

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

大西正悟¹ 中茂睦裕¹ 大恵克俊¹ 渋谷良太¹

概要：少子高齢化，核家族化が進む中，COVID-19 の流行によって高齢者と子供がコミュニケーションを取る機会が減ってしまっている．両者のコミュニケーションは，高齢者にとっては生きがい，認知症予防になり，子供にとっては良い教育機会になる．本研究では，高齢者と子供が遠隔地間で一緒に遊べる移動ロボットを用いた Playware の試作を行い，その基本機能の評価実験を行った．高齢者がテレビゲームに慣れていないことを考慮し，高齢者は目の前に実体のある移動ロボット，子供はそのデジタルツインをコンピュータ上で操作して遊べるように実装した．

キーワード：Playware，高齢者と子供のコミュニケーション支援，人工現実感，デジタルツイン

Prototyping of Remote Playware with Mobile Robot and the Digital Twin

SHOGO ONISHI^{†1} MUTSUHIRO NAKASHIGE^{†1} KATSUTOSHI OE^{†1}
RYOTA SHIBUSAWA^{†1}

Abstract: With the declining birthrate, aging population, and nuclear families, the prevalence of COVID-19 has reduced the opportunities for communication between the elderly and children. Communication between the elderly and children can provide a sense of fulfillment for the elderly, prevent dementia, and provide a good educational opportunity for the children. In this study, we developed a prototype of Playware using a mobile robot that allows the elderly and children to play together remotely, and conducted an experiment to evaluate its basic functions. Considering that the elderly are not accustomed to playing video games, we implemented the system so that the elderly can play with a real mobile robot in front of them, and the children can play by manipulating its digital twin on a computer.

Keywords: Playware, Communication between elderly and children, Virtual reality, Digital twin

1. はじめに

1.1 研究の背景

核家族化，地方の過疎化，COVID-19 の感染拡大等による生活スタイルの変化により，人と人とがコミュニケーションする機会が減少している．この変化は多くの人に影響を及ぼしているが，その中でも高齢者と子供は QOL (Quality of Life) の面で特に深刻な被害を受けている．

高齢者の中には，他者との交流が減って生きがいを喪失してしまっている人も多い．このような状況が続くと，現在増加傾向にある認知症の患者数をさらに悪化させてしまうことが予想される[1][2]．また，他者が高齢者の生活状況，健康上の異変に気づきづらくなる恐れもある．

一方，子供にとって高齢者とコミュニケーションする機会が減ることは，貴重な学習機会を失うことを意味している．高齢者は，様々な苦境の中で長年生き抜いてきた知恵を有しており，そのような知恵は高齢者の多くがインターネットで積極的に情報発信している訳ではないため，Web や子供の親からでは学べないことが多い．また，子供が家庭以外の人とコミュニケーションする機会が減ると，周囲

の人が虐待されている子供に気づきにくくなる恐れもある[3][4]．

本研究では，高齢者と子供と一緒に遊べる Playware を開発し，両者がコミュニケーションをとる機会を増やすことで上記の問題の低減に貢献することを最終目標としている．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[5]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．

1.2 研究の目的

本研究では一緒に遊ぶユーザが遠隔地間にいながら，一方のユーザは目の前に実体のある移動ロボットを，他方のユーザは遠隔地から遠隔地に実体のある移動ロボットをコンピュータ上に表示された仮想空間を見ながら操作する Playware の実現方法を明らかにすることを目的とする．

¹ 第一工業大学

2. 関連研究

2.1 高齢者向け Playware

Ijsselsteijn らは、高齢者向けのデジタルゲームに求められる設計を体系的にまとめている[6]. 彼らの研究では、高齢者向けのゲームは、高齢者の視聴覚、身体運動、認知機能の低下を考慮して、それらに適応するようにインターフェースを設計する必要性を示している. また、使いやすいだけのゲームではキラーアプリにはならず、高齢者の興味があることができるものである必要があると述べている. そして、高齢者にとってゲームは、余暇を楽しく過ごすため、ソーシャルインタラクションのため、身体および認知機能の維持向上のために良い役割を果たすと述べている.

筆者らは、高齢者が子供とのコミュニケーションに強い興味を持っており、それを可能とすることによって高齢者が Playware を使用するモチベーションになると考えている. また高齢者にとっては、モニターを見るゲームよりも、現実空間で実体のある対象を用いたゲームのほうが理解しやすく、楽しめると考え、設計を行った.

2.2 非対称 Playware

一緒に遊ぶ各ユーザに対して、その遊びにおいて違う役割を与える性質、異なる操作インタフェース、フィードバック情報を与える性質を持つ Playware を示す概念として、非対称 Playware が考案されている[7][8][9][10][11][12][13].

Scott らの研究[7][8][9][10]では、遠隔地にいる相手と共同して、惑星を探索するゲームを実装している. このシステムでは、あるプレイヤーは屋外で実際に体を動かして走ることによってゲーム中の惑星探索者を移動させ、もう一方のプレイヤーはそのプレイヤーを仮想空間内のドローンで追従してそのユーザを補助する役割を担っている. Li らは、HMD をつけたプレイヤー、HMD のコントローラが付いたプロジェクタをもった物理空間で遊ぶプレイヤー、タブレット

PC を操作するプレイヤーの 3 人で遊ぶゲームを提案し、実装している[11]. これらの研究では、Playware を対戦型にするよりも、各ユーザに違う役割をもたせた協調型にする方が、ユーザ間の親密度が高まることが明らかにされている.

Gerling らの研究では、身体に障害があり車椅子で生活している人と健常者が一緒に遊べるダンスゲームを実装し、非対称性がユーザたちにもたらす影響を調査した[14]. この研究では、車椅子の人と健常者の人とで難易度を調整することで、両者が楽しめるようになることが明らかにされている.

これらの研究を踏まえ、本研究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.

3. 試作したシステム

3.1 システムの概要

本システムの概要を図 3 に示す. 一方のユーザが存在する空間のテーブルの上に、ロボットの移動空間となる専用の走行マットを設置し、その上に移動ロボット 2 体を置く. そのうちの 1 体は、テーブルの手前に座ったユーザがコントローラで操作を行い、もう 1 体は遠隔地のユーザがコントローラで操作を行う. 本論文では以降、目の前の実体ロボットを操作する空間を直接操作空間、遠隔地から操作を行う空間をデジタルツイン操作空間と呼ぶ. 直接操作空間の走行マット上の 2 体のロボットの位置は、リアルタイムでインターネットを経由してデジタルツイン操作空間にある PC 上で動作しているソフトウェア(デジタルツインソフ

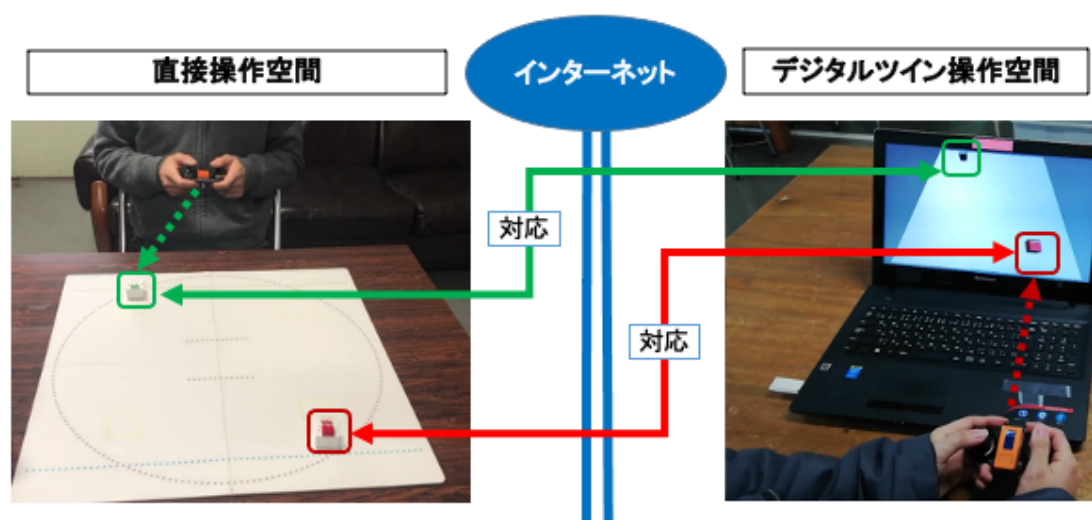


図 1 システムの概要

Figure 1 Overview of our system.

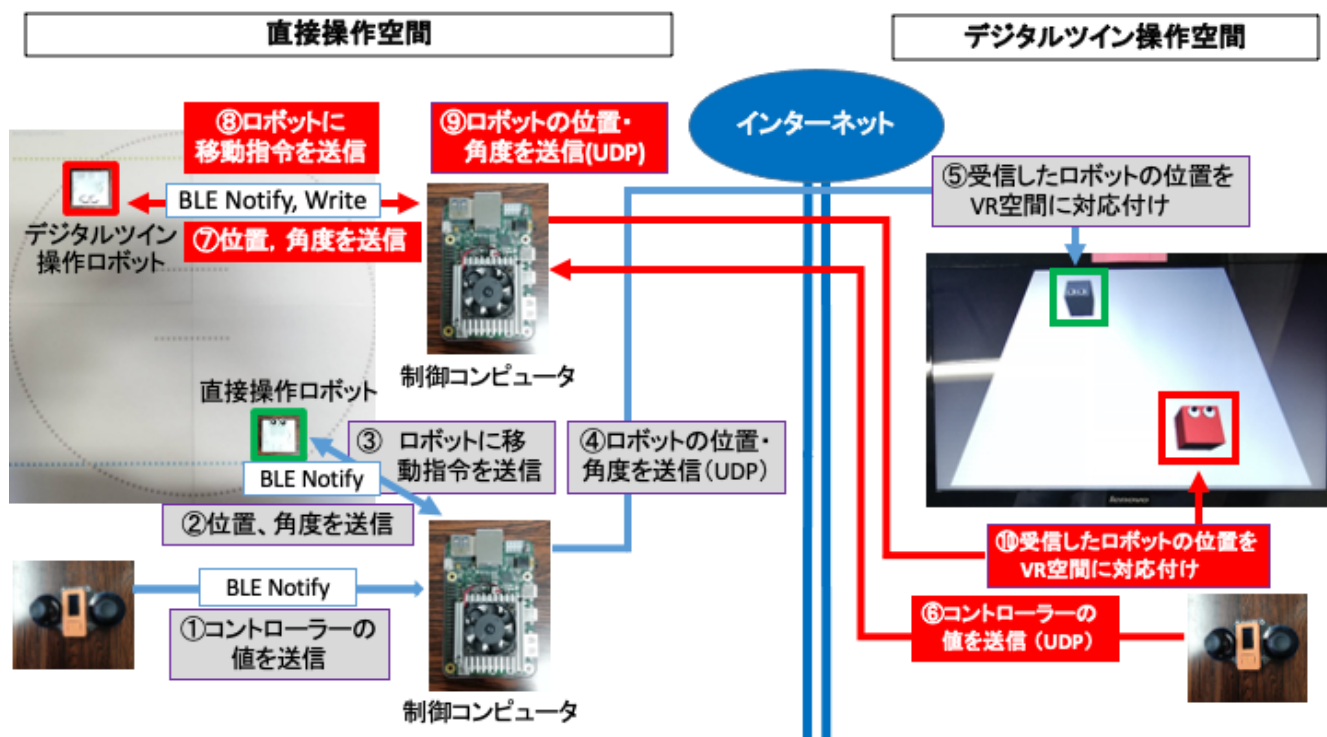


図 2 システムの詳細

Figure 2 Detail of our system.

ト)に送られ、2体のロボットの走行マット上の位置、向きを再現したCGが描画される。このように、直接操作空間のユーザは2体のロボットの実体を直接目視して操作を行い、デジタルツイン空間のユーザは、それらのロボットの実体のCGを見ながらロボットの操作を行う。

3.2 システムの詳細

システムの詳細な構成を、図2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[16]に、同社製のJoyC[17]を接続して実装した。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に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[18]を2台使用し、それらが別々のtoioの制御を担当するようにした。

また、ロボットにはソニー株式会社のtoio[15]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、デジタルツイン空間ソフトにロボットのx座標、y座標、ボディの角度をUDPで送信し、デジタルツイン空間ソフトがそれらに対応するように各ロボットのCGを描画する。

デジタルツイン操作空間のユーザが操作するコントローラのマイコンは、そのジョイスティックの操作方向ベクトルの角度とノルムを、UDPで直接操作空間の対応するロボットの制御コンピュータに送り、ロボットの制御指令値の計算に用いる。

本システムにおけるロボットの移動制御は、筆者らの先行研究[19][20]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3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。

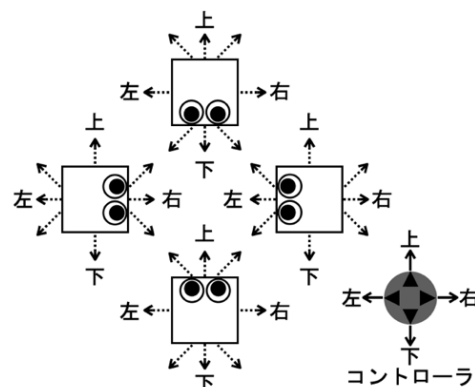


図 3 コントローラ操作とロボットの移動方向の対応

Figure 3 Direction of robot movement and the controller.

4. 評価実験

4.1 実験の内容と手順

実験には 10 代後半と 20 代の大学生の被験者 16 名が参加した。実験は 1 人ずつ実施した。図 4 のように走行マット上の 4 箇所 A, B, C, D のマーカを付け、各被験者に直接操作とデジタルツイン操作のそれぞれで、図 5 のようにロボットの操作を行ってもらった。図 5 のロボットの位置は初期値を示し、各被験者はそこから 1,2,3,4 の矢印の順に移動して 4 つのマーカをたどる。

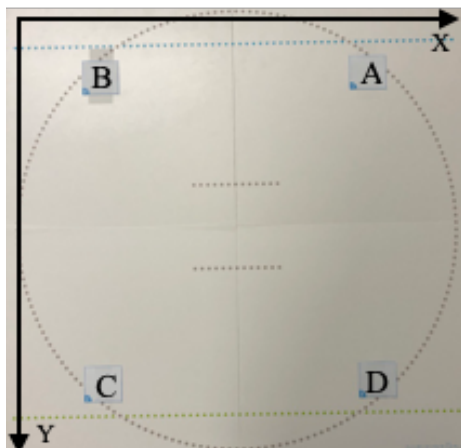


図 4 走行マット上のマーカ位置

Figure 4 Position of the marker on the running mat.

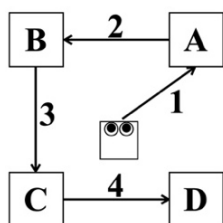


図 5 実験時の走行ルート

Figure 5 Running route of the experiment.

toio のサイズは縦 31.8mm, 横 31.8mm, 高さ 24.3mm で、各マーカのサイズは縦横 45mm の正方形で、toio のサイズより一回り大きいものを用いた。A-B, B-C, C-D, D-A 間のマーカの中心と中心の距離は全て約 290mm に統一し、A-C, B-D 間のそれは 395mm に統一した。また、ロボットが直進している時に左右のモータそれぞれに指令値 50 を指定した時の速度、すなわち走行時の最高速度は約 70mm/s である。

各被験者はまず、直接操作または デジタルツイン操作のいずれかの操作方法でロボットの走行の練習を約 3 分間実施した。その後、練習した操作方法で図 5 の通り走行させてもらった。引き続き、最初に実施した操作方法とは異

なる操作手法で、約 3 分間走行練習し、同様に図 5 の走行を行ってもらった。なお、練習走行時には被験者にはマーカの位置がわからないように、直接操作の際には走行マットの裏面、デジタルツイン操作の際にはマーカの CG 表示を消した。また、直接操作、デジタルツイン操作の実施順序による結果への影響を排除するために、実施順序は被験者全体でカウンターバランスを取った。ロボットが各マーカの上に到達すると、直接操作空間ではロボットが電子音を出力し、デジタルツイン操作空間では PC から同様の電子音を出力するようにした。これによって被験者はそのマーカまで到達できたか否かを認識することができ、到達したことを確実に確認してから次のマーカへの移動を開始した。

以上の手順で、実験開始の音を鳴らしてから、最後のマーカに到達するまでの移動経路、時間をプログラムによって計測し、ファイルに記録した。

4.2 タスク完了までに要した時間の結果

各操作方法において、実験の走行完了までに要した時間を集計した箱ひげ図を図 6 に、全被験者の時間を図 7 に示す。

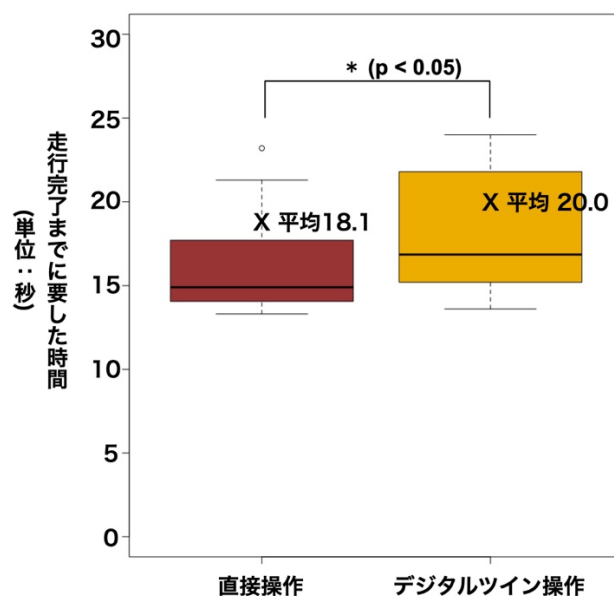


図 6 実験の結果

Figure 6 Result of experiment.

これらの図から、各被験者は両操作手法においてほぼ同程度にタスクを遂行することができること、デジタルツイン操作よりも直接操作の方がやや速くタスクを完了できることが読み取れる。

次に、両操作手法のタスク完了までの間に統計的な有意差があるか検定をおこなった。まず各操作条件のデータの母集団が正規分布に従っているかを、Shapiro-Wilk 検定で確かめた。検定の結果、 $p < 0.01^{**}$ で正規分布に従わなかつ

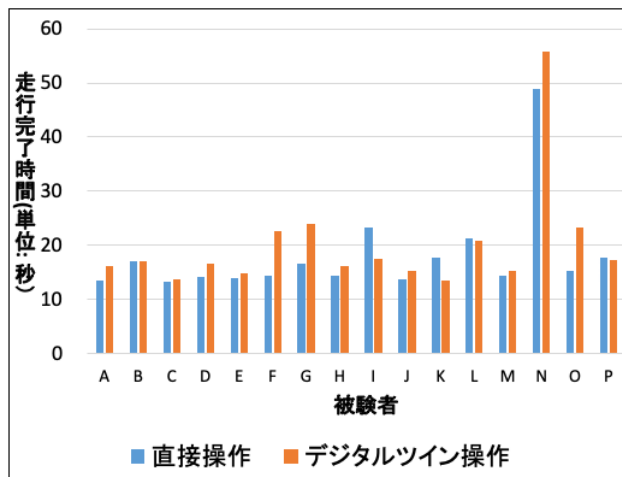


図 7 各被験者の結果
Figure 7 Result of all subject.

た. 次にこの結果を踏まえ, Wilcoxon の符号順位和検定によって, 直接操作とデジタルツイン操作の走行完了時間の中央値に差があるか検定を行った. 検定の結果, $p < 0.05^*$ で有意差が見られた.

4.3 操作性の印象評価の結果

実験終了後に全被験者に対して実施したアンケートの結果を図 8 に示す. 「どちらの方が操作しやすかったですか?」という質問に対して, 「どちらも同じくらい」と答えた被験者が 50%であったが, 「デジタルツイン操作」と答えた被験者も 38%存在していた. 図 6, 図 7 に示したタスク完了時間では, 直接操作の結果がより良かったにも関わらず, デジタルツイン操作の方が操作しやすいと回答する被験者が多く存在していることは注目すべき結果である. 結果と矛盾するように思えるが, これについての考察は次章で行う.

以上の結果をまとめると, 本実験においては, 被験者は直接操作のほうがタスクをやや速く遂行することができる一方で, 操作はデジタルツイン操作の方がしやすかった.

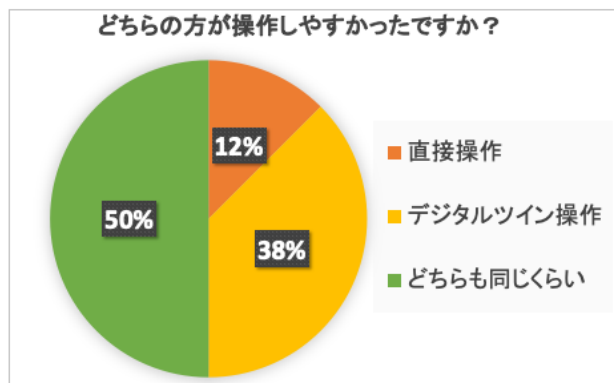


図 8 アンケートの結果
Figure 8 Result of questionnaire.

4.4 ロボットの実体とデジタルツインの対応の正確性

デジタルツイン操作の実験時における, 各被験者が操作を多量にこなしたロボットの実体の走行マット上の位置と, そのデジタルツインの仮想空間内の走行マット上の位置をプロットしたものを図 9 に示す. この結果からデジタルツインも, 実体のロボットとほぼ同一の動きを実現できていることが分かる.

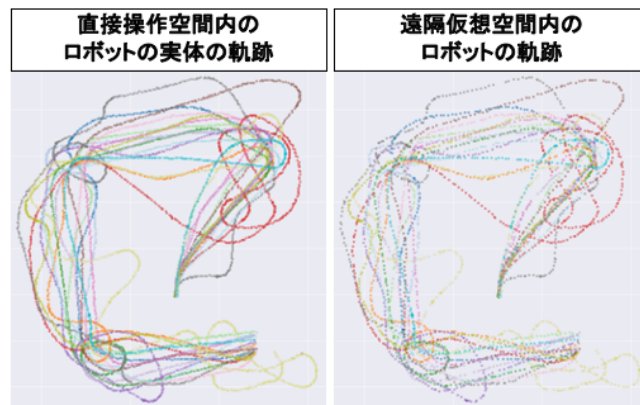


図 9 実体とデジタルツインの軌跡
Figure 9 Trail of robot and the digital twin.

5. デジタルツインの操作性と実体動作の正確性についての関係

4 章で示した実験において, 直接操作の方がデジタルツイン操作よりもタスクの完了は速かったにも関わらず, アンケート調査ではデジタルツイン操作の方が操作しやすかったと答える被験者が多かったことについて, 調査, 考察を行った.

4 章で示した実験時のシステムにおいて, デジタルツイン操作空間におけるロボットの CG の走行マットの CG に対するサイズの比率は, 直接操作空間におけるロボットの实体に対する走行マットの比率の約 1.7 倍になってしまっていた. この事実が, 次に示すようにデジタルツインの操作性に最も影響を与えていた原因と考えられる.

5.1 フィッツの法則による解釈

Fitts's law[21]では, ある対象 A を目標 B までに移動させるのにかかる時間は, A から B までの距離が大きいほど大きくなり, B の幅が小さいほど大きくなることを述べている. Fitts's law は, $T = a + b \cdot ID, ID = \log_2 \left(\frac{D}{W} + 1 \right)$ と表される. この式における D が対象 A から目標 B までの距離, W が目標 B の幅である. 本実験においては, デジタルツインの仮想空間上の大きさの比率が, その実体の現実空間上の大きさの比率よりも大きくなることで, 目標物であるマーカまでの距離, すなわち上の式の D について被験者が短く感じていたと考えられる.

5.2 本研究における解釈

デジタルツインのサイズは、図 10 のようにユーザの操作性に影響を与えると考えられる。この図において、 d は直接操作空間でユーザが操作した時の実体ロボットの動きと、ユーザが意図した動きの差とする。そして W をデジタルツインのサイズとする。ここでは、 W_1, W_2, W_3 の 3 つのデジタルツインのサイズを例示している。デジタルツインは CG で描画されるため、自由にサイズ変更が可能である。デジタルツインのサイズが大きくなる時、ユーザはロボットの実体の動きのブレを感じにくくなると考えられる。一方でぶれを感じにくくなってしまっているため、デジタルツインを操作した時の実体ロボットの動きは正確でなくなる。反対にデジタルツインのサイズが小さくなる時、ユーザはロボットのぶれを感じやすくなり、操作を難しく感じるが、実体ロボットの動きは正確になる。すなわち W/d は、ロボットのぶれの感じにくさを表し、この値が大きいほどユーザはずれを感じにくくなり、操作性が良く感じる。反対に、 d/W はロボットのぶれの感じやすさを表す。

このように、デジタルツインのサイズを変えることによって、デジタルツイン空間でユーザを感じる操作の難易度と、実体ロボットの動きの正確性を調整することができよう。これを活用することによって、高齢者と子供等、操作スキルに差があるユーザ間が共に Playware を楽しめるような調整に应用が可能であると考えられる。

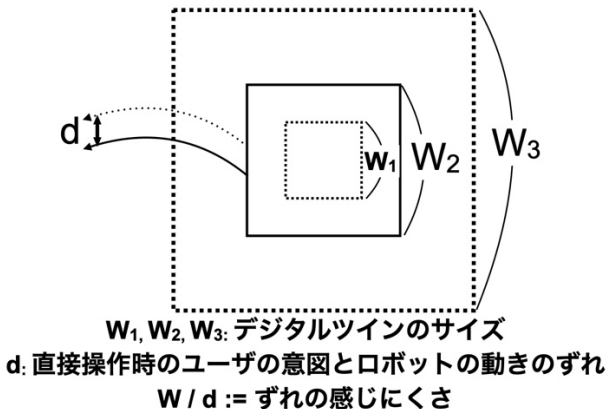


図 10 デジタルツインのサイズとずれの感じ方

Figure 10 Relation between the width of the digital twin and perception of user about gap.

6. 本システムの応用

本研究では、開発したシステムの基礎的な性能、および操作性の評価を行った。本システムをベースとし、次のような応用が可能であると考えられる。

6.1 デジタルツイン空間の意図的な変形

デジタルツインのサイズを変える応用については、5 章で述べた。それ以外にも、図 11 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。

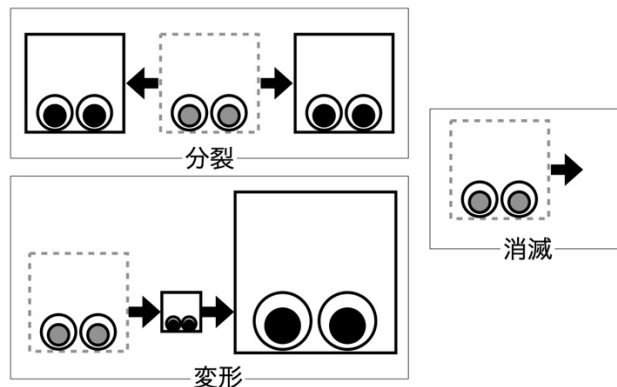


図 11 デジタルツインの意図的な変形

Figure 11 Intentional transformation of the digital twin.

6.2 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 12 に示す。操作の非対称性は失われるが、図 13 のような構成も可能である。

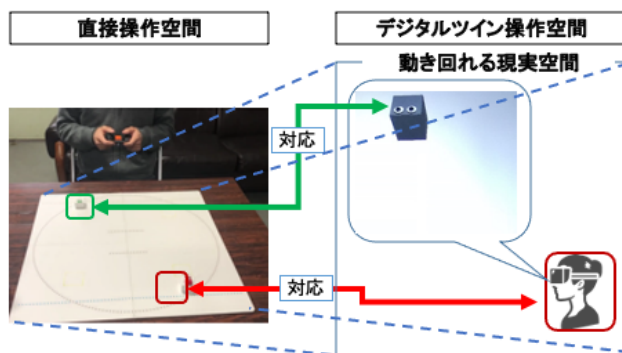


図 12 デジタルツイン空間への没入

Figure 12 Immersion in a digital twin space.

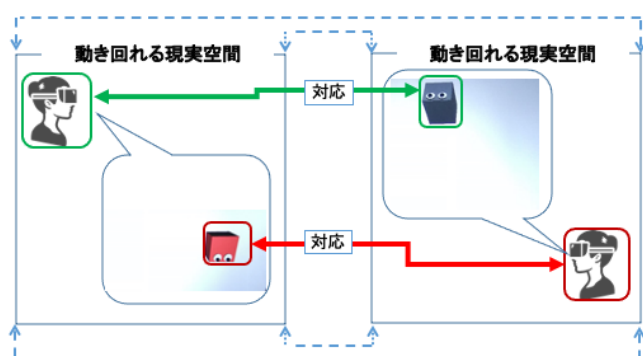


図 13 デジタルツイン空間への両者の没入

Figure 13 Immersion of both parties in the digital twin space.

6.3 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 14 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。6.2 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。

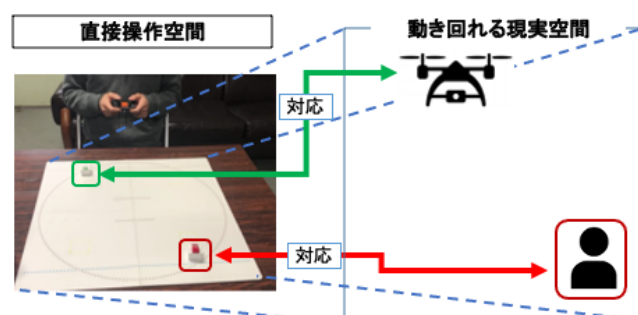


図 14 実体空間同士の対応づけ

Figure 14 Mapping between entity spaces.

7. まとめと今後の課題

本研究では、一緒に遊ぶユーザが遠隔地間にいながら、一方のユーザは目の前に実体のある移動ロボットを、他方のユーザは遠隔地から遠隔地に実体のある移動ロボットをコンピュータ上に表示された仮想空間を見ながら操作する Playware の試作を行い、その実現方法の一例を示した。また、利用者による評価実験を行い、その基本的な性能、使いやすさの調査を行った。

本研究の評価実験は 20 代の被験者に対しておこなったものであり、今後高齢者、子供に対しても評価実験を行う必要がある。また、本システムをプラットフォームとして、様々なアプリケーション、コンテンツを開発、実装し、そ

れらが利用者の感情にポジティブな影響を与えるかについて調査を進める予定である。

謝辞 本研究は、公益財団法人日本ゲーム文化振興財団の令和 2 年度ゲームクリエイター助成制度(採択課題名:「高齢者と子供を繋ぐロボットサッカーゲーム」)の支援を受けた。また、本研究の実験に協力して頂いた被験者に深く感謝する。

参考文献

- [1] “内閣府 平成 24 年版高齢社会白書(全体版)”, https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2012/zenbun/sl_1_1_02.html, (参照 2021-2-9).
- [2] “厚生労働省 認知症の人の将来推計について”, <https://www.mhlw.go.jp/content/000524702.pdf>, (参照 2021-2-9).
- [3] “厚生労働省 平成 30 年度児童相談所での児童虐待相談対応件数<速報値>”, <https://www.mhlw.go.jp/content/11901000/000533886.pdf>, (参照 2021-2-10)
- [4] “厚生労働省 児童虐待による死亡事例の推移(児童数)”, <https://www.mhlw.go.jp/content/11901000/000533885.pdf>, (参照 2021-2-10)
- [5] Lund, H., Jessen, T. and Carsten., J. Playware technology for physically activating play. *Artificial Life and Robotics*. 2005, No.9, p. 165-174.
- [6] Ijsselstein, W., Nap, H., Kort, Y. and Poels, K. Digital game design for elderly users. In *Proceedings of the 2007 conference on Future Play*, 2007, p.17-22.
- [7] Harris, J., Hancock, M. and Scott, S. Beam Me ‘Round, Scotty!: Exploring the effect of interdependence in asymmetric cooperative games. *Proc. of ACM SIGCHI annual symposium on Computer-Human Interaction in Play*. 2014.
- [8] Harris, J., Hancock, M. and Scott, S. "Beam Me 'Round, Scotty!": Studying Asymmetry and Interdependence in a Prototype Cooperative Game. In *Proceedings of the 2015 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, 2015.
- [9] Harris, J., Hancock, M. and Scott, S. Leveraging Asymmetries in Multiplayer Games: Investigating Design Elements of Interdependent Play. In *Proceedings of the 2016 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, 2016.
- [10] Haqq, D. and Scott, S. Playing Together while Apart: Exploring Asymmetric and Interdependent Games for Remote Play. In *Extended Abstracts of the 2020 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, 2020.
- [11] Li, J., Deng, H. and Michalatos, P., CatEscape: An Asymmetrical Multiplatform Game Connecting Virtual, Augmented and Physical World. In *Extended Abstracts Publication of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, 2017, p. 585-590.
- [12] Day, T., Gray, R., Liu, W., Rank, S. Dean, P., Chen, S. and Garzon, J. Torchless: Asymmetry in a Shared Screen Dungeon Crawler. In *Proceedings of the 2016 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play Companion Extended Abstract*, 2016, p.47-53.
- [13] Gandolfi, E. You have got a (different) friend in me: Asymmetrical roles in gaming as potential ambassadors of computational and cooperative thinking. *ELearning and Digital Media*, 2018, p.128-145.
- [14] Gerling, K., et al. Effects of balancing for physical abilities on player performance, experience and self- esteem in exergames. *Proc. of SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. CHI '14, 2014.

- [15] “ソニー株式会社 toio” . <https://toio.io/>, (参照 2021-2-10)
- [16] “M5StickC” . <https://m5stack.com/collections/m5-core/products/stick-c>, (参照 2021-2-11).
- [17] “JoyC” . https://m5stack.com/products/joyc-w-o-m5stickc?_pos=6&_sid=495ea8d2b&_ss=r, (参照 2021-2-11).
- [18] “Coral Devboard” . <https://coral.ai/products/dev-board/> (参照 2021-2-11).
- [19] 渋沢良太, 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.
- [20] 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.
- [21] Paul M. Fitts, The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. 1954, Journal of Experimental Psychology, Vol. 47, No. 6, p. 381-391.