

色-印象データベースを利用した画像の印象を 提示する画像作成支援アプリケーション

井上 尚^{†1} 岡田 龍太郎^{†2} 北川 高嗣^{†2}

本稿では色から人間が受ける印象を定量化したデータベースを活用し、ユーザの画像作成時に印象という側面から情報を提示し、支援するシステムを提案する。我々はこれまでに言葉と言葉の意味的相関を計量する事のできるモデルである意味の数学モデルと、各種メディアデータの専門家の知識データベースを用いメディアデータから言葉とその重みのメタデータを抽出する Media-lexicon Transformation Operator を組み合わせる事により、各種メディアデータを統合的に取り扱う枠組みを提唱している。本稿ではカラーイメージスケールと呼ばれる色彩とそれから受ける印象の関係について述べた心理学の研究成果を専門家の知識データベースとして利用し、上記の手法を用いることで、ユーザの画像作成時にそれから受ける印象を動的に計算し、提示するシステムを作成する。本システムはブラウザ上で動作する Web アプリケーションで、線画の閉領域に対し色を対応させていくぬり絵のような形式をとる。まず最初にユーザが表現したい画像のイメージを任意の英単語の組み合わせとして入力させ、それらの単語群の持つ印象に対応する色をいくつか提示する。さらに画像作成時の支援として、ユーザが画像に色を付けると、画像から動的に計算し、それから受ける印象のリストをフィードバックする。これらのシステムにより、色による印象という専門家の知識を一般のユーザが意識することなく活用することが可能となる。

The Drawing Support Application Utilizing Database for Defining The Relation Between Color and Impression

HISASHI INOUE,^{†1} RYOTARO OKADA^{†2}
and TAKASHI KITAGAWA^{†2}

This paper presents an implementation of drawing support application utilizing database for defining the relation between color and impression. We have realized Mathematical model of meaning that be able to compute semantic correlations between words and Media-lexicon Transformation Operator that be able to extract weighted words from media data using knowledge database for

various media. Using both methods, we have realized a connecting method among heterogeneous media data. In this paper, we implement a drawing support application that suggest impression words computed by using method previously described with "Color Image Scale" (the database written about the relation between color and impression). This application operates with browsing software. Users draw in monochrome line art. First, users input a combination of words as impression which users want to express, then suggested some colors corresponding to this combination. And while users draw art, this application suggests a list of impression words which understand current art. This application implements layman leverage specialist knowledge about color without regard for it.

1. はじめに

個々人が作成する視覚的なコンテンツにおいて、受け取り手がどのような印象を感じるかはコンテンツ作成において最も重要視される問題である。そこで、人間の感性を正確にモデル化することが出来れば、印象を計算機上で処理することができ、その情報を提示することでコンテンツ作成が容易になると考えられる。

今回は静止画像の色による印象に注目し、色と印象をユーザに支援情報として提示するアプリケーションを作成する。本アプリケーションはユーザが表現したい印象を任意の単語の組み合わせとして入力させ、それに対する適当な色を提示する。また、ユーザの着色に対し動的にその画像から得られる印象を計算し、フィードバックすることで、画像作成の支援とする。

関連研究として、作成したいデザインの印象を入力し、デザインを自動作成する研究¹⁾がある。これはシステムが印象語として用意した単語を選択し、その重みと共に指定することで、デザイン画を自動作成するものである。本研究では予め決められた印象語からではなく、任意の単語を入力とすることができる。また、特に着色についてのユーザの支援という点に注目し、入力語の印象を持つ色・現在の画像からうける印象を提示する。

今回専門家の知識データベースとして「カラーイメージスケール^{2),3)}」と呼ばれる、色から受ける印象に関する心理学の研究成果をまとめたものを活用する。

^{†1} 筑波大学 情報学群情報科学類

College of Information Science Tsukuba University

^{†2} 筑波大学大学院 システム情報工学研究科

Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

2. カラーイメージスケール

本研究では色彩情報と印象語の相関量を計算するためのデータベースとして 130 の単色と 180 の印象語を関連付けているカラーイメージスケール^{2),3)}を用いる。

2.1 色印象行列 C の作成

基本色 130 色それぞれについて, 180 個の印象語を特徴としたベクトルとして表現する。このベクトルを, 色印象ベクトルとして次のように表す。

$$c_k = (w_{k1}, w_{k2}, \dots, w_{k180}) \quad k = 1, 2, \dots, 130 \quad (1)$$

c_k の各要素は, 色と印象語の関連の強さを示す数値データである。カラーイメージスケールは各々の色について, それから受ける印象を 6 段階 (値なしを含む) で評価している。それらに基づいて c_k の各要素を 0 から 1 の 0.2 飛びの値で設定する。ここで色印象ベクトル $c_k (c_1, c_2, \dots, c_{130})$ により構成される色印象行列を C (図 1) とする。 C は各色と各印象語との相関の強さを表す。これにより, C はカラーイメージスケールにおける基本色 130 色と印象語 180 語からなる 180 行 130 列の行列として定義される。

3. $L^*a^*b^*$ 表色系

計算機上で色を扱う場合, 色をいくつかの成分に分けてその組み合わせによって表現する。それらの要素を軸として空間上に表現したものを色空間という。

均等色空間とは, 色空間上でのユークリッド距離が人間の知覚する色の違いに対応するように設計されたものの事をいう。均等色空間の代表的なものに CIE (国際証明委員会) が勧告した CIE1976 $L^*a^*b^*$ や CIE1976 $L^*u^*v^*$ などがある。特にマンセル表色系との対応が良いなどのメリットから CIE1976 $L^*a^*b^*$ が色差 (人間が知覚する色の差異) の測定に広く

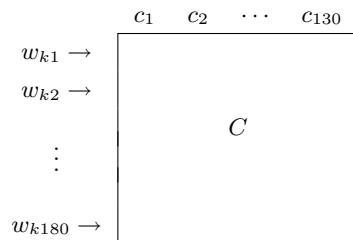


図 1 色印象行列 C .
 Fig.1 Color Matrix C

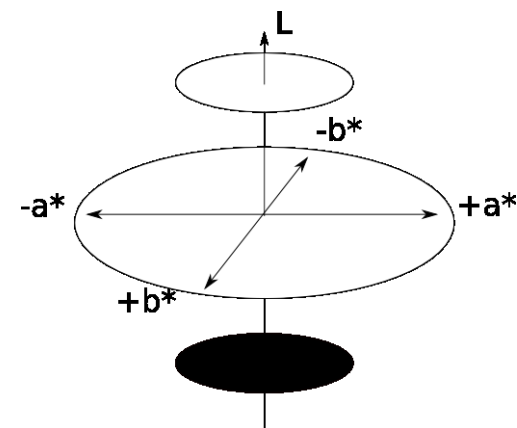


図 2 $L^*a^*b^*$ 表色系
 Fig.2 $L^*a^*b^*$ Color Space

用いられている。そこで今回は色差の測定に CIE1976 $L^*a^*b^*$ 表色系 (以降 $L^*a^*b^*$ 表色系) を用いる。

$L^*a^*b^*$ 表色系は色の明るさを表す L^* , 緑色から赤色までを表す a^* , 黄色から青色までを表す b^* の三つの要素によって色を表現する。また均等色空間なので, 任意の 2 色の色差は空間内のユークリッド距離を求めることで測定することができる。均等色空間及び $L^*a^*b^*$ 表色系については文献 4), 5) に詳細が述べられている。

3.1 RGB 表色系から $L^*a^*b^*$ 表色系への変換

RGB 表色系から $L^*a^*b^*$ 表色系への変換は以下の式によって行うことができる。ただし, X, Y, Z は対象とする色の XYZ 表色系における 3 刺激値であり,

$$X = 0.412391R + 0.357584G + 0.180481B,$$

$$Y = 0.212639R + 0.715169G + 0.072192B,$$

$$Z = 0.019331R + 0.119195G + 0.950532B$$

と表される。また $X_\gamma, Y_\gamma, Z_\gamma$ は完全拡散反射面の 3 刺激値であり, $X_\gamma = 95.045, Y_\gamma = 100, Z_\gamma = 108.892$ とする。

$$f(t) = \begin{cases} \sqrt[3]{t} & (t > 0.008856) \\ (903.3t + 16)/116 & (t \leq 0.008856) \end{cases},$$

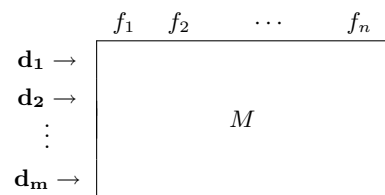


図3 データ行列 M によるメタデータの表現.
Fig.3 Data Matrix M

$$x_\gamma = \mathbf{X}/\mathbf{X}_\gamma, y_\gamma = \mathbf{Y}/\mathbf{Y}_\gamma, z_\gamma = \mathbf{Z}/\mathbf{Z}_\gamma.$$

$$L^* = 116f(y) - 16,$$

$$a^* = 500(f(x) - f(y)),$$

$$b^* = 200(f(y) - f(z)),$$

以上の計算式によって RGB 表色系から $L^*a^*b^*$ 表色系へ変換することができる。

3.2 二色の色差

$L^*a^*b^*$ 表色系において、空間上での距離は人間の感じる色の違いと等しいとされている。そこで二つの色 $(L_\alpha, a_\alpha, b_\alpha), (L_\beta, a_\beta, b_\beta)$ の色差 ΔE は、

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

という式で求めることができる。ここで、 $\Delta L, \Delta a, \Delta b$ はそれぞれ $|L_\alpha - L_\beta|, |a_\alpha - a_\beta|, |b_\alpha - b_\beta|$ である。

4. 意味の数学モデル

本章では言葉と言葉の関係を計算することのできる意味の数学モデルの概要を示す。詳細は文献 6), 7) に述べられている。

4.1 メタデータ空間 MDS の設定

検索対象となるメディアデータをベクトルで表現したデータにマッピングするための正規直交空間 (以下、メタデータ空間 MDS) を設定する。

初めに、 m 個の基本データについて各々 n 個の特徴 f_1, f_2, \dots, f_n を列挙した特徴付ベクトル $\mathbf{d}_i (i = 1, \dots, m)$ が与えられているものとし、そのベクトルを並べて構成する $m \times n$ 行列を M とおく (図 3)。このとき、 M は、列ごとに 2 ノルムで正規化されている。

(1) データ行列 M の相関行列 $M^T M$ を計算する。

(2) $M^T M$ を固有値分解する。

$$M^T M = Q \begin{pmatrix} \lambda_1 & & & \\ & \ddots & & \\ & & \lambda_\nu & \\ & & & 0 \dots 0 \end{pmatrix} Q^T,$$

$$0 \leq \nu \leq n.$$

ここで行列 Q は、

$$Q = [\mathbf{q}_1, \mathbf{q}_2, \dots, \mathbf{q}_n]$$

である。この $\mathbf{q}_i (i = 1, \dots, n)$ は、相関行列の正規化された固有ベクトルである。相関行列の対称性から、この固有値は全て実数であり、その固有ベクトルは互いに直交している。

(3) メタデータ空間 MDS を以下で定義する。

非ゼロ固有値に対応する固有ベクトルによって形成される正規直交空間をメタデータ空間 MDS と定義する。この空間の次元 ν は、データ行列 M のランクに一致する。この空間は、 ν 次元ユークリッド空間となる。

$$MDS := \text{span}(\mathbf{q}_1, \mathbf{q}_2, \dots, \mathbf{q}_\nu).$$

$\{\mathbf{q}_1, \dots, \mathbf{q}_\nu\}$ は MDS の正規直交基底である。

4.2 メディアデータのメタデータ空間 MDS への写像

設定されたメタデータ空間 MDS へ、メディアデータのメタデータをベクトル化し写像する。これにより、検索対象データのメタデータが同じメタデータ空間上に配置されることになり、検索対象データ間の意味的な関係を空間上での距離として計算することが可能となる。

具体的には、メディアデータのメタデータを以下のようにベクトル化する。

(1) メディアデータの特徴づけ

メディアデータ P を t 個の印象語 (あるいは、 t 個のオブジェクト) $\mathbf{o}_1, \mathbf{o}_2, \dots, \mathbf{o}_t$ を用いて、次のように特徴づける。

$$P = \{\mathbf{o}_1, \mathbf{o}_2, \dots, \mathbf{o}_t\}.$$

ここで、各印象語 \mathbf{o}_i は、データ行列の特徴と同一の特徴を用いて表現される特徴付ベクトルである。

$$\mathbf{o}_i = (\mathbf{o}_{i1}, \mathbf{o}_{i2}, \dots, \mathbf{o}_{in}).$$

(2) メディアデータ P のベクトル表現

メディアデータ P を構成する t 個の印象語 $\mathbf{o}_1, \mathbf{o}_2, \dots, \mathbf{o}_t$ が、それぞれ n 次元のベクトルで定義されている。印象語 $\mathbf{o}_1, \mathbf{o}_2, \dots, \mathbf{o}_t$ は、合成することでひとつの n 次元ベクトルとして表現され、メディアデータベクトル \mathbf{p} を形成する、さらにこのメディアデータベクトル \mathbf{p} をメタデータ空間 MDS に写像する。これにより、同じ空間上に言葉とメディアデータが配置されることになり、言葉とメディアデータの関係を空間上の距離として動的に計算することが可能となる。

4.3 メタデータ空間 MDS の部分空間 (意味空間) の選択

検索者は与える文脈を複数の単語を用いて表現する。検索者が与える単語の集合をコンテキストと呼ぶ。このコンテキストを用いてメタデータ空間 MDS に各コンテキストに対応するベクトルを写像する。これらのベクトルは、メタデータ空間 MDS において合成され、意味重心を表すベクトルが生成される。意味重心から各軸への射影値を相関とし、閾値を超えた相関値 (以下、重み) を持つ軸からなる部分空間 (以下、意味空間) が選択される。

4.4 メタデータ空間 MDS の部分空間 (意味空間) における相関の定量化

選択されたメタデータ空間 MDS の部分空間 (意味空間) において、メディアデータベクトルのノルムを検索語列との相関として計量する。これにより、与えられたコンテキストと各メディアデータとの相関の強さを定量化している。この意味空間における検索結果は、各メディアデータを相関の強さについてソートしたリストとして与えられる。

5. 作成したシステムの概要

今回作成するシステムはブラウザ上で動作する Web アプリケーションで、線画の閉領域に対し色を対応させていくぬり絵のような形式をとる。システムの全体図の概要を図 4 に示す。

システムの流れは大きく分けると三段階でそれぞれ、下地となる画像の選択、描画、完成した画像の保存となる。描画段階では入力語と色の意味的相関計量システム、画像の印象抽出システムにより画像作成支援を行う。具体的にはユーザが表現したい画像のイメージを任意の英単語の組み合わせとして入力させ、それらの単語群の持つ印象に対応する色をいくつか提示する。ユーザは提示された色、もしくはカラーパレットから任意の色を選択し、下地画像に対して着色していく。ユーザの着色により画像の状態が変化すると即座にその状態での画像から得られる印象を抽出し画面上にそれらを表示する。これにより実際に作成した画像がどのような印象をうけるかを確認しながら作業をすすめることができる。

本アプリケーションの動作の詳細を以下に箇条書きで示す。

- 数種類の画像から描画する画像を選択する。
- 選択された画像から領域情報を計算する。
- ユーザの印象語の入力により色を提示する。
- 任意の色を選択できるカラーパレットを提示する。
- ユーザの描画により動的に印象語を表示する。
- 完成した画像を色彩情報・印象情報とともにデータベースに保存する。

これらの処理はすべて非同期通信で行い、実行時にページ遷移をしないようにした。以降の章で具体的な実装方法について述べる。

6. 画像から閉領域の抽出

本アプリケーションでは描画する土台となる画像を複数の 2 値画像の中から選択することができる。画像が選択されると隣接する同色のピクセルを一つの領域としてまとめ、画像から複数の閉領域情報を抽出する。抽出された領域のうち、白色の領域を描画可能領域とし、ユーザが着色することのできる領域とする。領域抽出の処理は縦 500 ピクセル、横 500 ピクセルの画像を用いた場合に 20 秒から 30 秒程度の時間がかかってしまう。そこで画像が初めてユーザに選択されたときに、抽出した領域情報を XML データに整形しサーバに保存しておく。次回からはそれを読み込むことにより処理の高速化を図った。これにより、二回

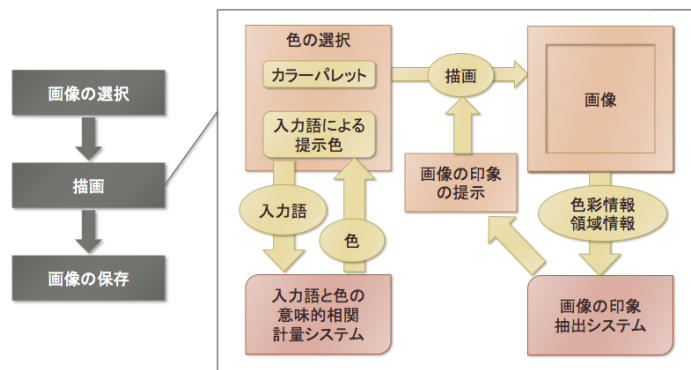


図 4 システムの全体図
Fig. 4 Outline of the System

目以降の選択については体感的に感じる待ち時間はなくなった。

7. 入力語と色の意味的相関計量システム

ユーザに対する画像作成支援の一つとして任意の単語の組み合わせを入力とし、それらと意味的に相関の高い色を提示するシステムについて説明する。

4.1 章で示したメタデータ空間 MDS の設定に “Longman Dictionary of Contemporary English”¹⁰⁾ という英英辞典を利用した。同辞書は約 2,000 語の基本語を用いて約 56,000 語の見出し語を説明している。この基本語を特徴とみなし、見出し語の説明で肯定的に使われている語を “1”，否定的に使われている語を “-1”，説明に使われていない語を “0” としてデータ行列 M を作成した。つまり、このメタデータ空間 MDS では、約 2^{2000} 通りの単語の組み合わせで意味空間を作成することができ、その文脈での意味が解釈可能となる。

これにより、任意の単語の組み合わせとカラーイメージスケールに掲載されている色の意味空間内での距離を計算することができるようになり、任意の単語の組み合わせに対応する印象を持つ色を提示することができるようになる。

8. 画像の印象抽出システム

本節ではカラーイメージスケールに基づいて、静止画像を入力とし、それからうける印象

を出力とするシステムについて説明する。具体的には、まず静止画像から感性を考慮した色彩情報を抽出し、それを用いて画像から受ける印象を抽出する。静止画像から色彩情報ベクトルを抽出するにあたって、文献 8) に基づき、人間の感性についての研究である Fechner の法則を適用した計算式を用いることで人間の感性に近いデータを導出できると考えた。

8.1 Fechner の法則

物理的な刺激と人間の感覚の関係を調べた研究に Fechner の法則⁹⁾ がある。

E.H.Weber は人間が物の間の差異ではなく、物の大きさに対する差異の比率を知覚している、と述べた。この事実を Weber の法則という。Weber の法則が成立すると、刺激の大きさ（以下刺激強度）に対し我々が感じる感覚の大きさについて、

$$d\gamma = k \frac{d\beta}{\beta} \quad (2)$$

の式が成り立つ。

但し、 k : 比例定数、 β : 刺激強度、 γ : 感覚の大きさ、 $d\beta, d\gamma$: 刺激強度と感覚の大きさの微小増分とする。上の式を積分して整理すると、

$$\gamma = k \log \frac{\beta}{b} \quad (3)$$

となる。ここで b は積分定数である。

以上により刺激の大きさとそれから人間が受ける感覚の大きさは指数関数によって表現することができる。

以下に今回具体的に適用した式を示す。

8.2 色彩情報ベクトル r の抽出

静止画像からカラーイメージスケールに示されている 130 色に対応する 130 次元の色彩情報ベクトル $r = (r_1, r_2, \dots, r_{130})^T$ を抽出する。また、同時に 8.1 節で示した Fechner の法則に基づき、感覚の大きさと刺激強度の関係を定義する。以下に具体的な手順を示す。

8.2.1 色差による補正

ユーザの単語列の入力により提示された色はすべてカラーイメージスケールで指定されているが、ユーザが独自にカラーパレットから色を選択した場合、色彩情報ベクトルを作成する際に、カラーイメージスケールに掲載されている 130 色のうち適切な色に近似する必要がある。そこで閉領域ごとに 3 章で示した $L^*a^*b^*$ 表色系に変換し、カラーイメージスケールに掲載されている 130 色それぞれについて色差を求める。色彩情報ベクトルを求めるときは、色差が一番小さい色がその領域に塗られていると考える。色差が 0、つまりカラーイ

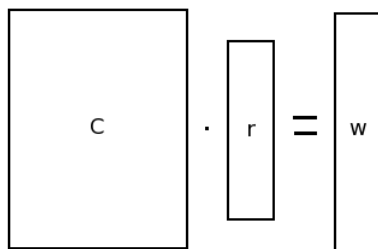


図 5 印象ベクトルの抽出
Fig. 5 Impression Vector

メーグスケール内の色と全く同じ場合に 1 を重みがけし，色差が大きくなるほど重み付けの値を小さくするために以下の式を適用した．

$$\alpha = b \cdot e^{-\frac{d}{k}} \quad (4)$$

ここで e は自然対数の底， d は色差， b, k は定数である．今回は定数 $b = 1, k = 1$ とした．

8.2.2 領域の面積による補正

さらに領域の面積についても Fechner の法則に基づいた式を適用する．直感的に面積が大きい場合と小さい場合のそれぞれに対し，一定の面積が変化する場合，元の面積が小さい方が変化に対する影響が大きくなると考えられる．これらを表現するために以下の式を適用した．

$$\beta = k' \cdot \log\left(\frac{S}{b'} + 1\right) \quad (5)$$

ここで S は領域の画素数， b', k' は定数である．今回は定数 $b' = 1, k' = 1$ とした．

上記の α, β の積を色彩情報ベクトル r の対応する要素の値とする．

8.3 印象ベクトルの抽出

2.1 章で作成した色印象行列 C に上で求めた色彩情報ベクトル r をかける事で静止画像から印象語 180 語に対応する 180 次元の印象語ベクトルを求める事ができる (図 5)．

8.4 印象語リストの表示

以上の手法により導出される印象語ベクトルから，画像から受ける印象をリストとして画面に表示する．

これら一連の処理はほとんど待ち時間もなく，ユーザが領域に着色すると印象語リストが

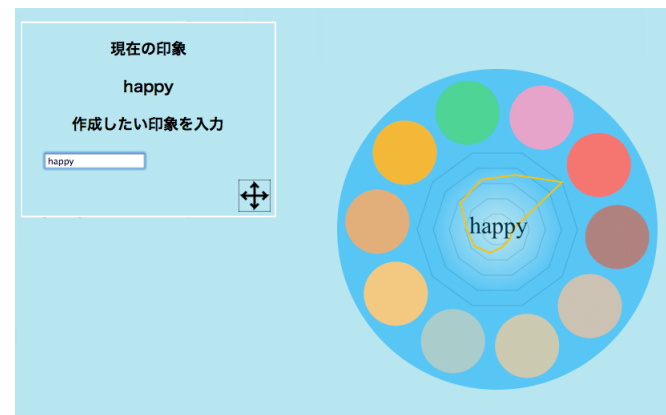


図 6 色の提示
Fig. 6 Color Suggestion

直ちに再計算され，表示されるリストや背景の棒グラフが更新される．

9. 動作の流れ

9.1 描画色の選択

描画色の選択には入力語から提示される色を選択する方法と，ユーザが RGB 値を直接指定して選択する方法の二種類ある．これらは描画中，任意のタイミングで変更が可能であり，自由な描画ができるようになっている．

9.1.1 入力語による色の提示

図 6 に例として “happy” を入力とした時の色の提示の様子を示す．入力の単語列と色の関連度は計算により数値で表されるので，それらの値をもとに各色との関連度をレーダーチャートとして円の中心に表示する．最も関連度の高い色と入力語の関連度を 1 とし，他の 9 つの値を正規化している．レーダーチャートの外側に行くに連れて値が大きくなっている．

9.1.2 カラーパレット

図 7 は任意の色を選択するためのカラーパレットである．

9.2 印象語の提示

静止画像から印象語を提示している様子を図 8 に示す．左部に表示した画像から受ける印



図 7 カラーパレット
Fig.7 Color Palette

象が右部の上から順に表示されている。8章で説明した手法により抽出された、画像から得られる印象語ベクトルの要素のうち値の大きな10個の要素を選択し、それらに対応する印象語を表示している。最も値の大きい要素の値を1とし、残りの9つの値を正規化する。その値を基に割合を決定し、印象語の背景に棒グラフのように提示してある。ここで、ユーザの任意語の入力と提示される色を用いて着色していった場合の出力される印象語のリストが必ずしも一致しないという事がある。これはカラーイメージスケールで示されている特徴語以外を入力した場合におきる。



図 8 画像による印象語の提示
Fig.8 Impression Word Suggestion

10. おわりに

本研究では任意の印象語からその印象を持つ色を提示し、さらにユーザの色の塗りに応じて、画像から印象のメタデータを作成し、フィードバックを行うことで、画像から受ける印象を用いた画像作成支援を行うことができた。

今回は着色部分についての印象を取り出したが、意味のある図形の場合、色情報のみで画像の印象を決定すると不自然な場合があると考えられる。そこで、図形中の閉領域ごとに属性を付与し、それらを印象の決定に用いる手法なども考えられる。

また、領域に対応する意味の有無が印象に及ぼす影響の評価のために、有意図形と無意図形において色彩情報のみの印象抽出で、どのような違いがあるか、調査実験を行うことを考えている。

参 考 文 献

- 1) 市野順子 田野俊一：デザイン描画を支援するユーザインタフェース（知能情報メディア論文特集），電子情報通信学会論文誌（1999）
- 2) 小林重順：カラーイメージスケール，講談社（1990）。
- 3) 小林重順：カラーイメージスケール改訂版，講談社（2001）。
- 4) 日本色彩学会（編）：新編色彩科学ハンドブック，東京大学出版会，（1980）。
- 5) 日本色彩研究所（編）：カラーマッチングの基礎と応用，日本工業新聞社，（1991）。
- 6) Kitagawa, T. and Kiyoki, Y.: The mathematical model of meaning and its application to multidatabase systems, Proceedings of 3rd IEEE International Workshop on Research Issues on Data Engineering: Interoperability in Multidatabase Systems(1993) .
- 7) Kiyoki, Y., Kitagawa, T. and Hayama, T.: A Metadatabase System for Semantic Image Search by a Mathematical Model of Meaning, Multimedia Data Management – using metadata to integrate and apply digital media –, McGrawHill, A. Sheth and W. Klas(editors) (1998) .
- 8) 北川高嗣, 中西崇文, 清木康：静止画像メディアデータを対象としたメタデータ自動抽出方式の実現とその意味的画像検索への応用
- 9) 大山 正, 今井 省吾, 和氣 典二：新編 感覚・知覚心理学ハンドブック, 誠信書房 (1994) .
- 10) Longman Dictionary of contemporary English.(1987).