

論文審査の結果の要旨

氏名 石川 知一

本論文は6章からなり、第1章は導入として、Computer Graphics（以下、CG）による流体现象の再現についての重要性と本論文の研究テーマの位置づけ、論文における貢献について述べられている。第2章は関連研究として、従来のCGにおける流体现象のビジュアルシミュレーション方法について十分に調査しているだけでなく、本論文の研究対象としている電磁流体力学によって説明される現象についての専門分野に目を向けて、その理論を調査しまとめている。

提案手法は3章から5章に渡って述べられている。第3章は、プロミネンスのビジュアルシミュレーション方法を提案している。磁力線を利用したMHD（MagnetoHydroDynamics）方程式の効率的な解法を提案しており、物理ベースで、一定の精度を維持しながら、実用的な計算時間内で太陽プロミネンスをシミュレートすることができている。またレンダリングにおいても、量子力学に基づいた確率的な輝度の計算方法を提案している。提案法は専門分野の研究者から見ても興味深く、画期的な手法であった。

第4章は、観測データに基づいたオーロラのモデリングについて述べられている。観測データとして、高緯度帯における電場ポテンシャルと沿磁束線電流の分布を利用しており、オーロラ内部の現象を再現することができている。オーロラ内部の現象とは、オーロラ内部を電流は沿磁束線電流に従って、宇宙空間から入射され、電離層では東から西に向かって流れるという、観測事実から知られている内容である。観測データに基づいたオーロラのモデリングは、従来のオーロラシミュレーションとは違った新しいアプローチであることが認められる。

第5章は、磁性流体のビジュアルシミュレーションについて述べられている。CGの分野では使用頻度の高い粒子法であるSPH（Smoothed Particle Hydrodynamics）法と、手続き型のアプローチの組み合わせにより実現している。提案法では、最初に適度な数の粒子を用いてSPH法によって流体の挙動と流体表面を計算する。次に、手続き型のアプローチによりスパイク形状を計算し、流体の表面にマッピングする。「スパイク現象」と呼ばれる特徴的だが計算が困難な現象を表現するために、物理シミュレーション以外の手続き的なアプローチを用いることで再現することに成功しており、その新規性と難題への挑戦は評価に値する。

最後の第6章はまとめと今後の課題について述べられている。今後の課題は、読者に適度な問題提起を残しており、研究テーマとしての拡張性と可能性を感じさせるものであった。

以上の論文内容と審査を実施した結果、論文内に記された論文提出者の主張が妥当であることを評価できる。すなわち、本論文では、電磁流体力学によって説明される、磁場との相互作用を考慮した流体を CG で再現するための手法を提案しており、その代表的な流体としてプラズマと磁性流体を再現したことである。本論文で述べられている手法は、CG の分野に電磁流体力学という新しいアプローチを導入し、磁場との相互作用の計算が必要な、視覚的に特徴のある現象を再現することが可能になったことが認められる。

なお、本論文第3章は、Yonghao Yue、土橋 宜典、西田 友是との、第4章、第5章は、Yonghao Yue、岩崎 慶、土橋 宜典、西田 友是との共同研究であるが、論文提出者が主体となってアルゴリズムの構築及び実装を行ったもので、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。

以上 1, 397字