

動作学習支援システム「仮想鏡」における重要な教師動作の提示

西村 由佳里[†] 山本 景子[†] 倉本 到[†] 辻野 嘉宏[†]
京都工芸繊維大学

1 はじめに

学習者が教師の動きを模倣しながら練習することは動作学習における一般的な学習方法の一つであり、ダンスやスポーツなどの様々な分野で行われる。このような学習方法を模倣に基づく動作学習と呼ぶ。筆者らは、教師のいない環境でも模倣に基づく動作学習を行えるよう支援するシステム「仮想鏡」を提案している [1]。しかし、動作の一連の流れを理解した学習者にとっては、ただ単に動作を模倣するだけでなく、教師動作のどの部分が重要なかを意識しながら学習することも大事になってくる。そこで、動作の重要な部分として動作の動き出し及び静止に関する情報を提示することで、より高いレベルの学習を行えるよう仮想鏡を拡張する。本稿ではその効果を従来の仮想鏡と比較し評価する。

2 仮想鏡

仮想鏡は、模倣に基づく動作学習を教師のいない環境でも効率的に行えるよう支援するための動作学習支援システムである。仮想鏡全体の様子を図1に示す。また従来の仮想鏡で提供される機能を以下に挙げる。

- (a) 教師動作の提示機能
教師動作は、教師の動きを記録したモーションキャプチャデータに基づいて、特徴点（肩、肘、手首）と特徴点間を線分で結んだ棒状のヒューマンモデルで提示される。このモデルの線分の色は赤色である。
- (b) 学習者動作の提示機能
学習者動作は (a) と同様のヒューマンモデルで提示される。このモデルの線分の色は灰色である。
- (c) 実映像提示機能
スクリーンの正面に設置したカメラを使い、学習者の鏡像を提示する。
- (d) 動作の違いのフィードバック機能
(a) と (b) の特徴点の位置の違いをスクリーン上に点線で提示する。
- (e) 提示する教師データの再生コントロール機能
教師データに対して、再生、一時停止、再生開始位置指定、再生速度の変更の操作を行える。



図1 仮想鏡全体の様子

3 動作の重要な部分の提示

ゴルフスイングの技能評価システム [2] や竹刀の素振り評価システム [3]、地域の伝統舞踊の研究 [4] において、特定の身体部位があるタイミングで勢よく動き出すときの、その加速度の大きさや時間変化が動作の重要な部分であるという点が指摘されている。また、茶道点前の準備動作の解析 [5] では動作の随所で身体部位の一部を静止させることが動作の重要な点であると指摘されている。

そこで本研究では、動作の重要な部分として特定の身体部位があるタイミングで勢よく動き出すことと、特定の身体部位があるタイミングで静止することの2点に着目する。そして、動作の動き出しと静止を提示することでより高いレベルの学習を行わせることを目指す。

動作の重要な部分の提示手法は以下の通りである。

- (f) 動き出しの提示
教師データの各特徴点に対し、前フレームと比べて速度と加速度の大きさが上昇して閾値を超えていた場合、その方向と大きさに応じた矢印を特徴点の位置に提示する。動き出しを提示したときの画面の様子を図2に示す。動作の動き出しのときのみ矢印を提示するために、速度が上昇したかどうかを判定する。加速度値の変化が大きいため、矢印の大きさは加速度の大きさの対数変換値に基づいて提示する。
- (g) 静止状態の提示
教師データの各特徴点のうち、ヒューマンモデルの

Representing significant teacher's motion on Augmented Practice Mirror self-learning support system for physical motion

[†] Yukari NISHIMURA, Keiko YAMAMOTO, Itaru KURAMOTO, Yoshihiro TSUJINO

[†] Kyoto Institute of Technology

[†] yukari@hit.is.kit.ac.jp, kei@kit.ac.jp, kuramoto@hit.is.kit.ac.jp, tsujino@kit.ac.jp

線分を構成する線分（ボーン）の両端の特徴点（例：右肩－右肘，右肘－右手首）の速度が両方とも設定した閾値を下回り，その状態が指定した時間継続した場合に静止したとみなし，その特徴点間を結ぶ線分の色を赤から青に変更する．静止状態を提示したときの画面の様子を図3に示す．

なお，動き出しを検出する速度，加速度の閾値および静止状態として検出する速度，時間の閾値はシステム上で変更が可能である．

4 実験

4.1 目的

提案手法により，従来の「仮想鏡」と比べて学習者が動作の動き出しと静止を学習できているか検証する．

4.2 対象

被験者は動作の動き出しと静止に関する情報提示（強調提示）がある仮想鏡を利用するグループと，強調提示のない従来通りの仮想鏡を利用するグループ，それぞれ3人ずつの大学生であり，全員が茶道の未経験者である．

評価対象とする動作は，茶道の連続する動作を割り稽古の手法によって分割した所作のうちの一つである「茶道の準備動作」とした．この動作の教師データは460フレーム（20fps，23秒）のモーションキャプチャデータ及び映像である．

4.3 手順

実験は週2回の練習を4週間半の期間中に計9回行った．1回目は茶道の準備動作のお手本のビデオ映像を使い，準備動作の流れを一通り覚えてもらうまで被験者に練習させた．2回目から9回目はグループにより強調提示の有無が異なる仮想鏡を利用し，各日20分間練習させた．なお実験間隔は3日または4日である．

また，各回の練習終了後に被験者の左肩，右肩，左肘，右肘，左手首，右手首の6特徴点のモーションデータを記録し，動作の動き出しと静止を学習できているかどうかの分析に利用した．

4.4 結果と考察

教師の動作データと被験者の動作データから，各被験者の各フレーム（460フレーム），各特徴点（6点），各

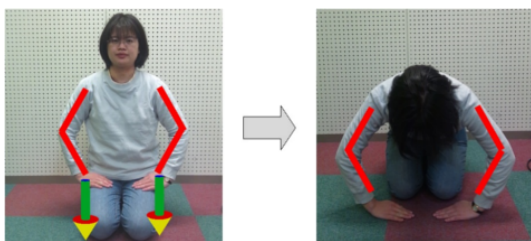


図2 動き出しの提示

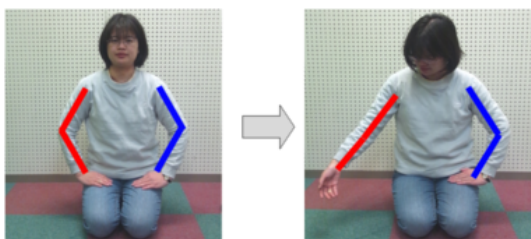


図3 静止の提示

実験回（9回），各軸（ x ， y ， z の3軸）における両データの差分が得られた．この差分データのうち，加速度誤差について，被験者グループごと，実験回ごとに差分の平均を計算した値を図4に示す．このとき，被験者により，また軸により誤差量の分布が異なるため，まず軸ごとに平均を計算し，それらを全データの平均値で除算することで正規化を行った後， x 軸， y 軸， z 軸の平均を計算している．

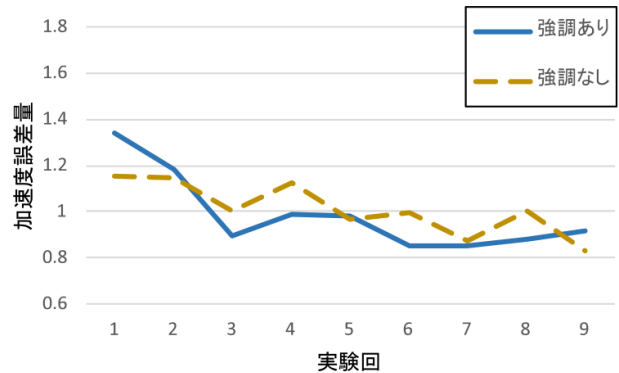


図4 加速度誤差

図4より，強調提示があるグループでは，練習回数が3回目の時点で加速度誤差がある一定の範囲内に収まるのに対し，強調提示のないグループでは，練習の後半になっても加速度誤差が収束していないことがわかる．

これは強調提示のあるグループは動作の動き出しと静止を学習できているため，回を重ねるごとに加速度誤差が一定のレベルにまで減少し収束したと考えられる．つまり，提案手法を用いると従来の仮想鏡に比べ，動作の動き出しと静止という動作の重要な部分を意識した練習を行うことができた可能性があると言える．

5 まとめ

本研究では，動作の重要な部分として動き出しと静止に関する情報を提示する手法を提案し，4週間半にわたる長期実験を行ってその効果を検証した．その結果，提案手法を用いたグループは加速度誤差が一定のレベルにまで減少し，動作の動き出しと静止の学習に効果がある可能性があることが分かった．

参考文献

- [1] Kuramoto, I. et al., “Augmented Practice Mirror: A Self-learning Support System of Physical Motion with Real-time Comparison to Teacher’s Model”, Digital Human Modeling, Vol. 5620, pp. 123-132, 2009.
- [2] 仰木他，“ビエゾ抵抗型3軸加速度センサを用いたゴルフスイングシステム技能評価システムの開発”，日立金属技報，vol. 20, pp. 45-50, 2004.
- [3] 鈴木他，“加速度センサを用いた剣道竹刀の素振り評価システムの開発”，信学技報，MBE, 108(98), pp. 11-16, 2008.
- [4] 郡他，“加速度を用いた地域伝統舞踊のためのリズム習得支援システム”，情理研報，2006-CG-125, pp. 49-54, 2006.
- [5] 太田他，“茶道点前における動作解析”，Dynamics and Design Conference, vol. 2008, pp. 3231-3236, 2008.