

グループ舞踊振付における動作と隊形の舞踊者練習への集団エージェントの適用

吉田 侑矢^{1,a)} 米澤 朋子^{2,b)}

概要：本研究では，グループ舞踊振付における動作と隊形の舞踊者練習に，視覚的な集団エージェントを適用し，集団舞踊の感覚や物理的接触など問題を直感的に体験できるかどうかについて検討する．これまで我々は大人で構成される舞踊グループの創作活動を多面的に支援するために，振付者の創造性支援を目的とした振付デザイン可視化・可編化システムを研究開発してきた．本稿では，舞踊者のための動作と隊形の効果的な練習手法として，舞踊者との身体的インタラクションを行う可視化集団エージェントの適用を提案し，その有効性を検討する．

1. はじめに

舞踊における練習は，舞踊動作そのものの正確さや動きの大きさ等の質を向上させる練習以外に，隊形毎の相対的な位置を合わせる練習など様々なフェーズやプロセスがある．特に大人で構成されるダンスにおいて，舞踊者は全体の動きと自分の絶対的かつ相対的な位置を把握しながら，限られた空間で最大限に大きく動きを見せる事が求められる．舞踊動作の洗練と同様に時間をかけて全員の移動のタイミングを合わせなければ，良いパフォーマンスをする事はできない．

実際にメンバーが集まった状態の練習では，鏡に映った自身らの動きと他のメンバーとの距離感を常に確認する事ができる．しかし，一人でも練習できる舞踊動作とは違い，全体練習は時間的・空間的な制約により個人の習熟度に合わせて何度も繰り返すという事が困難である．

このような問題が，舞踊動作の質に関わらず全体のまとまりや動的な迫力に欠けてしまう一因であると考えられる．そこで本研究は舞踊者のための動作と隊形の位置合わせ練習の効果的な個人練習の手法を提案する．メンバーが揃っていない状態の位置合わせ練習において，身体的インタラクションを行う可視化集団エージェントを適用し，実際の練習に近い舞踊感覚で，個人練習を支援するシステム

を実現することを目指した．本稿では，提案する位置合わせ練習支援システムを用いた時に，舞踊者が適切に距離感覚を得る事ができるかを検証した．

2. 関連研究・事例

近年，動作解析技術や3DCG技術の発展に伴い，身体動作を解析する研究やそれを応用した事例が多く存在する．複数のパラメータを付与したエージェントによる，人間らしく行動する群衆のシミュレーションに関しても研究されている．中村ら [2] は駅改良工事などにおいて，駅を利用する歩行者の安全性確保と円滑な通行に配慮した施工計画の立案支援を目的として，歩行者シミュレーションシステム「Sim-Walker® (シム・ウォーカー)」を開発した．映画制作においても，群衆のシーンを表現する場合に3DCGシミュレーションを用いられる事が多い．オートデスク社による3DCGソフトウェアであるMaya^{*1}用のプラグインである群衆シミュレーションソフトMiarmy^{*2}は，大量のエージェント（人間や物体）を，自律的にアニメーションさせることができる．このように，群衆のシミュレーションを行う必要性は広く認められており，舞踊においても，大人数の複雑な舞踊動作や行動を想定したシミュレーションが必要とされている．

舞踊における問題解決を目的とした研究では，これまで舞踊動作の記録・保存・学習・創作を支援するシステム [3][4][5][6] が数多く提案されてきた．佐藤ら [7] は舞踊の熟達化支援を目的としたモーションキャプチャの活用による舞踊教育の支援を試みた．熟達の様相を明らかにするた

¹ 関西大学大学院総合情報学研究科
Graduate School of Informatics, Kansai University, 2-1-1, Ryozenjicho, Takatsuki-shi, Osaka, 569-1052, Japan

² 関西大学総合情報学部
Faculty of Informatics, Kansai University, 2-1-1, Ryozenjicho, Takatsuki-shi, Osaka, 569-1052, Japan

a) k544790@kansai-u.ac.jp

b) yone@kansai-u.ac.jp

^{*1} <http://www.autodesk.co.jp/products/autodesk-maya/overview>

^{*2} <http://www.studiogx.com/ja/miarmy/top>

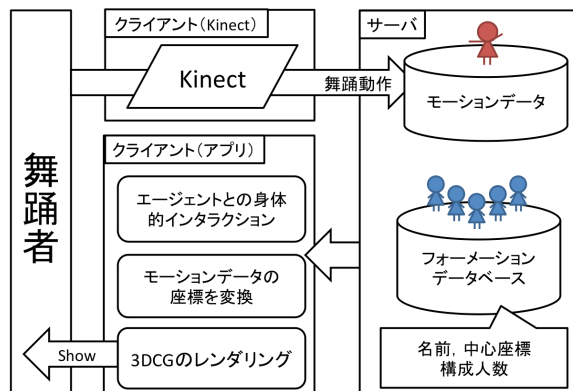


図1 システムの構成

めの長期間の実験を行った結果、練習を重ねるに従い舞踊動作が大きくなっていく事を発見し、さらにインタビューにより、モーションキャプチャを活用する事で新たな「気づき」や「理解」が得られる事を明らかにした。この様に舞踊動作に着目した学習支援の試みは多く存在するが、大人数の舞踊を想定した位置合わせの学習支援については未だ議論されていない。

3. 大人数舞踊の位置合わせ練習支援システム

大人数舞踊の位置合わせ練習において重要な距離感覚を練習するためのシステムを提案する。擬人化された舞踊者エージェント郡(集団エージェント)とのインタラクションを通して、単独での舞踊練習では得る事ができない相対的な位置関係を可視化する。また本システムでは、実際の舞踊練習と同様に、鏡像を参照しながら自身の動きに修正を加える。体験者はスクリーンに映しだされた自身の舞踊動作を確認しながら、模範的な舞踊動作をするエージェントと共に踊る事ができる。図1に本システムの構成を示した。以下では本システムの概要を紹介する。

3.1 舞踊動作の取得

舞踊動作の取得には、Microsoft社のモーションキャプチャであるKinect for Windows v2(Kinect)*³を使用した。Kinectで推定可能な関節の総数は本稿執筆時点で図2の様に最大25関節である。

3.2 舞踊動作の可視化

Kinectで推定される3次元位置座標はカメラ座標系であり、3次元空間において舞踊者を可視化するためには、舞踊動作が適用される集団エージェントを中心としたオブジェクト座標系に変換する必要がある。そこで、図3の様に各座標軸上の基準点を関節SpineBaseのX座標、関節FootのY座標、関節SpineBaseのZ座標として、全ての関節のXYZ座標からそれぞれ差し引いた座標を用いた。この

*3 <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>

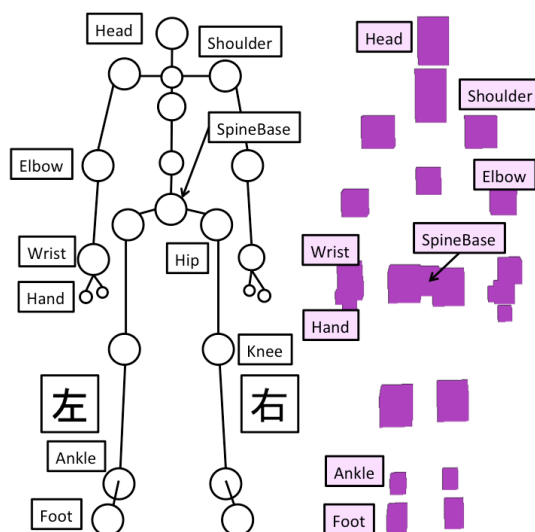


図2 Kinectで認識される関節と3DCGで表現される舞踊者エージェント

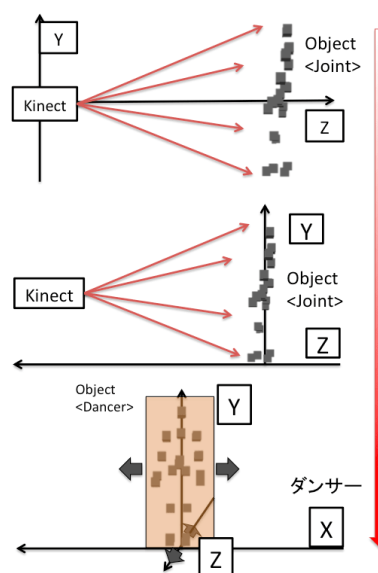


図3 モーションデータ処理の流れ

場合、グローバルな3次元空間における舞踊者エージェントの移動差分が失われてしまうため、関節SpineBaseの各フレーム毎の移動差分を抽出し、舞踊者のグローバル座標に加減算する事で舞踊者のグローバル空間上における移動を表現した。

3.3 視点の制御

自身の舞踊動作を鏡像として可視化するために、Kinectで取得した舞踊者の奥行き位置を反転させた座標を視点位置に適用した。また、Kinectが接続されていない場合は隊形全体の動きを俯瞰的に見るために、マウス操作による自由視点での視点移動を可能にした。

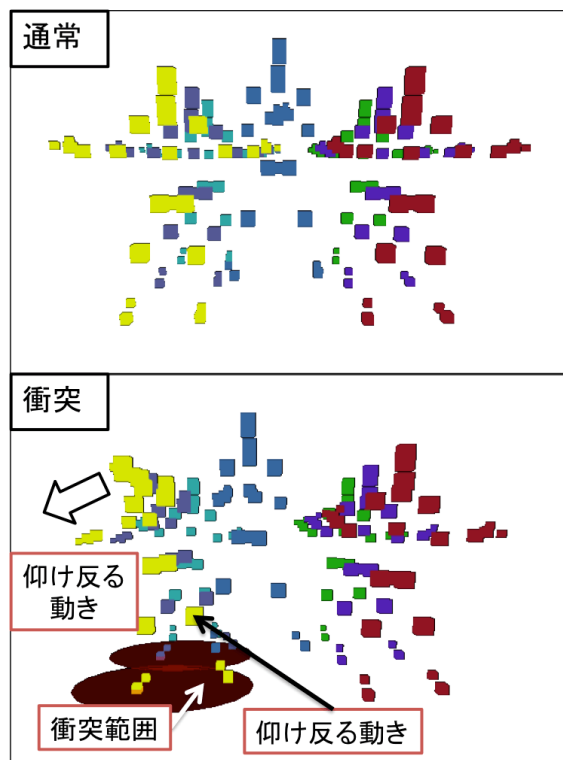


図 4 舞者と集団エージェントの身体的インタラクション

3.4 集団エージェントとのインタラクション

舞者がスクリーン上に映し出される集団エージェントに対する距離感覚を正確に捉えるために、舞者と集団エージェントが3次元空間上で衝突した際のインタラクションを実装した。お互いの位置情報が範囲内に侵入すると衝突を示すフィードバックが返される。図4に示す様に、1) 舞者エージェントは「仰け反り、身動きが取れなくなる」行動を取り、2) お互いの足下には衝突判定の閾値となる円形の範囲が提示され、3) 衝突時に衝突した様な打撃音が流れる。これらの視覚的・聴覚的な作用によって、触覚的なインタラクションが難しい擬人化エージェントとの衝突を舞者にフィードバックする。

3.5 システムの実装

本システムの最終目標は、グループ舞踊の振付・練習を非同期かつ遠隔地で行える様にする事である。振付を自身のみで体験したり、自由な視点から閲覧したりする事ができるシステムの実現を目指している。よって舞者が時間や場所の制約を受けることなくシステムにアクセスして練習できる動作環境が必要であるため、Webブラウザ上で動作する環境を実装した。Kinectのモーションデータはネットワーク上に構築されたサーバーを経由し、WebSocket通信によってWeb上のクライアントアプリに情報が送られる。サーバーの構築にはNode.js^{*4}、WebSocket通信には

^{*4} <http://nodejs.org/>

Socket.io API^{*5}を用いた。3DCGの描画にはWebGLを用いたJavaScript用ライブラリのThree.js^{*6}を用いた。クライアントアプリである3DCGの描画を行うブラウザは、Google Chrome^{*7}での動作を確認している。システムの動作環境は、OSはWindows8, 8.1で確認されている。

4. 位置合わせ練習手法による距離感覚に関する実験

4.1 実験目的

集団エージェントとの距離感を提示をするために実装された身体的インタラクションの有意性を示す事が目的である。実際には、スクリーンを介して空間を共有した集団エージェントに対して、舞者が距離感覚を得る事ができるかを、以下に示す要因の組み合わせによって検証した。

4.2 条件

スクリーン上の3次元空間上に映し出された集団エージェントに対して距離感覚を得るための要因を以下の三つとする。

A：動き ユーザ衝突時の集団エージェントが仰け反る動作（有：M, 無：m）

B：音 衝突時の効果音の提示（有：S, 無：s）

C：範囲 衝突範囲の提示（有：R, 無：r）

条件1：MSR, 条件2：MSr, 条件3：MsR, 条件4：Msr, 条件5：mSR, 条件6：mSr, 条件7：msR, 条件8：msr

4.3 仮説

要因A：動き エージェントが仰け反る事により、エージェントとの間隔が近すぎる事に気づき修正しようとする

要因B：音 衝突時に再生される打撃音によって、現在の状態に問題があることに気づき、修正しようとする

要因C：範囲 エージェントの足下に提示された衝突範囲を示す円によって、衝突する間隔を理解し次回からその範囲への侵入を回避しようとする

4.4 評価項目

以下をMOS法による評価項目とした。

- (1) エージェントと一緒に踊っている様に感じた
- (2) エージェントとの距離を一定に保ちながら踊ろうとした
- (3) エージェントとの間に圧迫感を感じた
- (4) 躊躇なく踊れた
- (5) 周囲と合わせて踊りやすかった
- (6) できるだけ周囲のエージェントに合わせて動こうとした

^{*5} <http://socket.io/>

^{*6} <http://threejs.org/>

^{*7} <https://www.google.co.jp/chrome/browser/>

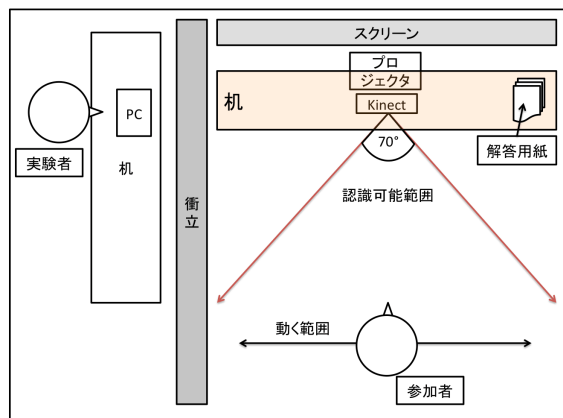


図5 実験環境

した

以下を記述式による評価項目とした。

- (1) 踊っている際に、周囲のエージェントの動きに異変があった
- (2) (1)が「はい」の場合、その動きにはどのような意味があったと感じたか
- (3) (1)が「はい」の場合、エージェントの動きに気づいた時、どのように行動した（行動しようとした）か
- (4) 踊っている際に、エージェントの足下に異変があった
- (5) (4)が「はい」の場合、エージェントの足下にはどのような異変があったか
- (6) (4)が「はい」の場合、エージェントの足下に起きた異変にはどのような意味があったと感じたか
- (7) (4)が「はい」の場合、エージェントの足下の異変に気づいた時、どのように行動した（行動しようとした）か
- (8) 踊っている途中、音楽とは違う音が聞こえた
- (9) (8)が「はい」の場合、その音はどのような音だったか
- (10) (8)が「はい」の場合、どのような意味があったと感じたか
- (11) (8)が「はい」の場合、どのように行動した（行動しようとした）か

4.5 環境

実験環境の各機器と実験者と実験参加者の位置関係を図5に示した。参加者はスクリーンから約2mから2m50cm離れた位置に立ち、実験課題のダンスを踊る。参加者の稼働範囲は、前方方向、左右方向にそれぞれ1mである。スクリーンに投影された3次元空間上の集団エージェントは、それぞれ参加者の1m半径以内に存在しており、この範囲で踊る事で確実に舞者エージェントと衝突する事となる。実験者は参加者の緊張を最小限にするために、衝立越しで待機し実験の進行を行った。実験課題が終了すると、参加者の正面に設置された机で質問に回答する。プロジェクタやKinectは、机の下に配置した。

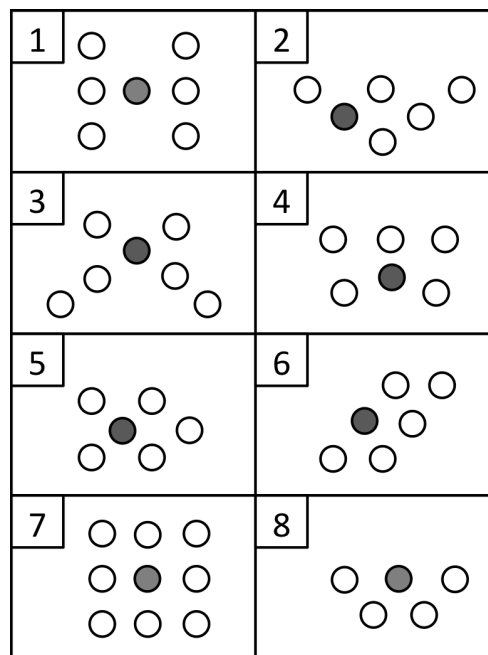


図6 使用した隊形のパターン

4.6 手順

実験参加者は、練習課題として、ダンス初心者でも比較的簡単に習得が可能と思われる振付の動画^{*8}を23秒の長さに編集した映像を参考に、踊りの大まかな流れを理解するまで反復練習をする。本実験においては舞踊動作の質を重要視していないため、舞踊動作への理解の深さは参加者の任意とした。参加者が十分に練習したと感じた時点で、本実験の各条件が実装されたシステムを体験する。参加者がスクリーン上に表示された集団エージェントを視認すると、試行が開始される。試行が終了すると、着席し質問紙に回答する。この流れを、無作為化された順序で条件数分繰り返す被験者内実験を行った。

4.7 実験参加者

舞踊経験のない情報学専攻の大学生17人（男：13人、女：4人）が参加した。健康者であれば距離感覚は舞者特有の感覚ではないとして、本研究では舞踊経験のない学生を対象とした。

4.8 結果

評価項目毎の各条件間の差における統計上の有意性を確認するために、回答の集計に対して3要因反復測定分散分析（ANOVA）を用いて検定を行った。主観評価の結果を図7に、検定の結果を表1に示した（+ $p < .10$, * $p < .05$, ** $p < .01$ ）。

有意差が見られた評価項目は項目3「エージェントとの間に圧迫感を感じた」、項目4「躊躇なく踊れた」、項目5

^{*8} <https://www.youtube.com/watch?v=uj3oIUuiQgw>

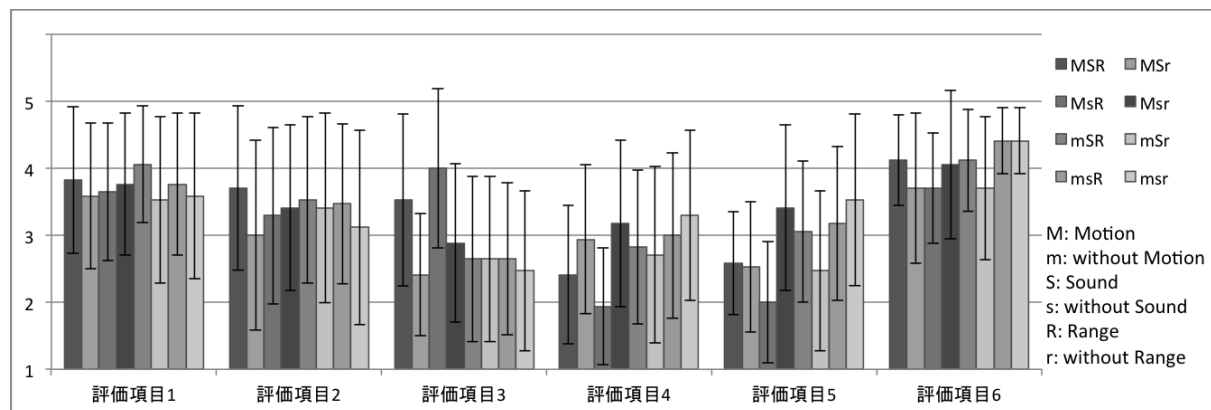


図 7 主観評価の結果

表 1 3 要因反復測定分散分析の結果

項目	$F(A : Mm)$	$p(Mm)$	$F(B : Ss)$	$p(Ss)$	$F(C : Rr)$	$p(Rr)$	交互作用	単純主効果 (p)
1	0.05	0.83	0.19	0.67	1.02	0.33	—	—
2	0.05	0.83	0.20	0.66	1.27	0.28	—	—
3	5.73	0.03*	1.51	0.24	11.3	<0.01**	AC*	A(c1)(<0.01**), C(a1)(<0.01**)
4	3.56	0.08+	0.55	0.47	7.17	0.02*	AC*, BC+	A(c1)(<0.01**), C(a1)(<0.01**)
5	5.37	0.03*	4.08	0.06+	2.84	0.11	AC*, BC<0.01**	A(c1)(<0.01**), C(a1)(<0.01**), B(c2)(<0.01**), C(b2)(<0.01**)
6	3.59	0.08+	2.49	0.13	0.94	0.35	BC*	B(c2)(<0.01**), C(b1)(<0.01**)

「周囲と合わせて踊りやすかった」、項目6「できるだけ周囲のエージェントに合わせて動こうとした」の四つである。

評価項目3「エージェントとの間に圧迫感を感じた」において、要因：動き、要因：範囲に有意差がみられた。動きと範囲の交互作用における単純主効果から、衝突範囲の提示がある時、音の有無に関わらず動きがある場合の方が圧迫感を感じやすく、衝突時の動きがある時、音の有無に関わらず衝突範囲の提示がある場合の方が圧迫感を感じやすいという結果になった。

評価項目4「躊躇なく踊れた」においては、要因：範囲に有意差、要因：動きに有意傾向が見られた。動きと範囲の交互作用における単純主効果から、衝突範囲の提示がある時、音の有無に関わらず動きがない場合の方が躊躇せず、衝突時の動きがある時、音の有無に関わらず衝突範囲の提示がない場合の方が躊躇しやすいという結果になった。

評価項目5「周囲と合わせて踊りやすかった」においては、要因：動きに有意差、要因：音に有意傾向が見られた。動きと範囲の交互作用における単純主効果から、衝突範囲の提示がある時、音の有無に関わらず動きがない場合の方が周囲と合わせて踊りやすく、衝突時の動きがない時、音の有無に関わらず衝突範囲の提示がある場合の方が周囲と合わせて踊りやすいという結果になった。さらに、要因：音と範囲の交互作用における単純主効果から、衝突範囲の提示がない時、動きの有無に関わらず衝突時の音がない場合の方が周囲と合わせて踊りやすく、衝突時の音がない時、

動きの有無に関わらず衝突範囲の提示がない場合の方が周囲と合わせて踊りやすかったという結果になった。

評価項目6「できるだけ周囲のエージェントに合わせて動こうとした」においては、要因：動きに有意傾向が見られた。要因：音と要因：範囲の交互作用における単純主効果から、衝突範囲の提示がない時、動きの有無に関わらず音がない場合の方が周囲に合わせて動こうとし、衝突時の音がある時、動きの有無に関わらず衝突範囲の提示がある場合の方が周囲のエージェントに合わせて動こうとしたという結果になった。

5. 考察

評価項目3「エージェントとの間に圧迫感を感じた」において、要因：範囲に有意差が見られ、評価の平均値において衝突範囲の提示が有る方が高いことから、範囲の提示は有効である事が示唆された。加えて、要因：動きに有意差が見られ、評価の平均値において衝突時の動きの提示が有る方が高いことから、動きの提示は有効である事が示唆された。評価項目6「できるだけ周囲のエージェントに合わせて動こうとした」において、単純主効果の結果と、条件 mSr において記述式の回答で「何のための音がわからなかった」「内容はわからないが何らかの失敗をした」という回答が見られたことから、衝突時に範囲と音をフィードバックするか、もしくはどちらもしない限りは、舞者者に混乱を与えてしまう可能性が示唆された。

また、評価項目4「躊躇なく踊れた」においては範囲に有意差、動きには有意傾向が見られ、評価の平均値において衝突範囲がない場合、動きがない場合の方が平均値が高いことから、躊躇なく踊るためには範囲の提示はしない方がよいという事が考えられる。よって舞踊者が「躊躇なく」踊るためには、特に注意喚起などのフィードバックは必要ないという事が考えられる。ただし、本研究においては一人での舞踊動作の練習では気づけない問題を気づかせる事が目的であるため、むしろ各要因の作用によって躊躇させる事ができていると考える事ができる。これは、評価項目5「周囲と合わせて踊りやすかった」の単純主効果の結果を受けても同様の結果であり、「踊りやすさ」という点においては、距離感覚を提示するための作用は踊りに集中するための妨げになるという事であるといえる。ただし、本研究においては「踊りやすさ」の議論はしないものとするため、踊りのみに集中するための妨げとなる作用があるならば、衝突の危険を提示する効果とそれによる踊りへの影響の可能性は、重要な作用であると言える。

6. おわりに

本研究は舞踊者のための動作と隊形の位置合わせ練習の効果的な個人練習の手法を提案した。メンバーが揃っていない状態の位置合わせ練習において、身体的インタラクションを行う可視化集団エージェントを適用し、実際の練習に近い舞踊感覚で、個人練習を支援するシステムを実現することを目指した。結果として、本稿で実施した実験における3要因（動き、音、範囲）のそれぞれを併用しない場合、舞踊者は自分がどのようなミスをしたのか理解できず、返って混乱してしまう可能性がある事が示唆された。

謝辞 本研究は一部科研費 24300047, 25700021 および関西大学の研究助成を受け実施したものである。

参考文献

- [1] 岩井正浩：よさこい鳴子踊り進化論 (2): 2002 年・高知. 神戸大学発達科学部研究紀要 10.2 (2003): 437-456.
- [2] 「鹿島：プレスリリース：歩行者シミュレーションシステム「Sim-Walker® (シム・ウォーカー)」の開発と展開」
<<http://www.kajima.co.jp/news/press/201309/2c1-j.htm>> (2014/5/1 アクセス)
- [3] 海賀孝明, 長瀬一男, 湯川崇, 工藤公樹, 佐々木信也, 小原直子, 玉本英夫：舞踊符による動作の記述法の提案, 情報処理学会研究報告. 人文科学とコンピュータ研究会報告 99(43), 31-38, 1999-05-21
- [4] 湯川崇, 海賀孝明, 長瀬一男, 玉本英夫：舞踊符による身体動作記述システム, 情報処理学会論文誌 41(10), 2873-2880, 2000-10-15
- [5] 曾我麻佐子, 海野敏, 安田孝美：クラシックバレエの振付を支援する Web ベースのモーションアーカイブと3DCG 振付シミュレーションシステム, 情報処理学会論文誌 44(2), 227-234, 2003-02-15
- [6] 吉田逸生, 曾我 麻佐子：モーションデータを用いたバレエ古典作品の群舞シミュレーション, 情報処理学会研究報告. 人文科学とコンピュータ研究会報告 2012-CH-93(4),

1-6, 2012-01-20

- [7] 佐藤克美, 海賀孝明, 渡部真一：舞踊の熟達化を支援するためのモーションキャプチャ活用, 日本教育工学会論文誌 34(Suppl.), 133-136, 2010-12-20