

複数濃淡画像を用いた多面体の3次元形状推定*

3R-2

垂水 秀行† 伊東 敏夫† 金田 悠紀夫†

†神戸大学大学院自然科学研究科情報知能工学専攻

‡ダイハツ工業株式会社電子技術部

1 はじめに

近年、様々な画像処理技術が私たちの身近な生活に応用されるようになり、特にCG (Computer Graphics) の利用は著しい。さらには、Web上で3次元の情報表現するVRML (Virtual Reality Modeling Language) にも注目が寄せられている。CG, VRMLの使用目的が多岐にわたり複雑になると、より自然物体に近いモデルをより容易に作成することが望まれる。

画像処理においても、画像内の対象物体の3次元形状を復元し正確な3次元モデルを獲得することは、画像処理研究の課題の一つであり、獲得したモデルはCG, VRML作成への応用も期待できる。しかし、対象物体が表面に不規則な模様がある多面体の場合、従来手法においては、同一面を異なる面として認識し、形状推定が困難であるという問題点があった。本研究では、このような場合の3次元形状推定の手法について提案する。

2 3次元形状推定の理論

表面からの反射を考えるにあたり、図1のような座標系を考え、物体上の点における方向は、その点における接平面の方向を表すものとする。

$p = \partial z / \partial x$, $q = \partial z / \partial y$ とし、光源の単位方向ベクトルを (l, m, n) とする。物体の表面がランバート面であるという前提のもとで、その点の画像上での明るさ E は以下のように表される。

$$E = \frac{-pl - qm + n}{\sqrt{1 + p^2 + q^2}} \quad (1)$$

*A Method of Recovering Shape of a Polyhedron from Particular View Images

Hideyuki Tarumi, Toshio Ito, Yukio Kaneda

†Department of Computer and Systems Engineering, Graduate School of Science and Technology, Kobe University: 1-1 Rokkodai, Nada, Kobe 657, Japan

‡Electronics Engineering Div., Daihatsu Motor Co., Ltd.: Ikeda City, Osaka Prefecture, 563, Japan

表面に模様がある場合の各面の認識に関する問題に対し、照度差ステレオ法[1]を導入することで解決する研究を行なっている。照度差ステレオ法

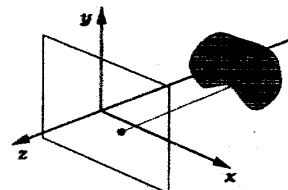


図1: 座標系

とは照射方向の異なる同一視点の画像を3枚用いて(1)式から p , q の値、つまり物体の表面方向を一意に決定するというものである。このとき、光源方向が既知であること、画像が3枚必要であることといった制約が伴う。しかし、同一面の領域分割を行なうのに導入するため、正確な p , q の値を求める必要はないので、本手法においては必ずしもこれらの条件が必要というわけではない。

3 本手法の説明および実験結果

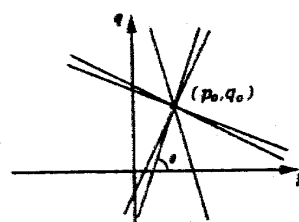
3.1 各面の領域分割の手法

2枚の原画像(256階調の濃淡画像)の光源方向がそれぞれ (l_1, m_1, n_1) , (l_2, m_2, n_2) であり、画像上の同一座標の画素値がそれぞれ E_1 , E_2 であるとする。(1)式より右辺の分母の p , q の高次の項を消去すると、以下の関係式が得られる。

$$(E_2 l_1 - E_1 l_2)p + (E_2 m_1 - E_1 m_2)q - (E_2 n_1 - E_1 n_2) = 0 \quad (2)$$

これから E_1, E_2 の値に関わらず、点 $(p_0, q_0) = (\frac{n_1 m_2 - n_2 m_1}{l_1 m_2 - l_2 m_1}, -\frac{n_1 l_2 - n_2 l_1}{l_1 m_2 - l_2 m_1})$ は必ず(2)式で表される直線上に含まれることになる。よって、ある2つの直線の傾きが等しい場合には2直線は一致することが分かる。直線の p 軸からの角度は直線の傾きから求まる。

同一面においては直線はほぼ一致すると考

図2: $p-q$ 平面

えられるので、直線と p 軸とのなす角度 $[-\pi/2, \pi/2]$ を $[0, 255]$ の値に拡張して表現することで、領域の分割された画像が得られる。このとき光源の方向 (l_1, m_1, n_1) および (l_2, m_2, n_2) が未知の場合でも、これらの値を適当に与えることによって、同一面ごとの領域分割が可能である。

本手法ではこの理論から同一面の領域分割を行なうことによって、物体表面に模様のある場合の形状推定を可能にする。さらに領域分割後の画像に対し微分処理を施し、エッジの抽出を行ない、物体のエッジの情報を数値的に求め、各辺にラベル付けを行なう。この情報から VRML モデルを自動作成するという理論である。

3.2 実験結果

図3の原画像とさらに同一視点から撮像した照射方向の異なる画像の2枚を用い、光源方向をそれぞれ $(\frac{1}{\sqrt{3}}, -\frac{1}{\sqrt{3}}, \frac{1}{\sqrt{3}})$, $(\frac{1}{\sqrt{3}}, \frac{1}{\sqrt{3}}, \frac{1}{\sqrt{3}})$ と仮定して同一面の領域分割を行なった結果を図4および図5に示す。図5の画像からエッジ抽出を行なった結果を図6に示す。エッジのラベル付けによって得られた各頂点の情報からこの物体が直方体であると認識し、物体の形状を並行投影モデルに近似して推定し、VRML で表現した結果を図8に示す。VRML モデルのテクスチャは、原画像から表面の模様を抽出し、形状を整え、各画像の濃淡値の平均が等しくなるように処理を施した。(図7)

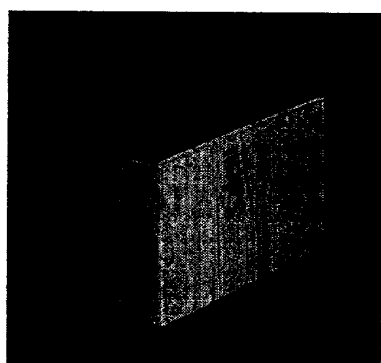


図3: 原画像 (512 × 512)

4 まとめ

光源方向が未知、形状推定に用いる原画像は2枚のみといった、情報や制約条件が少ない場合でも、形状が複雑でない多面体に対しては表面に模様がある場合でも形状推定が可能であることが示された。さらに VRML での表現によって、任意視点からの観測が可能になることも示された。

今後の課題として、複数の物体が存在する場合および複雑な形状をした物体の形状復元について検討をしている。

参考文献

- [1] 伊東敏夫：局所濃淡値と輪郭線を用いた明るさ解析型形状推定法，電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J76-D-II, No.8, pp.1647-1653(1993)。

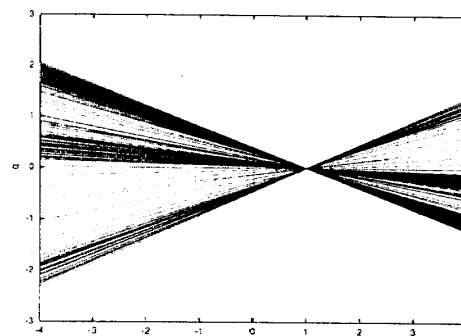


図4: 直線の分布

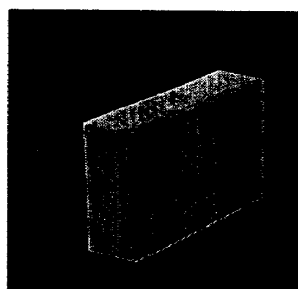


図5: 領域分割後の画像

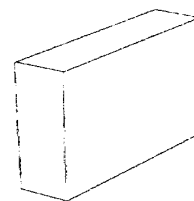


図6: エッジ画像

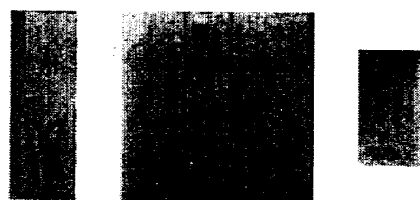


図7: 原画像から抽出したテクスチャ

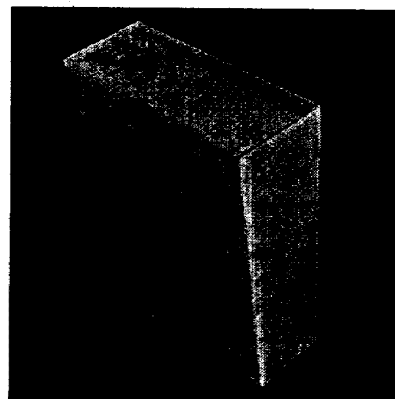


図8: 推定されたモデルの VRML での表現