

競技用車いすの旋回動作に対する身体的負荷の推定

Estimation of physical loads for the turning motion of a competition wheelchair

土屋 佑剛¹⁾, 木下 友紀也²⁾

指導教員 田中 克昌¹⁾

1) 工学院大学 工学部 機械工学科

2) 工学院大学 大学院工学研究科 機械工学専攻

キーワード：障がい者スポーツ，競技用車いす，逆動力学解析，筋骨格モデル，筋発揮

1. 緒言

競技用車いすは一般的な車いすとは異なり、車いす競技に使用されることを前提に設計されている。その車いすには、競技種目によって求められる仕様や特性が異なり、たとえば、バスケットボールやラグビーのような球技では、高速走行に加えて、すばやいターン、急発進や急停止といった操作を実現することが必要とされる。同時に、車いすには使用者がけがなく競技を続けられるよう、高い安全性も求められる。そのため、各競技では、競技中の安全性を考慮した車いすの規格が存在しているものの、必ずしも使用者の体型や障がいの程度を十分に反映した規格とはいえず、肩、肘、手首の損傷率が高いとの報告¹⁾がなされている。

このような現状から、漕ぎ動作中の筋発揮を推定することにより、身体的負荷を考慮して車いすを評価することができれば、使用者個人に適した車いすの選定が可能となり、けがのリスクの軽減やパフォーマンスの向上につながることが期待される。そのため、本研究室では筋骨格解析を用いて漕ぎ動作に対する筋発揮を推定し、車いすの設計パラメータが身体的負荷に及ぼす影響を調査してきた。一方で、このときの対象は直進動作に限定され、旋回動作にまでは言及されていなかった。そこで、本研究では、旋回動作を再現できる筋骨格解析モデルを構築するとともに、旋回動作に対する身体的負荷を推定することを目的としている。

2. 筋骨格モデルによる車いす推進動作の表現

本研究における筋骨格解析は、逆動力学にもとづいて行い、AnyBody Modeling System(AnyBody Technology 社)を用いた。

図1は、車いすに着座させた身体モデルと車いすモデルを示したものである。身体モデルは、AnyBodyに標準搭載されている健常者モデルに対して、動作計測を実施した被験者の身長と体重をもとにスケーリングを行った。また、このモデルに対して、障がいによる筋力の低下を設定することにより、障がいを考慮した身体モデルを構築した。

車いすモデルは、主要な諸元のうち、キャンバー角、車輪径、車軸位置に関して計測で使用された車いすをもとに構築した。なお、バンパーなどの着座時の姿勢に影響しない構造については省略した。

解析を行うにあたり必要となる動作データを取得するために、被験者による車いす漕ぎ動作の三次元動作計測を行った。計測は、光学式モーション

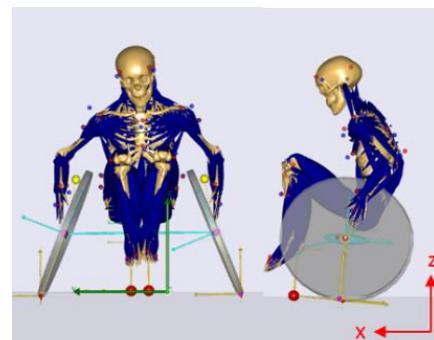


図1 構築した身体モデルと車いすモデル

キャプチャシステム（MAC 3D System, Motion Analysis 社）が設置された本学内のスタジオにて実施した。このとき、対象とした動作は直進走行に加えて、直進走行から急激に 270° 旋回する動作とした。被験者には実験内容に関する説明を行い、同意を得た上で計測を行った。なお、本計測は、本学におけるヒトを対象とする研究に関する倫理審査の承認を得ている。そして、身体モデルと車いすモデルに対して、取得した動作データを入力することにより、車いす漕ぎ動作を再現した。

3. 筋骨格解析による生体内力の推定結果

図 2 は、構築したモデルを用いて実施した解析から、車いすの座面中心の位置座標に対する軌跡を示したもので、横軸が動作計測時の直進方向を、縦軸が直進に対する左右方向を表している。この軌跡より、直進から右に 270° 旋回した後に直進走行になる様子が確認できる。この軌跡は計測データと概ね一致しており、身体モデルと車いすモデルの拘束が適切に表現されていると考えられる。

図 3 は、肩、肘、手首関節まわりの筋発揮の時刻歴を左右ごとに示したものであり、横軸の時刻ゼロは旋回動作を開始した時刻に対応している。図 3 より、手首の筋発揮は、左右ともに肩や肘に比べて小さい傾向にあり、この傾向は直進動作でも同様であった。このことから、推進動作に対する手首関節の貢献は肩や肘関節に比べて小さい傾向にあると推測される。

次に、図 3において肩と肘関節の筋発揮について比較すると、肩、肘ともに右の方が左に比べて大きい傾向が見られた。今回の動作が右への旋回であることから、右側の出力を上げることによって旋回を実現していることが確認できる。一方で、左側は肘の方が、右側は肩の方がより大きな筋発揮となっている傾向が見られた。この傾向は、旋回時において肩の筋発揮をより大きくすることによって旋回動作を実現している様子を表していると推測される。また肩、肘に依らず、左側は旋回前半が、右側は旋回後半に向けて筋発揮が大きくなる傾向が見られた。動作の実現には各関節における筋発

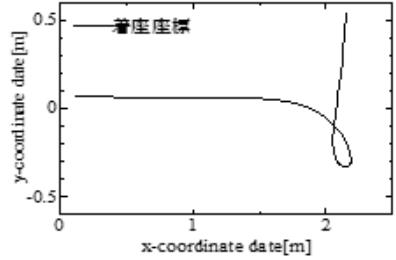


図 2 車いすの座面中心の位置座標

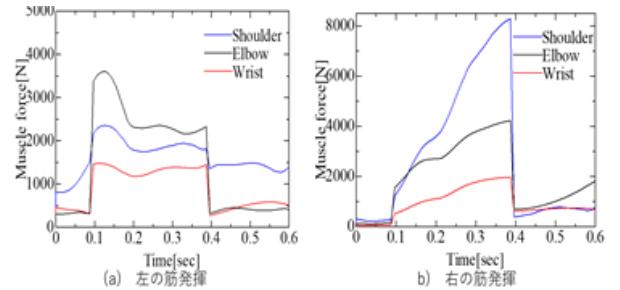


図 3 各関節まわりの筋発揮の時刻歴

揮の大小だけでなく、旋回動作中の出力の傾向も関与していると考えられる。しかしながら、現時点では得られている結果からは、この差の要因や違いによる影響を考察するには至らなかった。今後は、各関節における筋発揮を詳細に調査することにより、動作への貢献について考察する予定である。

4. 結言

本研究は、動作計測により取得した旋回動作とともに筋骨格解析を行い、旋回動作に対する筋発揮を推定した。現時点で以下のことが言える。

- 右への旋回動作は、右肩の筋発揮をより大きくすることによって実現している傾向にある。
- 旋回中は、左右の筋発揮が同じ傾向ではなく、左右によって筋発揮の履歴が異なる。

今後は、これらの傾向の要因を調査するとともに、直進動作における傾向との比較を行うことにより、旋回動作に適した車いすの構造の提案につながる検討を進める予定としている。

文献

- 1) Nyland, J. et al., "Soft tissue injuries to USA paralympians at the 1996 summer games", Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, Vol. 81, Issue 3, (2000), pp. 368-373.