

I-A232

Voronoi 理論を用いた要素高速自動分割法

八戸工業高等専門学校 正会員 杉田 尚男
 横河技術情報 正会員 市ノ渡 剛
 長岡技術科学大学 正会員 鳥居 邦夫

1. はじめに

近年におけるコンピュータの高速化に伴い、FEM解析用モデルは大型化、複雑化しつつある。一方で、モデルの複雑化は入力時間の遅延を招き、パフォーマンスの低下が問題となる。これに対処する為に、要素の自動分割法が広く用いられているが、従来の手法では、その形状や効率の面において必ずしも最適化されたとは言いがたい。また対象物を二次元モデルとして解析する場合もあるが、これは、奥行きを無視したものであるから、その解析精度を考慮した場合、三次元モデルの優位は明らかである。これらの対処する為には、簡潔で容易なデータ入力法と、効果的で高速な要素分割法の開発が考えられる。

本研究は、これらの問題に対し、Voronoi 理論を用いた三次元任意形状の高速モデリング法を提案する。これは、ユーザーによる入力処理を必要最小限のものとし、Voronoi 理論を用いた要素細分割を行なう事によって最適要素分割を可能とするものである。

2. 初期モデル作成

(1) レイヤ1モデル

第一段階として、解析モデルの輪郭部を作成する必要がある。これは、以降の処理に対する基本形である。また、この作成は、本手法における、唯一のデータ入力作業となる。図1に、モデルの例を示す。本モデルは、面、辺、頂点の各情報によって構成される。各面を構成する頂点番号は、その方向を特に規定していない為、厳密にはサーフェスポリゴンモデルに分類されるものである。

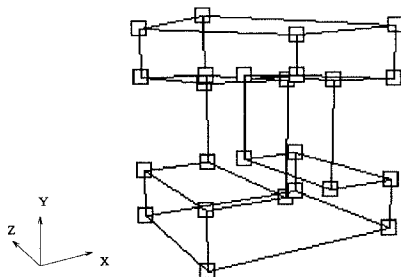


図1 レイヤ1モデル例

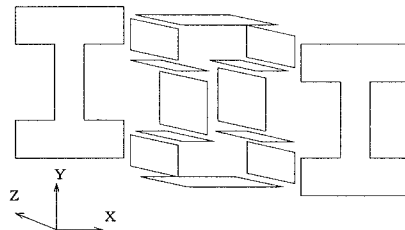


図2 レイヤ1モデル分解図

尚、凹多面体も適用出来る為、入力時間の増加問題となってしまう。また、入力時におけるミスが増加する事が考えられる。そこで、本フォーマットに対応したモデリングソフトを独自に開発した。これを用いてレイヤ1モデルを作成、保存する。これにより、ユーザーはマウスオペレーションのみでのモデル作成が可能となる。これはまた、入力時間の短縮という目的の為の一環でもある。

3. Voronoi メッシュ生成

Voronoi 領域を生成するにあたり、X、Y、Z の各軸方向に均等に母点を配置する。母点間隔はレイヤ1モデルの最短辺長以下とし、配置空間は、レイヤ1モデルを包括する大きさとしなければならない。

これは、以降の合成処理において、不都合を回避する為の処置である。この配置規則によって、以後、節点を生成する訳であるが、各節点の出現位置により、二種類の属性を生じさせる必要がある。この属性は、メッシュの接続線生成において、非常に重要である。

図4のように、母点8個がメッシュ空間の最小構成だとすると、節点の生成位置は、その表面部及び内部である。この表層部を通常節点、内部をコア節点と命名し、以後の接続線生成時の属性とする。

Key Words : Voronoi, Three dimension, Automatic mesh

連絡先: 〒039-1192 青森県八戸市田面木字上野平 16-1 TEL : 0178-27-7313 FAX : 0178-27-7313

4. メッシュ空間生成

母点、通常節点、コア節点の三属性が決定した後、各点を接続する事によって、メッシュ空間は完成する。この際、接続規則を下記に述べる。

- (1) 母点は、隣接する母点及び、隣接する通常節点、コア節点に対し、接続線を生成する。
- (2) 通常節点は、隣接する母点及び、隣接するコア節点に対し、接続線を生成する。
- (3) コア節点は、隣接する母点及び、通常接点に対して接続線を生成する。

これらの規則に従い、各点を接続する事により、四面体要素から成るメッシュ空間が完成する。

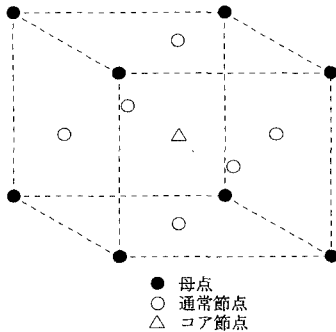


図4 母点生成例

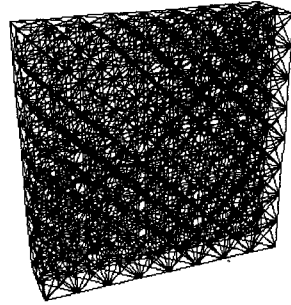


図5 メッシュ空間例

5. 合成処理

レイヤ1モデルをメッシュ空間と合成する事により、最終的な解析モデルを生成する。これにより生成されるモデルは、便宜上、レイヤ2モデルとする。メッシュ空間の全節点につき、レイヤ1モデルに対して、内部配置、外部配置、表面接触となる点を選別する。各節点を基とし、任意方向に線分を伸ばし、各平面に交差する回数を測定する方法によって内外判定を実行する。

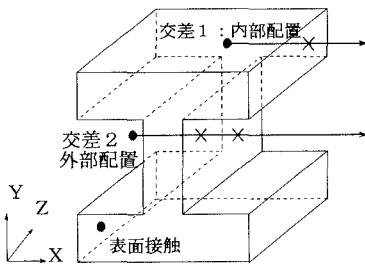


図6 内外判定例

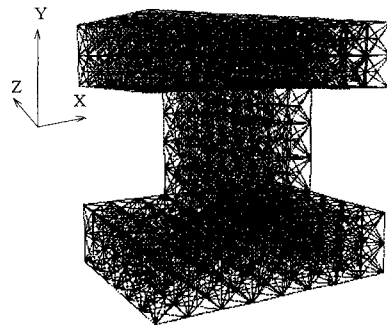


図7 モデリング例

6. 適用例

本手法を用いて、土木構造物としては代表的な形態であるI型鋼材をモデリング（図7）した。モデルの節点数は2263個、要素数5760個である。メッシュ空間生成から合成処理完了までの計測CPU時間は9.971秒であり、Voronoiメッシュによる高速モデリングが可能となった。

7. 結論

ユーザーの操作を最小限度に抑え、複雑な形状を高速に生成することが可能となった。今後、曲線を含むモデリングについて検討しなければならない。

8. 参考文献

- 嘉数侑昇、古川正志：CAD/CAM/CGのための形状処理工学入門、1995
 杉田尚男、鳥居邦夫：Voronoi理論による三次元体の形状認識に関する基礎的研究、日本学術会議第46回応用力学連合講演会予稿集、1997
 市ノ渡剛、杉田尚男、鳥居邦夫：Voronoi理論を用いた要素形状モデリングシステムの開発、土木学会東北支部技術研究発表会講演集、1998