

複数の全天球画像による光源分布推定を用いた 仮想空間に対するライティング

永山 拓哉 小池 崇文

法政大学情報科学部

1. 概要

複数の全天球画像から実空間の光源分布を推定し、ウォークスルー可能な仮想空間に光源分布を反映したライティングを行う手法を提案する。実空間を再現した仮想空間内でのウォークスルーは多数提案されているが、光源情報の考慮がされているものは少なく、3DCGの合成を行う際に実空間に則したライティングが難しいという課題がある。本研究では、佐藤らの2枚の全天球画像から実空間の光源分布を推定する手法[1]を用いて対象とする空間の光源分布を推定し、その推定した光源分布を用いてウォークスルー用仮想空間へライティングを行う。ウォークスルー用仮想空間の生成には全天球画像による自由視点画像を用いる。

2. 関連研究

光源の3次元位置も含めた推定手法として、佐藤らは2枚の魚眼画像を用いる手法を提案している。佐藤らの手法では初めに全天球画像上の特徴点の抽出・マッチングを行い、次に実空間全体の形状モデルの推定を行う。全天球画像の輝度から実空間上の放射輝度を推定し、推定された放射輝度を実空間の形状モデルに割り当てることで実空間における放射輝度分布の推定を行う。

ウォークスルーを行う仮想空間の生成手法として原島らは全天球画像による自由視点画像[2]を提案している。原島らの仮想空間は球体モデルの内側に自由視点画像をマッピングし、球体内部に設置した眼に対応する仮想カメラによる透視投影によって仮想空間を構築している。

3. 提案手法

複数の全天球画像から実空間の光源分布を推定し、ウォークスルー可能な仮想空間にライティングを行う。提案手法は実空間の光源分布の推定と仮想空間へのライティングに分かれる。実空間の光源分布の推定では佐藤らの手法[1]を用いて光源分布を推定する。仮想空間へのライティングでは推定した光源分布を用いて原島らの手法[2]を用いて生成した仮想空間へのライティングを行う。

3.1. 実空間の光源分布推定

3.1.1. 特徴点の抽出・マッチング

全天球画像から特徴点を抽出し、それぞれの画像の特徴点とマッチングを行う。

位置が既知の撮影点で撮影した、通常の画像より広いダイナミックレンジを持つ High Dynamic Range (HDR) の全天球画像から自己相関行列の最小固有値によるコーナー検出[3]を用いて特徴点を抽出する。本研究で扱う HDR 画像は13枚の画像から24bitの画像を生成している。その後、特徴点同士のマッチングを行う。各全天球画像

で、カメラ中心からイメージ平面上の特徴点に対し3次元線分が伸びているとする。2枚の全天球画像 A, B 中の特徴点 a, b が実空間上で同一の位置にある点である場合、画像 A と画像 B から特徴点 a, b に伸びている3次元線分は必ず交差する。図1はその様子を示したものである。実際には画像 A 上にある1本の3次元線分に対し、画像 B 上で交差する3次元線分は複数存在しうる。そのため、交差した線分の中で、画像同士を比べた際特徴点同士のピクセル距離が最も短い特徴点がマッチングする。また、3次元線分同士が交差している点を各特徴点の3次元位置として扱う。

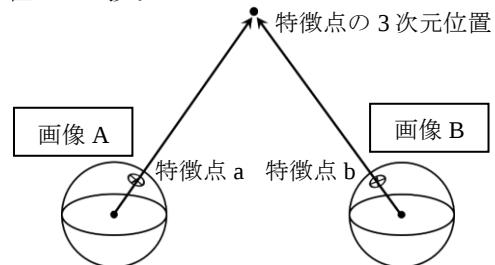


図1 3次元線分の交差と特徴点の3次元位置

3.1.2. 実空間の形状モデルの推定

3.1.1で求めた特徴点から実空間全体の形状を推定し、3角形メッシュによってその形状を表す。3.1.1で求めた特徴点から全天球画像をドロネー三角形分割によって分割し、2次元の三角形メッシュが作成される(図2)。3.1.1で推定されている2次元の三角形メッシュの頂点となっている特徴点の3次元位置から各頂点実空間全体の形状モデルを作成する。

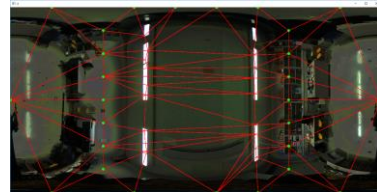


図2 ドロネー三角形分割による三角形メッシュ

3.1.3. 実空間の光源分布

撮影した全天球画像から実空間上の光源分布を得る。

まず、3.1.2で推定した実空間全体の形状モデルに対し、3.1.2で作成した三角形メッシュを形状モデルの各頂点に三角形メッシュの各頂点を当てはめ、カラーテクスチャとして投影させる。投影したカラーテクスチャの輝度値を0~1としたときに0.95以上の点を光源として扱い仮想空間上に配置することで、実空間上の光源分布を得る。この閾値はHDR画像の輝度値を基準にした2値画像を作成していき、実際の光源が残った際の結果から算出している。図3は、実空間全体の形状モデルにカラーテクスチャを張り付けたものとなる。

Illuminating Virtual Space by Estimating for Light Sources
from Omni-Directional Images

Takuya Nagayama, Takafumi Koike

Faculty of Computer and Information Sciences,
Hosei University

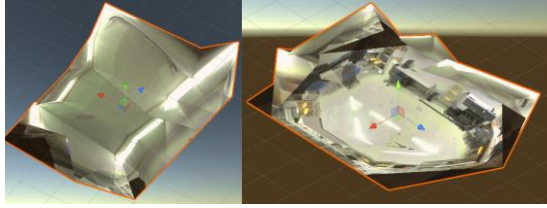


図3 カラーテクスチャを投影した3次元三角形メッシュ
左：下から見た図 右：上から見た図

3.2. 仮想空間に対するライティング

推定した光源分布を用いて、ウォークスルーを行う仮想空間に対しライティングを行う。ウォークスルーを行う仮想空間の生成には原島らの手法を用いる[2]。

3.1.3 で求めたカラーテクスチャ付きの3次元三角形メッシュを配置し、その中に球体モデルを配置して観測者の動きに合わせて球体モデルを移動させることで実空間の位置に合わせたライティングを行う。

4. 実験

4.1. 実験内容

提案手法が光源分布を考慮したライティングを行えているか実験を行った。点 P1, P2 で、光源の位置を変えた3手法として、カメラの位置に点光源を配置した A, Image Based Lighting (IBL)[4]による B, 提案手法となる C の結果と実空間上に物体を設置したもの D を比較し、光源分布を考慮したライティングが行えているか確認する。

P1 の位置は蛍光灯が照明として利用されているおおよそ縦 10m×横 6m×高さ 2.6m の部屋の中央、P2 の位置は P1 から左側に 1m 移動した点とする。

A では、実空間上の光源分布を一切考慮せず、カメラ位置に白色の点光源を1つ設置しライティングを行う。B では IBL を用いる。P1 で撮影した全天球 HDR 画像を球状の環境マップに張り付け、環境光として利用することでライティングを行う。この手法では、光源は十分に遠い位置にあると仮定され、撮影点とカメラの間の距離は考慮されない。

C では提案手法を用いてライティングを行う。

4.2. 結果

P1 位置でのライティング(図 4), P2 位置でのライティング(図 5)のどちらでも、結果 C が最も実際の写真 D に近い結果となった。A の結果はどちらも D とは異なっている。B も D とある程度似た結果にはなっているが、各面の明るさ、影のつき方が C のほうがより良い結果が出ていることが確認できる。この結果から、提案手法を用いたライティングでは、照明位置を考慮したライティングを行えていることが確認できた。

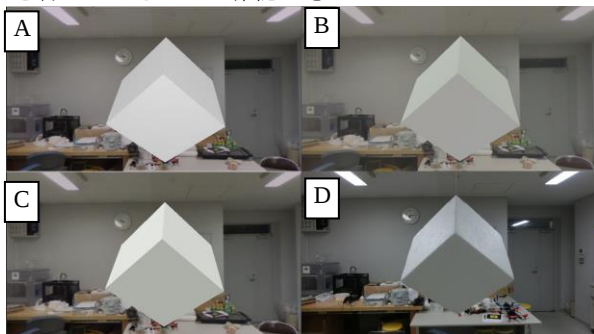


図4 P1位置のライティング結果, A:カメラ位置に点光源を配置 B:IBL C:提案手法 D:実際の写真

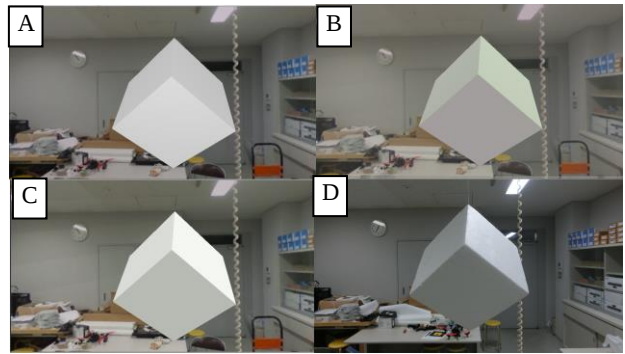


図5 P2位置のライティング結果, A:カメラ位置に点光源を配置 B:IBL C:提案手法 D:実際の写真

4.3. 考察

提案手法の結果 C では、IBL による B の結果であった理由は、光源との距離を考慮したことでオブジェクトが受ける光の強さをより正確に得ることができたためだと考えられる。

しかし、図 4, 図 5 のどちらの結果でも実際の写真 D の各面の明るさと完全に同じ結果になっていない。特に、底面の明るさは D の写真と比べて明るくなってしまっている。底面の明るさに関しては、図 3 右に見える床の照明の反射部分の一部を照明として扱ってしまっていることが原因と考えられる。他の面の誤差に関しては、特徴点の推定誤差、放射輝度推定の誤差によるものと考えられる。

5. 結論

本研究では複数の全天球画像から実空間の光源分布を推定し、ウォークスルー可能な仮想空間にライティングを行う手法を提案した。IBL によってライティングを行ったものと実空間での光の当たり方との比較を行い、光源の位置を考慮したライティングを行っていることが確認できた。特徴点の抽出・マッチングの正確性、各点の放射輝度分布推定の正確性を高めることでより正確なライティング結果を得ることができると考えられる。

文 献

- [1] Imari Sato, Yoichi Sato, and Katsushi Ikeuchi, "Acquiring a Radiance Distribution to Superimpose Virtual Objects onto a Real Scene," IEEE Transaction on Visualization and Computer Graphics Vol 5 Issue 1, pp.1-12, 1999.
- [2] 原島 彪斗, 小池崇文, "任意視点画像を用いた HMD 向け仮想環境の構成と提示," 日本バーチャルリアリティ学会, 第 54 回サイバースペースと仮想都市研究会, pp.31-37, 2015.
- [3] Jianbo Shi and Carlo Tomasi, "Good Feature to Track," IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.593-600, 1994.
- [4] Paul Debevec, "Rendering synthetic objects in real scenes: Bridging traditional and image based graphics with global illumination and high dynamic range photography," ACM SIGGRAPH 98, pp.189-198, 1998.