



# 模倣学習における学習者の身体寸法に適合した 教示者運動の記録・再生システムの必要性の確認

稲垣圭介<sup>1)</sup> 望月典樹<sup>1)</sup> 大山英明<sup>2)</sup> 泉重樹<sup>3)</sup> 中村壮亮<sup>4)</sup>

- 1) 法政大学大学院 理工学研究科 (〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2, [hgc@hosei.ac.jp](mailto:hgc@hosei.ac.jp))  
 2) 国立研究開発法人産業技術総合研究所 (〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1, [eimei.oyama@aist.go.jp](mailto:eimei.oyama@aist.go.jp))  
 3) 法政大学 スポーツ健康学部 (〒194-0298 東京都町田市相原町 4342, [sports@hosei.ac.jp](mailto:sports@hosei.ac.jp))  
 4) 法政大学 理工学部 (〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2, [hgc@hosei.ac.jp](mailto:hgc@hosei.ac.jp))

概要：運動フォームを習得する方法の一つとして模倣学習がある。しかし、学習者と教示者の体格が異なる場合、フォームを観察・理解する段階において脳内での変換が必要となり、これが習得時間や精度に悪影響を及ぼしている可能性がある。そこで本稿では、学習者と同じ体格の教示者と異なる体格の教示者がアバターをそれぞれ操作し、そこで得られたフォーム情報を学習者に提示することで、模倣学習における体格差の影響の調査を行った。

キーワード：バーチャルリアリティ、模倣学習、運動学習

## 1. はじめに

近年、VR(Virtual Reality)産業は著しく成長を遂げており、認知度も数年前に比べ、はるかに高くなってきている。VRの応用分野は、世間でよく取り上げられているエンターテインメントに限定されず、医療、教育、スポーツなど様々な分野での応用が期待される。

応用分野の例として、スポーツ学習支援を挙げる。スポーツの場において、学習者によるスポーツの動作学習の方法は、教示者からの口頭での指導や、見本となる運動フォームの模倣学習が多い。しかし、これらの指導方法では、「口頭指導では学習者の理解度や解釈に依存する」、「模倣学習では学習者が際立つ動きや示範者の表情等を見てしまい、学習すべき示範者の動きそのものを見ていない」[1]など言われている通り、学習者に対して、効果的ではなく、また効率的ではないため、学習者の技術能力の向上に多大な時間を要するなどの問題がある。この傾向はスポーツの動作学習だけでなく、伝統技術や運動競技など、教示者の動作を学習者が模倣学習する際に多く見られる。これらを解決するために、学習者に対し、効果的かつ効率的な運動フォーム学習支援の研究が多く行われている。

運動フォーム学習の支援システムを考えるにあたり、教示者の運動フォームを模倣する際に、学習者はどのようなメカニズムで運動フォーム学習を行っているか考える必要がある。運動フォーム学習は以下の三つの段階を繰り返す学習行為であり、この考え方は機械学習でも応

用されている。[2]

- (1) 理解：教示者の動作を確認し、教示者がどのように身体を動かしているのか推測をする。
- (2) 実践：学習者は推測に基づき、実際に身体を動かす。
- (3) 確認：学習者は自分の動作と、教示者の動作の違いを確認する

運動フォーム学習における問題点として、確認の段階で教示者の動作との違いを明確に理解できない点が挙げられる。倉本ら[3]は、一般的な運動フォーム学習において、教示者の動作を見る理解段階と、実際に模倣する実践段階は時間的に分離しているため、理解を妨げていると述べている。

上記の理由も考えられるが、我々は学習者の理解を妨げる要因の一つとして、学習対象である教示者と学習者の間の身体寸法の違いを挙げる。例えば、フェンシングやボクシングなどの剣先やこぶしの位置軌跡が重要となる競技では、それぞれの体格に対して適切なフォームがあるため、教示者の運動フォームを模倣しても、そのフォームが学習者にとって適切でない。そのため、学習者側が脳内で学習者寸法に変換する必要があり、運動フォームの習得が容易ではないという仮説が導かれる。

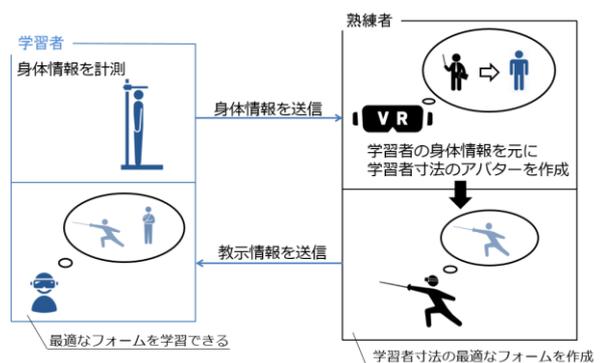


図1 システムの運用フロー

なお、この仮説が成り立つ場合に有効な手段として、我々は、教示者が学習者の身体寸法に合わせたアバターをVR空間上で操作することによって、学習者の体格に合わせた運動フォームの提示を行う手法を提案している。学習者に提示されているフォーム情報は、学習者の体格に合わせたものであるため、運動フォームをより正確に学習することができると考えている。

本稿では、上述した学習者の身体寸法に適合した教示者運動の記録・再生システムの実現に向けた動機付けとして、教示者と学習者の間で寸法不一致による学習者の学習習熟度の違いが実際に発生するかを調査する。

## 2. 提案する運動フォーム学習システム

### 2.1 システムの運用フロー

検討するフォーム学習システムの実行手順を図1および下記に示す。

- ① 学習者の身体情報を計測
- ② 学習者の身体情報を教示者側に送信
- ③ 学習者の身体情報を基に学習者寸法のアバターを作成
- ④ 学習者寸法のアバターで最適なフォームを作成し、学習者に運動フォームを送信

①、②では、学習者寸法のアバターを作成するために、学習者の身体情報（身体のそれぞれの部位の長さ）を計測し、その情報を教示者に送信を行う。③では、学習者から送られてきた身体情報をもとに、学習者寸法のアバターを作成する。④では、教示者が学習者寸法のアバターを没入操作し、最適なフォームを作成して、学習者に送信する。

### 2.2 教示する運動フォームの仕様

学習者に提示する運動フォームの仕様を表1に示す。

提示する運動フォームは、VR空間上に提示する。運動フォームを提示する空間を仮想空間内にすることによって、必要となる情報のみを学習者に対し提示でき、また、システムの機能追加が容易という利点がある。AR(Augmented Reality)で提示するという選択肢もあるが、VRよりも処理が膨大になり、システム開発が困難という問題がある。

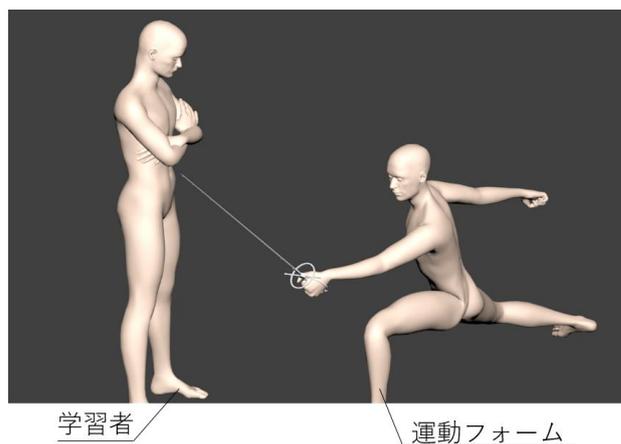


図2 ワールド座標で固定した場合の三人称視点

また、教示者の運動フォームをあらかじめ録画したものを学習者に提示する。これはリアルタイムで学習者に運動フォームの提示を行うと、スロー再生や教示アバターの書き換えが行えないためである。

運動フォームを固定する座標は、ワールド座標とする。提示情報の座標をワールド以外の座標に合わせると問題が生じる。例えば、目線で座標を合わせてしまうと、首ふり動作を行ってもHMD内に表示されている映像が変わらないため学習が不可能となってしまう。また、ワールド座標とすれば、図2のように三人称視点から運動フォームを確認することができるので、様々な角度から運動フォームを見て学習することができる。

## 3. 寸法不一致による習熟度低下の仮説検証

### 3.1 習熟度低下の仮説

一章でも述べたように、学習者が教示者の身体のフォームを模倣学習する際に模倣対象となる教示者の身体の寸法が学習者と異なると、体格の同じ教示者のフォームを模倣学習した時の学習者よりも学習者の学習習熟度が低下するという仮説が成立した場合の対処法として上記のシステムを検討している。なお、この仮説は十分に妥当であると考えている。

例えば、その根拠としてフェンシングを挙げる。フェンシングはフルーレ、エペ、サーブルの三つの種目がある。三種目のルールを説明する。フルーレは突きのみが有効で、頭部と四肢を除いた胴体が突きの有効面となる。エペも突き攻撃が有効となり、身体全身が有効面となる。サーブル

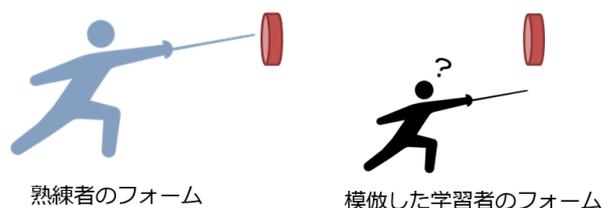


図3 教示者と学習者との間の寸法差による問題

は突きと斬りの攻撃が有効で、頭部を含めた腰より上の上半身が有効面となる。エペ、サーブルでは頭部が攻撃対象に含まれており、頭部に対する攻撃の運動フォーム学習を考えると、身体寸法の異なる学習者と教示者が同じ頭部位置への攻撃フォームを行うと、両者の関節角度は異なることとなる。そのため、教示者が学習者に対して、頭部の攻撃フォームを教示した時、学習者が教示者の攻撃フォームを模倣しても、学習者は目標位置である頭部に攻撃を当てにくいといった問題が発生すると考えられる。(図3)

なお、模倣学習について研究対象としたもので、大島ら[4]は、運動の技術レベルの差が、運動観察能力にも関連するという仮説を立て検証を行った。結果は、運動の技術レベルが高い者は運動の技術レベルの低い者に比べ、運動観察能力が高いというものだった。しかし、大島らの研究では、学習対象と学習者の体格の寸法差を考慮しておらず、実際に寸法差があった場合に、学習者の学習熟度に変化が見られるかどうかは判明していない。

模倣学習では運動観察が肝となるため、目標位置が固定されている運動においては、教示者と学習者の身体寸法が異なることによる学習の弊害が発生しうると考えられる。

### 3.2 仮説検証方法

学習者と教示者の間での寸法不一致による学習者の学習熟度の低下に関する仮説を以下の方法で検証する(図4)。

まず、学習者に教示する運動フォームを記録する。学習者と同じ体格の教示者と異なる体格の教示者がアバターをそれぞれ操作し、二つの運動フォームを教示情報として記録する。次に、学習者は運動フォームの模倣学習を行う。最後に、学習者の学習熟度を評価する。

### 3.3 学習者の習熟度評価方法

学習者の学習熟度の口頭確認では、学習者の主観評価となるため、学習結果があまり見られないにもかかわらず、学習ができたといった客観性に欠けたものになってしまう。そこで、学習させる運動パターンがフェンシングの突きのフォームであるため、教示者と学習者の剣の剣先が的に当たった時の剣先衝突位置を比較する。学習者の的との剣先衝突位置が、教示者の剣先衝突位置と離れているほど学習熟度が低いと評価する。



図4 提案する問題設定の仮説検証方法

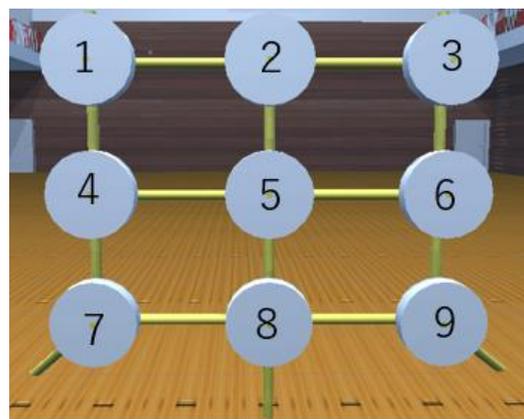


図5 的の配置位置

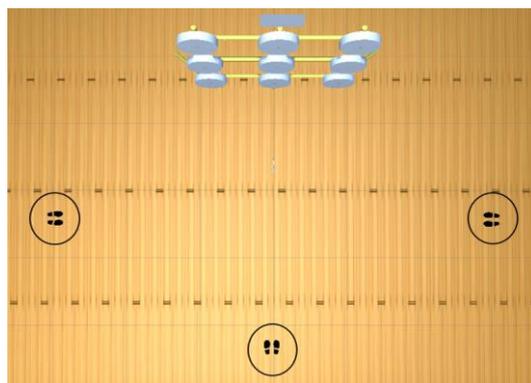


図6 学習者が運動フォームを確認する位置

## 4 実験

### 4.1 実験方法

実験では、学習者役の被験者3名、学習者と体格が同じである教示者役の1名、体格が異なる教示者役の2名、合計6名に協力を得た。それぞれの被験者の身長は、学習者役の被験者175cm, 177cm, 174cm, 学習者と体格が同じである教示者役の被験者175cm, 体格が異なる教示者役の被験者158cm, 185cmである。また、教示者役の被験者3名がフェンシング経験者ではないため、実験前にフェンシングの突きのフォームの練習を行ってもらった。

まず、学習する運動フォームを作成する。教示者役の被験者は、図5に示されている9つの的に剣を突き、9パターンの運動フォームを作成する。

次に、上記で作成した運動フォームの模倣学習後、再び学習者の剣先衝突位置を記録する。

学習段階において、学習者が運動フォームを確認する位置は図6のように設定し全ての位置で学習後、剣先衝突位置を記録した。これは、確認方法によって学習結果に差が生まれないようにするためである。また、実験での模倣学習は、体格の大きい教示者、体格の小さい教示者、学習者と体格の同じ教示者の順で行った。

### 4.2 結果・考察

実験結果を表1~3に示す。また、ここでは学習者と同じ体格の教示者の剣先衝突位置を正解データと呼ぶ。

本稿では体格の異なる教示者を模倣しても、学習者にと

って適切なフォームの習得は難しいと考えていたため、剣先衝突位置と正解データの差分に関して、同体格の教示者フォームでの学習時より体格の異なる教示者フォームでの学習時の方が大きいと予測していた。しかし、実験結果からこれらに有意差はないことがわかった。このことから剣先衝突位置のみでの習熟度評価からは、仮説を証明できなかった事となる。

## 5 まとめ・今後の展望

VR 運動学習において運動フォームを提示する教示者と学習者との間で寸法不一致があった場合、学習者の学習習熟度の違いが表れるかを調査した。その結果、剣先衝突位置のみでの評価では、教示者と学習者の寸法不一致による学習習熟度を確認することができなかった。今後は、評価方法に教示者と学習者の身体の姿勢を評価指標として検証していく。

表 1 同体格の教示者フォームでの学習後の学習者と正解データとの剣先衝突位置の差分

的	1	2	3	4	5	6	7	8	9
学習者1[m]	0.064	0.181	0.069	0.094	0.096	0.047	0.046	0.218	0.153
学習者2[m]	0.219	0.312	0.052	0.166	0.108	0.134	0.110	0.088	0.102
学習者3[m]	0.115	0.214	0.136	0.024	0.082	0.078	0.080	0.084	0.064
平均[m]	0.133	0.236	0.086	0.094	0.096	0.086	0.079	0.130	0.106

表 2 学習者よりも体格の大きい教示者フォームでの学習後の学習者と正解データの剣先衝突位置の差分

的	1	2	3	4	5	6	7	8	9
学習者1[m]	0.212	0.133	0.054	0.078	0.058	0.043	0.060	0.126	0.056
学習者2[m]	0.144	0.244	0.128	0.032	0.102	0.055	0.037	0.042	0.031
学習者3[m]	0.086	0.156	0.170	0.150	0.081	0.027	0.011	0.078	0.074
平均[m]	0.147	0.178	0.118	0.087	0.081	0.042	0.036	0.082	0.054

表 3 学習者よりも体格の小さい教示者フォームでの学習後の学習者と正解データとの剣先衝突位置の差分

的	1	2	3	4	5	6	7	8	9
学習者1[m]	0.152	0.207	0.179	0.134	0.017	0.106	0.079	0.053	0.025
学習者2[m]	0.156	0.301	0.051	0.220	0.061	0.010	0.092	0.113	0.128
学習者3[m]	0.081	0.226	0.218	0.104	0.048	0.045	0.027	0.124	0.094
平均[m]	0.130	0.245	0.149	0.153	0.042	0.053	0.066	0.097	0.082

## 参考文献

- [1] 宮西智久: “身体動作 3 次元 CG アニメーションを用いたスポーツ技術学習支援モデルの提案” 仙台大学紀要 Vol36, No.2, pp.1-10, 2005.
- [2] 田淵一真, 谷口忠大, 榎木哲夫: “模倣学習と強化学習の調和による効率的行動獲得” 第 20 回日本人工知能学会全国大会講演論文集, pp.212-215, 2006.
- [3] 倉本到, 稲垣喜一, 渋谷雄, 辻野嘉宏: “仮想鏡: 学習者と教示者の動作の違いを明確にする動作学習支援システム”, 情報処理学会, pp.1-6, 2009.
- [4] 大島浩幸, 山田憲政: “運動技術レベルと運動観察能力の関連”, スポーツ心理学研究, Vol.37, No.2, pp.65-74, 2010.
- [5] S.Nakamura, N.Mochizuki, T.Konno, J.Yoda, H.Hashimoto “Reserch on Updating of Body Schema Using AR Limb and Measurement of the Updated Value” IEEE SYSTEMS JOURNAL Vol.10, No.3, 2016.