

歯科審美における色彩科学の進歩

橋口 緯徳

松本歯科大学 口腔細菌学講座

Advances of Color Science in Esthetic Dentistry

HIROYOSHI HASHIGUCHI

Department of Oral Microbiology, Matsumoto Dental College

Summary

Household electric appliances have become increasingly more popular to consumers. Even telephones are now considered indispensable features of household interiors. Functionally some appliances are even becoming more like humans by means of built-in fuzzy logic computers. The astonishing progress of computer science leads to speculation about the day when computers will even dominate human beings. Likewise medical treatment is also advancing rapidly. The demands of patients have increased in regards not only to function but also aesthetic appearance.

The face is the most important feature in determining the character of human beings. Since the teeth are an essential constituent of the face, in addition to ordinary dental restorations, they must also be treated esthetically. The color of gingiva is also important for healthy beauty.

In the following review, the author mentioned the relation between esthetic consciousness and the mental state of patients, the history and prospects of dental esthetics, the introduction of color science, the effects of light and color matching in dentistry. He then considered why dental doctors must measure the color of the oral cavity.

緒 言

近年、経済的に安定した豊かな時代を迎え、高齢化社会の進展にともない、歯科審美に対する社会的要求が高まりつつある。

患者の補綴物に対する要望は、ただ単に噛める、という機能的な回復ばかりでなく、以前より、よ

り審美的に、美しくなりたいと期待するようにさえなっている。特に昨今欧米、日本その他先進国、においてその傾向は著しい。この歯科審美を論ずる場合は、審美的結果をもたらすための常識的な諸原則を考えなければならないが、その最も重要な因子として色彩があげられる。

歯科診療室で歯科治療の際に色の選定に関し

て、難しい数々の問題がある。技術者も患者も満足できる restoration が自信を持って得られるかどうか、また患者の口腔内歯牙の色を完全に正しく歯科医師から歯科技工士に伝える事が出来るであろうか、歯科治療を求める多くの患者にとって、自分の表情の基本である個性的な口元を審美的に回復したいという願いが、機能を復元する必要より以上に強く要望される場合が多々ある。個人、個人の美的感覚にマッチさせたいと思うなら、その患者の生来の歯の形、構造、歯列、歯牙の位置的關係そして重要なファクターとしてその歯牙、口腔の回りの色を細かく注意し理解していなければならぬ。しかし、歯牙の形が最も大切であることは誰でも注意するが最も注意を欠いていたのが色彩の問題である。この問題が何となく違和感をもたれたり、不満足をもたらす原因となっていたのである。即ち、歯科における審美性の問題は、歯科におけるあらゆる分野に深いかかわりを持つばかりでなく、歯科分野以外においても、それをとりまく学問は限りない(表1, 2)。そこで今回は歯科審美の追及をもとめるために歯科医師、歯科技工士が色彩に対し理解を深めるための人間の美意識と、色彩の科学を検討してみたい。

表1：歯科審美は学際科学である。

歯科補綴 口腔外科	保存修復 顎外科	歯科矯正	
歯科理工	歯科技工		
口腔衛生	予防歯科	歯科放射線	
小児歯科	老人歯科	身障者歯科	
解剖学	生理学	病理学	等
色彩学 人類学	心理学 等	美学	社会学

表2：色彩学は学際科学でもある。

数学	物理学	化学	生物
心理学, 美学	生理学	哲学	
建築学, 写真学	テレビ	各種デザイン	
評論	文学	医学	歯学 等

人間の美意識と患者の心理

古代から、近代へと移っても人間の美はまず顔が対象となる。その美の中心は口元、前歯部にある。そもそも歯という字は象形文字から来ており、前歯の形と止める、いわゆる物を噛み止める前歯の意味とされている。中国の詩人の杜甫は楊貴妃をたたえ「明眸皓齒今いづくに在る」と詠んでいる。即ちぱっちりとした、目元の次にくるのが皓齒、白く美しい歯というのである。「哀江頭」これが古来美人の条件である¹⁾。

歯を白くする、したいという要求は昔から少くない。日本では古来から歯を見せないという事が美德となっている。歯を見せ顔の表情を外に表すことは無作法であるという固定観念があった。人前で大口を開けて笑ったり、身振り表情豊かに話すのは下品だというのである。それに比べ、欧米では、笑う時は口を大きくあけて表情により、美しさ女らしさをおもてに出して自分をアピールする。日本の女性は口に手をあててひかえ目にするが、西洋の女性はおどろきの表情のみ口に手をあてる。美容の大きな要素として矯正したり Restoration を入れる。

このため日本では余り歯並びに関心がはらわれることがなかった。むしろ八重歯などが子供ばい可愛さを表わすとして歓迎されていた。西洋人の自我中心主義に対し、日本人は自己を他人に見せるという積極的な自己表現より、他者から客観的に見られている自我主義である。他人の目、態度を気にするということである。表情も自分がこう表現したいではなく他人から見たらどうだろうということが先にたつのである。即ち、日本人は視線恐怖症である。美の意識は変わりつつある。歯を中心とする口元の美という点からいっても、例えば白人女性からみると白人の男性より黒人の男性の方が性的に魅力があり、より強くアピールするという劣等コンプレックスが白人男性の中に潜んでいるといわれる。これをみると白人の女性たちにとって、黒人は男性としてハンサムより健康なバイタリティーが一つの美の基準となってきたといえるだろう¹⁾。米国の審美学会に参加すると、皮膚の色の黒に対して白い美しい歯は、美と健康の結びつきを表しているとされ、歯の漂白法の研究が盛んである²⁾。

このように美の意識は型を変えながら、常に新しい意識のもとに模索され、作られてはこわされ又変化していく。人々は美を探究するのをやめることがない。そのための法則の発見は人々のあくことない努力の賜である。全ての物に変わらない不変と、その時折りに応じて変化する「流行」という概念がある。例えば今年は紫が流行色だとか、不景気な時には黒や茶の様な暗い色がはやるとか、色は最も流行に敏感である。それに対して、絶対的にすたれない美、誰にでも高い評価を得られるものがある。文学作品とか、芸術とかに、それが多く、色は最も個人的な好みの分かれるものであるが、パリの流行色協会が今年の流行色はこれという討議を行い、全て統一されることはないにしてもその色が、その年の色の主流を占める様になる。ふしぎなもので、人と同じ様な型や色の洋服を着ていると美しく見られているという感覚のもとに、精神的に安定するという効果が生じる。これは、群集心理にもとづく所も大いにあるが、価値観が、最大公約数的な合意にもとづく所以でもある。前に述べたように日本人は他人の目を意識する国民だと思う。人がどう思うかによって自分の評価をし、行動を決定する所が多々ある。自分で自分に満足するというのは個人主義に徹した歴史をもつ国民の行う所で日本人の場合他人の評価が自己評価になってしまう場合が非常に多い。例えば Restoration を入れて満足して帰った患者が次の日「主人が歯を入れたらふけたと言ったから、もっと歯の色を白くしてくれ」と要求して来たことがあった。入れ変えると、次の日友人が少し引込ませた方がいいといったとあって、又やり直しを要求してきた。こうなると、つぎる所がなくなってしまう、この場合などは例外としても、色彩の原則を話して納得してもらい以外方法はないと思うのである。

人間と歯科審美

歯科医師は口腔内の故障の修復治療にのみ専念する余り、得てして患者が人間で単なる動物ではなく、感性、理性を持ち、人格を形成している有機体であるということを忘れてしまいがちである。単に、咀嚼に必要なだけの道具としての歯牙を用意出来れば良いのではなくて、患者本人がいろいろな意味で顔の一部としての歯牙に満足出来

る様に計らわなければならないのである。患者が restoration を入れた時、色彩に欠陥があった場合、それが心因性ストレスとなって患者本人にかえてくる。つまり外面の美が、内面に影響を及ぼしてくるのである。それを思うとき歯科医は患者の精神面に多大な影響力をもち、強いては社会的にも歯科医のもつ感覚、意識が力を発揮していくといえるのである³⁾ (図1参照)。

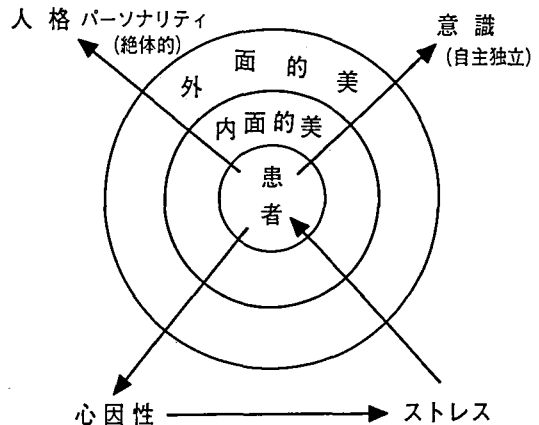


図1：人間と歯科審美

医学の歴史と歯科審美

歯科審美、色彩の科学は決して新しく開発されたものではなく、また完成されたものでもない。色の神秘は古来多くの人々が理解を深めようとしてきた。16世紀の文芸復興により医学も中世の宗教的、スコラ哲学の束縛から解放され、レオナルド・ダ・ビンチ他多くの芸術家によって解剖学の発展がもたらされた。1666年 Isaac Newton⁴⁾は太陽の光がプリズムを通る時スペクトルが出来ることを知った。1801年 Thomas Young の唱えた三原色説、R. Franklin の1892年に発表した学説、Adams や M. Miller の段階説あるいは帯説 (1922~1944) などに展開し、学説が追加され修正されて来た。

そして彼らはこれらの現象をさらに研究し、今日概念とさほど違わない色の混合の原則を発表し、そしてさまざまな色が自分達の作品を理解してくれる人々に影響を与えていたこと、自然の中で観察していたことをキャンパスに再生する技術を習得した者達に美を後世に記録する事を認識さ

せた。

産業の進歩をとおして色彩の科学も進歩し、織物や染色工業そして後の食料、プラスチックの製造者の要求にこたえ、色彩に関する知識は未熟な方法から高度な技術科学へと発展をとげたのである。色彩自体の表現方法としては、現在では色相、彩度、明度の3つの組合せがあり、1913年 CIE⁵⁾ (Commission International de l'Eclairage) で決定された XYZ 表色系、また1948年 R. S. Hunter が提案したもので Hunter の Lab 表色系、あるいは1964年 CIE が推奨し、JIS にも規定された等色差空間の UVW 表色系がある。近年においては1976年 CIE が推奨した知覚的な色空間をもつ L*a*b*表色系が使用されている。

歯科医学がより科学的に色彩をとりあげる必要を感じたのは比較的遅かった。そして残念な事には、今だに専門技術において自由に操れるような段階に達していない。1930年に clark E. R.⁶⁾ は歯科医学界の知識の未熟さに気づき「いかにして色彩科学を歯科医学の色の問題解決に応用出来るか

を、わかりやすく書き表した。また最近では1973年 sproull. R. C.⁷⁾ が Spectro photometry を用いて本来の歯の色の範囲を制定した。1975年には筆者⁸⁾ が国際照明委員会 CIE によって決定された XYZ 三刺激値表示方法で測定出来る、Micro Color Computer の改良に成功し、積分球方式⁹⁾ と共に多くの業績を上げた。21世紀においては、色彩の科学が歯科医学に系統的に論じられ、臨床技術は改善されていくと思う。

色合わせには知識と同じに実際に関わりをもつことが必要とされているのである。色が見えるだけではなく、それは認識されなければならない、認識は行動に移されなければならないのである(表3)。

色彩の科学

色彩は、刺激、受容器、そして受容器によって伝達される衝動の判断が必要である。つまり光が物体に当り、そこで反射が起こり、人間の目に入り水晶体を通過して網膜に像を結び、その細胞から神経によって脳に刺激が伝達され判断されるの

表3：医学の歴史と審美

3世紀～15世紀							
古代	中世	16世紀	17	18	19	20	21世紀
メソポタミア医学 エジプト・ギリシャ医学	ビザンチン医学 アラビア医学	文芸復興	物理化学の発展	物理学・化学・唯心論 体系学派	自然科学興隆 実験心理学	医学歯学の発展 自然科学の進歩	審美医学の発展 ソフト医学
	スコラ哲学 自然観察と実験	解剖学の発展		病理学 生理学	細菌学 組織病理学	電子顕微鏡 化学療法 ラジウム レントゲン	
ヒポクラテス	ガレノス ルーフオス	公衆衛生 大学(サレルノ医学校)	ハークレルス ハラヴェイ	ブルーハルヴェ デナム	モルガニ ハラ	ドマーク ケユリー夫妻 フレミング エールリッヒ コッホ バスツール	* スプロール * クラーク * ハンター * ミラー * アダムス * マルセル
	病院	レオナルドダビンチ	* ニュートン(色彩論) バラケル		* ヤング色覚三色説		

である。この3つの要素はそれぞれ物理学、化学、精神物理学、心理学の各領域に関連をもっている。心理学の領域は多分に主観的である。色の刺激の判断とは、現在入って来る刺激だけではなく、意識あるいは潜在意識が呼びさまされ、過去の経験に基づく連想が起こる。そこに強い心理学的連想があって、それが個々の色の反応に結びつく¹⁰⁾。

精神物理学の領域は、主観と客観の結合したもので研究はなかなか困難である。しかしながら物理学の領域は全く客観的で、色彩の現象について学び始めるには最良の場である。このように色彩学は多くの要素が関わるものであって、1つの側面からの研究では不完全である(図2)。

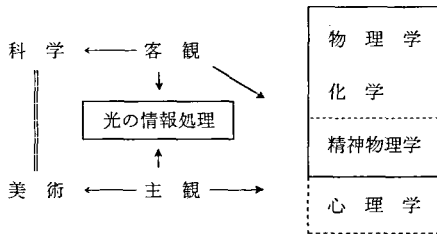


図2：色彩の科学

1. 色とは何か

色を物理的の面から客観的に見ると色は視覚する眼があっても、機械であっても、光がなければ色は存在しない。また、光があっても反射物がなければ、やはり色は存在しない。

この刺激、光というのは太陽、白熱電球、蛍光灯ランプなど何かの光源から出た光は、物理的に特定の波長、あるいは一群の光体エネルギーで、電磁放射の一種である。これによって生ずるスペクトルであり、このスペクトル光線は、空気中でも約毎秒30万 km の速度で伝播する波の性質をもつ。波の短いもので1 nanometer (nm) とか millicron (1/1,000,000) から最も長い物で360マイルもある。電磁波によって生じたスペクトルにおけるエネルギーとしては、一般的にテレビの電波、ラジオ電波や X 線などがあげられる。このうち、人間の眼に光として感じるのは380~780 nm (ナノメートルは 10^{-9} m すなわち 1/1,000 mm) の波長範囲で、この波長が眼の網膜を刺激して色への反応をひきおこす。呼び起こされる色相の範囲はこの波長範囲で特定の波の組合わせに左右さ

れる。波長と周波数は相互に逆の関係にあり、波長が長ければ周波数はすくない、よって肉眼で見るスペクトルよりも短い波長は紫外線であり、長い波長は赤外線となづけられている(図3)。

色には主要な性質が三つある。たとえば固体は高さ、幅、奥行きという三要素がある。これと同じく色の場合、色相、明度、彩度の三要素があり立体的である。

(1) 色相 (hue) 記号 H

「いろあい」ともいい、単なる色の名として一般にいわれている。たとえば草は緑色とすれば、草の色相は緑である。光の短い波長刺激の順に紫、青、緑、黄、橙、赤と並ぶ。

(2) 明度 (Value) 記号 V

「あかるさ」で彩度と区別して使われ、光の量ではなく質を表すものである。明度の低い色は黒に近く、明度の高い色は白に近い。白黒写真、白

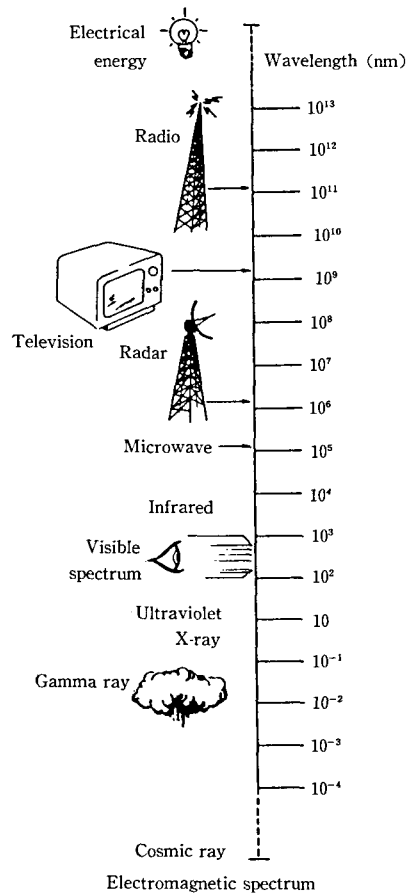


図3：電磁波 可視光線は $10^2 \sim 10^3$ の間にある。

黒テレビは色相と彩度が欠け、明度だけで表現されたものである。

(3) 彩度 (chroma) 記号 C

「あざやかさの度合い」といわれている。彩度は色相があるところだけに現れる。

以上は色の三要素で、色の基本的用語である(写真1)。

2. 色彩の混色

太陽の白色光は一組の色光から成り立っていて、これらの混合によって性質が色々変わる。加法の概念は光にあてはまり、減法の概念は透明フィルターや絵の具にあてはまる。

(1) 加法混合 (Additive color mixing)

白色光をもたらす色光の混合を「加法色」という。この加法混合は光だけにあてはまり、絵の具にはあてはまらない。純粋な赤、緑、青の三色が混合されると白色光ができる。赤に青を加えると青みかかった赤の色相を生じ(マゼンダアエリン赤)、青に緑を混ぜると「シアン」色相が生まれ、赤と緑が混ぜられると「イエロー」が出来る。原色に反対の二次色が組み合わせられるとまた白色が生じる。赤にシアン、緑にマゼンダや、青に黄を組み合わせると、それぞれ白色ができる。二つの原色の光を混合させると二次色を生じる。二つの色光が加えられると量が多くなり二次色の方が明るくなる。

(2) 減法混合 (Subtractive Color Mixing)

白色光がフィルターを通ると、ある波長が吸収され、光のスペクトル含有量は減じ、フィルターから出た光は特定の波長を欠いて出てくる。このことを減法混合という。減法混合の三つの原色色相はマゼンダ、シアン、イエローである。加法方式の二次色相にあたる。

(3) 部分色¹⁰⁾ (Partitive Color)

加法原色と減法原色の他に、第三番目の心理原色がある。これは赤、緑、青に加えて黄色がある。点描巧と呼ばれる油絵の表現方法で、小さな色の点がキャンパスに描かれ、遠くから見ると、点はつながって色を形成し、形を描くこれは心理的、精神物理学考察に関わりをもつ。

3. 物体に当たった光の反射 (Special Reflectance)

光が物に当たると、殆どの物体は一定の量の光

を反射し、一部の光を吸収し、内部にいれ、そしてその裏側に透過していく、また光の一部は多少とも内部に入った後表面に戻って各方向に拡散的に反射する。

この全ての波長の光が物体の内部に吸収されて、外に全く反射され透過されない場合は黒体となり黒と名付ける。又全ての光が内部では拡散するが表面からあらゆる方向に均等に拡散し反射する完全拡散反射面を白という。この理想的なものは純度の高い硫酸バリウム粉末で作った板が非常に近い性質を持ち、これを分光反射率の一次標準板として実験に用いている。この分光反射率とは、各波長の単色光が物体に入射した光のエネルギー量に対してあらゆる方向に反射する全て集積したエネルギー量の割合をいう。物体面の法線方向あるいはそれから45°の狭い開き角の範囲だけの反射光と同じ条件下においた完全拡散反射面からの反射光に対する比を光放射輝度率と又、有限の立体角範囲について測定したときを分光立体角反射率という。しかし、この反射率は照明と受光の角度及び開き角の条件によって相当に変化する。

4. 条件等色¹¹⁾ (Metamerism)

色は必ずしも単純な波長の形によって生ずるものではない。いくつかの波長の帯域の相互作用から生まれる。すなわち、光は次元の数値で表されるから分光反射率が全波長について一致しなくても同じ色に見えるものが出来て来る。例えば白熱球と蛍光ランプの分光分布は全く異なっている。しかし色度図(写真2)における色度は全く等しいこともある。天然歯とそれに色がほぼ合うある種の人工歯の分光反射率で標準の光 D_{65} 、標準光 A の下で CIE Lab 色を計算して $\Delta E(ab)$ 測定標準 A 光では色差が 0.2 以下と殆ど等色しているのに蛍光ランプでは 1 以上の標準の光 D_{65} では 1.3 の色差が出る。この場合標準光 A の場合の下では等色している。このように条件等色した物体色は照明を変える事によって等色が崩れる。この条件等色は視測者の目の感度でも、年齢にともない眼の水晶体の黄変によっても変化する(図4)。

5. 目の色覚 (Color vision)

反射光によって色の差を感じるのは、目の網膜層にある桿状体細胞 (rods) と、錐状体細胞

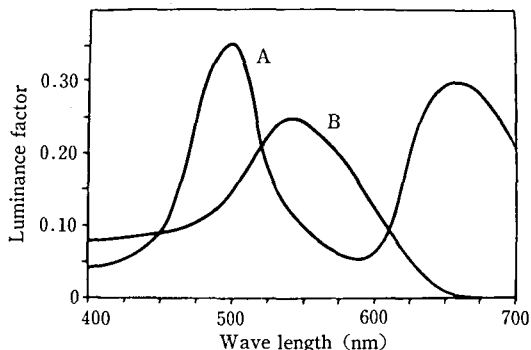


図4：異性体グラフA, Bは2つの物質のスペクトル曲線である。これ等のものはスペクトル構造が異なっているにもかかわらず、ある光の条件下では完全に一致する。

(cones)の視細胞である。光は角膜を通して目には入る。角膜の奥には房水があり、目に入った光の量は虹彩で調節され、毛様体は水晶体を変形させて、距離に応じて目の焦点を変える役割を果たす。光はゼリー状のガラス体に移り、後部表面の網膜層に焦点を合わせる。網膜層の桿体細胞は明るさの違いや、全色盲や、光の弱い段階での視覚を判断し、錐状体細胞より数が多く19：1の割合で中心窩より遠く離れたところに見られる。明度を見るには目を細くして見ると彩度と区別ができる(図5)。

錐状体細胞は強い明るい光のときに働き、赤、緑、青感度の3種類があり、それぞれの型の感光性の色素を含有し、その色素に反応する感度は444 nm, 535 nm, 570 nmで強く吸光し、光の受け入れによって加法色の方式によって色を認知する。錐状体は中心窩の囲りに多く、光の入射が少ないと活動しない。これらの光の出力は、光化学反応を経て神経衝動に転換され、視神経と神経索を通して脳に送られ、大脳皮質の後頭葉で、情報が処理判断される。これらのバランスが崩れると色々な色盲になる。これらの3色錐体の分光感度は図6のように考えられている。この3色錐体機構については19世紀末にHelmholtzによって発見され、1910年台半ばには、実験的に微小出電極方法及び小分光測定によって鯉や金魚の網膜で確認された²²⁾。一方測色学において3原色に相当する波長の単色光と等色混合実験から、この3色感光機構の相当する混色関数または等色関数が求められた。その結果1938年CIE(国際照明委員会)

において図のような2°視野に等色における等色関数 $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ を、1964年10°視野における等色関数を規定した。図に示した3錐体の分光感度 $r(\lambda)$, $g(\lambda)$, $b(\lambda)$ この等色関数の一次組み合わせたものである。測定の基本になる等色関数、それに基づく色表示量の体系には2°視野と10°視野との2系統があり、歯牙やRestorationの様に比較的小さい視野の色の問題は2°視野が適当であろうと思われる²³⁾(図7)。

6. 三刺戟値XYZと色度座標

(1) 色の測色計算法

色の感覚が3感光機構に基づくので色の表示は3次元である。XYZ系は1931年CIEの決定に基づくもので、感光機構をスペクトル刺激値と名付

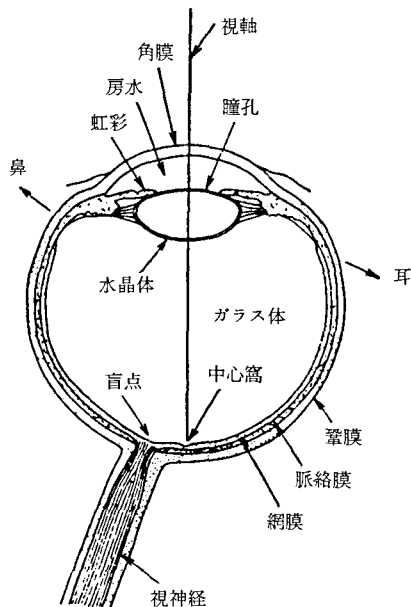


図5：右目の水平断面

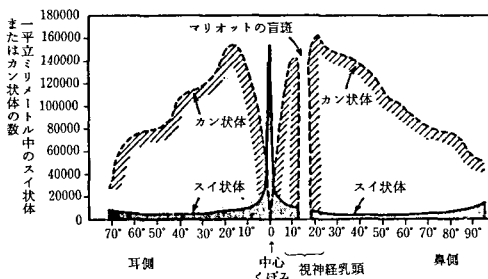


図6：網膜錐体；桿体細胞の分布

けた。物体の色は照明する光源の分光分布 p 、試料の分光反射率 $r(\lambda)$ および人間の眼の特性・スペクトル刺激値 $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ の3つの要素の積によって数値で表されている。反射物体の三刺激値 X, Y, Z は次の式で表される。

$$X = k \int_{380}^{780} S(\lambda) \cdot p(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda$$

$$Y = k \int_{380}^{780} S(\lambda) \cdot p(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda$$

$$Z = k \int_{380}^{780} S(\lambda) \cdot p(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) d\lambda$$

$$k = 100 \int_{380}^{780} S(\lambda) \cdot p(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda$$

$S(\lambda)$ は測定用の標準の光の相対分光分布率で

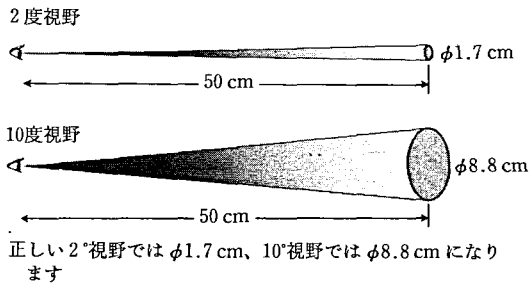


図7：視野 Visual Field

k は完全拡散反射面の Y の値を100にする係数である。

(2) 色の測色計

分光測色計は入力した反射光を分光光度計部で測定した (λ) から、コンピューター部で上の色の XYZ の積分を計算して値が出る。光電測色計(色彩計)は光源の分光分布と受光器(各種類ある)の分光感度補正フィルターとの積が、 $S(\lambda)\bar{x}(\lambda), S(\lambda)\bar{y}(\lambda), S(\lambda)\bar{z}(\lambda)$ に比例するようにしてあって、(ルータの条件)直接に X, Y, Z に比例する光電出力が得られる。

(3) XYZの求め方

CIEによる三刺激値 XYZ は色を表す数値であるが、 XYZ 値だけでは具体的にどんな色か分からない。そこで次の式により、 XYZ を変換し、三次元の座標点(色度)を求めることが必要となる。

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

Y はそのまま視感度反射率又は輝度率として明度を表し x, y は直交座標(図8)による色度図(写真2)で、色彩を表す。

(4) 表色系の変換

以上の XYZ 表色系の数値は二つの色が特定の条件で見て同じであるかどうかを表すには十分で

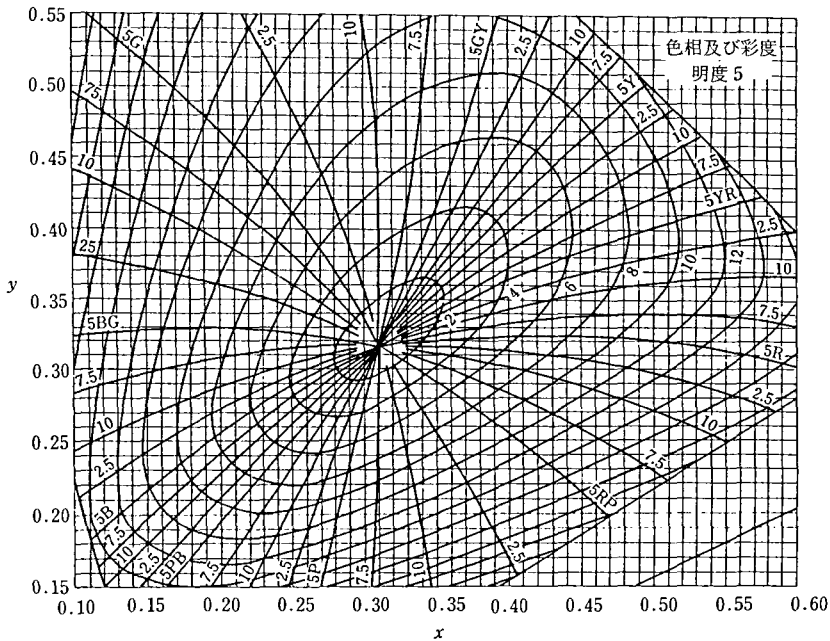


図8： xy 色度図におけるマンセル算色相、等彩度

あるが、しかし物体の色の見え方を表す面では、二つの色の差の大小をX, Y, Y座標差だけでは判らない。又、無彩色物体は、照明光を変えても無彩色の感覚はあまり変わらないのにx, y座標では照明によって全く変わってしまう。それにはCIE L ab 均等知覚空間 (L*a*b*) の明度指数 L*色度指数 a*b*にすると良い。

この方式は1975年のCIE会議で、新たに推奨されたもので、公式名称はCIE1976 (L*a*b*) 表色系として、L*は視感反射率Yを感覚スケールに変換し、明るさを表し、a*は赤み青み、b*は黄み青みの強さを表している。物体色の表示にはY x yよりもL*a*b*の方がよく感覚に対応することが判る²⁹⁾ (図9)。

(5) 色差の表示方法

色差とは色の三次元の空間において、標準色と試料色の座標点間の幾何学的な距離を表したものである。その色差公式は、色差表式として代表的なものが4種類ある。

- (a) 1942年 E. Q. Adams が提案した、マンセルバリュ関数を基礎として、座標系に基づくもの。
- (b) 1948年 R. S. Hunter が提案した色差式。これは黄みの数値が大きく均等に表現出来るので口腔内の歯牙の測定に活用すると良い。
- (c) L u v 表色系1976年 CIE が推奨した、色空間における色差式

(d) L*a*b*表色系1976年 CIE が推奨した、知覚的にはほぼ均等な頻度をもつ色空間における色差式。CIE1976年 (L*a*b*) 空間を定義する式に基づく色差式は、

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

となる。

最良の歯科診療のための環境づくり²⁵⁻²⁷⁾

物に色があることは、その物体から色が発している様に考えるが、実は色というのは光によって現れるのである。即ち、光が物体に当たって反射し、その反射率の程度によって、我々の目に到達した時の光の波長によって発するものである。例えば、筆者が積分球診療室を制作³²⁾する前に予備実験として積分球模型³⁵⁾を作り、その模型にターナーのネオカラー9色を塗布し実験した時、塗料を壁に塗ってみると、各色ともきれいに仕上がっているのに、いざ実験にかかり電球をつけて見ると、その採光により、変化をきたす。この事は積分球を内装した時は回りの光に影響され、実験では中の電球の光源によって変化するためである。良く経験することに、診療室において、歯科医師も患者も、Restorationの色合いが最高で出来ばえも良く、お互いに満足し納得していたにもかかわらず、翌日になって患者から苦情の電話をもらうことがある。このことは光源が変わる事ばかりで

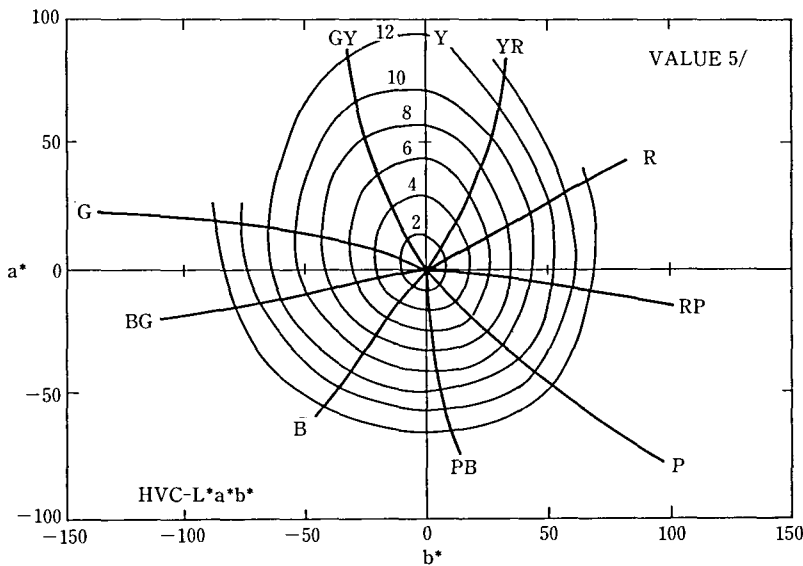


図9 : a*b*座標におけるマンセル等色相, 等彩度

はなく、みる人の変化によるのである。色というのは刺激に対して受容、そして判断の中で起こる現象である。これを解りやすくすると、まず光が目という受け皿に飛び込んで、これを網膜に写し、そして、その刺激を脳が感じ判断するという順序をふんで、ああ赤だな、黄色だなと色を認識する事である。ある物が何色であるかを知るためには、十分なスペクトル光で照らすことが絶対に必要である。スペクトル光とは比エネルギーを縦に、光の波長を横にとったグラフを書くと、色々な曲線が出来る。これがスペクトル光である。

診療室内で歯牙その他のものを見るときには三つの好条件をそなえた光が必要である。その第一は光源評価(エネルギースペクトル分布領域)、第二はスペクトル反射、それに第三がスペクトル反応でこの3つが合わさって光が生じ色の刺激となる。

1. 光源評価

人間は誰でもが、様々なタイプの蛍光、白熱灯、日光、そしてろうそくの火と色々な光源に親しんで来た。しかし色を合わせたり、選択したりすることの出来る完璧な光源はない。太陽の光でも完全ではない。光源の評価には色彩の温度とスペクトル曲線と色彩の演色指数 (Rendering) がある。

(1) 色の温度

色の温度 (Kと略) とは、黒い発光体を熱してできた色と光源の色が等しいと仮定して、発光体を熱することにより、まず赤く輝きを持ち、ついで橙、黄色、白に変わり、最後には青となる。この事を相関色彩温度という。または「見掛けの色彩温度」とも呼ぶ。例えばロウソクは200K、クォーツランプは3200K、そしてうす曇りの空は5500Kから5600Kで輝く、色彩の選択と色合わせに適した光源はうす曇りの空の見かけの色彩温度である。故に5500Kが適当と思われる。ケルビン温度が低いと、スペクトルの赤い部分が優勢になりK温度が上がると5,000Kになると、青の部分が多くなる。

1931年のCIEにおいて色を議論する照明光として、A、B、C、D、の4種類の標準光源を決定した²⁸⁾ (図10)。

A光源：光源の色温度が2856Kでガス入りタンクステン電球で、規定された電圧で点灯した状態をいう。

B光源：特別に定められたフィルターをかけ、色温度4870Kで、ちょうど平均な正午の日光の昼光を指す。

C光源：色温度が約6774Kに近似する昼光で、A光源、B光源の場合より、更に青味のついたフィルターをかけて作成した光源。

D光源：色温度が約6504Kに近似する昼光で、日中の平均の光を表し、最も重要な照明と思われる。普通診療室では蛍光ランプが使われているが、これは白熱電球より効率が高く、光の拡散があり、柔かく線光源で光の分布が一様である。照明器具によっては拡く面光源に利用出来、寿命も長く、熱対射も少ないようであり、これをKで表すと蛍光ランプ昼光色 (D) は色温度6500K、白色 (W) 4500K、温白色 (WW) 3500Kである (表4)。

(2) スペクトル曲線

蛍光性光源のスペクトルの成分について、スペクトル反射曲線から見ると、色彩温度とは関係なく、標準の日光とは、ワシントンD.C.のうす曇りの6月の12時から13時の間に見られる。標準スペクトル反射曲線は4000~7000nm比エネルギーが均等であること、COOL Whiteのエネルギー含有量と比べると良く判る。蛍光灯はこれを修正する事によってこれに近づけることができる。この修

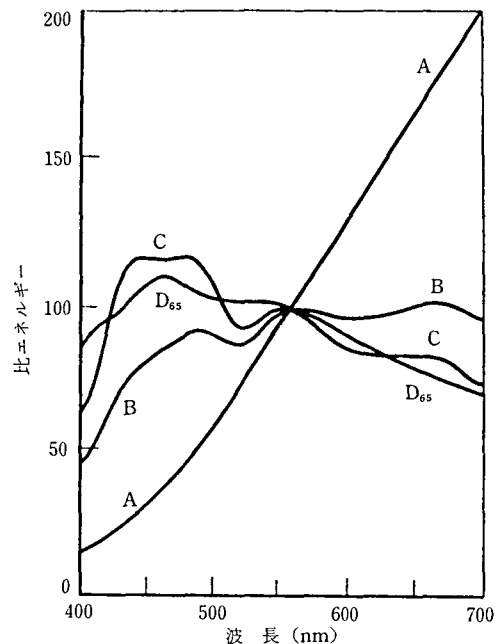


図10：標準光源 A, B, C, D, D₆₅

正蛍光灯はたやすく手に入れる事が出来、診療室の照明としては最高である。

(3) 色彩の演色係数

色度図(図11)を見ると、中央は等エネルギー点で、色合わせのための完全な光源である。ここにおける色彩演色指数を100とすると、その他の光源は皆、指数100以下となり、これはこの中央からどの位離れているかによって決まる。色合わせにはこの演色指数が90以上であることが必要である。完全なスペクトル光源があれば、色合わせの手順が改善されるだけでなく、口腔内組織の色や皮膚の色合いや、診療室の装飾も、適切に演出する事が出来ると思う。

2. 光の量

ここまでは光の質について考えて来たが、光の量も重要なファクターがある。どの位の光の量が必要であるかを決定するには、仕事と効率について考えなければならない。歯科の診療室や技工室の光量については、余り今まで研究がなされていない。色を比較する光量は現在では1600 Lx から 2000 Lx の間が適当とされている。

3. スペクトル反射 (reflectance)

十分な光の質と量が決まり、供給することが出来たならば、即ち、光源評価が出来たならば、次にスペクトル反射について考えなければならない。光が光源から出て、まっすぐ物体に届くことはめったにない。光は一たび光源を離れると、散乱し、多くの面から反射される。表面に当たった光はエネルギーのいくつかは吸収され反射され、質量共に変化してしまう。この光の高度の水準を維持しエネルギーの保存を助けるのには、おもな反射面は全て高い明度を持った物でなければならない。最大限の光を反射させるのは天井は少なくともマンセル明度が9でなければならない。これは出来るだけ白くすると良く、壁や棚その他主な反

射物はすべてマンセル明度、最低で7にして彩度は4以下にすると良いと思う。壁の低い部分や床はそれ程、明るくする必要はない。その他反射面で非常に重要なのは歯科医師、歯科衛生士の衣服だけでなく、患者の衣服と前掛け等である。これらのものは色を合わせる領域とすぐ隣っており、光のスペクトルを曲げる主要な反射物である。

4. スペクトル反応

スペクトル反応とは、主観的な物であり、精神物理学と心理学の側面を有している。眼の網膜は3つの加算原色を感じやすい錐体細胞がある。光のエネルギーは視覚色素の組織を通じて、化学エネルギーに転換される。色の焦点を合わせると、いわゆる色をじっと見つめると、視感色素は再生されるよりも、すみやかに消耗してしまい、そこで識別力は失われてしまう。しかしながら反対に補色の知覚力が高められる。この認識力の喪失を「色相適応」と呼び、補色認知が増進される事を「色相過敏」と呼んでいる。そこで歯の色別につ

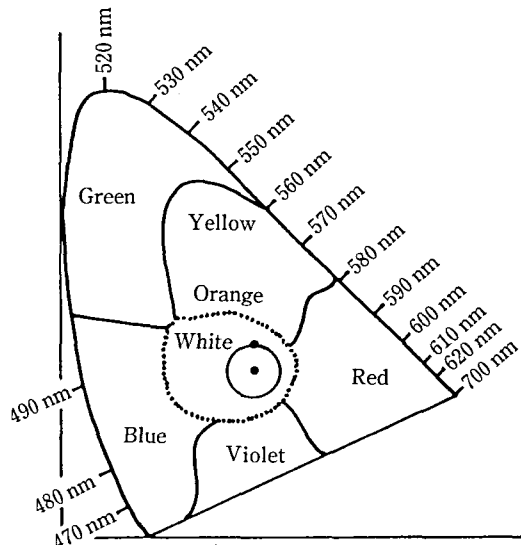


図11：色度図と色の配分

表4 けい光ランプの演色評価数の最低値

色度および演色性の区分記号	D	W	WW	WW30	D・DL	W・DL	D・SDL	W・SDL	W・EDL
平均演色評価数 R_a	70	60	55	45	80	73	88	85	95

備考 D：昼光色，W：白色，WW：温白色

いて見ると、歯の色と評価する時間が長くなればなる程、見る人の識別力は衰えるのである。そこで色別においては5秒以内が適当だと思われる。認知力を高めるには、適度な彩度と明度をもった青いカードに焦点を合わせることによって感度が高められる。青は歯の色の範囲に対する補色として適当なもので、視覚を正確に維持する上で効果的な助けとなる。以上申し述べた、光源評価、光の量スペクトル反射、スペクトル反応は、歯科診療における環境づくりにおいて一定に統制する必要がある。これを認識することによって色合わせを考え、それを改善することに役立つものと思われる。

ここで更に進んで考えると、歯科審美には3つのやっかいな問題がある。その1つは変異性 (Variability) 即ち、光の方向と量と質が一定でないために起る問題がある。

又変動性 (mobility) 即ち、患者が静止状態になく、周囲の環境が常に変化する事である。最後に材料の耐久性の問題がある。常に美しい restoration を保ちつづける事が必要であるということである。この3つの要素は仲々解決することは難しい問題である。色を見つめたり技工をする場合には、今まで述べてきた諸条件を良く勘案する事によって、その下で補綴物材料などが最も良い状態で鑑別され製作されるという事である。光源では白熱灯と cool white の蛍光灯が一般的なので、ここではこの2つの光について考慮すべきである。色のつり合いが最も大切だと信じている患者には、光もまた重要な要素である事を伝えると良く、映画、テレビにでる人は、クォーツランプのもとで、販売員や、事務職員などは、その特有の照明状況下で、鑑識眼を最も鋭くして色合わせをするが良いと思う。

歯牙、陶歯などを光の下で見える場合、その光の性質、例えば蛍光灯とか白熱電球を光源にしている事で、それらが違って見えるという事を患者に説明する方が良いと思う。

今まで述べてきた色彩のための環境づくりにもとづき実際的に事例を挙げて見よう。

歯牙と Restoration の色合わせ

自然の歯の変わりに、Resin や Porcelain を使って Restoration することは仲々難しく、日常

の臨床において、不本意ながら妥協せざるをえない場合に時々遭遇することがある。そこで最初に考えなければならない事は、まず機能上の要求と生理的な適応を考えねばならない。たとえ美的成果を挙げる可能性がある場合でも、これら2つの要素により制限が加えられることがある。また機能的拘束によって課せられる制限を克服するために、ごまかしたり、偽装したり、幻覚をうまく使ったりして、満足のいくような美しさを達成しなければならないことがある。

そこで実際の色合わせについて述べて見る。患者を診療室の中に誘導し椅子の上に乗せる。色を合わせる前に、まず色合わせをする歯牙と周囲の歯を徹底的に清掃し清潔にする。歯が汚れている患者は、きれいにする習慣をつけさせる。歯牙と周りの歯肉のピンク、口唇とは同化現象⁷¹⁻⁷³⁾があるので女性の患者は口紅を落とさせる。歯牙と同じく粘膜と口唇をきれいにする。まず明度から合わせる。初めにシェード・ガイドの全体の系列と歯牙とを大体合わせ、合った見本を2~3個選びこの見本を乾燥の状態と、水で濡らし湿った状態で見ると、選択が不可能の場合は目を細めて採光を少なくし焦点をぼかし、桿状細胞の感度で合わせると良い。このシェード・ガイドは選択する歯牙の隣に並行に同平面の位置に並べ(写真3)、対象の歯牙が傾斜していれば、見本も傾斜させる。こうすることにより光は両方共に同じ状態で均等に当たり、同様に反射する。この目を細めて見ることは、桿状細胞が明るさを受容する器官であるので、目を細めて見ると網膜に入ってくる光の量が減少し、視覚が黄斑から焦点が外れ、桿状体が錐体細胞より視覚に対する割合が増大することになり、目を細めて見ているとき、歯とシェード・ガイドの色、特に明度が本物より高いか、低いかが分かる(表5)。

明度が選択出来たなら、次に色相について歯牙とシェード・ガイドを比べ歯の色が赤っぽい、黄色っぽいを見定める。即ち、ビタのシェード・ガイドから A, B, C, D, どの系列に入るかを考える。自然の歯の色の範囲は黄色か、黄赤の領域内にあるから、その他の色は考えることはない(表6)。

次に考慮中の二色の相対的彩度を明らかにする。

実際には多くのシェード・ガイドの配列の仕方

は非理論的で患者に喜ばれるような色が満たされない場合がおおむねにしてある。その時は患者に説明しながら選ぶと良いと思う。比色に要する時間は5秒以内にしないと、視覚反応を統制する色相反応は色覚を歪めることがあるので、じっと長く見ない、比色した後は、目を休めるために青い物をじっと見つめて視覚を敏感にすると良い。シェード・ガイドで歯を見比べるときは最初の印象が一番良い。しかし、この青色は比色の背景に使うと良くなく、これを使用するのは視感を敏感にするときのみ使用する。背景に使用すると黄色い歯を見る視覚が破壊される。背景として使うには白が一番良い。そしてその色の組み合わせが、どこに存在するかを確かめる。色の記憶は変わりやすく、当てにならないので、色合わせの時は決して記憶をたよりにしてはいけない。

以上の事柄をD光源(蛍光灯)(写真4)A光源(電球)(写真5)全回路(写真6)で行うと良い。このことは歯牙と陶歯、歯牙とレジン歯は、同じ性質の物体ではなく、条件等色反応があるためである。比色の物体とは30 cmの距離からながめ2°視野が良く、光の量は約1,600LXの均等な柔らかい光で合わせる。次いで日常使用している口紅を塗ってもらって審美的関係を観察する。最も良いシェード・ガイドが選ばれたならば歯牙の形、表面の構造をスケッチする。このことは光が表面の形によって拡散し、違った明度、色彩となるからである。技工室の光の条件は診療室と同じ状況に

し、技工の途中、仕上げの途中色見本で色を合わせる。色見本でもらちがあかない時は、試適、装着の時、形の調整、表面のグレース、ステインで修正する。明度を修正する時はRestorationの形、表面構造を直せば良く、明度を上げる場合は表面を滑らかにし、明度を下げるには表面に微細構造を付けたり、でこぼこにすると光の量は散乱反射により減少し、暗く見える。この様に表面を変える事によって明度を変えることが出来る。また表面に光沢がなく、滑かみの場合は、反射する光はごく僅か少なく、少し暗くなる。歯の見かけの長さを変える時は、長軸に対し丸をみをおびさせると短く見え、長く見せるためには表面を平坦に長軸に沿って作れば良い。また実際の歯を大きく見せるには表面を平坦に、小さく見せるにはまるみを作ると良い。色彩を変える時は表面を削合した後、ステイン、グレースで修正すると良い。

歯科医学における色彩学の進歩

世の中が平和になり、贅沢になってくると、嚙むための義歯だけではなく、人間が顔の一部として、より美しく若々しく自分を見せるための道具となりつつある。その影響で歯科審美的研究がとみにさかんになりここ数年急速に注目され出して来ている。これも一応咀嚼、発音などというrestoration本来の役目が或る程度達成された結果だと思われる。つまり最低限度の機能面の満足は、見た目の美しさ、容貌の引き立てといった、より

表5 ビタのシェード・ガイドの排列を、明度順に並べかえたもの。

明度(陶歯をM, C, Cで測定)

○切端部

A₁, B₁, A₂, B₂, B₃, B₄, C₁, D₂, A₃, D₃, D₄, C₂, C₃, A_{3.5}, A₄, C₄

○歯頸部

A₁, B₁, A₂, B₂, A₃, B₃, D₂, B₄, C₁, D₃, D₄, C₂, C₃, A_{3.5}, A₄, C₄

○中央部

A₁, B₁, A₂, B₂, A₃, C₁, D₂, C₂, B₄, A_{3.5}, B₃, D₃, D₄, A₄, C₃, C₄

表6 ビタのシェード・ガイドの排列を、彩度順に並べかえたもの。

彩度(陶歯をM, C, Cで測定)

○切端部

A₁, D₂, B₁, C₁, A₂, D₃, B₂, C₂, C₃, B₃, D₄, B₄, C₄, A₃, A_{3.5}, A₄

○歯頸部

B₁, D₂, A₁, C₁, C₃, C₂, B₂, D₃, C₄, A₂, D₄, B₃, A₃, A_{3.5}, A₄, B₄

○中央部

B₁, A₁, C₁, D₂, B₂, A₂, D₃, C₃, C₂, D₄, A₃, C₄, B₃, A_{3.5}, B₄, A₄

注) Cは明度が低いため除いて選んだ方がよい。

高度な段階への挑戦を要求して来た。この審美学にはどうしても欠かせない色彩についても歯科審美学と共に要望に応じて発展する運命を課せられた。

1. 積分球と積分球診療室と技工室^{9),32)~36),39)}

物質の比色，日常の歯科診療は照明の発達により採光を自然のものから人工光線へと変化しつつある。又歯科の診療の技術内容もだんだん精密になりつつある。そこで快適な診療を行なうには，前頁で述べたようにスペクトル光源の演色性とある一定の光の量，光の反射による均等な柔らかい光が必要である。光源は物質に条件等色があるため測色には2種類以上の光源で測定せねばならない。そこで筆者は種々の基礎的実験を行ない，以上の条件を満たす積分球技工室を考えた。反射率が一樣で完全拡散性の球面内に光源を置くと，球面上の一点(x)と球面内の相互反射による相互反射照度(E_x)との和となる。これを式で表わすと，

$$E(x) = E_0(x) + E_k = E_0(x) + \frac{F}{S} \left\{ \frac{P}{1-P} \right\}$$

となる。すなわち球面上の照度はどの点を取っても一定した照度で均等な光となる。

さらにこの球面を厳密な積分球とし，その積分球(半径R，中心O)内の一点における照度(a，b)を考えてみると，

$$E(a, b) = \frac{2\pi I}{\sqrt{a^2 + b^2 - a^2 b^2}} \ln \left\{ \frac{1 + \sqrt{a^2 + b^2 - a^2 b^2}}{1 - \sqrt{a^2 + b^2 - a^2 b^2}} \right\}$$

という式で表わされる。ただし $a = \frac{h}{R}$ は中心Oか

らの距離， $b = \frac{r}{\sqrt{R^2 - h^2}}$ 距離hにおけるこの積分

球の切口(これは円となる)の任意の同心円の半径で表わすことができる。以上の考えから，筆者は積分球模型を制作し，光の量の問題，光のスペクトル曲線，色と反射の関係，色と心理，光と疲労について実験を行ない積分球内では拡散された，自然に近い，影のない昼光均一で柔らかい光を得ることがわかった(図12)。その実験結果をふまえて技工積分球(写真7)，積分球診療室(写真8)を作成した。その仕様は積分球を輪切にして床を

作り，壁はルチールタイプ酸化チタン工業的の白色塗料を塗り，光源はA光源(ハロゲン)，D光源(昼光色)，CIE基準D₆₅光源の3種類，診療機械器具は照明に対して明度が余り下らない色の物を選んだ。

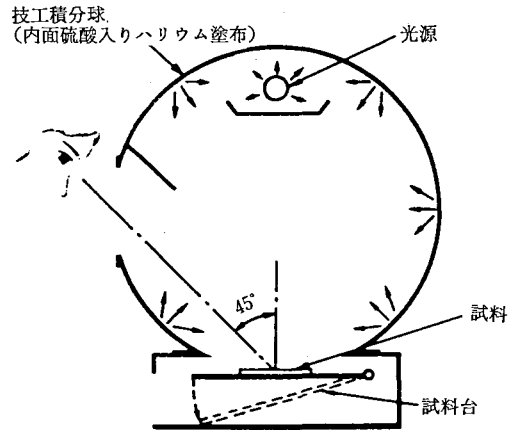


図12：積分球の構造

2. 室内の光反射と照明の位置^{37),38)}

診療室，技工室を設計するには，術者の体調，技術の向上のために照明の問題は重要な課題であり，作業効率を十分考慮した上で全体照明，部分照明を検討していく必要がある。また疲労に関しても個人差が余りにも大きく左右するため，この解明は大変困難であるが，できるだけ多くの者が快適に作業できるような環境を作り出すことが肝要である。概して室内は出来るだけ明るくするのが歯科診療時には必要である。それには壁の明度は7以上，彩度は4以下が良い様である。明度を明るくする一例として，技工室の天井に半径150mmの天井ボーダーを設置し，天井，壁にLU(ルチールタイプ酸化チタン工業的の白色塗料)を塗布し，照明を改良前と後に測定し比較したところ，35%光量の上昇を得た(図13)。その理由は天井コーナーのアルが光の拡散反射の役割をし，LUの塗布により光反射率が他の白色塗料に比較して高まったことを示している。又照明の位置はおおむね部屋の中央に設置するのが常であるが，照明が中央にあると技工室の場合作業は壁際で行うため手暗がりになり，作業しにくく部分照明を使わないと不可能な状態になる時もある。そこでこの照明器具を作業台の真上に設置することにより，

影ができない均等な適切な照明を得ることが判った (図13).

3. 歯科用 Micro Color Computer (M. C. C.) の開発⁴⁰⁻⁴²⁾

先に工業界で色の機械的測定がさかんに開発されて来たが、医科、歯科の場合は生物が対照で殊に歯牙の場合は複雑なファクターがあり、又測定

対照が小さく困難を来たした。今まで使われて来た Color Meter は、大規模な装置で、細部を測定することは出来ない。歯科用としての測定には不向きであった。そこで1973年筆者は口腔内を測定する事が出来る、M. C. C. を考案した。この開発された器械は、測定検知部、計測部および、光源用電圧装置に分かれ、電圧の安定性があり、検知部はフレキシブルなガラスファイバーと、受光器の組み合わせからなり、計測部は L. S. I. (大規模集積回路) を用いたコンピューターを内蔵している。測定時間はわずか0.5秒で XYZxy を同時に標示することが出来る。この機械は人間が試料をみて色を知覚する原理と全く同一の方法ということが出来る。光源ランプから出た光はレンズを通ることにより光が収束され、ガラスファイバーを通り受光器に達し、物体に当たる。当たった光が反射し、受光器が受け入れて、復路のガラスファイバーにより光电変換部に達し、三刺激量に分けて、電気信号に変える。この XYZ の三刺激値は XYZ 用増幅器にかけられ、演算回路に入り、xy の計算が行

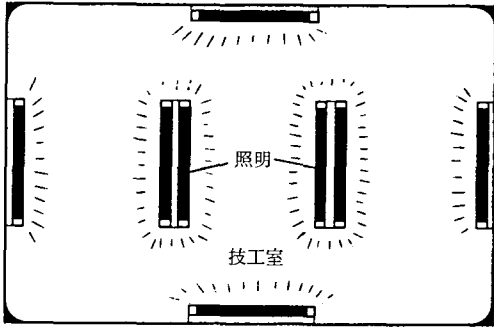


図13：技工室の照明の位置作業台壁際に照明設置コーナーはR型

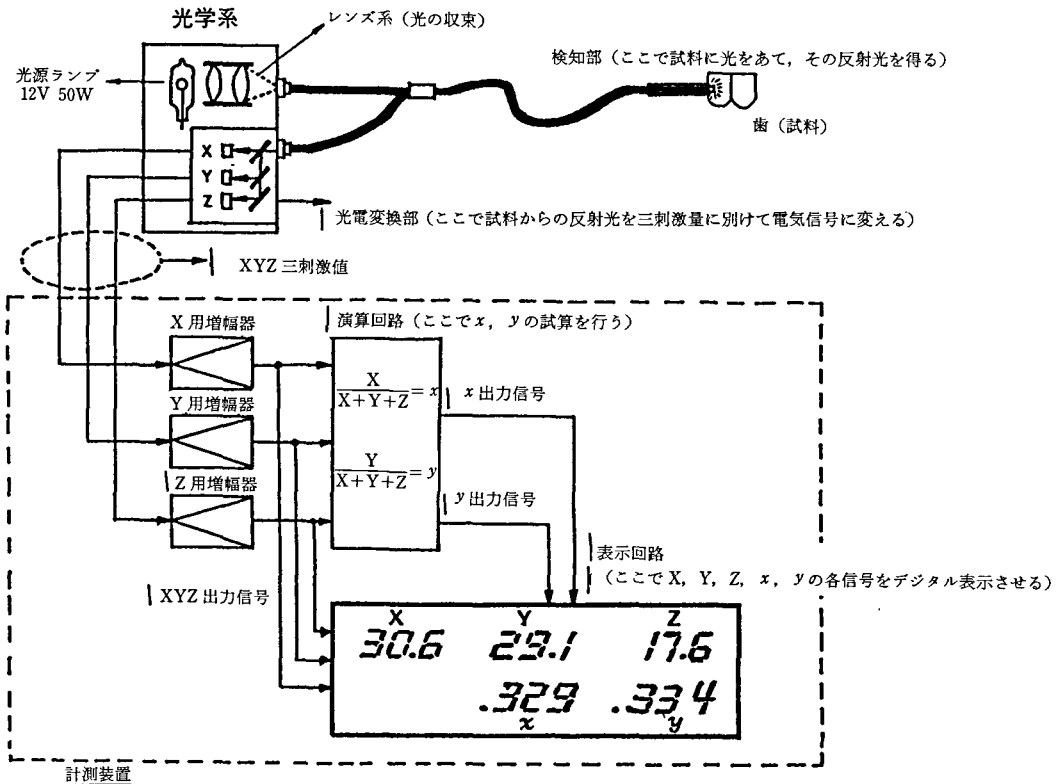


図14：マイクロカラーコンピューター構造図

われ、出力して表示回路に入り、XYZxy 各信号をデジタルに表示して、表示板に現れる。この開発された装置は、従来の測定器では測定できない極めて微小面が測定でき、その上小型化されて性能も良く、検知部のガラスファイバーで光源から長く伸ばす事が出来、簡単に口腔内に挿入することが出来る (図14)。

4. M. C. C. 受光器の改発⁽⁵⁾

筆者は口腔内実験用として種々の受光器を考案

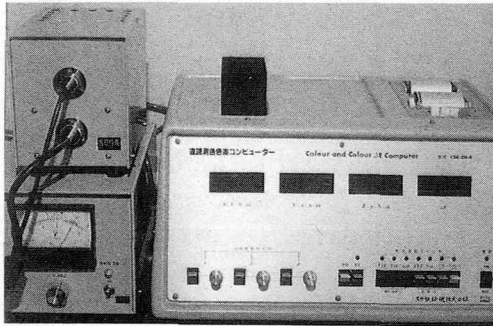


写真9：M. C. C. CDE-CH₄

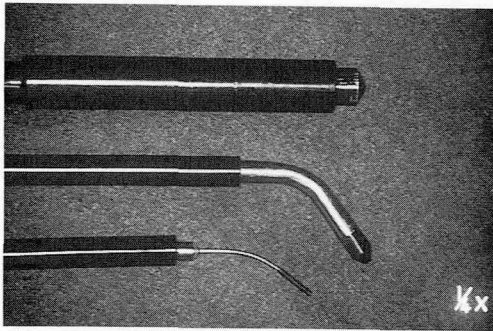


写真10：M. C. C. CDE-CH₄の受光器

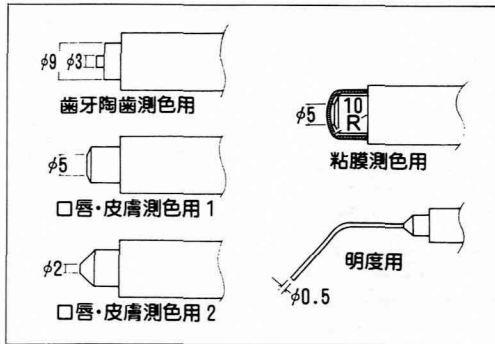


図15：M. C. C. CDE-CH₄の各種受光器構造図

した (写真10) (図15)。

①歯牙、陶歯用受光器

光源より出た光を、被写体に当て、そこで表面反射、透過した物体内反射、屈折反射した光のすべてを受光できる構造のもので、外周受光部内径 φ 7 mm 光源部内径 φ 3 mm のものである。

②口唇、皮膚測色用受光器

主として反射光を受光出来る受光器で φ 5 mm と φ 2 mm の2種類がある。

③粘膜測色用受光器

受光器の先端が、ガラスカバーで覆われており、湿潤している部位も自由に測定出来る。受光器の大きさは φ 5 mm である。

④明度用受光器

受光器の φ が小さく φ 0.5 mm で光の Y 値のみ測定。

⑤その他の受光器

以上のものを考案し、受光部は容易に Computer に着脱が可能である。

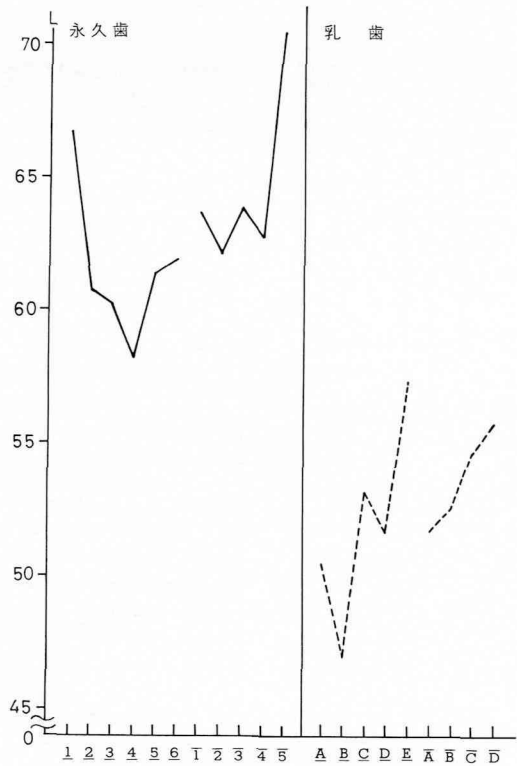


図16：永久歯・乳歯の部位別による明度図

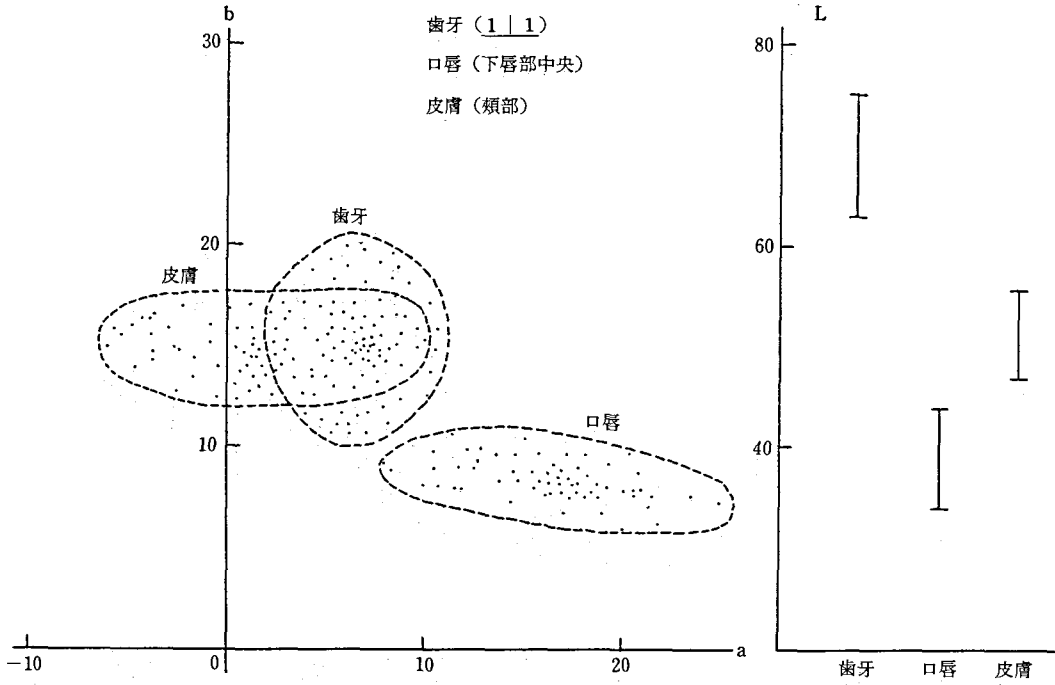


図17: 歯牙, 口唇, 皮膚の Hunter 色度図 明度図

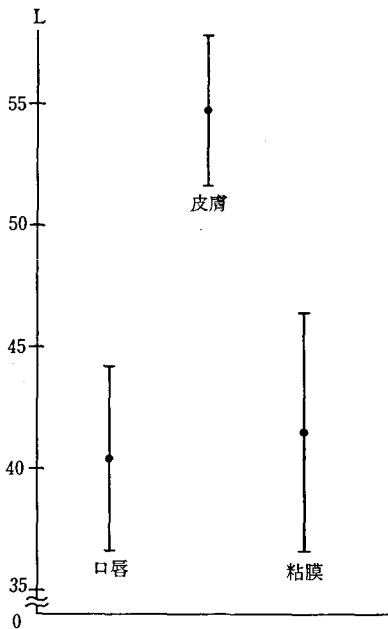


図18: 明度図 (Hunter)

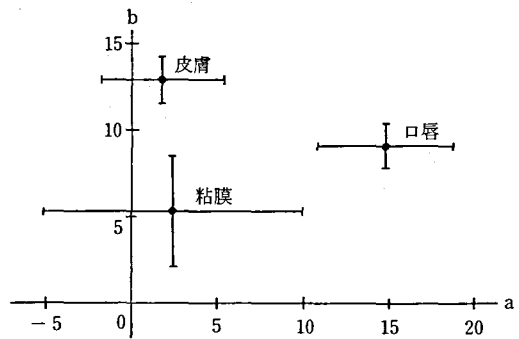


図19: 色度図 (Hunter)

系の Lab においては、明度において永久歯が高い値を示し、色度は乳歯が yellow red 系が強く、永久歯は yellow 系が強い位置の色差が認められた (図16)。

口腔内外の色彩は、明度において歯牙が一番高く、頬部皮膚、口唇、粘膜の順で(図17, 18)、色度は Hunter の Lab において、歯牙は yellow red 系で yellow に広がり、頬部は Hunter の Lab において、yellow orange 系 red に広がり、口唇は orange 系で red に広がり、粘膜は yellow orange 系 red yellow にひろがっている (図19)。

5. 口腔内の色

改良された M. C. C. と改良受光器を用いて陶歯⁴³⁻⁴⁶⁾、歯牙^{47,48)}、粘膜、口唇、皮膚⁴⁹⁾の色を測定した。その結果乳歯と永久歯の場合 Adams 表色

6. ポーセレンパウダーの色調

焼付けポーセレンには一般的に、有機着色材と、金属酸化物の2種類が添加されている。有機着色材は築盛時に各築盛層が判別出来る様に添加されているもので、ピンクはボディ用、ブルーはエナメル用、着色の無いのはオペーク、モディファイヤーポーセレンと色分けされている。この着色材は500℃以下で十分に焼却され、残留物が出ない。金属酸化物はそれ自体が色を表わし、各種の金属酸化物や乳濁材が有効に添加され、色となる。しかしトランスルーセントには添加物は配合されていない。光がガラス相に入射し金属酸化物に当たり、拡散反射がくりかえされ反射光として表面に出た光が色となって表われてくる。黄色はV-Sn系酸化物、赤色はMn-Al系、茶色はFe-Cr系、青色はCo-Al系、灰色はSn-Ni系酸化物によって発色する。この着色材は温度によって変化しない安定したもので、この酸化物は混和、築盛時々不均等になったり分離したりむらになったりするのでよくコンデンスして注意する必要がある。

7. 陶歯の色⁴³⁻⁴⁶⁾

歯牙の色、陶歯の色を正確に把握する事は、良いRestorationを作製する上に、極めて重要な作業の一つである。臨床家として陶歯の色を選択する上に一つの目安となる示標が是非必要になってくる。今までは陶歯の色を選択する条件として、物質に条件等色があるため(図20)北窓の窓際か、室内では無影燈を消して、視感比色法によって見る方法が殆どであった。陶歯の色調自体の表現方法には、多くの会社からシェード・ガイド陶歯が出ており、例えばVITA-LUMINでは色調としてA. B. C. D系統に分かれ明度では明るい方から1. 2. 3. 4の数字で表されている。陶歯の光電管側色には、今までの平面色をとらえた受光器では陶歯の表面微細構造や、弯曲でこぼこと複雑な面の光をとらえるには不可能であり、又表面は艶があり、硬さがあり、受光器でしっかり固定が出来ないため、完全な反射光をとらえることが出来ない。そこで光源部を取りまいて受光部を可動出来る受光器(写真11)を試作し、歯面の凸凹や艶に惑わされない、受光部の位置を調べた。その結果、光源部と受光部の位置的関係は受光部を資料の面より1 mm~3 mm うかした状態が良

いことが判った。その結果、歯牙、陶歯を測定する改良された受光器は陶歯表面に接する光源部より受光部の位置が2 mmの隙間をあげ、光源部を直径3 mm、受光部は光源部を2 mmでとりまく様に考案した。実験結果の一例としてVITA-LUMINの明度の順、色彩の彩度の順を表に示す(表5, 表6)。

8. 歯牙破片の測定⁵⁰⁾

改良されたM. C. C.の受光器(1.0~3.0 mm)により口腔内の微小部を取り扱うことが容易になった。しかし受光部の部分で光が絞られる関係上、光束量が少なくなり、それに伴い反射光、拡散光を受光する割合が少なくなり、自然と小さい値を示す。歯牙破折片が測色できたなら、鑑別、法歯に役立たないかと考え、より以上検知部を絞って0.5 mmの受光器を考案した。その結果今までの1 mm~3.0 mmの受光器より安定性が悪い、しかし外測の色をキャッチしない利点もある。

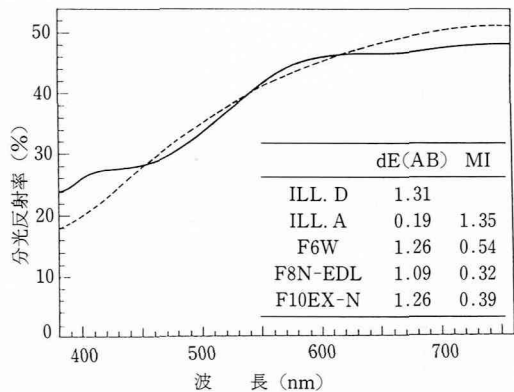


図20：天然歯と人工歯とによる条件等色(森礼於)

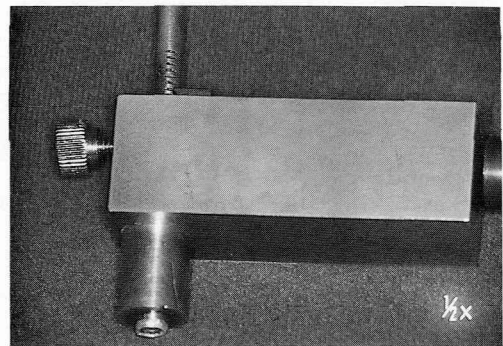


写真11：可動受光器

この受光器では直接被検体に当たったのでは正反射光のみしか受光出来ないため、アダプターリングを考案、先端に取り付け、受光器が資料に密着させない様にした。そのことにより、細部の歯牙の反射光、屈折光、拡散光を取り入れることが出来た。資料の歯牙破折片の取り扱いが難しいため把持具では安定性がないので試行錯誤の結果、石膏内に破折片を表面を上にして埋没し固定する方法を考えた。結果は明らかに歯冠部と歯根部のY値は上顎ではav. 9.79, 下顎ではav. 8.18の差があり部分鑑別が出来ることがわかった(表7)。

歯の部分歯片から歯冠部か歯根部かを光学的に明度その他で区分出来ることは、歯の治療跡、歯型とともに法医学の手がかりの一つに加えられる良いのではないかと思う。

9. 歯科用金属の変色測定⁵⁴⁻⁷⁰⁾

歯科診療において歯科用合金は大きなウェイトを占め、ただ単に良い金属といっても、理工学的性質は幅広く、歯科用合金の実用性を論ずる場合、金属の性質の一つとして、口腔内の耐色性が大きな因子として考えられる。金属の変色は、口腔内審美、と外観的審美からも、金属の腐食という面から健康的な面にもつながるからである。この変色については歯科界では一般的に視感比色法の判

定が取り入れられてきた。JISに定められた歯科用合金の変色試験は、耐水研磨後、0.1%Na₂S溶液に全浸漬し、標準色票と視感比色することになっている⁷⁰⁾。しかし金属には艶があり、色票の紙とは材質が異なるため条件等色が起るためあいまいな点が多い。

色の器械的測定法には、受光器方式と、積分球方式があり金属の測色には通状積分球方式が使われている。そこでこの2方式を用いて貴金属系、白金系、白金属系の2種類を測定すると条件を一定にすると、ある程度2方式共正確に判定することが出来る。

即ち、金属板表面をエミリーペーパー各井までで研磨し、37℃±2℃の状態では0.1%硫化ナトリウム溶液に3日間全浸漬し、各井における金属切片の浸漬試験の結果、井600研磨が明度、色度共に好条件であった。この条件では受光器方式と積分球方式の色差は最も少なかった。筆者はこの条件下で多くの金属の腐色試験を行った。口腔内でRestorationの金属耐色状態を見るには微少面と口腔内に挿入という条件があるため、フレキシブルのグラスファイバー受光器でなければ測定出来ないため受光器方式^{54,55)}が必要となってくると思う(図21)。

10. 視感比色時の同化効果原象について色の感覚はその周りの色に影響をうける⁷¹⁻⁷²⁾

ある色とその周りの色の補色に変わるのを対比という。又、周りの色と同色化することを同化効果現象という。JIS Z 8105⁷³⁾によると、一つの色が他の色に囲まれているとき、囲まれた色が周囲の色に似て見える現象である。この現象は囲まれた色の面積が小さいとき、または囲まれた色が周囲の色と類似しているときなどに起こると言われている。口腔内の歯牙は、口唇、歯齦、皮膚に囲まれている。歯牙の色相は黄赤系であり、口唇は赤みの黄赤系、粘膜は黄オレンジみの黄赤系、皮膚は黄赤系である。特に口唇と歯牙は隣接しているため同化効果現象を起し易い、特にシェドテーキング時にこの現象は起こりやすく、この現象を写真から光電管比色によって数値で表わしてみると、白色系、ピンク系、赤系、茶系の4種の口紅を女性の口唇に塗布してもらい、基本色として口紅を全く塗っていない状態を写真撮影し、そのフィ

表7 部位別平均値ならびに標準偏差(2)

	例数	測定箇所	測定回数		歯冠部	歯根部
上顎小白歯	10	80	400	\bar{x}	20.35	11.34
				σ	4.12	2.46
				Cv	0.2025	0.2169
下顎小白歯	10	80	400	\bar{x}	20.32	11.65
				σ	3.65	1.93
				Cv	0.1796	0.1657
上顎大白歯	10	80	400	\bar{x}	21.86	11.24
				σ	6.28	1.93
				Cv	0.2873	0.1717
下顎大白歯	10	80	400	\bar{x}	19.18	11.07
				σ	3.04	1.77
				Cv	0.1585	0.1599
上顎	20	160	800	\bar{x}	21.08	11.29
				σ	5.37	2.21
				Cv	0.2547	0.1957
下顎	20	160	800	\bar{x}	19.72	11.35
				σ	3.42	1.87
				Cv	0.1734	0.1648

ルムを Micro Color Computer で測定し $L^* a^* b^*$ を算出し基本色と口紅塗布したものとの明度差 (ΔL^*), 赤みの差 (Δa^*), 黄色みの差 (Δb^*), 色差 ($\Delta E^* a^* b^*$) を求めた (図22, 23) (写真12, 13).

その結果, 白色系, ピンク系の口紅においては歯牙の明度, 赤みの黄色みとも下り, ブラウン系,

レッド系は赤みのみ増加で他は低下した. この事から歯牙の肉眼での色は囲りの口唇の色に同化現象を起すと考えられる. そこでシェドテーキング時には患者の口紅をおとして比色すべきである.

11. 変色歯の漂白法⁷⁴⁻⁷⁸⁾

薬物による歯牙の変色, その他種々の原因によって変色した歯の審美性を回復する漂白法は,

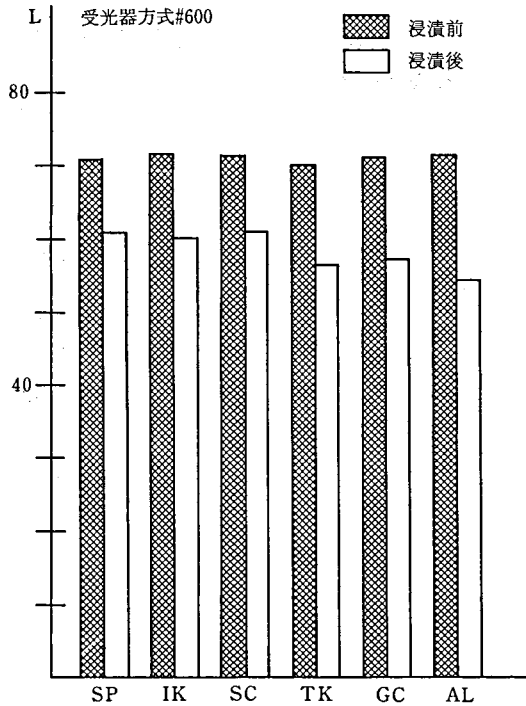


図21: 浸漬前後における各合金の明度

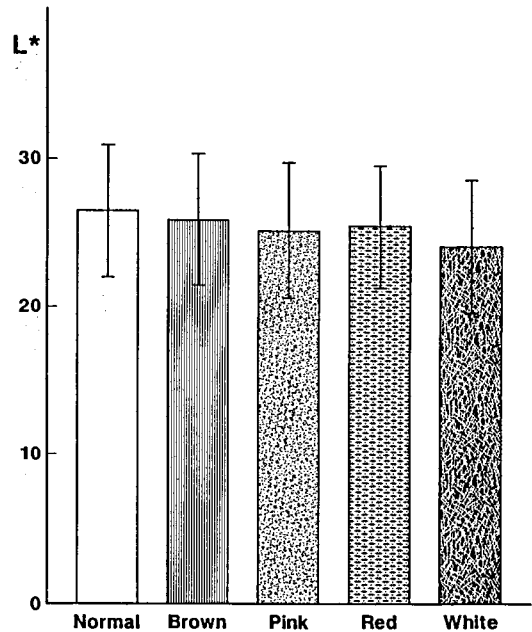


図22: Values of central incisor for different lipsticks

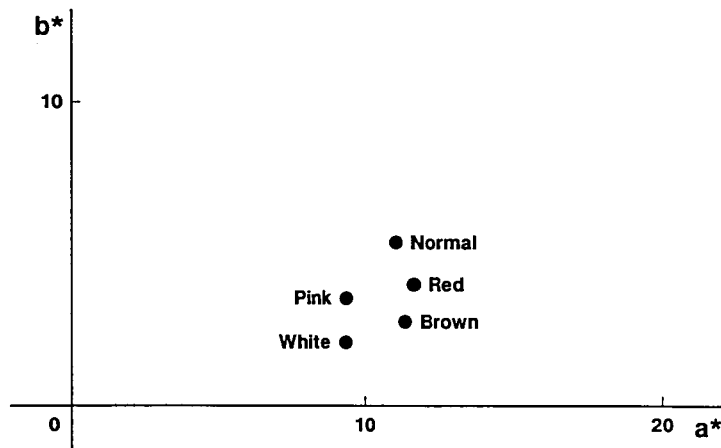


図23: Chromaticity diagram of central incisors for different lipsticks

特に米国の多くの臨床家⁷⁴⁾によって試みられてきた。漂白法は無髄変色歯に対するものと、有髄変色に対するものの2通りがあり、有髄歯の漂白法は、診療室で行う Office Bleaching 法と、歯科医師の指示のもと患者が自宅で行う漂白保持のためのスポンジ式 Custom tray を用いる Home Bleaching 法とがある。近年、米国では数種類の Home Bleaching 法が紹介されている。この方法の有効性、安全性が確認されれば変色歯に悩む患者に大きな期待がもてると思われる。Custom Tray Bleaching 法の漂白剤を分析すると、成分は過酸化尿素 (H_2O_2 と尿素が弱く化学結合したもの) 10.5% と、グリセリン 82.2% の混合物であり、トレーの中の過酸化尿素が水、唾液によって漂白液の H_2O_2 が分離され、この H_2O_2 によって漂白が進行するものとされている。

12. 天然歯の色と各 Restoration 色調の再現⁸⁴⁻¹⁰¹⁾

色は物体に当たって反射する光を目の細胞がキャッチして生ずることは理解されているが、歯牙と Restoration の反射はどの様にして起るか、まず歯牙の色は入射した光が一部は歯の表面で反射し、他はエナメル質、象牙質のなかで拡散反射を繰り返して表面に出てくる。この光が歯牙の色となる。又、光の一部は歯牙に吸収され戻ってこないもの、その一部は舌側に透過してしまい表面にはもどってこない光がある。そこで、歯牙の色は表面の構造によっても、表面の形によっても変化してくる。光の表面反射は表面の形態によって変わってくる。即ち、色が変わるという事である。この様に光は複合されて歯の色が表わされる。Porcelain jacket crown の作成においては、歯質が 1 ~ 2 mm 削除されその部分に違質のポーセレン材料で覆われるので、表面の反射、陶材の反射とその下の象牙質の反射の光が総合されて色となって表われる。しかし、Alumina Porcelain や Porcelain fused metal crown の場合は表面の反射の他に Porcelain のボディ、エナメル層を通してオベーク層に達してそこで反射され、又ポーセレンの部分で拡散反射される。このオベーク層はメタルの色を隠すためのもので反射率の高い金属酸化物が多く含まれている。そこで光が余りオベークまで達しないようある一定のポーセレン層が必要になってくるので、天然歯に近づける色の出し方

は Porcelain 層が厚くないと難かしいともいえる (図24)。

次に最近歯科審美にとりあげられ盛んに研究されている Porcelain Laminate Veneer では、歯牙の表面を一層削合して、Enamel 質の部分で 0.3 mm ~ 1 mm の厚さで作成する方法だと歯牙の表面に入射された光は表面反射とポーセレン部分、象牙質に入って拡散反射された光は表面に戻り、歯牙の反射と近似している。その上接着にコンポジットレジンを使用するので色を変化させる事が出来るので、隣接歯に近い色が出しやすく又、色変色歯をポーセレン層とレジン層によって色を表面の浅層で処理できる利点がある。

以上の事によって Porcelain fused metal crown より Porcelain jacket の方が、又それよりも Porcelain Veneer の方が、天然歯に近い色調を再現しやすい様に思われる。

13. Porcelain Laminate Veneer¹⁰²⁻¹¹⁶⁾

現在のラミネートベニアは1983年に Horn によって考案されたと言われている。近年になって歯質との接着材や耐火模型材の開発、発展と共に応用範囲が広まってきた。ラミネートは従来の補

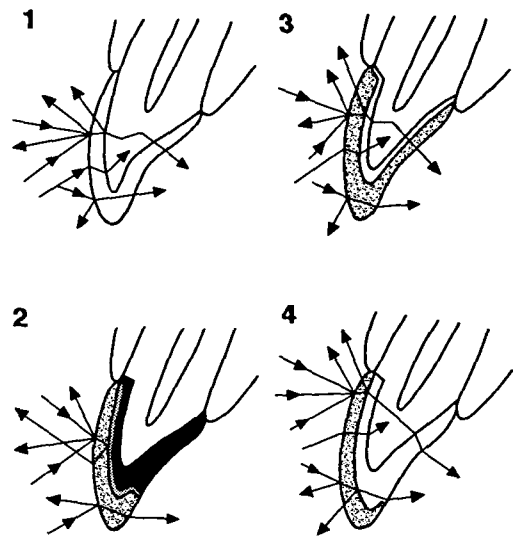


図24：天然歯と Restoration の光の反射、透過、吸収状態

- ① Natural tooth
- ② Porcelain fused metal crown
- ③ Porcelain jacket crown
- ④ Porcelain laminate Veneer

綴物に比べて歯質の削除量が少なく、審美的効果が期待できるため、臨床での応用は目を見張るものがある。材料的にはレジンベニアとポーセレンベニアがあるが、補綴物としてはポーセレンベニアの方が物性的に優れている。ポーセレンベニアは製作方法がポーセレンインレーに準じ、箔を使って製作する方法と耐火性の模型材を使って製作する方法があり、後者が一般的に行われている。適応症としては斑状菌や、テトラサイクリンによる変色歯の色調の改善、正中離開や矮小歯、円錐歯等の不良形態の改善が考えられる。特にテトラサイクリン等による変色歯の色調の改善には効果があり、大変クローズアップされている。

製作者側の問題としては、変色防止の程度を製作過程の中で視覚化する必要がある、遮蔽のためのマスキング材の厚さを最小限にする必要がある。最近の報告によると、ポーセレンラミネートは過豊隆になりやすいとのことであり、色調を再現するためにそうなりやすいことは推察できる。歯科医の問題としては形成と共に合着の色調の補正と望ましい位置に合着することにあるが、臨床上での合着による位置のずれが問題となっている。色調の改善の過大な効果は期待しないほうがよく、重度の変色歯では完全に色調を遮蔽し望む色を再現するまでには至っていない。色調の再現に関しては筆者らをはじめとして各方面で研究がなされているが、現在のところまだ確立したのではなく、術者によってケースバイケースで製作されている。

ラミネートベニアにおける修復は今後も色彩と審美的研究が進められ発展すると思われる(写真16, 17, 18, 19)。

14. 細菌の色彩について^{117,118)}

今まで細菌の色彩は寒天平板に菌を培養し、増殖させて Colony (集落) にして、視感比色によって判定していた。そこで、今まで主観的であった細菌の Colony の色彩を、客観的に数字で表わすことに成功した。この方法は Schale に細菌を採取し、孵卵器の中で 36°C 48 時間培養し、48 時間室内放置し、十分 Colony を増殖させてから 4 日目に各 Colony の色を微小面を測色できる、多光源分光測色計 (Multi Spectro Colour Meter) (写真 20) で測色し、刺激値直読法で三刺激値 XYZxy で

表示、国際照明委員会 CIE に基づく計算式により $L^*a^*b^*$ に変換する。その結果、白色板と空中菌の ΔE^* は 13.77 から 72.69 の間にあり av. 39.39, S 9.82 であった。培地と空中菌の ΔE^* は 3.49 から 44.86 の間にあり, av. 16.24, S 8.23 であった。今まで視感比色法により、細菌 Colony の色が判定されてきたが、Colony の色も数字で現わすことが出来る様になった (写真 21)。

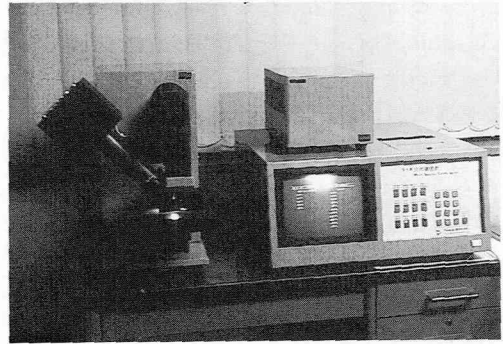


写真 20：微小面 M. S. C. M.

15. CT 画像の CT 値と M.C.C 明度値との関係¹²⁰⁾

近年、画像診断は医学界において急速な進歩を遂げている。口腔領域においても、デンタル X 線装置、パノラマ写直装置と歯科医療に大きな役割を果たしている。CT スキャンは被検者の或る断層面を画像として観察する、X 線断層撮影法¹¹⁷⁾の一つである。M. C. C. は光源から出た光が物体に当り反射し、その反射率が Computer によって XYZ に分解され色が測定される。CT 値は X 線の吸収率であり、M. C. C. 値はフィルム画像の反射率を現わす。そこで CT 画像のグレイスケール 15 段階と、頭部、腹部、病巣画像の M. C. C. の反射率を測定したところ、完全に数値の傾向が一致した。フィルム画像の明度を M. C. C. で測定することによって、その明度が病巣の診断の一助となると思う (図 25) (写真 22)。

16. 歯科審美と口腔内清掃, Caries Activity との関係

歯科における審美は、まず口腔内の清掃から始めるべきである。元来、口腔清掃には歯ブラシが使われている。そこで、まず口腔内の歯垢、唾液の細菌酸産生量 (Caries activity) と Caries との

関係、次いで歯ブラシの効用について、色彩的に調べて見た。筆者は Caries activity について1951年から研究が始められた^{121~131}。Caries activity は唾液の細菌を用いる Snyder test (S. T.)、歯垢の細菌叢を対象とする Cariostat (C. T.)^{132~134}を用いた。各年齢層の地域の児童、学生を対象として調査した結果、S. T. と C. T. との間には極めて高い相関関係 ($S=0.93$) が見られた。齲蝕との間には相関関係 ($S=0.24$) は見られなかったが¹³⁵、D 歯率との間には、やや関連 ($\theta=0.053$) が見られた。アンケートによる調査では、Caries activity と食事による Sugar 摂取頻度 ($\theta=0.263$)、間食における Sugar 摂取頻度 ($\theta=1.52$) と、一日の Sugar 摂取頻度 ($\theta=0.376$) の間に関連性があった。C. T. による Caries activity と Brushing の有無についての関連性 ($\theta=0.243$) が見られた¹³⁶。次に心身障害者¹³⁷と、松本歯科大学衛生学院学生¹³⁸の口腔内の状態について調査した結果 Caries activity test と Brushing は歯科的管理として必要であり、歯科審美のかかわりが大

きい事が判った。

歯ブラシの効用については今まで多くの報告があるが、筆者らは歯牙清掃に対して歯ブラシがどのような効果があるかを、歯垢染色材を用い筆者が考案したエバトロン社製摩擦試験機を用いて、歯牙を機械的に研磨し、その結果 M. C. C. で測定し、肉眼的判定と比較した。Blacing 前後の M. C. C. 測定値 Lab の変化 ΔE によって各歯ブラシの毛は、かためで 0.3 mm の太さが最も良く、ストレート型ストレートカットの歯ブラシが最も良い結果を得た^{139,140}。ついで歯垢と歯肉炎の色彩判定における光学器械の有用性を人間¹⁴²、ニホンザル¹⁴³を用いて実験したところ、今までの肉眼的で診断する主観性を、数字で表す客観性診断におきかえることが出来る結果を得た。

17. 歯科医療に対する患者の審美的要求³⁾

買い手があってこそ売手が成立する。経済の大原則は医療の世界といえども例外ではない。米の需要があればこそ農家は米を作り、金の買い手が

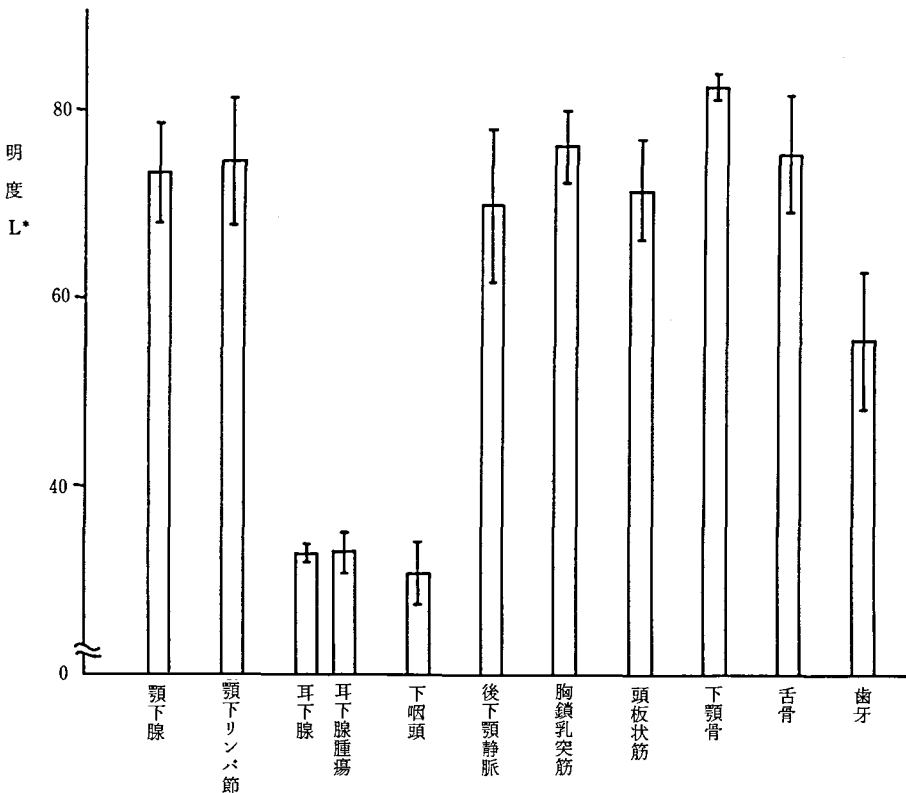


図25：頭部における CT 画像 Film の明度 (L*)

あればこそ金相場は成り立ち、その数のバランスから上下する。そこで、歯科医療の場合治療を受ける患者がどんな要望をもって医療機関にやってくるかを知る事は、歯科医師の在り方を規制してくるファクターとなり得るわけである。今後の歯科医療はどう変化するか、年々歯科医師は増加し、出生人口は低下する。現状の医療のままでは、現在以上の歯科医療の伸びる見込みはうすく、需要と供給のバランスは崩れてくる。これを解決するためには、歯科医師が認識をかえ、患者のニーズにそって患者が何を求めているかをつかむことである。そこで患者が歯科医院に何を求めているかを調査した⁹⁾。対象は松本歯科大学 (M)、保険診療開業医グループ (I)、自費診療開業医グループ (G) に分け、調査項目は6項目とした。設問項目は1項目に対して4~10問で、1、は歯科医院に何故行きましたか、2、はどんな治療を受けましたか、3、支払った金額は、4、歯科医院で良かったと思われることは、5、歯科医院でこうしてほしいと思われたことは、「最高治療で噛みやすくしてほしい」「治療時間の延長」「若々しく、美しくしてほしい」が多かった (図26)。6、の歯

科治療で重点をおくことでは、M. I. G. 共に「良く噛めるに重点を置く」が圧倒的に多く、Gでは「外観が美しい」が多かった (図27)。

まず、健康保険患者に於ては、料金が安く、良く噛める、というのが二大要求となっている。これに対し自費患者では噛めるという前に、自分の容貌を若々しく、より美しくひき立てるというのが第一になっていた。これを見る時医療も、第一義的な治療の段階がすでに全うされ、その上に審美的な面が要求され出している事が理解される。これは一重に、歯科医療が初期の目的を完成し、その上の要求をもたれはじめているのを理解しなければならないデーターである。咀嚼、発音という問題も決してなおざりには出来ない、最も大切な医療の目的であるのにはほかならないが、その上にもう一つ容貌をひきたてるという問題が加わってきたのである。これは云うに易く行くに非常に難しい。というのは応々にしてこの両目的が相応してしまう場合が生じてくるのであるのと、歯科医師が美学的勉強を殆んど基礎的に受けていないためである。そこでこうした研究をこれから深めていく必要を感じるのである。

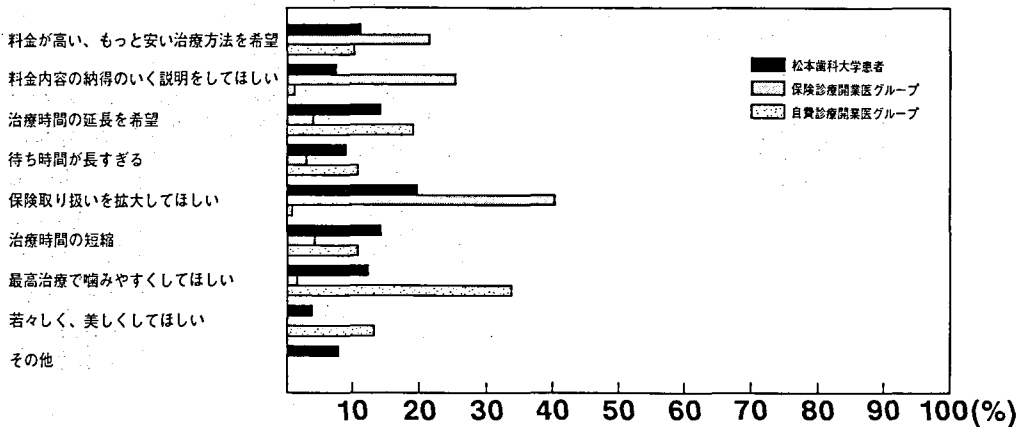


図26：歯科医院でこうしてほしいと思われたことは、

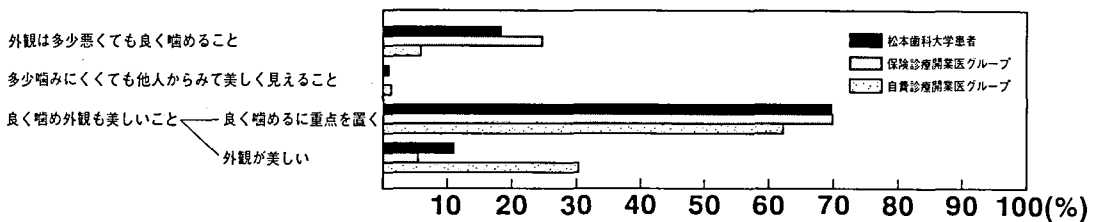


図27：歯科治療で重点をおくことは、



写真1：色相，明度，彩度で分類した色素を，無彩色を中心軸として立体的に配置し表わしたもの（スガ試験）



写真4：色合せD光源（D₆₅）

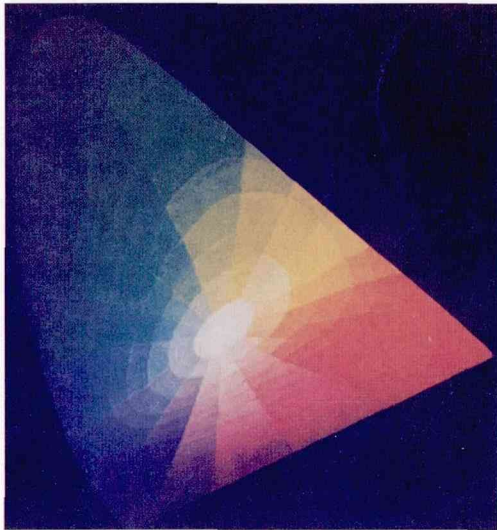


写真2：色度図



写真5：色合せA光源

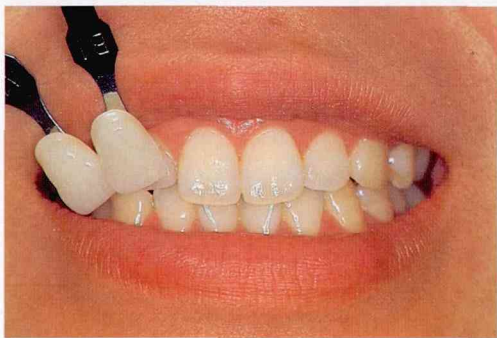


写真3：歯の色合せ



写真6：色合せ D₆₅+D+A光源（全回路）



写真 7：技工積分球



写真 8：積分球診療室



写真12：口紅を付けない口唇



写真13：口唇に赤の口紅をぬった時の同化現象



写真14：患者A 術前



写真15：患者A 術後



写真16：Porcelain Laminate Veneer (P. L. V.) A₂A₃
B₂B₃E₁E₂E₃



写真17：P.L.V.の色合せ (C₄-T₁)



写真21：細菌の colony を M. C. C. で測定することによって細菌の色彩を数字で表わすことができる。



写真18：患者B P.L.V. 術前



写真22：X線フィルムを使用し、M. C. C. の明度値によって口腔内病巣を診断することができる。



写真19：患者B P.L.V. 術後

ま と め

歯科医療が痛みの治療や破損した自然歯の修復を目的としていた時代は一応終ろうとしている。確かにこの問題は歯科医療にとって永遠の課題である事には変わりなく、決して完了する事はないであろう。より良く、より完全には終着駅のない線路の上を走る列車に等しい。けれどもそのみに終始した時代は終わったのである。或いはその一助としてか、一端の活路としてか、色彩の研究が芽生えて来た。色による齲蝕の診断、Restrationに関する研究、口腔と顔面との関係はもっと続けられ、深められなければならない。色彩の研究がよりなされる事は全ての歯科治療の進歩につながっていくと私は思うのである。稿を終るにあたり、陶材センター元研究員各位に謝意を表します。

文 献

- 1) 南 博(1990)美と心理, *Dental Diamond*, 14(8): 44-49.
- 2) Smigel, I. (1990) Tooth bleaching, second International Conference on aesthetic dentistry. in Orlando, U. S. A.
- 3) 橋口緯徳 (1990) 21世紀にむけて色彩の科学から見た歯科審美, *歯科審美*, 2(1): 41-48.
- 4) Newton, I. (1955) Dover publications, Inc. (based on ed. 4, 1730). *Optiks*, New York.
- 5) Wyszecli, G. (1970) Development of New CIE standard sources for colormetry, *Farbe*, 19: 43.
- 6) Clark, E. B. (1931) The color problem in dentistry, *Dent. Dig.* 37: 499, 571, 646, 732, 815.
- 7) Sproull, R. C. (1973) Color matching in dentistry, *Partil, J. Prosthet. Dent.* 29: 556-566.
- 8) 橋口緯徳 (1977) 歯科医学領域におけるマイクロカラーコンピューターの役割, *スガ・テクニカルニュース*, 64: 5-6.
- 9) 橋口緯徳 (1980) 積分球標準光源に関する研究, *松本歯学*, 6: 179-188.
- 10) Preston, J. D. and Beren, S. F. (1986) *Color Science and Dental Art*. The Mosby co, St. Louis.
- 11) Thomas Y. (1973) *Optical Society of America, Committee on Colorimetry, The Science of Color*. Crowell co., Publishers.
- 12) Munsell, A. H. (1936) *A color Notation*, Baltimore, Munsell color co., Publishers.
- 13) Sproull, R. C. (1979) Personal communication.
- 14) *The color tree* (1965) Interchemical corp., 43, New York.
- 15) Judd, D. B., and Wyszecki G. (1963) *Color in Business, Science and Industry*, John Wiley & sons, New York.
- 16) Land, E. H. (1977) The Retinex theory of color vision, *Sci. Amer.* 237(6): 108.
- 17) Rushton, W. A. H. (1975) Visual pigments and color blindness, *Sci. Amer.* 64.
- 18) Nakanishi, K., and associates (1979) Hydrorretinals, and hydrohodopsins, An external point-charge model for wave length regulation in visual pigments, Through space electrostatic effects in electronic spectral, *J. Amer. Chem. Soc.*, 101(23): 7082-7088.
- 19) Billmeyer, F. W., and Saltzman, M. (1966) *Principles of Color Technology*, John Wiley & Sons, New York.
- 20) Bergen, S., and Mac Casland, J. (1977) Dental operator lighting and tooth color discrimination, *J. Amer. Dent. Assoc.* 94: 130.
- 21) 須賀長市 (1977) 耐候光と色彩, *スガ試験株式会社*, 東京.
- 22) 色のはなし編集委員会編 (1989) *色のはなし(1)*, 技報堂, 東京.
- 23) 森 礼於 (1991) 色の基礎と測定, *歯科審美*, 3(1): 47-55.
- 24) Suga Weathering Technology Foundation (1988) *Guidance for JIS Related of Colorimetry*.
- 25) Bobrick, M., and Hall, G. (1968) Improved illumination of the dental treatment room. U. S. A. F., School of Aerospace Medicine, Brooks AFB Tex.
- 26) Preslon, J. D., Ward, L. C., and Bobrick, M. (1978) Light and lighting in the dental office, *Dent. Clin. North Amer.* 22: 431-451.
- 27) 橋口緯徳 (1982) 歯科医学における色彩の科学, *松本歯学*, 8: 171-196.
- 28) 橋口緯徳 (1985) 歯科医学領域における色彩の管理法, *歯医管理*, 19: 191-207.
- 29) 指宿真澄 (1991) 人々はボーンセレンの色をどう見るか, *歯科審美*, 3(1): 56-60.
- 30) 重台五郎 (1978) *基礎照明工学*, 東明社, 東京.
- 31) 茶木 清 (1979) 色の測定について, *DE* 50: 34-39.
- 32) 橋口緯徳, 田村 睦, 坂口賢司, 長野朱実, 神津 英 (1980) 積分球診療室の光学的研究, 第1報積分球診療室の作製とその照度について, *松本歯学*, 6: 189-202.
- 33) 坂口賢司, 谷内秀寿, 伊比 篤, 宮川 崇, 橋口緯徳 (1981) 積分球診療室の光学的研究, 第2報, 積分球診療室と技工室照度の比較, *日歯技誌*, 2: 119-123.
- 34) 橋口緯徳, 谷内秀寿, 長野朱美, 宮川 崇, 伊比 篤 (1981) 積分球診療室の光学的研究, 第3報積分球照度と疲労度について, *松本歯学* 7: 87-94.
- 35) 橋口緯徳, 長野朱実, 伊比 篤, 宮川 崇, 谷内秀寿 (1981) 積分球診療室の光学的研究, 第4報積分球内壁の色による照度と疲労度並びに心理的観察について, *松本歯学*, 7: 221-229.
- 36) 坂口賢司, 谷内秀寿, 伊比 篤, 汲田 健, 宮川 崇, 橋口緯徳 (1982) 積分球診療室の光学的研究, 第5報積分球内と技工士室の照度および疲労度について, *日歯技誌*, 4: 1-5.
- 37) 橋口緯徳 (1985) 積分球診療室と色のいろいろ, *QDT, Focus on Technology*, 10(9).
- 38) 橋口緯徳, 伊比 篤, 坂口賢司, 谷内秀寿 (1983) 積分球診療室の光学的研究, 第6報技工室の光学的改善, *日歯技誌*, 4: 103.
- 39) 橋口緯徳, 神津 英, 坂口賢司, 伊比 篤 (1984) 積分球診療室の光学的研究, 第7報照度の経年的観察, *歯基礎誌*, 26: 343.
- 40) 橋口緯徳, 須賀長市, 益田善任, 平川昭二 (1980)

- 口腔内の色彩に関する研究, 第1報歯科用マイクロカラーメーターの考案と陶歯の色の測定, 松本歯学, 6: 59-67.
- 41) 橋口緯徳, 神津 英 (1980) 口腔内の色彩に関する研究, 第2報抜去歯牙の色彩, 松本歯学, 6: 68-73.
 - 42) 橋口緯徳, 田村 陸, 長野朱実, 須賀長市, 益田善任, 平川昭二 (1980) 口腔内の色彩に関する研究, 第3報口腔内の測定値, 松本歯学, 6: 74-80.
 - 43) 橋口緯徳, 神津 英, 坂口賢司, 伊比 篤, 宮川崇, 長野朱実 (1981) 口腔内色彩に関する研究, 第4報光の構成と陶歯の色, 松本歯学, 7: 77-86.
 - 44) 橋口緯徳, 神津 英, 山本真也, 坂口賢司, 伊比篤 (1981) 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.
 - 45) 橋口緯徳, 長野朱美, 伊比 篤, 汲田 健 (1982) 口腔内の色彩に関する研究, 第6報 Micro-Color-Computer 受光器改良と陶歯の色(1) VITA-LUMIN, 松本歯学, 8: 77-86.
 - 46) 橋口緯徳, 伊比 篤, 汲田 健, 長野朱美 (1982) 口腔内の色彩に関する研究, 第7報 Micro-color Computer による陶歯の色(2) TRUBYTE-BIOFORM, SHOFU-REAL 陶歯, 松本歯学, 8: 87-99.
 - 47) 橋口緯徳, 神津 英, 田村 陸, 山本真也, 坂口賢司, 伊比 篤 (1982) 口腔内の色彩に関する研究, 第8報歯牙における Micro-Color-Computer と肉眼的測定との比較, 松本歯学, 8: 100-107.
 - 48) 橋口緯徳, 神津 英, 伊比 篤 (1985) 口腔内の色彩に関する研究, 第9報抜去歯牙と口腔内歯牙における永久歯, 乳歯の色彩について, 歯基礎誌, 27: 361.
 - 49) 橋口緯徳, 山本真也, 伊比 篤 (1985) 口腔内の色彩に関する研究, 第10報受光器の改良と口腔内粘膜, 口唇, 皮膚の色彩について, 歯基礎誌, 27: 362.
 - 50) 橋口緯徳, 山本真也 (1987) 口腔内の色彩に関する研究, 第11報歯牙破片の測定方法と測定値, 日歯医療管理誌, 22: 15-27.
 - 51) 宮越 等ほか (1955) 日本人歯牙色調に関する研究 (1報), 口腔病会誌, 22: 108-113.
 - 52) 羽賀通夫 (1958) 歯牙の色について, 日補歯会誌, 2: 139-144.
 - 53) 羽賀通夫 (1972) 歯の色を測る, 補綴臨床, 5: 119-122.
 - 54) 橋口緯徳, 伊比 篤, 吉川満理子, 坂口賢司, 神津 英 (1987) 歯科用合金の変色に関する研究, 第1報測定方法について, 日歯医療管理誌, 22: 27-34.
 - 55) 橋口緯徳, 伊比 篤, 山本真也, 神津 英 (1987) 歯科用合金の変色に関する研究, 第2報金銀パラジウムと合金の変色, 日歯医療管理誌, 22: 35-41.
 - 56) 金竹哲也 (1954) 銀-パラジウム-金合金に就いて, 歯科学誌, 54: 225-232.
 - 57) 金竹哲也 (1954) パラジウム加金の研究, 歯科学報, 54: 243-247.
 - 58) 金竹哲也 (1958) 歯科用金属の腐蝕に関する実験的研究-主として唾液及び食品中における変化について, 歯科学報, 58: 123, 166-167, 257-267, 289-294.
 - 59) 石原寿郎, 井上昌幸, 草刈 玄 (1965) 歯科用合金の耐蝕性に関する臨床的観察, 日補歯会誌, 9: 104-107.
 - 60) 石崎順啓 (1968) Ag-Pd-Au 合金の人工唾液中における腐食傾向について, 日歯材会誌, 17: 74-81.
 - 61) 金竹哲也 (1972) 金12%のパラジウム合金について, 歯界展望, 39: 733-736.
 - 62) 日本歯科材料工業協同組合 (1978) JDMA, GUIDE Book, 23-31, 41-42.
 - 63) 高橋重雄 (1980) クラウンブリッジ用合金としての鑄造用ニッケルクロム合金をテストする, DE, 55: 16-29.
 - 64) Wakasa, K. and Yamaki, M. (1981) Corrosion process and mechanism in High-melting Ni-Cr casting alloy, J. Hiroshima Univ. Dent. Soc. 13: 235-237.
 - 65) 高木仁三郎 (1982) 元素の小事典.
 - 66) 吉成正雄, 円野 研 (1982) 歯科用合金の変色の測定方法, DE, 61: 34-40.
 - 67) 貴美島治 (1983) クロマスキャンによる JIS 標準色票ならびに金属表面色の計測, 歯学, 71: 100-120.
 - 68) 川西信太郎 (1983) 金銀パラジウム合金の変色に関する実験的研究, 歯科学級, 83: 279-300.
 - 69) 堀部 隆, 岡本佳三, 辻 楠雄, 菊地 寛 (1984) 鑄造用ニッケルクロム合金の腐食と変色, 歯科材料・器械, 3: 605-613.
 - 70) 医療安全用具部会, 歯科用合金専門委員会構成表 (1985) 歯科鑄造用金銀パラジウム合金, JIS T, 6105-1T, 6106.
 - 71) 橋口緯徳, 伊比 篤 (1991) 口腔内歯牙の同化効果現象について(1), 歯科審美, 3: 93-94.
 - 72) 金子隆芳 (1989) 色彩の科学, 岩波書店, 158-159, 東京.
 - 73) Suga Weathering Technology Foundation (1988) Guidance for JIS Related to Colorimetry, 77-78.
 - 74) Feinman, R. A., Goldstein, R. E., and Garber, D. A. (1957) Bleaching Teeth, Quintessence Publishing, Co. Inc., Chicago.

- 75) Heywood, V. B. and Heymann, H. O. (1990) Nighiguard vital bleaching. *Quintessence Int.*, 20 : 173-176.
- 76) Heywood, V. B., Leech, T., Heymann, H. O., Crummet, D. and Bruggers, K. (1990) Nightgu and vital bleaching, effects on enamel surface texture and diffusion, *Quintessence int.*, 21 : 801-804.
- 77) 高水正明 (1990) 臨床の実際, 歯の漂白について, *日歯医師会誌*, 43 : 537-542.
- 78) 東光照夫, 久光 久, 和久本貞雄, 小高鐵男, (1990) 漂白歯の物性に関する研究, (第1報)漂白剤による歯質の変化, *日歯保誌*, 33 : 1102-1113.
- 79) Culpepper, W. P. (1970) A comparative study of shade matching procedures, *J. Prosthet. Dent.* 24 : 166-173.
- 80) Stein, R. S. and Kuwata, M. (1977) A dentist and dental technologist analyze current seramo-metal procedures, *Dent. Clin. North Amer.* 21 : 729.
- 81) Eissman, H., Radke, R. and Noble, W. (1971) Physiologic design criteria for fixed dental restorations, *Dent. Clin. North Amer.* 15 : 611.
- 82) Burch, J. G. (1971) Ten rules for developing crown contours in restorations, *Dent. Clin. North Amer.* 15 : 611.
- 83) Preston, J. D. (1977) National approach to tooth preparation for ceramo-metal restorations. *Dent. Clin. North Amer.*, 21 : 613.
- 84) 潤田和好, 腰原 好, 片岡保夫, 羽賀通夫 (1965) 陶材の色彩学的研究 (第1報), *補綴誌*, 9 : 173-181.
- 85) 潤田和好 (1966) 陶材の色彩学的研究 (第2報), *補綴誌*, 10 : 242-247.
- 86) 桑山則彦 (1970) 歯科用陶材の研究 (粉末と焼結体の色調について), *医器材研報*, 4 : 89-95.
- 87) 中川喜晴, 丸山剛郎, 下総高次 (1972) 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 : 144-157.
- 88) 吉田 皓 (1972) 陶材の色に関する測色研究, *補綴誌*, 16 : 245-267.
- 89) 真鍋満太 (1968) アルミナ補強ポーセレンジャケットクラウンとその青色の考究とシェイドの選択, *日歯評論*, 307 : 546-555.
- 90) 山本 真 (1982) カラーアトラス ザ・メタルセラミックス, クインテッセンス出版, 東京.
- 91) 指宿真澄, 加藤愛子, 浅岡一馬, 今井基泰 (1977) バイオブレンディングガイドの色調に関する研究, *補綴誌*, 20 : 546-550.
- 92) 指宿真澄 (1991) 歯冠色のアート, GC創業20周年記念誌,
- 93) 丸山剛郎, 中川喜晴 (1979) 色調選択, 補綴の診療計画とその診査, 補綴臨床別冊, 152-159.
- 94) 坂 清子 (1989) Q & A セラモメタルサイエンス, 医療薬出版, 東京.
- 95) 中川喜晴, 丸山剛郎, 下総高次 (1973) 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.
- 96) 寺川善博 (1985) 陶材焼付金属冠の色調に関する基礎的研究—下地金属の違いによるオベーク陶材の色調に付いて—, *補綴誌*, 29 : 1270-1283.
- 97) 丸山剛郎 (1987) キャスタブル・セラミックス "Dor" の概要, *Quintessence*, 4 : 533-542.
- 98) 寺川善博 : (1985) 陶材焼付金属冠の色調に関する基礎的研究—セラムコオベーク陶材の色調に付いて—, *補綴誌*, 33 : 409-415.
- 99) 潤田和好 (1988) 陶材焼付製造冠のオベーク陶材に関する測色学的研究, 第1報黄色素オベーク陶材による裏層金属遮蔽効果, *補綴誌*, 32 : 534-545.
- 100) Stephan, F. R. (1988) The effects of manipulative variables on the color of ceramic metal restorations, *J. Prochet, Dent.* 60 (3) : 297-303.
- 101) 関根 弘, 石井 恒, 遠藤義弘, 岡田京子, 平井泰征 (1968) 陶材歯冠の色沢に対する合着用セメントの色調の影響について, *歯科学報*, 68 : 1362-1367.
- 102) Faunce, F. R. and Myers, D. R. (1976) Laminate veneer restoration of permanent incisor. *J. Am. Dent. Assoc.* 93 : 790-792.
- 103) Barham Jr., T. P. G., Mayhew, R. B., Cowan, R. D., Lubow, R. M., Pierson, W. P., and Voss, J. E., (1983) Gingival response to laminate veneer restorations, *Oper. Dent.* 8 : 122-129.
- 104) Horn, H. R., (1983) Porcelain laminate veneers ponded to etched enamel, *Dent. Clin. North Am.* 27 : 671-684.
- 105) 山本裕子, 丸山剛郎 (1987) 審美性を主訴とする場合の対応, *歯科ジャーナル*, 25 : 771-774.
- 106) 平井義人, 池田喜徳, 小島武彦, 緒方 毅, 細川伊平, 石川達也 (1989) ポーセレンラミネートベニア修復の臨床観察, *日歯保誌*, 32 : 393-397.
- 107) 姜 照準, 赤尾 剛, 中島勇人, 日野年澄, 中村隆志, 宮内修平, 丸山剛郎 (1990) ポーセレンラミネートベニア修復の色調に関する研究, *歯科審美*, 2 : 1-7.
- 108) 中島勇人, 姜 照準, 六人部慶彦, 日野年澄, 中村隆志, 宮内修平, 丸山剛郎 (1990) ラミネートベニア修復におけるカラーレジンセメントが色調変化に及ぼす影響に関する研究, *歯科審美*, 2 : 9-17.
- 109) 橋口緯徳, 谷内香寿 (1990) ポーセレンラミネー

- トベニアシシステムの色彩について, 歯科ジャーナル, 31: 347-354.
- 110) 谷内秀寿, 橋口緯徳(1990)陶材築造時における陶材の光学的基礎的研究, 第1報 Porcelain laminate veneer system について, 歯科審美, 2: 18-28.
- 111) 福島正義, 石川和之, 岩久正明(1991)ラミネートベニア修復のための窩洞形成法の検討, 日歯保誌, 34: 127-130.
- 112) 田村勝美, 松尾 通, 山本栄子, 河合泰男(1989)ポーセレンラミネート法の要点と問題点を探る, 歯科技工, 15: 888.
- 113) Barreto, M. T., Shiu, A. and Renuer, R. P. (1989) Clinical and Laboratory Procedures, Quintessence Dent. Technolo. 14: 865-871.
- 114) Rolf Herrmann: Keramische Laminate, Quintessence Dent. Technolo. 14: 872-877.
- 115) Swepston, J. H. and Miller, A. W. (1985) Esthetic matching, J. Prosthet. Dent. 54: 623-625.
- 116) 羽賀通夫, 中沢 彰(1990)デンタルテクニクス, ①ポーセレンラミネートベニア法, 口保健協会, 東京.
- 117) 橋口緯徳, 伊比 篤, 山本真也(1988)細菌集落の色彩に関する研究, 第1報色彩の測定方法, 歯基礎医, 30: 199.
- 118) 橋口緯徳, 長野朱実, 伊比 篤, 横山幸代, 中島義雄(1988)細菌集落の色彩に関する研究, 第2報空中細菌の色彩とその色差, 松本歯学, 14.
- 119) Wegener, O. H., (1985) Whole Body Computerized Tomography, 日本シエーリング, 大阪.
- 120) 橋口緯徳, 伊比 篤, 丸山 清(1991)CT画像の gray Scale 値, CT 値と Micro-color - Computer 値との明度の比較, 歯科審美, 4(1) 発行予定.
- 121) 田辺 明, 橋口緯徳(1951)弗化物経口投与が唾液 pH と血液炭酸抱容能に及ぼす影響について(第1報), 歯科学報, 51: 218-221.
- 122) 橋口緯徳(1953)弗化物経口投与が唾液 pH と血液炭酸抱容能に及ぼす影響について(第2報), 動物実験成績, 歯科学報, 53: 27-33.
- 123) 橋口緯徳, 石塚達夫, 畑 孝肇, 田中勝雄, 芦沢 悠, 矢ヶ崎 康, 西尾宏英, 河江力男, 田辺 明(1957)血液および唾液の CO₂抱容能と Caries activity との関係について(第1報), 血液 CO₂抱容能と Caries activity, 歯科学報, 57: 83-87.
- 124) 石塚達夫, 栗山美子, 相場市良, 鈴木耕一, 塩津栄一, 池田 清, 安原英司, 大森直樹, 橋口緯徳(1958)血液および唾液の CO₂抱容能と Caries activity との関係について(第2報), 唾液 CO₂抱容能と Caries activity, 歯科学報, 58: 367-369.
- 125) 相場市良, 石塚達夫, 鈴木耕一, 塩津栄一, 池田清, 安原英司, 大森直樹, 橋口緯徳, 田辺 明(1958)血液および唾液の CO₂抱容能と Caries activity との関係について(第3報), 統計的観察, 歯科学報, 58: 409-412.
- 126) 橋口緯徳, 佐藤水治, 安保喜美子, 栗山美子, 遠矢東城, 青木富士彌(1955)結核患者の Caries および Caries activity に就いて, 口腔衛生会誌, 4: 12-18.
- 127) 橋口緯徳, 石塚達夫, 畑 孝肇, 西尾宏英, 田中勝雄(1956)Wach test および Rickles test に関する二, 三の考案, 口腔衛生会誌, 5: 142-146.
- 128) 森山徳長, 橋口緯徳, 佐藤水治, 青木富士彌, 小槇 寛, 高添一郎(1955)蝕蝕活動性評価法としてのスナイダーテストの検討とその改良, 口腔衛生会誌, 5: 19.
- 129) 橋口緯徳(1958)唾液 Opsonin に関する研究(第1報), 唾液 Opsonin に関する二, 三の基礎実験, 十全医学会誌, 60: 49-58.
- 130) 橋口緯徳(1958)唾液 Opsonin に関する研究(第2報), 唾液 Opsonin と蝕蝕活動度との関係について, 十全医学会誌, 60: 59-63.
- 131) 橋口緯徳(1958)唾液 Opsonin に関する研究(第3報), 感染及び免疫動物における唾液 Opsonin の消長について(付, 全編の総括), 十全医学会誌, 60: 64-75.
- 132) 下野 勉, 祖父江鎮雄(1973)う蝕活性試験に関する研究(第1報), 新しい試験培地の開発, 小児歯誌, 11: 225-231.
- 133) 下野 勉, 祖父江鎮雄(1974)新しいう蝕活性試験, 歯界展望, 43: 829-835.
- 134) 下野 勉, 祖父江鎮雄(1974)新しいう蝕活性試験, 歯界展望, 46: 941-948.
- 135) 橋口緯徳, 吉川満里子, 伊比 篤, 長野朱実, 山本真也, 横山幸代, 鈴木 稔(1983)Caries Activity に関する研究(1)-地域における Sryder Test 及び Cariostat の統計的観察, 松本歯学, 9: 151-157.
- 136) 吉川満里子, 長野朱実, 鈴木 稔, 横山幸代, 橋口緯徳(1983)Caries Activity に関する研究(2)-地域における Cariostat と諸因子の関係について, 松本歯学, 9: 158-167.
- 137) 吉川満里子, 長野朱実, 横山幸代, 山本真也, 橋口緯徳(1985)心身障害者施設の Caries Activity と口腔内状態に関する研究, 松本歯学, 11: 41-53.
- 138) Yoshikawa, M., Nagano, A., Yokoyama, S., Nakajima, Y. and Hashiguchi, H., (1987) Oral Examination of Matsumoto Dental College, School of Hygiene Department of Dental Hygienists, Department of Dental Technicians, Matsumoto Shigaku, 13: 337-344.

- 139) 橋口緯徳, 吉川満里子, 長黒朱実 (1986) 各歯ブラシによる効用についての基礎的実験, 口衛生学誌, **36**: 470~471.
- 140) 橋口緯徳, (1985) 磨いたつもりでも歯垢がいっぱい—発色剤を上手に活用する. 健康な子ども, **15**: 3-10.
- 141) 吉川満里子, 長野朱実, 橋口緯徳 (1986) 松本歯科大学衛生学院学生の口腔内実態調査, 口衛生学誌., **36**: 400~401.
- 142) 吉川満里子, 橋口緯徳 (1987) 歯垢染色剤の光学器械による比色法, 口衛生学誌., **37**: 548~549.
- 143) 吉川満里子, 長野朱実, 横山幸代, 橋口緯徳, 松浦寛子, 七倉みや子, 気賀弥生, 赤羽章司, 長谷川博雅, 枝重夫 (1987) 歯面清掃器の効果に関する電子顕微鏡的研究, 松本歯学, **13**: 83~89.
- 144) 吉川満里子, 橋口緯徳 (1988) 光学器械による歯垢沈着および歯肉炎の評価に関する研究, 口衛生学誌, **38**: 610~611.
- 145) Committee on Colorimetry Optical Society of America (1953) The Science of Color Thomsy, Crowell Co., New York.
- 146) Rossi, Bruno (1967) Optics Addison. Wesley Publishing Co., Inc. London.
- 147) Wyszecki, G. and Stiles, W. (1967) Color Science, John Wiley & Sons.
- 148) Judd, D. H. and Wyszecki, G. (1975) Color in Business, Science and Industry 3rd ed, John Wiley & Sons.
- 149) Baumgraner, W. J., Weis, R. P. and Reyher, J. L., (1969) The diagnostic value of vedness in gingivitis J. Periodontol. **37**: 294-297.
- 150) Commitee on Colormetry Optical Society of America (1953) The science of color thomsy, Crowell co, New York.
- 151) Skinner, E. W., (1976) スキンナー 歯科材料科学, 医歯薬出版, 東京.
- 152) 色彩科学協会 (1966) 色彩科学ハンドブック (3版), 南江堂, 東京.
- 153) 川上元郎 (1978) 色の常識, 日本規格協会, 東京.
- 154) 照明学会編 (1979) Lighting Hand book, オーム社, 東京.
- 155) 奥田 毅, 真室哲雄 (1971) 基礎物理学中巻, 内田老鶴園新社, 東京.
- 156) 小堀富次雄 (1977) 照明システム基礎と応用, 東海大学出版局, 東京.
- 157) 角取猛司 (1978) 照明設計の実際と考え方電気大学出版局, 東京.
- 158) 大山松次郎 (1980) 新編照明講義案 (第2報), オーム社, 東京.
- 159) 橋口緯徳 (1985) 積分球診療室と技工室積分球, 積分球診療室と色のいろいろ, QDT.10(9): 3-10.
- 160) 橋口緯徳 (1989) 歯科医学における色彩の科学, Dental Diamond, **14**(8): 278-287.
- 161) 谷内秀寿, 坂口賢司, 甘利光治, 橋口緯徳 (1991) 歯牙の Metamerism と Assimilation, 歯牙の色調比色の一考案, 第2回歯科審美学会口演, 大阪.