

単一領域の新しい六面体分割法

石川島播磨重工業(株)

○岡山大学大学院

岡山大学環境理工学部

学生員

正 員

片桐 弘樹

郷田 智章

谷口 健男

1.はじめに

近年の電子計算機の飛躍的な性能向上によって、FEM解析を行う際の要素数・節点数の上限が著しく向上した結果、3次元FEM解析も可能となり、そのための要素分割、特に六面体要素生成法の必要性が高まっている。本研究では、3次元FEM解析のための全く新しい自動六面体要素分割法を提案する。この方法は、単一領域の要素分割法のなかに領域分割の考え方を取り込むことで柔軟性を持たせ、形状の良好な要素を生成することが可能である。この手法をBDM(Block Degeneration Method)と呼ぶことにする。

2.領域分割

BDMによる要素分割には、まず領域分割の方法を考慮する必要がある。ここでは最も基本的なBDMの考え方として、図1に示すような領域分割法を導入した。図1では、抽象的に対象領域を球として表している。

なお本方法は、最終的に3次元領域を六面体要素へ分割することを目的とするため、各部分領域は、それぞれが六面体要素へ分割可能な形状でなければならない。そのためその部分領域は、六面体、三角柱、四面体形状に限定する。

まず、(a)のように経線・緯線を、計6点で交差するように設定する。そしてこれらに幅を持たせ(b)のように帯状にする。次に、領域内部に六面体形状の核を置き、この核の6面と図2で示すAの部分をつ結び、六面体形状の部分領域を作成する。同様に、核の12本の稜線とBの部分をつ結び三角柱形状の部分領域を、内核の8個の頂点とCの部分をつ結び四面体形状の部分領域をそれぞれ作成する。ここで、六面体の核を内核、Aと内核面を結んで作成された六面体形状の部分領域を六面体部分系、Bの面を持つ三角柱形状の部分領域を三角柱部分系、Cの面を持つ四面体形状の部分領域を四面体部分系と呼ぶ。以上の処理によって、対象領域は、内核1、六面体部分系6、三角柱部分系12、四面体部分系8の計27個の部分系に分割された。

ユーザーは、領域表面上の節点及び線分(稜線)と、内部に設置する内核の大きさ・位置及び帯の幅・位置を入力データとして用意する。なお、領域表面上の

節点は、各部分領域を六面体要素へ分割しなければならないことから、帯上並びに領域内部に存在してはならないという条件を付加しなければならない。

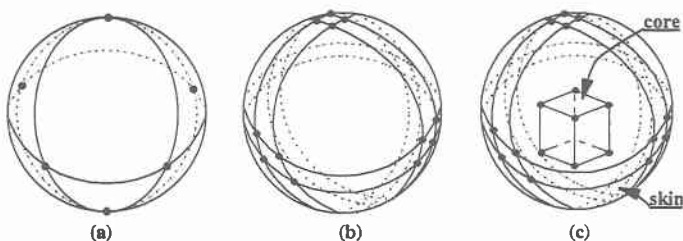


図1 基本的な領域分割の考え方

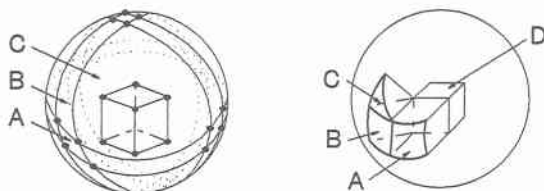


図2 領域表面で分割された面の分類と内核との接続

3.要素分割

(1)内核の要素分割：図3(a)に示すように、内核は六面体形状のため、容易に六面体要素へ分割することが可能である。各辺の分割数はユーザーが指定する。

(2)六面体部分系の要素分割：図3(b)に示すように六面体要素へ分割するが、3方向の分割数のうち2方向については接続する内核の面の分割に従う。残り1方向については要素形状が可能な限り良好となるように、他2方向の分割数から決定する。

(3)三角柱部分系の要素分割：図3(c)に示すように分割する。この部分系は、3面で六面体部分系と、1本の稜線で内核と接続しているため、ここで決定しなければならないのは、四面体部分系と接続する側面三角形(三辺形)の分割である。ここでは、三角形辺上にすでに設置された六面体部分系との共有節点を取り込み、2D-Delaunay Triangulation^{*1}を適用する。部分系側面を三角形要素へ分割し、一度部分系内部を複数の三角柱へ分割した後、それぞれの三角柱を六面体要素へ分割するという手法をとる。

(4)四面体部分系の要素分割：図3(d)で示すように分割する。この部分系は4面のうち3面は隣接する三角柱部分系によって面上の要素分割はすでに定義されているため、残る1面の要素分割を決定しなければならない。ここでは3D-Delaunay Triangulation^{*2}を適用し、まだ定義されていない面の表面要素分割(三角形要素)を決定する。次に部分系重心位置に新節点を発生させ、これまでに定義された4表面の三角形要素と結び、四面体を作成し、その後各四面体を六面体要素へ分割する。

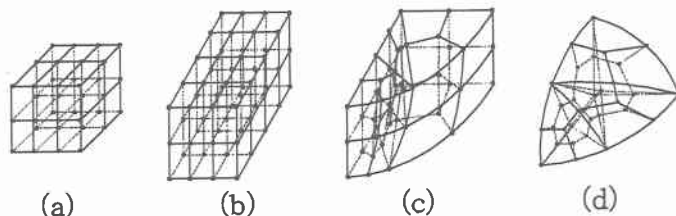


図3 各部分系の六面体要素分割

4.適用例

図4に適用例を示す。

入力データで与えた節点数は、モデル(a)8点、モデル(b)16点である。BDMを適用することによって、要素数・節点数はそれぞれ、(a)1163節点,1160要素、(b)968節点,1361要素となった。

5.おわりに

BDMは、部分領域への分割方法を変更することで非常に多くの要素分割のパターンを持つことができる。そのため本研究で示した部分領域分割の方法はほんの一例に過ぎない。しかし、六面体・三角柱・四面体の各形状の部分領域へ分割することが可能であれば、各部分領域からの要素分割の方法はここで示したものと基本的に同一であるため、今後の拡張に期待できる。

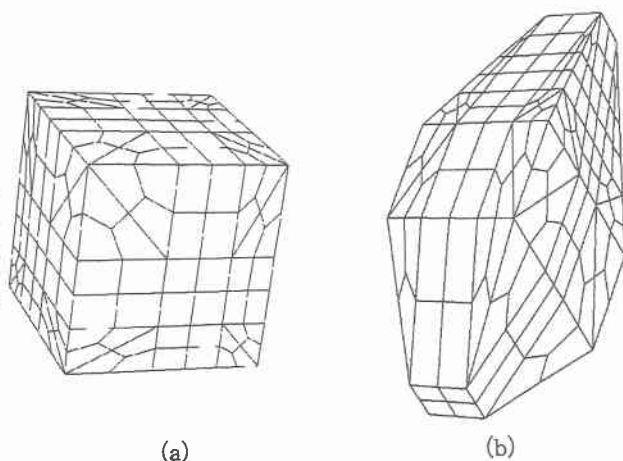


図4 BDMの適用例

[参考文献]

*1 谷口健男,“FEMのための要素自動分割”,1992.2

*2 谷口健男,太田親,“三次元凸体の四面体有限要素自動分割”,土木学会論文集 No432/I-16 pp.137-144,1991.7