

バレーボールのサーブ姿勢可視化によるサーブ技術向上支援

理学専攻 情報科学コース 2340669 鳥井 菜央 (指導教員：伊藤 貴之)

1 はじめに

バレーボールにおいてサーブは最初の攻撃であり、唯一の個人技である。個人のサーブ技術の向上がチームへの貢献となる。本研究は、サーブのコントロールに注目し、ユーザの客観的分析を支援することで、コントロールの向上によるサーブ改善を目標とするものである。サーブのフォームの分析に関する研究は数多く存在するが、サーブの良し悪しを数値化してフォームとの関係を分析する研究は少ない。本研究では、目標物からボールの落下地点の距離をサーブの精度と定義し、サーブのフォームと精度を同時に可視化することによって、サーブ技術向上につながる分析をすることを目的としている。本論文は、開発した機能を用いて4名の被験者のデータを可視化し、その結果を観察した。また本論文では、フローターサーブを題材とした実行結果を示す。

2 処理手順

2.1 データ取得

データ取得のためのコートの設定は図1の通りである。被験者はマーカー位置からコートを狙ってサーブを打つ。被験者のサーブ開始から終了までの骨格データと、ボールの落下地点から目標物までの距離を取得する。骨格データの取得には Azure Kinect DK というモーションセンサを利用する。

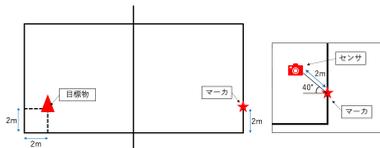


図1: (左) 目標物とマーカーの設置位置. (右) センサの設置位置.

2.2 データ処理

被験者の左手が一番センサ側にくる時を開始、右手が一番センサ側にくる時を終了と定義し、データを抽出する。また、次元削減の精度向上のため、センサから計測可能な32個の関節のうち14個の代表関節を選択し抽出した。また、測定位置によるずれ軽減のため、骨格データに基準点を設け、この点を基準とした相対座標に変換した。基準点は右手が一番高い位置にある時の左足の座標とした。

2.3 散布図可視化

サーブ所要時間が異なるデータ間で同じ姿勢を比較するために、サーブ開始時点、サーブ開始から終了までの $\frac{1}{4}$ 時点、 $\frac{2}{4}$ 時点、 $\frac{3}{4}$ 時点、サーブ終了時点の計5

時点の骨格データを抽出した。このデータに、Pythonのライブラリ scikit-learn が提供する t-SNE を用いて次元削減し、散布図として描画する。この際に、サーブの落下地点から目標物までの距離によってサーブを評価し、この評価ごとに点群を色分けする。評価基準と色を表1に示す。時刻ごとに抽出したデータを1枚の散布図に描画し、該当時刻以外のデータを灰色で表示した。

表1: サーブの評価基準と色.

落下地点から目標物までの距離	評価値	色
100cm以下	A	赤
100cm以上	B	青
サーブミス	C	黒

2.4 3D モデル表示

サーブの抽出と空間補正を終えた骨格データから、フレームごとの各関節の3次元座標を取得し、関節間を連結する線分群を3次元空間に描画する。

2.5 トスの高さ可視化

被験者の右手側から撮影した動画に背景差分法を適用し、被験者とボールの動きを抽出する。背景差分画像から一番高い位置にある物体の高さをトスの高さとする。全ての入力動画から取得したトスの高さの平均を算出し、動画に赤い線で描画する。

2.6 関節の軌跡可視化

被験者の右手側から撮影した動画に、動作解析フレームワーク MediaPipe を適用し、被験者の関節の2次元座標値を取得する。ユーザが選択した関節のサーブ動作開始から終了までのデータを、折れ線グラフとして描画する。サーブ1本ごとに白から黒にグラデーション変化させ、練習による関節の軌跡の変化を可視化する。

2.7 体のひねり・傾き・前傾の可視化

表2のように、2つのベクトルのなす角度 θ における $\cos\theta$ の値を求める。この $\cos\theta$ 値を縦軸、フレーム数を横軸とし、折れ線グラフで描画する。全サーブデータを重ねて描画し、表1に示す基準で色を定める。

表2: ベクトルの設定.

確認可能なもの	2つのベクトルの $\cos\theta$ を求める	
体のひねり	進行方向ベクトル	両肩ベクトル (右肩と左肩を結ぶベクトル)
		骨盤ベクトル (右尻と左尻を結ぶベクトル)
体の傾き	垂直方向ベクトル	両肩ベクトル 骨盤ベクトル
前傾・後背	進行方向ベクトル	脊椎ベクトル (首と腰を結ぶベクトル)

3 実験結果・考察

本論文では、以下の4名を被験者とした。

- 被験者 A, B(中級者)：バレーボール競技歴 3 年
- 被験者 C, D(上級者)：バレーボール競技歴 6 年

3.1 散布図可視化

図 2 は被験者 4 人のデータを散布図可視化したものである。中級者の被験者 A を見てみると、時刻ごとの点群のばらつきが小さく、特定の望ましいフォームでサーブを打てたときに高精度な結果をもたらすことがわかる。それに比べて被験者 B は、サーブミスを示す暗い青色の点群の塊が見られる。このことから、サーブミスをしやすい姿勢が存在することがわかる。被験者 D は、打つ瞬間に当たると考えられる $\frac{2}{4}$ 時点では外れ値で橙色が目立つ。このことから、被験者 D はトスに対する修正力が高く、普段と異なるフォームでも高精度のサーブを打つことができる選手であると考えられる。

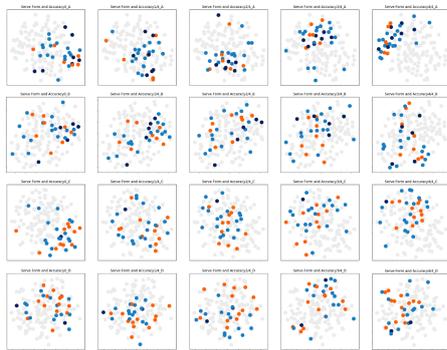


図 2: 各時刻のサーブフォームと精度. 左が開始時, 右が終了時を表す. (1 段目) 被験者 A. (2 段目) 被験者 B. (3 段目) 被験者 C. (4 段目) 被験者 D.

3.2 3D モデル表示

被験者 C について、図 3 のボールを打つ直前の姿勢から、高精度のサーブの方が左足が地面と垂直に近いことがわかる。また、ボールを打った直後の姿勢から、低精度のサーブの方が前傾していることがわかる。よって、被験者 C は左足に体重を載せきれていなかったこと、前傾しすぎたことが、サーブの精度が低かった原因と考えられる。

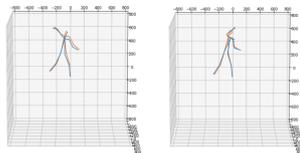


図 3: 3D モデル表示によるサーブ姿勢比較. (左) ボールを打つ直前. (右) ボールを打った直後.

3.3 トスの高さ可視化

被験者 D について、最も精度が高かったサーブと精度が低かったサーブのトスの高さを比較してみると、図 4 より、高精度のサーブはほぼ平均と同じ高さにトスを上げられていることがわかる。



図 4: トスの高さ可視化結果. (左) 高精度のサーブ. (右) 低精度のサーブ.

3.4 関節の軌跡可視化

被験者 D の右手は図 5 より、一定の動作を繰り返しており、練習の積み重ねによるフォームの変化は起こらなかった。一方で、白から黒へのグラデーションで時間経過を表現したが、過去のサーブが消えていくような表現となり、直感的に時間経過を理解できた。

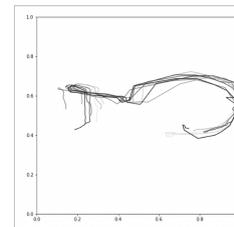


図 5: 右手関節の軌跡可視化.

3.5 体のひねり・傾き・前傾の可視化

被験者 C に、体のひねり・傾き・前傾の可視化を実行した結果が図 6 である。この結果から、被験者 C はきちんと体の回旋を使い、上体を起こしてサーブを打っていることがわかった。一方で、両肩を水平に保って打つことができていないことがわかった。また、全てに共通して、高精度のサーブが密集しており、一定のリズムで体重移動していることを確認することができた。

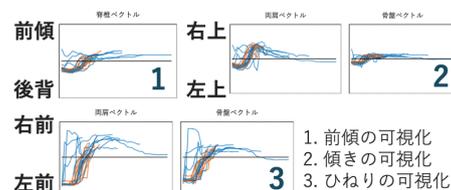


図 6: (1) 前傾の可視化. (2) 傾きの可視化. (3) ひねりの可視化.

4 まとめと今後の課題

本論文では、サーブのフォームと精度の相関を可視化するための可視化システムを提案し、その実行結果を示した。次元削減による散布図では、多様な選手のサーブ傾向が観察された。3D モデル可視化、トスの高さ可視化、関節の軌跡可視化、体のひねり・傾き・前傾可視化では、散布図可視化だけでは確認することができなかった具体的な改善点や、バレーボールの到達に必要とされている要素を確認可能とした。

本研究の最終目的は、本システムを継続利用してもらうことである。そこで今後は、提案システムを初めて使う人のユーザビリティも考慮したシステム設計としたい。