

研究報告

インパクト直後のバドミントン・シャトルの運動

—スマッシュにおける水鳥シャトルとナイロンシャトルの比較—

岩間 礼夏¹⁾・堀内 元²⁾・アグス ルスディアナ³⁾・桜井 伸二¹⁾

Movement of a Badminton Shuttle Immediately after Impact
— Comparison Between Feather Shuttle and Nylon Shuttle in Smash —

Ayaka IWAMA, Gen HORIUCHI, Agus RUSDIANA, Shinji SAKURAI

(1) はじめに

競技としてのバドミントンは、幅6.10m×全長13.40mのコートで、高さ約1.55mのネットをはさみ、ラケットとシャトルを用いて、多彩なショットと俊敏な動き、駆け引きを駆使して相手と戦う球技である。全ての球技の中で打球の初速が最も速いとされる。国際バドミントン連盟（当時IBF、現BWF）は男女混合の国・地域別対抗戦スディルマン杯（2005年）でレーダー速度計（スピードガン）を用いてスマッシュ初速を計測し、男子では時速332キロが、また女子では267キロが最速であったという。なおヨネックス社のHP（2010）によれば、超高速度ビデオカメラ撮影（20000fps）により算出したタン・ブンホン（マレーシア）のスマッシュの初速421キロがバドミントン最速打球記録としてギネス世界記録に認定されたとのことである。

バドミントンは『球技』として認識されているが、用いられるのはボールではなく、重さ約5グラムのシャトルである。シャトルは、半球状のコルクに水鳥等の羽を接着剤などで固定したものであり、羽の部分の材質により二大別される。水鳥シャトルとナイロンシャトルであ

る。前者は公式試合における試合球として用いられるが、耐久性に難がある。後者は主としてレクリエーション用や練習用であり、中学校や高等学校での体育の授業においてもよく用いられる。2000年頃までは中学校の公式試合もナイロンシャトルで行われていたが、打球感などが水鳥シャトルと異なるという意見が多く、競技力向上のためには早くから水鳥シャトルに慣れ親しんだ方が良いという理由から、ナイロンシャトルは現在では公式試合でほとんど使われていない。ただし、鳥インフルエンザ発生や価格高騰の恐れから、耐久性が高く、安価で、しかも飛行特性や打球感が水鳥シャトルと変わらない合成羽シャトルの製造・供給が期待されている。

ルスディアナら（2012）は、水鳥シャトル、ナイロンシャトル、および新たに開発された発泡ポリエチレンを用いたコンポジットフェザー球のスピード変化特性などを調べた。初速や終速などに3種のシャトル間で若干の違いが見られた場合もあるが、水鳥シャトルとナイロンシャトルの減速率の間に有意差はなかった。さらに、シャトルにはスピード番号がつけられており、気温の違いなどに応じて適切な飛行特性

¹⁾ 中京大学スポーツ科学部・²⁾ 中京大学大学院体育学研究所科・³⁾ インドネシア教育大学

のシャトルを選ぶことができる。すると、水鳥シャトルとナイロンシャトルの最大の違いは打球感の違いといえよう。

そこで本研究の目的は、ラケットインパクト時およびその直後の水鳥シャトルとナイロンシャトルの動きの違いを明らかにし、打球感の違いの理由を知ることである。

(2) 方法

被験者は大学バドミントン部に所属する大学生男女各1名(ともに右利き、subj Mおよびsubj Fとする)であった。それぞれの年齢、身長、体重、競技歴は、subj M:23歳、177cm、74kg、10年、およびsubj F:22歳、158cm、53kg、7年であった。

サーバーからロングハイサーブで打ち出されたシャトルに対して、被験者に最大努力でスマッシュを打たせた。そのスマッシュ動作を1台のハイスピードビデオカメラ(Miro4, Vision Research社)を用いて、サンプリング周波数1000Hz、露光時間1/5000sで撮影した。なお、カメラは、その光軸がバドミントンコートのサイドラインに対して直角に、右側方で24m離れた位置に設置された。カメラの高さは約2.5mとし、レンズの光軸は水平になるようにした。また画角は、ラケットとシャトルのインパクト付近をクローズアップして写すことができるよう調節した。

実験には2種類のシャトルを使用した。一方は(A)水鳥シャトル(ヨネックス社、HI-CLEAR、F-50、日本バドミントン協会第2種検定合格球)、もう一方は(B)ナイロンシャトル

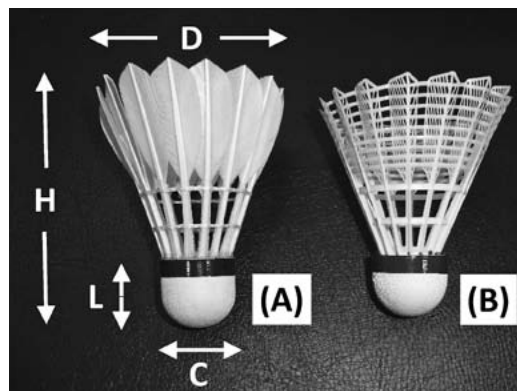


図1：用いられたシャトルとサイズの説明 (A：水鳥シャトル、B：ナイロンシャトル)

(GOSEN社、GN-105H、日本バドミントン協会検定合格球)であった(図1)。サイズなどそれぞれの詳細を表1に示す。

各被験者には本人の満足がいくスマッシュを両シャトルでそれぞれ10回以上打たせた。ラケットとシャトルのインパクト前後が分析可能な試行数は、両被験者のそれぞれのシャトルで2~4試行であった。

撮影した映像から、ラケット(2点)およびシャトル(3点)上の特徴点(図2)をビデオ動作解析システム(Frame DIAS V, デイケイエイチ社)を用いてデジタイズし、2次元DLT法を用いて各分析ポイントの2次元座標値を算出した。

算出した2次元座標値を用いて以下の項目についてインパクト前後の値の変化を求めた(図2)。なお、インパクトによるラケットとシャトルの急激な減速を考慮して、データの平滑化は行わなかった。

表1：用いられたシャトルのサイズおよび質量

			(A) 水鳥シャトル F-50	(B) ナイロンシャトル GN-105H
シャトルスカート径	D	(mm)	66	66
シャトル長さ	H	(mm)	89	87
コルク直径	C	(mm)	26.5	26.5
コルク長さ	L	(mm)	26	24
質量	m	(gram)	5	5

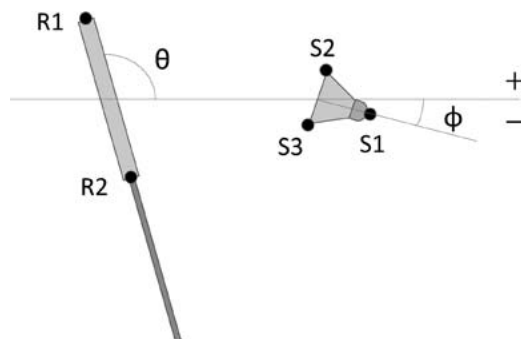


図2：ラケットおよびシャトルの分析点と角度の定義

- ・ラケットスピード：ラケットヘッド (R1) の位置座標から3点微分公式 (阿江と藤井、2002) を用いて求めた値
- ・ラケット角度：ラケットフェイスとシャフトのジョイント部 (R2) とラケットヘッド (R1) を結ぶ線分が水平軸となす角 (θ)
- ・シャトルスピード：シャトルのコルク部先端 (S1) の位置座標から3点微分公式を用いて求めた値
- ・シャトル角度：シャトルスカート部の両端点 (S2, S3) の中点とシャトルのコルク部先端 (S1) を結ぶ線分が水平軸となす角 (ϕ)
- ・シャトルスカート径：シャトルスカート部の両端点 (S2, S3) 間の距離 (D)

(3) 結果

本研究では、映像上でシャトルの一部がラケットのストリングス面に接触しているフレームのうち、最初のフレームをインパクト時 (0.000s) とした。全ての試行において羽の部分が先にストリングス面に接触していた。なお、ビデオ画面上でシャトルがストリングス面に接触して見えるコマ数は全ての場合で3~4コマ (0.003s~0.004s) であった。またシャトルのコルク部がストリングス面に接触して見えるフレーム数は、全ての場合で1~2コマ (0.001s~0.002s) であった。

インパクト直前のシャトルスピードは4.48m/s~6.15m/sで、試行間に大きな差は見ら

れなかった。インパクト直前のラケットヘッドのスピードの平均値 (\pm 標準偏差) は、subj Mの水鳥シャトルの場合50.8 (\pm 3.4) m/s、subj Fの水鳥シャトルの場合43.4 (\pm 5.2) m/s、subj Mのナイロンシャトルの場合49.6 (\pm 0.7) m/s、subj Fのナイロンシャトルの場合44.7 (\pm 3.2) m/sであった。またインパクト時のラケットの角度 (θ) は、subj Mの水鳥シャトルの場合79.3 (\pm 1.4) 度、subj Fの水鳥シャトルの場合86.6 (\pm 2.7) 度、subj Mのナイロンシャトルの場合81.4 (\pm 1.0) 度、さらにsubj Fのナイロンシャトルの場合87.4 (\pm 3.4) 度であった。Subj Mはsubj Fに比べヘッドスピードがおおよそ6m/s速く、またラケット角度 (θ) は6~7度程度小さかった。しかし、各被験者において、ナイロンシャトルと水鳥シャトルの打動作の間には大きな差は認められなかった。

図3にインパクト前後の、上段：シャトルスピード、中段：シャトル角度 (ϕ)、下段：シャトルスカート径 (D) のそれぞれの変化について、subj Mおよびsubj Fの (A) 水鳥シャトル、(B) ナイロンシャトル別に、それぞれ2~4試行の平均値で示した。シャトルスピードの最大値の平均値はsubj Mの (A) 水鳥シャトル、subj Fの (A) 水鳥シャトル、subj Mの (B) ナイロンシャトル、subj Fの (B) ナイロンシャトルのそれぞれ順に、93.1 \pm 1.3m/s、67.0 \pm 8.6m/s、75.8 \pm 9.3m/s、65.8 \pm 4.6m/sであった。インパクト0.008s後の平均値は、それぞれ順におおよそ70.1 \pm 4.3m/s、53.1 \pm 4.8m/s、57.1 \pm 7.7m/s、49.1 \pm 1.3m/sで、シャトルスピードはいずれにおいても大きく減速していた。

インパクト前後のシャトル角度の変化を図3中段に示した。インパクト直前のシャトル角度は-106度から-113度前後であったが、インパクト後に急激に向きを変えた。水鳥シャトルに比べナイロンシャトルはラケットを離れる頃から大きく上方向を向く傾向が見られ、この傾向はsubj Mとsubj Fに共通していた。シャトル角度の平均はインパクト0.008s後で (A) 水鳥シャトル：19度~26度程度、(B) ナイロンシャトル：56度~57度程度であり、(B) ナイロンシャトル

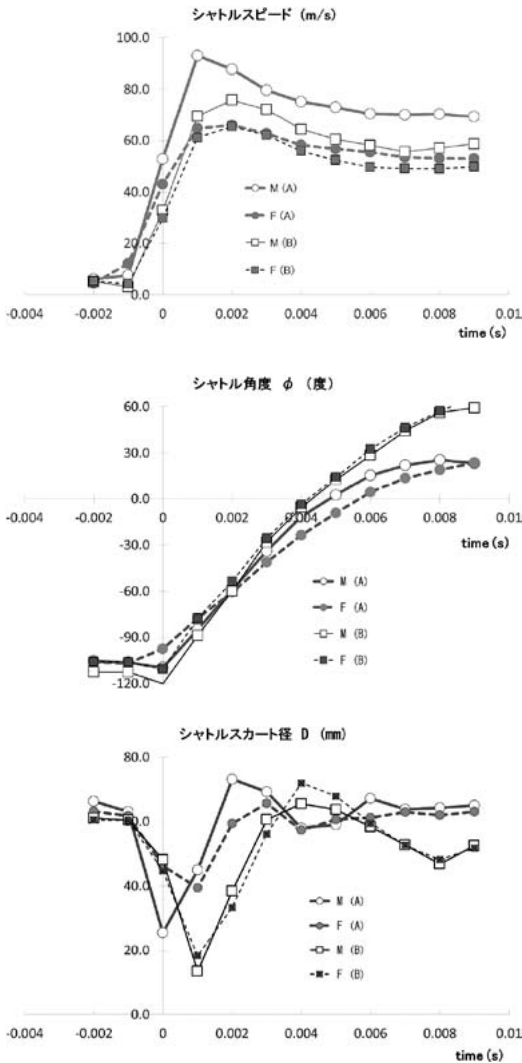


図3：インパクト前後のシャトルスピード（上）、シャトル角度（中）、およびシャトルスカート径（下）の変化（M, F：被験者、A, B：シャトル）

ではこの値はその後増加する傾向が認められた。

シャトルスカート径の変化について、同様に図3下段に示した。インパクト前は59mm～63mmであった。インパクトによって、その値は急激に小さくなり、その最小値はsubj Mの(A)水鳥シャトル、subj Fの(A)水鳥シャトル、subj Mの(B)ナイロンシャトル、subj Fの

(B)ナイロンシャトルの順に、それぞれ25mm、35mm、9mm、18mmであった。水鳥シャトルに比べナイロンシャトルの、そしてsubj Fに比べsubj Mのショットでその最小値が小さい傾向が認められた。インパクト後、多少の増減は見られるものの水鳥シャトルのスカート径は分析の時間（約0.01秒）内にほぼ原状に戻ったが、ナイロンシャトルでは増減を繰り返す様子が認められ、インパクト時から0.008s後の値は(A)水鳥シャトルで62～64mm、(B)ナイロンシャトルで46～48mmであった。Subj Mとsubj Fの間に顕著な差は見られなかった。

(4) 考察

被験者Mのラケットスピードは約50m/s、また被験者Fのラケットスピードは約44m/sで、10%以上の差が認められ、それが打球後のシャトルスピードの差にも反映されていた。一方、インパクト後のシャトル角度およびシャトルスカート径の変化の傾向やその値には、両被験者間で顕著な差が認められなかった。水鳥シャトルとナイロンシャトルの間でこれらの変数の変化の傾向や値には大きな差異が認められ、この差はシャトル本来の性質によるものと考えられた。

対象とした全ての試行において、ストリングス面はシャトルのコルク部ではなく羽（スカート）の部分に先に衝突していた。質量やサイズ、全体の形状、そしてコルク部の形状や材質には両シャトル間で大きな差が認められないことから、インパクト直後の飛行特性の違いは主としてスカート部の材質の違いによるものと考えられる。

ストリングス面との接触中に、水鳥シャトルでスカート径の最小値は25mm～35mmであるのに対して、ナイロンシャトルのスカート径は最小で9mm～18mmであり、スカート部は一旦ほぼ完全につぶれるものと思われる。そしてラケットから離れた後、水鳥シャトルではスカート径が元の値に戻りその後ほぼ一定の値を維持するのに対して、ナイロンシャトルでは増減

を繰り返す傾向が認められた。すなわち、ナイロンシャトルのスカート部は全体として水鳥シャトルのそれに比べ、柔らかい傾向があると考えられる。本研究のサンプリング周波数(1000Hz)では、両シャトルのストリングス面との接触時間の違いを明らかにすることはできなかったが、ナイロンシャトルではやや長い傾向にあるかもしれない。

また、ストリングス面を離れた後、シャトル上向き角度の最大値は水鳥シャトルで19度~26度程度であったのに対して、ナイロンシャトルでは56度~57度程度、あるいはそれ以上と、大きな差が認められた。ナイロンシャトルは、側面(スカート部)を見せながら対戦相手に向かって飛んでいく瞬間があることになる。スピードが十分に速い場合には、ナイロンシャトルの柔らかいスカート部はすばまって空気抵抗が小さくなる傾向があるかもしれない。一方、例えば短時間とはいえシャトルの側面の方向に飛ぶことは、空気抵抗の増大につながると考えられる。このようなことによって、ナイロンシャトルと水鳥シャトルのスマッシュにおける減速率には結果的に大きな差が認められないのかもしれない。

水鳥シャトルに比べナイロンシャトル使用時の打球感の違いの一因は、打球後のシャトルスカート部のすばまり方やシャトル角度の違いであり、さらにそれはスカート部の剛性の違いによっているものと考えられる。しかしながら、バドミントンにはスマッシュだけではなく、クリア、ドロップ、ドライブ、ヘアピン(ネットショット)など、多種多様なショットがあり、それぞれ全く異なるラケットスピードやラケット角度によって打球される。他のショットについても検討される必要があるだろう。

参考文献

1. 阿江通良、藤井範久、(2002)、スポーツバイオメカニクス20講、朝倉書店、pp.165-166
2. アグスルスディアナ、桜井伸二、笹川慶、塚田卓巳、(2012)、バドミントンにおけるスマッシュの初速を求める方法の検討、中京大学体育研究所紀要26、1-7
3. ヨネックス社(2010) <http://www.yonex.co.jp/news/2010/03/1003111600.html> (2013/02/22ダウンロード)