B204 タッチパッド型電動車いすコントローラの操作性

Drivability of Touchpad Controller for Electric Wheelchair

○正 中島康博 (道工試), 外 安田星季 (道工試), 正 吉成 哲 (道工試)
外 綿貫幸宏 (道工試), 正 但野 茂 (北大)

Yasuhiro Nakajima, Seiki Yasuda, Satoshi Yoshinari, Yukihiro Watanuki, Hokkaido Industrial Research Institute, Kita-19 Nishi-11, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido
Shigeru Tadano, Hokkaido University

Keywords: electric wheelchair, touchpad, drivability, muscular dystrophy

1. はじめに

我々は、昨年度に筋力が非常に弱いなどの理由でジョイスティックを使用できない患者に対する電動車いすインターフェースとしてタッチパッド型電動車いすコントローラを開発し、有効性が十分にあることを確認した¹⁾。しかしこの段階では、最高速度付近での操作範囲の超過(レンジオーバー)による操作性の低下、センサのノイズによる操作性の低下といった問題があった。

今年度は製品化に向けてこれらの問題を解決するため、操作性の向上、小型化、安全性の強化を主眼においてコントローラに改良を加えた。また、改良したコントローラを電動車いすに搭載して筋ジストロフィ患者に対し走行テストを行い、操作性の評価を行った。

Fig.1 Touchpad controller for electric wheelchair

2. コントローラの改良

従来使用していたタッチパッドセンサは静電容量型であったが、センサの原理上、センサ面に水滴がつくと検出が難しくなるため、手掌の発汗が著しい筋ジストロフィのような患者には使用が難しかった。そのため、センサには耐水性が高く誤動作の少ない感圧型を採用した。

パッケージは、モニタ患者から面積が広すぎて指が疲れるといった指摘があったことを受け¹⁾、タッチパッドのセンサエリアを一边 35mm の正方形形状として縮小し、操作に使用しない指を置く場所を確保した。サンプリングレートは PS/2 標準の 100Hz とした²⁾。またパッケージは、現場での設置位置の調整が容易となるよう、装置の大幅な小型化を図った(Fig.1)。

3. 操作性における問題点と解決方法

3. 1 レンジオーバー時の基点移動

昨年度開発したコントローラは、手元を見ずになめら

かな操作を行えるようにするために、相対座標系による操作アルゴリズムを開発し実装した¹⁾。これにより、ユーザはパッドの中心点を確認せずに操作できるようになり、微少動作の操作性が大幅に向上した。

しかし、相対座標系による操作で大きな問題となったのが、最高速度付近でのレンジオーバーによる操作性の低下であった。パッド面積より操作範囲の方が狭いので、基点から最大速度境界を越えて操作する場合にはソフトウェア的に出力を制限(最大速度で出力をカット)するが、基点は最初に触れた点と同じ位置に保持されるため、速度を下げる場合には、最大速度境界の内側まで指を戻す必要がある。このときレンジオーバーが大きいと、指をずらしても速度が落ちなかったり、逆に急激に速度が落ちるといった問題が生じていた。

そこで、この問題を解決するために、レンジオーバー時に基点を移動するようにコントローラのアルゴリズムを改善した。レンジオーバーがある一定量に達すると、それ以上指が境界から遠ざかればその移動量だけ基点を同じ方向にずらすこととした(Fig.2)。これによりレンジオーバーになっても常に最大速度境界が現在の接触点付近に移動するため、指を戻すとすぐに減速できるようになり、その結果操作性が向上した。

Fig.2 Example of origin moving algorithm

3. 2 指の接触ノイズの除去

コントローラのアルゴリズムでは、タッチパッド上の指の接触位置は点であることを仮定している。だが、実際にはある程度の接触面積があるため、センサが検知する接触位置は、ある一定の広がりを持って接触範囲に分布する。具体的には、検知する接触位置がある範囲でノイズ信号のように細かく変動する。このノイズが、先に述べたレンジオーバーの処理に関連して、操作性に大

きな影響を及ぼしていた。

先に述べたように、最高速度の操作範囲から外側にレンジオーバーの“余白”を設け、余白を越えると基点が移動することで、最高速度から速度を変更する際の操作性を向上できる。ただし、この値が小さいと意図しないわずかな動きでも基点が移動してしまい、最高速度を維持するのが難しくなる。逆に、値が大きくなめらかな速度変更が難しくなる。そのため、余白は指が不随意に動く範囲よりわずかに大きい値が適当である。しかし、不随意的な動きに接触ノイズ信号がのことで、意図せずに余白を越えて基点が移動しまい、結果として指を最高速度の位置に置いていても速度が減少する現象が発生する。

そこで、指の不随意運動の部分のみを信号として取り出すために、コントローラにソフトウェアで積分型デジタルノイズフィルタを構成し、接触ノイズを除去することとした(Fig.3,4)。フィルタによりノイズ成分を除去することで、余白を最適な範囲に設定でき、最高速度を維持しやすくすると同時に、意図しないレンジオーバーを防止することができた。

Fig.3 Block diagram of a digital filter

Fig.4 Example of touchpad signal through the filter

4. 走行テスト

改良したタッチパッド型コントローラの操作性を調査するため、コントローラを電動車いすに搭載し、筋ジストロフィ患者9名に実際に操作してもらったの走行テストを行った。走行テスト終了後に、コントローラの操作性についてアンケート調査を行った(Table 1)。コントローラを搭載する電動車いすには、ワコー技研のEmuを使用した。

4. 1 走行テストに関する考察

操作範囲の広狭については、全被験者からちょうどよい、もしくはやや狭いとの評価を得た。SD法による評価値では、1を狭い、5を広いとすると、平均値は 2.4 ± 0.5 となった。走行テストに用いた試作コントローラではタッチパッド面が35mm四方なので、結果を踏まえて1辺3mm-5mm程度の拡大を行うことで対応をしたい。

速度については、1を遅い、5を速いとする、平均

値 2.4 ± 0.7 となり、やや遅いとの印象があった。また、旋回速度については、 3.7 ± 0.5 となり、やや速いとの印象があった。これは、被験者が普段乗車している電動車いすの性能や設定の違いとほぼ一致しているため、被験者の車両感覚の違いによる部分が多いと思われる。

センサの設置位置については、車いすの右アームレストと同じ高さにプレートを設置、その上にパッドをやや体の中心寄りに設置したが、手が疲れないなどおおむね良好な評価を得た。

最後に、ジョイスティックと比較しての使いやすさは、やや使いにくいとの評価を受けた。ただし、全被験者から、普段乗っている車いすとの性能の違いを指摘されており、コントローラへの習熟度が上がれば、十分に使いやすいとの意見を得ている。従って、この結果はタッチパッド自体の使いにくさではなく、車いす自体の性能の差に起因する部分が多いものと思われる。

Table1 Result of questionnaires after driving tests

被験者	操作範囲 1:狭い-5:広い	速度 1:遅い-5:速い	旋回速度 1:遅い-5:速い	タッチパッドの設置位置 1:悪い-5:よい	車いすの操作性 1:悪い-5:よい
被験者1	3	3	3	5	2
被験者2	2	2	4	5	2
被験者3	2	3	4	5	2
被験者4	3	1	4	5	2
被験者5	2	3	4	4	2
被験者6	3	2	4	5	2
被験者7	2	3	3	4	2
被験者8	2	2	4	4	2
被験者9	3	3	3	2	2
平均	2.4	2.4	3.7	4.3	2.0
標準偏差	0.5	0.7	0.5	0.9	0.0

(走行条件：最大速度 4.0km/h、最大旋回速度 72deg/s)

5. まとめ

昨年度開発したタッチパッド型電動車いすコントローラに、製品化に向けて操作性の向上、小型化、安全性の強化を目的とした改良を加えた。感圧型センサの採用や、レンジオーバー時の基点移動、指の接触ノイズのフィルタリング機能を搭載した結果、操作性は大幅に向上した。

また、コントローラを電動車いすに搭載して筋ジストロフィ患者に対し走行テストを行い、操作性評価を行った。その結果、操作範囲や設置位置に関してはおおむね良好で操作時の疲労が小さいとの結果を得た。また操作性に関しては、ジョイスティックに比してやや使いにくいとの評価もあったが、車両感覚や車いすの走行性能の違いに起因する部分が多く、コントローラ自体の有効性は十分にあると思われた。

謝辞

本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構及び北海道地域技術振興センターのウェルフェアテクノシステム研究開発事業の委託により行われた。また、開発にあたっては北海道オフィスプロダクツ、(株)ワコー技研、国立療養所八雲病院の方々のご協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

文献

- 1) 中島他4名、電動車いす用タッチパッド型コントローラの開発, No.01-5 機械力学・計測制御講演論文アブストラクト集, pp. 346, (2001)
- 2) IBM Personal System/2 Mouse Technical Manual, IBM, 36pp., (1989)