

## 1 はじめに

当研究室では、一般家庭を対象とした VR コンテンツの一つとして、VR 調理学習システム「バーチャルお料理教室」の開発を行っている [1]。開発ではこれまでに、調理の場面における固体群操作モデル研究を進めてきた。「固体群」とは、複数の固体が集まって一つのものであるかのように振る舞う物を指し、例としてご飯や砂が挙げられる。このような固体群の挙動を、固体個々の動きを計算して求めると時間がかかり、対話操作に向かなくなってしまう。そこで、文献 [1] の固体群操作モデルでは一様な正方格子の各セルに高さ情報を設定し、単純な処理によって各格子の高さ情報を適切に変化させることで固体群の挙動を高速に計算し、対話操作を実現している。しかし、このモデルでは固体群の動きを容器内のみ限定している。そこで本研究では前述したモデルに、計算コストを抑えた粒子モデルを導入し、この粒子によって固体群を容器外へ出す「こぼれ」の挙動や固体群挙動の自然さ向上を図る。

## 2 従来の固体群操作モデル

このモデルでは、固体群全体を一つの操作対象として捉えて、全体にかかる力による変化を曲面で近似計算している。図 1 を例に、ある時刻  $t$  から  $(t + \Delta t)$  における固体群全体の挙動計算の概要を示す。図 1-1 の様に、ある時刻  $t$  において傾いた容器内に固体群が存在する場合、曲面を発生させて固体群体積を増加(図 1-2 a)、減少(図 1-2 b)させる。結果、図 1-3 のように時刻  $(t + \Delta t)$  において固体群が以前よりも下の部分に移動する。

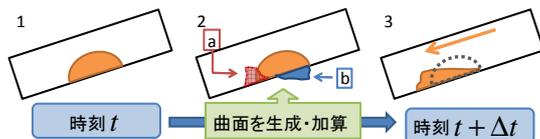


図 1: 変形曲面による固体群変形の過程

## 3 粒子による固体群操作モデル

提案モデルでは、従来の格子モデルに計算コストを抑えた粒子モデルを導入する。この粒子モデルでは 2 種類の粒子を扱う。一つは、「各格子の高さ情報の前時刻からの変化量」と「各格子の微小な高さ情報」を元に粒子が存在する確率を設定し、その確率に基づいて粒子の描画を制御する「存在確率粒子」である。この粒子により、固体群の固体「らしさ」や、固体群の自然な移動過程を表現できる。もう一つは、粒子間の衝突を考慮せず少ない計算コストで「こぼれ」挙動を表現する「自由落下粒子」である。図 2 に示す、容器の傾きなどで固体群に力がかかりこぼれる挙動に対応

する A 境界と、「へら」等の調理器具を想定した剛体による押し出しなどでこぼれる挙動に対応する B 境界の 2 種類の境界を設定する。これらの境界よりも粒子一つ分低い容器内固体群をあらかじめ存在確率粒子で描画しておく。そして、A、B 境界のどちらかを越えた容器内固体群を「自由落下粒子」へ変換して容器外へ出し、その分の体積を容器内の固体群体積から減らす。これにより、描画した粒子がそのまま容器外へこぼれ落ちていく様子を自然に表現する。

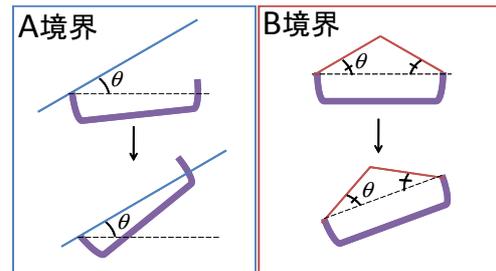


図 2: 「こぼれ」発生条件の境界

## 4 実験

本提案モデルによる実験システムを構築した(図 3)。実験システムにおいて、高速に固体群の「こぼれ」挙動を表現できていることが確認できた。また簡単なアンケート調査より、ほぼ違和感なく「こぼす」操作ができる、との評価が得られた。



図 3: 実験システム

## 5 むすび

本研究では、調理学習システム「バーチャルお料理教室」の一環として、従来の固体群操作モデルに計算コストを抑えた粒子モデルを導入することで、「こぼれ」表現の実装、また、固体群の移動過程の表現向上を行った。今後の課題としては、固体群がこぼれだす位置に広がりを持たせるために、変形曲面の拡張及び改良を行うことがある。また、「へら」などの剛体による「すくい上げ」を表現することにより、一連の「盛り付け」動作を行えるようにし、VR 調理学習システムを完成に近づけていく予定である。

### 参考文献

- [1] 舟橋健司、小栗進一郎、”家庭での利用を目的とした VR 調理学習システムのための固体群操作モデルの検討”、日本バーチャルリアリティ学会第 13 回大会講演論文集、pp. 171-172、2008