

フェンシングにおけるマルシェ・ファント動作の キネマティクスの特徴

Kinematic characteristics of movements during *marche fente* in fencing

小 野 恵李奈¹⁾ 宇 賀 真 央²⁾ 田 渕 舞³⁾
前 川 剛 輝⁴⁾ 湯 田 淳⁵⁾

Erina ONO, Mao UGA, Mai TABUCHI, Taketeru MAEGAWA and Jun YUDA

Abstract

The purpose of this study was to identify the kinematic characteristics of movements during *marche fente* in fencing. One skilled female fencer performed *marche fente* on gymnasium floor; two synchronized high-speed video cameras (300 fps) were used to record her performance using the direct linear transformation (DLT) technique. The three-dimensional coordinates of the segment endpoints (23 points) were determined to calculate the kinematic variables. The kinematic characteristics of movements during *marche fente* in this study were summarized as follows.

- 1) The forward velocity of the right wrist increased during the first halves of the *marche* and *fente* phases.
 - 2) The angles of the left hip, knee, and ankle joints during the first half of the *fente* phase increased to a greater extent than those of the *marche* phase did.
 - 3) During the first half of the *fente* phase, forward acceleration of the center of mass was obtained by extending the left hip joint sufficiently.
 - 4) Twisting of the trunk occurred repeatedly during the movement of *marche fente*. In particular, the twist angle of the trunk during the second half of the *fente* phase was greater than that during the other phases.
- These kinematic characteristics would be useful findings for teaching *marche fente* movements in fencing.

Keywords: *fencing, marche fente, three-dimensional motion analysis, kinematics*

I. 緒 言

フェンシングは、ピストと呼ばれる幅 1.5 m～2 m、長さ 14 m の競技台の上で剣を持った選手が 1 対 1 で互いを攻撃し、打突点を争う競技である。競技種目にはフルーレ (fleur) 、エペ (epee) 、サーブル (sabre) の 3 つがあり、相手の有効面を突く命中打、または斬る技で勝負を争い、それぞれの種目によってルールは異なる。またそれぞれの種目で用いられる剣は、刀身の長さや形、鍔の大きさと形、全体の重量が異なっ

おり、フルーレとエペ、エペとサーブルなどのように異なる種目間での競技は行われない。すべてのフェンシング動作は、オン・ガード（足を肩幅程度開き、利き手の方向に構える）の姿勢から始められ、両足に均等に体重をかけた構えがとられる。フェンシングの動きのねらいは相手にトゥシュ（突き）するために最適な距離を保つことであり、絶え間なく前進、後退によるフットワークが繰り返されるという特徴がある。このため、フェンシングの競技力向上にとっては、有効な突きを生み出すための身体の前方への移動能力が重要な要因として挙げられる。

現在のフェンシング界においては、世界大会などでアジア勢が頭角を現し、太田選手をはじめとする日本人選手が目覚ましい活躍を残している。その要因の一つとして、攻撃スタイルがこれまでの主流であったリス

1) 日本女子体育大学大学院生
2) 株式会社セノン
3) 筑波大学大学院生
4) 日本女子体育大学 (助手)
5) 日本女子体育大学 (准教授)

クの高いコンポーゼ・アタック（複合攻撃）から、リスクの少ないサンプル・アタック（単純攻撃）へと移行したことが挙げられる。このような背景の下、相手へのアタック（最終動作）として多用されているのがマルシェ・ファントと呼ばれる動作である。

フェンシングは、明治初頭にフランス剣術として日本に伝わり、その後発刊された指導書ではマルシェはアドバンス、ファントはランジと記されている。当時はまだマルシェ・ファントという組み合わせ動作は存在していなかった。アドバンスを行う際の方法として佐野⁹⁾は、第一に身体を動かすことなく床より右爪先を上げ、ほとんど滑らすように右足を出すと述べており、ランジにおいては動作遂行中に力とスピードを十分に得る必要があることを示唆している。またベベル²⁾は、ランジの動作は瞬間的に1つの動作のように見えなければならないが、実際は2つの部分から成り立っていると述べている。そこでは、1つ目は、ターゲットに向けて右手をまっすぐ伸ばし、剣を直接前方へ突き出す動きであり、2つ目は、後脚の素早い伸びによる身体の前方向へ鋭い動きであると述べている。その後、アドバンスおよびランジはそれぞれマルシェとファントとして表現され、飯田⁵⁾は、前進、後退およびファントにおける前足などの動かし方では、足と床の間に紙1枚が入るような意識を持つことが重要であると述べている。また、イシュトヴァーン⁷⁾は、マルシェとファントといった2つの単純な動きで組み立てられたフットワークでは、マルシェの後、両足の裏は同時に床に接しなければならず、その後、後足を素早く動かし、即座にファントのスタートを開始すべきであると述べている。以上のことから、マルシェ・ファントの指導においては、一つひとつの動作を滑らかに繋げることに加え、いかに素早く前進動作を遂行できるかが重視されているといえる。

上述のように、マルシェ・ファント動作の特徴は多くの指導者において述べられているものの、その技術的特徴を詳細に分析した研究は少ない。高西ら¹⁰⁾は、女子フェンシング選手の等速性脚筋力を測定し、低速(60 deg/s)・中速(180 deg/s)・高速(300 deg/s)といった3種の角速度による膝関節最大伸展および屈曲力と競技成績との関係から、前進および後退を繰り返すフットワークをより素早く行うためには、踏み込み脚の高い屈曲力と蹴り脚の伸展力が必要であることを示唆している。また、斉川ら⁸⁾は前足が一度前方に移動して踏み込むまでの時間は熟練者ほど短く、これ

はアタックの早さにも大きく影響していると報告している。そして、脚力の十分な利用によって得られるアタックまでの大きな動作スピードや脚の踏み込み時や標的へのアタック時などにおける大きな力発揮は競技成績に大きく影響を及ぼす重要な要因となることを報告している。しかし、現在、フェンシング選手の脚筋力などといった体力的側面に着目した研究はいくつかあるものの、フェンシングで重要とされるマルシェ・ファント動作を対象とした研究はほとんどなく、その技術的特徴は詳細に検討されていない。

本研究の目的は、3次元動作分析法を用いてフェンシングにおけるフルーレ選手のマルシェ・ファント動作をキネマティクスの的に分析し、その技術的特徴を明らかにすることによって指導に役立つ基礎的知見を得ることである。

Ⅱ. 方 法

1. 被験者

被験者には、日本女子体育大学フェンシング部員1名(身長1.69 m, 体重61.0 kg, 年齢19歳)を用いた。本被験者は、日本フェンシング協会による2012年ロンドンオリンピック強化指定選手であり、高い競技力を備えているといえる。計測に先立って被験者には、研究のねらいや意義、計測状況、安全性などを説明し、協力の同意を得た。

2. データ収集法

被験者には、体育館フロア上に設置された計測範囲(幅3 m, 長さ4 m, 高さ2.5 m)においてマルシェ・ファント(一歩前進し、攻撃の準備として剣を持つ右腕を伸ばし、前足を踏み出して行う突きの最終動作)を行わせた。撮影は2台の高速度ビデオカメラ(CASIO社製, EX-F1)により前方および右側方から行った(撮影スピードは300 fps, 露出時間は1/500 s)。2台の高速度ビデオカメラの同期は、シンクロナイザ(H社製, PTS-110)を用いて発光ダイオードの光信号をカメラに写し込むことによって行った。得られたVTR画像からVTR digitizer(DKH社製, Frame-Dias II)により全身23点の分析点をデジタイズし、Direct Linear Transformation Method(DLT法)⁶⁾を用いて3次元座標を算出した。得られた3次

元座標は、残差分析法¹¹⁾により最適遮断周波数を決定し、4次のButterworth low-pass digital filterにより平滑化した。用いた遮断周波数は4.0～10.0 Hzであった。

本研究では、後述の方法によって身体重心の座標を求め、右手での突きの姿勢において踏み込み足（右足）が接地した時点におけるそのXY成分から、動作開始直後の踏み出し足（右足）が接地した時点におけるそのXY成分を減じることによって、水平面内における重心速度ベクトルを算出した。その後、静止座標系のX軸と水平重心速度ベクトルが一致するように座標変換することによって、全身の移動方向をX'軸とする静止座標系（X', Y', Z'）を決定した。

3. 測定項目およびその算出法

1) 重心変位の算出

阿江¹⁾の身体部分慣性係数を用いて身体重心の座標を求め、その変位を算出した。

2) 重心および右手首速度の算出

重心および右手首の座標を求め、その変位を数値微分することによってそれぞれの分析点の速度を算出した。なお、本研究では、静止座標系のX'方向の速度成分をそれぞれ重心および右手首における前方速度として採用した。

3) 体幹傾斜角度の算出

図1に本研究で設定した体幹傾斜角度の定義を示した。体幹前後傾角度は、静止座標系のX'Z'平面に投影した左右股関節点の midpoint と左右肩関節点の midpoint を結

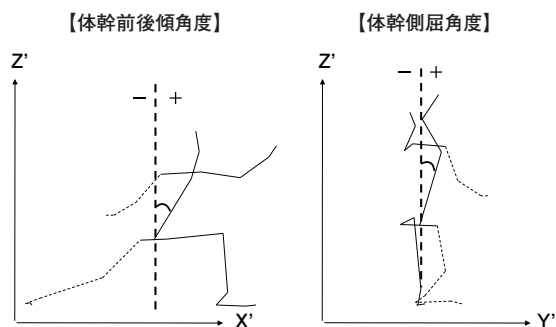


図1 体幹傾斜角度の定義

んだベクトルが静止座標系のZ'軸となす絶対角とした（前傾を正、後傾を負）。また、体幹側屈角度は、静止座標系のY'Z'平面に投影した左右股関節点の midpoint と左右肩関節点の midpoint を結んだベクトルが静止座標系のZ'軸となす絶対角とした（左側屈を正、右側屈を負）。

4) 肩および腰の回転角度の算出

図2に本研究で設定した肩および腰の回転角度の定義を示した。肩の回転角度は、X'Y'平面（水平面）に投影した右肩関節点から左肩関節点を結ぶベクトルが静止座標系のY'軸（左右方向軸）となす絶対角とした。また、腰の回転角度は、X'Y'平面（水平面）に投影した右股関節点から左股関節点を結ぶベクトルが静止座標系のY'軸（左右方向軸）となす絶対角とした。そして、このように算出した水平面内における肩の回転角度から腰の回転角度を減じることによって、体幹捻り角度を算出した。

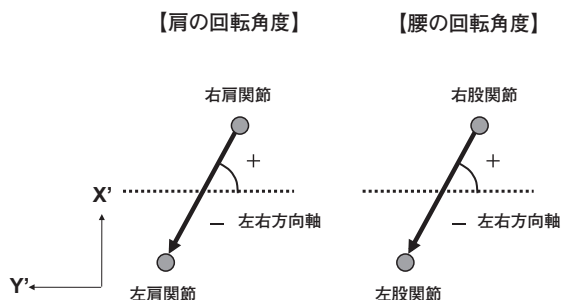


図2 肩および腰の回転角度の定義

5) 上肢および下肢における3次元関節角度の算出

図3に本研究で設定した上肢および下肢における3次元関節角度の定義を示した。上肢では、左右の肩関節点の midpoint から左右の股関節点の midpoint を結ぶベクトルと肩関節点から肘関節点を結ぶベクトルのなす3次元相対角を肩関節角度、肘関節点から肩関節点を結ぶベクトルと肘関節点から手関節点を結ぶベクトルのなす3次元相対角を肘関節角度、手関節点から肘関節点を結ぶベクトルと手関節点から手を結ぶベクトルのなす3次元相対角を手関節角度とした。いずれの関節も左右腕それぞれについて算出した。下肢では、左右の股関節点の midpoint から左右の肩関節点の midpoint を結ぶベクトルと股関節点から膝関節点を結ぶベクトルのなす3次元相対角を股関節角度、膝関節点から股関節点を結ぶベクトルと膝関節点から足関節点を結ぶベクトルの

なす3次元相対角を膝関節角度、足関節点から膝関節点を結ぶベクトルと足関節点から母趾球を結ぶベクトルのなす3次元相対角を足関節角度とした。いずれの関節も左右足それぞれについて算出した。

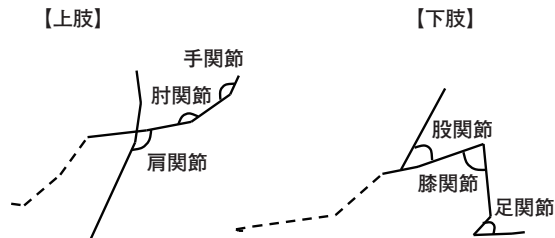


図3 上肢および下肢における3次元関節角度の定義

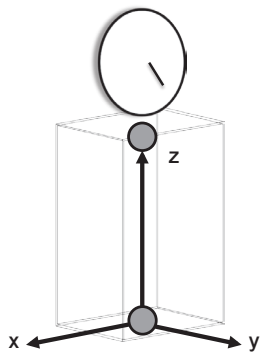


図4 体幹移動座標系の定義

6) 股関節角度の算出

身体の移動に大きく影響を及ぼし、また、関節の自由度の高い股関節においては、各運動軸の動作を詳細に検討するため以下の手順で股関節屈伸角度、股関節内外転角度および股関節内外旋角度を算出した。図4に股関節における各運動軸の角度を算出するための体幹移動座標系の定義を示した。ここでは、左右の股関節点の midpoint から胸骨上縁に向かうベクトルを z 軸とし、左股関節点から右股関節点に向かうベクトルを x' 軸とした。そして、 z 軸と x' 軸との外積によって y 軸を、 y 軸と z 軸との外積によって x 軸を決定した。このようにして設定された体幹移動座標系に変換された左右それぞれの大腿の長軸ベクトルを体幹移動座標系の yz 平面に投影し、それらが体幹移動座標系の z 軸となす角度を左および右股関節屈伸角度（伸展を正、屈曲を負）とした。また、体幹移動座標系に変換された左右それぞれの大腿の長軸ベクトルを体幹移動座標系の xz 平面に投影し、それらが体幹移動座標系の z 軸となす角度を左および右股関節内外転角度（外転を正、内転を負）とした。さらに、股関節内外旋角度については、左右それぞれについて股関節点から足関節点に向かうベクトルと股関節点から膝関節点に向かうベクトルとの外積を求めて体幹移動座標系の xy 平面に投影し、これらが体幹移動座標系の x 軸となす角度を基にして左および右股関節内外旋角度を算出した。理解を容易にするためこれらの角度は体幹移動座標系の y 軸となす角度とし、外旋を正、内旋を負とした。

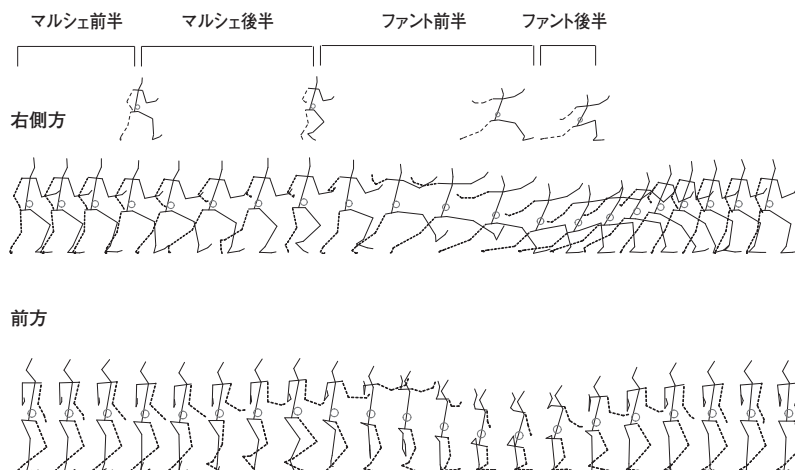


図5 マルシェ・ファント動作における局面分け

4. 局面分け

本研究では、以下の通りマルシェ・ファント動作における各時点を定義し、①～②の時点間をマルシェ前半、②～③の時点間をマルシェ後半、③～④の時点間をファント前半、④～⑤の時点間をファント後半と局面分けした（図5）。

- ① 動作開始
- ② 踏み出し足接地（前足である右足が接地した時点）
- ③ 引き付け足接地（後ろ足である左足が接地した時点）
- ④ 踏み込み足接地（前足である右足が再び接地した時点）
- ⑤ 右手首最長到達時（右手首の変位における前方成分が最も大きくなった時点）

Ⅲ. 結果

図6にマルシェ・ファントにおける右手首、重心の前方速度、および重心に対する右手首の前方相対速度の変化を示した。右手首の速度は、動作開始から踏み出し足接地まで増大し、その後マルシェ後半では一時的に減少し、ファント前半においてピークを示した。その後はファント後半において急激に減少し、右手首最長到達時にはほぼゼロとなっていた。重心の速度は、右手首とほぼ同様の変化パターンであったが、ファント前半におけるピーク値が右手首の速度よりも小さいという相違点がみられた。右手首の相対速度は、マルシェ前半および後半では大きな変化がみられなかったが、引き付け足接地後に急激に増大してピークに達し、ファント前半における値は大きかった。

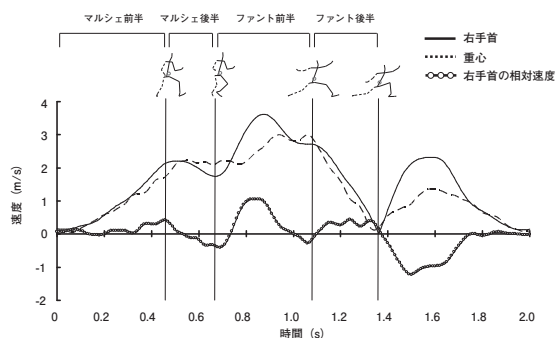


図6 マルシェ・ファントにおける右手首、重心の前方速度、および重心に対する右手首の前方相対速度の変化

図7にマルシェ・ファントにおける体幹傾斜角度の変化を示した。体幹前後傾角度は、動作開始から緩やかに増大して体幹は前傾し、マルシェ後半においては減少していた。その後、ファント前半において再び増大し、ファント後半となる踏み込み足接地から右手首最長到達時にかけて急激に増大して体幹は大きく前傾した。体幹側屈角度は、マルシェ前半および後半にかけて漸増し、体幹はわずかに左に傾いていた。ファント前半では減少して踏み込み足接地にはほぼゼロとなり、体幹はほぼ鉛直となっていた。その後、ファント後半では再び増大していた。

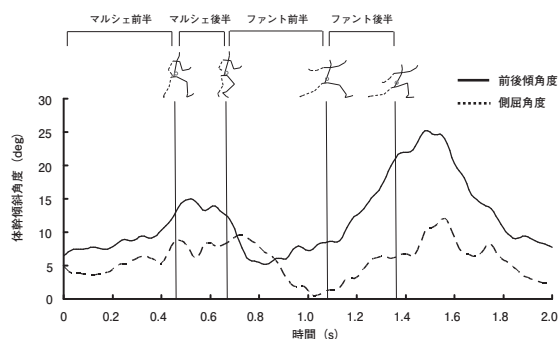


図7 マルシェ・ファントにおける体幹傾斜角度の変化

図8にマルシェ・ファントにおける肩、腰の回転角度、および体幹捻り角度の変化を示した。肩の回転角度は、動作開始時に40度程度の値を示し、右手首最長到達時の60度付近まで緩やかに増大して、上方からみて肩は反時計回りに回転していた。腰の回転角度は、動作開始時の40度付近から僅かに増減を繰り返しながらほぼ一定の値を示していた。体幹捻り角度は、マルシェ前半、後半およびファント前半において

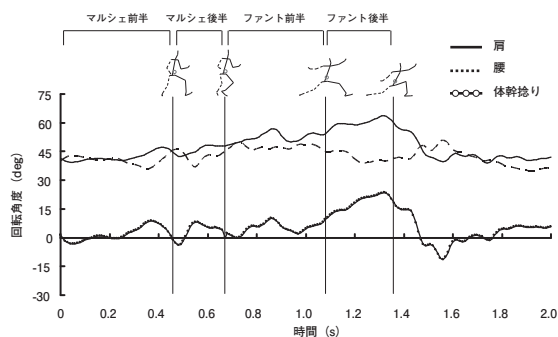


図8 マルシェ・ファントにおける肩・腰の回転角度、および体幹捻り角度の変化

増大と減少を繰り返し、動作イベントとして定義した踏み出し足接地、引き付け足接地および踏み込み足接地においてはほぼゼロとなって体幹の捻りはほとんどみられなかった。踏み込み足接地から右手首最長到達時にかけては急激に増大し、右手首最長到達時には25度付近でピーク値を迎え、体幹は大きく捻られていた。

図9にマルシェ・ファントにおける上肢の3次元関節角度の変化を示した。右上肢では、肩関節角度は、マルシェ前半および後半においては一定の値を示し、引き付け足接地後に急激に増大してファント後半においてピークに達していた。肘関節角度は、肩関節と同様の变化パターンを示したが、ファント前半においてピークに達するという相違点がみられた。手関節角度は、肩関節と同様の变化パターンを示した。左上肢では、肩関節角度は、右上肢とほぼ同様の变化パターンを示し、動作中のその値は右よりも大きかった。肘関節角度は、僅かな増減を繰り返したものの、150度付近では一定の値を示していた。手関節角度は、僅かな増減を繰り返しながらマルシェ前半および後半では全体的に減少し、その後ファント前半から後半にかけて緩やかに増大していた。

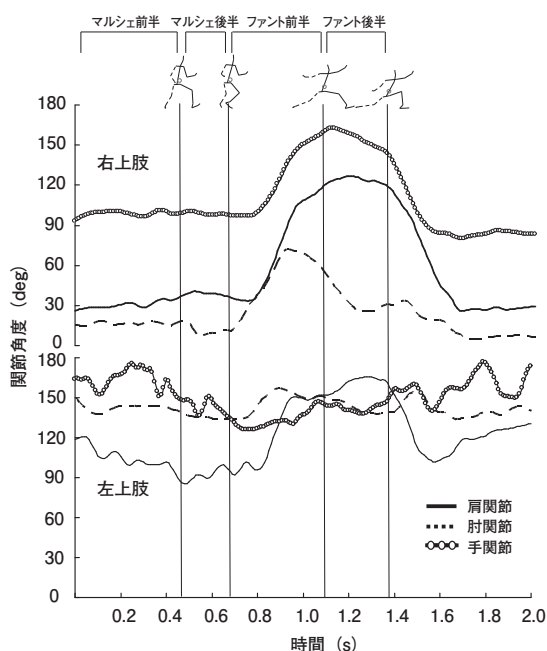


図9 マルシェ・ファントにおける上肢の3次元関節角度の変化

図10にマルシェ・ファントにおける下肢の3次元関節角度の変化を示した。右下肢では、股関節角度は、マルシェ前半緩やかに減少し、マルシェ後半では増大して120度付近でピークに達していた。その後、ファント前半で減少し、踏み込み足接地後に一時的に増大したものの、右手首最長到達時まで減少し続けていた。膝関節角度は、マルシェ前半では増大、マルシェ後半では減少し、引き付け足接地後には最小値となる80度付近まで減少していた。その後、ファント前半では急激に増大し、150度付近でピークに達し、ファント後半では急激に減少していた。足関節角度は、マルシェ前半および後半では120度付近でほとんど値に変化がみられず、引き付け足接地時直前から増大して130度付近に達して一時的に減少した後、ファント後半において再び増大して150度付近でピークに達していた。左下肢では、股、膝、足関節角度は、いずれもマルシェ前半では漸増し、マルシェ後半においてピークに達した後に引き付け足接地時まで急激に減少していた。その後、ファント前半において急激に増大し、ファント後半においては、股および足関節ではほぼ一定の値を示し、足関節では値が減少していた。

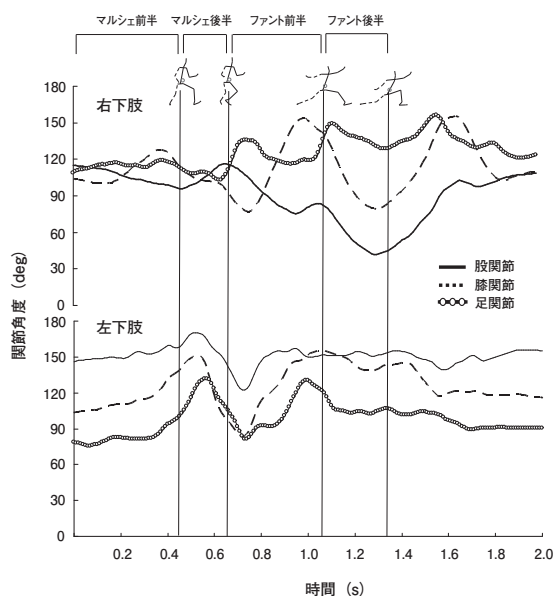


図10 マルシェ・ファントにおける下肢の3次元関節角度の変化

図 11 にマルシェ・ファントにおける股関節の内外転, 屈伸, および内外旋角度の変化を示した. 右股関節では, 内外転角度は, マルシェ前半内転を示し, 緩やかに増大したが, マルシェ後半で減少を示した. ファント前半再び急激に増大し, 踏み込み足接地時に一時的に減少した後, ファント後半でさらに増大した. 屈伸角度は, マルシェ前半屈曲を示し, -60 度程度から緩やかに減少した後, マルシェ後半踏み出し足接地時から増大を示した. ファント前半から再び減少し, 踏み込み足接地時に一時的増大したがファント後半でまた減少を示した. 内外旋角度は, マルシェ前半ほぼ変化が見られず, マルシェ後半減少しを示し, ファント前半引き付け足接地から踏み込み足接時にかけて増大がみられた. 左股関節では, 内外転角度は, マルシェ後半で減少がみられたものの, ほぼ一定の小さな値を示した. 屈曲角度はファント前半では屈曲を示したが, マルシェ後半の引き付け足接地後一時的に伸展に転じ, 再び屈曲を示した. ファント前半から増大を示し, ファント後半再び外転に転じた. 内外旋角度は, マルシェ前半内旋を示したが, 踏み出し足接地時に外旋に転じ, 再び内旋を示した. その後ファント前半からファント後半にかけて緩やかに減少し内旋から外旋に転じた.

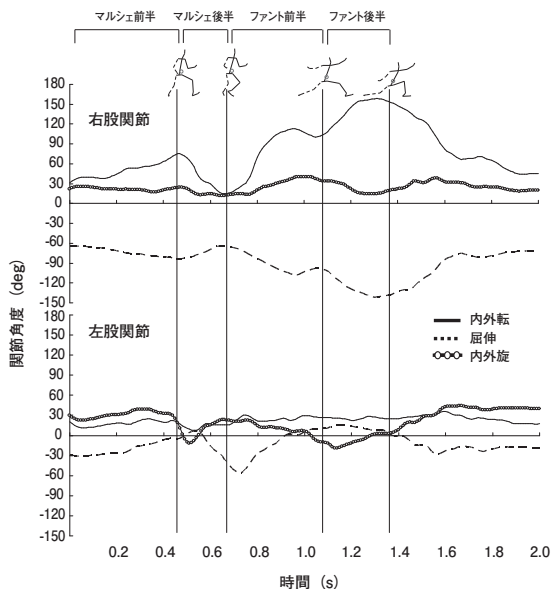


図 11 マルシェ・ファントにおける股関節の内外転, 屈伸および内外旋角度の変化

Ⅳ. 考 察

フェンシングにおいて, マルシェ・ファント動作は, 剣先で相手を突く際の速い攻撃動作として多用されている. フェンシングが対人競技であることを考慮すると, 対戦相手との間合いやフェイント動作などの戦術的な要素を含めるとマルシェ・ファント動作は一概に速い方がよいとは言い難い. しかし, 飯田ら³⁾は, 上級者ほど, 高い剣先速度で相手をより速く突くことが可能であり, 突く瞬間に剣先速度が増大する傾向にあったと報告している. これらのことを考慮すると, フェンシングにおける速いマルシェ・ファント動作の獲得は, 競技力の向上にとって重要な課題であるといえる.

本研究においては, 被験者は右手に剣を保持して動作を遂行していたため, ここでは右手首の速度を剣先速度と捉えて考察することが可能といえる. 対戦相手の方向となる前方への速度変化を示した図 6 をみると, 右手首の速度が増大していたのはマルシェ前半およびファント前半の 2 局面であった. まず初めにマルシェ前半をみると, 右手首の速度と重心の速度の変化パターンはほぼ一致しており, この局面での右手首の速度の増大には重心速度が大きく影響を及ぼしていると考えられる. ここで, 同局面における下肢関節角度の変化をみると (図 10), ファント後半にかけて左膝および足関節角度が増大しているため, マルシェ前半での重心速度の増大は左足で地面を蹴ることによって獲得されていたと推察される. 一方, ファント前半をみると, 重心速度の増大とともに, 重心に対する右手首の相対速度が増大していることがわかる. ここで, 同局面における下肢の動きをみると (図 10), 左股, 膝および足関節のいずれにおいても角度は急激に増大しており, 左足は急激に伸展していた. また, 同局面における上肢の動きをみると (図 9), 右肩, 肘および手関節のいずれにおいても角度は急激に増大しており, 右腕は急激に伸展していた. これらのことから, ファント前半における右手首の速度増大には, 左足で地面を蹴ることによる重心の前方移動と右腕を伸ばすことによる右手首の前方への加速といった 2 つの要因が挙げられると考えられる.

なお, マルシェ前半およびファント前半のいずれにおいても左足で地面を蹴ることによる重心の前方移動が右手首の速度増大に貢献していると考えられるが, その影響の程度は両局面では異なるといえる. 下肢関節角度の変化をみると (図 10), マルシェ前半で

は左膝および足関節角度のみの増大であったのに対して、ファント前半では左股、膝および足関節角度がすべて増大しており、その角度変化もより大きかった。また、ファント前半でのみ増大がみられた股関節における詳細な角度変化をみると（図11）、左股関節の屈伸角度が急激に増大しており、同局面においては股関節伸展トルクを十分に発揮して地面を力強く蹴っているという特徴があることが推察される。このように、ファント前半では、膝および足関節を伸ばすことに加えて、股関節の伸展を十分に行うことによって、一定速度からの更なる重心の前方への加速を生み出していると考えられる。

指導書⁷⁾においては、素早いマルシェ・ファント動作の遂行や足のリズムを正確にすることは、対戦相手との距離を保つこと以上に重要であることが述べられている。また、競技現場では、大きな歩幅のマルシェや身体全体が上に浮くようなファントをすると動作スピードが遅くなり、対戦相手にコントロール・アタック（カウンター攻撃）を打たせやすってしまうことが注意点として挙げられている。このため、マルシェ・ファントにおいては、オン・ガード（構え）を低くし、体幹を鉛直に保ちながら、そして身体の上下運動を抑えながら動作を遂行することが望ましいとされている。特に、マルシェ局面およびファント局面のいずれにおいても上体が前方に倒れすぎないようにすることが重点的に指導されている。その理由2つあり、まずマルシェ局面では、上体が先行しすぎてしまうことによって腰が後方に引けてしまう、次に続くファント動作に向けた下肢の前方への移動が十分に行えないためである。一方、ファント局面では、突きにいった後（ファント動作終了後）、再びオン・ガードに戻ることが遅くなってしまうためである。ここで、本研究における体幹傾斜角度の変化をみると（図7）、前後傾角度は動作開始から踏み出し足接地へ向けて増大（前傾）しており（ピーク値は15度程度）、その後マルシェ後半では減少して鉛直方向に戻っていき、ファント前半から後半にかけて再び大きく増大（前傾）していた（右手首最長到達時で20度程度）。競技現場での指導において、上体が倒れすぎているかいないかを判断するためには、上体の傾斜に対する一定の基準を持つ必要があるといえ、これは指導者による経験則に基づいて設定されることが多いと考えられる。本研究の被験者は日本フェンシング協会による2012年ロンドンオリンピック強化指定選手であるため、本研究にお

ける結果は高い競技力を有する選手（優れたマルシェ・ファント動作）における客観的データ（基準）として活用可能であるといえよう。一方、側屈角度をみると（図7）、体幹はマルシェ前半から後半にかけて5～10度程度左方向に傾いていた。また、ファント前半では踏み込み足接地へ向けて傾きは減少していたが、ファント後半では再び増大し、右手首最長到達時では6度程度左方向に傾いていた。指導現場では、対戦相手に対してより直線的に右腕を伸ばして突きにいくことが優先させられるため、特にファント後半においては体幹を側方に傾きすぎないように指導されるのが一般的である。また、体幹の側方への傾斜は、前述の通り、ファント動作終了後に再びオン・ガードに戻ることを遅らせてしまう原因ともなってしまうといえる。したがって、右踏み込み足接地後、体幹についてはいかに左方向への傾きを抑えて鉛直に保つかが課題といえる。本研究における側屈角度のデータは、前後傾斜角度と同様、体幹の傾きを評価する際の客観的データとして活用できよう。

マルシェ・ファント動作における体幹の捻りをみると（図8）、マルシェ前半および後半、ファント前半では体幹の捻りの発生と消失が繰り返されており、ファント後半では右手首最長到達時へ向けて体幹は大きく捻られているのがわかる。ここで、局面ごとの肩および腰の回転角度の変化をみると、（図8）マルシェ前半では肩における増大と腰における減少、マルシェ後半では主に腰における減少、ファント前半では肩における増大、ファント後半では肩における増大と腰における減少がみられた。このように、マルシェ・ファント動作で繰り返し発生する体幹の捻りは、動作局面によってその要因が異なるといえる。特に、ファント後半での体幹の捻りは大きく、上述のように、同局面における課題の1つとして、体幹を可能な限り鉛直に保持することが挙げられるなど、この局面での身体の使い方は重要な指導のポイントとされている。ここで、マルシェ・ファント動作では、右上肢と右下肢を前方に出す動作として捉えられ、これは鉛直軸まわりに上方からみて身体を反時計まわりに（進行方向に対して左方向に）回転させるモーメントを発生させると考えられる。また、図8をみると、踏み込み足接地後、肩が大きく回転しており、これは右上肢が大きく前方に運ばれていたためと考えられる。これらの身体の左方向への回転を止め、攻撃相手に正対するため、ファント後半では腰を右方向に回転させ（図8における腰の回転角度の減少）、これが大きな体幹の捻

りを生み出したと考えられる。飯田ら⁴⁾は、踏み込み足接地時に踏み込み足となる前足には体重の3～4倍もの大きな衝撃が生じることを報告しており、ファント後半における下肢への負担は大きいといえる。これらのことから、ファント後半では、右下肢に大きな負荷がかかっている状況下で、身体の左方向への回転に抗して腰を対戦相手の方向にまっすぐ向ける（腰を右方向に回転させる）ための力発揮がなされており、この際に体幹は大きく捻られるという特徴があるといえる。

V. まとめ

本研究の目的は、3次元動作分析法を用いてフェンシングにおけるフルーレ選手のマルシェ・ファント動作をキネマティクスの分析し、その技術的特徴を明らかにすることによって指導に役立つ基礎的知見を得ることであった。得られた結果をまとめると、以下のようになる。

- ① マルシェ前半では、右手首の速度と重心の速度の変化パターンとはほぼ一致しており、この局面での右手首の速度の増大には重心速度が大きく影響を及ぼしていた。
- ② ファント前半では、重心速度の増大とともに、重心に対する右手首の相対速度が増大しており、この局面での右手首の速度の増大には、左足で地面を蹴ることによる重心の前方移動と右腕を伸ばすことによる右手首の前方への加速といった2つの要因が影響していた。
- ③ 左下肢の関節角度は、マルシェ前半では膝および足関節のみの増大であったのに対して、ファント前半では股、膝および足関節がすべて増大しており、角度変化もより大きかった。また、ファント前半でのみ増大がみられた左股関節においては、屈伸角度において急激な増大がみられた。
- ④ 体幹の前後傾角度は、動作開始から踏み出し足接地へ向けて増大（前傾）しており（ピーク値は15度程度）、その後マルシェ後半では減少して鉛直方向に戻っていき、ファント前半から後半にかけて再び大きく増大（前傾）していた（右手首最長到達時で20度程度）。
- ⑤ 体幹の側屈角度は、マルシェ前半から後半にかけて5～10度程度であり、体幹は左方向に傾いていた。また、ファント前半では踏み込み足接地へ向けて傾きは減少していたが、ファント後半では再

び増大し、右手首最長到達時では6度程度左方向に傾いていた。

- ⑥ マルシェ前半および後半、ファント前半では体幹の捻りの発生と消失が繰り返されており、ファント後半では右手首最長到達時へ向けて体幹は大きく捻られていた。
- ⑦ ファント後半において、回転角度は肩では大きく増大し、腰では大きく減少していた。

以上のことから、右手首の速度（剣の速度に相当）の増大はマルシェ前半およびファント前半でなされており、特にファント前半では、左足における膝および足関節を伸ばすことに加えて、股関節の伸展を十分に行うことによって、一定速度からの更なる重心の前方への加速を生み出していることが明らかとなった。また、マルシェ・ファント動作では体幹の捻りが繰り返し発生していることが明らかとなった。特に、ファント後半での体幹の捻りは大きく、踏み込み足となる右下肢に大きな負荷がかかっている状況下で、身体の左方向への回転に抗して腰を対戦相手の方向にまっすぐ向ける（腰を右方向に回転させる）ための力発揮が重要となることが示唆された。

謝辞

本実験に被験者として快くご協力頂いた日本女子体育大学フェンシング部に深く感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 阿江通良 (1996) 日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数, Japanese Journal of Sports Sciences 15: 155-162.
- 2) エドワード・ベベル: 山本耕司訳 (1964): 図解・新しいフェンシング, p.5, ベースボール・マガジン社, 東京.
- 3) 飯田晴子, 松尾彰文, 星川雅子, 他 (2004) フェンシング競技の速いマルシェ・ファントに関する研究, 第18回日本バイオメカニクス学会論集, pp.182-183.
- 4) 飯田晴子, 松尾彰文, 星川雅子, 他 (2006) フェンシング競技のファント動作における下肢への負担度に関する研究, 国立スポーツ科学センター年報 2005, p.50.
- 5) 飯田雄久 (1966) フェンシング, p.28, ベースボール・マガジン社, 東京.
- 6) 池上康男, 桜井伸二, 矢部京之助 (1991) DLT法, Japanese Journal of Sports Sciences 10: 191-195.

- 7) ルコビッチ・イシュトヴァーン：川名宏美訳（1976）電気フルーレによる最新フェンシング技術, p.62, ベースボール・マガジン社, 東京.
- 8) 齊川生志, 舟田宏明, 嵯峨宣彦（2004）スポーツにおける競技向上のための運動解析, 日本機械学会東北支部秋季講演会講演論文集, pp.243-244.
- 9) 佐野雅之（1957）フェンシング, p. 39, 旺文社, 東京.
- 10) 高西敏正, 岡智子, 木村直人, 他（1990）女子フェンシング選手の競技成績と等速性脚筋力について, 日本体育学会第41回大会号, p.637.
- 11) Winter, D. A.（1990）Biomechanics and motor control of human movement, pp.41-43, John Wiley and Sons Inc., New York.

（平成23年9月13日受付）
（平成23年12月22日受理）