Chromatic Strength と知覚白色度の関係

正会員 片山 一郎 (西野田工業高校)
非会員 青木 務 (神戸大学)

専門会員 梶見 和孝 (放送大学)

Relation between Chromatic Strength and Perceived Whiteness

Member Ichiro Katayama (Nishinoda Technical High School),

Fellow Member Kazuyoshi Masumi (The University of the Air) and

Non Member Tsutomu Aoki (Kobe University)

ABSTRACT

Using psychological experiments, we investigated the perceived whiteness of a white object under 30 types of illuminants. We used the index we developed in an initial study [J. Illum. Inst. Jpn. Vol.83 No.11(1999)] and modified in a subsequent study [J. Illum. Inst. Jpn. Vol.85 No.5(2001)] to evaluate the perceived whiteness. The index is proportional to the total chromatic strength of the spectral stimulus at a constant luminance level; it correlated highly with the experimental results, indicating that it can be used to effectively evaluate the perceived whiteness of a white object under various illuminants.

Considering the ability of a spectral stimulus to induce brightness and chromatic perception, we investigated the cause of whiteness perception. We found that whiteness perception, the Helmholtz-Kohlrausch effect, the discrimination threshold level of colorimetric purity, and the G_0 function studied by Evans are all caused by a basically common color perception mechanism and that they can be explained uniformly by using chromatic strength.

KEYWORDS : perceived whiteness, chromatic strength, brightness perception, Helmholtz-Kohlrausch effect, purity discrimination, G_0 function

1. 緒言

紙、繊維、写真、塗装物など、われわれの周囲には白色物体が数多く存在し、白く知覚されることがそれらの製品としての価値を高める重要な要因となる場合が多い。そのため、知覚白色度を増す方法とその定量的評価の研究が数多く行われてきた^{1)~4)}。しかし、これまでに提案された知覚白色度評価式は、視感評価実験結果に基づく実験式であり、知覚白色度を規定する視覚メカニズムが考慮されていないため、評価式の根拠が明確でない。

一方、白熱電球の照明下では、その照明環境に充分順応した後、昼光下と比較して、白色物体が黄色みを帯びて見える現象をわれわれは日常的に経験している。CIECAM97s など、いくつかの色の見えモデル⁵⁾は、任意照明光下での物体色の見えを予測するが、知覚白色度の照明光による変化を直接的に予測、評価するものではない。

筆者らは、視覚メカニズムに基づく知覚白色度評価方法として、chromatic strength の明るさ感強調効果としての側面に注目して検討を進めてきた。chromatic strength は、Evans ら⁶⁾⁷⁾が開口色の見えに関する実験で G_0 関数として求めたもので、スペクトル色刺激の黒み知覚キャンセル能力として定義される。一方、

Helmholtz-Kohlrausch 効果⁸⁾においては、chromatic strength は、スペクトル色刺激の明るさ知覚を増大させる能力として現れる。いずれの色知覚現象も本質的に共通するメカニズムに起因し⁹⁾、chromatic strength の値は、短波長域では大きく、570nm 近傍で最小となり、長波長域で再び大きくなる。

第一報¹⁰⁾において、さまざまな照明光下での知覚白色度の変化を官能評価実験によって求め、照明光の分光組成と知覚白色度との関係について検討した。照明光を構成する各波長成分の chromatic strength の総和によって決まる明るさ感が知覚白色度を決定する重要な成因であるとの仮説を立て、知覚白色度の定量的評価指標 C/V index を定義し、その有効性および仮説の妥当性を確認した。

第二報¹¹⁾においては、白色物体の分光反射率分布と知覚白色度との関係について、第一報¹⁰⁾と同様に視覚メカニズムに基づいて検討し、 C/V index を用いてさまざまな分光反射率分布を有する白色物体に対する知覚白色度の定量的評価を試みた。第一報¹⁰⁾で定義した C/V index は、Hurvich and Jameson モデル¹²⁾を用いて chromatic strength 値を推定し、色順応効果の補正には CIE 色順応式を適用したが、第二報¹¹⁾では Guth ベクトルモデル¹³⁾を用いて chromatic strength 値を推定し、色順応効果の補正には von Kries 則を適用する構造とした修正 C/V index を定義し、良好な知覚白色度評価性能を得た。

本論文の一部は平成13年度照明学会全国大会で片山一郎が講演した。

表 1 30種類の照明光の uv 色度座標, 相関色温度(T_c)の各値
 Table 1 uv chromaticity coordinates, correlated color temperatures (T_c) for 30 types of illuminants used in the analysis.

No.	Light source	Filter	Chromaticity coordinates		T_c (K)
			u	v	
1	Incandescent lamp	Nil	0.255	0.347	2890
2		RP filter	0.276	0.347	2440
3		Y filter	0.274	0.357	2450
4		G filter	0.238	0.355	3240
5		B filter	0.239	0.341	3400
6	High saturation incandescent lamp (High saturation lamp)	Nil	0.261	0.344	2790
7		RP filter	0.289	0.345	2220
8		Y filter	0.284	0.357	2290
9		G filter	0.239	0.355	3210
10		B filter	0.241	0.336	3430
11	Regular day-white fluorescent lamp (FLN)	Nil	0.209	0.322	5150
12		RP filter	0.227	0.317	4520
13		Y filter	0.225	0.353	3600
14		G filter	0.198	0.343	4750
15		B filter	0.198	0.308	6930
16	Three-band type day-white fluorescent lamp (EXN)	Nil	0.209	0.324	5070
17		RP filter	0.231	0.325	4060
18		Y filter	0.227	0.354	3530
19		G filter	0.193	0.345	—
20		B filter	0.196	0.306	7240
21	Three-band type warm-white fluorescent lamp (EXWW)	Nil	0.248	0.334	3220
22		RP filter	0.269	0.332	—
23		Y filter	0.268	0.353	2570
24		G filter	0.231	0.350	3480
25		B filter	0.232	0.321	4120
26	Three-band type daylight fluorescent lamp (EXD)	Nil	0.200	0.306	7010
27		RP filter	0.219	0.302	—
28		Y filter	0.216	0.345	4030
29		G filter	0.184	0.332	—
30		B filter	0.188	0.283	13200

本研究では、修正 C/V index を第一報¹⁰⁾の実験条件に適用し、さまざまな照明光下での知覚白色度評価性能を検討するとともに、chromatic strength の無彩色感キャンセル能力と明るさ感強調効果という二面性に注目し、知覚白色度との関係について考察する。

2. 実験概要および結果

2.1 装置

本実験では、白熱電球、高彩度形白熱電球（以後、高彩度電球と略記）、普通形昼白色蛍光ランプ（FLN）、3 波長形昼白色蛍光ランプ（EXN）、3 波長形温白色蛍光ランプ（EXWW）、3 波長形昼光色蛍光ランプ（EXD）以上 6 種類の光源と 4 種類の色ガラスフィルタ（RP, Y, G, B）を組み合わせ、合計30種類の照明光を実現した。表 1 に各照明光の uv 色度座標, 相関色温度(T_c)を示す。照明光 No. 19, 22, 27, 29の色度は、相関色温度適用範囲外に位置する。図 1 に uv 色度図上の各照明光の色度座標を示す。表 1 および図 1 に示した各値は、島津製作所製 SPG-100VS 形分光器を用いて計測した照明光の分光組成から算出している。

両眼隔壁観測ボックスを用い、左右異なる照明光で同一白色サンプルを照明した。観測ボックス内壁は N5 相当の無彩色とし、サ

図 1 30種類の照明光の uv 色度座標
 Fig. 1 uv chromaticity coordinates for 30 types of illuminants used in the analysis.

図 2 白色サンプルの分光反射率分布
 Fig. 2 Spectral reflectance distribution of the sample used in the experiments.

ンプル面照度は1000 lxに設定した。白色サンプルは日本色研事業株式会社に製作を依頼した N9.4無光沢色紙で、蛍光増白剤は含まない。図 2 に白色サンプルの分光反射率分布を示す。サンプルは一辺 5 cm の正方形で視角は約 8°に相当し、被験者は約 45°の方向から観測した。観測ボックスは、遮光した実験室に設置した。

2.2 手順

正常色覚者 3 名（33歳男性, 23歳男性, 23歳女性）を被験者とした。被験者には、両眼隔壁観測ボックスのサンプル呈示面（N5 相当）を 3 分間以上注視し、照明光に順応するよう指示した。その後、ボックス内に白色サンプルを呈示し、左右どちらの照明光下のサンプルがより白く見えるかを 7 評点法で評価するよう求めた。実験中、観測時間には制限を設けなかった。

本実験では、光源の種類を固定し、フィルタによる白色サンプルの見えの変化を調べた。異なる光源間における白色サンプルの見えの変化は、フィルタと組み合わせない光源単体の照明光間で比較した。

2.3 結果

一対比較による知覚白色度の評価値から、中屋の変法¹⁴⁾を用いて、間隔尺度を構成した。表2に各光源のフィルタの種類による知覚白色度平均評点の変化を示す。本実験では、各光源についてフィルタによる知覚白色度を相対的に評価するものであり、構成される心理尺度は絶対零点を有しないため、表2中の各評価値は、異なる光源間では比較することはできない。

白熱電球を除き、いずれの光源においても、Bフィルタ、RPフィルタと組み合わせた場合は、光源単体の場合と比較して知覚白色度が大きくなり、Gフィルタ、Yフィルタと組み合わせた場合、小さくなる。分散分析の結果、6種類いずれの光源についても、主効果は1%水準で有意であり、被験者間に有意差は見られなかった。

6種類の光源単体での知覚白色度平均評点の各値を表3示す。分散分析の結果、主効果は1%水準で有意であり、被験者間に有意差は見られなかった。全般的に、相関色温度が高い光源ほど知覚白色度が大きくなる傾向が見られるが、ほぼ等しい相関色温度を有する白熱電球と高彩度電球とでは知覚白色度評価に差異が認められた。

表2 各光源におけるカラーフィルタによる知覚白色度平均評点の変化
Table 2 Changes in the average scores of the perceived whiteness per the filters used in combination with each light source.

No.	Light source	Filter	Score of the perceived whiteness
1	Incandescent lamp	Nil	0.60
2		RP filter	0.53
3		Y filter	-1.73
4		G filter	-1.00
5		B filter	1.60
6	High saturation incandescent lamp (High saturation lamp)	Nil	0.53
7		RP filter	0.60
8		Y filter	-1.47
9		G filter	-1.07
10		B filter	1.40
11	Regular day-white fluorescent lamp (FLN)	Nil	0.40
12		RP filter	1.13
13		Y filter	-1.53
14		G filter	-1.20
15		B filter	1.20
16	Three-band type day-white fluorescent lamp (EXN)	Nil	0.47
17		RP filter	0.87
18		Y filter	-1.40
19		G filter	-1.00
20		B filter	1.07
21	Three-band type warm-white fluorescent lamp (EXWW)	Nil	0.40
22		RP filter	0.87
23		Y filter	-1.40
24		G filter	-1.27
25		B filter	1.40
26	Three-band type daylight fluorescent lamp (EXD)	Nil	0.33
27		RP filter	0.80
28		Y filter	-1.33
29		G filter	-1.07
30		B filter	1.27

表3 6種類の光源に対する知覚白色度平均評点
Table 3 Average scores of the perceived whiteness for 6 types of light sources.

Light source	Score of the perceived whiteness
Incandescent lamp	-1.33
High saturation lamp	-0.56
FLN	0.33
EXN	0.61
EXWW	-0.22
EXD	1.17

3. 考察

3.1 知覚白色度評価指標 C/V index

ここでは、第二報¹¹⁾において白色物体の分光反射率分布を考慮して一般化した修正 C/V index を第一報¹⁰⁾の実験条件に適用し、その有効性および仮説の妥当性を検討する。

まず、chromatic strength と知覚白色度との関係について、次の仮説を設定し、知覚白色度評価指標 C/V index を式(1)で定義する。

仮説「chromatic strength の大きい波長成分を多く含む分光組成の白色照明光下、あるいは chromatic strength の大きい波長の分光反射率が大きい白色物体は、より明るく知覚され、知覚白色度が大きくなる」

$$C/V \text{ index} = \frac{\int_{380}^{780} P(\lambda) R(\lambda) C(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{780} P(\lambda) R(\lambda) V(\lambda) d\lambda} \times Y \times a \dots\dots\dots(1)$$

ただし、 $P(\lambda)$ は照明光の分光組成、 $R(\lambda)$ は白色物体の分光反射率分布、 $C(\lambda)$ は色み応答を含む明るさ応答、 $V(\lambda)$ は CIE 標準視感度関数、 Y は視感反射率、 a は調整係数である。式(1)において、 Y は物体色の三刺激値の定義より、式(2)で表される。

$$Y = \frac{\int_{380}^{780} P(\lambda) R(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{780} P(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

ただし、 $\bar{y}(\lambda)$ は CIE1931 等色関数である。式(2)および $\bar{y}(\lambda) = V(\lambda)$ より、式(1)は式(3)となる。

$$C/V \text{ index} = \frac{\int_{380}^{780} P(\lambda) R(\lambda) C(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{780} P(\lambda) V(\lambda) d\lambda} \times 100 \times a$$
$$= \frac{\int_{380}^{780} P(\lambda) R(\lambda) C(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{780} P(\lambda) V(\lambda) d\lambda} \times a' \dots\dots\dots(3)$$

色み応答を含む明るさ応答関数 $C(\lambda)$ は、Guth ベクトルモデル¹³⁾を用いて式(4)で定義する。

$$C(\lambda) = \{A(\lambda)^2 + T(\lambda)^2 + D(\lambda)^2\}^{1/2} \dots\dots\dots(4)$$

ただし、 $A(\lambda)$ は輝度チャンネル応答の波長関数、 $T(\lambda)$ は色みチャンネルの R/G 応答の波長関数、 $D(\lambda)$ は同じく B/Y 応答の波長関数である。つまり、 $C(\lambda)$ は輝度応答と反対色応答のベクトル和の波長関数であり、brightness の波長関数に相当する。 $A(\lambda)$ 、 $T(\lambda)$ 、 $D(\lambda)$ は式(5)で定義される。

$$\begin{bmatrix} A(\lambda) \\ T(\lambda) \\ D(\lambda) \end{bmatrix} = mHM \begin{bmatrix} \bar{x}(\lambda) \\ \bar{y}(\lambda) \\ \bar{z}(\lambda) \end{bmatrix} \dots\dots\dots(5)$$

式(5)の m, H, M は、それぞれ (3×3) の行列であり、 M は CIE1931 等色関数 $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ の錐体の分光感度特性への変換を、 H は視神経層での輝度応答と反対色応答への変換をそれぞれ表している。 m は種々の視知覚現象に対応させて調整する係数である。

$C(\lambda)$ と $V(\lambda)$ から chromatic strength の波長特性 $S(\lambda)$ は、式(6)で推定することができる¹⁵⁾。

$$S(\lambda) = C(\lambda) / V(\lambda) \dots\dots\dots(6)$$

式(1), (6)より、 C/V index は、chromatic strength の大きい波長成分を相対的に多く含む分光組成の照明光に対して大きくなる構造であることがわかる。色順応効果の補正を含め、計算手順の詳細は、第二報¹¹⁾の付録を参照されたい。

3.2 検証

各照明光について求めた C/V index 値を表 4 に示す。図 3(a)～(b)は、 C/V index と各カラーフィルタに対する知覚白色度平均

表 4 30種類の照明光の C/V index 値
Table 4 C/V indices for 30 types of illuminants.

No.	C/V index	No.	C/V index	No.	C/V index
1	72.0	11	77.2	21	81.9
2	70.6	12	78.5	22	81.0
3	58.2	13	62.8	23	66.1
4	64.7	14	68.8	24	71.9
5	77.3	15	78.9	25	86.0
6	78.3	16	81.5	26	84.3
7	75.7	17	82.6	27	86.7
8	60.1	18	66.5	28	73.3
9	67.9	19	71.0	29	75.1
10	83.4	20	83.1	30	84.0

評点との相関を各光源について調べた結果を示し、図 3 中の R は単相関係数である。いずれの場合も、 C/V index と知覚白色度平均評点とは高い相関が認められる。無相関検定の結果、光源 EXD のみ 5%水準で有意、その他の光源については、1%水準で有意であった。

C/V index と 6 種類の光源に対する知覚白色度平均評点との回帰分析結果を図 4 に示す。光源間においても高い相関が認められ、無相関検定の結果、5%水準で有意であった。

以上の結果から、修正 C/V index は、さまざまな分光組成を有する照明光下での知覚白色度の定量的評価に有効であるといえ、仮説の妥当性が検証された。

4. Chromatic Strength と知覚白色度の関係

緒言で述べたとおり、chromatic strength は、無彩色成分キャンセル能力つまり色み感誘発能力と明るさ感強調能力の二つの側面をもつ。ここでは、これら二つの側面と知覚白色度との関係に

図 4 C/V index と 6 種類の光源に対する知覚白色度平均評点との関係
Fig. 4 Relation between the average scores of the perceived whiteness and C/V indices for 6 different light sources.

図 3 C/V index と各カラーフィルタに対する知覚白色度平均評点との関係
Fig. 3 Relation between the average scores of the perceived whiteness and C/V indices for 4 types of colored filters on each light source.

について検討する。

知覚白色度の重要な心理的決定因は、明るく知覚されること、および色みを感じないことと考えられるため¹⁶⁾、知覚白色度 W_p を式(7)で定義してみる。

$$W_p = f(AC, B, L) \dots\dots\dots(7)$$

ただし、 AC は無彩色感、 B は明るさ感強調効果、 L は明度とする。

いま、色み感を C とすると、無彩色感の減少は色み感の増大を意味することから、無彩色感 AC と色み感 C の関係は式(8)で表すことができる。

$$AC + C = \alpha \dots\dots\dots(8)$$

ただし、 α は一定値とする。ここでは、簡単のため、 $\alpha = 0$ とすると、 $AC = -C$ となり、式(7)は式(9)と表すことができる。

$$W_p = f(-C, B, L) \dots\dots\dots(9)$$

式(9)において、 B および C はともに視覚系の色みチャンネル応答に起因し、輝度刺激の増大につれていずれも増大する。本実験で示した照明光の分光組成の変化によって知覚白色度が増減する事実、および第二報¹¹⁾に示した白色物体に色み成分を添加することで知覚白色度が増減する事実から、明るさ感強調効果 B と色み感 C の輝度刺激に対する変化は、波長に依存すると考えられる。そこで、chromatic strength を明るさ感強調効果と色み感の共通要因として、 B および C をそれぞれ式(10)、(11)で定義する。

$$B = kr(x - x_{0b}) + a \dots\dots\dots(10)$$

$$C = l\{r(x - x_{0c})\}^r + b \dots\dots\dots(11)$$

ただし、 x は対数輝度、 x_{0b} 、 x_{0c} は B 、 C それぞれの閾値、 a 、 b 、 k 、 l は定数とする。 r は chromatic strength の対数値で、式(12)で定義する。

$$r = \log S(\lambda) + 1 \dots\dots\dots(12)$$

ただし、 $S(\lambda)$ は波長 λ における chromatic strength 値とする。式(10)より、明るさ感強調効果 B は対数輝度に対して直線的に変化し、 $k=1$ とすると、 r は直線の傾きに相当する。色み感 C については、 r をべき指数とする対数輝度に対する非線形性を仮定する。

図5に B および C の閾値近傍での特性を示す。ここでは、chromatic strength が小さい場合の例として $r=1.1$ を、同じく大きい場合として $r=3$ を示し、簡単のため、 $k=l=1$ 、 $a=b=0$ としている。図5中、 $r=1$ は無彩色成分に対応する。

白色物体の分光反射率分布において chromatic strength の大きい波長の反射率が相対的に大きい場合、あるいは照明光の分光組成中に chromatic strength が大きい波長成分が相対的に多く含まれる場合、刺激が非常に小さい領域において、明るさ感強調効果 B が色み感 C に比較して優勢となり、知覚白色度が増大する。それに対して、chromatic strength が小さい波長成分の場合、色み感 C に比較して明るさ感強調効果 B が優勢になる刺激域が存在せず、知覚白色度は色み感の増大によって低下すると考えられる。しかし、図5から明らかなように、chromatic strength が大きい波長成分も分光組成あるいは分光反射率分布に過度に含まれる場合、色み感 C の増大によって白色として知覚されなくなる。

図5において、明るさ感強調効果 B と色み感 C の交点を輝度刺激の増大に対して初めに色みが知覚される輝度値つまり chromatic threshold⁷⁾¹⁷⁾と仮定すると、それらの値の比較は測色純度弁別⁷⁾¹⁷⁾¹⁸⁾に対応すると考えられる。つまり、chromatic strength の大きい波長成分において弁別閾値は小さく、chromatic

図5 明るさ感強調効果 B および色み感 C の閾値近傍での特性
Fig.5 Properties of brightness perception (B) and chromatic perception (C) neighboring the threshold luminance.

strength の小さい波長成分において大きな値となる。また、一定輝度値に対する各波長成分の明るさ感強調効果 B の大小比較、あるいは一定明るさ感強調効果 B に対応する各波長成分の輝度値の比較は、Helmholtz-Kohlrausch 効果として観測される知覚現象に対応する。

以上の考察から、白色知覚は、Helmholtz-Kohlrausch 効果、測色純度弁別関数、 G_0 関数と本質的に共通な知覚メカニズムに基づく知覚現象であると考えられる。

5. 結言

照明光の分光組成が知覚白色度に与える影響について、修正 C/V index を用いて検討し、以下の結論を得た。

- (1) 修正 C/V index は、任意の照明光下の白色物体に対する知覚白色度の定量的評価に有効である。
 - (2) 閾値近傍における chromatic strength に起因する明るさ感強調効果と色み感の特性の差異が知覚白色度の重要な成因である。
 - (3) 白色知覚には、Helmholtz-Kohlrausch 効果、測色純度弁別関数、 G_0 関数と本質的に共通の知覚メカニズムが関与している。
- 今後、知覚白色度と観測条件との関係を検討し、白色知覚の成因をより明確にしていける。

参考文献

- (1) D. B. Judd: A Method for Determining Whiteness of Paper, Paper Trade Journal, pp.266-268 (1935).
- (2) D. L. MacAdam: The Specification of Whiteness, J. Opt. Soc. Am., 24, pp.188-191 (1934).
- (3) G. Wyszecki and W. S. Stiles: Color Science, 2nd ed., John Wiley & Sons, p.506 (1982).
- (4) 馬場護郎: 白さの定量的評価, 光学, 10-1, pp.11-17(1981).
- (5) M. D. Fairchild: Color Appearance Models, Addison-

Wesley, pp.233-265, pp.375-393 (1998).

- (6) R. M. Evans and B. K. Swenolt : Chromatic Strength of Colors: Dominant Wavelength and Purity, J. Opt. Soc. Am., 57, pp.1319-1324 (1967).
- (7) R. M. Evans : THE PERCEPTION OF COLOR, John Wiley & Sons, pp.99-128 (1974).
- (8) 文献(3), pp.410-420.
- (9) Y. Nayatani, H. Sobagaki and K. Hashimoto : Relation between Helmholtz-Kohlrausch Effect, Purity Discrimination, and G_0 Function, J. Light & Vis. Env., 17-2, pp.16-24 (1993).
- (10) 片山一郎, 飯山真生, 梶見和孝 : 照明光の分光組成が知覚白色度に与える影響, 照学誌, 83-11, pp.847-853 (1999).
- (11) 片山一郎, 梶見和孝, 青木務 : 白色物体の分光反射率分布が知覚白色度に与える影響, 照学誌, 85-5, pp.338-345 (2001).
- (12) L. M. Hurvich and D. Jameson : Some Quantitative Aspects of an Opponent-Colors Theory. II. Brightness, Saturation, and Hue in Normal and Dichromatic Vision, J. Opt. Soc. Am., 45-8, pp.602-616 (1955).
- (13) S. L. Guth, R. W. Massof and T. Benzschawel : Vector model for normal and dichromatic color vision, J. Opt. Soc. Am., 70-2, pp.197-212 (1980).
- (14) 日科技連官能検査委員会編 : 官能検査ハンドブック, 日科技連出版社, pp.349-393 (1974).
- (15) Y. Nayatani : A Colorimetric Explanation of the Helmholtz-Kohlrausch Effect, Color Res. Appl., 23-6, pp.374-378 (1998).
- (16) 鈴木恒男 : 新編色彩科学ハンドブック第2版, 東京大学出版会, pp.293-295 (1998).
- (17) D. M. Purdy : ON THE SATURATION AND CHROMATIC THRESHOLDS OF THE SPECTRAL COLORS, Brit. J. Psychol., 21, pp.283-313 (1931).
- (18) I. G. Priest and F. G. Brickwedde : The Minimum Perceptible Colorimetric Purity as a Function of Dominant Wave-Length, J. Opt. Soc. Am., 28-5, pp.133-139 (1938).

(受付日2001年11月27日/採録日2002年1月11日)

片山 一郎 (正会員)

大阪府立西野田工業高等学校

梶見 和孝 (専門会員)

放送大学兵庫学習センター

青木 務 (非会員)

神戸大学発達科学部人間環境科学科

昭和21年12月2日生まれ。昭和50年5月京都大学大学院農学研究科博士課程単位修得退学。昭和50年京都大学木材研究所勤務。現在、神戸大学発達科学部教授。住環境材料に関する研究に従事。農学博士。日本木材学会、日本家政学会、日本インテリア学会各会員。