原 著 論 文

ポーセレンの光沢度と色調に及ぼす表面仕上げの影響

金子 泰雄 新谷 明喜 横塚 繁雄

Influence of Surface Texture on Glossiness and Color Stability of Porcelains

Yasuo Kaneko, Akiyoshi Shinya and Shigeo Yokozuka

Abstract: An experiment using a gloss meter and a spectrophotometer was performed to elucidate the effects of surface texture on the glossiness and color stability of porcelains. Opaque porcelain (opaque), body porcelain (body), incisal porcelain (incisal) were used, and the effects of surface texture obtained by finishing with # 150, # 600, # 2000 waterproof abrasive paper and by puff polishing with colloidal silica having a particle size of 0.06 μ m on glossiness and color stability were determined. The following conclusions were reached.

1. The glossiness of the porcelain varied among opaque, body, and incisal, and increased as the surface texture became finer.
2. As to the color stability of porcelains with surface texture obtained by various methods, L^* and b^* were the highest in opaque, followed by body, and then incisal, but no significant differences were noted for a^* .
3. As for the color stability of porcelain, L^* decreased and b^* increased as the surface texture became finer in opaque, body, and incisal, but no significant differences were observed for a^* .

Key words: porcelain, color stability, glossiness, surface texture

I. 緒 言

審美的に優れた歯冠色修復物を製作するためには天然歯特有の形態、色調、透明性、光沢度などの再現が重要であり¹⁾、これらの再現性を高めるために数多くの歯冠色修復材料が市販されている。なかでもポーセレンは前歯部のみならず臼歯部にも広く応用され、機械的性質、化学的安定性、審美性などの点から考えると現在の臨床においては最も優れた歯冠色修復材料である²⁻⁴⁾。

このポーセレンを使用して修復物を製作する際には、下

地の支台歯や金属色の遮蔽、色調および透明性の再現といった使用目的の異なるポーセレンを少なくとも3層に築盛するため、色調再現の幅は広がるがその反面複雑性が増していることも事実である。そのため、これまでポーセレンに関する多くの色彩学的な検討が行われてきている⁵⁻⁹⁾にもかかわらず、規格化されたポーセレン修復物の製作法は普及していない。一般に普及するような規格化されたポーセレン修復物の製作法を導き出すためには、ポーセレンを多層に築盛する前に色調再現の基本となるオペークポーセレン、ボディーポーセレン、インサイザルポーセレンの単体の色彩学的な特徴を明らかにすることが必要と考える。

物体表面の性状はその物体のみえ方、つまり光沢度や色調に大きく影響を及ぼすといわれている。物体表面の性状が滑沢であると光沢感が感じられ、明るさは減少するが鮮やかさは増してみえる。一方、表面の性状が粗造になると

日本歯科大学歯学部歯科補綴学教室第2講座 (主任: 横塚繁雄教授)

Department of Crown and Bridge, The Nippon Dental University School of Dentistry at Tokyo (Chief: Prof. Shigeo Yokozuka)

平成9年9月25日受付

その逆で光沢感はなくなり、白さが増して鮮やかさは減少する¹⁰⁾。したがって、物体の光沢度および色調に及ぼす表面性状の影響を明らかにすることは、その物体の色彩学的な評価をするうえで重要だと考える。

そこで本研究は、ポーセレンの光沢度および色調に及ぼす表面仕上げの影響を明らかにする目的で、変角光沢度計および分光式色差計を用いて色彩学的な研究を行った。

実験1では松風社製ユニボンド・ヴィンテージを使用し、ポーセレンの種類を VITA シェードの A1 の色調に準じたオパークポーセレン、ボディーポーセレン、インサイザルポーセレンとし、表面仕上げを耐水研磨紙による #150, #600, #2000 仕上げおよび粒度 $0.06\ \mu\text{m}$ コロイダルシリカによるバフ研磨仕上げとしたときのポーセレンの光沢度と、色調に及ぼすポーセレンの種類と表面仕上げの影響を検討した。

実験2では松風社製ユニボンド・ヴィンテージのオパークポーセレン、ボディーポーセレン、インサイザルポーセレンの単体の色調を測定し比較検討した。

II. 研究方法

1. 実験材料

本研究では、実験材料として表1に示す松風社製ユニボンド・ヴィンテージ（以下ヴィンテージと略す）を用いた。

実験1では、オパークポーセレン（以下オパークと略す）として PA₁O、ボディーポーセレン（以下ボディーと

略す）として A₁B、インサイザルポーセレン（以下インサイザルと略す）として No. 57 を用いた。また、実験2ではオパークとして 16 種類、ボディーとして 16 種類、インサイザルとして 4 種類、計 36 種類のポーセレンを用いた。

2. 実験計画および因子と水準

1) 実験1：ポーセレンの光沢度と色調に及ぼすポーセレンの種類と表面仕上げの影響

実験1では、ポーセレンの光沢度と色調に及ぼすポーセレンの種類と表面仕上げの影響について検討するために、表2に示す因子と水準について二元配置による要因配置実験法を採用した。すなわち、ポーセレンの種類（因子 A）をオパーク、ボディー、インサイザルの3水準、表面仕上げ（因子 B）を耐水研磨紙による #150, #600, #2000 仕上げおよび粒度 $0.06\ \mu\text{m}$ コロイダルシリカによるバフ研磨仕上げ（以下 #150, #600, #2000, $0.06\ \mu\text{m}$ と略す）の4水準とした組合せ 12 条件を設定し、光沢度と色調について繰返し 3 回、計 36 回の実験をアトランダムに行い、色調については各試験片間の色差を算出した。さらに光沢度と色調を測定後、各表面仕上げと実際の表面性状を比較するために各試験片の中心線平均粗さを測定した。

2) 実験2：オパークポーセレン、ボディーポーセレン、インサイザルポーセレン単体の色調

実験2ではオパーク、ボディーそれぞれ 16 種類、イン

表 1 Materials tested
実験材料

製品名	製造	種類	色調	Lot. No.
ヴィンテージ	松風	オパーク	PA ₁ O	099304
			PA ₂ O	099288
			PA ₃ O	099238
			PA _{3.5} O	069307
			PA ₄ O	099212
			PB ₁ O	099215
			PB ₂ O	099216
			PB ₃ O	099216
			PB ₄ O	099210
			PC ₁ O	099211
			PC ₂ O	099211
			PC ₃ O	099210
			PC ₄ O	039004
			PD ₂ O	099217
			PD ₃ O	099211
			PD ₄ O	099211

製品名	製造	種類	色調	Lot. No.
ヴィンテージ	松風	ボディー	A ₁ B	069445
			A ₂ B	099204
			A ₃ B	109239
			A _{3.5} B	029402
			A ₄ B	099234
			B ₁ B	099257
			B ₂ B	099255
			B ₃ B	099252
			B ₄ B	099251
			C ₁ B	099227
			C ₂ B	099227
			C ₃ B	099227
			C ₄ B	109326
			D ₂ B	109253
			D ₃ B	109232
			D ₄ B	109235

製品名	製造	種類	色調	Lot. No.
ヴィンテージ	松風	インサイザル	No. 57	069208
			No. 58	099227
			No. 59	099237
			No. 60	099237

サイザル 4 種類の色調について比較検討する目的で、表面を $0.06\ \mu\text{m}$ に仕上げた試験片の色調を測定し、さらにそれぞれの試験片間の色差を算出した。

3. 試験片の製作法

試験片の製作には、belle de st. claire 社製 Precision Shade Mold¹¹⁾ (以下 PSM と略す) を使用した。マイクロメーターの原理に基づいたこの装置は幅径が $12.0\ \text{mm}$ で、厚さを $0.1\ \text{mm}$ から $8.0\ \text{mm}$ まで設定することができる。本実験では、PSM の厚さを $2.0\ \text{mm}$ に設定して精製水にて混和した粉末を填入し、十分にコンデンスしたのち離型し焼成した。

焼成はメーカー指定の条件にて行った。すなわちオペークは 10 分間炉口乾燥したのち、 680°C から 960°C まで $50^\circ\text{C}/\text{min}$ で昇温し真空焼成した。ボディーは 10 分間炉口乾燥したのち、 680°C から 920°C まで $50^\circ\text{C}/\text{min}$ で昇温し真空焼成した。インサイザルは 10 分間炉口乾燥したのち、 680°C から 940°C まで $50^\circ\text{C}/\text{min}$ で昇温し真空焼成した。これらの焼成は JELRUS 社製 ポーセレンファーマネス ALPHA PC により行い、それぞれ最終焼成温度から室温まで徐冷した。

焼成した試験片は耐水研磨紙を用いて # 150, # 320, # 600, # 1200, # 2000 の順に流水下において手指により一定方向に研磨を行った。さらに、 $0.06\ \mu\text{m}$ については # 2000 まで研磨後、BUEHLER 社製自動研磨機 ECOMET 3 を用いて粒度 $0.06\ \mu\text{m}$ コロイダルシリカにてバフ研磨を行い、最終的に $1.5 \pm 0.1\ \text{mm}$ の厚さになるように調整した。

4. 測定方法

1) 光沢度の測定

光沢度の測定は、JIS Z 8741-1983 に規定されている鏡面光沢度測定方法に準拠して行った。本実験では日本電色社製変角光沢度計 VGS-3000 A を使用し、 60° の照射角度における光沢度を測定した。試験片は直径 $6.0\ \text{mm}$ の測定窓に置き、周囲の環境の影響を排除するために付属のプラスチック製黒色カップを設置し、研磨方向に対して直角に D_{65} 光源の光束を照射した。また試験片の表面は乾燥状態とした。測定は各試験片につき 3 部位ずつ行い、その平均値を測定値とした。

表 2 Experimental table
因子と水準

因子	水準			
	1	2	3	4
A: ポーセレンの種類	オペーク	ボディー	インサイザル	
B: 表面仕上げ	# 150	# 600	# 2000	$0.06\ \mu\text{m}$

2) 色調の測定

色調の測定には、日本電色社製分光式色差計 SZ-S 90 を使用し、表色系は JIS Z 8729 CIE $L^*a^*b^*$ 均等知覚色空間に規定されている $L^*a^*b^*$ 表色系とした。試験片は直径 $5.0\ \text{mm}$ の測定窓に置き、付属のカップを設置し、 D_{65} 光源の光束を照射した。また、試験片の表面は光沢度の測定時と同様に乾燥状態とした。測定は各試験片につき 3 部位ずつ行い、その平均値を測定値とした。

3) 中心線平均粗さの測定

光沢度および色調の測定後、東京精密社製触針式表面粗さ形状測定器サーフコム 300 A を用いて各試験片の中心線平均粗さを測定した。測定条件は測定速度 $0.3\ \text{mm}/\text{sec}$ 、測定長さ $2.5\ \text{mm}$ 、カットオフ値 $0.8\ \text{mm}$ とし、測定方向は # 150, # 600, # 2000 については研磨方向に対し直角とした。測定は各試験片につき 3 部位ずつ行い、その平均値を測定値とした。

5. 色差表示法および色の許容値

本研究では古屋ら¹²⁾の報告から、以下に示す色差式を使用した。

$$\Delta E^* = [(1.5 \Delta H a b^*)^2 + (\Delta L^*)^2 + (2 \Delta C a b^*)^2]^{1/2}$$

ここで、

$$\Delta H a b^* = [(\Delta E a b^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C a b^*)^2]^{1/2}$$

$$\Delta E a b^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

である。

以上の式から各試験片間の色差 ΔE^* を算出した。また色の許容値、つまり試験片間の色調に差が認められない値は、古屋ら¹²⁾の報告から $\Delta E^* \leq 1.69$ とした。

III. 結 果

1. 実験 1 の測定結果

表 3 に光沢度の測定値の平均値、標準偏差を、また表 4 に分散分析結果を示す。ポーセレンの種類 (因子 A)、表面仕上げ (因子 B) および交互作用効果 $A \times B$ のすべてにおいて信頼率 99% で有意の差が認められた。

表 3 Glossiness of porcelains
光沢度の測定結果

ポーセレンの種類		表面仕上げ			
		# 150	# 600	# 2000	$0.06\ \mu\text{m}$
オペーク	平均値	8.79	15.38	43.59	89.00
	標準偏差	3.10	7.62	5.07	2.86
ボディー	平均値	3.23	41.52	72.67	91.09
	標準偏差	0.54	8.05	3.84	0.00
インサイザル	平均値	2.84	23.31	80.31	92.62
	標準偏差	0.42	4.34	1.71	0.84

(単位: %)

図1に、ポーセレンの光沢度に及ぼすポーセレンの種類と、表面仕上げの影響をグラフ化したものを示す。各表面仕上げにおけるポーセレンの光沢度は、#150ではインサイザル<ボディー<オペークの順に、#600ではオペーク<インサイザル<ボディーの順に、#2000と0.06 μ mではオペーク<ボディー<インサイザルの順に高かった。またオペーク、ボディー、インサイザルの光沢度はともに表面仕上げが細くなるに従い上昇した。

表5に、各ポーセレンのL*, a*, b*の測定値の平均値

表4 2-way ANOVA of glossiness of porcelains
光沢度の二元配置分散分析表

因子	ss	df	ms	Fo
A: ポーセレンの種類	1,142.13	2	571.06	33.62**
B: 表面仕上げ	40,083.87	3	13,361.29	786.65**
A $\times$ B	2,276.97	6	379.49	22.34**
e	407.64	24	16.99	
T	43,910.61	35		

** : 信頼率 99% で有意
Qij = ± 10.80

図1 Influence of porcelains and surface texture on glossiness

ポーセレンの光沢度に及ぼすポーセレンの種類と表面仕上げの影響

および標準偏差と、それらの値から求めたCab*, Hab*の平均値および標準偏差を示す。またL*, a*, b*のそれぞれの分散分析結果を表6~8に示す。L*, b*はポーセレンの種類(因子A)、表面仕上げ(因子B)および交互作用効果A $\times$ Bのすべてにおいて、信頼率99%で有意の差が認められたが、a*はいずれの場合においても有意の差は

表6 2-way ANOVA of color stability (L*) of porcelains
L*の二元配置分散分析表

因子	ss	df	ms	Fo
A: ポーセレンの種類	2,967.20	2	1,483.60	5,480.12**
B: 表面仕上げ	103.70	3	34.57	127.69**
A $\times$ B	15.04	6	2.51	9.26**
e	6.50	24	0.27	
T	3,092.44	35		

** : 信頼率 99% で有意
Qij = ± 0.84

表7 2-way ANOVA of color stability (a*) of porcelains
a*の二元配置分散分析表

因子	ss	df	ms	Fo
A: ポーセレンの種類	8.46	2	4.23	1.54
B: 表面仕上げ	7.93	3	2.64	0.96
A $\times$ B	16.85	6	2.81	1.02
e	65.92	24	2.75	
T	99.16	35		

表8 2-way ANOVA of color stability (b*) of porcelains
b*の二元配置分散分析表

因子	ss	df	ms	Fo
A: ポーセレンの種類	981.04	2	490.52	11,612.42**
B: 表面仕上げ	1.51	3	0.50	11.94**
A $\times$ B	3.45	6	0.57	13.59**
e	1.01	24	0.04	
T	987.01	35		

** : 信頼率 99% で有意
Qij = ± 0.33

表5 Color stability of porcelains
色調の測定結果

表面仕上げ		L*			a*			b*			Cab*			Hab*		
		O	B	I	O	B	I	O	B	I	O	B	I	O	B	I
#150	平均値	82.03	68.18	62.48	1.46	0.03	-0.33	12.86	5.79	-0.84	12.94	5.79	0.91	6.43	0.25	202.47
	標準偏差	0.24	0.60	1.19	0.11	0.01	0.03	0.45	0.17	0.29	0.46	0.17	0.27	0.29	0.23	6.18
#600	平均値	82.23	66.57	61.53	1.52	0.07	-0.37	13.12	6.71	-0.61	13.21	6.71	0.73	6.56	0.55	213.15
	標準偏差	0.20	0.52	0.64	0.05	0.05	0.03	0.05	0.22	0.23	0.05	0.22	0.19	0.21	0.40	12.17
#2000	平均値	81.23	65.14	58.73	1.54	0.02	-0.29	13.50	6.98	-0.53	13.59	6.98	0.60	6.45	0.12	209.01
	標準偏差	0.50	0.21	0.28	0.08	0.05	0.01	0.03	0.14	0.20	0.04	0.14	0.06	0.32	0.34	3.26
0.06 μ m	平均値	79.53	63.43	56.44	1.53	-0.01	-0.31	14.05	6.48	-0.46	14.13	6.48	0.56	6.16	359.89	214.71
	標準偏差	0.36	0.57	0.26	0.04	0.02	0.04	0.18	0.14	0.12	0.18	0.14	0.10	0.07	0.18	7.87

O: オペーク, B: ボディー, I: インサイザル

図 2 Influence of porcelains and surface texture on L*
L* に及ぼすポーセレンの種類と表面仕上げの影響

図 3 Influence of porcelains and surface texture on a*
a* に及ぼすポーセレンの種類と表面仕上げの影響

図 4 Influence of porcelains and surface texture on b*
b* に及ぼすポーセレンの種類と表面仕上げの影響

認められなかった。

図 2~4 に L*, a*, b* に及ぼすポーセレンの種類と、表面仕上げの影響をグラフ化したものを示す。各表面仕上げにおけるポーセレンの色調は、L* と b* がインサイザル<ボディー<オペークの順に大きく、a* には差が認められなかった。またオペーク、ボディー、インサイザルの色調は、ともに表面仕上げが細くなるに従い L* がオ

表 9 ΔE* between surface texture of opaque porcelains
オペークの各表面仕上げ間の色差 (ΔE*)

表面仕上げ	0.06 μm	# 2000	# 600
# 150	3.49(0.06)	1.38(0.13)	0.61(0.06)
# 600	3.31(0.13)	1.00(0.17)	
# 2000	2.38(0.18)		

() : SD

表 10 ΔE* between surface texture of body porcelains
ボディーの各表面仕上げ間の色差 (ΔE*)

表面仕上げ	0.06 μm	# 2000	# 600
# 150	4.97(0.48)	3.87(0.23)	2.50(0.25)
# 600	3.18(0.61)	1.55(0.20)	
# 2000	1.99(0.64)		

() : SD

表 11 ΔE* between surface texture of incisal porcelains
インサイザルの各表面仕上げ間の色差 (ΔE*)

表面仕上げ	0.06 μm	# 2000	# 600
# 150	6.10(0.24)	3.81(0.32)	1.18(0.34)
# 600	5.11(0.24)	2.81(0.32)	
# 2000	2.31(0.24)		

() : SD

ペークの # 600 を除き減少し、b* がボディーの 0.06 μm を除き増加したが、a* には差が認められなかった。

Cab* はすべての表面仕上げにおいてインサイザル<ボディー<オペークの順に上昇し、表面仕上げが細くなるに従いオペークとボディーではボディーの 0.06 μm を除き上昇し、インサイザルでは低下した。Hab* はオペークとボディーでは Y 系から YR 系に、インサイザルは B 系に分布していた。

表 9~11 に、各ポーセレンの表面仕上げ間の色差 ΔE* の平均値と標準偏差を示す。オペークでは、# 2000 まで各表面仕上げ間に色差は認められなかったが、0.06 μm と各表面仕上げ間には色差が認められた。ボディーでは # 600 と # 2000 間以外、インサイザルでは # 150 と # 600 間以外のすべての表面仕上げ間において色差が認められた。

2. 中心線平均粗さの測定結果

図 5 に、各ポーセレンの中心線平均粗さの測定結果をグラフ化したものを示す。各ポーセレンともに、表面仕上げが細くなるに従い中心線平均粗さは減少していた。また同一表面仕上げでもその中心線平均粗さは、ポーセレンの種類によって異なっていた。

図 5 Surface roughness of porcelains
各ポーセレンの中心線平均粗さの測定結果

図 7 Color of body porcelains
ボディーの色調の測定結果

図 6 Color of opaque porcelains
オペークの色調の測定結果

図 8 Color of incisal porcelains
インサイザルの色調の測定結果

表 12 Color of porcelains in experiment 2
実験 2 の測定結果

		PA ₁ O	PA ₂ O	PA ₃ O	PA _{3.5} O	PA ₄ O	PB ₁ O	PB ₂ O	PB ₃ O	PB ₄ O	PC ₁ O	PC ₂ O	PC ₃ O	PC ₄ O	PD ₂ O	PD ₃ O	PD ₄ O
Cab*	平均値	14.13	16.90	17.23	21.86	21.93	10.63	17.15	21.14	24.02	15.72	17.36	17.72	18.57	13.59	17.83	20.50
	標準偏差	0.18	0.38	0.31	0.23	1.38	0.11	0.28	0.80	0.17	0.20	0.15	0.36	0.38	0.34	0.25	0.93
Hab*	平均値	6.16	10.23	10.63	11.95	10.48	1.61	7.21	8.67	10.73	9.44	8.92	10.52	11.94	7.72	10.94	6.36
	標準偏差	0.07	0.58	0.15	0.21	0.68	0.08	0.05	0.13	0.14	0.17	0.13	0.16	0.36	0.21	0.15	0.26
		A ₁ B	A ₂ B	A ₃ B	A _{3.5} B	A ₄ B	B ₁ B	B ₂ B	B ₃ B	B ₄ B	C ₁ B	C ₂ B	C ₃ B	C ₄ B	D ₂ B	D ₃ B	D ₄ B
Cab*	平均値	6.48	11.79	14.20	17.36	19.88	10.57	13.94	14.92	17.91	8.15	11.26	15.79	19.90	9.73	11.76	15.25
	標準偏差	0.14	0.14	0.16	0.42	0.18	0.03	0.30	0.46	0.37	0.16	0.27	0.23	0.18	0.22	0.32	0.24
Hab*	平均値	359.89	7.83	9.13	7.57	7.85	2.64	3.01	4.54	8.59	0.42	1.65	3.57	5.21	1.48	6.52	3.78
	標準偏差	0.18	0.14	0.25	0.27	0.23	0.04	0.07	0.70	0.06	0.14	0.25	0.53	0.57	0.50	0.30	0.25
		No. 57	No. 58	No. 59	No. 60												
Cab*	平均値	0.56	1.27	1.18	4.20												
	標準偏差	0.10	0.25	0.31	0.09												
Hab*	平均値	214.71	330.81	314.70	351.96												
	標準偏差	7.87	7.18	24.82	0.44												

3. 実験 2 の測定結果

図 6～8 に、各ポーセレンの色調の測定結果をグラフ化したものを、表 12 にそれらの値より求めた Cab* と Hab*

の平均値および標準偏差を示す。

オペークの L* は A 系で 70.96 から 79.53, B 系で 74.27 から 81.35, C 系で 67.32 から 74.70, D 系で 73.72

表 13 ΔE^* between shade of opaque porcelains
オペークのシェード間の色差 (ΔE^*)

	PA ₁ O	PA ₂ O	PA ₃ O	PA _{3.5} O	PA ₄ O	PB ₁ O	PB ₂ O	PB ₃ O	PB ₃ O	PC ₁ O	PC ₂ O	PC ₃ O	PC ₄ O	PD ₁ O	PD ₃ O
PD ₁ O	17.28(1.58)	8.90(1.40)	7.92(1.43)	4.38(1.28)	4.75(1.24)	21.25(1.70)	8.35(1.40)	3.55(1.09)	7.51(1.78)	9.75(1.80)	6.44(1.80)	6.97(1.51)	8.13(0.95)	13.89(1.84)	5.91(1.61)
PD ₃ O	12.61(0.39)	4.64(0.19)	3.51(0.15)	8.22(0.49)	8.85(0.46)	16.39(0.44)	4.83(0.15)	7.10(0.45)	12.37(0.49)	4.30(0.49)	1.48(0.33)	4.08(0.02)	7.12(0.12)	8.60(0.49)	
PD ₂ O	7.3 (0.46)	7.63(0.45)	7.85(0.54)	16.78(0.71)	17.18(0.73)	8.98(0.70)	8.04(0.46)	15.21(0.64)	20.90(0.69)	4.31(0.69)	7.66(0.72)	9.55(0.75)	12.63(0.73)		
PC ₄ O	18.66(0.58)	11.71(0.34)	10.59(0.33)	8.57(0.53)	7.69(0.60)	21.52(0.68)	11.81(0.34)	10.68(0.27)	12.94(0.58)	9.41(0.57)	6.96(0.41)	3.46(0.48)			
PC ₃ O	15.29(0.64)	8.47(0.37)	7.41(0.33)	8.71(0.61)	8.47(0.69)	18.31(0.71)	8.58(0.33)	9.36(0.36)	13.24(0.61)	6.05(0.66)	3.64(0.39)				
PC ₂ O	12.22(0.23)	4.95(0.09)	3.96(0.05)	9.16(0.29)	9.56(0.29)	15.72(0.27)	4.98(0.06)	8.08(0.27)	13.34(0.29)	3.47(0.29)					
PC ₁ O	9.27(0.38)	4.49(0.50)	4.18(0.49)	12.50(0.38)	13.00(0.36)	12.44(0.36)	4.91(0.50)	11.01(0.41)	16.61(0.39)						
PB ₄ O	23.55(0.40)	14.85(0.39)	13.96(0.38)	4.63(0.24)	5.34(0.16)	27.95(0.40)	14.51(0.40)	6.29(0.41)							
PB ₃ O	17.34(1.76)	8.75(1.71)	7.98(1.66)	4.52(1.23)	5.95(1.20)	21.75(1.73)	8.29(1.74)								
PB ₂ O	9.11(0.55)	1.49(0.25)	1.92(0.02)	11.31(0.49)	12.33(0.48)	13.48(0.56)									
PB ₁ O	4.91(0.16)	13.21(0.26)	14.11(0.27)	24.39(0.29)	25.13(0.30)										
PA ₄ O	21.24(2.30)	12.66(2.11)	11.57(2.15)	2.94(0.94)											
PA _{3.5} O	20.24(0.70)	11.49(0.71)	10.43(0.70)												
PA ₃ O	9.83(0.61)	1.25(0.41)													
PA ₂ O	8.82(0.41)														

() : SD

表 14 ΔE^* between shade of body porcelains
ボディのシェード間の色差 (ΔE^*)

	A ₁ B	A ₂ B	A ₃ B	A _{3.5} B	A ₄ B	B ₁ B	B ₂ B	B ₃ B	B ₃ B	C ₁ B	C ₂ B	C ₃ B	C ₄ B	D ₂ B	D ₃ B
D ₁ B	16.54(0.51)	7.51(0.49)	3.33(0.37)	4.66(0.51)	9.62(0.51)	9.38(0.48)	3.30(0.41)	1.85(0.34)	8.36(0.52)	14.65(0.51)	8.13(0.49)	1.17(0.51)	5.00(1.39)	13.85(1.88)	6.26(1.36)
D ₃ B	11.02(0.72)	4.62(0.40)	5.54(0.41)	11.24(0.62)	16.26(0.64)	3.64(0.66)	4.53(0.62)	6.38(0.62)	12.97(0.72)	9.19(0.72)	3.80(0.48)	8.33(0.56)	3.37(0.17)	8.95(0.59)	
D ₂ B	6.21(0.27)	4.95(0.68)	8.97(0.46)	15.49(0.38)	25.58(0.37)	1.85(0.33)	8.82(0.29)	10.67(0.32)	17.82(0.26)	4.37(0.30)	3.21(0.53)	12.19(0.39)	10.14(0.67)		
C ₄ B	25.54(0.48)	16.35(0.48)	11.87(0.41)	5.68(0.13)	3.10(0.78)	18.71(0.33)	12.32(0.14)	10.33(0.14)	8.27(0.74)	23.70(0.46)	17.37(0.37)	8.38(0.21)			
C ₃ B	17.67(0.37)	8.63(0.31)	4.32(0.24)	3.68(0.41)	8.54(0.43)	10.48(0.44)	4.08(0.55)	2.28(0.49)	7.55(0.11)	15.77(0.39)	9.25(0.41)				
C ₂ B	8.53(0.51)	2.51(0.26)	6.11(0.51)	12.61(0.53)	17.68(0.53)	1.64(0.44)	6.28(0.47)	7.96(0.50)	15.42(0.47)	6.59(0.50)					
C ₁ B	1.96(0.33)	7.57(0.32)	12.28(0.32)	19.09(0.33)	24.15(0.33)	5.70(0.32)	12.78(0.33)	14.51(0.33)	21.86(0.32)						
B ₄ B	23.76(0.81)	14.99(0.79)	10.46(0.76)	5.17(0.45)	5.91(0.30)	16.22(0.81)	9.25(0.79)	7.63(0.77)							
B ₃ B	16.44(0.73)	7.65(0.53)	3.66(0.28)	5.07(0.99)	10.04(0.95)	8.98(0.80)	2.09(0.96)								
B ₂ B	14.72(0.85)	6.43(0.92)	3.71(0.55)	7.15(0.52)	12.08(0.60)	7.18(0.81)									
B ₁ B	7.61(0.07)	3.53(0.07)	7.25(0.06)	13.76(0.06)	18.85(0.06)										
A ₄ B	26.05(0.40)	16.79(0.41)	12.05(0.38)	5.21(0.29)											
A _{3.5} B	20.98(0.68)	11.74(0.63)	7.00(0.63)												
A ₃ B	14.11(0.42)	4.81(0.44)													
A ₂ B	9.35(0.26)														

() : SD

表 15 ΔE^* between shade of incisal porcelains
インサイザルのシェード間の色差 (ΔE^*)

	No. 57	No. 58	No. 59
No. 60	9.01 (0.36)	7.36 (0.37)	5.95 (0.22)
No. 59	4.20 (1.74)	3.01 (1.89)	
No. 58	1.97 (0.29)		

() : SD

から 74.87 の範囲にあり, A 系, B 系, C 系, D 系ともにシェード番号が大きくなるに従い減少した。a* は A 系で 1.53 から 4.54, B 系で 0.31 から 4.49, C 系で 2.59 から 3.86, D 系で 1.84 から 3.40 の範囲にあり, A 系, B 系, C 系でシェード番号が大きくなるに従い増加したが, A 系では A 4 で減少した。D 系では D 2 < D 4 < D 3 の順に増加した。b* は A 系で 14.05 から 21.56, B 系で 10.63 から 23.59, C 系で 15.50 から 18.16, D 系で 13.47 から 20.37 の範囲にあり, A 系, B 系, C 系, D 系ともにシェード番号が大きくなるに従い増加した。

また Cab* は A 系, B 系, C 系, D 系ともにシェード番号が大きくなるに従い上昇し, Hab* は YR 系に分布していた。

ポディーの L* は A 系で 61.50 から 65.81, B 系で 57.16 から 63.74, C 系で 63.00 から 64.55, D 系で 62.23 から 63.78 の範囲にあり, A 系, B 系, C 系ではシェード番号が大きくなるに従い減少したが, B 系, C 系の B 3, C 4 で増加していた。D 系では D 3 < D 4 < D 2 の順に増加した。a* は A 系で -0.01 から 2.73, B 系で 0.50 から 2.69, C 系で 0.07 から 1.82, D 系で 0.29 から 1.34 の範囲にあり, A 系, B 系, C 系でシェード番号が大きくなるに従い増加し, D 系では D 2 < D 4 < D 3 の順に増加した。b* は A 系で 6.48 から 19.69, B 系で 10.56 から 17.70, C 系で 8.15 から 19.56, D 系で 9.72 から 15.21 の範囲にあり, A 系, B 系, C 系, D 系ともにシェード番号が大きくなるに従い増加した。

また Cab* は A 系, B 系, C 系, D 系ともにシェード番号が大きくなるに従い上昇し, Hab* は Y 系から YR 系に分布していた。

インサイザルの L* は 55.26 から 59.48 の範囲にあり, No. 60 < 57 < 59 < 58 の順に増加した。a* は -0.73 から -0.31 の範囲にあり, No. 59 < 58 < 60 < 57 の順に増加し, b* は -0.46 から 4.16 の範囲にあり, No. 57 < 58 < 59 < 60 の順に増加した。

また Cab* はシェード番号が大きくなるに従い上昇したが, No. 59 で低下していた。Hab* は No. 57 は B 系に, No. 58, 59, 60 は GY 系から Y 系に分布していた。

表 13~15 に各ポーセレンのシェード間の色差 ΔE^* の平均値および標準偏差を示す。色差の認められなかったシェードはオペークの A 2 と A 3 間, A 2 と B 2 間, C 2 と D 3 間, ポディーの B 1 と C 2 間, C 3 と D 4 間であっ

た。

IV. 考 察

1. 実験材料と試験片の製作について

現在ポーセレン修復物を天然歯により近づけるために数多くのシステムが市販されている^{13,14)}。なかでもヴィンテージは色調再現の幅が広く^{15,16)}、過去のポーセレンに関する色彩学的な検討の際にも数多く使用されている¹⁷⁻²¹⁾ため、本研究においてもこのシステムを実験材料として採用した。

試験片の製作は、築盛厚さについては焼成による収縮量と研磨量を考慮して 2.0 mm とした¹¹⁾。また完成後の厚さについては、ポーセレン修復物において各ポーセレンの最も厚い部位、つまり切端部のエナメル色ポーセレンの厚さを考慮し、 1.5 ± 0.1 mm になるように表面を #150, #600, #2000, $0.06 \mu\text{m}$ に仕上げた。

2. 光沢度の測定について

光沢度は測定方法の違いにより鏡面光沢度、対比光沢度、鮮明度光沢度に分類される^{22,23)}。物体の光沢度を測定する際、工業的には鏡面光沢度を用いることが一般的で、歯科領域における光沢度に関する研究²⁴⁻²⁶⁾もこの方法を用いて行われているため、今回の研究でもこの測定方法を使用した。

JIS Z 8741-1983 鏡面光沢度測定方法では、照射光の照射角度は測定しようとする面の種類によって、測定面の法線に対して 0° , 20° , 45° , 60° , 75° のうちから選ばれるが、一般に紙類では 75° が、塗装面やその他の非金属面では 60° が用いられることが多く^{22,23)}、本研究においても 60° の照射角度における光沢度を測定した。

また光沢度の測定の際には、試験片表面の研磨の方向性についても考慮する必要があるといわれている²²⁾。宮川ら²⁴⁾は表面仕上げの異なる Au-Ag-Cu 合金の各種光沢度について、光源の照射方向を研磨方向に対して平行にした場合、直角にした場合に比べ著明に高くなると報告している。また大内ら²⁶⁾は、リン酸カルシウム系結晶化ガラスの光沢度に関する研究のなかで、光源の照射方向を研磨方向に対して平行にするほうが直角にするよりも高い値を示すことを報告している。これらのことより、本研究においても表面仕上げの違いによる光沢度の変化を明確に把握するために、光源の照射方向は研磨方向に対して直角とした。

さらに、試験片表面の測定時の状態を乾燥状態にするか、湿潤状態にするかという問題が考えられる。口腔内の環境を考慮すると湿潤状態における測定が望ましいが、機械の構造上それが不可能なこと、また本研究では光沢度に及ぼす表面仕上げの影響を明らかにすることが目的であるため、表面は乾燥状態とした。

以上のような種々の条件のもと、ポーセレンの光沢度に及ぼすポーセレンの種類と表面仕上げの影響について検討した。

3. ポーセレンの光沢度に及ぼすポーセレンの種類と表面仕上げの影響について

本研究ではオペーク、ボディー、インサイザルの表面仕上げを #150, #600, #2000, $0.06\ \mu\text{m}$ に変化させ、照射角度を 60° としたときの光沢度の変化について検討した。その結果オペーク、ボディー、インサイザルのいずれの光沢度においても表面仕上げは細かいほうが高くなった。

鏡面光沢度は、Fresnel の法則より照射角度および物体表面の屈折率の関数としてとらえることができる^{22,23)}。表面の性状が平滑であれば照射角度が大きいほど、また屈折率が高いほど正反射光束が増加し、光沢度は高くなるといわれている。しかし、物体表面に凹凸があると正反射光束は減少し光沢度は低下するため、表面の性状は光沢度に直接関与している^{22,23)}。

一方、屈折率についてはその物質に含まれる顔料に関係しているといわれている²⁷⁾。顔料は種類によって屈折率が異なっており、高い屈折率の顔料を含む物質の表面や、顔料が多く含まれる物質の表面は屈折率が上がるといわれている²⁷⁾。ポーセレンは種類によって使用目的が異なっており、オペークは主に下地の支台歯や金属色の遮蔽のために、ボディーは色調再現のために、インサイザルは透明性の再現のために使用されるので、組成や混合比が異なっている^{28,29)}。それに伴い、隠蔽材あるいは着色材として含有されている顔料の量が異なっており、その濃度は製品間に差はあるがオペークが高く、インサイザルが低くなっている²⁹⁾。これらのことより、それぞれのポーセレンは顔料の種類と濃度によって屈折率を調整していることが推察できる。したがって同じ表面仕上げであれば、ポーセレンの光沢度は顔料の含有量から考えると、顔料濃度の高いオペークが最も高く、顔料濃度の低いインサイザルが低くなるはずであるが、本研究の結果では、各表面仕上げにおいて光沢度の大きさはさまざまである。これは各表面仕上げにおける中心線平均粗さの測定結果に示されているように、同じ表面仕上げを行っても、ポーセレンの種類によって実際の表面の性状が異なっているためと考える。

表面の凹凸は、その大きさによりマクロとミクロの表面欠陥に分類される。マクロな欠陥とは $1\ \mu\text{m}$ 程度の比較的大きな凹凸で、入射光は場所によって入射角が変化するため反射光が乱反射し光沢度が低下する²⁷⁾。本研究では、各ポーセレンの #150 の表面仕上げにおける中心線平均粗さが 0.80 から $1.11\ \mu\text{m}$ でこれに相当し、光沢度は他の表面仕上げに比較すると低くなっている。

一方、ミクロな欠陥とは 0.10 から $0.30\ \mu\text{m}$ 程度の比較的小さい凹凸で光の散乱を起こし光沢度を低下させる。物

体表面に直径 D の半球状凹部が存在する場合、光の散乱を起こさない $D \ll \lambda$ の Rayleigh 領域から光の散乱を起こす $D \approx \lambda$ の Mie 領域に移り、光沢度の低下を起こしはじめるミクロな欠陥の D は次式により与えられる²⁷⁾。

$$D = \lambda / (8 \cos i)$$

ここで、 λ : 光の波長、 i : 照射角度である。

本研究では $i = 60^\circ$ であるので、可視光領域の波長 380 から $780\ \text{nm}$ をあてはめると、 D はおよそ 0.10 から $0.20\ \mu\text{m}$ であり、この大きさをもつ凹凸は光沢度を低下させる。中心線平均粗さの結果をみると、ミクロな欠陥により光沢度を低下させない表面仕上げは $0.06\ \mu\text{m}$ のみであり、 $0.06\ \mu\text{m}$ における光沢度の値は 90% 前後と高い値を示している。

また、このミクロな欠陥に影響を与える因子として顔料の分散性や濃度があげられる。顔料は通常 $1\ \mu\text{m}$ 以下の一次粒子が集合して大きな凝集体、集合体、結合体などの二次粒子を形成している。顔料がポーセレン中で良好に分散していれば高い光沢度が得られるが、分散が不良で二次粒子を多数形成していると表面に凹凸が露呈してしまい光沢度は低下する²⁷⁾。ポーセレンは築盛時にコンデンスを行うために顔料の分散が偏り、部分的に屈折率が高いことも考えられる。また濃度についても同様で、 10% 位までは高光沢が得られるがそれ以上になると表面への凹凸の露呈により光沢度は低下する²⁷⁾。各ポーセレンはいずれにおいても顔料が 10% 以上含まれており^{28,29)}、ミクロな欠陥に影響することが考えられ、特にオペークでは顔料濃度が高く影響は大きいものと考えられる。

以上のように、ポーセレンの光沢度は含有されている顔料に影響されていることが推察される。#150 といった粗い表面仕上げにおける光沢度の低下は、その粗さによる影響が大きく顔料の凹凸による影響は小さいが、オペークのように顔料の含有量が多いと屈折率の上昇のためにボディーやインサイザルより光沢度が高くなるものと考えられる。さらに #600, #2000 と細かくなってくると、逆に顔料の含有量の多さが表面への凹凸の露呈につながり、中心線平均粗さを増加させオペークの光沢度はほかに比較して低下している。各ポーセレンの表面仕上げが $0.06\ \mu\text{m}$ と細かくなると、これらの凹凸も研磨により平滑化してしまうために影響はほとんどなくなり、中心線平均粗さは減少し光沢度は高くなっている。

4. ポーセレンの色調に及ぼすポーセレンの種類と表面仕上げの影響について

表面の性状が異なると、前述のように物体の表面における光の挙動は異なってくるため、表面仕上げは光沢度と同様に色調に対しても影響を及ぼすものと考えられる。そこで、表面仕上げの異なるポーセレン試験片を用いて、表面仕上げと色調の関係について明らかにする目的で実験を

図 9 Relation between glossiness and L^*
光沢度と L^* の関係

図 11 Relation between glossiness and b^*
光沢度と b^* の関係

図 10 Relation between glossiness and a^*
光沢度と a^* の関係

行った。

その結果、明度はすべてのポーセレンにおいて表面仕上げが細くなるに従い低下し、彩度はオペークおよびボディーにおいては上昇し、インサイザルでは低下した。色相は表面仕上げにかかわらずオペークとボディーはY系からYR系に、インサイザルはB系に分布していた。彩度および色相を a^* 、 b^* としてとらえると、 b^* は表面仕上げが細くなるに従い増加し、 a^* には有意な差が認められなかったことより、ポーセレンの表面仕上げはおもに b^* に影響を及ぼし、表面仕上げが細くなると黄色傾向が強くなることが明らかとなった。本実験材料で使用したヴィンテージの色調はVITA シェードの色調に準じて製作されており、このシェードガイドではA系は赤茶色系、B系は赤黄色系、C系は灰色系、D系は赤灰色系を表している。したがって、実験材料の色調であるA1では b^* の増加とともに a^* も増加し、赤色傾向が強くなることが望ましいが、本研究の結果からはそのような傾向は認められなかった。これは、 a^* の値が小さく表面仕上げによる影響

が現れなかったためと考える。

各ポーセレンの表面仕上げ間の色差をみると、オペークでは#2000までは色差が認められなかったが、 $0.06\mu\text{m}$ とすべての表面仕上げ間には色差が認められた。ボディーでは#600と#2000間以外、インサイザルでは#150と#600以外のすべての表面仕上げ間で色差が認められ、オペークに比較しボディーやインサイザルでは色調に及ぼす表面仕上げの影響が大きいことが明らかとなった。

光がポーセレン表面に入射すると、平滑な面では表面反射光は正反射の法則に従い、ほとんどが正反射方向に反射し、それ以外の方向からみると着色した拡散反射光のみが目に入るため、明度は低下し鮮やかな色にみえる²²⁾。凹凸のある面では、表面反射光はあらゆる方向に散乱されるため、どの方向からみても正反射光と拡散反射光が目に入り、平滑な面よりも白くみえるため明度は上昇し鮮やかさは低下する²²⁾。本研究においても、オペークとボディーでは表面の性状が細くなると光沢度は上昇し、明度が低下し彩度が上昇する結果となった。インサイザルでは光沢度の上昇と明度の低下は同様であったが、彩度については低下していた。これは、表面仕上げが細くなると透明性が増し、光がポーセレン内を透過してしまい鮮やかさが低下するためと考える。

図9～11に、ポーセレンの光沢度と色調の関係を示す。各ポーセレンの光沢度と L^* の間には信頼率99%で有意な負の相関が認められた。また b^* との間にはオペークにおいて信頼率99%で、ボディーとインサイザルにおいて信頼率95%で有意な正の相関が認められた。しかし a^* との間には有意な相関は認められなかった。

以上のように、表面仕上げは色調に対しても影響を及ぼしていることが明らかとなった。したがって、表面仕上げ

表 16 ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔCab^* and ΔE^* between standard color and others in each shade
各シェード系内における基準色と他のシェード番号の色調との色差 ΔL^* Δa^* Δb^* ΔCab^*

	PA ₁ O	PA ₂ O	PA ₃ O	PA _{3.5} O	PA ₄ O	PB ₁ O	PB ₂ O	PB ₃ O	PB ₄ O	PC ₁ O	PC ₂ O	PC ₃ O	PC ₄ O	PD ₂ O	PD ₃ O	PD ₄ O
ΔL^*	-1.04	-2.00	-6.75	-8.57		-2.79	-4.85	-7.08		-1.04	-4.49	-7.38		-0.61	-1.15	
Δa^*	1.48	1.66	3.01	2.49		-0.16	0.49	0.00		0.11	0.66	1.27		1.56	0.45	
Δb^*	2.58	2.88	7.33	7.51		6.38	10.27	12.96		1.65	1.92	2.66		4.03	6.90	
ΔCab^*	2.77	3.10	7.73	7.80		6.52	10.51	13.39		1.60	2.00	2.85		4.24	6.91	
ΔE^*	8.82	9.83	20.24	21.24		13.48	21.75	27.95		3.47	6.05	9.41		8.60	13.89	

	A ₁ B	A ₂ B	A ₃ B	A _{3.5} B	A ₄ B	B ₁ B	B ₂ B	B ₃ B	B ₄ B	C ₁ B	C ₂ B	C ₃ B	C ₄ B	D ₂ B	D ₃ B	D ₄ B
ΔL^*	2.38	0.76	-1.28	-1.93		-2.42	-2.12	-6.58		-1.62	-3.17	-1.84		-2.55	-0.51	
Δa^*	1.62	2.25	2.31	2.74		0.24	0.70	2.19		0.26	0.93	1.75		1.08	0.76	
Δb^*	5.20	7.38	10.72	13.21		3.36	4.31	7.14		3.10	7.61	11.41		1.96	5.49	
ΔCab^*	5.31	7.72	10.88	13.40		3.34	4.34	7.24		3.11	7.64	11.75		2.03	5.52	
ΔE^*	9.35	14.11	20.98	26.05		7.18	8.98	16.22		6.59	15.77	23.70		8.95	13.85	

	No. 57	No. 58	No. 59	No. 60
ΔL^*	3.04	0.05	-1.18	
Δa^*	-0.29	-0.42	-0.27	
Δb^*	1.57	1.65	4.62	
ΔCab^*	0.71	0.62	3.64	
ΔE^*	1.97	4.20	9.01	

の色調に及ぼす影響を排除しなければポーセレン本来の色調は評価できないものと考えられる。中心線平均粗さの測定結果に示されているように、ポーセレンの表面仕上げと実際の表面粗さは異なっているため、色調を検討する際には各ポーセレンの表面粗さの近づく 0.06 μm 仕上げを行うことが必要であると考えられる。

5. ポーセレン単体の色調について

実験 2 では、実験 1 の結果よりポーセレン単体の本来の色調を測定できる条件と考えられる 0.06 μm 仕上げにおける各ポーセレン単体の色調を測定した。

ポーセレンの色調をポーセレンの種類間で比較すると、同じシェードにおける明度および彩度は、インサイザル<ボディー<オペークの順に高く、色相はオペークとボディーでは Y 系から YR 系に、インサイザルでは GY 系から Y 系に分布していた。

ポーセレンのシェード間の色調を比較すると、オペークの A2 と A3 間、A2 と B2 間、C2 と D3 間、ボディーの B1 と C1 間、C3 と D4 間で色差が認められなかったが、オペークとボディーの両方で色差が認められなかったシェードはなかったため、築盛後は異なった色調になるものとする。またシェード系間の色差はオペークでは A 系、C 系、D 系ともに B 系との色差が最も大きく、ボディーでは A1 と A3.5 の色差を除けば、B 系、C 系、D 系ともに A 系との色差が最も大きかった。

表 16 に、ポーセレンのシェード系内におけるシェード番号の最も小さいものを基準色としたときの他のシェード番号との色差 ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔCab^* , ΔE^* を示す。 ΔE^*

は、すべてのシェード系においてシェード番号が離れるに従い増加し、 ΔE^* の変化に影響を及ぼす ΔL^* と ΔCab^* の大きさはシェード系によって異なっていた。つまりオペークの A 系では ΔL^* , ΔCab^* が同程度に、B 系と D 系では ΔL^* に比較し ΔCab^* のほうが、C 系では ΔCab^* に比較し ΔL^* のほうが ΔE^* の変化に影響を及ぼしていた。ボディーでは A 系と C 系で ΔL^* に比較して ΔCab^* のほうが、B 系と D 系では ΔL^* と ΔCab^* が同程度に、インサイザルでは ΔL^* と ΔCab^* が同程度に ΔE^* の変化に影響を及ぼしていた。また Δa^* は Δb^* と比較すると小さく、 ΔCab^* はおもに Δb^* に影響を受けていることが明らかとなった。

以上のように、ポーセレンのシェード系内における色調の変化は、明度の影響が強いもの、彩度の影響が強いもの、両方の影響が強いものがあり規則性は認められなかった。

表 17 に、ヴィンテージと硬質レジンのクラレ社製セシード（以下セシードと略す）のオペークの色調³⁰⁾および VITA シェードの色調³¹⁾を示す。またヴィンテージとセシードの値より求めた色差 ΔE^* を示す。ヴィンテージとセシードの色調を比較すると明度は B1, B2, B3, C1, C2 を除くすべてのシェードでセシードのほうが高く、特に A 系においてその傾向が強かった。色差 ΔE^* は C2 を除くすべてのシェードにおいて認められた。またヴィンテージとシェードガイドの色調を比較すると、明度および彩度はともに異なる傾向を示した。

以上のように、ポーセレンの色調はポーセレンの種類間、シェード系間、シェード系内におけるシェード番号間、材料の種類間のいずれにおいてもすべてのポーセレン

表 17 Color of Opaque (Vintage and Cesead) and Shadeguide

ヴィンテージとセシードのオペークおよびシェードガイドの色調

	A 1	A 2	A 3	A 3.5	A 4	B 1	B 2	B 3	B 4	C 1	C 2	C 3	C 4	D 2	D 3	D 4
ヴィンテージ	79.53	78.49	77.53	72.78	70.96	81.35	78.56	76.50	74.27	74.70	73.66	70.21	67.32	74.87	74.26	73.72
L* セシード	84.50	83.47	81.57	75.51	75.34	81.22	75.20	75.59	75.01	74.65	74.40	74.17	75.81	73.78	75.06	74.25
シェードガイド	59.72	58.23	57.29	55.23	53.07	57.62	58.11	55.11	54.82	55.73	54.69	52.04	47.79	56.19	54.29	54.53
ヴィンテージ	1.53	3.01	3.19	4.54	4.02	0.31	2.17	3.20	4.49	2.59	2.70	3.25	3.86	1.84	3.40	2.29
a* セシード	3.37	2.45	3.50	3.98	4.01	0.47	3.45	3.94	3.93	1.41	2.27	2.33	1.00	2.07	0.74	1.98
シェードガイド	-0.89	0.23	0.57	1.33	1.53	-1.09	-0.87	0.52	0.58	-0.27	0.07	0.50	1.66	-0.45	0.52	-0.22
ヴィンテージ	14.05	16.63	16.93	21.38	21.56	10.63	17.01	20.90	23.59	15.50	17.15	17.42	18.16	13.47	17.50	20.37
b* セシード	17.43	15.12	19.08	19.13	19.31	11.96	17.73	19.14	19.59	16.86	16.66	16.68	14.60	17.23	14.25	16.85
シェードガイド	6.11	8.52	9.41	11.80	12.11	4.16	8.69	12.35	12.53	5.65	8.79	9.34	12.46	4.40	7.38	9.44
ヴィンテージ	14.13	16.90	17.23	21.86	21.93	10.63	17.15	21.14	24.02	15.72	17.36	17.72	18.57	13.59	17.83	20.50
Cab* セシード	17.75	15.31	19.40	19.54	19.72	11.97	18.06	19.54	19.98	16.92	16.81	16.85	14.63	17.35	14.27	16.97
シェードガイド	6.17	8.52	9.43	11.87	12.21	4.30	8.73	12.36	12.54	5.66	8.79	9.35	12.57	4.42	7.40	9.44
ヴィンテージ	6.16	10.23	10.63	11.95	10.48	1.61	7.21	8.67	10.73	9.44	8.92	10.52	11.94	7.72	10.94	6.36
Hab* セシード	10.94	9.19	10.40	11.75	11.73	2.23	11.01	11.63	11.36	4.79	7.56	7.95	3.93	6.86	2.97	6.72
シェードガイド	361.75	1.50	3.42	6.39	7.16	335.37	364.27	2.37	2.61	357.31	0.41	3.02	7.55	354.20	3.99	358.71
ΔE^*	9.01	5.91	5.94	5.39	6.25	2.69	4.20	3.68	8.11	3.14	1.43	4.49	12.09	7.60	7.91	7.08

に共通する規則的な傾向は認められなかった。したがって、これらの間に何らかの規則性を持たせて色調の管理を行うことがポーセレン修復物の製法を規格化するうえで重要であると考え。

V. 結 論

本研究は、ポーセレンの光沢度および色調に及ぼす表面仕上げの影響を明らかにする目的で、変角光沢度計および分光式色差計を用いて色彩学的な研究を行った。

実験1では松風社製ユニボンド・ヴィンテージ（以下ヴィンテージと略す）を使用し、ポーセレンの種類をVITA シェードの A 1 の色調に準じたオペークポーセレン（以下オペークと略す）、ボディーポーセレン（以下ボディーと略す）、インサイザルポーセレン（以下インサイザルと略す）とし、表面仕上げを耐水研磨紙による # 150, # 600, # 2000 仕上げおよび粒度 0.06 μm コロイダルシリカによるバフ研磨仕上げとしたときのポーセレンの光沢度と、色調に及ぼすポーセレンの種類と表面仕上げの影響を検討した。

実験2ではヴィンテージのオペーク、ボディー、インサイザルの単体の色調を測定し比較検討した。結果を要約すると以下ようになる。

1. 各表面仕上げにおけるポーセレンの光沢度は、ポーセレンの種類によって異なっていた。
2. ポーセレンの光沢度はオペーク、ボディー、インサイザルともに表面仕上げが細くなるに従い上昇した。
3. 各表面仕上げにおけるポーセレンの色調は、L* と b* がインサイザル<ボディー<オペークの順に高く、a* では有意の差は認められなかった。

4. ポーセレンの色調はオペーク、ボディー、インサイザルともに表面仕上げが細くなるに従い L* が減少し、b* が増加したが、a* では有意の差は認められなかった。

5. オペークの L* は A 系、B 系、C 系、D 系においてシェード番号が大きくなるに従い減少し、彩度 Cab* は上昇した。

6. ボディーの L* は A 系、B 系、C 系においてシェード番号が大きくなるに従い、D 系においては D 3>D 4>D 2 の順に減少した。また彩度 Cab* はすべてのシェード系においてシェード番号が大きくなるに従い上昇した。

7. インサイザルの L* は No. 60<57<59<58 の順に増加し、彩度 Cab* は No. 57<59<58<60 の順に上昇した。

本研究の要旨は、平成5年度第424回・426回日本歯科大学歯学会例会（平成5年10月21日，東京・平成5年12月16日，東京）および平成5年度日本補綴歯科学会関東支部学術大会（平成6年2月19日，東京）において発表した。

文 献

- 1) 日本歯科色彩研究会編著. 歯科色彩の話 112-139, 東京: クインテッセンス出版, 1993.
- 2) 横塚繁雄. 現代の審美歯冠修復, 東京: クインテッセンス出版, 1989.
- 3) 横塚繁雄, 新谷明喜, 千葉栄一. メタルボンドの審美修復, 東京: 永末書店, 1992.
- 4) 山本 眞. カラーアトラス ザ・メタルセラミックス 219-445, 東京: クインテッセンス出版, 1982.
- 5) 吉田 皓. 陶材の色に関する測色的研究. 補綴誌 16: 245-267, 1972.

- 6) Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain system. J Prosthet Dent 56: 35-40, 1986.
- 7) O'Brien WJ, Fan PL, Groh CL. Color difference coefficients of body-opaque double layers. Int J Prosthodont 7: 56-61, 1994.
- 8) 石橋寛二, 永井成美, 佐藤理一郎ほか. メタル・セラミック・クラウンの新しい色調構築システム. QE 13: 1294-1300, 1994.
- 9) Esquivel JF, Chai J, Wozniak WT. Color Stability of low-fusing porcelains for titanium. Int J Prosthodont 8: 479-485, 1995.
- 10) 財団法人日本色彩研究所編. 色彩ワンポイント 3 色彩管理の実際, 東京: 財団法人日本規格協会, 1993.
- 11) 山瀬 勝, 新谷明喜, 岡田智雄ほか. Precision Shade Mold による金属焼付用ポーセレンの焼成収縮に関する研究. 歯学 83: 1313-1321, 1995.
- 12) 古屋尚子, 新谷明喜, 横塚繁雄. 歯科領域における光電色差計の測色条件に関する研究. 歯学 80: 1125-1139, 1992.
- 13) 新谷明喜, 千葉栄一, 岡田智雄. 各種ポーセレン・システムの特徴 (I) 市販ポーセレン, キャスタブル・セラミックスを評価する. QDT 17: 829-854, 1992.
- 14) 歯科技工別冊. ポーセレンワークのすべて, 東京: 医歯薬出版, 1992.
- 15) 吉川宏行, 山本 眞. オパール効果と明度コントロールによるメタル・セラミックスの審美再現性の追求. QE 10: 75-92, 1991.
- 16) 山本 眞. 天然歯色調表現上の新しい色調概念とバリュー・コンバージョン・システムについて (I). QDT 16: 45-66, 1991.
- 17) 潤田和好, 大友孝恒, 山本 秀ほか. 陶材焼付鑄造冠のオペーク陶材に関する測色学的研究 第 1 報 黄色系オペーク陶材による裏装金属色遮蔽効果. 補綴誌 32: 534-545, 1988.
- 18) 角田 淳. 陶材溶着鑄造冠 (Ni-Cr 系合金) の色調再現性. 補綴誌 34: 929-943, 1990.
- 19) 潤田和好, 横堀雅義, 吉田展也ほか. 陶材焼付鑄造冠のオペーク陶材に関する測色学的研究 第 3 報 オペーク陶材層による裏装金属色遮蔽効果に及ぼすデンティン陶材層の影響について. 補綴誌 37: 552-559, 1993.
- 20) 片山伊九右衛門, 今松澄江, 牛 忠英ほか. Vintage 陶材と Cosmotech 陶材の色調におけるレジンセメントの影響. 明海歯学誌 22: 356-370, 1993.
- 21) 山瀬 勝, 金子泰雄, 古屋尚子ほか. 陶材焼付鑄造冠の色調に関する研究—オペーク陶材層とデンティン陶材層が色調に及ぼす影響—. 補綴誌 39: 93 回特別号: 54, 1995.
- 22) 日本色彩学会編. 新編 色彩科学ハンドブック, 東京: 東京大学出版会, 1989.
- 23) 蓮沼 宏. 光沢, 東京: コロナ社, 1960.
- 24) 宮川行男, 中村健吾, 赫多 清ほか. 表面仕上げの異なる Au-Ag-Cu 合金の各種光沢度, 歯材器 8: 688-700, 1989.
- 25) 斎藤 誠. 陶材の表面仕上げに関する研究—各種表面仕上げ処理が陶材の表面性状および機械的性質に及ぼす影響について—. 昭歯誌 11: 147-166, 1991.
- 26) 大内秀明, 新谷明喜, 横塚繁雄. リン酸カルシウム系結晶化ガラスの光沢度および色調に関する研究. 歯学 81: 106-124, 1993.
- 27) 清野 学. 酸化チタン—物性と応用技術, 東京: 技報堂出版, 1991.
- 28) 坂 清子. Q&A セラモメタルサイエンス, 東京: 医歯薬出版, 1989.
- 29) 岡本佳三. 焼付用陶材の物理化学的性質について. 歯材器 1: 138-171, 1982.
- 30) 浜松毅昌, 古屋尚子, 千葉栄一ほか. 市販光重合型硬質レジンの色調範囲に関する研究. 歯学 82: 730, 1994.
- 31) 小林一彦, 古屋尚子, 千葉栄一ほか. 色差計による天然歯色調に関する基礎的研究 第 5 報 天然歯とシェードガイドの色調範囲. 歯学 81: 1548, 1995.