

感性を反映できるカラーポスター作成支援システム

尾畑 貴信[†] 萩原 将文[†]

本論文では、ユーザの感性を反映させたカラーポスター案を作成し、ユーザを支援をするシステムを提案する。提案システムは、(1)レイアウト作成部と(2)配色・フォント変更部の2つの部分からなる。配色・フォント変更部は、(1)ユーザの要求に合った背景色候補を選択する部分と、(2)遺伝的操作をもとにして配色・フォント変更案を作成する部分、(3)作成案から受ける印象をファジィ推論で評価する部分との3つの部分からなる。配色・フォント変更案の印象はシステム内部において評価される。その評価値とユーザの要求との近さ、システムによる作成案の「見やすさ」に対する推論値、色彩調和における美度の3点を考慮した適応度を用いて、システム全体は遺伝的アルゴリズムの枠組みで動作する。それによって、ユーザの要求に近い印象を持つカラーポスター案が次第に作成されていく。印象の推論は、配色・フォントと感性との関係をファジィルールとしたファジィ推論で行われる。さらに、ユーザによる逐次的な2種類の学習法を用いることにより、異なる感性を持つ各個人への適応が可能である。評価実験を通して、ユーザの感性とシステムの推論との相関などにおいて、学習によるユーザへの適応を確認し、支援システムとしての有効性を確認した。また、得られたルールから色・フォントと感性との関係が抽出された。

A Color Poster Creating Support System to Reflect Kansei

TAKANOBU OBATA[†] and MASAFUMI HAGIWARA[†]

In this paper, a system that can reflect user's *kansei* for aiding users in creating color posters is proposed. The proposed system has two major parts: (1) the creating layouts part; (2) the coloring and changing fonts part. The coloring and changing fonts part has three major parts: (1) a part to choose the background colors to fit the user's demands; (2) a part to color the created layout plans and change fonts using genetic operations; (3) a part to estimate impressions of the created poster plans using fuzzy inference. The proposed system can estimate impressions of the created poster plans and works based on genetic algorithm (GA). As for the fitness, three respects are considered: (1) the closeness between the estimation of impressions and the user's demands; (2) the estimation of "the easiness to see it" of the created poster plans by the system; (3) the degree of beauty in the color harmony. Therefore the created poster plans can reflect the user's demands gradually. Relations between the color scheme (font) and *kansei* are expressed by the fuzzy rules. In addition, two kinds of on-lined (sequential) learning method of fuzzy rules are used to adapt user's *kansei* more effectively. The validity of the proposed system is confirmed by experiments, for example, correlation between user's valuation and the estimation of the system. Moreover, relations between the color scheme (font) and *kansei* are extracted from the rules.

1. はじめに

人は絵画や服飾などのデザインを見たとき、様々な印象を受ける。その印象は、デザインにおける物理的な特徴によるところも大きい。人が受ける印象の基準となる物理的特徴には、大きく分けると形と色の2種類ある。これらは重なり合い、総合的な印象を決定づけると考えられる。近年、これらの物理的特徴によって変化する人間の感性を工学的に取り扱う手法が注目

されている^{1)~14)}。

特に、色彩情報は人の感性に大きく影響を与えるため、欠かせないものである。たとえば、服装のコーディネートや部屋の雰囲気作りなどのように、人は生活の中に色彩を取り入れることにより、自分のいる環境を変化させ生活自体を表現豊かにしている。そのような色彩の効果を研究することによって、カラーデザイン³⁾や創作支援^{4)~10)}、人間の感覚に沿った形での画像の印象理解¹¹⁾や画像検索^{12)~14)}など様々な分野に応用がなされている。さらに、ここ数年パーソナルコンピュータを中心としたコンピュータ機器の普及にともない、ユーザが手軽に画像などを扱うことが可能

[†] 慶應義塾大学理工学部

Faculty of Science and Technology, Keio University

になっており、コンテンツに対する創作支援に対する要求が高まっている。

ポスターは文書やプレゼンテーション、広告などといったエディトリアルデザインと呼ばれる分野の基本となるものである。これまで、この分野に関しては、文書のレイアウト^{15)~16)}や構造解析^{17)~18)}に関連した研究が数多くなされてきたが、感性との関連についての研究はきわめて少なかった。

宮崎らは感性を反映できるポスター作成支援システムを提案している⁶⁾。これは、ファジィ推論と遺伝的アルゴリズムを用いて、実際にレイアウト案を作成・提示することにより、ユーザが感性を反映する際の支援を行うものである。しかしながら、これはレイアウトのみを作成するものであり、人間の感性に大きく影響を与える配色やフォントは考慮されていないため、実用面においての制約が大きかった。

ポスター作成に関しては、多機能の描画ツールが数多く存在している。しかし、これらはユーザが感性を反映させる手段にはなりうるが、白紙の状態から「どんな配置にするか」「どんな色を使うか」といった決定は、ユーザに委ねられているのが実状である。頭に浮かんだイメージを具体的なポスターにする場合、配置や配色はセンスや専門知識のないユーザにとっては大きな負担である。もし、システム自身がユーザの感性を理解し、ユーザのイメージを形にするまでの作業を支援することができれば、ポスター作成の労力は大幅に低減される。

配色に関連する研究として、ニューラルネットワークを用いた印象語とそれに合った色彩を選択する手法⁷⁾や、ファジィ推論を用いて色彩の持つ感情効果を表現した手法⁸⁾などがある。これらは色彩と配色イメージスケール¹⁹⁾上の印象語との関係を抽出している。しかし着色する画像(形状)は考慮されておらず、ポスターなどのように、内容によって要素の構成や数などが異なるものに対するの適応が実現されていない。

諸原らはデザイン画の配色変換を行う手法を提案している⁹⁾。これは、レイアウトの定まったデザイン画の配色の特徴量を抽出し、そのイメージカラーを変更することで印象を変えることに主眼がおかれている。しかし、変更後の配色案に対する総合的なバランスが考慮されておらず、色彩調和的に適切な配色案かどうかの判定が実現されていない。

以上の手法は一般的な感性からみた色と印象語との関係を求める部分に焦点が置かれている。それゆえ、多様な個人の感性や流行による感性の変化などには対応が困難である。

また、服のコーディネートに対する配色支援を行う研究¹⁰⁾がある。これは、ユーザとのやりとりによってそのユーザの好みを獲得し、人によって少しずつ異なる感性に対応させている。しかし、定まった3つの部分の配色をしているにとどまっている。

本論文では、宮崎らの手法⁶⁾に配色変更部を加えることによって、実際にポスターをレイアウト・配色し提示することにより、ユーザが感性を反映する際の支援をする「感性を反映できるカラーポスター作成支援システム」を提案する。また、色と同様に感性に大きく影響を与えるフォントに対しても変更できる機能を有している。提案システムの大枠は宮崎らの手法をベースとしており、一般的な観点からの配色と印象語との関係をもとに、学習によって個人の感性の特徴に適應できる。それをポスターのレイアウト・配色・フォント変更問題に適用し、実際にポスター案を作成・提示し、ユーザを支援することを目的とする。本論文では、レイアウト・配色・フォントと感性の関係が、定量的な情報を定性的な情報として扱えることが可能なファジィルールで表現されている。また、ルールを直接レイアウト・配色・フォント変更に用いるのではなく、作成案の評価にのみ用いられている。さらに、システムは遺伝的アルゴリズムの枠組みで動作し、実際にカラーポスター案が作成・評価されることにより、多様なポスター案の作成が可能となる。以下、2章で提案システムについて説明する。3章では評価実験について述べ、4章を結論とする。

2. 提案システム

2.1 レイアウト作成部

まず提案システムの概要を図1に示す。提案システムは、全体的には、レイアウト作成部と配色・フォント変更部から成り立っている。レイアウト作成部は宮崎らの手法⁶⁾と同様に遺伝的操作をもとにしてレイアウト案を作成する部分と作成案から受ける印象をファ

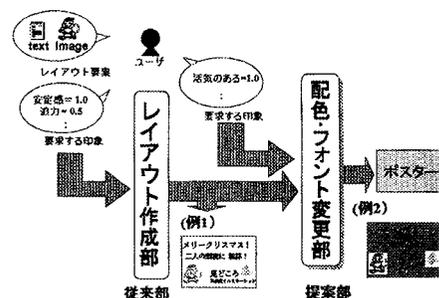
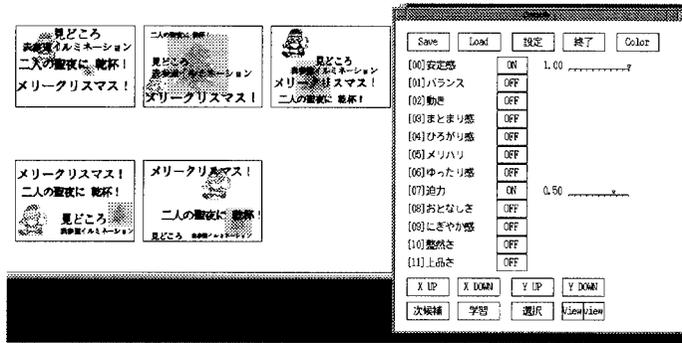
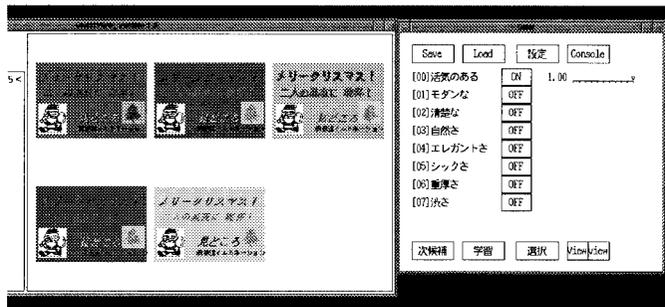


図1 システム概要図

Fig. 1 Outline of proposed system.



(a) レイアウト作成部



(b) 配色・フォント変更部

図 2 システムの実行画面

Fig. 2 Implementation of the proposed system.

ジィ推論で評価する部分との2つの部分からなる。また、配色・フォント変更部は宮崎らの手法をベースとして配色・フォントの変更問題に応用したものである。

まず、ユーザはレイアウト要素と、必要に応じてその意味的な構造をアウトラインプロセッサに似た書式を用いて入力する。レイアウト要素には、文字列と図版の2種類を考慮している。また、意味的な構造に関して、各要素の従属関係とグループ関係が考慮されている。

次にユーザは、どのようなレイアウトが欲しいかといった印象語に対する要求の度合いを図2(a)のConsole ウィンドウのスライダーを用いて入力する。システムはレイアウト作成部において、ユーザの要求にあったレイアウト案を作成し、ユーザに提示する。

レイアウト作成部は、先ほども述べたとおり、宮崎らの手法⁶⁾と同様に遺伝的操作をもとにしてレイアウト案を作成する部分と、作成案から受ける印象をファジィ推論で評価する部分との2つの部分からなる。これは、新たに提案した配色・フォント変更部と基本的な骨組みは同じである。よってここでは、本論文での重要なポイントである配色・フォント変更部について詳しく説明する。

レイアウト作成部においてユーザが満足いくレイアウト案が得られたならば、次にそのレイアウト案に対して配色・フォント変更部により配色、フォントの変更が行われる。

2.2 配色・フォント変更部

まず、ユーザはどのような配色・フォント変更案が欲しいかといった印象語に対する要求の度合いを図2(b)のColor ウィンドウにおけるスライダーを用いて入力する。印象語としては、ここでは特に色に関するユーザの要求を理解するために、色に関連する言葉に限定して用いることにする。文献19)、20)により、色と感性の関係は大きく8種類に分類されるという理由から、配色・フォント変更部ではこの8種類の言葉が印象語として用意されている。

ユーザがColor ウィンドウに入力した印象語に対する要求と、レイアウト作成部において入力した印象語に対する要求とをともに、システムが配色・フォント変更案を数枚作成し、ユーザに提示する。その概要を図3に示す。提案システムは全体的には、ユーザの要求に合った背景色候補群を選択する部分と遺伝的操作をもとにして配色・フォント変更案を作成する部分、作成案から受ける印象をファジィ推論により評価する

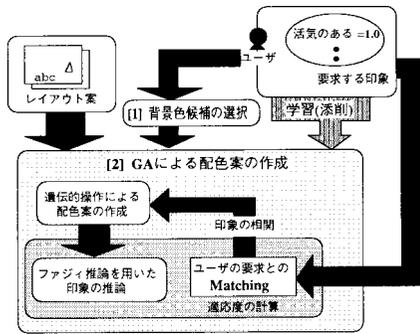


図3 配色・フォント変更部の概要図

Fig. 3 Construction of coloring and changing fonts part.

部分との3つの部分から成り立ち、後の2つの部分は遺伝的アルゴリズムの枠組みで動作する。

まず、ユーザーが印象語に対する要求を入力すると、システムによってその要求に近い色候補がいくつか選択され、これらは背景色候補群とされる(図3[1])。次に、遺伝的操作によってレイアウト案に対して配色とフォントの変更が行われる。作成された配色・フォント変更案に対し、その印象がシステム内部において評価される。評価には、配色・フォントの特徴と印象語への影響との関連をもとにしてファジィ推論が用いられる。

推論された印象とユーザーの要求との近さ、そして作成案の「見やすさ」に対するシステムによる推論値、色彩調和論において計算された美度²³⁾の3点を考慮した適応度を用いて、システムによって再び次世代の配色・フォント変更案の作成が行われる。システム全体が遺伝的アルゴリズムの枠組みで動作することにより、ユーザーの要求する印象に近い配色・フォント変更案が次第に形成されていくのである(図3[2])。

システムが提示した数枚の配色・フォント変更案の中にユーザーが気に入ったものがあれば、ユーザーは仕上げを施し、なければ次の候補群が作成される。また、ユーザーへのさらなる適応を考慮してファジィルールの学習機構が用意されている。詳細については後述するが、その方法にはユーザーの配色・フォント変更案に対する絶対評価を用いるものと、ユーザーによる添削を用いるものとの2種類がある。ユーザーの感性は人によって、同じ印象語や同じ配色・フォントに対しても少しずつ異なる部分が存在する。これらの学習法によって、微妙に異なるユーザーの感性にルールを近づけることが可能となっている。

2.2.1 背景色候補群の選択

ポスターの評価は、レイアウトや配色、フォントのバランスを考慮して、全体的に評価されるべきである。

しかしながら、提案システムでは以下の理由によって、最初にユーザーの要求する印象に合った背景色候補をあらかじめ選択する。

- 背景色は人がカラーポスターを見たときに持つ印象を決定している大きな要因の1つであること。
- 最初に背景色を選択するとはいえ、実際には多くの数の候補(32色)を選択している。したがって、この時点でも大きな多様性が残されていること。
- 提案システムは遺伝的アルゴリズムの枠組みで動作するため、あらかじめ背景色候補を複数選択しておくことにより、探索領域を大幅に減らすことができる。その結果、探索効率上がり、ユーザーの要求する印象に近い配色案が形成されやすくなること。
- ポスター作成の際には、まず背景色を決めてそれに合うような文字色を決めていくといった場合も少なからずありうること。

色候補としては、Hue&Toneシステム¹⁹⁾の色パレットの中から選ばれた、有彩色120色(10色相×12トーン)と無彩色8色(明度8段階)の計128色が用いられている。Hue&Toneシステムは、様々な色を色相(Hue)とトーン(Tone)という2次元でとらえ、代表色を取り上げたものである。そのため、色を色相・明度・彩度(色の三属性)の3次元でとらえるよりも、単色の違いが明確に分類され、感覚的に分かりやすく示されている。したがって、カラーイメージをとらえる方法としてはきわめて便利であるといえる。

また、提案システムではユーザーの要求する印象とそれに合った色彩を結び付ける手段として、配色イメージスケール¹⁹⁾が用いられている。配色イメージスケールとは、多様な配色の中から配色の全体像を代表するサンプルを選び出し、[warm/cool]、[soft/hard]を2軸とする2次元のイメージ空間に配置したものである。それぞれの配色には、その色の特徴を表す印象語が付与されている。

この配色イメージスケールと、そのイメージを表すときによく使用されるHue&Toneシステムの分布の関係をニューラルネットワークを用いて学習させた。ネットワークの構造は、図4のような階層型3層のニューラルネットワークを用いる。入力層ユニットの数は、配色イメージスケールをもとに作成した、[warm/cool]、[soft/hard]の座標値をそれぞれに入力する2個とした。出力層のユニット数は、Hue&Toneシステムに対応した計128個とした。具体的には、色彩データとして、Hue&Toneシステムの128色それぞれについてその色が用いられているならば1、そうでないならば

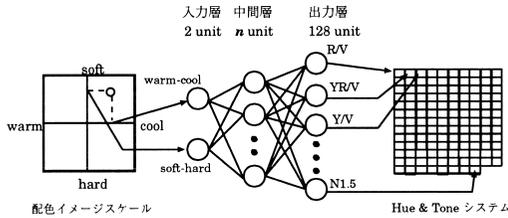


図4 ネットワークの構造
Fig. 4 Structure of network.

0を対応させるものとした。教師データパターンには、文献 20) に示されている 35 の代表イメージと、そのイメージを表すときによく使用される Hue&Tone システムの分布を用いた。また、学習アルゴリズムには誤差逆伝搬法 (BP 法) を用いた。

学習済みのネットワークに、Color ウィンドウにおいて入力されたユーザの要求するイメージに対応した座標値が入力される。ここで入力された感性語のイメージを忠実に反映させるため、次のような工夫を行った。まず、ユーザの要求が 1 つの印象語に対してのみであるならば、その印象語の座標値を入力値とする。複数の印象語に対しての要求であるならば、そのスライダー値を重み付けした重心を中心とする半径 1 の円を考え、その内部をユーザの要求する感性範囲と見なす。そしてその内部からランダムに数点 (4 点) を選び、中心を含めた計 5 点を入力値とする。なお、配色イメージスケールは大きさが ± 3 の 2 次元の座標である。こうして得られたそれぞれの出力結果の中から、重なりを除いた上位 32 色を背景色候補群とする。

2.2.2 印象評価の推論部

次に、配色・フォント変更案に対する印象評価の推論法について説明する。提案システムでは、感性を取り扱うのに改良型ファジィ推論法⁽⁶⁾を利用する。ファジィ^{(24)~(26)}は定量的な情報の扱いと言語的・定性的な情報の扱いとの間を取り持つことに適しているため、それを用いることによりエキスパートの知識や、経験的、感覚的なルールを取り扱うことが容易となる。配色に関しては、人が配色パターンから受ける印象に関してエキスパートの経験則^{(19)~(22)}がある程度存在しており、それらをもとに作られたファジィルールがあらかじめシステム内部に設定されている。また、フォントに関しても同様にファジィルールが設定されている。ルールの形式は前件部には配色 (フォント) の特徴量の条件、後件部には印象語への得点が記述されている。

Rule r : if x_1 is L_{1r} and x_2 is $L_{2r} \dots$ (前件部)
then $I_1 = K_{1r}, I_2 = K_{2r} \dots$ (後件部)

ここで前件部における x_i は特徴量, L_{ir} は特徴量

を表すラベルである。ラベルに対応するメンバシップ関数の形状は次式に示す釣鐘型を用いた。

$$f_{ir}(x_i) = \frac{1}{1 + ((x - c_{ir})/a_{ir})^{2b_{ir}}} \quad (1)$$

また、後件部における I_k は印象語 k への度合、 K_{kr} は印象語 k に対するルール r の得点であり、 $-1 \leq K_{kr} \leq 1$ である。ルール r の前件部に設定した条件が印象語 k を満たすとき K_{kr} は正の値をとり、逆の印象を与える効果があるならば負の値をとる。また、前件部の条件がその印象語 k と無関係であれば $K_{kr} = 0$ である。

評価実験用実装したシステムには、レイアウト作成部の 12 語と配色・フォント変更部の 8 語の計 20 語の印象語に関して総数 22 個のルールが使用されている。以下に一例を示す。

- if 彩度平均 is LARGE then I_r 活気のある
= Positive Big.
- if 明度平均 is SMALL then I_r 清楚な
= Negative Big.
- if フォントの多様性 is LARGE then I_r にぎやか
= Positive Big.
- if ボールド体の割合 is LARGE then I_r 迫力
= Positive Big.

実際には後件部に関して、“Positive Big”, “Negative Big” などのラベルに対応するような得点 K_{kr} が与えられている。

ルール r への適合度は、次式で示すように前件部のすべての条件に関するメンバシップ値の積で与えられる。

$$g_r = \prod_l f_l(x_l) \quad (2)$$

そして全ルールの推論結果を統合することにより配色・フォント変更案の各印象語への印象の度合いが計算される。推論結果の統合方法には、

$$I_k = \frac{\sum_r |g_r K_{kr}|^p}{\sum_r |g_r K_{kr}|^p} \quad (3)$$

のようなルールへの適合度 g_r による得点 K_{kr} のべき乗重み付き平均が用いられる。これは、ルールへの適合度が印象の強さにも考慮されるべきであること、および人間が印象の強いものにより強く注目し、弱い印象はほとんど関与しないことの 2 点を考慮してのことである。ここで、 p を大きくするほど小さな推論値はさらに弱められる。

この適合度を含めたべき乗重み付き平均によるルール統合法では、大きな値を持つルールほど大きな影響力を持つようになるため、人間の印象の感じ方により

近い結果が得られると考えられる。

2.2.3 GAによる配色・フォント変更案の作成部に配色・フォント変更案の作成について説明する。提案システムでは配色・フォント変更案の作成に遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: GA)²⁷⁾が用いられる。

配色・フォント変更部では、1つの配色・フォント変更案をGAにおける1つの個体とし、背景色、各文字要素の色、フォントの種類の種類3種類の情報がバイナリコーディングされる。フォントの種類はゴシック体あるいは明朝体のいずれかに対して、ボールド、イタリック、影をそれぞれ選択することが可能となっている。また背景色に限っては、2.2.1項で選択された32色の中から選択されるものとする。ただし、GAの個体数や世代数を増やせば、背景色候補をあらかじめ選定することなく、ユーザの要求にあった背景色に対する条件を満たすことは可能である。

後に示す評価実験においては、コーディングは次のように行われた。配色に関しては、背景は32色を5bitの2進数で、各文字要素は128色を7bitの2進数で表現されている。フォントに関しては、4種類のフォントの種類に対して4bitが割り当てられている。

遺伝的操作は通常のGAと同じものが使用され、エリート保存、選択淘汰、2点交叉、突然変異が行われる。

つまり、固定長のビット列の形に表された個体(配色・フォント変更案)群に対し、個体どうしの部分的な入れ換え操作やビットの反転操作が確率的に行われることにより新しい個体が生まれ出される。その中で適応度と呼ばれる評価値の高いものが次の世代に残されていくことによって、問題に適した個体すなわち配色・フォント変更案が得られるようになる。

GAにおける個体の適応度の評価は、まず配色・フォント変更案における基本的な条件を満たす個体に対してのみ行われる。ここで基本条件とは、

- 背景と各文字要素が同一の色ではない。

である。ただしこれらを満たさない配色・フォント変更案が致死遺伝子として扱われることは効率が悪い。そこで背景色と同一色の文字要素がある場合には、強制的にその文字要素の色番号を1つずらすことによって、基本条件を満たす個体が増えるようにした。

個体の適応度は、配色・フォント変更案の印象についての評価、作成案の「見やすさ」に対しての推論、美度²³⁾の3点を考慮して計算される。これらについて、以下に詳しく説明する。

2.2.3.1 印象の評価

次式に示すように、印象の評価に関する個体の適応

度 fit には、ユーザの要求に近い配色・フォント変更案を得るために、ユーザの要求する印象とシステムの推論値 (2.2.2 項) との相関が用いられる。

$$fit = \frac{I_{sys} \cdot I_{user}}{|I_{sys}| |I_{user}|} \frac{\min(|I_{sys}|, |I_{user}|)}{\max(|I_{sys}|, |I_{user}|)} \quad (4)$$

ただし I_{user} , I_{sys} はそれぞれ各印象語に対してのユーザの要求値とシステムの推論値とを並べたベクトルである。

2.2.3.2 「見やすさ」の推論

配色パターンの印象がどんなにユーザの要求に合っているか、ポスターはその性質上見やすく、訴えているものが分かりやすくしなければならない。たとえば、文字の色が背景色に似すぎると文字が背景と同化してしまえば、ポスターの効果は半減してしまう。そこで、それぞれの配色・フォント変更案における文字の「見やすさ」の推論が行われ、次の3つのファジールールが使用されている。

- 背景色と各文字要素間の明度・彩度差が小さすぎない。
- 背景色とキャッチコピー色との間の色相・明度・彩度差がある程度大きい。
- キャッチコピーのフォントの多様性が簡素すぎない。

この「見やすさ」の推論結果の統合法は、印象評価 (2.2.2 項) の場合と同様にルールへの適合度 $g_{r'}$ による得点 $K_{(all)r'}$ のべき乗重み付き平均が用いられている。

$$I_{all} = \frac{\sum_{r'} |g_{r'} K_{(all)r'}|^p}{\sum_{r'} |g_{r'} K_{(all)r'}|^p} \quad (5)$$

ここで求められる I_{all} を、システムによる各配色・フォント変更案全体の「見やすさ」の推論値とした。

2.2.3.3 美度

得られた配色・フォント変更案が色彩調和論的に適切なものとなっているかどうかを調べるために、配色の美度という指標がある。美度の定義にはいくつか提案されている。ここでは本論文の対象がポスターであり、複雑で雑多な感じがするものよりも、比較的シンプルな方が美しく感じるであろうという考えから、美度 M を以下の式で定義したものをを用いた²³⁾。

$$M = O/C \quad (6)$$

ただし、 O は秩序、 C は複雑さを表す。具体的な計算方法は省略するが、これは“美は複雑さの中に秩序のあることである”というフェヒナー (Fechner, G.D) の考え方を公式にしたものである。この指標を作成案の適応度の計算に用いることにより、より自然な配色が得られるのではないかと考えられる。

個体の適応度 $fitness$ は、以上の3つの指標の和

として計算される．

$$fitness = (1 - K_1 - K_2)fit + K_1I_{all} + K_2M \quad (7)$$

ただし K_1, K_2 は定数である．

2.2.4 ルール後件部の学習

同じ配色・フォント変更案を見たときに、ある人はロマンチックであると感じ、また違う人はシックであると感じる．このように人間は同じ画像を違うイメージで捉える．いわば、ユーザの感性は同じ印象語や同じ配色・フォントの特徴に対しても、人それぞれで少しずつ異なる部分が存在する．提案システムではユーザへの適応を考慮して、ルール後件部に関するユーザによる逐次的な2種類の学習法が用意されている．1つはユーザによる配色・フォント変更案への絶対評価を用いた学習法（学習法1）であり、もう1つはユーザによる配色・フォント変更案の添削を利用した学習法（学習法2）である．

2.2.4.1 絶対評価による学習（学習法1）

システムが提示した配色・フォント変更案に対し、ユーザが印象語 k に関する評価値を入力する．ユーザの評価値 $I_{k\ user}$ とシステムの推論値 $I_{k\ sys}$ との誤差勾配を利用して後件部の値 K_{kr} が更新される．学習法1はユーザの評価値にシステムの推論値が近づくようにルール後件部の得点が決定されることが主な目的とされる．ルール r における後件部の印象語 k に関する更新式は次式のとおりである．

$$\Delta K_{kr1} = -\eta_1 \frac{\partial}{\partial K_{kr}} \left\{ \frac{1}{2} (I_{k\ user} - I_{k\ sys})^2 \right\} \quad (8)$$

ここで η_1 は学習係数である．

また同様に、配色・フォント変更案に対し「見やすさ」が適切かどうか、ユーザが評価値を入力する．ユーザの評価値 $I_{all\ user}$ とシステムの推論値 $I_{all\ sys}$ との誤差勾配を利用して後件部の値 $K_{(all)r'}$ が更新される．ルール r' における「見やすさ」に関する更新式は次式のとおりである．

$$\Delta K_{(all)r'1} = -\eta'_1 \frac{\partial}{\partial K_{(all)r'}} \left\{ \frac{1}{2} (I_{all\ user} - I_{all\ sys})^2 \right\} \quad (9)$$

ここで η'_1 は学習係数である．

2.2.4.2 添削による学習（学習法2）

ユーザが最終調整などの際に自分の意図に沿うように配色・フォント変更案を修正することにより、後件部の得点の学習が行われる．まず、ユーザは添削したい配色・フォント変更案に対して、変更したい色やフォントを直接指定し修正することにより、自分の描いた

イメージに近づける．次にユーザは修正前後のそれぞれの配色・フォント案の印象を絶対評価する．配色・フォント変更案を修正すると、その修正案に対するシステム内部のルールの適合度とともにユーザによる印象も変化する．これらの変化は互いに関係の深いものと考えられ、これを利用して後件部の得点 K_{kr} が更新される．この学習法は、ルールと印象語との関連の強さとその方向、すなわち K_{kr} の大まかな大きさと符号の向きを学習するのに有効である．

$$\Delta K_{kr2} = \eta_2 (g_{r\ after} - g_{r\ prev}) \cdot (I_{k\ user\ after} - I_{k\ user\ prev}) \quad (10)$$

ただし $g_{r\ prev}, g_{r\ after}$ は添削の前後における配色・フォント変更案に対するルール r の適合度、 $I_{k\ user\ prev}, I_{k\ user\ after}$ は添削の前後における配色・フォント変更案に対する印象語 k に関してのユーザの評価値、 η_2 は学習係数である．

しかし、これらの学習法では基本的にユーザにはルールを提示していないので、誤ったルールを学習させてしまうこともありうる．誤ったルールが学習されないように、または誤ったルールが学習されたことを修正できるようにするために文献6)の場合と同様に、誤ったルールに対する反例となる配色・フォント変更案について、そのルールが誤っていることをユーザに教える方法を用いる．ここで反例が作成・提示されるのを待つのは非効率であるため、反例が作成されやすくするために、配色・フォント変更案が作成される際に1つのルールが得点 K_{kr} に応じた確率で選択され、他のルールが $\beta (< 1)$ 倍される．これにより、1つのルールの影響が割合大きく配色・フォント変更案に出やすくなり、それが誤っている場合は要求する印象語とは異なる反例（配色・フォント変更案）が提示されるようになる．また、同じ印象語に関して配色・フォント変更案に多様性を持たせる効果も同時に得られる．

3. システムの実装・評価実験

提案システムの有効性を確認するために、評価実験を行った．

パラメータは以下のように設定した．ファジィ推論のべき数 $p = 2$ 、個体数 50、世代数 100、適応度係数 $K_1 = K_2 = 0.25$ 、学習係数 $\eta_1 = \eta'_1 = 0.5$ 、 $\eta_2 = 0.25$ とし、システムの配色・フォント変更案の提示枚数は一度に5枚とした．また、配色・フォント変更案の評価には1から5点満点の5段階評価を用いた．被験者による評価の1段階に対し、システムの推論値 $-1 \sim 1$ は5等分した範囲を割り当てた．

表 1 学習前後の被験者の評価の推移およびシステム推論値との比較

Table 1 Change of user's impressions for posters before/after learning and comparison between them and estimations of system and variety of posters.

印象語	提示枚数 ()		得点平均		得点分散		相関		誤差	
	学習前	後	学習前	後	学習前	後	学習前	後	学習前	後
活気のある	4.6	2.8	3.43	4.27	1.42	0.46	0.42	0.82	1.44	0.25
清楚な	7.9	2.4	3.04	4.40	1.20	0.48	0.59	0.71	0.86	0.56
重厚な	8.4	2.2	3.32	4.30	0.91	0.67	0.21	0.78	1.58	0.37
平均	7.0	2.5	3.26	4.32	1.18	0.54	0.41	0.77	1.29	0.39

満点が出現するのに要する総提示枚数 (満点 1 枚あたりに正規化)

表 2 未学習/平均ルールによる被験者の評価の推移およびシステム推論値との比較および多様性

Table 2 Change of user's impressions with not-learning/average fuzzy rules and comparison between them and estimations of system and variety of posters.

印象語	提示枚数 ()		得点平均		得点分散		相関		誤差		パターン 種類数 (多様性)
	未学習 ルール	平均 ルール									
活気のある	7.2	4.1	2.97	3.96	1.58	0.66	0.24	0.70	1.60	0.35	7.2
清楚な	12.4	2.4	2.87	4.40	1.17	0.33	0.31	0.71	1.30	0.56	8.5
重厚な	10.1	4.3	3.53	3.86	0.80	0.77	0.44	0.59	0.57	0.42	7.9
平均	9.9	3.6	3.12	4.07	1.18	0.59	0.33	0.67	1.16	0.14	7.9

満点が出現するのに要する総提示枚数 (満点 1 枚あたりに正規化)

3.1 評価実験 1

まず評価実験方法について述べる。システムが一度に適応度の高い順に 5 枚の配色・フォント変更案を提示する。それに対し、設定した印象語に合致するかを被験者が 5 段階評価し、5 点満点が合計 5 枚以上出現するまでの提示枚数を 1 つの評価基準とする。これは複数枚提示する配色・フォント変更案のうち印象語を満足するものが何枚得られるかという割合を示す指標となる。その後、評価したのと同じ被験者がその印象語に関して学習を 10 回実施す。毎回の学習において、評価による学習法 1 は一度に提示する 5 枚の配色・フォント変更案すべてに対して行い、添削による学習 2 に関しては被験者の添削したいもののみに対して行った。そして学習後に再び、学習前と同じ方法で評価を行った。印象語 3 語について被験者 5 人に評価実験を行い、平均した結果を表 1 に示す。この印象語 3 語は配色イメージスケール上で互いに離れたものを選んだ。

表 1 における「提示枚数」が上記の満点が出現するのに要した提示枚数であるが、ここでは満点 1 枚あたりに正規化した値を記載している。満点が 1 枚提示されるのに学習前には平均 7.0 枚提示する必要があったのに対し学習後には平均 2.5 枚まで減少している。これは一度に提示する枚数が適応度の上位 5 枚であることを考慮すると、1 回の提示で平均 2 枚は満足な配色・フォント変更案を得られることになり、良好な値であるといえる。さらに、学習前後で評価得点の平均は上

昇しており、分散はほぼ減少していることが分かる。また、学習によって相関が上昇し、誤差は減少していることが見てとれ、システムがユーザの感性に適応していることが示されている。

3.2 評価実験 2

3.1 節の評価実験 1 において被験者 5 人が「活気のある」「清楚な」「重厚な」の 3 語について学習を施したが、そこで得られた 5 人 5 様のルールを平均したものの (平均ルールと呼ぶ) が、一般性のあるルールとして使用できるかを調べた。

まず、評価実験方法について述べる。平均ルールを用いて新たにシステムが作成した配色・フォント変更案と学習前のルールを用いて作成した配色・フォント変更案とについて、評価実験 1 とは異なる被験者 10 人に評価を行ってもらった。評価方法は評価実験 1 と同じである。平均した結果を表 2 に示す。

これらの結果から、いずれの印象語に対しても未学習ルールに比べ、平均ルールの方が良い結果が得られているということが分かる。ここで平均ルールを作った被験者の数が 5 人であることを考慮すると、ある傾向を持った被験者によって学習を行うと、その集団の傾向がシステムに反映されることが考えられる。つまり、それぞれが個別にシステムに対して学習を行えば、その被験者の印象語に対しての個性のようなものを学習できるであろう。平均ルールの後件部の得点 K_{kr} を各印象語ごとに分類してみた。表 3 にその一例を

表3 用いたルールと各印象語に対する平均ルールの後件部の得点
Table 3 Values on consequent parts of average fuzzy rules for each impression words.

活気のある		ルール	得点
上位	1	色相・彩度・明度の分散が小さい	0.88
	2	色相・彩度・明度の分散が大きい	0.80
	3	彩度平均が大きい	0.76
下位	1	彩度平均が小さい	-0.94
	2	色相の分散が小さい	-0.51
	3	明度平均が中間	-0.28
清楚な		ルール	得点
上位	1	明度平均が大きい	0.80
	2	フォントの多様性が小さい	0.72
	3	色相・彩度・明度の分散が小さい	0.42
下位	1	明度平均が小さい	-0.84
	2	明度平均が中間	-0.72
	3	色相がページョ系	-0.30



(a) 配色・フォント:「活気のある」(レイアウト:「安定感」)



(b) 配色・フォント:「清楚な」(レイアウト:「上品な」)

図5 カラーポスター例

Fig. 5 Examples of color posters.

示す．平均ルールがある程度一般性を持ったものであるとして作成例(図5)とともにこの表を見ると，印象語によって重要視されるルールが異なること，そのルールが文献などによるエキスパートの知識と近いこと，ルールが忠実に作成案に反映されていることなどが分かる．したがって，感性と色・フォントの関係が抽出されている．

また多様性について調べるために，評価実験中に得られた配色・フォント変更案を被験者自身により分類してもらった．その結果，表2のように50～75枚前後の配色・フォント変更案が平均7.9種類程度に分類されることが分かった．これにより提案システムは，ユーザに多くの候補を提示することにより，ユーザの選択の幅を大きく広げていることが分かる．

また評価実験を通じて被験者の意見として次のようなものがあった．

- システムが様々なポスター案を作ってくれるので，様々な雰囲気を持つポスターが簡単に作れ，便利である．
- どんな配色・フォント変更案が自分のイメージに合っているのかを具体的にみることができ，効率的にポスターを作成できる．
- 得られたルールはユーザの特性を表すデータとしての性質もあるため，ルールのみを取り出して他の使い道もできるのではないかと．

これらの意見から，より主観的な評価においても提案システムによる支援の有効性が確認され，および今後の課題がみとれる．

4. 結 論

ユーザの感性を反映してレイアウト・配色・フォントの変更を行うことができるカラーポスター作成支援システムを提案した．提案システムは，従来法であるレイアウト作成システムに提案部である配色・フォント変更部を加えた2つの部分からなり，より実用性の高いシステムとなっている．配色・フォント変更案の作成にはGAを用い，作成案の印象をファジィ推論によって評価している．個体の適応度として，作成案に対するシステムによる印象の推論値とユーザの要求の近さ，作成案が見やすいかどうかの推論値，色彩調和論の観点から見た美度の3点を考慮している．さらに，ファジィルールに対して2つの学習法を用意し，ユーザのさらなる適応を可能とした．評価実験を通じ，ユーザの感性とシステムの推論との相関などにおいて，学習によるユーザへの適応を確認し，支援システムとしての有効性を確認した．また，得られたルールから色・フォントと感性との関係性が抽出された．

謝辞 本研究の一部は，日本学術振興会未来開拓事業(JSPS-RFTF 97 I 00103)の助成を受けて行われた．

参 考 文 献

- 1) 井口征士ほか: 感性情報処理, オーム社(1994).
- 2) 長町三生: 感性商品学: 感性工学の基礎と応用, 海文堂出版(1993).
- 3) Hsiano, S.-W.: A Systematic Method for Color Planning in Product Design, *COLOR research and application*, Vol.20, No.3, pp.191-205 (1995).
- 4) 北原義典, 長谷川隆: ユーザのマルチメディア感性演出支援方式の提案, 信学技報, HC94-95, pp.63-70 (1995).
- 5) 市野順子, 田野俊一: ユーザの感性推定のため

- のファジィルール直接記憶型連想ネットを用いたデザイン描画の支援, 第 14 回ファジィシステムシンポジウム, pp.893-896 (1998).
- 6) 宮崎隆之, 萩原将文: 感性を反映できるポスター作成支援システム, 情報処理学会論文誌, Vol.38, No.10, pp.1928-1936 (1997).
 - 7) 山下一美, 三原悟史: ニューラルネットワークを用いたイメージからの色彩抽出と画像への着色, ニューロ研究報告書 平成 9 年, pp.11-20 (1997).
 - 8) 川村 誠, 鬼沢武久: 主観を反映させた色彩イメージの表現, 第 14 回ファジィシステムシンポジウム, pp.847-850 (1998).
 - 9) 諸原雄大, 近藤邦雄, 島田静雄, 佐藤 尚: 感性スケールを用いた配色変換システム, 第 25 回画像工学コンファレンス, pp.257-260 (1994).
 - 10) 柳生智彦, 久森芳彦, 八木康史, 谷地田正彦: 配色支援システムにおける好みの獲得と迷いの解消, 信学論, Vol.J79-A, No.2, pp.261-270 (1996).
 - 11) 田中昭二, 石若通利, 井上正之, 井上誠喜: 自然画像への印象キーワード自動付加に関する一考察, 信学技報, HIP96-20 (Oct. 1996).
 - 12) Hayashi, T. and Hagiwara, M.: Image Query by Impression Words - The I QI System, *IEEE Trans. Consumer Electronics*, Vol.44, No.2, pp.347-352 (1998).
 - 13) 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).
 - 14) 佐藤宏介: カラー画像データベースのイメージ検索と感性情報処理, 第 12 回ファジィシステムシンポジウム, Tokyo (June 1996).
 - 15) 齊藤和雄, 林 直樹: 構造化文書における文法によって表現された割り付け指定の処理方法, 情報処理学会論文誌, Vol.34, No.7, pp.1507-1517 (1993).
 - 16) 安原 宏, 小山法孝: 自然言語処理を用いた日本語文書自動整形システム, 情報処理学会論文誌, Vol.36, No.6, pp.1449-1455 (1995).
 - 17) 山岡正輝, 岩根和巳, 岩城 修: パターン分類手法に基づく文書画像の構造解析, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J79-D-II, No.5, pp.756-764 (1996).
 - 18) 黄瀬浩一, 矢島尚子, 高松 忍, 福永邦雄: 文書画像構造解析のためのインクリメンタルな知識獲得, 情報処理学会論文誌, Vol.36, No.11, pp.2622-2631 (1995).
 - 19) 小林重順(著), 日本カラーデザイン研究所(編): カラーリスト—色彩心理ハンドブック, 講談社(1998).
 - 20) 小林重順(著), 日本カラーデザイン研究所(編): 配色イメージワーク, 講談社(1995).
 - 21) 日野永一: 技術シリーズデザイン, 朝倉書店(1981).
 - 22) 川添泰宏, 千々岩英彰(編): デザイナーのための—色彩計画ハンドブック, 視覚デザイン研究所(1994).
 - 23) 千々岩英彰: 色彩学, 福村出版(1983).
 - 24) 萩原将文: ニューロ・ファジィ・遺伝的アルゴリズム, 産業図書(1994).
 - 25) 菅野道夫: ファジィ制御, 日刊工業新聞社(1988).
 - 26) 廣田 薫(編): ファジィ活用事例集, 工業調査会(1991).
 - 27) 北野宏明(編著): 遺伝的アルゴリズム 1, 2, 産業図書(1993, 1995).

(平成 11 年 4 月 2 日受付)

(平成 11 年 12 月 2 日採録)



尾畑 貴信

昭和 49 年生。平成 9 年慶應義塾大学理工学部電気工学科卒業。平成 11 年同大学大学院理工学研究科電気工学専攻修士課程修了。在学中、ニューラルネットワーク、感性工学の研究に従事。現在、アジレント・テクノロジー(株)に勤務。



萩原 将文(正会員)

昭和 57 年慶應義塾大学工学部電気工学科卒業。昭和 62 年同大学院博士課程修了。工学博士。同年同大学助手。以来、通信方式、ニューラルネットワーク、ファジィシステム、遺伝的アルゴリズムの研究に従事。現在同大学助教授。平成 3~4 年度スタンフォード大学訪問研究員。昭和 61 年丹羽記念賞, 昭和 62 年電子情報通信学会学術奨励賞, 平成 2 年 IEEE Consumer Electronics Society 論文賞, 平成 6 年安藤博記念学術奨励賞, 平成 8 年日本ファジィ学会著述賞受賞。著書「ニューロ・ファジィ・遺伝的アルゴリズム」(産業図書)、「ニューラルネットワークとファジィ信号処理」(共著, コロナ社)等。電子情報通信学会, IEEE, 日本ファジィ学会, 人工知能学会, 電気学会, 日本神経回路学会各会員。