

色彩特徴量抽出に基づくオフィススペースの 快適性評価法の提案

西川 明里¹ 小野 景子² 三木 光範³

概要：フルカラー LED 照明器具の発展に伴いオフィス空間の色彩制御が可能となりつつある今、執務者が選好する色彩の推定は知的生産性と快適性向上の観点から重要な研究課題である。オフィス空間において執務者が選好する色彩を推定するためには、空間のどの位置に、どの色が、どの程度存在するかを分析する必要がある。また、執務者の選好した色空間を構成し、多様なオフィス空間を創造するためには、各執務者がどのようなオフィス空間を選好するのか、実際に働いている空間が執務者にどのような印象を与えているのか評価を行う指標が必要である。本研究では、執務者の選好する色彩空間特徴量の抽出とオフィス空間の評価を行うモデル構築を目指す。

Office Space Classification for Working Comfortable based on Extracted Color Features

AKARI NISHIKAWA¹ KEIKO ONO² MITSUNORI MIKI³

1. はじめに

近年、執務者の知的生産性と快適性向上の観点からオフィス環境改善が注目されており、フルカラー LED 照明器具を用いてオフィス空間の色彩制御を行うことでそれらの向上が見込まれることが報告されている [1]。オフィス空間において各執務者が選好する色彩を推定するためには、オフィス空間のどの位置に、どの色が、どの程度存在するかを分析することが必要である。現在、照明制御に使用されている照度センサーや色温度センサーは部屋のルクスと色度図上の黒体軌跡上の色彩を推定し測定することから、執務者の選好する色彩を推定することが不可能である。また、オフィス空間ごとにマッチングする色彩が変化することから、執務者が選好する色彩は空間ごとに変化し、それに伴い最適な色空間を構成することが快適性の向上に有効であると考えられる。最適な色空間を構成するには、執務者にとってどのような空間が働

きやすいのか、働きにくいのかのルールを作成し、ルールに基づいて執務者が働いているオフィス空間の評価を行う必要がある。そこで、本研究ではオフィス空間の視野画像から執務者ごとの選好する色彩空間特徴量を抽出し、それに基づきオフィス空間の評価を行うモデルの構築を試みる。

具体的には視野画像を k-means++法を用いて代表色を抽出するのだが、RGB 表色系は人の色差と異なるため、色差の感覚が人間に近い CIE LUV 表色系を用いて代表色の抽出を行い、両表色系の性能評価を行う。オフィス空間評価モデルの実験では、被験者が事前に評価を行ったオフィス画像に決定木分析を適用することでルール作成し、精度確認を行う。

2. 提案手法

2.1 CIE LUV 表色系による色彩特徴量抽出

空間の色彩特徴量を抽出するために、視野画像からクラスタリング法を用いて代表色を抽出する。画像処理分野において画像の代表色の抽出法は、RGB 表色系を用いて表された各ピクセルの RGB 値をクラスタリングし、第 1

¹ 龍谷大学大学院 理工学研究科 電子情報学専攻

² 龍谷大学 理工学部

³ 同志社大学 理工学部 インテリジェント情報工学科

クラスタを代表色とする手法が主流となっている [6]. しかし, 人が識別する色差と RGB 表色系に基づく色の領域が大きく異なることが知られているため, 人間の感覚に近い均等な色空間として定義された CIE LUV 表色系を適用する. 以下に提案法のアルゴリズムを示す.

- 1). 画像 P を N 分割する. $P = P^1 \cup P^2 \cup \dots \cup P^N$.
- 2). $n = 1$ とし $n < N$ の場合, Step2 から 8 まで繰り返す.
- 3). サブ画像 P^n の各ピクセルの値を RGB 表色系から LUV 表色系に変換する.
- 4). k を K と定義する.*¹
- 5). サブ画像 P^n のピクセルを k 個のクラスタに分割する.
- 6). k 個に分割した各クラスタの重心から最も近いピクセルの LUV 値から代表色を抽出する.
- 7). k 個に分割した各クラスタに含まれるピクセルの比重を抽出する.
- 8). $n \leftarrow n + 1$.

2.2 決定木分析を用いたオフィス空間評価モデル

執務者の嗜好により, 照明の色彩を制御することは, 多様性のあるオフィス空間を創造する上で重要な役割を果たす. 各執務者がどのようなオフィス空間を愛好するのか, また働いている空間が執務者にどのような印象を与えているのかを評価するモデルが必要になる. しかし, 確率的なパターン認識を適用しルールを作成すると, 空間の誘目性ある色彩であるアクセント色を考慮しない. そのため, 本研究ではルールベースに基づく決定木分析を用いてルールの作成を目指す.

3. 実験方法

3.1 色彩特徴量抽出の評価実験

オフィス写真を [8] のサイトから自動収集し, オフィス空間と関係のない画像を取り除いた 100 枚の画像から 8 つの画像をランダムに抽出し, 実験データとした. 被験者による予備実験を行い, 抽出した 8 つの画像に対し, 働きやすそうか, 働きにくそうかを基準として, 10 点満点でオフィス画像を評価した. 被験者は 20 歳前後の男女 32 人である. 最も評価が高かったオフィス画像は Fig.1(a) となり, 評価の低かったオフィス画像は Fig.1(b) となった. 以降, Fig.1 を実験データとする. また, 本実験ではパラメータ $N=3$ とする.

提案法と RGB 表色系を用いて代表色を抽出する方法との性能を比較する. 本研究では k-means++法を用いてクラスタリングを行った. 結果を RGB 空間の色度図で表示した場合, 両手法の色空間が異なることから, 提

*¹ K は代表色数を表し, 本実験では $K=4$ とする

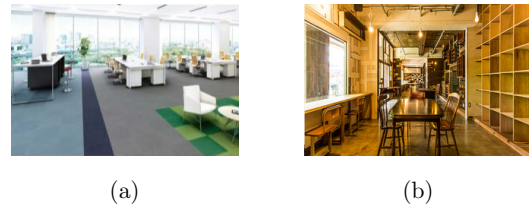


Fig. 1: Office images

案法との比較が困難であるため, 次の手順で評価を行う. 本論文では, この手法を RGB 法と呼ぶ.

- 1). サブ画像 P^n の各ピクセルを RGB 表現する.
- 2). サブ画像 P^n をクラスタリングする.
- 3). クラスタリング後のデータを LUV 表色系に変換する.
- 4). 提案法の Step5 から 6 を実行する.

3.2 決定木分析を用いたルール作成

Fig.2(b) は葉が緑色で床に赤のアクセント色を配置した人工データであり, Fig.2(a),(c) は Fig.2(b) にその他のアクセント色を配置した人工データである. 目的関数を Fig.2(b) は働きやすい, Fig.2(a),(c) は働きにくいと仮定する. データセットは Fig.2 を 24 分割し, 分割した各画像の上位 3 クラスタの重心を離散化したものである.



Fig. 2: Accent color experiment data

次に, 執務者が愛好する色彩空間特徴量を用い, 決定木を作成し, 働いている空間の評価を行うモデルを構築する. 被験者はインターネットから働きやすそうと思う画像, 働きにくそうと思う画像を 6 枚ずつ選択する. 選択したオフィス画像を Fig.3, 4 に示す. 被験者は 22 歳の男性であるここで, 上記で作成した決定木を使用し, アクセント色を考慮させるため Fig.3 を実験データに含ませた.

4. 実験結果

4.1 提案法と RGB 法の比較

実験結果を Fig.5 から 12 に示す. Figure.5, 7, 9 および 11 の結果は画像により分布範囲が異なり, 比較しにくいいため, それぞれの図の重心からの距離が最も遠いピクセルのベクトルを 1 として正規化している. ここで, 点の色はクラスタの種別を表している. また, Fig.6, 8, 10 および 12 の色は代表色の色を示し, 代表色の比重が 0%とは, そのクラスタに属するピクセル数が全体のピク



Fig. 3: 評価が高いオフィス画像



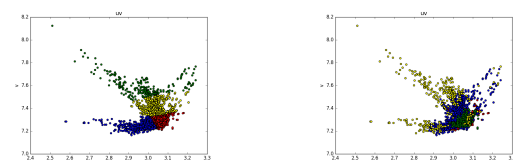
Fig. 4: 評価が低いオフィス画像

セル数の1%以下であることを示す。Fig.5, 7, 9 および 11 より, LUV 表色系を用いた提案法は色度図上で近くに配置されているピクセルが同じクラスタに属しており, 人が近い色と認識するためには同じ一つのクラスタ内に属するという, 感覚に反しない分割になっていることがわかる。一方, RGB 表色系を用いた RGB 法はクラスタ内に別のクラスタが含まれており, 色度図上でうまく分離できていないことがわかる。

次に, 代表色とその比重を比較する。Fig.6(b)において RGB 法の第1クラスタと第2クラスタの色はよく似ているが別のクラスタに分離されていることがわかる。Image1 の下段である緑色のカーペットにおいて, 提案法を用いた場合は Fig.8(a) より鮮やかな緑色が代表色として抽出されているのに反し, RGB 法は Fig.8(b) よりくすんだ緑色が抽出されている。提案法と RGB 法の代表色の比重を比較すると, 提案法の方が比重のばらつきが大きいことから, 提案法では色度図における局所的なピクセルを別のクラスタと識別していると考察できる。これらの結果から, RGB 法は類似する色を別の代表色として抽出する傾向があるが, 提案法では, アクセントに入れた色彩が正しく代表色として抽出できることがわかった。

4.2 評価モデルの性能評価

Fig.2 を提案評価モデルに適用した結果を Fig.13 に示す。ここで, Fig.13(a) の決定木の X[nm] は分岐が行われている代表色を示し, gini はジニ係数の値を, sample



(a) CIE LUV 表色系 (b) RGB 表色系

Fig. 5: Image1 の上段正規化散布図

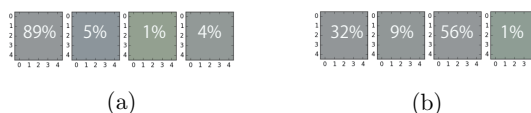
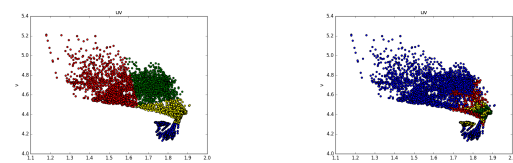


Fig. 6: Image1 上段代表色と割合



(a) CIE LUV 表色系 (b) RGB 表色系

Fig. 7: Image1 下段正規化散布図

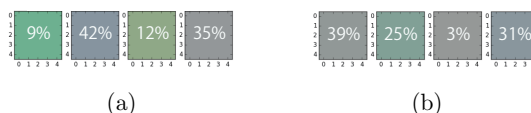
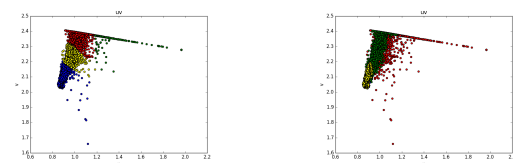


Fig. 8: Image1 下段代表色と割合



(a) CIE LUV 表色系 (b) RGB 表色系

Fig. 9: Image2 の上段正規化散布図

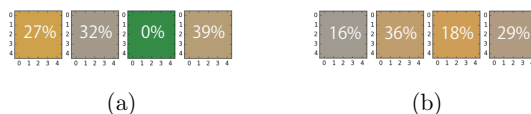
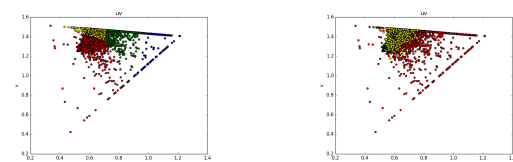


Fig. 10: Image2 上段代表色と割合



(a) CIE LUV 表色系 (b) RGB 表色系

Fig. 11: Image2 下段正規化散布図



Fig. 12: Image2 下段代表色と割合

は各分岐点に属すデータ数を, value は分岐後の個体数を示している. Fig.13(b) は Fig.13(a) を可視化したもので, 分岐が行われている代表色と代表色が含まれる分割画像を示している. Fig.13(b) より, 葉が緑で, 床に赤色のアクセント色が含まれている画像を働きやすい空間と評価してしていることがわかる. すなわち, 人工データに配置したアクセント色を考慮していることが示された.

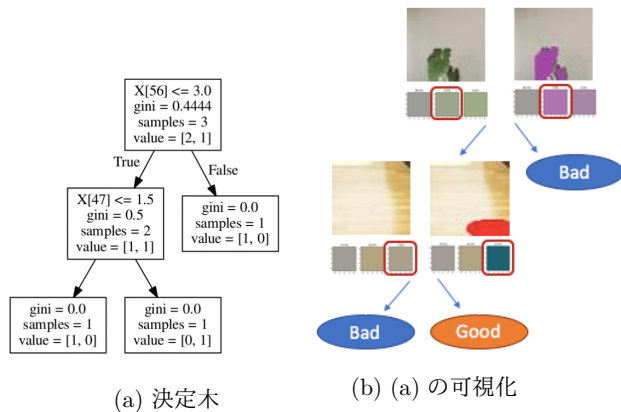
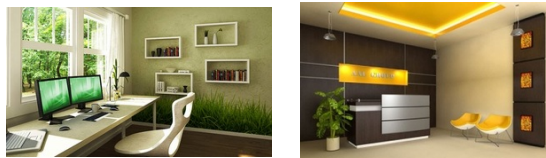


Fig. 13: 評価モデル

次に, 被験者が Fig.3, Fig.4 に提案法を適用し評価モデルを構築した. 未知画像 Fig.14 に対し被験者と評価モデルが同じ評価を行なったことから提案法が有効であることが示された.



(a) High marks (b) Low marks

Fig. 14: Office images

5. まとめ

本研究ではオフィス空間における執務者の選好する色彩の推定とオフィス空間の評価を行うルール作成法を提案した.

本論文では RGB 表色系で表された視野画像を色差の感覚が人間の感覚に近い CIE LUV 表色系に変換し, 色彩特徴量を抽出する方法を提案した. 提案法と RGB 法の比較実験を行なったところ, 提案法を用いた場合は, 色度図上近くに配置されているピクセルは同じクラスに属すること, また, 視野画像における印象的な代表色が抽出できることが分かった. 一方, RGB 法を用いた場合はクラス内に別のクラスが含まれており, 色度

図上でうまく分離できておらず, 印象的な代表色が抽出されなかった. 以上より, 視野画像の色彩特徴量抽出は CIE LUV 表色系が適切だと考えられる.

次に抽出された色彩特徴量に基づき, 執務者が働いているオフィスが執務者にとってどのような印象を与えているのか評価を行う評価モデルを提案した. 実験より, 人工データに配置したアクセント色を考慮し決定木が作成出来ることを示した. 被験者が評価したオフィス画像を用いて評価モデルの構成を行い, 性能評価を行なった結果, 被験者と評価モデルが同じ評価をしたことから提案評価モデルの有効性を示した. 本論文では評価モデルを行う際の指標を色彩特徴としたが, 有効な特徴量は他にも考えられるので, 指標の拡張が今後の課題となる.

6. 謝辞

本研究を取り組むにあたり, 助言を頂いた同志社大学院理工研究科情報工学専攻の高谷友貴氏, 田村聡明氏に深く感謝します.

参考文献

- [1] Satoaki Tamura, Fundamental Verification of a Method to Achieve Compatibility between Comfort and Energy Saving by Using Wall Lighting in the Intelligent Lighting System. The Harris science review of Doshisha University 58(3), pp.126-132 (2017)
- [2] Junko ITO and Masashi NAKAMURA and Minoru MASUDA, The Influence of Colors on the Psychological Image of the Wooden Interior : Application of the Image Analysis in Consideration of the Accent Color. Journal of the Society of Materials Science, Japan. Vol.55, No.4, pp.373-377 (2006)
- [3] MacQueen, J.B, Some methods for classification and analysis of multivariate observations Proceedings of 5th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability. University of California Press, pp.281-297(1967)
- [4] Tsutomu Imbe, Kansei Modeling on Base Colors and Accent Colors in Printed Materials. 社団法人映像情報メディア学会技術報告, Vol.35, No.20, pp31-34(2011)
- [5] Tsunenori ISHIOKA, Extended K-means with an Efficient Estimation of the Number of Cluster. Oyo tokeigaku Ronbunshi (Journal of Applied Statistics) Vol.29, No.3, pp.141-149 (2000)
- [6] Etsushi Nakai, Kikai Gakushuu Nyumon (Introduction to Machine Learning) Gijyutu-Hyoron-Sha pp.168-184 (2015)
- [7] Ashita no Office, <http://ashita-office.com/>
- [8] OFFICE SNAPSHOTS, <https://officesnapshots.com/>