

既存のテレビとプロジェクタを組み合わせた 広視野映像提示システムの検討

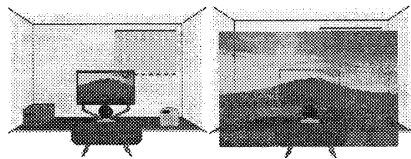
石渡 祐貴, 辻 勇旗, 橋本 直己, 佐藤 誠

東京工業大学 精密工学研究所

1 はじめに

近年、複数のプロジェクタを用いた広視野な映像生成に関する研究が盛んに行われている。プロジェクタを複数台使った研究の代表として、没入型ディスプレイが挙げられる。没入型ディスプレイとは、体験者の視界全周囲を映像で覆う事により、映像への没入感を高めるため開発されたディスプレイである。このような機材を用いて、ゲームの世界やテレビの中の世界に居るような感覚を味わえる全周囲映像を体験することは非常に魅力的である。しかし、このような没入型ディスプレイは非常に大掛かりな装置が必要となる。

そこで本研究では、家庭の室内で手軽にできる広視野映像提示環境の構築を目指す。このシステム全体の概観を図 1 に示す。(a) が通常的环境であり、我々の目指す環境は (b) のような周囲に映像を加えた環境で、周囲に映像を追加し広視野化を実現する。



(a) 通常の室内環境 (b) 提案環境の概観

図 1: 通常の室内環境と提案する室内環境の比較

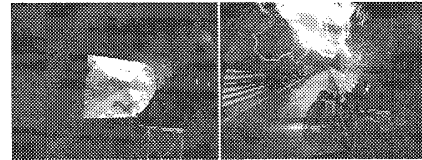
2 システム構成

中央に FPD (Flat Panel Display) を 1 台、周囲の映像を投影するプロジェクタを複数台用いる。プロジェクタは投影領域に FPD の平面部を含むように設置する。また、システムの校正用にカメラを 1 台用いる。このようなシステムが適用される環境の 1 つとして、我々の研究室で行っている周辺視野映像生成に関する研究 [1] がある。

図 2 の (a) に示すのが通常の映像を提示している状態、(b) に示すのが、過去複数フレームの画像情報を用いて周辺の映像を推定し、周囲に加えるというものである。本研究ではこのような、中央の解像度は保たれたままユーザは常に映像の中央を注視し、周囲の映像を追加することによって広視野高臨場感を提示するようなコンテンツを想定している。

Examination of Expanding View Image System that Combines Existing Television with Projector

Yuki Ishiwata, Yuki Tsuji, Naoki Hashimoto, Makoto Sato
Precision and Intelligence Laboratory Tokyo Institute of Technology



(a) 通常のコンテンツ (b) 周辺映像を加えた環境

図 2: 想定するコンテンツ

3 室内環境での広視野映像提示の為の校正手法

プロジェクタから室内環境へ投影する際、プロジェクタと投影面の相対的な位置姿勢に応じた歪みが生じるため、補正した映像を生成する必要がある。従来の研究では、投影面が平面のプロジェクタ-カメラ非常設の未校正システムにおいて簡単な自己校正法が実現されている。一方、非平面へのプロジェクタ-カメラシステムについては、一方を常設して設置座標を固定し、常に校正された状態にすることでもう一方を自己校正するという研究が成されている。我々の想定する家庭の室内でこのような環境を実現しようとする際には、プロジェクタ-カメラは両方も常設せず、システム構築毎に設置し直せる環境であることが好ましい。この場合、プロジェクタ-カメラの投影面に対する外部パラメータと内部パラメータのうちの焦点距離がシステム構築毎に変化するため、これらの未知パラメータを毎回効率良く求めるということが重要になる。

本研究では、昨今の家庭に広く普及した FPD を既知パターン表示装置として、また基準平面として用いることで、プロジェクタ-カメラ以外の特殊な機材、キャリブレーションのための形状既知三次元物体、レーザポインタ等を必要とせず、校正の為の手動測定を極力必要としないシステムの校正法を提案する。

4 広視野映像提示システムの映像生成方法

毎回未知となる焦点距離とプロジェクタ-カメラの位置姿勢を効率良く求め、広視野映像を生成する流れを図 3 に示す。

4.1 カメラとプロジェクタのパラメータ推定

プロジェクタ、カメラの焦点距離以外の内部パラメータを既知とするために、事前に一度だけ行い、システム構築の度に行う必要はない。本研究では、カメラキャリブレーションには、Zhang の手法 [2] を用いる。プロジェクタのキャリブレーションには、内外部パラメータを求めたカメラを用いて投影画像を撮影し、間接的に対応点を求めることによってキャリブレーションを行う。

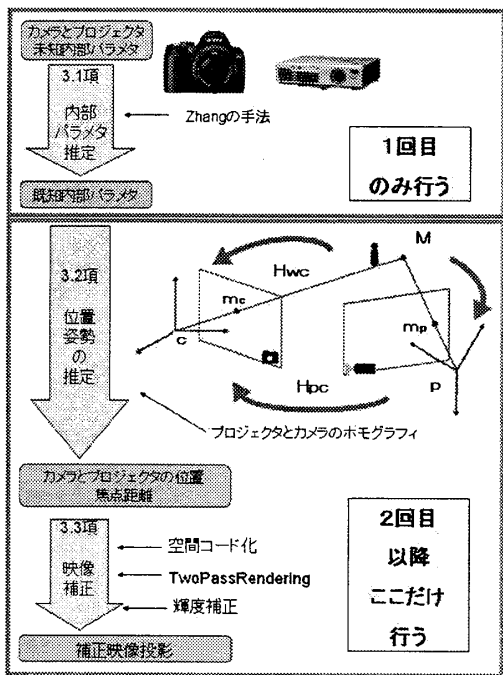


図 3: 広視野映像の生成方法の流れ図

4.2 プロジェクタとカメラの位置姿勢推定

室内環境という毎回のカメラ、プロジェクタの設置場所が非固定であるという前提から、各内部パラメタ行列のうち焦点距離が、毎回未知となる。そこで投影平面に既知パターンを与え、それを一回撮影することで、平面-カメラ間の平面ホモグラフィを推定し、4.1節で求めたパラメタと平面ホモグラフィから焦点距離に関する内部パラメタを再計算し、平面-カメラ間の位置姿勢を得る。カメラをその状態で固定し、次に平面からの既知パターンを取り除き、平面上にプロジェクタから既知パターンを投影する。それを構成済みのカメラで撮影することにより、今度はプロジェクタの焦点距離に関する内部パラメタが再推定できる。

Zhang の手法を用いて推定した位置姿勢と、提案手法を用いて推定した位置姿勢との誤差の平均を表 1 に示す。

	カメラ	プロジェクタ
誤差平均	0.37	0.94
分散	0.11	0.66

表 1: プロジェクタとカメラの位置姿勢誤差 (pixel)

4.3 3次元空間形状計測と映像補正

3次元空間形状計測には空間コード化法を用いた。空間コード化法により求めた深度情報を用い、3次元形状のモデルを作成。モデルに TwoPassRendering[3]を用いて映像補正を行い、視点からの歪みのない映像を作成した。

また、室内の壁を投影面とするため、最終的には輝度補正 [4] も行う。

5 考察

通常、プロジェクタ・カメラの一方を完全に校正するためには複数回の撮影が必要であり、未校正システムにおいて一度の撮影では不確定なパラメタが残ることになる。しかし、本研究では、プロジェクタ・カメラ共に焦点距離と位置姿勢が未知なシステムについて、2回目以降の投影時には、それぞれ一度の撮影で簡単に校正ができる手法を示した。

校正精度に関しては、従来手法との比較において、カメラの位置姿勢はサブピクセルの範囲内の誤差で校正されており、非常に実用であると言える。プロジェクタの位置姿勢においても、1ピクセル程の誤差となるため、実用に足るものであると言える。

プロジェクタを校正するのに必要なカメラの撮影回数を人的コストと考えると、マルチプロジェクションシステムにおいては、複数のプロジェクタを1台1台校正しなければならず、システムを構築するたびに校正が必要な環境においては、大きな負担となる。Zhang の手法による校正に必要な撮影回数を $C(\geq 3)$ 回とし、システムの再構築回数を n 回とすると、従来手法と提案手法における、プロジェクタ p 台の校正に必要な総撮影回数はそれぞれ、従来手法の場合 $2pCn$ 回、提案手法の場合 $2pC + 2pn$ 回であり、繰り返し構築するシステムに ($n \geq 2$) において、またプロジェクタの台数が多い p が多いシステムにおいても、提案手法が非常に有効であると言える。

謝辞

本研究は、戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE) “室内を全周囲映像空間に変える映像提示技術の研究開発”(課題番号:072103001)の援助によって行われた。記して謝意を表す。

参考文献

- [1] Kenji Honda, Naoki Hashimoto "Real-time Reconstruction of Pseudo Wide-angle Images with an Approximating Depth Model", proceedings of Virtual Environments 2007 (IPT-EGVE Symposium), pp.111-116, 2007.
- [2] Z. Zhang. "A flexible new technique for camera calibration". IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 22(11): pp.1330-1334, 2000.
- [3] Ramesh Raskar, Greg Welch, Matt Cutts, Adam Lake, Lev Stesin and Henry Fuchs, "The Office of the Future: A Unified Approach to Image-Based Modeling and Spatially Immersive Displays", Proc. of SIGGRAPH'98, pp. 179-188, 1998
- [4] 佐藤 美恵, 橋本 直己, 高橋 祐, 千本 万紀子, 春日 正男, "RAW 画像データを用いた輝度補正に関する一検討", 映像情報メディア学会誌, vol61, No.7, pp.1030-1033, 2007