

要 旨

操縦者および介護者の負担を軽減できるよう、重力による影響を考慮したパワーアシスト車椅子を提案し、坂道でも安全、かつ少ない負担で走行可能な車椅子の開発を試みる。

1. 緒 言

車椅子は、非常に有効な移動自助器具であり、高い汎用性と手ごろな価格から、肢体不自由者や高齢者を中心に広く普及している。しかし、車椅子使用者にとって坂道の走行では、上る時は平地よりも負担が大きく、下る時は加速に対して恐怖心を持つといった問題がある。

これに対し、電動車椅子は、傾斜によるこのような影響は少ないものの、動力使用による体力の低下や自走式に比べて高価などの理由により、あまり普及していない。このような背景から、自走式・電動式の双方の利点を兼ね備えた車椅子の開発が求められている。

そこで本研究では、ロボット技術に基づいて坂道を安全に、かつ、少ない負担で走行可能となる傾斜対応型パワーアシスト車椅子の開発を目的とする。以下本稿では、パワーアシスト車椅子のシステムを提案する。また、試作機の開発について報告するとともに、本システムの有効性について述べる。

2. パワーアシスト車椅子

2.1 システムの概要

斜面において車椅子に作用する力の関係を図 1 に示す。斜面上の物体に作用する重力 Mg は、斜面に垂直な成分と平行な成分に分解可能である。この重力の斜面に平行な成分（斜面方向分力）により、車椅子は斜面下方に下がる力を受けるため、この力を取り除けば平地と同じ状態にすることができると考えられる。したがって、そのために必要なブレーキ力 F_B は式(1)のように表現される。

$$F_B = Mg \sin \theta \quad (1)$$

また、このブレーキ力を出力するためのブレーキトルク τ_B は式(2)のように求められる。

$$\tau_B = F_B \times R \quad (2)$$

これを、パワーアシスト車椅子に搭載した電磁ブレーキによって生成する。これにより、傾斜面であっても、平地と同様に車椅子の操作が可能となる。

2.2 システムの開発

パワーアシスト車椅子の開発コンセプトは以下の通りである。

- ・ 低価格での実現
- ・ 市販の車椅子に取付け可能
- ・ 車椅子の外形寸法に納まる

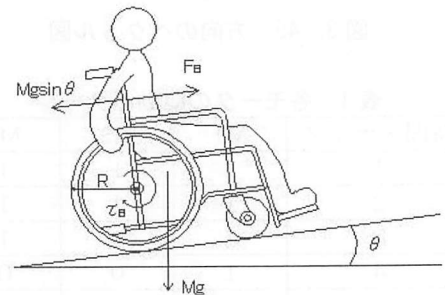


図 1. 車椅子に掛かる力

これらのコンセプトに基づき、開発したパワーアシスト車椅子の外観を図 2 に、仕様を表 1 に示す。

パワーアシスト車椅子は最大 86.58 [Nm] のブレーキトルクを生成することが可能である。これは体重 80 kg の人が 15 度の傾斜に車椅子で進入しても、平地と同様の操作を可能とすることを示している。

パワーアシスト車椅子後部の拡大図を図 3 に示す。本試作機は、斜面方向加速度検出のための 3 軸加速度センサ、ブレーキトルク生成のための電磁ブレーキ、制御のための PIC マイコンにより構成されている。また、これらを市販の車椅子座面下の空間に搭載することで、元の形状と全く同一の寸法形状となっている。さらに、車輪と軸をピンで固定することによって、すべりを解消している。

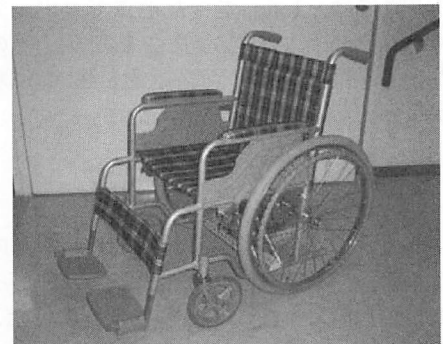


図 2. パワーアシスト車椅子の外観

表 1. 車椅子の仕様

Max.Weight	784[N](80kg)
Capable Slope Angle	0.25[rad](15°)
Max.Break Torque	86.58[Nm]
Size	1.1[m] × 0.67[m] × 0.88[m]

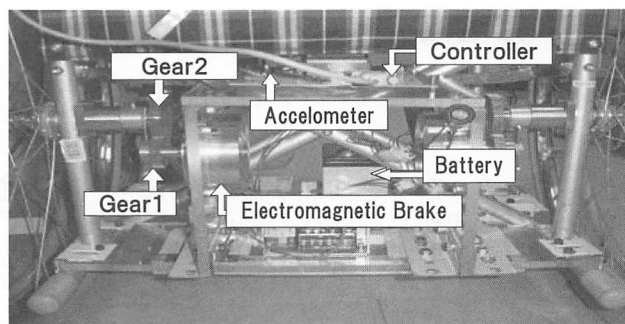


図 3. システムの拡大図

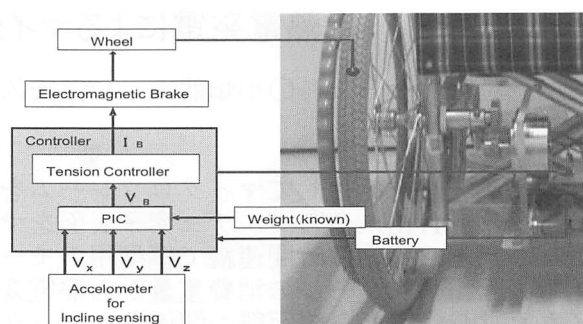


図 4. コントローラーアーキテクチャ

2.3 コントローラーアーキテクチャ

本試作機のコントローラーアーキテクチャを図4に示す。まず、3軸加速度センサの出力信号 V_x , V_y , V_z をPICへ入力する。次に V_x , V_y , V_z に基づき算出された斜面方向の加速度と、あらかじめ入力されていた車椅子および使用者に作用する重力に基づき、斜面方向分力をPICにて算出する。

また、斜面方向分力と車椅子の車輪半径に基づきブレーキトルク τ_B を算出するとともに、 τ_B を電磁ブレーキにて出力するための電圧 V_B をPICからテンションコントローラへ出力する。

この V_B に基づき、電流 I_B を算出し、テンションコントローラから τ_B を電磁ブレーキにて生成する。この τ_B により車椅子と使用者に作用する斜面方向分力を相殺することで、坂道を安全に、かつ少ない負担で走行可能となる。

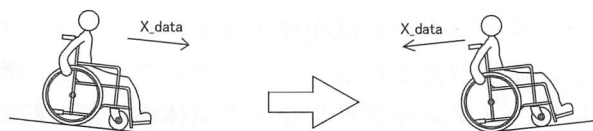


図 5. 実験環境

3. システムの評価実験

3.1 実験方法

上り・下りを含む実験環境において、ブレーキの出力を検証することを目的として実験を行った。実験環境を図5に示す。

実験は、体重 50 kgの人間が傾斜角約 6 度のスロープを下り、平地、上りの順に走行したときの X 方向の加速度 (X_data) とブレーキの出力 (i) を測定した。

3.2 実験結果および考察

実験結果を図6に示す。図中の横軸は下り始めてからの時間であり、縦棒のところで状態が切り替わっている。また、左縦軸は加速度計から読み取った X_data , 右縦軸はそれに基づいて算出された i の値を、さらに横の直線はそれぞれの値の理想値を示している。

図6より、両値とも理想値に近い値になっていることがわかる。これは、斜度の検知ができていることと、斜度に応じたブレーキトルクが生成されていることを示している。しかし、現状ではノイズが多く、値が変動しているため、ノイズ対策が必要である。

結果として、上り・下りともに坂道上で停止することができた。また、その状態から操縦者が漕ぎ出すことで、車椅子は進むことができた。以上のことより、本システムは有効であると言える。

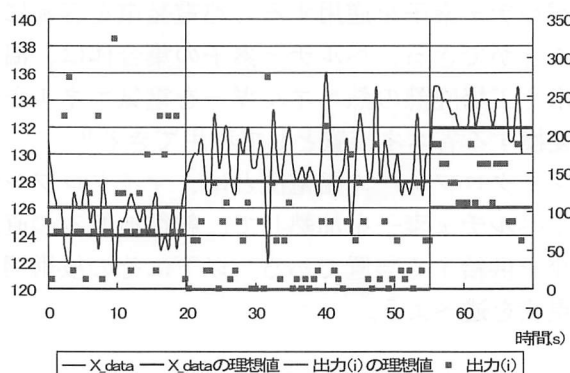


図 6. 実験結果

4. 結言

坂道を安全に、かつ、少ない負担で走行可能となる車椅子の開発を目的として、本稿では電磁ブレーキにより斜面方向分力を補償することで、傾斜に対応するパワーアシスト車椅子を提案した。また、試作機の開発について報告するとともに、実験を行い、本システムの有効性について述べた。

今後の取組みとして、まず始めに、システム全体の重量を減らし、タイヤ、軸への負担を軽減することである。次に、ノイズ対策については、新たに傾斜センサを用いて実験を行い、両者を比較することで、その処理方法を検討する。

さらに、車椅子に、自転車で使用されているような変速装置の搭載についても検討し、上り坂での負担と下り坂での恐怖心がともに軽減できるように、機能の向上を図っていく予定である。

参考文献

[1] 渡辺信哉, 島直輝, 呉世訓, 堀洋一: 傾斜環境を考慮したパワーアシスト車椅子制御の高機能化, 電気学会産業計測制御研究会, IIC-04-29, 2004