

機械学習とプロジェクションマッピングを用いた  
書道パフォーマンスのエンターテインメント性向上に関する研究  
Improvement of the entertainment value of calligraphy performance  
using projection mapping and machine learning

高木 万記<sup>†</sup> 中村 嘉彦<sup>‡</sup> 山本 椋太<sup>‡</sup>  
Maki Takagi Yoshihiko Nakamura Ryota Yamamoto

## 1. はじめに

人体を用いたライブパフォーマンスにおいて、プロジェクションマッピングのような投影技術は、演出効果として用いられている。これは、あらかじめ作成された動画等を投影しているだけのものが多い。プロのパフォーマンスにおいては、この映像に対応したパフォーマンスをすることができる。一方で、部活動や有志の市民団体といった、アマチュアのパフォーマンスにおいては、練習環境や時間の制約があり、導入しても投影される映像に対応したパフォーマンスをするのが難しい現状にある。

近年、オープンソースライブラリを用いた姿勢推定技術が普及している。この姿勢推定の技術と投影技術を組み合わせることは可能と考えられるが、事例としては少ない。類似した研究として、Kinect を用いて参加者の動きに合わせて変化するプロジェクションマッピングを実現[1]した例もあるが、Kinect は、専用デバイスであり、かつ古い技術であるため、アマチュアパフォーマンスでも効果的な演出を可能にするには改善する必要がある。

本研究では、書道パフォーマンスにおける動作に応じてエフェクトを投影する、応答性の高いプロジェクションマッピングを実現することを目的とする。

## 2. 開発対象

本研究において、入力用のカメラ、PC、出力用のプロジェクター、投影対象となる書道パフォーマンスをする人物が存在する環境を想定している。書道パフォーマンスの動作として想定する動きは、図 1 に示すような、壁に向かって文字を書く動作である。文字を書く動作であるため、動作の速度は限られる。このとき、両手で一本の大きな筆を持つ場合と、利き手に筆を持ち、もう片方の手で墨の入った桶を持つ場合が存在する。両手でそれぞれ一本以上の筆を持つ場合は、今回は想定しないものとする。

本研究で実現するアプリケーションの流れを図 1 に示す。まず初めにカメラからの映像を入力とする。次に、入力とした映像に対して、MMPose[3]を用いて人物の関節を検出する。そして、検出した関節のうち、いずれかの座標を選択し、任意の関節にエフェクトを重ねる。最後に、関節のある座標に重ねたエフェクトのみを、プロジェクターを用いて現実世界の人物に投影する。

<sup>†</sup> 苫小牧工業高等専門学校 専攻科 創造工学専攻 情報エレクトロニクス系 Advanced Course, Department of Engineering for Innovation, National Institute of Technology, Tomakomai College

<sup>‡</sup> 苫小牧工業高等専門学校 創造工学科 Department of Engineering for Innovation, National Institute of Technology, Tomakomai College



図 1 提案アプリケーションの外観

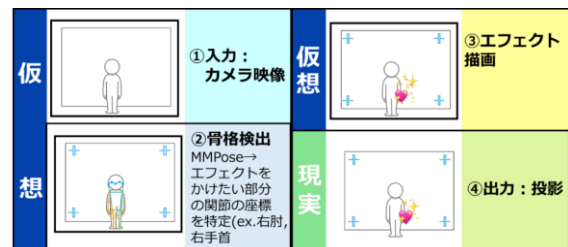


図 2 実現する手順

本研究において、エフェクトをかける関節の座標を特定するために、MMPose という姿勢推定ライブラリを用いる。MMPose は、様々な画像や動画など入力形態への対応、豊富なアルゴリズムセットなどの特徴がある。

また、本研究では、実際に書道パフォーマンスで用いることを想定し、以下の項目をアプリケーションのユーザーが設定・変更できるように実現する。

機能 A: 検出範囲の設定機能

機能 B: 検出対象の関節を設定機能

機能 C: エフェクトの種類の変更機能

機能 D: エフェクトの大きさ切り替え機能

## 3. 適用実験

今回の実験では入力をカメラからの映像とし、出力をスクリーンに投影するエフェクトのみの映像、カメラで認識している映像をそのまま映す映像の二つの映像とする。

また、今回の実験では、2. 3 節で述べた機能のうち、A, C, D を実装して、投影実験をおこなった。機能 C については、エフェクトは 2 種類の画像、2 種類の OpenCV による描画、計 4 種類のエフェクトに切り替えられるようにした。

さらに、今回は、右手首の座標にエフェクトを描画した。動作の流れは、”右手を振る、左手を振る、後ろを向く、右手を振る、左手を振る”というものにした。次に、被写体の人物に様々なポーズをとってもらい、対応できないポーズがあるか確認をした。

実験時に使用した環境を表 1 に示す. なお, 使用ライブラリについては MMPose の導入に必須となるもののみの記載である.

#### 4. 実験結果

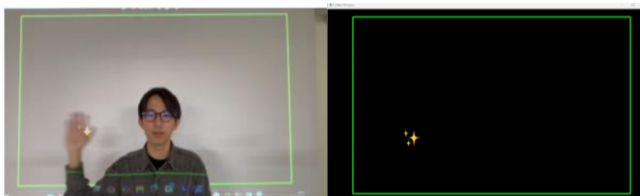
カメラ映像をそのまま表示したものを図 3 (a), 図 4 (a)に, プロジェクターから投影しているエフェクトのみの表示画面を図 3 (b), 図 4 (b)にそれぞれ示す.

緑色の枠は検出範囲を表示しており, これより外側は検出を無効としている. この検出範囲は任意のサイズにすることができる.

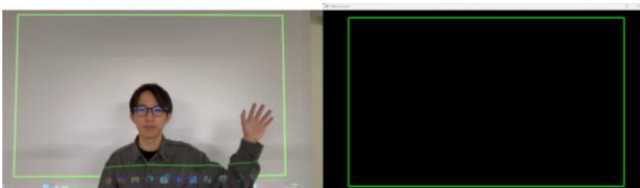
また, 今回の実験では表 1 にある通り, 3 種類のカメラで投影実験をおこなった. すべてのカメラで狙い通りの動作が確認できた.

表 1 実験環境

| ハードウェア    |  |
|-----------|--|
| GPU       | NVIDIA GeForce RTX 4060 Laptop GPU   |
| CPU       | Intel Core i7-14650HX  |
| RAM       | 32GB   |
| ソフトウェア    |  |
| OS        | Windows 11 Home 64-bit   |
| CUDA      | 11.8   |
| cuDNN     | 8.7.0  |
| プログラミング環境 |  |
| 開発環境      | Anaconda 24.9.1  |
| 開発言語      | Python 3.11.10   |
| 使用ライブラリ   |  |
| バージョン     |  |
| torch     | 2.3.0+cu118  |
| mmcv      | 2.2.0  |
| mmdet     | 3.3.0  |
| mmpose    | 1.3.2  |
| 投影環境      |  |
| カメラ       | Azure Kinect DK ※RGBカメラのみ利用<br>産業用USB3.0カメラ(DFK33UX287)<br>ビデオカメラ iVIS HF R800 |
| プロジェクター   | EB-950WH   |



(a)カメラ映像 (b)エフェクト画面  
図 3 右手首を振る動作



(a)カメラ映像 (b)エフェクト画面  
図 4 左手首を振る動作

#### 5. 考察

図 2 より, おおよそ右手首の位置にエフェクトを投影できている. また, 図 3 より, 左手首には反応していないことがわかる. 今回は, 右手首のみエフェクトを表示する仕様として設定したため, 想定通りの動作が得られたといえる. また, 作成した機能 A, C, D は, いずれも意図通りに動作した.

しかし, 右手首からは少しずれが生じている. これは, カメラの位置とエフェクト画面を投影する位置のずれから生じるものだと考える. このため, プロジェクターの位置によるカメラへの影響に関しても検討が必要である.

また, PC 画面上では遅延は見られなかったが, プロジェクターでの映写時に遅延が見られた. 肩を軸とした大きな動きに対して 1 秒未満の遅延が発生し, 手首からの小さな動きに対しては数フレーム程度の遅延が発生した. これはプロジェクターと接続して投影していることによって起こる遅延である. この遅延は, PC からプロジェクターへの映写時に発生するため, 現状では改善が難しい. また, カメラ, PC, プロジェクターなど今後, 様々な機器を利用する場面を想定し, それぞれの機器で遅延が発生することを前提としたアプリケーションを検討する必要がある.

被写体に様々なポーズをとってもらった際には, 後ろ向きで手を交差させる動作をおこなったときに右手首と左手首が誤認された. しかし, 本研究の最終目標である書道パフォーマンスでの運用においては, 左右の手を交差する動作をとることはほばないため, 影響は少ないと考えられる.

#### 6. まとめ

本論文は, 機械学習とプロジェクションマッピングを用いた書道パフォーマンスのエンターテインメント性の向上を目的とし, MMPose を用いた応答性の高いエフェクト描画を試みた. 結果として, カメラ映像を入力とし, 任意の座標に応答性のあるエフェクト描画をする画面を出力することに成功した.

今回の実験条件において, カメラとプロジェクターの投影位置のずれが生じたことから, それらを調整する機能が必要と考えられる. また, 投影時に発生する遅延を考慮する必要があるため, エフェクトの表示の方法を遅延が生じても違和感のないものにする 것도今後の課題である. さらに, 現状ではマッピングができていないため, 投影位置に関して計算処理を施すことも課題である.

今後の展望として, 本校の書道部に協力を仰ぎ, 実際の書道パフォーマンスに導入する予定である.

#### 参考文献

- [1] M. Sakamoto, T. Shinoda, T. Sakoma, T. Ishizu, A. Takei, T. Ito, "Interactive Projection Mapping using Human Detection by Machine Learning", (2020)
- [2] "YOLOv8 -Ultralytics YOLO ドキュメント", <https://docs.ultralytics.com/ja/models/yolov8/>, (2025/01/17)
- [3] "Overview - MMPose 1. 3. 2 documentation", <https://mmpose.readthedocs.io/en/latest/overview.html>, (2025/01/17)