

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 30 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究B

研究期間：2010～2013

課題番号：22300208

研究課題名（和文）音と身体動作の同期に着目した舞踊教育システムに関する研究

研究課題名（英文）Research on the dancing education system focusing on the synchronization of sound and body action

研究代表者 伊勢史郎（ISE SHIRO）

京都大学・大学院工学研究科 准教授

研究者番号：20211732

研究成果の概要（和文）：舞踊の技能獲得を促進するためのセンサー技術を開発し、舞踊教育の効果を高めるシステムを実現した。複数(10名以上)の身体に取り付けることができ、リアルタイムで振動加速度を表示することが可能なセンサー装置を開発した。また、舞踊の技能を定量化するためには身体動作が音と同期する際の時間精度を計測する必要がある。本センサー装置に振動加速度と同期して、音響信号の収録を可能とする機能を付加した。この装置を用いてストリートダンス技能学習のための基礎実験を行い、センサー装置を用いることにより技能獲得の効果が高まることを確認した。

研究成果の概要（英文）：In this research, we aim to develop the dance training system, using the sensor technology for promoting the acquisition of the dancing skills. For this purpose, we firstly developed the sensor system which could be attached on the subject, and it also could detect and display the acceleration signals from several subject's body motions (more than ten people) simultaneously. Besides, quantitative discussions of dance skills require understandings of the precision of the measurement in time, when subjects synchronize their body motions with sound, and therefore, an additional function of the sound recording synchronized with the acceleration signals from the body was implemented in the sensor system. A fundamental experiment was conducted in order to examine the basic performance of our proposed system, and it showed a capability of tracking the improvement of dance skills.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	4,900,000	1,470,000	6,370,000
2011年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
2012年度	5,300,000	1,590,000	6,890,000
年度			
年度			
総計	13,900,000	4,170,000	18,070,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・身体教育学

キーワード：リズム感、舞踊教育、能動性、技能、音と身体の同期

1. 研究開始当初の背景

京都という地域では伝統的な日本舞踊をはじめとしてストリートダンス、ジャズダンス、フラメンコなど海外の舞踊も含めた地域的な活動が盛んに行われ、また大学内における心のケアのためにも身体運動の必要性が認識されつつある。一方、ゲーム機器、携帯電話の普及に伴って、振動加速度センサーおよび無線伝送技術が低コストで開発可能な環境が整ってきた。これらの背景から舞踊の技能獲得を目的としたセンサー装置を開発することにより、舞踊教育に大きな貢献が可能であることを着想するに至った。

また、舞踊という行為はヒトの文化において古代から続く根源的な行為であるが、認知科学、感性学などの分野では研究のアプローチがなされていない。舞踊は音と身体動作の相互作用であるが、その心理メカニズムには多くの認知過程が関わっているため、アプローチが困難となる。そこで本研究ではセンサーを開発し、定量的に検出可能な部分を探ることにより、舞踊に関する認知科学や感性学的な知見となりうる。

2. 研究の目的

舞踊の技能獲得を促進するためのセンサー技術を開発し、舞踊教育の効果を高めるシステムを実現することを目的とする。身体に複数の小型軽量振動加速度センサーを取り付け、無線技術によって身体の複数部位の動作情報を伝送し、コンピュータは瞬時にその動作情報から舞踊の技能の高さを定量的に分析し、液晶プロジェクタによって呈示することにより、自分の身体動作のどこに問題があるかを客観的に知ることができる装置を開発する。また、複数の生徒が同時に舞う場合に、協調性、競争心をコントロールすることができるように音響出力、映像出力を工夫し、演出効果を高めることによる舞踊教育効果への影響を調べる。

3. 研究の方法

3.1 ダンス動作の計測システムの開発

本研究では、ダンス技能を定量化する上で振動加速度について分析を行った。ダンス技能と振動加速度の関係に着目した既往研究として、柿澤ら¹⁾はストリートダンスの基本動作における胸部の振動加速度について分析を行い、ダンス経験者と未経験者の動作の違いを明確にできるとしている。また、郡ら²⁾は、振動加速度センサーを用いた地域伝統舞踊におけるリズム習得支援システムも提案し、口答による指導では難しい感覚の違いを学習者に認識されることが可能とした。

3.2 システム概要

動作の計測および動作情報(振動加速度)のフィードバックには、振動加速度センサーとして Apple 社製 iPod touch も用いたシステム(図 1)を使用した。以下に、使用したシステムの特徴について記す。

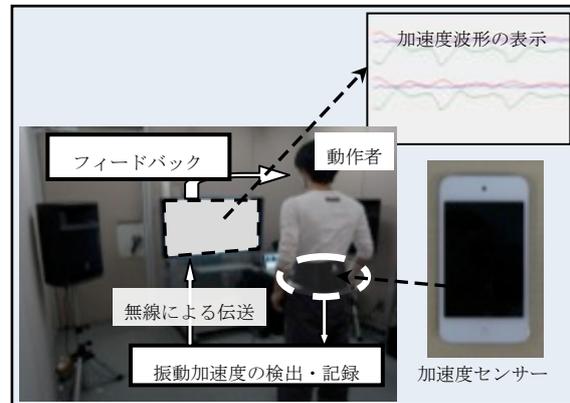


図 1 実験システム

- (1) 3次元加速度 (最大 2G) の検出
 - (2) 無線 LAN による信号伝送
 - (3) 身体に装着しやすい形状であるため装着の再現精度が比較的高い
 - (4) Flash メモリに信号を書き込むことができるため、オフラインであれば何名の学習者でも同時使用が可能
 - (5) マイクによる音響信号の記録が可能
- このシステムでは 3次元加速度信号(サンプリング周波数=100 [Hz])と音響信号(サンプリング周波数=44100 [Hz])を Flash メモリに記録し、同時に 3次元加速度信号のみを無線 LAN で伝送することが可能である。また、振動加速度をリアルタイムに PC 上で画面表示するソフトウェアを用いることにより、動作者への振動加速度のフィードバックを行うことが可能である。

3.3 ストリートダンス技能の定量化

ストリートダンス技能に関する基礎的検討として、ストリートダンスの基本動作であるアップを対象動作とし、習熟度と上下方向の振動加速度波形の関係を調べた。

アップとは、音楽の拍に合わせて腰・胸・首を連動して動かす動作である。このうち最も基本となるのが腰の上下動(拍に合わせて腰を上げる)である。脚部の使い方、リズムカルに動作するという点で、ストリートダンス特有の技能が要求される。

音楽としては、約 30 秒のドラムの音(キック、スネア、ハイハット)のみで構成された音源を 2 ch のスピーカで提示し(LAeq=73.6 [dB])、音と振動加速度波形を iPod touch により収録した。iPod touch は、腰サポータのポケットに入れて腰後方部に装着した。

3.4 習熟度と振動加速度波形の関係

図2にストリートダンス経験者（経験年数8年）の収録波形を示す。1回のアップで、振動加速度波形（上下方向）に二つのピークがみられる（図中枠内）。振動加速度波形の一つ目のピークの最大値がアップ動作のタイミングを示すと仮定し、その時刻をアップのタイミングとして定義した。ダンスの習熟度によって振動加速度波形に生じる特徴を以下に示す。

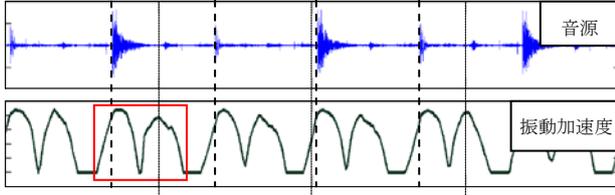


図2 アップ動作の振動加速度波形

図3にアップの間隔の分析例を示す。経験者のアップの間隔が一定であるのに比べ、未経験者は70 ms以上の変動がある。

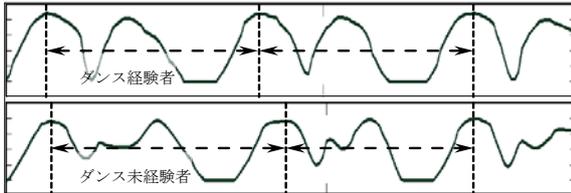


図3 アップの間隔の分析例

図4に、音の拍に対するアップのタイミングの分析例を示す。経験者の収録波形には、音の拍に対してアップのタイミングが平均90 ms（標準偏差:40 ms）の遅れで現れる。未経験者aの波形では平均297 ms（標準偏差:75 ms）の遅れ、未経験者bの波形では平均-35 ms（標準偏差:49 ms）拍に対して早くアップのタイミングが現れており、未経験者はタイミングがずれていることが示されている。

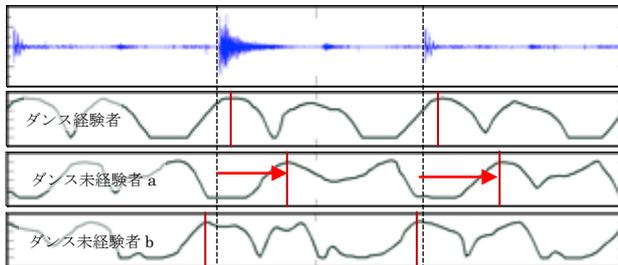


図4 拍の音に対するアップのタイミングの分析例

波形の形状に着目して、形状の異なる波形の例を図5に示す。

本来のアップ動作では、膝の関節を伸ばしきった時に反動が生じ、この反動を次の腰を落

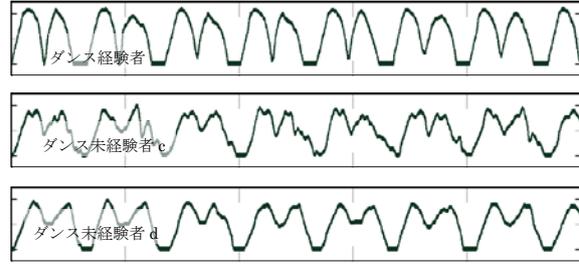


図5 振動加速度波形:形状の比較

とす動作に使う。収録波形には、膝が伸びた（腰を上げた）タイミングに深い谷が表れる。この反動のつけ方が、アップ動作習得のポイントの1つである。未経験者cの動きには反動がついておらず、常に脚部に力が入っているため波形に細かい変動が現れている。未経験者dは反動が弱いので、谷が浅い波形となっている。いずれもダンス未経験者の加速度波形によく見られる特徴で、アップをする際に重要な「アクセントのつけかた」に関係すると考えられる。

以上の考察を踏まえ、本研究では、ストリートダンスの習熟度を定量化する指標として、(1)アップ周期:アップの間隔の標準偏差 (2)アップのタイミング:それぞれの拍の音とアップをしたタイミングの時間差の平均値について分析する。

4. 研究成果

4.1 ダンス技能の向上に関する実験

ダンス技能の向上における身体動作の情報をフィードバックするシステムの効果を検証した。被験者はダンス未経験者を対象とし、実験の冒頭にアップ動作に関する指導（約5分）を行った。実験中に約30秒間のアップ動作4回からなる学習セッション（休憩・指導時間を含めて13~15分）を設け、ここで用いる提示映像として、表1に示す4条件を設定した。

表1 提示条件

条件	特徴	
1	何も表示しない	-
2	見本・波形の映像を表示	見本の映像・見本の波形の映像(事前に収録) 被験者の波形の映像(リアルタイム)を表示
3	見本の映像を表示	見本の映像(事前に収録)を表示
4	波形の映像を表示	見本の波形の映像(事前に収録)、 被験者の波形(リアルタイム)を表示

「見本の映像」はダンス経験者のアップ動作の映像（事前に収録）、「波形の映像」は上下方向振動加速度の波形をダンス経験者（事前に収録）及び被験者本人（リアルタイムで表示）について表示する。図6に提示条件2:「見本・波形の映像を表示」で使用した映像のキャプチャを示す。

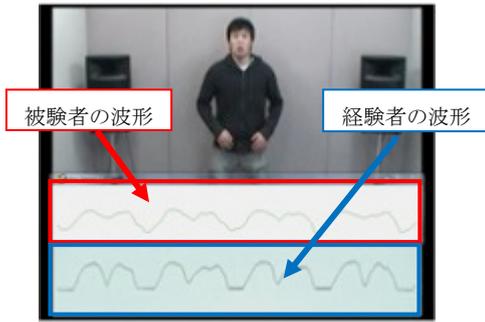


図6 条件2:提示映像のキャプチャ

「波形の映像」を表示する被験者には、学習セッションの前に任意の動きに対する波形を確認することで、動きと波形表示との対応を把握してもらった。映像は、被験者の前方に設置したモニタ (500 [mm]×900 [mm]) により提示した。学習セッションの前後に1回ずつテストセッション (提示映像なし) を行い、この波形を分析対象とした。被験者数は、各映像提示条件につき4名ずつ、計16名 (21~24歳の学生) とした。学習セッション中には、実験者 (ダンス経験者) より口答で適宜指導を行った。図7に指導内容の例を示す。全計測終了後に「うまくおどれたか」「映像の効果を体感したか」についてヒアリングした。実験は簡易型無響室 (防音室) 内で行った。

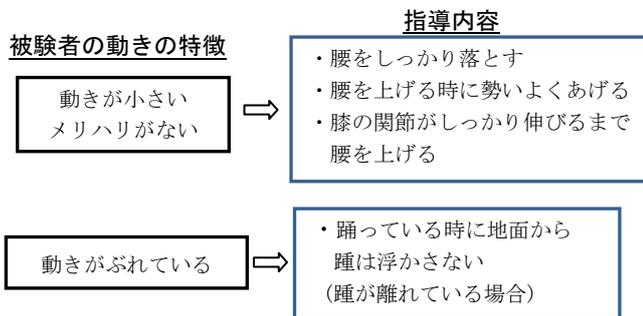


図7 アップ動作:指導内容

4.2 結果と考察

被験者毎に学習前後の「アップ周期」の差を算出し、条件毎の平均と4人の標準偏差を算出した結果を図8に示す。これは、各視覚提示条件における「アップ周期」に関する習熟度合いを示している。条件2:「見本と波形を表示」では負の値をとっており、学習セッション後に周期が不安定になったことを示している。ヒアリング結果 (表2) によれば、条件2では見本の映像を見ていた被験者が多く、「波形を見ると崩れる」との回答にみられるように、参照する情報が複数存在することが混乱を招き、習熟につながらなかったものと思われる。

「アップのタイミング」については、全体的

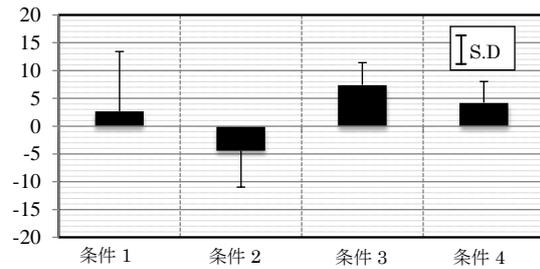


図8 「アップ周期」条件毎の習熟度合い

には習熟度合いの条件間の差は見られなかったが、被験者毎に見るとアップのタイミングが経験者に近づいた被験者も複数みられた。一例として、条件4:「波形のみ表示」の被験者1名の例を図9に示す。学習前には音の拍に対して平均344ms遅れてアップをしていたが、学習セッション中に波形を見てタイミングを修正し、学習後にはダンス経験者のタイミング (平均90msの遅れ) に近づいていることが確認できる。条件4:「波形のみ表示」の被験者4人の内2人が「波形をみてタイミングを修正している」と回答していることから、波形表示はタイミングの修正に有用である可能性が示唆された。

4.3 音環境とダンスパフォーマンスに関する実験

音環境 (残響時間) の違いがダンスパフォーマンスに与える影響について検討するため、異なる条件の音源を提示し、主観評価およびアップ動作の計測を行った。結果をダンス技能の習熟度の違いによって比較するため、被験者はダンス未経験者・ダンス経験者各8名の計16名 (20~24歳) とし、実験簡易型無響室 (防音室) で行った。

提示音源はドラムのみで構成された約30秒の音源 (以下 Dry source と記す) に、ダンスパフォーマンスを行う空間として想定される実空間のインパルス応答¹⁾を畳み込み計4種類の音源を作成した。提示音源の種類および空間に関する詳細を表3に、各条件の残響時間を図10に示すまた、音圧レベル差によるダンスパフォーマンスへの影響を防ぐため、音源にインパルス応答を畳み込んだ後、それぞれの音源の等価騒音レベルを平均73.7dB (±0.13dB) に設定し、2ch. のスピーカで提示した。図11に各音源の周波数特性を示す。

実験の冒頭に、条件「多目的室」の音源を用いてアップ動作に関する指導および練習 (約10分) を行った。その後、踊りやすさに関する5段階評価のアンケートの記入および評価の練習を行った。その際には、条件「体育館2」の音源を使用した。アップ動作およびアンケートの練習が終了した後、提示音源数分

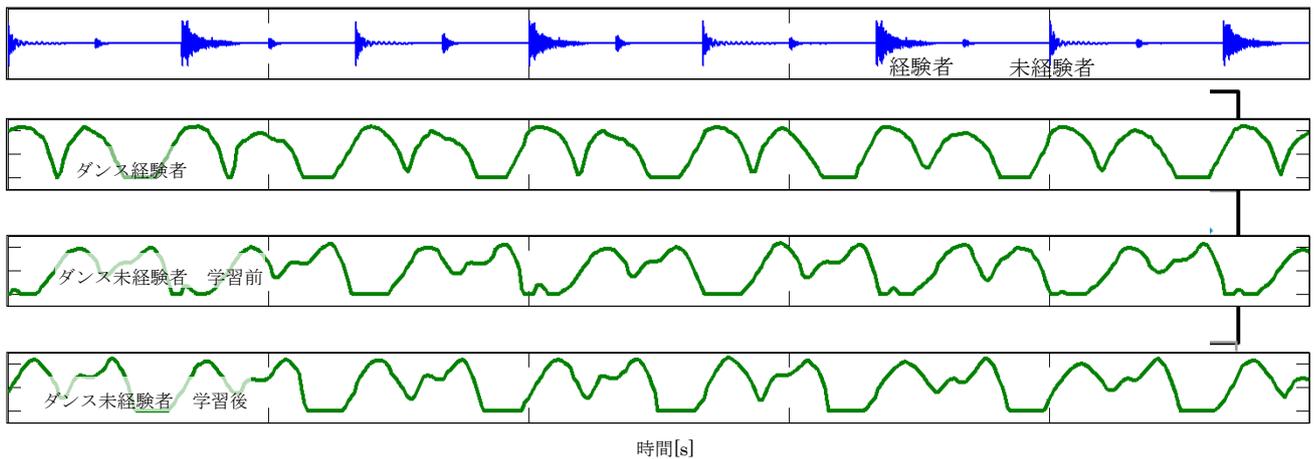


図9 条件4:「波形のみ表示」における「アップのタイミング」の修正

(計4回)振動加速度に測定およびアンケート項目の記入を行った。各条件の測定前には、次にアップをする音源を被験者に聴かせている(約10秒)。また、順序効果を抑えるため、提示順序をランダム化した。全条件終了後「踊りやすかった音源」について音源の順位付けを行い、「響きの違いによる踊りやすさへの影響はあったか」についてヒアリングを行った。また、「やりやすさ、やりにくさ」を感じた音源についてフリーコメントを求めた。

4.4 実験結果

(1) 「アップ周期」

各条件のダンス経験の有無による「アップ周期」の平均を図12に示す。「アップ周期」については、条件間の差に明確な傾向は見られなかった。これは対象動作であるアップは比較的単純な動作であるため、音源の違いによる影響を受けにくいと考えられる。

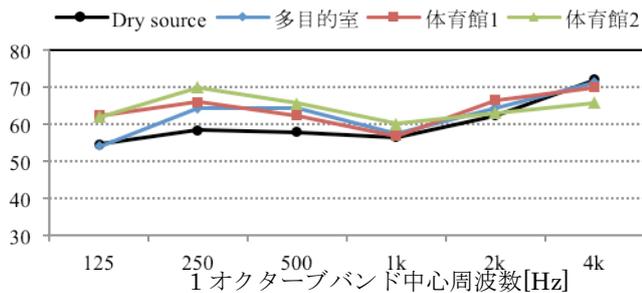


図10 各条件:残響時間

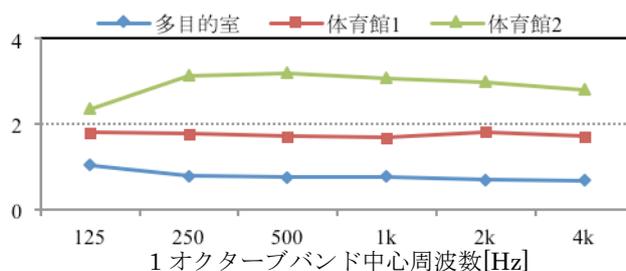


図11 提示音源:周波数特性

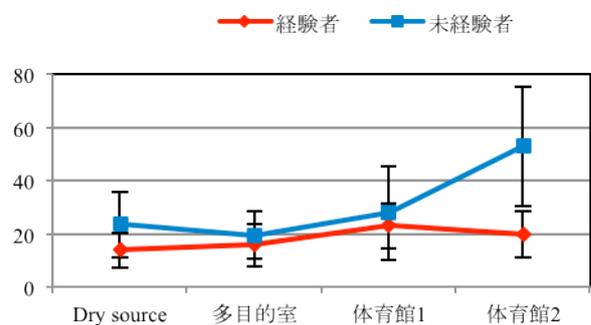


図12 「アップ周期」条件間の比較

(2) 「アップのタイミング」

「アップのタイミング」については個人差を考慮し、被験者毎に全条件の「アップのタイミング」の平均値を求め、その値をその被験者の「アップのタイミング」の基準値とした。また、基準値と各条件の偏差の絶対値を被験者のその条件での「アップのタイミング」のずれとした。基準値からの偏差の条件毎での平均値および95%信頼区間を図13に示す。

条件「体育館2」においてダンス経験者の内4名が条件「体育館2」に対して、「自分の中のテンポを意識した」と回答しているように、残響時間による踊りづらさを技術で補っていると考えられる。

条件「体育館2」においては、ダンス未経験者の「アップのタイミング」の偏差が大きくなるのに対し、ダンス経験者の基準値からの偏差が小さくなる結果となった。被験者毎のアンケート評価項目「適切なタイミングでアップをできるか」の評価値と「アップのタイミング」の基準値からの偏差の相関を図14に示す。これは、負の相関となっていれば、動作者の感覚(主観評価)と実際の動作にずれがないことを表している。経験者が負の高い相関を示しているのに対し、未経験者は相関を示していない。これより未経験者は、「アップのタイミング」について、感覚と実際の

動作には差が生じていることが考えられる。

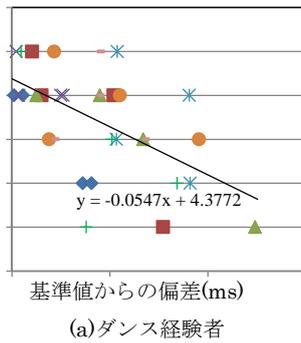


図 13 各条件「アップのタイミング」:基準値からの偏差

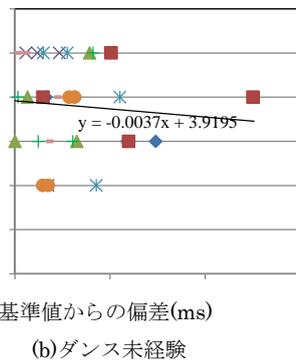


図 14 評価項目「適切なタイミングでアップをできるか」と「アップのタイミング」偏差の相関

(3) アンケート結果

アンケート集計結果からダンス経験者は、ほぼ全ての項目において、残響時間が短い程評価が高くなり、順位付けにおいても8名中7名が条件「Dry source」を最も踊りやすい音源に選択したことがわかった。ダンス未経験者についても同じ傾向が見られるが、評価項目「気持ちよく踊れるか」について、条件「多目的室」の評価が最も高くなった。ヒアリング結果(表5)において、4名のダンス未経験者が条件「多目的室」について「ライブ感があっていい」と回答していることから、ダンス未経験者は適度な響きによって高揚感を得ている事が確認された。これに対してダンス経験者の8名中7名が「響きが長ければ長い程やりづらい」と回答していることから、ダンス経験者と未経験者には、ダンスパフォーマンス空間における残響時間の捉え方に違いがあることが考えられる。

4.5 まとめ

本研究では、ダンス技能の向上における振動加速度をフィードバックするシステムの効果および音環境の違いがダンスパフォーマ

ンスに与える影響について習熟度の違いに着目して分析を行った。

習熟度によってアップ動作の振動加速度波形に違いがあることを確認した。また、振動加速度をフィードバックすることで、アップ動作をするタイミングおよび身体の使い方の修正に有効である可能性が示唆された。今後様々な動作について検討することで、指導者と学習者が同時に動作を行う際に、学習者の動作の課題抽出が容易になり、ダンス技能の学習効率が増すと思われる。

音環境とダンスパフォーマンスの関係に関する実験では、残響時間の長さによってアップ動作に及ぼす影響およびダンスパフォーマンス空間における残響時間の捉え方に、習熟度の違いによって差があることを確認した。本研究では、スピーカからの直接音と反射音について厳密に考慮していないため、今後はより詳細な検討が必要である。

参考文献

- 1) 柿澤春佳他：ストリートダンスの動作抽出と上達のための着眼点，日本建築学会大会学術講演梗概集，全国大会講演論文集 2008年(4)，pp745-pp746，2008.3月
- 2) 最上恒義他：地域伝統舞踊における腰の「落とし」動作の定量化，全国大会講演論文集 2011年1月，pp 227-pp229，2011.3
- 3) 日本建築学会編：建築と環境のサウンドライブラリ，技報堂出版，2004.11

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊勢 史郎 (ISE SHIRO)
研究者番号：20211732

(3) 連携研究者

尾本章 (OMOTO AKIRA)
研究者番号：00233619

渡邊 祐子 (WATANABE YUKO)
研究者番号：10313107

上野 佳奈子 (UENO KANAKO)
研究者番号：10313107

武岡 成人 (TAKEOKA SHIGETO)
研究者番号：30514468