

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

○野中昌平(職業大) 垣本映(職業大) 鈴木重信(職業大) 斎藤哲也(職業大)

関口行雄 (精密測定技術振興財団)

Syouhei Nonaka, Akira Kakimoto, Sigenobu Suzuki, Tetsuya Saitou, Polytechnic University
Yukio Sekiguchi, The Precise Measurement Technique Promoting Foundation

Abstract: A prototype of driving force measurement system for wheelchair was developed and tested, using the giant magnetostrictive material. In the preceding research, such measurement system using a magnetostrictive torque sensor had been developed, but its excessive width and weight may affect the measurement results. To solve this problem, the measurement system using the giant magnetostrictive material was developed. The width was same as the original wheel and the weight became a half of it, and measurement of driving force and velocity was confirmed.

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る点、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という点が問題視されている。

2. 目的

本研究では、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を試作する。また、コンパクト・軽量という点を考慮し、超磁歪素子を用いたトルクセンサによる計測実験及びその評価を行う事を目的とした。

3. 超磁歪素子とトルクセンサ

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。これをビラリ効果といい、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トルクセンサとした。また、検出コイルはφ0.1mm のポリウレタン線を用いた。トルクセンサの構造を Fig.1 に示す。

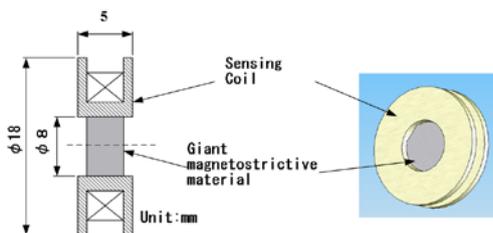


Fig.1 Force sensor using a giant magnetostrictive material

3-2 超磁歪素子の特性実験

超磁歪素子をトルク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、1400N まで圧縮した後に荷重を減らしていった。なお、計測は 100N 毎に LCR メータで行った。超磁歪素子単体の特性を Fig.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。

3-3 信号処理回路

本システムでは、2 つのセンサを用い、前進・後進の出力変化を取れるようにした。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検出コイルに印加し、その出力を全波整流回路へ通した後に差動増幅回路で増幅し、平滑化回路を通した後、オフセット調節回路で初期値を調整する。その後 H8 マイコンの A/D 変換器で取り込み処理や記録を行えるようにした。

4. システム設計

4-1 システム構成

システムは計測センサ、機構、計測・記録回路からなる。機構はハブ一体型の構造とし、無拘束に駆動力と速度を計測・記録できるようにしている。また、計測データを

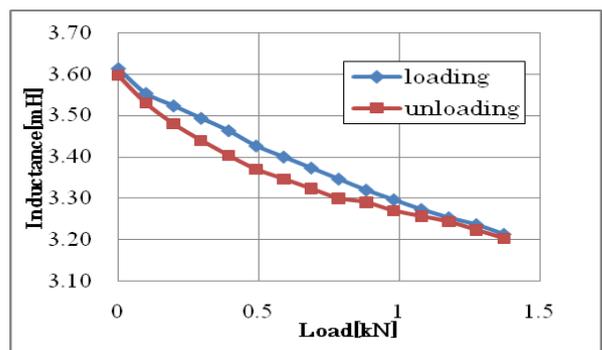


Fig.2 Inductance of force sensor while loading and unloading

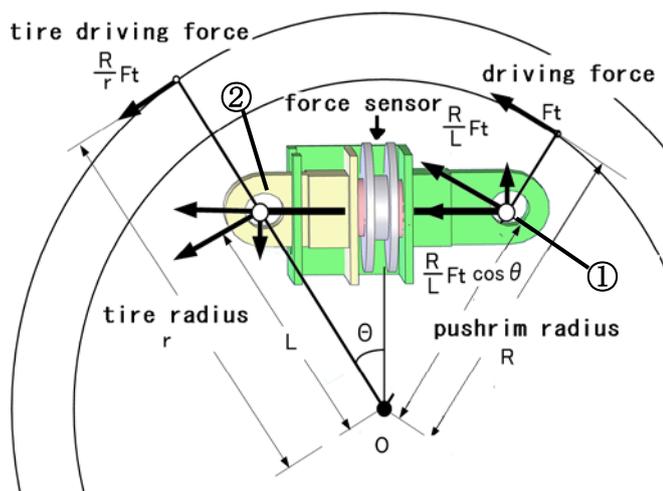


Fig.3 Mechanism of measuring system of driving force

Windows 上のプログラムで読み取り, 表示・解析するためのプログラムもシステムとして作成した.

4-2 計測センサ

計測センサには, 駆動力を計測する超磁歪素子を用いたセンサの他に, 速度を計測するためにロータリエンコーダを用いた. 駆動力の計測範囲は $\pm 200\text{N}$, 速度の計測範囲は, $\pm 10\text{m/s}$ と設定した.

4-3 駆動力計測の仕組み

駆動力計測の仕組みを Fig.3 に示す. ハンドリムに駆動力 F_t を加えると, ハンドリムを通して緑色のパーツ (①) に力が加わる. 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 $(R/L)\cos\theta$ 倍に増幅される. 増幅された駆動力は圧縮力として超磁歪素子に伝わり, さらに反対側のスペーサから黄色のパーツ (②), そして駆動輪に伝わることで車いすの推進力となる. 設計では, 駆動力の約 6.6 倍の力が素子に垂直荷重として加わる.

4-4 ハブ一体型機構

中央部に速度計測用のロータリエンコーダ, その円周上に超磁歪素子を用いたトルクセンサを 2 つ配置した. また, 駆動軸に深溝玉軸受を, ハンドリムとハブの間にスラストニードルベアリングを用いた. 材料には, アルミニウム合金を使用し, 強度の必要な箇所には A7075, 溶接性の必要な箇所には A5056 を用いた.

4-5 計測・記録回路

計測・記録回路は計測センサからの出力を 100Hz で取得し, 記録媒体に書き込む回路である. トルクセンサ出力を電圧出力に変換する信号処理回路, 出力を記録媒体に書き込む計測制御回路, 電圧レベル変換回路からなるデータ記録回路で構成した. また, 記録媒体にはスマートメディアを用いた.

5. 駆動力システム較正実験

ハンドリムに 10N 毎に荷重を加えていき, 100N 到達後に荷重を減らしていったときの, トルクセンサ出力を計測した. トルクセンサ出力は, H8 マイコンに読み込めるようにするために, 信号処理回路により 2.5V を基準に出力されている. 荷重の加えられた方向が, 時計回り, 反時計回りで出力が増減する比例関係に近い較正曲線が得られた.

6. 走行実験

ハンドリムに荷重が加わってから駆動力が変化するまでの応答性を確認するための走行実験を行った. 一例として,

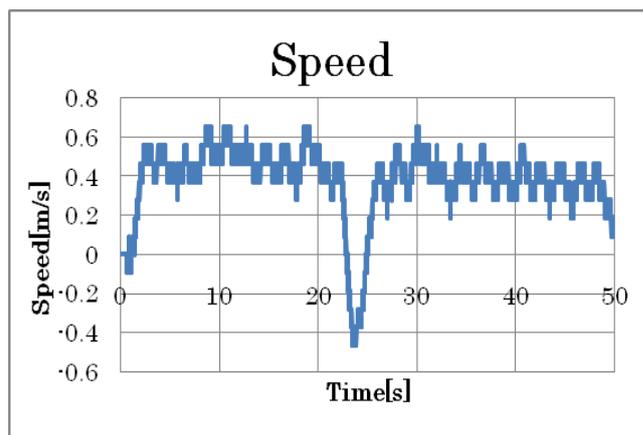
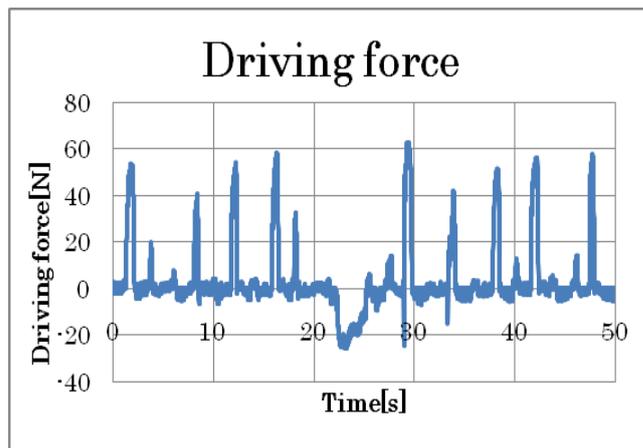


Fig.4 Indoor run experiment

屋内 P タイル上での屋内走行実験の計測結果を Fig.4 に示す.

駆動力と速度のグラフから, 走行時の様子を読み取ることができる. ハンドリムを押したとき, 駆動力の波形は一時的に跳ねあがり, これによりハンドリムを押す頻度や, 力の入れ具合などを読み取ることができる.

7. 今後の課題

超磁歪素子を利用することで, 車いすのハンドリムにかかる荷重の大きさを計測でき, 車いす駆動時の評価を行える駆動力計測システムを試作できた.

今後の課題としては, 両輪分の駆動力計測機構を完成させ, 屋外のアスファルト路面やスロープ, 段差乗り越えなど, 一般的な生活環境での計測実験を行っていく. そしてその際, 様々な被験者を対象に実験を行い, データを採取していく.

また, 超磁歪素子の特性であるヒステリシスが, 計測に誤差を生じる原因となるので, ヒステリシスの影響を抑制する方法を考案していく予定である.

8. 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
- (3)山口 隼平, 超磁歪素子を用いた駆動力計測システムの開発, 2010