

O2-8

路面状態に応じたアシストを行うパワーアシスト車いすの開発

Development a power-assisted wheelchair which assists as a function of the condition of the road

朝隈 優樹, 鳥毛 明, 〇星 貴之 (成蹊大学)

Yuki ASAKUMA, Akira TORIGE, Takayuki HOSHI, Seikei University

Abstract: In recent years, the usage of wheelchair is increased. Most buildings and establishment have a pathway for wheelchair. But these pathway contained slope and it makes painful to through the pathway by manual wheelchair. We developed a power-assisted wheelchair which controls the assist torque by sensing the inclination of the road and velocity pattern against the input torque of a person. In this report, we refined the algorithm for assist by the measurement of dynamic characteristic of manual wheelchair.

Key Words: wheelchair, welfare

1. 序論

1.1 研究背景

近年日本では急速な高齢化が進んでいる。それに伴い様々な障害を持つ人々が年々増加している。身体障害者には高齢者が多く、65歳以上の割合が60%以上を占めている。厚生労働省の調べでは61.2万人が下肢障害者の人数であり、また、全国の在宅身体障害者に対する調査では全国におよそ8.4万人が車いすを利用していることが判明した。このように、車いすは日常生活において重要な福祉機器の一つである。

1.2 研究目的

本研究では人間の駆動力に加え、道路の傾斜や、搭乗者、様々な環境の道路にも対応したパワーアシスト車いすの開発である。

1.3 現在までの研究の流れ

我々の研究室では03年度から継続してパワーアシスト車いすの研究をしてきた。06年度に傾斜センサを用いたフィードフォワード制御(F F制御)と、07年度にモデル規範型制御というフィードバック制御(F B制御)を作成した。しかし両者には長所短所があったため、09年度にF F制御とF B制御を組み合わせた制御方法の開発と、その有効性の検証を行った。

2. パワーアシスト車いす概要

2.1 車いすの種類

手動車いすは小回りなどの操作性は優れているが、路面状況の変化による搭乗者への負担が大きいことが問題点として挙げられる。電動車いすは坂道などの搭乗者にとって負担が大きい場所では駆動力に優れている。しかし、搭乗者の上半身の筋力低下の恐れや、バッテリー残量を気にしなくてはならないため、遠出しづらいといった問題がある。



Fig. 1 manual(left) and powered(right) wheelchair

2.2 パワーアシスト車いすの特徴

平坦にみえる道路でも、実際にはわずかに傾斜がある。このわずかな傾斜の道路でも、手動車いすで走行するのは大変な重労働である。また、電動車いすでは腕の力をまったく使わないため、腕の力までも衰えてしまう。そこで、手動車いすと同じ感覚で操作でき、かつモータで力を補助

することで坂道なども楽に走行できる車いすがパワーアシスト車いすである。現在市販化されているパワーアシスト車いすは、地形や搭乗者に合わせたアシストは行っていない。



Fig.2 inclination of road

2.3 測定用車いす概要

測定用車いすを用い、平地走行実験を行わせることで、平地走行モデルを作成していく。この車いすは搭乗者が車いすにかかる力(漕ぐ力)と車いすの速度を計測することができる。



fig.3 wheelchair for dynamic measurement

length : 1220 [mm]
height : 1050 [mm]
width : 870 [mm]
wheel tread : 620 [mm]
rear wheel : 24 [in]
weight : 26 [kg]

2.4 基本設計

今年度は市販化されている車いす「YAMAHA JW-II」をベースとして、パワーアシスト車いすの開発を行っていく。トルクセンサやモータ、制御基盤の一部は元から JW-II に備わっているものを流用し、製作していくことを考えている。特徴は

- ・ホイール部分にモータが内臓
- ・スイッチによるアシストモード切り替え
- ・重量 : 17.2kg
- ・モータ : 定格電圧 24V、定格出力 90W
- ・バッテリー : 容量 6.7Ah (5 時間率)



Fig.4 YAMAHA JW-II

3. 制御システム

3.1 システム概要

Fig.5 は新たに考案したシステムの全体図である。車いす

にノート PC や、マイコンを搭載し制御する。トルクセンサやモータ、および制御基盤の一部は、ベースとなっている JW-II のものを使用する。

マイコンはトルクセンサとエンコーダの情報を取得するために用い、PC はマイコンから送られてくる情報とジャイロセンサから送られてくる情報を元に処理を行う。そこで得られた指令情報はマイコンを介し、モータに送られる流れとなっている。

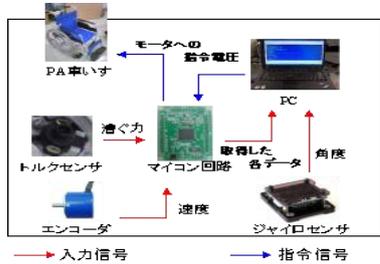


Fig.5 construction of the system

3.2 モデル規範制御

モデル規範制御とは、平地での手動車いすの速度推移をシミュレートしたものをモデルとして、どのような環境であっても、常にモデル通りに車いすが動くよう制御する方法である。今年度は平地走行実験を行い、実験結果からモデルを作成していく。

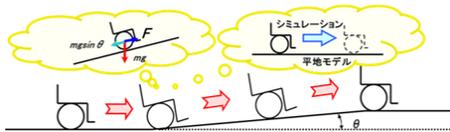


Fig.6 the concept of model reference control

4. 走行用動作モデル

4.1 理想モデル

車いすが滑らかに進むためにメインとなる理想的なモデルである。ここでは、駆動力と惰走距離(1回のストロークでどれだけ進むことができるか)が重要であるため、速度をパラメータとして用いている。

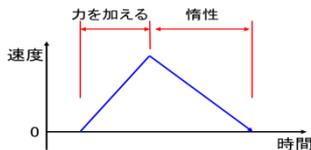


Fig.7 model pattern

速度の落ち方を緩やかにすることで、1回のストロークで長い距離を移動できるようになる。速度が落ちているときの傾きは実験により求める。

4.2 ころがり抵抗

車輪がころがる際の軸受け部の摩擦抵抗と路面とタイヤ間のエネルギー損失により発生する抵抗である。

$$R_r = W\mu \quad (4.2.1)$$

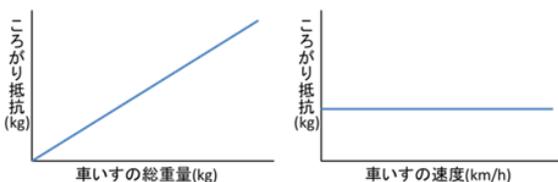


Fig. 8 rolling resistance

車いすのころがり抵抗係数は加速度の値から求めることが出来る。車いすを漕いだときに、漕ぐのを止めてから車いすが止まるまでの惰性走行の間で運動方程式を立て求め

ていく。

$$ma = \mu mg \quad (4.2.2)$$

車いすのころがり抵抗係数の値が求まることにより、車いすにかかる抵抗を求めることが可能となる。

4.3 運動量と力積

走行用動作モデルを作成するために、運動量と力積の関係を用いた。

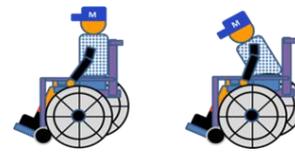
$$F \cdot \Delta t = mv_2 - mv_1 \quad (4.3.1)$$

しかし、この式は摩擦などの抵抗力を考慮していない問題がある。そこで、抵抗力を f として新しく考えた運動量と力積の関係式を用いた。

$$(F - f) \cdot \Delta t = mv_2 - mv_1 \quad (4.3.2)$$

4.4 走行姿勢

車いすを漕ぐ際の姿勢というものは人それぞれ違う。車いすに重心を測るセンサ類は搭載していないため、この漕ぐ姿勢の違いがどのように影響するか測定することは難しい。



(left) normal (right) fall forward

Fig. 9 posture on wheelchair

5. 実験

5.1 JW-II 走行実験

JW-II の動作を確認するために、大学構内の坂道と林の中でアシストありとアシストなしの走行実験を行った。

結果

アシストありの状態では上り坂や不整地で搭乗者に負担なく走行することができた。また、下り坂では車いすが一定速になっていることを確認することができた。しかし、坂道での横断走行には対応していません。また、坂の途中で漕ぐことを止めてしまうと、車いすは下っていきってしまうことが確認された。

5.2 平地走行実験 (10m 走行)

手動車いすの動作モデルを作成するために、平地での 10m 走行実験を行った。実験場所は昨年度の研究から、地面の傾きが少ない建物の廊下で行った。1人につき 10 回の走行を行って、計 11 人による 110 回の漕ぐ力と速度のデータ取得を行った。

5.2.1 10m 走行結果

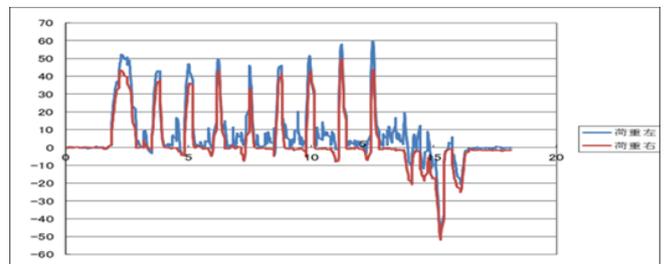


fig. 10 input force by person

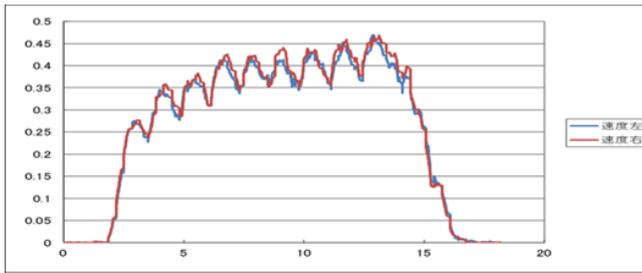


Fig.11 velocity pattern

結果

各個人に 10 回漕いでもらったデータは、10 回とも同じような力で漕ぎ、同じような速度で走行していることが確認された。

しかし、被験者同士を比べたときは、ストローク数の違いや漕ぐ力の違い、車いすの速度の違いなどが表れる。

5.2.2 加速度から求めた力の結果

ひずみゲージにより求めている漕ぐ力と加速度（走行中にエンコーダにより算出）から求められる力に着目した。

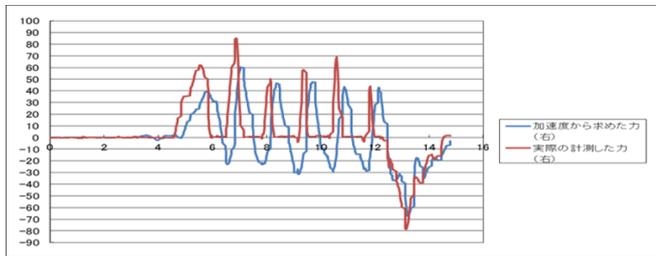


Fig.12 Input force

(horizontal : time [m/sec] vertical : force [N])

結果

図 12 のグラフより、漕いだ力と加速度から求めた力に差が生じていることが確認され、この差を抵抗力によるものだと考えた。

5.2.3 加速度から求めた力と漕いだ力の差

各被験者が 10 回行って求めた加速度から求めた力と漕いだ力の差は、毎回同じ様な値を示した。そこで、各被験者の加速度から求めた力と漕いだ力の差の平均を求めた。

漕いだ力との関係

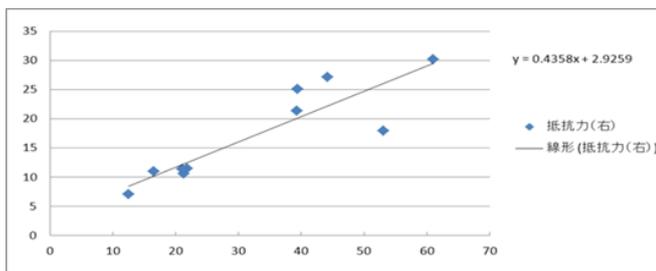


Fig.13 relation between input force and acceleration

(horizontal : force [N] vertical : force [N])

結果

図 13 のグラフから、漕ぐ力と抵抗力との間に一次の線形近似が成り立った。これにより、車いすを漕ぐ際の力が抵抗力と関わりをもつことが判明した。

5.2.4 抵抗力の結果

自動車の参考文献から、加速抵抗とこり抵抗の 2 種類あると考え、その合成抵抗と漕いだ力と加速度から求めた力の差の比較検証を行った。

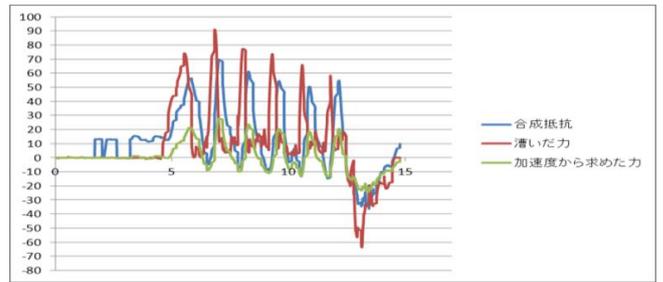


Fig.14 difference of combined resistance and input force
(horizontal : time [m/sec] vertical : force [N])

結果

図 14 のグラフから、漕いだ力と加速度から求めた力との差は合成抵抗の値よりも大きな値となっているため、その差は抵抗力ではないと判断した。

5.3 平地走行実験（1 ストローク走行）

連続的なデータ取得を行っていたため、動作解析や抵抗の値を求めることが難しいと判断した。そこで、1 ストロークだけ漕いでもらい、データを単純化して動作解析を行うこととした。

実験環境は 10m 走行実験と同じく、11 号館 3 階の廊下にて行った。被験者に男性 20 名、女性 10 名の計 30 名で行い、1 人につき 5 回の計測を行った。

5.3.1 1 ストローク 走行結果

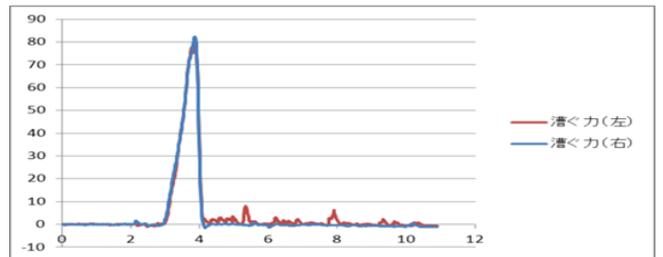


Fig.15 Input force

(horizontal : time [m/sec] vertical : force [N])

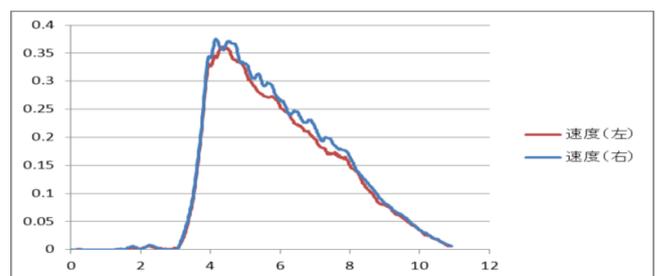


Fig.16 velocity

(horizontal : time [m/sec] vertical : velocity [N])

結果

各被験者に 5 回漕いでもらったデータは、5 回とも漕いだときの力と車いすの速度は同じ様な値を示した。しかし、被験者同士を比較してみると、漕ぐ力や速度に違いが表れた。また、同じ様な力で漕いでも、速度に違いが表れることもあった。

5.3.2 ころがり抵抗係数および運動量と力積の結果

結果

運動量と力積を比較して、約 8 割の被験者の運動量と力積の値が近似した結果となった。つまり、力に抵抗力を考慮させた運動量と力積の関係式が成り立ったといえる。

5.4 走行姿勢実験

走行中の姿勢が速度にどのような影響を及ぼしているか調べるために、通常姿勢と前のめりの姿勢の 2 パターン漕

いでもらったときの速度の変化を以下に示す。

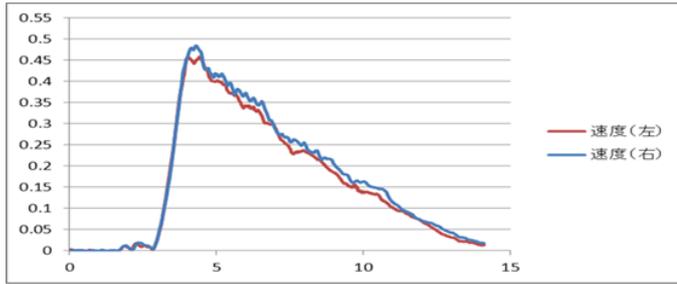


Fig. 17 normal posture
(horizontal : time [m/sec] vertical : velocity [N])

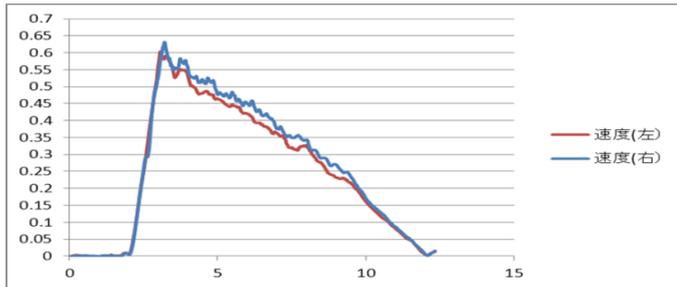


Fig. 18 fall forward posture
(horizontal : time [m/sec] vertical : velocity [N])

結果

漕ぐ力が同じであっても走行姿勢によって車いすの速度に差が生じてしまうことが判明した。また、惰性走行時間にも差が生じてしまった。

5.5 力と速度の関係式

これまでの各結果から、車いすを1ストローク漕いだときの様々なデータを表すことが出来た。そこから、力と速度の関係式を求めてみた。

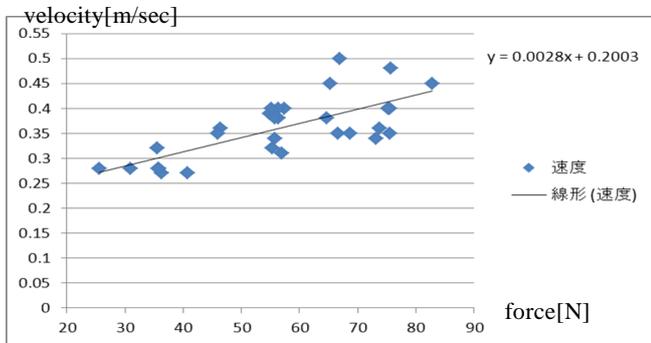


Fig. 19 relation between input force and velocity

結果

前節の走行姿勢実験の結果で、同じ力で漕いだとしても速度に違いが出てしまうことがあった。

そこで、走行姿勢を考慮せずに式を表すために、各被験者に各々のころがり抵抗係数を反映させることとした。その結果が図 22 の一次の近似式となった。

5.6 走行モデル

漕ぐ力からの速度の式が求まったため、直進している際の走行モデルを作成した。1ストローク走行実験の各被験者の結果から、4パターン求めることができた。

- パターン 1 : 走行時間 8[m/sec]、ピーク時間 1.0[sec]
- パターン 2 : 走行時間 8[m/sec]、ピーク時間 1.5[sec]
- パターン 3 : 走行時間 9[m/sec]、ピーク時間 1.0[sec]
- パターン 4 : 走行時間 9[m/sec]、ピーク時間 1.5[sec]

結果

平地での走行モデルとしては、パターンを4つ求めるこ

とが出来たが、現段階ではどのパターンが適しているか分からないため、実機に反映させて動作検証を行う必要がある。

6. 考察

1. 1ストローク走行実験より求めたころがり抵抗係数の値は現在まで求められていなかったため、車いすの動作解析を行うにあたり、1つの指標として使えるのではないかと考えられる。
2. 被験者によって運動量と力積の値で近似していなかった部分があった。これは漕いだ姿勢によって速度が変わるため、その影響が運動量に表れてしまったのではないかと考える。

7. 結論

平地走行実験を行うことにより、目標としていた平地走行モデルを作成することが出来た。また、漕いだ力と速度の関係式を求めることが出来た。

市販されているパワーアシスト車いすに改造を施し、昨年度のプログラムの有効性および新たなモデルの反映についての検証はハード面の進捗上、行うことが出来なかった。

参考文献

- [1] 朝隈, 森永, 鳥毛「パワーアシスト車いす制御方法の開発と検証」ロボティクス・メカトロニクス講演会 2010
- [2] 馬場, 鳥毛, 藤沼「地形傾斜角度を考慮したパワーアシスト車いすの開発」ロボティクス・メカトロニクス講演会2007