

スケッチを用いた穴あき物体のモデリング

大和田 茂、五十嵐 健夫

1 Introduction

形状モデリングの研究の歴史は非常に長い。その中で、近年ではスケッチベースモデラーと呼ばれる、ユーザーの手描きの線を入力として直感的に物体を作るモデラーが注目を集めている [1, 3]。これらは非常に短時間で三次元モデルを製作することができるが、これまでのシステムは主に物体の外見をモデリングするためのものであり、人間臓器のような穴のあいた構造を持った物体を作るのには適していない。本研究では既存システムのユーザーインターフェースを継承しつつ、トポロジーの変更を許す手法を提案する。このためのインターフェースとして、物体の生成時に複数の輪郭線を指定したり、物体を一時的に切断した断面に構造を描きこむ、あるいは、複数の輪郭線をスワイプさせることなどによって、物体のトポロジーを変更する手法を考案した。また、データ構造としてボリウムデータを採用することによって、トポロジーの変化を効率的に扱うことが可能となった。

二次元のスケッチに自動的に奥行きをつけて三次元形状を生成するには、形状に関するある種の仮定が必要である。我々のシステムでは、丸っこいスムーズな物体を仮定している。そのため、角ばった物体、例えばビルなどの建築物をモデリングするには適していない。

2 これまでの手法

ボリウムデータ構造を直接用いてモデリングを行うシステムには、サーフェスベースの手法ほどの長い歴史はない。最近では、スクリプト言語や八分木、再帰分割ボリウム、レベルセットベースの手法などがある。三次元入力デバイスを用いたシステムも数多い。通常のマウス入力を用いたスケッチベースモデリングはここ 10 年ほどで大きな発展を遂げ

てきた。精密で大規模な物体を作ることはできないが、ラフな物体を短時間で作ることは非常に適している。最も初期のシステムの一つは Viking である。このシステムは CAD モデルのプロトタイプング目的で開発された。その後の有名なシステムとしては SKETCH[3] や Teddy[1] がある。SKETCH は直方体や円錐などからなるシーンを作ることを目的としているが、Teddy は、丸っこい物体を作ることを目的としている。すでに Teddy の拡張を行う研究もなされているが [2]、トポロジーのエディットについてのまだ十分に議論されていない。我々のシステムのユーザーインターフェースは Teddy[1] に基づいているが、トポロジー的な自由度が大幅に向上している。

3 ユーザーインターフェース

ユーザーの操作は単一のウィンドウに対する手描きストローク入力と、メニューバーにあるボタンの押下によってなされる。ストロークが幾何的な情報を与え、ボタンの押下が機能の指定を行うという構造になっている。ストローク描画はマウスの左ボタンのドラッグによって行われ、物体の回転は右ドラッグによって行われる。

3.1 物体生成

物体の生成は、一つ以上の輪郭を描き、物体生成ボタンを押すことによってなされる。これにより輪郭線間の領域が三次元化され、穴のある物体も作ることができる (図 1)。

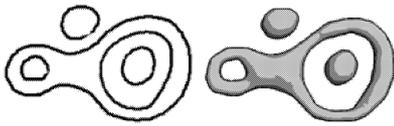


図 1: 物体生成時に複数の輪郭線を指定することが許される。

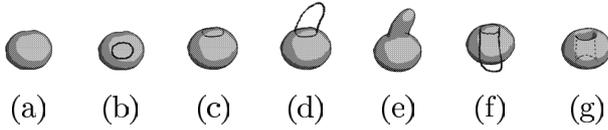


図 2: 物体に突起・陥没形状を付け加える例

3.2 突起形状および陥没形状

物体を生成したら、そこに突起や穴を追加することができる。ユーザーはまず物体上に閉曲線を描き、構造追加ボタンを押す。物体の回転によって視点が変わるので、追加形状の外形を表す二度目のストロークを描く。この時、ストロークの両端が、最初に描いた輪郭の(回転後の)端点とできるだけ近い場所に位置するように気をつける(さもないと、このストロークはスィープと解釈される。3.4章参照)。この二度目のストロークを物体の外側方向に描けば突起となるし(図 2 (d,e))、内側方向に描けば穴となる(図 2 (f,g))。ポリウム構造を採用したことにより、実装の難しいポリゴンモデルの CSG を行わなくても自己交差の心配はない。なお、(g)に見られるように、物体内部の隠された輪郭線は点線で描かれる。

3.3 一時的な切断

このシステムではさらに、中空の物体を作ることができる。このために、まずユーザーは物体を一時的に切断する(図 3 (a-c))。通常とカットとの違いは、ストロークの最後を直角に曲げていることである(図 3 (b))。この曲げられた方向が不可視状態にされる部分を決定する。その断面に輪郭を描きこむ(図 3 (d))。そして、構造追加ボタンを押して物体を回転させたのち、最初に描いた輪郭線を囲むように最後の外形を描くと物体の内部に穴をあけることができる(図 3 (e))。ここで最初に物体を切断するオペレーションは、物体の一部を不可視状態にするだけである。なお、不可視領域は、点線によりレン

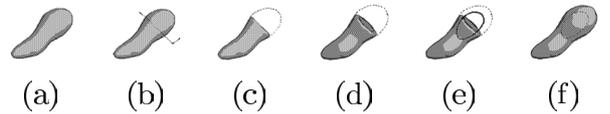


図 3: 内部に穴のある物体の作り方。

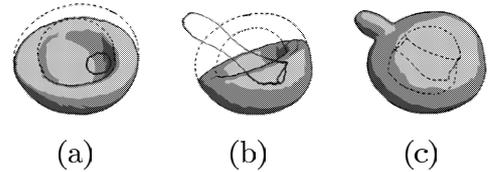


図 4: 一時的切断を用いた、内部表面からの突起生成。

ダリングされる(図 3 (g))。

この一時的切断は、本質的に物体内部に操作を施すためのものであるため、物体が中空の場合には、その内側の表面に操作を施すために用いることができる。例えば、図 4 のように、物体内部にさらに突起を加えることも可能である。次の節で説明するスィープ操作も、この内部の表面に行うことができる。

3.4 スィープ

物体表面にストロークを描き、構造追加ボタンを押して物体を回転させたのち、最初の輪郭線をスィープすることもできる。これは、二度目のストロークとして、最初の輪郭線を一度だけ通り抜ける開曲線を描くことによって行う。この場合には、最初の輪郭線を複数描くことができる。例えば、二重の輪を表面に描き、これをスィープすれば、管状の物体を作ることができる(図 5)。

3.5 自動回転による操作の支援

構造の追加においてはストローク描画は二段階に分かれており、その間に物体をおよそ 90 度回転し、二度目のストロークは最初とは違う方向から行う必

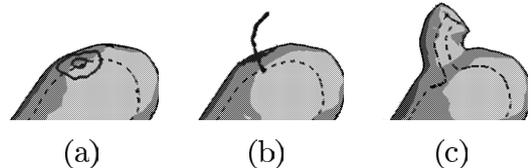


図 5: 二重の輪郭線をスィープする例。

