

二分除法による 3 次元要素の生成法

崇城大学 学生員 吉川智也

崇城大学 正 員 結城皓曠

1. はじめに

構造物の設計・計画の実作業において有限要素法は不可欠なものであり、有限要素解析を行うに際して、自動分割による要素生成のプログラムは重要な道具である。これまで自動分割の方法については多くの研究があり、様々な手法が提案されてきた。

二分除法¹⁾はその原理が簡潔でプログラム化が容易であることに加え、解析しようとする領域の周辺境界線の点列を与えるだけで領域内部が自動的に分割することができるという特長がある。本報では、先の研究による 2 次元要素生成の機能を拡張し、3 次元領域における要素の自動生成機能を開発した。

2. 二分除法の概要

二分除法の原理は、ある領域を 2 つの領域に分割し、分割された 2 つの領域を同じように分割していく。この操作を再帰的に繰り返し、これ以上分割できなくなるまで二分法を行うというもので、C 言語の再帰呼び出し機能を適用すれば、比較的簡単なプログラムで実現できるのが特長である。

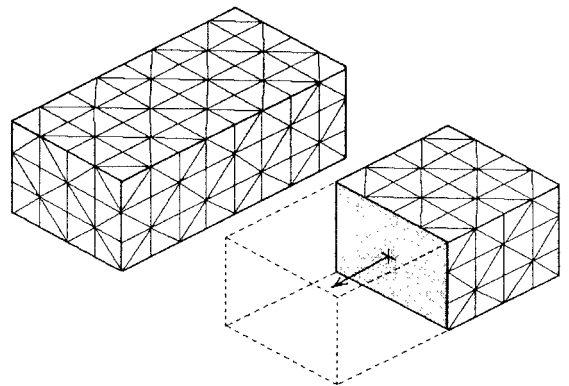


図-1

3. 3次元要素の生成法

プログラムの特徴について次に述べる。

- ・ 3 辺形メッシュで覆われた 3 次元ブロックを対象とする。
- ・ 表面のメッシュを利用してブロックを 2 つ部分に分割する。この際、表面のメッシュの形状は変化しない。
- ・ 分割で生じた面に 3 辺形メッシュを張り、2 つのブロックを生成する。
- ・ 生成されたブロックに対して再帰的に二分法を適用し、四面体要素を生成する。

この生成法を実用化するには、いくつかの問題点を解決する必要があり、採用した手法は次の通りである。

・ 分割面の設定

図-1 のようにブロックの重心と主軸を求め、重心を通して主軸に直交する面を想定して、近隣のメッシュ線で分割する。ただし、ブロックの細分化が進むと有意な分割面が求められなくなることがあるので、この場合には、重心点から放射状に分割するなどの手法を採用している。

・ 四面体要素生成のチェック

自動分割プログラムにより出力された結果をそのまま画像化しただけでは、人間の目でブロック内部が正しく分割されたか確認することは困難である。よって、四面体要素生成のチェックとして、ブロック全体の体積と、各四面体要素の体積の合計が同じ値になるか確認し、さらに、ブロックの内部が正しく分割されているかを、四面体要素の面の整合性によりチェックする。

・要素形状判定

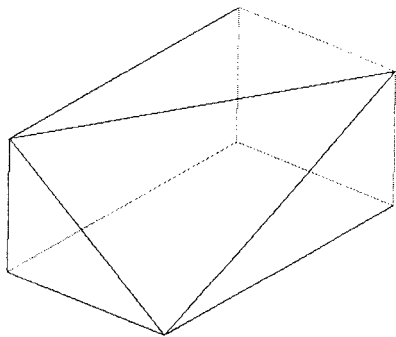
有限要素法では、四面体要素の形状は正四面体に近いほどよりよい解析結果が得られる。そのため、生成された要素の形状が良好なものか評価する必要がある。よって要素形状の良否を定量化するために生成した要素と積線長が等しい正四面体との体積比（表－１）により５段階にランク付けする。

・要素形状改善

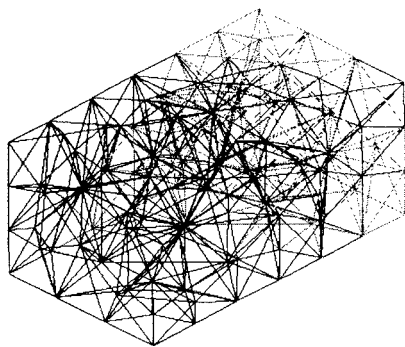
二分割法で生成された要素の形状を改善するためにスムージングを行う。すなわち、領域内部に生成された任意のノードについて、その周りに直接結合されている全ノードの中心（座標値の平均値）に移動する。この操作を生成された全ノードについて行うことでいびつな四面体の形状が改善される。（表－１）

4. 実施例

図－２のブロックに対して自動分割を行った。



図－２ ３次元ブロック



図－３ 分割後データ

表－１ 要素形状の改善前後の比較

ランク	体積比	改善前	改善後
５	0.8～1.0	92	114
４	0.6～0.8	166	168
３	0.4～0.6	97	94
２	0.2～0.4	32	16
１	0 ～0.2	5	0

5. まとめ

二分割法による２次元の要素自動生成プログラムを拡張して、３次元の要素自動生成プログラムを作成した。実施例によって結果の妥当性を確認することができた。

参考文献

１）結城：“再帰的二分割法による要素自動生成” 土木学会第４６回学術講演会講演概要集 1991年
２）結城：“yukiの方法” R C 9 8 分科会 研究成果報告会（１）P267 日本機械学会 1993年
３）結城、西山：“二分割法による要素生成法の実用化と応用例” 土木学会西部支部研究発表 1995年