

マッピング法を用いた 高速四面体要素自動作成法

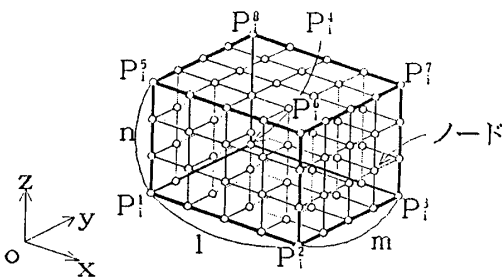
谷 詰 靖 宏 山 下 英 生 中 前 栄 八 郎
 広 島 大 学

1. はじめに 3次元有限要素解析においては、解析対象空間を四面体等の要素に分割する必要がある。すでにいくつかの自動分割手法が開発されているが¹⁾、²⁾、入力データの準備が煩雑であったり、処理時間が長いなどの問題点が残されている。本論文では、これらの問題点を解決する四面体要素自動作成法を提案する。

2. 用語の定義と性質 デカルト座標系で与えられる解析空間を考え、以下の定義を与え、その性質について述べる。

領域 R_i : 解析空間をいくつかの直方体群に分割し、これらを領域 R_i と呼ぶ。これらの領域は包含関係を許す。

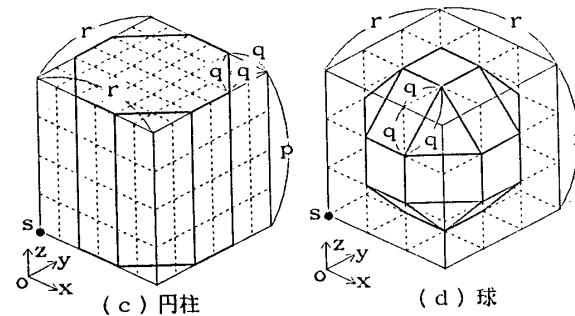
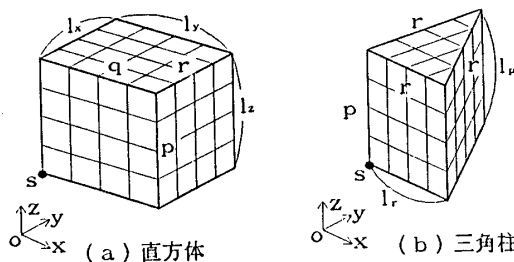
3次元グリッド N_i : 高速かつ容易に領域 R_i を四面体要素に分割するために、図1に示すような立方格子状のワイヤフレームを R_i に張る。これを3次元グリッド N_i と定義する。 N_i は、ユークリッド幾何学的な概念を持たない離散的な座標系である。また、3次元グリッドのフレームの交点をノードと定義する。 N_i の分割数は、図1に示す l, m, n によって与える。



図・1 3次元グリッド

プリミティブ: 解析空間に存在する鉄心やコイルなどの物体および、空隙などの媒体の入力を容易にするために、本論文では、以下のプリミティブを用意する(図2参照)。
 ①直方体 ②三角柱 ③多角形近似円柱
 ④多面体近似球

なお、一つの物体はいくつかのプリミティブの和あるいは差によって定義される。各プリミティブの分割数は、図2に示す r, p, q により与える。



図・2 プリミティブ

要素分布変更用プリミティブ P_c : R_i の一部分領域の要素分布を粗に変更するために要素分布変更用プリミティブ(直方体形状)を用い、 N_i 座標系で与える。また、要素分布変更後の分割数は N_i 座標系の3方向成分によって与える。

3. データ入力 データ入力の概略手順は以下の通りである。まず、(1)四面体要素分布の大略の粗密を考慮して、解析空間をいくつかの R_i に分割し、(2)それぞれの領域 R_i に N_i を割り当てる。以上の机上作業の後、(3)最も内側の R_i から

順番に、その R_i に属するプリミティブ P_o の順にデータを入力する。

4. 自動分割アルゴリズム

3節によるデータ入力後、以下のアルゴリズムにしたがって、最も内側の領域から順に、四面体要素に分割する。

STEP1: 分割しようとする R_i に N_i を張る。

STEP2: R_i 内にプリミティブが存在すれば、プリミティブの表面に対応する N_i のノードをマッピングする。その他のノードは、ちょうどゴムひもを張るようにフレームを動かして幾何学的位置を決める。

STEP3: R_i が他の領域 R_k を包含する場合は、 R_k 内に存在するノードを削除する。

STEP4: N_i の格子を用いて六面体群を構成し、各六面体を四面体に分割する。このとき、物体の境界表面が四面体の表面と一致するように、また R_k との接合面の六面体も四面体間の整合がとれるように、図3-(A)の分割パターンの一つを用いる。なお整合のとれた分割が不可能な場合は、六面体の重心に1点を追加し、図3-(B)のように12個の四面体に分割する。

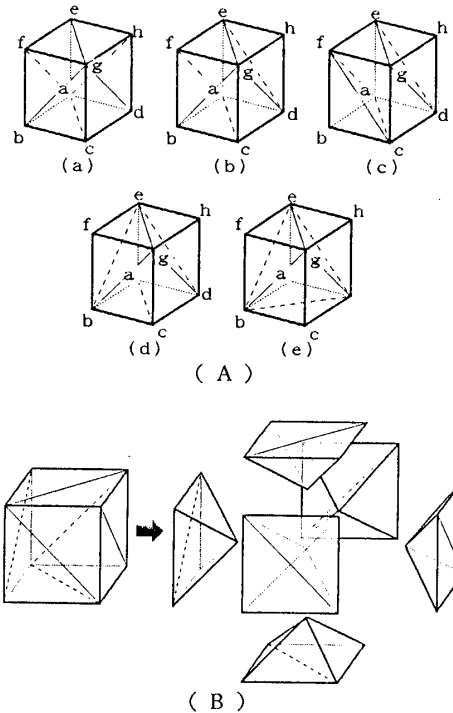
STEP5: R_i に P_o が存在する場合は、それによって指定された要素を削除する。

STEP6: R_i が他の領域 R_j に包含されている場合は、両領域間の四面体要素の整合をとるためのデータを作成する。

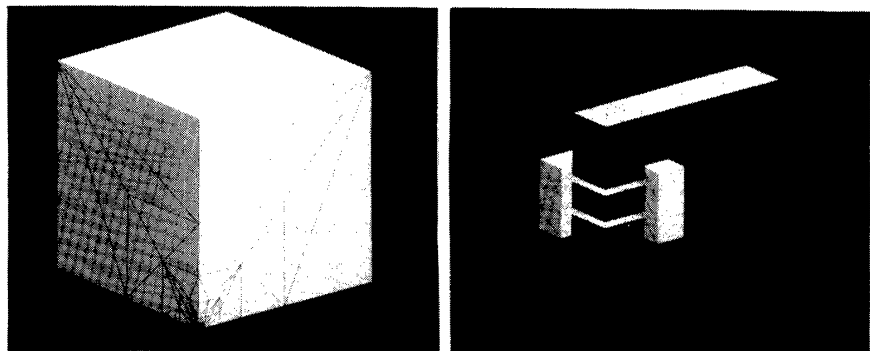
STEP7: すべての領域の四面体要素分割が終了するまでSTEP1~STEP6を繰り返す。

5. 適用例

本手法をエアギャップ付きのリアクトルモデルに適用した。本手法による分割結果を図4に示す。図4のリアクトルモデルの分割に際して、入力したグリッド、プリミティブ、要素分布変更用プリミティブは、それぞれ5個、30個、10個で3次元の分割データとしては少ない。なお作成された四面体要素数は6428個、一次節点数は1318個である。また処理時間はソニーのnews(3MIPs)で511.7秒であった。



図・3 分割パターン



(a) 全体図

(b) 11#, 17, 3-7

図・4 分割図

参考文献

[1] J. C. Cavindish, D. A. Filed, & W. H. Frey: An Approach to Automatic TreeDimensional Finite Element Mesh Generation, Int. J. Numer. Meth. Eng., Vol.21, p. 329, 1985
 [2] 宮本、山下、中前、” 3次元場磁界解析のための四面体要素自動作成の一方法 ”, 電学論, 109, 431, 1989.6