

修田鶴○員學生 正員 鳥居邦夫

物状、自が、本し都最
 象形の形、扱や素
 要素型の選論要
 対素型のごく理く
 した修正²⁾をいづ
 とし己素。論食基
 理適自要る理虫に
 処に。云。oiの果
 前状のす角がon学結
 の形あ別三題Vor態析
 そので判る問V生解
 、物要をえうて、FEM
 際象重い¹⁾いしが、
 対に合に²⁾とい、
 すに常度初る論なに
 析特¹⁾の最れ理い
 解¹⁾、化、遅成てさ
 で。し適でに生れ。
 の響最る常素知る
 (FEM)影のご非要く
 てに状とがなくて
 法し度形。束効だれ
 素割精素る収有だら
 要分析要あ¹⁾のま
 限に解、でへすは用
 有¹⁾ユEMのユ化でく
 をシF基もシ小野よ
 題ッ接をるッ最分に
 間¹⁾直果す¹⁾メを析ど
 元に、結案適形造法
 次どは析提最形造法
 の二な置解を、素構置
 の形配FEM法は要、配
 物角素割になは地
 造三要、分合ッ論土う
 に構に、はユ場び理は、す
 めな割¹⁾研ッつない¹⁾の
 じ難動分研ッつはこ画を
 は複自素本メび研究。計化本を
 1.を要 動い研た市適 果

2. 要素分割手順

図-1のフローチャートに従って要素分割を行い、分割した三角形の面積を計算し、その面積が所定の値より小さい場合は、その要素を再分割する。この過程を繰り返すことで、要素分割の過程で注目すべき点について説明する。

Data input

対象物を副領域に分け、母点 P_i はその中の制御付Random値として与える。

Voronoi 理論

2次元 Euclid空間で n 個の母点 $P_i(x_i)$ ($i=1 \dots n$) が与えられる時、 P_i が一番近い点であるような点の集合 V_i は P_i の勢力圏として

$$V_i = \cap [x \in R^n \mid \|x - x_i\| < \|x - x_j\|] \quad (1)$$

ここで $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$
 $\|\cdot\|$ は Euclid 距離

定義される。Voronoi領域と呼ばれる多角形をVoronoi Polygonが、本研究の最適要素とする。

Triangle element

次に、母点 P_i と Voronoi polygon の頂点を結ぶことにより、三角形要素を生成する。この時、以下の操作により(図-3)三角形要素形状を最適にする。

- 1)もし隣接する二つの角の形が△ABCと△ADBの
90°以上の場合、△ABCの
2)△ABCの外角が△ADCの

Smoothing

要素の重なる部分の面積を求め、それを各要素の面積で割ると、その要素が幾つ重なるかがわかる。これを幾重に重なるかの要素の重なりを求め、それを各要素の面積で割ると、その要素が幾つ重なるかがわかる。これを幾重に重なるかの要素の重なりを求め、それを各要素の面積で割ると、その要素が幾つ重なるかがわかる。

Optimization

得られる応力値を用いて、数種の最適形状の収束操作で行う。ここでは、その中の要素細分割について述べる。

要素の細分割を行なう判定条件として

$$T_i < C_s (T_{\max} - T_{\min}) \quad (2)$$

$T_{\max}$: 要素の最大応力値 T_i : 各要素の応力値
 $T_{\min}$: 要素の最小応力値 C_s : constant (0.50<0.95)
 を用いて、細かく分割されるようになり、図-4の
 方法、非常に応力集中部の細分割の

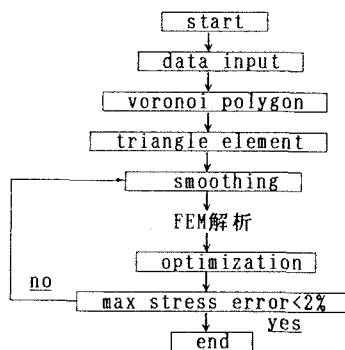


図-1 自動要素生成フローチャート

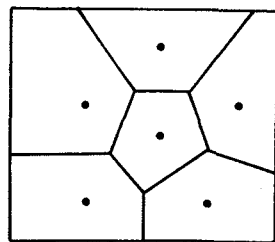


图-2 Voronoi polygon

3. 適用例とその検証

本手法を1/4 Hole-plate(図-5)の一樣引張り解析に適用した。具体的に主要なInput dataは、

$$\begin{aligned} \text{Voronoi point} &= 50 & l &= 10 & d &= 5 \\ C_s &= 0.5 \text{ (standard)}, 0.75 \text{ (optimum)} & r/d &| 0.1 < r/d < 0.8 \end{aligned}$$

として計算し、メッシュの最適性は、要素形状と連続的な要素配置、それによる二種類のFEM解析精度という観点に基づき検証した。各要素の形状計算（内角）からいびつな要素が存在しないことが証明され、図-6からうかがえるように、特に細分割部分の形状が良好である。また、 r/d の値を変化させた応力拡大係数（ K_t ）は図-7で示されるように、 $C_s=0.75$ で厳密解に近い値を与え、細分割回数（図-1のLoop回数）も、2回と少ない回数で収束することも分かった。以上の結果から本研究の全システムの有効性が示せた。

5. おわりに

本手法は、境界線が単純な構造物の自動メッシュ生成に対しては、非常に有効である事が確かめられた。現在、入力データの一層の単純化、複雑な形状を有する構造物への適用等について研究中である。

参考文献) 1) 尾田十八、山崎光悦、有限要素自動分割の現状とその利用法、(1)、機械の研究、37巻、1985.6号
2) 伊理正夫、鈴木敦夫、Voronoi図とSteiner木、オペレーションズ・リサーチ、1987.6号

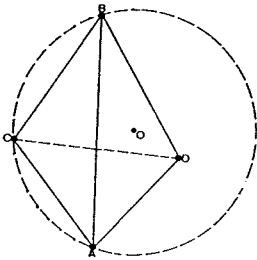


図-3 最適形状化

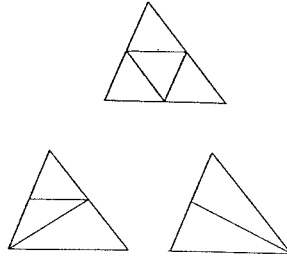


図-4 要素細分割法

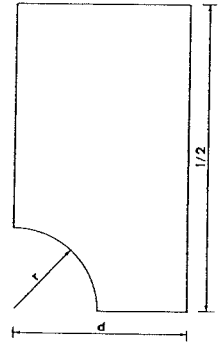


図-5 1/4-Hole plate

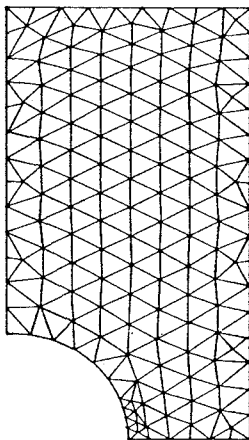


図-6 最終要素配置

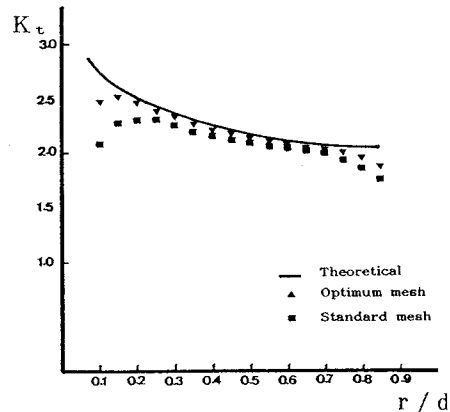


図-7 応力拡大係数