

不完全順応度の簡易推定

A Simple Estimation to the Degree of Incomplete Chromatic Adaptation

納谷 嘉信

大阪電気通信大学

Yoshinobu Nayatani

岡一のぞむ

//

Nozomu Okaichi

斎藤 周治

//

Shuji Saito

1. 序論

前報¹において、Breneman実験²について改訂非線形色知覚モデル^{3,4}による予測を実施した。その際実験における不完全順応の状態を予測するため、完全順応に対応する非線形色知覚モデルに実効順応度指数 $\alpha_{\min}$ を導入して予測する方式を与えた。しかし、その手順は順応度指数 α を様々に変化して、観測結果と予測値との偏差を最小とし、これに対応する $\alpha_{\min}$ を定める方式であった。この方式はその手順が繁雑である。このため、実効順応度指数 $\alpha_{\min}$ の近似値を実験ごとに簡易に推定する方法が開発されると実用上便利である。本報では $\alpha_{\min}$ の簡易推定法として次の方法を提案し、その予測精度を検討報告する。

”色順応実験において、背景と同一明度の試験無彩色の測色値と、その規準光下の対応色の測色値から $\alpha_{\min}$ の近似値を推定する方法。”

2. 実効順応度指数 $\alpha_{\min}$ の簡易推定

実効順応度指数 $\alpha_{\min}$ を次の方式で推定する。その考え方を図1に示す。

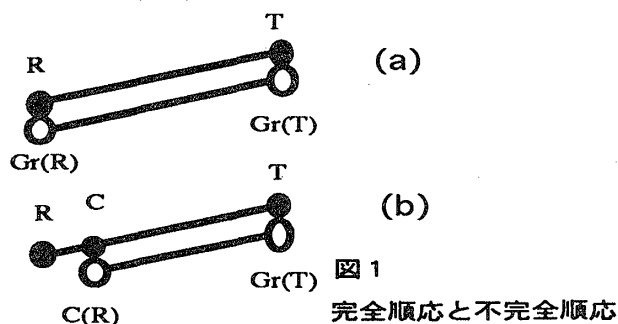
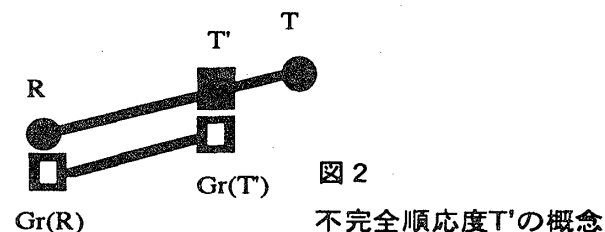


図1 (a) は試験光 T 下の無彩色 Gr(T) に対する規準光 R 下の対応色が、R 光下の無彩色 Gr(R) に等しいことを示す。これが完全順応である。すなわち、試験光順応下の無彩色の見えが規準光順応下の無彩色の見えと完全に一致することを示す。ここで無彩色とは背景と同一明度の無彩色を意味する。以下も同様である。

しかし一般には、試験光 T 順応下の無彩色 Gr(T) は図1 (b) のように規準光 R 下の対応色である R 光下の無彩色の知覚と一致せず、試験光の色味をおびた C(R) に対応する知覚を有する。これが不完全順応特性である。このことを考慮すると図2において、規準光 R と試験光 T の間に実効順応色度 T' を適切に選定すれば、T' 順応下の無彩色 Gr(T') が R 光順応下の無彩色 Gr(R) と同一知覚を与える。このように不完全順応色度 T' を定める方式を、完全順応に対応する非線形色知覚モデルに導入すると、図1 (b) のように試験光 T 下の無彩色 Gr(T) に対して試験光の値の色味を帯びた対応色 C(R) の予測を与えることとなる。



以上の議論を考慮すれば、正しい実効順応色度点に対応する実効順応度指数 $\alpha_{\min}$ の推定値 $\langle \alpha_{\min} \rangle$ は、適当な均等表色系の色度図上に示した図2の置点 R, T, T' に対し、次式で示される。

$$\langle \alpha_{\min} \rangle = \frac{\overline{RT'}}{\overline{RT}} \quad (1)$$

この結果 $\langle \alpha_{\min} \rangle = 1$ は完全順応に対応する。ここで、 $\overline{RT}$ は R と T の距離、 $\overline{RT'}$ は R と T' の距離である。しかし T' の点は仮想点であり求めるべき点であるから不明である。図1 (b)、および図2において、 $\overline{RT'} \cong \overline{CT}$ と考えられるので、(1) 式は近似的に次のように書ける。

$$\langle \alpha_{\min} \rangle = \frac{\overline{CT}}{\overline{RT}} \quad (2)$$

ここで、C は C(R) の色度を $\overline{RT}$ 上に示したものである。上記の手順は図1 (b) に対応する実験

結果を用い、図上で求めることができる。また解析によっても求めうる。 $\langle \alpha_{\min} \rangle$ が判れば、試験光の色度 x_{t0}, y_{t0} および規準光の色度 x_{r0}, y_{r0} を用い、不完全順応色度に対応する、 ξ', η', ζ' を定め、試験光下のサンプルの三刺激値 X_t, Y_t, Z_t に対し、試験照度 E_t 、背景のY値 Y_0 、モデルの規準化照度 E_{r0} を与えて、色知覚モデルの Q_t, T_t, P_t 等の明度およびクロマ相関量を定めることができる。一方規準光下ではその色度 x_{r0}, y_{r0} を ξ_r, η_r, ζ_r に変換し、規準照度 E_r 、同一の Y_0, E_{or} を用い、規準光下の対応色の三刺激値 X_r, Y_r, Z_r から、 Q_r, T_r, P_r を定めうるそれらの観測と予測の一致の程度は両者の色差で求められる。たとえばBrenemanの12個の試験色とそれらの対応色については次式で平均色差が与えられる。

$$\overline{\Delta E}_\alpha = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} \left[\Delta Q_i^2 + \Delta T_i^2 + \Delta P_i^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

ここで、 $\Delta Q_i = Q_{ti} - Q_{ri}, \Delta T_i = T_{ti} - T_{ri}$ および $\Delta P_i = P_{ti} - P_{ri}$, 等で与えられる。

ここで注意したいことは、本方式のポイントは、試験光順応下の背景と同一明度を有する試験色に対し、その規準光順応下の対応色を正確に定める実験を行う必要があるということである。

3. Breneman実験の $\langle \alpha_{\min} \rangle$ の簡易推定

Brenemanの異照明・同一照度の9実験に対して、図1(b)の点T,R,Cの色度を解析的に定めて、 $\alpha_{\min}$ の推定値 $\langle \alpha_{\min} \rangle$ を求めた。

ここで各色度座標系はCIELUVの u', v' 座標を用いた。その結果を表1に示す。

表1 実効順応度の正確法と簡易法の比較

実験	正確法		簡易法		完全順応色差
	$\alpha_{\min}$	$\overline{\Delta E}_{\min}$	$\langle \alpha_{\min} \rangle$	$\langle \overline{\Delta E}_{\min} \rangle$	
No. 1	0.824	11.31	0.909	13.38	20.07
2	0.773	6.96	0.833	7.39	13.86
3	0.621	3.06	0.638	3.11	11.13
4	0.713	3.67	0.710	3.67	14.46
6	0.893	10.17	0.907	10.23	15.09
8	0.725	7.43	0.758	7.70	21.31
9	0.669	5.14	0.637	5.24	11.35
11	0.794	9.32	0.872	9.93	13.27
12	0.704	4.59	0.716	4.61	9.63

表1の第2列には前報¹で α を可変して求めた、 $\overline{\Delta E}_{\min}$ に対応する各実験に対する実効順応指数 $\alpha_{\min}$ の値を、第4列に上記の方法で求めた $\langle \alpha_{\min} \rangle$ を示す。両者はほぼ良好な一致を示すと考えてよい。

表1の第3列には $\alpha_{\min}$ に対応する12サンプルの平均色差 $\overline{\Delta E}_{\min}$ を示す。前報¹での計算値である。ただしノイズ成分 $n=1$ の値を用いている。上述の $\langle \alpha_{\min} \rangle$ に対応する平均色差 $\langle \overline{\Delta E}_{\min} \rangle$ を前節の手順を用いて計算した。同様に $n=1$ を用いている。その結果を表1の第5列に示す。 $\overline{\Delta E}_{\min}$ と $\langle \overline{\Delta E}_{\min} \rangle$ の比較は実験No. 1を除きほぼ良好な一致を示す。No. 1実験に対しては約2単位の差を生じている。しかし $\langle \alpha_{\min} \rangle$ の使用は、 $\alpha=1$ の完全順応の場合の値である第6列にくらべ著しく改善されている。

4. 結論

本報の結果を要約すると次のようになる。

- 1) 不完全順応に対応する実効順応度指数 $\alpha_{\min}$ を推定する簡易法を与えた。その方法は、試験光下の背景と等明度の無彩色サンプルの規準光下の対応色の色度を用いる方法である。
- 2) 本報の方式が、前報¹で解析したBrenemanの実験に充分精度よく使用しうることを明らかにした。推定値 $\langle \alpha_{\min} \rangle$ の近傍で最適点 $\alpha_{\min}$ に近い点を探すと、さらに高精度の結果を求めることができる。
- 3) 本方法では試験光下の無彩色に対する規準光下の対応色を高確度で求める必要がある。このため、Haploscopic Matchingの採用が望ましい。

参考文献

1. 納谷、岡一、斎藤；Breneman順応実験の非線形色知覚モデルによる予測、第28回照明学会全国大会講演論文集、講演番号99(1995年4月)

2. E.J. Breneman, Corresponding chromaticities for different states of adaption to complex fields, J. Opt. Soc. Am., A4, 1115-1129(1987).

3. Y. Nayatani, Revision of chroma and hue scales of a nonlinear color-appearance model. Color Res. Appl., 20, No.3(1995).

4. Y. Nayatani, H. Sobagaki, K. Hasimoto, and T. Yano, Lightness dependency of chroma scales of a nonlinear color-appearance model and its latest formulation, Color Res. Appl., 20, No.3 (1995).