

“Interactive Intrinsic Video Editing”の実装報告

藤堂 英樹^{1,a)}

概要：本稿では、SIGGRAPH Asia 2014 で発表された論文 “Interactive Intrinsic Video Editing” [1] を実装し、その手法の特徴を分析する。この論文では、画像を反射成分と照明成分に分解する Intrinsic Images を動画に適用向けに拡張している。特色は微分値に着目した Intrinsic Images 分解であり、フレーム間で連続した結果が得られるように工夫も行われている。

キーワード：Intrinsic Images, 反射画像, 照明画像, 動画編集

1. 手法概要

“Interactive Intrinsic Video Editing” [1] の著者ページでは、提案手法のデモ動画や実験用の動画データセットが公開されている。

この論文で提案された動画編集手法は、Intrinsic Images の分解を動画に適用することで実現される。

提案手法のステップは大きく分けて、微分値による Intrinsic Images, フレーム間の連続性最適化処理の2つのステップにより構成される。以下では、各ステップの要素技術について簡単に紹介する。

2. 微分値による Intrinsic Images

Intrinsic Images では、入力画像 \mathbf{I} を反射成分 \mathbf{R} と照明成分 S に分解する。この論文では、照明成分 S はモノクロ画像として分解し、 \mathbf{I} , \mathbf{R} は RGB 画像となる。各画素 x において、 $\mathbf{I}(x) = S(x)\mathbf{R}(x)$ が成り立つと仮定して分解する。

この論文の最適化の特色は、各成分の微分値に着目している点である。

まず、RGB 画像 \mathbf{I} をモノクロ画像 I に変換し、 $I = SR$ の簡略化した照明モデルを考える。各画像をログ変換して $\log I = \log S + \log R$ の和の形に分解し、 $\nabla \log I = \nabla \log S + \nabla \log R$ の微分値による制約を考える。

各成分を $i = \nabla \log I$, $s = \nabla \log S$, $r = \nabla \log R$ として簡略化表記すると、提案された最適化の目的関数は以下の形で定義されている。

$$E(s, r) = \sum_x \|i - s - r\|^2 + \lambda_s \|s\|^2 + \lambda_r \|r\|^p, \quad (1)$$

¹ 中央学院大学 現代教養学部
〒270-1196 千葉県我孫子市久寺家 451 研究棟 708 研究室

a) todo@fla.cgu.ac.jp

ここで、 $\|i - s - r\|^2$ はデータ項、 $\lambda_s \|s\|^2$ は照明成分の平滑化項、 $\lambda_r \|r\|^p$ は反射成分のスパース正則化項である。

この最適化式は、各 s , r に関して微分すると、 r を逐次更新する反復再重み付け最小二乗法の形に落とし込むことができ、100 回程度の更新処理で結果を収束させることができる。

求めた r は単一チャンネルであるため、 $s = i - r$ として照明成分の微分値を復元する。 $\nabla \log S = s$ となるように、Poisson 方程式の形で $\log S$ を復元し、指数変換することで最終的な照明成分 S を得ることができる。残りの反射成分は、 $\mathbf{R} = S/\mathbf{I}$ の形で求められる。

3. フレーム間の連続性最適化

Intrinsic 画像分解で得られる結果は、単一画像向けのものであるので、フレーム間の連続性が増すよう調整する必要がある。

この論文では、さらに、反射成分のクラスタリング、時間方向の連続性最適化を照明成分の制約に置き換え、Poisson 方程式部分に組み込むことで各フレームの S を再構成している。間接的に求められた \mathbf{R} がフレーム間で連続になるよう最適化されているのがこの手法の面白い部分である。

より正確な分解には、ユーザーストロークによる追加制約が必要になるが各ステップがシンプルで興味深いアプローチである。

参考文献

- [1] Bonneel, N., Sunkavalli, K., Tompkin, J., Sun, D., Paris, S. and Pfister, H.: Interactive Intrinsic Video Editing, *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 33, No. 6, pp. 197:1–197:10 (2014).