原 著

上顎中切歯・歯冠色調の分布*

Study on the Distribution of Color in Upper Central Incisors*

宮 澤 正 人** 飯 島 洋 一**

Masato MIYAZAWA** and Youichi IJIMA**

Received August 3, 1987; accepted August 11, 1987

Abstract: The aim of this study was to evaluate the distribution of tooth color by using the color difference (CIE1976L*a*b*) between standard material (white board) and subjects. We analyzed the color of sound upper central incisors by using a colorimeter (BM-5, TOKYO OPTICAL CO., LTD JAPAN).

Eighty-one young adults (aged 22-30 years, 81 teeth) and 103 children (aged 7-15 years, 103 teeth) were examined (Total 184 subjects).

Sixteen cases of discolored teeth and 30 cases of enamel opacity (white spot, dental fluorosis) were included.

The results were as follows.

1. The distribution of color differences in the total cases of normal teeth color groups in adults and children showed a normal distribution curve in goodness of fit tests of normality ($p < 0.05$).

2. The mean of color differences in all subjects was 23.9 in enamel opacity, 34.9 in normal teeth, and 48.9 in discolored teeth. Differences among all means were statistically significant ($p < 0.05$) according to the Newman-Keuls test. A similar statistical significance was obtained in children ($p < 0.05$), and in adults significant differences were found between discolored teeth and normal teeth, discolored teeth and enamel opacity.

3. When comparing the mean of color differences of the normal tooth distribution to either the distribution of the typical discolored tooth or typical enamel opacity, the standard deviation made it possible to compare the distance between the 3 groups.

The results of this study suggest the possibility of screening in differentiating tooth color using this method.

索引用語: 歯冠色調, 色差, 分布, 色彩計, 野外研究

Key words: Tooth color, Color difference, Distribution, Colorimeter, Field study

* 本論文の一部は第33回日本口腔衛生学会総会において発表した

** 岩手医科大学歯学部口腔衛生学講座 (主任: 片山 剛教授)

** *Department of Preventive Dentistry, Iwate Medical University School of Dentistry (Director: Prof. Tsuyoshi KATAYAMA)*

特別掲載

緒 言

歯冠色調の補綴学・保存学領域の研究では、色調を臨床重要な審美的要素のひとつとしてとらえていることから、従来、標準色標や shade guide を利用した視感的測色法¹⁻⁴⁾による調査結果が多数報告されてきた。最近では測色器機を利用して光学的に直接測定した報告⁵⁻⁸⁾も多く認められるようになってきた。光学的な測色法の特徴は、色調を客観的に評価しようとする点にある。

一方、歯冠色調の異常などの疫学調査では⁹⁻¹⁷⁾、測色器機を利用した報告例は少ない現状にある。著者らも、色調の異常について、視診を主体とした方法を利用した調査結果について報告¹⁷⁾してきた。色調は視診によって評価された場合、診査者の主観に左右されやすく、その判定法は客観的判定法とはいえない。そこで本研究は、歯冠色調の分布を明らかにする目的で、測色器機を利用して歯冠色調を客観的に測定した。

歯冠色調は、年齢群別（小児ならびに成人）、症例別（正常歯冠色歯群、着色歯群、白斑歯群）に検討された。

対象と方法

1. 測色装置

Fig. 1 に測色装置の概要を示す。歯冠色調は色彩輝度計（東京光学、BM-5）を用いて、オプティカルファイバー照明器（Dolan-Jenner システム181B光源：タングステンハロゲンランプ 色温度3300K）による照明下で測定された。本計器が出力する情報は、XYZ 表色系¹⁸⁾の三刺激値 X, Y, Z および色度座標 x, y である。

本計器の特徴は、試料と非接触で測定可能な望遠型であること、ならびに、試料との距離および色彩輝度計本体の視角を変えることにより、測定面積を任意に設定できることなどである。

2. 測色条件

予備実験により最適な測色条件を以下のごとく設定した（Fig. 1）。

- 1) 試料と光源との距離は、50mm に固定。
- 2) 照明ならびに受光は、JIS Z 8722¹⁹⁾ の物体色の測定方法に準じた。すなわち、試料にたいし近似的に水平方向 45° より照明し正面の反射光を受光。
- 3) 歯牙と測色方向（色彩輝度計の受光方向）の角度は、測方より観察して、切縁と唇面の歯頸部を結ぶ仮想線に 90° となるよう設定。
- 4) 外部照明の影響を除くため、自然光、室内照明光

Fig. 1 Schematic illustration of color analyzing system

が測定時に測色システム全体に入射しないよう色彩輝度計、光源、被験者の固定装置全体を被覆した。

1)～4) の条件を満たしうよう色彩輝度計、光源、および被験者の頭部固定器具の全体を一体化した装置を用いて測定した（Fig. 2）。

Fig. 2 Photograph of color analyzing system

3. 被験者

被験者は22歳から30歳までの成人81名（男子69名、女子12名）ならびに小学校、中学校の児童・生徒103名（7歳～15歳、男子56名、女子47名）の合計184名である。

測定対象歯は、著しい歯列不正や齶蝕のない左右いづ

れかの健全な上顎中切歯の唇面であり、歯面乾燥状態で測定した。

測定部位は、一歯一部位とし切縁に接し両隣接面隅角に内接する最大面積の円とした。本法によれば、唇面全体に占める被測定面積の割合は、55～80%であった。

4. 歯冠色調の評価

本研究で用いた色彩輝度計が出力する三刺激値(X, Y, Z)および三刺激値をもとに算出される色度座標(x, y)は、複数の数値の組み合わせでなければ色調を評価できない。

そこで、本研究では色調の分布範囲を検討するために、色調を単一の数値で簡便に評価可能な指標について検討し、評価のための指標として色差¹⁰⁾(ΔE^*ab)を用いることとした。すなわち、著者らはヒト本来の色の見え方に近似した概念で、色の変化が感覚的に均等なCIELAB均等色空間¹⁰⁾($L^*a^*b^*$ 表色系)に基づいて、三刺激値(X, Y, Z)から L^* , a^* , b^* の三つの指標を算出した。さらにこれらの複数の指標(L^* , a^* , b^*)を総合化し、一つの指標として評価可能な標準白色面からの色差を算出した。

算出式は次の通りである。

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

結 果

1. 年齢群別の歯冠色調の分布

Table 1 に全対象歯の色差の測定結果を小児、成人別ならびに症例別に示した。

全対象歯の度数分布は、Fig. 3 に示してある。

全対象歯の場合、色差は30.0の階級に度数が集中する傾向を示し、平均値34.3 (S.D. 8.6) を軸として左右対称性の正規分布に近似した形を示した (Fig. 3)。その分布型は、正規分布への適合度検定の結果、正規分布と見なうことが確認された ($P < 0.05$)。さらに、小児 (平均値32.8, S.D. 8.4) ならびに成人 (平均値36.2, S.D. 8.4) 別に検討した結果も、全対象歯と同様にいずれも左右対称性の正規分布と見なうことが確認された ($P < 0.05$)。

また小児と成人の色差の平均値間には統計学的に有意の差が認められた ($P < 0.05$)。

2. 症例別の歯冠色調の分布

本研究で対象歯とされた184例中には、臨床的に暗褐色を呈する着色歯 (16例) さらにはフッ素症歯やフッ素以外の原因による白斑、いわゆる White spot (W. S) を有する歯牙 (30例) が認められた。

Table 1 に、症例別の色差の測定結果を示した。全

Table 1 Results of color difference in adults and children (Upper central incisor).

group		Discolored	Enamel opacity	Normal	Total
adults (age 22~30)	Mean±S.D.	55.9±10.6	29.3±4.2	35.2±6.3	36.2±8.4
	Max	76.8	34.5	48.2	76.8
	Min	47.5	25.0	20.0	20.0
	Range	29.3	9.5	28.2	56.8
	Number	5	4	72	81
Children (age 7~15)	Mean±S.D.	45.8±4.7	23.1±4.6	34.5±5.5	32.8±8.4
	Max	54.4	34.3	53.9	54.4
	Min	39.8	16.1	24.7	16.1
	Range	14.6	18.2	29.2	38.3
	Number	11	26	66	103
Total (age 7~30)	Mean±S.D.	48.9±8.5	23.9±5.0	34.9±6.0	34.3±8.6
	Max	76.8	34.5	53.9	76.8
	Min	39.8	16.1	20.0	16.1
	Range	37.0	18.4	33.9	60.7
	Number	16	30	138	184

* Significant ($P < 0.05$)

Fig. 3 Distribution of color difference in all subjects

Fig. 4 Distribution of color difference by color condition in all subjects

年齢群では、標準白色面からの色差の平均値は、着色歯群が最も高い値を示し、ついで、正常歯冠色歯群、白斑歯群の順に低い値となることが認められた。とくに白斑歯群では、その平均値、S.D., Range が共に最小の値を示した。三群の色差の平均値には、Newman-Keul²⁰⁾の多重比較の結果、いずれの組み合わせでも統計学的に有意の差が認められた ($P < 0.05$)。

全年齢群の症例別の色差の度数分布を Fig. 4 に示した。Fig. 4 より明らかなように、三群の色差の度数分

布はいずれも平均値を中心とする単極性の傾向を示した。分布の幅は、着色歯群が最も広く、次いで正常歯冠色歯群、白斑歯群の順であった。正常歯冠色歯群では、色差30.0、35.0の階級に度数が集中する傾向を示し、その平均値 34.9 (S.D. 6.0) を軸として左右対称性の正規分布に近似した形を示した。分布型は適合度検定の結果、正規分布と見なしうることが確認された ($P < 0.05$)。その他の症例では、統計学的に例数が少ないこともあり、正規分布であることを確認できなかった。

着色歯の分布上の特徴は、35.0以上の階級に度数分布しており、正常歯冠色歯の分布との重なりが認められるものの、正常歯冠色歯から離れた位置に分布する傾向を示した。とくに、50.0以上の階級では全症例7例中着色歯が6例を占めていた。

白斑歯については、30.0以下の階級に度数分布しており、着色歯と同様に正常歯冠色歯との重なりが認められるものの、正常歯冠色歯から離れた位置に分布する傾向を示し、20.0以下の階級では全症例24例中18例を占めていた。このことから明らかなように、色調の異常を呈した症例では、正常歯冠色歯の分布から離れた位置に分布

する傾向が認められた。また、色差25.0以下の白斑歯ならびに45.0以上の着色歯の場合、正常歯冠色歯の平均値から約2 S.D. 離れた位置に分布していた。

年齢群別、症例別の色差の測定結果を見ると (Table 1), 正常歯冠色歯群では、成人 (平均値35.2) と小児 (平均値34.5) はほぼ同様の値を示しており、統計学的にも有意の差を認めなかった。しかしながら、着色歯群と白斑歯群では、いずれも成人が高い値を示し、統計学的にも有意の差が認められた ($P < 0.05$)。

症例別の小児の測定結果では、着色歯群、正常歯冠色歯群、白斑歯群の三群の色差の平均値には、統計学的検

Fig. 5 Distribution of color difference by color condition in children

Fig. 6 Distribution of color difference by color condition in adults

定の結果、いずれの組み合わせでも有意の差が認められた ($P < 0.05$)。

成人では、着色歯群と白斑歯群、着色歯群と正常歯冠色歯群の間で統計学的に有意の差が認められた ($P < 0.05$)。

小児と成人の度数分布を、Fig. 5, Fig. 6 に示した。正常歯冠色歯群の度数分布は、いずれも、30.0, 35.0の階級に度数が集中する傾向を示した。分布型は、適合度検定の結果、いずれも左右対称性の正規分布と見なうことが確認された ($P < 0.05$)。また、明らかな着色歯や白斑歯は、正常歯冠色歯群の平均値から約2 S.D. 離れた位置に分布する傾向を認めた。

考 察

上顎中切歯の歯冠色調を、標準白色面からの色差 (ΔE^*ab) を指標に客観的に測定し、年齢群別、症例別に検討、評価した。

全症例および正常歯冠色歯群の色差は、小児ならびに成人ともに、左右対称性の正規分布を示すことが認められた。歯冠色調の分布について、丸井²⁾ は、上顎前歯部を対象とした標準歯冠色票を用いた測定結果から、色相、彩度、明度の度数分布は正規分布を示すと述べている。また、平安ら¹³⁾ も上顎中切歯における Adams の a 値、b 値の分布は正規分布であること認めており、評価方法は異なるもののいずれも著者らの成績と一致していた。

年齢群別の全症例の検討で、成人の歯冠色調の色差は小児に比較して統計学的に有意の差 ($P < 0.05$) であった。この理由は、それぞれに含まれる症例の割合の違い、とくに白斑歯の寄与によるものと考えられる。すなわち成人の白斑歯群は81例中4例であったが、小児では103例中26例を占めていたことによる。正常歯冠色歯群の色差は、興味あることに成人(平均値35.2)、小児(平均値34.5)ともに同様の値を示し、統計学的にも有意の差は認められなかった。成人と小児の歯冠色調の差異について、宮越ら¹⁾、丸井²⁾、中川³⁾、上原⁶⁾、は増齢に伴って明度が低下すると報告している。本研究に用いた指標が標準白色面からの色差であることを考慮すると、増齢に伴う明度の低下によって、成人の色差は小児に比較して高い値を示すと推測された。しかしながら、本研究においては、両者に明瞭な差を認めることは出来なかった。

症例別の分布の特徴は、白斑歯群は正常歯冠色歯群よりも狭い範囲に集中して分布する傾向を示し、着色歯群では逆に広い範囲に分布していた。しかしながら、白斑

歯や着色歯では、その例数が少ないため分布型を明らかにすることは出来なかった。三群(正常歯冠色歯群、着色歯群、白斑歯群)相互の比較によれば、色差の平均値は、着色歯群、正常歯冠色歯群、白斑歯群の順で低い値を示し、統計学的にも有意の差が認められた($p < 0.05$)。さらに、着色歯群と白斑歯群の色差の平均値は、正常歯冠色歯群の平均値から約2 S.D. 離れて分布していた。

白斑歯の色差は、小児と成人の間に統計学的に有意の差が認められた ($P < 0.05$)。この要因は、成人の白斑歯群の症例の多くは白斑が歯面に局在している症例であったことから、白斑以外の被測定歯面の影響を受けたことが考えられる。加えて、小児の症例の約半数が歯面全体が白濁を有する歯牙フッ素症の症例であったためと思われる。

着色歯の場合も、小児と成人で統計学的に有意の差 ($P < 0.05$) を認めたが、成人の症例のなかに臨床的にもきわめて褐色傾向の強い症例(色差76.8)が含まれていたことによるものと推定された。ちなみに、この症例を除いた成人(平均値50.7, S.D. 5.9 4例)と小児での有意差検定の結果、両者に違いを見出すことは出来なかった。

本測色システムを用いて歯冠色調の異常をスクリーニング²¹⁾できるか否かについて検討した。その結果、白斑歯では色差30.0未満で、敏感度0.83、特異度0.82、着色歯では色差40.0以上で、敏感度0.94、特異度0.85と満足すべき識別性を示した。すなわち、本測色システムによれば、白斑歯では色差30.0未満、着色歯では、40.0以上をスクリーニングレベルとして設定することにより、効率的に歯冠色調の異常を識別することが可能であることが示唆された。

橋口²²⁾をはじめ多くの研究者が指摘するように、歯冠色調は、重要な審美的要素の一つとして評価される必要がある。近年の臨床領域の研究では、中川³⁾ が指摘したように、Shade Guide と人工歯の色調の分布は、天然歯の分布範囲を完全に網羅していないとの反省から、色彩学的に管理されたカラーチャートの作製など、より客観性の高い視感的測色法⁴⁾ の開発や、測色器機を利用した研究⁵⁻⁸⁾ が認められ、自然感を備えた色調の再現を目的として、個々の歯の色調を詳細に検討している。すなわち、色調の隣在歯相互の一致性、歯種別の差異、個々の歯の部位別の検討などの報告が多く認められる。

色調の異常などの疫学調査の例には、評価基準を研究者自身が設定し、その発言頻度、要因を検討した岡田⁹⁾、Ulvestud ら¹⁰⁾の報告があるが、この方法は診査

者の主観に左右されやすい。

一方、測色器機の応用例には、小川¹¹⁾、岩倉¹²⁾、平安¹³⁾、Kerosuo ら¹⁴⁾の報告が認められる。小川¹¹⁾は、乳歯の着色歯と正常歯冠色歯を、明度を指標として度数分布上で比較検討しているが、正常歯冠色歯の部位別（歯頸部、歯冠中央部、切端部）最頻値の変動は着色歯に比較して少ないと述べているにすぎない。しかしながら、Hunter の表色系において、a 値は着色歯と正常歯冠色歯では大きく異なると指摘している点は注目される。

岩倉¹²⁾、平安¹³⁾、Kerosuo ら¹⁴⁾は、おもに着色歯と齲蝕感受性の関連性について論じているが、着色歯の分布位置については、岩倉¹²⁾が正常歯冠色歯の分布から離れた位置に分布する傾向を認めたと指摘しているのみである。従って、これまでは、正常歯冠色歯の分布、着色歯、白斑歯など色調の異常を呈した症例の分布、さらに、正常歯冠色歯との位置的関係については十分に明らかにされていなかった現状にある。

本研究で用いた色彩輝度計は、いわゆる試料と非接触で測定可能な望遠式のものである。従来、歯冠色調の研究においては、接触式の測色器機を使用した報告が大部分であり望遠式の器機を使用した報告例は少ない。理由のひとつには、接触式の場合、望遠式のものに比較して外部照明の影響を受けにくい長所が指摘される。しかしながら、測定面積は限定される（主に $\phi 2 \sim 3 \text{ mm}$ ）短所がある。望遠式は、測定面積の設定は自由であり、著者らのごとく、歯面全体を評価しようとする際には、有用性が高いと考えられる。

本研究で用いた標準白色面からの色差の指標は、色調を複数の指標を総合化して、単一の数値で評価することが可能であった。従って、ヒトの歯冠色調の分布を評価するうえで、色差は簡便かつ有益な指標であることが実証された。

以上、本研究は歯種別、左右差、さらには部位別など個々の色調の特徴について調査したものではないが、色調の異常が局所に限局している症例では対象歯の部位別の検討が今後必要と考えられた。

いわゆる白斑や着色歯の分布については症例が少なかったこともあり、その分布型を特定することは出来なかったことから、さらに検討する必要性が認められた。

本研究から明らかなように、白斑歯や着色歯などの色差は正常歯冠色調の分布とは異なる位置に分布する。このことから、色調の異常は、色差を指標とした本測システムにより識別することが可能であると思われた。

結 論

集団における歯冠色調の分布を、色彩輝度計を用いて測定し、標準白色面からの色差を指標として年齢群別、症例別に検討した結果、以下の結論を得た。

1. 歯冠色調の色差の分布は、全対象歯、正常歯冠色歯群では、小児、成人、ならびに全年齢群ともに正規分布を示した。

2. 症例別では、明らかな着色歯や白斑歯は小児、成人ならびに全年齢群ともに正常歯冠色歯の平均値から約 2 S.D. 離れた位置に分布していた。全年齢群と小児では、正常歯冠色歯群、白斑歯群、着色歯群の三群の色差の平均値はいずれの組み合わせでも統計学的に有意の差が認められた ($P < 0.05$)。成人においては、着色歯群と正常歯冠色歯群、ならびに着色歯群と白斑歯群の間で統計学的に有意の差が認められた ($P < 0.05$)。

3. 本測色システムにより歯冠色調の異常は、スクリーニングレベルを白斑歯では色差 30.0 未満、着色歯では 40.0 以上に設定することにより識別しうる可能性の高いことが示唆された。

本研究の一部は、昭和 59 年度文部省科学研究費補助金（奨励研究 A 59771602）および財団法人「富徳会」研究助成金によって行なわれた。

謝 辞

稿を終わるに当たり、本研究に御協力頂きました学校関係者の皆様に感謝の意を表します。さらに、本研究の遂行に当たり御高配頂きました浜田明大先生、松島静吾先生、久米田俊英先生に心から感謝申し上げます。

文 献

- 1) 宮越 等、小杉興三雄、景山六郎、河辺重勝、奥津一重：日本人歯牙色調に関する研究、第 1 報、自記分光光度計による Detachable Tooth Shade Guide（米国 S.S.W. 会社製）の色調分析について（基礎実験）、口病誌、22；108-119, 1955.
- 2) 丸井昌夫：歯冠色に関する研究、第 2 報 歯冠色と皮膚色の関連性、口病誌、35；422-440, 1968.
- 3) 木村益巳：下顎前歯部における歯冠色の色彩学的研究、補綴誌、28；1172-1186, 1984.
- 4) 山崎信夫：上顎前歯の色彩学的研究、日歯保誌、29；81-94, 1986.
- 5) 中川喜晴：歯冠色分析に関する研究、補綴誌、19；109-130, 1975.
- 6) 上原秀樹：上下顎前歯の色彩学的研究、九州歯

- 会誌, 34; 465-488, 1981.
- 7) 橋口緯徳, 神津 瑛, 山本真也, 坂口賢司, 伊比 篤: 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, 1981.
 - 8) 一和多寿樹: 歯に関する色彩学的研究—分光放射測定法による検討—, 補綴誌, 30; 652-664, 1986.
 - 9) 岡田 透: 児童の永久歯の異常着色についての疫学的研究, 日本公衛誌, 28; 289-299, 1981.
 - 10) Ulvestud, H., Lökken, P. and Mjörud, F.: Discoloration of permanent front teeth in 3157 norwegian children due to tetracyclines and other factors, Scand. J. Dent. Res., 86; 147-152, 1978.
 - 11) 小川恭央: 乳前歯の色調に関する研究, とくに着色乳歯と健全乳歯との比較について, 日大口腔科学, 8; 86-98, 1982.
 - 12) 岩倉政城, 島田義弘, 渋谷芳郎: 歯の色とう蝕感受性との関係についての研究, 東北大学歯学研究, 6; 19-27, 1979.
 - 13) 平安亮造, 姫野孝枝, 河野敬一, 寺田善博, 坂井貴子, 高橋省治: 歯牙色沢と耐う蝕性との関係についての研究, 補綴誌, 28; 316-321, 1984.
 - 14) Kerosuo, E. and Kolehmainen, L.: The relationship between past caries experience and tooth color determined by an opto-electronic method, Acta Odontol. Scand., 40; 451-457, 1982.
 - 15) 白土勝芳, 島田義弘: テトラサイクリン系抗生物質由来と思われる着色歯の研究, 第1報 乳白歯における着色歯, 黄色線条ならびに螢光線条の出現状況とそれらの関連性について, 口腔衛生会誌, 34; 72-80, 1984.
 - 16) 宮澤正人, 飯島洋一, 長田 斉, 稲葉大輔, 田沢光正, 片山 剛: 色彩計による歯冠色調の評価, 口腔衛生会誌, 34; 234-235, 1984.
 - 17) 宮澤正人, 長田 斉, 稲葉大輔, 田沢光正, 飯島洋一, 片山 剛: 青森県下北郡東通村に認められた着色歯の発現状況, 口腔衛生会誌, 32; 217, 1982.
 - 18) 池田光男: 色彩工学の基礎, 朝倉書店, 東京, 1980, 61-149頁.
 - 19) JIS Z 8722 (1982) 物体色の測定方法, 日本規格協会, 東京.
 - 20) Winer, B. J.: Statistical principles in experimental design, McGraw-Hill, New York, 1971, 2nd edition, p. 201.
 - 21) 重松逸造編著: 疫学—臨床家のための方法論, 講談社, 東京, 1978, 31-39頁.
 - 22) 橋口緯徳: 歯科医学における色彩の科学, 松本歯学, 8; 171-196, 1982.