

独立成分分析を用いた 光源色・光源方向の変動を伴う画像の反射成分の分離

中川 知美[†] 岡部 孝弘[†]
[†]九州工業大学情報工学部知能情報工学科

1. はじめに

物体の見えは、物体を照らす光源の色と方向の両方に依存する。近年、光源装置の進化により、様々な色・方向の光源下での物体の撮影が可能になり、そのイメージベースモデリングや物体(マテリアル)認識への応用が注目を集めている[1]。

画像は、一般に、どの方向から見ても同じ明るさで物体に固有の色を持つ拡散反射成分と、正反射方向で明るく観察され光源と同じ色を持つ鏡面反射成分の二つで構成されている。これらの反射成分を分離することは、画像の認識・理解の前処理としてだけでなく、質感の編集などにおいても重要である。

本稿では、光源色・光源方向の変動を伴う画像を対象として、独立成分分析 (Independent Component Analysis: ICA) を用いて反射成分の分離を行う手法を提案する。提案手法には、(i)光源色・光源方向の較正が不要で、(ii)画素ごとに独立な処理で反射成分を分離することができるという特長がある。

2. 提案手法

物体表面上のある点において観察される明るさは、一般に、拡散反射成分と鏡面反射成分の和であり、各々の反射成分は光源色に依存するスペクトル項と光源方向に依存する幾何学項の積で表現される。したがって、ある点において、 I 個の光源方向、各光源方向あたり J 個の光源色の下で観察される RGB の画素値を並べた $3J \times I$ の行列 \mathbf{X} は、 $3J \times 2$ の行列 \mathbf{S} と $2 \times I$ の行列 \mathbf{G} の積

$$\mathbf{X} = \mathbf{S}\mathbf{G} = \begin{pmatrix} \mathbf{s}_1 & \mathbf{s}_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{g}_1^T \\ \mathbf{g}_2^T \end{pmatrix} = \mathbf{s}_1\mathbf{g}_1^T + \mathbf{s}_2\mathbf{g}_2^T \quad (1)$$

で表現される。ここで行列 \mathbf{S} の各列 $\mathbf{s}_1, \mathbf{s}_2$ は光源の色(とカメラのチャンネル)が変化するときの拡散反射成分と鏡面反射成分の強度の変化を表し、行列 \mathbf{G} の各行 $\mathbf{g}_1^T, \mathbf{g}_2^T$ は光源の方向が変化するときの拡散反射成分と鏡面反射成分の強度の変化を表す。

提案手法では、行列 \mathbf{G} の各行を原信号、行列 \mathbf{S} を混合行列、行列 \mathbf{X} の各行を混合信号とみなして、既知の行列 \mathbf{X} に ICA を適用して、反射成分の分離を行う。本研究では、不動点法を用いてネグエントロピーの最大化、つまり、非ガウス性の最大化を行う FastICA アルゴリズム[2]を用いる。

なお、ICA を用いて求めた独立成分のうちどちらが拡散

反射成分/鏡面反射成分に対応しているのかは不定である。そこで提案手法では、拡散反射と鏡面反射がそれぞれ鈍い/鋭い反射であることに着目して判別を行う。具体的には、 $\mathbf{s}_1\mathbf{g}_1^T$ と $\mathbf{s}_2\mathbf{g}_2^T$ の各々について、画素値がある閾値を超えた回数を数えて、その回数が多い方を拡散反射成分、少ない方を鏡面反射成分とする。

3. 実験

20 方向 ($I=20$)・6 色 ($J=6$) の光源の下で撮影された 120 枚の画像を用いた実験を行った。図 1 に入力画像 (a) と分離結果 (b)(c) の一部を示す。ここでは、反射成分を分離する閾値として、行列 \mathbf{X} の要素の六分位数を用いた。

ハイライトが鏡面反射成分 (c) として、それ以外が拡散反射成分 (b) として分離されていることから、提案手法が概ねうまく働いていることが分かる。一方、拡散反射成分の一部が鏡面反射成分として分離されていることから、提案手法には改善の余地があることも分かる。

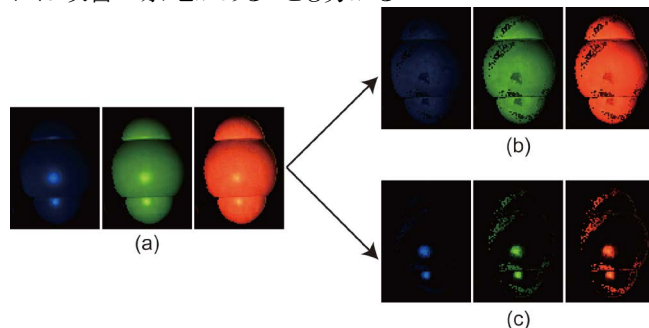


図 1: 分離結果

4. むすび

反射成分がスペクトル項と幾何学項の積で表現されることに着目して、ICA を用いた反射成分の分離手法を提案した。被写体の特性などを考慮した精度向上は今後の課題である。本研究の一部は、JSPS 科研費 (No. 25280057) の助成を受けた。

参考文献

- [1] J. Gu and C. Liu, "Discriminative illumination: per-pixel classification of raw materials based on optimal projections of spectral BRDF", In Proc. IEEE Conf. CVPR2012, pp.797-804, 2012.
- [2] A. Hyvärinen and E. Oja, "A fast fixed-point algorithm for independent component analysis", Neural Computation, 9(7), pp.1483-1492, 1997.