

令和 2 年 9 月 8 日現在

機関番号：58001

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01104

研究課題名（和文）重度・重複障害児のための実態把握に基づいた社会実装によるe-AT教材の開発

研究課題名（英文）Development of the e-AT using practical education for the disabled children

研究代表者

神里 志穂子（Kamisato, Shihoko）

沖縄工業高等専門学校・情報通信システム工学科・准教授

研究者番号：00442492

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：近年、特別支援学校において、障害をもった児童・生徒が自発的な活動を行えるようにe-ATが開発・活用されてきた。e-AT機器とは、肢体不自由者の自立的な活動を補助するため、電子情報技術をベースに開発された福祉機器である。我々は、障害をもった子供たちのコンピュータ作動を支持するために、ジョイスティック・マウスを開発している。これまで、我々は養護教育学校の先生の意見に関して、装置を改良しました。そこで、本研究では、教育現場や普段の生活において必要となる視機能や動作の実態把握を行い、それに基づいたe-AT教材の開発と提供を目的としている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、教育現場や普段の生活において必要となる視機能や動作の実態把握を行い、それに基づいたe-AT教材の開発と提供を目的とし、利用する障がい児の実態に合わせた機器の段階的調整を行ない、e-AT教材を利用することによる自立的活動を促し、その利用価値の評価と波及効果の検証を目指している。今回の研究期間では、次の2つの教材開発を進めた。1つ目は、車椅子利用者の日常に焦点を置き、路面舗装が車椅子利用者にとってどのような影響を及ぼすかを調査し、車いす走行時のサポートシステムの開発に繋げている。2つ目は、言葉と事象の関連付けを促しつつ、ろうあ児がことば学習を行えるアプリケーションの開発を行った。

研究成果の概要（英文）：In recent years, welfare equipment has been developed to support the disabled children. Such devices are called assistive technology. Joystick mouse is one of the assistive technologies. We are developing joystick mouse to support computer operation of disabled children. Until now, we improved the devices in reference to the opinion of the teacher of the special needs education school. This article reports an education effect provided through the development of the e-AT apparatus which cooperated with the special needs education school.

研究分野：生体情報処理

キーワード：教育 福祉 特別支援学校 e-AT機器 社会実装

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

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。

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。前期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を行っているが、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。そのため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容易に調節する手法を確立し操作性の改善を行う必要がある。

2. 研究の目的

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を開発することを目的とする。我々はこれまでに、周囲の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、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。そこで本稿では、肢体不自由児の上肢動作に着目し、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することで、操作性の改善を行った。

3. 研究の方法

3.1 ジョイスティック操作方向と移動方向の整合

肢体不自由児は電動車イスの操作練習に取り組む際に、適切な移動方向の選択ができない、走行中にジョイスティックを操作する手元を注視するなどの行動が見られ、電動車イスが直線状のコースから外れて壁に衝突する事故が起きる場合がある。これは、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ずに進み続けるなど、電動車イスの移動方向とジョイスティックの操作方向の整合が取れていないことで起きると考えられる。整合が取れない原因として、ジョイスティックの操作に不慣れであること、電動車イスによる走行だと自走であるため、児童は自らが進む方向をイメージすることに慣れておらず、移動方向の認識が困難となることが挙げられる。そのため本研究では、牽引機と児童を乗せた車イスを繋ぎ、児童自ら牽引機をコントローラで操作することで操作方向と移動方向の整合を図る。Fig.1に示すように、牽引機を児童の前方に配置することで視線を前方に注視させ、移動方向を明確にする狙いがある。牽引機はジョイスティックの操作に応じて動作す

るため、ジョイスティックの操作方向と牽引機の移動方向の整合が取りやすくなると考える。

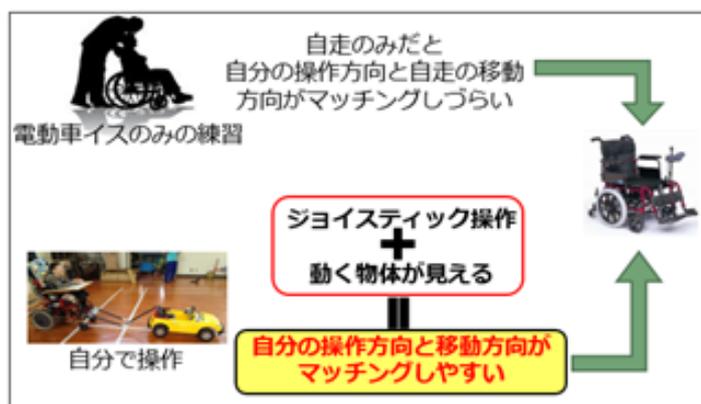


Fig. 1. The role of radio control car

3.2 ジョイスティック型コントローラの開発

特別支援学校で使用している牽引機のコントローラは 2 つのレバーで操作する型で、指先での操作になるため、上肢麻痺がある児童が操作するには難しい。また、ジョイスティック型のコントローラでも多くの肢体不自由児は、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。その特徴は以下ようになっており、外観は Fig.2 に示すような形である。

- (1) 肢体不自由児でも操作可能なジョイスティックを使用
- (2) ジョイスティックの反応角度を自動調節可能
- (3) ジョイスティックの操作方向を前、右、左の 3 方向に制限
- (4) 接地面の面積を大きくし、吸引パッドで接地面を固定

Fig.3 にジョイスティック型コントローラ回路の構成図、Fig.4 にジョイスティックと dsPIC の接続部分の回路図を示す。Fig.3 より、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 $0-60[\text{deg}]$ 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 $60[\text{deg}]$ 、ジョイスティックが傾いていない状態での傾斜角度が $0[\text{deg}]$ である。また、ジョイスティックには垂直方向、水平方向に $10[\text{k}\Omega]$ の可変抵抗が用いられており、ジョイスティックの傾斜角度に応じて抵抗値および dsPIC に印加される電圧が変化する。ジョイスティックを水平方向または垂直方向の正方向に $60[\text{deg}]$ まで倒した状態で抵抗値は最大となり、負方向に $60[\text{deg}]$ 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 $0[\text{deg}]$ の状態では、可変抵抗の抵抗値は最大値と最小値の間となる。Fig.4 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 $1.5-4.5[\text{V}]$ の間で変化するとき、A/D 変換によって 1600-4096 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、dsPIC に印加されるジョイスティックの電圧値と予め決定された閾値電圧を

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。ジョイスティックの反応角度が小さい場合は、ジョイスティックを少し倒すだけで牽引機の移動が行われるため、小さな動作でもジョイスティックの操作が可能になる。また、ジョイスティックの反応角度が大きい場合は、ジョイスティックを大きく倒すことで牽引機の移動が行われるため、ジョイスティックの操作に大きな動作が必要になる。次に、反応角度のキャリブレーションアルゴリズムについて記述する。

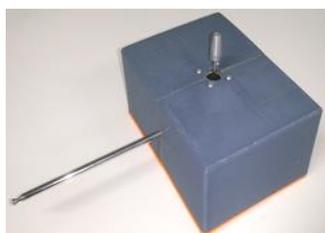


Fig. 2. The outside of joystick-type controller

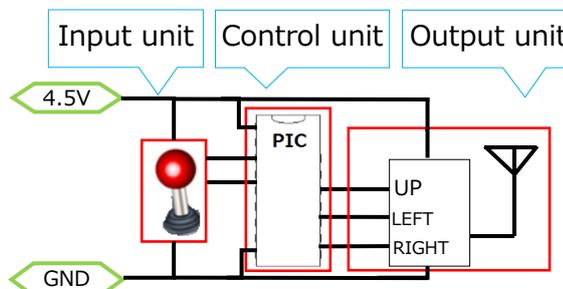


Fig. 3. Schematic block diagram

反応角度のキャリブレーションについて、反応角度は、A/D 変換後のジョイスティックの電圧値を用いて決定される。Fig.5 に反応角度のキャリブレーションアルゴリズムを示す。ジョイスティックを傾けたときに印加される電圧 V は dsPIC にて A/D 変換され、メモリに入力値として格納された後、最大入力値と逐次比較される。入力値が最大入力値より大きい場合、最大入力値は更新される。ジョイスティックを元の位置に戻したときに 1 回分の入力とみなし、最大入力値を別の配列に格納することで保持する。ジョイスティックを 3 回入力したとき、3 回分の最大入力値の平均を算出し、閾値とすることで反応角度を設定する。以上の操作を各操作方向に対して行う。反応角度の設定後に再度ジョイスティックを傾け、傾斜角度が反応角度を超えると dsPIC から送信部に信号が出力され、牽引機が走行を開始する。

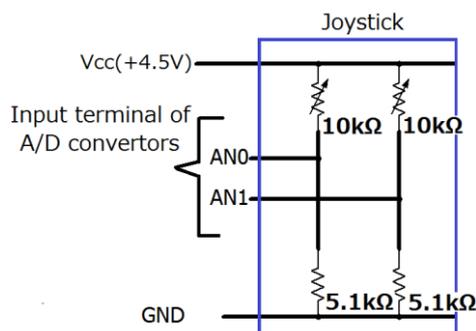


Fig. 4. Connection between the joystick and dsPIC

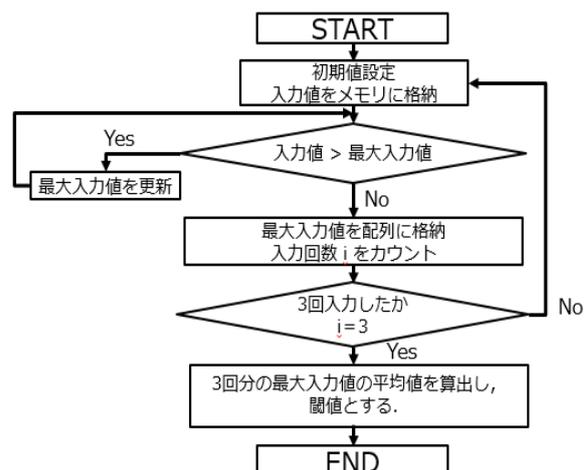


Fig. 5. Calibration algorithm in reaction angle

4. 研究成果

Fig.6 に決定した閾値をジョイスティックへ対応させた例を示す。X 軸はジョイスティックの垂直方向、Y 軸はジョイスティックの水平方向、X_F、Y_L、Y_R はそれぞれ前方向、左方向、右方向の閾値を表す。ここで、着色された箇所は閾値を超えた領域を表しており、動作領域と定義する。ジョイスティックが動作領域に進入すると各方向に対応した信号が発信される。各方向の動作領域の重複を避けるため、Y 軸におけるジョイスティックの A/D 変換値が $1900 > Y > 3100$, $Y_L > Y > Y_R$ の場合は前進しない。また、右方向の閾値は 3100 以下、左方向の閾値は 1900 以

上とならないように制御している。

ジョイスティック型コントローラ操作時の肢体不自由児の指の加速度を図 7 に示す。同図中より、コントローラ 2 号を操作した場合の指の最大加速度は $6818[\text{mm}/\text{sec}^2]$ となっており、コントローラ 1 号の最大加速度 $13636[\text{mm}/\text{sec}^2]$ を大幅に下回っている。ならびに、コントローラ 2 号を操作した場合、指の加速度が $0[\text{mm}/\text{sec}^2]$ となっている区間が同図中の丸枠で示すように数か所存在し、安定した操作を行っていることが示唆される。以上の実験結果から、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し、操作性を改善することができたと考える。コントローラ 2 号において指の加速度が $0[\text{mm}/\text{sec}^2]$ のとき、被験者は進行方向を注視しつつ、ジョイスティックを操作する様子が見られた。被験者の様子から、ジョイスティックを操作性が良い反応角度で操作することによって、被験者は進行方向を注視する動作が行えるようになり、安定した走行につながったと考えられる。また、健常者、肢体不自由児どちらの実験においても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確認された。したがって、ジョイスティック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するとみなし、再び反応角度のキャリブレーションを行うといった、使用者へのフィードバックが期待できる。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を開発することを目的とする。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を開発することで操作性の改善を行い、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、提案手法によって肢体不自由児および健常者の実態に合わせて反応角度を獲得することができ、その有効性が確認できた。

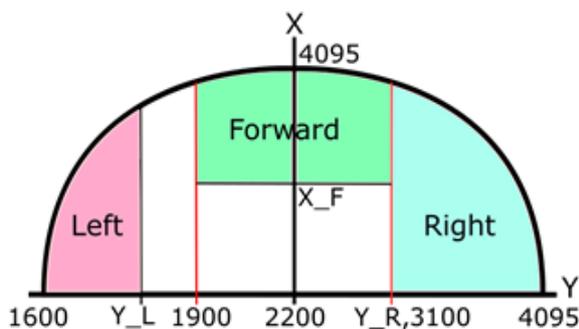


Fig. 6. Control of threshold

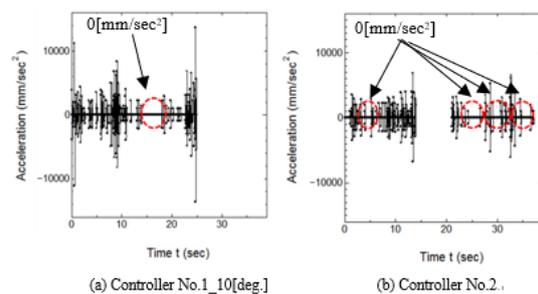


Fig. 7. Finger's acceleration of physically disabled child

<引用文献>

- (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，Vol114，No.357 pp.47-50 (2014)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 冷水晴香, 比嘉聖, 亀濱博紀, 神里志穂子	4. 巻 vol.1
2. 論文標題 利用者が受ける車いす走行時の不快感の定量化	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japan ATフォーラム2018 in 徳山・講演論文集	6. 最初と最後の頁 pp.53-54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 真栄田義史, 神里志穂子, 亀濱博紀, 中平勝也	4. 巻 vol.1
2. 論文標題 聴覚障害児向け 言葉学習アプリケーションの開発と学習効果の検証	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japan ATフォーラム2018 in 徳山・講演論文集	6. 最初と最後の頁 pp.49-50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 比嘉風優希, 久場悠誠, 阿嘉祥介, 神里志穂子, 亀濱博紀	4. 巻 vol.1
2. 論文標題 視野計測器とデータ計測アプリケーションの改良	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japan ATフォーラム2018 in 徳山・講演論文集	6. 最初と最後の頁 pp.51-52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 冷水晴香*, 比嘉聖**, 亀濱博紀*, 神里志穂子*	4. 巻 vol.1
2. 論文標題 利用者が受ける車いす走行時の不快感の定量化	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ATACカンファレンス2018 Proceeding	6. 最初と最後の頁 pp.29-30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 真栄田義史, 神里志穂子, 亀濱博紀	4. 巻 vol.1
2. 論文標題 聴覚障害児向け 言葉学習アプリケーションの開発と学習効果の検証	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ATACカンファレンス2018 Proceeding	6. 最初と最後の頁 pp.27-28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 *野口拓郎, 神里志穂子, 亀濱博紀, 佐竹卓彦, 山田親稔
2. 発表標題 路面の状態による車椅子の操作性と利用者への影響調査
3. 学会等名 電気学会九州支部高専研究講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 *真栄田義史, 長嶺健, 神里志穂子, 亀濱博紀, 佐竹卓彦
2. 発表標題 聴覚障害児のための言葉と事象の関連付けをサポートする学習アプリケーションの開発
3. 学会等名 電気学会九州支部高専研究講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 棚原淳一郎, 山城響, 池村洗夢, 神里志穂子, 亀濱博紀, 佐竹卓彦
2. 発表標題 水耕栽培における成長評価
3. 学会等名 電気学会九州支部高専研究講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 比嘉聖, 山田孝治, 神里志穂子
2. 発表標題 電動車いすの自律走行におけるユーザーの注視行動分析
3. 学会等名 第35回日本ロボット学会 会学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 比嘉 聖, 山田 孝治, 神里 志穂子
2. 発表標題 視線入力型電動車いすの自律走行におけるユーザの注視行動分析
3. 学会等名 平成29年度 電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 比嘉 聖, 山田 孝治, 神里 志穂子
2. 発表標題 電動車いすの自律走行におけるユーザーの注視行動分析
3. 学会等名 ロボティクス・メカ トロニクス講演会講演概要集
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sho Higa, Koji Yamada, Shihoko Kamisato
2. 発表標題 Analyzing Gaze Behavior at the Autonomous Driving in Eye Based Control Electric Wheelchair
3. 学会等名 The 1st International Conference on Digital Practice for Science (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	山田 孝治 (Yamada Koji) (90274886)	琉球大学・工学部・教授 (18001)	