

# 論文審査の結果の要旨

氏名 宮崎 玲

雲、煙、炎、水などの自然現象のシミュレーションはCGにおいて重要な研究分野の一つであり、特に雲の表示は景観画像の作成に重要な役割を果たす。リアルな雲を表現するためには、大気流体のダイナミクスのシミュレーションによるモデリングと、太陽光の雲と大気粒子による散乱光の計算によるレンダリングの両方で物理則に基づく手法が有効である。本論文ではモデリングにはCMLによる定性的シミュレーションによるものと、大気流体をモデル化した偏微分方程式の差分法による数値解法を用いる。またシミュレーション空間のグリッドをアダプティブに分割・統合していくアダプティブグリッド法を導入し、本シミュレーションの目的に合うグリッドの分割条件を検討し効率的なシミュレーションも行う。シミュレーションで得られた雲密度のボリュームデータを雲だけでなく大気粒子による光の散乱も考慮して、グラフィクスハードウェアを用いて高速にレンダリングを行う手法も提案している。

第3章ではCML (Coupled Map Lattice) を用いて様々な雲を生成する新しい手法を提案している。CMLは隣り合うセル同士を相互作用させることによって複雑現象をシミュレートするセルダイナミクスの手法の一種で、偏微分方程式の数値解法に比べ、計算時間が短く定性的シミュレーションに向いているのが特徴である。CMLを用いて、上昇気流を基にした積雲・積乱雲と、ベナール対流を基にした高積雲・巻積雲（ひつじ雲・いわし雲）などのセル・ロール状の雲のモデリングを行っている。

第4章では大気流体のモデルの差分法による数値解法を用い、積雲のリアルなアニメーションを作成することを目的とする。また障害物として山を考慮することにより、従来法では取り扱われていなかった気流と山との衝突により生成される雲のシミュレーションも行っている。差分法は通常、空間をグリッドに分割して行うが、リアルな雲を作成するためには空間を細かいグリッドに分割することが必要になり、それに伴い計算コストは増大してしまう。そこで本章ではグリッドをアダプティブに分割・統合していくアダプティブグリッド法を導入しており、用いる総グリッド数を大幅に抑えることができ、効率的なシミュレーションを行うことが可能となった。そしてシミュレーションで得られた雲の密度分布をレンダリングしてリアルなアニメーションを作成している。

第5章は高速で写実的な雲のレンダリング手法を提案している。流体シミュレーションなどで得られる雲密度のボリュームデータを可視化するためには、光源方向および視点方向光の減衰を考えなければならない。ここではシャドウ・ビュースライスという光源方向と視点方向間のスライスを取ることで、二つの減衰の計算を同じスライスを用いて行い、従来法よりも計算コストを削減した手法を提案している。また計算の大部分にグラフィクスハードウェアを用いることにより高速にレンダリングを実現している。

なお、本論文第2章、第3章、第4章は北海道大学の土橋宜典助教授および東京大学の西田友是教授との共同研究であるが、論文提出者が主体となって開発、分析、検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。したがって、博士(科学)の学位を授与できると認める。