

5X-01

## メラニンの不均一分布による頭髪の写実的レンダリング

長澤 彦己 堀江 康晃 藤代 一成  
慶應義塾大学

## 1 背景と目的

人間の頭髪の色は、2種類のメラニン色素の量によって決定される。このメラニン色素の量には個人差があり、さらに人種によってメラニン量の比率が変わる。また、熱刺激や紫外線の影響、加齢等に伴いメラニン量が減少することもある。このように、頭髪のメラニン量は人によって全く異なるものであり、その人物特有の個性であると考えられる。よって、頭髪に含まれるメラニン量は人間の頭髪を表現するうえで無視できない要素であるといえる。

先行研究 [1] では、2種類のメラニン色素量パラメタを物理ベースの頭髪シェーディングモデルに組み込み、実際の頭髪を用いた脱色実験のデータをもとにして、ヘアブリーチのビジュアルシミュレーションを実現した。本研究では先行研究を一部拡張し、頭皮上の位置と、頭髪の繊維方向におけるメラニン量の分布を考慮し、人間の個性を表現可能な頭髪の写実的レンダリング手法を提案する。

## 2 提案手法の流れ

提案手法では、頭皮上の位置に対してメラニン量を設定することが可能であり、また、頭髪の繊維方向に対するメラニン量の分布を変更可能である。例えば、頭部のつむじやもみあげの周辺部に他の部分と異なるメラニン量を設定すること、頭髪の根元から毛先に対して任意の位置に異なるメラニン量を設定することが可能である。

本手法の流れを図1に示す。

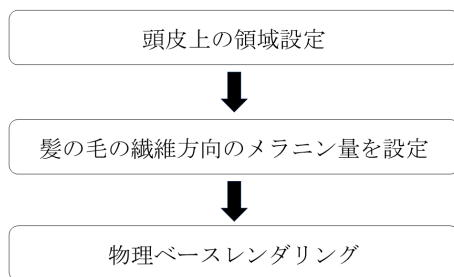


図1: 提案手法の流れ。メラニン量を設定したい頭髪が属する頭皮上のテクスチャに色を定義 (3.1 項) し、頭髪の繊維方向のメラニン量を設定 (3.3 項) する。最後に物理ベースレンダリング (3.4 項) により、描画結果を得る。

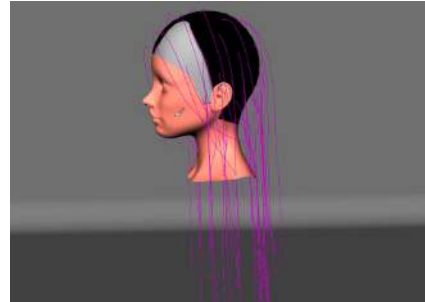


図2: 頭皮上のメラニン分布を指定する領域分割

## 3 提案手法

## 3.1 頭皮上の分布領域の決定

頭皮上の位置に応じて異なるメラニン量を設定するため、色を変更したい頭髪が属する領域を、図2のように頭皮上のテクスチャを色分けすることにより設定する。設定した各領域に属する頭髪に対してメラニン量を設定し、設定領域ごとに、適用するメラニン量を変更することが可能である。図2の例では、前頭部（黒色）と、それ以外の部分（白色）の2領域に分けている。

## 3.2 メラニンパラメタの決定

本手法では、人間の頭髪に含まれる2種類のメラニン色素であるユウメラニン量  $\rho_e$  とフェオメラニン量  $\rho_p$  をそれぞれ0.0から1.0の間で定義している。これらは、頭皮上に定義した各領域に対してそれぞれ適用されている。また、このメラニン量は、頭髪一本の根元から毛先の間で変化させることが可能である。図2の例で設定した各領域内における、頭髪の繊維方向の位置に対応するメラニン量を表すグラフを図3に示す。

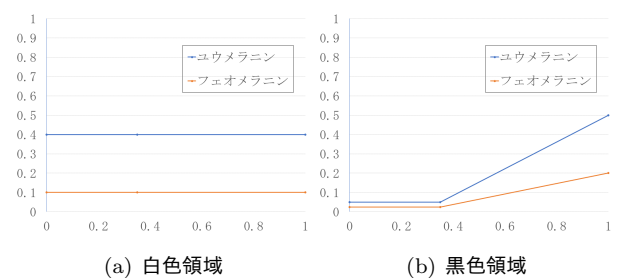


図3: 図2で設定されているメラニンパラメタ (縦軸: メラニン量, 横軸: 繊維方向の位置)



(a) 先行研究 [1] の手法 (頭皮上: 均一, 繊維方向: 均一) (b) 本手法 (頭皮上: 均一, 繊維方向: 不均一) (c) 本手法 (頭皮上: 不均一, 繊維方向: 均一) (d) 本手法 (頭皮上: 不均一, 繊維方向: 不均一)

図 5: 結果画像

### 3.3 頭髪の色決定

本手法では、頭髪の色を定義するため、d'Eon ら [2] が導入している吸収係数  $\mu_a$  を拡張して用いている。吸収係数は、頭髪内部で吸収される色を表し、次のように定義される：

$$\mu_a = k(\rho_e^2 \sigma_{a,e} + \rho_p^2 \sigma_{a,p})$$

ここで、 $k$  はパラメタ調整のための定数であり、 $k = 33.0$  である。 $\sigma_{a,e}$  と  $\sigma_{a,p}$  は各メラニンの吸収色を表し、 $\sigma_{a,e} = [0.419, 0.697, 1.37]$ 、 $\sigma_{a,p} = [0.187, 0.4, 1.05]$  である。 $\rho_e$  と  $\rho_p$  は 3.2 項で定義したメラニン量である。 $\rho_e$  と  $\rho_a$  を調整することで、吸収係数を介して人間の頭髪の色を表現可能である。吸収係数を使用して表現できる色を図 4 に示す。なお、メラニン量に乱数を組み込んでいるため、自然な色合いになるように調整可能である点に注意してほしい。

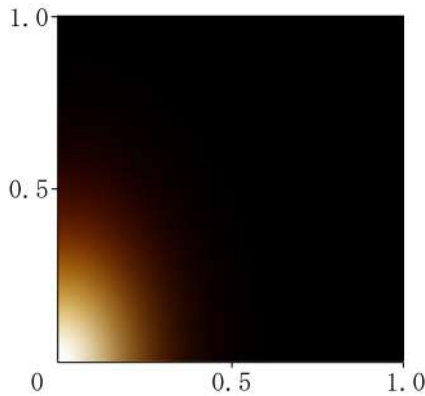


図 4: 各メラニン量に対応する頭髪の色 (縦軸：フェオメラニン量, 横軸：ユウメラニン量)

### 3.4 レンダリング

より写実的な頭髪を描画するため、本手法では頭髪に対して物理ベースシェーディングモデルを適用している。Marschner らの手法 [3] により、頭髪の繊維方向と断面方向の 2 方向の光の散乱を近似計算して表現する。また、Zinke らの手法 [4] を適用することで、毛髪ボリューム内で生じる多重散乱を近似計算する。以上の手法に 3.3 項の吸収係数を組み込み、最終的な描画結果を得る。

## 4 結果

図 5 に先行研究 [1] の手法の描画結果と、本手法による描画結果を示す。図 5(a) では、頭髪全体に対し単一のメラニン量のみを定義しているため、図 5(b) のように繊維方向にメラニン量の分布が異なる頭髪を描画は不可能である。加えて、図 5(c) で示したように、頭皮上の位置で適用させるメラニン量を変えることはできない。また、繊維方向のメラニン量の分布と頭皮上の分布をどちらも不均一にした例を図 5(d) に示した。図 5(d) ではより自然な頭髪の色を表現できていることが分かる。

## 5 まとめと今後の展望

本手法では先行研究 [1] の手法を拡張し、頭髪の繊維方向のメラニン量の分布と頭皮上の位置それぞれに対して不均一な分布を適用することでより現実に近い頭髪の表現が可能となった。

今後の展望として、対象人物の個性を表現するために写真等からメラニン量とその分布を推定し、本手法に組み込むことが考えられる。また、頭部と頭髪のモデルは仮想のものを設定して使用しているが、本手法の目的は人物の個性を表現することであるため、より対象人物に似たモデルを作成して本手法に導入する必要があると考えられる。

## 謝辞

本研究の一部は平成 28 年度科研費基盤研究 (A) 17H00737 の支援により実施された。

## 参考文献

- [1] 堀江康晃, 藤代一成, 「3 次元頭髪モデルにおけるブリーチのビジュアルシミュレーション」, 芸術科学会 NICOGRAPH 2016 予稿集, pp. 117-118, 2016 年 11 月.
- [2] E. d'Eon, G. Francois, M. Hill, J. Letteri, and J. Aubry, "An energy-conserving hair reflectance model," *EGSR '11 Proceedings of the 22th Eurographics Conference on Rendering*, pp. 1181-1187, June 2011.
- [3] S. R. Marschner, H. W. Jensen, M. Cammarano, S. Worley, and P. Hanrahan, "Light scattering from human hair fibers," *ACM Transactions on Graphics*, vol. 22, no. 3, pp. 780-791, July 2003.
- [4] A. Zinke, C. Yuksel, A. Weber, and J. Keyser, "Dual scattering approximation for fast multiple scattering in hair," *ACM Transactions on Graphics*, vol. 27, no. 3, pp. 32:1-32:10, August 2008.