

# 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

Manipulation Model of Group of Individual Bodies  
for VR Cooking System

舟橋健司<sup>1)</sup>, 小栗進一郎<sup>2)</sup>

Kenji FUNAHASHI and Shin-ichiro OGURI

1) 名古屋工業大学 情報基盤センター

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

2) 株式会社アルゴグラフィックス

(〒103-0015 東京都中央区日本橋箱崎町 5-14 アイデン日本橋ビル)

**Abstract:** In recent years, researches of an interactive manipulation for a group of individual bodies (i.e. sand and lava) have been performed. We treat a group of individual bodies as one object which is operated, and a new manipulation model of a group of individual bodies is presented in this paper. One of goals of this model is VR cooking system to use at personal home. Using an experimental system, subjects can move fried rice in a saute pan by moving it. Calculation time is short sufficiently, and time to add many processes for integrated VR system is remain.

**Key Words:** a group of individual bodies, VR cooking system, home use

## 1. はじめに

近年、単なる固体だけでなく固体の集まりと考えることのできる対象(例えば砂や溶岩など)に対する対話操作の研究が行われている[1, 2]。しかしこれらは、粒子法を用いたモデルであり、十分な計算時間が必要となり、一般家庭向けのシステムへの適用は困難である。本研究では「固体群」を「1つの操作対象」として扱うことにより計算時間を短縮する新たな固体群操作モデルを提案する。本モデルは家庭での利用を前提とした VR 調理学習システム「バーチャルお料理教室」を1つの目的としており、VR システムの一般家庭への普及を期待したものである。実験システムではフライパンの中の炒飯を、フライパンを動かすことにより移動することが可能である。計算時間は十分短く、総合的な VR システムを構築するにあたり様々な処理を追加する余裕が残されている。

## 2. 固体群モデル

### 2.1 前提および方針

本来、固体群の挙動を厳密に求めるには、個々の固体それぞれの挙動を考える必要がある。近年は粒子法(例えば[3])により流体だけでなく固体の挙動も表現されているが、GPU を利用するなどした上で、実験システムとしてリアルタイム処理が実現されているのが現状である。言い換

えれば、総合的なシステムとして固体群も扱い、さらに様々な処理を同時に扱うことは困難である。

本論文で提案するモデルは挙動の厳密さではなく、まず、体験者が違和感を感じない自然さと処理の高速さを重要視する。また最初の検討として、操作対象の固体群は容器に入っているものとし、その容器を傾けることにより固体群を操作(移動)することを考える。

### 2.2 曲面近似による操作

まず、個々の固体に作用するそれぞれの力は考慮せず、固体群を1つの操作対象として扱い、全体に作用する力をもとに固体群の挙動を近似的に算出する。

図1左に示すように容器内に固体群が存在し、容器を図1右に示す通り傾けた場合、固体群の左側の高さを高くし、右側の高さを低くする。具体的には、容器に対して水平に格子を配置し、各格子点の高さにより固体群を表現する。その上で、図2(1)に示す容器(断面表示)が図2(2)のように傾けられた場合に、図中、黒く示す部分の固体群の高さを高くする(図2(3))。さらに、体積が操作前と等しくなるように全体の高さを低くする(図2(4))。この黒く示した部分を適切な曲面として定義することにより、固体群の挙動を表現する。

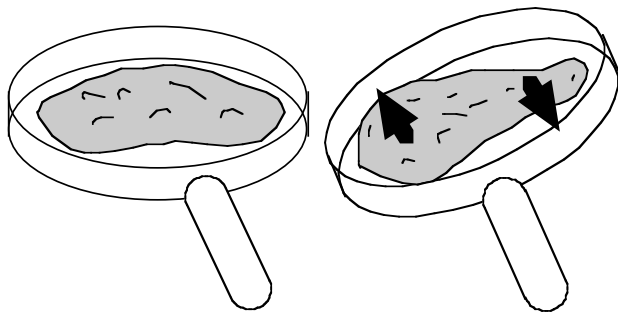


図1 モデルの概念図

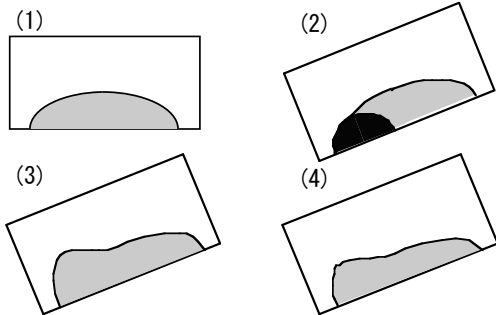


図2 モデルの概要 (断面図)

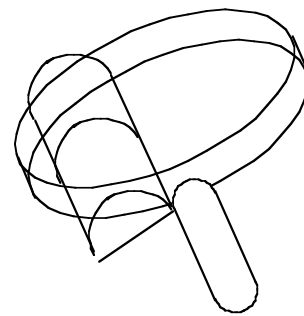


図3 変形曲面柱の定義

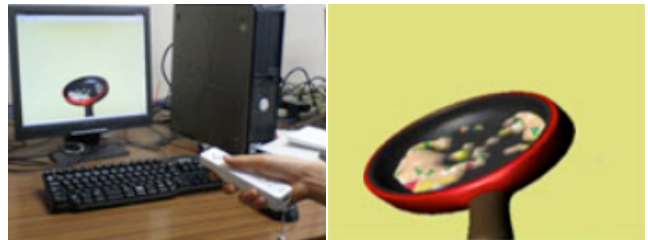


図4 実験システムの様子

### 2.3 変形曲面の算出

前述の曲面を変形曲面と呼ぶ。変形曲面の決定、算出に多大な計算時間を要さないように、半楕円柱とする(図3)。具体的に半楕円柱を決定するためには、楕円の長半径(容器底面に平行)、短半径(容器底面に垂直)、柱の高さ、容器に対する位置と方向を決定する必要がある。柱の高さ(容器に対して水平方向)は十分な高さとし、容器外の部分は考慮しないものとする。方向は固体群に働いている力(容器の傾き)をもとに決定し、位置は固体群の重心および力をもとに決定した方向より決定する。長半径、短半径は固体群を1つの対象として考えた場合に働く力学的パラメータをもとに決定する。

### 2.4 各種補正

変形曲面による変形に加えて、微小乱数のノイズにより補間を行い、また凹凸感の表現も行う。さらに、各固体の最小サイズを表現するために、決められた高さ未満の格子点については、その高さ分を隣の格子点に加えることにより、流体ではなく固体群の挙動らしさを表現する。

### 3. 実験および結果

上述のモデルを用いて、PC(1.86GHz, 1GB)上に実験システムを構築した。容器を移動するための入力装置は、任天堂Wiiリモコンを利用した。容器としてフライパンを、固体群として炒飯を想定している。描画においては、固体群表面にテクスチャマッピングを行う。描画更新を20FPS以下に制限し、固体群を表現する頂点数を変化させて5名の被験者に対して実験を行った(図4)。格子点数311以上で、固体群として挙動が自然であるとの評価を得た。また処理速度に関する実験結果として、格子点数に対する

CPU使用率を表1に示す。この結果から、提案モデルは自然と感じられる挙動を表現しつつ、高速な計算が実現できていると言える。

### 4. むすび

本研究では、変形曲面による固体群操作モデルを提案した。本モデルを利用することにより、厳密な挙動ではないが、自然と感じられる固体群の挙動を、高速な計算時間において表現することが可能である。今後は、固体群の存在範囲を容器外にも拡張すること、VR調理学習システム「バーチャルお料理教室」などの具体的なアプリケーションに適用していくことを予定している。

表1 処理速度に関する実験結果

格子点数	CPU使用率(%)	FPS
331	1%未満	20
919	29	20
1519	60	20
2107	88	19

### 参考文献

- [1] 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.
- [2] 尾上耕一, 西田友是: 柔らかい地面上の物体による痕跡の高速表示法, 画像電子学会誌, Vol. 32, No. 4, pp. 328-335, 2003.
- [3] 田中正幸, 越塚誠一: 粒子法を用いた赤血球の変形シミュレーション, 日本流体力学会誌, Vol. 26, No. 1, pp. 49-55, 2007.