

アクティブプロジェクタ：凹凸面上を移動する映像の歪み補正

K-28 Active Projector: Image correction for moving image over uneven screens

中村 暢達† 平池 龍一†
Nobutatsu NAKAMURA Ryuichi HIRAIKE

1. まえがき

プロジェクタの小型軽量化、高輝度化、ワイヤレス化が進み、いつでもどこでもプロジェクタが使えるようになりつつある。客先における大画面でのプレゼンテーションは効果的であるが、正しくプロジェクタとスクリーンを設定しないと、投影画像に台形歪みが生じる。そのため、ワンタッチでスクリーンの位置、傾きを計測し、計測結果に合わせて投影映像の歪みを補正するような機能が実装され始めている。プロジェクタの高性能化で、その適用範囲は広がり、様々な環境に合わせて、台形歪みなどの幾何歪み、色、明るさ、ズーム、フォーカスなどの調整をより簡単に行う仕組みの必要性が高まっている。本稿では、カメラを用いてプロジェクタの周囲の物体面を計測して、投影映像の幾何歪みを補正する手法について提案する。

2. アクティブプロジェクタ

2.1 システム構成

アクティブプロジェクタとは、小型軽量のプロジェクタを備え、水平・鉛直方向に自由に回転可能な雲台（回転装置）を制御し、室内のどの場所にも映像投影を行うことを可能とするシステムである。我々は、これまでに鏡を使って、投影方向を制御することで、投影映像の位置を移動させることができる回転装置を開発してきた[1]。その後継として、小型軽量プロジェクタに対応し、投影範囲の拡大を行った回転装置を開発した。この装置の仕様を表1に、システム構成を図1に示す。PCはシリアル接続された回転装置の水平・鉛直方向の位置/速度を制御する。プロジェクタの入力映像は、PCにおいて後述の補正処理がなされたコンテンツ映像である。補正処理と映像の投影位置は同期する必要があるので、PCのプログラムにおいて、コンテンツ出力映像と回転制御信号の出力タイミングを調整する。また、カメラは、投影面形状の計測に用いる。

表1 アクティブプロジェクタの回転装置仕様

| | 水平方向 | 鉛直方向 |
|------------|-----------------------------|-------------|
| 回転角度 | -270 ~ +270 度 | -90 ~ +90 度 |
| 回転速度 | 37.5 rpm | 40 rpm |
| サイズ(H,W,D) | 300(mm) x 300(mm) x 300(mm) | |

2.2 映像補正処理

映像補正処理については、従来3次元グラフィックス処理を用いた方式がある[2]。基本的には、我々の方式も同じような手順で映像補正処理を行うが、回転制御可能な映像投影システムに対応した改良を行っている。以下、開発した映像補正処理について述べる。

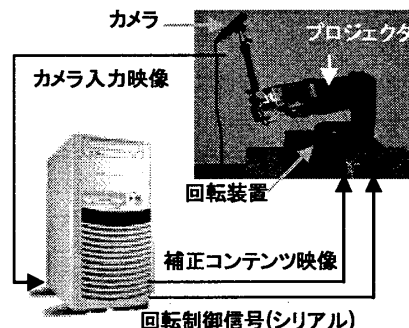


図1 アクティブプロジェクタのシステム構成

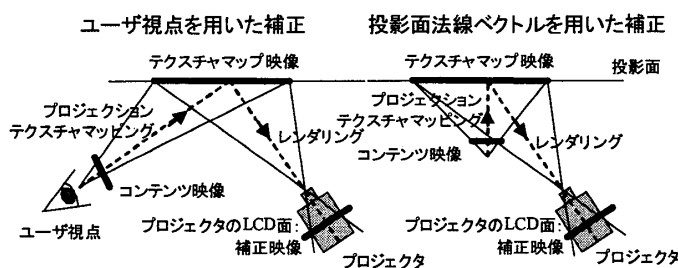


図2 従来方式による映像補正処理

投影面形状計測

プロジェクタから物体に投影したパターン画像をカメラで撮影し、画像処理を行い、プロジェクタとカメラの位置関係を用いて、物体面の空間座標を算出する。本システムでは、図1にあるように、回転装置にカメラを固定し、装置を回転させながらパターン画像を投影し、それをカメラで撮影することで、回転装置の周囲の投影面形状を計測する。

従来方式

3次元グラフィックス処理で映像補正を行うが、まず表示させたいコンテンツ映像を計測された投影面形状に対してテクスチャマッピングする。従来方式では、ユーザ視点を用いる手法と、投影面の法線方向を用いる手法とがあるが、以下のような問題点があった。

図2左に示すように、ユーザの視点を用いる場合、その視点位置をプロジェクション・テクスチャマッピングの視点とする。プロジェクタの投影中心軸と投影面形状との交点方向へのプロジェクション・テクスチャマッピングを行い、次にプロジェクタのLCD面に相当する仮想スクリーンに対してレンダリングを行い、補正画像を得る。この補正画像を実際に投影すると、計算に用いたユーザ視点にいるユーザのみが正常画像を観察できる。しかし

† NEC, インターネットシステム研究所
Internet Systems Research Laboratories, NEC Corporation.

ながら、多人数で情報共有するような利用形態には適していない。

図2右に示すように、投影面が1つの平面であれば、その面の法線方向にプロジェクション・テクスチャマッピングを行うことで、実際の投影面上で映像があたかもポスターを貼ったように表示される補正を行うことができる[1][3]。しかし、投影面が複数の面から構成され、複雑な凹凸があるような場合には、法線方向をどのように決定するかが問題となる。

提案方式

そこで、我々は次の2段階からなる方式を提案する。まず得られた投影面形状に対して、ポリゴンリダクション処理を行い、概要形状をあらかじめ求めておく。次に、形状を単純化したところで、投影面の等距離面を用いた映像補正処理を行うのである。

ポリゴンリダクション処理では、投影面の端点が削減されると、形状が大きく変化し、投影領域が小さくなるので、対象にならないように各座標の重み付けパラメータを調整する。元の形状の特徴が保たれる範囲で、ポリゴン数ができるだけ少なくなるように、その他のパラメータも調整する。

映像補正処理では、投影面が1つの平面である場合にはその法線ベクトルを用いた補正を行うが、投影領域に複数の面を含む場合には、その複数の面から等距離にある座標を求め、その点をプロジェクション・テクスチャマッピングの視点とするような処理を行う。

簡単な処理例を図3に示す。プロジェクタの投影領域が角部にある場合には、各面から等距離にある点Aをプロジェクション・テクスチャマッピングの視点とする。プロジェクタの投影中心軸と概要形状との交点Bへのベクトル \vec{AB} をプロジェクション・テクスチャマッピングの方向とする。プロジェクタ回転時のプロジェクション・テクスチャマッピング視点の移動経路を図中の太点線で示す。この太点線は投影面からの等距離面である。

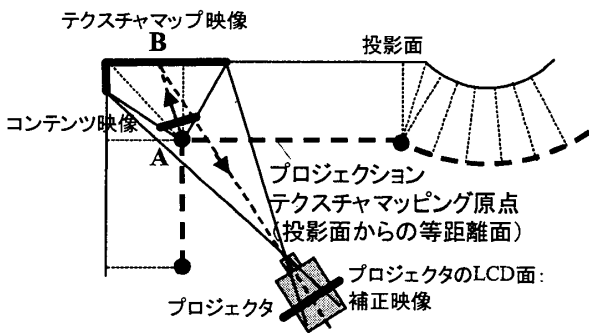


図3 凹凸のある投影面における補正

3. 実験

本稿で提案した補正処理方式で室内の角近辺に投影した場合の例を図4に示す。図に示すように、平面部(図左)、角部(図右)のいずれにおいても、映像の歪みはほぼ補正されて、ポスターを貼ったように表示される。

本手法の特長の1つは、凹凸面上を投影位置が移動する場合に、連続性のある補正を行い、投影映像を円滑に変化させることであり、その一例を図5に示した。

4. おわりに

プロジェクタ映像の投影位置を動かすことができる回転装置を用いた場合に、映像が凹凸のある投影面上を移動しても違和感が少ない補正映像を生成する方式を提案した。本方式を実装したシステムは、室内のあらゆる場所に映像情報やテレビ映像を投影できる次世代の映像表示装置だけでなく、新しい映像効果を活用しての広告や娯楽用途への応用が期待できる。

参考文献

[1] 中村, 中尾 “アクティブプロジェクタシステム” ヒューマンインタフェースシンポジウム 2000
 [2] Raskar, R., Welch, G., Cutts, M., Lake, A., Stesin, L. and Fuchs, H. “The Office of the Future: A Unified Approach to Image-based Modeling and Spatially Immersive Displays” In *Proceedings of SIGGRAPH '98*
 [3] Pinhanez, C. The Everywhere Displays Projector: A Device to Create Ubiquitous Graphical Interfaces. In *Proceedings of Ubiquitous Computing 2001*

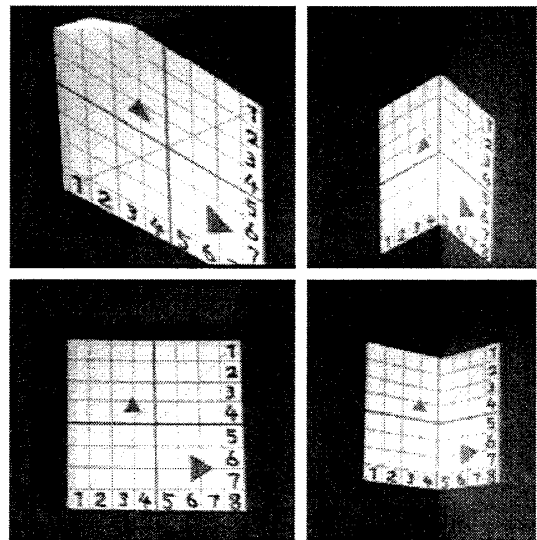


図4 映像補正例(上:補正前、下:補正後)

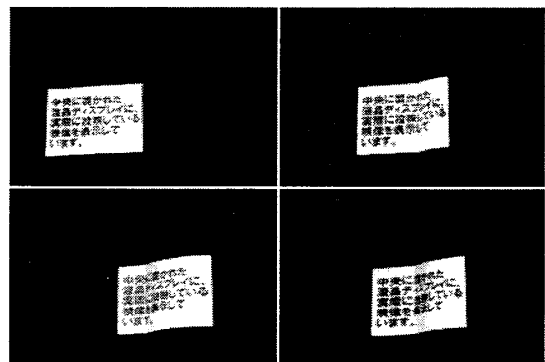


図5 移動映像例(壁面中央より右が曲面)