

ダンス動画への軌跡の重畳付与が動きの理解に及ぼす影響

中村 瞭汰[†] 藤原 優花[†] 中村 聡史[†]

[†] ‡ 明治大学大学院先端数理科学研究科 〒164-8525 東京都中野区中野 4-21-1

E-mail: † fms.nakaryo.kojirou@gmail.com

あらまし 動画共有サイトや SNS へのダンス動画の投稿が増加しており、投稿された動画を見て憧れを抱き、ダンスを真似する人も増えている。しかし、ダンス初心者が動画から振り付けを習得することは難しい。我々は、特に難易度が高い腕の動きに着目し、見本のダンス動画に手の動きの軌跡を重畳付与することで振り付けの習得を支援する手法を提案してきた。その結果、特定の振り付けにおいて、軌跡提示がある場合の方が腕の動きの習得度が高いことが示唆された。ここで、振り付けの習得は動きを理解する、動きを再現するという二つの段階に分けられるが、過去の実験では動きの理解、再現どちらに差があったのか明らかにできていなかった。そこで本研究では、ダンス動画を見せた後に腕の動きがどのような動きだったか記述をってもらう実験を行い、提案手法が腕の動きの理解にどのように影響するか調査を行った。その結果、軌跡の提示によって、どのように腕を動かしているのかの理解に効果的である可能性が示唆された。

キーワード ダンス, 軌跡, 振り付け, 穴埋め問題, 姿勢推定

Effects of Superimposing Trajectories on Dance Videos on the Understanding of Movement

Ryota Nakamura[†] Yuka Fujiwara[†] and Satoshi Nakamura[†]

[†] School of Interdisciplinary Mathematical Sciences, Meiji University 4-21-1 Nakano, Nakano-ku, Tokyo, Japan

E-mail: † fms.nakaryo.kojirou@gmail.com

Abstract The number of dance videos posted on video-sharing Web sites and SNS has been increasing. Many people imitate dances by watching videos. However, it is not easy for beginner dancers to learn choreography from dance videos. In our previous work, we proposed a method to support learning choreography by superimposing hand movement trajectories on model dance videos and showed that the trajectory of hand movements was more effective in helping the user acquire the arm movements of a particular choreography. Here, the acquisition of choreography can be divided into two stages, understanding the movement, and reproducing the movement. However, previous experiments have not clarified whether there was a difference in understanding or reproducing the movement. In this study, we conducted an experiment in which participants described the arm movements in a dance video after showing it to them. The results suggest that the trajectory presentation may be effective in helping the user to understand how the arms moved.

Keyword Dance, Trajectory, Choreography, Fill-in-the-blank questions, Pose estimation

1. はじめに

2012 年より中学校の体育の授業でダンスが必修となったことによって、若い世代がダンスに触れる機会が増加している。また、TikTok や Instagram などの SNS にはアイドルやダンサーに限らず幅広いユーザが多数のダンス動画を投稿しており、ダンスがより身近になり、ダンスを目にする機会も増加している。さらに、投稿された動画を見てその人のように踊ってみたいと思うユーザも少なくなく、実際にそのようなユーザが真似て踊った動画が N 次創作[1]として投稿されることが増えている。

SNS にアイドルやダンサーなどが投稿するダンス動画の多くはパフォーマンスを見せるための動画(以後、パフォーマンス動画と呼ぶ)であって、振り付けをレクチャーするための動画(以後、レクチャー動画と呼ぶ)ではないため、その動画を見て真似を試みることは難しい。そのため、動画によっては他のユーザがパフォーマンス動画を解説してレクチャー動画を投稿し

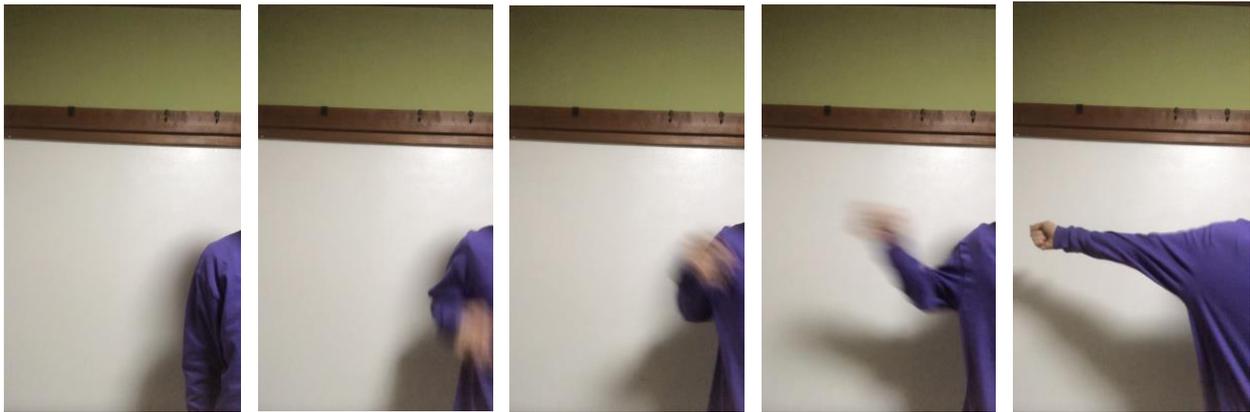


図1 見本（手を体に沿ってあげる）

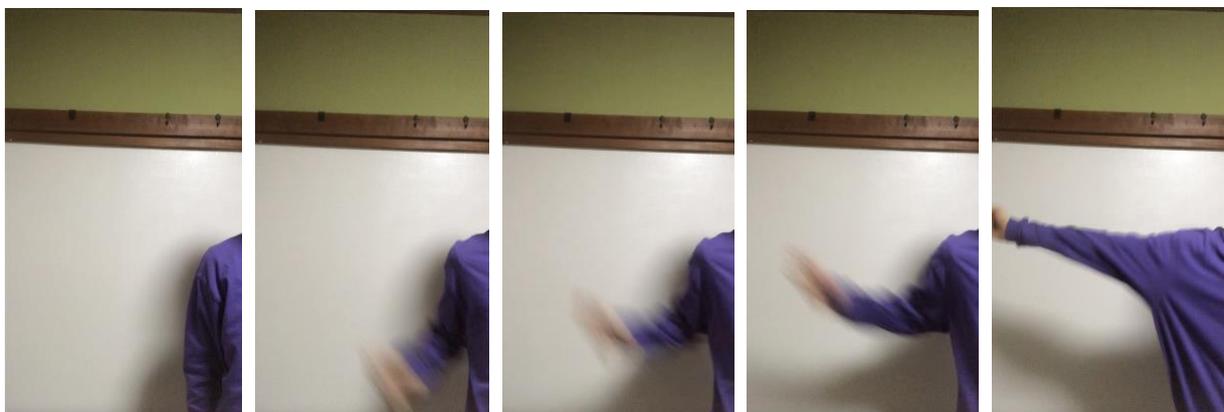


図2 見本を真似して間違った動き（手を斜めに真っ直ぐあげてしまっている）

ている場合もある。しかし、ダンス動画の真似を試みるユーザは振り付けを踊れるようになりたいという思いもあるが、動画上の憧れの人の癖などを含めて真似したいことも多く、パフォーマンス動画を見て練習したいという思いが強い。それに加え、憧れの対象はパフォーマンス動画上の人であるため、パフォーマンス動画を見て練習する場合の方が練習のモチベーションが高まる。また、そもそもパフォーマンス動画に対応したレクチャー動画がないことが多い。

ここでダンス初心者がダンス動画を見て、振り付けを真似することは容易ではない。振り付けを覚えるために動画を見ても、印象的な振り付けやポーズに目が向いてしまい、ポーズに至るまでの動きなどは見落とされることが多い。その結果、踊り手が見落とした箇所は曖昧な動きとなり、見本の動画とのずれが生じる。一方、ダンス経験者は初心者と比較して、振り付け全体に限らず目に向ける能力や、過去に踊ったダンスの経験をもとに動きを補完する能力が高いため、真似て踊ったダンスと見本の動画とのずれが少ない。

見落とされることが多い動きの例として、ポーズに至るまでの腕の経路が挙げられる。このポーズに至るまでの腕の経路によって、同じポーズでも見え方が大

きく変わる。例えば図2は、図1の動画を見本として真似したが、動きの見落としがありうまく表現できていない例である。見本となる図1では、手を肩の位置まで持ち上げてから横に伸ばしているが、それを真似した図2では終着点に向かって直線的に手を動かしてしまっている。図1と図2で手の始発点と終着点は一致しているが、手を通っている箇所が異なるため、図1はコンパクトな動きに見えるのに対して、図2はぼんやりとした動きに見えてしまっている。この腕の動きの理解が難しい原因として、他の部位と比較して可動域が広く理解しづらい複雑な動きが可能であることや、早い動きが可能であることから動きを見落としやすいことなどが考えられる。こうした動きを見落とした結果、自分の踊りと見本の動画との間にずれが生じてしまう。振り付け師からダンスの指導を受ける場合は、このような振り付けの中の見落とししやすい箇所に対して指導が行われるが、ダンス動画から振り付けを習得する場合は、その見落としやすい箇所に自身で目に向ける必要があるため、ダンス初心者が行うのは困難である。

我々はこれまでの研究において、見本のダンス動画における手の動きを推定し、手を通った位置を軌跡と

して重畳付与することによって、動画を見て振り付けを覚える際に腕の動きの習得を促す手法を提案した。また、実験協力者を軌跡提示なし群と軌跡提示あり群に分け、ダンスの習得実験を行った。その結果、手の動きの印象が強い振り付けにおいて軌跡提示あり群の方が軌跡提示なし群に比べ、上級者による腕の動きの評価が高い結果となった。

ここでダンスの習得は、動きを理解する段階とその動きの再現する段階の2つの手順に分けられると考えられる。我々のこれまでの研究では、動きの理解度と動きの再現度どちらの影響で評価値に差が開いたのか明らかになっていない。また、ダンスを1年以上習った経験はないものの、ダンスサークルに所属している大学生を対象として実験を行っていたため、本来の想定しているユーザ層から少しずれていた。

そこで本稿では、ダンス経験がほとんどない人を対象として、軌跡が付与されていない動画を見た場合と軌跡が付与されている動画を見た場合で腕の動きの理解度に違いがあるか調査することを目的とする。ここでは軌跡の提示方法としてこれまで提案してきた手がどのように動いてきたかを提示する手法だけでなく、これからどう動いていくのかということを示す手法を実現し、比較を行う。

2. 関連研究

2.1. ダンスの習得支援に関する研究

ダンスの習得支援に関する研究は様々なされている。ユーザのボーン情報や関節点を利用したものとして、Fujimoto ら[2]はダンスを覚える際に練習者が踊れるようになった時の姿がわかりやすいとモチベーションが上がると考え、レクチャー動画のボーン情報を練習者の姿に重ねた合成ビデオを提示する手法を提案している。練習後にアンケートをとった結果、合成ビデオは動きのタイミングの確認に役立つことがわかった。また Anderson ら[3]は、ARの鏡を使ってユーザのボーン情報を用いたガイドダンスやフィードバックを提示し、練習が進むにつれて徐々にガイドダンスの量を減らしていくシステム YouMove を提案している。YouMove を用いた結果、従来のビデオを用いた場合よりも学習効果が高いことが明らかになった。Eaves ら[4]は、練習者の姿が映っているディスプレイ上に見本の関節点を提示する手法を提案し、関節点のフィードバックはたくさん提示するのではなく、少なめに提示することで学習効果が高くなることを明らかにしている。

CG アニメーションを用いて習得支援に取り組んでいる研究も様々な存在する。Usui ら[5]は、タブレットに自身のCGアニメーションを提示することでハワイアンダンスの練習支援を行う手法を提案した。その結果、自身の踊りを客観視しやすくなったが、提示する情報

量の調整が課題となった。Molina-Tanco ら[6]は従来の鏡とは異なり少し動きの反映を遅くさせて鏡に提示する The Delay Mirror を提案し、実際の練習で用いたところ、生徒や教師が自発的に使用したことを明らかにしている。Kyan ら[7]は多面スクリーンで囲んだ空間の中にユーザが入る Cave を用いてダンスの習得支援を行う手法を提案した。具体的には、見本と練習者を横に並べて提示する方法と、見本を練習者の動きに重ねて提示する方法の2種類の可視化方法を提案している。システムを用いて繰り返し練習した結果、ユーザのダンスが見本に近づくことが明らかになった。

ここで Raheb ら[8]は、提案されている様々なダンスのトレーニングシステムを取り上げ、その有用性や問題点について議論している。その中で、提案されているシステムの半分が持ち運ぶことが難しいことを問題として挙げている。

持ち運びを可能にするものとして、ウェアラブルデバイスをを用いた研究もあり、Nakamura ら[9]は、ダンス動画から動きのタイミングを読み取りにくいことに着目し、ウェアラブルデバイスを用いることによってタイミングを提示する手法を提案している。デバイスを用いた練習の結果、アンケートによる主観的な評価では差が開かなかったが、タイミング誤差の測定結果には有意な差が見られた。Grosshauser ら[10]はウェアラブルデバイスを用いて練習者の足の圧力や膝の曲がり具合をセンシングし、それを音声フィードバックで提示する手法を提案した。その結果、練習者はフィードバックを元に動きの修正が可能であることを明らかにしている。

2.2. 動きの理解に関する研究

ダンスの振り付けの理解を促す研究にも様々なものがある。

斎藤ら[11]はダンス動画から振り付けの習得を試みる際に、振り付けのニュアンスを把握することが難しいという問題に着目し、その問題を解決するためにダンス動画にオノマトペを付与する手法を提案した。また実験の結果、オノマトペを漫画風にダンス動画に付与した手法がダンスの習得においてより効果的であることを明らかにしている。

軌跡を用いてダンスの動きの理解を促す研究もあり、Shimooka ら[12]は実験協力者に社交ダンスを踊ってもらう際に、首、肘、腰、膝にLEDライトを装着させることによって、実験協力者の動作の軌跡を観測する手法を提案している。また実験の結果、動きの微細な揺らぎの確認を容易にすることが可能であることを明らかにしている。ダンス以外の動きの理解を促す研究として、小坂ら[13]は三味線の練習時に三味線、撥、球体、熟練者の撥の軌跡を3DCGで画面に表示するとと

もに、リアルタイムで操作可能なシステムを提案し、自身の動作と熟練者の動作を比較できるようにしている。本研究は軌跡が付与されたダンス動画を用いることで、振り付けを習得する際に、ダンスの正確な理解を促すものである。

なお、Rivièreら[14]はダンス初心者にとって、指導者の振り付けの分解方法が参考になることを明らかにしている。本稿の実験の穴埋め問題においても、振り付けを分解し問題を作成しているが、振り付けの重要な箇所を押さえた問題になるように考慮した。

3. 軌跡提示手法

本研究では、ダンス初心者が難しい動きを正しく理解し、習得できるように支援することを目的とする。ここでは特に振り付けの中で複雑な動きになりやすい腕の動きに着目し、見本の動画内の手の座標を推定して手の動きの軌跡を動画に重畳付与するものである。本手法により手の動きの経路がわかりやすくなり、腕の動きの理解につながると考えられる。

我々のこれまでの研究[15]では、手がどのように動いてきたのかを提示する手法のみであったが、その手法だけではこれからどのように動いていくのかを理解するには不十分であると考えられる。そこで今回は新たに手がこれからどのように動くのかを提示する手法を実現することで、これから手をどう動かすべきなのかという理解を促す。これにより軌跡の提示パターンは2種類用意となった。具体的には下記に示すものである。

- **過去軌跡提示手法:** 手が通った箇所に後から軌跡が提示されるもの(図3左)であり、動画を見るだけの練習に効果的であると期待される。
- **未来軌跡提示手法:** 手がこれから動く先に軌跡が提示されるもの(図3右)であり、動画と同

時に動いて練習する場合に後から動きが追いつく、効果的であると期待される。

以降、軌跡提示なしを“no”，過去軌跡提示手法を“back”，未来軌跡提示手法を“front”と表す。本手法の実現においては、動画を1フレームずつ分割し、OpenPose[16]を用いて姿勢推定を行い、Nフレーム分の推定された手の座標を結ぶことによって軌跡を作成する。なお、動画上に提示する軌跡は15フレーム分とし(N=15)、Processingを用いて実装し、RGB=(255, 140, 190)、透明度は190で設定した。N=15とした理由は、軌跡の提示量が多すぎることで見本の動画が見づらくなるなどの問題があったためである。また、色や透明度については、背景や服装の色と重なって見えづらくなるように配慮しつつ設定した。

4. 実験

4.1. 実験概要

本実験の目的は、手に軌跡が付与されていない動画を見た場合と、手が通った後に軌跡が付与されている動画を見た場合、そして手がこれから動く先に軌跡が付与される動画を見た場合とで、腕の動きの理解度に違いがあるか調査することである。

ここでは動きの理解度を測るために、ダンス動画の一部を切り取って作成した短い動画を見て、その動きを把握してもらおうとともに文章で説明してもらい、その説明の度合いに応じて評価を行うものである。ここで、ダンス経験のない人が自由記述で動きを説明するのは難しいこと、またプレ実験を実施したところ表記の詳細度が人により大きく異なり評価が難しかったため、穴埋め問題の形式で実験を行うこととした。

4.2. 実験対象ダンス動画の選定

動画の元にするダンス動画は、AIST Dance Video Database[17]のAdvanced Danceの中から選定した。

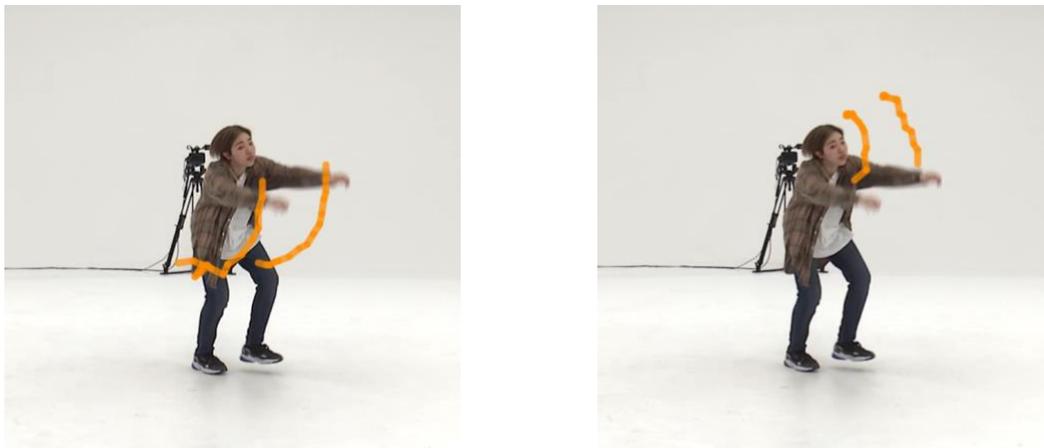


図3 軌跡の提示パターン

(左: 過去軌跡, back (通った箇所に提示), 右: 未来軌跡, front (これから動く先に提示))

表 1 穴埋め問題一覧

動画番号	穴埋め問題
動画 1	手を「どこ」から「どこ」へ「どのように」動かす
動画 2	右手を「どこ」から上げる→「どこ」まで下げる→「どこ」に伸ばす
動画 3	手を「どこ」から「どこ」に上げる→「どこ」に上げる
動画 4	手を「どこ」から、「どこ」を支点として、「どのように」動かす
動画 5	右手を「どこ」から「どこ」まで回す→「どこ」まで下げる
動画 6	右手を「どこ」から「どこ」へ「どこ」を支点として回す

表 2 採点基準

	1点	2点	3点
「どこ」の空欄	「上」や「下」など情報がないもの	位置が模範回答と少しずれているもの	模範解答の位置が再現できるもの
「どのように」の空欄	動かし方に関する情報がないもの	動かし方の経路が模範解答から少しずれているもの	模範回答と同じ動きが再現できるもの

Advanced Dance の中から選定した理由は、腕の動きが重要な振り付けが多く含まれていたためである。この中から著者らが動画を確認し、動画のみを見て習得することが難しい振り付けと、言葉で説明することが難しい振り付けは実験に適していないと考えて除外し、合計 6 本のダンス動画を選定した。

4.3. 説明文の穴埋め実験

穴埋め問題の枠組みは、動画の動きを再現するために押さえるべきポイントが穴抜きの箇所になるように表 1 のように著者らが作成した。また、どの問題も穴抜きの箇所は 3 つになるようにそれぞれの動画に対応した問題を作成した。

実験では、動画を視聴するたびにダンスに対する理解が変化すると考え、1 つのダンス動画について、ダンス動画を視聴し、穴埋め問題に回答するという試行を 3 回繰り返してもらった。具体的な 3 回の手順は下記のとおりである。

- 1 回目は、実験協力者にこれから見る動画の穴埋め問題の問題文を確認してもらった後、動画を 1 回見てもらい、穴埋め問題に回答してもらった。
- 2 回目は、同じ動画をもう一度見てもらい、穴埋め問題に回答してもらった。
- 3 回目は、何回も動画を見直したり、動画の再生位置を変更するスライダーを用いてゆっくり再生、一時停止したりしてもよいという条件のもと穴埋め問題に回答してもらった。

この流れを繰り返し、6 つの動画に対する穴埋め問題に回答してもらった。なお、実験協力者が見る動画は各手法が 2 つずつ含まれるようにランダムに組み合

わせられたもので、動画の順番もランダムで取り組んでももらった。

実験協力者はダンス経験がほとんどない大学生、大学院生 20 名（男性 10 名、女性 10 名）を対象に行った。6 つのダンス動画の提示順番はランダムで、手法についてもランダムな順番で提示するように実施した。なお、動画は実験協力者の各自の PC で見てもらい、穴埋め問題に対する回答は、こちらで用意した Google Form 上の回答欄を用いて行ってもらった。

4.4. 穴埋め問題の採点方法

回答された穴埋め問題は著者らが模範回答と採点基準（表 2）をもとに 1 つの空欄を 1～3 点の三段階で評価を行うこととした。評価をする際に、何回目の回答なのか、どの提示方法の動画を見たときの回答なのかがわからない状態で評価を行った。

5. 実験結果と考察

5.1. 結果

手法ごとに実験協力者の点数の平均を計算し、外れ値の検出を平均値±2SD を基準として行ったところ、3 名のデータが外れ値に該当した。そのため、以降の分析ではこの 3 名のデータを分析対象から除外した。

まず、各手法の解答回数と平均点について表 3 に示す。表 3 より、どの手法においても解答回数が増えるにつれて、点数が増加していることがわかる。また、1 回目から 2 回目の点数の変化量と、2 回目と 3 回目の点数の変化量はあまり差がないことがわかる。

次に、問題 1～問題 6 の平均点を図 4 に示す。この図から問題 6 が他の問題と比較して少し平均点が低い

表3 各手法の1つの問題に対する
解答回数ごとの平均点

	1回目	2回目	3回目	平均点
no	2.34	2.49	2.62	2.48
back	2.32	2.46	2.65	2.48
front	2.22	2.40	2.62	2.41

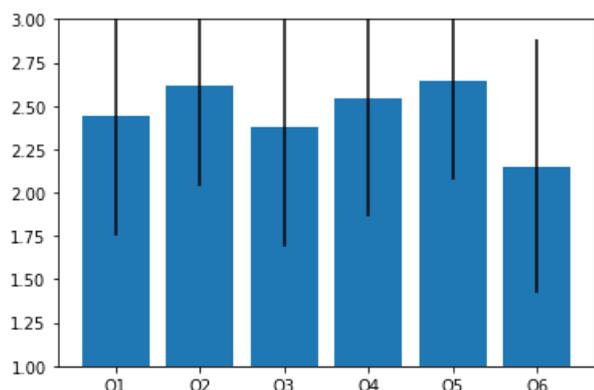


図4 各問題の平均点

ことが読み取れる。また、どの問題においても解答のばらつきが大きいことが読み取れる。

表4は空欄を4種類（「どこ」から、「どこ」へ、「どのように」、「どこ」を支点として）に分類したときの平均点である。「どのように」の空欄は軌跡提示があるbackやfrontの点数が高く、「どこを」支点としての空欄は特にbackの点数が低いことが読み取れる。

本稿の実験では、1人の実験協力者に対して、3つ

表4 空欄の分類ごとの平均点

	「どこ」から	「どこ」へ	「どのように」	「どこ」を支点として
no	2.28	2.59	2.58	2.58
back	2.49	2.57	2.82	1.63
front	2.34	2.41	2.89	2.21

表5 各手法の問題の解答回数ごとの平均点

	1問目	2問目
no	2.56	2.40
back	2.49	2.47
front	2.39	2.43

表6 問題に取り組んだ回数とその平均点

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目
平均点	2.56	2.43	2.37	2.45	2.47	2.47

の手法が2回ずつ提示される。表5は各手法の1問目

と2問目で分け平均をとったものである。この結果より手法によって、1問目の点数よりも2問目の点数が高いといった傾向は見られなかった。

5.2. 考察

まずダンス動画および穴埋めの難易度について、図4より、各問題の平均点は3段階評価の中央値の2より少し高いことから、問題が少し易しかったと考えられる。問題の作成においては、難易度の調整の他にも、問題を作成する際に言語化がしづらい動きや、穴埋め問題の形式にしづらい動きを用いることが難しいといった問題点もある。そのため問題が似通ってしまい慣れが生じていると懸念される。しかし、表6においても徐々に点数が上昇するといった傾向は見られなかったため、問題形式に対しての慣れは本実験ではなかったと考えられる。これらの問題の対策として、今後は問題の難度を少し上げ、回答形式を多様化することで改善し、再実験を行う予定である。

動画の見る回数による点数の変化について、表3よりどの手法においても1回目よりも2回目、2回目よりも3回目の点数が上昇していることが読み取れる。しかし、動画を追加で1回見るだけの解答2回目と、動画を追加で何回見ても良い解答3回目で点数の上がり幅にあまり大きな差がみられなかった。このことから、ダンス動画及びその穴埋め問題が易しかったことが考えられる。これまでの研究では、そのダンス動画を再現できるかまで着目していたため、ダンス動画のレベル調整は重要であったが、今回の実験では実際にその動きを表現できるかどうかに関わらず回答可能

であるため、問題の難度を高く設定するべきであった

と考えられる。

表4の「どこを」支点としての問題において、backの点数が他の2つの提示方法と比較して低いことがわかる。ここでまず、支点を問う問題においては、軌跡が提示される場合に、半円のような軌跡が描かれていた。この点数が低い理由として、問題ではどこを支点として動かしているかを聞いているが、軌跡がどこを通っているかという問題にすり替えて解答してしまったことが原因として考えられるものが複数みられた。そこで今後実験を行う際には、こうした点における誤解が生じないように教示を行う必要があると考えられる。

表4の「どのように」の問題において、backとfrontの点数がnoと比べて高い。その理由として、軌跡が提示されている場合において、手の動き方が可視化され言語化に役立っていると思われる回答が複数みられた。このことから、軌跡の提示によって手を「どのように」動かすのかについて、理解を促していることが考えられる。

次に、表4の「どこ」からの問題と「どこへ」の問題についてbackとfrontの比較を行う。この2つの項目についてはbackのほうがfrontよりも高い点数を示している。その理由として、frontの場合、「どこから」の問題の答えとなる箇所に一瞬しか軌跡が提示されないことが考えられる。また、「どこへ」の問題については動画の最後の手の位置が答えになるものが多いが、動画の最後に提示されている軌跡は次どこに動くかの軌跡であるため、問題に関係ない軌跡が提示されている。これらの点から、動画を見て動きを理解するというタスクにおいては動きの通った箇所に軌跡が提示されるbackのほうが効果的なのではないかと考えられる。また、frontは動画を流すと同時に自身も動いて練習する方法においては、提示される軌跡がガイドとなり役立つことが考えられる。

6. まとめ

本研究では、ダンス初心者が動画から振り付けを覚える際に、振り付けの動きを理解することが難しいことに着目し、ユーザに動きの理解が難しい箇所の理解を促す手法を提案した。本稿では、軌跡が付与されていない動画を見た場合と軌跡が付与されている動画を見た場合で腕の動きの理解度に違いがあるか調査を行った。具体的には、軌跡を付与した動画と付与していない動画を提示して、その動画の手の動きを説明する穴埋め問題に解答してもらった。その結果、軌跡の付与によって「どのように」を問う問題での点数が軌跡なしと比べて高い結果となった。このことから、軌跡によって「どのように」腕を動かしているのかの理解

を促していることが示唆された。一方、軌跡の提示によって、「どこ」を支点として動かすかの問題の点数は低い結果となった。よって、軌跡の付与によって軌跡に目が向きすぎるため、わかりづらくなる動きがあると考えられる。

改善点として、今回の動画は易し過ぎるため手法間での差が現れにくかったことが考えられるため、今後は問題の難度を少し上げ、回答形式を多様化することで、手法の効果を再確認する必要があると考えている。また、今回軌跡の付与によって「どのように」の問題の点数は上がり、「どこ」を支点とするの問題の点数は下がったことから、良い影響があった箇所はよりその効果を伸ばせるような、悪い影響があった箇所はその影響を抑えられるような提示方法について検討をしていきたいと考えている。

文 献

- [1] 濱野 智史. ニコニコ動画はいかなる点で特異なのか: 「擬似同期」「N次創作」「Fluxonomy (フラクソノミー)」。情報処理(情報処理学会誌). 2012, vol. 53, no. 5, p. 489-494.
- [2] Fujimoto, M., Tsukamoto, M. and Terada, T.. A Dance Training System that Maps Self-Images onto an Instruction Video. The Fifth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions, 2012, p. 309-314.
- [3] Anderson, F., Grossman, T., Matejka, J. and Fitzmaurice, G.. YouMove: enhancing movement training with an augmented reality mirror. Proceedings of the 26th annual ACM symposium on User interface software and technology, 2013, p. 311-320.
- [4] Eaves, D. L., Breslin, G., Schalk, van. P., Robinson, E. and Separs, R. I.. The Short-Term Effects of Real-Time Virtual Reality Feedback on Motor Learning in Dance. Presence Teleoperators and Virtual Environments, 2011, vol. 20, no. 1, p. 62-77.
- [5] Usui, Y., Sato, K. and Watabe, S.. Learning Hawaiian hula dance by using tablet computer. SIGGRAPH Asia 2015 Symposium on Education, 2015, no. 6, p. 1-2.
- [6] Molina-Tanco, L., García-Berdónés, C. and Reyes-Lecuona, A.. The Delay Mirror: A Technological Innovation Specific to the Dance Studio. Proceedings of the 4th International Conference on Movement Computing, 2017, no. 9, p. 1-6.
- [7] Kyan, M., Sun, G., Li, H., Zhong, L., Muneesawang, P., Dong, N., Elder, Bruce. and Guan, L.. An Approach to Ballet Dance Training through MS Kinect and Visualization in a CAVE Virtual Reality Environment. Transactions on Intelligent Systems and Technology, 2015, vol. 6, no. 23, p. 1-37.
- [8] Raheb, K., Stergiou, M., Katifori, A. and Ioannidis, Y.. Dance Interactive Learning Systems: A Study on Interaction Workflow and Teaching Approaches. ACM Computing Surveys, vol. 52, no. 50, p. 1-37.
- [9] Nakamura, A., Tabata, S., Ueda, T., Kiyofuji, S. and Kuno, Y.. Dance training system with active vibro-devices and a mobile image display. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and

Systems, 2005.

- [10] Grosshauser, T., Blasing, B., Spieth, C. and Hermann, T.. Wearable Sensor Based Real-Time Sonification of Motion and Foot Pressure in Dance Teaching and Training. *Journal of the Audio Engineering Society*, 2012, vol. 60, no. 7, p. 580-589.
- [11] 斎藤光, 徳久弘樹, 中村聡史, 小松孝徳. ダンス動画へのオノマトペ付与によるダンス習得促進手法. *情報処理学会研究会報告グループウェアとネットワークサービス (GN)*, 2020, vol. 2020-GN-109, no. 33, p. 1-8.
- [12] Shimooka, H. and Umemura, K.. Trajectory Study of Ballroom Dance Using Millisecond Video Analysis. *ISBS – Conference Proceedings Archive*, 30 International Conference on Biomechanics in Sports, 2012, p. 335-338.
- [13] 小坂晋, 柴田傑, 玉本英夫, 桂博章, 横山洋之. 三味線演奏における基本動作習得のための特徴表示システムの提案. *情報科学技術フォーラム講演論文集*, 2011, vol. 10, no. 4, p. 421-426.
- [14] Rivière, J. P., Alaoui, S. F., Caramiaux, B. and Mackay, W. E.. Capturing Movement Decomposition to Support Learning and Teaching in Contemporary Dance. *Proceeding of the ACM on Human-Computer Interaction*, 2019, vol. 3, no. 86, p. 1-22
- [15] 中村瞭汰, 藤原優花, 古市冨佳, 中村聡史. 見本のダンス動画に対する手の軌跡の付与が動きの理解に及ぼす影響の調査, *情報処理学会 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI)* . vol. 2022-HCI-198, no. 11, p. 1-8, 2022.
- [16] Cao, Z., Hidalgo, G., Simon, T., Wei, S.-E. and Sheikh, Y.. OpenPose: realtime multi-person 2D pose estimation using Part Affinity Fields, *arCiv:1812.08008* (2018)
- [17] 土田修平, 深山覚, 濱崎雅弘, 後藤真孝. AIST Dance Video Database: ダンス情報処理研究のためのストリートダンス動画データベース. *研究報告音楽情報科学 (MUS)* , 2020, vol. 2020-MUS-126, no. 9, p. 1-10.