



宮崎大学学術情報リポジトリ

University of Miyazaki Academic Repository

パフォーマーも楽しめる参加型 プロジェクトマッピングに関する研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 宮崎大学工学部 公開日: 2020-11-12 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 篠田, 貴大, 坂本, 真人, Shinoda, Takahiro メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10458/00010103

パフォーマーも楽しめる参加型 プロジェクションマッピングに関する研究

篠田 貴大^{a)}・坂本 真人^{b)}

A Study on Participatory Projection Mapping that can be Enjoyed by Performers

Takahiro SHINODA, Makoto SAKAMOTO

Abstract

In recent years, entertainment computing has received increasing attention in Japan. In this study, we focused on projection mapping. Projection mapping is a technology for creating a new space by synthesizing space and video using a projector. Many people have been fascinated by the work that combines dancer performance and projection mapping. However, in these tasks, it is necessary for the performer to accurately match the motion of the image object in the projection mapping, and it is difficult for many people. Therefore, we propose a participatory projection mapping that changes interactively according to the user's movement in order to entertain not only the people who view the projection mapping but also the performers. In this study, we focused on sports and implemented projection mapping that can perform pitching of baseball and lifting of soccer according to the user's skeleton coordinates using Kinect. Also, if the user hides from Kinect's field of view and then enters Kinect's field of view again, there is a problem that the re-following of the user's skeleton coordinates is not performed well. We approached the problem by using a cascade classifier to detect users. We asked five users to experience the projection mapping proposed in this study, and conducted a questionnaire to obtain evaluation. From the results of the questionnaire, we think that we could get a certain evaluation as to whether the performers could enjoy as well as the people who saw the projection mapping. Future tasks include the implementation of tutorial screens and texture mapping to make the operation easier to understand, so that even small children and people with physical disabilities can experience it.

Keywords: Entertainment Computing (EC), Kinect, Projection Mapping, Baseball, Soccer

1. はじめに

近年、エンターテインメントコンピューティング (EC) がますます注目され、日本の主要産業の1つとなった。

従来の工学は物質的な豊さを求められてきたが、それが飽和しつつある昨今、精神的な豊さを求めるため新しいエンターテインメントを創造するための技術とコンテンツの研究を行う研究分野がエンターテインメントコンピューティングである。その中でも本研究では、プロジェクションマッピングに着目した。

プロジェクションマッピングは、プロジェクターを使用して空間と映像を合成することにより、新しい空間を作成する技術である。多くの人がダンサーのパフォーマンスとプロジェクションマッピングを組み合わせた素晴らしい世界を作り出す作品に魅了されたことがあるだろう。ただし、これらの作業では、パフォー

マーがプロジェクションマッピングの画像オブジェクトの座標に正確に動きを合わせる必要があるが、これは多くの人にとっては困難であると考えられる。

本研究では、プロジェクションマッピングを見聞きする人々だけでなく、パフォーマーも楽しませるために、ユーザの動きに応じて映像がインタラクティブに変化する参加型のプロジェクションマッピングを提案する。

2. 先行事例

プロジェクションマッピングを用いた高い演出効果を生み出す先行事例としては、まず、建物への投影が挙げられる。図2.1に東京ディズニーランドで2014年5月から2017年11月まで行われた「Once upon a time」を示す。

a) 工学専攻機械・情報系コース大学院生

b) 情報システム工学科准教授

シンデレラ城にマッピングをし、驚きと感動を届けた。現在もシンデレラ城で新たなプロジェクションマッピングが行われている[1]。また、図 2.2 の 2016 年 8 月に開幕した「リオオリンピック」開閉会式でもプロジェクションマッピングは行われた。2 万ルーメンのプロジェクターをメインに 333 台のプロジェクターが使用された。開会式では、プロジェクションマッピングを駆使した美しい映像演出が反響を呼び、南米初開催となったオリンピックを強く印象づけた[2]。



図 2.1. 東京ディズニーランド Once upon a time[3].



図 2.2. リオオリンピック[4].

次にライブやコンサートなどのイベントが挙げられる。安室奈美恵は、二段構えの垂直のセット、6 面の縦長のビジョンを用い、ダンサー 3 人とプロジェクションマッピングが重なるような演出を行った[5]。また、Perfume がフランス・カンヌで 6 月に開催された世界最大の広告祭「カンヌライオンズ 国際クリエイティビティ・フェスティバル」でのパフォーマンスで、プロジェクションマッピングを行った(図 2.3)。3 人がまとう真っ白な衣装がスクリーンとなり、次々と色鮮やかな

グラフィックが映し出された。このようにステージの背景だけでなく、アーティスト自身に投影を行うような例もある。



図 2.3. Perfume カンヌライオンズ 国際クリエイティビティ・フェスティバル [6].

他にも、プロジェクションマッピングは、エンターテインメント分野だけでなく、図 2.4 のような、手術をリアルタイムでナビゲーションする装置など、医療分野でも応用されている。



図 2.4. 肝臓の ICG 発行をもとに切離線を決め、修正しながら手術が可能[7].

3. 提案手法

3.1 使用装置

3.1.1 Kinect for Windows

Microsoft から販売された、コントローラーを用いずに身体の動き、ジェスチャー、音声などによって操作を可能にする周辺機器である。

Kinect には、赤外線センサー、8 ビット 3 チャンネル(RGB)の画像データを取得する RGB カメラ、Kinect からの距離(深度)の画像データを取得する深度画像セン

サー、音の発生場所を求める音源位置推定が可能な音声マイクが搭載されている。また、Kinect の最も特徴的な機能が「姿勢認識技術」である、人間の全身を認識してその動きによる操作をしている。これにより、深度画像をもとに、人体のパーツがどこにあるのかを推測することができる[8]。

本研究では、Kinect for Windows v1を使用した。



図 3.1. Kinect for Windows[8].

3.1.2 プロジェクター

投影を行う際に使用した。



図 3.2. プロジェクター。

3.2 開発環境

以下の開発環境で実装を行った。

- OS: Windows10
- IDE: Visual Studio 2017
- プログラミング言語: C++
- ライブラリ: OpenNI2, NiTE2, OpenCV, OpenGL

3.2.1 OpenNI2

OpenNI2 は PrimeSense 社が中心となって開発したオープンソースのライブラリである[9]。

3.2.2 NiTE2

NiTE2 とは、OpenNI2 同様、PrimeSense 社が提供している姿勢認識ライブラリであり、OpenNI2 のミドルウェアとして利用する。機能として、人の検出、骨格検出、ポーズの検出、ジェスチャーの検出などがある[9]。

3.2.3 OpenCV

OpenCV (Intel Open Source Computer Vision Library) は、Intel によって開発された無償の画像処理ライブラリ集であり、画像の変形やテンプレートマッチング、パターン認識、動画解析等の画像処理アルゴリズムが数多く用意されている。静止画だけでなく動画像やビデオカメラからの入力にも対応しているため、パソコンのスペックやアルゴリズムによってはリアルタイムで処理することができる[10]。

3.2.4 OpenGL

OpenGL[11][12]は、ワークステーションやパソコンにグラフィックスを表示するためのソフトウェア・インターフェース（デブス・バッファ法による三次元グラフィックス・ライブラリ）である。そして OpenGL は照光処理、シェーディング、テクスチャ・マッピング、陰面除去、アニメーション機能を備えているインターフェースであり、非常に高品質のグラフィックス表示を可能とするものである[13]。

3.3 システムの概要

本研究では、スポーツに焦点を当て、野球とサッカーの動作を行うことができるプロジェクションマッピングを実装した。

ユーザに図 3.7 の Combination 画面の投影を行い、ユーザのスケルトン座標に応じてインタラクティブにプロジェクションマッピングを変化させる[14][15]。

3.3.1 表示画面

以下の 9 つの画面を出力する。

- Ball 画面: スポーツで用いるボール (図 3.3)
- Color 画面: RGB カメラの映像 (図 3.4)
- Depth 画面: 深度カメラの映像 (図 3.5)
- User 画面: 人領域の映像 (図 3.6)
- Combination 画面: 投影用 (図 3.7)
- Combination_PC 画面: PC 用 (図 3.7)
- Skeleton 画面: 人の骨格情報 (図 3.8)
- Gray 画面: Color 画面にグレースケールを実行し

た画面（図 3. 9）

- Cascade 画面：黒い背景画像に Gray 画面を合成し

た画面（図 3. 10）



図 3. 3. Ball の画面表示.



図 3. 4. Color の画面表示.



図 3. 5. Depth の画面表示.



図 3. 6. User の画面表示.

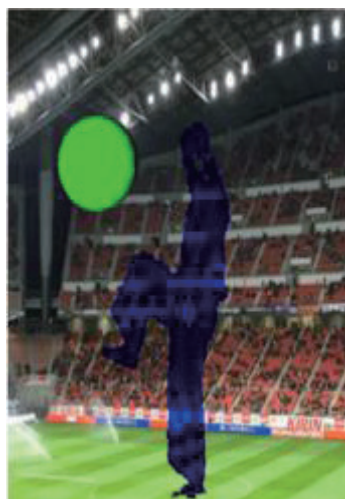


図 3. 7. Combination と Combination_PC の画面表示.



図 3. 8. Skeleton の画面表.



図 3.9. Gray の画面表示.



図 3.10. Cascade の画面表示.

3.3.2 スケルトンナンバー

Kinect for Windows v1において、スケルトンナンバーは図 3.11 に示すように割り当てられている。



図 3.11. スケルトンナンバー.

0	頭
1	首
2	左肩
3	右肩
4	左肘
5	右肘
6	左手
7	右手
8	胴体
9	左腰
10	右腰
11	左膝
12	右膝
13	左足
14	右足

表 3.1. スケルトンナンバーと体の位置関係.

システム起動時のスケルトン認識の不安定さを防ぐために、ユーザは「気を付け」のポーズをとる事とする。このポーズは以下に示す状態のポーズとする（図 3.11）。

- 左肩と右肩のy座標の差が420mm未満
- 左肘と右肘のy座標の差が450mm未満

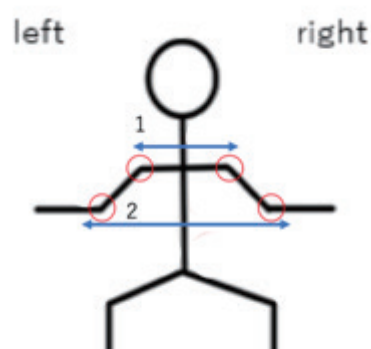


図 3.12. 「気を付け」のポーズ.

それぞれのモードにおいて、一連の動作が終了すると初期化を行う。それによって、連続して投影を行うことを可能にした。

それぞれのモードに切り替わる前は、画面は黒い初

期画面である。

3.3.3 野球モード

ピッチングの一連の動作を行う際に、野球ボールと野球場の投影を行う。



図 3.13. 野球モードの背景画像[16].

ボールは投げる際に音になり、飛距離が伸びるにつれ、徐々に小さくする事で実際にボールを投げたかのような演出を行う。ボールの位置が x 座標のしきい値（被験者から見て画面左端）より大きくなった場合、ボールは消えて初期化される。

以下にピッチングの手順を示す。

1. 胸の付近で両手を構える（以下の 6 つの条件を満たす必要がある）
 - 左肘の x 座標と胸の中心の x 座標の差が200mm未満
 - 左肘の y 座標と胸の中心の y 座標の差が200mm未満
 - 右肘の x 座標と胸の中心の x 座標の差が200mm未満
 - 右肘の y 座標と胸の中心の y 座標の差が200mm未満
 - 首の y 座標と左手の y 座標の差が200mm未満
 - 首の y 座標と右手の y 座標の差が200mm未満
2. 頭より上に来るように右(左)手を振り上げるとボールが出現し動き出す(以下の条件で認識する)。
 - 振り上げた右(左)手の y 座標が頭の中心の y 座標よりも高い

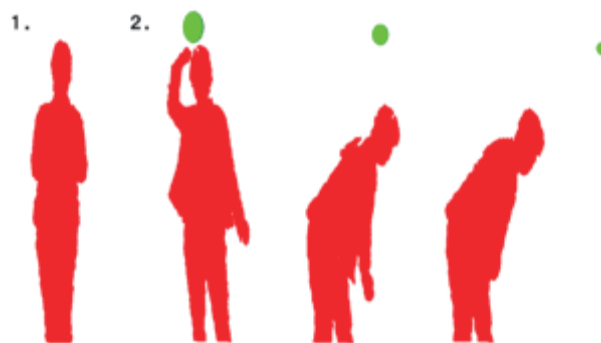


図 3.14. 野球モードを実行した際の combination 画面表示。

3.3.4 サッカーモード

リフティングの一連の動作を行う際に、サッカーボールとサッカー場の投影を行う。

ボールは蹴り上げる際には音になる。また、ボールの位置が y 座標のしきい値(画面下)より低くなった場合、ボールは消え初期化される。

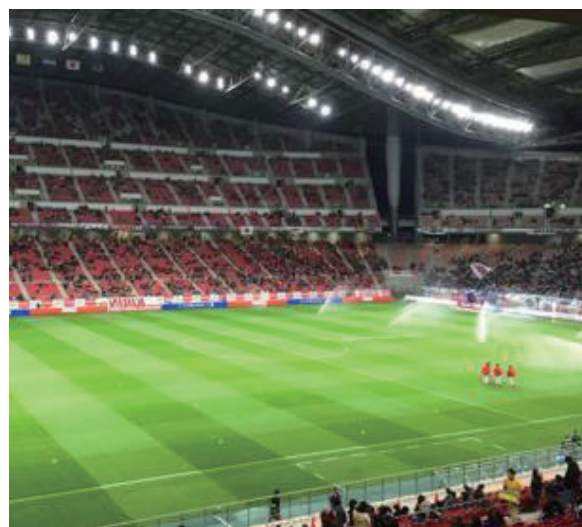


図 3.15. サッカーモードの背景画像。

以下にリフティングの手順を示す。

- b, c. 右(左)膝を右(左)腰ほどの高さになるように蹴り上げるとボールが出現する（以下の条件で認識する）
 - 右(左)膝の y 座標が右(左)腰から300mm低い位置より高く蹴り上げると、ボールが出現し動き出す。

b, c. 右(左)膝を下ろすとボールは下がり続ける

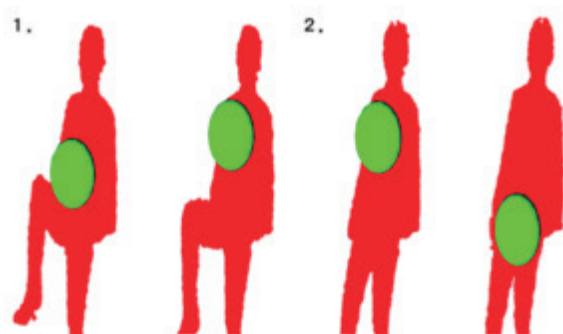


図 3.16. サッカーモードを実行した際の combination 画面表示.

また、リフティングの動きは、次の物理演算を使用している.

y 座標は上向きを正とし、プロジェクションマッピングの画面中央を $y = 0$ とする.

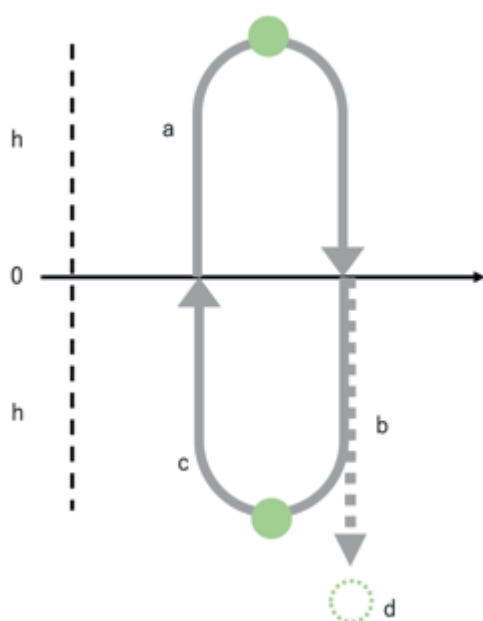


図 3.17. リフティングのボールの動き.

- v_0, v'_0 : 初速度
- t : 時間
- $g(g = 9.8)$: 重力加速度

a. ボールの位置が $y \geq 0$ の場合

$$y = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (1)$$

$v_0 = 25$ とすると

$$y = v_0 25 - \frac{1}{2} g t^2 \quad (2)$$

b, c. ボールの位置が $y < 0$ の場合

b 一定速度で落下

c ボールを蹴り上げる動作をした時

$$y = v'_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (3)$$

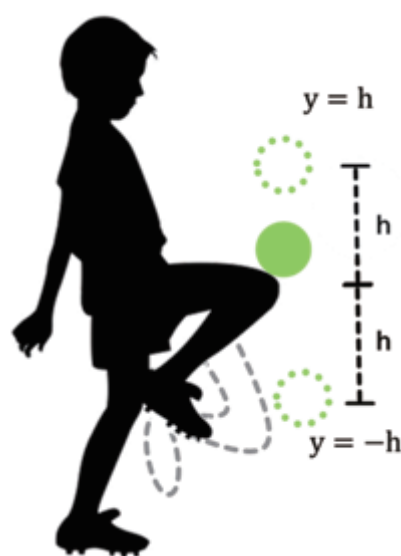


図 3.18. ボールを蹴り上げた時点でのボールの位置.

- ボールの最高点の位置を $y = h$
- ボールを蹴り上げた時点でのボールの位置を $y = -h$

上記のように仮定する.

連続したリフティング動作を行えるようにするため、a でのボールの最高点に、再び蹴り上げたボールの高さをそろえる. これを実現させるため、以下の計算を行う(図 3.17 参照).

a より

$$v^2 - v_0^2 = 2(-g)h \quad (4)$$

最高点の速さは $v = 0$ より

$$0 - v_0^2 = 2(-g)h \quad (5)$$

よって

$$v_0 = \sqrt{2gh} \quad (6)$$

c より

$$v^2 - v_0^2 = 2(-g)(2h) \quad (7)$$

最高点の速さは $v = 0$ より

$$0 - v_0'^2 = 2(-g)(2h) \quad (8)$$

よって

$$v'_0 = \sqrt{4gh} \quad (9)$$

以上より

$$v'_0 = \sqrt{2}v_0 \quad (10)$$

よって v'_0 は v_0 の $\sqrt{2}$ 倍である.

$$v'_0 = 25 * \sqrt{2} \cong 35.4 \quad (11)$$

より

$$y = 35.4 * t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (12)$$

d より

ボールが閾値より低くなった場合ボールは消える

3.3.5 カスケード分類器を用いたユーザのポーズ認識

Kinect には、スケルトントラッキングの対象となる人物を認識した人物から無作為に選択する問題が存在している[17]. 骨格座標を用いた手法では、ユーザが Kinect の視野から隠れた後、再度 Kinect の視野内に入った場合、ユーザの骨格座標の再追従が上手く行われない問題があった[18]. その問題を解決する手段として、図 3.10 の Cascade 画面にカスケード分類器を用いてユーザの検出を行う手法を提案する.

3.3.5.1 AdaBoost

ブースティングは、弱い分類器を順次生成し、それらを組み合わせて強い分類器を作成する学習アルゴリズムである[19].

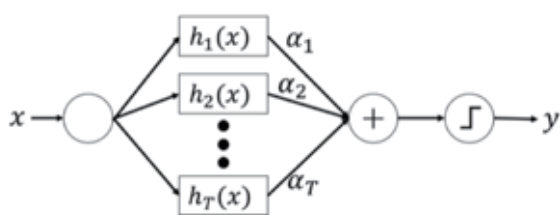


図 3.19. AdaBoost[21].

本研究では、さまざまなブースティング手法の中で AdaBoost と呼ばれる手法を使用した. AdaBoost は、学習プロセス中に分類器の認識率に適応的に重み付けすることにより学習することにより、高精度で分類器を作成する手法である[20].

図 3.19 において、 $h_T(x)$ は T 個目の特徴量を指し、 α は重みを指す.

■ ブースティングのおおまかな流れ[22]

1. 弱学習器 $h_1(x)$ を作る
2. $h_1(x)$ の結果を考慮して、次の弱学習器 $h_2(x)$ を作る
3. 以下順々に、 $h_{t-1}(x)$ の結果を考慮して、次の弱学習器 h_t を作る
4. h_T まで作ったら、 $h_1(x)$ から $h_T(x)$ までをまとめて強学習器 $h(x)$ を作る

3.3.5.2 画像の特徴抽出

カスケード分類器は、学習時に特徴量の抽出を行う. 以下に 3 つの特徴量の抽出方法を示す.

- Haar-like 特徴量
 - Local Binary Pattern (LBP) 特徴量
 - Histogram of Oriented Gradients (HOG) 特徴量
- 本研究では、LBP 特徴量を用いた.

3.3.5.3 LBP 特徴量

LBP とは、画像の認識と分類に使用できる特徴量の 1 つである[21][23]. LBP は回転変動などには弱いですが、照明変化の影響を受けにくく、また高速計算が可能といった特徴がある.

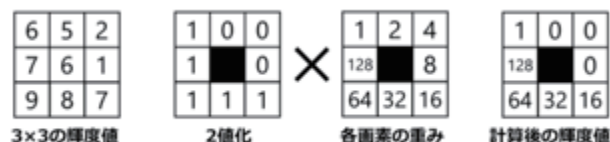


図 3.20. LBP の計算方法[21].

LBP の計算は 3×3 ピクセルサイズの画素領域に着目し行う。まず中心の輝度値と周辺 8 近傍の画素の輝度値を比較する。その 8 近傍の内、輝度値が中心の輝度値以上のとき 1、それ以外を 0 とする。ここにマスクを掛け合わせ、その総和を求めこの値が中心画素の輝度値と置き換える。マスクとは、左上から時計回りに 2^n の重みを割り振ったものである(図 3.20 右から 2 番目の図)。この作業を全画素に対して行い、できた画像を LBP 画像と呼ぶ。こうして求めた LBP 特徴量を用いて物体を認識する。

3.3.5.4 サッカーモードにおけるカスケード分類器の作成

サッカーモードにおいて、ユーザが膝でボールを蹴り上げている動作を行っている画像をポジティブ画像、ユーザがそれ以外の動作を行っている画像をネガティブ画像として学習を行うことで、カスケード分類器を作成した。



図 3.21. ポジティブ画像.



図 3.22. ネガティブ画像.

ポジティブ画像	ネガティブ画像
1200	345

表 3.2. 学習に用いた画像枚.

カスケード分類器を用いたサッカーモードのユーザ認識の図を以下に示す。



図 3.23. カスケード分類器を用いたサッカーモードのユーザ認識.

4. 実行結果

以下にサッカーモードと野球モードの実行結果を示す。



図 4.1. サッカーモードの実行結果.



図 4.2. 野球モードの実行結果.

5. 評価実験

5.1 評価方法

図 5.1 のようにプロジェクターと Kinect を配置する。体験者は Kinect の正面に立つ。

本研究で提案したプロジェクションマッピングの評価を得るために、5 名の被験者に体験してもらい、アンケートを実施した。



図 5.1. 評価実験環境図。

アンケートの質問内容を以下に示す。

- Q1. 操作はわかりやすいか? [5 段階評価]
 Q2. わかりづらかった場合、どこがわかりづらいか?
 Q3. 楽しさについての満足度はどれくらいか?
 [5 段階評価]
 Q4. 今後の改善点や意見・要望

5.2 評価結果

図 5.2 にアンケート結果を示す。

Q1 の操作のわかりやすさに関しては平均 4 点を得ることができた。

Q2 のわかりにくかった部分では「操作方法が口頭での説明だったので、教えてもらうまでわからなかった。」という回答が得られた。

Q3 の楽しさに対する満足度に関しては平均 4.2 点を得ることができた。

Q4 の今後の改善点や意見・要望に関しては以下の回答が得られた。

- 「ボールをリアルにして欲しい」
- 「膝以外でもリフティングしたい」
- 「観客の声援が欲しい」
- 「回数表示機能が欲しい」
- 「チュートリアルが欲しい」

- 「音に臨場感が欲しい」
- 「何かゲーム性が会ったらもっと楽しめると思う」
- 「認識が上手くいかなかった」
- 「ボールが遅くなっている点が気になった」
- 「卓球も追加して欲しい」
- 「もうちょっと FPS を上げて欲しい」

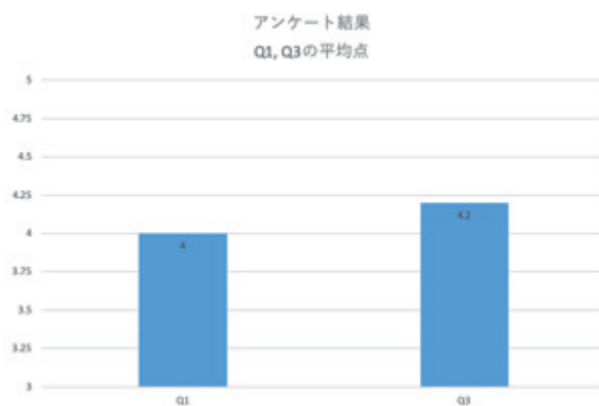


図 5.2. アンケート結果。

6. 考察

評価結果より、プロジェクションマッピングを見る人々だけでなく、ユーザも楽しめるかについては一定の評価を得る事ができた。

しかし、カスケード分類器を用いた手法では、誤認識があり改善の余地があると考ええる。

今後の課題としては、アンケートの回答から得られた

チュートリアル画面の実装、ボールへのテクスチャマッピング、サッカーモードにおいてリフティング可能部位の増やす、FPS の向上や、体の小さな子供や体の不自由な方にも体験してもらえるようにすることなどが挙げられる。

7. おわりに

本研究では、プロジェクションマッピングを見る人々だけでなく、パフォーマーも楽しませる事を目的に、Kinect と OpenCV を用いて、パフォーマーの動きに応じてインタラクティブに変化する参加型のプロジェクションマッピングを提案した。

これにより、今まではパフォーマーがプロジェクションマッピングの画像オブジェクトの座標に正確に合わせる必要があり多くの人にとっては困難だった作業が、誰もが楽しく簡単に行うことが可能になったと考える。

また、今後お互いの動きのズレをさらに減らす事でよりリアルな舞台演出が期待できる。

今後も、プロジェクションマッピングを見ている人だけではなく、ユーザもより楽しめるプロジェクションマッピングの実現を目指していきたい。

参考文献

- [1] ディズニーランド「ワンス」11月で終了へ。シネマトゥデイ：
<https://www.cinematoday.jp/news/N0090846>
(online).
- [2] オリンピック大会を支えた製品・技術。パナソニック：
<https://www.panasonic.com/global/olympic/ja/rio/solution/dlp.html> (online).
- [3] [ディズニー]初プロジェクションマッピングに『アリス』『シンデレラ』...知っておきたい6つのポイント3枚目の写真・画像。cinemacafe.net：
<https://www.cinemacafe.net/article/img/2014/05/19/23508/106689.html> (online).
- [4] リオの会場に咲いたパナのプロジェクションマッピング。オリパラスポーツイノベーション：
<https://style.nikkei.com/article/DGXMZ006971870X00C16A9UP2000> (online).
- [5] 自己最長ツアー「LIVE STYLE 2016-2017」に見た、安室奈美恵というパフォーマーの矜持。SPICE：
<https://www.cinemacafe.net/article/img/2014/05/19/23508/106689.html> (online).
- [6] きらめく日本技術。niponica：
<http://webjapan.org/niponica/niponica14/ja/feature/feature03.html> (online).
- [7] プロジェクションマッピング技術を手術ナビゲーションシステムに応用。国立研究開発法人 日本医療研究開発気候：
https://www.amed.go.jp/pr/2017¥_seikasyu¥_02-16.html (online).
- [8] 西林孝, 小野憲史: キネクトハッカーズマニュアル, ラトルズ. 2011年.
- [9] 小川新太: モーション・キャプチャ・デバイスを利用した人物追尾ロボット, 中京大学 情報理工学部 機械情報工学科 2014年度 卒業論文.
- [10] 永田雅人: 動画処理ライブラリーOpenCV, 映像情報メディア学会誌. 2007.
- [11] 三浦憲二郎: OpenGL 3D グラフィックス入門, 朝倉書店. 1995.
- [12] クレイトン・ウォルカム: Win32 OpenGL プログラミング, プレンティスホール出版 (1996).
- [13] 中田吉郎, 滝沢俊治, 上林正己, 中野達也: OpenGLを用いた生体分子の立体構造表示プログラム, J. Chem. Software, Vol. 6, No. 4, p. 157-164 (2000).
- [14] Makoto Sakamoto, Takahiro Shinoda, Takahiro Ishizu, Masamichi Hori, Amane Takei and Takao Ito: A Proposal of Interactive Projection Mapping Using Kinect, 2018 International Conference on Information and Communication Technology Robotics (ICT-ROBOT2018), IEEE, Busan, South Korea, DOI: 10.1109/ICT-ROBOT.2018.8549899, September 2018.
- [15] Makoto Sakamoto, Takahiro Shinoda, Takahiro Ishizu, Amane Takei and Takao Ito: Projection Mapping: Interactive Operation using Kinect, International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) ISSN: 2277-3878, Volume 8, Issue 4, pp.9307-9313, November 2019.
- [16] Sports Graphic. NumberWeb:
<https://number.bunshun.jp/articles/-/158512>
(online).
- [17] 濱砂雅人, 伊藤暢浩, 幸塚義之: 人ごみにおける Kinect センサの誤認追跡の改善について, 30th Fuzzy System Symposium, Kochi, September 1-3, 2014.
- [18] Takahiro Shinoda, Makoto Sakamoto, Takahiro Ishizu, Kenji Sakoma, Amane Takei and Takao Ito: Proposal of Interactive Projection Mapping using Human Detection by Machine Learning, The 2020 International Conference on Artificial Life and Robotics(ICAROB2020), B-Con Plaza, Jan. 13-16, Beppu, Oita, Japan, 2020.
- [19] Nobuyuki Nishiuchi, Takuma Suzuki, Kimihiro

Yamanaka: Development of Work Posture Evaluation System Using Boosting, J Jpn Ind Manage Assoc 62, 51-58, 2011.

[20] Yoav Freund, Robert E Schapire: A Decision-Theoretic Generalization of On-Line Learning and an Application to Boosting, journal of computer and system sciences 55, 119-139 (1997).

[21] 森まどか, 會澤要, 鈴木拓央, 小林邦和: カスケード型分類器を用いた照明環境変化にロバストなサッカーボール認識, 人工知能学会研究会資料. JSAI Technical Report SIG-Challenge-051-5 (5/4).

[22] ブースティングとアダブースト (AdaBoost) について詳しく解説, 具体例で学ぶ数学:
<https://mathwords.net/adaboost> (online).

[23] Ojala T, Pietikainen M, Harwood D: Performance evaluation of texture measures with classification based on Kullback discrimination of distributions, Proc. 12th International Conference on Pattern Recognition (ICPR 1994), Jerusalem, Israel. Vol I, 582-585. (1994).