

バスケットボールにおけるフリースローの練習支援システムの開発

Training Support System for Basketball Free Throw

佐藤美月[†] 島野雄貴[‡] 高橋正樹[‡] 赤木亮太[†]
Mizuki Sato Yuki Shimano Masaki Takahashi Ryota Akagi

1. はじめに

本研究では、バスケットボールにおけるフリースローの練習支援システムを開発した。バスケットボールは制限時間内にどれだけ得点を得られるかを競う競技であり、シュートの成否が勝敗に直結する。NBA のポストシーズンにおいて、勝敗チーム間でフリースロー試投数に差はないものの、勝利チームは、より高い成功率を記録していた^[1]。このことは、バスケットボール選手にとってフリースローの精度向上が重要であることを示唆している。

バスケットボールの練習支援システムは様々な存在するが、専用機器が必要なことや、リアルタイムでのフィードバックが行われないことなど、手軽さやリアルタイム性に課題がある^[2,3,4]。そこで、バスケットボールにおけるフリースローシュートの精度向上のために、プレー映像から骨格を推定してシュートフォームの優劣を判定し、直後に音声や画像でフィードバックを行う利便性の高いシステムを開発した。さらに、精度検証を通じて、モーションキャプチャシステムに近い精度で姿勢計測可能であることを確認した。

2. システム概要

2.1 システムの機能要件

既存システムの問題点を鑑み、本システムの機能要件を「選手のパフォーマンスに影響しないこと」「リアルタイムでの処理が行われること」「正しいシュートフォームの定量化をすること」とした。正しいフォームの定量化をするために、フリースローの精度予測因子に着目した。当該因子として、フリースローの開始姿勢であるショットポケット (SP) 時およびシュート後の最終姿勢であるロックポジション (LP) 時の肘の角度、ボールリリース (BR) 時の膝の角速度が挙げられる。そこで本システムでは、画像から人の骨格位置を推定し、SP、BR、LP の姿勢における肘および膝の関節角度を計測する。SP、BR、LP の姿勢を図 1 に示す。本研究ではリアルタイム性を目的としているため、処理速度が速く人物の骨格推定も可能な画像中の物体検出器 YOLOv8^[5]を使用した。

2.2 システムの流れ

本システムの処理の流れを図 2 に示す。本システムは大きく分けて 4 つの処理を行う。

2.2.1 人の静止の検出

SP を自動で検出するために、シュート準備開始の起点が必要となる。シュート準備前に動いている部分があると、SP の誤検出につながる可能性がある。それ故、人の静止状態を検出し、シュート準備前のデータを排除することで誤検出を軽減する。YOLOv8 から取得した座標を元に、右足周辺と左足周辺をそれぞれ切り取り、各領域のフレーム間差分画像を作成する。フレーム間差分画像の中で差分が

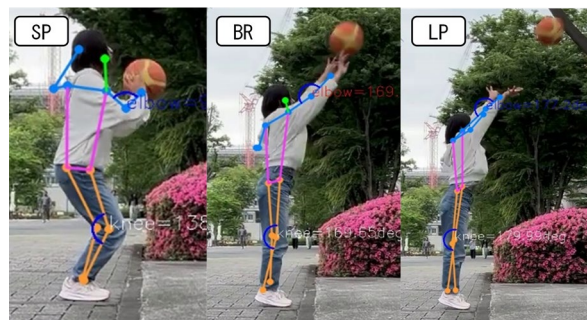


図 1 SP、BR、LP の姿勢

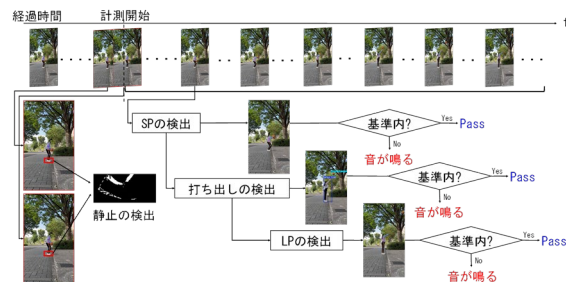


図 2 システムの処理の流れ

生じた画素数が少なく、その状態が連続した場合に、人が静止したと判定する。

2.2.2 SP の検出

フリースローを打つ際、ほとんどの人が SP の直後に膝や腰を上げながら大きく動く傾向がある。この傾向をもとに SP を検出する。人の静止を検出した後に、現フレームと前フレームの右腰の y 座標値の差分を変位量とし、変位量の絶対値が一定の値以上かつ、変位量が初めて負の値となったタイミングの 1 フレーム前を SP とする。この時の膝の角度、肘の角度、時間を記録する。先行研究^[4]では、SP 時の肘の角度が 90 度に近いほど、シュート精度が高くなることが報告されている。そのため、90 度 (±10 度) を基準値とし、記録された肘の角度が基準値の範囲内であるかどうかの判断を行う。範囲外だった場合、アラート音を鳴らして、利用者に SP のシュートフォームの優劣をフィードバックする。

2.2.3 BR の検出

BR の状態は人によって様々あり、人の関節の変化量のみから共通する要素を推測するのが困難であった。そのため、YOLOv8 の物体認識機能を利用し、ボールの位置を検出する。YOLOv8 では、物体を検出すると、物体に対してバウンディングボックス (bb) が表示され、bb の左上と右下の 2 点の座標を取得可能である。ボールの bb の y 座標平均と人間の bb 右上の y 座標値をもとに、ボールが人間より画像上方に移動したタイミングを BR とする。この時の

[†] 芝浦工業大学 Shibaura Institute of Technology

[‡] 日本放送協会 Japan Broadcasting Corporation

膝の角度、時間を記録し、SP から BR までの膝の角度の変位を SP からの経過時間で割ることで角速度を求め、この値を元に BR のシュートフォームの優劣をフィードバックする。

先行研究^[6,7]では、BR 時の膝の角速度は高いほど良いとされている。しかし、男性では 220 [deg/s] という明確な数値が報告されているものの、女性については不明である。骨格や筋力の性差に鑑み、適切な角速度にも性差があることは容易に推察されるものの、本研究では仮の基準値として、男性と同じ 220 [deg/s] (± 10 [deg/s]) を採用している。今後、システムを使用していく中で、データの収集を行い、より予測精度の高い数値を基準値とする予定である。

2.2.4 LP の検出

BR を検出した後、右手首の位置が初めて画像下方に移動したタイミングの 1 フレーム前を LP とする。先行研究^[4]では、LP 時の肘の角度が 180 度の時にシュート精度が高いことが報告されている。そのことから、基準値を 180 度 (-10 度) とし、膝の角度が基準値の範囲外だった場合、アラート音を鳴らし、利用者に LP のシュートフォームの優劣をフィードバックする。

2.2.5 フィードバックについて

SP、BR、LP それぞれを検出した時に、基準値と比較し、基準値外だった場合には即座にアラートを鳴らす。SP、BR、LP の順番で高い音とし、どの姿勢のアラートか判断しやすくした。

音以外のフィードバックとして SP、BR、LP それぞれのタイミングで肘、膝の角度と骨格を表示した画像を提示する。この画像をプレー後に見返すことで具体的にどれだけ基準値から離れているかを視覚的に把握出来る。肘の角度は、基準値内である場合、図 2 右のように青色で表記され、範囲外の場合、図 2 左のように赤色で表記される。

3. 本システムの精度検証

モーションキャプチャと本システムを比較し、SP 時、LP 時の肘、膝の角度をそれぞれ比較することで、本システムの姿勢計測精度を検証した。若年男性 31 名に、4 [m] 先の高さ 74.5 [cm] に置いたゴールに向かってボールを投げる動作を 10 回行うよう指示した。この様子を対象者の右側に設置したビデオカメラ (HC-V495M-K、Panasonic) を用いて対象者の矢状面を撮影した。その際、対象者の 12 か所にマーカをつけ、6 台のモーションキャプチャカメラ (OptiTrack Flex3) を使用した測定を同時に実施した。モーションキャプチャデータ (MO) と本システムのデータ (YO) の 2 つのデータを分析する際、両者のサンプリング周波数が異なり、さらには、本システムのサンプリング周波数が一定ではないことに鑑み、システムが計測したタイミングに最も近いモーションキャプチャのデータを抽出することで 2 つのデータを同期した。

SP、LP 時の肘、膝の角度データに対して MO と YO を対象に、Bland-Altman 分析を行った。その結果、すべてにおいてシステムの方が大きく値が出ることが分かった。MO と YO の比較を表 1 に示す。すべてにおいてシステムの方が 2 度~20 度、数値が大きく、その中でも膝の角度の方が大きく出力されることが分かった。誤差の傾向を考慮して運用することで、プレーヤーに適切なフィードバックを提供できると考える。

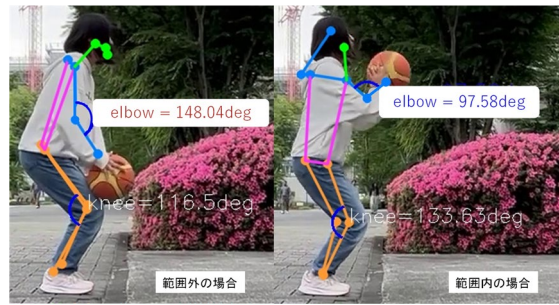


図 3 角度の表示

表 1 MO と YO の比較

| | SP | | LP | |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| | 肘 | 膝 | 肘 | 膝 |
| 平均誤差[度] | | | | |
| MO-YO | -1.44 | -20.1 | -9.66 | -10.2 |
| 標準偏差 | 13.2 | 6.09 | 12.2 | 4.22 |

4. おわりに

本研究では、骨格推定技術を利用し、バスケットボールにおけるフリースロー練習を支援する手軽に使用可能なシステムを開発した。加えて、システムによる姿勢計測の精度を検証する実験を実施し、モーションキャプチャとの比較を行った。実験により、システムの計測誤差は 20 度程度に収まることを確認した。今後は、人の静止や SP、BR、LP の検出精度の確認を行い、その結果に基づいてさらなるシステムの改良を進めていきたい。

参考文献

- [1] Cabarkapa D, Deane MA, Fry AC, Jones GT, Cabarkapa DV, Philipp NM, Yu D, "Game statistics that discriminate winning and losing at the NBA level of basketball competition.", PLoS ONE, Vol.17, No.8 (2022).
- [2] Gaetano R, Tiziana D, "Descriptive shot analysis in basketball.", Journal of Human Sport and Exercise, Vol. 11, No. 1(2016).
- [3] Reza S M, Reza J M, Ali A T, Majid P, "A New Learning Control System for Basketball Free Throws Based on Real Time Video Image Processing and Biofeedback.", Home Archives, Vol.8, No.1 (2018).
- [4] E.D.Palubinskas, "The Jump shot.", FIBA Assist Magazine, Vol. 2004, No.7 (2004).
- [5] YOLOv8-Ultralytics, <https://docs.ultralytics.com/ja/models/yolov8/>, 2024.11.24
- [6] Mana O, Satoko H, Motoko F, Hiroki Nakata, "Relationship between basketball free-throw accuracy and other performance variables among collegiate female players.", The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine Vol.8, No.3(2019).
- [7] Dimitrije Cabarkap, Damjana V Cabarkapa, Jonathan D Miller, Tylan T Templin, Lance L Frazer, Daniel P Nicolella, Andrew C Fry, "Biomechanical characteristics of proficient free-throw shooters-markerless motion capture analysis.", Front Sports Act Living, Vo.5(2023).