



# 特別支援教育におけるロボット掃除機の 自主的操作による協調活動参画の検討

Examining participation in cooperative activities through self-directed operation  
of a robot vacuum cleaner in special-needs education

伊藤楓人<sup>1)</sup>, 中茂睦裕<sup>1)</sup>, 佐藤裕子<sup>2)</sup>, 渋沢良太<sup>3)</sup>, 大恵克俊<sup>4)</sup>

Futo ITO, Mutsuhiro NAKASHIGE, Yuko SATO, Ryota SHIBUSAWA and Katsutoshi OE

- 1) 湘南工科大学 工学部 (〒251-8511 神奈川県藤沢市辻堂西海岸 1-1-25, {21a3015@sit, nakashige@sc}.shonan-it.ac.jp)
- 2) 横浜市立左近山特別支援学校 (〒241-0831 神奈川県横浜市旭区左近山 1011, yu38-sato@city.yokohama.jp)
- 3) 第一工科大学 (〒889-4395 鹿児島県霧島市国文中央 1-10-2, shibusawa@daiichi-koudai.ac.jp)
- 4) 日本文理大学 (〒870-0397 大分県大分市一木 1727, ooeckt@nbu.ac.jp)

**概要**：特別支援教育の現場でコミュニティにおける協調活動に参加するにはいくつかの障壁がある。本研究では、特別支援教育の現場での協調活動の一例として教室での清掃タスクを題材とし、コミュニティの一員として他者と協力し合う活動を支援する。具体的には、肢体不自由の生徒をそのような活動へ参加させるため、視線入力やタブレット端末でロボット掃除機の挙動を遠隔地から制御するシステムを実装した。さらに、教室にいる他者と共に清掃タスクに加わるための AR ゲームを開発し、特別支援学校でフィールド実験を開始した。本稿では、開発した一連のシステムの動作検証の様子について報告する。

**キーワード**：特別支援教育, 肢体不自由, AR, ロボット掃除機

## 1. はじめに

義務教育の対象となる全生徒数は減少傾向にあるにも関わらず、特別支援教育を受ける生徒数は増加しており、過去 10 年で特別支援学校の生徒が 1.2 倍、小中学校の特別支援学級では 2.1 倍となっている[1]。Society5.0 による遠隔教育を導入する流れは特別支援の現場でも同様であるが、各教科と直接的に関わる遠隔学修システムの検討は進んでいるものの、自立活動や社会参加に関する検討は充分とは言えない。

肢体不自由の生徒は適切な道具や支援が足りない場合、直接的な作業や主体的な操作に困難が生じる。そのため、主体的に関わる活動はもとより、クラスメイトなど他者と関わりを持ちながら進める協調活動へ積極的に参画することが難しい。そこで、本研究では、特別支援教育の現場での協調活動として教室の清掃に着目し、活動を支援するシステムを構築することを検討する。具体的には、視線入力によって遠隔地からロボット掃除機を制御するアイデアを立案した。本稿では、立案したアイデアをプロトタイプシステムに実装し、その動作を検証したので報告する。

## 2. 背景と課題

学習指導要領において清掃は学級活動や家庭科の項で触れられており、社会参画意識の醸成や働くことの意義の理解を促し、キャリア形成と自己実現を推進する教育要素の 1 つとされる。自己の役割を自覚して協働することの意義を理解することで、社会の一員として役割を果たすための要件を主体的に考えて行動することが求められている[2]。

特別支援学校では車いすユーザの生徒にフロアワイパーを持たせ、教員が車いすを動かす場合があるが、生徒本人は床の清掃状況を確認できないため達成感につながらず、主体的な活動になりにくいという声がある。また、障害の程度が重く登校が困難な生徒は教室の清掃活動に加わる機会が無い。

一方、オリイ研究所は重度の身体的な障害を持つスタッフを雇用し、遠隔からカフェ内の人型ロボットをコントロールし、カフェ店員の業務を支援する取り組みを運営している。同社は CSR 活動の一環として緩やかに社会へ受け入れられることを想定していたが、実際には障害者自身が社会参加活動をすることに自己肯定感、承認・所属欲求を

充足する効果が大きかったとしている[4]. 当初は肢体不自由の障害者の中でも社会参画意欲の高い者が参加した. 遠隔からのカフェ業務を通じて様々な欲求が満たされ, いわば自らオピニオンリーダーとなって取り組みを積極的に SNS で紹介するなどし, 他の障害者へ社会参加を促すなどの好循環が生まれている.

本研究では, 肢体不自由の児童を対象とし, 学習指導要領でうたわれている, 社会参画意識の醸成や働くことの意義の理解を促す機会の創出を目的とする. 未成年者はとりわけ障害を理由に周囲から守られることが多く, 自由に SNS などを活用する成人と比較すると社会参画の情報や機会が少ないのが現状である. 若年期から ICT による他者との協調作業やコミュニケーションを経験することで視野や活動の範囲を拡大し, 将来の社会参加の基礎になることを想定している.

3. アプローチ

そこで, 教室の清掃活動を題材とし, タブレット端末や視線入力装置を操作することによって遠隔地からもロボット掃除機を制御するアイデアを立案した. その想定する利用シーンを図1に示す.

自宅にいる生徒が視線入力で操作した情報はクラウドを経由して教室の制御 PC へ送られ, Bluetooth 接続によるマイコンボードを介してロボット掃除機をコントロールする. ロボット掃除機と周囲の様子は制御 PC のカメラで撮影し, 遠隔地の生徒が見ているモニターへ伝える. また, AR 技術を活用してゲーミフィケーションを取り入れることで, 遠隔からの協調活動に楽しみながら加わり継続できる工夫を導入する.

本稿では, まず一連のシステムの基礎的な検証として, ローカル環境でタブレット端末と視線入力装置の操作によるロボット掃除機の制御, 画像マーカによって AR 表示するシステムを開発した.

4. プロトタイプの実装

ロボット掃除機には修理・保守などのメンテナンス用途のために Robot Operating System によるシリアル通信のポートが実装されている場合がある. 図2に示すように, こ



図1: 遠隔から清掃活動に加わるユースケース



図2: 通信制御ユニットを接続したロボット掃除機とタブレット端末から操作する様子

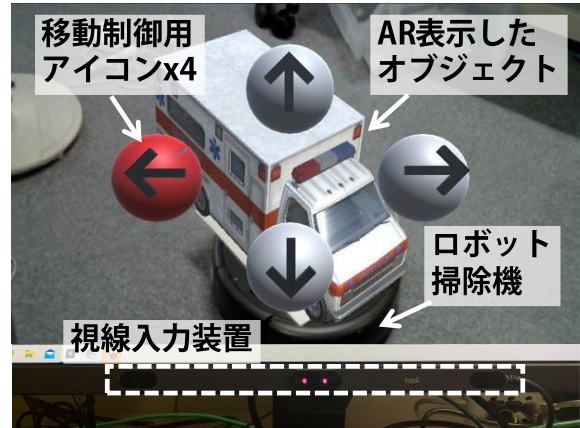


図3 視線入力装置による操作 UI と AR 表示

のポートを利用して外部からロボット掃除機の移動や清掃機能, 特定の位置へ戻る機能を制御するシステムを開発した.

Wi-Fi+BLE モジュール ESP32-WROOM-32D で実装した通信制御ユニットは, 外部から Bluetooth シリアル通信で制御コマンドを受け取ってロボット掃除機を制御する. 図2に示すタブレット端末の操作 UI にある上下左右のボタンは, それぞれ, ロボット掃除機の前進, 左 90 度回転, 右 90 度回転, 回れ右反転に対応する. また, 斜め前方向のボタンは, ロボットの左 45 度回転, 右 45 度回転に対応する. さらに, 2つの掃除用モータを個別にオンオフ, ロボット掃除機の充電器がある位置へ戻るためのボタンも実装した.

続いて, PC の USB カメラで掃除機の上に貼付した画像マーカをトラッキングしてバーチャルな車を AR 表示した様子を図3に示す. 画面上にはロボット掃除機の上下左右の移動に対応するアイコンをオーバーレイ表示しており, 視線入力またはマウスクリックで操作できる. これらの PC 側のアプリケーションは Unity 2020.3.26 で開発した.

5. 動作検証と考察

開発した一連のシステムの動作検証とユーザビリティ評価を横浜市立左近山特別支援学校と本学にて実施した.

5.1 特別支援学校での検証

被験者は小等部 7 名, 中等部 9 名でいずれも肢体不自由



図 4: 視線入力で AR ゲームを操作する画面



図 5: 視線入力を検証するための障害物配置

の生徒である。ロボット掃除機は iRobot Roomba 560 および 692 を、ラジコン操作のタブレット端末は Xiaomi Pad5 をそれぞれ使用した。今回、視線入力を日常的に扱う生徒がいなかったため、全ての被験者を対象にタブレット操作のみを検証した。

3x3 のグリッド上に 1m ごとにコーンを配置し、ロボット掃除機を操作してコーンを倒していくタスクを用意した。すべての被験者が指示通りにロボット掃除機を操作することが確認できたが、上肢の動作に制約がある生徒は精度よくタブレット操作をするのが難しく、同じボタンを何度も押してしまうことがあった。また、操作ボタンが示す方向とロボット掃除機の移動方向の関連付けが分からなくなって慌てるケースもあった。以上の結果から、生徒が入力しやすいインタフェースとして物理的なボタンやジョイスティックの導入を検討したいと考えている。また、タブレット操作のボタンの配置や大きさなどの UI の最適化の配慮が必要である。

## 5.2 本学での検証

視線入力のシステム動作を検証した。協力者は大学生 2 名でいずれも健常者である。ロボット掃除機は iRobot Roomba 560 を、視線入力装置は TobiiEyeTracker5 をそれぞれ使用した。検証方法は、奥行き 5m 幅 2.5m の距離で障害物を避けていきゴールするまでの時間を計測する。その操作画面を図 4 に、障害物の配置を図 5 にそれぞれ示す。

図 6 は、被験者 2 名が 5 回ずつ試行した結果である。被験者 A の試行 1 回目はロボット掃除機がカメラ外に出て

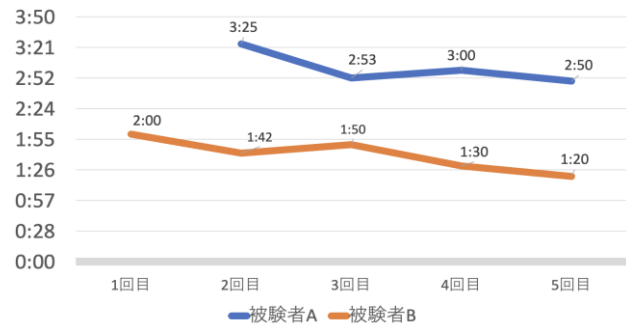


図 6: 視線入力による操作で要した時間の変化

しまいゴールすることができなかったが、試行を重ねるごとに操作に慣れ、5 回目は 2 分 50 秒でゴールできた。また、被験者 B は最初から 2 分と早かったが、被験者 A のように回数を重ねるごとに上達することができ、最終的には 1 分 20 秒でゴールできた。

被験者 A・B とも、試行を重ねるごとにゴールするまでに要する時間が短くなり上達していることが分かる。このことから視線入力に慣れるための、ゲーム性の高い練習アプリとしても期待できる。また、2 名とも視線入力での操作することができたが、視線入力の配置が安定せず誤作動することがあった。そのため、操作画面の UI などを変更していく必要がある。さらに遠隔地から教室に設置したロボット掃除機を制御するためには、遠隔コラボレーションシステムが不可欠である。

## 6. おわりに

タブレット端末および視線入力装置で、ロボット掃除機を制御できるシステムを開発し、肢体不自由の生徒を対象とした協調活動での利用を検討した。今後、生徒の個性に合わせたロボット制御の UI および、遠隔地から教室の清掃活動に加わるシステムの開発を進める。さらに特別支援学校での検証実験を開始する。開発したシステムによって肢体不自由の生徒が主体的に協調活動へ加わる機会を創出し、実践的なキャリア教育に貢献したいと考えている。

## 参考文献

- [1] 日本の特別支援教育の状況について：新しい時代の特別支援教育の在り方に関する有識者会議，資料 3-1, 2019.
- [2] 指導計画の作成と内容の取扱い，小学校学習指導要領(平成 29 年告示) 解説 特別活動編，pp. 135-149, 2017.
- [3] 表真美: 学校清掃と生徒指導：「福井掃除に学ぶ会」の調査から，京都女子大学宗教・文化研究所研究紀要, 034, pp.23-40, 2021.
- [4] オリイ研究所: 分身ロボットカフェ，<https://dawn2021.orylab.com/> (2022 年 7 月 26 日確認)