

Title	当事者との共創による義手楽器「Musiarms」のデザイン
Sub Title	Musiarms : co-creation of musical instruments with prosthetic hand users
Author	畠山, 海人(Hatakeyama, Kaito) 南澤, 孝太(Minamizawa, Kouta)
Publisher	慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科
Publication year	2018
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	修士学位論文. 2018年度メディアデザイン学 第698号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	<a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40001001-00002018-0698">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40001001-00002018-0698</a>

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.

=== DRAFT 20190128 18:21 DRAFT ===

修士論文 2018年度

当事者との共創による義手楽器「Musiarms」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

畠山 海人

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。

畠山 海人

研究指導コミッティ:

南澤 孝太 准教授 (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 准教授 (主査)

Matthew Waldman 教授 (副査)

古川 亨 教授 (副査)

修士論文 2018 年度

## 当事者との共創による義手楽器「Musiarm」のデザイン

カテゴリ：デザイン

### 論文要旨

これまでの義手に関する研究では、機能面に関する開発に主眼が置かれ、自己を表現するエンタテインメント性に着目した提案は少ない。本論文では、当事者との共創から義手と楽器を融合させ、当事者の楽器演奏を実現することで義手のエンタテインメント性の拡張と演奏体験を楽しいものにするを目的とした義手楽器「Musiarm」のデザインについて述べる。本研究では、Musiarmを設計するにあたって、当事者にインタビューと観察調査を実施した。その結果から、当事者の身体的特性を、その人のみが持ち得る能力「可能性」と考え、楽器を身体の一部として機能させることで身体の制限を超えた直感的な演奏を目指す。開発の各段階で NPO 法人、当事者、エンジニア、義肢装具士との対話からフィードバックとアップデートを繰り返すことで義手楽器「Musiarm」を共創していった。Musiarm を用いて展示会やメディア発信、ターゲット当事者へのインタビューと観察調査を行い、今まで障害によって楽器演奏が思う通り演奏できない、諦めているといった片腕前腕欠損の当事者の楽器演奏に対する意識変容や行動変化について検証した。そして、これらの検証結果から、Musiarm は当事者に「自分だからこそできる」という確実な自信を与え、「障害」を隠すための補綴というネガティブな要素が多い義手から、障害という「可能性」を拡張し、人に魅せるというポジティブな義手へと意識や行動を変化させる。

キーワード：

義肢、義手、先天性欠損、楽器、共創、身体拡張

慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科

畠山 海人

Abstract of Master's Thesis of Academic Year 2018

# Musiarm: Co-creation of Musical Instruments with Prosthetic Hand Users.

Category: Design

## Summary

In this paper, we developed Musiarm which fused prosthetic hands and musical instruments by co-creation with handicapped people. Musiarm aims at an intuitive performance that makes part of the body function as a musical instrument and exceeds the limits of the body. At each stage of development, we repeating feedback and update from dialogue with NPO corporation, handicapped people, engineers, and prosthetists. We conducted an exhibition and media dissemination using Musiarm, an interview and observation survey to the target user. We verified the change of consciousness and the behavior change of handicapped people of single arm forearm defect which can not play musical instruments because of obstacles. As a results, Musiarm gives confidence that handicapped people can possibility. Also, Musiarm change from prosthetic hands to hide obstacles with many negative elements to positive prosthetic hands attracting people.

## Keywords:

Prosthesis, Prosthetic Hand, Congenital Defect, Musical Instrument, Co-creation, Human Augmentation

Keio University Graduate School of Media Design

Kaito Hatakeyama

# 目 次

<b>第 1 章 序論</b>	<b>1</b>
1.1. これまでの福祉機器開発	1
1.2. 研究の目的	5
1.3. 本論文の構成	6
<b>第 2 章 関連研究</b>	<b>7</b>
2.1. 義手の分類と現状	7
2.1.1 装飾用義手	9
2.1.2 能動式義手	9
2.1.3 作業用義手（能動フックと筋電義手）	11
2.2. 義手に関する研究動向	13
2.3. 楽器開発と演奏における身体動作	13
2.4. 演奏表現を引き出す方法	14
<b>第 3 章 デザイン</b>	<b>15</b>
3.1. 特定非営利活動法人 Mission ARM Japan	15
3.2. 義手楽器の考案に至る経緯	17
3.3. 共創に基づくデザインメソッド	18
3.4. 当事者インタビューと観察調査	19
3.5. コンセプト	22
3.6. 義手楽器の基本設計	24
3.6.1 当事者との対話から当事者の身体的特性の活用	25
3.6.2 筐体デザイン、機構設計、演奏方法	26
3.6.3 ハードウェア、ソフトウェアの開発	27

---

3.6.4	ソケットの開発 . . . . .	28
3.6.5	ユーザーテストからディスカッションとフィードバック . . . . .	30
<b>第4章</b>	<b>義手楽器「Musiarm」</b>	<b>31</b>
4.1.	義手楽器「Musiarm」 . . . . .	31
4.2.	Musiarm TronS . . . . .	32
4.2.1	実装に至る背景 . . . . .	32
4.2.2	スライド機構による演奏の実装 . . . . .	33
4.2.3	当事者による動作確認とフィードバック . . . . .	37
4.2.4	アップデートと動作検証・フィードバック . . . . .	38
4.3.	Musiarm Eleee . . . . .	39
4.3.1	実装に至る背景 . . . . .	39
4.3.2	プッシュ機構による演奏の実装 . . . . .	40
4.3.3	当事者による動作確認とフィードバック . . . . .	44
4.3.4	アップデートと動作検証・フィードバック . . . . .	45
4.4.	Musiarm D-knock . . . . .	47
4.4.1	実装に至る背景 . . . . .	47
4.4.2	打撃機構による演奏の実装 . . . . .	49
4.4.3	当事者による動作確認とフィードバック . . . . .	52
4.4.4	アップデートと動作検証・フィードバック . . . . .	54
4.5.	義手楽器「Musiarm」が当事者にもたらす価値 . . . . .	55
<b>第5章</b>	<b>Proof of Concept</b>	<b>56</b>
5.1.	展示会における体験者の様子とフィードバック . . . . .	56
5.1.1	超福祉展 2017・原宿の丘体験会 . . . . .	57
5.1.2	英国ドレイク・ミュージック招聘プログラム . . . . .	59
5.1.3	かわパラ 2018 . . . . .	61
5.1.4	国際福祉機器展 2018 . . . . .	61
5.1.5	超福祉展 2018 . . . . .	62
5.1.6	DC EXPO Innovative Technologies 2018 . . . . .	65

5.2. 展示会における演奏体験者のフィードバック . . . . .	66
5.3. ターゲットユーザインタビュー・観察調査 . . . . .	67
5.4. 体験フィードバック、インタビュー、観察調査を通して . . . . .	70
<b>第6章 結論</b>	<b>72</b>
<b>謝辞</b>	<b>75</b>
<b>参考文献</b>	<b>77</b>



# 目 次

1.1	JINS MEME <sup>1</sup> . . . . .	1
1.2	義足 <sup>2</sup> . . . . .	2
1.3	アスリート用義足 <sup>3</sup> . . . . .	2
2.1	義手の構造 <sup>4</sup> . . . . .	8
2.2	義手の種類 . . . . .	8
2.3	装飾用義手 <sup>5</sup> . . . . .	9
2.4	能動式義手 <sup>6</sup> . . . . .	10
2.5	能動フック義手 <sup>7</sup> . . . . .	12
2.6	筋電義手 <sup>8</sup> Handie (左) と Finch (右) . . . . .	12
3.1	NPO 法人 Mission ARM Japan . . . . .	16
3.2	義手楽器の考案に至る経緯の簡略図 . . . . .	17
3.3	NPO 法人 Mission ARM Japan との共創 . . . . .	18
3.4	コンセプトスケッチ . . . . .	23
3.5	義手楽器のシステム構成図 . . . . .	27
3.6	ソケットの開発 . . . . .	29
3.7	完成したソケット . . . . .	29
4.1	義手楽器「Musiarm」 . . . . .	31
4.2	Musiarm TronS . . . . .	32
4.3	腕まくりの動作→スライド式機構 . . . . .	33
4.4	Musiarm TronS 3D model . . . . .	34
4.5	Musiarm TronS システム構成図 . . . . .	35

4.6	Musiarm TronS 回路図 . . . . .	35
4.7	Musiarm TronS 制御部 . . . . .	36
4.8	ターゲットユーザの演奏体験の様子 . . . . .	37
4.9	ターゲットユーザの演奏体験の様子 . . . . .	38
4.10	Musiarm Eleee . . . . .	39
4.11	手先の器用さ→プッシュ機構 . . . . .	40
4.12	Musiarm Eleee 3D model . . . . .	42
4.13	Musiarm Eleee システム構成図 . . . . .	42
4.14	Musiarm Eleee 回路図 . . . . .	42
4.15	Musiarm Eleee センサ配置 . . . . .	43
4.16	Musiarm Eleee 制御部 . . . . .	43
4.17	ターゲットユーザの演奏体験の様子 . . . . .	44
4.18	ターゲットユーザの演奏体験の様子 . . . . .	46
4.19	ターゲットユーザの演奏体験の様子 . . . . .	46
4.20	Musiarm D-knock . . . . .	47
4.21	指先の力の強さ→打撃機構 . . . . .	48
4.22	Musiarm D-knock 3D model . . . . .	50
4.23	Musiarm D-knock 造形物 . . . . .	50
4.24	Musiarm D-knock 造形物 . . . . .	51
4.25	Musiarm D-knock システム構成図 . . . . .	51
4.26	Musiarm D-knock 回路図 . . . . .	51
4.27	ターゲットユーザの演奏体験の様子 . . . . .	52
4.28	ターゲットユーザの演奏体験の様子 . . . . .	53
4.29	ターゲットユーザの演奏体験の様子 . . . . .	53
4.30	ターゲットユーザの演奏体験の様子 . . . . .	54
5.1	展示会、体験会における体験者の様子 . . . . .	58
5.2	展示会、体験会における体験者の様子 . . . . .	58
5.3	展示会、体験会における体験者の様子 . . . . .	59
5.4	Musiarm のトークセッション <sup>9</sup> . . . . .	60

5.5	展示会、体験会における体験者の様子 . . . . .	62
5.6	展示会、体験会における体験者の様子 . . . . .	63
5.7	展示会、体験会における体験者の様子 . . . . .	64
5.8	展示会、体験会における体験者の様子 . . . . .	64
5.9	展示会、体験会における体験者の様子 . . . . .	65

# 第 1 章 序

# 論

## 1.1. これまでの福祉機器開発

人は自分の身体を思う通りに動かすことが困難なとき、身体機能を補綴するための技術を発明することで補ってきた。例えば、視力が弱い人は、眼鏡という視力を拡張し矯正するデバイスを装着する。眼鏡装用者にとって眼鏡無しでの生活は非常に困難である。しかし、眼鏡をかけている人を視覚障害者とは呼ばない。現在では、伊達眼鏡や度なし眼鏡など、視力に問題のない人ですらファッションの一部として使用しており、様々なデザインの眼鏡が存在している。また、株式会社ジinzから発売されている JINS MEME [1] は、視力矯正、ファッション性のみならず、自分自身を「見る」ということができ、これは従来目指していた「見えない物を見れるようにする視力矯正のためのメガネ」を作るところから進化したとも捉えることができる。



図 1.1 JINS MEME<sup>1</sup>

脚部の欠損障害では、義足（図 1.2）という脚の代わりとなる補綴を装着することによって、立つ、歩くといった動作を可能にしている。走るという動作を可能にしたスポーツ用義足（図 1.3）を使用することで、スポーツというエンタテインメントのフィールドに当事者が立つことを可能にしている。パラスポーツ分野では義足や車椅子が注目を浴びており [2]、陸上男子走り幅跳びでは、義足選手の記録はオリンピック記録を上回っている [3]。これは、失った脚部にバネという技術を用いて脚力を拡張しているといえる。現代では補綴から能力の拡張について取り組む流れに変わりつつある。

図 1.2 義足<sup>2</sup>図 1.3 アスリート用義足<sup>3</sup>

---

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

2 <https://jomo-gishi.jimdo.com>

3 <https://www.sankei.com/photo/story/news/160422/sty1604220003-n1.html>

私は、スポーツ用義足のように、今まで楽器演奏が不可能であった腕に欠損障害を持つ義手装用者が、演奏表現を可能にする義手楽器「Musiarms」を開発し、義手装用者による楽器演奏を目指し、本研究を進める。

Gallagher [4]によると、これまでの義手の研究では、当事者に対して「自分の腕の代わりとなって、日常生活を補助、支援するもの」を目指し開発がされている。義手は大きく分けて、見た目重視の装飾用義手、残された身体部位を活用して操作を行う能動式義手、特定の作業を行うため機能重視の作業用義手の3種類に分けられる。近年では、3Dプリンタの普及などにより様々な研究機関や大学で、複数の機能を備えた筋電義手が注目され技術的な新規性に重きを置いている。しかし、Joseph [5]やE.Biddiss [6]は当事者のニーズが十分に把握されないまま、義手開発が行われている現状があると述べている。一般的な筋電義手は、物を把持する、支えるなどのシンプルな動作は可能であるが、滑らかな動き、スピード感のある複雑な手関節の動作などの機能は乏しい。また、樋口 [7]の調査によると身体部位には個人差が大きいため、義肢装具士が経験によって適合を行っているのが現状である。欠損障害において、先天性と後天性ではボディイメージ（人間が身体について持つ感覚）に大きな違いがある。先天性の場合は、後天性とボディイメージが大きく異なり、右手と左手が同じ長さであるという感覚が存在しない。健常者は先天性当事者に対して、左右を同じ長さにすることを考えるが、先天性の当事者は生まれつき、固有のボディイメージを持っている。そのため、手の機能を義手の先端に持っていくと、実際には作業が困難になる場合もある。このように、先天性や後天性など、義手は本来、利用者が置かれている状況や、ニーズを汲み取って、様々なバリエーションのものを開発する必要がある。ところが、Pylatiuk [8]が述べているように、腕の代わりに機能することを目的としない、エンタテインメント性の高い（音楽やスポーツ、ファッション、芸術表現）機能を持った義手開発は少ない現状がある。

エンタテインメントとは本来、参加する対象を楽しませることを目的とする音楽やスポーツといった文化的行為と定義され、障害の有無に関係しない。当事者が片手で既存の楽器を満足に弾くことは非常に困難であり、当事者の楽器演奏を可能とする環境や義手が非常に少ないといった現状は、当事者が楽器演奏を不可

能なものと決めつけ、自主的に興味を持たなくなる原因となる。これは、当事者のエンタテインメントに対するモチベーションの低下につながる。

本研究では、義手開発コミュニティのNPO法人Mission ARM Japanに所属する当事者、義手エンジニア、義肢装具士との対話を通して当事者の十分なニーズや状況を把握し、Musiarmの開発を進めていき、共に構想とプロトタイピングを行い、実際に当事者に使用してもらうことで得たフィードバックを元に、ディスカッションやアップデートを繰り返していく。

Miwa [9] は9自由度感情表現ヒューマノイドアームの設計において、腕はその機能を通して日常生活を豊かにするための表現を行う器官であると述べ、Jacob Harrison [10] は、An Adapted Bass Guitar for One-Handed Playingにおいて、人は新しいインターフェースを使用するとき、元々持っている個人の身体の使い方やテクニックを使用して、自然に適応しようとすることを述べている。これらは義手楽器においても同様なことが言える。

Gabrielsson [11] は、音楽表現が演奏を通して個人の持つ感情表現をリスナーに顕著に伝えることができる表現方法の一つであると述べており、Aura [12] は、日常における人の身体経験は、音楽を理解する方法を形作っており、その身体経験に基づいた音楽認知と意図は、音楽を作ったときに身体を通して媒介されると述べている。私は、楽器演奏は自己の表現を引き出す方法の一つであると考えた。

本研究では、高度な機能を有する腕の代替機や補綴を目指す義手ではなく、義手楽器「Musiarm」という新たな義手のあり方を当事者との共創からデザインしていく。Musiarmによる楽器演奏を実現することで、義手のエンタテインメント性の拡張と演奏体験を楽しいものにすることが目的である。

Musiarmの特徴は、個人の身体動作による直接的な音楽の演奏を可能にする点である。直感的なパフォーマンスや、個々に異なる身体モデルを「可能性」として活用した、演奏表現を行うための楽器を開発する。普段、人々は音楽演奏を行うための「道具」として楽器を使用してきたが、Musiarmは利用者の「身体」の一部になることを目指す。個々に違う身体モデルに基づいた奏法を引き出すことは、使い手がプロ意識を持つことにつながる。

## 1.2. 研究の目的

本論文では、義手楽器「Musiarm」を開発し、実際に片腕に前腕欠損障害を持つ当事者に使用してもらうことで、楽器演奏の楽しさを感じたか、義手と楽器への考え方、モチベーションの変化はあったのかをインタビューと観察調査によって検証していく。さらに、展示会やメディアを通して、当事者のみならず、健常者の義手、欠損障害に対するイメージやマインドのシフトについて体験フィードバックを基に検証する。

本研究において、当事者が感じる“楽しさ”は、3つの要素に分解して定義を行い、それぞれの要素を満たすことで楽しさを感じていることを目指す。Desmet [13] は、デザインに対するユーザの感情を、嬉しい驚き、魅力、願望という三要素に分解している。Desmetによると、嬉しい驚きは、ユーザにとってプロダクトが予想外、かつ関心にマッチングすることでもたらされ、魅力は、好奇心を刺激し、不慣れな感覚を経験できる未知のものとしてプロダクトを認識した時にもたらされる。そして、願望は、そのプロダクトを使用、または所有することにより目標を的確に達成されることによってもたらされると述べている。また、当事者の楽器演奏に対する“モチベーションの向上”は、8つの構成要素に分解して定義を行い、それぞれの構成要素を満たすことで当事者の楽器演奏に対するモチベーションの向上を目指す。Csikszentmihalyi [14] [15] は、Flow理論の8つの構成要素、達成可能な課題、タスクへの集中、明確な目標、直接的なフィードバック、行為の統制、没入感、体験後の自己感覚の強化、時間の経緯感覚の変化を満たすこと（Flowを経験するためにこれら要素のすべてが必要というわけではない。）でユーザが楽しさを感じ、Flow（ゾーン）状態にあるとモチベーションが向上すると述べている。

以上の11の要素-嬉しい驚き、魅力、願望、達成可能な課題、タスクへの集中、明確な目標、直接的なフィードバック、行為の統制、没入感、体験後の自己感覚の強化、時間の経緯感覚の変化-によって本論文における楽しさとモチベーションの向上を定義する。本研究では、義手楽器「Musiarm」を用いて当事者に対してこれらの各要素を感じさせることで楽しさを感じられたか、楽器演奏に対してモチベーションが向上したかを当事者へのインタビューと観察調査によって検証する。



また、本論文における当事者とは、義手楽器開発において、実際のモデルとなった先天性片腕前腕欠損を持つターゲットユーザとする。

### 1.3. 本論文の構成

本研究では本章で述べた背景、目的を元に、当事者との共創から義手楽器「Musiarm」をデザインし、義手のエンターテインメント性の拡張と当事者に演奏体験を楽しく感じさせることができたか、楽器演奏に対してモチベーションは向上したのかについて検証する。第2章では本研究に関連して、基本的な義手の分類と現状に関する研究、義手に関する研究動向、楽器開発と演奏における身体動作に関する研究、演奏表現を引き出す方法に関する研究を踏まえた上で本研究の立ち位置、貢献を明確にする。第3章では、はじめに当事者との共創による義手楽器「Musiarm」のデザインの実現に向けてコンセプトに至る経緯として、NPO 法人 Mission ARM Japan との共創、ターゲットとなる当事者へのインタビュー、デザインメソッドについて述べ、コンセプトの各要素についてまとめる。そして、義手楽器の基本設計について述べ、設計を元にプロトタイピングを行う。第4章では、義手楽器の基本設計を元に開発された3種類の義手楽器「Musiarm」それぞれについて、ターゲットとなる当事者へのインタビューと観察調査を踏まえた上で述べていく。第5章では、展示会や体験会で得た体験者、各分野の専門家からのフィードバックと当事者インタビュー及び観察調査を通して第4章で開発したMusiarmによって実際に当事者に楽しさを感じさせ、楽器演奏に対するモチベーションを向上することができたのか、義手のエンターテインメント性の拡張について第5章で Proof of Concept を行う。第6章では本研究の結論を述べる。

## 第 2 章

# 関 連 研 究

義手の研究分野では、日常動作を支援するための機能面や操作性に関する研究や、義手にかかるコストの問題や、筋電義手の識別精度の向上の可能性などに焦点が当てられており、義手を楽器と融合するなど、義手のエンタテインメントに焦点を絞った研究は非常に少ない。また、当事者が楽しく楽器を演奏し自分を表現することは非常に困難、不可能である現状がある。本章では基本的な義手の分類と現状に関する研究、義手に関する研究動向、楽器開発と演奏における身体動作に関する研究、演奏表現を引き出す方法に関する研究の 4 つのテーマから本論文の主張を明確にし、貢献を明らかにする。

### 2.1. 義手の分類と現状

義手の構造（図 2.1）は、主に義手本体と義手を身体（断端部）に固定するためにソケットやハーネスから構成され、自分の腕の代わりとなって日常生活を補助、支援するものとされている。「装飾用義手」や「能動式義手」、「作業用義手」、「筋電義手」などといった様々な種類（図 2.2）の義手があり、日常生活における場面や用途によって使い分けられている。そして、義手は非常に高価な製品であり定期的なメンテナンスなど専門的な知識が必要となるため容易に扱えるものではないとされている。また、赤澤 [16] や陳 [17] が述べているように、外観の悪さや機械的なメカメカしさは改善されておらず、着用者に「障害を持っている者」という自己意識を持たせてしまうなど義手装着への抵抗の要因になってしまっている。



図 2.1 義手の構造<sup>1</sup>

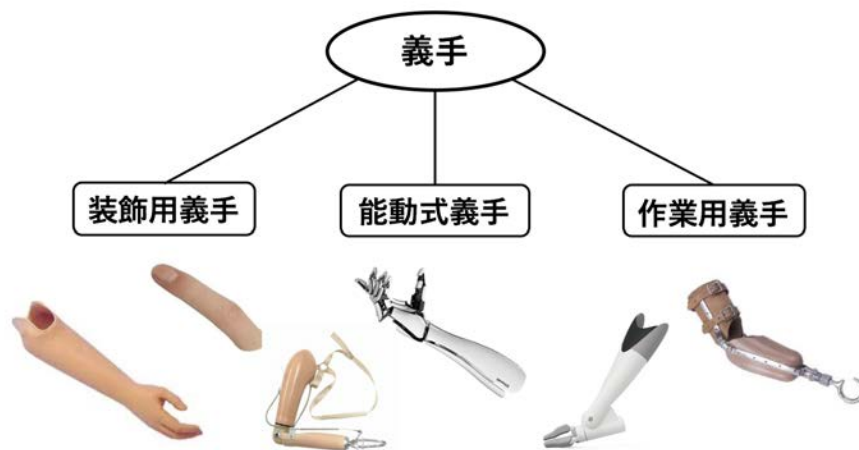


図 2.2 義手の種類

1 <https://www.ottobock.co.jp>

### 2.1.1 装飾用義手

装飾用義手（図 2.3）とは本物の手や腕に近い外観を持った義手であり、関節が受動的に稼働するものはあるが、能動的な動作は不可能である。装飾用義手の多くは物を掴んだり離したりなどの機能を持たない。粕谷 [18] によると、装飾義手は義手の中では比較的軽量であり、外観が実物の腕に近いという長所から普段の外出時などで当事者が社会に溶け込むことを目的に使用されている。



図 2.3 装飾用義手<sup>2</sup>

### 2.1.2 能動式義手

能動式義手（図 2.4）は、身体機能が残された肩甲骨や肩関節など身体の残存部位の動きや筋力を利用しハーネスとケーブルを介して手先具の開閉操作や、肘継手の屈曲伸展を行う義手である。簡単な動作説明として、高橋 [19] によると、能動式義手の関節につながっているケーブルを装用者が残存部位の動作でけん引す

---

<sup>2</sup> <https://jomo-gishi.jimdo.com>

ることで義手関節を稼働させるということである。また、高橋 [20] は、切断レベルによって必要となる機能と操作のための身体動作が異なり、当事者が操作する機能は「手先具の開閉」、「肘継手の屈曲伸展」、「肘継手の固定遊動切り替え」の3つに分けられると述べている。

大塚 [21] によると、「手先具の開閉」は前腕部を切断している場合、ベルトを用いて肩にワイヤを固定し、肩の動きを用いてワイヤをけん引することで義手の手先が開き、ワイヤを緩めるとバネ機構により手先が閉じるタイプとその逆の動作で手先の開閉が行われるタイプがある。高橋 [20] によると、「肘継手の屈曲伸展」では、複数のワイヤを操作することで複数の関節の駆動を可能にしている。高見 [22] によると、「肘継手の固定遊動切り替え」は、肘継手前面の肘固定遊動コントロールケーブルを1回操作する度に、固定→遊動→固定→遊動の順に切り替わることで操作される。吉村 [23] によると能動式義手は、本来の手を駆動する動作とは別の動きが必要となるため、能動義手を使いこなすにはある程度の訓練が必要である。能動義手はケーブルを介して制御するため、把持の感覚がケーブルを通じて知覚することができるという長所がある。



図 2.4 能動式義手<sup>3</sup>

3 <https://www.ottobock.co.jp>

### 2.1.3 作業用義手（能動フックと筋電義手）

作業用義手は、特定の作業、スポーツ、動作などを行うための機能を補うための義手である。外観よりも機能重視で開発され、生活における必要な機能を補助している。前腕欠損当事者が選択可能な作業用義手には、大きく分けて能動フックと筋電義手がある。Hosmer [24] の能動フック（図 2.5）は能動式義手と同様に肩の動きを利用してケーブルをけん引しフック状の手先の開閉を操作する義手であり、作業性に優れ、細かい作業に適している。義肢装具の特殊な義手製作 [25] によると、音楽演奏を補助するものでは、楽器を弾くときに楽器が動かないよう押さえつけるための機能を持ったものを使用している。しかし、ハーネスを使用するため装着性が悪く、フックのデザインが外観を損ねていることで、装着時の心理的負担が大きいと吉川 [26] は述べている。

筋電義手（図 2.6）は、人間の手、腕に近い外観を有し、脳の命令により筋肉が収縮する際に発生する微弱な電流である筋電（表面筋電位）を専用の電極で採取し、モータを動作するスイッチとして利用する義手である。把持力が強い、作業空間を選ばないなど、他の義手システムにはない特徴がある。ハーネスを使用しないため装着性も良い。しかし、人間の手と同様の外観と機能を実現するため、複数のアクチュエータ、複雑な機構、高性能なプロセッサが必要であり、必然的に高価となる。安価でも 150 万円、高価なものだと 500 万円以上のものもある。日本の補装具の支給制度では支給困難であり、入手は容易ではない。吉川 [26] の Finch は、リニアアクチュエータで開閉する対向配置の 3 指を備えた作業用電動義手であり、3DPrinter を使用することにより重さ 300g の軽量かつ 5 万円以下の低コスト製作を可能にしたものや伊藤 [27] の小型の超音波モータによって駆動される 3 つの自由度を有する EMG 制御義肢前腕などがある。

義手楽器は、一見すると作業用義手や能動式義手にカテゴライズされてしまうが、従来の楽器を使用するために楽器を支える、おさえるなどの機能を補うといったものではなく、エンタテインメントの 1 つである音楽表現そのものに機能する新しい義手である。



図 2.5 能動フック義手<sup>4</sup>



図 2.6 筋電義手<sup>5</sup>Handie (左) と Finch (右)

4 <http://www.kknot.com/prosthetics.html>

5 <https://kaden.watch.impress.co.jp/docs/news/628370.html>

## 2.2. 義手に関する研究動向

近年では、3DPrinterの普及などにより様々な研究機関や大学で、複数の機能を備えた筋電義手が注目され”EEG-based brain controlled prosthetic arm.” [28] や”Design and development of an under actuated prosthetic hand” [29] などのようにどれだけ人間の手や腕に近づけることが可能かといった機能面の新規性に重きを置いている。脳波を用いて健常者の腕を模倣した直感的な操作を可能にすることや、日常生活での使用に向けた、低コスト、機能性重視なアプローチが主流である。

## 2.3. 楽器開発と演奏における身体動作

人は、音楽を奏でるために古くから様々な楽器を開発してきた。西洋楽器を例に挙げると、バイオリンやチェロのように共通する形状、構造、奏法を持ち、音域の異なる楽器がある。また、2段の鍵盤を持つ電子オルガンと1段しか持たないピアノのように構造は同じだが組み合わせ方が異なる楽器も存在する。一方、電気・電子技術の発展に伴い、アコースティック楽器と同様の外観や奏法を持ち、電子的に音を生成する電子楽器が多数開発されてきた。従来の電子楽器は既存楽器の形状をそのまま模写することが目的であった。丸山ら [30] は、楽器を発音や音程決定などの機能要素（ユニット）の集合であると捉え、自由にユニットを組み合わせて音域や演奏スタイルの変化に柔軟に対応できるユニット楽器の開発を行った。義手楽器の開発では既存楽器の構成要素を分解し、当事者の持つ身体的特性や表現力と身体特性に対応したセンシング技術を組み合わせることで、身体動作と楽器演奏を対応させた当事者の直感的な演奏を目指した。

空間における手の動きを入力とする電子楽器の制作で関田 [31] は、既存楽器の演奏方法に捉われず、何もない空間から紡ぎ出される音による表現を演奏に利用して制作した。直観的かつ高い表現力を持つ指先から肘の動作をリアルタイムでカメラを用いて取得し解析することで自由な演奏を実現した。義手楽器では、カメラを用いて身体動作を取得し解析するのではなく、身体動作を直接演奏に対応させることで、より直観的かつ高い表現力を引き出す。



来嶋 [32] や Dobrian [33]、Chadabe [34] は、楽器は演奏者の姿勢や身振り、奏法と一体のものであり、演奏される音楽の伝承の過程のなかで特定の技法を定着させている。しかし、電子楽器においては楽器から演奏者の姿勢や身振りといった身体動作が欠如するといった傾向がある。間接的に音をコントロールすることによって、人間の身体的制限を解放した反面、音楽表現に人間が介在する余地を小さくしていると述べている。義手楽器は、電子楽器の利点である人間の身体的制限の解放と、義手と融合することによる楽器の身体化から、演奏者の姿勢や身振りといった身体動作と音楽表現を直接的に適合させる。

## 2.4. 演奏表現を引き出す方法

株式会社ヤマハミュージックジャパンの押木 [35] は「アコースティック楽器と電子楽器, および最新技術の共存」において、十分な音楽的スキルや表現力がない子供にとって電子楽器や仮想デバイスの存在が新たな表現をもたらしてくれる可能性がある（楽器演奏が不得意な子供が、ソフトウェアの活用やタッチパネルの操作は得意な場合、そこから音楽の楽しさを体得する可能性がある）。こうした観点から、アコースティック楽器、電子楽器の融合は必要であると述べている。既存楽器の形状や奏法をモチーフに義手楽器を開発することで、十分な音楽的スキルや表現力がない当事者に新たな表現や楽しさをもたらす。

Juchniewicz [36] は、演奏における演奏者の身体的な動作によるリスナーへの影響を「動きなし」、「頭と顔の動き」、「全身の動き」の3つの条件下でプロのピアニストに演奏させ評価した。結果、ピアニストの身体的な動作はリスナーに演奏の評価を有意に増加させることを示し、さらに、身体的な動作が増加するにつれてリスナーの全体的な演奏評価が増加した。これらのことから、身体動作を楽器演奏に多く取り入れることによって演奏者の表現力が高くなると言える。義手楽器はウェアラブルなスタンドアローンデバイスになっており、また、身体動作と楽器演奏の間にあるインタラクションから演奏者に自由度の高いパフォーマンスを実現し、高い表現力を引き出させるといえる。

## 第 3 章

# デザイン

本章では最初に、本研究で実際に共創をしていくことになった特定非営利活動法人 Mission ARM Japan の紹介と義手と楽器の融合の考案に至った経緯、デザインメソッドについて述べ、NPO 法人内の当事者にインタビューと観察調査の実施、義手や楽器に対する現状の考えについての調査とその検討について述べていく。それを基にコンセプトの設定及び、コンセプト実現に必要な義手楽器の基本設計について述べる。続いて、コンセプトと義手楽器の基本設計より、当事者の身体的特性の活用や筐体デザイン、機構設計、片手で演奏可能な操作方法、義手楽器の基本設計のデザインについて述べ、音源の再生方法とワイヤレス通信、3DCAD と 3DPrinter の使用による筐体の軽量化などハードウェア、ソフトウェアの開発、装着の際に使用するソケットの開発について述べていく。最後に、義手楽器のユーザーテストからディスカッションとフィードバックについて述べていく。

### 3.1. 特定非営利活動法人 Mission ARM Japan

Mission ARM Japan<sup>1</sup>は上肢障害に関する様々な分野の人々が参加し、情報共有や企画開発などの活動を行なっている特定非営利活動法人である。

Mission ARM Japan には、当事者を始め、義肢装具士、エンジニア、医療関係者など多くの人々が集まり、一週間に 1 回の定例ミーティングを開催している (図 3.1)。定例ミーティングでは主に、それぞれが抱えているプロジェクトの進捗報告などを行なっている。また、毎月 1 回「M カフェ」という手や腕に障害を持つ

---

1 <http://www.mission-arm.jp/>

人同士が気軽に繋がり合えるイベントの開催や HACKberry という電動義手の普及活動を行っている。HACKberry とは、実際の義手ユーザの協力を基に作成された日常的な使用のための実用モデルで、作成方法と実際の 3D パーツデータとソースコードをオープンソース化することで、世界中の開発者と義手ユーザが自由に構築することができるプラットフォームになる義手を目標としている。元々ロボットハンドや人間の腕の精巧さに興味を持っていた私は、この HACKberry に対する興味から義手に興味を持つことになった。実際に Mission ARM Japan に足を運び「何か協力できることがないか」、「何か一緒に作っていくことはできないか」についてディスカッションし協力関係を築いていった。義手の現状の調査や求められている義手について当事者へのインタビューと観察調査をはじめ、義手開発に関わる人々とのディスカッションを行っていく。



図 3.1 NPO 法人 Mission ARM Japan

## 3.2. 義手楽器の考案に至る経緯

Mission ARM Japan との共創や、義手に対する調査から、義手業界におけるエンタテインメント性の乏しさに着目した。エンタテインメントといっても非常に範囲が広いため、ジャンルを絞る必要があった。

2017年6月7日の定例ミーティングにおいて Mission ARM Japan に所属する先天性の片腕前腕欠損を持つ当事者の男性と、新しい義手の開発についてディスカッションを行った。ディスカッションの中には当事者の両親が音楽家であること、今まで楽器演奏に興味があり、挑戦はしたが片手では演奏できなかったという結果から諦めてしまったことなどがあった。これらを踏まえて私は、エンタテインメントの中の音楽というジャンルに焦点を絞り、当事者が今までできなかったことの一つである楽器演奏を可能にすることで体験を楽しみ、楽器演奏に対するモチベーションを向上させることを目指した義手と楽器の融合を考案した。考案に至る経緯の簡略図を図3.2に示す。

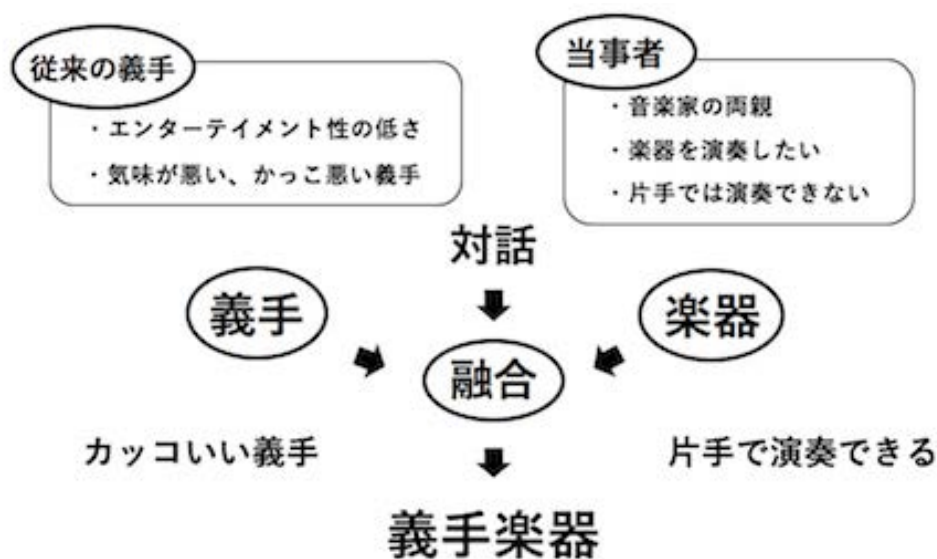


図 3.2 義手楽器の考案に至る経緯の簡略図

### 3.3. 共創に基づくデザインメソッド

本論文では、当事者との共創により義手楽器「Musiarm」をデザインし、義手のエンタテインメント性の拡張と演奏体験を楽しいものにするを目的とする。当事者インタビューと観察から当事者には、当事者自身にしか理解することのできない身体的特性や、物事の考え方、捉え方が非常に多く、健常者の考えた当事者が便利であるとするものと当事者が本当に欲しいものとの間に相違が生じてしまっている現状があった。そこで義手楽器の開発は、当事者だからこそ持ち得る考えや身体的特性を「可能性」として活用し、プロダクトと適合させていく必要がある。

本研究では、当事者、義肢装具士、義手エンジニア、医療関係者が所属する特定非営利活動法人 Mission ARM Japan（図 3.3）との共創を基に、NPO 法人内の当事者の男性を義手楽器「Musiarm」のメインターゲットユーザとした。

義手楽器「Musiarm」は、Mission ARM Japan に所属する義肢装具士、義手エンジニア、医療関係者との意見交換やターゲットユーザである当事者とのコミュニケーション、インタビュー、観察調査を踏まえ設計していく。



図 3.3 NPO 法人 Mission ARM Japan との共創

### 3.4. 当事者インタビューと観察調査

2017年7月12日、本研究のターゲットとなる先天性片腕前腕欠損の障害を持つ当事者の男性に日常会話をベースに、本人の生活における身体特性や健常者とは違うと感じていること、求めている義手について焦点を置き、インタビューと行動の観察による調査を実施した。

Q：既存の義手について満足していること、していないことについて教えてください。

「私は現在、筋電義手、作業用義手、装飾義手の3本を持っているのですが、筋電義手は装飾用としてサイボーグ感に振り切ってカッコイイものをつけているので、イベントなど特別な機会をつけています。しかし、装飾用、作業用義手はダサくて、見た目が良くないですし、重いので装着しようと思いません。また、筋電義手に関しても大人用の筋電義手だと一本100～300万円ぐらいするので気軽に買い替えることや、新しい義手が発売されたからといって購入することはできません。筋電義手の物の把持や一つ一つの動作を行うという点では現状に満足していますが、遊び心（エンタテインメント性）のある義手が極端に少ないです。私は水泳が好きなのでスクルー型の義手とかあれば面白くていいのに。正直、腕のない人に対する課題っていうのは、いかに作ったものと本人の腕をどうやってリンクさせるかってところだけなので、ソケットだけ考えればいいわけで、ソケットから先は何を作っても良いと思っています。よく3Dプリンタで義手作ろうかなって周りに話をすると、「何それ、ロケットパンチできるの？」とほぼほぼ聞かれるんですよね。ほんと普通の人間じゃできないこととかできるようにしたいです（笑）。サバイバルゲームとかで腕をマシンガンにしてBB弾を打てたりしたら健常者には真似できないですし、かっこいいと思います。もっとかっ飛んだ発想でやっちゃっていいんじゃないかと思います。」

Q：既存の楽器について使用時の問題があったら教えてください。

「まず、基本的に片手では満足に演奏できないものがほとんどです。私自身、ギターにはすごく興味があって弾きたいと思って挑戦したのですが弾けなかった。」

海外の動画とかでよくあるように私もフック型の能動義手にピックを固定して頑張ろうとしたのですが、やはり、楽器は当事者用に設計されていないので、重さであったり、機能性が悪かったり、一番は何よりも身体が疲れるっていう点です、それで挑戦をやめてしまいました。多くの当事者は、演奏や楽器など音楽にとっても興味を持っていますが、弾けないので買おうと思いませんし、やってみようと思いません。また、子供の頃に親から、弾けないのだからやらないようになって言われている子も結構います。全体的に音楽に興味があっても諦めなくてはならないという現状があります。また、私たちが楽器演奏を行う、行える環境もないのでモチベーションもとても低いです。」

Q：義手のエンタテインメント性について教えてください。

「エンタテインメントというスポーツや音楽など遊び心のあるものや、カッコいいもの、面白い義手は全然ありません。作り手側は、まずは健常者の腕に近づけること、補助できるもの、当事者に合ったものを開発しなくてはという考えがあり、その気持ちを尊重しすぎちゃってエンタテインメント性の高いものを提案しない人が多いんじゃないかって思っています。また、私はああしてこうしてってどんどん言える方なのですが、当事者の中には自分の感情や要望をあまり表に出せず言えない人も多いので、欲しいと思っても研究者や開発者など作り手側に対して要望を出しにくいという状況があります。逆に、そういう人たちに作り手側がどうやって信頼関係を築いていってどう引き出せるかっていうのが作り手の腕の見せ所だと思います。私はNPO 法人の活動に参加したりもしているので情報が早かったりするのですが、現在 3DPrinter を用いた安価で軽い筋電義手とか色々が増えてきていて義手に対してワクワクすることもあります。しかし、私の周りでは健常者、当事者含めて筋電義手や 3D プリンタで義手が作れることなど、現在ある義手自体、認知していない人がとても多いです。もっと面白い、カッコいい義手や遊び心のある義手が身近にあれば、知っていれば着けたのによっていう当事者が周りには結構います。こんなものがあるんだよっていかに拡散するかってところが今一番日本に求められているものだと思います。みんなが認知していれば気軽に自分の本当に欲しいものを要望できるようにもだんだんとなってくる

んじゃないかな。当事者が自信を持つ瞬間として、「あっ、自分でもこんなにいろんなことができるんだって思ったとき」、「自分にしかつけられないものなんだ」って思ったときに確実に何百倍も自信がつくので、そういった義手や場所が用意されてるよっていうことを知ることが絶対大事ですね。知らないって恐ろしいですね（笑）」

Q：どんな義手があったらいいと思いますか。

なんでもありだと思えます。私は、片手だからといって今の子供たちに何かを諦めて欲しくないんですよ。選択肢を増やして自由に選んで行って欲しいです。義手だからといって手、腕の形をしている必要性は全くないですし、むしろ手じゃない形の方が装着していてカッコいいと思えます。自由に好きなものにカスタマイズ、腕を何か別のもの交換できる、そんなものいいですね。自分たちだからこぞできるもっと遊び心のある義手が増えれば、他の当事者もあれが欲しいこれが欲しいって出てきそうです。楽しい体験ができる義手が欲しいです。

以上、当事者インタビューと観察調査から、義手装着に前向きな姿勢をもつ当事者からは「かっこいい義手」、「可愛い義手」、「楽しい特別な義手」などの遊び心のある義手を装着したいという要求がされている。しかし、従来の義手の研究開発においてエンタテインメント性に焦点を当てた研究は非常に少なく、Open Bionics など義手義足開発に取り組む企業においても、筐体デザインを既存のアニメ柄に装飾するファッションを目的としたもので、当事者がスポーツ、音楽といったエンタテインメントを直接楽しめるような機能のある義手開発については取り組まれていない。音楽において、既存の楽器を使用するための補助具とした機能を持つ義手はいくつか存在しているが、ギターピックを固定するもの、楽器を抑えるためのものなど当事者を健常者に近づけようとした取り組みが多く、当事者の持つ機能に基づいた開発はされていない。また、そういった取り組みは当事者に対して肉体的、心的負担を増やしてしまっている。できないこと、諦めなくてはならないものに対する当事者のモチベーションは非常に低いということがわかった。



### 3.5. コンセプト

当時者インタビューと観察調査より、健常者の当事者に対する考え方は、健常者の身体モデルをベースに導き出されており、この考え方が「健常者が考えた当事者に便利なもの」と「当事者が本当に欲しいもの」の相違を生じさせる一因となる可能性がある。既存の楽器やスポーツは健常者の身体をモデルにして設計されており、特に当事者の楽器演奏は非常に困難である。この状況によって当事者の演奏に対するモチベーションは低下し、自己を表現する場であるエンタテインメントというものを楽しめていない原因になっている。また、機能面に焦点を当てることで、筐体がロボットっぽくてメカメカしい、重い、腕に近づけた結果、逆に気味が悪いなどといったネガティブなものが多く、義手装着への抵抗が生まれてしまっている。義手装着に前向きな姿勢をもつ当事者からは、「かっこいい義手」、「可愛い義手」、「遊び心のある楽しい義手」を装着したいという要求がされている。

本研究では、個々に違う身体モデルに基づいた当事者であるが故に持つ身体機能を「可能性」と考え、「disability」から「This ability」を実現する例として、義手楽器を提案する。通常、楽器は音楽演奏を行うための「道具」として使用されてきたが、義手楽器「Musiarms」は楽器として装用者の「身体の一部」になることを目指す。Newton [37] や Heinrichs [38] が述べているように身体機能と音楽表現と関連付け、直感的な音楽表現を引き出すことで、一般的な楽器とは異なる義手楽器だからこそできる新しい演奏のスタイルが生まれる。また、義手楽器演奏者は欠損という障害の認識を「disability」から、自由なカスタマイズや身体の拡張を行うことができる余白として考えた当事者固有の能力を示す「this ability」へと捉え直される起点となり、新たな「表現者」を構築していく。義手楽器による演奏は、ユーザからの関心が高まり、演奏に対する興味やプロ意識を持つことにつながる。そして、当事者に楽しい演奏表現を実現することは演奏に対する当事者のモチベーションを向上させることにつながる。今までできないとされてきたことができるようになっていくこと、自分にしかできないこと、モチベーションが向上することの三要素を満たすことは当事者インタビューからも言えるように確実に当事者の自信になる。

義手楽器「Musiarms」は楽器演奏ができるという自信を当事者に身につけさせることで新たな今までできないものとしていたことへの挑戦を促し、社会における義手や楽器、または障害というもののパラダイムを変化させていく。私は将来、当事者の「カッコいい」、「可愛い」、「やばい」、「凄い」といった人を魅了する姿によって、健常者に自ら「腕や脚を切り落としたい」と思わせるような社会が訪れるのではないだろうかと考え義手楽器の開発を進めた。コンセプトスケッチを図3.4に示す。

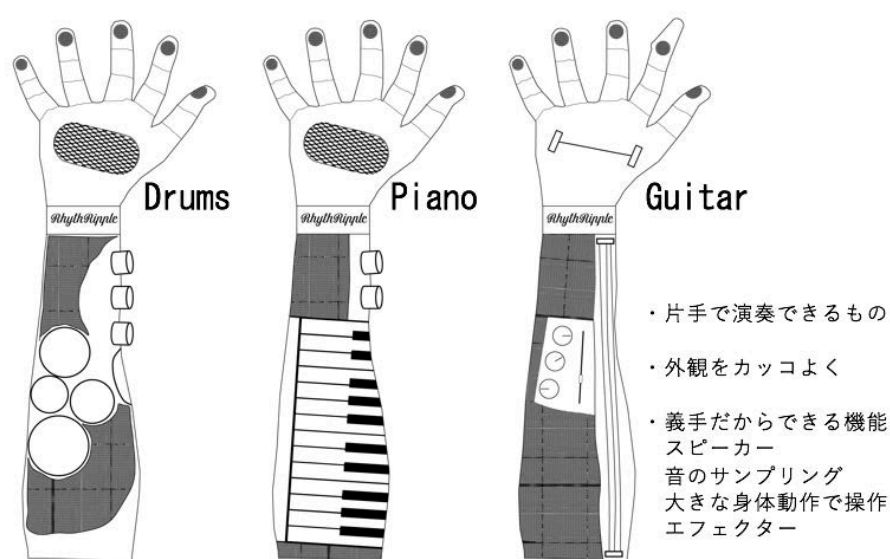


図 3.4 コンセプトスケッチ

### 3.6. 義手楽器の基本設計

本論文では、前腕欠損障害者の楽器演奏を実現するため「筐体の形状」、「演奏方法」、「質量」、「当事者の身体的特性」に着目し、システムの設計を行なった。

義手楽器の基本的な設計方法は当事者との対話と観察である。まず、当事者との対話から簡単なアイデア出しを行い、当事者であるからこそ持ち得ている身体的な特性や、日常生活で培われてきた能力（経験、習慣、癖、環境）を観察し、最大限引き出すことができる演奏方法について考えていく。導き出された演奏方法のアイデアと当事者の楽器に対するイメージから筐体のデザインと機構を設計し、身体動作と楽器演奏との間のインタラクションについて検討する。筐体のデザインは当事者のインパクトのあるカッコいいデザインというコメントを考慮し、従来の義手におけるイメージを変えることを検討する。筐体デザイン、機構の設計、センサやバッテリーの配置、はめ込みやネジ穴を設けるなどの詳細設計は Autodesk Fusion360 上で行った。また、設計されたデータは 3D Printer を用いて造形する。肉抜き処理を施すことによって軽量で開発コストを抑えた筐体を製作することが可能である。演奏操作による音源の再生は、義手楽器の演奏操作から MIDI データを音源ソフト GarageBand のインストールされた機体に送信しスピーカーから音源を出力する。自由度の高い身軽なパフォーマンスを実現するため、データ情報の通信を無線化する。実際に実装されたプロトタイプを当事者に使用してもらい、当事者のフィードバックを基にアップデートを行う。この一連の流れを繰り返し、義手楽器「Musiarm」の開発は進められる。現在まで、演奏方法が異なる 3 種類の義手楽器を開発した。3 種類それぞれについての詳細設計は第 4 章で述べる。

### 3.6.1 当事者との対話から当事者の身体的特性の活用

当事者には、当事者であるからこそ持ち得ている健常者に比べて優れた能力があると言われている。例えば、ステファン・ロンバー [39] は聴覚に障害がある人は視覚能力が優れていると述べている。また、P.Belin [40] たちによる報告から、視覚に障害があるとピッチを識別する能力や音を聴いて自分のいる位置を把握する能力が健常者より優れていることが明らかにされており、聴覚能力や触覚能力の感覚が優れているとされている。義手楽器の当事者では、対話と観察から、先天性の片腕欠損の障害を持つ場合、残された身体部位の特殊な使い方や残された腕の手先の器用さ、指先の力の強さなどが優れている。この当事者の身体的特性を活用した楽器演奏について当事者と簡単なアイデアを出し合い、その中から気に入った義手楽器のアイデアやインタラクションについて具体的に考える。日常生活における経験や習慣、癖、環境などから自然と培われてきた当事者の身体的特性を活用した演奏方法は、道具である楽器より自然かつ直感的に身体動作を引き出し、当事者であるからこそできる身体の一部を楽器とした演奏表現を可能にする。今回、MAJ内の当事者やターゲットユーザとの対話から欠損障害を持つ当事者の身体的特性として、手先の器用さ、腕まくり動作の多さ、片手で色々持てるように指関節が柔らかい、左手はよく使う分健常者に比べて腕の長さが長い、手首関節が柔らかい、指先の力の強さと皮膚が厚い、欠損側が利き手の人もいる、無意識に本来利き手である欠損側を出してしまうことがあるなどが挙げられた。これらの身体的特性を活用して Musiarm の機構と演奏方法を導く。

### 3.6.2 筐体デザイン、機構設計、演奏方法

当事者との対話から導き出された演奏方法のアイデアから筐体のデザイン、機構を設計し、身体動作と楽器演奏との間のインタラクションについて検討する。筐体のデザインは当事者のインパクトのあるカッコいいデザインというコメントを考慮し、従来の義手におけるイメージを変えることを目的にデザインを行う。演奏に用いられる機構は、当事者が片手で操作可能な簡単かつシンプルな設計である必要がある。また、センサやマイコン、基盤、バッテリーなどの電子部品をすべて義手楽器内に収める必要があるため、収納スペースを確保する必要がある。そして、義手楽器の重心を先端の方に持っていかせると、義手の結合部である断端部にかかる負担が大きくなってしまいうため、当事者のボディイメージと適合しない。そのため当事者の断端部周辺に重心を持ってくるように形状を心がけ設計を行う。腕は自己を表現する器官であり、音楽表現においても重要となることから、腕の動きに着目し、「振る」、「引く」、「ひねる」などの身体動作によって演奏を行い、音を「奏でる」、「曲げる」、「歪める」、「止める」といった楽器操作に対応させ、身体動作と楽器演奏との間のインタラクションから演奏操作に最適な構造をデザインする。決定した筐体デザイン、機構の設計、センサやバッテリーの配置、はめ込みやネジ穴を設けるなどの詳細設計も含め、デザイン作業はすべて Autodesk Fusion360 上で行う。設計された 3D データは 3D Printer を使用し造形する。3D Printer での造形サイズには限界があるためそれぞれパーツ分けを行い、各パーツに肉抜き処理を施すことによって軽量で開発コストを抑えた筐体を製作することを可能にする。そして、パーツ分け作業を行うことで、故障や破損時のメンテナンスがしやすくなる。しかし、パーツ分けを行うと当然、組み立てた時に接合部が目立ってしまう。また、使用する 3D Printer のレベルによって造形される 3D モデルの精度や表面の粗さが異なる。本研究では開発コストと重量の軽量化を考慮した結果、PLA を素材とする積層造形型の 3D Printer を使用することにした。そのため造形されたパーツ一つ一つに対してヤスリがけを施し、表面を綺麗に加工処理、パーツとパーツの間にできる接合部にパテを塗り、ヤスリがけを行うことで接合部と表面粗さを目立たなくさせる必要がある。

### 3.6.3 ハードウェア、ソフトウェアの開発

義手楽器は当事者の演奏における自由度や最適な楽器の適合を満たすため、当事者の要望に沿って迅速な修正や対応を取ることが可能な電子楽器である必要がある。義手を MIDI 入力デバイスとして操作するハードウェア部分は、以下のシステム構成により成り立つ。演奏操作によって義手楽器に内蔵された各センサに値が入力され、その値をマイコン部で MIDI データに変換し、音源ソフトとなる GarageBand をインストールした iPhone や iPad、iPod touch などの機体に送信される。送信されてきた MIDI データが GarageBand によって対応した音源に変換されスピーカーから出力される。自由度の高い身軽な演奏表現を実現するため、データ情報の通信は Bluetooth を用いることで無線化され、スタンドアローンデバイスとなっている。また、A/D コンバータ IC を外部に取り付けることによって、音の遅延を最小限に抑え、より直感的な操作を可能にした。GarageBand は、Apple 社製の携帯端末に購入時点で基本的にインストールされており、非常にシンプルな操作性かつ幅広い音源の再生が可能であることから誰でもが扱える身近な音楽ツールである。本研究では、当事者の楽器演奏に対するモチベーションを向上させるため、楽器演奏以外の操作を単純化しハードルを下げる必要がある。電子楽器であるが故に生じる技術面でのメンテナンスや操作方法の難しさなど不安要素の除去を考慮した結果、身近な音源ソフトである GarageBand を使用することに決定した。図 3.5 に義手楽器のシステム構成について示す。



図 3.5 義手楽器のシステム構成図

### 3.6.4 ソケットの開発

義肢装具士、当事者との対話から、従来のソケットは、装用者である当事者の断端部に個体差があるため、義肢装具士の経験によって適合を行なっている現状である。また、断端部の型取りやソケットの造形、フィッティングなど非常に多くの時間と高いコストが必要になるため、義肢装具士、当事者ともに受ける負担が大きい。実際のフィッティング時にソケットの造形が上手く適合しない場合、再度多くの時間とコストをかけて修正を行わなくてはならない。これらの現状が原因となって当事者はサイズ感や装着感に対して少しの不満が生じても気軽に相談ができないという現状がある。

義手楽器のソケット部分の開発は、当事者の断端部の3DスキャンデータをAutodesk Fusion360内で読み込み、義肢装具士と当事者を含めて設計を行った(図3.6)。ソケットの内部には二重構造を用いて、外からの衝撃を吸収する役割を持たせた。装着面は肘関節部分全体を包み込むこと、入口を大きく設計することで、装着時における肘の曲げ伸ばしの自由を可能にした。内側には、クッション材となるシート(ピタフォーム15)を貼り、ソケット後部には4つの穴を開けることで、長時間の装着による痛みや蒸れを軽減させている。3D Printerを用いて造形することでサイズやフィット感などの使用感に対して柔軟に修正対応でき、軽量で製作コストを抑える事が可能となる。低コストで迅速な対応を可能にすることで、当事者と作り手側との間で気軽なコミュニケーションが取りやすくなり、当事者の思い描くソケットを共に製作していくことができる。また、ソケットと義手楽器は別になっており、当事者の身体特性に応じて3Dスキャン、3D Printerによりソケットを一つ製作することで、当事者である誰でもが全ての義手楽器に自由に付け替えることを可能にしている。これは、欠損部分を障害として考えるのではなく、自由にカスタマイズやデザインを行うことができる余白部分であるという本研究での障害に対する考え方である「disabilityからthis abilityへ」を基にしている。完成したソケットを図3.7に示す。

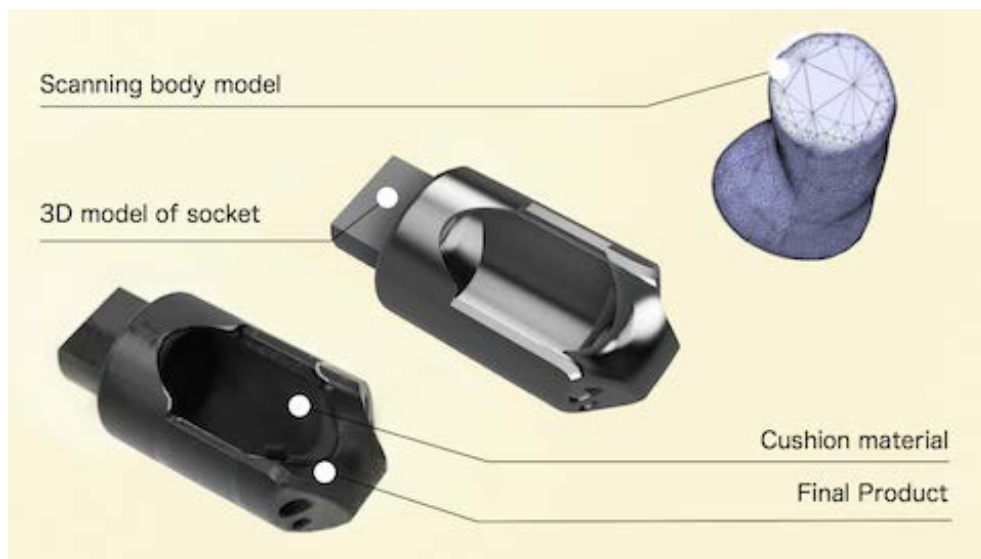


図 3.6 ソケットの開発



図 3.7 完成したソケット



### 3.6.5 ユーザーテストからディスカッションとフィードバック

本研究では当事者との対話を通して開発を進めていくため、完成されたプロトタイプは、当事者の使用しやすいものであると予想される。しかし、データや3D CAD内のモデルだけでは、開発時の予想通りの結果が得られるとは限らない、そのため、製作した筐体を実装したハードウェア部とソフトウェア部を組み合わせたものを組み込み、完成した義手楽器を、実際に当事者に装着させ演奏体験をしてもらうことで、使用感についてのフィードバックからディスカッションとアップデートを行う。ユーザーテストから得られるコメントとして、義手楽器の重さ、操作性、筐体デザインに関するものが主なものである。得られたフィードバックに基づき軽量化、当事者のコメントから操作性と設計の改善を行う。義手楽器の基本設計は、当事者との対話からプロトタイプを実装し、実際に当事者に使用してもらうことで得たフィードバックからアップデート版を実装、実際に再度、当事者に使用してもらうという一連の流れの繰り返しにより義手楽器を装用者の持つ身体モデルに適合していく。当事者の身体モデルに基づいて設計された義手楽器による演奏表現は、当事者の楽器演奏に対する満足度やモチベーションを向上させ、使い手がプロ意識を持つことにつながる。今まで楽器を演奏することができなかった当事者が演奏体験を楽しむことを可能にする。

## 第 4 章

# 義手楽器「Musiarm」

### 4.1. 義手楽器「Musiarm」

本章では、第 3 章で述べた義手楽器の基本設計に基づき、3 種類の Musiarm (TronS、Elee、D-knock (図 4.1)) それぞれの実装に至る経緯、実装及び、実際に当事者に動作確認をしてもらった際の操作性に対するインタビューとフィードバックの分析を行う。また、フィードバックの分析を元にアップデートを行い、再度当事者による動作確認、インタビューと観察調査の実施によりそれぞれの最終実装について述べていく。



図 4.1 義手楽器「Musiarm」

## 4.2. Musiarm TronS

Musiarm TronSは、当事者との対話と観察調査を基にクラシックタイプの吹奏楽器をモチーフとした、スライド式機構により腕まくりの動作を取り入れ音階をコントロールする演奏方法に決定し実装を開始した。



図 4.2 Musiarm TronS

### 4.2.1 実装に至る背景

Musiarm TronSは、当事者の服を着るという行為に焦点を当て実装された。従来、服は基本的に健常者をモデルにデザインされており、一般の服屋には、片腕だけ短い服は販売されていない。当たり前なことではあるが当事者のほとんどは社会人であり、企業に勤めている。出勤時に片方の袖だけがブラブラと垂れていることはだらしがなく見え、かえって腕に欠損があるということを目立たせてしまう。健常者は服を着て、その時の気温や状況に応じて腕まくりという行為を行う。しかし、先天性の片腕前腕欠損の障害を持つ当事者では、ワイシャツなど長袖のある服を着るとき、腕を袖に通したあと欠損のある方の袖を捲り上げるまで

が「服を着る」という行為である。袖を捲り上げるという動作は、これまでの生活から習慣づいている当事者には当たり前で無意識に行われている行為の一つである。この「腕まくり」という単純で自然な動作をトロンボーンのようなスライド機構の操作によって音階をコントロールする演奏方法に対応させることで開発を進めた。



図 4.3 腕まくりの動作→スライド式機構

#### 4.2.2 スライド機構による演奏の実装

Musiarm TronS は、トロンボーンのようなスライドで音階をコントロールする吹奏楽器をモチーフとして設計を行う。演奏方法としてスライド式の機構を取り入れ、スライド部を手や装着側の肩の機能を活かして上下にスライドさせ位置を操作し、演奏位置の変化によって音を奏でる。そのため、通常の楽器を弾くための動作とは異なり、Lyons [41] が述べているように別の身体動作が音楽表現に作用する働きを持つ。Musiarm TronS の筐体設計では、レールとスライド部パーツ、スライド部を保持する両端をベースに、当事者の筐体イメージに対する要望を考慮し、設計、デザイン作業を行った。筐体デザインにインパクトをもたせるため、スライド機構部の上部に装飾部品を取り付けた。また、各パーツに模様を入れることでデザイン性の向上を図った。スライド部には距離センサ（シャープ測距モジュール GP2Y0E03）、マイコン（ESP32-DevKitC）と基盤、バッテリー（LiPo3.7V 860mAh）を配置できるよう設計を施した。造形時間や使用時の破損、

大きさなどを考慮し、筐体を細かくパーツ分けした。そして、パーツ分けされたものを組み立てやメンテナンス、故障時の修理などが行えるよう、ネジ穴や、噛み合わせ、はめ込み部などの設計を施した。また、設計の際、義手は身体に直接装着することから、軽量であることが重要である。各パーツの肉抜き処理加工を行い、軽量化を図った。しかし、TronSの場合、スライド部には移動スペースに長さが必要なため、一般の義手（700g～800g）と比べて重くなった。そこで、身体の負荷を軽減させ演奏時の安定性を高めるため、ギターなどに用いられるストラップの取り付け穴を装飾部に取り入れた。Musiarm TronSのシステムは、本体のスライド部のスライドによる距離の変化量を距離センサにより測定する。取得した距離データをマイコン部でMIDIデータに変換し、自由な身体動作による音楽表現を可能とするために、Bluetoothを使ってGarageBand等のソフトウェア上にデータを送信し音に変換することで再生する。移動量によって線形に音階を分けることで滑らかな演奏を可能にしている。



図 4.4 Musiarm TronS 3D model

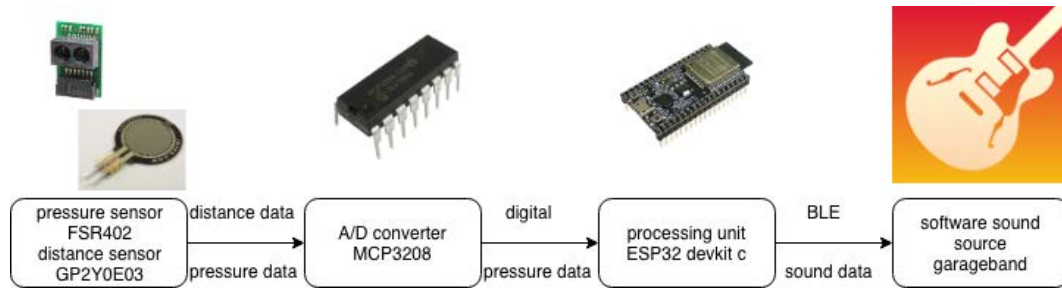


図 4.5 Musiarm TronS システム構成図

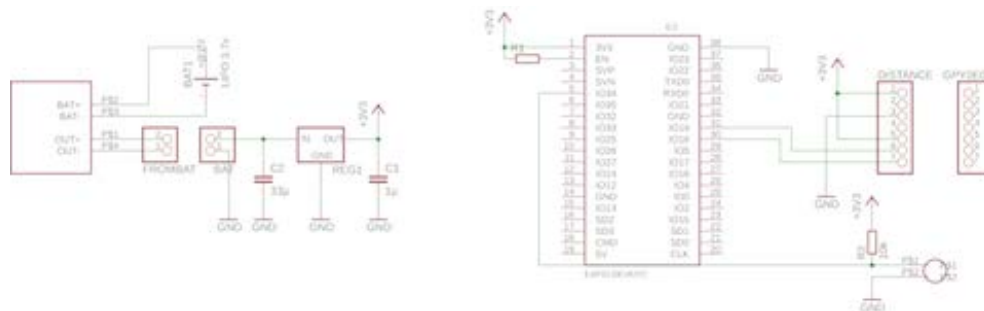


図 4.6 Musiarm TronS 回路図

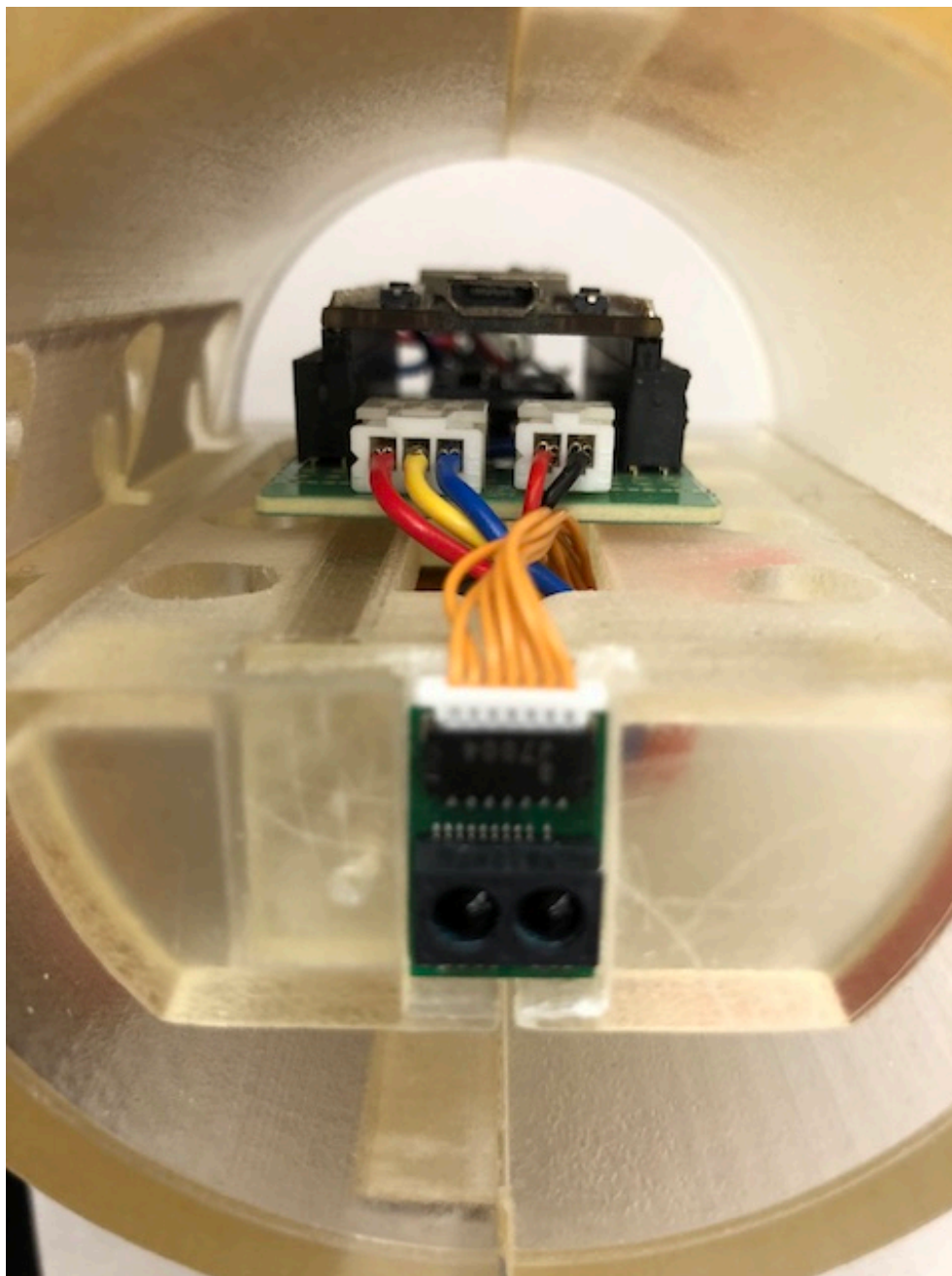


図 4.7 Musiarm TronS 制御部

### 4.2.3 当事者による動作確認とフィードバック

2017年11月12日、東京都渋谷区で開催された超福祉展2017、その中のプログラム、ケアコミュニティ・原宿の丘体験会にて、本研究のターゲットである当事者にMusiarm TronSを実際に装着し体験をしてもらった。その際、動作確認と行動の観察を実施し、使用感についてフィードバックを得た。スライド部を手で一定の位置に固定し、腕を動かすことでバイオリンを弾くような身体動作を用いた演奏や、装着側の腕をさするようにスライド部を動かして演奏を行うなど2パターンの演奏方法を確認した。また、プロダクトのデザインや奏法を気に入り、自身の好きな楽器の音色を見つけて喜ぶ姿が様子として見て取れた。「カッコいい、楽しい、面白い、また使用したい、是非もっと練習して上手になりたい」などの肯定的な意見が得られた。しかし、「重量が少し重い、パーツのサイズを小さくしたほうがもっとしっくりくる」など、実際に体験しないとわからない多くの改善要望を得ることができた。



図 4.8 ターゲットユーザの演奏体験の様子



#### 4.2.4 アップデートと動作検証・フィードバック

2017年11月22日、超福祉展、ケアコミュニティ・原宿の丘体験会で得た改善要望などのフィードバックを基に、装飾部のデザインを軽量化することを考慮して見直し、より多くの肉抜き処理、パーツのサイズ変更などのアップデートを行った。また、演奏時にスライドした場所に応じて音が連続的に出力されてしまっていたため、装着時スライド部の親指が当たる部分に感圧センサを組み込み、指で押して圧力をかけている間のみ音が出力されるシステムに実装した。再度、秋葉原のDMM.make AKIBAで毎週開催されているMission ARM Japan定例ミーティングにて、アップデートしたMusiarm TronSを実際に当事者に装着し体験してもらった。軽量化されたことで重量感に満足し、アップデート前のものよりも身体動作の自由度が増加した。感圧センサを押すという操作によって音が出力される機能にとっても興味を示していた。筐体を装着し、ポージングし写真を撮るなど、自身の腕がカッコいい義手楽器になるという体験やスライドによって色々な音を演奏する体験を楽しんでいる様子が見て取れた。違うバージョンの義手楽器も作って欲しいという要望を得た。



図 4.9 ターゲットユーザの演奏体験の様子

### 4.3. Musiarm Eleee

Musiarm Eleee は、当事者との対話と観察調査を基にメロディ演奏可能な弦楽器をモチーフとした、プッシュ機構により手先の器用さを活用して音階をコントロールする演奏方法に決定し実装を開始した。



図 4.10 Musiarm Eleee

#### 4.3.1 実装に至る背景

Musiarm Eleee は、先天性当事者であるターゲットユーザの掌が大きい、指の関節が柔らかいなどの身体的な特性と手先が器用であるという点に焦点を当て実装された。先天性当事者と健常者が同じ20年間を過ごすとき、健常者は両手を使用し日常生活上の作業を行うが、先天性当事者の場合、片手と残された身体部位を駆使して日常生活上の作業を行う。そのため、片手の作業経験値が健常者に比べ多い。また、日用品含め製品の多くが健常者をベースに開発され販売されている。当事者は日常的にこの健常者ベースの製品を自身に適合させるよう形状や仕

組みを観察、理解し固有の身体特性を活用することで使用している。従来の義手のほとんどは左右の腕の長さが対称になるよう開発されており、先天性当事者の手先のボディイメージは断端部であるため、義手を装着するときボディイメージを義手の先端に近づけるようにイメージをしている。これらの経験値、観察力、イメージ力といった当事者であるからこそ持ち得ている能力が手先の器用さの要因であると考えられる。この手先の器用さを弦楽器の弦を押さえる動作に用い、弦をプッシュする操作位置によって対応した音階を演奏する。また、装着側の短い腕を演奏操作に使用したいという当事者の要望を考慮し、ギターなど弦楽器の特徴的な操作である音を曲げるチョーキング機能や演奏時、音にブレーキをかけるミュート機能といった演奏方法に腕の振りや捻りといった身体動作を対応させ開発を進めた。



図 4.11 手先の器用さ→プッシュ機構

#### 4.3.2 プッシュ機構による演奏の実装

既存の楽器であるギターやベースのボディ部分は大きく、重いため、演奏時の大きな障害になる。Musiarm Eleee では、ギターやベースをはじめとした弦楽器をモチーフに設計を行う。身軽なパフォーマンスを行うことや片手でメロディを弾けることを実現するため、ギターのボディ部分を取り除いたネック部をベースボディとして、マイコン収納部と形状のデザイン作業を行なった。ネック部分に

は4本の接触位置センサ（接触位置センサにはサイズの限界があるため4本しか収まらない）を貼りその上に2種類のゴム製の紐を組み合わせて弦を模したものを重ねて貼る。弦をゴム製のものにする事で、弦交換の必要がなくなり、演奏中の弦が切れることによる装用者の怪我や事故を防ぐ。センサやマイコン、基盤、バッテリーなどを収納部に配置する際、収納部を二段構造にすることで、バッテリーとマイコン、基盤、センサのそれぞれの接触を防ぎ、動作時に生じる発熱の緩和やショートなどの故障を防いだ。Musiarm Eleeeでは、ファッション性を向上させるために、本体とは別にカスタム用のパーツを設計し、個々の好みに合ったパーツに付け替えることを可能にし、筐体デザインに自由度を持たせた。Musiarm TronS同様、造形時間や使用時の破損、大きさなどを考慮し、全体を細かくパーツ分けし、それぞれのパーツにネジ穴や、噛み合わせ、はめ込み部などの設計を施した。また、設計の際、義手は身体に直接装着することから、軽量であることが重要である。各パーツの肉抜き処理加工を行い、軽量化を図った。筐体内のマイコン収納部には、マイコン（ESP32-DevKitC）と基盤、ADコンバータ（MCP3208）、加速度センサ（MPU-6050）、リポバッテリー（LiPo3.7V 900mAh）を配置し、長さ400mmのネック部分に200mmの接触位置センサ（Softpot, SEN-08679）を1列に対して2本で合計8本配置することで細かな指の位置の検出を可能とした。Musiarm Eleeeでは複数のデータ通信を高頻度で行うため、WiFiルータを用いてUDP通信を使用し、MAX/MSPの起動しているPCと通信する。得られたデータはMAX/MSP上で処理され、抑える位置に対応した音を再生する。演奏方法は、接触位置に音階をマッピングし弦を抑える位置を指で操作して音を演奏する。モード切り替えによってコード奏法やアルペジオ奏法が可能である。本体の傾き角度や回転の値を加速度センサ（MPU-6050）により取得し、腕の傾き角度を変える動作でチョーキング、腕を手前に捻る動作によってミュートをかけ、直感的な操作によって複雑な演奏を可能にしている。



図 4.12 Musiarm Eleee 3D model

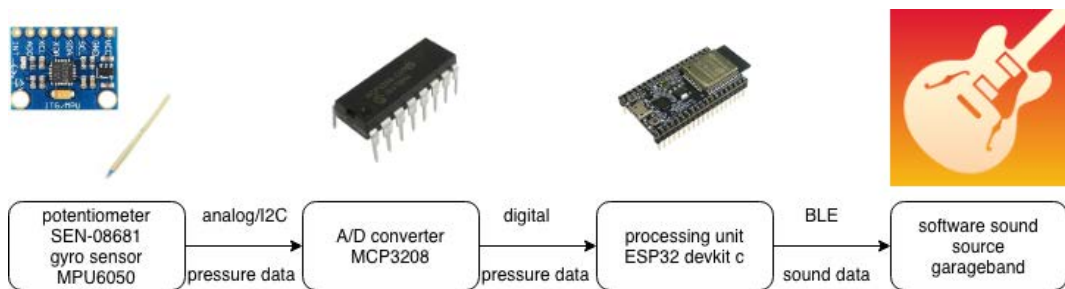


図 4.13 Musiarm Eleee システム構成図

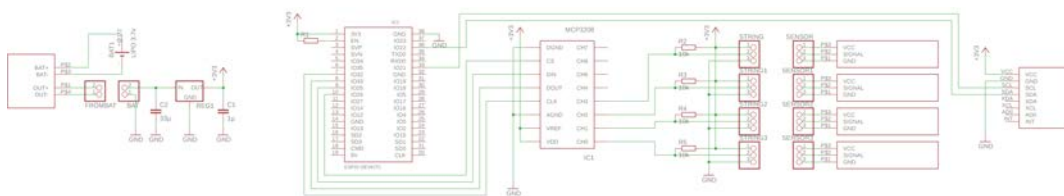


図 4.14 Musiarm Eleee 回路図



図 4.15 Musiarm Eleee センサ配置

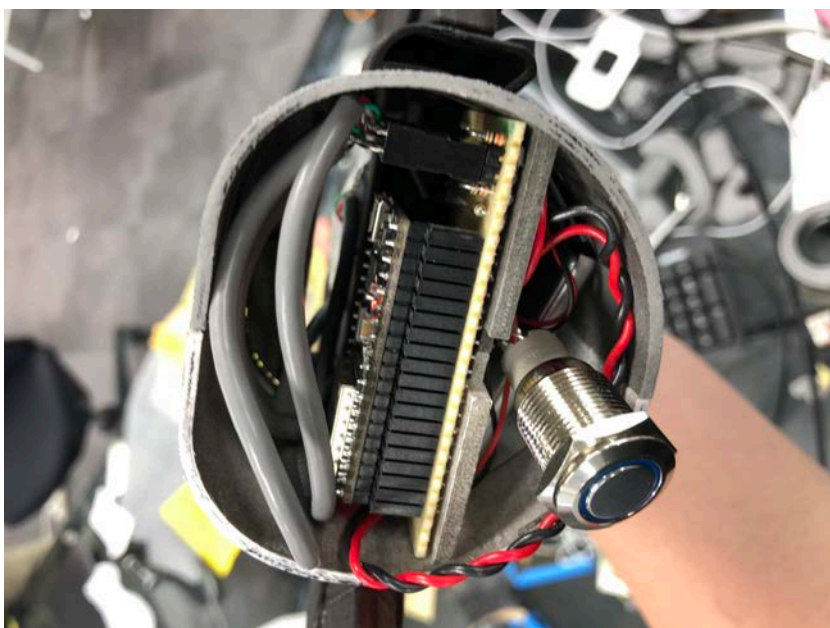


図 4.16 Musiarm Eleee 制御部

### 4.3.3 当事者による動作確認とフィードバック

2018年2月7日、Mission ARM Japan 定例ミーティングにて本研究のターゲットである当事者に Musiarm Eleee を実際に装着し体験をしてもらった。その際、動作確認と行動の観察を実施し、使用感についてフィードバックを得た。

Musiarm TronS と同様にカッコいいという第一印象から筐体デザインを気に入り、「弾くまでの間ずっとワクワクしている、早く弾いてみたい」という感想を得た。実際に持ってみると「軽いですね!」と重量の軽さに驚いていた。また、自分で弦を押さえることでギターの音色を奏でるという体験に喜びを感じていた。欠損側の腕を使用し既存のギターの機能にはない、本体を傾ける、捻るという動作によって音にエフェクトをかけることにとても魅力を感じ「面白い」、「凄い」という意見を得た。使用感、動作確認という点においては問題なかったが、音階の配置の仕方を6弦ギターのように Musiarm Eleee の4弦に適応させていたため、コード演奏、アルペジオ演奏共に不備が見られ、また、音の再生時に詰まりや若干の遅れが何度か確認された。これらの原因は、Musiarm Eleee から送られたデータをPC内のMAX/MSPで処理を行う際に時間がかかってしまうこと、通信方法にあるとも考えられる。



図 4.17 ターゲットユーザの演奏体験の様子

#### 4.3.4 アップデートと動作検証・フィードバック

2018年2月12日、日吉協生館内にて、Mission ARM Japan 定例ミーティングで得たフィードバックや観察を基に、音階の配置の仕方を6弦ギターから鍵盤楽器と同様の音に配置にすることで4弦でもコード演奏とアルペジオ演奏を可能にし、音源再生時の詰まりや若干の遅れについては、200mmの接触位置センサ (Softpot, SEN-08679) 8本を500mmの接触位置センサ (Softpot, SEN-08681) 4本に変更し、接触位置センサから細かな指の接触している位置の情報を取得し、それに応じたMIDI情報をiphone、ipad、ipod touch内のGarageBand等ソフトウェア音源へBLE MIDI通信 (Bluetooth Low Energy) を介して送信し音に変換して再生することで改善した。Musiarm EleeeをMIDI入力デバイスとして操作するハードウェア部分は、以下のシステム構成により成り立つ。今回の動作検証では当事者に3時間という長時間のMusiarm Eleeeの装着をしてもらい自由に演奏や、実際の曲に合わせてコード進行を弾く練習を行った。長時間の装着から、痛みは生じなかったが、ソケットの中に隙間ができてしまっていたため断端部が少し赤くなっていた。長時間装着していると、筐体の長さや重さに慣れ、最初は机や椅子にぶつけてしまう様子が見られたが、時間が経つにつれ無くなった。また、無意識に振ったり回したりなどの行為や当事者本人からの「Musiarmは装着していると身体との一体感がある」、「腕が楽器になった感じがある」というフィードバックを得た。「もっと練習して上手くなったらライブがしたい、音を出す体験は楽しい」といった楽器演奏に対する強い興味を示している様子が見て取れた。





図 4.18 ターゲットユーザの演奏体験の様子



図 4.19 ターゲットユーザの演奏体験の様子

## 4.4. Musiarm D-knock

Musiarm D-knock は、当事者との対話と観察調査を基にリズムを作る打楽器をモチーフとした、打撃機構により指先の力の強さや皮膚の厚さを活用してリズムを刻む演奏方法に決定し実装を開始した。

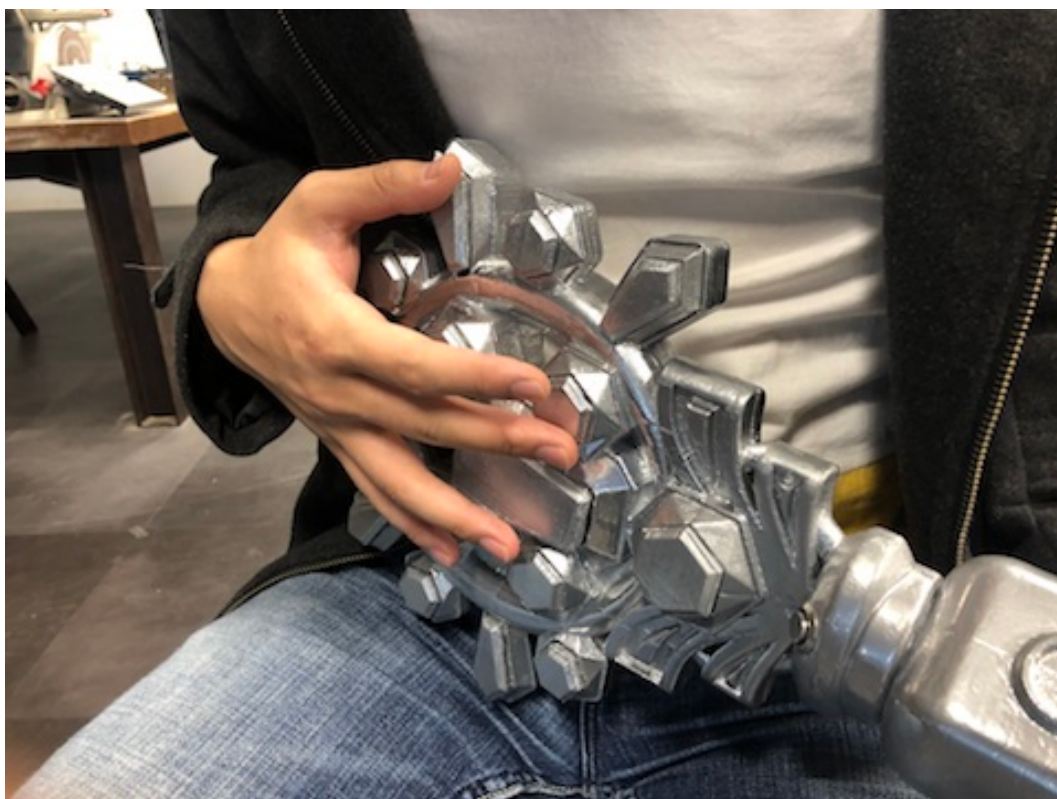


図 4.20 Musiarm D-knock

### 4.4.1 実装に至る背景

本研究は当事者との共創から義手楽器「Musiarm」をデザインし、義手のエンタテインメント性の拡張と演奏体験を楽しいものにするを目的とする。そのため、メディアや展示会、学会などに参加し、世に活動を広めていくことも義手

楽器「Musiarm」の重要なミッションの一つであると考えます。私は展示会に出展していく中で、多くの当事者との対話を行ってきました。その中で、後天性当事者からの強い要望を考慮し、Musiarm D-knock という新たな義手楽器の開発を進めていくことを決定しました。Musiarm D-knock のターゲットは、本研究のターゲットユーザである当事者と病気や事故によって片腕を無くしてしまった後天性当事者達である。私は義手楽器の基本設計に基づき、後天性当事者に対してインタビューと観察調査を実施した。インタビューと観察から、腕を失ってから変化したこととして、残された腕の力に変化は感じられないが、指先の力がとても強くなり、また、指先の皮膚が厚くなり丈夫になったというコメントを得た。指先の力が強く、皮膚が丈夫であるという身体的特性は先天性当事者の特性とも共通しており、演奏方法は太鼓やドラムのような打楽器をイメージしデザインした。本来、手やバチを用いて打楽器を打つ演奏家は、多くの練習により手に豆を作り、皮がめくれ、その繰り返しの末、皮膚が厚く丈夫になっていく。しかし、当事者は日常生活で皮膚が厚く丈夫であるというその能力が自然に培われている。この能力に焦点を当て活用することで Musiarm D-knock は実装された。



図 4.21 指先の力の強さ→打撃機構

#### 4.4.2 打撃機構による演奏の実装

Musiarm D-knock は太鼓やドラムのような面を打つことで音をコントロールしリズムを刻む打楽器をモチーフとして設計を行う。演奏方法として、筐体の先端部に取り付けられているバーを脇で閉めて安定させ、筐体に対称になるよう散りばめられたドラムセット2セット分のパッドを叩くことによりリズムを刻む。脇に挟んで固定した先端のバー部分を締め付ける操作によって音に変化を加える機能や、パッドを叩く強さによって音の強弱を変えることが可能な機能がある。この脇の締め付け動作は、打楽器の原点である太鼓の脇で締め付けて音の高さをコントロールするという操作から来ている。筐体は、宝石を散りばめたようなもの、インパクトのあるものという当事者からのコメントからデザインされた。他の Musiarm 同様、造形時間や使用時の破損、大きさなどを考慮し、筐体を細かくパーツ分けした。パーツ数は過去最高の 90 パーツである。そして、パーツ分けされたものを組み立てやメンテナンス、故障時の修理などが行えるよう、ネジ穴や、噛み合わせ、はめ込み部などの設計を施した。また、設計の際、義手は身体に直接装着することから、軽量であることが重要である。各パーツの肉抜き処理加工を行い、軽量化を図った。Musiarm D-knock を MIDI 入力デバイスとして操作するハードウェア部分は、以下のシステム構成により成り立つ。義手楽器の内部にマイコン (ESP32-DevKitC) と基盤、AD コンバータ (MCP3208)、リポバッテリー (LiPo3.7V 860mAh) を配置し、叩くパッドの各部分に感圧センサを配置した。このパッドを押している強さを感圧センサにより取得し、押している強さにより MIDI 音の大きさ、押したパッドによって MIDI 音源を決定する。押した・離れた時に、対応した MIDI 情報を iPhone、iPad、iPod touch 内の GarageBand 等ソフトウェア音源へ BLE MIDI 通信 (Bluetooth Low Energy) を介して送信し音に変換してスピーカーとる出力する。

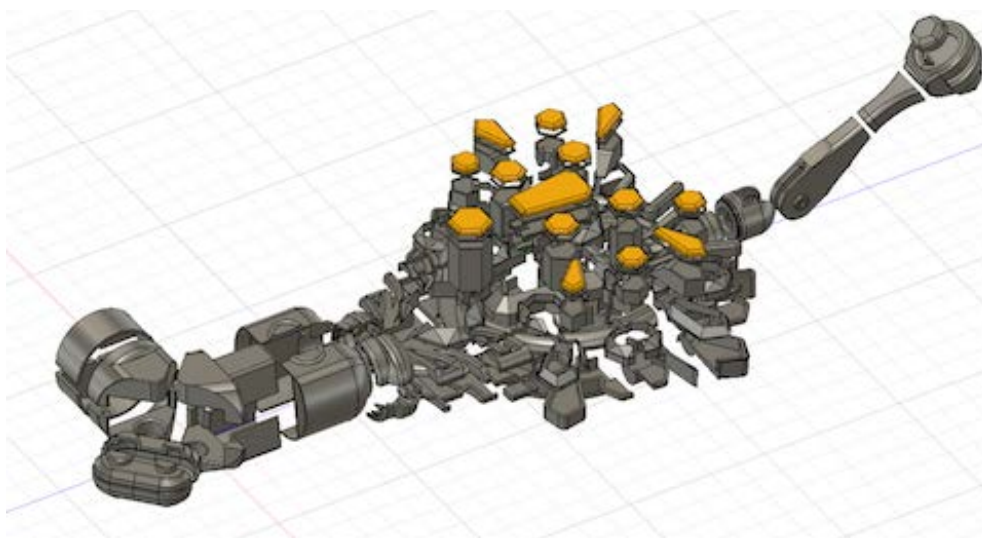


図 4.22 Musiarm D-knock 3D model



図 4.23 Musiarm D-knock 造形物



図 4.24 Musiarm D-knock 造形物

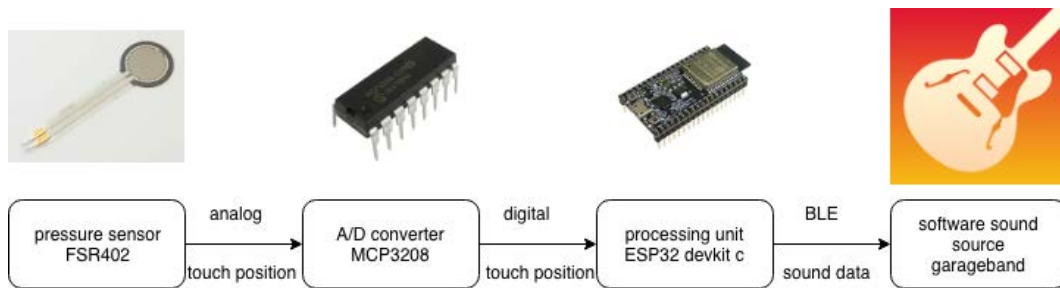


図 4.25 Musiarm D-knock システム構成図

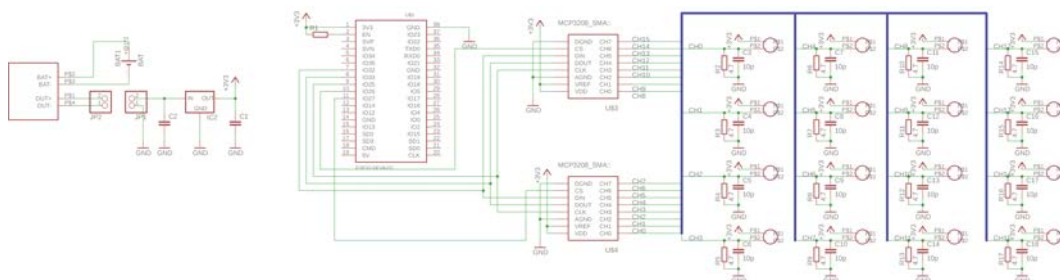


図 4.26 Musiarm D-knock 回路図

### 4.4.3 当事者による動作確認とフィードバック

2018年11月12日、東京都渋谷区渋谷ヒカリエで開催された超福祉展2018にて本研究のターゲットである当事者に Musiarm D-knock を実際に装着し体験をしてもらった。その際、動作確認と行動の観察を実施し、使用感についてフィードバックを得た。重量は丁度良い、指や掌でパッドを叩くだけのシンプルな動作でリズムを作れるのは面白い、義手として身体の一部をドラムにしている感覚なので叩きながら自由に身体全体で上下に揺れるなどのリズムを取ることが可能、踊りながら叩けそう、パッドの数が多く、配置も適切なので、色々なリズムを片手で無理なく叩ける、脇に挟む部分の固定が安定するまでは難しい、ソケットと Musiarm の間のジョイントのサイズを短くしたほうが演奏しやすいなど多くのフィードバックや改善要望が得られた。Musiarm D-knock の操作特性を理解すると、想定していた演奏方法とは違う方法や持ち方を見つけ、自身の身体に自然と対応させていく様子が見て取れた。



図 4.27 ターゲットユーザの演奏体験の様子



図 4.28 ターゲットユーザの演奏体験の様子



図 4.29 ターゲットユーザの演奏体験の様子



#### 4.4.4 アップデートと動作検証・フィードバック

2018年11月22日、東京都渋谷区の研究室にて、超福祉展2018での当事者インタビューから得たフィードバックや観察を基に、先端のバー部分とソケットジョイント部分のサイズ調整を行った。そして再度、当事者にアップデート版のMusiarm D-knockを演奏してもらい、動作検証とフィードバックを得た。二度目の体験ということとバー部、ソケットジョイント部の調整もあり、早い段階で安定する持ち方を決定し演奏を始めた。身体にじっくりきて叩きやすいといったコメントや、ピアノの音に変えてみたら面白そう、シンセサイザみたいにしても楽しいことができそうなど、新しい使い方や義手楽器開発に対する強い思いを持つ様子が見取れた。

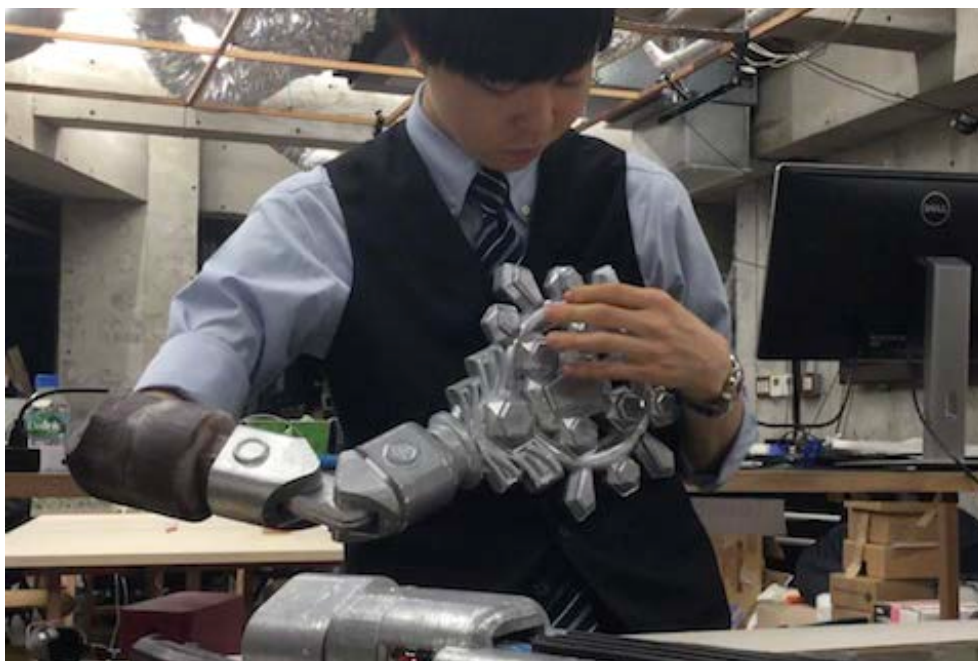


図 4.30 ターゲットユーザの演奏体験の様子

## 4.5. 義手楽器「Musiarm」が当事者にもたらす価値

本章では当事者との共創によって義手楽器「Musiarm」という形で義手のエンタテインメント性を拡張し、当事者であるからこそ可能な楽しい演奏体験及び、楽器演奏に対するモチベーションの向上を目指す。

当事者のインタビューと観察調査を通して、当事者が日常生活で培ってきた経験や習慣、癖などの身体的特性、身体動作と楽器演奏との間のインタラクション、当事者の求める筐体デザインの三要素に着目しプロトタイピングを行い、プロトタイプを実際に当事者に体験してもらうことで体験フィードバックから義手楽器の身体化、楽器演奏の楽しさ、楽器演奏に対するモチベーションの向上の三要素を踏まえた上で、義手楽器の基本設計に基づき、Musiarmの最終実装である3種類（Musiarm TronS、Musiarm Eleee、Musiarm D-knock）を実装した。

当事者との対話と観察を通してボディイメージや生活環境など当事者モデルをベースに個々のニーズを汲み取って開発された義手楽器「Musiarm」は、従来の不自由を減らし健常者に近づけるための健常者モデルをベースにした義手開発とは異なり、健常者とは違った当事者であるからこそ可能な演奏を提供する新たな義手であり、当事者による楽器演奏を可能にすることが期待できる。当事者の持つ固有の身体的特性や表現力と身体特性に対応したセンシング技術を組み合わせて活用することで、楽器演奏を諦めていた当事者の興味の喚起が期待できる。さらに、当事者による楽器演奏という新しいパフォーマンスの創造は、ユーザからの関心を高め、他者を魅了し演奏者にプロ意識を持たせることが予想される。また、カッコいい義手、楽器演奏可能な義手など、エンタテインメント性に振り切って開発がされた義手は、健常者、当事者両者に従来の義手へ対するイメージ、固定概念などパラダイムの変化、当事者が持つ身体的特性の可能性に期待感を抱かせるなど健常者の当事者に対する障害というものへのマインドシフトが予想される。

これらの要素により義手楽器装用者は自分の身体動作による操作で身体の一部を楽器として演奏する体験の楽しさを感じ楽器演奏へのモチベーションを向上させること、また、健常者が当事者による義手楽器演奏に対して魅力や羨ましさを感じる事が予想される。実際にこれらが実現できたかどうかの検証を次章にてProof of Conceptを行う。

## 第 5 章

# Proof of Concept

本章では義手楽器「Musiarm」を超福祉展 2017、英国ドレイク・ミュージック招聘プログラム、かわパラ 2018、国際福祉機器展 2018、超福祉展 2018、DC EXPO2018 にて展開し、それぞれの体験者からフィードバック、インタビュー、観察調査を行った。また、本研究のターゲットユーザである当事者に対するインタビュー及び観察調査を実施し Proof of Concept を行う。

展示会にて障害の有無に関係なく体験者に Musiarm のコンセプトと操作方法について説明を行い、実際に自由に演奏体験をしてもらいながらコメントやフィードバックを得た。また、展示会における当事者の体験者は、必ずしも片腕欠損の障害を持つものではなく、楽器演奏をこれまで障害によって行うことができなかったものを指す。

ターゲットユーザインタビューと観察調査は、ターゲットユーザに Musiarm を装着し自由に操作してもらいながら簡単な質問をビデオ撮影する形式で 2 時間程度実施した。

### 5.1. 展示会における体験者の様子とフィードバック

本研究は当事者との共創から義手楽器「Musiarm」をデザインし、義手のエンタテインメント性の拡張と演奏体験を楽しいものにすることを目指している。そのため、義手であり楽器である義手楽器「Musiarm」というものを世に活動を広めていくことも本活動の重要なミッションの一つであると考えている。私は多くの展示会に出展し展開していく中で、義手や楽器として当事者、健常者、義肢装具開発者及び楽器メーカー、表現者であるミュージシャン、メディア関係者、海外で

障害と楽器に関する活動を行なっている NPO 団体それぞれにとってどのような印象を与えるのかを踏まえた上で義手楽器「Musiarm」を超福祉展 2017、英国ドレイク・ミュージック招聘プログラム、かわパラ 2018、国際福祉機器展 2018、超福祉展 2018、DC EXPO2018 にて体験型展示として展開し、その際の体験者の様子と演奏体験に対するフィードバックについて述べる。

### 5.1.1 超福祉展 2017・原宿の丘体験会

2017 年 11 月 7 日から 13 日までの期間、Musiarm TronS を体験型展示として東京都渋谷区の渋谷ヒカリエ 8 階で開催された超福祉展 2017、展示会内のプログラムであるケアコミュニティ・原宿の丘体験会にて出展し、当事者、健常者合わせて約 300 名の体験者に演奏体験をしてもらった。体験者のフィードバックとして多かったのが筐体のデザインに対する驚き、義手楽器の軽量化、機構の改善、別バージョンの義手楽器開発の要望、既存の楽器との音色のマッチングの 5 つである。健常者の使用時に比べ、当事者が使用したときは装着の安定性が向上し、滑らかな演奏体験を行うことができ操作に馴れるまでの時間が短かった。一方、健常者も長時間使用することにより、安定した持ち方や、演奏のコツを発見し、パフォーマンス能力の向上が体験の様子として見られた。また、使用する当事者によって、演奏時の Musiarm の持ち方や位置、傾き具合に違いが見られ、長時間使用することで、それぞれ個人の身体特性に最適なものにする持ち方、音色に演奏方法が近づいていくなどの様子が見られた。体験した当事者からは「もっと色々な音から選びたい」、「練習して上手く演奏できるようになりたい」、「私用の Musiarm が欲しい」、「楽しい」などといった演奏行為に対して興味を示すようなコメントを得ることができた。また、健常者からの「カッコいい」、「義手ですか!?!」、「義手って腕の形状をしている必要はないんですね!」、「私も欲しい」、「面白い」、「アニメや SF 映画に出てきそうな義手ですね」などといったコメントから、義手に対する今までのイメージや当事者を羨ましく思うような声を得ることができた。



図 5.1 展示会、体験会における体験者の様子



図 5.2 展示会、体験会における体験者の様子



図 5.3 展示会、体験会における体験者の様子

### 5.1.2 英国ドレイク・ミュージック招聘プログラム

2018年3月14日、神奈川県川崎市・カルツかわさきにて、英国の芸術団体ドレイク・ミュージックを招き、日本で音楽と障害の分野で活動する研究者や芸術団体との交流の機会を設け、互いの立場、活動を紹介しながら、障害、音楽、テクノロジー、そして多様性の本質を見つめ合うような場として英国ドレイク・ミュージック招聘プログラムが行われた。ここでは、日本で活動する研究者としてトークセッションにてプレゼンを行い、ドレイク・ミュージックとのディスカッション、参加者への Musiarm のデモ展示を行った。ドレイク・ミュージックのアソシエイト・ナショナル・マネージャーのダレル氏によると、障害に対する考え方は二つあり、一つは、医学的な疾患に着目して障害を捉えることを指し、よって社会的困難に直面するのも、それを克服するのも個人の責任だという考え方である「医療モデル」、もう一つが医療的な診断結果や症状に関わらず、その人自身が社会的困難に直面しているのであれば、それは社会の側が障害を生み出しているのであり、変わるべきは個人ではなく社会だという考え方である「社会モデ

ル」であると述べており、ドレイク・ミュージックはこの当時者が不自由と感じる原因を作り出しているのは社会の問題と捉えた「社会モデル」を基盤に活動している。本研究における義手楽器のコンセプトもドレイク・ミュージックの中核を担っている「社会モデル」である。トークショー後に Musiarm を実際にドレイク・ミュージックの代表であるケレン氏とダレル氏に体験してもらい対話を行った。「私たちも当事者と共に様々な楽器を作っているが、当時者の能力に焦点を当てて作っていく方法にはとても興味がある」、「disability から This ability と障害を捉え直して考えて、健常者と同じように演奏させるのではなく、当事者であるからこそできる、表現者という点で健常者を超えるパフォーマンスを目指すという考え方は非常に素晴らしい」という義手楽器「Musairm」の作り方や考え方に対するフィードバックが得られた。また、参加していた、欠損障害以外の当事者からも自分で操作したことが音に変わるという体験を楽しんでいる様子が見られた。



図 5.4 Musiarm のトークセッション<sup>1</sup>

1 <https://mainichi.jp/universalon/articles/20180322/org/00m/040/023000c>

### 5.1.3 かわパラ 2018

2018年8月25日、神奈川県川崎市ラゾーナ川崎プラザで開催された東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会に向けて、誰もが自分らしく暮らし、自分の個性や能力等に応じて自己実現を図り、社会の一員として活躍できる社会を目指した「かわさきパラムーブメント2018」というイベントにて出展した。ここでは、当事者、健常者、パラアスリート、ミュージシャンなどを含めた約70名の人々に Musiarm TronS と Musiarm Eleee を体験してもらいフィードバックを得た。筐体のデザインに対する驚き、筐体の重量が想像以上に軽量であったこと、身体動作と楽器演奏との間のインタラクションが楽しい、演奏したいなどのフィードバックが多く得られた。プロのミュージシャンである清貴氏からは「すごくカッコいい、当事者がみんなを魅了するこういうプロダクトがこれから必要ですね、是非一緒に何かコラボレーションしたい」というようなコメントが得られた。また、野外展示であったためPCなどの電子機器やPLA素材のMusiarmなど夏の猛暑により電子機器が高熱を持ってしまうこと、Musiarmの筐体が溶けかけてしまうことなど問題が生じた。猛暑時の野外での稼働は困難であると考えられる。

### 5.1.4 国際福祉機器展 2018

2018年10月10日から12日までの三日間、東京都江東区にある東京ビックサイト（東京国際展示場）にて開催された国際福祉機器展福祉機器開発最前線に Musiarm TronS と Musiarm Eleee の二本が体験型展示として出展された。国際福祉機器展ということもあり、当事者や多くの福祉機器の開発に携わる方々や福祉に従事する方々に Musiarm を体験してもらうことができた。体験時のフィードバックとして、「こういう取り組みを初めて見た」、「面白い」、「カッコいい」、「楽しい」、「パンフレットで拝見して Musiarm を見るために来ました」など、筐体デザインと機能、コンセプトについてのフィードバックや、障害者施設でのリハビリに使用したい、素材やセンサ、作り方、販売されているかどうかなど、商品として使用する環境や開発についてのビジネス関係のフィードバックを多く得ることができた。当事者のみならず作り手側からの興味を感じることができた。また、ISPO（The



International Society for Prosthetics Orthotics 国際義肢装具協会) 日本支部会長であり、大正8年創業の義肢装具の老舗「株式会社田沢製作所」の田澤英二氏に体験していただき「こういう義手を待っていた、感動した」という喜びのコメントをもらい、田澤氏からWHO (World Health Organization 世界保健機関) の国際会議にて紹介されることが決定した。



図 5.5 展示会、体験会における体験者の様子

### 5.1.5 超福祉展 2018

2018年11月7日から13日の期間、クラシックタイプの吹奏楽器をモチーフとした Musiarm TronS、メロディ演奏可能な弦楽器をモチーフとした Musiarm Eleee、リズムを作る打楽器をモチーフとした Musiarm D-knock の3本を体験型展示とし

て東京都渋谷区の渋谷ヒカリエ 8階で開催された超福祉展 2018 にて出展し、当事者、健常者合わせて約 250 名の体験者に演奏体験をしてもらった。体験者のフィードバックとして多かったのが筐体のデザインに対する驚き、義手楽器を持った時の想像を超えた軽さ、別バージョンの新しい義手楽器の開発を進めるもの、実際にライブ演奏が見たいという要望であった。体験した当事者からは「楽しい」、「カッコいい」、「面白い」、「こういう義手は絶対必要」、「私用の Musiarm が欲しい」、「練習して演奏したい」、「リコーダータイプの Musiarm が欲しい」、「ウクレレタイプを作って欲しい」などといった演奏行為に対して興味を示すようなコメントや驚き、演奏を楽しむ様子を確認することができた。また、ターゲットユーザーである当事者が実際に 3 本の Musiarm を連続で付け替えながら演奏行為を楽しんでいる様子を見た健常者からは「カッコいい」、「やばい」、「腕を切りたくなりました」、「腕を楽器にできるのは羨ましい」、「義手に対する今までのイメージや当事者に対する（かわいそうというようなネガティブなもの）考えが一変した」など当事者の演奏行為に魅力を感じ魅入っている様子がコメントと観察の様子から得られた。



図 5.6 展示会、体験会における体験者の様子



図 5.7 展示会、体験会における体験者の様子



図 5.8 展示会、体験会における体験者の様子

### 5.1.6 DC EXPO Innovative Technologies 2018

2018年11月14日から16日までの3日間、千葉県千葉市幕張メッセで開催されたDC EXPO Innovative Technologies 2018にイノベーションによってコンテンツ産業の発展に大きく貢献することが期待される優れた先端技術として「Musiarm：義手のエンタテインメント性の拡張を目指した義手楽器」が採択されデモ展示を行った。この会期ではヤマハやローランドをはじめとした楽器メーカーの方々や、Inter BEEとの併催により、メディア関係者、音や映像、通信技術関係の方々に実際に体験してもらい「カッコいい」、「面白い」、「全くこの形は思いつかなかった」、「健常者でも使えますね」、「将来が楽しみです」、「ライブをやる時には呼んでください」などのMusiarmに賛同した肯定的なフィードバックや「音源ソフトをもう少しクオリティの高いものに変えて見たらどうか」、「インパクトがあっていいのですがシンプルなバージョンも見てみたい」、「電子楽器ではなくアコースティックなものも欲しい」など万人受けするものを進める声や改善、アップデートの際に参考になるフィードバックを多く得ることができた。しかし、今回の展示会では当事者に体験してもらうことができなかった。



図 5.9 展示会、体験会における体験者の様子

## 5.2. 展示会における演奏体験者のフィードバック

6つの展示会を通して、当事者と健常者それぞれの義手楽器「Musiarm」を用いた演奏体験について体験者のフィードバックをまとめる。

片腕欠損の障害を持つ当事者に共通したフィードバックとして、「筐体のデザインに対する驚き」や「筐体の軽さに対する驚き」、「身体動作と楽器演奏との間のインタラクションの面白さ」、「自身で操作したものが直接音として出力される体験に対する楽しさと喜び」、「練習して上手く演奏ができるようになりたい」の5つが挙げられ、演奏体験時には、笑顔や真剣な顔つきで演奏に長時間のめり込む姿が様子として見られた。また、欠損とは異なる障害を持つ、楽器を演奏したことのない当事者からも演奏に長時間のめり込む姿や、自身で操作したものが直接音として出力される体験に対する楽しさと喜びを確認することができた。

そして、展示会に参加していた健常者からの共通するフィードバックは、当事者同様「筐体のデザインに対する驚き」や「筐体の軽さに対する驚き」、「身体動作と楽器演奏との間のインタラクションの面白さ」に対するもの、実際に装着して演奏する当事者を観た時の「羨ましい」、「装着したい」など当事者に対して魅力を感じるというもの、「義手に対する今までのイメージや欠損という障害に対する考えが一変した」というものが多く挙げられた。また、ほとんどの来場者がMusiarmの写真や動画を撮っていく様子が見られた。

### 5.3. ターゲットユーザインタビュー・観察調査

本研究で2017年6月7日から現在までの長期間、義手楽器「Musiarm」のターゲットユーザとして共創を行った当事者にインタビューと観察調査を実施した。インタビュー方法は3種類のMusiarmを自由に装着し操作してもらいながら簡単な質問をビデオ撮影する形式で2時間ほど行った。

Q：Musiarmを初めて見た時、使用した時の感想を教えてください。

「初めて見たときは、「おお、ついに義手と楽器が一緒になったか!」というのが第一印象であって、義手って手って字を書くと思うのですが、ついに手の形をしていなくても義手って呼ぶ時代がついに来たってワクワクしました。ひたすらワクワクしましたよ。初めて弾いたとき、まあコードとかわからなかったんでもうめちゃくちゃでしたけど、「ああ、今ギターっぽい弾いてる、奏でてる」っていう感覚にはなりましたね。とても不思議な感覚でした。今までできなかったことが、違う形でテクノロジーを応用してここまでいくんだってワクワクしたっていうのが一番の感想ですね。実際に弾いてみると新しいことだらけで楽しくて時間を忘れて音を奏でちゃいました。」

Q：Musiarmというもので何か変わったものはありますか。

「私の中で価値観というものが変わって、「あっ、楽器って別に調べたら出てくるような形じゃなくてもいいんだな」って思いましたね。ギターの形をしていても音はサクソとかでもいいわけですし、現にパイプオルガンだって鍵盤で弾いているのに音はトランペットだったりフルートだったり出せるので、それを義手だったり他のものに応用してもいいなって、そこが変わりましたね。弾き方だったり形だったりこだわる必要ってないなって思いました。最近は楽器屋さんに行くことが増えましたね。」

Q：Musiarmは身体の一部を楽器にする感覚（身体化）はありましたか。

「ありました。楽器が自分の手になった感じですね、最初は義手楽器って一個の義手みたいな感じかなって思っていたんですが、だんだんと、こうなんか腕に

楽器がついたなって感じになりましたね。今までの私にとっての義手っていうのは、掴むためとか、握るためとかっていう目的のためにあるのが音楽を奏するためとして着けていたので、最初はイマイチ脳の処理が追いついていなかったんですが、でも最後には自然にこう、手の上でポンポンとかしてましたし、無意識の間に身体は受け入れてたのかなって思いましたね。非常に私の中では今、「ギター着けてます」みたいな感じ。楽器つけてますみたいなそんな感覚に今浸ってますね（笑）」

Q：義手に対する考え方に変化はありましたか。

「私はもともと、義手は隠すためのものではなくて魅了するものとして発信をしていたのですが、今回 Musiarm と出会って、より一層それを発信していこうかなって思いましたね。じゃあ魅せる義手ってどんなものがあるのって聞かれたら、ギターだってあるよ、ドラムだってあるよって言えるようになったので、そういう意味でやっぱり、隠す義手っていうものに対して、「もう隠さなくていいんだよ」って広めていくべきだって元々持っていた考えがより強くなったっていうのが一番の変化ですかね。ボウリングで投げたら絶対ストライク取れる義手とか、料理用義手とか色んなことが私たちだからできちゃうんだぞっていうようなカッコいい義手をもっと欲しいです！」

Q：楽器に対する考え方に変化はありましたか。

「やっぱり、形はなんでもいいんだなって感じましたね、自分の腕とリンクできて、いろんな音を奏でられるんだったら、ギターだったらこの形じゃないとダメとか、フルートとかだったらこの形じゃなきゃダメとか、そういった概念がぶっ壊れましたね、今こんなに色々な音を出せる義手があるならば自分の好きな形で好きな音を奏でちゃいなよって思いますね。今までギターのコードとか知らなかったのも、「ギター弾けないんだからやる意味ないよね」って思っていたのが、Musiarm ができて、「いや、できるかも」ってなってきたので、可能性が広がっている瞬間ですよ、「じわじわじわーっと広がっています（笑）」、なんか自分の限界突破している感覚です。できなかったものがテクノロジーと人の知恵でここまででき

ている。「もうそろそろできないことないんじゃないの？」ってなってくるんじゃないかって思っています。」

Q：楽しい体験であったか教えてください。

「楽しい体験になった。なった。めちゃくちゃなりましたね。今までできなかったことが、ギターっていう、本当の意味でギターっていうものではないけれども、結果的にこの Musiarm でギターの音が奏でられたっていうのは、そりゃ楽しい体験ですよ。それを楽しくないっていうのなら「このやろー」って自分が出て行きますから（笑）、それぐらい楽しい経験ですね。例えば Musiarm で小学生とかが音楽の授業で自分の弾きたい楽器があるんだけど両手じゃないとできないっていうのであれば、是非作ってあげてください。そしたら、あとは音楽の先生に交渉して、これで僕は弾きますって言って、「えっ」って言われたら、音が一緒だから良いでしょって言ってOKだと私は思っています。もしそうなったら、一人だけめっちゃカッコいいんですよ。みんな似たような楽器で色違いくらいなのに、一人だけメタリックなカッコいいので弾いてたら、でも奏でている音はみんなのメロディと合っている。そんな音楽会とか開きたいですね。」



## 5.4. 体験フィードバック、インタビュー、観察調査を通して

本章での6つの展示会における体験者からのフィードバックと様子、ターゲットユーザである当時者へのインタビューと観察調査を通して、義手楽器「Musiarm」は、「義手って腕の形状をしている必要はないんですね!」、「おお、演奏してる!」など腕の形状とは異なる筐体デザインや実際に操作した時に音が奏でられることについて驚きを示すコメントや「今までできなかったことができるようになって嬉しい」という身体動作と楽器演奏との間のインタラクションからの嬉しさ、「カッコいい」、「面白い」、「早く装着したい」、「私用の義手楽器を作ってください」など魅力を感じさせること、「もっと練習して上手になりたい」、「ライブ演奏したい」、「新しいタイプのものが欲しい」などの願望であると判断できるコメントを得られた。これらは Desmet 氏が述べる人を楽しいと感じさせる3要素全てを与えることができたと判断する。

ターゲットユーザである当事者の Musiarm を用いた演奏体験に対するインタビューと観察調査から Csikszentmihalyi 氏の Flow 理論と対応させると、ワンフレーズや1曲演奏などという達成可能な課題に取り組もうとする姿勢、また、上手く弾けるようになるための練習や身体動作への集中、完璧に弾けるようになりたい、ライブがしてみたいという明確な目標、身体による操作によってリアルタイムに音として聴覚に直接的なフィードバックを与える、既存の楽器による演奏方法が所々組み込まれていることで行為の統制が取られている、楽器と身体が一体化した感覚が得られたという演奏行為への没入感の確認、もっと練習して上手になりたい、体験後エアギターを行う様子、楽器が身体化していたと感じるなどの体験後の自己感覚の強化、長時間の演奏にめり込む様子や時間を忘れたといったコメントから時間の経緯感覚の変化を満たした。以上、これらは Flow 理論の8つ全ての構成要素に当てはまると判断でき、当時者は Musiarm を用いた楽器演奏体験により Flow 状態になるといえる。Flow とは、内発的に動機づけられた自己の没入感覚を伴う楽しい経験を指し、Flow 状態にあるとき、人は高いレベルの集中力を示し、楽しさ、満足感、状況のコントロール感、自尊感情の高まりなどを

経験する。また、これまでの Flow 研究では、Flow 経験と主観的幸福感、生産的活動への参加意欲、学習意欲、創造性などとの間に密接な関係があることが報告されており、日本人を対象とした調査においても、Flow 経験の頻度と日常生活における充実感との間に正の相関が見出されていることから義手楽器装用者の楽器演奏に対するモチベーションは向上していると考えられる。

また、一般的に義手は腕の形をしたものをイメージしていることが調査によって明らかである。本研究で開発した義手楽器「Musiarm」は当事者の楽器に対するイメージと当事者のカッコいいとするイメージを基にデザインされている。展示会に参加した多くの体験者は「これ義手なんですか!?!」、「こんな形のものもあるんですね」、「面白い」といったように筐体デザインに驚きを示し、多くの参加者が Musiarm の写真や動画を撮っていたなど興味を示す様子が見て取れた。また、「カッコいい」、「SF 映画やアニメに出てきそう」と魅力を感じている様子や、実際に当事者が装着している動画や本人を目前にし、「かっこいい」、「ヤバイ」、「凄い」、「羨ましい」など、Musiarm が義手であるという事実を確認することで当事者の楽器演奏に魅入っていた。中には「腕を切りたくなりました」、「私も義手楽器を使って演奏したい」というような健常者からのコメントもあり、腕を自由にカスタマイズすること、身体の一部を楽器にする身体拡張ができることは健常者にとっても非常に魅力的なことであると確認した。これは今までの障害を持つ人が装着するネガティブな要素が強い義手に対するイメージを義手楽器を用いることで、カッコいい、魅力的なものへと変えることができたと考えられる。当事者は、今までできないと思っていたこと、諦めていたことができるようになったことで、当事者自身、義手に対する想像性が膨らみ、新しい義手楽器のアイデアやスポーツタイプの義手の要望など欠損に対して大きな可能性を感じていることがフィードバックや様子から見て取れた。

## 第 6 章

# 結 論

義手楽器「Musiarm」は当事者との共創から楽器をデザインし、義手のエンタテインメント性の拡張と演奏体験を楽しいものにするのが目的である。本論文では、ターゲットユーザとなる先天性片腕欠損を持つ当事者との共創と NPO 法人、義肢装具士、義手エンジニアの協力を通して義手楽器の開発を行い、6つの展示会やイベントに展開していくことによってその目的の達成を目指した。

本研究では、ターゲットユーザである当事者との共創を通して「Musiarm TronS」、  
「Musiarm Eleee」、「Musiarm D-knock」3タイプの義手楽器を実装し、展示会やイベントに展開し参加者に対して実証実験を行い、ターゲットユーザである当事者に装着し使用してもらうことでインタビューと観察調査を実施した。

実証実験と当事者へのインタビューと観察調査の結果、義手楽器装用者の筐体デザインに対する第一印象や実際に操作した時に音が奏でられることに対して笑顔になりながら「ワクワクする」、「凄い」、「楽器を演奏してる！」などのコメントがあったことから嬉しい驚きの様子、「カッコいい」、「面白い」、「早く装着したい」など魅力を感じる様子、「もっと練習して上手になりたい」、「ライブ演奏したい」、「新しいタイプのものが欲しい」などの願望がある様子という本論文で定義した楽しさを感じる3要素を満たし、装用者の楽しい楽器演奏を実現した。また、達成可能な課題に取り組もうとする姿勢、また、上手く弾くための練習や身体動作への集中、ライブがしたいという明確な目標、身体操作と音楽演奏の直接的なフィードバック、既存の楽器の演奏方法が所々組み込まれていることで行為の統制、楽器の身体化感覚が得られた、もっと練習したいという演奏行為への没入感と体験後の自己感覚の強化、演奏へののめり込む様子やコメントから時間の経緯感覚の変化、本論文で定義したモチベーションの向上をさせる Flow 状態の8

つの構成要素を満たし、楽器演奏を楽しみ、モチベーションを向上させるということを実現した。

義手楽器「Musiarm」の自由度の高い演奏やパフォーマンス方法の実現は当時の「自分はこの演奏方法でパフォーマンスを行うんだ」といった、個人の持つ固有の表現方法を引き出す可能性を確認することができた。この体験は当事者が持つこれまでの経験や癖、習慣によってオリジナルな動きを引き出し、演奏表現に反映する。音楽を演奏するための道具である通常の楽器では不可能な、パフォーマンス時の身体動作が音を作るという直感的な演奏を通して、身体と楽器の一体感を味わうことができる。Musiarmとして身体と一体化することで、「当事者は楽器を弾くのが困難である」という固定概念は排除され、身体の特性に基づいた新しい表現方法を体験することが出来る。

インタビューと観察調査の結果より、義手楽器「Musiarm」を用いることで今まで障害によって楽器を思う通り演奏できない、または諦めていた片腕前腕欠損の当事者は「自分だからこそできる」という確実な自信を獲得し、「障害があってもできない」としていることへの新たな挑戦を促し、「できることで楽器屋さんに行くようになった」などの行動にも変化が現れた。また、「障害」を隠すための補綴というネガティブな要素が多い義手から、障害という「可能性」を拡張し、人に魅せるというポジティブな義手へと意識を変化させた。これらのことから、義手に対するパラダイムシフトと健常者の当事者に対するマインドシフトが起こったといえる。さらに、義手楽器は、第5章で紹介した展示会以外にも多くの展示会、学会をはじめ、多数のWeb記事掲載や新聞掲載、ラジオ出演など多くのメディアに展開している。これは、社会が義手楽器というものを受け入れ、注目をしてくれているということであり、義手のエンタテインメント性を拡張したといえる。また、展示会で、遠方から義手楽器に興味を示し見に来てくれる方や、メッセージをくれる方など、世の中への浸透を感じている。

今後、当事者との共創を通して開発された義手楽器のような「障害」という「disability」の認識を「可能性」とした「This ability」へ捉え直して考えるデザインが増えること、義手楽器によるライブパフォーマンスの実現、新たなジャンルのエンタテインメント性の高い義手の開発の実現によって、将来、当事者の「カッ

コいい」、「可愛い」、「やばい」、「凄い」といった人を魅了する姿が、本研究で健常者からのコメントにもあったように健常者自ら「腕や脚を切り落としたい」と思わせ、社会における障害という言葉の変化や障害に対する人の意識の変化に影響を与えることになるだろう。

# 謝 辞

本研究の指導教員であり、幅広い知見からの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南澤孝太准教授に心から感謝いたします。

研究の方向性やプロダクトデザインについて助言や指導をいただきました副指導教員であり、審査を担当していただいた Matthew Waldman 教授に心から感謝いたします。貴重なお話や審査を担当していただいた古川亨教授にも心から感謝いたします。

研究指導や論文執筆など数多くの助言を賜り、展示会ではチーム「共遊楽器」、「Abled Bodies」として熱い情熱を持ち支えてくださいました産業技術大学院大学創造技術専攻の金箱淳一助教に心から感謝いたします。

国際学会の論文執筆やインタビュー調査時や実験時などで数多くの助言を賜りました MHD Yamen Saraiji 特任講師に心から感謝いたします。

本研究に長い期間お付き合いして頂いたターゲットユーザの山本邦光さん、および NPO 法人 Mission ARM Japan の皆様に心から感謝いたします。

2年間の大学院生活において、楽しい時も苦しい時も共に Hacking Studio やプライベートで仲良くしていただき、たくさんのくだらない会話や同じ釜の飯を食べた中尾拓郎さん、有馬俊さん、山本康喜さん、高橋哲さん、(安藤良一さん)、プロトタイプ開発にあたりソフトウェアの実装を手伝ってくれた中村開くん、安藤良介くん、心から感謝いたします。また、展示会に出展した際、展示の補助を手伝ってくれた、平野智久くん、浅田七星さん、徐萌芸さん、様々な面でサポートしてくださった兎島絵美理さん、Roshan Peiris 特任講師、株式会社ロフトワークの弁慶さん、Embodied Media の皆様に心から感謝いたします。ありがとう。謝辞。Thank you!!

展示会や体験会で体験いただき多くのフィードバックを下された体験者、当事

者の皆様、出展の際に設営していただいた各スタッフの方々、Musiarmsに興味を持ち取材していただいた方々にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

最後に、私の判断や希望を尊重してくれた両親に、そして春夏秋冬どんな時も私を支え続けてくれた Hacking Studio に何よりも深く感謝申し上げます。

## 参 考 文 献

- [1] JINS MEME TURN IT ON – 見るから、知るへ。 <https://jins-meme.com/ja/>(2017年7月閲覧).
- [2] P David Howe. Cyborg and supercrip: The paralympics technology and the (dis) empowerment of disabled athletes. *Sociology*, Vol. 45, No. 5, pp. 868–882, 2011.
- [3] Gregor Wolbring. Paralympians outperforming olympians: an increasing challenge for olympism and the paralympic and olympic movement. *Sport, Ethics and Philosophy*, Vol. 6, No. 2, pp. 251–266, 2012.
- [4] Pamela Gallagher and Malcolm MacLachlan. Psychological adjustment and coping in adults with prosthetic limbs. *Behavioral Medicine*, Vol. 25, No. 3, pp. 117–124, 1999.
- [5] Joseph T Belter and Aaron M Dollar. Performance characteristics of anthropomorphic prosthetic hands. In *Rehabilitation Robotics (ICORR), 2011 IEEE International Conference on*, pp. 1–7. IEEE, 2011.
- [6] Elaine Biddiss, Dorcas Beaton, and Tom Chau. Consumer design priorities for upper limb prosthetics. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, Vol. 2, No. 6, pp. 346–357, 2007.
- [7] 樋口凱, 昆恵介, 野坂利也, 早川康之, 敦賀健志, 白井允基, 松原裕幸ほか. 健全手の運動機能に近い前腕筋電義手開発の為の機能探索に関する実験的研究. 北海道科学大学研究紀要, No. 42, pp. 163–168, 2016.



- 
- [8] C Pylatiuk, S Mounier, A Kargov, SASS Schulz, and G Bretthauer. Progress in the development of a multifunctional hand prosthesis. In *Engineering in Medicine and Biology Society, 2004. IEMBS'04. 26th Annual International Conference of the IEEE*, Vol. 2, pp. 4260–4263. IEEE, 2004.
- [9] Hiroyasu Miwa, Kazuko Itoh, Daisuke Ito, Hideaki Takanobu, and Atsuo Takanishi. Design and control of 9-dofs emotion expression humanoid arm. In *Robotics and Automation, 2004. Proceedings. ICRA'04. 2004 IEEE International Conference on*, Vol. 1, pp. 128–133. IEEE, 2004.
- [10] Jacob Harrison and Andrew McPherson. An adapted bass guitar for one-handed playing.
- [11] Alf Gabrielsson and Patrik N Juslin. Emotional expression in music performance: Between the performer's intention and the listener's experience. *Psychology of music*, Vol. 24, No. 1, pp. 68–91, 1996.
- [12] Aura Pon. Designing for the mindbody in technology-mediated music-making. In *Proceedings of the TEI'16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, pp. 701–704. ACM, 2016.
- [13] Pieter MA Desmet, Rick Porcelijn, and MB Van Dijk. Emotional design; application of a research-based design approach. *Knowledge, Technology & Policy*, Vol. 20, No. 3, pp. 141–155, 2007.
- [14] M Csikszentmihalyi. *Flow The Psychology of Optimal Experience*. Harper Perennial, 1990.
- [15] M・チクセントミハイ. フロー体験喜びの現象学. 世界思想社, 1996.
- [16] 赤澤堅造, 奥野竜平, 菊谷功. 動力義手・装具の研究開発の現状と将来. *BME*, Vol. 13, No. 2, pp. 34–41, 1999.
- [17] 陳隆明. 義手の可能性. *The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine*, Vol. 47, No. 1, pp. 33–41, 2010.

- [18] 粕谷昌宏, 加藤龍, 高木岳彦, 伊藤寿美夫, 高山真一郎, 横井浩史. 身体を拡張する筋電義手:” 障害” を再定義するテクノロジーの実現を目指して. 情報管理, Vol. 58, No. 12, pp. 887–899, 2016.
- [19] 高橋功次, 須田裕紀, 東江由起夫. チャプター 3 「能動義手」. 日本義肢装具学会誌, Vol. 30, No. 4, pp. 200–204, 2014.
- [20] 高橋功次. 能動義手の仕組みと製作・適合時のチェックポイント. 日本義肢装具学会誌, Vol. 23, No. 3, pp. 200–204, 2007.
- [21] 大塚彰, 辻敏夫, 塩川満久, 福田修, 鶴見隆正, 首藤貴, 坂和正敏. 体内力源能動義肢ハンドの開発. 日本義肢装具学会誌, Vol. 15, No. 4, pp. 332–339, 1999.
- [22] 高見健二. 前腕義手 上腕義手のハーネス コントロール ケーブルシステムの製作, 能動義手の理論と実際. 第 5 回日本義肢装具学会セミナーテキスト, 1988, 1988.
- [23] 吉村理, 組地秀幸, 大坪政文. 能動義手のリハビリテーション. 日本義肢装具学会誌, Vol. 23, No. 3, pp. 189–193, 2007.
- [24] Hosmer hook. <http://hosmer.com/products/hooks/index.html>(2018 年 8 月閲覧).
- [25] 義肢装具の特殊な義手製作とリハビリテーションの知識. [http://www.kousaikai.or.jp/support/knowledge/s\\_prostheticand.html](http://www.kousaikai.or.jp/support/knowledge/s_prostheticand.html)(2017 年 11 月閲覧).
- [26] 吉川雅博, 田口裕也, 阪本真, 山中俊治, 松本吉央, 小笠原司, 河島則天. 機能性とデザイン性を考慮した軽量・低コストの対向 3 指義手. 日本ロボット学会誌, Vol. 32, No. 5, pp. 456–463, 2014.
- [27] 伊藤宏司, 永岡英明, 辻敏夫, 加藤厚生, 伊藤正美. 超音波モータを用いた 3 自由度前腕筋電義手. 計測自動制御学会論文集, Vol. 27, No. 11, pp. 1281–1289, 1991.

- [28] Dany Bright, Amrita Nair, Devashish Salvekar, and Swati Bhisikar. Eeg-based brain controlled prosthetic arm. In *Advances in Signal Processing (CASP), Conference on*, pp. 479–483. IEEE, 2016.
- [29] Bruno Massa, Stefano Roccella, Maria Chiara Carrozza, and Paolo Dario. Design and development of an underactuated prosthetic hand. In *Robotics and Automation, 2002. Proceedings. ICRA'02. IEEE International Conference on*, Vol. 4, pp. 3374–3379. IEEE, 2002.
- [30] 丸山裕太郎, 竹川佳成, 寺田努, 塚本昌彦. Unitinstruments: 楽器の機能要素を再構築可能なユニット型電子楽器の設計と実装. コンピュータ ソフトウェア, Vol. 28, No. 2, pp. 2.193–2.201, 2011.
- [31] 関田心, 須藤智, 恩田憲一ほか. 空間における手の動きを入力とする電子楽器の制作. 全国大会講演論文集, 人工知能と認知科学, pp. 197–198, 2010.
- [32] 来嶋英生, 鈴木寛. 電子楽器の可能性と問題点: 音とそのコントロール. 兵庫教育大学修士論文, 1995.
- [33] Christopher Dobrian and Daniel Koppelman. The'e'in nime: musical expression with new computer interfaces. In *Proceedings of the 2006 conference on New interfaces for musical expression*, pp. 277–282. IRCAM—Centre Pompidou, 2006.
- [34] Joel Chadabe. The limitations of mapping as a structural descriptive in electronic instruments. In *Proceedings of the 2002 conference on New interfaces for musical expression*, pp. 1–5. National University of Singapore, 2002.
- [35] 押木正人, 剣持秀紀. アコースティック楽器と電子楽器, および最新技術の共存を (特集音楽教育と電子テクノロジー: 「共有」と「発信」を目指して)–(音楽教育の「未来形」を考える 楽器メーカー 5 社に聞く: 音楽教育と電子テクノロジーの過去/現在/未来). 音楽教育実践ジャーナル, Vol. 11, No. 2, pp. 103–107, 2014.

- [36] Jay Juchniewicz. The influence of physical movement on the perception of musical performance. *Psychology of Music*, Vol. 36, No. 4, pp. 417–427, 2008.
- [37] Henry Newton-Dunn, Hiroaki Nakano, and James Gibson. Block jam: a tangible interface for interactive music. In *Proceedings of the 2003 conference on New interfaces for musical expression*, pp. 170–177. National University of Singapore, 2003.
- [38] Christian Heinrichs and Andrew McPherson. Performance-led design of computationally generated audio for interactive applications. In *Proceedings of the TEI'16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, pp. 697–700. ACM, 2016.
- [39] 聴覚障害者の視覚能力が高い理由. <https://natgeo.nikkeibp.co.jp/nng/article/news/14/3247/>(2018年10月閲覧).
- [40] 聴覚：視覚障害者の優れた聴覚. <https://www.natureasia.com/ja-jp/nature/highlights/2583>(2018年10月閲覧).
- [41] Michael Lyons and Sidney Fels. How to design, build, and perform with new musical interfaces. In *SIGGRAPH Asia 2017 Courses*, p. 9. ACM, 2017.