

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

Pressing and Scooping GIB Manipulation with Cookware for VR Cooking System

佐東康平¹⁾, 舟橋健司²⁾

Kohei Sato and Kenji Funahashi

1) 名古屋工業大学 情報工学専攻

(〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町, ksato@center.nitech.ac.jp)

2) 名古屋工業大学 情報工学専攻

(〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町, kenji@nitech.ac.jp)

概要: 当研究室では簡単な料理体験が可能な VR 調理学習システムの開発を行っている。またそのために対話操作を可能とする固体群操作モデルを提案している。食材として細かな固体の集まりを扱うことが多いが、このような集まりを固体群と定義し、個々の固体の干渉を考えず一つの操作対象として扱う。その上でハイトフィールドを基に固体群の形状を表し、その変化により挙動を表現する。これまでにフライパンなどの調理容器内の固体群をヘラなどの調理器具により直感的に操作することを目指し、実験的にヘラの操作面を垂直に限定した 4 自由度の操作による固体群を水平方向に押し動かす操作を実現している。本研究では、操作面を水平に限定した 4 自由度の操作による、固体群を押さえつける操作、すくい上げる操作について検討する。

キーワード: 調理学習システム, 固体群操作モデル, 変形曲面, 調理器具

1. はじめに

近年の VR では、VR 技術の発展・普及により、VR 装置が比較的、安価で手に入るようになり、一般家庭でも VR システムが身近な存在となりつつある。このような VR 装置が普及することにより、一般家庭向けの VR コンテンツの可能性が広がる。ところで近年、核家族化や単身赴任の増加に伴い、自分自身で料理をしなければならない状況が増えている。そのため、調理に関する学習・訓練のためのシステムに関する研究が行われている [1]。

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、調理学習支援システム「バーチャルお料理教室」の開発を行っている。このシステムでは、操作者が調理における一連の手順を実際に手を動かすことで学習することができる。これまでに、調理の工程において、ご飯や具材などの、複数の小さな固体が集まったものに対する対話操作の研究を行ってきた。従来研究に関する研究に、溶岩 [2] や砂 [3] などを対象とした対話操作があるが、固体一つ一つの挙動を全て

計算しているため、計算量が大きく、リアルタイムでの操作や大域的な操作には向いていない。

そこで我々は、フライパンなどの調理容器に入れて扱う対象物、すなわち複数の小さな固体の集まりを全体で一つの操作対象として扱う。この操作対象を固体群と呼び、固体群全体に作用する力から大域的に挙動を計算することで、高速な対話操作を可能とする固体群操作モデルを提案している [4]。この固体群操作モデルでは、固体群を個々の粒子の集合ではなく、調理容器の底面に配置した 2 次元格子に設定する各格子における対象物の高さ情報、すなわち、ハイトフィールドにより固体群の形状と挙動の変化を表現している。これにより、人が無意識に期待する挙動を高速に表現することを可能にした。また、操作者が自由に操作することができるヘラ状の調理器具を導入し、さらなる直感的な操作を目指している [5]。これまでに、調理器具の操作面を常に垂直に限定した上で、水平方向、上下方向の移動と操作面の鉛直軸を中心とした回転による 4 自由度の操作を実現している。しかしこのモデルでは、調理器具で食材片を下に押さえつける、すくい上

げるなどの操作が不可能である。

そこで本研究では、調理器具の操作面を調理容器の底面に対して水平に限定し、3自由度の平行移動と鉛直軸を中心とする1自由度の回転を行う調理器具による、食材片を押さえつける、すくい上げる動作モデルを提案する。以下2節では従来の固体群操作モデルの概要、3節では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、4節では実験と結果について述べる。

2. 固体群操作モデルの概要

当研究室がこれまでに提案した固体群操作モデルでは、固体群を調理容器内に定義したハイトフィールドにより表現する(図1)。ハイトフィールドの格子 (x, y) における固体群の高さ、すなわち固体群の体積を $V(x, y)$ とすると、調理容器 c 内に存在する固体群の総体積 V_c は次のように表される。

$$V_c = \sum V(x, y) \quad (1)$$

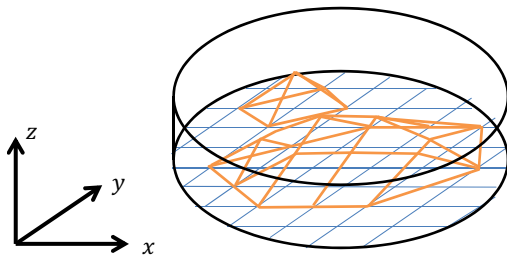


図1 調理容器内の固体群の表現

各時刻で各格子の高さを適切に変化させることで、固体群の挙動を表現する。具体的には、固体群全体に作用する力による挙動の変化分を曲面により近似表現する。この曲面を変形曲面と呼ぶ。例えばある時刻 t において、傾けられた調理容器内に固体群が存在する場合(図2-1)、固体群は重力により調理容器下方に移動すると考えられる。そこで、正の変形曲面と負の変形曲面を適用する(図2-2)。これにより、時刻 $t + \Delta$ の固体群は時刻 t よりも容器下方へ移動する(図2-3)。

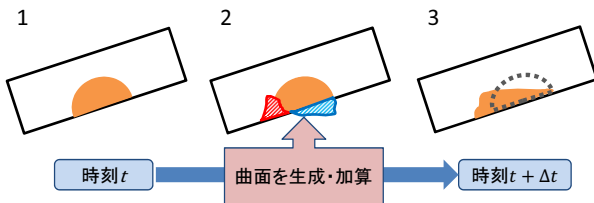


図2 変形曲面による固体群の移動

また、調理容器内の固体群を局所的に操作するための調理

器具を考える。フライパンなども調理器具の一種であるが、これらは調理容器と呼び、ヘラなどを調理器具と呼ぶ。これまでの実験モデルでは、調理器具の操作面を垂直とし、水平方向と上下方向の移動、操作面の鉛直軸を中心とする回転に限定していた。そこで、操作面の軌跡を三次元凸包と考え、固体群との干渉判定を行い、干渉した領域の固体群を減算する。また同体積の変形曲面により加算処理を行うことで移動を表現する(図3)。

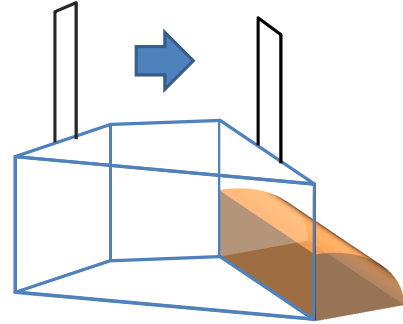


図3 調理器具の移動による固体群の変形

3. 調理器具を介した操作

3.1 調理器具による押さえつけ動作

本研究では続いて、実験的に調理器具の操作面を水平とし、移動に関しては水平、上下の平行移動と鉛直軸を中心とする回転に限定する。調理器具を用いて上方向から固体群を押さえつけた場合、固体群操作面から受ける力により、押さえつけられた部分と固体群操作面周辺の固体群が変形する。まず同様に、操作面の軌跡である三次元凸包と干渉した領域の固体群を減算する。続いて、トーラスを上下半分にした半トーラス状の変形曲面を用いて、調理器具で固体群を押さえつけた際に固体群操作面周辺の固体群が盛り上がる挙動を表現する。また、調理器具の移動速度と調理器具により最終的に押さえつけられた面積、および前述の減算体積に応じて半トーラスの大きさと形状を適切に変える事で、より自然な固体群の押さえつけと、それによる盛り上がりを表現する(図4)。

3.2 調理器具によるすくい上げ動作

調理器具を用いて調理容器内の固体群をすくい上げる場合、固体群は、調理容器内に留まる部分と調理器具上に乗る部分に分かれる。そこで、調理器具の操作面にもハイトフィールドを定義する。まず、調理器具を水平に移動し、固体群に干渉する状態を考える(図5)。この状態で調理器具を上、または水平に引き抜くように移動した場合、固体群の操作面上に

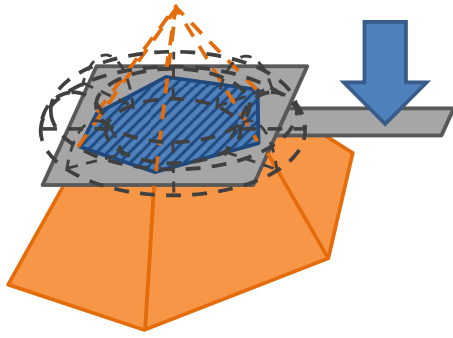


図4 固体群の押さえつけ動作

位置する部分を，調理容器ハイトフィールドから調理器具ハイトフィールドに移動する．このとき操作面上の固体群は実験的に円錐形に限定する(図6)．これは，調理容器と調理器具の双方において固体群の崩れが起こり，状況が複雑になるためであり，この点については別途，研究を進めている [6]．まず，操作面ハイトフィールドにおいて各格子の高さを重みとした加重平均により円錐底面の中心を求める．円錐底面の半径は，少なくとも操作面の縁に接するように決定する．その上で円錐の高さは，本来の体積に一致するように設定する．ただし，円錐の底面と母線の成す角が事前に設定した安息角を超えている場合には，底面の中心を操作面の中心方向へと移動し，この角が安息角と等しくなるように円錐の位置や形状を決定する．現時点では操作面上の固体群の初期形状を円錐に限定しているが，この手法により簡易的なすくい上げ動作が実現できるとともに，本モデルを発展させるための問題点の整理につながる．

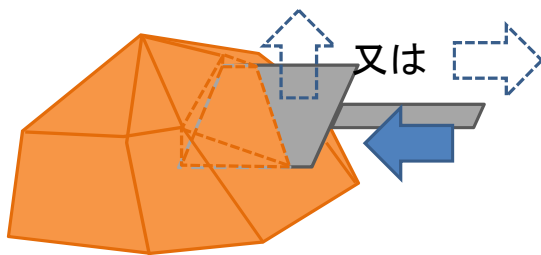


図5 固体群のすくい上げ動作

4. 実験結果

前述した提案モデルに基づいて実験システムを計算機 (Intel Core i5-2400, 3.10GHz) 上に C++ および DirectX を用いて構築し，実験を行った．実験の様子を図7に示す．本実験では，入力装置として，任天堂株式会社より発売されて

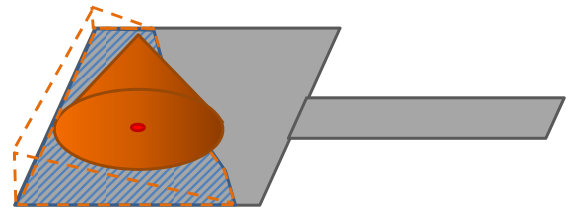


図6 円錐形状によるすくい上げの表現

いる Wii リモコンと，POLHEMUS 社より発売されている PATRIOT を用いた．調理容器，調理器具，固体群をそれぞれフライパン，ヘラ，炒飯と想定し，固体群はテクスチャマッピングにより描画する．固体群を押さえつける様子を図8に，固体群をすくい上げる様子を図9に示す．



図7 実験の様子



図8 固体群を押さえつける様子

提案モデルにおけるハイトフィールドの格子サイズと処理速度の関係性について調べた．表1に各格子サイズにおける処理速度を示す．調理器具底面は直径 325mm の円，調理器具の固体群操作面は一辺の長さが 100mm の正方形を想定



図9 固体群をすくい上げる様子

し、それぞれのハイトフィールドの格子の解像度が等しくなるように格子数を設定する。格子サイズを小さくすることで格子数が増加し、格子の間隔が狭くなるため、より詳細な固体群の表現が可能となる。処理速度は小数点以下を四捨五入した値である。一般的に対話操作システムには10~12FPS以上の処理速度が必要とされている。表より、対話操作を行うのに十分な処理速度が得られていることがわかるだけでなく、実際の調理学習システム構築時には、調理容器外への固体群のこぼれ、調理容器の煽り操作による固体群の舞い上がり、変形曲面による固体群の崩れに加え、洗う、切る、盛り付けなどの処理も行い必要があり、十分な余裕をもった速度が確認できる。

表1 処理速度についての実験結果

格子サイズ [mm]	処理速度 [fps]
16.5 × 16.5	721
12.5 × 12.5	496
9.5 × 9.5	286

次に、数名の被験者に本システムを体験してもらい、提案モデルの挙動の自然さについて調べた。なお、実験におけるハイトフィールドの格子サイズは16.5mm × 16.5mmとした。実験後、調理器具で固体群を押さえつける様子とすくい上げている様子がわかるという評価が得られた。

5. むすび

本研究では、操作面を調理容器の底面に対して水平に限定した調理器具による、固体群を押さえつける、および、すくい上げる操作モデルについて検討した。調理器具で固体群を押

さえつける際の変形曲面に半トーラスを用いることで、固体群操作部周辺の固体群が盛り上がる様子を表現した。また、調理器具操作部上でも調理容器同様に固体群を操作できるものとし、調理容器内の固体群の一部を分割した上で調理器具上に移動することで、調理容器内の固体群を調理器具ですくい上げる動作を表現した。

現在は、すくい上げ時の調理器具上の固体群の初期形状を円錐としており、その後、再び追加ですくい上げる状況を考慮していない。この点については、文献 [6] と合わせて再考する必要がある。また、調理器具操作面の向きに関する限定をなくし、自由に操作できるようにする必要もある。最終的に、調理器具の操作を6自由度にすることで、調理器具による固体群操作は、いっそう臨場感が向上すると考えられる。将来的には、食材の準備、加工といった調理における一連の手順のモデルを提案し、組み合わせることで、VR 調理学習システム全体の構築を進めていく。

謝辞 研究を進めるにあたり、有益な議論を頂いた本研究室諸氏に感謝する。なお、本研究の一部は JSPS 科研費 24501186 の研究助成による。

参考文献

- [1] 加藤史洋, 三武裕玄, 長谷川晶一: “体験型料理シミュレータ”, 日本バーチャルリアリティ学会第15回大会講演論文集, 2D2-2 (DVD-ROM), 2010.
- [2] 小田康行, 村岡一信, 千葉則茂: “溶岩流の粒子ベース・ビジュアルシミュレーション”, 芸術科学会論文誌, Vol.2, No.1, pp.51-60, 2003.
- [3] 西田友是, 尾上耕一: “Virtual Sandbox”, Proceedings of IEEE 2003 Pacific Conference on Computer Graphics and Applications, pp.252-259, 2003.
- [4] 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.
- [5] 森井敦士, 森愛絵, 山本大介, 舟橋健司: “VR 調理学習システムのための剛体による固体群操作モデル”, 日本バーチャルリアリティ学会第15回大会講演論文集, 2C2-2 (DVD-ROM), 2010.
- [6] 栗本雄多, 舟橋健司: “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崩れ表現”, 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 (予定).