

粒子法による破壊シミュレーションの可視化手法に関する研究

Visualization of Fracture Simulation Using a Particle Method

1. 序論

フォトリアリスティックな CG 映像の表現には、物理法則を忠実に再現する解析手法と高度なレンダリング技術を用いた可視化手法が不可欠である。

粒子法¹⁾による弾性体のシミュレーションにおいては、変形・破壊の解析及びポリゴン描画による変形の可視化などが先行研究として行われている。しかし、破壊に関してポリゴンで描画を行う可視化手法はまだ開発されていない。

本研究の目的はセパレーションテンソルを用いた弾性体の破壊解析の結果を、ポリゴンを用いて可視化することである。

2. MPS 法の理論

粒子法の一つである、MPS 法では連続体を自由に動く粒子の集まりとして表現する。この粒子自身を計算点として解析を行う、ラグランジュ法による解析手法である。

2.1 粒子間相互作用モデル

MPS 法では粒子間に重み関数を定義し、粒子のもつ任意の物理量について、重み関数を用いて勾配・発散等のモデルを立てることができる。

2.2 弾性体の動的計算アルゴリズム

粒子の持つ、垂直応力・圧力・せん断応力といった物理量から加速度・角速度を導き、粒子位置と回転角を求める。

2.3 セパレーションテンソルを用いた破壊

粒子上でつりあっている応力が一定値を超えると、最大応力方向に垂直に破壊面が定義され、破壊面を通る粒子同士の接続が切られる。

3. 粒子法の可視化手法

粒子法では連続体を粒子として記述し、解析を行っているため、結果をそのまま可視化しても一般に高度なレンダリング手法を適用することができない。そのため、粒子法での解析結果をポリゴンで描画する手法の開発が必要となる。

3.1 ポリゴンと粒子の対応づけ

ここでは、入力はポリゴンで行う。ポリゴンの内点判定を行うことで、ポリゴン内に均等に粒子を生成する。

また、ポリゴンの各頂点を最も近い粒子に関連付けることで、解析結果をポリゴンに反映させる。

3.2 変形の可視化

変形勾配テンソルを用いて、頂点からみた粒

子の相対位置を変形しポリゴンを変形させる。

4. 破壊の可視化

破壊が起こった場合に、ポリゴンに新たな面を発生させる。新たな面を生成する手法について研究を行った。

4.1 連続体内部に生成する破壊面の可視化

破壊の起こった粒子の近傍の粒子を抽出し、粒子を頂点としたデローニ四面体分割²⁾を構成する。生成された四面体を破壊面で切断し、新たに出来た面に三角形の面を張る(図 1)。

4.2 連続体表面に生成する亀裂の可視化

破壊面で切断されると想定されるポリゴン面を抽出し、各三角形の面を切断し、新たな面を生成する。さらに、4.1 で作成した内部にできた面と接合し、余分な頂点を削除して、面の生成を終了する。亀裂の様子をポリゴンで描画した画像を図 2 に掲げる。

5. 結論

粒子法による破壊のシミュレーション結果に対して、デローニ四面体分割を用いることで高品質の破壊の画像を生成する手法を開発した。

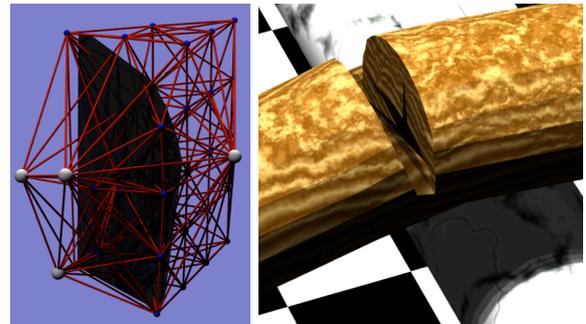


図 1 デローニ四面体分割

図 2 破壊の可視化結果

6. 今後の課題

破壊によって生じた破片が小さすぎる場合に、変形勾配テンソルの値が不定となるため、破片が発生した場合の変形の可視化手法を改良する必要がある。

参考文献

- 1) 越塚誠一, 粒子法, 丸善株式会社(2005).
- 2) J. R. Shewchuk, "11th International Meshing Roundtable (2002)", pp.193-204