

上級を目指すバドミントン競技技能の 加速度計を用いた動作解析

田 中 陽 子
渡 邊 由 陽
竹 森 重

1. はじめに

スポーツ運動競技では、かつてはキネシオロジーと呼ばれたような VTR や高速カメラを用いての画像によるバイオメカニクス動作解析が行われている。画像による運動競技技能解析法は測定器具が高価であるにもかかわらず、限られた範囲での解析しかできないことや、影になる部分が生ずるといった欠点を持つ。近年ではその欠点を補うべく 2 方向からの画像や 4 台のカメラ撮影画像による 3 次元ソフトウェア等を用いて運動競技動作、パフォーマンス解析に応用する研究¹⁾²⁾ もみられる。

バドミントン競技においても、主にスマッシュ動作を主体としたバイオメカニクスの研究がなされており、やはり当初の 2 次元解析³⁾ から 3 次元動作解析⁴⁾⁵⁾⁶⁾ での研究に主流が移っている。最もスピードのあるパワフルなスマッシュは手関節のリスト・スナップ動作で行われるとバドミントン競技誕生以来長い間云われてきたが、速いスマッシュでは前腕の軸回転動作が主体⁴⁾ であるとされるようになり、その画像解析は 3 次元動作解析の必要に迫られている。

筆者らは、スポーツ運動競技中の自然な運動動作、パフォーマンスの動作解析を行う目的で、画像解析に代わる安価で簡便な手法として加速度計を用いた動作解析法を開発し⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾、その運動競技技能の効率的改善

への応用を進めている。

ビデオ画像による動作解析は観察者の視点からの動作評価に優れ、視覚教材としても指導者側からの目で実用されているのに対し、身体各部に装着した加速度センサによって自分の動きの全てを、微妙なタイミングのずれまでも鋭敏に拾う加速度測定は競技者本人の固有感覚を基にした動作評価に優れており、自己の意識（自覚した視点）からの運動技能の効率的改善が期待される。

本研究は、バドミントン競技トップ競技者の技能の解明ではなく、いわゆる初級、中級者側からの上級を目指す鍛錬者の視点での動作解析であり、竹森考案、組み立ての加速度記録装置を用いて行った。

初級者・中級者と上級者の技術的な違いを決める動作技能を、競技学生の意見も考慮の上、ハイバッククリアー、バックハンドレシーブ（ロブ）、プッシュの3技能と考えて測定・動作解析を試みた。

2. 方法

記録装置

高時間分解能の加速度センサ（日立マテリアルズ、H34C サイズ11×11×2 mm）を、加速度センサの扱いを容易とする同日立マテリアルズのテスト基板 HB203 に組み込んで（有線接続ソケット部も含めて32×24×10mm）、5個装着した。基板の回路を一部変更した5つの接点からリボンケーブルでデータレコーダと繋いだ。レコーダはキーエンス NR2000（駆動用単三乾電池4本を含めて500グラム、サイズ110×156×40mm）を100Hzのサンプリング周期で用い、加速度センサからのデータを記録した。加速度データについては、重力加速度の成分を移動平均との差をとることによって除去した。

測定データはパソコンに取り込み、それぞれの加速度データの波形よりほぼインパクト時と思われるポイント（少なくとも同一被験者の基準は一定

上級を目指すバドミントン競技技能の加速度計を用いた動作解析

にした)に同期させて、繰り返し試行の動作の平均と分散(平均からのばらつき)を表計算ソフト上で求めて解析した。

被験者と測定

ハイバッククリアー(2009年測定)は、S大学バドミントン部男子学生の上級者、中級者、初級者(大学から始めて2年目)、およびほとんどハイバッククリアー動作を行ったことのない中級女子学生の計4名が1回に7~8打を連続して2~3回実施した。

バックハンドレシーブ(2010年測定)は、バドミントン部上級者(男子)および中級者(男子1名、女子3名)および初級者(男子)計6名が、7~8分程度のスマッシュとフル・スマッシュの2通りに対するバックハンドレシーブ(ロブ)を1回に約30秒間で6~8打を連続して2回実施した。

プッシュ(2011年測定)は、バドミントン部上級者(男子)・中級(女子2名)・初級者(男子:左利き)および一般愛好者上級・中級者(男子2名)の計6名が、手投げのシャトルに対してフォア、バック、フォアとバック(交互)およびフォアとバック(ランダム)の4通りを繰り返し連続で10~12回実施した。

測定に用いた5個の加速度センサは、利き手甲、前腕(やや手首寄りの中央部)、上腕肘部と両足首外側部に装着した。

ハイバッククリアー測定では、手甲の代わりにラケットグリップ部の先端(ガット面に近い部分)に装着したが、基本的には手甲部に装着したのと同じを含めて同じであると考えられる。

各技能の加速度測定と同時に民生用ビデオカメラで映像撮影を行い、動作の確認、良否評価等はビデオ撮影像と加速度測定の組み合わせで動作解析を行った。

被験者は、事前に研究、測定の趣旨、意義の説明を受け、自らの意思で同意し協力を得たボランティアである。加速度動作解析の利点である自覚

した視点での動作評価と効率的技能改善を望んでいて、各人ごとに測定結果のフィードバックを行った。なお、被験者の上級者は関東学生リーグ男子の 5 部レベルに該当する。

加速度センサ装着の方向 (加速度図理解のために)

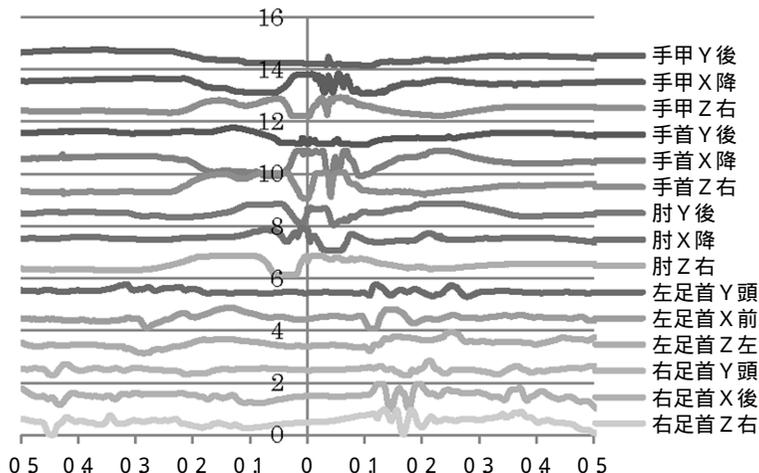
加速度データの波形図解析には、装着された加速度センサの向きが重要になる。

本研究の 3 技能の動作解析は加速度センサの装着箇所と向きを統一して行った。加速度センサの主軸向きは、上肢 (利き腕)、下肢とともに末梢部に向け、上肢では前方を向いてフォアハンド・グリップで構えた姿勢で利き手甲部からの外側部がほぼ並列になるよう垂直に装着した。つまり右手甲、前腕部 (手首)、上腕肘部 3 箇所のセンサの 3 次元軸の向きは、X 降は下向き (床向き)、Y 後は腕の付け根 (肩方向)、Z 右は外側 (掌と反対側) が正の方向で、その方向に加速度が働くと波形図では上に向かって表出される。逆の負の方向への加速度は下に向かって表される。ただし、ハイバッククリアーについての図 2 では、凡例を正の加速方向の向きで表現してある。

図 1「男子部員上級者フォア・プッシュ (a) の例」は、繰り返し 12 回試行されたプッシュ動作の中の 1 回の記録図である。横軸は時間 (秒) であり、0 はインパクト時である。プラトー状になっている部分はこの加速度センサの限界を超えて振り切れた状態を示す。

インパクト前 0.1 秒間を具体的に見てみる。インパクトは上腕が伸びてラケットが上にかざされた状態を念頭に説明する。肘の先行動作、つまり肘 Z 右の上 (右へ 肘を挙げ)、素早く下への 左への (ネット方に) 振り切れる加速、と肘 Y 後の上への (後ろに引かれる) 加速、の後インパクトの線に向かって肘 Z 右は下に (肘を止めるように)、肘 Y 後は下 先に、手首 Z 右は大きく上 右 (後ろへ) テイクバックされて、すぐに下 - 左へ

図1 男子部員上級者フォア・ブッシュ (a) の例



(ネット方へ), 手首 X 降は大きく振りきれて上へ(降) - これは(降方向への)ひねり, 前腕の回外による大きな加速度であり, それに連動して手甲 X 降も振り切れる大きな加速度を上(降)に示しており, それは手甲 Z 右の下(左)への大きな加速度, すなわちラケットの打撃加速度として表出されている。

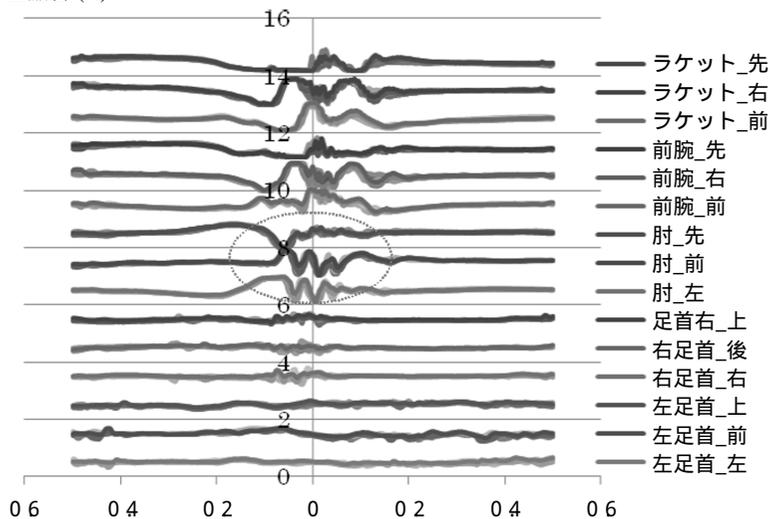
3. 結果と考察

・ ハイバッククリアー

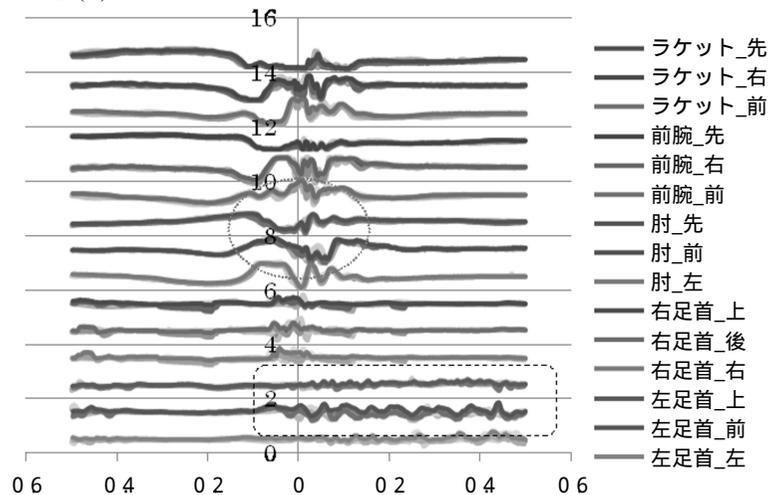
図2 1には上級者(A), 中級者(N)の定型化された動作を示した。両者ともテイクバックからインパクトへプラトール状の大きな加速度を示すが, この加速度計では測定可能範囲を超えていて大きさの比較は不可能である。しかし, 中級者の肘の先行動作から始まるインパクトへの肘_左の加速度が大きく, 肘_前が上級者とは異なる。つまり, 上級者は反対への加速が働いていることを示すことから肘を止めて, 肘を支点とする前腕の動作によって加速が増すことが推察され, それは上級者のラケット_左の大きさ

図 2 1 ハイバッククリアー

上級者 (A)



中級者 (N)



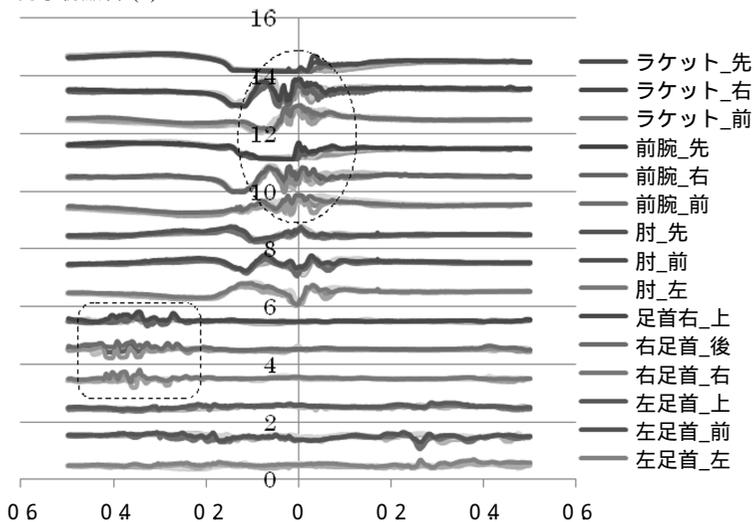
に現わされている。上級者は瞬時に鋭い前腕の回外 回内動作の後、フォロー・スイングも前腕、手甲（ラケット_左）の鋭い回内動作でフィニッシュしている。中級者のフォロー・スイングは、肘_前の加速度が急激に大きく、上腕の動作をともなったフィニッシュが推定されラケットへの加速が相殺されてしまっていると思われる。

図 2 2 には大学から始めた男子初級者 (S)、初めてハイバッククリアーに挑んだ女子中級者 (W) の結果を示した。両者ともばらつきが大きくスイングの再現性、定型化に乏しい。初級者のラケット_右と前腕_右は比較的大きな加速を示すが、前腕_前の加速がみられない。前腕_右の加速が波状であるのもスイングの中でインパクト出来ずに当てに行っているためと思われる。女子中級者では加速度計の一部不具合があったが、正しく記録された加速度から見ると当てているだけでハイクリアーになっていないと考えられる。右足の踏込もインパクトに同期せず、いわゆる平手打ちになっている。

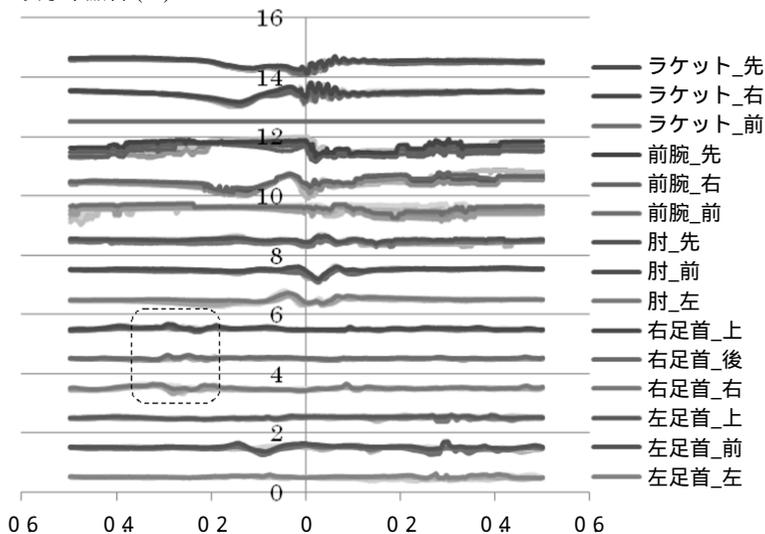
各種動作の中でハイバッククリアーは比較的早期からの予備動作を打撃のタイミングに合わせて行う必要があることから技能のレベルが顕著に出ることが推測されており、実際にもその通りの結果であった。初・中級者は予備動作への対応が遅れ、右足の踏み込み動作もインパクトに同期していない。バックハンド・クリアーは初級者においては飛距離を出すことが難しいとされている。バックハンドで飛距離を生む要因について上肢間に関わる筋電図とゴニオグラムをもとに個人内差を熟練度の差異から考察した有田ら¹²⁾の結果からも、シャトルの飛距離は上級者のほうが長かったことが報告されている。また、バックハンドのクリアーで相手コート奥深く返球するためには、かつて云われてきたように手首のスナップ、リスト動作⁴⁾では不可能なことを上級者の加速度は示している。これらの結果から推測すると、初・中級者が一見難く行っているフォアハンドのハイクリアーも上級者の動作（外旋、内旋と前腕の回外、回内動作を主とする⁴⁾）と

図 2 2 ハイバッククリアー

男子初級者 (S)



女子中級者 (W)



は異なって、外旋と手関節のスナップ、リスト動作主体で行っていることが想定され、加速度測定の有用性が現れている。

・ バックハンドレシーブ

バックハンドレシーブはロブを上げる条件で、またスマッシュはレシーバー（右利き手）の左側に打つ条件で、7~8分程度のスマッシュに対するバックハンドレシーブ (a) と、フル・スマッシュに対するバックハンドレシーブ (b) の2通りを行なった。

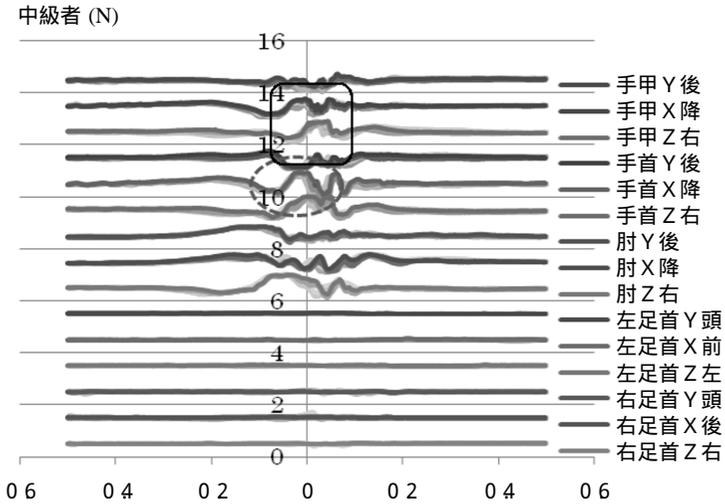
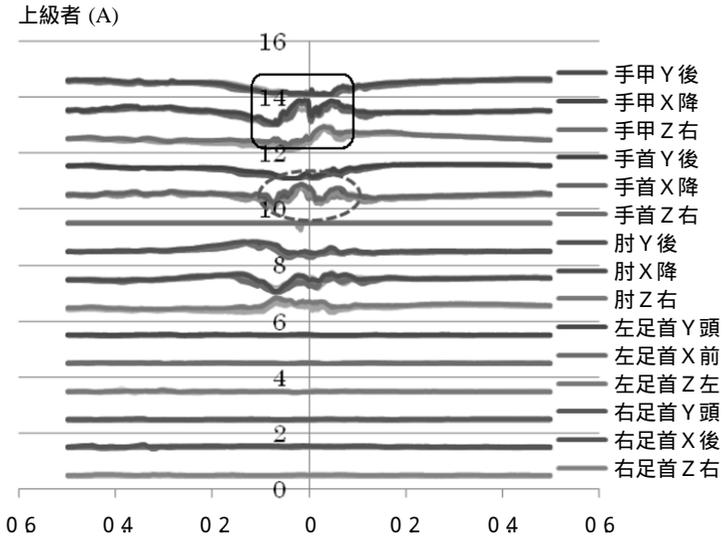
上級者 (A) は弱めのスマッシュには、やや肘を挙げてテイクバックを開始し、下げると同時にほとんど前腕と手甲（手首、手甲だけで）の回外 - 回内動作だけで捌くように軽めに打っている。右足の踏み込みも僅かである。

しかし、フル・スマッシュに対しては前腕の回外 - 回内動作を素早く大きく使ってインパクトしているのは勿論のこと、それを生み出すテイクバックにおいて先ずは力強い右足の踏み込みと同時に、肘を挙げ、素早く右前方に突き出し腕を折りたたむようにして大きなテイクバックをおこなっている。それは手甲すなわちラケットの手前へのテイクバックとなっている。したがってスピードのあるスマッシュに対して瞬時に懐深く呼び込むようなテイクバック体勢、構えであり、踏み込み足に体重を乗せたインパクトへのスイングを生んでいることが推察される。

一方、中級者 (N) は、弱めのスマッシュでも前腕（手首）X の加速度が特に大きく、前腕 Z も大きめの半面、手甲 X が小さめであることより、前腕の外旋動作が大きいと思われる。前腕の回外 - 回内動作と前腕の返し、手甲（手首）の返し スナップを大きく使って打っている。肘の前方への移動も大きく、一旦止めてさらに肘を前方に突き出してフォロー、フィニッシュを行っている。

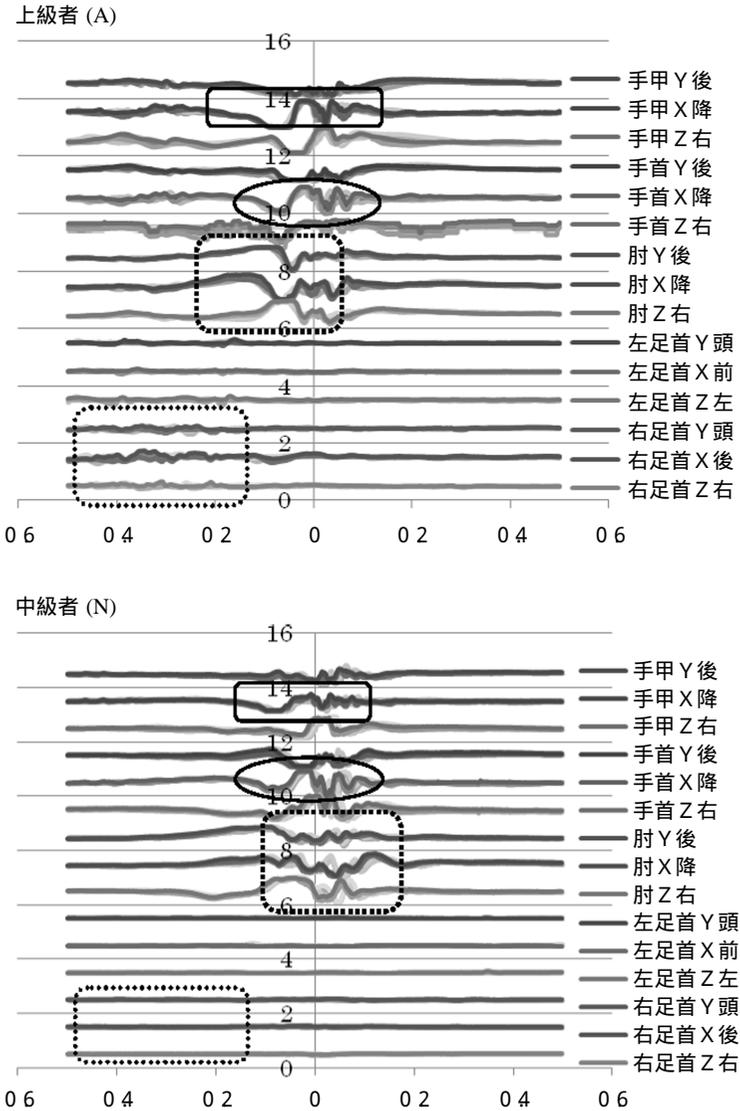
フル・スマッシュでは前腕の右への返しが振りきれていることと、手甲

図3 1 バックハンドレシーブ (a)



上級を目指すバドミントン競技技能の加速度計を用いた動作解析

図4-1 バックハンドレシーブ (b)



の回外 回内動作が大きくないことから、また肘を大きく右に突き出したテイクバックと左への振り切れた動作から、肘を支点とした前腕の蝶つがい運動が主体を占めていることが推察される。弱めのスマッシュと同様に強い打撃に対しても踏み込み足を全く行わず、肘の動作のフォロー・スイングで捌いてしまっている。

図3 2は、高校でのキャリア女子中級者(1年生(K),(M))のバックハンドレシーブ(a)を示している。中級者(K)は手甲の回内動作でインパクトシラケットへの加速度が多少大きくみられるが、肘を大きく挙げながらの前腕の前方への返しが主体であり、手甲、ラケットへの加速は出ている。しかし、強いスマッシュに対しては肘を高く挙げながらの前腕の外旋による肘支点の弱い蝶つがい運動になっており、強い打球についていけない。

図4 2は、中級者(K)のフル・スマッシュに対する数例を拾ったものである。これは26.7%の成功率であり、前腕の外旋動作、手関節のリスト、スナップによる動作に過ぎないことが推察できる。

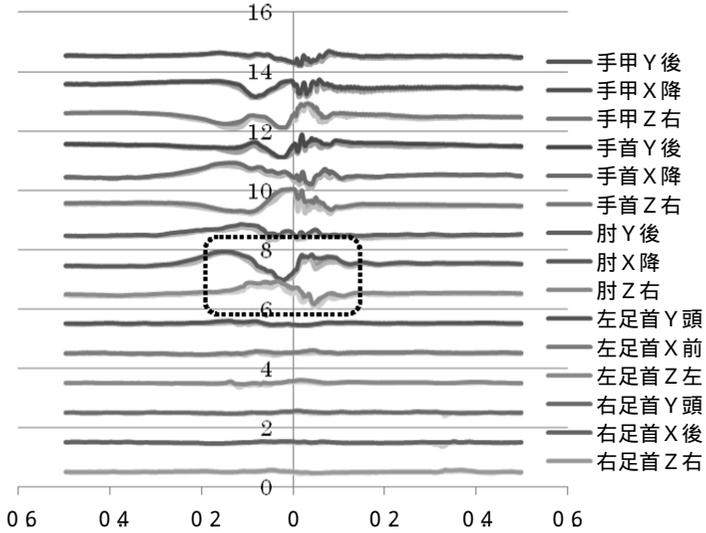
中級者(M)は弱めのスマッシュに対してはばらつきが大きくみられ、肘をやや蝶つがいを開くようにして、手首部の下げ(テイクバック)-上げ(インパクトへのスイング)と手首、手甲の返しで打っている。強いスマッシュにも同様な動作で行っている。加速度計の不具合により前腕の外旋の作用が窺えないものの、手甲(ラケット)の加速がみられることから比較的大きな加速がなされているものと思われる。

大学から始めた女子上級生(W)は、弱いスマッシュにはフットワークを乱しながらも、肘を大きく右にスライド、突き出すテイクバックから肘を左にスライドさせて当てるだけのインパクトを示している。男子2年目の初級者(T)は弱いスマッシュでも各部位で波状の加速度を示している。一方への加速の動作を止めようとすると反対方向の加速となって表れるが、フル・スマッシュでは強いスマッシュについていけずスイングを止めてな

上級を目指すバドミントン競技技能の加速度計を用いた動作解析

図3-2 バックハンドレシーブ (a)

女子中級者 (K)



女子中級者 (M)

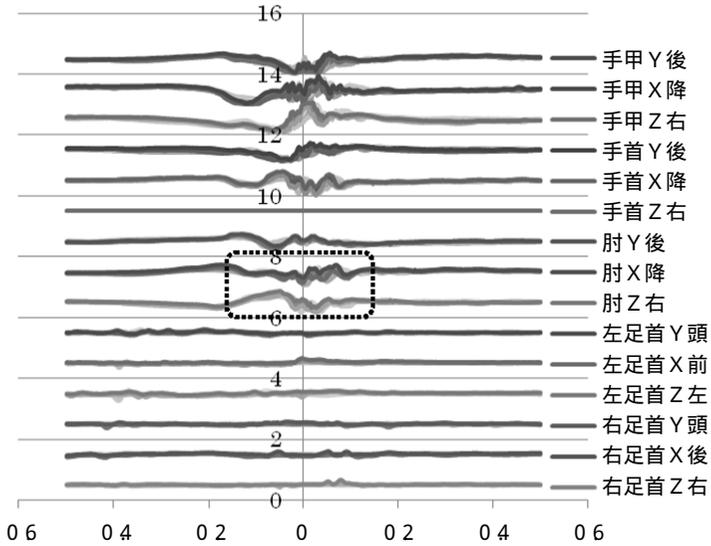
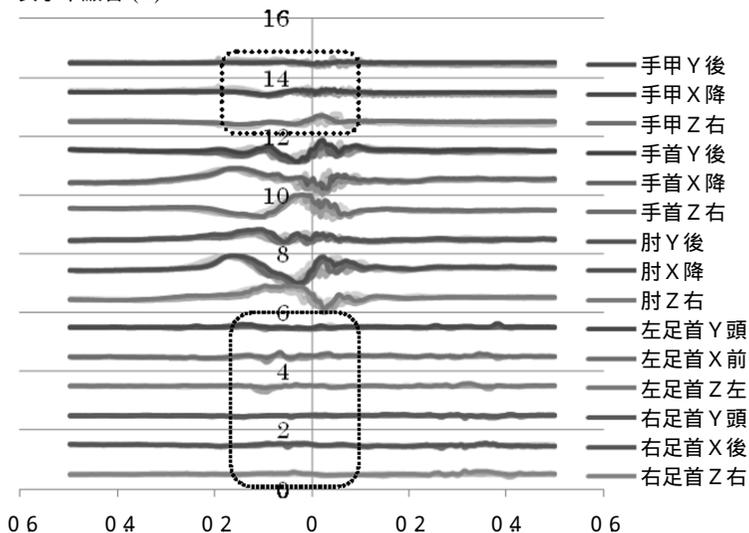
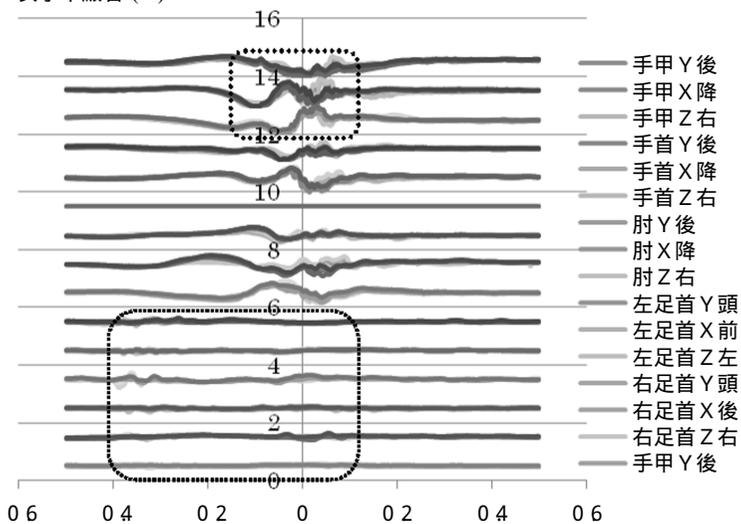


図 4 2 バックハンドレシーブ (b)

女子中級者 (K)



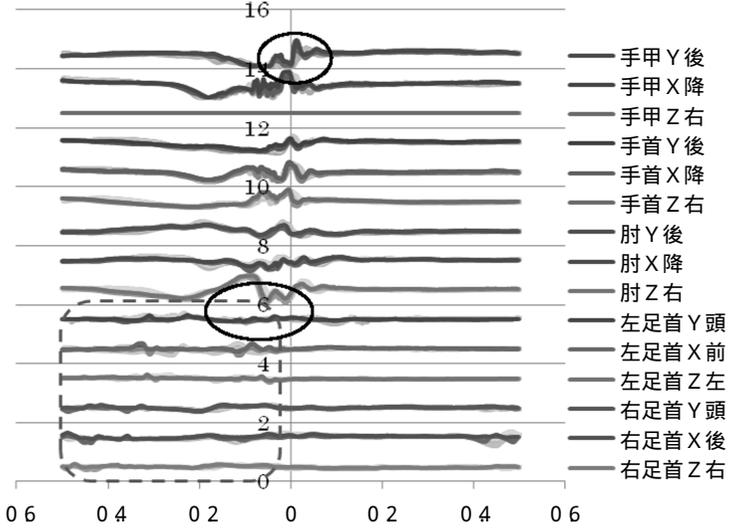
女子中級者 (M)



上級を目指すバドミントン競技技能の加速度計を用いた動作解析

図3-3 バックハンドレシーブ (a)

上級生女子中級者 (W)



男子初級者 (T)

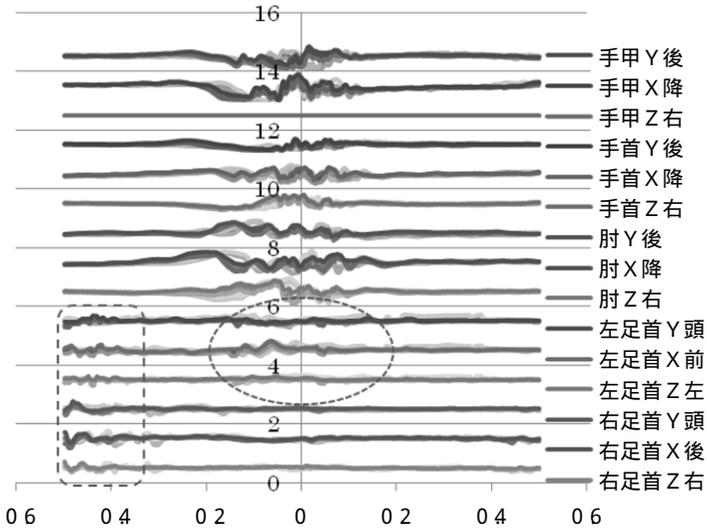
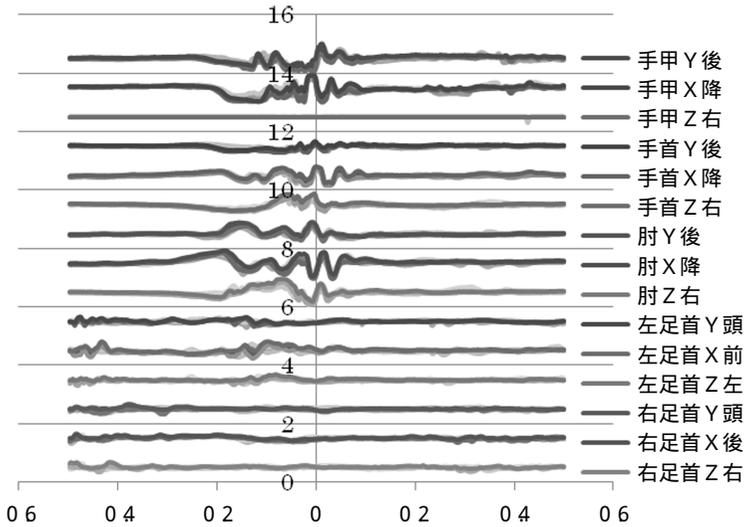
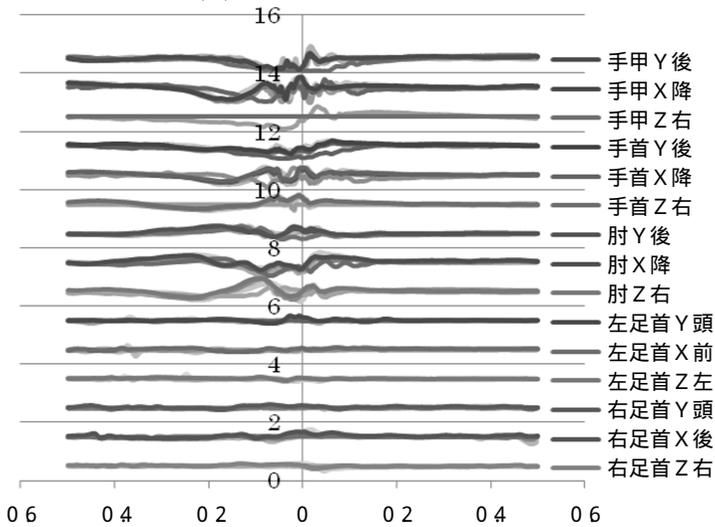


図 4 3 バックハンドレシーブ (b)

男子初級者 (T)



上級生女子中級者 (W)



んとか当てようとしていることが推察される。事実、結果的にはビデオ映像から空振りが半分近く確認できている。女子(W)も強いスマッシュになると同様の、ばらつきの多いスイングを繰り返し、同様な結果であった。

・ プッシュ

図5 A は決められた位置への手投げ入れでのフォアプッシュ(a)の結果であり、図5 B は右(フォア)、左(バック)に交互に投げ入れた中のフォアプッシュ(b, c)の結果、あるいは右、左への投げ入れをランダムに行った場合のフォアプッシュ(d)の結果である。

バックプッシュでは大学から始めた初級者(N)についてはバックプッシュの連続から、その他の者については、交互投げ入れのバックプッシュの結果及びランダム投げ入れのバックプッシュの結果を図5 C に示した。

ハイバッククリアーやバックハンドレシーブでは上級者でも動作の定型化はあるものの、ばらつきもかなりみられることもあった。プッシュにおいては全体にほとんどばらつきがみられなかった。相手からの強烈な打球に対するのとは異なり、文字通りコンパクトに押す技能のためか、それぞれレベルごとの再現性の高い定型化が見られた。

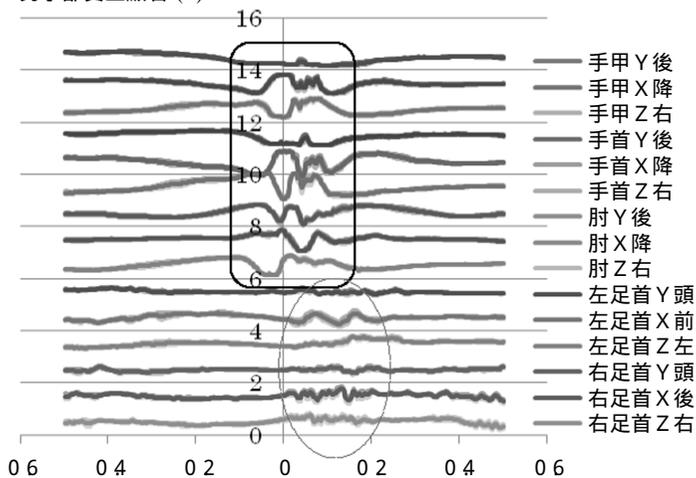
男子部員上級者(T)のフォアプッシュは、上肢のどの部分の加速度もプラトー状で振り切れて大きく、他の中級者を圧倒していた。その要因としては肘(上腕)の前方への振り切れた内旋運動が先行して、ラギングバグ¹³⁾による前腕、手甲部の大きな内旋運動と回内運動を生み、ラケットの(先-後)以外の全ての3次元方向にプラトー状の加速度を(上腕-肘部まで回内動作を行って)現出している。

上級者はランダムな移動を伴うほど、短時、コンパクトで大きな加速度のインパクトを行っている。

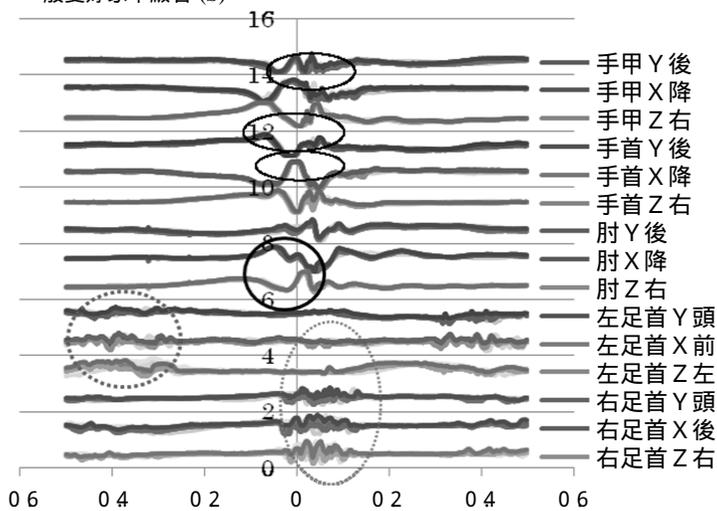
上級者(T)と似通った定型化の見られる一般愛好中級者(S)は、特に手首Xのプラトー状の大きな加速度から前腕の回内動作も行っているこ

図 5 A フォアブッシュ (a)

男子部員上級者 (T)



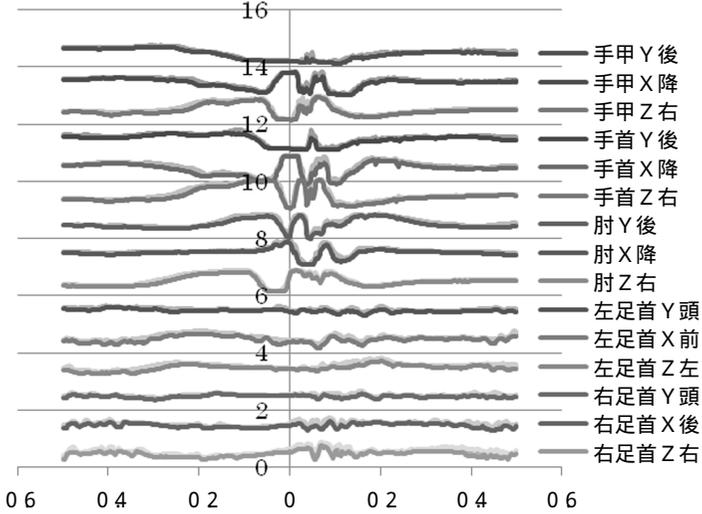
一般愛好家中級者 (S)



上級を目指すバドミントン競技技能の加速度計を用いた動作解析

図5 B フォアブッシュ (c, d)

男子部員上級者 (T) - (d)



一般愛好家中級者 (S) - (C)

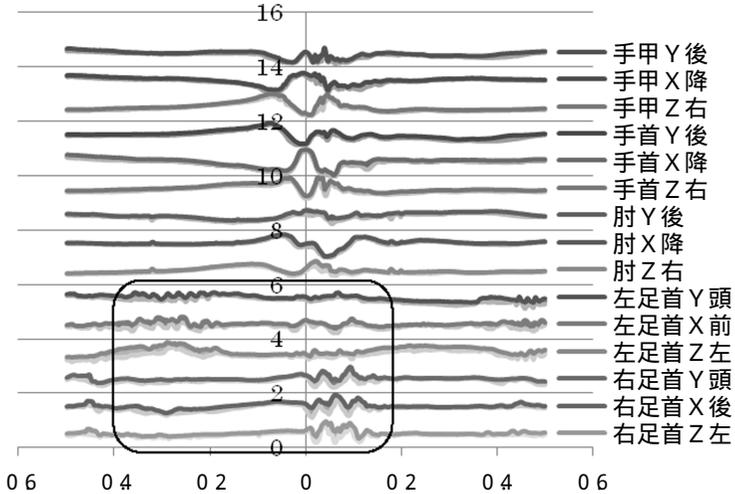
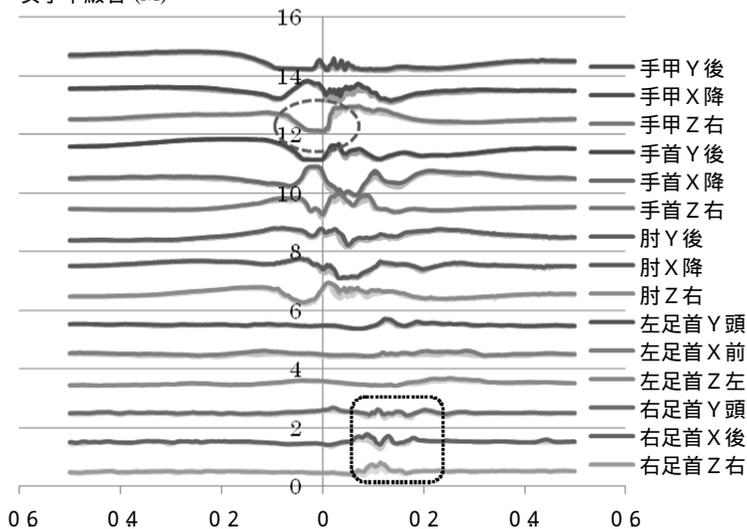
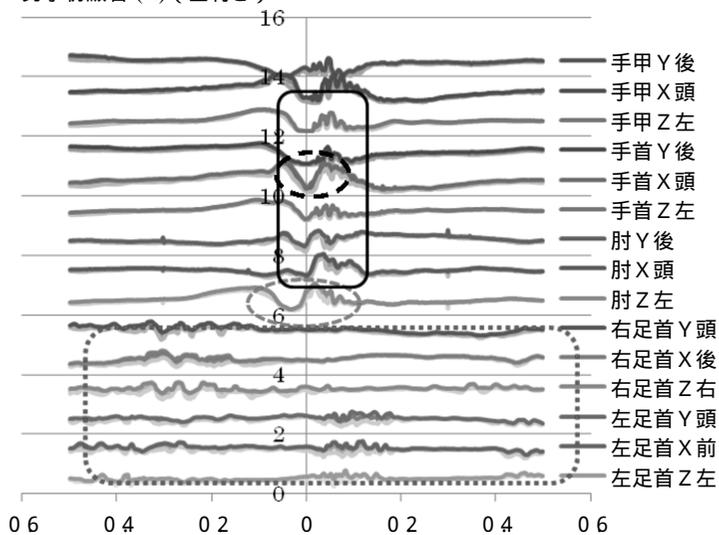


図5 A 2 フォアブッシュ (a)

女子中級者 (M)



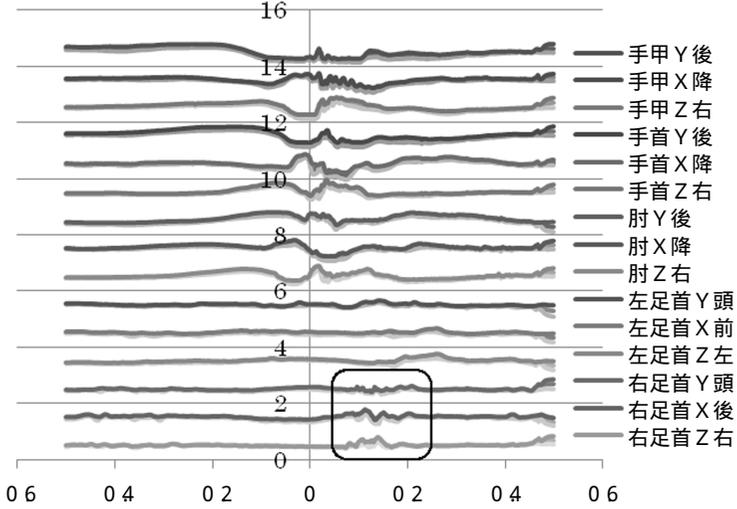
男子初級者 (N) (左利き)



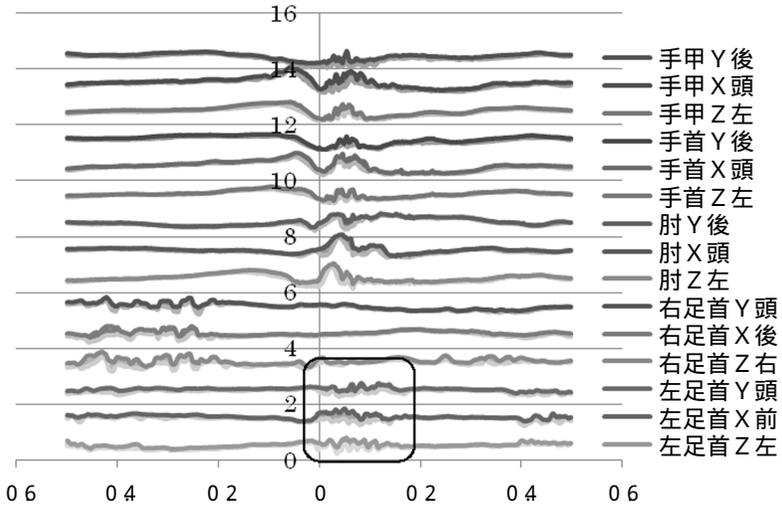
上級を目指すバドミントン競技技能の加速度計を用いた動作解析

図5 B 2 フォアブッシュ (c)

女子中級者 (M)



男子初級者 (N) (左利き)



とが推察されるが、それにもかかわらずラケット（手甲）への加速は緩やかであり大きくない。肘（上腕）の前方への先行動作が小さく肘を右側方に大きな加速で挙げ、ラケットを先方に突き上げるようなインパクトである。右足の踏み込み着地も同時になさされていて、体の乗らないやや手打ち的なスイングは実戦的な移動を伴うプッシュにおいても同様に行われており、独特な定型化がみられる。

図5 A 2 に示したキャリアのある女子中級者 (M) と男子初級者 (N) は、比較的大きな加速の肘（上腕）の前方への先行動作（内旋）に続く前腕と手甲の回内運動を行って、ラケットへのプラトー状の加速度を得ている。踏み込み足もインパクト後に着地している。しかし、移動の大きな実戦的なプッシュでは男子初級者 (N) は踏み込み足もインパクトに先行して着地し、加速度も全体に小さくなっている。

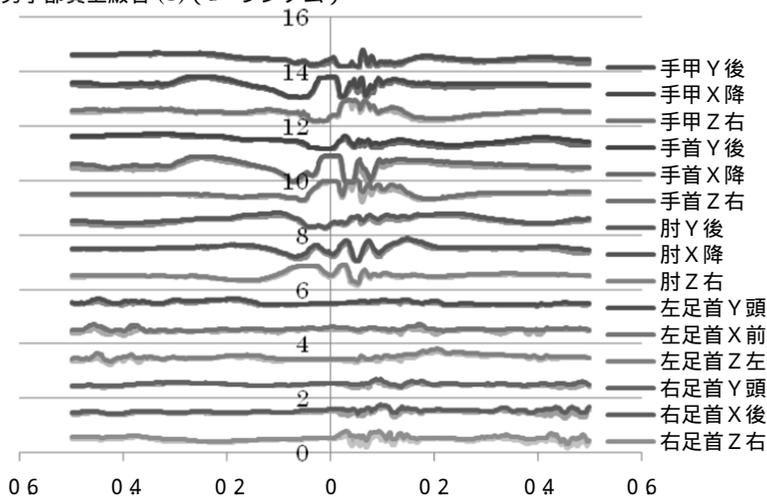
図5 B 2 交互の投げ入れ (c) では女子中級者 (M) は移動があることによってコンパクトな加速度になり、むしろラケット（手甲 Z）の加速は鋭くなっている、踏み込み着地もインパクト後である。初級者 (N) は動きが増えたとやはり加速度は小さめになっている。前腕、手甲各部の波状のフォロースイングが顕著であり、打ち切れずに動作を止めようとするフィニッシュになっている。

図5 C バックプッシュでは上級者と一般愛好中級者はほぼ同様な結果を示している。すなわち、肘（上腕）の外旋の先行動作に続く前腕の外旋と大きな加速度の回内動作、同時に手甲の回内動作でインパクトしている。肘部の波状の加速度は上腕の動きを止めて前腕の鋭い外旋運動と回内運動を導き出すための肘部を支点とした加速度を示している。一般中級者は0.1秒前位からいきなりスイングを始めるが、上級者は0.3秒以前よりゆったりしたテイクバックを取ってやはり0.1秒以内で加速度の大きな回外・回内動作に入っている。上級者のランダムなバックプッシュでの短時、コンパクトなラケット（手甲）への加速度は鋸歯状のフォロー・フィニシ

上級を目指すバドミントン競技技能の加速度計を用いた動作解析

図5 C バックブッシュ

男子部員上級者 (T) (d・ランダム)



一般愛好中級者 (S) (c : 左右交互)

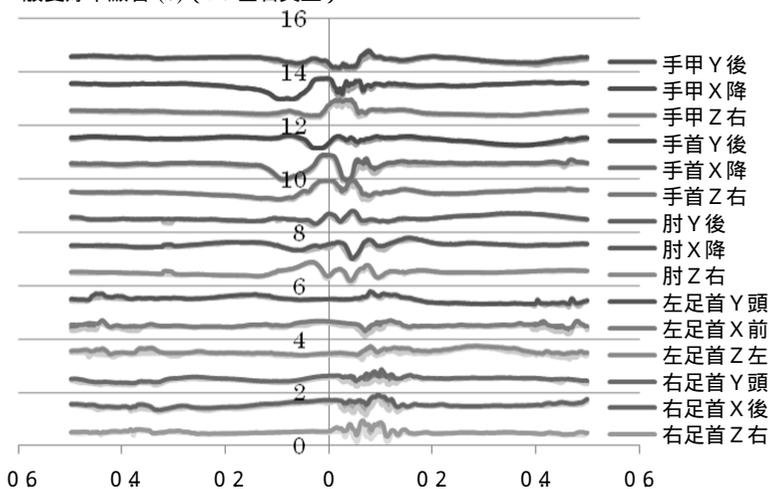
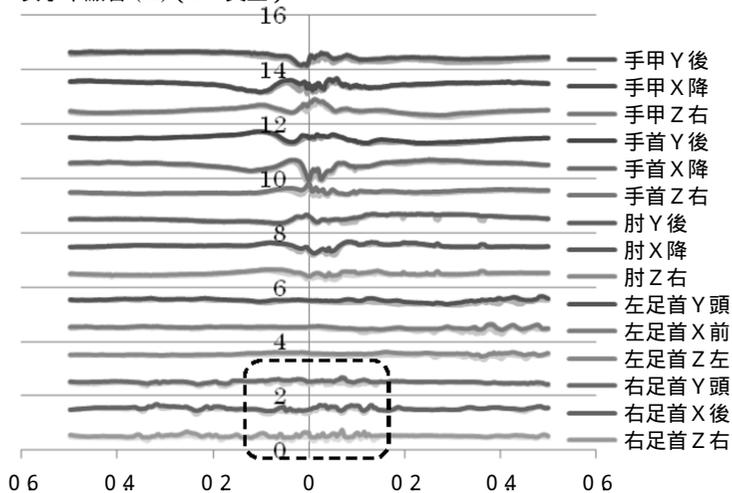
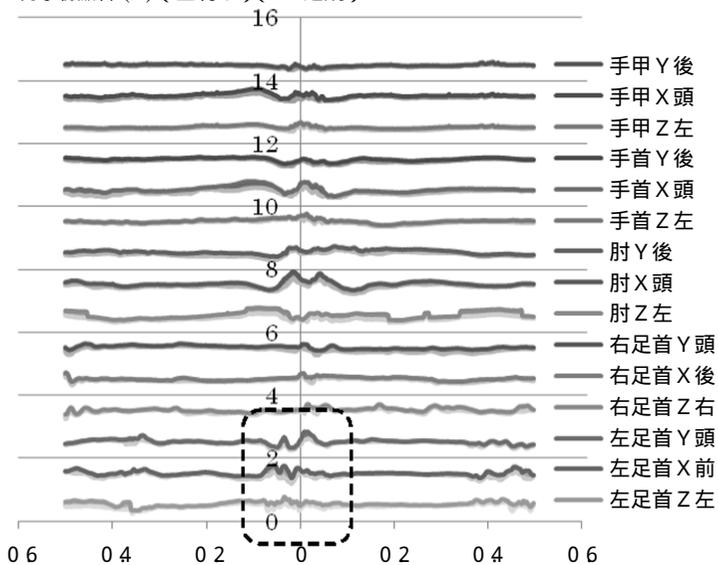


図5 C 2 バックブッシュ

女子中級者 (M) (C・交互)



男子初級者 (N) (左利き) (b: 連続)



ュが鋭く振り切られていることを示している。

男子初級者及び女子中級者はランダムな移動のフットワークになると本来のプッシュ動作が出来ず、踏み込み足もインパクト前になり体の乗らないショットとなっている。

4. まとめ

各種ストロークを難なくこなす上級者と初級者・中級者の相違を、() ハイバッククリアー、() バックハンドレシーブ、() プッシュの3つのストロークを採り上げ、加速度計を用いた測定、動作解析を行った結果を報告した。

何回も繰り返し試行された各種ストローク動作の平均と分散(ばらつき)の解析から、上級者はいずれのストロークでも再現性の高い定型化された動作を行っていた。

特にハイバッククリアーでは上級者ほど定型化した動作を取っていたが、バックレシーブ、プッシュでは中級者でも独特な定型化した動作を行っており、あまり好ましくない型、クセを身につけてしまっていることが示された。

すなわち、上級者はゆったりした余裕のあるテイクバックと瞬時の鋭い前腕(手首)主体の軸回転運動(回内動作)によるインパクトである。ハイバッククリアーではラケット、腕の先方(上方)への大きな加速度のフォロー・スイングが見られず、バックレシーブとプッシュでのフォロー・スイングではラケット、腕部の先方 手前のブレはほとんどみられない。いずれの動作においても、インパクトは一瞬にして前腕の軸回転運動によって行われている。したがって、肘部は固定され、支点となるような動きをするため、それまでの動きを制止するような加速度を示している。

一方、中級者では肘部に無駄な動きが見られ、ハイバッククリアー、バックレシーブではインパクト時に前腕から先の手の部分を上に向けて加速

していることもわかった。これは肘部の動作で無理な捌きでインパクトを行っている結果であり、インパクト後も肘部を前方へ突き出す大きなフォロー・スイングが見られた。一見、振り切れた大きな加速度で前腕（手首）の軸回転運動を主体としたストロークを見せている上級に近い中級者でさえ、肘部での捌きが顕著であった。特に相手コート奥深くへのバックオーバーヘッドストロークのハイバッククリアーおよび強烈なフル・スマッシュに対してロブを挙げるバックハンドレシーブにおいて肘部での捌きが顕著である。上級者の前腕の瞬時の鋭い軸回転運動主体の動作に比しての未熟さを指摘しているとともに、右手のラケットを右足が追うのだ（右利き）¹⁴というフットワークの基本を怠っていることが特にバックハンドレシーブにおいてよく示されている。肘の動作で捌く悪いクセがついてしまっていることを示している。

低いレベルの中級者や初級者では、比較的単純と思われるプッシュ動作においても、少しランダムな移動が加わっただけで当てるだけのショットとなったり、ネットに掛けたり、空振りまでしていた。

本研究の加速度解析の結果は、前腕の軸回転（回内 回外）運動を主体としたストロークを身につけることが重要であることを強く示唆した。

このことはバドミントン競技誕生以来百年もの長い間、強力なスマッシュは主に手関節のリスト、スナップによると云われてきたことを、近年の3次元画像解析が覆して証明してきたことである。熟練指導者などによれば熟練者はすべて前腕の回内、回外運動だけで動作を行っているとは指摘されるように、全てのストロークが前腕の軸回転運動主体で行われるべきものであるから、初級者、中級者はこの点をまず第一にマスターすべきことと結論する。

さらに本研究は、前腕の軸回転運動の未熟を補完する中級者の肘部運動の捌きのクセを指摘したが、加速度測定を行った競技者にとっては本人の固有感覚を基にした動作評価という観点から、コーチ、指導者の目で観察

上級を目指すバドミントン競技技能の加速度計を用いた動作解析

した指摘より自身の身体感覚に訴えることによって優れた効果を持つものと確信している。

その観点からも、加速度センサを貼り付けるだけで、リアルタイムで容易に解析出来る、無線による加速度解析装置の開発を目論んでいる。

謝辞 本研究は成城大学特別研究助成による支援を受けて実現した成果であることを、感謝を込めてここに記す。

参考文献

- 1) 林直機, 古谷嘉邦, 加藤達郎, 関豪: オーバーハンドの投と打の共通点, 東京体育学研究, 81-86, 1999.
- 2) 笹木正悟, 櫻井啓晋, 小山浩司, 福林徹: ビデオ映像からの三次元動作構築法を用いたサッカー試合中における方向転換動作の検討, 体力科学, 57-6, 903, 2008.
- 3) 里見光徳ほか: バドミントン(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・科学研究報告, 1, 231-245, 1979.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) 桜井伸二, 池上康男, 岡本敦, 矢部京之助: バドミントン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, 1987.
- 7) 渡邊由陽, 竹森重, 巽申直, 作道正夫, 岡嶋恒: 剣道高段者の打撃中における身体各部位の時系列解析, 武道学研究, 43 別冊, 45, 2010.
- 8) 田中陽子, 渡邊由陽, 竹森重: バドミントンシャトルコックの軌道予測に基づく身体運動能力; 加速度モニタを用いた軌道と速度別運動動作解析, 体力科学, 57-6, 902, 2008.
- 9) Youko Tanaka, Yoshiharu Watanabe, Shigeru Takemori. : Accelerometric analysis of the movements of badminton players of varied skill acquirements. The Journal of Physiological Sciences, 59, 404, 2009.
- 10) 田中陽子, 渡邊由陽, 竹森重: バドミントン動作の加速度計を用いた評

価, 体力科学, 58-6, 937, 2009 .

- 11) 田中陽子, 渡邊由陽, 竹森重: バドミントン技能別のバックハンドレシーブ動作の加速度解析, 体力科学, 59-6, 917, 2010 .
- 12) 有田圭一, 加藤達男, 渋谷公次, 吉岡照悦, 西島吉典: バドミントンのバックハンド・ストロークに関する一考察 筋電図・ゴニオグラムからの検討 大阪教育大学紀要 教育科学, 46-2, 291-301, 1998 .
- 13) 阿部一佳, 阿部智子: わたしのバドミントン・ブッカーのりちゃんのバドミントン, てらぺいあ, 48-56, 1994 .
- 14) 体育教材ビデオ: バドミントン 基礎技術 , 教配 .
- 15) 阿部一佳, 岡本進: 現代スポーツコーチ実践講座 12 バドミントン, ぎょうせい, 1985 .