

# 複数人が参加するオンラインダンスにおける映像遅延の影響に関する調査

今井梨乃<sup>1</sup> 松井 遼太<sup>2,1</sup> 柳沢 豊<sup>2</sup> 竹川 佳成<sup>1</sup> 平田 圭二<sup>1</sup>

**概要:** 本研究では、オンラインダンスパフォーマンスの支援における、音楽と動作の遅延の違和感について調査を実施した。オンラインでは、通信環境の影響により音楽と動作の間に遅延が生じる。この遅延により、オンラインで遠隔地にいる複数人のダンサが同時に踊る場合、音楽とタイミングを合わせて踊ることができず、ダンサ同士の動きが揃っていないように見えてしまう。そのため、周りのダンサとの一体感を感じることができないなどの問題が生じる。音声と映像の遅延については、遅延に対する推奨時間について検証されており、音声と映像を同期させるシステムも存在する。しかし、複数人でダンスを行う場合の遅延に対する許容範囲については調査されていない。また、実時間で動作のタイミングを支援するシステムも前例が少ない。そこで、オンラインダンスで音楽と動作のタイミングを実時間でフィードバックするシステムの実現をめざす。本研究では、システム開発の基礎調査として、複数人でのオンラインダンスレッスンを想定し、動作を伴う遅延についての違和感や踊りやすさ、振り付けの習得しやすさについてアンケート調査を実施した。

## 1. はじめに

近年、ブレイクダンスがオリンピックの競技に採用されたことでストリートダンスが注目を集めている。また、中学校の体育授業でダンスが必修化したことや、SNSの普及により「踊ってみた」などのダンス動画が流行したことで、様々な人がダンスに触れる機会が多くなっている。しかし、ダンス教室やコンテスト会場は未経験者にとって敷居が高い場所であり、実際に足を運ぶ機会は少ない。この問題を解決する方法として、手軽にダンスを体験・視聴できる環境であるオンラインダンスレッスンや、オンラインライブパフォーマンスなどがある。これらのオンラインコンテンツは、自宅で、遠隔地にいるプロダンサからの指導を受けたり、プロダンサのパフォーマンスを視聴できる。また、新型コロナウイルスの影響から、これらのオンラインコンテンツの需要が高まっており、オンラインレッスン用のアプリケーションなども普及している [5]。

オンライン環境でダンスレッスンを行う場合、通信環境による遅延が課題となる。特に、教師1人に対し、複数人の生徒がいる場合には、音楽と動作のずれが大きな課題となる。複数人の生徒が一つの画面で一緒に踊る場合、各生徒の環境で音楽が流れるタイミングが異なるため、周囲の

生徒とのずれが生じる。そのため、生徒同士がタイミングを合わせて踊ることができない。また、遅延による動作のずれは、同じ空間にいるように感じる空感的一体感を低下させるとされている [8]。

ダンスを学習するとき学習者は、まず、教師、周囲のダンサ、振り付け師の動きを観察し、その次に、リズムや音楽性についての観察を行う [4]。そのため、音楽と動作のタイミングはダンスを習得するために重要な要素の一つである。また、自分以外のダンサを見て動作を確認したい場合に、動作のずれが生じることで、周囲の動作につられて振り付けを間違えてしまう可能性がある。そのため、踊りながら自分の動作を確認することは困難である。したがって、音楽と動作のずれは、ダンスの動作習得にも影響する。

本研究では、音楽と動作のタイミングのずれによるダンスパフォーマンスへの影響に焦点を当てる。通話など音声のみの会話では、遅延が400msを越えるべきではないという推奨がある [1]。また、遠隔の手話対話において映像遅延の影響が調査されているが、音声対話と比較して遅延に寛容な傾向があると報告されている [10]。これらを踏まえ、音声のみの場合と比較し、ダンスにおいては遅延の推奨時間に相違があるのか、遅延時間によって踊りやすさに違いがあるのかについて検証する。

<sup>1</sup> 公立はこだて未来大学

<sup>2</sup> mplusplus Co., Ltd.

## 2. 関連研究

動作の学習支援の例として、スポーツなどのフォーム練習を支援するための遠隔教育支援システムについての研究がある [7]. この研究では、簡易的な光学式モーションキャプチャを使用して作ったモデルと学習者の動きのずれを検出し、苦手箇所を抽出することで、動作習得を支援している. 次に、オンラインでのダンス教育を支援する研究がある [3]. この研究では、教師からの評価を可視化する DanceVis と呼ばれるシステムを提案している. DanceVis は、練習過程における生徒の動作の長所と短所を正確に把握するため、視覚に基づく人物ポーズ推定法とポーズ類似度計算法を適用し、自動的に個人分析を行う. その分析結果をパフォーマンスの詳細として正確に記録する. DanceVis を利用することで、個人の動的な変化を追跡し、オンラインレッスン中に教師が正確なフィードバックを送ることが可能になる. さらに、複数人の動きを評価するために、Let'sDance と呼ばれるビデオデータセットを用いて動作分析を行っている研究がある [2]. Let'sDance は、視覚的にオーバーラップする 10 種類のダンスカテゴリからなる 1000 個のビデオデータセットである. 視覚情報は、動きの多いカテゴリを分類するのに十分でなく、人間の動きが重要な識別要素である. 特にダンスは、ダイナミクスの多様性から非常に動的であるため、ビデオ分析が困難であるとされている. Let'sDance を用いて、様々なカテゴリのダンスに対して動作分析を行うことで、複数のカテゴリからなるダンスの分類が可能になる. よって、ダンス複数人に対して動作分析を行い、動作学習の支援を行うことができる.

これらの研究のように、モーションキャプチャなどの動作分析技術を使用し、動作について実時間でフィードバックするシステムについてはいくつか提案されている. しかし、本研究では、ダンスにおける動作と音楽のずれを解消するという点で既存の研究と異なる.

映像と音声のタイミングの調整支援に関する研究がある [9]. この研究では、リップシンク調整支援 iOS アプリケーションとして BooLip を開発した. リップシンク調整とは、映像と音声のタイミングを最終的に調整する作業のことである. BooLip を使用することで、音声の遅延時間を自動計測ができる. 送信側のスマートフォン画面に 2 次元コードを映し出し、音声と共にカメラで捉えて伝送し、受信側が 2 次元コードを読み込むことで音声と映像を認識し、音声遅延時間を算出している. BooLip は、従来は目分量で行われていたリップシンク調整を、アプリケーションを用いて、容易に行うことを可能にしている. 映像と音声のタイミングをアプリを用いて容易に調整できる点で、本研究と関係がある.

聴覚遅延フィードバックを利用したシステムの例として、SpeechJammer がある [6]. SpeechJammer は、聴覚遅延フィードバックを利用した発話阻害の応用システムである. 自身が発した声が遅れて聞こえてくると、発言しづらくなることを利用している. SpeechJammer を利用することで、肉体的な苦痛を伴うことなく話者の発話を阻害することができ、コミュニケーションを円滑化できる. また、英会話学習支援手法における聴覚遅延フィードバックの有用性について検証した研究がある [11]. この研究では、英語習熟者と英語初学者の英会話において、英語初学者が割り込み発言を行いやすくし、英語でのコミュニケーションを円滑にすることを目的としている. 実験では、英語習熟者と英語初学者 6 組が 1 対 1 で 20 分間の英会話を行った. 英会話 20 分のうち前半または後半 10 分間に英語習熟者に対して聴覚遅延フィードバックを与えた. 20 分間の英会話終了後、発話時間と発話速度の算出、被験者に対してのアンケートを実施した. アンケートからは、聴覚遅延フィードバックが、会話に違和感や不快感を与えること、発話量や発話速度が低下していることが明らかになった. このことから、英会話における会話阻害に聴覚遅延フィードバックが有効であると判明した. これらの研究では、聴覚遅延フィードバックにおける違和感を相手とのコミュニケーションに利用している. 本研究では、遅延を活用したフィードバック方法について検討する.

## 3. 映像遅延の許容範囲に関する調査

本研究では、以下の 2 つのパラメータを変えた場合における映像遅延の許容範囲の影響について調査する.

- 同時に視聴するダンス映像（映像遅延を含む）の個数
- 同時に視聴するダンス映像の個数は同一で映像遅延の時間

映像遅延がダンスに与える影響として、3 つの要素を定義した. 踊りやすいか、音楽と動作のずれに対する違和感がないか、周囲との一体感を得ることができるかの 3 点である.

### 3.1 調査方法

#### 3.1.1 被験者

被験者は、公立はこだて未来大学のダンスサークルに所属している男子 4 名、女子 6 名の計 10 名である. 被験者 10 名のダンス歴は 5 年未満である.

#### 3.1.2 使用した映像について

実験には、インタフェースの異なる映像を使用した. 映像は、Adobe Premier Pro を使用し制作した. 実験に使用した映像は、遠隔地にいる生徒 9 人が実時間でダンスレッスンに参加し、同じ振り付けを踊る場面を想定したものである. オンラインでは通信環境の違いによって、教師と生徒あるいは、一緒にレッスンを受けている生徒同士の間で

映像遅延が生じてしまう。そのため、オンラインでレッスンを受ける生徒には、周りの生徒と自分との間に動作遅延があるように見えてしまう。また、周りの生徒の動作が音楽とずれているようにも見えてしまう。よって、映像では9人分の映像を生徒Aから生徒Iとし、それぞれに0msから800msの映像遅延を与えた。映像遅延の秒数に関して、音声の場合は、遅延が400msを越えるべきではないという推奨がある[1]。また、予備調査として、複数人でのダンス映像を用いたアンケート調査を行った。予備調査の目的は、遅延の大きさによって、ダンスの見やすさや踊りやすさに違いが出るかを調査することである。映像は、本実験と同様の想定で作られたものを用いた。予備調査では、映像を見てもらい、ずれが気になるのはどれかについてアンケートを実施した。アンケートの結果、400ms前後でずれが気になることが判明した。これらのことから、9つの映像に対する遅延を400msを基準として0msから800msとした。実験で使用した映像の構成について、図1に示す。使用した映像の概要については表1に示す。

映像は、異なる2つの楽曲と異なる5種類のインタフェースの組み合わせで計10種類ある。2つの楽曲は、速さが異なり、bpm80とbpm130の楽曲を使用した。5種類の映像について、与えた遅延の秒数とインタフェースについては次の通りである。

映像1では、図2-(a)に示すように、生徒AからIには0msから800msの映像遅延をランダムに与えた。映像2では、図2-(b)に示すように、生徒AからCに、アルファベット順に0msから200msの映像遅延を与えた。映像3では、図2-(c)に示すように、生徒DからFに、アルファベット順に300msから500msの映像遅延を与えた。映像4では、図2-(d)に示すように、生徒GからIにアルファベット順に600msから800msの動作遅延を与えた。映像5では、図2-(e)に示すように、映像1から無作為に3人選んだ。映像遅延は、アルファベット順に、200ms,400ms,700msであった。映像2、映像3、映像4映像遅延によるダンスの影響を調査するため、映像2、映像3、映像4を比較し、映像遅延と映像の個数の関係を調べるために、映像1と映像5を比較する。

### 3.1.3 実験手順

実験では、zoomを用いて遠隔地にいる被験者と1対1で実時間で実施した。実験は2回に分けて実施した。1回目の実験後、4日間以上の期間を空け、2回目の実験を実施した。1回の実験時間は15分間である。2回目の実験では、映像で流れる曲のみを変更し、その他は1回目の実験と同じ条件とした。実験手順は以下の通りである。

(1) 16秒ほどの振り付けを被験者に教示した。実験者がカメラをオンにした状態で、被験者に対して振り付けの教示を行った。教示のために使用した時間は3分間である。3分間のうち、振り付けを迷いなく踊れるよう

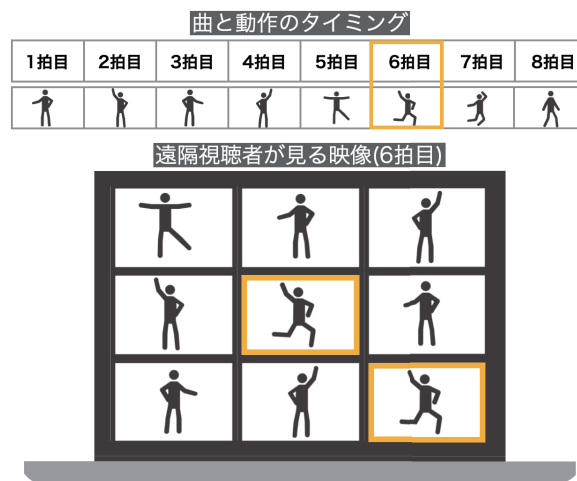


図1 使用映像の概要図

になったところで教示を終了した。音楽なしで動作のみを教えてから、音楽ありの状態でも振り付けを2回通して練習した。

- (2) zoomの画面共有の機能を用いて映像1から映像5を共有した。被験者には、映像を視聴しながら最初に教示した振り付けを踊ってもらった。被験者には、映像に写っている9人の生徒Aから生徒Iと一緒にレッスンを受けていることを想定して映像を視聴してもらった。また、映像を見ながら踊る際に、生徒Aから生徒Iどの生徒に着目して踊っても良いこと、振り付けの出来は実験には関係ないことを伝えた。
  - (3) アンケートフォームをチャットに送信し、アンケートに回答してもらった。アンケートは、5段階のリッカート尺度とした。
- (2) および(3)の手順を5種類の映像ごとに実施し、計5回実施した。また使う曲の順序、5種類の映像の提示順は被験者ごとでランダムとした。実験中のzoomの様子を図6に示す。

## 4. 結果

実施したアンケートの内容について、表2に示す。

質問1(どの映像を見て踊っていましたか?)について、それぞれの映像ごとのアルファベットの回答数をグラフに示した。複数人を見て踊っていた場合は、AとBや、DとEといった回答になっている。映像1について、図3-(a)に示すように、bpm80のとき回答数はそれぞれ、生徒Eが7人、生徒Aと生徒Eが1人、生徒Bと生徒Eが2人であった。また、bpm130のとき回答数はそれぞれ、生徒G、生徒A、生徒Dと生徒Eが1人、生徒Eが5人、生徒Aと生徒E、生徒Eと生徒Hが2人であった。映像2について、図3-(b)に示すように、bpm80のとき回答数はそれぞれ、生徒A、生徒Cが1人、生徒Bが6人、生徒Aと生徒Bが2人であった。また、bpm130のとき回答数はそ

表 1 使用した映像の概要

	登場する生徒	映像の特徴
映像 1	A,B,C,D,E,F,G,H,I	遅延の大小にかかわらず参加者全員を描写した映像
映像 2	A,B,C	映像遅延が小さい参加者 3 人のみ描写した映像
映像 3	D,E,F	映像遅延が中間の参加者 3 人のみ描写した映像
映像 4	G,H,I	映像遅延が大きい参加者 3 人のみ描写した映像
映像 5	A,E,I	映像 1 から無作為に 3 人を選び描写した映像

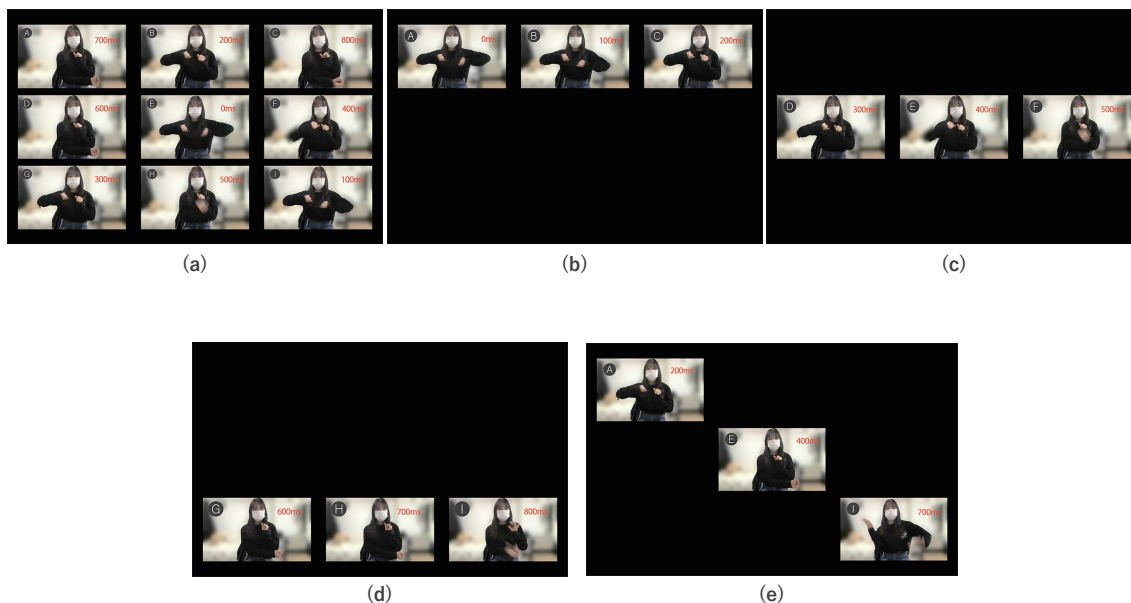


図 2 使用映像のインターフェース

表 2 アンケート内容

	質問内容	回答項目
質問 1	どの映像を見て踊っていましたか	A-I から選択 (複数選択可)
質問 2	映像を見て踊っていて一体感 (一緒に踊っているという感覚) を感じましたか	1: 感じない-5: 感じる
質問 3	映像と自分の動作のタイミングは合っていると感じましたか	1: 感じない-5: 感じる
質問 4	映像に対して, 自身の動作のタイミングは合わせづらいと感じましたか	1: 感じる-5: 感じない
質問 5	映像を見ながら踊っていて, 振り付けを踊りにくいと感じましたか	1: 感じる-5: 感じない

れぞれ, 生徒 A, 生徒 B, 生徒 A と生徒 B が 3 人, 生徒 B と生徒 C が 1 人であった. 映像 3 について図 3-(c) に示すように, bpm80 のとき回答数はそれぞれ, 生徒 D が 2 人, 生徒 E が 5 人, 生徒 D, 生徒 E が 3 人であった. また, bpm130 のとき回答数はそれぞれ, 生徒 D が 4 人, 生徒 E, 生徒 F, 生徒 E と生徒 F が 1 人, 生徒 D と生徒 E が 3 人であった. 映像 4 について, 図 3-(d) に示すように, bpm80 のとき回答数はそれぞれ, 生徒 G が 1 人, 生徒 H が 6 人, 生徒 G と生徒 H が 3 人であった. また, bpm130 のとき回答数はそれぞれ, 生徒 G が 2 人, 生徒 H が 7 人, 生徒 G と生徒 H が 1 人であった.

質問 2 から質問 5 について, 5 段階アンケートの回答結果の平均値を算出した. 質問 2 について, 図 4-Q2 と図

5-Q2 に示すように, 平均値は, bpm80 のとき映像 1 が 3.7, 映像 2 が 3.9, 映像 3 が 3.2, 映像 4 が 2.2, 映像 5 が 3.8, bpm130 のとき映像 1 が 2.7, 映像 2 が 3.7, 映像 3 が 2.7, 映像 4 が 2.3, 映像 5 が 3.1 であった. さらに, 映像 1 と映像 2 から映像 4, 映像 2 から映像 4 それぞれの映像について相関係数を算出した. 質問 3 について, 図 4-Q3 と図 5-Q3 に示すように, bpm80 のとき平均値はそれぞれ, 映像 1 が 3.0, 映像 2 が 3.9, 映像 3 が 3.8, 映像 4 が 1.8, 映像 5 が 3.2 であった. また, bpm130 のとき平均値はそれぞれ, 映像 1 が 2.7, 映像 2 が 3.6, 映像 3 が 2.5, 映像 4 が 2.3, 映像 5 が 3.4 であった. 質問 4 について, 図 4-Q4 と図 5-Q4 に示すように, bpm80 のとき平均値はそれぞれ, 映像 1 が 2.8, 映像 2 が 3.6, 映像 3 が 3.2, 映像 4 が 1.6,

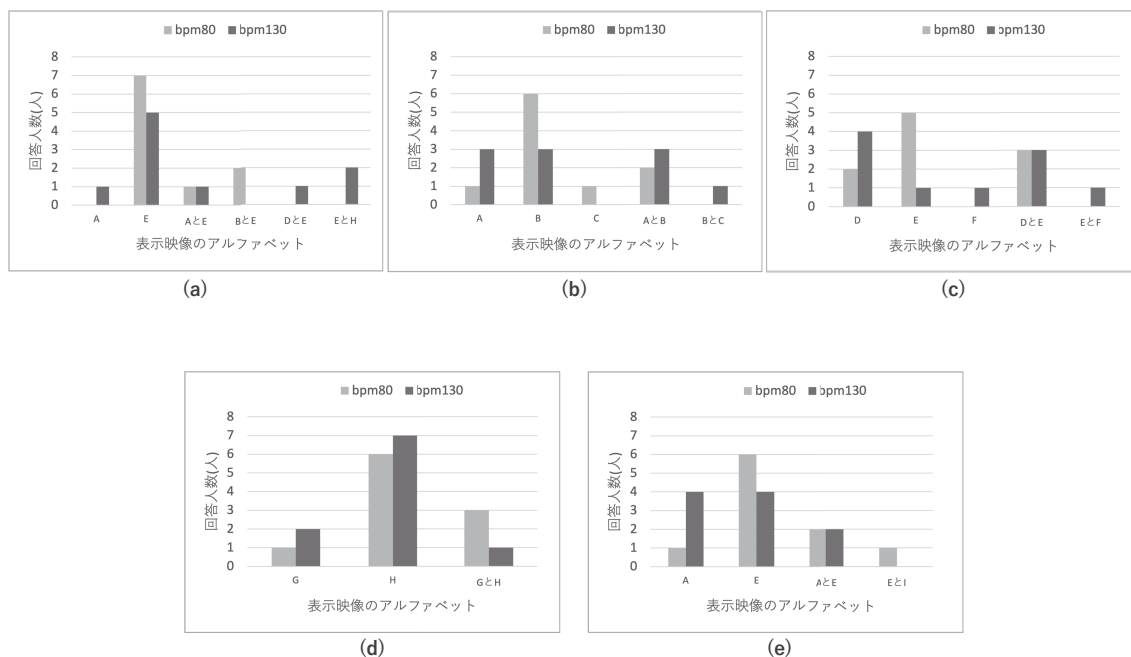


図 3 質問 1 の回答結果

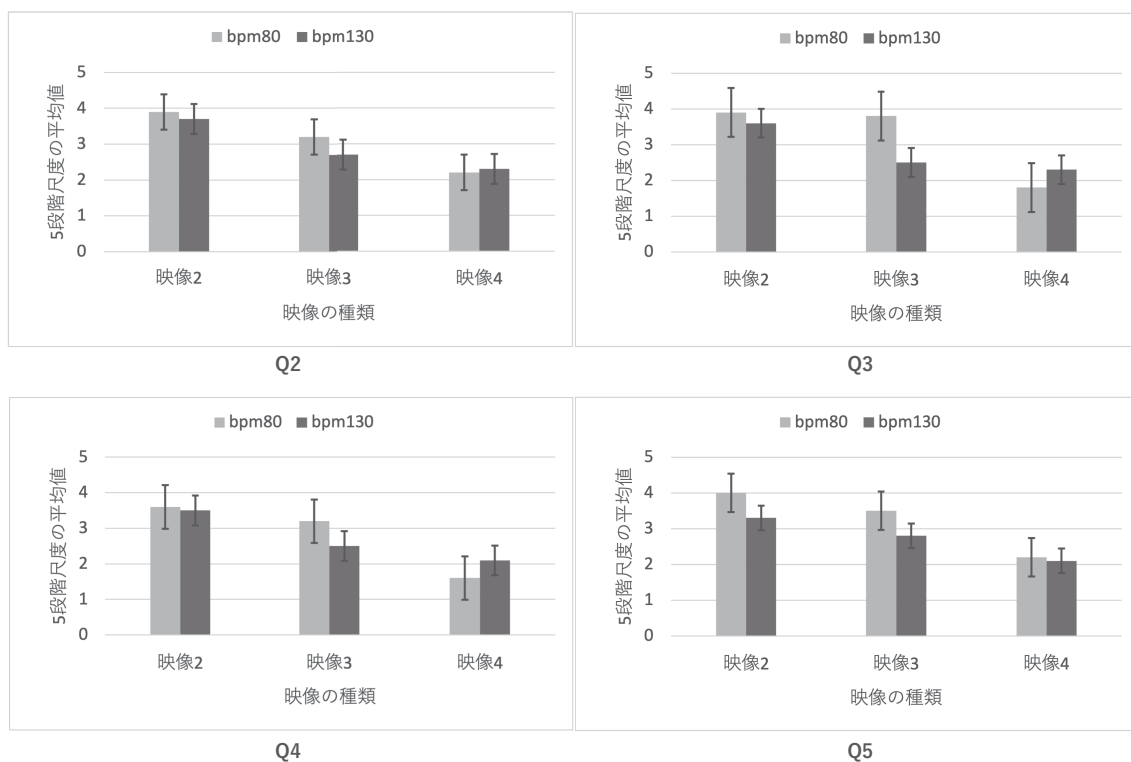


図 4 映像 2, 映像 3, 映像 4 の質問 2-5 の回答結果

映像 5 が 3.3 であった。また, bpm130 のとき平均値はそれぞれ, 映像 1 が 2.1, 映像 2 が 3.4, 映像 3 が 2.6, 映像 4 が 2.2, 映像 5 が 2.7 であった。質問 5 について, 図 4-Q5 と図 5-Q5 に示すように, bpm80 のとき平均値はそれぞれ, 映像 1 が 3.0, 映像 2 が 4.0, 映像 3 が 3.5, 映像 4 が 2.2, 映像 5 が 3.4 であった。また, bpm130 のとき平均値はそれぞれ, 映像 1 が 2.6, 映像 2 が 3.3, 映像 3 が 2.7, 映像 4 が 2.4, 映像 5 が 3.2 であった。

次に bpm80 と bpm130 それぞれで, 映像 2, 映像 3, 映像 4 について, クラメールの関連係数を用いた, 有意水準を 0.05(5%) とするカイ二乗検定を適用した。bpm80 のとき, クラメールの関連係数は 0.69 であった。カイ二乗統計量は, 50.70 で。自由度 8 の臨界値 15.51 より, 臨界値 (15.51) < カイ二乗統計量 (50.70) となった。したがって, クラメールの関連係数により強い関連性が認められた。bpm130 のとき, クラメールの関連係数は 0.43 であった。

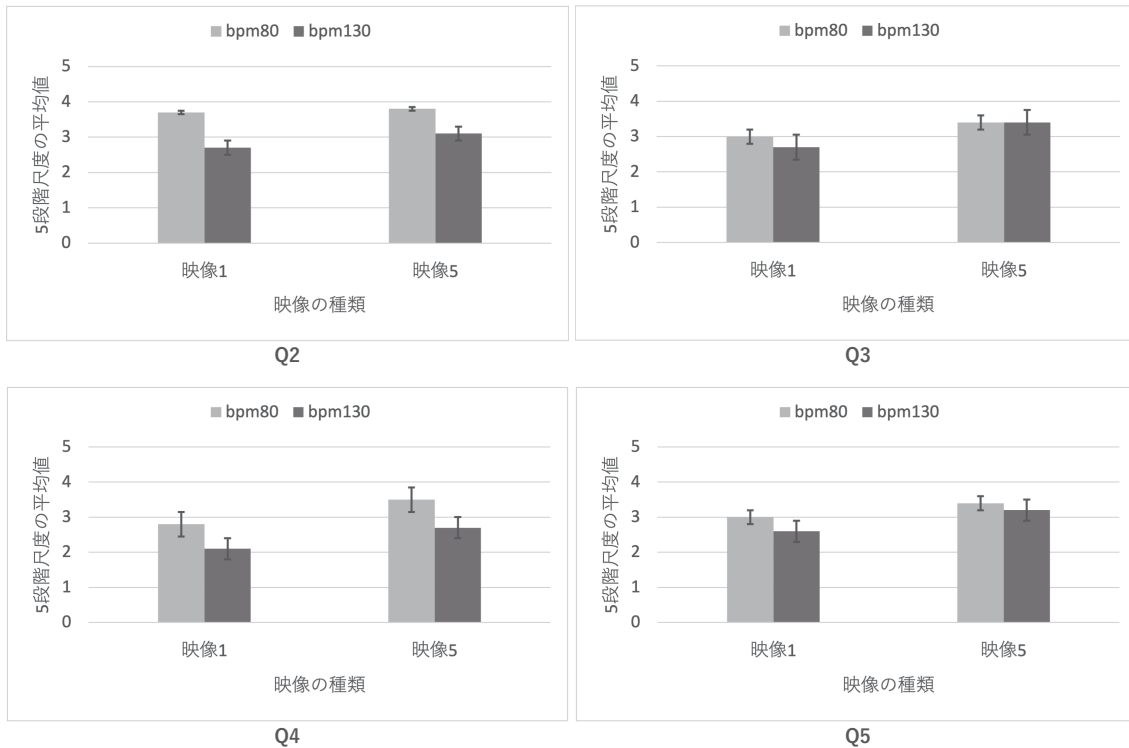


図 5 映像 1 と映像 5 の質問 2-5 の回答結果

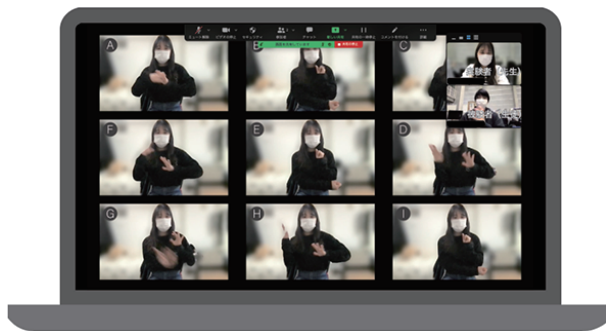


図 6 実験中の zoom の画面

カイ二乗統計量は、19.10 であり、自由度 8 の臨界値 15.51 より、臨界値 (15.51) < カイ二乗統計量 (19.10) となった。したがって、クラメールの関連係数により関連性が認められた。

同様に、bpm80 と bpm130 それぞれで、映像 1、映像 5 について、クラメールの関連係数を用いて、有意水準を 0.05(5%) とするカイ二乗検定を行った。bpm80 のとき、クラメールの関連係数は 0.48 であった。カイ二乗統計量は、18.52 で、自由度 4 の臨界値 9.49 より、臨界値 (9.49) < カイ二乗統計量 (18.52) となった。したがって、クラメールの関連係数により関連性が認められた。bpm130 のとき、クラメールの関連係数は 0.43 であった。カイ二乗統計量は、14.70 で、自由度 4 の臨界値 9.49 より、臨界値 (9.49) < カイ二乗統計量 (14.70) となった。したがって、クラメールの関連係数により関連性が認められた。

#### 4.1 考察

まず、質問 1 について、映像 1 から映像 4 に着目する。映像 1 では、映像遅延がないかつ、映像の位置が中心である生徒 E の回答数が最も多かった。映像 2 では、生徒 A よりも生徒 B の方が映像遅延が大きいものの、映像の中心である生徒 B の回答数が多かった。映像 3 から映像 4 についても同様のことが言える。これらのことから、複数人でダンスをする場合、映像の中心にいる生徒に着目する傾向があることが分かった。

次に、質問 2 から質問 5 について、映像 2 から映像 4 の結果に着目する。質問 2 について、映像 2 から映像 4 の結果から、遅延が大きくなるにつれて値が小さくなっている。よって、遅延が大きくなると、一体感を感じることができない。質問 3 について、映像 2 から映像 4 の結果から、遅延が大きくなるにつれて値が小さくなる。よって、映像遅延が大きくなると、映像に対して自分の動作が起きているという感覚が大きくなる。質問 4 について、映像 2 から映像 4 の結果から、遅延が大きくなるにつれて値が大きくなる。よって、映像遅延が小さい場合の方が、映像に対して動作のタイミングを合わせやすくなる。質問 5 について、映像 2 から映像 4 の結果から、遅延が大きくなるにつれて値が大きくなる。よって、映像遅延が小さい場合の方が、ダンスの振り付けを踊りやすいと感じる。また、クラメールの関連係数より、映像 2、映像 3、映像 4 には、強い関連性があることがわかった。したがって、映像遅延が大きくなるにつれて、映像遅延がダンスの踊りやすさや見やす

さに与える影響が大きくなることがわかった。

次に、質問2から質問5について、映像1と映像5の結果に着目する。質問2から質問5について、映像1に比べ、映像5の平均値が高くなっている。しかし、大きなさは見られなかった。クラメールの関連係数からも、強い関連性は認められなかった。したがって、表示させる映像の個数はダンスの踊りやすさや見やすさに影響を与える可能性が低いことがわかった。

また、bpm80では、1拍の長さが750ms、bpm130では1拍の長さが460msである。質問2と質問3において、平均値に1以上の差が見られた部分に着目する。bpm80では、映像4で平均値が大きく下がっている。この映像4で与えた映像遅延の範囲は600msから800msである。この範囲内にbpm80の1拍の長さ750msが含まれる。bpm130では、映像3で平均値が大きく下がっている。この映像3で与えた映像遅延の範囲は300msから500msである。この範囲内にbpm130の1拍の長さ460msが含まれる。

以上のことから、映像遅延がダンスの踊りやすさや見やすさに与える影響について、ダンスで使用する楽曲のテンポによって異なることが明らかになった。楽曲のbpmに対して、1拍分以上の映像遅延が伴うと、一体感や、踊りやすさ、動作タイミングの合わせやすさに影響を与える結果となった。今回の実験では、bpm80とbpm130の楽曲を使用した。よって、映像遅延の許容範囲は460msから750msとなった。表示させる映像の個数がダンスに与える影響が少ないことも明らかになった。

## 5. まとめ

本研究では、複数人が参加するオンラインダンスにおける映像遅延の影響を調査した。オンラインで遠隔地にいる複数人のダンサーが同時に踊る場合、遅延の影響によって音楽とタイミングを合わせて踊ることができず、ダンサー同士の動きが揃っていないように見えてしまう。これらの課題を解決するため、音声遅延と映像遅延の両方を伴うダンスにおける、遅延の許容範囲について調査をした。複数人で踊っているダンス映像を使用して、ダンス初心者に対してオンラインダンスレッスンを想定した実験を実施した。実験の結果、ダンスにおける映像遅延の許容範囲は、ダンスで使用する楽曲のテンポによって異なることがわかった。ダンスの習得に関して、画面に表示させる人数を少なくすることで踊りやすい、タイミングを合わせやすくなることが明らかになった。また、遅延が大きくなるほど、踊りやすさや一体感の感じやすさ、タイミングの合わせやすさに影響を及ぼす結果となった。

今後の展望として、ダンス熟練者を対象にも踊りやすいインタフェースについて調査を行い、オンラインダンスに要する機能について検討する。また、ダンス映像における遅延の認識方法について、ダンス熟練者の方からの意見を

もとに検討していく。さらに、本研究で実施した実験結果を応用したオンラインダンスのためのwebアプリケーションを開発する。

**謝辞** 本研究に取り組むにあたり、助言をくださった寺井あすか准教授、調査に協力していただいたmplusplus DANCERSの皆様へ感謝致します。また、本研究の一部は、JST CREST (JPMJCR18A3)、JSPS 科研費 19H04157の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] Itu-t recommendation f.702: Multimedia conference services. ITU-T Publications, 1996.
- [2] Daniel Castro, Steven Hickson, Patsorn Sangkloy, Bhavishya Mittal, Sean Dai, and James Hays and Irfan A. Essa. Let's dance: Learning from online dance videos. *CoRR*, Vol. abs/1801.07388, , 2018.
- [3] Hong Guo, ShanChen Zou, YiLin Xu, Han Yang, Jian Wang, HongXin Zhang, and Wei Chen. Dancevis: toward better understanding of online cheer and dance training. 2021.
- [4] Jean-Philippe Rivière, Sarah Fdili Alaoui, Baptiste Caramiaux, and Wendy E Mackay. How do dancers learn to dance? a first-person perspective of dance acquisition by expert contemporary dancers. In *Proceedings of the 5th International Conference on Movement and Computing*, pp. 1–7, 2018.
- [5] 株式会社だんきち. スポともダンス, 2021/10/29. <https://dance-lp.spotomo.com>.
- [6] 栗原一貴, 塚田浩二. Speechjammer: 聴覚遅延フィードバックを利用した発話阻害の応用システム. WISS 第18回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集, pp. 77–82, 2010.
- [7] 高内一平, 飯田尚紀, 武田昌一. 身体動作に対する遠隔教育支援システム: 動作教育の提示・簡易評価手法の研究. Vol. 5, No. 3, pp. 435–438, aug 2006.
- [8] 小原宗一郎, 橋ともみ, 田中一晶, 小川浩平, 吉川雄一郎, 石黒浩, 岡夏樹. 遠隔操作ロボットのリズムカルな動作による身体的・空間的一体感の強化. 情報処理学会論文誌, Vol. 61, No. 4, pp. 817–828, apr 2020.
- [9] 小沢冬平. リップシンク調整支援 ios アプリ「boolip」の開発. 映像情報メディア学会誌, Vol. 71, No. 1, pp. J2–J11, 2017.
- [10] 中園薫, 寺内美奈, 長嶋祐二. 映像遅延が手話対話へ及ぼす影響の定量化手法. Vol. 90, No. 3, pp. 628–638, mar 2007.
- [11] 北山史朗, 西本一志. 聴覚遅延フィードバックを用いた英会話学習支援手法の有効性の検証. 情報処理学会研究報告, 2017.