COLOR ANALYSIS OF NASAL MUCOSA

AKIRA TERAU, M.D. & YASUO SATO, M.D.

Department of Otolaryngology, University of Tokyo, Faculty of Medicine, Tokyo.

(Director: Y. Sato, M.D.)

Color analysis of nasal mucosa was done by visual comparison with Munsell's Color Standards.

The results were summarized as follows:

- 1) Hue was distributed from 2.5R to 7.5RP. The maximum incidence was found in the range of 7.5RP-10RP on the lower turbinate and in 10RP-2.5R on the nasal septum.
- 2) Value range of the lower turbinate was 6-8, and of the nasal nasal septum was 5-7.
- 3) Chroma range of the lower turbinate was 4-10, and of the nasal septum was 8-12.
- 4) Value and Chroma of allergic pale nasal mucosa were 8 and 4, and those of reddish nasal mucosa in acute rhinitis were 6 and 10 respectively.

A78—0501. 32083

鼻粘膜の色彩に関する研究

東京大学医学部耳鼻咽喉科学教室（主任：佐藤靖雄教授）

寺 尾 彬・佐 藤 靖 雄

I 緒 言

鼻粘膜の色を、血管病変との関連において観察した Bernheimer¹⁾ の論文を読むと、鼻粘膜の色は、normal color, red, pale という言葉で三型に分類され表現されている。たしかに鼻粘膜の色はいろいろな疾患によつて異なっている。例えば急性鼻炎の症例を視診すると粘膜は赤みが著しく、アレルギー性鼻炎では蒼白色となつてゐる場合が多い。

日常臨床において粘膜色はこのように表現されてゐて、また実際にこの程度の記載で充分理解できるのであるが、色彩学的立場から赤いとか蒼白とかいう表現を考えてみると、これは極めて曖昧なものであらうと推察される。

一体鼻粘膜の色とは色彩学的にはどのような色をさすことになるのであらうか。またそれは多種にわたる色全体のうちでどのような位置を占めてゐるのであらうか。本論文では鼻粘膜色の診断的価値が大きいところから、これら疑問点の解明を研究課題としてみた。

II 色の表示方法（表色）²⁾

色の表示方法には次のような種類がある。

- 1) 色名による表示方法
- 2) 波長による表示方法
- 3) 三属性による表示方法（日本工業規格 JIS Z 8721）
- 4) XYZ 系（CIE 系）による表示方法（日本工業規格 JIS Z 8701）

このうち本研究の表示は、3)、4)、の方法によつた。三属性による表示方法とは、色を心理物理的な三属性すなわち色相 H (hue)、明度 V (value)、彩度 C (chroma) というアメリカの A.H. Munsell が発案した記号によつて表示する方法である。

XYZ 系による表示方法とは 1951 年の国際照明委員会 C.I.E. (Commission Internationale de l'Eclairage) の決議に基づいた表示であり、物理的測定からその表示値を算出する方法である。そして現在この方法が最も精密な心理物理的な表示法といわれている。XYZ とは目の三種の感光機構の感じた量、つまり試料色に含まれる赤緑青の分量を三刺激値と名づけこれを XYZ と呼んでゐる。さらに XYZ の値から、三属性記号への変換も可能である。

III 分光計算（色度計算）³⁾

物理的な分光特性を測定し、三刺激値 XYZ を求める計算を分光計算または色度計算という。XYZ 系の表示は次の式により求められる。

$$X = k \sum_{400}^{780} P_{\lambda} \rho_{\lambda} \bar{x}_{\lambda} d\lambda$$

$$Y = k \sum_{400}^{780} P_{\lambda} \rho_{\lambda} \bar{y}_{\lambda} d\lambda$$

$$Z = k \sum_{400}^{780} P_{\lambda} \rho_{\lambda} \bar{z}_{\lambda} d\lambda$$

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

$$k = \frac{1}{\sum_{400}^{780} P_{\lambda} \bar{y}_{\lambda} d\lambda} = \frac{1}{1,000,000}$$

P_{λ} : 標準光のスペクトル分布 すなわち照明に用いた光の波長別のエネルギー分布 (定数)

$\bar{x}_{\lambda}$ }
 $\bar{y}_{\lambda}$ } スペクトル三刺激値 (distribution coefficients)
 $\bar{z}_{\lambda}$ }

すなわち等しいエネルギーのスペクトルの単色光が眼に入った場合の波長別感度 (定数)

ρ_{λ} : 試料の分光特性

$d\lambda$: 波長間隔 (10nm=10mμ)

ここで鼻粘膜色の問題に入るが、鼻粘膜の色は血液の色すなわちヘモグロビンの色が反映されたものであると考えられる。そこで鼻粘膜色の検討の手がかりを得るた

下段の1%ヘモグロビン溶液の特性曲線を引用した。

図 1

めに、ヘモグロビンの分光特性曲線図⁴⁾(図1)から色度計算を行った。

この場合のヘモグロビン特性曲線は透過色を表わすものであり、したがって計算には比反射率 ρ_{λ} の代りに比透過率 τ_{λ} を用いた。つまりヘモグロビン分光特性曲線の400~700nmの間で10nmごとに比透過率を読みとり表に記入した(表1)。さらにこの数値をXYZを求めるために必要な定数(表2)とかけあわせ次の結果を得た。

酸化ヘモグロビン (HbO₂)

X=0.458 Y=0.331 Z=0.117

表 1

λ (nm)	HbO ₂ τ_{λ}	Hb τ_{λ}
400	0	0
10	0	0
20	0	0
30	0	0
40	0.019	0.019
450	048	067
60	105	286
70	171	476
80	248	514
90	305	457
500	343	390
10	362	324
20	305	257
30	086	171
40	076	124
550	114	086
60	152	086
70	076	114
80	286	162
90	524	295
600	810	486
10	895	686
20	933	762
30	952	800
40	962	810
650	971	829
60	981	848
70	981	860
80	990	867
90	981	876
700	981	876

したがって酸化ヘモグロビンの色は $Y=33.1\%$ (透過率)
 $x=0.506$ $y=0.365$ と表示される。

還元ヘモグロビン (Hb)

$X=0.366$ $Y=0.285$ $Z=0.236$

したがって還元ヘモグロビンの色は $Y=28.5\%$ (透過率)
 $x=0.412$ $y=0.321$ と表示されることになった。

IV 三属性表示

次に XYZ 系の数値で示された色を実際に眼でみるこ
 とのできる色の三属性表示へと変換した。三属性値がき
 まるとその色票を用意することができ、これを基にして

表 2

λ (nm)	$P_{\lambda}\bar{x}_{\lambda}$	$P_{\lambda}\bar{y}_{\lambda}$	$P_{\lambda}\bar{z}_{\lambda}$
380	4	0	20
90	19	0	89
400	85	2	404
10	329	9	1,570
20	1,238	37	5,949
30	2,997	122	14,628
40	3,975	262	19,938
450	3,915	443	20,638
60	3,362	694	19,299
70	2,272	1,058	14,972
80	1,112	1,618	9,461
90	363	2,358	5,274
500	52	3,401	2,864
10	89	4,833	1,520
20	576	6,462	712
30	1,523	7,934	388
40	2,785	9,149	195
550	4,282	9,832	86
60	5,880	9,841	39
70	7,322	9,147	20
80	8,417	7,992	16
90	8,984	6,627	10
600	8,949	5,316	7
10	8,325	4,176	2
20	7,070	3,153	2
30	5,309	2,190	0
40	3,693	1,443	0
650	2,349	886	0
60	1,361	504	0
70	708	259	0
80	369	134	0
90	171	62	0
700	82	29	0

鼻粘膜色を比較検討することができる。ところが、色
 相、明度、彩度など三属性表示は物体色のうちでも表面
 色に対してのみ使用されるもので、ヘモグロビンのよう
 な透過色には適応されないことになっている。

そこで上記ヘモグロビンと同じ XYZ 値をもった表面
 色を想定して変換作業をすすめた。Y (%) から明度を
 求めるのは JIS Z 8721の附表に2よつた(図2)。すな
 わち

酸化ヘモグロビンの明度 6

還元ヘモグロビンの明度 6 となつた。

次に明度6の色度図(chromaticity diagram JIS Z
 8721の附図)(図3)から酸化ヘモグロビンの $x=0.506$,
 $y=0.365$ さらに還元ヘモグロビンの $x=0.412$, $y=$
 0.321 の座標を求めることにより結局次のような三属性
 値を得ることができた。

図2 YとVとの関係

図3 明度6における修正マンセル値

酸化ヘモグロビン

色相 H=10R

明度 V=6

彩度 C=11

還元ヘモグロビン

色相 H=2.5R

明度 V=6

彩度 C=8

V 研究方法

酸化還元ヘモグロビンにほぼ一致する色の三属性値がきまったので、この値を中心にその周辺部も含めて色相環上(図4)5RP~10Rの範囲で修正マンセル色票を用意し(図5)これを標準にして昼光のもとで100例の鼻粘膜を肉眼で比色した。その部位は下甲介および鼻中隔の前部である。比色を行った者は年令30才代の男子で、勿論色覚に異常なく色の観察にかけてはある程度練習を積んで馴れていた。

VI 研究結果

1) 鼻下甲介および鼻中隔の色相

図4 色相環

図5 マンセル色票

研究対象とした例の下甲介および鼻中隔前部の粘膜の色相は、色相環の2.5R~7.5RPの範囲にあり、その内容は、7.5RPの下甲介が46例、鼻中隔が10例、10RPに相当する下甲介が48例、それに鼻中隔が58例、2.5Rがそれぞれ6例と32例であつた(表3)。これは下甲介の色あいが赤紫であるのに対し鼻中隔の方は赤色の例が多いということである。

表 3

色 相	下 甲 介	鼻 中 隔
5 R P	0	0
7.5 R P	46	10
10 R P	48	58
2.5 R	6	32
5 R	0	0

2) 鼻粘膜色の明度と彩度に関する測定

この結果は図6に各色相ごとにまとめた。

表中の数値は症例数を表わしている。

なおこの測定において、いわゆるアレルギー性粘膜の蒼白色とは、各色相とも明度8、彩度4附近の色をさすのに対し、急性鼻炎粘膜の著しい発赤とは、明度6彩度10附近の色であることがわかつた。

VII 考 察

人類の生活で初めて色彩が使われたのは、およそ20万年前の原始社会の頃と推測されている。⁵⁾ この時代の穴居生活において描かれた壁画や、骨や石で作られた細工物には、赤、黄、茶、黒、紫、白などの色がつけられていたといわれているし、わが国でも、縄文式文化の堅穴住居に色彩的配慮がなされていたことが知られている。その後古墳文化に入ると、いろいろな装飾品に、赤、青、黄などはつきりした色彩がみられるようになった。

このように、人類は原始生活の頃から色に対して本能的ともいえるような関心を持ち、かつそれを享受し続けてきたわけである。

一方、この色彩の科学すなわち色彩学の発祥はどのようなになっていたのであろうか。

イギリスのNewtonが太陽光を三角プリズムにあてた時それが7色スペクトルに分光することを発見したのが1666年であり、色彩学の歴史はこの時に始まっている。色とは光を刺激として生ずる視感覚の一種であると定義されているように、純粋に物理光学の問題であると同時に

図6 鼻粘膜色の明度と彩度

に複雑な感覚の要素が含まれている。感覚の問題を最初に唱えたのはドイツの Goeth で、1810年にその著書「色彩論」で色の感覚的体験を強調して Newton の物理的色彩説に反論したことは有名な逸話となっている。その後 Young, Helmholtz の三原色説, Wright および Guild の混色実験が登場して、次第に研究の基礎が固められたのであるが、要するに色は、物理学、生理学、心理学にその領域を持つ科学であり、それぞれの面からのアプロ

ーチが必要である。このように色彩学研究の過程には、各種の制約が待っているのであるが、ここで本論文の研究方法に関連して次の2つの項目について断わっておきたいと思う。

第1は、鼻粘膜色と対比させるための標準にする色票がどうしても必要であつた。そのために使用する色票を、多くの種類のものからいかにして準備すればよいかという段階で迷つた。標準色票を選択する手がかりを得

るために、透過色のヘモグロビン特性曲線から得た分光計算結果を、便宜上、表面色のものに置き換えて一応の三属性値を求めた。このようにして決められた値を持つ修正マンセル色票を標準色票として選び、鼻粘膜色とくらべた。

第2に、鼻粘膜という試料を直接眼で見て比較したのであるから、この過程にはかなり心理的要因が含まれているはずである。それにもかかわらず、ときに両者の間で完全な色的一致が得られないことがあつた。色票および鼻粘膜ともに、それらの表面色を比較しているのであるが、比較するものがお互い同質でないと、ときに色的一致が得られないようである。紙に顔料を塗布して作られた色紙である色票と、この色紙とは異質の試料である鼻粘膜の色とを客観的に比較するところに適応の困難さがあるようにも思えるのであるが、現在これ以外に適当な方法はなく、比色技術の面で今後に残された問題は多いと思われる。

このような条件下に行われた研究であるが、まず鼻粘膜の色相に関して最も興味をそそられた点は、鼻粘膜は動脈血の色を反映するものではなく、むしろ静脈血の色に類似していることであつた。下甲介粘膜にある豊富な静脈叢の色が表面に映るのであろうが、さらに検討をすすめてみると、特に下甲介は、その色相が7.5RP, 10RPというように、静脈血2.5Rの色相よりさらに紫の色調が著しく赤紫と呼ばれる色相となつている。鼻中隔については、逆に下甲介よりも赤の色がきわだつている。ただし、これも静脈血そのものの色に類似しているということであり、下甲介、鼻中隔の両者とも動脈血の色相にはほど遠いことがわかつた。下甲介の色が静脈血のそれよりさらに一段と紫がかかつている理由、また鼻中隔の方が下甲介よりも赤色が著しい理由を考察してみると、血液を含まない鼻粘膜自体の色と粘膜の厚みが問題になるようである。つまり、下甲介粘膜の静脈叢の色に加えて、血液を含まない粘膜そのものにも色があるはずで、この粘膜自体の色と静脈血の色とが混色合成されたものを下甲介粘膜の色として見ているのではないかと推測されるのである。鼻中隔については、下甲介にくらべ粘膜が薄く、そのために静脈血の色が直接浮かんできやすいのであろう。

鼻粘膜の明度と彩度に関していえば、下甲介は、色相7.5RP, 10RPともに明度7. 彩度8が多く、鼻中隔は色相10PRでは、明度6, 彩度10が、また色相2.5Rでは明度5, 彩度10～12が多いという結果であり、鼻中隔の

方が下甲介に比べて色の明るさはともかく、彩度は一段と高くなつている。ここでいわゆるアレルギー性鼻炎の蒼白色、急性鼻炎の著しい赤色を考察してみると、アレルギー性鼻炎の蒼白色とは各色相とも、明度8, 彩度4の附近の色を指しており、これはあざやかとはいえないが極めて明るい色と表現できる。また急性鼻炎の粘膜色は、明度6, 彩度10附近の色であり、これは明るい色とはいえないがあざやかな色といえることができる。そして正常群の粘膜色は明度彩度ともアレルギー性鼻炎と急性鼻炎粘膜色の中間を占めていることになる。

血液を含まない鼻粘膜の色がどのような物質の影響を受けるかは現在よくわかつていないが、皮膚にはメラニン、カロチンなどの色素が含有されており、血液の色とともに皮膚の色に変化を与えている。日本人の皮膚の色域についてはこれを測定した結果⁹⁾によると、色相2.5YR～5YRに最大出現率がみられ、10R附近の例も多い。これは、前額、頬部、手背、前腕屈側部における色の分布の平均値であるが、肉眼的には黄赤色である。この皮膚の黄赤色と鼻粘膜の赤紫色とを比較してみると、色相環で赤の5Rを軸にして両者は丁度対照的位置を占めている(図4)。

以上、鼻粘膜の色彩、とくに色相、明度、彩度などの三属性について述べてきたが、次に比色法の問題について簡単にふれてみることにしたい。

色の比較方法は、見本色と試料色とを肉眼で見る視感比色法と光電管に依存する光電比色法に大別される^{8), 7)}。このうち後者の光電比色法は、さらに刺激値直読法と分光測色法に分れ、それぞれ光電色彩計、分光光度計が使われる。したがって光電比色法の方が、視感比色法より精度は高いのであるが、構造上、これを鼻腔内に挿入することは不可能である。先年、著者等は、試料に接触する部分のみを小型化する器械を試作したが、皮膚の場合と同様に粘膜に当たった時の接触圧の如何で血流変動を誘発し、測定誤差の処理に困惑したことがある。

鼻粘膜の測色の信頼性は、鼻腔の構造に適合した光電器械の開発によつて飛躍的に高まるはずであり、これが興味ある研究課題にもなるであろう。

文 献

- 1) Bernheimer, L.B.: Color index of the nasal septum. Arch Otolaryng., 20; 31, 1934.
- 2) 山口昌一郎, 川上元郎: 色彩工学入門. オーム社, 東京, 1963.
- 3) 川上元郎: 色の常識. 日本規格協会, 東京, 1966.

- 4) *Edward, E.A. et al.*: The pigments and color of living human skin. The American Journal of Anatomy, 16; 13, 1939.
- 5) 近藤恒夫：色彩学。理工図書，東京，1969.
- 6) 児玉晃，中田敏子：色域の設定について。皮膚色表，日本色彩研究所，東京，1967.
- 7) 福田保：色の測定と応用。日刊工業新聞社，東京，1962.

本論文の要旨は第7回日本鼻副鼻腔学会において発表した。

なお図2，図4は川上元郎氏の著書より引用させていただいた。

(原稿受付 昭和49. 9. 2日)