

身体障がい者のQOLを大幅に向上させる高機能電動車いすの研究開発 － 多様な操作装置の開発 －

藤井 勝敏 千原 健司

Development of High-Performance Electric Wheelchair

Katsutoshi FUJII Kenji CHIHARA

あらまし 電動車いすに走行以外の支援機能を装備させる本研究において、それらの機能を簡便に操作できるようにするための操作入力装置が必要であるが、利用者それぞれの身体条件に対応するためには、様々な形態や方式の入力装置が準備されるべきである。本研究では、多様な操作方式のいずれを選択しても、全ての支援機器を操作できるようにするための制御システムを開発するとともに、車いす標準装備のレバー式入力装置のほかに、押しボタンや加速度センサを用いた操作入力装置を試作して実験を行った。その結果、普段車いすを利用する被験者らがマニピュレータを使用する運搬作業を成功させることができた。

キーワード 電動車いす, 操作入力装置, 加速度センサ

1. はじめに

少子高齢化による将来の生産労働人口比率の減少を見込むまでもなく、昨今の景気後退と財政逼迫の状況から、人手による介助サービスへの対価を公的基金で賄うのは困難な情勢になりつつあり、障害者自立支援法に見られるように、保護から自立を促す構造的な改革が進められている。そのような情勢下において電動車いすは、自立歩行の困難な利用者がヘルパー等に頼らず、自らの意思で移動する手段を補助することによって自立を促すことを目的とした代表的な福祉機器の一つである。しかし、単に同等のサービスを利用するのに必要な人件費と比較してコスト的にメリットがある点ではなく、このような自立を促す機器において、電子・機械の要素技術が重要な役割を果たしていることに着目した。



図1 マニピュレータ搭載電動車いす

そこで電動車いす同様に、現在の電子・機械の技術水準において合理的なコストで実現可能な支援機器を開発することによって、障がい者のQOL(生活の質)を向上させることが、当研究所の果たすべき役割の一つであると考えている。筆者らは既報^[1]のとおり、過去のロボット類の研究開発経験を踏まえつつニーズ調査結果を基に、電動車いすにマニピュレータとテレビリモコン機能を搭載する研究開発を進めてきたが、本報ではこれらの機能の利用対象者の拡大を図るべく、制御システムの改善と、操作入力装置の選択肢を増やすための研究開発を実施し、実証実験を実施したので報告する。

2. 制御システムの改善

本研究の最大の特徴は、図1のとおり電動車いすにマニピュレータを搭載したことであるが、マニピュレータ操作に使用する主要な命令を10種類程度に絞ったことによって、容易に操作方法を理解できるようにしたことである。その操作入力装置を設計する際は、それらの命令さえる確に指示できるのなら、どのような形態、方式を用いても構わないため、利用者の利便性に配慮して自由に設計できる。具体的には、移動関係の動作命令の方向を直感的に分かりやすく配置するなどの配慮が必要になるが、押しボタンやレバー、各種センサモジュールなどのどれを組み合わせたとしても、有効な操作入力装置を構成することができる。

従って、単にマニピュレータ専用の操作入力装置を開発するのであれば、いかなる方法でも設計することができるが、この装置の主たる利用者には普段電動車いすを



図2 標準レバーによるマニピュレータ操作

自分で運転している人を前提としていることから、その運転装置と共存できることを設計の条件に加える必要がある。共存の仕方には、

1. 車いす用、マニピュレータ用に別々の操作装置を搭載し、利用者がそれぞれを使い分ける
2. 利用者が使い慣れている車いす用の装置をマニピュレータ操作用に兼用する
3. 車いすとマニピュレータ両方を共通に操作できる新たな装置を使用する

の3通りがある。1の構成であれば、独立の制御システムを設計できるが、アンケートなどの結果によると、現実には複数の入力装置を持ち替えることが強い負担となる場合があるため、利用者の身体条件や利便性に配慮するならば、2,3の方法を選択できることが好ましい。

本研究のプラットフォームとして使用した電動車いすEMC-230(今仙技術研究所製)には、図2のような操作レバーが標準装備されており、前報ではこの標準操作レバーで電動車いすを操作できる利用者向けに、同じ操作レバーでマニピュレータが操作できる2の入力方式を提案した。標準レバーが利用困難な場合、ボタン式操作装置などがオプションとして供給されているが、マニピュレータ操作に兼用するにはボタン数が足りないなどの問題があり適さない。そこで今回はマニピュレータ用に開発した装置で車いすが動くという、3の方法が選択できるように制御システムの改善を行った。

2. 1 操作信号変換器

このような仕組みを実現するために図3に示す構成の制御システムを試作した。この構成の特徴は、車いす既存の標準レバーとスイッチの電気信号を一旦マイコンに入力し、ソフトウェアで処理した後、元の電気信号相当の信号を生成する仕組みにした点である。マイコンからマニピュレータ制御命令やテレビリモコン信号を発信する機能は従来通りであるが、マニピュレータ操作をするときにレバー操作で車いすが誤動作しないように特別な改造を必要としていた実装上の制限を解消している。

また、操作モード(制御対象機器)の選択方法については、電源スイッチをオフからオンに切り替えた直後は標準設定として車いす走行モードとし、マニピュレータの操作をする際は、電源スイッチ横に追加したモード切替用のボタンを押すことで切り替えられる(図4)。切り替えの結果、マニピュレータ操作モードに移るときはブザー音(ピーピー:モールス信号のA)を発するとともにモード表示用のLEDが点灯されるため区別できる。この切り替え操作は電源スイッチオフ時(標準でテレビ操作状態)にも有効である。

モード切替ボタンを2秒程度押し続けると、マニピュレータが収納動作を始める。収納動作中にもう一度ボタンを押すと、その動作を中断できる。このような切り替え方式に変更したことにより、3段トグルスイッチを使用していた前報の方法と比べて、マニピュレータ操作モードが単純化し、操作モードの把握が容易になった。

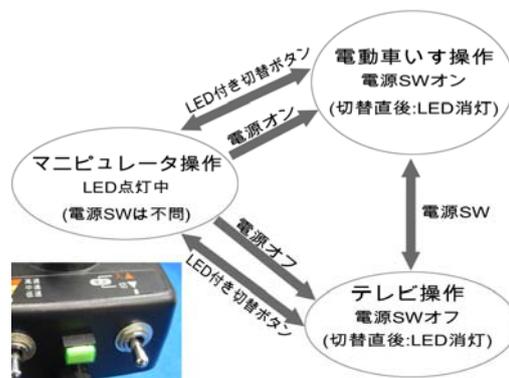


図4 モード切り替え

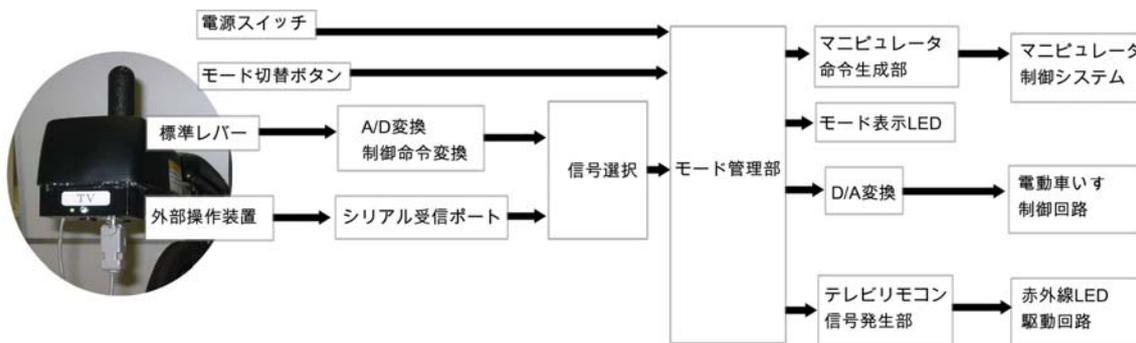


図3 操作信号変換器の内部システム構成

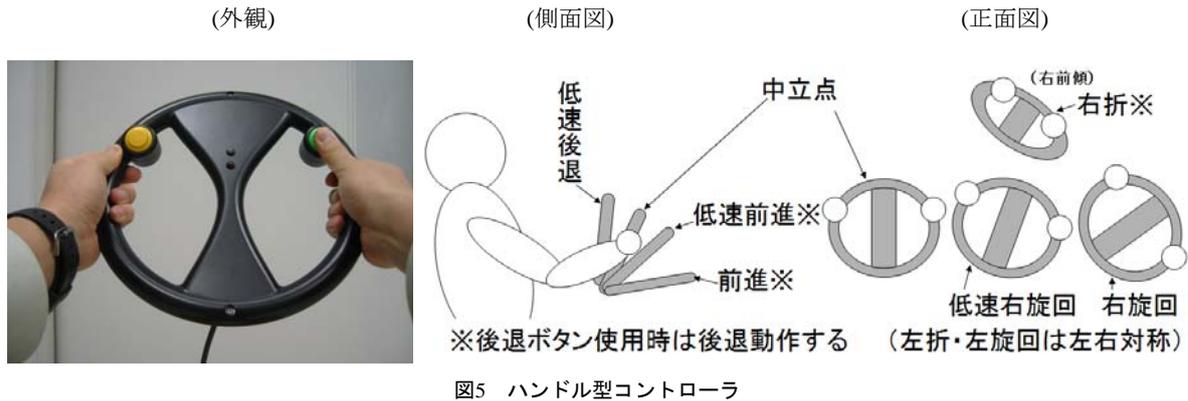


図5 ハンドル型コントローラ

外部操作装置の入力端子は電源供給兼シリアル受信ポートであり、任意の設計による操作入力装置から、規定の制御信号をマイコンなどで生成し送信することによって、標準レバー操作と同様に機器を操作することが可能である。なお、標準レバーの指示と外部操作装置の指示が異なる場合は、標準レバーによる操作を優先するようにしている(ソフトウェアで変更できる)。

2. 2 ハンドル型コントローラ

外部操作装置の一例として、自動車のステアリングハンドルを意識した図5のような操作入力装置を試作した。この装置には2つの動作ボタン(通常走行ボタンと後退ボタン)が点いているが、装置の内部には加速度式の傾斜検出センサ(KXM52-1050)とマイコン(PIC16F88)が組み込んであり、装置全体の傾斜状態を検知して、制御システム用の信号を発信する仕組みである。操作のしやすさ向上のため、また誤操作した場合でも転落のような重大事故を避けるために、

1. いずれかのボタンを押しているときのみ動作信号を生成し、離せば停止する
2. 前後、左右それぞれ中立時をLEDで提示
3. 普段は通常走行ボタンだけ使えばよい
4. 体勢を崩す恐れが高い高速の後退信号は、後退ボタンを押していなければ発信しないようにした

などの措置を施した。標準レバーと比較した場合の本装置の効果は、

- ① 多くの人に馴染みがある自動車用ハンドル型であるため、人生で初めて電動車いすに乗ることになっても抵抗感を和らげる
- ② 機械的動作部分が少なく磨耗の恐れがない
- ③ 両腕を大きく動かす操作であるため、廃用性萎縮の予防が期待できる

などを想定している。今回は車いす運転用に調整しているため、この装置を使ってマニピュレータを操作することは、不可能ではないが実質的に困難である。傾斜角度と生成信号の対応をマニピュレータ操作作用に調整すれば改善する見込みはあるが、敢えてこのハンドルでマニピュレータ操作をせずとも標準レバーで対処の方が実用的である。



図6 体験会の様子

3. 開発機器への評価

今回開発したマニピュレータ付き電動車いすおよび各種操作入力装置を、昨年同様、障がい者療護施設の岐阜県立三光園にて、理学療法士および職員の立会いの下、入所者に自由に触ってもらい体験会の形式で展示した。その際、体験内容として図6のようにペットボトルの搬送作業を準備し、最初に操作方法を説明してから、被験者自身が操作する様子を観察し、直接ヒアリングする方法で意見聴取を行った。

3. 1 12ボタン型コントローラ

最初に、マニピュレータの基本動作命令を各ボタンへ割り当てた操作入力装置(12ボタン型コントローラ)で実験したところ、適切な操作をすることができ、作業を完了することができた。ヒアリングによれば、前回使用したレバー入力方式よりも操作方法が理解しやすいとの感想であったが、ボタンを押すたびに手元とマニピュレータの手先を交互に見比べる動作が目立った。ボタン配置が完全に記憶できれば、よりスムーズな作業が期待できる。また、図6の被験者の場合、準備した操作装置では大きすぎて片手で保持することが困難な様子が見られた。試験的に電卓のボタンを押してもらったところ正確に入力できたことから、この被験者には、小型軽量の装置を準備することが適切であると考えられる。

3. 2 足を使う操作

次に、この12ボタン型コントローラを足の指で操作する被験者の様子を観察したところ、ボタンとマニピュレ



図7 ボタンガイド



図8 小型レバー式操作入力装置

一タ動作の対応はすぐに理解できたようであったが、目的とするボタンと同時に別のボタンを押してしまうことがあった。そこで厚さ5mmの亚克力板製ボタンガイド(図7)を使用したところ、誤入力がなくなり、順調に作業を達成することができたことから、改善効果が認められた。

なお、この被験者は普段は足で電動車いす標準レバーを操作して生活しているため、12ボタン式コントローラの実験の後にレバー式操作装置でマニピュレータを操作したところ、問題なく作業を達成した。さらに、この被験者の場合は操作レバーを見ずに足で扱うことに慣れているため、ボタン式のときよりもスムーズに操作できた。このことから、可能ならば使い慣れた操作入力装置をマニピュレータなどの拡張装置の操作に兼用する方法が有効であることが確認できた。

3.3 その他の入力装置

標準レバーと原理的に同じ方式であるが、握るのではなく、指先の小さな範囲で動かして操作する入力装置(図8)を準備したところ、バネが強すぎて入所者の指先の力では動かせず、評価することができなかった。より軽い部品の選定か、指先移動量検出方式の見直しが必要である。

ハンドル型操作入力装置の評価は、入所者が移乗しての実験は現時点では危険であると判断したため、健常者による評価を実施したが、特殊な操作感覚に最初戸惑いはあったものの、少しの練習で上手く運転できる様子が見られた。電動車いすの標準レバーと比べての優位性は評価しなかったが、それに代替可能な装置の一つとして有効であり、利用者の選択肢を増やすことができたと言える。また加速度センサを応用しての電動車いすの操作が可能であることが分かったため、形態および装着方法を検討すれば、将来的には頸椎損傷等のレバー操作が困難な障がい者向けの操作入力手段と成り得る可能性も見出せた。

4. まとめ

移動支援を目的とする電動車いすに、物を拾うなどの支援機能を付加することで高機能化を図りつつも、利用者にとって、それらの新しい機能を使うことへ負担を極力抑えるためには、操作入力装置の設計・選択が重要な要素である。しかし、これらを必要とする利用者の身体条件は様々であり、個々に最適な入力方式を選択できるようにするためには、多様な操作装置を試作して準備しておくとともに、試用の際、容易に差し替えられるようにするためにインターフェース信号の共通化が必要であった。本年度はこの課題に取り組み、準備した上で電動車いす利用者らを対象とした体験会に臨んだところ、被験者によって準備した入力装置の向き不向きはあったが、当初から提案していた標準レバーによる操作方式を含めて、いずれの被験者もマニピュレータを使う作業を適切に完遂できる入力方式を提供することができた。

今後も様々なセンサデバイスを応用した操作入力装置を開発するとともに、画像処理や音声入力などからも同様な操作信号を生成できるようにすることで、利用者の選択肢を拡げていく計画である。

謝辞

本研究は、財団法人テクノエイド協会の助成を受けて実施しました。ここに謝意を表します。また、実験に協力していただきました岐阜県立三光園入所者ならびに職員の皆様に深く感謝いたします。

文献

- [1] 藤井勝敏, 千原健司, “身体障がい者のQOLを大幅に向上させる高機能電動車いすの研究開発-多機能指示入力装置の評価と改良-”, 岐阜県情報技術研究所研究報告第9号, pp.35-38, 2008

