

研究報告

八段剣道競技者の面打撃動作のキネマティクスの研究

村瀬 直樹・堀山 健治・桜井 伸二

Kinematic Analysis of *Men* Striking Motions in 8 *Dan* Kendo Player

Naoki MURASE, Kenji HORIYAMA, Shinji SAKURAI

I 緒言

剣道修業は、競技力向上、または段位取得を基本としたより良い剣道を目指すものである。現在、剣道の昇段審査は、初段から八段まで行われている。その中でも最も難関とされる八段審査を合格(2017年度受験者4675人、合格者42人:合格率0.9%)することは、剣道を生涯続けていく中で誰もが最終的な目標とし憧れとしている。八段審査は、実技と形の2種類の審査が行われている。中でも実技審査は、一次審査に引き続き二次審査を行うものとし、一次審査で合格判定を受けた者が、二次審査の受審が可能となるように規定されている¹²⁾。実技審査は指定された時間で相手と対峙し、試合形式に近い形で行われる。しかし、実技審査は試合のようにただ有効打突の多さを競うものではなく、無駄打ちをなくし、限られた時間の中での数少ない打突の機会において、構えや打突の際に美しい姿勢が求められる。全日本剣道連盟¹²⁾は、八段付与基準を「剣道の奥義に通暁、成熟し、技倆円熟なる者」と定めている。このように、八段を取得した剣道競技者は、構えから打撃までの一連の打撃動作に関する技量の高いことが予想される。

剣道の打撃動作を対象とした研究においては、熟練者と未熟練者との動作の比較や、打撃

動作の速さに影響を及ぼす要因の検討などなされてきた²⁾³⁾⁵⁾。しかしながら、これらの研究の対象とされてきた多くは、大学生や30歳未満の比較的若手の剣道競技者であった。剣道における段位の受審資格には、現時点の段位受有後に全日本剣道連盟が定める年数を空けること、あるいは年数を空けることと併せて年齢の制限がある。例えば、五段の受審資格は、「四段受有後4年以上修業した者」、八段の受審資格は、「七段受有後10年以上修業し、かつ、満46歳以上の者」のように定められている¹²⁾。このように、初段から八段までの各審査には、受審資格として修業年数や年齢が決められている。つまり、これまでの研究の対象とされてきた若手剣道競技者は、ほとんどの者が三段から五段の競技者であった。

八段競技者を対象とした研究は、これまでに体力的・身体的特徴⁸⁾や、剣道中段の構えにおける体重配分に関する研究⁶⁾、3軸加速度センサを用いた剣道の技における技能評価の検討¹⁰⁾が存在するものの、打撃動作に関する研究は十分とは言えないのが現状である。

そこで本研究では、正面打撃中の八段剣道競技者におけるキネマティクスの特徴を、事例的に明らかにすることを目的とする。

II 方法

1. 被験者

八段を有する剣道競技者2名（H八段：年齢：62歳、身長：1.72m、体重70.2kg。K八段：年齢：54歳、身長：1.74m、体重、72.8kg）、および動作比較の対照群として中京大学剣道部に所属する男子学生9名（学生群：年齢：19.5 ± 1.1歳、身長：1.70 ± 0.07m、体重：69.8 ± 11.0kg、段位：四―二段）を本研究の被験者とした。

なお、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同意を得た（本研究は中京大学大学院体育学研究科倫理委員会の承認を受けた）。

2. 実験試技（図1上段）

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.⁵⁾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36点に反射マーカー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の距離から最大努力で打撃（面もしくは小手）を行わせるものとした。

3. 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（図1上段）。

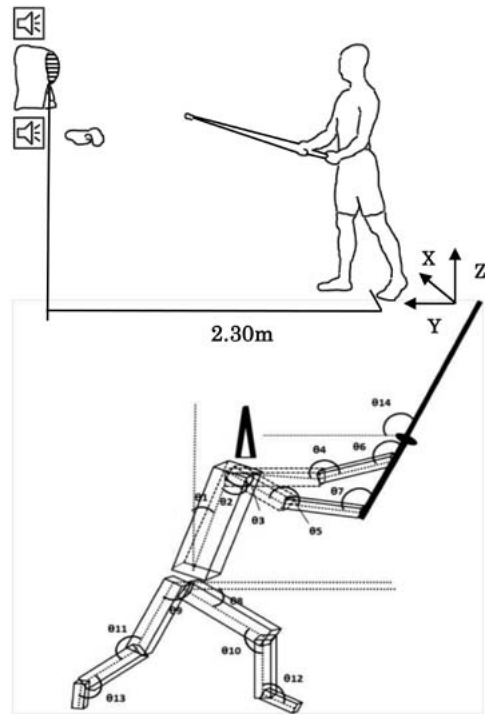
4. データ収集

打撃動作の撮影は光学式三次元動作分析装置（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。

5. データ処理

（1）分析試技・範囲

本研究における分析対象試技は、各被験者に



01:上体前傾角度 02,3:肩関節角度 04,5:肘関節角度
06,7:手関節角度 08,9:股関節角度
010,11:膝関節角度 012,13:足関節角度 014:竹刀角度

図1 実験環境および座標定義（上段）と、身体各部の関節角度および竹刀角度の定義（下段）

において有効試技の中から後述する正面打撃時間が最も短いものとした。打撃動作の分析範囲は、LEDランプが点灯してから打撃の瞬間までとした。なお、打撃の瞬間は、後述する竹刀角速度が負の値になる1コマ前（1/250秒前）とした。

（2）平滑化

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（14.6–27.1Hz）はYu et al.¹¹⁾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。

6. 算出項目

（1）身体重心位置、身体重心の上下動・速度
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部位に身体を剛体リンクモデル化し、Y・Z平面における身体重心位置を算出した¹⁾。また、本研究では、LEDランプ点灯時点のZ軸方向における身体重心位置と、打撃動作中のZ軸方向における身体重心位置の最低値との差分を、身体重心の上下動として扱った。加えて、Y・Z平面における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の速度を算出した。

(2) 動作中の身体各部の関節角度 (図 1 下段、 $\theta 1 - \theta 13$)

Murase et al.⁵⁾と同様な方法を用いて、動作中のY・Z平面における上体前傾角度、左右の肩・肘・手・股・膝・足関節角度を算出した。

(3) 竹刀角度・角速度

竹刀の鐔元からY軸方向に引いた線分と、竹刀とのなすY・Z平面における角度を竹刀角度とした(図2下段、 $\theta 14$)。竹刀角度を時間で数値微分することで、竹刀角速度を算出した。

(4) 正面打撃時間、反応時間、動作時間

LEDランプ点灯から、打撃に至るまでの時間を正面打撃時間とした。反応時間はLEDランプ点灯から身体重心の速度が0.10m/s以上に達するまでの時間とした。動作時間は身体重心の速度が0.10m/s以上に達した時点から打撃に至るまでの時間とした。

7. データの規格化

学生群の被験者が、動作開始から打撃時までに要した時間を100%としてそれぞれデータを規格化し、1%ごとに平均した。また、八段競技者2名の動作開始から打撃時までに要した時

間(H八段:1.02s, K八段:0.96s)も、100%としてそれぞれデータを規格化した。

III 結果

1. 正面打撃時間、反応時間、動作時間、竹刀振り上げ角度、竹刀振り下ろし最大角速度、および身体重心の上下動の比較

正面打撃時間、反応時間、動作時間、竹刀振り上げ角度、竹刀振り下ろし最大角速度、および身体重心の上下動について、学生群における平均値および標準偏差と、八段競技者2名それぞれの値を表1に示した。正面打撃時間について、H八段は学生群の平均値と比較すると、0.07秒長い傾向を示す値となり、K八段と学生群の平均値を比較すると、その違いは0.01秒と、学生群は僅かに短い傾向を示す値であった。反応時間について、H八段は学生群の平均値と比較すると、0.08秒長い傾向を示す値となり、K八段と学生群の平均値と比較すると、その違いは0.01秒と、学生群は僅かに短い傾向を示す値となった。動作時間については、八段競技者2名のそれぞれの値と学生群の平均値との間に差がない傾向にあった。竹刀振り上げ角度については、学生群と比較して八段競技者2名の方がいずれも僅かに低値(振り上げが大きい)を示す傾向であった。竹刀振り下ろし最大角速度については、学生群と比較して、H八段は低値を示す傾向にあり、それに対してK八段は高値を示す傾向であった。正面打撃時間、反応時間、動作時間、竹刀振り上げ角度、および竹刀振り下

表1 正面打撃時間、反応時間、動作時間竹刀振り上げ角度、竹刀振り下ろし最大角速度、および身体重心の上下動

	学生群	H 八段	K 八段
正面打撃時間 (s)	0.95 ± 0.15	1.02	0.96
反応時間 (s)	0.28 ± 0.08	0.36	0.29
動作時間 (s)	0.66 ± 0.11	0.66	0.66
竹刀振り上げ角度 (deg)	90.5 ± 18.0	89.8	85.3
竹刀振り下ろし最大角速度 (deg/s)	1036.6 ± 183.4	968.7	1068.0
身体重心の上下動 (m)	0.112 ± 0.022	0.042	0.094

ろし最大角速度の八段競技者2名それぞれの値は、いずれも学生群の平均値±標準偏差の範囲内であった。

身体重心の上下動については、学生群と比較して八段競技者2名とも低値な傾向を示し、学生群の平均値±標準偏差の範囲より小さい値を示す傾向であった。

2. 竹刀角度および上体前傾角度

図2に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と上体前傾角度の時系列変化を、学生群9名の平均値および八段競技者2名の値について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おいて、学生群と八段競技者2名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。

3. 左右の肩・肘・手関節角度

図3にLEDランプ点灯の時点から打撃に至るまでの左右それぞれの肩・肘・手関節角度の時系列変化を、学生群9名の平均値および八段競技者2名の値についてそれぞれ規格化時間で示した。左右の肩関節とも、学生群と八段競技者2名それぞれの角度の推移は類似している傾向を示した。

肘関節について、右肘関節角度の値の推移は、学生群と八段競技者2名とは大きく異なる傾向を示していた。学生群はLEDランプ点灯時点(0%時)において、右肘関節角度は約130度を示し、65%時付近まで伸展方向へ緩やかに推移し、80%時付近にかけて屈曲方向へ推移し、その後100%時にかけて再び伸展方向へ急激に推移していた。一方、八段競技者2名は、LEDランプ点灯時点(0%時)において約115度と、学生群と比較すると低値な傾向を示し、その後H八段は50%時付近から伸展方向へ推移し、K八段は60%時付近から伸展方向への推移を示した。八段競技者2名とも70%時付近から90%時付近まで屈曲方向へ推移し、その後100%時にかけて再び伸展方向へ推移していた。一方、左

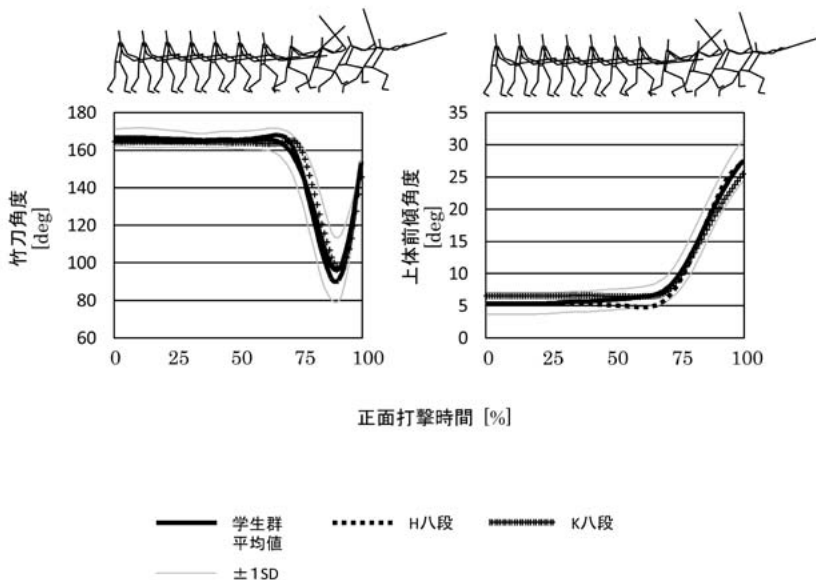


図2 竹刀角度および上体前傾角度の時系列変化

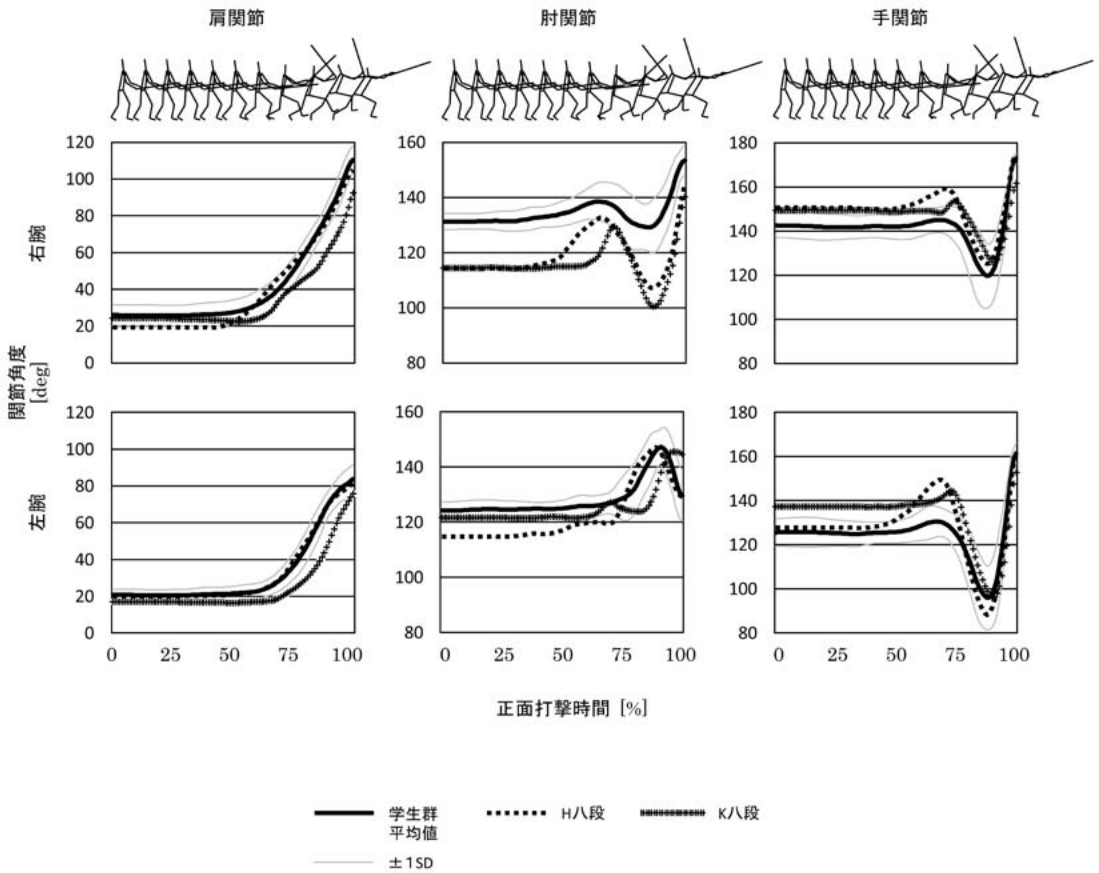


図3 左右の肩・肘・手関節角度の時系列変化

肘関節において、学生群と八段競技者2名それぞれの推移は類似している傾向を示した。

手関節について、左右それぞれの角度の推移は学生群と八段競技者2名とで概ね同様な傾向を示していた。左右で比較すると角度変化のタイミングも左右で同期されている傾向であった。また、左手関節の方が屈曲方向へ推移が大きい傾向を示していた。

4. 左右の股・膝・足関節角度

図4にLEDランプ点灯の時点から打撃に至るまでの左右それぞれの股・膝・足関節角度の時系列変化を、学生群9名の平均値および八段競技者2名の値についてそれぞれ規格化時間で示した。左右の股関節とも、学生群と八段競技者2名それぞれの角度の推移は類似している傾向

を示した。

膝関節については、左右それぞれの角度の推移が、学生群と八段競技者2名それぞれで異なる傾向を示す局面がみられた。右膝関節について、0%時から60%時付近までの角度の推移は、学生群および八段競技者2名それぞれで大きな違いはみられないが、60%時付近から100%時付近にかけては、それぞれ異なる推移を示し、学生群の平均値の標準偏差も大きい傾向を示していた。左膝関節については、学生群、H八段とK八段のそれぞれの0%時における角度の値に大きな違いがみられ、H八段は0%時から100%時にかけて角度の変化が少なく一定の推移を示していた。一方、学生群とK八段は、0%時における角度の値に違いはみられるものの、その後

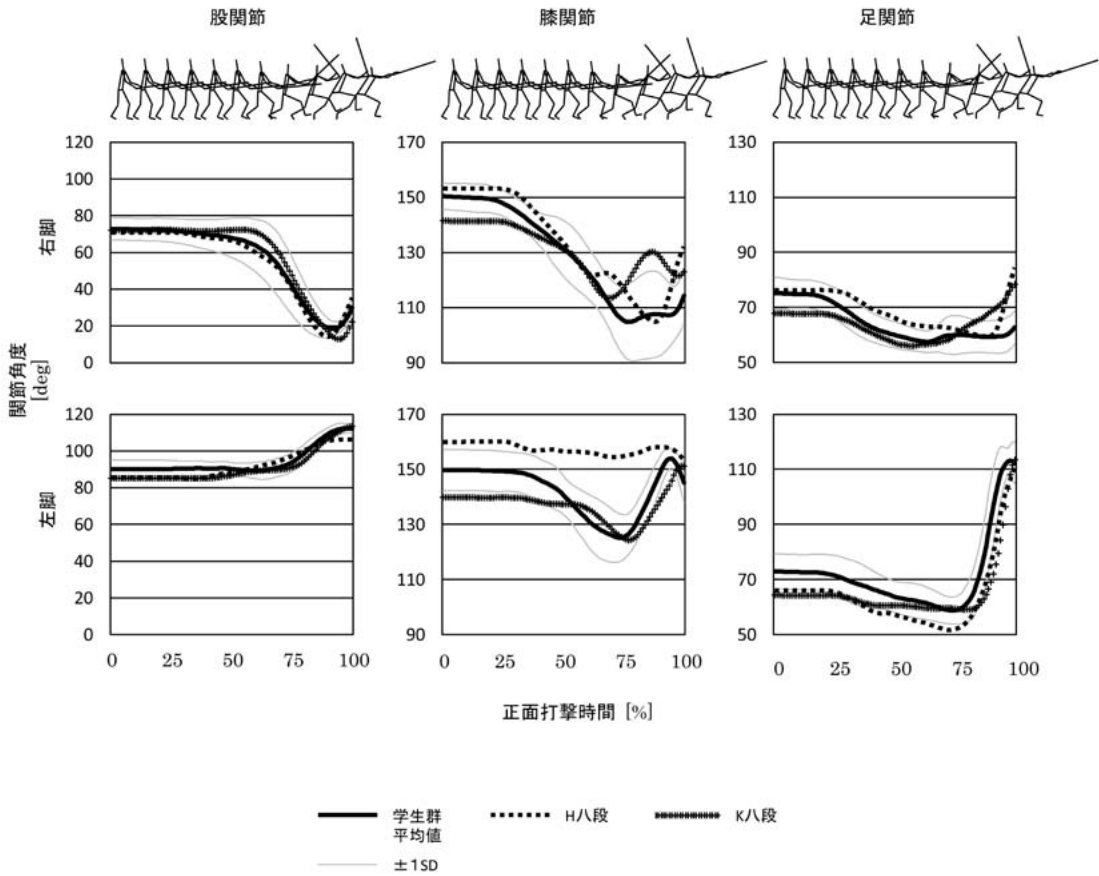


図4 左右の股・膝・足関節角度の時系列変化

の推移は類似している傾向を示した。

足関節について、左足関節の角度の推移は、学生群および八段競技者2名それぞれで大きな違いはみられず、類似している傾向を示した。一方、右足関節については、25%時付近から屈曲方向へ緩やかに推移し、学生群は60%時付近から100%時付近にかけて角度の変化が小さい傾向を示していたが、八段競技者2名はそれぞれ、100%時に至るまで伸展方向へ推移する傾向を示した。

IV 考察

1. 正面打撃時間、反応時間、動作時間、竹刀振り上げ角度、竹刀振り下ろし最大角速度、および身体重心の上下動について

正面打撃時間と反応時間について、学生群の平均値と比較して、八段競技者2名それぞれの値は長い傾向を示す値となったが、いずれも学生群の平均値±標準偏差の範囲内であった。また、動作時間については、八段競技者2名それぞれの値は、学生群の平均値と比較すると差がない傾向を示した。一般的に年齢を重ねると共に身体能力は低下するといわれており、年齢と跳躍反応時間との関係を調べた研究によると、加齢とともに動作時間や反応時間が低下するこ

とが示されている⁷⁾。つまり剣道の打撃動作においても、年齢を重ねるごとに打撃時間は長くなることが予想される。本研究における八段競技者2名の年齢は、それぞれH八段が62歳、K八段が54歳で、学生群(19.5±1.1歳)と比較すると高齢である。しかしながら本研究の八段競技者2名それぞれの正面打撃時間は、学生群の平均値と比較すると僅かに長い傾向を示す値となったが、八段競技者2名それぞれと学生群の動作時間に差がない傾向にあることから、反応時間の遅延によって八段競技者2名の正面打撃時間は、学生群と比較して僅かに長い傾向にあったと推察される。本研究の被験者である八段競技者2名は、現在の年齢に至るまで継続的に稽古を続けてきた。見正⁴⁾は、年齢が60歳を過ぎると、基本的には動的な筋力発揮能力は著しく低下するが、日常的にトレーニングを実施することによって身体能力の低下の遅延が可能になると述べている。したがって、本研究の八段競技者2名は、長年の継続的な稽古によって、年齢を重ねるとともに低下する動作時間の低下が抑えられている可能性がある。そのため、学生群と比較して正面打撃時間に大きな差がない傾向にあったと考えられる。

竹刀の振り上げについては、学生群の平均値と比較して八段競技者2名はいずれも僅かに振り上げが大きい傾向を示した。また、竹刀の振り下ろしのスピードについては、学生群の平均値と比較してH八段は、僅かに振り下ろしのスピードが遅い傾向を示す値となり、K八段は、僅かに振り下ろしが速い傾向を示す値となった。しかしながら、これら八段競技者2名それぞれの値は、学生群の平均値の標準偏差内の値であったことから、学生群の平均値と比較して単純に差があると言い切れない。今後、八段競技者の分析数を増やして検討していく必要がある。

身体重心の上下動については、学生群の平均値と比較して八段競技者2名はいずれも上下動が小さい傾向を示した。つまり、構えから打撃に至るまでの身体の沈み込みが小さいことを意味する。剣道は相手と構え合って対峙すること

から、相手の動作の僅かな変化を察知して攻撃あるいは防御動作を行う。このことから、身体の上下動は小さい方が相手に与える視覚情報は減り、察知されづらくさせる可能性が考えられる。したがって、剣道において、身体の上下動を抑えた打ち込み動作は重要であると推察される。今後、この部分について詳細に研究していく必要がある。

2. 竹刀角度、上体前傾角度および身体各部の関節角度の推移について

本研究における学生群の平均値と八段競技者2名それぞれの竹刀角度、上体前傾角度および身体各部の関節角度の時系列変化において、推移が概ね類似している傾向を示した竹刀角度、上体前傾角度、および関節運動の変化(左右の肩関節、左肘関節、左右の手関節、左右の股関節、左右の足関節)は、剣道における面打撃動作中の一般的傾向としてとらえることができ、剣道の指導現場に活かせる情報と考えられる。一方、右肘関節および左右の膝関節角度においては、角度の値や推移が大きく異なる傾向を示していた。したがって、本研究ではこれらの部分について考察していく。

右肘関節について、0%時、つまりLEDランプが点灯した瞬間における角度は、学生群の平均値は八段競技者2名それぞれの値と比較して、大きい傾向を示す値であった。学生群は八段競技者2名と比較して肘関節をより伸展位で構えており、八段競技者2名は、より屈曲位で構えていることを示す。実際の指導現場では、肘関節は突っ張った状態で構えるのではなく、ある程度曲げた状態にして、ゆとりある構え方が良いとされている。本研究の八段競技者2名は学生群より、ゆとりある構えをしていたと言える。また、その後の角度の推移をみると、八段競技者2名はそれぞれ、学生群の平均値と比較して角度の変化が大きい傾向を示している。すなわち、八段競技者2名とも肘関節の運動を大きくし、竹刀操作をしていることが考えられる。実際に本研究の八段競技者2名はそれぞれ、学生群と比較して竹刀の振り上げが僅かに大きい傾向を示していた。この右肘関節の角度変化が

大きい動きによって、竹刀の振り上げを大きくし、肘の伸展によって竹刀の振り下ろしを行っている。八段審査では高度なレベルで「打ち切る」ことが大事であると言われている⁹⁾。実際に扱うのは竹刀であるため、相手の部位を「打つ」ことになるが、これが刀であった場合に相手を真っ二つに切れているような打ち方でなければならないとの意味で「打ち切る」という言葉が使われている。つまり、「打ち切る」打撃をするには、必然的に肘の屈曲伸展の動きを大きくして竹刀操作をする必要がある。本研究における八段競技者2名はそれぞれ、長年の継続的な稽古で「打ち切る」打撃を習得するために、このような肘関節の動作に変化していった可能性が考えられる。

右膝関節について、60%時付近まで、学生群の平均値および八段競技者2名それぞれの角度の推移は、屈曲方向を示しており、その値に大きな違いがみられない。ところが、60%時付近から100%時にかけて、学生群の平均値は標準偏差が急激に大きくなり、また八段競技者2名それぞれの推移も異なる傾向を示していた。学生群においても個人差が大きく、また八段競技者2名それぞれの推移も異なることから、右膝関節の動きについて統一された指標となる動作を示すことができない。この右膝関節の動きについては、今後さまざまな年代、もしくは技量を持った被験者を対象に研究を進め、検討していく必要がある。

左膝関節について、0%時点における学生群、H八段およびK八段のそれぞれの角度の値に大きな違いがみられた。H八段の値が最も大きい傾向を示し、これは学生群およびK八段と比較して左膝関節をより伸展位にして構えていることを意味する。次に学生群、そしてK八段の順に値が大きい傾向を示し、H八段と比較して学生群およびK八段は、左膝関節をより屈曲位にして構えていることを示す。その後の角度の推移をみてみると、H八段は100%時にかけて、角度の変化が少なく一定の推移を示す。つまり、膝関節の屈曲伸展の運動をほとんど行わず踏み切っていることを意味する。一方、学生

群およびK八段は、100%時にかけて、屈曲方向への推移と伸展方向への推移を示している。しかしながら、学生群とK八段の屈曲方向への角度変化の大きさに違いがみられ、学生群の角度変化がより大きい値を示す傾向であった。八段競技者2名それぞれの身体重心の上下動が学生群の平均値と比較して小さい傾向であったことから、左膝関節の屈曲方向への角度変化の大きさが、身体重心の上下動の大きさに深く関わっていることが考えられる。実際に、左膝関節の角度変化が最も小さいH八段は、身体重心の上下動も最も小さい値を示す傾向であった。その次にK八段の左膝関節における屈曲方向への角度変化が小さい傾向を示し、身体重心の上下動も学生群と比較して小さい値を示す傾向であった。学生群については、左膝関節における屈曲方向への角度変化が大きく、身体重心の上下動も大きい値を示す傾向であった。したがって、膝関節の屈曲をできる限り小さく抑えて踏み切ることによって身体の沈み込みを減らすことが、上述にもあるように、結果として相手に動作を察知されづらくさせる可能性が考えられる。すなわち、このような動作技術が、加齢とともに身体能力が低下していく中でも相手から有効打突を取得するための重要な技術、延いては八段合格に必要な技術になると推察される。しかしながら、察知しやすい、あるいはされづらいなどの評価は、主観的なものになるため、本研究の結果からは詳細に言及することができない。今後は、多くの八段競技者あるいはさまざまな年代や段を有する競技者を対象にアンケート調査を行い、得られた結果を基に打撃動作の分析を進め、主観的な部分を客観値として示していくことが研究課題となる。

V まとめ

本研究では、剣道八段競技者の正面打撃動作中のキネマティクスの特徴を明らかにすることを目的とした。八段競技者2名、大学剣道部員9名を被験者として、打撃目標物である面と小手にそれぞれLEDランプを装着して、被験者に、

LEDランプが点灯した方に向って2.30mの距離から最大努力で打撃を行わせ、正面打撃時間、反応時間、動作時間、身体重心の上下動、竹刀角度・角速度、身体各部の関節角度を分析した。その結果を以下に示す。

1. 八段競技者2名それぞれの正面打撃時間と反応時間は学生群と比較して、僅かに長い傾向を示したが、動作時間については差がない傾向を示した。
2. 八段競技者2名それぞれの竹刀の振り上げは学生群と比較して、僅かに大きい傾向を示し、竹刀の振り下ろしのスピードについては、K八段が最も速い傾向を示し、学生群、H八段の順に速い傾向を示した。
3. 八段競技者2名それぞれの身体重心の上下動は学生群と比較して、小さい傾向を示した。
4. LEDランプ点灯の時点から打撃に至るまでの竹刀角度、上体前傾角度、および左右の上肢3関節、下肢3関節角度について、学生群の平均値および八段競技者2名それぞれの値における時系列変化の推移が、類似している傾向を示すものもあれば、大きく異なる傾向を示すものもあった。推移が類似している傾向を示した項目は、竹刀角度、上体前傾角度、左右の肩関節、左肘関節、左右の手関節、左右の股関節、および左右の足関節角度となり、推移がそれぞれの被験者間で異なる傾向を示していたのは、右肘関節、左右の膝関節角度であった。

本研究で得られた結果は、剣道八段競技者のキネマティクスの特徴の基礎的な情報を提供するものである。

本研究は、2015年度中京大学特定研究助成(1511212)によって行われた。

VI 文 献

- 1) 阿江通良：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
Science 15：155-162, 1996
- 2) 浜口雅行, 福永哲夫, 林邦夫, 堀山健治：
剣道打撃動作時の手, 肘, 肩関節角度変化
の分析 武道学研究10 (2)：43-45, 1977
- 3) 堀山健治, 福永哲夫, 林邦夫, 浜口雅行：
剣道打撃動作時の足, 膝, 股関節の角度変
化の分析 武道学研究10 (2)：40-42, 1977
- 4) 見正富美子：高齢者における運動の重要性
京都光華女子大学短期大学部研究紀要 49：
29-33, 2011
- 5) Murase N, Hriuchi G, Sumi K, Horiyama K,
Sakurai S: Biomechanical factors to shorten
the movement time of men striking motion in
kendo. International Journal of Sport and Health
Science 15: 36-45, 2017
- 6) 百鬼史訓, 藤田紀盛, 小森園正雄, 伊藤金
得, 横山直也：剣道の中段構えにおける体
重配分に関する研究 武道学研究23: (3) 69-
76, 1991
- 7) 大西徳明：跳躍反応時間の年齢推移 労働科
学42：5-16, 1966
- 8) 小野三嗣, 丹羽昇, 柳本昭人：剣道の高
年・高段者に見られる体力的特徴について
体力科学20 (2) 89-95. 1971
- 9) 体育とスポーツ出版社：剣道時代特集一昇
段審査合格者の目的意識と稽古習慣4：48-
49, 2016
- 10) 巽申直, 岩瀬学, 渡邊由陽, 竹森重, 岡島
恒, 柴田一浩：3軸加速度センサを用いた
剣道技の技能評価の検討 成城・経済研究
195：33-46, 2012
- 11) Yu B, Gabriel D, Noble L, An K N: Estimate
of the optimum cutoff frequency for the
Butterworth Low-Pass Digital Filter. Journal of
Applied Biomechanics 15: 318-329, 1999
- 12) 全日本剣道連盟剣道：居合道・杖道 称号・
段級位審査規則・細則11, 2012