

(基礎研究)

人の肌の数値生体モデルの構築と光反射特性の解析

田中法博*

Norihiro TANAKA

研究実績の概要

本年度は人間の肌の数値生体モデルの試作を行った。本研究では肌の反射特性を定量化するだけでなく、計測データから容易にモデルパラメータが推定できるモデルの開発を目指している。本年度は特に人間の皮膚の内部構造や構成要素、さらにそれらの光学特性から、数値モデルのデータ構造と処理アルゴリズムを設計し、数値生体モデルの試作を行った。次に試作した数値モデルに対してフォトン（光子）の動きをモンテカルロ法で計算し、光反射の様子をシミュレートして光反射解析を行うため手法を開発した。試作したアルゴリズムは、FreeBSD上のソフトウェアとして実装した。この結果、皮膚内部の生体シミュレーションを行うためのプラットフォームのうち光反射に関する部分が構築され、ここに実際の皮膚の物理的な材質や材質分布を設定することでさまざまな皮膚内の光反射のプロセスがシミュレートできるようになった。

そしてこれまで申請者が肌計測用に開発した光反射計測系を本申請の研究内容に適するように改良した。ここでの改良点は、光反射計測系の照明方向や観測方向のキャリブレーション部分の精度を向上させ、数値計算のために必要なモデルパラメータを直接獲得できるようにしている。このことから提案手法の計算結果と実際の被験者の肌表面で発生する光反射特性を比較実験し、その結果をフィードバックしながら、モデルの精度を高めることができた。このとき試作した光反射計測系に対して、ミクロな

領域にも適用できるように光源システムと画像計測部分の改良を行った。そして本申請で計上した分光光度計で計測機器のキャリブレーションを行い、どの程度の精度で肌の反射光強度や色が計測できているかを検証した。この計測系では人の顔などを対象に短時間に照明条件を変化させた多数の顔画像を計測できるように連続的に照明方向を変化させ、それを無圧縮の動画像として計測できるようにした。この計測データから人の反射特性としてモデルパラメータを推定した。このような成果は、当初予定していなかったが、新たな研究成果として人間の肌の反射特性計測の簡便性が向上した。

また、肌の反射特性計測の簡便性が向上したことにより、当初の予定に加えて、試作モデルの一部を人の顔のCG再現手法に試験的に適用し、肌の色に加えて陰影、光沢などの肌の状態を計測した。人の顔部分は複雑な形状をしているうえ、人の肌は半透明な生体組織の集まりなので複雑な反射特性を持つことから、この肌の反射特性の定量化に貢献できる知見を得ることができたと考えられる。本研究の成果によって複雑な照明環境下でも人の肌のCG再現がある程度可能となった。特にシーンの照明環境は物体を見る上で重要な役割を持つ。たとえば、人の肌の色の見え方は周囲の照明環境に依存する。たとえば、暖炉の前やコンサートホールといったところでは、同じ人でもその印象が変わってしまう。このように人間の肌の反射特性を精密に記述するためには、その人の肌だけでなく周囲のシーン照明環境の情報も必要となる。特に複雑なシーン照明環境下では、

*企業情報学部教授

全方位のいたるところから照明されるため、肌の反射のプロセスのモデル化にはそのシーン内の光源の空間分布を知る必要がある。こういった実際のシーン照明環境の情報を扱うためにはDebevecらが提案しているImage Based Lighting (IBL)という手法がある。この方法は鏡面球や魚眼レンズを用いて全方位のシーン照明の空間分布を画像情報として計測し、その画像情報を光反射計算時の光源情報として用いる。本研究ではこの知見を活かして、実際のシーン照明に近い環境下での肌の光反射プロセスのシミュレーションを行った。ここでは光の計算は分光ベースの計算に基づいて行っている。特に光源の分光分布や物体表面の分光反射率はそれぞれの光源や物体固有の物理情報であるため、カメラなどの計測系の特性に依存しないという利点があるため、モデルに画像情報を組み込むためには重要となる。

構築したモデルと計測データに基づいて実際の人間をCG再現して、その再現精度を視覚的に確認した。この検証実験のため本助成金で4K解像度のディスプレイを導入し、人間のCGの再現精度を検証した。この結果、周囲の照明環境に応じて肌表面の陰影表現など視覚的なレベルでは適切に再現できるようになった。

以上のように本年度は、数値生体モデルとしての光反射モデルの試作を行ったことでいくつかの重要な成果が得られた。しかしながら、現時点でのモデルは実際の人間（個人）の皮膚内部の物理的な要素

とは直接対応しておらず、多くの部分で統計的な仮定に基づいた設計となっている。次年度は実際の人間の皮膚内部の物理的に詳細な要素をモデルに組み込んでいく予定である。

本年度の研究成果の一部は、日本色彩学会コスメティクスと肌研究会で学会発表し、また、国際会議(AIC2015)でも発表した。本年度の研究成果は現在、学会誌学術論文にまとめている段階である。

研究発表

学会発表

1. S. Hong, N. Tanaka and K-Mochizuki : A Spectral Reflectance Measurement System for Human Skin by Using Smartphone、国際色彩学会 (AIC 2015)、2015年5月20日、Sola city conference center, TOKYO
2. 柁津明澄、田中法博、望月宏祐：肌のCG再現のための照明環境計測、日本色彩学会 コスメティクスと肌・顔研究会、2014年10月3日、産業技術総合研究所 臨海副都心センター
3. 北澤紗英、田中法博、望月宏祐：人の顔部分の光反射特性計測に関する一手法、日本色彩学会 コスメティクスと肌・顔研究会、2014年10月3日、産業技術総合研究所 臨海副都心センター