

(別紙2)

論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名 宇都木 契

本論文は、「立体映像における奥行き感を保持・誇張する非線形変換処理の研究」と題し、奥行き表現を伴う画像の加工方式についての議論と検討を行い、二種類の自動改変手法を提案して、奥行きの情報を保持・誇張する映像の調整をより直観的に行う手法を論じたものであり、全体で5章からなる。

第1章は「序論」であり、奥行き表現の観点からステレオ映像を対象とした映像制作における現在の状況と課題を研究の背景として挙げ、映像の奥行き感の表現に対して非線形変換処理を行い直観的に把握しやすい映像コンテンツを作成する方法論を論じ、本論文の目的を明らかにしている。

第2章は「背景と関連研究」と題し、その前半部では、ステレオ映像の制作における課題を記述し、伝統的な映像制作における奥行き感の表現の技法を挙げ、映像の誇張表現とその解析に関する先行研究を整理して研究のニーズを明らかにしている。また、その後半部では、画像の非線形変換処理と空間の非線形遠近法に関する先行研究の概要を列挙し、研究のシーズと論文の位置付けを明らかにしている。

第3章は「奥行き手がかりを保持する非線形変換処理」と題し、Content-Preserving (CP) 画像処理の方法論に、三次元的な奥行き手がかりの情報を導入し、ステレオ画像の視差を保持した非線形変換処理を実現する方法を検討している。ステレオ画像では、視差の整合性を保持したまま複数の画像を処理する制約があるため、通常の画像にくらべて加工や修正の処理が難しく、単純な拡大縮小処理や切り出し処理も通常の画像のように実現できない場合がある。これらの問題を解決する手段として、CP画像処理の代表的な技法のひとつであるSeam Carving (SC)における最適化計算の工程に、ステレオ視差と画像内の直線性という二種類の奥行き手がかりを保持する制約条件を追加する方法を提案し、この追加要件によって奥行き感を維持した自動縦横比の変換処理 (Image Retargeting: IR) が実現できることを示している。提案方式の第一の特徴は、直線が縮小される頻度が均一になるようにフィードバックエネルギーを与える手法によって直線を保持する手法の提案である。また第二の特徴は、三種類の追加エネルギー項を導入することによって視差を保持する手法の提案である。前記の三種類の追加エネルギーは、それぞれ、画像間のサンプリングの差を表すエネルギー項と、画像間の奥行き方向の対応関係を表すエネルギー項と、画像間の横方向の対応関係を表すエネルギー項であり、これらの制約条件の追加によって、ステレオ画像の視差を保持したまま IR 処理を実現する方法を提案している。この提案手法によって、絵画的奥行き手がかりに相当する三次元要素によって加工後の映像の違和感が減少する効果と、視差奥行き手がかりに相当する三次元要素によってステレ

オ映像に対応した処理が実現できる効果が生まれた。従来の研究には三次元再構築のプロセス抜きでステレオ画像を取り扱う体系的な方法は少なかったが、本手法はこのような分野にCP 画像処理に基づいた非線形変換を適用することで研究の付加価値を向上させる新しい可能性を示した。

第4章は「奥行き手がかりを誇張する非線形変換処理」と題し、三次元モデルを描画する映像表現において、従来の手書き絵画で行われてきた奥行感の誇張を模倣するために、複数の視点位置からの映像を合成して一枚の絵を作成する **Multi-Perspective Rendering** の観点に基づいた手法を検討している。従来手法の多くは、三次元幾何モデルの変形として映像の誇張表現を再現しているが、奥行感の誇張をモデル変形によって実現することは、ある視点位置に特化した加工となり、別の視点位置から観察した時の奥行感は適切に誇張されない問題がある。提案手法はこの問題に対し、三次元モデルの関節部位ごとに異なる視点位置を割り当てることによって、奥行感が誇張された映像表現を、視点距離を非線形に変換する問題として記述し、各視点から得られた異なる透視投影の映像を一つに組み合わせ、手書き絵画で見られるような奥行感の誇張を再現する方法を提唱している。この提案手法の自動化を実現するために、各関節の視点位置を木構造によって階層的に保持し、親ノードの視点位置と、モデルに埋め込まれた制御点を用いて、子ノードの視点位置を再帰的に決定するアルゴリズムを導入している。この提案手法を用いると、三次元モデルのリアルタイム描画においても誇張表現が可能であり、実際にインタラクティブな表示系として実装することで提案手法の実用性を実証している。また、利用者も奥行感の誇張が行われた映像を好む傾向が強いことをユーザテストによって示し、映像制作者からのヒアリングを通じて商業的なコンテンツ制作の分野においても価値の高い表現手法となる可能性を示した。これらの検討によって、本手法は、三次元モデルの観察距離の非線形変換処理によって、二次元的な誇張表現を実現する新しい可能性を示した。

第5章は「結論」であり、この論文の主たる成果である二種類の方法論をまとめ、今後の課題と展望について記述している。

以上を要するに、本論文は、画像の表現する奥行感に着目し、一定の観察条件に制約されたカメラパラメータによる入力や、ステレオ映像のディスプレイにおける出力において、非線形変換によって奥行き手がかりを保持あるいは誇張し、直観的で柔軟な映像制作を行うための技法を提案したものであって、ステレオ映像や拡張現実感などの先進的な映像制作技術等の学際情報学の各分野の進展に寄与するところが少なくない。よって本審査委員会は、本論文が博士（学際情報学）の学位に相当するものと判断する。