

剣道における踏み込み動作に関する研究

金子敬二* 共著
今福一寿**

1. 緒言

剣道の熟練者は、状況に応じていくつかの踏み込み動作を使い分ける。今回は、広く用いられる一般的な踏み込み動作以外に、熟練者がよくみせる踏み込み動作の一つを採り上げ、その特徴を検討する。

図1は、剣道で広く用いられている一般的な踏み込み動作（上段）と、剣道の熟練者が一般的な踏み込み動作以外によく用いる踏み込み動作（下段）を並べて示したものである。上段の一般的な踏み込み動作では、構えの姿勢（姿勢1）から右足を送りながら体を沈め（姿

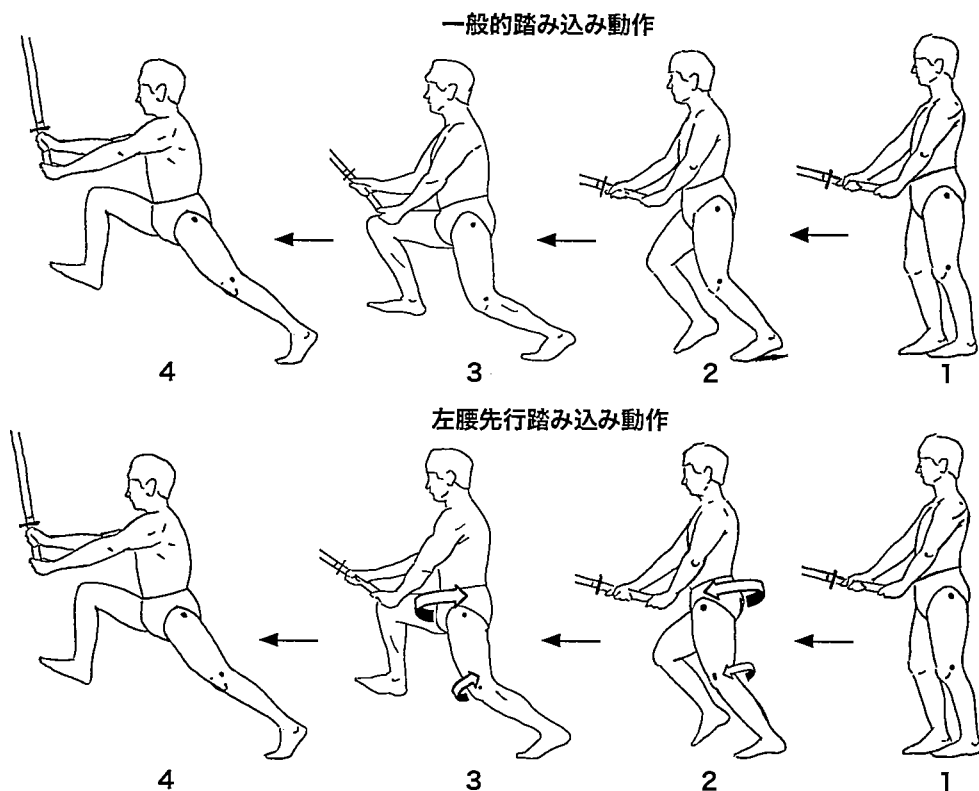


図1 踏み込み動作の比較説明図

勢2) 打突の準備体勢をつくり(姿勢3)、打突へと展開する(姿勢4)。熟練者も含め広く用いられている基本的かつ一般的な踏み込み動作である。以後、これを「一般的踏み込み動作」と呼ぶ。

下段は、熟練者がよくみせる踏み込み動作を示したもので、今回検討対象としたものである。この踏み込み動作では、構えから踏み込みに入る時に、まず左腰を前方に送るように腰を回転させる、いわゆる「左腰を入れた」体勢をつくる(姿勢2)。さらに体を沈めながら今度は左腰に回転軸を移し、右腰を前方に送るように、先ほどとは反対方向に腰を回転させる(姿勢3)。そしてそのまま打突へとつなぐ(姿勢4)。踏み込みの前半において左腰を入れ、すかさず右腰を前方に送る。腰の回転の切り返しを一連の動きとして意識的に行うのがこの踏み込み動作の特徴であり、一般的踏み込み動作と大きく異なる点である。左腰の運動が先行することから、以後、この踏み込み動作を「左腰先行踏み込み動作」と呼ぶ。

剣道熟練者は、状況に応じ一般的踏み込み動作と左腰先行踏み込み動作を巧みに使い分けている。それでは左腰先行踏み込み動作は、一般的な踏み込み動作とどのような違いがあるのだろうか。本研究は、左腰先行踏み込み動作と一般的な踏み込み動作を、力学および運動学的パラメータから比較することによって、左腰先行踏み込み動作の特徴を明らかにすることを目的とした。

2. 研究方法

2.1 被験者および実験条件

被験者は、一般的踏み込み動作はもちろん、左腰先行踏み込み動作にも熟練した男性剣道高段者1名(年齢50歳、身長172cm、体重70kg、段位7段)である。実験では一足一刀の間合いからの面打ちを想定し、数回の練習の後、一般的踏み込み動作からの打突を4本、

左腰先行踏み込み動作からの打突を3本、計7本の打突を行わせた。

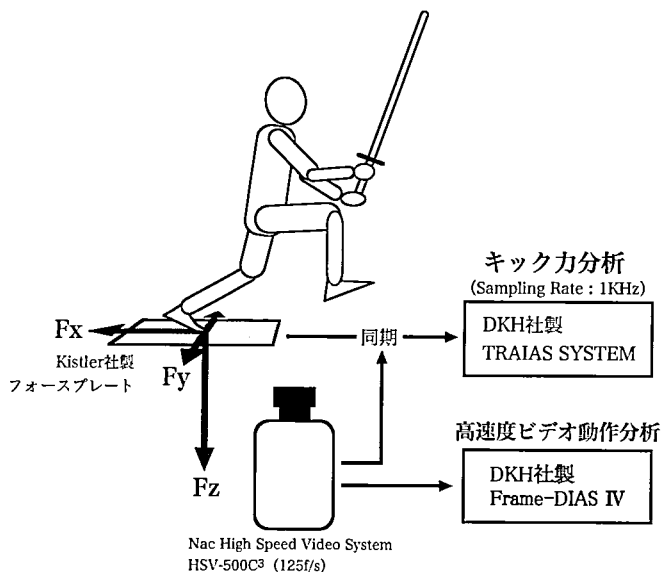


図2 実験概要

2.2 踏み込み時のキック力の分析

図2は力学的データおよび運動学的データ収集のための実験概要を示したものである。

踏み込み時のキック力を測定するために、被験者には床に埋設したフォースプレート(Kistler社製)上で構えの姿勢をとらせ、実験者の合図の後、その場か

らの踏み込み、打突を行わせた。フォースプレートを通して、構えから打突に至るまでのキック力を、後方成分 F_x 、左右方向成分 F_y 、垂直方向成分 F_z に分けて測定した。キック力の各成分は、チャージアンプ (Kistler 社製) で増幅処理した後、DKH 社製 TRAIAS SYSTEM を用いて A/D 変換し、サンプリングレート 1KHz でパーソナルコンピュータに取り込んだ。また、キック力データと高速度ビデオ映像の同期をとるために、高速度ビデオシステムのタイマー信号も同時に取り込んだ。

2・3 踏み込み動作の映像分析

踏み込み動作の映像分析を行うために、被験者の両サイドに高速度ビデオシステム (Nac High Speed Video System HSV-500C³) 1 セットずつを設置し、踏み込み動作の右側面映像と左側面映像を同時撮影した。撮影スピードは両方とも 125f/s とした。ビデオ映像からのポイント読み取りを容易にするために、被験者の身体にポイント読み取り用マーカーを貼付した。マーカーを貼付したポイントは、頭頂部、耳珠点、肩峰点、肘関節、手関節、第3中手指節関節、大転子、膝関節、足関節、足底部、第5中足骨頭の計 11 ポイントである。収録した映像は DKH 社製ビデオ動作解析システム Frame-DIAS IV を用いて 2 次元分析を行った。

2・4 分析対象試技の選定

実験では、一般的踏み込み動作からの打突 4 試技と左腰先行踏み込み動作からの打突 3 試技を行ったが、試技 1 回ごとに試技に対する被験者の評価を聴取した。2 種類の踏み込み動作それぞれについて、被験者が「うまくできた」と評価した上位 2 試技を選び、それらを検討対象試技とした。今回は、被験者の評価に基づき、一般的踏み込み動作から 2 試技、左腰先行踏み込み動作から 2 試技を選定し、それらのデータを用いて両踏み込み動作の比較検討を行った。

3. 結果および考察

3・1 踏み込み時のキック力の比較

構えから打突に至るまでのキック力の変化を図 3 に示した。上段に後方キック力 F_x 、中段に左右方向キック力 F_y 、下段に垂直方向キック力 F_z の変化を示した。灰色の曲線が一般的踏み込み動作 (2 試技分)、黒の曲線が今回検討対象とした左腰先行踏み込み動作の力曲線 (2 試技分) である。力曲線は被験者の左踏み切り足が離床した時点 (グラフ右端のキック力ゼロ) を基準に時間軸を揃え、それぞれを重ね合わせている。

まず後方キック力 F_x (上段) についてみると、踏み込みから打突に至るまで、全般的に一般的踏み込み動作の方が大きい値を示していることがわかる。最大値では、一般的踏み込み動作で平均 53.5 kg (51.0 kg、56.0 kg)、左腰先行踏み込み動作で平均 45.6 kg (48.8 kg、42.4 kg)、平均値で 7.9 kg の差がみられた。後方キック力 F_x は一般的踏み込み動作の方が大きい結果となった。

次に、左右方向キック力 F_y (中段) についてみる。右方向へのキック力 (プラス符号)

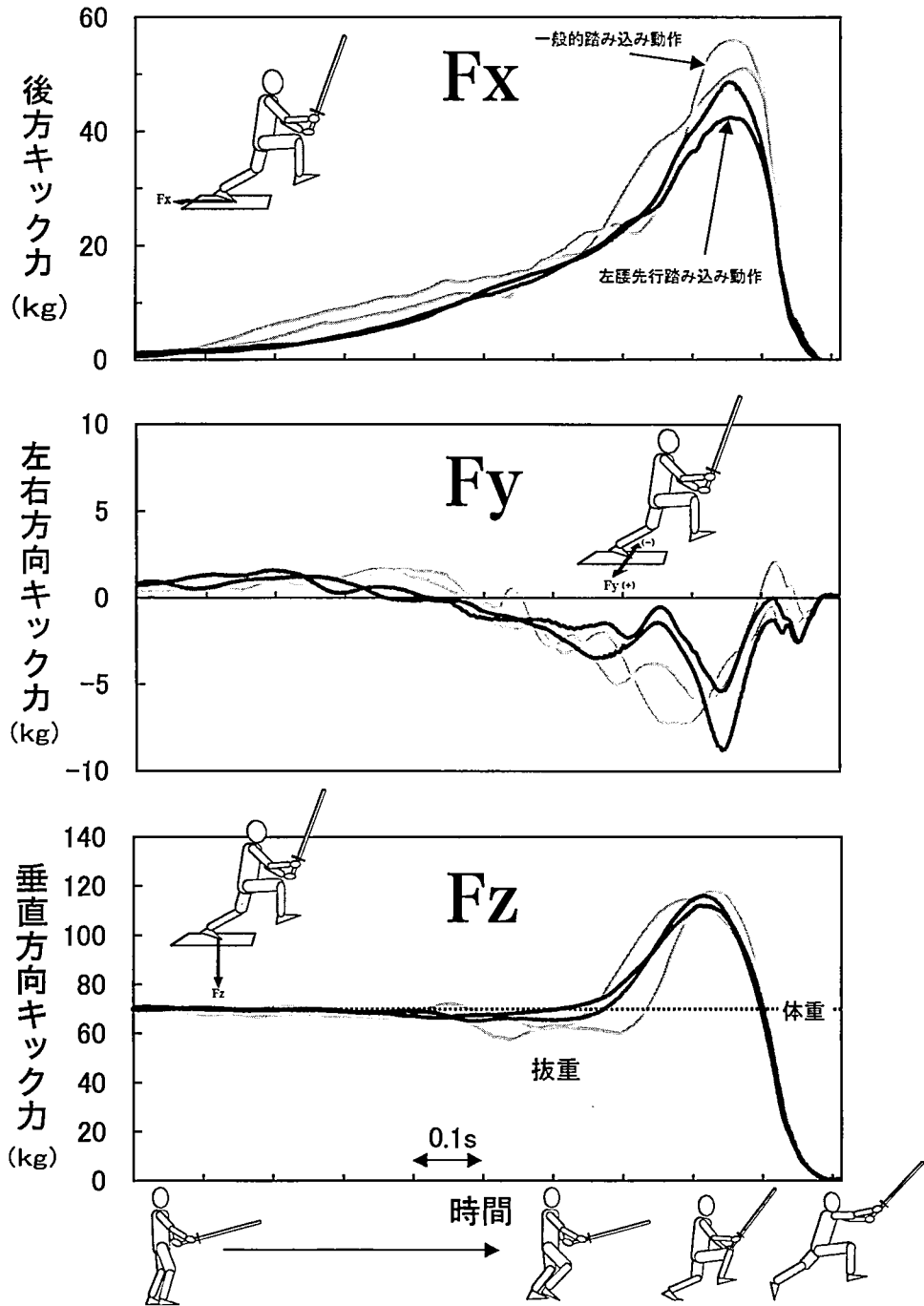


図3 踏み込み時キック力変化の比較

は全試技を通して 2 kg 程度と非常に小さい値で、踏み込みの前半部にみられた。一方、左方向へのキック力（マイナス符号）は踏み込みの後半にみられ、最大値は右方向キック力のほぼ 3~4 倍の大きさであった。最大値は一般的踏み込み動作で平均 -6.7 kg（-6.0 kg、-7.3 kg）、左腰先行踏み込み動作で平均 -7.1 kg（-5.4 kg、-8.8 kg）、他のキック力成分に比べ 10 kg 以下と小さい値で、両者に差はみられなかった。

最後に垂直方向キック力 F_z （下段）についてみると、キック力の大きさに関しては両者に差はみられていない。最大値をみても一般的踏み込み動作で平均 116.3 kg（118.1 kg、114.4 kg）、左腰先行踏み込み動作で平均 114.0 kg（111.9 kg、116.1 kg）とほとんど差がない。しかしながら力曲線の変化パターンを比較すると、力曲線が大きく立ち上がる直前の抜重局面（グラフ中「抜重」と表記部）において両者に違いが観察される。一般的踏み込み動作では、力曲線が破線の体重レベルより急激に低下する大きな抜重が観察されるのに対し、左腰先行踏み込み動作では力曲線の低下が緩やかで、抜重の大きさも小さい。垂直方向キック力 F_z においては、キック力の大きさに差はみられないものの、抜重の現れ方に違いがみられる結果となった。

以上、キック力に関して両踏み込み動作間にみられた差は、以下の 2 点にまとめられる。

- ①後方キック力 F_x において一般的踏み込み動作の方が大きい値を示した
- ②垂直方向キック力 F_z において抜重の現れ方に違いがみられ、左腰先行踏み込み動作の方が抜重は小さかった

①の後方キック力 F_x は、踏み込み時の身体前進水平速度に関係する力成分である。後方キック力が大きければ大きい程、一般に踏み込み時の身体前進水平速度も大きくなると考えられる。この結果は、踏み込み時の身体前進水平速度においては、一般的踏み込み動作の方が有利であり、反対に左腰先行踏み込み動作では不利であることを示唆するものである。

②の垂直方向キック力 F_z 曲線にみられる抜重は、踏み込み時の体の沈み込みに起因するものである。踏み込みでは、**図 1** 姿勢 3 のように膝を深く曲げた打突準備姿勢を作る必要がある。そのために構えの姿勢から踏み込むと同時に、体を急激に沈める動作に移行する。この急激な沈み込み動作が抜重となって現れる。左腰先行踏み込み動作において抜重が小さいという結果は、一般的踏み込み動作に比べて体の沈み込み量が小さく、浅いということを示唆するものである。

次に、キック力分析から示唆された以上 2 点について、高速度ビデオ映像分析による運動学的データから検討する。

3・2 踏み込み時の頭部水平速度の比較

図 4 に高速度ビデオ映像分析によって求めた踏み込み時の頭部水平速度を示した。今回は身体水平速度の指標として頭部水平速度を用いた。両踏み込み動作の頭部水平速度を比較すると、踏み込み後半において明らかに一般的踏み込み動作の方が高い速度を示しているのがわかる。離床時の水平速度をみると、一般的踏み込み動作で平均 2.891m/s（2.926m/s、2.855m/s）、左腰先行踏み込み動作で平均 2.381m/s（2.398m/s、2.363m/s）、その差は 0.510m/s に達している。踏み込み時の頭部水平速度は明らかに一般的踏み込み動作の方が大きい。

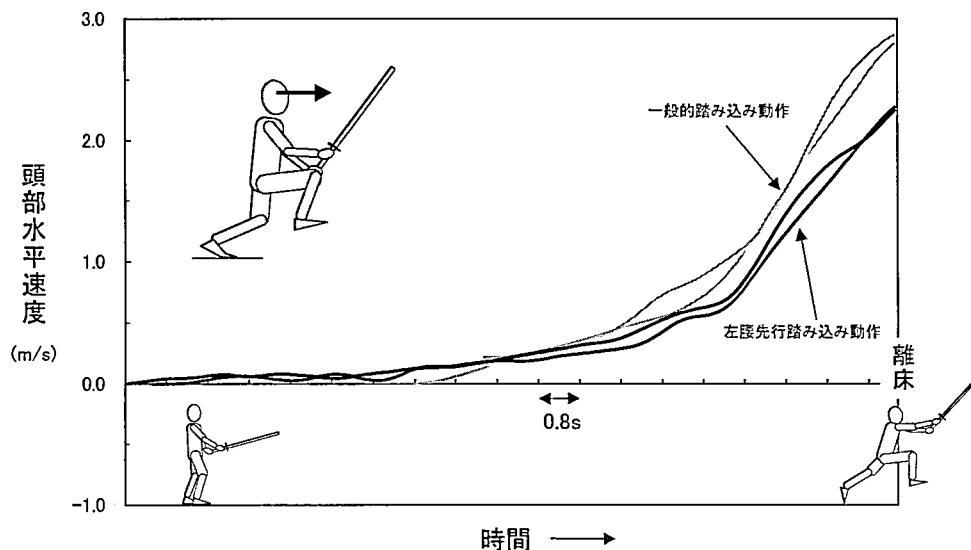


図4 踏み込み時頭部水平速度の比較

一般的踏み込み動作は、後方キック力 F_x おいて大きな値を示し、頭部水平速度においても同様の結果であった。後方キック力 F_x が頭部水平速度と密接に関連していることが示されたわけであるが、それでは、両踏み込み動作間において後方キック力 F_x に差を生み出した要因はどこにあるのだろうか。

3・3 踏み込み時の頭部垂直変位・速度の比較

図5は、踏み込み時の垂直方向キック力 F_z を、左腰先行踏み込み動作と一般的踏み込み動作に分けて示したものである。キック力分析でも述べたが、両者を比較すると抜重局面において大きな違いがみられる。一般的踏み込み動作では大きな抜重がみられるが、左腰先行

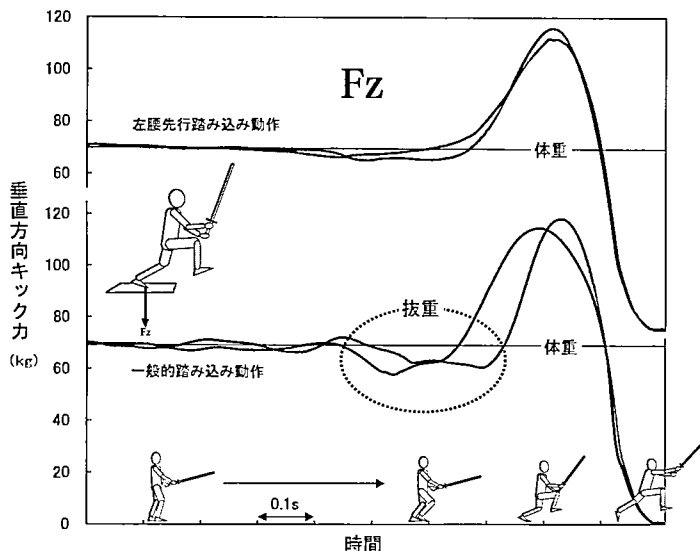


図5 踏み込み時に現れる抜重の比較

踏み込み動作では非常に小さい。左腰先行踏み込み動作では、一般的踏み込み動作に比べ、踏み込み時の体の沈み込み量は小さいと推察される。

そこで、両踏み込みにおける体の沈み込み量を比較するために、踏み込み時の頭部高(床から頭部までの垂直距離)を求めた。図6がその結果で、頭部高最下点を基準にとり、

最下点がグラフ時間軸上で同時刻になるように、それぞれの曲線を移動させて表している。

グラフから左腰先行踏み込み動作の方が頭部高変位は小さく、体の沈み込み量が小さいことがわかる。頭部高最下点、つまり最も低い姿勢(図1姿勢3)

をとった時の頭部高を比較すると、一般的踏み込み動作で、床から平均1.498m(1.511m、1.485m)、左腰先行踏み込み動作で平均1.528m(1.530m、1.526m)、左腰先行踏み込み動作の方が平均値で3cmほど高い姿勢をとっていた。

図7は一例ではあるが、右大転子高(床から右大転子までの垂直距離)について比較したもので、両者には5.1cmの差がみられている。

図8は両者の差をイメージ図で示したものである。左腰先行踏み込み動作は、体の沈み込みを小さく押さえ、より高い姿勢を保ちながら踏み込みを行っている様子が見えがえる。

また、図6、図7の曲線の変化パターンを比較すると、一般的踏み込み動作では最下点の直前において曲線が急激に変化しているのに対し、左腰先行踏み込み動作では最下点に向かって曲線が緩やかに変化しているのがわかる。沈み込み動作の速さに差があることがうかがえる。

図9は頭部の垂直速度を示したもので、左腰先行踏み込み動作の方が下方速度(符号マイ

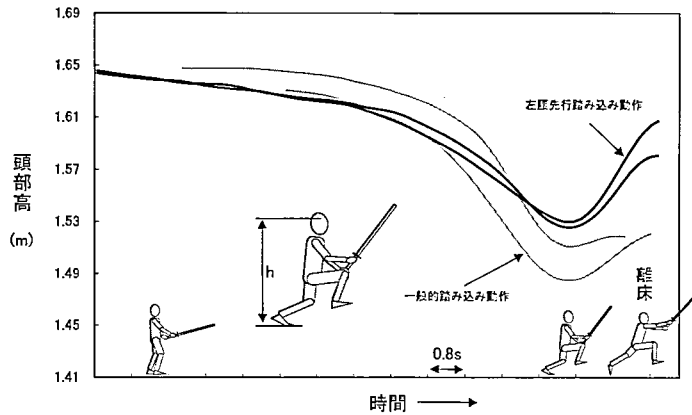


図6 踏み込み時頭部高変化の比較

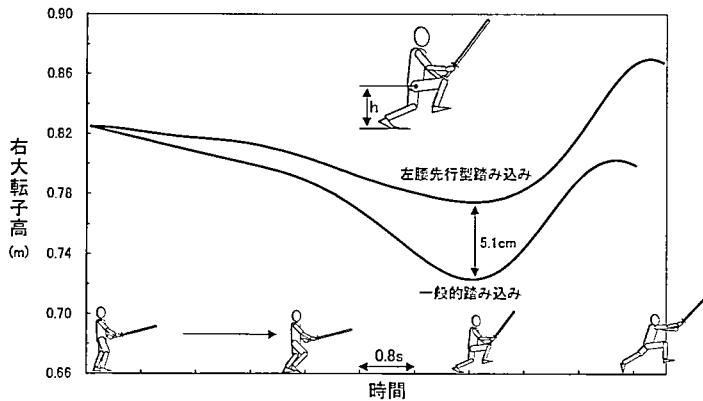


図7 踏み込み時右大転子高変化の比較

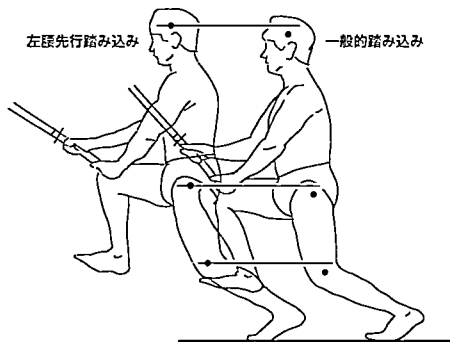


図8 頭部最高下点における踏み込み姿勢の比較図

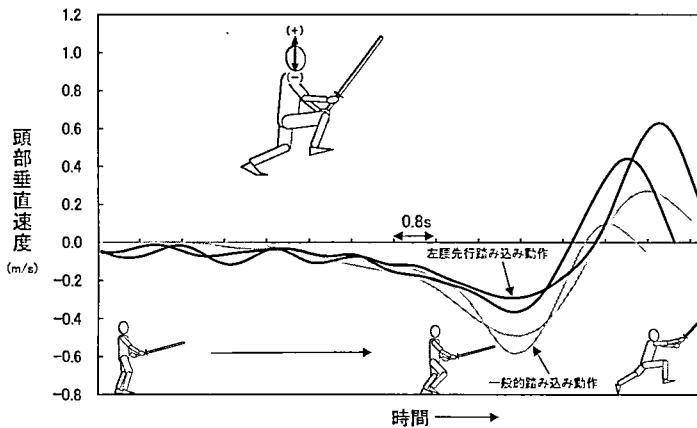


図9 踏み込み時頭部垂直速度の比較

ナス)の最大値も小さく、頭部の動きが緩やかであることがわかる。最大値は左腰先行踏み込み動作で平均 -0.328m/s (-0.291m/s 、 -0.365m/s)、一般的踏み込み動作で平均 -0.537m/s (-0.490m/s 、 -0.583m/s)であった。以上、頭部高垂直変位と頭部垂直速度の結果から、左腰先行踏み込み動作は一般的踏み込み動作に比べ、踏み込み時の体の沈み込み量が小さく、かつ、沈み込み速度の緩やかな踏み込み動作であるということができよう。

3・4 左腰先行踏み込み動作の特徴

これまでの結果を総合すると、左腰先行踏み込み動作は、「身体の水平速度においてはやや劣るが、体の沈み込み量が小さく、沈み込み速度が緩やかな踏み込み動作」と特徴づけることができよう。

共同研究者の今福は、長年の剣道経験を通して「左腰先行踏み込み動作は腰(体)の水平移動を可能にする方法である」と述べている。また、剣道界においても、踏み込み時の腰(体)の水平移動は一つの理想形としてとらえられているように思われる。

しかし実際には図1のように、左腰先行踏み込み動作といえども打突の準備体勢(図1姿勢3)をつくるために体の沈み込みは行われており、腰の水平移動は実現されていない。ほぼ直立に近い構えの姿勢から、身体を水平移動させて打突を行うことは、力学的にみても理論的に不可能に近い。したがって、ここで言う「水平移動」とは、踏み込み時の体の沈み込み、つまり身体の垂直変位を最小限に押さえる、という意味にとらえ直すべきであろう。それでは、踏み込み時の体の沈み込みが小さい方がなぜよいのであろうか。

それは、対戦相手に打突体勢に入ったことを悟られにくいというのが大きな要因でないだろうか。沈み込みを大きくし十分な打突準備体勢をとれば、踏み込み・打突時に大きな前進水平速度を獲得できるが、反面、沈み込み量が大きく沈み込み速度が大きい分、打突体勢に入ったことを対戦相手に悟られる可能性が高くなる。その点、体の沈み込み量が小さく動きも緩やかな(速度が小さい)左腰先行踏み込み動作は有利であることはいうまでもない。水平移動という面から見れば、より理想に近い踏み込み動作であるということができよう。

しかしながら、左腰先行踏み込み動作は体の沈み込みを少なく押さえる分、不利な面も備えている。沈み込み量が少ないために、必然的に打突準備体勢における左踏切脚の屈曲が浅くなり、十分な打突準備体勢が取れない点である。左踏み切り脚の屈曲不足から、脚伸展によって発揮されるキック力が小さくなることが考えられる。事実、本研究において後方キッ

ク力 F_x が一般的踏み込み動作よりも小さかったのも、この要因に基づくものと思われる(図3)。体の沈み込みが小さいという一つの利点は、結果的に不十分な打突準備体勢につながり、キック力の減少、さらには身体前進水平速度の減少という不利な面と結びついているといえる。左腰先行踏み込み動作では、この両者は裏腹の関係にあり、切り離すことはできないといえる。

3・5 左腰先行踏み込み動作における腰の回転切り返しの役割

左腰先行踏み込み動作は沈み込みを小さく押さえることから、踏み込み時のキック力の減少を伴う可能性が高いことを述べた。そこで、左腰先行踏み込み動作では、キック力の不足を補うために、図1姿勢2から姿勢3にかけて見られる腰の回転・切り返し動作を行い、踏切脚の筋出力を高めているのではないかと推察される。

左腰先行踏み込み動作では、構えから踏み込みに入る時に、まず腰を水平回転させ左腰を前方に送る。いわゆる「左腰を入れた」体勢を作り(図1姿勢2)、続いて腰を逆回転させ右腰を前方におくり(図1姿勢2)打突を行っている。これを一連の動作として素早く行っている。この時の腰の回転の素早い切り返し運動によって、切り返し時に左踏み切り脚長軸方向のねじれを発生させ、脚筋の急激な伸張が引き起こしているのではないかと推察される。筋の短収縮直前の急激な伸張は、伸張性反射を誘発し短縮時の筋出力を高めると同時に、筋弾性エネルギーの再利用効果によって短縮時の筋出力を高める効果があることはよく知られている¹⁾。腰の回転の切り返し運動はこうした効果を引き出し、左踏み切り脚の伸展出力を高めることに貢献しているのではないかと考えられる。つまり、体の沈み込みの抑制によって発生する踏み切り脚筋出力の低下を補う働きをしているのではないかと考えられる。

6 まとめ

左腰先行踏み込み動作の特徴を一般的踏み込み動作と対比させて図10のダイアグラムにまとめた。左腰先行踏み込み動作の大きな特徴は、踏み込み時の体の沈み込みが小さい点にある。これは対戦相手に攻撃動作を起こしたことを気づかれにくいという利点もあるが(①)、同時に浅い沈み込みでは十分な打突準備体勢をつくれず(②)キック力が低下し(③)、ひいては踏み込み速度の低下に結びついていると思われる(④)。踏み込み前半の腰の回転切り返し動作は、伸張反射や筋弾性エネルギー再利用効果を誘発し、キック力の不足を補う働きをしていると考えられる(⑤)。

左腰先行踏み込み動作の大きな特徴は、踏み込み時の体の沈み込みが小さく、沈み込み速度が緩やかな点にあると考えられる。反面、踏み込み時のキック力および前進速度においてはやや劣る結果となった。一方、体の沈み込みを最小限に押さえながら、できるだけ大きなキック力を生み出すという相対立する課題を、踏み込み時の腰の水平回転とその切り返し運動によって解決しようという左腰先行踏み込み動作の力学的・生理学的メカニズムは大変興味深い。今後の研究課題であろう。

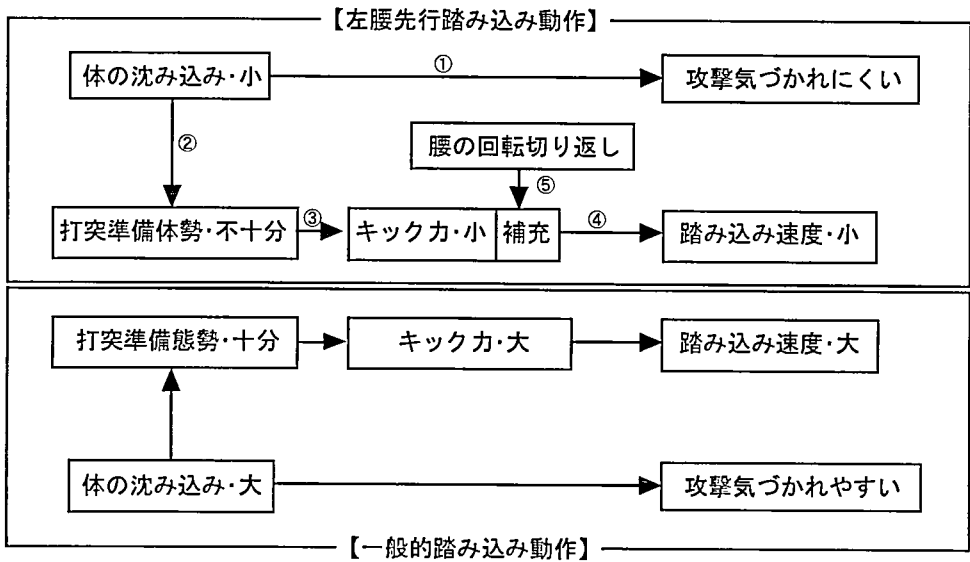


図10 踏み込み動作の特徴比較ダイアグラム

【参考文献】

- 1) 今福一寿、金子敬二「剣道打突の上肢・下肢・体幹の強調動作が竹刀操作へのエネルギー伝達を効果的にする根拠」〈明星大学研究紀要 人文学部〉第45号、pp1-9、2009年