

審査の結果の要旨

氏名 寺口 剛仁

本論文は、公衆用ディスプレイ分野などへの応用を可能とする長視距離3次元ディスプレイシステムの開発で、その手法として裸眼視可能な実3次元立体表示 **Integral Photography / Integral Videography (IP/IV)** を採用している。特に、動画が可能な **IV** の実現においては、微小なレンズ配置誤差でも拡大されて立体像が大きく歪むこと、機械的な構造を有するレンズアレイの大型化が困難であること、および低解像度ゆえにコンテンツの有する情報の逸失が生じること、の3点を解決する必要がある。この課題に対して「視覚フィードバックによる立体像の歪み補正」、「変形を抑えた拡張容易レンズアレイ構造」、および「低解像度を補う特徴強調表示レンダリング」を実装し、各要素技術を統合したシステムの開発を目指している。

具体的には下記の3点の開発を行っている。

1) 視覚フィードバックによる長視距離像歪み補正

IP/IV は、表示オブジェクトがディスプレイ面から離れるほど、レンズ配置誤差が空間中の結像位置に与える影響が大きくなり立体像が歪む。特に飛び出し距離が数十 **cm** 以上の長視距離型 **IP/IV** にはこの傾向が顕著である。従来、この問題の解決策として **IP** の高密度平面画像の作成は、レンズアレイとプロジェクタを使用して直接フィルムに焼き付け、同一のレンズアレイを通して再生することによりレンズアレイの誤差を打ち消していた。しかし、本手法は実時間で変化する映像への適用が不可能であるため、長視距離立体映像を実現するための新たな補正手法が求められていた。そこで、本研究では歪みがある状態で表示した矩形テストパターン **IV** を撮影し、撮像からレンズの配置誤差を推定する手法を考案・実装している。提案手法の有効性の実験を行い、歪みの低減を確認している。

2) スケーラブルな長視距離レンズアレイ構造

従来、飛び出し距離が数十 **cm** を越える長視距離用のレンズアレイは、平凸レンズを並べる機械的構造により製造していた。それに対して、本研究では **IV** ディスプレイの大型化を目指すため、縦横二方向に拡張性を有し、従来のモジュール式レンズアレイの数倍の辺長を実現可能な、新しい構造を考案し試作している。骨格となるフレーム上にレンズアレイユニットを固定して大画面を実現する構造である。大型化した場合を想定した辺長に設定した結果、セル式レンズアレイ構造の最大変位量は **0.00052 mm** であり、モジュール式レンズアレイ構造の **0.008801 mm** の変位量に対して最大変位量が **1/10** 以下となり、レンズアレイ構造の堅牢性も確認している。

3) **IP/IV** の適応的レンダリング

IP/IV はレンズアレイのレンズ数が各視点の解像度に対応し、視点数が各レンズ背面画素数に対応するため、視点数と各視点の解像度がトレードオフとなるため、高解像度

化が困難であった。また、IV 像はディスプレイ面から距離が離れるほど表示可能な空間周波数が低下する深度依存特性もある。それに対して本研究では、ソフトウェア的なアプローチとして、コンテンツの有する特徴を抽出・強調表示する Non-photorealistic Rendering(NPR)の考え方を IV レンダリングへと導入している。特に、多様な手法のある NPR の中でも特徴線を追加して直観的で正確な理解を可能にする Technical Illustration (TI) 調を採用している。特徴線の抽出法として、3 次元立体映像に必要な視点間の特徴線の連続性とロバスト性を満たす深度と法線マップを併用する手法を適用している。さらに IV 表示において、IV の深度依存特性に適した動的閾値法を考案し、実装している。表示オブジェクトとして医用オブジェクトを選択して効果を確認している。

以上の結果から、提案された歪み補正手法は、一度レンズ配置情報を取得すればルックアップテーブルとして使え、実時間であらゆるコンテンツに適用可能であると考えられる。また、レンズアレイにおいてセル式という二方向に大型拡張可能な構造を考案し、試作した結果、セル式構造により IV の画素数に対応するレンズ数やディスプレイサイズを横方向のみならず縦方向にも自在に拡張可能になり、スケーラビリティが向上している。特に、深度 1m の表示が可能で、かつ拡張が容易で変位量が従来の 1/10 以下という高い剛性のセル式構造により、大型長視距離 IV に不可欠な大型レンズアレイ実現に近づいている。さらに、IV に適応的な TI の動的閾値法を実装したことにより、直観的で正確な理解を可能にするレンダリングを実現している。これにより、長視距離大型 IV に必要な基盤技術を確立したといえる。

よって本論文は博士（情報理工学）の学位論文として合格と認められる。