

氏 名	ジョルジ ノナカ JORJI NONAKA
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学 位 記 番 号	情 博 第 206 号
学位授与の日付	平 成 18 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	情 報 学 研 究 科 シ ス テ ム 科 学 専 攻
学位論文題目	A Study on Distributed Visualization of Large Scalar Volume Data (大規模スカラボリウムデータ向け分散可視化手法の研究)

論文調査委員	(主 査) 教 授 金 澤 正 憲	教 授 松 田 哲 也	教 授 小 山 田 耕 二
--------	----------------------	-------------	---------------

論 文 内 容 の 要 旨

数値シミュレーション、モデリング、3次元計測などから得られる3次元ボリウムデータ (Volume Data) は、計算機システムや計測装置の目覚ましい発達により、複雑化・大容量化の一途をたどっている。可視化 (Visualization) はこの様な大規模データの解析に役立つだけでなく、新しい知見を得る有効な手法・手段として広く使用されている。大規模ボリウムデータの可視化には膨大な計算機リソースを必要とするため、効率的かつ高速な可視化方式を確立することが重要である。

本論文は、ネットワーク接続された分散計算機上で、特に計算機サーバ (Server) が HPC (High Performance Computing) 向け計算機のようにグラフィックス処理用ハードウェア機能を備えていない場合に関して、さまざまな形態のサーバクライアント型分散可視化方式を提案し、実現し、さらに、その効果を検証したものであり、全体で5章からなっている。

第1章は、本論文の序論であり、ボリウムデータの可視化技術の現状を概説し、本論文で取り扱う可視化の対象とするボリウムデータ、レンダリング技法、サーバクライアント型分散可視化について説明している。

第2章では、レンダリング処理を全て、豊富な計算機リソースを有するサーバ側で行い、出力された画像を表示クライアント (Client) で表示するソフトウェア可視化手法について検討している。スカラボリウムデータの可視化処理として精度の高い結果が得られることで知られている Ray-casting 法の高速化が問題となることを指摘している。冗長な処理を省くことで高速化を図る輪郭投影法を用いた Ray-casting 法の効率化と並列処理による高速化について、医療データを用いて有効性を検証している。さらに、負荷分散を均一化するための前処理についても、提案し、実現している。

第3章では、コモディティ技術を用いて高速可視化システムを実現することを検討している。コモディティグラフィックスハードウェア技術の発展が著しく、また、画像重畳装置も市場に出回っておりユーザのニーズに合ったスケーラブルな可視化向け高性能 PC クラスタ (VG クラスタ) の構築が可能になっている。ここでは、サーバ側で前処理を行うとともに、VG クラスタを可視化クライアントとして利用する方式において、画像重畳装置の制限を克服するハイブリッド画像重畳手法を提案し、実現している。これにより小規模 VG クラスタでも、ボリウムデータの分割数が計算機ノード数に制限されないだけでなく、画素数の制限も克服することができ、より高度な可視化クライアントとしての利用を可能にしている。更に、パラレルポートを用いた低コストハードウェアバリアを作成することにより画像重畳の更なる高速化を実現している。

第4章では、これらのスカラボリウムデータ可視化技術の応用として LIC (線積分畳込み法) を用いたベクトルボリウムデータの可視化について考察している。LIC はベクトルデータをスカラデータに変換するフィルタ処理として利用できるためサーバ側で LIC 処理を行わせている。並列処理を行うに当たり負荷分散を均一化するための前処理として、格子毎の計算量分布を評価することが必要となる。しかし、全格子を対象とした前処理は現実的ではないので、粗格子サンプリングを用いて LIC 計算を実施し、その結果に基づいて領域分割を行う負荷分散手法を提案し、様々な格子サイズで検証し有効性を示している。

第5章は結論であり、本論文で得られた知見を述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、コンピュータによる数値シミュレーション及び計測装置から得られる大規模ボリュームデータの可視化に関して、サーバクライアント型分散可視化システムを取り上げ、レンダリング処理の高速化アルゴリズム、並列処理手法について提案し、実際のボリュームデータを用いて実験を行い、その有効性を明らかにしたものであり、得られた成果は以下のようによまとめられる。

(1) 高精細のレンダリング画像を得るためには、Ray-casting 法が最も適切であるが、膨大な計算機リソースを必要とする。共有メモリ型並列スーパーコンピュータ (SMP) をサーバとし、輪郭投影法を用いた効率よい Ray-casting 法のアルゴリズムを提案し、さらに、並列処理による高速化を考察し、医療データで実験を行なった。また、負荷を均一化するための前処理として、輪郭情報を用いた負荷分散手法を提案し、実験を行い有効性を示した。1CPU での実験によりアルゴリズムの有効性を確認するとともに、SMP で 80CPU という高並列でも50から75程度の高い並列効果が得られた。

(2) 近年多く出回ってきたコモディティグラフィックスハードウェアと画像重畳装置を利用して、ユーザの要求に合致したスケーラブルな可視化向け PC クラスタ (VG クラスタ) の構築について検討を行なった。VG クラスタを可視化クライアントとして利用し、ボリュームデータの分割数が VG クラスタの CPU 台数に制限されない、また、画像重畳装置の画素数にも制限されないハイブリッド画像重畳手法を提案し、構築した。さらに、パラレルポートを用いた低コストハードウェアバリアーを作成し、画像重畳の一層の高速化を実現した。

(3) ベクトルボリュームデータの可視化について、LIC (線積分量込み法) によるフィルタ処理を行えば、スカラーボリュームデータの可視化手法を適用できる。並列処理による高速化のために、負荷分散を均一化する事前処理が必要だが、全格子を対象とした前処理はオーバーヘッドが大きすぎる。そこで、粗格子サンプリングを用いて LIC 計算を行い、その結果に基づいて領域分割することの有用性を提示し、実験により有効性を示した。

以上のように、本論文は、サーバクライアント型分散可視化処理において、ボリュームデータの Ray-casting 法による可視化手法の理論的発展に貢献するとともに、並列処理による高速化という実用技術を開発したものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士 (情報学) の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成18年2月20日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。