

## 特徴抽出の不要な多眼3次元計測

5 D-4

— 画素情報の逆投影に基づく全物体表面の計測 —

\* 土屋 憲法

\* 橋本 周司

\*\* 松島 俊明

\* 早稲田大学

\*\* 東邦大学

## 1 はじめに

複数視点からの画像を用いて、特徴点对応をせずに3次元計測を行なう手法として、逆投影線上の voxel への voting 法が提案されている<sup>[1]-[4]</sup>。しかし、これまでの方法は、あらかじめ各原画像からエッジ等の特徴点を抽出し、その特徴点に対してのみ逆投影を行っている。従って、その特徴点のみしか計測することはできず、各特徴点間の物体表面や、特徴点の抽出が不可能な点を計測することは不可能である。

そこで我々は、あらかじめ各原画像から特徴点を抽出することなく、各原画像の全ての画素情報を逆投影し、その分散を評価することによって全ての物体表面を計測する方法を提案した<sup>[5]</sup>。これまでの研究から、この方法は、表面に明らかな輝度変化を持つ物体に対しては有効であることがわかっている。また、類似の手法を用いた画像符号化の報告もされている<sup>[6]</sup>。ここでは、これまでの画素情報の逆投影を基に、2種類の表面点決定処理を行うことによって、より一般的な物体の計測を可能にしたので報告する。

## 2 画素情報の逆投影法について

この方法は、物体表面上の同一点は、その点が投影された各原画像において似た画素情報（輝度や色度）を持つであろう、という考えに基づいている。つまり、各原画像から対象空間に画素情報を逆投影した時に、物体表面点ではその分散が小さくなると考えられる。ところで、照度差ステレオ法などでは、光源の位置と物体表面の反射特性が既知である時、視点の違いによる画素情報の差異を用いて3次元位置を計算しており、我々の考えと矛盾しているように見える。しかしながら、鏡面反射でない場合、少しの視点変化ならば画素情報は大きく変わらないと考えられる。

いま、物体が中央に固定され、その周囲をカメラが水平に反時計回りで円運動し、 $\delta$ 度毎に撮像する場合を考える。対象空間  $W(X-Y-Z)$  と画像平面  $I_\theta(l_\theta-m_\theta)$  (ここで  $\theta = n\delta$ ) の投影関係は、焦点距離  $f$  と焦点位置  $P(X_0, Y_0, Z_0)$  がわかれば、幾何学的に次式で求まる。

$$l_\theta = f \frac{X' - X'_0}{Y' - Y'_0}, \quad m_\theta = f \frac{Z' - Z'_0}{Y' - Y'_0} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{ただし、} \quad X' &= X \cos \theta + Y \sin \theta \\ Y' &= -X \sin \theta + Y \cos \theta, \quad Z' = Z \\ (X'_0, Y'_0, Z'_0) &\leftrightarrow (X_0, Y_0, Z_0) \end{aligned}$$

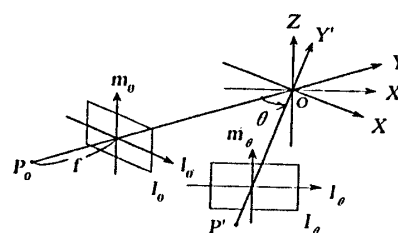


図1: 投影関係

従って、ある画像  $I_\theta$  の画素情報を対象 voxel 空間に逆投影するということは、 $W$  内の全ての voxel について式 (1) に基づき対応する画像平面座標を計算し、その画素情報を voxel に与えるということになる。

まず、自己遮へいの影響と視点変化に伴う画素情報の差異を少なくするため、ある程度小さな角度範囲  $\alpha$  度で逆投影を行う。全ての voxel について、与えられた画素情報の分散を計算すると、実際の物体表面点を含む voxel のみ分散が小さくなるはずである。よって、分散がある閾値  $t_1$  よりも小さくなった voxel を抽出すればよい。この操作を  $\beta$  度ずらして全周囲行えば、すべての物体表面（側面）の候補を抽出できる。

## 3 表面点決定処理

実際には、物体表面の画素情報が空間的に強い相関を持つことが多いため、画素情報の逆投影法のみでは、実物体表面の周囲（主に投影方向）に偽の voxel が多く現れてしまう。そこで以下に述べる2度の後処理を行うことで偽の voxel を削除することを試みた。

## 3.1 画素情報の逆投影によって抽出された voxel に対する voting

小さな角度範囲  $\alpha$  で画素情報の逆投影を行うと、抽出される voxel は投影方向に幅を持って現れる。また、異なる  $\beta$  で抽出される voxel の集合は異なるが、実物体表面を含む voxel の集合は共通に含まれている。したがって、各逆投影によって抽出された voxel に対

し、物体表面点を含む可能性があるという意味での voting (投票) を行い、投票値が閾値  $t_2$  より大きくなった voxel を最終的に抽出すればよいことになる。以後この voting 処理を first-voting と呼ぶことにする。

### 3.2 逆投影線上の視点に最も近い voxel に対する voting

次に、図2の A-B-C 間のように隣合う物体表面や曲面がほぼ同じ輝度、色度を持つ場合を考える。物体表面外部の偽 voxel は、その面の接線方向からの投影があれば削除されるため first-voting によってほぼ削除されるが、物体内部に抽出される偽 voxel を取り除くことはできない(図2では斜線部分が残る)。言い換えれば、first-voting で抽出された偽 voxel は物体内部のみ現れるので、それらの voxel の中で最も物体外部に位置する voxel が実物体表面であると考えられる。そこで、各原画像から逆投影線(画像上の各画素とレンズ中心を結ぶ直線)を引き、その逆投影線と交差する voxel の中で最も視点に近い voxel に対して voting を行い、投票値が閾値  $t_3$  より大きくなった voxel を物体表面と決定する。この処理を second-voting と呼ぶことにする。

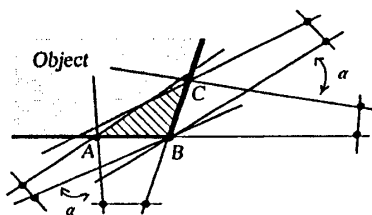


図2: 物体内部に現れる偽 voxel

## 4 実験

まず各処理での抽出 voxel の様子を見るため、図3のように表面に若干の陰影がある物体を用いた。図4(a)は、first-voting 後、(b)は second-voting 後の水平断面の抽出 voxel である。次に、自己遮へいの多発する物体への効果を見るために図5(a)のような物体を用いた。図5(b)がその結果であり、自己遮へいに対するロバスト性が確認される。また、別の物体に対する計測結果を図6に示す。図6(b)は、見やすくするために水平断面の積み重ねで表現した。なお、いずれも  $180 \times 180 \text{ pixel}$  の 8bit 濃淡画像を5度おきに72枚撮像し、 $\alpha = 15, \beta = 10, t_1 = 0.01, t_2 = 19, t_3 = 12$  で処理を行った結果である。また今回は基礎実験として、画素情報に輝度を用いた。

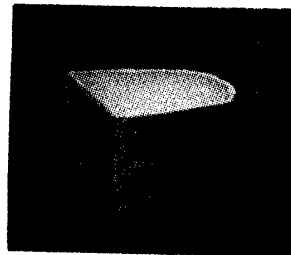


図3: 対象物1

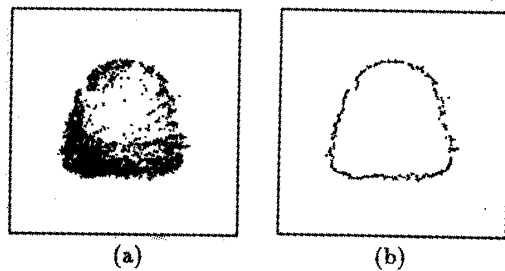


図4: 各処理での抽出 voxel

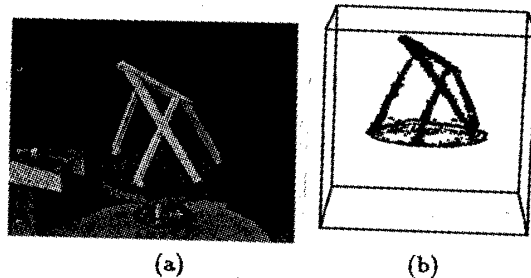


図5: 実験結果2

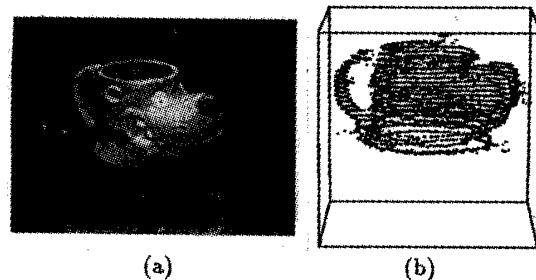


図6: 実験結果3

## 5 あとがき

今回の報告では、従来の画素情報の逆投影法を基に、2回の異なる voting を行うことによって物体表面点を決定する方法を検討した。実験によってこの方法がより一般的な物体に対して有効であることが確認された。今後は画素情報に色度などの色情報を用いることで、さらに偽 voxel を削除することを考えている。

## 参考文献

- [1] 浜野、安野、石井、"空間への Voting による3次元環境情報抽出手法"、信学論、Vol.J75-D-II、No.2、pp.342-350、1992
- [2] 浜野、安野、石井、"すい体型視線を用いた空間への Voting による3次元環境情報抽出手法"、信学論、Vol.J76-D-II、No.1、pp.50-58、1993
- [3] S.Kawato, "3D Shape Recovery by Octree Voting Technique", Proc. of SPIE, Vol.1820, pp.40-49, 1992.
- [4] 川原、松島、橋本、"逆投影法による多眼3次元計測の基礎実験"、1992 春期信学全大 D-659、p.7-401、1992
- [5] K.Tsuchiya, S.Hashimoto, T.Matsushima, "A Pixel Voting Method to Recover 3D Object Shape from 2D Images", Proc. of MVA '94, pp.111-114, 1994
- [6] T.Fujii, H.Harashima, "Data Compression and Interpolation of Multi-View Image Set", IEICE Trans. Inf. & Syst., Vol.E77-D, No.9, pp.987-995, 1994