

学 位 論 文 要 旨

学位論文題目

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

学位論文の要旨

1. はじめに

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あ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、様々な手法が提案されている。例えば、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技術 (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がある。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、米の山や果物の山のような3次元の凝集体を生成することはできない。また、手作業によるモデリングを行うことも不可能ではないが、どうしても誰かが丁寧に積み上げたような不自然さが出てしまう。

2. 関連研究

Christopher Schwartzらは、ドーム状の建造物の周囲に151台のカメラを配置し、ガントリークレーンに8台のプロジェクターを搭載した装置を構築し、食品の写真測量によるモデリング方法を提案した[1]。

ピクサー・アニメーション・スタジオの研究[2-4]では、料理のComputer Graphics (CG) をより自然かつ正確に再現するために、弾性体シミュレーションと剛体シミュレーションの両方を用いて体積保存則を守りながら粒状体を再現し、SSSシェーダでシェーディングを行っている。

食品用のシェーダを構築する場合、例えばブドウのように皮から実まで異なる質感を持つ半透明材料では、光学パラメータを正確に設定することが難しい。Jingjie Yangらは、単一の入力写真から異種半透明材料用の逆レンダリングアプローチを提案している[5]。

CGにおける動力学シミュレーションには、力による運動力学の物理シミュレーションによる解法が一般的である。Matthiasらは動力学モデルによるシミュレーションではなく、位置ベースのシミュレーションを行うことで、速度の計算を回避する手法 (Position Based Dynamics: PBD) を提案している[6]。

プロシージャルモデリングとは、コンピュータグラフィックスにおいて、ルールセットから3Dモデルやテクスチャを作成する技術の総称である[7]。L-Systems, フラクタル, ジェネレーティブモデリングは、シーンを生成するためのアルゴリズムを適用するためプロシージャルモデリングの技術である[8]。

3. 提案手法の概要

本論文では、凝集体を形成する食材の自然な表現を目指し、アーティストの手作業に頼らず、モデリングからシェーディングまでプロシージャルに画像やアニメーションを生成する手法を提案する。

まず、非周期的空間充填法を用いて構成オブジェクト (米粒, イクラ, かき氷など) を配置し、集合体を生成する。そして、XPBDを用いて、オブジェクトの摩擦力や弾性を考慮した再配置を計算する。

個々の構成要素のオブジェクトのモデリングには、低解像度モデルをベースに、パラメータを変化させることで様々な形状を生成できる手続き的モデリング手法を提案する。このモデリング手法の詳細は、表現するオブジェクトによって異なるが、手続き的な処理によって様々な形状を生成できる点で汎用的である。ここで、低解像度モデルはユーザ入力として使用する。出力は図1に示すようなフローで生成される。

シェーディングには、水分量を考慮した CDRF (Curvature Dependent Reflectance Function) を用いた SSS (Sub-Surface Scattering) プロシージャルシェーダーを使用する。本手法は、XPBD を用いた空間充填と位置ベースのシミュレーションにより、個々の物体形状をプロシージャルにモデル化し弾性体の集合体を生成する際に、長時間のダイナミクスベースの物理シミュレーションを必要としない数学的アプローチを提供するものである。

本論文で提案する手法のフローを以下の図 1 に示す。

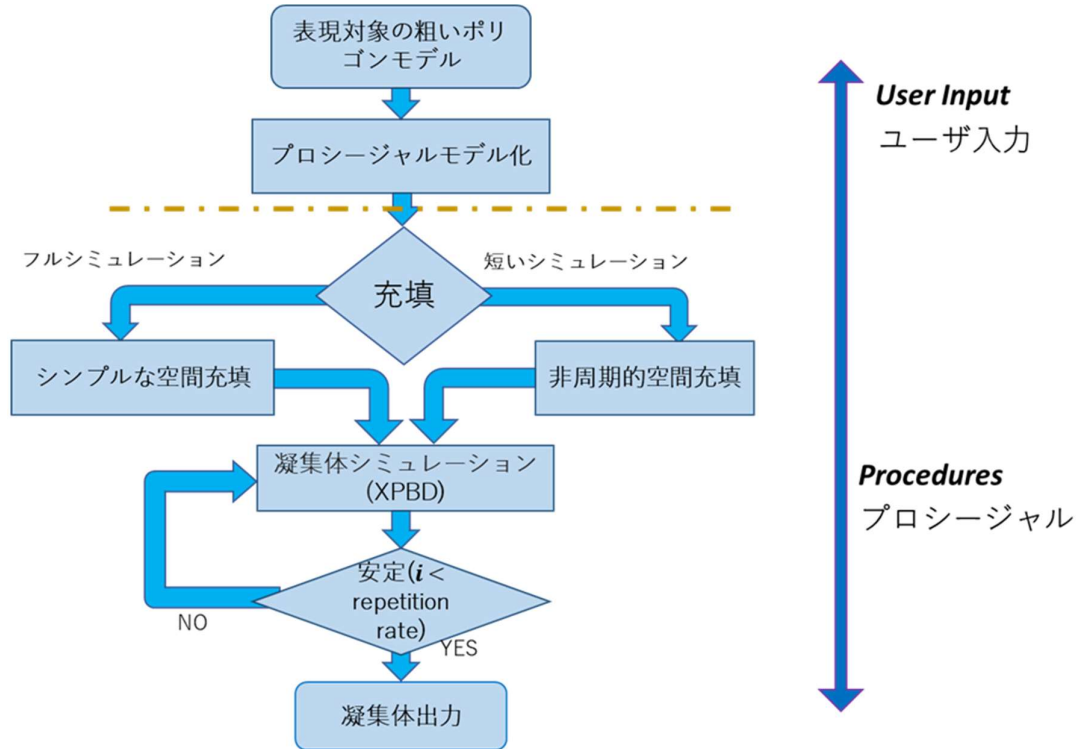


図 1 提案手法のフロー図

4. 研究結果

本論文で提案する手法のシミュレーション結果を以下に示す。(図 2)

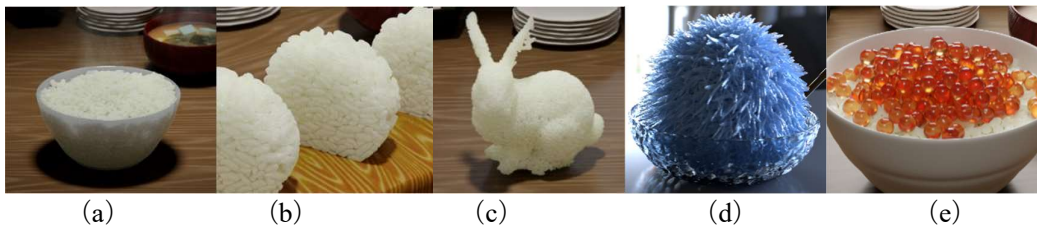


図 2 提案手法で生成した画像例結果

図2(a)は茶碗に盛られたご飯，要素は米粒で，凝集体の形は茶碗である。

図2(b)はご飯のおにぎりをシミュレーションした例である．要素は米粒で凝集体の形は横に倒れた円柱である。

図2(c)はライスバニーのレンダリング画像である．要素は米粒で，凝集体の形はスタンフォードバニーに指定した。

図2(d)はイクラ丼である．要素はイクラ粒，凝集体の形状はご飯の上に円錐を配置したものである。

図2(e)はシロップなしのかき氷で，提案の手法で作成した画像である。

最もメモリを消費したシナリオは，お茶碗に盛られたご飯で，12GBのメモリを使用した。シミュレーションとレンダリングに使用したPCのスペックは以下の通りである。Windows 10 Pro 64bit, CPU : Intel® Core™ i9-9900X @ 3.50GHz, メモリ : 128GB, GPU : NVIDIA Quadro P2200. 計算時間 (非周期的空間充填シミュレーションと短時間位置ベースシミュレーション)

ョン, レンダリング時間は含まず) を表1に示す. 位置ベースシミュレーションはCPUのみを使用した.

表1 計算時間, 要素数, 頂点数

	時間 (s)	要素数	頂点数
図 2(a) 茶碗に盛られたご飯	2,041	2,000	1,840,000
図 2(b) おにぎり	1307	3,064	2,818,880
図 2(c) ライスバニー	4,376	5,111	4,702,120
図 2(d) イクラ丼	65	310	746,062
図 2(e) かき氷	310	3,000	3,293,360

5. まとめ

まとめとして, 本論文では, より速く, よりリアルな集合体を生成する手法を提案した. 本手法は, 自動生成後に短時間の物理シミュレーションを行うことで作業時間を短縮し, よりリアルな集合体は, 単純にアニメーションを作成するなど, アーティストに様々な選択肢を与えることができる. 現段階では, 非周期的な空間充填と位置ベースシミュレーションの両フェーズを同時に実現することに成功しているが, 桜井らの研究よりはまだ時間がかかる. また, 本論文による手法では, ピーマン, ブドウ, イクラ, 米, 豆腐などの柔らかいものを大量に再現することができる. 今後は, 生成時間の短縮と位置ベースシミュレーション段階の簡略化により, より高速な生成方法の開発を目指す.

参考文献

- [1] Schwartz, C., Weinmann, M., et al. Capturing Shape and Reflectance of Food, Proceedings of SIGGRAPH Asia 2011 Sketches, Article No. 28, pp. 1–2, 2011.
- [2] Cho, H., Dressing and Modeling Food, ACM SIGGRAPH 2007 courses, pp. 7–21, 2007.
- [3] Xenakis, A., & Tomson, E., Shading Food: making it tasty for Ratatouille, ACM SIGGRAPH 2007 courses, pp. 22–33, 2007.
- [4] Gronsky, S., Lighting Food, ACM SIGGRAPH 2007 courses, pp. 34–44, 2007.
- [5] Yang, J., & Xiao, S., An Inverse Rendering Approach for Heterogeneous Translucent Materials, Proceedings of the 15th ACM SIGGRAPH Conference on Virtual-Reality Continuum and Its Applications in Industry, Vol. 1, pp. 79–88, 2016
- [6] Muller, M., Heidelberger, B., et al., Position Based Dynamics, Journal of Visual Communication and Image Representation, Vol. 18, No. 2, pp. 109–118, 2007.
- [7] Ebert, D.S., Musgrave, F.K., Peachey, D., Perlin, K., & Worley, S., Texturing and modeling: a procedural approach, 3rd ed. San Francisco, CA USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc.; 2002.
- [8] David S.Ebert; F.Kenton Musgrave; Darwyn Peachey; Ken Perlin; Steven Worley. Texturing & Modeling: A Procedural Approach. Morgan Kaufmann.; 2003.

S u m m a r y

Title of thesis :

Procedural Modeling of Elastic Aggregates based on Aperiodic Space-Filling and XPBD Simulation

In this paper, we propose a new method based on two existing methods for procedural modeling of common rice dishes and aggregates of natural objects such as salmon roe and shaved ice. One existing method, which is the most realistic but also the most time-consuming, uses full-length physical simulation to generate the aggregates. There are two steps: the shape and components specified by the user are used as inputs, the components fall under low gravity into the specified shape, and a full-length physical simulation from the initial state to the stable final state is performed using the XPBD method. This usually takes a few hundred frames. The other existing method is aperiodic space-filling. It has two steps. First, it requires components and shapes to be input by the user, and then it fills the specified shapes with components in a non-overlapping order. Each existing method has its own weaknesses; this paper introduces a new method that combines the advantages of the two existing methods, elastic aggregates based on aperiodic space-filling and XPBD simulation. We perform physical simulations to generate more realistic aggregates with parameters such as friction data input by the user.