

卓球競技のボール落下位置と選手姿勢の リアルタイム推定の試み

伊藤 建一^{*}, 上島 慶^{**}

(令和 4 年 11 月 30 日受理)

An Attempt at Real-Time Estimation of the Ball Drop Position and Player Posture in Table Tennis

Kenichi ITO^{*}, Kei KAMIJIMA^{**}

In this study, we developed a measurement system for the ball drop position and player posture during a table tennis stroke rally to investigate whether the system can estimate the ball drop position in real-time. OpenCV's Channel and Spatial Reliability Tracker (CSRT) was used to track the table tennis ball. OpenPose was adopted to estimate the player's posture. The estimation program was developed using Visual Studio 2019 and implemented on a personal computer (CPU: core i7-7820X, GPU: GTX-1060, Memory: 128 GB). Experiments were conducted at a frame rate of 100 fps, and the results showed that the current processing was not fast enough to achieve real-time continuous estimation.

Key words: table tennis, ball drop position, player posture, real-time estimation

1. まえがき

現在多数の球技スポーツで映像を活用した客観的分析が行われるようになってきている。しかし、卓球競技は、他の球技と比較するとラリーが非常にスピーディーであるため、対戦相手の打球コースなどの情報収集や戦術分析の有用性は示されているものの、競技現場で活用できる映像分析システムの開発には至っていない。

著者らは、上記映像システムを開発するために、ビデオカメラや高速カメラを用いて卓球ボールの落下位置を定量的に評価できるシステムの開発に取り組んできた[1]。これまで、片側から打者が卓球ボールを打ちこみ、逆サイドの卓球台半面に落下した位置を推定することで、提案手法の有効性を確認していた。提案手法の位置推定誤差は、ビデオカメ

^{*} 工学科(電子情報学系)教授

Professor, Field of Electronic and Information Engineering, Department of Engineering

^{**} 工学科(基礎教育・教養系)准教授

Associate Professor, Field of Fundamental Education and Liberal Arts, Department of Engineering

ラで平均誤差 140 mm 程度，高速カメラで平均誤差 50mm 程度であり，実際の戦術分析での利用可能な精度で落下位置を計測可能となっている．本研究では，より実践的な状況へ適応可能か検証するために，選手同士の卓球ストロークラリー中のボール落下位置と選手位置・姿勢のリアルタイム連続推定の可能性を検討したので報告する．

2. 推定方法

図 1 にボール落下位置と選手姿勢推定のフローチャートを示す．本推定では，まず撮影された画像に背景差分法と閾値による 2 値化処理を用いて卓球ボールの台半面の侵入を検知する．次に，トラッキング技術を用いて侵入した卓球ボールを追跡する．トラッキング技術には，OpenCV の CSRT (Channel and Spatial Reliability Tracker)を用いた[2]．選手の姿勢は，卓球ボールが台上に落下した時のみ推定する．姿勢推定方法には OpenPose を採用した[3]．OpenPose のボディモデルは BODY_25 を用いた．推定プログラムは Visual Studio 2019 で開発し，パソコン（CPU : core i7-7820X, GPU : GTX-1060, Memory 128GByte）に実装した．

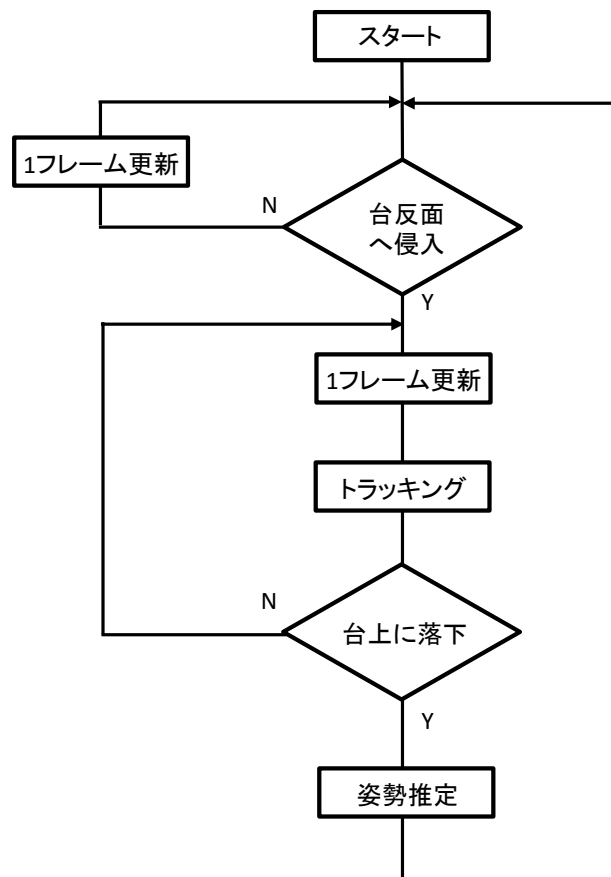
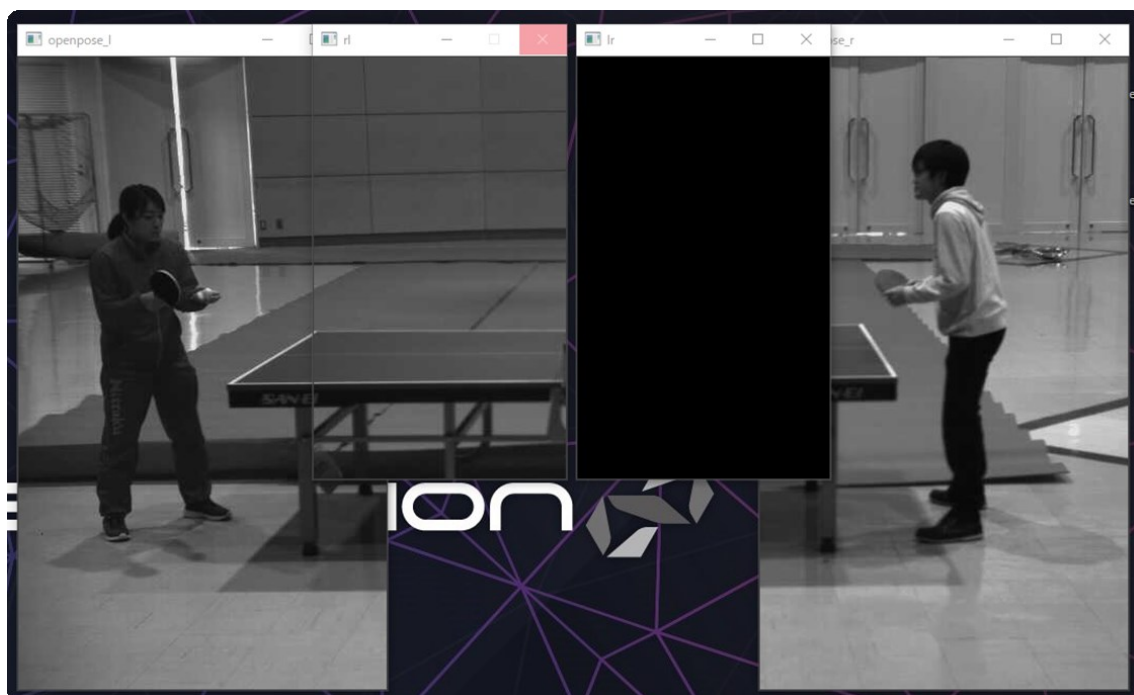


図 1 ボール落下位置と選手姿勢推定のフローチャート

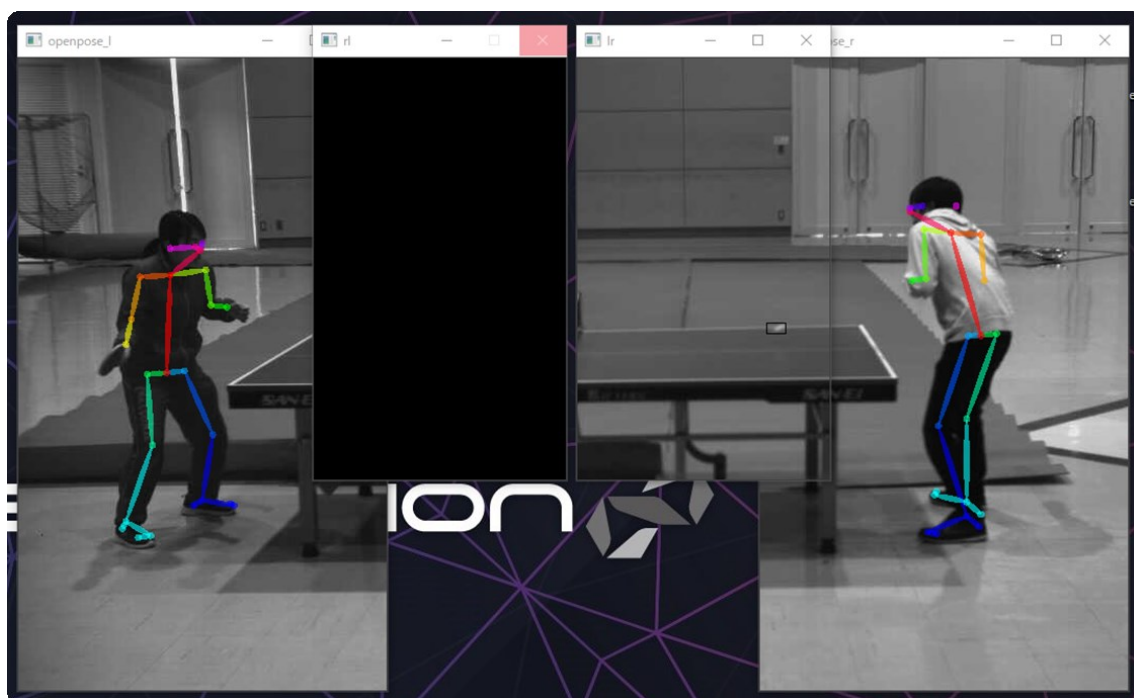
3. 実験方法及び結果

高速カメラ（ストリーミング高速モノクロカメラ INFINICAM UC-1：Photron 社製）は卓球台端から6.8 m離れた位置に高さ1.9 mで配置した．撮影時のフレームレートは100 fps，シャッタースピードは1/100 sに設定した．動画データは，高速カメラの独自形式の静止画データ（1246 × 800ピクセル）でコンピュータに取り込んだ．実際の処理は，この保存された静止画データが対象となる．卓球打者は，卓球台の左端から逆サイドの右半面に向かってサービスし，もう一人の打者と12回連続でラリーを行った．このラリーは3回実施した．撮影時間は3回とも約7 sであった．なお，卓球台が置かれている床には，公式戦に用いられるフロアシートと同じような色合いのフェルトシートを敷いた．

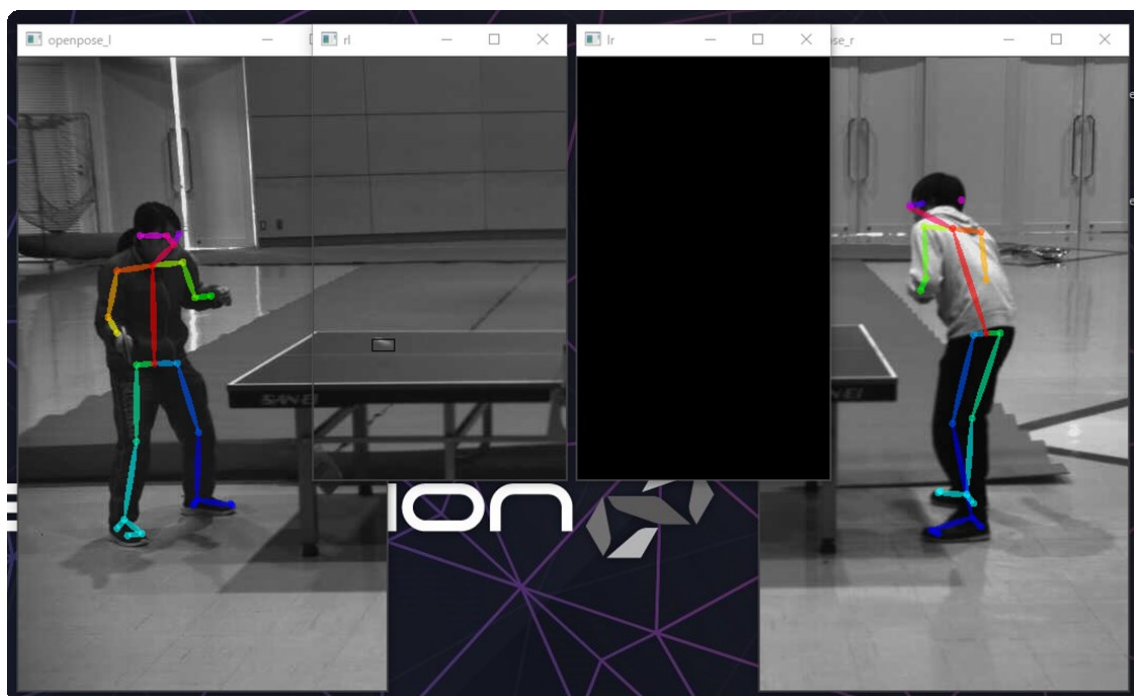
図2は推定プログラム実行画面の一例であり，図2(a)はラリー開始時の画像を示している．図2(b)はラリー中の画像であり，卓球台右サイドに卓球ボールが落下した位置とその時の右側選手の姿勢を推定している．落下時の卓球ボールは黒い長方形で囲って表示している．なお，ここには示されていないが，落下位置と選手位置の画像座標もコンソール画面に表示される仕組みになっている．図2(c)はラリー終了時の画像である．左サイドに卓球ボールが落下した際の落下位置とその時の両選手の姿勢を推定している．ラリー終了時には，落下位置と選手位置だけでなく合計処理時間もコンソール画面に表示される仕組みになっている．各回の合計処理時間は，それぞれ14.5 s，13.6 s，14.2 sであり，平均14.1 sであった．現状では，推定処理に撮影時間の2倍程度が必要であり，リアルタイムでの連続推定を実現するためには高速に処理するための工夫が必要であることがわかった．



(a) ラリー開始時



(b) ラリー中の画像



(c) ラリー終了時の画像

図 2 推定プログラムの実行画面の一例

4. あとがき

本研究では、卓球ストロークラリー中のボール落下位置と選手位置・姿勢の計測システムを開発し、リアルタイムで推定できるかどうか検討した。実験の結果、現状では処理が間に合っておらず、リアルタイム連続推定を実現するためには高速化の工夫が必要であることがわかった。今後の課題は、1)処理の改善やハードウェアの変更によりリアルタイム処理が可能となるようにシステムを改善すること、2)試合で使えるようにカメラからの転送データを直接処理できるようにシステムを拡張すること、の2点である。

謝辞

本研究の一部は第7回「IRMAIL サイエンスグラント」フォトロン賞の助成を受けたものです。ストリーミング高速度カメラ INFINICAM UC-1 は Photron 社から貸与していただきました。また、ラリーの実験では、本学 2020 年度卒業生の長谷川蘭君に手伝っていただきました。記して感謝いたします。

文献

- [1] K. Kamijima, K. Ito, et al.: Estimation of Table Tennis Ball Drop Position using a High-Speed Camera, 16th ITTF Sports Science Congress, Budapest, 82-83, 2019.
- [2] A. Lukezic, T. Vojir, et al.: Discriminative correlation filter with channel and spatial reliability, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 6309-6318, 2017.
- [3] Z. Cao, T. Simon, et al.: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 7291-7299, 2017.