肌 色

富士写真フィルム研究所 鉅 鹿 明 弘

肌色は絵画、印刷、写真、映画、テレビなどで再現される色として最も重要なものである。肌色は一般の色再現の対象となる物体よりも分光特性が複雑であるし、条件によっていろいろ変化する。肌色の色再現に関しては、多方面での研究がある。好まれる肌色の再現色は、オリジナルと同じ色度の色ではなくて、記憶している肌色に近いことが知られている。

1. ま え が き

種々の色再現系において、肌色は最も重要な色である。肌色の研究は古くからされているが、肌色の物理的な詳細な知識は Edwards と Duntley の研究によるところが大きい¹⁾。肌の組成や、性別、年齢、人種などによる肌色の分光特性、照明と肌色の見え方については Buck と Froelich の報告に詳しい²⁾。肌色の研究の一部に、その手段として肌色色票の作成がある。標準になる肌色色票があれば、肌色の色再現の研究、メイクアップの研究、医療上の研究などに便利である。肌の分光特性を知るとは、肌色の变化や化粧料との適合性などの面からも興味深いものがある。

物の見え方は、物そのものの分光特性のみでなく、照明光の分光特性が大きな影響を与える。人間の眼は、照明光が変わっても、物の色を常に一定に見ようとする順応が働く。それで普通の白色光源のもとでは、光源が変わっても物の見え方にあまり差を感じない。しかしカラーフィルムやカラーテレビのような記録媒体では、照明光が変わるたびに異なる記録がされるので、色再現過程で補正しなくてはならない。

肌色および日常見なれた物体の再現色については、Bartleson の研究がある³⁾⁴⁾。オリジナルと同じ色度に再現することは決して好ましくない、むしろ記憶の色に近く再現すべきである。肌色とその再現色について従来の研究を振り返り、今後の参考にしたい。

筆者 紹 介

おおが あきひろ
鉅鹿明弘 昭和38年、早稲田大学理工学部応用物理学科卒業。同年、富士写真フィルムに入社、足柄研究所にて新カラー写真の開発関係の仕事に従事。

2. 肌

2.1 肌の組成

人間の皮膚は光を透過するいくつかの層からできているため、やや透明性を帯びた不透明体であるが、皮膚の色は一般的には表面色として解釈されている。皮膚には特有な透明度、光沢、きめが感じられるが、それは皮膚の複雑な構造によるものである。図1は皮膚の断面拡大図である⁵⁾。外側から表皮、真皮、皮下組織の3つに大別され、それぞれ光に対しては拡散、散乱、反射の選択的な働きをしている。表皮や真皮の厚さや構造は身体の部位によって異なり、たとえば唇では表皮はとても薄く、踵では表皮は厚い。皮膚の構造の微妙な相異によっていろいろな色調が生じる。

皮膚の色を光の選択吸収の面から色素的な要因に分けると次のようになる⁶⁾。

- (1) 皮膚固有色(表皮深部の不透明ないし黄疽色)
- (2) 血液の透視による色彩(赤色ないし青色)
- (3) 皮膚色素(メラニン色素)
- (4) 皮膚中の異常色素(胆汁色素他)

図2に皮膚の色を組成している代表的な色素の分光特性図を示す²⁾。血液中に含まれるヘモグロビンとオキシヘモグロビンは吸収が異なり、オキシヘモグロビンの

図1 皮膚の断面図(掌)⁵⁾

“Color Characteristics of Human Complexion” by Akihiro Ohga (Fuji Photo Film Co., Research Laboratories, Kanagawa)

図2 肌色組成の代表的色素の分光特性⁶⁾

各曲線は濃度、溶媒ともさまざまなので、直接比較することはできないが、一般的な特性をみることはできる。オキシヘモグロビンでは 410 nm, 540 nm, 575 nm に吸収がある。ヘモグロビンは 432 nm, 556 nm に吸収がある。カロチンは 450 nm, 480 nm に吸収がある。

540 nm, 575 nm の吸収は前者と共存のため血液としては、はっきり現われない。この両者の違いは肺で酸素と結合すると前と後とに対応しているので、ヘモグロビンは静脈に多く、オキシヘモグロビンは動脈により多く含まれている。

メラニンは人間の皮膚のほとんどすべての部位に存在する褐色色素である。メラノイドはメラニンの誘導体と考えられている褐色色素であり、その体内での分布はメラニンと一致していない。メラニンは真皮に存在し、その量は個人や人種により異なり、特に人種を識別する立場から大切である。黒色人種、黄色人種に多く、より深部の皮下組織での血液による吸収が皮膚の色として現われないほど濃いものもある。紫外線の照射で皮膚の色が増すのは、メラニン細胞が増えるためであり、生理的には過剰な光線の吸収に役立っている。

カロチンは透過のよい黄色色素で、その分布は動脈血液の供給の分布にほぼ従っている。表面近くの層で波長の短い青光が散乱されて出てくるため、内部での吸収がばかされている。静脈が青く見えるのは、毛細血管にくらべ血の量が多いため、吸収が大きく反射光がなくなり、より表面での光の散乱による青光が眼に入るからである。

2.2 肌の分光反射率曲線

さて、このような散乱や吸収の結果としての肌の分光反射率曲線は図3のようになる⁷⁾。図2とくらべると、オキシヘモグロビンに対応する 540 nm と 575 nm の吸収とが現われている。血の気を少なくして測定した肌では、この特性がほとんど失われてしまう。血の色が肌色を大きく支配している。“赤面”や“青白き”は皮下組織の血の量の変化によって起こるものである。額や顎にくらべて、紅潮しやすい頬がもっともヘモグロビンの吸収がはっきり出ている⁸⁾。図3で短波長側の反射率が高い

図3 顔の分光反射率⁷⁾

日本人男女各約30名についての平均

図4 血液の供給量の変化による手の分光反射率の変化²⁾

図5 身体各部の分光反射率²⁾

のは散乱光によるものであろう。

血液の供給され方によって反射率が変わる例を図4に示した²⁾。あげた状態の手では、さげた手よりも血が少なく色がうすい。

図5では身体の部位によって、皮膚の構造、組成が違うために分光反射率がとても違っているのがわかる²⁾。

また、図3から明らかなように、男と女とでは男のほうが反射率が低い。それは男のほうがメラニン色素が多いことと、顔ではひげの影響もある。このメラニンは年齢とともに蓄積されるようである。図6に年齢による変化を示す²⁾。分光反射率の低下が短波長で相対的に大きいので図2のメラニンの吸収曲線と対応して、皮下組織

や血液の変化でなく、メラニン色素が増加したためと考えられている。

肌色に影響するより一般的な要因のひとつは、日に当ることにある。日光に含まれる紫外線によって、メラニン色素が増えて褐色になり、いわゆる日焼けの状態になる。メラニンの増加は紫外線の害を防止する。このことは図7の分光反射率曲線で、日焼けによって短波長の反射率の低下および血液による吸収がはっきりしなくなることによって理解される¹⁾。ただし、日に当たってすぐ色が変わるのは、メラニンよりも肌の表面近くに血液濃度が増すことによるほうが大きい。

図6 年齢による肌の分光反射率の変化²⁾

図7 日焼けによる分光反射率の変化¹⁾
日光に当る前(破線)と9月の正午の日光を30分受けた11時間後(実線)との肌の分光反射率

図8 人種別の肌の分光反射率²⁾
白色人種(コーカシア人、アメリカ人)、黄色人種(アジア人)、黒色人種(ニグロ)

季節によっても肌色は変化している。特に腕など、冬は衣服の下で、夏には直射日光を受ける部位では変化は大きい。顔は一年中出しているのに、年間を通じての変化はあまり大きくない。

図8には人種別の分光反射率を示す²⁾。多くの人の平均をとったものである。アジア人やニグロではメラニン色素が多いため、血液による吸収帯の相対効果は小さくなっている。

皮膚と毛と虹彩の色は密接につながりがある⁵⁾。メラニンが多いと皮膚、毛、虹彩の色が黒い。それより量が少ないと皮膚の色がだんだん明るくなり、褐色から黄色になるが、毛と虹彩とはまだ黒い。メラニンがもっと少なくなると、皮膚の色は白くなり、毛の色は褐色から金色になり、虹彩は褐色か緑色か青色になる。

さて肌色といっても、顔、手、足、その他身体各部によって色が異なっているように、顔色も顔の部分により異なる。額、頬、鼻では色が違っている。それではわれわれが顔色として代表しているのはどういうものであろうか。

顔を36カ所に区分して測定した報告がある⁹⁾。それによれば、顔を3つに大別して考えられる。額と頬内側と頬外側とである。額、鼻、鼻下は上の3つの色値に準じているようにみなされるので、除外してさしつかえない。上の3つの区分に対して各部の面積が大きな要素として入ってくる。顔を立体的に見た場合の見かけの面積比が問題となるので、それを考慮した平均顔色というものを取り扱っている。また別の報告では、その人の個性を想わす色をみせる部分としての顔色の中心は、人により多少異なるが、だいたい額をとれば間違いないとしている⁸⁾。

次に、化粧による効果の一例を図9に示す²⁾。ここでは肌の色を赤味にしたにすぎないが、オキシヘモグロビンの吸収帯が消えていることから、肌が化粧品によく被われていることがわかる。化粧品を肌に塗ることは、化

図9 化粧による肌の分光反射率の変化²⁾
化粧によって肌の分光反射率はかなり変化する。肌による吸収がかくされる。

粧料と肌色との間に混合が行なわれることである。また化粧によるもっと大きな効果は、肌の小さな傷をカムフラージュしたり、肌の艶やきめが変えられることである。これは分光反射率曲線だけではわからない。

2.3 肌色の色度

今まで肌色について、もっぱら分光特性のみを取扱った。分光特性がわかっていれば、どんな照明光の場合でもその光源の分光エネルギー特性と考えあわせると、色見え方が予測できる。しかし、この分光測定も実は肌が生体であるために条件によって変動しやすく、肌色としての恒常性に乏しいので、このような方法でも色を把握し難いものではある。ある個人の肌色を決定するには、最も標準的な条件での測定によるより仕方がない。

肌色を物理的な色の座標値として、CIE 色度図上にプロットしたものが図 10 である。顔色の色度分布を示したもので、図 3 に使われたデータに対応している⁷⁾。標準の光 C に対する色度である。日本人の色度座標はほぼこの範囲にあると思われる。富士フィルム研究所で約 30 名の男女について測定した結果もほとんど一致している。測定箇所は頬上部で左右両方である。これによると男子の頬の色度は平均で、 $x=0.383$, $y=0.354$, 視感反射率 $Y=0.299$, 女子では $x=0.374$, $y=0.349$, $Y=0.331$ である。単色表示になおすと、男子は $\lambda_d=587$ nm, $P_e=27.8\%$, 女子は $\lambda_d=587$ nm, $P_e=26.0\%$ である。

人種別にプロットしてみると図 11 のようになる。これは図 8 の曲線に対応している。人種によって肌の明るさはかなり違うが、色度ではあまり変わらない。それは肌の構成要素が同じで、その比率だけが少し変わっている。

図 10 肌色の色度座標⁷⁾

るので、色度的には大差ないのはむしろ当然かもしれない。

2.4 照明光と肌色

物見え方は、その物体への照明光の性質に大きく影響される。肌から反射してくる分光エネルギー分布が、実際の肌の見え方に関係しているわけである。

図 12 に示すような分光反射率をもつ肌に、図 13, 図 14 のような分光エネルギー分布の種々の光源をかけると、図 15, 図 16 のようになる。このように種々な分光エネルギー分布をもつ反射光を、われわれは肌色として見ているのである。眼に順応がなければ、その時々でいろいろ

図 11 人種別肌色の色度座標

1 アメリカ人, 2 コーカシア人, 3 アジア人, 4 ニグロ

図 12 標準と思われる女子の肌の分光反射率 (富士写真フィルム研究所で測定)

図 13 標準の光 A (2854°K), B (4870°K), C (6740°K) の分光エネルギー分布

図 14 温白色蛍光灯 (3500°K), 昼光色蛍光灯 (6740°K), 蛍光水銀灯 (4500°K) の分光エネルギー分布

図 15 光源の違いによる肌からの分光エネルギー
標準の光 A, B, C の各分光エネルギーと標準的な肌の分光反射率との積

図 16 光源の違いによる肌からの分光エネルギー
昼光色蛍光灯, 温白色蛍光灯, 蛍光水銀灯の各分光エネルギーと標準的な肌の分光反射率との積

な肌色として見ることだろう。これを順応のないカラーフィルムやカラーテレビに写しとると、エネルギー分布そのままに記録されるので、照明が変わるたびに別人の肌色となって再現されるので、とても不都合である。

肌を太陽光、蛍光灯の照明下で撮影したカラー反転フィルムの分光透過率曲線と色度座標値（標準の光Cによる）を図 17 に示す。蛍光灯の照明によるものは、その緑、黄の輝線のため、緑味をおびた再現色となり好ましくない。好ましい再現色を得るためには、演色性のよい照明

図 17 反転カラーフィルムによって再現された肌の分光特性

同じ肌を太陽光、蛍光灯の照明で撮影し、その再現色の分光透過率を比較。蛍光灯で撮影した場合は緑がかった肌色となる。

図 18 照明光による肌の色度の変化

光を当然使うべきである。また、色再現過程で補正したり、最終的な再現色としてよいものを得るために、被写体としての肌に照明光に応じたメイクアップをせねばならない。それゆえにメイクアップの研究は大切である。なお、標準の光CとAとで図 12 に示した肌色が、どんな色度になるかを図 18 に示す。

以上で肌の構成要素、種々の肌の肌の分光反射率曲線と色度、さらに照明光との関係を述べた。

3. 肌 色 色 票

多方面にわたる肌の研究にとって、標準になる肌の色票があると都合がよい。しかし、単に色度や視感反射率が同じであるような色紙では、肌特有の艶、透明度、きめが感じられないので、実際の肌と比色が容易にできなくてあまり価値がない。それで、半透明のビニールを用いて肌の実感をもたせるような色票が研究されている¹⁰⁾。また、種々の照明のもとでも見て、肌との差がでないために、分光特性をできるだけ肌の特性に合わせなくてはならない。そこで、色票に含む顔料にヘモグロビン、メラニンなどと分光特性の近いものを選んで組合せる。顔料の選択、混合の量や比の変化によって、種々の肌色色票が作成される。実際の肌の色の範囲を十分に満足するほど多くの肌色チャートが市販されている。そのようにして作成された色票の分光反射率曲線の例を図19

に示す¹⁰⁾。この図の肌の平均曲線は図3のものに対応している。

このような肌色色票を使用して、カラーフィルムの色再現の研究などがされている¹¹⁾。このときはカラーフィルムの感光特性が問題となる。逆に、被写体としての肌の色調節をしてカラーフィルムとのバランスをはかるのがメイクアップの研究である。顔色をいくつかの形に分類して、それにあうメイクアップをきめるのである。そこで肌の研究には顔色形の分類も必要である。

顔色を色相的に分類すると、赤味の多い肌と黄味の多い肌、さらに中間に属するものがある。これらを仮りにR形、Y形、N形と呼ぶことにする。それぞれが分光反射率曲線でどのような特徴を示しているか図20から次のようにいえる⁷⁾。一般的には波長500~600nmの間において、平均曲線より下に大きく凹凸を示すものがR形で、平均曲線に対して上に小さく凹凸を示すものがY形で、平均曲線に似たものがN形と見なされる。

肌色色票は医療方面や犯罪捜査にも用いられている。病因や死因によって肌色が変わるからである。

4. 肌 色 の 色 再 現

肌色は印刷、カラー写真ではどのように再現されているか調べてみる。カメラ雑誌などから印刷された肌色を

図 19 肌色色票による肌色分光曲線の再現

図 20 顔色形による分光反射率
赤味の多い肌 (R形)、黄味の多い肌 (Y形)、中間に属する肌 (N形)

測定した結果を図21に示す。これらは出版社が異なるので使用インキが違い、分光反射率曲線の形はそれぞれ特徴のある凹凸を示しているが、再現色の色度は変わらない。図21でカメラ雑誌Bはアメリカの雑誌である。これから、アメリカ人がアメリカ人の肌色を再現した色度と、日本人が日本人の肌色を再現した色度とは変わらないことは非常に興味深い。この点については、さらに解析のデータが必要であらう。

カラー写真ではどんな色度に再現されているかについてはBartlesonの報告にくわしい³⁴⁾。Brownは、油絵、パステルチョーク画、種々の写真的方法によるプリントから、肌の非常によい表現とみなされている25の試料を測定し、それらの色度が自然の肌色の色度からかなり異なっていることを見出した¹²⁾。実際の肌色よりもやや明るく、より黄色味を帯びる傾向がある。

Bartlesonによれば、肌の再現はもとの色に忠実に再現するよりも「記憶の」肌色を再現したほうが高く評価される。この記憶の肌色は自然の肌色よりもやや暖かみがあり、より黄色味があり、その色差は16.7ΔJNDである。図22に平均の自然の肌色、平均の記憶色、好まれる再現色の色度を示した。これらの点のそれぞれに対する視感反射率Yの値は図に示してある。

図 21 印刷物の肌色

図 22 自然の肌色、記憶の肌色、再現された肌色の関係 (各平均値)

1 Newhall による肌の記憶色、2 Bartleson による肌の記憶色、a Brown による顔の再現色、b Buck と Froelich の写真的再現色、c Buck と Froelich の写真製版的再現色、d Bartleson の好まれる再現色、e 吉川喬他の好まれる再現色

図23 肌色、青空、緑の芝生の最もよい再現色の色度(●印)とそれらの自然の色、(○印)および記憶色(+印)

記憶色と再現色との色度が離れているが、両者は視感反射率に大きな差がある。しかし、これを視覚的な属性である chromaticness で表わすと一致する。すなわち、マンセル表色系を用いれば色相と彩度ともに一致し明度のみ異なる。記憶色は 7.5 YR/3.2 であり、好ましい再現色は 7.6 YR/3.1 である。記憶色の明度は約 8.0、再現色の明度は約 6.5 であり、記憶の肌色は非常に明るい。

図 22 で、e は日本人のデータである¹³⁾。日本人の自然の肌色、記憶色のデータがないので、再現色との関係はわかっていない。図 23 に、肌色、緑の芝生、青空について、自然の色、記憶色、よい再現色との関係を示しておく⁴⁾。被写体の種類により、記憶色、よい再現色の色度の傾向が違っていてもいい。

カラー写真のプリントおよびスライドで再現されている肌色は、色度域としてかなり広い。プリントでは焼付けの際に色調整が可能であるが、スライドでは調整ができないので、フィルムの種類によって特有な個性のある肌色になる。

映画でも肌色の再現域は広く、映画製作者たちの好みによって種々であるが、ほぼ印刷と同じ程度の色再現域であろう。映画の場合は同時に他のものを見ないので、一度順応してしまえば、各シーンでの色調の変化が大きくなければよい。

カラーテレビは、色を観察者が好みにあわせることができる。原画と一致しない色度が好まれている¹⁴⁾。また肌色の原画と再生画の色度は、他の再現系による肌色よりもはるかに純度が高いのは興味深い。

5. む す び

印刷、カラー写真、カラーテレビなどで、観察者はもとの色と再現された色とをめったに比較しない。その代りに、再現されたものを評価するときは、もとの景色の中

にある対象の色の記憶を当てにしているらしい。正確な色度を再現するということは、すぐれた画面を作るために必要でないことが一般に認められている。

肌色に関しては、もとの正確な色度 (chromaticity) よりも、それから連想される「感覚色度」(chromaticness) を再現するほうがむしろ望ましい。人はふだん知覚している色を正確に覚えていないものである³⁾⁴⁾。肌色の場合は、再現色は記憶色に近いが、一般の被写体については望ましい再現色は記憶色と一致しない⁴⁾。しかも、最も好ましい再現色の決定は、空間を占める大きさと形および色彩に対する色知覚が総合して行なわれる。すなわち、認識される対象の色は、眼で見て立体的であり、かつ色彩がついているという概念が連想される。普通の状態の視野と、これといくぶん異なった視野で作った記憶色と、写真の中で見られるような好ましい再現色との相互関係は簡単でない。しかも、観察者の性質も異なることを考慮した複雑な関係を見出すことはむずかしいことであろう。

(昭和 42 年 6 月 15 日受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) E. A. Edwards, S. Q. Duntley: The Pigments and Color of Living Human Skin, The American Journal of Anatomy, **65** (1939) 1-33
- 2) G. B. Buck, H. C. Froelich: Color Characteristics of Human Complexions, Illum. Eng., **43** (1948) 27-49
- 3) C. J. Bartleson: Some Observation on the Reproduction of Flesh Colors, Phot. Sci. & Eng., **3** (1959) 114-117
- 4) C. J. Bartleson, C. P. Bray: On the Preferred Reproduction of Flesh, Blue-sky and Green-Grass Color, Phot. Sci. & Eng., **6** (1962) 19-25
- 5) Kagaku no Ziten, Iwanami Syoten, Tokyo (1964) 279
- 6) 金子丘之助: 皮膚の色調をめぐって, 日医大誌, **20**, 11 (1953)
- 7) 和田三造他: 顔色型設定への考察, 色彩研究, **3**, 1 (1956) 11-14
- 8) 川上元郎他: 肌色の色票の研究—顔色の調査一, Color, **1**, 1 (1955) 48-59
- 9) 和田三造他: 顔色の細部測定とメイクアップ色の変化について, 色彩研究, **4**, 4 (1957) 77-80
- 10) 関秀光他: ヴィニール肌色色票の改良, 色彩研究, **3**, 2 (1957) 29-33
- 11) 片桐巖他: 映画用フジカラーフィルムの色再現特性調査研究(II) 肌色の再現について, 色彩研究, **9**, 2 (1962) 24-31
- 12) R. J. Brown: Proc. IRE, **42** (1954) 166
- 13) 吉川 喬他: カラープリントの視覚評価, 日本写真学会秋季発表会講演要旨 (1966) 45
- 14) C. J. Hirsch: A Study of the Need for Color Controls on Color TV Receivers in a Color TV System Operating Perfectly, IEEE Trans., **BTR-10**, 3 (1964) 71-96