九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

絵画への照明効果の色差による定量的な評価

敷田, 麻依
九州大学大学院芸術工学府コミュニケーションデザイン科学コース

井上, 光平
九州大学大学院芸術工学府コミュニケーションデザイン科学コース

白川, 康博
東芝マテリアル株式会社

加藤, 隆之
福岡教育大学教育学部

https://hdl.handle.net/2324/2004998

出版情報：2018-12-21. 映像情報メディア学会
バージョン：
権利関係：

KYUSHU UNIVERSITY

絵画への照明効果の色差による定量的な評価
Quantitative Assessment of Lighting Effects on Artworks by Color Difference

敷田麻依[1] 井上光平[1] 白川康博[2] 加藤隆之[3]
Mai Shikita Kohei Inoue Yasuhiro Shirakawa Takayuki Kato

九州大学 大学院芸術工学研究院[1] 東芝マテリアル株式会社[2]
Faculty of Design, Kyushu University Toshiba Materials Co., Ltd.

福岡教育大学 教育学部[3]
Faculty of Education, University of Teacher Education Fukuoka

Abstract: We propose a method to quantitatively evaluate the lighting effect of artwork based on photography data. We consider factors used for evaluation from preliminary experiments. Thereafter, the number of identifiable colors is calculated from the photographed data. Also we calculate the average color difference. Experiments using paintings show the effectiveness of the proposed method.

1 はじめに

美術館における照明の役割として、「展示物を好ましく表現すること」「展示物の保護や損傷を防止すること」の２つが挙げられる．また展示照明の役割のうち、前者の好ましい展示物の演出に対する１つの考え方として昼の太陽光により近い光であることが望ましいということがある．こうした中で従来の美術館用の照明はハロゲン光源が主に用いられてきた．しかし、ハロゲン光源はその成分として赤外線を多く含んでいるために、展示物の保護の観点から考えると適しているとは言い難い照明である．そこで、近年は保護の優位性や省エネの観点から美術館用の高演色性 LED などの開発が進んでいる．しかし色温度や演色評価数といった照明自体の評価指標は存在するものの、展示環境下での照明効果を定量的に評価する手法は未だに確立までには至っていない [1]．そこで本研究では、絵画への照明効果の定量的な評価手法の提案を目的とする．

2 提案手法

2.1 予備実験とその考察

本研究を行うにあたり、どの要素を基準として評価を行うかを考察するために主観評価実験を行った。展示物の対象として、以下の油彩画を用いた．

Figure 1: 加藤隆之「日々のかけら-紫陽花-」（2017）

展示環境に用いた光源は、蛍光ランプ・一般用 LED ランプ・高演色性 LED ランプ（色温度:5000K・3000K）の 4 種類である．この高演色性 LED とは、太陽光により近いスペクトルを持つ LED 照明のことである．これらの４種類の照明を対象にシェフェの一対比較法（中屋の変法）による主観評価実験を行い、心理尺度を算出した．すると「総合的な好ましさ」という項目において高演色性 LED が高い結果となった．また、色の多様性や立体感、印象の強さの項目も高演色性 LED が高い評価である結果が出ている．これらから絵画からより多くの色を識別できた際、総合的な好ましさが向上すると考えられる．また立体感や印象の強さをより感じた時も同様に好ましさが向上すると考えられる．これら後者の要素は絵画を構成する色の色差が起因すると考えられる．そこで本研究では絵画に対して識別できる色数、色差の２つの要素を元に定量的な評価を試みることとする．

2.2 提案手法の概要

手法の概要は以下の通りである．まず、CIEXYZ 表色系の画像データとして直接測定することが可能な装置を用いて、比較したい照明を光源としてそれぞれ対象物を測定する．これは CIE が定めた等エネルギースペクトルに対する目の感度である等色関数により近い色分離フィルターを用いることで、人の知覚に近い色データを取得するためである．次に得られた CIEXYZ 表色系のデータを、それぞれより実際の人間の知覚に近い表色系とされている CIELAB 表色系に変換する．そして、変換された画像データから、実際に人が識別できるであろう色の数を算出するためにクラスタリングを行う．そのうえで人が識別可能な色データを $n \times 3$ 行列で表す（n は算出された識別可能であろう色の数）．その後、求めた全ての色間の平均色差を算出する．最後に識別可能な色数、及び平均色差を照明毎に比較する．

2.3 識別可能な色数の算出

識別可能な色数の算出は、凝集型階層的クラスタリングによって行う。凝集型階層的クラスタリングとは、個々のクラスタから構成されるデータの状態から、距離行列を用いて距離が近いクラスタを併合することで、クラスタの階層を生成することである．

なお、この時に用いる距離行列は通常はユークリッド距離を用いて算出することが多いが、本研究では画像データから人が識別可能な範囲で色をクラスタリングすることを目的としているため、ここでは CIE DE 2000 色差式を用いて算出する．

CIE DE 2000 色差式とは、実際の色覚に近づけるために等色領域を補正した色差式である。具体的には楕円型である人間の目の色識別域に近似するように定義された計算式である [2].

クラスタリングする際の方法は最長距離法を用いる．この方法を適用することで、全ての色を 1 つのクラスタに併合しその過程の樹形図が作成される。その後ある閾値を定め、その閾値の距離までに併合したクラスタで樹形図をカットすることで実際に用いるクラスタ数を算出、つまり識別可能な色数の算出を行う必要がある．ここではクラスタ間の距離として用いた色差 $\Delta E_{00} = 3.0$ を閾値として定め、その値の距離までに併合されたクラスタを求める識別可能な色数とする．なお、この $\Delta E_{00} = 3.0$ という指標は NBS 単位と呼ばれる指標に基づくもので、「色差が相当ある」と感じる色差の範囲で最高の値である.（「色差が相当ある」と感じる色差は ΔE_{00} が 1.5〜3.0 の範囲であるとされている.）この指標は米国の国家標準規格局 (NBS:National Bureau of Standards) が規定した色差の単位の総称である．

3 実験例

実験は、実際の絵画への応用例として油彩画を用いた．この油彩画は先述した主観評価法を行った際に用いた油彩画と同じものである．照明光源は同一の色温度で比較するために、高演色性 LED 光源 (東芝マテリアル製) と白色 LED 光源の 2 種類を用いた．なお、これらの色温度はいずれも 4000K である．また演色評価数 (Ra) は高演色性 LED 光源が 97、白色 LED 光源が 90 である．

まず油彩画を暗室内で色彩輝度計を用いて撮影を行った．なおこの時に使用した色彩輝度計は CA-2500(コニカミノルタ製) である．次に油彩画の撮影データを 100 個の等しい形をした長方形の領域に分割した．その後、それぞれの領域ごとに提案手法によるクラスタリングを行い、識別可能な色のデータを算出した．そして得られた 100 の領域における識別可能な色のデータから構成される行列を 1 つに統合した．その後統合した色データをさらに提案手法によるクラスタリングを実行することで、油彩画全体における識別可能な色のデータを算出した．実験の結果は以下に示す通りである．

Table 1: 実験結果

	識別可能な色数	平均色差(⊿E₀₀)
高演色性LED	1457	20.379
白色LED	1297	19.857

上記の結果から、同じ油彩画に対して光源が高演色性 LED の方が 160 色多くクラスタリングされている．つまり、高演色性 LED の方が約 12%多くの色が識別可能になるという結果となった．またクラスタリングされた色間の平均色差は高演色性 LED の方が 0.52 高くなるという結果が得られた．この実験から主観評価実験の傾向と同じ実験結果が得られたことから、提案手法によって照明効果の定量的な評価が可能であると考えられる．

4 おわりに

主観評価実験を通して絵画への照明効果の定量的な評価を行う際に用いる指標を色の多様性及び色差と定めた．また実際に異なる光源を用いた油彩画の撮影データ用いて、それぞれ人が認識可能な色データを算出した．また算出した色データ間の平均色差も求めた．このようにして照明効果の定量的な評価手法を試みた．結果はいずれも太陽光により近いスペクトルを持つ光源の方がより多くの色を認識することが可能となり、またその色間においても色差を感じやすいという結果が出た．しかし、今回は領域の位置情報までは考慮はされていない．したがって展示物における領域の位置情報まで考えた上で評価を行うことが今後の課題である．また、撮影時における照明の照り返しによる影響も考慮することも今後必要だと考えられる．

本研究は JSPS 科研費 JP16H03019 の助成を受けたものです．

参考文献

[1] 坂本博康, 笠駿介, 敷田麻衣 , 白川康博, 加藤隆之, 吉永幸靖, 知足美加子 : “高演色性 LED 照明による絵画の色覚空間におけるエントロピー計測と照明方法の評価”, 研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア, 2017-CVIM-205, 4, pp. 1–7(2017)

[2] Gaurav Sharma, Wencheng Wu, Edul N. Dalal:The CIEDE2000 Color-Difference Formula: Implementation Notes,Supplementary Test Data, and Mathematical Observations, Wiley (2001)

九州大学 大学院芸術工学研究院
〒*815–8540* 福岡市南区塩原 *4-9-1*　*TEL. 092-553-4512*
E-mail: m.shikita.050@s.design.kyushu-u.ac.jp