

フェンシングのための重心移動の解析システムの開発

南里, 大成 / NANRI, Taisei

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学研究科編

(巻 / Volume)

64

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

5

(発行年 / Year)

2023-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00026432>

フェンシングのための 重心移動の解析システムの開発

DEVELOPMENT OF A WEIGHT TRANSFER ANALYSIS SYSTEM FOR FENCING ATHLETES

南里大成

Taisei NANRI

指導教員 小林一行 教授

法政大学大学院理工学研究科システム理工学専攻創生科学系修士課程

Fencing is a competitive sport that requires good body balance, concentration, and keen insight. Stable body balance in fencing can be a key in attacking and defending with a sword at a game. This paper describes a new weight transfer analysis system suitable for fencing athletes to analyze the body balance form. We have developed a weight transfer analysis system, which is limited to the basic fente form in fencing and considers the amount of foot and body movement. To confirm the effectiveness of the developed system, we carried out to evaluate experienced and novice players to perform the fencing fente form and analyzed the trajectory of their weight transfer.

Key Words : *fencing, fente, weight transfer, analysis system*

1. はじめに

フェンシングは二人の選手が向かい合い、片手に持った剣で攻撃を仕合うことで勝敗を決めるスポーツである。突きで相手の体に触れるとポイントが入り、既定のポイントを先取したプレイヤーの勝利になる[1]。フルーレ、エペ、サーブルの三種目があるが、どの種目においても攻撃である「突き」が重要な動作になってくる。突きのなかでもファントという動作は、前足を前に出しながら「突き」をするというフェンシングの基本動作である。ファントは重心を前に動かす動作であり、踏み込みの際に重心が左右にブレないことや、重心が前に出過ぎないことが大切である。すなわち、重心移動が特に重要な動作である。また、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向への移動能力が重要な要因であると言われている[2]。フェンシングに関して、動作を撮影し分析する研究[3-5]や体力特性に関する研究[6-9]は多いが、重心移動を主な着眼点とした研究は少ない。これらのことから、本研究では初心者と上級者のファント時の動きの違いを分析していく。また、その分析を行うための重心移動の解析システムを開発することを本研究の目的とする。

2. 測定方法

(1) 被験者

被験者は 21~25 歳の成人男性 5 名とする。3 名は法政大学フェンシング部に所属する選手であり、今回の実験では上級者とする。フェンシング歴はそれぞれ、7 年、9 年、13 年である。残り 2 名は未経験者であり、今回の実験では初心者とする。計測する前に被験者には、研究の目的や実験方法、安全性などを説明し、協力の同意を得た。

(2) 測定装置



Fig.1 Overview of the measurement system

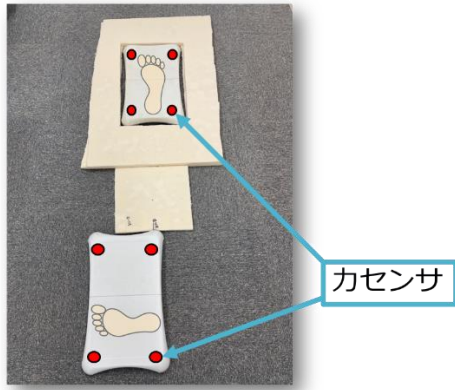


Fig.2 Placement of the balance board

Fig.1 は装置の概要を示している。装置は 2 台のバランス Wii ボードで構成されていて、ボードは Fig.2 のように配置する。バランス Wii ボードの周りには、スタイルフォームを配置し、実験の安全性、ボード位置の再現性を高めている。また、このバランスボードは合計 8 個のカセンサがあり、それぞれのセンサにかかる力を測定する。被験者はこのボード上でファント動作を行う。また、センサなどは付けていないが、動作時の腰の動きを簡易的に観察するため、横からカメラ (iPhone) で撮影をする。被験者がより実践に近い形で実験を行えるよう、標的となるものも設置する。

(3) 実験方法

被験者には室内シューズを履いてもらい、実際にフェンシングで使う剣 (フルール) を持ってファント動作を行ってもらう。ボード上での動作に慣れるために、実験前に数回練習もしてもらおう。

また、事前に被験者が踏み込みやすいボード間の幅を測定する。その結果に応じて、一人一人に合ったスタイルフォームを作成し、ボード間の幅を調整した。

被験者には以下に示すような 4 通りのやり方でファント動作を行ってもらおう。

- ① 静止状態からのファント動作
- ② ①をした後、元の姿勢に戻る
- ③ ステップを踏んでからのファント動作
- ④ ③をした後、元の姿勢に戻る

3. 解析方法

(1) 足とカセンサの対応関係

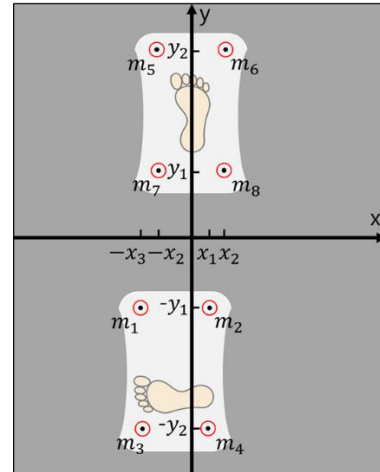


Fig.3 Coordinates of the measurement system

足とカセンサの対応関係は Fig.3 のようになっている。カセンサの位置は $m_1 \sim m_8$ と定義する。両足の重量を w_B 、重心の x 座標を x_{G_B} 、 y 座標を y_{G_B} とすると、両足の重心は式(1) (2) (3) のように表すことができる。

$$w_B = m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7 + m_8 \quad (1)$$

$$x_{G_B} = \frac{-m_1 x_3 + m_2 x_1 - m_3 x_3 + m_4 x_1 - m_5 x_2 + m_6 x_2 - m_7 x_2 + m_8 x_2}{w_B} \quad (2)$$

$$y_{G_B} = \frac{-m_1 y_1 - m_2 y_1 - m_3 y_2 - m_4 y_2 + m_5 y_2 + m_6 y_2 + m_7 y_1 + m_8 y_1}{w_B} \quad (3)$$

ここで、被験者によってボード間の幅が異なるため、 y_1, y_2 の値は被験者により異なる。

また、軸足の重量を w_P 、軸足の重心の x 座標を x_{G_P} 、 y 座標を y_{G_P} とすると軸足の重心は式(4) (5) (6) のように表すことができる。

$$w_P = m_1 + m_2 + m_3 + m_4 \quad (4)$$

$$x_{G_P} = \frac{-m_1 x_3 + m_2 x_1 - m_3 x_3 + m_4 x_1}{w_P} \quad (5)$$

$$y_{G_P} = \frac{-m_1 y_1 - m_2 y_1 - m_3 y_2 - m_4 y_2}{w_P} \quad (6)$$

同じように、踏み込み足の重量を w_S 、踏み込み足の重心の x 座標を x_{G_S} 、 y 座標を y_{G_S} とすると踏み込み足の重心は式(7) (8) (9) のように表すことができる。

$$w_S = m_5 + m_6 + m_7 + m_8 \quad (7)$$

$$x_{G_S} = \frac{-m_5 x_2 + m_6 x_2 - m_7 x_2 + m_8 x_2}{w_S} \quad (8)$$

$$y_{GS} = \frac{m_5 y_2 + m_6 y_2 + m_7 y_1 + m_8 y_1}{w_S} \quad (9)$$

(2) マクロを使った解析

被験者がボード上でファント動作を行い、力センサで測定されたデータは、ボードと Bluetooth でつながっているパソコンに送られる。データをエクセル上に並べ、マクロによって自動で重心の計算、重心の軌跡のグラフ化、ポイントとなる項目の抽出までを一気に行う。Fig.4 のように、実行前の状態からマクロを実行することで、実行後のような状態になる。

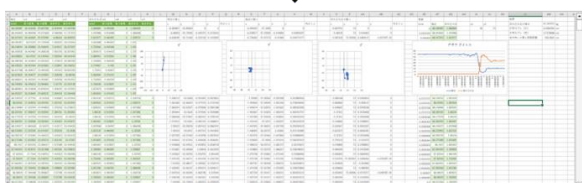


Fig.4 Before and after macro execution

(3) 測定項目および着目する点

フェンシングにおいて、足の踏み込みの力は効率的な力の伝達につながり、競技能力に大きく影響するとされている[10]。このことに加え、法政大学体育会フェンシング部の部長、選手から意見をもらい、測定する項目や着目する点を決めた。

- ① 踏み込み足の強さ
- ② 重心移動の左右のブレ
- ③ 前方向への重心移動距離
- ④ 特有のクセの有無

踏み込み足の強さは、被験者の体重の差による測定データへの影響をなくすため、踏み込み足の強さを各被験者の体重で割った数値で比較を行った。重心移動の左右のブレはFig.5で示されたような両足の重心移動におけるxの最大値とxの最小値の絶対値を足したものと定義する。

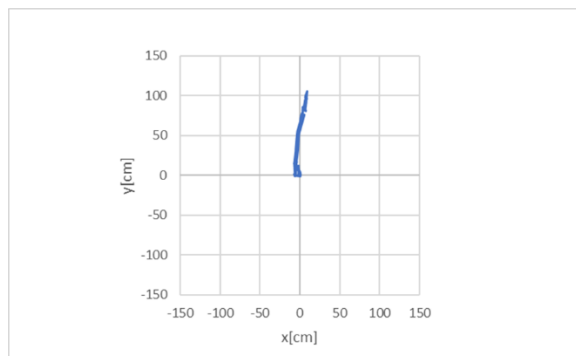


Fig.5 Trajectory of center of gravity of both feet

前方向への重心移動距離はFig.6のように、初期状態の位置からどれほど前方向に重心が移動したのかを測定する。

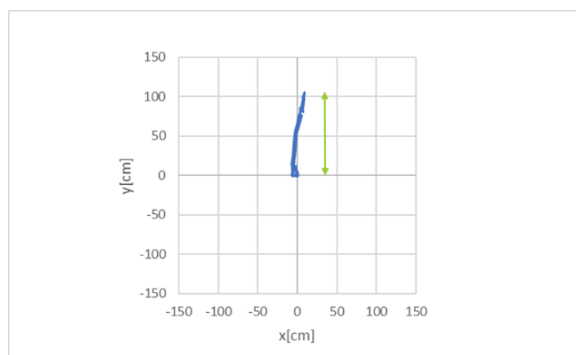


Fig.6 Trajectory of the center of gravity of both feet (distance of center of gravity movement)

前方向への重心移動距離も踏み込み足の強さと同じように、事前測定によって決めた各被験者のボード間の幅による影響をなくすため、前方向への重心移動距離を各被験者のボード間の幅で割った数値で比較を行った。

4. 結果と考察

Table.1 は初心者と上級者で踏み込み足の強さの平均を比較した結果である。結果は、上級者の踏み込み足の強さが初心者の踏み込み足の強さの約 1.6 倍になった。

Table.1 Comparing the strength of the stepping foot

	初心者	上級者
踏み込み足の強さ	1.01	1.65

このことから、踏み込み足の強さはフェンシングにおける競技能力に大きく影響することが確認できた。要因の一つとして、踏み込んでから一気に体重移動をするため、重心移動時間が短くなることが挙げられる。また、初心者は一旦上体が浮いてから下に向かって足を着地するのに対して、上級者は上体が平行に移動する[2]ため、その前方向への勢いを止めるためにも力強い踏み込みが必

要であると考えられる。

Table.2 Comparing the left and right blurring of the feet

	初心者	上級者
左右のブレ[cm]	14.76	18.44

Table.2 は初心者と上級者での重心移動の左右のブレの平均を比較した結果である。結果は上級者の方が少し左右のブレが大きくなった。本来であれば、ファント動作時の重心移動の左右へのブレは小さい方がいい。しかし、このような結果になったのは初心者と上級者の動きの力強さの違いが要因であると考えられる。踏み込み足の強さが初心者と上級者で大きく違ったことから分かるように、全体的に上級者の方がかなりダイナミックなファント動作になり、初心者は躍動感に欠ける動作になる。これは実際の動作を目で見ても分かるほどであった。つまり、上級者がコントロールしなければいけない力に対して、初心者のコントロールすべき力は小さかったため、上級者の方が左右のブレが大きくなったと考えられる。

Table.3 Comparing the center-of-gravity movement distance

	初心者A	初心者B	上級者A	上級者B	上級者C
前方向への重心移動距離	0.95	1.02	0.94	0.92	0.92

Table.3 は各被験者で前方向への重心移動距離を比較した結果である。結果は、初心者はボード間の幅より重心移動距離が大きくなった者と小さくなった者で別れたが、上級者は全員がボード間の幅より小さい重心移動距離になった。このことから、前方向への重心移動距離は選手の踏み込み幅にもよるが、基本的に小さい方が良くと考えられる。フェンシングでは、ファント動作の終了時には、相手の攻撃に備え、すぐに動ける状態が望ましい。しかし、重心移動距離が長いとファント動作終了時に重心が前に行き過ぎてしまうため、次の動作への動き出しが遅くなってしまふ。この事が、前方向への重心移動距離が小さい方がいい理由として考えられる。

特有のクセに関して、初心者は踏み込み足が着地してから踏み込み足にかかる力がピークに達するまでに数回減少するという特徴がみられた。それに対して、上級者は踏み込み足の着地から踏み込み足にかかる力が減少することなくピークに達していた。

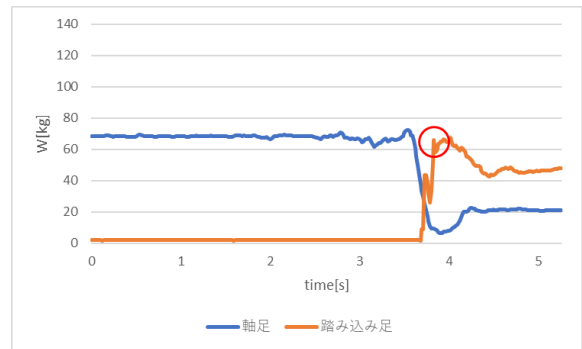


Fig.7 Time variation of reaction force (beginner fencing player)

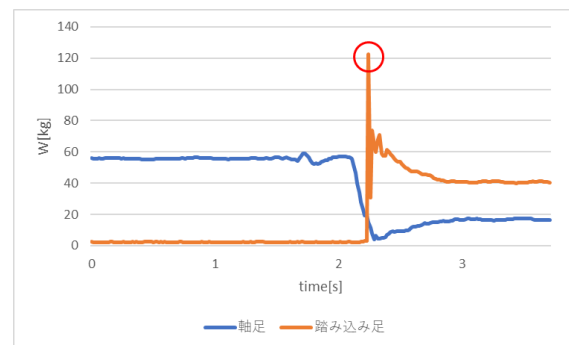


Fig.8 Time variation of reaction force (advanced fencing player)

Fig.7 と Fig.8 は軸足側のボードにかかる力と踏み込み足側のボードにかかる力の時間経過に対する変化を初心者と上級者別に表した図である。それぞれ赤い丸で囲まれた部分が踏み込み足にかかる力のピークである。Fig.7 の約 3.5 秒～4 秒における踏み込み足の力に着目すると、初心者は踏み込み足にかかる力がピークに達するまでが一直線でないことがわかる。それに対して上級者は、Fig.8 の 2 秒過ぎあたりにおける踏み込み足の力からわかるように、一直線で踏み込み足の力がピークに達していることがわかる。このことから、踏み込み足を着地してから思い切り良く一気に体重移動を完了することが重要であるといえる。そうすることにより、重心移動にかかる時間も短縮され、突きまでの時間が早くなると考えられる。

5. 結論

本研究では、フェンシングにおける初心者と上級者のファント動作の重心移動を主にバランス Wii ボードを用いて測定し、初心者と上級者のファント動作時の動きの違いを分析した。結果として、フェンシングの動作解析システムの開発に成功し、ファント動作における初心者と上級者の動きの違いに関する知見を得ることが出来た。

6. 今後の展望

今後の展望としては、測定結果のリアルタイム表示と被験者の母数を増やすことが挙げられる。現在、データを

取得してから解析結果を表示するまで 30 秒～1 分ほどかかっている。しかし、データを取得しながら結果を表示することが出来れば、より実験の効率が上がるはずである。また、今回の実験では被験者は 5 名だったが、より多くの被験者で実験をすることで、より正確なデータの取得や、新しい知見の発見につながると考えている。

参考文献

- 1) フェンシングの基礎知識，公益社団法人日本フェンシング協会 公式サイト
<https://fencing-jpn.jp/cms/wp-content/uploads/2021/02/d1d5a90053300ec0f9a4d21a3b9bb4df.pdf>
- 2) 小野恵李奈ほか：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，日本女子体育大学紀要，Vol.42，pp.61-70，2012
- 3) 田淵和彦，高木公三郎：フェンシング競技の動作分析について(そのⅡ)，体力学研究，Vol.14，pp.146，1970
- 4) 田淵和彦，倉敷千稔，岩野悦真，高木公三郎：フェンシング競技の EMG 的動作分析，体力学研究，Vol.13，pp.155，1969
- 5) 浅野裕俊，水野統太，井出英人：フェンシングにおける動態計測と解析，電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌)，Vol.1，pp.149-150，2009
- 6) 千野謙太郎，荻根澤千鶴，林川晴俊，星川雅子，池田達昭，佐藤秀明：異なるフェンシング種目の日本人一流競技者における形態および体力特性：Sports Science in Elite Athlete Support，Vol.2，pp.11-19，2017
- 7) 梶山俊仁，小林勇氣，相馬雅樹，林卓史，禿隆一，新井祐子，井上裕二，大塚道太，古田久，黒川隆志：男子大学フェンシング選手のアジリティー能力と下肢パワー発揮能力に及ぼすトレーニング効果：種目間の違いに着目して，スポーツパフォーマンス研究，Vol.14，pp.137-144，2022
- 8) 岡村知明，上岡尚代，伊藤マモル：フェンシング選手のパワー及びアジリティー能力の測定結果，法政大学スポーツ研究センター紀要，Vol.36，pp.31-35，2018
- 9) J. Nyström, O. Lindwall, R. Ceci, J. Harmenberg, J. Swedehag, B. Ekblom : Physiological and morphological characteristics of world class fencers, Vol.11, pp.136-139, 1990
- 10) 齊川生志，舟田宏明，嵯峨宣彦：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，Vol.40，pp.243-244，2004