陶材の色彩学的研究 (第1報)

潤 田 和 好* 腰 原 好
片 岡 保 夫 羽 賀 通 夫

A Chromatic Study of Porcelain (Part. 1)

Kazuyoshi Uruta, Yoshimi Koshihara, Yasuo Kataoka, and Michio Haga

1. 緒 言

陶材は戦後再び人工歯の材料として脚光をあび、その数々の特徴に注目されつつ、技術的にも次第に優れたものが作製されるようになった。特に Post Crown, Jacket Crown においてよく用いられ、そのうちでも後者では全く欠くことのできない材料となつているのが現状である。

Porcelain Jacket Crown 作製の上において大切なことは、その形態と、色沢と、強度と適合性等である。特に色沢の点においては、口腔内では隣接歯と比較対照して見られる為に、その完成品装着後は患者固有の色調並びに光沢に極めて類似していなければならない。

一方その作製過程から分類すると、全部焼成 Porcelain Jacket Crown と、既製陶歯前装の Porcelain Jacket Crown との2方法がある。いずれの方法においてもそれぞれ特質があるが特に前者においては、着色陶材の積層によつて自然色を表現しようとするもので、しかも各個調製による為に、自然歯に対する類似性が極めて高い。しかしその為には高度な技術と経験とが要求される。

そこでわれわれは、可及的技術上の習熟の要素を縮小すべく、陶材における色調調整の客観的な資料を得ることを目的として、陶材における色彩学的研究を試みた。

従来、色彩の表現方法としては、Ostwald (1923), Munsell (1905) の表色系等が有名で、測定方法としても標準色表と試料と直接比較する比色法が比較的簡便な方法として用いられてきた。現在でも歯科診療においては既製の Shade Guide を用いて比色の方法を探つている。

今日では表色を更に数値化する為に、試料物体の色刺激を物理的に測定し、色度座標並びに視感反射率を計算する C.I.E. 表色系等の方法が発達し、測色の客観性が向上された。

そこでわれわれは単色陶材の混合から得られる人工歯歯冠色を数量化する目的をもつて今回は単色陶材各々について、焼成された Shade Guide の分光測色をおこない。それらの色度、明度、彩度等を算出することを試みたので、ここに報告する次第である。

2. 研究方法

試料：今回測定した試料は S.S. White 社製の High-Medium and Low fusing 用 Porcelain Color Guide で No. 31~No. 62 に亘る 32 色のものである (図 1-A)。試料は全部同形で、最大部巾径 8.0 mm, 最小部巾径 5.0 mm, 長さはその中心部で約 13.0 mm の焼成された Porcelain で、厚さ 1.8 mm の均等なものである (図 1-B)。

試料の固定は、外径 25×20×12 mm の金属槽の中に黒色の Modelling compound を充填し、その表層に試料の表面が金属槽の辺縁の平面に一致するように埋入して測定器に装着し、その分光反射率を測定した。

測定装置：分光反射率測定には、東京光電株式会社製二重分光光度計 12 型を主体として改良を加えたものを使用した。本装置の構成は次の通りである (図 2 及び 3)

④ 定電圧装置——A.C 100 V, 50~60 cycle を電源とし、6 V, 6 A を中心とした可変性の出力が得られ、分光器の光源用に用いる。

⑤ 二重分光器——3500~8000 Å の単色比色光源となるもので、6 V, 6 A の光源、分光プリズム 2 個、波長選択ダイヤル等を内臓している。

⑥ 試料装着部——分光器より得られた単色光を試料に垂直に受ける。装着部は 3 カ所あり、金属枠をスライ

* Dept. of Prosthetic Dentistry, Tokyo Dental College
(Director: Prof. K. Kitamura)

東京歯科大学補綴学教室 (指導: 北村勝衛教授)

A

B

図 1

図 2

図 3

ドさせて、そのうちのいずれか1つを適宜投射部に一致させることができる。測定部に当る光束の大きさは巾1 mm 長さ5 mm である。

① 積分球——試料からの乱反射光のみを45度方向に集光する。

② 二次電子増倍管——RCA 製 931-A を用い、積分球によって集光した試料反射光量を電気量に変換する。

③ 極微光測定装置——平衡型直流二段増倍器を内蔵するもので、増倍管と共に Multiplier Photometer を形成している。指示目盛は吸光度 $-\log T$ と透過又は反射率 $T\%$ である。感度は必要に応じ10倍、100倍に可変。

測定方法；試料装着部に、被測定物を固定した金属槽と、標準白色板とを装着する。380 m μ から 780 m μ 迄

の間を 10 m μ 間隔毎に、標準白色面に対する試料反射光の百分率を測定した。波長と反射率との関係をグラフ化したものが、その試料の分光反射率曲線である。

表色系は C.I.E. (Commission International de l'Éclairage) の定めた表色系を利用した。規約反射率即ち物体のスペクトル反射率と標準白色面のスペクトル反射率との比を $\rho(\lambda)$ 、光の三刺激値を $\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 、 $\bar{z}(\lambda)$ とし、標準照明のスペクトル組成を $E(\lambda)$ で表わせば、C.I.E. で定めた物体の色刺激値は、照明に用いる光の明るさに対する反射率で表わされ、

$$X = \frac{\int E(\lambda) \rho(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda}{\int E(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda}$$

$$Y = \frac{\int E(\lambda) \rho(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda}{\int E(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda}$$

$$Z = \frac{\int E(\lambda) \rho(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda}{\int E(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda}$$

となる。光源には標準光源 A に近似のものを用いた。これらの計算をわれわれは便宜的に $\rho(\lambda)$ $\bar{x}(\lambda)$ 曲線を描き、プランメーターを用いて面積の相対値を求め、 $\bar{y}(\lambda)$ 曲線との比を求めて X, Y, Z の値を算出した。これより色度座標は、

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

$$z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$

で表わされるので、色表示は明るさ Y 及び色度 (x, y) を用いた。

3. 測定結果

試料 32 例を 6 グループに分けて測定した。その結果は次の通りである。

I (No. 31~No. 36) ; 明度は 6 例とも 0.40 と 0.30 との間にあつて、0.40 より 0.33 に緩やかに下降する。彩度は 0.2 より上昇し、0.47 に終っている。従つて No. 31 と No. 32 は明度が高く、彩度が低いので、肉眼的にも白色に近い色を呈する。No. 36 は No. 31 や No. 32 に比しやや明度は落ちるが彩度が高いので、あざやかな色を呈する。又このグループを全体として見た場合明度、彩度とも高いので明るい感じを受ける。このグループの主体色は pale Brown と yellowish Brown であることが色度図上より解つた。

II (No. 37~No. 41) ; 明度は 5 例とも、殆んど 0.4

表 1 I グループ

No.	明度	色度座標		彩度	色 名
		x	y		
31	0.40	0.350	0.354	0.19	very pale Brown
32	0.39	0.358	0.358	0.22	very pale Brown
33	0.34	0.383	0.370	0.32	light yellowish Brown
34	0.33	0.381	0.381	0.34	light yellowish Brown
35	0.33	0.387	0.384	0.37	light yellowish Brown
36	0.33	0.410	0.392	0.47	dusky yellowish Orange

表 2 II グループ

No.	明度	色度座標		彩度	色 名
		x	y		
37	0.401	0.343	0.345	0.14	very pale Brown
38	0.439	0.353	0.357	0.20	yellowish Gray
39	0.428	0.360	0.371	0.26	yellowish Gray
40	0.390	0.370	0.374	0.30	weak yellowish Orange
41	0.414	0.380	0.380	0.34	weak yellowish Orange

表 3 III グループ

No.	明度	色度座標		彩度	色 名
		x	y		
42	0.311	0.356	0.351	0.20	pale Brown
43	0.270	0.375	0.365	0.28	light yellowish Brown
44	0.232	0.380	0.370	0.30	light Brown
45	0.191	0.380	0.370	0.30	light Brown
46	0.170	0.378	0.365	0.29	weak Brown

附近で可成り高い。彩度は 0.15 附近より等差級数的に上昇し、0.35 附近に達する。従つて、5 例とも可成り明るく、濃淡のはつきりしたグループであり、主体色は yellowish Gray と yellowish Orange である。No. 37 と No. 39 と No. 41 の 3 例を比較するに、3 例とも明度は殆んど同じであるが、彩度に差があるので、No. 37 は白色様、No. 41 はオレンジ色を呈し、No. 39 はその中間色を示している。

III (No. 42~No. 46) ; 明度は 0.31 附近より 0.17 附近まで次第に緩やかに下降する。彩度は No. 42 のみ 0.20 で低く、他 4 例は 0.30 附近である。従つてこのグ

表 4 IVグループ

No.	明度	色度座標		彩度	色 名
		x	y		
47	0.332	0.348	0.349	0.17	pale Brown
48	0.268	0.347	0.350	0.16	pale Brown
49	0.255	0.353	0.353	0.19	pale Brown
50	0.255	0.342	0.346	0.14	pale Brown
51	0.244	0.354	0.354	0.19	pale Brown
52	0.212	0.352	0.354	0.19	pale Brown
53	0.201	0.350	0.361	0.18	light olive Gray

ループは I, II グループに比しやや暗い。No. 42 は、このグループの中では明度が高く、彩度が低いので、他 4 例に比し、淡色である。No. 46 は、No. 43, 44, 45 に比し、彩度はほぼ同じであるが、明度が低いため暗さが目立つ。尚又、No. 44 はこのグループの中では明度が中間値を示めすため、中間的な明るさである。

IV (No. 47~No. 53) ; 明度は 0.33 附近より、緩やかに下降し、0.20 附近に終っている。彩度は 7 例とも 0.20 と 0.10 の間にあつてあまり差がなく、約 0.17 である。このグループは他全グループに比し、明度、彩度とも低いので全体として暗い。彩度は 7 例とも同じ位の値を示し、明度は極めて緩やかではあるが等差級数的に下降しているの、同じ暗さの中でも明るさは階段状に変化する。このグループの主体色は pale Brown である。

V (No. 54~No. 57) ; 明度は 0.45 附近より急激に下降し、0.21 附近に終り、彩度は No. 54 のみ 0.07 と低く、他 3 例は 0.20 附近である。従つて、1 例 (No. 54) のみ桁外れに白色を呈し、別系統の感を受ける。No. 55, No. 56, No. 57 の 3 例は彩度はほとんど同じであるが、明度が等差級数的に配列しているの、3 例とも No. 54 に比し可成り暗い。このグループの主体色は pale Brown である。

VI (No. 58~No. 62) ; 明度は 0.41 附近より 0.06 附近と急激に下降する。No. 58 と No. 59 は 0.41 附近と高く、No. 60 と No. 61 は 0.20 附近と低く、No. 62 は 0.06 附近と極端に低い。彩度は No. 58, 61, 62 が 0.10 附近で低く、No. 59, 60 が 0.30 附近で高い。このグループには主体色は認められず、各々異色を呈した。Pinkish Gray, Weak yellow Green, Moderate Red, Pale purplish Blue と Olive Gray の順である。No. 58 は明度が著しく高く、彩度が又著しく低いため白色様を呈し、No. 62 は明度、彩度とも著しく低いため黒色様を呈している。No. 59 と No. 60 は彩度は殆んど同じ

表 5 Vグループ

No.	明度	色度座標		彩度	色 名
		x	y		
54	0.448	0.331	0.326	0.07	pinkish Gray
55	0.289	0.357	0.347	0.19	pale Brown
56	0.261	0.361	0.351	0.21	pale Brown
57	0.211	0.356	0.346	0.18	pale Brown

表 6 VIグループ

No.	明度	色度座標		彩度	色 名
		x	y		
58	0.414	0.333	0.333	0.08	pinkish Gray
59	0.424	0.360	0.383	0.32	weak yellow Green
60	0.187	0.411	0.337	0.30	moderate Red
61	0.205	0.299	0.298	0.08	pale purplish Blue
62	0.059	0.335	0.335	0.12	olive Gray

であるが明度に可成りの差位があるため、明るさの相異が認められる。No. 60 と No. 61 は明度は殆んど同じであるが彩度に可成りの差位があるため、その色の濃淡の差位が認められる。No. 61 と No. 62 は明度には可成りの差位があるが、黒色に近い No. 62 より青色の No. 61 の方が彩度は低かつた。

4. 考 察

1) 測定条件 : 試料は焼成された陶材なので、光学的には完全な不透明体とはいえない。従つて完全なる表面色を測定する場合は多少条件が異なり、且つそれが誤差となる恐れがある。例えば多少透明性がもしあるとすれば、限局した場所に投光しても、その物質全体が漠然と明るく見える事実がある。即ち入射光は試料内に入り透過していく過程において乱反射をおこす。乱反射光は試料の中で拡散するが、それが照射されていない部分からも外面に散逸してくる。われわれの測定条件では、外部に散乱してきた全体の光を、積分球で集光して測定している状況なので、実際の投光部分からのみ反射してくる光量よりやや多い反射並びに散乱光を把えて測定している結果になつている。その結果としては、実際の明度より Y の値が稍々大きく算出される結果になる可能性がある。この現象は今回用いた試料に限らず、半透明体の測色には必ず付随してまわることである。即ち完全な表面色でもなく、又透明色でもない。いわばその中間的なものであり、しかも着色の相異によつて肉眼的にみた時

の透過度の感じも異なるので、その扱い条件が複雑である。但し、C.I.E. 表色系を利用する為、標準となる白色面は完全反射体でなければならない。

2) 試料の条件 : C.I.E. 表色系では、分光反射率又は分光透過率で測定されるが、われわれの場合には前者を応用した。今回用いた試料には透明度の高いものはないが、歯牙並びに人工歯には多少共光の透過性があるのでその点を考慮する必要がある。今回試みた測定条件として測定試料の裏装の条件を一定にする為に Black compound で裏装したが、その為に透過性のよいもの程暗く反射光が少い。これはおおむね口腔内は暗い状況にあるという条件を考慮した上のことであるが、本来の陶材の明度に加えて、透過性による暗さが加えられることとなる。又同じ陶歯であつても、金属裏装等の場合には条件を別に考えなければならない。

そこで問題になることは試料の厚みである。厚みが厚くなればなる程、それに応じて透明度は減少してくる。即ち色彩は重畳されて明度彩度共に増加することが考えられる。いいかえると測定算出された明度彩度は絶対的な値ではなく、試料の現状における数値である。この点が表面色と半透明体色との測色上での相違点であろう。従つて試料の厚みが同一条件にあるか、又は計算によつて、同一厚みの数値に換算して比較する必要がある。今回の場合には試料の厚みを全て 1.8 mm に統一した上での比較なので問題は少ないが、この点についての測色学的研究の必要性がある。

3) 明度 : 今回測定に用いた Porcelain color guide は S. S. White No. 31 より No. 62 迄を 6 群に分類してあるものである。第 1 群の No. 31~No. 36 は、肉眼的には黄褐色を呈する色彩の系列で、極めて淡色のものから濃色のものにほぼ配列されている。この系列の測定結果から、先づ明度を検討してみた。C.I.E. 表色系では白色から黒色に至る間を 0 から 1 迄の間の数字で表現しているが、第 1 群は 0.330~0.389 の間に分布しており、Color No. との関係は図 4-A のようになっている。

次に第 2 群では肉眼的には稍褐色の黄色、いわばクリーム色で、殆んど白色の No. 37 より次第に着色濃度を増している感じである。これを測定結果からその明るさを検討すると、図 4-B のようになり、No. 38—39—40 の間に一定の関係を有するのみで、他には一定の関係は得られなかつた。

第 3 群の No. 42~No. 46 では、一見黒褐色の濃淡の系列である。この系列の明度の傾向を探ると、この群では明度はよく整えられており、図 4-C にみるように明

図 4-A

図 4-B

図 4-C

度は No. の順に下っていく傾向がある。

第 4 群は 7 色の構成で、No. 47 から No. 53 迄である。色彩の傾向としては一般に灰色調であるが、僅かに褐色調が感じられるものも混在している。この明度の測定結果から判断すると、図 4-D に示したように、明度

図 4-D

図 4-E

図 4-F

が次第に減少していくが、特に比例的関係があるとは思われない。

次の第5群は4枚構成で No. 54 から No. 57 迄である。No. 54 は殆んど白色であるが、No. 55 から順次灰褐色傾向の色彩が濃くなる。こうした感じの標本を測定

した結果、明度は図4-Eに示すように、No. の進行と共に明度は減少するような配色である。

最後の第6群 No. 58~62 の6枚は単色の色見本であつて、肉眼的には No. 58 は白色、No. 59 は淡黄緑色、No. 60 は濃い桃色、No. 61 は青色、No. 62 は黒色である。従つてこの群では色度の種類を主とした組合わせであるが、一応明度測定もおこなつたので併記すれば、図4-F のようになる。

5. 結 論

人工歯の色調をより完全なものにする為、分光測色法を陶材において試みた。その為に東京光電式二重分光光度計を改良し、積分球と二次電子増倍管とを組合わせて巾 1 mm, 長さ 5 mm の光束で分光反射率を測定できるように改良した。測色した試料は S. S. White 社の Porcelain Color Guide No. 31~62 を6グループに分けた32枚で、C.I.E. 表色系に従つてそれらの色度、明度並びに彩度を算出した。その結果から次のような結論を得た。

(1) 色度座標から決定された色相は、肉眼的な比色で得られた色名とよく一致する。

(2) 各グループにおける明度の変化も肉眼的観察による判断と一致する。

(3) 彩度についても同様である。

(4) 歯牙並びに陶材は一般に僅か乍ら半透明的な性格をもっており、それが結果的には試料本来の明度に加わる結果となる。こうした半透明体の分光測色的な検討を更に加える必要がある。

以上稿を終るに当り、終始御指導御鞭撻賜わつた北村勝衛教授に深甚なる謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 日置隆一：測色学，社団法人応用物理学会編，応用光学下巻，p. 93，東京，(1954)。
- 2) 日置隆一：表色，色彩科学会編，色彩科学ハンドブック，p. 71，東京，(1962)。
- 3) 東莞，森礼於：新しい図式分光測色法 (I) O.F. 法の紹介と考察，照明学会雑誌，33:2, p. 38，東京，(1949)。
- 4) 東莞，森礼於：新しい図式分光測色法 (II) O.F. 法に於ける理論的誤差，照明学会雑誌，34:2, p. 41，東京，(1950)。
- 5) 羽賀通夫：歯牙の色について，日本補綴歯科学会雑誌，2:1, p. 35，(1958)。
- 6) 羽賀通夫，浮谷実，橋本脩：歯牙の色について，日本補綴歯科学会雑誌，2:2, p. 7，(1958)。