

# バドミントン競技における飛距離の異なるドロップの上肢動作様式の違い

升 佑二郎

健康科学大学 健康科学部 理学療法学科

Differences in the Pattern of Motion on Upper Limb When Delivering Drop Shots at different distance targets in Badminton

MASU Yujiro

## 要 旨

本研究では、飛距離の異なるドロップの上肢動作様式の違いについて検討し、シャトルコックの軌道を予測する際に有益となりうる部分的な身体の動きに関する知見を得ることを目的とした。被験者は関東大学1部リーグのチームに所属する男子選手5名とした。各被験者にはショートサービスラインより後方にシャトルコックを落下させるドロップ (Long drop; LD) とショートサービスラインより手前にシャトルコックを落下させるドロップ (Short drop; SD) の二種類を打たせ、その際の動作をMAC3D System (Motion Analysis社製) 8台を用いて撮影した。

肩関節外転角度について、ラケット腕側では60%から100%局面にかけてLDの方がSDよりも有意に高い値を示し ( $p<0.05$ )、インパクト時の角度はLDが $107.6 \pm 8.4^\circ$ 、SDが $99.0 \pm 9.0^\circ$ であった。一方、非ラケット腕側では70%から100%局面にかけてLDの方がSDよりも有意に高い値を示した ( $p<0.05$ )。

これらのことから、ネット前に正確性の高いショットを打ち放つ必要があるSDにおいては、LDよりも上肢運動の安定性を得るために肩関節外転角度 $90^\circ$ に近い動作様式が行われることが示唆された。

キーワード：バドミントン、ドロップ、動作分析

## I. はじめに

感覚体験を意識下にて認識するまでの時間は約0.5秒を要することが示唆されており<sup>1)</sup>、瞬間的な行動が求められるスポーツパフォーマンスの多くは無意識下にて行われている。特に、相手の動きをみて次の展開を予測する能力は競技力の優劣に影響する重要な能力である。バドミントン競技は前後左右に緩急あるシャトルコックが打ち放たれ、返球するためには相手のフォームをみて、どこにシャトルコックが飛んでくるのかを予測する

必要がある。その際、相手の動作情報が多いほど予測の正確性は増し<sup>2),3)</sup>、上級者の方が下級者よりも予測誤差が小さく、予測能力に優れていることが明らかになっている<sup>4)</sup>。経験を重ねるにつれ、相手のフォームと打ち放たれるシャトルコックの軌道に関する情報が蓄積され、シャトルコックがどこに飛んでくるのか分かるようになる。

升ら<sup>5)</sup>は日本トップレベルの大学バドミントン選手におけるスマッシュ、クリア、ドロップを打ち分ける際の動作様式の違いについて検討し、手

の位置が低くなった場合はドロップショットを打ち、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打ち放つ可能性が高いということが示唆された。さらに升ら<sup>6)</sup>はフォア奥からクリア、ドロップ、スマッシュをストレートおよびクロス方向に打ち分ける際の動作様式の違いについて検討し、クロスはストレートよりも手関節の移動速度が速く、肩関節水平屈曲角度が高くなることが示され、インパクト直前から手関節が外側に移動する（体から遠のく）場合はストレートに打ち、内側に移動する（体に近づく）場合はクロスに打つ可能性が高いという共通特性があることが示唆された。また、異なる位置の的当て課題におけるジャンピング・スマッシュの動作様式の特徴について検討した報告によると、動作様式の違いは肩関節外転角度によって生じることが示された<sup>7)</sup>。これらの報告から、スマッシュ、クリア、ドロップの動作様式の違い、ストレートとクロス方向の打ち分け動作、奥行き異なる的を狙った際のジャンピング・スマッシュの動作様式の違いが

明らかにされている。

予測能力に関する研究において、バドミントンの熟練者は相手のフォームから得られる有益な情報のみを選択的に抽出できるものの、未熟練者は不必要な情報にも注意が向くことが知られている<sup>8),9)</sup>。従って、様々なストロークの動作様式の違いについて検討し、それらの知見を積み上げていくことにより、無意識下で行われている予測能力を向上させるための指導方法の考案に繋がる可能性がある。例えばネット付近にシャトルコックを落下させるドロップは、ネット近くにシャトルコックを安易に落下させると相手にネット上部にて返球されてしまい、自身の態勢が崩されてしまう危険性がある。そこで実際の試合では、相手をネットから遠ざけるためにショートサービスラインより後方にシャトルコックを落下させたり、ネット近くに落下させたりといったように飛距離をかえながらドロップを打ち放つ。これらの飛距離の異なるドロップ動作の違いについて検討することは、予測能力を向上させるための指導方法を

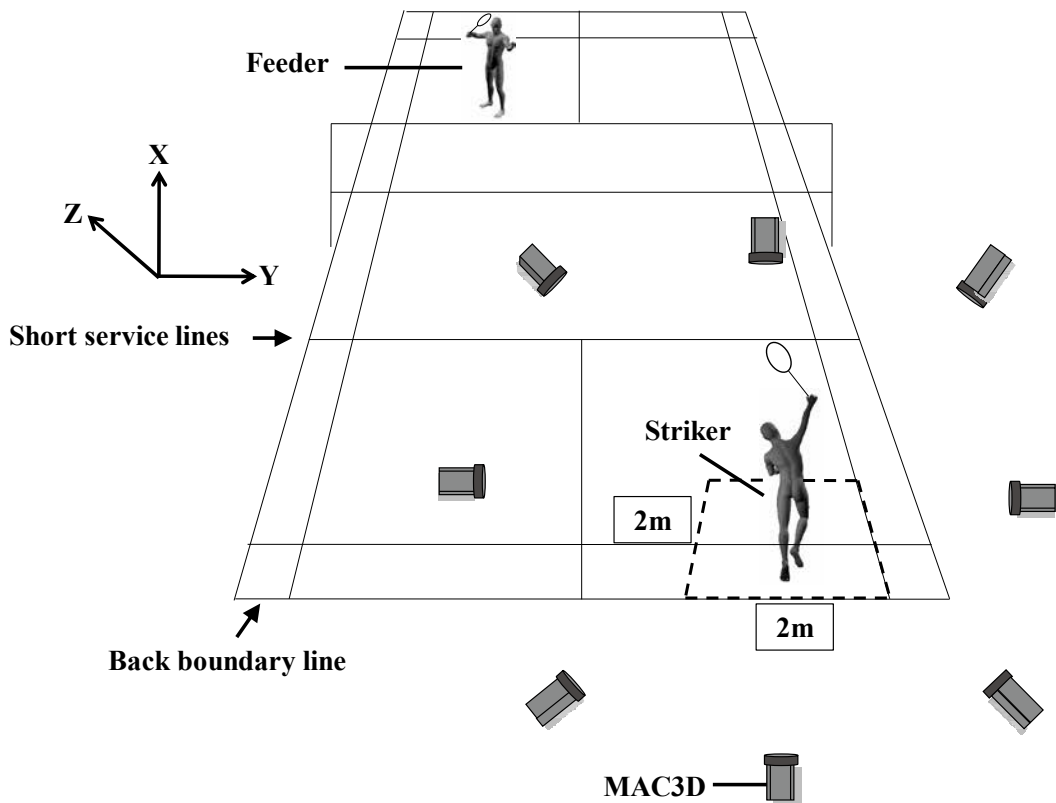


図1 Schematic drawing of experimental setup.

考える際の有益な資料となる。

そこで本研究では、飛距離の異なるドロップの上肢動作様式の違いについて検討し、シャトルコックの軌道を予測する際に有益となりうる部分的な身体の動きに関する知見を得ることを目的とした。

## II. 方法

### 1. 被験者

被験者は、関東大学1部リーグのチームに所属する男子選手5名（全員右利き）とした（年齢：18.8 ± 1.0歳，競技経験：11.4 ± 0.8年，身長：173.2 ± 6.9cm，体重：69.8 ± 6.4kg）。なお，全被験者には測定に関する目的およ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。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（承認番号第36号）。

### 2. ストローク動作の撮影方法

ドロップ動作は，バドミントンコートの周囲に，MAC3D System（Motion Analysis社製，フィルムスピード毎秒240コマ，シャッタースピード1/1500秒）8台を用いて撮影した。撮影範囲は，バドミントンコート右後方に位置するシングルスサイドラインとバックバウンダリーラインの交点から左方向に2m，前方向に2mとした（図1）。3次元座標について，X軸はセンターライン方向，Y軸はネットに対して平行方向，Z軸は床に対して垂直方向と設定した。

被験者は，上体は裸，下腿はハーフタイツ，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計29箇所につけた。反射マーカ貼付部位は，Helen Hayesマーカセットに従い，頭部（1, 2, 3），肩峰（肩関節：4, 5），右肩甲骨下角（6），肘橈骨側（肘関節：7, 8），手関節（9, 10），上前腸骨棘（11, 12），第5腰椎（13），大腿骨（14, 15），大腿骨外側上顆（16, 17），大腿骨内側上顆（18, 19），脛骨（20, 21），内踝（22, 23），外踝（24, 25），第2指中足骨（26, 27），踵（28, 29）とした（図2）。

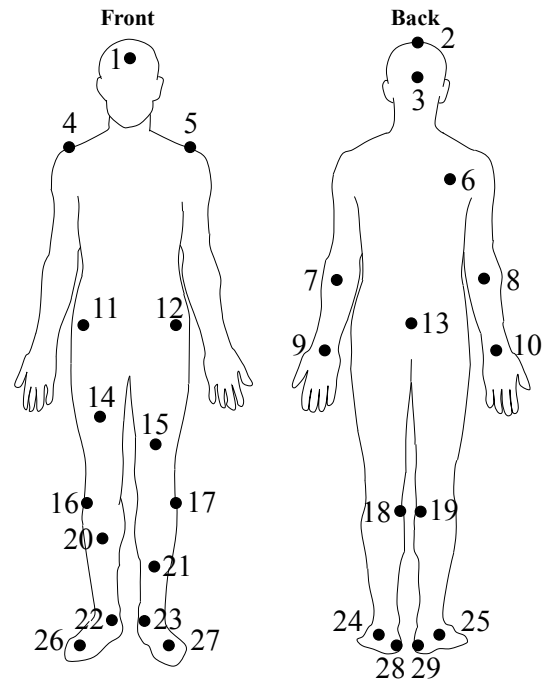


図2 The marker of the each body parts.

### 3. 分析試技および動作局面の定義

フィーダーは撮影範囲内にシャトルコックをフィードし，各被験者にはショートサービスラインより後方にシャトルコックを落下させるドロップ（Long drop; LD）とショートサービスラインより手前にシャトルコックを落下させるドロップ（Short drop; SD）の二種類を打たせた。撮影範囲内においてシャトルコックを打ち，なおかつ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，各ストローク2試技ずつ各被験者の動作を分析対象とした（各ストローク計10試技を分析）。シャトルコックのコルク部分に反射テープを巻き，フィードされたシャトルコックの落下軌道が変わる時点をインパクト時として判断した。

本研究の分析試技であるオーバーヘッドストロークは，まず，非ラケット脚（ラケットを持っていない側の下肢）を軸にラケット脚（ラケットを持っている側の下肢）およびラケット腕（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った。その半身の姿勢から，落ちてくるシャトルコックにタイミングを合わせ，ラケット脚およ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、シャトルコックを打つといった動作様式が行われた。この一連の動作様式は、LDおよびSDともに同様に行われた。

本研究では、バックスイングの姿勢をとるためにラケット脚の踵が離地したコマからバックスイングの姿勢後にラケット脚の踵が離地したコマまでをバックスイング局面、バックスイング局面終了時のコマからインパクトに至るまでをフォワードスイング局面とした(図3)。さらにバックスイング局面において、肩関節水平屈曲角度が最大値を示した時点をテイクバックポジションとして定義した。

#### 4. 測定項目

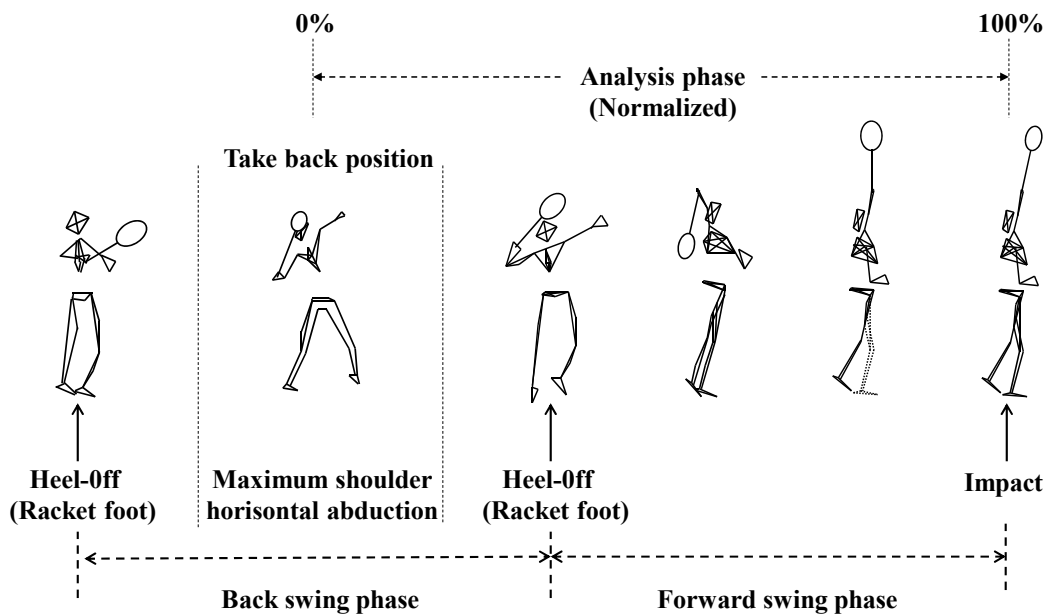
##### 1) 手関節速度および上肢関節角度の算出

手関節の移動速度は、各変位を時間微分することにより算出した。各関節角度は、身体各部位

の座標値を基にベクトルがなす角度として求めた(図4)。肩関節水平位屈曲角度について、左肩峰から右肩峰へ向かうベクトルをSD、左右上前腸骨棘を結ぶベクトルの中点を両腰の中心として両肩の中心から両腰の中心へ向かうベクトルをTR、SDとTRの外積をFRとし、SDとFRがなす平面への上腕部(UA)の投影(UA')とSDのなす角とした。そして、この2直線が直線上に並ぶ時を0°とした。同様に、肩関節外転角度は、TRとUAとのなす角とした。この2直線が直列するときを0°とした。肘関節屈曲角度は、前腕部(FA)と上腕部(UA)がなす角とし、この2直線が直列するときを180°とした。

##### 2) 手関節の移動軌跡の算出

ラケット腕側の手関節座標から肩関節座標を引くことにより、肩関節座標を原点とした手関節座



Take back position : motion at maximum shoulder horizontal abduction

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

Position

図3 The analysis phase of the hitting motion.

標を得た。得られた手関節座標のデータは分析局面において10%間隔において規格化し、各座標(平均値±標準偏差)を直線で結ぶことにより移動軌跡を求めた。X軸のプラス方向はネットに近づく方向、マイナス方向はネットから遠ざかる方向、Z軸のプラス方向は床から遠ざかる方向、マイナス方向は床に近づく方向とした。

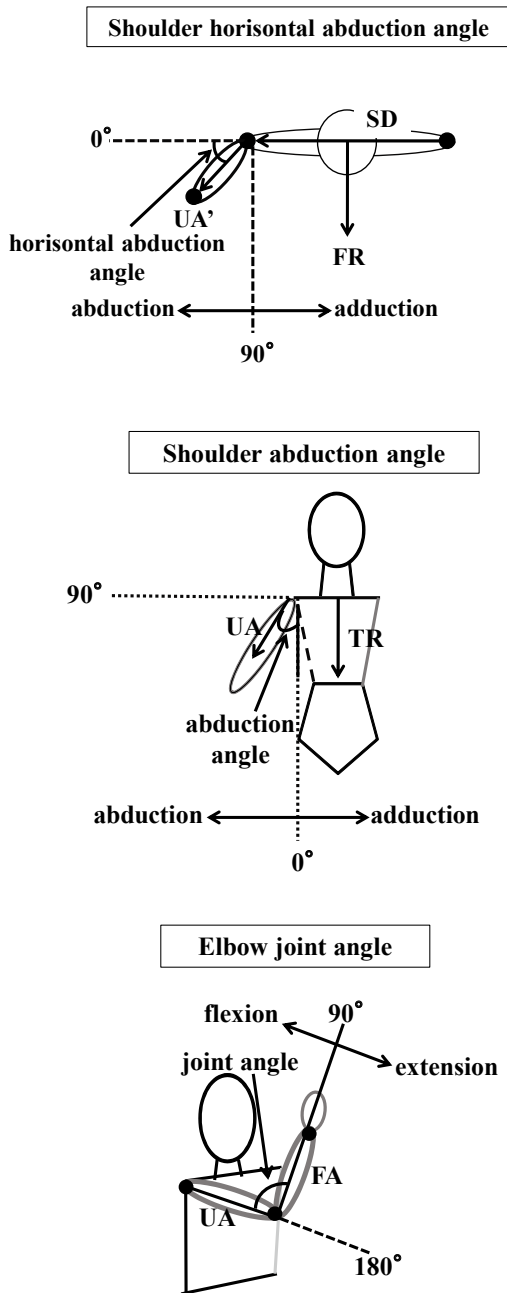


図4 The definition of the kinematic model for the calculation of shoulder angles.

## 5. 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、角度および移動軌跡のデータは、テイクバックポジションを0%とし、シャトルコックをインパクトした時点を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LDとSDの比較には、対応のあるStudent,T-testを用いて検定した。有意水準は5%未満とした。

## III. 結果

### 1. 手関節速度の変化

手関節速度の変化を図5に示す。100%においてLDの方がSDよりも有意に高い値を示した(p<0.05)。

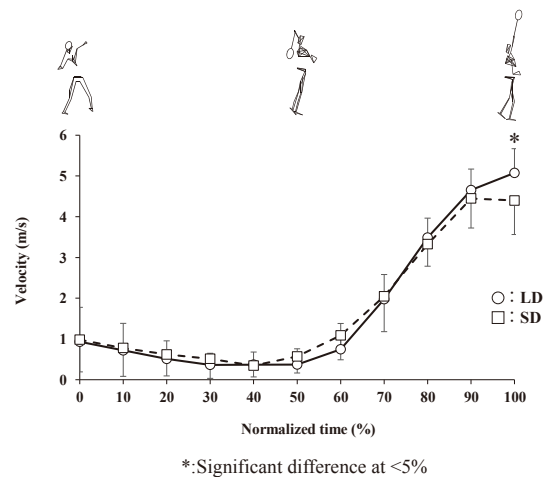
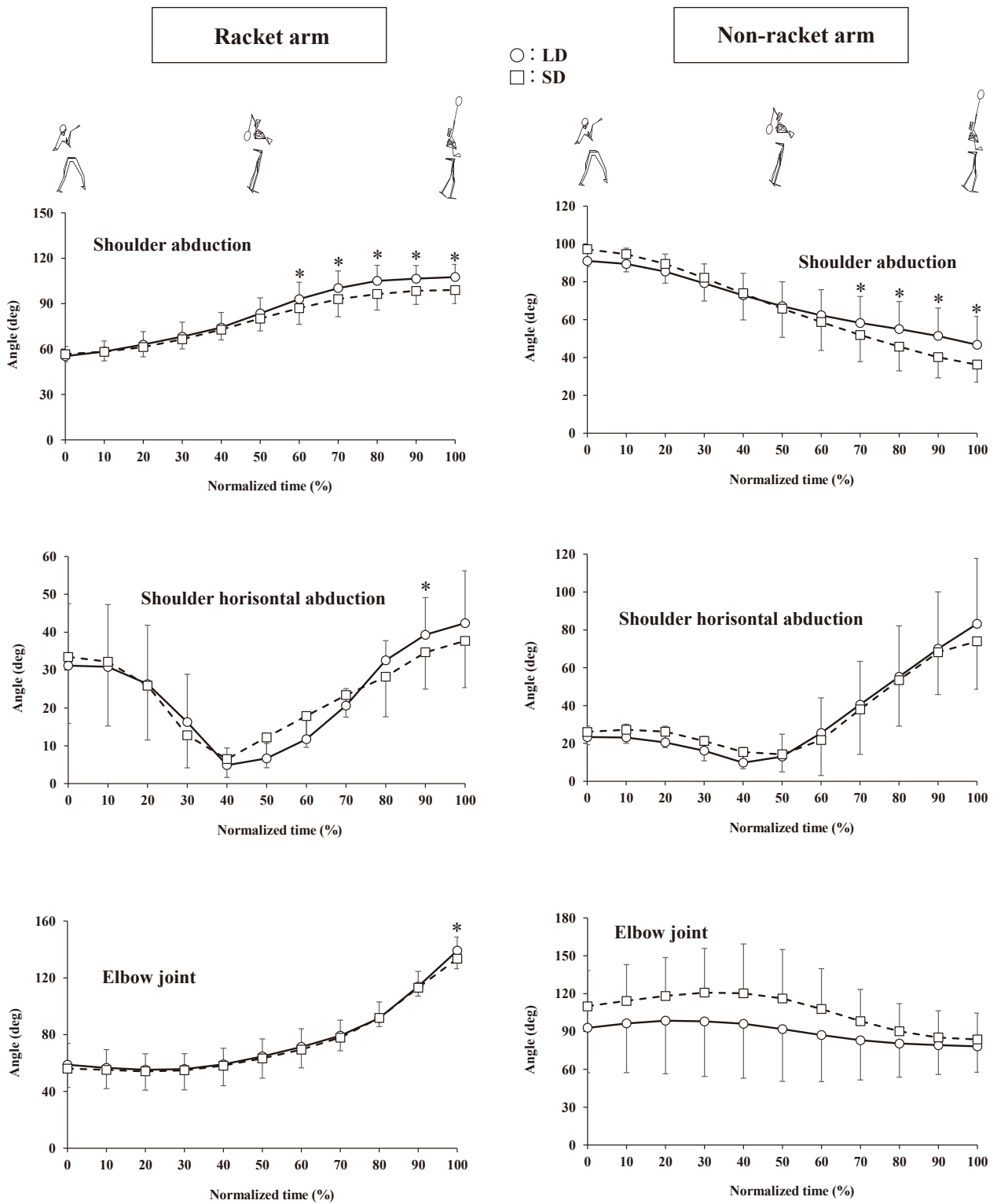


図5 Comparisons of change of velocity for wrist joint.

### 2. 上肢各関節角度の変化

ラケット腕および非ラケット腕の肩関節外転、肩関節水平屈曲、肘関節角度を図6に示す。肩関節外転角度について、ラケット腕側では60%から100%にかけてLDの方がSDよりも有意に高い値を示し(p<0.05)、インパクト時の角度はLDが107.6±8.4°,SDが99.0±9.0°であった。一方、非ラケット腕側では70%から100%にかけてLDの方がSDよりも有意に高い値を示した(p<0.05)。肩関節水平屈曲角度について、ラケット腕側では90%に有意差が認められ、LDの方がSDよりも高



\*:Significant difference at <5%

図6 Comparisons of change of angles for shoulder horizontal abduction, shoulder abduction and elbow joint.

い値を示した ( $p<0.05$ )。一方、非ラケット腕側に有意差は認められなかった。肘関節角度について、ラケット腕側では100%に有意差が認められ、LDの方がSDよりも高い値を示した ( $p<0.05$ )。一方、非ラケット腕側に有意差は認められなかった。

### 3. 手関節の移動軌跡

動作開始 (0%) からインパクト (100%) までの手関節座標を10%ごとに抽出し、各座標点を直線で結んだ移動軌跡 (x-z面) を図7に示す。インパクト時にLDとSDの違いが顕著になることが示された。そこで図8にインパクト時のラケットヘッドの位置を示す。XおよびZ座標ともにLDの方がSDよりも有意に高い値を示した ( $p<0.05$ )。

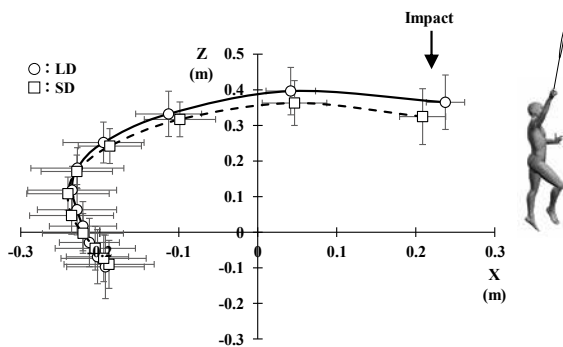


図7 Comparisons of wrist joint trajectory.

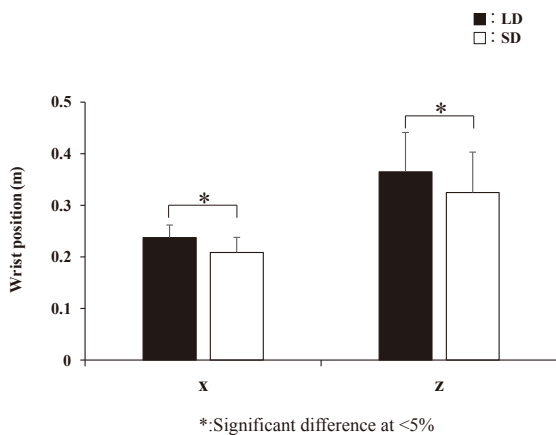


図8 Comparisons of wrist position at impact.

### IV. 考察

本研究では、飛距離の異なるドロップの上肢動作様式の違いについて検討し、インパクト時の手関節速度に有意差が認められた。打つ直前までは同程度の速度値にて推移するものの、SDはネッ

ト近くにシャトルコックを落下させるためにLDよりも速度を落とす必要がある。従って、本研究の飛距離の異なる二種類のドロップ動作においても適切に力の調整が行われ、ショートサーブラインの後方にシャトルコックを落下させるドロップとネット近くにシャトルコックを落下させるドロップの打ち分けが適切に行われていたことが示唆された。

本研究におけるラケット腕の肩関節外転角度において、フォワードスイング局面後半に連続して有意差が認められ、インパクト時の角度はLDが  $107.6 \pm 8.4^\circ$ 、SDが  $99.0 \pm 9.0^\circ$  であった。スマッシュ、クリア、ドロップ動作を比較した報告によると<sup>5)</sup>、インパクト時の肩関節外転角度において、ドロップはクリアやスマッシュよりも有意に低い値を示し、ドロップ動作はインパクト時に肩関節外転角度が低下することにより、手関節の位置が低くなりやすい動作特性であることが示されている。特に肩関節外転角度は  $90^\circ$  に近い方が肩関節運動の安定性に関与する三角筋の活動が高くなりやすく、安定したスイング動作が行えると考えられ、正確性を高める効果が得られる<sup>10)</sup>。このことから、SDはネット前に正確性の高いショットを放つためにLDよりも力を制御する必要があるため、肩関節外転角度  $90^\circ$  に近い動作様式が行われていたと考えられた。さらに本研究では非ラケット腕の肩関節外転角度においてもフォワードスイング局面後半に連続して有意差が認められた。作用・反作用の性質を活用したラケット腕と非ラケット腕の非対称な動きは姿勢の安定性を確保するために重要であると指摘されている<sup>11)</sup>。即ち、ラケット腕の動きに影響を受けて姿勢の安定性を確保するために非ラケット腕の動きが調整されると考えられることから、ラケット腕のみならず、非ラケット腕の動きにおいても差が生じることが示唆された。

バドミントン選手にプレー中の画像をみさせた場合、未経験者よりも事象関連電位(Event-related potentials: ERPs)のP300振幅が大きいことが示されている<sup>12)</sup>。また、バドミントン未経験者にバドミンントンの練習を12週間行わせた後、映像

をみてシャトルコックの軌道を予測させる試験を実施し、ERPsについて測定した結果、練習群において大きなP300成分の生成が確認され、コントロール群よりも予測能力の向上がみられた<sup>13)</sup>。P300は文脈更新 (context updating) の要素を含む成分を反映している<sup>14)</sup>。これらのことから、限られた時間の中でプレーの選択、運動・反応を繰り返し行うというバドミントンの競技特性により、次第に不必要な情報が遮断され、予測する際に有益な情報のみを脳内で処理できるように発達していく。その際、注意を向ける観点を明確にすることにより、情報処理過程の発達を促進させる効果があると期待される。特に近年、機械学習 (AI) の解析技術が飛躍的に進歩し、ゲーム中の球種、移動距離、移動速度、シャトルコックの位置の判定などの分析システムが開発されている<sup>15), 16)</sup>。さらに今後、同解析技術を応用していくことで選手の動きの可視化・定量化が可能となり、予測能力の評価が行えるようになる。その際に本研究で明らかになった動作様式の違いに関する知見が有益な資料となりうると考えられた。

## V. まとめ

本研究では、シャトルコックをショートサービスライン後方に落下させるドロップ (LD) とネット近くに落下させるドロップ (SD) における上肢動作様式の違いについて検討した。その結果、以下の知見が得られた。

肩関節外転角度について、ラケット腕側では60%から100%にかけてLDの方がSDよりも有意に高い値を示し ( $p < 0.05$ )、インパクト時の角度はLDが  $107.6 \pm 8.4^\circ$ 、SDが  $99.0 \pm 9.0^\circ$  であった。一方、非ラケット腕側では70%から100%にかけてLDの方がSDよりも有意に高い値を示した ( $p < 0.05$ )。

これらのことから、ネット前に正確性の高いショットを打ち放つ必要があるSDにおいては、LDよりも上肢運動の安定性を得るために肩関節外転角度  $90^\circ$  に近い動作様式が行われることが示唆された。

## 謝辞

本研究は、2018年健康科学大学研究助成費により実施したものである。

## 参考文献

- 1) Libet B, Pearl DK, Morledge DE, Gleason CA, Hosobuchi Y, Barbaro NM: Control of the transition from sensory detection to sensory awareness in man by the duration of a thalamic stimulus. The cerebral 'time-on' factor. *Brain*, 114 (Pt 4), 1731-1757, 1991.
- 2) Farrow D, Abernethy B: Can anticipatory skills be learned through implicit video-based perceptual training? *J Sports Sci*, 20 (6), 471 - 485, 2002.
- 3) Jackson RC, Mogan P: Advance visual information, awareness, and anticipation skill. *J Mot Behav*, 39 (5), 341 - 351, 2007.
- 4) Abernethy B, Zawi K: Pickup of essential kinematics underpins expert perception of movement patterns. *J Mot Behav*, 39 (5), 353-367, 2007.
- 5) 升佑二郎, 藤野和樹: バドミントン競技におけるスマッシュ, クリアおよ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.
- 6) 升佑二郎: バドミントン競技におけるフォア奥からのクリア, ドロップ, スマッシュによるストレートとクロス方向への打ち分け動作の比較. *コーチング学研究*, 31 (2), 219-230, 2018.
- 7) 升佑二郎, 藤野和樹, 林直樹: バドミントン競技における奥行の異なる的当て課題時のジャンピング・スマッシュの特徴. *スポーツリハビリテーション学会誌*, 6, 9-15, 2017.
- 8) Abernethy B: Expertise, visual search, and information pick-up in squash. *Perception*, 19 (1), 63-77, 1990.
- 9) Kellman PJ, Garrigan P: Perceptual learning and human expertise. *Phys Life Rev*, 6 (2), 53 - 84, 2009.
- 10) 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.
- 11) 升佑二郎: バドミントン競技におけるオーバーヘッドストロークの指導理論. *健康科学大学紀要*, 12, 43-53, 2016.
- 12) Jin H, Xu G, Zhang JX, Gao H, Ye Z, Wang P, Lin H, Mo L, Lin CD: Event-related potential effects of superior action anticipation in professional badminton players. *Neurosci Lett*, 492, 139-144, 2011.
- 13) Liu T, Shao M, Yin D, Li Y, Yang N, Yin R, Leng Y, Jin H, Hong H: The effect of badminton training



- on the ability of same-domain action anticipation for adult novices: Evidence from behavior and ERPs. *Neurosci Lett*, 660: 6-11, 2017.
- 14) Picton TW: The P300 wave of the human event-related potential. *J Clin Neurophysiol*, 9 (4), 456-479, 1992.
  - 15) 橋本咲子, 萩生翔大: バドミントン競技におけるシャトルの落下位置を全身キネマティクスを用いて機械学習により予測する. *トレーニング科学*, 34 (2), 19-26, 2022.
  - 16) Kovalchik S, Reid M: A shot taxonomy in the era of tracking data in professional tennis. *J Sports Sci*, 36 (18), 2096-2104, 2018.