

## バドミントンのサービスフォルトリアルタイム判定システムの開発 Development of real-time service fault determination system for badminton serve

戸谷 結真<sup>†</sup> 佐々木 奏大<sup>†</sup> 仁志 俊介<sup>†</sup> 西野 洋介<sup>†</sup>  
Yuima Toya Kanata Sasaki Shunsuke Nishi Yosuke Nishino

この映像をリアルタイムで読み込み,判定処理を行う.元フレームレートの映像は **元データ**として保存しておく.

### 1. はじめに

バドミントンの試合では,サービスフォルトはショット瞬間にシャトルが115cm以下で打たれなければならないというルールがあり,サービスフォルト判定が競技の公平性に大きく影響を与える.本研究はこのルールに着目し,バドミントンの公平性を強化するため,カメラを用いたサービスフォルト自動判定システムを提案する.学校における部活動などの場面において,サービスフォルト判定は審判の目視で判定されており,誤審が発生する可能性が高い.一部の上位大会などではサービスフォルト判定のみを行う専用審判配属されたり,専門の器具[1]を用いた判定が行われているが,器具コストや人員コストなどの観点から常用されていない.加えて,上位大会であっても目視判定しており正確な判定が難しく,判定の客観性が確保されないため,選手や観客の不満が生じることもある.本研究では目視に頼らない客観的な判定結果を提供し,競技の公平性を確保することを目的としている.このような判定の客観性,透明性,競技の公平性を強化しようという動きはスポーツ全体で幅広く確認されており,さまざまな競技で自動判定システムが導入されている.テニスでは「ホークアイ (HawkEye)」システム[2]が活用され,ライン判定の精度が飛躍的に向上している.また,サッカーでは「VAR(ビデオ・アシスタント・システム)」[3]が導入され,オフサイドやペナルティエリア内のファウルなどの重要な判定を補助している.さらに,野球ではストライクゾーンの判定にAIを活用する技術が検討されており[4],主観的な判定を客観的なデータに基づいて補強する動きが進んでいる.一方で,バドミントンにおける正確な判定を支援するシステムは未だ導入に至っておらずニーズは高い.

### 2. 設計

本システムは,それぞれの自陣コート横に115cmの高さにカメラを設置し,サービスショット映像をリアルタイムで画像分析し正確なサービスフォルト判定を行う.また,事後判定が行えるよう,記録動画に対して判定を行う機能も備える.これにより,審判のサービスフォルトを瞬時にサポートしつつ,選手の判定に対する疑念を客観的データによって払拭することが可能となる.

#### 2.1 動画データの入力

カメラを自陣コート横に高さ115cmで水平に設置する.これにより,映像中央が115cmとなる映像を取得映像し,映像から適切な間隔でフレームを抽出,フレームレートを落とした低フレームレート映像(**加工済みデータ**)として使用する.

#### 2.2 シャトル検出

シャトルを検出するために,シャトル検出に特化したYOLO[5]モデルを使用して,**加工済みデータ**に対してシャトルの検出を行う.

#### 2.3 基準フレーム特定

YOLOによって解析したシャトル座標をもとに,明確にサービスショット後のフレームを基準フレームとして定義する.例えば,右側に向かってショットが打たれた場合ならば,シャトルが画面右側に到達した瞬間フレームなどが該当する.

#### 2.4 映像入力切り上げ

基準フレームを検出した時点で**加工済みデータ**処理を停止し,ショットタイミングの測定へ移行する.その際,**元データ**の中から基準点判定までに必要なフレームのみを取得する.

#### 2.5 ショットタイミング測定

**元データ**をYOLOで処理しシャトルの座標を判定する.出力したシャトル座標の時系列データからTransformer[6]を用いてショットタイミングの測定を行う.

#### 2.6 フォルト/セーフ判定

ショットタイミングフレームに対してシャトルが画面中央(115cm以下)にあるかどうかを基準にサービスフォルト判定を行う.フォルトと判定した場合,警告音を発し,根拠画像を画面表示する.



図1 コートの横にカメラを設置し判定している様子

### 3. シャトル検出とショットタイミング判定精度

本研究では,シャトル検出を独自作成したYOLOモデルを使用した.YOLOは物体検出を高速かつ高精度に行うことができるアルゴリズムであり,作成したモデルでは精度を示す指標である mAP\_0.5 において 0.91 (91%) を記録し,十分な検出精度が得られた.検出されたシャトルの座標データからは,軌道が高精度で測定できていることが確認された.また,ショットタイミング測定にはTransformerを用いた.Transformerは,時系列データの中から重要な特徴を抽出するアーキテクチャであり,シャトルの加速度や速度変

<sup>†</sup>東京都立多摩科学技術高等学校

化をもとにインパクトの瞬間を正確に捉えることができた。実験により、正解ラベルに対応するフレームと一致するタイミングを高精度で検出できることが確認でき、ショットタイミング測定においても十分な性能を有していることが確認できた。

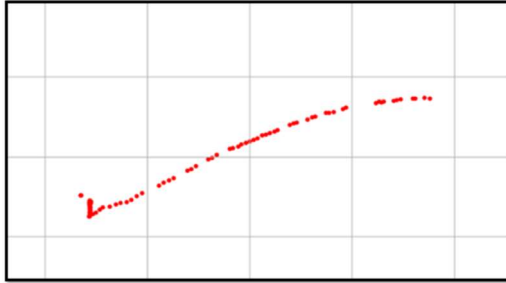
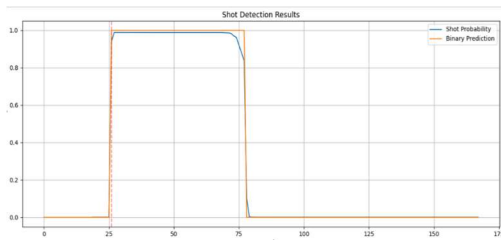


図2 右上に向かって打たれたシャトルの軌道



ショットを予測中...  
検出されたショットの瞬間 (フレーム番号) : [26]

図3 Transformerによるショットタイミングの測定

#### 4. 結果

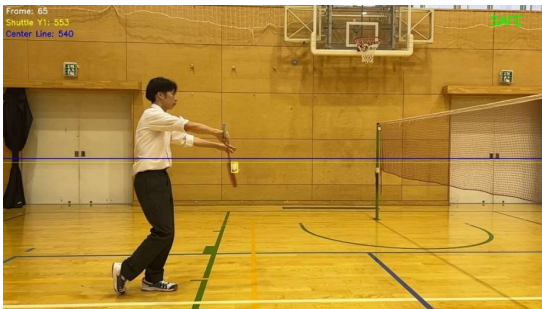


図4-1 判定結果の表示画面



図4-2 判定結果の表示画面

図4は、本システムにおける判定結果の出力画像である。図中の中央に表示されている青色のラインは、サービス時におけるシャトル位置の基準となる115cmの高さを示しており、このライン以下で打たれたショットは「SAFE」、上で打たれたショットは「FAULT」と判定される仕組みとなっている。画像からは、シャトルとラケットの位置情報に基づき、ショットタイミングが正確に測定できていることが確認できる。

また、従来方式との比較実験を行った。本システムとバドミントン経験者（経験年数15年）によるサービスフォルト判定の正確性を比較した。テストデータとして19本のサービスショット動画を本システムとバドミントン経験者で判定した。経験者による判定の正答率は63%であったのに対し、本システムは90%と高い正答率を示し、人間による判断を上回る性能を有することが明らかとなった。

さらに、人間による誤判定傾向を分析したところ、セーフであるサービスショットをフォルトと誤診判定するケースよりも、実際にはフォルトであるサービスショットをセーフと見逃すケースの方が多かった。これは、審判自身の判断によって得点に影響を与えることへの心理的な抵抗感が原因であると考えられる。

以上の結果から、本システムはバドミントン競技のサービスショット判定において人間の主観的な判断に依存することなく、高精度かつ客観的なサービスフォルト判定が可能であることが示された。また、本システムは審判の判定を支援・補完するツールとして有効に機能し、判定の一貫性や信頼性の向上に寄与することが期待できると共に、選手の審判による判定結果への疑念を払拭できることが期待できる。試合中における迅速かつ正確な判定を可能にすることで、審判の負担軽減や選手・観客への透明性の提供また、人員コストの削減といった観点から、スポーツ現場での実用性が高いことが示唆される。

#### 5. おわりに

本研究では、バドミントンの競技の公平性強化を目的とし、映像解析を組み合わせたサービスフォルト判定システムの開発を行った。YOLOによるシャトル検出とTransformerを用いたショットタイミングの測定により、リアルタイムかつ高精度な判定が可能となった。また、実験結果からは、本システムが人間の判定精度を上回る判定結果を有することが確認でき、競技の公平性向上に貢献できる可能性が明らかとなった。

今後は、多様なプレーヤーのフォームや競技場の背景など、さまざまな環境に対応できる汎用性の向上、リアルタイム処理の高速化、さらには競技現場への実用化に向けたフィールドテストなどが課題として挙げられる。これらの改良を重ねることで、より安定した運用が可能となり、バドミントン競技の判定精度と信頼性向上に寄与することが期待される。

#### 参考文献

- [1] ツムラ, "バドミントンシャトル VT-7801", ツムラファインケミカル, <https://www.tsumura-f.co.jp/sports/badminton/vt7801.html> (参照 2025-06-13)
- [2] Hawk-Eye Innovations, "Official Website", <https://www.hawkeyeinnovations.com/>
- [3] 日本サッカー協会, "VAR(ビデオ・アシスタント・レフェリー)", <https://www.jfa.jp/rule/var.html> (参照 2025-06-13).
- [4] NHK, "スポーツ中継に新技術 AI が試合の「流れ」を解説", <https://www3.nhk.or.jp/news/html/20250310/k10014742521000.html> (参照 2025-06-13).
- [5] T. Nguyen et al., "A Comparative Study of AI Systems for Sports Analytics", *Journal of Imaging*, vol.5, no.4, pp.83, 2019. <https://www.mdpi.com/2504-4990/5/4/83> (参照 2025-06-13).
- [6] S. Ebrahimi, V. Tan, and A. Wong, "Vision Transformers for FineGrained Video Action Recognition," arXiv preprint, arXiv:2304.10557, 2023. <https://arxiv.org/abs/2304.10557> (参照 2025-06-13).