

反応角度を自動調節する ジョイスティック型コントローラの開発と操作性評価

比嘉 聖† 神里 志穂子† 眞喜志 隆† 佐竹 卓彦† 山田 孝治†

沖縄工業高等専門学校†

琉球大学‡

1. はじめに

身体の運動機能が制限される肢体不自由者の移動の自由度を高めるため、脳波を用いた電動車イス操作技術の開発⁽¹⁾や電動車イスの自動走行などの試みが行われている。これらの取り組みは実生活への応用が期待されているが、実用化の段階までには至っていないため、電動車イスの利用には、肢体不自由者は既存のジョイスティック型コントローラを用いた操作が可能であることが望ましい。しかし、平成19年度から平成24年度にかけて電動車イスの使用中に川や側溝に転落するなどの重傷・死亡事故が71件発生している⁽²⁾。事故原因として、使用者の誤った運転操作が挙げられ、電動車イスを使用する際は十分な走行練習を行うことが求められている。そのため、近年、特別支援学校においてe-AT機器(electronic and information technology based assistive technology)を用いた肢体不自由児の活動支援が行われている⁽³⁾。近隣の特別支援学校では、肢体不自由児を対象とした電動車イスの走行練習が行われているが、児童が意図する方向とは別の方向にジョイスティックを操作してしまい、移動方向の選択が適切でないことに気づかないまま進む場合があるという課題も指摘されている。前記課題を解決するために、電動車イスの走行練習を行う1つ前の段階として、児童自ら牽引機を操作して車イスを牽引することでジョイスティック操作に慣れる取り組みも行われているが、肢体不自由児は身体に麻痺の症状があるため、特定方向へのジョイスティックの入力を苦手とするなど操作に個人差が生じる。苦手とする操作方向に対するジョイスティックの反応角度を小さくし、わずかな動作でジョイスティック操作を可能な状態にするなど、使用者の実態に応じて反応角度を調節する必要がある。そこで本研究は、児童・生徒が自ら牽引機を操作することで、遊びを通して電動車イスの走行練習につなげるために、ジョイスティック操作練習システムの開発を目的とする。我々はこれまでに、サポート者が反応角度を容易に調節できるようなジョイスティック型コントローラを開発した⁽⁴⁾。しかし、周りのサポート者が反応角度を調節する場合は児童の実態に合わせた調節ができていない可能性がある。本稿では、児童への操作サポートを可能にするため、肢体不自由児の実態に合わせて反応角度を自動調節するジョイスティック型コントローラを開発を行う。

2. ジョイスティック型コントローラの開発

多くの肢体不自由児は、身体に麻痺の症状があるため

Development of the Joystick-Type Controller that Adjusts the Reaction Angle Automatically and Operability Evaluation
†Sho Higa, Shihoko Kamisato, Takashi Makishi, Takahiko Satake, National Institute of Technology, Okinawa College
‡Koji Yamada, University of the Ryukyus

特定方向へのジョイスティックの入力を苦手とするなど、操作に個人差が出る。他の児童と同じ活動を行うためのサポートとして、苦手とする操作方向に対するジョイスティックの反応角度を小さくし、わずかな上肢動作でもジョイスティック操作を可能な状態にするなど、使用者の実態に応じてジョイスティックの反応角度を調節する必要がある。そこで本研究は、児童の操作サポートにつながるようにジョイスティックの反応角度を自動調節可能なジョイスティック型コントローラを開発した。Fig.1に開発したジョイスティック型コントローラの外観を示す。

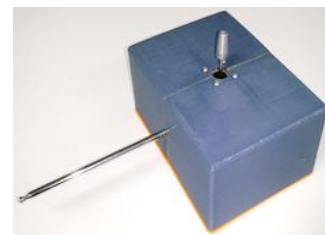


Fig. 1. The outside of joystick-type controller

Fig.2にジョイスティックとdsPICの接続部分の回路図を示す。コントローラの入力インターフェースとしてジョイスティック、制御にはMicrochip社製のdsPIC30F4013を使用し、信号の送信には市販されている牽引機のコントローラ回路を使用している。ジョイスティックの傾斜角度の範囲は0-60[deg.]となっており、ジョイスティックを限界まで倒した状態での傾斜角度が60[deg.]、ジョイスティックが傾いていない状態での傾斜角度が0[deg.]である。また、ジョイスティックには垂直方向、水平方向に10[kΩ]の可変抵抗が用いられており、ジョイスティックの傾きの度合いに応じて抵抗値が変化する。水平方向または垂直方向の正方向にジョイスティックを60[deg.]まで倒した状態で抵抗値は最大となり、負方向に60[deg.]まで倒した状態で抵抗値は最小となる。ジョイスティックの傾斜角度が0[deg.]の状態では、可変抵抗の抵抗値は最大値と最小値の中間となる。Fig.2に示されている端子AN0、AN1はdsPICに搭載されたA/Dコンバータの入力

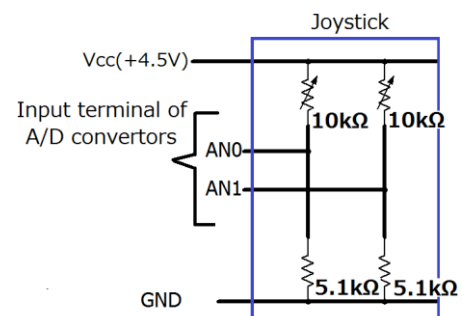


Fig. 2. Connection between the joystick and dsPIC

端子である。使用する dsPIC の A/D コンバータは 12bit の分解能を持つため、最大カウントは 4096 である。したがって、ジョイスティックを傾けることで、dsPIC に入力される電圧の値が 0-4.5[V] の間で変化するとき、A/D 変換によって 0-4096 の値に出力される。開発したジョイスティック型コントローラは、ジョイスティックの電圧値とキャリブレーションによって決定した閾値電圧を dsPIC で逐次比較しており、ジョイスティックの電圧値が閾値電圧を上回ったときに牽引機に信号が送信され、移動を開始する。ここで、ジョイスティックの電圧値が閾値電圧を上回ったときの角度を反応角度と定義する。

3. 健常者における反応角度調節の有効性検討

本研究では、ジョイスティック操作の状態を使用者にフィードバックすることで操作性の改善を図り、走行練習につなげるという狙いがある。そこで本章では、提案手法を健常者に適用し、ジョイスティック型コントローラ操作時の上肢動作の定量的評価を行うことで使用者の操作状態の把握、および提案手法の有効性を検討する。

〈3・1〉 実験内容 被験者は健常者の成人女性(以下被験者 A)、成人男性(以下被験者 B)の 2 名とする。肢体不自由児の操作を想定して、被験者には指先のみでジョイスティックを操作し、Fig.3 に示すコースを走行する。このとき、使用するコントローラは先行研究で開発したジョイスティック型コントローラ(以下コントローラ 1 号)⁽⁴⁾、本研究で開発したジョイスティック型コントローラ(以下コントローラ 2 号)を使用する。コントローラ 2 号はジョイスティックの反応角度を自動調節可能であるのに対し、コントローラ 1 号は 1 段階(10[deg.])、2 段階(30[deg.])、3 段階(50[deg.])と、離散的に反応角度調節を行うことができる。走行中における上肢動作を計測するため、指(第 3 関節)・手首・肘の 3 点を計測点とし、光学式モーションキャプチャシステムを用いて計測を行う。指先でのジョイスティック操作となるため、上肢にかかる力やジョイスティックの入力回数など、操作状態の特徴が指先に表れやすいと考えられる。そこで指の加速度を評価指標とする。また、走行後には操作しやすい反応角度について被験者に主観評価アンケートを取る。

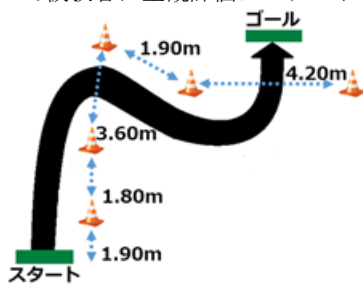
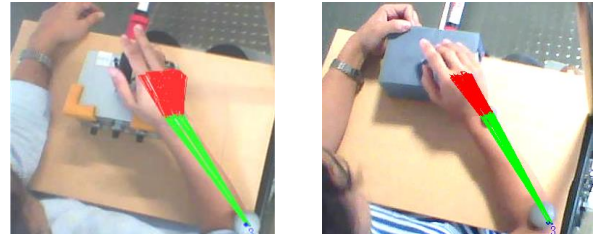


Fig. 3. The driving course

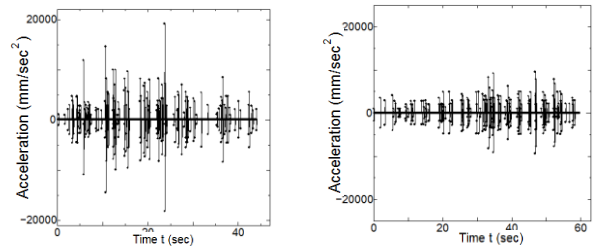
〈3・2〉 実験結果、考察 被験者 A の上肢動作の軌跡を Fig.4 に、指の加速度を Fig.5 に示す。加速度の変化はジョイスティックの入力回数を示しており、加速度の振幅は、上肢にかかる力を示している。コントローラ 1 号_30[deg.] を操作した場合の指の最大加速度は $15000[mm/sec^2]$ を超えており、コントローラ 2 号の場合は $9503.48[mm/sec^2]$ となった。また、コントローラ 2 号の方が加速度の変化が少ないため、ジョイスティックの入力回数が少なかったことが伺える。また、主観評価アンケートでは、コントローラ 2 号の方が最も操作しやすいとの評価を得た。以上の結果から、コントローラ 1

号よりもコントローラ 2 号の方が操作しやすく、提案手法によって使用者が操作しやすい反応角度を獲得することができたと考える。また、操作が難しい場合は加速度の振幅が高い傾向にあることが示唆された。したがって、走行中は上肢の加速度を観測し続け、一定以上の加速度を検出した場合は操作性が変化したとみなし、再び反応角度のキャリブレーションを行うなどのフィードバックによって操作性改善が期待できる。



(a) Controller No.1_30[deg.] (b) Controller No.2

Fig. 4. Arm motion of examinee A



(a) Controller No.1_30[deg.] (b) Controller No.2

Fig. 5. Finger's acceleration of examinee A

4. 結言

本研究では、児童・生徒が自ら牽引機を操作することで、遊びを通して電動車イスの走行練習につなげるために、ジョイスティック操作練習システムの開発を目的とする。今回、肢体不自由児の実態に合わせて反応角度を自動調節するジョイスティック型コントローラの開発、および健常者における提案手法の有効性について定量的評価を行った。実験結果から、提案手法によって使用者の実態に合わせて反応角度を獲得することができ、その有効性も確認できた。また、ジョイスティックの操作が難しいときは、上肢の加速度が大きく、入力回数が多い傾向にあるという特徴が得られた。したがって、ジョイスティックの操作中は上肢の加速度を観測し続け、一定以上の加速度を検出した場合は操作性が変化したとみなし、再び反応角度のキャリブレーションを行うなどのフィードバックによって操作性改善が期待できる。今後は肢体不自由児を対象とした実験を行う。

文 献

- (1) 天野勇樹・松本峻・松原幹・橋本泰成：「電動車椅子を制御する BMI による脳波訓練法の開発」, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.114, No.79, pp.5-8 (2014)
- (2) 消費者庁：「News Release」, http://www.caa.go.jp/safety/pdf/121127kouhyou_2.pdf (2015.10.06 参照)
- (3) 松本公志：「静岡県内の特別支援学校における支援機器の活用について」, 静岡大学教育学部研究報告(人文・社会・自然科学篇), No.60, pp.121-132 (2010)
- (4) 比嘉聖・神里志穂子・眞喜志隆・佐竹卓彦：「ジョイスティック型コントローラ操作における上肢動作の可視化」, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.114, No.357 pp.47-50 (2014)