

重度障害児を対象にした遠隔操作システムの開発と実用

Development and Practical Implementation of a Remote-Controlled Interaction System for Children with Severe Disabilities

荻巣 光[†]

Hikaru Ogisu

伊藤 史人[‡]

Fumihito Ito

1. はじめに

多くの重度障害児は身体的拘束や医療的ケアの必要性から、意思表示や環境操作の選択肢が限られる^[1]。近年、視線入力装置やスイッチインターフェースなどのアシスティブ・テクノロジー (AT) は著しい進歩を遂げ、単独作業やゲーム、コミュニケーション補助のツールとして一定の成果を挙げている^[2]。一方、これら AT を学習や余暇活動、スポーツへ応用した事例は限られており、「競争」「協働」「観戦」といった集団特有の体験や、初期認知および心の発達を提供するための設計指針は未確立である。

そこで本研究では、視線入力・スイッチ入力など複数の入力手段を管理し、重度障害児が外部機器を通じ学習や余暇活動、スポーツに参加できるシステムを開発・実践した。本稿ではシステム構成と実用例を詳細に述べ、実用例で得られた定性データを報告する。さらに、得られた定性データから、本システムのインクルーシブ・デザインとしての有効性及び学習や余暇活動、スポーツを通して得られる変化について検討する。

2. 目的

本研究の目的は重度障害児を対象にした遠隔操作システムを開発し、学習や余暇活動、共感を目的としたスポーツ大会で実用することで教育的・発達の効果を検証することである。

3. 方法

3.1 システム構成

本システムでは主に入力装置・アプリ・EyeMoT ボックスの 3 つから構成されている(図 1)。以下それぞれについて述べる。EyeMoT とは岩手県立大学の伊藤らが開発・運営を行っている重度障害児向け療育アプリケーション群で、現在も多くの家庭、支援学校で使用されている。

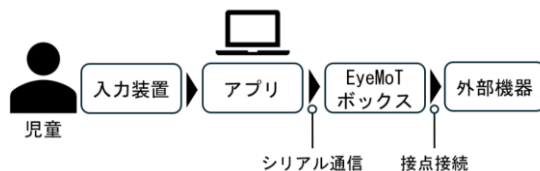
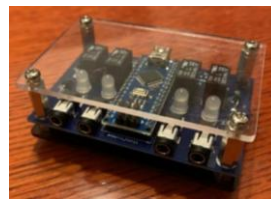


図 1 システム構成

3.2 ハード

EyeMoT ボックスとは岩手県立大学の伊藤らで開発され

たりレーボックス機器で、ラッチ&タイマーによるスイッチ機器制御を行う(図 2)。最大 4 つの外部機器を接続することができ、用途に合わせた使い方が出来る。この EyeMoT ボックスとアプリを組み合わせることで、アプリから受信した信号に応じて外部機器を操作できる。例として図 3 は電動車いすを操作している。



引用元: <https://sam-eatlab.blog.jp/archives/23746239.html>

図 2 EyeMoT ボックス

図 3 EyeMoT ボックス実用例

3.3 アプリ

本システムでは「スイッチ入力」「視線入力」「移動量に応じた入力」に対応している。「スイッチ入力」は障害児に適したスイッチインターフェースを操作して信号を送信する。「視線入力」は視線入力装置を用いて視線をマウスの動きに変換し、アプリ内のボタンを注視・マウスオーバーすることで信号を送信する(図 4)。「移動量に応じた入力」はマウスの移動量を積算し、一定のしきい値に達すると信号が送信される(図 5)。以上のバリアフリーな入力方法から得られた入力 EyeMoT ボックスに信号として送られる。



図 4 視線入力



図 5 移動量に応じた入力

3.4 ネットワーク

アプリはネットワーク通信も対応しており、遠く離れた機器を操作することもできる。構成としては同じアプリを入れたパソコンを「送信側」「受信側」として扱い、「送信側」で障害児の入力を受け付け、「受信側」でその信号を受信する。受信した信号に応じて外部機器を操作する(図 6)。Photon PUN2 を用いて双方向通信を行い、送信側で取得した入力イベントは UDP で暗号化送信され、受信側で EyeMoT ボックスへ即時転送される(平均往復遅延 45 ms, n = 120)。遠隔地においてもリアルタイム性を保ちつつ外部機器を操作できる点が本システムの特徴である。

[†] 島根大学大学院自然科学研究科 Shimane University
Graduate School of Natural Sciences

[‡] 岩手県立大学 Iwate Prefectural University

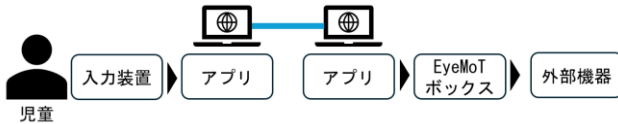


図 6 遠隔操作システム構成

4. 結果

4.1 サーボモーターを用いた演奏

接続する外部装置を工夫することで、楽器も演奏することができる。「アームワンダ」は廣瀬らが開発した機器で、サーボモーターと EyeMoT ボックス相当の機能が内蔵されている。このサーボモーターが駆動することにより、ギターやハンドベルで演奏をすることができる(図 7)。多くの参加者が集まれば、遠隔で演奏会も可能にし、児童らの社会性向上や支援者の養育モチベーションの向上も期待できる。図 8 は 2025 年 6 月 1 日に開催された「世界 ALS デー in NAGOYA みんなでゴロンしよう!」での演奏会の様子である。楽器の一部は EyeMoT ボックスで操作されており、集団でのレクリエーションへの参加を可能とした。



図 7 演奏への活用

図 8 集団での演奏会

4.2 サーボモーターを用いた遠隔の野球大会

前述した「アームワンダ」を用いれば野球大会にも参加ができる。2025 年 1 月 18 日から開催された「第二回ウルトラユニバーサル野球大会」では参加した児童らが会場に設置されているアームワンダへ信号を送ることで、アームワンダに取り付けられたバットが振られる(図 9)。全国各地からの参加者でしたが、遠隔操作システムによって家を出ることなく大会に参加をすることができた。会場では参加者がビデオ通話で映し出され、支援者とともに盛り上がっている様子がうかがえた(図 10)。



図 9 アプリとバットの連動 図 10 大会参加者のようす

4.3 自宅療育での活用

A 児は精神運動発達遅滞があり、発語や表情表出が乏しいため、日常的なコミュニケーションが極めて困難である。そこで本研究では、おにぎりを成形できる玩具を EyeMoT 遠隔操作システムに接続し、視線入力によって成形動作を開始・停止できるようにした(図 11)。来客時、A 児は「誰かのために作る」という目的意識を持ち、保護者も驚くほどの集中力で連続して 6 個のおにぎりを完成させた。保護者は「装置を自ら操作している様子を来客に見せることで、

A 児が状況を理解し主体的に行動していることを伝えられた。本人の潜在的な力が周囲に認識される貴重な機会になった」と述べている。

B 児は脊髄性筋萎縮症 I 型 (SMA) に起因する四肢筋力低下のため発語や随意的な体幹・四肢運動が困難であるが、知的発達は年齢相応である。本システム導入後、B 児は①筆で絵を描く、②ヘラで調理物をかき混ぜる(図 12)、③カメラのシャッターを操作する、④自分が乗った車いすを遠隔駆動する、など多岐にわたる活動を主体的に行った。保護者は「提示された課題をこなすだけでなく、『これをやりたいから一緒に方法を考えてほしい』と自発的に提案するようになった」と述べている。さらに、「筆が動くようセットすると、塗りたい箇所まで自ら画用紙を動かしており、制作過程で試行錯誤していることがよく分かる。本人の意向を聞きながら共同制作を楽しめている」と報告した。



図 11 視線でおにぎり成型

図 12 視線でヘラを動かす

5 まとめ

本研究で開発した遠隔操作システムは、視線入力やスイッチ入力で取得した信号を汎用マイコンとリレー回路を介して多様な外部機器へ出力し、重度障害児が主体的に環境へ働きかける手段を大幅に拡張した。従来の単機能スイッチ装置では困難だった複数デバイスの横断的制御を実現したことで、玩具から家電、移動補助ロボットに至るまで「何でも動かせる」汎用性が得られ、活動選択の幅と参加機会が飛躍的に向上した。市販の意思伝達装置は高価で機能が固定されがちである一方、本システムは安価なマイコンとリレーを組み合わせることで低コストかつ高い拡張性を保持している^[3]。これらの成果はインクルーシブ・デザインの有効性を裏づけ、「障害は個人の機能制限ではなく環境インタフェースの不備によって生じる」という社会モデルを支持する新たな根拠となった。また保護者からの「潜在能力が周囲に理解される貴重な機会となった」という報告から、周囲の前向きな変化が示唆された。今後は活用事例で収集した操作ログと質問紙データを統合、解析をすることで、心理社会的効果をさらに明確化していく必要がある。

参考文献

- [1] 山口 未久, 鈴木 真知子, “重度障害児のコミュニケーション支援に効果的な介入に関するシステムティックレビュー”, 日本小児看護学会誌, Vol. 28 (2019).
- [2] 岩崎 允宣, 伊藤 史人, “重度障害児の“おもちゃ遊び”を可能にする視線入力アプリの開発”, 日本デジタルゲーム学会 2021 年夏季研究発表大会予稿集 (2021).
- [3] 塚塚敬介, 本吉大介, “重度肢体不自由教育における視線入力装置活用の現状と課題”, 教育情報研究, 35 巻 2 号, pp. 3-14, (2020).