

# 論文審査の結果の要旨

氏名 尾上 耕一

本論文は、粒状物質を対象としたアニメーション生成のためのモデリングおよびレンダリング手法について提案している。本論文は7章から成り立っており、第1章は本論文のテーマである、粒状物質を対象としたアニメーション生成の研究に関する背景および目的について述べられている。第2章では、粒状物質を対象としたアニメーション生成に関する従来手法の紹介がなされている。第3章では、風が粒状物質に及ぼす作用の結果として形成される風紋と砂丘について、モデリングおよびレンダリング法について述べられている。次に物体が粒状物質に及ぼす作用に関して、第4章では、柔らかい地面上に残る物体の痕跡の形成法を提案している。第5章では、物体による粒状物質のインタラクティブな変形法と粒状物質の崩落のレンダリングについて述べられている。第6章では、物体が粒状物質で構成された地面に高速に衝突した際の粒状物質の飛び散りを表現する方法について述べられている。最後に第7章において本研究のまとめと今後の課題について述べられている。以下で各章の内容について述べる。

コンピュータグラフィックスの分野において、自然現象の可視化は重要な課題の一つである。様々な自然現象の中でも、粒状物質のアニメーションは、景観シミュレーション、バーチャルリアリティ、映画等の様々な分野へ応用されており非常に有用な研究である。一方、物理シミュレーションの分野では粒状物質のシミュレーション手法が提案されているが、特にCGで有用となるような粒状物質で構成された地面に適用する場合には非常に計算コストが高いことが知られている。そこで、本論文では単純なモデルを用いて粒状物質を対象とするアニメーションを効率的に生成する手法を提案している。

第3章では、風紋と砂丘のモデリングおよびレンダリング法を述べている。まず、砂漠地形のモデリングについて議論している。砂漠地形は主に砂丘とその表面にできる細かい縞模様である風紋からなっている。それぞれを形成するためのモデルについて述べている。次に砂丘と風紋を組み合わせる砂漠の景観をレンダリングする方法について提案している。レンダリングでは砂丘の表面上に小さな凹凸である風紋を表現するためにバンプマッピングの手法を用いている。この計算の効率化のためにLOD (Level Of Detail)の手法を用いている。また砂漠の景観をよりリアルに表示するために、砂丘の影、風紋の影を考慮している。

第4章では、柔らかい地面上に残る物体の痕跡生成の高速な形計算法について述べている。提案法では、(1)地面と物体との衝突判定、(2)衝突部分の地面の物質の

圧縮と周囲への移動、(3)急斜面での崩落、をそれぞれ計算することによって物体の接触による地面の変形を計算する。地面と物体との衝突判定はハイトフィールドが一価関数であるという性質を利用してZバッファを用いて行う方法を提案している。Z バッファ法を用いることによりグラフィックスハードウェアを利用して高速に衝突判定を行うことができる。また、地面の変形を効率的に行うために、多重解像度のハイトフィールドによる最適化法も提案している。

第5章では、物体による粒状物質のインタラクティブな変形法と粒状物質の崩落のレンダリングについて述べている。提案法では物体と物体上の粒状物質を、物体存在領域を表す高さのスパンのリストを各要素として持つ二次元配列(HS (Height Span)マップ)で表す。各ハイトスパンは次の三つの要素で構成される。(1)物体の上向きの面の高さ、(2)下向きの面の高さ、(3)その位置での物体上の粒状物質の高さ。これにより地面と同様に高さの変化だけを考えればよくなるので粒状物質の動きを効率的に計算できる。また、レンダリング時には各ポリゴンのテクスチャ座標を崩落量に応じて変位させることによって地面の表面上の粒状物質の動きを表現している。

第6章では、物体が粒状物質で構成された地面に衝突した際の粒状物質の飛散を計算する方法について述べている。本節では粒状物質の飛散の計算に粒子要素法 (DEM) を拡張したものをを用いている。DEM では粒子の集合の挙動について、各粒子の移動と回転をその粒子に接触している粒子から受ける反発力を用いて計算する。しかし、粒子要素法は地面を構成する全粒子に関する挙動を逐一計算するので、本節で対象とする砂地のような広い空間をシミュレートすると計算時間が膨大になる。この問題を解決するために、本章では粒子要素法を拡張し、ここではいくつかの粒子を一つの大きい粒子で代表して粒子の集合の動きの計算している。

なお、本論文第3章、第4章、第5章、第6章は東京大学の西田友是教授との共同研究であるが、論文提出者が主体となって開発、分析、検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士(科学)の学位を授与できると認める。