

3次元シミュレーションを用いた雲の高解像度画像の作成について

川住 遼典† 土橋 宜典‡
北海道大学† 北海道大学‡

1. はじめに

現在、映像技術の発展により映画やゲームなど様々な場面でコンピュータグラフィックス技術が用いられており、中でも屋外の表現には空や雲の表現が欠かせない。しかし、大規模な雲の3次元モデルを作成する場合、計算量が増加し、また、大容量のメモリも必要となる点が問題となる。そこで、本稿では粗い雲の3次元シミュレーションから高解像度の画像を作成する手法を提案する。

2. 関連研究

流体解析を用いた雲のシミュレーションはリアルな表現が可能である反面、計算コストが高い。そこで、提案手法では粗い3次元シミュレーションを先に実行し、そのデータを用いて高解像度化した画像を作成する。Horvathらは同様の考えに基づき高解像度な雲の画像を作成する手法[1]を提案している。Horvathらの手法では、まず粒子法を用いて粗い3次元シミュレーションを行う。そこから質量や燃料のデータを取得して高解像度な2次元シミュレーションを複数回行うことで画像を作成している。

この方法を雲に応用する。まず、Miyazakiらの手法[2]を用いて格子法による粗い3次元シミュレーションを行い、その後高解像度な2次元シミュレーションを実行する。また、雲の相転移といったダイナミクスも考慮しつつ画像を作成する。

3. 提案手法

雲は、太陽に温められた地上付近の空気塊が上昇し、温度低下に伴って水蒸気が水滴に相転移することで発生する。提案法では、この過程を粗い3次元シミュレーションにて計算する。その後、シミュレーションで得られたデータを視線に垂直な平面で切り取る(図1中の青い平面)。

視点は固定とし、データは雲の密度場と温度場を保存する。

データを切り取った後、得られた密度場と温度場を入力として、平面ごとに高解像度の2次元シミュレーションを行う。入力に用いる雲の密度は1ステップごとに係数をかけて減衰させ、また、入力された温度場により発生した水蒸気に応じて新たに雲を出現・消失させる。これにより元の粗い3次元シミュレーションで得られた雲の形状を保ちつつ、相転移を考慮した雲の移り変わりを表現する。また、2次元シミュレーションでは速度に乱流成分を発生させて移流することで、3次元シミュレーションでは表現されていない雲の細かな動きを生成し、高解像度化している。これらの処理を各平面で行った後に、視点に垂直な複数枚の平面データを配置し、高解像度な画像を作成している。配置する枚数はシミュレーションに合わせて変更でき、計算時間と画像の精度を調整する。

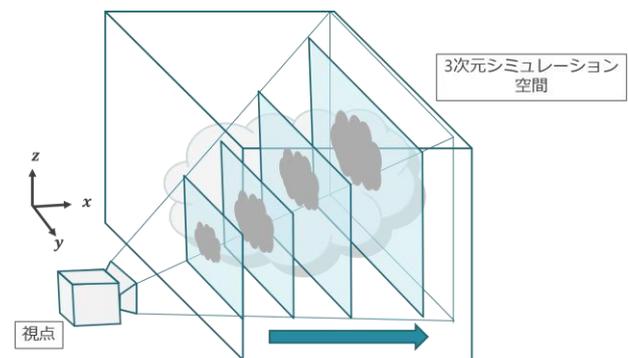


図1: 提案法の概要

4. 実験結果

提案法を用いて雲の高解像度画像を生成した例を図2に示す。図2(a)は元となる粗い3次元シミュレーション、図2(b)は高解像度処理後の画

像である。粗い 3D シミュレーションは $100 \times 100 \times 100$ の格子数で作成している。高解像度 2D シミュレーションは 200×200 の格子数で行い、50 枚の平面を用いている。図 2 (a) と比べ細かい動きが付与されている。ただし、画像作成には 15 分ほどの計算時間が必要であり、同程度のシミュレーションと比べると計算時間が長くなり、今後の改善が必要である。

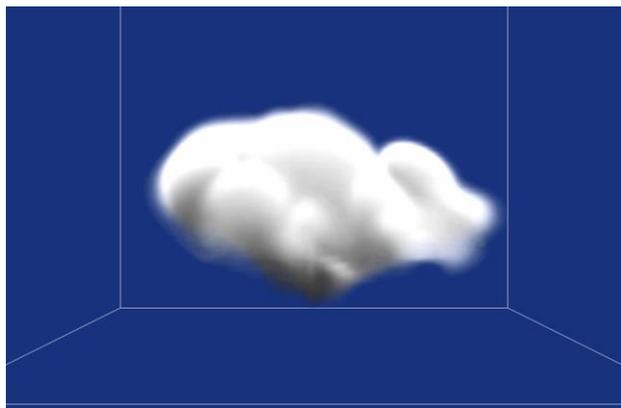


図 2(a) 粗い 3D シミュレーション

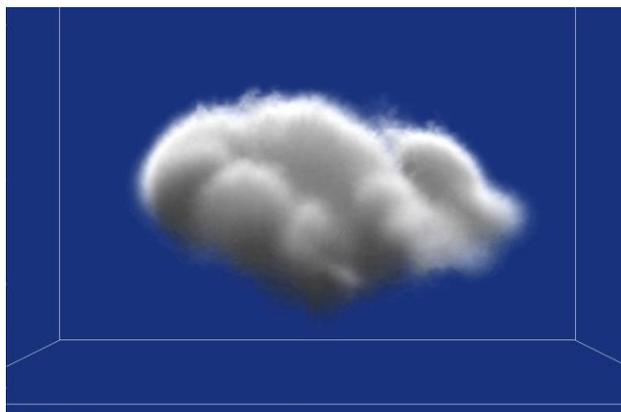


図 2(b) 高解像度処理後の画像

5. まとめと今後の課題

本稿では Horvath らの手法を参考に雲の粗い 3D シミュレーションを元に 2D シミュレーションを用いて高解像度画像を作成する手法を提案した。今後の課題としては画像の精度の向上、計算時間の削減を行いたい。

現状は 2D シミュレーションの際にすべての格子において高解像度処理をかけているが、重要なのは雲が発生する空間下部のシミュレーションである。空間上部の計算量を減らすため、今後は Dobashi らの手法[3]を実装したいと考えている。また、視点から見えない空間奥の雲などを計算で求め、高解像度処理を省略することも

考えている。

参考文献

[1]Christopher Horvath, Willi Geiger “Directable, High-Resolution Simulation of Fire on the GPU” In Proceedings of ACM SIGGRAPH 2009.

[2]R. Miyazaki, Y. Dobashi, T. Nishita “Simulation of Cumuliform Clouds Based on Computational Fluid Dynamics” In Proceedings of EUROGRAPHICS 2002.

[3]Yoshinori Dobashi, Yasuhiro Matsuda, Tsuyoshi Yamamoto, Tomoyuki Nishita “A Fast Simulation Method Using Overlapping Grids for Interactions between Smoke and Rigid Objects” In Proceedings of EUROGRAPHICS 2008.