

令和5年度職業能力開発論文コンクール 厚生労働大臣賞（特選）受賞

VR 技術を活用した射出成形技術の習得と安全作業に関する訓練実践

東京都立城南職業能力開発センター大田校 ※現 西日本工業大学 久保田 久和

大阪電気通信大学 ※現 三条市立大学 星野 実

泰興物産株式会社 丸田 陽

1. はじめに

近年では、ICT（Information and Communication Technology：情報通信技術）だけにとどまらず、IoT（Internet of Things：モノのインターネット）やビッグデータ、AI（Artificial Intelligence：人工知能）などを活用した第4次産業革命が注目を集めている。これらの先進的なデジタル技術の活用は、企業の生産性を向上させるとともに、新技術の開発などにより競争力をさらに強化することが指摘されている^[1]。厚生労働省が発表した「今後の人材開発政策の在り方に関する研究会報告書」では、Society5.0の実現に向けて、第4次産業革命に伴う技術革新の進展等に対応したデジタル技術を活用できる人材を育成していくため、ICTの活用を図っていく方針を打ち出している^[2]。また、「第11次職業能力開発基本計画」では、ITや新たな技術を活用した職業訓練を推進すべく「訓練内容の高度化や訓練実施の効率化を図るため、新たなIT技術（AR（Augmented Reality）・VR（Virtual Reality）技術を活用した訓練、受講管理システム等）の導入に向けて、訓練手法の開発・検証等を進める」とVR技術を導入していくことが示されている^[3]。さらに、文部科学省では、教育現場でICTを取り入れた遠隔教育の普及について、「先端技術の機能に応じた効果的な活用の在り方」の1つとして「遠隔・オンライン教育」と「VR」について

提示している。VRは「通常では経験できないことを疑似体験させることで、言葉や映像を通じた指導だけよりも、現実感をもった経験をすることでより効果的な学びを得ることができる」とされている^[4]。これらのことから、サイバー空間（仮想）とフィジカル（現実）空間を高度に融合させたシステムにより、経済の発展と社会的課題の解決を両立する人間中心の社会を目指すSociety5.0を実現するためにVR技術の活用が求められている。

そこで、VR技術の活用状況を調べてみると企業の設計・開発では製品の評価や検討に、製造現場では安全教育や作業教育に多く活用されている。企業の取り組み事例として、F社では製品設計時に作成される3Dモデルを活用して、設計領域におけるバーチャル検証（VDR）や製品製造時の検査における効率化や高度化を目指した取組を行っている^[5]。また、医療分野ではVR技術を用いた救急医療見学型臨床実習の報告がある^[6]。教育においては、大淵（2021）^[7]らは3Dモデル教材として実習施設モデルの仮想空間を開発している。機械加工実習場の旋盤を対象にして360度動画教材を作成している。今後は、VR環境のさらなる充実に加え複数の科目を連携させた実習教材を作成していくことを課題にしている。また、小野寺（2021）^[8]らはVR空間内で工作機械の加工操作訓練を可能とするシミュレーションシステムの開発を行っている。今後は、安定したシミュレーションを長時間実現するために、メッシュ結合などの方法を併せることなどを

課題としている。さらに、飯塚（2019）^{〔9〕}は「p.schooli- 親子で学べるオンラインプログラミングスクール」において「AI シリーズ Python から始める AI」という全 14 回のコースを VR 空間で作成し提供している。今後は、リカレント教育において各業界の著名人が作成した資料を別の人がアバターとして説明していく方式を検討するとしている。

これらの先行研究から VR 装置のさまざまな活用報告がなされているが、その効果を検証したものは少ない。そこで、本研究では、東京都の職業訓練施設で初めて導入された VR 装置を活用してプラスチック射出成形技術と安全作業を学ぶ実践報告と、VR の活用効果を検証することを目的とする。

2. VR 装置の概要

2.1 VR の定義

仮想現実 VR とは、Virtual Reality（バーチャルリアリティ）の略で、仮想世界を現実世界のように体験できる技術である。通常、専用のデバイスであるヘッドマウントディスプレイ（以下 HMD と記載）を通じて、CG や 360 度カメラによって作成された映像を体験するもので、高い臨場感と没入感が得られることが特徴である。

2.2 VR 装置

導入された VR 装置の構成を表 1 に示す。また、主要な機器になる HMD やコントローラー、360 度カメラを図 1 に示す。HMD でコンテンツを閲覧、視聴するには、これまで高度なプログラミング技術や専用の機械が必要であったが、360 度画像を撮影できるカメラの高解像度化や低価格化が進んだことで、VR 技術は身近になってきている。身に付ける VR 装置は、HMD と 2 つのコントローラーで構成されている。また、PC（データサーバー）に保存した 360 度カメラで撮影された映像や、編集したデータを HMD にて現実空間にいるかのように映し出すことができる。また、VR 空間内に動画や PDF ファイル、注意喚起を促すマーク等を追加することで訓練効果を高めることができるものになっている。

表 1 VR 機器一覧

	機器	メーカー	概要
①	HMD とコントローラー	M 社製	Meta Quest2
②	360 度カメラ	R 社製	THETA Z1
③	コンテンツ作成用ソフトと PC（データサーバー）	P 社製 M 社製	iVORi360 MousePro
④	タブレット	A 社製	iPad
⑤	Wi-Fi ルーターと通信環境	B 社製	WXR-5700AX7S

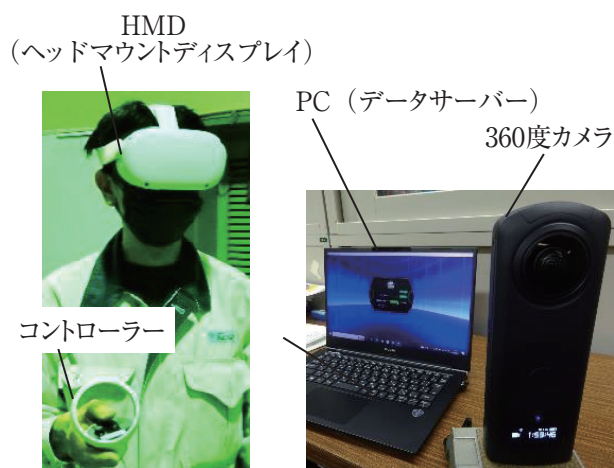


図 1 主要な VR 機器

2.3 VR 映像の特徴

以下に VR の特徴をまとめた。また、図 2 に HMD によって閲覧できる映像例を示す。

- ①現実の制約（人数、場所）に囚われないオブジェクト（HMD を通して閲覧する対象物）や環境をつくり出すことができる。
- ②同じ位置で全方位から対象オブジェクトを確認できる。また、スペースの制約がなく同じ視線でオブジェクトを視聴できる。さらに、人数の制限なしに時間と場所の共有が可能である。
- ③いつでもどこでも視聴可能で、オンライン訓練に活用できる。（インターネット通信環境が必要）
- ④仮想空間上に現実の空間を再現することにより、資料や画像などでは伝えづらいノウハウを伝えたり、現実では物理的に体験の難しい現象を視聴者に体験させることができる。

上記の特徴を踏まえ、訓練開始時の射出成形作業上の安全や射出成形の一連の工程、又は成形品を金型から取り出すロボット（以下、取り出し機と記載）

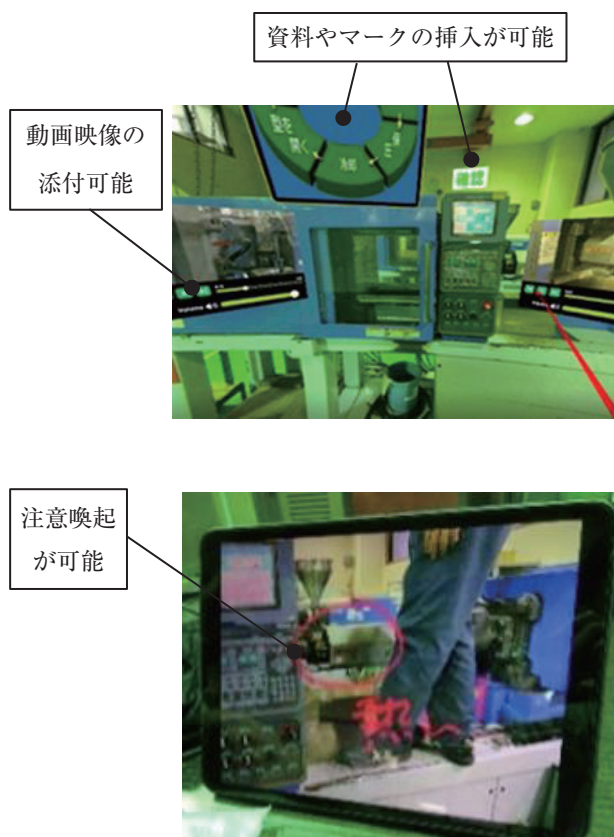


図2 VR映像例

について学ぶ訓練を実施した。取り出し機は、実習場に設置されておらず、さまざまな方向に素早く動くロボットアームの動きを理解するために、VRを活用する効果は大きいと考えた。

3. 訓練実践

3.1 実践期日と対象

2022年に東京都の中央・城北職業能力開発センター板橋校プラスチック成形・デザイン科で導入されたVR装置を活用して訓練を実施した。対象は、2022年度4月生10名、10月生9名になる。

3.2 プラスチック成形・デザイン科の概要

プラスチック成形・デザイン科は短期課程の6か月間の訓練で、射出成形機の操作技術を習得して就職を目指すコースになる。ここ数年、入校生が低迷しており指導現場から科目見直しの提案を行うことで見直しが実現した。板橋校の関連コースと連携を図り、新規科目が2022年4月からスタートした。

新規科目は、これまでの射出成形技術の習得に加え機械製造技術に関わるデジタル技術と、実習で製作した成形品に加飾を施すデザイン要素を加えた内容になっている。

3.3 訓練の概要

訓練は、新しく導入されたVR装置を活用して2回にわたって実施した。

1回目は、入校後の実技訓練に入る前に射出成形機を扱う上での安全と、射出成形の一連の工程を理解することを目的にVRを使用した。射出成形作業では、200～300°に昇温されるノズル部と、50～100tonの圧力がかかる型締め装置に注意が必要である。

2回目は、入校後5か月が過ぎた時期に射出成形機の周辺機器になる取り出し機に関する機能や、動作を理解する目的でVRを活用した。取り出し機については、成形された成形品や不要となるランナ・ゲートを取り出す機能や、取り出し機のロボットアームの動作範囲を理解することが重要になる。

3.4 訓練の流れ

実施した訓練の概要を表2に示す。

1回目は、安全衛生、プラスチック成形実習の訓練科目でそれぞれ3時限ずつ配当して実施した。これまで安全衛生の資料を基に説明した後に、実習場へ移動して実際の射出成形機の動作を見ながら確認していた。今回は、安全衛生の説明に加えVRで成形機の安全と成形作業の一連の工程を視聴した。その後、これまでと同様に実習場で実際の成形機の動作確認を行った。

2回目は、プラスチック成形実習の訓練科目で4時限配当して実施した。これまで射出成形に関するテキストと取り出し機の動きを撮影したVTR動画（以下、VTRと記載）を使用して行っていた。今回はVRとこれまでのVTRを併用して実施した。訓練はVRとVTRとの理解度を比較するために、クラスを半分に分け、始めVRで視聴するA班と、VTRで視聴するB班に分けて実施した（表2）。その後、VRとVTRの班を交替する要領で行った。

図 3 に VTR と VR を使用して訓練を行っている様子を示す。

表 2 訓練の概要

訓練実施時期	訓練項目	訓練の流れ		調査時期	訓練科目	時限数※
訓練開始 2 週目	成形作業の安全	1.VR 装置で説明 2. 実機で確認		調査① 調査②	安全衛生	3
	射出成形一連の工程理解				プラスチック成形実習	3
訓練開始 5 か月経過時	取り出し機の機能動作理解	A 班	B 班	調査③ 調査④	プラスチック成形実習	4
		1.VR	1.VTR			
		2.VTR	2.VR			

※ 1 時限：45 分



図 3 訓練風景 (上；VTR, 下；VR)

3.5 調査項目

調査①は、VR による視聴が終わった時に行った。調査①の内容を表 3 に示す。安全については射出成形作業時の高温箇所と、高い型締め力がかかる箇所が理解できていたかを調査した。また、射出成形の一連の工程については、5 つの工程を正しい順序に並び替えができるかを調査した。調査②は、実習場で実際の射出成形機の動きの確認が終わった時に VR と実機との違いや、初めて HMD を使用した感想を調査した。調査②の内容を表 4 に示す。調査③は、取り出し機に関して VR と VTR のどちらか一方の視聴が終わった時に行った。調査③の内容を表 5 に示す。取り出し機の動作については設問の 1), 4) で、機能については設問の 2), 7), 9) で、安全については設問の 5) により確認した。調査④は、VR と VTR の両方の訓練が終わった時に行った。調査④の内容を表 6 に示す。調査④では、VR と VTR の比較や自由意見、今後の VR の使用などについて調査した。また、調査結果の公表に関して、生徒の同意は得られている。

4. 結果

4.1 成形作業の安全と成形作業の工程の理解

表 3 の設問 1) により、射出成形において安全作業上注意を要する箇所について確認を行った。結果、高温箇所については 94.7% (18 人) の生徒が、高圧型締めについては 100.0% (19 人) の生徒が、装置名と機械装置の場所を写真から示すことができた。次に、表 3 の設問 2) により、射出成形作業の一連の工程が把握できたかを確認した。結果、84.2% (16 人) が 5 つの工程を正しく並べ替えることができた。VR での視聴によって多くの生徒が、射出成形作業の安全と一連の工程を理解していた。また、表 4 の設問 1) により、VR と実機の比較調査を実施した。回答は、実機と比較して VR による視聴はどうであったかを尋ねた。回答は、4 件法で「実機と同じ」(4 点), 「実機とほぼ同じ」(3 点), 「実機と多少異なる」(2 点), 「実機と異なる」(1 点) で得点化して平均と標準偏差を求めた。表

表3 調査①

以下の質問に回答してください。

- 1) 射出成形作業を行う上で注意する装置を○で囲い、その装置にあたる写真の記号を記入してください。

高温箇所：型締め装置，射出装置，制御装置，
材料投入装置

回答 写真 ()

高圧箇所：型締め装置，射出装置，制御装置，
材料投入装置

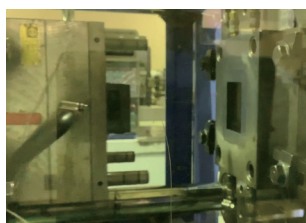
回答 写真 ()



(a)



(b)



(c)



(d)

- 2) 射出成形の5つの工程の順序を正しく並び変えてください。

型開き，冷却，型締め，保圧，射出，

(→ → → →)

表4 調査②

以下の質問に回答してください。

- 1) HMDを通して視聴したVR映像と，実際の射出成形機の動作を比較して回答してください。
回答はA：実機と同じ，B：実機とほぼ同じ，C：実機と多少異なる，D：実機と異なる から選んでください。

- 2) VR機器を使った感想を自由に記載してください

()

表5 調査③

取り出し機に関するVR映像やVTRを視聴した後に，以下の質問に回答してください。回答はA：わかった，B：大体わかった，C：あまりわからなかった，D：わからなかった から選んでください。質問3)，6)，8)については記述にて回答してください。

- 1) 取り出し機の動きはわかりましたか。
- 2) 取り出し機は何を掴んで移動させたかわかりましたか。
- 3) 何を掴んで移動させたか記載してください。
()
- 4) 取り出し機の動作範囲はわかりましたか。
- 5) 取り出し機を扱う上で注意すべき箇所や危険な場所はわかりましたか。
- 6) 注意すべき箇所や危険な場所を記載してください。
()
- 7) 成形品はどこに運ばれたかわかりましたか。
- 8) 成形品がどこに運ばれたか記載してください。
()
- 9) ランナー，ゲートはどこに運ばれたかわかりましたか。

表6 調査④

以下の質問に回答してください。

- 1) VRとVTRではどちらがわかりやすかったか回答してください。回答は，
A：VRの方がわかりやすかった，
B：どちらかというとVR，
C：どちらとも言えない，
D：どちらかというとVTR，
E：VTRの方がわかりやすかった から選んでください。
- 2) 今後の訓練でもVRを利用していきたいですか？
あてはまるものに○を付けてください。
はい， いいえ， わからない
- 3) 今回のVR機器を使った訓練について，感想や意見を自由に記載してください。
()

7にその結果を示す。結果、平均3.2とVRでの視聴が実機とほぼ同じであったという結果であった。偏差のばらつきも少なく、多くの訓練生が実機と変わらないと回答していた。設問2)の自由意見からは、「実習場では他の生徒がいるため機械の動きが見えづらかったが、VR空間内では機械の動きが見える位置で確認することができる」42.1% (8人)や、「初めてVRを使って360度の方向から、リアルに実習場の様子を確認することができたため、とても興味深かった。HMDを通して他の映像を見たい」52.6% (10人)などの意見があった。これらのことから、VRを活用した訓練は射出成形作業の工程の理解や、安全への意識付けとして効果的であったと判断できる。

4.2 取り出し機の理解

表5の調査③では、取り出し機の動作、機能、安全の3つの項目の理解度について調査した。回答は、4件法で「わかった」(4点)、「大体わかった」(3点)、「あまりわからなかった」(2点)、「わからなかった」(1点)で得点化して平均と標準偏差を求めた。また、VRとVTRの理解度に対する平均点を、T検定(両側比較)を施すことによって評価した。表8に4、10月生合算の結果を示す。結果、3つの評価項目において、理解度に有意差はみられなかった。また、すべての項目においてVRの方が高い数値であったが、VRがVTRに比べ明らかに理解できたとは言えない結果であった。また、表5の設問3)、6)、8)の記述式の設問ではVRとVTRの正解率に差はなく取り出し機の掴んだものや、成形品の搬送経路については84.2% (16人)の生徒が正解していた。さらに、取り出し機の安全については、89.5% (17人)の生徒が作業上注意すべき点を指摘することができた。これらの結果から、取り出し機についてはこれまでのVTRでの授業で十分理解できていたことも考えられる。そのため、VR活用による理解度については、他の訓練で実践を重ねていく必要があると思われる。

VRとVTRの視聴後、表6の設問1)によって比較調査を行った。回答は、5件法で「VRの方が

わかりやすかった」(5点)、「どちらかというとVR」(4点)、「どちらとも言えない」(3点)、「どちらかというとVTR」(2点)、「VTRの方がわかりやすかった」(1点)で得点化して平均と標準偏差を求めた。表9にその結果を示す。結果、回答に幅があるもののVRの方がわかりやすかったという結果であった。また、4点以上では73.7% (14人)の生徒がVR機器を使用した方がわかりやすいと回答していた。さらに、設問2)によって今後のVRの使用を尋ねたところ、94.7% (18人)の生徒が今後もVRの使用を希望していた。設問3)の自由意見からは、「VRは空間内にある動画を何度でもみることができる。自分が見たい箇所を拡大してみることができるところが良かった」36.8% (7人)、「VRは全体を見渡すことができるため、現場にいるような臨場感が得られた」57.9% (11人)などVRの特性を的確に感じ取っていた。また、「VTRは撮る人の主観が入るがVRは追加されたマークや資料、動画などを除けば自分の意思で全体をみることができ、見たい場所へと移動することができる」15.9% (3人)などの意見もあった。一方、「VR空間で場所の移動が上手くできずに全てのデータを閲覧することができなかった」5.3% (1人)など操作の不慣れを指摘する意見もあった。また、指導員側からは「VR空間内での生徒の視線が把握できない」や「データを更新した際にHMDでのデータの読み込みに時間がかかる」などの指摘もあった。全体を通して、VTRと比較してVRはわかりやすく、今後もVRの利用を多くの生徒が望んでいることがわかった。

表7 VRと実機の比較調査結果(4件法)

	N (人)	平均	S.D.
4月生	10	3.1	0.70
10月生	9	3.3	0.67
全体	19	3.2	0.69

N: 人数, S.D.: 標準偏差

表8 取り出し機の理解に関する調査結果（4件法）

	VR			VTR			検定結果
	N	平均	S.D.	N	平均	S.D.	
1) 動作	9	3.4	0.68	10	3.3	0.80	$t(16)=0.44$ n.s.
2) 機能		3.8	0.42		3.5	0.81	$t(13)=0.92$ n.s.
3) 安全		3.2	0.42		3.2	0.40	$t(16)=0.10$ n.s.

N：人数，S.D.：標準偏差，n.s.：有意でない

表9 VR と VTR の比較調査結果（5件法）

	N（人）	平均	S.D.
4月生	10	3.6	1.43
10月生	9	3.8	1.13
全体	19	3.7	1.28

N：人数，S.D.：標準偏差

5 おわりに

本研究は，VR 装置を活用して射出成形作業に関する訓練実践を行い，VR の活用効果を検証した。以下にその結果をまとめた。

- ① VR を活用して，訓練開始時の安全作業への意識付けや，射出成形作業の一連の工程についての事前学習として効果があることが確認された。また，その後の実習作業へスムーズに移行することができた。
- ② 実習場がない設備になる取り出し機の動作や機能，安全について VR による映像でリアルに伝えることができ，企業現場や実習場で作業しているかのような訓練を展開することができた。
- ③ VR とこれまでの VTR による訓練と比較して理解度に明確な差はみられなかった。しかし，73 %以上の生徒が VR を使用した方がわかりやすかったとの回答があり，VR の訓練への有効性が示された。

全体を通して，新しく導入された VR 装置を効果的に活用できたと考える。また，生徒は初めて使う VR に興味を示しながら実習に取り組んでいた。以上のことから，VR を活用した訓練は，生徒の興味，関心を高めながら射出成形作業上の安全や射出成形

技術の習得を可能にした。さらに，VR 機器の活用範囲は広く，プラスチック成形の訓練に限らずさまざまな場面で活用することができると考える。具体的に，金型の構造や機能を学ぶ VR 映像の作成や，VR 空間内でバーチャル的に図面を配置して，デザインや製図技術を習得する。また，暗黙知を伴う技能の習得に活用することで技能継承を図る取り組みなどが考えられる。今後は，VR 活用の効果を明確にしながら，実践を重ね知見を蓄積することで，質の高い訓練の実施に努めていく所存である。

参考文献

- [1] 独立行政法人 労働政策研究・研修機構，デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査結果，No.204，(2020)。
- [2] 厚生労働省，今後の人材開発政策の在り方に関する研究会報告書，https://www.pref.toyama.jp/documents/19829/08_siryou4-2.pdf，（最終アクセス：2023.7.18），(2020)。
- [3] 厚生労働省，第11次職業能力開発基本計画，<https://www.mhlw.go.jp/content/11801000/000760059.pdf>，（最終アクセス：2023.7.18），(2021)。
- [4] 文部科学省：新時代の学びを支える先端技術活用推進方策（最終まとめ），https://www.mext.go.jp/component/a_menu/other/detail/_icsFiles/afieldfile/2019/06/24/1418387_02.pdf，（最終アクセス：2022.2.8）。
- [5] 大崎 榮佐，富士通のデジタル技術とその適用事例—VR/AR/MR 技術とその適用事例の紹介，マリンエンジニアリング，54巻5号，(2019)。
- [6] 織田 順，三苦 博，「VR/AR 技術を用いたフィードバック動画教材」による「能動型見学実習」の試み，医学教育，52 巻 3 号 p. 253-258，(2021)。
- [7] 大淵 慶史，塚本 公秀，安川 諒，VR 技術を用いた実習科目教育教材の開発，公益社団法人日本工学教育協会，工学教育研究講演会講演論文集 / 第69回年次大会 (2021)。
- [8] 小野寺 崇真，林 晃生，森本 喜隆，VR を用いた工作機械操作シミュレータの開発—ブリーフ演算による加工形状の可視化，公益社団法人精密工学会，精密工学会学術講演会講演論文集，(2021)。
- [9] 飯塚 康至，VR 空間を利用したオンライン授業の実践報告と今後の可能性，情報システム学会，全国大会論文集，第15回全国大会，(2019)。