

論文内容の要旨

博士論文題目

視点位置計測に基づく運動視差 3 次元ディスプレイの開発と立体感の評価

氏名

末永 剛

(論文内容の要旨)

3次元ディスプレイはより高い臨場感や場の共有感などが得られると期待されており、ロボットの操作や医療、アミューズメントなど様々な応用分野において利用が検討されている。しかし日常で利用されているテレビやコンピュータのモニタについては未だ2次的にしか利用されておらず、いくつか製品化されている裸眼立体視ディスプレイも高価なため手軽に利用できるものではない。こういった日常環境においても利用できる3次元表示システムが実現できれば、より手軽に3次元情報を利用することが可能になり、新たな情報提示や情報共有の可能性が広がると考えられる。

本論文では人間の奥行き知覚要因の一つである運動視差を用いた立体提示に焦点を当てる。そして非接触な顔情報計測に基づくモデルベースおよびイメージベースにおける運動視差3次元ディスプレイを提案し、コンピュータグラフィックスで作成された物体や実世界で撮影された画像からの立体提示を行う。またこういった分野でたびたび無視される奥行き知覚実験を通してシステムを評価する。

はじめに、運動視差提示3次元ディスプレイを構築する上で必要となるアルゴリズムについて議論する。ヘッドマウントディスプレイのような人間の動きに追従するモニタ面に提示する場合と通常のモニタのように環境に固定されたモニタ面に提示する場合では、視点位置とモニタの位置関係に違いが生じるため、知覚される画像の歪みを想定しなければならない。そこでモデルベースシステムでは3次元モデルを、イメージベースシステムでは実写画像を射影変換することにより任意視点に対応した画像を提示する。

次に、モデルベースやイメージベースにおける運動視差3次元ディスプレイの実装について述べる。ユーザの視点位置はモニタ上部に配置されたステレオカメラから計測され視点位置に対応した画像を生成しユーザに提示する。イメージベースにおいては、6軸マニピュレータを用いて複数視点画像の撮影を行い、事前に収集した画像群を用いた例とオンラインで動作させた例において実装した。

最後に、奥行き知覚実験を通して実装したシステムの評価を行う。モデルベースにおいては絶対距離知覚実験を行い、過去の研究の通り、より遠くの物体ほど知覚される距離が過小評価されるといふ知見が得られたものの、物体の前後関係や距離の違いを認識できることが確認され簡易なシステムとしては十分使用可能であることが示された。イメージベースにおいては、離散的に取得される画像の提示間隔や、アクティブカメラにおいて想定される提示遅れの許容についての検討を行い、通常の平面モニタを利用して非接触な視点位置計測に基づいた立体提示を行うことの実現可能性を示した。

この結果は通常の平面モニタを利用し、非接触な視点位置計測に基づいた立体提示を行うことの有効性を示すもので、今まで主に2次元のかまたはマウス操作により3次元データを扱っていたウェブブラウザ、3D CADなどのソフトウェア、さらにはテレビなどにおいて立体情報を扱った新しいアプリケーション制作の指針となるものである。

(論文審査結果の要旨)

本論文は、奥行き知覚手掛かりの一つである運動視差に着目し、特殊なモニタを用いず手軽に利用可能な3次元ディスプレイの実現を目的としている。ユーザの視点位置計測に基づく運動視差3次元ディスプレイを提案し、ユーザへの奥行き知覚実験を通して立体感の評価を行い実装したシステムの有効性、実現可能性を示している。本論文の主な成果は以下に要約される。

1. 視点位置計測として非接触な顔情報計測システムによりユーザの3次元視点位置を計測し、3D CGモデルやカメラから取得された画像への射影により視点位置に対応した画像を生成するアルゴリズムについて示している。
2. 運動視差3次元ディスプレイとして3D CGモデルへの射影を行うモデルベースシステムと事前にマニピュレータ先端のカメラにより取得され生成された画像データベースからの画像への射影を行うシステム、マニピュレータをオンラインで動作させ逐次画像の取得、射影、提示を行うシステムの3つが構築された。モデルベースシステム、画像データベースによるシステムではビデオレートでの立体提示が行え、ほぼ遅れのない立体提示が可能であることを示している。マニピュレータのオンライン動作によるシステムでは遅れ約730msでの動物体に対する立体提示が可能であることを示している。
3. モデルベースシステムを用いた絶対距離知覚実験から、実装された運動視差3次元ディスプレイにより奥行き知覚が可能であることを示している。また片目・両目での利用時の比較実験から、距離の観点では両眼視差との不整合による影響は小さく、またショーウィンドウのような壁に囲まれた空間に物体を描画することで奥行き感が向上することを示している。
4. 画像データベースからの立体提示やフレームレートが低下した時などに想定されるような、画像の提示間隔が大きく映像が離散的に提示されることへの影響について距離知覚実験での配置精度とアンケート調査により検証し、モニタまでの距離が500mmにおいては画像提示間隔が50mmを超えると立体感が低下することを示している。オンラインシステムで想定されるような映像の提示遅れによる影響についても同様に検証し、250ms以上の遅れに対しては立体感の低下がみられることを示している。

以上のように、本論文は視点位置計測に基づく運動視差3次元ディスプレイを構築し、通常の平面モニタを利用した3次元提示を実現している。ユーザに対する立体感の評価実験により両眼視差を用いない不利益に対する影響や映像の提示間隔、提示遅れに対する影響を検証し、運動視差のみを用いた立体提示の有効性、実現可能性を示している。よって本論文は、博士(工学)の学位論文として価値があるものと認める。