

CGにおける丸め変形操作を適用した細分割曲面の生成

野崎紘佑[†], 徳山喜政[†], 今野晃市[‡]

東京工芸大学工学部[†], 岩手大学工学部[‡]

1. はじめに

3次元 CAD システムにおいて、機械部品の強度補強や外観の美しさの追及などの理由により、設計したモデルの稜線の両側の曲面をフィレット曲面で滑らかにつなぐ操作が必要である¹⁾。CG キャラクター(人間、動物など)のモデリングにおいて、細分割曲面が有効であるため多くのCGシステムに採用されている。類似した形状を表現するためには、CG ではシャープ形状と丸い形状の中間的な形状が稜線の鋭角率を指定することで実現される。しかし、鋭角率と最終形状との関係は明確ではないため、鋭角率を直観的に指定するのは困難である。また、稜線の始点・終点にそれぞれ異なる鋭角率を指定できないのが現状である。従って、CAD データのように徐変フィレットで表現される形状を生成するのは困難である。そこで、本研究では、CAD で実現されているフィレット操作を CG でよく使われる細分割曲面に適用してより柔軟なフィレット面で表現される形状を生成する方法を提案する。

2. 細分割曲面

細分割曲面にはさまざまな方法^{2) 3)}があるが、Catmull-Clark の曲面²⁾を用いた。Catmull-Clark の細分割曲面は、任意の多面体を初期メッシュとし、メッシュが正則な場合には分割を繰り返し行うことで双3次 B-spline 曲面⁴⁾に収束する。分割によ

り生成される新しいメッシュの頂点は、分割前のメッシュの頂点、辺、面に対応付けられる。新しいメッシュの面上点 f^{i+1} は各面の重心に、边上点 e_j^{i+1} はその辺の両側の面上点と、両端の頂点の平均とする。

$$e_j^{i+1} = \frac{v^i + e_j^i + f_{j+1}^{i+1} + f_j^{i+1}}{4} \quad (1)$$

新しい頂点 v^{i+1} は以下のように求める。n は価数で、頂点に接続する稜線の数である。

$$v^{i+1} = \frac{n-2}{n}v^i + \frac{1}{n^2} \sum_j e_j^i + \frac{1}{n^2} \sum_j f_j^{i+1} \quad (2)$$

3. 丸め変形作

本研究では以下のステップにより、細分割曲面を生成する。なお、多面体形状や細分割曲面形状はソリッドモデルで表現されている。

- (1) 丸め幅を設定したい稜線(図1の太線部分)を選択する。
- (2) 選択した稜線に対して幅を設定する(図2)。その幅に点の情報を保持する。ただし、選択した稜線が複数で、それぞれに設定した幅が異なる場合には保持された点の情報から計算された中点になる(図3)。なお、稜線の始点、終点にそれぞれ異なる幅を設定することが可能である。

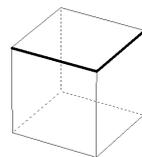


図 1



図 2

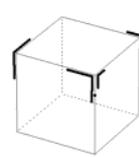


図 3

- (3) 点同士を擬似的に結び、交差点を決定する (図 4)。
- (4) 選択した稜線に繋がっている頂点に着目し、その頂点に繋がっている稜線の本数から、より綺麗な細分割曲面が生成されるように、頂点を生成し(図 5)、頂点同士を結んで稜線を生成する。方針としてはなるべく各面が非四辺形にならないように稜線を生成する。例えば、図 6a よりも図 6b の生成方法を選ぶ。

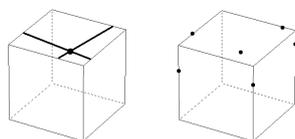


図 4

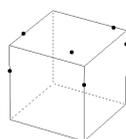


図 5

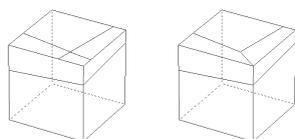


図 6a

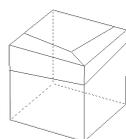


図 6b

- (5) 丸め変形操作を適用した多面体から細分割曲面を生成する。図 6a から細分割曲面を生成したものが 7a であり、6b から細分割曲面を生成したものが 7b である (両方 3 回細分割)。(4)で述べたように、6b から生成されたものの方が、綺麗であることがわかる。



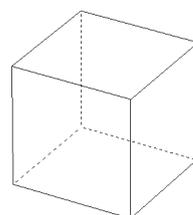
図 7a



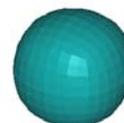
図 7b

4. 実行例

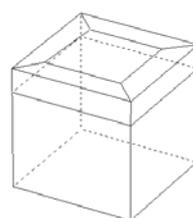
適用前の立方体と適用後の立方体モデルにそれぞれ 3 回細分割をかけた細分割曲面を比較した。丸め変形操作による影響がはっきり確認できる。



初期モデル(適用前)



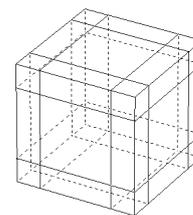
3 回分割



初期モデル



3 回分割



初期モデル



3 回分割

5. まとめ

本稿では、多面体モデルの選択した稜線とそれに繋がっている頂点の関係に着目し、丸め変形操作を適用した細分割の手法を提案した。これらの方法を用いれば、柔軟なフィレットをもった形状を生成が可能である。

[参考文献]

- [1] 鳥谷浩志, 千代倉弘明: 3次元 CAD の基礎と応用, 共立出版, 1991.
- [2] E. Catmull and J. Clark. Recursively generated B-spline surfaces on arbitrary topological meshes. Computer aided Design, 10(6):350-355, 1978.
- [3] C. T. Loop. Smooth subdivision surfaces based on triangles. Master's thesis Department of Mathematics, University of Utah, August 1987.
- [4] 三浦曜, 望月一正: CAD・CG 技術者のための実践 NURBS, 工業調査会, 2001.