

審査の結果の要旨

氏名 廖洪恩

論文題目「A novel medical autostereoscopic image of Integral Videography」(インテグラルビデオグラフィによる新しい医用三次元画像の研究)の学位論文は、1908年にフランスのLippmanにより提案されながら全く実用化に至らなかったIntegral Photographyの多くの問題点をコンピュータ技術により解決し、実用化への道を開くと共にその応用範囲を飛躍的に拡大したIntegral Videography(以下IVと略す)の研究である。本研究の成果として、今後要求が高まる治療用医用画像、特に手術支援医用画像への展開として、フルカラーの3次元動画を3次元実空間に歪み無く投影するシステムの開発に成功している。

本論文の始めに、医療分野において歪みの無い3次元動画の必要性を述べ、次に本研究の目的として、画像誘導下外科手術における3次元画像情報提示システムの確立に不可欠な高画質かつ高速IV画像作成・表示システムの開発を行うことを述べている。

この目的実現のために、まず、拡張性のある超高密度・多画素表示技術を開発し、高精細IV画像表示システムを構築を行っている。3次元画像として実用的な画像寸法と空間解像度を得るには、高画素密度に投影可能な複数台のプロジェクタにより背面投影した複数の画像をスクリーン上で合成する高密度投影技術を新たに開発し、プロジェクタの投影レンズもこれに適した物と交換している。IVとして必要な画面をエリア分割し、複数台のPCを同期制御して並列表示をしている。また、レンズアレイを介した表示画像を複数の位置からデジタルカメラで撮影し、リアルタイム画像処理ボードで幾何変形と色補正パラメータの生成・キャリブレーションを行い、シームレスの再生に必要な幾何変形と色補正パラメータを生成することでシームレスなIV画像を得ている。

次に、IV画像処理の基本に忠実な高画質IV画像の作成を行っている。このIV画像作成に関して、レンズアレイの裏にある基本画素背面の各画素、および各々のレンズに対応する単位画像、画像生成における画像処理において画質を忠実に改善する方法について論じている。また、実際の視距離でのIV画像の基準視域を確保し、必要な領域に対応するIV画像の作成・表示アルゴリズムを開発している。

IV画像の処理能力を向上させるために、並列・分散処理による高解像度IV画像の高速作成においては、共有メモリーのあるハイパフォーマンスコンピューティング(HPC)で統合した並列計算を行っている。また、高解像度の画面を分割してリアルタイム表示を行うために、並列分散処理アルゴリズムを開発している。

手術画像情報として不可欠なリアルタイム提示を実現するには、高速IV画像の作成方法が必要となる。その目的のために、臓器と手術器具について静止部分に変更部分を「上書き」する方法、さらに刻々変化する手術器具の三次元画像に「ジャンプ探索」する方法、および「探索範囲限定」という独創的な方法を開発し、リアルタイムIV画像作成の実現に成功している。

また、開発したリアルタイム高解像度IV画像を、XGAプロジェクタ9台で試作したマルチプロジェクション高精細IV画像表示装置により302dpiの高精細画像として投影し、241×181mmの画面寸法の中に2868×2150ピクセル(画素ピッチ0.084mm)の超高解像度、かつ、シームレスな画像表示に成功している。高精細IV画像表示装置の空間分解能については、線幅2mmに対し約±35mmの奥行き表現の実現を確認している。

並列計算については、HPC(SunFire 15K)を用い2868×2150Pixelの画面の計算時間は0.38秒を確認した。また、高解像度の画面を分割して、9台のPCクラスタに並列分散処理アルゴリズムを導入し、上記の高解像度IV画像の計算時間は最大2.28秒と、シングルPCの7.5倍の速さを達成している。

以上のように、本論文で開発したシステムは、医用画像データの取得と画像データ分析を統合して一貫処理し、さらに高画質化IV画像の画像高速作成により手術支援に不可欠な自然な3次元動画を3次元実空間に投影するものである。また、本システムによる画像は、画像誘導手術における支援画像として、術中における手術器具の経路誘導及び危険部位の回避という重要課題を視覚的に容易にする極めて優れた表示方法でもある。本システムを用いた新治療環境の実現は、従来では治療が困難であったり治療が不可能であった疾患に対して、新たな治療方法の道を開くもので、これからの発展が大いに期待される。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格であると認められる。

以上