

全方位プロジェクタと全天球カメラを用いた全方位投影システムの提案

前田 浩輔* Mitski Piekenbrock† 佐藤 俊樹* 小池 英樹*

概要. 現在プロジェクタとカメラを組み合わせたシステム研究が盛んに行われている. その一つとして, テーブルトップシステムと呼ばれる, 会議などテーブルを中心とした場면을拡張する研究がある. 従来の手法では投影面が固定されていたり, 全面投影可能であっても複数のプロジェクタ・カメラ・コンピュータが必要となり, 導入のためのコストが高い. そこで, 本研究では, 超広角レンズを用いた全方位プロジェクタをテーブルに埋め込むことで全方位に投影可能なシステムを提案する. 投影対象には AR マーカーを取り付け, 全天球カメラを用いてトラッキングを行うため, 投影対象の位置や向きが変わっても投影の追従が可能となる.

1 はじめに

本研究では, 超広角レンズを用いた全方位プロジェクタをテーブルに埋め込むことで全方位に投影可能なシステムを提案する. 投影対象には AR マーカーを取り付け, 全天球カメラを用いてトラッキングを行うため, 投影対象の位置や向きが変わっても投影の追従が可能となる.

図 1 は, 本研究のコンセプト図である. テーブルを囲むユーザがプロジェクタの存在を意識せず, 必要ときにあらゆる面がディスプレイとなる.

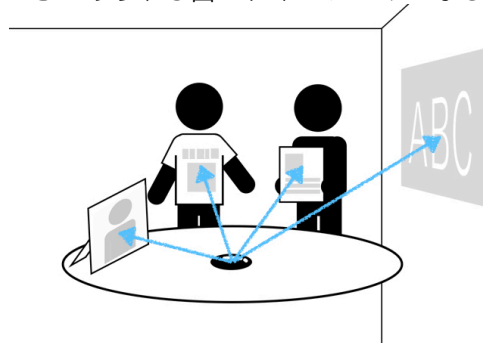


図 1: コンセプト図

2 関連研究

部屋全体への投影を可能とする研究として, Pinhanez ら [2], Fender ら [1] の研究が挙げられる. Pinhanez らは, 一台のプロジェクタからの光を電動回転ミラーを制御することであらゆる面へ投影する手法を提案した. この手法では, 電動回転ミラーの可動範囲内であれば全面投影可能となるが, 同時にすべての面に投影することはできない. Fender らは, 複数の深度カメラとプロジェクタを組み合わせ

会議室全面を投影面としたシステムを提案した. このシステムは参加者全員が表示内容を完全に制御出来るように設計されている.

本研究では, 一台のカメラと一台のプロジェクタでテーブルを囲むすべてのユーザが任意の投影対象面を作成することが出来る手法を提案する.

3 実装

3.1 ハードウェア

本システムで用いるハードウェアを図 2 に示す. カメラは Kodak 社の PIXPRO SP360 4K を用いる. プロジェクタには CASIO 社の XJ-V1 を用いる. プロジェクタの解像度は $1050 \times 1400\text{px}$ である. 超広角レンズには渋谷光学の球体ディスプレイ Glomal350 に付属していたものを用いた. カメラは有線で PC に直接つなぎ, $1440 \times 1440\text{px}$ の解像度の画像を 15fps で取得する. カメラはプロジェクタから 20cm 離れたテーブル上に設置する.



図 2: ハードウェアプロトタイプ

3.2 ソフトウェア

各投影対象には一意な AR マーカーが取り付けられており, それぞれの投影対象の大きさ, 投影する映像情報を持っている. カメラから取得した画像は歪みを補正し, カメラから投影対象までの位置と距離を計算する. 本システムで用いたハードウェアで

Copyright is held by the author(s).

* 東京工業大学情報理工学院

† RWTH Aachen University



(a) 複数対象への同時投影

(b) ビデオチャット

(c) 着衣への投影

図 3: アプリケーション例

はプロジェクタとカメラが同軸上にないため、カメラからの投影対象までの方向とプロジェクタからの投影対象が異なる。そのため、以下の式で投影方向を計算する (図 4)。

$$\vec{ar}_{proj} = \vec{ar}_{cam} - \vec{proj}_{cam}$$

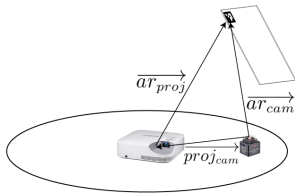


図 4: 投影方向の計算

ソフトウェアは OpenCV を用いて C++言語にて実装を行った。

4 アプリケーション

複数投影対象への同時投影

複数人数での議論などにおいて、互いが保持する動的コンテンツを表示することはディスプレイの切り替えを行う必要がある。しかし、本アプリケーションでは各ユーザが AR マーカーの取り付けられた投影対象を掲げることでコンテンツの投影が可能である。また、従来ではできなかった複数の投影を同時に行うことが出来る (図 3(a))。

ビデオチャット

従来のビデオチャットでは、会話相手毎に一枚のディスプレイを用意するか、もしくは一つの画面を分割して表示するが、提案するアプリケーションでは、会話相手毎に AR マーカーを取り付けた平面を椅子に立てかけるだけで会話相手が投影される (図 3(b))。

着衣への投影による議論の活性化

初対面同士の会議などでは、相手の名前や情報を覚えるために労力が割かれてしまい、議題に集中し

にくい問題がある。本アプリケーションでは、テーブルを囲むユーザの着衣に AR マーカーをつけてもらうことで、ユーザの情報などを着衣に投影することが可能である。これにより、視線を大きく動かすことなく、自然にコミュニケーションが行えるようになる (図 3(c))。

5 おわりに

本稿では、超広角レンズを用いた全方位プロジェクタと全天球カメラを用いたトラッキングにより、全方位に投影可能なシステムを提案した。本システムを用いたアプリケーションを実装し、本システムの有効性を示した。

今後の課題としては、AR マーカーの不可視化や、トラッキングの精度・速度の高速化が挙げられる。不可視化の先行研究として、Willis ら [3] の研究が挙げられる。この研究では赤外光吸収インクにより人間には見えないマーカーを使ったトラッキングシステムを用いている。見えないマーカーは投影面全体に AR マーカーの設置が行えるため、トラッキングの性能向上も見込まれる。

参考文献

- [1] A. R. Fender, H. Benko, and A. Wilson. MeetAlive: Room-Scale Omni-Directional Display System for Multi-User Content and Control Sharing. *Proceedings of the Interactive Surfaces and Spaces on ZZZ - ISS '17*, pp. 106–115, 2017.
- [2] C. Pinhanez. The Everywhere Displays Projector: A device to create ubiquitous graphical interfaces. *Ubicomp 2001: Ubiquitous Computing*, pp. 315–331, 2001.
- [3] K. D. D. Willis, T. Shiratori, and M. Mahler. HideOut: Mobile Projector Interaction with Tangible Objects and Surfaces. *Proceedings of the 7th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction - TEI '13*, p. 331, 2013.