

## 1 はじめに

近年、バーチャルリアリティ (VR) に関する研究として、剛体や弾性体、液体の挙動の再現のための研究が数多くされている。当研究室では対話操作性に重点をおいた仮想液体操作モデル [1] を提案しており、液体をすくう、こぼす等の操作を速い処理速度で行うことができる。このモデルを用いて当研究室では VR 化学実験システムの開発をしている。このシステムでは、理科の実験で行われる液体と液体の混合による色の変化を表現することも、容器形状や視点位置を制限した上で試みている [2][3]。本研究では、様々な凸形状容器の側面の色の様子を視点位置を考慮して表現することで、VR 化学実験システムをより高い臨場感で行えることを可能にする。

## 2 仮想液体操作モデル

粒子・体積に基づく仮想液体操作モデルでは、液体を自由落下状態と容器内状態の 2 つの状態に分けて考える。自由落下状態では粒子として、容器内状態では体積に基づいて表現する。液体を全て粒子で表現するわけではないため、非常に速い処理速度での対話操作を可能としている。また、液面を格子状に分割し、各格子点に色の情報を持たせ、拡散方程式を用いて色を伝搬させることにより、色の拡散表現を行っている。液体側面に関しては、まず 1 枚の垂直な平面バッファを用意し、液面と同様に色の計算を行う。この平面バッファを容器の各面の幅に合わせて縦に分割し、容器側面に貼り付けることによって液体側面の描画を行う。

## 3 視点位置を考慮した色の描画

従来の液体側面の描画手法では、視点位置は常に固定という制限があり、また、柱体形状の容器しか考慮していなかった。そこで、2.2 節の平面バッファを視点に対して常に垂直になるように回転させることにより、液体が流入したときに、適切な位置から色を拡散させることができる。また、容器の各面の各頂点に適切なテクスチャ上の座標を与えることにより、各面にテクスチャマッピングを行う。ある容器側面  $i$  の  $j$  番目の頂点の座標  $V_{ij}$  と前述の平面バッファの一辺の長さ  $L$  から、容器側面の各頂点に合ったテクスチャ座標  $(S_{ij}, T_{ij})$  を次式により求める。

$$\begin{cases} S_{ij} = \frac{V_{ijx}}{L} \\ T_{ij} = \frac{V_{ijy}}{L} \end{cases}$$

容器側面  $i$  の頂点  $V_{ij}$  に求めたテクスチャ座標  $(S_{ij}, T_{ij})$  を割り当てることにより、液体側面の各面に適切な部分のみのテクスチャを投影することができる。

また、透明な液体の入った容器に着色された液体を入れると、視点の高さによって色の広がる速度が違ってくるように見える。これを本研究では「見かけ上の色の拡散速度が異なる」と考え、視点位置に応じた拡散速度で平面バッファの色情報を変化させ、液体側面に投影することで、側面の描画を行う。視点が高くなる場合は、見かけ上の色の拡散速度が遅くなるため、直前の視点における数フレーム前の平面バッファ情報を読み込み、液体側面の描画を行う。下がる場合は、見かけ上の色の拡散速度が速くなるため、前の視点において数フレーム先の拡散状況を計算し、平面バッファ情報として適用することで、液体側面の描画を行う。

## 4 実験

上述した視点位置を考慮した側面描画モデルを実装し、実験を行った (図 1)。視点が高くなるにつれて色の拡散速度は遅くなり、下がるにつれて拡散速度が速くなることを確認できる。

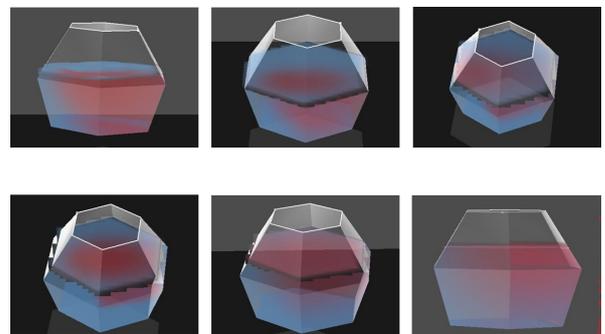


図 1: 視点位置変化に伴う拡散速度

## 5 むすび

本研究では柱体以外の容器の側面の描画と視点位置を考慮した色の側面描画の実現を行った。今後の課題として、液体の流れや液体の性質を考慮した色の表現を行えるようにすることで、VR 化学実験システムの臨場感を更に向上させたい。

### 参考文献

- [1] 舟橋健司, 岩堀裕之, “仮想容器による仮想液体の対話操作モデルと一実現方法”, 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.
- [2] 蒲将寛, “粒子・体積モデルに基づく仮想液体操作システムにおける色の表現”, 平成 20 年度名古屋工業大学卒業研究論文, 2009.
- [3] 菅瀬和弘, “VR 化学実験システムのための仮想液体モデルにおける側面描画”, 平成 21 年度名古屋工業大学卒業研究論文, 2010.