

原著論文

姿勢推定用 AI カメラによるグループ競技ダンスの同調評価 —ユニゾンの振付からシンメトリー・カノン・混合への拡張—

田河 琴音¹⁾, 川野 常夫¹⁾, 松尾 英治²⁾

¹⁾ 摂南大学, ²⁾ 松尾電機エンジニアリング

Evaluation of Motion Synchronization for Competitive Group Dance Using Pose Estimation AI CAMERA

- Extension from Unison Choreography to Symmetry, Canon and Mix -

Kotone TAGAWA¹⁾, Tsuneo KAWANO¹⁾, Eiji MATSUO²⁾

¹⁾ Setsunan University

²⁾ MATSUO Electric Engineering Co.Ltd.

Abstract: Competitive group dance is attracting attention not only in Japan but also in the world. In a multi-person dance, synchronized movements can impress the audience. In previous study, a synchronicity evaluation method has been established for competitive group dance with only Unison choreography using a pose estimation AI CAMERA previously developed by the authors. Unison choreography means a technique of expression in which several people dance in exactly the same movement. Other group dance techniques include Symmetry, in which multiple dancers perform symmetrical choreography, and Canon, in which the dancers move one by one in turn, lagging behind at certain intervals. In this paper, the synchronicity evaluation method established in the previous study is extended to apply to Symmetry and Canon dance. Experiments are carried out on a dance choreographed in symmetry, a dance choreographed in canon, a dance combining unison and canon, and a dance combining all three choreographies, respectively. Two conditions are set up in the experiments: (a) the dancers have trained well predetermined dance motions, (b) one or several dancers follow the leader's motion without any rehearsal. As a result, it was confirmed that three choreographic mixed dances were properly evaluated by the synchronicity evaluation method established in this study. In dances where choreography was shared and practiced in advance, dancers showed a higher degree of synchronization. This finding was consistent with the dancers' subjective evaluations. In contrast, dancers in dances where choreography was not shared or practiced showed lower synchronization. Furthermore, an application was developed to visualize the degree of synchronization with stick pictures, allowing dancers to intuitively understand which segments were synchronized and to what degree.

Keywords: group dance evaluation, symmetry, canon, degree of synchrony, and AI CAMERA

キーワード: グループダンス評価, シンメトリー, カノン, 同調度, AI カメラ

1. はじめに

2008 年に中学校保健体育においてダンスが必修化され[1]、近年では多くの日本人にとってダンスがより身近なものとなっている。2024 年に開催されたパリオリンピックでは、ダンススポーツとしてブレイキン、いわゆるブレイクダンスが新競技として採用され、日本だけでなく世界でも競技ダンスに注目が集まっているといえる。ダンスは 1 人で行う場合や、複数人のグループで行う場合があり、特に複数人で踊るとき、手や身体の動きが揃うことによって美しさや一体感、感動を生み出すことが

可能である。

複数人のダンスの主な表現方法として、文部科学省のダンスの指導手引きには、ダンサー全員が同じ振付で踊る「ユニゾン」、左右対称の振付である「シンメトリー」、ウェーブのように 1 人ずつまたはグループごとにタイミングをずらす「カノン」が取り上げられている[2],[3]。ダンス評価を行う先行研究は数多く行われているが、どれもがユニゾンを評価対象としており、シンメトリーとカノンを評価対象とした研究は見当たらなかった[4]~[6]。しかし複数人で踊る実際のダンスでは、ユニゾンだけでなくシンメトリーやカノンといった表現方法を組み合わせるため、ユニゾンのみの評価では不十分である。

著者らは先行研究にて、高速度カメラ(260fps)を搭載した AI カメラ[7]を開発してきた。このカメラで人を撮影すると、AI が人体の関節を認識し、関節点の二次元座標を取得すること

2025 年 2 月 19 日受理。 (2025 年 3 月 1 日スマートライフ学会 2025 年大会にて発表)

著者照会先: 〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17-8
摂南大学 理工学部 田河琴音

Email: kotone.tagawa@setsunan.ac.jp

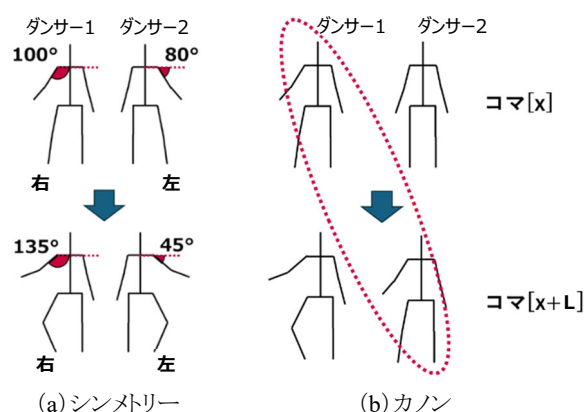


図1 シンメトリーとカノンにおける同調の考え方

が可能となっている。既報ではこの高速度 AI カメラを用いて、ダンサー全員が同じ振付で踊る場合、ダンサー同士の身体各部の動きがどれだけ一致(同調)しているかを点数化する手法を開発した[8]。既報で提案した同調度算出の式は、ユニゾン、シンメトリー、カノンの3種類の振付を評価することを前提としているが、既報では最も基本的な例としてユニゾンのみを対象として実験を行い、ダンスの同調度が適切に評価できることを実証した。先にも述べたようにダンス発表会や大会などで行われるダンスでは、ユニゾンだけでなくシンメトリーやカノンといった表現方法を組み合わせる場合が一般的であり、実際のダンスの評価方法の確立が望まれる。本稿では、シンメトリーとカノンの場合の評価、またユニゾン、シンメトリー、カノン全てが混合している場合のダンスに着目し、実験ならびに同調度によるダンス評価を行った結果について述べる。なお、本研究は摂南大学の人を対象とする倫理審査委員会において承認を受けている(承認番号 2023-077)。また実験では被験者からインフォームドコンセントを得て実施した。

2. 同調度の算出方法

ユニゾン評価では、ダンサー全員が同じ動きをするため、動きが同調した場合は身体のセグメント角度間に強い正の相関が見られる。一方、シンメトリーは対称軸の左右で逆向きに動くため、動きが同調した場合は対応するセグメント間の角度変化が強い負の相関となる。既報では、2人のダンサーの同調の度合いを定量化する式として式(1)を提案した。この式では、ユニゾンのとき、 k_i の値を1、シンメトリーのときに-1とすることによって評価することが可能となっている。

$$S_i = \frac{100}{1 + e^{-A(k_i r_i - 0.4)}} \quad (1)$$

ここで、 S_i はダンス映像の1コマごとのセグメント*i*の同調度、 A は定数で11とした。 r_i は2人のダンサーの対応するセグメント*i*の映像 n コマ分の角度データから求める相関係数であり、1コマごとに求める。相関係数 r_i は2人のダンサーの同調度を示す値であるが、同調度が直感的にわかりやすくなるように、式

(1)で100点満点に換算している。ダンサーが3人以上の場合は、リーダーのような基準となるダンサーと他のダンサーとの組のそれぞれについてセグメントごとに同調度を算出する。すなわち、リーダーとそれぞれのダンサーがどれだけ同調しているかを見ることによって全体の評価とする。

本研究で評価対象としたセグメントは、頭、胴体、右上腕、右前腕、左上腕、左前腕、右大腿、右下腿、左大腿、左下腿の10か所とした。

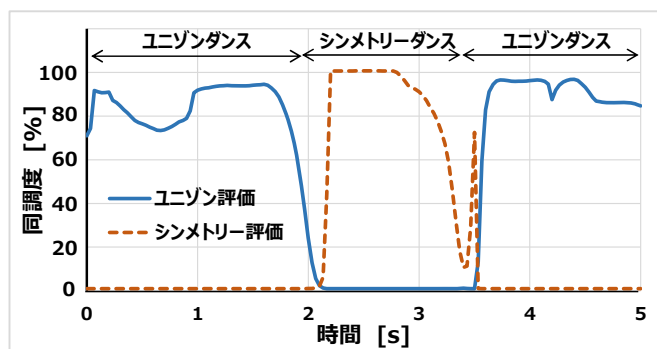
図1にシンメトリーとカノンにおける同調の考え方を示す。シンメトリーの振付では、例えば片方のダンサーが右腕を上げたとき、もう片方のダンサーは左腕を上げることになる。図1(a)に示すように、ダンサー1の右腕の角度が水平軸に対して時計回りに増加したとき、ダンサー2の左腕の角度が減少し、両者に負の相関があれば、シンメトリーの動作が同調していると判断できる。よって左右の区別がある前腕、上腕、大腿、下腿では左右が異なるセグメント同士で相関を調べる必要がある。なお頭、胴体のセグメントについては左右の区別がないため、同じセグメント同士で相関を求め、負の相関係数が大きいほど同調していると判断する。シンメトリー評価において、式(1)では $k_i = -1$ として、負の相関を正の相関に変換し左右対称の動きが合っているほど同調度が高くなるようにしている。なお、シンメトリーのダンスであるからといって、すべてのセグメントがシンメトリーの振付であるとは限らない。例えば、上肢がシンメトリーであっても胴体や下肢など他のセグメントがユニゾンである場合もある。したがって、セグメントごとにどの振付で同調度が大きくなるかを判定していく。

カノンの振付は、動き出すタイミングがずれたユニゾンの振付だと捉えることができる。よって同調度の評価式はユニゾンのときと同様にそのまま適用可能であるが、相関を求めるタイミングをずらす必要がある。図1(b)では、例としてダンサー1が x コマ目から動き出し、ダンサー2が L コマ分ずれて(遅れて)同じ振付で動き出したカノンの例を示している。ダンサー1における x コマ目の動作と、ダンサー2における $x+L$ コマ目の動作はユニゾンであるため、ずれたタイミングでユニゾン評価を行うことにより、同調度を算出する。ここで、ずれのコマ数 L をタイムラグと呼ぶこととする。

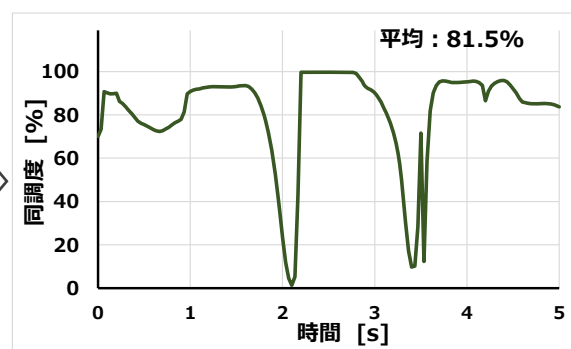
3. 振付混合ダンスにおける同調評価

一般のダンス発表会や大会で行われるダンスのように、ユニゾンやシンメトリー、カノンなどの振付が組み合わされているグループダンスに対して、本研究では基本的に次のルーチンによって同調度の評価を行う。

- ① ダンスの開始から終了までの全体に対して、まず、セグメントごとにユニゾン評価を行う。これによってダンス中のユニゾンのセグメント部分は同調度の値が高くなり、その他の振付部分は低くなる。

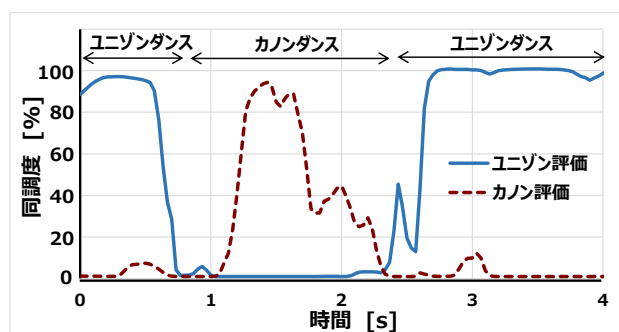


(a) 評価別の時間変化

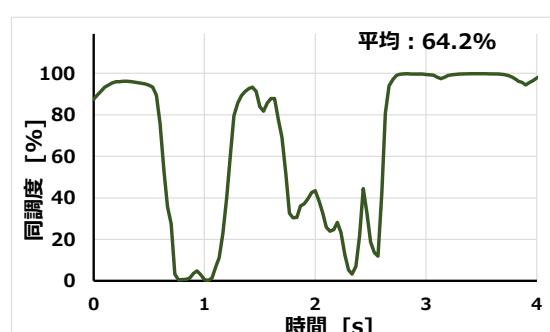


(b) 各評価の最大値で合成したグラフ

図2 ユニゾン評価とシンメトリー評価の合成の例(右前腕の同調度)



(a) 評価別の時間変化



(b) 各評価の最大値で合成したグラフ

図3 ユニゾン評価とカノン評価の合成の例(左下腿の同調度)

② 次に、ダンス全体に対してシンメトリー評価を行う。これによってダンス中のシンメトリーのセグメント部分の同調度の値は高くなる。

③ さらに、ダンス全体に対してカノン評価を行う。その際に必要なタイムラグは、 xy 座標の変化から自動的に推定するようにする。一般的にカノンダンスは、複数のダンサーが一旦同時に静止し、次の瞬間に基準となる 1 人だけが動き始め、他のダンサーは静止を続ける。次に 2 人目が動き始めるが 3 人目以降は静止を続ける。やがて最初に動き始めた基準の 1 人は最後のダンサーが動き終わるまで静止する。これらの静止と動き始めのタイミングによってタイムラグを推定する。静止は身体すべての xy 座標が変動しないため、時系列データの分散値を求めることで自動的に判別が可能である。身体が静止している判定には、首、右手首、左手首、右足首、左足首の xy 座標を取り上げ、それらの 10 コマずつの分散値が同時にある一定値以下になる箇所を探索し、次にある一定値以上になる動き出しの箇所をダンサーごとに探索し、ダンサー間のタイムラグを推定するアプリケーションを作成した。

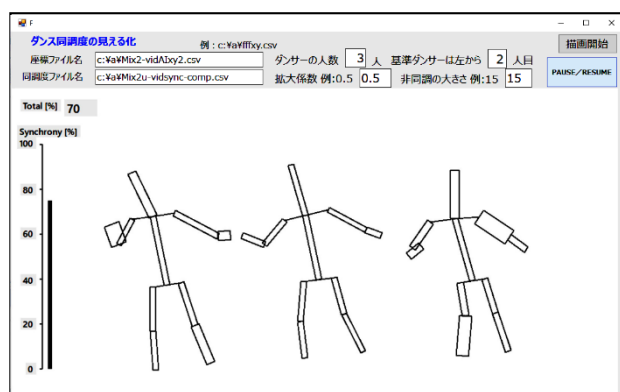
カノンは先に述べたように、動き出すタイミングがずれたユニゾンの振付だと捉えることができるが、ずれる方向がダンサー1、ダンサー2、...ダンサー d_n の場合と、その逆のダンサー d_n 、ダンサー d_{n-1} 、...ダンサー1 の

場合が考えられ、それらがミックスされる場合もある。ここではそれぞれの方向に合わせてタイミングをずらし、それぞれの相関を求める。

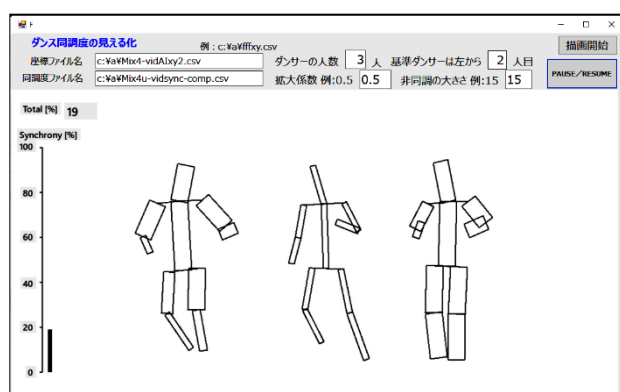
④ 最後に、前の3項(カノンの双方向の評価を含む)の評価で求めた同調度のうち、時々刻々の最大値をセグメントごとに求め、それを各セグメントの同調度とする。この処理を3評価の合成と呼ぶ。身体全体の10セグメントについて求めた3評価の合成値の平均値をそのダンサーのその瞬間の同調度とする。

振付混合ダンスの同調評価法の実例として、5章で述べる実験から得られたデータの一部を用いて、まず2人のダンサーによるユニゾンとシンメトリーの混合ダンスを取り上げる。上記の評価ルーチン①②を行い、それらの評価をルーチン④によって合成する。図2にユニゾン評価とシンメトリー評価の合成の例を示す。グラフは2人のうちの1人の右前腕が基準ダンサーであるもう1人の右前腕にどれだけ同調しているかを示している。同図(a)は評価別の時間変化を示しており、ユニゾンドダンスの部分はユニゾン評価の同調度が高く、シンメトリーダンスの部分はシンメトリー評価の同調度が高くなっていることがわかる。同図(b)はそれらの評価の最大値で合成したグラフであり、これを右前腕の同調度とする。この例では、ユニゾンとシンメトリーのいずれも高い評価となっており、平均で81.5%の同調度となっている。

次にユニゾンとカノンの混合ダンスについて同様に、図3に



(a)同調している場合の動画の1シーン



(b)同調していない場合の動画の1シーン

図4 同調度可視化アプリケーションによる可視化の例

ユニゾン評価とカノン評価の合成の例を示す。ここでは左下腿の同調度の例を示している。この例の場合も、それぞれの評価が適切に行われており対応するダンスで高い評価となっている。同図(b)の合成グラフでは、平均が 64.2%となっており、図2のシンメトリーの場合より低い値となっている。カノンダンスの場合、その前後で「静止状態」があり、基準ダンサーと同調しない部分が生じるためであると考えられる。

4. 同調度可視化アプリケーション

算出した同調度を骨格線動画(スティックビデオ)によって再生することで、同調度を可視化し直感的に理解することが可能なアプリケーションを Microsoft Visual Studio 2022, C#言語を用いて Windows フォームアプリケーションで作成した。作成した可視化アプリケーションでは、セグメントの太さによって同調度の大小を可視化することとした。図4に3人のダンスについて、同調度を可視化した C#の Form の例を示す。この例では基準ダンサーは中央に位置し、左右のダンサーの各セグメントの動きが基準ダンサーとどの程度同調しているかを可視化している。基準ダンサーのセグメントの太さが最も同調していることを示し、それより太くなるにつれて同調していないことを示している。同調していないセグメントを太く強調することで、ダンサーにわかりやすいようにした。

GUIには、動画の描画の前に、AIカメラで取得した座標ファイル名(csv ファイル名)、2、3章で述べた方法で別途求めた同調度ファイル名(csv ファイル名)を入力するテキストボックスを設けている。また、ダンサーの人数と基準ダンサーの位置、描画サイズを調整する拡大係数、非同調の場合のセグメントの太さを入力するようにして、任意に変更できるようにしている。

動画の左側には基準ダンサー以外のダンサー全員の時々刻々の同調度のアンサンブル平均が棒グラフで表示される。左上の Total[%]はダンスの最初からその時点までのダンサー全員の時間平均値を示している。ダンスが終了したときには、その値はそのダンス全体の評価値となる。

同図(a)は比較的に同調している例の動画の1シーンを、(b)は同調していない例の1シーンを示している。なお、同調度の式に含まれる相関係数を求める際に n コマのデータを用いるため、図のように1シーンを切り取ると同調度が正確に対応しない場合がある。ダンサーは図4の動画を再生して見ることによって、セグメントが徐々に太くなる部分を確認し、その付近の振付を修正するように努め、最終的に基準ダンサーと同じ太さのセグメントになることを目指すことができる。また、アプリケーションには再生速度を落としてスローモーションによる可視化や、一時停止の機能があるため、「どのタイミングで、どのセグメントの動きが、どれだけ同調していないのか」を簡単にチェックできるようになっている。なお、スローモーションは C#のタイマーのインターバルを大きくすることで再生できる。

5. ダンス評価実験

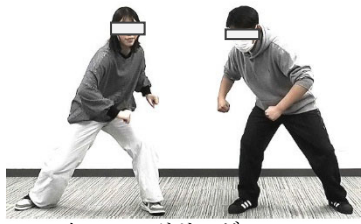
本研究で提案したグループダンスの同調度評価方法、並びに同調度可視化アプリケーションが実際のダンスに適用可能であるかどうかを検討するため、ダンスの評価実験を行った。被験者は同じ大学ダンス部の男性2人、女性2人(年齢21～22歳)とした。ダンス経験は、2年～5年であった。ダンスのグループは2人、3人、4人で構成した。図5にグループダンスの実験風景を示す。同図(a)は2人によるシンメトリーダンス、(b)は3人によるカノンダンス、(c)は4人によるシンメトリーダンス、(d)は4人によるカノンダンスのそれぞれ1シーンを示している。(c)と(d)は、4人のダンサーが最初にユニゾンドダンスから始め、途中でシンメトリーダンスに移行し、次にユニゾン、次にカノン、最後にユニゾンといった一連の振付混合ダンスを踊る中のそれぞれ1シーンである。(b)と(d)のカノンダンスには、各ダンサーが順に遅れて動く方向を示している。

同調度の違いを正しく定量化できるかどうかを確認するため、次の2条件を設定した。

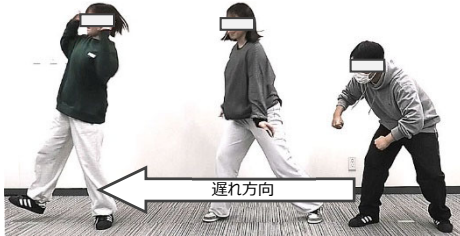
【条件1】

被験者間で事前に振付を共有し練習を行う条件。「振付の事前共有あり、練習あり」と表記する。

【条件2】



(a) 2 人のシンメトリーダンスのシーン



(b) 3 人のカノンダンスのシーン



(c) 4 人のシンメトリーダンスのシーン



(d) 4 人のカノンダンスのシーン

図 5 グループダンス実験風景

被験者間で事前に振付の共有をせず、練習もしない条件。グループで基準ダンサーを決め、その即興の振付に他のダンサーが合わせる。「振付の事前共有なし、練習なし」と表記する。

表 1 にグループダンス評価実験の振付内容と条件を示す。実験番号 1～4 はシンメトリーとカノンのそれぞれ単独振付のダンス、実験番号 5、6 は、ユニゾンとカノンの振付混合ダンス、実験番号 7、8 は、ユニゾン、シンメトリー、カノンの振付混合ダンスで、それぞれ事前共有と練習のありなしについて、実験を 2 回ずつ、合計 16 回行った。

ダンス中はメトロノームによるテンポに合わせてダンスを踊ってもらった。メトロノームのテ

ンポは 1 分間に四分音符が 100 個入る速さとした。これは通常のダンスの速さである。撮影に用いたカメラは、既報ではダンスの解析には高速度カメラが必要であろうと推察されたため、高速度 AI カメラ(260fps)で撮影を行ったが、通常のカメラで可能であればより実用的であると考え、本研究では 4 種類のカメラを用いた。すなわち、AI カメラに搭載の Raspberry PI カメラモジュール V2.1 (公称値 30fps)、家庭用ビデオカメラ (30fps)、高速度カメラ(ELP USBFH DE08S-MFV:160fps)、GoPro (HERO11 CHDHX-111-FW:240fps) である。

これらのカメラで録画した動画から、AI による骨格認識技術を用いて、人体関節点の 2 次元座標を取得する。本研究で用いた骨格認識ソフトは yolov8 であり、Python によって姿勢推定を行う。yolo はコンピュータを用いた物体検出手法であり、姿勢推定のみならず人間や物体の検出も可能となっている。認識可能な関節点は 17 種類(鼻、右目、左目、右耳、左耳、右肩、左肩、右肘、左肘、右手首、左手首、右股関節、左股関節、右膝、左膝、右足、左足)であり、これらの関節点の 2 次元座標を用いて人体各セグメントの角度を求め、同調度を算出する。

16 回のダンス実験のそれぞれが終わった直後には、そのダンスの同調性に関する出来栄をダンサー自身に 10 点満点で主観評価をしてもらった。

6. 実験結果

4 種類のカメラで撮影した動画から解析を行った結果、いずれも類似した結果が得られた。これは通常のダンスであれば家庭用ビデオカメラ(30fps)で解析が可能であることを意味する。以下は家庭用ビデオカメラで撮影した動画の結果について述べる。

図 6 に振付混合ダンスにおける同調度評価の合成例を示す。これは表 1 の実験番号 7 番のデータをまとめたものである。すなわち、4 人のダンサーによる振付事前共有あり、練習ありの場合の例を示している。振付内容はユニゾンから始まり、シンメトリー、ユニゾン、カノン、最後にユニゾンで構成されている。3 章の振付混合ダンスにおける同調評価のルーチンにしたがって、ダンス全体に対して基準ダンサーと各ダンサー(3 人)との間でユニゾン評価、シンメトリー評価、カノン評価をそ

表 1 グループダンス評価実験の振付内容と条件

実験番号	ダンサー人数	グループダンス振付内容	振付の事前共有・練習の有無	繰り返し回数
1	2	シンメトリー	条件1・あり	2
2	2	シンメトリー	条件2・なし	2
3	3	カノン	条件1・あり	2
4	3	カノン	条件2・なし	2
5	3	ユニゾン - カノン - ユニゾン	条件1・あり	2
6	3	ユニゾン - カノン - ユニゾン	条件2・なし	2
7	4	ユニゾン - シンメトリー - ユニゾン - カノン - ユニゾン	条件1・あり	2
8	4	ユニゾン - シンメトリー - ユニゾン - カノン - ユニゾン	条件2・なし	2

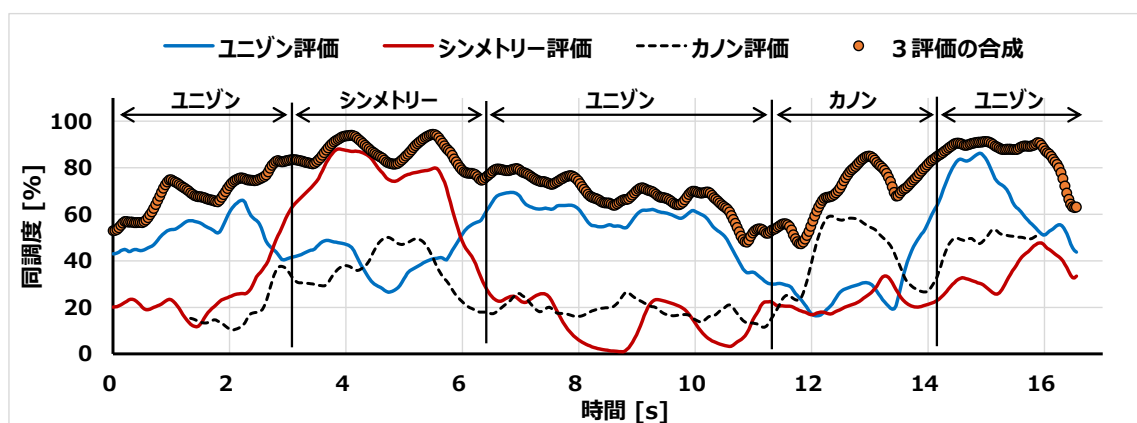


図 6 振付混合ダンスにおける同調度評価の合成例(ダンサー4人、振付事前共有あり、練習あり)

それぞれ行い、それぞれ時々刻々の3人のダンサーの平均値を求めた。図6にそれぞれの時間変化のグラフを示している。なお、グラフは傾向をわかりやすくするために、それぞれカットオフ周波数 0.5Hz で平滑化を行っている。図からダンスの振付がユニゾンの箇所はユニゾン評価の値が最も高くなっていることがわかる。同様に、シンメトリーの箇所はシンメトリー評価の値が、カノンの箇所はカノン評価の値が最も高くなっていることがわかる。図中の3評価の合成のグラフは、3章のルーチン④によって各評価についてセグメントごとに合成した時々刻々の同調度のダンサー3人の平均値を示している。合成データはセグメントごとに3評価の最大値とするため、どの評価のグラフより大きい値となっていることがわかる。以上から、本研究で提案した振付混合ダンスにおける同調度評価の合成法が適正に機能しているといえる。

図7にカノン振付部分のタイムラグ推定精度を示す。表1に示す実験のうちカノン振付が含まれる3番～8番を対象に、ビデオ映像を再生して目視で推定したタイムラグと3章で述べたアプリケーションによって推定したタイムラグを比較し、両者の差の絶対値を求めた。タイムラグはダンサーによっても身体部位によってもばらつきがあるため、それぞれで求めたタイムラグの値の中央値をそのダンスのタイムラグとした。また、条件1の事前共有あり、練習ありの場合は、身体部位の静止と動き出しが明確であるが、条件2の事前共有なし、練習なしの場合は、それらが不明確で、ダンサー間や身体部位間でばらつきが大きいので、図7には条件別に示している。

実験番号8の1回目のダンスについては、アプリケーションによって「推定不能」となったため、そのダンスは除外している。そのダンスは事前共有なし、練習なしのため、4人のダンサーの非同調の程度が極度に大きかったためと考えられる。通常、ダンサーたちは事前共有や練習をすると思われるので、実際の場面で「推定不能」となることはないと考えている。

図7より、条件1の場合に両者の差は平均で1.7コマとなっており、アプリケーションの推定精度には問題ないと考えられ

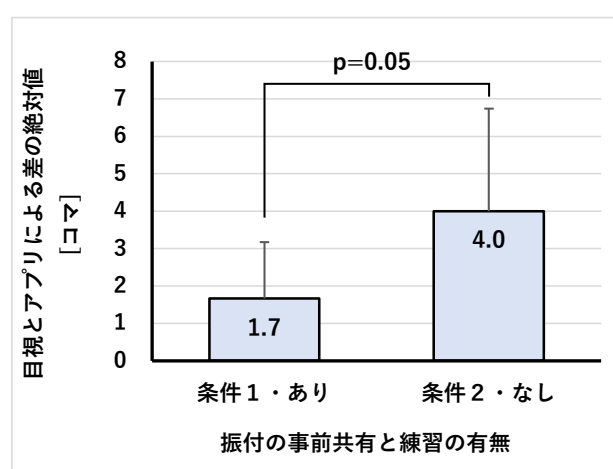


図7 カノン振付部分のタイムラグ推定精度
(目視による推定とアプリケーションによる推定の差)

る。

図8、図9にそれぞれシンメトリーダンス(実験番号1、2)とカノンダンス(実験番号3、4)の評価結果を示す。図(a)はいずれも条件1(振付の事前共有あり、練習あり)における同調度の可視化を、図(b)はいずれも条件2(振付の事前共有なし、練習なし)における同調度の可視化を示す。ここでは基準ダンサーは向かって左端に位置している。図(a)の条件1の場合では各ダンサーは異なった振付(姿勢)をしているが、シンメトリーやカノンの振付としては非常によく同調しており、ほとんどのセグメントは細く表示されていることがわかる。瞬間の同調度はシンメトリーとカノンのいずれも約90%を示している。他方、図(b)の条件2の場合ではシンメトリーやカノンの振付としてはほとんど同調していないことがわかる。

図(c)にはそれぞれのダンスの開始から終了までを通して評価対象とするダンサーの身体各セグメントの平均同調度を求めた結果を示す。図8のシンメトリーダンスでは経験3年の男性ダンサーの結果を、図9のカノンダンスでは経験5年の女性ダンサーの結果を示している。いずれもすべてのセグメント

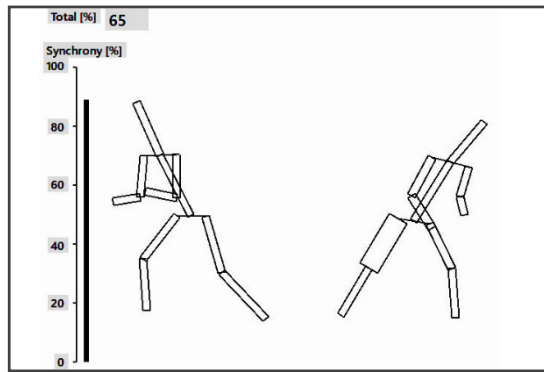
において条件 1 のほうが条件 2 よりも同調度が高くなっていることがわかる。図 8 の男性ダンサーでは、練習ありの条件 1 において両前腕と両下肢がやや低い結果となっている。図 9 の女性ダンサーでは、右前腕、左上肢、左大腿が低い結果となっている。これらの結果から、今後それらの部位の同調度向上を意識しながら練習をすべきであるという方針が得られる。

図 10 に 4 人のダンサーによる振付混合ダンス(実験番号 7、条件 1)の評価結果を示す。同図(a)はユニゾンダンス、(b)はシンメトリーダンス、(c)はカノンダンスのそれぞれの同調度可視化の 1 シーンを示している。いずれも条件 1 の場合のダンスであって、瞬間の同調度はおおよそ 80%~90%と高い値となっており、各セグメントはほぼ細い幅で表示されていることがわかる。同図(b)、(c)では図 8、9 の(a)と同様に、各ダンサーの振

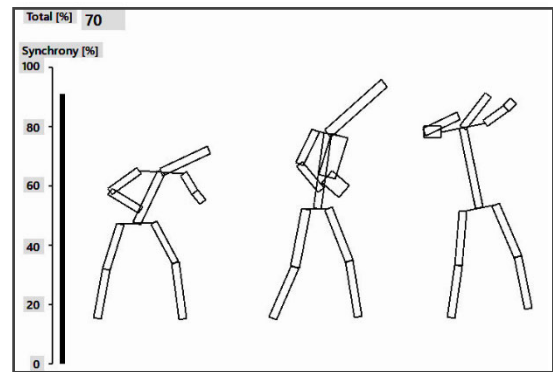
付(姿勢)は異なっているが、シンメトリーやカノンの評価でそれらのダンスがそれぞれ高く評価されたものと考えられる。このことから本研究で提案した振付混合ダンスにおける同調度評価法の実効性が確認される。

同図(d)にはダンスの開始から終了までを通して評価対象とする経験 2 年の女性ダンサーの身体各セグメントの平均同調度を求めた結果を示す。このダンサーでは、練習ありの条件 1 において右前腕と両下肢が低い結果となっている。この結果から、今後それらの部位の同調度向上を意識しながら練習をすべきであるという方針が得られる。

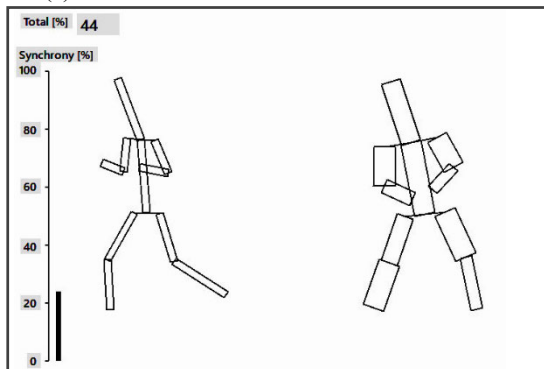
16 回のダンス実験において、グループダンスの主観評価と本研究で提案した評価法による同調度の結果をまとめて図 11 に示す。本研究の評価法による同調度は、1 つのダンスが終



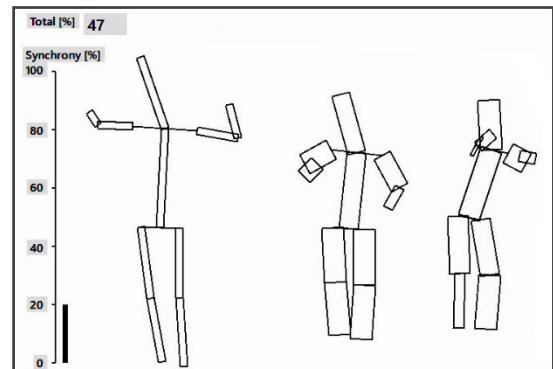
(a) シンメトリーダンスの同調度可視化(条件 1)



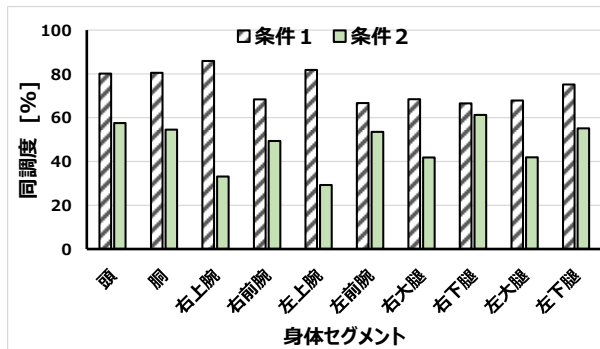
(a) カノンダンスの同調度可視化(条件 1)



(b) シンメトリーダンスの同調度可視化(条件 2)

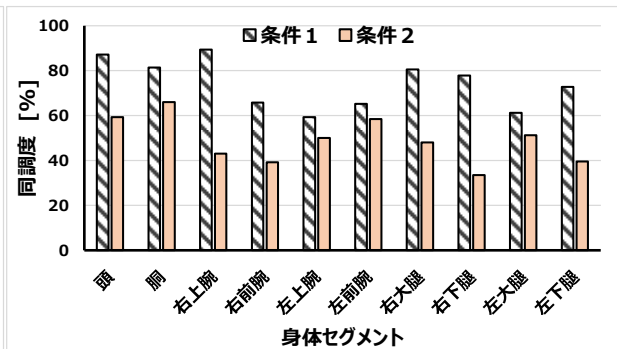


(b) カノンダンスの同調度可視化(条件 2)



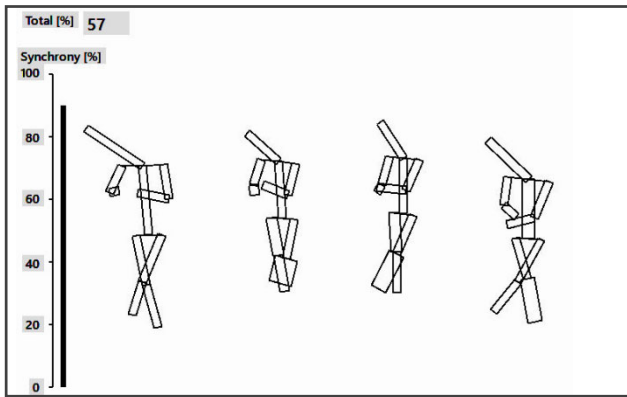
(c) ダンサー(男性、経験 3 年)の各部の平均同調度

図 8 シンメトリーダンスの評価結果(実験番号 1,2)

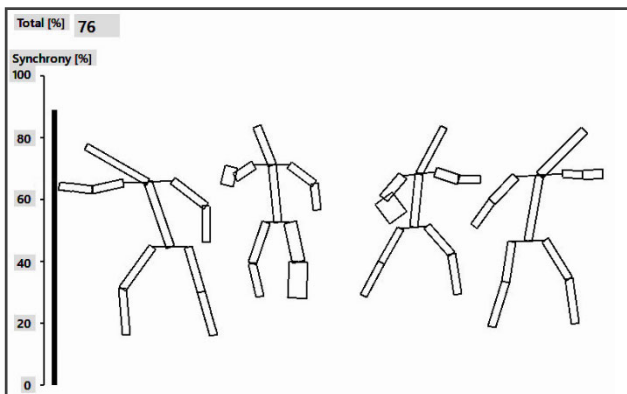


(c) ダンサー(女性、経験 5 年)の各部の平均同調度

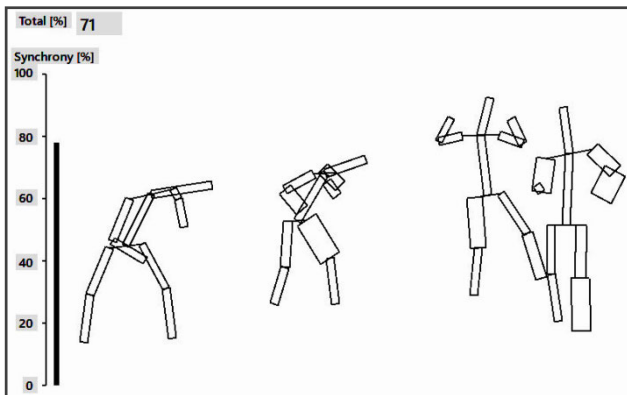
図 9 カノンダンスの評価結果(実験番号 3,4)



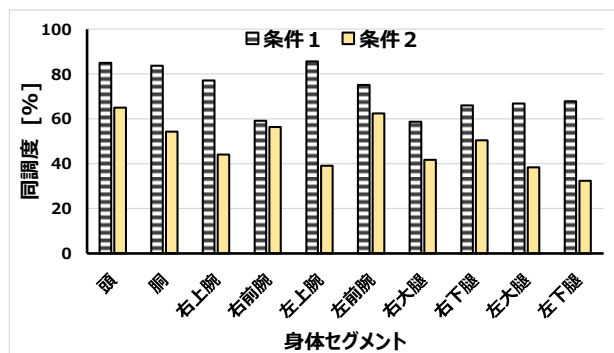
(a) ダンス同調度の可視化の1シーン(ユニゾン)



(b) ダンス同調度の可視化の1シーン(シンメトリー)



(c) ダンス同調度の可視化の1シーン(カノン)



(d) ダンサー(女性、経験2年)の各部の平均同調度

図 10 振付混合ダンスの評価結果(実験番号7, 条件1)

わったときの全ダンサーの平均同調度である。図に示すように、振付事前共有なし、練習なしの8回分の評価はグラフの左下方、すなわち両評価がともに低い場所に集まり、振付事前共有あり、練習ありの8回分の評価はグラフの右上方、すなわち両評価がともに高い場所に集まっているのがわかる。両評価の相関係数は0.79となり強い正の相関があることがわかった。この結果から本研究で提案した振付混合グループダンスの評価法は、ダンサー自身による評価を正確に反映しており、妥当であるといえる。なお、ダンサー自身による主観評価が1点から10点までばらついていて一方、本研究の評価法では40%から75%の範囲に収まっている。これは、本研究における「練習あり」は、公式の大会を目指すような練習ではなく、実験のために準備したもので練習が不十分であったことが考えられ、80%以上の評価にならなかったと推察される。また、今回のダンサーは経験年数も比較的長く、普段から練習を行っている大学ダンス部の仲間であるため、練習なしのぶっつけ本番であっても、基準ダンサーにある程度追従できたものと考えられる。そのため、平均同調度が40%を下回ることがなかったと考えられる。図8、図9の(b)に示したように、瞬間的には20%程度の同調度となることもあった。

7. おわりに

本稿では、既報で述べた競技ダンスの同調評価について、ダンサー全員が同じ振付で踊るユニゾンに、左右対称の振付であるシンメトリーとウェーブのように順番に動く振付であるカノンを新たに追加し、それらの振付混合ダンスの評価法を提案し、グループダンスの実験を行って本手法の妥当性を確認した。その結果、ダンスの振付がユニゾンの箇所はユニゾン評価の同調度が最も高くなり、シンメトリーの箇所はシンメトリー評価の同調度が、カノンの箇所はカノン評価の同調度が最も高くなり、振付混合ダンスを正確に評価できることが認められた。また、ダンスの振付を事前に共有し、練習を行ったダンスと振付を共有せず練習も行わないダンスとでは、前者のほうが

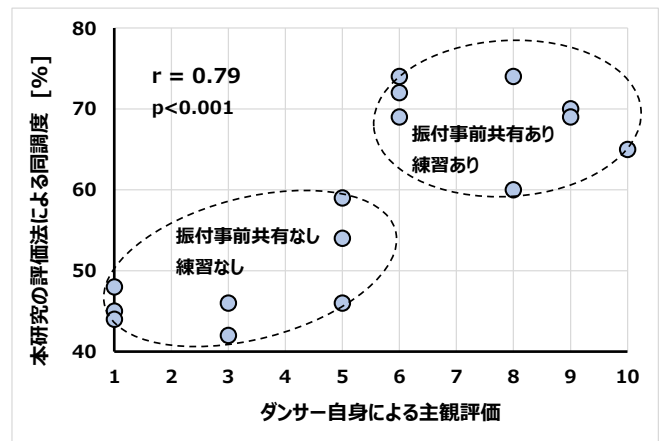


図 11 ダンス実験の主観評価と本研究の評価法による同調度の結果

同調度は高くなり、ダンサー自身による主観評価ともよく一致した。

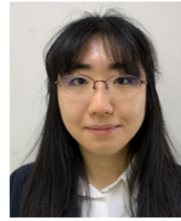
さらに、グループダンスの同調度を骨格線動画で可視化するアプリケーションを開発し、時々刻々の同調度が低くなると身体各部が太くなり、同調度が高くなると細くなるようにした。その結果、ダンスの中のどのタイミングでどの部位が同調していないかを容易に認識できるようになり、その後の練習の指針となることがわかった。また、振付を事前に共有し練習を伴ったグループダンスでは、ユニゾン、シンメトリー、カノンのいずれにおいても、各ダンサーが同調する様子を目視で確認できるようになった。

なお、本実験ではダンサーの人数を4人までとしたが、本研究で開発した同調度評価、並びに同調度可視化のアプリケーションでは、理論上、ダンサーが10人まで対応できるようにしている。実際に5人以上の場合にも評価が可能であるかどうかを検討することが今後の課題である。

参考文献

- [1] 武道・ダンス必修化：文部科学省 (mext.go.jp) https://www.mext.go.jp/a_menu/sports/jyujitsu/1330882.htm (参照日 2024 年 2 月 27 日)。
- [2] 文部科学省：学校体育実技指導資料第 9 集「表現運動系及びダンス指導の手引」，付録(1)，pp.227-228(2013)。
- [3] 文部科学省：高等学校 保健体育(科目体育)〔入学年次〕，ダンス「創作ダンス」【思考力，判断力，表現力等 編】，https://www.mext.go.jp/sports/content/20210128-spt_sseisaku02-000010856_10.pptx，(2021) (参照日 2024 年 9 月 2 日)。
- [4] 稲田健太郎，石川孝明，渡辺裕：OpenPose を用いた複数ダンサーの姿勢評価の基礎検討，映像情報メディア学会技術報告，Vol.42，No.44，pp.21-23 (2018)。
- [5] P. Broadwell, and T.R. Tangherlini: Comparative K-Pop Choreography Analysis through Deep-Learning Pose Estimation across a Large Video Corpus, Digital Humanities Quarterly; Providence, Vol.15, No.1 (2021)。
- [6] Z. Zhou, A. Xu, and K. Yatani: Syncup: Vision-based practice support for synchronized dancing. Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies, Vol.5, No.3, Article 143, pp.1-25 (2021)。
- [7] 田河琴音，川野常夫，松尾英治：AI カメラを用いた動作同調評価による介護現場の熟練者と初学者の比較，スマートライフ学会 2023 年大会発表論文集，pp.57-61 (2023)。
- [8] 田河琴音，川野常夫，松尾英治：「高速度 AI カメラによるグループ競技ダンスの同調評価」，スマートライフ学会誌，Vo.14(1/2)，pp. 9-16 (2024)。

著者紹介



田河 琴音 (正会員)

2023 摂南大学大学院博士前期課程修了、修士(工学)。2024 摂南大学特任技師、現在に至る。人間工学、看護・介護、動作解析、VR、AI の応用などの研究に従事。スマートライフ学会、日本人間工学会などの会員。認定人間工学準専門家。



川野 常夫 (正会員)

1982 神戸大学大学院博士後期課程修了、学術博士。神戸大学助手などを経て、1991 摂南大学助教授、2001 同 教授、2025 同 学事顧問、現在に至る。人間工学、生体力学、生体計測などの研究に従事。スマートライフ学会 理事、日本人間工学会 代議員、精密工学会 フェロー、日本工学アカデミーなどの会員。



松尾 英治

1982 神戸大学大学院修士課程修了、工学修士。1982 三菱電機株式会社入社、2021 松尾電機エンジニアリング株式会社社長、現在に至る。ソフトウェア開発、電子回路設計、クラウド型 IoT システムの開発、画像の AI 認識などの研究に従事。