

平成 25 年度 修士論文概要

主査	舟橋 健司	副査	徳田 恵一	研究室	舟橋研究室
入学年度	平成 24 年度	学籍番号	24417535	氏名	栗本 雄多

論文題目 VR 調理学習システムのための近接ハイトフィールド間における固体群の挙動表現  
Behavior of Group of Individual Bodies between Neighboring Height Fields for VR Cooking System

## 1 はじめに

当研究室では一般家庭を対象とした VR コンテンツとして VR 調理学習システムの開発を行っており、小さな固体の集まり（以下、固体群）をインタラクティブに操作するための固体群操作モデルを提案している [1]. 固体群を構成する個々の固体の挙動を厳密に再現しようとすると計算量が増加し、対話操作性が損なわれてしまう。そこで、本システムでは操作者が期待する挙動を再現することに重点をおき、高速な挙動計算を目指している。具体的には固体群を 2 次元格子上的ハイトフィールドにより表現し、各格子に設定した値を変化させることで固体群の挙動を表現する。固体群操作モデルではこれまでに、固体群を操作するための剛体としてフライパンや中華鍋を想定した調理容器、ヘラを想定した調理器具を導入している。調理器具は、まず最初に操作面を垂直にしたうえで水平方向、鉛直方向の移動と鉛直軸を中心とした回転の計 4 自由度の操作に限定し、実現を目指していた。続いて文献 [2] では調理器具の操作面を水平に限定したうえで水平方向、鉛直方向の移動を可能とし、操作面上にハイトフィールドを定義することで固体群をすくい上げる操作の実現を検討している。これまでの固体群操作モデルでは調理容器や調理器具に個別のハイトフィールドを定義しており、扱う容器や器具と同数のハイトフィールドを個別に扱っていた。ところが固体群は複数のハイトフィールドが近接する領域にまたがり存在することがあり、自然な固体群形状および挙動を決定することができない。そこで、本提案モデルではハイトフィールドが近接する領域を一体的に扱い、固体群の挙動を表現する。

## 2 固体群操作モデル

固体群操作モデルでは固体群全体、あるいはその一部分を一つの操作対象として扱い挙動を近似的に計算し、曲面（変形曲面）により形状変化を表現する。固体群が移動する、あるいは崩れる場合（図 1-1）、正の変形曲面により固体群の体積を局所的に増加させ、続いて負の変形曲面により体積を減少させることで（図 1-2）、変形曲面を適用する前後の固体群の体積を維持しながら挙動を表現する（図 1-3）。調理器具で固体群

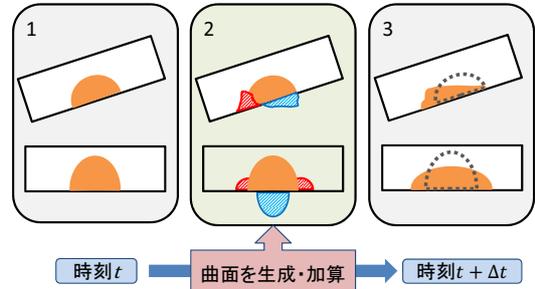


図 1: 変形曲面による固体群の移動, 崩れ

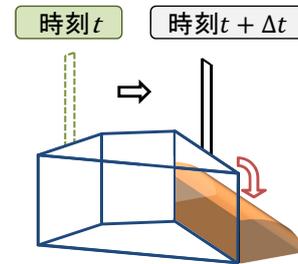


図 2: 調理器具操作による固体群の移動

を操作する場合、操作面の移動軌跡により固体群との干渉を判定し、調理器具の移動方向及びその周囲に変形曲面を適用することで固体群を押し動かす様子を表現する（図 2）。

## 3 近接ハイトフィールド間の固体群

### 3.1 ハイトフィールド間の仮想の境界

複数のハイトフィールドを同時に扱うためには、近接する各ハイトフィールドにより表現される固体群の干渉を考慮する必要がある。そこで、近接ハイトフィールド間の固体群の寄りかかり合いを扱うために仮想の壁を定義する。仮想の壁により、各ハイトフィールドにおいて固体群の挙動を決定した場合でも、近接ハイトフィールド間の領域において固体群が安定した状態として扱うことが可能である。また、固体群が相互に干渉し移動する様子を表現するために仮想の操作面を定義する。仮想の操作面の移動により、近接ハイトフィールド間の固体群の相互作用による移動や崩れを表現する。

### 3.2 仮想の固体群操作面による固体群移動

調理器具で固体群を押し動かすことで調理容器内の固体群は調理器具上の固体群により調理器具の進行方向へ押し動かされ(図3), 調理器具上の固体群はその反作用で押し返されることで調理器具の進行方向に対し相対的に後方へ移動する(図4). この相互作用による固体群挙動は調理容器内の固体群と調理器具上の固体群の体積比により異なる. そこで, 体積比に応じて仮想の操作面の移動距離を決定する.

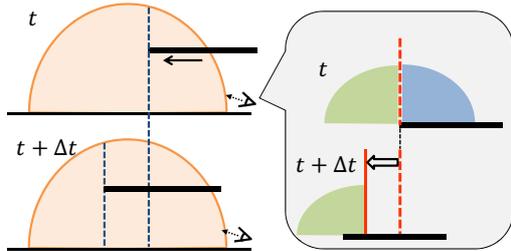


図 3: 調理容器に着目した場合の固体群挙動

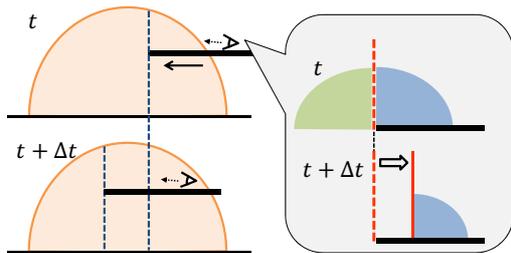


図 4: 調理器具に着目した場合の固体群挙動

### 3.3 仮想ハイトフィールド上での固体群

挙動計算により決定した変形曲面を複数のハイトフィールドに適用するために, ハイトフィールドの近接部分を一時的に一つのハイトフィールドとして扱う. このハイトフィールドを仮想ハイトフィールドと呼称する. 固体群の崩れが影響を及ぼす領域が個々のハイトフィールド内である場合は従来手法に基づく挙動計算により変形曲面を決定する. 領域が複数のハイトフィールドにまたがる場合は各ハイトフィールドを仮想ハイトフィールドに統合したうえで変形曲面を決定する. 決定した変形曲面を仮想ハイトフィールドに適用することで固体群の挙動を表現する.

## 4 実験と結果

提案モデルを用いた実験システムを構築した(図5). 実験システムの処理速度を調べた結果, 約 105FPS で実行可能であることがわかった. また, 本提案手法の

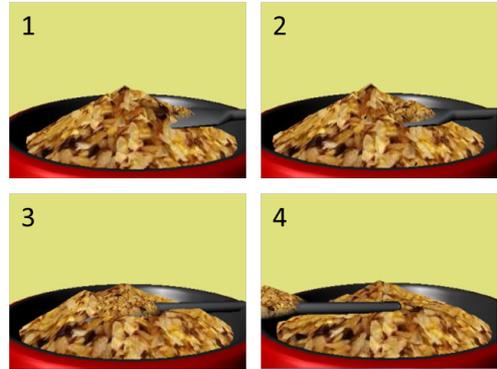


図 5: 実験の様子

処理追加による計算時間の増加はわずかであることが確認できた. したがって, 本システムは対話操作に可能な処理速度で実行できるだけでなく, 今後の拡張に十分な余裕があるといえる. また, 挙動の自然さに関する評価実験の結果, 調理器具の移動に伴い調理容器内の固体群と調理器具上の固体群が崩れる様子が確認できるとの意見が得られた.

## 5 むすび

本研究では, これまで一つのハイトフィールド内で閉じていた挙動計算の対象領域を拡張し, 複数のハイトフィールドが近接する領域の固体群挙動を表現した. 仮想の境界によりハイトフィールド間の固体群の干渉を考慮し, 仮想ハイトフィールドにより固体群の挙動を一括して扱うことで高速な挙動計算を可能とした. 今後は調理器具を自由に操作できるようにし, 臨場感を向上させる必要がある. 最終的には, 一連の調理工程を再現するモデルを提案し, これまでの固体群操作モデルと組み合わせることでシステムの完成を目指す.

## 参考文献

- [1] 森井 敦士, 上垣内 翔太, 山本 大介, 舟橋 健司, "VR 調理学習システムのための存在確率に基づく粒子による固体群の上下動の表現", 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.16, No.4, pp.539-549, 2011.
- [2] 佐東 康平, 舟橋 健司, "VR 調理学習システムにおける調理器具による押さえつけ動作とすくい上げ動作の考察", 日本バーチャルリアリティ学会第 18 回大会講演論文集, 2013.