

重畳映像を用いた動作学習支援システムにおける 映像提示視点の自動決定

○中村祐基 (東京大学) 柳井香史朗 (東京大学) 中川純希 (東京大学)
温文 (東京大学) 山川博司 (東京大学) 山下淳 (東京大学) 浅間一 (東京大学)

1. 序論

技能とはスポーツ、看護・介護、製造業などに用いられる能力である。技能教育は学習者と指導者が面と面を向かい合わせて行われるのが一般的である。しかし、学習者がある特定の指導者から教育を受けたい場合や、指導者が不足している技能を身につけたい場合において、時間と場所を共有しなければならないという制約条件により、学習機会が少なく技能の伝承が非効率である。この問題を解決する手段として、技能のeラーニングサービスの構築が必要である。eラーニングサービスを構築するにあたり、学習者の学習継続意欲の維持が重要であるが、学習継続意思欲の重要な因子として技能上達度があるといわれている[1]。つまり、学習者の技能を効率よく上達させるeラーニングサービスが求められている。

技能学習において、スポーツのフォームやダンスのように目標とする動作を模倣しながら動作を習得する場合、目標動作を観察して動作イメージを構築する段階、実際に動作を実施する段階、目標動作と学習者自身の動作のずれを把握する段階がある(図1)。この3つの段階を繰り返すことによって、動作学習が進むといわれている[2]。しかし、現状の技能のeラーニングサービスでは、目標の動作を映像教材で確認し、自身の動作は鏡や撮影した映像を用いて確認するのが一般的であり、目標動作と学習者自身の動作のずれの把握が難しく学習が進みにくいという問題がある。

この問題を解決するために、目標動作と学習者の動作を同一の画面に重畳表示し、両者の動作の違いを可視化するシステムが提案されている[3][4]。固定視点からの重畳映像において、学習者が自身の動作と目標動作の奥行きがずれが把握しにくいことが報告されてい

る[5]ことから、3次元位置のずれの把握を正しく行うためには多視点の重畳映像を用いることが望ましい。また、多視点からの重畳映像システムも提案されている[6]ものの、視点決定は学習者に委ねられており、ずれが把握しやすい視点を学習者自身が探す必要がある。よって、重畳映像を用いた動作学習支援システムにおいて学習効率を向上させるためには、目標動作と学習者自身の動作のずれの把握が容易な映像提示視点を自動的に決定する機能が必要である。

そこで本研究では、重畳映像を用いた動作学習支援システムにおいて、学習者の動作と目標動作を比較し、ずれの把握が容易な視点を自動的に決定する手法を提案する。さらに、ダンスの右腕の振付を一例としてシステムを構築し従来のシステムとの比較実験を行う。

2. 映像提示視点を自動決定する動作学習支援システム

2.1 システムコンセプト

従来の重畳映像を用いた学習支援システム[4][5][6]においては、目標動作を観察する「観察モード」、重畳映像を用いて身体を動かす練習を行う「練習モード」、記録した学習者自身の動作と目標動作の比較観察を行う「リプレイモード」の3つのモードがある。しかし、前章で述べたように、これらのモードの映像提示視点は固定視点、もしくは学習者が手動で決定する必要があるため、自動的に目標動作と学習者自身の動作のずれの把握が容易な視点を決定することにより更に学習効率が向上すると考えられる。

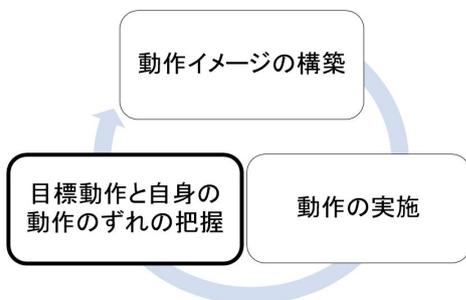


図1 動作学習のプロセス

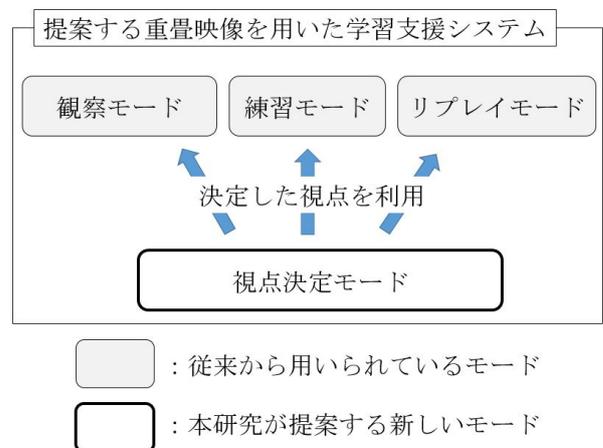


図2 システムコンセプト

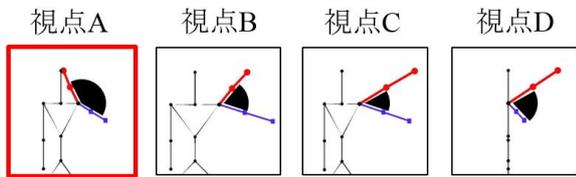


図3 各時刻におけるずれが大きく見える視点の選定

よって、本稿では目標動作と学習者自身の動作のずれの把握が容易な視点を自動的に決定する「視点決定モード」を提案する。「視点決定モード」において自動的に決定された映像提示視点を、「観察モード」「練習モード」「リプレイモード」で用いることにより、学習者が自身の動作と目標動作とのずれをより容易に把握することで、学習効率の向上を目指す(図2)。

2.2 視点決定モード

視点決定モードでは、学習者が自身の動作と目標動作とのずれが把握しやすい視点を決定する。また、学習が進むにつれて学習者の動作と目標動作のずれは変化するため、学習者の動作に応じて視点を決定する必要がある。

視点決定モードで決定したずれの把握が容易な視点から、学習者が自身の動作と目標動作の重畳映像を観察したり、重畳映像を用いて練習することにより、学習者自身の動作と目標動作とのずれの正しい認識が可能となる。そして、目標動作に近づくために自身の動作を修正することによって学習が効率よく行うことができる。具体的な手順は以下の通りである。

Step1 学習者の動作の計測

学習者の動作の習得度合いによって学習者の動作と目標動作のずれは変化するため、映像提示視点を決定するために、学習者の動作を計測を行う。

Step2 各時刻においてずれが大きく見える視点の選定

Step1で計測した学習者の動作と事前に計測した目標動作を各時刻において、多視点から学習者と目標動作の姿勢を比較する。

ここでは、右腕のずれに注目した例を示す。図3はある時刻 t の目標動作と学習者の動作を、ある視点 A, B, C, D から見た例を示す。また両者の右腕の角度の差を扇形で示す。この例において、右腕の角度のずれは視点 A が最もずれが大きく見えるため、右腕のずれが重要な動作においては、視点 A をこの時刻において、ずれが大きく見える視点と選定する。

動作全体の時間と T とし、同様にして、0 から T のすべての t においてずれが大きく見える視点を選定する。

Step3 動作全体において視点を決定

Step2において最も多く選定された視点を求める。この視点が、動作全体を通じて、学習者自身の動作と目標動作のずれが大きく見える視点であり、学習者自身の動作と目標動作のずれの把握が容易な視点である。

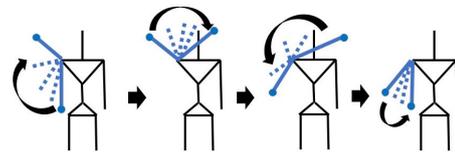


図4 目標動作1

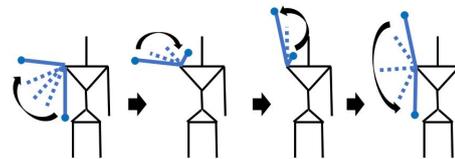


図5 目標動作2

3. ダンスの右腕の振付を対象とする重畳映像を用いた動作学習支援システム

3.1 対象とする目標動作

重畳映像を用いた動作学習支援システムは、目標動作を模倣しながら行う動作学習はスポーツのフォームやダンスなどが対象となる。本稿では動作の一例としてダンスの右腕の振付を対象とし、2種のダンスの右腕の振付動作(図4, 5)を目標動作とする。

両動作とも、右手を右腰に添えてリラックスさせた状態から始まり、右ひじを伸ばした状態で空間上のある3点を右手が順に通るようにゆっくり動かし、最後に始めの位置に戻るような動作である。また、両動作とも、動作時間は8.0secである。この目標動作を重畳映像を用いて学習させるシステムにおいて、映像提示視点の自動的に決定を行う。

3.2 目標動作の計測方法

目標動作はRGB-Dカメラを用いて計測し保存する。計測対象は身体部位20点の3次元位置である(図6)。計測手順は、右手を右腰に添えてリラックスさせた状態で待機し、メトロノームを用いてカウントダウンし動作を開始する。動作中においてもメトロノームを用いて動作全体の時間を意識して動作を行い、8.0secで動作を終了させる。

それぞれの動作を5回ずつ計測を行い、被計測者がイメージ通りに行えた動作を目標動作とする。

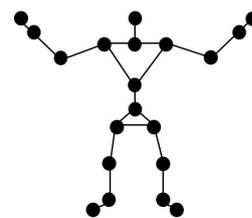


図6 計測する身体部位

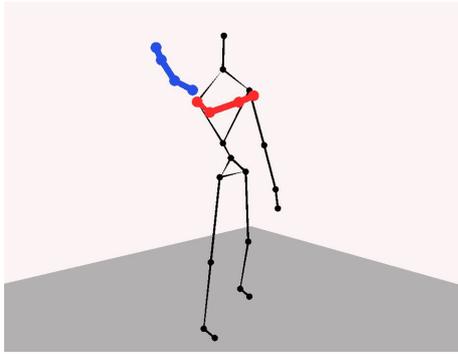


図7 作成したシステムの重畳映像

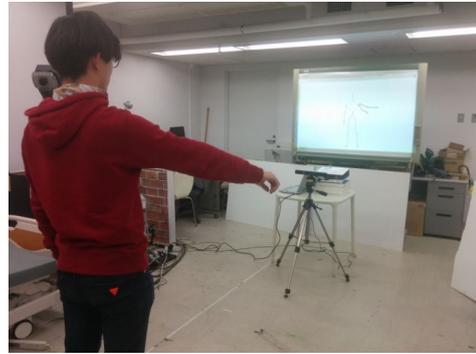


図9 実験風景

3.3 重畳映像の提示方法

学習者の全身をスティックピクチャで表示し、重ねて目標動作の右腕のみをスティックピクチャで表示する。また、学習者自身の動作と目標動作を視覚的に分かりやすく区別するために、学習者自身の右腕は赤色、目標動作の右腕は青色に色分けを行う。(図7)。

3.4 システム構成

本システムは、Microsoft社製のRGB-Dカメラを用いてサンプリング周波数30Hzで学習者の身体部位20点の3次元位置を計測する。また、事前に学習者の体格をRGB-Dカメラで取得し、Panasonic社製の計算機Let's Noteを用いて、目標動作の被計測者の体格を学習者の体格に合わせて重畳画像を生成し、BENQ社製のプロジェクタMW817ST(3000ルーメン)を用いてスクリーンに提示する(図8)。

4. 実験

4.1 実験概要

提案した重畳映像支援システムにおける映像提示視点の自動決定手法の有効性を検証するために、映像提示視点を自動で決定する本システムと映像提示視点を学習者が手動で決定する従来システムとの比較実験を行った。

目標動作1、目標動作2の2種類を用意し、被験者にそれぞれを自動、手動で練習を行ってもらった。被験者は健常な大学院生4名であり図9に実験風景を示す。

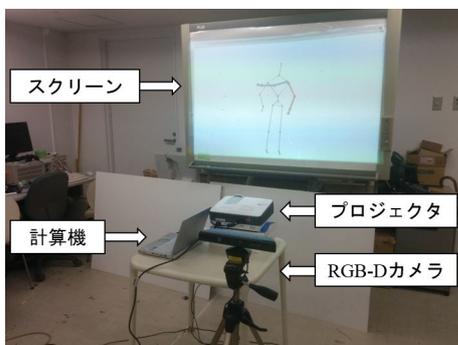


図8 システム構成

4.2 映像提示視点の選定

一般的に、動作学習では学習者の前後左右方向の4方向からの視点や、さらにそれぞれの中点4点を加えた8方向からの視点が用いられる[7]。本実験において、学習者がどここの角度からの映像を提示されているかを容易に認識しやすい必要があるため、一般的に用いられている8視点を候補とした。さらに、学習者の前方からの視点よりも、学習者の後方からの視点が重畳映像を用いた動作学習支援システムにおいて3次元位置情報を把握しやすいと報告されているため[2]、本実験に用いる視点は図10の視点1、2、3、4とした。

4.3 実験手順

実験手順は次の通りである。まず、観察モードで目標動作を3回観察させた後、練習を行う前に学習者の動作を計測した。次に、映像提示視点を決定し(自動もしくは手動)、その視点にてリプレイモードで目標動作と指針の動作のずれを把握させた。その後、練習モードで10回練習を行ってさせた後、動作の計測を行った。この視点決定、リプレイモード、練習モード、動作の計測のセットを残り2回行った。また、全試行においてメトロノームを使用し、動作の開始と終了のタイミングと動作全体の長さを意識しながら学習、計測を行った。

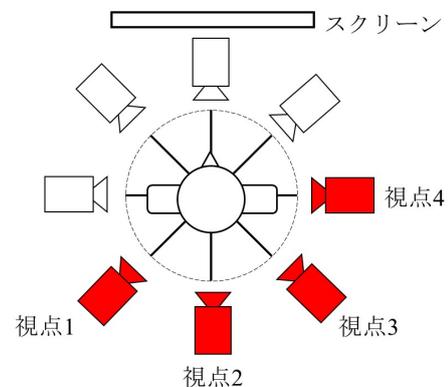


図10 映像提示視点の選定

4.4 実験結果

図 11, 12, 13, 14 に被験者 4 名の動作習得度の推移を示す。

計測 n 回目（練習前, 1 回目の練習後, 2 回目の練習後, 3 回目の練習後）の目標動作と被験者の右腕の角度の差の動作全体の平均値を計測 1 回目の値で正規化したものである。被験者 4 を例にとると, 目標動作 1 を自動で視点を決定するシステムで学習し, 目標動作 2 を手動で視点を決定するシステムで学習している。両動作とも, 計測回数が後になるにつれて目標動作と被験者の動作の差が小さくなっており, 動作が上達していることを示している。

また, 表 1 は各セットで用いた映像提示視点を示す。被験者 4 を例にとると, 自動で学習した場合, 1 回目のリプレイモードと練習モードは図 10 における視点 1 を用いて行った。2 回目のリプレイモードと練習モードは視点 2 を用いて, 3 回目のリプレイモードと練習モードは視点 2 を用いて行った。同様に, 手動で学習した場合 1 回目は視点 2, 2 回目は視点 3, 3 回目は視点 1 を用いて行ったことを示している。

5. 考察

5.1 動作習熟度の推移

被験者 2 の手動の場合の 2 回目から 3 回目に見られるように (図 12), 練習を重ねることで逆に動作習熟度が下がってしまう現象が複数回見られた。これは, 映像提示視点が変更することで, 1 章で述べた目標動作と学習者自身のずれの把握の段階が正しく行えず, さらに動作イメージを構築の段階において誤った動作イ

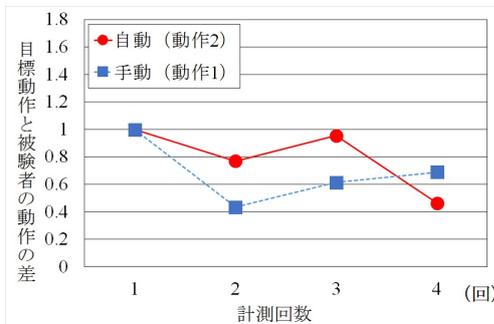


図 11 被験者 1 の動作上達度

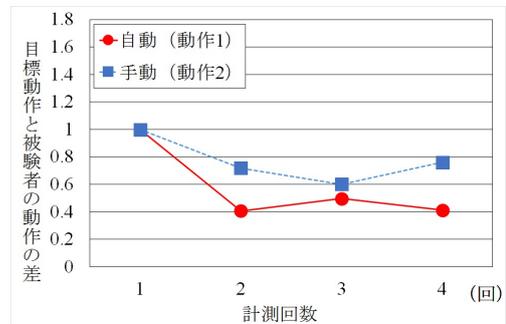


図 12 被験者 3 の動作上達度

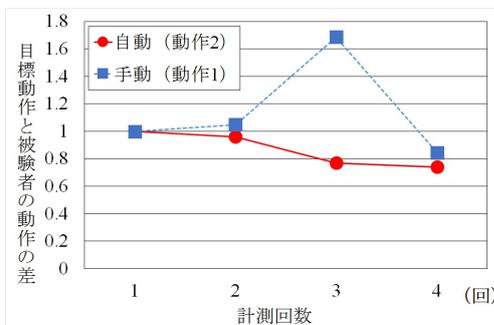


図 12 被験者 2 の動作上達度

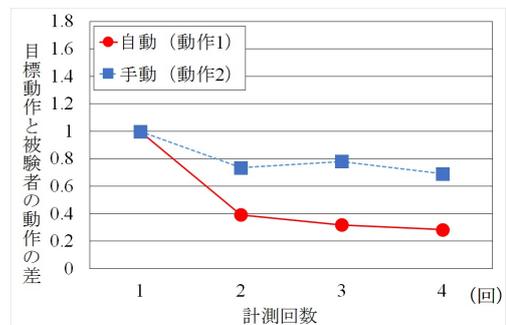


図 13 被験者 4 の動作上達度

表 1 各セットの映像提示視点

被験者	決定法	セット数		
		1	2	3
被験者 1	自動	視点 2	視点 2	視点 1
	手動	視点 2	視点 4	視点 2
被験者 2	自動	視点 2	視点 2	視点 4
	手動	視点 2	視点 1	視点 3
被験者 3	自動	視点 1	視点 2	視点 2
	手動	視点 4	視点 2	視点 1
被験者 4	自動	視点 1	視点 2	視点 2
	手動	視点 2	視点 3	視点 1

メージを構築してしまったことが大きな原因であると考えられる。

この現象は全ての被験者の合計で手動で決定した場合は 6 回, 自動で決定した場合は 2 回見られた。このことから, 被験者の動作を考慮して視点を決定する本システムでは, 目標動作と学習者自身のずれの把握を正しく行うことが可能になったと考えられる。

5.2 映像提示視点の選択

被験者が手動で視点を決定した場合, 被験者 1 以外の 3 名はすべて異なる視点を選択した。学習者にとってさまざまな視点で観察や練習を行いたいという意味があることも示された。一方で, 学習者の動作の習熟度に応じて自動で視点を決定した場合, 全ての被験者において同じ視点が 2 回選択された (表 1)。

学習効率のみを注力する際は、同じ視点が選択される可能性がある自動決定したほうが望ましいと考えられる。しかし一方で、学習意欲の継続という点においては、手動決定も学習方法に組み込む必要があると考えられる。

5.3 動作習熟度の比較

全ての被験者において、本システムを用いて自動で視点を決定した方が、被験者が手動で決定するよりも動作が習熟する傾向が見られた(図 11, 12, 13, 14)。本システムを用いることで、目標動作と被験者の動作のずれの把握が容易な視点を提示することで、動作イメージの再構築がより正確に行われるようになったためだと考えられる。

6. 結論

本稿では目標動作を模倣学習するための重畳映像を用いた動作学習支援システムにおいて、学習者が目標動作と自身の動作のずれを容易に把握できる視点を自動的に決定する「視点決定モード」を提案した、また、ダンスの右腕の振付の動作学習支援システムに「視点決定モードを」実装し、その有効性を検証した。手動で映像提示視点を決定するよりも、本手法を用いて自動的に映像提示視点を決定することで動作をより習熟する傾向が見られ、学習効率向上の有効性が示唆された。

また、重畳映像支援システムを用いた動作学習支援システムにおいて、視点変更するによって動作習熟度が下がるとい現象に対応しなければならない。今後の課題として、動作に応じた映像提示視点の選定や、映像提示視点の依存関係の解明が挙げられる。

展望として、「視点決定モード」のより複雑な動作への拡張、学習者の学習意欲継続のための映像提示視点の手動決定と任意決定を組み合わせた学習方法の検討を行う。

謝辞

本研究の一部は、JST RISTEX 問題解決型サービス科学研究開発プログラムの援助を受けた。

参考文献

- [1] 中村恭子, 古川理志: “健康運動の意欲継続に及ぼす心理的要因の検討-ジョギングとエアロビックダンスの比較-”, 順天堂大学スポーツ健康科学研究, Vol.8, pp.1-13, 2004.
- [2] 木村篤信, 黒田知宏, 眞鍋佳嗣, 千原國宏: “動作学習支援システムにおける視覚情報提示方法の一検討”, 日本教育工学論文誌, Vol.30, No.4, pp.293-303, 2007.
- [3] U. Yang, G. J. Kim: “Implementation and Evaluation of “Just Follow Me”: An Immersive, VR-Based, Motion-Training System”, PRESENCE, Vol.22, No.3, pp.304-323, 2002.
- [4] D. L. Eaves, G. Breslin, P. Schaik, E. Iain, I. Spears: “The Short-Term Effects of Real-Time Virtual Reality Feedback on Motor Learning in Dance Abstract”, PRESENCE, Vol.22, No.3, pp.202-215, 2013.
- [5] 本莊直樹, 伊坂忠夫, 満田隆, 川村貞夫: “HMDを用いたスポーツスキルの学習方法の提案”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.10, No.1, pp.63-70, 2005.

- [6] 柴田傑, 玉本英夫, 横山洋之, 松本奈緒, 三浦武: “学習者中心のインタラクティブ舞踊学習支援システムの開発”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J97-D, No.5, pp.1014-1023, 2014.
- [7] 久世均, 齋藤洋子, 松本香奈: “学習者の目的に応じた多視点映像教材の開発研究~デジタル・アーカイブ手法を活用した教材の開発~”, 日本科学教育学会年会論文集, Vol.27, pp.126-129, 2011.