

## 修士論文

ユビキタスコンピューティング社会における音楽  
との周辺のインタラクションに関する考察

早稲田大学大学院基幹理工学研究科  
情報理工・情報通信専攻

木下 祐紀子

学籍番号            5117F025-4

提出                2019年2月1日

指導教授            中島達夫

# **A Study on Peripheral Interaction with Music in Ubiquitous Computing Society**

**Yukiko KINOSHITA**

Thesis submitted in partial fulfillment of  
the requirements for the degree of

Master in Computer Science and Communications Engineering

Student ID 5117F025-4

Submission Date Feb 1, 2019

Supervisor Professor Tatsuo Nakajima

A Thesis Submitted to the Department of Computer Science and Communications  
Engineering, the Graduate School of  
Fundamental Science and Engineering of Waseda University

## 概要

ユビキタスコンピューティングの普及により、システムへの注意を向ける度合いを変更できるインタラクションが注目されており、このようなインタラクションを周辺のインタラクションと呼ぶ。また、音楽の録音機器や再生機器の普及により、音楽を聴く時間や場所の制約が少なくなっている。この結果、作業をしながら音楽を聴いたり、雰囲気重視して音楽を選んだりすることが増え、アンビエントミュージックという環境を表す音楽のジャンルが登場した。この研究は、音楽と日常的に周辺のインタラクションを行うことで音楽に新しい価値を見出すことを目標とする。新しい価値とは、情報提供やパブリックアートなどを指し、周辺のインタラクションを行うにはアンビエントミュージックが音楽の中でも最適だと考えた。この研究では、情報提供やパブリックアートとしての価値をもつ音楽を生成する2つのシステムを作成し、評価実験から、アンビエント性と新しい価値の性質の共存を目指した。また、周辺のインタラクションをとるシステムの作成時に意識すべき要素を確認し、その要素を含んだガイドラインを作成した。提案するガイドラインは、音楽と周辺のインタラクションを行うシステムを作成するためのものである。ガイドラインを用いたワークショップを行うことで、日常的に音楽とインタラクションをとるシステムの作成時に意識すべき要素を再考察し、提示した。

## 目次

1. 序論.....	1
1.1. 音楽の聴取状況の変化.....	1
1.2. ユビキタスコンピューティングの発展.....	1
1.3. インタラクションの意識レベル.....	2
1.4. 日常に馴染む, 意識の度合いが変化する音楽を用いたシステム.....	3
1.5. 研究概要.....	4
2. 関連研究.....	6
2.1. 情報提示方法としての VR 音響の導入に関する考察 [14].....	6
2.2. <i>Making Ambient Music Interactive based on Ubiquitous Computing Technologies [15]</i> .....	6
2.3. <i>Pervasive smart objects: A framework for extending services using smart objects [16]</i> によるアンビエントメディアの分類.....	8
2.4. <i>A Taxonomy of Ambient Information Systems: Four Patterns of Design [17]</i> .....	10
3. アンビエントミュージックとアンビエントメディアを組み合わせたケーススタディ.....	11
3.1. アンビエントミュージックを用いた情報提示システム.....	11
3.1.1 概要.....	11
3.1.2 実装.....	12
3.1.3 評価実験.....	15
3.1.4 実験結果.....	17
3.1.5 考察.....	21
3.2. アンビエントミュージックを用いたパブリックアート.....	22
3.2.1 概要.....	22
3.2.2 実装.....	23
3.2.3 評価実験.....	24
3.2.4 実験結果.....	26
3.2.5 考察.....	30
4. ガイドラインの作成.....	31
4.1. ガイドラインの概要.....	31
4.2. ワークショップ.....	34

4.3.	ワークショップの結果.....	36
4.4.	考察.....	39
5.	結論.....	41
6.	参考文献.....	43
7.	謝辞.....	45

# 目次

図 1	本研究のワークフロー .....	5
図 2	音楽と日常的に関わるストーリーボード .....	7
図 3	実験の環境 .....	12
図 4	Ambient Table の音と机の関係 .....	13
図 5	Sonic Pi の作業画面 .....	14
図 6	Ambient Table のシステムの概要 .....	14
図 7	シナリオを読んでシステムが日常に使えるかに対する回答 .....	17
図 8	音楽が日常に使えるかに対する回答 .....	17
図 9	Ambient Table の速さによるタスクへの集中度の違い .....	19
図 10	Ambient Table の速さによる音楽の楽しさの違い .....	19
図 11	Ambient Table の速さによるテーブル上の理解度の違い .....	20
図 12	Ambient Table の速さに対する回答 .....	20
図 13	Puredata の実装例 .....	23
図 14	Public Ambient Music のシステムの概要 .....	24
図 15	シナリオを読んでシステムが日常に使えるかに対する回答 .....	26
図 16	音楽が日常に使えるかに対する回答 .....	26
図 17	Public Ambient Music の人数によるシステムへの感想の違い .....	28
図 18	Public Ambient Music の人数によるシステムの音楽らしさの違い .....	28
図 19	Public Ambient Music の人数に対する回答 .....	29
図 20	作成したシステムの概要の満足度 .....	36
図 21	作成したシナリオの満足度 .....	36
図 22	ガイドラインの内容の理解度 .....	37
図 23	ガイドラインが役に立ったかに関する回答 .....	37
図 24	ガイドラインの項目が役に立つかどうかに関する回答 .....	37

# 表目次

表 1	Ambient Table の実験でのアンケート内容 .....	16
表 2	シナリオと音楽の日常との関係に関する回答 .....	18
表 3	Public Ambient Music の実験でのアンケート内容 .....	25
表 4	Public Ambient Music の実験でのアンケート内容.....	27
表 5	音楽を日常に取り込むシステム作成に関するガイドライン .....	31
表 6	ガイドラインのワークショップで用いたアンケート.....	35
表 7	ガイドラインを用いたワークショップの感想.....	38

# 1. 序論

## 1.1. 音楽の聴取状況の変化

かつて、音楽は音楽構造に則ってつくられ、集中して聴くことが当たり前だと考えられていた。しかし、Brian Eno [1]によると、1970年代始め、音楽の聴く方法が急激に変化していったと言われている。レコードやラジオなどが徐々に浸透したことで、家や職場などで聴く音楽の選択方法が、周辺の環境をつくる面に注目してさらに洗練されていった。また、録音技術の発展により、作曲の可能性も広がった。録音環境が整っていなくても音楽を作ることができるようになり、新しい音色も制作できるようになった。その中で、アンビエントミュージックというジャンルの音楽を Brian Eno は生み出した。これは、リズムや拍といった音楽構造にとらわれずに、その環境の雰囲気作りに徹するような、落ち着いた音楽を目指したジャンルである。Brian Eno が最初にアンビエントミュージックとして発表した曲のタイトルが、”Music for Airports”である。空港で、アナウンスの音や雑音などが入り混じる中、この空間にいる人々を楽しませるのではなく、その人々自身を表すような音楽をつくれなにかという背景からつくられ、空港の環境を表す音楽として、この音楽を使うことを想定としている。このように、近年では、音楽を集中して聴くのではなく、周辺の環境づくりとして、音楽を流す状況が増えたといえる。

現在では、ミュージックポータブルプレイヤーやスマートフォンなど、時と場所を選ばずに音楽が聴けるようになり、ワイヤレスイヤホンによって音楽を聴く体勢もさらに自由になった。これにより、音楽を流しつつ、他のことをするといった場面も多く見受けられるようになった。実際に、YouTube のような動画配信サイト<sup>1</sup>には「作業用 BGM」というタイトルのつけられた、作業をするための音楽が大量に存在するし、Spotify<sup>2</sup>などの音楽ストリーム配信サービスは、そのときの気分に合わせて音楽のプレイリストが多く作成されていて、特定の音楽を聴くことではなく、雰囲気をつくるために音楽を使うことを重視する機会が増えている。

聴く、楽しむといった音楽の本来の価値に対して、雰囲気づくりという新しい価値が増え、音楽を日常的に、作業の傍らに聴くことが増えた昨今、音楽にさらに新しい価値を持たせることができるのではないかと考えている。

## 1.2. ユビキタスコンピューティングの発展

1990年代、ユビキタスコンピューティングという言葉が、Mark Weiser によって提唱された [2]。ネットワークの発展やコンピュータの小型化により、日常生活のありとあ

---

<sup>1</sup> <https://www.youtube.com/>

<sup>2</sup> <https://www.spotify.com/jp/>

らゆるものにコンピュータが付与され、コンピュータが環境と化していくという考えである。提唱から20年経った現在、冷蔵庫<sup>3</sup>や体重計<sup>4</sup>といった、家庭に存在しているものに、コンピュータが付与されている事例は多い。また、駅で見かけるパブリックディスプレイ<sup>5</sup>や、空港にあるようなタッチパネル<sup>6</sup>などの情報端末も、ユビキタスコンピューティングの発展の結果である。現在、ユビキタスコンピューティングは、UbiComp [3]という1つの学会のテーマとして扱われるほどに発展している。さらに、スマートフォンやスマートウォッチ<sup>7</sup>、Google Home<sup>8</sup>などの普及により、人とコンピュータとのインタラクションを行う様々なシステムが開発されている。コンピュータとインタラクションを行うことは、今や日常茶飯事となっている。

### 1.3. インタラクションの意識レベル

Bakker, S ら [4]によると、人とコンピュータとのインタラクションを行うシステムには、意識を向けるインタラクション(集中的なインタラクション)と、意識を向けないインタラクション(暗黙的なインタラクション)が存在する。例えば、スマートフォンは、画面を見続けることによってインタラクションが可能である。これは集中的なインタラクションである。インタラクションに集中し続けることは、精神的なリソースを消費してしまう。精神的リソースには限りがあり、そのすべてを身近なデバイスによって消耗するわけにはいかない。そこで注目されているのが、暗黙的なインタラクションである。例えば、自動で点灯する照明は、こちらから動作をしなくてもセンサーによって点灯する。これは暗黙的なインタラクションである。従来、暗黙的なインタラクションは数多く存在するが、デジタルデバイスにおいては多く存在するとは言えない。また、集中的なインタラクションのほうがインタラクションできる情報量が多いため、すべての集中的なインタラクションが暗黙的なインタラクションに取って代わるのではなく、集中的なインタラクションと暗黙的なインタラクションは連続的に繋がっていて、その時の人の注意力によってレベルが変わるべきだと考えられる。そこで、集中的なインタラクションと暗黙的なインタラクションの間を、周辺的なインタラクションと定義した。集中的なインタラクションには視覚を利用するものが多く、周辺的なインタラクションを指すには触覚を用いるのが適していると書かれている。

暗黙的なインタラクションを目指したシステムのジャンルとして、アンビエントメディアというものがある [5]。アンビエントメディアとは、音・光・空気の流れ・水の動きなどの周囲の媒体を利用して、人の周辺的な知覚とバックグラウンドでインタラクションを行うものである。1990年代から、アンビエントメディアに関する論文が投稿

---

<sup>3</sup> <http://www.sharp.co.jp/reizo/feature/sjtf49c/>

<sup>4</sup> <http://www.tanita.co.jp/content/innerscandual/rd800.html>

<sup>5</sup> <http://www.sonybsc.com/sbsc/casestudy/odakyu/index.html>

<sup>6</sup> <https://www.naa.jp/jp/20171012-infotouch.pdf>

<sup>7</sup> <https://www.apple.com/jp/watch/>

<sup>8</sup> [https://store.google.com/jp/product/google\\_home](https://store.google.com/jp/product/google_home)

され始め、今では多くのシステムが存在する。初期の例としては、1998年、PinWheel [6] という、デジタル情報を風と見立てて、情報の値によって風車が回るシステムがつけられた。近代の例として、2017年に発表された Class Beacons [7]は、教室の机にデバイスを置き、先生が近くにいた時間によりデバイスの色が変化するシステムである。パーソナルコンピュータの普及により、Sideshow [8]や Scope [9]といった、ディスプレイ上におけるアンビエントメディアも開発された。インタラクションに重きを置いた例としては、CityCell [10]があげられる。これは、パブリックスペースに六角形の光るオブジェクトを積み重ねておき、重ね方を変化させたり、スマートフォンと連携させたりすることで、光の発し方が変化するシステムである。しかし、今あげたとおり、アンビエントメディアには視覚を利用したシステムが多い。さらなる周知的なインタラクションを目指すには、視覚以外の情報を用いるアンビエントメディアの可能性が考えられる。

## 1.4. 日常に馴染む、意識の度合いが変化する音楽を用いたシステム

音楽の聴取状況の変化から、音楽にさらに新しい価値を付与したいという点。ユビキタスコンピューティングの発展から、日常的にコンピュータとのインタラクションが増えた今、システムへの意識度合いを変化させることによって精神的リソースを消耗しないようなインタラクションシステムを考えたいという点。この2つの点から、音楽に変化を加えることによって、意識の度合いを変化させるシステムをつくることのできるのではないかと考えた。

音楽を変化させるシステムの1つの可能性として、視覚の代わりに情報提供を行うことが考えられる。スマートフォンの着信音など、音楽をアラート音として用いた情報提供や、音響信号機など、音そのものを用いた情報提供、カーナビなど、音声を用いた情報提供は多く存在するが、立体音響などの音楽の変化を用いた情報提供の事例 [11]は少ない。また、音楽は、聴いている間は常に耳に入るため、音楽に意識を向ける度合いを変更することによって、システムとのインタラクションに対する意識の変化を持たせることができる。また、システムに音楽としてのエンターテインメント性も付与できる。音楽の聴く場面・時間を選ぶ必要がなくなった今、音楽の変化によって自然なアプローチが可能になると考えられる。

音楽を変化させるシステムとして、音楽のアート性に重きをおいた、パブリックアートとしての可能性も考える。パブリックアートとは、“公共空間のための芸術・文化作品”である [12]。1930年代にスウェーデンやアメリカで始まり、駅や空港など身近なところにアートを組み合わせたものが何年も制作されている。パブリックアートは社会的問題の軽減につながると考えられているが、パブリックアートは、絵画やオブジェなど視覚にアプローチするものが多い [13]。そこで、音楽の変化を用いた新しいパブリックアートを考えることで、公共の場に新たな芸術をつくりだすことができる。

また、このような音楽を変化させるシステムをつくるにあたって、前述したアンビエントミュージックは適していると考えられる。拍やメロディといった概念が基本なく、音楽が変化していくことに違和感がないためである。

以上から、本研究では、音楽を用いた、意識度合いを変化させることができるシステムをつくることを目的とする。

## 1.5. 研究概要

本研究の概要は次のようになる。

前研究として、“情報提示方法としての VR 音響の導入に関する考察” [14]で用いた立体音響をつかって、自らの手によって音楽が変化していくことへの抵抗感を調べるため、“おとこれ”というシステム [15]をつくり、オープンキャンパスで 80 人ほどに体験してもらった。2 章の関連研究にて参加者の体験について報告する。

“おとこれ”は音楽の変化を示すのみで、利用場面などのシナリオがなかった。そこで、上記で述べたような、情報提示、パブリックアートの場面に着目したシナリオをつくり、そのシナリオを達成できるようなシステムを簡易的に作成した。これを用いて、日常的に音楽に新しい価値を付与することの可能性や、それぞれのシステムにおける、シナリオを達成するための条件と、音楽らしくあるための条件のトレードオフの関係をどう収束させるか、評価実験を行った。これらは 3 章に記述する。

さらに、システムの実験結果と、関連研究 [16][17]から、音楽を日常に組み込むシステムのガイドラインを作成した。このガイドラインを使い、音楽を用いたシステムのアイデアを出すワークショップを行うことで、このガイドラインがシステム作成に役立つかどうか考察した。これを第 4 章に示す。

以上の点を踏まえて、日常的に音楽とインタラクションするときの課題点や、システムを作成するために必要な条件を考え、音楽と日常的に意識の度合いを変化させながらインタラクションするための手助けとなるガイドラインを作成する。

研究のワークフローを以下のフローチャートに示す。

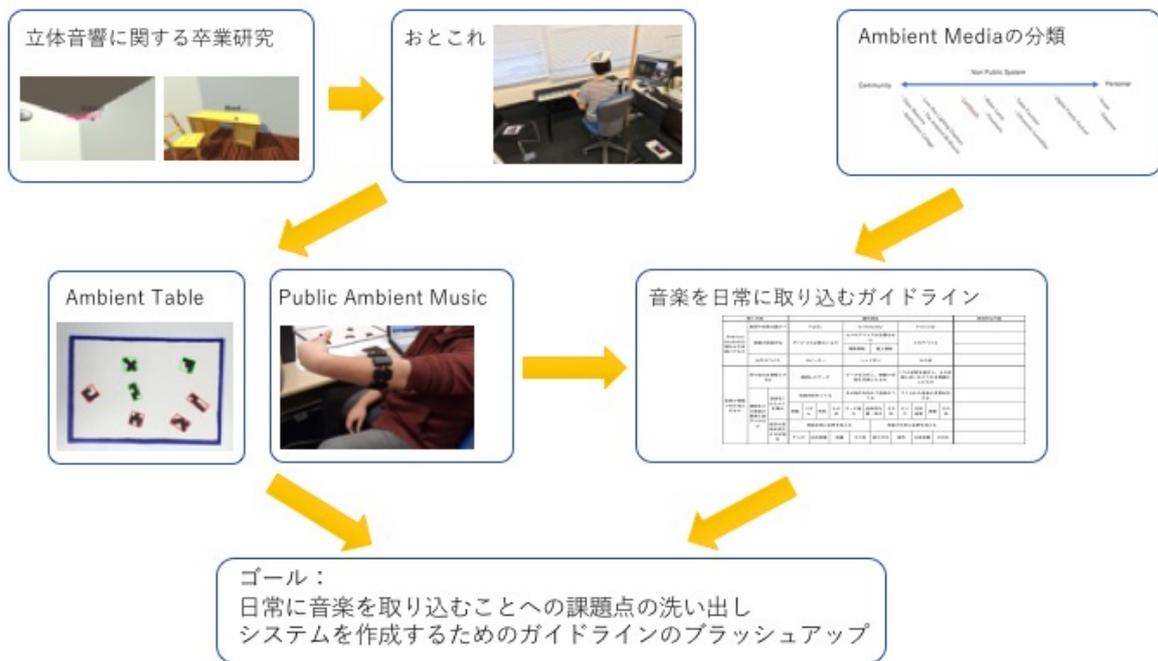


図 1 本研究のワークフロー

## 2. 関連研究

### 2.1. 情報提示方法としての VR 音響の導入に関する考察 [14]

卒業研究では、VR 音響という、立体音響とヘッドトラッキングを用いた、実際にそこにスピーカがあるかのように音が聞こえる技術を用いて、情報提示を行うことを目的とした研究を行った。モバイルデバイスの普及により、日常的に視覚から情報を取得する機会が増加している。一つの感覚器官に情報を与え続けると、その器官への負担が大きくなり、その器官に不自由を持つ人にとっては不便になってしまう。そこで、聴覚による情報提示方法を考える。この研究では、情報提示デザインを考える前段階として、人がどの程度の音の方向を認識できるのか、方向のある音に対して人はどのような反応をするのかを評価した。

評価実験の結果、左右の音の方向の認識は可能だが、上下の認識は難しく、左右のほうが認識に必要な時間も短かった。音の種類は、信号音、音楽、サイン波の順に聞き取りやすいという結果に至ったが、音の快不快に関しては、音楽、信号音、サイン波の順で不快度が低い事がわかった。また、音の方向特定に対する学習効果がみられたため、トレーニングを行えば音の方向の認識が容易になる可能性があると考えられた。

### 2.2. Making Ambient Music Interactive based on Ubiquitous Computing Technologies [15]

この論文は、アンビエントミュージックとインタラクティブに関わることを目標としたものである。音楽は、通常、聞くという受動的な行動、演奏する・作曲するといった能動的な行動の双方向のやりとりを行うことができる、インタラクティブ性を持ち合わせている。セッションなどは既存の曲を用いて、自分であたらしいメロディを添えていくことでインタラクティブに音楽が変化していく。DJ(ディスクジョッキー)はライブハウスで、既存の曲にエフェクトをかけることでインタラクティブに音楽を変化させていく。また、コンピュータ技術が発展するとともに注目を浴びてきた、ヒューマンコンピュータインタラクションの分野でも、音楽とのインタラクティブ性を考えたものがある。

しかし、アンビエントミュージックでは、音楽との関係が、意識せずに受け入れる、注意して聴くといった音楽を受け取るだけの一方的な関係になりがちである。アンビエントミュージックにインタラクティブ性を確立するには、音楽と関わっていることを操作側に意識させてしまう。しかし、アンビエントミュージックは日常に馴染んでいる必要があり、明示的に音楽と関わっていることを意識させてしまう方法は適切ではない。

この論文は、インタラクティブなアンビエントミュージックの実現に向けた初歩的な

取り組みを述べている。環境に合わせて存在する音楽に働きかけるべく、音を身近なものに貼り付けるという手段をつかって、音楽に変更を加えていくという方針を考えた。この研究のストーリーボードを以下に示す。

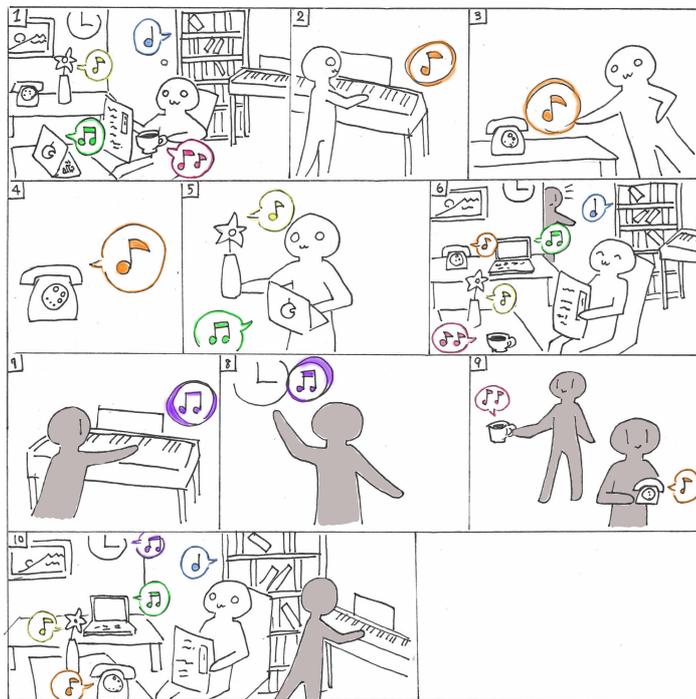


図 2 音楽と日常的に関わるストーリーボード

このストーリーでは、立体音響によって、物体から様々な音が鳴っているように聞こえ、それぞれの物体の音をトータルで聴くと音楽として成り立つ状態が日常的に成り立っている状況と考えている。ピアノを用いてメロディを作成し、マーカを用いてメロディを物体に貼り付ける。日常で生活する上でマーカのついた物体を動かすことで、音楽が自然と変化していくようになっている。

ユーザスタディとして、オープンキャンパスで実際に 80 人程度に体験してもらい、感想を答えてもらった。32 人中 29 人が、物体から音楽が流れているように感じたといい、フリーディスカッションでは、「不思議な感じがする」「楽しい」「新しい感じ」「リアルタイムで音が変わるのが面白い」と言った、自分で音楽を変化させることに対して肯定的な意見がみられた一方で、「ピアノを使うのがやりにくい」「自分の好きな音を流したい」と言った、音をどのように作成するかで意見を得た。

さらなるユーザスタディとして、ワークショップを行った。アンビエントミュージックを聞きたい場面や、音楽をインタラクティブに扱う場面を考えてもらったあとに、日常のものをインプットとして、音楽をどのように変化させていくことができるか考えた。「集中力を高める為、集中力が切れたことを身体情報から割り出し、音に変化(テンポや音密度など)を与える」「カップに液体を注ぐとき、温度によって暖かい・冷たい音楽が流れる」「人の多さや混雑度によって音楽に変化を加える」といったアイデアが得られたが、インプットが予測でき、把握できた時点でそれは意識したインタラクションと

なり、アンビエント性は保たれないのではないかという意見を得た。よって、入力としては、自然に何かの動きがある環境で、空間に入ってきた新しいものや人に自動的に異なる音を割り振り、それらの動きに応じて音の発生する位置も変わるようにしたほうが、アンビエント性が保たれると考えた。また、一部の人にだけ入出力の関係を教えれば、情報を提示するツールとして使うこともできる。例えば、空港を例にとると、人、移動する車両、エスカレータなどの物が位置に応じて音楽を奏でることで、アンビエントミュージックとしても使える上、どこに何があるかを知らせる通知としても使うこともでき、アンビエントミュージックを超えた拡張の可能性も考えられる。

この論文で得た結果から、シナリオを2つ考えた。1つめは、机の上の状況に異なる音を自動的に割り振ることで、一部の人はこのシステムによって机の上の状況を把握することができる、それ以外の人にはアンビエントミュージックとして意識をせずに聴くことができるものである。2つめは、公共の場にいる人々に自動的に音を割り振ることで、音が割り振られた人々は、パブリックアートとしてその音楽を楽しむことができ、それ以外の人には、アンビエントミュージックとして、意識せずに音楽を聞きながらその場で過ごすことができる。

## 2.3. Pervasive smart objects: A framework for extending services using smart objects [16]によるアンビエントメディアの分類

ユビキタスコンピューティングが発展した今、スマートオブジェクトが重要な役割を果たしており、物理的デバイスだけでなくデジタルなスマートオブジェクトも開発可能になっている。それにもかかわらず、日常生活にスマートオブジェクトは広く浸透していない。理由として、スマートオブジェクトのサービスは、シチュエーションやデバイスに依存しているからと考えられた。

この研究では、より広いシチュエーションで活用できるスマートオブジェクトを使ったサービスをデザインするためのフレームワークを提示している。限られたサービスだけでなく、様々なサービスをより広いシチュエーションで使えるようにするフレームワークを開発することにより、スマートオブジェクトをつかったサービスのデザインプロセスを改善する。

スマートオブジェクトは汎用的なデバイスだけでなく、情報提供のための特殊なデバイスを使うケースも多く、それらはアンビエントメディアと呼ばれることが多い。そのため、メディアを提供するデバイスに関するデザイン軸を得るためにアンビエントメディア 26 個を分析した。

まず、情報の取得方法で分類される。これは、カスタマイズできるものと、カスタマ

イズできないものに分けることができ、カスタマイズできるものが多く存在した。カスタマイズできないものは、限られた情報に対する取得方法に焦点を当てることとなる。まずデバイスを使うか否かにわけることができる。デバイスには、センサーデバイスを使うものと、入力デバイスを使うものに分けられる。センサーデバイスを使うものは、センシングデバイスを規定の場所に取り付け、環境を情報として取得する方法と、個人のアクティビティやヘルスデータを、ウェアラブルデバイス等で取得する方法が存在する。入力デバイスを使うものは、こちらからインタラクションを働きかけるシステムが対応する。

次に、取得した情報をどのように表示するのかについて分類する。まず、どの知覚にアプローチするかに関しては、アンビエントメディアのほとんどが、視覚によってアプローチするものであった。聴覚にアプローチするものも数件存在した。触覚によるアプローチも見られたが、同時に視覚にも情報を与えていて、視覚と聴覚に収束するものが多いと考えられた。情報の表示に使うデバイスも考える。モニタやヘッドホンなど、状況に応じて様々なものが考えられる。次に、情報変換度を考える必要がある。情報変換度とは、取得した情報を表現するときの抽象度合いを指す。情報変換度によって、誰にでもわかるような表現になるか、特定の人にだけわかるような表現になるかが決まる。

最後に、取得した情報を伝える対象を分類する。対象は、パブリック、コミュニティ、パーソナルにわけることができる。パブリックは、不特定多数の人々がシステムを使う場合で、使う人の指定はない。よってパブリックなものは人の要望に合わせてシステムを変える必要はない。パブリックなものに対して、パブリックでないシステムが存在する。パブリックでないものは、コミュニティとパーソナルという対照な値の間に振り分けることができる。コミュニティは、会社や家族など、特定の複数人を対象としたシステムである。パーソナルは、特定の一個人に対して情報を表示するシステムである。コミュニティとパーソナルに関しては、連続的につながっており、パーソナルなものでも複数人と情報を共有して使えるといったコミュニティの要素をもったものも存在する。

本研究では、この分類の中で音楽のシステムにおいても使えるものとして、情報の取得方法、情報の表示に使うデバイス、取得した情報を伝える対象を引き継ぎ、ガイドラインを作成する。

## 2.4. A Taxonomy of Ambient Information Systems: Four Patterns of Design [17]

この論文では、アンビエントな情報提示システムを分類するにあたって4つの軸を用意し、その軸にそって4つのパターンにシステムを分類している。

アンビエントな情報提示システムとは、ある程度重要だがクリティカルではない情報を提示し、注意を向けることも向けないこともできるシステムである。環境を自然に変化させて情報を提供することで、審美的で環境に適するシステムだと考えられている。ここでは、アンビエントな情報提示システムを分類するときに今まで用いていた軸を考察し直して、あらたな4つの軸を考えた。1つめは、情報の容量(Information Capacity)である。これは表示できる情報の数で、時間と空間とトレードオフになっている。カスタマイズできるシステムは、必要な情報数が多い為この軸のレベルが高くなる。低いものには触れることができるものが多い。2つ目は、通知のレベル(Notification Level)である。これは、どれだけ情報を提示することでユーザの邪魔をするかを示す。アンビエントであるかどうかに関わってくる場所だが、レベルが高くても、自然に違和感なく邪魔をすることができれば問題ないとされている。3つめは、表現の忠実度(Representational Fidelity)である。これは、情報の提示方法に関する軸で、表す対象をどうエンコードするかを表している。このレベルが高いと、地図や写真といった、本物に近い、抽象度の低いものとなる。このレベルが低いと、文字やシンボリックなものといった、本物とは関連性の低い、抽象的なものとなる。4つめは、美の強調度(Aesthetic Emphasis)である。これは、主観的な問題で、どれだけ美意識を重視しているか、システムをつくるときに美しくあることをどれだけ意識したかで決まる。

本研究では、この4つの軸を意識して、音楽を用いたアンビエントメディアのガイドラインを作成した。

## 3. アンビエントミュージックとアンビエントメディアを組み合わせたケーススタディ

### 3.1. アンビエントミュージックを用いた情報提示システム

#### 3.1.1 概要

アンビエントミュージックを用いた情報提示システムとして、Ambient Table というシステムを開発した。

このシステムは、机の上の状況を音楽によって提示するもので、作業をしていて視界が狭くなっているときでも、聴覚によって自然に情報を提示することを目指したものである。具体的に使い方として、次の2つのシナリオを想定した。

*Aさんには5歳の娘がいて、内職のパートと家事を両立している。娘は最近絵を描くことにハマっている。娘がリビングで絵を描いている傍ら、ダイニングテーブルで、パートの事務作業を始めた。かなり集中して作業ができただろうか。気が付いたら、流れていた音楽が騒がしい。これは、娘がリビングでクレヨンやら画用紙やら撒き散らしているな…。一旦作業をやめ、ついでに娘の相手もしようと席を立った。*

*Bさんは5人でシェアハウスをしている大学生である。最近は毎日のように共用スペースで談笑する仲になった。ある日、テストの近いBさんは、自室でテスト勉強をしていた。夜も更け、小腹がすいたBさんは、キッチンにカップ麺を作りに行くことにした。暗い廊下を通り、キッチンの電気だけをつけ、在庫のカップ麺を探す。そのとき、流れている音楽が耳についた。共用スペースのテーブルにもものが散乱しているようだ。みんな片付けずにそのまま寝てしまったのだろうか…。気になりつつも、自分には関係ないと湯を沸かす。しかし、暗くて目には見えないが、一度耳についた音楽が気になって仕方がない。しょうがない、と共用スペース全体の電気をつけ、テーブルの片づけを始めた。*

このシナリオを再現するシステムをつくるため、机の上の物体の位置情報を音楽として提示することにした。

### 3.1.2 実装

まずシステムの概要を説明する。

今回は、テーブルと見立てた縁取りされた紙の上で作業を行う。紙の大きさは B3 である。この実際の作業環境を以下に示す。

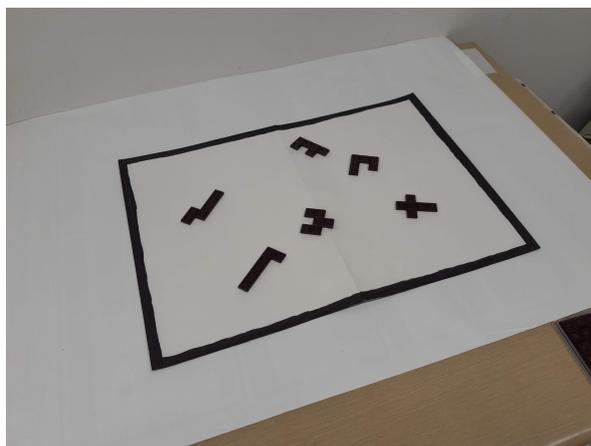


図 3 実験の環境

このシステムは、1つ1つの物体を音符とみなし、テーブル全体を楽譜と見立て、楽譜を演奏するように音楽を生成する。楽譜と同じく、テーブルの縦方向が音の高さ、テーブルの横方向が音のなるタイミングを表し、物体の大きさが音の長さに対応している。

音の高さは、MIDI の規格で表すと、ノートナンバーが 48~84 までの 3 オクターブを利用する。MIDI とは、音の情報をデジタル転送するための世界共通規格であり、ノートナンバー(音階)やベロシティ(音の強さ)等によって規格化される [18]。ノートナンバーはキーボードの各鍵に割り当てられ、88 鍵ピアノの中央 C の音に 60 が割り当てられている。よって、今回利用した、ノートナンバー 48 は中央 C から 1 オクターブ下の C、84 は中央 C から 2 オクターブ上の C となる。今回はテーブルと見立てた紙の縦幅に、この 36 個の音の高さを割り振った。手前から奥に行くにつれ音の高さが高くなる。

音の鳴るタイミングは、紙の横方向の位置を利用する。テーブルと見立てた紙の横幅を 50 分割し、物体の重心が存在する部分で音が鳴る。楽譜と同様、左から右に順に音を生成していく形になる。左端から右端に読んでいく速さは 5 秒、10 秒、15 秒の中から選ぶことができ、これを何周も繰り返し読むことでループした音楽を生成していく。ループしていく中で、物体の置く位置が変化して、音楽の変化につながっていく。

また、物体が端の方に置いてある場合、その物体が生成する音の音色が変化している。

以上で説明した動作概要を図 4 に示す。

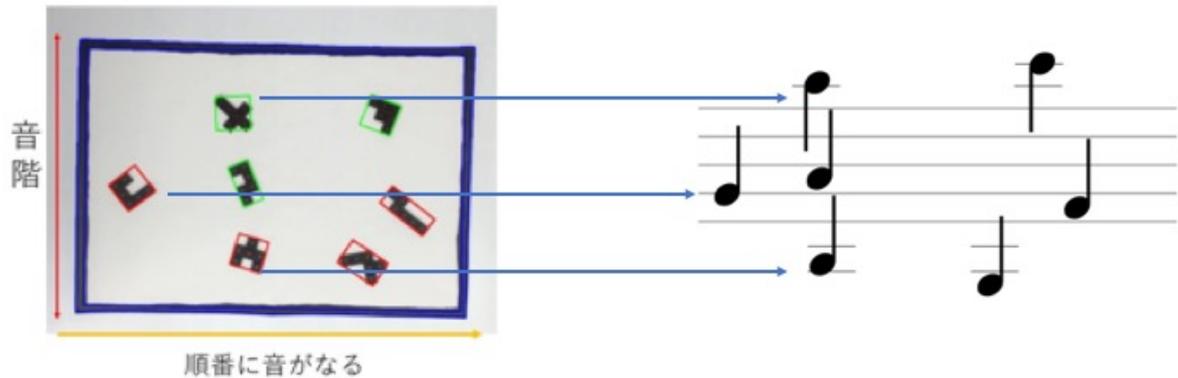


図 4 Ambient Table の音と机の関係

次にシステムの実装について説明する。

実装環境は、python のライブラリである OpenCV と、Sonic Pi を利用した。

まず、Web カメラを用いてテーブルの上(今回はテーブルに見立てた紙の上)を撮影する。撮影した画像を、OpenCV を用いて二値化し、紙上の物体の輪郭を検出する。その輪郭から、物体の大きさ、重心の位置を計算する。取得した物体の重心位置、大きさを計算し、音の高さ(音階)、音のなるタイミング、音の大きさ、音色の情報に落とし込む。

音の表示には、Sonic Pi [19]というツールを用いる。Sonic Pi とは、Live coding を行うツールである。Live coding [20]とは、コーディングによって音楽をリアルタイムで作成する、音楽の新しい演奏方法である。Sonic Pi は、Ruby の構文を用いてコードを書き、再生ボタンを押すとコードで書いたメロディが流れるようになっている。再生ボタンを押し直すことで、コードの変更を反映させていき、リアルタイムで音楽が変更できるようになっている。

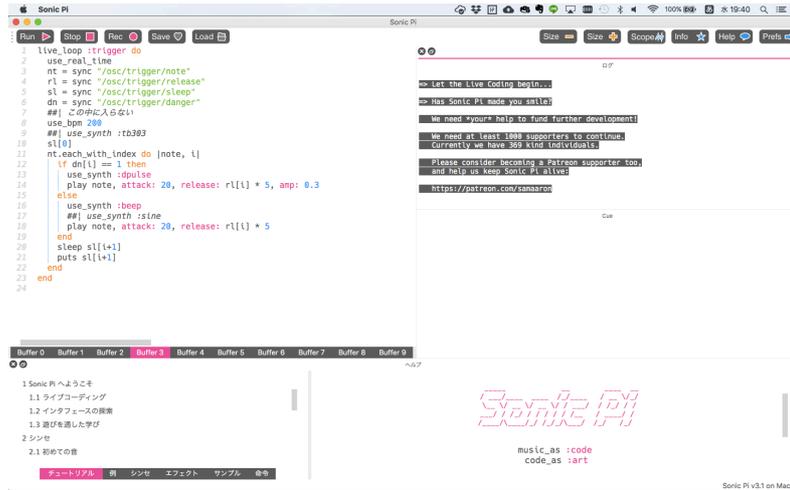


図 5 Sonic Pi の作業画面

Python で作った音の情報を，OSC 通信 [21]を用いて Sonic Pi に送信する．

OSC 通信とは，MIDI などの音楽情報を通信するときによく用いられており，IP アドレスとポート番号によって通信が可能となる．アドレスパターンと，それに続く引数を渡すことによって，データに意味をつけて受け渡しをすることができる．引数は整数・実数・文字列などを渡すことができ，配列を渡すことも可能である．

OSC 通信によって受け取った音の情報を，Sonic Pi の表記に従い音の出力を行う．今回音色として，基本の音色は `beep` という音色，物体が端にある場合の音色は `dpulse` という音色を使用した．音色は，アンビエントミュージックを意識し，耳につかないような，うるさくないような音色を選択した．

システムの概要を以下の図に示す．

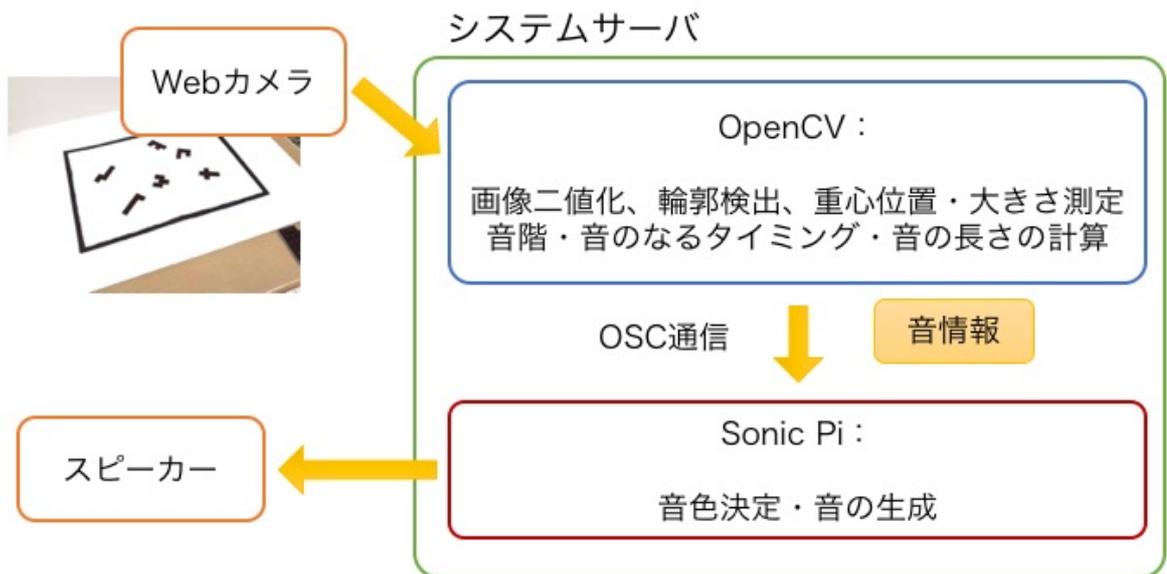


図 6 Ambient Table のシステムの概要

### 3.1.3 評価実験

音は時間を利用しているので、聴覚を情報提示として用いる際、時間が必要になるという問題が発生する。今回のシステムは、テーブル上を楽譜と見立てているので、左端から右端までの音楽の再生時間によって、必要な時間が変化する。テーブル上の状況は常に変化しているので、音楽の再生速度が遅いとテーブル上の状況がリアルタイムで反映されない。一方、音楽の再生速度が速いと、テーブル上の状況が反映できる一方で、音の変化が激しくなり、アンビエントミュージックの特徴である環境に馴染んだ音楽の再現が難しい。よって、今回は、情報の提示の速さとアンビエント性のトレードオフの関係をどのように終着させるか、評価実験を行い考察した。評価実験では、シナリオの実現可能性などについてもインタビューを行った。

評価実験は、男性 13 人、女性 3 人の計 16 人に対して、1 人ずつ行った。年齢は、20～25 歳の平均 22.4 歳である。まず、システムを使うときのシナリオを読んでもらい、それに対してアンケートを行った。次に、システムの概要を説明し、実際にシステムの使用方法を確認した。そして、システムが生成した音楽を聴きながら、パズルを組み立てるというタスクを 2 分間行った。このときシステムは、組み立てるパズルが置いてあるテーブルの状況を音楽によって提示していた。タスクを行った後、音楽がタスクの集中度を下げなかったか、音楽によってテーブル上の状態を把握できたかといった項目をアンケートにて回答してもらった。このタスクとアンケートを 1 セットとし、音楽の再生速度(情報提示速度)を変更することで、3 セット行った。その後、インタビューを行い、このシステムに関する感想を自由に発言してもらった。

アンケートの内容を次に示す。

質問 番号	質問内容	選択肢	備考
Q1	シナリオを読んで、このシステムは日常的に使うことができると思いましたか。	1：全く思わなかった～6：非常にそう思った	
Q2	音楽を日常的に利用することは可能だと思いますか。	1：全く思わない～6：非常に思う	
Q3	上記の 2 つの質問に対する理由等があれば記入してください。	自由記述	
Q4	タスクに集中できましたか。	1：集中できなかった～5：集中できた	速いもの・遅いもの・中間のもの3セットにおいてそれぞれ質問した
Q5	音楽として聞いていて楽しかったですか。	1：楽しくなかった～5：楽しかった	
Q6	テーブル上の変化を理解できましたか。	1：理解できなかった～5：理解できた	
Q7	何か感想があれば記入してください。	自由記述	
Q8	どの音楽が 1 番好きでしたか。	速いもの・遅いもの・中間のもの	

表 1 Ambient Table の実験でのアンケート内容

### 3.1.4 実験結果

実験結果を以下に示す.

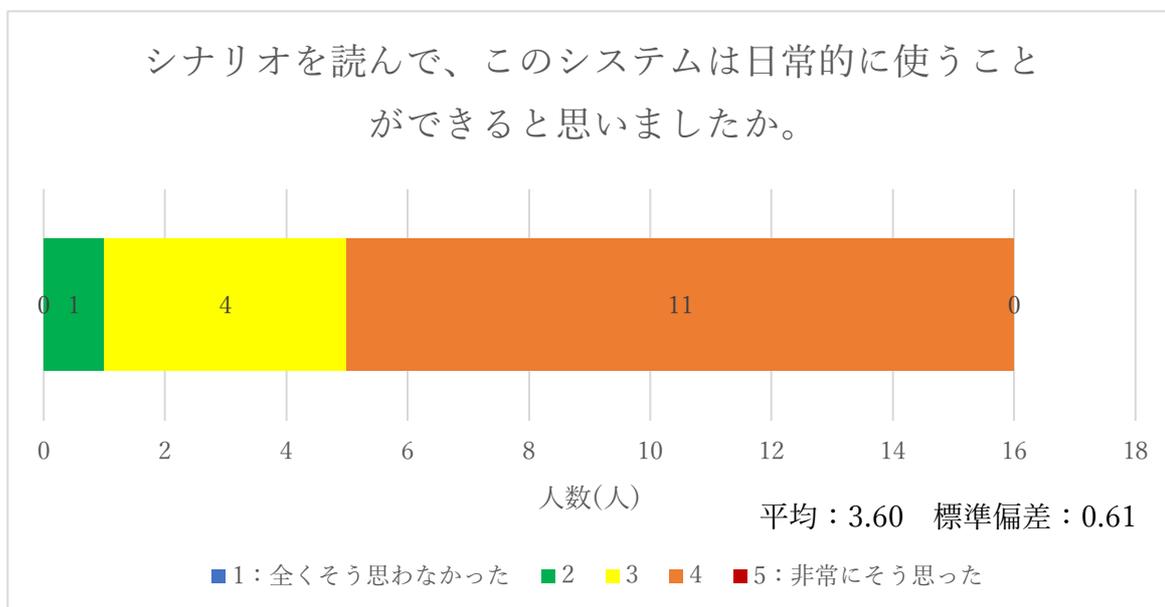


図 7 シナリオを読んでシステムが日常に使えるかに対する回答

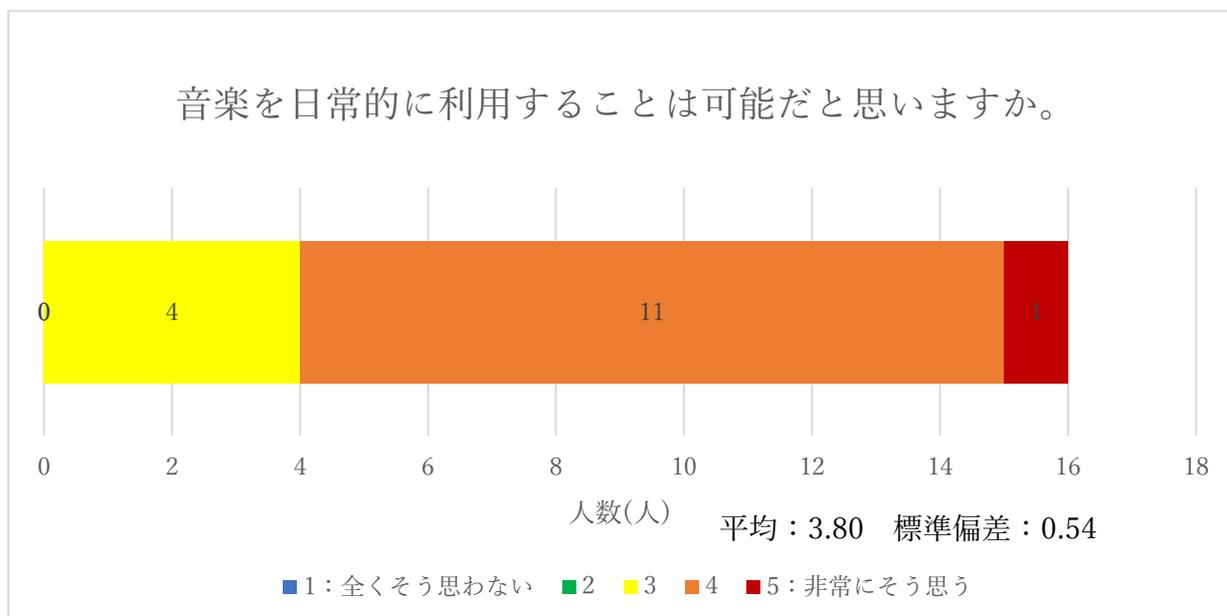


図 8 音楽が日常に使えるかに対する回答

<p>上記の2つの質問に対する理由等があれば記入してください。</p>
<p>視覚を別の作業に使っている場合、聴覚からその他の意識していない情報を教えてくれるのは有用だと思いました。ただ二つ目のシナリオの場合は、目で見ればいいようにも思うし、音楽で片付けなきゃという圧力はあまり感じないかもしれません。</p>
<p>できたら嬉しいなという印象のシナリオだった。本当にそうなるのかなという疑問もある。</p>
<p>アンビエントミュージックとしてこれを日常的に使うなら仕事に集中したい人の障害にならないか懸念される。今回の場合は散らかっている状況に対しての音楽だったのだが、これ以外で音楽を使うことを考えると種類が増えて複雑にならないか</p>
<p>わざわざ自分で見に行かなくても聴くだけで情報が得られるなら便利そうな気がします</p>
<p>実際にはシステムの音以外に環境音の影響を受けるのでは無いかと思ったから。</p>
<p>1つ目のシナリオは実現性があると思うけど、2つ目のシナリオは負の影響になるので、流さなければよくなってしまっただけで実現性に欠けると思う。</p>
<p>伝えられる情報に限りがあるのでそれほど汎用性は高くないと思いました</p>
<p>音楽を通知みたいな形で利用するのは可能だと思うが、「不快な(騒がしい、耳につく)音楽→不快な状況」みたいなマッピングをすると、そもそも日常生活で不快な音楽を聞かなくていけなくなるので使いたいとは思わない</p>
<p>以前のバイト先では、レジが混雑しているときにビートルズの"HELP"を流すことで、混雑していることを他のスタッフに知らせていたので、音楽と環境を結びつけるということは可能だと思います。</p>

表 2 シナリオと音楽の日常との関係に関する回答

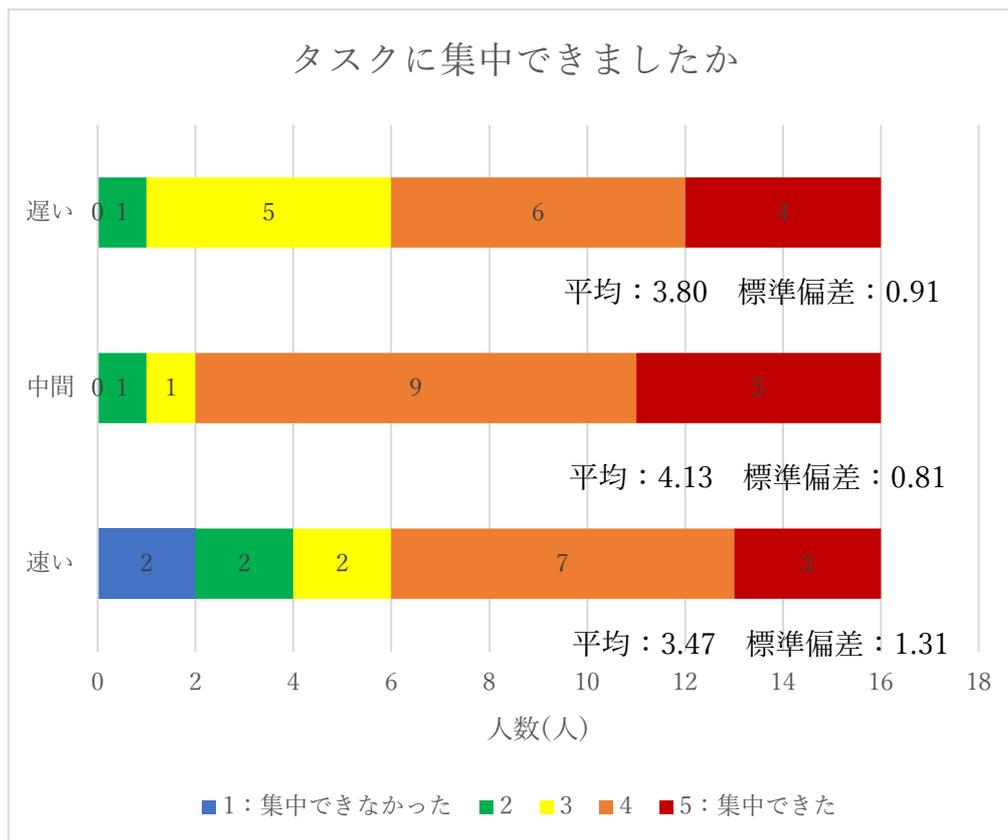


図 9 Ambient Table の速さによるタスクへの集中度の違い

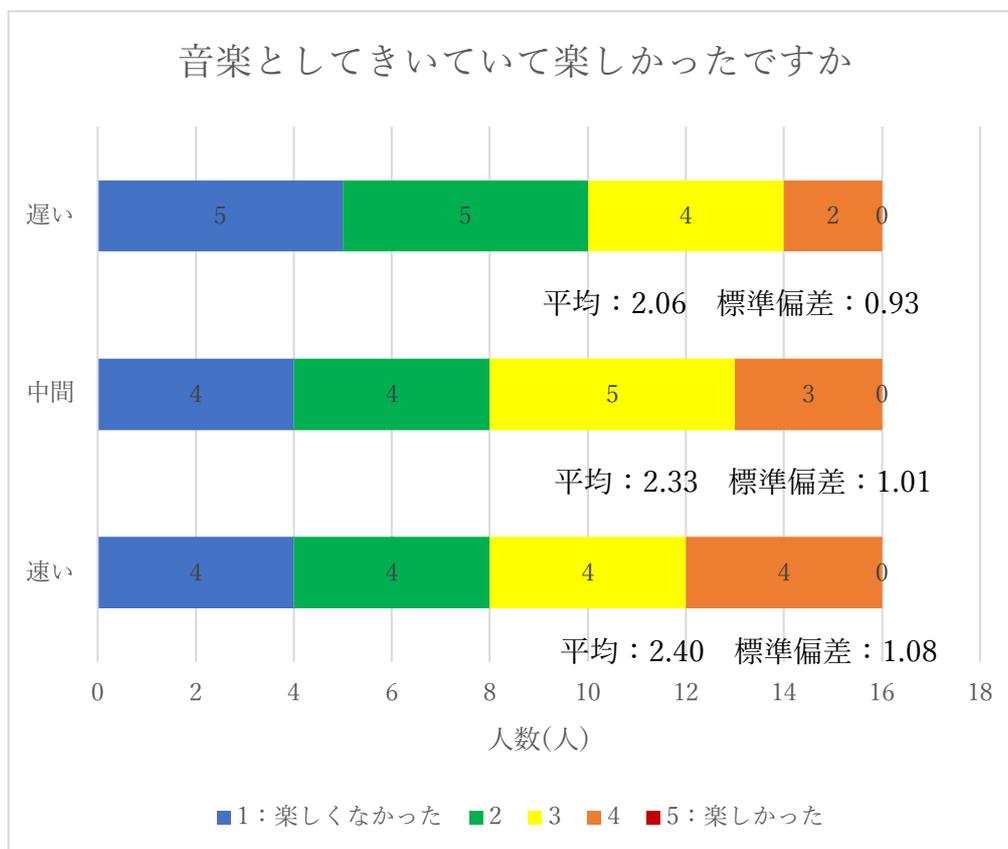


図 10 Ambient Table の速さによる音楽の楽しさの違い

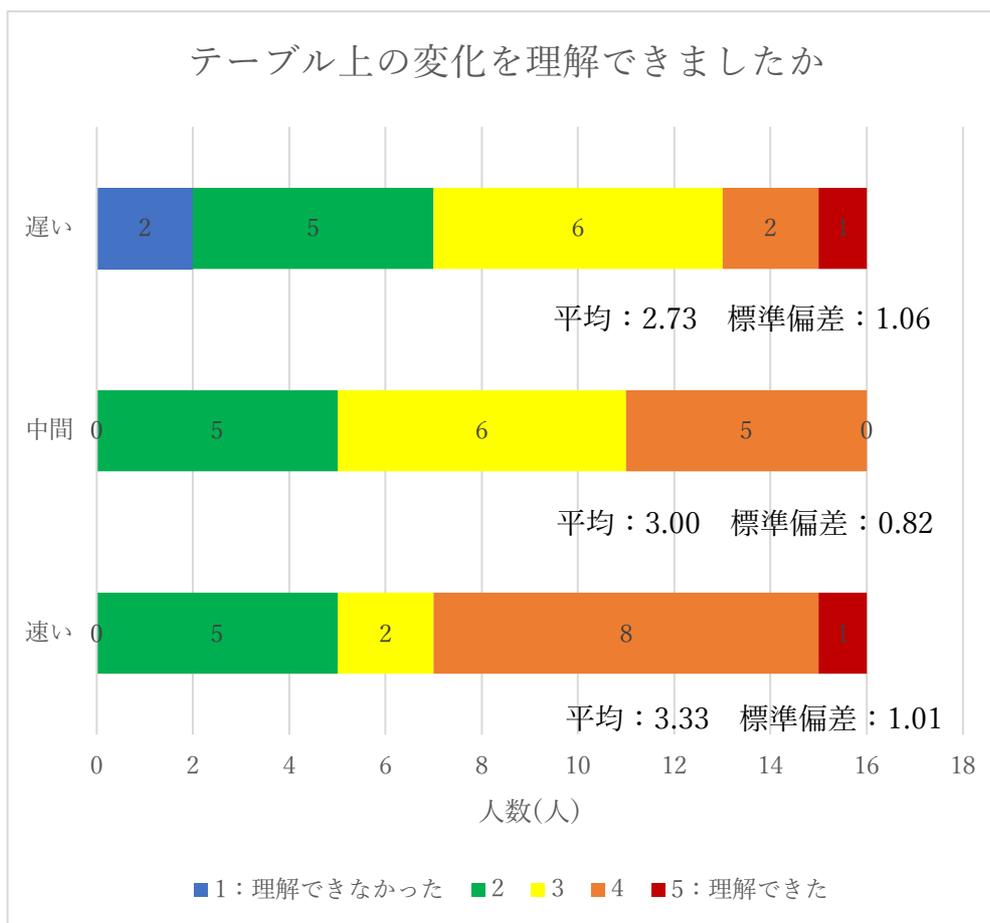


図 11 Ambient Table の速さによるテーブル上の理解度の違い

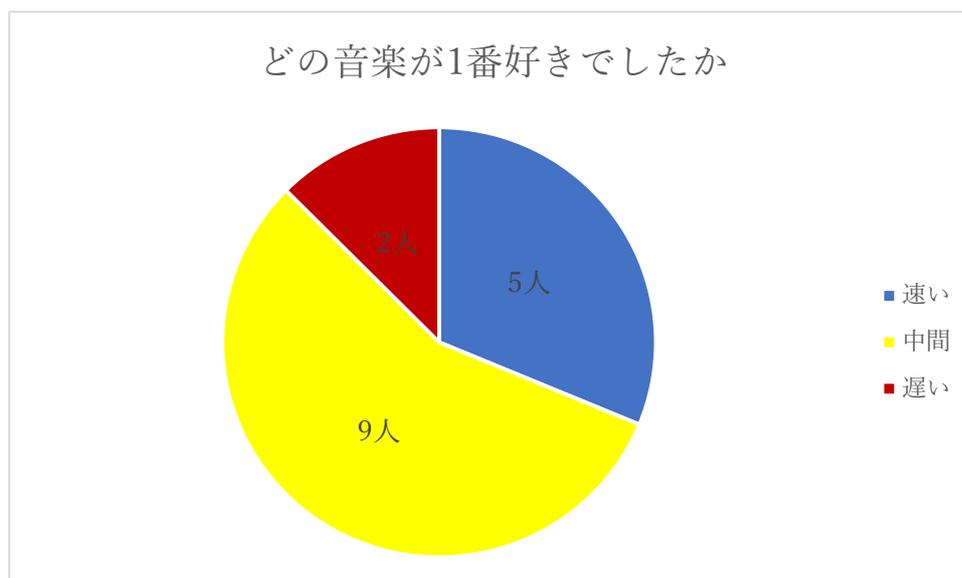


図 12 Ambient Table の速さに対する回答

また、インタビューから得られた回答をまとめると、次のようになった。

### シナリオについて

- 視覚の代わりになるが、見える場所の情報をとる必要はない。視覚で情報を取得していない時に補うツールとして使いたい。
- 音楽をきいて行動を起こそうと思うが、音楽は視覚と違い、常に入ってくる情報なので、不快な状態を不快な音楽で表すのはナンセンスだと思う。
- アンビエント性とアラートは共存できない。集中が切れても音楽は聞かないか、集中していても音楽が聞こえるかのどっちかだと思う。情報が付与されていると情報が気になる。
- いろんな情報が欲しいと、どの要素が何の情報かわからなくなる。マッピングが重要。要素が少ない分情報量が減る。
- 周りの音の影響を受けると思う。

### システムについて

- 早いテンポが、早くてうるさい(急かされている気分になる)と感じる人と、変化が楽しいと感じる人に二分された。
- 音数の変化と、音の高低に気づく人が多かった。音色に気づく人も少数だが存在した。
- 遅いテンポは、情報が得られないことよりも、冗長であるためにうるさいと感じ、好かれないことが多かった。
- 遅いテンポが落ち着くという意見も得られた。
- 状況と関係なく、不協和音になることが気になったため、状況が改善されていくと音楽がきれいになるみたいな変化があると良いと思う。

## 3.1.5 考察

テーブル上の変化は、再生速度が速いものが1番わかりやすいという、予想と同じ結果が得られた。しかし、タスクの集中度合いは、中間の速度を好む人が多く、再生速度が遅い分、アンビエントになりタスクに集中出来るという予想と違う結果が得られた。インタビューによると、遅いテンポは落ち着く場合もあるが、音の変化がないことが冗長でうるさいと感じられることがわかった。どの音楽が好きかの質問に対しては、速いものと中間のものを答える人が多かった。これは、第1章でも述べた通り、作業用BGMの存在により、普段からアンビエント性の低い音楽を作業する際のBGMとして使用していることが多く、音の変化によって集中が阻害されることに耐性がついていると考えられる。音色もアンビエント性を意識した結果、違いのわかる人が少数となってしまった。以上の結果から、Ambient Tableには、変化がある程度わかるような音楽を用いた方が好まれることが多く、アンビエントミュージックにこだわる必要はないと考える。

シナリオとしては、視覚によって情報を提供されるなら必要ないという意見から、アンビエントな情報提供システムとしてのあり方を再考察するべきだと考えた。情報の必要性が低い場合、音楽としての審美性を高めていかないとシステムとして必要とされない。また、逆に、情報の必要性が高く、情報をきちんと伝える必要がある場合は、審美性が多少失われてもシステムは使われると考える。シナリオによって、システムの審美性と情報提示量のバランスを考える必要があると考えた。さらに、どの要素と情報が結びついているかわからなくなる、状況が不協和音等の不快な音楽によって表されるのは不快、という意見からも、何の変化を情報として提示するか、システムによって情報のマッピング方法を考える必要があると考えることができる。

## 3.2. アンビエントミュージックを用いたパブリックアート

### 3.2.1 概要

パブリックアートとアンビエントミュージックを組み合わせることを目標としてつくられたシステムが **Public Ambient Music** である。公園やショッピングモールにいる人を対象に、人々の体の動きに対応して音楽が変化していく。

システムを使用するシナリオを以下に示す。

Aさんは5歳になる娘の子育てと家事を両立している。今日はクリスマス。少し豪華なお肉を買い、帰ってからすることを考えながらショッピングモール内を歩いている。そのとき、腕につけていたスマートウォッチが震える。はっとすると、ここは、他の場所と少し変わっていた。音楽が流れ、いろいろな人が手をあげたり振ったりしている。何をしているのだろうと思いながら、スマートウォッチにきた通知を確認すると、腕を自由に動かすことで、いまこの場に流れている音楽を変えることができるとの旨が書いてあった。なるほど、皆がやっているのはこれか。試しに手をあげてみると、自分の腕に宿った音が、少し大きく、高い音となった。いろいろ試しているうちに、娘と一緒にやりたかったな…と、家で留守番をしている娘のことを思い出す。そういえば、この音は持ち帰ることができるらしい。スマートウォッチの画面を操作し、音を保存する。帰ったら娘にスマートウォッチをつけて、たくさん遊ばせてあげよう。この音は先程のスペースに反映されるらしい。みんなにも聞いてもらえると娘に伝えたら喜ぶかな。考えると自身もわくわくしてきて、急ぎ早にショッピングモールをあとにした。

このシナリオの中で、今回は音楽と情報の関係性に関して評価を行うため、腕の位置の変化によって音の高さが変化するというところに絞ってシステムを作成した。

## 3.2.2 実装

今回は、体を動かす情報をどのように音楽の変化と結びつけるかという部分に重きを置いているため、実装では、スマートウォッチは用いず、Myo というデバイスを用いて、腕を動かして音を変化させる部分にフォーカスをあて、実装する。

Myo [22]とは、腕につける入力デバイスである。筋力センサや加速度センサを用いて、ジェスチャーや腕の位置によってシステムをコントロールすることができる。プレゼンテーションやゲーム、ラジコンなど、多種多様なシステムをコントロールすることができる。

システムの実装環境は、Unity と Puredata を利用する。今回は、Myo を Unity で用いるためのパッケージがあるので、それを利用した。

まず、Myo の Unity パッケージを用いて、腕の角度とジェスチャーを認識する。手の高さを、腕の角度によって算出し、手の高さから音の高さをマッピングする。音の高さを、MIDI のノートナンバーにおける 40~90 の範囲に設定し、手の高さからノートナンバーを算出したものを、Puredata に送信する。音を生成するためのジェスチャーとして、WaveIn という、手を内側に曲げるジェスチャーが行われると、音を生成するフラグが Puredata に送信される。

Puredata と Unity の間の通信は OSC 通信にて行う。Puredata [23]とは、オープンソースのビジュアルプログラミング言語で、音の生成に特化した言語である。サイン波の出力や、MIDI 音源の作成・再生、エフェクターの作成が容易に行うことができる。Puredata の作成画面例を以下に示す。

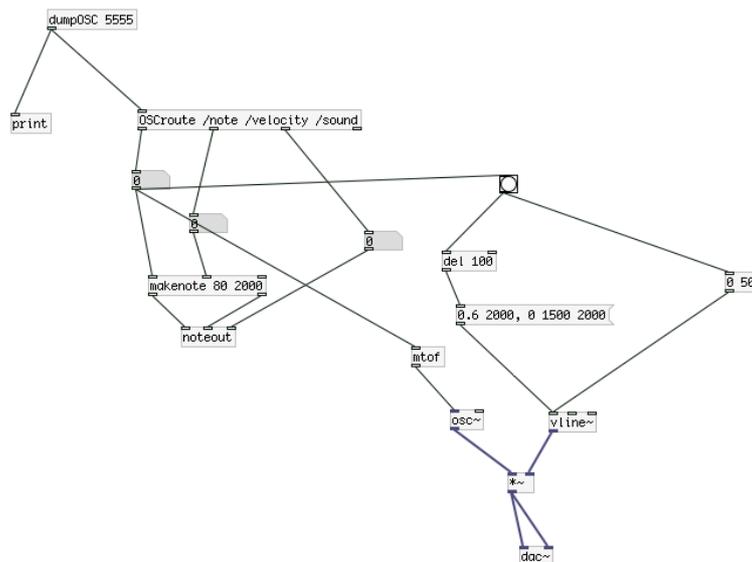


図 13 Puredata の実装例

今回は、OSC 通信によって送られた音階を、周波数に変換し、サイン波として出力する。アンビエントミュージックの特性を考え、ピアノやサックスといったわかりやすい音色よりも、サイン波のような意識を向けにくい音色を採用した。

システムの概要を以下に示す。

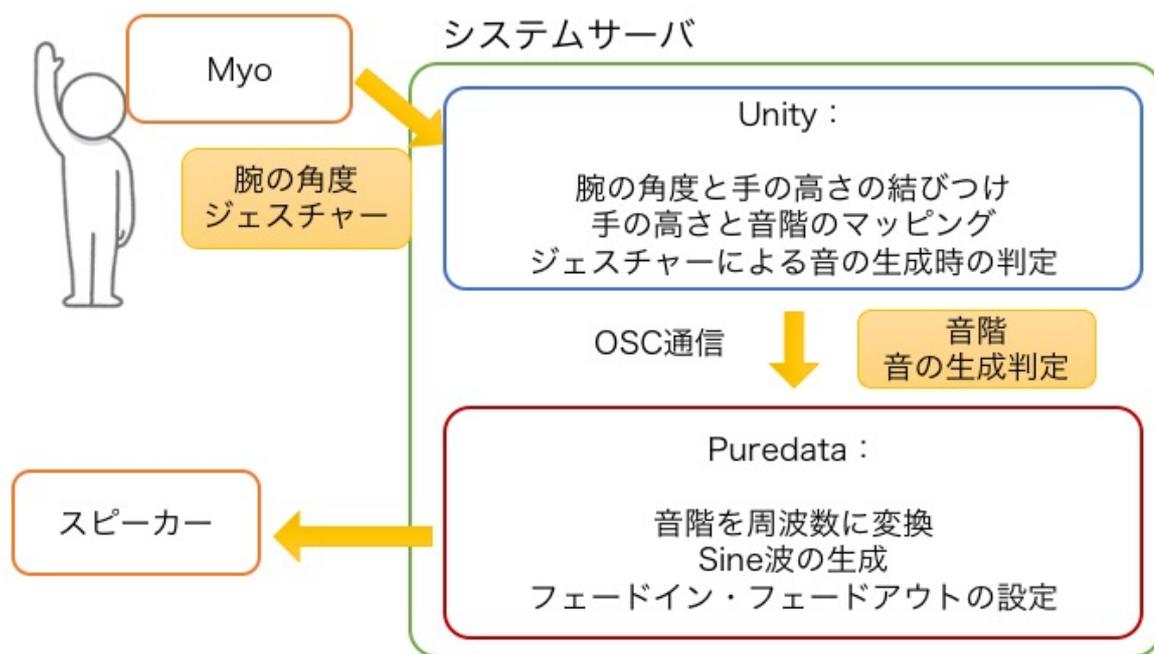


図 14 Public Ambient Music のシステムの概要

### 3.2.3 評価実験

Public Ambient Music は、パブリックアートとして音楽を使用するため、公共の場で、複数人が使用することが前提となっている。しかし、各々が好きな音を生成していると、音楽として成立することが難しくなり、アンビエント性も失われてしまう。そこで、実際にシステムを使用して複数の音を生成することで、音楽として聞けるものであるか、アートとして楽しめるものであるかを調べるため、評価実験を行った。

評価実験は、男性 13 人、女性 3 人の計 16 人に対して 1 人ずつ行った。年齢は、20～25 歳の平均 22.4 歳である。しかし、被験者の 1 人(22 歳女性)が、Myo の使用が不可能であったため、システムの評価実験は 15 人にて行った。まず、システムの概要を説明し、システムを使うときのシナリオを読んでもらい、それに対してアンケートを行った。次に、実際に 1 分間ほどシステムを利用してもらい、アンケートを行った。システムの利用とアンケートを 1 セットとする。システムを利用する際、今回は 1 人に対して実験を行っているため、システムを利用した際に生成される音は 1 度につき 1 つまでとなる。複数人でシステムを利用している状況は、事前にシステムを利用して生成した音の

録音を用意して再現した。録音は、1人で音を生成したものと、複数回分の生成した音を重ねたもの(最大で4つの音が重なる)の2種類を用意した。1人でやる場合、1人で音を生成したものと合わせて2人でやる場合、複数回分の生成した音を重ねたものと合わせて複数人でやる場合の3セットを行った。その後、インタビューを行い、システムやシナリオに関する感想を自由に発言してもらった。

アンケートの内容を以下に示す。

質問番号	質問内容	選択肢	備考
Q1	シナリオを読んで、このシステムは日常的に使うことができると思いましたか。	1:全く思わなかった~6:非常にそう思った	
Q2	音楽を日常的に利用することは可能だと思いますか。	1:全く思わない~6:非常に思う	
Q3	上記の2つの質問に対する理由等があれば記入してください。	自由記述	
Q4	システムに触れて楽しかったですか。	1:楽しくなかった~5:楽しかった	1人でやる場合・2人でやる場合・複数人でやる場合の3セットにおいてそれぞれに質問した
Q5	音楽として聞けるものだと思いますか。	1:思わなかった~5:思った	
Q6	何か感想があれば記入してください。	自由記述	
Q7	どの音楽が1番好きでしたか。	1人でやる場合・2人でやる場合・複数人でやる場合	

表 3 Public Ambient Music の実験でのアンケート内容

### 3.2.4 実験結果

実験結果を以下に示す

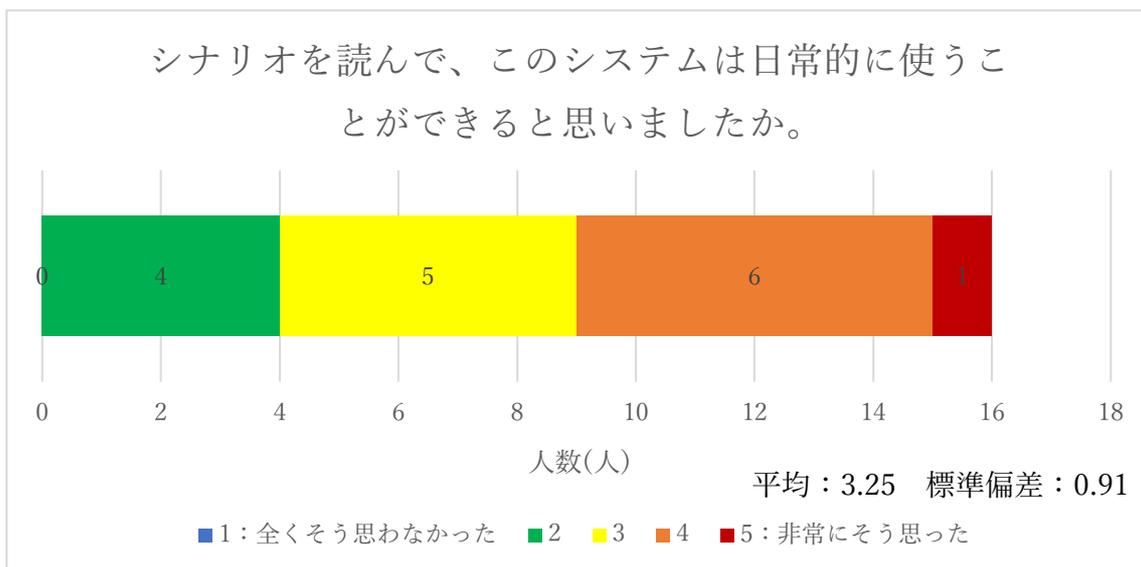


図 15 シナリオを読んでシステムが日常に使えるかに対する回答

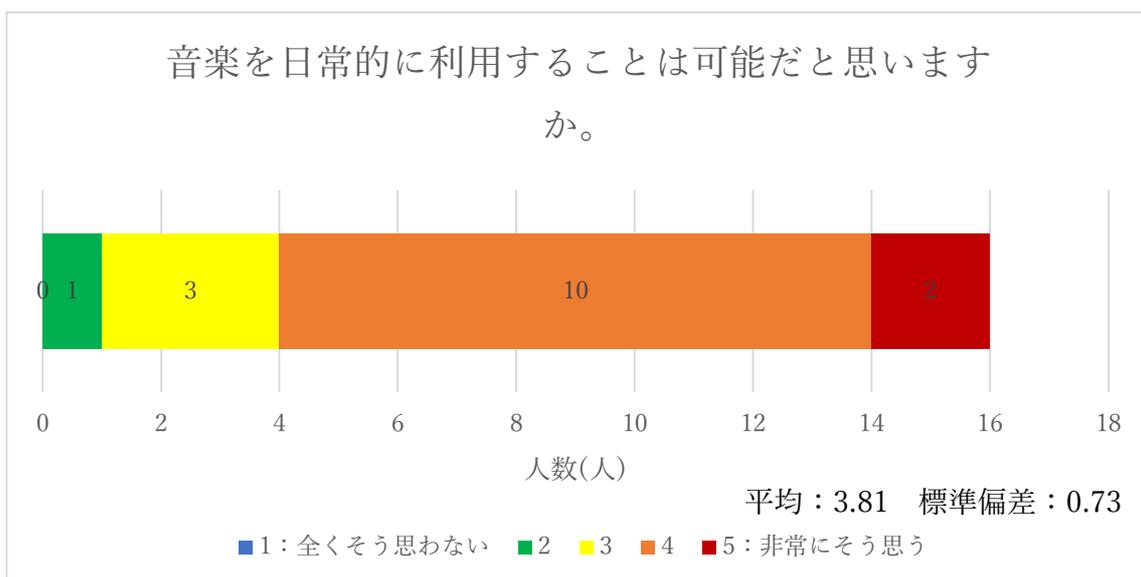


図 16 音楽が日常に使えるかに対する回答

上記の2つの質問に対する理由等があれば記入してください。
先ほどのように何かに意識を向けさせると言うよりは、そこに来ている人たちが楽しめるエンターテインメント的な要素だと思いました。ただ家などの場合よりも、BGMがなっていることは自然な環境だと思うので、音楽の利用っていう点ではより可能性を感じました。
あってもいいが、自分はおそらく使わないだろうなあと思う。
ショッピングモールやアミューズメントパークなどで使えたら楽しいと思う。しかしこれを日常的に使うメリットはあまり思い浮かばない。(シナリオの通り小さい子供がいればお土産がわりに一緒に楽しめそう)
こういうエンタテインメント的なのを想定したものに使うのは楽しいと思いますが、日常的に自分が使う場合があんまり思いつかないです
「音を保存する」機能に関しては使うかどうか怪しいところがありましたが、単純にエンタメとしては面白そうだと思いました。
その場でやる分には面白いかもしれないが、持ち帰ってやるのはあまり面白くなさそう。音程・音量だけじゃなくリズムとか音色とかが変わったらまだ面白そうだけどそれも一人でやるかと言われると微妙。マルチデバイスで家族何人かでできるといいのかも。
1つ目のシステムよりは日常に馴染みやすいと思いました
音楽を変えるというのが普段音楽と関わりがない人からするとハードルが高いと思う。最初何回か動かし見てそれで終わりになりそう。
シナリオを読むと、非日常的な感じがしたので、日常的に使うかと言われると、そうは思わないと思いました。音楽は気分を変えるなどに使えらと思います。
(1番目の質問について)音を変えたり持ち帰ったりするモチベーションが、自分にはあまりないため

表 4 Public Ambient Music の実験でのアンケート内容

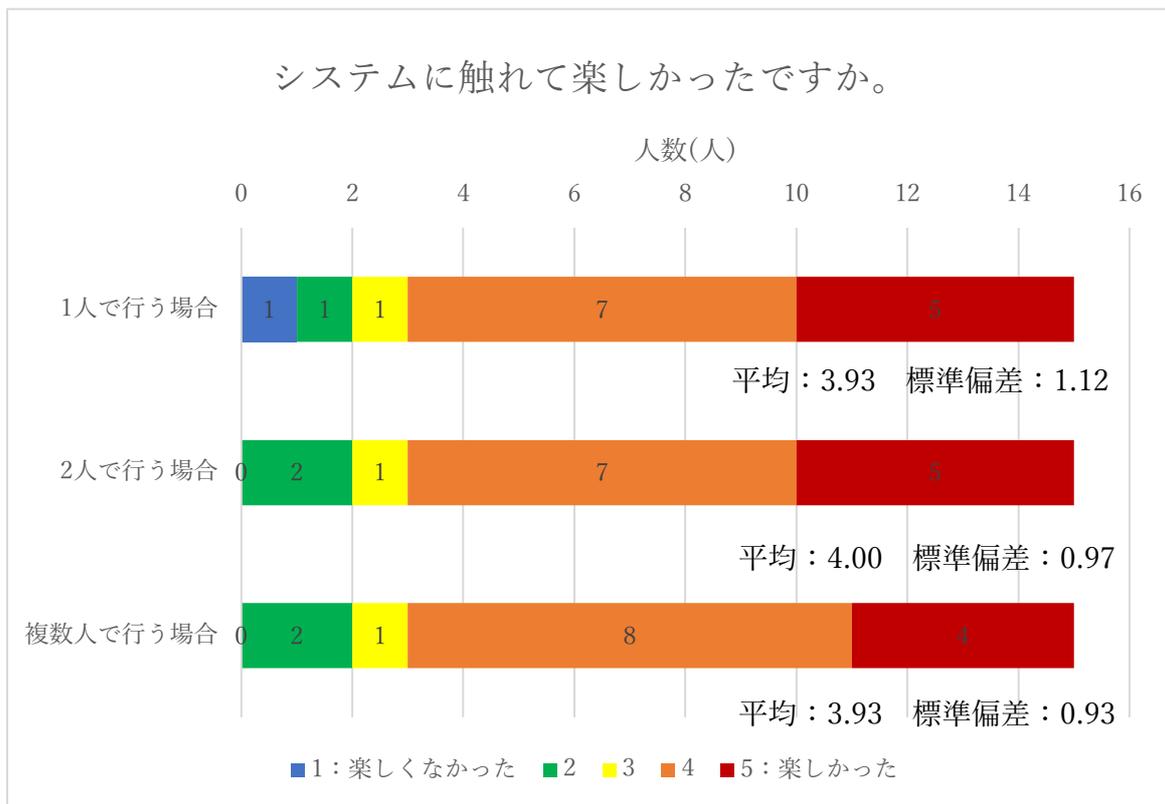


図 17 Public Ambient Music の人数によるシステムへの感想の違い

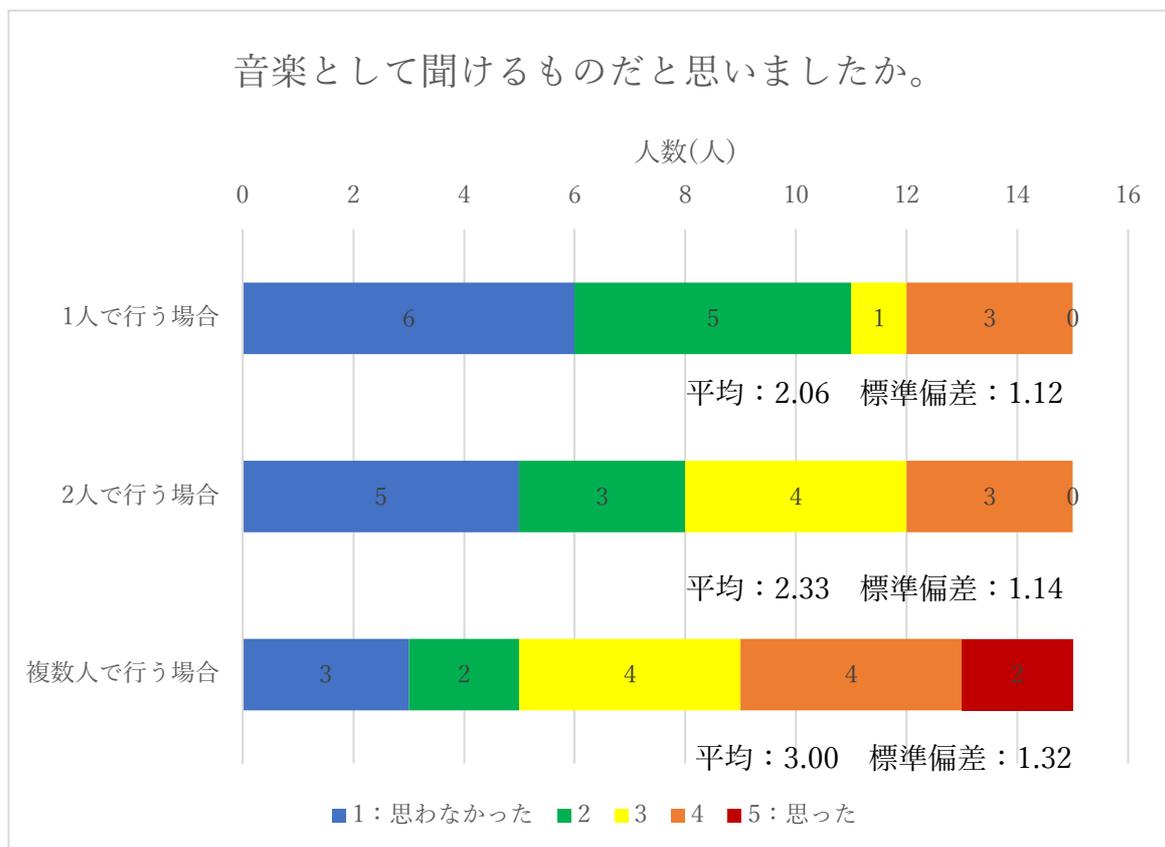


図 18 Public Ambient Music の人数によるシステムの音楽らしさの違い

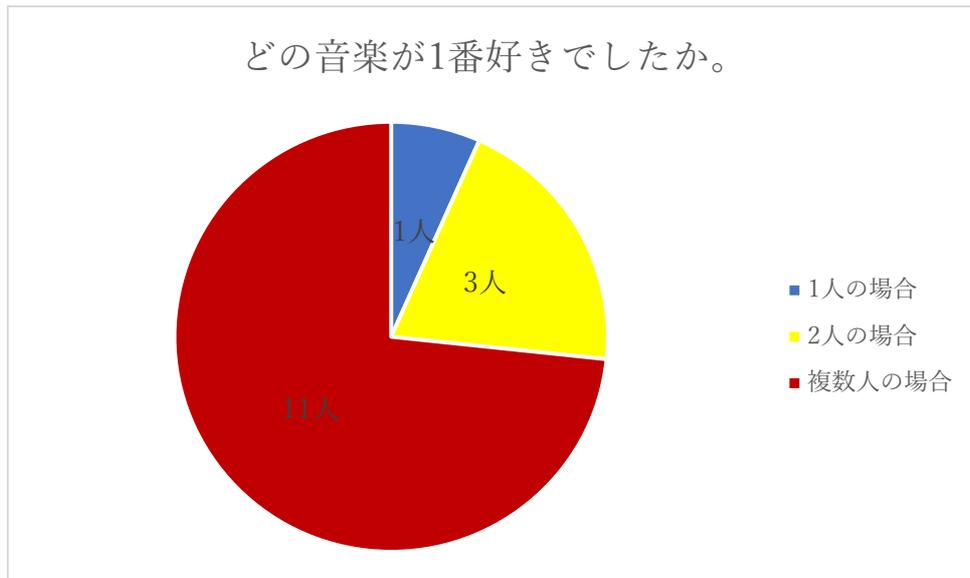


図 19 Public Ambient Music の人数に対する回答

また、インタビューから得られた回答をまとめると、以下のようなになった

#### シナリオについて

- 日常というより非日常である。遊園地など、エンターテイメントを必要とする場面で使うものだと思う。
- 音楽をつくるということが、音楽の知識がないとハードルが高い。
- アンビエント性を持たせなくても、街中で BGM は流れているので、気にならないと思う
- 1人ではやりたくない。
- 音を鳴らすのが目的だとつまらない、なにか別の目的がほしい。

#### システムについて

- 自分がどの音かわからない。
- 音色が欲しい。楽器のような音色のほうが聴き慣れているし楽しい。
- リズム、音の長さの変化がほしい。
- 数分で飽きる。
- 不協和音が気になる人もいたが、音色がカラフルだと気にならないと思うという意見や、特に気にならないという意見が多かった。
- 音が多すぎると(人数が増えすぎると)ごちゃごちゃするから嫌だ。
- 自分の聞こえている音楽と、他の人が聞こえている音楽は同じである方がいい。音色が増えるとしたら、固有の音色が割り当てられる方が良い。

### 3.2.5 考察

まず、シナリオを読んだところ、大多数がエンターテインメントであり非日常であるという意見を述べた。パブリックアートの認識の薄さと、音楽とのインタラクションをパブリックアートとして扱うことの難しさを感じた。その中で、ショッピングモール等、街中で普段からBGMが流れている状況に置かれているという指摘を受けた。このBGMは、パブリックアートではないが、人は日常的に音楽の流れる状況をアンビエントに受け入れていることがわかった。この時のBGMはアンビエントミュージックに限らないため、アンビエントミュージックでなくともアンビエントに状態を受け入れられるという意見を得た。システムの利用面に関しても、音色がほしいという意見から、楽器のようなはっきりとした音色を好む人が多いという結果が得られたため、このシステムにおいても、アンビエントミュージックである必要はないと考えられる。しかし、公共の場で一般的な音楽を流す場合、好みやその音楽に付随する意味も個人によって違うと考えられるため、ニュートラルな立場を保てるといった意味でアンビエントミュージックを使用する意味はあると考える。

システムを複数人で扱うことへの懸念に関しては、複数人でシステムを使う方が音楽らしく、複数人でシステムを使う場合が1番好きだと答える人が多かったため、シナリオの使用方法と同様に、複数人で使用することが可能だと考えられる。ただし、自分の音がわからないという問題点から、システムに触れていて楽しかったかどうかは2人でやる場合が1番良い結果を得た。これを解決するために、音色を複数つくったり、音の聞こえる方向が変化したりといった方法が考えられる。

## 4. ガイドラインの作成

### 4.1. ガイドラインの概要

関連研究で述べた、アンビエントメディアにおける分類と、アンビエントな情報提示システムに関する分類の軸から、音楽を日常に取り込むシステムを作成するためのガイドラインを作成する。

第3章で述べた実験結果から、日常に取り込む音楽はアンビエントミュージックである必要はないということ、情報をどのように音楽と結びつけるかを考える必要があるということを考えて、ガイドラインを作成した。作成したガイドラインは次のようになる。

聞く内容		選択項目											
Ambient Mediaの分類から引き継いだもの	表現の対象は誰か？	Public			Community			Personal					
	情報の取得方法	デバイスの必要ないもの				センサデバイスが必要なもの			入力デバイス				
		環境情報		個人情報									
出力デバイス	スピーカー			ヘッドホン			その他						
音楽の情報で付け加えるもの	何の変化を情報とするか		観測したデータ			データを分析し、複数の状態を定義したもの			1つの状態を設定し、その状態に近いかどうかを数値化したもの				
	情報をどの音楽の要素と結びつけるか	音楽を1からつくる場合	音楽自体をつくる				ある条件を加えて音楽をつくる			つくられた音楽に変更を加える			
			音階	リズム	音色	その他	コード進行	全体的な調・高さ	その他	テンポ	立体音響	音量	その他
		既存の音楽を変化させる場合	音楽全体に変更を加える				音楽の中身に変更を加える						
		テンポ	立体音響	音量	その他	音の付与	音色	立体音響	その他				

表 5 音楽を日常に取り込むシステム作成に関するガイドライン

上3つの項目は、アンビエントメディア [16]の分類を用いたので、詳細は第2章に記してある。ここでは、下の、音楽の情報で付け加えるものの詳細を説明する。

まず、アンビエントな情報提示システムの分類 [17]で用いた、4つの軸の要約を再掲する。

①情報の容量：表現する情報の数。空間と時間とトレードオフの関係にある

②通知のレベル：どれだけユーザの邪魔をするか。アンビエント性。違和感なく邪魔ができれば、このレベルが高くても問題ない。

③表現の忠実度：情報をどの程度抽象化して変換するか。文字に変換するか、アイコンに変換するか、といったもの。レベルが低いと抽象的になる。

④美の強調度：どれだけ美意識を重視するか。どれだけ綺麗であることを意識するか。主観的な問題。

今回、この①～④に注目して、音楽の情報を提示するにあたって付け加えたものを以下に示す。

### 何の変化を情報として結びつけるか

これは、取得したデータをどのように表示していくかを考えたもので、情報の容量との関係性が高い。情報の容量と美の強調度はトレードオフの関係にあると言われているので、項目を選択する際にはその関係性も考える必要がある。

#### 1. 観測したデータをそのまま情報とする

システムがデータを解析せずに提示するので、ユーザが提示された情報を解釈する。情報の容量のレベルは高いが、その解釈が複雑になる。

ex. テーブルの上の物体がどこにあるかをそのまま表示する

#### 2. データを分析し、複数の状態を定義したものを情報とする

システムがデータをある程度解析して提示し、ユーザが情報を解釈する手助けをする。情報の容量は1よりレベルが下がる。

ex. テーブルの上の、散らかっている、綺麗、端にもものがあって落ちそう、一箇所にものが固まっている、といった全体の状態を表示する。複数の状態がある場合は、重要な状態だけ表示したり、全部の状態を表示したり、ケースバイケースとなる。

#### 3. 1つの状態を設定し、その状態に近いかどうかを数値化したものを情報とする

システムが1つの情報だけを解析して提示し、ユーザは情報を受け取るだけで判別ができる。情報の容量のレベルは低く、単純な情報となる。

ex. テーブルの上を片付けることが目標だとすると、その状態にどの程度近づいたかどうかを表示する。

## 情報を音楽のどの要素と結びつけるか

これは表現の忠実度と関係する。音楽の変化で情報を提示する時点で、表現の忠実度は低めとなる。しかし、音楽を1からつくる場合と、既存の音楽を使う場合によってこのレベルは異なると考える。音楽を1からつくる場合、表現の幅が広がるので、音楽のつくり方によっては再現度があがり、表現の忠実度を高くすることができる。既存の音楽をつかう場合は、既存の音楽の雰囲気を変えずに変化させる必要があるため、表現の忠実度は低いままとなる。またこの項目は複数選択が可能である。表現の忠実度と美の強調度もトレードオフの関係にあるので、その関係を意識して項目を選択する必要がある。それぞれの音楽の要素を分類して羅列する。

### 5. 音楽を1からつくる場合

- 音楽自体をつくる
  - 音階の変化
  - リズムの変化
  - 音色の変化
  - その他
- ある条件を加えて音楽をつくる
  - コード進行の変更
  - 全体的な調・高さの変化(転調)
  - その他
- つくられた音楽に変更を加える
  - テンポ
  - 立体音響
  - 音量
  - その他

### 6. 既存の音楽を変化させる

- 音楽全体に変更を加える
  - テンポ
  - 立体音響
  - 音量
  - その他
- 音楽の中身に変更を加える
  - 音の付与
  - 音色
  - 立体音響
  - その他

このガイドラインがどの程度音楽を用いたシステム作成に貢献することができるか、ワークショップを行って結果を考察した。

## 4.2. ワークショップ

作成したガイドラインが適切なものであるかを確認するため、ガイドラインを作成した。ワークショップには、第3章の実験に参加した、女性2人、男性14人の計16人が、2~4人1組となって参加した。年齢は、20~25歳の平均22.7歳である。ワークショップの流れは以下のようになっている。

### 1. ワークショップについての説明(10分)

#### 1. 実験でやったことの振り返り

Ambient Table と Public Ambient Music の振り返りを行った。

#### 2. これからやることの説明

### 2. 作成するシステムで解決したい問題の決定(5分)

今回はシステム概要の作成がメインだったので、システムで解決する問題はこちらで用意し、その中から選択してもらった。今回、音楽を聴いていることにより生じた問題と、視界が制限されていたために生じた問題の2種類の問題をそれぞれ2つずつ提示した。提示した問題を以下に示す。

- 音楽を聴いていて、メールの通知がたくさん来ていることに気づけなかった
- 音楽を聴いていると、同僚や家族の会話を聞くことができず、身近な人の状況(外出状況、体調等)を知ることができなかった
- 作業をしていて、窓の外で雨が降っていることに気づけなかった
- 時計を見ていると相手に失礼になるので、何時間上司の話を聞いているのかわからなくなった

### 3. ガイドラインを利用せずに、システムの概要を決定、シナリオ作成(10分)

はじめに、ガイドラインを利用せずに、話し合いによりシステムの概要とシナリオを作成してもらった。

### 4. ガイドラインを利用してシステムの概要を決定(30分)

#### 1. ガイドラインの説明

4章1節で述べたガイドラインの概要を説明した。

#### 2. ガイドラインを使ってシステムの概要を決定、シナリオ作成

先ほどガイドラインを利用せずに作成したシステムの概要とシナリオ作成を、ガイドラインに1つずつ当てはめていく事でブラッシュアップを行ってもらった。

## 5. アンケート(5分)

ただし、それぞれの時間配分は、グループのアイディアの進み具合により前後した。  
また、ここで利用したアンケートの内容は以下のようになっている。

質問 番号	質問内容	選択肢	備考
Q1	作成したシステムの概要に満足していますか.	1:していない~5:している	ガイドラインを使用しない場合・ガイドラインを使用する場合の両方において質問した
Q2	作成したシナリオに満足していますか.	1:していない~5:している	
Q3	ガイドラインの内容は理解できましたか.	1:できなかつた~5:できた	
Q4	ガイドラインはシステムの概要やシナリオを作成するのに役立ちましたか.	1:役立たなかつた~5:役立った	
Q5	ガイドラインで役に立った項目はなんですか(複数回答可).	表現の対象・情報の取得方法・出力デバイス・何の変化を情報とするか・情報をどの要素と結びつけるか・特になし	
Q6	ガイドラインで役に立たなかつた項目はなんですか(複数回答可).	表現の対象・情報の取得方法・出力デバイス・何の変化を情報とするか・情報をどの要素と結びつけるか・特になし	
Q7	何か感想や思ったことがあれば記入してください	自由回答	

表 6 ガイドラインのワークショップで用いたアンケート

### 4.3. ワークショップの結果

実際に作成したシナリオは、考察で触れながら述べるとして、この節ではアンケートの結果を提示する。

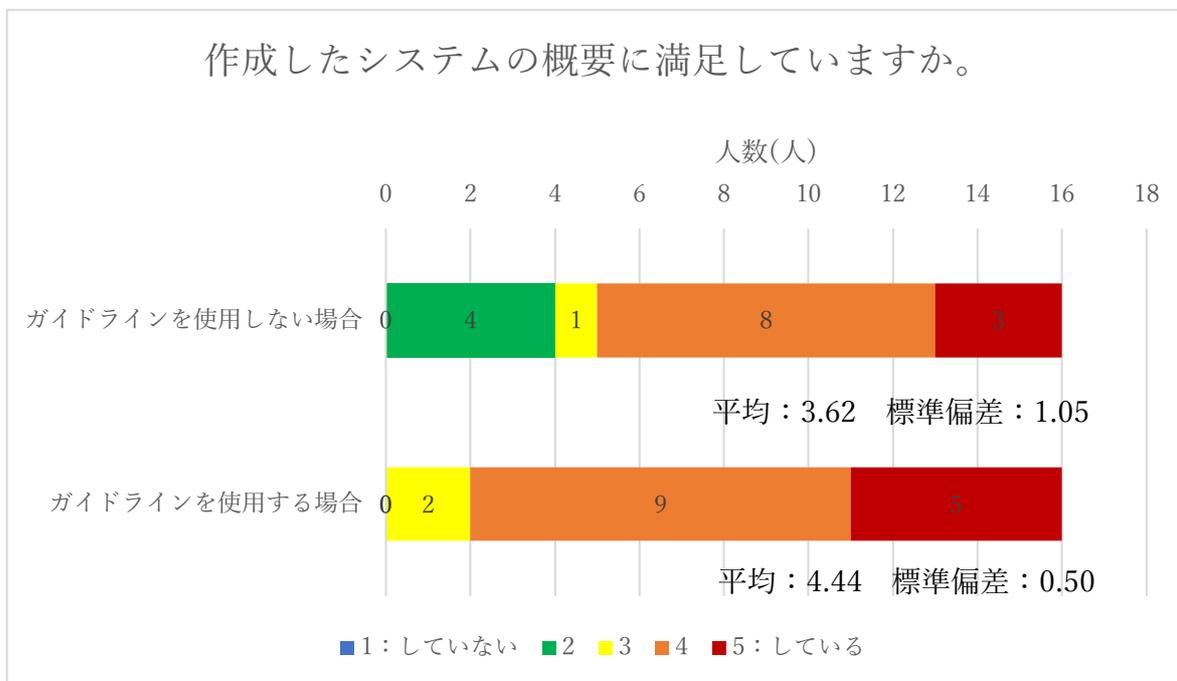


図 20 作成したシステムの概要の満足度

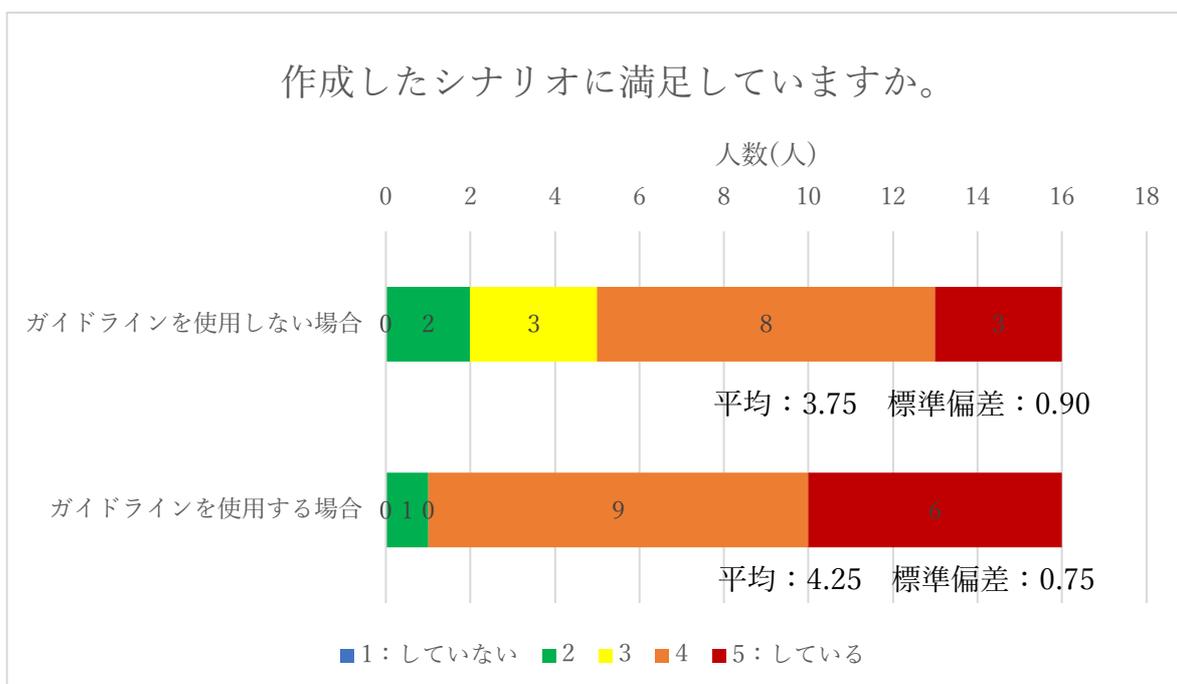


図 21 作成したシナリオの満足度

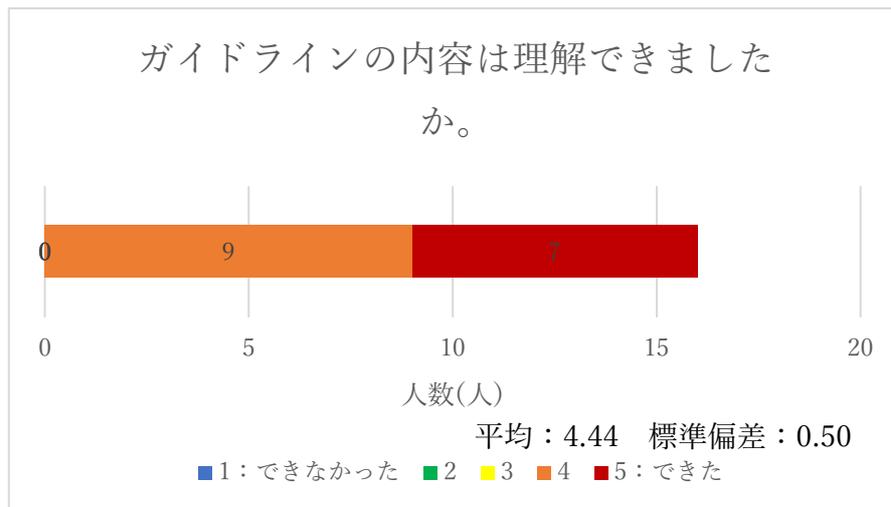


図 22 ガイドラインの内容の理解度

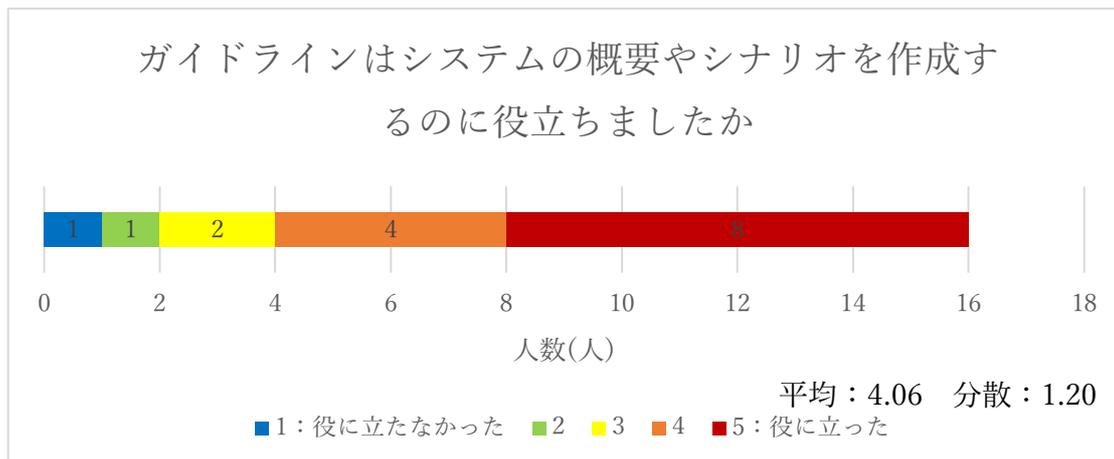


図 23 ガイドラインが役に立ったかに関する回答

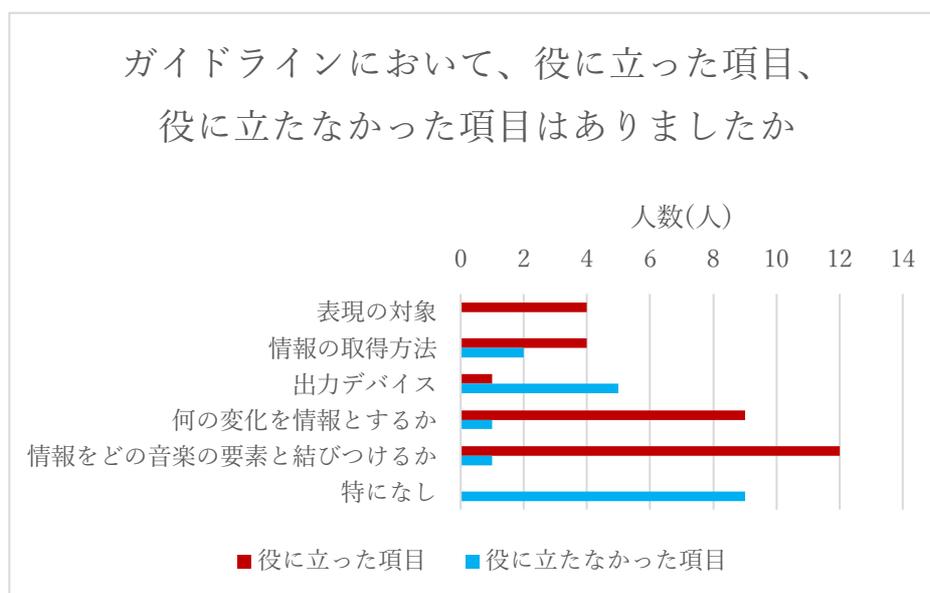


図 24 ガイドラインの項目が役に立つかどうかに関する回答

何か感想や思ったことがあれば記入してください
ガイドラインは状況の整理には役立ったと思います
アンビエントメディアに関して曖昧であった部分の理解が多少深まりました。
なんの変化を情報とするかの分析という単語の使い方に曖昧さがありあまりこのパラメーターが優位に働いてるとは感じなかった。
アンビエントを考えながらシナリオ作成するというのが難しかったと思います。
ガイドラインがあることによってシステムの概要について整理できて便利だった。
ガイドラインの項目でどちらとも分けづらい項目があるので、その違いをなるべく分かりやすくしたら更にすんなり適用できそう。
結果は変わらなかったが、ガイドラインによって選択肢を得られたので役に立ったと思います。
ガイドライン無しでシステムを考えた時とガイドライン有りでシステムを考えたときで思考のプロセスはあまり変わらなかったのかなという印象。あとどのような人がガイドラインを使うのかがもう少しはっきりしているとよかった(ある程度このようなシステムを作った経験があるのか、音楽の知識はどの程度あるのか等)。
同じ物を作るとしても、手順が示されることで納得して進めていくことができました。シナリオの具体的想定を考える際も、ガイドラインなしにやるより具体的に想像しやすかったです。

表 7 ガイドラインを用いたワークショップの感想

## 4.4. 考察

結果として、ガイドラインを使用する前後におけるシステムの概要・シナリオには大きな差が見られなかった。差として現れたものは、2回目の話し合いであるために内容が膨らんだ結果であったり、アンビエントメディアへの理解が深まったために内容が変更されたりしたものが多かった。しかし、アウトプットは変化が少ないが、ガイドラインを利用することで話し合う内容が明確になり、5グループ中4グループは1からシステムの概要やシナリオを考え直す様子が見られた。システムの概要やシナリオの満足度も、ガイドラインを利用したほうが高くなっている。

その中でも、3グループにおいてガイドラインによる共通の変更が見られた。それは、「表示する対象」を意識することで、使用する音楽や音楽の変化方法が変更されたことである。雨が降っていることに気づけなかったことを解決しようとしたグループは、雨がふったことを知らせるために、雨音を音楽としてリミックスしたものを流すことを考えていたが、考えたシナリオから、コミュニティを対象としたシステムであり、システムの利用方法を前もって伝えればいいことに気がついたので、音楽の変化方法を、雨音を付け足す形から、音楽の演奏方法が変更されていく形に変更した。また、同様に雨が降っていることに気づけなかったことを解決しようとした他のグループは、雨を知らせるシステムであるため、雨の日に聴くような音楽を流すことを考えていたが、考えたシナリオがコミュニティを対象としているため流す音楽の制限をなくした。時間がわからないことを解決するシステムを考えていたグループは、30分ずつ音楽が変化するという方法を利用していたが、考えたシナリオが、会議中にパーソナルで使うものであることに着目し、「何の情報を変化とするか」の項目を参考にして、会議の終了時間に近づくにつれ音楽が変化するという形にシステムを変更した。音楽は、その人によって感じ方が変わってくるので、このように表現対象によってはシステムの教育ができるということに気づくことは有意義であったと考えられる。

「出力するデバイス」の項目は、アンケート結果をみると役に立たないと判断した人が多いが、ガイドラインを使用する前では全グループが出力デバイスに言及することがなく話し合いを続けていたので、この項目があることで話し合いの前提を見直すことができたと考えている。

また、ワークショップの様子からは、音楽を対象とするために新しく付け足した項目に関しては、あまり有意義であるということが感じられなかったが、アンケート結果によると、新しく付け足した項目は役に立ったと答えている人が多く、感想にもあるように、選択肢が与えられることで、自身のアイデアを納得して提示することができたと考えられる。

しかし、「何の情報を変化とするか」に関しては、それぞれの選択肢の違いがわからないといった声や、単語が曖昧という意見が得られたので、選択肢の内容や言葉を考え直す必要があると感じた。

また、「情報をどのように音楽を結びつけるか」の項目に関しては、既存の音楽を変化させる方法として、ボーカルの有無やボーカルの言語の変更という意見が得られた。このアイデアは選択肢としてその他を選択することになってしまう。その他を選ぶ事がなくなるよう、1つ1つの要素を全て羅列するには、音楽に関する知識と、多くの人のアイデアを必要とする。解決方法として、この項目は、1つ1つの要素を並べるのではなく、要素をグループ分けして、そのグループの中で各々が変化方法を考えてもらうという方法を考えた。しかし、選択肢があたえられることで納得ができるという意見からも、ガイドラインを多くの人につかってもらうことで要素を増やしていく方法をとるべきだと感じた。

最後に、用意した問題点が問題であると感じられないという意見や、シナリオの作成が難しいという意見を得たことと、ワークショップ中にも作成するシステムの背景に関する質問が多く寄せられたことから、システム作成の手助けとしては、ガイドラインは役に立つが、システムを使うシナリオの面では支えられていないということがわかった。ガイドライン自体はシステムの作成を手助けするものではないが、シナリオを考えることの難しさがシステムの概要を考えることの難しさにつながっていたことから、背景をさらに固めた問題を用意した上でワークショップを行うべきだという反省点が得られた。

## 5. 結論

本研究では、意識の度合いを変えながら、音楽と日常的にインタラクションすることで音楽に新しい価値を見出し、日常的に音楽を使用する場面が増えることを最終目標としている。それに向けて、まず、音楽と日常的にインタラクションする上で必要となることや考えるべきことの指標となるものを提示することを目標とする。

今回は、新しい価値として考えられるものを、情報提示とアートに絞り、ケーススタディとして2つの簡易的なシステムを作成した。1つめのシステムは、Ambient Table という、テーブルの上の状態を音楽の変化によって表すシステムである。2つめのシステムは、Public Ambient Music という、公共の場に存在するアートとして音楽を用いたシステムである。この2つのケーススタディから、日常的に音楽とインタラクションするために意識すべきものは何か、評価実験を通してアイデアを収集した。評価実験の結果、音楽の変化が日常の行動を邪魔することは少なく、アンビエントであるために不協和音を生み出すより、楽しい音楽を聴きたいという意見から、アンビエントミュージックにこだわらずに多種多様な音楽を利用した方がいいという結果が得られた。また、音楽の変化と情報のマッピングの要素が多いとわかりにくく、音楽らしさも失われるという意見から、場面によって取得した情報と音楽の変化をどのように結びつけるか考えることが大切であるという結果を得た。

ケーススタディで得られた結果を取り入れて、音楽を日常的に使用するシステムを作成するためのガイドラインを作成した。このガイドラインの実用性から、日常的に音楽とインタラクションする際に必要な項目を考える。そのために、このガイドラインを使い、音楽を使って日常の課題を解決するためのシステムを考えるワークショップを行った。ガイドラインを使う前と後では、得られたシステムの概要やシナリオには大きな差は見られなかったが、ガイドラインの項目を踏まえてシステムを考え直す様子や、項目によってシステムの変更を行う様子が見られた。また、アンケート結果から、音楽のシステムをつくるにあたって作成した項目も役に立つという結果が得られた。よって、ガイドラインで示した項目は、音楽と日常的にインタラクションすることを考えるにあたって有用な要素であったと考えられる。

これらの結果から、意識を変化させながら音楽と日常的にインタラクションするためには、アンビエントミュージックである必要はないと考えられる。しかし、公共の場では、音楽に対する好みや特定の意味を与えることがないよう、ニュートラルな立場をとれるという意味でアンビエントミュージックの可能性を考えることはできる。また、インタラクションするために考察すべき項目として、アンビエントメディアを考えるにあたって必要な要素に加え、取得した情報を分析する要素や音楽を変化させる要素が必要だと考えた。

ここまでは、日常的に音楽とインタラクションすることに注視していたが、ケーススタディやワークショップの結果から、新しい価値を見出すにはシナリオを明瞭に決める必要があると考えられた。よって、将来課題として、どのようなシナリオが新しい価値

を見出すことができるのか考える必要がある。そのために、新しい価値を見出せるような複数のシナリオを考え、その中での共通点を見出してシナリオを考える上での指標を立てるべきである。

## 6. 参考文献

- [1] Christoph Cox, Daniel Warner, Audio Culture Readings in Modern Music, Continuum, 2004.
- [2] Mark Weiser, “The Computer for the 21st Century.,” Scientific American 265(3):94-104, 1991.
- [3] “ Ubicomp 2018, ” 2019 年 1 月 23 日 アクセス . Available: <http://ubicomp.org/ubicomp2018/>.
- [4] Saskia Bakker, Karin Niemantsverdriet, “The interaction-attention continuum : considering various levels of human attention in interaction design,” International Journal of Design, 2016.
- [5] Hiroshi Ishii, Brygg Ullmer, “Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms,” Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human factors in computing systems:234-241, 1997.
- [6] Andrew Dahley, Craig Wisneski, and Hiroshi Ishii, “ Water Lamp and Pinwheels: Ambient Projection of Digital Information into Architectural Space,” CHI Conference Summary, 1998.
- [7] Pengcheng An, Saskia Bakker, Sara Ordanovski, Ruurd Taconis, Berry Eggen, “ClassBeacons: Designing Distributed Visualization of Teachers’ Physical Proximity in the Classroom,” Proceedings of the 12th International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction:357-367, 2018.
- [8] JJ Cadiz, Gina Venolia, Gavin Jancke, Anoop Gupta, “Designing and Deploying an Information Awareness Interface,” Proceedings of the 2002 ACM conference on Computer supported cooperative work, 2002.
- [9] Maarten van Dantzich, Daniel Robbins, Eric Horvitz, Mary Czerwinski, “Scope: Providing Awareness of Multiple Notifications at a Glance,” Advanced Visual Interfaces 2002, 2002.
- [10] Chia Chi Mao, Kao Hua Liu, Wen Ching Chiu, Chih-Lung Lin, Chien-Hsu Chen, “CityCell: An Interactive OLED lighting system in Public Space,” Proceedings of the 3rd International Conference on Communication and Information Processing: 490-494, 2017.
- [11] Florian Heller, Johannes Schöning, “NavigaTone: Seamlessly Embedding Navigation Cues in Mobile Music Listening,” Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2018.
- [12] 日本交通文化協会, 公益財団法人, “パブリックアートの普及・復興,” 2019 年 1 月 23 日アクセス. Available: <http://jptca.org/publicart/?id=art0>.
- [13] Tim Hall, Iain Robertson, “Public Art and Urban Regeneration: Advocacy, claims and

- critical debates,” *Landscape Research*, Volume 26, 2001 - Issue 1, 2010.
- [14] 木下祐紀子, “情報提示方法としての VR 音響の導入に関する考察,” 早稲田大学基幹理工学部情報理工学科卒業論文(未公刊), 2017.
- [15] Yukiko Kinoshita, Tatsuo Nakajima, “Making Ambient Music Interactive Based on Ubiquitous Computing Technologies,” *Ambient Intelligence - Software and Applications -*, 9th International Symposium on Ambient Intelligence :199-207, 2018.
- [16] Gushima Kota, Yukiko Kinoshita, Tatuso Nakajima, “Pervasive smart objects: A framework for extending services using smart objects,” NonPublished, 2019.
- [17] Zachary Pousman, John Stasko, “A Taxonomy of Ambient Information Systems: Four Patterns of Design,” *Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces:67-74* , 2006.
- [18] 一般社団法人 音楽電子事業協会 , MIDI 1.0 規格書, 一般社団法人 音楽電子事業協会, 1998.
- [19] Samuel Aaron, Alan F. Blackwell, “From Sonic Pi to Overtone: Creative Musical Experiences with Domain-Specific and Functional Languages,” *Proceedings of the first ACM SIGPLAN workshop on Functional art, music, modeling & design*, 2013.
- [20] Collins, N., McLean, A., Rohrhuber, J. and Ward, A, “Live Coding in Laptop Performance,” *Organised Sound* Vol.8, No.3, pp.321-30, 2003.
- [21] Matthew Wright, *Open Sound Control: an enabling technology for musical networking*, *Organised Sound An International Journal of Music and Technology*, Cited by 48 Access Volume 10, Issue 3:193-200, 2005.
- [22] NORTH, “Welcome to Myo Support,” 2019 年 1 月 24 日アクセス. Available: <https://support.getmyo.com/hc/ja>.
- [23] Puckette, Miller, “Pure Data,” *Second Intercollege Computer Music Concerts*, 1996.

## 7. 謝辞

今回の研究に関して、動き出しが遅い私に対応していただき、研究の指導をしてくださった中島達夫教授に多大なる感謝の意を表したいと思います。また、研究が行き詰まった時に必ず相談に乗ってくださり、研究計画や論文作成の手伝いをしてくださった同研究室の具島航太氏、実験の協力や日々の生活を支えてくださった同研究室の皆様から感謝します。