

複合現実型 PreViz 映像における映画的照明の付与(2)

—表面反射特性の推定による Relighting の試み—

西沢 孝浩[†] 一刈 良介[†] 柴田 史久[†] 田村 秀行[†]

立命館大学 大学院理工学研究科[†]

1. はじめに

我々は、複合現実感技術を用いて映画制作を支援する MR-PreViz プロジェクトを推進している[1]。本稿では、MR-PreViz システムを用いて照明やカラーフィルタ、色調補正などで作りこまれる画の雰囲気（ルック）を本番撮影前に検討する手法として、仮想照明による再照明処理（Relighting）を提案する。また、仮想照明の効果を実物体に正確に反映させるために表面反射特性を簡単かつ高速に取得する手法について述べる。

2. 表面反射特性の推定による Relighting

ここでいう Relighting とは、MR-PreViz 撮影時に収録した実光景に、仮想光源により意図的に異なった照明効果を付与することを意味している。スタジオ内の撮影では比較的自由に照明を設計できるので、オープンセットやロケ地での撮影で、日照条件がままならない時に大きな威力を発揮する。具体的には図 1 に示すように MR-PreViz 映像に対して 3 つの処理を与える。

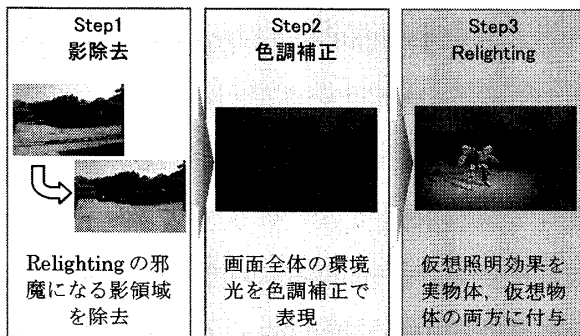


図 1 MR-PreViz における Relighting の流れ

本章では、3 つの処理のうち Step 3 に関して、仮想照明効果を実物体に反映させるために考慮すべき点と、その一般的な解決策について述べる。

2.1. 表面反射特性

一般的にカメラで観測できる物体の輝度値 B は照度 E と物体固有の表面反射特性 S 、カメラの口径や電気的な増幅などによるゲイン τ から式(1)で表せる。

$$B = \tau SE \quad (1)$$

実物体に対して、仮想照明の効果を正確に反映させるためには、その実物体の表面反射特性 S を知っておく必要がある。表面反射特性は二色性反射モデルによって全ての方向に一樣な色を反射する成分である拡散反射成分と、指向性を持つ反射成分である鏡面反射成分の和によって表される。ここで、映画においてのハイライトは画のアクセントとして意図的に加えられるものであり、

Adding cinematic illumination to MR-PreViz (2)

†Estimation method of surface reflectance for relighting

†Graduate school of science and engineering, Ritsumeikan University

Relighting 時には任意の位置に直接付与できる方が都合が良いと考える。そのため鏡面反射成分は推定対象とせず、拡散反射成分のみを推定対象とする。

2.2. 関連研究と本研究の位置付け

上述のように CG を写實的にレンダリングするには実物体の表面反射特性を正確に推定する必要がある。実物体の表面反射特性を取得するために様々な手法が研究されている。Ward ら[2]は Gonioreflectometer と呼ばれる特別なデバイスを開発し、双方向反射率分布関数 (Bidirectional Reflectance Distribution Function; BRDF) として表面反射特性を推定した。福富ら[3] はラジオシティ法を用いてレンダリングした画像と実写画像とを比較し、誤差を最小化させることで BRDF を推定することに成功している。

しかし、これらの手法は、特別なデバイスが必要だったり、実環境を正確にモデル化する必要があるなど、実環境で用いるのは現実的ではない。MR-PreViz 映像の Relighting では既に実世界の照明に照らされている現実物体に仮想照明を加えるため、BRDF のような厳密な反射特性関数を求める必要はなく、ある面をどの程度照らせば RGB 階調値がどの程度増加するのかを求めることができれば良い。そこで、本研究では、被照面の照度を物体色が既知の基準物体を用いて求め、実物体の表面反射特性を高速に推定する手法を採用する。

3. 基準物体を用いた表面反射特性の推定

式(1)より、カメラから取得した画像の画素値を輝度値 B 、ゲイン τ を手動で設定する固定値とすると、照度 E が既知であれば表面反射特性 S を求めることができる。そこで本手法では、照度推定用の基準物体を作成し、基準物体と表面反射特性を求めたい実物体とを同時に映すことで実物体周辺の照度と、表面反射特性を推定する。

3.1. 反射特性推定用基準物体

本研究では、以下の 5 つの条件を満たすように基準物体を作成する。

- 基準物体領域と観測領域の二つの領域を持つ物体として認識される
- 基準物体領域は単色で構成されている
- 鏡面反射成分を殆ど持たない
- 照度変化と物体色変化の対応が既知 (照度-RGB モデルを持つ)
- 基準物体が観測領域に光学的な影響を与えない

照度-RGB モデルとは、照度と物体色の対応を示すモデルである。本稿では照度を変化させ撮影した複数の画像中の基準物体領域の RGB 階調値の最頻値をプロットし、それらの点を元に線形近似することで作成した (0lx のときは、RGB 階調値も 0 と仮定する)。なお、照度-RGB モデルを作成する際には白色光源下で基準物体を撮影する。そのため、実際に基準物体から反射特性を推

定する際にはホワイトバランスの調整を行う必要がある。図 2 に基準物体、図 3 に照度-RGB モデルのグラフを示す。照度と RGB 階調値の関係式を式(2)に示す。

$$E = \alpha(B_c - b_c) / a_c \quad \{c \in R, G, B\} \quad (2)$$

ここで、 α はシャッタースピードなどによる調整値、 a はグラフの傾き、 b は y 切片、 E は照度、 B は画像中の基準物体領域の代表値を示す。

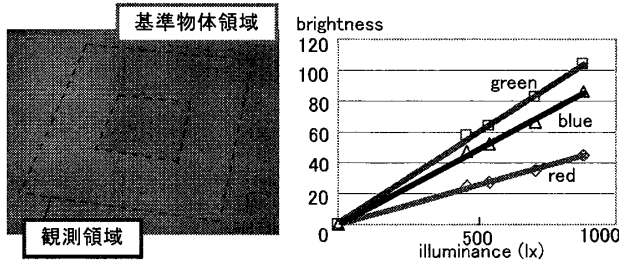


図 2 基準物体

図 3 照度-RGB モデル

3.2. 基準物体を用いた照度推定

3.1 節で述べた基準物体の基準物体領域の色から照度を推定する。拡散反射成分は全ての方向に等しく検出され、物体そのものの色を表す成分という定義から、基準物体領域で最も頻りに現れる RGB 階調値を代表値とし、式(2)に代入することで照度を求める。

3.3. 表面反射特性の推定

画像中の観測領域内で最も多く出現する RGB 階調値を観測領域の表面反射色とみなし、観測領域の代表値とする。取得した代表値を 3.2 節で推定した照度で割ることで 1lx 当たりの RGB 階調値の増加量を算出する。本研究ではこれを物体固有の表面反射特性として実物体に対するライティングに用いる。

4. 照度推定精度実験

基準物体による照度推定の精度を調べるため、実験を行った。本実験で用いたカメラは Point Grey Research 社製の IEEE1394 カメラ GRAS-20S4C-C (解像度: 640 × 480 pixels) である。照度の真値計測用には、コニカミノルタ製の照度計 T-10 を使用した。

カメラは基準物体を囲むように 8 方向に配置し、その複数画像の平均照度と標準偏差を計測した。実験結果を表 1 に示す。

表 1 照度推定実験結果

照度の真値(lx)	450	870	1030	1580
推定照度平均 (lx)	440.841	873.3191	1062.501	1536.322
推定照度の標準偏差	32.37645	46.26486	69.50978	124.5657

標準偏差をみると大きなばらつきが確認でき、カメラと光源位置が相対的に変化することによって基準物体の RGB 階調値が変化することが分かる。しかし、基準物体を囲うようにして撮影した画像ごとの照度を合計し、平均値をとると真値に近い照度が推定できている。従って、本手法によって安定した照度の推定を行うためには、入力画像として基準物体を囲うように複数枚の画像を撮影する必要があると考えられる。

5. 表面反射特性を考慮した Relighting

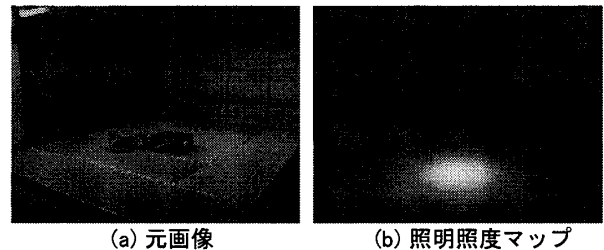
照明が被照面の 1 点に与える照度 E_{light} は式(3)で計算できる。ここで I_θ は光度を表し、照明の配光特性が、光軸からの角度 θ を参照値とする Lookup table の形で保存されている IES (Illuminating Engineering Society) ファイルから計算する。 ϕ は被照点 P から照明 L までの方向ベクトル d_{pl} と、被照点 P における法線ベクトル n が成す角、 $distance(P, L)$ は被照点と照明間の距離である。

$$E_{light} = I_\theta \cos \phi / distance(P, L)^2 \quad (3)$$

次に、照明をあてた後の被照面の RGB 階調値 $B_{lighting}$ を式(4)より算出する。 E_{light} は照明により加えられる照度で式(3)より求める。 E_{img} は Relighting 前の被照面の照度で、元画像の被照面の RGB 階調値 B_{img} を、提案手法によって推定した反射特性で割ることにより求める。

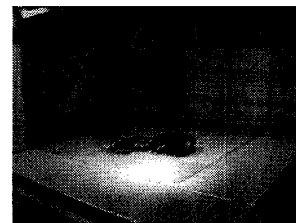
$$B_{lighting} = B_{img}((E_{img} + E_{light}) / E_{img}) \quad (4)$$

これらの処理によって Relighting 処理を行った例を図 4 に示す。(a)は処理を施す前の元画像、(b)は照明による照度マップ、(c)は Relighting 結果である。仮想照明は、遠藤照明社製のスポットライト ES-8886W の IES ファイルを参照して表現した。



(a) 元画像

(b) 照明照度マップ



(c) Relighting 画像

図 4 Relighting 結果画像

6. むすび

本稿では、MR-PreViz でのルック検討を実現するために、実物体の表面反射特性を推定する手法を提案し、提案手法で求めた反射特性を元に Relighting 処理を行った。今後は提案手法による照度推定精度の向上を目指す。

謝辞 本研究は、JST CREST「映画制作を支援する複合現実型可視化技術」による。

参考文献

- [1] 一刈他: 映画制作を支援する複合現実型プレビジュアルゼーションとカメラワーク・オーサリング, 日本 VR 学会論文誌, Vol. 12, No. 3, pp. 343-354, 2007.
- [2] G. J. Ward: Measuring and modeling anisotropic reflection, Proc. SIGGRAPH '92, pp. 265-272, 1992.
- [3] 福富他: 表面反射特性の推定による仮想化現実環境の対話的な照明シミュレーション, 映像情報メディア学会誌, Vol. 57, No. 11, pp. 1-6, 2003.