

遮光性能を考慮したカーテンの仮想試着システム A Virtual Fitting System for Curtains Considering Light Blocking Effect

蟹江 秀俊[†] 浦 正広[‡] 宮田 一乗[†]
Hidetoshi Kanie Masahiro Ura Kazunori Miyata

1. はじめに

カーテンは空間を彩るだけでなく、外光の遮断や適度な取り入れの役割も果たす。この遮光性には表 1 で示すように基準が定められており[1]、カーテン選択の参考として用いられている。カーテンの多機能化に伴い防炎性などの付加価値が増えるなか、遮光性はカーテンの購入時に機能面において最も重視される要素という調査もある[2]。

カーテンは販売店で見る印象と実際に部屋で装着する印象が異なる場合がある。この問題に対して、AR 技術を用いたカーテンの仮想試着システムがある[3]。しかし、現実空間にカーテンのモデルを重畳表示させるだけであり、遮光までは再現できていない。室内の物体へのカーテンの色移りなど、印象に差異が生じる一因に遮光の影響が考えられ、問題の解消には至っていない。CG によるカーテンの透過表現の研究もあるが、白色のものが対象であり、一般に用いられる色彩豊かなものは表現できない[4]。カーテンを借りて、実際に部屋に装着できるサービスも行われているが、実物が必要であり搬送などの手間も生じる。

そこで本研究では、遮光性能を考慮したカーテンの仮想試着システムを提案する。

2. 遮光性能を考慮した仮想試着システムの設計

インタラクティブなレンダリングを実現するため、部屋の形状や壁面の色といった室内情報の入力部に Python、レンダリング部に Unreal Engine を用いてシステムを構成する。

2.1 室内情報の入力

対話的に数値や位置を指定することで室内情報を設定する。なお、計算の高速化と入力の単純化のために、室内は壁に凹凸のない直方体、窓は 1 つという環境に限定する。

まず、室内の寸法を入力し、つぎに、窓の大きさや位置を指定する。つづいて、撮影した部屋の画像から壁の位置を選択して壁色を抽出する。この工程で得られた数値情報を JSON 形式で Unreal Engine に渡すことで、実空間の部屋と同条件の仮想的な部屋を構築する。

表 1 遮光等級判定基準 ([1]より)

等級	遮光率	状態表現
1 級	99.99%~	人の顔の表情を識別できない
2 級	99.80~99.99%	人の顔あるいは表情がわかる
3 級	99.40~99.80%	人の表情はわかるが事務作業には暗い
等級外	~99.40%	

[†] 北陸先端科学技術大学院大学, JAIST

[‡] 金沢工業大学, KIT

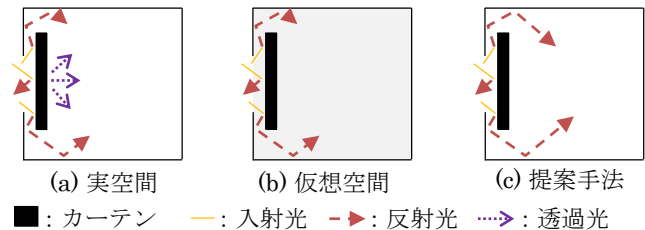


図 1 実空間と仮想空間における光の作用

2.2 透過光の表現

実空間におけるカーテンの場合、入射光、反射光、散乱光により空間が照らされる (図 1-a)。Unreal Engine においては、透過散乱の色を表現することは可能であるが、光を照射することができない (図 1-b)。そのため、単純にカーテンのオブジェクトに遮光率と同等の透過率を設定するだけでは、期待する結果は得られない。そこで、透過散乱光の色に加えて反射光を強調させることで、疑似的な遮光表現を実現する (図 1-c)。

透過散乱光のカーテンの色表現は、物体の表面下の色設定の機能により再現する。遮光率 100% であれば室内に入る光は 0%、反対に遮光率 0% のときは 100% となり、透過率と透過光のブレンド率は 1:1 の正比例となる。これを踏まえて、式(1)により表面下の色を算出する。ここで、 H は色相、 S は彩度、 V は明度、 B はカーテンの遮光率をそれぞれ表し、 C_h, C_s, C_v はカーテン、 D_h, D_s, D_v は外光の色相、彩度、明度をそれぞれ表す。

$$\begin{pmatrix} H \\ S \\ V \end{pmatrix} = \frac{B}{100} \begin{pmatrix} C_h \\ C_s \\ C_v \end{pmatrix} + \left(1 - \frac{B}{100}\right) \begin{pmatrix} D_h \\ D_s \\ D_v \end{pmatrix} \quad (B \leq 100) \quad (1)$$

室内の明るさと色味は、実空間では反射光と透過光の影響で変化するが、本提案では反射光の強調により再現する。Unreal Engine には、拡散の強弱によりグローバルイルミネーションの強度を設定する DiffuseBoost というパラメータがある。このパラメータは実空間の物理量とは直接的な関係性がないため、実空間を構成する要素をそのままではめることができない。DiffuseBoost が 1.0 の場合は拡散反射光を強調しないため、遮光率 100% の状態といえる。また、実空間と仮想空間の目視により、DiffuseBoost が 3.0 の場合において遮光 3 級と同等の室内の明るさであった。以上より、式(2)により DiffuseBoost の値を算出する。ここで、 D は DiffuseBoost の値、 B は式(1)同様にカーテンの遮光率を表す。

$$D = 1 + (1000 - 10B) \quad (2)$$

3. 評価

提案手法により、各遮光等級における実際のカーテンの遮光、すなわち、カーテンの透過、および、室内の明るさと色味が再現できているか検証する。

検証環境を示す。実空間においては、窓が 1 つある部屋において、窓の外に照度を変更可能な光源を設置し、窓の内側にカーテンを装着する。仮想空間においては、Unreal Engine によりこの実空間の部屋、窓、カーテンの各サイズの等しい空間を構築し、光源の照度も実際のものと同じにさせる。カメラの位置、画角を実空間と仮想空間で統一することで、同様の画像が得られるようにする。ColorChecker により色情報を補正して統一した実空間の撮影画像、および、前節で述べた計算式に基づいた仮想空間のレンダリング画像について、式(3)で算出される画像ヒストグラムの類似度を用いて比較する。ここで H_1 、 H_2 は、比較する 2 つのヒストグラムを、 I はヒストグラムのレベルを表す。

$$d(H_1, H_2) = \sum_I \min(H_1(I), H_2(I)) \quad (3)$$

カーテンの透過表現の再現性を確認するため、図 2 で示す画像のカーテン部分のみを切り出し、式(3)により類似度を算出した。結果、表 2 に示す類似度が得られた。表においては、実空間と仮想空間のそれぞれの各遮光等級の画像類似度を算出している。表より、1 級と等級外の撮影画像の類似度は、他の等級の画像との比較よりも同等級の画像の類似度が最も高くなった。いっぽう、2 級と 3 級の撮影画像では、それぞれ 1 級と等級外の類似度が最も高く、上下に寄る結果となった。最高の類似度で 50%程度にとどまっており、これは図からわかるように、実物に比べて、レンダリングによるカーテンの明度が低いことが要因と考える。そのため、表面下の色をより明るくするといった改善が必要である。

つぎに、室内の明るさ、および、色味の類似度を確認するため、画像からカーテン部を除いてヒストグラムを生成し、同様に式(3)により類似度を求めた。結果、表 3 に示す類似度が得られた。1 級と 2 級では、同級の撮影画像とレンダリング画像の類似度が最も高い結果となった。いっぽう、3 級と等級外では、2 級のレンダリング画像との類似度が最も高かった。そのため、高遮光率ではより暗く、低遮光率ではより明るくなるよう、DiffuseBoost の値を調整する改善が必要である。

4. おわりに

本研究では、遮光性能を考慮したカーテンの仮想試着システムを提案した。これにより、従来は考慮されていなかった、遮光率に基づいたカーテンと空間の表現を実現した。

検証において実空間との差異が見られたため、遮光表現の計算式を改善し、より実空間に近づけることが必要となる。また、カーテンは時間帯や天候、遮光物などの周辺環境の変化により、異なった印象を与える。そのため、これらパラメータを反映させたシミュレーション環境を構築して、実用性を高める工夫も求められる。本提案においては閲覧環境として PC を用いたが、試着という位置づけを踏まえると没入感の高い鑑賞環境が好ましく、HMD や AR への対応も検討したい。

参考文献

- [1] 一般社団法人日本インテリアファブリックス協会, “表示基準、試験方法及び判定基準 1-1 遮光 (カーテン)”, http://nif.or.jp/mark/images/performance_01_2013.pdf
- [2] マイボイスコム株式会社, “カーテン・ブラインドに関するアンケート調査” https://myel.myvoice.jp/products/detail.php?product_id=17107
- [3] 株式会社 LIFULL, “LIFULL HOME’S Room Style AR”, https://play.google.com/store/apps/details?id=com.lifull.homes.android.roomstyle_ar
- [4] 飛谷ほか, “Microfacet BSDF モデルを用いた織布の CG 表現”, 精密工芸会誌, Vol.79, No11, pp.1165-1170 (2013)









等級	撮影画像	レンダリング画像
1		
2		
3		
外		

図 2 実空間と仮想空間における等級による変化

表 2 カーテン部分のヒストグラム類似度

		レンダリング画像			
		1 級	2 級	3 級	等級外
撮影画像	1 級	50.01%	15.58%	5.18%	4.18%
	2 級	36.00%	22.37%	12.76%	11.49%
	3 級	12.45%	42.46%	42.46%	42.98%
	等級外	9.89%	25.56%	27.76%	28.44%

表 3 カーテン部を除いたヒストグラム類似度

		レンダリング画像			
		1 級	2 級	3 級	等級外
撮影画像	1 級	38.85%	22.69%	3.62%	1.52%
	2 級	56.56%	70.40%	60.58%	46.98%
	3 級	50.28%	68.40%	60.82%	57.03%
	等級外	55.56%	67.72%	50.32%	49.60%