

## 垂直方向ラリーの卓球映像における打球推定手法の提案

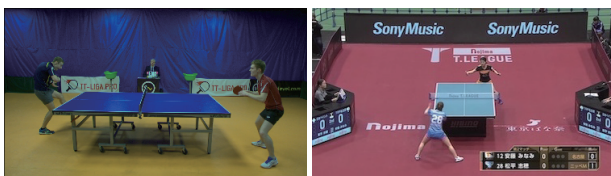
加藤 祥真<sup>†</sup>鬼頭 明<sup>†</sup><sup>†</sup>愛知工業大学玉木 徹<sup>††</sup>澤野 弘明<sup>†</sup><sup>††</sup>名古屋工業大学

### 1 はじめに

卓球競技では、選手のプレーを分析するために、打法と打球コースの傾向が調査される。実業団リーグの卓球チームでは、打法と打球コースの傾向を知るために、紙媒体や表計算ソフト、専用アプリに手作業でプレーの記録を行っている。また、選手のプレーの記録には対象の試合映像をすべて視聴する必要がある。そこで、本研究では、打法と打球コースの分析を支援するために、プレー傾向分析の自動化を目指す。本稿では、打球と打球コースの自動分析の前段階として、試合映像における打球推定手法について検討する。

Dengらは卓球台周辺に設置された複数台のカメラ映像を利用して、打球を推定する手法 [1] を提案している。この手法は、卓球台周辺に複数のカメラを設置できる特定の練習環境を対象としており、世界卓球選手権や日本卓球リーグのような公開試合では、分析用に複数台のカメラを設置することは困難である。

1台のカメラで撮影された試合映像から打球を推定する手法として、VoeikovらはTTNet [2] を提案している。TTNetは、図 1a に示すような、選手が映像の左右に立つ水平方向ラリーの卓球映像を対象としている。一方で、事前に調査した国際試合 407 試合のうち、水平方向の映像は 10%以下であり、残りの 90%は選手が映像の上下に立つ垂直方向ラリーの卓球映像であった。垂直方向ラリーの卓球映像では、図 1b に示すように手前選手のバックハンド時に、ボールが選手の体に隠れてしまう。そのため、ボールが選手に隠れることを考慮していない TTNet を、垂直方向ラリーの卓球映像に適用できない。そこで、本研究では、垂直方向ラ



(a) 水平方向ラリー

(b) 垂直方向ラリー

図 1: ラリー方向に基づいた卓球映像の種類

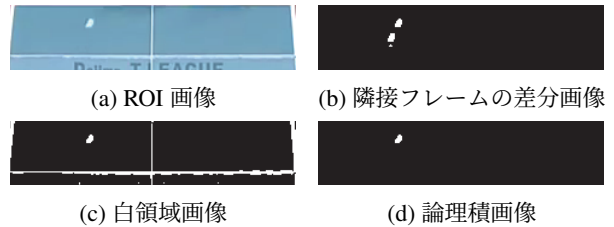
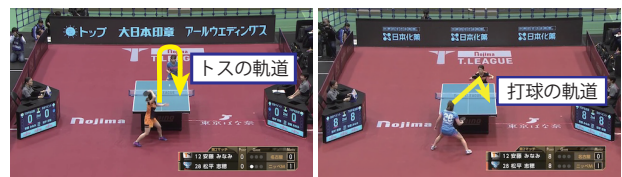


図 2: ボール領域検出手法の前処理



(a) 投げ上げサービストス

(b) 選手の打球

図 3: 投げ上げサービストスと打球における軌道の違い

リーの卓球映像から打球を推定する手法を提案する。

### 2 提案手法

本節では、垂直方向ラリーの卓球映像から打球を推定する手法について述べる。本研究で対象とする卓球映像は、複数台のカメラで撮影される、プレーシーン、リプレイシーン、休憩シーン、入退場シーンで構成される。本稿では、先行研究 [3] により抽出されたプレーシーンを対象として、プレーシーンからボールを検出する。また、検出されたボールから打球のみを推定する。対象とするプレーシーンでは、図 1b に示すように卓球台のネットより下側（手前の選手側のコート）が選手によって隠れてしまう。そのため、ネットより上側（奥の選手側のコート）から打球を推定する。まず、卓球台のネットより上側を ROI 画像として手動で切り出す。卓球台上を移動するピンポン球の領域を検出するために隣接フレームの差分画像を生成する。図 2a に ROI 画像、図 2b に差分画像を示す。差分画像には、 $n-1$  フレーム目と  $n$  フレーム目におけるボールの領域が抽出される。ここで、 $n$  番目のフレームから、ボールを含む白画素の領域を閾値処理により抽出した白領域画像（図 2c）を生成する。白領域画像と差分画像の論理積画像（図 2d）を生成して、面積閾値  $t$  以上の領域を  $n$  フレーム目におけるボールとして検出する。

Estimating a Hit Ball in a Match Video of Vertical Rally  
Shoma Kato<sup>†</sup>, Kito Akira<sup>†</sup>, Tamaki Toru<sup>††</sup>, Hiroaki Sawano<sup>†</sup>  
<sup>†</sup>Aichi Institute of Technology  
<sup>††</sup>Nagoya Institute of Technology

表 1: ラリー回数の推定結果

動画数	プレーシーン数	正検出数	誤検出数	
			モーショントラッカー	ネット
10	598	405 (0.677)	156 (0.261)	37 (0.062)

卓球台上で検出されるボールには、打球以外に手前選手の投げ上げサービストスも含まれる。投げ上げサービストスと打球の軌道を図3に示す。図3に示すように、投げ上げサービストスの軌道(図3a)は、打球の軌道(図3b)と同様に卓球台上を通過するように映る。投げ上げサービストスと打球を区別するために、打球が卓球台上でバウンドした場合の衝突音に着目する。具体的には  $i$  回目 ( $1 \leq i$ ) にボールが検出されてから  $i+1$  回目にボールが検出されるまでの音の振幅を利用する。図4に打球における音の振幅を示す。図4では、ボールの検出されたタイミングを赤の縦線、音の振幅を青の線、1回目にボールが検出されてから、2回目にボールが検出されるまでの間を赤の横線で示している。赤の横線の区間に含まれる音の振幅の最大値が  $s$  以上の場合は、ボールの衝突音がする打球と判定される。一方で、音の振幅が閾値  $s$  以下の場合には、衝突音のしないと判定してボールの検出結果から除去する。

### 3 実験と考察

本節では、一般社団法人Tリーグ\*が提供する卓球映像10本に含まれる598のプレーシーンに対して、提案手法の評価実験を行った。実験に使用した映像のフレームレートは30fpsである。閾値は、 $t=5, s=0.020$ とした。本実験では連続して検出された打球を1ラリーと定義する。目視で確認したラリー回数と提案手法によって推定されたラリー回数が一致した場合を正検出、不一致の場合を誤検出とした。評価実験の結果を表1に示

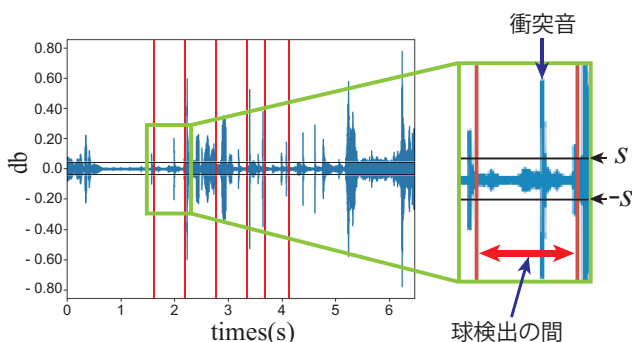


図 4: 打球における音の振幅



図 5: 球速の速い打球

す。表1に示すように、正検出が405シーン(67.7%)、誤検出が193シーン(32.3%)の精度で打球を推定できた。誤検出の80.8%(156/193)は、図5に示すような球速の速い打球のモーショントラッカーであった。モーショントラッカーは、球の形状が移動方向に沿って引き伸ばされてしまい、面積の閾値処理で検出できない。また、誤検出の19.2%(37/193)は上側の選手の打球がネットにかかった場合である。ネットにかかった打球は上側のコートに滞留するため、打球として誤って推定された。

### 4 おわりに

本稿では、垂直方向ラリーの卓球映像における打球推定手法を提案した。また、垂直方向ラリーの卓球映像10本に対して提案手法の評価実験を行った。実験の結果、67.7%の精度で打球を推定できた。一方で、誤検出の原因は、速い打球のモーショントラッカー、または上側の選手の打球がネットにかかった場合であると確認された。今後の課題として、モーショントラッカーに対応できるボール検出手法、および検出時間間隔を考慮したネットによる返球失敗判定手法の検討が挙げられる。

### 参考文献

- [1] Z. Deng, Y. Hou, X. Cheng, and T. Ikenaga: "Multi-Peak Estimation for Real-Time 3D Ping-Pong Ball Tracking with Double-Queue Based GPU Acceleration", *IEICE Trans. on Information and Systems*, Vol. E101.D, No. 5, pp. 1251–1259 (2018)
- [2] R. Voeikov, N. Falaleev, and R. Baikulov: "TTNet: Real-time temporal and spatial video analysis of table tennis", *2020 IEEE/CVF Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*, pp. 3866–3874 (2020)
- [3] S. Kato, R. Onishi, H. Sawano, and A. Kito: "A Study of a Rally Scene Estimation Method in a Table Tennis Video", *Int'l Workshop on Advanced Image Technology 2021 (IWAIT2021)*, 117661M (2021)

\*<https://tleague.jp/>