

1 はじめに

バーチャルリアリティ（以下，VR）についての研究には，従来，剛体や弾性体を移動，変形させる研究が多かった．しかし産業や医用の分野において，液体や気体の操作を行う部分を仮想的に体験したいという要望がある．これまでに仮想容器による対話操作を実現させた仮想液体モデル [1] や仮想液体における波の表現を実現させたモデル [2] がある．仮想液体操作のモデルでは自由落下状態では粒子，静止状態では体積として表現しており，波のモデルでは水面を格子状に区切り波の伝播を行うことで実現している．両者とも高速な処理速度を保ち，対話操作を実現している．本研究では，上記二つのモデルを統合することで，仮想容器で対話操作可能な仮想液体における波の表現を実現した．

2 従来の仮想液体モデル

2.1 粒子・体積モデル

液体の厳密な挙動の再現ではなく，対話操作の実現を第一の目的とした仮想液体モデルである．液体を自由落下状態と容器内の静止状態に分け，前者を粒子，後者を体積に基づき処理する．またこの二つの状態の換算には N (粒子数/cc) が用いられている．

2.2 波のモデル

仮想水泳システムの構築にあたり，その効果としての水面を表現するために考えられた波のモデルである．水面を格子状に区切られた平面として表現し，その格子点において波の伝播を考慮することで水面の挙動を再現している．また，仮想人体としての物体との干渉における波の発生，波の反射の実現もしている．

3 波の表現を考慮した粒子・体積モデル

本研究では上述の二つのモデルを統合した対話操作可能な液体のモデルを提案する．

3.1 液面の形成

参考とした波のモデルは長方形の領域に限られていた．しかし仮想容器に入った仮想液体の液面は容器の形状に依存して，また，容器を傾けることにより任意の多角形となる．そこで，格子状に区切られた平面上に液面（多角形）を対応させ，この多角形内に存在する格子点を求めることで多角形の液面を表示させることを実現した．

3.2 容器揺動時の液面

時刻 t における容器の移動方向ベクトルを $d(t)$ とする．このとき容器は 3 次元上で移動するが本研究ではその液面の動きだけに注目するため， $d(t)$ は 2 次元座標上で考える． $d(t)$ と液面（多角形）の壁面（辺）と

がなす角 θ を求め， $0^\circ < \theta < 180^\circ$ となる壁面（辺）で格子点の高さを増加させ波を発生させる．

3.3 仮想液体モデル

仮想容器で操作する際の挙動を以下のように粒子・体積モデルに付け加える．

3.3.1 容器と液面の相互作用 移動容器が他の容器の液体内に入り込んだとき，他方の容器の液面にはその移動容器の形状に従って穴をあける．またこのとき，波のモデルで提案されている液面と仮想物体との干渉方法を利用し，液面に容器が触れたときや液体内で動いたときの挙動を表現する．

3.3.2 自由落下状態の液体と液面の相互作用 自由落下状態の液体（粒子）が液面に到達したときその液面に波を発生させる．波の発生は，液面に達する直前の粒子の位置を 3 次元の画像座標系から容器座標系に変換し，その格子点の高さを減少させる．また換算率 N に基づき容器内の液体の体積を増加させる．

4 実験及び結果

上述の波を考慮した粒子・体積モデルを用いて仮想液体の液面の表現を改良した，仮想容器による液体操作システムを構築した．その結果を図 1 に示す．液面に波が発生していることが確認できる．

5 まとめ

本研究では，波を考慮した粒子・体積モデルを用いることによって仮想容器により対話操作可能な仮想液体における波の表現を実現した．今後の課題は，高速処理を可能とした本仮想液体モデルを他の VR コンテンツに組み合わせていくことなどである．

参考文献

- [1] 舟橋 健司，岩堀 祐之 “仮想容器による仮想液体の対話操作モデルと一実現法”，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，Vol.5，No.4，pp.1087-1094，2000.12．
- [2] 舟橋 健司，シドニー・フェルズ “仮想水泳のための対話的な波と水しぶきの表現”，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，Vol.10，No.3，pp.421-428，2005.9．

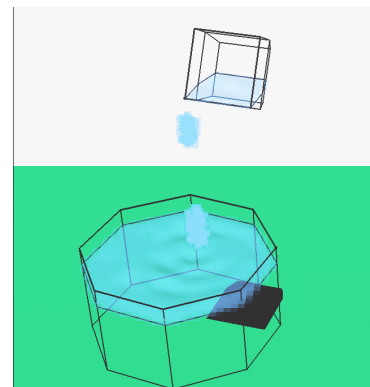


図 1: 波の表現を考慮した操作可能な仮想液体．