

車いすエルゴメーターを用いたレースシミュレーション中の時空間パラメーターおよびパワー発揮特性の分析

柏木 悠 (商学部講師)

2020年の東京オリンピック・パラリンピックの開催決定により、競技スポーツに関する興味関心は高まっている。このような社会のスポーツに対する期待が高まる中、パラリンピック競技に関しては、国の支援や環境整備、競技団体の強化やタレント発掘事業が推進され、選手人口が増加傾向にある。特に陸上車いすマラソン競技に関しては、過去のパラリンピックで数多くのメダルを獲得してきた。しかし、短距離種目の100m競技 T53クラスにおいては、世界記録の13.63秒に対して、14.04秒と世界との差は大きく、更にレースの高速化が進み、課題の多い競技でもある。我が国のパラアスリートへのサポート支援は近年始まったばかりであり、現場のコーチスタッフは、障がいクラスの違い、用具の調整などこれまでのオリンピックでのサポートでは想定されない問題が山積し、手探りの状態でもある。本研究報告では、車いすエルゴメーターを用いたラボ測定によって定量化した車いすレースシミュレーション中の速度や時空間パラメーターおよび力学的情報を報告し、車いす競技における記録向上のためのトレーニングを考える資料を提供する。

II 方法

1. 対象者

被験者は、パラリンピック車いす競技メダリストを含む、T53,54クラスの車いすパラアスリート6名であった(年齢40.5±7.2歳、身長165.5±7.6cm、体重55.5±8.7kg)。実験実施にあたり、被験者に対して、実験の目的、方法および危険性について説明し、書面にて実験参加の同意を得た。

2. 実験課題

被験者は、実験前に十分なウォーミングアップを行った後に、車いすエルゴメーター上で100mレースシミュレーションを全力で行った。レースシミュレーションには、各被験者の車いすレーサーを用いて行った。レースシミュレーション中の車輪トルク(力: Force)、車輪速

度およびパワーの計測には、専用の車いすエルゴメーター(KEKU社製、図1)を用いてサンプリング周波数1kHzで計測を行った。図2には本エルゴメーターシステムの一連の概要を示す。レースシミュレーションモードで使用した負荷の設定は、実際のレース状況に近づけるために、選手に加わる全ての抵抗(空気抵抗、車輪抵抗、車輪慣性抵抗)を考慮したレースシミュレーションモードを使用した。車いすレースシミュレーション中の時空間パラメーターは、パワーデータより、1サイクルをPush off phaseとRecovery phaseに分けた後、1ストローク長、ストローク頻度および1サイクル中に占めるPush phase時間の比率を算出した[Push phase ratio(%)= Push off phase(ms)/1 Cycle time(ms)* 100]。パワーおよびフォースデータは、1ストローク中の平均値を算出した。レースシミュレーション中の計測パラメーターは、10m区間毎に平均値±標準偏差で示した。

III 結果および考察

100mレースシミュレーションのレースパターンは、車輪速度がゴールに向けて増加していく傾向を示した。レースシミュレーション中の最大速度は8.13±0.8m/sに到達しゴールで出現がみられた(図3)。この時の時空間パラメーターは、ストローク頻度は、ほぼスタートからゴールまで一定を示し、一方スローク長は、車輪速度の変化と同様なパターンを示した。1サイクルの時間は、スタートからゴールまでほぼ一定の値を示したが、Push off phaseの時間は減少を示した。この時の車輪パワーは、スタートからゴールにかけて平均400Wの値を示したが、車輪フォースに関しては、車輪速度の増加と共に減少する傾向を示した。

本研究の100mレースシミュレーション中の速度変化は、スタートからゴールに向けて増加する傾向し、ゴールで最大速度に到達するパターンを示した。実際の車いす100m競技を2台のパンニングカメラを用いて分析した研究

報告では、最大速度の出現がみられ、更に最大速度が100mレースのタイムに有意に関係していることが報告されている(1)。本研究の結果は、先行研究の報告とは異なる結果であった。一方、2016年のリオパラリンピックの100mレースの速度からエネルギー効率を検討した研究では(2)、本研究と同様な速度パターンを報告し、100mレースにおいて選手が最大のパワー発揮をするためには距離が短すぎると結論づけている。一般的に健常者の100m競技においては、加速期、最大速度出現、減速期の速度の変化がみられ、特に最大疾走速度は、タイムと関係性が明らかにとされている(3)。本研究と先行研究(1)において、車いす100mレースの速度パターンの不一致がみられ、更なるデータの蓄積と検証が必要になると考えられる。しかし、本研究および先行研究(1,2)において100m競技では、スタートから20m区間の速度の立ち上がりが必要であることは一致した見解であり、パフォーマンスを向上させる要因となることが示された。

IV 参考文献

1. Chow JW, Chae WS. Kinematic analysis of the 100-m wheelchair race. J Biomech. 2007;40(11):2564-8.
2. Tiago M Barbosa EC. Monitoring the biomechanics of a wheelchair sprinter racing the 100 m final at the 2016 Paralympic Games. European Journal of Physics. 2017;38.
3. 松尾彰文, 広川龍太郎, 柳谷登志雄, 土江寛裕, 杉田正明: 男女100m レースのスピード変化. バイオメカニクス研究 2008, 12(2):74-83.

※本研究報告の一部内容は、平成30年公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団より助成を受けて実施された。ここに記し謹んで感謝申し上げます。

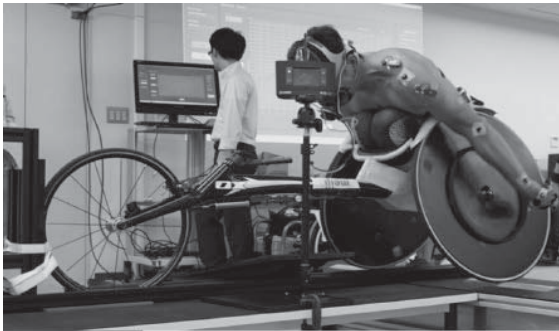
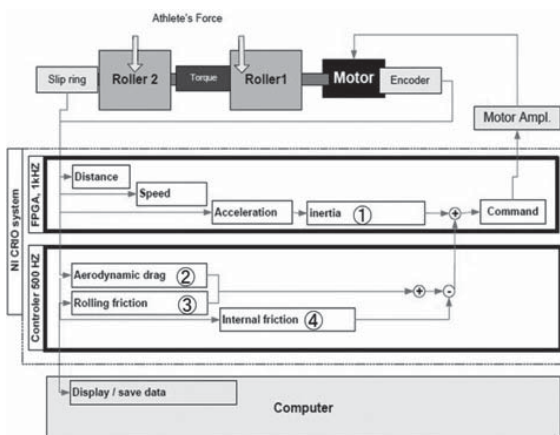


図1 実験風景



① F inertia : $F_I = (M - M_{eq})a$

② Aerodynamic drag : $F_D = \frac{1}{2} \rho V^2 C_d A$

$\rho = 1.23 \frac{kg}{m^3}$ Air density,

$C_d A = 0.21m^2$ to $0.23m^2$ test on racer in windtunnel for speed between 20 to 40 km/h

③ Rolling resistance : $F_R = \mu_R Mg + k_f M g v^2$

where $\mu_R = 0.01$ et $k_f = 5 \times 10^{-6} \frac{s^2}{m^2}$

m athlete + wheelchair weight (kg), $g = 9.81m/s^2$

④ Internal friction → coast down calibration and polynomial evaluation :
 $F_{internal} = P_0 + P_1 v + P_2 v^2 + P_3 v^3$

図2 車いすエルゴメーターシステム概要

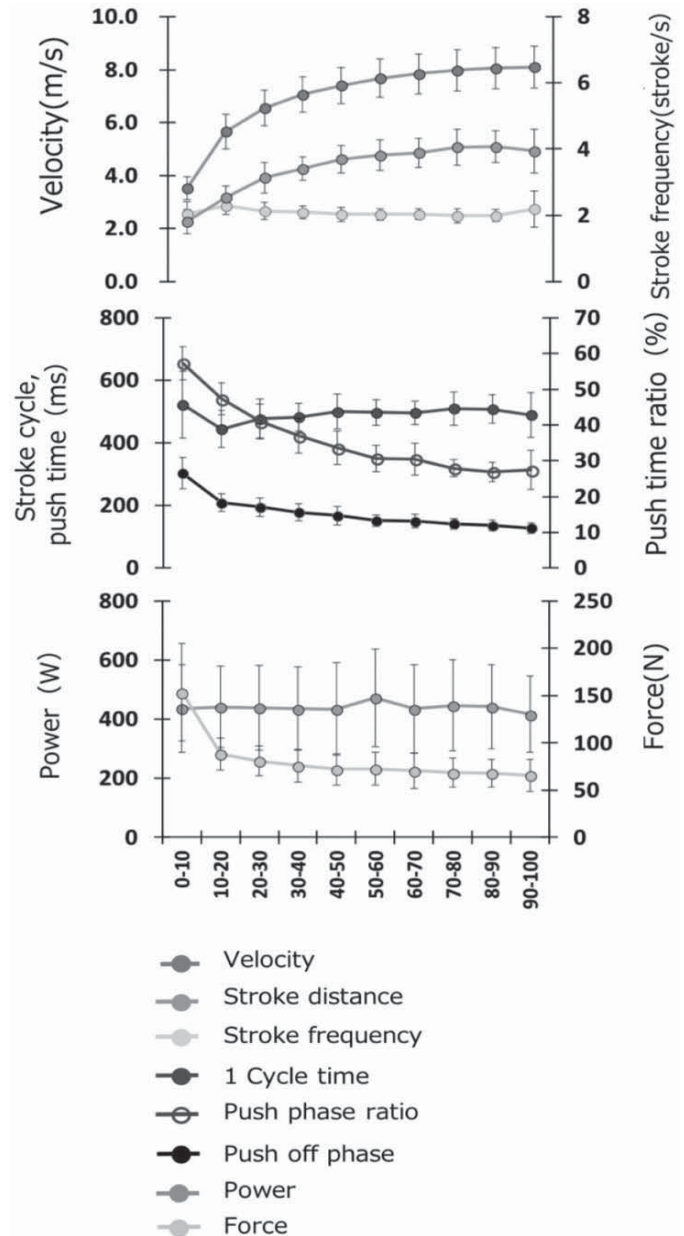


図3 100mレースシミュレーション中の速度、時空間パラメーター、力およびパワーデータ