

色対比効果を考慮した画像の色彩知覚の分析手法の提案

Proposal of a method for analyzing color perception of images considering color contrast effects.

○古山大成^{*1}, 山田悟史^{*2}
Taisei KOYAMA^{*1}, Satoshi YAMADA^{*2}

^{*1} 立命館大学 理工学部 建築都市デザイン学科

Ritsumeikan University of Science and Engineering Department of Architecture and Urban Design.

^{*2} 立命館大学 理工学部 准教授 博士 (工学)

Associate Professor, Department of Science and Engineering, Ritsumeikan University, Eng.Dr.

キーワード : 色彩; 錯視; 色対比効果; 画像

Keywords: Color; visual illusions; color contrast effects; image.

1. はじめに

本研究は、画像を対象とする色彩分析において、RGB モードとして表現されている色と人間が知覚している色が異なることを考慮し、人間が知覚している状態としての色彩を分析する手法を提案するものである（以降、色彩知覚の分析と称する）。特に着目する錯視は色対比効果であり、この現象は色彩の錯視の代表例として知られている。このような色彩の錯視は広く知られている一方で、この錯視を反映した手法の研究は少ない。つまり、デジタル画像から色をピクセル単位でデジタルに計測して評価する手法を採用した研究は多く存在するが、それらは表色系・色空間に関わらず、あくまでピクセルが独立して存在するかのようには計測された色であり、人間が知覚する色とは隔たりが存在するということである。本研究はこの隔たりを緩和し、人間の色彩知覚として画像の色彩分析を可能にするものである。例えばこれまで様々な色彩分析が行われてきた景観・インテリアの色彩分析などにおいて、様々な対象において人間の色彩知覚に近い分析が可能になる。

2. 研究概要

2.1 補正方法

錯視は色の物理的な特性のみに起因する現象ではなく、心理的、生理的要因によって見かけの色が変化するものであるため、色彩科学の分野においても定式化は発展途上であるが、参照可能な研究はある。山中によると CIE-L*a*b* 表色系又はこれと同一の色空間を持つ LCh 表色系が適していると考えられる¹⁾。これは CIE-L*a*b* 表色系は脳での処理に近い反対色説に基づいているため、補色の計算が容易なためである。そこで本研究では、まずこの表色系を用いた補正機能で色彩知覚の分析の実装を試みた。具体的な分析手法の開発は Python で行った。

1. OpenCV などを用いて画像データから色を数値として

計測する。

2. 錯視を受けると思われる色（以降、補正対象色と称する）のピクセルを抽出する。この補正対象色の判別には LCh 表色系の C（彩度）値を用いる。手順としては、①画像のすべてのピクセルの C 値の中央値を計算し、②その中央値の 90% の値を閾値として C 値を元に画像を二値化する。③次に二値化した画像のノイズを除去し、④ブロッブ解析によって補正対象をブロッブ（塊）ごとに分離しラベルを付ける。

3. 各ブロッブを囲み、色補正の基となる色（以降、背景色と称する）を計算する。手順としては、①画像を 3×3 ピクセルごとのウィンドウに分割し、②一つのウィンドウ中に背景色を知りたいブロッブのラベルを持つピクセルとそれ以外のラベルを持つピクセルが混在したウィンドウを全て探し、(図 1) ④そのウィンドウ中の背景色を知りたいブロッブのラベルを持つピクセル以外の全てのピクセルの色の平均を取ってそのブロッブの背景色とする。⑤上記の工程を全てのブロッブで繰り返す。

4. 背景色を元に平面上のベクトルを用いて補正対象色の数値に補正をかけ、人間の色彩知覚に近似するように変換する。(図 2) 既往研究¹⁾によれば色対比効果はおおまかに背景色の反対色に知覚する傾向があり、また色の彩度差が大きいほど錯視によるズレが大きいと考えられる。そのため本研究の計算においては、背景色の a*b* 平面での対角に位置する色に近づくように対象の色を知覚すると近似して数値の補正を行う。

5. 補正された色が人間の色彩知覚に近似しているか否かを被験者実験を用いて検証する。この実験には色見本を用いる。(図 3) 画像と色見本を見せ、画像の指し示した部分がどの色見本の色に近いと思うかのアンケートを取る。結果として補正後の色彩が多く選ばれていれば本手法の正当性があるとする。

2.2 アンケート方法

まず右の画像の赤い円形の印で回答箇所を被験者に示す。(図3) 被験者は左の画像で示された箇所の色を見、その後見えた色に最も近い色の選択肢を下の選択肢から選ぶ。被験者実験のアンケートの選択肢に用いる色見本画像の色彩は、 a^*b^* 平面上で補正対象色から背景色の対角に位置する色へ引いた線分上から7点を選定した。(図2) 選択肢1を補正対象色と同一、選択肢7を背景色の対角に位置する色と同一とし、残りの5点の色はその間を等間隔に分割した箇所が示す色を設定した。アンケートの画像の周囲の色は全て白である。選択肢1~7のうちどの箇所が最も度数が高いかにより、補正の際にどの程度の倍率を補正ベクトルに掛ければよいかを調べる。アンケートは各被験者が保有する情報端末のディスプレイで行い、アンケート開始時に使用した情報端末の名前を記録した。また過去に色覚異常を指摘された経験の有無に関しても事前に質問を行い、経験が無いことを確認した。本研究のサンプル数は37名である。

アンケートに用いた補正対象の画像は作成した画像から6点、実際の写真から10点を選定した。(図4) 画像は全て著者が作成または撮影した。実際の写真の選定基準は、①画像ピクセルの色相分布に偏りがあること、②補正対象色と背景色の明度差 ($L^*a^*b^*$) が20以下であることの二点である。色相分布の偏りの指定は色対比効果がより顕著に表れると考えたためである。また明度差に制限を設けたのは補正対象色と背景色で明度差が大きい場合は色対比効果が弱まることが既往研究¹⁾で示されているためである。

上記の画像の他に補正対象の画像の色彩回答箇所に赤い円形の印を記述した画像を作成し、補正対象の画像の隣に配置して色彩の回答箇所の指示を行った。(図3)

3. 検証結果 (図4)

3.1 作成画像の結果

単純化した構図の画像として6種類の画像でアンケートをとった。選択肢1は補正対象色と同一色のためグラフ中で青色に変えて記載している。この選択肢1の割合が小さいほど、その画像に対して本手法が有効であったといえる。A1は赤い画像の中央に低彩度の赤色を配置した画像であり、中央の低彩度領域の知覚色を調査した。A1では選択肢2が89.2%、選択肢1が10.8%だった。しかし色を青色に変えたA2では選択肢1が62.2%を占め、選択肢2以降は37.8%にとどまった。A3・A4は赤・青に画像を二分し、低彩度の箇所を2つに増やした。低彩度の箇所は二か所とも同一の色(低彩度の赤)である。赤色側のA3はA1と同じく選択肢2が70.3%と多かったが、A1と比較すると割合は少なかった。A4はA3より選択肢1の割合が43.2%と大きかったが、A2と比較すると小さい。A5・A6は調査対象の中央色の外縁部に他色を配置したものである。この

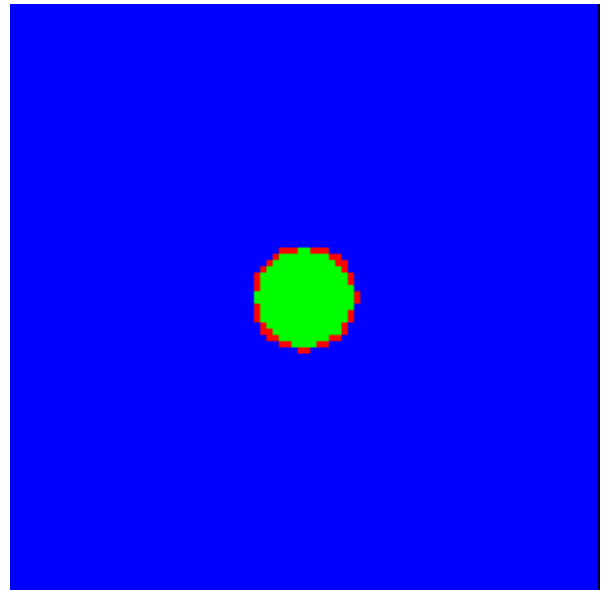


図1. 補正対象領域(緑)と背景色の抽出領域(赤)

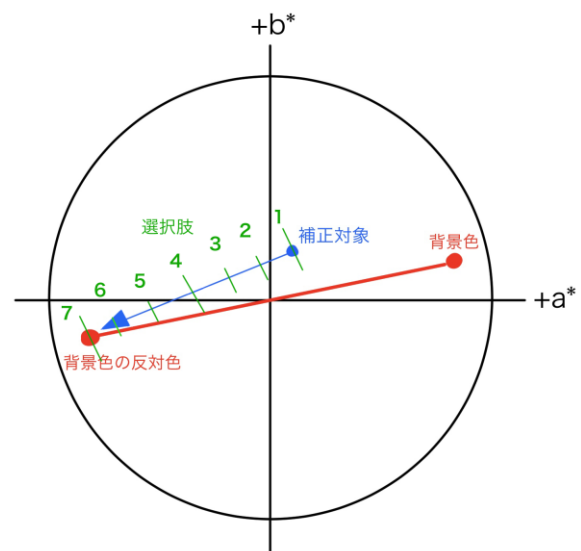


図2. 補正方法及びアンケート選択肢画像の色彩

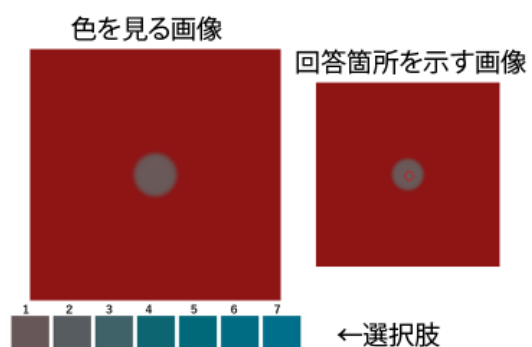


図3. アンケートの画像構成

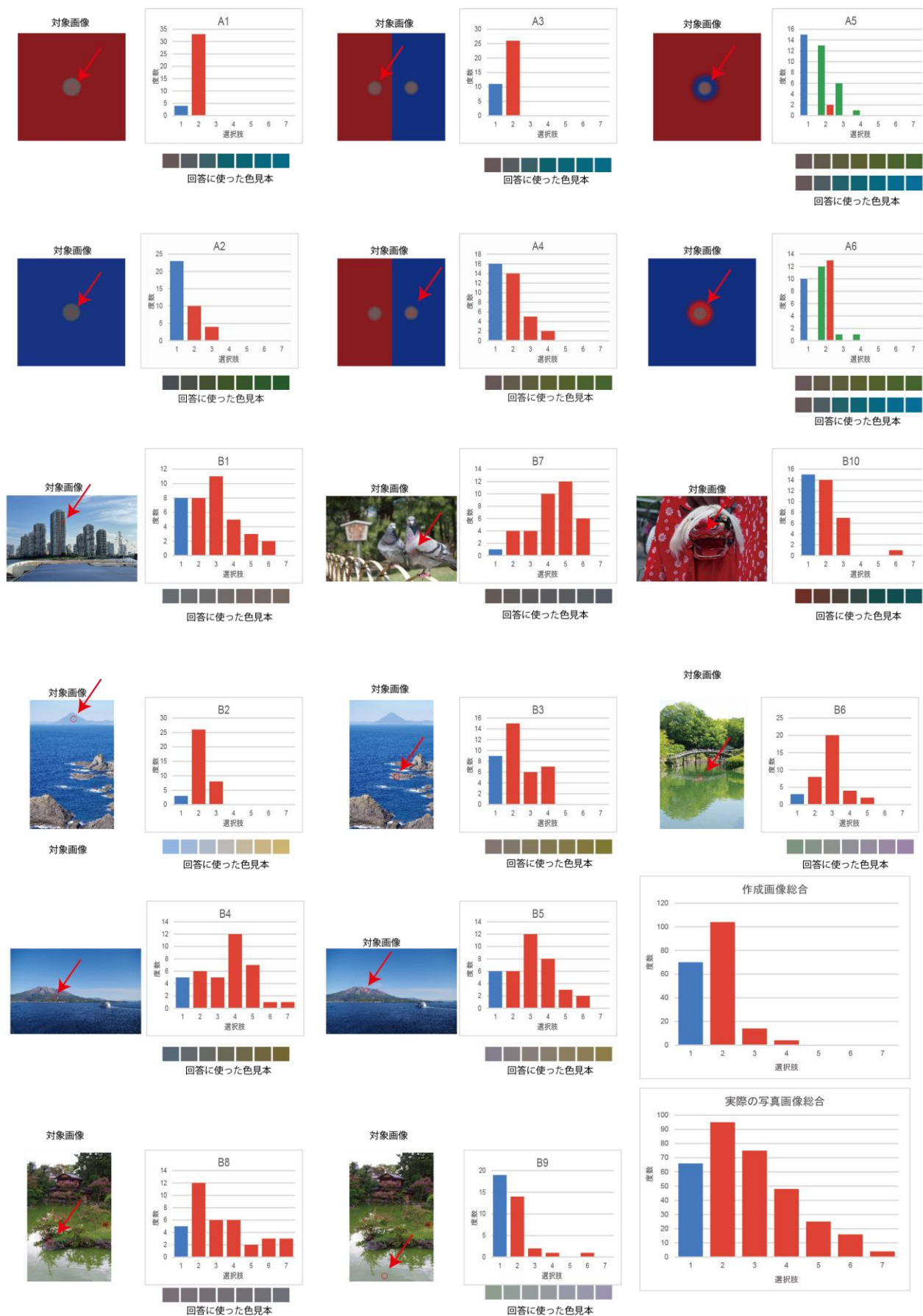


図 4. 対象画像と検証結果

二種のみ選択肢を背景色が赤色の場合と青色の場合の2パターン計13種を用意した。グラフの赤部分が青色背景の場合の選択肢であり、緑部分が赤背景の場合の選択肢である。A5では背景色が青のときの選択肢が53.0%を占めた。A5の選択肢の割合は補正対象色と背景色を同じとするA4の割合と類似している。A6では、背景色を赤とする選択肢が35.1%を占めた。作成画像全体としては選択肢2が54.2%を占めた。次点で選択肢1の36.5%だった。

3.1 実際の写真画像の結果

実際の写真を対象として10種類の画像でアンケートを行った。B1～B5は青基調、B6～B9は緑基調、B10は赤基調である。B1ではビルを対象とし、選択肢3が29.7%で最も多かった。B2、B3は同一の画像を用い、奥の山と中央の岩を対象として検証を行った。選択肢2がB2で70.3%、B3で40.5%と両方で最も多かったが、度数のバラつきはB2の方が少なかった。B4、B5も同一の画像であり、位置が近く背景色を共有する2色について検証した。B4は選択肢4の32.4%、B5は選択肢3の32.4%が最も度数が高かった。度数のバラつきはB4の方が小さく、差がみられた。B6は水面に映る橋を対象とし、選択肢3が54.1%を占めた。B7は手前に映る鳩の一部分が対象であり、選択肢5の32.4%を中心とする分布となった。今回検証した画像の中では最も背景色の反対色に近かった。B8、B9も同一画像であり、それぞれ中央の岩と下部の水面を対象とした。B8は選択肢2の32.4%が最も高いが、それ以外の選択肢は平坦に分布した。B8は選択肢1が51.4%を占め、これを中心に分布した。B10は獅子舞の歯を対象とし、40.5%の選択肢1と37.8%の選択肢2でほぼ拮抗した。実際の写真全体では選択肢2の28.9%を中心に連続的な分布となった。選択肢3は22.8%であり、選択肢1の20.0%を上回った。

4. 考察

全体的な傾向として、概ね選択肢2を中心として分布している。そのため、補正ベクトルの倍率はおおよそ18.7%付近が適切であると考えられる。だが、特に実際の写真画像において選択肢3以降も相当数見られたため、画像ごとに倍率を得る必要があると思われる。

作成画像のうちA2等の青を背景色とする画像において選択肢1が多かったことについて、B1～B5は青を背景色としているにもかかわらず選択肢1の割合は小さいことから、青の中でもこの色の場合において色対比効果が弱まると考えられる。

A5、A6から、補正対象の外縁部と全体的な色彩傾向が異なる場合においても、本手法の補正方式は効果があると考えられる。今回は実際の写真画像において色相分布に偏りのあるものを選定したが、偏りの乏しい画像でも一定程度の効果は上げられる可能性がある。だがB1、B4～B5と

いった色相分布の偏りが強い画像には特に顕著な結果が表れているため、色相分布の偏りは結果の有効性に影響を与えていると思われる。

B3よりもB2のほうがより顕著な結果が表れたこと、B1、B6において結果が顕著だったことから、補正対象色が背景色の色相に近い場合により効果が表れると考えられる。これは色相分布の偏りが結果の有効性に影響する一因と思われる。

B7において顕著な結果が出たのは、鳩以外の部分の色相が緑に偏っていることに加え、付近に補正後の色相に近い色相の部分が存在したため、その部分と補正対象のピクセルが視覚的に連続していたことにより、その部分に知覚が誘導された可能性がある。

B4、B5で分布が違ったことから、補正ベクトルの適切な倍率を求めるためには補正対象色の色彩も考慮する必要がある。

実際の写真画像のうち選択肢1の結果が過半数を占めたB9、B10について、B9は対象が画像端であったこと、B10は同一材質の部分が視覚的に連続していたため、B7とは逆方向に知覚が誘導されたことが考えられる。

5. まとめ

本検証において、ほぼすべてのパターンで選択肢1を他の選択肢が上回り、本手法の有効性が確認された。しかし、画像ごとに選ばれた選択肢の分布の差が存在し、現段階ではそれぞれの画像に最適な補正ベクトルの倍率を計算によって出すには至っていない。以降の方針として、再検証によって背景色・補正対象色の組み合わせや補正対象の位置による効果の大小の法則性などを確認し、補正の程度を画像ごとまたはプロップごとに計算可能にすることが考えられる。また、本提案の手法では色対比効果のすべてを考慮することはできない。例えば青色を背景色とする色対比効果はその反対色である黄色よりもやや赤色に寄ることが既往研究¹⁾によって知られているが、本研究では反対色である黄色になるものとみなして補正を行う。また、対象と背景色の明度の差が小さいほど色対比効果は大きくなることが知られているが、本手法では考慮されていない。このように、本提案手法では定量化が難しい人間の感覚を計算が容易なように大きく近似しているため、錯視のすべてのパターンを正確に計算することはできない。今後の展望として、このように近似された計算プロセスをより人間の知覚に近づける必要があると考える。

[参考文献]

- 1) 山中俊夫, 色彩学の基礎文化, 書房博文社, 1997
- 2) OpenCV, Opencv2.2 documentation, <http://opencv.jp/opencv-2svn/py/>, (最終検索日 2023年9月29日)