

Title	演奏者と鑑賞者の身体性を接続するオンライン音楽ライブ空間のデザイン
Sub Title	Design of online stage environment to connect the embodiment between performer and audience
Author	浅田, 風太(Asada, Fūta) 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	2020
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	修士学位論文. 2020年度メディアデザイン学 第832号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40001001-00002020-0832

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 2020 年度

演奏者と鑑賞者の身体性を接続する
オンライン音楽ライブ空間のデザイン



慶應義塾大学
大学院メディアデザイン研究科

浅田 風太

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。

浅田 風太

研究指導委員会：

南澤 孝太 教授 (主指導教員)

Matthew Waldman 教授 (副指導教員)

論文審査委員会：

南澤 孝太 教授 (主査)

Matthew Waldman 教授 (副査)

砂原 秀樹 教授 (副査)

修士論文 2020 年度

演奏者と鑑賞者の身体性を接続する オンライン音楽ライブ空間のデザイン

カテゴリ：デザイン

論文要旨

近年、身体情報の計測技術の発展により音楽体験における身体的重要性が明らかになったため、身体情報を活用して新たな表現へと昇華させるインターフェースが続々と開発されており、今後実践的な音楽ライブにおける導入が期待されている。一方、COVID-19の影響を受け急速なエンタテインメントのオンライン化が進んだ反面、鑑賞者はライブの臨場感や一体感、演奏者との親近感といったライブを非日常的たらしめる感覚を失ってしまい、演出装置の導入や演奏者のそれらを活用して演奏者と身体感覚を共有できるオンラインライブ鑑賞空間が必要である。

本研究では、オンライン化によって失われたライブの一体感や臨場感を向上させること本研究の目的として、「演奏者の身体情報を活用した音楽インターフェース」と「ライブ空間を彩る様々な演出装置」に着目し、演奏者の身体情報と鑑賞空間に導入した演出装置の連動によって、両者の身体性を接続を強化するオンラインライブ空間のデザインや実装を行う。コンセプトの検証のため、実際に実験的な音楽ライブを実施し、鑑賞者の音楽情動の変化やオンラインライブに対する意識の変容及び演奏者の表現力の拡張に寄与しているのかを確認する。

キーワード：

オンライン音楽ライブ, ステージ演出, 身体性, COVID-19

慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科

浅田 風太

Abstract of Master's Thesis of Academic Year 2020

Design of Online Stage Environment to Connect the Embodiment between Performer and Audience

Category: Design

Summary

In recent years, the importance of the body in the musical experience has become clear with the development of body information measurement technology, and interfaces that utilize body information and sublimate it into new forms of expression have been developed one after another, and are expected to be introduced in practical live music performances in the future. On the other hand, while the rapid shift of entertainment online has been influenced by COVID-19, the audience has lost the sense of realism, unity, and closeness with the performers that make live performances extraordinary. In this research, we have developed a system to share the physical sensation with the performers through online performance.

The purpose of this research is to improve the sense of unity and realism of live performances, which have been lost due to the introduction of online systems. In this research, we focus on "a music interface that utilizes the physical information of the performer" and "various production devices in the live space", and design and implement a space based on the concept of an online live space that connects the physicality of both the performer's physical information and the production devices introduced in the viewing space. In order to demonstrate the concept, we will actually conduct an online music live performance and verify the changes in the music emotions of the audience and their awareness of the online live performance.

Keywords:

online music performance, stage production, embodiment, COVID-19

Keio University Graduate School of Media Design

Futa Asada

目 次

第 1 章 序論	1
1.1. なぜ音楽表現において身体が重要であるのか	1
1.2. 演奏者と鑑賞者の関係	2
1.2.1 音楽ライブにおける両者のコミュニケーション	2
1.2.2 ライブ空間のオンライン化	3
1.3. 本研究の目的	6
1.4. 本論文の構成	7
第 2 章 Literature Review	8
2.1. 情動形成のプロセスにおける身体情報の関与	8
2.1.1 情動と生理反応	8
2.1.2 音楽体験中の身体表現	9
2.1.3 身体表現を伴う音楽コミュニケーション	11
2.2. 身体情報の計測と音楽への活用	13
2.2.1 計測技術の発展	13
2.2.2 身体情報を活用した音楽インターフェース	15
2.3. 音楽体験時の臨場感向上	18
2.3.1 視聴覚提示技術	18
2.3.2 マルチモーダルな音楽コンテンツ鑑賞	19
2.3.3 オンライン音楽ライブへの活用例	20
2.4. 本章のまとめ	21
第 3 章 Concept Design	22
3.1. 音楽ライブにおける身体性の接続経路	22

3.2.	義手楽器 MusiArm を用いた音楽ライブ	25
3.2.1	MusiArm 演奏者とのディスカッション及び練習	25
3.2.2	SLIDERIFT CHALLENGE 2020	26
3.2.3	超福祉展 2020	29
3.3.	コンセプト	30
3.4.	身体表現の分析とプロトタイプの開発	30
3.4.1	ギター演奏中の身体表現の分析	31
3.4.2	演出の選定	33
3.4.3	演出と身体動作の連動システム	34
3.5.	オンライン環境下の音楽ライブ空間における身体性の接続	35
3.5.1	COVID-19 の感染拡大による音楽ライブのオンライン化	35
3.5.2	新しいコンセプト	35
第 4 章	実装と検証	37
4.1.	演奏者の身体表現計測システム	37
4.2.	演出へのマッピングデザイン及び実装	38
4.2.1	照明演出	38
4.2.2	振動演出	40
4.2.3	音響演出	42
4.3.	空間接続システム	44
4.4.	オンライン音楽ライブの実施	45
4.4.1	ライブのデザイン	45
4.5.	インタビュー結果及び考察	49
4.5.1	通信環境の評価	50
4.5.2	鑑賞者のランク付の結果	51
4.5.3	体験全体の評価	53
4.5.4	オンライン音楽ライブ空間全体の評価	53
4.5.5	考察	55
4.5.6	各演出の評価	56
4.6.	第四章まとめ	61

第 5 章 結論	62
謝辭	65
参考文献	67

目次

1.1	身体動作で演奏できる新世代の楽器 KAGURA	3
1.2	鑑賞者がライブ演出に参加できるペンライト Xylobands	3
1.3	オンラインライブの市場規模予測	4
1.4	韓国のアイドルグループ BTS のオンライン音楽ライブの様子	4
1.5	音楽ライブ配信についての意識調査レポート	5
1.6	Home Sync Light	6
2.1	身体表現を伴うピアノ演奏の評価	11
2.2	身体を拘束したチェロ演奏の評価	11
2.3	音楽情動体験のロードマップ	12
2.4	身体表現の音楽への変化の過程	14
2.5	MOTION SONIC	16
2.6	義手楽器 MusiArm [1]	16
2.7	MusiArm における身体的特性の活用	17
2.8	Boiling Mind 公演風景	18
2.9	ライゾマティクスによる Perfume 公演の演出	18
2.10	Synesthesia suit [2]	20
2.11	CRUSHER EVO, ButtKicker Gamer2	20
2.12	遠隔ライブ VR 配信プラットフォーム LiVRation	21
3.1	一般的な音楽ライブにおける身体性の接続	23
3.2	身体情報の活用による身体性接続の強化例	25
3.3	MusiArm Eleee のマッピングシステム	27
3.4	MusiArm 演奏者との練習風景	28

3.5	SlideRiftChallenge2020 の演奏風景	28
3.6	THISABILITIES FEAT. キタフォックスとプロジェクトメンバー	29
3.7	超福祉展 2020 の様子	30
3.8	コンセプト	31
3.9	Water Shape	33
3.10	プロトタイプのマッピング	35
3.11	新しいコンセプト	36
4.1	Azure Kinect DK と TouchDesigner を用いた身体情報計測システム	38
4.2	TouchDesigner による演出のマッピング実装	39
4.3	ムービングヘッドライトと演奏者のインタラクション	40
4.4	TouchDesigner による照明演出の実装	41
4.5	振動演出と演奏者のインタラクション	41
4.6	TouchDesigner による振動演出の実装	42
4.7	バイプロトランデューサ Vt7 を用いた振動椅子	43
4.8	バイプロトランデューサ Vp2 を用いたギターストラップ	43
4.9	音響演出とえ演奏者のインタラクション	44
4.10	TouchDesigner による音響演出の実装	44
4.11	システム構成	45
4.12	鑑賞空間のセットアップ	46
4.13	演奏空間のセットアップ	47
4.14	通信環境のランク付	50
4.15	演奏者との一体感に関するランク付結果	52
4.16	臨場感に関するランク付結果	53
4.17	演奏空間と鑑賞空間の光の連動の様子	57

表 目 次

3.1	ギター演奏者の身体表現の分析	32
3.2	様々な照明演出装置	34
4.1	Speedtest	48
4.2	オンラインライブの実施フロー	49
4.3	鑑賞者に対する質問	49

第 1 章

序

論

1.1. なぜ音楽表現において身体が重要であるのか

過去十数年に渡り、身体情報の分析と活用が音楽表現における重要なパラダイムとなりつつある。2007年にLemanによって提唱された Embodied Music Cognition では、音楽体験時における人間の身体は、音楽を認知する機能と情動を形成する機能のインタラクションの中核を担う存在であるとされている [3]。音楽体験時の活発な身体活動は、情動に富んだ表現の創出や正確性の高い音楽知覚に寄与しているのである [4]。身体の重要性は認知科学の領域を超えて、ヒーリングを目的とした音楽心理学や、デジタル技術を活用して新しい音楽表現を生み出す音響工学といった社会実装と比較的近い研究分野でも基礎的思考として導入されている。 [5] [6]。

音楽認知に対する身体関与の可能性は 20 世紀初頭から Truslit や Lipps によって言及されているが、音楽鑑賞時における情動形成は音楽を知覚するプロセス中のパターン処理の結果として見られていたため、音楽研究の重要なパラダイムとして明示的な提案がされてこなかった [7] [8]。しかし近年の情報技術の発展に伴い高精度且つ幅広いバリエーションの身体情報計測センサが開発され、様々な身体情報を計測できるようになった。心拍数や皮膚電位をはじめとした生理学的情報に加えて、アイウェア型の JINSMEME¹による視線移動の検知や、非接触モーションキャプチャ Azure Kinect²による空間内の姿勢変化量の計測が可能となった。これらのセンサは音楽体験時の身体関与を定量的観点から分析できるようになった

1 JINSMEME:<https://jins-meme.com/ja/products/es/>

2 Azure Kinect:<https://azure.microsoft.com/en-us/services/kinect-dk/>

だけでなく、音楽鑑賞中に指でリズムを刻んでしまったり、全身を揺すってしまうような無意識による姿勢変化の現象の研究にも活用されており、LisaらやJocelynらの研究によって、表情の変化や動作の大小などの身体表現を伴う演奏は、鑑賞者の情動形成や演奏者の音楽表現そのものに大きく影響を与えることが判明したのである [9] [10].

近年は音楽体験時の身体情報を活用することで新たな表現の創出が期待されている。NIME³(New Interfaces for Music Expression) は、既存の表現に囚われることなく身体情報を音色や音量といった音楽要素へと自由にマッピングする音楽インターフェースの総称で、現在も開発が盛んに行われている。更に株式会社しくみデザインの中村によって開発された新世代楽器 KAGURA⁴は、ラップトップ PC のカメラから得られる身体情報を解析して楽器に手を触れることなく演奏を可能にし、「演奏には楽器の筐体が必要」という固定概念に一石を投じた。ポップミュージシャンの大型ライブの演出に身体性を考慮したインターフェースが活用される例もあり、今後は一層実践的且つ商業的な音楽シーンで活躍する可能性がある。

1.2. 演奏者と鑑賞者の関係

1.2.1 音楽ライブにおける両者のコミュニケーション

音楽体験における参加者は (i) 作曲者 (1次表現) (ii) 演奏者 (2次表現) に (iii) 鑑賞者に分けることができる [11], 音楽体験のメジャーな形態である音楽ライブでは演奏者と鑑賞者に絞ることができ、異なる役割を持った両者の間で音楽情報が移動し、情報を処理している。河瀬は「音楽行動の一つの大きな側面として、音楽情報を介して人を参加者とするコミュニケーション活動があり、これを理解することが音楽行動を理解する上で重要となる。」と述べており [12], リアルタイムな演出を介して両者が様々な身体感覚を共有する音楽ライブにおいて、演出へと介

3 NIME : <https://www.nime.org/>

4 KAGURA:<https://www.kagura.cc/jp/>



図 1.1 身体動作で演奏できる新世代の楽器 KAGURA

図 1.2 鑑賞者がライブ演出に参加できるペンライト Xylobands

入して会場の一体感や親近感を強化することは音楽ライブ体験の向上手段として注目されている。ロックバンド Coldplay⁵は、2012年のライブにて、RBconcepts社によって開発されたオーディエンス用次世代ペンライト Xylobands⁶を採用した。Xylobandsは鑑賞者が装着することによってライブ演出の一部となれるデバイスあり、演奏者の Coldplay も「刺激的で特別な体験だった」と述べている。一方、ライブ空間には照明や体感音響をはじめとした様々な演出が存在するため、身体情報と演出媒体のマッピングを熟考して開発を行うことが重要である [13]。

1.2.2 ライブ空間のオンライン化

モダンな音楽シーンのライブでは、演奏者と鑑賞者は同一のライブ空間内で感覚を共有するのが一般的であるが、1993年の Severe Tire Damage による M-bone を用いた世界初のオンラインライブ配信⁷を皮切りに、演奏空間と鑑賞空間が分離し、両空間がインターネットを介して接続された形態で開催される機会が増加した。インターネットの大容量化・高速化や配信プラットフォームの簡易化によって低レイテンシ且つ高音質・高画質の配信が実現するなど、オンラインの音楽ライ

5 Coldplay: <https://wmg.jp/coldplay/>

6 Xylobands: <http://www.vainqueur-corp.com/xylobands/>

7 Severe Tire Damage: <https://www.std.org/text/live.html>

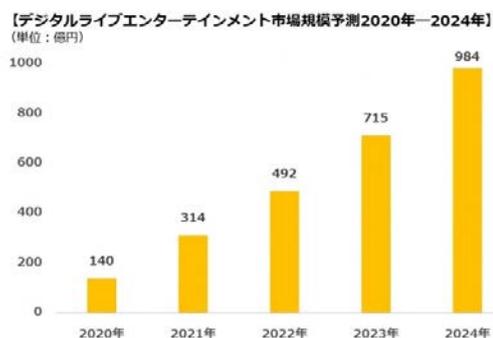


図 1.3 オンラインライブの市場規模予測

図 1.4 韓国のアイドルグループ BTS の
オンライン音楽ライブの様子

ブ配信のクオリティは年々向上している。加えて、2020年初頭にはCOVID-19の感染拡大により物理的接触機会が多いとされるオフラインでのエンターテインメントがこれまでのように開催できない状況に陥り、それに伴ってオンラインの音楽パフォーマンスへの需要は社会的に高まっている。調査によると世界的なパンデミックが起こった2020年度におけるライブエンターテインメントの市場規模は前年比の3割以下に縮小している一方で、音楽エンターテインメントの各社がオンラインライブエンターテインメント業界に参入した影響で市場規模は拡大を続け、2024年には2020年の約7倍の市場規模が予測されている⁸。著名なアーティストも完全オンラインでライブを行うケースが増加し、韓国のHIP-HOPグループBTS⁹による有料オンラインライブは全107地域で視聴され、最高同時アクセス数はおおよそ75万6600名と世界で最大規模となった。

オンライン音楽ライブの実施機会が急造する一方で、両空間の分離を起因とする諸問題は依然として解決されていない。鑑賞者に対するオンライン音楽ライブの意識調査によると¹⁰、演奏者への親近感や会場の一体感はオフラインが圧倒的な

8 出典：ぴあ総研 2020年6月30日公表、ライブエンタ-テイメント市場規模調査 Copyright © CyberAgent, Inc. All Rights Reserved

9 BTS : <https://bts-official.jp/>

10 出典：株式会社 SKIYAKI「音楽ライブ配信についての意識調査レポート」

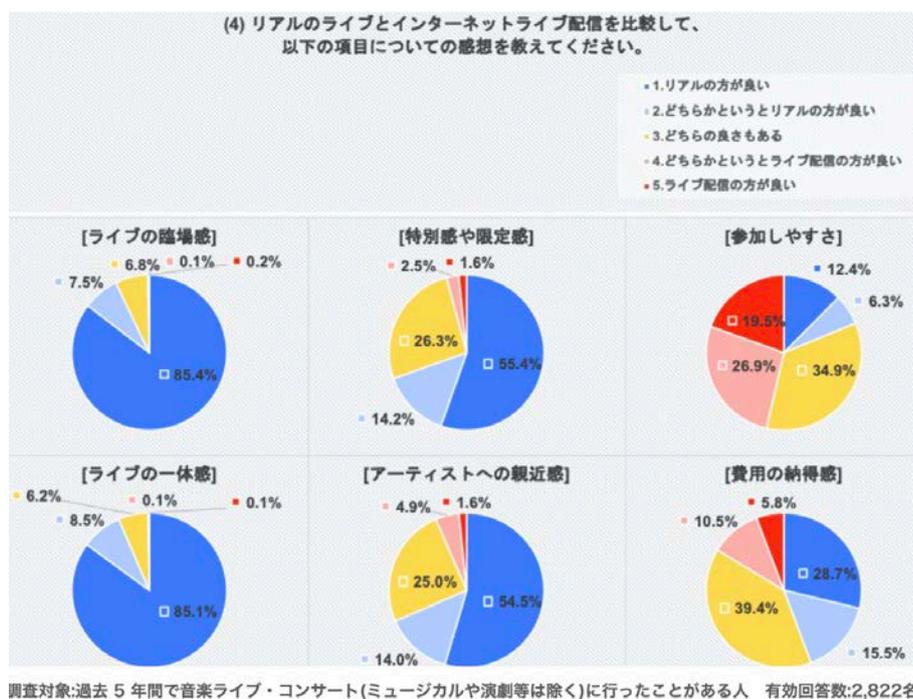


図 1.5 音楽ライブ配信についての意識調査レポート

支持を集めている。音楽体験における両者間の身体感覚を共有やコミュニケーションが行い難くなったことが原因と考えられる。加えて、ライブの臨場感や特別感についてもオフラインが支持を集めている。オフライン音楽ライブでは様々な演出・機材によって非日常的な体験を提供している。非日常的な音量で出力される音響や空間で反響する演奏音以外にも、ウーファーの出力音による振動触覚(体感音響)の刺激や、演奏が進むにつれ湿気や温度が上がっていく温度触覚の刺激、フォグマシンにより噴出される独特な甘い香り刺激や、パーライトやストロボライトの出力による目がチカチカするような光の刺激挙げられる。一方、オンライン音楽ライブにおいて、鑑賞者は自宅のようなプライベートな空間で鑑賞する 경우가多く、各鑑賞者によって鑑賞環境を構築する機材が異なる。従って、多くの家庭に設置されているテレビやスマートフォン等のディスプレイとスピーカーやヘッドホンを用いた視聴覚提示による配信形式が取られており、ライブの臨場感の低下に繋がると考えられる。

一方、鑑賞者のオンラインライブ体験を向上するために様々な手法が提案され

ている。株式会社ライゾマティクスとエヴィクサー株式会社は、ライブ空間と連動して照明演出を行う小型照明 Home Sync Light¹¹を公開した。室内にこの一台とモニターやタブレットを設置するだけでまるでオフラインのライブ空間のような雰囲気を演出することができる。また、Karamらは映像とインタラクティブに振動触覚提示を行うバイプロトランデューサが搭載された椅子を用いることでコンテンツ鑑賞時の臨場感向上を試みており [14]、鑑賞空間への導入も期待できる。



図 1.6 Home Sync Light

1.3. 本研究の目的

オンライン音楽ライブの需要が急増する現代において、オンライン化によって失われたライブの一体感や臨場感を向上させること本研究の目的とする。前述した背景から「演奏者の身体情報を活用した音楽インターフェース」と「ライブ空間を彩る様々な演出装置」に着目し、演奏者の身体情報と、鑑賞空間に導入した演出装置の連動によって、両者の身体性を接続するオンラインライブ空間をコンセプトとして空間のデザインや実装を行う。そして、鑑賞者を招いてオンライン

11 Home Sync Light: <https://www.std.org/text/live.html>

音楽ライブを行い、本研究のライブ空間が鑑賞者の一体感や臨場感に及ぼす影響やオンラインライブについての意識の変容をインタビュー調査と10段階の採点調査によって検証する。加えて、本研究のライブ空間が演奏者に及ぼす影響も検証するために、オンラインライブに対するモチベーションの変容をインタビュー調査によって確認する。

開発及び検証にあたって、現役のギタリストとして音楽ライブで演奏を行う筆者の所属バンドキタフォックスのメンバー、身体拡張技術を用いた新たなエンタテインメントの創出を行うAXERREAL株式会社と協力体制を築き、ライブにおける演奏者の身体動作の分析やプロトタイプ制作を行う。また、音楽ライブにおける身体的重要性を検証するための予備的な実験として、身体と接続する楽器MusiArm [1]を用いてライブを行う。

1.4. 本論文の構成

第一章では、音楽体験における身体的重要性、身体情報を活用した次世代の音楽インターフェースによる新たな表現手法、音楽ライブにおける鑑賞者と演奏者の関係を述べた上で、COVID-19の感染拡大によるオンライン音楽ライブの需要急増と露呈した諸問題を解決する為に、本研究が提案する両者の身体性を接続するオンラインライブ空間の重要性を示した。第二章では、音楽体験における鑑賞者の情動形成における身体表現の関与のプロセス、身体情報を活用した音楽インターフェースの開発の事例、オンライン音楽ライブの体験向上のための取り組みを紹介し、本研究の貢献を明らかにする。第三章では、MusiArmを用いた実験的な音楽ライブの実施及び検証の様子、プロトタイプの開発やディスカッションを通じたコンセプトデザインの過程、COVID-19の影響によるコンセプトの変化について述べる。第四章では、演出装置のインタラクションのデザインや具体的な実装方法と、検証のために実施したオンラインライブの内容・結果及び考察を述べる。第五章では本研究を総括し今後の展望を述べる。

第 2 章

Literature Review

第一章では、音楽表現における身体情報の活用の重要性とオンライン音楽ライブの体験向上が求められていると述べたが、オンライン接続された演奏空間と鑑賞空間において身体性を考慮した音楽体験を実装している例は少ない。そこで本章では、はじめに、人間が音楽を認知し情動形成に至る中でどのように身体が関与しているのかを音楽研究の歴史から説明し、身体表現が演奏者や鑑賞者へ及ぼす具体的な影響について述べる。次に、身体情報の計測技術を用いて前衛的な表現へと昇華させる手法を先行研究を交えて述べていく。最後に、音楽体験を向上させるためのマルチモーダルな感覚提示装置に関する研究を紹介し、オンラインの音楽ライブへの導入の動向を述べる。

2.1. 情動形成のプロセスにおける身体情報の関与

2.1.1 情動と生理反応

音楽研究において、人間が音楽を聴取する中で生じる緊張感や高揚感は情動反応として捉えられる。そもそも、情動 (emotion) という語は「有機体を揺り動かす」を意味するラテン語の *movere* から由来される *motion* と、情動の動きの方向を示す語頭の *e* から構成されており [15]、音楽における豊かな情動反応は参加のモチベーションとなる上に没入感の高い印象的な体験に繋がるとされている [4]。Hand book of Music and Emotion によると、「情動は、内部や外部の環境において重要でありそのような事象 (主観的な脅威や機会) に対する、比較的短時間の、激しく、変化が速い反応である。情動は、ほぼ同時刻に起こる数々の構成要素 (認知の

変化, 主観的な感覚, 表現的な振舞い, 何らかの行動を起こす傾向) を伴い, 社会的な性質を備えることが多い [16].」(寺澤 [4] による翻訳) とされている. そして Juslin らによると, 音楽情動は「音楽によって引き起こされた情動」であると定義されている [17]. つまり音楽体験中の情動を理解するためには, 「内部や外部の環境において重要でありそうな事象」として音楽を捉え, 外部の環境である音楽体験の際に内部の環境である生理学情報がどのように作用しているのかを調査する必要がある.

そのような背景から古典的な音楽研究では音楽体験中の身体の内情把握のために生理学的アプローチを行う傾向が強く, 1880 年には Dogie によって音楽鑑賞時の情動形成が生理学情報に及ぼす影響が明らかにされた [18]. Dogie は音楽由来の情動形成が心拍数や呼吸の計測データが変化することを認めたが, 以降は様々な研究が行われ, 皮膚電位 (EDA) や脳波 (EEG) などにも影響を及ぼすことが明らかにされた. 一方, 生理学情報は被験者によって個体差が大きい上に被験者の外部を取り巻く環境例えば実験に対する緊張感や体調などに簡単に左右されてしまうため, 正確に計測することは簡単でない. 例えば, 被験者は生理学情報の計測の際に聴覚以外の情報を遮断した状態で音楽鑑賞をしなければならず, 姿勢変化に富んだ現代的な音楽体験における身体の影響を調査するのが難しかった.

2.1.2 音楽体験中の身体表現

近年の音楽研究では生理学情報だけでなく表情変化や姿勢変化をはじめとした身体表現を前提としたアプローチが盛んに行われており, 「身体」は, 「音楽を認知する機能」と「情動を形成する機能」のインタラクションの中核を担う存在であるとする Embodied Music Cognition が一大パラダイムとなっている [3]. 音楽体験中の身体表現に関する先行研究を以下に紹介する

表情変化を伴う演奏の評価実験

Jane Davidson は演奏中の身体表現が視聴者の情動形成に及ぼす影響を調査した先駆的な研究者である. 実験ではバイオリン奏者によるソロパフォーマンスを

刺激とした [19]. バイオリン奏者は関節に反射マーカ―を貼り、視聴者に対して無表情、通常、誇張の3つのパターンの演奏を行った。視聴者への感覚提示は、マーカ―の動きだけが見える視覚提示、演奏音だけが聞こえる聴覚提示、演奏音+マーカ―の動きの視聴覚提示の場合の3つの条件において、バイオリン奏者の表情の変化を評価した。その結果、マーカ―のみの場合最も演奏者の表情の変化を正確に区別できており、視覚によって知覚する演奏者の身体動作の重要性を明らかにした。

ダイナミックな身体動作を伴う演奏の評価実験

Juchniewicz はピアニストの演奏を身体動作なしの場合、頭と表情による身体動作がある場合、全身の動作がある場合の3つの条件下で評価した [20]。さらに身体動作条件と、フレージングやダイナミクス等の音楽的要素との関連性も調査した。結果、ピアニストの身体動作の大きさは視聴者の演奏の評価に比例して高かった。加えてピアニストの身体動作が派手になるほど、細かい音楽的要素も高評価を獲得した。Broughton らはピアノよりも身体制約のないマリンバの演奏における身体動作の影響を調査した [21]。身体動作による表現を最小限に抑えた場合と、極端に動作を派手にした場合の2つのパターンを視聴者に鑑賞してもらったところ、身体動作が大きい場合の方が高評価を獲得していた。

計測技術を用いた評価実験

更に序論で述べたように計測技術が発展したため身体動作の影響をより定量的に評価することが可能になった。Lisa らは視聴者の表情筋を筋電図で記録した状態でボーカリストの悲しい-普通-楽しいの3パターンの表情変化を伴う演奏動画を視聴した [9]。結果、視聴者は演奏者の意図した表情を自然に真似することがわかった。これらの自発的な表情筋反応は、視聴覚提示直後の3秒以内に発生しており、演奏者の表情のニュアンスが視聴者のダイナミックな表情反応及び情動反応を誘発することを示唆した。Jocelyn らはチェリストに対して身体動作の有無が表現力に与える影響を定量的に評価した [10]。身体動作の自由度を4段階に分

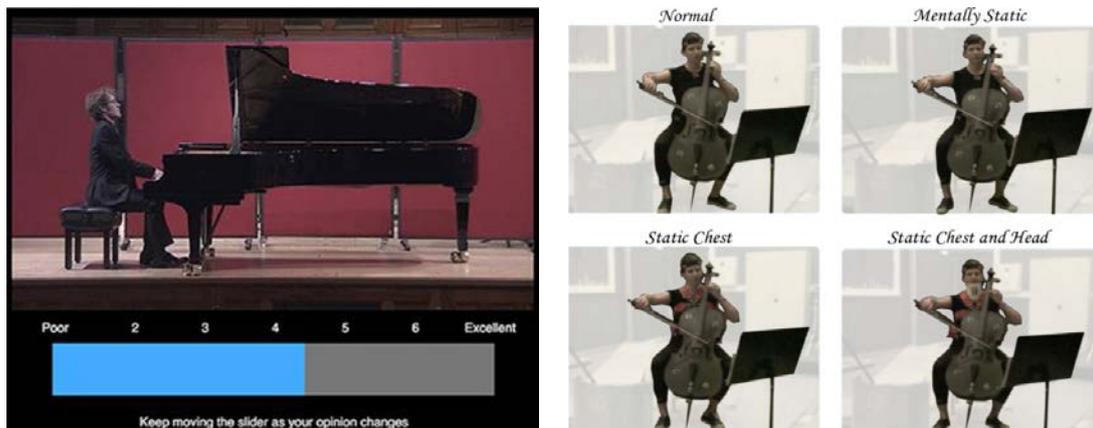


図 2.1 身体表現を伴うピアノ演奏の評価 図 2.2 身体を拘束したチェロ演奏の評価

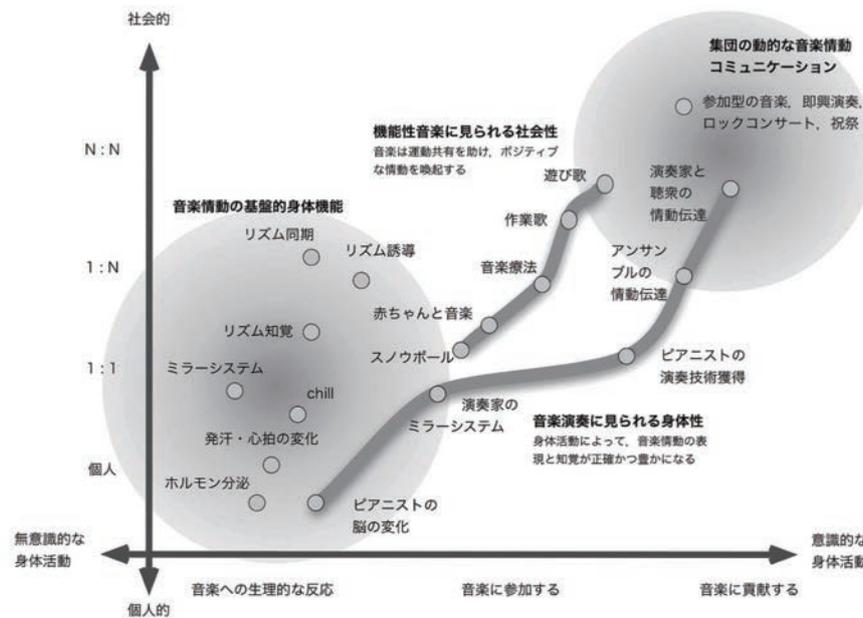
けて変化させ、音楽の構成要素である音量、リズム、音色との関連性を評価した。結果、頭を振る、足でリズムを取るといった身体動作を制限した場合、全要素に対して正確性が低下することがわかった。

2.1.3 身体表現を伴う音楽コミュニケーション

現代社会における音楽体験においては演奏者と鑑賞者が明確に分けられる場合が多い。前節では、演奏者の身体表現が情動形成に及ぼす影響を述べたが、鑑賞者も意識的・無意識的に様々な身体表現を行いながら能動的に音楽に参加している。例えば、グルービーな楽曲を聞いていると気づかぬうちに身体が動き身体状態が変化したり、音楽ライブで高揚した瞬間に拳を上げたり、涙を流す人もいる。寺澤らは、能動的に音楽を聴取している場合に生まれる足踏みや手拍子などの身体表現は音楽への深い没入が促進し、音楽が更にダイナミックに感じられると述べている [4]。音楽体験は聴覚のみに依存しているわけではなく、視覚や体性感覚による知覚、身振りや運動動作による表現・音楽ライブにおいては振動触覚や嗅覚なども重畳されたクロスモーダルな体験である。

音楽への参加者の中には、日常的に音楽を鑑賞するが楽器を演奏することはできない人や、演奏と鑑賞の双方をこなす人も存在するなど音楽に対しての参加方

法は多様であるが、マルチモーダルな知覚と生理反応・ジェスチャ・運動動作・発声などによる音楽情動の表出の双方を持って音楽に参加しているという点は演奏者・鑑賞者で共通しており、お互いの身体性が接続されることでより没入を伴う音楽体験となる。図 2.3 は音楽体験と身体への関与のレベルを示している。音楽体験に参加する人数が増え社会性が増していくほど、生理情報に加えて能動的な身体活動が重要であることが示されている。ライブ中に巻き起こるコールアンドレスポンスや、参加者全体がリズムに合わせてフロアを飛び跳ねる様子は、身体表現が演奏者と鑑賞者の絆を深めるためのコミュニケーション手段となることを示しており、身体表現を拡張したり誘発することで一体感のある体験を実現できる可能性がある。



(寺澤ら”音楽と認知科学”より引用)

図 2.3 音楽情動体験のロードマップ

2.2. 身体情報の計測と音楽への活用

前節では音楽パフォーマンスにおける身体表現の有用性を述べたが、本節では実際に音楽インターフェースへと落とし込むために必要な身体情報の計測技術や音楽パフォーマンスへの活用例を示す。

2.2.1 計測技術の発展

身体情報を計測するためのセンサに関する研究開発は、音楽研究と同様にして、ここ数十年の間に高感度化、高速化、小形化に向けて急速に進んだ。原因として、奥山は新物質、新現象の発見の寄与が大きく、それらの発見後すぐにセンサ応用に取り入れ多ことを挙げている [22]。センサの構造や作製において、シリコン MEMS (Micro Electro Mechanical Systems, 微小電気機械システム) 技術の貢献が大きく、力学量・熱・光・磁気センサが次々と小形化され畳め身体に取り付けたり装着することが容易となった。加えて、Arduino¹や Bluetooth と WiFi モジュールを搭載した ESP32²等のセンサから電気信号を受け取るマイクロコンピュータも簡単に入手可能となったため物性型のセンサを身体に装着しても身体表現に及ぼす影響が少なくなった。

近年は空間コンピューティングのための非接触型の計測ツールが台頭している。Leap Motion 社から販売されている Leap Motion³は、両手と指 10 本のモーションキャプチャが可能で 0.01 ミリの精度で手指の動きを認識することができる。Microsoft 社より販売されている Azure Kinect DK⁴は、2010 年に販売されたモーションキャプチャの先駆的存在である Kinect の次世代機で、ジャイロ스코プ、深度センサ、4K ビデオカメラ等の様々な機能が搭載されている。身体の関節部位の絶対座標の取得や複数台の直列接続ができるため、広いステージやバンドのよ

1 Arduino:<https://www.arduino.cc/>

2 ESP32<https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>

3 Leap Motion:<https://developer.leapmotion.com/>

4 Azure Kinect DK: <https://azure.microsoft.com/ja-jp/services/kinect-dk/>

うな多人数による同時演奏の携帯においても活用することができる。計測可能な関節部位は30以上にも及ぶ。

Lyonら [13] は、これらの計測技術を活用して音楽インターフェースをデザインする際に、次の6つのステップが重要であると述べている。

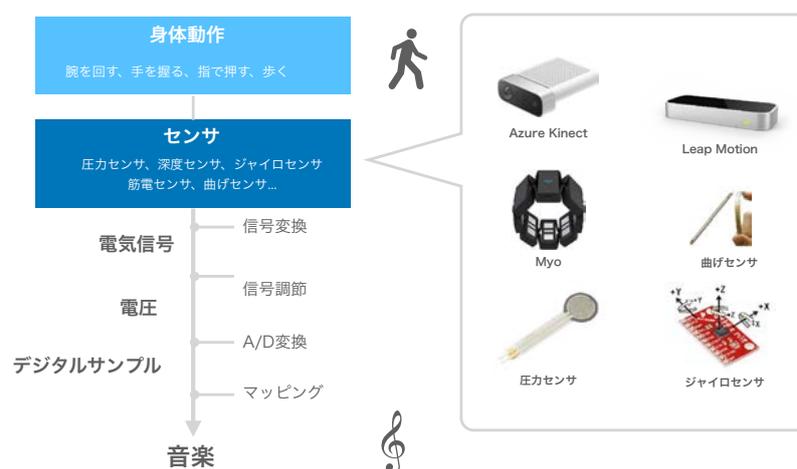


図 2.4 身体表現の音楽への変化の過程

I. 計測する身体情報の検討

はじめに、演奏者のどのような身体情報を音楽表現へ拡張するかを検討する。姿勢変化の場合は身体部位の回転量や加速度をセンサを用いて計測する。また、心拍や脳波、発汗などの意識的な制御が難しい生理学情報を用いた NIME も存在する。

II. 身体情報で制御する要素の検討

次に、表現として出力する要素を検討する。音量や音程など音楽に直結する要素や舞台照明などが挙げられる、

III. 制御と音声出力のマッピングの設計

センサによる計測値の変化量と出力する要素の変化量の関係をマッピングと呼び、音楽インターフェースをデザインする中で最も重要なステップである。出力の際のプロトコルは音楽に特化した MIDI (Musical Instrument Digital

Interface) や OSC(Open Sound Control) を用いることが多い。OSC は UDP ベースのプロトコルであり、高速、低遅延といった特徴がある。

IV ハードウェアとソフトウェアのシステム設計

実際に出力を行うハードウェア群と通信を行うためのソフトウェアを含めたシステムを設計する。ほとんどの場合、リアルタイムに波形処理を行うため、TouchDesigner⁵や Max⁶等のノードベースのビジュアルプログラミングツールを用いることが多い。これらのソフトウェアは波形生成やノイズの処理など音声処理に適した様々な関数が用意されている。

V. 作曲と練習

演奏者の身体情報を用いた音楽インターフェースは既知の音楽表現の幅に囚われないため、そのインターフェースに最適化された楽曲を作成する必要がある。既存の音楽ツールをアップデートして使用する場合にもパフォーマンス構成や演奏空間を熟考するべきである。

VI. 繰り返しと改良 Poupayev らは、新しい音楽インターフェースを評価するために (1) 使いやすく分かりやすいか (2) 表現力を拡張するか (3) 洗練されているか (4) 美学があるかどうか (5) 気持ちいいか という 5 つの主観評価の基準を提案しており、より多くの人へのパフォーマンスを通じてデータを収集し、改良を繰り返すべきであるとしている [23]。

2.2.2 身体情報を活用した音楽インターフェース

楽器への活用事例

Sony 社の MOTION SONIC PROJECT⁷では、3 つのマイクと 6 軸の加速度センサを組み合わせることで、演奏者の動作とそれによって発生する風切り音から

5 TouchDesigner:<https://derivative.ca/>

6 Max:<https://www.mi7.co.jp/products/cycling74/>

7 MOTION SONIC:<https://www.sony.co.jp/SonyInfo/design/stories/motionsonic/>



図 2.5 MOTION SONIC



図 2.6 義手楽器 MusiArm [1]

音楽表現を可能にするウェアラブルデバイス MOTION SONIC を開発した。腕時計のような装着感のデバイスで微細な動きやメリハリのある動きなどを、シームレスな音楽表現を可能なため、ダンスやスポーツ等への応用も期待できる。第一章で紹介した空間コンピューティングを活用した楽器 KAGURA や MOTION SONIC など、身体への装着時に違和感を持たない楽器は、直感的且つ自由度の高い表現を引き出すことができる。

また、畠山らは演奏者の身体と一体化した楽器 MusiArm を開発した [1]。図 2.6 に示す。MusiArm は、既存の楽器を思うように演奏することができなかった片腕前腕欠損障害を持つ当事者に楽器演奏を可能にした。一方、単に当事者の楽器演奏を可能にするという点だけでなく、当事者の欠損部位を「可能性・余白」と捉えることで通常の「道具」としての楽器でなく、着用者の「身体の一部」になることを目指し、MusiArm 演奏者にしかできない音楽表現を実現した。畠山は開発の過程で当事者とのディスカッションを繰り返すことで当事者が得意な身体動作を割り出した。図 2.7 は「手先が器用」「腕まくりが得意」をはじめとする当事者が持つ身体的特性をの 3 本の義手楽器へ実装する方法を示している。例えば Eleee は弦楽器を彷彿とさせる筐体だが、弦楽器から音出力される過程の弦を押さえる、弦を弾くといった本来両手で行う動作を、指先のプッシュの動作のみでを代替している。更に、Eleee は腕のように振り回せるという義手楽器ならではの利点を活用し、楽器を上下させることで出力音のピッチを制御することもできるなど、音楽表現力向上の可能性を示した。

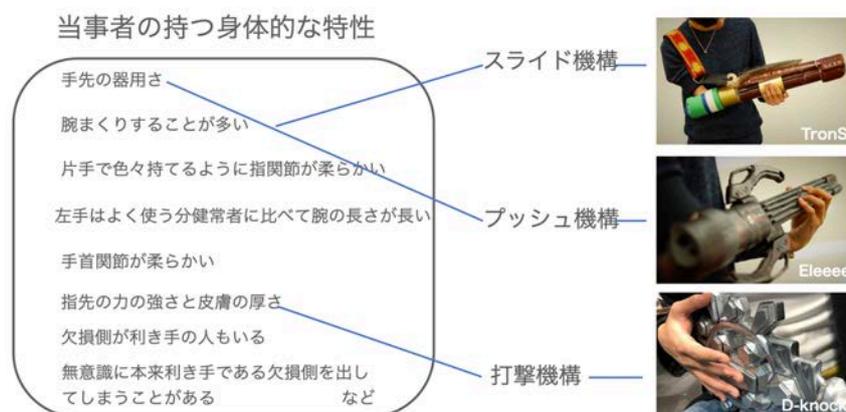


図 2.7 MusiArm における身体的特性の活用

演出への活用事例

演奏者の身体性は、音だけでなく光やプロジェクションマッピングといったライブの演出にも接続することができる。最新メディア・テクノロジーを駆使して数多くのプロジェクトを手掛けるクリエイター集団ライゾマティクスは、3人組テクノポップユニット Perfume のライブにおいてパフォーマーの身体性と舞台演出を接続した⁸。フォトグラメトリー技術を用いてリアルタイムでパフォーマーの身体を3Dスキャンし、衣装に搭載された大量のLEDへマッピングを行うなど、空間コンピューティングやウェアラブルコンピューティングを活用してこれまでにない斬新かつ洗練されたアイデアによる演出を行った。また、KMD EMの須川らによってデザイン及び実施されたコンテンポラリーダンスパフォーマンス Boiling Mind⁹は、鑑賞者の身体性を舞台演出と接続することで身体感覚のループを生み出す。公演中、鑑賞者の心拍・ストレス指標。まばたきなどといった生体反応の計測を行い、リアルタイムでステージ背面のスクリーンにプロジェクションマッピングした。本章冒頭で生体反応の活用は難しいと述べたが、Boiling Mindにお

8 Perfume Performance Cannes Lions International Festival of Creativity 2013

9 Boiling Mind <http://embodiedmedia.org/project/synesthesia-wear-2/>



図 2.8 Boiling Mind 公演風景

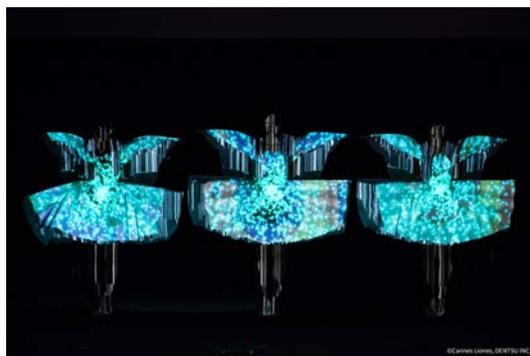


図 2.9 ライズマティクスによる Perfume 公演の演出

いて鑑賞者は、「身体感覚の発見」「外部環境が引き起こす、身体感覚の変容」といった発見をしており、意図的な身体表現を行わない鑑賞者の身体性も接続元となる可能性を示した。

2.3. 音楽体験時の臨場感向上

第一章では、大規模な機材で演出を行うオフライン音楽ライブと比較して、映像と音声のみを用いたオンラインライブでは鑑賞者の臨場感が低下してしまうことを指摘した。一方、臨場感を向上する手法として高品質な映像や音声を提示する提案や、小規模空間でも振動触覚や光を提示できる媒体を音楽コンテンツと併せて使用する提案が行われている。以下に媒体や技術、実際の活用方法を紹介する。

2.3.1 視聴覚提示技術

情報技術の普及に伴い、場所・時間を問わず音楽コンテンツを鑑賞できる環境が増加した影響で、臨場感の高いコンテンツ鑑賞を求めて様々な技術が提案された。高臨場体感音響技術は代表例の一つであり、多チャンネル・多数の高性能スピーカを用いて重低音の補強・音場を再現するが、機材が高額でシステムも複雑なため、一般家庭規模での導入は難しい。映像を伴う音楽コンテンツも同様に増

加し、Apple社のRetinaディスプレイに代表される超高品位ディスプレイ技術による映像の高精細化やスクリーンの小型化が進んだ。一方、人工環境・サイバースペースを現実として知覚させる技術であるVR(Virtual Reality)技術を用いたHMD(Head Mounted Display)などの視聴覚提示デバイスの品質向上によって臨場感の高い音楽体験をすることもできる。

2.3.2 マルチモーダルな音楽コンテンツ鑑賞

前述の通り、音楽ライブ空間において大音量での音声出力に伴う振動触覚や、何十もの照明機器により照射される光などマルチモーダルな感覚提示が行われており、音楽鑑賞時の高臨場感に繋がっているのだと考えられる。以下に音楽コンテンツ鑑賞中の体験向上を目指した感覚提示媒体を紹介する。

体全体を揺らしたり、振動させたりする刺激は、生理学および心理学的な観点から人間に大きな影響を与えることが知られている。そのため、振動触覚を用いた音楽体験の向上に関する分野は注目されている。影響を調査、障害を持つ当事者が音楽を楽しむための研究など、その扱いは様々である。一方、振動提示を行う部位や、振動とインタラクションを持たせる要素など研究は多岐に及び、実際に製品化して販売されている物も多く存在する。小西らと Enhance Games, Inc. 及び株式会社ライゾマティックスによって開発された Synesthesia suit は音楽を耳からだけではなく、触覚や視覚として体感できる共感覚スーツである [2]。VR ビデオゲーム Rez Infinite の効果音やBGMと26個の振動素子が全身へのインタラクティブな振動提示を試みた。Skullcandy 社より販売されているヘッドホン CRUSHER EVO¹⁰は、ワイヤレス接続可能な上に機能的なヘッドホンの内部に重低音専用のウーハーを搭載することで音楽鑑賞中に振動触覚による体感音響提示を実現した。一方、Guitammer 社より販売されている振動フィードバックデバイス ButtKicker Gamer2¹¹は、音楽の低音域を振動触覚として提示するデバイスで、椅子の脚部に取り付けるだけで椅子の座面や肘掛けを通じて振動提示を行うことができる。い

10 <https://www.skullcandy.jp/view/item/000000000114>

11 ButtKicker Gamer2: <https://thebuttkicker.com/>



図 2.10 Synesthesia suit [2]



CRUSHER EVO



ButtKicker Gamer2

図 2.11 CRUSHER EVO, ButtKicker Gamer2

ずれのデバイスも音楽ライブの鑑賞を目的に作られたわけではないが導入は可能であり、今後振動を介した音楽鑑賞が主流になる可能性を示唆している。

2.3.3 オンライン音楽ライブへの活用例

粕谷らはHMDを用いてインタラクティブに自由視聴点での三次元映像音声を再生するアプリケーションLiVRationを開発し臨場感の向上を試みた[24]。更に、鑑賞者と演奏者間に非言語的なコミュニケーションを生じさせ、空間共有感を向上させていた。室内に導入しやすい規模の照明や振動素子などの感覚提示媒体と、セットアップに手間のかからないソフトウェア設計や音場変化を楽しむことのできる音声データの送信を行うことで、鑑賞者は手軽に臨場感の高いライブを体験することができることを示唆した。



図 2.12 遠隔ライブ VR 配信プラットフォーム LiVRation

2.4. 本章のまとめ

本章では、音楽体験時の情動形成が音楽体験の没入感に及ぼす影響と、情動形成プロセスの中で音楽体験者の身体情報の密接な関与を述べ、ライブ空間中の様々な要素と身体性を接続する音楽インターフェースの存在意義を明らかにした。加えて、音楽体験時の振動触覚提示や照明演出の重要性を述べ、マルチモーダルな感覚提示によって高い臨場感を伴う音楽ライブ鑑賞を試みる様々な研究を紹介した。一方、COVID-19の影響で急成長しているオンライン音楽ライブにおいて、身体情報をインタラクティブに活用するインターフェースを活用している例は未だに少なく、本研究で提案する演奏者の身体性と鑑賞者を接続するオンライン音楽ライブ空間の貢献を明らかにした。

第 3 章

Concept Design

第三章では、身体情報を活用による音楽ライブ体験の向上に必要な要件を探究するために、筆者が行った取り組みやを述べる。はじめに、身体と楽器の一体化を可能とした義手楽器 MusiArm を用いて音楽ライブを実施し、ライブ後のインタビュー調査の結果から意識の変容を検証する。その後、演出を用いて演奏者の身体性を鑑賞者へと接続することでライブ体験を向上を試みるというコンセプトを述べた上で、開発したプロトタイプやディスカッションの様子について述べる。最後に、COVID-19 の感染拡大によるコンセプトの再構築及びライブの実装に向けて必要な演出要素や技術を整理する。

3.1. 音楽ライブにおける身体性の接続経路

現代における音楽ライブは参加人数、場所、音楽のジャンルなど多岐にわたる条件を考慮した上で実施される。例えば、ライブハウスでのライブのような演奏者の唾が飛ぶほど演奏者と鑑賞者が物理的に近い位置に配置される場合や、ドームでのライブのような数百メートルの距離がある場合、そしてオンラインライブのように距離の有無に関わらず参加できる場合も存在する。いずれの実施形態においても共通して「演奏者」と「鑑賞者」という2つの立場が存在し、各々が異なる役割を持ってリアルタイムに情報を送受信している。その他の立場として照明や音響の演出オペレーターも存在するが、オペレーターは演奏者の表現を身体感覚として鑑賞者へ届ける際の媒体的な役割を担っており、表現の中核を担うのはあくまで演奏者であると考える。

本研究では人間の身体情報が自身若しくは他者の身体へ共有されることを身体

性の接続と呼び、一般的なライブにおける身体性の接続状況を演奏者・鑑賞者を明確に分けた上で図 3.2 に示す。一方で、身体性の接続経路や計測技術を用いた接続の強化方法を先行研究を元に整理した。

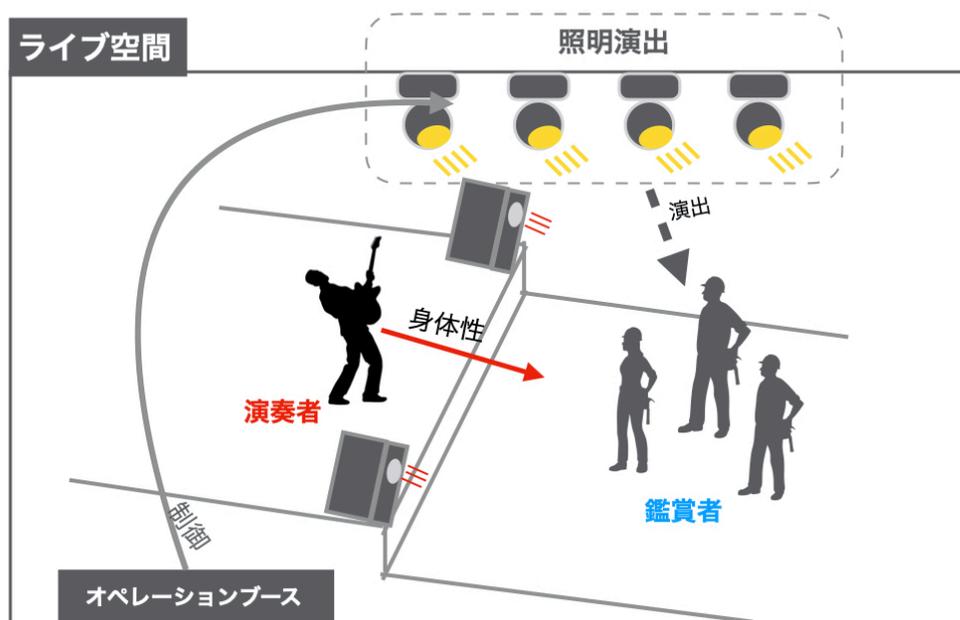


図 3.1 一般的な音楽ライブにおける身体性の接続

経路 1: 演奏者-鑑賞者

演奏音・声・演奏時の身体動作といった演奏者の身体性は視聴覚情報として鑑賞者へ接続されている。この経路の接続を強化した例として Perfume のパフォーマンスにおける LED 衣装の演出¹が挙げられる。表現者の身体と演出を連動させることで存在感を強化して鑑賞者へ届けることができる。

経路 2: 鑑賞者-演奏者

鑑賞者の身体性は歓声や手拍子として既に演奏者へ接続されている。この経

1 Perfume Performance Cannes Lions International Festival of Creativity 2013

路の接続を強化した例として Boiling Mind²が挙げられる。鑑賞者の生理学的な身体情報を抽象化してダンサーへと届けることで、身体感覚のループを試みた。

経路 3: 演奏者-演奏者

身体動作による楽器の演奏などの行為がこの経路に当てはまるが、この経路は時に断絶されている場合がある。例えば前腕欠損の当事者は、ギターやピアノをはじめとした健常者が使用することを前提として作られた楽器を演奏することができず、音楽ライブに演奏者として参加することは難しい。一方で MusiArm [1] のような鑑賞者独自の身体性を活用する楽器も存在し、実際のライブへの導入が期待できる。

経路 4: 鑑賞者-鑑賞者)

鑑賞者がライブを楽しむ行為自体がこの経路に当てはまる。一方、上記と同様に、聴覚障害や視覚障害によって満足な音楽体験ができない人にとって閉ざされた経路である。

4つの経路の中で、本研究では表現を行う演奏者の身体性を活用する経路である経路1及び経路3に着目した。大辞泉によると、表現は「心理的、感情的、精神的などの内面的なものを、外面的、感性的形象として客観化すること。また、その客観的形象としての、表情・身振り・言語・記号・造形物など。」³と定義されている。表現者が内面的なものを客観化する媒体として演奏動作から生み出される「音」を出力する場合が音楽ライブであるといえるが、経路3が閉ざされている障害の当事者の場合、そもそも音楽ライブができないことが問題である。そこで、はじめに義手楽器 MusiArm を用いて経路3の課題を解決を試みることにした。

2 Boiling Mind <http://embodiedmedia.org/project/synesthesia-wear-2/>

3 大辞泉「表現」

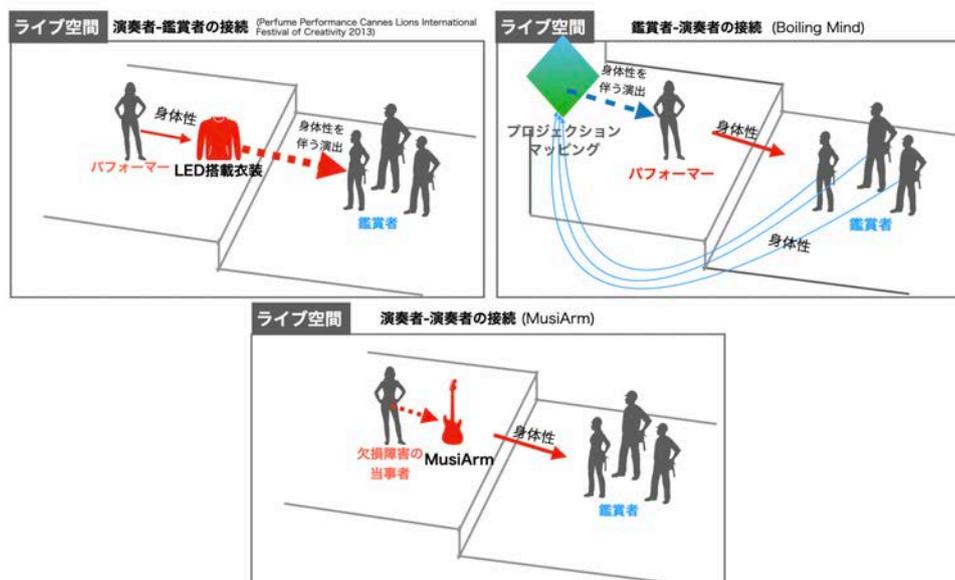


図 3.2 身体情報の活用による身体性接続の強化例

3.2. 義手楽器 MusiArm を用いた音楽ライブ

演奏者の身体性の接続先として MusiArm は接続畠山らによって開発された MusiArm は現在まで沢山のユーザーに体験されたが、実際に洗練されやライブとして観客へ音楽を届けたことがなかった。そこで、身体と密接に接続された楽器が演奏者・共演者・鑑賞者に及ぼす影響を調査するために、音楽ライブを企画した。

3.2.1 MusiArm 演奏者とのディスカッション及び練習

音楽ライブを開催するにあたって、事前にバンドメンバーである筆者と当事者、MusiArm Project メンバー 2 名を含めてディスカッションを行った。ライブの編成について、3 月時点で当事者は MusiArm の演奏経験はあったものの、ライブとしての演奏体験を実現したことがなかった。2 章で述べたとおり、音楽体験において演奏人数が増えれば増えるほど他者の音と姿勢に勇気づけられ、演奏時の意識的な身体活動が活発になるという [4]。そこで、本ライブは筆者が所属するロックバンド キタフォックスのメンバーと当事者のコラボレーションバンド「THISABILITIES

FEAT. キタフォックス」として共演することとした。キタフォックスは東京都内を中心に活動する北海道出身のインディーズロックバンドである。ロック、ノスタルジー、エモーショナルといった音楽的特徴を持ち、Vo,Gt1名、Gt1名、Ba1名、Dr 1名によって構成される。

2020年3月時点では3種類のMusiArmが存在していたが、「軽くて動きやすい、派手、サウンドが既存楽器メインで構成されるバンドにもなじみやすい」といった理由から弦楽器タイプのMusiArm Eleeeを用いた。楽曲は、キタフォックスの「T」「東京」を選択した。2楽曲の選択の理由は、使用する和音が類似しておりEleeeへの音のマッピングを単純化できること、どちらもミドルテンポ且つコードチェンジが少ないため演奏中の活発な身体表現を期待できることの2点である。実際にライブにおけるマッピング含めたEleeeの実装について図3.3に示す。デイスカッション後、当事者は筆者の作成した譜面を元に楽曲構成とEleeeの運指の対応を記憶と個人練習を反復して行った。バンドメンバーには音楽スタジオ内でEleeeのサウンドを実際に聞いてもらった上で楽曲のアレンジやライブ構成を考えた。THISABILITIES FEAT. キタフォックスの練習風景を図3.4に示す。当日は当事者としては初の合奏体験であった。

3.2.2 SLIDERIFT CHALLENGE 2020

企画名 SLIDERIFT CHALLENGE 2020 第0回大会

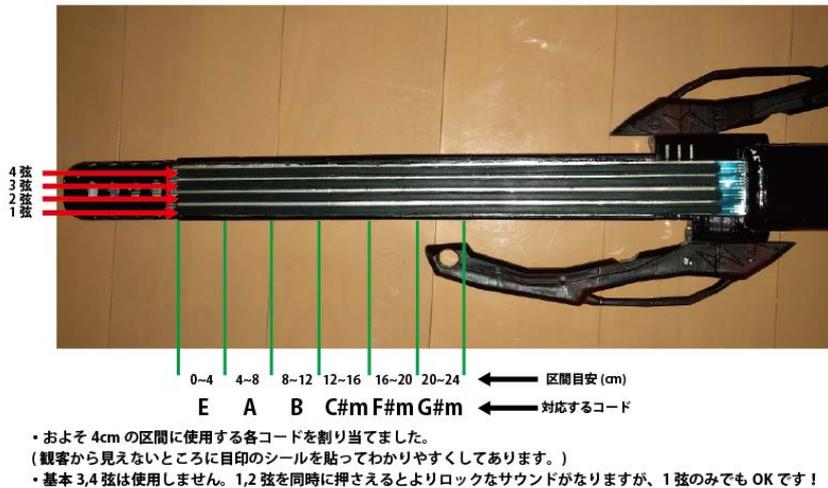
日付 2020年3月15日(日)

会場 ケアコミュニティ原宿の丘 体育館

主催 AXERREAL 株式会社

実際のライブ企画の概要を上記に示す。「THISABILITIES FEAT. キタフォックス」として体育館内の特設ステージにて合計15分間の音楽ライブを行った。当日の鑑賞者は20名程度だった。その後、演奏者、共演者、鑑賞者から口頭で本公演に関する自由な感想をいただいた。それぞれのフィードバックを以下に示す。

MusiArm Eleee Sound Information



2020/3/15 SETLIST

1. T 2. 東京

2 曲とも、MusiArm 演奏への最適化のため楽曲の尺を短めにアレンジしています。
また、同様の理由で「東京」は原曲よりキーを半音高くして演奏します

図 3.3 MusiArm Eleee のマッピングシステム

演奏者

「初めてのステージ演奏で緊張したが、ワクワクしました。」「慣れたらもっと動きまわって派手なパフォーマンスができそうですね。」

共演者

「練習では MusiArm との演奏が違和感だったが、ステージに立った時気持ち昂った。」「ベースよりも簡単に音が鳴るのが羨ましいです。」「僕たちの楽器よりも軽いためか動きも軽い、ステージを走り回ったら絶対気持ち良い。」「演奏中に飛び跳ねている姿に驚いた。ドラム演奏中ももっと色々な表現ができればいいのに。」

鑑賞者

「演奏者同士の笑顔のコミュニケーションが印象的だった。」「義手楽器は演奏中の身体の動きが他の楽器と全然違う。」「MusiArm ならではの表現をもっと強調して欲しい。バンドのサウンドに埋まっていた。」

音楽体験を実現した当事者の姿に感動する人が多かったが、身体化した楽器なら



図 3.4 MusiArm 演奏者との練習風景

ではの音楽表現に目を惹かれる意見も多数みられ、ダイナミックな身体活動が人々の音楽情動形成に与える様子を確認することができた。視覚的情報である身体表現と聴覚的情報である音の連動が色濃く反映され、鑑賞者のマルチモーダルな体験を深層化したのだと考えられる。加えて、楽器演奏の経験が深い共演者(キタフォックスメンバー)は、空間を存分に活用したライブへの期待を強く抱いていた。例えば、ドラム演奏者は椅子に座って演奏をするため他の楽器に比べて下半身の動作の自由度が限られている。演奏者-鑑賞者の接続を試みる場合には楽器演奏者の身体特性にも留意しなければならないと考えられる。



図 3.5 SlideRiftChallenge2020 の演奏風景



図 3.6 THISABILITIES FEAT. キタフォックスとプロジェクトメンバー

3.2.3 超福祉展 2020

企画名 身体表現の再構築から生まれる新たなエンタテインメントの可能性

日付 2020年9月4日(金)

会場 渋谷ヒカリエ 8F 「8/」(鑑賞はオンライン配信)

主催 ピープルデザイン研究所

参加者 浅田風太 (EM), 安藤良一 (一般社団法人超人スポーツ協会ディレクター), 畠山海人 (MusiArm Project 総代表), 山本大介 (EM), 山本邦光 (超義手モデル THISABILITIES)

MusiArm ライブをはじめとするエンタテインメントについて、ピープルデザイン研究所が主催する超福祉展 2020 内でディスカッションのオンライン配信を行った。THISABILITIES の MusiArm 演奏者はディスカッションの中でライブの体験について「ギターは両手じゃなきゃ弾けない楽器になるので、それが弾けたというのはすごい新鮮な体験でしたね。」「緊張した中やっていたので、達成感がありました。」と述べていた。演奏者として音楽ライブで表現をしたことでしか得られない

達成感を獲得していたのだと考えられ、演奏者-演奏者の接続が機能していたことを確認できたため、次は経路1:演奏者-鑑賞者の身体性の接続の強化に取り組むこととした。



図 3.7 超福祉展 2020 の様子

3.3. コンセプト

本研究では、演奏者の身体性をライブ演出へ活用することで新たな表現が生まれるのではないかと考えた。ライブ空間に存在する照明などの演出を楽器演奏者の得意な身体表現に連動させることで、演奏者の存在感を拡張し、鑑賞者とのコミュニケーションの手段となりうる。そこで、本研究では「楽器演奏中の身体表現と連動したステージ演出を実現するライブ空間」をコンセプトとする。コンセプトの概要図を図3に示す。

3.4. 身体表現の分析とプロトタイプの開発

ライブ空間の実装のために、マッピング元である演奏者の身体表現と、マッピング先である演出を選定する必要がある。そこで、世界中で最もポピュラーな上

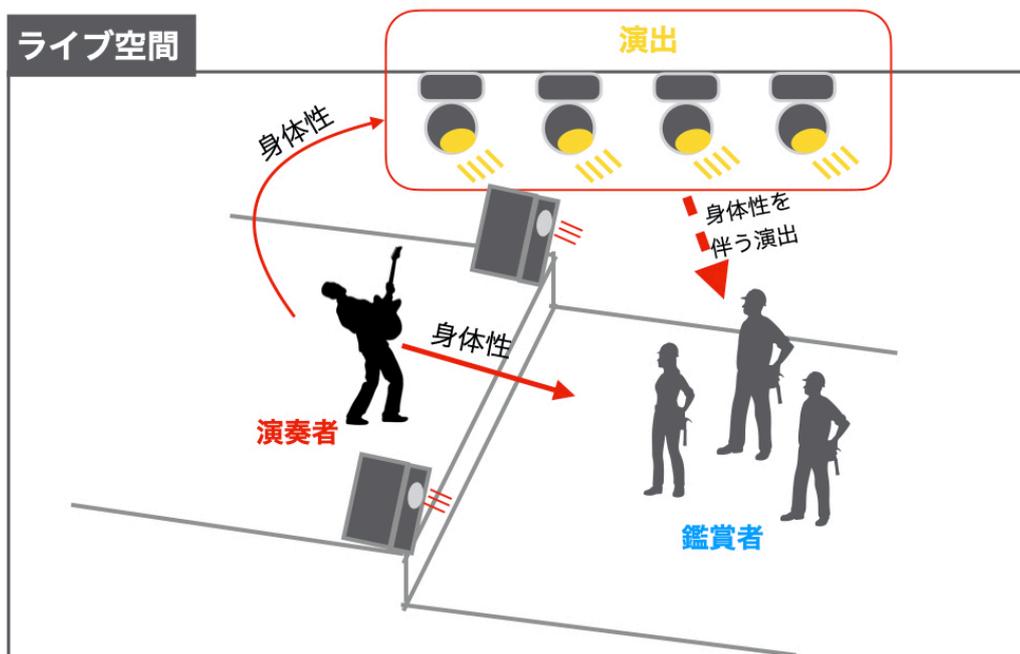


図 3.8 コンセプト

に筆者も演奏経験が深いギターをプロトタイプ開発のための楽器とし、実際にギター演奏者のライブビデオを用いて演奏中の身体表現を分析した。

3.4.1 ギター演奏中の身体表現の分析

楽器演奏中の身体表現を選定するために、2020年3月1日(日)に西永福 JAM にて実施されたキタフォックスによる単独公演『砂漠の雪』の1時間のステージで、ギター演奏者のライブ映像を分析した。表 3.1 にギター演奏者が楽曲の演奏中に行っていた特筆すべき身体表現を示す。

- 上半身でギターを上下・左右に回転する
出現頻度の最も高かった身体表現。通常の演奏姿勢との変化量が大きい上に即時性が高いため、視覚的なインパクトが大きい。派手な演出とのインタラクションが期待できる。

- (手先の細かい動きで音に強弱をつける
身体表現でありつつ、出力音のニュアンスと直接的に関係する大切な要素である。一方、ピッキングはきめ細やかな動作のため、他の動作と比較してセンシングが難しい。
- リズムに合わせて頭を前後に振る
ライブ中最も頻繁見られた身体表現。振れ幅の大小はあるものの、演奏者の体内でカウントされるリズムや、楽曲のアクセントを鑑賞者に伝えることができる動作である。
- 足を曲げてしゃがむ
しゃがむことによって力んでいるかのような印象を受ける動作。感情の爆発を表現する際に使用されていた。
- 歩いて立ち位置を変える
頻度は高くないが、演奏者が目立ちたい時に使用できる飛び道具的な表現。近づいてくる感の再現ができる演出とのインタラクションが期待できる。

表 3.1 ギター演奏者の身体表現の分析

	身体表現	出現頻度 (1低-5高)	出現タイミング		
			ピッキング前	ピッキング中	ピッキング後
(1)	両腕でギターを上下・左右に回転する	5	○	○	○
(2)	手先の細かい動きで音に強弱をつける	5		○	
(3)	リズムに合わせて頭を振る	4	○	○	○
(4)	膝を曲げてしゃがむ	3	○	○	○
(5)	歩いて立ち位置を変える	1			○

3.4.2 演出の選定

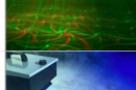
音楽ライブ空間における最もメジャーな演出の一つとして照明演出があげられる。照明装置は多岐にわたり、照明演出家は用途に応じて使い分ける。演出で頻繁に用いられる代表的な照明を表 3.2 にまとめた。ステージ演出としてだけでなく自宅の一室で使える掌サイズ感のものもあれば、大規模なライブの演出で用いられる 1000W を超える光量を出力できるものもある。

照明演出の特徴として、明るさや動き、色など制御可能な項目が多数存在し、演出としての表現の自由度が高いという点で優れている。加えて、広範囲へ照射可能なため、空間全体の雰囲気を作成することができる。図 3.9 に示す Donato らによる MyoSpat を活用した Water Shape は照明機器の明るさとカラーをジェスチャーで制御する前衛的なダンスパフォーマンスである [25] [26]。連動しているのは照明演出と手先の動きだが、拡大された影の様子などから空間全体がパフォーマンスに連動しているとも捉えることができる。これらの観点から、演奏者の身体性を鑑賞者へ届けるために、照明演出との連動を試みることにした。演奏者の身体表現をセンシング及びマッピングして照明演出装置と連動させることで、ライブ空間そのものに演奏者の身体性を持たせることができ、その空間に存在する多くの鑑賞者にダイナミックでインダイレクトに演奏者の身体性を届けることができると考えられる。



図 3.9 Water Shape

表 3.2 様々な照明演出装置

	種類	演出イメージ	用途・特徴	設置方法	制御の自由度			
					光量/霧量	色調	回転	ゴボ
狭	 パラライト		ステージの地明かりや光の筋を見せる演出やスポットライトに使われる。色を固定して複数台で使用するのが一般的。	オールマイティ	○	○	×	×
	 ムービングヘッド		照射範囲が広くダイナミックな動きが特徴。ヘッド部とベース部がそれぞれモーターで回転する。	フォロースポット/フット/ローアホリゾン/アッパーホリゾン	○	○	◎	◎
照射範囲	 ウォッシャー		壁面などを鮮やかな光で彩る。照射範囲はやや広い。	ローアホリゾン/アッパーホリゾン	○	◎	△	×
	 ブラインダー		ストロボの演出などに使われる。光量が大きく、点滅が得意。	ローアホリゾン/アッパーホリゾン	◎	△	×	×
	 センターピース		一つの個体に大量のLEDを搭載。光線がシャープに広がり星空のように空間を鮮やかに彩る。	ローアホリゾン/アッパーホリゾン	○	◎	○	×
	 レーザー		レーザーダイオードと呼ばれるレーザー発振機で作られた光で直線性が高い。直視すると危険。	アッパーホリゾン	○	△	○	×
	 ムーンフラワー		センターピースとレーザーの複合タイプで、床面にきれいな模様を描くことができる。	アッパーホリゾン	○	○	○	○
	 フォグ		Fogリキッドを熱することでステージに霧を噴射する。直線的なライトと相性がいい。セットアップは速い	床に設置	○	×	×	×

3.4.3 演出と身体動作の連動システム

演奏中のダイナミックな動作や、楽器の種類によって異なる得意な身体表現に対応できるよう最も回転動作の自由度の高いムービングヘッドライトを演出装置として選定し、身体動作によってムービングヘッドを制御できるプロトタイプを開発した。システムと実装風景を図 3.10 に示す。



図 3.10 プロトタイプのマッピング

3.5. オンライン環境下の音楽ライブ空間における身体性の接続

3.5.1 COVID-19の感染拡大による音楽ライブのオンライン化

COVID-19の感染拡大の影響により、2020年4月7日に日本政府より発令された緊急事態宣言以降、密閉・密集・密接を回避を最優先事項とした新たな生活様式が生まれた。密閉は窓がなかったり換気ができないする場所、密集は人がたくさん集まったり、少人数でも近い距離で集まること、密接は互いに手が届く距離で会話や発声、運動などをするを指す。ライブハウスなどで行われる音楽ライブは音や光の漏れを防ぐための密閉、鑑賞者の密集や密接が前提であるため、既存の形態での開催が難化し、オンライン化が促進されている。前説で述べたコンセプトは演奏者と鑑賞者が同一の空間に存在することを前提としており、オンラインライブに最適化させる必要がある。

3.5.2 新しいコンセプト

第一章では、オンラインライブの意識調査の結果を図1.5に示し、演奏者への親近感や会場の一体感に関してオフラインが圧倒的な支持を集めていると述べたが、鑑賞者が演奏者の身体情報を受け取れていないことが原因だと推測できる。一方、プライベートな自室などから鑑賞できるため、参加しやすさに関してはポジ

ティブな意見が見られる。つまり、プライベートな鑑賞空間に演出装置を導入及び演奏者の身体と連動させることで、これらの問題を解決ができると考えた。また、オンラインとなったことに失われてしまったライブの臨場感や特別感の再現にも身体情報が活用できると考え、プロトタイピングを行った照明演出だけでなく、ライブにおける体感音響を再現できる振動演出と、音響演出を加えた3つの演出が演奏者と連動する鑑賞空間のデザイン及び実装を行うこととした。新たなコンセプト図を図3.11に示す。

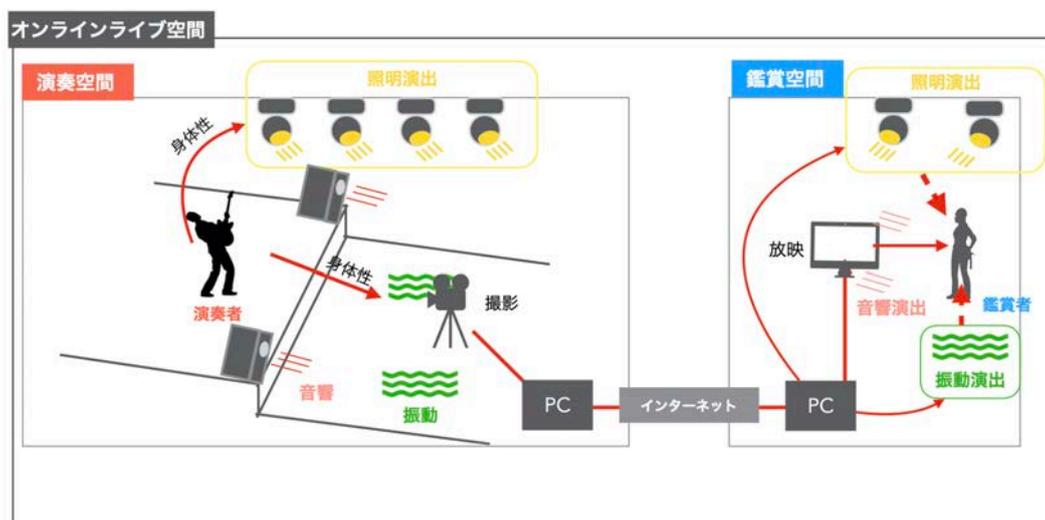


図 3.11 新しいコンセプト

第 4 章

実装と検証

第四章では、はじめに第三章でデザインしたコンセプトを実現するための演奏者の身体表現計測システム及び演出装置へのマッピングシステムの実装を、マッピングのデザインとともに説明する。また、演奏空間と鑑賞空間を接続するシステムの説明を行う。次に実際に各システムを導入したオンラインライブを行い、鑑賞者の音楽情動の変化やオンラインライブに対する意識の変容及び演奏者の表現力の拡張に寄与しているのかを検証する。

4.1. 演奏者の身体表現計測システム

空間を存分に活用した身体表現を計測するためには、空間に基準点を設け、広範囲な深度センシングによって、演奏者の身体の各部位の絶対座標を取得する必要がある。本研究では、最先端の空間コンピューティング技術を活用したセンサー Azure Kinect DK を用いることとした。また、肘より下の細やかな表現はでは計測が難しいため、ソフトウェアによって LINE 入力したギター演奏音を計測を行う。Azure Kinect 及び LINE 入力の演奏音によって計測した情報はビジュアルプログラミングツール TouchDesigner 内で処理を行う。身体情報計測システムの構成を図 4.1 に示す。TouchDesigner には Azure Kinect のカメラの設定やデータの取り込みを行う機能が標準搭載されており、照明の標準通信規格である DMX プロトコルへの変換や、振動出力の際に必要な波形の生成を行うことができる。

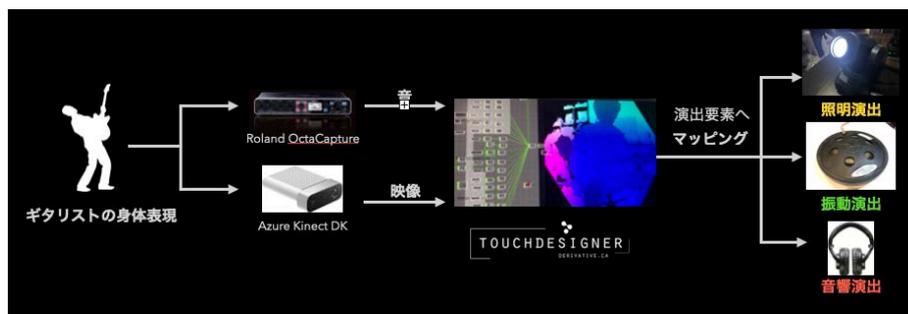


図 4.1 Azure Kinect DK と TouchDesigner を用いた身体情報計測システム

4.2. 演出へのマッピングデザイン及び実装

鑑賞空間及び演奏空間で使用する TouchDesigner のプログラムの全体を図 4.2 に示す。

4.2.1 照明演出

プロトタイピングと同様の理由から、照明演出にはムービングヘッドライトを使用する。ムービングヘッドのマッピング可能要素は (i) 光量 (ii) 色調 (iii) パン (水平方向の回転角)(iv) ティルト (垂直方向の回転角)(v) ゴボであるが、身体動作との連動の表現が比較的簡単な (i)(iii)(iv) をマッピング先として設定することとした。水平方向及び垂直方向の腕の回転をムービングヘッドライトのパン (可動域： $-180^{\circ} \sim 180^{\circ}$) とティルト (可動域： $-90^{\circ} \sim 180^{\circ}$) にマッピングした。パンに関しては xz 平面の肩と手首がなす回転角 θ_{pan} を用いることとした。ギター演奏のためのきめ細やかなピッキング動作は手首より末端側で行われ、腕の回転に影響を及ぼすため、安定要素である手首の座標を計算に用いた。演奏者の肩の座標 $(x_{shoulder}, z_{shoulder})$ と手首の座標 (x_{wrist}, z_{wrist}) を計測し、各軸における肩と手首の距離 (\bar{x}, \bar{z}) を算出したのちに、 $\theta_{pan} = \arctan \frac{\bar{x}}{\bar{z}}$ のように計算を行った。ティルトに関しては同様の手順で yz 平面に関する肩と手首の距離 (\bar{y}, \bar{z}) から $\theta_{tilt} = \arctan \frac{\bar{y}}{\bar{z}}$ のように計算を行った。

ムービングヘッドのパンの回転範囲は $-120^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 、tilt の回転角範囲は $-90^{\circ} \sim 90^{\circ}$ とした。最大可動域より狭めた理由は、ギター演奏中は腕を肩より後方に回

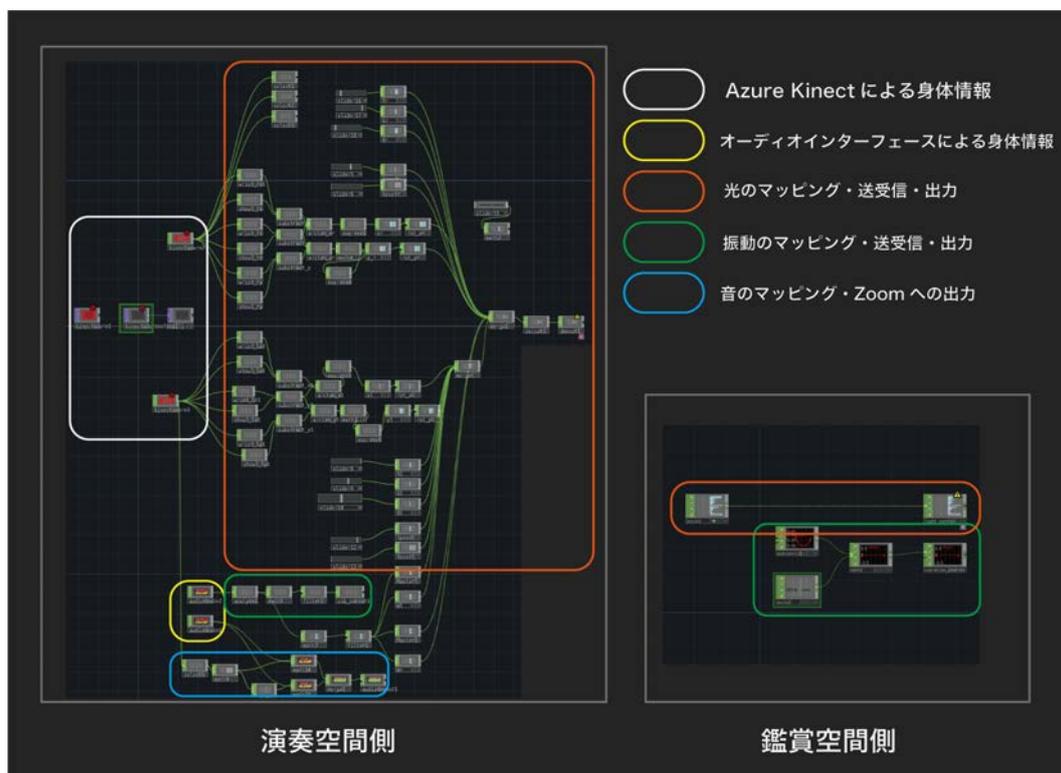


図 4.2 TouchDesigner による演出のマッピング実装

すことが減多にないことと、鑑賞者は基本的に壁の手前にあるディスプレイにてライブ空間の風景を鑑賞するため、照明が後ろ方向を向いても視界に入らない可能性が高いことの2点である。演奏者の手首が肩より後方側にある場合は最小角若しくは最大角を照射することとした。

(i) の光量も演出において重要な要素であり、楽曲が盛り上がるセクションで光量を大きくすることでライブへの没入感の向上が期待できる。そこで、オーディオインターフェースから得られる演奏音量の強弱によって光量の制御を行えるようにした。

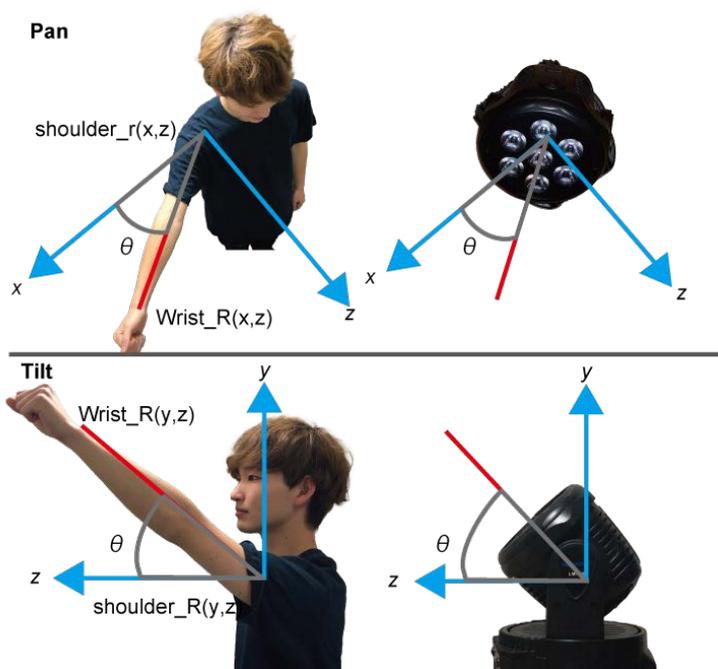


図 4.3 ムービングヘッドライトと演奏者のインタラクション

4.2.2 振動演出

オフラインのライブ空間では、ウーファーによる低音出力が振動として鑑賞者に伝わるなど、振動触覚は最も演奏音そのものとの関係性が強い。そこで、演奏者の演奏音の大小とバイプロトランジェューサの出力の大小とマッピングを行うことにした。インタラクションを図 4.5 に示す。あらかじめ演奏者が出すことができる最大音量 (db) を計測し、演奏していない時を 0, 最大音量の場合を 1 として周波数 50Hz のガウス関数に畳み込んだ。急峻な振動の変化を提示すると鑑賞者の没入度を阻害する可能性があるため、入力音量をマッピングする際にはフィルター関数を用いて変化量を滑らかにした。TouchDesigner による実装プログラムを図 4.10 に示す。

鑑賞空間について、関連研究で有効な振動提示部位について様々な検討が行われているが、本研究においては自宅のような環境で実装することを考慮してリクライニングチェアを用いた背中への振動提示を行うこととした。リクライニングチェアのシステム構成を図 4.7 に示す。鑑賞者の背中全体へ振動提示を行うため

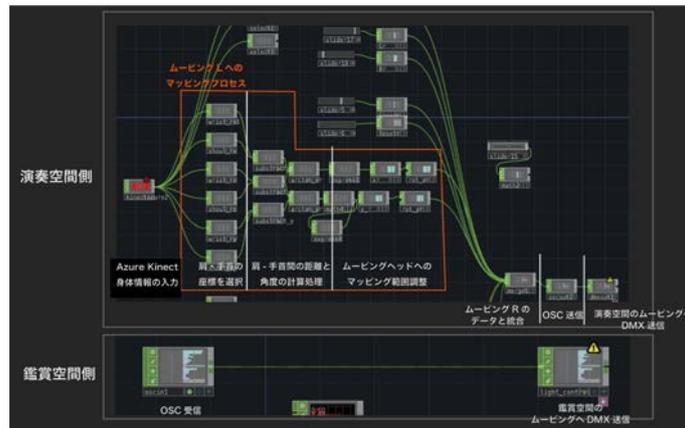


図 4.4 TouchDesigner による照明演出の実装

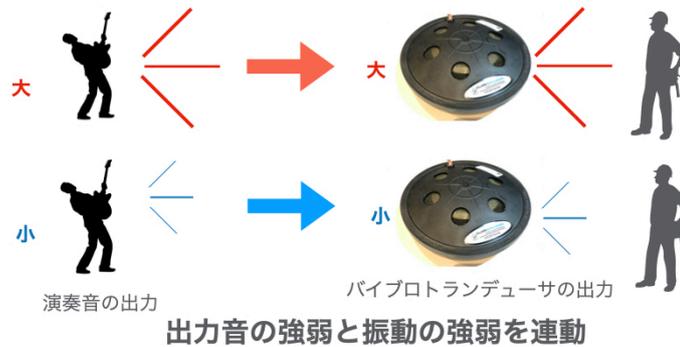


図 4.5 振動演出と演奏者のインタラクション

に、最大 20W まで出力することができる株式会社アクーヴ・ラボのパイプロトランスデューサ Vt7¹を用いた。鑑賞者の身体的特性に関わらず同部位に振動提示を行うために、3D プリンタにて、長さ調整が可能なフックを造形して使用する。また、硬質な Vt7 がライブ鑑賞中の快適度に影響を来さないようにするため Vt7 と背中の中にクッションを挟んだ。

演奏空間について、ライブ中に演奏者が振動提示の様子を確認するために演奏者にも小型のパイプロトランスデューサを装着した。演奏者の表現を妨げないため

1 Vt7:http://www.acouve.co.jp/product/pd_vt7.html

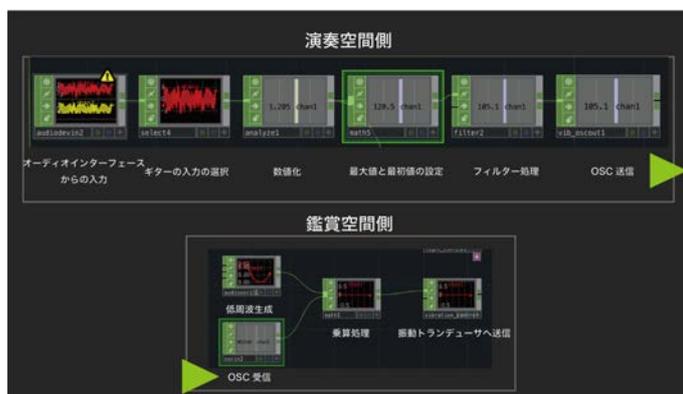


図 4.6 TouchDesigner による振動演出の実装

に小型の Vp2² をギターストラップの内部に搭載した。Vp2 を搭載したギターストラップを図 4.8 に示す。

4.2.3 音響演出

オフラインのライブでは、演奏者が足元のペダルなどを用いてオーディオエフェクトを切り替えたり、演奏者の事前の打ち合わせをした PA エンジニアがライブ中に音量を制御している場合が多い。また、音を最も大切にする音楽ライブにおいて、行き過ぎた音響演出は演奏者の本来の表現を損ねる可能性がある。加えて、鑑賞者の位置によって聴こえる音に変化してしまうため、楽器及びマイクからモノラルの入力をリアルタイムでステレオに変化して音場を演出として制御している例は少ない、一方オンラインライブにおいてはヘッドホンやイヤホンを用いて鑑賞を行うため、鑑賞者全員がセンターの位置でコンテンツを鑑賞することができる。そこで本研究では、演奏音はそのままに身体表現とステレオの音場のインタラクションを行うこととした。はじめに、演奏者の身体を中心の一次元座標を x_i 及び、ステージの左端 x_{left} 及び右端 x_{right} の絶対座標を計測する。モノラル→ステレオの変換に関しては入力波形の複製を行い、 $STOUT = (L)$ 加えて演奏者がステージの中心にいる時は音の pan はセンター LR(1,1) にあり、右端で pan が

² Vp2:http://www.acouve.co.jp/product/pd_vp2.html



図 4.7 バイブロトランデューサ Vt7 を用いた振動椅子



図 4.8 バイブロトランデューサ Vp2 を用いたギターストラップ

(2,0), 左端で (0,2) となるようにマッピングを行った

鑑賞空間及び演奏空間への導入

鑑賞空間において、ステレオ出力が可能なヘッドホンを用いることとした。スピーカーなどのオープンイヤーな音響システムを用いることも考えられるが、バイブロトランデューサの振動提示の際に生成される低周波が音声刺激として干渉してしまう可能性があるため、閉塞感の強いヘッドホンを用いることとした。演奏空間において、制御 PC と Bluetooth 接続ができるステレオのイヤーマニターを用いた。

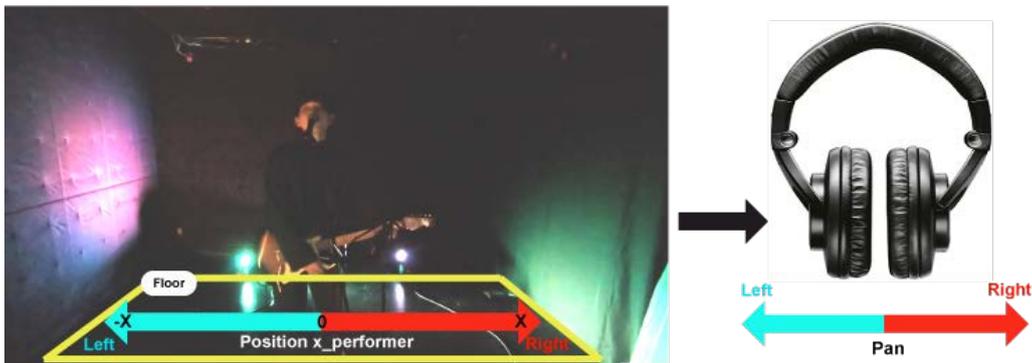


図 4.9 音響演出とえ演奏者のインタラクション

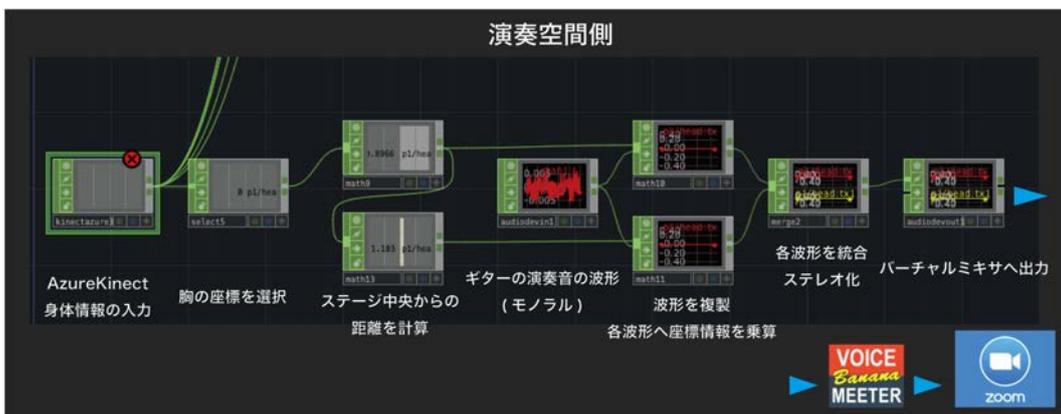


図 4.10 TouchDesigner による音響演出の実装

4.3. 空間接続システム

図 4.11 にシステムの全体の具体的な構成図を示す。演奏空間と鑑賞空間の接続には Zoom ビデオコミュニケーションズが提供するクラウドコンピューティングを使用した Web 会議サービス Zoom を用いた。Zoom は音声のステレオ出力に対応しているため、モノラル入力した音声を TouchDesigner でステレオ化・身体表現のインタラクションを適用した音声を制御コンピュータの Zoom の入力とした。一方、振動データと光データに関してはネットワークによる分散音楽システムに用いられる OSC プロトコルを使用し、P2P 技術を使用して VPN を実現するソフトウェア Hamachi のサーバーを経由して鑑賞空間へと送信した。

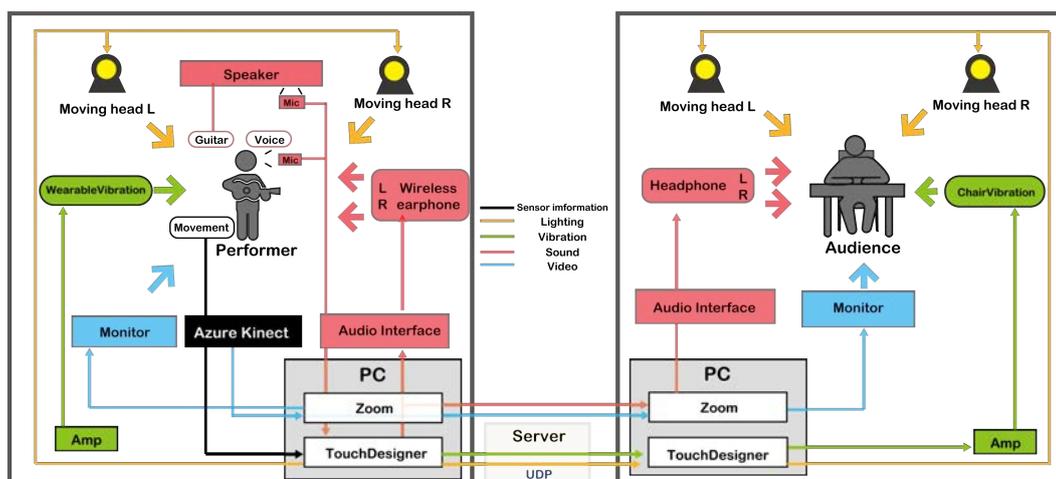


図 4.11 システム構成

4.4. オンライン音楽ライブの実施

本ライブの目的は、演奏者と鑑賞者の身体性が接続されたシステム環境下におけるオンラインライブを実施した際の、鑑賞者のライブへの臨場感及び一体感の向上への影響を検討することである。したがって、鑑賞空間と演奏空間に機材を配置及びインターネットによる接続を行い、実際のライブと同様の形でリアルタイムのオンラインの配信を行った。またライブ後には鑑賞者に対してインタビュー調査を行った。

4.4.1 ライブのデザイン

ライブの参加者

鑑賞者としてのライブ参加者は20代の男性9名及び女性1名である。そのうち5名は5年以上の楽器演奏経験とステージでの演奏経験があり、オフライン・オンライン問わず頻繁にライブへと参加するヘビーなライブ参加者である。(P4,6,8,9,10)。その他の5名はオフライン・オンラインのライブ鑑賞経験はあるが、前述の5名と比較するとライトなライブ参加者である。(P1,2,3,5,7)

演奏者として、ギター歴5年以上の筆者が演奏を行った。筆者は過去に100回以上のライブ演奏経験があり、鑑賞者のいる環境下での音楽演奏には慣れていると言える。また、演奏者はクオリティの高いライブを実現するために、事前に本ライブに向けて1週間程度の継続的な鍛錬を積んだ。

鑑賞空間のセットアップ

本ライブにおいて、筆者の自宅を鑑賞空間として必要な機材を配置した。鑑賞者の映像の提示には23インチのPCモニタを用いて、演奏空間のZoom映像をフルスクリーンモードで提示した。ライブ開始の前にムービングヘッドの光量の変化やスポット部の移動を目視しやすいように調整及び検討を行い、鑑賞者の座る振動椅子の背もたれ部から約1.5m後方に設置した。鑑賞者に対して効果的な照明演出を行うために部屋を遮光し切った上でムービングヘッド以外の照明は全てオフにした。振動椅子に関して、リラックスした鑑賞をできるように鑑賞者が座面の高さを設定した。



図 4.12 鑑賞空間のセットアップ

鑑賞空間にはライブやシステムの内容を把握したオペレーターを一人配置し、各演出装置が正常に動作しているかの常時監視、鑑賞中の写真撮影及びセンサモジュールのデータの確認を行った。また、Go Pro をの正面に設置しライブ鑑賞風景の撮影を行った。COVID-19 感染対策の一環として、室内は常時換気扇で空気を入れ替え、ライブが終了するたびに窓を開けて換気を行った。

演奏空間のセットアップ

本ライブにおいて、KMD メディアスタジオを演奏空間として必要な機材を設置した。はじめに、ムービングヘッドの光量の変化やスポット部の移動を目視しやすくするために、幅約4m、奥行き約2m、高さ約2mとなるようにパーテーションと暗幕を用いてライブステージを実装した。ステージの全体が画角に収まりきる位置に Azure Kinect を配置し、演奏者の初期立ち位置から後方約2mの位置にムービングヘッドと及びギターのアンプを設置した。Zoom の映像出力にも Azure Kinect に内蔵された HD の広角カメラを用いた。鑑賞空間で演奏者が意図した演出が行えているかどうかを確認するために、演奏者の前に 30 インチのモニターを設置して鑑賞空間の Zoom 映像を常時フルスクリーンで放映した。また、演奏者の正面に設置された Go Pro と Zoom のレコーディング機能を使用してライブ風景の撮影を行った。本スタジオは密閉空間のため外気を取り入れ辛く COVID-19 のクラスタとなりうるためライブ本番中のオペレーション及び演奏は筆者単独で行った。



図 4.13 演奏空間のセットアップ

通信環境の確認

各空間の通信状況は接続人数等によって異なるため、ライブ実施前に遅延状況の確認のため鑑賞空間のオペレーターに対して本番のライブと同様の予備接続を行い、各演出装置に大きな遅延がないかを確認した。各空間における通信速度の計測を行った結果を表 4.1 に示す。速度テストには Speedtest(<https://www.speedtest>.)

net/ja) を使用した。予備接続を通じて、オペレータは大きな遅延を感じなかったと述べていたため、バッファによる速度調整は行わないままライブ本番を行うこととした。

表 4.1 Speedtest

	通信速度 (Mbps)	
	アップロード	ダウンロード
演奏空間	119.78	97.59
視聴空間	289.36	331.88

オンラインライブの実施フロー

本オンラインライブは、2020年11月13日及び14日の二日間に渡って実施した。空間と身体表現の連動が鑑賞者に及ぼす影響や各演出装置が鑑賞者に与える印象を検証するために、表4.2のようにライブのセットリストを構成した。合計6曲と演出の切り替えの時間を30秒程度設けた。1曲目は本オンラインライブのクオリティの確認及び比較の意味を込めて、演出装置を使用せずに演奏を行い、そこから音、振動、照明と切り替え、最後に全ての演出装置を接続した状態でライブを行った。全ての演出装置の接続は本研究のコンセプトであるため、2曲分の鑑賞時間を設けた。全参加者に対して、演奏者の身体表現がどのように演出にマッピングしてあるかは伏せた状態でライブを行った。また、セットアップした鑑賞空間は1箇所のみであるため、演奏者1人:視聴者1人の形式で10人分、合計10回の音楽ライブを検証フローにしたがって実施した。

ライブの終了後に、鑑賞者に対してインタビュー調査を実施した。質問のカテゴリを「通信環境の評価」「演奏者との一体感の評価」「臨場感の評価」の3つに分け、10段階のランク付による評価及び自由記述による評価を実施した。

演奏者(筆者)はエモーショナル・アンビエント・リラックスといった言葉で表せるような音楽表現を得意としており、本ライブのコンセプトは「鑑賞者の心をゆっくり・確実に引き出すライブ」と設定した。セットリストを構成する6楽曲

は演奏者である筆者が選択し、カバー楽曲に関してはオリジナルを再現するのではなく、演奏者の得意な表現にアレンジしている。

表 4.2 オンラインライブの実施フロー

楽曲 No	1	2	3	4	5	6
楽曲名	東京 キタフォックス	Boy 躍ってばかりの国	愛でめりつふせ The Birthday	あなたの選んだ道が 一番いい道なのよ 浅田風太	旭川 キタフォックス	茜色の夕日 フジファブリック
表現媒体	なし	音響	振動	光	音響・振動・光	音響・振動・光
演奏時間	4分	5分	4.5分	4.5分	5分	5分
インターバル		0.5分	0.5分	0.5分	0.5分	合計：30分

表 4.3 鑑賞者に対する質問

質問カテゴリ	質問番号	質問内容
システム全体	Q1	演出のないパフォーマンスの臨場感のランク付(1-10)
	Q2	光、音、振動全てを用いた場合のライブの臨場感のランク付(1-10)
	Q3	光、音、振動の中で最も臨場感を向上させたと思う演出はどれか？
	Q4	光、音、振動の中で最も自然にパフォーマンスと一体感を感じた演出はどれか？
	Q5	演奏者との一体感のランク付(1-10)
	Q6	通信によるラグのランク付(1-10)
照明演出	Q7	光の演出のランク付(1-10)
	Q8	光の演出とパフォーマンスの一体感のランク付(1-10)
	Q9	光の演出の良かった点及び悪かった点(自由記述)
振動演出	Q10	振動の演出のランク付(1-10)
	Q11	振動の演出とパフォーマンスの一体感のランク付(1-10)
	Q12	振動の演出の良かった点と悪かった点(自由記述)
音響演出	Q13	音響の演出のランク付(1-10)
	Q14	音響の演出とパフォーマンスの一体感のランク付(1-10)
	Q15	音響の演出の良かった点(自由記述)
感想	Q16	このライブの改善すべき点及び興味のある点(自由記述)
	Q17	感想(自由記述)

4.5. インタビュー結果及び考察

オンラインライブ実施後、参加者から得たインタビュー結果及びフィードバックを筆者が筆者が演奏者として本空間との接続環境下でライブした経験から評価

と考察を述べる。

4.5.1 通信環境の評価

音楽ライブにおいて、仮に身体情報と演出を接続した空間を構築しても、各演出間に遅延があると却ってライブの臨場感を損ねてしまいその他の評価に影響を及ぼす可能性がある。そこで、はじめに通信環境について評価を行う。

結果

システム全体の通信環境について、10段階評価でランク付を行った結果を図4.14に示す。(1点：強く遅延を感じた 10点：一切遅延を感じなかった)

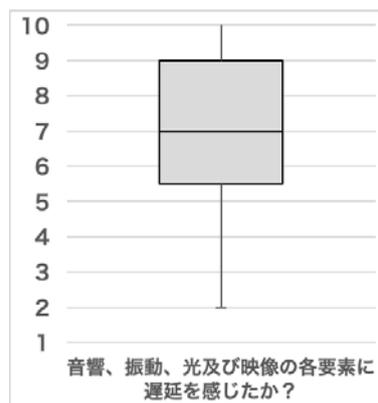


図 4.14 通信環境のランク付

参加者全体の平均点は6.9点，最高点は10点，最低点は2点であった。参加者の7人は遅延を感じない評価をした一方で，3人の参加者は遅延を感じている。そのうちの2人の参加者 (P5,P6) は振動の演出の悪かった点の質問において次のような意見を述べている。

- 映像との遅延を強く感じた。(P5)
- 映像とのズレが感じられた。(P6)

考察

参加者が振動に遅延を感じた原因の一つとして、振動の出力波形への過剰なフィルター処理が考えられる。振動の演出において、ギターからの入力音量を数値化し TouchDesigner プログラム内で生成する低周波に乗算した波形を出力していたが、ピッキングの際にノイズやアタック音が見られたため、隣接するサンプルとレンジを組み合わせてフィルター処理を行う関数によって出力波形を滑らかにしていた。プログラム内の処理の様子を図 4.10 に示す。フィルター処理は計算に使用する隣接サンプルのレンジを設定することができ、レンジを広く設定するほど波形が滑らかになる代わりに出力に遅延が生じてしまう。

視聴覚情報の送受信を行う Zoom サーバーと照明及び振動の情報の送受信を行う Hamachi サーバーのデータの送受信速度の差も原因として考えられるが、今回のライブにおいては振動に遅延を感じたと述べたいずれの参加者も照明の遅延に関して言及していなかった。一方、より実践的ライブでは同時接続者数が増えるサーバ間の通信遅延が生じる可能性もあるため、各サーバのレスポンスの速度を計測し遅延分のバッファを挿入して通信を同期する必要がある。

4.5.2 鑑賞者のランク付の結果

鑑賞者に対して、演出と演奏者がもたらすライブの一体感及び演出の臨場感について 10 段階評価のランク付を行った。更に、最も演奏者の身体と連動していた演出及び最も臨場感の向上に貢献したと思う演出を選択してもらった。

結果

結果を図 4.15 及び図 4.16 に示す。

連動感のランク付における平均点は照明・振動・音響の全ての場合が 8.7 点、照明のみの場合が 7.4 点、振動のみの場合が 8.4 点、音響のみの場合が 7.5 点であった。最高点や最低点を見ても、演出を全て使用してマルチモーダルに感覚提示をした場合、最も演奏者の身体表現との連動感に対する評価が高かった。また、照明に関して、最低点が 10 段階の中央値である 5 点を下回っていた。振動単体の場

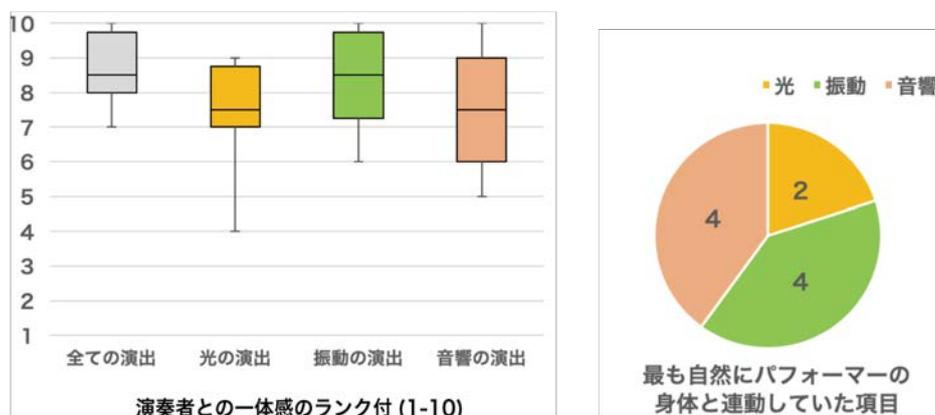


図 4.15 演奏者との一体感に関するランク付結果

合に関して、平均点が照明単体、音響単体の場合を約1点ほど上回っていた。同様に、臨場感のランク付における平均点は演出なしが5.2点、照明・振動・音響の全ての場合が8.2点、照明のみの場合が7.8点、振動のみの場合が8.6点、音響のみの場合が7.4点であった。演出なしの場合は他のいずれの場合よりも点数が大幅に低かった。また、連動感の評価と同様に、単体の演出の場合、振動が最も高得点を獲得しており、最も臨場感の向上に貢献したと思う演出装置の選択においても過半数から支持されていた。

考察

連動感のランク付の設問の意図は、鑑賞空間の演出と演奏者の身体性が適切に接続されていたかを確認することである。鑑賞者に対してはどのような身体表現が演出と連動しているかを伏せていたが、各演出を単体で使用した場合のランク付における平均点はいずれも基準点となる5点を上回っており、本研究のオンラインライブ空間において演奏者は離れた空間の鑑賞者に対しても意図した通りの演出を表現できていたと考えられる。身体性が接続された演出が鑑賞者へ及ぼす影響や表現力の拡張の有無については次節以降のインタビュー結果を用いて議論

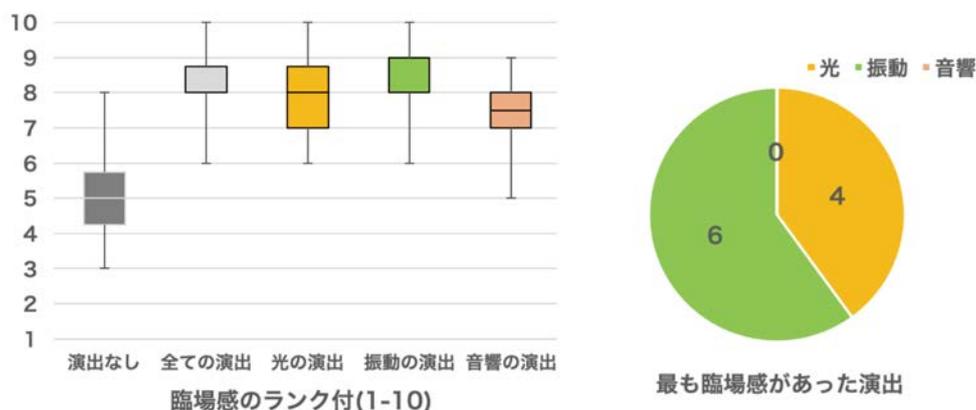


図 4.16 臨場感に関するランク付結果

を行う。

映像提示、音声提示に加えて光提示や振動提示を伴う演出を行った場合、臨場感の評価は一様に向上している。これによって、オンラインライブ体験の臨場感を向上するために照明、振動、音響の演出を行うことは有意義であり、それらを組み合わせたり新たな要素を追加して鑑賞空間に導入することで更なる高品位な体験となる可能性を示唆している。一方、ライブの検証デザイン上、オンラインライブの臨場感向上に、身体性の接続による演出がどの程度寄与しているのかを定量的に評価できなかった。そこで、本研究では次節以降のインタビュー調査による訂正的な評価を用いて議論及び考察を行う。

4.5.3 体験全体の評価

4.5.4 オンライン音楽ライブ空間全体の評価

本ライブを体験した鑑賞者からのフィードバックを以下にまとめる。

- 演奏者との連動で絆を感じた。(P1)
- 面白かったです！(P2)

- これまでいくつかオンラインライブを見ましたが、臨場感を伝えるには今回の照明、音、振動どれも大事だと思いました。一人で見てみると、(他の観客を含めた)現場の空気感が伝わりづらく、どれだけ臨場感があるといってもどこか寂しさ?離れてる感?を感じてしまうのも事実だったので、観客側の雰囲気と、それを演奏者側が受けとっている様子が分かったらさらにいかなと思いました。演奏者側の動きに合わせてインタラクションがあるという体験はすごく良かったのですが、観客側の熱量だったり笑顔だったりに合わせて、例えば照明の色が変わっていくなどインタラクションがあったらもっと演者と観客に繋がり感が生まれるかなと思いました!(今回は観客が一人でしたが、もしこれが大人数を対象にやるのなら、です。)あと音楽が素敵でした!(P3)
- 昨今の情勢からなかなかライブができない中、ライブの感覚をととてもよく再現されていたと感じてよかった。(P4)
- 普通にライブ映像を見るだけの条件から比べて大いに楽しめる体験になった。(P5)
- パフォーマーと照明、音、振動が連動することで新しい遠隔ライブの可能性を感じました。(P6)
- Loved it. Just need some minor adjustments.A way to see the light beams or the end of the lights properly around me. And if the chair was adjustable so the vibration would be more near the shoulder.(P7)
- 自分自身少し音楽をやっているので、面白い研究だと思った。連動した演出によってミュージシャンとの一体感を感じることができた。個人的には音の演出が1番改善点が多いと思った。実際に見るデバイスによってかなり変わるので、そこを対応しなければと思う(スマホ&ヘッドホンで見える場合とプロジェクター投影&スピーカーで見える場合など)。振動に関してはスカルキャンディ社が出しているヘッドホンのクラッシャーシリーズが、実際に振動するものとなっており、もしかしたら参考になるかもしれない。光の演出に関

しては、今回は照明の向きを動かしていたが、照明の色でアプローチしてみるのも面白いかもしれない。(P8)

- 会場に行かない場合のライブの新しい可能性を感じた。少しでもその会場にいるような臨場感を自宅もしくは遠隔地でも感じられるようにできるのではないかと思った。(P9)
- 光とか音が一緒に動いてくれるから、いつものライブよりミュージシャンを独り占めできている気がした。自宅で簡単にできるなら欲しい。(P10)

4.5.5 考察

演奏者との身体性の接続を行ったことによって、「絆を感じた(P1)」「これまでいくつかオンラインライブを見ましたが、臨場感を伝えるには今回の照明、音、振動どれも大事だと思いました(P3)」「新しい遠隔ライブの可能性を感じた(P6)」、「ミュージシャンとの一体感を感じることができた(P8)」、「いつものライブよりミュージシャンを独り占めできている気がした(P10)」など、両者の距離が離れたことにより弱化した一体感や親近感を向上を確認した。これにより、オンラインライブにおいて鑑賞空間に設置した演出装置による空間演出を介して演奏者の身体性を鑑賞者へ接続することは、体験向上のために有効な手段であると示唆している。

開発を行った自分自身で10回のライブをこなしたが、ライブのクオリティ面でやり足りなさを感じた。というのも表現の媒体が増えた分、パフォーマンスの構成の再考は必ず必要である。本来は、自身のギター演奏中の動作を分析して、なるべく自然な動作でも演出を制御できるようマッピングを行ったが、実際にステージに立つと様々な身体表現のアイデアが浮かんだ、例えば、音響と照明と振動を同時に動かすためには空間を歩き、手を振り回しながら演奏する練習が必要なのである。一方、これがオフラインのライブ空間で実装できた場合、多くの鑑賞者と照明で包み込んだり振動で驚かせたりできるのかと思うと、それはもはや「音楽ライブ」という概念では説明できない可能性もある。

ただ距離が離れるだけでなく体験の臨場感も低下してしまうオンラインライブだが、「ライブの感覚をととてもよく再現されていた (P4)」「普通にライブ映像を見るだけの条件から比べて大いに楽しめる体験になった. (P5)」「少しでもその会場にいるような臨場感を自宅もしくは遠隔地でも感じられるようにできるのではないかと思った. (P6)」など臨場感に関してのポジティブな意見をいただいた。オンライン化によって失われた感覚を取り戻すために代替となりそうな演出装置の導入及びインタラクションをデザインしたが有効に作用していたことが推測できる。

4.5.6 各演出の評価

ここでは照明、振動、音響の各演出装置についてそれぞれ良かった点と悪かった点を問い、各演出がこなしたであろう役割を割り出す。

照明演出に関するインタビュー結果

照明の演出の良かった点及び悪かった点のフィードバックを以下にまとめる。

- 光があるだけで、臨場感が大きく出ると感じた. (P1)
- モニター外の視界の端まで視覚的な演出が広がったので臨場感が増したように感じた. (P2)
- 暗い空間と光がライブハウス感があってより集中できました. (P3)
- 自宅の照明が演者の動きとシンクロしているのだ、ということを感じ浮かべると高揚した。精度が高くなかった。また連動演出としては後ろに配置されているからか最もフィードバックが弱かったように感じる. (P5)
- モニター越しの光が動いていてパフォーマーとの連動感が感じられ、パフォーマンスの広がりを感じた。後ろにあったのでわかりづらかった. (P6)
- Felt like a proper live performance(P7)

- 実際に自分がいる空間も、ライブ会場のように光の演出が入るので、よりライブ感を感じた。演者の動きとの連動という点に関してはあまり感じなかった。若干の遅延と光源が後ろにあったことが原因かもしれない。(P8)
- ほとんど zoom から見る会場の光&演奏者の手の動き&こっちの光の動きが連動していて楽しかった。(P9)
- 画面の中で演者が光を操っている姿はめっちゃカッコいい。弾いてない手を上げている時が特に面白かった。光っているだけでも臨場感のある演出だった。(P10)



図 4.17 演奏空間と鑑賞空間の光の連動の様子

照明の演出に関する考察

「臨場感が大きく出ると感じた (P1)」「臨場感が増したように感じた (P2)」などの直接的に臨場感の向上を主張する意見 (P1,2) が見られた。また、ライブへ頻繁に参加している鑑賞者 (P8) からのライブ会場に類似した演出であるという意見や、遮光された空間における光提示がライブハウスに類似しているという意見など、オフラインのライブ感の再現についての言及もあった。これらのフィードバックに関して、身体性の接続に起因するものであるかの判断は難しいが、演者の動きと照明を接続したことによって高揚感の誘発や (P5)、「パフォーマンスの広がりを鑑賞できた (P6)」というフィードバックもあり、照明の演出と身体性の接続は演奏者と鑑賞者の関係性を強化しうる要素である。

また、鑑賞者の熱量や笑顔を演奏者に伝えたい (P3) という意見があり、照明の色を活用する提案をしている (3,8)。本研究では色について言及しなかったが、照明の提示において色は重要な役割を担うことが知られている。例えば、ホットな色 (黄色・オレンジ・赤) は気分を向上させたり、リラックスさせる効果を持つ [27]。

光源を鑑賞者の背後に設置したことで効果的な感覚提示を行えていないとの旨のフィードバックに関して、身体性の接続をより強く感じさせるために光源の設置位置や導入するライトの種類の見直しを行う必要がある。演奏空間で同じく背面に光源を配置してライブを行った演奏者は、光のおおよその照射方向を予測できたため視野に入らずとも気にならなかったが、鑑賞者は常にモニターのある正面を向く必要があるため、光が視野に入らない時間が必ず存在してしまう。加えて、本ライブで使用したムービングヘッドの照射範囲は鑑賞空間の大きさに対して十分でない可能性も考えられる。改善方法として、ムービングヘッドの他にウォッシャーのような照射範囲の広いライトを導入し、光量や色への身体情報のマッピングなどが考えられる。

振動の演出に関するインタビュー結果

- 振動と音が連動してよかった。より激しい音の場合は、どうなるのか気になった。体全体で振動できると面白いと思った。(P1)
- 演奏の強弱がよく伝わってきた。振動を提示する部位を増やすともっと体験の質が向上するような気がする。足裏とか良さそう。(P2)
- あんな大きな範囲で振動を感じられるオンラインライブは初めてだったので新鮮でした。振動にもっと強弱やリズム感があったら楽しいです！(P3)
- 臨場感が出てとてもよくその場にいるような感覚が味わえた。(P4)
- 3つの演出の中で最も新鮮な体験であった。主観的に最もフィードバックが大きかった。日常的に取り入れたいレベル。(P5)
- 振動の強弱と音の強弱が連動しており、ライブハウスの揺れを感じる事が出来た。(P6)

- Matched the music. Too low on the back(P7)
- 実際のライブでのウーファーから感じる音圧(ビリビリと服が振動するような感じ)に近いものを感じ、その場でライブを観ているような感覚があった。今回はギターとボーカルだけのライブであったため、耳からは重低音が聞こえないのに体は振動するという矛盾があった。ベースやドラムの音源を聞かせるとまた変わるとかもしれない。(P8)
- ギターを弾く強弱に合わせて振動も強弱が変わっていたのでよかった。(P9)
- 身体の大部分の感覚に響くので、これが1番演出の中では臨場感があった。サビに入る盛り上がるシーンでは演奏者の感情表現が如実に伝わり鳥肌が立った。(P10)

振動の演出に関する考察

全ての鑑賞者が振動提示に対してポジティブな意見を述べており、「臨場感が出てとてもよく〜(P4)」「1番演出の中では臨場感があった(P10)」など臨場感に関する意見が多かった。図4.16の最も臨場感を向上している演出でも支持されていることから、3種の演出の中で最も臨場感向上について有効な演出であると言える。更に、半数以上の鑑賞者が音や身体表現との連動について言及しており、特に鳥肌が立ったというフィードバックは(P10)、演奏者の身体性の接続による振動演出が鑑賞者の情動形成に寄与していることを示している。

音響の演出に関するインタビュー結果

- 演奏者の場所に合わせて、ヘッドホンから流れる音が左右変わった点が面白かった。(P1)
- あんまりよくわからなかった。(P2)
- 演奏者の動きに合わせて音の聞こえ方が動くのは、遠隔でも現場の空気感を感じるのに良いと思いました。遅延も感じませんでした。(P3)

- 動きに合わせている時は臨場感が出てよかった。演奏者にもっと動いて欲しかった。(P4)
- 演者の位置によってパンを振るというのは意外と新しい体験であった。また、3つの演出の中でもっとも遅延を感じにくかった。(P5)
- The bass.A bit of stuttering here and there(P7)
- 目だけで演者の動きを追っているときはいいが、首を動かして追うと、視覚的な情報と音のパン振りが矛盾してしまい気持ち悪く感じてしまう。スピーカーを用いないアコースティックなライブであれば演者の位置によって音源が移動するが、実際のライブでは音源の位置は変わらないので、なんとなく違和感があった。実際にライブに行ったことがある人ほど感じてしまうかもしれない。(P8)
- 何も演出を施していない場合に比べて、ライブ感があった。自分は音楽を聴くときにパンニングが変わると頭が痛くなったりするのだが、動きと一緒に動いていくから心地よく感じた。(P10)

音響の演出に関する考察

演奏者の座標に応じてパンニングが行われる音響演出の仕組み自体を斬新に感じる鑑賞者の意見は (P1, P5) 身体情報として空間における演奏者の座標情報を用いる方法に更なる検証の余地があるとも受け取ることができる。本研究ではパンの動きのマッピングの際にモニタのサイズを考慮できておらず、実際に、P8は視覚情報と聴覚情報のズレによる不快感を述べている。一方で、P10のように心地よさを感じる鑑賞者もいるため音響工学的なアプローチを用いた慎重な調整が必要である。また、演奏者にもっと動いて欲しかったという意見は、演奏者を努めた筆者にはクリティカルである。P4のライブでは序盤に空間を頻繁に歩き回りながら演奏を行ったため、ライブ終盤は疲労で空間を移動することに消極的となってしまった。全体の考察でも述べたように、事前に空間を活用したパフォーマンスの訓練が必要である。

4.6. 第四章まとめ

本章では、演奏者の身体性を鑑賞者へと届けるために実装を行った照明演出、振動演出、音響演出のマッピングデザインや通信システム、鑑賞空間及び演奏空間のセットアップ内容を述べた上で、オンラインライブの実施及びコンセプトの検証を行った。インタビューの結果より、両者の距離が離れたことにより弱化した一体感や親近感を向上を確認した、オンラインライブにおいて鑑賞空間に設置した演出装置による空間演出を介して演奏者の身体性を鑑賞者へ接続することはライブ体験向上の有効な手段であると考えられる。また、一般的な鑑賞空間に存在しないムービングヘッドなどの演出装置を導入したことで、ライブ会場の現場感の再現や臨場感の向上を確認した。受け取る身体感覚が減少するオンラインライブにおいて、現場の身体感覚を取り戻せる可能性を示唆している。

第 5 章

結 論

第一章では、はじめに音楽体験者の身体情報の分析及び活用が音楽表現において重要であるとする Embodied Music Cognition のアプローチを紹介した。音楽体験における身体関与の重要性が説かれ始めた背景には、情報技術の発展に伴って開発された高精度かつ多様な身体情報を計測するセンサー群の音楽表現への活用が挙げられ、演奏者の表現の幅の拡張と鑑賞者への新たな音楽体験を提供を目的として身体性を考慮した音楽インターフェースが開発が求められていると述べた。一方、音楽表現を行う場である音楽ライブにおいては、COVID-19 の影響を受け急速なエンタテインメントのオンライン化が進んだ反面、鑑賞者はライブの臨場感や一体感、演奏者との親近感といったライブを非日常的たらしめる感覚を失ってしまい、演出装置の導入や演奏者の身体感覚を共有できるシステムが必要であると述べた。以上の背景から、鑑賞者のオンラインライブ体験向上を目的としたライブ空間を開発するという本研究の方向性を示した。

第二章では、はじめに人間が音楽を認知・情動形成を経て没入感の高い音楽体験に至るまでのプロセスの中での身体情報関与について生理学や認知科学の研究をもとに説明した。次に最新のセンシング技術の開発動向やそれらを活用して音楽インターフェースへと昇華させるためのアプローチ手法や、MusiArm をはじめとする身体情報の活用により表現力を拡張する音楽インターフェースの研究動向を述べた。一方、オンライン化によって受容する身体感覚が減少したライブ体験において、音楽コンテンツ臨場感向上のための感覚提示手法やオンラインの音楽ライブにおいて活用例を述べた。

第三章では、本研究の目的である演奏者の身体性接続による演奏者・鑑賞者双方のオンライン音楽ライブ体験の向上を実現するために必要な要件の探究を行っ

た。はじめに、本研究では、演奏者の身体性を照明や音響演出を含む音楽ライブ空間そのものに接続することで演奏者の表現力を拡張することを目指すことを明示し、次に、実際に演奏者の身体性を拡張する音楽インターフェースが双方に及ぼす影響や今後の発展の可能性を探るため、片腕前腕欠損障害の当事者の楽器演奏を可能にする義手楽器 MusiArm を用いた音楽ライブ実験とその結果を述べ、ライブ空間へと身体性を接続するために必要な演出要素や技術を整理した。その後、COVID-19の感染拡大によるエンタテインメントのオンライン化への直面とによるコンセプトの再構築を行った。

第三章では、身体情報の活用による音楽ライブ体験の向上に必要な要件を探究するために、筆者が行った取り組みを述べた。はじめに、欠損障害によって思うように楽器を演奏できない当事者に対する音楽ライブを実現するために、身体と楽器の一体化を可能とした義手楽器 MusiArm を用いて音楽ライブを実施し、ライブ後のインタビュー調査の結果から意識の変容を検証した。その後、演出を用いて演奏者の身体性を鑑賞者へと接続することでライブ体験を向上を試みるというコンセプトを述べた上で、開発したプロトタイプやディスカッションの様子について述べた。最後に、COVID-19の感染拡大によるコンセプトの再構築及びライブの実装に向けて必要な演出要素や技術を整理する。

第四章では、はじめに第三章でデザインしたコンセプトを実証するための演奏者の身体情報計測システム及び演出媒体へのマッピングシステムの実装を、マッピングのデザインとともに説明した。また、演奏空間と鑑賞空間を接続するシステムの説明を行った。次に実際に各システムを導入したオンラインライブ空間で実験的なライブを10人の被験者に対して行い、鑑賞者の音楽情動の変化やオンラインライブに対する意識の変容及び演奏者の表現力の拡張に寄与しているのかをインタビューによる評価で検証した。インタビューの結果より、両者の距離が離れたことにより弱化した一体感や親近感を向上を確認した。結果からオンラインライブにおいて鑑賞空間に設置した演出装置による空間演出を介して演奏者の身体性を鑑賞者へ接続することはライブ体験の向上のための有効な手段であると示唆している。また、一般的な鑑賞空間に存在しないムービングヘッドなどの演出装置を導入したことで、ライブ会場の臨場感の向上やその場にいる感を確認した。

受容する身体感覚が減少するオンラインライブにおいて、演出装置の導入は現場の身体感覚を取り戻せる可能性があるとし唆した。

本研究では演奏者-鑑賞者の身体性の接続に着目してオンラインライブの体験向上を試みたが、依然としてオンラインライブの問題は山積みである。演奏者の身体性をオンラインの鑑賞者へと接続し、体験の向上を確認することができたが、鑑賞者の存在感は演奏空間から全く抜け落ちたままである。第一章で紹介したBTSのライブでは会場へ鑑賞風景を投影するなどの試みも行われており、本研究のシステムと組み合わせて双方向の身体性を伝えるべきである。また、鑑賞者によって室内環境が異なることや、演出装置の設営コストの問題も存在する。例えば、一般家庭に本研究の装置を全て導入した場合、5万円程度の費用が掛かってしまった。装置については更なる検討が必要である。

筆者はアマチュアのミュージシャンとして収容客数100-300人程度のライブハウスで頻繁にライブを行っていたが、COVID-19以降はライブを感染源だとする世の中の空気感に耐えきれずほとんどライブを行うことができなかった。一方で、オンラインライブに対する価値観を一変するような具体的な提案は未だに少なく客足が戻らないため、筆者の周りの多くのアマチュアが失業し、音楽の道を諦める姿を目にした。しかし人類は危機的状況に直面した際に、必ず知恵を集約した素晴らしい技術を開発している。筆者が本研究で開発したオンラインライブ体験が、COVID-19の苦境に打ち勝つ一つのきっかけとなることを願っている。

謝 辞

本研究の指導教員であり、幅広い知見からクリティカル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。

研究の方向性について様々な助言や指導を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 Matthew Waldman 教授に心から感謝いたします。

研究の方向性について最新の技術動向の紹介とともに様々な助言や指導を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古川享 元教授に心から感謝申し上げます。

本研究への手厚いサポートや的確な助言だけでなく、開発が思うように進まず足踏みをしている私に激励していただきました AXERREAL 株式会社の安藤良一さんに心から感謝いたします。

MusiArm Project へ誘ってくださり、活動を通じて本研究の方向性を導いてくださった畠山海人さんに心から感謝いたします。また、同プロジェクトメンバーの山本大介さんに心から感謝いたします。また、多忙な中ライブへの出演を快諾し、素晴らしい演奏を見せてくださりました山本邦光さんには心から感謝いたします。

本研究のテーマを理解してくださり、様々な局面で力を貸していただきましたキタフォックスメンバーの渡辺泰成さん、山内大樹さん、サポートメンバーの鎌田健太郎さんに心から感謝を申し上げます。

日頃の議論を通じて切磋琢磨した谷地卓さん、松田健人さん及び常に適切な指導をしていただきました Danny Hynds さんをはじめとした Embodied Media Project のメンバーに心から感謝いたします。

本研究で実施した実験オンラインライブに鑑賞者として参加してくださりまし

た皆様，遠隔地での実験オペレータとしてスムーズな進行に協力してくださりました電気通信大学の小野賢人さん，高槻篤弘さん並びに Network Media Project の藤本隆寛さんに心から感謝を申し上げます。

最後に，修士課程へ進学する選択を快く受け入れ，生活面で多大なサポートをしてくれた家族に深く感謝の意を捧げます。

参 考 文 献

- [1] Kaito Hatakeyama, MHD Yamen Saraiji, and Kouta Minamizawa. Musiarm: Extending prosthesis to musical expression. In *Proceedings of the 10th Augmented Human International Conference 2019, AH2019*, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery. URL: <https://doi.org/10.1145/3311823.3311873>, doi:10.1145/3311823.3311873.
- [2] Yukari Konishi, Nobuhisa Hanamitsu, Benjamin Outram, Youichi Kamiyama, Kouta Minamizawa, Ayahiko Sato, and Tetsuya Mizuguchi. Synesthesia suit. pp. 499–503, 07 2017. doi:10.1007/978-981-10-4157-0_84.
- [3] Mark Leman. *Embodied Music Cognition and Mediation Technology*. The MIT Press, 2007.
- [4] 寺澤洋子, 星-芝玲子, 柴山拓郎, 大村英史, 古川聖, 牧野昭二, 岡ノ谷一夫. 身体機能の統合による音楽情動コミュニケーションモデル. *認知科学*, Vol. 20, No. 1, pp. 112–129, 2013. doi:10.11225/jcss.20.112.
- [5] Karen Brummel-Smith Benjamin Koen. *The Oxford Handbook of Medical Ethnomusicology*. Oxford University Press, 2008.
- [6] Miranda Eduardo Reck Kirke, Alexis. *Guide to Computing for Expressive Music Performance*. Springer, 2013.
- [7] A Truslit. *Gestaltung und Bewegung in der Musik*. CF Vieweg, 1938.
- [8] Lipps. *Becking and Nettheim*. 1903.

- [9] Frank A. Russo Lisa P. Chan, Steven R. Livingstone. Facial mimicry in response to song. *music perception*, Vol. 30, No. 4, pp. 361–367, 2013.
- [10] Aramaki M. Kronland-Martinet R. Voinier T. Bourdin C. Chadeaux D. Dufrenne M. Rozé, J. and S. Ystad. Assessing the influence of constraints on cellists’ postural displacements and musical expressivity. *11th International Symposium on CMMR*, pp. 40–55, 2015.
- [11] 梅本堯夫. 音楽心理学の研究. ナカニシヤ出版, 1996.
- [12] 河瀬諭. 合奏における演奏者間コミュニケーションータイミング調整とその手がかりー, journal = 心理学評論, volume = 57, number = , pages = 495-510, year = 2015, abstract = , location = , keywords = .
- [13] Michael Lyons and Sidney Fels. How to design, build, and perform with new musical interfaces. In *SIGGRAPH Asia 2017 Courses*, SA ’17, New York, NY, USA, 2017. Association for Computing Machinery. URL: <https://doi.org/10.1145/3134472.3134473>, doi:10.1145/3134472.3134473.
- [14] Maria Karam, Carmen Branje, Gabe Nespoli, Norma Thompson, Frank A. Russo, and Deborah I. Fels. The emoti-chair: An interactive tactile music exhibit. In *CHI ’10 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA ’10, p. 3069–3074, New York, NY, USA, 2010. Association for Computing Machinery. URL: <https://doi.org/10.1145/1753846.1753919>, doi:10.1145/1753846.1753919.
- [15] 貫行子. 音楽の生体に及ぼす影響. 騒音制御, Vol. 11, No. 3, pp. 112–117, 1987. doi:10.11372/souonseigyō1977.11.112.
- [16] John A. Sloboda Professor John Sloboda Patrik N. Juslin, Patrik N. Juslin. *Handbook of Music and Emotion: Theory, Research, Applications*. Oxford University Press, 2011.

-
- [17] Sloboda J. A. Juslin P. N. *Introduction: aims, organization, and terminology*. Oxford University Press., 2010.
- [18] Boyle J. Radocy R.E. *Psychological Foundations of Musical Behavior*. 1979.
- [19] Jane W. Davidson. Visual perception of performance manner in the movements of solo musicians. *Psychology of Music*, Vol. 21, No. 2, pp. 103–113, 1993.
- [20] Jay Juchniewicz. The influence of physical movement on the perception of musical performance. *Psychology of Music*, Vol. 36, No. 4, pp. 417–427, 2008.
- [21] C.Stevens M.Broughton. Music, movement and marimba: an investigation of the role of movement and gesture in communicating musical expression to an audience. *Psychology of Music*, Vol. 37, No. 2, pp. 137–153, 2009.
- [22] 奥山雅則. Facial mimicry in response to song. 電子情報通信学会誌, Vol. 100, No. 9, pp. 913–918, 2017.
- [23] Ivan Poupyrev, Michael J. Lyons, Sidney Fels, and Tina Blaine (Bean). New interfaces for musical expression. In *CHI '01 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '01, p. 491–492, New York, NY, USA, 2001. Association for Computing Machinery. URL: <https://doi.org/10.1145/634067.634348>, doi:10.1145/634067.634348.
- [24] T. Kasuya, M. Tsukada, Y. Komohara, S. Takasaka, T. Mizuno, Y. Nomura, Y. Ueda, and H. Esaki. Livration: Remote vr live platform with interactive 3d audio-visual service. In *2019 IEEE Games, Entertainment, Media Conference (GEM)*, pp. 1–7, 2019. doi:10.1109/GEM.2019.8811549.
- [25] Balandino Di Donato, J. Dooley, Jason Hockman, J. Bullock, and S. Hall. Myospat: A hand-gesture controlled system for sound and light projections manipulation. In *ICMC*, 2017.

- [26] Balandino Di Donato. Water shapes. In *Network Performing Arts Production Workshops*, 2018.
- [27] Cocilovo A. Colored light therapy: overview of its history, theory, recent developments and clinical applications combined with acupuncture. *Am J Acupunct.*, Vol. 27, No. 1-2, pp. 71–83, 1999.

付 録

研究業績

- IVRC2019
「昆虫体験・かぶとりふと」
川上記念特別賞
- SIGGRAPH Asia 2020
” KABUTO: Inducing Upper-Body Interactions Using A Head Mounted Haptic Display With Flywheels”

登壇・メディア

- 2020年9月4日「2020年、渋谷。超福祉の日常を体験しよう展」に登壇.
- 2020年4月9日 日本テレビ「nextクリエイターズ」にて DISABILITIES FEAT キタフォックスが取り上げられ放送.