

中学、高校及び大学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の特性

升 佑二郎¹⁾ 竹内 雅明²⁾ 藤野 和樹³⁾

Characteristics of smash and drop motions with junior high school, high school, and university badminton players

MASU Yujiro, TAKEUCHI Masaaki, FUJINO Kazuki

抄 録

本研究では、中学生 (JG)、高校生 (HG) 及び大学生選手 (UG) におけるスマッシュ及びドロップ動作に着目し、身長発育や技術向上に伴う動作特性について検討した。その結果、以下の知見が得られた。

身長とシャトル速度との関係は、スマッシュ動作において身長が高くなるとシャトル速度も高くなるという有意な相関関係が JG において認められたが ($r=0.689$, $p<0.05$)、HG 及び UG に有意な相関関係は認められず、ドロップ動作においては各群間ともに有意な相関関係は認められなかった。さらに、ラケットヘッドの移動距離におけるスマッシュ動作の絶対値は、各群間に有意差が認められ、UG、HG 及び JG の順に高い値を示したが、身長で除した相対値では、UG が HG 及び JG よりも有意に高い値を示したのに対し ($p<0.05$)、HG 及び JG 間に有意差は認められなかった。一方、ドロップ動作における絶対値は、UG 及び HG が高い値を示し、JG との間に有意差が認められ ($p<0.05$)、絶対値を身長で除した相対値についても同様の有意差が認められた ($p<0.05$)。

これらのことから、スマッシュ動作では身長発育がパフォーマンスに影響し、インパクト後のシャトル速度を増加させる一因になるが、ドロップ動作では体力面よりも技術的な身体動作の向上が重要であると考えられた。

キーワード：バドミントン、スマッシュ、ドロップ、身長、運動学的分析

1) 健康科学大学 健康科学部 理学療法学科

2) 日本大学大学院 文学研究科

3) 千葉商科大学 商経学部

I. 緒 言

バドミントンには、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。特に、スマッシュは攻撃の中心として用いられ、相手がスマッシュを警戒することで、ネット前にシャトルコック（以下：シャトル）を落とすドロップや後方にシャトルを打ち放つクリアによって、相手の体勢を崩すことができる。従来のバドミントン競技のストロークに関する研究では、スマッシュについて検討されたものが多く見られる^{3,5,9,10)}。その中で、日本トップレベルの大学生及び高校生バドミントン選手のスマッシュ動作を比較した升ほか⁴⁾は、フォワードスイング局面における肩関節外転及び外旋運動の違いがスイング速度に影響することを明らかにした。また、スマッシュ及びドロップ動作について検討した報告によると⁶⁾、ドロップ動作において重要なのは、単にスマッシュ動作に類似させるのではなく、相手が脅威だと思う速いスマッシュショットを打ち放つことのできるスマッシュ動作に類似させることが必要であり、ラケットをより速く振るために必要な加速距離を増加させたドロップ動作を行うことが重要であると指摘した。これらの報告では、技術的観点からスマッシュ及びドロップ動作を検討し、動作特性に関する知見を得た。一方、これらの報告から得られた技術面を修得するための練習を行う場合、体力面において差が生じる中学生と高校生、または大学生とでは指導方法や習得すべき技術は異なる可能性が示唆されるが、これらの時期における動作特性について検討された報告は見あたらない。スマッシュ及びドロップ動作を指導する上で、選手の体力面及び技術面がストローク動作にどのように関与しているのかを理解しておくことは重要であると考えられる。

そこで、本研究は、中学生、高校生及び大学生選手におけるスマッシュ及びドロップ動作に着目し、身長発育や技術向上に伴う動作特性について検討することとした。

II. 方 法

A. 被検者

被検者は、関東大会に出場した男子中学チームの選手10名（JG）とインターハイに出場した男子高校チームの選手10名（HG）及び全日本大学生選手権大会に出場した男子大学チームの選手10名（HG）の30名（全員右利き）とした（Table 1）。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及び保護者の同意も得た。

本研究は、健康科学大学研究倫理評価委員会の承認を受けて実施した（承認番号11号）。

B. ストローク動作の撮影

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 Metrix 社製、フィルムスピード毎秒120コマ）5台と動

Table 1 Age, badminton experience and physical characteristics of subjects.

Group	Age (yrs)	Badminton Experience (yrs)	Body height (cm)	Body mass (kg)
JG	13.4±0.5	1.3±0.8	159.3±6.7	48.1±7.6
HG	16.8±0.5	6.7±2.9	172.7±4.3	65.1±4.8
UG	20.5±0.8	12.7±2.5	173.3±4.6	65.0±4.6

Values are mean ± S.D.

JG : Junior high school group (n=10).

HG : High school group (n=10).

UG : University group (n=10)

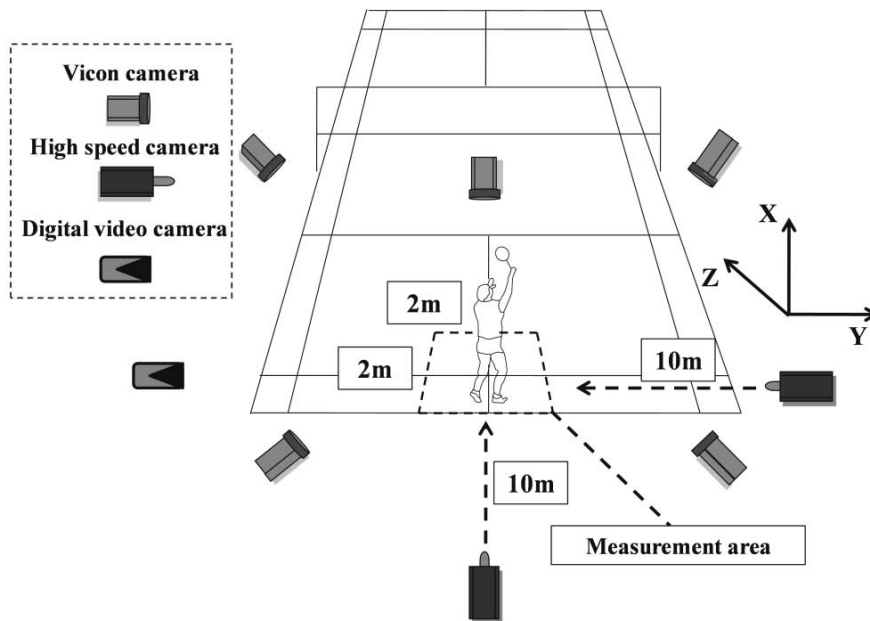


Fig. 1 Schematic drawing of experimental setup.

作を確認するためにデジタルビデオカメラ（DCR-HC 90：SONY Co, フィルムスピード毎秒60コマ）1台を Workstation（Oxford Metrix 社製）のソフトウェアを用いて同期し、撮影した（Fig.1）。しかし、VICON-250赤外線反射軌跡専用カメラは、反射マーカを分析箇所につける必要があり、ラケットヘッドに反射マーカを付けた場合、スイングパフォーマンスの妨げになると考えられた。従って、ラケットヘッドの速度、移動距離及びインパクト後のシャトル速度を分析するために2台の高速度ビデオカメラ（デジモ社製 VCC-H 1000、フィルムスピード毎秒250コマ、シャッタースピード1/2000秒）を AUX ケーブルによって接続し、AUX ケーブルから分岐したトリガーを用いることで、2台の高速度ビデオカメラのスタート時点を一致させ、撮影した。しかし、VICON カメラと高速度ビデオカメラの同期は行わなかった。

VICON カメラの映像におけるインパクト時の判断については、シャトルのコルクに

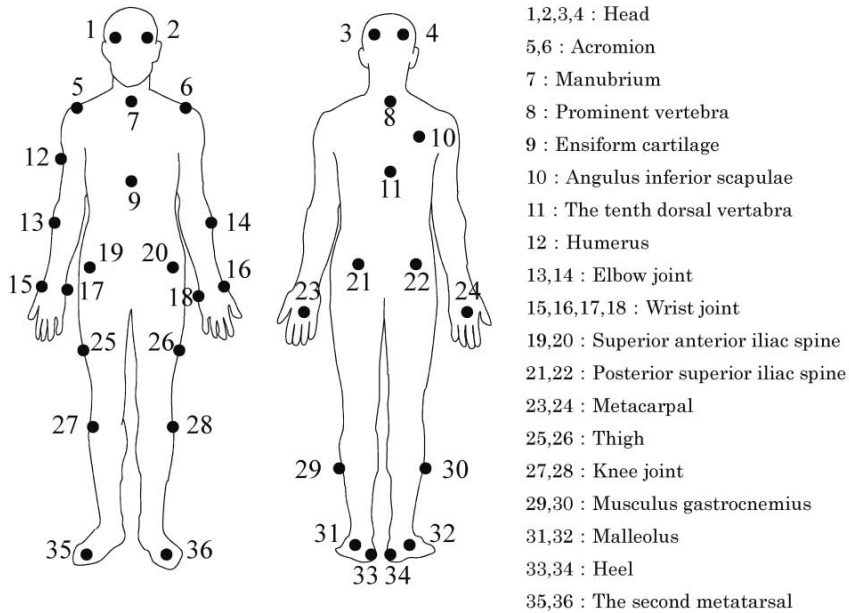


Fig. 2 The marker of the each body segmental parts.

反射テープを巻き、落ちてきたシャトルを打った瞬間に画面上からシャトルが消えた時をインパクト時点とした。また、このインパクト時の判断については、VICON カメラと同期したデジタルビデオカメラの映像も見ながら判断した。

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1 m、ネット方向に向かって2 mとした (Fig. 1)。

被検者は、上半身は裸、下半身はハーフタイツ、バドミントンシューズを着用した状態で測定を行った。また、反射マーカを身体の時36箇所に付けた。反射マーカ設置部位は、バイコンカメラのマニュアルに従い、頭部 (1、2、30、31)、肩峰 (肩関節：3、9)、胸骨柄 (14)、第10胸椎棘突起点 (34)、剣状突起 (15)、右肩甲骨下角 (33)、上腕遠位端背側面 (肘関節：5、10)、前腕橈骨茎状突起部 (6)、前腕尺骨茎状突起部 (11)、右上腕骨中心 (4)、中手骨 (8、13)、第7頸椎棘突起点 (32)、上前腸骨棘 (16、17)、上後腸骨棘 (35、36)、大腿骨中心 (18、24)、大腿骨外側上顆 (19、25)、腓腹筋 (20、26)、踝 (22、28)、踵 (21、27)、第二中足骨 (23、29) とした (Fig. 2)。

被検者は、ストレート方向へのスマッシュ及びドロップ動作を行い、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のラリーを行わせ、その際のスマッシュ及びドロップ動作を撮影した。

C. 成功試技の条件及びデータ処理

本研究では、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、道上ほか⁷⁾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

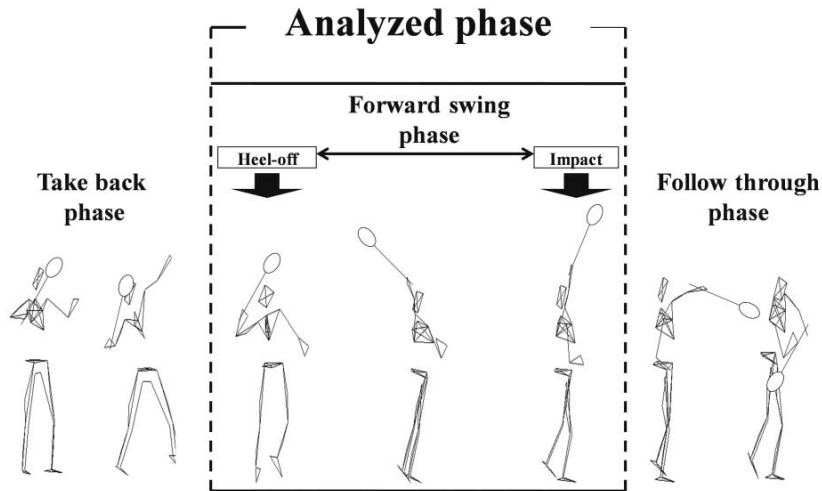
ラインの接点から左右1 m、ネット方向2 m四方のスイングエリア内でインパクトしている、②ラリー中のストロークである、③オーバーヘッドストロークである、という3条件を満たしている試技を選択した。そして、選択された試技の中から明らかに打球態勢が崩れて不自然と判断されるものを除いた。さらに、高速度ビデオカメラのデータを基にインパクト直後から3コマ目までのシャトルについて、画像処理解析ソフト（デジモ社製 SWALLOW シリーズ）を用いてシャトルのコルク中心をデジタル化し、デジタル化後のデータに対して、3D-PTV（デジモ社製）の解析ソフトを用いることにより三次元座標値を得た。得られた座標の変位を時間微分することでシャトルの移動速度を算出し、スマッシュ動作においては速度値が最も大きかった1試技を各選手それぞれ選択し分析対象とした。一方、ドロップ動作はネットから最も近い位置にシャトルがフライトした1試技を各選手それぞれ選択し分析対象とした。さらに、動作開始からインパクトに至るまでのラケットヘッドの座標値は、高速度ビデオカメラの映像から上記の方法を用いて算出し、身体各部位の座標値はVICONカメラの映像からWorkstationv 4.6（Oxford Metrix社製）を用いて得た。高速度ビデオカメラから得られた座標データにおける較正点の実測値と3D-PTVのソフトウェアから算出された推定値の誤差は、4.5 mm～8 mmの範囲であった。また、VICONカメラにおいて、撮影前にキャリブレーションを行い、各カメラの誤差範囲は1.4 mm～2.8 mmであった。得られた座標値は、3次の平滑化スプラインを用いることにより平滑化した。

D. 動作の分析局面

本研究の分析試技であるスマッシュ動作は、まず、非ラケット足（ラケットを持っていない側の下肢）を軸にラケット足（ラケットを持っている側の下肢）及びラケット腕（ラケットを持っている側の上肢）を後方に移動させ、体側をネット方向に向け、ネットに対して半身の姿勢を作る。その半身の姿勢から、落ちてくるシャトルにタイミングを合わせ、ラケット足及びラケット腕を前方に移動させると同時にラケットを動かし、シャトルを打つといった動作様式が行われる。この一連の動作を、バックスイングの姿勢をとる準備局面（Take Back phase: TB局面）、バックスイングの姿勢から右足踵が離地した地点からインパクトまでの主要局面（Forward Swing phase: FS局面）、そしてインパクト後の動作である終末局面（Follow Through phase: FT局面）の3つの局面に分割した。これらの動作局面のうち、本研究ではFS局面の動作を分析対象とした（Fig. 3）。

E. 統計処理

全ての測定項目における値は、平均値±標準偏差で示した。群間の比較は、一元配置分散分析を行い、要因に有意な主効果が認められた場合には、Tukey法による多重比較検定を行った。いずれも有意水準は危険率5%未満で判定した。



Back swing phase : heel-off on racket foot after take back position from heel-off on racket foot before take back position

Forward swing phase : shuttlecock impact from heel-off on racket foot after take back phase Follow through phase : After forward swing phase

Fig. 3 The analysis phase of the hitting motion.

Ⅲ. 結 果

A. シャトル速度と身長との関係

スマッシュ及びドロップ動作にけるインパクト後のシャトル速度を Fig. 4 に示した。インパクト後のシャトル速度は、UG (91.9 ± 5.5 m/s) が最も高い値を示し、続いて HG (78.0 ± 8.2 m/s)、JG (46.2 ± 6.9 m/s) の順に有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。一方、ドロップ動作には各群間に有意な差異は認められなかった。

身長とインパクト後のシャトル速度との関係を Fig. 5 に示した。身長とスマッシュ動作におけるシャトル速度との関係では、身長が高くなるとシャトル速度も高くなるという有意な相関関係が JG において認められたが ($r = 0.689$, $p < 0.05$)、HG 及び UG に有意な相関関係は認められなかった。一方、ドロップ動作においては、各群間ともに両者の間に有意な相関関係は認められなかった。

B. ラケットヘッドの移動距離

Fig. 6 には、動作開始からインパクトに至るまでのラケットヘッドの移動距離とその値を身長で除したものを示した。スマッシュ動作における絶対値は、各群間に有意差が認められ、UG、HG 及び JG の順に高い値を示した。しかしながら、絶対値を身長で除した相対値を比較すると、UG が HG 及び JG よりも有意に高い値を示したが ($p <$

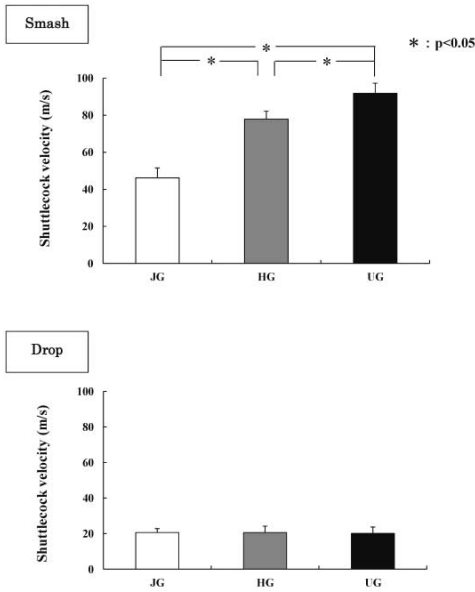


Fig. 4 Comparisons of shuttlecock velocities during smash and drop motions among JG, HG and UG

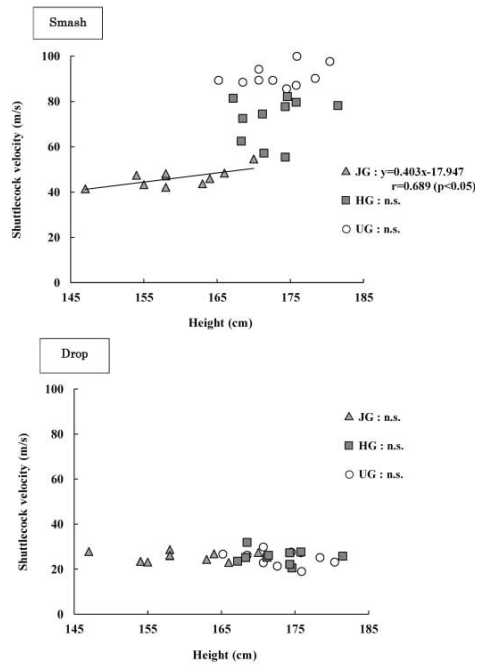


Fig. 5 Relationship between shuttlecock velocity and body height during smash and drop motions among JG, HG and UG.

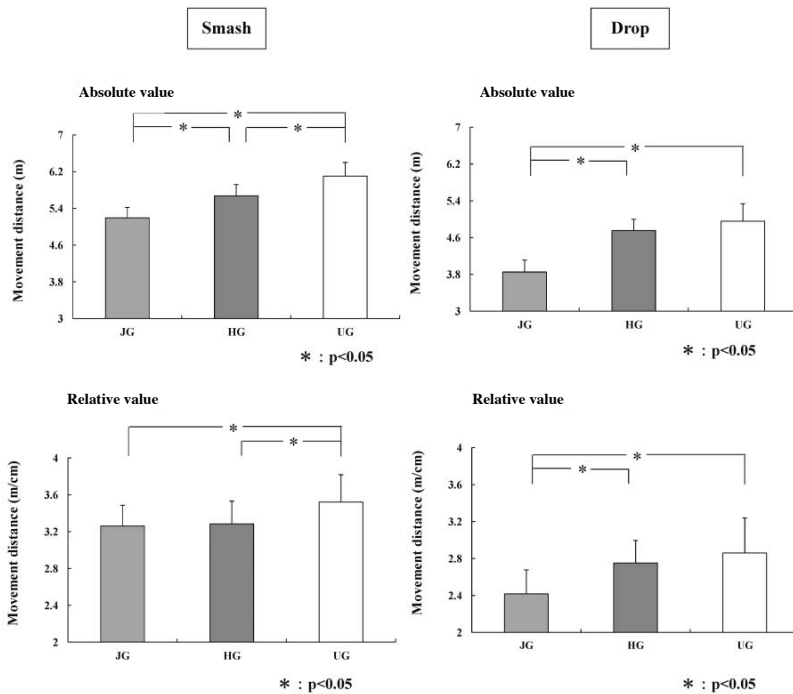


Fig. 6 Comparisons of movement distance on racket head during smash and drop motions among JG, HG and UG.

0.05)、HG 及び JG 間に有意差は認められなかった。一方、ドロップ動作における絶対値は、UG 及び HG が高い値を示し、JG との間に有意差が認められ ($p < 0.05$)、絶対値を身長で除した相対値についても同様の有意差が認められた ($p < 0.05$)。

IV. 考 察

A. スマッシュ及びドロップ動作におけるシャトル速度と身長との関係

勝亦ほか²⁾は、7歳から24歳までの野球選手及び未経験者における投球スピードと年齢との関係について検討し、野球の競技経験の有無に関わらず、7歳から18歳にかけて投球スピードは増加し、投球スピードの年間変化量は、13歳前後において最大に達したと報告した。また、比留間と尾縣¹⁾は、中学及び高校野球選手の投球動作について検討し、中学生選手では球速と身長、体重との間に有意な相関関係が認められたが、高校生野球選手に有意性は認められなかったと報告した。さらに、吉田ほか¹¹⁾は、12歳から21歳までの野球選手における投球動作を検討し、身長は15歳前後において変化の分岐点となり、投球動作においても15歳前後の選手は異なることを示した。これらの投球動作の報告から、発育期の中学生において、投球スピードの増加率は高く、その投球速度の一要因として、身長及び体重などの身体的発育の影響がボール速度の増加に関わることが示された。つまり、発育に伴い身長が増加することで、四肢が長くなり、特に上肢長が長くなることは投動作を行った際のボールの加速距離が長くなることから、投球スピードは増加する。さらに、体重が増加することで筋量が増加すると考えられ、筋量が増加することで発揮する力が増し、より速いボールを投げることができるようになることが推察された。本研究におけるスマッシュ動作について、インパクト後のシャトル速度と身長との関係は、中学生に有意な相関関係が認められたが、高校生及び大学生に有意な相関関係は認められなかった。このことから、投球動作と同様にバドミントン競技におけるスマッシュ動作においても、中学生期は身長がより増加する時期であり、身体的発育の要因がシャトル速度に影響を及ぼしやすいと考えられた。さらに、関根ほか⁹⁾は小学生の投球動作の発達について検討し、高学年の小学生になると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た。従って、中学生期では身長が増加することにより、上肢末端部の手関節の加速距離が増し、より速く腕を振ることができるようになる。しかしながら、本研究の高校生及び大学生は身長発育が終了した被検者の集団であった可能性があり、このことからインパクト後のシャトル速度と身長との関係に有意性は認められなかったと考えられた。そして、スマッシュ動作はより速いシャトルを打つストロークであり、そのためにはラケットヘッド速度を高める必要があることから、中学生よりも身長、体重、そして、技術に優れている高校生及び大学生の方が中学生よりも高いパフォーマンスを発揮できると考えられた。一方、ドロップ動作の結果はスマッシュ動作と異なり、インパクト時の速度に有意差は認められなかった。このことについて、ドロップ動作はネット前にシャトルを落とすコントロールショットであり、体力的要素よりも技術的要素の方がパフォーマンスの優劣に影響す

ると考えられる。つまり、中学生、高校生及び大学生間にある体格差はパフォーマンスには影響せず、ラケットの振り方、身体の使い方といった技術的要素がパフォーマンスに影響すると考えられた。

B. 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過程

スマッシュ動作におけるラケットヘッドの移動距離は、各群よりも大学生が有意に高い値を示したが、中学生及び高校生間に有意差は認められなかった。速いスマッシュショットを打ち放つためにはラケットヘッドの加速距離を増加させることが重要であり⁴⁾、ラケットヘッドの加速距離を増加させるためには各関節の活動範囲を増加させる必要がある⁶⁾。そして、ラケットヘッドの加速距離を長くするためには、全身を巧みに動かすことが求められ、高い技術力が必要となる。このことから、より技術力の高い大学生が高校生及び中学生よりもラケットヘッドの移動距離を長くした動作を遂行できたと推察された。一方、ドロップ動作では、高校生及び大学生に有意差は認められなかったが、中学生は高校生及び大学生よりも有意に低い値を示した。ドロップ動作において、速いショットを打ち出すと相手の思わせるための動作を行うためには、スマッシュ動作のように各関節の活動範囲を増加させることがドロップ動作においても重要である⁶⁾。本研究における中学生のラケットヘッドの移動距離は、高校生や大学生よりも移動距離が短いドロップ動作を行っており、ラケットヘッドの移動距離が短いことにより、相手に速くラケットを振ると思わせることができないと推察された。即ち、ラケットヘッドの移動距離を長くすることにより、速いショットを打ち出す動作に類似させる効果が得られるが、ラケットヘッドの移動距離が短くなると、相手に速くラケットを振ると思わせることができないと推察された。従って、スマッシュ及びドロップ動作ともに身体各部の移動距離を長くした動作を行うことが重要であり、スマッシュ動作ではラケットヘッド速度の増加に結びつき、ドロップ動作ではスマッシュ動作のようにラケットを速く振ると相手に思わせることができると考えられた。そして、スマッシュ動作では身長が発育がパフォーマンスに影響し、インパクト後のシャトル速度を増加させる一因になるが、ドロップ動作では体力面よりも、技術的な身体動作の向上が重要であると考えられた。

V. まとめ

本研究では、中学生、高校生及び大学生選手におけるスマッシュ及びドロップ動作に着目し、身長発育や技術向上に伴う動作特性について検討した。その結果、以下の知見が得られた。

身長とシャトル速度との関係は、スマッシュ動作において身長が高くなるとシャトル速度も高くなるという有意な相関関係がJGにおいて認められたが ($r=0.689$, $p<0.05$)、HG 及び UG に有意な相関関係は認められず、ドロップ動作においては各群間ともに有意な相関関係は認められなかった。さらに、ラケットヘッドの移動距離にお

るスマッシュ動作の絶対値は、各群間に有意差が認められ、UG、HG及びJGの順に高い値を示したが、身長で除した相対値では、UGがHG及びJGよりも有意に高い値を示したのに対し ($p < 0.05$)、HG及びJG間に有意差は認められなかった。一方、ドロップ動作における絶対値は、UG及びHGが高い値を示し、JGとの間に有意差が認められ ($p < 0.05$)、絶対値を身長で除した相対値についても同様の有意差が認められた ($p < 0.05$)。

これらのことから、スマッシュ動作では身長の発育がパフォーマンスに影響し、インパクト後のシャトル速度を増加させる一因になるが、ドロップ動作では体力面よりも、技術的な身体動作の向上が重要であると考えられた。

参考文献

- 1) 比留間浩介, 尾縣 貢. 中学・高校野球選手の伸張—短縮サイクル運動を含むパワー発揮能力と投球スピードとの関係とその発達特性. トレーニング科学. 22(3): 205-216, 2010.
- 2) 勝亦陽一, 金久博昭, 川上泰雄, 福永哲夫. 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, 2008.
- 3) 升佑二郎, 田中重陽, 熊川大介, 角田直也. 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. 東京体育学研究. 1: 65-69, 2010.
- 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) 升佑二郎, 角田直也. 中学バドミントン選手におけるスマッシュショット速度に関わる能力の一考察. 体育の科学. 61(11): 879-884, 2011.
- 6) 升佑二郎, 田中重陽, 角田直也. バドミントン競技におけるスマッシュ及びドロップ動作のキネマティクスの分析—テイクバック動作に着目して. トレーニング科学. 24(4): 305-320, 2012.
- 7) 道上静香, 阿江通良. 世界一流女子テニス選手のフォアハンド・グランドストロークのキネマティクスの分析—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, 2002.
- 8) 関根克浩, 豊川 琢, 阿江通良, 藤井範久, 島田一志. 小学生男子における投動作の発達に関するキネマティクスの研究. Jpn J Biomech Sports Exerc. 3(1): 2-11, 1999.
- 9) 湯 海鵬, 阿部一佳, 加藤幸司. バドミントンのスマッシュ動作の3次元動作解析—前腕と手関節の動きを中心に. 体育学研究. 38: 291-298, 1993.
- 10) 湯 海鵬. バドミントンにおけるスナップ動作. バイオメカニクス研究. 4(2): 152-158, 2000.
- 11) 吉田俊介, 高橋祐輔, 熊川大介, 田中重陽, 宮崎光次, 山下陽一郎, 池田延行, 角田直也. 発育期の野球選手における投球動作と投球速度の関係. 東京体育学研究. 1: 71-75, 2010.

Abstract

This study examined the characteristics of movements in relation to height and skill development, focusing on the smashing and dropping movements of students from junior/senior high school and university.

Height and shuttle speed showed a significant correlation in the junior high school student group (JG) ($r=0.689$, $p<0.05$), with the shuttle speed increasing with increase in height during the smashing movement. Such a significant correlation was not observed in the high school student group (HG) or the university student group (UG). In the dropping movement, no significant correlation was observed in any group. Further, raw data of the smashing movement significantly varied among the groups; the UG showed the highest values, followed by the HG and JG, in this order. After dividing the data by height, the UG showed significantly higher values than those of the HG and JG ($p<0.05$). No significant differences were observed between the HG and JG. In contrast, in the raw data of the dropping movement, the UG and HG showed high values, with a significant difference from the JG values ($p<0.05$); such a significant difference was also observed after dividing the data by height ($p<0.05$).

These results suggest that performance levels are influenced by height, which contributes to an increase in the post-impact shuttle speed during the smash movement, but may not be affected by physical factors during the drop movement. This finding highlights the importance of technically improving physical movements.

Keywords : Badminton

Smash

Drop

Height

Kinematic analysis