

深層学習による光沢のある布の双方向反射率分布関数の推定

穂莉彩音[†] 寺田望^{†*} 清水郁子[†]

[†]東京農工大学 知能情報システム工学科

1 はじめに

コンピュータグラフィックスでは、材質の反射特性を表現するための双方向反射率分布関数 (Bidirectional Reflectance Distribution Function, 以下 BRDF) を用いて材質の外観を表現する。BRDF に適切なパラメータを与えればリアルな見た目が実現できるが、適切なパラメータを設定することは手間のかかる作業である。そのため近年では、深層学習により画像の見え方と BRDF モデルのパラメータの関係を学習することで BRDF のパラメータを推定する研究が盛んに行われている。例えば、等方性の材質に適用可能な手法 [1] を拡張し、フラッシュありの 1 枚の画像を入力として非等方な光学的性質をもつ金属のような材質の BRDF を推定する手法 [2] が提案されている。しかし、この手法では、光沢のある布のような模様・ハイライト・陰影を持つ素材を対象とした場合に推定に失敗する。

そこで、本研究では、光沢のある布のような素材を対象として頑健な BRDF パラメータを推定することを目的とし、異方性の金属のような材質に対して優れた推定性能を示した Terada らの手法 [2] を拡張し、入力としてフラッシュありの画像に加えフラッシュなしの画像を用いることで BRDF を推定する。また、損失関数や推定するパラメータの種類についても改良を行い、合成データおよび実データを用いて実験を行った。本稿では代表的な結果を紹介する。従来手法 [2] と同様に、様々な光学的な性質をもつ材質を扱える Disney Principled BRDF のパラメータを推定する。

2 提案手法

提案手法では、入力画像として、フラッシュを焚いて撮影した画像とフラッシュを焚かずに環境光のみで撮影した画像の 2 枚を用いる。この 2 枚を用いる理由は、Aitalla ら [3] により、フラッシュの有無によって模様・ハイライト・陰影が区別されることが指摘されていることによる。これら 2 枚を入力とすることで、従来フラッシュありのみの画像のレンダリングに関する損失関数のみを用いていたのに対し、フラッシュなしの画像のレンダリングに関する損失関数を導入し、環境光のみでのレンダリングしたときの特徴を捉えた BRDF が推定可能になる。

A Method for Estimation of Spatially Varying Bidirectional Reflectance Distribution Functions for Lustrous Material by Deep Learning

Ayane HOKARI[†], Nozomu TERADA^{†*} and Ikuko SHIMIZU[†]

[†]Faculty of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology, 184-8588, Tokyo, Japan
s216691v@st.go.tuat.ac.jp

深層学習のネットワーク構造は Terada らの手法 [2] と同様であるが、入力画像枚数が 1 枚から 2 枚に拡張されている。ネットワークの全体像を以下の図 1 に示す。

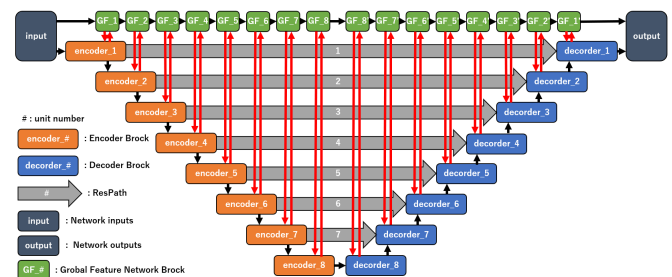


図 1: ネットワークの全体像

損失関数は、従来手法 [2] で用いられた 3 つの損失関数に加え、環境光 Rendering Loss と名付けた損失関数を導入する。Rendering Loss はネットワーク中で出力パラメータマップと正解パラメータマップをレンダリングし、その結果同士を比較した結果を用いるもので、BRDF のパラメータ推定を行うタスクにおいて一般的に使用されている。環境光 Rendering Loss では素材の模様をより明確に捉えるため、環境光のみでレンダリングを行う。

また、従来手法 [2] では、金属の異方性をより頑健に推定するために、Disney Principled BRDF の各パラメータのうち sheen, sheenTint, specularTint を推定していない。このうち sheen と sheenTint は布の反射を表すパラメータであり、specularTint は非金属の鏡面反射を表すパラメータである。本手法は光沢のある布のパラメータを推定することから、これらのパラメータは重要な意味を持つため、これらを含んだ全パラメータを推定する。

3 実験

3.1 学習

学習に用いるデータセットは、Disney Principled BRDF モデルに基づいた等方性および異方性のパラメータセットから成る計 20000 個の BRDF データである。この各 BRDF を 10 回ずつ異なる照明条件でレンダリングしたものと、同じ照明条件でレンダリングしたものと、対応する BRDF データのペアで構成された計 200000 個のレンダリングされた画像データセットを作成した。

実験では、バッチサイズ 4 で学習を行い、固定学習率 0.00002 の Adam オプティマイザを使用した。環境

光 Rendering Loss の有無比較では 20000 個, その他は 200000 個のデータを用いて学習を行った。なお, 200000 個のデータを用いる場合, RTX3060 GPU を用いて収束までにおよそ 4 日程度要した。

3.2 環境光 Rendering Loss の効果

従来手法 [2] の損失関数で学習を行った場合と, 環境光 Rendering Loss を加えて学習を行った場合の結果を図 2 に示す。改良後の提案手法では, ベースカラーがより入力に近づいている。また, 凹凸度合いを示すマップがより細かな特徴まで捉えられている。これは環境光 Rendering Loss を導入したことで, 比較的暗い照明条件での特徴を捉えられるようになったと考えられる。

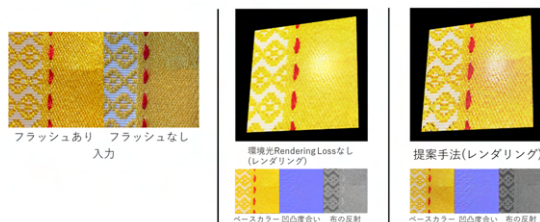


図 2: 環境光 RenderingLoss なしの手法と提案手法の結果

3.3 従来手法 [2] との比較

フラッシュあり 1 枚を入力とする従来手法 [2] とフラッシュありに加え環境光のみの画像を合わせて入力とする提案手法の比較結果を示す。

まず, 光沢のある布の合成データを入力として与えた場合のレンダリング結果と, 代表的なパラメータマップを図 3 に示す。レンダリング結果を比較すると, 従来手法の方が良い結果になった。提案手法は金色のプリントの反射がほとんどなく, 細かな陰影も捉えられていない。パラメータマップ同士の比較では改良後のマップの方が正解マップには近いものの, BRDF パラメータは相互作用しているため, レンダリング結果は正解と大きく異なるものになっていると推測できる。

次に, 光沢のある布の実データを入力として与えた場合のレンダリング結果と, 代表的なパラメータマップを図 4 に示す。従来手法は素材に含まれるシワが模様として推定されていることがベースカラーのマップからわかる。提案手法は単純な模様のみになっており, レンダリング結果も布らしい凹凸や色味が再現されている。

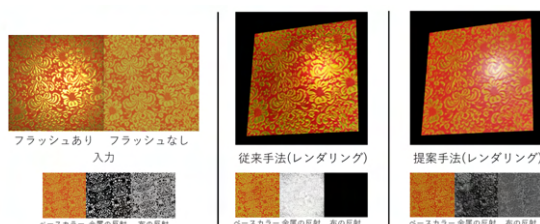


図 3: 合成データにおける従来手法と提案手法の出力の比較

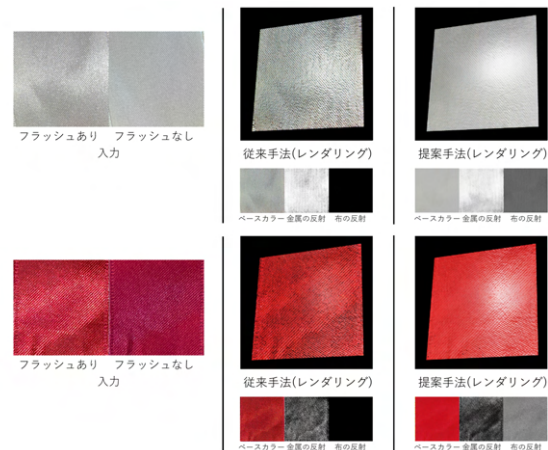


図 4: 実データにおける従来手法と提案手法の出力の比較

最後に, 上手く推定出来なかった画像について図 5 に示す。どちらも強いハイライトと陰影を模様として推定しているため, レンダリングした結果が不自然である。また, 提案手法では, ハイライトが金属の光沢として推定されている。原因として, フラッシュなしの画像に既に大きな陰影が含まれることが挙げられる。フラッシュなしの画像に陰影が含まれず, フラッシュありの画像にハイライトや光沢感が含まれる画像であれば正しく推定されると推測できる。

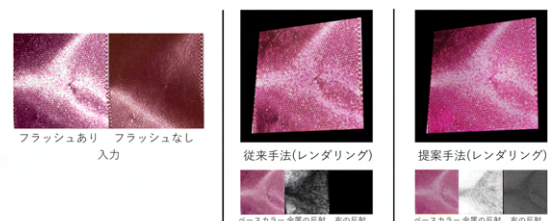


図 5: 強いハイライトと陰影

4 まとめ

本稿では, フラッシュあり, フラッシュなしの 2 枚の画像を入力として深層学習により光沢のある布に対応する Disney Principled BRDF モデルのパラメータ推定を行う手法を提案した。1 枚の画像を入力とした場合より, 実データに対する頑健性の向上が可能であることを示した。

参考文献

- [1] V. Deschaintre, et al, “Single-Image SVBRDF Capture with a Rendering-Aware Deep Network,” ACM Trans. Graph. 37, 4, Article 128, 15 pages (2018).
- [2] Nozomu Terada, Ikuko Shimizu, “One-shot SVBRDF Estimation Including Anisotropic material”, Proc. ACM SIGGRAPH European Conference on Visual Media Production (2021).
- [3] Aittala, M., Weyrich, T., Lehtinen, “J. Two-Shot SVBRDF Capture for Stationary Materials,” ACM Trans. Graph. 34, 4, Article 110, 13 pages (2015).