

移動ロボットと Projection mapping を用いた Playware の試作

渋沢良太

第一工科大学 工学部 情報・AI・データサイエンス学科 (〒899-4395 鹿児島県霧島市国分中央 1-10-2)

Playware Using Mobile Robot and Projection Mapping

Ryota Shibusawa

1-10-2 Kokubuchuo, Kirishima-City, Kagoshima, 899-4395, Japan

Abstract: Currently, most games played around the world involve watching a display while playing. Although games involving robot control have been developed due to advancements in robot control technology, they lack expressive capabilities compared to games using displays. In this study, we prototyped and evaluated Playware that uses mobile robots enhanced with projection mapping to synthesize visual effects during the game, thereby enriching the visual representation.

Key words: Playware, Projection mapping, Mobile robot

1. はじめに

現在、世の中で遊ばれているゲームの多くは、ディスプレイを見ながら操作するゲームである。一方で、ロボット制御技術の進展により、SONY の toio[1]等、移動ロボットを操作するゲームも開発されている。しかし、ディスプレイを使うゲームと比較して、ロボットのみを用いるゲームの視覚的な表現は乏しく、ゲームの楽しさ、内容を制限する要因となる。

そこで本研究では、移動ロボットを用いた Playware に、プロジェクションマッピングでゲーム中のヴィジュアルエフェクトを合成することにより、視覚的な表現も豊富な Playware を試作し、評価を行った。

2. 先行研究

筆者はこれまでに、高齢者と子供と一緒に遊べる Playware について研究してきた [2],[3],[4],[5]。Playware とは、Jessen らによって提唱された概念で、使用するユーザに対して遊びと楽しみの経験を与えるソフトウェア、ハ

ードウェアの総称[6]であり、ゲーム等がこれに含まれる。現在実用化され、ユーザに良く利用されている Playware の多くは、モニタを用いるゲームである。モニタを用いるゲームは、子供は慣れ親しんでいるものであるが、高齢者の中には苦手とする人も多い。このように、能力やプレイスタイルの好みに大きな差がある場合に、両方がともに楽しめる Playware の研究は多くない。そこで、筆者の先行研究[4],[5]では、一方のユーザは現実空間内、他方のユーザは仮想空間内の対象を操作するように Playware を設計した。他方のユーザのプレイ環境を仮想空間にすることで、その仮想空間を修正することで、難易度調整や異なる役割、異なる操作インタフェースやフィードバック情報を与えることが容易になる。

本研究で試作した Playware は、この先行研究の現実空間側の視覚表現を豊かにするものである。先行研究[4],[5]のシステムと組み合わせて、遠隔地のユーザはコンピュータ画面の CG を見ながら操作、現実空間側のユーザは移動ロボッ

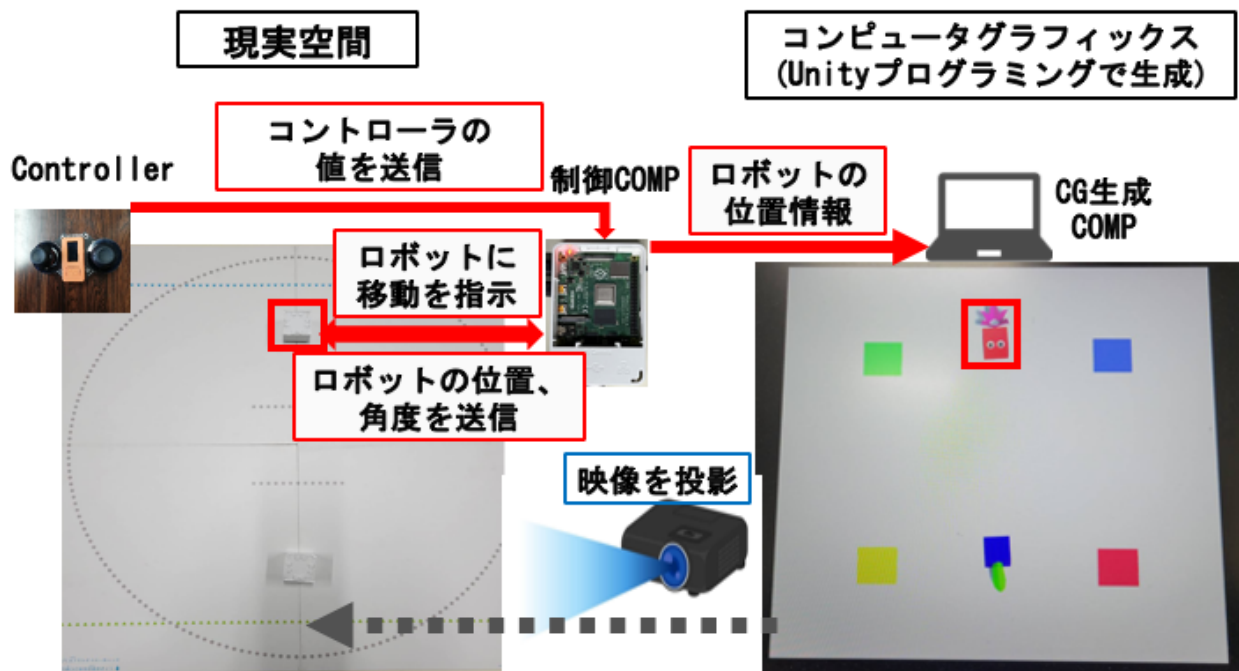


図 1 システムの概要

トとプロジェクションマッピングを見ながら操作が可能となる。

3. 開発したシステム

本システムの概要を図 1 に示す。本システムにおいて、移動ロボットのコントローラには、ESP32 を搭載した M5Stack 社製の RISC-V ベースのマイコンである M5StickC[7] に、同社製の JoyC[8] を接続してプログラムを実装した。このマイコンでは、ジョイスティックが押し倒されている方向を示す角度、その方向を示すベクトルの大きさを取得できるようになっている。直接操作空間では、これらの情報をロボットの制御コンピュータに BLE Notify で送り、その情報をもとに制御コンピュータがロボットに制御指令を BLE Write で送る。制御コンピュータには Coral DevBoard[9] を使用した。

また、ロボットにはソニー株式会社の toio[1] を用いた。ロボットには向きが分かるようにするために LEGO の目を取り付け、専用の走行マット上を移動するものとした。この専用の走行マット上には特殊なパターンが印刷されており、toio はそれを光学式センサで読み取ることで、走行マット上の x 座標、y 座標、ボディの角

度を検出することができる。この情報は、BLE Notify でそれぞれの toio の制御コンピュータに送り、制御コンピュータは制御指令値の計算に使用する。また、それぞれの制御コンピュータは、CG 生成 PC にロボットの x 座標、y 座標、ボディの角度を UDP で CG 生成コンピュータに送信し、Unity を使ったプログラムにより CG を描画する。

現実空間の移動ロボットのサイズ、走行マットのサイズは、Unity の CG 空間内でも同一のサイズで設定した。また、現実空間の走行マットの中心を原点とした、プロジェクタの座標と向きを、Unity の CG 空間のカメラの座標と向きとして設定することで、プロジェクションマッピングを行えるようにした。

本システムを使って、現実空間の移動ロボットが炎を出しながら走行する様子をプロジェクションマッピングしている様子を図 2、図 3 に示す。図 2、図 3 では、4 色のマーカを走行マットに投影しており、そのマーカをロボットが踏むと、踏んだマーカと同じ色の炎がロボットから出るようにしている。炎は Unity のアニメーションで実装している。

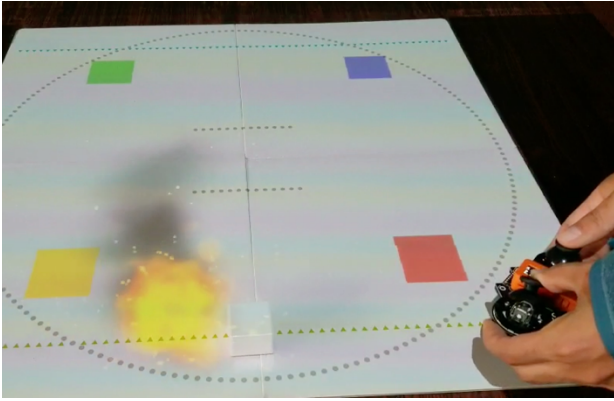


図 2 プロジェクションマッピングのデモ 1

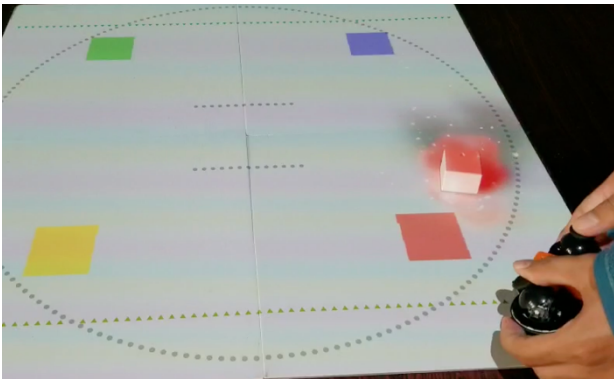


図 3 プロジェクションマッピングのデモ 2

この方法により、本研究では図 4 に示すしっぽとりゲームを実装した。このゲームは、2 人のユーザがそれぞれの移動ロボットを操作する対戦型のゲームである。2 台の移動ロボットのそれぞれの後ろに、選択したしっぽを投影し、さきに相手の移動ロボットを踏んだ方が勝者となる。

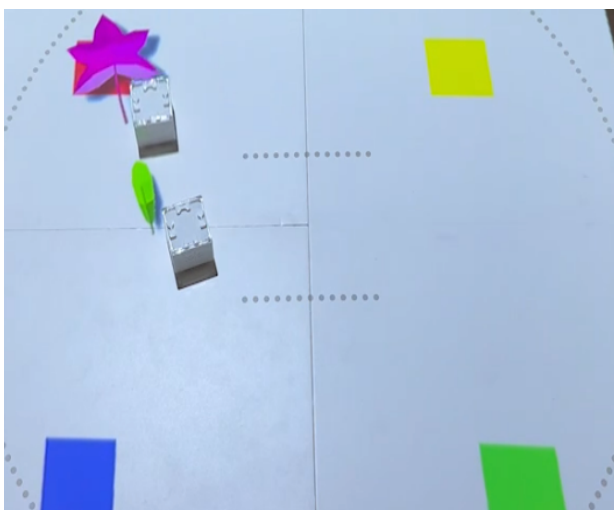


図 4 しっぽとりゲームの実装

る。移動ロボットがマーカを踏むとマーカが大きくなったり、小さくなったりする効果をつけた。toio のバラエティパックでは、物理的な尻尾を toio につけて遊べるゲームが存在している。これに対して、本研究では尻尾を仮想的なものにすることで、尻尾の大きさや形、色などを自由にインタラクティブに変化させることが可能となる。

本システムにおけるロボットの移動制御は、先行研究[2], [3]で調査した操作性を踏まえ、直接操作およびデジタルツイン操作ともに図のようにコントローラの操作方向とロボットの進行方向が一致するようにした。

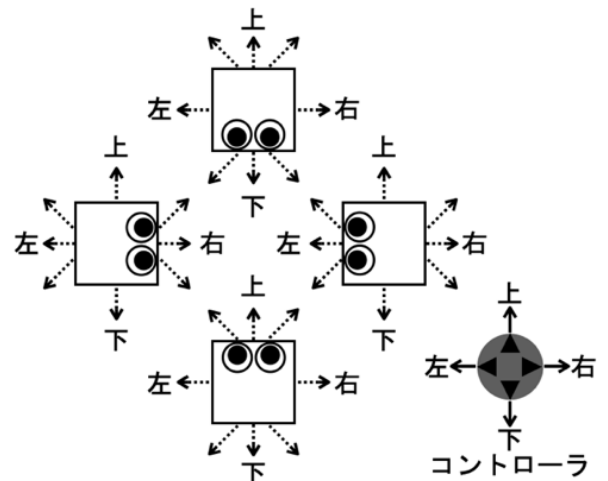


図 5 コントローラ操作と移動方向の対応

4. 評価実験

4.1 実験の内容と手順

本システムの有効性を検証するため、本システム以外に 2 種類の toio を使ったシステムを用意し、被験者 6 名(3 組)に各システムでしっぽとりゲームを遊んでもらい、楽しさを評価してもらった。実験で各ユーザに操作してもらったシステムは、物理的なしっぽを toio につけて物理的な toio を見ながら遊ぶもの (図 6)、PC 画面に表示された CG のみを見ながら遊ぶもの (図 7)、本システム(図 4)の 3 種類である。

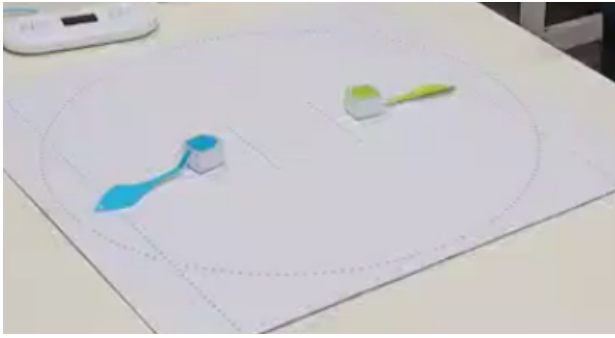


図 6 物理的なしっぽを使ったゲーム



図 7 PC 画面のみを見ながら遊ぶゲーム

4.2 実験の結果

実験に参加した 6 名に対して、それぞれのシステムで遊んだ時の面白さについて、5 段階評価で回答してもらった。その結果を図 8 に示す。PC 画面のみを見ながら行うゲームは、ユーザが普段遊び慣れていることもあり、面白さが最も

低かった。移動ロボットを使うゲームは面白さの評価が比較的高く、また提案システムが最も高い評価を得られた。

被験者の感想では、「しっぽの踏みやすさについては、PC 画面のみを見ながら行うゲームが最も高かった」という回答もあった。他に、「提案手法は、PC 画面のみと比べて映像に立体感があって迫力があつた」といった回答が得られた。

5. 本システムの応用

本研究で開発したシステムと、先行研究で開発したシステムを組み合わせ、次のような応用システムが実現可能であると考えられる。

5.1 デジタルツイン空間の意図的な変形

図 9 のようにデジタルツインの分裂、消滅、形状の変更など、デジタルツイン空間を様々な形で意図的に変形することが可能である。これによって、例えば次のようなアプリケーションが実装可能である。高齢者はロボットを直接操作し、子供はデジタルツインを遠隔から操作して鬼ごっこを行う。その際、デジタルツイン空間上において高齢者が操作するロボットが突然分身し、子供からはどちらが本物の実体ロボットかを分からなくする。これにより高齢者と子供の操作スキルの差を埋め、両者が共に楽しめるようになる。

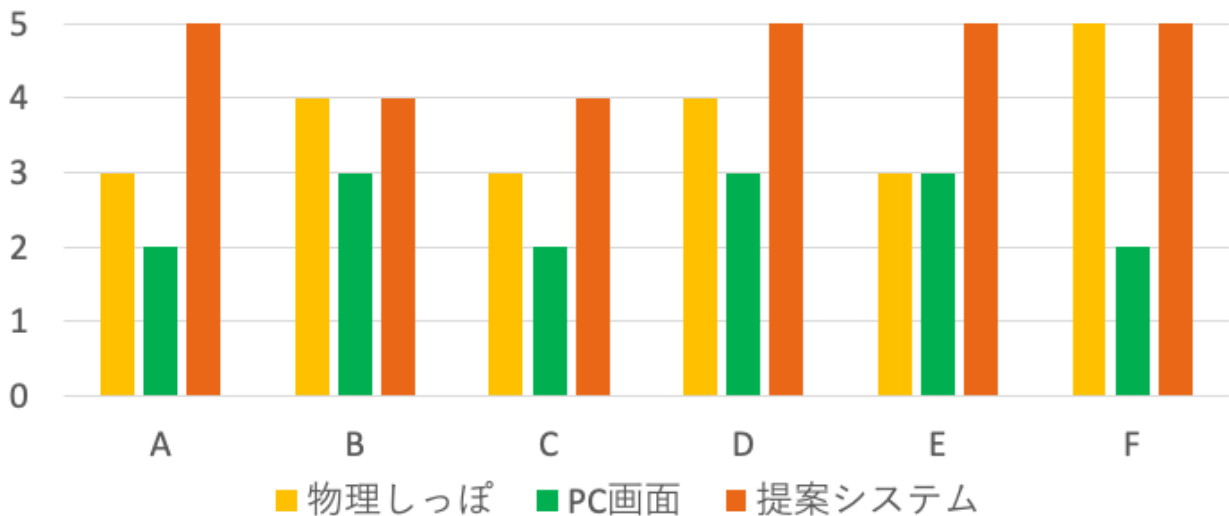


図 8 面白さについての被験者による評価

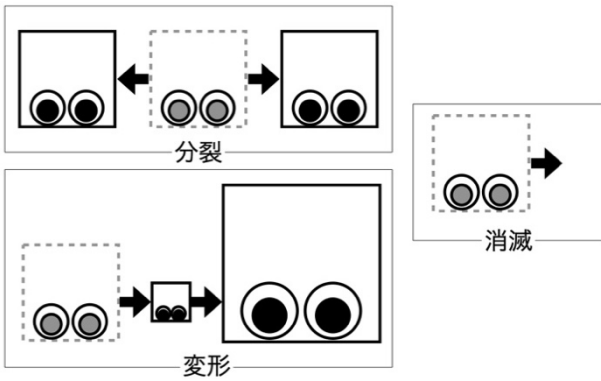


図 9 デジタルツインの意図的な変形

5.2 デジタルツイン空間への没入

デジタルツイン空間のユーザが、PC モニタではなく、HMD (Head-mounted display)を使用する。そして、デジタルツイン空間のユーザの体の動きに連動して、直接操作空間のロボットが移動するようにする。この構成により、直接操作空間にいる一方のユーザは手指を動かすことで、他方のユーザは、全身で動き回ることによってロボットを動かせるようになる。こうすることで、高齢者と子供のように、身体能力の差があるユーザ同士が、それぞれの身体能力に合わせて身体を動かしながら共に遊べるようになる。このタイプの応用例を図 10 に示す。操作の非対称性は失われるが、図 11 のような構成も可能である。

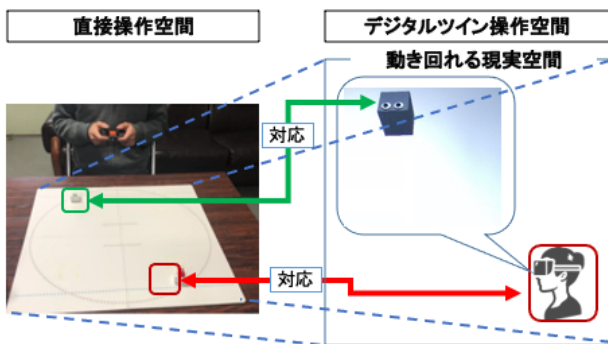


図 10 デジタルツイン空間への没入

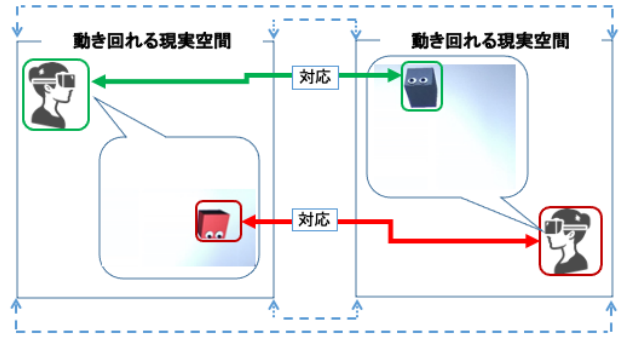


図 11 デジタルツイン空間への両者の没入

5.3 異なる実体空間同士の対応づけ

このタイプの応用例を図 12 に示す。直接操作空間のユーザは、本システムと同様にコントローラで移動ロボットを操作する。他方のユーザは、実体空間を動き回り、その動きが実体のロボットの動きに連動させる。そして、相手のロボットの動きと連動させたドローン等の実体のあるロボットを連動させる。5.2 で示した応用と異なり、両ユーザとも実体空間を見ながら遊ぶことが可能になる。本応用は、両ユーザの実体空間をデジタルライズして対応付けを行う手法である。

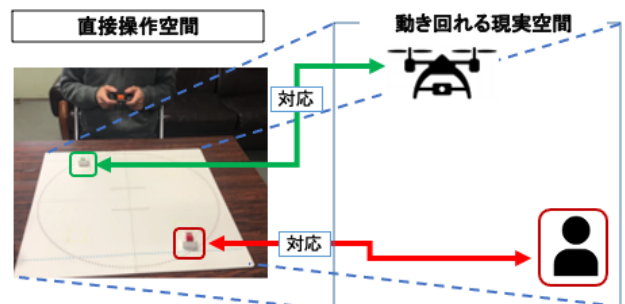


図 12 実体空間同士の対応づけ

6. まとめと今後の課題

本研究では、移動ロボットを用いた Playware に、プロジェクションマッピングでゲーム中のビジュアルエフェクトを合成することにより、視覚的な表現も豊富な Playware を試作し、評価を行った。ユーザによる使用評価により、ユーザに面白い体験を与えられることを示した。今後さらなるゲームの作り込んだ上でさら

なる評価実験を実施する。また、5章で示した応用システムの研究を進める。

謝辞

本研究の遂行にあたり、公益社団法人科学技術融合振興財団(FOST)の2022年度調査研究助成(身体・認知能力の異なるユーザが遠隔地間で遊べる非対称ゲームインタフェース)の支援を受けた。

参考文献

- [1] “ソニー株式会社 toio” . <https://toio.io/>, (参照 2024-5-13)
- [2] 洪沢良太, 中茂睦裕. 操作方向と進行方向の一致を考慮した移動ロボット操作手法の提案. 信学技報, 2020, vol. 120, no. 136, p. 83-88.
- [3] Shibusawa, R., Nakashige, M. and Oe, K. MarioControl: An Intuitive Control Method for a Mobile Robot from a Third-Person Perspective. In Companion Proceedings of the 2020 Conference on Interactive Surfaces and Spaces (ISS '20). 2020, November, no. 2020, p.9-13.
- [4] DualityBoard: An Asymmetric Remote Gaming Platform with Mobile Robots and the Digital Twins. In Proceedings of the 2022 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI '22). IEEE Press, 1035–1039.
- [5] 遠隔地間で遊べる移動ロボットとそのデジタルツインによる Playware の試作, 情報処理学会火の国情報シンポジウム 2021 論文集, 2021 年 3 月, A3-4, pp.1-8.
- [6] Lund, H., Jessen, T. and Carsten., J. Playware technology for physically activating play. Artificial Life and Robotics. 2005, No.9, p. 165-174.
- [7] “M5StickC” . <https://m5stack.com/collections/m5-core/products/stick-c>, (参照 2021-2-11).
- [8] “JoyC” . <https://m5stack.com/products/joyc-w-o>

[m5stickc?_pos=6&_sid=495ea8d2b&_ss=r](https://m5stack.com/collections/m5-core/products/stick-c), (参照 2021-2-11).

[9] “Coral Devboard” .

<https://coral.ai/products/dev-board/> (参照 2021-2-11).