

仮想液体の対話操作のための粒子・体積に基づいたモデル

舟橋健司 岩掘祐之（名工大情報処理教育センター）

1. はじめに

バーチャルリアリティ(VR)技術の研究、開発分野において仮想空間における様々な対話操作の実現の試みが行われている。仮想空間に存在する対象を対話的に移動するためのモデルは固体（剛体や弾性体）を操作対象としている（例えば[1]）。しかし、産業や医用などの分野において液体、気体の操作を行う場面は実在し、それを仮想的に体験したいという要望もある。

液体や気体などの挙動の分析に関する研究として、流体力学の分野がある。そこでは計算速度に重点をおかずに厳密な過程、結果を求めることを目的としているため、速い計算速度を必要とする対話操作の実現には直接適用することはできない。また、コンピュータグラフィックス(CG)の分野では、パーティクル（粒子）システムによる霧や水流の近似的な表現が試みられているが、対話操作を実現するためには不十分な計算速度である（例えば[2]）。

本研究では、新たな仮想液体操作モデルを提案することにより、仮想空間における液体の対話操作を実現する。提案するモデルは計算機内部での液体を粒子、および体積に基づき表現している。本モデルは対話操作を第一の目的としたものであり、CGによるリアリティの高い映像の生成や、挙動の厳密な再現を主たる目的とするものではない。作成した実験システムでは、落下してくる液体を器で受け止め、また器から落下させることが可能である。

2. 対話操作モデル

2.1 液体の状態の分類、液体のモデル

本文では液体の状態を以下のように分けて考える。

(1) 自由落下（例えば、水道の蛇口などから流れ出る水）

(2) 静止状態（コップなどの器の中に溜っている水）

以下では状態(1)と操作者（体験者）が動かす器との相互作用を考える。器に溜った液体は状態(2)として表す。

状態(1)の液体については粒子に基づく表現を行う。それぞれの粒子は重力、慣性に従って移動する。このとき、若干の乱数を加えることにより、空気抵抗などによる広がりを表現する。状態(2)の液体は体積に基づき表現する。お互いの換算は $N[\text{粒子数/体積}]$ によるものとする。

2.2 液体と器との相互作用モデル

現時点では、簡単化のために仮想空間に配置する器を半球状の形状としている（Fig.1）。落下中の液体（粒子）が器の口を通過した場合、その液体は状態(1)から状

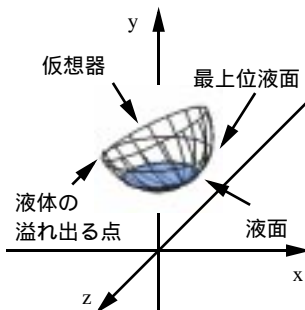


Fig.1 仮想空間における器のモデル

態(2)に変わり、換算率 N により器内の液体の体積が増す。映像提示のために器内の液体の体積に応じて液面を生成する。液量が最上位液面（Fig.1）で示される体積をこえた場合、換算率 N に従い、液体は粒子としてFig.1に示す点から溢れ出る。このとき、厳密な点において粒子を生成するのではなく、溢れ出る液量に応じて広がりを持たせる。

3. 実験、および結果

上述のモデルによる仮想液体操作システムを、SGI O2上でC言語により実現した。粒子数と体積との換算率は $N = 10$ 粒子数/ccとしている。仮想の器の大きさは半径5cmの半球を想定し、操作者への提示映像1frameごとに前述の処理を行っている。また自由落下してくる液体は、中心座標(30, 75, 10)半径3cmの領域から、初速度(-0.1, 0, 0.1)(cm/frame)で、1frameにつき1cc生成している。重力加速度は 0.1 cm/frame^2 とし、前述した乱数による広がりの表現は直径0.01の範囲で行っている。

実際の操作の様子をFig.2に示す。仮想の器の位置と向きは低周波の磁界を利用したモーションセンサにより入力される。落下してくる液体を器で受け止めることが可能である。また器から液体が溢れ出ている様子が確認できる。実際に体験実験をしてもらったところ、「本当に水を触っている（器で操作している）感じがする」などの積極的な評価を頂いた。計算速度に関しては、平均24 frame/sec.の描画更新が可能であった。

4. むすび

仮想空間における液体操作を目的とした粒子・体積ベースのモデルを提案し、実験システムを作成した。本システムでは仮想の器により落下してくる液体を受け止め、溜めておくことが可能である。さらに器を傾けるなどして溢れ出させることも可能である。

今後は、半球状の器だけでなく一般的な多面体による操作が可能なシステムへ改良する必要がある。また、Fig.2に描かれている立方体形状の器から液体をすくい取ることに実現（状態(2)の液体と他の器との相互作用）、川の流れのような状態の液体と器との相互作用の実現（状態(3)の追加）などが今後の課題としてあげられる。最後に有益な議論を頂いた本研究室諸氏に感謝する。

<文献>[1]舟橋, 安田, 横井, 鳥脇: 仮想空間における仮想手による道具操作のための知識とモデル, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.3, No.3, pp.167-176 (1998)
[2]Chiba, Sanakanishi, Yokoyama, Ootawara, Muraoka, Saito: Visual Simulation of Water Currents Using a Particle-based Behavioural Model, The Journal of Visualization and Computer Animation, Vol.6, pp.155-171 (1995)

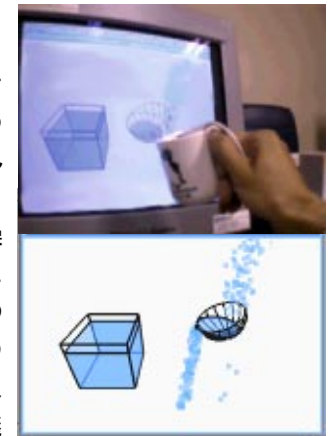


Fig.2 実際の操作の様子