

バドミントンのスマッシュが野球選手の投球速度および動作に及ぼす影響 - 2名を対象としたトレーニング事例 -

村上光平¹⁾, 亀田麻依²⁾, 加藤忠彦³⁾, 鈴木智晴²⁾, 藤井雅文¹⁾, 前田明²⁾

¹⁾ 鹿屋体育大学大学院

²⁾ 鹿屋体育大学スポーツパフォーマンス研究センター

³⁾ 九州産業大学

キーワード: 運動連鎖, 動作の類似性, 三次元動作分析

【要旨】

本研究は、バドミントンのスマッシュをトレーニングすることが、投球速度および動作に与える影響を実証的に検証することを目的とした。対象者は右投げの大学野球選手 2 名であった。トレーニングの内容は、10m離れた目標に向けてトスされたシャトルをスマッシュすることとし、20 回×5 セットを週に 4 日行ってもらった。測定はトレーニングの開始前 (Pre)、開始 1 週間後 (Post1)、終了後 (Post2) の計 3 回行った。その際、投球速度および動作を測定し、経時の変化を比較した。その結果トレーニング開始前と比較して、トレーニング後は両対象者とも投球速度が有意に増大した (対象者 A; +9.4km/h, 対象者 B; +13.6km/h)。また、両対象者とも投球腕各部位の速度が変化した。さらに投球腕各部位の獲得速度が増大し、特に手部の最大速度が増大した。これには、力学的に効率的な投球を行うための近位部から遠位部への運動の順序性、いわゆる“運動連鎖”の改善が達成されたためと考えられる。したがって、バドミントンのスマッシュをトレーニングすることは、投球腕の運動連鎖の効率化に有効である可能性が示され、その結果、投球速度の増大に効果があると考えられる。

スポーツパフォーマンス研究, 11, 244-256, 2019 年, 受付日: 2018 年 11 月 15 日, 受理日: 2019 年 5 月 10 日

責任著者: 村上光平 891-2393 鹿屋市白水町 1 番地 m177008@sky.nifs-k.ac.jp

* * * *

Influences of badminton smash training on the ball velocity and throwing motions of two baseball players

Kohei Murakami¹⁾, Mai Kameda²⁾, Tadahiko Kato³⁾, Chiharu Suzuki²⁾,
Masafumi Fujii¹⁾, Akira Maeda²⁾

¹⁾ Graduate School, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

²⁾ National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

³⁾ Kyushu Sangyo University

Key words : kinetic chain, similarity of movement, three-dimensional motion analysis

【Abstract】

The present study examined effects of having baseball players practice badminton smash training on the players' ball velocity and throwing motions. The participants were two right-handed college baseball players. In the training, they smashed a tossed shuttle, aiming at a target 10 meters away, 20 times per set, 5 sets a day, 4 days a week. Their ball velocity and ball velocity were measured 3 times: before the start of training (Pre), after one week of training (Post 1), and after the completion of training (Post 2). The results indicated that the pitching speed of both players increased significantly after training (participant A: +9.4 km/h, participant B: +13.6 km/h). Additionally, the speed and acceleration of the players' throwing arms increased; in particular, their maximum hand speed increased. This may have been due to an improvement in "kinetic chain", that is, that order of movement from proximal to distal, resulting in a throwing motion that was more efficient mechanically. This suggests that badminton smash training may improve the motion of baseball players throwing arm effectively, thus increasing ball velocity.

I. 緒言

野球の投球動作において、投球速度、およびそれに起因する遠投距離を獲得するためには、下肢を起点として生み出した力学的エネルギーを体幹部から遠位部へ効率良く伝え、身体の末端部(≒ボール)を加速させることが重要である。(阿江・藤井 2002, 宮西 2004, 島田ほか 2004)。

投球動作における上肢に関して、宮西(2004)は、投球腕遠位部の速度の増大を図るためには、身体各部位を近位部から遠位部へと順番にタイミングよく動かすことが重要になると示している。水谷ほか(2017)は、女子プロ野球選手を対象に投球時の手指動作と投球速度について検討し、全ての対象者において、肘部から手首、手首から手指の順に最大速度が高くなる傾向があったことを報告している。また、高橋ほか(2000)は、社会人野球および大学野球の男子投手を対象に、手指の動きと投球速度増加の関係について、投球時の最大速度は手首から末端にかけて大きくなり、手指末端の速度とボールの速度との間に正の相関関係があることを明らかにしている。以上の知見から、投球速度を高めるためには、特に、上肢を近位部から遠位部にかけて連動的に動かし、末端部の大きい速度を獲得することが重要であると考えられる。したがって、特に、投球を苦手とする選手は、下肢から体幹、体幹から上肢などといった身体の近位部から遠位部へと連動させるような動作を遂行できず、投球速度が小さく、さらに遠投距離が短いなどの諸問題が生じている可能性がある。

前述した上肢の近位部から遠位部への連動的な動きを習得するための方法として、バドミントンのスマッシュに着目した。筆者(幼少期から長年競技者として野球に取り組み、現在は高校生および大学生の指導に携わる)の経験則として、スマッシュは、肩部から肘部、肘部から手首といった、上肢の連動的な動きを得られる感覚がある。加えて、速い打球を打てた際には、上肢の近位部から遠位部への連動的な動きを自然と体感できるという所感を抱いていた。実際に、バドミントン教本(2001)には、「速いスマッシュを打つためには、下肢で運動エネルギーを発生させるが、体幹や上肢の各部位でもそれぞれ運動エネルギーを作り出し、最終的にはラケットヘッドが最大加速度を得るようにするのが理想的である」と明記されている。さらに、湯・阿江(1994a)によると、スマッシュ動作は、主に近位部である肩部と肘部が体幹の捻りによる前後・左右方向での急速な運動と、遠位部の手部とラケットの急速な前後・上下運動によって構成されている。そして、近位部である体幹部の最大速度が現れたときに遠位部が加速し始める運動連鎖の傾向がある。このように、スマッシュ動作は投球動作と類似した、上肢の近位部から遠位部への連動的な動作が観察されている。

これらの知見を整理すると、スマッシュ動作においては、上肢を近位部から遠位部へと順に連動させることにより末端部の最大速度を獲得することが重要であると考えられる。投球動作とスマッシュ動作におけるそれぞれの重要な上肢の動作を比較すると、肩部から肘部、肘部から手首、手首から手部といった近位部から遠位部へと上肢各部位を順に連動的に動かすことが類似した点として認められる。したがって、スマッシュ動作を行うことにより、投球動作における近位部から遠位部への連動的な動きを誘発することは、十分可能であると示唆される。そこで本研究では、バドミントンのスマッシュを実施することが、投球における投球腕の動作および投球速度に与える影響について、実証的に検証することを目的とした。

II. 方法

1. 対象者

対象者は、大学野球選手 2 名(対象者 A(20 歳);身長 167.0cm, 体重 63.3kg, 野球歴 7 年, 対象者 B(22 歳);身長 178.2cm, 体重 72.1kg, 野球歴 13 年, いずれも右投げの内野手, 実験前の調査において, 肩部, 肘部の痛みや, 競技生活に支障をきたすような既往歴がないことを確認)であった。対象者の選定は, 所属しているチームの指導者による全選手を対象とした評価を参考に行った。なお, 対象者 2 名の評価は共通して“投球能力が他の選手よりも劣る”, “上肢の動きに違和感がある(両対象者とも, いわゆる“手投げ”)になっており, 特に肩の次に肘部を先行させ, 上肢をしならせるような動きができていない)”という内容であった。対象者には, 事前に本研究の目的や測定内容, 測定時の危険性などについて説明し, 書面にて実験参加の同意を得た。なお本実験のプロトコルは, 鹿屋体育大学倫理審査委員会の了承を得たものである。

2. トレーニング方法

トレーニングの課題は, バドミントンのスマッシュ練習とした。トレーニングは室内にて行い, 十分な準備運動の後に以下の内容を実施した。①トス者とスマッシュ者にわかれ, トス者は相手がスマッシュを打てるような放物線軌道のシャトルを, フォアハンドストローク(アンダーハンド)でスマッシュ者の地点から半径 3m 以内の円中に打って上げる, ②スマッシュ者は円の中心から前方 5m, 地上高 30 cm に設置した的に向けて, トスされたシャトルを可能な限り全力でスマッシュをする。その際, 「イースタングリップ(ラケットのフェース面を床と垂直にして持つ握り方で, スマッシュを含むフォアハンドストローク時に使われる(バドミントン教本(2001))で, フォロースイングまでしっかり振り切る」といった教示をした。なお, 円の外に上げられたトスは無効とした。トス者とスマッシュ者は対象者 A と対象者 B で交代しながら行った。トレーニングの頻度および期間は, 1 セット 20 球を 5 セット, 計 100 球を 1 回のトレーニングとし, 週 4 回を 2 週間行ってもらった。また, トレーニング期間中は, 通常の部活動での練習が投球動作や投球速度に及ぼす影響を考慮し, 測定日を除いてキャッチボールを含めた一切の投球を行わないことを, 指導者および対象者の了承を得た上で実施した。※[動画 1](#)

3. トレーニングの評価

1) 測定の手順

測定は, トレーニング開始前(Pre), トレーニング開始 1 週間後(Post1), トレーニング終了後(Post2)の計 3 回行った。測定に先立ち, 対象者には十分な準備運動を行ってもらった後に, 測定を行う平地にて投球練習を行ってもらった。投球練習終了後, 休息を挟み対象者の疲労感がないことを確認した上で測定を行った。測定試技は, 18.44m 先に設置した的に向けて, 助走を入れないノーwindアップによる投球(通常, 近距離のキャッチボールで行うような投球フォーム)を, 全力で 15 回行ってもらった。

2) 測定の概要

測定は室内にて行い, 投球動作は, 光学式三次元動作解析システム(Mac3D, Motion Analysis 社製)にて, 同期された 12 台の赤外線カメラ(Raptor-E, nac 社製)を用いて撮影した。この時, 身体各部位

38 点に反射マーカ―(直径 12.7mm)を貼付し, 測定周波数 500Hz, シャッタースピード毎秒 1000 コマで身体各部位の三次元座標値を計測した. 身体各部位 38 点は, 頭部 5 点(頭頂部, 頭部前部, 頭部後部, 左右の耳珠点), 上肢 12 点(左右の肩峰, 肘内・外側, 尺骨頭, 橈骨茎状突起, 第三中手骨頭), 体幹部 7 点(胸骨上縁, 胸骨下縁, 第七頸椎棘突起, 第九胸椎棘突起, 左右の上前腸骨棘, 仙骨), 下肢 14 点(左右の大転子, 大腿骨内・外側上顆, 内・外果, 踵後部, 第三中足骨頭)とした. 身体各部位の三次元座標値の解析は, 基幹ソフトウェア(Cortex-64, 6.0.0.1645 Motion Analysis 社製)にて行った. Mac3D のキャリブレーションによる較正点の実測三次元座標値と, 算出された三次元座標値の平均誤差は 1.0mm 以下であった. 本研究では, 右手系の静止座標系を設け, 投球方向に向かって右側を X 軸正方向, 投球方向を Y 軸正方向, 鉛直上方向を Z 軸正方向, とした.

3) 測定項目

・投球速度

投球速度の測定において, ボールにマーカ―を貼付した際に対象者が通常時のボール保持ができないといった問題があったため, 先行知見を参考にスピードガン(Mizuno 社製)を用いて計測した(勝亦ほか 2006, 蔭山ほか 2015). スピードガンは測定誤差が少ない投球方向に配置し, 照準を対象者のボールリリース位置に向け, 初速を測定した.

・投球腕各部位の速度

肩部速度: 投球腕肩峰の座標値を成分ごとに時間微分し, 合成したもの.

肘部速度: 投球腕肘内・外側の中点の座標値を成分ごとに時間微分し, 合成したもの.

手首速度: 投球腕手首内・外顆の中点の座標値を成分ごとに時間微分し, 合成したもの.

手部速度: 投球腕第三中手骨頭の座標値を成分ごとに時間微分し, 合成したもの.

・投球腕各部位による獲得速度

投球速度は, 脚, 体幹, 上腕, 前腕, 手といった身体各部位の獲得速度の総和と考えられる(尾縣・市村 1995). 本研究では, 上肢の運動連鎖に着目したため, 上肢以外(=体幹部)による獲得速度と, 上肢各部位による獲得速度について算出した.

体幹部獲得速度: 肩部最高速度.

上腕部獲得速度: 肘部最高速度から肩部最高速度を引いたもの.

前腕部獲得速度: 手首最高速度から肘部最高速度を引いたもの.

手部獲得速度: 手指部最高速度から手首最高速度を引いたもの.

手指部獲得速度: 投球速度から手指部最高速度を引いたもの.

また, それぞれの値から投球速度を除することにより, 相対値を算出した.

4) 動作時間の規格化

各対象者において, Pre, Post1 および Post2 の全試技を, 踏込脚である左脚が離地した瞬間を 0%, フォロースルー終了の瞬間(投球腕手部 Z 値の一方方向への変位が終了した時点)までを 100%とした時間軸で規格化した. また, 規格化した 15 試技の投球腕各部位の速度変化を平均し, 経時的な速度変化を算出し, これらを Pre, Post1 および Post2 で比較した.

5) 統計処理

投球速度, および投球腕各部位の最高速度は平均値と標準偏差で示した. 各変数は, Pre, Post1 および Post2 の 3 群間で対応のある一元配置分散分析を行い, 有意差がみられた群間の比較には Bonferroni 法による多重比較検定を行った. 統計処理には, IBM SPSS Statistics 24 (IBM 社製) を用い, いずれも有意水準は 5% 未満とした.

III. 結果

1. 投球速度の変化

図 1, 2 は, それぞれ対象者 A, B における 15 球の平均投球速度の推移を示したものである. 投球速度は, 対象者 A は Pre において 96.7 ± 3.0 km/h, Post1 において 106.2 ± 3.0 km/h, Post2 において 105.8 ± 2.9 km/h であった. Pre に比較して Post1 および Post2 において有意に増大しており ($P < 0.05$), Post1 と Post2 の間に有意な差は認められなかった. 対象者 B は, Pre において 97.0 ± 3.9 km/h, Post1 において 100.4 ± 3.9 km/h, Post2 において 110.7 ± 3.8 km/h であった. また, Pre から Post1 の間に有意な増大はみられなかったが, Post1 から Post2 にかけて有意に増大していた ($P < 0.05$). ※図 1, 図 2

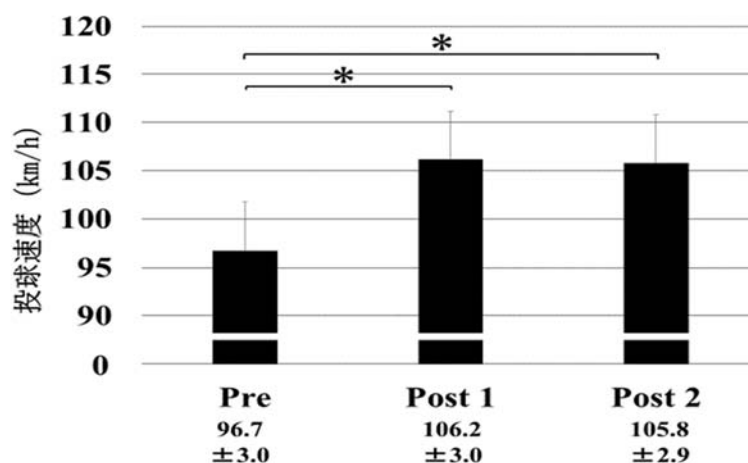


図 1. 対象者 A の投球速度の推移

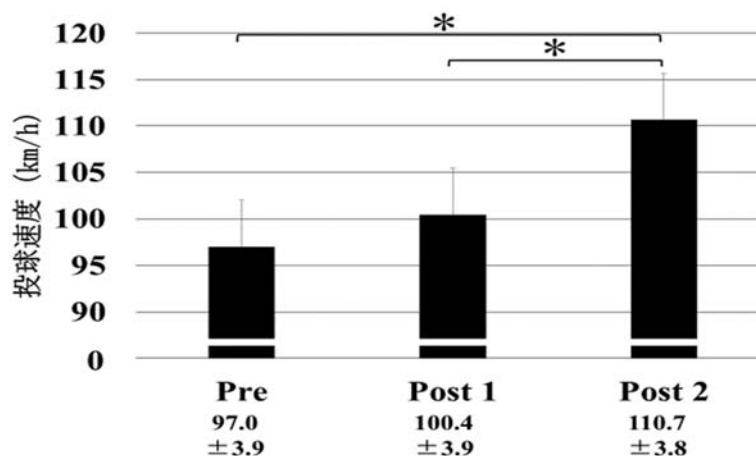


図 2. 対象者 B の投球速度の推移

2. 経時的な速度変化および投球腕各部位の速度変化

投球腕各部位の経時的な速度変化を、対象者 A に関して図 3~5 に、対象者 B に関して図 6~8 にそれぞれ示した。また、投球腕各部位の平均最大速度を表 1, 2 に示した。投球腕各部位の平均最大速度は、対象者 A はすべての部位において Post1 が最大値であった(肩部 $5.83 \pm 0.21\text{m/s}$, 肘部 $13.23 \pm 0.30\text{m/s}$, 手首 $17.99 \pm 0.34\text{m/s}$, 手部 $22.22 \pm 0.43\text{m/s}$)。対象者 B は、肩部は Pre, その他の部位は Post2 において最大であった(Pre; 肩部 $5.32 \pm 1.36\text{m/s}$, 肘部 $10.89 \pm 3.73\text{m/s}$, 手首 $15.22 \pm 4.75\text{m/s}$, 手部 $19.68 \pm 6.26\text{m/s}$, Post2; 肩部 $5.25 \pm 1.54\text{m/s}$, 肘部 $11.22 \pm 3.38\text{m/s}$, 手首 $15.75 \pm 4.40\text{m/s}$, 手部 $21.26 \pm 0.70\text{m/s}$) ※図 3-5, 図 6-8, 表 1, 2

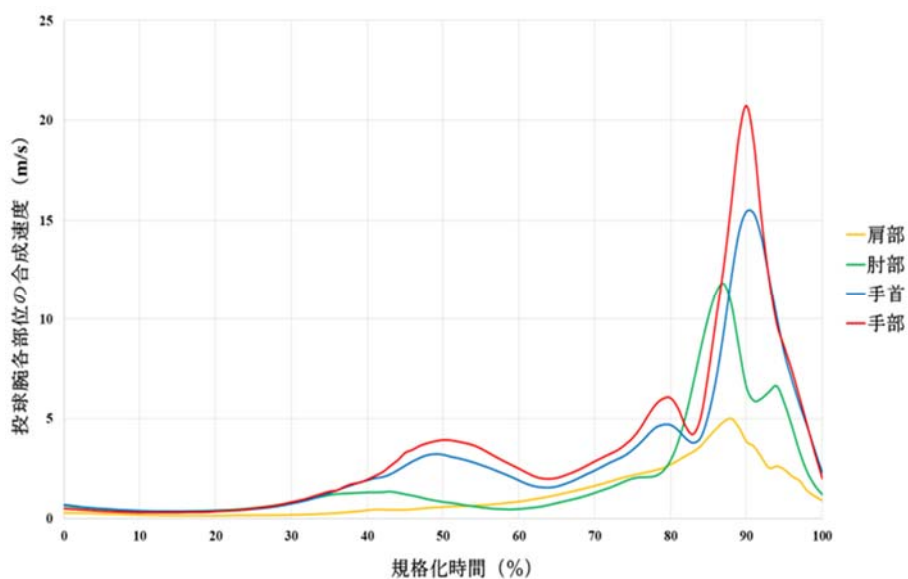


図 3. 投球腕各部位の速度変化(対象者 A, Pre)

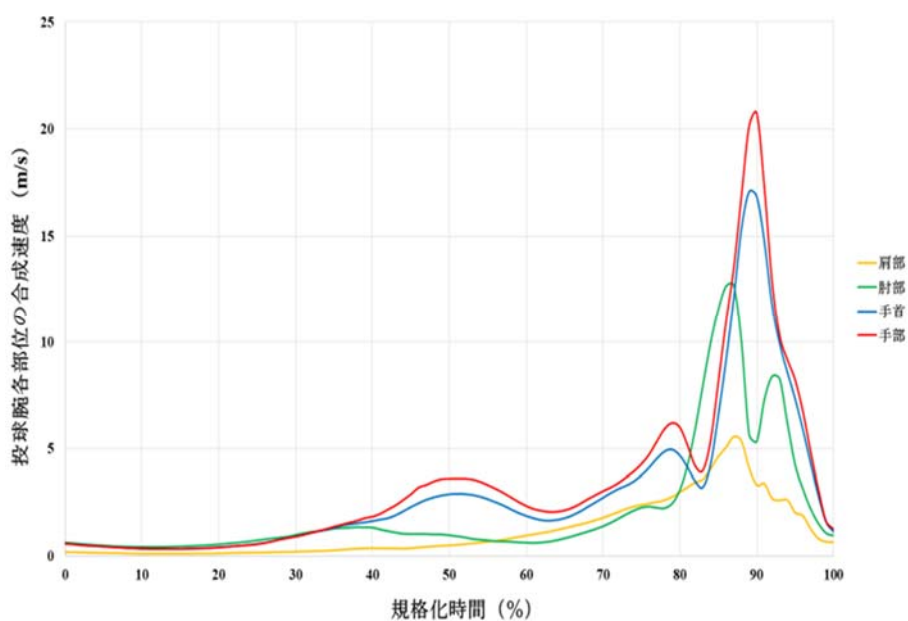


図 4. 投球腕各部位の速度変化(対象者 A, Post1)

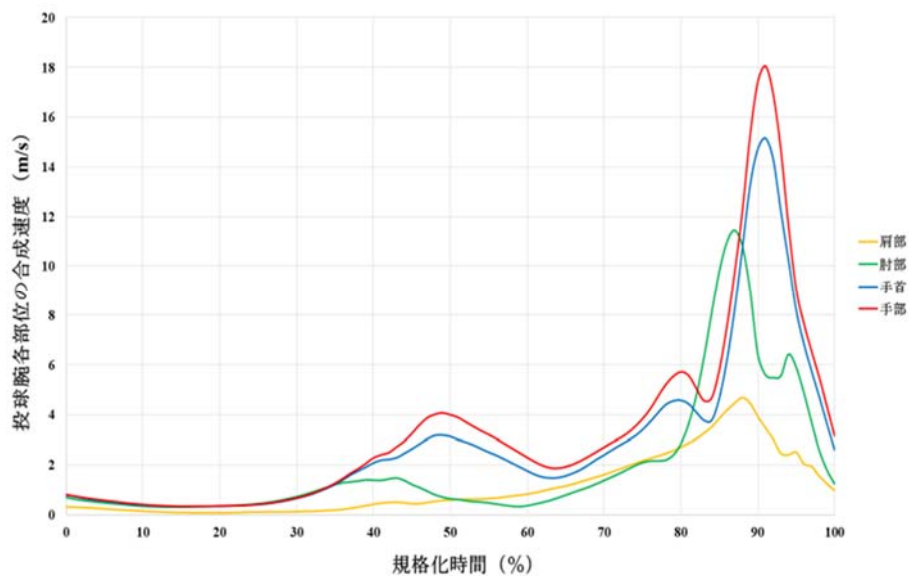


図 5. 投球腕各部位の速度変化(対象者 A, Post2)

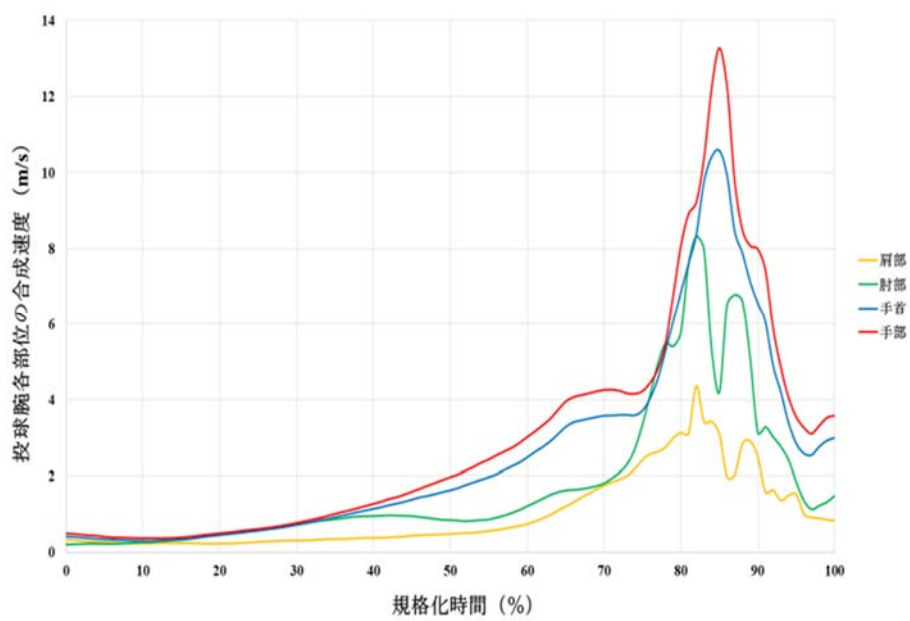


図 6. 投球腕各部位の速度変化(対象者 B, Pre)

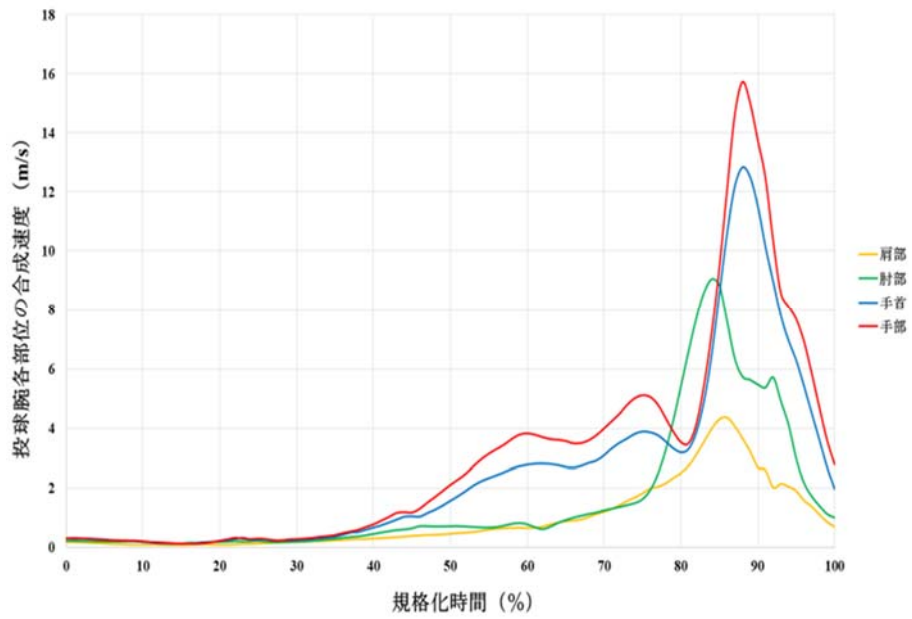


図 7. 投球腕各部位の速度変化(対象者 B, Post1)

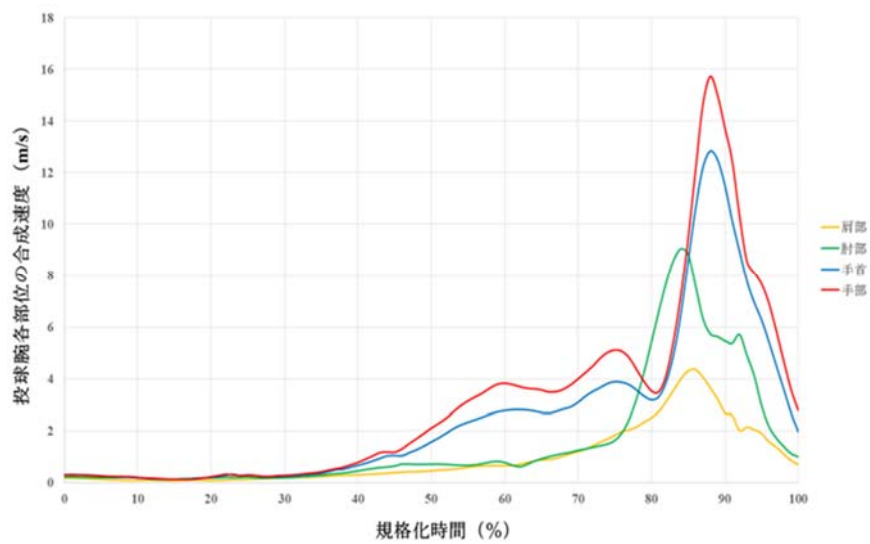


図 8. 投球腕各部位の速度変化(対象者 B, Post2)

表 1. 対象者 A の投球腕各部位の最大速度

	Pre	Post 1	Post 2
肩部	6.2	6.4	5.1
肘部 (m/s)	13.1	12.6	10.6
手首	18.4	17.9	15.6
手部	22.6	23.0	20.2

表 2. 対象者 B の投球腕各部位の最大速度

	Pre	Post 1	Post 2
肩部	7.6	5.1	6.4
肘部 (m/s)	12.0	10.6	12.6
手首	16.7	15.6	17.9
手部	21.8	20.2	23.0

3. 投球腕各部位の獲得速度

表 3, 4 に, 各対象者の Pre, Post1 および Post2 における投球腕各部位の獲得速度, およびボール初速度に対する獲得速度の相対値を示した. 対象者 A において, Pre では, 末端部である手指部より上腕部の獲得速度の相対値が大きかったが, Post1 および Post2 では手指部の獲得速度の相対値が大きい値を示した (Pre; 体幹部獲得速度 18.65%, 上腕部獲得速度 25.30%, 前腕部獲得速度 13.57%, 手部獲得速度; 19.58%, 手指部獲得速度 22.90%, Post1; 体幹部獲得速度 18.77%, 上腕部獲得速度 24.21%, 前腕部獲得速度 14.87%, 手部獲得速度; 12.42%, 手指部獲得速度 29.73%, Post2; 体幹部獲得速度 15.93%, 上腕部獲得速度 23.03%, 前腕部獲得速度 12.64%, 手部獲得速度; 9.83%, 手指部獲得速度 38.58%,). 対象者 B は, Pre, Post1 および Post2 において, 手指部の獲得速度が大きかった.

表 3. 対象者 A の投球腕各部位の獲得速度と相対値

	Pre		Post 1		Post 2	
	速度 (m/s)	相対値 (%)	速度 (m/s)	相対値 (%)	速度 (m/s)	相対値 (%)
対象者A 体幹部獲得速度	6.20	23.09	6.41	21.74	5.09	17.31
上腕	6.94	25.83	6.17	20.92	5.49	18.68
前腕	5.23	19.46	5.32	18.02	5.02	17.10
手部	4.27	15.88	5.12	17.36	4.60	15.64
手指	4.23	15.74	6.48	21.96	9.19	31.28
ボール初速度 (時速(km/h))	26.86 (96.7)		29.50 (106.2)		29.39 (105.8)	

表 4. 対象者 A の投球腕各部位の獲得速度と相対値

	Pre		Post1		Post2		
	速度 (m/s)	相対値 (%)	速度 (m/s)	相対値 (%)	速度 (m/s)	相対値 (%)	
体幹部獲得速度	7.57	28.11	5.09	18.25	6.41	20.85	
対象者B	上腕	4.45	16.50	5.49	19.68	6.17	20.07
	前腕	4.72	17.51	5.02	18.00	5.33	17.34
	手部	5.06	18.78	4.60	16.48	5.08	16.51
	手指	5.15	19.10	7.69	27.59	7.76	25.22
	ボール初速度 (時速(km/h))	26.94 (97.0)		27.89 (100.4)		30.75 (110.7)	

IV. 考察

本研究では、先行研究および筆者の経験則から上肢の連動的な動きの習得に、バドミントンのスマッシュが有効ではないかと考えた。そして、バドミントンのスマッシュトレーニングを、投球が苦手な野球選手を対象に実施し、投球速度にどのような影響を及ぼすかを明らかにすることを目的とした。その結果、対象者 A は Pre から Post1, 対象者 B は Pre, Post1 から Post2 にかけて、投球速度が有意に増大した。また、投球腕各部位の速度に関しても変化があった。以下、投球速度の変化をもたらした要因、トレーニングとしてのスマッシュの有効性について考察していく。

1. 投球速度の変化をもたらした要因

Pre から Post1, 2 にかけて、投球腕各部位の速度変化の波形に変化がみられた。両対象者ともに、肘部、肩部、手首、手部の順で最大速度が出現していた。対象者 A は Pre から Post1 において、対象者 B は Pre, Post1 から Post2 において、各部位が順を追って最大値が現れるような波形となっていた(図 3~8)。さらに、投球腕各部位の獲得速度の相対値は、Pre では近位部である体幹部獲得速度が大きい値を示し、遠位部になるにつれて小さくなっていたが、両対象者とも Pre から Post1 にかけて、遠位部である手指獲得速度が最大値を示した(表 3, 4)。また、対象者 A は Pre から Post1, 対象者 B は Pre, Post1 から Post2 において、末端部である手部の最大速度が増大していた(表 1, 2)。

投球速度を増大させるためには、下肢を起点に生み出された力学的エネルギーを近位部である体幹部から、遠位部である手指部へと連動させるという、運動連鎖を成立させる必要がある(阿江・藤井 2002)。また、投球腕における運動連鎖の特徴として、宮西(2004)は、遠位部ほど速度の極大値は大きく、その速度の増大を図るためには、近位部から遠位部といったように身体各部へと速度を加算させていると述べている。本研究の両対象者は、Pre において、末端部の大きい速度を獲得できるような投球腕の運動連鎖が成立していなかったため、遠位部が加速しておらず、球速も低かったと考えられる。その一方で、対象者 A は Pre から Post1 にかけて、対象者 B は Pre, Post1 から Post2 にかけて、投球腕

各部位の最大速度の増大に伴い、投球腕各部位の獲得速度が増大し、投球速度が増大した。以上のことは、投球腕の運動連鎖の改善が達成され、投球速度の増大に繋がったことを示唆している。これらの変化は、スマッシュトレーニングを行った効果と考えられる。

2. トレーニングとしてのスマッシュに関して

湯・阿江(1994a)は、スマッシュにおいて、上肢各部位の最大速度は肩から肘、手およびラケットへの順で大きくなること、近位部の最大速度が現れたときに、遠位部の加速が始まるという野球の投球動作のような運動連鎖の傾向があることを明らかにしている。このことから、バドミントンのスマッシュをトレーニングしたことにより、まず、上肢を近位部から遠位部へと順番に連動させる動作を習得できたと考えられる。そして、上肢の運動連鎖が成立した投球動作の習得に繋がったと示唆される。これは、指導者が考える両対象者の問題点(両対象者とも、いわゆる“手投げ”になっており、特に肩の次に肘部を先行させ、上肢をしならせるような動きができていない)の解決に寄与する結果であると考えられる。

また、スマッシュは、インパクト直前に肩の内旋、肘の伸展が急激に行われ、この関節運動がスマッシュ動作において重要であると示唆されている(湯・阿江 1994b)。同様に、投球の関節運動について、宮西(1996)は肩の内旋運動、肘関節の伸展、手関節の掌屈がボール合成速度への貢献度として大きく、重要であることを報告している。また、投球の際、肩部の内旋から肘部の伸展といった関節運動が連動して起こり、このとき、上腕部から前腕部にかけて段階的に最大速度が出現することが報告されている(G. S. Fleisig et al. 1999)。したがって、打動作と投動作という異なる動作の中に類似した上肢の関節運動が存在しているといえる。これらの知見を踏まえると、スマッシュトレーニングを行ったことにより、スマッシュで重要となる関節運動が身に付いたことにより、投球においても、同様の関節運動を効率的に行え、上肢の運動連鎖が成立した、と考えられる。しかし本研究では、関節運動までは検討していないため、今後の検討課題として、肩部の貼付マーカーを増やすことや、異なる競技レベル・特性を持った選手に処方することなど、より詳細なメカニズムを検討する必要があると考えられる。

以上のことより、スマッシュトレーニングは野球選手の投球速度の増大および投球腕の動作改善に有効であると考えられる。

V. まとめ

本研究は、バドミントンのスマッシュを実施することが、投球速度に与える影響について、実証的に検証することを目的とした。そのために、2名の対象者に2週間のスマッシュを実施してもらい、投球速度と投球腕各部位の速度の変化を検討した。その結果、両対象者とも投球速度が有意に増大した。

要因として考えられることとして、まず、投球腕各部位の速度の波形に違いがみられ、両対象者とも各部位が順を追って最大値が現れるような波形となった。最大速度においても、対象者AではPost1、対象者BではPost2で、各部位において最大値を示した。また、これに伴い投球腕各部位の獲得速度の相対値も両対象者ともに増大した。これは、投球腕の効率的な運動連鎖が達成され、それに伴って投球速度も増大したと考えられる。

したがって、バドミントンのスマッシュは、投球速度の増大に効果があると考えられ、その要因として投球腕の運動連鎖の効率化に有効である可能性が示された。

VI. 引用文献

- ・ 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. pp119-130.
- ・ Glenn S. Fleisig, Steve W. Barrentine, Nigel Zheng, Rafael F. Escamilla, James R. Andrews (1999) Kinematic and kinetic comparison of baseball pitching among various levels of development. *Journal of Biomechanics*. 32(12):1371-1375.
- ・ 金子公宥・福永哲夫(2004)バイオメカニクス 身体運動の基礎. 杏林書院, pp262-280.
- ・ 蔭山雅洋・鈴木智晴・杉山敬・和田智仁・前田明(2015)大学野球投手における下肢関節の力学的仕事量と投球速度との関係. *体育学研究*. 60:87-102.
- ・ 勝亦陽一・金久博昭・川上泰雄・福永哲夫(2008)野球選手における投球スピードと年齢との関係. *スポーツ科学研究*. 5: 224-234.
- ・ 宮西智久・藤井範久・阿江通良・功力靖雄・岡田守彦(1996)野球の投球動作におけるボール速度に対する体幹および投球腕の貢献度に関する 3 次元的研究. *体育学研究*. 41(1):23-37.
- ・ 水谷未来・鈴木智晴・藤井雅文・杉浦綾・松尾彰文・前田明・福永哲夫(2017)女子プロ野球選手における投球時の手指動作がボール速度およびボール回転数におよぼす影響. *スポーツパフォーマンス研究*. 9:288-297.
- ・ 日本バドミントン協会(2001)バドミントン教本 基本編. ベースボールマガジン社. pp42-44.
- ・ 尾縣貢・市村操一(1995)パス解析を用いたオーバーハンドスロー動作の検討:成人女性を対象として. *体育学研究*. 40:170-180.
- ・ 島田一志・阿江通良・藤井範久(2004)野球のピッチング動作における力学的エネルギーの流れ. *バイオメカニクス研究*. 8(1):12-26.
- ・ 高橋佳三・阿江通良・藤井範久(2000)野球のピッチングにおける手および指の動きとボール速度増加の関係. *バイオメカニクス研究*. 4(2):116-124.
- ・ 湯海鵬・阿江通良(1994a)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して—. *バイオメカニクス*. 18(3):164-172.
- ・ 湯海鵬・阿江通良(1994b)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. *バイオメカニクス*. 12:73-84.