

バドミントン競技における大学生選手と 高校生選手のスマッシュ及びドロップ動作の比較

Comparisons of college and high school player during smash and drop shots in badminton

升 佑二郎 (国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科) 江木 俊輔 (国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科)
田中 重陽 (国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科) 熊川 大介 (国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科)
角田 直也 (国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科)

I. 研究目的

バドミントンは、多数のストロークを使い分け、相手を惑わし読みを外し、エースショットを決めるというラリーの特徴がある。その為、ゲームでは相手を惑わすために多数のストロークを使い分け自分に有利なラリーを展開していくことが試合の勝敗に結びつく¹⁾。

運動習熟の観点から打運動における熟練者と未熟練者を比較した報告²⁾では、未熟練者は体幹から遠い末梢の部分しか使えないのに対し、熟練者は体幹に近い部分も使って動作が行えることを指摘されている。このことから、バドミントン競技におけるストローク動作においても競技レベルの異なる選手間では、身体各部の動きも異なると考えられる。しかしながら、競技レベルの異なるバドミントン選手のストローク動作について運動学的観点から比較検討した研究は極めて少ない¹⁰⁾。桜井ら¹⁰⁾は大学生のバドミントン選手の熟練者と初心者である一般学生のスマッシュ動作の素振りを比較し、スマッシュ動作中にラケットを加速する力学的要因について報告している。しかし、大学生のバドミントン選手と一般学生の初心者では競技レベルの差が大きく、熟練者の方がラケットヘッドのスピードが速くなるのは当然の結果であり、熟練者のスマッシュ動作の特徴については具体的には報告されていない。球種を使い分けて行うラリー中のストローク動作の特性を考慮し、スマッシュとドロップの二種類のストローク動作について、競技レベルの高い選手間で比較検討することは、競技力向上及び指導を行う上で重要な資料になると考えられる。

そこで本研究では、熟練者である大学生と高校生のスマッシュ及びドロップ動作を運動学的観点から比較検討することを目的とした。

II. 研究方法

1. 被検者

被検者は、全日本大学生バドミントン選手権に優勝した大学チームのレギュラー選手7名(以下:C)及びインターハイに出場した高校チームのレギュラー選手7名(以下:H)の14名(全員右利き)を対象とした。被検者の身体的特性を表1に示した。なお、全被検者には、測定に関する目的及び安全性について説明し、任意による測定参加の同意を得た。また、本研究は、国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科研究倫理評価委員会の承認を受けて実施した。

表1 被検者の年齢、バドミントン経験年数及び身体特性

群	n	年齢 (歳)	バドミントン経験 (年)	身長 (cm)	体重 (kg)
C	7	21.2±0.9	14.1±1.3	172.1±4.1	64.0±4.3
H	7	16.9±0.5	8.1±2.3	173.3±4.8	66.2±5.3

平均値±標準偏差

C: 大学生 H: 高校生

2. 形態計測

被検者の身長は、身長計により計測し、体重は、身体組成測定装置(BODY FAT ANALYZER: TANITA 社製)を用いて測定した。

3. スマッシュ、ドロップ動作の撮影方法

スマッシュ及びドロップ動作は、バドミントンコートの周囲に、VICON-250 赤外線反射軌跡専用カメラ(Oxford Metric 社製)5台を設置して撮影した。また、同時にラケットヘッドのスイング速度を分析するために2台の高速度カメラ(デジモ社製 VCC-H1000)を同期させ、フィルムスピード250コマ、シャッタースピード1/2000で撮影した。撮影範囲は、バドミントンコート内のセンターラインとバックバウンダリーラインの接点から左右1m、ネット

ト方向に向かって2mとした(図1)。

被検者は、スマッシュかドロップ動作のいずれかを行い、返球者は測定範囲内へレシーブして返球するというルールラリーを行わせ、その際のスマッシュとドロップ動作をVICON及び高速度カメラを用いて撮影した。被検者には、ドロップ動作はショートサービスラインより手前にシャトルを落とすよう指示をし、スマッシュは最大努力で打つように指示をした。

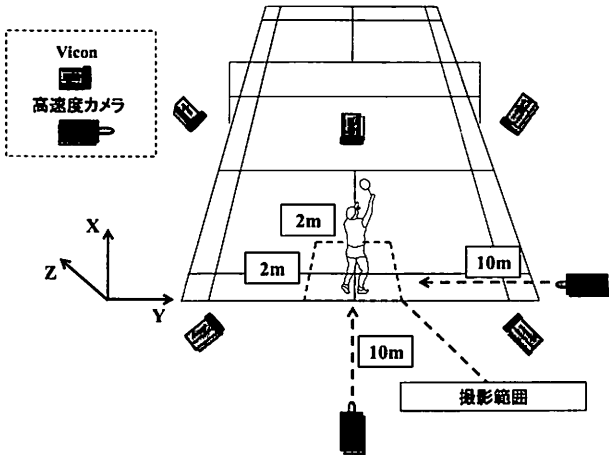


図1 撮影模式図

4. データ処理

本研究では、ネット際に落とすショットをドロップ、最大努力で低い弾道で打つショットをスマッシュ(スタンディングのスマッシュ)とし、先行研究⁸⁾を参考にして、①コート中央のセンターラインとバックバウンダリーラインの接点から左右2m、ネット方向1m四方のスイングエリア内でインパクトしている、②ラリー中のストロークである、③オーバーヘッドストロークである、という3条件を満たしている試技を選択した。そして、選択された試技の中から明らかに打球態勢が崩れて不自然と判断されるものを除き、先行研究⁹⁾を参考にして、ドロップ動作はショートサービスラインより前にシャトルが落ちた試技の中で、最もシャトルの速度が速かった試技、スマッシュ動作も同様にシャトルの速度が最も速かった試技をそれぞれ抽出し、分析対象とした。

5. 測定項目

スマッシュ及びドロップ動作は、先行研究⁸⁾を参考にして、準備局面(Take Back phase: TB局面)、主要局面(Forward Swing phase: FS局面)、終末局面(Follow Through phase)に分割した。本研究では、TB局面において、右足踵が離地した地点からインパクトまでをFS局面とし、この局面の動作を分析区間とした。

高速度カメラからの映像をパソコンに取り込み、2次元

画像のキャリブレーション各点及びラケットヘッド先端に座標点を打った。キャリブレーションの誤差を最小にするため補正を行い、その後各動作に読み込ませた。2次元画像より構築した3次元画像から、スマッシュ及びドロップ動作におけるラケットヘッドの速度及び移動距離を算出した。また、Viconから手関節、肘関節及び肩関節のスマッシュ及びドロップ動作の移動速度値を得た。得られたラケットヘッド及び上肢各関節の移動速度から最大速度(Peak swing velocity: PV)、インパクト時点における速度(Impact swing velocity: IV)をそれぞれ求めた。スマッシュ及びドロップ動作におけるラケットヘッドと上肢各関節の動作開始からPVまでの加速度及びドロップ動作時におけるPVからIVまでの減速度をそれぞれ算出した。

6. データの規格化・平均化と統計処理

本研究の身体各部の速度データは、スマッシュ及びドロップ動作におけるTB局面の右足踵が離地した地点を0%とし、インパクトした地点を100%として規格化した。全ての測定項目における値は、平均値(Mean)±標準偏差(SD)で示した。各測定項目に対する群間の測定値については、対応のないStudent, t-testを用いて検定を行った。さらに、ラケットヘッド速度と関連を有する項目を抽出するために、ラケットヘッド速度を従属変数、手、肘及び肩関節の移動速度を独立変数とする重回帰分析を行った。独立変数の投入方法は、ステップワイズ法とした。本研究における有意水準は、すべてp<0.05とした。

III. 結果と考察

1. スマッシュ及びドロップ動作におけるスイング速度の群間比較

1) スイング動作間におけるラケットヘッド及び上肢各関節の最大速度とインパクト時の速度

スマッシュ及びドロップ動作におけるラケットヘッド、手関節、肘関節、肩関節のPV、IVを表2に示した。スマッシュ動作におけるラケットヘッド及び上肢各関節の移動速度は、競技レベルの高いC群の方が全ての測定項目に

表2 スマッシュ及びドロップ動作におけるPVとIVの比較

	群	スマッシュ		ドロップ	
		PV (m/s)	IV (m/s)	PV (m/s)	IV (m/s)
ラケットヘッド	C	62.6±3.0	58.8±3.6	21.4±1.5	14.1±0.7
	H	51.1±1.8*	48.0±1.4*	19.5±0.8	14.9±0.6
手関節	C	16.0±0.4	15.0±0.6	6.8±0.6	6.2±0.6
	H	14.5±0.5*	13.9±0.7*	6.6±0.6	6.0±0.6
肘関節	C	11.2±1.1	5.1±1.2	5.2±0.4	1.9±0.3
	H	9.6±1.0*	5.6±1.0	4.8±0.5	2.0±0.6
肩関節	C	4.3±0.9	2.0±0.6	2.2±0.5	1.2±0.3
	H	3.2±0.2*	1.4±0.3	1.8±0.2	1.1±0.3

C: 大学生 H: 高校生

平均値±標準偏差 * : p<0.05

PV: 最大速度 IV: インパクト時の速度

において有意に高い値を示した。里見⁵⁾は、インパクト時のラケットヘッド速度の増大が、シャトルの球速を高める要因になると報告しており、このことから、H群の選手よりもC群の選手の方がより速いシャトルを打つことのできる動作が行えていると推察された。

一方、ドロップ動作におけるラケットヘッド及び上肢各関節のPV、IVともに、群間に有意な差は認められなかった。従って、ドロップ動作では、スマッシュ動作とは異なり、大学生と高校生ではラケットヘッド及び上肢各関節の移動速度に差は生じないということが示された。

2) 各関節の移動速度とラケットヘッド速度との重回帰分析

スマッシュ及びドロップ動作におけるインパクト時のラケットヘッド速度を従属変数、インパクト時の手、肘及び肩関節の移動速度を独立変数とする重回帰分析を各群で行った結果を表3に示した。スマッシュ動作ではC、H群ともに手関節が説明変数として選択された。スマッシュ動作における手関節の移動速度をxとしたとき、C群の重回帰式はラケットヘッド速度=6.914x-45.407、H群の重回帰式はラケットヘッド速度=1.819x+22.904であった。一方、ドロップ動作では、C群は肘、肩関節が説明変数として選択されたのに対し、H群は肘関節のみが説明変数として選択された。ドロップ動作における肘関節の移動速度をx、肩関節の移動速度をyとしたとき、C群の重回帰式はラケットヘッド速度=1.233x+1.847y+9.741、H群の重回帰式はラケットヘッド速度=0.766x+13.422であった。Springs et al.⁶⁾は、テニスサーブにおいて、肘関節の伸展運動によって得られた前方速度は、インパクト時のラケットヘッド速度に対して貢献度が低いということを報告している。また、投動作では競技レベルの高い選手と低い選手を比較すると手関節のスナップ動作に差が生じると報告されており⁵⁾、これらのことから、スマッシュ動作におけるインパクト時のラケットヘッド速度には手関節の移動速度が影響してくると推察された。

一方、ドロップ動作では、C群は肘、肩関節が説明変数として選択されたのに対し、H群は肘関節のみが説明変数として選択された。テニスのサーブ動作では、手首の関節を自由にして体幹部に近い部位の使い方が重要である

表3 スマッシュ及びドロップ動作におけるインパクト時のラケットヘッド速度とその際の上肢各関節速度との重回帰分析

群	スマッシュ				ドロップ			
	説明変数	回帰係数	R ²	P値	説明変数	回帰係数	R ²	P値
C	手関節	6.914	0.921	<0.0004	肘関節	1.233	0.873	<0.0071
					肩関節	1.847		
H	手関節	1.819	0.801	<0.004	肘関節	0.766	0.660	<0.0163
					肩関節	13.422		

C: 大学生 H: 高校生

と報告⁴⁾されている。本研究の結果では、C群は体幹部に近い肩関節が説明変数として選択されており、H群との間には肩関節の使い方に差が生じていると伺えられる。

上述から、スマッシュ動作では肘関節及び手関節といった上肢末梢部の関節移動速度を高めることがラケットヘッド速度の増大につながると考えられる。一方、ドロップ動作においては、スマッシュ動作に近い動きを行うために、肘関節の移動速度を高めることが重要であり、インパクト時には、シャトルをコントロールするために、加速されたラケットヘッド速度を減速させる必要がある。打運動において、未熟練者は体幹から遠い末梢の部分しか使えないのに対し、熟練者は体幹に近い部分も使って動作が行えることが指摘されている²⁾。本研究では、C群の選手は、インパクト時に肩関節移動速度の貢献度が高いことが示されており、このことから、加速されたラケットヘッドを減速するためには、肩関節の動きが重要であると推察される。

3) 最大速度に至るまでの加速度及びインパクト時までの減速度

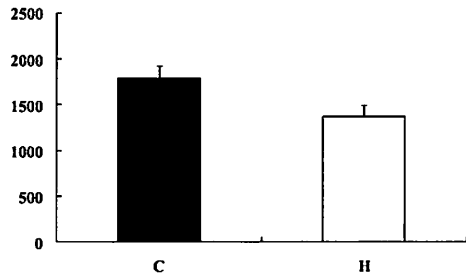
スマッシュ及びドロップ動作におけるラケットヘッドと各関節のPVまでの加速度を図2、3に示した。スマッシュ動作におけるラケットヘッドの加速度に有意差は認められず、ドロップ動作においても同様の結果を示した。また、各関節のスマッシュ動作の加速度は、肘関節において、C群がH群よりも有意に高い値を示した。一方、ドロップ動作における各関節の加速度は、肘関節及び肩関節において、C群がH群よりも有意に高い値を示した。

次に、ドロップ動作のPVからIVまでの減速度を図4に示した。ドロップ動作におけるラケットヘッド及び上肢各関節の減速度に有意な差は認められなかった。

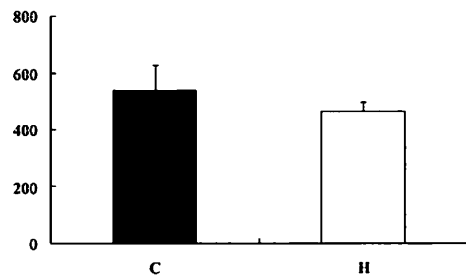
試合中のドロップ動作では、単にネット前にシャトルを落とすこと以外に、相手に何を打つのか読めない動作であるということが重要である。従って、試合場面では、相手の態勢を崩すために、スマッシュ動作と見せかけてドロップ動作を行う様に意識されている。本研究の結果では、肘関節及び肩関節の加速度に、各群間に有意差が認められた。このことから、競技レベルの高い選手はスイングの加速度を高くすることによって、スマッシュ動作に似せようとしており、また、最大速度が出現してからインパクトまで急激に減速することで、インパクト時にシャトルのコントロールが行えていると考えられる。しかし、C群と比較するとH群の選手は加速度の値が低く、スマッシュ動作に見えないスイング動作になっていると考えられ、このことから、肘関節及び肩関節を瞬間的に速く動かす能力に差が生じると推察された。

ラケットヘッド

スマッシュ動作



ドロップ動作

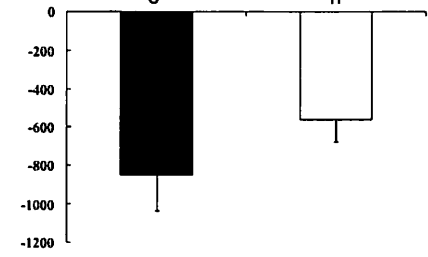


C: 大学生 H: 高校生

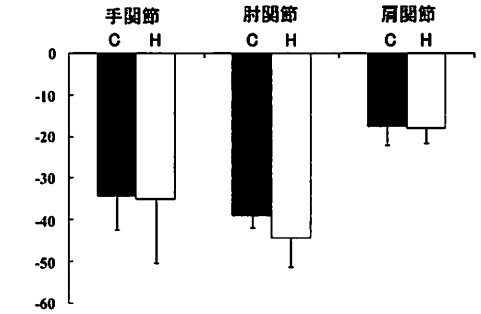
図2 スマッシュ及びドロップ動作におけるラケットヘッドの加速度

ドロップ動作

ラケットヘッド



上肢各関節

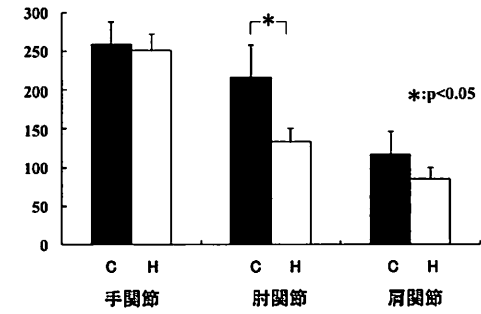


C: 大学生 H: 高校生

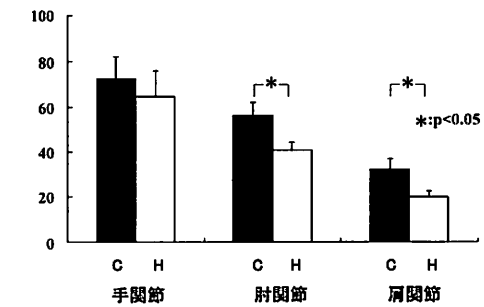
図4 ドロップ動作におけるラケットヘッドと上肢各関節の減速度

上肢各関節

スマッシュ動作



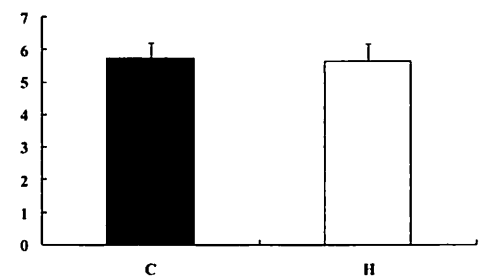
ドロップ動作



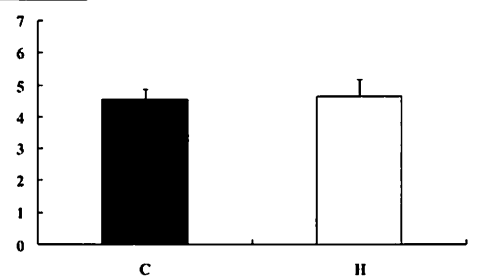
C: 大学生 H: 高校生
*: p<0.05 各群間の有意差

図3 スマッシュ及びドロップ動作における上肢各関節の加速度

スマッシュ動作



ドロップ動作



C: 大学生 H: 高校生

図5 スマッシュ及びドロップ動作におけるラケットヘッドの移動距離

2. スマッシュ及びドロップ動作におけるラケットヘッドの移動距離の群間比較

スマッシュ及びドロップ動作におけるラケットヘッドの移動距離を図5に示した。スマッシュ動作及びドロップ動作ともに各群間に有意な差は見られなかった。関根ら⁷⁾は、小学生における投動作の発達について検討し、小学校の高学年では上肢の動作範囲が拡大し、ボールの加速距離が増し、初速度の増大をもたらしたと報告している。このような知見は、ラケットヘッドの移動距離が長くなることによって、加速距離が増し、スイング速度及びシャトルの初速度の増大が得られることを示唆するが、本研究の被検者は、熟練者の大学生と高校生選手であるために、ラケットヘッドの移動距離に有意な差は見られなかったと考えられる。

IV. まとめ

本研究では、競技経験年数の異なる大学生と高校生のバドミントン選手におけるスマッシュ及びドロップ動作を運動学的観点から比較検討した。その結果、以下の知見が得られた。

1. スマッシュ動作は、手関節の移動速度をより高めることによって、インパクト後のシャトルの初速度を高めることができると推察された。
2. ドロップ動作において、スマッシュ動作に近い動きを行うためには、肘関節の移動速度を高めることが重要であり、インパクト時に加速されたラケットヘッドを減速するためには、肩関節の動きが重要であると推察された。

以上のことから、熟練者である大学生と高校生の間に見られるスマッシュ及びドロップ動作の上肢各関節の運動学的な差異が明らかとなった。また、これらの運動学的差異は、競技力向上及び指導を行う上で重要な資料になると考えられた。

V. 参考文献

- 1) 浅井英典(1991): 熟練度およびスイング強度がバットイング動作に及ぼす影響. 愛媛大学教養部紀要 24(2):18
- 2) 浅見俊雄(1984): スポーツ運度の打について. Jpn. J. Sports Sci. 3(3): 178-187
- 3) 石井喜八, 西畑賢治(1986). 投動作の3次元分析と熟練度の比較—女子ハンドボール選手のオーバーハンドスロー—. 第8回日本バイオメカニクス学会大会論集 67-70
- 4) 大道 等(1993): テニスストロークの身体近位・遠位動作. Jpn. J. Sports Sci. 12(6): 364-371

- 5) 里見光徳(1980): スマッシュスピードに関する研究. 昭和54年度日本体育協会スポーツ医科学調査研究事業報告 No II 競技種目別競技力向上に関する研究第3報 231-245
- 6) Sprigings E, Marshall R, Elliott B, Jennings L (1994): A three-dimensional kinematic method for determining the effectiveness of arm segment rotations in producing racquet-head speed. J. of Biomechanics 27: 245-254
- 7) 関根克浩, 豊川 琢, 阿江通良, 藤井範久, 島田一志(1999): 小学生男子における投動作の発達に関するキネマティック的研究. Jpn J Biomech Sports Exerc 3(1): 2-11
- 8) 道上静香, 阿江通良(2002): 世界一流女子選手のフォアハンド・グランドストロークのキネマティック的分析—クロス打ちとストレート打ちの比較—. バイオメカニクス研究 6-7: 259-269
- 9) 宮西智久, 藤井範久, 阿江通良, 功力靖雄, 岡田守彦(1997): 野球の投球動作における体幹および投球腕の力学的エネルギー・フローに関する3次元解析. 体力科学 46: 55-68
- 10) 桜井伸二, 池上康男, 岡本 敦, 矢部京之助(1987): バドミントンのスマッシュに関するバイオメカニクスの研究. 東海保健体育科学 9: 41-46

連絡責任者

升 佑二郎
〒206-0815 東京都多摩市永山7-3-1
国士舘大学体育学部 身体運動教室
Tel: 090-5494-9935
E-mail: cpeqp532@yahoo.co.jp