

審査の結果の要旨

氏名 宮地 英生

本論文は、「問題解決環境としての可視化システムの開発」と題して、6章から構成されている。

計算科学は理論・実験に次ぐ第三の方法として、バイオ、デジタルエンジニアリングなどの多くの学術・技術分野における重要な共通技術基盤として期待されている。その中で、計算結果を画像化する可視化技術は、結果の評価や伝達に必須のツールとなっている。近年、計算機の高速化は、マルチフィジックス、マルチスケールの研究を可能にし、ネットワークの高速化は、グリッドコンピューティングや遠隔地コラボレーションのような新しい利用方法を創出している。これに伴い、それらの新しい研究や利用法に応じた新しい可視化システムが必要となるが、可視化ソフトウェアは多数市場に流通しているものの、可視化の共通技術基盤は整備されておらず、プロジェクト毎に、新しい可視化システムのコーディングを余儀なくされている状況にある。そこで、今後の計算科学の発展に可視化システムを効率的に開発する技術基盤の必要性が高まっている。

本論文では、そのような要求に対し、可視化の共通技術基盤として、複数の可視化ソフトウェアに開発を加えることなく、それらの出力画像を三次元的に合成する技術の開発と、それを用いて既存ソフトウェアの組合せによって新しい可視化システムの構築方法について述べている。

第1章では、本研究の背景にある問題解決環境 (Problem Solving Environment) の思想を述べ、対話システムでは、入出力の統合で既存ソフトウェアを組合せたシステムの開発が可能であることを示している。特に、人間の認識と判断を支援する表示機能が重要となる可視化システムでは、その出力であるコンピュータグラフィックスを合成することで、複数の可視化ソフトウェアを有機的に統合することが可能となる。その前提に基づき、既存の三次元可視化ソフトウェアに変更を加えることなく、グラフィックス上で合成を行う“ビジュアルフュージョン”という概念を提案し、本研究の目的を、その要素技術開発とプロトタイプ開発に設定している。

第2章では、三次元のデータが画像に変換される可視化の処理過程を説明し、可視化ソフトウェアの最終出力が画像であることを述べ、計算機の高速化による可視化データの大規模化で、その画像の表示装置の解像度不足の問題が顕在化していることを述べている。次に、可視化の研究動向に触れ、そこでは人間の認識や理解へ研究対象が広がり、たくさんの情報を表示しても人間に認識される保証が無いので可視化を自動化する考え方と、表示解像度に応じた情報量に絞ることで対話処理速度を維持し、可視化は人間の判断を支援する立場に撤するという考え方があることを示し、本研究が後者の位置づけであることを示している。最後に、従来の三次元データ合成と、本研究で提案しているグラフィックス合成の違いと特性を述べ、ビジュアルフュージョンの定義と制約を明確にしている。

第3章から第5章は、第2章で定義したビジュアルフュージョンの概念に基づき、可視化システムに求められている3種類の課題を解決するために、3種類のビジュアルフュー

ジョン技術を開発し、それを使ったシステム構築について述べている。

第3章では、大規模可視化の問題を解決するために、既存の可視化ソフトウェアを並列に動作させ、最終出力を画像重畳で合成することで1つの並列可視化システムに構築している。これはグラフィックスボード上のフレームバッファの画像と Z バッファの値を利用することで、既存ソフトウェアの改変無しに複数出力画像の3次元的な合成を実現している。ここでは、既存ソフトウェアの外に開発した画像重畳部分の変更で、ハードウェア画像重畳装置への対応、時間方向にも分割するストリーミング可視化、グリッドミドルウェアとの連携、とデータサイズに応じたシステム開発例を実施することで、ビジュアルフュージョンによるシステム開発の柔軟性を示している。

第4章では、複数視点からの2次元画像のシリーズから3次元形状を復元する技術を開発している。これは、通常、実写画像からCGモデルを作成するイメージベースモデリングの技術をCGに応用した点で興味深い技術である。復元にはフレームバッファの画像しか利用しないので既存ソフトウェアへの改変は全く不要である。入力がCGで出力もCGであることから、不思議な変換に見えるが、これにより、ボリュームレンダリングやレイトレーシングなど Z バッファに値を書き込まないソフトウェアも含め、任意のグラフィックス出力から3次元形状が復元できること、複数のモデルを表示解像度に応じた1つの指標でリダクションできる利点がある。また、幾何形状と表面テクスチャに分離することで、可視化結果のように形状は単純だが表面の物理量が重要なモデルに対して有効なリダクションができることを示している。応用分野として3次元コンテンツ作成を取り上げ、脳の3次元モデルを使って、従来のポリゴンリダクション手法と本手法で生成したモデルを比較した主観的品質試験を行い、本手法の特性を論じている。

第5章では、OpenGL ライブラリで記述された可視化ソフトウェアを対象として、OpenGL コマンドをキャプチャして、1つのウインドウに合成表示する技術を開発している。既存ソフトウェアに手を加えず、OpenGL の DLL をリプレースすることでコマンドを抜き出す技術は、マルチディスプレイ表示用に開発された技術だが、これを合成に利用した点で新規性がある。3次元のシーンとして合成後に独自の視点を与えることが可能で、この手法はバーチャルリアリティシステムの構築に適している。

第6章は結論として、第3章から第5章で開発した各技術の特性と今後の課題について述べ、ビジュアルフュージョンの概念に関して本論文で得られた成果がまとめられている。

本論文では、グラフィックスの情報だけを利用して複数の3次元出力を合成することで、既存ソフトウェアに手を加えることなく新しいシステムを構築する概念の提案と、具体的な技術開発が報告されている。計算科学の研究において、ソフトウェア開発は必須の作業だが、研究サイクルの効率化には、コーディングやデバッグ作業は無いことが望ましい。人間の認識に焦点をあて、CGの表示だけを合成することで、効率よく新しいシステムを構築する思想は例が無く、今後の可視化システム開発に有意義な指針が示されたといえる。可視化は計算科学に広く関わる必須のツールであることから、本研究の開発技術は計算科学の分野に広く利用できる期待でき、その意義は大きい。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。