

影の中における物体色の見えに関する評価実験 - JIS 標準色票との対応 -

日大生産工 内田 暁, 大谷 義彦

1. はじめに

人間は,日常生活において,外界からの情報の約8割を,目から取り入れていると言われていいる.よって,周囲が視覚情報にあふれ,情報化社会と呼ばれる現代において,視覚,ならびに色覚メカニズムを明らかにすることは,非常に重要なことであると考えられる.

一方,局所的な照度の減少,すなわち影を含む照明環境は,視覚的な環境の構造を理解するための大きな手がかりを人間に与える.しかしながら,影の中の物体色(表面色)を見たときの,色の知覚の三属性である,色の種類(色相),明るさ(明度),あざやかさ(彩度)については,明らかにされていない.

そこで,本論では影の中における物体色の見えについて明らかにすることを目的とし,マンセル表色系¹⁾に基づいた,JIS標準色票を用いて評価実験を行った結果について報告する.

2. 実験の概要

2.1 実験装置

実験装置の概要を図1に示す.実験装置は,被験者がテスト刺激を観測するための評価装置と,被験者がテスト刺激のみかけの色を比較するための比較装置により構成されている.なお,実験装置は暗室内に設置されている.

評価装置は,床から0.65 mの高さに備え付けられており,寸法は,幅0.8 m,奥行き0.7 m,高さ0.8 mである.評価装置内部は,観測者が評価するテスト刺激,テスト刺激に対する光源,テスト刺激の照度を変化させるための黒地かつ網目状の布で構成されている.

評価装置内面は光の反射を防ぐため,つや消

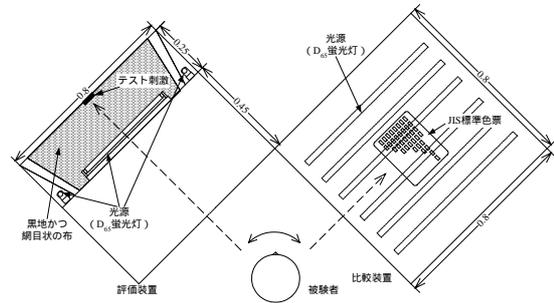


図1 実験装置の概要(上面図)

しの黒色塗料が塗布されており,テスト刺激の背景も黒色となっている.テスト刺激に対する光源として,平均演色評価数98を有するD₆₅近似の色比較・検査用蛍光灯(TOSHIBA製FL20SD-EDL-D65)を4本用いた.また,テスト刺激の照度は,光源とテスト刺激との間に黒地かつ網目状の布を挿入し,20 lx ~ 1100 lxの範囲で変化できるようにした.なお,テスト刺激の照度は,照度計(Konica-Minolta製T-1)を用いて測定を行った.ここで,布を用いてテスト刺激の照度を調節する際,光源からテスト刺激に到達する光が布に透過,または反射することにより,光源からの光の色度(光源色),すなわち色温度が変化する恐れがある.そこで,色彩計(Konica-Minolta製)を用いてテスト刺激上の色温度を測定したところ,布の挿入に関わらずほぼ一定であったことから,光源色の変化にほとんど影響を及ぼさないものと判断した.また,被験者が観測するテスト刺激は,一辺が視角2°に相当する正方形である.

比較装置は,反射を防ぐため,つや消しの黒色塗料を施した鉄製フレームで骨組みされており,寸法は,幅0.8 m,奥行き0.8 m,高さ1.6 mである.装置内部には,比較用のJIS標

準色票(日本色彩研究所作成)を設置するための机を用意した。机の表面は、反射を防ぐため黒色の布地で覆われている。また、天井部には比較用の色票に対する光源として、評価装置と同様の蛍光灯を6本設置した。比較装置内部の机上面照度は、約1100 lx一定である。

テスト刺激の色と比較するための色票として用いる、JIS標準色票の一例を図2に示す。JIS標準色票は、マンセル表色系に基づいており、ある色相における明度と彩度による色の見えの定量化を目的としている¹⁾。

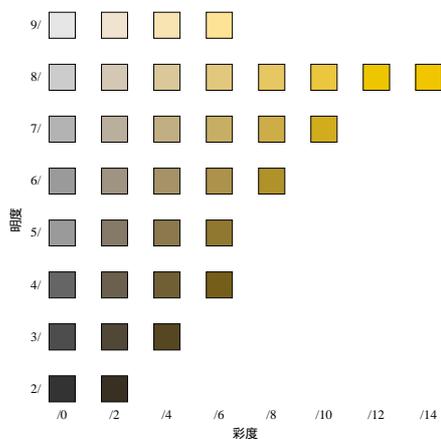


図2 JIS標準色票の一例(色相:5Y)

2.2 実験方法

まず被験者は暗室に入室し、実験環境に順応する。次に、被験者は実験者の説明を受け、評価装置内に用意された、ある照度値におけるテスト刺激のみかけの色と一致する、比較装置に用意されたJIS標準色票の中の1色を選定する²⁾。なお、色票を見る際、他の色票の影響を受けないように、黒色のマスクを用いて評価を行った。もしも被験者は、色票の中にテスト刺激と一致する色が存在しない場合、隣り合う色票間における内挿を行うことができる。

被験者が観測するテスト刺激は、基本色と呼ばれる4色とした³⁾。テスト刺激の色名と光学特性を表1に示す。なお、テスト刺激として用いた色紙の作成と色度の測定は、JIS標準色票の作成元である日本色彩研究所に依頼した。また、テスト刺激の反射率は、反射率計(村上色

彩研究所製CM-53D)を用いて測定を行った。

被験者は、色覚に問題が無く、実験の目的を把握している20代前半の男女2名(K.K. R.K.)である。測定は、被験者1人あたり、各テスト刺激について3回行った。

表1 テスト刺激の色名と光学特性

色名	マンセル記号 (色相)(明度)/(彩度)	色度		反射率:%
		x	y	
赤	5R4/14	0.5713	0.3051	11.0
黄	5Y8/14	0.4691	0.4884	51.6
緑	5G4/10	0.2102	0.4516	12.4
青	10B4/10	0.1689	0.1953	12.2

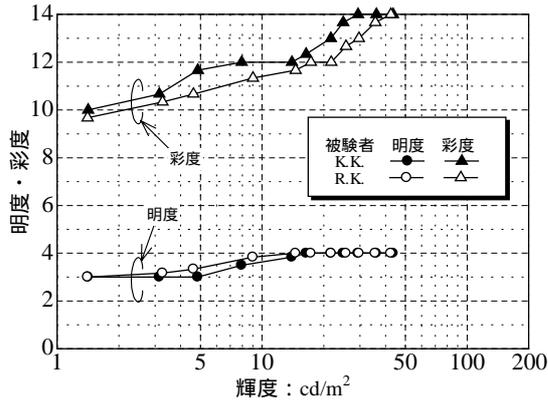
3. 結果と考察

図3に被験者をパラメータとした、テスト刺激の輝度に対する、明度・彩度特性を示す。(a)はテスト刺激が赤、(b)は黄、(c)は緑、(d)は青の場合である。なお横軸である輝度は、被験者が評価する毎に、実験者が色彩輝度計(Konica-Minolta製CS-100A)を用いて測定を行った。また、プロットは3回の測定の平均としている。

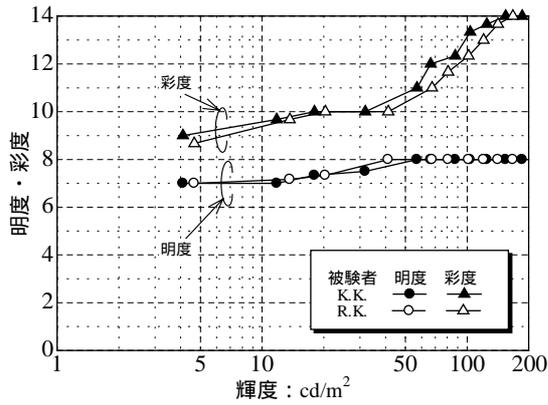
図3より、テスト刺激の色に関わらず、輝度が減少するに従って、明度・彩度ともに減少、すなわち無彩色に移行することがわかる。

明度と彩度の減少が開始されるテスト刺激の輝度は、黄では、明度が50 cd/m²、彩度が170 cd/m²、赤・緑・青では、明度が10 cd/m²~15cd/m²、彩度が30 cd/m²~40 cd/m²である。一方、照度に着目すると、赤と緑では、明度が300 lx~400 lx、彩度が700 lx~1000 lx、黄と青では、明度が200 lx~350 lx、彩度が600 lx~850 lxとなった。よって、今回の実験条件における色の見えは、輝度レベルに関してテスト刺激の反射率により、照度レベルに関して反対色対¹⁾により、それぞれ変化するものと考えられる。

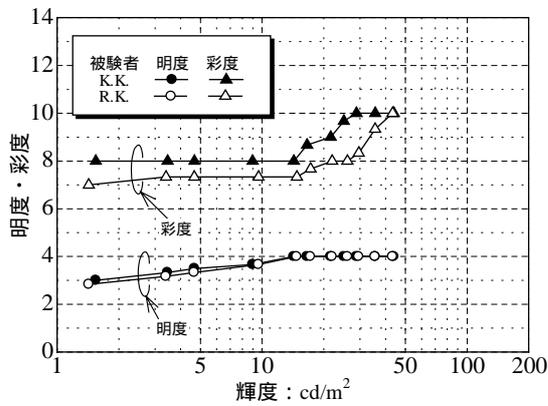
既に述べたように、実験ではテスト刺激の照度が20 lx~1100 lxであることから、明るさと色に応答する網膜の視細胞において、桿体よりも錐体が主に機能していると考えられる^{4),5)}。すなわち、テスト刺激の輝度(照度)の減少に伴う明度と彩度の減少は、テスト刺激が赤、黄



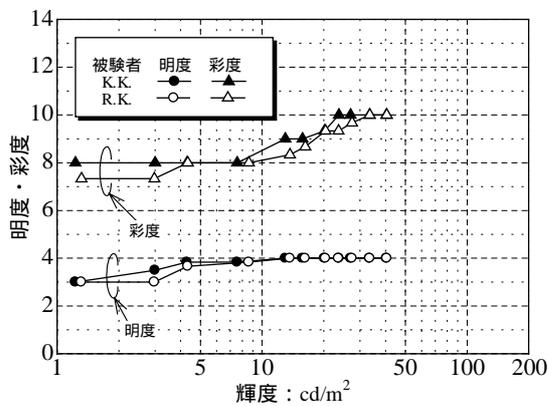
(a) 赤 (5R4/14)



(b) 黄 (5Y8/14)



(c) 緑 (5G4/10)



(d) 青 (10B4/10)

図3 輝度に対する明度・彩度特性

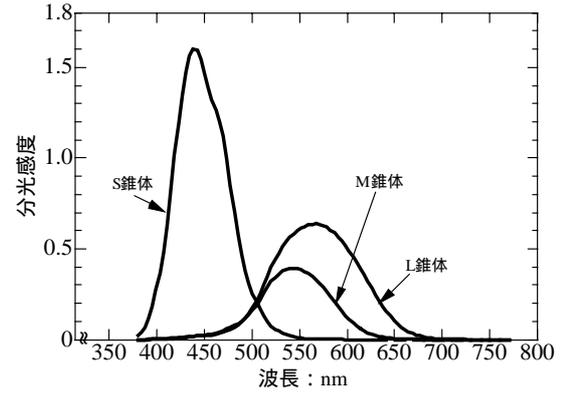


図4 錐体 (LMS) の分光感度⁶⁾

の場合で、図4に示すような、主に長波長成分に
 応答するL錐体、また緑と青の場合で、中波
 長成分に応答するM錐体、短波長成分に応答す
 るS錐体の感度が、それぞれ低下したためと考
 えられる⁶⁾。

また被験者から、実験中、テスト刺激と異な
 る色相は知覚されないとの報告を得た。これは、
 実験を行った範囲でのテスト刺激の輝度（照
 度）レベルと照らし合わせると、既往の研究結
 果⁴⁾に一致する。

次に、影の中における物体色の見えを検討す
 るために、影の状態を定量的に表すことのでき
 る影の深さ⁷⁾を導入することとした。ここでは、
 テスト刺激が均等拡散面に近似すると仮定し、
 式(1)より影の深さ S を算出した。

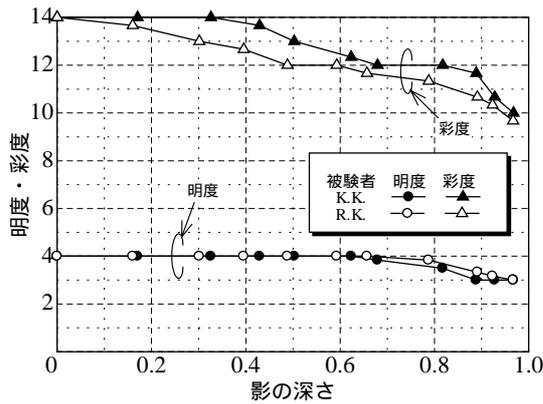
$$S = \frac{E_0 - E_s}{E_0} = \frac{L_0 - L_s}{L_0} \quad (1)$$

$$\text{ただし、} E_0 = \frac{\pi L_0}{\rho}, \quad E_s = \frac{\pi L_s}{\rho}$$

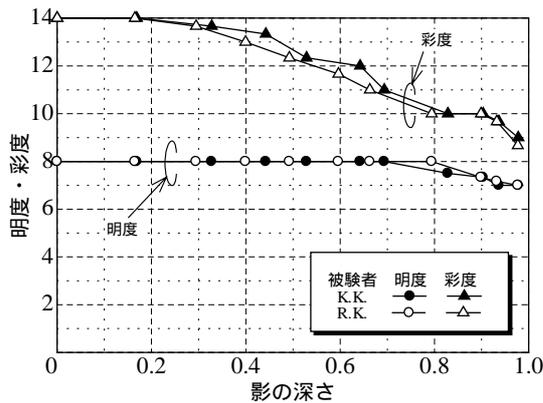
ここで、 E_0 ：影のないときの照度、 E_s ：影の中
 の照度、 L_0 ：影のないときの輝度、 L_s ：影の中
 の輝度、 ρ ：テスト刺激の反射率である。

図5に被験者をパラメータとした、テスト刺
 激の影の深さに対する、明度・彩度特性を示す。
 (a)はテスト刺激が赤、(b)は黄、(c)は緑、(d)は
 青の場合である。なお、プロットは3回の測定
 の平均としている。

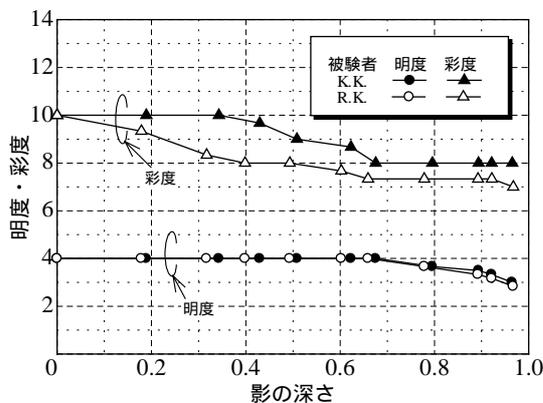
図5より、テスト刺激の色に関わらず、影の
 深さが増加するに従い、明度・彩度ともに減少



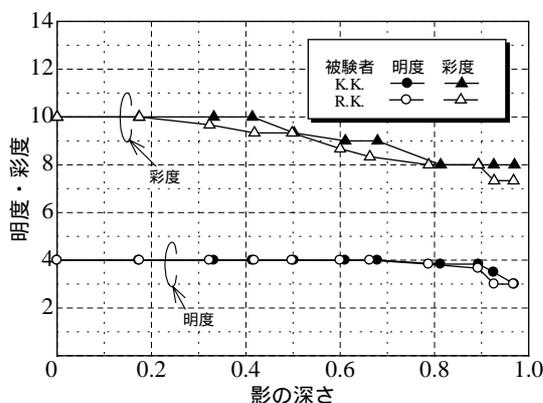
(a) 赤 (5R4/14)



(b) 黄 (5Y8/14)



(c) 緑 (5G4/10)



(d) 青 (10B4/10)

図5 影の深さに対する明度・彩度特性

する傾向にある。特に，明度では影の深さが 0.7 以上で，彩度では 0.1 以上で，それぞれ減少が開始される。このことから，Moonが述べた作業面上の照明設計における影の取り扱いとして，10%以上の照度の低下⁸⁾を考慮するならば，彩度の減少が開始される影の深さが該当する。しかしながら，今回の実験ではテスト刺激が有彩色の場合であることから，明度の情報のみ有する無彩色とした場合についても同様の実験を行い，影と明度との関係を明らかにする必要があるものと考えられる。

4. おわりに

本報告では，影の中における物体色の見えについて，マンセル表色系に基づいた JIS 標準色票を用いた評価実験により測定，ならびに検討を行った。

その結果，テスト刺激の輝度(照度)が減少，換言すれば，影の深さが増加することで，物体色の見えは，無彩色に移行することが定量的に明らかとなった。

今後は，色名を用いて色の成分比を呼称する方法である，カラーネーミング¹⁾による評価実験を行い，影の中における物体色の見えについて，さらなる検討を行う予定である。

なお，本研究の一部は，平成 16 年度日本大学学術研究助成金(奨励研究)によるものである。最後に，評価実験，ならびにデータ整理に協力してくれました，卒研生の川上涼子さん，古賀幸一君に感謝致します。

参考文献

- (1) 岡嶋：色の見えの基礎，映像情報メディア学会誌，58-4，pp. 484 ~ 489 (2004).
- (2) Y. Nakashima, et.al. : Appearance of Object Colors in Dense Fog -Shift of Perceived Munsell Value and Chroma-, J. Light & Vis. Env., 25-2, pp. 23 ~ 30 (2001).
- (3) 石田ほか：照度レベル変化に伴う表面色の同定特性，日本色彩学会誌，19-3，pp. 121 ~ 129 (1995).
- (4) 湯尻：薄明視における色の見えと明るさ，Vision (日本視覚学会誌)，3-1，pp. 18 ~ 22 (1991).
- (5) 門馬ほか：両眼隔壁等色法による薄明視における表面色の見えの測定，光学，22-5，pp. 273 ~ 280 (1993).
- (6) 内川：色覚のメカニズム，朝倉書店，pp. 42 ~ 44 (1998).
- (7) Norden, K. : Shadow and Diffusion in Illuminating Engineering, Sir Isaac Sons, Ltd., London, pp. 3 ~ 5 (1948).
- (8) Moon, P. : Scientific Basis of Illuminating Engineering, Dover Publications, Inc., New York, pp. 507 ~ 514 (1936).