原 著 論 文

陶材溶着鑄造冠 (Ni-Cr 系合金) の色調再現性

角田 淳

Color Reproductivity of Ceramometal Restoration (Ni-Cr Ceramo-alloys)

Jun Kakuta

Abstract : This study was made a view to establishing clinical procedures enabling us to make color reproduction of the ceramometal restorations more objectively, using three kinds of porcelain Vita shade guides, two kinds of Ni-Cr ceramo-alloys and two kinds of vacuum-fired porcelains of Vita ceramo-shade, photoelectric colorimetric measurements were made of the color of commercially available shade guides, which were fundamental in color selection, and then researches were made of possible factors influencing the color in the process of preparing ceramometal restorations, and further more studies were made of the color reproductivity of the finished ceramometal restorations and the above shade guides.

The results obtained were follows; Correlation between the color of shade guides and the shade was observed for x, y value of chromaticity, but not for Y value of lightness. A color difference of 1.9 to 8.4 was observed with reference to the color reproductivity after finishing the fusion of porcelain and of shade guides, suggesting that the kind of shade guides in color selection, the kind of porcelain at the stage of fusing porcelain and the opaque porcelain thickness had an important significance in the color reproductivity of ceramometal restorations.

Key words : color difference, dental porcelain, Ni-Cr ceramo-alloy, porcelain thickness

I. 結 言

審美的な要求を満たすべく陶材溶着鑄造冠の補綴的役割はきわめて大きく、特に補綴歯冠の色調、外形、形態、構造などの要素が審美的価値に大きく影響する。そのために、とりわけ天然歯の色調を補綴歯冠に完全に再現しようとする努力が行われてきているが、いまだ技術的あるいは理論的に多くの問題が残されている。

大阪歯科大学大学院歯学研究科歯科補綴学専攻（指導：川添亮彬教授）

Osaka Dental University, Graduate School, Major in Prosthodontics (Director : Prof. Takayoshi Kawazoe)

平成2年4月10日受付

陶材溶着鑄造冠の色調再現に当たっては、天然歯歯冠の色調に近似した既存のシェードガイドを用いて色調選択を行い、それを基本の色調として技工室において焼成、製作する方法が一般臨床で行われている。しかしこの比色法では、臨床経験に頼る部分が多く、主観的であり、また周囲の環境要素にも大きく左右される。さらに、複雑な技工操作を経て陶材溶着鑄造冠を完成するまでには、色調に影響を及ぼす多くの要因が考えられる。そこで従来から、歯冠の色調再現を少しでも客観的に、より正確に行うことを目的として、多くの先人達が研究を試みている。すなわち、天然歯歯冠色を分析したもの¹⁻¹³⁾、シェードガイドの色調構成に関するもの¹⁴⁻²¹⁾、陶材の厚さや焼成条件などによる色調変化に関するもの²²⁻³⁴⁾、陶

材溶着用合金の焼成過程における色調変化に関するもの³⁵⁻³⁷⁾、陶材表面の状態が色調に及ぼす影響に関するもの^{38, 39)}、および歯冠色を観察する際の条件や比色能力に関するもの⁴⁰⁻⁴²⁾などがあげられる。しかし、これらの研究は必ずしも陶材溶着鑄造冠の臨床術式に即しているとはいえず、不明な点も数多く残されている。

そこで著者は、機械的強度の面で優れた Ni-Cr 系合金を用いた陶材溶着鑄造冠の色調再現をより客観的に行う臨床術式の確立を目指し、まず色調選択に当たって指標となる市販シェードガイドの色調を測定し、その測色値とシェードとの相関性、および同一シェードでのメーカー間、製品間の色差により各シェードガイドの色調表現様式および特徴を比較、検討した。次に、合金に陶材を溶着していく過程での色調に影響を及ぼす要因について、実験計画法⁴³⁾を用いて分析を行い、さらに陶材溶着完了後のシェードと先に選択したシェードガイド測定値から色差を求め、陶材溶着鑄造冠の色調再現性について比較、検討した。

II. 実験 1. シェードガイドの色調評価

1. 実験材料と方法

1) 測色資料

測色に供したシェードガイドは、日常臨床で使用されている Vita 系シェードガイドの Vita 社 (Lumin Vacuum) 3 組 (以下、V 社の Sample 1, 2, 3 とする)、松風社 (Uni Bond) 3 組 (以下、S 社の Sample 1, 2, 3 とする)、G-C 社 (G-C Vacuum) 2 組 (以下、G 社の Sample 1, 2 とする) で、各々以下に示すシェード番号を用いた。なお、測定部位は各シェードガイド人工歯の唇面中央部で、それぞれ 3 回ずつ測定した。

(1) V 社

A 1, A 2, A 3, A 4, B 1, B 2, B 3, B 4, C 1, C 2, C 3, C 4, D 2, D 3, D 4

(2) S 社

A 1, A 2, A 3, A 4, B 1, B 2, B 3, B 4, C 1, C 2, C 3, C 4, D 2, D 3

表 1 Vita 系シェードガイドの測色値

Kind	Sample No.	(Vita shade)															
		A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	D2	D3	D4	
V	1	Y	31.5	28.8	28.5	25.5	29.8	29.7	27.3	25.5	28.0	25.1	23.9	21.3	27.9	26.6	24.4
		x	.320	.326	.331	.341	.316	.326	.335	.340	.322	.329	.331	.339	.319	.328	.330
		y	.343	.349	.354	.364	.338	.352	.359	.363	.345	.353	.354	.360	.342	.351	.355
	2	Y	30.1	28.8	27.6	27.2	29.5	29.4	26.8	27.6	28.1	25.5	24.0	23.4	28.1	24.7	24.9
		x	.319	.324	.330	.343	.315	.326	.335	.338	.323	.327	.332	.339	.320	.326	.333
		y	.343	.347	.351	.365	.338	.350	.360	.363	.346	.351	.354	.360	.342	.350	.357
	3	Y	34.6	31.7	32.0	26.8	35.2	31.7	28.5	27.5	30.0	29.1	24.7	24.7	30.9	28.8	26.6
		x	.319	.326	.330	.342	.317	.323	.333	.337	.320	.331	.332	.342	.319	.327	.333
		y	.343	.348	.355	.366	.343	.349	.359	.362	.344	.355	.355	.362	.343	.351	.357
S	1	Y	34.6	34.4	34.5	30.9	33.2	34.2	31.5	32.4	31.9	29.5	29.9	26.5	33.1	30.7	
		x	.325	.332	.336	.355	.322	.332	.340	.348	.329	.334	.340	.345	.325	.337	
		y	.347	.352	.358	.373	.345	.355	.363	.370	.351	.356	.360	.363	.347	.358	
	2	Y	35.3	33.4	34.9	29.7	33.5	35.6	31.3	31.9	32.3	30.4	29.6	28.2	33.7	31.2	
		x	.326	.331	.336	.352	.322	.332	.342	.345	.329	.334	.341	.346	.326	.338	
		y	.348	.352	.359	.371	.344	.355	.365	.368	.351	.357	.361	.366	.348	.359	
	3	Y	36.6	35.0	35.5	32.1	35.5	34.1	31.6	33.6	33.1	29.9	30.0	27.6	32.7	31.9	
		x	.325	.333	.337	.354	.322	.333	.339	.348	.329	.335	.338	.350	.325	.337	
		y	.348	.353	.358	.373	.346	.357	.362	.370	.351	.358	.359	.368	.347	.358	
G	1	Y	34.7	29.8	30.2	27.8	41.9	35.2	31.6	35.3	29.3	31.0	24.9	25.8			
		x	.321	.326	.334	.349	.323	.328	.336	.351	.323	.335	.342	.346			
		y	.344	.347	.357	.372	.348	.353	.361	.375	.347	.358	.364	.366			
	2	Y	37.6	29.9	32.5	32.1	34.8	33.8	33.6	30.1	31.7	30.1	25.0	25.3			
		x	.321	.325	.334	.353	.321	.326	.339	.343	.325	.331	.337	.341			
		y	.345	.346	.357	.375	.345	.352	.364	.367	.348	.354	.358	.362			

表 2 Vita 系シェードガイドにおける明度 Y 値の比較

Kind	Sample No.	Vita shade															
V	1	A1	B1	B2	A2	A3	C1	D2	B3	D3	B4	A4	C2	D4	C3	C4	
	2	A1	B1	B2	A2	C1	D2	A3	B4	A4	B3	C2	D4	D3	C3	C4	
	3	B1	A1	A3	B2	A2	D2	C1	C2	D3	B3	B4	A4	D4	C3	C4	
S	1	A1	A3	A2	B2	B1	D2	B4	C1	B3	A4	D3	C3	C2	C4		
	2	B2	A1	A3	D2	B1	A2	C1	B4	B3	D3	C2	A4	C3	C4		
	3	A1	B2	A3	A2	B1	B4	C1	D2	A4	D3	B3	C3	C2	C4		
G	1	B1	B4	B2	A1	B3	C2	A3	A2	C1	A4	C4	C3				
	2	A1	B1	B2	B3	A3	C1	A4	B4	C2	A2	C4	C3				

表 3 Vita 系シェードガイドにおける色度値 (x, y) の比較

Kind	Sample No.	Vita shade															
V	1	A4	B4	C4	B3	D4	C3	A3	C2	D3	B2	A2	C1	A1	D2	B1	
	2	A4	B4	C4	B3	D4	C3	A3	C2	D3	B2	A2	C1	A1	D2	B1	
	3	A4	C4	B4	B3	D4	C3	C2	A3	D3	A2	B2	C1	A1	D2	B1	
S	1	A4	B4	C4	B3	C3	D3	A3	C2	B2	A2	C1	D2	A1	B1		
	2	A4	B4	C4	B3	C3	D3	A3	C2	B2	A2	C1	D2	A1	B1		
	3	A4	B4	C4	B3	C3	D3	A3	C2	B2	A2	C1	A1	D2	B1		
G	1	B4	A4	C4	C3	B3	C2	A3	B2	A2	B1	C1	A1				
	2	A4	B4	B3	C4	C3	A3	C2	B2	C1	A2	B1	A1				

(3) G 社

A 1, A 2, A 3, A 4, B 1, B 2, B 3, B 4, C 1, C 2, C 3,

C 4

2) 測定装置

本実験の色彩測定には、M社製色彩色差計 (CR-100) を用いたが、測定面積が直径 8 mm と大きいので、本実験の目的から、測定誤差を生じないように測定面積を極力小さくし、直径 3 mm に改良した。光源は、色温度が 6504 K と昼光に近似する標準光源 D₆₅ で、照明および受光の幾何学的条件は、拡散照明・垂直受光 (D-O)⁴⁴⁾ とした。

3) 測色と色および色差表示の方法

測色に当たっては、JIS-Z 8722「2 度視野 XYZ 系による物体色の測定方法」⁴⁴⁾ で規定されている刺激値直読方法 (P) により、三刺激値 (X, Y, Z) を同時に読み取った。この三刺激値 (X, Y, Z) による色表示は、物体によって反射あるいは透過される光の三刺激値と、照明する光の明るさの比で表される。そして、これらが色彩色差計の演算処理部において色表示に用いられる色度座標 (x, y) に変換され、Y, x, y で表示される。なお、Y は視感反射率 (Luminous reflectance) で、100×Y として百

分率で表される。色差表示は、JIS-Z 8730「色差表示方法」⁴⁴⁾ の L*a*b* 表色系による色差 ΔE*ab を用いた。

2. 実験結果

3 種類の Vita 系シェードガイドにおける各シェード番号の明度 Y 値、および色度 xy 値の測色値を示したものが表 1 である。

次に、Vita 系シェードガイド 3 種類の色調とシェード番号との相関性を検討するために、表 1 の測定値からシェード番号を明度 Y 値の高い順に並べた (表 2)。表 2 から明度 Y 値とシェード番号の間には相関性が認められず、また 3 種類の Vita 系シェードガイド間においても相関性は認められなかった。しかし、各種シェードガイドを A, B, C および D の各系列別にみると、V 社および S 社のシェードガイドでは、序列は異なるものの明度 Y 値とシェード番号の間には相関性が認められた。表 3 は、同様に 3 種類のシェードガイドのシェード番号を色度 xy 値の高い順に並べたもので、色度とシェード番号の間の相関性は、3 種類のメーカーのうち V 社および S 社のシェードガイドで認められたが、G 社のシェードガイドには認められなかった。しかし、各種シェードガイド

表 4 Vita シェードガイドのメーカー間における色差

Kind	(Vita shade)												
	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	
V-S	3.5	4.5	5.2	5.9	3.4	4.6	4.2	6.3	4.2	3.6	6.0	5.1	
V-G	3.3	0.7	2.2	4.7	3.1	3.6	4.8	6.7	2.8	3.9	2.8	4.2	
S-G	1.5	4.6	3.1	1.6	3.4	1.9	1.2	0.7	2.4	0.7	4.5	4.7	

表 5 Vita シェードガイドの各種メーカーにおける製品間色差

Kind	Sample No.	(Vita shade)														
		A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	D2	D3	D4
V	1-2	2.6	0.7	1.5	1.8	0.5	0.7	0.6	2.0	0.5	0.7	0.1	2.3	0.4	1.9	1.1
	2-3	1.1	2.6	4.2	0.7	5.0	2.2	1.6	0.4	1.9	3.7	0.9	1.7	2.5	3.9	1.6
	1-3	3.6	2.4	2.9	1.5	4.8	2.0	1.2	2.1	1.9	3.8	0.9	3.9	2.7	2.0	2.4
S	1-2	0.7	0.9	0.7	1.7	0.3	1.1	0.8	1.2	0.5	0.8	0.5	1.9	0.7	0.6	
	2-3	1.0	1.5	0.8	2.4	1.8	1.3	1.1	1.9	0.7	0.6	1.0	1.4	0.9	0.7	
	1-3	1.7	0.9	0.9	1.1	2.0	0.6	0.4	1.0	1.0	0.8	0.7	2.5	0.3	1.0	
G	1-2	2.3	0.4	2.0	3.8	5.4	1.3	2.1	5.4	2.2	1.8	2.0	1.8			

を A, B, C および D の各系列別にみると, 3 種類のシェードガイドすべてにおいて色度値とシェード番号の間には相関性を認めた。

次に, 3 種類の Vita シェードガイド相互間における色差 ΔE^*ab を検討するために, 各種メーカーごとに測色値を平均化してシェード番号ごとに色差 ΔE^*ab を計算した (表 4)。表 4 から色差の範囲は 0.7 から 6.7 の間に分布し, 色差 1.5 以下を等色とすると, 3 種類の Vita シェードガイド間において, 等色のシェード番号は認められなかった。

表 5 は, 3 種類のシェードガイド製品間における色差 ΔE^*ab を検討するために同様にシェード番号ごとに色差 ΔE^*ab を計算したもので, 色差は 0.1 から 5.0 の範囲に分布した。3 種類のシェードガイド製品間における等色のシェード番号は, S 社のシェードガイドにおいて最も多く認められ, そのばらつきは小さかった。それに比べ, V 社および G 社のシェードガイドは等色のシェード番号が少なく, ばらつきがみられた。なお, 以下の実験では, V 社および S 社においてそれぞれ等色となった C3 のシェードを用いた。

III. 実験 2. 陶材溶着過程において色調に影響を及ぼす要因の分析

1. 実験材料および方法

1) 実験材料

陶材溶着用 Ni-Cr 系合金として Wiron 77 (#3528)

および Uni Metal (#018316) の 2 種, 真空焼成溶着用陶材として Vita VMK-68 (オパーク陶材 518 P, #463; デンチン陶材 549, #37; エナメル陶材 559, #696) および Uni Bond (オパーク陶材 C30, #067701; デンチン陶材 C3 B, #078125; エナメル陶材 T, #098036) の 2 種を用いた。

2) 実験方法

(1) 測色段階

分析に当たり, 試料製作および測定値にかなりのバラツキが予測されること, 試料製作過程における種々の要因の交互作用によって色調変化を起こすと考えられることなどから, 要因効果について正確な判断を下せる実験計画法⁴³⁾を用いた。

まず, 陶材溶着用 Ni-Cr 系合金 2 種について, 鑄造, 研磨後 (I), ガス抜き操作後 (II), 陶材溶着前のサンドブラスト後 (III) の 3 段階において試料を測色し, 一元配置法により分散分析を行った。その後, 陶材溶着操作において特に色調に影響を及ぼすと思われる要因として, 合金の種類, 陶材の種類およびオパーク陶材の厚さの 3 因子を選択し, それぞれに 2 水準を与えた (表 6)。それらの因子を L (2) 直交表 (表 7) の各列に割り付けて実験することにした。なお, 他の因子については, すべて同一条件とした。陶材溶着過程において, オパーク陶材築盛・焼成後 (IV), デンチン・エナメル陶材築盛・焼成後 (V), グレーズ焼成前の表面修正後 (VI), グレーズ焼成後 (VII) の各段階で測色し, 要因分析を行った。なお測色部位は, 試料中央部とし, 測色と色および色差表

表 6 因子と水準

Factor	Level	1	2
A	Kinds of alloy	Wiron 77	Uni-Metal
B	Kinds of porcelain	VMK-68	Uni-Bond
C	Opaque thickness	0.2mm	0.3mm

図 1 オペーク陶材の築盛図

示の方法は、実験 1 に示した方法および条件により行った。

(2) 試料の製作

陶材を溶着する合金部の鑄造原型は、0.8 mm 厚さのプラスチックシートを用いて、長さ 18 mm、幅 10 mm の大きさとした。これを円錐台に 8 枚植立後、R 8 (0.5 mm) のレディーキャスティングワックスをそれぞれにエアイベントとして付与し、鑄造用リングは高径 50 mm、内径 40 mm のものを使用した。

埋没材は Auro vest B soft (B 社製) を用い、標準稠度 (L/P 0.18) で 30 秒間手練りし、次いで 30 秒間真空練和後、大気中で埋没を行った。埋没後は 1 時間室温で放置し、その後電気炉 (N 社製ネイマチック 202 AT 型) 内で 90 分間かけて 850°C まで昇温させ、さらに 30 分間係留した。

鑄造には高周波遠心鑄造機 (M 社製スペース ストロノ TCM 102 型) を用い、A 因子の 1 水準 Wiron 77 および 2 水準 Uni Metal を各々のメーカー指示の方法に従って鑄造した。鑄造後は大気中で室温まで放冷し、その後鑄

表 7 $L_8 (2^7)$ 直交表

Factor	A	B	A×B	C	A×C	B×C	e
Row No.	1	2	3	4	5	6	7
1, 9	1	1	1	1	1	1	1
2, 10	1	1	1	2	2	2	2
3, 11	1	2	2	1	1	2	2
4, 12	1	2	2	2	2	1	1
5, 13	2	1	2	1	2	1	2
6, 14	2	1	2	2	1	2	1
7, 15	2	2	1	1	2	2	1
8, 16	2	2	1	2	1	1	2

造体を取り出し、表面に付着した埋没材や酸化物などはマイクロブラスター (C 社製) を用い、50 μm の酸化アルミを速度 100 で噴射して除去した。合金部の陶材溶着面を #600 の耐水ペーパーでできるだけ平面に修正し、5 分間精製水で超音波洗浄を 3 回行った後、酢酸エチルで 20 分間超音波洗浄し、さらに精製水で 20 分間煮沸した。

合金のガス抜き操作に当たっては、焼成炉内で 6 分で 1,000°C まで 6 分間で昇温させ、730°C からは 720 mmHg 減圧下とし、1,000°C で 10 分間係留後、焼成炉外で室温まで放冷した。この際使用した焼成炉は、赤外線電気炉テクノマット (S 社製) で加熱方式が赤外線ランプによる高密度赤外線直接輻射方式で、マイコンによる制御・記憶機能を持ち、焼成条件をプログラミングするので、実験に際し、各陶材溶着試料の焼成条件をすべて同一にできる。

合金部の陶材溶着面の酸化膜を除去するために、マイクロブラスターを用いて約 30 秒間 50 μm の酸化アルミを速度 100 で噴射し、5 分間精製水で超音波洗浄を 3 回行った後、酢酸エチルで 20 分間超音波洗浄を行い、さらに精製水で 20 分間煮沸した。

なお次の陶材を合金部に溶着していく過程において使用する陶材の種類は、B 因子の 1 水準 Vita VMK-68 および 2 水準 Uni Bond とした。

オペーク陶材の築盛は、図 1 に示すごとくそれぞれ 0.2 mm および 0.3 mm の厚さの真鍮板の中央に、直径 7 mm の円形の穴を開けた陶材築盛用金型を用いて合金部上に固定した。練和したオペーク陶材を、セラモニックコンデンサー (S 社製) で十分コンデンスを行いながら築盛した。合金部より金型を除去した後、オペーク陶材の焼成を始めた。オペーク陶材の焼成は、まず、電気炉 700°C の炉口で 5 分間、炉内で 2 分間乾燥させた

表 8 測色段階Ⅲにおける明度 Y 値の分散分析表

Factor	ss	df	ms	F	ss'	ρ (%)
m	49478.9	1	49478.9	24739.5**	49476.9	99.8
A	21.5	1	21.5	10.8**	19.5	0.0
e	92.8	46	2.0		96.8	0.2
T	49593.2	48			49593.2	100.0

**degree of distrust 1%

表 9 測色段階ⅠとⅢの間における明度 Y 値の分散分析表

Factor	ss	df	ms	F	ss'	ρ (%)
m	86820.5	1	86820.5	16077.9**	86815.1	99.0
A	396.9	1	396.9	73.5**	391.5	0.0
e	511.7	94	5.4		522.5	0.1
T	87729.1	96			87729.1	100.0

**degree of distrust 1%

表 10 測色段階ⅡとⅢの間における明度 Y 値の分散分析表

Factor	ss	df	ms	F	ss'	ρ (%)
m	86094.3	1	86094.3	34437.7**	86091.8	99.2
A	447.6	1	447.6	179.0**	445.1	0.1
e	236.9	94	2.5		241.9	0.0
T	86778.8	96			86778.8	100.0

**degree of distrust 1%

後、メーカー指定の焼成開始温度、減圧度および昇温率で行った。なお、焼成回数は1回とし、冷却は700℃まで炉口放冷を行い、その後炉外で室温まで放冷した。

デンチン・エナメル陶材の築盛もオパーク陶材と同様の方法で、デンチン陶材の厚さが0.6mm、エナメル陶材の厚さが0.4mmとなるように行った。デンチン・エナメル陶材の焼成方法も、オパーク陶材と同様に炉口および炉内で乾燥させた後、メーカー指定の焼成開始温度、減圧度および昇温率で行った。冷却は700℃まで炉口放冷を行い、その後炉外で室温まで放冷した。

デンチン・エナメル陶材焼成後の陶材表面は、#600の耐水ペーパーでできるだけ平面に修正し、5分間精製水で超音波洗浄を3回行った。

グレース焼成は、電気炉550℃炉口で3分間、炉内で3分間乾燥させた後、メーカー指定の焼成開始温度および昇温率で大気焼成し、1.5分間係留後、炉外で室温まで放冷した。なお試料数は、表7に示すとおり各条件ごとに、それぞれ2個ずつ測色できるように計16個製作した。

2. 実験結果

陶材溶着過程中的各測色段階における測色値を分散分

析し、有意と検定された要因のあった分散分析表のみを表8～14に示した。

表8は、測色段階Ⅲにおける明度Y値の分散分析表で、この表からA因子（合金の種類）は危険率1%で有意となった。なお測色段階Ⅰおよび測色段階ⅡにおけるA因子は有意とならなかった。

表9および表10は、測色段階ⅠとⅢの間および測色段階ⅡとⅢの間の明度Y値の分散分析表で、これらの表からⅠとⅢおよびⅡとⅢの段階間において明度Y値は危険率1%で有意となった。

図2は、測色段階Ⅰ、ⅡおよびⅢにおける明度Y値の平均値を示したグラフで、縦軸は明度Y値、横軸は測色段階を示している。信頼度95%の信頼限界（Qi）を次の式で求めると、

$$Qi = \pm \sqrt{\frac{F_{\alpha}(0.05) \times V_e}{n_e}}$$

F_α: 信頼度95%のF値

V_e: eの不偏分散

n_e: 各因子の反復数

測色段階Ⅰ、ⅡおよびⅢは±0.5となり、図2中に縦線で示した。明度Y値は、測色段階Ⅲにおいて測色段階ⅠおよびⅡに比べて高くなることが認められた。

図 2 測色段階 I, II および III における明度 Y 値の平均値と 95% 信頼限界

図 3 測色段階 III において有意となった明度 Y 値の各水準における平均値と 95% 信頼限界

表 11 測色段階 IV における明度 Y 値の分散分析表

Factor	ss	df	ms	F	ρ (%)
A	1.1	1	1.1p	0.9	
B	408.4	1	408.4	340.3**	96.6
C	6.8	1	6.8	5.6	1.3
A×B	0.0	1	0.0p	0.0	
A×C	0.0	1	0.0p	0.0	
B×C	1.2	1	1.2p	1.0	
e ₁	3.9	1	3.9p	3.2	
P(e)	6.2	5	1.2		
T	421.4	7			

**degree of distrust 1%

図 3 は, 測色段階 III における明度 Y 値の平均値を示したグラフで, 縦軸は明度 Y 値, 横軸は A 因子の水準を示しており, 信頼度 95% の信頼限界は ± 0.5 となった. 測色段階 III において明度 Y 値は, 合金の種類により異なり, A₁ は A₂ より高いことが認められた.

表 11 は, 測色段階 IV における明度 Y 値の分散分析表で, この場合, e₂ (二次単位に対する誤差), e₃ (三次単位に対する誤差) がいずれも小さいので, e₁ (一次単位に対する誤差) に不偏分散の小さな要因をプールして検定した. この表から B 因子 (陶材の種類) のみが危険率 1% で有意となり, その寄与率は, 96.6% であったが, こ

れ以外の因子および交互作用は有意とならなかった.

寄与率 (ρ %) は, それぞれの因子が全変動中で占める割合で, 次の式によって求めた.

$$\rho\% = \frac{ss - df \cdot Ve}{S_T} \times 100$$

ss: 各因子の変動

df: 自由度

Ve: e の不偏分散

S_T: 全変動

図 4 は, 測色段階 IV において有意となった B 因子の各水準における明度 Y 値の平均値を示したグラフで, 縦軸は明度 Y 値, 横軸は B 因子の水準を示しており, 信頼度 95% の信頼限界は ± 0.6 となった. 明度 Y 値についてみると, 陶材の種類は B₁ が B₂ より明度の高いことが認められた.

表 12 は, 測色段階 V における明度 Y 値の分散分析表で, この場合, e₃ が小さいので, e₂ に不偏分散の小さな要因をプールして検定した. この表から B 因子 (陶材の種類) と C 因子 (オベーク陶材の厚さ) および ABI 因子の交互作用がともに危険率 1% で有意となり, 寄与率は, それぞれ 91.6%, 3.7%, 1.7% であった. また BC 因子および BI 因子の交互作用も危険率 5% で有意とな

図 4 測色段階Ⅳにおいて有意となった明度 Y 値の B 因子の各水準における平均値と 95% 信頼限界

り、寄与率は、それぞれ 0.7% および 0.6% となった。しかしこれら以外の因子および交互作用は有意とならなかった。

図 5 は、測色段階Ⅴにおいて有意となった因子の各水準における明度 Y 値の平均値を示したグラフで、信頼度 95% の信頼限界は、B 因子が ± 0.2 、C 因子が ± 0.2 、BC 因子の交互作用が ± 0.3 となった。明度 Y 値についてみると、陶材の種類は B₁ が B₂ より、オパーク陶材の厚さは C₂ が C₁ より明度の高いことが認められた。またそれらの交互作用も B₁ C₂ と B₁ C₁ には有意差は認められないが、B₂ C₂ さらには B₂ C₁ において明度の低いことが認められた。なお、先で有意となった ABI 因子および BI 因子の交互作用は、実験の精度を上げるための要因と考えた。

表 13 は、測色段階Ⅵにおける明度 Y 値の分散分析表で、この場合、e₃ が小さいので、e₂ に不偏分散の小さな要因をプールして検定した。この表から B 因子（陶材の種類）と C 因子（オパーク陶材の厚さ）がともに危険率 1% で有意となり、寄与率は、それぞれ 88.1%、6.3% であった。しかしこれら以外の因子および交互作用は有意とならなかった。

図 6 は、測色段階Ⅵにおいて前述と同様に有意となっ

図 5 測色段階Ⅴにおいて有意となった明度 Y 値の各因子の水準における平均値と 95% 信頼限界

表 12 測色段階Ⅴにおける明度 Y 値の分散分析表

Factor	ss	df	ms	F	ρ (%)
A	0.0	1	0.0p	0.0	
B	184.8	1	184.8	924.0**	91.6
C	7.6	1	7.6	38.0**	3.7
A×B	0.1	1	0.1p	0.5	
A×C	0.1	1	0.1p	0.5	
B×C	1.6	1	1.6	8.0*	0.7
e ₁	0.2	1	0.2p	1.0	
T*	194.4	7			
I	0.1	1	0.1p	0.5	
A×I	0.1	1	0.1p	0.5	
B×I	1.4	1	1.4	7.0*	0.6
C×I	0.3	1	0.3p	1.5	
A×B×I	3.7	1	3.7	18.5**	1.7
A×C×I	0.7	1	0.7p	3.5	
B×C×I	0.1	1	0.1p	0.5	
e ₂	0.7	1	0.7p	3.5	
P(e)	2.4	10	0.2		
T	201.5	15			

*degree of distrust 5%
**degree of distrust 1%

た因子の各水準における明度 Y 値の平均値を示したグラフで、信頼度 95% の信頼限界は、B 因子が ± 0.3 、C 因子が ± 0.3 となった。明度 Y 値についてみると、陶材の種類は B₁ が B₂ より、オパーク陶材の厚さは C₂ が C₁ より明度の高いことが認められた。

表 14 は、測色段階Ⅶにおける明度 Y 値の分散分析表で、この場合、すべての要因を e₃ で検定した。この表

図 6 測色段階Ⅵにおいて有意となった明度 Y 値の各因子の各水準における平均値と 95% 信頼限界

図 7 測色段階Ⅶにおいて有意となった明度 Y 値の各水準の各因子における平均値と 95% 信頼限界

表 13 測色段階Ⅵにおける明度 Y 値の分散分析表

Factor	ss	df	ms	F	ρ (%)
A	0.3	1	0.3p	0.8	
B	127.0	1	127.0	317.5**	88.1
C	9.4	1	9.4	23.5**	6.3
A×B	0.5	1	0.5p	1.3	
A×C	1.0	1	1.0	2.5	0.4
B×C	0.3	1	0.3p	0.8	
e ₁	1.1	1	1.1p	2.8	
T*	139.6	7			
I	0.1	1	0.1p	0.3	
A×I	0.7	1	0.7	1.8	0.2
B×I	0.1	1	0.1p	0.3	
C×I	0.3	1	0.3p	0.8	
A×B×I	1.1	1	1.1	2.8	0.5
A×C×I	0.0	1	0.0p	0.0	
B×C×I	0.9	1	0.9	2.3	0.3
e ₂	0.6	1	0.6p	1.5	
P(e)	3.3	9	0.4		
T	143.4	15			

**degree of distrust 1%

からB因子（陶材の種類）とC因子（オペーク陶材の厚さ）がともに危険率1%で有意となり、寄与率は、それぞれ85.6%，8.0%であった。しかしこれら以外の因子および交互作用は有意とならなかった。

図7は、測色段階Ⅶにおいて有意となった因子の各水準における明度Y値の平均値のグラフで、信頼度95%の信頼限界は、B因子が±0.2，C因子が±0.2となった。明度Y値についてみると、陶材の種類はB₁がB₂より、オペーク陶材の厚さはC₂がC₁より明度の高いことが認められた。

表 14 測色段階Ⅶにおける明度 Y 値の分散分析表

Factor	ss	df	ms	F	ρ (%)
A	0.1	1	0.1	0.5	0.0
B	131.7	1	131.7	658.5**	85.6
C	12.5	1	12.5	62.5**	8.0
A×B	0.8	1	0.8	4.0	0.4
A×C	0.0	1	0.0	0.0	0.0
B×C	0.0	1	0.0	0.0	0.0
e ₁	0.3	1	0.3	1.5	0.1
T*	145.3	7			
I	0.3	1	0.3	1.5	0.1
A×I	0.5	1	0.5	2.5	0.2
B×I	0.7	1	0.7	3.5	0.3
C×I	0.3	1	0.3	1.5	0.1
A×B×I	0.0	1	0.0	0.0	0.0
A×C×I	0.0	1	0.0	0.0	0.0
B×C×I	0.0	1	0.0	0.0	0.0
e ₂	0.6	1	0.6	3.0	0.3
T*	148.2	15			
e ₃	5.5	32	0.2		
T	153.7	47			

**degree of distrust 1%

なお色度 xy 値は、測色段階Ⅰから測色段階Ⅶを通じていずれの要因も有意とならなかった。

次に焼成完了後の色調を、測色段階Ⅶにおいて有意となったB因子およびC因子の各水準における明度Y値および色度xy値の推定値を μ として、それぞれ、 $\hat{\mu} = \bar{B} + \bar{C} - \bar{T}$ で求め、これらを表15に示す。信頼度95%の信頼限界はそれぞれY値が+0.4，xが+0.002，yが+0.001となる。これらの各条件で製作した試料2個

表 15 有意となった各因子水準における推定値

Stimulus value and chromaticity	Factor and level			
	B ₁ C ₂	B ₁ C ₂	B ₂ C ₁	B ₂ C ₂
Y	29.6	30.6	26.3	27.3
x	0.345	0.347	0.347	0.349
y	0.365	0.366	0.366	0.367

で、測定回数 6 回について再現性を試行したところ、それらの色調は表 16 のようになった。これを r 回試行した場合の信頼限界を求める公式

$$\pm \sqrt{F_{\alpha}(0.05) \times V_e \left(\frac{1}{n_e} + \frac{1}{r} \right)}$$

に r (測定回数) = 6 を代入すると、95% の信頼限界はそれぞれ Y 値が +0.5, x が +0.003, y が +0.002 となり、試行結果表 16 は表 15 の推定値とそれぞれの 95% の信頼限界の範囲内に収まり、この実験は再現性のあることが認められた。

表 17 は、表 15 の推定値と前述の Vita 系シェードガイドの測色結果において各種メーカーで比較的平均値に近似していた V 社の Sample 2 および S 社の Sample 1 の C3 の測色値との色差 ΔE^*ab を計算したものである。その結果、1.9 から 8.4 の色差を認め、焼成完了後の試料とシェードガイドの測色結果において、S 社のシェードガイドの測色値と、V 社の陶材でオベーク陶材の築盛厚さ 0.2 mm の条件で焼成したものが、比較的等色に近似する組合せとなったが、全く等色となる組合せは認められなかった。

IV. 考 察

1. 測色および色調評価の方法について

測色方法は目測法と計器法の 2 つに大別される。目測法は、歯冠色票の数値によって試料の色値を示す標準色方式で、測色する際の環境や観測者によって影響を受けやすく、客観的に色調再現するには不安定な要因を含みやすいと考えられる。

一方、計器法は測色器械を利用して測る方法で、比較的客観的な測色が可能である。この方法には分光測色方式、混合等色方式、刺激値直読方式⁴⁵⁾がある。分光測色方式は、測定方法が煩雑で、装置も大きく測定時間もかかるので実用性に問題がある。混合等色方式は、色の変化や傾向を観察するには十分であると思われるが、色彩学的かつ客観的な測色という点ではまだ問題点をのこしている。

刺激値直読方式は、光電色彩計を用いて CIE の三刺

表 16 再現性試行結果

Factor and level	Colorimetric values								
	Y	29.4	29.4	29.4	Y	29.7	29.7	29.6	
B ₁ C ₁	x	.346	.346	.346	x	.345	.345	.345	
	y	.365	.365	.365	y	.365	.364	.365	
B ₁ C ₂	Y	30.7	30.7	30.7	Y	30.6	30.6	30.6	
	x	.347	.347	.347	x	.348	.347	.348	
	y	.366	.366	.366	y	.365	.365	.365	
B ₂ C ₁	Y	26.4	26.3	26.4	Y	26.1	26.0	26.1	
	x	.347	.348	.347	x	.346	.346	.346	
	y	.366	.367	.366	y	.365	.366	.366	
B ₂ C ₂	Y	27.2	27.2	27.2	Y	27.0	27.0	27.1	
	x	.348	.349	.349	x	.350	.349	.349	
	y	.368	.368	.368	y	.368	.368	.368	

表 17 シェードガイドと焼成完了後の陶材溶着試料との色差

Kind of shade guide	Factor and level			
	B ₁ C ₁	B ₁ C ₂	B ₂ C ₁	B ₂ C ₂
V	7.3	8.4	5.7	6.7
S	1.9	2.7	3.8	3.5

激値である X, Y, Z の値を測定器のメーターによって直読する方法である。この光電色彩計による方法は、測定が容易で短時間で行え、装置が比較的小さい⁴⁶⁾ことから持ち運びが簡単でチェアサイドや技工室などにおいても測定が可能である。測定精度も鈴木ら⁴⁷⁾の光電色彩計の検定に関する検討や光電色彩計調査委員会の報告⁴⁸⁾によって、その測定精度は十分に保証されており、正確な測色値が得られるようになっている。本実験では、これらのことを考慮して光電色彩計を用いた刺激値直読方式により測色を行った。

測色において最も重要な要因である照明光源については、色温度 6504 K の D₆₅ が近年では最も重視されており、わが国の昼光のそれとほぼ近似している⁴⁵⁾ことから、本実験でも標準の光 D₆₅ を採用した。また、色表示について、本実験では CIE 標準表色系の三刺激値の Y と色度座標 (x, y) を用いた。

色差の表示方法は、どの色の領域でもほぼ一定の色差を知覚するようにした均等色空間の 1 つである⁴⁹⁾ L*a*b* 表色系の ΔE^*ab を用いた。小松原ら⁵⁰⁾は、色票による色差評価を行い、観察者の色差の視感判定結果と測色上の色差との回帰式を計算し、色差 1.0 以下ではほぼ 1:1 になると述べている。川瀬⁴²⁾は、陶材で半透明試料

を製作し、最小識別色差が色差 0.92 から 1.41 であり、50% の人の識別できる色差は 1.09 であったと述べている。以上のことを考慮して本実験においては色差 ΔE^* 1.5 以下を等色とした。

2. シェードガイドの色調について

Sproull⁶⁾ は、天然歯の色空間の範囲から判断して、歯のシェードガイドには次の条件が必要であるとしている。1) 天然歯に基づく色座標が含まれていること。2) 理論的に配置されていること。3) 十分に細分化されていること。これらから Vita 系シェードガイドの測色値について考察を加えると、天然歯の色調を把握するための研究は、古くから多く行われているが、本実験と同様の標準光源 D₆₅ で測色した報告は、あまり見当たらず、わずかに指宿ら⁴⁰⁾、太田⁴¹⁾のものしかない。そして、指宿ら⁴⁰⁾の天然歯の色に関する報告では、明度 Y 値が 50.37~26.69、色度 x 値が 0.363~0.328 色度 y 値が 0.380~0.350 であったと述べている。この報告と今回の Vita 系シェードガイドの測色値を比較すると、Vita 系シェードガイド 3 種の色調は、明度については全般にその測定値は低い範囲をとり、また色度についてはその測定値の範囲は狭過ぎるようである。次に Vita 系シェードガイド 3 種の色調とシェード番号との相関性を観察した場合、色度については相関性があり、シェード番号が色度を踏まえた上にあると思われた。しかし、明度については A, B, C および D の系列別では相関性があるとされたが、これは色度の影響によるものと思われ、明度について理論的な配置とはいえなかった。つまりシェードガイドのシェード番号は、色度を元にして製作されていると思われ、明度については、あまり考慮されていないと考えられる。また同一シェードでのメーカー間、製品間の色差を観察した場合、その色差は大きな幅をもち、十分に細分化されているとはいえなかった。同じ Vita 系シェードガイドでも各メーカーにおいて、その色調にはばらつきがあり、診療室と技工室における色彩管理という点で、かなり混乱するのではないかと推察される。つまり、同じ Vita 系シェードガイドでもメーカーによって、その色調表現様式および特徴は微妙に違い、シェードガイドの選択においてもその目的に応じて慎重にメーカーを選択しなければならないといえる。

3. 陶材溶着鑄造冠製作過程の色調について

陶材溶着鑄造冠の製作過程における色調に及ぼす影響についての試料形態は、単純化したものが多く、本実験

でも Jorgenson ら³⁰⁾および Obregon ら³¹⁾とほぼ同様に天然歯の形態および寸法を考慮し、合金上に陶材を円盤状に溶着した形態の試料を作製した。

Ni-Cr 系陶材溶着用合金は、Cr の含有量によって高クロム合金、中クロム合金、低クロム合金に大別されている⁵¹⁾。この Cr の含有量は、陶材溶着に關与する酸化膜生成 (Cr_2O_3 , NiCrO_4) に影響を及ぼし⁵²⁾、陶材溶着鑄造冠の製作においてもその色調に影響すると考えられる。野村ら³⁷⁾は高周波鑄造で鑄造した陶材溶着用 Ni-Cr 系合金の酸化膜の色は、合金の種類(組成)によりさまざまであり、陶材焼成温度においてその加熱温度、加熱時間、焼成回数、陶材の厚さ、陶材の種類によって異なると報告している。郭³³⁾も同一条件で陶材を焼成した場合、完成した陶材溶着鑄造冠において貴金属と非貴金属の両者間の色調に微妙な差を生じると述べている。しかし、組成の異なる Ni-Cr 系陶材溶着用合金に陶材を溶着して、その色調の違いを調べた報告はない。そこで本実験では、高クロム合金に属する Wiron 77 (Ni 68%, Cr 20.6%, 他) と低クロムの合金に属する Uni Metal (Ni 77%, Cr 14.9%, 他) を用いてその色調に及ぼす影響をみた。その測色結果では、陶材溶着用 Ni-Cr 系合金は、高周波鑄造で鑄造した後およびガス抜き操作後ではその表面色に差を認めず、陶材溶着操作前のサンドブラスト後に差を認めたが、陶材を合金上に溶着していく過程および完成した陶材溶着鑄造冠においてはその色調に差を認めなかった。すなわち本実験の条件では、陶材溶着用 Ni-Cr 系合金の種類(組成)は陶材溶着鑄造冠製作過程においてその色調に影響しないといえる。

また本実験の合金表面の明度において、鑄造後およびガス抜き操作後より陶材溶着操作前のサンドブラスト後の方が高くなった原因として、澤村³²⁾の合金面の SEM 観察において鑄造後は樹枝状構造を呈し、ガス抜き操作後は丸味を帯びた粒状構造を呈し、サンドブラスト後は鋭利な凹凸状に変化したという報告からみて、この場合合金表面の状態変化によるものと思われる。

溶着用陶材が、メーカーによりその特徴および焼成方法が異なるのは、組成の微妙な違いによるものと思われる。当然その色調も微妙に違ってくると考えられる。しかしそのシェードガイドは、同じ系統のシェードガイドを使用しているのが現状であり、また陶材溶着鑄造冠もフルベーク・ポーセレンジャケットクラウンも同じシェードガイドを使用しているという点でまだまだ陶材補綴の色調再現性に問題があるように思われる。郭³³⁾は、陶材の各種類において、オペーク陶材の築盛法、オペーク

陶材の厚さ、合金の種類などによってその色調に影響があると報告している。Obregon ら³¹⁾は、オペークと陶材の表面状態を rough smooth and glossy というふうに変化させて、色調に対する影響をみているが、明度に対する影響が最も大きく、光の伝達、吸収、屈折、散乱、反射などの現象が関与していると報告している。本実験においても同じ Vita 系シェードガイドを使用している溶着用陶材の同一のシェード C3 を用いたが、その色調は各測色段階において、色度 x , y 値には差を認めなかったが、明度 Y 値には差を認めた。これらのことにより陶材溶着鑄造冠の製作に当たって、明度がいかに厄介なものかわかる。そして前述のシェードガイドと同様に、各メーカーの溶着用陶材も色度に関しては、ある程度色彩的に補っていると考えられるが、明度に関しては、まだまだ考慮が足りないといえる。

また一般に陶材溶着鑄造冠の色調において、陶材の厚さも大きく影響するといわれている。潤田⁵³⁾はオペーク陶材、デンチン陶材、エナメル陶材という3つの陶材の中で、それぞれの厚さの変化はデンチン陶材においてのみ色調に影響し、デンチン陶材の厚さが増すほど安定した色調が得られると報告している。しかし陶材溶着鑄造冠の1mm前後の陶材の厚みの中で、十分なデンチン陶材の厚みを取るためには、デンチン陶材と全く色調の異なるオペーク陶材の厚さが重要になってくる。

溶着用陶材のオペーク陶材の厚さと金属遮断効果に関する研究として、吉田²⁶⁾は、明度 Y 、色度 x , y の変化の屈曲点を観察して、オペーク陶材の築盛時の厚さが0.3mmで十分に金属遮断効果を発揮すると報告している。郭³³⁾も同様にオペーク陶材の金属遮断効果はSteinら⁵⁴⁾が開発した被膜法 (Skim technique) を用いると、通法のものより優れているとし、オペーク陶材の厚さが0.2mmで色調変化の屈曲点がほぼ最大となり、それ以上厚さが増しても大きな差はみられなかったと報告している。また、Weiss⁵⁵⁾は噴霧式テクニックを用いて、厚さ0.1mmの均一な膜を作り出す方法を推奨している。しかしこれらの報告は、金属にオペーク陶材のみを溶着した試料を測色したものである。本実験では、合金にオペーク陶材のみを溶着した測色段階では、オペーク陶材の築盛時の厚さ0.2mmおよび0.3mmでは有意差が認められなかったが、その後のデンチンおよびエナメル陶材溶着後、表面修正後およびグレーズ焼成後の測色段階で、明度 Y 値に有意差が認められた。その寄与率をみると、デンチンおよびエナメル陶材溶着後が3.7%、表面修正後が6.3%、グレーズ焼成後が8.0%とグレーズ

焼成後の寄与率がいちばん高いことからオペーク陶材の最適な厚さを判断する場合、グレーズ焼成後つまり陶材溶着鑄造冠が完成されるまで判断できないといえる。

また、陶材の表面状態に関して、Klausner ら³⁹⁾は研磨した面とグレーズ焼成した面とでは、その表面状態には有意な差がなかったと報告しているが、本実験におけるデンチンおよびエナメル陶材溶着後、表面修正後およびグレーズ焼成後の各測色段階ではその測色値において明度 Y 値のみが低くなる傾向にあった。これらより陶材の表面状態はその色調、特に明度に大きく影響するといえる。

4. 陶材溶着鑄造冠の色調再現性について

同一のシェード C3 において完成した陶材溶着鑄造冠とシェードガイドの色調について比較してみると、等色となるものはなかったが、その色調の違いは、明度 Y 値の違いからくるものである。つまり、色度はある程度管理され、安定したものが再現できるが、明度ではそれはいえない。Jorgenson ら³⁰⁾は5種類の違うシェードを用いた実験で、明度はメーカーによって違いがみられるが、天然歯の色調によって使い分けるのが良いだろうと述べている。しかし、本実験においてシェードガイドと陶材溶着鑄造冠の色調再現性という点で、有意となった要因を取り上げてみると、S社のシェードガイドとV社の陶材を用いた場合の色調が比較的等色に近い結果となり、臨床において同じ Vita 系シェードガイドの体系を取るといっても、陶材溶着鑄造冠の色調再現性で混乱を生じやすいと思われる。

シェードガイドと陶材溶着鑄造冠との色調の違いを生む原因として、シェードガイドと完成した陶材溶着鑄造冠の陶材の層構成および厚さの相違によるもの、シェードガイドを製作している陶材と、溶着用陶材の組成の相違によるものなどが考えられる。この解決法として考えられるのは、シェードガイドの層構成および厚みを用途別に製作し、例えば陶材溶着鑄造冠用には、少なくとも裏装金属、オペーク陶材、デンチン陶材、エナメル陶材といった基本的な層構成を持ったシェードガイドの製作が必要で、その陶材も実際に使用する溶着用陶材を用いたものでなければならないといえる。そして、天然歯の色調再現性において、修正用陶材や陶材用着色剤 (ステイン) などを用いた微妙な色調修正の必要性も考えなければならない。

V. 結 論

陶材溶着鑄造冠の色調再現をより客観的に行う臨床術式の確立を目的とし、陶材用 Vita 系シェードガイド 3 種を用いて市販シェードガイドの色調の測定を行った。次に、陶材溶着用 Ni-Cr 系合金 2 種および Vita 系シェードの溶着用真空焼成陶材 2 種を用いて、陶材溶着鑄造冠作製過程において、色調に影響を及ぼす要因の検索を行い、さらに完成した陶材溶着鑄造冠とものシェードガイドの色調再現性について検討し、以下の結果を得た。

1. Vita 系シェードガイド 3 種の色調について

1) 明度 Y 値は、G 社のシェードガイドで最も高く、かつ広い範囲に分布していたが、S 社のシェードガイドの明度 Y 値が高いものの範囲は狭かった。また V 社のシェードガイドでは他 2 種に比べ、最も低い範囲に分布した。次に色度 xy 値は、S 社および G 社のシェードガイドではほぼ同様に高い範囲に分布したが、V 社は他 2 種より低い範囲に分布した。

2) シェードガイドの色調とシェード番号との相関性は、色度 xy 値において認められたが、明度 Y 値とは認められなかった。

3) 同一シェード番号でもメーカー間において 0.7 から 6.7 の色差を認め、3 種シェードガイドの間に等色のシェード番号は認められなかった。また同種メーカー製品間においても 0.1 から 5.0 の色差を認めたが、S 社のものは等色のシェード番号が多く認められた。

2. 陶材溶着鑄造冠製作過程の色調について

1) 陶材溶着用 Ni-Cr 系合金の種類は、陶材溶着前のサンドブラスト後で明度に有意差を認めたが、陶材溶着操作段階では色調に有意差を認めなかった。

2) Vita 系シェードの陶材の種類は、すべての陶材溶着操作段階の明度に有意差を認めた。

3) オペーク陶材の築盛厚さは、オペーク陶材焼成後の段階で色調に有意差を認めなかったが、その後の陶材溶着操作段階の明度に有意差を認めた。

4) 陶材の種類とオペーク陶材の厚さの交互作用が、歯冠色陶材焼成後の明度にのみ有意差を認めた。

陶材溶着完了後とシェードガイドの色調の再現性において、1.9 から 8.4 の色差を認めたことにより、陶材溶着鑄造冠の色調再現には、色調選択におけるシェードガ

イドの種類と陶材溶着過程における陶材の種類およびオペーク陶材の厚さが、重要な意味をもつことが示唆された。

稿を終えるにあたり、終始ご懇篤なるご指導とご校閲を賜りました川添堯彬教授に深甚なる謝意を表します。

また、本研究に対し暖かいご助言とご鞭撻をいただきました小森富夫本学名誉教授、福岡歯科大学澤村直明助教授に厚く感謝致します。さらに、種々ご協力下さった福住孝行助手、末瀬一彦助手ならびに教室員諸兄に深く感謝します。

本研究の一部は、日本補綴歯科学会第 72 回学術大会 (1984 年 10 月 20 日、福岡) において発表し、その要旨は大阪歯科学会第 330 回例会 (1984 年 11 月 10 日、大阪) において発表した。

文 献

- 1) Clark, E.B.: An analysis of tooth color, J Am Dent Assoc, 18: 2093~2103, 1931.
- 2) Owen, E.B.: Color in dentistry, J Am Dent Assoc, 22: 790~795, 1935.
- 3) 伊藤年雄, 大久保忠義, 花崎文一ほか: 分光光度計の反射測定装置による歯牙の表面色測定について, 口腔衛学会誌, 6: 190~193, 1957.
- 4) 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.
- 5) 丸井昌夫: 歯冠色に関する研究 (第 2 報, 歯冠色と皮膚色との関連性), 口病誌, 35: 422~440, 1968.
- 6) Sproull, R.C.: Color matching in dentistry. Part II Practical applications of the organization of color, J Prosthet Dent, 29: 556~566, 1973.
- 7) 土屋 深: 前歯の色彩学的研究, 歯科学報, 73: 87~120, 1973.
- 8) 中川喜晴: 歯冠色分析に関する研究, 補綴誌, 19: 109~130, 1975
- 9) 加藤愛子: 歯冠色の構成に関する色彩学的研究, 補綴誌, 20: 570~584, 1976.
- 10) Macentee, M. and Lakowski, R.: Instrumental color measurement of vital and extracted human teeth, J Oral Rehabil, 8: 203~208, 1981.
- 11) 上原秀樹: 上下前歯の色彩学的研究, 九州歯会誌, 34: 465~488, 1981.
- 12) 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: 380~389, 1984.
- 13) 木村益巳: 下顎前歯部における歯冠色の色彩学的研究, 補綴誌, 28: 1172~1186, 1984.
- 14) Culpepper, W.D.: A comparative study of shade-matching procedures, J Prosthet Dent, 24: 166~173, 1970.

- 15) Sproull, R.C. : Color matching in dentistry, Part I Practical applications of the organization of color, J Prosthet Dent, 29 : 416~424, 1973.
- 16) Sproull, R.C. : Color matching in dentistry, Part III Practical applications of the organization of color, J Prosthet Dent, 31 : 146~154, 1974.
- 17) Grunger, R.G. : Dynamic esthetic in porcelain-veneered fixed prostheses, J Prosthet Dent, 32 : 534~543, 1974.
- 18) 中川喜晴, 丸山剛郎, 下総高次 : シェードガイドの色の分析, 歯界展望, 48 : 1~9, 1976.
- 19) 指宿真澄, 加藤愛子, 浅岡一馬ほか : 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, 1976.
- 20) Welsh, S.L. : Shade modification of porcelain restorations, J Prosthet Dent, 37 : 466~468, 1977.
- 21) 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1報 各種シェイドガイドの構成分析について, 補綴誌, 16 : 144~156, 1972.
- 22) 潤田和好, 腰原 好, 片岡保夫ほか : 陶材の色彩学的研究 (第1報), 補綴誌, 9 : 242~248, 1965.
- 23) 潤田和好, 腰原 好, 太田是男 : 陶材の色彩学的研究 (第2報), 補綴誌, 10 : 173~181, 1966.
- 24) 桑山則彦, 高橋友通 : 歯科用陶材の研究—粉末と焼結体の色調について—, 医器材報, 4 : 89~95, 1970.
- 25) 丸山剛郎, 吉田 皓, 陣 次忠ほか : 陶材補綴における測色学的研究, 補綴誌, 14 : 109~120, 1970.
- 26) 吉田 皓 : 陶材の色に関する測色学的研究, 補綴誌, 16 : 245~267, 1972.
- 27) Barghi, N. and Goldberg, J. : Porcelain shade stability after repeated firing, J Prosthet Dent, 37 : 173~175, 1977.
- 28) 加藤一男 : 人工歯特に金属焼付用陶材の色調ならびに透明度について, 日歯会誌, 31 : 273~279, 1978.
- 29) 張 錦明, 内田康也, 松延彰友ほか : 反復焼成による歯科用陶材の色調変化, 九州歯会誌, 33 : 68~96, 1979.
- 30) Jorgenson, M.W. and Goodkind, R.J. : Spectrophotometric study of five porcelain shades relative to the dimensions of color, porcelain thickness and repeated firing, J Prosthet Dent, 42 : 96~105, 1979.
- 31) Obregon, A., Goodkind, R.J. and Schwabacher, W.B. : Effects of opaque and porcelain surface texture on the color of ceramometal restorations, J Prosthet Dent, 46 : 330~340, 1981.
- 32) 澤村直明, 角田 淳, 福住峯行ほか : 非貴金属合金による陶材溶着鑄造冠の色調に関する研究, 第1報 Ceramco B porcelain について, 歯科医学, 46 : 166~173, 1983.
- 33) 郭 明毅 : 貴金属と非貴金属を下地とする焼付陶材冠の色調変化, 九州歯会誌, 37 : 170~200, 1983.
- 34) Woolskey, G.D., Johnson, W.M. and O'Brien, W.J. : Masking Power of Dental Opaque Porcelains, J Dent Res, 63 : 936~939, 1984.
- 35) 中川喜晴, 丸山剛郎, 下総高次 : ポーセレン焼付用金属の色調変化に関する測色学的研究, 補綴誌, 16 : 350~357, 1972.
- 36) Herberg, T.W., Gettleman, L., Weber, R.L. et al : Effect of metal surface treatment on the masking power of opaque porcelain, J Prosthet Dent, 51 : 468~472, 1972.
- 37) 野村順雄, 坂 清子 : 陶材焼付用 Ni-Cr 合金の技工上の諸問題, 非貴金属合金の技工, 歯科技工/別冊, 61~83, 1980.
- 38) Sulik, W.D. and Plekavich, E.J. : Surface finishing of dental porcelain, J Prosthet Dent, 46 : 217~221, 1981.
- 39) Klausner, L.H., Cartwright, C.B. and Charbeneau, G. T. : Polished versus autoglazed porcelain surface, J Prosthet Dent, 47 : 157~162, 1982.
- 40) 指宿真澄, 太田忠興, 木村益巳ほか : 歯冠色の条件等色に関する研究, 補綴誌, 27 : 1120~1128, 1983.
- 41) 太田忠興 : 各種の照明光源下における歯冠色の見えに関する研究, 口病誌, 50 : 450~465, 1983.
- 42) 川瀬誓子 : 視感比色による陶材色の識別—光源および背景による影響—, 補綴誌, 28 : 608~621, 1984.
- 43) 田口玄一 : 新版実験計画法 (上), 丸善, 東京, 1976.
- 44) 日本規格協会 : JIS ハンドブック 色彩, 日本規格協会編, 東京, 1982.
- 45) 近藤恒夫 : 色彩学, 理工図書, 東京, 1982.
- 46) 池田光男 : 色彩工学の基礎, 朝倉書店, 東京, 1980.
- 47) 鈴木 実, 辻村正俊 : 光電色彩計の検定に関する検討, 色彩学会誌, 7 : 85~88, 1983.
- 48) 光電色彩計調査委員会 : 「日本色彩学会推奨基準案・光電色彩計」, 色彩学会誌, 1 : 68, 1972.
- 49) 秋本真喜雄, 有賀圭子, 川上元郎ほか : CIE 均等色空間と色差評価, 色彩学会誌, 8 : 22~23, 1984.
- 50) 小松原仁, 平井敏夫, 島善一郎ほか : 色票による色差評価, 色彩学会誌, 5 : 28~29, 1981.
- 51) 野口八九重 : 焼付ポーセレン用メタルの現在, メタル・セラミックを考える, クインテッセンス/別冊, 23~30, 1983.
- 52) 澤村直明 : 非貴金属系陶材溶着用合金と陶材とのせん断強度に関する実験的研究, 歯科医学, 44 : 752~778, 1981.
- 53) 潤田和好 : 天然歯の色調とその再現性について, 東北歯大誌, 4 : 61~74, 1977.
- 54) Stein, R.S. and Kuwata, M. : A dentist and a dental technologist analyze current ceramo-metal procedures.

Symposium on Ceramics, Dent Clin North Am, 21 :
729~749, 1977.

properties of nickel-chromium superalloys. Symposium
on Ceramics, Dent Clin North Am, 21 : 769~785, 1977.

55) Weiss, P.A. : New design parameters, Utilizing the