

令和 6 年 6 月 2 日現在

機関番号：34419

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2023

課題番号：19K19997

研究課題名（和文）車いすを効果的に加速させる身体関節運動と、そのメカニズムの解明

研究課題名（英文）Elucidation of the Body Joint Movements and Mechanisms for Effectively Accelerating a Wheelchair

研究代表者

田邊 智（TANABE, SATORU）

近畿大学・経営学部・教授

研究者番号：70435444

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、手に力覚センサーを取り付け、車いすを素早く動かしている時の力を直接測定するとともに、その時の動作を動作分析システムを用いて調べることで、車いすを効果的に加速させる身体関節運動と、そのメカニズムを明らかにしようとした。車いす速度の高かった選手の方がハンドリムに加えた力は小さく、ハンドリムに力を加えていた局面の後半に肘の伸展および肩の屈曲動作が観察された。また、ハンドリムから手が離れた後も車いすは加速した。つまり、肘や肩の運動によってハンドリムに力を加え、車いすをある程度加速させた後、リカバリー局面において体幹を後屈させることで、より効果的に車いすを加速させていたと考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、車いすの推進速度の高かった選手の方が身体関節運動によってハンドリムに加えた力が小さく、一見、推進速度を高めることとは関係のなさそうな体幹の後屈運動などをリカバリー局面に行うことで、車いすの推進速度を高めていることが明らかとなった。この研究成果は障がい者スポーツ関係者だけではなく、一般の車いす利用者にとっても有益な情報であり、この研究成果を応用することで、車いすの操作性の向上につながることで期待できる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to clarify the body joint movements and mechanisms that enable effective acceleration of a wheelchair, by directly measuring the force applied by the hand using force sensors, and investigating the motion with a motion analysis system during rapid wheelchair movement. We found that athletes who achieved higher wheelchair speeds exerted less force on the hand rim. During the second half of the phase where force was applied to the hand rim, elbow extension and shoulder flexion movements were observed. Furthermore, it was observed that the wheelchair continued to accelerate even after the subjects' hands had left the hand rim. These results suggest that after applying force to the hand rim and achieving a certain level of acceleration through elbow and shoulder movements, the wheelchair is further effectively accelerated during the recovery phase by extending the trunk backward.

研究分野：スポーツバイオメカニクス

キーワード：車いすテニス チェアワーク 加速

1. 研究開始当初の背景

内閣府の調査によると、日本の在宅での身体障がい者の数は約 400 万人で、その内、約半数が身体の運動機能に障がいのある人たちであるといわれている。この中には、交通事故などによって後天的に障がいを負った人も多くいる。こうした人たちが自分たちの生活を楽しみ、意欲的に社会へ参加するためには、好きな時に自由で快適に移動できる手段（車いす）が必要だと考えられる。正確な統計データはないが、車いす利用者は身体障がい者だけでなく、高齢者も含めると約 200 万人いるといわれている。そのため、今後、超高齢化社会へ向かって、車いすの利用者が益々増加することが推察され、車いすの操作性の向上がより求められるようになる。

本研究者たちは、これまで車いすテニスのチェアワークに関する研究に取り組んでおり、ラリー中の車いすの推進速度および回転速度の変化について調査してきた¹⁾²⁾。車いすテニス選手は加速と減速を繰り返しながら車いすの推進速度を高めるが、調査を進めていくと、腕力のありそうな大人の選手よりも、腕力のなさそうな細身のジュニア選手の方がより短い時間で大きく加速し、高い推進速度を得ている例がいくつも見られた。つまり、推進速度の高い選手は腕力ではなくスキルによって車いすを加速させていることが示唆される。基本、車いすの推進力は手で車いすのハンドリムを押す力によって生み出される。そのため、これまで車いすスポーツに関する多くの研究では、車いすの推進力を車輪に取り付けたトルクセンサを使って測定していた。しかし、本研究者たちは、車いすのハンドリムから手が離れた後も、車いすが加速し続けることを確認しており¹⁾、車いすを素早く動かすための技術を修得するには、力覚センサーを使って直接ハンドリムを押す力を測り、車いすを効果的に加速させる身体関節運動と、そのメカニズムを明らかにする必要がある。

2. 研究の目的

本研究の目的は、車いすテニス選手を対象に、被験者の手に力覚センサーを装着させ、車いすを加速させている時のハンドリムを押す力を測定するとともに、その時の動作を 3 次元動作分析システムを用いて詳しく調べることで、科学的データに基づいた車いすを効果的に加速させる身体関節運動と、そのメカニズムを明らかにすることである。

3. 研究の方法

被験者は日本車いすテニス協会の国内ランキングを持つ関西在住の上位ランカー 5 名であった。被験者に十分なウォーミングアップを行わせた後、次に示すフィールドテストを全力で行うよう指示した。つまり、コート上の 2 か所に 9m の間隔をあけてコーンを置き、その周りを 8 の字を描いて 2 周するというものである（図 1）。実験の開始前に、被験者の身体各部位と車いすに計 41 個の反射マーカーを貼付し、フィールドテスト中の各マーカーの 3 次元座標を、21 台の赤外線カメラを用いた 3 次元動作分析システム（VENUS3D, Nobby Tech 社製）を使って 250 Hz で計測した。また、実験直前に被験者から手のどの部分を使ってハンドリムを押しているかを詳しく聞き取り、その部分に小型 3 軸力覚センサー（USL-H5-500N, テック技販社製）を固定して、フィールドテスト中に車いすのハンドリムを手で押している力を 1000Hz で測定した。さらに、フィールドテスト中の被験者の動きをハイスピードカメラ（DC-GH6, Panasonic 社製）を使用して 240Hz で撮影した。なお、3 次元リアルタイムモーション計測システムと 3 軸力覚センサーに同期システムから同時に信号を送ることで、2 つの機器を機械的に同期した。また、同じ信号を同期ランプにも送り、ランプが光る映像をハイスピードカメラに映し込むことで、3 つの機器を同期した。本研究では、コーンの周りを 1 周した後、再びコーンへ向かって直線ダッシュした時の動作を分析の対象とし、障がいのレベルがほぼ同じで、車いすの推進速度の異なるふたりの選手の比較から、研究の成果を説明する。

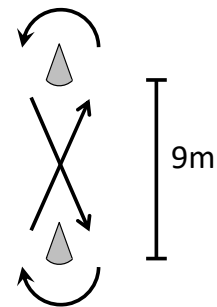


Fig.1 Field test.

4. 研究成果

図 2 は車いすの推進速度の高かった被験者 A（左）と推進速度の遅かった被験者 B（右）の車いすの推進速度（上段）、身体関節角速度（中段）、そして手でハンドリムに加えた力（下段）を表している。また、図の網掛け部分は、力覚センサーのデータから求めた手でハンドリムに力を加えている局面を指している。車いすの推進速度について、被験者 A の方が被験者 B より 1 プッシュごとの加速度が大きく、プッシュを重ねるにしたがって推進速度は増加した。

手でハンドリムに加えた力に関して、本研究では 2 点興味深い成果を得た。1 つ目は被験者 A、B とともにハンドリムから手が離れた後も、車いすが加速していたこと、そして、2 つ目は推進速度の高かった被験者 A の方が推進速度の遅かった被験者 B よりもハンドリムに力を加えている時間が短く、特に、推進力に関係の深いせん断力が小さかったことである。本研究者たちは、ハンドリムから手が離れた後も車いすが加速するメカニズムについて、次のように考察している²⁾。つまり、理論的には、ハンドリムから手が離れた後、車いすテニス選手と車いすを合わせ

たシステム全体の重心速度は「慣性の法則」にしたがって、等速を維持する。しかし、車いすテニス選手はハンドリムから手が離れた後、次のプッシュに備えて体幹を起こす(後屈する)ので、身体重心は車いすの重心に対して後方へ移動することになる。その結果、システム全体の速度を一定にするために、車いすの重心が加速したのである。

上肢関節運動については、被験者 A、B ともにハンドリムに力を加えている局面の前半において、肘の屈曲および肩の屈曲動作が観察された。また、局面の後半では、肘の伸展および肩の屈曲動作が見られ、局面の終盤に向け肘伸展角速度および肩屈曲角速度が高まっていた。車いすを真横から見て、車輪の鉛直上向きの部分を 0 度、進行方向の部分を 90 度とすると、被験者 A は平均で車輪の 0 度付近から 85 度付近までハンドリムに力を加えていた。また、推進力に直接関係のあるせん断力のピーク値は平均で車輪の 35 度付近で出現したが、その時の肘の角度は約 90 度で、ちょうど屈曲から伸展に切り替わる瞬間であった。一方、被験者 B は平均で車輪の -30 度付近から約 60 度付近までハンドリムに力を加えており、せん断力のピーク値は平均で車輪の -25 度付近で出現した。車輪の 0 度の部分というのは、体幹のほぼ真横に位置するので、体幹の近くでハンドリムを押そうとすると、肩とハンドリムとの距離が近く、窮屈な姿勢を取るため、肘を屈曲させながらでないとハンドリムを押すことができない。そのため、被験者 B は力の入りにくいところで、主に肩の屈曲動作を使って大きな力をハンドリムに加えていたので、ハンドリムを押している時間が長くなったことが推察される。一方、被験者 A は被験者 B に比べより前方でハンドリムを押していたため、肘の伸展と肩の屈曲動作を使ってハンドリムを押すことができたので、効果的に車いすを加速させることができたと考えられた。

以上の結果から、推進速度の大きかった車いすテニス選手は肘の伸展および肩の屈曲動作によってハンドリムに力を加え、車いすをある程度加速させた後、積極的に体幹を後屈させるなどして身体重心を減速させることで、効果的に車いすを加速させていたことが示唆された。

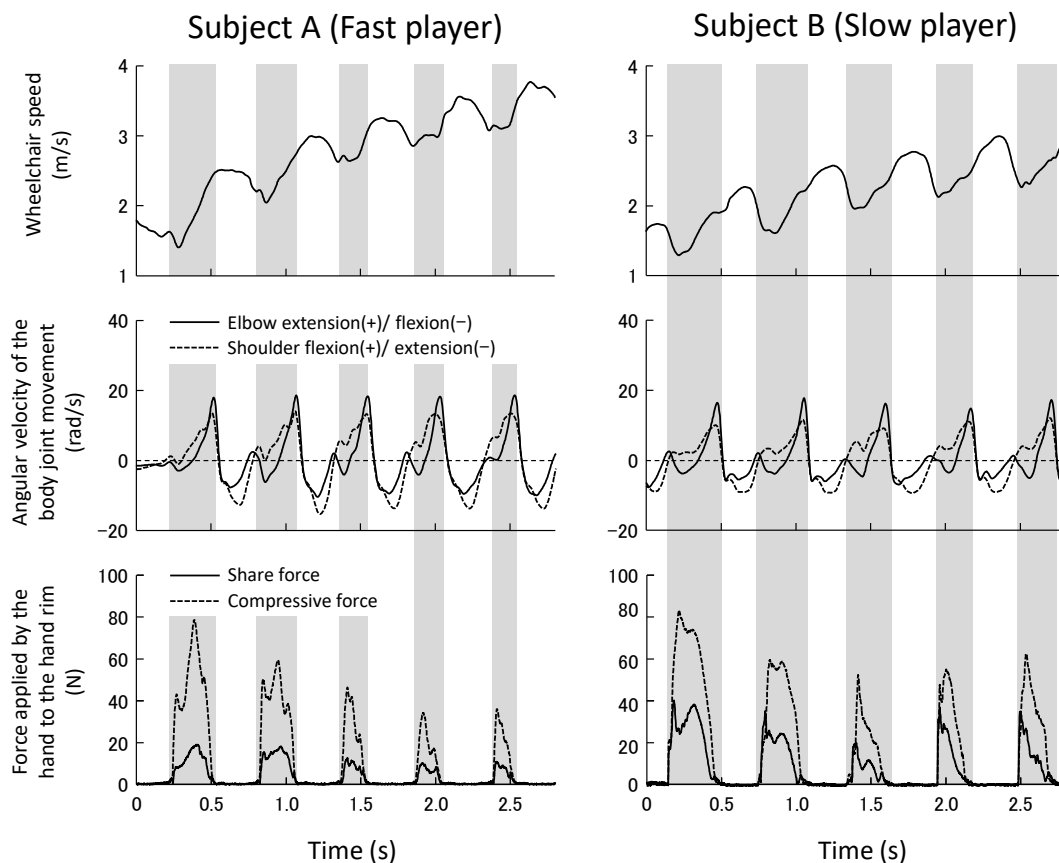


Fig.2 The changes of wheelchair speed (top), the angular velocity of the body joint movement (middle), and force applied by the hand to the hand rim (bottom) during rapid wheelchair movement.

<引用文献>

- 1) 田邊智、川端浩一、車いすテニス選手のラリー中およびフィールドテスト中における並進速度および回転速度の変化について、障害者スポーツ医科学研究拠点 平成 29 年度報告書、2018、15-17
- 2) 田邊智、川端浩一、車いすテニス選手が効果的に車いすを加速させるために用いている身体関節運動の解明、障害者スポーツ医科学研究拠点 平成 30 年度報告書、2020、23-27

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6 . 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7 . 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------