

博士学位論文審査結果要旨

西暦 2023 年 3 月 1 日

研究科、専攻名 バイオ・情報メディア研究科 メディアサイエンス専攻

学位申請者氏名 甘 暁 博

論文題目 非周期的空間充填とXPBDを用いた弾性凝集体のプロシージャルモデリング

審査結果の要旨

2023年1月26日に、学位申請者である甘暁博氏の学位論文審査公聴会がされ、博士論文に関する発表と質疑応答が行われた。

本研究では、米や果物などの凝集体が積み上がった状態をCGで再現する際に、モデラーが手作業でモデリングを行うのではなく、非周期的空間充填法とXPBD (eXtended Position-based Dynamics) 法を併用して半自動的にモデリングを行う手法を提案した。また個々の凝集体の形状は、モデリング時にパラメータ制御によってプロシージャルにバラツキを持たせることを可能とした。

本研究の背景として、ゲームや映画などのデジタルコンテンツの制作において、石積みや山積みのような非周期的な多数の物体が積み上がった状態をモデル化する必要がある場合が存在する。このような場合、ノイズを利用したテクスチャリング関数や変位マッピング (Displacement Mapping) を用いたテクスチャ生成により、非周期的な繰り返しを持つオブジェクトの見た目を生成する手法を用いることが多い。しかしながら、これらの手法は基本的に2次元のテクスチャを生成する技術であるがゆえに、3次元の凝集体形状を生成することはできない。もちろん、モデラーが手作業によってモデリングを行うことも不可能ではないが、どうしても手作業によって丁寧に積み上げたような不自然さが出てしまう。

そこで本研究では、外力による運動シミュレーション部分を必要最小限に止めた上で、凝集体を生成するための位置ベースによる配置計算を行うことによって、計算コストを削減しながらリアルな凝集体を生成する手法を提案した。これにより、運動シミュレーションのみを用いた生成法 (例えば、茶碗などの器のモデルに凝集体を構成する多数のモデルを落下させ、凝集体が安定状態になるまで外力計算と凝集体構成モデルの相互作用計算を繰り返す生成法) の問題である膨大な計算コストを必要とせず、かつ振動現象問題を回避することを可能とした。

凝集体の構成要素としての個々の物体のモデリングに関しては、低解像度モデルをベースとして、パラメータを使い分けることで様々な形状を生成できるプロシージャルモデリング手法を開発した。本モデリング手法は表現する物体によって異なるが、手続き的な処理によって様々な形状を生成できる汎用性のある手法である。例えば米の場合、米粒の電子顕微鏡画像を参照して生成した低解像度のポリゴンモデルをベースモデルとして、ベースモデルの表面に粒子を充填してボリュームデータを作成し、レベルセット法を用いて表面再構築処理を行った。これにより、多孔質構造を考慮した様々な形状の米粒モデルを生成することを可能としている。

このようにしてモデリングした個々の凝集体構成モデルに対して、非周期的空間充填法を用いて凝集体の構成モデルを配置する。その後、XPBDを用いて物体の摩擦力や弾力性を考慮し

た再配置計算を行う。これが本研究で提案しているシミュレーション手法の概要である。

なお、シェーディングに関しては、水分量を考慮した曲率依存反射関数（Curvature-Dependent Reflectance Function : CDRF）を用いた Sub-Surface Scattering（SSS）プロシージャルシェーダーを提案している。

本研究は、長時間の動力学ベースの物理シミュレーションを行うことなく、空間充填法と X PBD を用いた位置ベースのシミュレーションにより、凝集体構成要素個々の物体形状をプロシージャルにモデリングしながら弾性体の凝集体を生成する数学的アプローチを提供した。研究成果として、炊きたてのご飯やおにぎり、寿司のシャリ、および茶碗に盛られた大量の米粒、さらにはご飯の上に盛られたイクラやかき氷を表現したものを示し、これまでに提案されている代表的な手法との計算時間の違いなども提示した。

提示された研究成果から、CG のモデリング技術として効率的に弾性凝集体を生成することが可能であり、さらに写実的な画像を生成できていると判断できるため、CG の研究・開発分野に大きく貢献していると評価できる。

学位論文審査公聴会では、本研究の新規性に関する質問、提案手法の応用範囲、および今後の課題や可能性に関する質問やディスカッションが行われたが、それらに対する返答も妥当であった。また、最終試験の結果も十分な成績を収めた。

本研究による研究業績は、学術論文（査読付き）3件、国際会議（査読付き）3件、そのほか国内学会での口頭発表 4 件と学位授与条件も満たしている。

以上のことから、学位論文に相応しい内容であると認め、学位論文の受理、および博士（メディアサイエンス）の学位を授与する価値があると判断した。

審査委員 主査

東京工科大学 教授 渡辺大地