

「姿勢推定技術を用いたバレーボール指導用アプリ開発」の実践報告

工藤 智子*

Practical Report on the Development of a Volleyball Coaching App Using Posture Estimation Technology

Tomoko kudo*

要旨： 情報通信システム科卒業研究の一環として「姿勢推定技術を用いたバレーボール指導支援アプリの開発」を行った。本報告では、スパイク動作の解析を通じて指導者の負担軽減と選手の技術向上を支援するアプリを開発した内容について報告する。

キーワード： 部活動指導の地域移行, AI, 骨格推定, MediaPipe, Streamlit

1. はじめに

山形県立産業技術短期大学校庄内校情報通信システム科は、卒業研究として PBL : Project Based Learning をベースとしたチームによる課題解決型のシステム開発を実施している。これにより、ICT を構成する要素技術に関する知識と、システム化する実践力向上を目指している。今年度、「姿勢推定技術を用いたバレーボール指導用アプリ開発」をテーマとして開発に取り組んだ内容を報告する。

2. テーマ設定の背景

取り組むテーマを設定するにあたっては、地域の課題解決につながるものであることを前提とし、さらに以下の点を重視した。

(1) AI を活用するテーマとする場合は、学習モデルの作成等は既存の技術を活用しつつ、アプリの実装面を重視すること。

(2) AI のモデル作成や、検証のために利用するデータは、肖像権の面から動画撮影などの協力を得られることが見込まれるテーマであること。同時に、開発したアプリケーションのテストに協力をいただき、検証を繰り返して精度向上が実現できること。

(3) 卒業研究の期間内に検証が難しいと考えられる対象（動植物等）は、今回は対象外とする。

最終的には、地域の社会人バレーボールチームからのご協力をいただける等の背景があったことから、本テーマを扱うことにした。

地域の社会人スポーツチームは、少子化や教員の働き方改革の影響による部活動指導の地域移行の受け皿となっている¹⁾。選手の技術向上のために個々の特徴に合わせた細やかな指導が求められる中、指導者には指導のための時間やリソースが限られているという問題があるため、それを ICT の観点から解決する手段がないかを検討した。

3. 課題と解決目標

これらの背景から、学生らが検討し掲げた課題と解決目標は、以下に示す3点である²⁾。

3.1 課題

(1) 指導者のリソース不足

部活動の地域移行が進む中、選手指導のための時間やリソースが不足している。

(2) 自主トレーニング環境の不足

選手が常に指導を受けられる環境は限られ、選手自身が自主的に技術を向上させるためのツールは不足している。

(3) 専用機材と技術指導の難しさ

詳細な動作分析や個別フィードバックが必要な技術指導は、高価なツールが必要で、一般的なチームでは導入が難しい場合がある。

3.2 解決目標

(1) 指導者の負担軽減

選手のスパイク動作を解析し、結果を視覚的

* 山形県立産業技術短期大学校庄内校
〒998-0102 山形県酒田市京田三丁目 57-4
e-mail: shonai@shonai-cit.ac.jp

* Shonai College of Industry & Technology
3-57-4 Kyoden, Sakata City, Yamagata, 998-0102, Japan
e-mail: tomoko@shonai-cit.ac.jp

に表示することにより、指導者は選手のフォームを細かくチェックする負担が軽減され、より効率的な指導が可能になる。

(2) 選手の自主的な技術向上の支援

自主練習でもフォームの改善点などをわかりやすく提示することで自主的な技術向上の支援を行うことができる。

(3) 導入・運用しやすいシステム提供

スマートフォンでアプリが利用でき、導入・運用しやすいシステムにする。

4. 開発アプリの概要

4.1 アプリの機能と概要

前述した課題を解決するために、今回は特にスパイク時の姿勢改善に着目し、以下に示す機能を実装する。

(1) スパイク時の姿勢や肩の角度を確認できる。また、スパイク動作に骨格情報を付加した動画を確認できる。

(2) スパイク後、着地時の姿勢を確認できる。これらの機能を実装する理由は、スパイク時にどちらかの肩が下がりすぎると、打点が下がり、ボールの進行方向やスピードに影響してしまう。また、着地時において、片足着地がスパイクの精度の低下に影響すると同時に、けがのリスクが高まるため、両足での着地に修正する必要がある。

これらの機能を図1に示すスマートフォンアプリとして実装した。動作の流れを①～③に示す。

①動作撮影：スマートフォンと三脚を用いてスパイク動作を背面から撮影する。

②動作解析：骨格抽出を行い、スパイク動作を解析する。

③フィードバック生成：解析結果をもとに、取得した値や画像を可視化し提示する。



図1 アプリ概観

4.2 利用技術と開発環境

姿勢推定をするにあたり、Googleが開発したオープンソースの機械学習フレームワークであるMediaPipe³⁾を用いた。軽量かつ高速に動作し、顔や手、姿勢推定、物体検出など多様な事前学習済みソリューションを提供している。アプリ開発にはStreamlit⁴⁾を利用し、PythonでWebアプリケーションとして実装することとした。同フレームワークではStreamlit Cloudが利用できるため、アプリの開発とデプロイが容易である(表1)。

表1 開発環境

プログラミング言語	Python(3.11.3)
ライブラリ	MediaPipe Pose
モデル	Pose detection model Pose landmarker model
フレームワーク	Streamlit
プラットフォーム	Streamlit Community Cloud

5. スパイク時と着地時の検出, テスト

5.1 スパイク時と着地時の検出方法の検討

スパイクの瞬間を検出するため、MediaPipe Poseにより各 landmark の座標を取得した。そのうち、左右の肩の位置を示す left shoulder, right shoulder の y 座標の推移を示す(図2)。

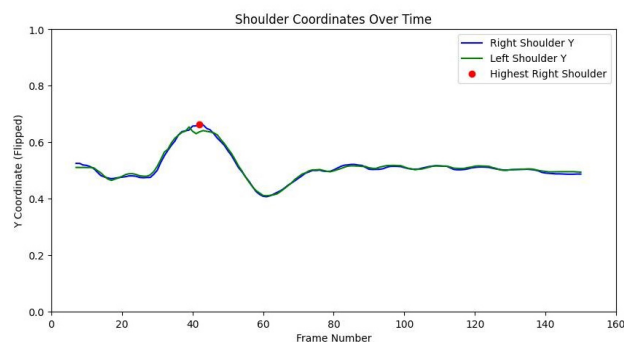


図2 left shoulder, right shoulder の y 座標の推移

図2において最高到達点に達している赤の箇所がスパイクの瞬間であり、スパイク時の y 座標に左右差があるのは利き手の差である。また、left shoulder, right shoulder の x 軸方向の距離 dx と y 軸方向の距離 dy から(式1)により両肩の角度θを算出する。

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{d_y}{d_x}\right) \quad (\text{式1})$$

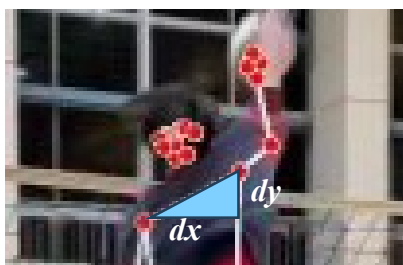


図3 肩の傾きの角度の算出

着地の瞬間の検出については、膝の曲がりの角度が最大になる瞬間からの検出を検討したが、必ずしも着地の瞬間の特定に至らず、検出が困難だった。図4は、左右のかかとを示す left heel, right heel の y 座標であるが、前述で特定しているスパイクのフレームから人間のジャンプの着地時かかる最大時間 0.6s（緑から赤の破線で示す間）でどちらかの足が上がった瞬間の3フレームを取得することとした。（これを最大3回繰り返す）

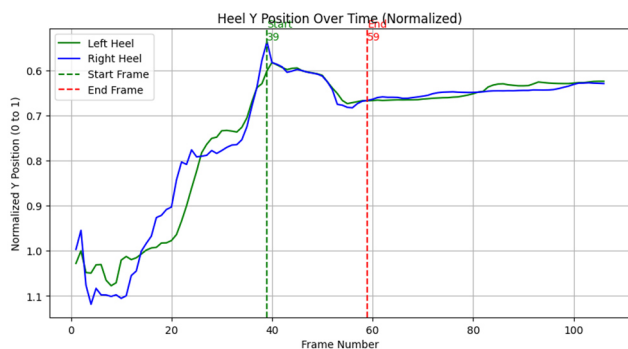


図4 left Heel, right Heel の y 座標の推移

5.2 スパイクと着地の瞬間の検出テスト

前項に示した検出方法が有効か、表2に示す条件のもと、スパイクと着地の瞬間を検出できたか検証した結果を表3に示す。

表2 スパイクと着地の検出テストの被験者・撮影条件

被験者	社会人バレーボールチーム 東会 7名 酒田倶楽部若獅子会 3名
被験者の利き手	右利き 8名, 左利き 2名
動画長さ, 本数	2~8 秒の動画 21 本
撮影機種	iPhone 14 Pro
撮影条件	三脚を使用しスパイク動作が映るように撮影
フレームレート	30, 60FPS

表3 テスト結果

スパイクの瞬間の検出		着地の瞬間の検出	
全動画数	21	全動画数	21
検出成功	16 (76%)	検出成功	13 (62%)
誤検出 解析失敗	5 (24%)	誤検出 解析失敗	8 (38%)

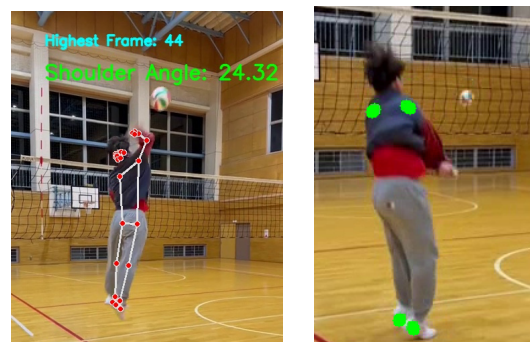


図5 (左)スパイクの瞬間 (右)着地の瞬間

テストの結果、スパイクは 76%、着地は 62%の検出ができた一方で、検出の失敗事例を示す。

(1) 複数人数の映り込み

複数人数が映り込んでいる際に、対象者以外の骨格を抽出してしまった(図6)。



図6 複数人の検出

(2) カメラとの距離や角度の影響

カメラの設置位置が適切でない場合、特に斜めからの撮影時に、肩や腕のランドマークの位置ずれが発生することが確認された。

(3) 撮影環境の影響

照明の明るさや背景の違いによって、骨格抽出が不安定になる場合があった。

5.3 撮影条件の設定

前項のテスト結果から、撮影条件を以下の通り設定しなおした。

- (1) 複数人映らないようにする。
- (2) 三脚を使用して後ろ姿を撮影する。
- (3) 再生速度を変更しない。

(4) 図7に示すように撮影位置を固定，ジャンプの始まりから着地までカメラのフレーム内に収まるように撮影する。

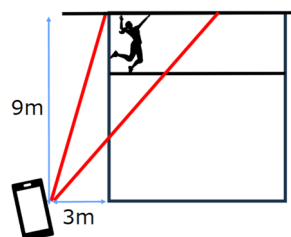


図7 撮影位置

5.4 動作テスト

表4に示したスマートフォンで動作テストを行い，正常に動作することを確認した。

表4 テストに用いたスマートフォンと OS

スマートフォン	OS
SHARP AQUOS sense7	Android14
Google Pixel 8	Android15
Apple iPhone 11	iOS18.1.1

6. 結果

本アプリの開発・検証を行った結果，肩の角度や着地時の姿勢を可視化することで，客観的なフィードバックを提供できるようになった(図8)。

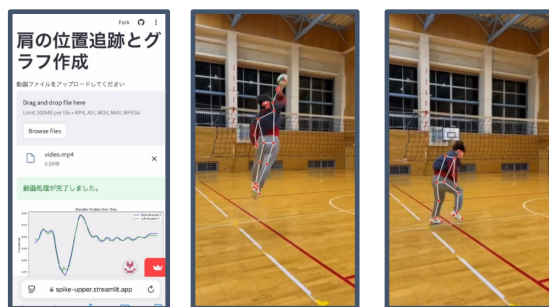


図8 完成したアプリケーション

一方で，以下の点については改良が必要である。

(1) アプリの UI/UX 改善

姿勢の具体的な改善の案内，撮影時の適切なカメラ角度や距離を案内する機能を追加し，撮影ミスを減少させる。

(2) Z 軸情報の活用による正確な骨格抽出

深度情報を取り入れることで，より精度の高い3D 骨格推定をする。スパイク時の前後動作やジャンプ中の身体の傾きをより詳細に分析できるようにする。

にする。

7. おわりに

姿勢推定技術を用いたバレーボール指導支援アプリの開発を行い，スパイク動作の解析を通じて指導者の負担軽減と選手の技術向上を支援するアプリを開発した。

当初掲げた3点の解決目標のうち，選手の自主的な技術向上の支援と導入しやすいシステム提供については実現できたと考えられる。一方で，指導者の負担軽減については，改善の余地がある。

開発を進める中で，バレーボール指導に関する文献をいくつかあたったが，練習法の記述が主であり，スパイク時の姿勢改善に関する文献を見つけられなかった。そのため，姿勢改善に関する具体的なフィードバックの実現が困難で指導者の負担軽減までは至らなかった。しかし，今回利用した開発環境をはじめ，AIの活用と実装のためのツールの進化は今後も進んでいくと考えられ，こうした活動が部活動での様々なリソース不足を補う手段の一つとして活用できるのではないかと考える。

謝 辞

本テーマに卒業研究として取り組んでくれた山形県立産業技術短期大学校庄内校情報通信システム科小野寺冬馬さん，菊地健太さん，齋藤菜希さん，齋藤洋介さん，成田真輝さんに感謝します。被験者になっていただいた東会，酒田倶楽部若獅子会の皆様に感謝申し上げます。

文 献

- 1) 文部科学省：学校の働き方改革を踏まえた部活動改革，https://www.mext.go.jp/sports/content/20200902-spt_sseisaku01-000009706_3.pdf, (参照 2024-11-01)
- 2) 小野寺冬馬，菊地健太，齋藤菜希，齋藤洋介，成田真輝，工藤智子：姿勢推定技術を用いたバレーボール指導用アプリ開発，山形県立産業技術短期大学校庄内校情報通信システム科令和6年度卒業研究発表会発表資料集(2025)
- 3) Google AI for Developers：MediaPipe ソリューションガイド，<https://ai.google.dev/edge/mediapipe/solutions/guide?hl=ja> (参照 2024-11-01)
- 4) Streamlit: <https://streamlit.io/> (参照 2024-11-01)