

駆動力評価用車いすの開発に関する研究

職業能力開発総合大学校 研究課程機械専攻
福祉工学科

新川智之
垣本 映・鈴木重信・関口行雄

1. はじめに

福祉機器は使用者の機能を補助あるいは代償するための機器であり、ユーザーにとって何より使用しやすいことが大切である。そのためさまざまなニーズに応えるべく福祉機器は多様化している。その中で車いすに関しては、動力についてみると従来の手動車いすや電動車いすだけでなく、それらの中間的な車いすとして補助動力付き車いすや、使用者の駆動力に応じて補助を行うパワーアシスト車いすなどが実用化、製品化されている。

ところで車いすを選択する際に、駆動力の測定は一般に行われていない。しかし使用者の駆動力を定量的に計測することで能力評価が行えれば、その人の目的に合った車いすの処方、提供が可能となるだけでなく、リハビリテーション計画の策定、推進にきわめて有用な情報を提供することが可能となると考えられる。

現在、駆動力を定量的に計測するシステムが国内外の研究機関で開発、研究されている¹⁻²⁾。しかしながらそれらのほとんどは研究で使用するため高精度であり、高価となる。また記録装置と車いすが距離を置いて有線接続されているため、実際に車いすを使用する環境での計測が困難であった。

本研究では、実際に車いすを使用する環境内で駆動力を計測することで、使用者の能力とともに使用環境、使用目的を含めた車いすの処方や選択に必要な情報を総合的に提供できると考え、無拘束に定量的かつ簡便に駆動力を計測するシステムの実用化を

目的として開発を行った。

2. システム構成

本システムの構成を図1に示す。

左右駆動力、速度および傾斜角をセンサで検出、それらを計測し記録する装置を標準的な手動車いすに搭載する。これによりデータの記録までを車いす単体で行うことが可能となり、車いすを拘束することなく計測することができる。計測したデータはパソコンへと転送され、パソコン上でデータの解析、駆動力の評価を行う。

駆動力評価用車いすの基本的な寸法は、日本工業規格の手動車いす（JIS T 9201-1986）を参考にして設計した。試作した駆動力評価用車いすの外観は図2に、各部の基本的な寸法は表1にそれぞれ示す。駆動力評価用車いすの寸法は手動車いす大型に準拠

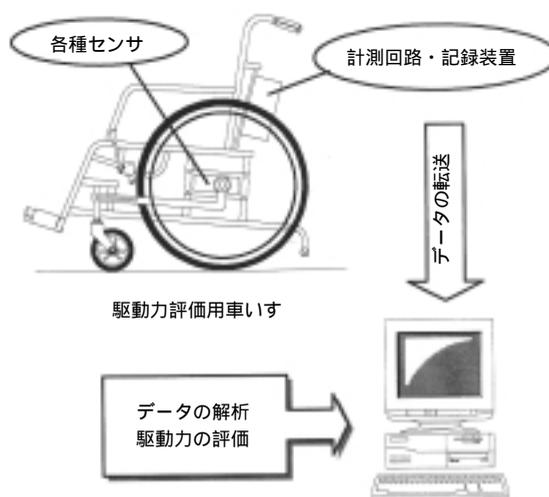


図1 システムの構成



図2 駆動力評価用車いすの外観

表1 駆動力評価用車いすの寸法

分 類	大 型
全 高	910 mm
全 幅	650 mm
座 幅	400 mm
座 奥 行	400 mm
前 座 高	465 mm
後 座 高	430 mm
キ ャ ス タ 径	150 mm (6 inch)
駆 動 輪 径	600 mm (24 inch)
ハ ン ド リ ム 径	550 mm
駆動輪軸位置調節 (寸法基準点より)	前方向 70 mm 後方向 30 mm
重 量	31.4 kg

している。これは大型の手動車いすが最も多く使用されているからである。

駆動輪の調節は寸法基準点直下をゼロとして、前方に70mm、後方に30mmの範囲内を10mm間隔で調節することができる。駆動輪の位置は車いす使用者の駆動能力によって決定される重要な因子であり、駆動輪を調節して計測したデータは処方の際により有益な情報として活用することができる。

駆動力評価用車いすのフレーム部は、軽量化のためアルミ合金製、センサが取り付けられている車軸部はセンサ保護および材料支持による強度確保のために一般構造用鋼製にした。

3. 駆動力・速度検出機構

本研究で計測する駆動力は、人がハンドリムに加える力のうち、車いすの推進に直接関わるハンドリ

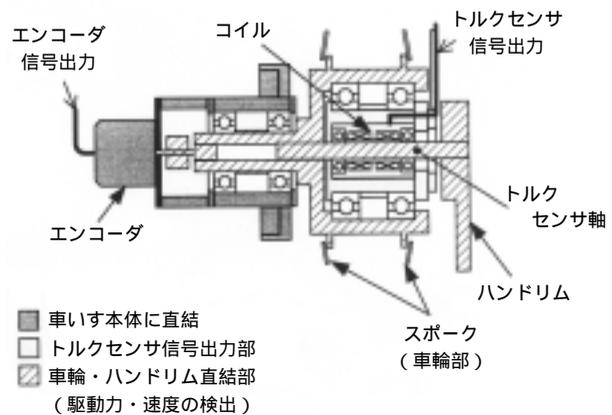


図3 駆動力・速度検出機構

ム接線方向の分力である。この駆動力を検出するセンサとして、本システムでは非接触でトルクを検出できる磁歪式センサを用いた。歪みゲージを用いる場合と異なり、スリップリングが不要で、安価、コンパクトになる。トルクセンサ(光洋電子工業社製)は、センサ軸周りのトルクを $\pm 70\text{Nm}$ の範囲で計測できるものを選定した。ヒステリシスは約1%内である。ハンドリムの直径が550mmなので、約254Nまでの駆動力を計測することが可能である。

磁歪式トルクセンサを取り付けた駆動力・速度検出機構を図3に示す。

トルクセンサはハンドリムと車輪部に取り付けてあり、ハンドリムに加わる力と車輪に作用する走行抵抗との相対的な力の差によるモーメントを検出する仕組みになっている。ハンドリムに力が加わると、トルクセンサ軸と車輪部は一体となって回転する。そこで出力信号線は、ハンドリムと車輪との間のフレームに固定した部材に沿って計測回路へと接続してある。

トルクセンサを挟んでハンドリムの反対側には速度を検出するためのエンコーダを取り付けた。駆動力を評価する際、車いすの移動速度によって駆動力が変化するため、速度を同時に計測する必要がある。

エンコーダは駆動輪の回転方向がわかるよう二相出力で、分解能が1回転100パルスのものを選定した。車輪径が24inchなので約2cmの移動をとらえることができる。

4. 環境要因

駆動力に影響を与えるものとして、使用環境から車いすに作用するさまざまな要因をとらえる必要がある。特に本システムの目的である無拘束で定量的な計測を可能とし、実際に車いすを使用する環境で計測、評価を行うためには環境要因を把握しておくことも重要である。そこで車いすの走行、駆動力に最も影響を与える環境要因として走行路面の傾斜角（ピッチ角およびロール角）を計測することにした。

路面の傾斜による駆動力の増減は、他の環境要因に比べ変動の幅が大きく、操作感覚や能力把握に影響を及ぼす。

今回路面の傾斜を計測するため、ワンチップの加速度センサ（ADXL202）を用いた。このセンサはICで2軸の加速度、慣性力を計測できるもので、重力成分から路面が前後方向、および左右方向でどの程度傾いているか換算して求めることができる。

5. 計測回路・記録装置

駆動力評価用車いすに搭載する計測回路、記録装置の構成を図4に示す。

計測回路は8bitのワンチップマイクロコンピュータを中心として、各種センサ用の変換計測回路、メモリカードインターフェースで構成した。

トルクセンサの出力は差動増幅回路を介してA/D変換し、8bitのデータとして取り込む。

速度データは、マイクロコンピュータのシステム

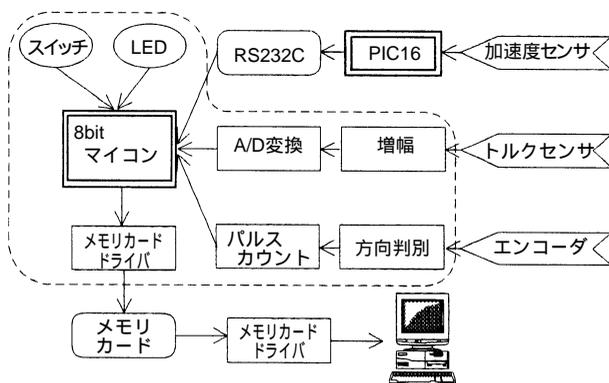


図4 計測回路・記録装置

クロックを分周して得られる12kHzをクロックとして、エンコーダから出力されるパルス間隔をカウンタにより14bitに計数して求める。同時に二相信号を方向判別回路で計測、駆動輪の回転方向を2bitデータとして求める。

傾斜角はPIC16ワンチップマイクロコンピュータで16bitデータとして計測した後、RS232Cのシリアル通信によって8bitマイコンに転送する。

計測は計測時間等を考慮し、割り込み処理によってサンプリング周波数20Hzで行う。計測したデータはメモリカードドライバによって非接触式のフラッシュメモリカードに記録する。メモリカードの容量によって最大連続計測時間が異なり、1MBのもので約1時間35分程度である。

6. ソフトウェア

パソコン上でメモリカードからデータ転送、データの変換、グラフ化およびデータの解析を統合して行えるアプリケーションを、Visual C++を用いて開発した。これにより、統計解析やデータの保存などの作業時間が短縮し、簡単な操作でデータの収集を行うことが可能となる。図5に解析ソフト実行画面例を示す。

7. 平地走行計測実験

試作した駆動力評価用車いすが、仕様を満足して計測できているかを確認するため平地走行計測実験を行った。

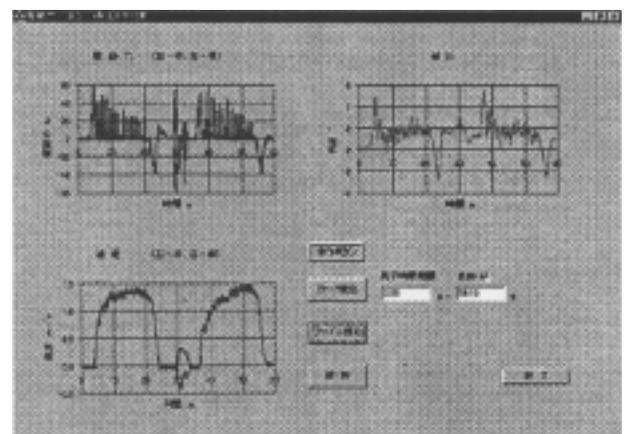


図5 解析ソフト実行画面

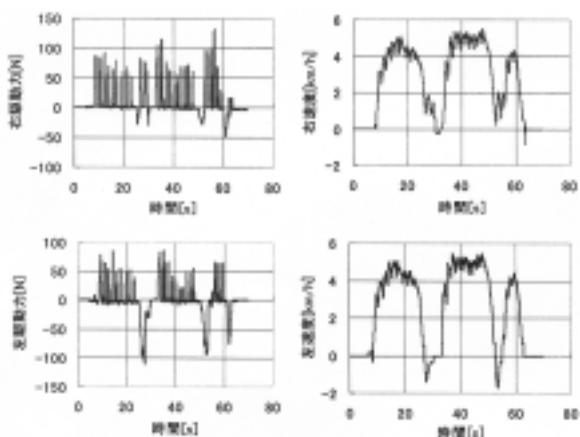


図6 計測結果



図7 実験の様子

実験は、健常な成人男性（22歳，65kg）1名を被験者として屋内平坦な路面上で直線距離約20mを往復してもらった。

計測したデータを図6に示す。平坦面での実験なので、図では傾斜角は省いた。

結果は駆動時の力と速度の変化を細かくとらえており、データから駆動の様子を把握することができると考えられた。

駆動力のゼロ点付近で若干のオフセット域が見られた。この原因としてはトルクセンサのヒステリシス、A/D変換の性能誤差、操作中にハンドリムと手が触れた際のわずかな摩擦力が考えられる。

速度データは高速になるほど計測幅が離散的になるため、精度的には落ちるものの8 km/h以内であれば誤差は約0.8%程度であり、結果として大きな誤差はなく計測できることが確かめられた。

8. フィールドテスト

駆動力評価用車いすが実際に車いすを使用する環境において使用可能かどうか、また実際に車いすを使用する人で駆動力がわずかな場合でも計測することができるか、検証試験を行った。

相模原市内の特別養護老人ホームの協力を得て、高齢者を対象として実験を行った。図7に実験の様子を写真で示す。

結果から駆動力および速度が20N程度の低出力でも計測できることが確認できたほか、駆動輪を操作しやすい位置に調節することで、被験者に負担をかけず、また日常使用している車いすと駆動輪軸位置を近づけて駆動力を計測できることを確認した。

9. 考察

今回試作した車いすは旧JISの標準大型に準じている。このためフィールドテストでは幅が広すぎる人が見られた。実用化するにはサイズの異なるフレーム、タイヤ、ハンドリムを用意する必要がある。

また重量が31.4kgとなり、始動抵抗が増した。強度を考慮しながら軽量化を進める必要がある。

10. まとめ

試作した駆動力評価用車いすは、フィールドテスト等から駆動力を定量的に計測でき、また駆動輪の軸位置を調節できることで、被験者に負担をかけず、より有益な情報を得られることが明らかとなった。

今後は車いすの軽量化、モジュール化を行うとともにこれらの計測結果から駆動能力を簡便に評価する方法について検討する予定である。

参考文献

- 1) 橋詰努, 米田郁夫, 藤記拓也, 川合秀雄: 「手動車いすの走行性能の研究」, 第11回リハビリ工学カンファレンス講演論文集, 481-482, 1996.
- 2) K.T.Watanabe, R.A.Cooper, R.N.Robertson, J.F.Ster.: "SMART Wheels: A Device for Studying Wheelchair Propulsion Dynamics". Rehabilitation Engineering, IEEE, Vol.13, No.4, 1817-1818, 1991.