

# 特集 測色の基礎から色再現まで

## 照明光と色

### Lighting and Color

村上幸三郎 Kouzaburou Murakami 村上デザイン事務所 Murakami Design office

#### 1. 色と照明

わたしたちの身の回りのすべてに色彩がある。その色彩の見えについて、色彩のもつ表情や効果に差異があるのに、ふと気がつくことがある。

スーパーマーケットの冷蔵ショーケースの中から吟味して選んだ牛肉を自宅で買物袋から取りだしてみると、こんな色のはずではなかったと納得できない。白昼の街頭に出た瞬間、蛍光灯の室内では気にもとめていなかった自分の服の赤色があまりに鮮やかなのに思わずハッとする。夜、喫茶店の窓から外に目を向けていると、街路灯の下に佇む人の顔色が蒼ざめているのを不自然に思う。工場から提出された商品の塗装色がデザイン部門の指定色に合致していないと問題になる。

このような色の見え方の変化を起す原因に、その場の照明による光の量や質の相違が考えられる。

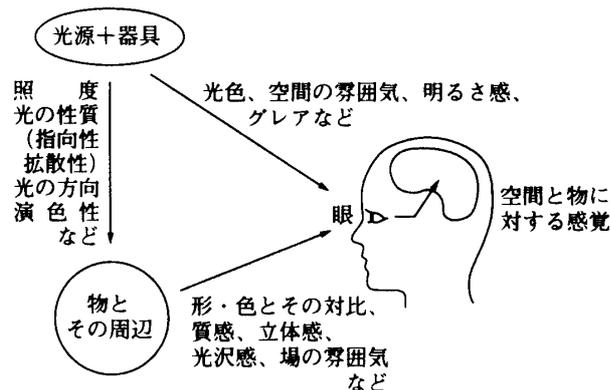


図1. 色彩と照明の関係

わたしたちが物の色を見るとは、物を照明した光がその表面で反射し、その反射光が目に入り表面色として知覚するからである。すなわち、物の色は光によって伝えられるだけに、色を扱う場合、物を照らしている照明について考慮しておかないと色を誤って知覚しかねない。

以下、主として表面色を見る場合の、照明に関する主要な事項に触れておきたい。

#### 2. 色を正しく見るための照明

##### 2-1. 色を正しく見る

物の色を正しく観察するための基本事項がJIS Z 8723「表面色の視感比較方法」に定められている。上例のように照明による色の見え方の変化は大きい。なかでも、光の質、強さ、方向などが重要であろう。その内から、照明に関するポイントを列記しておく。

##### 2-2. 標準の光

普通、わたしたちは昼間の自然光（昼光）のもとで見た色そのものの本来の色と思っている。しかし、昼光は常に一定の性質を保っているとはいえない。朝、昼、夕、季節、晴天、曇天、雨天、極端に言えば時々刻々と変化している。

色の観察にあたっては、原則として、JIS Z 8720「測色用の標準の光及び標準光源」の3.に規定する

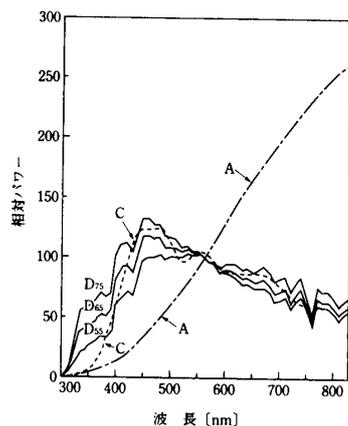


図2. 標準の光の分光分布<sup>\*1</sup>

“標準の光D<sub>65</sub>”に相対分光分布が近似する常用光源D<sub>65</sub>を用いている。

標準の光D<sub>65</sub>は、色温度が約6500ケルビン(K)の紫外波長域を含む平均的な昼光を意味し、日の出3時間後から日没3時間前までの北空昼光に基づいている。ただ、自然昼光は変化が大きいので、国際照明委員会(略称CIE)は多くの自然昼光を実測して統計的手法で処理し、それぞれの色温度における測色用として標準化した昼光の相対分光分布を規定している。これを“CIE昼光”と呼称する。しかし、残念ながら現在、標準の光D<sub>65</sub>に対応する標準光源D<sub>65</sub>は実現できていないので、一般に、これに準ずる“常用光源D<sub>65</sub>”(たとえば、演色性のよい色評価用蛍光ランプなど)を用いてもよいとしている。

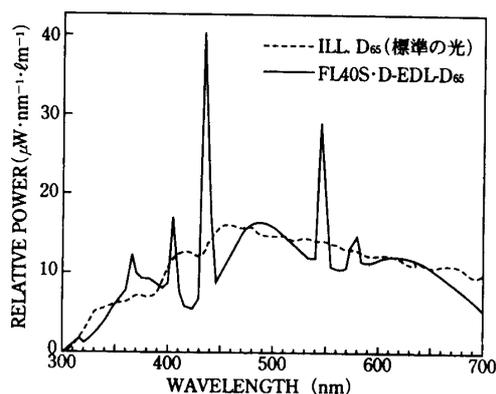


図3. 色比較・検査用D<sub>65</sub>蛍光ランプの分光分布<sup>\*3</sup>

なお、照明光を変えたときの色の变化(条件等色)を調べるためには、常用光源D<sub>65</sub>で等色の度合いを調べ、“標準の光A”で等色から外れる程度(条件等色度)を調べるとしている。標準の光Aはタングステン電球の光である。

### 2-3. 照度

JIS Z 8723では、色を比較するとき、『作業面における最小照度は、原則として1,000ルクス以上と

する』とし、『比較する色の明度Vが3以下のような暗い色の場合、その最小照度は、2,000ルクス以上であることが望ましい』としている。

また、『…作業面の均斉度を0.8以上…』と、均等な明るさとする。

### 2-4. 照明と観察の方向

照明は真上または45度の方向から拡散的に照明し、色を『観察する方向は次のいずれかによる』と規定している。(1)真上から照明した場合には45度方向から観察し、(2)45度方向からの照明では真上から観察する。また、(3)あらゆる方向から均等に照明した場合には真上または45度方向から観察する。

## 3. 照明の量と質

照明とは『光を人の生活、活動に役立たせることを目的として、光を応用すること』<sup>\*2</sup>で、良好な視作業性と視環境の快適性の向上という目標を同時に満たし、加えて、それを経済的に得るかにも配慮が必要である。上述の「2. 色を正しく見るための照明」は厳格に色彩を視感比較するときの照明要件である。

一般的な場面における照明要件は、照明の量と質の関係で料理の問題にたとえることができる。食事にまず必要なことは十分なカロリーにある。しかし、良い料理はカロリーだけでなく、料理の味や匂い、色、食器、盛り付けなど、多くのことが関係しあって作り出される。照明の場合、食事のカロリーに相当するのが明るさ(照度)であり、照明の量的側面である。料理の味や匂いなどの他の要件が、照明ではグレア、光の色と演色性、照明の方向など質に相当する。

## 4. 明るさ(照度)

### 4-1. 明るさと見やすさ

基本的には明るさ(照度)ともの見やすさ(視力)

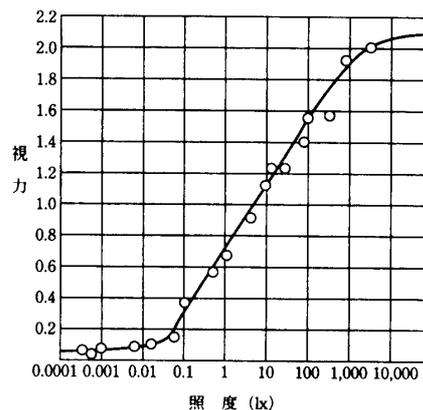


図4. 照度と視力の関係<sup>\*4</sup>

とは関係があり、明るければ明るいほど、ものをはっきりと見ることができる。

#### 4-2.必要な照度

一般に、暗い場所から照度が20ルクス程度に達すると、ものの色や形は正常に見えはじめるが、その色のもつデリケートな調子や色や柄を鮮明に認識するには500ルクス以上の照度が必要である。

一般に、色の細部を見るには少なくとも500ルクス、色の少ない差異を見分けるには1,000ルクス以上が必要である。日本印刷学会の標準照明基準では照度を700ルクスないし1,500ルクスの範囲に規定し、暗い色の比較には2,000ルクスを推奨している。

しかし、良く見えるからといって明るくばかりしていたのでは経済性を失ってしまう。照明する対象や場の特質、そこで行われる作業の種類や程度などによって必要な照度は異なってくる。その目安として、国際照明委員会の「室内照度ガイド」に推奨する照度レベルを示しておく(表1)。

表1. 屋内の推奨照度\*5

分類	推奨照度 (lx)	作業の型
A あまり使用しない場所あるいは単純な見え方が必要とされる場所の照明	20	
	30	… 周辺の暗い公共場所
	50	
	70	… 短時間出入する際の方向づけ
	100	
	150	… 連続的には使用しない作業室 例：倉庫、エントランスホール
B 作業室の全般照明	200	
	300	… 限定された条件の視作業 例：粗な機械作業、講義室
	500	
	750	… 普通の視作業 例：普通の機械作業、事務所
	1,000	
C 精密な視作業の付加照明	1,500	… 特別な視作業 例：彫刻、織物工場の検査
	2,000	
	3,000	… きわめて長時間の精密視作業 例：細かい回路や時計組立
	5,000	
	7,500	… 例外的に精密な視作業 例：極微電子部品組立
	10,000	
	15,000	… きわめて特別な視作業 例：外科手術
	20,000	

#### 4-3.照度と色の見え方

スポットライトに照らされたショーウィンドのマネキンは立体感に富み、着装している衣料は色鮮やかに感じられる。こうした現象を起す原因の一つに照度がある。

たとえば、色票をある照明条件下で観察するとき、他の観察条件を変えずにその照度のみを上げると、知覚される色票の鮮やかさは高くなる(ハント効

果)。また、白・灰・黒といった無彩色の色票を観察しながらその照度を上昇させると、白色は照度の上昇によりますます明るく、黒はますます黒く知覚され、中間の灰色の明るさはほとんど変わらない。こうした現象などの予測はまだ十分に説明できていないが、色を観察するとき、用いる照度について留意すべき事項である。

## 5. 光源の色(色温度)

### 5-1.光源色

夜の街を歩いていると住宅の窓からこぼれる白熱電球の光は赤みをおびた光に、水銀灯の光は青みがかった光に見える。光源色は光源から直接目に入って知覚される色であり、赤みをおびた光は赤色を鮮やかに感じさせるか否かといった、色の見え方とは異なる。光源色は通常色刺激値で表すが、色度での一致度を用いて色温度(K:ケルビン)で表す。しかし、蛍光灯などの一般照明用光源では完全放射体軌跡上の色度の一致で表せないため、実用的に相関色温度(K:ケルビン)を用いて表示する。

### 5-2.光源色による雰囲気

一般に色温度の低い電球などの光による空間は暖かく落ち着いたムードを感じさせ、色温度の高い光源となるにつれて、しだいに爽やかさ、涼しさとともに活動的な雰囲気をおびる傾向がある。

### 5-3.光色と照度

また、色温度の高い光源を用いて照明した空間は、照度が低いとやや陰気な寒々とした雰囲気になり、逆に、色温度の低い光源では、照度を低めに抑えないと暑苦しい雰囲気となる傾向がある。

照度 [lx]	光源の色温度 [K] と感じ		
	<3,300K 暖かい 温白色 (WW)	3,300~5,000K 中間白色 (W)	>5,000K 涼しい 昼光色 (D)
≤500	楽しい	中間	涼しい
1,000			
2,000	刺激的	楽しい	中間
3,000			
≥3,000	不自然	刺激的	楽しい

図5. 光源の色温度と照度による印象\*1

### 5-4.光色の対比

白熱電球と昼光色蛍光灯というような光色差の

大きい二つの光源を同一の空間で用いると、光色の対比がきわだつ。同一の視野で見ると、白熱電球はいつも赤みの強い光色に見え、昼光色蛍光ランプは青みの強い光色とを感じる。

このような対比効果を多用すると空間は異様な雰囲気となってしまふ。しかし、光源色の異った光源を同一の空間で用いるのは一般的である。その場合にはいずれかの光色を主とし、他方をアクセントとして従に扱うようにすると効果的になる。

### 5-5.色順応

昼の明るい場所から、映画館のような暗い場所に入ると一時周囲の状態が見えにくくなってしまふが、しばらくしてその明るさに慣れてくると周囲が見えるようになる。逆に、暗い室内から明るい外に出ると、一瞬まぶしく感じるが、すぐに慣れて行動できるようになる。このような現象を“明暗順応”と呼ぶ

一方、照明光を変化した場合にも、明暗順応と同じような現象が生じる。光源の色温度の差を人間の眼は見分けることができるので、昼光から白熱電球光のような赤みの強い光の空間に移ると、はじめはすべての色が赤みがかって感じられるが、しばらくすると赤みが消え昼光と同じような見え方になる。これを“色順応”という。

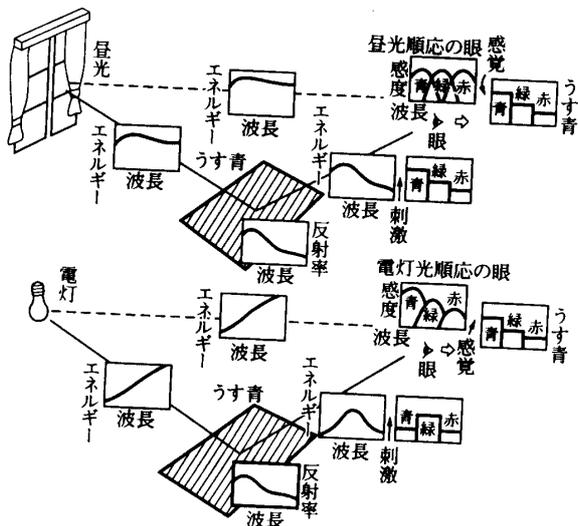


図6. 照明による色順応\*6

こうした光源色における順応があるので、ある光源色に順応した人が異なった色温度の他の空間に移動した直後には、その色温度の差や雰囲気の变化を強く感じ、当然、それに伴う色の見え方が異なってしまうことは日常的に経験する。

## 6. 光源による色の見え方の変化 (演色性)

### 6-1. 演色評価数

白色蛍光ランプで照明された赤い服や顔色は何となくくすんで見える。一方、白熱電球の光では赤色が鮮やかに感じられる。このように物体色の見え方に影響を与える光源の性質を“演色性”といい、一般に“演色評価数”を用いて表示する。『光源の演色性を表すことを目的とした指数で、試料光源の下で物体の色知覚が、規定の標準の光の下での同じ物体の色知覚に合っている程度を表すもの』(JIS Z 8113)で、「光源の演色性評価方法」(JIS Z 8726)に定めた方法によって値を求める。

それは、15種類の試験色に主な色相を代表する明度6の中彩度の8色と、高彩度の赤、黄、緑、青と、肌色、木の葉の色、そして日本人の肌色の7色を用い、評価しようとする

R <sub>1</sub> 7.5R6/4	R <sub>2</sub> 5Y6/4	R <sub>3</sub> 5GY6/8	R <sub>4</sub> 2.5G6/6
R <sub>5</sub> 10BG6/4	R <sub>6</sub> 5PB6/8	R <sub>7</sub> 2.5P6/8	R <sub>8</sub> 10P6/8
R <sub>9</sub> 4.5R4/13 赤	R <sub>10</sub> 5YR8/10 黄	R <sub>11</sub> 4.5G5/8 緑	R <sub>12</sub> 3PB3/11 青
R <sub>13</sub> 5YR8/4 肌色	R <sub>14</sub> 5GY4/4 木の葉の色	R <sub>15</sub> 1YR6/4 日本人の肌色	

図7. 演色評価値の計算に用いる試験色 (JIS Z 8726)

光源で照明したときの色の見え方と、その光源と等しい相関色温度の基準光(黒体又はCIE昼光)で照明したときの色の見え方とを比較し、その色のズレの程度を数値化して個々の特殊演色評価数R<sub>i</sub>(i=1~15)とし、特殊演色評価数R<sub>1</sub>~R<sub>8</sub>の平均値を平均演色評価数R<sub>a</sub>として表す。当然、基準光と同等の演色性は評価数100である。

代表的なランプの演色評価数を表2に示す。

どんな場所に、どの程度の演色性が望ましいかは一概には決められないが、その目安として国際照明委員会の推奨値を表3に示しておく。

表2. 代表的なランプの演色評価数\*4

ランプの種類	形名	相関色温度(K)	Ra	Rb	R10	R11	R12	R13	R14	R15		
蛍光ランプ	一般形 ●昼光色 ●昼白色 ●白色 ●温白色	FL40S・D	6,500	74	-55	58	64	72	70	94	57	
		FL40S・N	5,000	72	-65	49	56	61	66	94	53	
		FL40S・W	4,200	61	-101	36	40	44	56	93	41	
		FL40S・WW	3,500	60	-110	28	20	30	49	92	35	
	三波長域発光形 (5色発光形) ●昼光色 ●昼白色 ●電球色	FL40SS・EX-D-H	6,700	88	50	60	76	70	97	76	97	
		FL40SS・EX-N-H	5,000	88	45	62	78	72	97	75	97	
		FL40SS・EX-L-H	3,000	88	12	73	90	77	89	75	96	
	高演色形 (演色AAA) ●色比較・検査用 D <sub>65</sub> 昼光色 ●色評価用純正色 昼白色 ●美術・博物館用 電球色	FL40S・D-EDL-D65	6,500	98	95	94	98	90	98	98	98	
		FL40S・N-EDL	5,000	99	99	99	97	98	99	99	99	
		FLR40S・L-EDL-NU/M	3,000	95	93	90	95	90	97	95	97	
	HIDランプ	メタルハライドランプ ●高効率形(拡散形) ●高演色形(陽光ランプ) ●両口金形(HQIランプ)	MF400・LJ	3,800	70	-105	83	71	88	75	89	42
			D400	4,600	90	73	77	87	79	89	94	90
HQI-TS 150W/NDL			4,300	85	8	80	92	88	91	97	71	
高圧ナトリウムランプ ●高効率形(Lタイプ) ●高演色形		NH360・L	2,050	25	-181	43	-34	27	21	73	7	
		NH400SDL	2,500	85	81	68	62	60	86	87	89	
蛍光水銀ランプ		HF400X	3,900	40	-117	-13	6	-13	32	80	27	

(東芝ライテック(株)製品値)

表3. 光源の演色区分と用途例\*5

演色区分	演色評価数Ra	光色	用途例
1	Ra ≥ 85	涼	織物工場、ベンキ、印刷工場
		中間	商店、病院
		暖	家庭、ホテル、レストラン
2	70 ≤ Ra < 85	涼	事務所、学校、デパート、工場 (高温環境の場合)
		中間	同上 (適温環境の場合)
		暖	同上 (低温環境の場合)
3	Ra < 70 ただし一般作業室用として十分な演色性をもつこと		演色性があまり問題とならない場所
S (特殊)	特殊な演色性をもつランプ		特殊な用途

## 6-2. 電球と蛍光灯の光

白熱電球の光は加熱したタングステンフィラメントの温度によって性質の定まる熱放射であり、黒体を高温に加熱したときの発光にほぼ等しい。演色評価数を求めるときに比較する基準光は黒体によるので、白熱電球類はバルブなどに色をつけないかぎり、必然的に演色評価数は100となる。一方、蛍光灯はランプの中に紫外線を発生させ、ランプ管壁内部に塗布した蛍光体で可視光を放射させるので、目的に応じていろ

ろなものが設計され、当然、演色性はさまざまとなる。すなわち、演色評価数は蛍光灯などの放電灯の光による演色性を評価することを目的とした指数といえる。

## 6-3. 演色評価数の注意事項

演色評価数は上述の方法により数値化されているので、当然ながらその数値を扱うにいくつかの条件をもっている。その主要な注意事項に触れておく。<sup>7</sup>

①色温度の異なる光源の演色評価数を比較できない。

演色評価数は基準とした光源と比較した結果であり、基準光の色温度が異なると評価の基準である100の意味が異なる。たとえば、蛍光灯の昼光色形(6,500K)と白色形(4,200K)による色の見え方を演色評価数のみにより優劣は論じられない。

②同じ相関色温度の光源であっても、平均演色評価数のみではその優劣を比較できない。

平均演色評価数は8種類の試験色票の見え方のズレを計算し平均したものである。そのため、赤色におけるズレの大きい光源と、青色で同じようなズレのある光源とが同じ平均演色評価数になってしまう場合が起こりうる。

③演色評価数は定められた試験色票の色のズレの程度を数値化したもので、色再現の好ましさや色のズレの方向などを表わしていない。

たとえば、顔の色は本来の色よりもやや赤味を帯びているほうが生き生きとして見え、少しでも黄味や緑

味にズレると顔色が悪いと評価されてしまう。逆に、バターの色は黄味の濃いほうが好まれる。演色評価数の値はその色によるズレの内容を示していないので、その光源によるものの色の変化の内容や好ましく見えるかどうかといった面などを評価するものではない。

④演色評価数1~2程度の数値差を問題にすることは意味がない。

肉眼でほぼ識別できる演色評価数の最小値は最良の条件でRa:3、Ri:4程度といわれる。実用上はあまり詳細の数値をとりあげても意味がない。

⑤照明による演色は演色評価数だけではない。

たとえば、暗い場所では色彩感は乏しく、明るくなるにしたがって色彩は生彩を帯びてくる。同じ光源でも、灯数を増して照度を100ルクスから1,000ルクスに変えてみると、同じ演色性なのにものの色は鮮やかに見える。また、実際上は、光源の演色性は器具構造やセード材質にも大きく左右されるし、場の演色は内装材の色の反射も大きく影響し、目の順応、色彩や照明の対比の効果なども無視できない。それだけに、とくに、色の見え方を重視する照明の光源選定には演色評価数を参考にするとともに、実際にランプを点灯して実験評価するのが最良といえよう。

## 7. おわりに

色と光は表裏一体である。色と照明について、グレアや照明の方向、影の効果など、もっと多くの事項に触れるべきであるが、留意すべき事項の若干を述べるにとどまってしまったことをお詫びする。

おわりに、多くの文献から参考、引用させていただいた。謝辞を記しておきたい。

## 引用文献

- \*1. ラइटニングハンドブック：照明学会・編、オーム社・刊
- \*2. 照明用語事典：照明学会・編、オーム社・刊
- \*3. 技術資料・東芝色比較検査用D65蛍光ランプ：東芝ライテック(株)
- \*4. LIGHTING 照明設計資料：東芝ライテック(株)・編、刊
- \*5. 室内照明のガイド：照明学会・編、電気書院・刊
- \*6. 東 堯：改訂 照明および色彩：コロナ社・刊
- \*7. 村上幸三郎：光源の演色評価数：建築と社会 1995.8 日本建築協会・刊