

# 卒業論文

## 後方の音環境を可視化するユーザインタフェース

公立はこだて未来大学  
システム情報科学部 情報アーキテクチャ学科  
情報システムコース 1016035

松野 竜也

指導教員 岡本 誠

提出日 2020年1月28日

### BA Thesis

## User Interface to Visualize the Sound Environment Behind

by

Tatsuya Matsuno

School of Systems Information Science, Future University Hakodate  
Information Systems Course, Department of Media Architecture

Supervisor: Makoto Okamoto

Submitted on January 28, 2020

## **Abstract**

Hearing impaired people often rely on visual information because it is difficult to recognize auditory information. Therefore, it is difficult to recognize the situation behind. A user interface (hereinafter referred to as UI) that perceives many sound environments has been developed. However, there are few UI studies that perceive the visual environment of blind spots. In interviews mainly for people with hearing impairments, there were many opinions that they wanted to notice people running behind and bicycles. It was found that perception of the situation behind is an important theme for the hearing impaired. In this study, we develop a new sensory substitution device for the user to perceive the backward situation. We construct a UI that allows the user to feel the change in the sound environment behind the sight, conduct an evaluation experiment to see if the sound behind the sound can be noticed, and verify the hypothesis.

**Keywords:** Hearing impaired people, Perception, User interface, Backward Situation

## **概要 :**

聴覚障がい者は聴覚情報を認識することが難しいため、視覚情報に頼る場合が多い。そのため後方の状況を認識することは難しい。これまで聴覚障がい者のための多くの音環境を知覚するユーザインタフェース（以下、UI）の開発がされている。しかし、視覚の死角である人の後方の音環境を知覚する UI 研究は少ない。主に聴覚障がい者を対象としたインタビューでは、後方でランニングしている人や自転車を気づきたいとの意見が多かった。聴覚障がい者にとって後方の状況を知覚することは重要なテーマであることがわかった。本研究では、ユーザが後方状況を知覚することを目的とした新たな感覚代行装置の開発を行った。後方の音環境の変化を視覚を用いて感じさせる UI を構築し、後方の音に気づくことができるか評価実験を行い、仮説の検証を行った。

**キーワード :** 聴覚障がい者, 知覚, ユーザインタフェース, 後方状況

# 目次

第1章	序論	1
1.1	研究背景	1
1.2	問題意識	3
1.3	研究目的	4
1.4	カリキュラムポリシー	4
第2章	関連研究および関連製品	5
2.1	関連研究	5
2.2	関連製品	7
2.3	まとめ	9
2.4	関連研究と比較した本研究の位置付け	9
第3章	研究のすすめ方	10
3.1	インクルーシブデザイン	10
3.2	プロトタイピング	10
第4章	研究プロセス	12
4.1	概要	12
第5章	要求の探索	13
5.1	概要	13
5.2	ユーザ調査	14
5.3	アイデア提案	14
5.4	アイデア評価	19
第6章	提案：KEHAI	21
6.1	プロトタイプ	21
6.2	最終提案物	23
6.3	KEHAIのシステム	24

第7章	評価実験	25
7.1	予備実験 . . . . .	25
7.2	本実験 . . . . .	29
7.3	被験者 . . . . .	29
7.4	実験環境 . . . . .	29
7.5	実験装置 . . . . .	30
7.6	実験条件 . . . . .	31
7.7	実験の手続き . . . . .	33
7.8	実験結果 . . . . .	34
第8章	考察	36
8.1	KEHAI を用いての後方の音環境認識について . . . . .	36
8.2	健常者と聴覚障がい者それぞれの音についての関心について . . . . .	37
8.3	KEHAI を用いての後方における音環境認識の有効性について . . . . .	37
8.4	KEHAI を用いての後方における音環境認識の課題について . . . . .	38
第9章	結論	39
9.1	本研究のまとめ . . . . .	39
9.2	今後の展望 . . . . .	39
	参考文献	41

# 第 1 章

## 序論

本章では，本研究における背景や問題意識，目的，カリキュラムポリシーについて説明する。

### 1.1 研究背景

日本では，聴力レベル（難聴の程度）70dB 以上から身体障害者手帳の交付ができる。ここで述べている聴力レベルとは，その人に聞こえるもっとも小さい音の大きさであり，純音や語音を用いて測定する。身体障害者手帳の交付を受けている聴覚障がい者は，全国で約 36 万人いる。しかし，国連の世界保健機構（WHO）では“41dB から補聴器の装用が推奨される”とされており，この基準に基づく聴覚障がい者は 600 万人にのぼるとみられる [1]。

聴覚障害者における等級の程度は身体障害者福祉法によって定められている（表 1.1）。聴覚障害のみの場合は，最も重度なものでも障害者程度等級は 2 級までとなる [2]。ろう者は，言語障害が加わると，1 級に認定される場合がある。

表 1.1 身体障害者福祉法における聴覚障害者の程度等級 [3]

等級	判定基準
1 級	
2 級	両耳の聴力レベルがそれぞれ 100dB 以上のもの（両耳全ろう）
3 級	両耳の聴力レベルが 90dB 以上のもの
4 級	1. 両耳の聴力レベルが 80dB 以上のもの 2. 両耳による普通話声の最良の語音明瞭度が 50 % 以下のもの
5 級	
6 級	1. 両耳の聴力レベルが 70dB 以上のもの 2. 一側耳の聴力レベルが 90dB 以上，他側耳の聴力レベルが 50dB 以上のもの

聴覚障がい者にはいくつかの種類が存在する。聴覚障がいになった時期によって先天的や後天的に分類される。主に聴覚障がい者は3種類に分類され、中途失聴者と難聴者、ろう者に分類される [4]。「ろう者」とは、医学的な基準では両耳の聴力が100dB以上の最重度聴覚障害を持つ者を指すが、一般的には音声言語を取得する前に失聴した「日本手話」を第一言語として用い「ろう文化」を持つ者を指す。聴覚障がい者は、私たち健常者が普段耳にするような音を得られない生活を行っている。以下、聴覚障がい者全般を指す場合は「聴覚障がい者」を、ろう者のみを指す場合は医学的な基準から「ろう者」と表記する。

聴力は30歳代から低下し始め、加齢とともに徐々に聴覚機能が減退し、65歳を過ぎると「高齢者難聴」の人口割合が急激に増加する。立木らは30代から70代までの正常な聴力者を対象とし、年齢の二次式に基づいて2kHz、4kHz、8kHzにおける純音聴力閾値上昇の平均値を算出し、年齢と聴力の関係を指数関数を用いてモデル化した [5]。図 1.1 では、立木らのモデルを用いて年代別の聴力の損失を計算したものである。

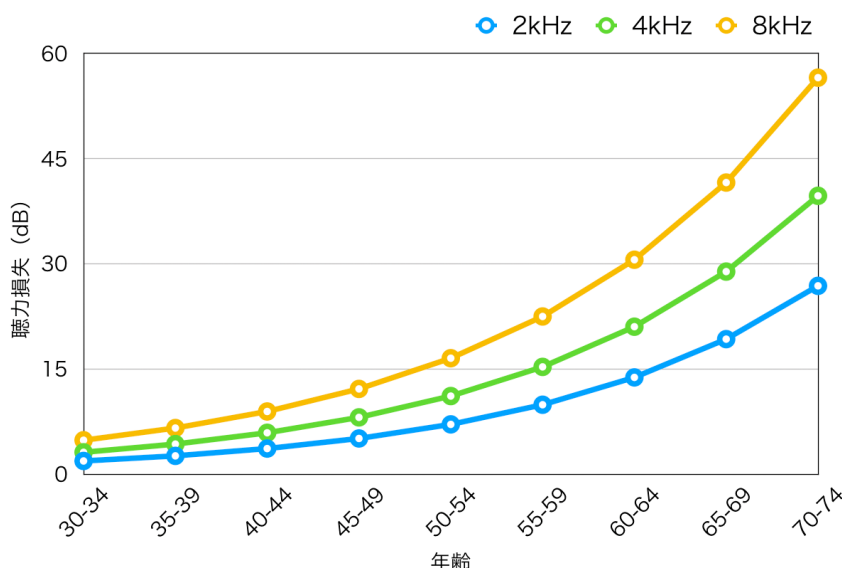


図 1.1 年齢による聴力の変化（立木らのモデル [5] により算出）

金沢市で実施された1万5千人以上の高齢者（65歳から74歳まで）を対象とした一般検診では、65～66歳の40.0%、73～74歳の66.8%が高音障害型の感音性難聴と診断されている [6]。現在の日本における高齢化事情として、総人口に占める65歳以上の割合は（高齢化率）は27.7%より、今後も少子高齢化が進行すると考えられる。今後も少子高齢化が進行する現代では高齢化が原因であったり、他にも病気や事故などが原因で難聴者や中途失聴者も含む聴覚障がい者は増加すると考えられる [7]。

私たち健常者は、日常的に音の認識を行うためには聴覚を用い、色の認識を行うために視覚を用いる。このように健常者は様々な感覚を用いて環境認識を行なっている。しかし、聴覚情報を認識することが難しかったり、認識できない聴覚障がい者は主に視覚情報に頼る場

合が多い。視覚情報が得られない状況下では環境の認識を行うことは困難である。私たち健常者は普段生活の中で、聴覚情報を両耳で知覚し役立てている。例として、他者から声をかけられればその方向に振り向くことができる。また、後方から迫る自動車や自転車の走行音、警告音、救急車などのサイレンを察知することで危機回避に繋げている。しかし、後方から迫る音を知覚できないろう者は、すぐそばを自転車に追い抜かれ驚いたり、自転車に気づかずぶつかってしまうことがある。健常者は後方の音を知覚できるため、自転車に気づくことは容易であるが、ろう者にとっては難しい。そのため、ろう者が健常者と同じような生活を行うために、後方の音環境を知覚することは重要なことであると考えられる。

## 1.2 問題意識

障がい者が健常者と同じ生活ができないことが問題と挙げられる中で、その問題を解決するために感覚代行という手法がある。感覚代行について斎田らは、障害などで損なわれた感覚の機能を、残された感覚で代行することを感覚代行と定義している [8]。斎田らは感覚代行の例として、視覚障害者が点字で読書をしたり、聴覚障害者が手話で会話をする 것도感覚代行の一つと述べている。前者は視覚の機能である読書を触覚で「代行」しており、後者は聴覚の機能である会話を視覚で「代行」していると考えることが出来る。

このような感覚代行を用いることで、多くの UI 研究・開発が行われている。聴覚障がい者向けの UI 研究・開発の現状として、現状では多くの聴覚障がい者向けで音を知覚する UI は存在する。しかし、主に包囲的に音を感じる UI 研究が多く存在するが、後方だけと言った特定の方向のみの音環境を知覚する UI 研究は少ない。

聴覚障がい者にとって後方の音環境を知覚することは難しい。後方の音環境を知覚できないことで自転車や車、ランニング中の人などの多くの危険に晒される場合がある (図 1.2)。しかし、その危険な場面に遭遇したとしても、危険に晒されているということに気づかなければ意味がない。危険に遭遇する前に「気づく」というフェーズが重要であると考えられる。後方状況に気づくことができれば、危険と感ずるというフェーズに移れると考えられ、聴覚障がい者にとって後方の音環境に気づかせることでは重要であると考えられる。

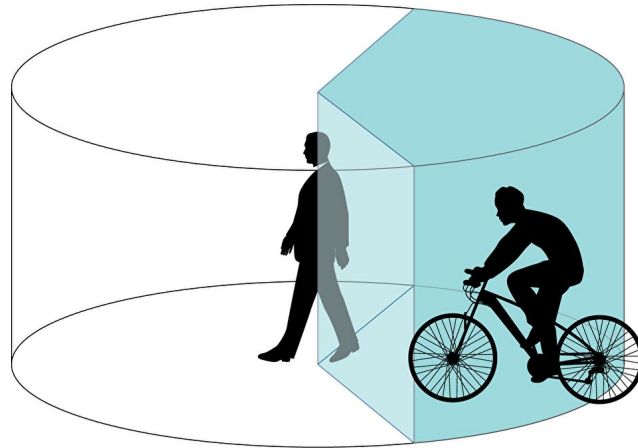


図 1.2 聴覚障がい者の死角から接近する自転車

### 1.3 研究目的

本研究では、ろう者を対象とし、後方の音を可視化するメガネ型の UI を提案し、その効果を検証する。この研究の目標はろう者が自分の後方の音環境を知覚し、後方の状況を認識するきっかけを作ることである。期待される効果として、後方における発音体の有無や後方の音量の変化、後方における音源の方向、後方における音のリズムなどが弁別できると考えられる。評価実験では先ほど述べた効果の検証を行う。

### 1.4 カリキュラムポリシー

情報システムコースにおける本研究の位置づけとして、安心・安全・快適な情報社会を支援する観点から、聴覚障がい者の安心・安全・快適な生活を支援することに取り組む。多くの聴覚障がい者が生活する現代で、情報技術を活用した UI の開発は急務である。聴覚障がい者にとって効率性と信頼性を考慮した情報システムの実現とを目指し制作を行う。



## 第 2 章

# 関連研究および関連製品

この章では、関連研究および関連製品について述べるとともに、それに対比させて本研究の位置づけを明確にする。

### 2.1 関連研究

#### 2.1.1 環境音の可視化によるろう者の環境認識 (Circum)

高宮らは、内蔵したマイクロホンで拾った環境音からの聴覚情報を視覚情報によって反映する腕時計型のユーザインタフェースのコンセプトを提案している [9]。音源に対応した円は、「方向・移動・距離感」を反映して動作することが想定されている。また、ろう者にとって音源の「方向・移動・距離感」の情報を視覚化することが有効であると述べられている。騒音の多い街中や静かな夜道等の多様な空間での利用も有効に働くような工夫も考えられている。

ろう者には音源に対する方向・移動・距離感を提示するような UI が必要であり、有効であることがわかった。

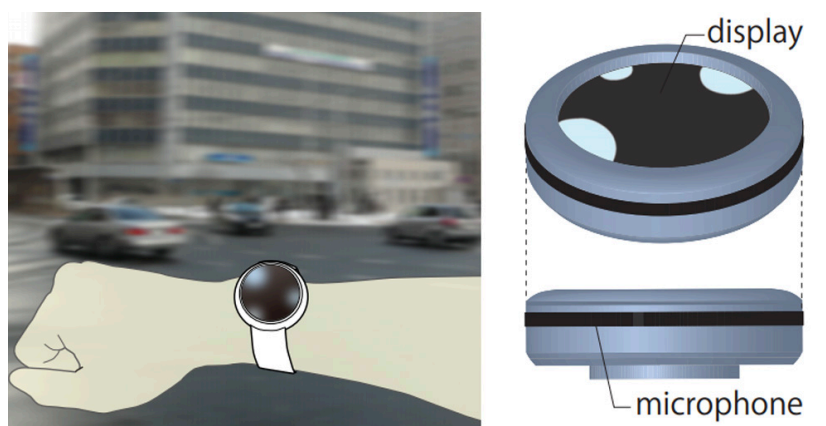


図 2.1 Circum の使用予想図

### 2.1.2 音響的な影の呈示による気配感覚の増強

松尾らは、人間を含め生物には、視覚情報がなくても周囲の状況が無意識のうちに知覚できる能力があると述べており、一般に「気配に対する勘」と表現される能力を「自分の周囲を視覚に抛らず知覚する能力」と定義している [10]. この研究では装着することで気配に対する勘が鋭くなったかのように錯覚させるインタフェースの開発を目的としている. 障害物方向からの雑音を消去しただけの音を提示するという単純な方法で, 気配を察知する勘が鋭くなったかのような錯覚を生じさせるインタフェースを提案する. 障害物方向からの雑音を消去することで被験者の左右横方向は正答率が高く, 正面および背後では回答が分散する結果であった.

この文献では、「気配」に着目しており, 本研究において非常に近い感覚であると感じた. 視覚障害者の多くが, 各々の豊かな聴覚経験から, 環境の音場変化により周囲の状況を認識する経験的能力を持っている. 聴覚障がい者は聴覚情報を取得することが難しいため, 聴覚における経験的能力が健常者や視覚障がい者よりも劣っている. 気配感覚の増強で聴覚障がい者にとっての後方からの気配を感じることはできないのではないかと考える. しかし, 正面および背後では回答が分散する結果であったため, 後方に着目した音環境認識は必要であると感じた.



図 2.2 音響的な影の呈示による気配感覚の増強

### 2.1.3 タブレット端末における視覚情報と聴覚情報の奥行き知覚増幅法

旭らは, iPad などのタブレット端末における 2 次元空間の平面的な表現において, 操作者の奥行き知覚を増幅させるため, 視覚情報と聴覚情報による奥行き効果を検証する実験を行った [11]. その結果, 聴覚情報では音強度による効果が最も奥行き感表現には有効であることが明らかになった. また, 音には視覚にはない閾値があり, 閾値を超えると奥行き感が減少することも明らかになった. 音に関する UI の開発では, 音強度に着目することで視覚に奥行きなどの効果を与えることができることがわかった. また, 音の解析においては閾値

の設定次第では視覚に与える効果が減少してしまうため注意が必要であると考える。



図 2.3 タブレット端末における視覚情報と聴覚情報の奥行き知覚増幅法

## 2.2 関連製品

### 2.2.1 Antenna (アンテナ)

Antenna は富士通株式会社から発売されている音を体で感じる UI である (図 2.3)。このデバイスは髪の毛などに身に付け、振動と光によって音の特徴をからだで感じる事ができる [12]。補聴器や集音器などは聴覚障がい者が音を聞き取るものだが、Antenna はそのような補装具ではなく太鼓のリズムなどの音の特徴を感じる事ができる。仕組みとしては周囲の音を集音し、60 90dB の音を 256 段階の振動と光の強さに変換し音の特徴を伝えている。Antenna は聴覚障がい者からフィードバックを受け取り、当事者のニーズが正確に反映されていて、映画館などで使用する際に光が快適な映画鑑賞の妨げになることから、光の ON/OFF 機能等も搭載されている。

本研究における提案 UI とは使用シーンが異なるため、このデバイスはどこにでも簡単に身に付ける事ができるが、集音範囲が広いと自身後方の状況のみ知りたい場合では知覚が難しいと考える。またデバイスをつける部位によってはユーザが光を認知できない場合や、歩いている際に振動を感じづらいのではないかと考える。

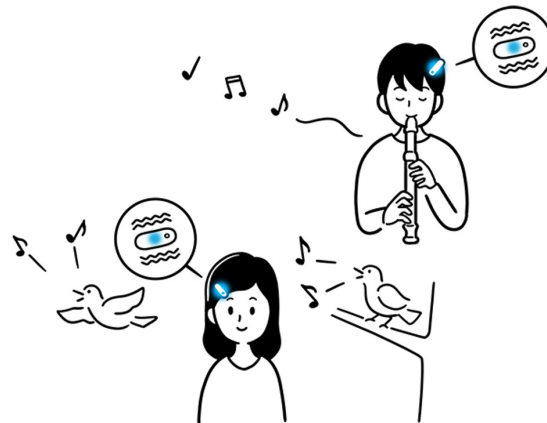


図 2.4 Antenna

### 2.2.2 SOUND HUG

SOUND HUG はピクセルダストテクノロジー株式会社から提案されている、抱きかかえる事で音楽を視覚と触覚で楽しむことができる球体型デバイスである [13] (図 2.4)。楽曲全体の音・特定の楽器の音をミックスし、球体に内蔵された振動スピーカーで再生することで音楽の振動を触覚で感じることができる。また、音楽に合わせて球体が発光する仕組みになっている。

このデバイスは UI をカスタマイズすることでユーザにとって最適な形で使用することができる。しかし、ユーザが体験したい場面ごとにカスタマイズすることは大変であり、ユーザが使いたい場面を限定してしまう場合があると考える。また、デバイスが大きい分ユーザにとって今まで体験したことがない臨場感を味わえるが、大きいことで自分が行いたい行動が制限されるため小型化が必要ではないかと考える。

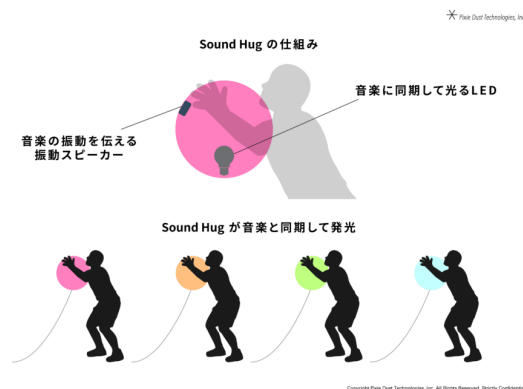


図 2.5 SOUND HUG

## 2.3 まとめ

このように多くの聴覚障がい者向けで音を知覚する UI の開発がされているが、視覚の死角の音環境を知覚する UI 研究は少ない。また、障がい者が残された感覚で代行する感覚代行が用いられている場合が多いことがわかった。ユーザ周辺の環境音を可視化や振動でユーザにフィードバックする研究が多く見られた。聴覚障がい者には、主に感覚代行として視覚や皮膚感覚を用いることがわかった。

## 2.4 関連研究と比較した本研究の位置付け

関連研究や関連製品より触覚的であったり、視覚的であったりと音の様々な表現方法における長所と短所が見られた。

触覚的な表現方法は主に、振動や圧力などで表現される場合が多いが、能動的に行動する場合にフィードバックが知覚しづらいのでは無いかと考える。しかし、光と違い視覚情報を犯すことなく音情報を知覚できるという特徴があげられる。

一方、視覚的な表現方法は聴覚障がい者にとって視覚に音由来の情報を付与することは有効であると考えられるため、聴覚障がい者にとって使いやすい表現方法なのでは無いかと考える。しかし、装着する部位によっては負担を与えてしまう場合があるため、装着させる部位には考慮が必要である。

本研究では、後方の一方向に着目し、後方の音環境認識についての検証を行う。そこで、Ontenna や SOUND HUG のように受動的かつ包囲的に音を知覚する UI と比較し、ろう者のための後方一方向のみの認識を行う UI の開発を試みる。

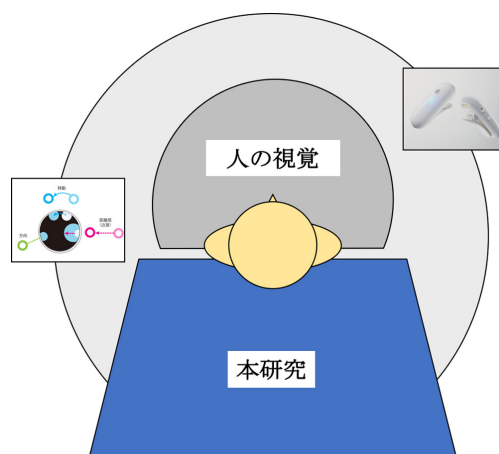


図 2.6 関連研究と比較した本研究の位置付け

## 第3章

# 研究のすすめ方

本章では、本研究で研究をすすめる上で、インクルーシブデザインとプロトタイピングの二つの手法を用い研究を行った。

### 3.1 インクルーシブデザイン

インクルーシブデザインとは、高齢者や障がい者、外国人など、従来、デザインプロセスから除外されてきた多様な人々をデザインプロセスの上流から巻き込むデザイン手法である [14]。インクルーシブデザインの考え方は、これまで排除されてきた高齢者や障がい者のようなグループが、社会の孤立者や保護の対象としてではなく、あたかも活動的な消費者やロドューサのように暮らせるようにすることが必須である [15]。また、多様化が進む中、これまでと違った分野から期待に答える必要がある。

本研究においても、ろう者と一緒になって装置を開発することで、健常者では気づかないアイデアや可能性を発見し、よりろう者の声を反映させたユーザインタフェースの開発に取り組んだ。

### 3.2 プロトタイピング

プロトタイピングとは、実際のプロダクトの開発を進める前に簡単な機能・デザインのみを実装した試作品を作る工程である [16]。プロトタイピングを行うことで、不完全な状態のプロダクトでもユーザからのフィードバックを得ることによって、完成してからの手戻りを防ぐことが可能である。ユーザからの要望を取り入れすぎてプロダクトの軸がずれないように、汎用的で本質的な欲求を自身で見極め開発に取り組んだ。

本研究ではテーマ決めとプロダクトデザインの段階ではの紙とペンを使ったペーパープロトタイピングを用い、実装段階ではムービングプロトタイピングを用いた。ペーパープロトタイピングを行うことで、ユーザの本当に必要な要求を捉えているか検証でき、ユーザの潜在的なアイデアや意見を獲得できたと考える。ムービングプロトタイピングを行うことで、実

際のプロダクトと比べて最低限の機能であったり、デザインが実装されていないため、手間がかかってしまったが、最もリアルに機能を確認できたと思う。

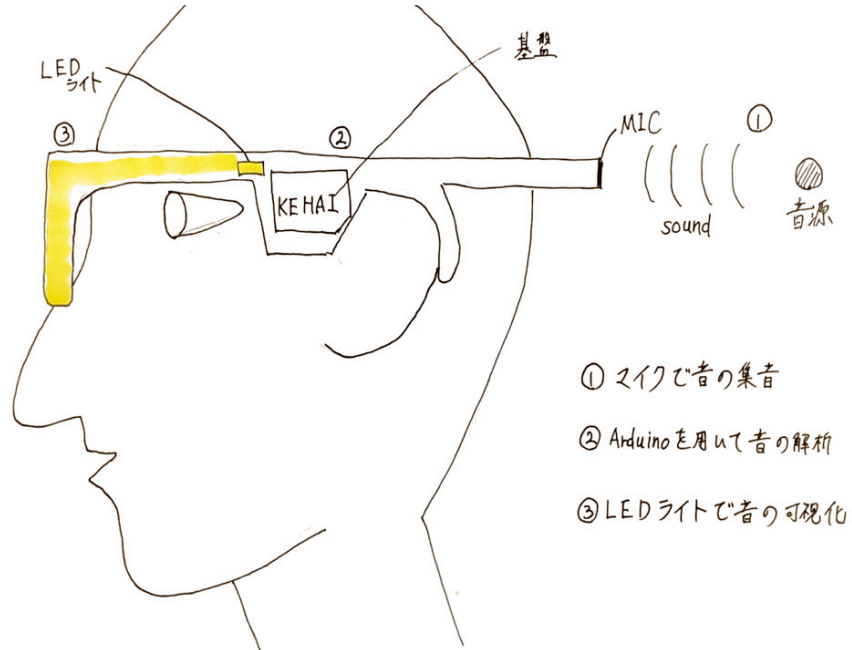


図 3.1 ペーパープロトタイプの場合

## 第4章

# 研究プロセス

本章では、研究を行う上で筆者が行なった研究プロセスについて説明する。

### 4.1 概要

図4.1のように、本研究を行う上で聴覚障がい者の現状や問題、疑問点を洗い出すためにろう者と協働したユーザ調査を行った。調査と並行しながら、アイデアをペーパープロトタイプとして描き起こし、実際に評価してもらった。その後、ムービングとして、アイデアを基にプロトタイプ制作を行った。そのプロトタイプを用いて実験を行い、評価を行なった。評価結果によってサイクルを回し、最終的に論文執筆を行った。

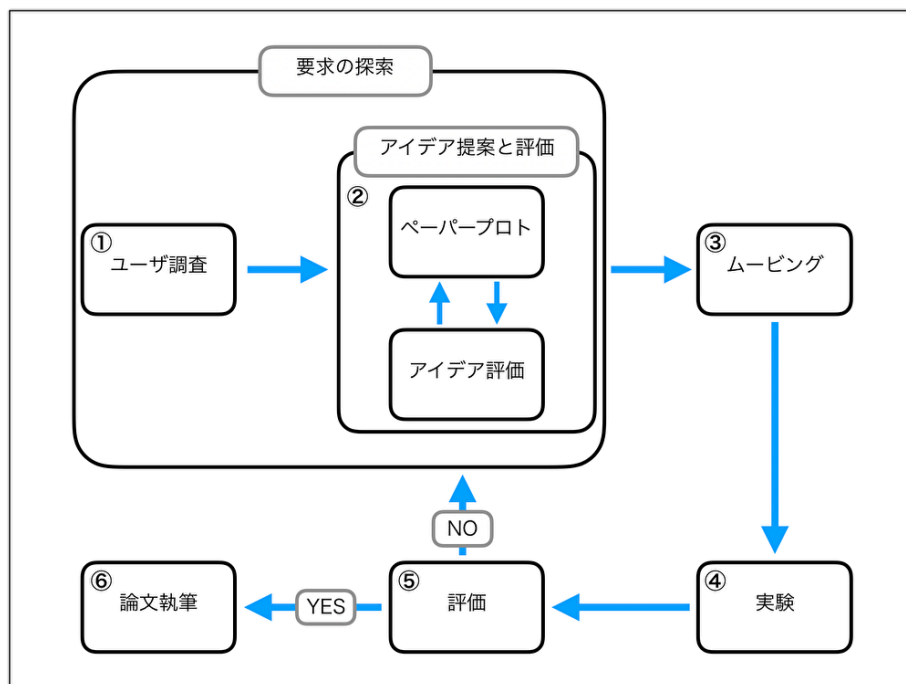


図 4.1 研究プロセス



## 第 5 章

# 要求の探索

本章では，聴覚障がい者が実生活の中でどのような聴覚情報を要求しているのか明らかにするための探索とその調査結果について述べる。

### 5.1 概要

東京で行われた聴覚障害者コンピュータ協会の 6 月フォーラムに参加した (図 5.1)。聴覚障がいのニーズを理解するためにいくつかのアイデア提案やインタビュー，アンケートを行った。聴覚障害者コンピュータ協会の 11 月フォーラムでは主にプロトタイプの評価と研究経過についての発表を行なった。11 月フォーラムについては次章で述べる。



図 5.1 聴覚障害者コンピュータ協会 6 月フォーラムの様子

## 5.2 ユーザ調査

### 5.2.1 ユーザ調査内容と目的

6月フォーラムでは主に聴覚障がい者が実生活の中でどのような聴覚情報を要求しているのかを明らかにするために調査を行なった。調査対象として、聴覚障害者コンピュータ協会に所属している聴覚障がい者8名と聴覚障がい者に関わりのある健常者4名に対して行なった。

## 5.3 アイデア提案

### 5.3.1 概要

内容として、6月フォーラムにおける筆者の目的、研究の概要、アイデア提案の主に三つについて発表した。6月フォーラムにおける筆者の目的は二つである。一つ目は聴覚障がい者とのふれあいであり、二つ目は研究テーマを決めるための意見交換である。

### 5.3.2 アイデア提案

アイデア提案では、人の気配を感じるユーザインターフェイスや近くの障がい者を認知させるユーザインターフェイスなど合わせて以下の十個のアイデアを発表した。

#### アイデア 1. 聴覚障害者と同居者をつなげる UI

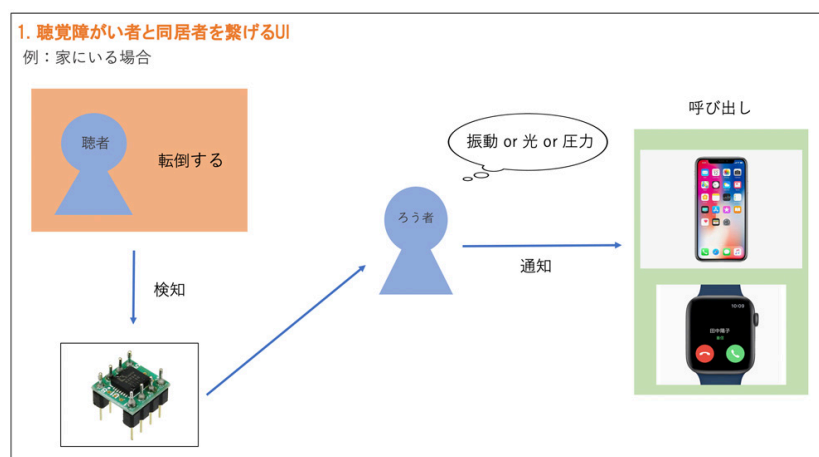


図 5.2 聴覚障害者と同居者をつなげる UI

問題として、聴覚障がい者は自宅内での物音に気づきにくいいため、夜中などに同居者の異常を気づけない可能性がある。目的は自宅にいる健聴者の異常事態に対して聴覚障がい者が気づき、迅速な対応（アクション）を起こせることが目的である。提案と

しては、対象は異常を伝える健聴者と異常を知る聴覚障がい者とし、聴者が緊急事態に聴覚障がい者に転んだ場合を想定し、転んだことをセンサ（加速度や転倒）で感知し、聴覚障がい者側に何かしらのアクション（振動や光、圧力）が起こす。

#### アイデア 2. テレビの音で臨場感を体験することのできる UI

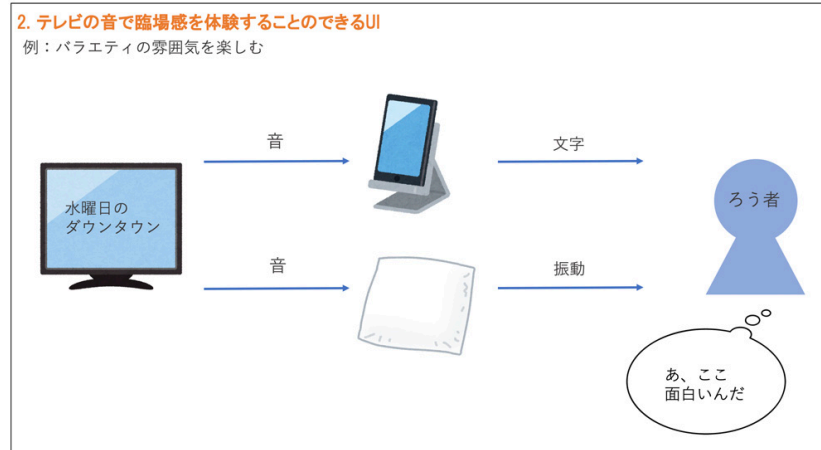


図 5.3 テレビの音で臨場感を体験することのできる UI

問題として、テレビ鑑賞中には様々なアクション（銃声やヘリコプターの音、CMのメロディー）に出てくる臨場感を聴覚障がい者は感じることができない。目的としては字幕だけでは雰囲気が伝わらないため、雰囲気と効果音で臨場感を体験してもらう。提案としては、対象としては聴覚障がい者（ろう者）とし、テレビの音で臨場感を味わえるようにクッション型のデバイスが振動し座っているだけで実際のテレビの音やその場の雰囲気を感じることができる。もう一つとして、指向性マイクを用いて音声認識を行い字幕の文字フォントを用いて雰囲気を確かめる。

#### アイデア 3. 一定方向の音を感じることもできる UI



図 5.4 一定方向の音を感じることもできる UI

問題として、一定方向の音を感じることもできれば、聴覚障がい者がもっと音の特徴

を捉えられるのではないかと考えた。目的としては聴覚障がい者に環境音が混じった会話の中で特定の音（電車や車）を感じてもらい、特徴を知ってもらう。提案としては、対象は聴覚障害者（ろう者）であり、体のどこかに指向性マイク内蔵のデバイスを装着し、ユーザーに振動や光などによって音の特徴を感じてもらおう。

#### アイデア 4. 呼び出しに気づくことのできる UI



図 5.5 呼び出しに気づくことのできる UI

問題としては、聴覚障がい者は自分の名前を呼ばれても気づくことができないため、重要な連絡や待合室での順番がこない不安、眠ってしまった場合の対処が問題である。目的はろう者が呼び出される場合の心理的不安や連絡が行き届かないことを防ぐことである。提案としては、対象は呼び出しを行うアクター（病院の受付や駅員）と呼び出されるユーザー（ろう者など）である。フルネームで呼び出した際の通知機能を有した、呼び出しアプリまたはウェアラブルデバイスを用いて心理的不安の軽減を図る。

#### アイデア 5. 聴覚障害者が電話を行う際のサポート UI

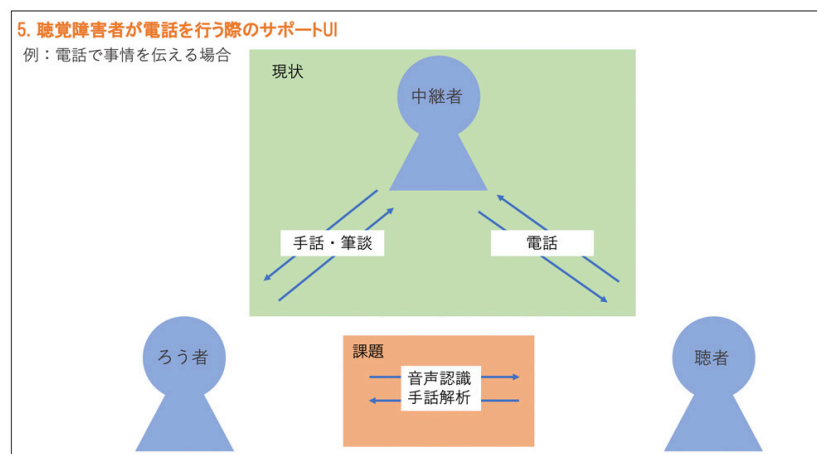


図 5.6 聴覚障害者が電話を行う際のサポート UI

問題として、聴覚障がい者は自身のみで電話を行うことが難しく、第三者のサポート

を受けて初めて電話で内容を伝えることができる。聴覚障がい者がもっと簡潔かつ本人が電話対応ができれば正確な内容を伝えることができると思った。提案としては、対象は聴覚障がい者（ろう者）で、テレビ通話での手話理解ができる UI や内容を伝えるチャットツール型 UI を提案し、正確な内容を伝えることかどうかの効果を確かめることである。

#### アイデア 6. 音程を理解させる UI

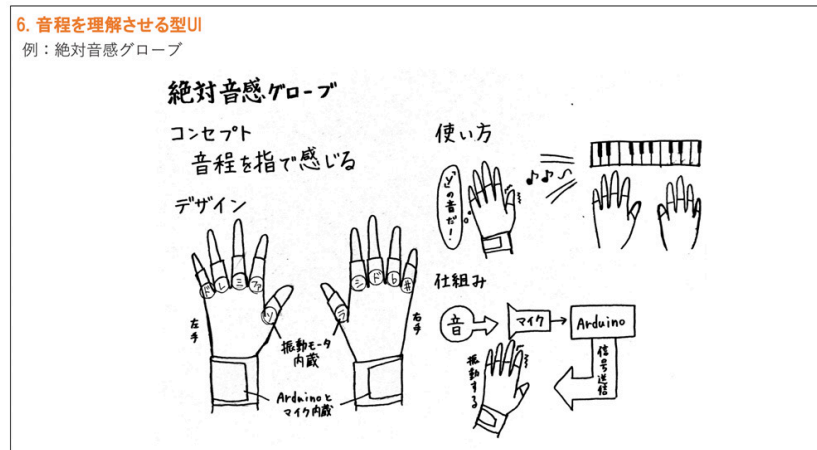


図 5.7 音程を理解させる UI

問題として、聴覚障がい者は音程を理解することが難しく、健聴者に言葉が変と思われることもある。目的は聴覚障がい者に音程を感じてもらい、理解を深めてもらうことが目的である。提案としては、対象は聴覚障がい者全般である。マイクで音を拾い、リアルタイムで音の解析を行い、結果によって振動モーターで指を振動させる。

#### アイデア 7. 近くの障害者を認知させる UI

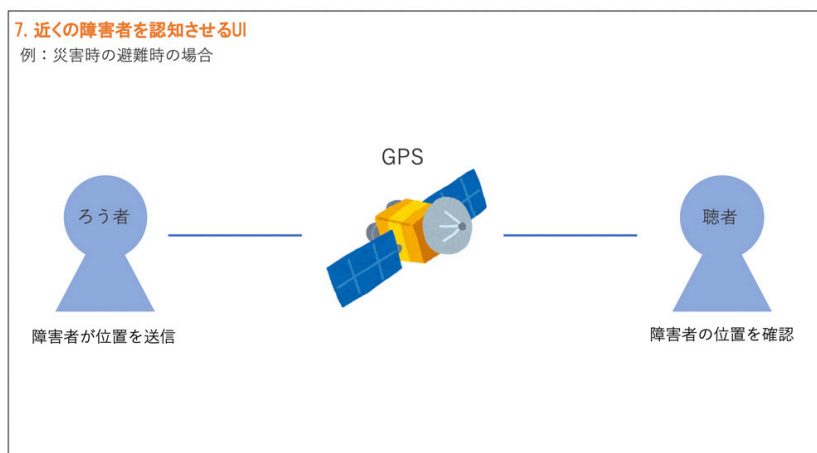


図 5.8 近くの障害者を認知させる UI

問題として、障がい者は災害時になどに聴者に混じって避難を行う。その中で聴覚障がい者は音が聞こえないため大変苦勞するが、聴者はそれに気づくことができません。

目的は聴者に聴覚障がい者（ろう者）であると伝えることで自分の居場所を伝え、危険を減らすことである。提案としては、対象は障害者全般とし、Google Mapなどの地図アプリを用いてGPSで自分の居場所を伝え、聴者に認知をしてもらうアプリの作成を行う。

#### アイデア 8. 警報音に気づく UI

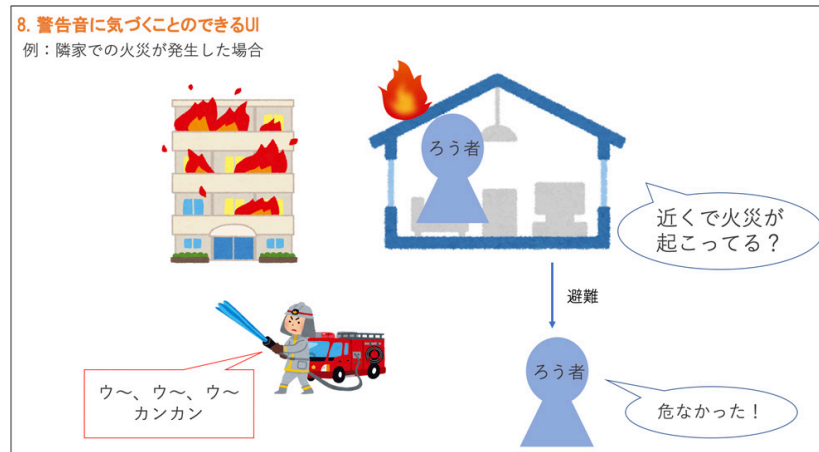


図 5.9 警報音に気づく UI

問題として、聴覚障がい者は目を使うことで多くの危険を感知するが、健聴者は危険な情報をサイレンや振動音の様な音として耳で感知する。テレビや携帯では大音量で地震速報を伝えるが、聴覚障がい者は映像しか頼ることができず行動をすぐに移せない。目的はろう者に警告音に気付かせることで日常での危機管理能力の向上を目指すことである。提案としては、対象は聴覚障害者（ろう者）とし、警告音にのみ反応するようなシステムの開発を行う。実際に身につけてもらうことで、自分の周りで危険が及んでいるのだと感知することが重要である。

#### アイデア 9. 人の気配を感じる UI



図 5.10 人の気配を感じる UI



問題として、聴覚障がい者は普段歩いている場合、足音や自転車の音など身の危険なことを感じる事ができず大事故に繋がってしまう場合がある。目的は聴覚障がい者が生活する中で人の気配を感じることができれば、危険を減らすことができるのではないかと考えた。提案としては、対象は聴覚障害者（ろう者）とし、ウェアラブル型の人の気配（画像認識や磁気）などを感じられるウェアラブルデバイスを作成し、実際の生活で不自由なく過ごせるかの効果を検証する。

#### アイデア 10. 聴覚障害者であると伝える UI

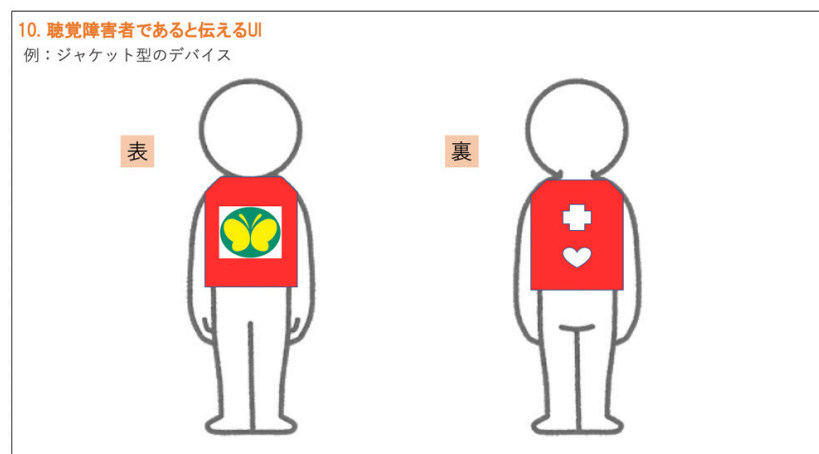


図 5.11 聴覚障害者であると伝える UI

問題として、ろう者や難聴持ちの聴覚障がい者は普段生活する中で、聴者と変わらない姿で生活を行なっている。そのため、聴者からは障害者だという判別が難しく、誤解からの騒動が起こるものも少なくない。目的は聴者に聴覚障害者（ろう者）であると伝えることで聞こえていないことを理解させ、誤解からの騒動を減らすことである。提案としては、対象は様々な障害者全般とし、災害時にのみ着用できるようなジャケット型の発光するウェアラブルデバイスを用いて、災害時に障害者を危険から守れるようなデバイスの作成を行う。

## 5.4 アイデア評価

### 5.4.1 概要

上記の十個アイデアを発表したのち、聴覚障がい者 8 名と聴覚障がい者に関わりのある健常者 4 名にアイデア提案についてのアンケートを実施した。アンケートでは回答者に自身が一番困った出来事と発表したアイデアの中から良いと思ったアイデアを三つ選びそれに対する意見を回答用紙に記述してもらった。

アンケート回答後に発表に対する質疑応答とインタビューを行なった。司会の方と一緒に挙手形式で聴覚障がい者との意見交換とディスカッションを行なった。意見交換やディス

カッションでは、筆者は文献や函館市在住のろう者の方から得た情報しかなかったが、多くの聴覚障がい者の方々から様々な知見を得ることができた。アンケートやインタビューにはろう者の他、中途視聴者や聴覚障がいに関わりのある健常者も含めて行うことで様々な人の意見を取り入れるように試みた。

#### 5.4.2 結果

聴覚障がい者についていくつかの参考になる意見が得られた。一つ目として、「聴覚障がい者にとって耳と同等以上に情報を処理できるのは視覚しかないので、視覚に音由来の情報を付加するような方向性が良い」である。聴覚障がい者に反映するフィードバックとして振動や圧力、熱などの様々あるが、直接視覚に情報を付与することが聴覚障がい者にとってわかりやすく必要とされていることがわかった。二つ目として、多くの聴覚障がい者が後方の気配に気づきにくいことがわかった。意見として「聴覚障がい者の視界に入っていない時の呼びかけ」や「狭いところをゆっくり散歩していて、少し広いところにでた途端に元気そうな人に抜かれたり、自転車の音に気づかずにぶつかる危険にあった」が挙げられる。自転車などに乗る聴覚障がい者は普段から後方や周囲に気を配っている意見もあったが、多くの聴覚障がい者は後方や周囲に気を配ることが少ないことがインタビューでわかった。このように聴覚障がい者は後方からのアプローチに気づきにくく、危険な場面が多いことが考えられる。

以上の意見やアンケート結果から、アイデア提案の中で「人の気配を感じる UI」が最も聴覚障がい者にとってニーズがあることがわかった（図 5.10）。



## 第 6 章

# 提案：KEHAI

本章では，事前調査から制作したプロトタイプについて説明した後，提案物についての説明を行う。

### 6.1 プロトタイプ

事前調査の結果から，最初に聴覚障がい者の後方確認を行う頻度を増やし，センサなどを用いて聴覚障がい者における後方の危険を知らせるという目的でプロトタイプの制作を行った。

#### 6.1.1 死角の物体の距離変化を伝える UI

一つ目のプロトタイプとして超音波測距センサを用いて，後方の物体や人との距離を測れるプロトタイプの制作を行った（図 6.1）。身体的フィードバックとして光と振動の二つのパターンで制作を行い，評価した。システムとして，超音波測距センサと Arduino，LED ライトか振動モータを用いて，センサで得られた値の閾値を設定し，閾値により身体的なフィードバックを行う。使用した超音波測距センサの性能は約 4.5m の計測が可能であった。しかし，タイムラグや物体がなかった場合の誤作動が見受けられた。

距離を計測して発光したり振動を行うプロトタイプの状態聴覚障がい者の方に実際に評価してもらった。意見として，センシングの距離が短いため後方から自転車などが通過した場合には危険に気づく前に危険が迫ってしまうのではないかとの意見をいただいた。また，人や物体の距離の測距は本当に聴覚障がい者向けの新たな UI として向いているのかと改めて考える必要があると感じた。

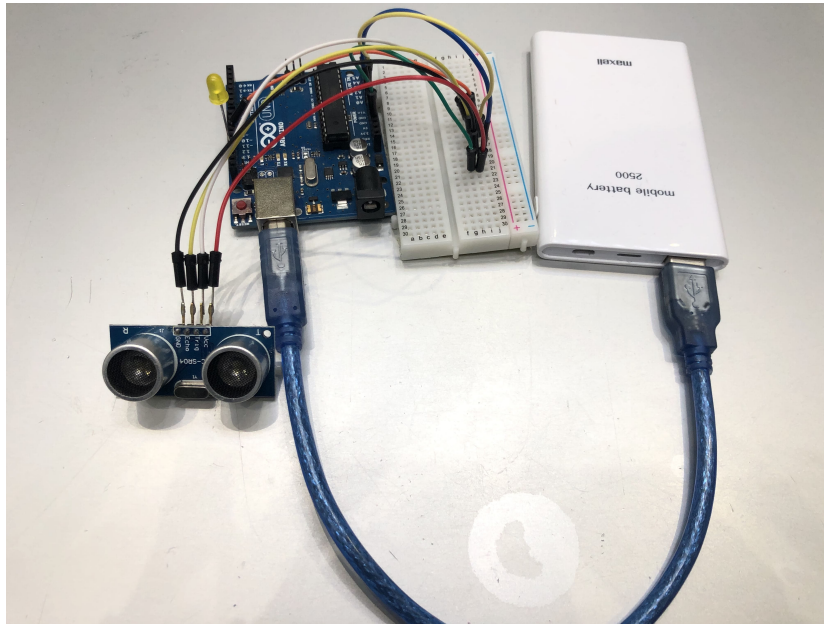


図 6.1 距離センサを用いたプロトタイプ

### 6.1.2 後方の音の特徴を伝える UI

後方の距離を測距するプロトタイプの反省点，課題から聴覚障がい者にとって必要なことは後方における音環境の認識なのではないかと考え，研究テーマを後方状況を可視化する UI の提案とした．二つ目のプロトタイプとして，対象者に自身後方の環境音を拾うデバイスを装着してもらい，自身後方の音を理解してもらうことが目的である UI が必要ではないかと考えた．

まず，後方状況を可視化する UI を制作するにあたってプロトタイプスケッチを行なった (図 5.5)．スケッチを基に，メガネ型で音量によって発光するプロトタイプの製作を行なった．システムとしては，マイクアンプモジュールで音を取得し，Arduino で音量によって LED が発光する仕組みである．発光パターンとしては，7色に変化するように設定した．このプロトタイプの評価を 11 月フォーラムにて行った．

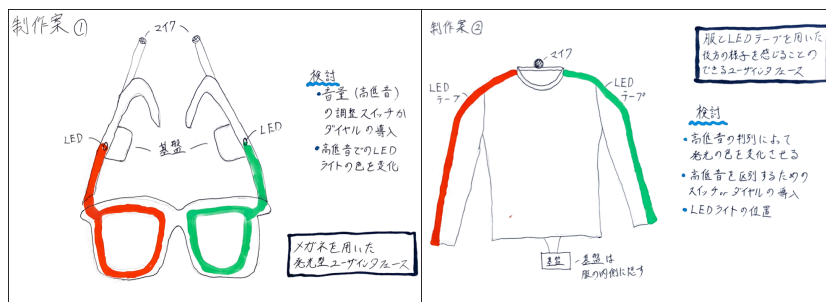


図 6.2 後方状況を可視化する UI のプロダクトスケッチ

## 6.2 最終提案物

後方の環境音をマイクロフォンで拾い、健常者における後方の聴覚情報を視覚化するメガネ型のデバイス「KEHAI (ケハイ)」の概要について述べる。

### 6.2.1 概要

事前調査より、聴覚障がい者にとって後方の状況を認識することは難しいことがわかった。また、聴覚障がい者にとって音由来の情報を視覚的に捉えることが大事であることもわかった。そこでユーザの後方の状況を可視化することが有効であると考えられる。プロダクトのプロトタイプ制作段階では、距離センサや赤外線センサなどで物体や人が近づいたら反応するプロダクトを考えた。しかし、聴覚障がい者からのアドバイスで物体や人が近づいてもセンシングの距離が短いため気づいても反応するのは難しいのではないかとの指摘があった。そこで何か近づき反応するのではなくて、ユーザ後方の音の変化によりユーザが環境音を知覚することが重要であると考えた。

本研究では、後方の環境音をマイクロフォンで拾い、健常者における後方の聴覚情報を視覚化するメガネ型のデバイス「KEHAI (ケハイ)」を提案する (図 6.3)。メガネ型にした理由として、服や腕時計型の UI も考慮したが、服では人間の視界的に入らない場合があり、腕時計は普段手話を行うろう者にとって負担が大きくなってしまう。そこで目で継続的に光を捉えることができ、耳にかけるメガネにすることで負担も軽減し最適であると考えた。



図 6.3 KEHAI

### 6.3 KEHAI のシステム

提案する本 UI のシステムについて説明する。本 UI はマイクアンプモジュール(max4466)を二つ用いて音を取得し、Arduino (Arduino nano) でマイクモジュールの値を読み取り、シリアル通信で送信を行う。その後、読み込んだ値から Arduino 内で計算を行い、計算結果から閾値を設定し、リアルタイムで 3 段階の LED ライトの色に変換する。LED ライトは視界の左右に搭載されており、ユーザは左右の音量の違いや音量の変化によって後方の音環境を把握する。

LED ライトの発光パターンとして 3 段階用意した。普段人が話す声の大きさを基準とし、基準の音量では青色で光を提示した。音量がそれより大きければ黄色、またそれより音が大きければ赤を提示した。普段人が色の判断としてわかりやすいと考えられる発光パターンを設定した。

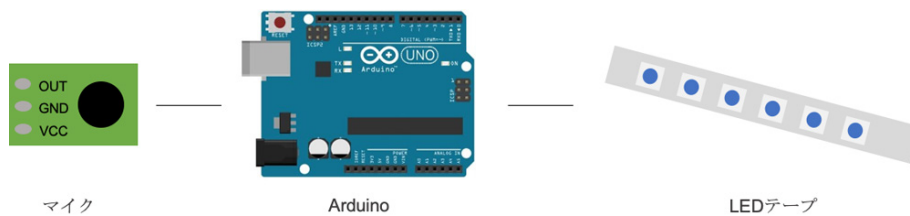


図3 KEHAI のシステム

## 第 7 章

# 評価実験

本章では、提案 UI である KEHAI を用いて後方の音環境認識のための評価実験を行なった。評価実験では、本実験の予備実験と本実験を行なった。予備実験は聴覚障がい者コンピュータ協会 11 月フォーラムの参加者を対象に行い、本実験は公立はこだて未来大学の学生と函館市在住のろう者を対象に行なった。以下に、実験の詳細について述べる。

### 7.1 予備実験

ここでは聴覚障害者コンピュータ協会 11 月フォーラムにおける調査と予備実験について説明する。

#### 7.1.1 概要

11 月フォーラムでは、6 月フォーラムから得られた知見やアンケート結果から作成したプロトタイプの評価と研究の進捗についての発表を行なった。11 月フォーラムでの評価は、本実験の予備実験として行なった。

#### 7.1.2 プロトタイプの評価実験

評価実験では、被験者として聴覚障がい者 7 名と聴覚障がい者に関わりのある健常者 1 名に対して、実際に作成したプロトタイプの評価を行なった。実験の協力者は、フォーラムに参加していた健常者に協力を得た。実験は提案 UI 装着時、非装着時における後方からの音を知覚してもらった。補聴器を用いている聴覚障がい者に対して、被験者には提案 UI 装着時では補聴器を外し、非装着時では補聴器をつけるように教示した。

実験環境は約 8m × 8m 程度の教室で行なった。図 7.1 のように被験者に実験者が制作したメガネ型のプロトタイプを装着してもらい、被験者後方から実験の協力者が音刺激を与え、プロトタイプを用い後方の音を知覚してもらった。実験終了後にアンケートを回答していただき、被験者全員が終了後に実験や提案 UI についてのディスカッションを行なった。

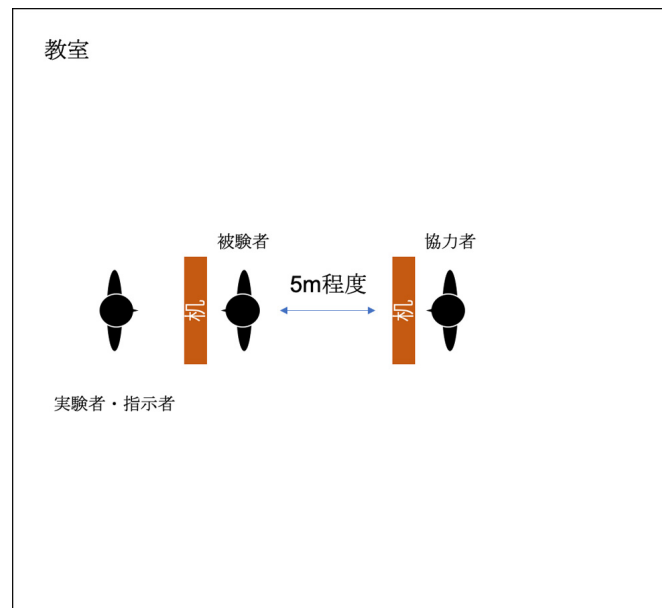


図 7.1 予備実験環境

評価実験の内容として、プロトタイプ装着時、非装着時の二つの場合での比較検討を行なった。実験の手順として、最初に被験者に椅子に着席してもらい、UIを装着してもらった。準備完了後に実験者が協力者に音を提示するように指示し、実験者が被験者に合図を送りながら、協力者が音を発する三つの行動（拍手、声を出す、机や足音、椅子の音などいくつかの音を鳴らす）を行う。終了後にアンケート回答を行なった。

評価項目として装着時、非装着時で以下の内容で五段階評価を行なった。

1. 何か後方の音に対して気づきがあったか
2. 発音体の有無がわかったか
3. 発音体の接近がわかったか
4. 音の種類がわかったか

1～4は装着時、非装着時の同じ内容でそれぞれ評価を行なってもらった。

5. 継続的に光が視界に映ることは有効か
6. メガネ型UIは有効であるか
7. 視覚で音を知覚することは良いか
8. UIの使い心地は良いか
9. 直感的に音を感じることはできたか

5～9はUIについての評価を行なった。

### 7.1.3 予備実験結果

評価実験の結果として、7.1.2 の評価項目の番号を参考し、評価ごとの回答結果を図 7.2～図 7.4 にまとめた。図 7.2 に非装着時における評価項目の回答結果、図 7.3 では装着時における評価項目の回答結果、図 7.4 では提案 UI についての評価項目の回答結果を示したものである（図 7.2～7.4）。

図 7.2 と 7.3 の 1～4 の番号は 7.1.2 の評価項目 1「何か後方の音に対して気づきがあったか」、2「発音体の有無がわかったか」、3「発音体の接近がわかったか」、4「音の種類がわかったか」に対応している。

図 7.2～7.3 より、装着時と非装着時において何か後方に対しての気づきや発音体の有無は、評価項目 1 のグラフを参照し、提案 UI を非装着時では「当てはまらない」や「どちらとも言えない」の結果が見られたが、提案 UI 装着時では「当てはまらない」や「どちらとも言えない」の結果がなくなり「当てはまる」と「やや当てはまる」の結果のみになっているため、装着時の方が有意であると考えられる。また、音の接近や音の種類は評価項目 3、4 のグラフを参照し、装着時の「当てはまらない」、「あまり当てはまらない」の割合が非装着時での割合より多いため、補聴器をつけた非装着時の場合の方が有意であるとも考えられる。このことから非装着時では、補聴器を用いた場合において後方で何か音が発せられたのは理解できるどのような音なのか理解できないことがわかった。

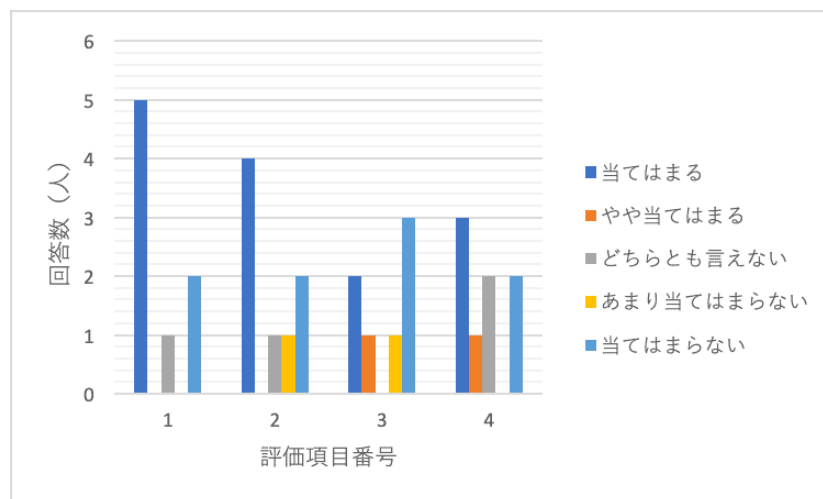


図 7.2 非装着時における評価

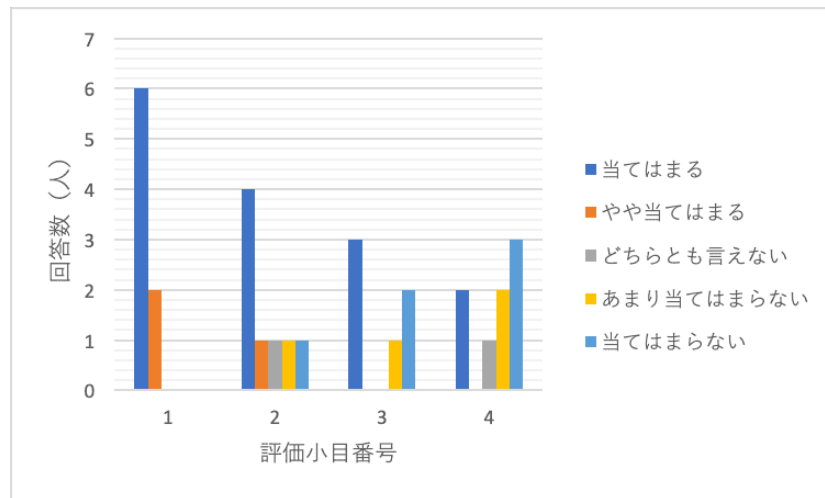


図 7.3 装着時における評価

図 7.4 では、5～9 の番号は 7.1.2 の評価項目 5「継続的に光が視界に映ることは有効か」、6「メガネ型 UI は有効であるか」、7「視覚で音を知覚することは良いか」、8「UI の使い心地は良いか」、9「直感的に音を感じることができたか」に対応している。

図 7.4 より、UI については、継続的に光が視界に映ることや視覚で音を感じることはある程度有効であることがわかった。また、メガネ型の UI は聴覚障害者にとって補聴器をつける場合、邪魔になる可能性があったが、結果として有効であることがわかった。提案 UI 装着時では、直感的に感じていない人が多かった。以上のことから、UI の形としてメガネ型 UI で、継続的に音を光に変換し視界に映すことは聴覚障害者にとって有効であると考えられる。また、直感的に感じるために音を光で表現する際、直感的な判断ができる工夫が必要であると感じた。

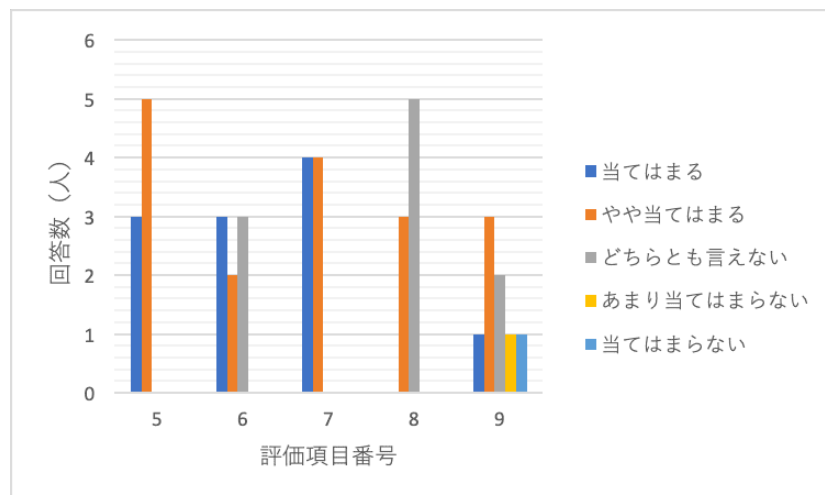


図 7.4 UI についての評価

評価終了後に聴覚障がい者の方々にインタビューを行なった。そこで、いくつかの意見を



聴覚障がい者の方々から得た。得た意見としては、補聴器を用いることができないろう者には、補聴器なしでは全くわからなかったが、UIのメガネの左に光の点滅で気配を感じることができたとの意見をいただいた。また、私たち健常者が普段聞いている音はいくつかの周波数が混じって発せられているため、音量で光の発光パターンを多くしてもすぐ色が変わり大きいか小さいかわかりづらいとの意見もいただいた。音量が大きければ一定の色を持続させ、断続音や連続音の区別がわかりやすくなれば良いとも言われた。

予備実験の段階で実験計画の曖昧な部分が明確になったため、本実験では条件をきちんと整え、設問の内容をはっきりさせることが必要だと考えた。また、環境音が入ってしまう場所では正確な結果が得られないため、実験場所も雑音が入らない無響室などが望ましいこともわかった。

## 7.2 本実験

本実験の目的は、KEHAIを用いることで後方における発音体の有無や後方の音量の変化、後方における音源の方向、後方における音のリズムなどが弁別を検証することである。

本実験では Ontenna と KEHAI との比較検討を行うことで、後方における音環境の認識に KEHAI が有効であるかの検証を行う。

## 7.3 被験者

被験者の人数は12名である。割合は、健常者である10代と20代の大学生11名（男性11名）と、60代のろう者1名（男性1名）の合計12名（男性12名）が実験に参加した。被験者には、実験者が与える音刺激以外の音を聴取するのを防ぐために耳にイヤーマフとマスキング用のバンドノイズを流すイヤホンをつけて実験に参加してもらった。

## 7.4 実験環境

本評価実験は、公立はこだて未来大学の無響室（心理実験室）にて行なった。無響室は約3m × 3mの正方形の空間である。図7.5のように、被験者は無響室にて被験者はスピーカーに背を向け壁と向かい合いながら椅子に着席し実験を行なった。被験者からみて8時の方向と4時の方向にスピーカーが設置されている。被験者が椅子に着席した際、被験者の耳と同じ高さになるように調整されている。

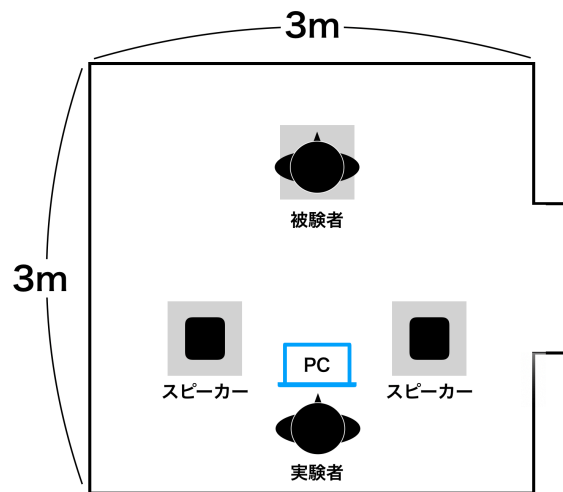


図 7.5 本実験環境

## 7.5 実験装置

本実験では、全ての被験者に対し音刺激を二つ与えた。被験者に与える音刺激は、一つ目は実験前に録音した拍手の音（図 7.6）、二つ目は録音した 5 秒間の叫び声（図 7.7）を用いた。また、被験者が実験者が与える音刺激以外の音刺激を聴取するのを防ぐために、マスキング用のバンドノイズを用意した。バンドノイズは振幅 0.5 のホワイトノイズを用いた（図 7.8）。音刺激とバンドノイズはフリー・オープンソースでクロスプラットフォームであるレコーディング・サウンド編集ソフトウェアである Audacity を用いて録音や編集，作成を行った。

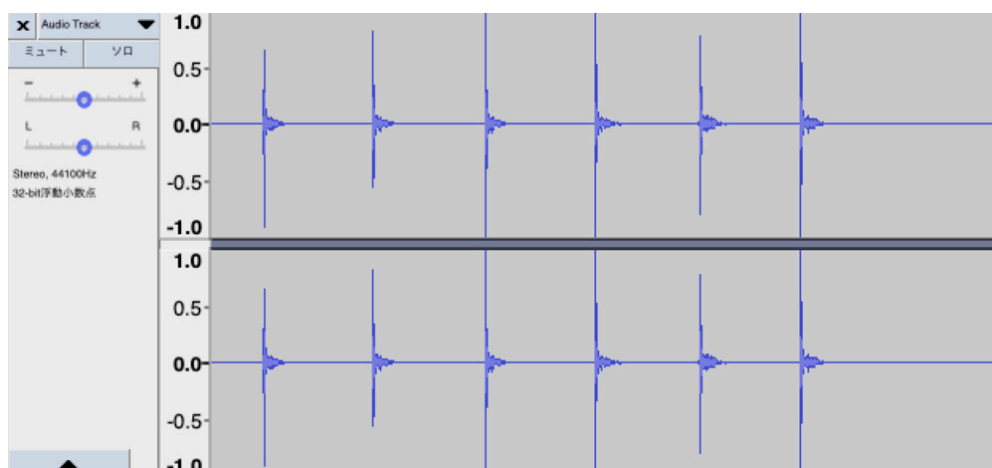


図 7.6 拍手の音刺激



図 7.7 叫び声の音刺激



図 7.8 バンドノイズ

## 7.6 実験条件

KEHAI を用いることの有効性と、包囲的な UI と特定方向の UI において本 UI が後方の音環境認識に関する有効性の比較を行うために、以下の二つの条件を設けた。

1. 特定方向（後方）の音環境認識：KEHAI を装着した状態
2. 包囲的な音環境認識：Ontenna を装着した状態

一つ目として「KEHAI を装着した状態」と「Ontenna を装着した状態」における後方の音環境認識の比較検討を行なった。本 UI である KEHAI は後方に着目し、後方の音環境の認識を行い、Ontenna は包囲的に音環境を認識を行う。試行として以下の三つの条件を設け、比較検討を行う。

- 試行 1：後方からの音に対し、左右の音の認識
- 試行 2：後方からの音に対し、音のリズムの認識
- 試行 3：後方からの音に対し、音の大きさの認識

### 7.6.1 特定方向（後方）の音環境認識：KEHAI を装着した状態

図 7.9 のように，KEHAI を装着した状態を特定方向（後方）の音環境認識とする。

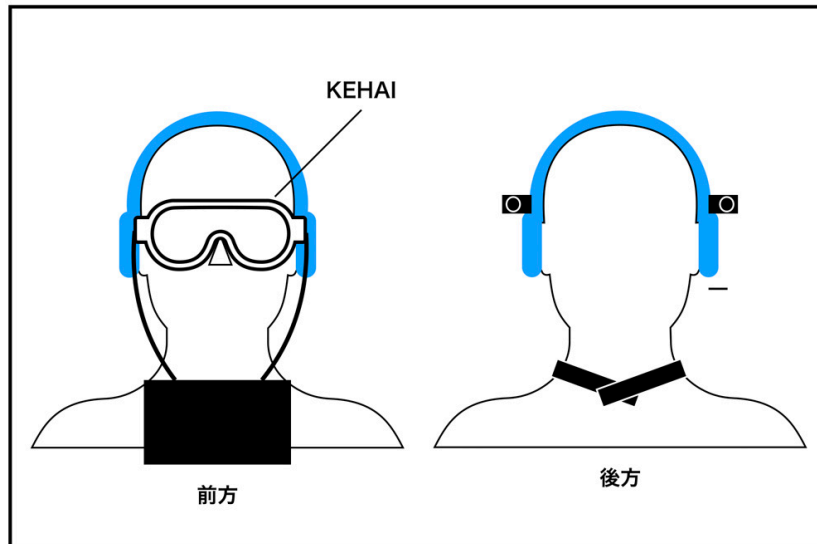


図 7.9 KEHAI を装着した図

### 7.6.2 包囲的な音環境認識：Ontenna を装着した状態

図 7.10 のように，Ontenna を装着した状態を包囲的な音環境認識とする。

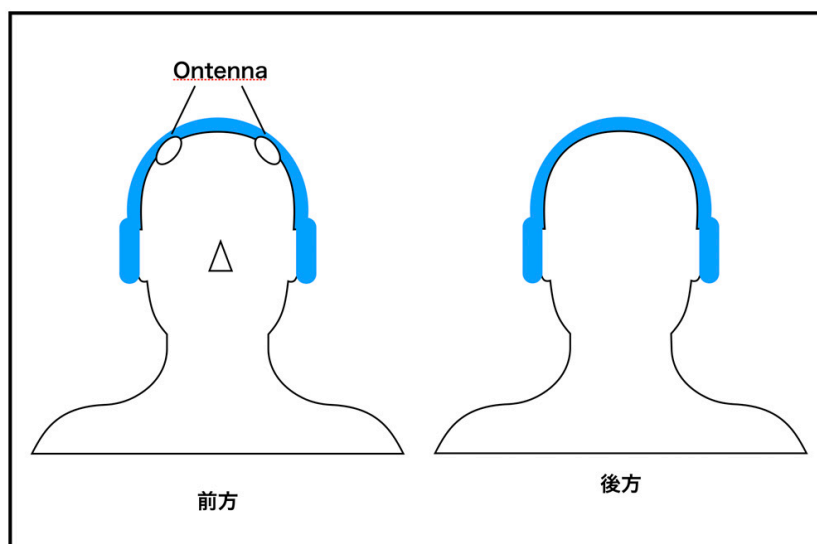


図 7.10 Ontenna を装着した図

## 7.7 実験の手続き

KEHAI の後方の音環境認識の特性を検討するために、富士通株式会社から販売されている Ontenna と比較検討を行なった。被験者に KEHAI と Ontenna 両方の使い方を説明したのち、イヤーマフとイヤホンを装着し、KEHAI もしくは Ontenna を装着した状態で実験室内に入室し、図 7.1 の位置に着席してもらった。条件は「KEHAI を装着した状態」と「Ontenna を装着した状態」の二つで行い、それぞれの条件で全く同じ試行を行う比較検討を行う。以下で試行についての詳細を述べる。

### 7.7.1 試行 1：後方からの音に対し、左右の音の認識

左右の音の認識では、それぞれ片方のスピーカーを用いて被験者後方の左右からランダムに録音した叫び声を用い、音を提示する。このランダムな左右の音はそれぞれ 5 回ずつ、合計 10 回出力した。左右の音の割り振りとして、被験者に左右 5 回ずつと教示すれば、左右どちらかわからない場合で左右の回数で左右を当てられてしまうと考えた。そこで、左右 5 回ずつとは教示せず、合計で 10 回の出力だと教示した。音刺激は Audacity の機能であるパンスライダーを左右に設定し、スピーカーの左右どちらかから鳴らすように設定を行なった。音量に関してはゲイン調整で +0.0dB とし録音した音量で音刺激を提示した。

被験者には音源方向がわかった時点で左右またはどちらか不明で応答してもらった。応答は左右の挙手で行い、右方向からの音刺激が発生した場合は右手を、左方向からの音刺激が発生した場合は左手を挙手するように教示した。

音刺激は被験者が音源方向の応答として挙手した時点で停止し、約 10 秒後を目安に次の音刺激の提示を行なった。

これまでの手順を一つの試行とし、音刺激に対する正誤数を実験者が記録を行う。

### 7.7.2 試行 2：後方からの音に対し、音のリズムの認識

音のリズムの認識では、両方のスピーカーを用いて被験者後方から録音した拍手の音をランダムに提示した。音刺激は計 2 回出力した。拍手は一定のリズムでなるように設定した。音刺激は Audacity の機能であるパンスライダーを中央に設定し、音量に関してはゲイン調整で +0.0dB とし録音した音量で音刺激を提示した。

被験者にはそれぞれの UI で拍手の回数を数えてもらい記録してもらった。被験者には音が聞こえなくする処理をしているため、合図を正確に行うために遠隔で操作できる振動装置を身につけてもらった。始まりの振動で拍手が始まる合図とし、拍手が終了したタイミングを知らせるために終了の合図として振動させた。バイブレーションは始めと終わりの二回するように教示した。

音刺激は被験者が記録し終えた時点で挙手してもらい、その後に再度基準の音刺激の提示

を行なった。

### 7.7.3 試行 3：後方からの音に対し，音の大きさの認識

音の大きさの認識では，両方のスピーカーを被験者後方から録音した叫び声の大きさをランダムに提示した．音刺激は計 4 回出力した．音刺激は Audacity の機能であるパンスライダーを中央に設定した．音量に関しては Audacity のゲイン調整の + の最大 dB が 36dB であるため，+0.0db, +18.0dB, +36.0dB の 3 段階の音量の変化で音刺激を提示した．

被験者には一回の出力に対して，二つの音刺激を提示した．最初に被験者が音の大小は判別するための基準の音を提示し，次にその基準の音より大きいか，小さいか判別するための音刺激を提示した．被験者には応答を自身で紙に大小を記録してもらった．合図に関しては先述と同じようにバイブレーションする装置を用いた．最初の 1 回目の振動で基準の音を出力する合図とし，次の 2 回目の振動で基準の音とは違う音刺激を提示した．

音刺激は試行 2 と同様に被験者が記録し終えた時点で挙手してもらい，その後に基準の音刺激の提示を行なった．

## 7.8 実験結果

表 7.1 に二つの条件における左右の音の平均値と標準偏差を百分率で示す．実験の結果，二つの条件における試行 1 である後方からの音に対し，左右の音の認識の正答率は，KEHAI が 98.33 %，Ontenna が 52.50 % となった．また，標準偏差はそれぞれ KEHAI が 0.37 %，Ontenna が 2.01 % となった．

表 7.1 二つの条件における試行 1 の正答率における平均値と標準偏差

conditions	MEAN	SD
KEHAI	98.33 (%)	0.37 (%)
Ontenna	52.50 (%)	2.01 (%)

これらの結果を基に，分散分析を行なった．はじめに左右の音の認識において，0～10 回の認識した回数について t 検定により検証した結果，KEHAI に有意差が得られた ( $t(11) = 7.53, p = 0.00001 < 0.5$ )．

表 7.2 に二つの条件における音のリズムの平均値と標準偏差を百分率で示す．実験の結果，二つの条件における試行 2 である後方からの音に対し，音のリズムの認識の正答率は，KEHAI が 66.65 %，Ontenna が 95.65 % となった．また，標準偏差はそれぞれ KEHAI が 0.75 %，Ontenna が 0.28 % となった．

これらの結果を基に，分散分析を行なった．はじめに音のリズムの認識において，0～2 回の認識した回数について t 検定により検証した結果，Ontenna 有意差が得られた ( $t(11) =$

表 7.2 二つの条件における試行 2 の正答率における平均値と標準偏差

conditions	MEAN	SD
KEHAI	66.65 (%)	0.75 (%)
Antenna	95.65 (%)	0.28 (%)

2.55,  $p = 0.003 < 0.05$ ).

表 7.3 に二つの条件における音の大小の平均値と標準偏差を百分率で示す。実験の結果、二つの条件における試行 3 である後方からの音に対し、音の大小の認識の正答率は、KEHAI が 66.65 %、Antenna が 95.65 % となった。また、標準偏差はそれぞれ KEHAI が 1.04 %、Antenna が 0.72 % となった。

表 7.3 二つの条件における試行 3 の平均値と標準偏差

conditions	MEAN	SD
KEHAI	72.92 (%)	1.04 (%)
Antenna	81.25 (%)	0.72 (%)

これらの結果を基に、分散分析を行なった。はじめに音の大小の認識において、0~4 回の認識した回数について t 検定により検証した結果、有意差は得られなかった ( $t(11) = 0.77$ ,  $p = 0.47 > 0.05$ ).

### 7.8.1 被験者へのインタビュー

実験の被験者に対してインタビューを行なった。実験を終えた被験者からは、「振動よりも光の方が、音が鳴っているのがよくわかった」や「日常で使う場合では、歩いている場合や自転車に乗っている場合では振動は知覚しづらいから光の方が良いのではないか」、「KEHAI を用いることで音の大小がよくわかった」という意見を得た。また、被験者は KEHAI を用いることで、光が目で見えるため直感的に音の有無に気づきやすく、左右の音の知覚をしやすかったという意見も多く出た。しかし、その一方で KEHAI での知覚は、光の方が音の知覚に便利だが、光の残像が残り連続音か断続音かの違いがわかりづらかったり、光が近すぎて判別しづらい場合もあるということもわかった。

## 第 8 章

# 考察

本章では，実験結果から得たデータを基に，KEHAI を用いての後方の音環境認識の有効性や考えられることについて考察を行う．

### 8.1 KEHAI を用いての後方の音環境認識について

本評価実験では，後方から音を提示しているが，後方の音に KEHAI も用いた場合も Ontenna を用いた場合も反応しているため，どちらも対応できると考えられる．今回行なった本実験では，被験者に後方から音を提示すると教示してあったため，前方や左右といったあらゆる方向から音を提示する実験を行えば，音源の位置把握能力の検証ができると考えられる（図 8.1）．



図 8.1 KEHAI を用いて後方の音を知覚する被験者



## 8.2 健常者と聴覚障がい者それぞれの音についての関心について

本実験では主に健常者の評価を行い、予備実験では主に聴覚障がい者に対して評価を行ったが、それぞれにインタビューを行なった結果、それぞれで音に対する関心が違うことがわかった。聴覚障がい者の方々は、光で視界に継続的に音の情報を付与することはとても重要であり、必要であると考えている。一方で、健常者にとって光で視界に継続的に音の情報を付与することは不要と考えていたり、不快や邪魔だと感じる人が多いこともわかった。これより、聴覚障がい者にとって視界に音由来の情報が付与されることはとても重要であると考えられる。

また、健常者と聴覚障がい者それぞれに対して身体的フィードバックと日常での音の知覚では振動と光どちらが有効と考えているかのインタビューを行なった。その結果、聴覚障がい者にとって日常で音の知覚を行う場合には光を用いたいとの回答が多く、身体的フィードバックとしては、振動を用いたいとの回答が得られた。しかし、健常者ではどちらの質問項目でもどちらとも言えないとの回答が多く見られた。理由として、聴覚障がい者は音のない環境下で過ごす中で身体に直接フィードバックされる振動は音の特徴を捉えやすいと考えられる。普段音の知覚を使う場合では、振動による負担や気付きにくさが挙げられるため、聴覚障がい者にとって視覚の情報は生活する上でとても重要な役割を果たしているため、視覚に光で音情報を付与することは有効であると考えられる。一方で、健常者は、今まで音の無い生活を送ってきたことが無いためどちらとも言えないとの回答が多かったのでは無いかと考える。

## 8.3 KEHAI を用いての後方における音環境認識の有効性について

後方の左右から音を提示した場合では、包囲的に音を感じる Ontenna より、後方のみの一方向の音を知覚できる KEHAI の方が有意であることがわかった。そのため、後方の左右の音方向を知覚できることがわかった。これより、後方からの左右の音が知覚できたことで、後方の左右どちらから音が発生したことが理解できるため、後方における音源の方向が知覚できることが立証できたと考える。また、方位的に音を知覚できる UI は、UI を二つ用いたが集音範囲が広いいためか方向に関しては左右を阪大しづらかったのでは無いかと考える。

後方からの音のリズムの認識では、Ontenna を用いた場合の方が有意であるとわかった。KEHAI は光によって、音の残像が残るので音が止まっているのか連続しているかの断続性や連続性の判断が難しかったと考えられる。Ontenna は振動によって停止や動作が非常にわかりやすいため、音のパターンの認識には振動が向いていると考えられる。

後方からの音の大小の認識では、KEHAI と Ontenna では有意な差は得られなかった。包囲的に音を知覚する UI である Ontenna と一方向の音を知覚する KEHAI では、音が離れていても音の強弱の知覚は容易であると考えられる。しかし、今回の実験では被験者に座った状態で音を知覚してもらったため、身体を能動的に動かした場合ではまた違う結果になると考えられる。

#### 8.4 KEHAI を用いての後方における音環境認識の課題について

現在の提案 UI である KEHAI は、後方にマイクを向けることで指向性に近づけている。しかし、聴覚障がい者にとって後方の音に気づくことは重要であると考えられるため、後方の音環境に着目した。しかし、複数の指向性マイクを用いることで後方における人の視覚外の音を正確に知覚できるのかの検証が必要であると考えられる。

## 第9章

# 結論

本章では、研究の成果とその課題について述べ、今後の展望について記述する。

### 9.1 本研究のまとめ

本研究では、聴覚障がい者が後方の音環境を把握できるようにするためのインタフェースとして、KEHAIを提案し、その評価を行なった。指向性に着目し、指向性マイクでは後方の幅広い範囲の音を知覚することは難しいため、指向性のないマイクを用いて後方の音環境の知覚について検討した。人間の身体性や感覚代行、感覚拡張などについて様々な検討を行い、新たな感覚代行を行うUIの開発を試みた。

評価実験では、提案するUIを用いて後方における発音体の有無や後方の音量の変化、後方における音源の方向、後方における音のリズムなどが弁別できるかを検証した。実験の結果、人が能動的に動かない場合で発音体の有無や音量の変化、リズムなどは正確ではないが一定数知覚を行えることがわかった。後方からの左右の音源方向の認識については正確に知覚できることがわかった。

### 9.2 今後の展望

本研究で行われた実験は、座った状態で行なったため被験者は受動的に音を知覚していた。しかし、実際に使用する場面を想定すれば、能動的に音を知覚する機会が多いと考えられるため、KEHAIを用いて能動的に音を知覚する検証が必要であると考える。また、今回は実験環境でのみの検証であったため、今後は実際の環境において特定方向の音環境を知覚することが有効であるかの検証も必要だと考える。騒音のある中で後方に着目し、音を知覚することができれば、聴覚障がい者にとって後方状況の把握がさらに容易になるのではないかと考える。

# 謝辞

はじめに，昨年度のプロジェクト学習（future body）から指導していただき，デザインの大切さを教えてくれた岡本先生に心より感謝します。そして，函館市在住の聴覚障がい者の皆さま，聴覚障害者コンピュータ協会の皆さま，実験に協力してくれた皆さま，岡本研究室の皆さまに心より感謝いたします。

最後に，本研究の一番の理解者であり，私に聴覚障がい者の世界を教えてくださいました兼平新吾氏に深く感謝いたします。今まで聴覚障がい者に関わりがなかった私が，気兼ねなく聴覚障がい者の方々と接することができたのは兼平さんのおかげです。聴覚障がい者の世界に私を引き入れていただき，楽しいことや苦しいこともありますが，研究を続けてこれたのは兼平さんのおかげです。本当にありがとうございました。

## 参考文献

- [1] 聴覚障害の基礎知識, [http://www1.plala.or.jp/t\\_nishimura/tyoukaku.htm](http://www1.plala.or.jp/t_nishimura/tyoukaku.htm) (参照 2020-1-22)
- [2] 難聴の程度, <https://www.cochlear.com/jp/home/understand/hearing-and-hl/what-is-hearing-loss-/degrees-of-hl> (参照 2020-1-22)
- [3] 身体障害者福祉法施行規則別表第5号「身体障害者障害程度等級表」, <https://www.mhlw.go.jp/shingi/2008/10/dl/s1027-11d.pdf> (参照 2020-1-10)
- [4] 聴覚障害者とは, <https://www.tfd.deaf.tokyo/ろう運動/「聴覚障害者とは」/> (参照 2020-1-12)
- [5] 立木 孝, 一戸孝七, 「加齢による聴力悪化の計算式」, AUDIOLOGY JAPAN, 46(4), pp.235-240, 2003
- [6] 安田健二, 古川 侑, 「聴力検診における高齢者の聴力の実態 -金沢市聴力検診事業より(2000年 - 2005年) -」, 耳鼻咽喉科学会会報, 112, pp.73-81, 2009
- [7] 聴覚障害者制度改革推進中央部, 「We Love コミュニケーション」, 2010, p13
- [8] 感覚代行研究会, <http://www.sensory-substitution.gr.jp/association/>, (参照 2019-10-30)
- [9] 高宮浩平, 岡本誠, 「環境音の可視化によるろう者の環境認識」, 日本デザイン学会, 2009
- [10] 松尾佳菜子, 岡野裕, 橋本悠希, 梶本裕之, 「音響的な影の呈示による気配感覚の増強」, 日本バーチャルリアリティ学会, 2007
- [11] 旭克也, 伊藤智也, 伊藤弘樹, 菊池司, 「タブレット端末における視覚情報と聴覚情報の奥行き知覚増幅法」, 芸術科学会論文誌, 13(1), pp.34-44
- [12] オンテナについて, <https://ontenna.jp/>, (参照 2019-10-27)
- [13] サウンドハグについて, <https://pixiedusttech.com/technologies/sound-hug/>, (参照 2019-10-27)
- [14] IDS, <http://i-d-sol.com/inclusivedesign/>, (参照 2020-1-23)
- [15] ジュリア・カセム, 平井康之, 塩瀬隆之, 森下静香, 水野大二郎, 小島清樹, 荒井利春, 岡崎智美, 梅田亜由美, 小池禎, 田邊友香, 木下洋二郎, 家成俊勝, 桑原あきら, ”インクルーシブデザイン 社会の課題を解決する参加型デザイン”, 学芸出版社, 2014, pp.2-3
- [16] プロトタイピングとは?, <https://kigyotv.jp/news/prototyping/>