

車椅子マラソンの3次元動作解析 —スピードの違いによるフォームの変容—

房野 真也*・森木 吾郎*・塩川 満久**・山崎 昌廣***

Three-Dimensional Analysis of Wheelchair Marathon Racing Form — Focusing on the Speed of Movement —

Shinya Bono・Goro Moriki・Mitsuhisa Shiokawa・Masahiro Yamasaki

Three-dimensional analysis of wheelchair marathon racing forms was performed using 2 cameras, involving 6 wheelchair racers who participated in the Para-Ekiden Race, representing their prefectures. Among the racers, marked variations were observed in the hand movement trajectory; the trajectory was elliptic in all cases, but the axis of the ellipse varied, and its angle was strongly correlated with each racer's recent results. Further studies may be necessary to clarify whether the hand movement trajectory is associated with the speed of shoulder or elbow movement or racing form.

Key words: Wheelchair Marathon (車椅子マラソン), Three-Dimensional Analysis (3次元動作解析), Racing Form (フォーム)

1. 目的

車椅子マラソンでは、車椅子そのものの機械の要因、体力などの身体の要因、および試合中の駆け引きなどの戦術的な要因が重要である。さらに、車椅子を操作する際の、姿勢、車をこぐタイミング、位置、ピッチ、腕の長さ、と車輪の径の関係など、バイオメカニクスの要因も大変重要である。

Wang et al. (1995) はカメラを1台使い、鏡を利用することにより車椅子フォームの3次元解析を行い、車椅子を速く駆動させるためには、最初に車輪に触れる際に肩と肘の速度が最大で、さらに車輪をこいだ後、腕を元に戻す際にも手が最大速度になっている必要があることを明らかにした。

このように、バイオメカニクスの研究に関しては、分析手法の進歩にともない、車椅子フォームの動作解析が行われるようになった。しかし、その多くの分析法はカメラを1台だけ使った平面だけの2次元動作解析であり (Higgs, 1985 ; Ridgway et al., 1988 ; Sanderson and Sommer, 1985) , 3次元動作解析による車椅子フォームの研究は少なく、3次元データの蓄積は重要である。

そこで、本研究はカメラ2台を使用し、車椅子マラソンにおけるフォームの3次元動作解析を行った。分析に際しては、特に肘、肩および手の軌跡に注目し、これらの軌跡について速く走る人と遅い人との比較を行った。

* 広島文化学園大学 社会情報学部 (Hiroshima Bunka Gakuen University, Faculty of Social Information Science)

** 県立広島大学 保健福祉学部 (Prefectural University of Hiroshima, Faculty of Health and Welfare)

*** 広島大学 大学院総合科学研究科 (Hiroshima University, Graduate School of Integrated Arts and Sciences)

表1 被験者の身体的特徴およびマラソンベストタイム

被験者	年 齢 歳	身 長 cm	体 重 kg	フルマラソン ベストタイム
A	43	165	65.8	1 h 57m40 s
B	48	166	61.5	1 h 55m00 s
C	36	165	66.7	1 h 17m49 s *
D	46	170	57.7	1 h 51m30 s
E	38	165	61.0	2 h 35m00 s
F	52	163	63.0	2 h 16m30 s
平 均	43.8	165.7	62.6	
標準偏差	6.1	2.3	3.3	

*:ハーフマラソンのタイム

表2 肘および肩関節の振り幅 (度)

被験者	車輪回転数	肘関節 振り幅	肩関節 振り幅
A	2.2	88.5	46.8
B	2.5	68.0	41.7
C	2.3	104.8	61.9
D	1.8	88.7	70.9
E	2.7	93.2	78.6
F	2.9	60.8	62.2
平 均	2.4	84.0	60.4
標準偏差	0.4	16.5	14.0

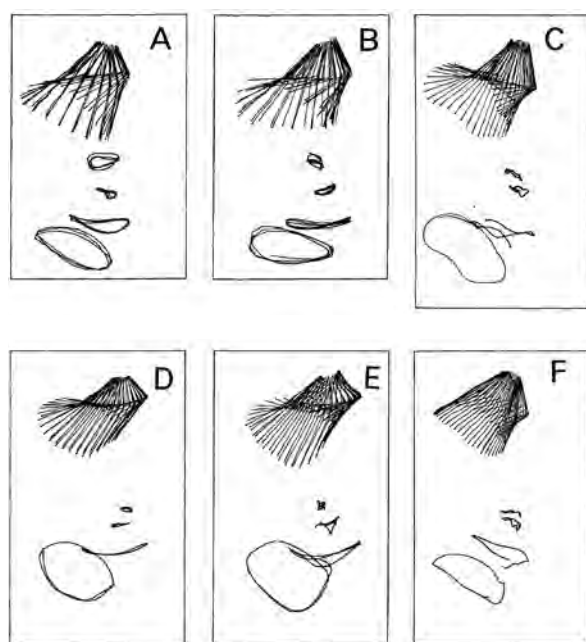


図1 側面からみた身体各部の軌跡

2. 方法

2.1 被験者

被験者は車椅子マラソン選手6名であった。いずれの選手も都道府県対抗の車椅子駅伝の県代表選手である。表1に被験者の年齢、身長、体重およびこれまでのマラソンベストタイムを示している。

2.2 ビデオ撮影

3次元動作解析(DLT法)を行うために、カメラを2台用いて、被験者の左右前方からそれぞれ撮影した。被験者には全身10ヵ所(片側5ヵ所:手先、母指球、肘、肩峰点および側頭部)に、マーカーを貼付した。また、車椅子の車輪に左右それ

ぞれ1点、および固定点として左右の床に1点のマーカーを貼付した。被験者C, D, E, Fについては60コマ/秒、被験者A, Bについては30コマ/秒で撮影した。

被験者は各自のマラソン用車椅子を用いて、ローラー上で車椅子運動を行った。ゆっくりとした速度から次第に速くし、最後に最大努力による車椅子走行を行った。撮影はローラー走行中の全期間記録したが、分析に用いたのは最大努力による車椅子走行時とした。

2.3 画像解析

画像解析はパソコンの画面上において、身体に貼付したマーカーの座標点を連続して求めた。連続した座標点のデータを元に、スティックピクチャー、各関節の角度変化、角速度および車椅子の速度を算出した。

3. 結果

図1には、側面からみた腕のスティックピクチャー、および側頭部、肩峰点、肘点、手先の軌跡を示している。各パターンはそれぞれの被験者に特徴があるが、肘の曲げ具合および手先の軌跡に大きな差が認められる。肘の曲げ具合に関しては、腕を後ろに引いた段階において、肘が伸びている被験者AおよびB、肘が曲がっている被験者DおよびE、これらの中間を示した被験者CおよびFに分けることができる。また、手先の軌跡については、全員が楕円形の軌跡を描いているが、そ

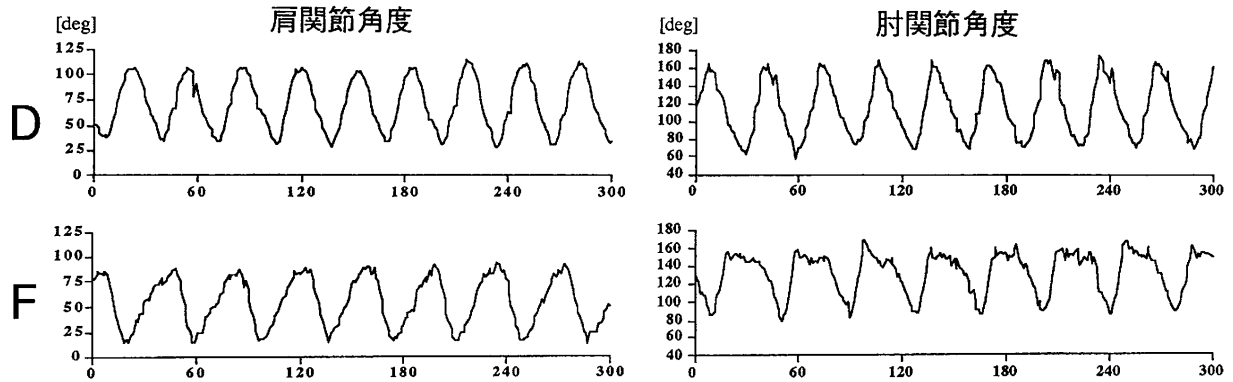


図2 肘関節角度及び肩関節角度変化（被験者DおよびF）

の楕円形の長軸の傾きが異なっている。すなわち、被験者Aの楕円形の長軸はほぼ水平になっているのに対し、他の被験者の軸は傾斜しており、前方側が高くなって後方が低くなっている。角度を測定すると、被験者A, B, C, D, EおよびFで、それぞれ約25, 10, 40, 35, 35および30度であった。

図1において肘関節角度変化に個人差が観察されたことから、肘角度および肘関節角度に影響すると思われる肩関節角度に注目した。図2は被験者DおよびFの肩関節角度および肘関節角度変化（5秒間）を示している。被験者間に角度変化のパターンにおいて差があったが、ここでは両関節角度の振幅を算出した。表2はある周期において肘関節および肩関節の振幅を1秒間の車輪の回転頻度とともに示してある。肘関節の振幅は被験者Fで最も小さく68度であった。逆に最も大きかったのは被験者Cの104.8度であり、両者の差は40度以上にも及んだ。肩関節角度は最も大きい値を示したのは被験者Eで78.6度であった。一方、最も振りが小さかったのは被験者Bで41.7度であった。

4. 考察

本研究の被験者は、都道府県対抗の車椅子駅伝の県代表選手であった。したがって、これらの被験者は車椅子マラソン技術に関してはかなりのレベルを有する者と思われる。

車椅子運動の解析においては、車椅子駆動期間と腕を前に移動させる回復期間に分けて分析が行

われている（Vanlandewijck et al., 1994 ; Davise et al., 1988 ; Higgs, 1985）。Walsh (1987) は、速く走るときは回復期間の時間を短くする必要があるために、選手は手をできるだけ車輪から離さないようにしてこいでいることを示した。また、Wang et al. (1995) は速度をあげるためには、車椅子駆動の最初および回復期の最後の肩、肘および手の速度を速くする必要があることを明らかにした。本研究では表2に示したように、肘および肩関節の振幅と速度には有意な相関関係は認められなかった。このことは大きく腕を振ることによって力を発揮するのではなく、むしろWang et al. (1995) が示したように各部位の速度が関係しているものと考えられる。また、Jones et al. (1992) は、効率的な車椅子運動のためには、流れるようなフォームで、しかもリズムカルであることが重要だと明らかにしている。車椅子マラソンは長時間行うために、常に全力で車椅子を駆動しているわけではなく、疲労の蓄積の少ないフォームも重要であると考えられる。

本研究では車椅子駆動期間と回復期間との区別を行わず、上肢全体のフォームについて解析を行った。本研究において、被験者間に顕著な違いが観察されたのは手の軌跡であった。手の軌跡は全ての被験者で楕円形を描いているが、楕円形の軸は被験者間に差が認められた。この楕円形の軸の床面となす角度の小さい順に並べると、B, A, F, D, EおよびCであった。被験者の中で、最近のレースにおける成績が最も良いのは被験者Bであって、その後成績順に並べるとA, D, F, Eお

よびCとなっている。このように、手の軌跡である楕円形の軸の角度が最近の成績と極めて関連が強いことは興味深い結果である。この軌跡がWang et al. (1995) の指摘する肩あるいは肘の速度と関係しているのか、あるいはJones et al. (1992) が指摘しているフォームと関連しているのかは、今後明らかにすべき問題点である。

文 献

- 1) Davis, R., Ferrara, M. and Byrnes, D. (1988) The competitive wheelchair stroke. NSCA Journal, 10, 4-10.
- 2) Higgs, C. (1985) Propulsion of racing wheelchairs. In C. Sherrill (Ed.), Sport and disabled athletes, 165-172. Champaign, IL : Human Kinetics.
- 3) Jones, D., Baldini, F., Cooper, R., Robertson, R. and Widman, L. (1992) Economical aspects of wheelchair propulsion. Med. Sci. Sports exerc., 24: (Suppl.), S32.
- 4) Ridgway, M., Pope, C. and Wilkerson, J. (1988) A kinematic analysis of 800-meter wheelchair racing techniques. APAQ, 5, 96-107.
- 5) Sanderson, D. and Sommer, H. (1985) Kinematic features of wheel chair propulsion. J. Biomech., 18, 423-429.
- 6) Vanlandewijck, Y. C., Spaepen, A. J. and Lysens, R. J. (1994) Wheelchair propulsion efficiency : movement pattern adaptations to speed changes. Med. Sci. Sports Exerc., 26, 1373-1381.
- 7) Walsh, C. (1987) The effect of pushing frequency on speed in wheelchair sprinting. Sports'n spokes, 13, 13-14.
- 8) Wang, Y. T., Deutsch, H., Morse, M., Hedrick, B. and Millikan, T. (1995) Three-dimensional kinematics of wheelchair propulsion across racing speeds. APAQ, 12, 78-89.