

映像投影により実空間へ視覚教示を重畳する教育支援システム

浅田 真央 †

高橋 一誠 ‡

鈴木 健嗣 ‡

† 筑波大学大学院 システム情報工学研究科

‡ 筑波大学 システム情報系

1 はじめに

視覚情報の提示は、教育の場において最も多く用いられる方法の1つである。視覚情報の提示は生徒の学習の支援に有効であると考えられるため、学校での授業場面では学校での授業場面では黒板やプロジェクタなどが広く用いられている。より効果的な視覚教示を支援する方法として、熊谷らによる立体物への塗り絵をプロジェクションマッピングで行うコンテンツの提案 [2] や、Gurevich らによるプロジェクションを利用した遠隔作業支援システム [3] が挙げられる。本研究は、プロジェクタを用いて実世界へ視覚教示を重畳する新しい教育支援システムの開発を目的とし、これにより教師が学生・生徒らがより主体的に学習することを支援するために現場へ介入できるシステムの提供を目指す。提案する支援システムは (1) 場所を限定せず使用でき、(2) 設置・設定の時間を要さず即座に利用できること、(3) 教師が直感的に利用できること、を設計要件とする。これらを満たす視覚教示を可能にするシステムを利用することで、教育の場における新たな指導手段の可能性を示す。

2 提案手法とシステム構成

実空間への描画手法として、指導者が平面上や物体上にポインティングした位置にその軌跡を残す方法を提案する。本稿では、机上で使用するデスクトップ型 (図1) と体育館などの大空間で使用する環境固定型の2つの手法についてシステム構成を述べ、それぞれに適切なインタラクション方法を提案する。

カメラとプロジェクタによって実世界への情報の重畳を実現させるためには、カメラからの撮影画像上でのプロジェクタによる投影面の対応関係を求める必要がある。デスクトップ型と環境固定型の両システムは、(1) カメラから画像取得、(2) 撮影画像と投影画像の対応関係を算出、(3) ポインタの検出、(4) 投影画像の作成、(5) プロジェクタから投影、からなる。

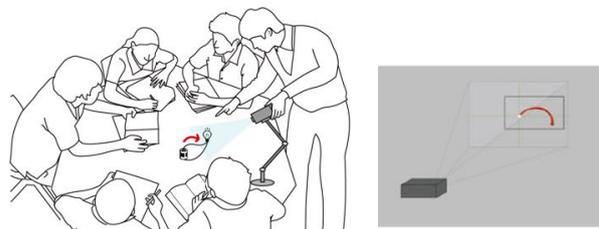


図1: デスクトップ型 使用イメージ

撮影画像と投影画像の対応関係の算出には、ホモグラフィ変換行列が必要となる。コンピュータビジョンでは、平面のホモグラフィは、ある平面から別の平面への射影変換と定義される。プロジェクタの光軸上にカメラを設置した際に得られた画像上の点 $p = [x, y, 1]^T$ 、プロジェクタの横にカメラを設置した際に得られた画像上の点 $c = [x', y', 1]^T$ と置くと、ホモグラフィ変換は $p = Hc$ と表現される。デスクトップ型視覚教示支援システムでは、撮影・投影する物体までの距離が近いいため、ハーフミラーを用いてプロジェクタの光軸上の画像を撮影することで、ホモグラフィ行列を 3×3 の単位行列となる。一方、撮影距離が大きいほど異なる光軸上の撮影画像の差は小さくなるため、環境固定型のシステムではホモグラフィ行列を 3×3 の単位行列と近似して処理を行う。

2.1 デスクトップ型視覚教示支援システム

デスクトップ型視覚教示支援システムは、デバイス1つでポインティングと実空間への描画の両方を動かして使用することを想定するため、対象物までの投影距離は変化する。このため、本研究ではハードウェア構成として Tamburo らの手法を参考にハーフミラーを使いカメラとプロジェクタの光軸を一致させる手法を用いる [4]。

評価実験として、カメラ・プロジェクタのみを用いたシステムとハーフミラーを加えたシステムとを比較した。これによりプロジェクタとカメラのみのシステムでは投影画面全体が撮影可能でない場合があることが確認された。また、デバイスを一定の速度で直線的に動かし、ポインタが動いた位置と描画された軌跡とを比較したところ、デバイス操作時の描画された軌跡は直線とならなかった。デバイス静止時のポインタ位

An Interactive Projection Mapping as a Visual Aid for Supporting Education

†Mao ASADA ‡Issei TAKAHASHI ‡Kenji SUZUKI

†Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

‡Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba



図 2: 実証実験 (右: モップゲーム, 左: 視覚教示)

置検出誤差は, 投影距離 40[cm] と 50[cm] の条件において各々, 0.62 ± 0.33 , 0.86 ± 0.35 であった. デバイスを静止状態にした場合と一定の速度で直線的に動かした場合においてフレームレートを計測したところ, 最高で 20[fps], 最低で 17[fps] であった.

2.2 環境固定型視覚教示支援システム

環境固定型視覚教示支援システムでは, 体育館の天井にプロジェクタとカメラを設置し, それらを接続した PC で処理を行うことで実現する. ポインタとして懐中電灯や LED バーを用いる.

性能評価実験として懐中電灯をポインタとして設置し描画精度の評価を行なったところ, ポインタ検出位置の誤差は 3.7×10^{-12} [mm] 以下であり, ほぼないとみなして良いことがわかった.

3 実証実験

筑波大学附属大塚特別支援学校において, 教諭らと高等部の生徒 24 名 (15-18 歳, 中・軽度発達障害) に対し, 環境固定型視覚教示支援システムを使用してもらい 2 種類の実証実験を行った. この実験は, 筑波大学附属学校教育研究倫理委員会の承認を得て実施した. 実験の写真を図 2 に示す. 実証実験 1 では, モップに LED バーを設置し, モップで掃いた跡を描画し指定領域内を塗りつぶすゲームを行なった. 生徒はモップを使ったゲームのやり方について理解し, 楽しんでいた様子が見られた. 実証実験 2 では, モップに LED バーを設置したものをポインタとし, 教員から生徒に床面への視覚教示を行ってもらった. 先生は, ポインタを用いて集合や整列といった生徒への指示を描画するなどの行動が見られた. また生徒らは, 描画されたものを助けとして指示された行動を達成できたことを確認した.

4 考察

デスクトップ型の性能評価実験から, 描画可能性を確認できた. 描画位置の誤差の要因として, 描画領域端点の位置検出誤差, ポインタの認識率, 画像フレー

ム取得の時間間隔による影響が考えられる. 描画点を補完をするアルゴリズムの実装によって, この問題は解決できると考えられる.

環境固定型システムでの実証実験により, 就業のためのスキルトレーニングを支援するツールとしての利用可能性, 教示活動を支援するツールとしての利用可能性が示された. 今後, 言語情報を中心とした指示と, 視覚教示を加えた場合の生徒への情報伝達の効果を検証したい.

5 まとめと今後の展望

本研究では, 教師による主体的な指導を支援するシステムの提供を目指し, プロジェクタを用いて実世界へ視覚教示を重ねる新しい教育支援システムの開発について述べた. 実空間への描画手法として, 指導者がポインティングした位置にその軌跡を残す方法を用い, 机上で使用するデスクトップ型と体育館などの大空間で使用する環境固定型の 2 つの手法を考案し, それぞれに適切なインタラクション方法を提案した. 実証実験を通じて, 環境固定型の提案システムを特別支援学校の教員と生徒に使用してもらい, 提案するシステムが教示の活動を支援し, 就業のためのスキルトレーニングを支援するツールとしての利用可能性を示した.

場所の制限なくポインティングした軌跡が描画可能とする本デバイスは, 教科汎用的に活用できる可能性がある. 環境固定型のシステムでは, 跳び箱などの立体物である教具への投影を行うなど, これまでスクリーンや電子黒板など予め定められた平面での視覚教示とは異なる新たな手法を提供することができると考えている.

参考文献

- [1] 熊谷賢二ら: 参加型プロジェクションマッピングによる塗り絵コンテンツの提案; エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2013 論文集, pp. 249-250 (2013).
- [2] Pavel Gurevich et al.: Design and Implementation of TeleAdvisor: a Projection-Based Augmented Reality System for Remote Collaboration; Computer Supported Cooperative Work, Volume 24 Issue 6, December 2015, pp. 527-562 (2015).
- [3] Robert Tamburo et al.: Programmable Automotive Headlights; Computer Vision - ECCV 2014 Volume 8692 of the series Lecture Notes in Computer Science, pp. 750-765 (2014).