歯冠色に関する研究

心理メトリック量を応用した歯冠色カラーチャート
およびシェードガイドの色彩域について

山崎 信夫 塩冶 孜 片山伊九右衛門

A Study of the Tooth Color

Color Space of a Tooth Color Chart with the Application
of Psychometric Quantity and Shade Guide

Nobuo Yamazaki Tsutomu Enya and Ikuemon Katayama

緒 言

前歯部の修復においては、審美的な要素として自然感を損なわない色調を備えていることが要求されるため、天然歯歯冠色の実態を把握することが必要であると考えられる。

天然歯の色調についての研究は、歯科臨床上きわめて重要な問題の1つであり、過去にも多くの報告がなされている¹⁻¹²⁾。歯の色調研究には、種々の色調段階をもったシェードガイドで天然歯と比較対照してその色調を決定する方法、測色器を用いて天然歯を直接測色する方法、などが行われている。歯表面の測色については、解剖学的な微細構造および光沢性、透過性、屈折性、蛍光性など微妙な色調変化があげられ、これら複雑な状況下にあるため、測色学的に困難があるものと考えられる¹³⁾。

著者らは、歯冠色を客観的に記録する方法として、色調の範囲および位置づけをするためのカラーチャートの作製が必要であるものと考え、既製のシェードガイドではなく、色彩学的に整理された色票により比色を行うため、歯冠色範囲のカラーチャートを試作し、その作製方法について検討し、そのカラーチャートを用いて天然歯上顎前歯部唇面を視感比色判定し、その色彩範囲について報告¹⁴⁾し、さらに、歯冠色調の色彩分布に従来広く色

彩学で取りあげられているマンセル表示法（HVC 表示法、三属性表示法）による関係をさらに進めて、1979年 Hunt R.W.G.¹⁵⁾により提案された人間の心理知覚量にもとづく心理物理量と相関の高い心理メトリック量によりカラーチャート19色を試作した。

今回は、心理メトリック量による歯冠色カラーチャートの色彩分布とシェードガイド4種（VITA 社 Lumin Vacuum, DENTSPLY 社 Trubyte Bioform, SHOFU 社 Real Crown, GC 社 Plastic Teeth）についても色彩域を求めるため、分光測色を行い CIELAB L*a*b* 空間においてカラーチャートおよびシェードガイドの色彩範囲を表現したものである。

実験方法

心理メトリック量によるカラーチャートを試作するための準備として、すでに発表し作製した歯冠色範囲のカラーチャートによる天然歯での、視感比色判定による色調分布をもとに Table 1 に示す心理メトリック量の変換

Table 1 Formulae for CIE 1976 Metric Measures

$L^* = 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16$	$Y/Y_n > 0.008856$
$C^*_{ab} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$	
$H^*_{ab} = \tan^{-1}(b^*/a^*)$	
$\Delta H^* = \{(\Delta E_{ab})^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*_{ab})^2\}^{1/2}$	

L* : metric lightness
C*ab : metric chroma
H*ab : metric hue-angle
ΔHab* : metric hue-difference

城西歯科大学保存修復学講座（主任：片山伊九右衛門教授）
Department of Operative Dentistry Josai Dental University (Director : Prof. Ikuemon Katayama)
昭和 59 年 10 月 30 日受付

Table 2 Distribution of metric lightness, metric hue-angle and metric chroma

	L*	H°ab	C*ab	frequency	
				n	%
Hue	H1	76.2		7	2.9
	H2	80.3		65	27.1
	H3	84.7		145	60.4
	H4	90.3		23	9.6
	H5	93.3		0	0
	$\bar{x}$	83.8			
	σ	3.09			
	2σ	6.18			
	3σ	9.27			
Value	V1	81.60		2	0.8
	V2	74.61		69	28.8
	V3	69.88		126	52.5
	V4	65.69		41	17.1
	V5	61.97		2	0.8
	V6	58.03		0	0
	$\bar{x}$	70.56			
	σ	3.26			
	2σ	6.52			
	3σ	9.79			
Chroma	C1		0.83	0	0
	C2		9.84	10	4.2
	C3		14.59	93	38.8
	C4		20.06	124	51.7
	C5		28.38	13	5.4
	C6		32.70	0	0
	$\bar{x}$		17.97		
	σ		3.91		
	2σ		7.83		
	3σ		11.74		

$\bar{x}$: mean σ : standard deviation

式を用いて、メトリック明度 L^* 、メトリック色相角 $H^\circ ab$ 、メトリッククロマ C^*ab に換算し、天然歯の視感比色判定結果によるそれぞれの度数分布 n から、色相、明度、彩度について、平均値 $\bar{x}$ 、標準偏差 $\pm\sigma$ 、 $\pm2\sigma$ 、 $\pm3\sigma$ までのメトリック量による分布を想定したグラフ (Table 2) を示した。さらに CIE 三刺激値に対応させ、Table 3 に示すそれぞれの平均値 $\bar{x}$ を中心色とし色相、明度、彩度に対応する $\pm3\sigma$ までの値をカラーチャートのスケールとして H1~H7、V1~V7、C1~C7、とした 19 色を設定色とした。

カラーチャートは、色彩的に管理された標準色票としての条件を満たすようにするため JIS 標準色票を参

考とし、調色したカラーチャートは日立製分光光度計 M 307 型を用い、JIS Z 8722 2 度視野 XYZ 系による物体色の測定方法—分光測色方法により測色を行いチャート用のものは $10\times15\text{ mm}$ 、チップ用のものは $10\times10\text{ mm}$ の大きさで加工し、シェードガイドについてもカラーチャートと同様に分光測色を行った。Fig. 1 はカラーチャートの写真であり、Table 4 は対象としたシェードガイドナンバーを示し、カラーチャートは CIE $L^*a^*b^*$ 表色系で色差 ΔE^*ab が 1.25 以内の精度で作製した。

分光測色による測定値は、CIE 三刺激値である X.Y.Z. 色度座標 $x, y, L^*a^*b^*$ 表色系、マンセル表色系 HV/C について換算し表示したグラフは、 $L^*a^*b^*$ 表色系色差

Table 3 Metric color standard (H^ab metric hue-angle. L* lightness, C* ab metric chroma, L* a* b*, XYZ, HV/C)

		H ^a b	L*	a*	b*	X	Y	Z	H V/C	
Hue	H1	-3σ	74.5	70.56	4.80	17.32	42.33	41.55	33.89	8.57YR 6.89/2.89
	H2	-2σ	77.6	↑	3.86	17.55	42.02	↑	33.72	9.34YR ↑ /2.80
	H3	-σ	80.7	↑	2.91	17.73	41.70	↑	33.58	0.15Y ↑ /2.72
	H4*	$\bar{x}$	83.8	↑	1.94	17.86	41.38	↑	33.48	1.02Y ↑ /2.66
	H5	+σ	86.9	↑	0.97	17.94	41.06	↑	33.42	1.90Y ↑ /2.58
	H6	+2σ	90.0	↑	0.00	17.97	40.74	↑	33.39	2.81Y ↑ /2.51
	H7	+3σ	93.1	↑	-0.97	17.94	40.42	↑	33.42	3.80Y ↑ /2.45
		L*								
Value	V1	-3σ	60.77	60.77	1.94	17.86	28.92	28.99	22.16	1.41Y 5.91/2.66
	V2	-2σ	64.04	64.04	↑	↑	32.76	32.85	25.60	1.27Y 6.23/ ↑
	V3	-σ	67.30	67.30	↑	↑	36.90	37.03	29.36	1.14Y 6.56/ ↑
	V4*	$\bar{x}$	70.56	70.56	↑	↑	41.38	41.55	33.48	1.02Y 6.89/ ↑
	V5	+σ	73.82	73.82	↑	↑	46.20	46.42	37.96	0.85Y 7.23/ ↑
	V6	+2σ	77.08	77.08	↑	↑	51.39	51.66	42.83	0.69Y 7.56/2.67
	V7	+3σ	80.35	80.35	↑	↑	56.97	57.30	48.11	0.52Y 7.90/ ↑
		C*ab								
Chroma	C1	-3σ	6.23	70.56	0.67	6.19	40.96	41.55	43.22	0.87Y 6.89/0.91
	C2	-2σ	10.14	↑	1.10	10.18	41.10	↑	39.79	0.82Y ↑ /1.49
	C3	-σ	14.06	↑	1.52	13.98	41.24	↑	36.53	0.81Y ↑ /2.06
	C4*	$\bar{x}$	17.97	↑	1.94	17.86	41.38	↑	33.48	1.02Y ↑ /2.66
	C5	+σ	21.88	↑	2.36	21.75	41.52	↑	30.59	1.15Y ↑ /3.25
	C6	+2σ	25.80	↑	2.79	25.65	41.66	↑	27.87	1.23Y ↑ /3.83
	C7	+3σ	29.71	↑	3.21	29.54	41.80	↑	25.32	1.34Y ↑ /4.43

mean color ($\bar{x}$): L*=70.56, H^ab=83.8, C*ab=17.97

Fig. 1 Psychometric color chart

式 (CIELAB) (Table 5) で表現したもので Fig. 2 に L*a*b* 空間 CIELAB を示した。さらに、CIE 2度視野 C 光源で作製したカラーチャートの演色性の関係を数值的に C 光源での値から D₆₅ 光源および A 光源に変換した L*a*b* 空間での関係を示した。

Table 4 Shade Guide

VITA : Lumin vacuum								
A1	A2	A3	A3.5	A4				
B1	B2	B3	B4					
C1	C2	C3	C4					
D2	D3	D4						
DENTSPLY : Trubyte bioform								
B59	B62	B66	B65	B67	B69	B77	B81	
B64	B68	B70	B82					
B51	B52	B53	B54	B55	B56			
B91	B92	B93	B94	B95	B96			
SHOFU : Real crown								
51	52	53	55	56	58			
G. C : Plastic teeth								
R1	R2	R3	R5	R6	R7	R9	R11	

結 果

Table 6 はカラーチャートの分光測色による値, Fig. 3 は L*a*b* 表色系での関係を示すものである。

Table 7~10 はシェードガイド VITA : Lumin Va-

cuum, DENTSPLY : Trubyte Bioform, SHOFU : Real Crown, GC : Plastic Teeth, の分光測色による値, Fig. 4~7 は, それぞれの $L^*a^*b^*$ 表色系での関係を示

Fig. 2 CIE 1976 $L^* a^* b^*$ Space (CIELAB)

すものである。

Fig. 8 はカラーチャートおよびシェードガイド 4 種と同様にその関係を表現したものである。

Fig. 9 は 2 度視野 C 光源で作製したカラーチャートの演色性の関係を数値的に, C 光源での値から D_{65} 光源および A 光源に変換した $L^*a^*b^*$ 表色系での関係を示したものである。

考 察

歯科臨床における審美性の回復, 特に前歯部においては, 陶材補綴物の進歩とともに, その色調表現を利用でき, 歯列全体との調和も十分可能であるが, 口腔内において天然歯の色調に一致させること, すなわち客観的に色調測定するということについては, シェードガイドを用いる際の問題として残されているものと思われる。天然歯の色調の表現をどのように取り扱っていくかという問題については過去にも多くの研究¹⁻¹²⁾がなされてい

Fig. 3 CIE 1976 $L^* a^* b^*$ Diagram of the metric color standard and the color chart

Table 5 Specification of color of Materials According to the CIE 1976 ($L^* a^* b^*$)

$L^* = 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16$	$Y/Y_n > 0.008856$
$a^* = 500[(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}]$	$X/X_n > 0.008856$
$b^* = 200[(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}]$	$Z/Z_n > 0.008856$
X Y Z : tristimulus values of XYZ colorimetric system	
Xn Yn Zn : X, Y, Z of the CIE standard illuminants of perfect reflecting diffuser	
$\Delta E^*ab = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$	
ΔE^*ab : CIE 1976 $L^* a^* b^*$ color difference	

Table 6 Color specification of the metric color chart

			X	Y	Z	x	y	L*	a*	b*	HV/C	
Hue	H1	-3σ	41.25	40.52	32.69	0.3604	0.3540	69.83	4.68	17.65	8.76YR	6.82/2.92
	H2	-2σ	41.57	40.92	32.91	0.3602	0.3546	70.12	4.42	17.84	8.98YR	6.85/2.91
	H3	$-\sigma$	40.66	40.40	32.60	0.3577	0.3555	69.76	3.22	17.64	9.89YR	6.81/2.74
	H4*	$\bar{x}$	40.87	41.03	32.65	0.3568	0.3582	70.20	1.96	18.33	1.07Y	6.86/2.73
	H5	$+\sigma$	40.70	41.28	33.17	0.3535	0.3584	70.37	0.72	17.93	2.13Y	6.87/2.56
	H6	$+2\sigma$	40.33	41.05	33.08	0.3523	0.3587	70.21	0.24	17.78	2.57Y	6.86/2.50
	H7	$+3\sigma$	39.49	40.55	32.58	0.3506	0.3601	69.86	-0.83	17.84	3.68Y	6.82/2.45
Value	V1	-3σ	28.55	28.71	22.36	0.3586	0.3606	60.52	1.58	17.10	1.66Y	5.88/2.52
	V2	-2σ	32.35	32.57	25.79	0.3566	0.3590	63.81	1.50	17.16	1.57Y	6.21/2.52
	V3	$-\sigma$	37.76	38.02	30.69	0.3546	0.3571	68.03	1.55	17.26	1.38Y	6.64/2.54
	V4*	$\bar{x}$	40.87	41.03	32.65	0.3568	0.3582	70.20	1.96	18.33	1.07Y	6.86/2.73
	V5	$+\sigma$	44.87	45.17	37.08	0.3530	0.3553	73.00	1.69	17.52	1.08Y	7.14/2.59
	V6	$+2\sigma$	50.02	50.32	41.79	0.3519	0.3540	76.27	1.82	17.61	0.80Y	7.48/2.62
	V7	$+3\sigma$	55.71	55.86	46.68	0.3520	0.3530	79.53	2.36	17.93	0.20Y	7.81/2.72
Chroma	C1	-3σ	40.29	41.07	42.10	0.3264	0.3326	70.22	0.08	6.85	2.27Y	6.86/0.95
	C2	-2σ	40.55	41.32	38.94	0.3357	0.3420	70.40	0.12	10.79	2.28Y	6.88/1.50
	C3	$-\sigma$	40.70	41.32	35.95	0.3450	0.3503	70.40	0.57	14.42	1.87Y	6.88/2.04
	C4*	$\bar{x}$	40.87	41.03	32.65	0.3568	0.3582	70.20	1.96	18.33	1.07Y	6.86/2.73
	C5	$+\sigma$	41.72	41.70	30.68	0.3656	0.3655	70.66	2.53	21.81	1.02Y	6.90/3.27
	C6	$+2\sigma$	41.65	41.55	27.74	0.3754	0.3745	70.56	2.75	25.84	1.27Y	6.89/3.86
	C7	$+3\sigma$	42.29	41.87	25.64	0.3852	0.3813	70.78	3.73	29.42	0.99Y	6.92/4.46

Table 7 Color specification of VITA Lumin Vacuum

	X	Y	Z	x	y	L*	a*	b*	H	V/C
A1	41.36	42.85	41.63	0.3286	0.3405	71.45	-1.97	9.50	6.99Y	6.98/1.24
A2	39.20	40.32	36.42	0.3381	0.3478	69.70	-1.06	12.64	4.16Y	6.81/1.69
A3	37.48	38.40	32.65	0.3454	0.3538	68.31	-0.54	15.09	3.33Y	6.67/2.06
A3.5	34.70	35.41	28.05	0.3535	0.3607	66.06	-0.04	17.63	3.00Y	6.44/2.47
A4	32.31	32.78	24.63	0.3601	0.3654	63.99	0.60	19.31	2.58Y	6.23/2.76
B1	40.06	41.60	42.02	0.3239	0.3364	70.60	-2.24	7.59	9.21Y	6.90/0.99
B2	37.70	39.14	36.08	0.3338	0.3466	68.85	-2.14	11.59	6.58Y	6.72/1.52
B3	33.93	34.87	28.10	0.3502	0.3598	65.65	-0.88	16.84	3.87Y	6.40/2.31
B4	34.43	35.42	27.60	0.3533	0.3634	66.07	-1.00	18.31	3.98Y	6.44/2.52
C1	37.02	38.23	36.57	0.3310	0.3419	68.19	-1.51	9.85	5.72Y	6.65/1.29
C2	34.39	35.43	30.19	0.3439	0.3542	66.08	-1.18	14.58	4.26Y	6.44/1.96
C3	31.45	32.21	27.38	0.3455	0.3538	63.52	-0.47	14.24	3.43Y	6.18/1.95
C4	27.66	28.12	22.67	0.3526	0.3585	60.00	0.35	15.66	2.71Y	5.83/2.22
D2	34.35	35.48	33.54	0.3323	0.3432	66.12	-1.47	10.12	5.57Y	6.44/1.34
D3	32.92	33.74	29.41	0.3427	0.3512	64.76	-0.55	13.41	3.51Y	6.31/1.83
D4	32.20	33.33	28.03	0.3442	0.3562	64.42	-1.69	14.84	4.96Y	6.27/1.98

Table 8 Color specification of DENTSPLY Trubyte Bioform

	X	Y	Z	x	y	L*	a*	b*	H	V/C
Basic	B59	43.78	45.25	41.08	0.3365	0.3478	73.05	−1.69	12.89	5.07Y 7.15/1.69
	B62	41.12	42.02	36.00	0.3451	0.3527	70.88	−0.24	15.20	2.83Y 6.93/2.09
	B66	39.67	40.64	33.29	0.3492	0.3577	69.92	−0.53	17.01	3.33Y 6.83/2.34
	B65	38.09	38.70	31.53	0.3516	0.3573	68.54	0.46	16.97	2.34Y 6.69/2.40
	B67	37.68	38.67	31.84	0.3483	0.3574	68.51	−0.74	16.50	3.60Y 6.69/2.26
	B69	34.77	35.56	29.41	0.3486	0.3566	66.19	−0.35	15.87	3.22Y 6.45/2.19
	B77	36.78	37.52	29.02	0.3560	0.3631	67.66	0.00	18.98	2.99Y 6.60/2.67
	B81	33.89	34.27	24.68	0.3650	0.3691	65.18	1.01	21.27	2.34Y 6.35/3.07
Charc	B64	47.57	48.65	38.61	0.3528	0.3608	75.23	−0.37	19.52	3.02Y 7.37/2.71
	B68	38.36	39.31	29.10	0.3593	0.3682	68.97	−0.57	21.12	3.53Y 6.73/2.95
	B70	37.24	37.82	29.62	0.3558	0.3612	67.88	0.54	18.50	2.44Y 6.62/2.63
	B82	34.77	34.74	22.28	0.3788	0.3785	65.55	2.41	25.89	1.66Y 6.39/3.85
Yellow	B51	44.97	46.41	42.99	0.3347	0.3454	73.81	−1.52	12.04	4.89Y 7.23/1.57
	B52	41.02	42.22	36.56	0.3424	0.3524	71.02	−1.12	14.74	3.99Y 6.94/1.97
	B53	40.11	40.90	35.59	0.3440	0.3508	70.11	0.02	14.37	2.46Y 6.85/1.99
	B54	37.24	38.05	32.24	0.3463	0.3539	68.06	−0.21	15.19	2.94Y 6.64/2.10
	B55	37.49	38.57	29.98	0.3536	0.3637	68.44	−1.04	18.95	3.94Y 6.68/2.61
	B56	38.36	39.05	30.47	0.3556	0.3620	68.78	0.25	18.86	2.70Y 6.71/2.66
Gray	B91	38.13	39.10	37.44	0.3325	0.3410	68.82	−0.66	9.87	3.81Y 6.72/1.33
	B92	39.13	40.10	36.14	0.3391	0.3476	69.54	−0.59	12.71	3.41Y 6.79/1.72
	B93	36.06	36.72	30.39	0.3495	0.3559	67.07	0.19	16.00	2.57Y 6.54/2.24
	B94	34.04	34.88	28.56	0.3492	0.3578	65.66	−0.54	16.19	3.47Y 6.40/2.23
	B95	33.25	33.87	28.77	0.3467	0.3532	64.86	0.13	14.51	2.61Y 6.32/2.02
	B96	30.54	30.74	23.07	0.3621	0.3644	62.28	1.49	18.93	1.83Y 6.06/2.78

Table 9 Color specification of SHOFU Real CROWN

	X	Y	Z	x	y	L*	a*	b*	H	V/C
51	42.69	44.59	42.84	0.3280	0.3427	72.62	−3.04	10.16	9.14Y	7.10/1.31
52	37.35	38.95	35.76	0.3333	0.3476	68.72	−2.70	11.77	7.71Y	6.71/1.54
53	45.67	47.91	40.66	0.3402	0.3569	74.77	−3.65	16.33	7.58Y	7.32/2.10
55	34.93	36.27	32.21	0.3378	0.3507	66.72	−2.11	12.92	6.08Y	6.50/1.70
56	34.12	35.42	28.94	0.3465	0.3597	66.08	−2.08	16.36	5.32Y	6.44/2.18
58	34.62	35.81	27.60	0.3532	0.3653	66.38	−1.66	18.83	4.61Y	6.47/2.56

Table 10 Color specification of GC Plastic Teeth

	X	Y	Z	x	y	L*	a*	b*	H	V/C
R 1	39.74	41.97	40.38	0.3255	0.3437	70.85	−4.30	9.88	2.40GY	6.92/1.34
R 2	37.89	39.24	36.29	0.3340	0.3460	68.93	−1.88	11.47	6.00Y	6.73/1.51
R 3	33.72	34.82	30.32	0.3411	0.3522	65.61	−1.42	13.59	7.20Y	6.39/1.81
R 5	35.32	36.43	30.97	0.3438	0.3547	66.85	−1.34	14.83	4.40Y	6.52/1.99
R 6	34.10	35.45	30.80	0.3398	0.3533	66.10	−2.26	13.77	6.15Y	6.44/1.82
R 7	32.34	33.80	27.52	0.3453	0.3609	64.80	−2.83	16.24	6.57Y	6.31/2.15
R 9	30.26	31.34	26.96	0.3417	0.3539	62.79	−1.74	13.61	5.30Y	6.11/1.81
R11	29.87	30.55	23.49	0.3560	0.3641	62.12	−0.29	17.96	3.39Y	6.04/2.52

Fig. 4 CIE 1976 L* a* b* Diagram of VITA Lumin Vacuum

Fig. 5 CIE 1976 L* a* b* Diagram of DENTSPLY Trubyte Bioform

る。

色知覚は、光源または光源で照明された物体の反射や透過した光が眼に入ることにより起こり、物理的には入射する光の波長と各波長における放射エネルギーの量で定まると考えられている。ところが、実際に色をみる場合には、さえた黄色であるとか、鈍い黄色であるとかのようにそれぞれの光刺激に対し心理的な応答をするた

め、これらは人間の心理的な印象に基づく主観的な量で心理知覚量と呼ばれているものである。それに対し物理的に表現する色とは、輝度、反射率、純度、色度などの物理的な量に等色関数や比視感度曲線を掛け合わせて求めた量であり、標準的な眼に対する考慮が払われているもので、心理物理量と呼ばれ、物理量と国際的に定義された視覚や色覚に関する関数に基づいて計算されるので

Fig. 6 CIE 1976 L* a* b* Diagram of SHOFU Real CROWN

Fig. 7 CIE 1976 L* a* b* Diagram of GC Plastic Teeth

客観的な量であると考えられている。しかし、実際には反射率が倍になったから物体色の明るさが倍になるわけではなく、心理的な印象では、明るさ感について倍も明るく感じないものであるというのが、実際の見え方である。

今回のカラーチャートにおいては、心理物理量から合理的に変換させて心理知覚量とよい相関を得るために

HUNT R.W.G. により提案された心理メトリック量というものを利用したわけで、Table 11 はこれらの用語の関係を示したものである。

色を表示する場合、測色器により求めた色度および色の三刺激値から色の差の数値的な評価を行う色差式は、表面の色を三次元的な等色差空間で表そうとするもので、現在までに種々の色差公式が考え出されており、色

Fig. 8 CIE $L^* a^* b^*$ color space of psychometric color chart and shade guide

Fig. 9 CIE 1976 $L^* a^* b^*$ Diagram of the metric color chart of metamerism
Ill. C, Ill. D₅₅ and Ill. A.

差を評価したい色の種類によってその変換比率はかなり大きく変化する¹⁶⁻²⁰⁾。そのため使用した色差式の種類を明示する必要があり、現在は、1. $L^*a^*b^*$ 表色系による色差式 (CIELAB)、2. $L^*u^*v^*$ 表色系による色差式

(CIELUV) の2つの色差式が CIE により推奨されている²¹⁾。

今回作製したカラーチャートの色彩学的な精度としては、 $L^*a^*b^*$ 表色系において色差 ΔE^*_{ab} が 1.25 以内と

Table 11 Perceptual, psychometric and psychophysical terms

Subjective (主観量)	Objective (客観量)	
Perceptual term (心理知覚量)	Psychometric term (心理メトリック量)	Psychophysical term (心理物理量)
brightness (明るさ)	psychometric brightness (メトリック・明るさ)	luminance (輝度)
lightness* (明度)	psychometric lightness* (メトリック・明度)	luminance factor* (ルミナンス・ファクター)
hue (色相)	psychometric hue (メトリック・色相)	dominant wavelength (波長)
colourfulness (カラフルネス)	psychometric colourfulness (メトリック・カラフルネス)	
saturation (彩度)	psychometric saturation (メトリック・彩度)	
	psychometric purity (メトリック・純度)	purity (純度)
perceived chroma* (知覚クロマ)	psychometric chroma* (メトリック・クロマ)	
chromaticness (クロマチックネス)	psychometric chromaticity (メトリック・色度)	chromaticity (色度)

* The terms are applicable only to nonluminous related colours

Fig. 10 CIE standard sources III. C, III. A, III. D₆₅

なった。Fig. 8 においてみられるように、歯冠色として知覚される空間は、大変狭い範囲であると考えられ、さらに Fig. 9 において C 光源で作製したカラーチャートの演色性が示しているように、D₆₅ 光源 A 光源では、他の光源に変換した場合の、みえの評価の仕方が変化しているものと考えられることがわかる。測色用の標準の光としては、標準の光 A は、白熱電球を代表するものであり、標準の光 C は、種々の昼光条件の平均を代表するものであり、標準の光 D₆₅ は、昼光の分光分布に基づき代

表的標準昼光として CIE に規定されているものであり、Fig. 10 はそれらの相対分光分布の値を示したものである。物体色の色のみえは、人工光源下と基準として設定された昼光下とで一般に異なり光源の分光分布が異なると Fig. 9 に示されるような条件等色（メタメリズム）の現象が起こるものと考えられる。

前歯部の補綴物に対し審美的観点から天然歯の自然な外観を与えるために、その微妙な色の変化を再現するという問題は、今後、患者の審美的要求が増すに従い重要になるものと思われる。臨床的には、これらの色合わせを行う際には、人間の目でみる視感比色法によるのが普通であり、そこで行われるシェードマッチング時の条件と天然歯に対して選ぶために用いたシェードガイドにより左右されるものと考えられる。4種のシェードガイドにおいて $L^*a^*b^*$ 空間上で、その色差 ΔE^*ab をみると、色差 ΔE^*ab が1以内の空間に複数のガイドが存在しているものなどが認められ、シェードガイドが表現する色空間においては、色差空間上では必ずしも均等に存在しているとはいえないと考えられる。等色を評価する場合、術者は自分の識別程度について知っておくことや、用いるシェードガイドの種類によっては、天然歯の色調を等色させやすい場合と、そうでない場合、シェードガイドに合わない色である場合などについても認識

しておく必要があるものと思われる。

一般に歯冠色を表示するものとして、シェードガイドが用いられ、各メーカーにより種々のシェードガイドが存在しているが、色彩学的な色表示はなされておらず、色彩の配列、表色系も一般的ではないため、今後の研究課題として取り扱われるべきものであると思われる。

結 論

歯冠色調の色彩分布について、従来広く色彩学でとりあげられているマンセル表示法による関係を、さらに進めて HUNT R.W.G. により提案された人間の心理知覚量に基づく心理物理量と相関の高い心理メトリック量によりカラーチャート 19 色を作製し、歯冠色調の色彩分布を表現した。さらにシェードガイド 4 種 (VITA: Lumin Vacuum, DENTSPLY: Trubyte Bioform SHOFU: Real Crown, GC: Plastic Teeth) についても色彩域を求めるためカラーチャートと同様に、日立製分光光度計 M 307 型を用い JIS Z 8722 による分光測色を行い CIELAB $L^*a^*b^*$ 空間において比較した結果カラーチャートに比べシェードガイドでは、比較的不規則に存在していること、ごく狭い色空間にシェードガイドどうしが存在していることなどがわかった。

作製したカラーチャートにおいては、シェードガイドのように質感などを天然歯と類似させておけば理想的であるが、材料学的、測色学的な問題もあり、色彩だけを取り扱うものとして考えたものである。

稿を終えるにあたり、日本色彩研究所、平井敏夫、元香照夫らの方々に多大のご協力を辱なく致しました。ここに深甚の感謝を表します。

Summary

On studying the color of the natural tooth, as a means to record the tooth crown color objectively, color chart must be necessarily made so as to define the color range and plot it.

This time, concerning the color distribution of tooth crown color, in addition to the relations with Munsell color system taken up ever widely in the color study, color chart is made by using psychometric quantity highly relative to the psychophysical quantity based on psychoperceptive quantity presented by HUNT. R.W.G.

Color chart made and shade guides (VITA: Lumin

Vacuum, DENTSPLY: Trubyte Bioform, SHOFU: Real crown, GC: Plastic Teeth) are spectro-measured JIS Z 8722 by using spectrophotometer, type M 307 of HITACHI. There expressed CIE $L^*a^*b^*$ uniform color system, it becomes indisputable that with respect to the color-rendering property of the color chart made at standard light source C with vision field two degree, the way of valuation for the vision varies at standard light source D_{65} and A in case of changing of the light source from one to the other.

文 献

- 1) 宮越 等, 小杉興三雄, 杉山六郎, 河辺重勝, 奥津一重: 日本人歯牙色調に関する研究, 第 1 報 自記分光光度計による Detachable Tooth Shade Guide (米国 S.S.W 会社製の色調分析について (基礎実験) 第 2 報. 日本人歯牙色調の年齢的観察について, 口病誌, 22: 108~119, 1955.
- 2) 丸井昌夫: 歯冠色に関する研究. 第 1 報. 歯冠用および皮膚用標準色票, 口病誌, 35: 412~421, 1968.
- 3) 中川喜晴, 丸山剛郎, 下総高次: 陶材補綴におけるシェイドセレクション (色調選択) に関する研究, 第一報. 各種シェイドガイドの構成分析について, 補綴誌, 16: 144~157, 1972.
- 4) 土屋 深: 前歯の色彩学的研究. 歯科学報, 73: 87~120, 1973.
- 5) 中川喜晴: 歯冠色分析に関する研究, 補綴誌, 19: 109~130, 1975.
- 6) 指宿真澄, 加藤愛子: 上顎第 1 小臼歯の色彩学的研究, 補綴誌, 20: 131~136, 1976.
- 7) 加藤愛子: 歯冠色の構成に関する色彩学的研究, 補綴誌, 17: 482~490, 1977.
- 8) 指宿真澄, 加藤愛子, 浅岡一馬, 今井基泰: バイオブレンドシェードガイドの色調に関する研究, 補綴誌, 20: 546~550, 1977.
- 9) 橋口緯徳, 神津 瑛, 山本真也, 坂口賢司, 伊比 篤: 口腔内の色彩に関する研究. 第 5 報. Dental Color Analyzer による歯牙の色彩と肉眼的測定値について, 松本歯学, 7: 205~220, 1981.
- 10) Sproull, R.C.: Color matching in dentistry, Part I. The three-dimensional nature of color, J. Prosthet. Dent., 29: 416~424, 1973.
- 11) Sproull, R.C.: Color matching in dentistry, Part II. Practical application of the organization of color, J. Prosthet. Dent. 29: 556~566, 1973.
- 12) Sproull, R.C.: Color matching in dentistry, Part III. Color control. J. Prosthet. Dent. 31: 146~154, 1974.

- 13) JIS Z 8722 (1982) 物体色の測定方法.
- 14) 山崎信夫, 塩治 孜, 片山伊九右衛門: 歯冠色票の作製研究, 日歯保誌, 27 (2): 31~40, 1984.
- 15) Hunt, R.W.G.: The specification of colour appearance I, II. Color Research and Application, 2: 55, 109, 1977.
- 16) Adams, E.Q.: X-Z planes in the 1931 ICI system of colorimetry, J. Opt. Soc. Am. 32: 168, 1942.
- 17) Nickerson, D. & Stultz, K.F.: Color tolerance specification. J. Opt. Soc. Am. 34: 9, 550, 1944.
- 18) Eastwood, D.: A simple modification to improve the perceptual uniformity of the CIE 1964 $U^* V^* W^*$ colour space, Farbe, 24: 1/6, 97, 1975.
- 19) Supplement No. 2 to CIE Publication No. 15 Colorimetry (E-1, 3, 1) 1971. Official recommendations on uniform color spaces, color difference equations and metric color terms, 1976.
- 20) Ohta, N.: Correspondence between CIELAB and CIELUV color differences, Color Research and Applications, 2: 178, 1977.
- 21) CIE Publication No. 15 (E-1, 3, 1) Colorimetry, official recommendation of the CIE, May 1970.