

光源色の変更に対応できる Image-Based Rendering

坂口 公一[†]北橋 忠宏[‡]関西学院大学大学院理学研究科[†]関西学院大学理工学部情報学科[‡]

1. はじめに

仮想・複合現実感において物体形状が複雑でモデル生成が困難な対象物について有効とされている IBR: Image Based Rendering は、当初光源位置の変化には対応できないとされていた。尺長ら[1]は、光源位置を変化させて撮影した3枚以上の画像を用いることによりこの問題を解決した。報告者ら[2]は、この手法を任意視点からの映像生成と併合することにより、視点位置・光源位置が自由な IBR(the lighting direction-free IBR: ldf-IBR)を提案した。仮想美術館、仮想モールでの応用では、さらに光源の種類や物体の質感を仮想的に変化させた映像の生成が期待される。

しかし改良された IBR も光源の周波数特性の変化には対応していない。物体色や光源色の再現・変更に関しては、マルチバンド[3]や補助光源[4]などを用いて対象物の分光情報を推定し、計算によって求める方法が提案されているが、計算量が少なくな

い。本稿では、光源色の異なる複数の撮影画像の合成により任意の分光特性をもつ光源を用いた照明下での物体像を仮想的に生成し、任意光源色を実現する IBR (the illumination color-free IBR: icf-IBR)を提案する。この手法は分光情報を推定する必要がなく、アルゴリズムの単純さが特徴である。

2. カラー画像生成

カラー画像は、照明光源・物体およびイメージセンサの3つの要素における光学的反応を通じて生成される。光源の分光分布を $E(\lambda)$ 、物体の分光反射率を $S(\lambda, \theta)$ 、イメージセンサ(カメラ)の分光感度を $R(\lambda)$ 、入射、反射角などで表されるパラメータで表記する。2色性反射モデルでは物体表面で反射してカメラに入射する光 $Y(\lambda, \theta)$ は、

$$Y(\lambda, \theta) = C_S(\lambda) L_S(\lambda) + C_D(\lambda) L_D(\lambda) \\ = E(\lambda) S(\lambda, \theta) \quad (1)$$

第一項が鏡面反射成分、第二項が拡散反射成分を表す。カメラの出力 $I(\lambda)$ は式(1)を用いて、以下のように表される。

$$I(\lambda) = Y(\lambda, \theta) R(\lambda) d \\ = E(\lambda) S(\lambda, \theta) R(\lambda) d \quad (2)$$

3. IBR の拡張

3.1 idf-IBR と icf-IBR

視点位置・光源位置が自由な IBR(以下 ldf-IBR)では、従来の IBR と同様に視点、光源位置情報から合成係数を決定している。一方、光源色の変更可能な IBR(以下 icf-IBR)では、従来の IBR とは異なり視点・光源の空間情報は用いることなく、照明の周波数特性から合成係数を決定する。

3.2 光源色の変更自由な IBR: icf-IBR

任意の分光分布 $E'(\lambda)$ の光源下でのカメラ出力 $I'(\lambda)$ は式(2)から、

$$I'(\lambda) = E'(\lambda) S(\lambda, \theta) R(\lambda) d \quad (3)$$

照明光の分光分布 $E(\lambda)$ を m 個の基底関数の線形結合で表す。

$$E(\lambda) = \sum_i E_i(\lambda) \quad (i=1, 2, 3, \dots, m) \quad (4)$$

ここでは、任意の光源の分光分布 $E'(\lambda)$ の線形モデル表現に必要な基底関数は、光源色の異なる照明の分光分布である。

式(4)を式(3)に代入する、

$$I'(\lambda) = E'(\lambda) S(\lambda, \theta) R(\lambda) d \\ = \sum_i E_i(\lambda) S(\lambda, \theta) R(\lambda) d \quad (5)$$

式(5)を整理し、

$$I'(\lambda) = \sum_i E_i(\lambda) S(\lambda, \theta) R(\lambda) d \quad (6)$$

の右辺の各項、

$$E_i(\lambda) S(\lambda, \theta) R(\lambda) d$$

は式(2)から光源(E_i)下でのカメラ出力を表し、

$$E_i(\lambda) S(\lambda, \theta) R(\lambda) d = I_i(\lambda)$$

から、式(6)は次のようになる。

$$I'(\lambda) = \sum_i I_i(\lambda) \quad (7)$$

つまり、異なる照明下で撮影した映像は、いくつかの照明下で撮影した映像の線形和で表される。

基底関数となる照明の分光分布と再現対象の光源の分光分布が既知であれば、その結合係数が式(7)の結合係数 α_i となる。icf-IBR は、映像の生成過程が式(2)で表すことが出来れば適応できる。また、合成の際に分光情報を統括して画像として扱うため、ldf-IBR のように鏡面反射成分と拡散反射成分の分離をする必要がないため2色性反射モデルで記述できない物質に対しても有効である。

4. 実験

4.1 実験環境

撮影には3 CCD カメラを使用し、照明の分光分布

IBR Free from changing Illumination Color

[†]Kohichi Sakaguchi

Graduate School of Science, Kwansei Gakuin University

[‡]Tadahiro Kitahashi

School of Science & Technology, Kwansei Gakuin University

の計測にはスペクトルメータ (PR-650) を使用した。図 2 に示すプラスチック製の黄色のカップを対象物体として用いた。

4.2 照明光の分光分布の計測

再現対象の光源として白熱電球 (W) を使用した。合成に用いた光源は、緑色 (G)、青色 (B)、橙色 (O) の電球である。(以下 G,B,O,W で記す。)

4.3 仮想的光源下の映像生成の具体的手順

4.1 から仮想物体の設置空間における光源の分光分布に整合する物体像は次の手順で生成される。

- [1] 各種照明 (G,B,O,W) の分光分布を計測する。
- [2] 4.2 の光源 (G,B,O) を照明として、光源色の異なる複数枚の映像を撮影する。
- [3] [1] で計測した分光分布を用いて最小 2 乗法で、合成の係数を決定する。図 1 に計測した各種照明の分光分布と合成結果を示す。
- [4] [2] で撮影した画像に [3] の係数を乗じ画像の合成をする。ここで得られた画像が、仮想的な白熱電球下で撮影した映像となる。図 2 に合成した仮想的な白熱電球下の画像、図 3 に実際に白熱電球下で撮影した画像を示す。

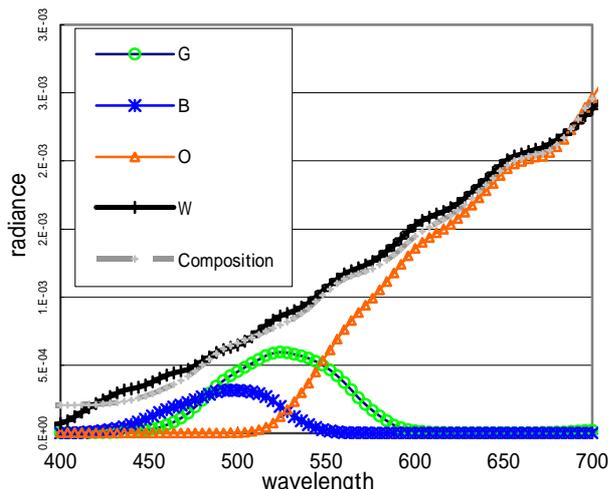


図 1 : 各種光源, 合成結果の分光分布



図 2 : 生成画像



図 3 : 白熱電球下の撮影画像

5. おわりに

本稿では、複数枚の光源色の異なる映像から光源色を変更した映像の生成方法を提案した。従来の IBR は、視点位置、光源位置の変化に対応するもので、光源色の変化には未対応であった。本手法と従来の

IBR とを組み合わせることによって視点、光源位置に加え光源色の変更が可能な IBR が可能になると考えられる。

現在提案されている光源色の変更、再現方法は映像から推定した物体の分光反射率を利用している。物体の分光反射率の推定に関する研究は、画像処理、ロボットビジョンなど様々な分野で行われおり、特に色恒常性の実現問題とは密接な関係にある。本手法は、前述した方法とは異なり、照明の分光分布が既知である条件は与えるが、他の分光情報の推定を必要しないため単純なアルゴリズムで光源色の変更、再現を可能にした。今後、本手法と色恒常性実現問題との関係性を明確することも意義があると思う。

また、周波数特性を利用するものとして、光源色の変更の他に質感の変更が考えられる。質感の変更では、素材による光沢感の違いが問題となる。CG では様々な質感が再現されているが、IBR の応用を考慮すると、実画像情報からの再現方法が期待される。

今後は、本稿では 3 種類の基底関数を用いて白熱電球下の映像を再現しているが、選択できる基底関数を増やし、様々な種類の光源に対し本手法の有効性を確かめる。また実際に ldf-IBR と icf-IBR を組み合わせ視点位置、光源位置、光源の種類を変えた映像の生成を行う予定である。

6. 謝辞

本研究の遂行にあたり、大阪電気通信大学総合情報学部情報工学科 富永昌二教授、研究室の方々に分光分布計測について全面的なご協力を賜りました。ここに記し、御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 宮木一, 向川康博, 尺長健: “任意光源画像のための Photometric Image-Based Rendering ”, 信学技報, NLC99-89, PRMU99-272
- [2] 伊藤淳子, 沈黎, 馬場口登, 北橋宏忠: “光線空間法に基づく視点および光源方向がともに任意の画像の生成”, 信学技報, PRMU2000-232
- [3] 富永昌治, 高橋悦史: “6 色カメラによる分光情報の推定” 信学技報, D- Vol. j82-D- No. 7 pp 1180 -1189
- [4] 竹部啓輔, 伊藤直己, 中内茂樹, 臼井支朗, “色恒常性を有するデジタルカラーイメージング,” 信学論, vol. J83-D-II, no. 8, pp. 1753-1762, 2000.
- [5] L.T.Maloney, B.A.Wandell: “Color constancy: a method for recovering surface spectral reflectance” .J. Opt. Soc. Am. A, Vol.3, No.1, pp29-33, 1986.01