

不均一照明下における明度とブライトネスの乖離現象 —その実験的検証—

Experimental evaluation of the relationship between lightness and brightness under non-uniform illumination

岡 晃子	Akiko Oka	大阪市立大学大学院生活科学研究科	Osaka City University
酒井 英樹	Hideki Sakai	大阪市立大学大学院生活科学研究科	Osaka City University
井川 憲男	Norio Igawa	大阪市立大学大学院生活科学研究科	Osaka City University
納谷 嘉信	Yoshinobu Nayatani	大阪電気通信大学名誉教授	Osaka Electro-Communication University

キーワード：不均一照明，明度，ブライトネス，順応輝度
Keywords：non-uniform illumination, lightness, brightness, adapting luminance

1. はじめに

高照度下に置かれた白い色紙（例えば，マンセル色票 N8）を，低照度下の白い色紙（同じく N8）と見比べると，両者ともほぼ同じ明度に見える（明度一致）にもかかわらず，高照度下の色紙の方がより明るく輝いて見えることだろう（ブライトネス不一致）[1, 2]。このように，物体色モードの色知覚属性には，物体色それ自身の属性である色相，明度，彩度（いわゆる色の三属性）だけでなく，照度増減の効果を含むブライトネス，カラフルネス属性が存在し，それらは色知覚の完全な記述に必要である[3, 4]。ここで，均一照明下では，2色について，明度が一致すればブライトネスも一致する。しかし，不均一照明下では，両者の一致条件が異なる。つまり，明度は一致するが，ブライトネスは一致しないこと（またはその逆）が起こりうる。

本報では，この不均一照明下での明度とブライトネスの乖離現象を実験的に検証することを目的として，どのような教示をすれば両者を区別でき，また，それぞれの一致条件がどの程度違うのかについて，被験者実験を行った。彩度とカラフルネスの乖離現象については今後の課題とする。

2. 調査方法

不均一照明を実現するため，照明ブース（大きさ：幅 670×奥 600×高 600mm，内壁 N5）を2つ並置し，左右で照度を変えたものを用意した（低照度 100[1x]，高照度 2000[1x]，光源 D65 蛍光灯）。そして，試験光側に無彩色色票（視野角約 2°）を設置し，参照光側のグレースケール（マンセル色票 N9.5 から N1 まで 0.5 明度間隔）^[註1]から，明度一致条件，ブライトネス一致条件を選択する

被験者実験を行った。実験教示，手順はつぎの通りである。

【実験教示】

文献 1 の図 N-1，文献 2 の Fig. 1 に収録されている不均一照明下で撮影された「4 本の白いポールと茶色いビル」の写真を，文献 1, 2 に書かれた写真の説明文とともに被験者に提示し，明度とブライトネスの概念差を理解させた後，次の教示を与えた。

明度一致：「光の量・強さの違いは無視して，色が一致する色票を選んでください。」

ブライトネス一致：「色の違いは無視して，反射している光の量・強さが一致する色票を選んでください。」

【実験手順】

- 1) 低照度 (100[1x]) 側に試験色票 N8, N6, N4 を1つずつ提示し，高照度 (2000[1x]) 側のグレースケールの中から，明度が一致する色票，ブライトネスが一致する色票を選択させる。
- 2) 高照度 (2000[1x]) 側に試験色票 N4, N2 を1つずつ提示し，低照度 (100[1x]) 側のグレースケールの中から，明度が一致する色票，ブライトネスが一致する色票を選択させる。

被験者は 11 名（1 名につき，日を変えて 3 回実施）で，実験は，2つの照明ブース間に隔壁を設けて，左眼と右眼をそれぞれ左右のブースに別々に順応させた状態（両眼隔離）と，隔壁を設けずに，両目で両ブースを自由に観察する状態（両眼視）の2条件で行った。

3. 結果および考察

図 1, 2 に両眼隔離の場合の実験結果を示す（両眼視の場合もほぼ同じ結果が得られた）。まず，明度一致条件（**実線**）については，L*が一致する色票を同じ明度であると判定している（明度の恒常性が成立している）。一方，ブライトネス一致条件

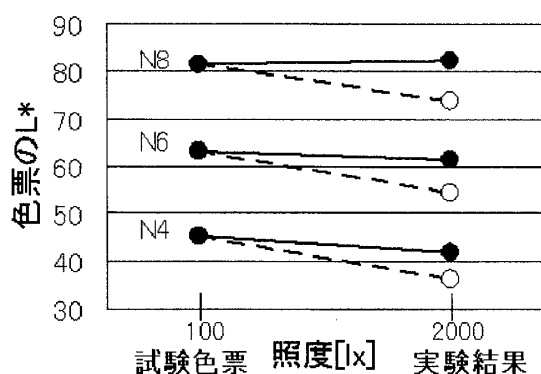


図1 低照度下の色票に明度（実線）とブライトネス（点線）が一致する高照度下の色票のL*値（両眼隔離の場合、被験者11名の平均値）^[注1]

（点線）については、低照度下の色票と同じブライトネスと判定される高照度下の色票は、10L*（1マンセル明度）程度低くなっている。つまりブライトネス属性には、恒常性は成立せず、順応輝度依存性が明確に存在する。ただし、低照度側と高照度側で輝度差が20倍あるにも関わらず、その差はわずか1マンセル明度であり、輝度の影響はかなり圧縮されることが分かる。

つぎに、表1にCIECAT94LAB[5]およびCIECAM02[6]を使って今回の実験条件における明度およびブライトネス一致条件を予測した値との比較を示す（図1に対応する結果のみ）。明度の一致については予測値は実験結果とほぼ同じ値になり良好に予測しているが、ブライトネスの一致条件については、両モデルとも順応輝度依存性を今回の実験結果よりも大きく加味している。さらに、両モデル間にも差があることが分かる。

色覚実験に用いられることの多い均一照明の下では、明度とブライトネスの間、彩度とカラフルネスの間には、それぞれ良好な相関関係が成立するため、両者を明確に区別することが難しい。さらに、ブライトネス、カラフルネス属性を簡易に再現できる表示媒体がないこともあり、照度増減の効果を含む色知覚属性についての理解は進んでいるとは言いがたい。CIECAM02など最近の色見えモ

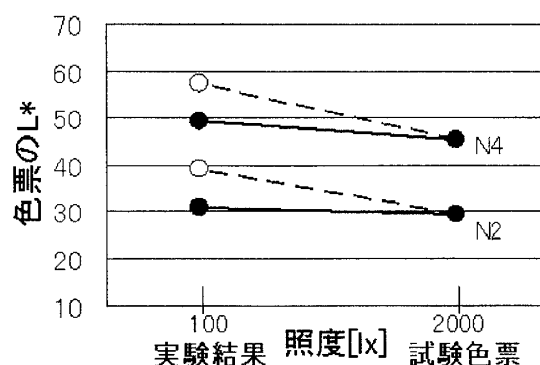


図2 高照度下の色票に明度（実線）とブライトネス（点線）が一致する低照度下の色票のL*値（両眼隔離の場合、被験者11名の平均値）^[注1]

デルでは、ブライトネス、カラフルネスについても相関量が与えられているが、モデルの開発者によって定義の解釈が異なるため数値に統一性がないと考えられる。

4. まとめ

本報では、以下のことを明らかにした。

- 1) 理解が難しいとされる明度とブライトネスの概念差を、写真を使って教示する方法を実施し、その有効性を確認した。
- 2) 不均一照明下において、明度が一致する条件とブライトネスが一致する条件が異なることを実験的に確かめた。
- 3) 実験で得られたブライトネスの順応輝度依存性は、色見えモデルで予測されるよりも小さい。

[注1] 実験の解析には、色票のマンセル明度（名目）ではなく、被験者の視点位置から Photo Research 社分光輝度計PR-650で実測した輝度を照度に応じてL*値に変換したものを使用した。

参考文献

- [1] 納谷, 日本色彩学会誌 25 (2001), pp. 104-109.
- [2] Y. Nayatani and H. Sakai, Color Res Appl 32 (2007), pp. 372-377.
- [3] Y. Nayatani, Color Res Appl 25 (2000), pp. 318-332.
- [4] MD. Fairchild: Color Appearance Models, 2nd, John Wiley & Sons; 2004.
- [5] Y. Nayatani et al., Color Res Appl 24 (1999), pp. 422-438.
- [6] CIECAM02, CIE Publ 159(2004).

表1 実験結果と色見えモデルとの比較

試験色票 名目	実測*	明度一致となるL*			ブライトネス一致*			輝度 一致*
		結果	CAT94	CAM02	結果	CAT94	CAM02	
N8	81.4	82.3	77.2	81.3	73.9	47.8	30.2	19.9
N6	63.2	61.4	59.9	62.9	54.2	37.1	21.6	13.2
N4	45.2	41.9	42.8	44.9	36.2	26.5	13.0	6.5