

パワーアシスト積載運搬台車の研究開発

佐川 克雄* 中嶋 勝也* 平野 聡* 大高 理秀**

1. 目的

少子高齢社会の進展に伴い、高齢者の軽作業などへの就労を支援する装置の開発が求められている。高齢者の就労支援には、台車での運搬作業時に押す力の一部を機械力で補うようなパワーアシスト装置が重要である。本研究は、平成10～12年度の3年計画で元気高齢者の就労支援を目的として、物の運搬における人の押す、引く、持ち上げる力の数倍の力をモータで補助するパワーアシスト積載運搬台車の開発をとおし、人と機械のインターフェイスと実用化のために重要である簡易パワーアシスト制御方法を確立する。本年度は、3年計画の初年度であるので運搬台車と移載実験装置を個別に開発し、基本技術を検討したので報告する。

なお、本研究において確立する技術を用いて、福祉機器特別研究会と共に、パワーアシスト積載運搬台車の開発コンセプトを含めて検討し平成12年度に開発する予定である。

2. 実験装置

実験装置の設計にあたっては、パワーアシストに重要な、平成11年度に開発する感圧導電性ゴムを用いた人と機械のインターフェイスの実験ができることを考慮して、制御にはパソコンを用いることとした。なお本年度は、人の力を検出するセンサとして実績のある歪みゲージを用いた。

パワーアシスト電動台車実験装置の構成は、図1に示すように、人の推力によりハンドルコラムに発生する曲げ応力をハンドルコラムに取り付けた歪みゲージとアンプ内蔵ボード介して、操舵輪に取り付けたタコジェネレータの出力電圧をA/Dボードを介してパソコンに取り込む。この曲げ応力と前輪回転速度に比例した電圧より、人の推力及び走行速度を求め、設定したアシスト係数(モータ力/人の推力)より必要とするモータ力を発生するモータ印加電圧を与える構成となっている。なお、人の推力はハンドルコラムの上下2カ所の曲げ応力を歪みゲージより検出し、人力の鉛直及び水平方向成分を計算し、水平方向成分を人の推力とした。

ここでDCモータは、印加電圧が一定の場合回転速度が速いほど発生するトルクが小さくなるので、台車の走行速度が速くなるとモータ印加電圧を大きくしても(最大24V)人の推力に比例したモータ推力が得られなくなる。換言すれば、高速走行時(6km/h以上)の速度では、人の力が支配的となり安全側に作用することとなる構成である。

図2には、パワーアシスト移載実験装置の構成を示す。構成は、人の力を握り部とフック軸に取り付けた2枚の連結板の上下に貼り付けた歪みゲージにより連結板に発生するモーメントを検出して、人の力を吊上げ力及び横方向力に分解し、各サーボモータドライバに動作信号を送出するようになっている。

ここで、2種類の装置の実験を同時に進行することは困難であるので、本年度後半から次年度前半においては

主に電動台車の検討を行うこととした。

3. 結果及び考察

3.1 パワーアシスト電動台車実験装置

完成したパワーアシスト電動台車実験装置の写真を図3に示す。走行実験は、最初に速度制御機能付きの既存モータドライバを用いて、人の推力に比例した速度信号をパソコンからドライバに送ることにより人の推力に速度を比例させて実施した。この制御方式は、高速移動時にかなりの力が必要となるが、歩行支援装置などには有効であると考えられる。

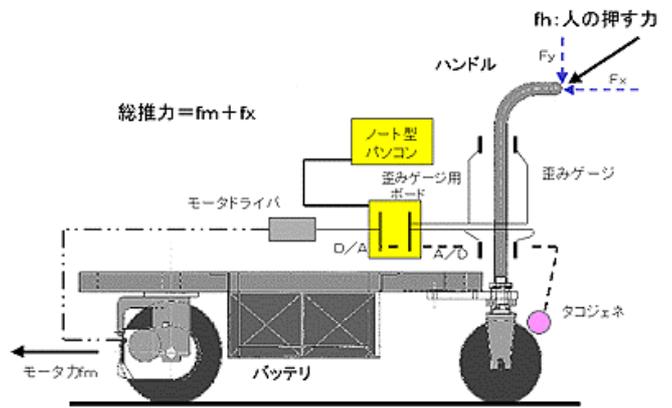


図1 パワーアシスト電動台車実験装置構成図

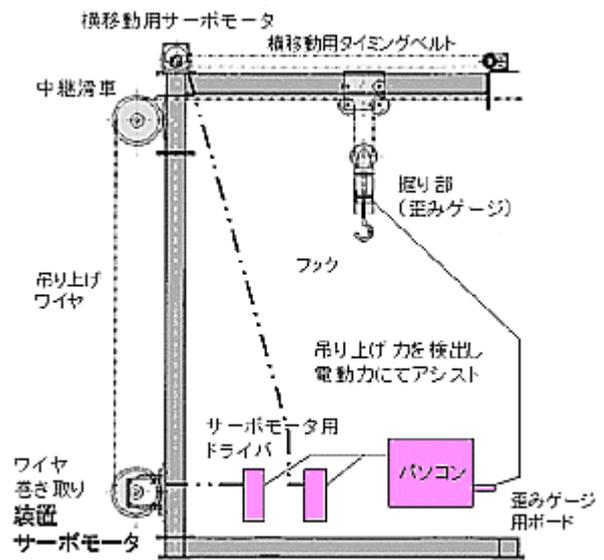


図2 パワーアシスト移載実験装置構成図

しかしこの制御方式では、実際の手押し台車の動きと異なる。パワーアシスト電動台車は、手押し台車と同じ感覚で操作できるのが良いと考えることから、図4に示す力を制御する方式とした。そこで台車の質量を計測し、次に積載質量を変えて一定速度で走行してからモータの電源回路をオープンとして、停止するまでの速度変化パ

ターンよりイナーシャと摩擦係数を計算した。モータについては、特性試験を実施しトルク定数、逆起電圧定数¹⁾等のモータ特性値を把握した。現状は、比例制御のみで積分要素などは組み込んでいない。

図4の制御方式でパワーアシスト走行した場合の効果を確認するために運動方程式を作成しシミュレーションを行った。シミュレーションにおいては、積載重量72.3kg、アシスト係数を1.0としダイナミックブレーキ力は実際と同様に0とした。シミュレーションにおける人の推力は3kgfとし、外乱として実測値から推定した振幅1kgf、周波数1.02Hzの力を与えた。またスタートから2秒経過後に0.1秒間人の推力を0kgfとしている。その結果を図5に示す。図5より外乱の影響でモータ力が間欠的に作用することがわかる。これは、シミュレーションの制御出力計算に用いたモータ特性式がモータ印加電圧が低いときに対応できないためと考えられる。



図3 パワーアシスト電動台車

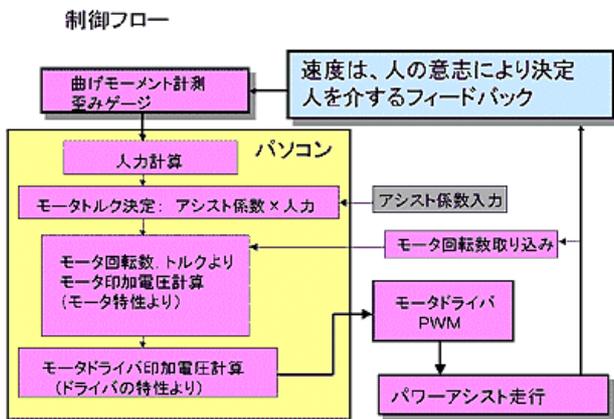


図4 制御フロー

このシミュレーションにおけるモータ印加電圧は、最大で10V程度であるが、実際には23V程度まで大きくすることができると、より重い積載物を運搬することが可能であることがわかる。実際の走行実験においては、より正確にモータ特性を近似した制御ソフトを作成して用いた。

パワーアシスト走行実験は、積載重量及びアシスト係数をシミュレーションと同じとして実施した。その結果は、人の推力にて速度を制御する方式に比べ前記シミュレーションの結果と同様に速度が若干不安定となる。このときの人の力（水平・垂直方向成分：ここで水平方向成分が推力）と速度の関係の例を図6に示す。図6の結

果より、人が台車を押す場合の力は、水平方向の推力に比べて鉛直力が大きいこと、及び人の歩行周期の影響が観察される。また、水平方向成分はスタート時にやや大きくなる傾向を示すが速度に対しほぼ一定であり、鉛直方向成分は、速度に対する変化が水平方向成分より大きい傾向がある。このことは、鉛直方向成分は、より人の状態（ここでは、加速度）を反映する可能性があることを示している。また、人の力の鉛直方向成分と水平方向成分の比は、使用者の身長などの体型に影響され、身長が高いほど鉛直方向成分が増すことが考えられる。

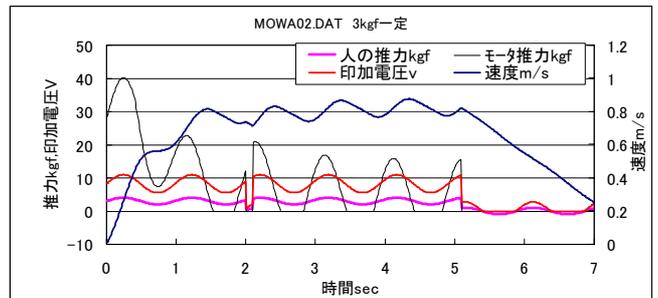


図5 シミュレーション結果

今後は、これらの検討を詳細に実施して、人の推力の周期変動パターンを明確にし、これに対して積分要素等を考慮した安定な制御方式に変更する予定である。

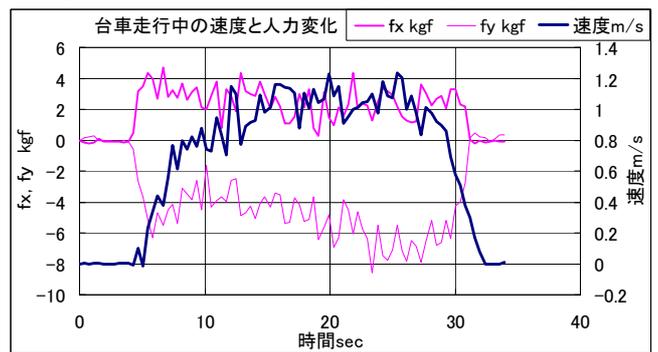


図6 パワーアシスト走行中の人の力と速度

3.2 パワーアシスト移載実験装置

本装置は、シーケンシャル制御により移載実験を行い装置の特性を確認中である。

移載物の高速吊り上げスタート時にメインフレームに振動の発生がみられるので、構造体の振動特性を検討し、高速移動スタート時の最適加速度を決定して、振動軽減を図る予定である。

4. 結 言

- 1) パワーアシスト技術研究用の実験装置が完成し、握り部の人力を検出する感圧導電性ゴムによる分布圧力センサの実験を行うことが可能となった。
- 2) 電動台車は、より使い易くするための調整を行う予定である。
- 3) 移載実験装置は、装置の特性を確認した後に、パワーアシスト制御を付加する予定である。

参考文献

- 1) 谷腰欣司, モータをまわすための回路技術第2版, 日刊工業新聞社, 1997, 80