



バドミントン競技経験者と 未経験者のスマッシュ動作中の 運動連鎖に関する研究

清水幹弥 (東海大学体育学研究科) 植村隆志 (東海大学体育学部)

小河原慶太 (東海大学体育学部) 伊藤栄治 (東海大学体育学部)

山田 洋 (東海大学体育学部)

A study on the kinetic chain
during the smash motion of experienced and inexperienced badminton players

Mikiya SHIMIZU, Takashi UEMURA, Keita OGAWARA, Eiji ITO and Hiroshi YAMADA



Abstract

This study aimed to elucidate the characteristics of the trunk and lower limbs movement during the smash motion by experienced and inexperienced college badminton players. A total of 20 male students belonging to the university badminton club and inexperienced badminton players, were selected for this study. The smash motions were analyzed in three dimensions, and the motions of the non-racket leg and trunk projected on the unintentional plane were calculated. As a result, the following characteristics were observed:

- (1) The experienced group rotated the trunk and non-racket leg significantly more in the opposite direction of the swing direction during take-back than the inexperienced group ($p < 0.01$).
- (2) In the experienced group, the weighting of the angular velocity of rotation and the delay of the maximum angular velocity were observed in the order of the lower torso and upper torso from the non-racket leg in the swing scene.
- (3) The inexperienced group showed predominantly lower values of angular velocity of rotation of the non-racket leg and lower torso in the first half of the swing than the experienced group ($p < 0.01$).

These results suggest that experienced players generate a kinetic chain from the lower limbs to the trunk and that they increase their swing by rotating the lower limbs and trunk in the opposite direction of the swing during takeback.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 33, 7-14, 2021)

I. はじめに

バドミントン競技は、様々なショットを用いて緩急のあるラリーを展開し、対戦相手の体勢を崩

し得点を重ねていく競技である。種々のストロークの中でもオーバーヘッドストロークから繰り出されるスマッシュショットは基本的なショットであると同時に、対戦相手の体勢を大きく崩し、試合場面における得点の起点となりうるショットで

表1 被験者の特徴
Table 1 Characteristics of each subject

未経験者	体重	身長	年齢	競技歴
subjA	78	178.5	21	陸上競技6年
subjB	75	185	25	バスケットボール10年
subjC	70	177.8	21	体操競技11年
subjD	73.8	174.5	22	陸上競技10年
subjE	53	176	23	野球11年
subjF	69	175	23	ハンドボール3年
subjG	75	177	23	陸上競技6年
subjH	68	174	21	体操競技17年
subjI	68	167	22	野球15年
subjJ	77	177	22	陸上競技7年
Ave.	70.7	176.2	22.3	
SD	6.9	4.2	1.2	

経験者	体重	身長	年齢	バドミントン競技歴
subjK	62	167	19	12年
subjL	59	173	19	11年
subjM	60	177	19	12年
subjN	68	173	19	9年
subjO	65	175	20	12年
subjP	63	170	19	7年
subjQ	70	185	19	10年
subjR	62	166	19	8年
subjS	66	177	21	15年
subjT	61	173	22	10年
Ave.	63.6	173.6	19.6	10.6
SD	3.4	5.2	1.0	2.2

ある。

これまでのスマッシュ動作に関する研究は、そのほとんどがラケットやラケットを保持する上肢の動きに着目したものであった。湯ら¹⁾は大学男子選手のジャンピングスマッシュの3次元動作解析を行い、インパクト直前に肘関節の伸展及び前腕の回内動作が急激に行われることを報告している。また升ら²⁾はオーバーヘッドストロークから繰り出されるスマッシュ、クリア及びドロップの上肢動作様式に関して分析し、オーバーヘッドストロークにおいて肩関節水平屈曲角度が小さい場合はスマッシュショットを繰り出す可能性が高いことを示した。

バドミントン教本³⁾において、スマッシュショットは全身で打つことが重要であるとされているものの、スマッシュショットに関する下肢や体幹の動作に着目したバイオメカニクス的研究はみられない。そこで本研究は、バドミントン経験者とバドミントン未経験者のスマッシュ動作に関して3次元動作解析を行い、経験者と未経験者の体幹、下肢の動きの特徴を定量的に明らかにすることで、スマッシュ動作の指導の一助とすることを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

本研究の被験者は、経験者群をT大学男子バドミントン部に所属する男子選手10名、未経験者群をT大学体育学部所属する男子学生10名の合計20名とした。なお、未経験者群の被験者は実験実施の時点でバドミントンを含むラケット競技の専門的なトレーニング経験がないものとした。表1に全被験者の身長、体重、年齢、競技歴をまとめた。

本研究の実施に当たり、東海大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認を得た(承認番号20081)。各被験者には予め研究の目的、方法、結果の意義と利用方法について説明し、自由意思による同意を得た。

2. スマッシュ動作の撮影方法

試技はMAC3D System (Motion Analysis社製)を用いて記録した。撮影は光学式赤外線カメラ(Raptor-E, 1,200×1,024pixel, 130万画素)を10台使用した。撮影の際のカメラ設定は毎秒250コマ、シャッタースピード1/500秒であった。撮影範囲は原点からX軸方向に±1.5m、Y軸方向に±1.5m、Z軸方向に3.0mとした。

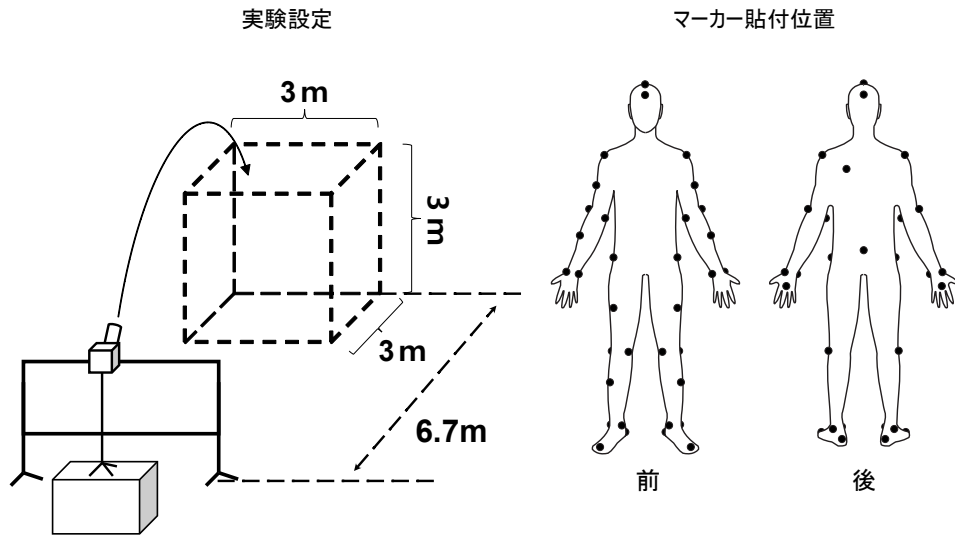


図1 実験設定およびマーカ-貼付位置
Fig. 1 Measurement conditions and the marker of the each body parts

試技の撮影時にはバドミントン用ポータブルネット（YONEX社製）を挟み、シャトルロックマシン（サクライ貿易社製）からシャトルを打ち出した。ポータブルネットは撮影範囲後端から6.7m地点に配置し、バドミントンコートのバックバウンダリーラインからネットまでの距離と同じとした。シャトルロックマシンは0.8mの台の上ののせ、最大までシャフトを伸ばした。その際シャトルが打ち出される位置は床面から3.0mであった。

被験者にモーションキャプチャスーツと屋内用シューズを着用させて測定を行った。反射マーカ-を身体の内計39点に貼付した。反射マーカ-の貼付位置はSIMMモデルに従い、シャトルコックのコック部分に反射テープを巻き、インパクト時点を判断した。実験設定およびマーカ-貼付位置を図1に示した。

3. 測定試技

被験者にはシャトルロックマシンから打ち出されたシャトルを、スマッシュショットで打ち返すよう指示した。本実験においてスマッシュショットとは、オーバーヘッドストロークから鋭角に打ち出すショットとした。その際、被験者には打ち返すスマッシュショットを可能な限り強く、速く

打ち出すように口頭で指示した。成功試技は、試技が撮影範囲内で行われていること、ラケットとシャトルがストリングエリアにてインパクトしていること、打ち返したシャトルが設置したネットを超えていること、以上3つの条件を満たしたものとした。成功試技の判断は被験者の内省と、日本スポーツ協会及び日本バドミントン協会公認バドミントンコーチ1の有資格者の評価を参考とし、成功試技を4回記録するまで、休憩をはさみながら行った。

4. 測定項目および分析方法

測定により得られた3次元座標データから、映像解析ソフト（Frame-DIAS V、DKH社製）を用いて、非ラケット脚（ラケットを保持していない側の下肢）及び体幹の動作に関して、水平面上に投影した以下の角度と角速度を算出した（図2）。

- ① 左右肩峰を結んだ線分とX軸のなす角の角度と角速度（以下、上胴回旋角度、上胴回旋角速度）
- ② 左右上前腸骨棘を結んだ線分とX軸のなす角度と角速度（以下、下胴回旋角度、下胴回旋角速度）
- ③ 非ラケット脚の大腿骨外側上顆と内側上顆

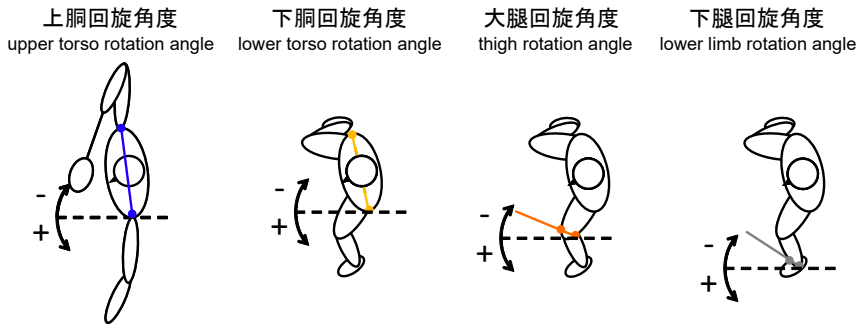


図2 角度定義
Fig. 2 The Definition of Rotation angle

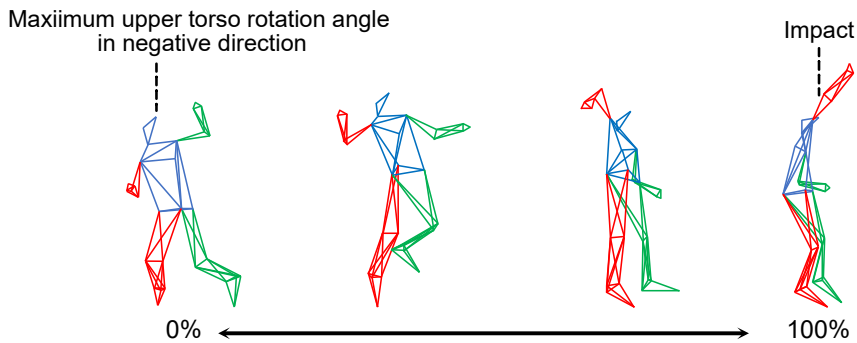


図3 分析範囲
Fig. 3 Normalization from take-back to impact

を結んだ線分と X 軸のなす角度と角速度 (以下、大腿回旋角度、大腿回旋角速度)

- ④ 非ラケット脚の外果と内果を結んだ線分と X 軸のなす角度と角速度 (以下、下腿回旋角度、下腿回旋角速度)

本研究における分析範囲は升ら²⁾を参考に、上胴回旋角速度が負方向に最大の値をとった時点を取バック時、シャトルの軌道が変化した時点を取バック時とし、各項目の取バック時からインパクト時までの分析範囲とした。取バックからインパクトまでの所要時間は各被験者により異なるため、Frame-DIAS Vにて動作時間を0%から100%で規格化した(図3)。

5. 統計処理

群間における比較には、統計処理ソフト R

(ver.3.4.3)にて対応のない t 検定を行った。なお、統計学的有意水準は危険率5%未満とした。統計処理は取バック時の角度、およびスイング中の角速度変化に関しては10%ごとに行った。

III. 結果

図4にて取バック時の各項目の平均角度と標準偏差を示した。上胴回旋角度は経験者群が $-99.6 \pm 13.4\text{deg}$ 、未経験者が $-57.8 \pm 13.4\text{deg}$ の値を示した。下胴回旋角度に関して、経験者群は $-83.3 \pm 11.6\text{deg}$ 、未経験者は $-40.1 \pm 17.6\text{deg}$ であった。大腿回旋角度では経験者群が $-73.9 \pm 19.6\text{deg}$ を示し、未経験者群は $-22.4 \pm 27.7\text{deg}$ を示した。下腿回旋角度に関しては経験者群が

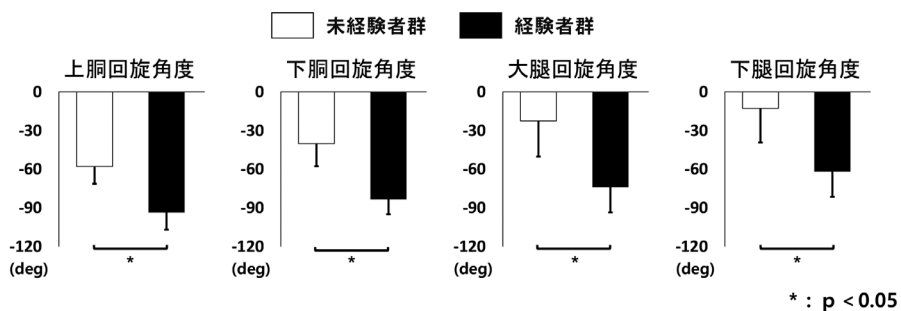


図4 テイクバック時の角度
Fig. 4 Average angle of each group at takeback

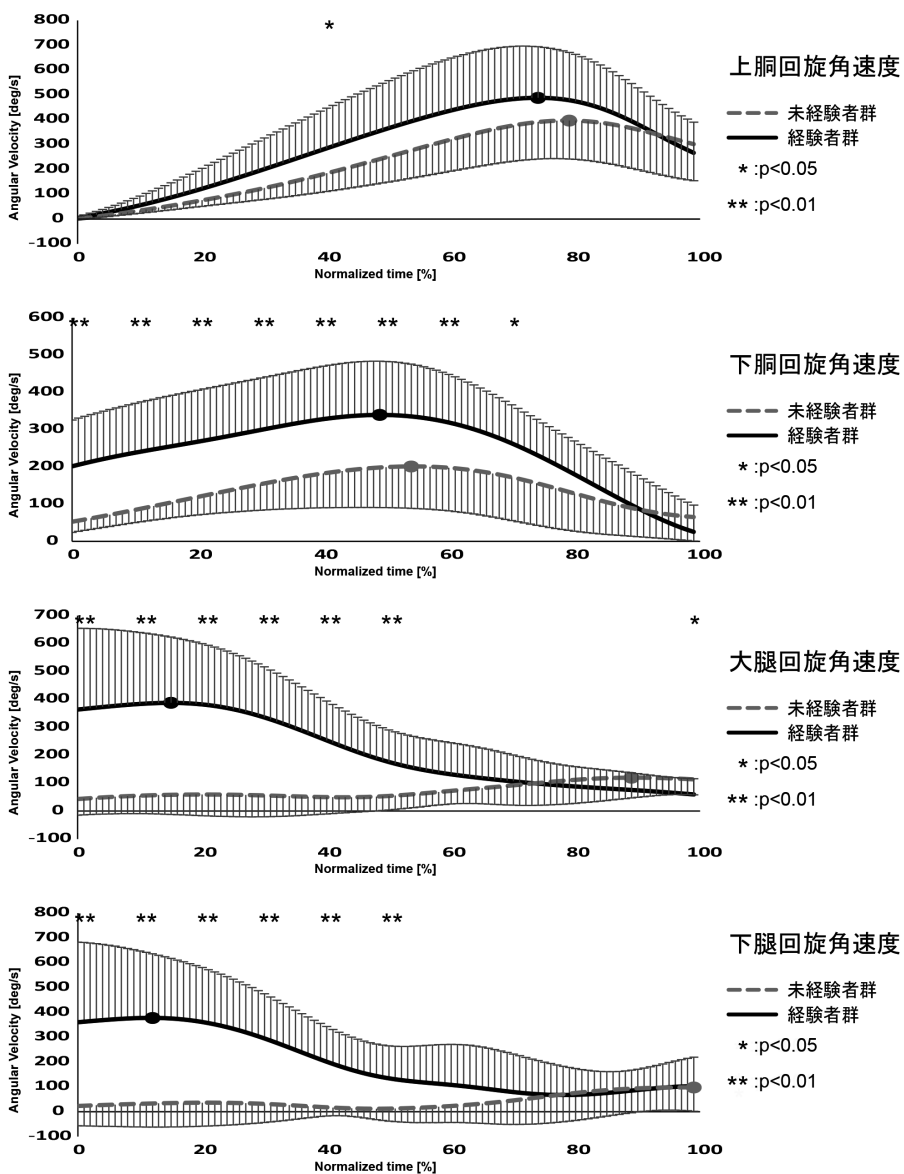


図5 各群の平均角速度変化
Fig. 5 Average angular velocity change in each group

-61.8±19.5degであり、未経験者群は-12.8±26.4degであった。テイクバック時の角度に関してすべての項目において、経験者群が未経験者群に対して負方向に有意に大きな値を示した。

図5には各群の角速度変化の時系列データを示した。項目ごとに最大値が出現した時点にプロットをした。上胴回旋角速度に関して経験者群と未経験者群は0%から75%付近まで徐々に回旋角速度が増大し、最大値を示した後インパクトにかけて減少していた。下胴回旋角速度においても経験者群、未経験者群でテイクバック時から増大し、最大値を迎えてからインパクトにかけて減少していた。下胴回旋角速度では0%から70%において有意差が認められた(0%から60%において $p < 0.01$ 、70%において $p < 0.05$)。大腿回旋角速度では経験者群は、0%から50%で未経験者群に対し有意に高い値を示した($p < 0.01$)のち、インパクトにかけて未経験者群と同程度まで減少していき100%時点で未経験者群より有意に低い値を示した($p < 0.05$)。下腿回旋角速度では大腿回旋角速度同様、0%から50%で経験者群が未経験者群に対し有意に高い値を示した($p < 0.01$)。各項目の最大値の出現順序は、経験者群が下腿、大腿、下胴、上胴であったのに対し、未経験者群は下胴、上胴、大腿、下腿であった。

IV. 考察

本研究では、大学男子バドミントン競技経験者と未経験者を対象に、スマッシュショットを打たせ、テイクバック時点からインパクト時点までの下肢と体幹の回旋動作について算出した。

テイクバック時の姿勢について、すべての項目で経験者群が有意に負方向に大きな値を示した(図4)。このことは経験者群がテイクバック時に未経験者群に比べ、ラケット腕側の体側をより後方に引いた、いわゆる「半身」の姿勢をつくっていると考えられる。この半身の姿勢はスイング方向とは逆方向に下肢、体幹を回旋させる動きとさ

れている³⁾。升ら⁴⁾は日本トップレベル大学男子バドミントン選手と高校生男子バドミントン選手のラケットヘッドの移動軌跡を算出し、動作範囲の拡大により加速距離を増すことでスイング速度が増加すると考察している。従って、経験者群はテイクバック時に半身の姿勢を作り出すことで、肩関節の動作範囲が拡大し、上肢の動作範囲が拡大することが考えられる。また、蔭山ら⁵⁾は打球の際の投げる方向とは逆方向への予備動作が、体幹の角速度を増大させるうえで有効に作用していると考察している。これらのことから考えると、経験者群はフォワードスイング時の下肢、体幹の回旋角速度を増大させるための予備動作として、半身といわれるラケット腕側の体側をネットに対して後方に引く姿勢をとっている可能性が考えられる。

体幹、下肢の角速度変化に関して、各群の平均値の最大値の出現順序に違いがみられた。湯ら⁶⁾は大学男子バドミントン選手のジャンピングスマッシュについて上肢各点の合成速度を算出した結果、近位から遠位にかけて速度の加重と最大速度の遅れが生じる、運動連鎖⁷⁾の特徴がみられたと報告している。本研究から得られた経験者群の角速度変化の平均値は、下腿回旋角速度、大腿回旋角速度、下胴回旋角速度、上胴回旋角速度の順に出現しており、非ラケット脚から体幹にかけて回旋運動が伝達されている。このことから、バドミントン経験者のスマッシュ動作ではラケット腕での運動連鎖だけでなく、非ラケット脚から体幹、ラケット腕というように全身で運動連鎖を生じさせていると考えられる。

未経験者群において、下胴回旋角速度、上胴回旋角速度の最大値の出現順序は経験者群と同じであったが、大腿回旋角速度および下腿回旋角速度は体幹部の項目の最大値が出現した後に増大している。村田ら⁸⁾は硬式テニスのサーブにおけるエネルギーフローを解析し、主に左脚(本研究での非ラケット脚)は大きなエネルギーを生み出す役割を担っていると報告した。0%から50%において、経験者群に対し未経験者群が大腿回旋角速度

と下腿回旋角速度で有意に低い値を示したことは、非ラケット脚のエネルギー発生が十分に行えていない可能性を示唆していると考えられる。加えて、未経験者群の下胴回旋角速度に関しても、0%から70%の区間で経験者群に対し有意に低い値を示している。テイクバック時に未経験者群が半身の姿勢をとれていないこと、0%から50%で非ラケット脚の回旋角速度が有意に低値を示したことから、下肢での運動を十分に行えていないことがスイング前半の下胴回旋角速度に差を生んだ可能性がある。

一方で上胴回旋角速度では40%時点で経験者群が有意に高値 ($p < 0.05$) を示すのみにとどまった。Matsuo et al.⁹⁾ は投球動作に関して、上肢の動作に関しては熟練度に関係なく全被験者が類似した動きを示した一方、投球動作の初期段階での下肢、体幹の動きに被験者間で最も違いがみられたとしている。本研究においても同様の傾向が見られた。本研究の未経験者群の被験者は大学体育学部に所属する学生であったため、基礎的な運動能力に優れ、スマッシュ動作に類似する投球動作に関しても、十分な運動経験があったことが予想される。これにより上胴回旋角速度には大きな差が表れなかったと考えられる。

以上のことから、スマッシュ動作中の下肢、体幹に関して経験者群は主に非ラケット脚および下胴において運動連鎖を生じさせていたと考えられる。これはテイクバック時に半身の姿勢をとることで、後のスイング動作時の各セグメントの動作範囲を広げていることが影響していることが示唆された。一方で未経験者群の上胴回旋角速度は経験者群と有意な差はないことから、未経験者の指導の際には、非ラケット脚および下胴の動作に関して指導していくことが重要であると示唆された。

V. まとめ

本研究は、バドミントン競技のスマッシュ動作について、異なる技術レベルにおける下肢、体幹

の動作の特徴を明らかにすることを目的とした。被験者は男子バドミントン選手10名及びバドミントン未経験者の男子大学生とした。試技はシャトルノックマシンから射出されたシャトルを最大努力のスマッシュで返球するものとし、モーションキャプチャシステムを用いて動作を記録した。分析の結果以下のことが明らかになった。

- 1) 経験者群は未経験者群に比べてテイクバック時に体幹、非ラケット脚をスイング方向とは逆方向に有意に大きく回旋させていた ($p < 0.01$)。
- 2) 経験者群はスイング場面において、非ラケット脚から下胴、上胴の順に回旋角速度の加重と最大角速度の遅れがみられた。
- 3) 未経験者群の非ラケット脚回旋角速度及び下胴回旋角速度において、スイング前半で経験者群に比べ有意に低い値を示した ($p < 0.01$)。

以上のことから、バドミントン経験者はテイクバック時に半身の姿勢をとることで、続くスイング時に非ラケット脚、体幹を含めた全身での運動連鎖を利用し、スマッシュショットを繰り出していることが示唆された。また非ラケット脚および下胴の回旋角速度に関して、スイング前半において未経験者群が経験者群に対し有意に低い値をとっていたことから、指導現場においては上肢の動作だけでなく、予備動作としての半身の姿勢や、スイング時の非ラケット脚から下胴にかけての運動連鎖に関して指導するべきであると考えられた。

引用・参考文献

- 1) 湯海鵬, 阿江通良: バドミントンのスマッシュ動作における腕運動のメカニズム. バイオメカニズム 12: 73-84. 1994.
- 2) 升佑二郎, 駒形純也, 藤野和樹: バドミントン競技におけるスマッシュ, クリア及びドロップの上肢動作様式の違い. コーチング学研究30(2): 193-204. 2017.
- 3) 日本バドミントン協会: バドミントン教本基本編, 第8版, ベースボールマガジン社 (2004), 42-46.
- 4) 升佑二郎, 田中重陽, 熊川大介, 角田直也: 日本トップレベルの大学生と高校生バドミントン選手

におけるスマッシュ動作の運動学的考察—ラケットヘッドの移動軌跡及び肩関節運動に着目して—
トレーニング科学22(3). 257-268. 2010.

- 5) 蔭山雅洋, 岩本峰明, 杉山敬, 水谷未来, 金久博昭, 前田明: 大学野球選手における体幹の身長—短縮サイクル運動及び動作が投球速度に与える影響. 体育学研究59(1). 189-201. 2014.
- 6) 湯海鵬, 阿江通良: バドミントンのスマッシュ動作の3次元動作解析—腕とラケットの速度を中心に—. バイオメカニズム学会誌18(3). 164-172. 1994.
- 7) 阿江通良, 藤井範久: スポーツバイオメカニクス20講, 朝倉書店, 119-120. 2019.
- 8) 村田宗紀, 藤井範久: 下肢及び同部に着目した硬式テニスサーブにおけるボールの回転の打ち分け. バイオメカニズム22. 155-166. 2014.
- 9) Tomoyuki Matsuo, Rafael F. Escamilla, Glenn S. Fleisig, Steven W. Barrentine, and James R. Andrews: Comparison of Kinematic and Temporal Parameters Between Different Pitch Velocity Groups. *Journal of Applied Biomechanics* 17(1). 1-13. 2001.