

# リアルタイム視覚的フィードバックによるバスケットボールシュートフォーム改善システム

宮澤 俊介<sup>†1</sup>  
青山学院大学

木村 正子<sup>†2</sup>  
青山学院大学

ロペズ ギヨーム<sup>†3</sup>  
青山学院大学

## 1. はじめに

近年、行動認識の分野において、身体に装着したウェアラブルデバイスから加速度などの情報を取得し解析する手法と、カメラから得た映像を基に画像分析をする手法が注目されている。スポーツ分野では、トレーニングや試合中のパフォーマンスを評価するために、選手の情報を取得する技術が注目され、実際に利用されているものもある [1]。

スポーツ動作を詳細に分析することで、パフォーマンスやスキルの評価を行うことができ、選手の技術向上を支援することができる [2]。バスケットボールにおいて、フリースロー (FT) シュートの得点はチーム全体の得点の 20~25% を占めているため、試合の勝敗に大きな影響を及ぼす。さらに、NCAA (全米大学体育協会) ディビジョン 1 の男子バスケットボールの 490 試合において、試合時間の残り 5 分以降の両チームの得点のうち 35% は FT によるものであるという報告もあり、FT はとても重要なゲーム要素であることが分かる [3]。得点を得るには、シュートの成功率を上げることが重要であり、正しいシュートフォームの習得がそれに大きく起因している。シュート動作においては、脚伸展力等の下肢による上昇力を上肢に上手く連動させることが重要である [4]。得点を得るため、ゴールまでの距離に応じた力と、選手とゴールを結ぶ直線 (シューティングライン) に沿って真っすぐボールを飛ばす必要がある。下肢の動作は主にボールを飛ばす距離に影響する。一方、ボールを飛ばす角度のおよびシューティングラインを制御するのは上肢の動作である [5]。しかし、現在のシュート習得支援技術ではカメラと画像処理を組み合わせたシステムが多く、その利用は金銭面や設備環境に大きく左右されている。ウェアラブルデバイスを用いたシステムにおいても、評価できる指標が限られていることが、これまでの課題点として挙げられる。

本研究では、バスケットボールのシュートにおいて、ウェアラブルデバイスを利用した理想的なシュートフォームの習得支援を目的に、セット・フォームにおける前腕の左右の角度を理想的な角度に近づけるようなフィードバックシステムの開発を目標としている。

アラブルデバイスを利用した理想的なシュートフォームの習得支援を目的に、セット・フォームにおける前腕の左右の角度を理想的な角度に近づけるようなフィードバックシステムの開発を目標としている。

## 2. 関連研究

### 2.1. バスケットボールにおけるカメラを用いた動作認識

バスケットボールの動作に関する研究は、カメラの映像を用いた画像解析に関するものが多くある [6][7]。石垣らの研究では、Open Pose から得られる 2 次元情報を用いて、経験者と未経験者のバスケットボールにおけるシュートフォームの比較評価が行われている [8]。2 次元情報を解析することで、シュート時の肘、肩、膝関節における理想的な角度を算出した。結果として、セットとリリースの中間のタイミングである「動作の区切り」のとき、右脇の角度  $\theta_1$  が  $90 \pm 5$  度となること、リリース時の右肘角度  $\theta_3$  が 135 度から 140 度であることが経験者のデータから得られた。

小林らは、骨格検出ライブラリを用いて動作を解析することで、未経験者に対してバスケットボールのシュート動作を指導する際の効果的なインストラクションを明らかにした [9]。動作解析、先行研究および指導書からシュート成功率を向上させるためには、シュート動作において左右方向の調整力を優先的に指導することが有効である。さらに左右方向に曲がる要因を少なくするためには、シューティングハンド側の関節アライメントを一直線にし、シューティングラインに沿って各関節を動かすことが有効であることが示された。

### 2.2. バスケットボールにおけるウェアラブルデバイスを用いた動作認識

Guo らは、手の甲に装着した 3 軸慣性センサから選手のスキルレベルを分類する手法を提案した [10]。被験者は、10 名のアマチュア選手と 8 名のプロバスケットボール選手の計 18 名で計測を行い、畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を用いてスキルレベルの分類を行った。結果として、最も正確な個々の成分は、上向き加速度であり精度は

A Real-Time Visual Feedback System for Improving Basketball Shooting Form

<sup>†1</sup> SHUNSUKE MIYAZAWA, Aoyama Gakuin University

<sup>†2</sup> SHOKO KIMURA, Aoyama Gakuin University

<sup>†3</sup> GUILLAUME LOPEZ, Aoyama Gakuin University

82%であった。さらに、いくつかの軸を CNN の入力として用いると、精度は最大で 88% と高い精度でプロの選手とアマチュアの選手のシュートを分類することができた。しかし、選手のシュート技術向上に関する支援は行われていないこと、またセンサをテーピングで手の甲に装着しているため、シュート時の不快感が課題点として挙げられる。

Lin らは、選手の実際のシュート軌道を目標のシュート軌道と比較して視覚化するシステムを開発した [11]。システム構成として、4 台の視覚カメラ (FLIR 画像処理処理システム) を用いてボールの動きを追跡し、これらの情報からモニターにボールの軌道を映し出す 2D システムとヘッドマウントディスプレイ (HMD) に軌道を映し出す AR システムを開発した。実験において、経験者 10 名を対象とし、それぞれに通常のシュート、2D システム、AR システムを使用してフリースローを実施した。結果としてシステムを使用した場合、ほとんどの被験者で投射角度の一貫性が向上した。さらに、被験者への実験後アンケートから、AR や 2D による視覚化はシュートを改善させるために役立つことが示唆された。しかし、多くのカメラを使用するため環境的制約が生まれてしまうことや HMD の重さによるシュートへの影響、着用による不快感が課題として挙げられる。

河田らは、セット・フォームにおける肩関節周りの角度に注目し、なかでも矢状面と前額面における角度のばらつきを減少させるデバイスを開発した [12]。3 軸の加速度センサと 2 軸の角速度センサから、肩関節の前額面の角度を  $\Phi$ 、矢状面の角度を  $\theta$  として、角度を算出し、これらの角度がフリースローを打つたびに一定の範囲内に入るよう聴覚フィードバックを行った。基準となる角度は、熟練者 2 名のフリースロー成功時におけるセット・フォームを基に算出し、前額面の基準角度を 100 度、矢状面の基準角度を 130 度とし、許容範囲を  $\pm 5$  度と設定した。結果として、ゴール率の向上は見られなかったものの、リングに当たるがゴールはしないリング率が、20% 有意に向上した。また、セット・フォームの安定性、再現性が確認され、各々が安定したフォームを習得することができ、シュート技能向上には、熟練者のフォームを模倣させることで各々のフォームを習得することが可能になることが示唆された。

このように、バスケットボールのシュート時において上肢の関節動作、特に肩や肘、手首の動作が大事とされている。シュート技術改善のためには、左右方向の調整力を優先的に指導することが有効であることが示されている。シュート技術支援については、経験者を対象に HMD を用いてシュート軌道を提示することでスキル向上が示唆されている。さらに、未経験者に対しセット時の肩や腕の角度をフィードバックすることでシュートフォームが向上する。しかし、使用しているデバイスの不快感や環境的制約が課題点としてあげられる。以上のことから、本研究ではスマートウォッ

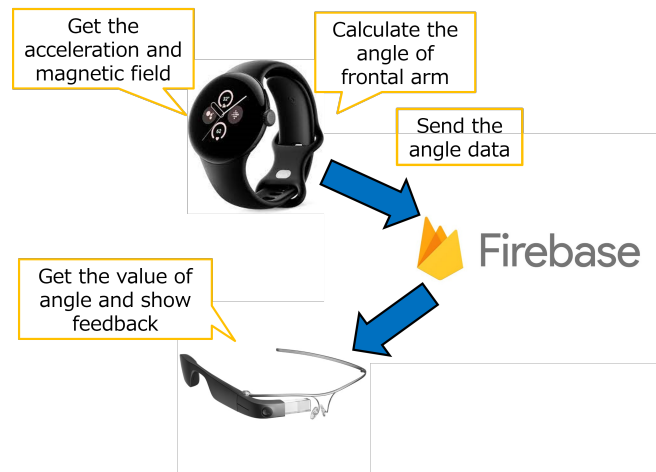


図1 システムの全体像

チと軽量で装着しやすいスマートグラスを使用し、セット・フォームにおける前腕の左右の角度を理想的な角度に近づけるよう視覚的フィードバックを行い、理想的なシュートフォームを習得させることを目標とする。

### 3. リアルタイムフィードバックシステム

#### 3.1. システム概要

本システムでは、セット・フォームにおける前腕の左右の角度を理想的な角度に近づけるよう視覚的フィードバックを行う。システムの全体像を図 1 に示す。腕の角度を取得するため、Google 社の Google Pixel Watch を用いた。また、視覚的フィードバックを行うため、Google Glass を使用した。

Pixel Watch 上で加速度および地磁気センサから値を取得し、角度を算出する。この値を Wi-Fi を用いてリアルタイムで Firebase へ送信する。Firebase への送信は、角度が更新されると随時行われる。Google Glass では、Firebase から角度を取得し、その値に応じてフィードバックを行う。

Google Glass 上では、理想的な角度であれば図 2、理想的な角度でなければ図 3 のような画面を表示する。シュート時のプレイヤーの視点はリングに向くため、リングを見ながらも色を変化させることでフィードバックがわかりやすいようにした。

#### 3.2. 角度算出手法

本研究では、スマートウォッチのデバイスの向きを取得することで、前腕の左右の角度を算出する。まず、スマートウォッチの加速度、地磁気センサにより値を取得する。生データには多くのノイズが含まれているため、ローパスフィルターを使用してノイズを除去した。この 2 つのセンサに



図2 理想的な角度のときのスマートグラス上の画像



図3 理想的な角度でないときのスマートグラス上の画像



図4 シュートを構成する動作

よる値から、Android OS のライブラリーが提供する、回転行列を算出する関数と、デバイスの向きを算出する関数を利用し、角度を算出した [13].

### 3.3. シュート動作の定義

バスケットボールのシュートの段階には普遍的特徴があり、それぞれの動作を定義づけた研究がある [12][14]. バスケットボールのシュートを構成する動作の定義を以下の項目と図4で説明する.

1. ホールド：シュートの準備段階で、両足は肩幅に開き、両手でボールを腰の高さで体に近づける.
2. セット：肩や肘を屈曲させ、ボールを上昇することでボールをリリースする位置を決める.
3. リリース：肘の伸展と手首の屈曲によりボールをリリースさせる.
4. フォロースルー：リリース動作で行った肘の伸展と手首の屈曲を最後まで十分に振り切る動作.



図5 実験風景

本研究では、関連研究により重要性が示された、左右方向のずれを減少させることに焦点を当てている. 左右方向に曲がる要因を少なくするためには、シューティングハンド側の関節アライメントを一直線にし、シューティングラインに沿って各関節を動かすことが有効であることが示されたため、セット時の前腕の左右の角度を対象とする. 図2, 図3のスマートグラス上に表示されている画像に前腕の左右の角度を示す.

### 3.4. 理想的な前腕の左右の角度検証

本研究の目標である、セット・フォームにおける前腕の左右の角度を理想的な角度に近づけるためのフィードバックに向け、前腕の理想的な角度を設定するために予備実験を行った.

被験者は、バスケットボール経験が10年以上の経験者3名で行った. スマートウォッチを利き腕の手首に装着してもらう. 使用するデバイスは、Google Pixel Watchを用いる. 対象のシュートフォームは、ワンハンドシュートとした.

次に、実験手順について説明する. まずはカメラの撮影を開始し、被験者がスマートウォッチの計測開始ボタンを押す. 被験者にはフリースローラインからシュートを1本打ってもらい、その様子を被験者の横と正面から撮影する. シュート後に計測終了ボタン、データ保存ボタンを押してもらうと計測データが保存される. これを確認してカメラの撮影を終了する. この手順で、1人の被験者に対して10セット行ってもらった. 実験時の様子を図5に示す.

経験者3人によるシュート時の前腕の左右の角度の平均値は33.3度、中央値は34.5度、分散は1.00、範囲は27度~37度となった. そのため、本研究では27度~37度を前腕の理想的な角度と設定した. 被験者ごとの角度のばらつきは、平均で3~4度であり、ばらつきを標準偏差で算出すると、平均は1.0であった.

#### 4. 前腕角度フィードバックシステムの評価

実験担当者は、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」のオンライン教育を履修し、修了している。また、本実験は、青山学院大学理工学部ライフサイエンス委員会の「人に係る研究」に関する審査・承認を受け実施され（承認番号 H20-S10-2）、被験者は実験説明を受け、実験に対する同意書による同意をもって、実験に参加頂いている。

##### 4.1. 実験方法

被験者は、バスケットボール未経験者 20 名で行った。まず、システムを使用せず利き腕の手首にスマートウォッチを装着してフリースローを 10 本打ち、30 分の休憩後、システムを使用してフリースロー 10 本を実施した。システムを使用しない場合は、スマートウォッチ上で角度を取得するのみで、被験者には何も助言せず自然な状態でシュートを打ってもらった。システムを使用する場合は、利き腕の手首にスマートウォッチ、スマートグラスを装着し、セット時の前腕の左右の角度が理想的な角度になったことをスマートグラス上で確認したとき、シュートを放つ。

##### 4.2. システムの有効性の評価方法

被験者には System Usability Scale (SUS) の 10 個の項目を 5 段階で評価する質問票に回答してもらった。今回は、10 Things to Know About the System Usability (SUS) をもとに、本システムに適した SUS を作成した [15]。SUS の平均点数は 68.0 で、馴染みがあるシステムは点数が高くなる。

また実験後、システムを使用した際にデバイスの不快感や着用によるパフォーマンスへの影響、フィードバックの適正に関する調査を実施した。さらに、システムの使用前と使用中で、前腕の左右の角度の改善とシュートフォームの一貫性について評価する。

##### 4.3. システムの有効性検証実験の結果

###### 4.3.1 前腕の左右の角度改善に関わる結果

結果として、システムを使用した場合、すべての被験者で前腕の左右の角度が理想的な角度となった。被験者全体で、システム使用前と使用中の前腕の左右の角度について t 検定を用いて有意差検定を行った。その結果、 $p < 0.01$  となりシステムの使用前と使用中で前腕の左右の角度に有意な差が認められた。また、角度のばらつきを標準偏差により評価した。その結果、システムなしでは 7.08 とかなりばらつきが大きくなった。システムを使用していない場合でも、被験者によっては理想的な前腕の左右の角度でシュートを打てていることがあるため、ばらつきが大きくなっていると考えられる。次にそれぞれの被験者で、システム使用前

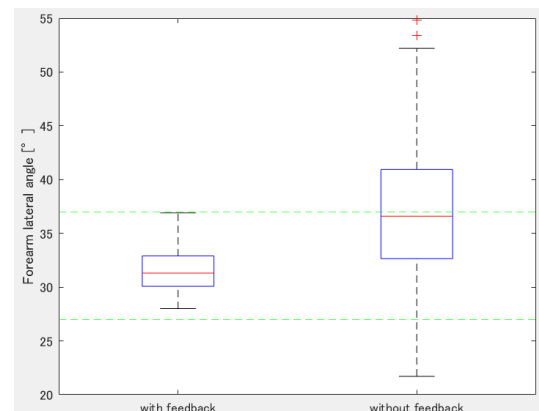


図6 被験者全体の角度の分布

と使用中の前腕の左右の角度について t 検定を用いて有意差検定を行った。その結果、20 人中 15 人で  $p < 0.01$  となりシステムの使用前と使用中で前腕の左右の角度に有意な差が認められた。図 7 に有意差の認められた被験者 A の前腕の左右の角度の分布を、図 8 に有意差が認められなかった被験者 C の前腕の左右の角度の分布を示す。それぞれ箱ひげ図で分布を示しており、緑の点線は理想的な角度の範囲を示している。システムを使用することで、理想的な角度に改善されていることがわかる。有意差が認められなかった 5 人の被験者は、システムを使用する前のシュートでも前腕の左右の角度が理想的な角度であったため、有意差が認められなかった。

また、この被験者の実験後のアンケートで、シュートの強さに関するフィードバックが与えられていると良いという回答があった。先行研究においても、左右方向の調整力を身に着けた後、前後方向の調整力を身に着けさせることが有効的であると述べられている [9]。そのため、このような被験者に対しては、次のステップとしてシュートの強さに対するフィードバックを行うことでシュートの成功率を向上させることができると考えられる。

さらに、それぞれの被験者で 10 回のシュートでの前腕の左右の角度のばらつきを評価した。その結果を表 1 に示す。その結果、すべての被験者についてシステムを使用することで、セット時の前腕の左右の角度のばらつきを減少させることができた。システム使用前後で有意差が認められなかった被験者についても、ばらつきを減少させることができ、シュートフォームの一貫性を保つことに成功した（図 8）。経験者のばらつきと比較すると、経験者の標準偏差の平均は 1.00 であり、システムを使用することで多くの被験者がそれと同等、もしくは小さい値となっている。これより大きい値を示した被験者についても、それぞれに合った角度で理想的な角度の範囲を小さくすることで、さらにばらつきを減少させることができると考えられる。



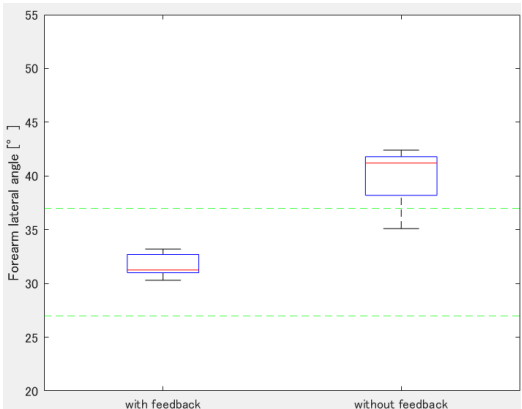


図 7 被験者 A の角度の分布

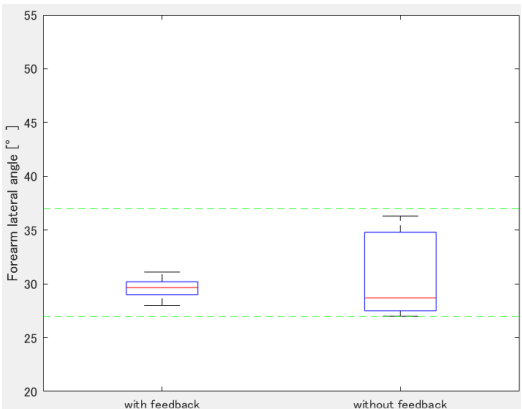


図 8 被験者 C の角度の分布

4.3.2 SUS による調査結果

SUS では全部で 10 問の質問があり、肯定的な質問と否定的な質問を交互に繰り返すように設定されている。回答者は、各質問を 1 点（非常に同意しない）から 5 点（非常に同意する）で評価する。SUS のスコアの計算方法は次のとおりである。

- 1. 肯定的な質問については回答点数から 1 を引く
- 2. 否定的な質問については 5 から回答点数を引く
- 3. 各質問の点数の合計点に 2.5 を掛ける

SUS のスコアの最高点は 100 点、平均点は 68 点とされている。また、各点数に応じてグレードが記載されている（表 2）。

結果として、SUS アンケートの平均点は 73.8 点であり、表 2 のガイドラインを見ると、Good という評価となった。中でも、「このシステムをもっと頻繁に使用したい」及び「システムはシンプルで使用しやすい」の項目で非常に高い評価をいただき、多くの人に受け入れてもらえるシステムであると考えられる。

表 1 フリースロー時の各被験者の前腕の左右の角度のばらつき

Subject	SD with feedback	SD without feedback	decrease rate[%]
A	0.973	2.26	57
B	0.985	1.76	44
C	0.902	3.51	75
D	0.921	2.00	54
E	0.421	1.56	73
F	0.347	3.70	91
G	0.798	3.59	78
H	0.526	1.75	70
I	0.759	0.810	6
J	1.01	1.96	49
K	0.620	1.37	55
L	0.953	1.53	38
M	1.24	1.97	37
N	1.30	4.15	69
O	1.07	2.70	60
P	0.699	2.22	69
Q	0.859	1.75	51
R	1.82	4.08	55
S	1.81	5.83	69
T	1.61	2.94	45
Average			57

表 2 SUS スコアにおけるガイドライン（[15] より引用）

SUS Score	Grade	Objective Rating
>80.3	A	Excellent
68-80.3	B	Good
68	C	Okay
51-68	D	Poor
<51	F	Awful

4.3.3 デバイスやフィードバックに関するアンケート結果

被験者に対する実験後アンケートの各質問についての回答を以下の項目で述べる。

Q1. スマートグラス上のフィードバック情報はわかりやすく、簡単に理解できた

この質問に対して、「はい」は 19 名、「いいえ」は 1 名であった。この結果から、スマートグラス上でのフィードバックイメージは有効で、利用者に適切な情報を与えることができた。「いいえ」と答えた被験者で、色覚異常のため色の判別がしにくかったという回答があっ

た。そのため、色のフィードバック以外にもわかりやすい手法を考慮する必要がある。

**Q2. 腕の角度に関して、適切なフィードバックが与えられていた**

この質問に対して、「はい」は 20 名と全員が適切なフィードバックが与えられていると回答した。この結果から、リアルタイムで適切な角度がフィードバックされ、システムのリアルタイム性が示された。

**Q3. シュートフォームがよくなったと感じた**

この質問に対して、「はい」は 17 名、「いいえ」は 3 名であった。シュートの成功率は本研究では評価していないが、アンケートによりシュートがまっすぐ飛ぶようになったという回答も得られ、左右方向のずれが減少したことを被験者自身も実感できている。これらから、システムを使用することでシュートフォームを上達させることができると内観評価からいえることができる。

**Q4. スマートグラスを装着することで、違和感やシュートへの影響があった**

この質問に対して、「はい」は 7 名、「いいえ」は 13 名であった。半数以上の被験者がスマートグラスによる影響はないと回答し、シュートへの影響は少ないと言える。スマートグラスを着用することでシュートに影響があったと回答した被験者で、セット時にボールを構えた時、グラスにボールが当たってしまう、当たってしまわないか気になる、という回答があった。スマートグラスの重さに対する違和感を感じた被験者はいなかった。

**Q5. スマートウォッチを装着することで違和感やシュートへの影響があった**

この質問に対して、「はい」は 3 名、「いいえ」は 17 名であった。この結果から、スマートウォッチ着用によるシュートへの影響はほとんどないといえる。「はい」と回答した被験者には、普段腕時計などのデバイスを手首に着用する習慣がないため、違和感を感じてしまったという回答があった。

## 5. まとめと今後の展望

### 5.1. まとめ

本研究では、セット・フォームにおける前腕の左右の角度を理想的な角度に近づけるようフィードバックを行うことで、理想的なシュートフォームを習得させることを目標とした。先行研究において、未経験者にシュート動作を指導する際、左右方向の調整力を優先的に身に付けさせることが有効であることが示された。シュート技術支援を目的とした研究で、デバイスの不快感や環境的制約が課題点と

して挙げられた。そのため、本研究ではシュートフォームに着目し、セット時の前腕の左右の角度について、スマートウォッチとスマートグラスを使用してリアルタイムでのフィードバックを行った。

システムを使用することで、前腕の左右の角度を理想的な角度にさせることができ、角度のばらつきも平均で 57.1% 減少したことから、システムによる有効性が高いと考えられる。前腕の左右の角度のばらつきをさらに減少させるためには、理想的な角度の範囲を小さくすることで、よりばらつきを減少させることができると考えられる。SUS アンケートの結果、平均点は 73.8 点となり、システムの使いやすさが示され、多くの人に受け入れてもらえるシステムであることが示された。デバイスやシステムに関するアンケートの結果では、スマートグラスやスマートウォッチを着用することによるシュートへの影響は小さく、デバイスの有用性が示された。システムに関するアンケートでは、フィードバック情報のわかりやすさで同意を得られ、シュートフォームの技術向上を感じた被験者が多かったことから、システムの有効性が内観評価においても認められた。一方で、シュート技術についての技術向上を感じた被験者は少なく、左右方向だけでなく、前後方向の調整力を身に付けさせることも必要であると考えられる。

### 5.2. 今後の展望

本研究では、セット時のシュートフォームに着目したが、被験者によっては頭上で構え続けることにつらさを感じる被験者もいた。そのため、セット時のほかにもホールド時にフィードバックをすることで理想的なシュートフォームを習得することができるか検討する必要がある。さらに、本研究では左右方向の調整力のみを支援を行ったが、力加減や体の連動についてフィードバックを行い、前後方向の調整力を身に付けさせることで、シュート技術の向上につながるのではないかと考えられる。また、本実験の評価では、実際に放ったボールの左右方向のずれが減少しているかの定量的な評価を行っていないため、リングの到達地点やシュート軌道も検証していきたい。

**謝辞** 本研究は JSPS 科研費 22K11998 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- [1] 大塚昭彦/TECH.ASCII.jp:W 杯ドイツチームもビッグデータで強化！ sap がスポーツ市場参入, <https://ascii.jp/elem/000/000/913/913008/#eid913000>. (Accessed on 1/21/2024).
- [2] Taylor, J. B., Wright, A. A., Dischiavi, S. L., Townsend, M. A. and Marmon, A. R.: Activity demands dur-

- ing multi-directional team sports: a systematic review, *Sports Medicine*, Vol. 47, pp. 2533–2551 (2017).
- [3] Kozar, B., Vaughn, R. E., Whitfield, K. E., Lord, R. H. and Dye, B.: Importance of free-throws at various stages of basketball games, *Perceptual and Motor skills*, Vol. 78, No. 1, pp. 243–248 (1994).
  - [4] 三浦健, 三浦修史, 松岡俊恵ほか: バスケットボールにおけるジャンプシュートの動作分析: 2 ポイント・シュートと 3 ポイントシュートの比較, 学術研究紀要/鹿屋体育大学, Vol. 25, pp. 1–8 (2001).
  - [5] 三浦健: バスケットボールのシュート距離を伸ばすためのスナップ動作の一例, スポーツパフォーマンス研究, Vol. 1, pp. 38–41 (2009).
  - [6] Zuo, K. and Su, X.: Three-dimensional action recognition for basketball teaching coupled with deep neural network, *Electronics*, Vol. 11, No. 22, p. 3797 (2022).
  - [7] Chen, C.-C., Chang, C., Lin, C.-S., Chen, C.-H. and Chen, I. C.: Video based basketball shooting prediction and pose suggestion system, *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 82, No. 18, pp. 27551–27570 (2023).
  - [8] 石垣翔汰, 向井鉄人, 安部恵一ほか: スローモーション映像と二次元骨格情報を用いたバスケットボールのフリースローラインからの未経験者と経験者のシュートフォームの比較評価, 研究報告グループウェアとネットワークサービス (GN), Vol. 2023, No. 50, pp. 1–6 (2023).
  - [9] 小林大地, 松藤貴秋, 鈴木雄貴, 瀧剛志, 種田行男, 竹内優真: バスケットボールにおけるワンハンドシュートの動作指導に関するインストラクションの検討—ビジュアルフィードバックシステムの構築を目指して—, 中京大学体育研究所紀要, Vol. 36, No. 1, pp. 23–30 (2022).
  - [10] Guo, X., Brown, E., Chan, P. P., Chan, R. H. and Cheung, R. T.: Skill level classification in basketball free-throws using a single inertial sensor, *Applied Sciences*, Vol. 13, No. 9, p. 5401 (2023).
  - [11] Lin, T., Singh, R., Yang, Y., Nobre, C., Beyer, J., Smith, M. A. and Pfister, H.: Towards an understanding of situated ar visualization for basketball free-throw training, *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–13 (2021).
  - [12] 河田俊, 安田和弘, 岩田浩康: フリースロー初心者のための BF 型セット・フォーム習得支援 RT の開発, 日本機械学会論文集, Vol. 83, No. 851, pp. 16–00515 (2017).
  - [13] for Developers, G.: Android Developers, [https://developer.android.com/reference/android/hardware/SensorManager#getOrientation\(float\[\], %20float\[\]\)](https://developer.android.com/reference/android/hardware/SensorManager#getOrientation(float[],%20float[])). (Accessed on 11/28/2024).
  - [14] Okazaki, V. H., Rodacki, A. L. and Satern, M. N.: A review on the basketball jump shot, *Sports biomechanics*, Vol. 14, No. 2, pp. 190–205 (2015).
  - [15] measuringU: 10 things to know about the system usability scale (sus), <https://measuringu.com/10-things-sus/>. (Accessed on 11/28/2024).