

ダンスの切れ目と動きを考慮した 軌跡付与画像による振り付け習得支援

中村 瞭汰[†] 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 ダンス動画から振り付けを習得することは容易ではない。我々は、振り付けの中でも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軌跡を重畳付与することで振り付けの習得支援する手法を提案してきた。この手法ではユーザが動画とともに動いている軌跡を同時に認識する必要があり、その把握が容易ではないという問題があった。そこで本研究では、ダンス動画を動きの切れ目に基づいて部分動画に分割し、その部分動画内の手の動きの軌跡を、部分動画の最終フレームに対応する画像上に重畳付与するシステムを提案および実装し、システムがダンスの習得支援に役立つか調査を行った。実験の結果、システムの感想として手の軌道が見えやすかったという意見や、画像の表示方法に関する改善点が挙げられた。

キーワード ダンス, 軌跡, 振り付け, 姿勢推定

Support on Learning Choreography by Trajectory-Assigned Images that Consider Dance's Breaks and Movements

Ryota Nakamura[†] 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 It is not easy to learn choreography from dance videos. We have focused on hand movements, the most difficult part of the choreography, and proposed a method to support choreography learning by superimposing hand trajectories on model dance videos. This method needs the user to simultaneously recognize the trajectory of the hand movements and the video moves, which is not easy to grasp. In this study, we proposed and implemented a system that divides a dance video into part videos based on the breaks in the motion and superimposes the hand trajectories in the part videos on the image corresponding to the final frame of the part videos, and investigated whether the system is useful for supporting dance learning. The experimental results showed that the trajectory of the hand was easy to see and that there were improvements regarding the display method of the images.

Keyword Dance, Trajectory, Choreography, 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、ダンスを目にする機会が増え、より身近な存在になっている。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が投稿する動画の多くは視聴者にパフォーマンスを見せるための動画であり、振り付けを解説する動画ではないため、投稿された動画を見て振り付けを習得することは容易ではない。実際、ダンスの初級～中級者が振り付けを覚えるためにこうしたパフォーマンス動画を見ても、印象的な振り付けやポーズに目が向き、ポーズに至るまでの動きなどを見落としてしまいがちである。その結果、踊り手が見落とした箇所は間違った補完がされた動きや、曖昧な動きとなり、見本の動画とのずれが生じる。

ここで見落とされることが多い動きの例として、ポ

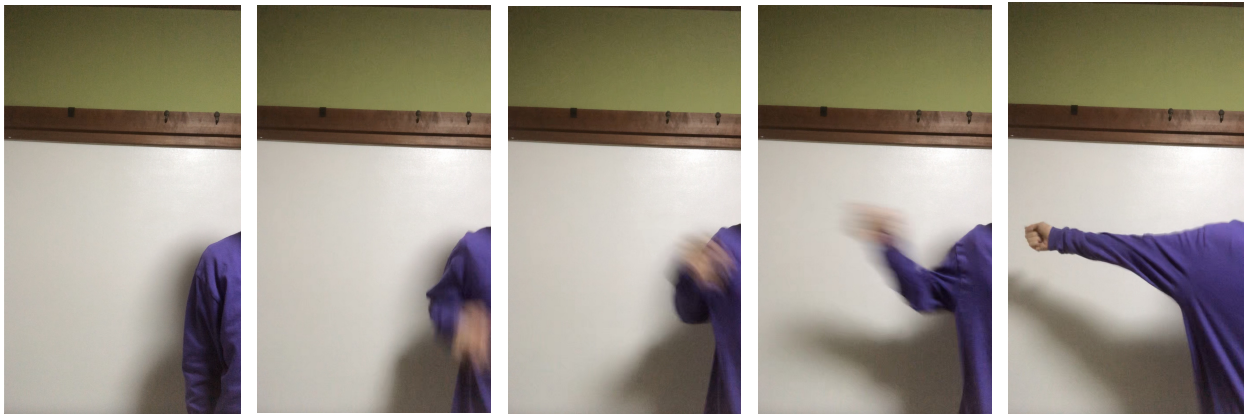


図1 見本（手を体に沿ってあげる）

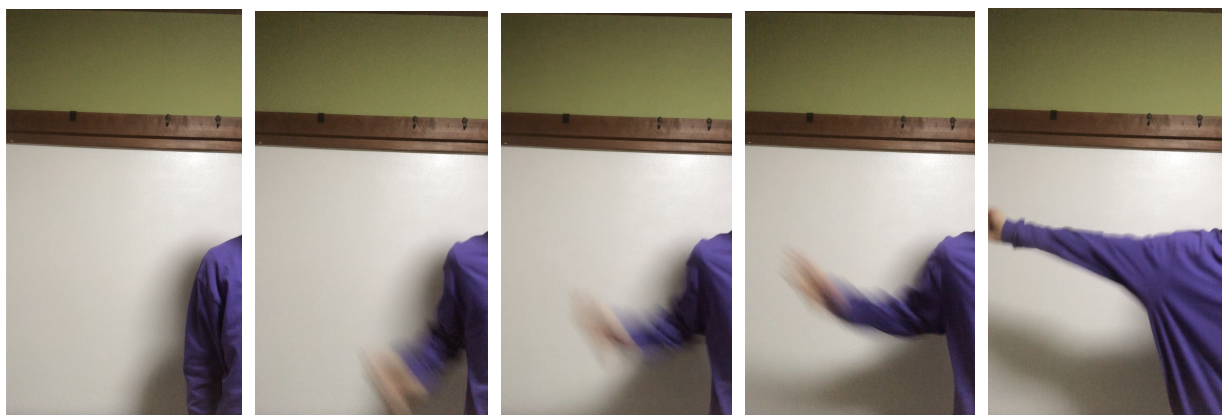


図2 見本を真似して間違った動き（手を斜めに真っ直ぐあげてしまっている）

ーズに至るまでの腕の動線が挙げられる。例えば見本である図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では終着点である肩の横に向かって直線的に手を動かしてしまっている。その結果、図1が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。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やすい箇所を振り付け師が指摘してくれるが、動画などから学ぶ際には自身で目を向ける必要があるため、ダンス初級～中級者が行うのは困難である。

我々はこうした動きを正確に把握可能とするため、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動画に重畳することによって、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てきた[2]。また、実験により手の動きの印象が強い振り付けにおいて、提案手法により腕の動きの再現度が高くなることが明らかにした。

ここでこれまでの研究で実現してきた動画に軌跡を付与する手法は、ユーザが動画とともに動いている軌跡を同時に認識する必要があり、その把握が容易ではないという問題があった。現在提示されている状態

からの動きを知るという点では、静止画に対して軌跡を付与する手法の方が振り付けの習得に軌跡を活かしやすいと考えられる。また、軌跡を付与する画像をダンスの動きの切れ目となる箇所にするすることで、動きの理解がしやすくなり、振り付けの習得支援につながると考えた。

そこで本稿では、ダンス動画を見て振り付けを習得しようとするユーザが、ダンス動画内で特に動きを把握したいと考え選択した箇所について、ダンス動画を時間分割して画像化したものに軌跡付与して並べて表示する手法を提案する。またシステムとして実装することで、ダンスの習得支援に役立つかを調査することを検証とする。さらに、現在のシステムの改善点を調査し、今後のシステムの改善に役立てる。

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。ユーザのボーンや関節点の情報を利用したものとして、Fujimotoら[3]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想像できるとモチベーションが上がると考え、見本動画内の人のボーン情報を練

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[4]は、AR の鏡を使ってユーザのポーン情報を用いたガイ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提示する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、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[5]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存在する。Usui ら[6]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[7]は従来の鏡とは異なり、少し動きの反映を遅くして鏡に提示する The Delay Mirror を提案し、実際のバレエ教室で用いたところ、生徒や教師が自発的に使用したことと述べている。Kyan ら[8]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。この研究では、見本と練習車のスクリーンに並べて提示する手法と、見本を練習車の動きに重ねて提示する方法の2種類の表示方法を提案している。システムを用いて6回の練習を行い、1回目よりも6回目の方が高いスコアとなった。

ウェアラブルデバイス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が読み取りにくいという問題に着目し、ウェアラブルデバイスを装着して振動を提示することによって、動くタイミングの習得支援を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車の足の裏の圧力や膝の曲がり具合を測定し、それを音による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も様々行われている。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。Rivière ら[12]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ダンスの習得の参考になることを明らかにしている。遠藤ら[13]は視覚特徴量と聴覚特徴量を Temporal Convolutional Network (TCN) に入力することで、振り付けの自動分割手法を提案した。視覚特徴量と聴覚特徴量をそれぞれ入力とした場合と比較して、どちらも用いた場合の方が高い精度となった。

軌跡を用いて動きの理解を促す研究もあり、Shimooka ら[14]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。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だと明らかになった。ダンス以外の動きの理解を促す研究として、小坂ら[15]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画像を用いることで、振り付けを習得する際にダンスの理解を促すものである。

3. 実験システム

3.1. 動きの切れ目に基づく動画分割と、静止画に対する軌跡提示システム

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。まず、我々のこれまでの研究[16]で、手が通った箇所から軌跡が提示される手法（以後、過去軌跡提示手法と呼ぶ）と、手がこれから動く先に軌跡が提示される手法（以後、未来軌跡提示手法と呼ぶ）の2種類を用いて比較を行った。ここで未来軌跡提示手法は、動画を再生しながら自身も動くというある程度振り付けを習得した段階に欲しいという意見が多かった。本システムでは、まだあまり振り付けを覚えていない、振り付けを理解する段階を想定しているため、過去軌跡提示手法を採用した。

図3に本システムの概略図を示す。本システムではまず、対象とするダンス動画をダンスの動きの切れ目に注目して部分動画群へと分割する。次に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、その部分動画内の手の座標を推定することで、分割された部分動画内での手の軌跡を推定する。また、部分動画の最後のフレームを画像化し、その画像上に手の動きの軌跡を過去軌跡提示手法により重畳付与する。本システムにより軌跡付与した振りに基づき分割され

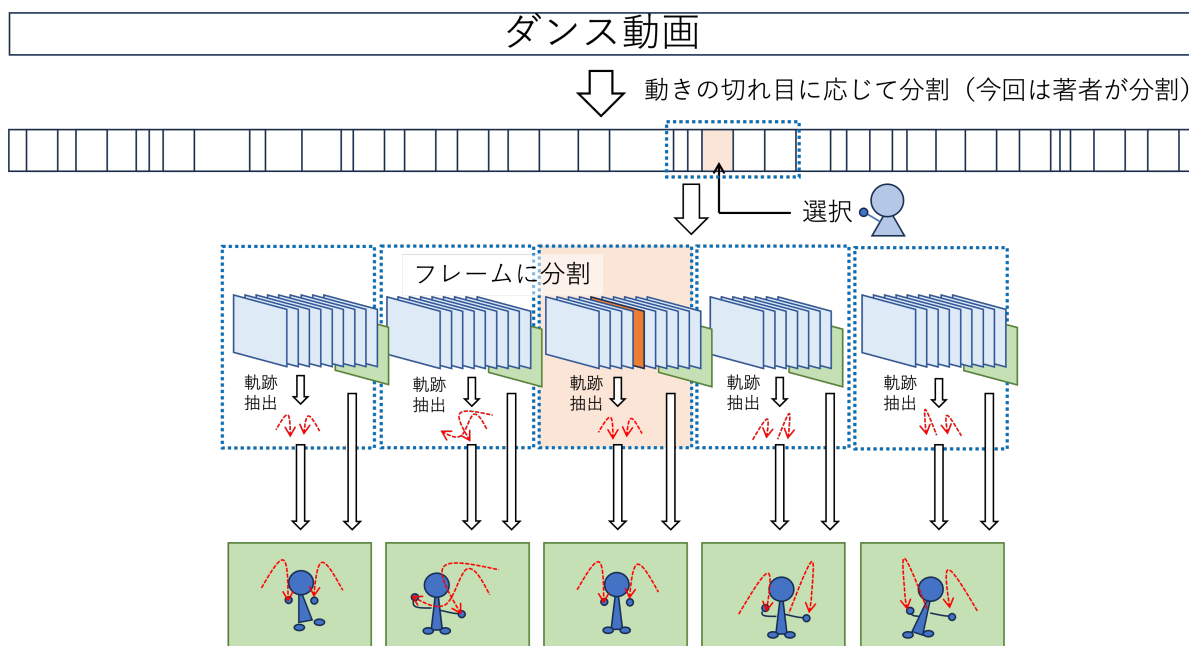


図 3 システム概略図



図 4 動画再生画面

< Back



図 5 画像表示画面

た複数枚の画像を並べて閲覧できることで、動きの理解につながると考えられる。

本システムの実現においては、振りに基づき分割された動画を1フレームずつ分割し、AlphaPose[17]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。姿勢推定の

結果が実際の位置と大きくずれているフレームは筆者が修正を行い、手が目視できない箇所については軌跡を付与しないとした。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, 0)、透明度は140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

表 1 主観評価アンケート

	質問内容	解答形式
1	振り付けの難易度	5段階評価： 1（簡単だった）～5（難しかった）
2	振り付けの難しいと感じた点	自由記述
3	振り付けを理解できたか	5段階評価： 1（理解できなかった）～5（理解できた）
4	システムの良かった点	自由記述
5	システムの悪かった点	自由記述
6	システムを用いて動きがわかりやすくなった例	自由記述
7	システムを用いて動きがわかりにくかった例	自由記述
8	システムを使って振り付けを習得しやすくなると感じたか	5段階評価： 1（習得しづらくなると感じた）～5（習得しやすくなると感じた）
9	感想	自由記述

動画が見つらな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らないように配慮しつつ設定した。

3.2. システム概要

システムは 2 つの画面で構成されており、1 画面目は動画再生の機能を備えた画面である（図 4）。右上の「select」と表示されているボタンを押すことで 2 画面目に遷移する。2 画面目では、遷移前に表示していた箇所の直後の軌跡付与画像が並べて提示される。ここで直後の全てのフレームを提示するのでは動きに変化がないフレームも表示されてしまうので、動きの切れ目となるフレームを表示するのが効果的と考えた。

ダンスの 1 つのまとまりの自動検出については遠藤ら[13]の研究があるが、精度面に問題がある。ここで、Rivièreら[12]の研究によると、ダンス上級者の振り付けの分割方法が参考になると明らかになっている。今回はそもそも提示手法の効果を検証するものであるため、表示する画像はダンス経験 10 年の著者が振り付けの切れ目となるフレームを選定した。ユーザが動画のあるシーンを選択したあとに 2 画面目に表示する画像は選択箇所の前 20 フレーム、選択箇所の後ろ 60 フレームの範囲にある著者が選定したフレームである（図 5）。各画像には直前 15 フレーム分の軌跡が描画されている。

本システムを、Swift を用いて iPhone 向けの iOS アプリケーションとして実装した。

4. 実験

4.1. 実験概要

本実験の目的は、動画内で選択した箇所の前後のフレームに軌跡付与した画像を並べて表示するシステムがダンスの習得支援に役立つかを検証することである。実験では、40 秒程度の長さの動画を見てもらい、理解

が難しいと感じた箇所にシステムを用いて解決できるか、どのような動きに効果的であって、どのような動きに効果的でないのかを調査する。40 秒程度の長さとして設定した理由は、短すぎる動画だとユーザが覚えづらい動きがない可能性があり、1 分以上の動画となると実験時間内に振り付け全体を把握することが難しいと考えたためである。また、システムの改善点を洗い出し、今後のシステムの改善に役立てる。

4.2. 実験対象の動画の選定

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。Advanced Dance の中から選定した理由は、Basic Dance だと腕の動きが簡単でシステムを用いずに理解可能な動きが多かったためである。この中から著者らが動画を確認し、また動画のみを見て習得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、2 本のダンス動画を選定した。選定したダンス動画の長さは 38 秒と 48 秒であった。

4.3. 振り付け習得実験の流れ

実験では、まず実験協力者にシステムを用いて 5 分間は実際に踊らず、画像表示機能も用いずに、動画を見てもらった。この 5 分間で、実験協力者には振り付けの全体の流れや、どこが難しそうかを把握してもらった。次に、その後の 15 分間は自由に踊ってもらい、またシステムも自由に使うこととした。ここでは、最初の 5 分間で難しいと思ったところから順に練習するように指示した。その後、難しいと思った箇所を習得できたと考えたら、動画を冒頭から覚えるように指示した。

画像表示機能を用いた際には、動画のどこに使ったのかとタイムスタンプをデータベースに登録を行った。また、約 20 分間の振り付け習得時間後に主観評価アンケートを実施した（表 1）。この一連の流れをダンス

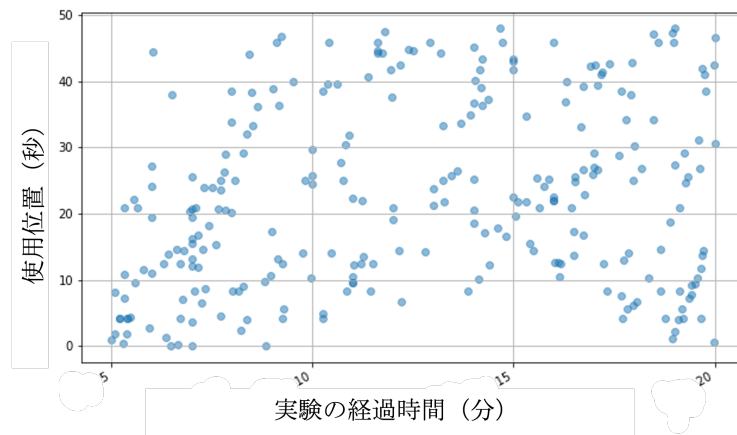


図6 システムの使用タイミングと使用位置（動画1）

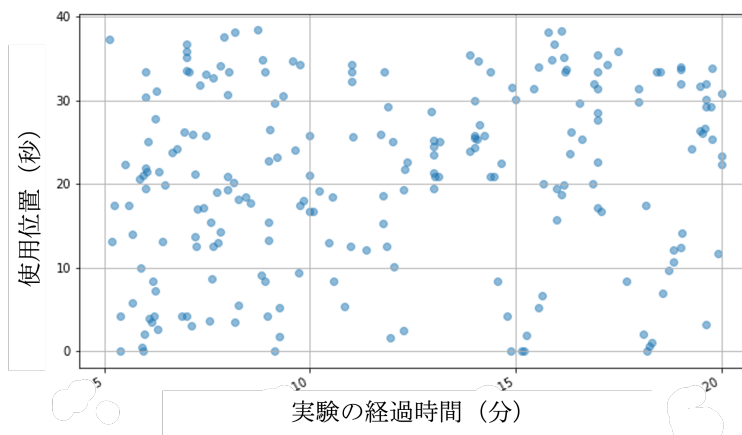


図7 システムの使用タイミングと使用位置（動画2）

動画2本を対象として行ってもらった。なお、ダンス動画の提示順序は実験協力者により変更した。

実験協力者は、ダンスを習っている期間が5年以下の15名（男性5名、女性10名）であった。

5. 実験結果と考察

5.1. 振り付けの難易度

設問1の振り付けの難易度の項目の平均点は動画1が3.66、動画2が4.00と点数に大きな差はなかった。難易度評価の傾向として、ダンス初級者（ダンス歴4年未満）は動画1の方が難しいという意見が多く、中級者（ダンス歴4年以上）は動画2の方が難しいという意見が多かった。また、2つの振り付けの難しかった点を質問した設問2では、2つの動画で異なる回答が見られた。具体的には、動画1では細かい動きや速い動きが難しかったという回答が多く、動画2では滑らかな動きが難しかったという回答が多かった。

5.2. システムを用いた感想

アンケートの設問4~7で得られたシステムを用いた感想より、2つの振り付けの難しかった点は異なっていたが、システム使用時の感想は似ていた。またシス

テムの良かった点としては、「手の軌道が見えやすかった」「動きが分割されていることで1つ1つの動きを理解しやすかった」という感想が多かった。一方、システムの悪かった点としては、「体が横向きになったときの手の動きが分かりづらい」「自分が見たいフレームが表示されていない」という感想が見られた。また、動画2においては足の動きが難しい箇所があったため、「システムを用いても足の動きは分かりづらかった」という感想が見られた。さらに、実験において自分が選択したフレームが抜き出されていないため、選択した箇所がどこに表示されているのかが分かりにくいという意見があった。

5.3. システムの使用回数と使用位置

システムの使用回数と使用位置を動画1、動画2でまとめたものが図6、7である。図の横軸は実験開始からの時間（実際にシステムを操作するのは5分後なので5~20分の間）、縦軸はその動画内で指定した位置を意味している。この結果より、動画1、動画2ともに実験前半の5~10分、終盤の15~20分間のシステムの利用回数が多いことが読み取れる。また、実験前半で選択されている箇所は図7ではさまざまな秒

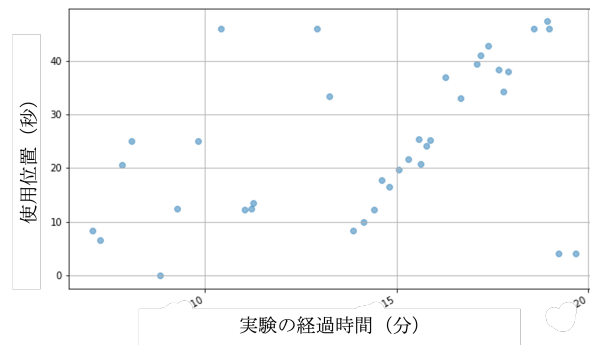


図 8 ある実験協力者がシステムを使用している様子（動画 1）

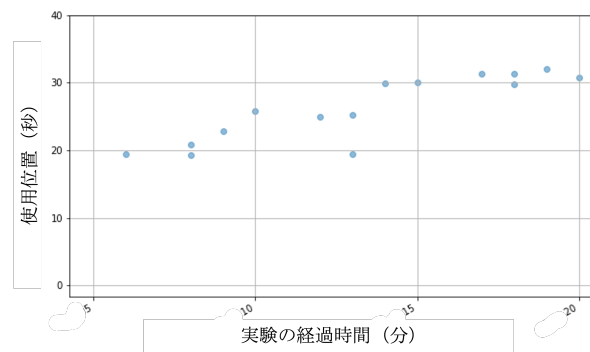


図 9 ある実験協力者がシステムを使用している様子（動画 2）

数の箇所が選ばれているものの、図 6 では 10 秒以下の箇所に集中していることがわかる。

次に、実際にある実験協力者がシステムを使用している様子を図示したものが図 8、図 9 である。縦軸、横軸ともに図 6、7 と同じである。この結果より、図 8 では前半はさまざまな箇所を確認しているが、後半には動画の冒頭から細かく確認していることが読み取れる。また、図 9 においては前半と後半で実験協力者が同じ箇所に何回も確認していることが読み取れる。

6. 考察

振り付けの難易度としては点数に大きな差がなかったものの、2本の動画の難しい要因は異なっていた。これは、ダンスの中級者が振り付けを覚えるときに、振り付けをざっくり分割し、それをより細かく分割して理解することが多いのに対し、初級者はざっくり分割すること自体を苦手としていることが原因である。ダンス中級者は動画 2 に対してより細かく分割することを難しく感じたため、動画 2 の方を難しいと回答していたが、ダンス初級者は動画 1 に対してざっくり分割すること自体を難しく感じ、動画 1 の方が難しいと回答していたと考えられる。また、振り付けの難しい点として挙げられていた点が、動画 1 では細かい動きや速い動き、動画 2 では滑らかな動きとなっており、

こうした点も影響していると考えられる。

システムを用いた感想からシステムの良かった点として、「手の軌道が見えやすかった」、「動きが分割されていることで 1 つ 1 つの動きを理解しやすかった」という意見があった。これらについてはシステムの目的通りに腕の動きの習得支援ができていていると考えられる。一方、システムの悪かった点として、「体が横向きになったときの手の動きが分かりづらい」という意見があった。また、「システムを用いても足の動きは分かりづらかった」という回答があった。今回は見えない部分は対象としておらず、動きの中でも特に難しいと考えられる腕の動きに着目をしていた。そのためこうした点については今後別の方法により対応予定である。また、「自分が見たいフレームが表示されていない」という回答があった。本システムは図 3 のようにユーザが選択したフレーム（図中でオレンジで示したフレーム）がそのまま表示されてはいなかった。そのため、自身が選択したフレームがどこに該当するのかが不明瞭であった。今後の改善方法として、選択したフレームを必ず表示するようにし、選択した箇所であることを強調することが考えられる。

システムの使用回数と使用位置に関する図 6 および 7 に注目すると、始めの 5 分間（横軸としては 5～10 分の間）で難しいと思ったところから取り組むように指示していたため、動画 1 では動画の前半 10 秒間の

間に特に難しい箇所があったことが推察される。また、実験前半の5分間、終盤の5分間でシステムの利用が多かったのは、前半では動きを理解するために見る人が多く、終盤には覚えた動きを確認するために用いていたためであると考えられる。実際図8では、前半には難しいと思った箇所を見ており、後半には覚えた振り付けをシステムで細かく確認している。図9においては何度も20, 25, 30秒付近と同じ箇所を見ていることから、見たい画像を表示しようと試行錯誤していたものと考えられる。こちらは自身が選択したフレームを提示することによって解決すると考えられる。

7. まとめ

本研究では、ダンスの動きの理解を支援するため、ダンス動画を動きに基づき部分動画に分割し、その部分動画内の手の軌跡を抽出するとともに画像化したものに重畳する手法を実現し、ユーザが詳しく確認したいと選択した箇所の前後を含め軌跡が重畳された画像群として確認するシステムを提案した。また、システムをiOSアプリケーションとして実現し、振り付けの習得支援に役立つのかについて調査を行なった。実験の結果、腕の動きの理解を支援するという想定していたメリットがあると確認できた。一方、本システムの画像表示時のフレームの選定について、選択時のフレームも表示すべきという改善点が明らかになった。この問題はシステムの利用回数と利用タイミングからも確認することができた。

今後の展望として、実際にユーザに踊ってもらうことで習得度を客観的に評価することが挙げられる。また、本研究で得られた意見をもとにシステムを改善し、よりユーザに使いやすく、振り付けの習得を支援できるシステムの実現を目指す。

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: 「疑似同期」「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] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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
- [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] 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.
- [13] 遠藤輝貴, 土田修平, 五十嵐健夫. 振りの理解を助けるためのダンス動画の自動分割. 日本ソフトウェア科学会研究会資料シリーズ(Web), 2022, p. 98
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 中村瞭汰, 藤原優花, 中村聡史. 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. HCG シンポジウム 2022, 2022, No.B-4-6, pp.1-8.
- [17] H.-S. Fang, S. Xie, Y.-W. Tai, and C. Lu. RMPE: Regional Multi-person Pose Estimation. 2017, In ICCV.
- [18] 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.