

四角メッシュの適応的再分割に関する一手法と ラジオシティ法への応用

4S-3

伊藤貴之 嶋田憲司

日本アイ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所

1 はじめに

ラジオシティ法では、パッチおよびエレメントの生成技術が、写実性および処理時間の両面に大きな影響を与える。一般的には、パッチやエレメントの生成には、計算力学などの分野でよく用いられている自動三角メッシュ生成技術を適用することが多い。しかし、三角メッシュ特有のフォーム・ファクタ算出ミスによるエイリアシングが、写実性に影響を与えることがある。この問題を解決する一手法として、筆者らは自動四角メッシュ生成手法を適用することを考察している。本報告ではその一環として、三角形要素を含まないパターンで四角メッシュを適応的再分割 (adaptive subdivision) する手法と、ラジオシティ法への適用について述べる。

2 従来の適応的再分割手法

有限要素法では、数値変化の激しい部位の要素のみを、計算中に適応的に再分割する手法 (h 法) が、広く報告されている。その際に、格子点間の数値差の大きい要素のみを分割したのでは、分割された要素と隣接する分割されない要素の辺が共有されない (図 1(a) 参照) ので、新しく生成された頂点 (T-vertex) の周辺で、数値の不連続が生じる。この問題を回避するために、分割された要素に隣接する要素を、三角形要素を含むパターンで分割する手法が提案されている (図 1(b) 参照)。

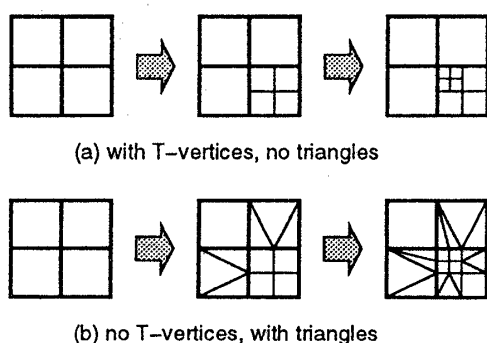


図 1: 従来の四角メッシュの適応的再分割手法

しかしこの手法では、複数回の適応的再分割を実行す

るような適用分野では、三角形要素が非常に増大するので、四角形要素を用いるメリットがうすれてしまう。

3 本報告における適応的再分割手法

本報告では、三角形要素を含まない四角形要素のみのパターンで、四角形要素を適応的再分割する手法を提案する。まず、三角形を含まないパターンで四角形を分割する前提として、以下の定理を示す。

定理: 多角形 P の内部に 1 本以上の線分を付加して、 P を複数の四角形に分割するためには、 P の頂点数は偶数でなければならない。この時、付加する線分の両端は、 P の内部か、 P の頂点上の、いずれかに存在するものとする。

本手法では、上記の定理を満たすために、分割すべきとマークされた辺上に新しく 2 個の頂点を生成し、辺を 3 本に分割する。マークされた辺が n 本あるエレメントでは、頂点数が $4 + 2n$ に増加するので、上記の定理を満たすことが出来る。

続いて、マークされた辺をもつ要素を抽出し、マークされた辺の数から下記の 5 種類に分類する。

- M_1 : マークされた辺を 1 本もつ要素。
- M_{2a} : マークされた辺を 2 本もち、その 2 辺が接している要素。
- M_{2b} : マークされた辺を 2 本もち、その 2 辺が接していない要素。
- M_3 : マークされた辺を 3 本もつ要素。
- M_4 : マークされた辺を 4 本もつ要素。

この 5 種類の要素を、図 2(a) に示すパターンで分割することにより、四角形要素を、T-vertex および三角形要素を含まずに分割することが出来る。

このパターンを用いた下記のアルゴリズムによって、数値変化の大きい部位の要素のみを、適応的に再分割することが出来る。

1. 各頂点における数値を求める。
2. 各要素の辺について、両端の数値差が一定以上である場合にマークをつける。
3. マークされた辺をもつ各要素を、その数によって分類する。

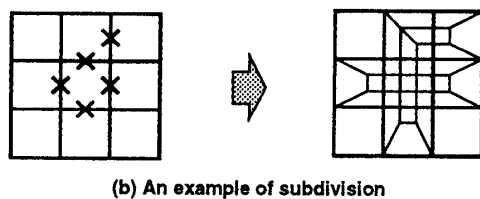
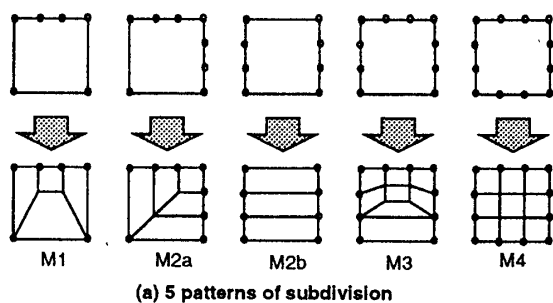


図 2: 四角形要素の分割パターン

4. それぞれの分類に応じたパターンで、四角形要素を分割する。

5. 再度、各頂点における数値を求める。

図 2(b) は、本手法による再分割の例である。×印は、両端における輝度差がじゅうぶん大きいと判定された辺であり、その辺をもつ四角形要素がそれぞれのパターンで分割されている。T-vertex は全く生成されていないことがわかる。

4 ラジオシティ法への適用例

本手法をラジオシティ法に適用して、画像を生成した結果を以下に示す。本報告におけるラジオシティ法のアルゴリズムは、下記の通りである。

1. 幾何データを入力する。
2. 自動四角メッシュ生成手法により、パッチ、エレメントを生成する。
3. ラジオシティ法により、各エレメントの輝度を算出する。
4. 各頂点の輝度を、線形補間により求める。
5. 各エレメントの辺の両端における輝度差を算出する。輝度差の大きい辺が存在する場合には、エレメントを適応的再分割して 3. にもどる。
6. エネルギー分配が収束し、かつ適応的再分割の必要がなければ、Zバッファなどのレンダラを用いて画像を生成する。

四角メッシュを用いてラジオシティ法により画像を生成した例を図 3 に示す。また、エレメントを適応的再分割してラジオシティ法を再実行した例を図 4, 5 に示す。

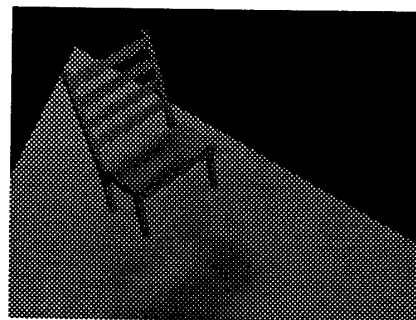


図 3: 四角メッシュを用いた画像例

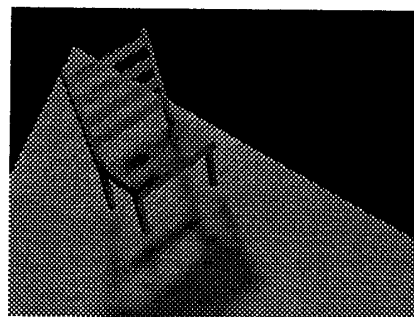


図 4: 三角メッシュを用いて適応的再分割を実行した画像例

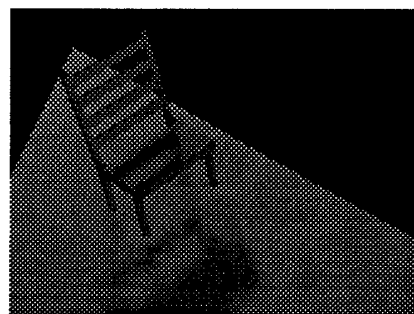


図 5: 本手法による適応的再分割を実行した画像例

図 5 の方が陰影が鮮明に表現されており、本手法がラジオシティ法に適用できることが確認された。

5 むすび

本報告では、三角形要素を含まない四角形要素のみのパターンで、四角メッシュを適応的再分割する手法と、そのラジオシティ法への適用例について示した。今後は、本手法のラジオシティ法以外の分野（計算力学、形状処理など）への適用について検討したい。