

複合現実空間における「はんだづけ迷路」コンテンツの提案

～はんだづけの体験を経てモノづくりの魅力を伝える～

宇治 伶奈^{1,a)} 辻岡 光莉^{1,b)} 村上 真奈美^{1,c)} 大井 翔^{1,d)} 元村 慎太郎^{2,e)} 井原 章之^{2,f)}

概要：近年、デジタル化の進展や生活様式の変化により、子どもが身体を用いて試行錯誤する体験や、ものづくりに主体的に関わる機会が減少している。このような体験の不足は、挑戦を避ける意識の形成や、将来的な創造力・問題解決力の低下につながる可能性が指摘されている。ひらかた地域産業クラスター研究会が実践している不器用ファクトリは、これらの課題に対し、「不器用でも大丈夫」という価値観のもと、地域企業の技術を体験的に共有する取り組みを行っている。本研究では、不器用ファクトリの取り組みの一環として、MR 技術を活用したはんだづけ疑似体験システムを提案する。提案システムでは、MR 空間上ではんだやこてを仮想的に操作し、迷路構築や協調的な課題解決といったゲーム性を取り入れることで、安全性を確保しつつ、子どもが楽しみながら主体的に学べる体験の実現を目指す。

1. はじめに

近年、子どもを取り巻く学習環境や遊びの在り方は大きく変化しており、デジタル化の進展や生活様式の変化により、身体を用いて試行錯誤する体験や、ものづくりに主体的に関わる機会が減少していることが指摘されている。文部科学省や子ども家庭庁の調査においても、自然体験や創作体験の減少が子どもの成長や学習意欲に影響を与える可能性 [1], [2] が示されており、特に「うまくできない経験」や「失敗する過程」を通じた学びの不足が課題として挙げられている。その結果として、「できない＝やらない」という意識が形成され、挑戦そのものを避ける傾向が強まっていることが問題視されている。このような、技術や仕組みに触れる機会の喪失は、将来の創造力と問題解決力の課題に繋がるとの報告もある [3]。

一方で、地域社会に目を向けると、中小のものづくり企業が有する高度な技術や暗黙知が、次世代に十分に伝わっていないという課題が存在する。特に北大阪地域を中心とした地域産業においては、人材不足や後継者問題に加え、自社の技術的価値や魅力をどのように社会に伝えるかという「伝え方」の断絶が顕在化している。このような状況に



図 1 本システムの概要

対して、ひらかた地域産業クラスター研究会は、「不器用でも大丈夫」という価値観の、地域企業の技術を体験的に共有する取り組みを実施している^{*1}。不器用ファクトリは、企業、地域、子どもをつなぐオープンファクトリー型の活動であり、これまで多数の来場者と参画企業を集め、ものづくりの魅力を社会に発信してきた実績を持つ。

しかしながら、実際の現場でのものづくり体験には、火傷や工具の扱いといった安全面の制約が伴い、年齢や経験に応じた体験設計が難しいという課題がある。特に、はんだづけのような電子工作は、高度な技術体験である一方、安全管理や設備面の理由から、子どもが気軽に体験できる機会は限られている。この課題に対する一つの解決策として、複合現実 (Mixed Reality : MR) 技術を用いた疑似体験環境が注目されている。MR を用いることで、現実世界の危険性を回避しつつ、身体動作を伴う体験や協調作業を安全に提供することが可能となる。

本研究は、ステークホルダーであるひらかた地域産業クラスター研究会が実施している不器用ファクトリの課題に

^{*1} <https://bukiyofactory.osaka/>

¹ 大阪工業大学

² 国立研究開発法人情報通信研究機構

a) reina.uji@mix-lab.net

b) hikari.tsujioka@mix-lab.net

c) manami.murakami@mix-lab.net

d) sho.ooi@outlook.jp

e) s.motomura@nict.go.jp

f) t-ihara@nict.go.jp

対して、図1に示すようにMR空間上においてはんだやこてを仮想的に扱い、迷路構築や協調的な課題解決といったゲーム性を取り入れることで、子どもが「楽しみながら学ぶ」体験を実現することを目指す。

2. 関連研究

VRやAR、MRなど、様々な形態のXR（クロスリアリティ）技術を活用した技術や職業訓練に関する研究として、工業高校の生徒を対象に、溶接をXR空間で体験できるシステムを提案している [4], [5], [6]。XR技術を活用することで、実際の危険を伴う溶接作業を安全に学習導入ができ、効果的であると報告されている。また、清酒の製造方法をVRを使って学習するシステムも提案されており、学習意欲の向上や知識理解について向上することが報告されている [7]。このように、XRを使った教育は、安全でかつ普段は体験のすることのできない体験を簡単に体験することができることで注目を集めている。一方で、XR機器を使う場合には、XR機器自体の導入・運用コストや教員の習熟が必要となる課題が挙げられている。また、VRゴーグルやMRゴーグルの課題としては、装着しているユーザ以外は体験者の様子を見ることが困難であると指摘されている。

3. ものづくり体験システムについて

3.1 複合現実での利点と課題

複合現実を使ったものづくり体験は、火傷や工具の扱いといった安全面の観点からも子どもが気軽に体験できる [4], [5], [6]。また、仮想現実（Virtual Reality：VR）とは違い、現実世界にオブジェクトを重畳させることができるために、実世界で作業を行っている感覚もある。一方で、複合現実のテクノロジーには課題もある。体験者はゴーグルを装着する必要があるため、体験者以外がゴーグルを装着せずに状況を把握することは容易でない。MRゴーグルであるHoloLens2では、ゴーグル装着者視点での映像をネットワークを使用して転送し表示することはできるが、体験者視点での映像であるため、その映像の視聴者が酔ってしまう問題がある。また、ネットワーク環境に依存した遅延が生じてしまう問題もある。

このような課題に対して井原らは近年、複数のデバイスをネットワークで接続してMRの世界を共有する、マルチデバイス型の複合現実システムを開発している [8]。2025年にはwebRTCと組み合わせる手法も開発し、遠隔地から参加する際の映像品質を向上させることにも成功した [9]。このシステムでは、ゴーグル未装着者もPCを使用して同様の仮想空間を共有することができる。また、図2に示すように、360度カメラのリアルタイム映像を背景として描画することで、MR体験者とPC体験者が同じ空間かつ実世界のフィールドを活用することができる。これらの機能



図2 360度カメラ映像でMR体験者とPC体験者が共有しているシーン（PC体験者側の視点）

を組み合わせることによって、MR体験者とPC体験者が複数人で同時にコンテンツを体験することが可能となる。

本研究において我々は、このシステムを活用して、複数人の子供たちが協力しつつ企業の技術体験ができ、さらにゲーム性も取り入れた体験コンテンツである「ソルナビ」を開発することを提案し、実際にプロトタイプシステムの作成に着手した。

3.2 はんだづけ迷路ゲーム

本研究で提案する「はんだづけ迷路ゲーム」は、「不器用でも大丈夫」の価値観を基に、モノづくりに興味を持ってもらうために、提案したゲーム性のあるシステムである。迷路をゲーム要素として採用した理由は、電子回路における信号の流れや接続構造を、ユーザが直感的に理解できる形で表現するためである。電子回路内の信号伝達を經由して目的地に到達する点で迷路構造と類似しており、迷路探索という形で抽象的な回路動作を覚的・体験的に提示できる。これにより、MR空間で行ったはんだづけ作業の結果が、PC上の迷路攻略という形でフィードバックされ、作業結果とシステム挙動の因果関係を理解しやすくなると考えられる。また、迷路は子どもでもルールを知っているため、ルールをあらたに理解する必要がなく、PC側の操作をすぐに始めることができる。本システムでは、体験するユーザはMR側とPC側の2種類がある。MR側が「はんだこて」と「はんだ」を模したオブジェクトを使って迷路上にある分かれ道などに、はんだづけすることではんだの壁を作り、PC体験者をサポートする。一方で、PC体験者はプレイヤーキャラクタ（赤い箱）を操作して、制限時間内に迷路を脱出する。

3.2.1 MR側での操作

MR体験者は、迷路を俯瞰的に見ることができる。MR体験者は、迷路上ではんだづけを行うことで、はんだ壁を作ることができる。これにより、PC側のプレイヤーが道に迷っている場合にサポートすることができる。図3にMR側ではんだづけをしているシーンを示す。はんだは青

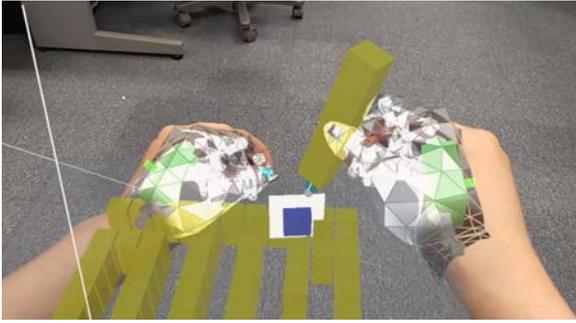


図 3 MR 空間ではんだづけを行っているシーン

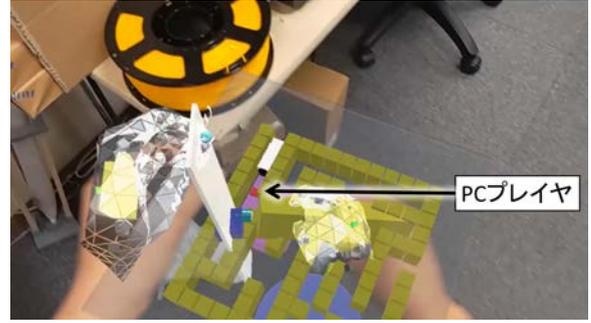


図 6 MR ゴーグルで実験している様子. PC 参加者が分かれ道で迷っているところを MR 参加者がはんだづけで間違っただ道を防いでいる瞬間



図 4 MR 空間ではんだづけの先端を触り爆発しているシーン

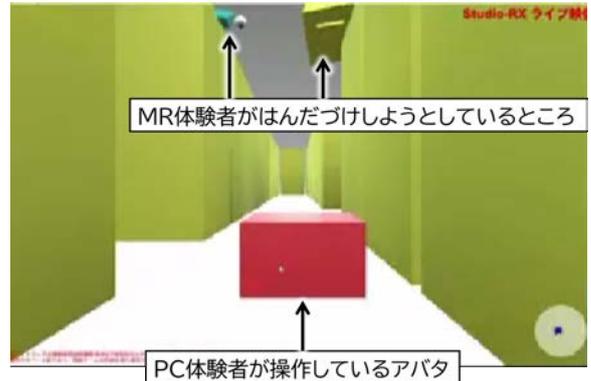


図 7 PC で実験している様子. MR 体験者がはんだづけを目の前で行い、壁を作ってくれているシーン.

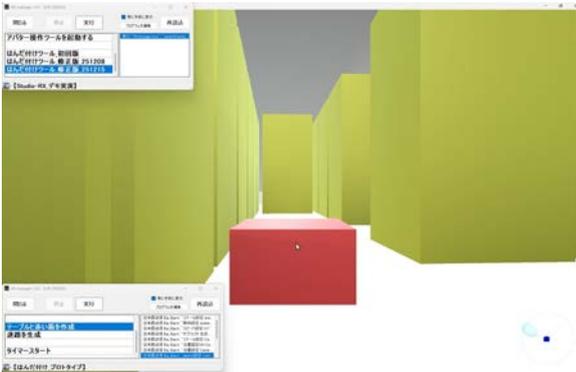


図 5 PC 側での操作画面

い箱で示しており、はんだごては黄色のオブジェクトで疑似的に表現をしている。

また、はんだづけの危険性を表現するために、図 4 に示すように MR 側の体験者がはんだの先端部分を触ると爆発するというエフェクトで表現することとした。

3.2.2 PC 側での操作画面

PC 体験者は、迷路を抜けるキャラクター（赤い箱）を操作することとする。図 5 に PC 側の操作シーンを示す。迷路はいくつかの分かれ道があり、MR 体験者が PC 体験者と協力しながらゴールを目指すことになる。

4. 実験

実験として、本研究では 5 名の大学生を対象に実験を実施した。実験参加者に対して実施した事前アンケートの結果を表 1 に示す。

実験参加者は、MR 操作を行う人、PC 操作を行う人にわかれて体験を行った。実験中の様子を図 6, 7 に示す。

実験の参加にあたり、MR 体験者および PC 体験者それぞれに対して事前に操作説明を行った後に実験を行った。

MR 体験者への事前説明

まず、MR ゴーグルを装着してください。空間内にある黄色の直方体が「はんだごて」、半透明の板に青い箱がついている道具が「はんだ」です。それぞれを持ってください。はんだの真ん中に配置されている青い箱に、はんだごての先端を当てることで、はんだづけが行われ、新しい箱が生成されます。練習として、迷路が生成されている空間とは離れた場所で、はんだづけの練習を実施してみてください。

PC 体験者への事前説明

これから、赤い箱のキャラクターを操作してもらい、迷路に挑戦していただきます。迷路には複数の経路があり、MR 側ではんだを持っている体験者と協力して、迷路を攻略してもらいます。制限時間は 2 分間で、操作方法は、方向キーの左右で視点を移動させ、上下キーでその方向に直線的に進むことができます。まずは、迷路の周囲を一周してみてください。

表 1 実験参加者の事前アンケートの結果

参加者	モノづくりに関して (1: 全く興味がないー 5: とても興味がある)	はんだづけの 経験	はんだづけの 経験回数	MR の体験	新しいことに取り組むとき、 成功する喜びよりも 「失敗したらどうしよう」 という不安について (1: とてもある - 5: まったくない)
A	3	ない	0 回	ない	4
B	3	ある	1 回	ない	4
C	3	ある	1 回	ある	2
D	4	ある	1 回	ある	2
E	3	ある	1 回	ある	3

表 2 実験参加者の事後アンケートの結果

どちらを体験しましたか	MR (参加者 B)	MR (参加者 C)	MR (参加者 D)	MR (参加者 E)	PC (参加者 A)	PC (参加者 D)	PC (参加者 E)
本システムの操作性について (1: とてもしにくいー 4: とてもしやすい)	3	3	2	2	2	3	3
本システムについて (1: とてもつまらないー 4: とても楽しかった)	4	3	4	3	3	4	4
本システムでの疑似体験について (1: まったくできなかったー 4: とてもできた)	2	3	3	1	—	—	—
挑戦することに対する意識について (1: 全く変化なしー 4: とても変化した)	1	2	3	3	1	3	3
システム体験中の失敗回数	0 回	0 回	2 回	2 回	0 回	0 回	1 回



図 8 実験中の全体の様子

さらに、制限時間 1 分 30 秒を設けて両グループの参加者は同じ部屋から同時にプレイを開始し、体験中にお互いに会話をしないようにした。練習が終わった後に、各参加者に確認をしたのちにゲームをスタートした (図 8)。

5. 結果と考察

表 2 に「はんだづけ迷路ゲーム」を体験してもらった後に実施したアンケートの結果を示す。

まず、MR 体験者について、本システムの操作性は 3 が 2 名と 2 が 2 名と肯定的な意見と否定的な意見が分かれる結果となり、自由記述には「仕組みは簡単だけど操作が難しく感じた。」や「はんだ付けで行き止まりの場所をふさぐ

のが難しかった (特に高さを合わせるのが難しかった)」などあった。これは、実際の動きを模した動作であったため仕組みなどは理解していたことで操作性の評価が肯定的であったと考える。次に、体験の楽しさも 4 が 2 名と 3 が 2 名と体験した人全員が肯定的な意見であり、自由記述には「協力戦で面白かった。」「どこにブロックを置けば正しく誘導できるか考えるのが楽しかった。置けるブロックに制限があるのか分からなかったからわくと嬉しい。」などあった。これは、はんだづけという本来は一人で体験する行動であるが迷路ゲームを協力することで楽しめる要素があったためと考える。一方で、疑似体験については、3 が 2 名いたが 2 と 1 が 1 名ずつ否定的な意見であり、自由記述には、「本物のはんだ付けよりも簡単で、疑似体験ができた。」と肯定的な意見があったが「はんだごて感はあまり感じられなかった。」や「あまりはんだ付けのイメージができなかった。」とあった。今回は単純なモデルなどを活用して再現したが、CG モデルなどリアルなオブジェクトを用意することで改善するのではないかと考える。最後に挑戦することに対する意識は 3 が 2 名、2 が 1 名、1 が 1 名の結果であり、自由記述には「ゲーム感が強かった。普段ゲームをして挑戦することへの意識が変化しないように、今回も体験して変化はなかった。」や「あまりはんだづけと思えなくて、ゲームという気持ちでやってしまった。」などあ

た。ゲーム要素が強かったため、技術的な体験とは異なる部分に意識が向いてしまったことが原因であると考えられる。

次に、PC 体験者について、本システムの操作性について3が2名と2が1名の結果であり、自由記述には「任意の方向に動くことができた。MR 側と操作場所が被ってしまった時に壁に埋まったようになって一時的に操作不能になってしまった。」や「自分の動きたい方向にストレスなく動くことができた。」などとあった。これは、MR 体験者との協力がうまくいかず、操作が困難になってしまったことが原因である。これは、PC 体験者のいるアバタ部分にははんだの壁オブジェクトを生成できないようにするなど改善する必要があることが分かった。次に、楽しさについては4が2名と3が1名でMR 体験と同様に全員が肯定的であり、「中に入って迷路を進むのが単純に楽しかった。MR との協力に関しては、MR 側が上手く操作できなかつたらしくほとんどなかった。それでもちょうどいい難易度くらいでクリア出来てしまったため、もう少し迷路を難しくしてもいいと思う。」「2人での体験でお互いの操作のおぼつかない感じなどが楽しかった。」とあった。迷路を攻略する楽しさなどはある一方で、迷路の難易度を設定する必要があることが分かった。PC 体験者にははんだづけの体験がないため、疑似体験の回答はなしとしている。最後に挑戦する意識については、3が2名と1が1名という結果であり、自由記述では「デジタル上の挑戦なので間違えてもやり直しができることが挑戦することに対する意識を変化させた。」や「新しいことで操作はおぼつかないが楽しいという体験ができるのでよかった」などあった。このことから、普段体験することがない操作を仮想空間上で失敗をしながらも何度もチャレンジすることができることが意識づけに繋がったと考えられる。

6. おわりに

本研究は、ステークホルダーであるひらかた地域産業クラスター研究会が実施している不器用ファクトリの課題に対して、MR 空間上においてははんだやこてを仮想的に扱い、迷路構築や協調的な課題解決といったゲーム性のあるシステムを開発した。実験として、3名の大学生にシステムを体験してもらい、アンケート調査を実施した。結果として、PC 体験者とMR 体験者において操作感の問題がないことが分かり、楽しさも高い結果であった。一方で、疑似体験感については、ゲーム要素が強く出てしまっていたことと、はんだこてなどのオブジェクトが簡易的なものであったことが原因で低い結果になり、はんだづけの疑似体験や火傷や工具の扱いといった安全面の教育的観点などで改善する必要があることが分かった。

今後は、実際にひらかた地域産業クラスターが実施している不器用ファクトリでの展示などを行い、子どもに体験してもらうことで、システムの有効性などを検証していく。

参考文献

- [1] 子ども家庭庁. こども・若者白書. (2025年4月29日参照).
- [2] 文部科学省. 子供の体験活動等に関する調査. (2025年4月29日参照).
- [3] 経済産業省. ものづくり白書. (2025年4月29日参照).
- [4] 倉田有佳子, 北澤武. VR教材を用いた溶接技術教育の実践と評価: 工業高校を対象として. 東京学芸大学紀要. 教職大学院, Vol. 75, pp. 61-69, 2024. 2024年2月29日.
- [5] 清水悠衣, 北澤武. 工業高校におけるバーチャル・リアリティを用いた溶接の学習の評価. 2021年度JSiSE学生研究発表会(四国地区). 教育システム情報学会, 3 2022.
- [6] D.Alfaro - Viquez, M.Zamora - Hernández, M.Fernández - Vega, J.García - Rodríguez, J.Azorín - López. Integrating virtual reality into welding training: An industry 5.0 approach. *Electronics*, Vol. 14, No. 10, p. 1964, 2025.
- [7] 西村泰長. VR動画の教育効果と活用について—工場見学におけるVR教材と動画教材との比較を通じて. 学校教育研究, Vol. 38, pp. 148-165, 2023.
- [8] 井原章之. マルチデバイス型Mixed Realityシステム: 活用事例と将来展望. パテント特集《2025 大阪・関西万博(第2弾)》, Vol. 78, No. 2, pp. 51-61, 2025.
- [9] 元村慎太郎, 井原章之. WebRTC活用型リアルタイム拡張仮想と複合現実の融合システム開発. 第30回日本バーチャルリアリティ学会大会, 2025.