

# パワーアシスト車椅子の後方転倒防止制御(その1) ～アシストトルク調整法と被験者評価による検証～

正員 関 弘和\* 学生員 畠 直輝\*\*  
非会員 小安 雄一\*\* 正員 堀 洋一\*\*

Novel Control Scheme of Power Assisted Wheelchair for Preventing Overturn (Part I)  
- Adjustment of Assisted Torque and Performance Evaluation From Field Test -

Hirokazu Seki\*, Member, Naoki Hata\*\*, Student Member, Yuichi Koyasu\*\*, Non-member, Yoichi Hori\*\*, Member

Aged people and disabled people who have difficulty in walking are increasing. As one of mobility support, significance of power assisted wheelchair which assists driving force using electric motors and spreads their living areas has been enhanced. However, the increased driving force often causes a dangerous overturn of wheelchair. In this paper, control method to prevent power assisted wheelchair from overturning is proposed.

It is found the front wheels rising is caused by magnitude and rapid increase of assisted torque. Therefore, feedforward control method to limit the assisted torque by tuning its magnitude or time constant is proposed. In order to emphasize safety and feeling of security, these methods make the front wheels no rise. The effectiveness of the proposed method is verified by the practical experiments and field test based performance evaluation using many trial subjects.

キーワード：福祉制御工学, 高齢者障害者支援, パワーアシスト車椅子, 後方転倒防止制御, フィードフォワード制御, 被験者評価

Keywords: Welfare Control Engineering, support for aged people and disabled people, power assisted wheelchair, control for prevention of overturn, feedforward control, performance evaluation from trial subjects

## 1. はじめに

本論文は、電動パワーアシスト車椅子における危険な後方転倒現象を防止する走行制御の実現を目指したものである。後方転倒防止の実現に向け、我々は立場の異なる二つの制御手法を検証している<sup>(1)</sup>。本論文は”その1”と題して、フィードフォワード的にアシストトルクを調整し、後方転倒の前兆である前輪浮上を抑制するような制御手法と実験的検討について詳説する。これと立場が異なり、前輪浮上を許容し、浮上後に重心位置情報などに基づき後方転倒を防ぐ制御手法の提案については、論文”その2”で述べることとする。

電動パワーアシスト車椅子は、人間の入力した力に対し電気モータにより補助し、その増幅された力で駆動するものである。筋力の落ちた高齢者・障害者でも利用でき、行動範囲を広げるものとして期待は大きい。ヤマハ製 JWII<sup>(2)(3)</sup>が有名であるが、実際の走行場面において様々な問題点も指摘されている<sup>(4)</sup>。立花隆氏の提言<sup>(5)</sup>にもあるが、社会的インフラのバリアフリー化を目指すだけでなく、車椅子自体のハイテク化、高機能化によりバリアを乗り越え、健常者と同じように行動できるようにすることも重要であり、利用者の自由度やコストの点において良いとも考えられる。そしてその高機能化はまだまだ可能であり、本研究もこれを目指すものである。

パワーアシスト車椅子によって、車輪の駆動力が増大されユーザの行動範囲が広がる反面、その大きすぎる駆動力のために、勢い余って後方へ転倒してしまう危険性が生じることがある。筆者らの経験からも、平坦面においてその危険性があり、上り坂では顕著になることを確認している。実際、街の道路だけでなく公民館など公共施設の入口にもスロープとして坂道が存在し、高齢者や障害者には後方転倒の危険性が日常的につきまわっている。本研究では、ア

\* 千葉工業大学 工学部 電気電子情報工学科  
〒 275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1  
Department of Electrical, Electronic and Computer Engineering, Faculty of Engineering, Chiba Institute of Technology  
2-17-1 Tsudanuma, Narashino, Chiba 275-0016

\*\* 東京大学 工学系研究科 電気工学専攻  
〒 153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1  
Department of Electrical Engineering, Division of Engineering, University of Tokyo  
4-6-1 Komaba, Meguro, Tokyo 153-8505

シストトルクをフィードフォワード的に調整し、危険な後方転倒現象を防止する走行制御の実現を目指す。また、多くの被験者を用いた検証によりその有効性を確認するとともに、操作する人間の感じる走行感覚についても議論する。

## 2. 車椅子の後方転倒現象とその防止制御

2.1 後方転倒現象の発生 実際にはヤマハ製パワーアシスト車椅子 JWII で平坦地や上り坂を走行した際、加速時に前輪が浮上し、後方へ転倒する恐れを感じた。操作者が姿勢をやや前方に傾けて前輪浮上を避けようとしても、加速の大きさなどによっては前輪が浮上し、慌てて姿勢を変えたりハンドリムに後ろ向きのトルクを与えたりすることが多かった。

図1は車椅子を垂直平面内に描き、後方転倒へ至る過程を示したものである。後方転倒現象の前段階として前輪が浮上するが、この際、浮き上がる力の大きさ次第で、そのまま後方へ転倒する場合と無事前輪が着地する場合とがある。

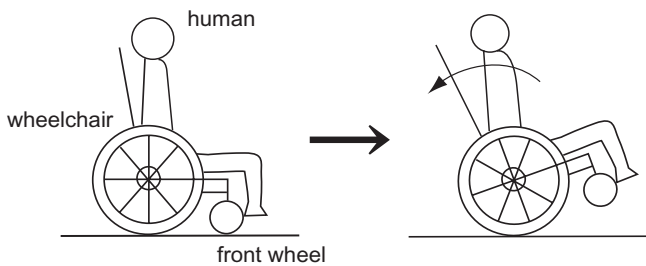


図1 後方転倒現象の発生  
Fig. 1. Overturn of wheelchair.

車椅子の走行に慣れた人であれば、前輪浮上は問題にならないかもしれないが、使い始めてまだ日が浅い人、姿勢を急に変化させたりすることができない高齢者、障害者にとっては、後方へ転倒するかもしれないという恐怖感を感じるはずである。このような後方転倒現象やその前兆である前輪浮上を防止できるかどうかはアシスト制御系の設計にかかっている部分が多い。

2.2 後方転倒防止制御の実現 本研究では、後方転倒を防止するとともに、操作者が恐怖感を感じることなく安心して走行を行えるようにするという立場から、アシスト制御系の設計を工夫し、できるだけ前輪浮上の発生を抑えることを目的とする。

アシストトルクの与え方によって前輪浮上が発生することから、アシスト制御系の設計として、フィードフォワード的にアシストトルクを調整するような制御手法が考えられる。

論文”その2”においては、前輪浮上を許容し、浮上後に重心位置情報などを用いて転倒防止制御を行う手法を示す。本論文では前輪浮上を許容しないため、これと立場が異なる。

## 3. パワーアシスト車椅子のアシスト制御手法

### 3.1 アシスト制御手法への要求事項 他のパワーア

シスト機器と同様、パワーアシスト車椅子の制御系にも以下のような項目が要求される。

<第一要求事項> : 力の増幅, 補助

パワーアシストそのものの実現である。操作者の入力したトルクを増幅して車椅子を駆動できることが最も基本となる。さらに、どのような路面、環境であってもその効果が同程度に保たれることが望まれる。

<第二要求事項> : 安全性, 操作性, 使いやすさ

本研究で対象としているような後方転倒を起こさないなどの安全性や、動作の立ち上がり、停止時などにおける操作性、乗り心地、操作者に与える安心感なども重要な項目である。第一要求事項に比べて、定量的に表現することが難しく、操作する人間の感覚に依存する部分が多い。

3.2 人間のトルク入力に基づくアシスト制御手法 パワーアシスト車椅子では単に出力を数倍にするだけでなく、人間が手を離れた後でもある程度惰性走行を行えるようにする必要がある。ここでは、図2のようにトルクセンサから得た人間の入力トルク  $T_h$  に対して一次遅れ系を介し、その時定数を切り替えることにより実現する。 $T_a$  はアシストトルク出力、 $T_d$  は外乱トルク、 $\tau$  は時定数、 $\alpha$  はアシスト比であり、以下の式のように設計する。

$$T_a = \alpha \frac{1}{1 + \tau s} T_h \dots \dots \dots (1)$$

$$\tau = \begin{cases} \tau_f & \frac{dT_h}{dt} > 0 \\ \tau_s & \frac{dT_h}{dt} < 0 \end{cases} \dots \dots \dots (2)$$

操作者がハンドリムを握り入力トルクを増加させている間は時定数を小さくして ( $\tau = \tau_f$ ) アシストトルクの速い立ち上がりを実現し、手を離しかけて入力トルクが減少していく際には時定数を大きくして ( $\tau = \tau_s$ ) 惰性走行を生み出す。 $\alpha = 3.0$ ,  $\tau_f = 0.08[s]$ ,  $\tau_s = 1.0[s]$  としたときの走行実験の結果を図3に示す。

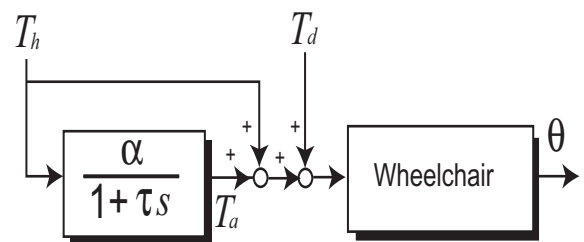


図2 パワーアシスト制御系  
Fig. 2. Power assist control system.

3.3 実験機の構成 ヤマハ製パワーアシスト車椅子 JWII<sup>(2)</sup> を改造する形で実験用車椅子を製作した。その実機と構成について図4に示す。

その他、車輪の回転角度を測定するロータリエンコーダ、車軸周りの角速度を測定するジャイロセンサなどを取り付け、ART-Linux を搭載した計算機に取り込み制御を行う。

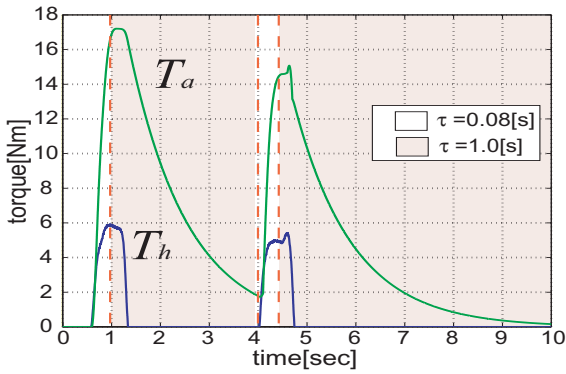
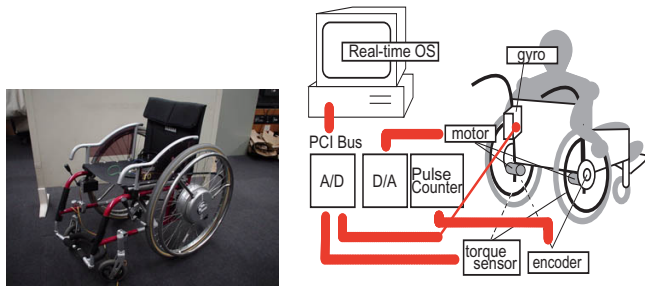


図3 アシストトルクの様子

Fig. 3. Assisted torque.

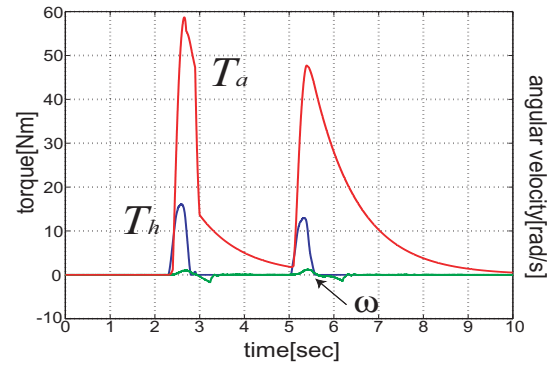


(a) 製作した実験機

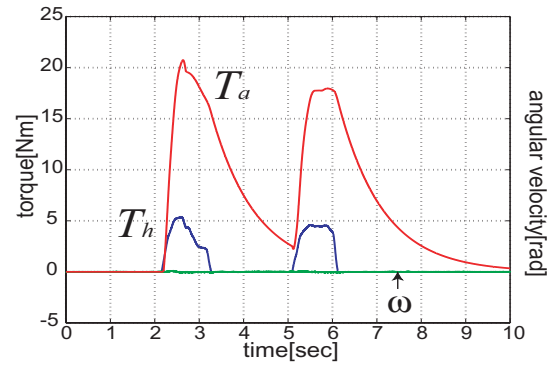
(b) 実験機の構成

図4 実験用パワーアシスト車椅子

Fig. 4. Experimental setup of power assisted wheelchair.



(a) 前輪浮上あり



(b) 前輪浮上なし

図5 アシストトルクと前輪浮上

Fig. 5. Assisted torque and front wheels rising.

本実験では制御周期を 1[ms] とする。

#### 4. アシストトルク調整による後方転倒防止制御の実現

本研究では、前輪浮上をしないようにフィードフォワード的に制御する手法について検討する。

4.1 前輪浮上時のアシストトルクの解析 具体的にどのような入力を与えたときに前輪浮上が起きるかを検証する。図 5(a) は前輪が浮上したとき、図 5(b) は前輪が浮上しないときの人間の入力トルク  $T_h$ 、アシストトルク  $T_a$ 、ジャイロセンサから得られた後輪車軸周りの角速度  $\omega$  である。角速度が 0 でない値をもつことは前輪が浮上したことを示している。

図 5(a) では前輪が浮上しているが、このときの各トルクは急激な立ち上がりを示し、その最大値も図 5(b) に比べると大きいことがわかる。図 5(b) では緩やかで小さなトルク入力である。これらの結果から、アシストトルクを調整することにより前輪浮上を防止するには、

アシストトルクの最大値を制限する

アシストトルクの立ち上がりを遅くする

の二通りの手法が考えられる。

アシストトルクの大きさを制限する手法、時定数を調整する手法それぞれで前輪浮上を抑制する効果が期待できるが、それらを行ったことにより、様々な操作者に対し、操

作性、乗り心地、使いやすさなどに違いが出てくると考えられる。これについては、様々な年齢、性別による被験者評価を行うことで検証することとする。

#### 4.2 アシストトルクの最大値制限による手法

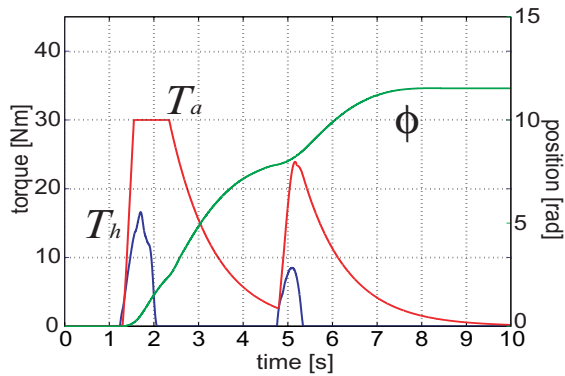
式 (3) に示すように、アシストトルク  $T_a$  をある値  $T_{lim}$  でリミッタをかけて制限する手法である。

$$T_a = T_{lim} \quad \text{if} \quad \alpha \frac{1}{1 + \tau_s} T_h > T_{lim} \quad \dots \dots (3)$$

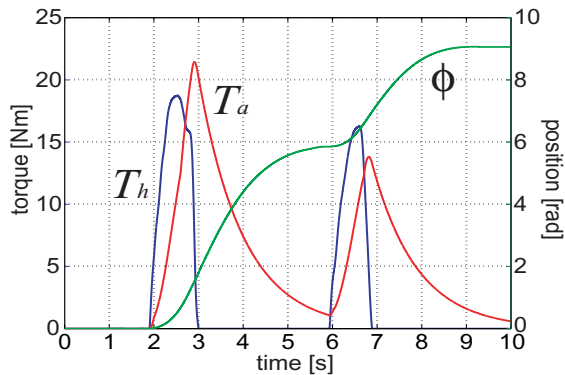
$\alpha = 3.0$ ,  $T_{lim} = 30[\text{Nm}]$ ,  $\tau_f = 0.08[\text{s}]$ ,  $\tau_s = 1.0[\text{s}]$  として走行実験を行った結果を図 6(a) に示す。 $\phi$  は車輪の回転角度である。操作者の入力トルクが小さく、リミッタ  $T_{lim}$  に届かなければ通常の走行となるが、入力トルクの大小に関わらず  $T_{lim}$  以上のアシストトルクを出力せず、前輪浮上、つまり後方転倒を防止する効果が期待できる。

#### 4.3 アシストトルクの時定数調整による手法

アシストトルク  $T_a$  の立ち上がりを決める時定数  $\tau_f$  を調整する手法である。 $\tau_f$  を大きくし、立ち上がりを鈍らせることにより前輪浮上、後方転倒を防止する効果が期待できる。 $\alpha = 3.0$ ,  $\tau_f = 2.0[\text{s}]$ ,  $\tau_s = 1.0[\text{s}]$  として走行実験を行った結果を図 6(b) に示す。車椅子後輪の回転角度  $\phi$  も合わせて示すようなフィードフォワード制御では、操作者の姿勢や路面状況など、予想外の外乱が入ったときなどの対応が難しいと考えられる。しかし、リミッタの値や時定数の大きさなどは、その意味も捉えやすく、操作者や状況に合わせて調整することで容易に対応ができると考えられる。



(a) 最大値制限



(b) 時定数調整

図 6 アシストトルクを調整した走行結果

Fig. 6. Experimental results with limitation of assisted torque.

## 5. 被験者による実験的検討

上述の二つの手法について、前輪浮上を抑制する効果を確認し、さらに、そのアシストトルク調整を行った結果として操作者の感じる走行特性にどのような違いが現れるかも検証する。製作した実機に多くの被験者を乗せ、その実験的検証、評価を行う。図 7 はその様子である。



図 7 被験者評価実験の様子

Fig. 7. Evaluation experiment by trial subjects.

5.1 評価実験の概要 比較を行う各アシスト制御手法はそれぞれ以下のとおりである。

手法 A: 通常のアシスト手法

$$\alpha = 4.0, \tau_f = 0.08[s], \tau_s = 1.0[s]$$

手法 B: 最大値制限による手法

$$\alpha = 4.0, \tau_f = 0.08[s], \tau_s = 1.0[s], T_{lim} = 20[Nm]$$

手法 C: 時定数調整による手法

$$\alpha = 4.0, \tau_f = 2.0[s], \tau_s = 1.0[s]$$

以上三種類のアシスト手法を適用した実験用のパワーアシスト車椅子を被験者に操作してもらい、前輪浮上が起こったかどうかを判定するとともに、走行特性に関するいくつかのポイントにおいて評価を行う。本実験における評価ポイントは以下に示すように、3.1 節で記したアシスト制御手法への要求事項そのものである。

<評価ポイント 1>: 力の増幅, アシスト感

第一要求事項であり、操作者に対し力の補助をして楽にさせているか、軽い力で進めるか、アシストされているかという点における評価である。

<評価ポイント 2>: 安定性, 安心感

第二要求事項であり、操作者と車椅子を含めたシステム全体として安定した動作をしているか、安心して身を任せられるかどうかという点における評価である。急発進や前輪浮上現象に対し恐怖感を覚えれば評価点は下がる。

<評価ポイント 3>: 操作性, 使いやすさ, 乗り心地

操作者が自分の思うように操作できるかや、立ち上がりや停止時の乗り心地に悪い影響はないかなどにおける評価である。上記の評価ポイント 1, 2 ともやや関連があるが、操作者の感性、好みにもかかる部分が大きく、被験者によって感じ方が様々に異なる可能性がある。

以上の三点において、それぞれ -3 点 (very bad) から +3 点 (very good) までの点数をつけてもらう。さらに実験終了後に、被験者に「もし何らかのきっかけでパワーアシスト車椅子に乗ることになったとき、どの手法の車椅子が一番乗りたいか」についても意見を聞く。

パワーアシスト車椅子の使用者はジョイスティックタイプの電動車椅子と異なり、事故により脊椎、頸椎を損傷した人、交通事故、労働災害などにより脊椎、頸椎を損傷し、肢体不自由になった人であり、積極的な外出の機会がある人、社会復帰をしている人、残された機能を維持しつつ電動力を使いたい人などである。年齢層としては、若い人から中年齢の人までが対象となる。そこで、今回の被験者評価実験では、20代: 11人, 30代: 11人, 40代: 6人, 50代以上: 10人, 合計 38人を対象とする。男女の割合はほぼ同じである。今回の被験者は皆健康者であるが、前輪浮上の有無、車椅子を漕ぐための腕力、走行感覚などにおいては適切な評価ができると考えられる。

各アシスト手法のアルゴリズムの詳細は一切知らせず走行をしてもらい、さらに、前輪浮上が起こりうることを被験者に意識させないために、前輪浮上の有無を調べるという実験の目的も知らせない。また、各手法に対し、ほぼ同



じ大きさの入力トルクをハンドリムに与えるようにする必要がある。そのため、最初に前輪浮上が起きた後、その恐怖感のため入力トルクが弱くなったりしないように、おそらく前輪浮上が起きにくいであろう手法 C から始め、手法 B、手法 A の順に走行実験を行う。

5.2 被験者評価の結果と考察 評価を行った結果から算出した各手法の前輪浮上率と好みの結果を表 1 に示す。

表 1 各手法の前輪浮上率と被験者の好みの結果

Table 1. Percentage of front wheels rising and subjects' preference.

	手法 A	手法 B	手法 C
前輪浮上率	66%	26%	0%
好み	29%	61%	10%

手法 A では高い確率で前輪浮上していたものが、トルクの高さを制限する手法 B では半分以下になっていることがわかる。さらにトルクの時定数を制限する手法 C では、前輪浮上率 0% という結果となった。前輪浮上の確率は当然ながら、大きさを制限する際の  $T_{lim}$  や時定数  $\tau_f$  の決め方にも依存するが、各手法ともに前輪浮上現象を抑制する効果があることがわかる。通常の走行アルゴリズムと比べたときのトルク制限手法によるパワーアシスト車椅子の後方転倒防止の有効性が示された。

次に、被験者の評価ポイントの平均と偏差を示したグラフを図 8 に示す。

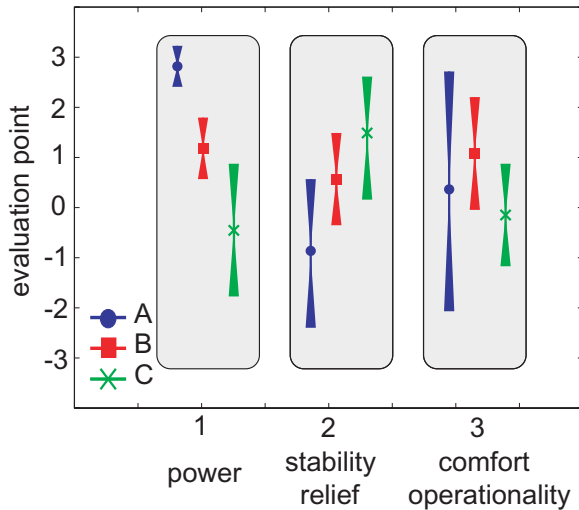


図 8 被験者の各手法に対する評価得点

Fig. 8. Evaluation result by trial subjects.

評価ポイント 1 について、手法 B、C はアシスト感が落ちている。手法 C は大きな時定数のため、アシストトルクの立ち上がりが遅く、また最大値を迎える前に人間の入力トルクが下がり始め、アシストトルクの最大値も下がり、アシスト感が得られない。

評価ポイント 2 の安定性、安心感については、前輪浮上が起こるかどうかが、恐怖心を抱くかどうかという点から、前輪浮上率に反比例する結果となった。動作の立ち上がりの

速さもこの要因となっていると考えられる。やはり、前輪浮上率が高い手法 A に比べると手法 C は安心して乗ることができるという意見が多かった。

評価ポイント 3 の立ち上がり等における操作性、使いやすさについては、かなりばらついた評価となった。特に手法 A は偏差が大きくばらつきが目立つが、これは大きなアシストパワーとその立ち上がりの速さを「軽すぎる」と感じる人と「快適」と感じる人がいたと考えられる。手法 C では入力立ち上がり付近においては、人間の入力トルクのほうがアシストトルクよりも大きいため違和感を感じた被験者が多かったが、A、B のようにアシストパワーがある手法よりも、より安心して身を任せられる手法を好む被験者もいた。

表 1 に示した被験者の好みの結果は、この評価ポイント 3 における評価とほぼ一致する形となり、アシスト感を優先するか、安定性を優先するかで大きく二分したと考えられる。前輪浮上率、好み、さらに各評価ポイントなどを総合的に判断すると、前輪浮上防止に関して現実的に有効なアルゴリズムは、アシスト感と安定性においてバランスのとれた評価がなされた手法 B であるとも考えることもできる。

また、自身の力がある人は、大きなアシストパワーよりも安定した走行手法を求め、一方、高齢者、女性は力が弱いいため、大きなアシストパワーによる駆動力を求めるといった傾向もやや見られた。しかし、このような年齢、性別、性格などに合わせた最適なアシスト手法の確立を目指すには、さらに多くの被験者による評価が必要となり、今後の研究につなげていきたい。

様々な操作者、走行状況などに対し、アシストトルク制限の値をいくりにするか、時定数をいくりにするかについての深い議論は今回行わなかったが、これらの要素がパワーアシスト車椅子の危険な後方転倒現象、前輪浮上現象の発生に大きく関わり、また操作者が感じる様々な走行感覚に大きく影響を及ぼすことを見出し検証したことが本研究の一つの成果である。

## 6. 考 察

本論文では、パワーアシスト車椅子の後方転倒防止を実現する走行手法について、フィードフォワード的にアシストトルクを調整する手法により、できるだけ前輪浮上を抑制するような制御手法を検討した。多くの被験者を用いた実験的検討と評価により、後方転倒防止実現への有効性と、様々な意向をもつ操作者との関係性についても議論した。

操作者がどのようなことを最も重視し、どのようなことを機械に求めているかが様々に異なることがわかる。障害の程度、性格、走行状況などの違いもその要因となる。前輪浮上などの多少の危険性があっても、第一要求事項である「力の増幅」を最も重視する人もいれば、アシスト感はその次にして、第二要求事項である「安定性、安心感」を重視する人もいる。前輪浮上を抑制する本手法は、特に後者のような操作者に有効であると考えられる。先に述べたよ

うに、操作者自身に力があれば、アシストパワーよりも安定した走行を求め、高齢者や女性のように力が弱い人は大きなアシストパワーを望むという傾向もやや見られた。年齢、性別、性格などの点からの評価と解析はさらに多くの被験者が必要であり、今後の課題としたい。

このアシストトルク調整による手法は、前輪浮上をできるだけ抑制し、安全性、安定性重視の手法であると言える。さらに、制御の仕事はアシストトルクの制限のみであり、操作者の姿勢変化や調整能力などによる影響も少ない。人間の調整能力がある程度活かされるような”人間主体”の走行手法であると考えられる。

ここで述べた議論はまだ一見解にすぎないが、今後さらに多くの被験者、特に高齢者、障害者に各手法を評価してもらい、操作者の意向や走行環境に応じた制御法の確立へ向けてさらなる考察を行うことが課題となる。

## 7. まとめ

本論文では、高齢者・障害者への工学的支援を目指す「福祉制御工学」<sup>(6)</sup>の一研究として、パワーアシスト車椅子における危険な後方転倒現象を防止するための制御手法の提案と実験的検討について示した。まず、論文”その1”と題し、後方転倒やその前兆である前輪浮上が起こる際のアシストトルクを解析した上で、フィードフォワード的にアシストトルクを調整することによる制御手法を提案し、実機を用いた検証と被験者評価により有効性を示した。論文”その2”ではこれと異なり、前輪が浮上した後、重心位置とその位相平面に基づき転倒を防止する手法を提案する。

パワーアシスト車椅子の場合、段差を越える際に前輪浮上をさせるウィリー動作において、やはり後方へ転倒する危険性が大きい<sup>(7)</sup>。倒立振り子モデルに基づくウィリー動作実現の研究例もあるが<sup>(8)</sup>、ここで示した手法を応用すれば、姿勢変動など人間自身がもつ調整能力をできるだけ活かせるような制御手法となる。今後の課題として検討したい。

本研究を進めるにあたりご指導ご協力頂きましたヤマハ発動機(株)福井巧氏、戸倉賢治氏、また被験者評価実験にご協力頂きました皆様に深く感謝いたします。

本研究は、文部科学省科学研究費基盤研究(B)(2)(課題番号:13450175 福祉制御工学の体系化に関する基礎的研究)の支援を受けて行われたことを付記し、謝意を表します。

(平成15年月日受付, 同15年月日再受付)

## 文 献

- (1) 小安雄一・畠直輝・関弘和・堀洋一:「パワーアシスト車椅子における後方転倒現象の解析とその制御」, 電気学会産業計測制御研究会 IIC-03-51, pp.35-40 (2003)
- (2) 内山敦・福井巧:「パワーアシスト車椅子の制御システム」, 日本機械学会シンポジウム講演論文集, pp.204-208 (1997)
- (3) A. Kakimoto: "Control technology of mobility aids for the elderly", Journal of The Society of Instrument and Control Engineers, Vol. 40, No. 5, pp.357-362 (2001) (in Japanese)  
垣本映:「高齢者の移動支援のための制御技術」, 計測と制御, Vol. 40, No. 5, pp.357-362 (2001)

- (4) 橋詰努・川田徳紀・谷川知嘉子・杉山琢磨:「介助用補助動力付き車いすの使用評価」, 第15回八工学カンファレンス講演論文集, pp.85-88 (2000)
- (5) T. Tachibana: "Bioengineering in 21st century", Journal of The Japan Society of Mechanical Engineers, Vol. 104, No. 996, pp.720-723 (2001) (in Japanese)  
立花隆:「21世紀のバイオエンジニアリング技術開発への提言」, 日本機械学会誌, Vol. 104, No. 996, pp.720-723 (2001)
- (6) H. Seki and Y. Hori: "Detection of abnormal action using image sequence for monitoring system of aged people", Trans. on IEE Japan, Vol. 122-D, No. 2, pp.182-188 (2002) (in Japanese)  
関弘和・堀洋一:「高齢者モニタリングのためのカメラ画像を用いた異常動作検出」, 電気学会論文誌 D, Vol. 122, No. 2 pp.182-188 (2002)
- (7) 佐藤仁彦・関弘和・畠直輝・堀洋一:「パワーアシスト車椅子におけるウィリー機能の実現」, 電気学会産業計測制御研究会, IIC-02-41, pp.143-148 (2002)
- (8) Y. Takahashi, S. Ogawa and S. Machida: "Front wheel raising and inverse pendulum control of power assist wheel chair robot", Proc. of IEEE Int. Conf. on Industrial Electronics, Control and Instrumentation(IECON'99), pp.668-673 (1999)

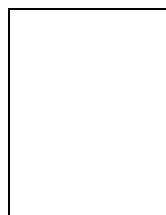
関 弘 和 (正員) 1975年9月5日生まれ。1998年3月大



阪大学基礎工学部システム工学科卒業。2000年東

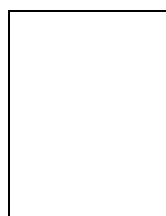
京大学大学院工学系研究科電気工学専攻修士課程修了。2003年3月同大学院博士課程修了。2003年4月より千葉工業大学電気電子情報工学科助手。主として計測, 制御工学に基づく高齢者障害者支援, 福祉制御工学に関する研究に従事。日本ロボット学会, 計測自動制御学会, ライフサポート学会などの会員。

畠 直 輝 (学生員) 1977年12月26日生まれ。2000年3



月東京都立科学技術大学工学部電子工学システム科卒業。2002年3月東京大学大学院工学系研究科電気工学専攻修士課程修了。2002年4月同大学院工学研究科電気工学専攻博士課程入学, 現在に至る。主として計測, 制御工学に基づく高齢者障害者支援, 福祉制御工学に関する研究に従事。日本機械学会などの会員。

小 安 雄 一 (非会員) 1980年8月28日生まれ。2003年3



月東京大学工学部電気工学科卒業。2003年4月東京大学大学院工学系研究科電子工学専攻修士課程入学, 現在に至る。主として, 計測, 制御工学に基づく高齢者障害者支援, 福祉制御工学に関する研究に従事。

堀 洋 一 (正員) 1955年7月14日生まれ。1978年東京



大学工学部電気工学科卒業, 1983年同大学院博士課程修了。助手, 講師, 助教授を経て, 2000年2月より電気工学科教授。2002年10月より東京大学生産技術研究所情報・システム部門教授。専門は制御工学とその産業応用, とくに, モーションコントロール, メカトロニクス, 電気自動車などの分野への応用研究。最近福祉制御工学を開

始。1993年および2001年, IEEE Trans. on IE 最優秀論文賞, 2000年電気学会論文賞などを受賞。電気学会, 計測自動制御学会, IEEE, 日本ロボット学会, 日本機械学会, 自動車技術会, 日本シミュレーション学会などの会員。