総 説

歯冠色の構築からみたオールセラミッククラウンの特徴

石橋 寛二 永井 成美 照井 崇之

Color Reproduction of Natural Tooth for All-Ceramic Crown System

Kanji Ishibashi, Shigemi Nagai and Takayuki Terui

Abstract : A lot of all-ceramic crown systems have been developed in the last decade. Current all-ceramic crown systems show great mechanical strength compared with previous porcelain crowns. With regard to color reproduction of esthetic and natural tooth color, all-ceramic crown systems have an advantage due to the lack of a metal frame. This paper describes colorimetric indications related to the following points for color reproduction of all-ceramic crowns.

- Color space of natural tooth color
- Tooth color as the turbid-media
- Color reproduction with stratiformed ceramic layer
- Colorimetric properties of ceramic crown
- Color adjustability of luting resin cements
- Application of CCM for color reproduction

Key words : all-ceramic crown, CCM, color reproduction

I. はじめに

豊かなライフスタイル, 創造性にあふれた個性が求められる現代社会にあって, 歯科医療の果たす役割は大きい。なかでも, より良いコミュニケーションをサポートする前歯部補綴への期待は大きく, 歯科医院を訪れる患者の心理を理解し, 患者の求める審美性とは何かを知ることが重要である。そこで著者らは盛岡, ポストン, ホノルルの3歯科医療機関において, 口腔領域の審美性に関する意識調査を行った。その結果, 歯の色調に対して80~90%の人が関心をもち, その大半が歯冠色に対する具体的な希望を有していた¹⁾。歯科審美において歯冠色のもつ意義の大きさが理解できる。

近年, 自然感のある歯冠色を構築することが可能で, 十分な機械的強度を有するオールセラミッククラウンが登場し注目されている。オールセラミッククラウンの種類に

よって, 色調構築に影響する材料特性, 製作法, 構造が異なっている。したがって, オールセラミッククラウンの応用に際しては, 歯冠色の背景となっているクラウンの基本的な構造を理解しておかなければならない。

ここでは, どのように歯冠色を構築するかという立場から, オールセラミッククラウンの構造と歯冠色表現のかかわりを探ってみたい。

II. ポーセレンクラウンの歴史

ポーセレンジャケットクラウンの歴史は100年以上前にさかのぼる(表1)^{2~8)}。古くは1893年にGeorge Evansによってポーセレンクラウンが記述されており, 1970年にはStanley D Tylmanがアルミナスポーセレンジャケットクラウンを奨励している。しかしながら, 機械的強度の乏しさから, 近年では使用頻度が低く, 陶材焼付鑄造冠や硬質レジン前装冠が一般的に使用されてきた。1990年代に入り, いわゆるメタルフリーのクラウンとして高強度セラミックを応用したオールセラミッククラウンが次々に発表されるようになった。

岩手医科大学歯学部歯科補綴学第二講座 (主任: 石橋寛二教授)
Department of Fixed Prosthodontics, School of Dentistry, Iwate
Medical University (Chief: Prof. Kanji Ishibashi)

表 1 History for porcelain crown
ポーセレンクラウンの歴史

1893	George Evans
	Porcelain Crown with Gold Collar Attachment
1913	Heart J. Goslee
	Porcelain Jackets Crowns
1915	J.F. Hovestadt
	All Porcelain Crowns
1938	矢崎正方
	陶窯焼歯冠
	ポーセレン・ジャケット・クラウン
1954	Stanley D. Tylman
	Complete Veneer Porcelain Crowns
1960	John F. Johnston
	Porcelain Jacket Crowns
1970	Stanley D. Tylman
	Aluminous Porcelain Jacket Crown

III. 天然歯にみる歯冠色の特性

天然歯の色調はデンティンとエナメルによる層構造によって表現され、しかも半透明感を有している。この2つの特徴を中心に、オールセラミッククラウンに対する天然歯の色調構築法を考えてみた。

1. 天然歯の色調

色を把握する方法としては肉眼で視感的にとらえる方法と、測色機器により物理的にとらえる方法とがある。天然歯は口腔内という特殊な環境にあり、測色面積が小さく半透明体という複雑な光学条件を有しており、これらの条件に適した測色装置および測色方法が必要である。非接触によりエッジロスエラーの影響を受けずに半透明体を精度良く測色することの可能な装置として、オリンパス社製マルチスペクトルカメラシステム MSC-120 を用いて天然歯の色調を分析した。

切縁部分の色調を把握するためには、光の透過性を評価する必要がある。歯冠切縁部分を白バックおよび黒バックの状態を観察してみると、光透過性の程度が良く理解できる(図1)。この2つの状態の測色値から隠蔽性を表す指標である Hiding Power 値を算出することにより、切縁部分の光透過性を客観的に評価することが可能である。

20 歳代から 80 歳代までの 150 名を対象に、上顎中切歯および側切歯の歯冠色を分析した。明度および彩度の色空間から天然歯はさまざまな色調を有していることがわかる^{9,10)}(図2)。このような色空間を有する天然歯の色調を構築するためには、この空間を網羅することのできるセラミックが必要である。さらに、天然歯は表面色ではなく半透明体であることから、光透過性や隠蔽性などにかかわる色彩学的特性を考慮した色調構築が重要となろう。

図 1 Light transmission of incisal area
a : White backing, b : Black backing
切縁部の光透過性の評価
a : 白バック, b : 黒バック

図 2 Color space for natural tooth
天然歯の色空間

2. 層構造の意味

半透明体である天然歯の色調を構築するためには、天然歯が解剖学的に層構造で構成されているということに注目しなければならない。物体の色とは、その反射する光のスペクトル分布のことで、歯冠色が合っているということは目標とする歯とセラミックにより構築されたクラウンの分光反射率が一致していることを意味する。したがって、白、黄、赤、青など、それぞれ特徴的な分光反射率曲線を示す材料を適切に調合し、層構造として組み合わせること

によってクラウンの分光反射率をいかに目標色に近づけるかが問われることになる。メタルセラミッククラウンでは、オペーク、デンティン、エナメルポーセレンの3層構造であり、ポーセレンラミネートベニヤクラウンでは、マスキングポーセレンとデンティンやエナメルで構成されることになる。これらの層はそれ自体が色調をもつと同時に、重なり合うことによって新たな色調を構築している。下地である変色歯の色調の上に、マスキングポーセレンと表層のデンティンポーセレンを重ねて目標色を構築してみた。ここでは、表層のデンティンポーセレンの色調は同一であるが、色調の異なった3種類の下地色に対して、それぞれ適切なマスキングポーセレンを重ね合わせることで、いずれの下地色の場合でも同一の目標色を精度良く構築することが可能となっている^{11,12)} (図3)。層構造で色調を構築することの有用性を理解することができる。

もう1つの要件として、ポーセレンの厚さがある。ポーセレンは半透明体であるためその厚さによって色調が異なり、また背景に何が存在するかによっても影響される (図4)。厚さや背景色と密接に関連しながら層構造を形成することにより、色調が構築されているのである。

IV. オールセラミッククラウンの構造と色調構築

1. オールセラミッククラウンの分類

オールセラミッククラウンをその製作法から分類すると、大きく4種類に分けられる (表2)。キャストブルセラミックと呼ばれるものの代表としてはDicor, OCC, Crys-Ceraがあげられる。これらはロストワックス法により鋳造を行うが、鋳造後にセラミंगを必要とし、色調構築はステイン法によって行われる。

ロストワックス法で加熱加圧成型法を応用するものとし

図3 Stratified color reproduction
 a : Color of target and individual stratified layer,
 b : Results of color reproduction
 層構造による歯冠色の構築
 a : 目標色および3層の色調, b : 色調構築結果

図4 Color difference according to thickness and backing
 a : Free-standing, b : White backing
 厚みおよび背景色による色調の違い
 a : Free-standing での色調, b : White バックでの色調

表 2 Types for all-ceramic crown system
オールセラミッククラウンの分類

製作法	名称	セラミックコア の製作法	歯冠色構築法
鋳造法 (Castable)	Dicor OCC Cry-Cera	セラミシング	レヤリング ステイニング
加熱加圧 成型法	IPS-Empress OPC	加熱加圧成型	レヤリング ステイニング
耐火模型法	In-Ceram	ガラス浸透焼成	レヤリング
精密加工法	Celay (In-Ceram) Procera	CAD/CAM	レヤリング ステイニング

図 5 Analyzing method for opacity by hiding power
隠蔽性 (Hiding power) の分析方法

ては、IPS-Empress (以下、エンプレス) と OPC がある。リュウサイトクリスタルを主成分としたインゴットはすでにセラミシング処理が施されており、それ自体が歯冠色を呈している。したがって、加熱加圧成型後にセラミシングを必要とせず、レヤリング法での色調構築が可能である。

耐火模型法を応用する In-Ceram (以下、インセラム) では、アルミナ、マグネシアスピネル、ジルコニアを主成分とする高強度セラミックコアを作製する。これはガラス浸透法といわれる技術によるもので、現在市販されているオールセラミッククラウンシステムのなかで最も高い強度を有する。この場合においてもレヤリング法が用いられる。CAD/CAM 法を応用するものとしては、Procera とインセラムスピネルがあるが、同様にレヤリング法による色調構築が可能である。

オールセラミッククラウンを色調構築という観点から分類すると、ステイン法とレヤリング法に分類される。審美的な色調構築という点では、層構造での色調構築が可能であるレヤリング法が望ましいと考える。この層構造は、支台歯とセラミックコア、そしてレヤリングセラミックの3層によって構成されるものである。この層構造には光の透過を遮断する金属が存在しないため、3つの層が互に影響しあいながらクラウンの色調が構築されることになる。

図 6 Analyzing method for light transmission
光透過性の分析方法

図 7 Comparison of opacity for IPS-Empress and In-Ceram
IPS-Empress および In-Ceram における隠蔽性 (Hiding power) の比較

2. オールセラミッククラウンの光学特性

3層でクラウンの色調を構築するエンプレスとインセラムの光学特性を評価した。上顎中切歯を対象とし、通法に従ってエンプレスとインセラムによるクラウンを作製した。いずれのクラウンも VITA シェードの A2 である。クラウンを支台歯に装着した状態で、切縁から歯頸部にかけて A, B, C, D, E の5ポイントについて、隠蔽性と光透過性を分析した¹³⁾。隠蔽性はクラウン内面に空気の介在のないような状態で白バックと黒バックをおいた場合の色差 dE で評価した (図 5)。光透過性については、クラウンの背面から光を照射した状態での dL* 値と、光を照射しない状態での dL* 値の比により評価した (図 6)。隠蔽性はいずれの部位においてもインセラムがエンプレスを上回っており、前者の不透明性が高いことを示す (図 7)。光透過性については、いずれの部位においてもエンプレスがインセラムよりも大きい。歯頸部に比較して切縁部において著しく高い透過性を示すが、金属を使用しないことにより歯冠中央部や歯頸部においても光が透過していることがわかる (図 8)。以上のように、エンプレスは透明感が強く、インセラムは不透明性が高いオールセラミッククラウンといえよう。このような光学特性はそれぞれのクラウンの特徴であって、色調構築という観点からは長所でもあり短所ともなり得る。支台歯が生活歯である場合は、支台

図 8 Comparison of light transmission for IPS-Empress and In-Ceram
IPS-Empress および In-Ceram における光透過性の比較

図 9 Effects of metal abutment to color of all-ceramic crown
金属支台築造がオールセラミッククラウンの色調に及ぼす影響

歯の色調がクラウンの色調に悪影響を与えることはなく、このような場合は、光透過性の高いエンプレスが有利な条件をもつと思われる。一方、支台歯の色調がクラウンの色調に悪影響を及ぼす場合、すなわち金属による支台築造が施されている場合においては、エンプレスのような光透過性の高いクラウンは色調構築にとっては不利で、インセラムのような不透明性の高いクラウンが有利な条件をもつ。このように、半透明体の層構造で色調を構築する場合は、支台歯自体の色調を十分に考慮する必要がある。

支台歯が金属築造されている場合は、生活支台歯の場合に比較して明らかに色調が異なり (図 9)、明度および彩度の低下を引き起こす。このような場合は合着用レジンセメントによってクラウンの色調を調整することができる。生活支台歯の色調としてデンティンインゴットを設定し、それを下地とした場合のクラウンの色調を基準色とした。そして築造用金属が下地である場合の合着用レジンセメントの効果を分析した¹⁴⁾。金属が下地になることによって低下した彩度および明度が、適切に調合された合着用セメントを用いることによって回復されることが示された (図 10)。金合金の場合は、オレンジ色のセメントとオベーク色のセメントを混合して使用することにより基準色との色

図 10 Color adjustability for all-ceramic crown by luting resin cements
合着用レジンセメントによる明度および彩度の調整効果

図 11 Effective formulation of luting resin cements for color adjustability.
色調調整に有効な合着用セメントの調合パターン

差 3 以下に調整することが可能であり、Pd 合金ではやや劣るものの、同様に適切なセメントを混合することにより色調を回復することが可能である (図 11)。このように、半透明体で光透過性を有する特徴とするオールセラミッククラウンは、支台歯、セラミックコア、レヤリングセラミックによる 3 層構造に、合着用セメント層を加えた 4 層によって合理的に色調が構築される。

V. オールセラミッククラウンにおける色調構築の実例—エンプレスの場合—

エンプレスはロストワックス法を採用し、デンティンインゴットを加熱加圧成型することによってデンティンコアを作製する。27 種類の歯冠色をもつデンティンインゴットはすでにセラミグ処理がなされており、加熱加圧成型後に行われるレヤリングセラミック焼成の熱処理過程においても良好な色調安定性を有している¹⁵⁾。レヤリング法ではデンティンコアの上にレヤリングセラミックを重ねてクラウンの色調を構築するが、支台歯にデンティンコアを試適した段階での色調を把握することが重要である。光透過

図 12 Color reproduction using CCM for layering ceramic

a : Ceramics for CCM, b : Construction of CCM sample

レヤリングセラミック層に対して CCM を応用した色調構築

a : CCM に使用するセラミック, b : CCM サンプルの構成

性を有する半透明体であるために、支台歯とデンティンコアとが一体化した色調を把握することが必要である。この上に目標とする色調を得るために必要なレヤリングセラミックを築盛・焼成し、最終の色調が構築される。このレヤリングセラミック層に対して Computer Color Matching (CCM) を応用した色調構築法について基礎的ならびに臨床的検討を行い、良好な結果が得られている^{16,17)}。レヤリングセラミックであるインパルスとデンティンを CCM 処方によって配合し、支台歯とデンティンコアを想定した下地層に重ねて目標色を構築しようとするものである (図 12)。CCM を応用することによって、目標色との色差 3 以下の精度での色調構築が可能である。

VI. まとめ

オールセラミッククラウンによる歯冠色の色調構築について、天然歯の色空間、半透明体としての歯冠色、層構造による歯冠色の構築、セラミッククラウンの光学特性、合着用レジンセメントの色調調整効果、CCM を応用した色調構築の観点から述べた。

オールセラミッククラウンの応用に際しては、これら歯冠色の背景となっている要件を理解した上での多方面からの色彩学的アプローチが重要である。

文 献

- 1) Sato R, Yamamoto H, Kamachi S et al. Dental esthetic awareness in Japan and America. *Int Fed Esthet Dent* 2 : 83, 1997.
- 2) Evans G. Artificial crown-and bridge-work 68-69, Philadelphia : The S.S. White Dental MFG. Co., 1893.
- 3) Goslee JH. Principles and practice of crown and bridgework 239, London : Claudius Ash, Sons & Co. Ltd., 1913.
- 4) Hovestadt FJ. Principles and technique of crowns and bridges 78-81, Boston : Ritter & Flebbe, 1915.
- 5) 矢崎正方. 歯冠継続架工学 154-166, 東京 : 而至化学工業, 1938.
- 6) Tylman DS. Theory and practice of crown and bridge prosthesis Third edition 550-656, ST. Louis : The C.V. Mosby Company, 1954.
- 7) Johnston FJ, Phillips WR, Dykema WR. Modern practice in crown and bridge prosthodontics 488-512, Philadelphia : W. B. Saunders Company, 1960.
- 8) Tylman DS. Theory and practice of crown and bridge prosthesis Sixth edition 780-798, ST. Louis : The C.V. Mosby Company, 1970.
- 9) 西郷史郎, 佐藤 敬, 遠藤忠治ほか. 走査測色による天然歯の色調評価. 補綴誌 40・96 回特別号 : 132, 1996.
- 10) Hosokawa M, Terui T, Nagai IS et al. Required color properties to dental ceramics for reproducing natural tooth color. *Int Fed Esthet Dent* 2 : 104, 1997.
- 11) 辰巳浩輝, 永井成美, 多田建造ほか. CCM によるポーセレンラミネートベニアクラウンの色調構築 第 1 報 マスキングポーセレンの着色成分にオバークを用いた場合の色調構築精度. 補綴誌 40 : 464-469, 1996.
- 12) 多田建造, 永井成美, 辰巳浩輝ほか. CCM によるポーセレンラミネートベニアクラウンの色調構築 第 2 報 マスキングポーセレンの着色成分にデンティンを用いた場合の色調構築精度. 補綴誌 40 : 878-883, 1996.
- 13) Nagai IS, Ishibashi K, Yamamoto H et al. Light transmission and hiding power of all-ceramic crowns. *J Dent Res* 76 : 310, 1997.
- 14) 伊藤邦彦. オールセラミッククラウンに対するレジンセメントの色調調整効果. 補綴誌 42 : 326-333, 1998.
- 15) 角江信彦. IPS Empress の光学特性に関する研究—加熱加圧成型による色調変化とその原因—. 補綴誌 40 : 1183-1193, 1996.
- 16) 照井崇之. CCM によるオールセラミッククラウンの色調構築—CIBA-Q 法による検討—. 補綴誌 42 : 985-992, 1998.
- 17) 照井崇之, 坂下勝啓, 永井成美ほか. CCM によるオールセラミッククラウンの色調構築に関する臨床的検討. 補綴誌 42・100 回特別号 : 103, 1998.

著者連絡先 : 石橋 寛二

〒020-8505 岩手県盛岡市中央通 1-3-27

TEL 019-651-5111 (内線 4127(医局))