

任意 2 次元領域におけるき裂伝播解析用要素自動生成

岡山大学大学院 学生員 ○ 福岡 康文
 広島市役所 前濱 哲郎
 岡山大学工学部 正 員 谷口 健男

1. まえがき き裂伝播解析を行う際、き裂進展の都度要素分割の変更をすることはユーザに多くの負担を与えることになる。また、今日よく利用されるブロックング法による要素分割では、対象系が幾何学的な意味で複雑になるとブロック数の増加つまりは入力データの増加となり、さらにユーザの負担を増やすことになってしまう。そこで本研究ではその解決策として、デラウニー三角分割法¹⁾を基にしたき裂伝播解析のための要素自動分割法を提案する。

2. 修正デラウニー三角分割²⁾ デラウニー三角分割法とは、ブロックング法と比べ入力情報が少なく、配置された節点集合を対象として正三角形に最も近い三角形集合に領域を分割する方法である。しかし、この方法では生成された三角形集合で領域を凸形状に埋めつくしてしまい、正確に領域形状を再現できない。そこで、これに①境界形状は任意である②複数個の境界を持ってもよい③内部境界を持ってもよい、といった利点を加え幾何学的に複雑な 2 次元領域を一括して三角分割できるようにしたものが修正デラウニー三角分割法である。

3. 2 次元き裂伝播解析用要素自動生成

1) 必要な項目 任意領域におけるき裂進展のための要素分割する場合、以下の事項が必要となってくる。

(1) 複雑な領域の取り扱い 解析の対象となる領域は単純な形状であることはまれで、多種のケースが必要となることが予想される。そこで 2. で説明した修正デラウニー法を用い、要求された外部・内部領域を生成する。

(2) き裂線の生成 境界作成の作業（与えられた情報を用い節点を結ぶ作業）を転用することによって、複数本のき裂線（内部き裂も含む）を生成する。

(3) き裂先端部における解の高精度化 き裂進展解析を行なう際、き裂先端近傍では応力集中が発生するため、より細かい要素が必要となる。そこで、解析精度を上げるためき裂先端に特殊なメッシュパターンを埋め込む。解析を行なう対象系にあわせて、密な分割パターンと粗い分割パターン³⁾を選択する。（図-1 (a)、(b)） また、定ひずみ要素をすべてアイソパラメトリック要素に変換する。

(4) 領域内部への節点配置 デラウニー三角分割により分割された要素の形状は、節点配置に支配される。言い換えれば、入力時の境界上の節点配置や領域内部への節点配置によって、生成される三角形の大きさや形状に影響を及ぼす。ここでは各領域に任意の点間隔で格子状に節点を配置する。加えて、部分領域の局部により高密度な節点配置を行なえるようにも設計している。

(5) き裂上節点の 2 重節点化 き裂線に隣接する左右の要素は独立であって、座標値が同じにもかかわらず、別の節点であると認識されなければならない。

2) 要素分割手法 この手法での要素自動分割の流れは次のようになる。

ステップ 1 データの入力

ステップ 2 き裂に関する情報の作成・修正・入力

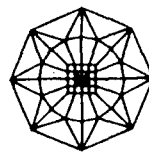
ステップ 3 境界の生成及び粗い要素分割

ステップ 4 内部点の発生及び細かい要素分割

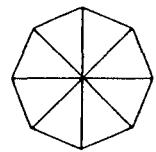
ステップ 5 アイソパラメトリック要素への変換

ステップ 6 き裂上節点の 2 重節点化並びに

き裂先端要素の埋め込み



(a) 密な分割パターン



(b) 粗い分割パターン

図-1 き裂先端要素

ステップ7 データの出力

ステップ2で、初期き裂の場合は、き裂に関する情報の生成のみを行ない、N回($N \geq 2$)進展の場合はさらにき裂上の節点数、節点番号などの修正や、き裂進展長、き裂進展角の入力を行なう。

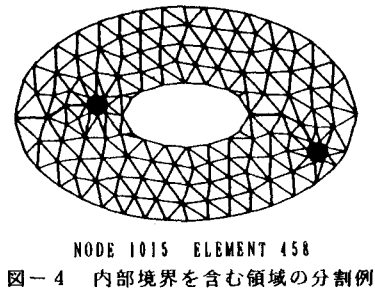
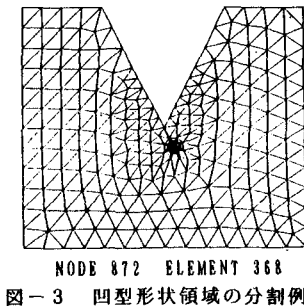
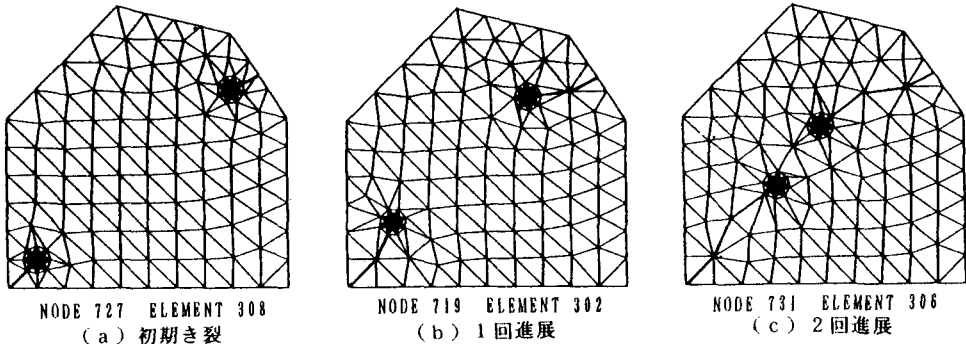
3) 適用事例 提案した方法を用いた3つの分割例を示す。

図-2は、凸型形状の多角形領域を対象とし、2個のき裂を進展させたときの要素分割例である。(a)は初期き裂、(b)、(c)はき裂進展時の要素分割を示している。(a)、(b)、(c)から進展の様子がわかる。

図-3は、凹型形状領域に、1個のき裂がある場合の要素分割例である。また、き裂先端近傍により密に内部節点を発生させている。

図-4は、内部境界を含む領域の事例であり、1個は外部境界から、もう1個は内部境界からのき裂を示している。

4. あとがき ここで提案した要素自動分割法はき裂進展解析において汎用性の高い方法であるといえる。しかし、き裂が他のき裂あるいは境界線に接近し過ぎた場合、ゆがみのある要素が生成される危険性がある点、き裂が複数個交差する場合に2重節点化できない点、き裂進展後の要素再分割作業の削減が、今後の課題として残っている。



《参考文献》

- 1) S. W. Sloan. "A fast algorithm for constructing Delaunay triangulations in the plane", Adv. Eng. Software, Vol. 9, No. 1, pp. 34-55, 1987
- 2) 谷口健男、太田親、"直線辺で構成される任意2次元領域へのデラウニー三角分割の適用"、土木学会論文集、No. 432/I-16, pp69-77, 1991
- 3) 谷口健男、太田親、"複数き裂の進展挙動解析用要素自動分割法" シミュレーション、Vol. 9, No. 3, pp166-171, 1990