原著論文

感性語を検索キーとした景観画像の画像検索システム

堀田 裕弘, 室岡 尚樹, 本田 和博, 村井 忠邦

富山大学大学院理工学研究部 (工学)

IMAGE RETRIEVAL SYSTEM OF LANDSCAPE IMAGE USING KANSEI WORDS AS THE REFERENCE KEY

Yuukou HORITA, Naoki MUROOKA, Kazuhiro HONDA and Tadakuni MURAI

Graduate School of Science and Engineering, University of Toyama, 3190 Gofuku, Toyama 930-8555, Japan

Abstract : In our previous work, to extract the *KANSEI* information received from a landscape image, we investigated the evaluation experiment by the Semantic Differential method. By analysing the obtained data using the factor analysis, we found out 4 factors associated with *KANSEI* information. In this paper, we consider the *KANSEI* modeling which is connecting with a landscape image and the *KANSEI* factors. By using MPEG-7 descriptors such as Scalable Color Descriptor and Edge Histogram Descriptor, the Saliency Map information of Visual Attention, and the *KANSEI* factors of monochromatic color, we can estimate the *KANSEI* information using the potential interpolation method. In addition, as an example of image database system applying this *KANSEI* modeling method, we consider the image retrieval system which used the *KANSEI* information as the reference key.

Keywords : *KANSEI* information, MPEG-7, Saliency Map, Semantic Differential method, Image database

1. は じ め に

個人の自己表現やコミュニケーションの能力を高める手段としてマルチメディアは重要視されており、特に、画像メディアはその情報量の多さゆえに、より高度なコミュニケーションやデータベース利用の中心的存在に位置付けられている。近年では、デジカメやカメラ付き携帯電話の普及により、旅行先などで多くのシーンを撮影する機会が多くなってきた。我々はこの撮影した画像を PC などに蓄積保存する機会が多く、PC 内には数多くの景観画像が蓄積されていることも珍しくない。この枚数が膨大になるにつれて、蓄積された景観画像の中から、自分がイメージする景観画像を効率良く検索したいという要求が高まってきており、これを実現するためには感性語を検索キーとした景観画像の画像検索システムの開発が必要となってくる。

一般的に感性モデリング技術とは、メディアから何らかの情報を抽出し、人間の感性的な反応を予測する技術であるが、我々は画像メディアという入力情報と感性情報という出力情報との関係を事例から学習する方法により、感性情報を予測する感性モデリング技術が開発できると考えている。この感性モデリング技術を利用することにより、感性語を検索キーとした景観画像の画像検索システムが開発できると考えている。

我々の先行研究では、対象となる景観画像を実際に観察した時に受け取る感性情報を抽出するために SD (Semantic Differential) 法による評価実験を行い、このデータを因子分析することにより、景観画像から受け取る感性情報に関連した因子が 4 種類存在することを示した。この実験により、

入力情報である景観画像と出力情報となる 4 因子の感性情報が与えられたことになる。

そこで、本論文では、この景観画像を入力情報とし、評価実験で得られた感性因子を出力情報とする感性モデリングを検討した。具体的には、景観画像から受け取る感性情報を推定するために、MPEG-7 で規定されたビジュアル記述子の色彩とエッジの各特徴量 [10, 11]、Visual Attention を表す Saliency Map 情報 [12]、単色刺激における色彩感性情報 [13] 等を用いて、景観画像から受け取る感性情報を推定することを試みた。さらに、この感性モデリング技術を利用した画像データベース検索の応用例として、推定した感性情報をデータのインデキシングに利用し、SD 法によって抽出された感性情報を入力キーとして画像を検索する画像検索システムの構築を試みた。

これまでに多くの画像検索技術が提案されており、その多くは検索キーを用いるもの、類似画像で検索するもの、感性語で検索するものなどが上げられる。感性語を用いる画像検索は、画像に付加されているテキスト情報の類似性や画像本来が持つ構造や特徴の類似性を議論するのではなく、ユーザが必要としている印象や感性を元来有している候補画像を検索することに相当するので、我々人間にとって一番高次元な検索手法であるといえる。

感性検索とそれに関連する技術の代表的なものとして、これまでに、栗田ら [1] の画像の色彩分布と印象語の多変量解析による対応づけ、八村ら [2] の主要色と背景色に分離した画像の配色と配色データベースとの適合度による画像と印象との対応づけ、田中 [3] らの誘目性に着目した注目領域の抽出、木本 [4] による感性語の配色パターンと色彩情報との関係を利用した感性画像データベースの試作と評価、

近藤ら [5] による画像の印象を表す配色であるイメージカラーを用いた感性画像データベースの試作と評価などがあげられ、これらは色彩情報を積極的に利用している。

さらに、従来とは異なるアプローチとして、棕木 [6] らの対義関係にあるいくつかの代表的な感性語対の組み合わせで他の感性語を表現し画像検索する手法があるが、複数の感性語による入力はまだ検討されてない事が課題であった。また、池添ら [7] のニューラルネットワークを用いて感性語対の程度と音楽感性との関係を検索に利用する手法があるが、画像情報への適用可能性は議論されていない。

これまでの感性語による画像検索では、「綺麗な画像」や「がっしりした画像」というような形容詞である感性語のみを離散的に取り扱っていた。一方、「非常に綺麗な画像」や「ややがっしりした画像」というように、「接頭語 + 形容詞」というような感性語を連続量として扱う試みは、ユーザの画像検索要求を率直に表現するうえで重要であるにもかかわらず、これまであまり詳細な議論がなされていない。そこで、本論文では、画像から推定する感性情報を連続量として議論することが従来研究との大きな相違である。

2. SD 法による評価

実験先行研究で得られた景観画像に対する感性情報を得た評価実験について簡単に述べる。景観画像における感性情報を推定するためには、まず人間が景観画像から受け取る感性情報を形成する因子を明らかにし、その特性を調べ解析する必要がある。そこで、SD 法に基づいた主観評価実験を行い、景観画像の感性情報を構成する感性因子がどのようなものであるかを調べた [8]。実験は表 1 の条件で行った。実験で用いた景観画像 [9] は、昼景と夜景におおまかに分類でき、画像コンテンツは 5 種類程度（近代的建築物、歴史的建築物、山、海、平地）の対象物に分類できた。昼景と夜景、対象物の組み合わせを考慮して計 36 枚を選定した。SD 法による実験結果を因子分析することにより 4 つの有意な因子が抽出

表 1 SD 法による評価実験の条件

評価画像	景観画像 (640 × 480 pixel, 24bpp) 36 枚
評価尺度	30 尺度 (形容詞), 7 段階評価
評定者数	53 名 (大学生)
提示方法	ランダム提示 (1 回ずつ), 提示時間は無制限

表 2 各因子と関係の深い評価語対

因子	評価語対
因子 1 (評価性)	好き—嫌い, きれい—きたない 陽気な—陰気な
因子 2 (活動性)	派手な—地味な, 静的な—動的な 複雑な—単純な
因子 3 (力量感)	かたい—やわらかい, 強い—弱い 暖かい—冷たい
因子 4 (明彩感)	濃い—薄い, 明るい—暗い 味わい深い—味わない

された。抽出された因子と関係が深い評価語対から、第 1 因子を「評価性」の因子、第 2 因子を「活動性」の因子、第 3 因子を「力量感」の因子、第 4 因子を「明彩感」の因子と定めた。表 2 に、各因子と関係の深い評価語対例を示す。

なお、SD 法の評価実験分では教師用データが不足していると思われたため、抽出された 4 因子を評価尺度に利用して追加実験を行い、景観画像 200 枚分の感性情報を得た。表 3 に実験条件を示す。

200 枚の各画像に対して評定者全員の平均評価得点を求め、これから評定者に関する各因子の標準偏差を求め、これを基にして評価値の平均値に対する 95% 信頼区間を求めた。なお評価値のダイナミックレンジは -3 ~ 3 である。ともに未知の平均 μ と分散 σ^2 をもつ正規分布から抽出した大きさ n の標本の平均と分散を各々 $\bar{x}$, s^2 とすれば、平均 μ に対する $100(1-\alpha)\%$ の信頼区間は以下の形で表される。

$$\bar{x} \pm t_{n-1; \frac{\alpha}{2}} \frac{s}{\sqrt{n-1}}$$

表 4 はその結果である。4 因子ともに ± 0.6 程度の信頼区間となった。よって、評価実験で得られた画像に対する評価得点には ± 0.6 程度の誤差があるので、因子得点の推定精度としては、平均推定誤差として ± 0.6 程度を目標とする。

3. MPEG-7 VisualPart

MPEG-7 はデジタル映像を含むマルチメディアコンテンツを記述するためのメタデータの国際標準規格である [10]。

3.1 Scalable Color Descriptor

Scalable Color Descriptor (SCD) は、HSV 色空間の色ヒストグラムに Haar 変換 (図 1(a) 参照) ベースのエンコードを施した記述子である [10]。H (Hue) は色相, S (Saturation) は彩度, V (Value) は明度を表す。画像を HSV 色空間に変換した後、H を 16 レベル, S を 4 レベル, V を 4 レベルにそれぞれ分割し、256-bin のカラーヒストグラムを作る (図 1(b) 参照)。ここで、H は $0 \sim 2\pi$, S は $0 \sim 1$, V は $0 \sim 1$ である。さらに、Haar 変換によって、256-bin のカラーヒ

表 3 追加実験の条件

刺激材料	景観画像 (640 × 480 pixel, 24bpp) 200 枚
尺度	4 尺度 (抽出された感性因子), 7 段階評価
評定者数	15 名 (大学生)
提示方法	ランダム提示 (3 回ずつ), 提示時間は無制限

表 4 平均値の信頼区間

因子	標準偏差	信頼区間
因子 1 (評価性)	1.16	± 0.64
因子 2 (活動性)	1.23	± 0.67
因子 3 (力量感)	1.11	± 0.61
因子 4 (明彩感)	1.19	± 0.65

図 1 Scalable Color Descriptor の概要

表 5 HSV 色空間等価分割テーブル [10]

coefficients	H	S	V
16	4	2	2
32	8	2	2
64	8	2	4
128	8	4	4
256	16	4	4

ストグラムをそれぞれ 128, 64, 32, 16 の Haar 係数（ヒストグラム）を求めることができる。表 5 に H, S, V それぞれの分割レベルを示す。

3.2 Edge Histogram Descriptor

Edge Histogram Descriptor (EHD) は、ローカルエッジ情報をヒストグラム化したもので、画像を 4×4 の 16 区画に分割し、区画ごとに図 2(a) に示す 5 タイプのエッジ (vertical, horizontal, 45degree, 135degree, non-directional) がどの程度存在するかを記述する。16 個に分割されたそれぞれの領域を、サブイメージと呼ぶ。それぞれのサブイメージに対して、エッジタイプが 5 つあるので、全体で $16 \times 5 = 80$ の

(a) Five types of edges

(b) Semi-Global-bin

(c) Overall histogram semantics

図 2 Edge Histogram Descriptor の概要

ヒストグラムのローカルビン (local bins) を持つ。

ローカルエッジヒストグラムビンだけでは、効率的なマッチングが行えないため、ローカルエッジ分布と同様に、画像全体のエッジ分布といくつかの水平方向と垂直方向のセミグローバルエッジ分布に対するエッジ分布情報が必要となる。グローバルエッジは画像全体に対するエッジ分布を表しており、元来 5 つのエッジタイプがあるので、グローバルエッジヒストグラムは 5 つのビン (bin) を持つ。ビン (bin) の値はそれぞれの領域のローカルエッジのタイプごとにビン (bin) の値を累積し、正規化することによって得られる。

同様に、セミグローバルエッジは、図 2 (b) で示されるいくつかのサブセットからビン (bin) 値を得ることができる。13 の異なるクラスターがあり、それぞれのクラスターに対して 5 つの異なるエッジタイプのためのエッジ分布を生成することで得られる。

結果として、全体で $80\text{bins}(\text{local}) + 5\text{bins}(\text{global}) + 65\text{bins}(13 \times 5, \text{semi-global}) = 150$ のヒストグラムを得る (図 2(c) 参照)。

4. Saliency Map

人間は画像を観察した場合、特定の領域の物理的刺激 (色, 形, テクスチャなど) に注意を引きつけられることが知られている。この注視領域を表現するモデルとして Saliency-Based Search Mechanism に基づく Saliency Map がある [12]。Saliency Map は、物体の目立つ部分を 2 次元マップで表したものであり、図 3 にそのモデルを示す。

まず、入力画像を線形フィルタによって intensity, color, orientation の特徴に分け、Low-pass フィルタとサブサンプリング

図 3 Saliency-Based Search Mechanism のモデル [12]

(a) Original image

(b) Saliency Map

図4 Saliency Map の例

リングから成る Gaussian pyramid 法を用いて9つのスケールの画像を作る。その後、それぞれの特徴において視覚許容範囲と近似された視野の中心 $c \in \{2, 3, 4\}$ と周辺視 $s = c + \delta$, $\delta \in \{3, 4\}$ との差を計算し、6つの特徴マップを作る。それぞれの特徴マップごとに正規化し、これらを線形結合することによって、一つの“Saliency Map”が得られる。図4は Saliency Map の一例であり、輝度の高い部分が注視されやすいことを示している。

5. 単色における色彩感性情報

人間は単色に対しても色彩感性を受け取ることから、多くの色彩で構成される景観画像の感性情報の予測に、単色の色彩感性も利用できると考えた。そこで、図5のように画像を9つの領域に分割し、各領域の HSV 色空間上での最大頻度ヒストグラムの色情報をもとに、単色の色刺激から受け取る感性情報を推定し、色彩感性値（第1因子：評価性、第2因子：力量性、第3因子：活動性）として利用する。文献[13]で得られている201色の因子得点を基にして、ポテンシャル補間による色彩感性値の推定を行った。ポテンシャル補間法は、与えられたデータ点から補間したい点までの距離に比例してデータ点の値に重みをかけ、その総和を補間したい点での補間値とする方法である。色彩感性値は式(1)～(3)のように定義した。 $f_{1col_i}, f_{2col_i}, f_{3col_i}$ は、各小領域 i ごとの評価性、力量性、活動性の色彩感性値である。

$$f_{1col_x} = \frac{1}{9} \sum_{i=0}^8 f_{1col_i} \quad (1)$$

図5 画像の分割例

$$f_{2col_x} = \frac{1}{9} \sum_{i=0}^8 f_{2col_i} \quad (2)$$

$$f_{3col_x} = \frac{1}{9} \sum_{i=0}^8 f_{3col_i} \quad (3)$$

6. 感性情報の推定方法

景観画像の感性情報を予測するために、以下の手順で推定を行った。

- 入力画像より前述した画像特徴量を抽出し、教師用画像データ群との類似度を求める
- 類似度の高かった n 個の教師用画像データの感性情報を、類似度によって重みづけをし、ポテンシャル補間によって入力画像の感性情報を推定する。

6.1 類似度計算

類似度 S_x は式(4)、式(5)によって算出した。

$$S_x = \frac{1}{D_x} (x = 1, 2, \dots, 199) \quad (4)$$

$$D_x = \omega_1 \Delta SCD_x + \omega_2 \Delta EHD_x + \omega_3 \Delta SM_x + \omega_4 \Delta f_{1col_x} + \omega_5 \Delta f_{2col_x} + \omega_6 \Delta f_{3col_x} \quad (5)$$

ここで、 D_x は計算に用いた x 番目の教師用画像データと入力画像との距離尺度を表している。また、 ΔSCD_x , ΔEHD_x , は入力画像と教師用画像データとの画像特徴量の距離尺度で、MPEG-7で規定されている[10]。 ΔSM_x は入力画像と教師用画像データとの Saliency Map の距離尺度、 Δf_{1col_x} , Δf_{2col_x} , Δf_{3col_x} は入力画像と教師用画像データとの単色の色彩感性値の距離尺度を表している。 ΔSCD_x は、256から16までの5種類のカラーヒストグラムがあるので5個の距離尺度がある。これらの距離尺度は次元が異なるので $\omega_1 \sim \omega_6$ の重み係数を乗じて距離尺度 D_x を求める。ここで用いた各距離尺度を式(6)～(11)に示す。なお、教師用画像データは下付き添字“ x ”で、入力画像は下付き添字“ in ”で区別する。

$$\Delta SCD_x = \sum_{i=0}^k |SCD_x[i] - SCD_{in}[i]| \quad (k=256, 128, 64, 32, 16) \quad (6)$$

$$\Delta EHD_x = \sum_{i=0}^{79} |LE_x[i] - LE_{in}[i]| + 5 \times \sum_{i=0}^4 |GE_x[i] - GE_{in}[i]| + \sum_{i=0}^{64} |SGE_x[i] - SGE_{in}[i]| \quad (7)$$

$$\Delta SM_x = \sum_{i=0}^{1199} |SM_x[i] - SM_{in}[i]| \quad (8)$$

$$\Delta f_{1col_x} = |f_{1col_x} - f_{1col_{in}}| \quad (9)$$

$$\Delta f_{2col_x} = |f_{2col_x} - f_{2col_{in}}| \quad (10)$$

$$\Delta f_{3col_x} = |f_{3col_x} - f_{3col_{in}}| \quad (11)$$

6.2 ポテンシャル補間による推定

類似度 S_x が大きいものから順に n 個のデータを使用してポテンシャル補間により感性情報を算出する。なお、補間する際に式 (12) のように類似度による重みづけを加えた。最終的に推定される感性情報を式 (13) のように定義する。 w_x は重み係数、 F_j は推定された感性因子得点、 F_{jx} は教師用画像データ x の感性因子得点を表す。

$$w_x = \frac{S_x}{\sum_{k=1}^n S_k} \quad (12)$$

$$F_j = \sum_{x=1}^n w_x \cdot F_{jx} \quad (j=1, 2, 3, 4) \quad (13)$$

6.3 重み係数の最適化

式 (5) で用いた重み係数 $\omega_1 \sim \omega_6$ を求めるために、感性推定結果の平均誤差が小さくなるように遺伝的アルゴリズム (GA) を用い、重みパラメータの値を計算した。GA のパラメータを表 6 に示す。本論文で提案している推定法は、ポテンシャル補間の補間数と SCD の bin 数に自由度があるので、事前に 5 種類の全 SCD に対して、最適なポテンシャル補間の補間数を求めた。その結果、最良な組み合わせは、ポテンシャル補間の補間数が 11、SCD は 32-bin であった。以降この結果で議論を進める。この時の求められた重み係数を表 7 に示す。

7. 実験結果

評価実験で用いた 200 枚の画像データを教師用画像データとして、前述の推定方法により感性情報の推定を行った。

表 6 GA パラメータ

個体数	100
染色体	6
世代	300
交叉	単純交叉
選択	エリート保存方式 ランク方式
変異率	0.1
適応度	推定結果の平均誤差

表 7 GA により求められた重み係数

因子	SCD	EHD	SM	f_{1col}	f_{2col}	f_{3col}
1	0.93	0.07	0.40	0.65	0.28	0.49
2	0.94	0.03	0.13	0.05	0.01	0.11
3	0.42	0.96	0.49	0.05	0.11	0.01
4	0.66	0.02	0.64	0.76	0.01	0.75

表 8 補間による推定値と実測値との誤差

因子	平均	最大	平均(r)	最大(r)
因子 1 (評価性)	0.39	1.57	0.41	1.52
因子 2 (活動性)	0.73	2.23	0.69	2.83
因子 3 (力量感)	0.53	1.92	0.60	2.15
因子 4 (明彩感)	0.50	2.01	0.51	2.35

7.1 感性情報の推定結果

推定された感性因子得点と実験によって得られた感性因子得点との推定精度を表 8 に示す。性能比較のために、SCD32 ビンの値でステップワイズ回帰分析により各感性因子を推定した結果 (r と記述) も合わせて示す。なお、SCD は色彩情報のヒストグラムを表しているの、画像特徴量としては代表的なものであると考えられる。この結果と比較することにより、感性モデリング技術に用いた要素の有効性が議論できる。

平均誤差については、因子 2 (活動性) が目標としていた信頼区間からやや外れてしまった。また、最大誤差についても、目標としていた信頼区間を大きく外れている。推定値と実測値との関係では、全体的に分布の傾きが小さく、感性値が ± の大きいところで外れている。特に、因子 2 にばらつきが見られる。

過去の類似した研究成果から容易に推測できることであるが、色彩情報は感性情報を予測するには非常に強力な情報であるといえる。実際、画像特徴量のうち SCD32 ビンの結果を用いて感性情報とのステップワイズ回帰分析を行った結果は、最大誤差が大きいものの、平均誤差は小さく、色彩情報のヒストグラムを意味する SCD32 ビンだけでステップワイズ回帰しても、ある程度の感性情報が予測できる。しかしながら、本論文で提案する手法を用いた推定では、4 つの感性因子のうちほとんどの因子の平均誤差が改善されている。さらに、最大誤差についても、本論文の手法では改善される傾向が見られる。特に、平均誤差の大きい因子 2 では改善効果が大きいことがわかる。よって、本論文で採用した感性モデリング技術は、因子に対する程度の差はあるものの、平均誤差や最大誤差を小さくするには有効な手段であるといえる。また、平均誤差は 95% 信頼区間をほぼクリアしているので、最大誤差を極力小さくできるような推定法を確立することが重要であると考えられる。

本推定法は感性情報が既知の教師画像群から未知の画像における感性情報をポテンシャル補間により推定する手法なので、距離尺度空間において未知画像の空間内の位置が既存データとの内挿関係にあれば、その感性値はある程度精度良く推定できるが、外挿関係になってしまうとポテンシャル補間はあまり有用ではない。よって、感性値が極端に大きな教師画像データが多く存在すれば、推定精度の向上につながる可能性もある。

特徴量に対する重み係数では、その値が大きければ推定するにあたり重要な特徴量といえる。

- 因子1 (評価性)

SCDと f_{1col} (単色の色彩感性値:評価性)が因子1(評価性)の推定に強く影響している。特に、SCDの重み係数が大きいことより、画像中の色彩情報の影響が強い。また、 f_{1col} の係数が大きいことから、単色の“評価性”と画像の“評価性”とは類似した関係がある。

- 因子2 (活動性)

SCDが因子2(活動性)の推定に特に重要である。 f_{3col} (単色の色彩感性値:活動性)の係数が小さいので、単色の“活動性”と画像の“活動性”とは関連性が低い。

- 因子3 (力量感)

EHDが因子3(力量感)の推定に重要であることより、テクスチャ情報が因子3の推定に有用である。他の因子で有用であったSCDは、この因子に限ってはあまり有用とはいえない。また、 f_{2col} (単色の色彩感性値:力量性)より、単色の“力量感”と画像の“力量性”との関連性は低い。

- 因子4 (明彩感)

SCD, Saliency Mapや単色の色彩感性値が因子4(明彩感)の推定に重要である。EHDが低いことから、色彩を中心とした特徴量が因子4(明彩感)の推定に有用である。

これらの結果を表9にまとめて示す。

7.2 信頼区間を考慮した検討

推定された感性情報がどれくらいの精度であるかをチェックするために、各因子ごとに95%信頼区間に入る割合を求めてみた。結果を表10に示す。元来、SD法による主観評価実験の結果より、感性値はかなりのばらつきを有しているので、結果的に60~80%の推定データが信頼区間内に収まっていることになる。

次に、信頼区間から外れた画像の傾向について調査した結果、次のような特徴が見られた。各4因子における実際の画像例を図6に示す。

- 評価性: 街並など、全体的に細かい画像。
- 活動性: 全体的に建築物が占める割合が多い画像。
- 力量感: 海や山など、同系色で構成された画像や全体的に色相数が少ない画像。
- 明彩感: 夕景や夜景など、全体的に明度と彩度が低い画像。

表9 各因子の感性推定に有用な特徴量

因子	有用な特徴量
因子1(評価性)	SCD, f_{1col}
因子2(活動性)	SCD
因子3(力量感)	EHD
因子4(明彩感)	SCD, SM, f_{1col} , f_{3col}

表10 信頼区間に入る割合

因子1 (評価性)	因子2 (活動性)	因子3 (力量感)	因子4 (明彩感)
0.82	0.57	0.67	0.72

図6 信頼区間から外れた画像例

因子別に推定値を調べてみると、因子2(活動性)だけが“-”の方向に多く分布していた。因子2(活動性)が信頼区間から外れたのは、実測値と推定値の絶対値は同じくらいであるが、“±”の符号が異なる場合が多かったと考えられる。

8. 画像検索システム

本論文で提案した感性モデリング技術を利用して、SD法によって抽出された景観画像に対する感性情報の4因子を入力キーとした画像検索システムを試作した。

8.1 システムの仕様

ユーザは自分がイメージする画像の感性や印象を4尺度の7段階値で入力する。検索結果は入力値とポテンシャル補間により推定した全教師画像データの感性因子得点のユークリッド距離を求め、距離が短い上位5つの画像を候補画像として出力する。表11に画像検索システムの仕様を示す。また、図7に「非常ににぎやか」、「非常に暗い」と入力した場合の検索結果例を示す。

8.2 システムの性能評価

検索システムが出力した結果が、ユーザーの受ける感性や印象に合致しているかを調べるために、アンケート方式の主観評価実験を行った。評価基準は、以下の通りである。

- 入力した印象とユーザーが感じ取る印象が一致しているか
- 出力された結果の順番が、ユーザーの求める画像の順番に出力されているか

$$\text{適合率} = \frac{1 \text{ パターンの“○”の総数}}{\text{評価人数}} \quad (14)$$

表12に実験条件を示す。実験結果をもとに、検索システムの出力結果と、ユーザーの受ける印象がどの程度一致しているか適合率を求めてみた。適合率を式(15)で定義する。

図7 画像検索システムの検索結果例

表11 画像検索システムの仕様

登録画像	景観画像 570 枚
検索方法	・ 4 つの感性語群を検索キーに 7 段階で入力 ・ 単項目検索可能 ・ 任意の組み合わせによる複数項目検索可能
検索結果	入力された条件に近いものを 5 つ提示
動作環境	Windows98 以上が動く環境
備考	VB6.0 のランタイムが必要

表12 性能評価の実験条件

刺激材料	検索システムの検索結果 10 パターン
使用尺度	○×で評価
被験者	13 名
手続き	10 パターンの検索結果を順に提示

評価実験の結果、入力した印象のパターンが単純な場合（「非常に好き」や「非常に暗い」など、4 尺度のうち 1～2 尺度を極端に設定した時）はユーザーが感じ取る印象と一致しやすく、複雑な場合（4 尺度のうちの 3 尺度以上を「どちらでもない」から適度に変化させた時）は一致しにくい結果になった。また、10 パターン全体の適合率の平均値は 0.52 であった。

池添ら [7] と椋木ら [6] の研究においても、感性検索の結果を主観評価実験により検証しており、検索結果に対して 80% 前後の適合率が得られていると報告されている。本論文での主観評価実験を行った結果では、第 1 候補の画像では 90%、第 2 候補では 75% 以上の適合率が得られている。このことより、本論文で提案する手法は、従来研究の成果と遜色ない結果が得られていると考えられる。

次に、図 7 を例として検索結果の考察を行う。図 8 は図 7 の検索結果例の候補ごとの適合率を示している。この検索結果における平均適合率は 0.46 であるが、上位の候補がユーザの要求と一致している。第 1, 2 候補の適合率が高い要因として、夜景と昼景の違いがある。第 1, 2 候補の出力結果は夜景であるため、「非常ににぎやか」、「非常に暗い」という印象を多くのユーザーが感じとっていた。一方、第 3 候

図8 図7の実験結果

補以降は昼景であるため、入力の印象と一致しなかったと考えられる。このように、検索結果にはユーザがおおむね満足できる結果の画像が 2 枚程度存在していた。

なお、今回の画像検索システムでは入力した感性情報と距離の近いもの 5 つを提示しているが、感性情報の空間の中で 570 枚画像のばらつき具合によっては、このような提示方法は必ずしも良いとは言えないと考えられ、閾値処理と組み合わせなどの工夫により、提示枚数を適応的に可変させることにより、より利用者の感性に即した検索結果の提示ができると考えられる。

9. おわりに

本研究では、画像から受け取る感性情報を得るための感性モデリングについて検討した。さらに、得られた感性情報を用いて画像を検索するシステムを試作した。実験結果から以下のことが明らかになった。

- MPEG-7 のビジュアル記述子 (SCD, EHD) の特徴量、単色における色彩情報、Saliency Map を用いて距離尺度を構成し、ポテンシャル補間による景観画像の感性情報の推定を可能とした。
- ポテンシャル補間での類似度計算において、GA による重み付けを考慮することで、推定の平均誤差は、当初目的としていた 95% 信頼区間程度となった。また、推定の最大誤差は、どの因子においても目標を満たす結果は得られなかった。特に、因子 2 は平均誤差、最大誤差ともに大きく、因子 2 を推定するためには、今回用いた特徴量では不十分であり、別の特徴量を考量する必要があると考えられる。
- GA による重み付けポテンシャル補間によって推定された感性情報を、データのインデクシングに利用し、SD 法によって抽出された因子を入力キーとして画像を検索する画像データベースを作成した。

今後の課題として、画像データベースの実用化に向けた検討が挙げられる。

参 考 文 献

- [1] 栗田多喜夫, 加藤俊一, 福田郁美, 板倉あゆみ: 印象語による絵画データベース検索, 情報処理学会論文誌, Vol.33, No.11, pp.1373-1383 (1992).
- [2] 八村広三郎, 英保茂: 絵画における感性情報の抽出, 情報処理学会人文科学とコンピュータ研究会, Vol.24, pp.9-16(1996).
- [3] 田中昭二, 井上正之, 井上誠喜, 中津良平: 誘目性に寄与する物理的特徴量を基にした画像注目領域の抽出, 映像情報メディア学会誌, Vol.52, No.6, pp.881-890 (1998).
- [4] 木本晴夫: 感性語による画像検索とその精度評価, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.3, pp.886-897 (1996).
- [5] 近藤邦雄, 高橋雅博, 松永政尚, 山崎秀樹: 画像データベースのためのイメージカラー検索手法, 映像情報メディア学会誌, Vol.54, No.11, pp.1615-1622 (2000).
- [6] 棕木雅之, 田中大典, 池田克夫: 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, 情報処理学会誌, Vol.42, No.7, pp.1914-1921 (2001).
- [7] 池添剛, 梶川嘉延, 野村康雄: 音楽感性空間を用いた感性語による音楽データベース検索システム, 情報処理学会論文誌, Vol.42, No.12, pp.3201-3212 (2001).
- [8] 大橋俊道, 堀田裕弘, 村井忠邦, 中嶋芳雄: 景観画像を対象とした感性語による画像検索法, 映像情報メディア学会技術報告 HIR2000-141, pp.1-6 (2000).
- [9] High Quality Digital Image for Professional Vol.1-12, MUUSPROJECT
- [10] Manjunath, B.S., Ohm, J., Vasudevan, V.V. and Yamada, A.: Color and Texture Descriptors, IEEE Trans. CSVT, Vol.11, pp.703-715 (2001).
- [11] 山田明雄: 小特集マルチメディア内容記述の国際標準 PEG-7, 2. 標準化された技術, 2-1. ビジュアル記述, 映像メディア学会誌, Vol.56, No.11, pp.1711-1714 (2002).
- [12] Itti, L. and Koch, C. : A Saliency-Based Search Mechanism for Overt and Covert Shifts of Visual Attention, Vision Research, Vol.40, No.10-12, pp.1489-1506 (2000).

- [13] 堀田裕弘, 神田明典, 村井忠邦, 中嶋芳雄: 単色刺激における色彩感性値の推定と解析, 映像情報メディア学会誌, Vol.52, No.4, pp.542-553 (1998).

堀田 裕弘 (正会員)

1986年長岡技術科学大学大学院工学研究科修士課程電気・電子システム工学専攻修了。現在、富山大学大学院理工学研究部（工学）教授。工学博士。メディア品質評価、ITS、感性情報処理などの研究に従事。

室岡 尚樹 (非会員)

2004年3月富山大学大学院工学研究科博士前期課程電気電子システム工学専攻修了。在学中、感性情報処理などの研究に従事。

本田 和博 (非会員)

1997年3月富山大学大学院工学研究科博士前期課程電子情報工学専攻修了。同年富山大学工学部技術職員。電磁界・音場の解析手法に関する研究、逆問題解析とその応用に関する研究に従事。

村井 忠邦 (非会員)

1967年3月富山大学文理学部理学科卒業、富山大学工学部助手、講師、助教授を経て1991年教授（工学部）。現在、富山大学大学院理工学研究部（工学）教授。工学博士。電磁界・音場の解析手法に関する研究、逆問題解析とその応用に関する研究、落雷予測の基礎研究など数値シミュレーションに従事している。