

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500141

研究課題名(和文)物体色鏡面反射成分を考慮した二色性反射モデルの一般化の研究

研究課題名(英文)A study of generalization of dichromatic reflection model which is considered specular reflection component with the object color

研究代表者

坂口 嘉之 (Sakaguchi, Yoshiyuki)

立命館大学・総合科学技術研究機構・研究員

研究者番号：50425021

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円、(間接経費) 1,140,000円

研究成果の概要(和文)：織物は、極細い短繊維から構成される糸が、経糸と緯糸として複雑に絡み合っているために、その見え方をCG表現することは容易ではない。織物のような複雑な構造でも、数値計算で画像化するために、新しい反射モデルの研究を行った。実験では、マイクロレベルの織り構造が見えるまで拡大したスペクトル画像を測定した。また、反射のダイレクト成分とグローバル成分を分離するためにパターン光投影も行った。実験の結果、織物の直接反射成分は、わずかに光源色を含むものの、その大部分が物体色を帯びていることがわかった。これは、光源からの光が糸の内部を通過して反射する、表面下散乱が起きているためだと考えられる。

研究成果の概要(英文)：The fabric, in order constituted yarn are made complicatedly entangled weft and warp through thin very short fibers, and represent the appearance by CG is not easy. For generating image by numerical calculation, even complex structures such as textiles, the new reflection model was studied. In the experiment, the spectrum image enlarged woven structure of the micro-level until was measured. Further, it was also patterned light projection to separate the global component and the direct component of the reflection. The experimental results, also including the light source color slightly but directly reflected component of the fabric was found that the most tinged object colors. It is considered that this is because the reflected light from the light source passes through the interior of the yarn, the sub-surface scattering is taking place.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：一般化二色性反射モデル CG BRDF 表面下散乱

1. 研究開始当初の背景

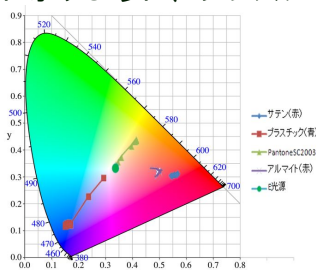
従来のデジタル・ミュージアムでは、文化財のデジタル写真による記録が主であった。デジタル写真とCGレンダリング再生可能な記録との違いは、デジタル写真が撮影環境下における撮影スケールの見え方の記録であるのに対して、CGレンダリング再生可能な記録では、撮影環境が異なっても、また、撮影スケールが異なっても、元の物体を再現可能なところである。つまり、デジタル写真が、物体の見え方の一部の記録であるのに対して、CGレンダリング再生可能な記録では、物体の見え方そのものを記録するところが大きく異なる。物体の見え方とその再現は、コンピュータビジョン(CV)とコンピュータグラフィックス(CG)の学術的領域で研究されてきた。近年、BRDF や BTF(Bi-directional Texture Function)を用いた IBL(Image Based Lighting)による画像生成の研究が発展して、リアルな質感のCGレンダリングが可能になってきた。しかし、BRDF や BTFを実測する必要があること、また、パラメータによる質感調整が難しいことが問題となっている。そこで、BRDF や BTFを分析し、新たに物体色の鏡面反射成分を分離した、新しい反射モデルを構築する。

2. 研究の目的

CG表現が難しい織物の質感を表現できるCGレンダリング方法を開発し、CG制作や工業用製品設計、日々劣化していく重要文化財のアーカイブ化に応用していくことを目的としている。CG表現が容易なプラスチックや金属は、鏡面反射は光源色であり、拡散反射が物体色となる。織物のCG表現が難しい理由は、光源色から物体色へと変化するわけではなく、光源色と物体色が交じり合っていることにある。分光計では、この交じりあった反射光をひとまとめにしてしか測定できず、織物を構成する繊維のどこで、どのように反射光が分布しているのかが分からなかった。織物の反射特性を解析することにより、人間が織物の質感を認知する情報が何かを理解できることも期待される。

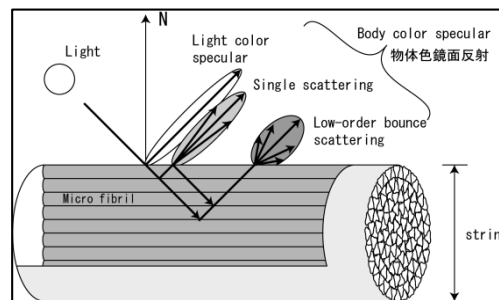
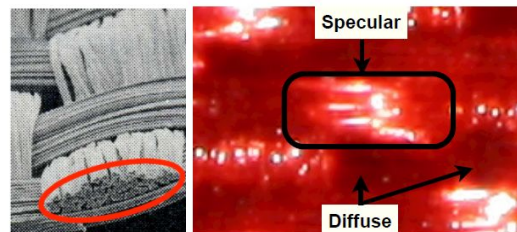
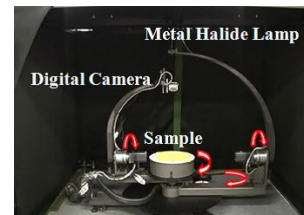
3. 研究の方法

織物の反射には、物体色を帯びた鏡面反射があることが知られている。左の色度図に示すように、プラスチック等は、拡散反射が物体色で、鏡面反射が光源色になる。しかし、織物では、鏡面反射も物体色になる。物体色を帯びた鏡面反射成分があ



るのならば、光源色の拡散反射成分もあると思われる。そこで、二色性反射モデルを4つの成分(物体色鏡面反射、光源色鏡面反射、物体色拡散反射、光源色拡散反射)に拡張した一般化反射モデルを構築する。測定画像の画素単位で反射スペクトルを得るために、マルチバンド画像を用いて織物の反射光の解析を行うことにした。マルチバンド画像の測定には、すばやく撮影できる2ショットマルチバンドカメラを使うことにした。

単繊維まで観察可能なように、クローズアップレンズを用いてマイクロレベルでの織物の反射を測定した。1画素、約7ミクロンの解像度を得られた。光学異方性測定装置 OGM により、織物の BTF 画像を撮影し、スペクトル推定により画素単位での反射スペクトルを得ることで、織物のどこの部分からどのような反射光が返って来ているのかを調べた。

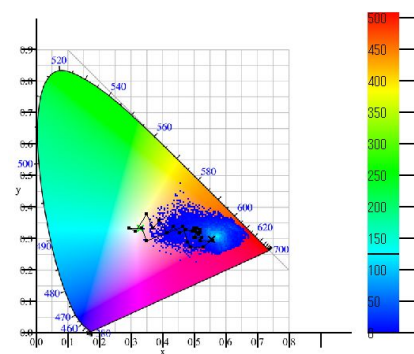


4. 研究成果

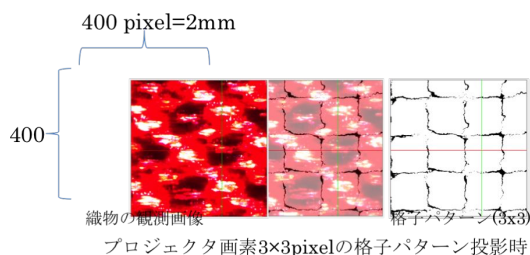
測定時間短縮のために用いた2ショットマルチバンドカメラの測定値は、Winner 推定法では、バンドパスフィルターのカットオフ領域で推定誤差が大きくなることが分かった。そこで PLS 推定法を採用し、推定精度が高まることを確認した。また、鏡面反射光の強度レベルが拡散反射の強度レベルと比較して、とても大きくなるために、スペクトル推定精度が低下することを見つけた。そこで、マルチバンドの構成比率を入力にしてスペクトル推定を行った所、Winner 推定、PLS 推定、共に推定精度が向上した。マルチバンドの構成比率を入力にした PLS 推定法が最も推定精度が高くなることが分かった。

このマルチバンドの構成比率を入力にし

た PLS 推定法で測定画像の各画素のスペクトルを調べた所、測定対象としたシルクライク織物の場合には、光源色の鏡面反射は非常に少なかった。織物のほとんどの領域での鏡面反射成分は、物体色を帯びていることがわかった。次の図は、物体色の鏡面反射が、光源の入射角度によってどのように変化するかを示している。この図は、緯糸方向の画素の反射スペクトルの変化の軌跡を示している。変化の仕方は、織物を構成する経糸と緯糸とは異なることも分かった。



また、Nayar らの手法に基づくパターン光投影法により、織物からの反射成分をダイレクト成分とグローバル成分に分離した。さらに、ダイレクト成分である鏡面反射成分は、光源色成分もわずかに含むが、その殆どが織物の物体色を持つことが明らかになった。また、織物の表面下散乱の伝達距離は 1mm にも達することが分かった。これほどの長距離を伝搬するメカニズムは、光が光ファイバーの中を通るように、繊維の中で繰返し反射して伝わっていると考えられる。



これらの結果から、物体色を帯びる鏡面反射のメカニズムは、単繊維内部に侵入して物体色を帯びた光が繊維の中を伝わり、正反射方向に戻ることに由来するものと考えられる。繊維内部の表面下散乱とも言える。表面下散乱の第一次反射成分が物体色を帯びて、反射成分として観測されることが考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

(雑誌論文)(計 0 件)

(学会発表)(計 6 件)

発表者名: 田中士郎, 平井佐和, 坂口嘉之, 田中弘美

発表課題: 織構造に基づく表面下散乱の解析
学会等名: 第 16 回画像認識・理解シンポジウム (MIRU2013)

発表年月日: 2013 年 7 月 31 日

発表場所: 国立情報学研究所 (東京都)

学会発表者: 平井佐和, 田中士郎, 坂口嘉之, 田中弘美

発表課題: 物体表面の微視的幾何構造と光学特性に基づく質感の解析

学会等名: 電子情報通信学会, 2013 年電子情報通信学会総合大会

発表年月日: 2013 年 3 月 19 日

発表場所: 岐阜大学 (岐阜県)

発表者名: 高柳亜紀, 土田勝, 坂口嘉之, 田中弘美

発表課題: マルチバンド画像を用いた織物の鏡面反射光の解析

学会等名: CVIM 研究会技術研究報告

発表年月日: 2013 年 03 月 14 日

発表場所: 大阪大学 吹田キャンパス 産業科学研究所 (大阪府)

発表者名: Yuki Takeda, Jiro Hara, Wataru Wakita, Yoshiyuki Sakaguchi, and Hironi T. Tanaka

発表課題: Development of a Portable Anisotropic Reflectance Measurement System for Modeling and Rendering of Bidirectional Texture Functions

学会等名: ACM SIGGRAPH 2012, the 39th International Conference and Exhibition on Computer Graphics and Interactive Techniques

発表年月日: 2012年08月07日 ~ 08月08日

発表場所: Convention center, Los Angeles(USA)

発表者名: 武田祐樹, 原次良, 脇田航, 坂口嘉之, 田中弘美

発表課題: ポータブル光学異方性反射測定装置を用いた異方性反射モデリング手法の提案

学会等名: 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2012)

発表年月日: 2012 年 08 月 06 日

発表場所: 福岡国際会議場 (福岡県)

発表者名: 鳥居悠人, 中村友哉, 坂口嘉之, 田中弘美

発表課題: 二色性反射モデルの一般化に基づく織物の鏡面反射成分の解析

学会等名: 第 14 回画像認識・理解シンポジ

ウム (MIRU2011)

発表年月日: 2011年7月22日

発表場所: 金沢市文化ホール (石川県)

〔図書〕(計 2件)

著者名: 田中弘美, 脇田航, 尹新, 土田勝, 坂口嘉之

出版社名: ナカニシヤ出版

書名: 有形文化財の視触覚モデリングと呈示

発行年: 2012年

総ページ数: pp.108-134

著者名: Hiromi T. Tanaka, Wataru Wakita, Xin Yin, Masaru Tsuchida, and Yoshiyuki Sakaguchi

出版社名: ナカニシヤ出版

書名: Visuo-haptic Modeling and Presentation of Tangible Cultural Properties

発行年: 2012年

総ページ数: pp.280-309

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0件)

取得状況 (計 1件)

名称: 光学特性測定装置及び画像処理システム

発明者: 土田勝, 新井啓之, 坂口嘉之, 山口雅浩, 羽石秀昭, 大山永昭

権利者: 独立行政法人情報通信研究機構
株式会社エヌ・ティ・ティ・データ

種類: 特許

番号: 4806738

取得年月日: 2011-08-26

国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

坂口 嘉之 (SAKAGUCHI YOSHIYUKI)

立命館大学・総合科学技術研究機構・
研究員

研究者番号: 50425021

(2) 研究分担者

田中 弘美 (TANAKA HIROMI)

立命館大学・情報理工学部・教授

研究者番号: 10268154

脇田 航 (WAKITA WATARU)

立命館大学・情報理工学部・助教

研究者番号: 80584094