

デジタルツインを用いた自己効力感向上システムの検証

丸山 葉¹ 大西 俊輝¹ 大串 旭¹ 石井 亮² 宮田 章裕^{3,a)}

概要：教育、心理、医療の分野では、自分が肯定的な行動をしている映像を見て社会的スキルや運動スキルの向上を目指すビデオセルフモデリングが用いられている。しかし、従来のビデオセルフモデリングでは、自身が理想に近い振舞いをしている様子の映像記録を準備する必要があり、この準備が手間であるという問題や、そもそも理想に近い振舞いができないという問題がある。この問題の解決を狙い、AIなどの情報技術を駆使して、自身が理想的な振舞いを行う映像を生成する取り組みが行われてきた。ただし、心理的なプレッシャーがかかる状況におけるパフォーマンスや自己効力感に与える影響は明らかにされていない。この状況に鑑みて、本研究では、生成された映像を用いるビデオセルフモデリングが、心理的なプレッシャーがかかる状況におけるパフォーマンスや自己効力感の向上に寄与するか明らかにすることを旨とする。本稿では、12名を対象として、自身のデジタルツイン（分身）が理想的な振舞いを行う映像を見てからダーツの投擲を行う実験を行い、パフォーマンスや自己効力感の観点から効果測定を行った。その結果、自身と同じ動きをするデジタルツインがダーツ盤の中央（ブル）にダーツを当てる様子を見ることで、自身がブルにダーツを当てるイメージを掴みやすくなり自己効力感が向上する可能性が示唆された。

1. はじめに

教育、心理、医療の分野では、自分が肯定的な行動をしている映像を見て自己効力感を高める [1] ことで社会的スキルや運動スキルの向上を目指す、ビデオセルフモデリング [2] が用いられることがある。しかし、伝統的なビデオセルフモデリングでは、自身が理想に近い振舞いをしている様子の映像記録を準備する必要があり、この準備が手間であるという問題や、そもそも理想に近い振舞いができないという問題があった。

この問題の解決を狙い、AIなどの情報技術を駆使して、自身が理想的な振舞いを行う映像を生成する取り組みが行われてきた [3][4]。ただし、これらの事例は伝統的なビデオセルフモデリングの欠点を克服できる可能性を示唆したものの、心理的なプレッシャーがかかる状況におけるパフォーマンスや自己効力感に与える影響は明らかにできていない。加えて、映像中の自分の見た目・振舞いへの違和感から、ビデオセルフモデリングの効果が十分に発揮できない現象も報告されている [3]。

この状況に鑑みて、我々は、生成された映像を用いるビデオセルフモデリングが、(1) 心理的なプレッシャーがかかる状況におけるパフォーマンスや自己効力感の向上に寄

与するか、(2) 映像中の自分をどのように表現すればビデオセルフモデリングの効果が発揮できるか、というリサーチクエスチョンに注目してきた。我々が先行研究 [5][6] で実施した予備的検討では、実験参加者の精神的負荷が低減し、自己効力感が向上する可能性が示唆された。しかし、実験システムや実験設計の未成熟さにより、この予備的検討は十分に客観的な知見を提供するものではなかった。本稿では、予備的検討によって明らかになった改善点に基づき、実験システム・実験設計を見直した上で、上述の (1)(2) のリサーチクエスチョンに部分的に答えようとするものである。

本稿の貢献は、自身と同じ動きをするデジタルツインが理想的な振舞いを行う様子を見ることで、心理的なプレッシャーがかかる状況における対象者の自己効力感が向上することを明らかにしたことである。

2. 関連研究

ビデオセルフモデリングに関する研究事例は多く存在する。これらは、実際に対象者の映像を記録するアプローチ (2.1 節) と、生成した映像を用いるアプローチ (2.2 節) に大別できる。

2.1 対象者の映像を記録するアプローチ

Bellini ら [7] は、ビデオモデリング（他者の映像を利用した学習）とビデオセルフモデリング（自身の映像を利用

¹ 日本大学大学院総合基礎科学研究科

² 日本電信電話株式会社 NTT 人間情報研究所

³ 日本大学文理学部

a) miyata.akihiro@acm.org

した学習)の2つの介入手法が自閉症の症状・行動に与える影響を調査した。彼らは、どちらの手法がより効果的かは示さなかったものの、両手法とも自閉症の子供や思春期の若者のコミュニケーション能力などに有益な効果をもたらすことを発見した。

Dowrick [8] は、読解に困難を抱える小学生10名に対して、ビデオセルフモデリングによる介入の効果を調査した。この実験では、難しい文章を流暢に読んでいるかのように編集された映像を見た場合、すべての生徒の読解の流暢さが有意に改善した。同じ研究チーム [9] は、水泳のコンテキストにおいてもビデオセルフモデリングの効果を検証した。具体的には、二分脊椎の子供達に対し、彼らが水に入っている様子の俯瞰映像や、彼らが実際には付けていた浮き輪を編集によって削除した映像などを見せる実験が行われた。実験結果は、脊椎損傷児の水泳技能習得においても、ビデオセルフモデリングが一定の効果を発揮したことを示唆した。

Lawら [10] は、ビデオセルフモデリングがフィギュアスケートのスキル向上に与える影響を、自己効力感やパフォーマンスの観点から調査した。各スケータは、編集された自身の映像を見ながらトレーニングを継続することに対し、役立つ・楽しいといった肯定的な反応を示した。しかし、自己効力感やパフォーマンスにおいて、客観的・統計的に有意な改善は見られなかった。

このように、健常者・障害者など多様な人々に対し、勉強やスポーツといった幅広いコンテキストにおいて、ビデオセルフモデリングの適用が検討され、効果が測定されてきた。上述のとおり、万能とはいえないものの、対象者の映像記録(部分的な編集がされたものを含む)を用いたビデオセルフモデリングは、特定の人々・コンテキストにおいて有効である、または、有効である可能性があることが分かっている。

2.2 生成した映像を用いるアプローチ

対象者が実行不可能な身体動作を、実際の対象者を記録した映像に基づくビデオセルフモデリングで提示することは困難である。この問題の克服を狙い、生成映像を用いたビデオセルフモデリングが模索されている。

Tsuchidaら [3] は、ディープフェイク技術を用いて、学習者がプロダンサーと同じ動きをする映像を自動生成するシステムを提案した。ただし、生成された映像はダンス学習の効果を有意に上げることはなく、むしろ、現実の自分よりもはるかに上手に踊る映像中の自分を見ることで、実験参加者は自信を喪失する傾向が確認された。

Fittonら [4] も同様に、ダンスの習得を狙い、生成映像ベースのビデオセルフモデリングに取り組んでいる。この研究では、対象者に似せたアバタと一般的な見た目のアバタ(ただし性別は対象者のものと一致)を用いた比較実験

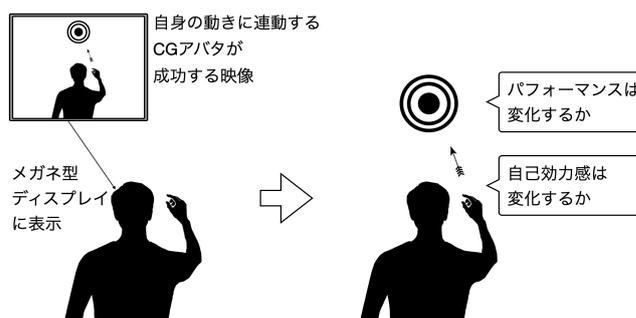


図1 研究のデザインの概要

が行われ、自身に似たアバタの方が対象者の学習体験を向上させる効果が高いことが示された。

このように、伝統的なビデオセルフモデリングの問題点を克服すべく、AIなどの情報技術を駆使した生成ベースのアプローチが提案され始めている。しかし、効果を十分に発揮するために、映像中の自身はどのような外見・振舞いにするのが適切であるかは、現在議論が続いている状況にあるといえる。

3. 研究課題

上述のとおり、教育・心理・医療の分野を中心に、ビデオセルフモデリングは一定の役割を果たしてきた。映像の自由度向上・作成コスト低減を狙い、コンピュータが生成した映像を用いるアプローチも脚光を浴びている。ただし、生成ベースの事例は、ダンス習得のように中長期的な能力向上を扱ったものに限定されており、近い将来に起きる心理的プレッシャーが高い状況への対策を題材としたものは、我々が調査した範囲では見つかっていない。加えて、ビデオセルフモデリングの効果を発揮するための映像中の自身の外見・振舞いについては、まだ十分な知見が得られているとはいえない。

そこで我々は、生成ベースのビデオセルフモデリングが、(1) 心理的なプレッシャーがかかる状況におけるパフォーマンス・自己効力感の向上に寄与するか否かを明らかにし、(2) 映像中の自分をどのように表現すればビデオセルフモデリングの効果が発揮できるか究明することを研究課題として設定する。本稿では、4章で詳述する一事例について具体的な検証を行うことで、この研究課題の達成に向けた知見の蓄積を狙う。

4. 研究のデザイン

本稿における研究のデザインの概要を図1に示す。本稿では、心理的なプレッシャーがかかり、かつ、精神状態がパフォーマンスに影響を与えることが予想される、ダーツを検証対象のシーンとして選定する。ビデオセルフモデリングに用いる映像はCGを用いて自動生成することとし、映像中では、対象者の分身を意図したデジタルツイン(CGアバタ)が、ダーツを投げてダーツ盤の中央(ブル)に当て



図 2 システムが生成した映像

るシーンがアニメーション表示される。このとき、対象者が映像中のデジタルツインを自分の分身であると感じやすくすることを狙い、実空間中の対象者の動きと映像中のデジタルツインの動きが連動するようにシステムを設計・実装する(5章)。このシステムを用いて、対象者に映像を見もらった上でダーツ投擲を行う比較実験を行い(6章)、パフォーマンスや自己効力感の観点から効果測定を行う。

5. 実装

5.1 モーショントラッキング

対象者とデジタルツインの動きを連動させるために、実空間中の対象者の動きを検出する必要がある。本稿では、市販のモーショントラッカー^{*1}を用いて、対象者の姿勢をリアルタイム検出した。この製品は、ユーザの頭、両手首、腰、両足首にそれぞれ8gの6DoF慣性センサを装着することで、ユーザの大まかな位置・姿勢検出ができる。今回の実装では、対象者が緩やかに腕や体を揺らす動作や、ダーツを投擲する動作をリアルタイム検出できた。

5.2 映像生成

本システムは、Unityを用いて、図2のようなデジタルツインのアニメーション映像を自動生成する。このデジタルツインは、モーショントラッキングされた対象者の動きを反映し、腕を振ったり、体を傾けたりする。対象者がダーツを投擲するジェスチャ(実際にはダーツは投げない)をすると、デジタルツインがダーツを投げ、そのダーツが奥にあるダーツ盤の中央に当たるシーンが表示される。

6. 評価実験

6.1 実験目的

本実験では、ダーツ投擲シーンにおいて、生成ベースのビデオセルフモデリングが及ぼす効果を究明することを目的とする。より具体的には、自身と同じ動きをするデジ

タルツインが理想的な振舞いを行う様子を見ることで、ダーツプレイにおける対象者のパフォーマンスが向上するか、および、プレイ時の自己効力感や精神的負荷が変化するか、明らかにすることを旨とする。

6.2 実験環境・実験参加者

本実験は、窓がなく、周囲を人が通行しない部屋の中で行った。実験時には、実験参加者1名と実験者1名のみが在室するようにし、説明時以外は実験者は実験参加者の視界に入らない離れた位置で待機した。実験参加者が、実際にダーツ投擲を行う姿勢でシステムが生成した映像を見られるように、映像はメガネ型ディスプレイ^{*2}に出力した。

実験参加者は、大学内からダーツの実力を問わずに公募された20代の学生12名(男性10名、女性2名)であった。彼らには、実験参加者謝礼として1,000円が支払われた^{*3}。

6.3 実験手順

本実験は、被験者内計画にて、自身に連動するデジタルツインの成功を見ることが、実験参加者に与える影響を検証した。この検証を行うために、次の3条件の比較を行った。順序効果の影響を低減するために、各実験参加者が経験する条件の順番はラテン方格法に基づき決定した。

条件1 自身に**連動する**デジタルツイン(CGアバタ)のダーツ投擲を見た後で、ダーツを投げる。

条件2 自身に**連動しない**デジタルツイン(CGアバタ)のダーツ投擲を見た後で、ダーツを投げる。

条件3 映像を見ずに、ダーツを投げる。

本実験では、ダーツを3回連続で投げることを1ラウンド、これを8ラウンド行うことを1セットと定義した。実験参加者に心理的プレッシャーを与えるため、それぞれの実力に基づく目標点数を示し、目標を達成すると謝礼金が増えることを教示した。このとき、実験参加者が意図的に目標点数を低めに設定することがないように、目標点数設定後に謝礼金に関する教示を行った。より詳しい実験手順を図3、および、次に示す。

Step 1 実験参加者にダーツを3セット行わせた。

Step 2 実験参加者に、Step 1で最高得点を記録したセットの得点の1.1倍を目標点数として提示し、以降のプレイでは目標を達成すると謝礼金が増えると教示した。

Step 3 実験参加者に事前アンケート(表1)に回答さ

^{*2} <https://www.xreal.com/jp/air/>

^{*3} 後述のとおり、実験設計の都合上、実験開始時点においては、謝礼金はダーツのスコアに連動すると実験参加者は教示された。

^{*1} <https://www.sony.jp/mocopi/>

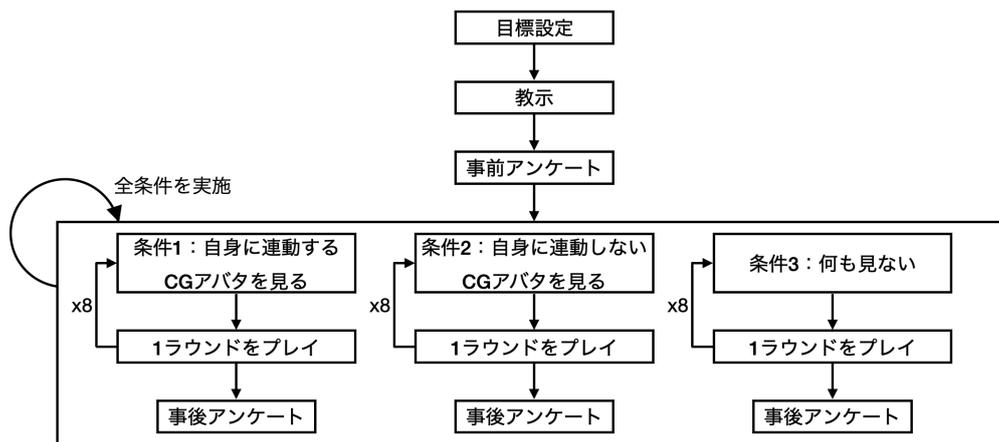


図 3 実験手順

せた。

Step 4 実験参加者に、条件 1 の場合は自身に連動するデジタルツインの投擲を見せ、条件 2 の場合は自身に連動しないデジタルツインの投擲を見せ、条件 3 の場合は何も見せず、1 ラウンドを行わせた。これを 8 ラウンド（1 セット）繰り返させた。

Step 5 実験参加者に事後アンケート表 2 に回答させた。

Step 6 未実施の条件がなくなるまで、実験参加者に Step 4・5 を繰り返させた。

6.4 実験結果

6.4.1 事前アンケートの結果について

事前アンケート（表 1）の結果を図 4 に示す。この結果から、実験参加者の多くは、目標を達成できていると感じていること、目標を示されたことで精神的な負荷を感じていないこと、ブルに入れるのは難しいと感じていることが確認できた。

6.4.2 事後アンケートの結果について

事後アンケート（表 2）の結果を図 5、表 3 に示す。Q1 の回答結果（図 5）について、条件 1 と条件 2 の間で Wilcoxon の符号順位検定を行ったところ、5%水準での有意差が認められた。この結果より、ユーザの動きとデジタルツインの動きをリアルタイムに連動させることで、ユーザが自身のデジタルツインであると認識することが示唆される。Q2 の回答結果（図 5）について、条件 1 と条件 2 の間で Wilcoxon の符号順位検定を行ったところ、有意差は認められなかった。回答結果より、条件 1、条件 2 ともに 8 割以上の実験参加者がデジタルツインと自身でダーツ技術の差を感じていることが確認できた。このことから、デジタルツインが自身に連動することの有無に関わらず、デジタルツインと自身でダーツ技術の差を感じていることがわかった。

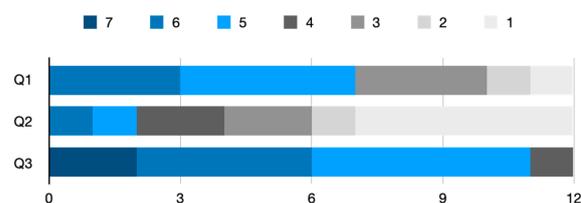


図 4 事前アンケートの回答分布 (N=12)

Q3 の回答結果（図 5）について、条件 1 と条件 2 の間で Wilcoxon の符号順位検定を行ったところ、5%水準での有意差が認められた。このことから、ユーザの動きとデジタルツインの動きをリアルタイムに連動させることで、自己効力感を向上させられることが示唆される。

Q4 の回答結果（図 5）について、条件 1 と条件 2 の間で Wilcoxon の符号順位検定を行ったところ、有意差は認められなかったものの、10%水準で有意傾向が認められた。回答結果より、条件 1、条件 2 ともに 8 割以上の実験参加者が精神的負荷の減少を感じていないことが確認できた。

Q5 の回答結果（図 5）について、条件 1 と条件 2 の間で Wilcoxon の符号順位検定を行ったところ、有意差は認められなかった。回答結果より、条件 1 では 6 割以上の実験参加者が今後もダーツを続けることでブルに入れられるようになって感じていた。このことから、実験参加者が自身に連動するアバタの理想的な振舞いを見た上でダーツを続けることによりブルに入れられるようになる可能性がある。今後、本実験よりも長い期間の実験を行うことで、自身に連動するアバタの理想的な振舞いを見た上でダーツを続けることでブルに入れられるようになるのか検証する必要がある。

6.4.3 パフォーマンスについて

各条件における目標達成率を図 6 に示す。条件 1~3 の各条件間に対応のある t 検定を行い、検定の多重性の問題を回避するために Holm 補正を行ったところ、いずれの条件の間にも有意な差は認められなかった。

表 1 事前アンケートの内容

ID	質問内容	回答方法
Q1	目標を達成できると感じましたか	7件法 (1:全く感じない~7:とても感じる)
Q2	目標を示されたことで精神的な負荷を感じましたか	7件法 (1:全く感じない~7:とても感じる)
Q3	ブルに入れるのは難しいと感じますか	7件法 (1:全く感じない~7:とても感じる)

表 2 条件 1, 条件 2 における事後アンケートの内容

ID	質問内容	回答方法
Q1	映像のデジタルツインを自身のデジタル上の分身だと感じましたか	7件法 (1:全く感じない~7:とても感じる)
Q2	映像のデジタルツインと自身でダーツ技術の差を感じましたか	7件法 (1:全く感じない~7:とても感じる)
Q3	映像を視聴したことでブルに入れる自信はつきましたか	7件法 (1:全く感じない~7:とても感じる)
Q4	映像を視聴したことで精神的な負荷が減少したと感じましたか	7件法 (1:全く感じない~7:とても感じる)
Q5	今後もダーツを続ければブルに入れられるようになって感じましたか	7件法 (1:全く感じない~7:とても感じる)
Q6	特に映像のどこを注視していましたか	選択式 (ダーツの矢, ダーツ盤, アバタ, その他)

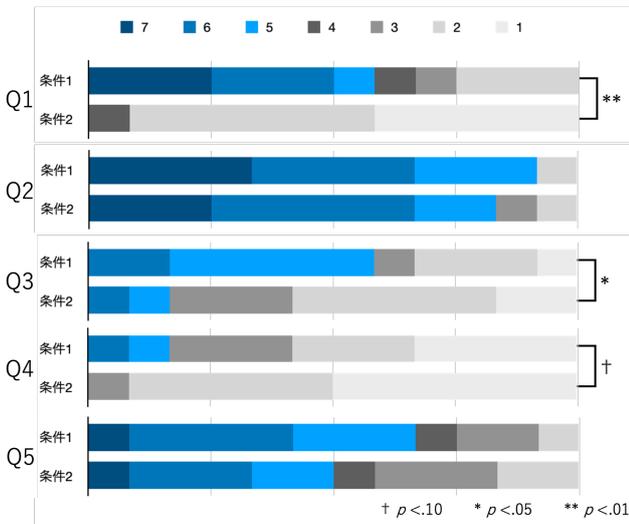


図 5 事後アンケートの回答分布 (N=12)

表 3 事後アンケート・Q6 の回答結果

	ダーツの矢	ダーツ盤	アバタ
条件 1	5 名	3 名	4 名
条件 2	4 名	5 名	3 名

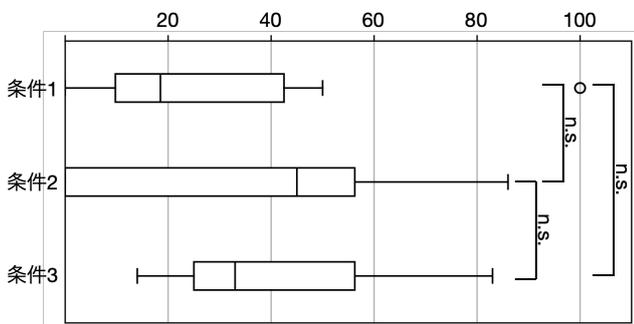


図 6 目標達成率 (N=12, 単位: パーセント)

6.5 考察

本稿では、6.4 節の実験結果について、自己効力感、精神的負荷、パフォーマンスに着目し考察する。

6.5.1 自己効力感への影響

事後アンケートの Q3 の回答結果にて、条件 1 と条件 2 の間に有意差が認められた。この理由について考察する。まず条件 1 における事後アンケートの Q3 の回答結果が有意に高い結果となった理由を分析する。条件 1 における事後アンケートの Q3 への回答理由のうち 5 名の実験参加者から理想とする振舞いのイメージを掴めたという意見を得られた。具体的には、“ブルに入るイメージが掴めたため”や“アバタでイメージを多少掴めたから”といった意見であった。このことから、自身に連動するデジタルツインの理想的な振舞いの様子を視聴することで、理想とする振舞いイメージを掴みやすい可能性がある。これらにより、理想とする振舞いのイメージを掴めたのではないかと考えられる。

次に、条件 2 における事後アンケートの Q3 の回答結果が有意に低い結果となった理由を分析する。条件 2 における事後アンケートの Q3 への回答理由より、“ダーツを投げる時のアバタの姿勢と自分の姿勢が違いすぎる為”や“ブルに入るアバタを見ているだけなので自信はつかない”といった意見を得た。これらにより、システム内のデジタルツインの動きと自身の動きが連動しない場合、自己効力感の向上につながらない可能性がある。

これらことから、自身の動きと連動したデジタルツインが理想的な動きをしている映像を視聴することで自己効力感が向上したと考えられる。

6.5.2 精神的負荷への影響

事後アンケートの Q4 の回答結果にて、条件 1 と条件 2 の間に有意差は認められなかった。この理由について考察する。事前アンケートの Q2 にて、8 割以上の実験参加者が精神的負荷を感じていないと回答している。このことから、事後アンケートの時点で、減少するほどの精神的負荷を感じていなかったため、有意差が認められなかったと考えられる。

6.5.3 パフォーマンスへの影響

目標達成率に関して、全ての条件間に有意差は認められなかった。このような結果となった理由は複数考えられる。まず、提案手法がパフォーマンスへあまり影響を及ぼしていない可能性がある。6.5.1項で述べたように、提案手法を用いることで実験参加者は理想とする振舞いのイメージを掴むことができたと考えられる。しかし、ブルに向けてダーツを投擲する動きにおいては、理想とするイメージを掴めても短時間でパフォーマンスに影響を与えることができない可能性がある。次に、実験期間が短すぎたことによる影響である。2章で述べた、ビデオセルフモデリングに関する多くの研究では、数ヶ月単位での実験を行っている。本実験では短期間での検証しかできておらず、提案手法を長期間使用した場合の影響は不明である。

7. おわりに

本研究では、生成された自身が理想的な振舞いを行う映像を用いるビデオセルフモデリングが、(1) 心理的なプレッシャーがかかる状況においてパフォーマンスや自己効力感の向上に寄与するのか、(2) 映像中の自分をどのように表現するとビデオセルフモデリングの効果が発揮できるのか、明らかにする取り組みを行った。具体的には、精神的に負荷がかかるスポーツのひとつとされるダーツに着目し、自身と同じ動きをするデジタルツインが理想的な振舞いを行う様子を見ることで、ダーツプレイにおける対象者のパフォーマンスが向上するか、および、プレイ時の自己効力感や精神的負荷が変化するかを検証した。その結果、自身と同じ動きをするデジタルツインがブルにダーツを当てる様子を見ることで、自身がブルにダーツを当てるイメージを掴みやすくなり、自己効力感の向上に寄与することが示唆された。

本研究では上記の結果が得られたが、いくつかの制約がある。一つ目に、本研究では、精神的負荷のかかるスポーツとしてダーツを採用したが、ダーツを投擲するシーンにおける検証しか行えていない。スポーツのみならず、精神的負荷のかかるシーンは数多く存在する。今後、様々なシーンで自身に連動するデジタルツインが成功する様子を見ることで、自己効力感や精神的負荷の低減に寄与するのか検証する必要がある。

二つ目に、本研究では、映像中の自分を単純化した外見のデジタルツインで表現した場合の検証しか行えていない。多くの実験参加者は、デジタルツインが自身に連動することで、それを自身のデジタル上の分身であると感じていた。自身に似せたデジタルツインを用いることで、さらに実験参加者がデジタルツインを自身のデジタル上の分身であると感じられるようになると考えられる。Fitton [4] によると、対象者に似せたアバタは対象者の学習体験を向上させる効果が高いことが示されている。ただし、Tsuchida [3]

らが報告するように、自身に酷似するデジタルツインが自身の能力を大幅に上回る挙動を見せると自己効力感の低下を招く可能性があることから、アバタの外見については慎重な議論が求められる。

最後に、本研究はモーショントラッカーの影響を考慮できていない。河村ら [11] によると、投げる動作を行う際に実験参加者によってウェアラブルセンサを装着していることに影響を受けることが報告されている。今後、モーショントラッカーを装着していることが、ダーツの投擲に影響を与えているか検証する必要がある。

参考文献

- [1] Meharg, S. and Woltersdorf, M.: Therapeutic Use of Videotape Self-Modeling: A Review, *Advances in Behaviour Research and Therapy*, Vol. 12, No. 2, pp. 85–99 (1990).
- [2] Creer, T. and Miklich, D.: The Application of a Self-modeling Procedure to Modify Inappropriate Behavior: A Preliminary Report, *Behaviour Research and Therapy*, Vol. 8, No. 1, pp. 91–92 (1970).
- [3] Tsuchida, S., Mao, H., Okamoto, H., Suzuki, Y., Kanada, R., Hori, T., Terada, T. and Tsukamoto, M.: Dance Practice System that Shows What You Would Look Like if You Could Master the Dance, *Proceedings of the 8th International Conference on Movement and Computing (MOCO '22)*, No. 15, pp. 1–8 (2022).
- [4] Fitton, I., Dalton, J., Proulx, M. and Lutteroth, J.: Dancing with the Avatars: Feedforward Learning from Self-Avatars, *Extended Abstracts of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '22)*, pp. 1–8 (2022).
- [5] 丸山 葉, 大西俊輝, 大串 旭, 木下峻一, 石井 亮, 深山 篤, 大澤正彦, 宮田章裕: デジタルツインを用いた自己効力感向上システムの基礎検討, 情報処理学会コラボレーションとネットワークサービスワークショップ 2023 論文集, Vol. 2023, pp. 88–89 (2023).
- [6] 丸山 葉, 大西俊輝, 大串 旭, 石井 亮, 大澤正彦, 宮田章裕: デジタルツインを用いた自己効力感向上システムの実装, 情報処理学会シンポジウム論文集, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO '24), pp. 1579–1584 (2024).
- [7] Bellini, S. and Akullian, J.: Meta-Analysis of Video Modeling and Video Self-Modeling Interventions for Children and Adolescents with Autism Spectrum Disorders, *Council for Exceptional Children*, Vol. 73, No. 3, pp. 264–287 (2007).
- [8] Dowrick, P.: Video Feedforward for Reading, *The Journal of Special Education*, Vol. 39, No. 4, pp. 194–207 (2006).
- [9] Dowrick, P. and Dove, C.: The Use of Self-Modeling to Improve the Swimming Performance of Spina Bifida Children, *Journal of Applied Behavior Analysis*, Vol. 13, No. 1, pp. 51–56 (1980).
- [10] Law, B. and Ste-Marie, D.: Effects of Self-modeling on Figure Skating Jump Performance Andpsychological Variables, *European Journal of Sport Science*, Vol. 5, No. 3, pp. 143–152 (2005).
- [11] 河村知輝, 土田修平, 寺田 努, 塚本昌彦: ウェアラブルセンサを用いた動作計測実験における機器装着バイアスの検証, 情報処理学会インタラクシオン 2021 論文集, pp. 64–73 (2021).