

$L^*a^*b^*$ 表色系を利用した静止画像からのメタデータ自動抽出方式

小屋 夕介[†] 中西 崇文^{††} 北川 高嗣^{†††}

[†] 筑波大学理工学研究科 〒 305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

^{††} 筑波大学システム情報工学研究科 〒 305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

^{†††} 筑波大学電子・情報工学系 〒 305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

E-mail: [†] koya@nalab.is.tsukuba.ac.jp, ^{††} takafumi@nalab.is.tsukuba.ac.jp, ^{†††} takashi@is.tsukuba.ac.jp

あらまし 現在, ネットワーク上には様々なメディアデータ群が散在し, それらを対象とした適切な情報獲得方式の実現が重要な課題となっている. 本研究では, 検索対象を画像としてメタデータを用いて検索することを考える. 画像の特徴は, 色, 描かれている物体の形などの要素によって決定されると考えられるが, 本研究では色情報を用いた印象抽出方式について述べる. 色の表し方を表色系といい, RGB 表色系, マンセル表色系, $L^*a^*b^*$ 表色系など様々な表色系が存在する. $L^*a^*b^*$ 表色系では色空間での距離が色同士の違いを表すため, 適切に色差を求めることができる.

本研究の目的は, $L^*a^*b^*$ 表色系によって色差を計算し, 静止画像からメタデータとして適切な印象語を抽出することである.

キーワード 意味の数学モデル, 検索, メタデータ, 画像

Metadata automatic extraction system from pictures using the $L^*a^*b^*$ color system

- The Format of Technical Report (Subtitle) -

Yusuke KOYA[†] Takafumi NAKANISHI^{††} and Takashi KITAGAWA^{†††}

[†] Science and Engineering, University of Tsukuba 1-1-1 Tennoudai, Tsukuba-shi, Ibaraki, 305-8577 Japan

^{††} Systems and Information Engineering, University of Tsukuba 1-1-1 Tennoudai, Tsukuba-shi, Ibaraki, 305-8577 Japan

^{†††} Institute of Information Sciences and Electronics 1-1-1 Tennoudai, Tsukuba-shi, Ibaraki, 305-8577 Japan

E-mail: [†] koya@nalab.is.tsukuba.ac.jp, ^{††} takafumi@nalab.is.tsukuba.ac.jp, ^{†††} takashi@is.tsukuba.ac.jp

Abstract In this research, in order to search a picture, metadata is used. Although it is thought that the feature of a picture is determined by elements, such as a color and a form of the thing currently drawn, this research describes the impression extraction system which used colors. How to express a color is called color system, and various color systems, such as a RGB color system, a Munsell color system, and a $L^*a^*b^*$ color system, exist. Since the distance in a color space expresses the difference in colors with a $L^*a^*b^*$ color system, it can ask for color difference appropriately. The purpose of this research is calculating color difference and extracting impression words suitable as metadata from a still picture by the $L^*a^*b^*$ color system.

Keyword Mathematical Model of Meaning, Search, Metadata, Image

1. はじめに

現在, コンピュータネットワーク上には様々なメディアデータ群が散在し, それらを対象とした適切な情報獲得方式の実現が重要な課題となっている. メディアデータを対象とした検索方式は次の2通りに大別できる. 第1は, 検索対象となるメディアデータの特徴量を直接比較することによって検索を行う直接的な方法である. 第2は, 検索対象となるメ

ディアデータに付与されたメタデータを用いて検索する間接的な方法である. 本研究では, 検索対象となるデータのメタデータを用いて検索する方式を述べる.

検索対象を画像としたとき, 画像の特徴は, 画像の色, 描かれている物体の形などの要素によって決定されると考えられるが, ここでは画像の色情報を用いた検索方式について述べる. 色彩情報の表し方を表色系といい, RGB 表色系, マン

セル表色系, $L^*a^*b^*$ 表色系など, 様々な表色系が存在する. $L^*a^*b^*$ 表色系は心理的に同じ色違いに見える色同士の距離 (心理的な距離感) を均等にしてある色空間であり, 適切に色差を求めることができる.

本研究の目的は $L^*a^*b^*$ 表色系によって色差を計算し, 静止画像からメタデータとして印象語を抽出することである.

2. 意味の数学モデルの概要

2.1. 意味の数学モデルの基本構成

パターンマッチングによる検索は, 同一あるいは近い意味を持つデータであっても, 異なる表現形式であれば連想的に検索することはできない, データ間の意味的な同一性, 差異性を静的かつ明示的に記述して判定するものであった. 我々は, データ間の意味的な同一性, 差異性は, 静的な関係によって決定されるのではなく, 文脈や状況に応じて変化するものと考え, データ間の関係を文脈に応じて動的に計算するモデルとして, 意味の数学モデルを提案している[1].

意味の数学モデルは, 人間が様々な印象を表す際に用いられる単語 (以下, 印象語) によって表現した問い合わせに対応したメディアデータを検索することを目的としており, 検索対象となるメタデータに存在する印象語ではなくとも, 任意の言葉を入力することによって検索を行うことが可能である.

(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.

(2) メディアデータのメタデータを MDS へ写像

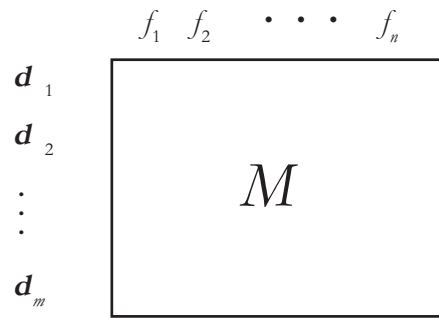
設定されたメタデータ空間 MDS へメディアデータのメタデータをベクトル化し写像する. これにより検索対象データのメタデータが同じメタデータ空間上に配置されることになり, 検索対象データ間の意味的な関係を空間上での距離として計算することが可能となる. その空間での距離が近いほど類似度が高いということになる.

(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) 意味空間における相関の定量化

選択された意味空間において, 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.

2.2. メタデータ空間 MDS の設定

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) を列挙した特徴付きベクトル $d_i (i = 1, 2, \dots, m)$ 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. このとき M は列ごとに 2 ノルムで正規化されている.

d_i の各成分 $(d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{in})$ は, それぞれ f_1, f_2, \dots, f_n に対応しており, d の説明に f が使用されているなら d に値が入り, 使用されない場合は 0 が入る.

(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.

$$M^T M = Q \Lambda Q^T. \quad (1)$$

ここで Q, Λ はそれぞれ

$$Q = (q_1, q_2, \dots, q_n),$$

$$\Lambda = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n, 0, \dots, 0).$$

である. この $q_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 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 を定義する

非零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 v はデータ行列 M のランクに一致する. この空間は, v 次元ユークリッド空間となる.

$$MDS := \text{span}(q_1, q_2, \dots, q_v).$$

$\{q_1, q_2, \dots, q_v\}$ は MDS の正規直交基底である.

2.3. メディアデータのメタデータ作成

(1) メディアデータの特徴付け

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) w_1, w_2, \dots, w_t を用いて次のように特徴付ける.

$$P = \{w_1, w_2, \dots, w_t\}.$$

ここで、各印象語 w_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ベクトルである。

$$w_i = (f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{in}).$$

(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 w_1, w_2, \dots, w_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 w_1, w_2, \dots, w_t は、合成することで n 次元ベクトル p を形成し、メタデータ空間 MDS に写像される。

3. マンセル表色系を用いた従来手法

本章ではマンセル表色系を用いて静止画像から印象語を抽出する従来手法[2]について述べる。

3.1. カラーイメージスケール

カラーイメージスケール[7]上の色彩は、色相と色調に基づき、系統立てて選ばれている。色相とは、マンセル表色系の3属性の1つである。3属性とは、色相(Hue)、明度(Value)、彩度(Chroma)の3つである。3属性の関係を Fig. 3.1 に示す。色彩は赤や黄のように彩りある有彩色と、白や黒、灰などの無彩色に分けられる。有彩色を、赤、橙、黄、黄緑、緑、青緑、青、青紫、紫、赤紫という、似た色の順番に並べることで、Fig. 3.1 のような色相環ができる。

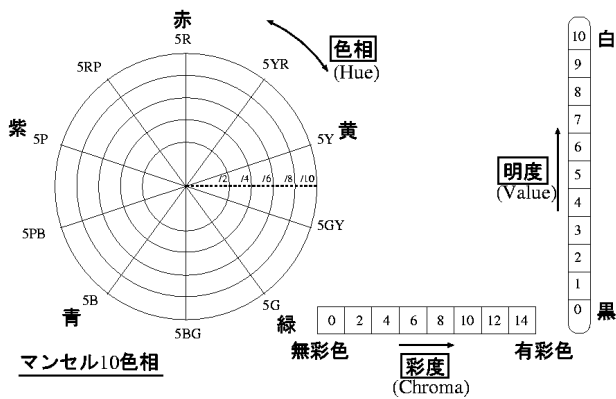


Fig. 3.1. マンセル表色系。

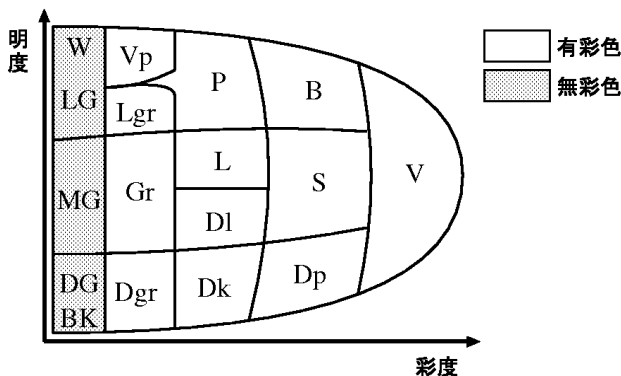


Fig. 3.2. 明度、彩度と色調の関係。

また、色調とは、明暗、濃淡、派手、地味など、どの色相にも共通した色の状態を表す。明暗の違いに関わる明度と、色の鮮やかさに関わる彩度との相互の関連を元になりたっている。明度、彩度と色調の関係を Fig. 3.2 に示す。

カラーイメージスケールは、10色相、12色調で表現される120色、および10階調で表現される無彩色10色の計130色を基本色と180の印象語の関連性を5段階で表現している。

3.2. マンセル表色系による印象語抽出

(1) 印象語行列 C の作成

基本色 n 個の各々の色彩を u 個の印象語 w_{kl} ($k = 1, 2, \dots, n$; $l = 1, 2, \dots, u$) を特徴とした n 次元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、 k 番目の基本色について次のように表す。

$$c_k = (w_{k1}, w_{k2}, \dots, w_{ku})^T,$$

$$k = 1, 2, \dots, n.$$

c_k の各要素は、色と印象語の関連の強さを表す数値データである。色印象ベクトルを列ベクトルとし、 c_1, c_2, \dots, c_n より構成される u 行 n 列の行列 C を色印象行列とする (Fig. 3.3)。

カラーイメージスケールを用いることによってこの色印象行列を作成する。基本色130色、印象語180語によって、180行130列の行列となる。

(2) 色彩情報の抽出

静止画像から色彩情報を抽出し、マンセル表色系に変換し、各画素について最も近い基本色を調べ、その色彩情報を静止画像全体における基本色 n 色の占める割合で構成される画像色彩ベクトル m によって表現する。

$$m = (m_1, m_2, \dots, m_n)^T.$$

ベクトルの成分 m_i は、 i 番目の基本色が画像中に占める割合である。

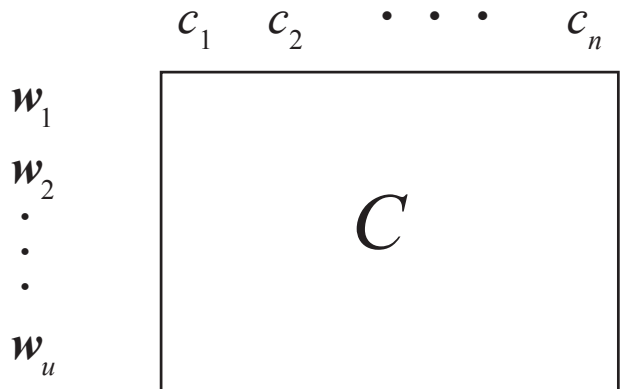


Fig. 3.3. 色印象行列 C 。

(3) 静止画像のメタデータ抽出

色印象行列 C , および画像色彩ベクトル m を用いて , 静止画像のメタデータ I を抽出する . 静止画像メタデータ I は , 色印象ベクトル c_k に用いられる n 個の印象語と同一の印象語で特徴付けられるベクトルである . 静止画像メタデータ I を次のように表す .

$$I = Cm$$

$$= \left(\sum_{k=1}^n w_{k1} m_k, \sum_{k=1}^n w_{k2} m_k, \dots, \sum_{k=1}^n w_{kn} m_k \right)^T. \quad (3.3)$$

4. $L^*a^*b^*$ 表色系を用いた提案手法

従来手法では , カラーイメージスケールがマンセル表色系のみによって記述されていたため , 画素をマンセル表色系に変換し , 色相および色調から基本色を選択していた . この手法の問題点として ,

1. カラーイメージスケールでは , 基本色が色相と色調のみによって表現されているために , 基本色の正確な色が分かっていた .
2. RGB 表色系からマンセル表色系への変換式が不完全であったため , 画素の正しいマンセル値が得られていなかった .
3. マンセル表色系は色差の計算に不向きであるために , 基本色を選択するのに不適切であった .

といったことが挙げられる .

そこで , 基本色を選択するのに $L^*a^*b^*$ 表色系を用いる手法を提案する . また , 基本色はカラーイメージスケール改訂版 ver.2 [8] によって定義することとする . カラーイメージスケール改訂版 ver.2 は , 130 色の基本色が , マンセル表色系における色相と色調のみではなく , RGB 表色系によっても記述されている . そのため , 基本色の正確な値が明確である . また , RGB 表色系から数学的に変換可能な表色系である $L^*a^*b^*$ 表色系を用いることが可能となる .

4.1. RGB 表色系から $L^*a^*b^*$ 表色系への変換

計算機では一般的に色彩情報を RGB 表色系で表しているため , RGB 表色系から $L^*a^*b^*$ 表色系へ変換する必要がある . 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 (文献 [4] 参照) における 3 刺激値であり ,

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

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

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

である . また X_n, Y_n, Z_n は完全拡散反射面の 3 刺激値であり , $X_n = 0.95045, Y_n = 1.0, Z_n = 1.08892$ とする .

$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - 16,$$

$$a^* = 500 \left[\left(\frac{X}{X_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right],$$

$$b^* = 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Z}{Z_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right].$$

ただし , 上式は $X/X_n, Y/Y_n, Z/Z_n$ が全て 0.008856 よりも大きい場合の式であり , その条件を満たさない暗い色には , 次に示す修正式を用いる .

$$L^* = 116f \left(\frac{Y}{Y_n} \right) - 16,$$

$$a^* = 500 \left[f \left(\frac{X}{X_n} \right) - f \left(\frac{Y}{Y_n} \right) \right],$$

$$b^* = 200 \left[f \left(\frac{Y}{Y_n} \right) - f \left(\frac{Z}{Z_n} \right) \right].$$

ここで , $f(x) = 7.787x + 16/116$ である .

以上の計算式によって RGB 表色系から $L^*a^*b^*$ 表色系へ変換し , 色差によるメタデータ自動抽出を行う .

4.2. $L^*a^*b^*$ 表色系による基本色の選択

$L^*a^*b^*$ 表色系は , L^*, a^*, b^* の 3 つの属性を用いて色を表現する . L^* は色の明るさを表し , a^* は大きいほど赤色が , 小さいほど緑色が強くなる . また b^* は大きいほど青色が , 小さいほど黄色が強くなる .

$L^*a^*b^*$ 表色系は均等色空間であるので , 空間上での距離がそのまま色の違いであるとされている . したがって任意の 2 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 .

$L^*a^*b^*$ 表色系の空間上で各画素と各基本色の色差 ΔE を求め , 最も近い基本色を選択する . それによって画像色彩ベクトル m を求め , 式 (3.3) によって静止画像メタデータを抽出することにする .

5. 実験

カラーイメージスケール改訂版 ver.2 を用い , 180 語の印象語のいくつかが重み付きで付与されている基本色を 130 色用意した . 130 色の基本色との色差によって静止画像から印象語を抽出する . また , 得られた印象語を用いて意味の数学モデルによる意味的連想検索を行い , 従来方式と比較することによって本方式の有効性を検証する .

5.1. 印象語自動抽出

提案手法によって、ごく簡単な画像から印象語を抽出した結果を Fig. 5.1 に示す。Fig. 5.1 の画像は、カラーイメージスケールにおける、R/V および B/V という2つの基本色に極めて近い色のみによって構成される画像である。その2つの基本色に付与された重み印象語を Fig. 5.2 に示す。Fig. 5.1 と Fig. 5.2 を照らし合わせると、本手法によって印象語が正しく抽出できることが見てとれる。

次に、複雑な画像から印象語を抽出した例を Fig. 5.3 に示す。提案手法と従来手法のそれぞれによって抽出した印象語を、重みの大きい順に10個ずつ示した。提案手法と従来手法では得られる印象語が大きく違うことが分かる。

5.2. 意味の数学モデルによる意味的連想検索

得られた印象語を用いて意味的連想検索を行う。抽出した印象語を用い意味的連想検索を行った場合についての検索結果の再現率、適合率を Fig. 5.4 に示す。検索語として、「simple, plain」を入力した場合と「happy, cheerful」を入力した場合についての結果を提案手法と従来手法をあわせて示した。また、再現率、適合率とは、それぞれ次の値である。

$$\text{再現率} = \frac{\text{システムの検索結果に含まれる正解数}}{\text{本来の正解数}}$$

$$\text{適合率} = \frac{\text{システムの検索結果に含まれる正解数}}{\text{システムの検索結果出力数}}$$

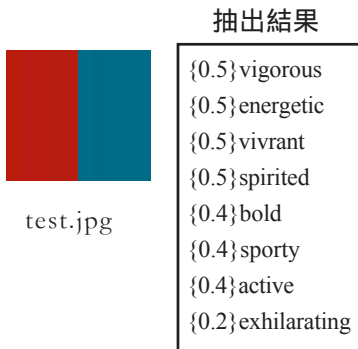


Fig. 5.1. 簡単な画像からの印象語抽出例。

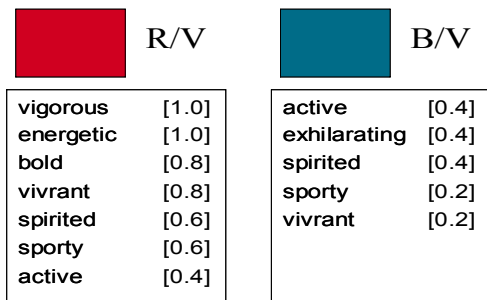


Fig. 5.2. 基本色の一例。

なお、ここでは最も近い基本色に付与された印象語に、検索語として入力される語、あるいはカラーイメージスケールにおいて同じカテゴリに属する語が入っていれば正解とした。Fig. 5.2 から、 $L^*a^*b^*$ 表色系を用いた提案手法によって得られた印象語を用いることによって、従来手法よりも良い結果が得られることが分かる。



Fig. 5.3. 印象語比較。

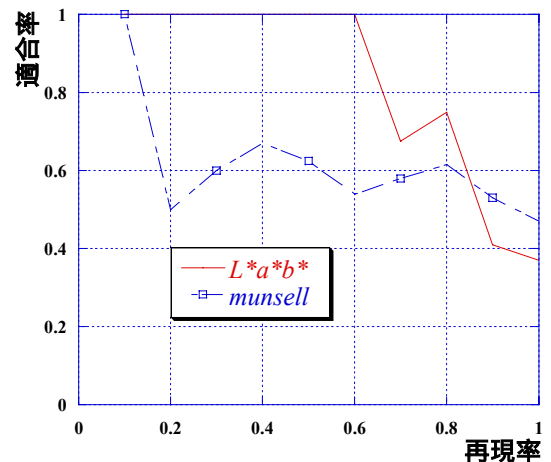
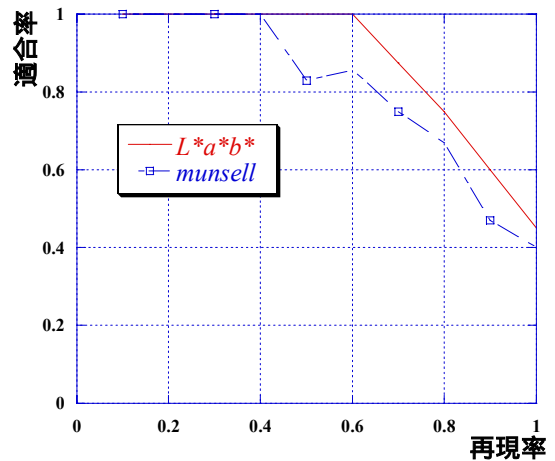


Fig. 5.4. 再現率・適合率の比較。

6. 距離による重み付け

ここまで述べてきた手法では、画像の各画素について、130色の基本色の中の最も近いものを求めるのみである。したがって、画素を130色に近似して考えていると言える。しかしながら、130色に近似してしまうのは、あまりにも大雑把である。

Fig. 6.1に、基本色R/Vから基本色R/Bへと徐々に色を変化させて、そのうちの4つの色から印象語を抽出した場合について結果を示す。Fig. 6.1より、ある地点を境にして得られる印象語が突然変化することが分かる。色彩は滑らかに変化するにも関わらず、印象が唐突に変わってしまうのは明らかに不自然な状態である。そこで、より連続的に印象語を抽出するための手法として、重み付け関数を導入することを提案する。

6.1. 重み付け関数の導入

基本色との距離によって受ける印象の度合いが異なると考えられる。そこで、基本色との色差によって与える重みを変化させることを考える。距離が大きくなるにしたがって与えられる印象が弱まると考えられるので、距離 d が大きくなるほど値を小さくする関数を考える。

(1) 基本色の近傍で急速に減少する関数

基本色から離れるにしたがって印象が急速に薄れると考えた場合の関数を示す。この関数によって得られた値を基本色に付与された印象語の重みにかけることにする。この際、基本色との色差 ΔE が極めて小さい場合に値が大きくなりすぎないように、 $\Delta E = 0$ における値が1になるような関数として、

$$F(\Delta E) = \frac{\beta}{\alpha \Delta E + \beta}$$

を使用することにする。ただし、 α, β は正の実数である。

(2) 基本色の近傍で緩やかに減少する関数

基本色の近傍では緩やかに減少する関数を考える。(1)と同様に、 $\Delta E = 0$ における値が1になる関数として、

$$G(\Delta E) = \gamma^{-\delta \Delta E^2}$$

という関数を使用する。ただし γ は1より大きい実数、 δ は正の実数である。

関数 F および関数 G の大まかな形を Fig. 6.2 に示す。

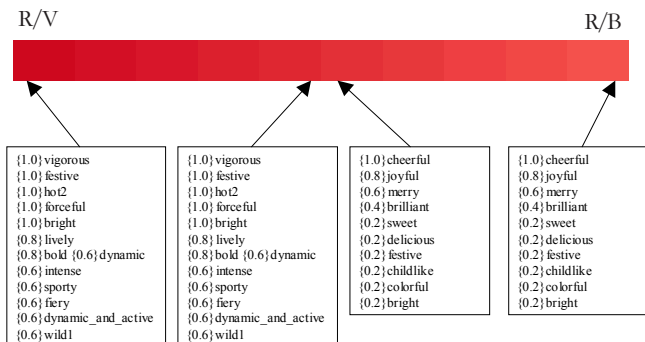


Fig. 6.1. 滑らかに変化する色からの印象語抽出。

6.2. 重み付け関数を用いた印象語自動抽出

この手法では、各画素について最も近い基本色との距離まで考慮する。最も近い基本色に付与された色印象ベクトルに距離による重みをかけるということを、全画素について行い、それぞれの色印象ベクトルを足し合わせる。

関数 F による重み付けを行った場合、関数 G による重み付けを行った場合のそれぞれの方法で印象語を抽出する。基本色R/Vから基本色R/Bまで滑らかに変化させて、それぞれの地点から抽出した印象語の重みを、vigorous, cheerful, deliciousの3つについて Fig. 6.3 に示す。ただし、関数 F のパラメータは $\alpha = 0.4, \beta = 4.0$ 、関数 G のパラメータは $\delta = 0.06, \gamma = 1.1$ とした。

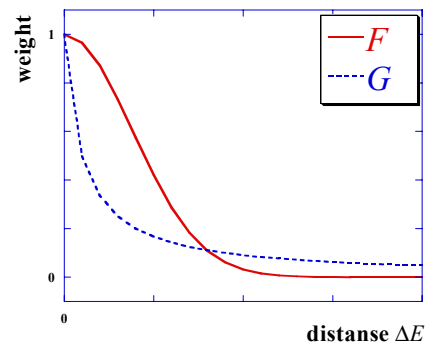
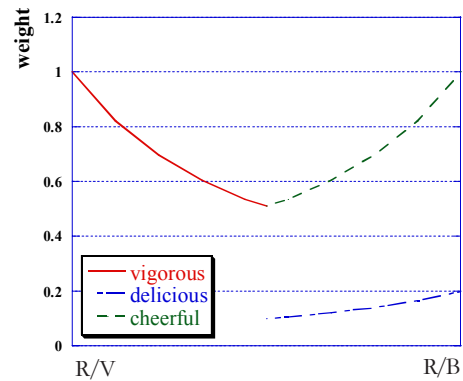
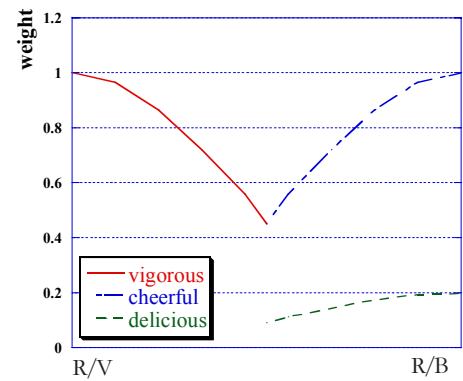


Fig. 6.2. 重み付け関数の概形。



(a). 関数 F による重み付け。



(b). 関数 G による重み付け。

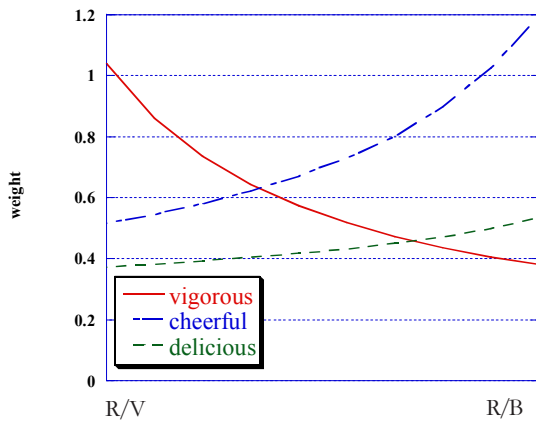
Fig. 6.3. 関数による重み付け。

Fig. 6.3より,従来方式よりも多様な色について印象を与えることができることが分かるが,ある場所を境に突然印象語が変化しているという点では従来と同じである.

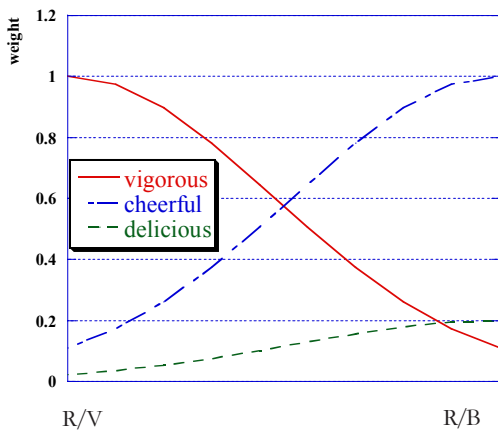
6.3. 複数の基本色を参照した 印象語自動抽出

6.2節では,最近傍の基本色の色印象ベクトルのみを参照していたが,本節では,印象を最も近い1つの基本色のみで決定するのではなく,複数の基本色によって決定することにする.

各画素について,全ての基本色との距離を計算し,ある程度近い距離にある複数の基本色に付与された色印象ベクトルに,距離による重みをかけ,各ベクトルの和を求め,それを新たな色印象ベクトルとする.全画素について行い,得られた色印象ベクトルの総和を画像のメタデータ I とする手法である.



(a). 関数 F による重み付け.



(b). 関数 G による重み付け.

Fig. 6.4. 複数の基本色を参照して抽出した場合の印象の度合の変化.

この方法を用いて 6.2 節と同様の実験を行った結果を Fig. 6.4 に示す. 関数 F および関数 G のパラメータは 6.3 節と同様に, $\alpha = 0.4$, $\beta = 4.0$, $\delta = 0.06$, $\gamma = 1.1$ である.

Fig. 6.4 より, この手法によって得られる印象語は, 全ての点で連続で滑らかであることが分かる.

7. まとめ

$L^*a^*b^*$ 表色系を用いることにより, 従来のマンセル表色系による計算よりも色差を適切に得ることができた. また, 本手法によって得られた重み付き印象語を用いて意味の数学モデルによる類似検索を行った結果, 従来方式によって得られた印象語を用いた場合よりも良い結果が得られた.

従来の, 最近傍の基本色の色印象ベクトルをそのまま使用するのではなく, 重み付け関数を導入し, 基本色からの距離によって印象の度合を変化させる手法を提案した. この手法によって, 従来とは異なり, 全ての色彩について連続的に重み付きの印象語を付与することができることを確かめた. 今後, 関数のパラメータを変化させ, 意味的連想検索実験を繰り返し行うことによって, この手法の有効性を検証する必要がある.

参考文献

- [1] T. Kitagawa, Y. Kiyoki, "The Mathematical Model of Meaning and its Application to Multidatabase Systems," Proceeding of 3rd IEEE International Workshop on Research Issue on Data Engineering: Interoperability in Multidatabase Systems, pp.130-135, April 1993.
- [2] 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適用," 情報処理学会論文誌: データベース, Vol. 43 No. SIG12 (TOD16) pp.38-51 December 2002.
- [3] Yasushi Kiyoki, Takashi Kitagawa and Takanari Hayama, "A Metadatabase System for Semantic Image Search by a Mathematical Model of Meaning" ACMSIGMOD Record (special issue on metadata for digital media), Vol.23, No. 4, pp.34-41, Dec.1994.
- [4] 池田光男, "色彩工学の基礎," 朝倉書店, 1980
- [5] 財団法人日本色彩研究所, "カラーマッチングの基礎と応用," 日刊工業新聞社, 1991
- [6] 大田登, "色彩工学," 電機大出版局, 1993
- [7] 小林重順, "カラーイメージスケール," 講談社, 1984
- [8] 小林重順, "カラーイメージスケール ver.2," 講談社, 2001