

短報

車いすテニスにおけるチェアワークの即時測定システムの開発について
Development of the instantaneous measurement system for the chair work
in the wheelchair tennis

田邊 智¹⁾

Satoru Tanabe¹⁾

川端 浩一²⁾

Koichi Kawabata²⁾

キーワード ジャイロセンサー, 推進速度, 回転速度
gyro sensor, translational velocity, rotational velocity

緒言

日本のテニスの指導現場では、「テニス」は「手ニス」ではなく「足ニス」であるという言葉がしばしば使われる。これは巧みにフットワークを使って素早く適切な打点に入ること、ショットを安定させたり、力強いショットを打ったりするなど、フットワークがストロークの技術を向上させるために重要であることを意味する(田邊ほか, 2010, p.131)。車いすテニスのルールでは、健常者と異なり2バウンドまで返球が可能であるが、世界トップ選手のゲーム分析をした安藤・島(2011, p.5)の研究によると、ラリー中に1バウンドで返球した割合は全体の83.4%であった。つまり、速いボールを打つことだけでなく、より早いタイミングで相手に返球することが、試合に勝つために重要であることが示唆される。そのため、車いすテニスにおいても健常者のテニスと同様に、車いすを巧みに操作し、少しでも早く打点に入る技術を修得する必要があると考えられる。

これまで車いすテニス選手の車いすの動きについて分析した研究は少ない。安藤ほか

(2012)と安藤・桜井(2014)はフィールドテスト中の車いすの推進速度や総走行距離、そして軌跡などを調べている。しかし、これら先行研究では、車いすの動きをビデオ映像からマニュアルでデジタル分析しているため、分析に多くの時間を要したことが伺える。また、動作分析を使って実際の試合中の車いすの動きを分析しようとする、さらに多くの時間がかかることが予想され、事実、これまで試合中の車いすの動きを調べた研究はない。また、車いすテニスで素早く打点に入るための動き(チェアワーク)としては、直線方向へ速く移動すること、そして素早く方向を転回することが重要であると考えられる。

そこで本研究では、既存のジャイロセンサーを利用することで、車いすテニス選手のチェアワーク、中でも車いすの推進速度と回転速度を即時に測定するシステムを開発するとともに、そのシステムを用いてフィールドテストおよび試合時の推進速度と回転速度を測定しようとした。

1) 大阪産業大学

Osaka Sangyo University

2) 和歌山県立医科大学

Wakayama Medical University

方 法

1) 車いすの推進速度および回転速度の算出方法

本研究では、ジャイロセンサー（MVP-RF8, MicroStone 社製）を利用して車いすの推進速度および回転速度を測定するシステムを開発しようとした。まず、車いすの両輪のスポークにジャイロセンサーを固定し、車輪の回転速度を測定した。本研究では、この車輪の回転速度に車輪の回転半径を乗ずることで、車輪の回転による車いすの並進速度を算出し、両輪の平均並進速度を車いすの「推進速度」と定義した。なお、車輪の回転半径は車輪の周囲径をメジャーで測定し、それを 2π で除することで求めた。また、左車輪に対する右車輪の相対並進速度を車輪間の距離で除することで、車いすの鉛直軸まわりの「回転速度」を計算した。本研究で用いたジャイロセンサーは即時に車輪の回転速度データを出力するため、本システムはあらかじめ車輪の周囲径を測っておくと、車いすの推進速度および回転速度も即時に算出することができるというものである。また、このジャイロセンサーは無線でデータを約 50m 飛ばすことができるので、本システムを用いると、試合中の車いすの動きを測定することも十分に可能である。

2) 検証実験

本システムの精度を検証するために、下記に示す試技を実施し、その時の車いすの推進速度および回転速度を前述した方法を用いて 200Hz で計測した。

- 1) 低速度での直線運動
- 2) 高速度での直線運動
- 3) 小さい円運動
- 4) 大きい円運動
- 5) 前進および後進も含む自由運動（以下、「自由運動」とする）

また、同時に車輪の車軸部分に反射マークを取り付け、3次元モーションキャプチャーシステム（Venus3D, NobyyTech 社製）を用いて反射マークの3次元座標を 200Hz で算出し、その座標データから車いすの推進速度お

よび回転速度を算出した。

3) フィールドテストおよび試合時の車いすの推進速度および回転速度の測定

被験者は国内および国際大会で活躍した経験を持つ男女車いすテニス選手3名であった（表1）。なお、本研究は大阪産業大学研究倫理審査委員会の承認を得て行われており、被験者にはあらかじめ本研究の目的と内容を十分に説明し、協力の同意を得てから実験を行った。

表 1. 被験者情報

対象者	性別	身長(cm)	体重(kg)	年齢(歳)	競技歴(年)	障がいの部位
A	男性	167	57	40	17	T11、12
B	男性	165	56	55	22	T11、12
C	女性	158	50	16	3	T11

被験者に十分なウォーミングアップを行わせた後、4ゲームマッチの試合および下記に示すフィールドテストをするよう指示した。

- 1) ネットからベースラインまで（11.88m）の直線走（以下、「直線ダッシュ」とする）
- 2) 5ポイントラン

「5ポイントラン」とは、コート上の6か所にコーンを置き、センターマークからスタートして、コーンを回ってセンターマークへ戻るのを、①から順番に⑤まで繰り返した時のタイムを計測するテストである（図1）。そして、本システムを用いて、フィールドテストおよび試合時の車いすの推進速度および回転速度を 200Hz で計測し、それぞれの最高推進速度および最高回転速度を求めた。

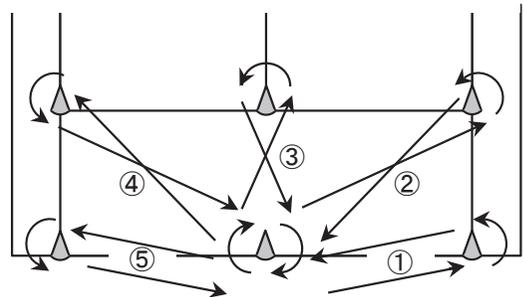


図 1. 5ポイントランの方法

3. 結果

1) 検証実験での推進速度および回転速度

図2から図5は本システムおよびモーションキャプチャーシステムから算出した車いすの推進速度および回転速度の継時的変化を表している。図の横軸は時間を示し、実線は本システムから、破線はモーションキャプチャーシステムから求めた推進速度および回転速度を表している。なお、直線運動（図2）については、回転速度を示していない。また、自由運動（図5）だけ横軸の時間が20秒と他よりも長くなっている。まず、直線運動について（図2）、本システムを用いて計測した推進速度とモーションキャプチャーシステムから求めたものとはほぼ一致していた。小さい円運動に関しては（図3）、2.5秒から6秒付近で、モーションキャプチャーシステムを用いて算出した推進速度よりも、本システムから求めたものの方が低い値を示した。一方、回転速度に関しては、概ね一致していた。大きい円運動では（図4）、本システムを用いて算出した推進速度および回転速度と、モーションキャプチャーシステムから求めたものとはほとんど一致していた。最後に、自由運動に関して（図5）、推進速度は本システムから計測したものと、モーションキャプチャーシステムから求めたものとは概ね一致したが、4秒から5秒付近、9秒から10秒付近、そして18秒から19秒付近で、モーションキャプチャーシステムから求めたものよりも、本システムを用いて算出したも

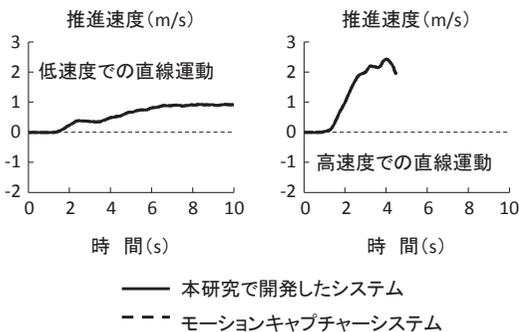


図2. 低速度および高速度での直線運動時の推進速度の変化

のの方が低い値を示した。一方、回転速度については、概ね一致していた。

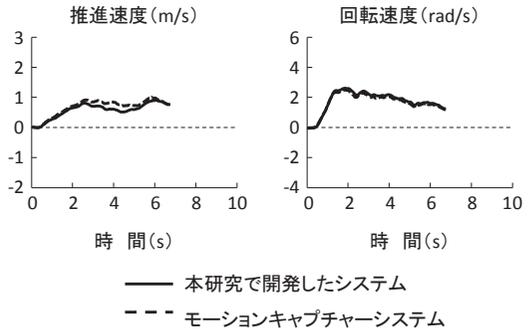


図3. 小さい円運動時の推進速度および回転速度の変化

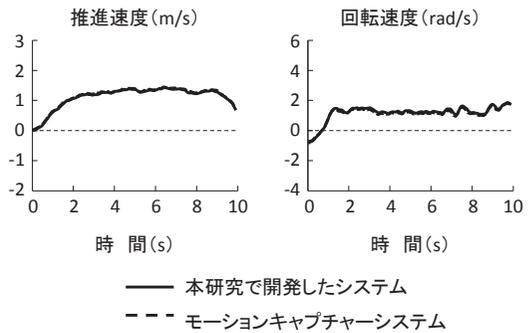


図4. 大きい円運動時の推進速度および回転速度の変化

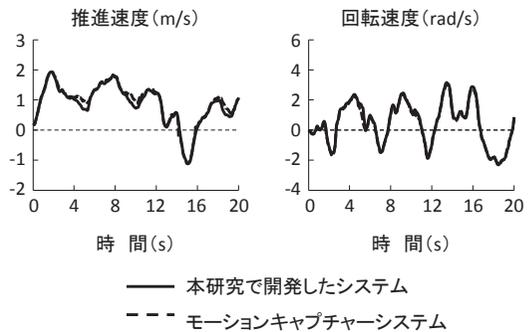


図5. 自由運動時の推進速度および回転速度の変化

2) フィールドテストおよび試合時の推進速度および回転速度

表2はフィールドテスト時および試合時における最高推進速度および最高回転速度を示している。それぞれの試技で最高推進速度および最高回転速度が出現した状況は異なるため、単純に比較することはできない。しかし、直線ダッシュ時の推進速度は5ポイントランおよび試合時のものよりも大きく、直線ダッシュ時の推進速度が高い選手は5ポイントランおよび試合時も大きい傾向にあった。また同様に、5ポイントランでの回転速度は試合時の回転速度よりも大きく、5ポイントラン時の回転速度が高かった選手は、試合時も大きい傾向が見られた。

表2. フィールドテストおよび試合時の最高推進速度および最高回転速度

	最高推進速度(m/s)			最高回転速度(rad/s)		
	A	B	C	A	B	C
直線ダッシュ	4.87	3.77	3.84	-	-	-
5ポイントラン	3.86	3.20	3.41	6.39	6.10	5.74
試合時	3.38	3.24	3.09	4.77	5.46	4.81

4. 考 察

本研究では、既存のジャイロセンサーを車いすの両輪に固定し、車いす動作時の車輪の回転速度から車いす自体の推進速度と回転速度を即時に求めるシステムを開発しようとした。まず、本研究で開発したシステムの精度を検証するために、モーションキャプチャーシステムから求めた推進速度および回転速度と比較した。その結果、両者は概ね一致した。しかし、小さい円運動をした時と自由運動をした時の推進速度において、本システムを用いて算出したものの方が、モーションキャプチャーシステムから求めたものよりも低い値を示す瞬間が見られた。そこでモーションキャプチャーシステムのデータから、小さい円運動で推進速度が一致しなかった時のマーカーの座標データを確認したところ、車いすの車輪が少し横に滑っていることが確認された。また、自由運動で推進速度が一致しなかった時

のマーカーの動きについて見たところ、自由運動の中でも、ちょうど小さい円運動をしているところで、ここでも同様に、車輪が少し横に滑っていた。本研究では、検証実験を体育館の比較的滑りやすい廊下で行っていたため、車輪のグリップが効かず車輪が横滑りし、車輪が十分に回転していなかったことが考えられた。しかし、フィールドテストおよび試合時の車いすの動きを測定した被験者に尋ねたところ、クレー（土の）コートでない限り、テニスコート上で車輪が横滑りすることはほとんどなく、実際にフィールドテスト時および試合時において、車輪が横滑りしている様子は確認されなかった。以上のことから、本研究で開発したジャイロセンサーを利用したシステムが、車いすの推進速度および回転速度を即時に測定するものとして十分に活用できることが示唆された。

車いすテニスでは、健常者のテニスと異なり、2バウンドまで返球が可能であるが、緒言でも述べたように、国際試合では全体のショットの83.4%が1バウンドで返球されている（安藤・島, 2011, p5）。つまり、2バウンドで返球するよりも1バウンドで返球した方が打点を高くすることができたり、相手への返球時間を短縮することができたりするので、より攻撃的なテニスができることが示唆される。そのため、車いすを巧みに操作し、少しでも早く打点に入る技術を修得することが試合に勝つために重要であると考えられる。本研究では車いすテニス選手3名のデータを取得したが、3名の中で最もランキングの高いA選手（世界ランキング30位、平成29年5月22日現在）の推進速度は、フィールドテストおよび試合時ともに他の選手よりも大きかった。また、フィールドテストおよび試合時において最高推進速度および最高回転速度が出現した状況は異なるので、単純にそれらを比較することはできない。しかし、直線ダッシュ時の推進速度は5ポイントランおよび試合時のものよりも大きく、5ポイントランでの回転速度は試合時のものよりも大きかった。以上の

結果から、フィールドテスト時に高い推進速度および回転速度を発揮する技術を修得することができる、試合時においても、同様に高い推進速度および回転速度でプレーすることができることが示唆された。

前述したとおり、本研究では3名の車いすテニス選手の動きしか分析することができなかった。そのため、今後はレベルの異なるより多くの車いすテニス選手を対象に、フィールドテストおよび試合時の車いすの動きを分析し、それらの関係を調べるとともに、具体的に車いすの推進速度や回転速度を高めるための動作について分析する必要があると考えられた。

5. 謝 辞

本研究は、平成28年度障害者スポーツ医科学研究拠点（和歌山県立医科大学みらい医療推進センター）の支援を受けて行われたものである。

6. 参考文献

- 安藤佳代子・桜井伸二（2014）車いすテニスにおける車いす操作能力と競技成績の関係．中京大学体育研究所紀要，28：25-28.
- 安藤佳代子・桜井伸二・島典広（2012）車いすテニスでの効果的な加速動作：直線ダッシュ動作から．東海学園大学研究紀要 自然科学研究編，17：127-133.
- 安藤佳代子・島典広（2011）車いすテニス競技のゲーム分析 -ゲーム形態とポイント決定技術の傾向について-．東海学園大学研究紀要 自然科学研究編，16：3-8.
- 田邊智・川端浩一・梅林薫・伊藤章（2010）テニスのグラウンドストローク時におけるフットワークの基礎的研究．大阪産業大学人間環境論集，9：131-138.

（平成29年7月6日受付，平成29年7月20日受理）