

単体写像を用いた印象評価に基づく色補正方法 Color Compensation Based on Impression Evaluation Using Simplicial Maps

神山 諒† 趙 晋輝†
Ryo Kamiyama Jinhui Chao

1 はじめに

印象を共有するためには、人間の主観評価を基準にパラメータを調整する方法が望ましい。しかし、印象を評価する人間の主観的な評価系は複雑な非線形写像であるため、モデル化と計算することが難しい。この問題を解決する手法として、1986年のDawkins[1]に始まった、対話型進化計算 (Interactive Evolutionary Computation; 以下 IEC) [2] が提案されている。IEC は、人間を評価系、EC を最適化系としてこれらに対話的に動作させることで、人間の求める方向にパラメータを最適化する手法である。しかし、パラメータ空間と評価空間の間の対応が不明であり、評価空間の修正方向がパラメータ空間に伝わらない。そのため、目的評価値が明らかにもかかわらずパラメータ空間における修正が難しく、進化計算など乱択アルゴリズムを用いざるを得なく、計算効率は低いという問題点がある。

本研究では、パラメータ空間から印象空間までの非線形写像を、単体写像としてモデル化して、印象評価に基づく最適パラメータの新しい計算法を提案する。本手法は、単体写像の逆写像を用いることで、効率的にパラメータの修正方向、そして、目的パラメータを直接計算することが可能となる。

2 提案手法

一般色覚者の Alice と色弱者の Bob という 2 人の被験者を仮定し、2 人の印象評価に基づき色補正パラメータを計算する手法について述べる。提案手法は、SD 法を用いた印象評価、単体写像を用いた色補正パラメータの計算、ガンマ補正を用いた色補正で構成される。

2.1 SD 法を用いた印象評価

SD 法とは「明るい-暗い」などの対となる形容詞を使って、印象を測定する手法である。パラメータ p_i に対応する印象評価 s_i を m 対の形容詞対による評価を用いて $s_i := (s_{i1}, s_{i2}, \dots, s_{im})$, $-3 \leq s_{ik} \leq 3$, ($k = 1, \dots, m$) で定義する。

2.2 単体写像を用いた色補正パラメータの計算

Alice と Bob のパラメータ空間を Π_A, Π_B 、印象空間を Σ_A, Σ_B 、共通印象空間を Σ_{AB} とする。印象空間 Σ_A, Σ_B は Alice と Bob の印象評価点 $\{s_i^A\}, \{s_j^B\}$ に対してそれぞれ MDS により 3 次元に次元削減したものであり、共通印象空間は Alice と Bob の印象評価点 $\{s_i^A, s_j^B\}$ に対して MDS により 3 次元に次元削減したものである。Alice の Π_A から Σ_A, Σ_{AB} への写像は

$$f_A: \Pi_A \xrightarrow{\pi_A} \Sigma_A \xrightarrow{\sigma_A} \Sigma_{AB} \\ p^A \mapsto x^A = \pi_A(p^A) \mapsto y^A = \sigma_A(x^A)$$

で表す。Bob についても同様に定義できる。これらの写像を単体写像とする。すなわち頂点 x_i が張る単体 $\{x_i\}$ では、 $x = \sum_i a_i x_i$, a_i は x の重心座標とすると、 $f(x) = \sum_i a_i y_i$, $y_i := f(x_i)$ となる。また、これらの写像は非退化である。つまり n 次元の単体は n 次元単体に移すと仮定する。そのとき、単体写像の逆写像は次のように定まる: $f^{-1}(\sum_i a_i y_i) = \sum_i a_i x_i$ 。

ここで、 $u_i, i = 1, \dots, n+1$ が張る単体を $\langle u_i \rangle$ とする。 Π_A におけるパラメータ p_A は

$$p^A = \sum_i a_i p_i^A \in \langle p_i^A \rangle$$

と表せる。 Π_A にある点 $\{p_i^A\}$ は Alice の印象評価により Σ_A にある点 $\{x_i^A\}$ に移される同時に、 $\{p_i^A\}$ が張る単体複体は、単体写像 π_A により、 $\{x_i^A\}$ が張る同型な単体複体に移される。従って、

$$x^A = \sum_i a_i x_i^A \in \langle x_i^A \rangle \quad x_i^A = \pi_A(p_i^A)$$

さらに、 x^A は単体写像 σ_A により $y^A \in \Sigma_{AB}$ に移されると同時に、 $\{x_i^A\}, \{x_j^B\}$ が張る単体複体は、単体写像 σ_A, σ_B により、 Σ_{AB} にある点 $\{y_i^A, y_j^B\}$ が張る同型な部分単体複体に移される。従って、

$$y^A = \sum_i a_i y_i^A \in \langle y_i^A \rangle \quad y_i^A = \sigma_A(x_i^A)$$

ここで、Alice と Bob の印象を互換するために、 Σ_{AB} において、 y^A を部分単体 $\langle y_j^B \rangle$ を用いて重心座標を

$$y_A^B := \sum_j \alpha_j y_j^B \in \langle y_j^B \rangle$$

と定義し直す。よって、Bob に Alice の印象を与えるパラメータ p_A^B は、単体写像の逆写像を用いて

$$p_A^B := \sum_j \alpha_j p_j^B = \pi_B^{-1}(x_A^B) = f_B^{-1}(y_A^B) = f_B^{-1} \circ f_A(p^A)$$

で計算できる。

パラメータ空間 Π_A, Π_B と共通印象空間 Σ_{AB} における、上記補正計算による、 p^B から p_A^B までの修正軌跡の間の対応関係を図 1 に示す。

2.3 ガンマ補正を用いた色補正

2.2 節で計算したパラメータを用いて、ガンマ補正により色補正を行う。 $\gamma := (\gamma_r, \gamma_g, \gamma_b)$ と定義する。各画素値 (r, g, b) の補正後の値 $(r', g', b') = (255^{1-\gamma_r} r^{\gamma_r}, 255^{1-\gamma_g} g^{\gamma_g}, 255^{1-\gamma_b} b^{\gamma_b})$ となる。

3 実験

3.1 実験概要

実験は、一般色覚者 1 名と色弱者 1 名に対して実施した。はじめに、同一の絵画に対してパラメータ空間上の

† 中央大学大学院理工学研究科情報工学専攻
Dept. of Information and System Engineering,
Graduate School of Science and Engineering,
Chuo University

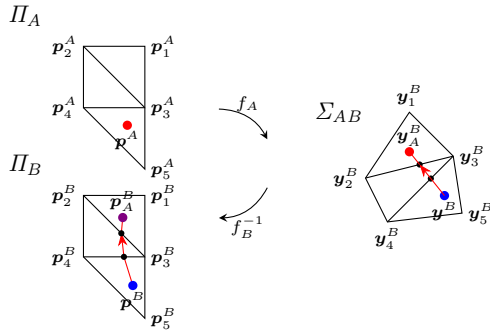


図 1: パラメータ空間と共通印象空間の対応関係

格子点に配置したパラメータでガンマ補正した評価画像を 27 枚用意し、それぞれ SD 法により印象評価を実施した。そして、評価値をもとに色補正を行った。実験に用いた絵画は、印象派絵画「Marly-le-Roi」である。測定環境、測定手順を以下に示す。

測定環境

測定に使用したディスプレイは EIZO 株式会社製 ColorEdge CG2730-Z であり、ディスプレイと被験者間の視距離は 80cm である。測定は天井部分以外を N5.5 に近い色の暗幕で覆われた暗室で行い、照明はパナソニック株式会社製 Hf 器具専用 Hf プレミア蛍光灯を用いた。

測定手順

記憶と順応による影響を低減するため、評価画像はランダムな順番で提示し、形容詞対の順番も評価画像ごとに変更した。また、評価画像切り替えの際は、暗幕と同じ色の画面を 10 秒間見せた。被験者の疲労の問題を考慮し、1 回の測定は最長でも 30 分間とした。

3.2 実験結果・考察

図 2 は印象評価により Π_A 上の点が Σ_A に移された結果を示している。印象評価により、 Π_A 上では点が均一に配置された平面が、 Σ_A 上では点の規則性がなく、曲面が歪んでいるのが確認できる。また、図 3 は Σ_A 上の単体複体とそれに Π_B 上で同型の単体複体の一部である。赤線は Bob に Alice の印象を与えるための、 Π_B と Σ_{AB} 空間における修正軌跡を表しており、 Σ_{AB} 上では直線であるが、単体写像の逆写像で移した Π_B 上では折れ線になっている。以上の結果から、人間の印象評価の強い非線形性がうかがえる。

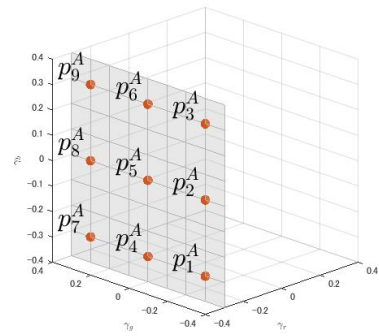
4 まとめ

本研究では、単体写像とその逆写像を用いて、印象空間内の主観評価値から直接パラメータを補正する手法を提案した。本手法では、評価空間の修正方向および目的評価値をパラメータ空間に移して最適補正を計算することができる。

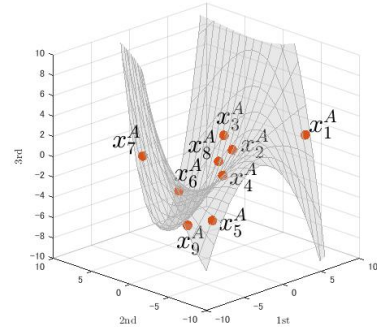
今後は、被験者数と測定パラメータ数を増やし、補正の正確性を向上していく。また、心理物理学的アプローチによる色補正との比較も検討している。

参考文献

[1] Richard Dawkins. *The blind watchmaker*. Longman, Essex, 1986.
 [2] H. Takagi. Interactive evolutionary computation: fusion of the capabilities of ec optimization and human evaluation. *Proceedings of the IEEE*, Vol. 89, No. 9, pp. 1275–1296, 2001.

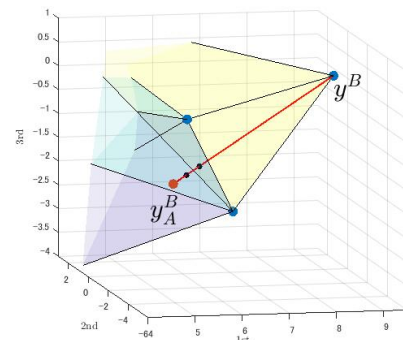


(a) Π_A 上の点

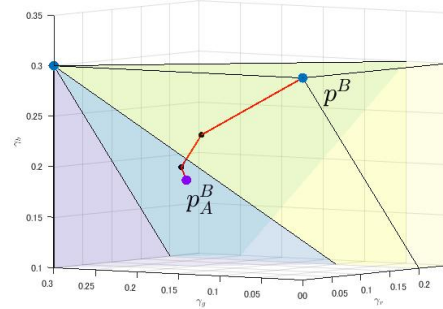


(b) Σ_A 上の点

図 2: 印象評価によりパラメータが Σ_A に移された結果



(a) Σ_{AB} 上の単体複体



(b) Π_B 上の単体複体

図 3: 単体写像を用いてパラメータを計算した結果