

Kubelka-Munk 混色モデルによる任意投影面への映像マッピング

Video mapping to any projection surface by the Kubelka-Munk

窓場 真太郎[†]大西宏紀[‡]岡田至弘[‡]

Shintaro Madoba

Hiroki Oonishi

Yoshihiro Okada

1. はじめに

一般的な映像投影では、高輝度のプロジェクタにより濃色に編集された映像を投影する手法が用いられている。しかし投影面の形状や投影面表面下の内部構造に至るまでを考慮することでより良い映像投影を行うことができると考えられる。本研究では、様々な任意投影面に対して遜色ない映像投影を可能とすることを目的とし、スクリーンマネジメントシステムおよび、映像の色管理を行うカラーマネジメントシステムの開発を行った。これらのシステムでは、Kubelka-Munk 混色モデルを用いて映像の色変換を行い、元映像とプロジェクタから出力された映像との見え方を一致させる色変換を行う。

2. Kubelka-Munk 混色モデル

Kubelka-Munk 混色モデルは、複雑な光の散乱係数を考慮することなく混濁物質の光の反射と透過スペクトルの比較や定量的な分析を容易行うことができる。2層からなる任意面の場合、各層の反射率 $R_{1,2}$ は、入射側の層の反射率を R_2 、透過率を T_1 、その下の層の反射率 R_2 とすると式1によって表すことができる。

$$\begin{aligned} R_{1,2} &= R_1 + T_1^2 R_2 (1 + R_1 R_2 + R_1^2 R_2^2 + \dots) \\ &= R_1 + \frac{T_1^2 R_2}{1 - R_1 R_2} \end{aligned} \quad (1)$$

Kubelka-Munk 混色モデルでは、壁面等の塗装膜のような散光性物質についての光の反射は吸収係数と散乱係数とを考慮すれば十分として、色や隠ぺい力等を調べるには、色合わせを理論的に取り扱う上で Kubelka-Munk 混色モデルが用いられている。

提案手法では、Kubelka-Munk 混色モデルを用いスクリーンマネジメントシステムにおいて光学的観点からの色再現を行い、オリジナル映像と遜色ない映像を出力することを目指している。

3. KMT によるスクリーンマネジメントシステム

一般的なカラーマネジメントシステムでは、加法混色により任意投影面に対して映像投影を行うため、オリジナルの映像に比べ投影時には濃色な映像となることが多い。提案手法では、投影面と映像の色差の影響を、光の反射に着目し、色変換をできる限り軽減する。図1に提案手法の処理手順を示す。提案手法では、スクリーンマネジメントシステム(SMS)が投影面の反射率、面上の色を計測し、カラーマネジメントシステム(CMS)が投影映像の色管理を行う。また、環境光やプロジェクタの色再現情報を SMS が管理する。CMS は、SMS によって取得された反射特性と投影する映像の色分布からカラーパレットを作成し、投影時にはこれを用いて色補正を行う。一般的なスクリーンの反射率は 400nm から 800nm まで均等な値であったのに対して、提案手法に用いた塗装された発泡スチロールの反射率を示す。通常のスクリーンは、高輝度の反射率が得られるのに対して、塗膜された目的外の素材に反射率 450nm から 500nm の反射率のみ高く全体の反射率は低い結果が得られた。表1に、同素材に対する色差を L^*a^*b で24色のカラーパッチを基準として計測したものを示す。提案手法では、投影時の色の推定を行うため、分光反射率の推定を行う。分光反射率は、環境光等の照明に依存しない性質があり、様々な環境下での色再現を行うことができる。

[†] 龍谷大学大学院 Graduate school, Ryukoku Univ.

[‡] 龍谷大学古典籍デジタルアーカイブ研究センター Ryukoku Univ. DARC.

表1. 色差結果

色差 (DeltaE)	
一般スクリーン	発泡スチロール
8.13	39.28

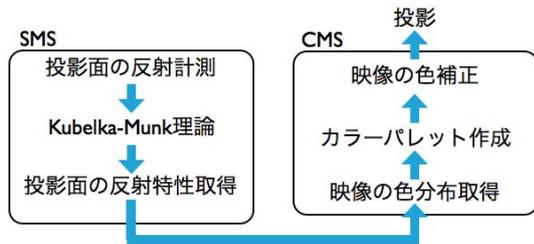


図1. 本研究の処理手順

4. 評価

塗装された発泡スチロールに提案手法を適応するため、表面の反射率と色差を計測した。これらの画像を表2に示す主観評価項目により10名の本学学生によって評価した。被験者には、あらかじめ表2の項目リストの1または2のどちらかを選択または無回答を選択できるものとした。図2に示す結果は、横軸は項目、縦軸は被験者数を示している。図2を参照すると、適応前に比べ見やすく立体的であるとする回答が多かったのに対して、L2のザラザラ、O2のブレありの項目では評価が低い結果となった。提案手法では、幾何学補正を考慮していなかった点が以上の結果に繋がったと考えられる。また、色補正を映像の中心色に重点を置いた為、他色が不自然となった。

表2. 投影映像評価の詳細項目

	1	2		1	2
A	見やすい	見にくい	J	鮮やか	くすみ
B	鋭い	鈍い	K	暖かい	冷たい
C	光沢	非光沢	L	サラサラ	ザラザラ
D	自然な	不自然な	M	乾いた	湿った
E	立体的	平面的	N	透明	不透明
F	金属的	非金属的	O	ブレなし	ブレあり
G	厚い	薄い	P	違和感なし	違和感あり
H	迫力ある	迫力なし	Q	綺麗	汚い
I	明るい	暗い	R	ツルツル	ネバネバ

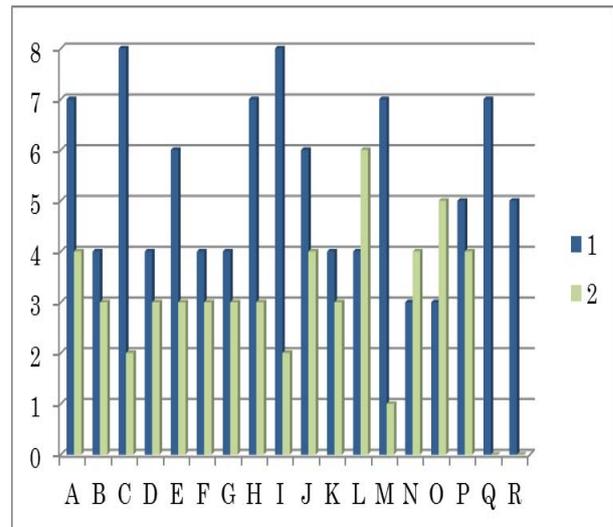


図2. 主観評価集計結果

5. おわりに

本研究では任意投影面における映像投影を行う手法として Kubelka-Munk 混色モデルを用いた提案を行った。提案手法により、奥行きのある立体感が強調を実現できたが、周辺の他色に不自然さが残った。Kubelka-Munk 混色モデルでは、多次元方向の入射角や反射角について考慮されておらず、環境光を含んだ多次元の反射分布も元映像と遜色ない投影への影響が考えられる。今後は、これらの要素に関しても考察して、提案手法の精度向上を図っていく。

参考文献

[1] 橋本 直己, 渡邊 暁 “環境変化に対応する動的映像補正手法,” 映像情報メディア学会., 2012.

[2] 森内 優介, 堀内 隆彦, 富永 昌治 “主成分分析による化粧品ファンデーション反射解析とその応用,” 電子情報通信学会., IEICE Technical Report., 2009.

[3] 池田 直子, 引間 理恵, 丹野 修 “クベルカームンク理論に基づいたファンデーション塗布肌の分光反射率の推定,” 電子情報通信学会論文誌., 2009.

[4] Zhou Wang, Member, IEEE, Alan C. Bovik, “Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity,” IEEE TRANSACTIONS ON IMAGEPROCESSING, 2004.

[5] 細貝 彩乃, 橋本 直己, 佐藤 美恵, “動的輝度補正を付加したプロジェクションマッピングの検討. 映像情報メディア学会技術報告, ITE Technical report., 2013.