

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 -

藤井 勝敏 千原 健司

Development of High-Performance Electric Wheelchair - Improving on Multifunction Input Device -

Katsutoshi FUJII Kenji CHIHARA

あらまし 電動車いすを常用する身体障がい者の自立を支援し、またその活動範囲を広げるために、本研究事業では軽量マニピュレータを筆頭に様々な電子機械装置類を電動車いすに搭載しようとしている。それに伴い、これらの装置を利用するユーザにとっての操作性および利便性に配慮した操作入力装置の設計が重要になる。本報告書では、昨年度開発した操作入力システムに関して障がい者支援施設における体験会等での評価結果を踏まえ、操作入力システムを改良、再設計した内容を中心に述べるとともに、電動車いすの高機能化の一例として実装した赤外線リモコンによる環境制御機能について述べる。

キーワード 入力システム、電動車いす、マニピュレータ、赤外線リモコン

1. はじめに

電動車いすは、自立歩行が困難な身体障がい者や高齢者が移動の自由を得る手段の一つとして手動車いすの延長上で利用されている器具であるが、機械・電子工学的な立場からは、大容量バッテリーを搭載した移動装置の一つとも言える。この特徴は、昨今の情報化社会の潮流において、特にユビキタスコンピューティング、ウェアラブルコンピューティングなどの実現において非常に有利な条件であると考え、身体障がい者らの社会活動への参加機会を大幅に広げる可能性を秘めている。そのため、電動車いすのような支援機器には、身体障がい者が自分の意志で様々な場所へ赴くだけに止まらず、

行った先で目的とする何らかの作業を円滑に達成できるよう支援する機能の実現が求められている。

そこで筆者らは、これまで移動支援専用装置として市販されていた電動車いすをベースに、ロボット・メカトロ技術を応用することで、物理的な力作用を発揮できる軽量マニピュレータを搭載し、しかも電動車いすのレバーをモード切替するだけで移動と操縦ができる兼用操作入力システムを開発した^[1]。本年度は研究者や企業向けの発表会だけでなく、実際に電動車いすを利用している身体障がい者からも意見・要望を聴取する機会を設け、そこから得られた様々な意見、要望を整理した結果を元に改良を行ったので順に報告する。



図1 軽量マニピュレータ付き電動車いす

2. 展示会・体験会での評価

昨年度開発した装置の構成を図1に示す。このシステムでは、電動車いす(EMC-230:今仙技術研究所製)のコントロールボックスにある電源スイッチの切り替えにより、本来の電動車いすの走行モードから、車載した軽量マニピュレータの操縦モードに切り替えることができる。後者のモードでは、電動車いす運転用に搭載されたレバーを兼用して、マニピュレータの操作に必要な動作指示命令を入力することができる。電動車いすを適切に操作できる身体能力があれば、同じ入力装置を使ってマニピュレータを完全に操縦することができるため、専門技能は特に必要としないことが特徴である。

入力方法の詳細を図2に示す。手に握ったレバーを前後左右斜め方向に倒し分け、前後左右については、その倒し方を力を入れて限界まで倒す方法と、中立点から軽く

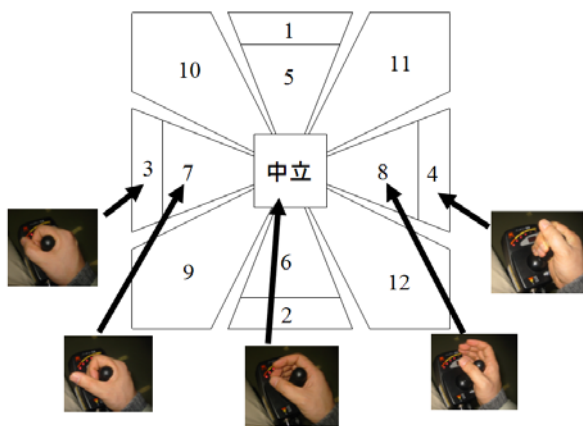


図2 操作入力方法

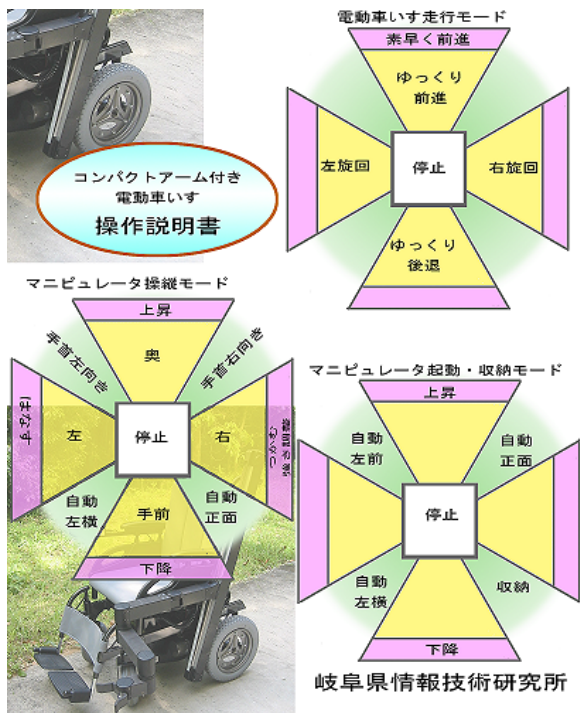


図3 操作説明書(展示会用)

倒す方法を使い分けることで12の機能のうちの一つを選択する。また、手に力を入れなければ、ばねの力で中心の中立点に復帰する。この入力領域ごとにシステム独自の機能を割り当てることができる。

2.1 展示会での評価

このように操作レバーを電動車いすと共通化した設計は、研究当初に筆者らが行ったアンケート結果から、機械の操作を初心者にも分かりやすくすべきであると考えて実現したものであるが^[2]、展示会(第22回八工学カンファレンス・名古屋)での反応も、機器を導入する度に入力装置が増えるのは物理的・空間的にも望まれてはならず、本入力システムが見せた共通化は、特に実際に電動車いすを利用しているユーザらに好評であった。

上記展示会では、来場者に図3の操作説明書を示して簡単な説明を行った後、マニピュレータを実際に操作して床に落としたハンカチやペットボトル等の小物を拾うなどの体験会を実施した。この機会での体験者は研究者や技術者が中心であったとみられ、短時間で操作を習得して特に問題なく操作できたように見受けられた。

2.2 体験会での評価

しかし、本システムを実際に利用する対象者は、普段から電動車いすを常用している身体障がい者であるため、身体障がい者療護施設岐阜県立三光園(山県市)において、理学療法士や専門スタッフ立会いの下、安全性に十分配慮した上で本システムの体験会を実施した。意見聴取できたのは本システムに興味を示し、安全に移乗(あるいは隣接)して操作できる条件が揃った参加者に限られるが、今年度の改良に特に関係する意見をまとめる。

(A) 筋力が弱い車いすユーザ

手指の自由が限られ、基本的に握りこぶしで電動車いすのレバーを操作されている方の場合、準備した標準型レバーでは硬すぎたため、可能な限りばねを柔らかく調整した。また、レバーを握るのではなく押して操作するため、手前方向には入力が困難であった。また、筋力があっても、手指に変形があるためにレバーを握ることができない場合も同様であった。

(B) 筋力が調整し難い車いすユーザ

硬直あるいは不随意とみられる運動があるため、前述のユーザの場合とは逆に、パネを硬めに設定したが、レバーの半倒しや斜めの正確な入力が困難であった。このユーザを含め、図3の平面的な機能配置を暗記することに抵抗があるユーザ層からは、ボタン式の操作入力装置を要望する声があった。

(C) 手先が器用な車いすユーザ

普段は手動の車いすを常用されている方にも体験していただいたところ、短時間で操作方法を習得し、自在にマニピュレータを操作できていた。このユーザの場合、上半身の身体能力がマニピュレータの機能より勝っており、現状では本システムは必要としないが、これなら簡単に操作できるとの感想であった。

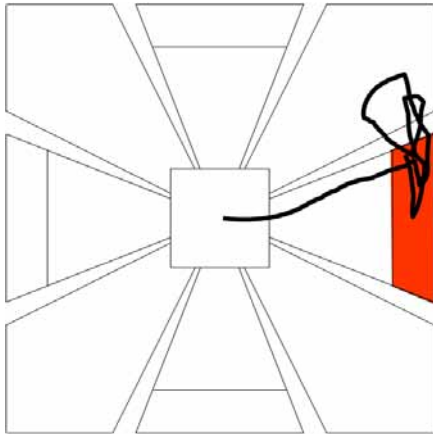


図4 操作入力の軌跡例と領域判定



図5 12ボタン式入力装置

3. 入力方法の改良

3.1 アルゴリズムの改良

筆者らの開発した入力方法では、レバーを前後左右そして斜めに力を加減しながら目的の機能が割り当てられた領域を指示する操作を要求している。寛容性を持たせかつ誤入力を抑えるために、それぞれの領域は可能な限り大きく確保する一方で、領域間には不感帯もしくは無効時間を設定している。

しかし実験の様子からは、筋力の調節ができないユーザの場合、特定の領域を指し示した状態で維持することが困難なために、不意に別のコマンドが割り当てられた領域を指してしまう様子が見られた。

そこで、レバーの入力から選択領域を判定する際のアルゴリズムを以下のように修正した。

- (1) 半倒し領域から全倒し領域(斜め方向を含む)に入った場合、最初の領域を有効とするようにした
- (2) 方向が異なる全倒し領域をポイントするためには、一旦中立点を通さなければならないようにした
- (3) 半倒し領域を選択する際は、通過中と区別するため必要最小限の無効時間を調節できるようにした

これらの修正により 図4に示すように一旦選択した外側領域の機能は力を入れている限り保持する。そして力を抜けばバネの力で中立点に復帰し、解除される。これにより多少の不随意運動があっても手が震えることがあっても、所望の機能が実行可能になった。

3.2 ボタン式入力装置

手指の状態によりレバーを握ることが困難なユーザや、筆者らの提案する操作方法が難しいと感じるユーザ用に、図5の通り12個のボタンに同じ機能を割り当てた入力装置を試作した。いずれかのボタンを押すことは、所定の領域を指示する行為と等価であり、操作対象を車いすにもコンピュータにも切り替えられる点も同様である。

ボタンの配置は、電動車いすの運転に使うことにも配慮しているが、それぞれのユーザの都合に合わせ、押しやすい配置と大きさに設計することが望ましいと考えて

いる。

4. 環境制御装置

快適な生活環境を整えるためには、照明器具やエアコンなどのほか、情報収集および娯楽のためのテレビなど家電機器が必需品である。このような機器の操作で、身体障がい者向けに入力方法が工夫されたものは、環境制御装置と呼ばれている^[3]。

4.1 家電用リモコン

例に挙げたような家電機器は、基本的に付属のリモコン装置で遠隔操作できるように作られている。このことは、一般の消費者にとって利便性が高いことは勿論、身体障がい者にとっても有益である。このような機器は、操作対象の家電機器の種類、メーカー、製造時期によって制御方法は異なるが、概ね赤外線LEDの点滅による信号をリモコンから機器に向けて放射し、機器側が受光する仕組みになっている。赤外線の点滅は、外乱の影響を避けるために38kHz程度で変調するデジタル通信が使われ、受信側は、通信内容や形式の整合性を見て、自分に向けられた信号か否かを判断し、必要に応じて機器の動作を制御する。

4.2 リモコン機能の実装

つまり、リモコン機能は既製の電動車いす等に使用されている制御用マイコンの空き出力ポート1つと赤外線LEDが少なくとも1つあれば実装できる。そこで今回、試験的に筆者らの電動車いす兼マニピュレータ操作入力装置に、テレビリモコン機能を搭載した(図6)。ユーザがこの機能を利用するためには、車いすコントローラに標準で付いている速度切り替えスイッチを、非走行状態で切り替えることで、テレビ操作モードになる。このモードでレバーを操作すると、赤外線LEDからテレビリモコン互換の信号が発せられる。

このときのレバーの入力方向とテレビの操作内容の対応を図7に示す。一般的な家庭用テレビであれば、少なくともチャンネルの変更(上下)、音量の変更(上下)と電源操



図6 テレビリモコン機能

作の5種類の信号が発信できれば通常用途に足りるため、入力ミスが少なくなるよう、微妙な力加減が必要な中間領域へは機能を配置しないように工夫した。

4.3 有効性に関する考察

電動車いすは、本来は移動を補助する目的の装置であるため、テレビ観賞のような行為を支援する必然性はない。必要ときに付属のリモコンなどを手に取り操作すれば用は足りる。しかしながら今回の改良の意義は、そのリモコンを取る手間や落とすリスクを解消したことにある。さらに、既製リモコンのボタンを上手く押すことが出来なくても、例えば電動車いすのレバーさえ操作できるよう訓練すれば、テレビの操作も可能になることも重要である。

このように、電動車いすから家電機器を操作できるようにすることには、単に付加価値が付くというだけではなく、身体障がい者の生活の質を底上げする意味が含まれていると考えている。今後もユーザからの要望に応じて、照明、ビデオ、エアコンのほか、PCなど情報機器も含めて検討を続けていく計画で、これらの機器を健常者と同じ方法とは限らずに、電動車いすユーザの特性を活かした方法で操作を可能にすることに意義があると考えている。

5. まとめ

電動車いすの標準的な操作入力装置であるレバーを兼用して軽量マニピュレータの操作を可能にした入力方式について、身体障がい者および一般向けに公開し、体験会の開催などを通して意見、要望の収集を行い、改良を行った。また、電動車いすの高機能化の一例としてテレビリモコン機能を実装した。

今後は、これらの改良について今年度同様、一般公開の機会を使ってユーザの反応やニーズの発掘を続けるとともに、より高機能で使い易い入力システムの研究開発と、軽量マニピュレータ付き電動車いすの早期実用化に向けた取り組みを進めていく計画である。

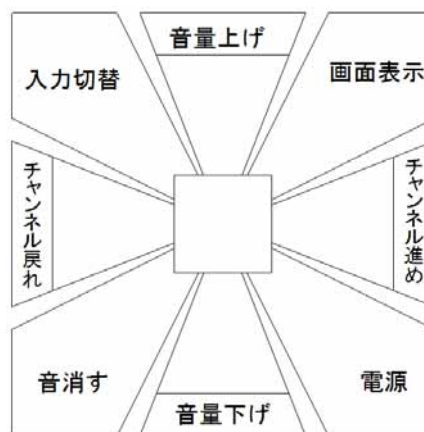


図7 テレビ操作機能配置

謝辞

本研究に関わり、試作機の評価をしてくださいました県立三光園の藤井次長、理学療法士の長尾様、スタッフならびに入居者の皆様に深く感謝いたします。

また本研究事業において、技術的、学術的交流ならびに協力を頂きました株式会社今仙技術研究所の長縄様以下スタッフの皆様、早稲田大学理工学部菅野研究室の皆様にご感謝いたします。

文献

- [1] 藤井, 千原, 稲葉 “ 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～多機能指示端末の設計製作 ”, 岐阜県生産情報研究所研究報告第8号, pp.57-60, 2007.
- [2] 今井, 千原ほか “ 県内福祉施設で使用可能な支援機器の調査 ”, 岐阜県生産情報技術研究所研究報告第7号, pp.47-50, 2006.
- [3] 中邑賢龍, “ 介護のための小さなハイテク ”, こころリソースブック出版会, pp.32, 2003.