

画像処理を用いたバドミントンショットタイミング測定

瀬戸口務† 中屋敷かほる† 坂東忠秋†

関東学院大学 理工学部†

1 はじめに

バドミントンは狭いコートの中で非常に速いショットや非常に遅いショットなどを使い分ける緩急が激しい競技でショットタイミングを正確に測ることが大切である。ショットタイミングを正確に測定することでラリーの間隔の分布、ショット時の姿勢、位置など、プレイスキルに重要な情報を収集することができる。ショットタイミングは、動画を1フレームずつ目視で確認すれば抽出できるが、自動的に抽出しようとするのが難しい。

本研究ではショット時の動画に画像処理を用いて、シャトルの軌道計算、選手の移動速度、手足の瞬間移動量などの測定を行い、これら複数の測定結果からショットタイミングの推定を行う。

2 研究概要

本研究では、まずスマートテニスセンサという振動センサを改造して、バドミントンラケットに取り付け、その振動波形からショットタイミングを検出することを試みた。しかし、生データである振動波形の取得はメーカーの協力が得られなかった。そこでOpenCVのcbd(color-blob-detection)に機能を追加し、その画像処理を利用して、シャトル検出とその軌道計算、さらに選手、手足の移動からショットタイミングを検出することにした。

3 OpenCV cbdによるシャトル追跡

cbdはリアルタイムで色（色相、彩度、明度）を指定して、その色 $\pm\Delta$ の範囲のものを追跡するプログラムである。このcbdに録画機能、画像のコマ送り、静止画での色指定・検出などの機能追加を行った。

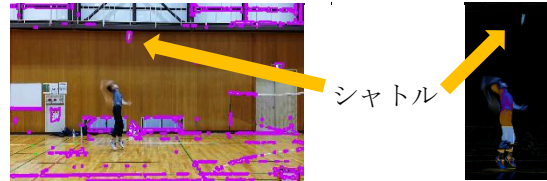


図1 白色検出例 図2 フレーム差分画像

シャトル検出を行った結果が図1である。

シャトルと同じ白色で検出を行うと照明の反射などによりシャトル以外のノイズが多く検出された。そこで、cbdの入力画像にフレーム差分画像を利用することにした。フレーム差分画像に対してcbdを使用することで、動いている物体に対して主に明度差で物体検出することができる。

4 軌道からのショットタイミング計算

シャトルの検出は、選手やラケットに隠れてしまいショットの瞬間が検出出来ないケースが多い。そこで、ショットタイミングを求めするためにシャトルのショット前とショット後のシャトルの軌道から交点を求め、ショットタイミングを算出する。

3-1 軌道から交点を求める

ショット前とショット後で各2点を取りそこから2点を通る直線を作る。その2直線の交点をショットタイミングの位置とする。 T はタイミング、 L は画像上の距離である。速度は等速と仮定し、各点と交点を利用し、ショットタイミング T_x を計算する。計算式は式(1)、式(2)のようになる。

$$\frac{L_1}{(T_2 - T_1)} = \frac{L_2}{(T_x - T_2)} \quad (1)$$

$$\frac{L_n}{(T_n - T_{n-1})} = \frac{L_{n-1}}{(T_{n-1} - T_x)} \quad (2)$$

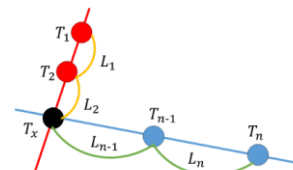


図3 タイミング計算

式(1)、式(2)共に、 T_x の計算が可能であるが、ど

Measurement of Badminton Shot Timing by Image Processing
Tutomu Setoguchi†
Kaoru Nakayashiki†
Tadaaki Bandou†
College of Science and Engineering,
Kanto Gakuin University†

ちらも誤差を含む。これは等速を仮定しているが、実際のシャトルは急激に変化するためである。式(1)の $T_x - T_2$ は、シャトルの実際の速度は区間 L_1 より L_2 のほうが遅いので、実際より小さくなる。式(1)の時刻 T_x は早くなる。式(2)の $T_n - T_x$ は、同じような理由で実際より小さくなる。すなわち式(2)の時刻 T_x も早くなる。式(2)はショット直後であり、シャトルの速度変化は非常に大きいので、式(2)の方が誤差が大きくなる。

表1 目視と計算の誤差

欠フレーム	式(1) (誤差)	式(2) (誤差)	目視
0	2.4(+0.4)	1.9(-0.1)	T2
1	2.3(+0.3)	1.1(-0.9)	T2
1	3.0(+1.0)	2.3(+0.3)	T2
1	3.5(+1.5)	2.5(+0.5)	T2
1	3.4(+1.4)	2.5(+0.5)	T2
1	3.4(+1.4)	2.1(+0.1)	T2
1	2.5(+0.5)	2.7(+0.7)	T2
2	2.0(0)	0.2(-1.8)	T2
2	2.5(+1.5)	1.5(-0.5)	T2
2	2.7(+0.7)	2.8(+0.8)	T2
2	2.4(+0.4)	2.4(+0.4)	T2
2	2.7(+0.7)	2.1(+0.1)	T2
2	2.2(+0.2)	2.3(+0.3)	T2
3	3.1(+1.1)	1.9(-0.1)	T2
3	4.5(+2.5)	1.2(-0.8)	T2
3	2.1(+0.1)	2.2(+0.2)	T2
	平均誤差(+0.85)	平均誤差(-0.01)	

誤差がどの程度が調べるために、実験を行い計算結果と目視によるショットタイミングと比較した。その結果を表1に示す。欠フレーム数は、シャトルがラケットなどに隠れて、検出できなかったフレーム数である。ここで値はフレーム番号を使った時刻を、括弧内は目視との誤差を示す。ここで予期していなかったことであるが、目視による正確なショットタイミングの判定が困難で、すべて T_2 に近いように見えてしまった。 T_3 ではすでにシャトルはショット後でラケットから飛び出しており、シャトルとラケットの距離は T_3 の方が長いため、 T_2 が真のショットタイミングに近いように見えるという結果になった。フレーム間のシャトルの移動距離とショットタイミングの関係を示したものが図4である。シャトルの移動量が大きくかつ負から正に変わるところでシャトルを打っていることがわかる。

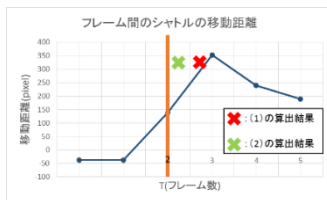


図4 フレーム間のシャトルの移動距離

5 他のタイミング検出

ショットタイミングをシャトルの検出を行い、軌道計算を行ったが、一つの検出器だけでは、データの信頼性が低い。信頼性を高めるために、選手の移動の検出、手足の動きの検出を行い、それぞれの変化を元にショットタイミングの推定を行う。以下にフレーム間の移動距離(速度)を示す。

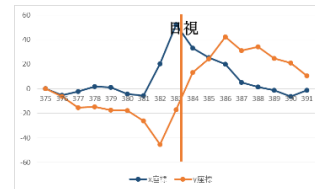


図5 右手の座標

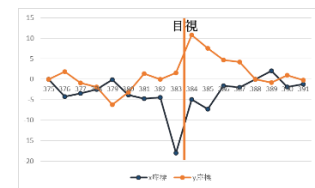


図6 左足の座標

図5、図6は、手足にカラーリストバンドを付け、色追跡を行い、フレームごとにどのくらい動いたかを追跡して、グラフにしたものである。目視でのショットタイミングと手足の動きの追跡を比較してみると、主にラケットを持つ利き腕の動きが、ショットの瞬間で変化していることが分かった。選手の移動の検出は有意性のあるデータが得られなかった。

6 まとめ

本研究では、バドミントンのショットタイミングを自動的に抽出できるように画像処理などを用いてシャトル位置や選手、選手の手足を検出し、タイミングの推定を行った。ショット前後のシャトル位置からショットタイミングを算出することを提案し、実測を行った。その結果ショット前後の数フレーム中にシャトルが検出できないフレームがあった時でも誤差1フレーム以内でタイミング算出できることがわかった。式(1)の最大誤差2.5、平均誤差+0.85、式(2)の最大誤差1.8、平均誤差-0.01であった。