い、10 人の評価者によって一定の評価を得た画像を評価用の正解画像とした。また、これらの評価者は年齢的には、20 歳台の前半から 40 歳台の後半まで分布させ、経歴的にも、研究職・技術開発職・事務職・営業職・芸術関係者など幅を持たせて、性別・年齢別・経歴別の面において偏りを持たせないようにした。このようにして、評価用の正解データに客観性を与えた。以上の評価用データを使用して感性語による画像検索を行い、再現率・適合率の評価を実施した。

従来研究と本研究との比較について述べる。これまでの感性語による画像検索の研究報告では、上述のような、評価用データベースを作成して、これに基づいて検索精度を評価した研究報告はなかった。また、感性語による画像検索ばかりでなく、広い意味での画像検索の研究においても、同様のことがいえる。つまり、検索精度の評価としては、検索対象画像数、評価用データベースの作成者数、評価用検索要求数、検索評価尺度などの各項目は、検索精度評価のための構成物の中の 1 つ 1 つの構成要素であるが、従来研究では、上記で述べたように、どれかの構成要素が十分でなかった。本研究の評価方法は、前のパラグラフで述べたように、これらの構成要素がすべて吟味されて作られていて、従来研究で使用された評価用データベースや評価方法よりも全体として優れている。

また、今回の評価用データベースの作成においては、上記のように偏りを持たせないようにした 10 人の評価

者による評価結果を使用した。もとより、感性は個人によって千差万別である。しかし、多くの人に共通な感性も存在する。色彩などに関しては、色彩の専門家によれば、人によって程度の差こそあれ、色から受ける印象はおおむね似たようなものになるといわれている。また、ファッションデザインの分野のような商業世界では、ごく少数のデザイナーが流行を作り出す。このように、個人個人の感性とは別に、共通な感性やミニ集団の感性も現実的に存在する。本報告での、10人の評価者によって作られた評価用データベースも、このような共通あるいは小集団の感性という面から見れば十分に実用的な面から意義のあることと考える。

評価用データベースは10人の評価者の評価をベースにして作成されている。評価者については、性別・年齢別・経歴別の面において偏りを持たせないようにしているが、さらに人数を増やすなどして、偏りを小さくすることは今後必要である。必要な人数の評価者を揃えるなどして、客観性の高い評価用データベースを構築し、検索精度評価の信頼性を高めることは意義深いことであり、今後の検討課題である。

また、本論文では、評価用として作成した正解データベースをさらに利用して、感性語とそれに対応する正解画像の色解析結果とから、感性語と色との関係を分析して、感性語ごとに、検索において、色相、彩度、明度のどれが、どの程度影響が大きいかを明らかにして、正解特徴量分布としてまとめた。また、この正解特徴量分布は、正解画像ごとの色解析結果に基づいているために、離散的な分布となっている。感性検索においては本来は正解特徴量の分布は、感性を反映するものとして、離散的な分布量ではなく、領域的に連続して分布する量であると考えられる。このために、離散的な分布量である正解特徴量分布を基にして、連続的になるように補正したものを作成して、これを領域分布データと名付けた。そして、この領域分布データを検索時の画像配色の類似度計算において利用することによって、検索精度を向上できることを実験によって確認した。

以上のことを含めると、本論文での新規な結果として以下の点があげられる。(ア) 感性検索の精度評価のために評価用データベースを作成して、これを使用して検索の精度評価を行った。(イ) 評価用データベースを詳細に分析することによって、個々の感性語ごとに適合する色情報の特徴が明らかになった。そして、この分析結果を正解特徴量分布と領域分布データとしてまとめた。(ウ) 検索時の画像配色の類似度計算において、領域分布データを利用して類似度計算の結果を補

正することによって、検索精度を大幅に向上できた。

感性検索において色情報の利用などに関連の深い研究として、田中ら³⁾の研究、福田ら⁴⁾の研究がある。田中らの研究では主として色相の頻度情報を利用して代表色抽出をしているが、その代表色を画像に対する印象語付与のために用いていて、検索のためには用いていない。福田らは画像と感性語の関係を、アンケートによる5段階評価と主成分分析を利用して分析しているが、感性語と色情報との間の個々の関係の分析については具体的に述べていない。そして、両者ともに検索や検索精度評価については論じてはいない。

本論文では、まず、1章(本章)で現状の感性検索システムとその問題点について述べる。特に検索の精度評価の問題点を示す。2章では、筆者がこのたび開発した感性検索実験プログラム INMUL-Kansei について述べる。次に3章で、INMUL-Kansei の検索精度評価結果を述べ、あわせて、評価のために今回構築した感性検索のための評価用データベースを紹介する。4章では評価用データベースの正解分析と各感性語に対する正解特徴量の抽出について述べる。5章では4章で述べた正解特徴量を利用する検索精度の改善の試みとその評価結果について述べる。最後に、6章でまとめを述べる。

2. 感性検索実験プログラム

2.1 感性検索実験プログラムとその構成

感性検索実験プログラムを作成した。名前を INMUL-Kansei (Interactive MULTimedia information retrieval system using Kansei words) とした。図1に INMUL-Kansei のプログラム構成図を示す。

INMUL-Kansei は、プログラムとして、感性語入力部、配色パターンと画像の代表色の色空間上での距離計算を行う部分(距離計算部と呼ぶ)、検索結果表示部、学習用画像の指定と画像の感性語に対する適合度を入力する部分(学習部と呼ぶ)から構成され、その他、感性語変換辞書ファイル、検索対象画像ファイル、各画像の代表色 DB ファイル、領域重み分布データ(各感性語ごと)ファイルから構成される。これらとは別に、オフラインで検索の精度評価計算をする部分(精度評価部と呼ぶ)と、評価用正解 DB ファイルを備えている。

プログラム動作としては、次のとおりである。まず、感性語入力部において、ユーザは検索要求として感性語を画面から選択することによって入力する。入力された感性語は、感性語変換辞書を用いて、対応する配色パターンに変換される。距離計算部では、変換で得

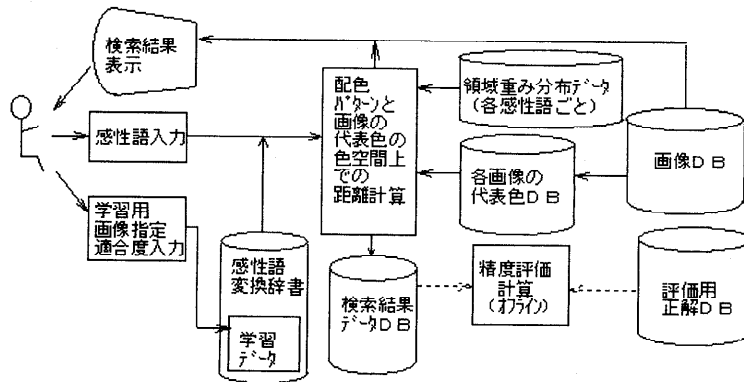


図1 感性検索実験プログラムの構成

Fig. 1 Configuration of the INMUL-Kansei prototype system.

られた配色パターンと各画像の代表色との間の色空間上での距離計算をして、距離の近い順に類似度が高いとする。検索結果表示部では、検索要求として入力された感性語に対応する配色パターンに対する類似度順に、画像をユーザに表示する。また、距離計算部では、あらかじめ評価用正解DBの内容を分析して得られた、領域重み分布データを使用して、距離計算結果を補正することもできる。さらに学習部において、ユーザは表示された検索結果である各画像に対して、任意の画像を選択して、その画像についての、感性語に対する適合度を入力することができる。この適合度は、システムによって感性語変換辞書に学習データとして蓄積され、次回から、距離計算部での距離計算に反映して使用される。検索結果は検索結果表示部で表示されるとともに、距離計算部から検索結果データDBファイルとして出力される。オフラインにて、この検索結果データDBファイルの内容と、評価用正解DBファイルの内容とを比較して、検索精度評価結果が算出される。

ここに述べたプログラム動作の説明から分かるとおり、ユーザが入力するものは、感性語（画面表示されたものから選択する）、適合度入力の対象とする画像選択と、選択された画像の感性語に対する適合度である。

2.2 INMUL-Kanseiにおける感性語の配色パターンと画像代表色の色空間上での類似度計算

検索用に入力された感性語はカラーパターン対応テーブル（図1では感性語変換辞書としている）²⁰⁾を用いて複数個の配色パターンに変換され、これらの配色パターンとあらかじめ各画像から自動抽出された代表色との間で、色空間上での距離計算をする。距離計算は $L^*a^*b^*$ 空間上で行う。さらに配色パターンに付

けられた重み w_i や代表色の画像中での面積に比例して付けられた面積重みを使用して、計算された距離に重みを付けることができる。以下に、重み付き距離の計算式を示す。 \sum 記号の上の3(5)は配色が3色の場合と5色の場合で使い分けることを意味する。また、配色パターンと画像の代表色はともに3色の場合と5色の場合の2通りがあるが、以下の計算式を適用するときには、3色の場合は配色パターンの3色と画像の代表色の3色のすべての色の組合せに対して適用し、5色の場合も同様である。

$$d = \min \left(W p_i \times \left(\sum_{j=1}^{3(5)} W s_j \times \sqrt{(\Delta L_j)^2 + (\Delta a_j)^2 + (\Delta b_j)^2} \right) \right) \quad (1)$$

$i = 1, 2, \dots, 10$

ここで、記号の意味は各々以下のとおりである。

d : 重み付き距離

i : 感性語に対応する10個の配色パターンに対応する。 $i = 1, 2, \dots, 10$

$W p_i$: 個々の配色パターンに付けられた重み（専門家があらかじめ付ける）

$W s_j$: 画像中での代表色の面積に比例する重み（システムが画像から自動抽出する）

ΔL_j : 配色パターンの色と画像の代表色の色の双方のL成分の差

Δa_j : 同上のa成分の差

Δb_j : 同上のb成分の差

☆ 感性語に対して個々の配色パターンごとに適合度が異なる。このため適合度の度合いを重みとして、上記のテーブルの一部にこの重み情報を入れている。

2.3 INMUL-Kansei の特徴

本論文での感性検索法の特徴は以下のとおりである。

- (1) 評価用の正解データベースを内蔵している。つまり、評価用データベースとして、感性語とそれに対する適合画像の ID 番号を持っている。
- (2) 評価用の正解データベースを分析して、感性語とそれに適合する画像の HSI 成分の分析情報を有している。この HSI 分析情報を領域重み分布データと呼び、検索精度の向上のために利用する。たとえば、感性語「トロピカルな」に対応する HSI 空間上での正解領域とその重み分布データを持っている。この領域重み分布データを利用して検索精度を向上できた。領域重み分布データは HSI 空間でデータ作成しているが、距離計算に利用する場合は $L^*a^*b^*$ 空間上へ変換を行ってから使用する。領域重み分布データについては 4.2 節で詳述する。
- (3) 色空間上での距離計算を行うために、感性語を色情報に変換するときカラーパターンテーブル (図 1 では感性語変換辞書としている)²⁰⁾ を使用した。カラーパターンテーブルは 180 語の感性語とそれらの語に対応する色情報を持っている。
- (4) 色特徴の距離計算において、人間の印象によく合っている、 $L^*a^*b^*$ 表色系を採用した。
- (5) 入力画面インタフェースの特徴としてカラーイメージスケール²⁰⁾を使用した。
- (6) 学習機能を実現した。この学習機能では、ユーザは個々の感性語に対して、その感性語を使ってシステムが検索した個々の画像について、画像全体としての感性語に対する適合度や、画像中の個々の色の感性語に対する適合度をシステムに入力できる。システムは上記 (3) で記述したカラーパターンテーブルを内蔵しており、入力された適合度に基づいてカラーパターンテーブル内に保持されている、感性語に対応する個々の配色パターンの重み (初期値は専門家によってあらかじめ与えられている) を増加あるいは減少させる。これらの一連の処理によって、次回からの検索では、画像間の色特徴の類似度の距離計算において、増加あるいは減少させられた重みを計算に使うことによって、前記のユーザからの入力情報に基づいた学習が検索結果に反映される。

2.4 検索フロー

INMUL-Kansei における検索のフローは以下のと

おりである。図 2 に検索画面を示す。

検索画面では、検索色数、重み (配色パターン)、表色系、重み (領域)、なども選択入力できるが、これらのものは最適なパラメータ値を選ぶための実験用として使用することになっていて、実験によって、パラメータ値が決められてしまった後は、それらの値がデフォルト値としてシステムに設定されるので、一般のユーザはこれらを入力する必要はない。一般ユーザが入力するものは、2.1 節でも述べたが、感性語の選択入力、適合度の入力の対象となる画像の選択と、選択された画像の感性語に対する適合度である。本来はユーザが入力する必要のない情報まで検索画面で表示しているのは、本システムが実験用のものであるからであり、実使用時にはこれらの情報は隠蔽されることになる。

- Step1:** システムが提示するカラーイメージスケール上において検索キーとする感性語を選択する。感性語は表示される 180 語の中から 1 語または複数語を選択することができる。感性語は日本語で表示されたカラーイメージスケールから選択することもできるし、英語で表示されたものから選択することもできる。
- Step2:** 画像照合に使う色数 (3 色/5 色) を指定する。実験結果からデフォルト値は 5 色としている。
- Step3:** 感性語に対応する配色パターンは複数パターンがあるが、各パターンに画像照合時の計算に用いる重みを設定することができる。この重み (3 通り) を設定する。実験結果では有意差がみられなかったため、デフォルト値は均等重みとしている。
- Step4:** 画像を表示する時の表色系 (RGB 表色系/ $L^*a^*b^*$ 表色系) を指定する。デフォルト値は人間の視覚感覚に合っている $L^*a^*b^*$ 表色系を使用するように設定している。
- Step5:** 画像照合時の計算において、各検索対象画像中での色の面積を重みとして付加して利用できる。この重みを付加して計算時に使用するかどうかを指定する。実験結果では有意差がみられなかったため、デフォルトはこの重みを使用しないとしている。
- Step6:** 学習機能を使用するかどうかを指定する。ユーザが任意に指定する。
- Step7:** 検索を実行する。
- Step8:** 検索結果の中で、検索要求に適合している画像をマウスクリックによって指定して学習を行う。学習結果データは各感性語の各配色パターンを使った距離計算時に用いられる重みを増加ある

いは減少させるために使用される。

Step9: 学習結果を利用して、再度、検索を繰り返す。

Step10: 評価用の正解データを用いて、検索結果の精度評価を行う。

3. INMUL-Kansei の評価

3.1 検索精度評価のための評価用データベースの作成

1章でも述べたが、従来の研究発表では、数人の人のオピニオン評価や、検索システム作成者が2, 3の検索例について検索プロセスを実験結果データを用いて解析的に分析評価をしている例がほとんどであり、評価が評価用データに基づいて客観的に行われてはいなかった。そこで本論文では、まず、評価用データベースを作成して、これをベースにして検索システムの精度評価を行うこととした。

本論文における評価用の正解データベースの作成方法は次のとおりである。被験者10人(男5人, 女5人)に検索対象の画像(花写真100枚, ブラシペイント100枚)を見せて、各検索用感性語(全部で10語)の持つ印象と適合するかどうかを判定してもらった。判定は4段階で行い以下のようにした。

第1段階: 適合していない。

第2段階: どちらともいえない。

第3段階: どちらかといえば適合している。

第4段階: 適合している。

計算のために、第1段階は1点、第2段階は2点、第3段階は3点、第4段階は4点とし、これらの点数を判定点と呼ぶ。各被験者が、各感性語について、各画像の適合性判定を行う。各画像ごとに、各被験者の判定点の最高点と最低点を除いた残りの判定点の平均をとって、平均点が2.5以上のときに、その画像は感性語に対して適合しているとした。このとき、最高点または最低点を付けた被験者が複数人いる場合は、最高点または最低点の中の1つだけを取り除いて、残りの最高点または最低点は平均点の算出において使用した。平均点が2.5ではなく、3以上のときに適合しているとすべきという考え方もあるが、今回は、 $(1+2+3+4)/4=2.5$ として、各点の中央値(2.5)を算出して、適合性の判定基準とした。

評価用データベース作成のために、感性語としては180語の感性語の中から任意の10語から選んだ。それらは次のとおりである。「さっぱりした」、「理知的な」、「しゃれた」、「可憐な」、「ういういしい」、「ほがらかな」、「エレガントな」、「かわいい」、「トロピカルな」、「重厚な」。すなわち、これらの個々の感性語に対して適合

する画像のID番号を評価用データベースとして持っている。

3.2 精度評価における種々の検索条件

INMUL-Kanseiでは、検索の実行にあたっては、最適な検索条件を洗い出せるようにするために、種々のパラメータ条件が指定できるようにした。それらのパラメータとそのとりうる値は次のとおりである。

- パラメータ1 (パラメータ名=配色数)

検索時の、配色パターンの色数と画像の代表色の色数を3色を使う場合と5色を使う場合との2通りを設定できる。

- パラメータ2 (パラメータ名=重み(配色), 式(1)の Wp_i のことである)

配色パターン(各感性語ごとに10パターンある)の重み付けは、重みを段階的に変えるように与えているが、この段階の幅を小さくするか、大きくするかで、10段階の与え方が可能であり、10段階目が幅が一番大きい。精度評価では、複雑さを避けるために、そのうちの3段階目と7段階目を使い、これに、重み付けをしない場合を合わせて、合計3通りが設定できる。

- パラメータ3 (パラメータ名=重み(面積), 式(1)の Ws_i のことである)

画像中の各代表色の面積に比例した重み付けができる(2通り: 付ける/付けない)。

- パラメータ4 (パラメータ名=縮退)

画像自身の持つ色の数である(2通り: 130色^{*}へ縮退したもの/縮退をしない原画の色)

3.3 精度評価結果とそのまとめ

3.3.1 検索条件と精度評価結果

INMUL-Kanseiの精度評価をした。精度評価は評価用の正解データベースを用いて、各感性語ごとに、検索条件別に行い再現率・適合率表^{**}を作成した。感性語が「トロピカルな」でブラシペイント画像を検索した場合の再現率・適合率表を表1に示す。再現率・適合率表では再現率が0.0から1.0までの間で0.1ごとに変化する各々の場合に対して適合率が計算され、かつ、各適合率の平均が計算されている。この適合率の平均を、検索の各条件と各感性語のすべてにわたって平均したものを総合平均適合率と呼び、検索対象が、花画像の場合とブラシペイントの場合について表2に

^{*} カラーイメージスケール²⁰⁾で使用している130色のことである。

^{**} 再現率は検索での本来の正解のうちで、システムが検索した正解の比率で、適合率はシステムが検索したもののうちで、正解であるものの比率である。

表 1 再現率・適合率による検索精度評価の例 (感性語=トロピカルな, 検索対象画像=ブラシペイント)
Table 1 An example of evaluation by recall rate and precision rate.

画像	ブラシ
感性語	トロピカルな
データ数	100
正解数	15
補完	なし

検索条件	1	2	3	4	5	6
検索色	3色	3色	3色	3色	3色	3色
重み(配色)	0	0	3	3	7	7
重み(面積)	なし	あり	なし	あり	なし	あり

検索条件	7	8	9	10	11	12
検索色	5色	5色	5色	5色	5色	5色
重み(配色)	0	0	3	3	7	7
重み(面積)	なし	あり	なし	あり	なし	あり

項番	再現率	条件(1)	条件(2)	条件(3)	条件(4)	条件(5)	条件(6)
1	0.0	0.0000	1.0000	0.5000	1.0000	1.0000	1.0000
2	0.1	0.3333	0.4000	0.6667	0.5000	0.6667	0.6667
3	0.2	0.2500	0.2727	0.2500	0.2727	0.2500	0.2727
4	0.3	0.1852	0.2083	0.2083	0.2381	0.2273	0.2941
5	0.4	0.1765	0.2000	0.2143	0.2400	0.2400	0.2400
6	0.5	0.1212	0.1633	0.1404	0.1818	0.1667	0.2222
7	0.6	0.1343	0.1552	0.1385	0.1731	0.1698	0.1957
8	0.7	0.1467	0.1549	0.1392	0.1692	0.1649	0.1964
9	0.8	0.1579	0.1667	0.1500	0.1739	0.1667	0.1967
10	0.9	0.1628	0.1842	0.1707	0.1867	0.1647	0.1647
11	1.0	0.1667	0.1852	0.1630	0.1667	0.1563	0.1596
平均		0.2122	0.2810	0.2492	0.3002	0.3067	0.3281

項番	再現率	条件(7)	条件(8)	条件(9)	条件(10)	条件(11)	条件(12)
1	0.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2	0.1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
3	0.2	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
4	0.3	0.7143	0.7143	0.7143	0.7143	0.7143	0.7143
5	0.4	0.6667	0.7500	0.6667	0.7500	0.6667	0.7500
6	0.5	0.7273	0.5333	0.7273	0.5333	0.7273	0.5333
7	0.6	0.7500	0.4286	0.7500	0.4286	0.7500	0.4286
8	0.7	0.4231	0.4074	0.4231	0.4074	0.4231	0.4074
9	0.8	0.4286	0.4286	0.4286	0.4286	0.4286	0.4286
10	0.9	0.4000	0.3590	0.4000	0.3590	0.4000	0.3590
11	1.0	0.2895	0.2273	0.3125	0.2308	0.3261	0.2308
平均		0.6726	0.6226	0.6748	0.6229	0.6760	0.6229

示す。すなわち、表 2 はすべての感性語にわたり、すべての条件にわたる適合率の平均の比較を表している。

表 2 から花画像を検索した場合は、次の条件の順に総合平均適合率が 1 位, 2 位, 3 位の順であった。

検索条件:(配色数=5 色, 重み(配色)=7 段階目, 重み(面積)=付ける)

検索条件:(配色数=5 色, 重み(配色)=付けない, 重み(面積)=付けない)

検索条件:(配色数=5 色, 重み(配色)=3 段階目, 重み(面積)=付ける)

表 2 からブラシペイント画像を検索した場合は、次の条件の順に総合平均適合率が 1 位, 2 位, 3 位の順であった。

検索条件:(配色数=5 色, 重み(配色)=付けない, 重み(面積)=付けない)

検索条件:(配色数=5 色, 重み(配色)=3 段階目, 重み(面積)=付けない)

検索条件:(配色数=5 色, 重み(配色)=7 段階目,

重み(面積)=付けない)

以上をまとめると、配色数は 5 色を利用するのが有効であり、重み(配色)と重み(面積)は花画像検索とブラシペイント検索を通して条件間の有意差はみられない。ただし、ブラシペイント画像検索だけの場合は、重み(面積)は適用しないことが有効である。5 色が有効であることは、3 色の配色パターンでは感性語の印象を表現するのが 5 色の場合に比較して難しいことを示していると解釈できる。実際に色彩の専門家が印象を表す配色パターンを作る場合も 3 色よりも 5 色で作ろうとする傾向があるが、このような傾向と同じである。

また、上記と同じ実験方法・実験条件の組合せのもとで、前節 3.2 節で述べた、縮退のパラメータ(パラメータ 4)を変化させて、検索実験を行い、システムが色を使って類似度計算をする場合に、画像の持つ色数を、130 色へ縮退する場合と、縮退しないで原画の色そのままとする場合とでの検索結果に対する有意差

表2 各種の検索条件間の検索精度比較(すべての感性語にわたって平均をとっている)
Table 2 Retrieval conditions and experimental results.

検索対象が花画像の場合				検索対象がブラシペイント画像の場合			
検索条件			総合平均適合率	検索条件			総合平均適合率
配色数	重み(配色)	重み(面積)		配色数	重み(配色)	重み(面積)	
3色	付けない	付けない	0.6206	3色	付けない	付けない	0.3037
3色	付けない	付ける	0.6165	3色	付けない	付ける	0.3157
3色	3段階目	付けない	0.6173	3色	3段階目	付けない	0.3088
3色	3段階目	付ける	0.6143	3色	3段階目	付ける	0.3143
3色	7段階目	付けない	0.6173	3色	7段階目	付けない	0.3180
3色	7段階目	付ける	0.6108	3色	7段階目	付ける	0.3187
5色	付けない	付けない	0.6458	5色	付けない	付けない	0.4258
5色	付けない	付ける	0.6436	5色	付けない	付ける	0.3992
5色	3段階目	付けない	0.6419	5色	3段階目	付けない	0.4227
5色	3段階目	付ける	0.6457	5色	3段階目	付ける	0.3994
5色	7段階目	付けない	0.6428	5色	7段階目	付けない	0.4076
5色	7段階目	付ける	0.6460	5色	7段階目	付ける	0.3916

を調べたが、両方の場合について、検索結果の精度はほとんど同じで、有意差はなかった。

以上の実験結果に基づいて、感性検索システムをユーザが使用するときには、ユーザが種々の設定をすることなく、精度の良い検索ができるように、検索画面における検索パラメータの値はデフォルト値が設定してある。

3.3.2 画像検索とテキスト検索との比較

本章では画像検索とテキスト検索との比較について、本研究において得られた知見を参考として述べる。

まず、花画像を各感性語で検索した場合の精度評価グラフを図3に示す。図3から検索結果は良い。テキスト検索の場合はグラフにした場合に、再現率=0.5、適合率=0.5の点よりも評価結果グラフが上側にすれば検索精度は良いので、このことを基にすると今回の検索精度は良い。テキスト検索と画像検索を同じように論ずることはできないが、テキスト検索での正解は、テキスト中にキーワードが出現するなど、正解判定条件が一意に決まる。一方、画像検索、特に感性検索では正解判定条件が検索者によって異なり、その異なり方は、色相などの特徴量においては、正解は1つの点ではなく、ある幅であり、テキスト検索と比較して許容度が高く、その結果、検索精度も良くなる傾向があることが今回の精度評価で明らかになった。このようなテキスト検索と画像検索(感性検索)の対比は、再現率・適合率という同じ評価尺度を使用することで可能となった。

4. 評価用正解データベースの分析

4.1 各感性語に対する評価用正解データベースの分析

3.1節で述べた評価用正解データベースは検索シス

テムの精度評価のために利用されるものであるが、正解判定者の数や正解画像の数が十分に大きいことから、これらの正解画像の色情報を解析することによって、感性語に適合する色情報を抽出することが可能であり、この色情報を利用して検索精度を向上できる可能性があると考えた。このことから以下に示す方法によって、各感性語に対する正解特徴量分布を作成した。

個々の感性語について以下のことを行う。各適合画像について色相(H)、彩度(S)、明度(I)ごとのヒストグラムを作る。H, S, Iは画像の色情報解析の結果、各々256段階の段階を持っているが、これを均等区間に区切って16段階に縮退させる。この16段階において色情報の出現頻度のヒストグラムを作って、H, S, Iごとに最大出現頻度の区間を得て、各々最大出現頻度区間 h 、最大出現頻度区間 s 、最大出現頻度区間 i 、と呼ぶ。次に、同じようにH, S, Iごとに16段階の座標点を持つHSI座標系を作って、最大出現頻度区間 h 、最大出現頻度区間 s 、最大出現頻度区間 i 、を各々、H, S, I軸の座標点として持つ点をこのHSI座標空間にプロットする。このプロットされた点を各適合画像に対応する正解特徴点と呼ぶ。すべての適合画像について正解特徴点のプロットを行った結果を、正解特徴量分布と呼ぶ。複数の適合画像が同じ正解特徴点を持つことがあり、この場合はその正解特徴点に適合画像の数と同数のポイントを与える。

各感性語ごとに正解特徴量分布を作成した。正解特徴量分布の例を図4に示す。図4は、HSI空間からH軸の各座標点においてH軸に直交するSI平面を切り出して、正解特徴点を持つポイントの値を三角形の高さに比例させて表示したものである。図はブラシペイント画像の場合で色No.1はオレンジ色で、No.の順に色相上の色に順次対応して、最後のNo.16

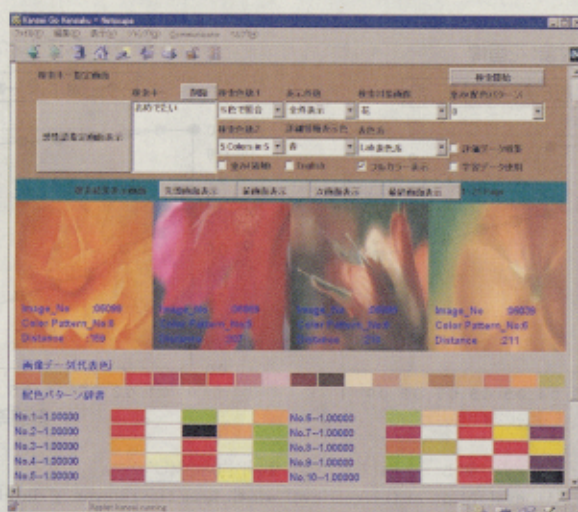


図 2 検索画面と検索結果例

Fig. 2 User interface and a retrieval result.

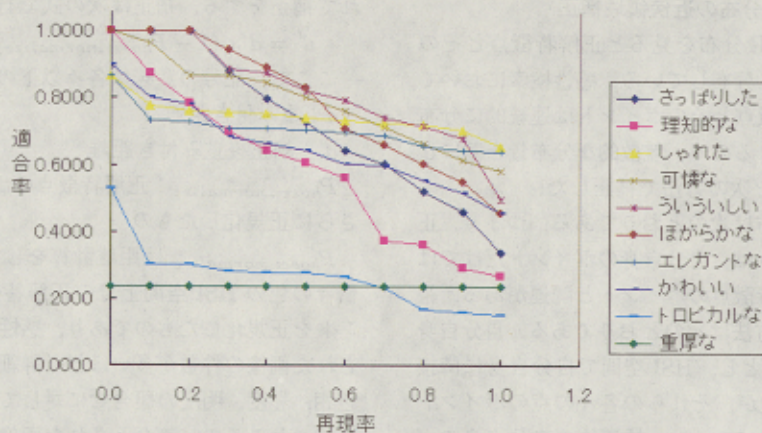


図 3 検索精度評価グラフ：感性語別，検索対象は花画像

Fig. 3 Recall-Precision rate graph.

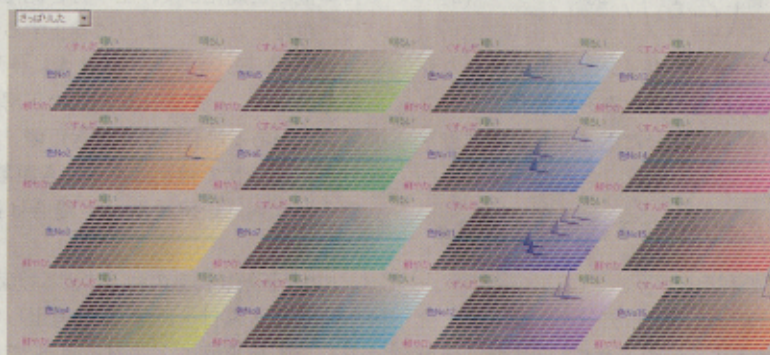


図 4 個々の感性語に対する正解符微量分布（感性語「さっぱりした」の例で，検索対象はブラシペイント）

Fig. 4 An example of distribution of relevant data.

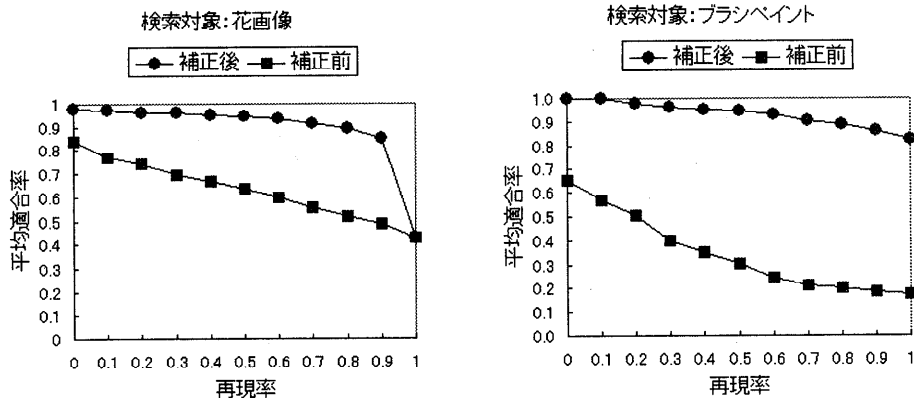


図5 補正計算後の再現率-平均適合率グラフ
 Fig. 5 An evaluation of the retrieval which uses the relevancy database.

は赤色である。

4.2 正解特徴量分布の近傍領域補正

図4の正解特徴量分布を見ると正解特徴点とそのポイントは離散的に分布している。感性検索においては、本来、正解特徴点とそのポイントは連続的に分布するものと考えられるので、離散的な分布量を基にして近傍点の分布量を次の方法で補正した。

補正方法の考え方は次のとおりである。つまり、正解特徴点のポイントは、自分自身のポイントだけではなく、周囲の正解特徴点のポイントと関連がある。補正ポイントの計算方法は次のとおりである。自分自身のポイントを P_{me} とし、HSI空間で自分自身に隣接する点は26点あるが、それらの各々の点のポイントを $P_i, i=1, 2, \dots, 26$ とし、補正後の自分自身のポイントを P_{hosei} とすると次の式によって計算する。

$$P_{hosei} = P_{me} + \left(\sum_{i=1}^{26} P_i \right) / 26 \quad (2)$$

さらに、補正後のすべてのポイントの中で最大のものの値が1になるように各ポイントを正規化する。この方法で補正ならびに正規化したポイントを領域重み分布データと呼ぶ。

5. 正解特徴量の利用による検索精度の向上

5.1 正解特徴量の利用

4.2節で述べた、領域重み分布データを使って、検索時の距離計算を補正する。つまり、3章までで使った重みは、配色パターンに対する重みと、画像中の色の面積に比例した重みであったが、本章で述べる領域重み分布データは、いわば正解特徴量の分析結果に

よる重みであり、これを類似度の計算式の中に組み入れて補正をする。補正は次の式で行った。

$$d' = d \times (1 - P_{hosei_normalize}) \quad (3)$$

ここで、記号の意味は各々以下のとおりである。

d : 重み付き距離

d' : 補正後重み付き距離

$P_{hosei_normalize}$: 正解特徴点のポイントを補正し、さらに正規化したもの

$P_{hosei_normalize}$ は距離計算をしている画像の中の個々の色のHSI空間上での正解特徴点の補正後ポイントを正規化したものであり、感性語に対して正解とされた画像の件数が多いほど(詳細に述べると、ある色相、彩度、明度の組合せに対して、その組合せの色を持つところの、適合とされた画像の件数が多いほど)、そのポイントは大きいものとなっている。距離計算をしている画像の中の色がHSI空間において持つ重み正規化して、重み付き距離 d を式(3)を使って、距離を近くするように補正する。補正された結果が d' である。すなわち、検索に使用されている感性語の場合について、HSI空間の正解特徴点においてポイントがある場合は重み付き距離 d からそのポイント分が減じられて補正後重み付き距離 d' となる。正解重みがない(正解重み=0)場合は補正が行われぬのに等しい。

5.2 正解特徴量の利用による検索の精度評価の結果

補正後重み付き距離 d' を適用して検索の精度評価をしたものを図5に示す。図5では補正前と補正後の比較を行っている。補正前と補正後のデータはともに同じ実験条件のもとでとったものである。すなわち、各感性語について、表1での条件(1)から条件(12)

までの12通りの条件について、精度評価を行ったのちに、各再現率に対する適合率の平均をとり、さらにそれらを各感性語にわたって、同様に各再現率に対する適合率の平均をとったものを平均適合率として、花画像(100枚)、ブラシペイント(100枚)を検索した場合について示している。精度評価結果から正解特徴量の分析結果とその補正データを使用することによって平均適合率の11ポイントの平均(11ポイントの平均とは、再現率での、0.0, 0.1, ..., 1.0の11ポイントについての平均適合率の平均をとったもの)が、検索対象が花画像の場合で0.26, ブラシペイントの場合で0.53, それぞれ向上できた。今回の実験では、領域重み分布データは、すべての適合画像を分析して得ているが、次の実験では、花画像とブラシペイントの適合画像の半分を分析対象として領域重み分布データを得て、その後、検索して領域重み分布データの効果を確認する計画である。図5の結果は適合画像の分析結果によってそれらの適合画像を精度良く検索できていることを示していて、分析方法の考え方が間違っていないことを示している。今後は精度評価の実験の条件を種々変えて、領域重み分布データそのものやその利用方法を改良して、信頼度を高める必要がある。

6. まとめ

本論文では、まず、感性検索の従来研究の精度評価における問題点を述べた。それらを解決するものとして、画像の感性検索において評価用正解データベースに基づく検索精度評価を行った。これによって従来の研究と比べて、精度評価結果が信頼性の高いものとなった。

新規なポイントとして、以下の諸点があげられる。(ア)画像検索システムの精度評価のために、男5人女5人の計10人を判定者として、評価用正解データベースを構築した。検索対象は、花、ブラシペイント画像である。今までの研究報告では、多くの判定者による判定結果を数値処理した結果に基づく客観的な正解判定を基礎とした評価用正解データベースを構築したという報告はなく、また、このような評価用データベースを使って画像検索の精度評価をした報告もなかった。(イ)評価用正解データベースを用いて検索精度評価を行った。新聞記事などの一般的なテキスト検索での精度と比較して、検索精度は良いことが分かった。(ウ)評価用正解データベースを分析の対象として、感性語とそれに対応する正解画像の色解析結果から、感性語と色との関係を詳細に分析して、感性語ごとに、色相、彩度、明度の影響を明らかにした。こ

の結果をまとめて、各感性語について、正解特徴量分布とこれを補正した領域重み分布データを作成した。領域重み分布データを利用して検索における類似度計算式を補正して、検索を行い精度評価をしたところ、平均適合率が補正前と比較して、検索対象が花画像の場合で0.26, ブラシペイントの場合で0.53, とそれぞれ向上できた。

今後は、精度評価の実験の条件を種々変えて、領域重み分布データそのものやその利用方法を改良して、信頼度を高めてゆく予定である。また、実験に用いた感性語の数を増やして分析を行い、多くの感性語が持つ特徴を抽出し、評価用正解データベースの実用性を高めることも必要と考える。また将来は、画像の感性検索のみならず、音楽情報や、詩や短歌などのテキスト検索にも本論文で示したアプローチは適用可能であると考え、総合的なMultimedia Contentsの感性検索とその応用に役立てたい。

参考文献

- 1) 野口:画像データベースにおけるデータ表現・管理, 情報処理, Vol.33, No.5, pp.457-465 (1992).
- 2) 加藤, 栗田:画像の内容検索, 情報処理, Vol.33, No.5, pp.466-477 (1992).
- 3) 田中, 石若, 井上, 井上:自然画像への印象キーワード自動付加に関する一考察, 電子情報通信学会技術報告, HIP96-20, pp.19-24 (1996).
- 4) 福田, 柴田:デザイン画の形状パターンをとらえた感性検索法, 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理ワークショップ, pp.267-274 (1996).
- 5) 野崎, 磯本, 吉根, 石井:インターネットによる美術教材データベースのサービスを目的とする感性情報処理, 電子情報通信学会論文誌, Vol.38-D-II, No.4, pp.943-951 (1997).
- 6) 大庭, 伊東, 中谷:自然言語による画像データベースの対話的検索, 人工知能学会研究会資料, SIG-HICG-9202-4, pp.25-34 (1992).
- 7) 栗田, 加藤, 福田, 板倉: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).
- 8) 八村, 英保:色彩分布と印象語に基づく絵画データの検索, 情報処理学会人文科学とコンピュータ研究会, Vol.27-6, pp.37-44 (1995).
- 9) 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, pp.1449-1456 (1994).
- 10) 美濃, 岡崎, 坂井:対象物の属性特徴による画像検索法, 情報処理学会論文誌, Vol.32, No.4, pp.513-522 (1991).
- 11) 椋木, 美濃, 池田:対象物スケッチによる風景画像検索とインデックスの自動生成, 電子情報通信学会論文誌, Vol.37-D-II, No.6, pp.1025-1033

- (1996).
- 12) 高橋, 島, 岸野: 位置情報を手がかりとする画像検索法, 情報処理学会論文誌, Vol.31, No.11, pp.1636-1643 (1990).
 - 13) 金原, 佐藤, 濱田: 形状分解によるユーザの視点に基づいたシルエット画像検索, 情報処理学会論文誌, Vol.36, No.12, pp.2800-2810 (1995).
 - 14) 西山, 松下: 画像の構図を用いた絵画検索システム, 情報処理学会論文誌, Vol.37, No.1, pp.101-109 (1996).
 - 15) 金原, 佐藤, 濱田: プリミティブ分解による多様な検索条件を扱えるカラー画像検索, 情報処理学会論文誌, Vol.37, No.11, pp.1989-2000 (1996).
 - 16) 柴田, 井上: 画像データベースの連想検索方式, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J73-D-II, No.4, pp.526-534 (1990).
 - 17) 赤間, 三井, 紺谷, 串間: 画像内オブジェクトの自動抽出を使った画像検索システム, 電子情報通信学会第8回データ工学ワークショップ (DEWS'97) 論文集, pp.107-112 (1997).
 - 18) Harman, D.: *Overview of the Fourth Text REtrieval Conference (TREC-4)*, pp.1-23, National Institute of Standards and Technology (1995).
 - 19) 木本ほか: 日本語情報検索システム評価用テストコレクションの構築, 1998年情報学シンポジウム講演論文集, pp.103-119 (1998).
 - 20) 小林: カラーイメージスケール, 講談社 (1990).
 - 21) 西山, 大久保, 松下: Picnyck: 風景描写文から風景画像の創造, 情報処理学会論文誌, Vol.38, No.5, pp.997-1007 (1997).
 - 22) Hachimura, K.: Retrieval of Paintings Using

Principal Color Information, *Proc. 13th International Conference on Pattern Recognition*, pp.130-134 (1996).

- 23) Shibata, Y., Fukuda, M. and Katsumoto, M.: Hypermedia-based Design Image Database System Utilizing Perceptual Link Method, *Proc. International Conference on Information Networking*, pp.2D-1.1-2D-1.10 (1997).

(平成10年8月31日受付)

(平成11年1月8日採録)



木本 晴夫 (正会員)

1949年生。1973年大阪大学基礎工学部制御工学科卒業。1975年同大学院基礎工学研究科物理系専攻修士課程修了。同年日本電信電話公社(現NTT)入社。以来、電気通信設備の計画・設計業務、光ファイバーケーブル接続技術、自動索引技術、情報検索技術、マルチメディアDB検索技術、感性検索技術の研究開発に従事。現在、NTTサイバースペース研究所主幹研究員。博士(工学)。情報処理学会情報学基礎研究会主査、ACM/SIGIR95, 96, 97, 98プログラム委員、47thFID国際会議プログラム委員、1993~1996年情報処理学会データベースシステム研究会情報検索システム評価用データベース構築ワーキンググループグループリーダー。情報処理学会平成10年度山下記念研究賞受賞。電子情報通信学会、人工知能学会、ACM各会員。