

北海道大学 工学部 尾崎 徳強、田中 文基、岸浪 建史

1、はじめに

機械部品、生体構造の多層化の要求から、多層形状を持つ内部の構造を表現し、境界層や内部の挙動をシミュレートする必要があるが生じてきた。しかし、幾何モデルは主に境界形状を表現しており、内部構造を陽に表現しているものは少ない。本研究は、物体の境界形状のみならず内部構造をも含むモデルを内部構造モデルと呼び、その性質とその非多様体表現のために有用であると考えられる多面体を含んだセル構造化幾何モデル(CCM)の拡張形式について提案する。

2、内部構造モデル

内部構造モデルは多層構造を持った機械形状、生体形状のモデルの内部構造化の要求から、物体の表面形状のみならず内部の構造をも表現したものである。また、内部構造モデルは物体の挙動をシミュレート可能でなければならない。つまり、内部構造モデルの性質としては、

- 1) 内部に空洞を持つような非多様体物体の表現可能性。
- 2) 3次元FEMモデルへの変換容易性。
- 3) 多層構造の表現可能性。

などが挙げられる。このため、内部構造モデルは非多様体表現を含有したモデルでなくてはならない(図1参照)。

内部構造モデルの表現方法としては、境界形状のみを陽に表し、複数の境界形状で立体を表現するB-r-e-p方式と各階層を立体モデルの積層で表現するCCM方式の2通りが考えられる。この2つの方法を比較するとデータ量の少なさ、モデリングの容易さと言う観点からはB-r-e-p方式のほうが利点も多いが、有限要素解析のためのモデルへの変換の容易性を考慮するとCCM方式のほうが内部構造モデルとして有利であると思われる。また、幾何モデルとしての重要な必要条件として、対象とする物体の形状を忠実に表現することが挙げられる。対象とする物体の全ての部分を、パラメトリック補間された6面体Cellのみによって表現するには不十分である。その点に関しても、CCM方式では基本立体として6面体の他に5面体、4面体を許容しているので、6面体によって位相構造のおおまかを決定し、細部を4、5面体Cellを用いることによって特異点を避けることができ、より精度の高いモデルとすることが可能になるとと思われる。図2に物体のコーナー付近の細部における多面体Cell適用の模式図を示す。かつ、それらは図3のように統一的なデータ構造によって記述することが可能であり、4、5面体Cellの導入によって形状表現能力も向上されるばかりでなく、有限要素解析のためのモデルへの変換も容易である。それが内部構造モデルとしてCCMの採用を提案する理由である。

3、内部構造モデルとしての拡張CCMの利用

内部構造モデルの実現には非多様体表現の導入が不可欠である。非多様体モデル表現にはRadial Edge構造や先に我々が提案したCCM構造がある。

非多様体表現としてのCCMは従来アレイ・データ構造であ

った。しかし、これをCellが接続するときには、階層構造となっているCellの下位の境界要素の共有関係によって記述するといったポイント構造にすることによって接続の自由度を向上させた。すなわち、CCMによる非多様体表現の実現とは以下の方法によってなされる。

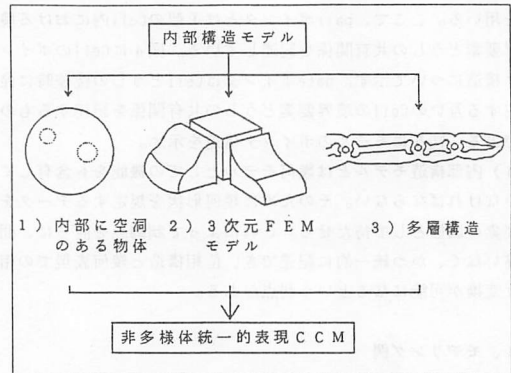


図1 内部構造モデルの性質

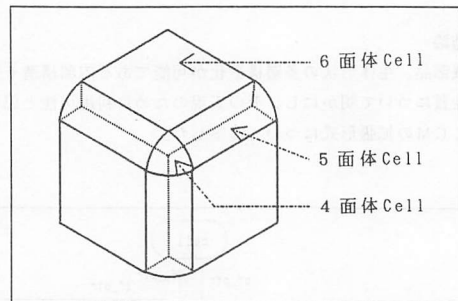


図2 モデル細部の表現例

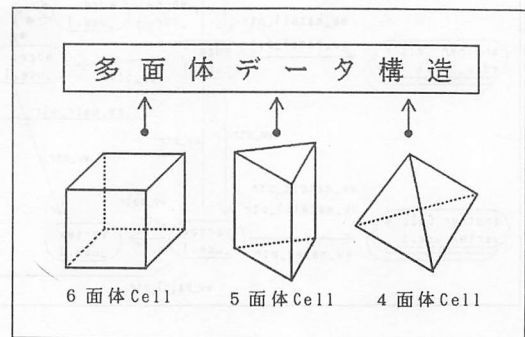


図3 多面体Cellの統一的表现

1) 位相構造上のモデルを構成する各要素 (Cell、Face、Edge、Vertex) について各々独立な要素として階層構造にして記述する。Cellを陽に意識するCCMにおいては、Cell以外の要素は単独では存在しない。そこで、単独で存在しない要素に“_use”と言う概念で整理した。つまり、階層構造の中ではFace_useはCellの下位にあり、その境界となっている。また同様にEdge_useはFaceの_useの、Vertex_useはEdge_useの下位にあり、その境界となっている。

2) 各要素の隣接関係、またはCellの接続とはその要素の1階層下位の要素どうしの共有関係によって記述し、その共有関係を記述するのに必要十分なポイントであるpair、mateポイントを用いる。ここで、pairポイントとは1個のCell内における境界要素どうしの共有関係を記述している。図4にCellのポイント構造について示す。mateポイントはCellどうしの接続時に発生する互いのCellの境界要素どうしの共有関係を記述するものである。図5にモデルのポイント構造を示す。

3) 内部構造モデルとは幾何モデルとしての機能をも含有していなければならない。そのために幾何形状を規定するデータを要素の属性として持たせる。これによって制御点を直ちに、間違いない、かつ統一的に記述でき、位相構造と幾何表現での相互変換が可能になるという利点がある。

4、モデリング例

図6は内部に空洞を持った球を5面体Cellを用いてモデリングした例であり、図7は5面体、6面体Cellが混在したモデルの例である。

5、結論

機械部品、生体形状の多層構造化が可能である内部構造モデルの性質について明かにし、その表現のために利用可能と思われるCCMの拡張形式について提案した。

参考文献

- 1) 尾崎 他：内部構造モデルとそのモデリング・システム
精密工学会1989年春期大会
- 2) 金井 他：セル構造化幾何モデルと
そのモデリング・システム
精密工学会誌、vol. 52 No. 11(1986)
- 3) 岸浪 : 実体モデルとその応用、PIXEL、No. 68(1988)
- 4) K. weiler: Topological Structure for Geometric Modeling, Ph.D. Thesis. Rensselaer Polytechnic Institute, 1986

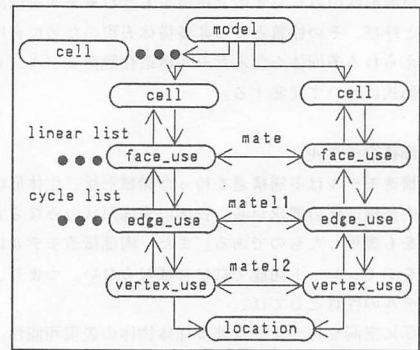


図5 モデルのポイント構造

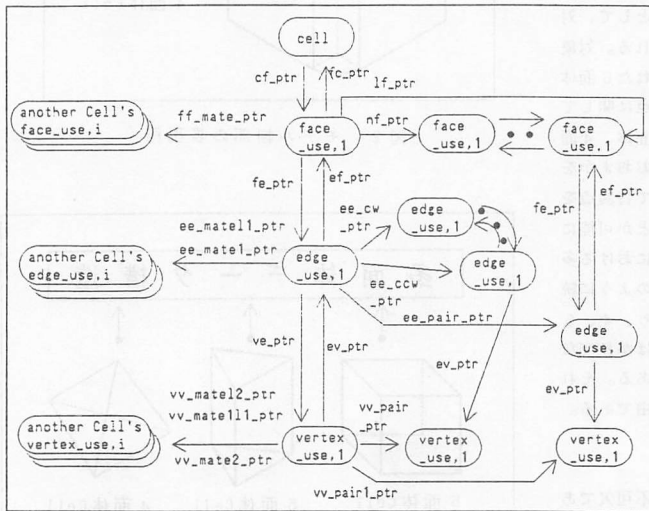


図4 Cellポイント構造

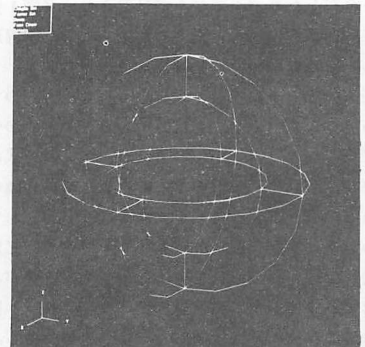


図6 内部に空洞のある球

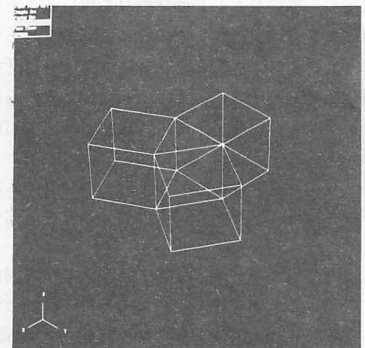


図7 多面体混在