

# テニスサーブにおける身体特徴量の実時間可視化システムの検討

渡邊俊綱<sup>†1</sup> 梅澤俊二<sup>†1</sup> 向井智彦<sup>†1</sup>

**概要:** テニスをはじめとするスポーツフォームの改善・上達を支援するシステムが研究されている。特にCGによる可視化は練習者にとって直観的であり、練習効率の向上に効果があると考えられる。本研究では、テニスサーブにおいて重要とされている重心の移動・体幹の傾きをリアルタイムで可視化した。そして特定された重心移動量の差異を練習者が理解することで、サーブのスピードが向上する等、効果的な練習支援を行えた。

**キーワード:** 重心, 可視化, 練習支援

## Towards Realtime Visualization of Motion Features of Tennis Serve

TOSHITSUNA WATANABE<sup>†1</sup> SHUNJI UMEZAWA<sup>†1</sup> TOMOHIKO MUKAI<sup>†1</sup>

**Abstract:** In this research, we have developed a system for visualizing motion features of tennis serve using motion capture devices. Our system visualizes movement of the center of gravity and inclination of the trunk in real time so that the motion difference between players can be easily understood. Our experimental result indicates that the visualization system is effective for supporting practice to improve the serve shot speed.

**Keywords:** Center of gravity, Visualization, Practice support

### 1. はじめに

あらゆる競技において、重心の移動などの要素は全身の力を効果的に発揮する上で必要不可欠であり、実際にコーチが指導を行う機会も多い。しかし、そうした不可視情報は、学習者が主観的に体感できる一方で、第三者が客観的に確認することは難しい。そのため、指導においても「体重を乗せる」などといった抽象的な表現を多用せざるを得ない。そこで本研究では、モーションキャプチャを使用する事で、ビデオや実際に見て観察しても気付くことができない動きの要素を数値化して分析し、さらに実時間に映像表現するシステムを開発している。このシステムを用いることで、運動を数値的に比較し重要な差異を発見することを目標としている。本稿では、特にテニスサーブにおける重心と体幹の動きを3次元CGによって可視化するシステムについて報告する。本システムによる分析結果を踏まえた練習を行う前後のサーブの球速の変化を評価することで、提案手法の有効性を検証した。

### 2. 研究方法と使用機器

モーションキャプチャに使用した機材は「PERCEPTION NEURON」(図1)である。これは、2015年に開発された慣性式のモーションキャプチャシステムである。従来の光学式モーションキャプチャを使用する場合は屋内に限られた場所での使用が主だったが、このモーションキャプチャ装置は屋外でも使用できるため、実際のテニスコートでの計

測が可能となる。また、光学式のモーションキャプチャ装置ではカメラからの死角は計測できないが、この装置では360°どの角度から見ても死角は生じない利点もある。さらに、テニスラケットに装着して利用できるセンサーデバイスも併用する(図2)。これは、ラケットのスイングスピード、ボールの球速、ラケットのどこにボールが当たったか、また打った球種を計測できる装置である。これら2種類の計測装置を利用することで、体軸とボールの球速を同時計測し、上級者と中級者の違いを分析する。

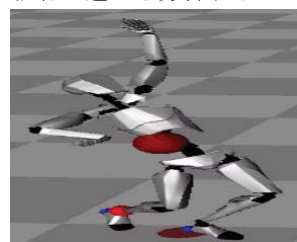


図1 モーションキャプチャー機器

Figure 1 Motion capture equipment.



図2 スピード計測機器

Figure 2 Speed measuring equipment.

<sup>†1</sup> 東海大学  
Tokai University

本研究では重心を通過する鉛直線を重心軸として定義する。重心軸の作成では、身体を頭部、胴体、各上肢、各大腿、各下腿の合計 8 つのパーツに分解する。次に、パーツごとに座標を取得したのち、図 3 の人間の総体重に対する身体の各部位ごとの体重比率と、各パーツの原点までの距離を用いて計算する。その結果、実際の重心を近似した位置に球体を可視化する。そして球体を通過する鉛直線を重心軸として作成することで、サーブ動作における重心軸のデータを数値的に比較できる。

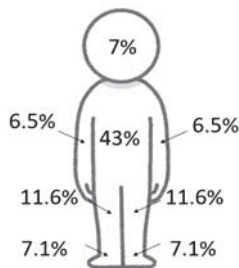


図 3 総体重に対する体重比

Figure 3 Mass distribution of human body.

続いて、体幹の傾きの作成では鎖骨の中心部分と重心を繋ぎ合わせるにより作成する。初期状態で円柱は 2 点間の中心に、鉛直方向に沿って配置されるため、回転量・拡大・平行移動の操作を通じて 2 点を結ばなければならない。まず回転量の設定では、2 点の位置関係に基づいた逆正接関数を利用し、それぞれの軸まわりの角度を求める。次に、初期状態の円柱は単位長で表示されるため、2 点間の距離を求めることで拡大縮小する。

### 3. 実験と考察

図 4 はリアルタイムでの可視化を行っているスクリーンショットである。初めにキャリブレーションを行うことで人体として認識し、可視化を行うことができる。また動画の出力が可能であるため、任意のタイミングでの姿勢も容易に確認できる。ただし、現時点ではリアルタイム計算に一瞬の遅延が発生しており、表示位置がずれて表示されてしまう。この問題は、今後の演算速度の改善によって解決できる見込みである。

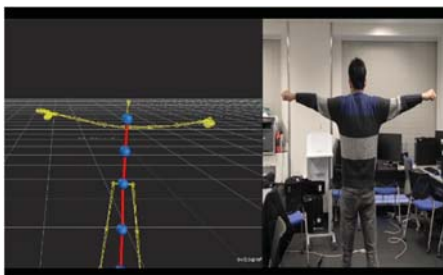


図 4 リアルタイムでの可視化

Figure 4 Realtime visualization.

本研究では中級者と上級者の各男性 1 名を対象に実験を行った。中級者はサーブスピードが 140km 以上、上級者は 170km 以上出すことができる人を選出し、計測動作における重心軸の前後方向への移動値を分析した。上級者はトス（ボールを上にあげる動作）をするときに軸の動きが左足から右足へ移動した後、ボールを打つときに軸は右足から左足へ移動している。このように、しっかりと前から後ろ、後ろから前という動きができていた。一方、中級者はスタンスが狭く軸の動きがわずかである。つまり、中級者は力をボールに伝えることができていないことが示されている。実際の数値を示すと、上級者は左足から右足への軸の移動は-32cm、そこから打ち終わりまでの軸の移動は+28cmであった。対して、中級者は左足から右足に軸の移動は-14cm、打ち終わりまでの軸の移動は+14cmであった。すなわち、上級者の軸の総移動距離は 60cm であるが、中級者は 28cmであった。この結果から、中級者は軸の移動が上級者に比べてできていないことがわかる。なお、スピード計測装置で測定した球速は、上級者は 171km/h、中級者は 147km/hであった。続いて、中級者にこの結果を伝え軸の動きを意識して約 3 カ月練習を行ってもらった。練習後の軸の動きの数値の左足スタート時は 0cm、左足から右足に軸の移動は-16cm、打ち終わりまでの軸の移動は+35cmであった。つまり、重心軸の総移動距離は 51cm へと増加した。併せて、球速は練習前の 147km/h から 164km/h に上昇した。この結果からサーブ動作の上達に提案手法が寄与した可能性が示される。

### 4. おわりに

本研究では重心に着目し可視化と解析を行い、テニスのサーブ動作における上級者と中級者の差異を分析した。また、その分析内容を中級者に伝えて練習することで、中級者の球速が向上したことから、サーブ動作の上達に寄与した可能性が示された。ただし、今回は少数の被験者のみを対象としているため、今後はより多くのデータを収集・分析しなければならない。今後は、テニスだけでなく、様々なスポーツ競技への応用について、さらには身体各部位の方向や部位間の角度、軌跡などの可視化を含め、新たな身体特徴量の可視化について検討したい。

**謝辞** 本研究は JSPS 科研費 15H02704 の助成を受けたものである。

### 参考文献

- [1] The A.S.P.E.N., Nutritional Support Practice Manual, ASPEN, U.S.A., 1998
- [2] Takumi Inao et al., Visualization of Motion Features for Sports Training System Using Kinect, 14th ACM SIGGRAPH VRCAI, Posters & Demos, 2015.