

フォトメトリックステレオによる簡易質感モデリング

情報システム研究室

シス 05-69 納多 恵梨子

1. はじめに

デジタルカメラ等の普及により視覚情報のデジタル化が容易になり、またインターネットで公開することも盛んになっている。ショップやオークションサイトなどのように、実物を写実的に紹介するニーズも多いが、写真では大まかな外観はつかめても、細部の微小な凹凸や質感まで映し出すのは困難な場合がある。本研究では、サンプルベースで物体表面の法線情報を簡便な手法で取得し、合成データ (CG) に付加することにより、効果的に物体の質感を表現する手法を提案する。

2. システムの提案

物体の微小な凹凸を表現する手法としてバンプマッピングがある。バンプマッピングとは、物体の表面形状を変化させる代わりに、物体面での法線ベクトルの分布に変化を与えてレンダリングすることによって、視覚的に凹凸感を表現する手法である。

本研究では、対象物と一緒に鏡面球を撮影することで光源情報を簡易的に取得し、フォトメトリックステレオ法を用いて法線分布を求める。入力画像の画素と同等の密度で得られた法線情報をバンプマッピングによりCGで表現する。

2.1 フォトメトリックステレオ法

ここでは、カメラを中心とする座標系を採用し、z 軸方向をカメラの方向に固定する。フォトメトリックステレオ法は、画像から明るさの情報 $E(x, y)$ と光源ベクトル $s(p, q, 1)$ の値から、表面の傾き $n(p, q, 1)$ とアルベド ρ を求める手法である。ただし、表面は Lambertian 表面と仮定している。Lambertian 表面とは、以下の 2 条件を満たす概念上の表面である。

- ・物体表面の明るさは、全ての観測方向に関して等しい。
- ・すべての入射光を反射する表面。

像の放射照度方程式より、以下の式が得られる。

$$E = \rho s \cdot n \quad (3.1)$$

上式を単位ベクトルに変換すると、以下のようになる。

$$E = \frac{1 + pp_s + qq_s}{\sqrt{1 + p^2 + q^2} \sqrt{1 + p_s^2 + q_s^2}} \rho \quad (3.2)$$

ここで、上式は 3 つの未知数 p, q, ρ を含むので、方程式の解を求めるには最低 3 つの方程式、つまり 3 枚以上の画像が必要である。n 枚の画像を使う場合、2 枚の画像から得られる 2 式から ρ を消去し、この処理を n 枚の画像に対して繰り返し行う。そこで、得られた n-1 個の式を行列に整理し、最小自乗法によって p, q の値を求める。また、物体色であるアルベド ρ は、法線情報を求めた後に (3.2) 式に代入することにより算出する。

2.2 光源ベクトルの推定

図 1 のように画像の高さと幅が鏡面球の半径 R となるように、図 2 の入力画像から切り取る。紙面に対し垂直上向きをカメラに正対する方向とし、鏡面球に映る光の座標値と、その中心からの距離によって光源方向ベクトルを算出する。

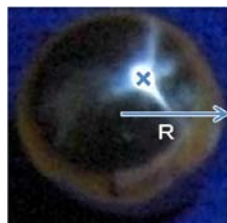


図 1. 鏡面球

3. 実験

3.1 実験条件

部屋を暗室にし、画面内に収まるように対象物体と鏡面球を配置し、光源を手で動かしながら、デジタルカメラ (CASIO EX-Z1080) を使用して画像を数枚撮影する。各々サイズを 3648×2736 [px] から 1000×750 [px] に縮小して切り取り 5 枚の入力画像を作成した。また、光源ベクトルは、図 1 のような鏡面球のみを切り取った画像を使用し、各入力画像において推定した。

図 2. サンプル 1
(プラスチック製柵)図 3. サンプル 2
(布製ミトン)

3.2 実験結果と考察

図 2, 3 のようなサンプルに対し、実験を行った。サンプル 1 の入力画像例を図 4. 1-(a)~(c) に、サンプル 2 を図 4. 2-(a)~(c) に示す。図 5. 1-(d) より、レンガ状の凹凸だけでなく、表面上の微小な凹凸についても表現できている。また、図 5. 2-(d) のようなキルティング生地でも微小な凹凸が表現できており、縫製の質感と絵柄を併せて表現することができた。

4. まとめ

本研究では、簡易的なサンプルによって被写体表面の法線情報を取得し、CG に付加してより効果的に物体を表現する方法を提案した。複数のサンプルでの実験により、実写の写真から法線情報を取得し、写真の色情報に質感を付加する効果を確認できた。

参考文献

- [1] H. Rushmeier, G. Taubin, and A. Guézic. Applying shape from lighting variation to bump map capture. (1997)



1-(a)

1-(b)

1-(c)

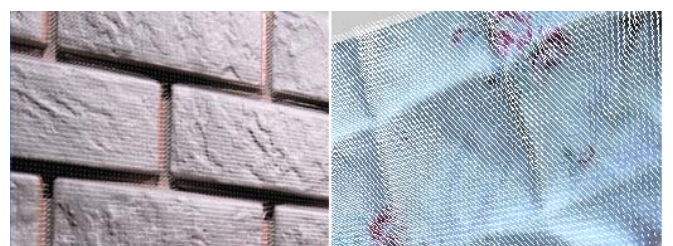


2-(a)

2-(b)

2-(c)

図 4. サンプル 1, 2 の入力画像例 (a)~(c)



1-(d)

2-(d)

図 5. サンプル 1, 2 の CG 表現例 (d)