

論文内容の要旨

博士論文題目 Multiple Steerable Projector System for Geometrically Correct Displays in a Wide Environment

(広範囲において幾何学的に正確な画像表示を実現する複数台首振りプロジェクタシステム)

氏名 満上 育久

(論文内容の要旨)

本論文では、実環境中の任意位置に視覚情報を表示することが可能な複数台首振りプロジェクタシステムについて述べる。このシステムは、単に視覚情報を歪みなく表示するというだけでなく、その位置や寸法を正確に制御することが可能である。さらには、複数台を同時に利用することで、複数投影画像を並べて大きな画像を表示したり、重ね合わせて高輝度の画像を表示することも可能である。このような特徴を有する本システムは、実環境のオブジェクトや場所への注釈表示、ヒューマンナビゲーション、講義用のフレキシブルなスライド表示用スクリーン、遠隔操作指示、デザインシミュレーションやそれ以外の多くの AR アプリケーションに利用できる。

このようなプロジェクタシステムを実現するには、まず首振りプロジェクタのキャリブレーションを正確に行う必要がある。しかし従来、首振りプロジェクタは固定式プロジェクタと比較して非常に複雑な構造モデルを持つため、そのキャリブレーションは非常に精度が悪くかつ不安定であった。本論文では、この問題に対して、投影中心固定型、すなわち首振りを行ってもその投影中心位置が空間的に変動しないような構造を持つ首振りプロジェクタ機構を提案し、解決を図っている。この特殊な機構によって、構造モデルのパラメータ数が削減され、その内部・外部キャリブレーションが高精度かつ安定に行えるようになった。特に外部キャリブレーションについては、実環境中の複数の平面領域を投影対象とする場合に非常に簡便な作業で高精度な表示結果を得る手法を提案した。しかも、その手法によって、2平面の境界部に画像を表示しても画像が歪まず、紙のポスターがその境界部に沿って貼られているような表示を実現した。このような表示法は、広告など2次元画像表示アプリケーションにおいて有効であると考えられる。

この首振りプロジェクタを複数台同時に利用する際には、さらに2つの問題が発生する。ひとつは、1台のプロジェクタによる表示では問題にならないような微小な画像表示位置誤差でも、複数台の投影画像を重ね合わせたり並べたりする際には、それらの画像間の相対的な位置ズレとして明確に観測されてしまうという問題、もうひとつは、通常プロジェクタは複数台の同期のための機構を持たないため、複数台による投影画像をズレなく重ね合わせたまま、その画像を連続的に移動させることは困難であるという問題である。まず前者については、投影を行う範囲に対して事前にズレ量マップを作成しておき、実利用時にそのマップを参照しズレを補正する手法を提案した。また後者については、プロジェクタにおける同期について検討し、連続移動する投影画像の重ね合わせに適した同期手法を提案した。

(論文審査結果の要旨)

本論文は、投影中心を固定した首振り機構を持つプロジェクタとそれらを複数台接続して画像表示を行うシステム技術とその評価実験報告である。主な成果は以下のようなものである。

(1) 投影中心固定型、すなわち首振りを行ってもその投影中心位置が空間的に変動しないような構造を持つ首振りプロジェクタ機構を提案し、実装した。この機構によって、構造モデルのパラメータ数が削減され、その内部・外部キャリブレーションが高精度かつ安定に行えるようになった。

(2) 外部キャリブレーションについては、実環境中の複数の平面領域を投影対象とする場合に非常に簡便な作業で高精度な表示結果を得る手法を提案し、実装評価した。この手法によって、2平面の境界部に画像を表示しても画像が歪まず、紙のポスターがその境界部に沿って貼られているような画像表示を実現した。

(3) 複数台同時に利用する際に生じる2つの問題、微小な画像表示位置誤差が重ね合わせ画像間の位置ズレとして明確に観測されてしまうという問題、そして複数台による投影画像をズレなく重ね合わせ画像を連続的に移動させる困難性を解決する方法を提案し、実装評価した。まず前者については、投影を行う範囲に対して事前にズレ量マップを作成しておき、実利用時にそのマップを参照しズレを補正する手法を、後者については、プロジェクタにおける同期について検討し、連続移動する投影画像の重ね合わせに適した同期手法を具体化した。

以上のように、実環境での画像表示システムの実現を目指して、新たな機構を提案し工学的な問題を解決し、実装してきた。そして、この画像表示システムは評価実験で工学的に信頼性と有用性が確認され、学術上・工学上寄与するところは多い。従って、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。