

令和 5 年 6 月 14 日現在

機関番号：27401
研究種目：若手研究
研究期間：2020～2022
課題番号：20K19910
研究課題名（和文）ベイズ推定によるデータ駆動型の配色と言葉の相互変換手法とデザイン支援への応用

研究課題名（英文）Data-driven mutual conversions of semantic colors based on Bayesian inference for color design

研究代表者
石橋 賢（Ishibashi, Ken）

熊本県立大学・総合管理学部・准教授

研究者番号：70749118
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、色と言葉に注目した配色と単語の相互変換手法を提案する。本手法は、1) 配色入力による単語の自動生成（配色 単語）、2) 複数単語入力による配色の自動生成（単語 配色）、3) 入力配色と入力単語を掛け合わせた派生配色の自動生成（配色+単語 配色）といった3種の配色支援を実現する。提案手法は、ウェブ上の配色データを収集した後、各単語で確率密度関数を生成し、それらから単語入力による配色の推定、配色入力による単語推定を実現する。これらを配色支援ツールに組み込むことで、配色名や検索タグの自動付与、多様な単語による配色生成（検索）が可能となり、デザインや絵画制作の質を高め、文化芸術の振興に大きく寄与する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果により、配色生成の簡易化だけでなく、分かりやすい検索タグの自動付与による配色検索の効率化、配色のネーミング支援、既存配色への単語印象の追加による派生配色生成などの幅広い応用が期待できる。さらに、配色特徴の指定と複数単語の対応により、配色支援の自由度を拡張する。これにより、配色と言葉を相互利用する際の柔軟性が高まり、デザイン制作におけるポスターやスライド、アニメーション制作での配色設計、マーケティングにおけるカラーブランディング、芸術活動における表現の裾野を広げることによる文化芸術振興の促進など、多方面で研究成果が役立てられる。

研究成果の概要（英文）：This research proposes a mutual conversion method between color schemes and words, focusing on colors and words. The proposed method supports three types of color schemes: 1) automatic generation of words by inputting color schemes (color scheme word), 2) automatic generation of color schemes by inputting multiple words (word color scheme), and 3) automatic generation of derived color schemes by multiplying input color schemes and input words (color scheme + word color scheme). The proposed method collects color scheme data from the Web, generates a probability density function for each word, and then estimates color schemes based on word input and word estimation based on color scheme input. By incorporating these features into color scheme support tools, color scheme names and search tags can be automatically assigned, and color schemes can be generated (searched) using a variety of words.

研究分野：感性情報学

キーワード：配色 ベイズ推定 言葉 支援 ツール デザイン

1. 研究開始当初の背景

配色は、デザインの中でも対象となるコンテンツの印象を大きく変化させる重要な要素の一つである。デザインの知識のある専門家は、配色を巧妙に利用して各コンテンツに演出したい印象を付与することができる。また、デザインの知識に乏しい一般の人々（以下、一般ユーザ）も、配色のウェブサイトから専門家がアップロードした配色を検索することで利用できる。しかしながら、その検索においては、ほとんどの場合に検索結果上位の配色を選択してしまう。その結果、演出したい印象が画一的になり、同時に一般ユーザの意図も反映されにくいため、必ずしも一般ユーザの所望する条件にあった配色が選択できている状況とはいえない。配色に関する先行研究では、色パレットのツールによる配色変換や、自動色割り当て、配色の親和性関数を使った最適化手法などが提案されている。また、印象に沿った配色として、膨大な配色データを用いて Lasso 回帰により指定した印象の配色を提案する手法が提案されている。本手法は、印象に沿った配色を提案できる一方で、膨大なデータがない場合利用できず、回帰分析にも計算コストが高い問題がある。

2. 研究の目的

先行研究アプローチでは、配色には一定の傾向があり、それを利用して回帰分析やディープラーニングによる手法が多く採用されている。よって、既存配色の組み合わせの傾向に注目したアプローチは有効だと考えられる。しかしながら、これらの提案手法では、多色（基本5色）で構成される配色候補が自動で生成され、各色の選択についてユーザの選択を介入させることができない。さらに、数千以上の参考配色を必要とすることで、分析や学習処理の計算コストが高いことが課題として挙げられる。これらの課題を解決することで、より汎用的な手法となり、実用性の高い配色支援を実現できると考えられる。上記の研究は、入力が言葉やユーザの色選択をもとに、新しく配色を提案するものである。一方で、既存配色から言葉に逆変換する手法はほとんど報告されていない。一般ユーザが色の選択を行うにあたり、配色がどのようなイメージを有するかを確かめる手段として、配色から言葉への変換手法は重要な役割を持つといえる。

そこで本研究では、言葉→配色の変換手法として、単色選択においてユーザの選択を介入させること、参考となる配色群（分析・学習データ）を一定数に抑えること、既存手法よりも計算コストが低いことの3つの特徴を持つ新たな配色ツールを提案すると同時に、これまで取り組まれていなかった配色→言葉の変換手法を提案し、相互変換による一般ユーザの配色支援を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、参考配色から生成した確率密度関数（PDF）とベイズ推定手法を組み合わせることで、千パターン以下の参考配色でも利用可能な新たな配色支援手法を実現する。提案手法は、ユーザが一色ずつ配色の色を選択する過程で、PDFを基にベイズ推定にてユーザが指定した単語の印象に沿った色を選択候補として提示することができる。これにより、ユーザの意図を反映させつつ、単語の印象に沿った配色選択を可能にする。すなわち、本アプローチは、先行研究の課題であったユーザの意図の反映、参考配色数、計算コストに関する三つの課題を解決できる。

(1) 単一単語→配色の変換手法
提案手法のフレームワークを図1に示す。

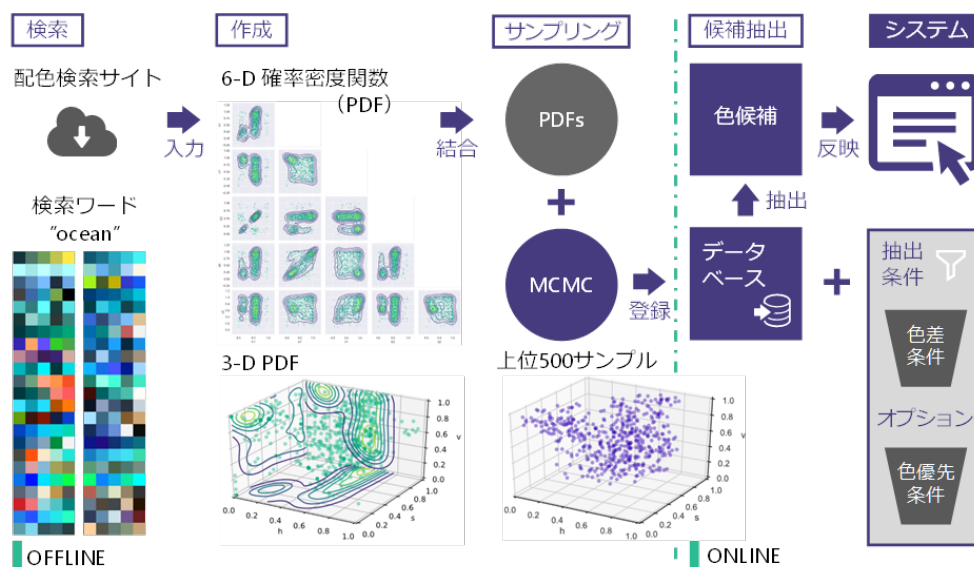


図1 提案手法のフレームワーク

提案手法では、すべての参考配色から確率密度分布を作成し、それを事後分布としてマルコフ連鎖モンテカルロ法 (MCMC) に利用することで指定した単語の印象の色データのサンプリング結果を得る。ここでは、事前処理で確率密度分布を作成し、MCMC によるサンプリングで尤もらしい色の組み合わせを決定する。提案手法では、HSV 色空間で計算を行うため HSV 値の色情報ベクトル c を用いる。配色デザインの親和性を維持するために、6 次元 PDF に基づく MCMC 結果から、6 次元のサンプリング結果に対して、色差条件を用いることで実現する。具体的には、 $i-1$ 番目 ($1 < i < 5$) の色をユーザが選択した際、色差が小さい色候補に絞り込み、 i 番目の色候補の抽出に選択済みの色の影響を反映させることで親和性を考慮する。

PDF は、カーネル密度推定 (KDE) を用いて算出する。任意の色情報 $c = (c_1, c_2, c_3)$ における PDF は、入力した参考色 $c_i^{sample} = (c_{i1}, c_{i2}, c_{i3})$ に基づき、次式のように与えられる。

$$PDF_B(c) = \frac{1}{nb_1b_2 \cdots b_d} \sum_{i=1}^n \prod_{j=1}^d K\left(\frac{c_j - c_{ij}^{sample}}{b_j}\right)$$

ここで、 B は $d \times d$ 帯域幅行列であり、 (b_1, b_2, \dots, b_d) はその製法対角行列の対角線上にある要素を指し、ヒューリスティックな手法である Scott's ルールにて自動で決定している。これにより PDF の滑らかさが決まる。なお、 n は参考色の数、 d は PDF の次元数となる。5 色で構成される配色の場合、1 番目と 5 番目の色は、最初の選択色となる可能性があるため $d = 3$ で二つの PDF を算出し、隣り合う色ペアは 4 ペアあることから、 $d = 6$ の設定で 4 つの PDF をそれぞれ算出する。最終的には 6 つの PDF を結合する。

次に、PDF に基づきサンプリングを行う。一様乱数によるサンプリングは、親和性が高く類似した色を数多く得るためには、サンプル数を増やす必要がある。色のバリエーションを維持しつつ、PDF を考慮したサンプリング手法が適切であることから、MCMC を採用した。MCMC によるサンプリングでは、メトロポリス・ヘイスティンクス (M-H) 法を利用した。MCMC の実行には、事前分布として各 PDF を与えている。

候補の抽出は、両端の色を最初の色選択とする場合を除き、 $i-1$ 番目で決定した色との色差条件を用いて絞り込む。色差条件の閾値は、 $\kappa = 11.5$ に設定した。これは、色の最小可知差異 (JND) が 2.3 程度であるため、その 5 倍としている。この閾値を大きくすると、色候補の多様性が高まるが、親和性の低い候補も出現する。反対に小さくすると、色候補は絞り込まれ、親和性の高い色候補のみが残る。なお、システム実装において、閾値以下の色候補が一定数存在しない場合は、一定数以上の色候補が得られるまで、一時的に閾値 κ を上げることで、必ず色候補を一定数以上表示させるようにしている。開発したシステムでは、最小候補数を 20 色としている。

(2) 複数単語→配色の変換手法

(1) で述べた手法は単一単語の変換手法である。ここでは、複数単語対応に拡張する方法を述べる。(1) の提案手法では、KDE を利用しているため、複数単語では重み付き KDE の導入が直接的なアプローチである。しかしながら、それぞれの単語による色分布のいずれかが確率的に提示されることになるため、両単語を上手く融合することはできない。そこで、入力する二語を段階的に融合するために、単語 P と Q で生成したサンプルデータを比較して、最小色差となる i 番目の色のペア (c_i^P, c_i^Q) に対して次式を適用して、新たなサンプルデータを生成するアプローチを用いた。

$$c'_i = \alpha c_i^P + (1 - \alpha) c_i^Q,$$

$$s'_i = \alpha s_i^P + (1 - \alpha) s_i^Q$$

なお、 s_i は色 c_i のスコアであり、適用度合い $\alpha(0 \leq \alpha \leq 1)$ で各単語の重みを決定する。

図2は、CuteとOceanの単語で収集した配色群をもとに(1)の手法で得られたサンプルデータの例である。密度の高い部分が明るい緑色で示される。CuteとOceanにはそれぞれ枠で示す部分に密度が高い傾向がみられる。 α 値を変化させて、両単語をそれぞれの割合で設定し、(2)の手法でリサンプリングした結果が図中の下部になる。

また、(1)を用いた配色支援システムにより、ユーザが決定した配色に対して別の単語の影響をシームレスに反映させるための仕組みを提案する。ここで、コンセプト P で任意の配色 C^P を選択したとする。配色 C^P に対してコンセプト Q を適用するには、色差の総和が小さく、スコアの

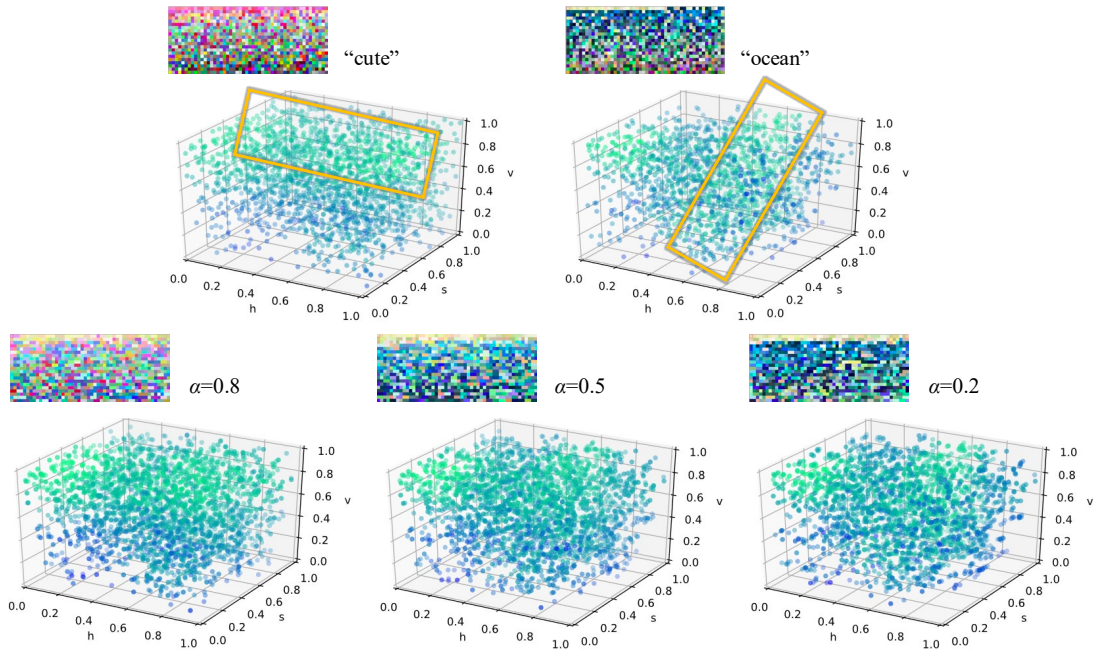


図2 複数単語の融合におけるサンプルデータの変化

い条件を満たす配色 C^Q を導出する必要がある。配色 C^Q が求めれば、 C^P との色遷移を式(1)で算出することでシームレスにコンセプトを変化させることができる。全探索は、組み合わせ数が膨大になるため、色差条件とスコア条件でソートして組み合わせパターンを見つけることで、初期の組み合わせパターンでも十分に条件を満たせると考え、各色候補では色差の近い3色に限定して C^Q の準最適解を導き出す。ただし、色差計算のコストが高い点は課題として残っており、実時間で有用な探索アルゴリズムを導入することが求められる。図3に一例を示す。



図3 選択配色の別単語の影響の例

(3) 配色→複数単語の変換手法

既存の学習モデルを使った単語の意味的類似度をもとにして、名付けを支援するための単語候補を提示する方法を採用することにした。本提案手法は、色を色名に変換し、単語の特徴空間で単語候補との意味的類似度を調べることで、入力された配色に関連した単語候補を提示する。そのため、色名抽出と単語候補抽出の事前処理を必要とする。次に、各手順について説明する。



外観 ['colorful', 'bold', 'vivid', 'vibrant', 'angel']
 印象 ['lace', 'dress', 'royal', 'lovely', 'cotton', 'beautiful']
 生物 ['peacock', 'butterfly', 'zebra', 'dragon', 'aurora']
 色名 ['blue', 'orange', 'red', 'yellow', 'purple']
 植物 ['leaf', 'flower', 'petals', 'blossom', 'floral']
 食物 ['peach', 'lime', 'lavender', 'lemon', 'plum']
 自然 ['sky', 'glow', 'glowing', 'sun', 'shadow']
 身体 ['eyes', 'eye', 'blush', 'lipstick', 'hair']
 状態 ['plain', 'clear', 'pure', 'edge', 'flat']
 硬度 ['frosted', 'soft', 'glass', 'swirl', 'charcoal']

図4 入力配色と提案された上位単語の例

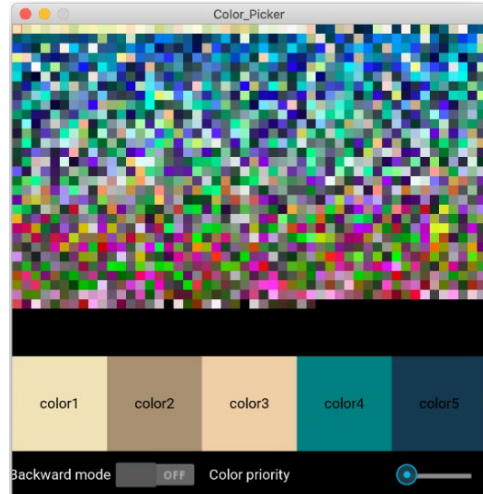


図5 開発した配色支援ツール

手順1：色名には、PICKOLOR.COM に記載されている色および、各色の色名データを用いた。単語類似度の算出に使用する学習モデルに未登録の単語を除き 793 の色と色名のペアデータを格納した色名対応表を利用する。色名の抽出では、入力配色の各色に対して色名対応表で CIEDE2000 により色差を算出し、最小色差となる色名を用いる。

手順2：単語候補に用いるデータとして、Palette-and-Text を用いる。図2では、単語出現数が3の場合（ピンク色）、26.65%の結果となっている。この条件が、単語数を保持しつつ、出現数から複数のユーザが同じ連想を持つ単語だと判断できる。26.65%の単語から、学習モデルの未登録単語、および、英語の一般的なストップワード（is や of など）を除外して、1209語を単語候補として抽出した。抽出した単語に対して、学習モデルを利用した単語類似度により、単語距離行列を作成し、次元縮小手法である UMAP と変分ベイズによるクラスタリングを利用して、単語の分類を行った。分類後の単語データをクラスタごとにデータベースで管理して、単語候補として利用する。なお、クラスタ数は変分ベイズにより自動で決定され10となった。

手順1により、ユーザ入力の配色から自動で色名を抽出し、手順2により、単語候補データベースと単語類似度を照合する。この時、各色名と単語類似度の総和が小さい順にクラスタ別でソートし、その上位単語を提示する。これにより、提示された単語がその配色に沿った尤もらしい単語となるため、それらからユーザが任意の単語を選択して配色名を付けることができる。図4は、有力配色と各クラスタでの上位単語の例を示す。図中太字の単語を用いて“frosted blue eyeshadow”と名付けられる。元配色名は“Ocean-Up-Close”であり、別視点での配色名の提案を確かめられた。

(4) 配色支援ツールとその応用

提案手法を用いた配色支援ツールを開発した。図5が開発したツールのスクリーンショットである。本ツールを使って、プロジェクションマッピングや、スマート電球を用いたメディアアートの演出色を考案した。その結果、それぞれの演出に沿った色を素人ユーザでも簡単に選択できることが確かめられた。それらの実践は各研究にて役立てられ、本提案手法の実用性の高さが確かめられた。

4. 研究成果

① 石橋賢, 佐藤哲, 牧岡雄大, 平山由馬, スマート電球によるメディアアート体験と連携した木工照明制作ワークショップ, NICOGRAPH2022, D-9 (2022.11)

② Ken Ishibashi, Shuta Uchiyama and Hiroshi Goto, Visual Effect System for Projection Mapping with Japanese Drum Performance, Proceedings of NICOINT2022, pp. 75-78 (June, 2022)

③ 石橋賢, 配色情報の色分布による単語間の類似性に関する一検討, 第17回日本感性工学会春季大会, 1C-02 (2022.3)

④ 石橋賢, 単語の意味的類似度に着目した配色のための名付け支援の一試行, 第23回日本感性工学会大会, 1D11-16-05 (2021.9)

⑤ 石橋賢, 複数コンセプトによる配色選択の一試行, 生命ソフトウェア・感性工房・而立の会合同シンポジウム 2020 (2020.11)

⑥ 石橋賢, 統計ベースの配色支援手法によるインタラクティブな配色選択システム第22回日本感性工学会大会, 2B11-15-05 (2020.9)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 石橋賢, 佐藤哲, 牧岡雄大, 平山由馬
2. 発表標題 スマート電球によるメディアアート体験と連携した木工照明制作ワークショップ
3. 学会等名 NICOGRAPH2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ken Ishibashi, Shuta Uchiyama and Hiroshi Goto
2. 発表標題 Visual Effect System for Projection Mapping with Japanese Drum Performance
3. 学会等名 NICOGRAPH International 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石橋賢
2. 発表標題 単語の意味的類似度に着目した配色のための名付け支援の一試行
3. 学会等名 第23回日本感性工学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石橋賢
2. 発表標題 配色情報の色分布による単語間の類似性に関する一検討
3. 学会等名 第17回日本感性工学会春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石橋賢
2. 発表標題 統計ベースの配色支援手法によるインタラクティブな配色選択システム
3. 学会等名 第22回日本感性工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石橋賢
2. 発表標題 複数コンセプトによる配色選択の一試行
3. 学会等名 生命ソフトウェア・感性工房・而立の会 合同シンポジウム 2020
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------