

(1) 研究題目

※スペースが足りない場合は、枠を追加いただいて構いません。

ホームセンターDX から始めるインクルーシブ教育社会への転換基盤の構築

(2) 本研究の期間

(西暦) 2024 年 4 月 ～ 2025 年 3 月

(3) 本研究の成果と今後の課題

本研究の成果

1. はじめに

近年、少子化が進む一方で、特別支援教育を受けている児童・生徒は増加傾向にあり、重複障害などにより、障害の種類も多様化している。また文部科学省は障害児と健常児がともに学ぶインクルーシブ教育の構築を目指して、ルールがシンプルで投球という基本的な動作で成立するボッチャは障害者スポーツ競技にとどまらず、健常者も楽しむことのできるスポーツとして注目を集めている。そこで、本研究では、必要最低限の機能を備えた基本システムを開発した上で、ニーズに基づく配慮のために利用者がカスタマイズ可能とし、これをオープン化する仕組みを提案する。この第一歩として、まず、基本となる投球支援機能を備えた基本システムを開発する。次に、特別支援学校と放課後等デイサービス施設でシステムを評価してもらい、どのような配慮が必要となるのかを明らかにする。その後、一般市民を対象としたものづくりの DX のワークショップを実施し、基礎的な知識さえ伝えれば、ボッチャシステムの様々なカスタマイズも比較的容易であることを示す。

2. 基本システムの開発

2. 1 システム概略

開発した基本システムの概略を図 1 に示す。このシステムは、誰でもボッチャを楽しめる必要最低限の機能のみを実装している。ここでの必要最低限の機能とは、タブレットによるボタン操作、投球の強さと方向の調整、ボールのリリース(投球)、音声案内、LED 表示とした。システムの大まかな構造としては雨どい、機構部(支持部、発射部、先端部)、制御ボックス、スピーカーを用いたが、車いすから操作する場合に操作位置を移動しなくても方向を定めやすいよう、支持部の位置を雨どいの上端に設置した。また、操作状態を表示させる LED パネルを取り付けるとともに、タブレットによるワイヤレス操作を可能にした。



図 1：開発したボッチャ基本システム

2. 2 ハードウェア構成

機構部は支柱部、発射部、先端部で構成される。このうち発射部(図 2)は、上下移動用モーター(タミヤ社、4-Speed Worm Gearbox H.E)を回転させて投球の強さの調整を実現する上下機構と、サーボモーター(Tower Pro 社、SG-90)を 90 度回転させてボールのリリースを実現する発射機構が備わっている。

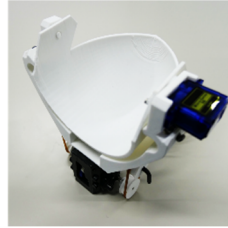
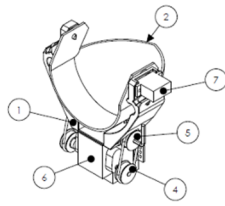


図 2: 発射部

支持部は三脚, 固定部で構成され, 雨どいを支える部分である. 三脚 (SLIK 社, GX6400) は目標までの距離に応じて雨どいの角度を変え, ボールの転がる距離を調整できるように, 高さを調整できるものを用いた. 固定部 (図 3) は三脚と雨どいを固定する部品であり, 3D プリンタを用いて作成した.

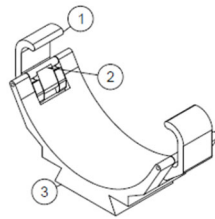


図 3: 固定部

先端部 (図 4) は雨どいとの接地部分で, 雨どいの角度を変えても滑らかに接地させるとともに, 投球の方向を調整する機構も持つよう設計した. また, 3D プリンタで印刷したタイヤを雨どいとの固定部の下に取り付け, 左右移動用モーター (Bringsmart 社, JGY370 12V90R) で回転させることで, 雨どいを左右に動かした.

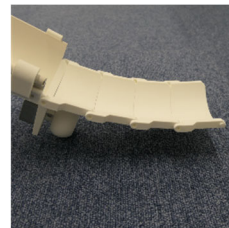


図 4: 先端部

操作用タブレットから信号を受け取り, 内部のマイコンボードからモーター 2 つ, サーボモーター, LED パネル, スピーカーに対して, ミニジャックとミニプラグを介して信号を伝送する制御ボックスも開発した. まず, 無線通信を可能にするため, マイコンボードには ESP32 WROVER (Freenove 社, ESP32-WROVER Board) を使用した. 次に, モーターを駆動・制御するため, モータードライバー (TAEJIN Technology 社, L293D) を使用した. このドライバー 1 つで上下移動用と左右移動用の 2 つのモーターを制御できる. そして, 音声を再生するため, 音声再生モジュール (KeeYees 社, DFPlayer Min) を使用した. 最後に, IP アドレスや動作状況を表示させるため, 液晶ディスプレイ (ELEGOO 社, LCD1602 Module) を使用した. 電源はマイコンボード用の 5V とモーター用の 12V を用いた.

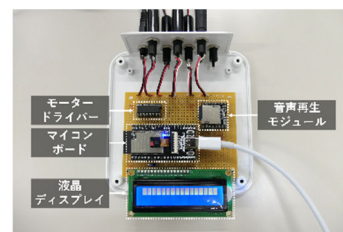


図 5: 制御ボックスおよび内部基盤

2.3 ソフトウェア構成

操作用タブレットに操作画面を表示し、画面上のボタンを押すことで、対応する音声スピーカーから再生し、LEDを点灯させ、モーターを動かすプログラムをArduinoIDEで作成した(図6左)。操作画面には「うえ」「した」「ひだり」「みぎ」「はっしゃ」の5つのボタンが表示され、各ボタンを押すとそれに対応した処理がなされる(図6右)。

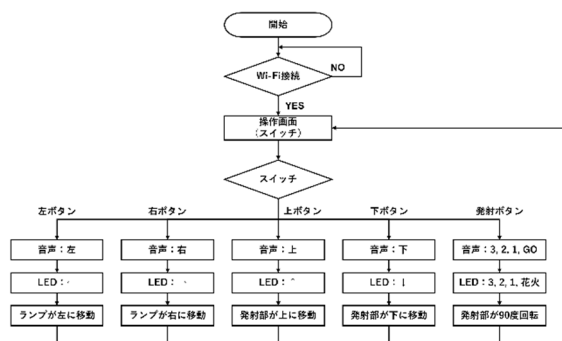


図6:ソフトウェア構成と操作画面

3. 評価実験

2024年12月4日、5日に鹿児島県立中種子特別支援学校(図7左)、12月16日に放課後等デイサービス施設遊びリパークリノア(図7右)にて、開発した基本システムを児童生徒や利用者に使ってもらう評価実験を行った。実験協力者は、中種子特別支援学校では障害を持つ小学生から高校生の31人、その中で車椅子を利用している児童生徒は約10人であった。また、遊びリパークリノアでは軽度から重度の障害を持つ小学生7人であった。実験では、三角コーンやジャックボール、ターゲットマットを目標とし、開発したボッチャシステムを操作して投球させてボッチャを体験してもらった後、本人あるいは教員やスタッフにボッチャシステムに関しての意見を聞き取った。実験は、分担者である湘南工科大学情報学部中茂睦弘教授のもと、湘南工科大学倫理委員会の承認および各施設の責任者による同意を得て実施した。なお、個々の児童がシステムを利用する状況については、個人情報保護の観点からイラストとして掲載している。

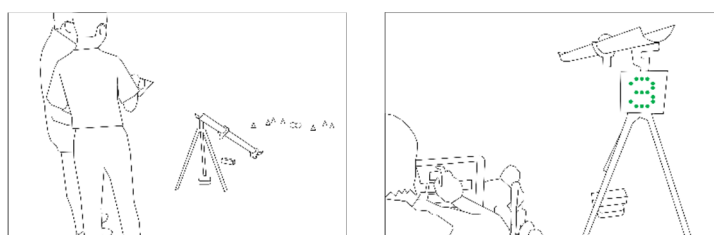


図7:評価実験の様子

基本システムは計6時間程度の運用であったが、問題なく動作した。利用中の子どもたちは、何回も体験したり、発射の時に声を出したりしてボッチャを楽しんでいた。また、数人で誰がジャックボールにあてられるかを競っていた状況が見られた。利用後の感想としては、「LEDや音声があることで面白い」、「健常者と支援学校の子達が一緒にできるのがいい」、「製品化して欲しい」と好評であった。一方、様々な配慮に向け、機能面の意見を整理・分析した。この結果、たとえばボタンを押した際に動作するモーターの動作幅について、必要に応じて変更する必要性が明らかになった。具体的には、運動器障害のみの利用者からは、方向調整をより細かくしたいといった意見が多かった。一方、発射位置の上下と投球の強弱の関連が分からない利用者もあり、これに対しては、上下のモーターの動作幅を大きくすることで、変化をより大きくし、関連を理解しやすくすることが求められる。また、手指に麻痺がある利用者からは、タブレットではなく、物理スイッチで操作したいといった意見があった。

4. ものづくりワークショップの開催

4. 1 機構のカスタマイズ

ハードウェアの変更などでは、3D モデリングが必要となる。そこで、基礎的な知識で、ある程度カスタマイズ可能であることを検証するため、2024 年 11 月 23 日に、関西学院大学千刈キャンパスで開催された「千刈キャンパス感謝祭」にて、60～70 代の男女や子どもを中心とする 11 名の未経験者を対象にワークショップを実施した（図 8 左）。

ワークショップでは、3D モデリングソフトウェアとして、未経験者でも使いやすい Web 版「TinkerCAD」を利用した。まず、クリスマスツリー型のオーナメントの制作を基本タスクとして設定し（図 8 中央）、オブジェクトの配置、サイズ調整、複製、整列や Boolean 演算など、3D モデリングの基本を説明しながら操作してもらった（約 30 分）。次に、自由制作を 20 分程度で行った。終了後には、制作した作品を 3D プリンタで印刷して渡した。

この結果、自由制作では、参加者たちは思い思いの作品制作に取り組み、取得した技能を活用して独自のアイデアを形にすることができた。たとえば図 8 右は、制作された指輪の例である。



図 8 3D プリンターワークショップの概要と作品例

4. 2 操作のカスタマイズ

モーターの動作幅の調整や操作インターフェースのカスタマイズには、プログラミングが必要となる。そこで、2024 年 12 月 8 日に、関西学院大学千刈キャンパス場で開催された「クリスマス特別企画」にて、小学生の保護者 12 名の未経験者を対象にワークショップを実施した（図 9 左）。

ワークショップでは、基本システムで利用した LED テープと簡易なマイコンボード（ACEIRMC 社、Digispark Attiny85）を用いて（図 9 中央）、まず、LED を制御することを基本タスクとして設定した。ここでは、「番号」・「色」・「明るさ」を引数として設定して LED を光らせる基本関数と、「時間」を引数として設定して動作を待つ基本関数を用意し、これらと for 文や if 文を組み合わせで書いた SOS、流れ星、信号機の 3 つのパターンを体験させた（30 分）。次に、自由制作を 20 分程度で行った。終了後には、使用した LED 付マイコンボードを渡した。

結果として、参加者は、for 文を用いて複数の LED を順番に点灯させたり、if 文と組み合わせることができた。自由制作では、独自の点灯パターンを実現できており、例えば、LED の明るさを段階的に上昇させた後に流れ星パターンを実行するなど、基本的な関数を応用した独自のアイデアが見られた。このことから、関数と for 文や if 文の組み合わせ方法を理解することで、プログラミングの専門知識を持たない初心者でも、モーターの動作幅や操作インターフェースの変更は難しくないと考えられる。

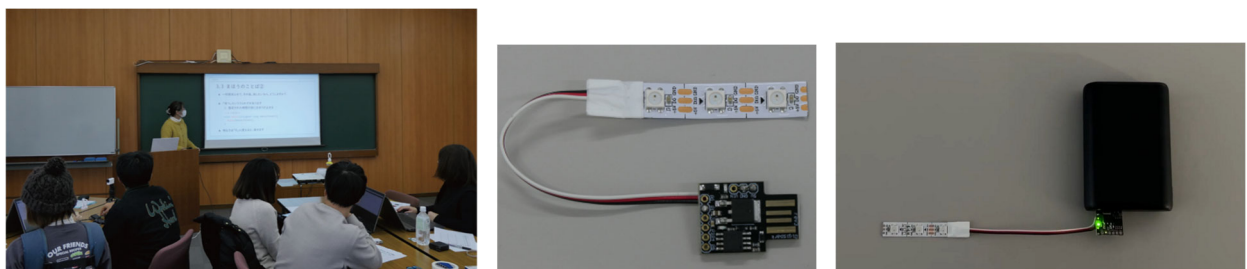


図 9 プログラミングワークショップの概要と作品例

4. 多様な個性への配慮可能性

たとえばモーターの動作幅を小さくしたり、逆に関連を理解しやすくするために動作幅を大きくする必要のあることに対しては、モーターの動く秒数を格納した変数の値を変更することで実現できる。ただし、基本システムの上下のモーターは動きが遅く、速くするためには、モーターやギアボックスの変更など、上下移動機構の改良が必要である。

また物理スイッチを取り付けたい場合には、タブレットに **bluetooth** キーボードを使用する方法が有効であると考えている。現在の特別支援学校では、ワイヤレスマウスのクリック操作を外部スイッチでできるように改造した「改造マウス」が活用され、教員の中で、マウス内の基板にジャックを取り付けることで外部スイッチを繋げるようにした改造マウスを自ら製作することも一般的に行われているためである。改造マウスと同じようにキーボードに外部スイッチを繋げば、これまでのカスタマイズの延長で物理スイッチに対応できるであろう。

5. まとめ

本研究では、多様な個性に配慮可能なオープンボッチャ基本システムの開発を行った。まず、最低限の投球支援機能を備えたシステムを開発した。次に、特別支援学校と放課後等デイサービス施設での評価を通じて、必要となる配慮事項を「モーターの幅調整」「操作インターフェース」等に整理した。また、一般市民を対象としたワークショップを実施し、ものづくり DX により基礎的な知識があれば様々なカスタマイズが可能になることを確認した。最後に、具体的なカスタマイズ例として、モーターの動作調整、ボタンの配置の変更など、様々な個性に対応可能な改造事例を示した。

研究発表

- [1] 張 弘, 濱田 一貴, 中茂 睦裕, 福森 聡, 山本 倫也: 多様な個性に配慮可能なオープンボッチャ基本システムの開発, 情報処理学会研究報告, Vol.2025-HCI-212, No.38, pp.1-8, (2025).
- [2] Hong Zhang, Kazuki Hamada, Mutsuhiro Nakashige, Satoshi Fukumori, Michiya Yamamoto: Development of a Basic Open Boccia System That Can Assist People with a Variety of Disabilities, Proceedings of the 27th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI 2025), (2025, accepted).
- [3] 張 弘, 濱田 一貴, 中茂 睦裕, 福森 聡, 山本 倫也: 多様な個性への配慮可能性を備えたボッチャ基本システムの開発, ヒューマンインターフェース学会論文誌, Vol.27, No.4, (2025, 投稿中).

今後の課題

上述のように多くの配慮が可能な基本システムを開発できた。ただし、上下移動機構のアップデートは必要であろう。また、利用者ごとに操作画面を切り替えることができる機能があれば、一つのシステムで様々なニーズに対応させることも可能である。これらを実現するためには、基本システムをアップデートし、我々が提供することが望ましいと考えている。

また、システムをオープン化することで、カスタマイズを多くの人と共有でき、カスタムスキルを持たなくても必要な機能を取得できる可能性がある。国立特別支援教育総合研究所による支援教材ポータル、毛塚による特別支援学校の授業に役立つ自作創作教材・教具など、支援技術ではトップダウン、ボトムアップのいずれのアプローチも盛んであるため、ものづくりの DX との親和性は今後さらに高まると期待される。

今後は、本システムをオープン化し、より多くの利用者や支援者がカスタマイズ事例を共有・活用できる環境を整備することで、多様な個性に配慮可能なボッチャシステムのさらなる発展を目指したい。