

I-040

隣接面情報に基づく特徴に着目した 3次元モデルのセグメンテーションの検討

Segmentation of 3D-Model Based on Connected Face Information as Features

脇田志郎†

青野雅樹‡

Wakida Shiro

Aono Masaki

1. はじめに

近年,3次元モデルが活用される場面がいろいろな場面で増えている。特に,映像コンテンツの業界では,3次元というの1種のトレンドである。3次元モデルを利用する場面では,これまでに製作・蓄積してきた多くの3次元モデルの再利用のための,ある物体の3Dモデルから,意味を持つ部分・部品を分割しそれらを部品として取り出すセグメンテーションはとても重要な技術である。

3次元モデルの形式には様々なものがあるが,一番基本的形式は頂点とそれらを接続する辺情報から定義されるポリゴンスープモデルである。普及性及び再利用性を意識し,今回はポリゴンスープモデルを対象とする。

これまで,我々は3次元モデルのある面に対する隣接した面との関係の特徴を用いた3次元モデルの検索のための特徴量を提案している。今回,隣接面に基づいた特徴を,ポリゴンスープモデルを対象とした3次元モデルのセグメンテーションの分野に応用できないかの検討を行った。

2章では,これまでの他者が行ったセグメンテーションに関連する研究に関して,また,過去に提案した3次元モデル検索のための特徴量についても簡単に述べる。3章からは提案手法,比較実験,考察の順に述べる。

2. 関連研究

これまでに行われてきたセグメンテーションには,データマイニング等の分野で使われるクラスタリングの手法を適応させたもの[1][2],モデルを定義するメッシュをグラフ構造と捉えグラフの分割問題として解くもの[2],などがある。また,前処理としてSpectral Embeddingを用いる[3]試みも存在する。

3次元モデルのセグメンテーションの研究には,2つの大きな問題点が存在する。1点目がモデルのセグメンテーション結果の数をモデルに応じてどのように与えるか,また,2点目はセグメンテーションの正解をどうやって得るかである。特に前者は,アルゴリズムに応じた点である。クラスタリングの手法を適応する場合など,多くのアルゴリズムにはパラメータとして分割結果の数を与えなければいけない場合が多い。2つの問題点を解消できる,ベンチマークが公開されている[4]。これは,19のカテゴリに分かれており,あるカテゴリはポーズを変えた複数のモデルが存在するなど変動性を持たせている。また,カテゴリごとに最適なセグメント数([例]人カテゴリ:両腕,両足,胴体,および頭の6つ)が与えられている。今回,このベンチマークを用いて4章では評価実験を行っている。

† 豊橋技術科学大学 大学院 情報工学専攻

‡ 豊橋技術科学大学 情報・知能工学系

2.1. 面群特徴量

初めに,隣り合った面(隣接面)との角度を,すべての面に関して求める。そして,モデルに応じた1つの閾値を定める。次に,ある1つの面を選択,その隣接面を参照して閾値以下で角度を成している面の群を求め,また面の群の隣接面の...と,閾値以下の角度を成して隣り合っている面の群を1つの「面群」とする。この流れを,モデルを構成している面がすべて,どこかの面群に含まれるように繰り返してゆく。そうして求めた面群の,位置・向き・面積を複合した特徴量を定義した。歯車などの機械部品でよく見られるモデルで比較的,高い性能を確認した。



図1. 人の脚に面群を

生成させた例

3. 提案手法

今回の大きな方針は,面群を導出後,面群をクラスタリングしてセグメント結果を得る流れである。手法の流れを図2に示す。面群はある一定の角度(閾値)以下で隣り合っている面が1つの面群としてまとまる。3次元モデルには,部分的に細長い筒のような形状が多く存在している。図1に示すように人の脚のモデルに面群を生成すると,細長い形状の面群が複数生成される。これらを距離的に近い位置で,同じクラスタにまとめれば,筒状の形状が1つのセグメントとなり,表面が急激に曲がっているような部分([例]四足動物のモデルなら,4足と胴体及び頭)でそれぞれ分かれ,意味のある分割になると考えた。

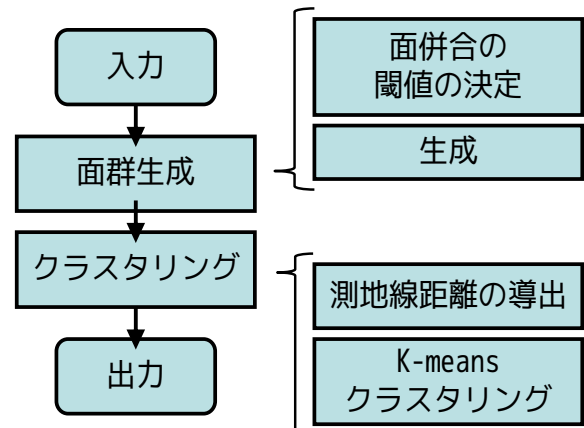


図2. 提案手法の流れ

3.1. 面群導出

面群の導出には、パラメータとして閾値が必要である。閾値は以下の2点を満たした角度である。(1) 解像度が異なるモデル間でも同様に分かれるようにモデルに応じた、(2) 分かれて欲しい部分に面群がまたがらない、の2点である。(1)を満たすため、3次元モデルの面から乱数を使って複数面を取得し、それらと隣接している面との角度の平均値と中央値を、閾値に用いた。また(2)を満たすために、事前実験を行った。PSBと呼ばれる様々な3次元モデルを集めたベンチマークのモデルすべてに対して、パラメータを複数与えて面群を生成した。そして、目視で確認し、一番望ましい生成がなされるパラメータを導いた。最も適度な分かれ方をしたのは、平均値と中央値の平均を取ったものに0.9を乗じたものだった。

3.2. クラスタリング

今回、クラスタリングの手法として、K-means クラスタリングを用いる。その際の距離は、面群を“頂点”，面群の隣接関係を“辺”とみため、3次元モデルの表面をグラフ構造として考える。そうした時の頂点間の最短経路を計算し、疑似的な測地線距離を用いた。つまり、図3に例示するようにウサギのモデルの耳の間の距離は、実線で示す距離ではなく、破線で示す実際の面をたどって到達できる最短距離である。測地線距離を採用することにより、人のモデルで言う2脚の部分が別々のセグメントに分かれてくれることを期待する。グラフ構造の最短経路を求める際には、Dijkstra法を用いて行った。

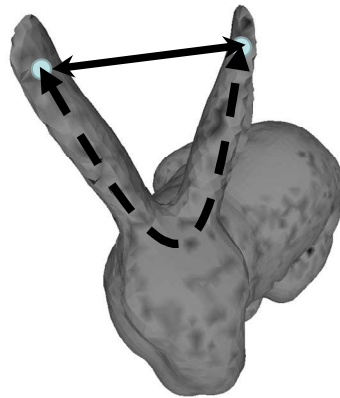


図3. 測地線距離(破線)とユーグリッド距離(実線)との比較

4. 評価実験・検討

提案手法を検証するため、評価実験を行った。データは、2章でも述べたように、Princeton大が公開している3次元モデルのセグメンテーションの研究用データセット[4]を用いる。このデータセットはSHREC2007のデータを用い、19のカテゴリに分け、それぞれのモデルの望ましいセグメント数を決定してある。また、正解セットは、複数の人の分割結果を収集しており、多数の人がセグメントの境界と認識した線が濃く、逆に少数の人がセグメントの境界と認識した線は薄く表示した結果のスナップショットも提供されている。評価実験は、モデルに手法を適応し、出力されたモデルと、上述のスナップショットと目視で比較をした。結果例を図4に示す。

コーヒーカップと人間のモデルでは、それぞれ取っ手部分、首部分で分かれて欲しいのに、上手く分けられていない。メガネのモデルでは、左右の耳かけ部分と左右のレンズ部分に分かれるという、意図する分かれ方をした。ベンチマーク全体を見ても、網羅的に芳しい結果というのは見

られなかった。ただし、筒状の形状に対しては、意図したとおりのセグメントに分割できた。

5. おわりに

平面的な形状に焦点を当てた3次元モデルの特徴のセグメンテーションへの応用を検討した。セグメンテーションの結果は、芳しいとは言えないが、筒状の形状はある程度捉えられる事が分かった。今後の課題としては、数値的な指標を用いた評価を行う事、クラスタリングの際に別の距離を用いること、K-means アルゴリズム自体が最初のクラスタの選び方に依存する点を出来るだけ解消すること、などが挙げられる。

[1]SHLAFMAN, S., TAL, A., AND KATZ, S., 2002.

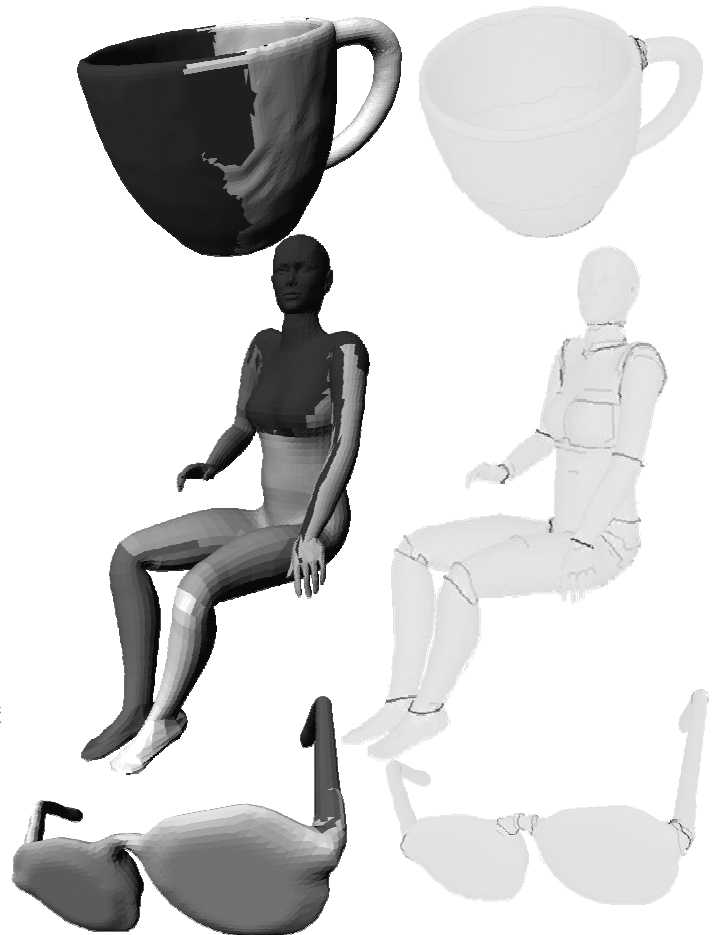


図4. セグメンテーション結果例
(左:提案手法, 右:正解セット)

Metamorphosis of polyhedral surfaces using decomposition.

[2]GOLOVINSKIY, A., AND FUNKHOUSER, T. 2008. Randomized cuts for 3D mesh analysis. ACM Transactions on Graphics (Proc. SIGGRAPH ASIA) 27, 5 (Dec.).

[3]Rong Liu,Hao Zhang, 2004. Segmentation of 3D Meshes through Spectral Clustering, Proceedings of the Computer Graphics and Applications, 12th Pacific Conference table of contents

[4] XIAOBAI C, ALEKSEY G, AND THOMAS F., A Benchmark for 3D Mesh Segmentation