

幾何形状と反射特性を同時に獲得する 3 次元モデリング

佐藤慎吾[†] 清水郁子[†][†]東京農工大学

1 はじめに

実世界に存在する物体の 3 次元モデルは、多くの分野で有用とされている。レンジファインダで得られる物体表面の輝度は照明によって影響を受けているため、幾何形状を統合すると同時に単に輝度を統合するだけでは、十分な精度のテクスチャが得られない。そのため、反射特性の推定と幾何形状のモデリングは別に行われるか、一般に大掛かりなシステムを必要とする。例えば、町田ら [1] は全周計測レンジファインダを用い、複数の照明条件で計測を行って物体表面各点の反射特性を推定している。レンジファインダで得られるカラー画像ではなく、別に用意したカメラで得た画像を用いてテクスチャを得る手法も提案されており、倉爪ら [2] による距離画像の LRS(Laser Reflectance Strength) 値を用いたカラー画像と距離画像の対応付け、梅田ら [3] の距離濃淡画像とカラー画像の勾配拘束を利用した対応付けなどが挙げられる。また、佐川ら [4] は陰関数表現を用いてモデリングを行い、LRS 値の中間値を利用することで物体表面の拡散反射成分を獲得し、鏡面反射成分を取り除いている。

本論文では、レンジファインダで異なる視点方向から獲得した形状情報と、同時に得られる表面輝度情報を用いて、物体表面が拡散反射面、照明は未知の遠光源であるという条件の下、形状の位置合わせとアルビドの推定を同時に行うことで、幾何情報と光学情報を同時に獲得して 3 次元モデルを生成する。

本手法では、光源およびアルビドの推定には杜ら [6] の手法を利用する。形状の位置合わせは、ICP(Iterative Closest Point) 手法 [5] と同様の 3 次元座標値に基づく手法に加え、光源方向を利用して行う。

光源・アルビドの推定と形状の位置合わせを繰り返す行うことで、推定されたアルビドおよび統合された幾何形状の精度向上を狙う。

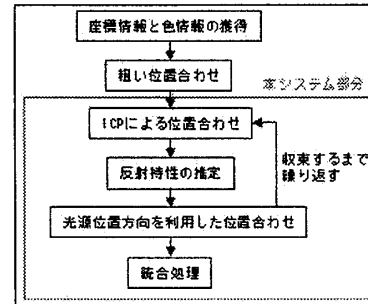


図 1 モデル生成までの流れ

1.1 ICP 法による位置合わせ

距離画像の位置合わせには、ICP 法 [5] を用いる。二枚の距離画像のうち、一方の距離画像における各点の最近点を他方の距離画像から探索し、対応点とする。その対応付けに基づいて、対応点間の距離の総和が最小になるような剛体変換パラメータを推定して変換する。二枚の距離画像が十分に近づくまで、この対応付けと剛体変換パラメータ推定を繰り返し行っていく手法である。

この ICP 手法は、初期状態として距離画像がそれぞれだまかに位置合わせされていると仮定されている手法であるため、本論文で利用する距離画像はあらかじめ粗く位置合わせが行われているものとする。

1.2 反射特性の推定

本論文では杜ら [6] の手法を利用する。この手法は、物体表面が拡散反射面、照明および視点位置固定という条件下で、拡散反射の見えの球面調和関数を用いた表現に基づいて、物体表面上の各点の法線と輝度から、物体表面のアルビドと光源輝度分布を推定する手法である。

ここで、各画像間で対応する点は、全距離画像が存在する空間を格子状に区切ったときの格子点の最近傍点とする。また、各対応点間の法線がなす角度が α より大きくなってしまった場合、その対応は誤対応とする。ここでは、 $\alpha = 5^\circ$ とする。

対応点として選択されなかった点のアルビドは、各格子内の対応点との輝度比から推定する。以上で求めた物体表面上のアルビドと光源輝度分布から、照明の影響を受けていない各点の輝度を推定する。

A Three-Dimensional Modeling for Acquisition of Geometrical and Reflection Property

Shingo SATOU[†], Ikuko SHIMIZU[†][†]Tokyo University of Agriculture and Technology

1.3 光源位置方向を利用した位置合わせ

拡散反射面に対して遠光源下で観測したとき、物体上の各点の輝度 I はアルビド ρ 、光源の強さ L 、物体表面の法線ベクトルと光源方向へのベクトルがなす角 θ で表される。

$$I = \rho L \cos \theta \quad (1)$$

各画像中で対応する点が等しいと考えたとき、光源方向のベクトルもまた等しい。これを利用して各距離画像の位置合わせを行う。

前項で推定したアルビドと新たに獲得した輝度、さらに法線ベクトルが既知であるので、式 (1) から各対応点における光源方向のベクトルが得られる。求めた光源方向へのベクトルの差が各画像間で最小となるような剛体変換を推定し変換を行うことで、各距離画像の位置合わせを行う。

1.4 統合処理

ボリューム表現に基づいたボクセルベースの統合手法 [7] を利用して、位置合わせした各距離画像を一つの 3 次元モデルに統合する。

2 実験

実験では、KONICA MINOLTA 社製のレンジファインダ VIVID910 を使用し、30° ずつ回転させて撮影した 7 枚の実距離画像を用いた。比較のため、3 次元モデル

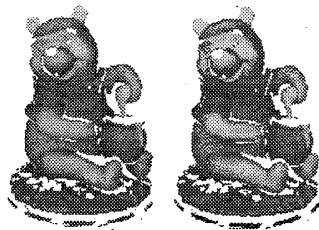


図 2 左：比較手法により得たモデル，右：本手法によって得たモデル

の点の輝度を、その点の法線と各距離画像で対応する点の法線で最小の角をなすものの輝度を割り当てたものを図 2 左に、本手法で得られた 3 次元モデルを図 2 右に、それぞれ示す。比較手法で生成したモデルよりも、本論文の手法を適用したモデルの方が全体的に一樣であるのがわかる。特に、足部分 (図 3) に注目すると、照明に影響を受けているために輝度が大きく異なっている部分だが、本手法適用後では照明の影響を受けずに一樣になっているのが確認できる。しかしながら、手法適用後も照明の影響を修正できていない部分があり、反射特性推定時に利用している法線や位置合わせ誤差による対応点の

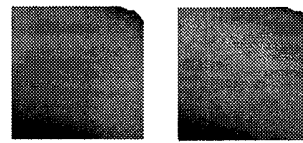


図 3 左：比較手法で得たモデルの足部分，右：本論文の手法で得たモデルの足部分

誤対応が原因ではないかと考えられる。これらの解決が今後の課題となる。

3 まとめ

本論文では、幾何形状と反射特性を同時に獲得する 3 次元モデリングを提案した。レンジファインダで獲得した形状情報と表面輝度情報を用いて、ICP 手法による形状の位置合わせと杜らの手法による反射特性の推定を行い、物体表面の各点における光源位置方向を利用した位置合わせを行う。この二つの位置合わせと反射特性の推定を繰り返し行った後に統合処理を行うことで、照明に影響を受けていない 3 次元モデルを獲得した。

参考文献

- [1] 町田貴史, 横矢直和, 竹村治雄: 実物体の仮想化のための相互反射を考慮した表面反射特性の推定, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU) 講演論文集, Vol.1, pp.9-14, (2004)
- [2] 倉爪亮, M. D. Wheler, 池内克史: リフレクタンスエッジと濃淡エッジを用いたテクスチャのアラインメント, 電子情報通信学会論文誌 D Vol.J85-D2 No.6 pp.1038-1046 (2002)
- [3] 梅田和昇, ギー・ゴダン, マーク・リュウ: 勾配拘束と距離濃淡画像を用いた距離画像とカラー画像のレジストレーション, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2004) 論文集, Vol.1, pp27-32, (2004)
- [4] 佐川立昌, 西野恒, 倉爪亮, 池内克史: 大規模観測対象のための幾何形状および光学情報統合システム, 情報処理学会 CVIM 論文誌, Vol.44, No.SIG5, pp.51-53, (2003)
- [5] Paul. J. Besl and Neil. D. Mckay: A Method for Registration 3-D Shapes. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.14, No.2, PP.239-256 (1992)
- [6] 杜菲, 岡部孝弘, 佐藤洋一, 杉本晃宏: 複雑照明下における運動物体の反射特性の推定, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J88-D-II, No.8, pp.1460-1468, (2005)
- [7] Curless, B. and Levoy, M.: A volumetric method for building complex models from range images, Proceedings of the 23rd Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH' 96), pp.303-312 (1996).