3L-1

2 次元に投影された 3 次元物体の幾何学的情報量の視点依存性

池田　広志　　橋本周司

早稲田大学　理工学部　応用物理学科

1. はじめに

近年では形状記録, 商品カタログなど様々な所で３次元物体の計測, 撮影が行われている.

現在, ３次元物体の撮影は経験, 感覚などによって行われていて評価基準はないが, どの視点から撮影すると最もその物体を表せているか定量的に知る事が出来れば, より効果的に物体を撮影できると考えられる. これまでにも多面体の面数, 面の面積比を用いてエントロピーを定義した研究[1]がある.

本稿では, 物体の見える面積, 形状の複雑さなどに依存する３次元物体の幾何学的特徴量を定義し, 実物体に対してそれらの特徴量が視点によりどの様に変化するかを調べた. また, それらの特徴量を用いて３次元物体の幾何学的情報量を定義し, どの視点から表示するのが適切なのかという問題に関して実験的に検討した.

2. 特徴量

本研究では３次元物体の特徴量を計算するにあたり、三角メッシュで近似した３次元物体に対して計算を行った. また３次元物体は見えている面積, 形状の複雑さが大きいとより物体を表していると考え, 特徴ベクトル $\vec{F}_V$ の要素として表面積f_1, 投影面積f_2, 局所的な形状変化f_3, 大域的な形状変化f_4, 面積密度f_5の５つを選んだ.

$$\vec{F}_V = (f_1, f_2, f_3, f_4, f_5) \tag{1}$$

また各特徴量は２次元に投影された時に投影面に映ったメッシュにのみ計算を行っている.

以下では,投影された時に映るメッシュ集合をUとし,各特徴量は U に対して計算を行った.

2.1 表面積

見えているメッシュの表面積を特徴量f_1とした. k番目のメッシュの面積をS_kとするとf_1は式２となる.

$$f_1 = \sum_{k \in U} S_k \tag{2}$$

Dependency of geometric information of 3D object projected on to 2D

Hiroshi Ikeda and Shuji Hashimoto

e-mail:{hiro,shuji}@shalab.phys.waseda.ac.jp

Department of Applied Physics, Waseda University

2.2. 投影面積

２次元平面に投影され面積を特徴量f_2とした. k番目のメッシュの投影面積を P_kとするとf_2は式３となる.

$$f_2 = \sum_{k \in U} P_k \tag{3}$$

ただし２次元平面へは透視変換を行い,投影面は視点から距離を一定としている.

2.3. 局所的な形状変化

物体の局所的な形状変化をメッシュの法線ベクトルから求め特徴量f_3とした.具体的には, k番目のメッシュに隣接する３つのメッシュの法線ベクトルをそれぞれ $\vec{n}_a, \vec{n}_b, \vec{n}_c$ とし $\vec{n}_k$ との差の絶対値の和である.

$$f_3 = \sum_{k \in U} \left\{ \left|\vec{n}_k - \vec{n}_a\right| + \left|\vec{n}_k - \vec{n}_b\right| + \left|\vec{n}_k - \vec{n}_c\right| \right\} \tag{4}$$

2.4. 大域的な形状変化

物体の大域的な形状変化を見るために,平滑化を行い局所的な形状変化を小さくした法線ベクトルに対して **2.3** と同様の操作を行い特徴量f_4を求める.

$$f_4 = \sum_{k \in U} \left\{ \left|\vec{n}_k^t - \vec{n}_a^t\right| + \left|\vec{n}_k^t - \vec{n}_b^t\right| + \left|\vec{n}_k^t - \vec{n}_c^t\right| \right\} \tag{5}$$

$$\vec{n}_k^{t+1} = \left(\vec{n}_k^t + \vec{n}_a^t + \vec{n}_b^t + \vec{n}_c^t\right)/4$$

ここで t は平滑化の回数で,回数を増やせば平滑化の範囲も広がり局所的な形状変化の影響も小さくなるが,増やしすぎると大域的な形状変化も小さくなる.

2.5 面積密度

各メッシュの表面積を投影面積で割ったものを面積密度として ρ_kとする. 各メッシュの面積密度の中で最も値が大きいものを特徴量f_5とした. つまり

$$\rho_k = S_k / P_k \tag{6}$$

$$f_5 = \max\{\rho_k\}$$

特徴量f_5の値が大きくなると,メッシュは実際の表面積に対して小さく見えているという事になる.つまりメッシュに関して情報が少ないということであり,他の特徴量とは反対にマイナスの評価基準である.

3. 幾何学的情報量

幾何学的情報量 i は物体の形状と視点に依存する情報量で **2** で定義した特徴ベクトル F_V と作用素 A を用い以下の様に表現できるとする.

$$i = A\left[\vec{F}_V\right] \tag{7}$$

作用素 A は対象とする物体や目的によって異なるが,ここでは重み付き線形和を検討した.

図 1 モデル

図 2 メッシュ

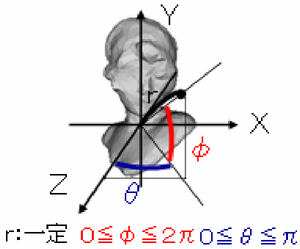

図 3 視点位置

4. 実験

対象の 3 次元物体として図 1 の女性像を用いた.図 2 は計算の元になる女性像であり,頂点数 1500 個,メッシュ数 2996 個で構成されている.

4.1.実験 1 視点による各特徴量の変化

まず視点を変化させた時,5 つの特徴量がどの様に変化するかを調べた. ただし、特徴量 f_4 の平滑化の回数は 3 とし,特徴量を評価する視点位置は図 3 の様に距離 r は一定とし, θ 方向, ϕ 方向をそれぞれ均等に 20 分割,40 分割して得られる 800 視点である.

図 4 から図 8 はそれぞれ各特徴量 f_1 から f_5 の結果である. θ 方向では θ=90[deg]つまり女性像を横から見た時に, ϕ 方向では ϕ=0,180[deg]つまり女性像を垂直に見た時に,各特徴量の値は大きくなる.ただし特徴量 f_5 は他の特徴量と異なり,滑らかな変化はしない.

4.2.実験 2 特徴量の総合的な評価

作用素 A を重み付き線形和とした時,どの視点の幾何学的情報量 i が最大になるかを調べた.各特徴量の重みは特徴量の値域を考慮して,それぞれ w_1=1.0, w_2=700.0, w_3=0.1, w_4=0.1, w_5=−0.0001 とした.ただし, f_1 から f_4 と異なり f_5 は値が大きくなると情報量は小さくなるので重みは負とした.

$$i = A\left[\bar{F}_V\right] = \sum_{k=1}^{5} w_k \cdot f_k \tag{8}$$

図 9 は上式 i の結果である.幾何学的情報量 i が最大の視点は θ=99[deg], ϕ=180[deg]で, 図 1 0 はその視点から見た女性像である.

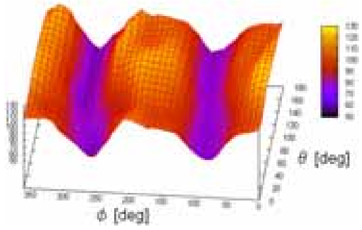

図 4 表面積 f_1

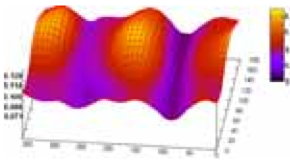

図 5 投影面積 f_2

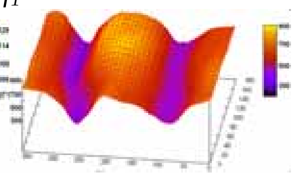

図 6 局所的変化 f_3

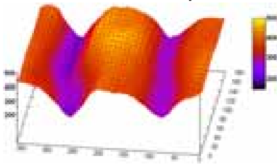

図 7 大域的変化 f_4

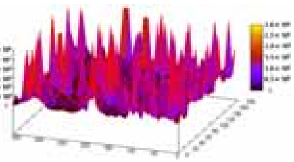

図 8 面積密度 f_5

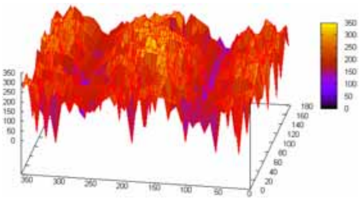

図 9 幾何学的情報量 i

図 10 i が最大の視点

5. まとめ

2 次元に投影された 3 次元物体の視点に依存する幾何学的特徴量とそれにもとづく幾何学的情報量について検討し,実物体に対して視点を変化させた時,幾何学的特徴量,幾何学的情報量がそれぞれどの様に変化するかを調べた.

本実験は単一視点のみだったが,現在は複数視点の場合を検討している.複数視点になれば重なりを考慮する必要が出てくるので最適な視点を選ぶのはより難しくなると考えられる.5 つの特徴量の妥当性の検討,幾何学的情報量での作用素をどう決めるか,また幾何学的情報量の情報量とは一体何を表しているのかという事を考察し,情報理論的な意味を明らかにしたいと考えている.

参考文献

[1] 多面体像の情報量と視方向評価佐藤幸男,加藤哲考 信学論(D-Ⅱ),J75-D-Ⅱ,8,pp.1346-1352,1992

[2] 形状情報量の分布に基づくシーンの撮影の自動化山下拓也,青木茂樹,大西正輝,福永邦雄 FIT(情報科学技術フォーラム)2003,LI-010,pp181-182