

## 球面領域判定を用いた一枚の画像からの光源位置推定に関する検討

## A Fundamental Study of Estimating Lighting Source's Position from a Single Image by Detecting Spherical Regions

立松 直倫<sup>1</sup>  
Naotomo Tatematsu徐 栄<sup>1</sup>  
Rong Xu大谷 淳<sup>1</sup>  
Jun Ohya川村 春美<sup>2</sup>  
Harumi Kawamura米村 俊一<sup>3</sup>  
Shunichi Yonemura

## 1. まえがき

筆者らは、臨場感の高い映像生成技術の確立を目指し、異なる環境下で取得された異なるシーンの映像から映像中の光源情報(数, 位置, 強度)を推定し変換を加えることで、光学的整合性を保った合成映像を生成する手法の検討を進めている。映像からの光源の位置や強度等を推定する研究は過去にも盛んに行われている。従来法としてはDebevec[1]の金属球を用いる方法, 佐藤[2]の魚眼レンズを使用する方法, 大倉[3]の全方位カメラを用いる手法が挙げられる。これらの手法を利用する際には、特殊なカメラや金属球を用いて撮像を行う必要があり、これらを利用していない映像への適用は行えない。また佐藤[4]らのソフトシャドウを用いて照明環境を推定する方法も存在するが物体の三次元情報と色彩情報が既知である必要がある。そこで、本研究ではMorenoらの「Compositing Images through Light Source Detection」の手法[5]に注目した。Morenoらの手法は、複雑な実装やキャリブレーションが不要であり、また特殊な機器や設備が不要である。本論文では2章でMorenoらの手法の概要と問題点を示し、3章でその問題点を解決する提案手法を述べる。4章で従来法との比較結果を示し、5章で結論と今後の研究課題について述べる。

## 2. Morenoらの手法の概要と問題点

Morenoらの手法は、物体毎に行う光源方向の推定処理と複数の物体の光源方向の推定結果から光源の三次元位置を推定する二つの処理で構成される。

## 2.1 光源方向推定処理

単一の物体から光源の方向を推定する処理では、X軸周りの回転である $\phi$ とZ軸周りの回転である $\theta$ を用いて光源の方向を推定する(図1(2))。初めに物体と背景の境界である輪郭部分のピクセルを抽出し、Fuzzy-Kmeansにより輪郭が局所的に明るい画素を選択する(図1(3))。選択した画素をY軸とZ軸の極座標系上の点に投影し $\phi$ を求める。次に対象画像を回転させ(図1(4))、照度の値をスキャンし最初のピークの画素を求め(図1(5))、球面に投影して $\theta$ を求め、光源方向の推定を完了する(図1(6))

本処理には、以下の二つの問題が存在する。

**【問題1】** ピークの個所の局所的な物体表面が窪んでいる等の理由で完全な球面ではない場合、推定結果に誤りが生じる可能性がある。

**【問題2】** 実画像の場合、 $\phi$ 及び $\theta$ の推定結果と近傍の最も照度が高い画素がずれるケースが存在する。

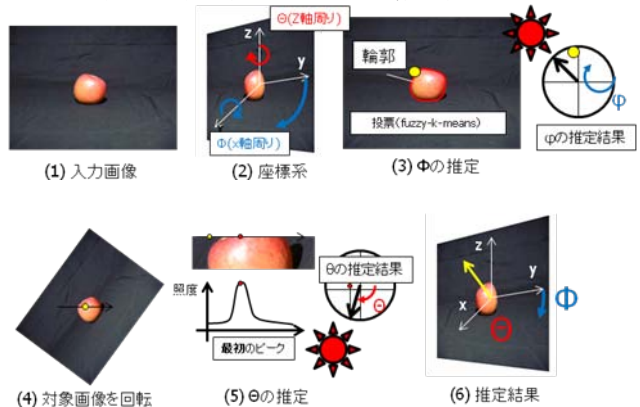


図1 Morenoらの手法の概要

## 2.2 光源三次元位置推定処理

光源の3次元位置の推定は各々の物体の光源方向を元に三角測量の原理を用いて行う。理論上は光源の位置は一点で交わるが実際には一点で交わらないことが多いため、二つ直線の距離が最小となる直線の midpoint を推定結果とする。本処理では、以下の問題が存在する。

**【問題3】** 角度推定に誤差が含まれる場合、光源位置の推定結果に誤りが生じる。極端な場合は光源が物体の前面にある場合でも、推定結果が物体の背面になるケースがある。

## 3. 提案手法

本手法では、Morenoらの手法に以下の改良を加えた。

**【問題1に対する改良】 NG領域判定の実施**

NG領域(誤推定が発生する領域)という考え方を導入して正しい推定結果のデータのみを入力として推定を行う。従来手法の場合、図2のように光源方向の局所的な物体表面に窪みがある場合、窪みの左側の部分をハイライトとして誤った推定を行ってしまう。正しい推定結果は谷間の位置になるが、この照度のプロファイルから正しい照明位置の推定を行うことは難しい。

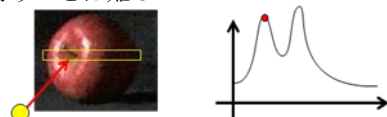


図2 Morenoらの手法の誤推定の例

そこで、図2の照度プロファイルのようにピークが複数存在する領域を図3の処理でNG領域として抽出する。NG領域の検出は、 $\theta$ の算出時に二つ以上のピークが検出され

1 早稲田大学理工学術院国際情報通信研究科, Waseda Univ.,GITS

2 NTTサイバースペース研究所, NTT Cyber Space Laboratories

3 早稲田大学理工学術院国際情報通信研究センター, Waseda Univ.GITI

た場合のみ行う。対象の画素の上下方向の行の画素をスキャンし、ピークが複数存在するかどうかをチェックする。スキャンはピークが一つになるまで続け、ピークが複数存在する領域を NG 領域とする。推定時に輪郭の画素と物体の中心との間に NG 領域が存在する光源角度推定データは推定結果が誤っている可能性があるため、利用しない。

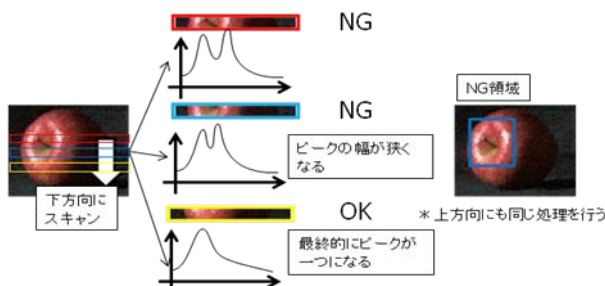


図3 NG領域スキャン処理

また、カメラ位置と物体位置が固定で、光源位置のみ異なる画像が複数存在する場合には、画素毎に NG 領域として分類された回数をカウントし、カウントされた回数が閾値以上の画素を NG 領域として扱い、一部の画像の局所的なノイズの影響を最小限に抑え、推定精度を向上させる。

#### 【問題2に対する改良】近傍のハイライトの探索

従来法では、推定した  $\phi$  と  $\theta$  の結果と一番照度が高い画素がずれるケースが存在する。提案手法ではその対策として、近傍の画素をスキャンして照度が一番高い画素を探し、その画素の位置を基に  $\phi$  と  $\theta$  の再推定を行う。(図4)

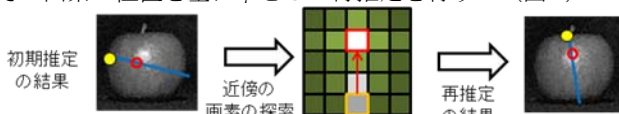


図4 近傍のハイライトの検索処理

#### 【問題3に対する改良】光源推定のアルゴリズム変更

従来法は高さ方向の照明方向の推定精度が悪いため、本提案手法では、光源の角度推定ベクトルの Z 成分を各ベクトルの Z 座標の値の平均とし、三角測量の原理で光源位置の推定を行う。それでもなお光源位置の推定結果の Z 座標と、ベクトルの Z 座標の値の符号が異なる場合には、推定に使用した各物体の中心の重心を起点とする、各光源の推定方向の平均に対応するベクトルを考え、そのベクトルの終点の位置を光源位置の推定結果とする。

## 4. 実験結果

図5の3つの画像に対して、提案手法と Moreno らの従来法の光源位置の推定精度の比較を実験により行った。各実験画像には異なる向きの3つのりんごが置いてある。3つの画像は、光源の位置がそれぞれ異なる。

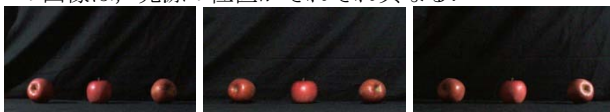


図5 実験で使った画像

従来法による推定を行い、推定された光源位置に照明を設定し、CG 物体 (ティーポット) をレンダリングした結果を図6に示す。図6(a)では照明が鉛直下方向と推定され

ている (実際には図5に示すように左手前)。図6(b)では右下 (実際には正面)、図6(c)では左下 (実際には右手前) となっており、いずれも推定結果は誤っている。

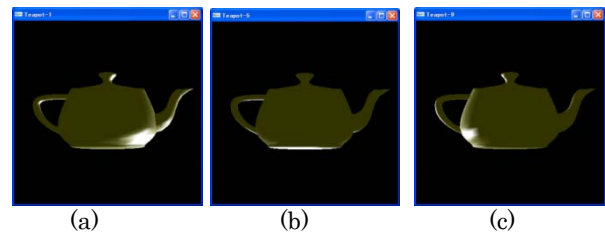


図6 従来法に基づく推定結果

この主な原因は、従来法ではリンゴの窪みの部分の情報も用いて光源位置の推定を行っているためである。

一方、提案手法による推定結果を図7に示す。提案手法では、光源の位置を正しく推定することが出来ている。

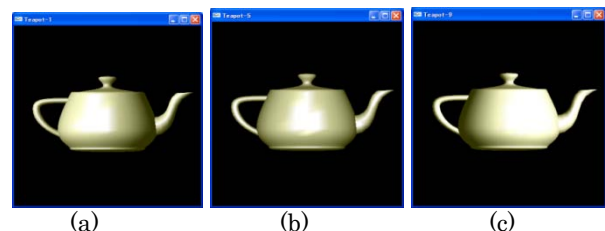


図7 提案手法に基づく推定結果

## 5. まとめ

本研究では、未知の光源環境下で撮像された映像を合成することを目的として、1枚の映像フレームから光源方向・位置を推定する手法の検討を行った。本手法は窪みが複数ある物体の場合でも球面領域の検出が可能であるが、光源方向に対する表面に窪み等がない球面の物体が存在しない場合には、正しい推定を行う事は難しい。また複数光源の検討は不十分である。今後は球面領域の自動抽出手法および複数光源への対応について検討を進め、両手法を組み合わせ・評価していく予定である。

### 参考文献

- [1] P.Debevec, "Rendering Synthetic Objects into Real Scenes: Bridging Traditional and Image-based Graphics with Global Illumination and High Dynamic Range Photography" Proceedings of SIGGRAPH 98. pp.189-198, 1998
- [2] I.Sato, Y.Sato and K.Ikeuchi, "Acquiring a radiance distribution to superimpose virtual objects onto a real scene," Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on, vol.5, no.1, pp.1-12, 1999
- [3] 大蔵苑子, 川上玲, 池内克史, "全周画像を用いた屋外拡散反射物体の表面反射率の推定", 情報処理学会 コンピュータビジョンとイメージメディア研究報告(CVIM), 2008.
- [4] 佐藤いまり, 佐藤洋一, 池内克史, "実物体のソフトシャドウにもとづく実照明環境の推定: 適応的再分割による光源輝度分布推定" 第3回知能情報メディアシンポジウム, pp. 225-232, 1998.
- [5] J.L.Moreno, S.Hadap, E.Reinhard and D.Gutierrez, "Compositing Images through Light Source Detection" Computers & Graphics, vol.34, no.6, pp.698-707, 2010