

| | |
|--------|---|
| 研究課題 | 特別支援学校におけるプログラミングの手法によって児童生徒の可能性を拓く 支援機器の開発と実践に関する研究 |
| 副題 | コミュニケーションや活動を支援する遠隔ロボットと支援方法の最適化を目指す 教材教具の事例を通じて |
| キーワード | プログラミング、無線操縦ロボット、教材教具 |
| 学校名 | 秋田県立能代支援学校 |
| 所在地 | 〒016-0005 秋田県能代市真壁地字トトメキ沢 135 番地 |
| ホームページ | https://noshiroshien.ed.jp |

1. 研究の背景

特別支援学校は児童生徒の実態と教育的ニーズに基づいた適切な支援を行うことが求められている。筆者が勤務する秋田県立能代支援学校（以下、本校）は、主に知的障害のある児童生徒に対する教育を行う特別支援学校であるが、肢体不自由を併せ有する児童生徒も在籍している。肢体不自由を併せ有する児童生徒は、人や物などの身近な環境を認識していても、手や身体の動きに制限があるため、自分から周囲に働きかけたり、コミュニケーションをしたりすることが難しい。

肢体不自由を併せ有する児童生徒の実態と教育的ニーズに合った支援機器があれば、身体の一部として作業を遂行したり、自分の力で身近な環境に働き掛ける手段として活用したりできるのではないかと考え、その方法としてマイコンボード（^{アルディーノ}Arduino、図1）にプログラミングを施した支援機器の開発と実践に取り組んだ。

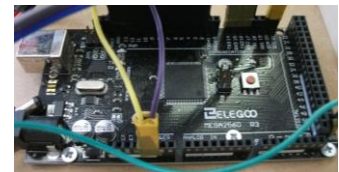


図1 支援機器に内蔵したマイコンボード

2. 研究の目的

児童生徒に既存の機器を適合させるのではなく、児童生徒の実態に合った支援機器を活用することで、教育的ニーズに基づいた支援を実現させる。

本研究の目的を以下とする。

- ・各生徒の実態（肢体状況や認知発達）及び教育的ニーズを踏まえ、外部専門家と連携して支援機器を開発する。
- ・各生徒の学習において、段階的に支援機器を活用しながら、評価・改善を行い、個の実態への最適化を図る。

なお、本研究では、個人情報における適切な取り扱い、及び、研究上の論理的配慮を行い、本人・保護者の同意を得ている。

3. 研究の経過

本研究の事例として、肢体不自由を有する3名の生徒（以下、A、B、C）を選出した。

生徒の実態と発達検査結果から教育的ニーズの検討を行い、外部専門家と連携して開発した3種類の支援機器を表1に表す。また、本研究の経過を表2に表す。

表1 生徒の実態と使用した支援機器




| 生徒(学年) | 生徒A(中学部3年) | 生徒B(中学部1年) | 生徒C(高等部2年) |
|--------|---|---|--|
| 障害名 | 脳性まひ | 脳性まひ | レット症候群 |
| 実態 | <ul style="list-style-type: none"> ・新版K式発達検査2001…姿勢・運動:8、認知・適応:11、言語・社会:33、全領域:12(2017年2月実施)。 ※詳しくは「4.代表的な実践」で後述する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・新版K式発達検査2001…姿勢・運動:5、認知・適応:12、言語・社会:19、全領域:13(2019年12月実施)。 ・手指可動域は狭いが、意図的なゆっくりした動きが可能。 ・視線の動きは比較的良好。 | <ul style="list-style-type: none"> ・KIDS乳幼児発達スケール…総合発達年齢0歳6か月、総合発達指数3.3(2018年12月実施)。 ・身近な興味のある物を見る。手の常同運動があるが、時折、身近なものに手を伸ばす。 |
| 主な活用場面 | 自立活動 | 作業学習 | 作業学習 |
| 教育的ニーズ | <ul style="list-style-type: none"> ・ロボットを遠隔操作して、自分の代わりに物を運び届ける、本体に内蔵されたマイク・スピーカーで別室の人と会話をする等を想定。 | <ul style="list-style-type: none"> ・作業学習(木工班)において、手指の動きでロボットアームを操作し、作業学習製品の部品の検品・選別等の役割を果たす。 | <ul style="list-style-type: none"> ・作業学習(陶芸班)において、手指の動きでスイッチを押し、機器を作動させ、土粘土を細かくする役割を果たす。 |
| 支援機器名称 | 無線操縦ロボタンク | ロボットアーム | 粘土粉碎マシーン |
| 支援機器外観 |  |  |  |
| 支援機器特徴 | <ul style="list-style-type: none"> ・プログラミングしたマイコンボード(Arduino)を内蔵。 ・タブレット端末からインターネット回線を使用し、ロボタンクを無線で遠隔操作する。 ※詳しくは「4.代表的な実践」で後述する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・プログラミングしたマイコンボード(Arduino)を内蔵。 ・本体のコントローラーはジョイスティックとボタンから成り、6つのサーボモーターを制御して操作する。 ・生徒は、ロボットアームの先端で部品を挟み、アームを水平方向に移動させ、部品の選別カゴの上で部品を離す活動に取り組んだ。 | <ul style="list-style-type: none"> ・スイッチ部とモーター駆動部で構成される。スイッチ部は、プログラミングしたマイコンボード(Arduino)が内蔵され、ラッチ&タイマー機能を実装する。生徒はスイッチを押す(押し続ける)ことが難しいため、一度スイッチを押すと設定した秒数だけモーターが作動し、土粘土を粉碎するハンマーが上下する。 |
| 操作方法 | タブレット端末の画面のアイコンをタップして操作する。 | コントローラーのジョイスティックとボタンを操作する。 | ボタンを操作する。 |

表2 研究の経過

| 月 | 取組内容 |
|-------|---|
| 5月 | 外部専門家との支援機器開発の打合せをする。 |
| 6月 | 生徒Aと生徒Bが支援機器の使用を開始する。 支援機器の活用評価・改善のため外部専門家の来校(1回目)。 ※生徒本人から聞き取った使用に関する感想を加味し、支援機器の改善を行う。 |
| 7月 | 全校職員を対象とした研修を行う(無線操縦ロボタンクとロボットアームについて紹介)。 |
| 8月 | 日本教育情報学会の第36回年会において、生徒Bの実践について研究発表を行う。 |
| 8~11月 | 随時、希望職員を対象としたプログラミングツール(Viscuit)の活用研修を行う。 |
| 9月 | 生徒Cの支援機器の使用を開始する。 支援機器の活用評価・改善のため外部専門家の来校(2回目)。 |
| 12月 | 支援機器の活用評価・改善のため外部専門家の来校(3回目)。 |
| 2月 | 各生徒の変容を評価、研究成果報告書の執筆をする。 ※支援機器を活用する各生徒の様子を動画で撮影し、コントローラー等を操作する手指の動きと支援機器の動作状況を分析し、各生徒の変容を客観的な数値や図表で表し、評価をする。 |

4. 代表的な実践

(1) 実践の概要

本実践は、脳性まひを有する生徒A（以下、A）が、自分の有する能力を発揮して無線操縦ロボタンク（以下、ロボタンク）を操作し、自分の代わりに目的の場所に移動させ、役割を果たす活動を行うものである。

実践を重ねることで、手指でコントローラを操作する力や視界にあるロボタンクの動きを注視・追視する力、Aとロボタンク及び目的物の位置関係を把握する力に変容が見

られた。さらに、ロボタンクの移動の軌跡の分析から、Aはプログラミング的思考（順次処理、分岐処理、反復処理）を働かせて操作していることが分かった（図2）。しかし、ロボタンクがAと別室にある場合、視覚情報等が制限されるため、ロボタンクを操作することが難しかった。

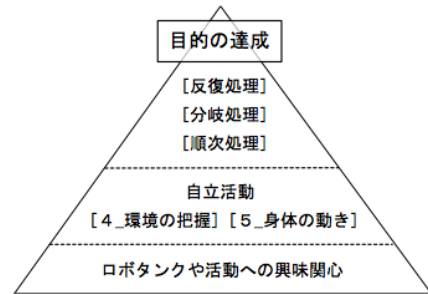


図2 実践概要の模式図

(2) Aの実態について

本実践に特に関連があると考えられるAの実態を以下に記す。

| ＜姿勢・運動＞ | ＜認知・適応＞ | ＜言語・社会＞ |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ・頭部や体幹の保持が難しく、座位保持椅子を使用。 ・手指の可動域が狭いが、簡単な操作ができる。 | <ul style="list-style-type: none"> ・左右方向認識は良好。 ・周りの人から情報を聞き、内容を覚えて話すことができる。 | <ul style="list-style-type: none"> ・社会的であり、身近な人と短い言葉によるコミュニケーションができる。 ・意味理解が不確かだったり、新しい概念の獲得に難儀したりしている。 |

(3) Aが活用したロボタンクについて

ロボタンク内部には、マイコンボード（Arduino）に命令信号を送る小型パソコン端末が格納されており、駆動モーターを作動させる。小型パソコン端末とAが操作するタブレット端末（図3）はインターネット回線で結ばれ、ロボタンクの遠隔操作が可能になる。

ロボタンク下部には、任意の方向（前後左右、左右旋回）に移動できるメカナムホイール（図4）が装着されている。直進の走行速度は約20メートル／分程度である。

ロボタンク上部には、Webカメラが搭載されている。ロボタンクの前方の状況をタブレット端末に動画として映し出し、その映像を手掛かりにして遠隔操作が可能になる。

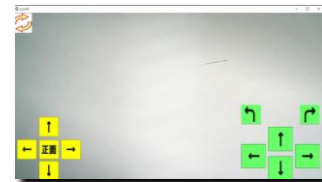


図3 タブレット端末の画面

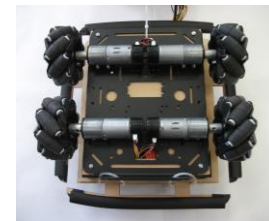


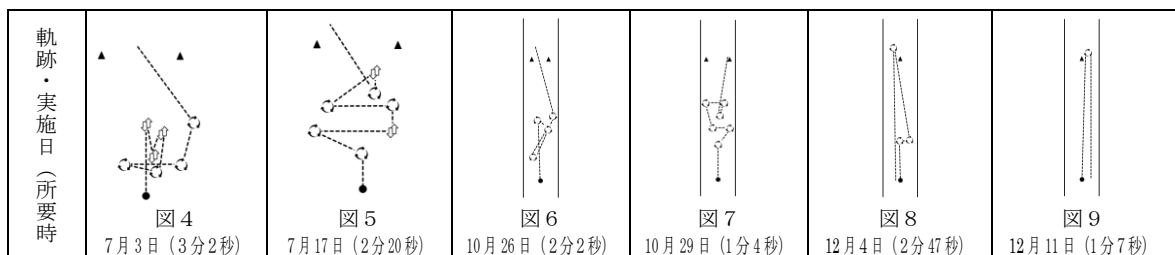
図4 ロボタンク底面

(4) 各段階における取組について

Aはロボタンクに大変興味をもっていたが、筆者に「ロボタンクを自分の思い通りに操作することが難しい」と感想を伝えた。そのため、ロボタンクの操作を表3に示した3つの段階に分けて実践に取り組むことにした。また、第3段階を発展させた形でロボタンクを使った清掃活動や別室にロボタンクを置き、遠隔操作にも取り組んだ。

表3 各段階における取組

| 各段階と実践時期 | 第1段階 (5月下旬から6月中旬) | 第2段階 (6月下旬から11月上旬) | 第3段階 (11月中旬から12月中旬) |
|--------------------|---|---|--|
| 各段階のねらいとするロボタンクの動き | <ul style="list-style-type: none"> タブレット端末の任意のアイコンにタッチし、ロボタンクの基本的操作（前後左右の移動や旋回）に慣れる。 ロボタンクを基点に戻す。 <p>【実施条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> 体育館で行う。 Aの正面から1メートル離れた場所を基点とし、ロボタンクを置く。基点の目印として直径10センチの赤い丸板を床に置く（第2・3段階ともに共通）。 | <ul style="list-style-type: none"> ロボタンクを基点から終点まで移動させる。 <p>【実施条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> 体育館と廊下で行う。 体育館では、基点と終点の距離を6.5メートル。終点の目印として赤色カラーコーン2本を3.5メートルの間隔で設置（図4、図5）。 廊下では、基点と終点の距離を段階的に5メートルから10メートル。終点の間隔は2.7メートル（図6、図7）。 | <ul style="list-style-type: none"> ロボタンクを10メートル先にある目標物付近で旋回し、基点に戻す。 <p>【実施条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> 廊下で行う（図8、図9）。 旋回地点の目標物として、赤色カラーコーン1本を設置する。 |
| Aの視線の動き | <ul style="list-style-type: none"> 主に指先でタッチしているタブレット端末のアイコン付近を見ている。 | <ul style="list-style-type: none"> 指先でタッチしているタブレット端末とロボタンクの位置を交互に見ている（タブレット端末の方が多い）。 | <ul style="list-style-type: none"> 遠くを動くロボタンクを追視しながら、目標物も見ている。 |
| タブレット端末を操作するAの指の動き | <ul style="list-style-type: none"> タブレット端末のアイコンを右人差し指で数秒間隔でタッチをしている。 爪が長いとタッチしてもタブレット端末が反応しない。 | <ul style="list-style-type: none"> タブレット端末のアイコンに数秒タッチをして動かす。予想した動きと実際の動きが違うとアイコンから指先を離し、別のアイコンを押す。 | <ul style="list-style-type: none"> タブレット端末の任意のアイコンにスムーズにタッチする。 |
| ロボタンクの実際の動き | <ul style="list-style-type: none"> 回数を重ねるにつれ、ロボタンクの様々な動きを試すようになった。一度に移動する距離も長くなった。 床の状況（ワックスの効きや微妙な段差）によって、ロボタンクの直進性が安定しないことがあった。教師によって方向修整の支援が必要な場面があった。 | <ul style="list-style-type: none"> ロボタンクを目標物に近づけるため、様々な方向に動かししている。目標物に近付いたかと思うと、遠ざかるような動きも見られた（図4、図5）。また、操作途中で正面方向を見失う様子が見られた。 最初は小刻みに移動させていたが、次第に一度に移動する距離が長くなった。 | <ul style="list-style-type: none"> 直線的な動きで目標物に向かう。 ロボタンクが壁に接触しそうになると停止させる。 目標物を通過するとロボタンクを停止・旋回させる動きが見られる（図8、図9）。 目標物付近の旋回でWebカメラ使用。旋回中、WebカメラがAの姿を捉え（ロボタンク正面とAが正対）、タブレット端末画面に映し出されるとロボタンクの旋回停止。 |
| 各段階における気付き | <ul style="list-style-type: none"> ロボットを基点の場所に戻すことができた。Aはロボタンクを操作することに興味をもっている。 | <ul style="list-style-type: none"> ロボタンクを終点に向けて動かしている。 回数を重ねると目標物に到達する所要時間が短縮した。ロボタンクの操作が上達したと考えられる。 ロボタンクの外観が角柱であるため、ロボタンクの正面方向を見失うことがあった。何度か動かし、タブレット端末のアイコンの示す方向とロボタンクの動きを一致させているようである。 | <ul style="list-style-type: none"> ロボタンクを直線的に動かしている。 効率的に旋回している。 ロボタンクを操作する補助手段としてWebカメラを活用するようになった。A自身がその方法に気付き、行うようになった。 |



●：基点、▲：目標物、破線：ロボタンクが移動した軌跡、○：旋回移動、⇕：上下移動

(5) 実践の結果

各段階で確認したAの変容について述べる。

第1段階では、Aはロボタンクの操作に興味をもち、様々な動きを試す様子が見られた。

第2段階では、Aは状況に応じてロボタンクを操作し、目標物に近付けようとする様子が見られた。ロボタンクの操作に慣れるにつれ、遠くで走行しているロボタンクの位置や動きを目視で確認したり、ロボタンクと目標物の位置関係を把握して、今後どのように操作すべきかを考えたりする様子が見られた。

第3段階では、「目標物付近で旋回して基点に戻る」課題に取り組み、ロボタンクを直線的に走行させたり、Webカメラの機能を効果的に活用したりする様子が見られた。

また、これまで培った力を発揮して、ロボタンク本体にモップを装着して廊下の掃除に取り組んだ(図4)。ロボタンクを操作して、何度も廊下を往復させ、自分の役割を果たした。しかし、本実践の目的の一つである、別室に設置したロボタンクの遠隔操作に取り組んだが、思うように操作することが難しい様子が見られた。現時点では、Webカメラの画像のみを手掛かりに別室の状況を想像して操作することが難しいからではないかと推察する。



図4 廊下掃除の様子

これまでの実践におけるAの変容から「Aが発揮した力」について考察する。ロボタンクを操作するために、Aは身体の様々な技能を組み合わせることで発揮したと考えられる。特別支援学校の教育課程に特別に設けられた指導領域「自立活動」の区分・項目に沿って表4に整理する。

表4

| | | |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ・手指でタブレット端末のアイコンをタップしてロボタンクを操作する力 | <ul style="list-style-type: none"> ・ロボタンクの動きを追視する力 | <ul style="list-style-type: none"> ・Aとロボタンク及び目標物の位置関係を把握する力 |
| <ul style="list-style-type: none"> ・自立活動[5_身体の動き]における、作業に必要な動作と円滑な遂行に関する項目。上肢や手指を使った諸動作。 | <ul style="list-style-type: none"> ・自立活動[4_環境の把握]における、感覚を総合的に活用し、周囲を把握し、状況に応じた行動に関する項目。目と手の協応動作。 | <ul style="list-style-type: none"> ・自立活動[4_環境の把握]における、認知や行動の手掛かりとなる概念の形成に関する項目。位置や室の把握。 |

各段階における取組が進むにつれ、Aの操作するロボタンクの軌跡に変化が見られた。表4で示した3つの力を発揮したことに加え、Aはロボタンクを操作して達成すべき目的を理解し、目的を達成するために試行錯誤を繰り返す過程においてプログラミング的思考を働かせたと推察する。黒上と堀田(2017)^[1]は「3つの要素(順次処理・分岐処理・反復処理)を組み合わせることでプログラミング的思考が育まれる」と述べている。ロボタンクを操作する過程において働かせたプログラミング的思考を表5に整理する。

表5

| | | | |
|--|--|---|--|
| <p>①(順次処理)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ロボタンクを基点から終点(または、基点から目標物近くで旋回して終点)の道順を予測し移動する。 | <p>②(分岐処理)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ロボタンク周辺に障害物がなく、目標物との距離が離れていると判断した場合、ロボタンクを目標物に向かって直線的に走行させる。また、ロボタンクが壁に衝突すると予測した場合、ロボタンクを一旦停止し、回避する。 | <p>③(分岐処理)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・第3段階で、ロボタンクを目標物付近で旋回する場面では、Webカメラに自身の姿が映ると旋回停止する。 | <p>④(反復処理)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ロボタンクの位置を確認、適切と考えるタブレット端末のアイコンをタップする。必要に応じて繰り返す。 |
|--|--|---|--|

以上から、Aは自分の有する力を発揮してロボタンクを操作したことに加え、達成する目的を意識して操作する過程において、プログラミング的思考を働かせたと推察する。

5. 研究の成果

当初、本研究の目的は、プログラミングの手法を用いて支援機器を開発し、各生徒が学習活動において活用することで、教育的ニーズに基づいた支援を実現することであった。

生徒Aの実践は先に述べた通りである。生徒Bの場合、ロボットアームを活用して木工製品の検品・選別の役割に取り組み、試行錯誤を通じて操作の確実性を向上させたり、ロボットアームの動きを組み合わせる新たな方法で選別に取り組んだりした^{【2】}。生徒Aの実践と同様にプログラミング的思考を働かせたと考えられる。生徒Cの場合、手元のスイッチを押すことで機器が動作する因果関係の理解が図られつつある。今後も機器の改良や環境の調整などを施すことで、さらに因果関係の理解が進むと考えている。

山崎（2020）^{【3】}は、プログラミング的思考は論理的思考の一つであると述べている。本研究を俯瞰すると、プログラミングの手法を用いて支援機器を開発し、学習活動において活用することは児童生徒が有している力を発揮する有効な方法であり、目的を達成するために支援機器の活用方法や筋道を考え、試行錯誤する過程で論理的思考力を発揮する方法になったと考えられる。

6. 今後の課題・展望

2017年4月告示「特別支援学校（小学部・中学部）学習指導要領」では、小学部児童がプログラミングを体験し、コンピューターに意図した処理を行わせるために必要な論理的思考を身に付ける学習活動の実施が求められている。2020年度から、特別支援学校小学部段階でプログラミング教育に取り組むことになっているが、水内（2019）^{【4】}は「実践が少なく、教育内容や方法、効果に関する検証はほとんどなされていない」と指摘し、「プログラミング教育を目的としているためハードルが高いと考えている教員が多く、知的障害特別支援学校におけるプログラミング教育とは何かということについての指針や解説を示す必要性がある」と述べている。

本研究の成果は、プログラミング教育の目的である論理的思考を育む一実践になったと考える。今後も実践を継続することで、活用の拡大を図り、生徒がもつ力を発揮できるようにしたい。

7. おわりに

パナソニック教育財団から研究助成を受け、支援機器の開発・実践をする機会を得た。類例の少ない研究に対し、ご理解とご支援を頂いたことに感謝申し上げます。

8. 参考文献

- ・【1】黒上晴夫、堀田龍也（2017）『プログラミング教育導入前に知っておきたい思考のアイデア』小学館、P7
- ・【2】高橋正義、金森克浩（2020）日本教育情報学会第36回年会論文集、「重複障害児の支援機器の選定・活用に関する一考察」P272
- ・【3】監修：金森克浩、編著：水内豊和（2020）『新時代を生きる力を育む知的・発達障害のある子のプログラミング教育実践』ジヤース教育新社、P14
- ・【4】水内豊和（2019）「知的障害特別支援学校小学部におけるプログラミング教育の実施状況と課題」富山大学人間発達科学研究実践総合センター紀要 教育実践研究 第14号、P145