

超磁歪素子を用いた車いす駆動力計測システムの開発

Development of a Measuring System of Driving Force of Wheelchair

Using a Giant Magnetostrictive Material

○山口隼平(職業大) 垣本映(職業大) 鈴木重信(職業大)

関口行雄(精密測定技術振興財団)

Junpei Yamaguchi, Akira Kakimoto, Sigenobu Suzuki, Polytechnic University
Yukio Sekiguchi, The Precise Measurement Technique Promoting Foundation

Key Words: Wellbeing Science, Life Support, Welfare Engineering

1. はじめに

現在、様々な車いすが販売されているが、使用者に適合した車いすを処方するには様々な条件を検討する必要があることが多く、その適合条件は経験などの主観的方法に基づいていることが多いのが現状である。そこで、定量データとして車いすの駆動力や速度に着目し、これらを一般的な生活環境条件で測定できれば、定量的・客観的指標として処方の支援になると考えられた。駆動力計測システム自体は既に存在しているが、計測システムと車いすが有線接続であったり、測定用の車いすがないと測定できず、一般的な生活環境で測定が出来ないなどの問題がある。

そこで、様々な車いすに装着して計測できるハブ一体型の車いす駆動力計測システムが開発された^{(1) (2)}が、質量・車幅共に増加したため、計測値に影響を及ぼすことが懸念されている。

この問題を解決するために、超磁歪素子を用いたトルクセンサにより、駆動力を計測する新たなシステムを検討した。

2. 目的

先行研究で磁歪式トルクセンサを用いたハブ一体型駆動力計測システムが開発されたが、磁歪式トルクセンサが質量や車幅の増大の原因となったため、軽量・コンパクト化の必要があった。

そこで、磁歪式トルクセンサに代わる新たな力センサを試作・検討すること、それを用いた新たな駆動力計測システムを設計・試作すること、試作装置を用いて計測実験及びその評価を行うことを本研究の目的とした。

3. 超磁歪素子と力センサ

3-1 超磁歪素子

超磁歪素子とは、通常の磁性材料と比べて磁歪量が100倍以上ある磁性材料である。これに圧力を加えることで透磁率が変化する。これをピラリ効果といい、この特性を用いて力センサを試作・検討した。本研究では超磁歪素子に検出コイルを巻くことで力センサとした。また、検出コイルはφ0.1mmのポリウレタン線の300回巻とした。力センサの構造を図1に示す。

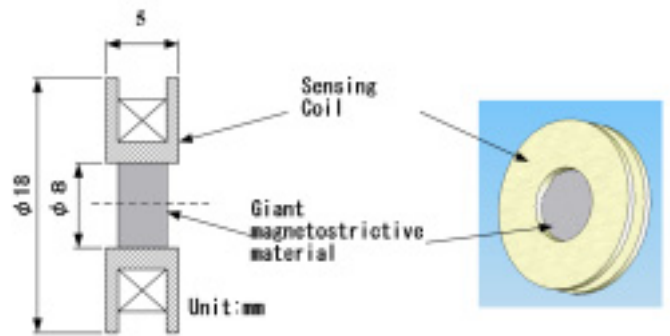


Fig.1 Force sensor using a giant magnetostrictive material

3-2 超磁歪素子の特性実験

超磁歪素子を力センサとして用いることができるか確認するために、荷重-インダクタンス特性を計測した。圧縮試験機で荷重を加えていき、1600Nまで圧縮した後に荷重を減らしていった。なお、計測は200N毎にLCRメータで行った。超磁歪素子単体の特性を図2に示す。計測の結果、ヒステリシスはあるものの、荷重を加えるとインダクタンスが減少していくという特性が確認できた。

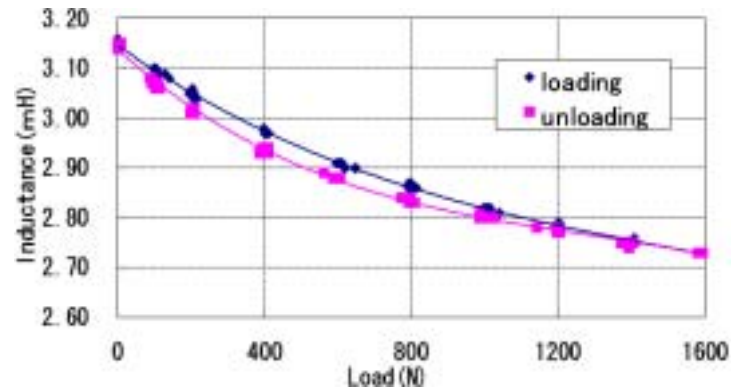


Fig.2 Inductance of force sensor while loading and unloading

4. 超磁歪素子のインダクタンス変化の検出回路

4-1 インダクタンス変化検出回路

超磁歪素子の圧縮によるインダクタンスの変化を検出する回路は、発振回路で生成した正弦波をコイルに印加し、センサのインダクタンスの変化による出力差を差動増幅回路

で増幅, 全波整流回路と平滑化回路で H8 マイコンに入力できるように変換する, という仕組みとした。

4-2 荷重-出力特性実験

力センサを回路に組み込み, 前述の特性実験と同様に素子に荷重を加えて荷重-出力特性を確認した。計測は荷重 200N 毎にデジタルマルチメータで行った。荷重-出力特性を図 3 に示す。計測の結果, ヒステリシスはあるが, 荷重を加えるごとに出力が増加していく特性が確認できた。

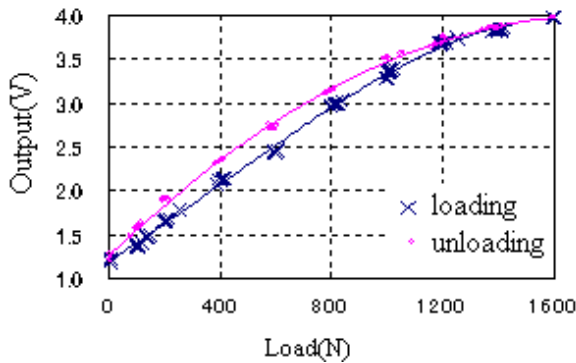


Fig.3 Output of force sensor circuit while loading and unloading

5. 駆動力計測の仕組み

駆動力計測の仕組みを図示したのが図 4 である。赤色の部分が超磁歪素子に繋がるスペーサであり, 緑色の部分がハンドリム側固定部, 黄色の部分がタイヤ側固定部に繋がっているパーツである。ハンドリムを回すと, 駆動力 F_t はハンドリムを通して緑色のパーツに力を加える。この時, スペーサで繋がっている力センサの超磁歪素子にかかる力は, 駆動力の $\frac{R}{L} \cos \theta$ 倍に増幅される。増幅された駆動力は, 圧縮荷重として超磁歪素子に伝わり, そのエネルギーが反対側のスペーサから黄色のパーツ, そして駆動輪に伝わることで車いすの推進力となる。

コイルを 2 つ用いると, 圧縮されていない素子と圧縮された素子のインダクタンスに差を作ることができる。インダクタンス検出回路でセンサ部の電圧差を取り, それを増幅することで駆動力を計測する, という仕組みである。

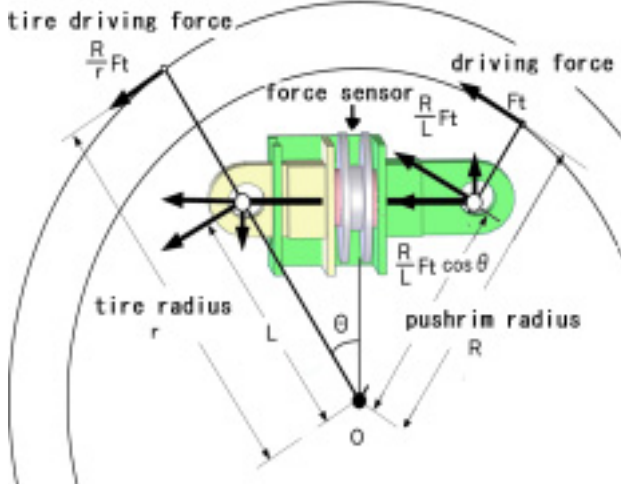


Fig.4 Mechanism of measuring system of driving force

6. 駆動力計測機構

中央部に速度計測用の中空ロータリエンコーダ, その円周上に超磁歪素子を用いた駆動力計測用のトルクセンサを

2 つ配置した。断面イメージ図を図 5 に示す。

材料には, 鋼材の質量の約 3 分の 1 で引張強さが鋼材と同等以上ある超超ジェラルミン (A7075) を用い, 溶接を必要とし, 応力が小さい部分はアルミニウム合金 (A5056) を使用した。これらを踏まえた設計上の計算値を表 1 に示す。ハブ一体型の構造であるため幅は車輪幅と同等, ハブ部の質量は前回の試作機の 38.6% に抑えることができた。

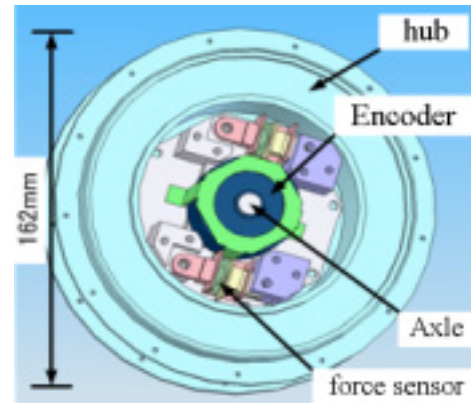


Fig.5 Configuration of driving force measurement mechanism

Tabel.1 Width and weight of prototype

	Former wheelchair	Magnetostrictive material sensor mechanism	giant magnetostrictive material sensor mechanism
Width	650mm	800mm	650mm
Weight	13.8kg	25.2kg	18.2kg

7. 較正実験

センサをハブに組み込み, ハンドリムに反時計方向の荷重を加えた時の荷重と出力のグラフを図 6 に示す。荷重を加えるごとに出力が上昇している傾向が見られており, 荷重を計測できていると言える。逆回転方向についても較正中である。

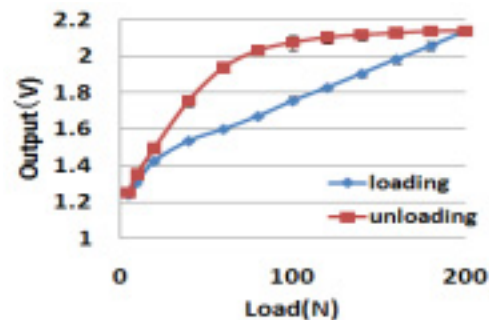


Fig.6 Output of force sensor circuit while loading and unloading

8. 今後の課題

試作機を用いた較正実験を完成させた後, スポークを張って車輪として完成させ, 車いすに組み込んで計測実験を行う。その後は両輪分の駆動力計測機構を完成させ, 両輪に組み込み, 一般的な生活環境での計測実験を行っていく予定である。

9. 参考文献

- (1)川崎 信人, ハブ一体型車いす駆動力計測システムの開発に関する研究, 修士論文, 2002
- (2)稲田 百合子, 車いす駆動力計測システムの開発, 修士論文, 2005