

パワーアシスト積載運搬台車の研究開発（第2報）

- パワーアシスト制御技術の確立とマルチスイッチ開発 -

佐川 克雄* 平野 聡* 若生 進一*

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。本研究では、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行う。

本年度は、3年計画の2年目であり、昨年度に試作したパワーアシスト実験台車と移載実験装置を用いてパワーアシスト制御技術を確立し、同時に圧力分布センサを用いたマルチスイッチを開発したので報告する。

なお、本年度は、本研究において開発された技術を用いて、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作業を開始し、平成12年度に試作装置を完成させる予定である。

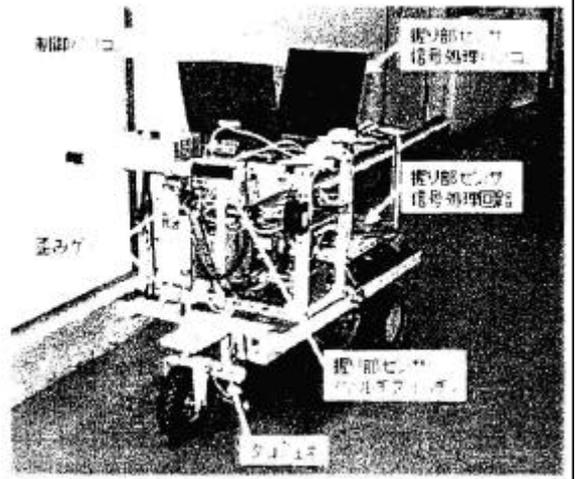


図2 パワーアシスト実験台車

2. 実験装置開発と結果

2.1 パワーアシスト電動台車実験装置

我々が目標としているパワーアシスト積載運搬台車では、手動台車のような操作感覚を実現しようとしている。これまでは、ブレーキ力アシストを省略して走行させていた¹⁾が、手動台車を停止させるときに、引いてブレーキをかけるのと同じように、電動台車実験装置にも、進行方向と逆向きの力に応じて減速力をアシストするブレーキ回路をモータに付加した。図1にモータに付加したブレーキ回路を示す。構成は、減速時にモータへの印加電圧をゼロにすると同時に、モータに発生する逆起動力によりブレーキ抵抗に流れる電流をスイッチング素子により制御して、発電制動をかけるものである。この時、スイッチング素子をパルス幅変調制御することで、人の減速力に応じて発電制御力をコントロールするようにしている。このことにより、空荷の場合と同じような力で台車を押すと走り出し、力を入れなければ惰性走行し、引くと止まる手動台車と同じ運搬感覚のパワーアシスト電動台車となった。

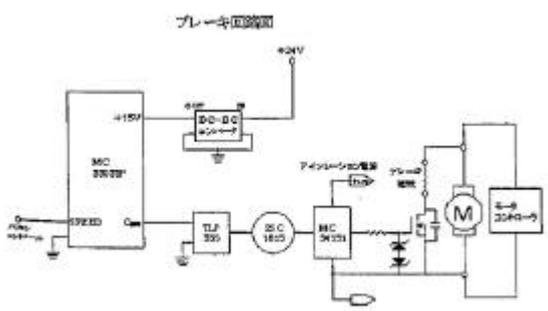


図1 モータに付加したブレーキ回路

このブレーキ回路を付加し、後述する握り部センサを追加改造した電動台車実験装置の写真を図2に示す。

2.2 圧力分布センサ

アクセル操作の電動台車に比べ、動きに違和感のない手動台車のような操作感覚を提供するパワーアシスト制御を実現するためには、人が台車を押す力をハンドルの握り部から検出し、必要な力を電動力でアシストし、同時に人の操作意志も検出し、それに合わせた発進、停止、加減速を可能にする握り部センサが必要である。また、人がつまずいて転倒しそうななどの突発動作も握り部から検出することで人の危険を回避するような安全装置が重要である。

そこで我々は、握り部の圧力分布変化から人の操作意志や突発動作を検出するセンサとして、工技院生命研で開発された感圧導電性ゴムを利用したセンサグローブ²⁾の技術シーズを導入し、このゴム材を用いた握り部形状の圧力分布センサを開発することにした。

開発にあたり、最終年度の福祉機器研究会との共同開発がパワーアシスト電動運搬装置となったことに伴い、パワーアシスト電動台車用の握り部センサを対象にした。

ここで用いた、感圧導電性ゴムは加えられる圧力に応じて抵抗値が変化する性質を持ち、圧力検出マトリックスの各点の抵抗値をパソコンに取り込み、各点の圧力に変換している。

圧力分布センサのシステム構成は、図3に示すように、フレキシブル基板を用いた圧力検出部、圧力検出点間の電氣的干渉を取り除くための走査及び検出点からの信号を処理する信号走査処理回路部、圧力検出点マトリックスについて走査し処理された信号をデータとしてパソコンに取り込んで画面に圧力分布を表示するソフトウェアとパソコンからなる。

このシート状の圧力検出部を実験台車のハンドル部に巻き付けて握り部センサとし、合わせてノートパソコンで構成した圧力分布センサシステムを電動台車に搭載す

*システム応用部

る改造を行った。

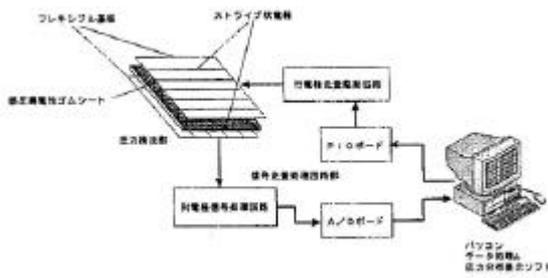


図3 圧力分布センサシステムの構成

ハンドルに巻き付けられた圧力検出部は、13行16列の圧力センサで構成されている。

この握り部センサが操作者の押す(引く)力のセンサとして利用可能かどうか実験と検討を行った。

図4に示すように、各行にかかる圧力の水平方向成分を周方向に積分し、握り部センサから求められる操作者の押す力(水平方向力)と、ハンドルコラム部に取り付けられた歪みゲージから求められる水平方向の力との関係性を求めた。

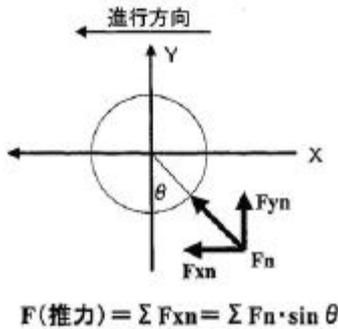


図4 握り部センサ断面図

その結果、感圧導電性ゴム材そのものが持つヒステリシス特性³⁾の影響が大きく、センサ出力から求められる力の値に幅があり、線形性のある出力は得られなかった。このことは、力を計測するセンサとして使うには、ゴム材のヒステリシス特性などクリアすべき問題が多く実用的ではないことを示すが、圧力分布計測には十分なセンサである。逆にこの特性を活かして、ある一定の面積に、ある一定以上の圧力が加えられたことを計測するセンサとして利用することが出来る。

そこで、図5に示すように、握り部センサを3つの領域A、B、Cに分割して、握り分けによって前・後進切替のスイッチに適用出来るかどうか実験と検討を行った。

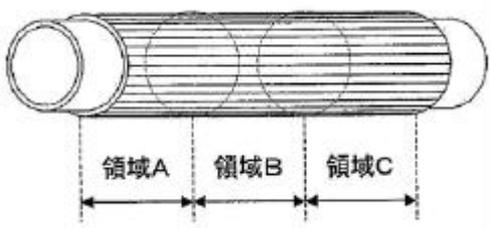


図5 握り部センサの領域分割図

握り分けの実験結果から、図6に領域Aを強く握った時の圧力分布状況、図7に領域Cを強く握った状況を示すが、

この2つの場合の違いを分別可能であることが分かった。図7において、領域Cを握った時、親指が領域Aに当たって圧力信号が出てくるが、検討したところ、領域ごとに、マトリクス各点の圧力から領域にかかっている力の総和を計算し、その値をしきい値とすることで、握り分けを分別できることが明らかになった。そこで、領域ごとに実験的にしきい値を定め、領域Aを強く握ると前進に切り替わり、反対側の領域Cを強く握ると、後進に切り替わるように設定して実験を行ったところ、操作者が誰であっても、前・後進の切り換えは確実に出来、走行中のハンドル押し引き操作では切り替わらないことが確認された。

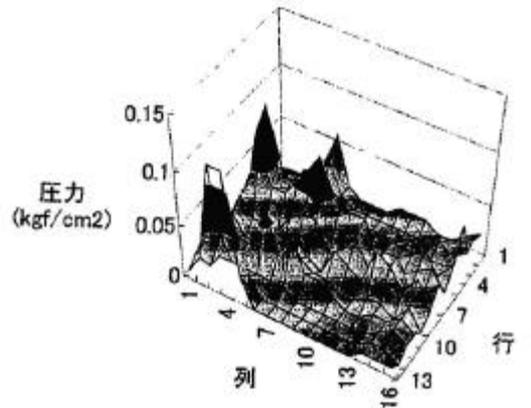


図6 領域Aを強く握った時の圧力分布状況

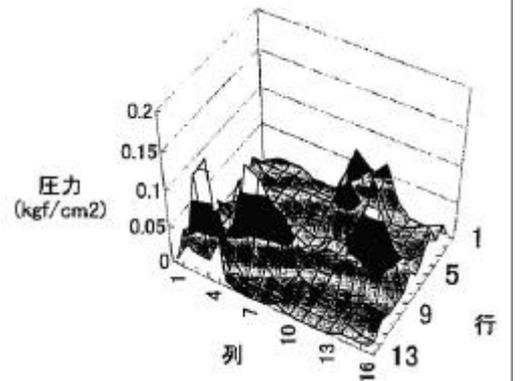


図7 領域Cを強く握った時の圧力分布状況

このことから、圧力分布センサを握り部に適用して、任意の領域を設定し、適切なしきい値を設定すれば、多用途のマルチスイッチとして利用出来る。また押し引きのハンドルグリップとスイッチを兼用出来ることも判った。このことは、操作インタフェースを握り部のみとした簡単で、使いやすい、パワーアシスト電動台車の開発が可能であることを示す。

2.3 パワーアシスト移載実験装置

開発したパワーアシスト移載実験装置を図8に示す。この装置は、ワイヤーを用いた吊り上げ部とワイヤー巻き取り用サーボモータ、及び吊り上げ部横移動用のタイミングベルトを介した横移動用サーボモータより構成されている。人の力の検出部を図9に示す。人が動かしたい方向の力を、図9に示す握り部内の吊り上げフックと握り部カバーの間に配した繋ぎ部材に発生する曲げモーメントを歪

みゲージにより検出することにより行った。上下方向の移動には、左右の繋ぎ部材に発生する曲げモーメントの平均値を用い、横方向の移動には、左右の部材に発生するモーメントの差を用いた。

移載装置の制御は、吊り上げた状態で物体の位置を保持しておく必要があることから電動台車とは異なり、パソコンにより床上の物体を動かす運動モデルを用いて移

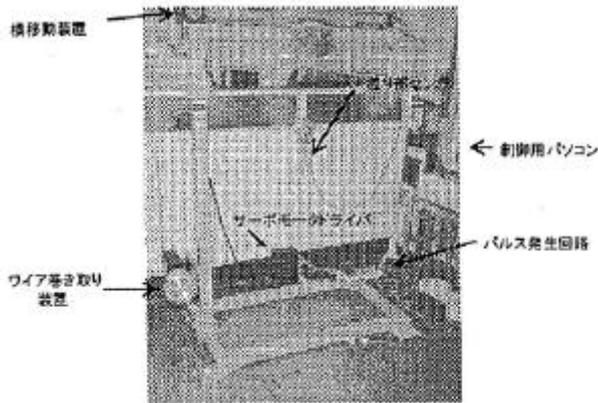


図8 パワーアシスト移載装置

振動を発生させる。この原因は、握り部にて測定される人の力に、手を添えていることによって物体の振動が重畳され、パワーアシストによりその振動が増幅されるためである。このことは、比較的高速で吊り上げる場合に振動がほとんど発生しないことから推定できる。今後は、構造体の振動特性を解析して振動を軽減する制御方式の開発が重要な課題となる。

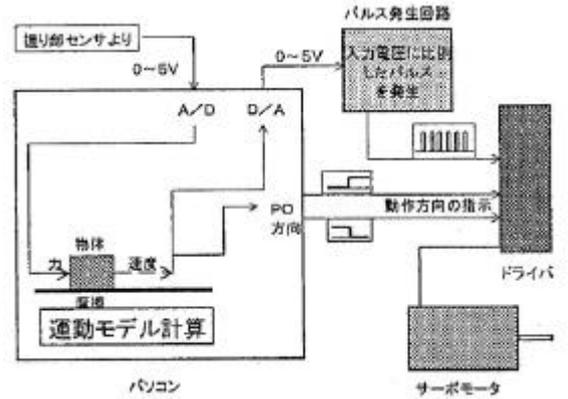


図10 一軸当たりの制御構成

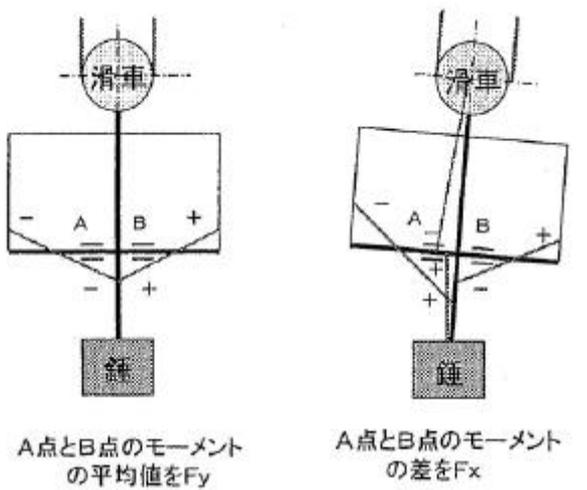


図9 握り部の入力測定センサ

動速度を計算し、その速度でサーボモータを動かすことにより実施した。一軸当たりの制御構成を図10に示す。制御系の調整は、運動モデルのパラメータ（質量と摩擦係数）を調整することにより行う。しかし、図10に示すように運動モデルで移動速度が決定してしまうので、パワーアシスト電動台車のように移動物体の質量の違いを人間が感じることはできない。パワーアシスト移載装置の構造体は、将来の福祉機器開発を考慮して軽量化してある。このため構造体は、強度をぎりぎり設計してあり、剛性を無視している。

以上のパワーアシスト移載実験装置による移載実験を行った結果は、操作者にとって違和感のない動き（x, y方向速度）を実現することができた。しかし、低速で10kg以上の物体を吊り上げる時に、単なるスイッチ操作による吊り上げ動作では加速パターンを調整しておけば問題にならない構造体の振動が、パワーアシストで吊り上げる場合に低速域のモータ制御性の低さにより発生する速度変化、換言すると吊り上げ力の変化が、構造体に大きな

3. まとめ

パワーアシスト電動台車実験装置、移載装置及びマルチスイッチの開発を実施した結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) パワーアシスト電動台車装置は、ほぼ手押し台車を動かしている感覚で操作できるようになった。
- 2) 圧力分布センサをハンドル握り部センサに適用し、多目的のマルチスイッチとして利用出来るようになった。
- 3) マルチスイッチにより、パワーアシスト電動台車の操作が握り部のみとなり、使い易いインタフェースを実現した。
- 4) パワーアシスト移載装置は、低速吊り上げ時に振動が発生するものの、通常使用時には違和感なく使える移載装置となった。
- 5) 平成12年度は、パワーアシスト電動台車の技術を応用した配膳台車とリヤカーの開発に的を絞り、福祉機器研究会の開発グループと共に商品化を目指した開発に移行する。

謝辞

圧力分布センサの開発にあたり、生命工学技術研究所主任研究官の佐藤滋氏に研修をとおしてご指導いただいたことをここに深く感謝する。

参考文献

- 1) 佐川, 中嶋, 平野, 大高, パワーアシスト積載運搬台車の研究開発, 茨城県工業技術センター研究報告, VOL. 27, 28-29(1999)
- 2) 関, 下条, 佐藤, 高橋, 高柔軟性を持つ把持圧分布センサの開発, 計測自動制御学会論文集, VOL. 31, No9, 1528-1530(1995)
- 3) 下条, 石川, 金谷, 高密度フレキシブル圧力分布イメージャ, 機械学会論文集(C編), VOL. 57, No537, 1568-1574(1991)