

Title	Resonant Dance : 触覚を用いたリズム感提示と動作共有によるダンスの誘発
Sub Title	Resonant Dance : inducing dance with haptic presentation of rhythmic sensation and shared movement
Author	小川, 泰正(Ogawa, Hiromasa) 南澤, 孝太(Minamizawa, Kōta)
Publisher	慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科
Publication year	2022
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	修士学位論文. 2022年度メディアデザイン学 第986号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40001001-00002022-0986

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

修士論文 2022年度

Resonant Dance: 触覚を用いたリズム感提示と
動作共有によるダンスの誘発



慶應義塾大学
大学院メディアデザイン研究科

小川 泰正

本論文は慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科に
修士(メディアデザイン学)授与の要件として提出した修士論文である。

小川 泰正

研究指導コミッティ:

南澤 孝太 教授 (主指導教員)

稲蔭 正彦 教授 (副指導教員)

論文審査委員会:

南澤 孝太 教授 (主査)

稲蔭 正彦 教授 (副査)

Matthew Waldman 教授 (副査)

修士論文 2022年度

Resonant Dance: 触覚を用いたリズム感提示と動作共有 によるダンスの誘発

カテゴリ：デザイン

論文要旨

ダンスは健康の促進や、心理的安全性の向上、社会性を養う、気分が高揚する、などの利点を持っていることが知られている。また、ダンスは文化としての人気も高く、その人気から2024年にはオリンピックの正式競技としても採択された。このようにダンスは楽しく体力と心理的な健康を促進できる人気の高い文化であるため、誰でもダンスに取り組めるようになることが望ましいと考えた。しかしながら、ダンスには複雑な創造プロセスがあり、初心者はダンスに取り組むことに対する苦手意識を持ってしまうといった課題がある。初心者はどのように身体を動かしたらよいかわからないことや、自分がダンスをすることに対して恥ずかしさを感じていることが多い。そのため、ダンス初心者でもダンスができるという体験や、ダンスに対してポジティブな意識を持つことで、こうした抵抗を減らせるのではないかと考えた。そこで本論文では、音楽に合わせて動きたくなるようにすることで、初心者がダンスを楽しめるような体験デザインを目的とした。ユーザーが「リズムに乗れたと感じること」と「自ら身体を動かしたくなること」をコンセプトとし、ダンスのリズムと触覚の対応に着目した体験である Resonant Dance を提案した。自分の身体運動によって触覚が提示されるデバイスを開発し、自ら身体を動かそうとすることを誘発したとともに、他者と相互に触覚を伝え合うことで、動作によるコミュニケーションを可能とした。これらの評価のため、初心者を対象としたワークショップをプロダンサーと共に設計した。ワークショップを通して、参加者の運動が大きくなる傾向が見られた。また、参加者へのインタビューより、「リズムに乗れている感じがした」「自然と身体を動かしたくなっ

た」というコメントが得られた。これらから、初心者は体験を通してダンスを楽しむことができ、ダンスを行うことへの興味を引き出せる可能性があると考えられる。

キーワード：

ダンス, リズム, 触覚, 身体運動, 感覚共有

慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科

小川 泰正

Abstract of Master's Thesis of Academic Year 2022

Resonant Dance: Inducing Dance with Haptic Presentation of Rhythmic Sensation and Shared Movement

Category: Design

Summary

Dance is known to have a number of benefits, including its positive effects on health, psychological safety, social development, and uplifting moods. As a culture, dance is also globally prevalent – as having been adopted as an official sport for the 2024 Olympic Games. However, the creative process behind dance is complicated and beginners may face challenges, such as feeling unsure about how to move their bodies or experiencing shyness. We believe that by providing a positive dance experience and fostering a favorable attitude towards dance, we could help reduce this initial hesitation or reluctance. Therefore, the goal of this paper is to overcome these difficulties by creating an enjoyable dance experience for beginners. We proposed Resonant Dance, an experience that emphasizes the correspondence between rhythm and haptics, and is based on the concepts of self-motivated body movement and willingness to get into the rhythm. We developed a device that provides haptic sensations through the user's movements, inducing voluntary body movements and enabling communication through movement by sharing haptic sensations with others. A workshop facilitated by a professional dancer was designed to increase the participant's movements. Based on interviews with participants, we received positive feedback such as “I felt like I was in rhythm” and “I naturally wanted to move”, indicating that beginners can enjoy dancing through this experience, which could inspire an interest in dance.

Keywords:

dance, rhythm, haptics, body movement, sharing sensation

Keio University Graduate School of Media Design

Hiromasa OGAWA

目 次

第1章 Introduction	1
1.1. ダンスの持つ力	1
1.2. ストリートダンス文化の変化と普及	2
1.3. ダンス初心者が持つダンスへの苦手意識	4
1.4. 本研究の目的	5
1.5. 本論の構成	6
第2章 Literature Review	7
2.1. ダンスとテクノロジー	7
2.1.1 ダンスパフォーマンスの拡張	7
2.1.2 ダンス動作のサポート	9
2.1.3 ダンス創作プロセスのサポート	10
2.2. 運動学習の仕組み	11
2.3. 運動学習とテクノロジー	12
2.4. 身体感覚の共有とインタラクション	14
2.4.1 身体から身体への感覚共有	14
2.4.2 VR空間と身体のインタラクション	15
2.5. 本章のまとめ	17
第3章 Concept Design	19
3.1. ダンス初心者へダンスを教える時の課題の検討	19
3.1.1 ダンスのインストラクターへのインタビュー	19
3.1.2 インタビュー結果	20
3.1.3 ダンス初心者へダンスを教える時の課題整理	21

3.2. コンセプト	22
3.3. シナリオ設計	22
3.4. 腕の動きの誘発	24
3.4.1 システム設計	24
3.4.2 実装	24
3.4.3 検証	29
3.4.4 結果	30
3.4.5 考察	32
3.5. 連続した腕の動きの誘発	35
3.5.1 システム設計	35
3.5.2 実装	36
3.5.3 検証	37
3.5.4 考察	37
3.6. 複数人の動作共有によるダンス動作誘発	38
3.6.1 体験設計	38
3.6.2 ハードウェア設計	39
3.6.3 ソフトウェアの実装	43
3.6.4 検証	47
3.6.5 考察	48
3.6.6 改良	49
3.6.7 検証と結果	49
3.7. 本章のまとめ	52
第4章 Proof of Concept	53
4.1. 価値検証の目的	53
4.2. 参加者	54
4.3. ワークショップ設計	55
4.3.1 ダンス教室のインストラクタとの議論	55
4.3.2 ワークショップの手順	56
4.3.3 ユーザスタディの実施	58

4.3.4	ユーザスタディから得られたこと	61
4.3.5	ワークショップ手順の改善	67
4.4.	実装	72
4.4.1	ワークショップのインストラクタについて	72
4.4.2	システム実装	72
4.4.3	ハードウェア実装	74
4.5.	検証1: ダンス教室でのワークショップ実施	75
4.5.1	ペア1の体験者プロフィール	75
4.5.2	ペア1の体験中の様子	77
4.5.3	ペア2の体験者プロフィール	84
4.5.4	ペア2の体験中の様子	87
4.5.5	体験者へのインタビュー	90
4.5.6	インストラクタへのインタビュー	103
4.5.7	検証1のまとめ	105
4.6.	検証2: ダンス教室でのワークショップ	106
4.6.1	ワークショップ手順の改善	106
4.6.2	体験者プロフィール	108
4.6.3	体験中の様子	110
4.6.4	体験者へのインタビュー	113
4.6.5	インストラクタへのインタビュー	118
4.6.6	検証2のまとめ	122
4.7.	機能検証と価値検証	122
4.7.1	ワークショップ環境での機能検証	123
4.7.2	ユーザへの価値検証	126
4.7.3	機能検証と価値検証のまとめ	129
4.8.	本章のまとめ	129
第5章	Conclusion	131
5.1.	本論のまとめ	131
5.2.	本論の限界点	133

5.3. 今後の展望	134
謝辞	136
参考文献	138
付録 A ヘッドスピン体験	146
A.1. Introduction	146
A.2. Concept Design	148
A.2.1 ヘッドスピンの難しさ	148
A.2.2 コンセプト	149
A.3. Implementation	151
A.3.1 ステップ 1: バックフリップ	151
A.3.2 ステップ 2: 回転練習	152
A.3.3 ステップ 3: 体重アップ	153
A.3.4 ステップ 4: 足を固める	154
A.4. Proof of Concept	154
A.5. Conclusion	159

目 次

1.1	YouTube で人気のダンスエクササイズ動画。	2
1.2	TikTok にてダンスのハッシュタグがつけられている投稿の検索結果。総再生回数は12億回を超える。	3
2.1	Lighting Choreographer	8
2.2	Boiling Mind	9
2.3	GuiDance	10
2.4	Choreographer's Notebook の操作画面	11
2.5	Possessed Hand	14
2.6	bioSync	15
2.7	Furekit	16
2.8	Sorround Haptics	16
2.9	TactaVest	17
2.10	Synesthesia Wear	18
3.1	触覚を感じながらダンスの発表をしている様子。	23
3.2	触覚を用いてダンスステップの練習をする様子。	23
3.3	個々人で表現のダンスを行っている場面。	24
3.4	触覚モジュールの配置と動き方。	25
3.5	Synesthesia Wear を着用する体験者。	26
3.6	ビデオを視聴しながら動きと触覚の対応を学習する体験者。	27
3.7	チュートリアルビデオの内容。左半分に触覚パターンをグラフィカルに表示し、右半分に動きを表示している。	28

4.7	ペア1がセクション0の様子。音に合わせて動くことに戸惑っている様子が伺える。	78
4.8	A氏がストレッチのような動きをしている様子。	78
4.9	B氏が細かく足を動かしたり、足を指差したりしながらA氏と会話している様子。	79
4.10	ペア1がセクション2で全身を使って動いている様子。	80
4.11	ペア1がセクション2で1,2拍で足を動かし、3,4拍で腕を動かすシーン。	81
4.12	A氏(画像中央)が出題者の時の様子。身体を大きく動かしていた。	82
4.13	B氏(画像中央)が出題者の時の様子。出題者をよく観察しながら笑顔を浮かべて動いていた。	83
4.14	ペア1のセクション4での様子。	84
4.15	A氏のセクション4での様子。大きく身体を動かしていた。	85
4.16	B氏のセクション4での様子。ステップを中心に細かく動いている様子であった。	85
4.17	ペア2のセクション1での様子。C氏(画像右)は全身を動かし続けており、D氏(画像左)は自身の四肢を見ながら動いていた。	87
4.18	ペア2のセクション0での様子。セクション1と大きく変わった様子は見られなかった。	88
4.19	ペア2のセクション0,1の四肢ごとの加速度値の平均値。セクション0と比較してセクション1の値が大きくなる傾向が見られた。	89
4.20	セクション2でのペア2の様子。	90
4.21	C氏が出題者の時の様子。動いた後に回答者が動く様子を観察していた。	91
4.22	D氏が出題者の時の様子。繰り返し特定の場所を動かしていたため、回答者と同じ動きをしていることが多かった。	92
4.23	肩モジュールに触れて触覚刺激を確かめている様子。	93
4.24	B氏が様々な動きをしている様子(セクション3から一部を抜粋)。	97

4.25	ペア2のセクション4の様子。C氏が腕を振るととD氏が1テンポ遅れて腕を振っている。	100
4.26	セクション1にてペア3が四肢を動かしながらコミュニケーションを取っている様子(左: F氏、右: E氏)。	110
4.27	ペア3のセクション0,1の四肢のセンサ値の違い。	111
4.28	NOBU氏が立ち位置を変えながら説明をする様子。	112
4.29	NOBU氏が出題者の際の体験者の四肢の動き。加速度が閾値以上でプロット。	114
4.30	セクション3.2で体験者が出題している様子。	115
4.31	セクション4.1でペア3が向かい合って動く様子。	115
4.32	セクション4.2で体験者が動き回る様子。	115
4.33	セクション4でのペア2とペア3の四肢の加速度が閾値を超えた場合にプロット。	124
4.34	セクション1と4での体験者の加速度データの違い。セクション1と比べてセクション4の方が値が大きくなる傾向が見られた。	125
A.1	ヘッドスピンを行うための4つの手順	147
A.2	正しい開脚状態と間違っ開脚状態。股関節が固定されている必要がある。	149
A.3	ヘッドスピン体験装置のスケッチ	150
A.4	ヘッドスピン体験を行っている様子	151
A.5	ダンスステージをイメージしたVR空間。空間を暗くし、レーザーやスモーク、踊っている人を配置した。	152
A.6	回転練習中に表示されるチュートリアル	153
A.7	姿勢維持の正しい例と間違っ例。体験者は背筋が伸びるように体幹に力を入れる必要がある。	153
A.8	ステップ4での足首の状態。足首に力を入れつま先を頭方向へ向けるようにしなければ回転がしないようになる。	154
A.9	IVRC2021で展示している様子	155
A.10	Vtech Challenge 2021で展示している様子	156

A.11 VRST 2021 での展示様子	157
A.12 EM:EX 2021 での展示	158

目 次

1.1	リズムにのれていない3状態。	5
3.1	日本科学未来館で行われた体験会の実施概要。	29
3.2	BeatSaber を使った検証での被験者の正解数（最大46）。	38
4.1	ダンス教室のインストラクタに対する体験会の概要。	56
4.2	ワークショップで行うセクションの内容と流れ。	57
4.4	ユーザスタディの概要。	58
4.5	新規に追加するセクション1。	67
4.7	セクション1の変更点。	68
4.8	セクション3の変更点。	69
4.9	セクションの内容と流れ。	70
4.11	図4.5に対応する機能一覧。	74
4.13	検証2で行うセクションの内容と流れ。	107

第 1 章

Introduction

1.1. ダンスの持つ力

筆者にとってダンスは生活の一部であり、ダンスをすることがたまたまなく好きである。音楽を自分の感じたままに動きとして表現する行為が楽しく、ダンスを本格的に取り組み始めた9年前から今日まで踊らない日は無かったほどだ。筆者はダンスの楽しさを多くの人に伝え、誰もがダンスを楽しめる社会を作りたいと考えている。

ダンスの魅力は本能的なリズムに合わせて動くことによって快感情がもたらされるという点である。村田ら [1] はリズムダンスにおいて、人間にとって原始的な「踊る快感」に根ざした特性があるとしている。Butterworth [2] は“ダンスを「時間と空間における動き」と定義すれば、それは言葉よりも前のコミュニケーションで誰もが踊ることができる”と主張しており、ダンスは誰もができるものだと主張している。

またダンスは楽しむためだけではなく、健康を保つためのエクササイズとしても広く行われている。日本フィットネス協会¹はフィットネスダンスを提唱しており、健康体力づくりを目的として振り付けをするダンスである。また、日本全国に教室を展開するスポーツクラブNAS²はストレス発散、シェイプアップを目的としたダンスプログラムを展開している。さらに、音楽に合わせてシェイプアッ

1 フィットネスダンスとは — JAFA 公益社団法人日本フィットネス協会, https://www.jafanet.jp/fitness_dance/index/, 2022年12月13日参照

2 ダンス系 | スタジオ | 【スポーツクラブNAS】スポーツジム・フィットネスクラブなら, <https://www.nas-club.co.jp/program/studio/dance/index.html>, 2022年12月13日参照

プをする動画³が YouTube で 3618 万回再生されるなど、個人でもダンスシェイプアップしている人々がいることが伺える。以上のようにダンスエクササイズは、ダンスジャンルとして確立されており、フィットネス教室や個人でも行われている。



図 1.1 YouTube で人気のダンスエクササイズ動画。(YouTube³ より引用)

ダンスを通して、人々は自分自身や他者との交流を深めることができる。Bronwyn [3] らは個人で行うダンスと友達と一緒にやるダンスを比較した結果、複数人でダンスをしたときに社会的つながり (Social Bounding) と心理的に健康な状態が向上すると報告している。

以上のようにダンスはただ心地よく楽しい運動ではなく、エクササイズ手段でもあり、ダンスをすることで社会的つながりを強め、心理的に健康になるなどの魅力がある。さらに、ダンスは特別な道具や広いスペースが必要無いため、気軽に取り組むことができる。

本研究では様々なダンスジャンルの中でも、ストリートダンスに着目をする。ストリートダンスはストリートから発祥したダンスの総称で、曲のリズムに合わせて身体を動かすダンスである。

1.2. ストリートダンス文化の変化と普及

ストリートダンスの起源 [4] は 1920 年代、ニューヨーク・ハーレムで黒人層によって編まれたスタイル”リンディホップ”と密接に関わっている。リンディホップとは当時流行していたスイングジャズ音楽に合わせたアクロバティックでエン

3 【地獄の 11 分】 マンション OK! 飛ばない脂肪燃焼ダンスで全身の脂肪をみるみる燃やす! - YouTube, <https://youtu.be/KzzZJwmB8qc>, 2022 年 12 月 13 日参照

タータイムなダンスで当時流行していた白人によるジャズダンスに対抗する形で登場した文化ある。

そこから 1970 年代にファンクミュージックが登場し、それにあわせてポッピング、ワッキング、ロックン、ブレイキンなど多くのスタイルが確立されていく。1990 年代にはコンピュータの登場により音楽も変化し、跳ねのビートによる HIPHOP ミュージックが登場した。HIPHOP ミュージックに合わせたヒップホップダンスが当時の主流ダンススタイルであるブレイキンと台頭する形で流行をみせ [5]、同時期のマイケル・ジャクソンによって世界中の若者が新しいダンスを認知していった。

近年では YouTube や TikTok に代表される動画メディアや SNS の普及に伴い、ダンスを目にする機会が多くなった。TikTok において、ダンスとタグ付された動画は総再生回数が 12.6 億回を突破するなどその人気の高さが伺える (図 1.2)。

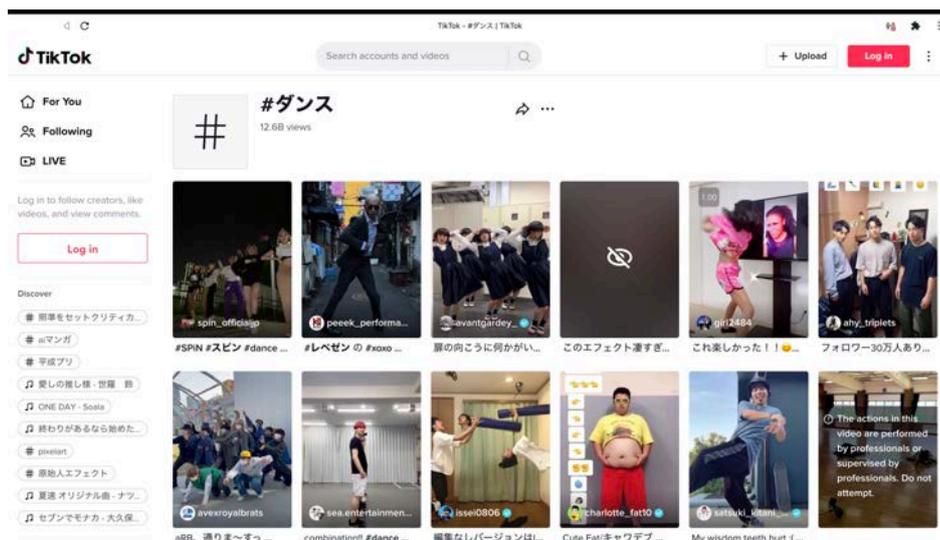


図 1.2 TikTok にてダンスのハッシュタグがつけられている投稿の検索結果。総再生回数は 12 億回を超える。(TikTok⁴から引用)

ダンスの人気はメディア上だけにとどまらない。2024 年のパリオリンピックで

4 TikTok, <https://www.tiktok.com/tag/ダンス>, 2022 年 12 月 7 日参照

はストリートダンスに分類されるブレイキンが競技として採択されている [6]。国際オリンピック委員会によると、ブレイキンが競技として採択された理由はブエノスアイレス 2018 で行われたブレイキン夏季ユースオリンピック大会にてパリ 2024 大会組織委員会がブレイキンの人気を目の当たりにしたのが理由としている [7]。

また、2008 年 3 月 28 日に文部科学省 [8] は中学校学習指導要領を改定し、保健体育においてダンス領域を必修とした。村田ら [1] によるとダンスを必修化した理由は、保健体育教科の目標である「心と体を一体として捉える」という内容に対してダンスの特性が活かされる内容であるからとしている。中等教育でのダンスは、「創作ダンス」「フォークダンス」、「現代的なリズムのダンス」で構成されている。現代的なリズムのダンス [9] は、ストリートダンスとも関連するダンスの種類で、中等教育で複数用意されているダンスの種類の中で最も選択されており、ロックやヒップホップなどの現代的なリズムの曲で踊るダンスである。中等教育のカリキュラムでは、リズムの特徴をとらえ、変化のある動きを組み合わせ、リズムに乗って体幹部（重心部）を中心に全身で自由に弾んで踊ることを狙いとしている。

このようにストリートダンスは一部の黒人層が行う反権威的な文化から、多くの人が楽しみ義務教育にも含まれるようなメインストリーム文化へと変化している。

1.3. ダンス初心者が持つダンスへの苦手意識

ダンス初心者はダンスに対して苦手意識を持っていることが多い。筆者自身、普段ダンスをしない人達から「リズム感があって羨ましい」「それだけ動けたら楽しそう」などダンスに対して見ていて楽しいが自分にはできないという意見を言われることが多い。宮下ら [10] の行った大学生を対象にした調査によると、ダンスが嫌いとする回答は 5.7% と少なく、ダンスが好きと回答する学生は 64.4% であった。一方でダンスの得意不得意に関して、不得意が 32.3%、得意とする者は少なく、全般に不得意のものが多く傾向にあるという。本論では、ダンス初心者が持つダンスへの苦手意識が生まれる原因として、リズムの複雑さと踊る恥ずかしさの 2 点を挙げる。

ダンスの複雑さは全身を使った表現活動である点 [11] やリズムにのることの難しさ [12] に代表される。リズム感 [5] は「音楽のリズム」と「動きのリズム」で構成されており、これらの作業を合わせた能力がリズム感である。音楽から感じられるリズムを動きに反映することが難しく、初心者だけでなく熟達者でも動きだけに集中すると音楽からずれてしまうことがある。宮本 [12] はリズムにのれていない状態を3つの段階で分類しており、リズムにのっている状態は、音楽さえも動きから生み出されているように見える状態であると主張している (表 1.1)。

表 1.1: リズムにのれていない3状態 ([12] を参考に作成)。

1. 音楽に合わせていない段階
運動者自身が音楽と自身の動きがずれていることが認識できない状態。
2. 音楽との相即が崩れてしまう段階
音楽のリズム自体は認識できているが、音楽のリズムまたは動きのリズムどちらかに意識が集中することで、他方がおろそかになってしまう状態。
3. 音楽に合わせていない段階
音楽のリズムと動きのリズムがずれてしまうことはない。しかし、音楽のリズムと動きのリズムが同期していても、音楽のテンポに合わせて踊っている”振りなぞり”の状態でありリズムにのれているとは言い難い。

以上からもわかる通り、リズムにのること自体が高度な技術を要しているが、リズムにのった上で表現を行おうとすることはさらに困難である。

小中学校でのダンス教育現場では、「恥ずかしさ」が生徒のダンス嫌いな主な原因とし、学習活動の妨げになっていると指摘している。そのような恥ずかしさを感じる者に対して、ストレッチなどの簡単な動きで「参加者が動きを実践することにより、恥ずかしさを軽減させる取り組み [13–15] が複数ある。

1.4. 本研究の目的

ダンスはSNSで目にする機会が多くある人気な文化で、義務教育によって誰もが実践するものに変化している。しかしながら、ダンスの複雑さによってダンス

をすることに恥ずかしさが生まれ、「ダンスが苦手」や「ダンスが嫌い」となってしまふダンス初心者が数多くいるという課題がある。小中学校のダンス教育現場では、ストレッチ等の動きの実践によって恥ずかしさを解消する手法が提案されているが、ダンスの楽しさは「リズムに合わせて身体を動かすこと」にあり、筆者の目指す「誰もがダンスを楽しめる社会」を実現するためには、ダンス初心者でもリズムに合わせて身体を動かせるようにする必要がある。そこで本研究では、ダンス初心者がダンスを楽しめるようにするために、ダンス初心者がリズムに合わせて思わず動きたくなるダンス体験デザインを目的とする。

1.5. 本論の構成

本論文は5つの章で構成される。本章ではダンスの持つ力からダンス文化の変容について論じた。その後、ダンスの複雑さに触れたのち、本研究の目的を述べた。第2章では本研究の関連研究として、身体運動の学習と教示、ダンスとテクノロジー、感覚共有について述べ、本研究の位置づけを論じる。第3章では、フィールドワークをもとにコンセプトとプロトタイプを作成し、プロトタイプの効果を検証する。第4章では、作成したプロトタイプをもとにダンス教室でダンスを教えるための体験設計を行い、ワークショップを実施し、提案システムの効果と本研究の目的が達成したかを論じる。第5章では本稿のまとめを行い将来展望について論じる。

第 2 章

Literature Review

2.1. ダンスとテクノロジー

テクノロジーを活用してダンスを拡張する取り組みは複数ある。本節では、ダンスとテクノロジーとして「ダンスパフォーマンスの拡張」「ダンス動作のサポート」「ダンス創作プロセスのサポート」の3つにカテゴリーを分けて紹介する。

2.1.1 ダンスパフォーマンスの拡張

ダンスパフォーマンスを拡張する方法としてテクノロジーを利用した舞台演出を強化している例がある。藤本 [16] は LED を衣服へ装着したパフォーマンスシステム「Lighting Choreographer」を提案している。本システムは身体に装着した LED の点滅パターンと動きと音楽を組み合わせ、新しい身体表現のジャンルに挑戦している (図 2.1)。また、Hesseoon ら [17] はドローンを活用してダンスパフォーマンスを拡張した「Aeroquake」を開発した。ダンサーの身体動作の音でドローンの動きを制御することで、ダンサーは空間を「揺らす」ことができる。

一方で舞台演出の強化以外にもダンサーと観客の関係に着目するをことで、ダンスパフォーマンスを拡張している例もある。Boiling Mind [18] は観客の心拍と視線をトラッキングし、舞台中の映像として反映させている。また、Percy [19] はダンサーの動きをユーザの手に触覚として提示することで、視覚がない状態でもダンスを鑑賞できるシステムを提案している。



図 2.1 Lighting Choreographer([16] より引用)



図 2.2 Boiling Mind([18] より引用)

2.1.2 ダンス動作のサポート

Malleable Embodiment [20] はダンサーの動きから未来の動きを推定する VR システムである。ダンサーの未来の動きをダンサー自身に視覚的に提示することで、近しい未来の映像の場合は身体の軽さや調子の良さ、過去の映像の場合は身体の重さや調子の悪さを感じるなど、ダンサーが内的な変化を感じる事が観察されている。

SwingBeats [21] は音楽と同期した触覚をユーザの足首に提示することでリズムに合わせたダンスステップをガイドしている。Camarillo ら [22] は、リーダー・フォロワー・ダンスにおけるダンスステップをガイドするシステム「GuiDance」を提案している。ユーザの両肩へ触覚モジュールを装着し、特定の触覚パターンとステップを紐付けて学習させることで触覚のみでダンスステップをユーザにガイドしている (図 2.3)。

Moff Band ¹ は手首に装着し、腕を振るなどの動作に合わせて効果音を奏でるデバイスである。効果音は Bluetooth 経由でスマートフォンと接続し、リアルタイムで切り替えることができる。発売当初は子供向けのおもちゃとして展開され

1 Moff, the smart wearable toy, <http://www.moff.mobi/>, 2022 年 12 月 12 日参照



図 2.3 GuiDance([22] より引用)

ていたが、使用者の動きをフィードバックすることで利用者の動くモチベーションとなる点から、リハビリテーションにも利用されている²。

2.1.3 ダンス創作プロセスのサポート

渡島 [23] は The Forsythe Company の中心ダンサーである安藤洋子と山口情報芸術センターと共同で触覚刺激を活用してダンサーの身体表現を創発することを目的とした Choreohaptics を提案している。

Carroll ら [24] はダンス制作をするための Web ベースで共同編集が可能なツール Choreographer's Notebook を提案している (図)。ダンス動画を見ながら動画内にコメントの書き込みが可能で、ダンス制作チームでの情報共有を行い、ダンスの創作プロセスを変化させている。一方で同著では、ダンスの制作過程に技術的に介入したことで会話の減少やユーザーが勤務時間外に作業できるようになった

2 介護予防プログラム — モフトレ (Moff), <http://www.moff-training.jp/>, 2022 年 12 月 12 日参照

ためにワーク・ライフ・バランスが不明瞭になるなど、予期せぬところで問題が発生したとしている。

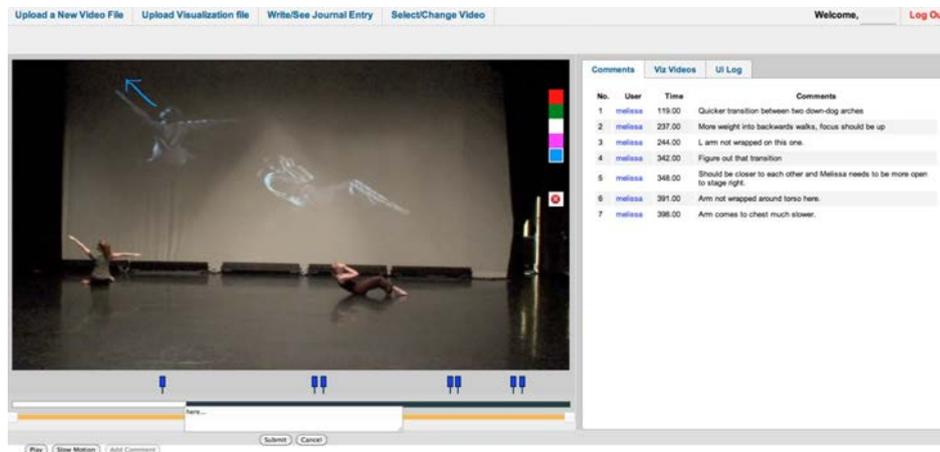


図 2.4 Choreographer's Notebook の操作画面 ([24] より引用)

2.2. 運動学習の仕組み

人がスポーツ動作などをスキルとして習得する過程そのものについても解明が進んでいる。スキル習得過程を対象とした研究には大まかに3つの分野がある。1つ目は運動学習における人の身体特性を研究したものである。人は運動動作を習得するにあたり、反復練習により体で動きかたを覚える [25] ことや自身の運動状態を言語化することで習得が早くなること [26] がわかっている。また動作そのものだけではなく、動作を行う際の重心の位置や視点が動作の質に影響すること [27, 28] が検証されている。

2つ目は人が身体を通じてどのようにスキルそのものを習得するかを示した、身体認知の観点から定義したものである。Andy Clark [29] は身体性認知という、人間が脳、身体、および世界を単一のものとして利用することによって、自分自身の能力を拡張できるという概念を提唱している。また、私たちが何かをするとき、脳と体の動きだけですべてを処理しているわけではないことを意味していること

を認知拡張 (Cognitive Extention) [30] という言葉で説明している。また、諏訪らは身体を通じて感覚的に会得した知見を身体知と定義している。藤波ら [31] は、音楽においてもスポーツと同等に身体を通じて知覚、学習する身体知が存在するとしている。宮本ら [32] は、長期的な運動学習過程において当事者が運動中における主観的な感覚を言語化することが、学習指導において焦点を絞るのに有効であったとしている。諏訪ら [33] は身体運動を言語化し認知することや、五感を通じて身体運動を知覚することが運動の習得を手助けできるとしており、メタ認知的言語化という概念を提唱している。

3つ目は現象学的な観点である。Fitts ら [34] は、人間の運動学習をする過程はある程度共通したものと主張し、学習における段階を認知/連合/自動化の3つに分けた。Gabriele [35] はこの学習段階の変化は運動自体に向ける注意の量が増えていると主張し、認知段階では運動の大部分が意識的に制御されているのに対して、自動化段階では運動面でも認知面でもほとんど労力を要さないとしている。

2.3. 運動学習とテクノロジー

人が運動動作を習得する過程をテクノロジーにより効率化しようという取り組みも行われている。大きく3つに分類できる。

1つ目は手本とすべき運動動作の最適解を求める方法である。プロ選手などある運動動作における身体の動かし方が上手な人の動作データの解析や、外的環境と身体の動きを物理学的手法でシミュレーションすることで、効率的な身体の動かし方を探るスポーツバイオメカニクスという研究領域がある。水泳における体にとって負担がなくかつ最も推進力を得られる泳ぎ方 [36] や走り幅跳びにおける最適な助走距離と速度 [37], ハンマー投げにおける飛距離が出る投げ方 [38] など様々なスポーツにおいて効率的な体の動かし方が解析されている。さらに視線や呼吸なども重要であるとされている。なお効率的な体の動かし方としては、人の身体への負荷が少ない状態で強さや速さを出すことである。一方でオリンピックなどのプロ選手の生体情報などは機密情報とされることも多く、選手強化を目的

とした選手の運動パフォーマンスの解析は各国で行われているものの、論文として表には出にくいという側面もある。

2つ目は、運動状態の定量的な評価や可視化である。近年モーションキャプチャや慣性センサによるデータ取得および解析が多くスポーツの現場に取り入れられるようになり [39,40]、指導者が選手をコーチング、あるいは選手自身が自己コーチングをする際にこのような手法で取得された客観的なデータが活用されている。視覚的なフィードバックとして映像を用いた解析手法ソフトウェア DartFish では、画像解析により膝の角度や歩行・走行時の足のストライド距離などを提示でき、定量的な指導が可能となったとしている [41]。情報を音に変換することで運動動作の変化を捉えやすくする試みとして、Hummel ら [42] はジャーマンホイールと呼ばれるスポーツ用具を使った体操競技において用具の動きを可聴化し競技者にフィードバックすることでパフォーマンスの向上につながったとしている。柏野ら [43] は野球の投球動作における膝や腕などを振り出すタイミングを可聴化し、初心者とプロ選手の動きの違いを抽出できたとしている。また大脇ら [44] はスキーにおける重心位置をリアルタイムに競技者にフィードバックすることによって、初心者がターンにおける技能を習得しやすくなったとしている。手本の教示として Kosmalla ら [45] はロッククライミング動作において熟練者の動きの実物大の影の投影や、クライマーの手元に縮尺で提示する方法を試し、情報提示により学習を促すことができたとしている。ゴルフのパッティング動作での手本を影として投影し現在の姿勢との差分を見せる方法 [46] やまた視覚情報に加えて触覚情報を足した教示として、小池ら [47] はスキーの練習を行えるシミュレータ装置を開発し、自身の姿勢と手本の姿勢を確認できる第三者視点提示とともに膝に対して動くべき方向を触覚提示しており、視覚のみの場合より学習効果が向上したとしている。

3つ目は、身体情報を意図的に変化させる方法である。視覚情報を意図的に遮断することで身体の動きに対して感覚を集中させることでゴルフのパッティング技術の習得を促す試み [48] や、現実世界より遅い速度にすることで難易度を調整し段階的な熟達を実現した VR けん玉 [49] などがある。

このようにスポーツ動作における技能の解明や習得の手助けを行う研究は数多

くある。一方で創作性の側面を持つダンスにおいては、定量的な解明や習得過程補助を行うような研究は多くは行われていない。

2.4. 身体感覚の共有とインタラクション

2.4.1 身体から身体への感覚共有

スポーツに限らず筋肉への電気刺激 (EMS) を使った身体経験を共有している事例を紹介する。Tamaki ら [50] の提案する Possessed Hand は前腕付近の筋肉に電気刺激を与えることで、ユーザーの指の動きを制御することができる。

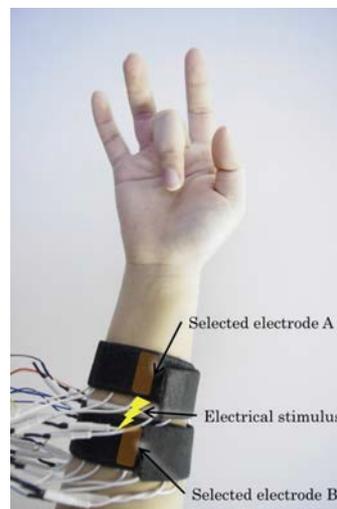


図 2.5 Possessed Hand([50] より引用)

Ebisu ら [51] は EMS を活用し、カスタネットなどの小型打楽器に加え、手足を同時に動かす必要があるドラムのリズムパターンを演奏を支援している。また、Nishida ら [52] は bioSync という筋電の計測と EMS によって、2 人の人間の運動感覚を組み合わせるシステムを提案している。bioSync を腕や足に着用することで、パートナーの筋収縮の強さを感じることができリハビリテーションや身体体験の共有へ適応している。

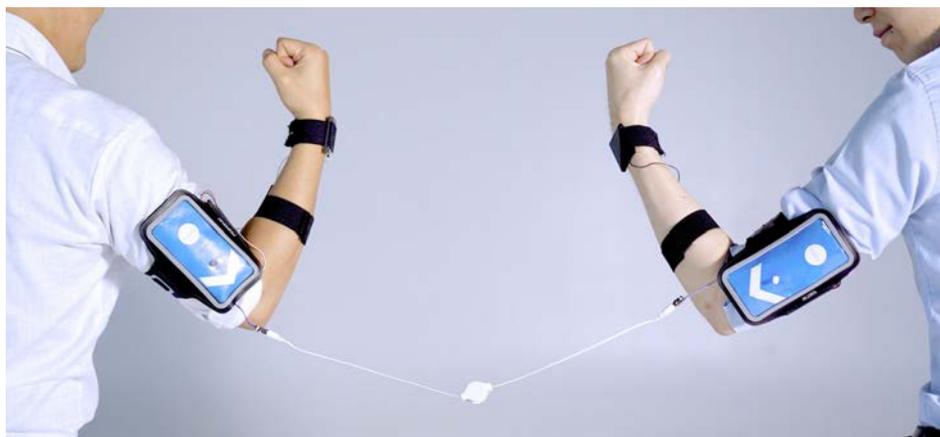


図 2.6 bioSync(JUNNISHIDA Portfolio³より引用)

一方で触覚を用いた身体コミュニケーションの提案も多く行われている。渡邊ら [53] が提案する心臓ピクニックは、心臓の鼓動を外在化させる振動スピーカーに触れることで、生命としての自己を体験者に認識させるワークショップを提案している。また、Qiら [54] が提案する Furekit も振動刺激を活用した身体コミュニケーションを実現している。肩、おなか、背中をさわると音が鳴り振動するベストを着用することで、自閉症の子どもたちの教育やコミュニケーションツールとしての活用も提案している (図 2.7)。自分の体の動きを他者に伝達するような動作や感覚の共有では、他者と自己の境があることを前提とした上で、感覚を直に伝達する五感を通じたコミュニケーションにより自己や他者の理解につながることを期待されている。

2.4.2 VR 空間と身体インタラクション

VR 空間と身体感覚を繋げる試みも多数ある。GhostGlove [56] は手の動きと連動した力覚を手全体に提示する、グローブ型のデバイスである。VR 空間内にあるオブジェクトに触る体験を行うことができる。Israr ら [57] はインタラクティブ

3 bioSync – JUNNISHIDA Portfolio, <https://junis.sakura.ne.jp/wp/portfolio-item/biosync/>, 2022 年 12 月 12 日参照



図 2.7 FurekaIT([55] より引用)

VRゲームのプレイ中に高解像度の触覚フィードバックをレンダリングするためのアーキテクチャを提案している(図 2.8)。椅子型の触覚ディスプレイを使うことで、ユーザーの背中全体に触覚フィードバックされる。



図 2.8 Sorround Haptics([57] より引用)

また Robert ら [58] は上半身全体に触覚提示が可能なウェアラブルデバイス TactaVest を提案している。TactaVest を近接戦闘シミュレーションに組み込むことで、ユーザーの空間認識を向上させている。

さらに Konishi ら [59] は全身に触覚提示が可能な Synesthesia Suit を提案している。Synesthesia Suit は VR ゲーム「Rez Infinite」の体験を拡張するために設計されている。しかしながら、作動させるにはケーブルが必要で物理的な空間を歩き



図 2.9 TactaVest ([58] より引用)

回することは困難であった。そこで Furukawa ら [60] は、身体の動きに影響を与えない柔軟性を持つ、空間内を自由に歩行できる無線接続が可能、全身に触覚フィードバックが可能、触覚モジュールの位置がカスタマイズ可能なウェアラブルデバイス Synesthesia Wear を開発している。このように触覚提示により VR 空間上におけるインタラクションが 3 次元空間的な広がりを持たせるほか、提示する身体部位や提示する触覚をデザインし新たな体験としての触覚提示が提案されるようになった。

2.5. 本章のまとめ

本章の初めではテクノロジーを活用してダンスのパフォーマンス、ダンス練習、ダンスの振付制作、を拡張する取り組みを紹介した。テクノロジーを活用した事例は多く見られたが、ダンス初心者がダンスを楽しめるようにするための事例はほとんど存在しない。

次に運動の基礎研究として運動学習の仕組みについて紹介し、運動を教示する取り組みについて取り上げた。スポーツ動作における技能習得をサポートする研究は数多くあるが、ダンスへの適応例は少ないことが分かった。

最後に身体感覚を共有し、身体と身体、VR 空間と身体 of インタラクションを行う取り組みについて紹介した。身体へ触覚刺激を提示することで、身体感覚の



図 2.10 Synesthesia Wear([55] より引用)

共有やインタラクションを引き起こす事例が複数確認できた。

第 3 章

Concept Design

本章ではダンス初心者へダンスを教える時の課題を整理し、コンセプト設計、プロトタイプ作成と検証を行いながらプロダクトを作成する。

3.1. ダンス初心者へダンスを教える時の課題の検討

本節ではダンス初心者へダンスを教える時の課題を整理するために、ダンスのインストラクターへのインタビュー調査を実施する。インタビューを通して、実際にダンスを教えている現場ではどのような課題に対してどのような工夫があるのかを明らかにする。

3.1.1 ダンスのインストラクターへのインタビュー

ストリートダンス教室でインストラクターをしている5人（N氏、M氏、P氏、H氏、Y氏）に半構造化インタビューを実施した。主な質問項目は以下の通りである。

- ご自身にとってダンスとは何ですか
- ダンスインストラクターとしてダンスを教える上で大切にしていることは何ですか
- ダンスインストラクターとしてダンスを教える上で難しいことは何ですか
- ご自身でダンスを練習する際に気をつけていることは何ですか

3.1.2 インタビュー結果

ダンスインストラクターにとってのダンスとは

ご自身にとってダンスとは何ですかという質問に対して、以下のような回答が得られた。「リズムっていうのを表現しているのがダンス (Y氏)」、「スポーツであり芸術 (N氏)」、「音にあわせて動くもの (M氏)」、「ダンスは音に合わせて動くもの (P氏)」から第1章で述べたダンスの定義にもあるように、音楽を元にした表現であることが現場レベルでも認知されていることが分かった。また、娯楽の1つ (Y氏) や楽しむためのもの (P氏) という楽しさを強調する意見も見られた。

ダンス初心者へのダンスを教える時に大切にしていること

ダンスインストラクターはダンスを始めたばかりの生徒に対して、「まずはダンスの楽しさを伝えたい (P氏)」、「まずは楽しんでもらうことが大事 (M氏)」、「生徒がなるべくダンスに触れる時間を増やしてあげたい (Y氏)」という回答を得た。ダンスを楽しむことができればモチベーションが上がり、よりダンスが上達するため、ダンス教室では技術を教えるだけでなく生徒にダンスの楽しさに気づいてもらうことを重要視していることが分かった。

また、「動きのイメージを (ひとりひとりに) 伝えることが難しい (Y氏)」や「人によって理解力をすぐに読み取ってあげて、その子に寄り添ってあげる (N氏)」など各生徒の能力の違いを考慮して教えることを重要だと考えている回答もあった。

インストラクター自身でダンスを練習するときに気をつけていること

インストラクターのダンス練習は自分1人で練習する場合と、複数人で練習する場合があることが分かった。1人でダンスの練習をする場合、「鏡の自分と踊っている (N氏)」、「自分がやるときはめっちゃ鏡を見て自分の理想に近づける (M氏)」、「どの曲が来ても踊れるように対応力を上げる (Y氏)」など音をよく聞いて身体で表現することや、理想的な形を模索するなど、正解の無い身体表現に注力していることが分かった。一方、複数人で練習する場合は、「空間をシェアしていた方が

ミラクルが生まれたりする (N 氏)」「(練習した音の表現を実践するために) 人に魅せながら動く (Y 氏)」など、最終的には表現して伝えることが重要であり、複数人で行うと思いがけない動きをすることもあるという。

インストラクター自身のダンス練習時とダンスを教える時の違い

自身のダンス練習時は正解のない身体表現に注力している一方で「ダンスを教える」場合には「Basic な動き方を教える (Y 氏)」や「初心者にはまずはステップを教える (M 氏)」など、正解の動きに沿わせるように教えており、自分自身で練習するダンスと教えるダンスでは方法が大きく異なることが分かった。

「最初はムーブから入ってしまう方がわかりやすい (Y 氏)」という回答から正解の動作を作りダンス教室の生徒全員を一律に指導することでレッスンの効率化を図っていることが伺える。また、ダンス教室の生徒は「コレオ (振付) をやりたい子が多い (M 氏)」とダンスそのものやダンスレッスンは「振り付けを正しく踊ることだ」と感じている生徒が多く、「(振付の一部に) フリースタイルですっていうと (生徒が) ビビる (M 氏)」と即興ダンスやフリースタイルのダンスを苦手としている生徒が数多くいることが分かった。

一方で「本当は正解も不正解もない (P 氏)」「決められた形のムーブからちよつとずつダンスにずらすように教える (Y 氏)」「(ダンスは) その人らしさ・個性が大事 (N 氏)」などの回答から、ダンスのインストラクターは正解の動作が存在しない即興ダンスやフリースタイルダンスも生徒に教えたいと考えていることも分かった。しかしながら初心者に即興ダンスを教えることは現状難しく、初心者に対してまずは音に合わせて動くことの楽しさを伝えてから、ダンスをより深く学びたいと考えている生徒に対しては細かな音の表現方法、即興ダンスの指導を実施していることが分かった。

3.1.3 ダンス初心者へダンスを教える時の課題整理

ダンス教室ではダンス初心者に対して、振付を教えることで徐々にダンスを楽しむようにレッスンを行っていることが分かった。一方でダンスは振付をするこ

とだけでなく、音楽をよく聞いて音に合わせて身体を動かすことや表現することも重要視しており、インストラクター自身で練習する場合に特に強調されていた。

このことから、ダンス初心者も「音に合わせて身体を動かす」や「表現する」ことができれば、振付のダンスよりもダンスの楽しさに触れられるのではないかと考えた。

3.2. コンセプト

本研究ではダンス初心者でもダンスを楽しめるようになること目的とし、「ダンス初心者がリズムを感じ、全身でリズムカルな動きをしたくなるようなダンス体験」を提案する。ダンス初心者がリズムに合わせて身体を動かすサポートをするために、リズムと触覚の関係性に着目し、音楽のリズムや楽器の音と同期した触覚刺激を体験者の身体に提示する。また体験者が触覚を感じたらリズムに合わせて動きたくなるように体験をデザインし、動きが繰り返しにならないように工夫する。さらにダンスインストラクターの行っているダンスセッションを参考に、複数の体験者の動作共有を行い個人の動きの延長だけではない、思いがけない動きが生まれることを目指す。

3.3. シナリオ設計

コンセプトに沿ってダンス初心者がどのような流れで体験をするのかを確認するためにユーザストーリーを作成した。ビデオは、ダンス初心者に対して、鏡を使わずに触覚だけでダンスを教えるという場面を選定した。シナリオは触覚を活用したダンス練習を行い、最後にダンス発表を実施という形で進行する。ダンス発表の際にも触覚を感じながら2人でダンスをすることとした(図3.1)。

ダンスの振り付けを覚える際に触覚を活用する。使用者が触覚と動きの組み合わせを事前に学習し、二人の体験者が同じタイミングで曲と触覚に合わせて同じステップを練習することで、ダンスの覚えが早くなり楽しみながらダンスステッ



図 3.1 触覚を感じながらダンスの発表をしている様子。

ブを学習することを想定した(図3.2)。また、ダンス発表の中には個々人だけで踊る場面も含まれ、表現としてのダンスも実践している(図3.3)。



図 3.2 触覚を用いてダンスステップの練習をする様子。

本ビデオは超人スポーツ Grand Challenge 2021¹にて公開された。

1 <https://superhuman-sports.org/challenge/>



図 3.3 個々人で表現のダンスを行っている場面。

3.4. 腕の動きの誘発

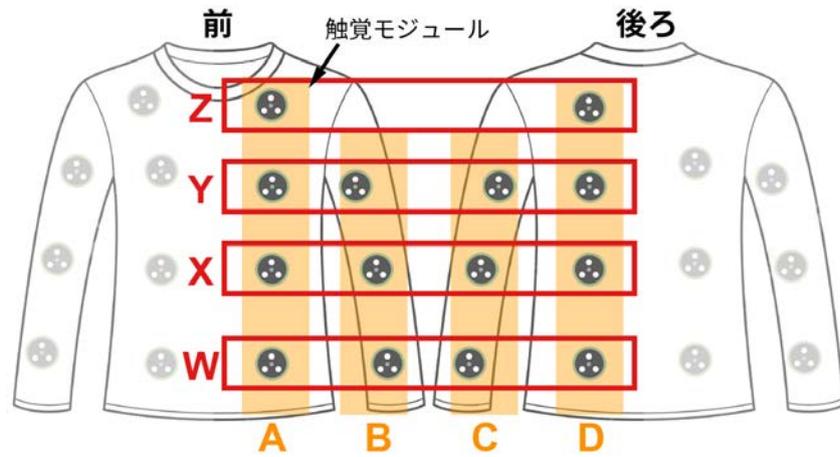
3.4.1 システム設計

ダンスの中でもシンプルな動きのひとつである、腕の動きに着目をした。触覚刺激を活用して腕を動かす方向とリズムを提示することで、ダンス初心者でもリズムカルに腕を動かせるのではないかと考えた。ダンスの動きへ拡張することを想定し、地面に水平な方向と垂直な方向を軸とした2次元空間上のあらゆる方向の指示を可能にすることとした。

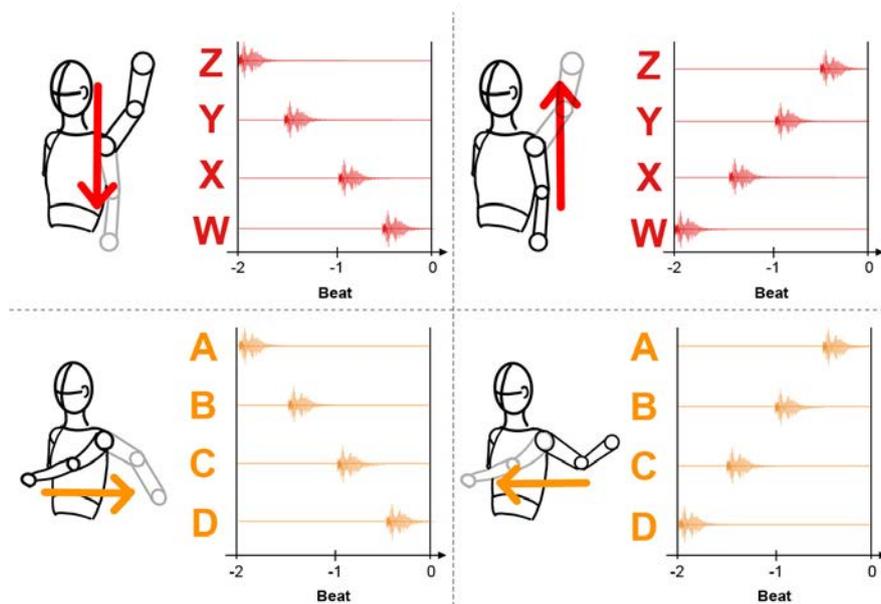
本プロトタイプでは、ダンス初心者が気軽に行う体験を目指しているため、学習時間のかからない単純な動作提示を目指す。そこで定義した2次元空間の中でも両腕をそれぞれ上下左右の4方向に振る、合計8パターンの腕の動きをユーザーにガイドダンスすることとした。体験者にリズムを提示するために、上半身全体へ触覚を与える。そのために Synesthesia Wear [60] を用いた。

3.4.2 実装

図 3.4 に左腕への触覚提示パターンとそれに対応する動作を示す。水平方向のグループ W、X、Y、Z のパターンによって、振り上げ、振り下ろしの動作を誘発する。また垂直方向のグループ A、B、C、D のパターンによって、地面と水平方向への動作を誘発する。動作開始の2拍前から触覚刺激を開始し、個々の触覚モジュール群が等間隔で触覚提示を行う。



(a) 触覚モジュールの配置



(b) 触覚パターンと動作

図 3.4 触覚モジュールの配置と動き方。

体験は大きく分けて以下の3つの要素で構成され、所要時間は約12分である。

1. Synesthesia Wear の着用 (2分)
2. ビデオによる触覚刺激と動きの関係を学習 (4分)
3. 同伴者による方向指示と動きの実践 (4分)
4. Synesthesia Wear の脱衣 (2分)

Synesthesia Wear の着用

体験開始時に体験者はSynesthesia Wearを着用する。体格によって触覚モジュールと肌が離れてしまい、触覚刺激を感じにくくなってしまふことを防ぐため、バンドを巻くことで肌との接触を安定させた(図3.5)。



図 3.5 Synesthesia Wear を着用する体験者。

ビデオによる触覚刺激と動きの関係を学習

Synesthesia Wear を着用後、体験者は約4分間のチュートリアルビデオ視聴し、触覚刺激を感じながら動きの学習を行った(図3.6)。ビデオの画面は図3.7に示すとおり半分に分かれていた。左半分には触覚提示されている場所が分かるようにSynesthesia Wear に対応する触覚モジュールの図が表示されており、右半分には想定される実際の動きを表示した。曲に合わせて触覚を感じ、タイミングをあわせて動くことで触覚パターンと動きの学習を行った。



図 3.6 ビデオを視聴しながら動きと触覚の対応を学習する体験者。

同伴者による方向指示と動きの実践

チュートリアル終了後に、体験者の同伴者またはスタッフが指示者として iPad を用いて動きの指示を出した。iPad に表示したコントローラーのインタフェースを図 3.8 に示す。指示者による動きの指示は曲と同期して自動で送信される。Synesthesia Wear を着用した体験者は触覚刺激を感じ、対応する動きを表現した。Synesthesia Wear を着用した体験者の動きを指示者が確認し、動きの正誤をコントローラーに入力した。動作指示は4分間行われ、体験者によって回数は異なった。



図 3.7 チュートリアルビデオの内容。左半分に触覚パターンをグラフィカルに表示し、右半分に動きを表示している。



図 3.8 動作の指示を行うユーザが使用したコントローラ画面。画面左側の矢印を押すと画面右側にキューとして指示が保存される。

3.4.3 検証

本プロトタイプによって想定通りの腕の動きが誘発されるかを検証するために日本科学未来館²で体験会を実施した。本体験会は日本科学未来館で開催されていた特別展「きみとロボット ニンゲンツテ、ナンダ？」の関連展示の一つとして実施された³。実施概要を表 3.1 に示す。

表 3.1 日本科学未来館で行われた体験会の実施概要。

日時	2022年6月12日 11:00 16:30
場所	日本科学未来館 1階 コミュニケーションロビー
参加者	日本科学未来館に訪れた小学生4年生以上の男女40名

体験終了後に本プロトタイプの評価に関するアンケートを実施した。アンケート項目は5項目で以下の通りである。加えて体験の感想を共有するためのホワイトボードを設置し、体験終了直後に体験の感想を自由に記入するようにスタッフが促した。

1. 上手に動きましたか？(4段階評価)
2. 振動と動きはわかりやすかったですか？(4段階評価)
3. 年齢を教えてください
4. (ペアで参加されていた場合) ご参加いただいた方のご関係を教えてください
(自由記述)
5. 体験をした感想を教えてください。

2 未来館について — 日本科学未来館 (Miraikan), <https://www.miraikan.jst.go.jp/aboutus/>, 2022年12月3日参照

3 特別展開連 展示ロボット体験・トークイベント 6月はロボット体験月間！14の無料プログラムを実施 — 日本科学未来館 (Miraikan), <https://www.miraikan.jst.go.jp/events/202206042481.html>, 2022年12月3日参照

3.4.4 結果

方向について

触覚指示による動作の正答率に関する 22 件のデータを取得した。図 3.9 に正答率の分布を示す。触覚提示に対応する動作の正答率は平均して 70%であり、中央値は 75%であった。正答率が 100%の体験者が 2 名いるのに対して正答率が 40%の体験者も 3 名見られるなど、体験者によって正答率が大きく変わることが分かった。

リズムの提示について

多くの体験者は腕をリズムに合わせて動かしている様子が確認できた。しかしながら、方向に自信が持てない場合にはリズムからずれて腕を動かしている様子も伺えた。また、腕を動かしていないときでも音楽に合わせて膝や足の裏でリズムを取る体験者も多く見られた。

体験の様子と感想

体験の感想を共有するために設置したホワイトボードの内容を図 3.10 に、動作と触覚に関するアンケート結果を図 3.11 に示す。体験の感想としては「楽しかった」や「面白かった」などポジティブな意見や、触覚パターンを覚えるのが難しかったなど、触覚を動きに変換する難しさに関する感想を得た。また、一部の体験者は「振動で自身の感覚が試されているような感じがした」や「感覚を捉えるのが難しかった」など、触覚モジュールによる上半身への触覚刺激に違和感を感じた感想を得た。さらに、左半身と右半身で触覚の強弱に差を感じる体験者や、背中側の触覚だけ弱く感じる体験者など、体験者によっては提示場所による知覚の違いも報告された。本体験会では実現しなかったが、知覚しづらい場所に対応する触覚モジュールの出力を上げることで対応が可能だと考える。触覚と動きの学習時に、上下の動きは直感的で分かりやすいが、左右が入ると急に難しくなるなどの感想を得た。体験中にはこやかに体験を行っている体験者も多く見られた。同伴者に言葉で触感や触覚の気持ちよさを伝える体験者も多く見られた。チュート

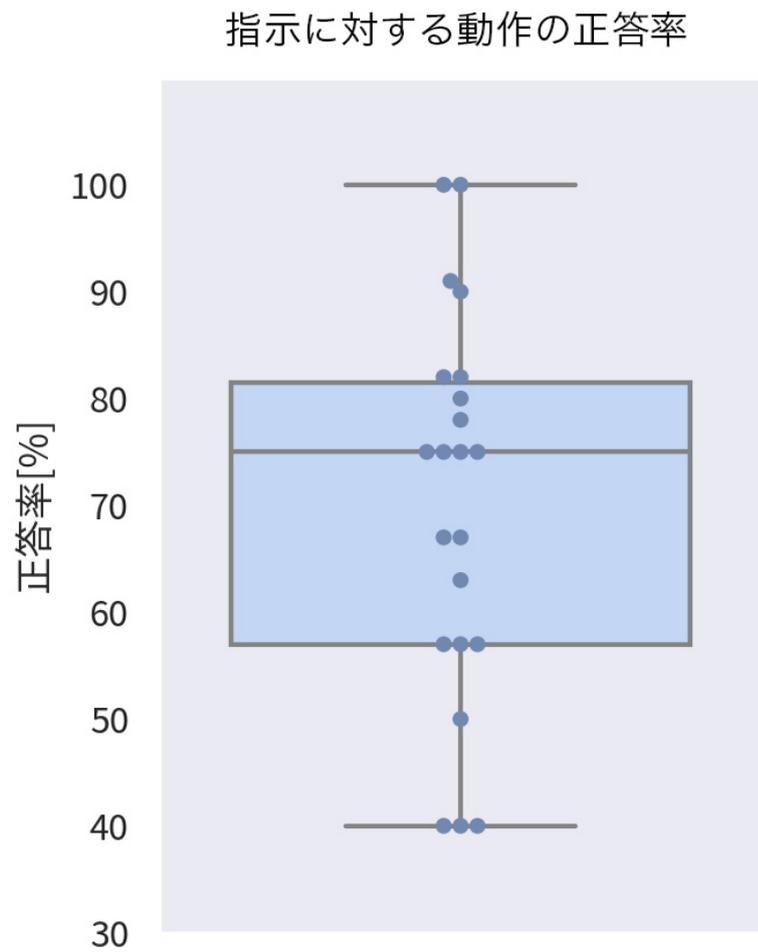


図 3.9 触覚指示に対する動作の正答率。

リアルの最中や、触覚による動作指示を受けている間に上を向く体験者や目を閉じる体験者が多く見られた。

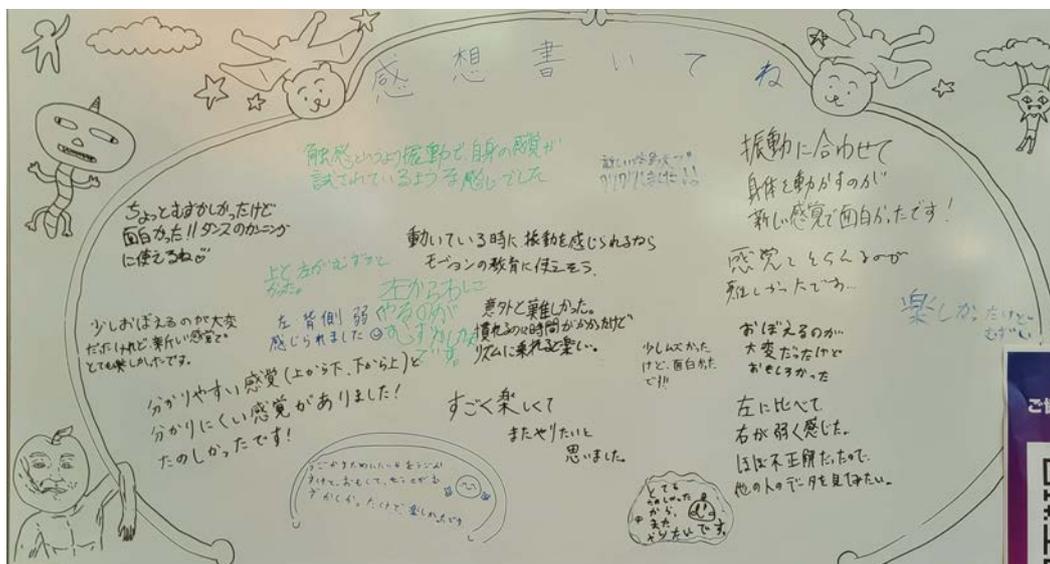


図 3.10 体験の感想を共有するために設置したホワイトボードに記入された感想。

3.4.5 考察

触覚提示に対応する動作の正答率は平均して70%であり、触覚を動きに変換する難しさに関する感想を得た。上下方向と左右方向の感じ分けの違いについてと学習時間についてについてそれぞれ考察を行う。

リズムのとり方について

腕を動かしていない場合でも音楽に合わせて足や腕でリズムを取っていた体験者が多く見られた。理由は主に2つあると考えられる。1つ目はチュートリアルビデオのお手本を真似したと考えられる。ビデオの中でお手本の動きは常にかかどでリズムを刻み、上下にリズムを取っていた。そのため、特に動きに慣れてきたチュートリアルの後半では、お手本の動きと同じようにかかどでリズムを取り

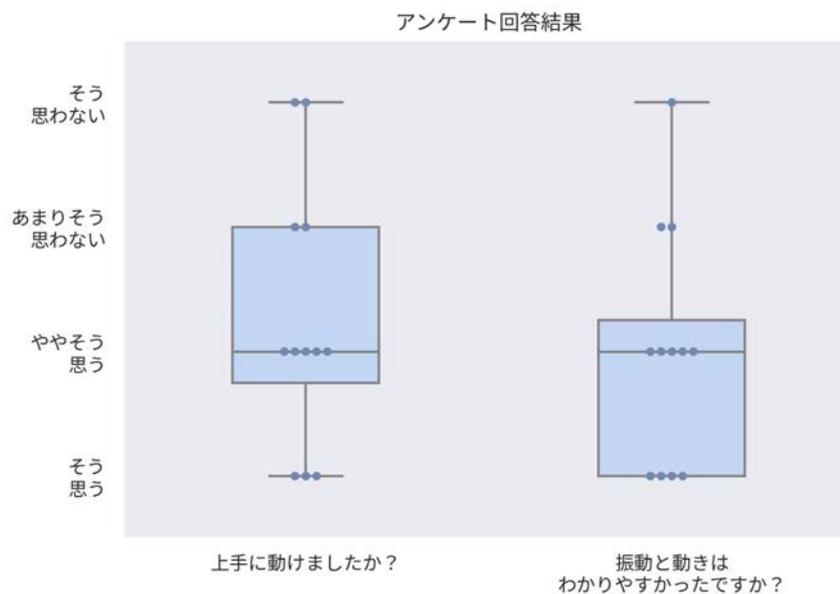


図 3.11 動作と触覚に関するアンケート結果。

ながら腕を動かす体験者が増えた。2つ目は触覚パターンにリズムが乗っていたからである。触覚パターンは音楽のリズムと同期して体験者へ提示していた。身体でリズムを取ることによってリズムに合わせた触覚パターンと身体とのリズムが合わさり、より触覚パターンを認知しやすくなっていたことが考えられる。

上下方向と左右方向の感じ分けについて

正答率がばらついたのは、アンケートから得た通り上下方向の判断がつきやすく、左右方向の判断がつきづらいことが原因だと考えられる。本体験で誘発した動作は両腕の上下左右、計8方向であった。どちらの腕を動かすべきなのかは、体験中の様子から全ての体験者が判別できていたため、片腕の上下左右4方向を重点的に感じ分けていたと考えられる。正答率が70%以上の体験者においては、地面に対して垂直(上下)方向の判別はできるが、水平方向の指示時に判断がつかなかったものと考えられる。上下の動作指示と左右の動作指示の分かりやすさに違

いがあった原因として、次の2点が考えられる。1点目は触覚モジュール間の距離が足りなかったことである。図3.4(a)のA, B, C, D間と比較してW, X, Y, Z間の物理的な間隔は短かった。そのため水平方向指示の触覚パターンは感じ分けが難しくなってしまったと考えられる。2点目は触覚パターンのデザインである。垂直方向指示中は常に腕にも触覚提示をしているのに対して、水平方向は腕への触覚提示時間が短かく、胸と背中に重要な触覚情報を提示していた。通常、腕を横に動かす際には、下から腕を持ち上げるようにして横に伸ばす場合や、肘を曲げた状態から伸ばす場合など様々な状況が考えられる。体験時は対応する腕に近接している胴体から腕の前を通り、後ろへ流れていく触覚パターンであったため、体験者の持つ「腕を横に動かす」という運動イメージと一致しない場合があったと考えられる。そのため、現在の腕の角度や位置に応じて動的に触覚提示を変化させることで、より直感的な理解につながることを期待できる。

学習時間について

本体験における学習時間は4分であったが、より長い学習時間が必要だと考えられる。多くの体験者にとって触覚モジュールによる上半身への触覚提示そのものが初めての体験であった。そのため、上半身への刺激そのものに慣れるのに時間がかかったような感想が得られたと考えられる。従って動作指示の学習だけでなく、音楽に合わせて触覚を提示するだけのような触覚刺激自体にある程度慣れることで正答率が向上するのでは無いかと考えられる。正答率が90%から100%の体験者は、触覚と動きの学習が早く、チュートリアル時点から垂直と水平方向の感じ分けはもちろん、水平の場合は触覚が胸から提示されるのか、背中から提示されるのかが重要であることに気が付き感じ分けを意識的に行っていたように見られた。Synesthesia Wearによる触覚刺激そのものに慣れることで、触覚パターンの感じ分けをする余裕が生まれるのでは無いかと考える。しかし、長時間の学習が必要な場合、本来の目的であるダンス初心者の身体動作習得支援にならなくなってしまうことも考えられるため、学習しやすい触覚パターンを模索することが重要である。

提案システムのダンス学習への適応について

本体験会はイベントとして「ハプティック技術ウェアを体感する」ことで打ち出されており、体験中もダンス体験である旨を体験者へ伝えることはしなかった。しかしながら、体験終了後にはダンスを想起したとの感想も得られたことからリズムによって腕を動かすというコンセプトが伝わっていたと考えられる。一方で提案システムをダンス学習へ適応するには、以下の3点を考慮し改善する必要があると考えた。1点目は動作中に触覚刺激を与えられても刺激を感じづらいという点である。そのため、動作をしながら触覚刺激を感じるのではなく、見ている動作を触覚刺激によって身体的に感じながら学習するような練習方法を提案する。2点目は触覚刺激の座標系である。今回のように腕を振るという1つ動作であれば地面を基準としたワールド座標系で動作指示を行えば良い。しかし、実際のダンスでは複数の身体動作が組み合わさっている。動作の組み合わせを提示する場合には腕の状態を基準としたローカル座標系で指示を行う必要があると考える。3点目は視覚と触覚の組み合わせ方法である。従来のダンス練習方法である言語と視覚による練習に組み込む場合には、触覚刺激と視覚の組み合わせによる動作知覚の支援を行う必要がある。

3.5. 連続した腕の動きの誘発

前節では腕の動作誘発を行ったが、よりダンス動作に近づけるため連続した腕の動きの誘発を試みることにした。

3.5.1 システム設計

連続して腕の方向とタイミングをユーザへ提示するために、3.4節で提案したプロトタイプと Beat Saber を組み合わせて使用することとした。Beat Saber⁴は

4 Beat Saber - VR rhythm game, <https://beatsaber.com/>, 2022年12月4日参照

Beat Games が開発した VR リズムゲームで、図 3.12 に示すような両手にサーベルを持ち、特定の手を特定の方に特定のタイミングで振るゲームである。

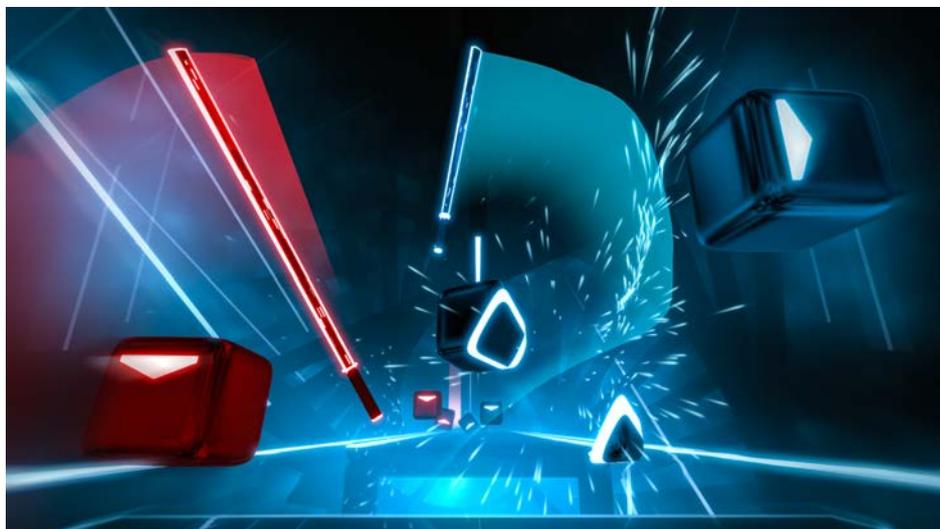


図 3.12 BeatSaber のプレイ画像 (Steam Store ⁵から引用)

3.5.2 実装

MediocreMapAssistant2 ⁶ (以下: MMA2) を利用し、BeatSaber でオリジナル曲を使用した譜面を作成した (図 3.13)。MMA2 では音楽と合わせて任意のタイミングで任意の方向へビートを配置することができる。ビートの間隔 4 拍以上とし、方向はリズムゲームとして破綻しないように BSMG Wiki の Pattern Best Practices ⁷ に示されているルールに則った上でランダムに割り振った。作成した譜面データ

5 Steam: Beat Saber, https://store.steampowered.com/app/620980/Beat_Saber/, 2022 年 12 月 3 日参照

6 Top_Cat/MediocreMapAssistant2, https://git.bsmg.dev/Top_Cat/MediocreMapAssistant2, 2022 年 12 月 3 日参照

7 Basic Mapping, <https://bsmg.wiki/mapping/basic-mapping.html#pattern-best-practices>, 2022 年 12 月 3 日参照

を Python で読み込み、ビートのタイミングと触覚提示のタイミングを同期させ体験者へ提示した。

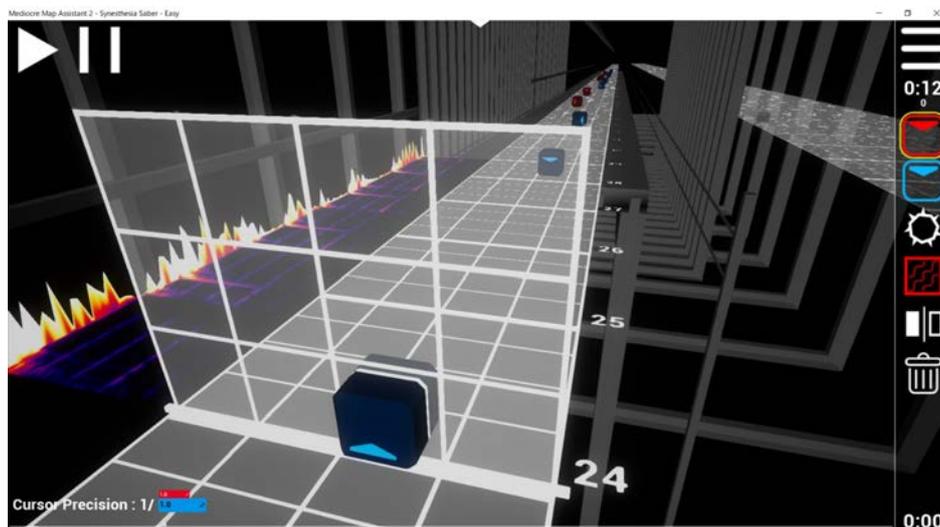


図 3.13 MMA2での譜面作成画面。

3.5.3 検証

作成したプロトタイプを被験者2名で検証した。被験者はコントローラートラッキングをするために、ヘッドマウントディスプレイを装着するが、その下に目隠しを着用し、画面を視認することができないようにした。ゲームを3回プレイしてもらい、それぞれ正解した個数をカウントした。スコアを表3.2に示す。全て正解すると46点となる。

検証はゲームの前に1分間のチュートリアルが行われ、全てのパターンを体験者が理解してからゲームを行った。

3.5.4 考察

1回目の試行時に両被験者ともスコアが低かったのはチュートリアルの時間が短すぎたと考えられる。また視覚を使っていないため、正解と不正解のフィード

表 3.2 BeatSaber を使った検証での被験者の正解数（最大 46）。

	1 回目	2 回目	3 回目
被験者 A	18(39.1%)	25(54.3%)	30(65.2%)
被験者 B	18(39.1%)	32(69.5%)	28(60.8%)

バックが行えず一度タイミングがずれると修正をしづらいという課題を発見した。また、曲のテンポが 120bpm と 3.4 節の 110bpm と比較して早かったため正答率が下がったと思われる。

BeatSaber と組み合わせたことによって、連続的な動きの誘発について検証を行った。連続的な動きでも、学習を行うことで触覚提示のみで半分以上、タイミングと方向の正解動作を誘発できることが示唆された。本取り組みによって視覚を使わずに空間性を持つリズムゲームが行える可能性も期待される。

3.6. 複数人の動作共有によるダンス動作誘発

第 3.4 節および第 3.5 節で作成したプロトタイプでは触覚によって腕の動作指示を行った。その結果、触覚を使うことで体験者が楽しくリズムに合わせて身体を動かしている様子が伺え、触覚の有用性が確認できた。本節ではコンセプトを達成するために必要な「動作共有」と「体験者が全身で動きたくなる」を満たすための具体的な方法についてプロトタイプを実装しながら模索する。

3.6.1 体験設計

体験者自身の動きをキャプチャーし、動作から生まれた触覚を自分自身だけでなく複数人と共有することで、複数人の体験者がダンス初心者であったとしても音に合わせて動きを探索し、新しい動きが生まれるのではないかと考えた。このとき、体験者自身にとって思いがけない動きを誘発するためにも、誘発する動作の正解、不正解はなく、どんな形であっても良いのでリズムに合わせて動くこと

を重要視した。また、誘発する動作の選択肢を増やすために四肢の動きをそれぞれリズムに合わせた動作の誘発を行う。

本体験を Resonant Dance と名付け、イメージを図 3.14 に示した。

要件を満たすために、四肢を動かすと曲に合わせて触覚がフィードバックされるシステムを提案する。動きに合わせて曲に合わせた触覚がフィードバックされることで、ダンス初心者でも楽しくリズムカルに四肢を動かすことが期待できる。

体験者はモジュールを着用し、楽曲を聞きながら自由に身体を動かすことができる。ダンス初心者が音楽のリズムを感じるために、触覚提示するタイミングは音楽のリズムと必ず一致するようにする。しかしながら、体験者が動かなければ触覚が提示されないようにする。すなわち体験者が動きが触覚提示するか否かのスイッチとなり、体験者が動くと音楽に合わせた触覚が提示され、動かなければ触覚は提示されない。

提示する触覚は筆者が表現のダンスをする時に意識している「身体部位を楽器化する」という観点から、流れている楽曲の楽器から生成された触覚を提示する。フィードバックする楽器は3種のドラム音 (Kick, Snare, Hi-Hat) および2種類エフェクトボイスとした。それぞれの波形を図 3.15 に示した。波形はステレオになっており、左がスピーカー、右が触覚モジュールから出力される仕様となっている。音楽と四肢の加速度と触覚フィードバックの場所、種類の関係を図 3.16 に示した。

3.6.2 ハードウェア設計

ユーザに触覚を提示するデバイスを設計する必要があるが、前節で使用した Synesthesia Wear は重量があり、全身で動くには適していなかった。そこで軽量で四肢に装着可能な Rhynker(リンカー)を提案した。Rhynker の名前はリズムの英単語である Rhythm と結合を意味する Link をかけ合わせたもので、複数人の動きのリズムと音楽のリズムが結合するという意味を込めた。Rhynker は図 3.17 のようにバンドに固定をし、手足に着用できるウェアラブルデバイスで、触覚提示が可能である。ダンス動作を考慮し、ワイヤレスで動作可能なモジュール設計を



図 3.14 Resonant Dance のイメージ。

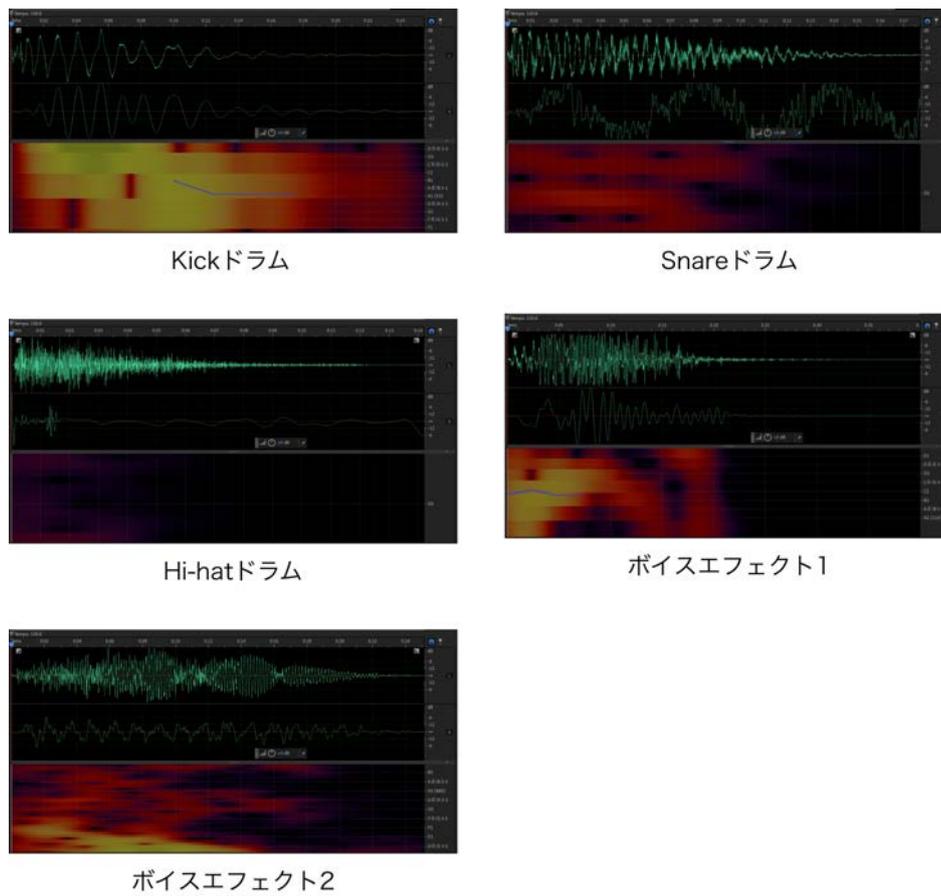


図 3.15 触覚提示する楽器とその波形。

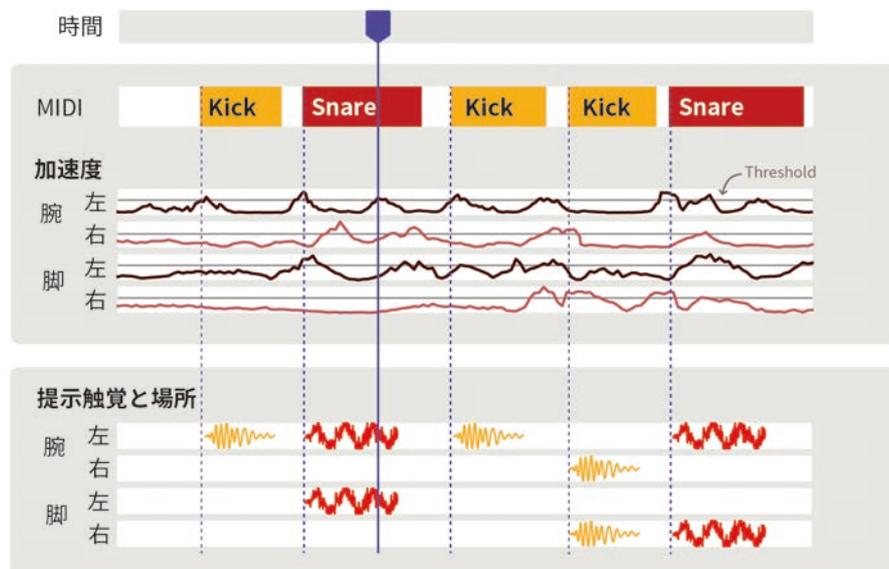


図 3.16 音楽と四肢の加速度と触覚フィードバックの場所、種類の関係。

行った。触覚提示のタイミングや触覚の種類は全て OSC 通信によってコンピュータから WiFi 経由で送信が可能とし、バッテリーも内蔵している。

また、触覚提示以外にもユーザの動きがきっかけとなるシステムであるためユーザの四肢の動きをトラッキングする必要がある。そこで四肢の動きをトラッキングするために Vive トラッカー 3.0 (以下 Vive トラッカー)⁸ を使用する。Vive トラッカーは 6 軸の自由度でトラッカーの姿勢を取得できるセンサである。

図 3.18 のように Rhyunker と Vive トラッカーを四肢に配置する。

8 VIVE トラッカー (3.0)—VIVE 日本, <https://www.vive.com/jp/accessory/tracker3/>, 2022 年 12 月 3 日参照



図 3.17 Rhyunker の外観。

3.6.3 ソフトウェアの実装

体験中に使用する楽曲は筆者 Logic Pro⁹で製作した。サビに向かうに連れて徐々に楽器を増やすことで、体験者に色々な楽器があることを感じてもらうことを狙って製作した。

ソフトウェアは Derivative が提供する Touch Designer¹⁰を用いて開発した。図 3.20 にその外観を示す。ソフトウェアは以下の 3 つの機能を保持する。

- 四肢の動きの加速度を計算
- 流れている曲で鳴っている楽器を判別
- 触覚の提示指示を送信

9 Logic Pro - Apple(日本), <https://www.apple.com/jp/logic-pro/>, 2022 年 11 月 28 日閲覧

10 Derivative, <https://derivative.ca/>, 2022 年 12 月 3 日参照



図 3.18 Rhyunker と Vive Tracker の着用場所。



図 3.19 Logic Pro を使用して製作された楽曲。

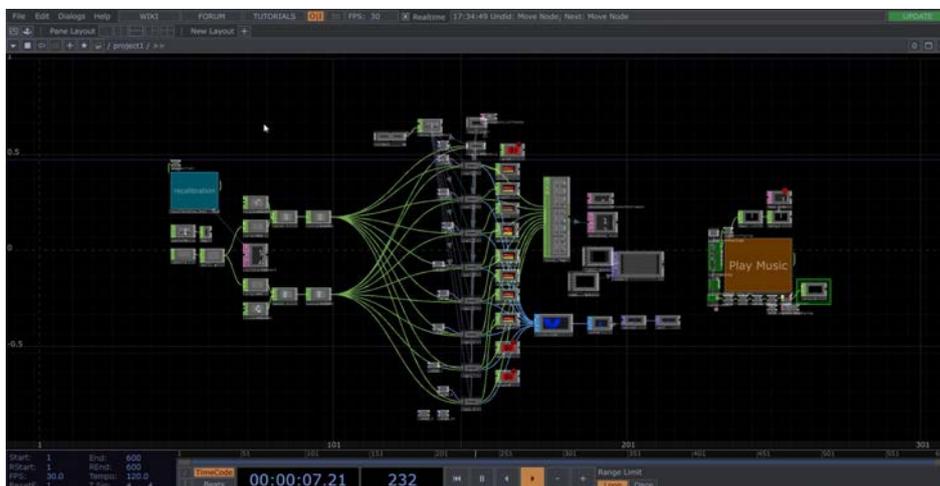


図 3.20 開発した Touch Designer の外観。

四肢の動きの加速度を計算

各トラッカーの位置に対して加速度を計算ししきい値と比較した結果を出力とするコンテナとして実装した。図 3.21 にその外観を示す。入力は Vive トラッカーの位置情報 (3 軸) であり、加速度は直前の位置情報との差分をフレームレートで割り 3 軸の速度を計算する。3 軸それぞれの速度を二乗し足し合わせたあとに平方根を取り加速度とした。加速度がしきい値以上になった場合に、1 をそれ以外の場合は 0 を返すように実装した。これらのデータを加速度データと呼ぶ。しきい値は可変とし、体験者の状況に応じて変更が可能である。



図 3.21 センサーの加速度を計算するコンテナ。

流れている曲で鳴っている楽器を判別

楽曲を TouchDesigner と同期させるために Ableton Live 11¹¹(以下: Ableton Live) を使用した。作成した MIDI ファイルと音楽ファイルを Ableton Live に読み込ませることで、曲の再生と鳴っている楽器を判別できる。楽器の ID と鳴ってい

11 Ableton Live — Ableton, <https://www.ableton.com/ja/live/what-is-live/>, 2022 年 12 月 3 日参照

るか否かの情報を TouchDesigner へ OSC 経由で送信した。これらのデータを楽器データと呼ぶ。

触覚の提示指示を送信

曲の拍ごとに加速度データと楽器データを確認し、動いている部位があった場合に、楽器データから鳴っている楽器に対応した触覚が動いている部位にフィードバックされるように構築した。

3.6.4 検証

以上のシステムを KMD フォーラム 2022 にてデモンストレーションした（図 3.22）。



図 3.22 KMD フォーラムでの体験の様子。

体験者のほとんどがダンス未経験者であったが、どの体験者も2人で動きを確認しながら動きを変えようとしている姿が多く確認できた。またブースの位置が会

場の中心であり恥ずかしくて動かないというようなことが懸念されたが、多くの体験者が楽しそうにダンスをしている様子が伺えた。体験後は「なぜか動きたくなってしまう」「リズム感が無くても踊れるような気がしてくる」「ダンスの先生の動きも感じてみたい」「2人でだと恥ずかしさがあまりなくて良い」などの意見や感想を得た。多くの体験者が2人で体験を行うことをポジティブに捉えていた。

一方で、体験者2人の動きが混ざって触覚刺激としてフィードバックされることに対して、自分が動いたことによってフィードバックされるという達成感が希薄だという意見を得た。また、体験の前半は色々な動きを探索する様子が伺えたが後半になるにつれて動きが単調になってしまう様子が伺えた。「動きたいが動き方が分からなくなってくる」「参考となる動きがほしい」など、動き方に関して自信が無いという感想を得た。動き方が分からなかったからダンスをしたという実感が少ないという感想も得た。

3.6.5 考察

2人で音に合わせて動きを探索するというコンセプトは体験者がダンスをしようとするきっかけになりうることを確認できた。しかし、自分の動きと相手の動きを区別して触覚で受け取れる方がシンプルで分かりやすく、より相手に自分の動きを伝えようとするモチベーションになりうることを考えられる。2人で動きを探索することがどのようにすれば起こりやすくなるのかを検討する必要がある。また、ダンスをしたという実感を生むためにも簡単な動きやステップを教示することで動きのバリエーションを増やす必要もあると考える。そのためには、参加者にダンスインストラクターを加え、2人の体験者に対して動きを伝えたり参考となる動きを教示することが考えられる。しかし、ダンスのステップを教示してしまうと同じステップを繰り返し、本来の目的である表現のダンスの誘発ができなくなることも考えられる。

モジュールを腕だけ装着や足だけ装着などのパターンでも体験をしてもらったところ、装着した際には装着した部位を振るだけで、ダンスよりも腕を振って触覚を感じるだけの体験になってしまった。このことから、四肢に着用することで体幹でリズムを取ろうとすることが分かった。

3.6.6 改良

お互いの触覚が混ざってしまうことを防ぐために、相手の動きは触覚として肩へフィードバックすることとした。モジュール配置を図 3.23 として示す。共有相手の右半身の動きが右肩、左半身の動きが左肩へフィードバックされる。

また体験者の動きのパターンを増やすために、体験は2人の体験者と1人のインストラクターが参加し、2つのセクションで構成することとした。最初のセクションでは、体験者はインストラクターの動きを見ながら触覚を感じる。インストラクターが動かした部位と同じ部位から触覚フィードバックがされる。インストラクターの動きを見ながら曲に合わせた触覚を感じることで、動きのアクセントの付け方や動き方を学ぶことができる。

次のセクションでは体験者同士で表現としてのダンスを実践する。体験者は曲を聞きながら自由に動く。自分の動きは自分の四肢に触覚でフィードバックされ、他方の体験者の動きは肩に触覚でフィードバックされる。

体験者が装着している触覚モジュールを全て振動させるには、体験者2人が協力して全ての箇所を動かす必要がある。そのため体験中に様々な動きを行い、お互いの動きから相互的に動きが誘発されることを狙いとした。

3.6.7 検証と結果

上記システムの有用性を検証するために AsiaHaptics2022 にてデモンストレーションを実施した (図 3.25)。筆者が体験の説明を行いながらインストラクターとして参加した。

相手の動きが肩に伝わることで、お互いに協力して動き、全身に触覚を感じようと動く様子が見受けられた。また、相手の動きが分かりやすく肩に反映されることで相手の動きをよく見るような様子も確認された。相手の動きを見ながら動くことで、相手の動きに影響されて単調でない動きに挑戦する様子も伺えた。このことから、相手の動きを分かりやすく体験者に伝えることで動きのレパートリーを増やすだけでなく、コミュニケーションのきっかけにもなりえることが示唆された。

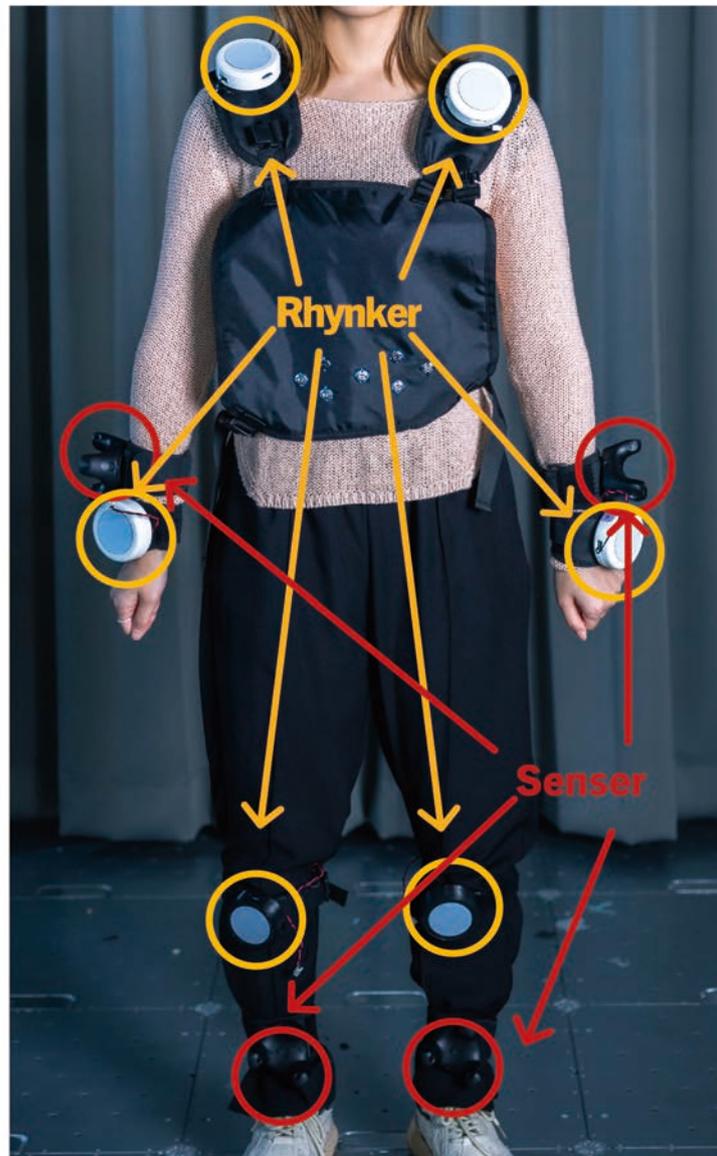


図 3.23 改良後の Rhyunker と Vive Tracker の配置。

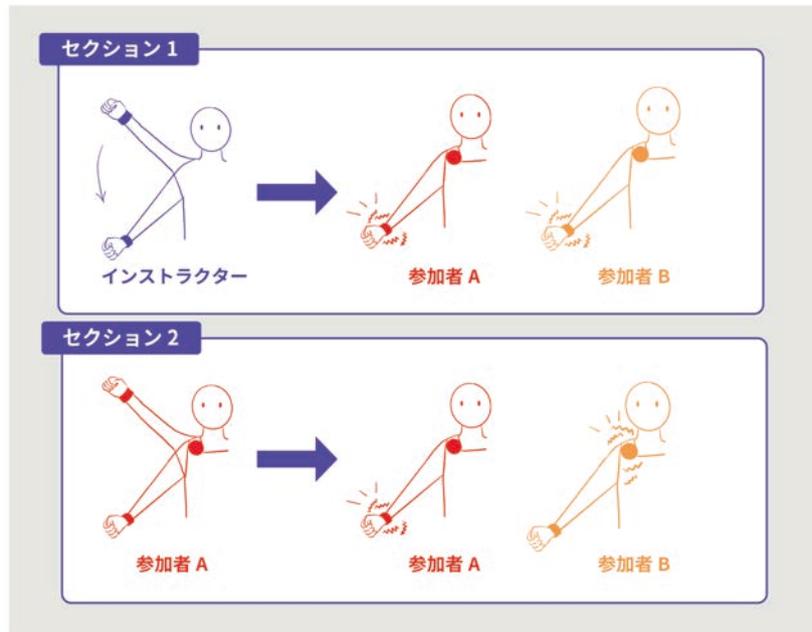


図 3.24 セクションごとの動作。



図 3.25 AsiaHaptics2022 での体験の様子。

3.7. 本章のまとめ

本章ではダンス初心者がリズムを感じながらシンプルな動きを行うことをコンセプトとし複数のプロトタイプを作成した。2人の体験者の動き出すことに着目し、動いた部位へ触覚をフィードバックし、他方の体験者へ触覚を共有することで、リズムに合わせて自由に動きながら様々な動きに挑戦する様子が伺えた。

第 4 章

Proof of Concept

第 3 章で「Resonant Dance」をユーザビリティテストで効果を検証した。本章ではダンス教室でワークショップとして「Resonant Dance」を実施した。ワークショップの中で体験者が、リズムを感じながらリズムに合わせて動きたくなるかを検証し、考察を行った。

4.1. 価値検証の目的

「Resonant Dance」がダンス教室で使用されてもユーザへ価値提供できるのか検証することを目的とした。そこでダンス教室にてダンス初心者を対象としたワークショップを実施した。

ワークショップ実施後に体験者および体験のインストラクタに対してインタビューを実施し、言及された内容から体験の評価をした。体験中には加速度データを収集し機能検証も実施した。検討する内容は以下の通りである。

- ワークショップ環境での機能検証
 1. 体験者は触覚を使うことで動きが大きくなっていたか
 2. 体験者は全身を使って動いていたか
 3. 体験全体を通して動きが大きくなっていたか
- ユーザへの価値検証
 1. 体験者は自発的に動きたくなっていた

2. 体験者はリズムに合わせて動こうとしていた
3. インストラクタはコンセプトを理解しワークショップを実施した

4.2. 参加者

体験者の募集は筆者から知人への声掛けを通して募った。体験募集に使用した文言を下記に示した。

慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科 修士2年の小川と申します。現在、ダンス初心者に向けた実験の参加者を募集しています。ワークショップ形式で行うことを想定しています。

日時: 下記いずれかの日程

- 12/28(水) 12:00 14:00
- 12/28(水) 13:30 15:30
- 1/6(金) 12:00 14:00
- 1/6(金) 13:30 15:30

所要時間: 約2時間

場所: STARS A スタジオ (木更津駅周辺のダンススタジオ)

千葉県木更津市東中央1-1-13 TSビル 10F

(木更津東口徒歩30秒、ジンギスカン居酒屋「ラムちゃん」の上)

対象者: ダンスに興味はあるが、リズム感やダンスをすることに自信が無い高校生以上の方。性別問わず。

(ダンス教室に通っている場合は通い始めて3ヶ月以内)

実験内容: 振動するデバイスを手首と足首に着用し、インストラクタの指示に従って動いていただきます。

体験中の様子は動画と写真で記録させていただき、慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科の研究報告に使用させていただきます。

実験参加への謝礼として 2000 円分の Amazon ギフトカードを進呈します。

ご参加いただける方、興味をお持ちの方は以下までご連絡ください。

慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科 修士2年 小川泰正

また、ワークショップのインストラクタは実際にダンス教室でダンスを教えるダンスインストラクタに協力を依頼した。

4.3. ワークショップ設計

ダンス教室のインストラクタと議論を行いワークショップを設計した。ワークショップを実施し、その結果をもとに改善を行い、最終的なワークショップ構成を決定する。

4.3.1 ダンス教室のインストラクタとの議論

Resonant Dance をダンス教室のインストラクタ 2 名に体験していただき、ワークショップの流れについて議論を行った (図 4.1)。体験会の概要を表 4.1 に示した。



図 4.1 ダンス教室のインストラクタ 2 名が触覚を感じながら動いている様子。

表 4.1: ダンス教室のインストラクタに対する体験会の概要。

日時	2022年12月2日
場所	ポートシティ竹芝
体験のインストラクタ	小川泰正
体験者	MIO (Hiphop Dance School Redbikkez インストラクタ) Pooh a.k.a 優磨 (ダンス教室プクラ講師)

インストラクタに対して機能とコンセプトの説明を約5分間行い、筆者が体験のインストラクタとしてデモンストレーションを約15分実施した。体験会後に実施したインタビューから得た主な意見は以下の通りである。

- 動き方よりもリズムのとり方の練習に焦点をおいたレッスンと相性が良い
- 達成感をもたせるためにもワークショップ時間は60分前後が良い
- リズムのバリエーションを初心者を感じてもらって動いてもらえそう
- 肩の触覚提示を曲のビートと同期させて、曲のリズムを感じる過程があると良い
- 曲のリズムに合わせて動きのリズムも変化する過程をワークショップの先生と一緒に実践できると良い
- 全てのセッションで共通してワークショップの先生が体験者をできるだけたくさん褒める

4.3.2 ワークショップの手順

ダンス教室のインストラクタとの議論を経て、ワークショップの流れを設計した。ワークショップは全部で4つのセッションで構成されている。セッションと

体験者が実施する内容の一覧を表 4.2 に示す。また、体験の前後では体験者に対してインタビューを行う。

表 4.2 ワークショップで行うセクションの内容と流れ。

セクション 1: インストラクタと一緒に動こう	
概要	体験者はインストラクタの動きを触覚刺激で感じる。 刺激を感じながらインストラクタと一緒に動く。
四肢 肩	インストラクタの動きのリズムに対応した触覚刺激を提示。 曲のリズムと連動した触覚刺激を提示。
セクション 2: インストラクタを見ないで動こう	
概要	体験者はインストラクタの動きを触覚刺激で感じながらインストラクタと一緒に動く。
四肢 肩	インストラクタの動きのリズムに対応した触覚刺激を提示。 曲のリズムと連動した触覚刺激を提示。
セクション 3: 伝言ゲーム	
概要	体験者は出題者と回答者に分かれ、回答者は出題者の動きを見ないで、触覚を感じながら動きを再現をする。セクションの途中で役割を交代する。
四肢 肩	送信者: 体験者自身の動きと対応した触覚刺激を提示。 受信者: 送信者の動きと対応した触覚刺激を提示。 曲のリズムと連動した触覚刺激を提示。
セクション 4: 自由に動こう	
概要	体験者は他方の体験者と動きを共有しながら自由に動く
四肢 肩	自身の動きと対応した触覚刺激を提示。 他方の体験者の動きに対応した触覚刺激を提示。

体験開始前の体験者へのインタビュー内容

体験の前にインタビューを行い、ダンス経験やダンスに思うことについて調査を行った。インタビュー形式は半構造化とし、主な質問内容は以下の通りである。

- ダンスと聞いて何を想像しますか
- ダンスとは何だと思えますか

- ダンスと自分の関係を教えてください
- ダンス経験はありますか

体験終了後の体験者へのインタビュー内容

体験終了後に体験者へインタビューを実施した。インタビュー形式は半構造化とし以下の質問を設定した。

- リズムの変化を感じることができましたか
- リズムに合わせて動くことができましたか
- 触覚とリズムのタイミングの遅延を感じましたか
- 印象に残った動きやシーンはありますか
- 最後のセクションでは相手の動きが感じられましたか
- ダンスを楽しめましたか

4.3.3 ユーザスタディの実施

前項で設計したワークショップの手順確認と改善を目的とし、体験者2名に対してユーザスタディを実施した。実施概要を表4.4に、体験中の様子を図4.2に示す。

表 4.4: ユーザスタディの概要。

日時	2022年12月11日 19:30 ~ 21:00
場所	ポートシティ竹芝
体験のインストラクタ	小川泰正(筆者)
体験者	ダンス未経験の20代女性2名。



図 4.2 体験者 2 人が動きを共有してダンスを実践している様子。

体験者プロフィール

体験者は N 氏 (20 代、女性) と Y 氏 (20 代、女性) の 2 名であり、体験前に両名のダンス経験及びダンスに思うことについてインタビューを実施した。両名は知り合いであり、両名ともダンス経験は無い。インタビュー内容から抜粋した両名のダンスに対する印象を示した。両名ともダンスに対して楽しいイメージを持っており、習いたいなどの意欲を示す一方で恥ずかしさや難しさをダンスに対して持っていることが分かった。

N 氏が持つダンスに対するイメージ

- 韓国の子たち (のダンスを) 結構見るからめっちゃいいなって思う。できるようになりたいなって、自分の子供にはさせたいなって思ってます。
- ダンスよく (動画で) 見ます
- 中学も高校もダンスを授業でやったけど、まあ、なんか別にかっこよくないから別に (ダンスをやったという) 実感は無い

- 最近韓国を見るようになったから（ダンスをできることが）良いなって思う
- 自分のダンスがカッコよくないのが恥ずかしい
- ダンスって小さい時からダンス教室に通ってる子たちのものって感じる。
- アイドルとか好きだから（そういうのを見て）ダンスはスポーツみたいな感じ
- （ダンスは）表現というよりは、どうやって見られるか、かっこいいかが重要。見る人のためのもの
- 小学校でダンスを習いたかった。
- 今習うと、自分よりもっとうまい小さい子たちと一緒にやるの嫌。
- （ダンスを）始めるなら大学のサークルが最後のタイミングだった。

Y氏が持つダンスに対するイメージ

- （ダンスできる人を見て）もう自由自在にさ、体を動かせるの楽しいだろうなって思う。
- ダンス見るのは好きで、ショート動画とかでよく見るって感じ
- 中学2年生の時に体育で1回だけなんか適当なダンス習ったことあって、なんだろうちゃんと習ったことないから、できないって感じなんかなんだろうね。
- ダンスすごい人はすごいけど、あ、なんか自分とは違う世界だな、なんか世界線が違う感じ。
- 運動神経の悪さがバレてアホっぽく見えるのが恥ずかしい
- 変な動きはできるけど、リズムにのっていい感じに動けない

- 英語の文法みたいに（ダンスの）基礎がわかってないと、**自分にできる気すらしない**みたいな
- 音楽とかリズムに合わせて、身体をうごかして、それを通してなんだろう。なんか表現すること。なんか感情だったり、なんか物事だったりみたいな。
- （ダンスは）パフォーマンスとか身体動かすっていうのも分かる
- （ダンスができる人みたいに）あんなかっこよくできたら、自分1人でもなんか音楽でダンスして、うんまダイエットしたいなどは思うけど、自分の姿をみると絶望とかやるせない気持ちになるから、普通に筋トレしちゃう
- 好きな音楽かけてさ、体動かして、ついでに痩せたらめっちゃ楽しいと思う
- ジムに通ってトランポリンとかエアロビクスとかやるけど、**リズム感がなさすぎて全然ついていけない**。ついていけるようになったら、多分運動とかも楽しくなると思う。
- **（ダンス）習いたいわ**。まあジム行ってるし、時間とお金の兼ね合いで習ってないんだけど

4.3.4 ユーザスタディから得られたこと

体験終了後、インタビューを実施した。体験によってユーザが示す反応を確認するために得られた事柄を以下の7つに分類し、体験者の回答を引用しながら考察を行う。

- 体験者は触覚によってリズムを感じていた
- 体験者は様々なパターンのリズムを取ろうとしていた
- 体験者は特定の楽器に注目をする
- 体験者はリズムを捉えるのに苦労していた

- 動き方について
- システムとデバイスについて
- 触覚による動作共有について

体験者は触覚によってリズムを感じていた

両名ともリズムを触覚によって感じることで、今まで聞き流していた音のリズムまで感じられたと言及した。意識しなければ分かりにくいHi-Hatなどの楽器も体験を通して、明示的に与えることで意識することができている様子が確認できた。特にN氏はリズムを感じて動くという点について

基本的な、このズンズンズン以外のリズムを取ろうと思った経験は初めてだと思います(N氏)

と、触覚によって新しい経験ができたと述べた。また、Y氏は触覚が音楽のリズムを感じる補助になっている点を評価し、

音楽（を聞く）だけだと、なんか自分的にまだリズムの掴み方とか、ここここでこれやろうってあんまわかんないから、（触覚が）めっちゃいいと思った。(Y氏)

と述べた。これらの回答から体験者は触覚によってリズムを感じることができていると考える。

体験者は様々なパターンのリズムを取ろうとしていた

触覚を通して与えられたリズムを感じることは確認できたが、その感じたリズムに合わせて動くことについては以下のような感想を得た。体験者は触覚で感じたリズムと動きについて以下のような感想を得た。

動きと音が綺麗に揃わないと音ならないって言ってたから、え、この音取ってやろうっていう気持ちにはすごいなった(N氏)

違ったリズムを振動で1回教えてくれて、あ、でもこれ取ってみようってなる (Y氏)

振動で (リズムを) 教えてくれてなかったら、音だけ聞いても、そういうジャカジャカみたいな。その動きを取ろうっていう選択肢が、そもそも自分の中に多分生まれてこないっていうか、(中略) 違ったリズムを振動で1回教えてくれて、まだそのうまく取れないけど、教えてくれてるから取れるって感じ。(Y氏)

また「体験を通して一番うまくできたことは何ですか」という質問に対して、Y氏は「いろんなリズムを取ろうって思えたこと」と回答しN氏も「そう思う」と述べた。さらに、セクション4において考えていたことを尋ねたところ、以下のような会話が生まれた。

筆者 後半の方とか、色んな動きをしてるように見えたし、トライしようとして、なんならなんか途中ちょっと止まって考えて。みたいなシーンが結構あるかと思って、そういう時は何を考えてた？

Y氏 なんかズンしか取ってなかったけど、なんか上の方で聞こえる「チャ」みたいな音で取ってみよう。え、でも待って、この「チャ」でどうなってんだ、え、チャ、チャ、今どうしたどうしたって。(笑)

N氏 え、わかるわかる(笑)一生「ウェツ」(曲中のボイスエフェクト1) 聞いてた(笑) うん。一生「ウェツ」聞いてわかんない……。あ、わかんないけど、Y氏が動き出したから動き出すかみたいな。

このことから、両名とも様々なパターンのリズムを取ろうとしていたことが伺える。

体験者は特定の楽器に注目をする

両名が動くときに考えていたことについて尋ねたところ、Y氏はBassドラムに合わせて動いていたのに対してN氏はボイスエフェクトに注目していたことが分

かった。注目していた楽器が違ったことに対して両名から以下のような会話が生まれた。

Y氏 「ウェツ」も「ヘイ」もそんなのあったっけってぐらいその聞いてなかったなって、今話聞いて、

N氏 いや、でも私そういうなんか表面的なやつばかり聞いてたかもしれない。ズンズンズン聞いてないよ私（笑）

Y氏 えーズンズンズンしか聞いてなかったぐらいまでである（笑）
（中略）

Y氏 「ウェツ」とかなんか本当に記憶なくて。え、そんなのあったんだ〜！って感じ（笑）

N氏 確かになんかズンズンズンも聞けばよかったなと思うよね。こうやって聞くと。

両名とも注目していなかった楽器のリズムに対して驚きを示し、同時に興味を持っていることが分かった。このことから、合わせたい楽器やそのリズムのとり方をインストラクターがサポートすることで、さらにリズムを変えながら動くことができるようになると考えられる。

体験者はリズムを捉えるのに苦労していた

体験者はリズムを感じていたものの、リズムの規則性を捉えるのに苦労していたことが以下の発言から伺える。

（音が）たまに取れてる（触覚がフィードバックされる）から、それは私がそのまだ5回に1回しかこの音を掴めていないんだと思いました（N氏）

あの「ウェ」みたいなやつは一生取れなかった（N氏）

今回は時間が短かったけど、なんかもっと長い時間とってやったらなんかもっとできる気もするって感じ（Y氏）

この音取りたいってなるけど、この取れないもどかしさがあるね。(Y氏)

触覚提示によってリズムを理解し、動きを触覚でフィードバックしているため音に合わせているのかは判断ができるが、リズムに沿って動くためには別途インストラクションが必要であると考えられる。

動き方について

本体験では動き方に関するインストラクションをしていないが、体験者から動き方についても知りたいという感想を得た。

かっこよく見せたいなって思うから。でも、私の中にかっこいい動き、レパトリーがなさすぎるからできない。(N氏)

なんか、ダンス上手い人って、その音が出た時にあ、こうやってみようみたいな、なんかポーズが思いつかない(Y氏)

また体験途中で動きが止まる様子が何度か見受けられたため、その理由を聞く
と以下のような会話が生まれた。

N氏 動けないし、音取れないしってなるとちょっと考えることが多くて、動けなくなりました。

筆者 うん、確かに確かに。

Y氏 音取れたとしても、動くことも考えなきゃいけないから。どう
いうポーズでこれやろうみたいな。

体験を通して動きたくなっているが、動きとしてアウトプットする方法が分からなくなってしまうという課題があることが確認できた。

システムとデバイスについて

デバイスのつけ心地について、体験中に Y 氏の右手のデバイスが外れてしまう様子が確認された。原因は触覚モジュールと回路デバイスの形のずれによって、回路デバイスとバンドを接続しているボタンが外れてしまうためである。そのため、振動モジュールと回路基板は離して装着することが望ましいと考えた。その他、デバイスのつけ心地に関しては特に気にならなかったと評価した。

一方で、足の触覚刺激について「足（の振動）もうちょっと強いともっといいかもって思う（Y 氏）」というフィードバックが得られ、N 氏も足の触覚刺激の弱さに関して同意をしていた。触覚モジュールがズボンの上から装着されているため、腕よりも触覚が感じにくくなっていることに加えて、激しく動いていたためより触覚が感じにくくなっていることが分かった。

触覚フィードバックの遅延について、N 氏は「全く気づかなかった」と回答したが、Y 氏はちょっと遅れているように感じたと言った。

それ以外にも Y 氏はデバイスの反応に不信感を示したという意見が得られ、その理由は体験前のシステム調整の時間が長かったからだとした。

触覚による動作共有について

セクション 4 における触覚共有に関して、以下のような会話が生まれた。

筆者 1 番最後あんまあれか、お互いの動きが反映されてる感はなかった？

N 氏 なんかそこに意識向けるほど余裕はなかった。てか、なんかその慣れてきたのと仕組み分かったから、やりたいことが他にあった感じ（笑）

Y 氏 うん。確かになんか「払う」という新技を伝授されたから（自分の動きに意識が向いて）、共有されているみたいなのはね、意識向けてないね。

動作共有へ意識が向いていおらず、自分の動きに注目していたことが分かった。観察からはセクション4にて終始お互いの動きを目視で確認しながら動き、動き方で交流している様子が伺えた。そのため、セクション4では触覚フィードバックは自分がリズムに合わせて動くことに使われ、お互いの動きの確認は目視で行われていたと考えられる。そこで、より触覚による動作共有を体験者に意識してもらうような流れにする必要があると考えた。

4.3.5 ワークショップ手順の改善

ユーザインタビューおよび筆者がインストラクタをした感想を整理し、体験の流れを確認した。参加者により適切な体験を行ってもらうために、以下のような変更をした。なお、セクション4のみ変更が発生していない。

新たなセクションを追加

セクション4において、体験者自身の動きが四肢にフィードバックされることに不慣れになってしまうという問題があった。そこで、セクション1にはシステムの理解を図るために自由に動きながらシステムの仕組みを体験者に理解してもらうこととした。本セクションを「セクション1: 自由に動こう」とする。概要を表4.5に示す。

表 4.5 新規に追加するセクション1。

(新規追加) セクション1: 自由に動こう	
概要	体験者は音楽を聞きながら自由に動く。 動きながらシステムの構成を理解する。
四肢	自身の動きと対応した触覚刺激を提示。
肩	曲のリズムと連動した触覚刺激を提示。

「セクション1: インストラクタと一緒に動こう」の変更点

変更前のセクション1ではインストラクタと一緒に動きながらリズムパターンを体験者が実践することを目的としていた。しかしながら体験者インタビューより、実施時間が短く様々なパターンに合わせて動くことが難しいことが分かった。そのため、音楽パターンを変更しループしたビートを聞きながらビートパターンをインストラクタが任意のタイミングで変更できるようにする。

また、四肢にインストラクタの動きを提示していたが、システムの理解を測るために四肢に自分の動きをフィードバックすることとした。代わりにインストラクタの動きは肩モジュールで提示することとした。セクション1の変更点を表4.7に示した。

表 4.7: セクション1の変更点。

(変更前) セクション1: インストラクタと一緒に動こう	
概要	体験者はインストラクタの動きを触覚刺激で感じる。 刺激を感じながらインストラクタと一緒に動く。
四肢	インストラクタの動きのリズムに対応した触覚刺激を提示。
肩	曲のリズムと連動した触覚刺激を提示。
(変更後) セクション2: インストラクタと一緒に動こう	
概要	体験者はインストラクタの動きを触覚刺激で感じる。 刺激を感じながらインストラクタと一緒に動く。
四肢	インストラクタの動きのリズムに対応した触覚刺激を提示。
肩	インストラクタの動きに対応した触覚刺激を提示

「セクション2: インストラクタを見ないで動こう」をセクション3と合併

セクション2では、リズムに合わせた動きの実践を行うことを目的とした。本セクションは後述するセクション3に併合することとした。

「セクション3: 伝言ゲーム」の変更点

セクション3は、リズムに合わせた動きの実践を行うことを目的としている。変更前はお互いが背中合わせで動いていたが、出題者が回答者の背中を見ながら動くこととする。また体験者2名で行っていたが、インストラクタも回答者として参加することとする。そのため出題者が1名、回答者が2名となる。インストラクタも含めることで、出題者は回答者2名の反応の違いを確認できるようになり、動きを伝えるという意識が強くなるのではないかと考えた。回答者が自分の動きに不安にならないように、肩モジュールが出題者の動きと一致した場合に触覚を提示することとした。セクション3の変更を表4.8に示した。

表 4.8: セクション3の変更点。

(変更前) セクション3: 伝言ゲーム	
概要	体験者は出題者と回答者に分かれ、回答者は出題者の動きを見ないで、触覚を感じながら再現をする。セクションの途中で役割を交代する。
四肢	送信者: 体験者自身の動きと対応した触覚刺激が提示。 受信者: 送信者の動きと対応した触覚刺激が提示。
肩	曲のリズムと連動した触覚刺激を提示。
(変更後) セクション3: 伝言ゲーム	
概要	体験者とインストラクタは出題者と回答者に分かれる。 回答者は出題者の動きを見ないで、触覚を感じながら再現をする。 セクションの途中で役割を交代する。
四肢	送信者: 体験者自身の動きと対応した触覚刺激が提示。 受信者: 送信者の動きと対応した触覚刺激が提示。
肩	出題者の動きと一致した場合に回答者の肩に触覚刺激が提示。

変更したワークショップの流れまとめ

ワークショップを始める前に、触覚刺激の効果を確かめることを目的とし、体験者はRhyunkerを装着した状態で触覚を一切提示しないセクション0を設けることとした。変更したワークショップの流れを表4.9に示す。

表 4.9 セクションの内容と流れ。

セクション 0: 触覚無しで自由に動こう	
概要	体験者は Rhyner を装着し、触覚刺激が無い状態で音楽を聞きながら自由に動く。
四肢	触覚提示を行わない。
肩	触覚提示を行わない。
セクション 1: 触覚を感じながら自由に動こう	
概要	体験者は音楽を聞きながら自由に動く。 動きながらシステムの構成を理解する。
四肢	自身の動きと対応した触覚刺激を提示。
肩	曲のリズムと連動した触覚刺激を提示。
セクション 2: インストラクタと一緒に動こう	
概要	体験者はインストラクタの動きを触覚刺激で感じる。 刺激を感じながらインストラクタと一緒に動く。
四肢	インストラクタの動きのリズムに対応した触覚刺激を提示。
肩	インストラクタの動きに対応した触覚刺激を提示
セクション 3: 伝言ゲーム	
概要	体験者は出題者と回答者に分かれる。 回答者は出題者の動きを見ないで、触覚を感じながら再現をする。 セクションの途中で役割を交代する。
四肢	送信者: 体験者自身の動きと対応した触覚刺激が提示。 受信者: 送信者の動きと対応した触覚刺激が提示。
肩	出題者の動きと一致した場合に回答者の肩に触覚刺激が提示。
セクション 4: 動作共有をしながら自由に動こう	
概要	体験者は他方の体験者と動きを共有しながら自由に動く。
四肢	自身の動きと対応した触覚刺激が提示。
肩	他方の体験者の動きに対応した触覚刺激を提示。

また、インストラクタが体験中にシステムの挙動を確認できるように体験の流れ一覧用紙を作成した (図 4.3)。

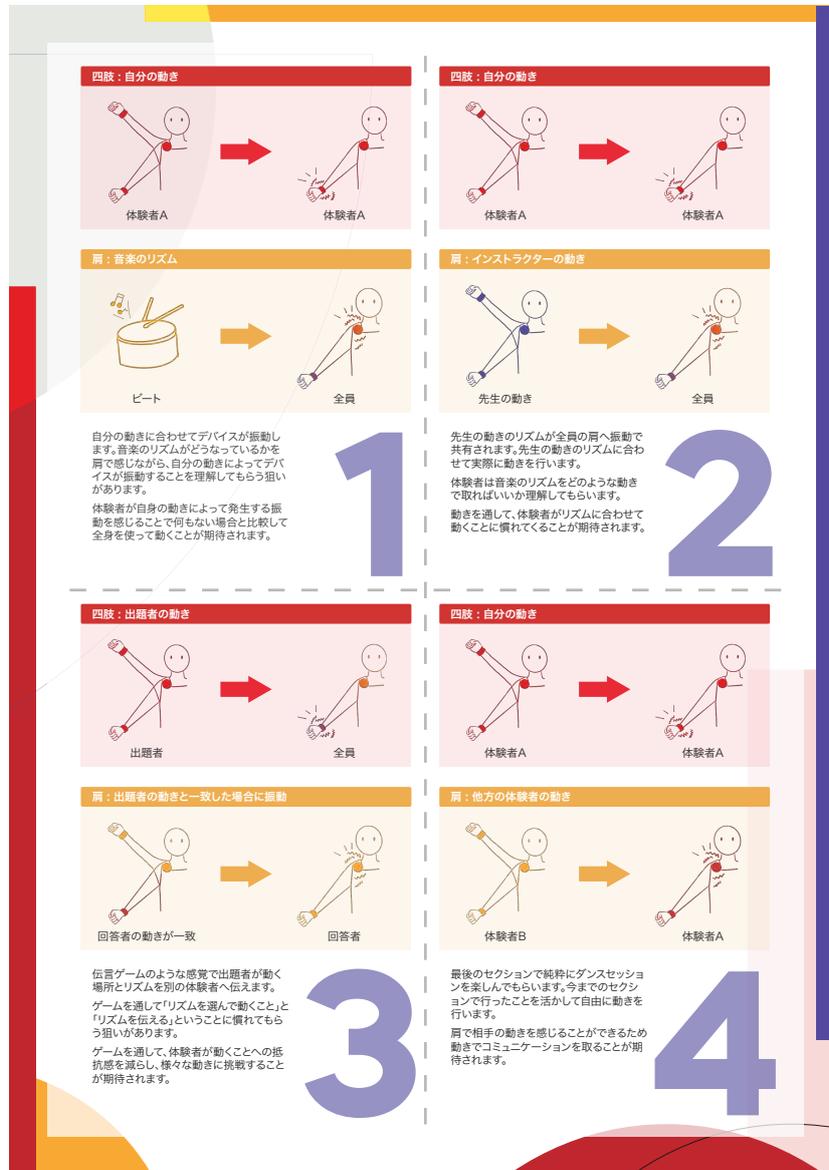


図 4.3 ワークショップ時にインストラクターがセッション内容を確認するための用紙

4.4. 実装

4.4.1 ワークショップのインストラクタについて

価値検証のために行うワークショップでは、ダンス教室のインストラクタ NOBU 氏に体験のインストラクタとして参加していただいた。

NOBU 氏は 23 年のダンス歴があり、ダンスフラッシュ決勝大会出場、ダンスコンテスト「GRAND SOUL」Vol.20 3 位などダンス大会で多数の受賞歴がある。また、千葉県で最大・最長ダンスイベント「ACT」の主催も行うなどダンサーとして幅広く活動されている。現在はロックダンスを中心に活動しており、自身が経営する Street Dance Studio STARS でインストラクタとして子供から大人を含めて幅広い年齢層にダンス教室でダンスを教えている。モーションキャプチャやプロジェクションマッピング等のテクノロジーを活用したダンスレッスンを実施した経験は無く、今回のワークショップで初めて触覚を利用してダンスレッスンを行った。

4.4.2 システム実装

設計した通りにワークショップが実施できるようにシステムを実装する。

ビートパターンと楽曲の作成

リズムの異なるドラムパターンを 10 通り作成した (図 4.4)。ドラムパターンは Bass, Hi-Hat, Snare の 3 つの楽器で構成される。ビートパターンは NOBU 氏と相談して作成した。

UI 実装

体験のインストラクタがシステムを変更できるようなインターフェイスを TouchDesigner で作成した。図 4.5 にインターフェイスを表示し、具体的な機能を表 4.11 に示す。

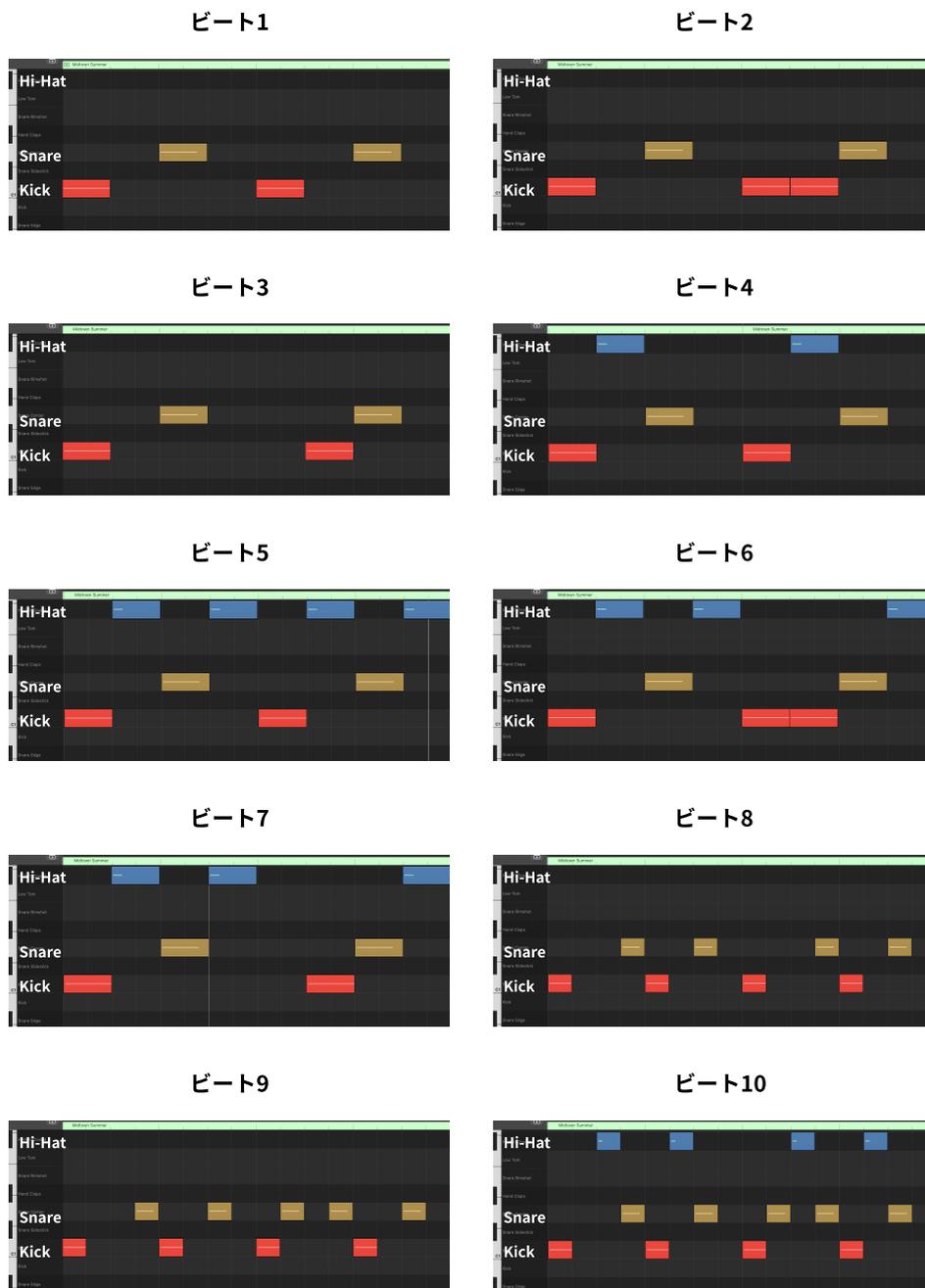


図 4.4 ワークショップで使用するビートパターン (1小節を抜き出して表示)。

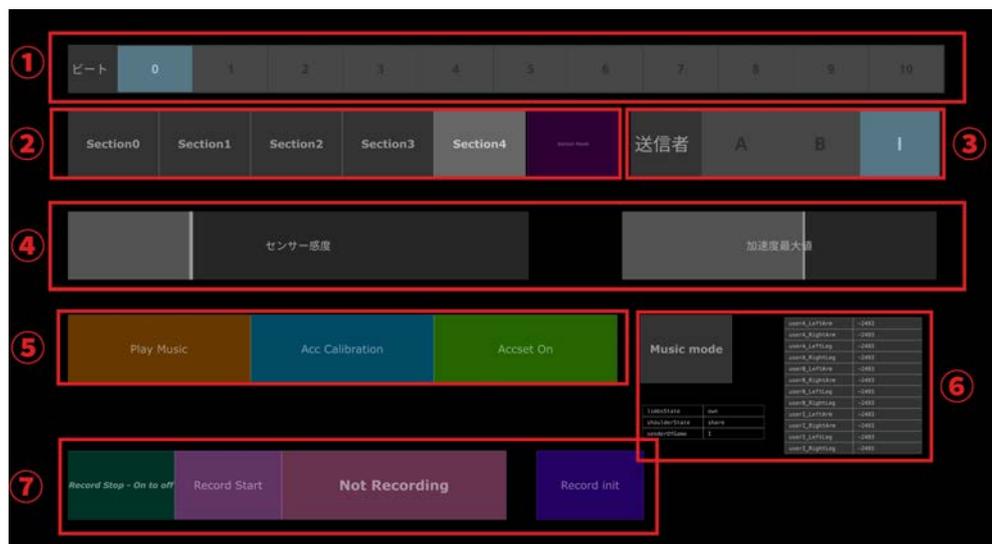


図 4.5 体験のインストラクターが使用するインターフェイス。

表 4.11 図 4.5 に対応する機能一覧。

番号	機能
1	ビートパターンの制御を行う。 ビート0では3.6.3節で作成した音楽が再生される。
2	セクションの制御を行う。
3	セクション3での送信者を選択する。
4	加速度の閾値を調整する。
5	体験開始時に行うキャリブレーションに関する機能。
6	不具合発生時のデバッグ画面
7	加速度データを csv データで保存するボタン

4.4.3 ハードウェア実装

身体から外れにくくするため、Rhyunker を長方形型に変更した (図 4.6)。アクチュエータは回路基板から離して装着できるように改良し、バンドで四肢に取り

付けられるように変更をした。

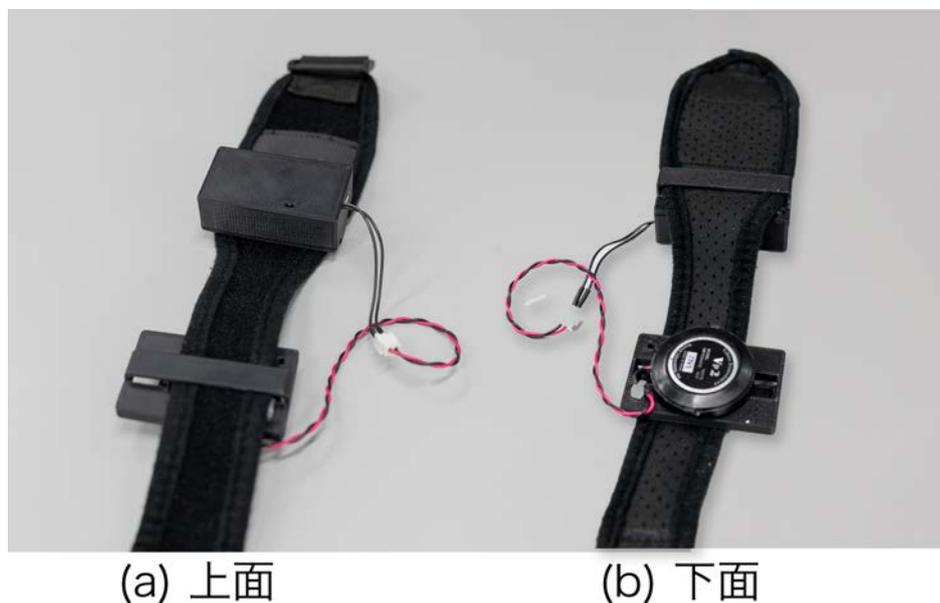


図 4.6 長方形型にリデザインされた Rhyunker。

4.5. 検証 1: ダンス教室でのワークショップ実施

設計したワークショップをダンス初心者を対象とし2回実施した。ワークショップの実施場所は Street Dance Studio STARS A スタジオ (千葉県木更津市東中央 1-1-13 TS ビル 10F) であった。

4.5.1 ペア 1 の体験者プロフィール

ペア 1 の参加者は A 氏 (10 代、男性) と B 氏 (10 代、女性) である。体験前に両名のダンス経験及びダンスに思うことについてインタビューを実施した。両名は同じ学校の同じ陸上競技部の仲間で、平日は頻繁に顔を合わせている。

A 氏のダンス歴とダンスに対するイメージ

A 氏はダンスを習った経験がない。ダンス動画等を頻繁に見ているわけではないが、ダンスを見るのは好きと回答した。ダンスを始めることに対しては消極的な意見を持っており、以下のように発言をした。

ダンスは上手い人から初心者がいて、初めてやるにはちょっとやりづ
らい

ちっちゃい頃からやってたらあれだけど、もうこの年になったら……。
みたいな

ダンスを始める障壁について、以下のように自分と他者との評価が気になり恥
ずかしさがあるためと述べた。

みんながみんな同じぐらいのレベルでできたら、それはみんなもう普
通って感じでいいんだけど、上手い人がいて、苦手な人がいて、自分
がそのどこの立ち位置にいるのかっていうのって、なかなか自分で
把握するのって難しい。

自分と他人との評価が違うから、モヤモヤするっていうか、そうそこ
からやっぱ恥ずかしいって気持ちが出ちゃう。

B 氏のダンス歴とダンスに対するイメージ

B 氏も A 氏と同じく、ダンス経験は無くダンス動画等を頻繁に見ているわけ
ではないが、ダンスを見るのは好きと回答した。また、ダンスに対しては以下に示
すようにポジティブな印象を持っていた。

(ダンスは) 楽しさの表現みたいな。

(ダンスを) 教わりたいです。カッコいいから上手くできたら嬉しい。

自分でやろうとは思わないけど、誘ってもらったらやろうかなってな
ります

一方でダンスをすることへの抵抗感や恥ずかしさを持っており、以下のように述べた。

上手い人を見てるから（自分でやるには）**恥ずかしさがある**。

（上手い人みたいに）そんな動けないよってなる

身体の表現が（自分に）ない。難しい。

ダンスやってる人の動きとかを真似する時に、自分では真似してるように思っても、**相手からどう見られてるのかとか色々考えたりしちゃって、多分そこから恥ずかしさとかが出てくる**。

4.5.2 ペア 1 の体験中の様子

ペア 1 のセクション 0 の様子

触覚が無い状態で自由に動いてください、とインストラクションをしたところ、困っているような様子が伺えた。また、動くことはせず 2 人で喋るなど戸惑っている様子が伺えた (4.7)。

ペア 1 のセクション 1 の様子

セクション 1 では体験者が動くとき触覚が提示され、自由に動いてくださいとインストラクションをした。すると両名とも触覚を確かめるように動いている様子が伺えた。特に A 氏は大きくストレッチのような動きをしており、足を大きく振り回したり、手を広げながら身体をひねったりするような動きを行っていた (図 4.8)。B 氏は足を細かく動かす様子が確認でき、腕よりも足の触覚に意識を向けている様子であった (図 4.9)。



図 4.7 ペア1がセクション0の様子。音に合わせて動くことに戸惑っている様子が伺える。



(a) 足を大きく動かす様子

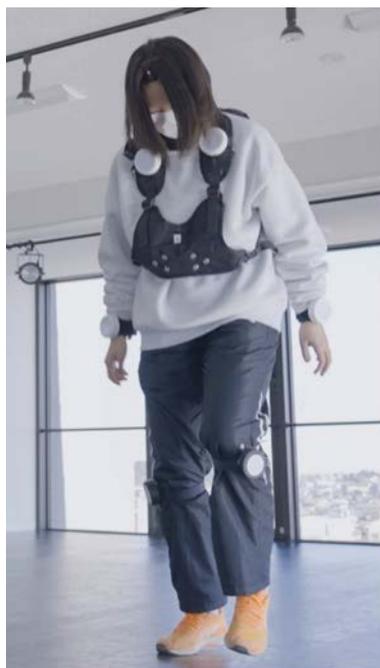


(b) 腕を振り回す様子

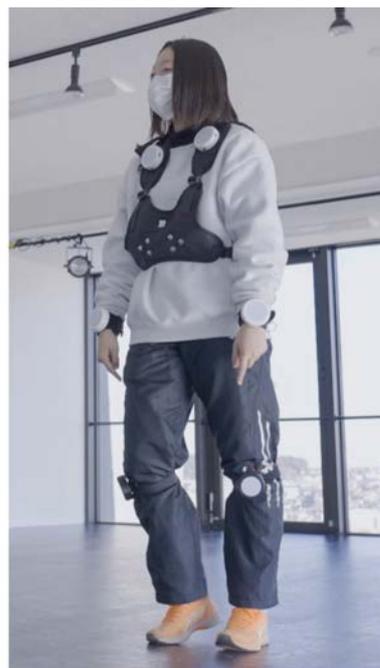


(c) 身体を捻りながら鏡を確認する様子

図 4.8 A氏がストレッチのような動きをしている様子。



(a) 足を細かく動かす様子



(b) 足を指差す様子

図 4.9 B氏が細かく足を動かしたり、足を指差したりしながらA氏と会話している様子。

ペア 1 のセクション 2 の様子

セクションの始めに大きく身体を動かしながらゆっくり動くシーンでは、全身を使って大きく動いている様子であった(図 4.10)。また、図 4.4 内ビート 3 にて 1,2 拍で足を動かし、3,4 拍で腕を動かすシーンでは、ビートに合わせて自由に動きながら腕と足を動かす様子が伺えた。裏拍(図 4.4 ビート 5 の Hi-Hat)に合わせてるシーンでは Hi-Hat に合わせて動くのに戸惑っている様子も観察した。



図 4.10 ペア 1 がセクション 2 で全身を使って動いている様子。

ペア 1 のセクション 3 の様子

セクション 3 では最初に B 氏が出題者となった。B 氏は回答者の動きをよく観察しながら動いていた様子であった。始めは腕だけなどの簡単な動きであったが、徐々に全身を使って動いている様子が伺えた(図 4.13)。続いて A 氏が出題者になった際には、全身を使った非常に大きな動きで動きを伝えようとしている様子が伺えた(図 4.12)。セクション 3 の最後に A 氏が左手に装着している Rhyunker が充電不足で動作不能になったため外してしまった。



(a) 1,2拍で自由に移動する様子



(b) 3,4拍で腕を振る様子

図 4.11 ペア 1 がセクション 2 で 1,2 拍で足を動かし、3,4 拍で腕を動かすシーン。



(a) 身体を大きく動かしながら動く様子



(b) 腕を振りながら前に進んでいる様子

図 4.12 A 氏 (画像中央) が出題者の時の様子。身体を大きく動かしていた。



(a) 回答者の姿を見ながら腕を動かしている様子



(b) 笑顔で全身を動かしている様子

図 4.13 B氏(画像中央)が出題者の時の様子。出題者をよく観察しながら笑顔で浮かべて動いていた。

ペア 1 のセクション 4 の様子

セクション 4 の開始時は A 氏と B 氏はインストラクタの動きに見入ってしまったり、動きを真似している様子であったが、慣れてくると自由に動き始める様子が伺えた (図 4.14)。

A 氏は横に移動したりステップを踏んだりしながら全身を使って大きく動いていた (図 4.15)。一方で B 氏は細かくステップを踏んでいることが多く、腕を動かしながら膝の上下でリズムを取ったり、左右に踏み込んでいる様子が伺えた。また、インストラクタや A 氏の動きを真似して動こうとしている様子も伺えた (図 4.16)。

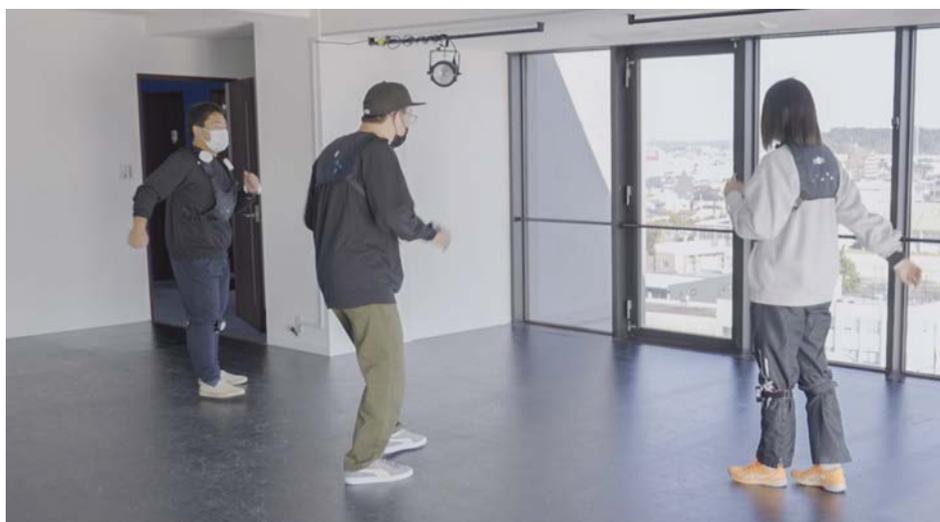


図 4.14 ペア 1 のセクション 4 での様子。

4.5.3 ペア 2 の体験者プロフィール

ペア 2 の参加者は C 氏 (20 代、男性) と D 氏 (10 代、男性) である。体験前に両名のダンス経験及びダンスに思うことについてインタビューを実施した。両名は初対面であった。



図 4.15 A 氏のセクション 4 での様子。大きく身体を動かしていた。



図 4.16 B 氏のセクション 4 での様子。ステップを中心に細かく動いている様子であった。

C 氏のダンス歴とダンスに対するイメージ

C 氏はダンスを習った経験がなく、義務教育である中学校でもやっていないと述べた。積極的にダンス動画をみることはしないが、文化祭などでダンス部の発表をみるのは好きと回答した。C 氏が持つダンスに対するイメージを示す。

なんかカッコいいイメージがあります

みんなが「パッ」て揃って、踊ってる感じのイメージです

(ダンスは) 音楽に合わせて踊って、みんななんか作り上げるものみたいなもの

一方でダンスは「やるよりも見るほうが好き」と回答し、その理由に対してダンスの複雑さを挙げた。

ダンスは難しいイメージがあるから、見るほうが楽しいな

覚えることが多そう。リズムとか音楽とか振りとかそういうの。

D 氏のダンス歴とダンスに対するイメージ

D 氏は小学生の頃にバレエを数年習っていた経験があるが、ストリートダンスのようなリズムダンスを習った経験は無い。“踊ってみた” 動画を見ることがあり、それ以外にもバレエの講演会などの舞台もたまに見ると述べた。D 氏はダンスに対して「カッコいいなと思う」や「やってみたい」と述べた。

隣の席の子がダンスやっているの、やたらよく見る。見てカッコいいなと思う。

楽しそうだな。やってみたい。けどやらない。

やってみたいと回答した一方で他の体験者と同様にダンスを始めることは無いと回答し、その理由を「基本的に運動がそんなに得意でない」と述べた。

4.5.4 ペア 2 の体験中の様子

ペア 2 ではセクション 1 を実施後にセクション 0 を実施した。セクションの順番を入れ替えることで、触覚による効果を確認することを目的とした。

ペア 2 のセクション 1 の様子

セクション 1 でのペア 2 の様子を図 4.17 に示した。セクション 1 にて C 氏は四肢を同時に動かしながらリズムカルに動いている様子が伺えた。様々な場所に目をやりながらも四肢を動かしている様子が伺えた。一方で D 氏は四肢を 1ヶ所ずつ動かしながら、自身が動かした場所に視線を送る様子が多く見られた。

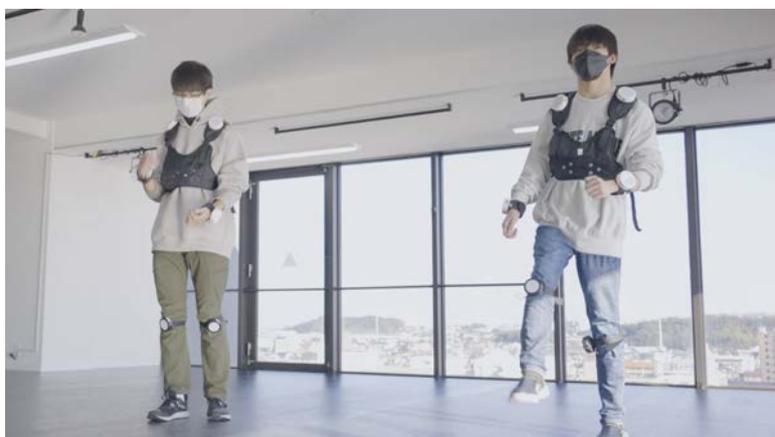


図 4.17 ペア 2 のセクション 1 での様子。C 氏 (画像右) は全身を動かし続けており、D 氏 (画像左) は自身の四肢を見ながら動いていた。

ペア 2 のセクション 0 の様子

セクション 0 でのペア 2 の様子を図 4.18 に示した。動き方に関してセクション 1 と大きく変わった様子は見られなかった。

一方で、セクション 0 とセクション 1 の加速度センサの値には違いが見られた。セクション 0,1 における両名のセンサ値を四肢ごとに平均値を計算し、箱ひげ図



図 4.18 ペア 2 のセクション 0 での様子。セクション 1 と大きく変わった様子は見られなかった。

としてプロットした (図 4.19)。セクションを通した加速度値の平均値は D 氏の右足以外、全ての部位で大きくなっており、セクション 0 と比較してセクション 1 の方が四肢を素早く動かす傾向にあることが分かる。

ペア 2 のセクション 2 の様子

セクション 2 でのペア 2 の様子を図 4.20 に示した。インストラクタの動きに対して、D 氏は素早く動きを真似していたのに対して、C 氏は少し遅れて動きを合わせている様子が伺えた。D 氏はバレエの経験があるため、動きに合わせることに慣れていたのでは無いかと考えられる。

ペア 2 のセクション 3 の様子

セクション 3 では最初に C 氏が出題者となった。C 氏は 4 分の 4 拍子において最初の 2 拍で動き、最後の 2 拍止まるを繰り返し、回答者が最後の 2 拍で動いている様子を観察していた (図 4.21)。動きは繰り返さないことが多く、様々な部位

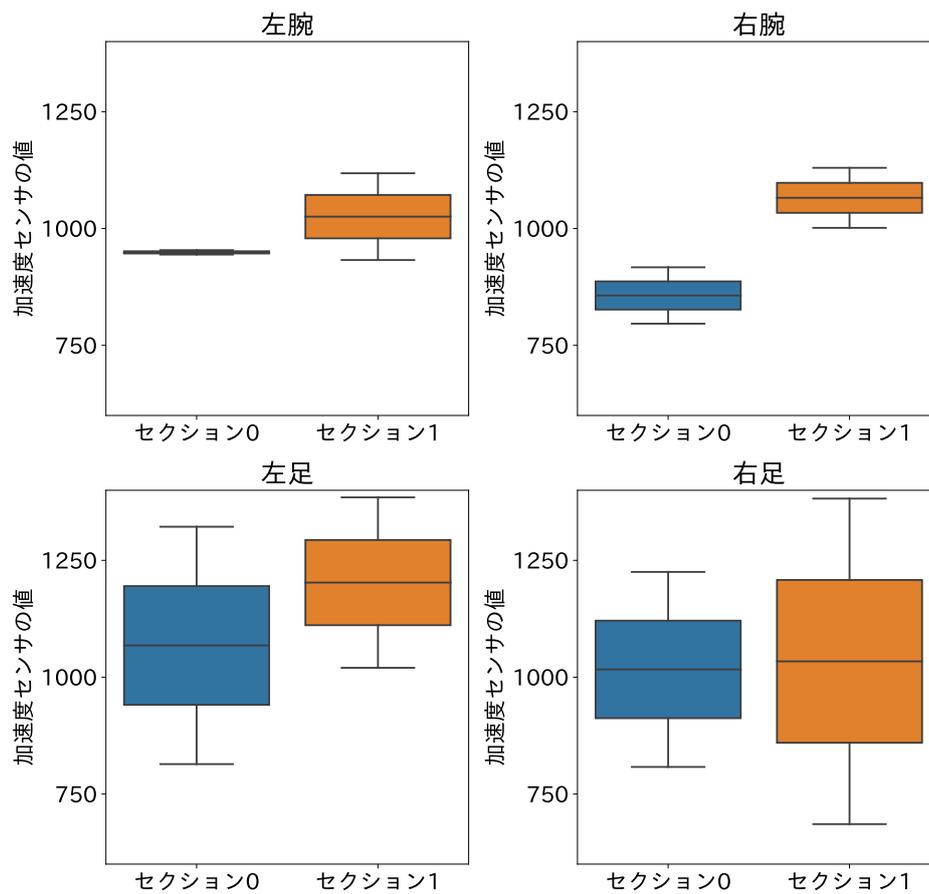


図 4.19 ペア 2 のセッション 0,1 の四肢ごとの加速度値の平均値。セッション 0 と比較してセッション 1 の値が大きくなる傾向が見られた。

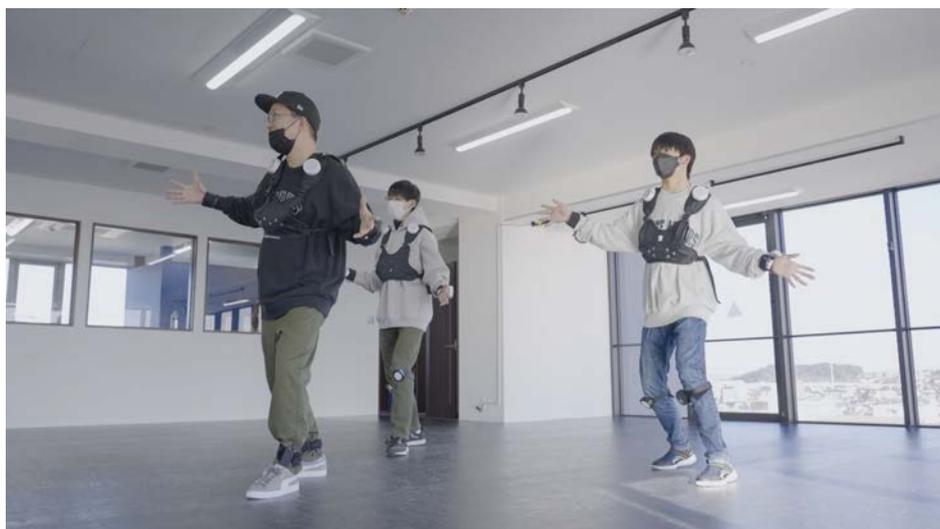


図 4.20 セクション 2 でのペア 2 の様子。

を動かしていた。一方で D 氏は特定の場所を繰り返し動くことが多く、回答者と
同じ動きになっている様子が伺えた (図 4.22)。

ペア 2 のセクション 4 の様子

ペア 2 のセクション 4 では、ペア 1 のセクション 4 の様子から NOBU 氏の動き
に見入ってしまったたり、真似したりしてしまう様子が確認されたため、NOBU 氏
は参加せずに 2 人だけで自由に動いた。セクション中を通してお互いが向かい合
いながら四肢を動かしている様子が確認できた。また、動きの途中で肩モジュ
ールを触りながら「(触覚が) 来てる来てる」と言葉でコミュニケーションを取りな
がら動いている様子も何度か確認した (4.23)。また、D 氏は C 氏の動きを真似す
るような様子が伺えた。

4.5.5 体験者へのインタビュー

体験終了後、ペアごとにインタビューを実施した。本小節では、インタビュー
得られた事柄を以下の 6 つに分類し、体験者の回答を引用しながら考察を行う。



(a) C氏(画像右)が動く



(b) 回答者が動き、C氏は動きを観察している

図 4.21 C氏が出題者の時の様子。動いた後に回答者が動く様子を観察していた。



(a) D氏(画像右)と回答者が左手を動かす様子



(b) 全員で右手と右足を動かしている

図 4.22 D氏が出題者の時の様子。繰り返し特定の場所を動かしていたため、回答者と同じ動きをしていることが多かった。



図 4.23 肩モジュールに触れて触覚刺激を確かめている様子。

- 触覚とリズムについて
- 動き方について
- 触覚による動作共有について
- 動きの触覚フィードバック方法について
- 動きの遅延について
- 体験全体の感想

触覚とリズムについて

触覚によって音楽のリズムが取りやすくなったという点に関して、以下のような感想を得た。

吹奏楽をやっていた時は音楽を感じる時は頭の中でテンポとか考えたりしていました。けれど振動があると頭で考えなくても、ちょっと揺さぶりとかでこう動かしたりすればいいからリズムは確かにすごい取りやすかったです。(A氏)

セクション2では先生の動きと振動が直結してるからわかりやすかった。特に肩がリズムを感じ取りやすかった (C氏)

身体に振動が伝わるので、耳で聞くよりもリズムが取りやすい。(D氏)

触覚によってリズムが取りやすくなることによって、「リズムに合わせて動く」というアウトプットにも意識が向き、動きやすかったという意見も複数得た。

考えるっていうよりかは、もうなんかとりあえず揺れたら動くってことで、もう本能的に動けるんで、まあ動きやすかったです。(A氏)

振動があると無いとだと、でも、やっぱり動きやすさで言ったら、圧倒的にま振動があった方が動きやすかった (A氏)

普通は曲を聞いて「リズムをインプットしなきゃ」ってなるけど、触覚で直感的に分かるから自然とアウトプットがしやすくなかった。(C氏)

もしも触覚が無くても踊れなくはないんだろうけど、触覚があった方がリズムに乗りやすいし動き出しやすい。(C氏)

触覚がなかったら動きが固くなる。振動がガイドになってガイドが無いと不安になる。今回は不安感は無かった。(D氏)

また、動きが触覚でフィードバックされることについて気づきやリズムに合わせてられている実感があるという感想を得た。

音楽とで振動も一緒に来るので、「あ、ここで動けばいいんだ」みたいな気づきが多くなった気がします。(B氏)

先生に教えてもらった時に(触覚を感じながら)真似していくことで、だんだんリズムに乗れるようになってきた(C氏)

動いて触覚が来てリズムに乗れてる感じが最後(Section4は)強かった(C氏)

これらの感想から体験者は触覚によって曲のリズムを感じる(インプット)ことが直感的になり、それによってリズムに合わせた動き(アウトプット)に意識が向くようになっていたことが分かった。また、自分の動きがリズムに合わせた触覚でフィードバックされることによって、動かすタイミングを理解することができ、リズムに乗れたという実感や気づきを誘発できた。

B氏はリズムに合わせた触覚によってリズムを受け取り、リズムに合わせて動いているように感じた以下のように発言した。

曲のリズムと合うとすごい振動しするから、あ、じゃあここで合ってるんだって、**回数を重ねるにつれて理解力も高まってく**ような気がしました。

B氏は触覚に合わせて動くようにしていた様子が伺えたが、一方でA氏はB氏の発言に対して「私はそこまでできなかった」と発言し、以下のように触覚を動きのモチベーションとして捉えていたことが伺えた。

頭真っ白にして、振動に頼りながら動いたりとか、自由に動き回れた
(A氏)

本ワークショップでは動きの改善に関してはインストラクションを行っておらず、「自由に動きましょう」という指示を主に行っていたため、A氏のように深く考えずに身体を動かすことを想定していた。しかしながら、A氏のように触覚を指針として自分の改善しようとする様子も確認でき、想定していたよりも複雑なダンスの技術にも注目していたと考察する。

また、ペア2では本ワークショップを以下のように「リズムの触り」と表現していた。

C氏 リズムの種類をもっと合わせられたら、もっとリズム取れるようになりそうだなと思いました。今回は触りの部分を掴めた感じがする。

筆者 なるほど。Dさんはどうですか?バレエやっていたからちょっと違うかもしれないけど。

D氏 本当に触りの部分。(C氏と) 変わらない感じ。リズムの触りの部分ができた。

リズムに乗ることの実感を持ちつつも、より複雑なリズムのとり方に興味を示していた。このことから簡単な動きとリズムのとり方を実践することができる本体験によって、簡単な動きとリズムの取り方を実践することができることが確認できたと考察する。

動き方について

本体験では動き方に関するインストラクションをしていないが、動き方を知りたいという意見を得た。特にB氏は自由に動くことの難しさについて、以下のよう

自由に動くってなると、全然なんかどういう風に動けばいいのか分からない。ただ動けばいいって言われてもピンと来ない。(中略) 動きのレパートリーが少なくって、すぐに「あ、このリズムだから、こういうしたら合うな」とかは全然追いつかない。で、勝手に体を動かすのも、自由に動くのはすごい難しかった。(B氏)

一方でB氏は基本的な腕の上下や足の前後ろに限らず、リズムに合わせて様々な動きをしている様子が伺えた(図4.24)。B氏は事前インタビューでダンスに対するイメージについて以下のように回答している。

- (上手い人みたいに) そんな動けないよってなる
- (ダンスを) 教わりたいです。カッコいいから上手くできたら嬉しい。

このことから、ダンスに対して複雑な動作をするイメージを抱いていることが伺え、本体験が目的とするリズムに合わせて動くことに加えて、動き方・シルエットにも関心を持っていたと考える。そのため本体験で様々な動きを実践していたものの、本体験が想定するよりも複雑な「カッコいいダンスらしい動き」をすることが難しかったのではないかと考察した。



(a) 全身で右に揺れる



(b) 右前に踏み込む



(c) 右半身を動かす



(d) 両腕を振る



(e) ステップを踏む



(f) 左足を大きく振る

図 4.24 B氏が様々な動きをしている様子(セクション3から一部を抜粋)。

反対にペア 2 では動き方について、以下のように別の機会に教わりたいと回答した。

動き方について取り入れられれば、もっとダンスっぽくなるなど思うけど、多分一緒にやったら混乱しそうだから、まずは(今回のように)リズムが知れたのは良かった。(C 氏)

動き方については回数を重ねてやっていきたい。頭がこんがらがる(D 氏)

動き方とリズムのとり方の両方を短い時間で実践するのは難しく、中途半端になってしまうと考察した。そのため、動き方の教示や実践は本ワークショップでは実施せずにリズムに合わせて動くことに特化することが良いと考えた。B 氏のように本ワークショップにて動き方に満足がいかなくとも、ダンス入門の観点から見ると、動き方へ意識が向くようになること自体も本ワークショップの価値になりうると考える。

触覚による動作共有について

セクション 4 の動作共有に関して、「動きを伝えようとする意識」や「相手の動きを受け取る意識」、「自分の動きに集中して共有に意識が向かない」など、体験者ごとに様々な感想を得た。

ペア 1 の A 氏と B 氏はお互いに動作を伝える・受け取るの両方に意識が向いているような発言をした。

ひたすらす手足動かして、相手から受け取ったらその通りに動けばいいし。逆に自分が動いて相手に渡したら、同じ動きになるかなっていうのを頭の中で考えてました。(A 氏)

相手がそういう風にリズム取ってるんだなっていうのを、まあ触覚で感じる事ができたので、あ、じゃあ、自分もこうやって動けば相手にそう伝わるのかなとか、そういう風に考えてはいました。(B 氏)

特に B 氏は四肢への意識よりも肩への意識があったと述べた。

今回は自分の動きも考えてたんですけど、でも、(四肢の触覚刺激より) 肩の方が感じてました。(B 氏)

B 氏は動き方にも意識を向けていたため、自分の動きと相手からの振動を受け取る肩への刺激を感じていたことが分かる。そのため、四肢への触覚刺激まで意識が向いていないことが伺える。

一方でペア 2 の C 氏と D 氏は動きを伝える・受け取るという関係になっていた。D 氏はセクション 4 では相手の動きが伝えられ、それに同調するように動いていたという感想を得た。目で相手の動きを見ながら、肩への触覚刺激をガイドのように捉えて身体を動かしていたと考察した。

(セクション 4 では) 相手の動きのリズムがきて、それに合わせようとしていた。伝わってきた振動に合わせてみようとしたら、動きも勝手に真似していた。(D 氏)

C 氏は自分の動きに集中することで、共有に対する意識は薄かったと述べた。

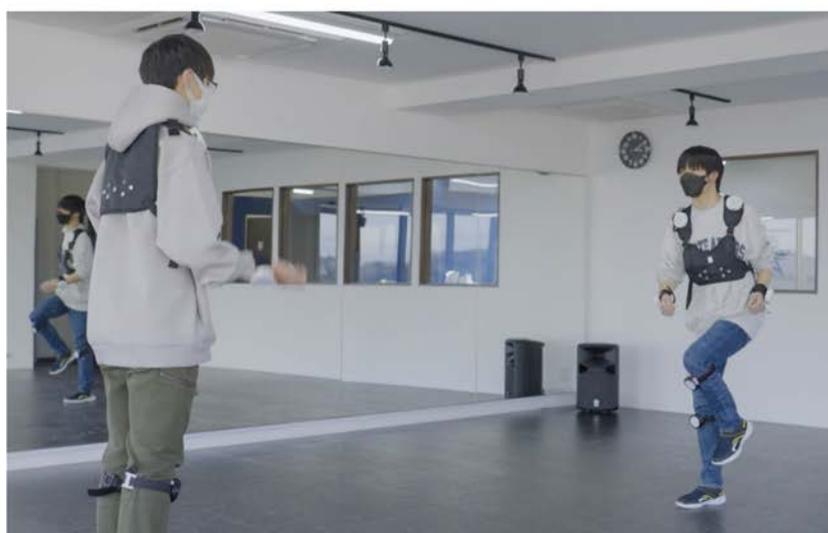
情報が多かった。自分の音も返ってくるし、動いているし、音楽もあるしで、どちらかという自分の動きの方が強かった(C 氏)

これらの発言から C 氏が動き、D 氏が真似をするという関係になっていることが読み取れる。そのため、C 氏は自分の動きに意識が向き、D 氏は相手の動きに意識が向いていたのでは無いかと考える。実際に体験中は C 氏の動きに対応するように D 氏が 1 テンポ遅れて真似する様子が伺えた(図 4.25)。会話によって関係を形成したわけではなく、動きを通して自然にお互いの役割が決まっていた。

ペア 2 は初対面であり、C 氏が年上であった。そのため自然とリーダとフォロワーの関係が出来上がり、セクション 4 では動きを伝える受け取るの関係になったのだと考えられる。これらを踏まえてお互いの関係をあいまいにすることができれば、「相手に動きを伝えていると思っている」が「実は相手が主導で動いており自分は伝えられている」という状態が作り出せるのでは無いかと考えた。特に



(a) C氏(画像右)が右腕を振る



(b) D氏(画像左)がC氏の動きに反応して右腕を振る

図 4.25 ペア 2 のセクション 4 の様子。C 氏が腕を振ると D 氏が 1 テンポ遅れて腕を振っている。

セクション2ではインストラクタから体験者へ動きを伝えている関係になっているが、「インストラクタへ伝える」要素を工夫して加えることで、自分の動きとインストラクタの動きを意識の中で混ぜることができるのでは無いかと考えた。インストラクタの動きと自分の動きが混ざること、より動いている感じやリズムに乗れている感じがすることが期待できる。

動きの触覚フィードバック方法について

動作のフィードバック方法について違和感があったという感想を得た。本システムは音楽に合わせた触覚をフィードバックする仕様であったが、システム仕様が伝わっていなかったのでは無いかと考えられる。A氏は以下の発言から分かる通り、動きを回数で認知しており、動きの一覧の流れによってシステムが判定していると考えていることが伺える。

動きの上下で1回なのか、それとも下げて上げてで1回ずつなのかっていうところで疑問がありました (A氏)

また、B氏は触覚がフィードバックされる回数についても、違和感があったと述べた。

どの動きの振動なのかがわからない感じがありました。人の動き見て振動感じてても、「この動き2回振動が来そうなのに、1回しか来ないな」みたいな。1個の動きに対して何回か振動したりとか、遅れてきたりとかして、ちょっと感じ取りづらかった (B氏)

本システムの特長上、動きが音楽よりも遅くなってしまうと振動がフィードバックされない。音楽に合わせて繰り返し、音楽にあったタイミングを徐々に掴めるように設計していた。しかしながら、システム仕様とその狙いが伝わっていないことで違和感を生じさせてしまったと考える。

動きの遅延について

伝言ゲーム時に動きの遅延が気になったとの感想を得た。

伝言ゲームの時に振動が来てから動くから、どうしても動きが遅くなった。(C氏)

振動が来てから動くので、動きが揃わなかったり、シンクロしづらいついていう時がありましたね。(A氏)

前述の通り、本体験では動きの同期を目指してはいない。特にセクション3での目的は、動きを振動で伝える・受け取るという意識をもってもらうことであった。しかしながら、体験者には動きの同期が主目的であると伝わってしまった。このことからセクション3の冒頭で「動きの同期が目的ではない」ということを改めて強調する必要があると考える。

体験全体の感想

A氏から体験全体の感想を以下のように回答した。

普段は(陸上部で)「ここを意識しなきゃいけない」とかって考えながら動きますけど、今回はもう何も考えずに、もう頭真っ白にして、振動に頼りながら動いたりとか、自由に動き回れたんで、楽しめました(A氏)。

A氏は本体験の目的通り、リズムに合わせて動くことで体験を楽しんでいた感想が得られた。

また、自由に動くことが難しかったと述べたB氏は、「型に収まらない」という言葉で本体験を表現し、日常的には行えない体験という点に関して満足している様子であった。

普段やってる競技(陸上競技)とは全然違う、型に収まっていない動きだったので、それはすごい良かったです。(B氏)

C氏は「リズムに乗れた感じがした」とインタビュー中に何度か述べ、体験の総評として以下のように述べた。

振動を受けつつ自分がリズムとってる感じができたのが今日は良かった。(C氏)

このことから体験の目的である「リズムに合わせて動くこと」が実践できていたと考えられる。

また、D氏は触覚を使ったダンスを斬新であると表現し、テクノロジーを使った新しさに対して肯定的な意見を述べた。

今まで経験したことがない、ダンスと振動の組み合わせが斬新で楽しめた。(D氏)

これらの感想から、体験者に対してコンセプトである「リズムを感じながらリズムに合わせて動くきたくなる体験」を提供できたと考えた。

4.5.6 インストラクタへのインタビュー

ワークショップ実施後にインストラクタを担当したNOBU氏にインタビューによって体験の良かったこと悪かったことを整理し、体験の改善を行った。

触覚刺激を活用したワークショップの感想

NOBU氏はワークショップで最も印象に残ったこととして、「機械を使ってダンスを伝えることが難しかった」と回答した。振動を使ってダンスを表現する試みに関しては、「すごく面白い」と興味を示し、「シンプルに難しいなどは感じつつも、実験自体はすごく楽しかったですね。」とワークショップ実施に関して前向きな感想を得た。

触覚刺激を活用したワークショップの難しさについて

ワークショップの難しさの原因として、ハードウェアエラーの発生によって触覚でのコミュニケーションが上手くいかなかった点を指摘した。また鏡を活用し視覚と触覚を組み合わせた場合に、視覚情報が多いため触覚による効果を感じにくかったと述べた。ワークショップの方法について、「逆に鏡を見ないで、どれくらい相手に伝わるかっていうのは、もっとやってみたい」とセクション3で行った伝言ゲームのような方法を中心にワークショップを進めたいという意見を得た。

デバイスの着用感について

デバイスの装着感については「つけてる感じが嫌な感じとかは全くしなかった」と、ダンスを阻害するようなことはなかったと感想を得た。違和感がなかったため触覚刺激の強さについて、「逆にもっと振動が強くていいのかな」という意見を得た。

ワークショップ参加者とダンス教室に習いに来る生徒との違いについて

本体験の参加者とダンス教室に通う初心者の傾向が違うことが分かった。ダンス教室に習いに来る初心者についてインストラクターは「YouTubeとかTikTokとか結構ダンスを見てきて、自分の中でダンスのイメージが結構色濃い人が入ってくる」と述べた。それに対して、本体験の参加者について、「ダンスのイメージすら頭になくなっていう感じ」や「運動能力が優れてる・優れていないではなくて、普段からダンスに対してどれくらい意識を向けてるかっていうところの量が少なく感じましたね。」と発言した。

普段のレッスンと本ワークショップの違いについて

本ワークショップを通して「振動が伝わりやすい動きを自分がただだから、なんかこうレクチャーをしてるっていう感覚が、正直あんまりなかった」と述べた。普段のレッスンで行うようなレクチャーでは「ウェーブやランニングマン（ダ

ンスステップ)などの細かい動き方を教える」と述べ、本ワークショップとは大きく異なり、その点について違和感を感じている様子が伺えた。また、普段のレッスンへ今回のモジュールを適応することについて「ストリートダンスの決まり(ダンスステップなどの基礎動作)を教えるのは今回のマシンだとなかなかちょっと難しい」と述べた。普段のレッスンでは動き方からリズムを教えるのに対して、本ワークショップはリズムの種類とリズムに合わせて動くことに着目をしている。インストラクタは触覚刺激を活用して普段のレッスンを拡張するイメージでワークショップに臨んでいたことが分かった。

ワークショップのコンセプトをインストラクタに伝える難しさ

ワークショップのコンセプトが“ダンス初心者に対して、リズムのとり方を教えることである”ということワークショップ前に言葉で何度か伝えていたものの、インストラクタへ十分に伝わっていなかった様子が伺えた。インタビュー中に「これ(Rhyner)をつけることによって、恥ずかしさまでも取れたら最高だなとは思うけど。」「(セクション2では)ダンス教えるというよりかは、リズムの種類を教えるセクション」など、ワークショップ設計の際に気をつけていた項目を意見として提案する様子が伺えた。このことから、普段のレッスンと本ワークショップの違いを明確にし、インストラクタにシステムを使ってもらいながら何度も言葉でコンセプトをする必要があると考えられる。ワークショップを実施する前に、“なぜワークショップが4つのSectionで構成されているのか”や“なぜ触覚モジュールを四肢に取り付けているのか”などを含めたワークショップの構成背景を事前に共有することが重要であると考えた。

4.5.7 検証1のまとめ

ダンス教室にてダンス初心者を対象としたワークショップを2回実施した。触覚を活用したワークショップによって、体験者が動き出したり、動きが大きくなったりする様子が確認できた。一方で体験の内容やコンセプトについて、インスト

ラクタへ伝わっていない点を確認された。体験の目的と内容をインストラクタと整理し改善を行い、再度検証を行う。

4.6. 検証 2: ダンス教室でのワークショップ

4.6.1 ワークショップ手順の改善

検証 1 を踏まえてワークショップ手順を改善する。セクションごとの繋がりがスムーズになるように、セクション 2 からセクション 4 それぞれを 2 つのサブセクションで分割することとした。

セクション 2.1 は検証 1 でのセクション 2 と同様に体験者がインストラクタの動きを見ながらタイミングに合わせて動く。セクション 2.2 はインストラクタが体験者 2 人の背中側に立ち、体験者はインストラクタの動きを見ないで、インストラクタの動きのリズムに合わせて動く。体験者は肩でインストラクタの動きのリズムを感じながら、感じたタイミングで身体を動かす。動くタイミングを意識することで音楽のリズムを意識しながら、セクション 3 の伝言ゲームへもスムーズに繋がるようにした。

セクション 3.1 はセクション 2.2 と同様にインストラクタが体験者 2 人の背中側に立ち、伝言ゲームを行う。インストラクタの動かした部位とタイミングが体験者に触覚で共有される。体験者はインストラクタの動きを再現するように四肢を動かす。

セクション 3.2 では体験者 1 名が出題者とし、インストラクタと他方の体験者を回答者とする。回答者は出題者の動きを見ないで、触覚を感じながら動きを再現をする。セクションの途中で出題者は入れ替わる。

セクション 4.1 では体験者同士で動きを共有しながら自由に動く。インストラクタが参加してしまうと、体験者がインストラクタの動きに見入ってしまったり真似してしまったりするためである。一方で NOBU 氏の動きを真似することで動きのバリエーションが増えることが考えられるため、最後のセクション 4.2 では NOBU 氏も入り、体験者と 3 人で自由に踊ることとした。

表 4.13: 検証 2 で行うセクションの内容と流れ。

セクション 0: 触覚無しで自由に動こう	
概要	体験者は Rhyner を装着し、触覚刺激が無い状態で音楽を聞きながら自由に動く。
四肢	触覚提示を行わない。
肩	触覚提示を行わない。
セクション 1: 触覚を感じながら自由に動こう	
概要	体験者は音楽を聞きながら自由に動く。 動きながらシステムの構成を理解する。
四肢	自身の動きと対応した触覚刺激を提示。
肩	曲のリズムと連動した触覚刺激を提示。
セクション 2: インストラクタと一緒に動こう	
四肢	インストラクタの動きのリズムに対応した触覚刺激を提示。
肩	インストラクタの動きに対応した触覚刺激を提示
2.1: インストラクタを見ながら動こう	
概要	体験者はインストラクタの動きを触覚刺激で感じながらインストラクタと一緒に動く。インストラクタが体験者の前に立ち、お手本の動きを見せる。
2.2: インストラクタを見ないで動こう	
概要	体験者はインストラクタのリズムを肩で感じながら、動きをみないでインストラクタのリズムに合わせて自由に動く。
セクション 3: 伝言ゲーム	
四肢	送信者: 体験者自身の動きと対応した触覚刺激が提示。 受信者: 送信者の動きと対応した触覚刺激が提示。
肩	出題者の動きと一致した場合に回答者の肩に触覚刺激が提示。
3.1: インストラクタの動きを再現しよう	
概要	体験者はインストラクタの動かした箇所とタイミングを四肢で感じながら、インストラクタの動きを再現する。

3.2: 動きを相手に伝えよう	
概要	体験者1名が出題者となり、回答者に対して動きを伝える。インストラクタ含む回答者は出題者の動きを見ないで、触覚を感じながら動きを再現をする。セクションの途中で出題者は入れ替わる。
セクション 4: 動作共有をしながら自由に動こう	
四肢	自身の動きと対応した触覚刺激が提示。
肩	他方の体験者の動きに対応した触覚刺激を提示。
4.1: 体験者同士で動きを共有しながら体験者2人で自由に動こう	
概要	体験者は他方の体験者と動きを共有しながら自由に動く。インストラクタは参加しない。
4.2: 体験者同士で動きを共有しながらインストラクタと3人で自由に動こう	
概要	体験者は他方の体験者と動きを共有しながらインストラクタを含めた3人で自由に動く。

4.6.2 体験者プロフィール

ペア3の参加者はE氏(40代、女性)とF氏(40代、女性)で、両名は知り合いであった。体験前に両名のダンス経験及びダンスに思うことについてインタビューを実施した。

E氏のダンス歴とダンスに対するイメージ

E氏は小中学生の時の体育の授業でダンスをやっており、ダンスが好きであったという。E氏は2015年から2017年までダンス教室に通っていたといたが、現在は時々レッスンに顔を出す程度であり、あまり運動していないと述べた。

E氏の持つダンスのイメージを以下に示した。

- 音やリズムを五感で感じて、自然と身体に流れて表現するもの
- 日常の中で**自然と体内に刻まれてるリズム**かなって思ってます

- 表情でもダンスって感じるじゃないですか。体内から (感情が) 全部滲み出る。全身全霊で表現をするっていう意味でも凄いなって (思う)。
- 人を明るくするというかね。華やかで見てても明るくなるし、表現してても気分がいい感じ。

E 氏に自身のダンスに対する自信について尋ねると、リズム感に自信があると話した。

リズム感はちっちゃい時から耳が良いのか、それに関しては自信はある。技術っていうよりは 耳がいいのかなっていうぐらいの自信しかない。

F 氏のダンス歴とダンスに対するイメージ

F 氏は中学と高校の体育の授業や海外留学中にディスコやバーで身体を動かした経験があるが、ダンスを学んだという経験は無い。F 氏のダンスに対するイメージを以下に示した。

- 喜びとか悲しみとか、自分の感情を表現する手段でもあるのかな
- ストーリーがあって表情とか衣装とかでも表現するエンターテインメントっていうか……。
- 心の栄養元。見ててもだし自分でやっても。

また、F 氏は自身のリズム感について尋ねると、他人からおかしなリズム感と評価された経験があることを話した。

私はリズム音痴なので。(中略)

私自身は楽しんでるんですが、どうも他人から見ると、なんかおかしなリズム感らしいので……。

4.6.3 体験中の様子

体験は設計通りセクション0から4.2まで順番に行われた。

セクション0でのペア3の様子

セクション0では両名とも音楽に身体を左右に揺らしている様子であった。大きな動作の変化は無く、たまに顔を見合わせてコミュニケーションを取る様子が伺えた。

セクション1でのペア3の様子

両名とも触覚刺激に対して、両名は「足動かすとすごいよ」のように言葉でコミュニケーションを取りながら触覚刺激を感じながら動いている様子が伺えた(図4.26)。手足を大きく振るなどして、触覚フィードバックを確かめている様子であった。セクション0,1における両名のセンサ値を四肢ごとに平均値を計算し、箱ひげ図としてプロットした(図4.27) セクションを通した加速度の平均値は全ての部位で大きくなっており、セクション0と比較してセクション1の方が四肢を素早く動かす傾向にあることが分かる。



図 4.26 セクション1にてペア3が四肢を動かしながらコミュニケーションを取っている様子(左: F氏、右: E氏)。

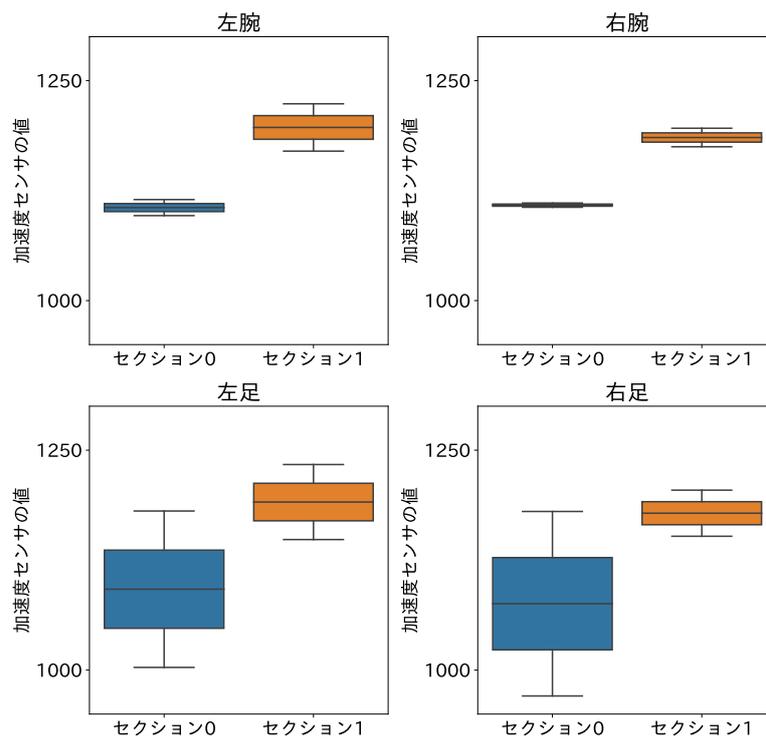


図 4.27 ペア 3 のセクション 0,1 の四肢のセンサ値の違い。

セクション 2 でのペア 3 の様子

セクション 2.1 は鏡を見ながら行われた。NOBU 氏が体験者に対して、自身の動きのリズムを触覚で伝えながら、言葉で説明している様子が頻繁に伺えた。

(NOBU 氏が動きながら) この”ンチャンチャ”って感じてもらってるリズムが、僕が取ってるリズムになります。(NOBU 氏)

検証 1 と比べてアフタービートや裏拍などのバリエーションと動かす部位も頻繁に変えている様子であった。また、セクション 2.1 から 2.2 に移る際に、体験者の立ち位置や向く方向を変化させながら徐々に NOBU 氏が立ち位置を変えながら進行していた (図 4.28)。セクションを切り替えるタイミングや方法は事前に打ち合わせしていなかったが、立ち位置を変えることでより自然にセクションを繋げることができていたと考えられる。セクション 2.2 は狙い通り、NOBU 氏のリズムに合わせて体験者は身体を動かしている様子が確認できた。



図 4.28 NOBU 氏が立ち位置を変えながら説明をする様子。

セッション3でのペア3の様子

セッション2.2の配置のままセッション3.1を開始した。セッション3.1はNOBU氏が出題者で体験者2名が回答者の伝言ゲームである。セッション3.1での各参加者の四肢の加速度値が閾値以上の時間をプロットしたグラフを図4.29に示した。体験者はインストラクタの動きに合わせている傾向があるが、体験者の動きが閾値を超えることが少ない。体験者の四肢にはインストラクタの動きが提示されるため、体験者は大きく動かすよりも動かす場所に意識が向いていると考えられる。

セッション3.2の様子を図4.30に示した。初めにE氏が出題者となった。E氏は全身を使って繰り返して動いており、動きは同じながらも動きのリズムを細かく変えている様子が伺えた。F氏が出題者の際には、動かす部位を頻繁に変えながら回答者の動きに注目している様子が伺えた。

セッション4でのペア3の様子

セッション4.1では体験者が向かい合って音楽に合わせて自由に動いた(図4.31) E氏は頻繁に動きを変えながら動いており、F氏は目を閉じて触覚刺激に集中している様子が伺えた。4.1では両名が向かい合う配置のまま進んだ。

4.2ではインストラクタが混じり3人で自由に音楽に合わせて動いた。インストラクタが入ることで、E氏とF氏は立ち位置を気にしなくなったかのように、自由に歩いたり回転したりするなどの4.1では見られなかった様子が伺えた(図4.32)。また、言葉を交わすなどのコミュニケーションも多く伺えた。

4.6.4 体験者へのインタビュー

体験終了後に体験の価値を抽出するためにインタビューを実施した。本小節では、インタビュー得られた事柄から本体験の3つの効果と価値について、体験者の回答を引用しながら考察を行う。

- 体験者は動きたくなっていた
- 動作共有による効果について

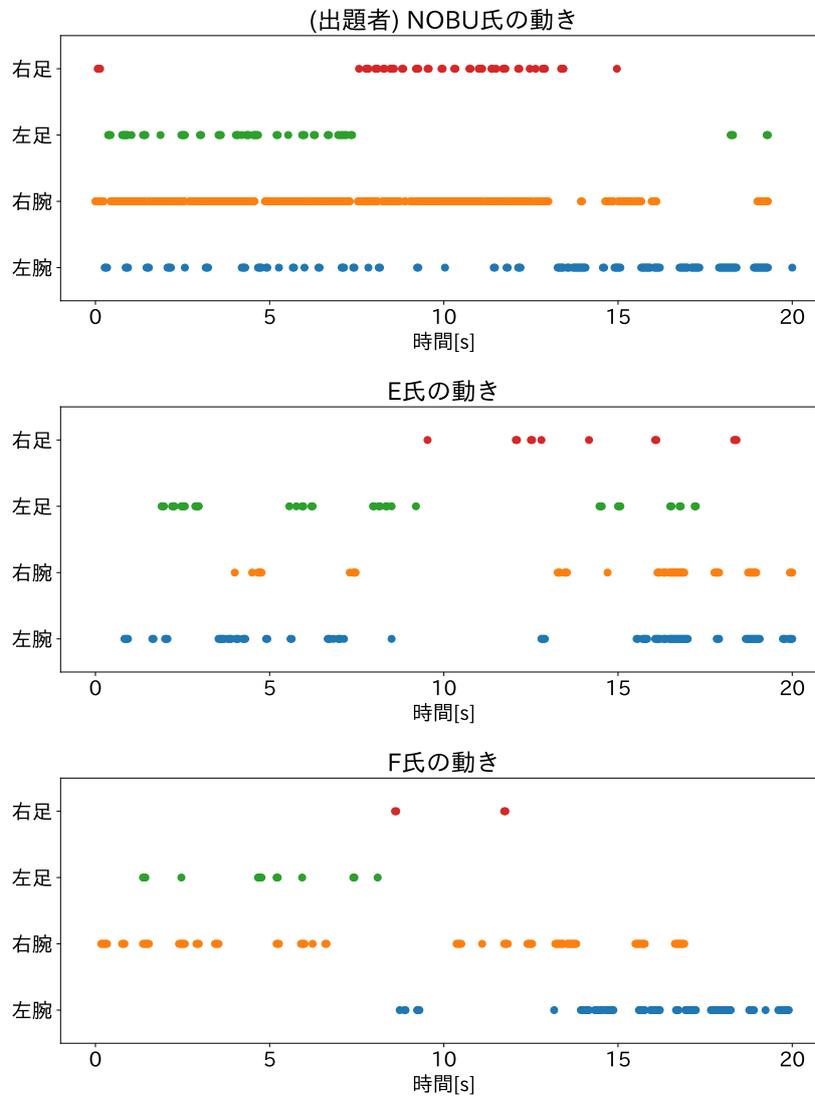


図 4.29 NOBU 氏が出題者の際の体験者の四肢の動き。加速度が閾値以上でプロット。



(a) E氏が出題している様子



(b) F氏が出題している様子

図 4.30 セクション 3.2 で体験者が出題している様子。



図 4.31 セクション 4.1 でペア 3 が向かい合って動く様子。



(a) 参加者全員で別々の動きをする様子



(b) E氏とF氏がコミュニケーションを取る様子

図 4.32 セクション 4.2 で体験者が動き回る様子。

- エンターテインメントとしての価値

体験者は動きたくなっていた

両名は触覚によってリズムを感じることによって動きたくなると評価をした。また、E氏からは動きたくなるだけでは無く、全身を使って動き出したくなるとの感想を得た。これらの感想から体験者は触覚によって動きたくなっているということが確認できた。

振動のリズムだけでダンス踊りたくなるなどか、そういうものを感じました (E氏)

自然と体をね、動かしたくなるような、気持ちになりました。(F氏)

やっぱり手だけ動かしてたのも下半身使いたくなるなどか、なんかあ、やっぱりあちこち動きたくなる (E氏)

触覚によって動きたくなり、その結果動き方も知りたくなったとの感想も得た。

動き方を教われれば、より楽しく表現できるのかなって (E氏)

リズムの中に入ってみて楽しいんですけど、なんかもっとしっかり動きたいって (E氏)

いろんなバリエーションを知っていたら、もっとこんな動きとかできたらなるなって思いましたね (F氏)

(セクション 4.1 の) 最後に割と同じような動きばかりしてたので、色々な表現方法を知ってれば、もっと楽しくなったのかなと思います (F氏)

これらの感想からダンスの技術を向上させたいという意欲を体験者から引き出せたことが分かる。ダンスへの意欲が向上することで、ダンスが複雑がゆえにダンスが苦手・嫌いとなってしまうことが少なくなるのではないかと考えられる。

動作共有による効果について

E氏は触覚によるリズムと動作の共有の新しさと楽しさを評価し、本体験の総合的な感想として共鳴という言葉を使って言及し、動作共有を行うことで動きの刺激になったと話した。

リズムを感じながら自分も動くし、他の人のリズムも入ってくるから、1人だけのダンスタイムじゃなくて、**共鳴感っていうんですか**、一緒に楽しんでるなって思いました (E氏)

自分で取ってる動きとは、**別のところから入り込んでくるスパイス、アクセント**になって、こっちから返し合うみたいな。そういう感覚の中に包まれた (E氏)

Resonant Danceが狙いとしたリズムの共鳴感が体験者へ届いており、コンセプトである「動作共有によって個人の動きの延長だけではない、思いがけない動きが生まれること」が達成できたと言える。

また、両名はセクション4.1ではリズムに合わせることに意識が向き、セクション4.2では自由に動くことに意識が向いていた。F氏はセクション4.1にて、肩で相手の動きを感じるために目を閉じながら動いていたという。E氏はセクション4.1では「無意識的に動きにブレーキをかけていた気がする (E氏)」「触覚のリズムにはまろうとしていたかもしれない (E氏)」と振り返った。

一方でセクション4.2でNOBU氏が入ってきたことによって、動きやすかったと評価した。

インストラクタの動きを真似することに安心感があった (F氏)

先生の動きを見て、こんな風にするんだと新しい発見もあった (F氏)

こんなに自由でいいのかと気付いた (E氏)

触覚に割と反応はしてたけど、割と自由に動いてた (E氏)

このことから体験者はインストラクタの動きを目で見ることで、体験者の動き方が変わったことが分かる。触覚では動きのリズムを変化させ、インストラクタの動きによって動き方が変わるという2つの要素がセクション4.1と4.2で組み合わせることができたと考える。

エンターテイメントとしての価値

E氏は触覚によってリズムを感じることで、リズムの中に自分が入っているようであったと述べ、浮遊感のような不思議な感じがしたと評価した。F氏は「VR体験」や「チームラボ」などの言葉を使って、本体験の新しさについて評価した。

リズムが刻まれすぎてるから、そのリズムの中に自分がいるみたいな感じになる。入り込んでいくっていうよりは、入ってくるって感じ (E氏)

お家でVR体験みたいなのか、ゲームっぽい感じで、チームラボとかの空間にありそう (F氏)

また、通常のダンスレッスンと異なる点として、E氏は気構えなくていいという点を評価した。

普通のレッスンは先生についてこうとか、振り覚えようとか、そっちの神経や脳を使うんですけど、今回は「自由に動いていいよって」決まりはないので、そういった意味で構えはないね。覚えようとか先生についていこうじゃなくてね。(E氏)

触覚を全身で感じる体験自体が目新しく、体験者からはダンスレッスンよりもエンターテイメントとしても捉えられていたと考えられる。本体験のエンターテイメント性を活かすことによって、多くの人に体験をしてもらいダンスが身近になるような活用が期待できる。

4.6.5 インストラクタへのインタビュー

全ワークショップ終了後にインストラクタに対してインタビューを行った。インタビューから抽出された意見や感想から考察を行う。

前回との違いについて

検証1で発生していたハードウェアエラーについて、「かなり良くなった」と述べた。またワークショップの内容についても、「(Sectionごとに)何が狙いでどうしたらいいかがクリアになってきた。」「やりやすかった」などワークショップのコンセプトをすり合わせた結果、「ワークショップのクオリティが格段に上がった」とインストラクタがワークショップに手応えを感じている様子が伺えた。このことから、本ワークショップはインストラクタへ受け入れられたと言える。

変更した Section と体験全体の流れについて

各セクションごとに狙っていることは何かを明確に伝え、流れを整理することができたため、「教える側のやりやすさが倍増した」「やりやすかった」「流れもスムーズだった」「全体的に実験としての制度が上がってクオリティが上がった」など、ポジティブな意見を得た。このことから、各セクションごとに持つ目的をインストラクタへ伝え、すり合わせることでワークショップを進行する上で非常に重要であると考えられる。

Section3の改善点

Section3で回答者の四肢は出題者の動かしている部位と連動して振動しており、回答者の肩は出題者と動きが同調していると振動していた。Nobu氏は動きが同調して肩に提示されることについて違和感を述べていた。違和感を持つ理由として、四肢の感覚が研ぎ澄まされない点をあげた。回答者は出題者の動きと同期すると肩に意識が向いてしまうため、肩に触覚刺激を送るのではなく、四肢の振動を大きくするなどすることで、より自然に動きとリズムを意識できると考えた。

ワークショップのマニュアル化について

Nobu氏は本ワークショップを進める上で事前に決めておくべき点について以下のように述べた。

リズムのパターンをどのくらい教えて、教える際にどのような動きをすべきなのかを事前に議論する時間がたくさんあれば、教える側として進めやすかった。(NOBU 氏)

本ワークショップでは、システム上で音楽のパターンをインストラクタが任意のタイミングで変更できるようにし、リズムのとり方もインストラクタに全て委ねていたが、それらはインストラクタのダンス経験が必要である点を指摘した。インストラクタの経験による差を無くすためにも、マニュアルを作成することでワークショップを進めやすくなると意見を述べた。具体的には Section2 での色々な楽器の音を色々な方法で取ることにに関して、「決まりがあってそれに音楽がどんどん変化していく。(NOBU 氏)」と音楽が自然に変化し、それに合わせて決められた音のパターンを取ることが望ましいとした。

マニュアルを作成することで、教える側も教わる側も理解しやすくなるだけでなく、教える側のダンススキルレベルが高なくてもワークショップを実施できるようになるのではないかと考えた。マニュアルに沿ったビデオを作成することで、家庭用ゲームとしての展開やインストラクタがいなくても体験を行えるようになるなどの発展も期待できる。

楽しさを増強させるワークショップの難易度デザイン

本ワークショップでは、誰でもリズムに合わせて動くことを実践することに着眼しており、できるだけ難易度を下げて体験をデザインした。一方で Nobu 氏は「少し難しさも入れてあげる」「難しさが楽しさも生むのかな」と、難易度を調整することで楽しさを生むことができるのではないかと述べた。その理由をスポーツクラブでインストラクタとして働いていた経験を元に以下のように意見した。

ちょっと難しいことを教えてあげると、(中略)達成感、満足感を味わわせてあげられる」。簡単にできると簡単に飽きちゃう。(NOBU 氏)

難易度を調整するために、より複雑なリズムのとり方をすることが考えられ、NOBU 氏は右手と左手で別のリズムを取るような方法を提案した。同じシステム

構成で難易度もデザインすることで、体験者も繰り返し体験を行い、ダンス技術も向上することが期待できる。

ダンス教室での活用と普及について

本ワークショップとは目的が異なるが、Rhyunker がダンス教室で使えるシーンについても言及した。

ダウンとかアップとか膝でリズムを取る時に、ずれてしまう子へ振動でサポートをする器具としては、可能性が見える。(NOBU 氏)

一方で、触覚によるリズムのサポートをし続けると「耳が衰えてしまう」と表現し、リズム感やリズムキープが触覚に依存しないように注意する必要があると指摘した。

具体的な普及をさせる方法について、NOBU 氏は具体的に以下のように述べた。

各ダンススタジオさんにモニターとして1個だけ置いてもらって、(中略) ブラッシュアップしながら、ダンスの先生たちに認識してもらえば、注目度と話題性が出るかもしれない (NOBU 氏)

NOBU 氏の発言から、Rhyunker によってリズムキープの練習ができるようになれば、ダンス教室で Rhyunker を認知してもらえるようになると思う。認知が広がることによって、Resonant Dance 自体も広がり、多くの人に体験をする機会を提供できるようになると考えた。

ダンスシーンにおける本体験の価値

NOBU 氏は、本体験によってリズムを取れたという成功体験をダンス初心者に提供できるようになった点を評価し、それによるダンスシーンの発展にも言及した。

成功体験っていうのはさ、(ダンスへの)ハードルを低くしてるから。そこから入口になって、本当にもっと突き詰めたいって思った子がダンススタジオに行けばいいと思うし。その入口・間口を広げるっていうのは、やっぱ(ダンス)シーンを広げるってことにもなるから。
(NOBU氏)

本体験はダンス初心者がダンス教室に通う前のきっかけにもなりうると考える。前述した通り本ワークショップは、マニュアル化によるプロ以外のインストラクションや家庭用ゲーム化の可能性を持っており、同時に Rhynker のダンス教室への設置などを実現することで、デバイスの普及の可能性も持っている。以上の点より、Resonant Dance は多くのダンス初心者が「気軽にダンス成功体験」を行い、ダンスシーンの活性化やダンスが苦手・嫌いという人々を減らす可能性を持つ体験であると考えた。

4.6.6 検証2のまとめ

本節では検証1の結果を踏まえ、インストラクタとの議論を通してワークショップを改善し、体験者2名に対してワークショップを実施した。体験者は触覚を使うことで動きたくなっており、動きが大きくなるなどの反応も見られた。またインストラクタからは検証1と比べてクオリティが格段に上がったと評価いただき、ワークショップが受け入れられたと結論づけた。また、マニュアル化やダンス教室の導入によって Resonant Dance がダンスシーンを活性化させる可能性も示唆された。

4.7. 機能検証と価値検証

「Resonant Dance」がダンス教室で使用されてもユーザへ価値提供できたのかを検証するために機能検証と価値検証を行った。

4.7.1 ワークショップ環境での機能検証

第3章で行ったユーザビリティテストと同様の機能がワークショップ環境下でも発揮されていたのかを以下の3点から検証した。

- 体験者は触覚を使うことで動きが大きくなっていたか
- 体験者は全身を使って動いていたか
- 体験全体を通して動きが大きくなっていたか

ペア1は有効なデータが取得できなかったため、ペア2とペア3の加速度センサの値を元に検証した。

体験者は触覚を使うことで動きが大きくなっていたか

第4.5節と第4.6節でも述べたとおり、セクション0(触覚なし)と比べてセクション1(触覚あり)の加速度センサの値が大きくなる傾向があった。このことから体験者は触覚を使うことで動きが大きくなっていたことが分かった。

体験者は全身を使って動いていたか

全身を使って動いていたかを検証するために、ペア2はセクション4、ペア3はセクション4.2での体験者の四肢の加速度センサの値を確認した(図4.33)。四肢の加速度が頻繁に閾値を超えていたことから、体験者は全身を使って動いていたことが伺えた。

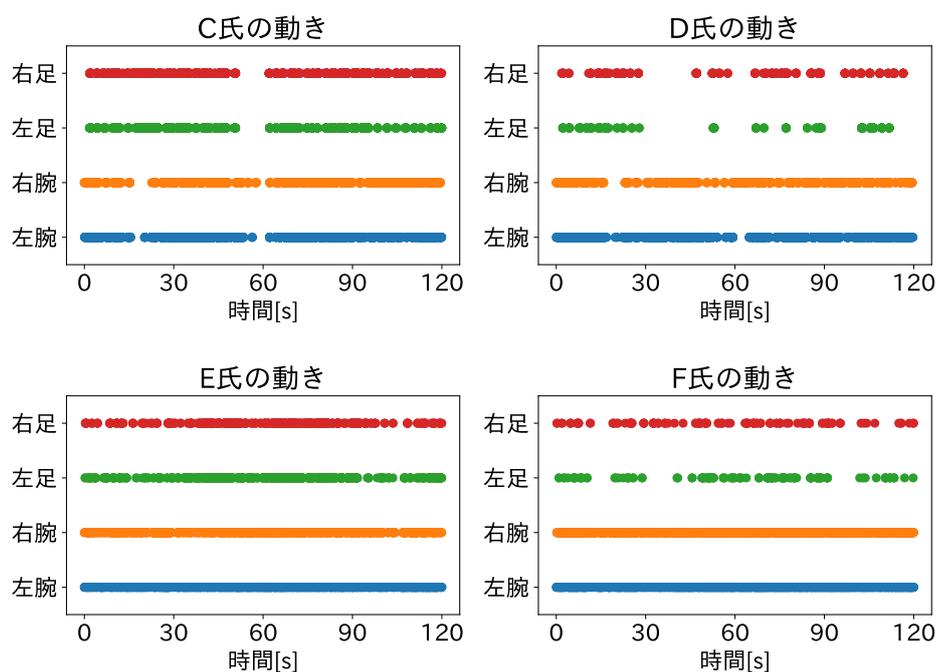


図 4.33 セクション 4 でのペア 2 とペア 3 の四肢の加速度が閾値を超えた場合にプロット。

体験全体を通して動きが大きくなっていったか

体験全体を通して動きが大きくなっていったかを検証するために、ペア 2 のセクション 1 とセクション 4、ペア 3 のセクション 1 とセクション 4.2 での体験者の四肢の加速度センサの値を確認した (4.34)。データ抽出範囲は時間を 30 秒とし区間はデータ記録開始から終了までの中央とした。全体として加速度値が大きくなる傾向が見られたため、体験全体を通して動きが大きくなっていったと結論づけた。

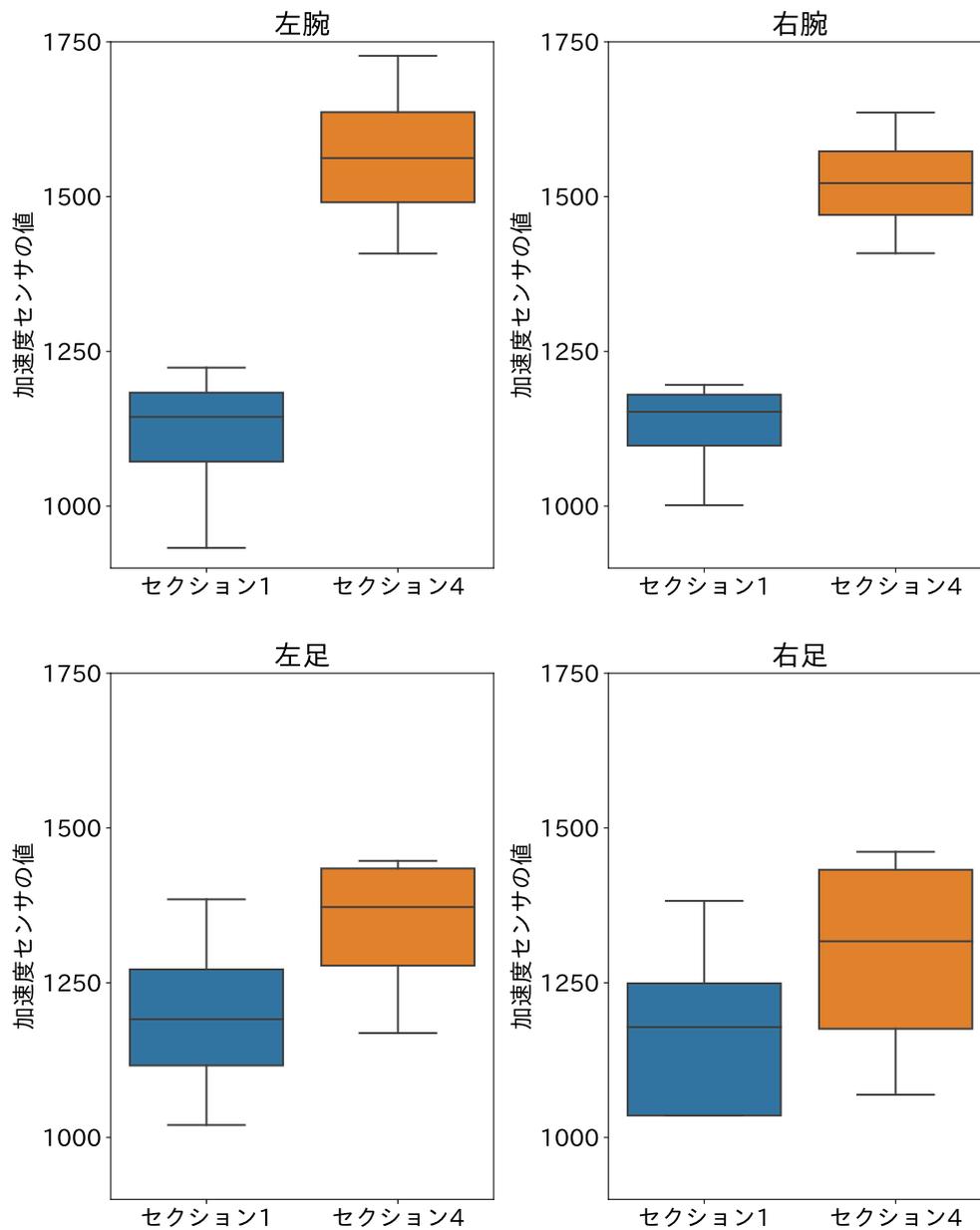


図 4.34 セクション1と4での体験者の加速度データの違い。セクション1と比べてセクション4の方が値が大きくなる傾向が見られた。

4.7.2 ユーザへの価値検証

本小節では「Resonant Dance」がユーザに対して提供した下記3点の価値について、ワークショップ後の体験者およびインストラクタのインタビューを参考にしながらまとめた。

- 体験者は自発的に動きたくなっていた
- 体験者はリズムに合わせて動こうとしていた
- インストラクタはコンセプトを理解しワークショップを実施した

体験者は自発的に動きたくなっていた

インタビューより多くの体験者は動きたくなったとの発言をしていた。以下にその一部を示した。

揺れたら動くってことで、もう本能的に動けるんで、まあ動きやすかったです。(A氏)

触覚がなかったら動きが固くなる。振動がガイドになってガイドが無いと不安になる。今回は不安感は無かった。(D氏)

もしも触覚が無くても踊れなくはないんだろうけど、触覚があった方がリズムに乗りやすいし動き出しやすい。(C氏)

振動のリズムだけでダンス踊りたくなるなどか、そういうものを感じました(E氏)

自然と体をね、動かしたくなるような、気持ちになりました。(F氏)

これらの発言から触覚刺激によって体験者は動きたくなっていたことが確認できた。

体験者はリズムに合わせて動こうとしていた

体験者は触覚刺激でリズムに合わせてながら、音楽のリズムに合わせてようと意識をしていたことがインタビューから分かった。以下にその一部を示した。

ちょっと揺さぶりとかで動かしたりすればいいから、**リズムがすごい取りやすかった**です。(A氏)

音楽とで振動も一緒に来るので、「あ、ここで動けばいいんだ」みたいな**気づきが多くなった**気がします。(B氏)

動いて触覚が来て**リズムに乗れてる感じが最後 (Section4 は) 強かった**(C氏)

身体に振動が伝わるので、耳で聞くよりも**リズムが取りやすい**。(D氏)

振動のリズムだけでダンス踊りたくなるとか、そういうものを感じました(E氏)

自分がこう動かしたら、相手はどう反応するのかなっていうのを見るのが1番楽しかった(F氏)

特にセクション3とセクション4では触覚で動作を共有することで、相手の反応を気にする様子が伺えた。そのため、動作共有によってリズムや動き方を変える効果があったと考察した。

インストラクタはコンセプトを理解しワークショップを実施した

検証1ではインストラクタであるNOBU氏から触覚の活用方法や体験の内容について、消極的なフィードバックが目立った。

機械を使ってダンスを伝えるっていうのが、**難しく感じました**。(NOBU氏)

レクチャーをしてるっていう感覚が、**正直あんまりなかった**(NOBU氏)

ダンスを教えるっていうイメージは、はっきり言ったら、あまり感じ取れなかった (NOBU 氏)

これらの発言は本体験のコンセプトが伝わりきっていなかったためだと考え、インストラクタとコンセプトの擦り合わせを改めて行い、体験の流れも改善した。その後に実施した検証2では、積極的な発言が多かった。

実験の何が狙いで、それをやるにはどうしたらいいかがクリアになったから、**教える側もやりやすさが倍増した**というか、要するにやりやすかったですね。(NOBU 氏)

セクション2,3,最後の方に行くまでも流れがスムーズだったので、**クオリティが上がっていた**という感じがします。(NOBU 氏)

以上より体験のコンセプトがインストラクタに受け入れられ、ワークショップが実施できたと言える。NOBU 氏はダンス教室での展開する具体的な方法やダンスシーンにおける「Resonant Dance」の価値にも言及した。

各ダンススタジオさんにモニターとして1個だけ置いてもらって、(中略)ブラッシュアップしながら、**ダンスの先生たちに認識してもらえば、注目度と話題性が出る**かもしれない (NOBU 氏)

成功体験っていうのはさ、(ダンスへの)ハードルを低くしてるから。そこから入口になって、本当にもっと突き詰めたって思った子がダンススタジオに行けばいいと思うし。その**入口・間口を広げる**っていうのは、**やっぱ (ダンス) シーンを広げる**ってことにもなるから。(NOBU 氏)

以上より、ワークショップがインストラクタに受け入れられ、「Resonant Dance」が筆者に依存せず実際のダンス教室でも使えることを示した。また、インストラクタは本体験を「初心者へ成功体験を与える」と述べ、ダンスシーンを広げる価値についても言及した。

4.7.3 機能検証と価値検証のまとめ

本節では「Resonant Dance」がダンス教室で使用されてもユーザへ価値提供できたのかを検証するために機能検証と価値検証を行った。機能検証では以下の3点を加速度センサの値を元に検証し、全ての項目において機能していることを確認した。

- 体験者は触覚を使うことで動きが大きくなっていたか
- 体験者は全身を使って動いていたか
- 体験全体を通して動きが大きくなっていたか

価値検証では「Resonant Dance」が体験者およびインストラクタに対して提供した下記3点の価値について、ワークショップ後の体験者のインタビューを参考にしながら示した。

- 体験者は自発的に動きたくなっていた
- 体験者はリズムに合わせて動こうとしていた
- インストラクタはコンセプトを理解しワークショップを実施した

以上の検証から、コンセプトである「ダンス初心者がリズムを感じ、全身でリズムカルな動きをしたくなるようなダンス体験」が達成され、「Resonant Dance」がダンス教室で使用されてもユーザへ価値提供できたと結論づけた。

4.8. 本章のまとめ

本章では「Resonant Dance」がダンス教室で使用されてもユーザへ価値提供できるのかを検証することを目的とし、ワークショップを実施した。

本章の初めにプロトタイプをダンスインストラクタに使用してもらい、ダンス初心者がダンスを楽しむためのワークショップの流れについて議論を行った。リズムに合わせて動くことや触覚での動作共有による体験者同士の交流、体験自体

の楽しさを確認し、それらの特徴を活かすためにレッスンを4つのセクションに区切って実施することとした。

次に設計したワークショップの手順確認と改善を目的とし、体験者2名に対してユーザスタディを実施した。ユーザスタディを踏まえ、改善したワークショップをダンス初心者を対象とし、ダンス教室で2回実施した。ワークショップのインストラクタはダンス教室のインストラクタが担当した。ワークショップを通して、体験者が動き出したり、動きが大きくなったりする様子が確認できた。一方で体験の内容やコンセプトについて、インストラクタへ伝わっていない点を確認された。そこでインストラクタとの議論を通してワークショップを改善し、体験者2名に対してワークショップを実施した。体験者は触覚を使うことで動きたくっており、動きが大きくなるなどの反応も見られた。

本章の最後では、実施したワークショップの機能検証と価値検証を行った。機能検証では以下の3点を加速度センサの値を元に検証し、全ての項目において機能していることを確認した。

- 体験者は触覚を使うことで動きが大きくなっていたか
- 体験者は全身を使って動いていたか
- 体験全体を通して動きが大きくなっていたか

価値検証では「Resonant Dance」がユーザに対して提供した下記3点の価値について、ワークショップ後の体験者のインタビューを参考にしながら示した。

- 体験者は動きたくなっていた
- 体験者はリズムに合わせて動こうとしていた
- 体験はインストラクタに受け入れられた

以上の検証から、コンセプトである「ダンス初心者がリズムを感じ、全身でリズムカルな動きをしたくなるようなダンス体験」が達成され、「Resonant Dance」がダンス教室で使用されてもユーザへ価値提供できたと結論づけた。

第 5 章

Conclusion

5.1. 本論のまとめ

本論文はダンス初心者がリズムを感じながらリズムに合わせて動きたくなるダンス体験を提案した。

第1章ではダンスの楽しさや健康促進などのダンスの持つ力を紹介し、ストリートダンスの成り立ちからメインストリームの文化へ変容した経緯について述べた。その上でダンスの複雑さに触れたのち、本研究では本研究の目的がダンス初心者でもリズム合わせてダンスを楽しめるダンス体験デザインを行うことであると述べた。

第2章ではテクノロジーを活用してダンスのパフォーマンス、ダンス練習、ダンスの振付制作、を拡張する取り組みを調べた。テクノロジーを活用した事例は多く見られたが、ダンス初心者がダンスを楽しめるようにするための事例はほとんど存在しないことが分かった。次に運動の基礎研究として運動学習の仕組みについて調べ、運動を教示する取り組みについて取り上げた。スポーツ動作における技能習得をサポートする研究は数多くあるが、ダンスへの適応例は少ないことが分かった。最後に身体感覚を共有し、身体と身体、VR空間と身体とのインタラクションを行う取り組みについて調べた。身体へ触覚刺激を提示することで、身体感覚の共有やインタラクションを引き起こす事例が複数確認できた。

第3章では初めにダンス初心者へダンスを教える時の課題を整理し、「リズムを感じながらリズムに合わせて動きたくなること」をコンセプトとした。そのために音楽のリズムや楽器の音と同期した触覚刺激を体験者の身体に提示した。その後コンセプトに沿ってダンス初心者がどのような流れで体験をするのかを確認するた

めにユーザストーリーを作成した。その後プロトタイプとして、Synesthesia Wearを使用した上半身への触覚提示による腕の動きの誘発を行った。日本科学未来館での体験会を通して、触覚によって腕の動作指示が行えることが分かった。続いてのプロトタイプでは、動作指示が連続的に行えるのかを調査するためにBeatSaberをダンスの振付と見立てて、ユーザテストを行った。連続動作であっても、触覚のみで正しいタイミングと向きでの動作指示が可能であることが示唆された。一方で触覚モジュールの数が多いことでの、動きづらさや認知負荷の高さから、より軽量でモジュール数の少ないデバイスがコンセプトに適していると考えた。そこで、Furekitをベースにしたリズム教示と動作共有のためのウェアラブルデバイス、Rhyunkerを作成した。2人の体験者の四肢にRhyunkerを装着し、体験の動きによって音楽と同期した触覚をフィードバックすることで楽しくリズムカルに四肢を動かせるように設計をした。KMDフォーラムとAsiaHaptics2022での展示を通して体験とデバイスの改良を行った。

第4章では、初めにプロトタイプをダンスインストラクタに使用してもらい、ダンス初心者がダンスを楽しむためのワークショップの流れについて議論を行った。リズムに合わせて動くことや触覚での動作共有による体験者同士の交流、体験自体の楽しさを確認し、それらの特徴を活かすためにレッスンを4つのセクションに区切って実施することとした。次に設計したワークショップの手順確認と改善を目的とし、体験者2名に対してユーザスタディを実施した。ユーザスタディを踏まえ、改善したワークショップをダンス初心者を対象とし、ダンス教室で2回実施した。ワークショップのインストラクタはダンス教室のインストラクタが担当した。ワークショップを通して、体験者が動き出したり、動きが大きくなったりする様子が確認できた。一方で体験の内容やコンセプトについて、インストラクタへ伝わっていない点を確認された。そこでインストラクタとの議論を通してワークショップを改善し、体験者2名に対して実施した。体験者は触覚を使うことで動きたくっており、動きが大きくなるなどの反応も見られた。最後に、実施したワークショップの機能検証と価値検証を行った。機能検証では以下の3点を加速度センサの値を元に検証し、全ての項目において機能していることを確認した。

- 体験者は触覚を使うことで動きが大きくなっていたか
- 体験者は全身を使って動いていたか
- 体験全体を通して動きが大きくなっていたか

価値検証では「Resonant Dance」がユーザに対して提供した下記3点の価値について、ワークショップ後の体験者のインタビューを参考にしながら示した。

- 体験者は動きたくなっていた
- 体験者はリズムに合わせて動こうとしていた
- 体験はインストラクタに受け入れられた

以上の検証から、コンセプトである「ダンス初心者がリズムを感じ、全身でリズムカルな動きをしたくなるようなダンス体験」が達成され、「Resonant Dance」がダンス教室で使用されてもユーザへ価値提供できたと結論づけた。

5.2. 本論の限界点

本論の限界点として動作共有による動きの影響について挙げる。触覚による動作共有によって、他者へリズムを伝えようとする様子や受け取る様子をインタビューより確認し、一部の体験者からは「リズムに入っている感じがした」や「相手にリズムを伝えることで同じ動きになると期待した」など興味深い反応があったものの、共有によって体験者の動作へ具体的にどのような変化をもたらしたのかについて、特定することはできなかった。動作共有によってどのように動きへ影響を与えているのかを特定することによって、より効果的な共有方法やダンス以外の活用方法についても明らかになると考えられるが、これらは今後の課題とした。

また、中学生以下のユーザに対しての活用も本論では検討しなかった。本論ではダンスをすることに自信を持ってないユーザを対象としていたため、年齢を義務教育が終了した高校生以上とした。一方で、体験者やインストラクタから「幼児は特に喜んで使うだろう」というフィードバックを多くいただいた。そのため、幼

児に対する適切な体験をデザインすることでも本論で課題として挙げた、「ダンスが苦手やダンスが嫌いになってしまう人々」を減らすことができると考える。

5.3. 今後の展望

「Resonant Dance」ではダンス初心者が動きたくなるような体験ができたが、ダンスステップ等の動き方についてのガイダンスは行っていない。一度のワークショップで「リズムのとり方」と「動き方」を取り入れることはダンス初心者にとって難易度が上がってしまうため、適切でないことが検証結果からも分かる。一方で、本体験では「動き方が知りたくなる」というモチベーションを体験者から引き出すことができた。そのため初心者の次のステップとして「リズムに合わせて動き方を実践する体験」等をデザインすることで、ダンスに興味をもたせることからダンス技術を学ぶことまでを提供できると考える。この一連の流れによって、ダンスが好きだがダンスをすることに自信を持ってないダンス初心者がダンスを学ぶようになると期待できる。

反対に体験者が動き方へ意識が向かないような体験も考えられる。インタビューより「無意識で動いていた」や「とにかく動きたくなくなった」などのフィードバックを得られた。そこで、動き方に意識が向かないように体験を設計することで、より身体と音楽のリズムとの共鳴やリズムへ没入する感覚が得られるのではないかと考える。動き方を体験者へ意識させないように、視覚による自分の姿や身体感覚を曖昧にする必要があると考える。その上で音楽と動きのリズムが同期することで、「音楽が動きにあっているのか」「動きが音楽にあっているのか」が曖昧になりリズムとの共鳴感を得られると考えた。音楽のリズムと身体が共鳴することで、ダンスへの意欲だけでなく音楽・楽器への理解度も向上すると考えられる。

最後に「Resonant Dance」のダンス教室やエンターテインメント施設への展開について述べる。ダンス教室で展開するためには、Rhyunkerだけでも初心者のリズムキープを補助できる機能を搭載し、ダンス教室の通常レッスンでも使用してもらおうことが考えられる。ダンス教室で使われるようになれば、ワークショップも開催しやすくなり、より多くの人に「Resonant Dance」を提供できると考える。

一方、エンターテインメント施設へ展開するためには、触覚のみだと見学者へ楽しさを伝えることが難しいという観点から、デバイスが光るなどの演出やプロジェクションマッピング等の視覚も活用する方法や著名なアーティストの楽曲を使用する等の聴覚への工夫など、マルチモーダルに豪華な体験にデザインすることが考えられる。このように「Resonant Dance」は様々な場所で展開できる可能性を秘めている。「Resonant Dance」が普及し、多くの人が体験できるようになることで、ダンスが好き・ダンスをしたいと思える人も増えると考えた。

謝 辞

本研究の指導教員であり、幅広い知見からの的確な指導と暖かい励ましやご指摘をしていただきました慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科の南澤孝太教授に心から感謝いたします。同研究科の稲蔭正彦教授は、ご多忙のにも関わらず急な相談にも快く対応していただき、研究の方向性と内容について熱心なご指導およびご助言をいただきました。同研究科の Matthew Waldman 教授には、研究の意義や可能性についての議論やアイデアをいただき、デザインの奥深さを学ばせていただきました。また、同研究科の川口碧特任助教には研究の指導から事務手続きの補助まで幅広く研究活動を支えてくださいました。脇坂崇平特任助教には実験計画や実装方法について多くの助言をいただきました。時に厳しく、時に優しく、的確なアドバイスから研究の方向性と広げ方について参考にさせていただきました。花光宣尚特任助教には、的確なアドバイスとともに温かい応援のお言葉をいただきました。研究を進める上で非常に励みになりました。Rhyner の実装にあたっては神山洋一さん、柴崎美奈さんに数多くのご助言、サポートをいただきました。皆様に深く感謝申し上げます。

本研究は JST ムーンショット型研究開発事業「身体的共創を生み出すサイバネティック・アバター技術と社会基盤の開発」(Grant number JPMJMS2013) の一環として実施されました。

私が入学してから本論を書き終えるまで、メンターとして熱心にご指導いただきました、Embodied Media Project の萩原隆義さんに深謝いたします。研究の内容だけでなく、論文執筆指導から実装の補助まで全ての過程において私の研究を支えてくださいました。本当にありがとうございました。また同研究室の谷地卓さん、山村風子さん、松田健人さんには、入学してすぐの右も左も分からない私の面倒を熱心に見てくださいました、お三方からは研究内容だけでなく、KMD の

楽しみ方も学ばせていただきました。同研究室の Ximing Shen さんには国際学会提出等で私の拙い英語を翻訳してくださり、温かい励ましの言葉をたくさんいただきました。皆様に心から感謝いたします。

本研究の遂行にあたり、快く実験やプロトタイピングにご協力頂いた皆様に、感謝いたします。管健太さんには、超人スポーツ Grand Challenge 2021 で公開された洗練された映像を制作いただきました。MIO さん、Pooh さん、NOBU さんを始めとするダンス教室のインストラクターのみなさんにご多忙の中、私の研究活動を応援してくださり、たくさんのお時間をいただきました。皆様のご協力無くしては本研究は実現できませんでした。特に NOBU さんには年末年始のお忙しい中、急な連絡にも関わらず長時間の打ち合わせからワークショップの実施に至るまで、数多くのご協力を賜りました。ここに深謝の意を表します。

ヘッドスピン愛好会として活動した同期の王七音さん、千嶋広恵さん、西浦弘美さん、藤森敬基さん、応博文さんは私の KMD 生活を語る上で無くてはならない存在です。IVRC2021 優勝作品である「ヘッドスピン体験」を作り上げることができたのは、ひとえに皆様のご協力あってのことです。六本木での展示から大阪の学会会場までの深夜高速を走りきった、苦しくも楽しかったあの車内を忘れることはありません。素敵な思い出を作り、あの日々は私にとって一生の財産です。ありがとうございました。

最後に、長い学生生活を経済的にも精神的にも支援し、応援をしてくれた両親と兄弟、祖父母、そして関わってくれた全ての人たちに心から感謝いたします。

参 考 文 献

- [1] 村田芳子, 松本昌代. 生涯学習に向けた「リズムダンス」・「現代的なリズムのダンス」の学習指導に関する縦断的研究. (社)日本女子体育連盟学術研究, Vol. 2004, No. 21, pp. 21-44, 2004. doi:10.11206/japew2003.2004.21.
- [2] Jo Butterworth. *Dance Studies: the Basics : The Basics*. Taylor & Francis Group, New York, UNITED KINGDOM, 2012.
- [3] Bronwyn Tarr, Jacques Launay, Emma Cohen, and Robin Dunbar. Synchrony and exertion during dance independently raise pain threshold and encourage social bonding. *Biology Letters*, Vol. 11, No. 10, p. 20150767, 2015. URL: <https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rsbl.2015.0767>, doi:10.1098/rsbl.2015.0767.
- [4] 実若杉. ダンスの時代. リットーミュージック, 東京, 2019.
- [5] 誠一郎七類. 黒人リズム感の秘密. 郁朋社, 東京, 改訂版, 2010.
- [6] Breaking - paris 2024. <https://www.paris2024.org/en/sport/breaking/>. (Accessed on 11/29/2022).
- [7] 国際オリンピック委員会. ブレイキン - ニュース、アスリート、ハイライトなど. <https://olympics.com/ja/sports/breaking/>. (Accessed on 12/07/2022).
- [8] 文部科学省. 武道・ダンス必修化：文部科学省. https://www.mext.go.jp/a_menu/sports/jyujitsu/1330882.htm. (Accessed on 11/29/2022).
- [9] 文部科学省. 中学校学習指導要領解説保健体育編, 2008.

- [10] 宮下恭子. ダンス・身体表現の指導に関する研究 —保育者への調査より—. 東京成徳短期大学 紀要, Vol. 45, pp. 65–67, 2012.
- [11] Qiushi Zhou, Cheng Cheng Chua, Jarrod Knibbe, Jorge Goncalves, and Eduardo Velloso. Dance and choreography in hci: A two-decade retrospective. In *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '21. Association for Computing Machinery, 2021.
- [12] 宮本香織. ダンスにおける「リズムにのる」ことについての一考察. スポーツ運動学研究, Vol. 24, pp. 65–73, 2011. doi:10.32261/bewegungslehre.24.0_65.
- [13] みえこ森川. 創作ダンス授業における「恥ずかしさ」の軽減に関する研究：拳手の運動に着目して. 研究紀要 = Bulletin of Biwako Seikei Sport College, No. 12, pp. 107–114, mar 2015.
- [14] 森脇康人. 表現運動領域の学習における「恥ずかしさ」の検討 —「恥ずかしさ」軽減のきっかけ*に着目して— *きっかけ→傍点. Master's thesis, 鳴門教育大学, 2019.
- [15] 雅. ダンスの授業に対する印象と学習意欲の変容：I大学の授業を事例にして. 環太平洋大学研究紀要 Bulletin of International Pacific University, Vol. 13, pp. 9–15, 11 2018.
- [16] 藤本実. 身体拡張に基づくダンスパフォーマンスシステムに関する研究. PhD thesis, 神戸大学大学院工学研究科, 2012.
- [17] Heesoon Kim and James A. Landay. Aeroquake: Drone augmented dance. In *Proceedings of the 2018 Designing Interactive Systems Conference*, DIS '18, p. 691–701. Association for Computing Machinery, 2018.
- [18] Moe Sugawa, Taichi Furukawa, George Chernyshov, Danny Hynds, Jiawen Han, Marcelo Padovani, Dingding Zheng, Karola Marky, Kai Kunze, and

- Kouta Minamizawa. Boiling mind: Amplifying the audience-performer connection through sonification and visualization of heart and electrodermal activities. In *Proceedings of the Fifteenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, TEI '21. Association for Computing Machinery, 2021.
- [19] Max Percy. Haptic technology and motion capture to make dance more accessible for the blind and visually impaired. In *Proceedings of the 8th International Conference on Movement and Computing*, MOCO '22. Association for Computing Machinery, 2022.
- [20] Shunichi Kasahara, Keina Konno, Richi Owaki, Tsubasa Nishi, Akiko Takeshita, Takayuki Ito, Shoko Kasuga, and Junichi Ushiba. Malleable embodiment: Changing sense of embodiment by spatial-temporal deformation of virtual human body. In *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '17, p. 6438–6448. Association for Computing Machinery, 2017.
- [21] Navid Shaghghi, Yu Yang Chee, Jesse Mayer, and Alissa LaFerriere. Swingbeats: An iot haptic feedback ankle bracelet (hfab) for dance education. In Navid Shaghghi, Fabrizio Lamberti, Brian Beams, Reza Shariatmadari, and Ahmed Amer, editors, *Intelligent Technologies for Interactive Entertainment*, pp. 82–101, Cham, 2021. Springer International Publishing.
- [22] Héctor M. Camarillo-Abad, María Gabriela Sandoval, and J. Alfredo Sánchez. Guidance: Wearable technology applied to guided dance. In *Proceedings of the 7th Mexican Conference on Human-Computer Interaction*, MexIHC '18. Association for Computing Machinery, 2018.
- [23] 健太渡島. Choreohaptics : 身体表現の創発支援を目的としたウェアラブルな触覚伝送システムの提案. Master's thesis, 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科, 2013.

- [24] Erin A. Carroll, Danielle Lottridge, Celine Latulipe, Vikash Singh, and Melissa Word. Bodies in critique: A technological intervention in the dance production process. In *Proceedings of the ACM 2012 Conference on Computer Supported Cooperative Work*, CSCW '12, p. 705–714. Association for Computing Machinery, 2012.
- [25] Jack A. Adams. A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, Vol. 3, No. 2, pp. 111–150, 1971.
- [26] 諏訪正樹. 「こつ」と「スランプ」の研究 身体知の認知科学. 講談社, 2016.
- [27] David B Thordarson. Running biomechanics. *Clinics in sports medicine*, Vol. 16, No. 2, pp. 239–247, 1997.
- [28] Yuki Kishita, Hiroshi Ueda, and Makio Kashino. Eye and head movements of elite baseball players in real batting. *Frontiers in Sports and Active Living*, Vol. 2, p. 3, 2020.
- [29] Andy Clark. 生まれながらのサイボーグ：心・テクノロジー・知能の未来. 現代哲学への招待. Great Works. 春秋社, 東京, 2015.
- [30] Andy Clark. *Supersizing the mind : embodiment, action, and cognitive extension*. Oxford University Press, 2011.
- [31] 藤波努, 古川康一. 音楽における身体知. 人工知能, Vol. 32, No. 2, pp. 242–246, 2017.
- [32] 宮本謙三, 岡部孝生, 竹林秀晃, 宮本祥子, 宅間豊, 井上佳和, 上野真美. 運動学習過程における主観的運動理解の変容. 理学療法学, Vol. 29, No. 4, pp. 105–112, 2002.
- [33] 諏訪正樹. 身体知獲得のツールとしてのメタ認知的言語化 (<特集>スキルサイエンス). 人工知能, Vol. 20, No. 5, pp. 525–532, 2005.

- [34] Michael I. Posner Paul Morris Fitts. *Human Performance*. Brooks/Cole Publishing Company, 1967.
- [35] Gabriele Wulf. 注意と運動学習：動きを変える意識の使い方. 市村出版, 2010.
- [36] Tiago M. Barbosa, José A. Bragada, Víctor M. Reis, Daniel A. Marinho, Carlos Carvalho, and António J. Silva. Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: Updating the state of the art. *Journal of Science and Medicine in Sport*, Vol. 13, No. 2, pp. 262–269, 2010.
- [37] Jaimes G Hay. The biomechanics of the long jump. *Exercise and sport sciences reviews*, Vol. 14, pp. 401–446, 1986.
- [38] Koji Murofushi, Shinji Sakurai, Koji Umegaki, and Junji Takamatsu. Hammer acceleration due to thrower and hammer movement patterns. *Sports Biomechanics*, Vol. 6, No. 3, pp. 301–314, 2007.
- [39] Eline van der Kruk and Marco M. Reijne. Accuracy of human motion capture systems for sport applications; state-of-the-art review. *European Journal of Sport Science*, Vol. 18, No. 6, pp. 806–819, 2018. PMID: 29741985.
- [40] Akin Avci, Stephan Bosch, Mihai Marin-Perianu, Raluca Marin-Perianu, and Paul Havinga. Activity recognition using inertial sensing for healthcare, well-being and sports applications: A survey. In *23th International Conference on Architecture of Computing Systems 2010*, pp. 1–10, 2010.
- [41] Leenesh Khadilkar, Joy Macdermid, Kathryn E. Sinden, Thomas Richard Jenkyn, Trevor B. Birmingham, and George S. Athwal. An analysis of functional shoulder movements during task performance using dartfish movement analysis software. *International Journal of Shoulder Surgery*, Vol. 8, pp. 1 – 9, 2014.
- [42] Jessica Hummel, Thomas Hermann, Christopher Frauenberger, and Tony Stockman. Interactive sonification of german wheel sports movement. In *Hu-*

- man Interaction with Auditory Displays—Proceedings of the Interactive Sonification Workshop*, pp. 17–22, 2010.
- [43] 柏野牧夫. 可聴化による身体運動の表現と調節. 日本音響学会誌, Vol. 76, No. 7, pp. 385–391, 2020.
- [44] 大脇遼, 三武裕典, 長谷川晶一. 323 スキーのための加重中心の付加的音響フィードバック (スキー). シンポジウム: スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス講演論文集, Vol. 2013, pp. 323-1 – 323-6, 2013.
- [45] Felix Kosmalla, Florian Daiber, Frederik Wiehr, and Antonio Krüger. Climbvis: Investigating in-situ visualizations for understanding climbing movements by demonstration. Association for Computing Machinery, 2017.
- [46] Atsuki Ikeda, Dong-Hyun Hwang, and Hideki Koike. Real-time visual feedback for golf training using virtual shadow. In *Proceedings of the 2018 ACM International Conference on Interactive Surfaces and Spaces*, pp. 445–448, 2018.
- [47] Jana Hoffard, Xuan Zhang, Erwin Wu, Takuto Nakamura, and Hideki Koike. Skisim: A comprehensive study on full body motion capture and real-time feedback in vr ski training. In *Augmented Humans 2022*, AHs 2022, p. 131–141. Association for Computing Machinery, 2022.
- [48] 佐野高也, 依田淳也, 中村壮亮, 橋本秀紀. Vr 技術を用いた身体位置感覚の較正によるパッティングトレーニングシステムに関する研究. 日本機械学会論文集, Vol. 83, No. 848, pp. 16–00293–16–00293, 2017.
- [49] 川崎仁史, 脇坂崇平, 笠原俊一, 齊藤寛人, 原口純也, 登嶋健太, 稲見昌彦ほか. けん玉できた! vr: 5 分間程度の vr トレーニングによってけん玉の技の習得を支援するシステム. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2020 論文集, Vol. 2020, pp. 26–32, 2020.

- [50] Emi Tamaki, Takashi Miyaki, and Jun Rekimoto. Possessedhand: Techniques for controlling human hands using electrical muscles stimuli. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '11, p. 543–552. Association for Computing Machinery, 2011.
- [51] Ayaka Ebisu, Satoshi Hashizume, and Yoichi Ochiai. Building a feedback loop between electrical stimulation and percussion learning. In *ACM SIGGRAPH 2018 Studio*, SIGGRAPH '18. Association for Computing Machinery, 2018.
- [52] Jun Nishida and Kenji Suzuki. Biosync: A paired wearable device for blending kinesthetic experience. In *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '17, p. 3316–3327. Association for Computing Machinery, 2017.
- [53] 渡邊淳司, 川口ゆい, 坂倉杏介, 安藤英由樹. 心臓ピクニック : 鼓動に触れるワークショップ (<特集 >ハプティクスとvr). 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 16, No. 3, pp. 303–306, 2011.
- [54] Di Qi, Mina Shibasaki, Youichi Kamiyama, Sakiko Tanaka, Bunsuke Kawasaki, Chisa Mitsuhashi, Yun Suen Pai, and Kouta Minamizawa. Furekit: Wearable tactile music toolkit for children with asd. In Hasti Seifi, Astrid M. L. Kappers, Oliver Schneider, Knut Drewing, Claudio Pacchierotti, Alireza Abbasimoshaei, Gijs Huisman, and Thorsten A. Kern, editors, *Haptics: Science, Technology, Applications*, pp. 310–318, Cham, 2022. Springer International Publishing.
- [55] 迪齊. Furekit : a wearable tactile music toolkit for children with autism. Master's thesis, Keio University Graduate School of Media Design, March 2022.
- [56] Kouta Minamizawa, Sho Kamuro, Souichiro Fukamachi, Naoki Kawakami, and Susumu Tachi. Ghostglove: Haptic existence of the virtual world. In

- ACM SIGGRAPH 2008 New Tech Demos*, SIGGRAPH '08. Association for Computing Machinery, 2008.
- [57] Ali Israr, Seung-Chan Kim, Jan Stec, and Ivan Poupyrev. Surround haptics: Tactile feedback for immersive gaming experiences. In *CHI '12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '12, p. 1087–1090. Association for Computing Machinery, 2012.
- [58] Robert W. Lindeman, Robert Page, Yasuyuki Yanagida, and John L. Sibert. Towards full-body haptic feedback: The design and deployment of a spatialized vibrotactile feedback system. In *Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, VRST '04, p. 146–149. Association for Computing Machinery, 2004.
- [59] Yukari Konishi, Nobuhisa Hanamitsu, Benjamin Outram, Kouta Minamizawa, Tetsuya Mizuguchi, and Ayahiko Sato. Synesthesia suit: The full body immersive experience. In *ACM SIGGRAPH 2016 VR Village*, SIGGRAPH '16. Association for Computing Machinery, 2016.
- [60] Taichi Furukawa, Nobuhisa Hanamitsu, Yoichi Kamiyama, Hideaki Nii, Charalampos Krekoulis, Kouta Minamizawa, Akihito Noda, Junko Yamada, Keiichi Kitamura, Daisuke Niwa, Yoshiaki Hirano, and Tetsuya Mizuguchi. Synesthesia wear: Full-body haptic clothing interface based on two-dimensional signal transmission. In *SIGGRAPH Asia 2019 Emerging Technologies*, SA '19, p. 48–50. Association for Computing Machinery, 2019.

付録 A

ヘッドスピン体験

ヘッドスピン体験はVR空間内でヘッドスピンという技を体験することができる作品である。本付録ではヘッドスピン体験の詳細を示した。

A.1. Introduction

ブレイキンとはストリートダンスに含まれるダンスジャンルで、アクロバティックな動きを中心に行われるものである。逆立ちや宙返りなどの超人的な技を音楽にのせて披露し、その動きの完成度を競う。ブレイキンの起源 [4] は1970年代と言われており、ギャングの抗争で「殺し合いをせずに動きで勝負をする」という考えのもと広まっていった。ブレイキンは2024年からオリンピックの新競技として採択され、現代ではスポーツともなっている [6]。国際オリンピック委員会によると、ブレイキンが競技として採択された理由はブエノスアイレス2018で行われたブレイキン夏季ユースオリンピック大会にてパリ2024大会組織委員会がブレイキンの人気を目の当たりにしたのが理由としている [7]。ブレイキンを構成する要素は大きく分けて4つある。それぞれ立って踊る TOPROCK、しゃがんだ状態で足を動かす FOOTWORK、ダイナミックな動きをする POWER MOVE、身体を止める動きである FREEZE である。ブレイキンを代表する様な動きが POWER MOVE であり、地面に足をつけないで背中と肩のみで回るウィンドミルや、頭を軸に回転するヘッドスピン、片手のみで回転する 1990 などがある。本体験では特にヘッドスピンに着目した。ヘッドスピンは上下逆さまになり、頭を軸に回転する技である。

ヘッドスピンは大きく分けて4つの手順を繰り返す行う動作である。それぞれ

の概要を図 A.1 に示した。最初の手順では頭を地面につけ、足を頭の上に持ち上げ、頭と両腕の3点で身体を支える。この状態を三点倒立と呼ぶ。2番目の手順では腕の力を使い、胴体と下半身を同時に回転させる。この時、頭を中心として地面と平行になるように足を回転させる。3番目の手順では腕を地面から離し、顔の正面に移動させる。移動する際に一瞬だけ頭のみで身体をささえなければならない。最後は2番目と3番目の手順を繰り返し行うことでヘッドスピンとなる。



図 A.1 ヘッドスピンを行うための4つの手順

以上がヘッドスピンの動作原理であるが、手順1の頭で身体を支えること自体が困難であり、逆さまの状態では身体を動かす感覚を想像することが難しいと考えられる。そのため、オリンピック等でヘッドスピンなどの技を見ることがあっても、難易度や大変さを想像することが困難であり、ブレイキン観戦を十分に楽しめないと考えた。そこで本体験の目的は、ブレイキンをやったことがない人でもヘッドスピンをしたという実感を与えることでブレイキンを楽しめるようにすることである。

A.2. Concept Design

本節ではヘッドスピンをする時の課題を整理し、コンセプト設計を行いプロトタイプを作成した。

A.2.1 ヘッドスピンの難しさ

ヘッドスピン体験を作成するために、筆者がヘッドスピンの練習を行い習得することとした。筆者はブレイキンの経験があり、倒立などを行えるため筋力や逆さま状態での平衡感覚は十分に持っていた。習得過程で得たヘッドスピンができるようになるための条件を3つにまとめた。

地面と背中が垂直になる状態を維持すること

ヘッドスピンでは回転軸となる頭から足の付根までが地面と垂直になっていることが非常に重要である。回転軸が少しでも斜めになってしまうと、回転が並行でなくなり、三点倒立の状態を維持することができなくなる。そのため腹筋に力を入れて状態をキープする必要がある。

腕の力を使って身体を回転させること

図 A.1(2) に示した身体をひねる動作は回転を生み出す重要なパートである。腕の力を使って地面を押すように身体を回転させるため、筋力が必要である。また、腕に力を入れすぎたり、両腕の力の入れ方に偏りがあったりすると身体が地面と平行に回転しないためバランスを崩してしまう。

開脚状態を保持すること

ヘッドスピンでは通常、身体のバランスを取るために開脚状態を維持する。しかしながら、図 A.2 のように回転を行う際に足を前後に開いてしまうことが多くある。足を開くのではなく股関節が固定されていることが重要であり、足が前後

になってしまうと足を地面と平行に回転させることが難しくなる。これらの課題を解決するコツとして足首に力を入れることが挙げられる。つま先が頭の方に向くように力を入れることで、股関節と膝に力が入り地面と平行に回すことができる。



図 A.2 正しい開脚状態と間違った開脚状態。股関節が固定されている必要がある。

A.2.2 コンセプト

ヘッドスピンをしたという実感を与えるために、体験者がヘッドスピンのコツを実践し、大変さと楽しさを実感してもらうこととした。体験中は前節であげた、地面と背中が垂直になる状態を維持すること、腕の力を使って身体を回転させること、開脚状態を保持することの3つのコツを体験者が実践できるようにした。装置を使って上下逆さままで回転することは、危険が伴うため体験者が座って行える体験とし、逆さまにならず回転も最小限で済むようにした。ヘッドスピンをしているという没入感をあげるために、ヘッドスピンを逆さま感と回転感の2つに分け、それぞれの要素に対して錯覚を利用しながら、体験者が実感できるようにした。

上下逆さま感の演出

体験者がヘッドマウントディスプレイ (以下、HMD) とヘルメットを着用し、体験者が見る視覚を上下逆さまになるようにした。三点倒立を再現するために、体験者の頭上に地面に見立てた平らな板を載せた。板の上から体験者の頭上に重りを置くことで倒立時に頭にかかる荷重を再現した。また、足が重力に引き寄せられる感覚を引き出すため、体験者の足は頭の方へ引き上げた。

回転感の演出

体験者は半回転する椅子に座り、体験者が椅子を回転させることで腰から体を回す感覚を再現した。体を回し切ったタイミングで天井から手を離すと、椅子につけられたゴムの反動で元の位置まで回転が戻るようにした。物理的には半回転を繰り返すが、回転中は HMD 内の視界は一定方向に回り続けるため、主体感のある回転感覚を演出した。

以上の上下逆さま感の演出と回転感の演出を満たした装置のスケッチを図 A.3 として示した。

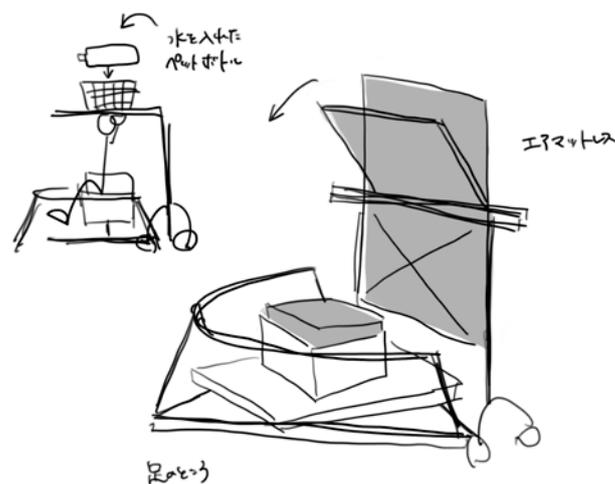


図 A.3 ヘッドスピン体験装置のスケッチ

A.3. Implementation

本節では、コンセプトを踏まえた上で体験を実現するための手段を検討し実装する。ヘッドスピン体験中の様子を図 A.4 に示した。



図 A.4 ヘッドスピン体験を行っている様子

体験開始時の視界を図 A.5 に示した。HMD から見える VR 空間はダンスステージをイメージし、ミラーボールやスモークのある空間とした。また、踊っている人モデルや音楽を常に流すことで動き出したくなるような演出を行った。目の前にはディスプレイが表示され、あらゆる指示が出されるようになっている。ヘッドスピンのコツを実践するために、体験を4つのステップに分けた。

A.3.1 ステップ1: バックフリップ

ステップ1はバックフリップである。体験者が着座するタイミングに合わせて視覚が上下逆さまに変化するようにした。体験者の行動を拡張する形で視覚を変化させることで主体感を誘発した。体験者が着座した直後に足を吊るし、頭上から板が落ちてくる。その後、水によって荷重をかけた。この時、荷重は2Lの水が



図 A.5 ダンスステージをイメージした VR 空間。空間を暗くし、レーザーやスモーク、踊っている人を配置した。

入ったペットボトルを数本用意し、通常は3本の合計6kgの荷重をかけたが、体験者の筋力や体力に合わせて荷重を変えることで安全を確保した。体験者は荷重を支えるために、腕を天井につきバランスを取る。この姿勢がヘッドスピン体験の基本姿勢である。

A.3.2 ステップ2: 回転練習

ステップ2では体験者は回転練習を行う。体験者はヘッドスピンの基本姿勢を維持したまま、足の振り方と手のつき方を学習した。体験者は図 A.6 のように目の前に表示されたイラストを見ながら実施した。初めに両手で体を支えながら、体を腰からひねる。次に45°以上腰がひねれたら、地面から手を離す。腰のねじれが無くなったら、再び地面に手をつける。正しいタイミングで動作を行うと視覚と触覚による回転感覚を得ることができる。以上を繰り返し、10周回転すると次のステップへ移る。体験者へ成功体験を与えることで、辛い姿勢の中でも「楽しさ」を味わってもらう狙いがある。



図 A.6 回転練習中に表示されるチュートリアル

A.3.3 ステップ3: 体重アップ

続いては体重アップである。頭上の荷重を加えることで体が重くなる感覚を与え、姿勢を維持しながら回転をする必要がある。背筋が少しでも曲がっていると、姿勢キープが困難になる。そのため、体幹に力を入れて背中を天井に対して垂直にする必要がある。姿勢の違いを図 A.7 に示した。

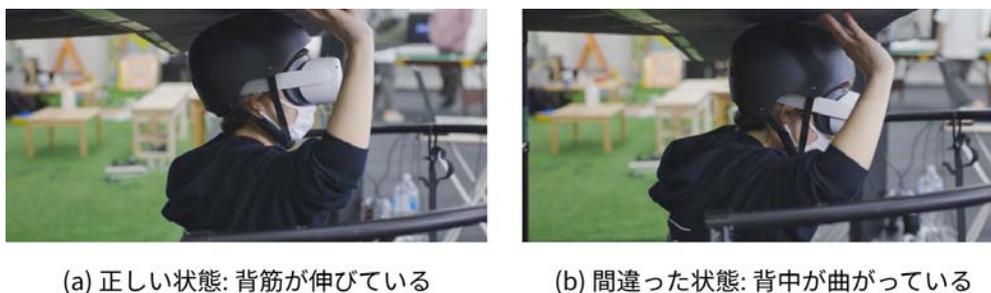


図 A.7 姿勢維持の正しい例と間違っただけ。体験者は背筋が伸びるように体幹に力を入れる必要がある。

A.3.4 ステップ4: 足を固める

最後のステップでは図 A.8 のように足を平行に回さないで回転しなくなる。足首に力を入れつま先を頭方向へ向ける。これは第 A.2.1 節で述べたヘッドスピンの行うコツの一つである。足首に力を入れることで、股関節を固定することができ、結果的に足を平行に回転させることに繋がる。以上を通して体験者は体のどこに重力がかかるのかを知り、脚を平行に回すことの難しさを体験することができる。

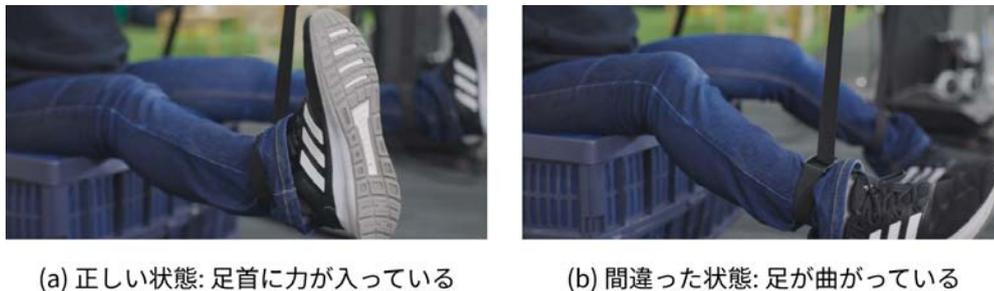


図 A.8 ステップ4での足首の状態。足首に力を入れつま先を頭方向へ向けるようにしなければ回転がしないようになる。

A.4. Proof of Concept

作成したヘッドスピン体験の展示を行い、コンセプトが達成されたのかを検証した。

IVRC 2021 Leap Stage での展示

期間 2021年10月31日

場所 東京ポートシティ竹芝 8F

IVRC 2021¹は Interverse Virtual Reality Challenge の略で、学生を中心としたチームでインタラクティブな作品の企画・制作に挑戦するコンテストで、1993年から毎年行われている。ヘッドスピン体験は Leap ステージで展示を行った(図 A.9)。2021 年は 83 件の応募があり、ヘッドスピン体験は総合優勝と VRST Prize をダブル受賞した。授賞式の際に IVRC 実行委員長である稲見昌彦先生からいただいた言葉を引用する。

一生私はヘッドスピンをやることはないと思っていた。しかし VR で体験することで私の人生にヘッドスピンがある世界をつないでくれた。これぞ Interverse。新たな体験と翌日の筋肉痛をありがとうございました。

その他にも「確かに練習無しで回れる!」「ほとんどの人が、一生することがない体験を提供してくれるものでした」「凄まじかった!まさに不可能体験を体験できます」などのコメントをいただいた。



図 A.9 IVRC2021 で展示している様子

1 <https://ivrc.net/2021/leap/>

VTech Challenge 2021 での展示

期間 2021年12月9日

場所 グリー株式会社 (東京都港区六本木 6-11-1 六本木ヒルズゲートタワー)

VTech Challenge 2021²はVRやメタバース研究に挑戦するワークショップと発信機会を提供するプログラムである。ヘッドスピン体験は実機展示に参加し、フィードバックをいただいた(図A.10)。体験後には「三半規管に訴えかけられて苦しさがよく分かった」「どこの筋肉が使われているのか体感できた」「つらいけど楽しい」「逆さま感がある！」などのコメントを得た。



図 A.10 Vtech Challenge 2021 で展示している様子

² <https://vr.gree.net/lab/vtc/vtc21/>

VRST 2021 での展示

期間 2021年12月10日

場所 大阪大学会館

VRST 2021³はVR/ARをはじめとするソフトウェアや周辺技術に携わる研究者・開発者が発表・交流する国際会議である。ハイブリッド開催であり、ヘッドスピン体験は現地でデモ展示を行った(図 A.11)。体験者からは「体幹めっちゃ使いました」「ヘッドスピンってこんな感じなんですね」「辛いけど楽しかった」などのコメントを得た。



図 A.11 VRST 2021 での展示様子

³ <https://programs.sigchi.org/vrst/2021/index/content/67306>

EM:EX 2022 での展示

期間 2022年03月26日 14:00-18:00 2020年03月27日 10:00-18:00

場所 東京ポートシティ竹芝

EM:EX 2022⁴は、慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科 Embodied Media プロジェクトの研究・制作活動の成果展示イベントである。展示の様子を図 A.12 として示した。展示会では「これは……きつい……。」「(息切れしながら) これは やばい」などの変な口をしながらも「ヘッドスピン完全に理解した」「楽しい！またやりたい！」「思ったより回転感でるね」「座った瞬間に本当に逆さまになったかと思った」などのコメントを得た。



図 A.12 EM:EX 2021 での展示

4 <https://www.embodiedmedia.org/media/em-ex>

A.5. Conclusion

ヘッドスピン体験はブレイキンをやったことがない人でもヘッドスピンをしたという実感を与えることでブレイキンを楽しめるようにすることを目的としたVR体験である。ヘッドスピンの難しさを「地面と背中が垂直になる状態を維持すること」「腕の力を使って身体を回転させること」「開脚状態を保持すること」の3つに分解し、ヘッドスピンをしたという実感を与えるために、体験者がヘッドスピンのコツを実践し、大変さと楽しさを実感してもらうことをコンセプトとした。体験を4つのステップに分け、徐々に難易度を挙げながら体験者がヘッドスピンをした実感を得られるようにデザインした。ヘッドスピン体験はIVRC 2021, VTech Challenge 2021, VRST 2021, EM:EX2022での展示を通して約100名の体験者に体験をしていただいた。展示と体験者から得られたコメントで特に多かったのが、「逆さまになった感じがした」「筋肉の使うところが分かった」「ヘッドスピンをやった気になった」などである。このことから本体験のコンセプトである、体験者がヘッドスピンのコツを実践し、大変さと楽しさを実感してもらうことができていたと考えた。

筆者はヘッドスピン体験の制作を通して、ヘッドスピンを習得することができた。そのため、本体験が実世界でのヘッドスピン練習にも適応できると考えた。視覚や足の動かし方、身体を動かすタイミング等を覚えることができるため、ヘッドスピンを練習する方法の1つになりうると考えられるが、その効果検証は今後の展望とした。

Acknowledgements

ヘッドスピン体験は触覚部会「研究・創作活動助成」の助成を受けたものである。本体験は慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科に所属するヘッドスピン愛好会(小川 泰正、千嶋 広恵、王 七音、西浦 弘美、藤森 敬基、応 博文)が制作を行った。