

剣道の正面打撃動作における主観的な「はやさ」に関する研究

村瀬直樹, 堀山健治, 桜井伸二

中京大学スポーツ科学部

キーワード: 主観的はやさ, 身体の上下動, 正面打撃時間

【要旨】

本研究は、剣道の打撃動作において防御者に察知しづらいと思わせる動作特徴を明らかにすることを目的とした。大学男子剣道部員 32 名を対象にアンケート調査を実施し、アンケート調査の結果から打撃動作が察知しづらい選手 5 名(上位群)および打撃動作が察知しやすい選手 5 名(下位群)を被験者として抽出し、上位群および下位群それぞれの打撃動作のキネマティクスの特徴を明らかにした。その結果から察知しづらいと思わせる動作特徴として以下の項目があげられる。

1. 踏み切り脚(左脚)の 3 関節を屈曲位な状態で構える
2. 打撃に至るまでの踏み切り脚の関節角度変位量を少なくする
3. 構えから打撃に至るまでの身体の上下動を少なくする

以上の結果は即座に指導現場に還元でき、指導する際の有益な知見になると考えられる。

スポーツパフォーマンス研究, 12, 341-353, 2020 年, 受付日: 2019 年 12 月 5 日, 受理日: 2020 年 6 月 2 日

責任著者: 村瀬直樹 470-0393 豊田市貝津町床立 101 中京大学豊田キャンパス

n-murase@sass.chukyo-u.ac.jp

Subjective speed of frontal striking movements in kendo

Naoki Murase, Kenji horiyama, Shinji Sakurai

Chukyo University

Keywords: subjective speed, vertical movement of the body, time for frontal strike (*men*)

[Abstract]

The aim of the present study was to identify characteristics of frontal striking movements in kendo that make it difficult for a defender to predict the strike. The members of a university kendo club (32 males) completed a questionnaire. From the results, 10 of the kendoka were selected: 5 kendoka whose strikes were difficult to predict (upper group) and 5 whose strikes were easy to predict (lower group). Kinematic features of the striking movements of those individuals were

extracted. Features of the frontal striking movements that were found to be difficult to predict include the following:

1. The three joints of the step-in leg (left leg) are held in a flexed position.
2. The angle of displacement of the joints of the step-in leg is kept to a minimum until initiation of the strike.
3. Vertical movements of the body are kept to a minimum from the readiness stance until initiation of the strike.

This information may be useful for kendo coaches.

I. 緒言

多くの競技スポーツにおいて、高い速度を伴った動作は必要とされる。例えば野球では、バットのヘッド速度や投球速度、サッカーにおいては、脚のスイング速度や蹴りだされるボール速度、陸上競技や水泳競技においては、走速度や泳速度を高めるなどの速さが挙げられる。一方、時間的要素についても、競技スポーツにおいては重要視される。例えば野球に関しては、打者から打たれたボールを捕球してから送球するまでの時間をいかに短くできるか、サッカーに関しては、ディフェンスと対峙している中でドリブルからボールを蹴り出すまでの時間を短縮させるなどが挙げられる。これらの「はやさ」には、動作速度を高める要素、すなわち「速さ」と、動作時間を短縮させる要素、すなわち「早さ」が含まれ、二つの要素はともに客観的な数値として表すことができることから、「客観的なはやさ」としてまとめることができる。

格技系種目の剣道においても竹刀を速く振ることや、打撃動作時間を短くするといった「客観的なはやさ」は必要とされている。星川ほか(1978)は、有効打突を取得するためには、相手の防御動作よりも打突動作の早いことが重要であると述べている。つまり、相手との攻防動作を行っている中で、自分が打つと判断を下した瞬間の位置から相手の打突部位までの距離の間で効果的かつ素早い身体の移動が要求される。Murase et al. (2017)は、大学剣道部員を対象に、打撃目標物(面・小手)より2.3m離れた位置から、LEDランプの点灯を合図に打撃動作を行わせ、選手の競技力と正面打撃時間との関係、および正面打撃時間を短縮させる要因を検討した。その結果、競技力の高い者ほど正面打撃時間が短い傾向であったことを示し、正面打撃時間を短縮させる要因として、右足離床時間の短縮、竹刀の振り上げの大きさと速度、また振り下ろしの速度を高めること、踏み切り脚の地面反力を大きくすること、打撃目標物からより遠い位置で肩関節をより屈曲位にした状態で打撃することを挙げた。このように、剣道において「客観的なはやさ」に関する研究はなされてきている。

一方、剣道に限らず格技系種目では、蹴りやパンチ、打突、タックルなどの技が相手に「はやい」と錯覚させるような感覚的な要素も存在すると考えられる。繰り出す技が、相手にとって思いもよらぬタイミングや、技を繰り出す瞬間の動作が察知しづらければ、相手の防御反応が遅れ、結果として対戦相手に「はやい」と感じさせることにつながる。このような「はやさ」は感覚的な部分であるため測定が困難となり、客観値として示すことができない。よって、この「はやさ」については「主観的なはやさ」として言い換えることができる。「主観的なはやさ」について木下・藤井(2016)は、テコンドー前回り蹴り動作における蹴り動作移行前に行われるステップ動作(リズム運動)に着目し、主観的、時間的、速度的観点から「素早さ」について検討した。その結果、リズム運動の周期のズレ(蹴り動作に移行するタイミングの前後)を少なくすることが対戦相手に素早いと錯覚させる要素の評価になり得ることを示唆した。

剣道の指導現場においても、打突の際に「起こりをみせるな」や「色をだすな」のような指導用語が用いられる。これは、相手と構え合って攻防動作を行っている中で、打突動作に移行する際にできるかぎり相手に悟られないようにするための動作のことを指す。相手に察知されやすい動きをすれば、相手は容易に防御できるどころか、逆に技を打たれてしまう危険性が伴う。恵土・星川(1984)の剣道の防御における時間的研究によれば、攻撃者の打撃(面、小手、胴のいずれかの打撃)に対する剣道熟練者の防御成功率は7割を超えていることを報告しており、防御にかかる時間は約0.36秒であることを示している。Murase et al. (2017)の面打撃時間を調べた研究によると、動作が開始してから打撃に至るまでの時間が約0.7秒前後であることから、攻撃者の打撃に対して防御者は時間的に余裕があり、防御成功率が高くなることが明らかである。したがって、防御者にとって察知しづらい打撃動作が必要となる。相手から「はやい」と感じさせる要素である「主観的なはやさ」は、「客観的なは

やさ」と同様、重要であると考えられる。しかしながら、剣道において相手に「はやい」と感じさせるための察知しづらくさせる動作について検討している研究は見当たらない。そのため、「起こりをみせるな」や「色をだすな」などの抽象的な言葉で指導されても、指導される側はどのような動きをすれば良いのか、わからないのが現状である。したがって、相手にはやいと錯覚させる要素である察知しづらい動作の特徴を明らかにできれば、抽象的な言葉で指導が行われている今日の現場へ有益な知見をもたらすことができると考える。

本研究では、大学剣道部員を対象にアンケート調査を実施し、その結果から相手に察知しづらい選手・しやすい選手にグループ分けを行い、バイオメカニクス的手法を用いて、相手に察知しづらいと思わせる動作特徴を、特に上体の動きや、竹刀の動き、身体の上下動とそれを形成する下肢関節(踏み切り脚)の動きに着目して検討していくことを目的とする。

II. 方法

1. 被験者の抽出

本研究では、剣道の正面打撃動作において、相手に察知しづらいと感じさせる動作の特徴を抽出するために、C大学男子剣道部員32名(年齢:21.1±0.9歳, 経験年数:12.1±2.5年, 段位4—2段)を対象にアンケート調査を実施し、その内容から打撃動作が察知しづらい選手(以下「上位群」とする)および打撃動作が察知しやすい選手(以下「下位群」とする)を抽出した。アンケート調査の内容は、打ち込み動作がわかりにくい(察知しづらい)と思う選手, および打ち込み動作がわかりやすい(察知しやすい)と思う選手を32名の中からそれぞれ5名ずつ記名させるものであった。アンケート調査の集計結果により、上位群および下位群それぞれ5名ずつの被験者を抽出した。尚、それぞれ抽出された被験者は、それぞれの質問項目において10名以上の者に記名された者であった。

2. 被験者

アンケート調査によって抽出された上位群(Higher)5名(年齢:21.8±0.4歳, 身長:1.69 ± 0.07m, 体重:67.4 ± 13.6kg, 経験年数:12.2±2.6年, 段位:4—2段), 下位群(Lower)5名(年齢20.8±0.7歳, 身長:1.72 ± 0.05m, 体重:71.7 ± 7.2kg, 経験年数:12.2±1.8年, 段位:4—2段)を試技の撮影・測定の対象とした。なお、上位群と下位群の間に、年齢, 身長, 体重, および経験年数に有意差は認められなかった。実験を行うにあたり被験者には、本研究の目的および実験方法等を記した実験手続書を確認させ、実験の生体負担度や危険性を含めた内容について実験統括者から各被験者に口頭にて説明した。そして、本実験の被験者として書面で同意を得た。

3. 実験試技

被験者には実験試技の前に十分な準備運動と、実験試技に使用する竹刀を用いた素振り、面・小手それぞれにおける実打の練習を行わせた。

尚、実験と以降の分析は Murase et al. (2017) とほぼ同様の手順で行った。すなわち、実験試技については、解剖学的な身体特徴点41点に反射マーカートを貼付した被験者に、LEDランプがそれぞれ装着された打撃目標物(面・小手)に対して、LEDランプが点灯した方に向かって2.30mの距離からできる限り素早く打撃(面もしくは小手)を行わせるものとした。実験試技の成否は、Murase et al. (2017) の成功試技の判定基準を参考にして、被験

者が納得でき且つ有効打と判断できるものを成功試技とし、面と小手それぞれにおいて成功試技が3本ずつ得られるまで行った。尚、有効打の判定は剣道五段を有し且つ審判経験がある者が行った。

4. 座標定義

打撃目標物に対して、進行方向を Y 軸、左右方向を X 軸、鉛直方向を Z 軸とする、右手系の静止座標系を定義した (Fig. 1, 上段)。

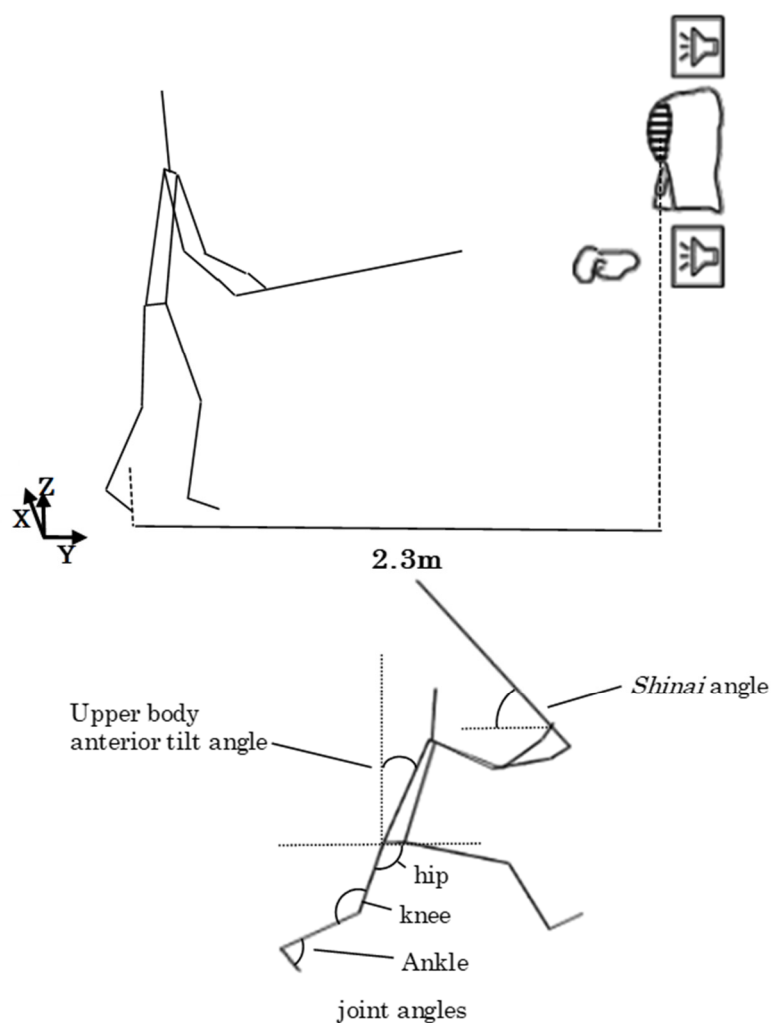


Fig.1 Experiment setup and definition of global coordinates system (top) and definition of the segment and joint angles (bottom)

5. データ収集

打撃動作の撮影は光学式3次元動作分析装置 (VICON MX, Oxford Metrics Group) と専用カメラ 10 台 (MX13, Oxford Metrics Group) を用いた。その際のサンプリング周波数は 250Hz とした。

6. データ処理

本研究では面打撃を分析の対象とした (小手については分析対象外)。分析範囲は、LED ランプ点灯から打撃の瞬間までとした。また、この間の時間が各被験者最短なものを分析対象試技とした。打撃の瞬間は、竹刀

の角速度が負の値になる1コマ前(1/250秒前)とした。

得られた身体各部の3次元座標値に対してバターワース型ローパスデジタルフィルタを用いて平滑化を行った。カットオフ周波数(14—27Hz)はYu et al. (1999)の方法によって決定した。その際、打撃の瞬間の衝撃によって竹刀速度が急激に減速することを考慮して、剣先および鍔元の座標値の平滑化は行わなかった。座標データは矢状面上(Y・Z平面)に投影し、2次元平面上で分析を行った。

7. 算出項目

(1) 身体重心位置・速度

身体を、頭部、体幹部、左右の上腕部・前腕部・手部・大腿部・下腿部・足部の14部位に剛体リンクモデル化し、身体重心位置を算出した(阿江, 1996)。身体重心位置の変位を時間で数値微分することで身体重心速度を算出した。

(2) 反応時間, 動作時間, 正面打撃時間

反応時間をLEDランプ点灯から身体重心速度(Y軸方向Z軸方向の合成)が0.10m/s以上に達した瞬間(以下「動作開始」とする)とし、動作開始から打撃の瞬間までを動作時間とした。LEDランプ点灯から打撃の瞬間までを、正面打撃時間(反応時間+動作時間)とした。

(3) 動作中の上体前傾角度, 竹刀角度, 身体の上下動, 踏み切り脚における関節角度・角度変位置量

本研究では、剣道の指導書(中野・坪井, 1970)において、剣道の打撃動作における身体の移動の際の留意点として挙げられている、上体の状態(前傾させない)や竹刀操作(打撃方向に対して最短距離で振り上げる)、身体の動き(並進的に行う)および身体の移動を形成する左脚(踏み切り脚)の動作に着目する。よって、動作中の上体前傾角度, 竹刀角度, 身体の上下動, および踏み切り脚における関節角度・角度変位置量について算出した。以下に定義を示す。

- ✓ 上体前傾角度: 両上前腸骨棘と両上後腸骨棘の中心点からZ軸方向に引いた線分と、両上前腸骨棘と両上後腸骨棘の中心点から両肩峰の中心点を結んだ線分とのなす角
- ✓ 股関節角度: 大転子からY軸方向に引いた線分と、大転子と膝関節中心点を結んだ線分とのなす角
- ✓ 膝関節角度: 膝関節中心点と大転子を結んだ線分と、膝関節中心点と足関節中心点を結んだ線分とのなす角
- ✓ 足関節角度: 足関節中心点と膝関節中心点を結んだ線分と、足関節中心点と第二中足趾節関節を結んだ線分とのなす角
各関節角度の変位置量: 各関節において、LEDランプが点灯した瞬間の角度を基準に、そこから打撃に至るまでの各関節角度が最も低値(最も屈曲方向へ角度変化した値)を示した瞬間の値との差分を、各関節の角度変位置量とした
- ✓ 竹刀角度: 竹刀の鍔元から進行方向(Y軸方向)と逆方向に引いた線分と、竹刀とのなす角を竹刀角度とした
- ✓ 身体の上下動: 本研究では、身体の上下の動きを表す指標をZ軸方向における剣状突起の位置変位とし、身体の上下動を、LEDランプ点灯時点のZ軸方向における剣状突起の位置と、打撃に至るまでのZ軸方向における剣状突起の位置が最低値を示した瞬間の値との差分とした

8. データの規格化

各被験者が、LED ランプ点灯から打撃時までに要した時間(上位群:平均 0.868±0.059 秒, 下位群:平均 1.078±0.161 秒)を 100%としてそれぞれデータを規格化し, 1%ごとに平均した.

9. 統計処理

両群間において算出された変数の差の比較をするために対応のない t 検定を実施した. なお, 有意水準は 5%とした.

III. 結果

1. 正面打撃時間, 反応時間, 動作時間の比較

Table 1 に, 上位群および下位群それぞれにおける正面打撃時間(*Men strike time*), 反応時間(*Reaction time*), および動作時間(*Movement time*)について, 平均値および標準偏差を示した. 有意差が認められた項目は, 正面打撃時間および反応時間で, いずれも上位群が下位群と比較して低値(時間が短い)を示した. 動作時間については, 両群間に有意な差は認められなかった.

Table 1 *Men strike time, reaction time, and movement time*

	Higher	Lower	
<i>Men strike time</i> (s)	0.868 ± 0.059	1.078 ± 0.161	*
<i>Reaction time</i> (s)	0.231 ± 0.014	0.377 ± 0.078	*
<i>Movement time</i> (s)	0.636 ± 0.055	0.701 ± 0.131	n.s.

*: $p < 0.05$

2. 竹刀角度, 上体前傾角度, 身体の上下動

Fig. 2 に上位群および下位群それぞれの LED ランプ点灯の時点(0%時)から打撃(100%時)に至るまでの竹刀角度(*Shinai*), 上体前傾角度(*Upper body anterior tilt*), および Z 軸方向における剣状突起の位置変位(*Displacement of the xiphisternum in Z-axis*)の平均値の時系列変化をそれぞれ規格化時間で示した. 竹刀角度および上体前傾角度について, 両群それぞれの推移は類似している傾向を示した. 竹刀角度については, 70%時付近まで角度変化が少なく, 85%時付近にかけて振り上げ方向へ急激に推移し, その後 100%時にかけて再び振り下ろし方向へ急激に推移していた. 上体前傾角度については, 75%時付近まで角度変化が少なく, その後 100%時にかけて前傾方向へ急激に推移していた. Z 軸方向における剣状突起の位置変位について, 両群とも 80%時付近まで推移が類似している傾向を示し, その後上位群は 80%時付近から 100%時まで上方への推移を示したが, 下位群は 85%時付近まで下方への推移を示し, その後上位群同様, 100%時にかけて上方への推移を示した.

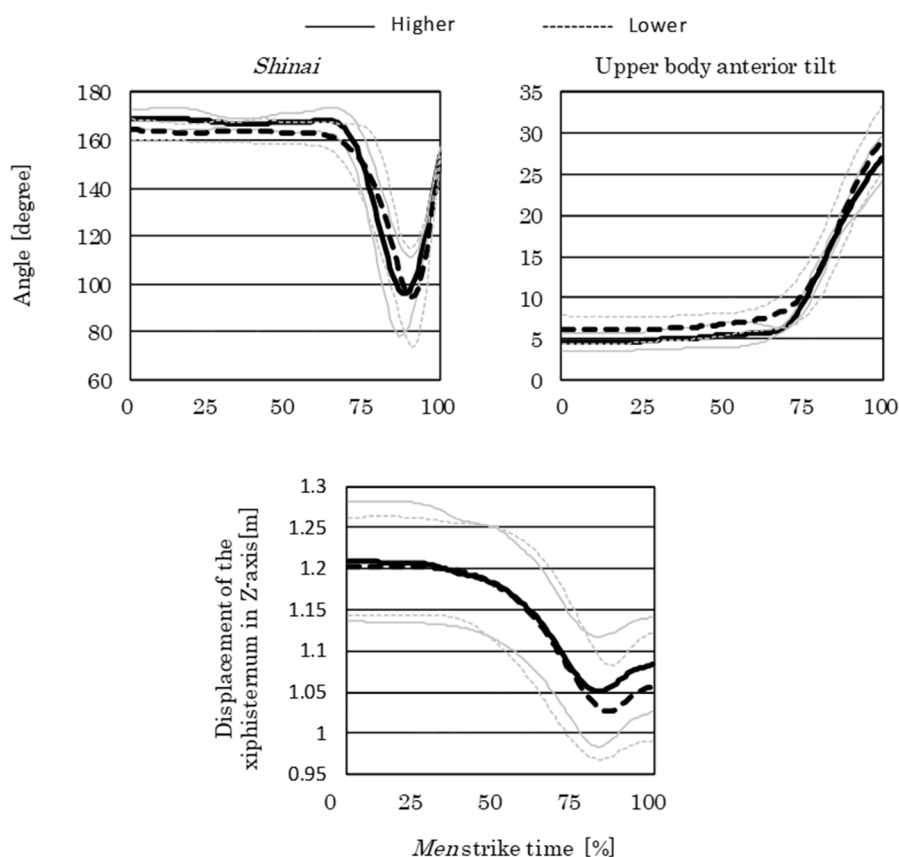


Fig. 2 Averaged patterns of *shinai* angle, upper anterior tilt angle and displacement of the xiphisternum in Z-axis

3. 踏み切り脚における足関節, 膝関節, 股関節の角度変化の様相

Fig. 3 に上位群および下位群それぞれの LED ランプ点灯の時点(0%時)から打撃(100%時)に至るまでの踏み切り脚(take-off leg)における足関節, 膝関節, および股関節の角度の平均値の時系列変化をそれぞれ規格化時間で示した. 足関節角度について, 上位群は 75%時付近まで緩やかに背屈方向へ推移し, その後 100%時まで急激に底屈方向へ推移していた. 一方, 下位群は 0%時点での足関節角度が上位群と比較してやや底屈位の状態で, 75%時付近にかけて背屈方向への推移を示し, その後上位群同様, 100%時にかけて急激に底屈方向へ推移していた. 下位群は上位群と比較すると, 特に 0%時から 75%時付近までの背屈方向への角度変化が大きい傾向を示していた.

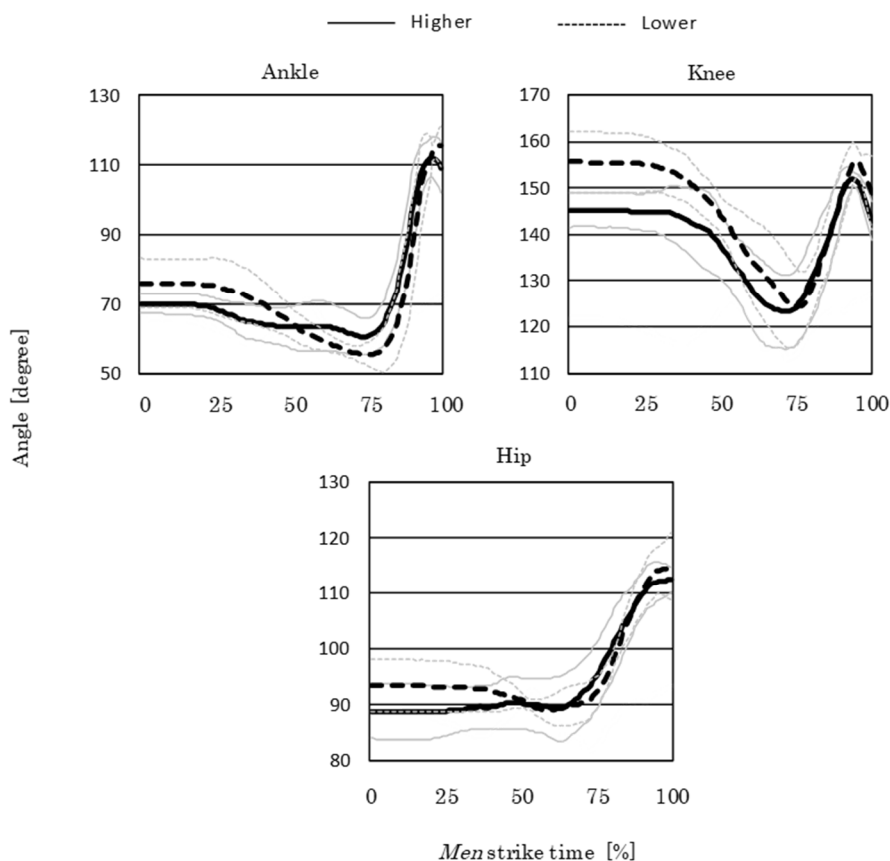


Fig.3 Averaged patterns of take off leg joints ankle (Ankle, Kee, Hip)

膝関節について、上位群は 25%時付近まで角度変化がなく、そこから 75%時付近まで屈曲方向へ推移し、その後 95%時付近まで伸展方向へ推移し、100%時にかけて再び屈曲方向へ推移していた。一方、下位群は 0%時点での膝関節角度が上位群と比較して伸展位な傾向を示し、その後の推移の様相は、上位群とほぼ同様な傾向を示した。下位群は上位群と比較すると、特に 0%時から 75%時付近までの屈曲方向への角度変位が大きい傾向を示していた。

股関節について、上位群は 70%時付近まで角度変化が少ない傾向を示し、その後 100%時にかけて伸展方向へ推移していた。一方、下位群は 0%時点での股関節角度が上位群と比較してやや伸展位な傾向を示し、40%時付近までは角度変化が少なく、その後 60%時付近までわずかに屈曲方向へ推移し、100%時にかけて伸展方向へ推移していた。上位群は屈曲方向への角度変化がほとんどみられない傾向を示したが、それに対して下位群は、屈曲方向への推移がみられた。

4. 踏み切り脚の足関節、膝関節、股関節角度(LED ランプ点灯時および角度変位量)における上位群と下位群の比較

Table 2 に、上位群および下位群それぞれにおける踏み切り脚の 3 関節それぞれの LED ランプ点灯時点(0%時)の角度(moment of LED light up)および角度変位量(displacement:0%時点の角度と打撃に至るまでに最低値を示した瞬間の角度との差分)について、平均値および標準偏差を示した。両群間で有意差が認められた項目は、足関節角度の変位量、0%時の膝関節角度、0%時の股関節角度、および股関節角度の変位量であ

った。これらの項目の値はいずれも上位群が下位群より低値を示していた。0%時の足関節角度と膝関節角度の変位量については、群間に有意差は認められなかったものの、いずれも上位群が下位群より低値な傾向を示していた。

Table 2 Take-off leg joints angle (moment of LED light up. Displacement)

	Higher	Lower	
Ankle angle (moment of LED light up) (deg)	70.3±2.6	76.2±7.1	n.s.
Ankle angle (displacement) (deg)	12.4±5.6	21.7±5.5	*
Knee angle (moment of LED light up) (deg)	145.2±3.7	155.6±6.5	*
Knee angle (displacement) (deg)	21.5±9.7	33.6±11.3	n.s.
Hip angle (moment of LED light up) (deg)	87.5±3.9	93.3±4.6	*
Hip angle (displacement) (deg)	1.6±1.0	6.2±4.7	*

*: p < 0.05

IV. 考察

1. 上位群と下位群との正面打撃時間、反応時間、および動作時間の比較について

本研究では、上位群と下位群との間で、正面打撃時間と反応時間について有意差が認められたが、動作時間については有意差が認められなかった (Table 1)。本研究における正面打撃時間は、反応時間 (LED ランプ点灯から身体重心の Y 軸方向と Z 軸方向の合成速度が 0.10m/s 以上に達した瞬間まで) と動作時間 (身体重心の Y 軸方向と Z 軸方向の合成速度が 0.10m/s 以上に達した瞬間から打撃まで) で構成されている。よって、動作時間に大きな違いがなく、正面打撃時間に有意差が認められたことは、反応時間による影響が大きいと考えられる。上位群の正面打撃時間が 0.868 ± 0.059 秒で、下位群が 1.078 ± 0.161 秒と両群間に約 0.2 秒の違いがみられる。一方、反応時間については、上位群が 0.231 ± 0.014 秒で下位群が 0.377 ± 0.078 秒と両群間に約 0.146 秒の違いがみられる。よって、本研究での正面打撃時間の差は、反応時間の差に起因することを示す。木下・藤井 (2016) は、テコンドー前蹴り動作における蹴り動作移行前に行われるステップ動作 (リズム運動) に着目し、主観的、時間的、速度的観点から「素早さ」について検討し、そもそも相手選手 (防御者) に反応させる余裕を与えないこと、つまり蹴り動作時間の短縮が察知しづらいと思わせることに関係していると述べている。本研究では動作時間に有意差が認められなかったことから、単純に動き出してから打撃に至るまでの時間の短いことが、アンケートの調査結果に反映されたわけではないと考えられる。しかしながら、反応時間が長いということは、剣道の攻防動作で例えるなら、相手の動作に対応して技を繰り出す (例えば出ばな技や応じ技など) のが遅れることを意味する。これは、剣道の指導用語でいう、「打突の機会」を逃すことに関連していると考えられる。したがって、下位群は動き出してから時間が上位群と比較してさほど遅れがなくても、そもそも動作を起こすまでの時間が長いことが原因で察知しやすいと判断されている可能性が考えられる。

2. 竹刀角度、上体前傾角度、身体の上下の動き、および踏み切り脚の 3 関節の動作から察知しづらい動作の検討

本研究では、上肢の動作は竹刀角度や上体前傾角度に着目して、その変化の様相を上位群と下位群で比較した。その結果、0%時から 100%時 (構えから打撃) に至るまでの変化の様相はそれぞれ両群とも類似した推移

を示した(Fig. 2). 本研究における被験者の上体の動きは両群とも指導書(中野・坪井, 1970)に記されている「上体は前傾させないようにする」という内容に照らし合わせると、打撃に至るまでにやや前傾(約 20~25 度)している傾向を示した。しかしながら、他の面打撃動作を調べた研究(横山ほか, 2003)の構えから打撃に至るまでの上体前傾角度の時系列データをみてみると、約 20 度前傾していることを示している。したがって、本研究における被験者(両群とも)の上体の前傾の程度は許容範囲であると推察される。また竹刀角度については、指導書(中野・坪井, 1970)では「打撃の方向に対して最短距離で振り上げる」と記されているが、どの程度(おおよそ何度など)振り上げるなど具体的に記されていないため、本研究における被験者の竹刀の振り上げた方(大きさなど)の良否については判断できない。しかし、上述にあるように、本研究における竹刀角度や上体前傾角度は両群とも 0%時から 100%時(構えから打撃)に至るまでの変化の様相はそれぞれ類似しており、上体や竹刀の動作様式にも大きな違いがみられないことから、相手に察知しづらいと思わせる動きに、上体の前傾や竹刀の動きは大きく関わっていないと考えられる。一方、Z 軸方向における剣状突起の位置変位に着目してみると、80%時付近まで両群とも下方への推移は類似しているが、その後の様相で下位群は上位群と比較して下方への推移が大きい傾向を示している(Fig. 2)。剣道の指導現場では、打撃に際して移動する際に、身体の上下動をなくして並進的に移動するのが理想的であると指導されており、指導書にも述べられている(中野・坪井, 1970)。身体の上下の動きを小さくすることの重要性は、以前からも指摘されてきたことである。本研究のアンケート調査結果から抽出された上位群は下位群と比較して、打撃に至るまでの身体の沈み込みが小さい傾向を示していたため、指導書(中野・坪井, 1970)の内容を支持する結果となり、身体の上下動を小さくすることの重要性を改めて認識することができた。そこで本研究では次に、身体の上下の動きを形成する役割を果たしている考えられる踏み切り脚の動きについて両群での違いをみていくとともに、下肢関節の動作特徴や、下肢動作の特徴と身体の上下動の関連性について述べる。

まず、本研究の踏み切り脚の関節角度の時系列変化をみると、3 関節の 0%時の角度が、上位群と下位群の間に違いがみられる(Fig. 3)。いずれも、上位群の方が下位群と比較して屈曲位な状態で構えていることがわかる。そこで、3 関節の 0%時点での角度の値を両群で比較したところ、足関節角度については両群間に有意差は認められなかったものの、膝関節および股関節角度については両群間に有意差が認められた(Table 2)。次に、下肢 3 関節のその後の時系列変化の様相に着目していくと、全体的におおよその推移は両群で類似している傾向であるが、各関節の打撃に至るまでの屈曲の変位量をみると、上位群は下位群と比較して各関節角度の変位量が少ない傾向であることが確認できる(Fig. 3)。そこで、各関節の角度変位量について両群間で比較したところ、膝関節の角度変位量については両群間で有意差は認められなかったものの、足関節および股関節については有意差が認められた(Table 2)。これらのことをまとめると、上位群は構えの段階で 3 関節の中でも特に膝関節と股関節を屈曲位にし、その後の打撃に至るまでの屈曲動作を結果的に小さくしていることを示している。

腰や重心の移動と踏み切り脚の関節の動きとの関連性を調べた研究(大野ほか, 2014 ; 中鉢ほか, 1987)によると、熟練者に比べて、初心者あるいは中級者は打撃局面における膝関節の屈曲が大きいことが原因で、腰や重心の沈み込みが生じると報告されている。本研究では膝関節の角度変位量については、両群間に有意差は認められなかったが、上位群は下位群と比較して小さい傾向を示し、足関節や股関節の角度変位量については、両群間で有意差が認められ、いずれも上位群が低値を示していることから、膝関節だけでなく、足関節や股関節の屈曲変位が身体の沈み込みに関わっていると考えられる。まとめると、上位群は下位群と比較して打撃に至るまでの屈曲方向への角度変化を少なくすることによって身体の沈み込みを抑制している。角度変化を

小さくするためには、構えの時点で下肢3関節を曲げた状態にして構えることが求められる。これらのことが、相手に察知しづらいと思わせる動作の生成の要因になっていると考えられる。

3. 本研究の限界

実際の試合では相手も動作を起こしながら互いに攻防動作を行うが、本研究の実験試技では、LED ランプの点灯を合図として、2.3mと定められた距離から2択式での打撃という条件で行わせたため、実験試技環境が実際の試合と多少異なるものであった。また、本研究では、実験的に打撃動作を行わせたためか、静止の指示は出していないものの、ほとんどの被験者が静止状態に近く、動きが少ない状態で打撃動作に移行している。そのため、先行研究(木下・藤井, 2016)のような動作に移行する際のリズム変調の観点から、相手に察知しづらいと思わせる動作特徴を明らかにできていない。加えて本研究の実験は大学の剣道部員を対象としたものであるため、年齢や競技レベルが比較的同様なものであった。そのため、本研究で示した結果が、全日本選手権大会で活躍するような日本のトップレベルの選手でも同じ傾向を示すか定かではない。今後はさまざまな競技レベルの被験者を対象に調査を行う必要がある。これらの部分は、本研究の限界となり、指導現場に本研究で得られた知見を還元する際には以上の点を留意する必要がある。今後の研究課題となろう。

V. まとめ

本研究では大学男子剣道部員32を対象にアンケート調査を実施し、アンケート調査の内容から打撃動作が察知しづらい選手5名(上位群)および打撃動作が察知しやすい選手5名(下位群)を被験者として抽出し、上位群および下位群の打撃動作特徴を明らかにし、その結果から相手に察知しづらいと思わせる打撃動作特徴を検討することを目的として調査を行った。以下にその結果を示す。

1. 上位群は下位群と比較して、正面打撃時間および反応時間が短い傾向を示した。動作時間については差はみられなかった。
2. LED ランプ点灯時点から打撃に至るまでの上体前傾角度および竹刀角度の変化の様相に大きな違いは見られなかったが、Z軸方向における剣状突起の位置変位については、上位群は下位群と比較して小さい傾向を示した。
3. 上位群は下位群と比較して、膝関節および股関節が屈曲位な状態で構えていた。
4. 上位群は下位群と比較して、打撃に至るまでの足関節および股関節の角度変位量が小さい傾向を示した。

本研究で得られた以上の結果は、相手に察知しづらいと思わせる動作特徴の基礎的な情報を示し、指導現場に活かせる知見となる。

文 献

- ・阿江通良(1996)日本人幼少年およびアスリートの身体部分係数. Japanese Journal of Sports Sciences. 15:155-162.
- ・恵土孝吉, 星川保(1984)剣道の防御における時間的研究. 武道学研究. 16(3): 31-39
- ・星川保(1978)剣道の打突動作・防御動作の時間的關係から見た剣道技術の特性. 武道学研究. 11: 114-115.

- ・ 木下まどか, 藤井範久(2016)テコンドーの前回し蹴り動作における素早さとは. バイオメカニズム. 23: 151-160.
- ・ Murase N, Horiuchi G, Sumi K, Horiyama K, Sakurai S (2017) Biomechanical factors to shorten the movement time of *men* striking motion in kendo. International Journal of Sport and Health Science. 15: 36-45.
- ・ 中野八十二, 坪井三郎(持田盛二 監修) (1970) 図説剣道辞典. 講談社. pp. 77-81
- ・ 中鉢秀一, 三浦望慶, 直原幹, 吉本修, 榊原潔(1987) 剣道の打撃における前方および後方への移動動作の分析. 武道学研究. 19(3):28-34.
- ・ 大野達哉, 中村充, 中野雅貴, 広瀬伸良(2014) 剣道の正面打撃動作に関する研究—腰の移動に着目して—. 武道学研究. 47(2):85-101.
- ・ Yu B, Gabriel D, Noble L, An KN (1999) Estimate of the optimum cutoff frequency for the Butterworth Low-Pass Digital Filter. Journal of Applied Biomechanics. 15: 318-329.
- ・ 横山直也, 百鬼史訓, 久保哲也, 川上有光(2001) 剣道における正面打撃動作の標準的3次元動作モデルの構築. 武道学研究. 33(3):39-50