

剣道のバイオメカニクスの研究

第4報 出端小手における打太刀と仕太刀の対応動作の関係

脇田 裕久・高木 英樹

Biomechanical Study of Kendo

No. 4 The Relationship between Offence and Defense on Dehana-Kote

Hirohisa WAKITA and Hideki TAKAGI

要 旨

本研究は、打突の機会の一つである出端小手を対象として、仕太刀の動作開始時間・動作時間、右上肢関節角度、竹刀角度、竹刀先端速度を指標とし、熟練者群と未熟練者群の相違点を検討した。その結果、熟練者群は、打太刀の振り上げ動作が開始される前に動作を起こし、打撃動作が小さく、振り下ろし速度が速いため、動作時間が短縮し、打太刀の出端を的確にとらえた打撃が可能である。一方、未熟練者群は、打太刀の動作開始と同時に動作を起こし、振り上げ動作が大きく、振り下ろし速度が遅いため、動作時間が延長し、打太刀の出端をとらえることが困難になることが明らかにされた。

研究目的

古くから「先ずれば人を制し、遅るれば人に制せられる」という諺がある。剣道では、相手の機先を制して勝利を得ることを「先」と言い、極めて重要な要素である。宮本武蔵は五輪書の中で、剣道の「先」を現象面から、「懸かりの先」(先の先：相手が動作を起こさないうちに先んじて打突していくこと)、「体々の先」(相打ちの先または対の先：相手の打突が効果を上げないうちに打突していくこと)、「待の先」(後の先：相手の技を無効にして氣勢がそれた瞬間に打突していくこと)の「三つの先」にまとめている²⁾⁷⁾。

また、剣道における打突の機会は、相手の①起り頭、②技のつきたところ、③居ついたところ、④退がったところ、⑤受けたところ、⑥心に隙が生じたところなどであり⁸⁾、「三つの先」に比較してより具体的に表現されている。剣道では、こ

れらの「三つの先」や「打突の好機」を見極めて間髪を入れずに打突しなければならない。しかしながら、これまでの剣道における運動学的な研究は、これらの機会における相手との対応動作の関連から分析した報告はあまり見受けられない。

本研究は、「先の先」の機会であり、相手の正面打撃の振り上げ動作開始瞬間に小手を打撃する面出端小手に着目し、熟練者群と未熟練者群の対応動作の差異を比較・検討し、出端技の特性を明かにしようとするものである。

研究方法

被験者には、大学剣道部部員の男子学生(3～4段)5名を熟練者群、保健体育専攻の男子学生(剣道の単位修得者)5名を未熟練者群とした。

実験手順については、打太刀(面を仕掛ける側：4段の熟練者)と仕太刀(出端小手を施す側：被験者)に一足一刀の間合(約230cm)で、ともに中段の構えをとらせた。験者の合図2～5秒後、打太刀には仕太刀正面への打撃動作を開始さ

せ、仕太刀には打太刀の出端手を打撃するように指示した。なお、打太刀には熟練者群・未熟練者群ともほぼ同一の正面打撃動作を行うように指示した。出端小手の試行回数は各被検者とも10回ずつ実施させた。

筋電図は、打太刀と仕太刀の右上肢の上腕二頭筋と上腕三頭筋から表面双極導出法により記録し、①打太刀振り上げ動作開始時点（打太刀の上腕二頭筋放電開始時）、②仕太刀振り上げ動作開始時点（仕太刀の上腕二頭筋放電開始時）③仕太刀振

り下ろし動作開始時点（仕太刀の上腕三頭筋放電開始時）が観察できるようにした。また、仕太刀の竹刀には荷重計を挿入し、竹刀に加わる荷重変化から打撃時点を計測できるようにした。なお、これらの測定値から、仕太刀の動作開始時間（打太刀の上腕二頭筋放電開始時～仕太刀の上腕二頭筋放電開始までの時間）、振り上げ動作時間（仕太刀の上腕二頭筋放電開始～仕太刀の上腕三頭筋放電開始までの時間）、振り下ろし動作時間（仕太刀の上腕三頭筋放電開始～荷重計による打撃時

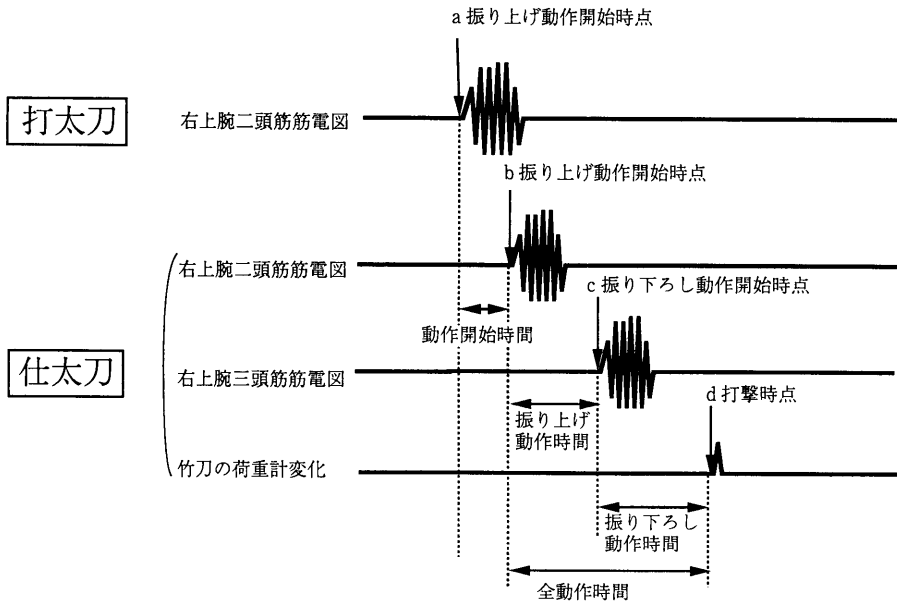


図1. 分析方法

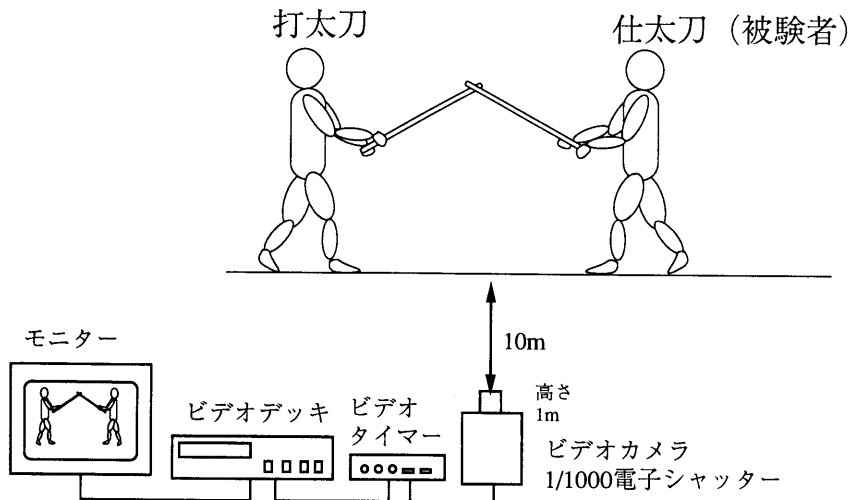


図2. 実験模式図

までの時間)を求めた(図1)。

打撃動作については、被験者の左側10m、地上高1mの位置にビデオカメラ(毎秒60コマ)を固定し、打太刀と仕太刀にマーク(頭頂・耳殻・肩関節・肘関節・手関節・中手指節・大転子・膝関節・足関節・中足指節関節)を貼付して撮影した(図2)。動作分析については、仕太刀の①振り上げ動作開始局面、②振り下ろし動作開始局面、③打撃局面における打太刀・仕太刀の右手関節角度、右肘関節角度、右肩関節角度および竹刀角度を座標から算出した(図3)。

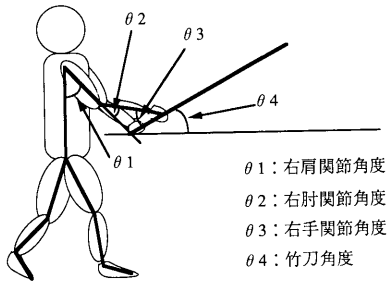


図3. 角度定義

実験結果

1. 動作開始時間と動作時間

仕太刀の動作開始時間、振り上げ動作時間・振り下ろし動作時間および全動作時間については、全試行について統計処理した(図4)。仕太刀の動作開始時間は、熟練者群が44 msec前、未熟練者群が2 msec前と熟練者群に比較して未熟練者群が42 msec遅延した動作開始であり、両群間に1%水準で有意な差が認められた。

仕太刀の振り上げ動作時間は、熟練者群が176 msec、未熟練者群が210 msecと熟練者群に比較して未熟練者群が34 msec延長し、両群間に1%水準で有意な差が認められた。仕太刀の振り下ろし動作時間は、熟練者群が187 msec、未熟練者群が183 msecであり、両群間に有意な差は認められなかった。仕太刀の全動作時間は、熟練者群が354 msec、未熟練者群が386 msecと熟練者群に比較して未熟練者群が32 msec延長し、両群間に5%水準で有意な差が認められた。

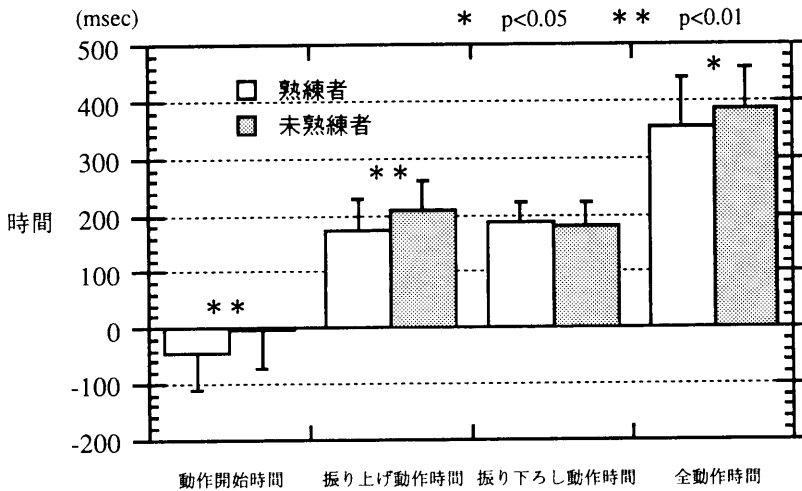


図4. 仕太刀の対応動作時間

表1 打太刀の上腕二頭筋筋放電開始時間を基準とした仕太刀の動作開始時間および動作時間(単位は msec)

	動作開始時間	振り上げ動作時間	振り下ろし動作時間	全動作時間
熟練者群	-44 ± 67**	176 ± 56**	187 ± 35	354 ± 89*
未熟練者群	-2 ± 72	210 ± 53	183 ± 41	386 ± 75

平均値 ± 標準偏差 **P < 0.01 *P < 0.05

表2 仕太刀振り上げ動作開始局面、振り下ろし動作開始局面、打撃局面における仕太刀の右上肢関節角度および竹刀角度 (単位は度)

	右手関節角度	右肘関節角度	右肩関節角度	竹刀角度
振り上げ開始局面				
熟練者群	41.3± 8.9	37.1±15.5	32.0± 5.4**	19.7± 2.6**
未熟練者群	43.5± 7.4	18.6± 6.0	44.0± 4.5	12.4± 2.7
振り下ろし開始局面				
熟練者群	71.5±12.1	45.3±19.9	52.3± 8.2	65.5± 6.9
未熟練者群	67.0±22.4	50.0± 7.4	54.0±10.5	77.7±15.4
打撃局面				
熟練者群	24.1±13.5*	29.4±48.2	91.0±11.2	12.3± 5.7***
未熟練者群	56.4±24.3	16.7± 7.7	78.0± 6.3	35.0± 5.4

平均値±標準偏差 ***P<0.001 **P<0.01 *P<0.05

表3 仕太刀竹刀振り上げ動作開始局面、振り下ろし動作開始局面、打撃局面における仕太刀の右上肢関節角度および竹刀角度 (単位は度)

	右手関節角度	右肘関節角度	右肩関節角度	竹刀角度
振り上げ開始局面				
熟練者群	45.6± 3.6	30.2± 7.4	26.4± 3.2	19.6± 2.7*
未熟練者群	42.2± 1.5	38.6± 4.1	30.3±8.4	29.2± 6.0
振り下ろし開始局面				
熟練者群	48.4± 2.5	38.3± 5.9	39.8±13.1**	41.0± 8.6**
未熟練者群	51.5± 5.8	26.5±14.6	83.9±17.5	68.3± 7.6
打撃局面				
熟練者群	42.7±10.1*	27.9±20.3	80.7±12.4**	56.4±11.6*
未熟練者群	20.9±10.8	4.6± 2.5	108.8± 9.8	35.5±11.1

平均値±標準偏差 **P<0.01 *P<0.05

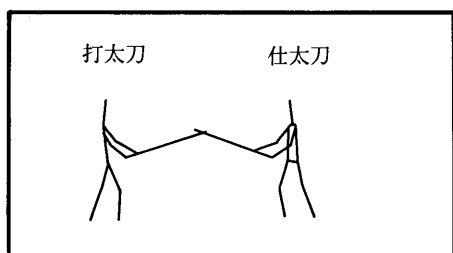


図5-A. 振り上げ動作開始局面における熟練者群の対応動作

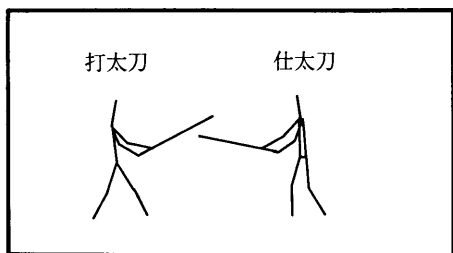


図5-B. 振り上げ動作開始局面における未熟練者群の対応動作

2. 動作分析

動作分析については、各被験者の最も運動成果が良いと思われる1試行を抽出し、仕太刀振り上げ動作開始局面、振り下ろし動作開始局面、打撃局面における仕太刀および打太刀の右上肢関節角度・竹刀角度について統計処理した(表2・表3)。

① 仕太刀振り上げ動作開始局面

仕太刀振り上げ動作開始局面における仕太刀の関節角度は、熟練者群の右肩関節角度が32.0度、未熟練者群44.0度であり、熟練者群に比較して未熟練者群が大きく、両群間に1%水準で有意な差が認められた。仕太刀の竹刀角度は、熟練者群が19.7度、未熟練者群が12.4度と、熟練者群に比較して未熟練者群が小さく、両群間に1%水準で有意な差が認められた。また、ステックピクチャーによる仕太刀の動作は、熟練者群に比較して未熟練者群が、腕を前に出し水平に近い状態で構えをとる傾向にあった(図5-A・B)。

一方、打太刀の関節角度は、熟練者群と未熟練者群との間にいずれも有意な差が認められなかった。打太刀の竹刀角度は、熟練者群では19.6度、未熟練者群では29.2度であり、熟練者群に比較して未熟練者群における打太刀の角度が大きく、両群間に5%水準で有意な差が認められた。ステックピクチャーによると、熟練者群における打太刀の動作は振りあげ動作が出現しておらず、未熟練者群では振り上げ動作開始直後であった(図5-A・B)。

② 仕太刀振り下ろし動作開始局面

仕太刀振り下ろし動作開始局面における仕太刀の動作は、各関節及び竹刀角度とも熟練者群と未熟練者群との間に有意な差は認められなかった。スティックピクチャーによる仕太刀の動作は、熟練者群が竹刀を小さく振り上げているのに対し、未熟練者群は竹刀を大きく振り上げる傾向にあった(図6-A・B)。

一方、打太刀の右肩関節角度は、熟練者群では

39.8度、未熟練者群では83.9度、打太刀の竹刀角度はそれぞれ41.0度、68.3度であり、熟練者群に比較して未熟練者群における打太刀の角度が大きく、両群間にそれぞれ1%水準で有意な差が認められた。ステックピクチャーによると、熟練者群における打太刀の動作は振り上げ動作開始直後であり、未熟練者群では振り下ろし動作直前の状態であった(図6-A・B)。

③ 仕太刀打撃局面

仕太刀打撃局面における仕太刀の関節角度は、熟練者群の右手関節角度が24.1度、未熟練者群が56.4度、竹刀角度はそれぞれ12.3度・35.0度であり、熟練者群に比較して未熟練者群がいずれの角度も大きく、両群間にそれぞれ5%と0.1%水準で有意な差が認められた。ステックピクチャーによる仕太刀の動作は、熟練者群は竹刀をほぼ水平な状態で打撃し、未熟練者群では竹刀角度が大きくなる傾向にあった(図7-A・B)。

一方、打太刀の右手関節角度は、熟練者群では42.7度、未熟練者群では20.9度、竹刀角度はそれぞれ56.4度・35.5度であり、熟練者群に比較して

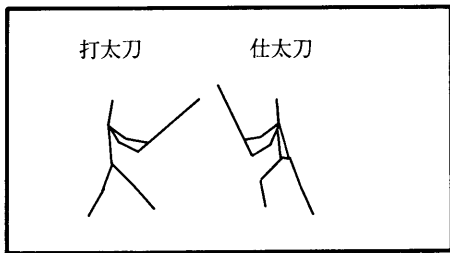


図6-A. 振り下ろし動作開始局面における熟練者群の対応動作

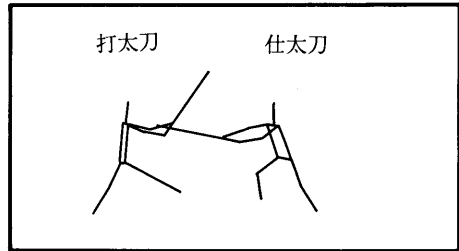


図7-A. 打撃局面における熟練者群の対応動作

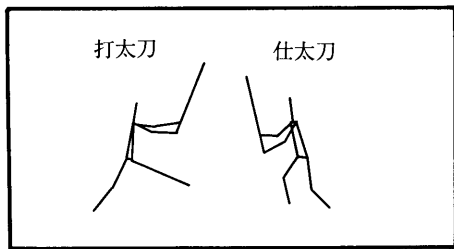


図6-B. 振り下ろし動作開始局面における未熟練者群の対応動作

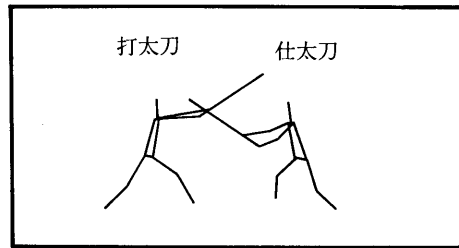


図7-B. 打撃局面における未熟練者群の対応動作

表4 仕太刀の竹刀先端速度 (単位は m/sec)

	振り上げ平均速度	振り上げ最大速度	振り下ろし平均速度	振り下ろし最大速度
熟練者群	4.6±0.94	6.9±1.25	13.5±2.97*	16.0±0.94***
未熟練者群	5.8±1.57	9.2±2.40	8.0±1.73	9.3±1.27

平均値±標準偏差 ***P<0.001 *P<0.05

未熟練者群における打太刀の両角度が小さく、両群間にそれぞれ5%水準で有意な差が認められた。打太刀の右肩関節角度は、熟練者群では80.7度、未熟練者群では108.8度であり、熟練者群に比較して未熟練者群における打太刀の角度が大きく、両群間に1%水準で有意な差が認められた。ステックピクチャーによると、熟練者群における打太刀の動作は振り上げ動作中であり、未熟練者群では振り下ろし動作中であつた(図7-A・B)。

3. 竹刀先端速度

仕太刀の竹刀先端速度変化の熟練者(subj. Oka.)と未熟練者(subj. Sai.)の代表例を図8に

示した。熟練者と未熟練者の速度変化曲線は、両者とも振り上げ動作と振り下ろし動作による二峰性の速度変化を示した。

振り上げ動作と振り下ろし動作における竹刀先端の平均速度および最大速度については、動作分析と同一方法で統計処理した(図9)。仕太刀の振り上げ動作における竹刀先端の平均速度は、熟練者群が4.6 m/sec、未熟練者群が5.8 m/sec、最大速度はそれぞれ6.9 m/sec、9.2 m/secであり、熟練者群に比較して未熟練者群が両速度とも速くなったが、両群間に有意な差はみられなかった。

一方、仕太刀の振り下ろし動作における竹刀先

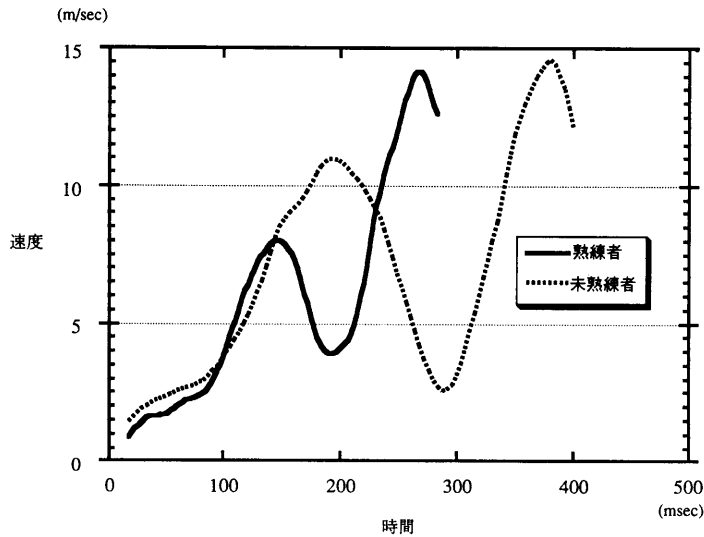


図8. 竹刀先端の速度変化

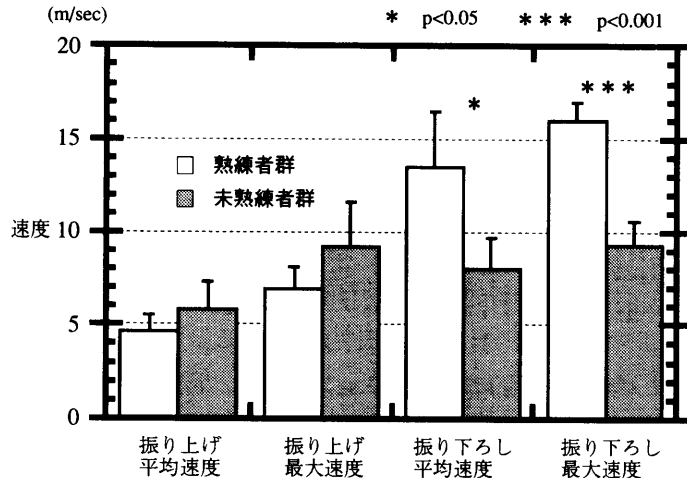


図9. 仕太刀の竹刀先端速度

端の平均速度は、熟練者群が 13.5 m/sec、未熟練者群が 8.0 m/sec、最大速度はそれぞれ 16.0 m/sec、9.3 m/sec であり、熟練者群に比較して未熟練者群が両速度とも遅く、両群間にそれぞれ 5%水準と 0.1%水準の有意な差が認められた。

論 議

古来より、剣道では「一眼・二足・三胆・四力」といわれるように、目付けは第一番目に挙げられる重要な項目である⁷⁾。また、宮本武蔵は、「五輪書」の中で「観の目強く、見の目弱く」と述べ、相手を観察することの重要性を指摘している⁷⁾。このように剣道では、相手の①起こり頭、②技のつきたところ、③居ついたところ、④退がったところ、⑤受けたところ、⑥心に隙が生じたところなどをよく観察し⁸⁾、これらの機会を的確に打突することが必要である。しかしながら、剣道の打突動作に関する研究は、基本動作を対象としたものが多く、対応動作を取り上げた研究は数少ない³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾。本研究は、これらの打突の機会の一つである出端技を対象として熟練者群と未熟練者群の差異について検討した。

出端小手に関する実際的な対応動作に関する報告は、これまでに見受けられないが、田辺⁴⁾らは相手の打突に対して「起こり」・「受け」について時間的な検討を行っている。この報告によると、熟練者は相手の準備局面から相手の動作を見越した反応であり、未熟練者では見越し反応をせず実際に動作が開始されてから反応している傾向が認められたと報告している。

本研究における熟練者の仕太刀動作開始は、打太刀の上腕二頭筋筋放電開始 44 msec 前、未熟練者群では 2 msec 前であり、熟練者群が有意に早い動作開始を示し、先の報告と一致した結果を示した。また、仕太刀の動作開始局面における打太刀の動作は、熟練者群では振り上げ動作が開始していなかったが、未熟練者群では振り上げ動作がすでに開始していた。以上のことから、熟練者群における出端技の動作開始は、打太刀の振り上げ動作の開始前の微細な動作に反応して動作開始できるが、未熟練者群では打太刀の振り上げ動作開始を契機として動作を起こすものと考えられる。

打突時間について、熟練者では面が 0.25 秒、小手が 0.22 秒、未熟練者ではそれぞれ 0.31 秒、0.24 秒であり、小手が最も早く、熟練者群が未熟練者群に比較して早いことが報告されている⁵⁾。本研

究の出端技における打撃時間は、熟練者群が 354 msec、未熟練者群が 386 msec と先の報告に比較してやや遅い結果を示した。これは、本実験の動作時間が仕太刀の上腕二頭筋筋放電開始から打撃までの時間を計測したことによるものと考えられる。

本研究では、この打撃時間をさらに振り上げ動作時間と振り下ろし動作時間に分離して検討を加えた。仕太刀振り上げ動作時間については、熟練者群が 176 msec、未熟練者群が 210 msec であり、熟練者群の振り上げ動作時間が未熟練者に比較して有意に短縮した。仕太刀の振り下ろし動作開始局面における仕太刀の各関節角度及び竹刀角度には、熟練者群と未熟練者群の間に有意な差は認められなかったものの、熟練者群に比較して未熟練者群の竹刀角度がやや大きい傾向にあった。このことから、未熟練者群の振り上げ動作時間の延長は、未熟練者群の振り上げ動作の増大に起因するものと考えられる。また、この局面における打太刀の動作は、熟練者群に比較して未熟練者群では右肩関節角度と竹刀角度が有意に増大し、打太刀の振り上げ動作が大きい。これは、未熟練者群の動作開始の遅延に加えて、振り上げ動作の増大にともなう動作時間の延長により、打太刀の振り上げ動作が進行するためと考えられる。

仕太刀振り下ろし動作時間は、熟練者群が 187 msec、未熟練者群が 183 msec であり、両群間に有意な差は認められなかった。これについては、仕太刀振り下ろし動作開始局面と打撃局面の竹刀位置が、熟練者群では両局面とも低く、未熟練者群ではともに高いことから、両者の振り下ろし動作時間に有意な差が認められなかったものと考えられる。また、打撃局面における打太刀の動作は、熟練者群に比較して未熟練者群では打太刀の右手関節角度・竹刀角度が有意に小さく、右肩関節角度が有意に大きかった。これらのことから、熟練者群が打太刀の振り上げ動作中、未熟練者群が振り下ろし動作中に打撃していると考えられる。従って、熟練者群は振り上げ動作中の出端の機会を正確にとらえて打撃しており、未熟練者群は振り下ろし動作中の出端技としては遅れた機会に打撃しているといえる。

打撃動作の研究については、青山¹⁾が振り下ろしに際し、未熟練者群は手角度の変化は少なく、肘角度の変化は大きくなり、肘の伸展を用いた腕力で打突部位を押しつけるような振り下ろし動作

であり、熟練者群は手を中心とした挺子作用を主とした振り下ろし動作を行っていると報告している。本研究における仕太刀打撃局面の動作は、熟練者群の右手関節角度と竹刀角度が未熟練者群に比較して有意に小さかった。つまり、熟練者群は未熟練者群に比較して、右手関節を尺屈し竹刀をほぼ水平な状態で打撃しており、青山の報告と一致した結果を得た。また、竹刀先端の振り上げ速度は、熟練者群と未熟練者群の間に有意な差が認められなかったが、振り下ろし速度については平均速度・最大速度とも熟練者群が有意に速い結果を示した。このことから熟練者群は、手関節の尺屈による小さなモーションから加速できる効率のよい素早い振り下ろし動作を行っていると考えられる。

以上の結果から、熟練者群の出端小手は、打太刀の振り上げ動作が開始される前に動作を開始し、打撃動作が小さく、振り下ろし速度が速いため、動作時間が短縮し、打太刀の出端を的確にとらえた打撃が可能であると考えられる。一方、未熟練者群では、打太刀の振り上げ動作が開始と同時に動作を起こし、振り上げ動作が大きく、振り下ろし速度が遅いため動作時間が延長し、打太刀の出端をとらえることが困難になるものと考えられる。

要 約

本研究は、打突の機会の一つである出端小手を対象として、仕太刀の動作開始時間・動作時間、右上肢関節角度・竹刀角度、竹刀先端速度を指標とし、熟練者群と未熟練者群の相違点を検討し、次のような結果を得た。

- 1) 仕太刀の動作開始時間、振り上げ動作時間、全動作時間は、熟練者群に比較して未熟練者群が有意に延長した。
- 2) 仕太刀振り上げ動作開始局面における仕太刀の右肩関節角度は、熟練者群に比較して未熟練者群が有意に大きく、竹刀角度は有意に小さかった。打太刀の竹刀角度は、熟練者群に比較して未熟練者群では有意に大きかった。

3) 仕太刀振り下ろし動作開始局面における仕太刀の右上肢関節角度と竹刀角度は、両群間に有意な差が認められなかった。打太刀の右肩関節角度と竹刀角度は、熟練者群に比較して未熟練者群では有意に大きかった。

4) 仕太刀打撃局面における仕太刀の右手関節角度と竹刀角度は、熟練者群に比較して未熟練者群が有意に大きかった。打太刀の右手関節角度と竹刀角度は、熟練者群に比較して未熟練者群では有意に小さく、右肩関節角度は熟練者群に比較して未熟練者群では有意に大きかった。

5) 仕太刀の竹刀先端の振り下ろし平均速度および最大速度は、熟練者群に比較して未熟練者群が有意に小さかった。

本研究は、三重大学教育学部保健体育専攻生の岡田興昌君、国枝孝君に多大の協力を得たものである。ここに記して深謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 青山憲好「剣道競技の打突動作分析的考察」山形大学大学紀要(教育科学)、4巻、第3号：35-46、1968.
- 2) 井上正孝「剣道講話 正眼の文化」、講談社、1981、pp. 102-105.
- 3) 恵土孝吉・渡辺 香「剣道の防御に関する研究」日本体育学会第30回記念大会号、507、1979.
- 4) 田辺 実・恵土孝吉・大崎雄介・井上哲朗「剣道の防御に関する研究 一起こり・受けのタイミング」日本体育学会第39大会号、593、1988.
- 5) 星川 保「剣道に関する科学的研究」浅見俊雄・宮下充正・渡辺融(編)、現代体育・スポーツ大系第22巻、講談社、1984、p. 26.
- 6) 星川 保「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巻第2号、114-115、1978.
- 7) 三橋秀三「剣道」、大修館書店、1972、pp. 225-230、287-292.
- 8) 湯野正憲、岡村忠典「剣道教室」、大修館書店、1979、pp. 116-117.