

定価：3,630円
(本体3,300円+税10%)

リアルな肌の着色術

上路市剛



顔に、自然な質感を。

アナログ

特殊メイクの表現力で

デジタル

CGキャラクター

試し読み

for preview only

ダウンロード
特典 ↓

Substance
3D Painter
データ

ート!



リアルな肌の着色術

上路 市剛



ご 注 意

【本書の情報について】

本書のウェブページでは、発売日以降に判明した誤植（正誤）情報や、そのほかの更新情報を掲載しています。本書に関するお問い合わせの際は、事前に下記ページをご確認ください。

ボーンデジタルのWeb サイト (<https://www.borndigital.co.jp>) > 書籍・雑誌・動画 > 刊行順から探す > 2023年7月 > リアルな肌の着色術

【ダウンロード特典データについて】

本書の第4章で扱っている、Substance 3D Painterのベースデータおよびブラシデータは、下記ページからダウンロードすることができます。

ボーンデジタルのWeb サイト (<https://www.borndigital.co.jp>) > 書籍・雑誌・動画 > 刊行順から探す > 2023年7月 > リアルな肌の着色術 > 正誤表／ダウンロードはこちら

【使用アプリケーションについて】

本書の第3章では、デジタルでの混色シミュレーションを行っています。また、第4章では、デジタルでの着色工程をステップバイステップで解説しています。これらの章では下記のアプリケーションを使うため、あらかじめダウンロードおよびインストール等の準備を行ってから読み進めてください。なお、本書にはこれらのアプリケーションは付属していません。Adobe Creative Cloudをお持ちでない方は、Adobe社の公式サイト等から適宜ご購入いただきご利用ください。

- ・ Adobe Photoshop
- ・ Adobe Substance 3D Painter

※ご使用の環境（OS）やアプリケーションのバージョンにより一部画面キャプチャやUI名称、機能等が異なる場合がありますので、あらかじめご了承ください。

■ 著作権に関するご注意

本書は著作権上の保護を受けています。論評目的の抜粋や引用を除いて、著作権者および出版社の承諾なしに複製することはできません。本書やその一部の複写作成は個人使用目的以外のいかなる理由であれ、著作権法違反になります。

■ 責任と保証の制限

本書の著者、編集者および出版社は、本書を作成するにあたり最大限の努力をしました。但し、本書の内容に関して明示、非明示に関わらず、いかなる保証も致しません。本書の内容、それによって得られた成果の利用に関して、または、その結果として生じた偶発的、間接的損傷に関して一切の責任を負いません。

■ 商標

本書に記載されている製品名、会社名は、それぞれ各社の商標または登録商標です。本書では、商標を所有する会社や組織の一覧を明示すること、または商標名を記載するたびに商標記号を挿入することは特別な場合を除き行っていません。本書は、商標名を編集上の目的だけで使用しています。商標所有者の利益は厳守されており、商標の権利を侵害する意図は全くありません。

まえがき

筆者は、2019年よりアナログでの肌の着色方法を教える「塗装セミナー」を主催しています。ここには初期の頃からデジタルクリエイターの方の参加が多く、「デジタルでいつもやっていることが目の前で物理的に確認できることがとても新鮮で、この体験の重要性がわかった」というご意見を多くいただいていた。

そして、セミナーを続けていく中で知り合った、3Dキャラクターアーティストの藤田 祐一郎さんも同じご意見をお持ちで、作品作りのお話をしていく中で一緒にセミナーをしてみたいと思うようになり、それが実現したのが、2022年の「DAIKIN CG Channel」のウェビナーでした。そこではアナログとデジタルの両方の側面から肌の着色方法について解説し、藤田さんには、筆者が普段実践しているアナログでの工程をデジタルで再現していただきました。そしてこのウェビナーが、本書を執筆するきっかけとなりました。

AIの台頭により、デジタルツールの発展が目覚ましい中、アナログでの感覚は、実務ではつい軽視されてしまう部分だと感じています。アナログで作品を作る筆者としては、この身体感覚を開発することはとても重要だと考えています。ぜひデジタルで作品を作っている方も、絵具で混色をしてみてください。デジタルでやっていることをアナログで再現するとどうなるのかを体験することは、きっと面白い経験になるはずです。逆にアナログで作品を作っている方も、本書を通してデジタル空間での振る舞いを知り、表現の幅を広げていただければ、嬉しく思います。

著者プロフィール



上路 市剛 (かみじ いちたか)

1992年 大阪生まれ

2015年 京都教育大学教育学部美術領域専攻 卒業

ハリウッドの技術を応用したリアリズム彫刻を主軸として作品を展開し、国内外で活躍。近年は「受肉／Incarnation」(Gallery MUMON、東京、2023)、「Border2.0」(GALLERY EN ウォール、京都、2022)などの個展を開くほか、北京や香港、シンガポールをはじめとした国外のアートフェアにも参加している。アーティスト活動と並行して、作品作りで培われた技術を教える塗装・義眼・彫刻セミナーなど、多数の講義を実施中。

目次

まえがき	3
はじめに	5
第1章 肌の色の色彩学	6
1-1 人間の肌の色は何色なのか	6
1-2 特殊メイク的着色方法	6
1-3 色彩学の解説	13
1-4 まとめ	14
第2章 肌の色の分析 ―科学的アプローチ―	16
2-1 肌の色を構成する色素	16
2-2 肌の光の反射	17
2-3 虹彩の色彩学	19
2-4 まとめ	22
第3章 混色シミュレーション	24
3-1 補色の混色	24
3-2 肌の色のバリエーション	26
3-3 焦げ茶色とは何色か	27
3-4 混色を機械的に理解する	29
3-5 虹彩の色のバリエーション	32
第4章 着色の実技：デジタル版	34
STEP1 ブラシの作成	34
STEP2 レイヤーの準備	40
STEP3 実際に塗っていく	41
第5章 着色の実技：アナログ版	92
STEP1 絵具の準備	93
STEP2 ブラシの準備とテクニック	96
STEP3 実際に塗っていく	101
第6章 「透明感のある自然な表現」の美術史	128
6-1 絵具の構成	128
6-2 油絵以前の画材	131
6-3 油絵の画期的な技法の歴史	133
6-4 まとめ	142
引用元	143

はじめに

キャラクター制作において、肌の色は重要なポイントです。キャラクター（人間）のデザインに応じて、様々な肌の色を塗り分ける必要があります。肌の色として、以前は「肌色」という言葉がありました。この「肌色」とは、いったいどのような色なのでしょう？

その答えは「焦げ茶色」です。

そして、「焦げ茶色」の濃さの違いで、ほぼすべての人間の肌の色を表現できます。

本書では、この「焦げ茶色」をどのように塗ればいいのかを、色彩学と科学の観点から分析し、それを踏まえたリアルな肌の着色方法を、デジタルとアナログの2つの手法で解説します。デジタルとアナログ、両方の手法の共通点・相違点を知るとは、それぞれの領域のクリエイターの方にとって、様々な気づきを得るチャンスになると考えています。

本書で紹介する肌の着色方法は、特殊メイクの世界で普及している方法をもとに、筆者なりの解釈を加えて構築したものです。本書ではこの方法を、「特殊メイク的着色方法」と呼ぶことにします。特殊メイクの世界では、メイクの痕跡を残してしまうと一気に嘘っぽくなってしまいますので、より自然に見せる技術が発達していきました。そのため、「特殊メイク的着色方法」で目指すのは、「透明感のある自然な表現」です。明らかに「筆で塗りました！」というような質感を出さずに、あたかも「はじめからその色がそこに存在していたかのような表現」を追及します。

この「特殊メイク的着色方法」について、1章では「技法と色彩学」、2章では「科学」、3章では「デジタルツールでのシミュレーション」、4章では「Substance 3D Painterを使った実技」、5章では「絵具を使った実技」、6章では「美術史」を切り口に解説していきます。

第 1 章

肌の色の色彩学

1-1 人間の肌の色は何色なのか

人間の肌の色を構成する色素として、**ヘモグロビン**と**メラニン**があります。ヘモグロビンは、赤血球に含まれる赤い色素です。これは毛細血管や粘膜部分の赤い色として、肌の表面に見られます。メラニンは、紫外線を浴びることで生成される茶色い色素で、肌を紫外線の刺激から守る役割もあります。そしてこのメラニンが、はじめに述べた「焦げ茶色」の正体です。

詳しくは2章で説明しますが、人間の肌の色のバリエーションは、メラニン（焦げ茶色）の濃さによって作り出されています。ということは、この焦げ茶色を効果的に着色できれば、肌の色はどのようなキャラクター（人間）のデザインでも表現できるということです。

本章では焦げ茶色の考え方とともに、肌の着色方法を、油絵の古典技法をベースに解説していきます。

1-2 特殊メイク的着色方法



左図は、薄い肌色のシリコンでできたライフマスクの右側を塗ったものです。使った色は「赤・緑・黄・紫・青」で、いわゆる「肌色」とはまったく違う色です。これらの色を、特殊メイク的着色方法で塗ることで、このような「透明感のある自然な表現」が実現できます。

特殊メイク的着色方法で必要となる技法・考え方は次の5つです。1つずつ見ていきましょう。

- ① グリザイユ
- ② グレージング
- ③ 並置混色
- ④ 補色対比
- ⑤ 色を与える印象(暖色・寒色・中性色)

① グリザイユ

グリザイユとは油絵の古典技法の1つで、白黒や黄土色で作る下地を指します。写真のセピア調のようなイメージです。「透明感のある自然な表現」では、白や黒などの「無彩色」（彩りのある色のことは「有彩色」といいます）や、極端に彩度が低い色を使うのは避けなければいけません。しかし、陰影の表現では白や黒などを使わざるを得ないので、下地と上塗りでレイヤーを分ける、油絵の古典技法を使うことで、鮮やかな色と、そうでない色を直接混ぜ合わせなくてもよくなりました。



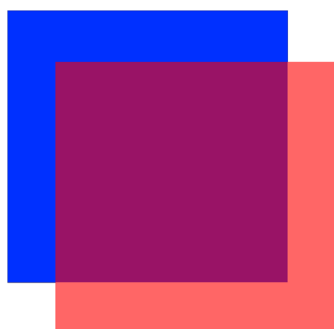
『荒野の聖ヒエロニムス』1480年頃
レオナルド・ダ・ヴィンチ
グリザイユの例としてわかりやすい、ダ・ヴィンチの未完成作品

ライフマスクの「薄い肌色のシリコン」が、この下地に当たります。ライフマスクは真っ白でも構いませんが、薄く肌色が塗られている方が、着色の工程を短縮できるというメリットがあります。たとえば肌のトーンが低いキャラクターを塗る際は、ベースの色は濃い方がいいでしょう。

②グレージング

グレージングも油絵の古典技法の1つで、上塗りを指します。カラーフィルムを重ねるように、下の色を透けさせながら薄く色を塗ります。この技法で、グリザイユの下地に鮮やかな色を重ねていきます。さながらセピア写真をカラー写真に変換するかのようです。

グリザイユとグレージングを組み合わせた、混色方法の具体例を挙げます。たとえば、「青」と「赤」の絵具を直接パレットで混ぜ合わせると、「紫」になりますよね。それでは、直接パレットで混ぜ合わせるのではなく、下に青、上に薄い赤を塗り重ねるとどうなるでしょうか？ 下図は、Photoshop上でシミュレーションしたものです。このように、薄く塗り重ねた部分は色が混ざって見え、紫になります。



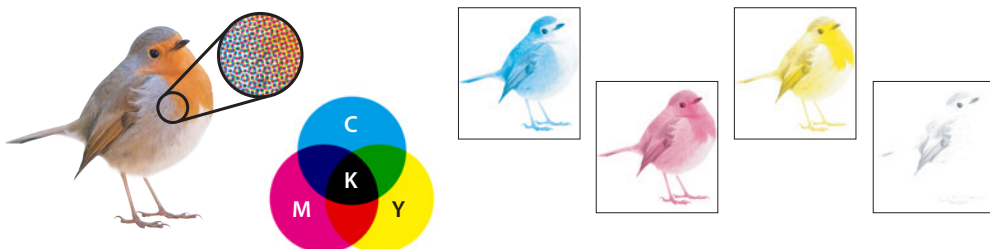
上レイヤー：赤(#ff0000)の不透明度60%
下レイヤー：青(#0030ff)の不透明度100%
混色結果：紫(#991366)

この方法で混色すると、直接混ぜ合わせるより、各色の彩度を維持したまま混色できるというメリットがあります。彩度を維持する（彩度を落とさない）というのは、「透明感のある自然な表現」において重要です。

ライフマスクの着色に使われる絵具は、とても薄く希釈されています。下の色が透けるほど薄く希釈した絵具を塗り重ねることで、「塗った感じ」のしない自然な表現を実現できます。

③並置混色

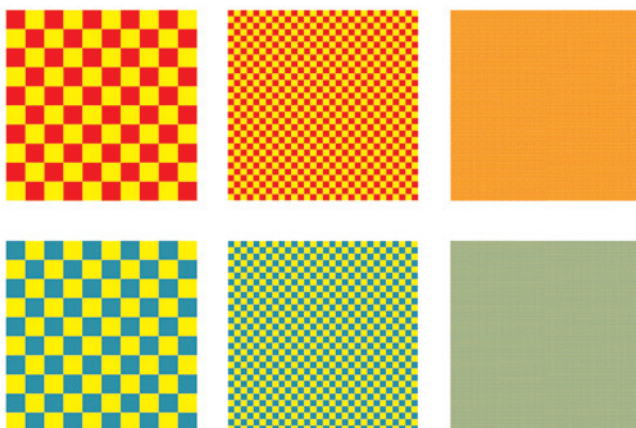
並置混色は、インクジェットプリンターやレーザープリンターなどの現代の印刷技術で採用されている方法です。テレビやスマホなどのディスプレイの発色にも、この原理が使われています。



フルカラー印刷では4色を重ねています

これもグレージングと同様に、彩度を落とさない混色方法の1つです。具体的には下图のように、違う色の点を隣り合わせて並べ、その点を限りなく小さくするか、離れて見ることで、色が混ざっているように見える視覚効果を利用した混色方法です。

並置混色の各点は、直接混ぜ合わせていない彩度の高い色で、「透明感のある自然な表現」に最適な混色方法です。この方法が使われているからこそ、現在の写真の印刷も、あれほどの写実性を可能にしているのです。



ライフマスクでも、色を極力「点」で塗っています。使う道具は「扇形の筆」と「エアブラシ」です。この「点」で色を塗る方法は、絵画技法で「スパッタリング」と呼ばれています。



扇形の筆



エアブラシ

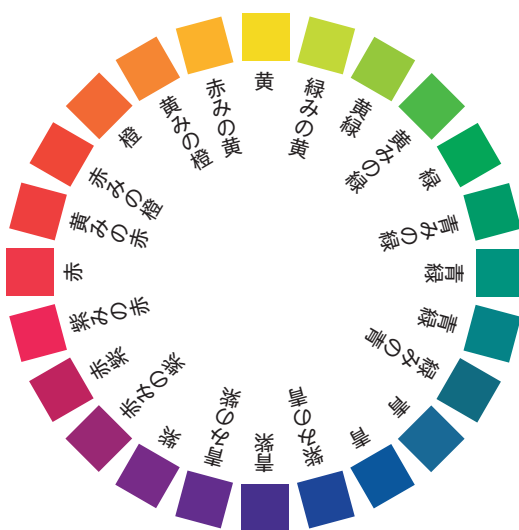
④補色対比

下図左は、「オレンジの中の赤い四角と、緑の中の赤い四角は同じ色でしょうか?」というクイズでよく見かけます。下図右を見るとわかるとおり、答えは「同じ色」なのですが、視覚効果によって、緑の中の赤い四角の方がより鮮やかに見えます。



ここで使われている赤と緑の組み合わせを「補色」、赤とオレンジのように近い色の組み合わせを「同系色」と呼びます。補色とは、下図の色相環上で「赤」と「青緑」のように、最も離れた位置にある色の組み合わせのことです。補色を隣り合わせると互いの色を強調し合い、鮮やかに見える現象を「補色対比」と呼びます。

補色は、デザインやファッションなどの色を扱う分野では、頻出する組み合わせです。



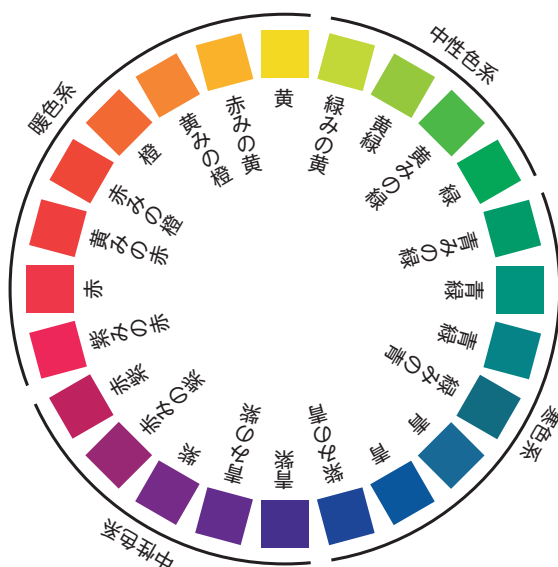
この考え方を、肌の着色に当てはめてみましょう。鼻の頭や頬など、直感的に「赤み」を差したい部分があります。読者の皆さまも、これらの部分に赤みが差していることはご存知だと思います。

この部分に赤みが差しているように見せるためには、その周辺をなるべく赤から遠い色にする必要があります。極端に補色の緑を塗ることはできないのですが、周辺の緑要素が強くなければ、赤が赤らしく見えません。

このように、目立たせたい色がある場合は、周辺の色との関係性をよく考える必要があり、補色対比の考え方が重要になります。

⑤色が与える印象(暖色・寒色・中性色)

これは、キャラクターの雰囲気やデザインを決める際に必要な、色による印象操作の考え方です。暖色は「暖かい・元気・情熱的」などのポジティブな印象を、寒色は「冷たい・寒い・悲しい」などのネガティブな印象を与えます。中性色は「そのほかの色」です。色相環にそれぞれの属性を当てはめると、下図のようになります。



キャラクターをデザインする際は、性格や生活様式などに合わせて、肌の色に暖色と寒色のどちらを強めるのかを検討する必要があります。

たとえば、日中に外で活動する快活なキャラクターには、暖色を多く使って赤っぽく日焼けしたような肌の色が相応しいです。逆にヴァンパイアなど夜中や屋内でしか活動しないキャラクターには、寒色を多めに使い青白く仕上げるのが相応しいでしょう。あるいは同一のキャラクターでも、夏と冬では肌の色味が違うはずで、読者の皆さまも、季節や時間帯、活動場所によって肌の色が変わる経験をしたことがあると思います。

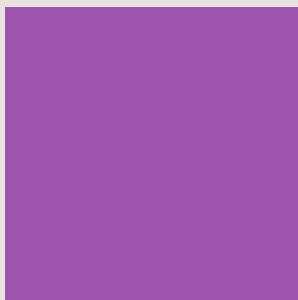
このような「色が与える印象」は、キャラクターデザインにおいて重要なので押さえておきましょう。

コラム 中性色対比

中性色について、ここでもう少し詳しく解説します。中性色とは、暖色と寒色の中間の色です。つまり、暖色と寒色どちらの要素も含んでいるが、どちらの要素も含んでいない、「暖かくもなく、冷たくもない。ポジティブともネガティブとも取れる色」ということです。色彩としては、どっちつかずの微妙な色なわけです。

中性色の組み合わせは、アニメや漫画でもたまに見かけますが、敵なのか味方なのかよくわからない微妙な立ち位置のキャラクターやロボット、または得体のしれない敵キャラクターなどに使われていることが多いです。

中性色の組み合わせのうち、紫と黄緑の配色は、自然界ではラベンダーやアジサイ、ブドウなど植物によく見られるものですが、動物ではあまり見かけませんよね。デザイン上でも、この配色はかなり見慣れないもので、大きなインパクトを与えるときに使われます。



紫(#9d54ae)



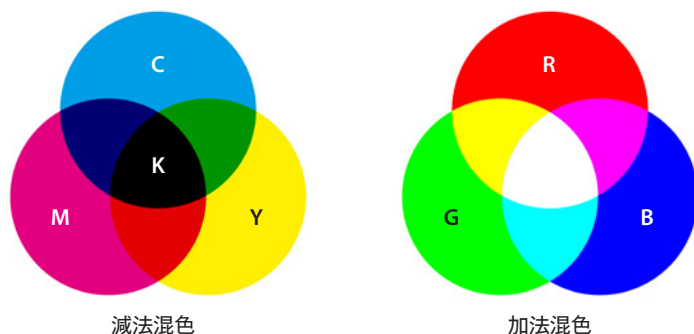
黄緑(#8be164)

本書で扱う人間の肌の色の領域では登場しない配色ですが、デザイン上はとても不気味でカッコいい、印象的な配色なので、身の回りでどのようなデザインに使われているのか探してみてください。

1-3 色彩学の解説

物理的混色と生理的混色

混色には様々な呼び方があります。絵具を直接混ぜ合わせる混色は、読んで字の如く**物理的混色**と呼びます。物理的混色の中でも、絵具などの色料の混色のことを減法混色と呼び、光の混色のことを加法混色と呼びます。



ここで減ったり増えたりするものは「明度」です。絵具は混ぜれば混ぜるほど黒っぽく濁った色になりますが、光は混ぜれば混ぜるほど白っぽくなります。ちなみに、最も白い光は太陽の光です。絵具の混色において、すべての色を混ぜ合わせたら理論的には黒になります。とはいえこれは理論値で、現実には**濁った「焦げ茶色」**になります。ただ、大量の種類の絵具を混ぜ合わせなくても、三原色と補色の組み合わせで、かなり暗く濁った色を作ることができます(ここは次の「三原色と補色」で説明します)。

一方で、並置混色のように視覚効果によって色が混ざって見える混色方法のことを、**生理的混色**と呼びます。

三原色と補色

減法混色の**三原色**が**赤・青・黄**なのは有名な話ですね。定義としては、「ほかの色を混ぜ合わせて作り出せない色」です。**補色**は先述したとおり、色相環で最も離れた位置にある色の組み合わせで、「赤・緑(青緑)」「黄・紫(青紫)」「橙(黄みの橙)・青」などが代表的です。

「物理的混色と生理的混色」で触れたように、減法混色では三原色と補色の組み合わせで、かなり暗く濁った色を作り出せます。ここで三原色と補色を並立して紹介しているのは、この2つが同じ色で成り立っているからです。それは補色を分解すれば、簡単に説明ができます。

たとえば、「赤・緑」の補色の組み合わせを考えてみましょう。赤はこれ以上分解できない三原色の1つです。緑は「青+黄」に分解できますが、どちらも三原色ですね。

もう1つ、「黄・紫」の組み合わせも考えてみましょう。黄は三原色で、紫は「青+赤」に分解できます。そして、どちらも三原色です。補色が三原色から構成されていることを確認できましたね。以上の経緯から、三原色でも補色でも、組み合わせることで暗く濁った色を作ることができるわけです。三原色は混色するすべての色に含まれているという知識は、ほかの章でも必要になるので覚えておいてください。

1-4 まとめ

ここまでで解説してきたことを、特殊メイク的着色方法として振り返ってみましょう。

肌の色は、メラニンによる「焦げ茶色」のグラデーションです。この焦げ茶色は補色の組み合わせで作ることができ、本書で扱う補色の組み合わせは、「赤・緑」「黄・紫」「橙・青」の3組です。

着色していく下地は薄い肌色にします(①グリザイユ)。「赤・緑・黄・紫・青」の5色(橙が入っていない理由は、28ページで解説します)をそのまま混ぜ合わせると彩度が落ちてしまうので、各色の彩度を維持したまま混色ができる「②グレージング」と「③並置混色」の考え方で、扇形の筆とエアブラシを使い「点」で塗っていきます。

ここで以下のような疑問を持つ方もいるかもしれません。

「焦げ茶色を塗るだけなのに補色を3組も使う必要があるのか？」

「焦げ茶色1色を塗ればいいのか？」

この疑問に答えるために、次の章では科学的な側面から「焦げ茶色」の正体を深掘りしていきます。

コラム フィギュアの着色方法

疑問として挙げた、焦げ茶色1色だけを使って、肌の色を表現しているジャンルもあります。フィギュアの着色です。下図はフィギュアではありませんが、フィギュアと同じ手法で塗ったドールマスクです。このように、ガレージキットや着色見本などでは、黄色や白の下地の上に、薄めた透明色の焦げ茶色や赤茶色などをグラデーションにして塗ることで、肌の色を表現しています。

この発想はまさに、「メラニンの色」そのものを塗ることです。フィギュアではデフォルメ加減が重要なので、単純化して焦げ茶色1色だけを塗るというのは、とても理にかなっていません。ちなみに、毛細血管などの赤みの表現には、透明色のピンクや赤を使っていることが多いです。



着色前



着色後

下図は、ドールマスクの着色に使った塗料です。フィギュアの着色に使われるのは、こういった全体的に明度が低い色です。メラニンの色というのは彩度と明度が低いので、それを単色で表現しようとすると、真ん中の絵具のような鈍い色になります(着色時はかなり薄めて使います)。



第 2 章

肌の色の分析 —科学的アプローチ—

2-1 肌の色を構成する色素

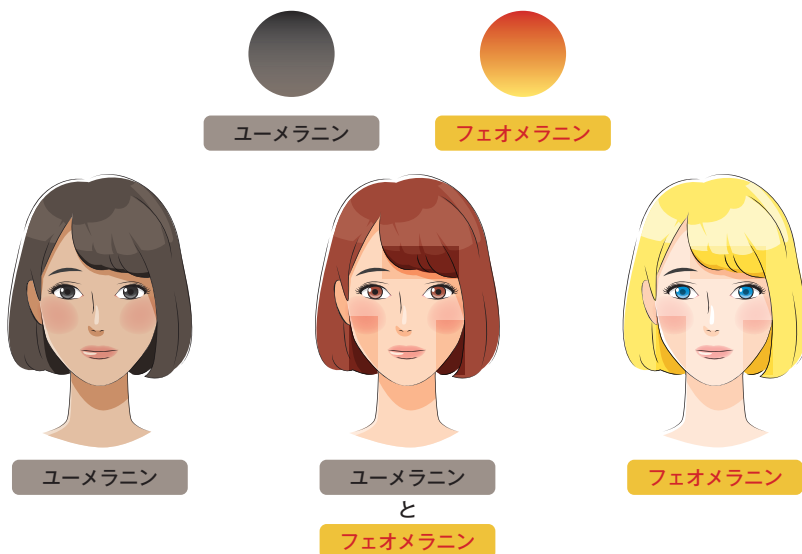
6ページで紹介した、人間の肌の色に影響を与える2種類の色素、「ヘモグロビン」と「メラニン」について、もう少し詳しく解説します。

ヘモグロビン

これは赤血球に含まれる赤い色素です。毛細血管、唇などの粘膜部分、爪の皮膚が透けている部分、アルビノの眼など、血の色が透けて見える部分には、ヘモグロビンによる赤い色が強く表れます。

メラニン

紫外線を浴びると防御反応として体内に生成される、茶色い色素です。メラニンには、褐色～黒色の**ユーメラニン**と、黄色～赤色の**フェオメラニン**があります。下図のように、ユーメラニンが多いと黒っぽくなり、フェオメラニンが多いと肌は白っぽく、髪は金髪になります（眼が青くなることについては、19ページで紹介します）。2種類のメラニンの微妙な割合によって、肌や髪、眼の色のバリエーションは作り出されているのです。



ユーメラニンとフェオメラニンの図

2-2 肌の光の反射

1章からお伝えしてきたとおり、肌の色は、メラニンによる「焦げ茶色」のグラデーションです。ここからは、1章のまとめで挙げた

「焦げ茶色を塗るだけなのに補色を3組も使う必要があるのか？」

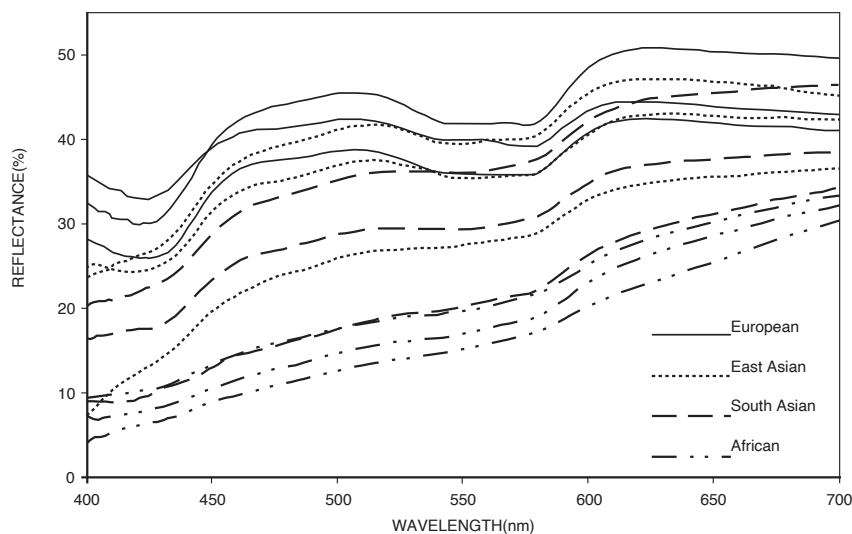
「焦げ茶色1色を塗ればいいのか？」

という疑問を解消するための解説をしていきます。

まず、人間が認識する肌の「色」というのは、肌に反射した光のことです。その光が網膜に当たり、電気信号に変換されて脳に届きます。そこではじめて、反射した光が「色」として認識されます。そのため、肌の色を知るには、肌がどのように光を反射しているのかを調べればよいわけです。

下図は、ヨーロッパ系(European)、東アジア系(East Asian)、南アジア系(South Asian)、アフリカ系(African)の4グループの人間の肌の光の反射率をグラフにしたものです。

横軸は「光の波長の長さ」、つまり反射した光の「色」のことです。わかりやすいよう、下には大体どの色に対応しているのかを載せています。縦軸は「光の反射率」、つまり肌に当たった光が、どれくらい反射しているのか(どれくらい明るいのか)を示しています。



反射率の図からは、以下のことが読み取れます。

- ①どのグループも、ほぼ同じパターンで光を反射している
- ②各グループの主な違いは反射率である
- ③まったく反射していない光の波長はない
- ④反射率は寒色よりも暖色の方が高い

これらのことを、肌の着色に当てはめて解釈してみましょう。

- ①どのグループも、ほぼ同じパターンで光を反射している

＝どの人種の肌でも同じ種類の色を塗る必要がある

どのグループも、似たような右肩上がりのグラフになるので、色の構成は基本的に同じです。どのような人種の場合であっても、着色の際に使う色の種類に違いはないということです。

- ②各グループの主な違いは反射率である

＝反射率は明度(明るさ)の違い

各グループで大きく異なるのは、反射率(明度の違い)です。明度の違いには、メラニンの濃さが影響していて、メラニンが濃いといわゆる色黒に、薄いと色白になります。そのため、本来肌の色は「白・黒・黄」などと表現するのではなく、「明るい」か「暗い」と表現するべきだと思っています。「明度の違い」を絵具に置き換えると、「絵具の濃さ(希釈の程度)の違い」となりますし、Photoshopのようなデジタルツールに置き換えると、「不透明度の違い」ということになります。

- ③まったく反射していない光の波長はない

＝肌の色はありとあらゆる色で構成するべき

たとえば緑系の色に相当する、550nm部分のグラフの値が0の場合、肌の着色には緑を使えません。しかしグラフに値が0の部分はなく、すべての波長をまんべんなく反射していることが読み取れます。ということは、肌の色は単色ではなく、様々な色で塗るべきだということです。

- ④反射率は寒色よりも暖色の方が高い

＝寒色よりも暖色を塗る量の方が多い

全体的に、暖色の方が反射率が高いので、肌の色を塗る際も、暖色を多く使う必要があります。逆に、青っぽい色はあまり多く塗らない方が、人間の肌の色の再現に適しています。また、Photoshopのようなデジタルツールでは、上層のレイヤーに暖色を多く使うことでそれが実現できます。

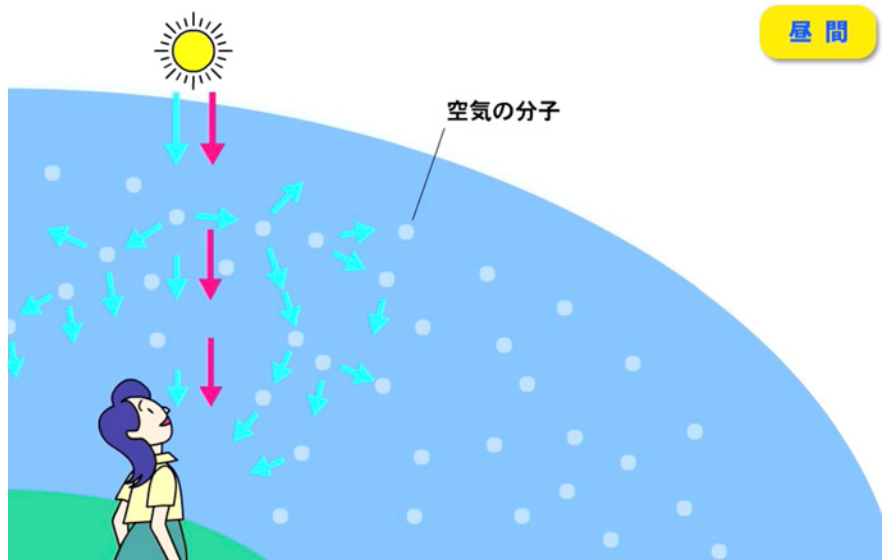
2-3 虹彩の色彩学

ここまでは人間の肌の色の解説でしたが、少し脱線して、眼（虹彩）の色についても解説します。虹彩の色にも、青・緑・茶など様々なバリエーションがあります。しかし、人間の体内に「青」や「緑」の色素は存在しません。もしそれらの色素があれば、虹彩以外の部分にも青や緑が発現するはずです。そうならないのは、青や緑の色が色素に由来するものではないからです。



虹彩の色には、肌の色と同様にメラニンの濃さ（量）が影響しています。メラニンの量は、青や緑の虹彩の場合は少なく、茶の虹彩の場合は多くなります。

そして、青や緑の虹彩のように、虹彩内に含まれるメラニンの量が少ないときにおこるのが、「レイリー散乱」という物理現象です。レイリー散乱とは、光の波長よりも小さい粒子によって光が散乱する現象のことです。



画像提供：国立科学博物館

レイリー散乱の例としてよく挙げられるのが、青い空です。空が青く見えるのは、上図のように、レイリー散乱によって赤い光がまっすぐ眼に届くのに対し、青い光は大気中のチリやゴミによって散乱し、空中に広がった青い光として眼に届くからです。これと同じような原理が虹彩にも働くので、青い虹彩が発現するわけです。