

明度測定における光沢の影響

The Effect of Gloss on Perceived Lightness

坂谷 一臣
伊藤 哲也

Kazuomi Sakatani
Tetsuya Itoh

ミノルタ株式会社
//

Minolta Co.,Ltd.
//

キーワード：明度、主観評価、光沢

Keywords：lightness, subjective evaluation, gloss

1. はじめに

物体色の測色における光学系は、その照明方式によって 45 度系と拡散系の二つに大別される。さらに、積分球を用いる後者は、試料からの正反射光を含める方式（SCI：Specular Component Include）とそれを除去する方式（SCE：Specular Component Exclude）に別けられる。一般に、これらの光学系の違いによって同一試料の測定値は一致しない。とりわけ、この傾向は試料が濃く光沢が高い場合に顕著に現れる。また、試料の光沢による正反射は、その濃さや色味に応じて変化することも知られている¹⁾。そのため、光学系によって光沢による正反射を効果的に除去することは難しい。

こうした背景から、各光学系による明度測定について、通常の観察環境下における視覚との相違の検証を行った。さらに、試料の光沢情報をもとに、各光学系による明度測定結果の差を小さくする手法を提案する。

2. 検証実験

2.1 準備

12 階調のグレースケール（黒単色）をプリントした 28 枚のサンプルを用意した。記録方式は電子写真（5 機種）、インクジェット（1 機種）、サーマル（1 機種）である。記録用紙として、普通紙や II 専用紙、光沢紙を各々組み合わせることで多様な光沢特性を有する試料群を作成し、総個数にして 336 個の試料を準備した。これらの全試料を Table.1 記載の測定器で測定した。

Table.1 使用した測定器一覧

	名称	光学系	メーカー
測色計	CM-2002	拡散 (SCI)	Minolta
	CM-2002	拡散 (SCE)	Minolta
	X-Rite938	0/45	X-Rite
光沢度計	GMX-202	75 度	村上色研

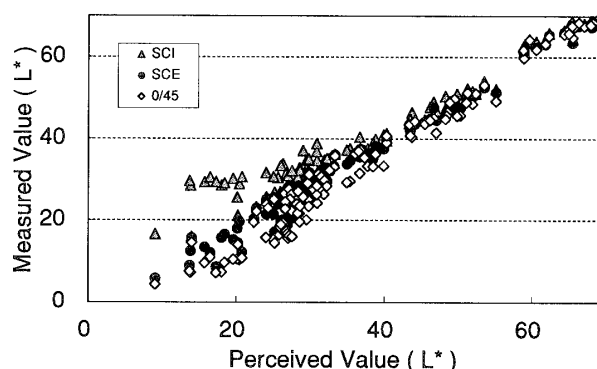


Fig.1 主観明度に対する各実測明度

各光学系による測定の結果、明るい試料では各実測値の差は小さく光沢の影響はほぼ無視できる。従って、全 336 個の試料から明るいもの（実測明度 70 以上）を除き、さらに光沢特性を考慮した 126 個の試料を次の主観評価実験の対象とした。対象とした試料は、各々の用紙から切り出して厚手の低光沢白色のカード（約 70×100mm）上に固定し、さらにその上から約 10mm 角の窓を設けた同じく厚手の用紙で覆った。

2.2 主観評価実験

各対象試料を 1 対 1 で比較する行為を総当たりで行う一対比較法を採用した。一般的なオフィス内を観察環境として、7875 回の比較判断（濃い：-1、同じ：0、薄い：+1 の三段階）を 5 名の被験者が行った。各被験者の傾向は類似しており、その平均値（平均嗜好度）を主観スケールとした。正数として扱うために、全てに+1 した値を主観値 m とする。主観値 m は 0 から 2 の範囲の値を取り、その値が小さいほど“濃い”と判断されたことを意味する。

2.3 主観 Y 値 (Y_s) への変換

明るい試料と同様に、光沢の低い試料でも各実測値のばらつきは小さい。そこで、前項の主観評価を行った 126 個の試料から低光沢（光沢度 10 以下）の試料 39 個を抽出し、その主観値 m と実測 Y 値の非線形回帰を行った。ここでは、各実測値の平均値 Y_{AVE} を実測 Y 値とした。(1) 式で表す 3 次曲線が主観値 m から主観 Y 値への変換

式である。なお、(1) 式は単調増加関数である必要があるが、その導関数は常に正であり、その条件を満たしている。

$$Y_s = 14.48 m^3 - 26.71 m^2 + 18.95 m + 0.37 \quad (1)$$

(1) 式を用いて変換した 126 個の試料の Y_s 値に対して、各実測値を各々明度レベルに変換してからプロットした (Fig.1)。 $\bullet$ で示した SCE の実測値が原点を通る傾き 1 の直線 ($y = x$) に最も近く、オフィス内のような普通の観察環境下における視覚に最も近いことが確認できる。

3. 実測値からの予測手法

3.1 光沢度による重回帰分析

Y_s 値を各実測値 ($Y_{0/45}$, Y_{SCE} , Y_{SCI}) と光沢度 G_{75} から予測する。回帰式として、 s , t を係数、 u を定数、さらに k を乗数として (2) 式で表す。

$$-\log_{10}\left(\frac{Y_s}{100}\right) = s \cdot \left(-\log_{10}\left(\frac{Y_x}{100}\right)\right) + t \cdot G_{75}^k + u \quad (2)$$

ここで、 X は SCI, SCE, 0/45 のいずれかとし、重回帰分析を行った結果を Table.2 に示した。

Table.2 光沢度との重回帰分析結果

光学系	s	t	u	k
拡散 (SCI)	1.10×10^0	-2.45×10^{-2}	4.08×10^{-2}	0.088
拡散 (SCE)	8.82×10^{-1}	-2.17×10^{-5}	8.70×10^{-2}	1.69
0/45	7.31×10^{-1}	2.45×10^{-5}	1.63×10^{-1}	1.34

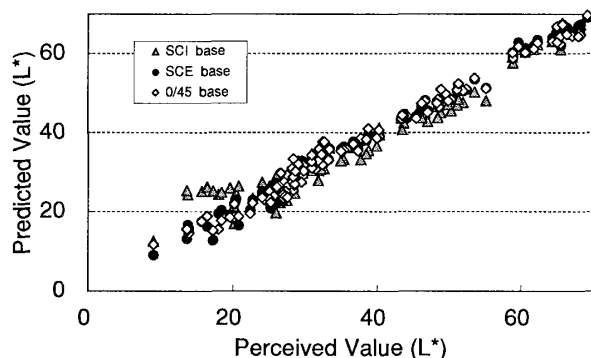


Fig.2 光沢度からの各予測明度

Fig.2 は Table.2 の各数値を (2) 式に代入して予測した各 Y_s 値を、Fig.1 と同様に明度レベルに変換してからプロットしている。実測値である Fig.1 と比較して、とりわけ濃い試料において 0/45 と SCE をベースとした予測値間の差が減少し、目標とする直線 $y = x$ に近づいていることが分かる。

3.2 SCI と SCE 差による重回帰分析

次に、SCE と SCI の各実測値から光沢に関連する情報を推測することを検討する。各実測値間

の差 ($|\log_{10}(Y_{SCI}/100) - \log_{10}(Y_{SCE}/100)|$) に着目して (2) 式の G_{75} の代わりに用いる。同様に、重回帰を行った結果を Table.3 に示す。

Table.3 SCI, SCE 差との重回帰分析結果

光学系	s	t	u	k
拡散 (SCI)	9.74×10^{-1}	4.83×10^{-1}	-1.19×10^{-1}	0.28
拡散 (SCE)	9.79×10^{-1}	-2.90×10^{-1}	4.08×10^{-2}	0.61
0/45	8.92×10^{-1}	-3.94×10^{-1}	1.19×10^{-1}	0.51

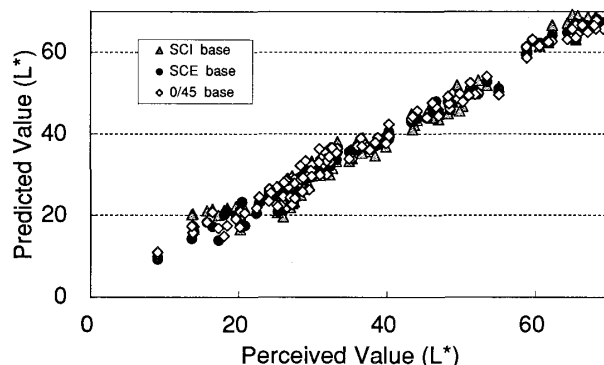


Fig.3 SCI と SCE 差からの各予測明度

Fig.3 は Table.3 の各数値をもとに予測した各 Y_s 値を、Fig.1, 2 と同様に明度レベルでプロットしている。ベースとした 3 種類の光学系からのすべての予測値で相違が減少し、主観値に近づいている。Table.4 は、Fig.1 から Fig.3 に示した同一試料に対する実測値または予測値間における明度差の最大値、及び平均値である。実測値に対して、光沢度、もしくは光沢に関連する情報 (SCI と SCE の差) を関係付けることで、各光学系による測定値の相違が改善されている。

Table.4 明度差 (最大値、及び平均値)

	実測	予測 (光沢度)	予測 (SCI と SCE 差)
最大	22.3	12.4	6.7
平均	6.0	2.9	2.7

4. 結論

測色における光学系によって、同一試料に対する測定値が異なる現状は好ましくない。今回、SCI と SCE の差を実測値に関係付ける“ソフト的”な手法で、試料の光沢に依存しないで各光学系間の測定値差を低減させ、主観と合った値が得られることを示した。今後、明度のみでなく色度についても応用を検討する。

参考文献

- 鈴木, 馬場: “反射物体色測定、照明および受光の幾何学的条件の検討 (3)” カラーフォーラム JAPAN'98 論文集, pp.21-24 (1998)