

## 77 有限要素法による3次元電磁界解析のための自動分割法

高木典昭 金井靖

(新潟大学工学部)

### 1 はじめに

有限要素解析は電磁機器の設計に有効な数値解析手法の一つである。この解析法は解析対象を要素に分割し解析するが、3次元物体の要素分割を人手で行うことは不可能であり、要素データを自動作成するプリプロセッサが不可欠である。

これまでにDelaunay法<sup>[1][2]</sup>あるいはDelaunay法とOctree法の併用法<sup>[1]</sup>などの要素分割法が研究されてきた。これらの分割法の多くは、簡単な形状の解析モデルに対しては自動的に要素を作成することが可能である。しかしながら複雑な形状の解析モデルに適用する場合、要素同士が重なったり、解析領域が失われたり、という分割不良が起ることがある。このため、実際の電磁機器に対して有限要素解析を適用することが困難となっている。

本報告では、Delaunay法を基にした、3次元電磁界解析のための新しい自動要素分割法を提案し、実際の電磁機器の例として、ハードディスク用薄膜磁気ヘッドの要素分割結果を示す。

### 2 Delaunay三角分割法

Delaunay法は2次元では三角形、3次元では四面体を作成する方法である。この方法で作成した要素は、正三角形や正四面体に近い形状となることが知られている。このアルゴリズムは2次元平面において以下のようになる。図1にこれを示す。

(1) 解析モデルを含む解析領域を二つの三角形に分割する。

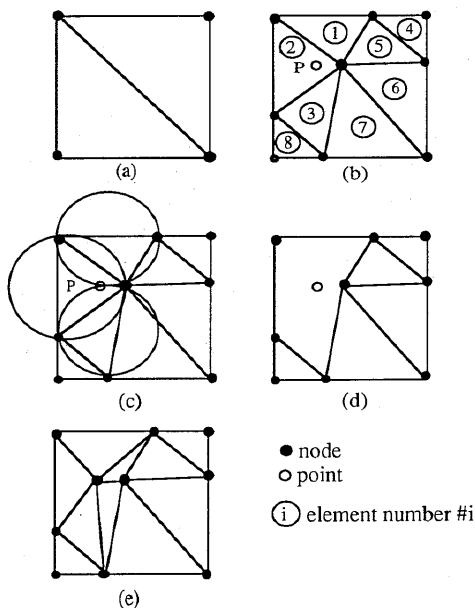


Fig. 1 Conventional Delaunay triangulation process.

- (2) あらかじめ作成しておいた節点群のなかから1つを選び、これをPとする。
- (3) Pを外接円内に含む三角形を選択する。
- (4) ステップ(3)で選択した三角形を消去すると、多角形が作られる。
- (5) Pと多角形の頂点を結び新たな要素を作る。
- (6) 選ぶ節点が無くなるまでステップ(2)から(5)を繰り返す。

3次元に拡張するには三角形を四面体、外接円を外接球とすればよい。

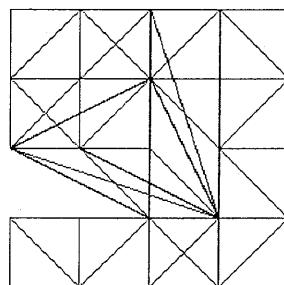


Fig. 2 Discretized rectangular area in which meshing error, both overlappings and absence of triangles, is found, where conventional Delaunay triangulation process is used.

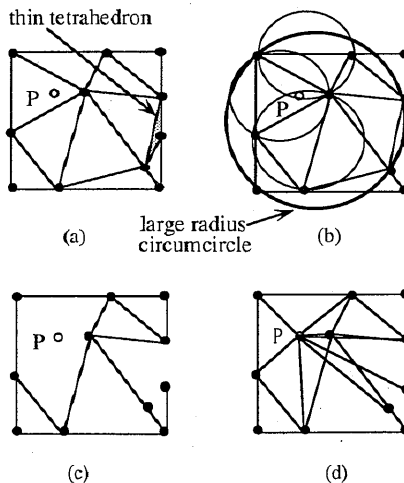


Fig. 3 Conventional Delaunay Triangulation process. In these figures, thin triangles lead to a meshing error.

3 分割不良とその対策

Delaunay法をそのまま用いると、図2に示すような簡単なモデルでさえ分割不良が起こる。この原因を図3で検討する。

- (1) 偏平な要素の外接円は非常に大きくなる。
- (2) Pを含む三角形を選び、これを消去する。
- (3) 多角形が作られず、分割不良となる。

図3から分かるように、分割不良の原因はDelaunay分割プロセスの途中に現われる偏平な要素によるものと思われる。このような偏平な要素ができる原因は、節点Pの選び方によるものと考え、節点Pの選び方を次のような方法で決定することにした。これを図4に示す。

- (1) それぞれの要素の重心を求め、この重心に最も近い節点を選び出す。
- (2) (1)で選択した節点のうち解析領域の中心に最も近いものを選び、これらを順に節点Pとして用いる。

このプロセスをDelaunay三角分割法に組み込むことにより、図5に示すように分割不良を起こすことなく分割が行われる。

4 分割例

本分割法を実際に電磁機器へ適用した例として、ハードディスク用薄膜磁気ヘッドの分割を図6に示す。同図に示すように薄膜ヘッドは狭いギャップと複雑な形状を有するので、有限要素分割が困難であった。ここでは、解析モデルの対称性を利用して全体の1/2領域を分割した。これを図6(b)に示すが、提案したアルゴリズムをDelaunay法に組み込むことにより正しい要素分割がなされている。

5 まとめ

Delaunay法を基にした四面体要素作成において、分割不良の原因を検討し、これを取り除くためのアルゴリズムを考案した。そしてこれをDelaunay法に組み込んだ3次元有限要素解析のための分割プログラムを作成した。また、実際にハードディスク用薄膜磁気ヘッドの要素分割例を示した。

参考文献

- [1] Z.J. Cendes and D.N. Shenton: IEEE Trans. Magn., MAG-21, No.5, pp.1811-1816, Sep. 1985.
- [2] J.S. Yuan and C.J. Fitzsimons: IEEE Trans. Magn., vol.29, No.2, pp.1906-1909, Mar. 1993.
- [3] 中田、高橋、藤原、小川：電子情報通信学会研究会資料MR92-1(1992年6月)

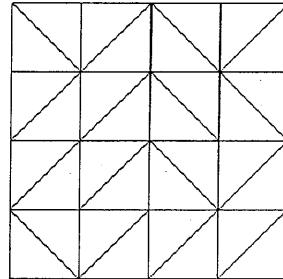
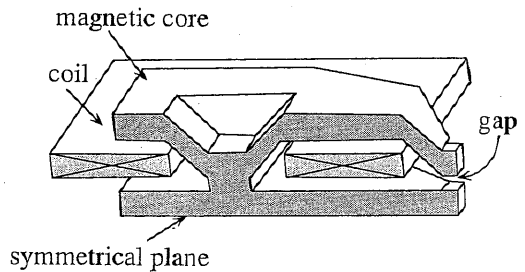
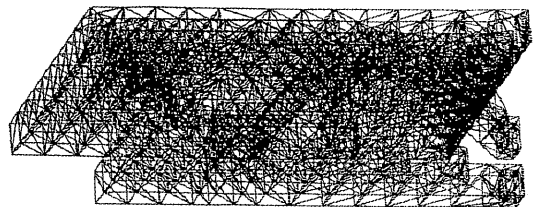


Fig.5 Rectangular area divided into triangular meshes successfully, where the new process is used.



(a) a model of thin film head



(b) an obtained finite element mesh

Fig. 6 A model of thin film head and a finite element mesh obtained by using the new process.

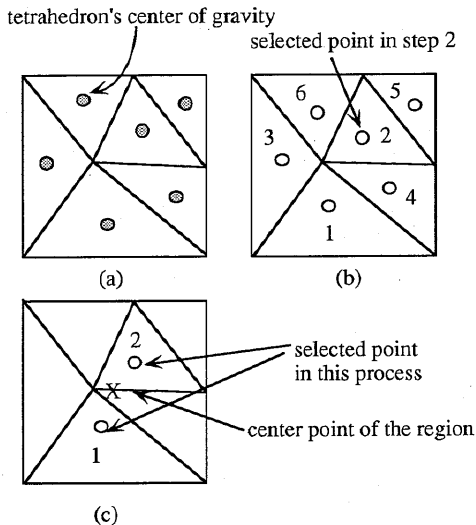


Fig. 4 A new process incorporated into conventional Delaunay triangulation.