

# リアルタイム破壊シミュレーションにおける表現の改良

## Visual Quality Improvement for Real-time Fracture Simulation

学籍番号：201521615

氏名：熊田 和大

Kazuhiro KUMADA

現在、多くの映画やゲームなどのエンターテインメントコンテンツにおいてコンピュータグラフィックス (CG) による表現が多く用いられている。物体の破壊シーンもそのうちのひとつであり、アクション映画やアクションゲームなどには欠かせない表現となっている。特に、ゲームなどのリアルタイムアプリケーションでは、破壊対象オブジェクトを破片を表すエフェクトに置き換えて破壊を表現するエフェクト置換手法、シミュレーション前に予めオブジェクトを切り分けておいて扱う事前分割手法、定義されている分割パターンという図形に基づいてオブジェクトを切り分ける動的分割手法など、物理的な正確さよりも実行効率を重視した方法が主に用いられている。現実の破壊現象を観測すると、物体が壊れるときは破壊発生位置から徐々に亀裂が進展していき、元のオブジェクトから分離した部分が破片形状として生成されるはずである。実際には亀裂の進展は非常に速いものであるが、CG での破壊シーンには継続的な力で徐々に亀裂が進んだり、破壊をスローモーションで表現するときがあり、この亀裂の進展の表現が重要となる。しかし、現在の、エフェクト置換手法、事前分割手法、動的分割手法などのリアルタイム破壊シミュレーションを実現している従来手法は、破壊が発生した直後のフレームには全ての破片形状が生成されており、亀裂の進展については考慮されていない。

本論文では、従来の動的分割手法にグラフ構造の発想を取り入れることで、破壊対象オブジェクトを徐々に破片形状へと分離させる段階的な破壊表現手法を提案する。オブジェクトの分割形状を定義する分割パターンにボロノイ図を用いて、ボロノイ図の頂点とボロノイ辺をそれぞれグラフのノードとエッジとして捉え、破壊開始位置のノードから分離判定をグラフに沿って伝播させていくことで、各ボロノイ点 (ノード) の分離するタイミングをずらして段階的な破壊を実現した。ノード間の接続関係のみを考慮した単純無向グラフとしてグラフを構築、幅優先探索によって隣接ノードへ分離判定の徐々に伝播させていく方法をまず検証し、その結果から段階的な破壊表現として効果的であることを確認した。次に重み付きグラフを用いて亀裂の伝播距離を制御可能にし、力の方向性も考慮できるようにした。さらに新しい破断点モデルを導入して、より詳細な表現を可能にした。

研究指導教員：三河 正彦

副研究指導教員：藤澤 誠