

OrtoSolid : 非多様体位相を用いた立体モデルの生成法

1U-1

増田 宏, 松澤 裕史, 井上 恵介, 岡野 彰
日本アイ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所

1 はじめに

一般に、解析などで必要となるソリッドモデルを作成することは大変な作業である。その理由の一つに、従来のソリッドモデルでは定義上正則であることが要求されるため、形状操作の制約が強いことが挙げられる。より柔軟な形状モデリングを行なうためには、非多様体位相を利用して、ソリッドよりも形状操作の自由度の大きいサーフェス表現やワイヤフレーム表現を部分的に介在させて形状生成を行なう方法が有効だと考えられる。

これまでワイヤフレームモデルをソリッド化する研究は多くなされてきている [1]。しかし、ワイヤフレームモデルは必ずしも立体としての条件を厳密に満たす必要はないために、立体として過不足なくワイヤが生成できているかを判断することが難しく、通常は試行錯誤的な修正作業なしにソリッド化を行なうことが困難だという問題があった。

本研究ではこの問題に対処するために、生成されるワイヤが面や立体の構成要素に成り得るかを常に監視して、形状要素を逐次更新していくことにより、立体として矛盾のないワイヤのセットを得る手段について考える。また、一般にワイヤフレームは立体表現として曖昧であり多数のソリッドに対応する可能性があるが、適当な拘束を解くことでソリッド解の絞り込みが行なえることも示す。

2 面, 閉空間の探索

2.1 面の探索

ワイヤ e が新たに生成されることにより生成可能な面を検出する方法について考える。図1で、形状 (a) は、既に生成可能な面や閉空間の検出がなされている形状モデルとし、それに対してさらに (b) のようにワイヤ e 加えた場合を考える。まず、 e と

既存の稜線、面との干渉を調べ、干渉があれば干渉頂点、干渉稜線を生成する。ワイヤ e は (a) の上面 face と干渉し、面が二分されるので、(c) に示すような面 f_2, f_3 が生成される。次に、 e を含む loop を探索することによって、サーフェスの更新を行なう。loop とは、面の境界を反時計回りに辿るような edge の集まりである。解析曲面の face は以下のようにして自動的に生成できる。自由曲面に関しては、曲面の方程式が有限個に定まらないので、自動的に検出することはできない。その場合は、ユーザが境界を指定することにより、face を定義する必要がある。

1. e の両端点に接続し、かつ同一曲線上にない稜線 $\{e_i\}$ を取り出す。
2. e と e_i を含む解析曲面（平面、2次曲面、トラス面）が算出可能であればその方程式を算出する。そして曲面上に乗っている稜線を取り出し、loop 探索を行なう。loop を探索するには、同一の平面または曲面上に乗っていて、かつ時計回りに見て最も近い edge を順に辿っていく。図 (b) の場合には f_1 のような円錐面 face が検出される。
3. 得られた loop に face を生成する。このとき、他の face との包含関係を調べ、もし包含関係があれば穴を生成する。また、他の face との干渉を調べ、もし face の境界以外で交わるならば干渉稜線を生成する。

2.2 閉空間の探索

面の集合から立体と成り得る閉空間を検出することは、非多様体位相の主要なデータ構造である radial-edge 構造 [3] を用いれば容易である。図2は edge 周りの face の構造を示しているが、面の裏表に対応する face-use の組が *mate* によって、向かいあった face-use が *radial* によってそれぞれ関係付けられている。この構造では、*radial* ポインタで

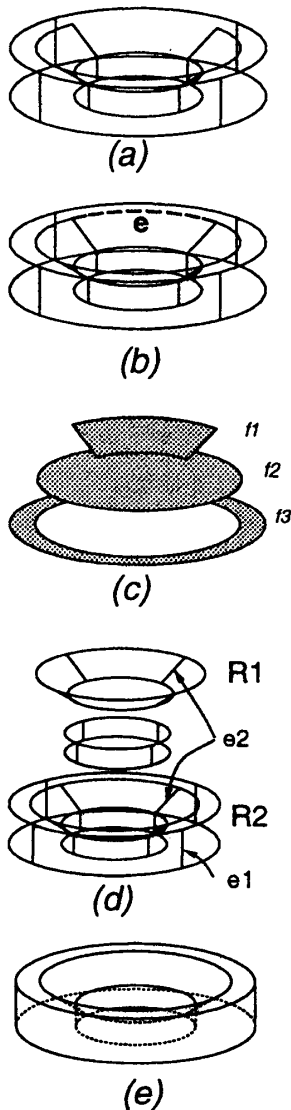


図 1: サーフェス, セルの自動更新

互いに結ばれた face-use の集合を得ることによって face に囲まれた閉空間が検出できる。

図 1 の例では, ワイヤ e を加えることにより, 新たに三つの面 f_1, f_2, f_3 が更新され, それによって図 (d) の閉空間 R_1, R_2 が検出できることになる。

3 拘束条件

本手法において閉空間探索された形状モデルは, 図 1 (d) のように複数のセルから構成される。ソリッドを表現するためには, 各セルに対して, ソリッドの実体となるかどうかのマークを付けることが必要である。そのために, すべてのワイヤがソリッド

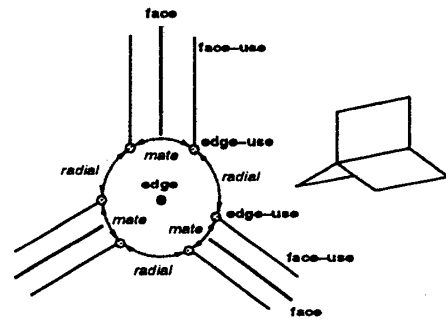


図 2: ラジアルエッジ構造。

の境界となるための条件を考える。この例の場合, 新たに生成されたセルは R_1, R_2 なので, これらについて実体かどうかの判断を行なう。セルの境界稜線 e_1, e_2 について考えると, これらが立体の境界となるための条件は, その周囲のセルの論理式として $R_1 \cap (R_1 \overline{R_2} + \overline{R_1} R_2)$ と表現できる。従って, R_1 が実体, R_2 は実体ではないことがわかり, (e) のようなソリッドが得られることがわかる。ただし, この判断は穴のような実体でない部分を先にモデリングすれば正しくならないので, そのような場合には実体かどうかを陽に指定することが必要となる。各セルを実体と見なすかどうかの判断が正しければそれをセルの属性として保存しておき, 次に生成されるセルで実体の判断を行なう際の前提条件として用いる。

4 まとめ

本手法では, ワイヤが面や立体として十分であるかがモデリング中にわかり, またワイヤの存在によって面や閉空間が逐次更新されていくという特徴がある。ワイヤフレームは定義や制御が容易なので本手法が有効な幾何形状は多いと思われる。非多様体位相ではソリッドとワイヤの混在も許されるので, この手法を従来のソリッド生成手法と組み合わせることもでき, ソリッドの生成に要する時間を縮小できることが期待できる。

参考文献 [1] A.Kela, J.E.Davis and P.M.Finnigan, 'Wireframe to Solid Models: A Survey,' Proc. ASME Computers in Engineering Conference, 1:53-61, 1989. [2] 増田宏, 沼尾雅之, 清水周一, '非多様体形状モデラを用いた三面図からのソリッド合成,' 情報処理学会全国大会論文集, Oct. 1992. [3] K. Weiler, 'Topological Structures for Geometric Modeling,' Ph.D. Thesis, Rensselaer Polytechnic Institute, Aug. 1986