



Title	プロジェクションマッピングを用いた演奏技術の伝達
Author(s)	牧田, 整明
Citation	令和元(2019)年度学部学生による自主研究奨励事業 研究成果報告書. 2020
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/76001">https://hdl.handle.net/11094/76001</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

## 2019年度大阪大学未来基金【住野勇財団】学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書

ふりがな氏名	まきた よしあき 牧田 整明	学部 学科	基礎工学部 システム科学科	学年	3年
ふりがな 共同 研究者氏名		学部 学科		学年	年
アドバイザー教員 氏名	岩井 大輔	所属	基礎工学研究科 システム創成専攻		年
研究課題名	プロジェクトマッピングを用いた演奏技術の伝達				
研究成果の概要	研究目的、研究計画、研究方法、研究経過、研究成果等について記述すること。必要に応じて用紙を追加してもよい。(先行する研究を引用する場合は、「阪大生のためのアカデミックライティング入門」に従い、盗作剽窃にならないように引用部分を明示し文末に参考文献リストをつけること。)				
<p><b>1. 研究の目的</b></p> <p>現在、新たに技能を身に着けようとしている人に対して、技能を伝達するにあたって印刷媒体や映像媒体といった様々な媒体がある。しかし、それらの媒体は技能の伝達において現実に相互作用しないため限界があるのではないかと考えた。そこで、より現実に相互作用することで、往來の媒体以上に正確に伝えることができるより良い媒体があるのではないかと考え、その媒体としてプロジェクトマッピングに注目した。</p> <p>本実験では、新たな媒体としてのプロジェクトマッピングに注目し、往來の媒体である印刷媒体と映像媒体とを比較し、クラシックギターの演奏技術の伝達において、どの媒体が最も効果があるのかを調べていく。</p> <p><b>2. 研究環境</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ PC : 各種演算を行う PC。NEC Lavie NS710/F</li> <li>CPU: Intel Core i7-7500U 3.5GHz、Mem: DDR4-2133 8GB×2 シングルチャンネル動作、東芝製 SSHD 1TB</li> <li>・ クラシックギター : 実験に用いるギター。RAIMUNDO 150S。</li> <li>・ 書籍「はじめてのクラシック・ギター」(リットーミュージック・ムック) : 教本を印刷媒体、付録の DVD を映像媒体として利用。</li> <li>・ Web カメラ : BUFFALO 社の BSW200MBK モデル。視野角約 120 度の広角レンズを搭載。</li> <li>・ プロジェクター : BENQ 社のモデル。ギターのフレットに光を照射するのに用いた。</li> <li>・ AR マーカー : OpenCV contrib のライブラリに存在する AR マーカー。カメラの姿勢推定に使用できるバイナリの正方形の基準マーカーで、検出が堅牢で、迅速かつ簡単である。ギターの大きさに合うように、一辺できています。また、OpenCV contrib では AR マーカーに描かれている模様毎に ID 番号が振られており、検出した AR マーカー毎に ID 番号も求めることが出来る。</li> </ul>					

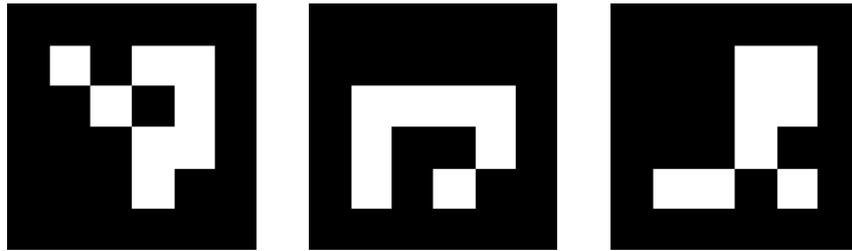


図 1 : 実際に用いた AR マーカー (左から ID は 0, 1, 2)

### 3. 実験環境の構築

クラシックギターの位置を推定し、プロジェクションマッピングを行うにあたって6つのソフトウェアやライブラリを用いた。

- (1) Visual Studio Community 2017 : マイクロソフト社が開発・販売している統合開発環境 (IDE : Integrated Development Environment)。Windows SDK のバージョン 10.0.18362.0。コーディングはここで行う。(言語は C++)
- (2) OpenCV : インテル社が開発・公開したオープンソースのコンピュータビジョン向けライブラリ。画像処理や画像解析などのライブラリを持つ。画像の前処理に利用。今回はバージョン 4.1.1 を用いた。
- (3) OpenCV contrib : OpenCV の拡張モジュール群。この中にある AR マーカーを検出するライブラリを使用した。
- (4) openFrameworks : C++のオープンソースツールキット。押さえるべき弦の位置を順次表示させていく動画を作成するために用いた。
- (5) Spout : Windows 用のオープンソース。アプリケーション間で (今回は openFrameworks と MadMapper 間) フレームがリアルタイムで相互に共有できるようにするために使用。
- (6) MadMapper : プロジェクションマッピングを行うためのソフトウェア。動画データをプロジェクターで表示させることが出来る。

これらのソフトウェアを用いたクラシックギターの位置推定の大きな流れを以下に記していく。

- ・ Web カメラから、演奏時の画像を読み込む。
- ・ Web カメラのノイズを除去するために、読み込んだ画像を OpenCV のライブラリに含まれている平滑化処理を行う。
- ・ 平滑化処理を行った画像に対し、OpenCV contrib のライブラリに含まれている AR マーカーのコーナー検出を行い、ID 毎にコーナーの一つの座標を配列に格納していく。(図 3)
- ・ 入手した座標から、ギターのフレット位置、弦の位置を求めていく。(図 4)
- ・ 押さえるフレットの位置、テンポを配列に格納し、順番に押さえるべき座標に、テンポの時間分だけ円を描画する。
- ・ 描画した画像を、Spout を通して MadMapper に送信する。(図 5)
- ・ MadMapper を用いて、Web カメラで読み込んだ位置とプロジェクターが出力する場所間における誤差を較正する。(手動)

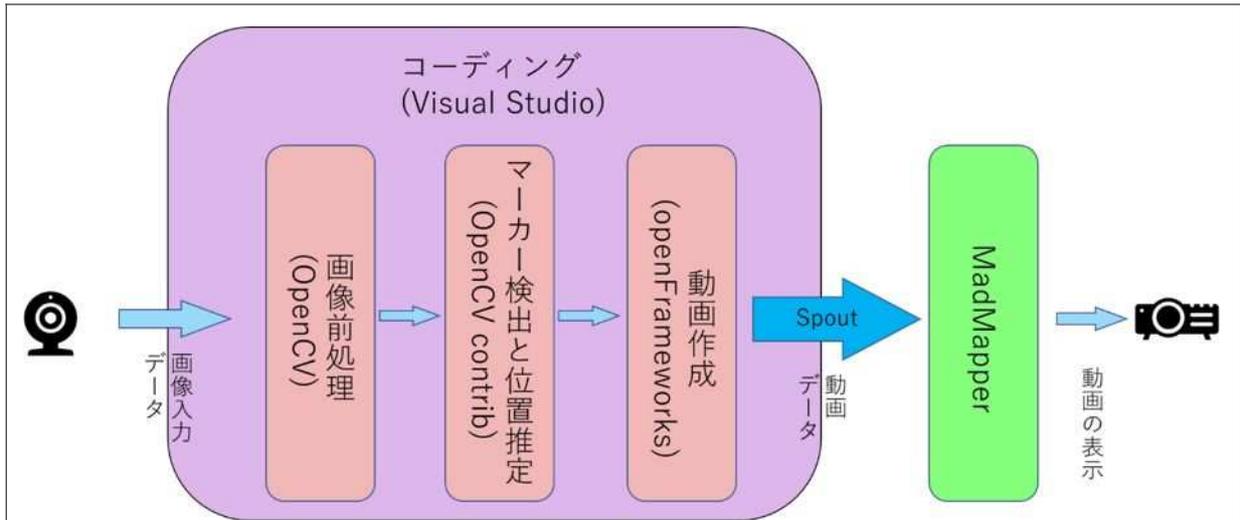


図 2 : 実験に用いたシステムのシステム図



図 3 : マーカー検出後の画像

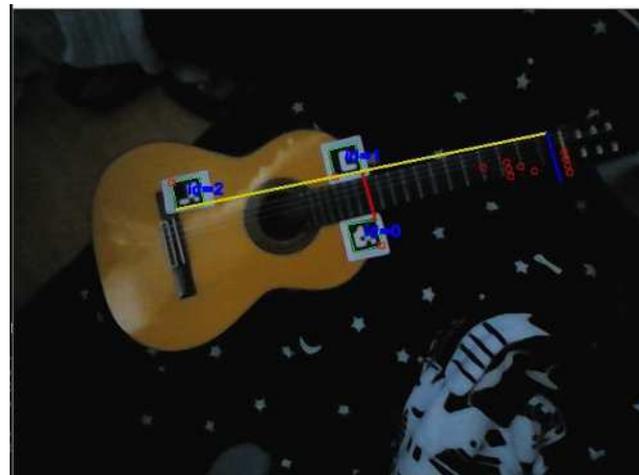


図 4 : フレットの位置推定後の画像



図 5 : MadMapper に送信した画像



図 6 : プロジェクションマッピングを行ったときの画像

#### 4. 実験方法

クラシックギターを演奏したことがない複数人を3つのグループに分ける。1つ目は運指が書かれた楽譜と印刷媒体で練習するグループ。2つ目は映像媒体と楽譜を用いて練習するグループ。3つ目はプロジェクションマッピングと楽譜で練習するグループ。この3つのグループでそれぞれ約1時間の練習を行った後、演奏を3回録音する。その録音データの中で最も音程とテンポが正確であったものを評価値とする。ただし、今回は左手にのみ注目し、音程とテンポの正確さで評価するので、基本的な右手の技能と左手の置き方は実験者に伝える。また、今回の実験で弾く曲はイングランドの民謡であるグリンスリーブスという曲の一部を用いた。



図 7：実験に用いたグリンスリーブスの楽譜

## 5. 実験結果

以下に実験結果を記す。

表 1：実験結果

被験者	グループ	ミスタッチ回数 (回)	テンポミス (回)
A	印刷媒体	1	2
B	印刷媒体	1	0
C	映像媒体	1	2
D	映像媒体	0	2
E	プロジェクションマッピング	1	1

## 6. 考察

表 1 からプロジェクションマッピングを用いて行った実験ではミスタッチが一回、テンポミスが一回という結果になった。だが、これはプロジェクションマッピングを行ったことによって、演奏支援が行われたことによって得られた結果とは言い難い。図の画像における円は半径を 3 画素で描写しており、僅か数画素ずれたとき、実空間では数 cm のずれが発生する。クラシックギターにおいてこの数 cm のずれは隣と隣の弦やフレット間の距離を容易に超えてしまう。つまり、押さえない弦やフレットに正しく描画するには数画素の誤差もなくさなければならない。そのため、手振れなどで動いている中、ギターの押さえるべき場所を正確に描画するにはリアルタイム性の精度も上げる必要がある。しかし、すべての AR マーカーが検出されるのは 1 秒間に数回程度で、リアルタイムにギターを追跡するには不十分であった。よって、押さえない位置に正確に光を描画することが出来ず、演奏支援が行われたとは言い難い結果となった。このことを解決するためにはプロジェクターの解像度をあげる、あるいは AR マーカーの検出の信頼度をあげる必要がある。

表 1 から楽譜と印刷媒体だけで練習を行ったグループと楽譜と映像媒体だけで練習を行ったグループ間に、音程とテンポの正確さには大きな違いは見られなかった。しかし、今回の評価基準に考慮していなかったが、右手の音質に関しては楽譜と映像媒体だけで練習を行ったグループの方が良く感じた。これは印刷媒体よりも映像媒体の方が、実際に経験者の弦の弾き方や音を見聞きしているために、弾き方に対する基準が出来たためだと考えられる。

## まとめ

プロジェクションマッピングにおける演奏支援が効果的に出来なかったために、どの媒体が最も技能の伝達に効果的であるのかを決めることはできなかった。しかしながら、今回の実際に実験を行って、今回の初心者を対象にした実験では映像媒体の方が印刷媒体よりも音質が良くなったが、ある程度の経験者にとっては曲想や運指が書かれている印刷媒体だけで練習した方が、より正確で効果的であるように思われた。つまり、媒体毎に効果的に伝えられることが異なっていると感じられた。よって、より効果的な伝達手段としてのプロジェクションマッピングが確立することが出来たとともに、

それは他の媒体にとって代わっていくものではなく、ほかの媒体が効果的に伝えることが出来なかった部分を補間していくものになっていくと考えられる。このことを調べるためにも、今後、より正確に伝えることが出来るプロジェクションマッピングを確立し、クラシックギターや初心者だけではなく幅広い楽器や経験者のデータをとっていく必要がある。

#### 参考文献

- ・ Qiita 「openFrameworks0.9.+MadMapper でプロジェクションマッピング」  
<<https://qiita.com/Hiroki11x/items/847ea309b6be65da08a0>> (アクセス日：2019年12月13日)
- ・ Qiita 「Visual Studio 2017 に OpenCV3.2.0 と opencv\_contrib を導入する方法」  
<<https://qiita.com/tomochiii/items/fa26404ebc5fcd4481b9>> (アクセス日：2019年12月13日)
- ・ こじ研 (小嶋研究室) 「oF 入門編 (1)」  
<<https://www.ei.tohoku.ac.jp/xkozima/lab/ofTutorial1.html>> (アクセス日：2019年12月13日)
- ・ GitHub 「aruco モジュールでマーカーを検出する」  
<<https://github.com/atinfinity/lab/wiki/aruco> モジュールでマーカーを検出する > (アクセス日：2019年12月13日)