

シルエットと多眼ステレオの融合による3次元形状の獲得

3P-6

福田 岳士 大田 友一
筑波大学 電子・情報工学系

1 はじめに

近年、バーチャルリアリティなどの分野において、現実の物体を3次元CGで表現する必要性が増している。高品位なCGの作成には、表現する物体の形状を精密にモデリングすることが必要であるが、これは対象となる物体形状が複雑になると、非常に手間のかかる作業となる。そのため、レーザーレンジファインダや機械的なセンサーなどによる特殊な装置を用いる手法が考え出され、一般的になっているが、これらの装置は高価であったり、高価であったり、決して手軽な方法とはいえない。

そこで本研究では、計算機で制御できる回転台とテレビカメラを使って、物体の形状を計算機に入力する手法を提案する。

2 撮像系

本手法に用いる画像の撮像系について述べる。対象となる物体を計算機で制御可能な回転台の上に配置し、一定の角度 $\Delta\theta$ ずつ回転させながら、物体の全周分の画像を撮影する。このとき、撮影に使用するカメラと物体の距離を長めに取り、ズームレンズを用いて撮影することで、撮影条件を正射影として近似できる。

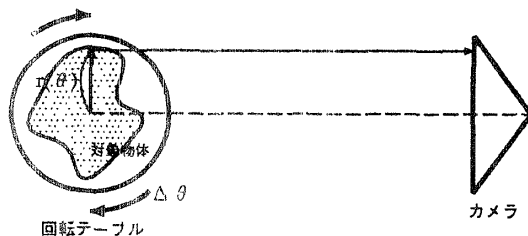


図1: 撮像系

また、物体のシルエット抽出のため、あらかじめ物体の載っていない背景のみの画像も撮影する。

3 シルエットから得られる物体形状

3.1 シルエットと回転軸の抽出

物体の撮影画像と、予め撮影された背景のみの画像の差分から、撮影画像中の物体領域を抽出し、その輪

郭をその画像中での物体のシルエットとする。また、ある画像と、そこから 180° 回転した画像のシルエットの左右対称性を元に、物体の回転軸を求める。

3.2 シルエットからの形状の抽出

平面または凹状になった表面上の点は、シルエットには現れない。その部分についてはシルエットに現れた形状は、周囲の凸状部分の射影である。そこで、シルエットに表われた点について、実際の形状として信頼できる部分とそうでない部分を判別することが必要になる。

回転角度 θ における、物体のある高さ h での回転軸とシルエットの間の距離を $r(\theta)$ としたとき、物体は回転運動をしているため、 $r(\theta)$ は物体表面上の各点が描く余弦曲線の集合になる。シルエットに現れる点は、(1)ある余弦曲線の極大値の部分、(2)極大値ではないが近傍に大きな凸形状が無い点、の二つの場合が考えられる。しかし、(2)の場合であっても、その点の乗っている余弦曲線の極大値の部分に実際の形状が現れるので、結局は(1)(2)とも、 $r(\theta)$ の描く曲線からそれぞれの点における余弦曲線を抽出し、その極大値部分を採用することにより、シルエットからの物体形状を獲得することが出来る。

余弦曲線の極大値部分を求める方法は、それぞれの余弦曲線の振幅と位相を求める問題に帰着できる。そこで、本手法では $(\theta, r(\theta))$ において、

$$r(\theta) = R \cos(\theta + \lambda) \quad (1)$$

を満たす R, λ をHough変換[3]によって求めることで実現した。

4 多眼ステレオを用いた形状の補完

シルエットからは得られなかった部分の形状は、多眼ステレオ[2]の手法により補完する。つまり、回転角による各画像の見え方の違いから、ある画像上での一点がその他の画像上のどの位置に投影されているかを追跡し、その幾何学的関係(視差)からその点の3次元座標を推定する。

図2のように、ある回転角 θ における撮影画像 I_θ 上に現れたある一点は、その両隣に並ぶ画像 $I_{\theta \pm n\Delta\theta}$ 上では特定の直線(エピポーラ直線)上に投影される。よって中心画像上の各点に対応する点の追跡は、その直線上における最も類似した点と元の点の間の距離(視差)を求める問題として考えることができる。

中心となる画像 I_θ と隣り合う画像 $I_{\theta \pm \Delta\theta}$ で、同一の点の投影点の視差を d_1 と仮定すると、さらに外側

Acquiring 3D shapes using silhouette and camera matrix stereo

Takeshi FUKUDA, Yuichi OHTA

Institute of Information Sciences and Electronics,
University of Tsukuba

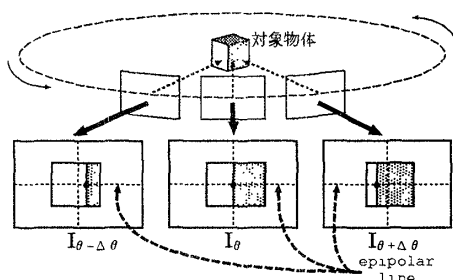


図 2: 多眼ステレオにおけるエピポーラ拘束

の画像 $I_{\theta \pm n\Delta\theta}$ における視差 d_n は

$$d_n = r \sin(n\Delta\theta), r = \frac{d_1}{\sin(\Delta\theta)} \quad (2)$$

によって表わされる。このような拘束によって得られる各点の投影像の類似度が最も大きくなるような点を求め、その視差からその点の3次元形状を推定する。

5 実験結果

被写体として、表面に鏡面反射部分のないぬいぐるみを用い、 $\Delta\theta = 2^\circ$ 、全周分 180 枚の画像を撮影した。図 3 に撮影画像とシルエットの抽出結果を示す。

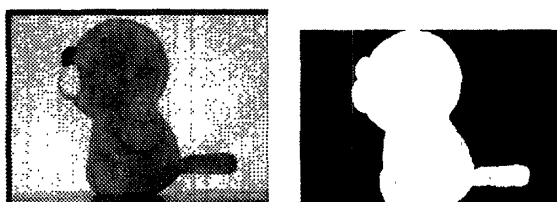


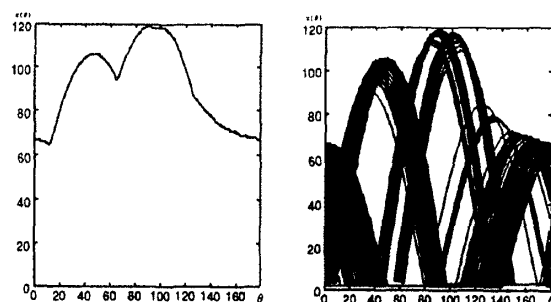
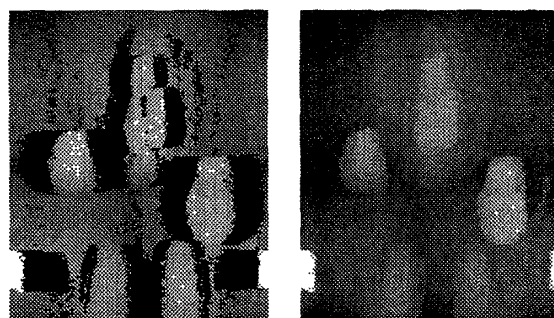
図 3: 撮影画像とシルエット抽出

ある高さにおけるシルエットと回転軸との距離 $r(\theta)$ の変化、および、そこから抽出された余弦曲線を図 4 に示す。このようにして得られた余弦曲線の極大値部分を物体の形状として獲得する。

次にシルエットより得られた形状、及び多眼ステレオで補完した形状を図 5(a) ~ (c) に示す。得られた形状 (a)(b) は、縦軸を高さ、横軸を θ 、画素値を r とした円筒座標系で表わしている。シルエットより得られた形状 (a) では得られなかった部分を黒抜きで表した。この部分に多眼ステレオで得られた形状を埋め込んだのが (b) である。また、この形状を元にワイヤーフレームモデルで復元した物体を (c) に示す。

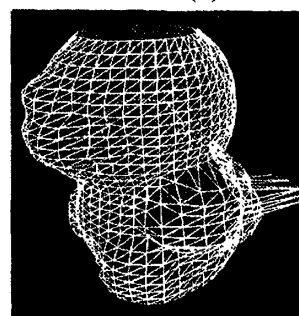
6 まとめ

以上、カメラと回転台を用いて撮影した画像から、対象となる物体のシルエットを抽出し、それを用いて対象物の三次元形状を獲得する手法を提案した。シルエットでは獲得できない部分の形状を、複数の撮影画像を用いた多眼ステレオにより補完することで、より精度の高い三次元形状を獲得することが出来た。

図 4: $r(\theta)$ の軌跡と余弦曲線抽出結果

(a) シルエットによる獲得形状

(b) 多眼ステレオによる補完



(c) wire frame model

図 5: 獲得された形状

誤った余弦曲線の抽出による偽形状の発生や、 r 方向での最外郭のシルエットのみしか使用しないためシルエットの持つ情報を有効利用していないこと、などの問題点を解決することが今後の課題である。

参考文献

- [1] Jiang Yu Zheng: "Acquiring 3-D Models from Sequence of Contours," IEEE PAMI, Vol.16, No2, Feb. pp.163-178,1994
- [2] 佐藤 清秀, 大田 友一: "カメラマトリクスを用いた高精細ステレオ SEA における隠れ検出法の検討," 電子情報通信学会技術研究報告 PRU95-245, 1996
- [3] Hough, P.V.C.: "Method and Means for Recognizing Complex Patterns," U.S. Patent 3069654 (1962)