

Die Farbtheorie und ihr Einfluß auf die Entwicklung des Composites Solidex <1995 年 2 月号に掲載>

硬質レジン“ソリデックス” の開発に取り入れられた 色の理論

ドイツ・フュッセン市
Bernd Egger

ドイツ・デュッセルドルフ市
Dental Studio GmbH Rolf Herman

大畠 一成／校閲

近年、新しい前装用および既製レジン材料の開発に焦点が当てられている。著しい開発をみたセラミックス材料の画期的な審美性の進歩に、開発コスト的に制約を受けるレジン材料がついていけない状況にある。そこで問題がもち上がってくるのは、コーヌスクラウンやテレスコープクラウンなどのコンビネーション義歯において、セラモメタルクラウンとレジン材料との光学物理的審美性の差異である。Egger 論文はこれまでドイツ国内で滞っていたレジン材料に、日本より導入された新光重合型硬質レジン（ソリデックス／松風社）をいち早く取り入れ、この新素材の光学物理的性質に焦点を当てオパールポーセレンとのコンビネーションを図った優れた論文である。

色を分析することは光を知ることであり、そこで、対象物を光学的に捉えた色彩学が必要になる。この論文ではマテリアルのもつ光学的特性および技術的活用法を、まず基本的色彩学より掘り起こし、物理的特性、そして、具体的臨床例をステップごとに解説していることからかなり説得力のある論文といえる。ただし、歯の色調分析の面で基本的色彩学を提唱する際に、実践的な臨床への対応性に欠ける面が多少あるかもしれない。単に光学、色彩学を学ぶのであればその専門書を読めばよいことであるが、臨床家として歯学的見地に立った色彩学が要求されるのではないか。

ヨーロッパのいまを
伝える
dental labor 誌より

dental labor

この問題の哲学的考察

われわれが、ある種の美的背景のもとに仕事を行う際、人間が何百年も前から取り組んできた感覚的印象である“色の発生”について探求することは非常に興味深い。「芸術家であるカラーデザイナーは本当の意味で色の理論を利用しているのでしょうか？ 周知のように、色の理論には熱烈な支持者と反対者が存在する。反対者は彼らの直観をより所として仕事を行っている。彼らにとって芸術とは感情的なできごとを創造するものであり、彼らはあらゆる色の理論を彼らの感情を決定す

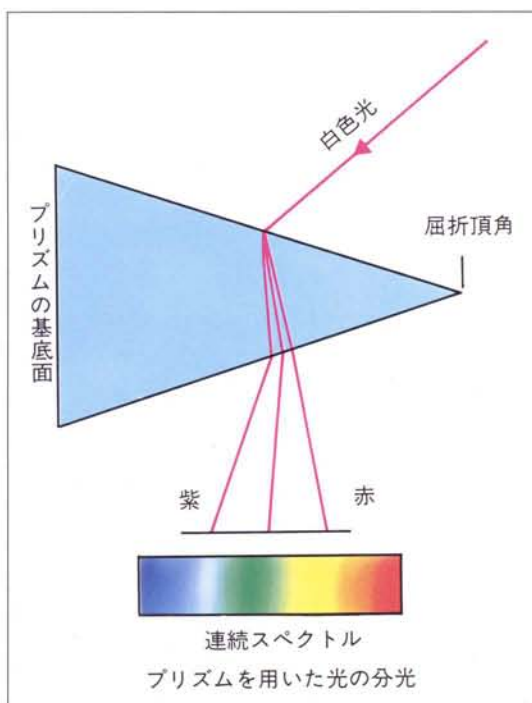


図1 光の屈折の原因は境界面における光速の変化である。光の振動数は一定のままであるが、波長は変化する。振動数とは、1秒あたりの振動回数であると解釈されている。 $v = 1/T$ （振動数 v はヘルツで測定される。1ヘルツは1秒間という時間の事象の振動数である）

る活動の障害物であるとして拒絶している。これに対して支持者は、直観は基礎としては十分ではなく、インテリジェンスを備えた確実な専門知識と直観とが組み合わさって初めて、色によって何が得られるかという可能性を解明できると考えている」⁴⁾。

Herald Küppers は、レオナルド・ダ・ヴィンチの次の言葉を引用している。「科学的知識をもたずに実践に夢中になる人は、操舵輪もコンパスも備えていない船で海へ乗り出す船乗りのようなものだ。彼らは自分がどこへ行くのか全くわかっていない」。

視覚および光線の物理的根拠

物理的視覚から考察すると、どちらも無色の物質とエネルギーが存在しているだけである。進化の過程において、細胞は一定のエネルギー光線へ向かう能力を育て、そこから視覚器官が発生した。素人には白色あるいは無色に知覚される光は、同質（同一物質）の白色光線から構成されているのではない⁴⁾。

むしろ、白色に知覚される光は、常にいくらかは不均質（合成物）のはずである。というのは、白いという感覚は、目の網膜の全3種の錐体タイプが同時に相応する強さで感受するときのみ成立しえるからである。われわれの色調認識および色調適合の問題は、多くの物理的法則を基礎としている。

1. 屈折の法則

光線が光学的により希薄な媒体（われわれの場合では空気）から光学的により密な媒体（歯の表面）へ達すると、光線は両媒体の境界面で法線へ向かって屈折する（図1）。

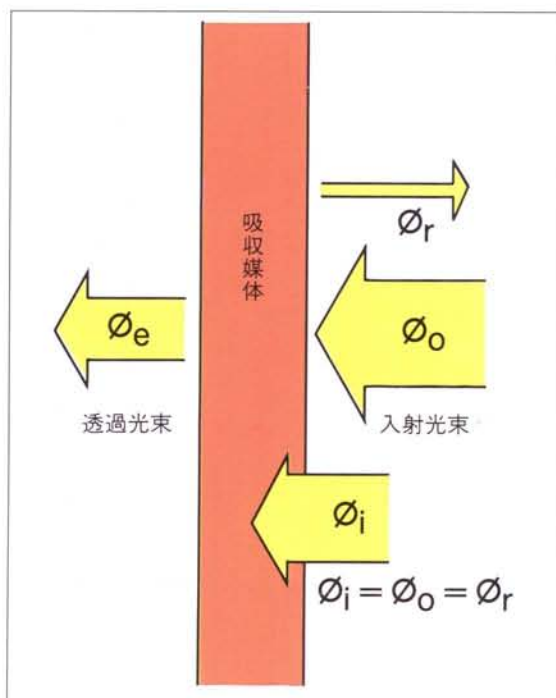


図 2, 3 光の吸収

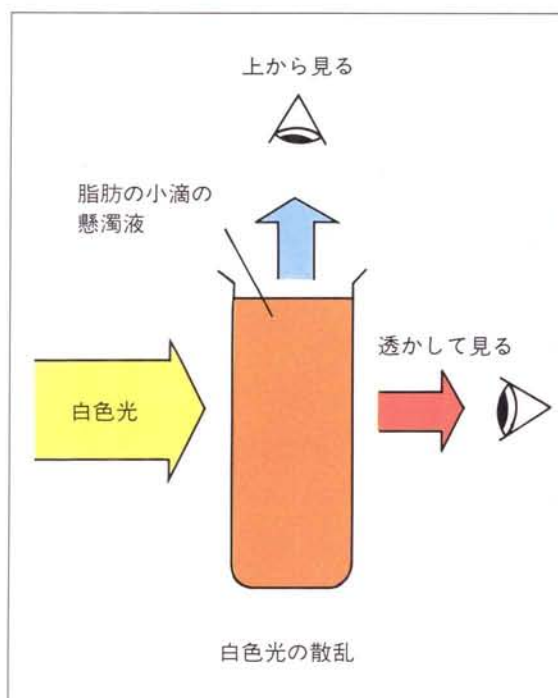


図 3 例 1. 牛乳の小滴を水に懸濁させると、透かして見た場合は赤っぽく見え、上から見た場合は青みを帯びて見える。このとき、光は懸濁した脂肪分子に当たって散乱させられる



図 4, 5 例 2. 日中の空が黒く見えないのは、太陽光が空気分子に当たってあらゆる方向に拡散させられるからである。日中の空が青く見えるのは、可視太陽光が空気分子に当たったときに長波（赤色）部分より短波（青色）部分のほうが本質的により強く拡散させられるからである。空気がなければ、空は黒く見えるであろう



図 5 日の出あるいは日の入りのときは、太陽の周囲は赤く見える。それは、主として前方向からの青色の光成分が外へ散乱させられるからである。そこで、スペクトルの赤色部分が優勢となるのである

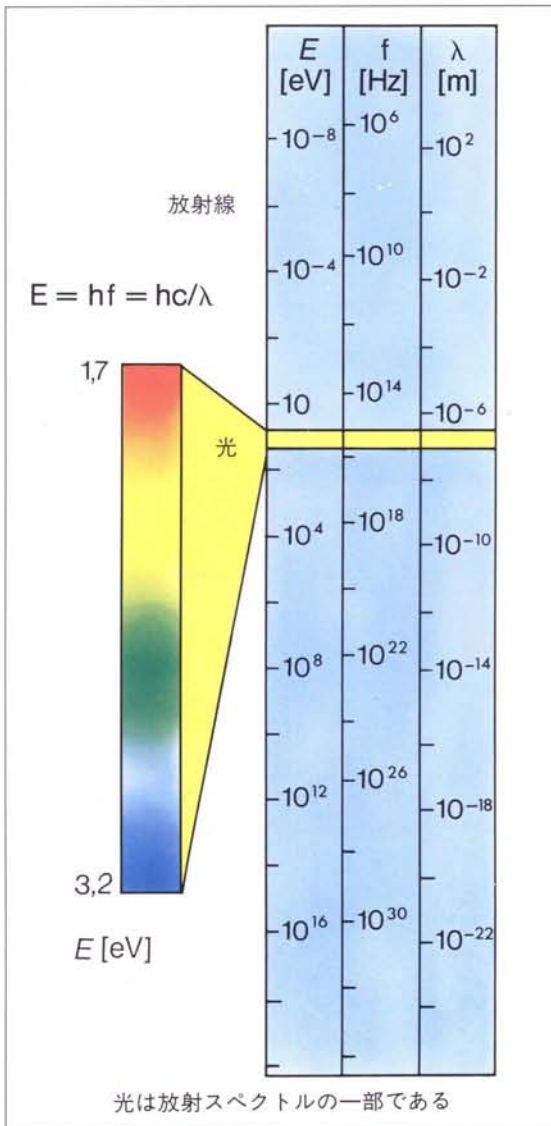


図6 光は放射スペクトルの一部である

光の屈折の事象は、1989年に山本眞氏によって、前歯修復における本質的知識の進歩を示した「歯冠用陶材およびその解剖学的形状へ及ぼす影響および要求」において報告されている⁶⁾。

2. 反射の法則

光線は、なめらかな表面に入射すると反射される。つまり、全部あるいは一部の光線が

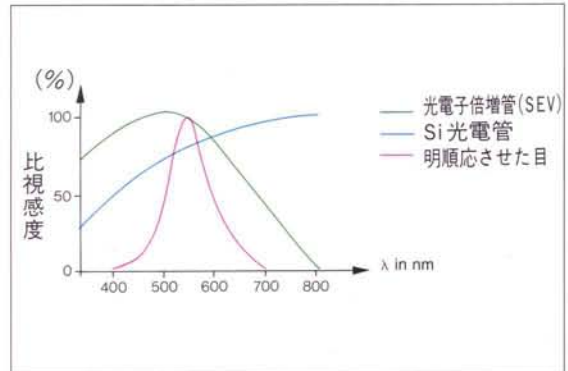


図7 われわれの目に知覚されえる放射帯は相当に狭く、比視感度は380～720 nm (1 nm = 10⁻⁹ m = 0.000001 mm) である

跳ね返される。

$$a = a' \text{ (反射の法則)}$$

その際、反射率 (ϕ_r) は反射する表面へ入射した光束のどのくらいの部分が跳ね返されるのかを表示する。つまり、

$$\phi_r = \phi_o : \phi_o$$

ϕ_r : 反射光束

ϕ_o : 入射光束

このとき、反射率は表面性状構造および光の波長の状態に依存して変化する。

拡散反射は、凹凸のある表面上で各光線が異なる方向へ反射されることによって発生すると解釈されている。臨床的影響に関しては、歯冠作製においては確かに拡散反射となめらかな表面反射との混合形が存在する。

<反射率の例>

酸化マグネシウム	0.98
雪	0.93
黒い紙	0.05

3. 吸収の法則

光の吸収も同様に重要な役割を果たす。光が媒体内へ入射すると、光エネルギーの一

図8 黄色の色面を両目で凝視すると、順応機序が起こる。関係する網膜領域は、黄色の表面から反射された光波の特殊なスペクトル関係に適應する。黄色という色感覚は原色の緑と橙赤によって発生するが、これらは徐々に感度強度の中で和らげられる。青紫は同時に感受されないで、この感度領域の増強が生じる。ここで白色面を見ると紫青の残像が見えてくるが、これはその前に見た黄色面への視覚器の瞬間的順応状態を表している。このときわれわれは、新しい光条件（白色面）へのわれわれの目の順応プロセスを経験する。残像の色は再びゆっくりと消失する（Fujichrome sensia, 200 ASA, 用紙には HKS 紙 No.4 を用い、昼光）



図9 a, b コントラスト上昇(補色対比)。aでは原色の緑が強調されて観察されたが、それはこの色が黄色においても緑色においても入っていないからである。bでは成分の緑色が強調されているが、これは補色関係にある二色が影響しあうことによって、網膜上に互いに強烈な補色残像を生じさせ、縁辺効果と相まって、その二色はますますさえて観察される（Fujichrome sensia, 200 ASA, 用紙には HKS 紙 No.4, 27, 64 を用い、昼光）

部が抑制される。この事象が吸収と呼ばれている（図2）。

4. 光の散乱

光が媒体を透過するときに、はじめて拡散的方向に変化する。この事象が散乱と呼ばれている（図3～5）。

臨床における感覚的印象“色”の進化の基礎

われわれの職業生活においては、われわれの色の感覚が何に由来するのかについての背

景を調べることなく、色という概念が自明のこととして使用されている。だが、色調適合の問題を理解するためには、色の進化の基礎ならびに物理的根拠、およびそれらがわれわれの感覚器官に及ぼす影響についての知識が不可欠である。「太陽スペクトルの全範囲のうち、ごくわずかな幅の狭い帯だけが大気中を貫通することができる。そこで生物は、彼らの環境についての視覚情報を提供するために、太陽光線のこの領域を利用してきた」²⁾（図6）。

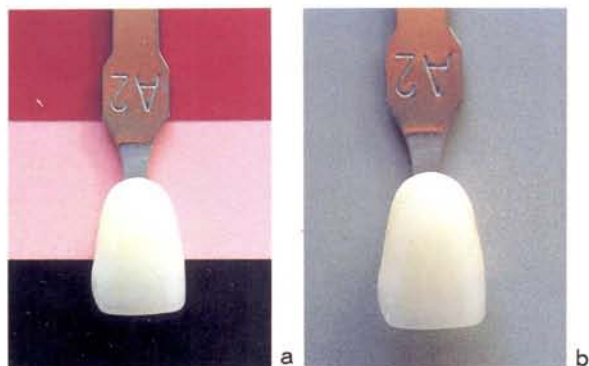


図10 a, b 前歯の平均的な色は約580 nmにある。色は橙色。口腔内での歯の色の選択ではコントラスト上昇の作用が生じる。一方では歯肉および唇の色の相違、他方では歯と歯の色の相違が本来の色よりはるかに強く知覚される。そのために本当はA色が存在するにもかかわらず、より強度に黄緑がかった色相をもっているB色調をむしろ選択する傾向がある。これに対して収色性（灰色）の背景においては色相を正確に判断することができる

表1 陶材および硬質レジン構成

陶 材	硬 質 レ ジ ン
透明なベース材料	二官能モノマー
オパール効果が生じる材料の添加	無機化学的に結合した充填物の添加
半透明材料	半透明材料
顔料の添加	精選した顔料の添加
デンティン陶材	デンティン硬質レジン

表2 屈折率（温度21℃，波長589 nm）

材 料	屈折率
真 空	1（定義）
空 気	1.00027
水	1.33
エナメル質用陶材 （ヴィンテージ・オパール：松風社）	1.50
エナメル質用硬質レジン （ソリデックス・オパール：松風社）	1.51
天然歯のエナメル質	1.65



図11 前歯の比較試験。左の陶材の歯は照明下では右側の硬質レジン歯と同一の色の印象を有する

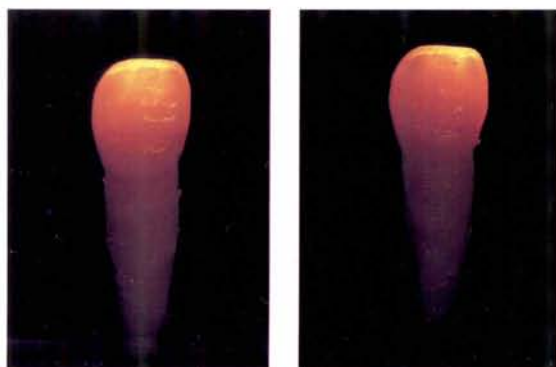


図12 a, b 陶材による歯は、平均すると硬質レジン歯より明るく見える。これは、さまざまな化学的関係の結果として生じた、その作用において完全には取り除くことができない要素である

数百万年前から続いてきた進化プロセスによって、われわれの目は、地球の表面上で大気中の太陽光によって発生した明るさを色彩的にニュートラルだと感じている。われわれの視覚能はさらに、太陽光と大気のフィルター作用との特別なスペクトル関係に基づいて地球の表面上で支配的な光学的条件によって生み出されている（図7）。

人間の視覚器官の作用方法とそこから生じる障害の原因

われわれの視覚器官は、ニュートラルな感覚水準に安定するために常に努力している。つまり、光線条件のスペクトル関係に従って、感受されなかった色領域に対して色を観察する感度を増大させる調節機序が存在するのである。明るい、あるいは暗い状況での光線条件に相応して順応するこの制御は、目にとっての理想的な前提条件である。この増感作用には、色調相違を認識するための順応性が同時に結び付いている。

目の網膜の錐体は3つのカテゴリーに分類することができ、それらに3原色の青紫、緑および橙赤が対置している。

このとき錐体は色を見るのではなく、感受した錐体種類の色刺激の量を電気インパルスを通して脳へ媒介するのである。

そこで初めて、感覚的印象である色が発生する。われわれが色を選択する場面には、色の残像現象および同時対比の効果が大きな影響を及ぼす。これによって上述の順応機序あるいは調節機序に誤った解釈が生じることがある。ある例を手がかりにして、これが具体的に示されている⁴⁾（図8）。

調節機序は相当にゆっくりと働く。そのため、われわれは残像の色を特に認識して体験する。青色の残像が再び消失するまでの時間は、白い表面に適応するために必要な順応プロセスの時間に、まさに合致する。

患者での色調決定においては、この残像効果に注意を払わなければならない。目は短時間のうちに、もはやコントラストを正確に判定できない状況となり、視覚を暗順応させる、言い換えれば静かに眼を閉じることによって、再びニュートラルな感覚水準へ適応する。

この関連において、同時対比はさまざまな背景における同一色の作用を意味する。

これは、背景の色にしたがってコントラストが上昇するということである（図9 a, b）。その色相が、原色および基本色の組み合わせによって背景の色の中にすでに存在する場合は、感受された網膜領域のこれらの色に対する感度は上昇しない。

これとは反対に、その色相が背景の色の中に十分に現れていない場合は、その色をより純粋あるいはより強く知覚する傾向がある（図10 a, b）。

このため、すでに1991年に山本眞氏によって明らかにされているように⁷⁾、歯冠修復を行う際のシェードテイキングおよび色相検査において過少評価できない間違いが生じる可能性がある。そのほかにも、色の観察においては人間の知覚感度による相違が生じる。“色の三属性の同一感覚差は、明度差：彩度差：色相差＝1：2：3に相当する”，いわゆる、色相の相違は明度のそれよりも1/3しか感じ取れない。つまり、明度の相違は臨床上、非常に重要となってくる。

種々の歯冠前装材料への要求と硬質レジン“ソリデックス”開発への影響

陶材におけるデンティン（象牙質）部の彩色（表1）の基礎となるのは、透明なベース材料である。オパール効果のある材料を添加することによって半透明のマトリックスが生じ、そこへ顔料添加によって各デンティンの色相が作り出される。

硬質レジン（表2）の製造においては、まず最初に二官能モノマーから製造されたマトリックスが存在し、各デンティン色を作り出すために、そこへ同様に顔料が混入される。

これらの化学的に異なる方法で合成されたマトリックスにおいては、同様に光の屈折率における物理的相違が生じる（図10, 11）。たとえば、すべての製造業者が同一顔料を作ると仮定した場合でさえ、あらゆる前装材料があたかも自動的に同一の色の印象を示すはずであるという推論は見当外れである（図12 a, b）³⁾。

あらゆるマトリックスならびに使用された顔料は、固有の屈折率をもっている（以前の呼称は光の「屈折指数（Lichtbrechungsindex）」）。これは、前装材料間の色の一致を達成することが困難となる理由の一つである（図13 a～c）。

最適な硬質レジン材料を開発するために、天然歯のオパール効果ならびに光の屈折特性を現在あるヴィンテージ・オパール陶材（松風社）と一致させることを目標に研究努力がなされた。

この新種の硬質レジン材料のオパール効果は、天然オパールにおけると同様に酸化ケイ

素によって発生する。この硬質レジンのフィラーは特殊製法で製造される非常に細かなSiO₂微粒子からできている。このきわめて微粒子のケイ素結合の直径は、オパールと同様に約0.1～0.3 μmである。平均粒子径が可視光の波長より短いので、天然歯に類似した光の錯乱状態が発生する（図14 a, b）。同時に、たった1/100しか相違しないほど、ヴィンテージ・オパール陶材の屈折率へ近づけることに成功した。これは決定的な進歩である。

こうして初めて、きわめて類似した光学的特性を有し、さらに天然歯への色調適合も相互の色調適合もはるかに容易になった2種類の前装材料が登場した。

この硬質レジンのベースとなっているのはジメタクリル酸ウレタン (UDM) である。この硬質レジンに総フィラー充填量が80%を越えており、条痕層形成がわずかであるとともに高い物理的数値を特徴としている。

Value Conversion System と同様、この硬質レジンを使用した場合にも歯の色の明度を変えることができる（図15）。これにより、陶材を用いた場合の層構造を正確に再現することができる⁷⁾。

硬質レジンにおいても陶材と同様にバリュー・プラス材の添加によってこれを調節することは理論的には可能であるが、現実的には個々の材料の混合プロセスによって電子顕微鏡でしか見えないほどの微小空気封入が生じる危険がある。これは屈折率の部分的変化を意味し、色の効果の変化を引き起こす。またその他に、製造業者の側からは容認できないほど物性が低下する。この場合、真空下での

図 13 a～c さまざまな前装材料の透明度比較.

a : 硬質レジン前装材料, b : 陶材前装材料, c : ダイコア・プラス-E 修正, オールセラミッククラウンの光線透過性は天然歯の光線透過性に最も近い. 他の2種との相違は, まず第一にボディ領域に見られる. 切縁3分の1における透明度は全3種の歯冠種類においてほぼ同一である



a



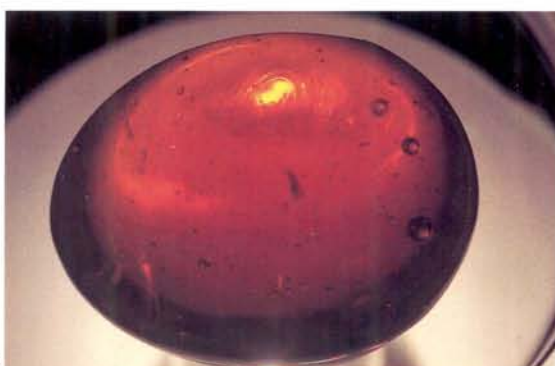
b



c



a



b

図 14 a, b オパールガラスはその構造において同様に二酸化ケイ素粒子を含んでおり, この粒子は入射光を視角に従って反射する, あるいは光が通過するとき波長スペクトルのオレンジ色の部分だけを反射する



VALUE PLUS®

Das kontrollierbare
Verändern des Helligkeitswertes

図 15 陶材においては, 明度 (バリュー) はそのつどの色相 (色合い) の特別のバリュー・プラス陶材を添加することによって調節する. 硬質レジンシステムのソリデックスにおいては, 明度の調節はバリュー・プラスないしはバリューを低下させたオベーク材によって得られる. 明度変化が調節可能

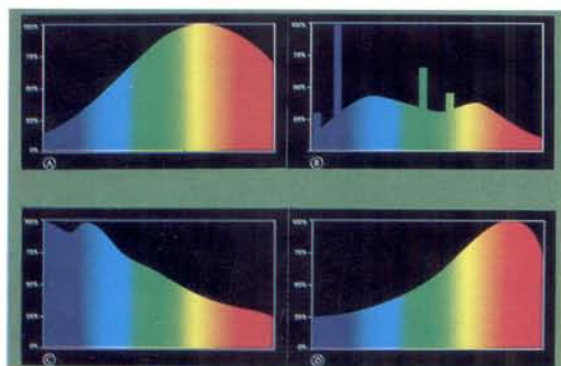


図 16 さまざまな光源の発光曲線。種々の光線のスペクトルの内容は、分光比エネルギー分布曲線で表示することができる。横座標には波長、縦座標には比放射強度が示される。分光比エネルギー分布曲線 A は、白熱電球のスペクトル分析を示しており、その最大放射強度は中波および長波領域にある。発光 B は蛍光管のスペクトル分析を示している。日光は一定のスペクトル関係をもっていない。日光は、太陽の状態、天気および季節のような要素に依存して常に変化する。分光比エネルギー分布曲線 C は夏季の真昼の日光に相应し、その支配的強度は短波（青色）領域に依存する。D は同様に日光の分光比エネルギー分布曲線であるが、太陽が赤い円形で水平線にあるときの夕映えのスペクトル関係を示したもので、主として長波の放射線が含まれている。さまざまな光線の種類に依存して、歯はさまざまな光線条件を反映して様々な色を示す（スライドと説明：Harald Kuppers, 色彩学概説より、シリーズ D 53101）

混合しか解決策はないと思われる。しかし、現時点では、その方法はコストパフォーマンスの観点から現実的ではない。

色調決定および色調適合

E.B. Clark は、1930 年代の初めに天然歯の色調を徹底的に描写して再現することを試み、324 種のいわゆる「歯肉色」（象牙質色）および 361 種の切縁の色を分類し、さらに独自の陶材混合物を製造した¹⁾。

だがこの研究は、現在利用されているシェードガイドには取り入れられていない。このシェードガイドの起源は別の課題を解決することにあった。最初は、義歯用人工歯を選び出すために開発されたもので、天然歯の色を測定することは追従する問題であった⁵⁾。

歯科学において色を伝達するための伝統的方法がこのシェードガイドである。シェードガイドの個々の色見本を特徴付けるためには、

たった 1 つの文字、数字あるいは文字—数字の組み合わせが使用される。色の全 3 種の属性である Hue（色相）、Value（明度）および Chroma（彩度）が、このたった 1 つの色表示を用いて記述されることになっている。だが理論的に考えれば、1 種、2 種あるいは全 3 種の属性に相違が存在するのであるから、これは不可能である。

このシステムは、1 つの色を再現するためには完全に不適切である。再現した歯の色は口腔内で色調的に適合せず、シェードガイドにも適合しない。Sproull⁵⁾は、この色調適合システム（シェードガイド）の欠点を次のように述べている。

- ① シェードガイドは天然歯とは異なる層構造をもっている
- ② 陶材の材料はシェードガイドの材料とは一致しない（校閲者注：シェードガイドの厚みは、補綴物における前装部の平均的厚みより大きすぎてはならないはず



図 17 a, b a : ラボ内で製作された測色システム、ソリデックス硬質レジンのデンティン材料はヴィンテージ陶材のデンティン材料と比べると、ほぼ同一の色の印象を示す。オペークデンティン AC 1 の色が相違するのは陶材のバリュー・プラス・ベース材料が原因である。 b : オパールエナメル陶材とオパールトランスルーセント陶材との比較。築盛状態が同一の場合は、同様にほぼ同一の色の印象が得られる



図 18 明度を修正した A 3.5 までの A 色調領域におけるデンティン部陶材の一覧

であるが、実際は何倍も厚い)

- ③ 現在のシェードガイドには天然歯の色の相の論理的配列はない
- ④ オペークとデンティンの相対性が不十分である (多くの硬質レジシステムおよび陶材システムは付加的構造をもっている。つまり、デンティン色の色の効果はオペークとデンティンを組み合わせることによって初めて生じる。理想的ではない症例の場合、陶材の色調調節において基礎となる理想的前装部の層の厚みに

偏位が生じ、色見本と調和しない)

さらに色調再現の問題が付け加わる。

- ① われわれが知覚するような歯の色がどのようにして生じるのかわかっていない。つまりデンティン、エナメル、歯髄および歯周組織はどういう分布を示すのか?
 - ② 歯についての認知された測色システムが存在しない
 - ③ 信頼できる色調再現システムが存在しない
- 色調再現およびそれに関連する問題は、芸



図 19 修復する歯の形をよりよく理解するためには、歯の完全な形態修復が不可欠である



図 20 同一のフレームワークという意味から、本試験では、口蓋側メタルバックিংは行わなかった。基本的に、すべての光重合型硬質レジンが高い機械的剝離強度を特徴としている。特に松風社製硬質レジン「ソリデックス」は、弾性モジュールに関して優れた物理的数値を示す。修復する歯によっては、メタルフレームを機能的配分にもとづいてかなりの部分消滅することは可能である。機械的なりテンションとメタルフレームの化学的加工（例：シラン処理）によって、非常に高い結合値が得られ、そのような消滅が可能となるのである

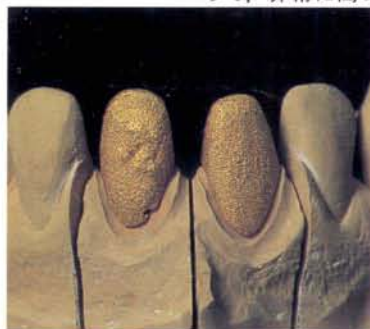


図 21 a, b 焼付けた金合金層を取り付けたメタルフレーム、メタルセラミックにおけるのと同様に、暖かい色相を得るために金合金の使用が可能である。2 種の前装材料の色合わせにおいて決定的に重要なのは、類似する製作プロセスを使用することである。フレームワークおよびその色調が相違すると、前装材料の光線透過性および反射特性が大きく影響される

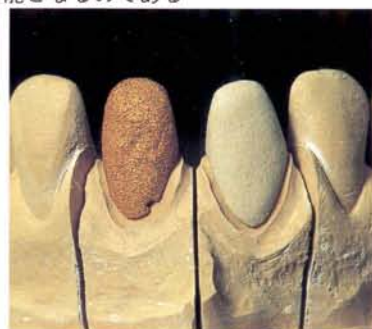


図 22 メタルセラミッククラウンに焼付けられたオベーク層



図 23 硬質レジン冠の硬化させたペーストオベーク層



図 24 同様に同一の築盛技術であることを明らかにするために、メタルセラミックに類似する「硬質レジンシオルダー」が製作された



図 25 a, b a：デンティン陶材によるメタルセラミッククラウンの完全な構成。引き続いて、カットバックが行われる。b：カットバックにより消滅されたデンティン核



図 26 a～c さまざまなインテンシブ陶材による切端部分の特徴付け



図 27 青みがかったエナメル部を得るためにオパール・プラスを用いてのマメロン部および隣接隆線の被覆



図 28 インサイザル陶材 58 を用いての模型の被覆



図 29 さまざまなエナメル陶材およびトランスルーセント陶材の使用によるクラウンの完全な構成。このクラウンは、焼成収縮を補整するために約 20 % 大きく作られている

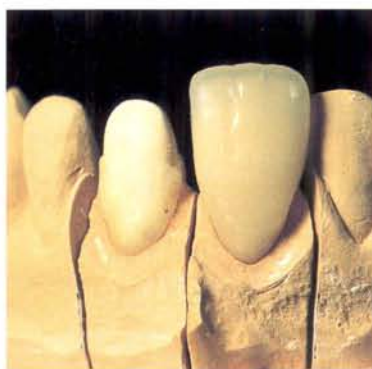


図 30 最初の焼成後のクラウン



図 31 硬質レジックラウンのデンティン部の構成。この場合には前装の積層厚さにより多数のステップに分けて材料の築盛が行われる



図 32 硬化後の切端部分における硬質レジンのカットバック



図 33 a～c 切端部の特徴付けはメタルセラミッククラウンの築盛に類似して行われる。ヴィンテージ陶材とソリデックスとの色調の一致によって、同一の色の印象が可能になる



図 34 a～c a : ソリデックス・ロー・バリュー・トランスルーセント (LVT) を用いての隆線の被覆。この材料はヴィンテージ陶材のオパールTに相当する。b : インサイザル 58 を用いての被覆。c : ヴィンテージ陶材に相応するソリデックス・オパール・エナメルおよびソリデックス・オパール・トランスルーセントの使用により最終形態を作る



図 35 完成したクラウン。ソリデックスはほぼ陶材と同一の外観を示し、ヴィンテージ陶材との色調の一致によって審美的に要求の高い修復を可能にする



図 36 オパール陶材「アンバー」を用いたカラメル色のエナメル部の積層構成によるさらなる前歯研究

術的あるいは工業的分野のような他の領域においても存在する。

それらの分野では、色調再現のためには、同一の分光反射率曲線を有する、つまり同一の色刺激機能をもっていて、どんな種類の光線条件下でも同一に見える材料を用いて作業が行われている。これらの色は無条件に同一色と呼ばれる。色調試験は限定された光線種類 (DIN 規格あるいは ISO 規格) の下で行われる。そこで、一定の光線条件においてのみ色調同一性を示す色あるいは材料は、条件付きの同一色と呼ばれる。分光反射率曲線 (ラテン語で remittere=返送する) は、分光光度計を用い、対象物から生じる分光スペクトルの反射部分が打ち消される (吸収) システムによって測色した場合の測定実績である (図 16)。

素人は、歯科技工においては「客観的スペクトル法」を使用することによって、さらにまたコンピュータ測色法を使用することによって、ほとんど自動的にさまざまな前装冠材料を同一に調整できるに違いないと思うかもしれない。だがここで、現在の知識水準の限界に突き当たるのである。というのは、人間の目の網膜錐体の 3 つの型の正確な受信領域がまだはっきりとは確認されていないからである。人間の目の測定機構はまだ広範には確認されていない法則性に従って働くこと、さらにこれが測色学*よりはるかに正確に働くことは明らかである。

CIE システム (1931 年の国際照明委員会) において任意に確立された一次色価は、視覚

*測色学: 可視エネルギー光線を測定し分類された三刺激値を算出する学問

器官の機能原理と十分には一致しない⁴⁾。

一次色価は、人間の目の 3 種の錐体の受信領域におおの相応すると信じられている、そのつどのスペクトル光であると解釈されている。

色調再現のための作業 コンセプト

平易な言葉で要約すれば、一方では人間の目の作用方法はまだ正確にはわかっていない。このため色の標準も同様に正確ではない。物質はさまざまな物理的および化学的特性をもっており、この好ましくない状況に囲まれてわれわれは活動を行っている。さらに、色の標準 (シェードガイドに相応) は口腔内の現実の状況を反映していない、という既知の事実があるにもかかわらず、歯科業界、歯科医師および歯科技工士はそれを基準としている。

多くの歯冠修復が天然歯の見本との不一致を示すことは不思議なのであろうか?。存在する問題は、単純な方法あるいはトリックを用いて回避するにはあまりに複雑すぎる。本論文の最初に、製造プロセスの基礎とするには直観だけでは不十分であると述べた理由は、おそらくこれまでの説明によって、より納得していただけたと思われる。作業の成否は、ラボにおける明確な組織的体系付け、材料の化学的および物理的相違に関する知識、固有の色調決定、および特に適切な材料といった要素にしたがって決まる³⁾。

これらの法則性に基づいて、硬質レジン、陶材に対する特有の測色システムを作り上げることによって前装材料の対比を可能にすることが必要である (図 17, 18)。工業的に現在

規定されている基準は、常に統一の取れた検査可能な基準に従っている標準値ではない。

理想的築盛法

前装材料の化学的および物理的相違は、変化させることのできないパラメータである。この問題の部分的解決策は同一の築盛法を使用することにある。これはメタルフレームの形成から始まる。このメタルフレームの形は、できれば硬質レジンおよび陶材において同一であったほうがよい（図 19, 20）。

縁がかった灰色の印象を与えるのを避けるために、陶材の築盛においては長年にわたってより暖かな色の印象を得るために金合金が使用されている（図 21）。この技術は硬質レジン修復においても使用できる。引き続いてメタルフレームをシラン処理すると、ペーストオペークの接着に関して失敗が生じる心配はない（図 22～24）。

陶材修復は、患者に関する情報あるいは前もって設定された築盛パターンに従って構成される。ここに明示した層構造は、若年患者用のものである（図 25 a, b）。この構成は、切端部において白い印象を与えるマメロン構造（図 26 a～c）、ならびに明るい、同時に白いエナメル色および青い印象を与える切縁および隣接隆線を示している（図 27～31）。

硬質レジン修復物において重要なのは、築盛構造において陶材修復の個々の層および特徴を引き継ぐことである。この技術の長所は、硬質レジン修復の築盛プロセスにおいてオリジナルの色の材料が存在し、目に見える収縮を示さない点にある（図 32～34）。

この関連において、私は再度、表面性状付与における光反射の重要性について指摘しておきたい。天然歯と陶材あるいは硬質レジンとの屈折率の相違に相応して、これらの陶材の比屈折率が非常に小さいために、当然ながら表面反射率が天然歯より小さくなる⁶⁾。

通例は、陶材の表面は硬質レジン表面とは異なる器具を用いて加工されている。それによって、相違する表面構造が製造され、異なる表面反射率が生じる。

材料がもっている物理的作用をさまざまな基礎となる法則に適合させようとするためには、これらの重要な要素について知っていなければならない。同一の研磨用具を使用して一貫した表面形成を行えば、異なる光線屈折行動を生じさせずに、調和の取れた全体的印象をもたらすはずである（図 35, 36）。

結語

天然歯の色を再現するという課題を解決することに取り組み始めてからまもなく、私は、材料についての若干の法則だけでそれは片付かないことに気づいた。

私の経験上、“相当する因果関係の無知”から、きわめて大きな誤りが生じることは明らかである。したがって、問題を克服するためには1つの方法しかない。つまり、知識を得ることである。この意味において、読者の方々には色の理論に取り組むことを提案したい。

参考文献・資料は著者のもとに
著者連絡先： Bernd Egger
Luitpoldstr. 8, 87629 Füssen
電話 (08362) 2579