

# 振動により音源方向を呈示する 聴覚補助システムに関する研究

大恵 克俊

機械システム工学科 〒899-4395 鹿児島県霧島市国分中央1丁目10番2号

k-ooe@daiichi-koudai.ac.jp

## Hearing assistant system with function of sound source direction presentation by vibration

Katsutoshi OE

Mechanical Systems Engineering, 899-4395 1-10-2 Kokubu-chuou, Kirishima, Kagoshima

k-ooe@daiichi-koudai.ac.jp

**Abstract:** The patients who have unilateral deafness can not hear the voice, alarm and the other sounds by their odd ear. The normal human identify the sound source direction by both ears. Therefore, the patients can't decide the direction of sound source, and they can't identify the person who speaks to them and the object what sounds the alarm. In our daily life, the direction of sound source is very important information. If the hearing loss is caused by conduction deafness, they can treat by using of the auditory prosthesis. However, if the cause is sensory deafness, the conventional auditory prosthesis has no effectiveness for them. Accordingly, we aimed to develop the new type hearing aid system with the function of sound source direction determination. We chose the vibration as the presentation method. In our previous report, the prototype hearing assistant system was produced and evaluated its performance of sound direction identification. In this report, we aimed to improve the comfort level of ear-hook unit, 6 types of prototype were produced and evaluated their comfortability. These prototypes were made by 3D printer.

**Keywords:** hearing assistant system, 3D printer, tactile presentation, miniaturization

### 1. はじめに

両耳の聞こえる人間は両耳で音を聞き、その時間差、位相差を判断して音の来た方向を判別する。従って、片耳の聴力を失った片耳難聴の患者は音源方向の判別が困難であり、呼びかけられた方向が分からず、他人とのコミュニケーションが難しくなったり、自動車のクラクションのような危険を知らせる信号の方向が分からないため、事故などに遭うリスクが高くなる。片耳難聴の原因が伝音系であれば補聴器が効果を発揮し症状は軽減するが、感音性であれば補聴器の効果がほとんどないため、患者は前述の問題を解決できない。

これまでに難聴側で検出した音を健聴側に導い

て聴かせるクロス補聴器が実用化されているが、これは音源の方向を判別することが不可能である。片耳難聴者は音源の方向に関する情報を得ることで、日常生活における不便を解消できるが、それを使用者に指示することができるデバイスは実用化されていない。本研究は、音源の方向のみを指示する全く新しい聴覚補助デバイスを実現することを目的としており、これまでにデバイスの一次試作およびその性能評価を行った<sup>(1,2)</sup>。本デバイスは、駆動ユニットと耳かけユニットから構成されており、本報告では、耳かけユニットの小型化を目指した新形状の提案および試作、さらに性能評価について述べる。

## 2. 感音性片耳難聴

難聴とは、聴覚機構に発生した障害が原因となり、音声による情報取得が困難となる状態のことをいう。これは障害の発生する箇所により、伝音性難聴と感音性難聴の2種に分類することができる。伝音性難聴は、空気振動である音波を機械振動に変換する鼓膜、その振動を蝸牛に伝える耳小骨などの中耳の障害が原因となる。機械振動を神経パルスに変換する蝸牛の内部器官や、神経パルスを脳に伝達する聴神経などの神経系は正常であるため、補聴器により音を増大させ、機械振動自体を大きくすることで治療が可能となる場合が多い。しかし蝸牛内部器官や聴神経、脳の聴覚野などに障害がある場合には、補聴器を使用しても改善しないことが多く、人工内耳や骨伝導補聴器でも治療ができない場合がある。

また片耳のみが難聴になる片耳難聴と呼ばれる症状もあり、人間が本来備えている「左右の耳で聴いた音の差異」で音源の方向を判別する機能を喪失する。従って声をかけられた時にその方向が分からず、コミュニケーションに支障を来したり、クラクション等の危険信号の方向が分からないため、危険察知能力の低下をも招く。難聴が伝音性であれば補聴器で対応できるが、感音性では補聴器では満足な効果を得られない場合がある。

以上の点から、現在の補聴器では一側性の感音性難聴者を補助することが不可能であり、このような患者のための補聴システムの実用化が求められている。

## 3. 振動により音源方向を指示する補聴システム

一側の耳が難聴であっても、音の来る方向を判断することができれば健常者と同様の対応が可能となる。従って、音源の方向を使用者に呈示することで自然な対応が可能になると考えられる。そこで我々は感音性片耳難聴者のための新しい補聴システムの実現を目指し、音の到達する時間差を利用して音源方向を判断、使用者に呈示するシステムを考案した<sup>(1,2)</sup>。

## 3.1 補聴システムの概略

我々が提案する補聴システムを図1に示す。本システムは集音用マイクと方向呈示用バイブレータを内蔵した「耳かけユニット」と、マイクで集音した音声データの処理およびシステムの駆動を行う「駆動ユニット」から構成される。

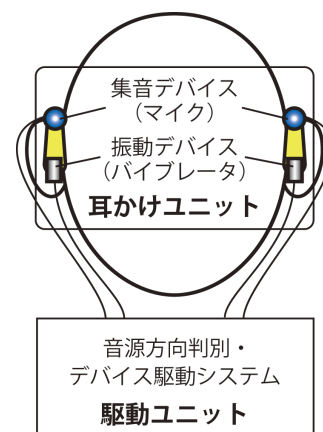


図1 補聴システム概略図

本システムの動作原理は以下の通り。

- 1) マイクで左右両耳の音を測定。
- 2) 音源方向判別システムで体中心に対する音源方向を判別。
- 3) 音源方向のバイブレータを振動させ、使用者に音源方向を呈示。

本システムを用いて音源方向判別に関する性能評価を行った結果、前後正面および全面右方 30° 以外では 66.7%以上の精度で音源方向の判別・呈示に成功した<sup>(3)</sup>。

## 3.2 耳かけユニット

耳かけユニットの概略図を図2に示す。耳かけ

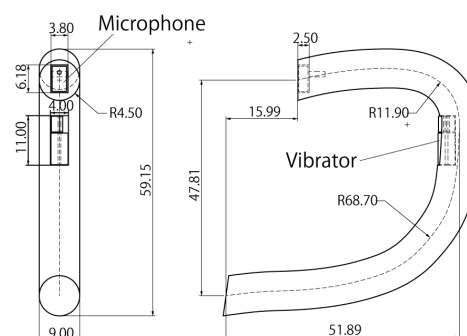


図2 耳かけユニット (9mm) 概略図

ユニットの形状は、実際に耳に当てて作製した原型の中心線を取り、その中心線に沿って直径8mm, 9mm および10mm の円形を掃引したものとした。使用するマイクは Knowles Electronics 社製超小型シリコンマイクロフォン SP0103NC3-3、振動子は日本電産コパル株式会社製円筒形振動モータ LA4-503AC2 である。

耳かけユニットは日本リハビリテーション工学協会の賛助会員企業の協力により、3次元プリンタ formlabs 社製 Form 2 にて作製した。本研究では特性の異なる2種類の材料を用いてユニットを作製し、性能の比較を行った。使用材料は以下の2種。試作耳かけユニットを図3に示す。

1) デュラブルレジン (DR): PP 樹脂に似た強度。低摩擦、高強度。引張降伏強さ 31.8MPa, ヤング率 1.26GPa<sup>(4)</sup>。

2) フレキシブルレジン (FR): ゴム (硬度 80A) に似た柔軟性のある素材。引張強さ 7.7-8.5MPa, 破断点伸び 75-85%<sup>(5)</sup>。

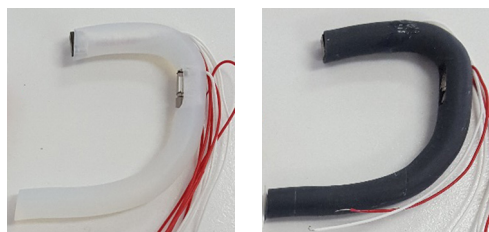


図3 試作耳かけユニット例 (9mm)。左：デュラブルレジン、右：フレキシブルレジン

#### 4. 耳かけユニットのかけ心地評価

耳かけユニットを使用するにあたり、長時間の着用が想定される。そこでそのかけ心地は重要な評価ポイントであると考えられるため、装着性に関する評価を行う。

##### 4.1 目的

耳かけユニットの形状および材料によるかけ心地の違いを評価する。

##### 4.2 実験方法

4名の被験者(20代から40代の健常男性)に耳

かけユニットを装着させ、以下の2通りの状況でのかけ心地を聴き取り、評価した。

- 1) 振動させず、ただかけたのみの場合。
- 2) かけた時に振動させた場合。

聴き取り評価は、かけ心地および振動の大きさへの感想を調べ、1位は6点、2位は5点、以下同様に点数を付け、加算した。耳かけユニット装着の様子を図4に示す。



図4 耳かけユニット装着の様子

#### 4.3 結果および考察

表1にかけ心地の評価の結果を示す。

表1 かけ心地の評価

被験者	デュラブルレジン			フレキシブルレジン		
	10mm	9mm	8mm	10mm	9mm	8mm
A	2	6	1	4	5	3
B	1	5	3	2	4	6
C	3	4	2	1	5	6
D	3	4	1	5	6	2
合計	9	19	7	12	20	17

DR, FR 共に直径9mmのものが高い評価を得た。10mmを使用した感想として、眼鏡の邪魔になるなど圧迫感を感じるというものが多かった。また8mmを使用した感想としては、眼鏡をかけるとちょうど良くなる、振動が肌に伝わりにくいなど、単体では上手く皮膚に接していないことが推測される。9mmでは、かけ心地はよい、しっくりくるなど、被験者が異なってもほぼ同じ感想が得られた。また材料に着目すると、合計35点となったDRに比べ、FRは49点となり評価が高いことが明らかとなった。感想としてはDRでは違和感があるというものが多かったが、FRでは馴染む、違和感がないなど、材料自体の持つ柔軟性が

評価されたと考えられる。以上の結果から、FRを用いた直径 9mm のものが最良であると結論付けられた。

## 5. バイブレータがマイクに与える影響の評価

本耳かけユニットは、マイクと振動子が一体となっており、振動子が震えたときにその振動がユニット本体を伝わりマイクに到達することで、周囲を音の検出の妨げになることが予想される。そこで、試作した耳かけユニットを用い、形状・材質による振動子がマイクに与える影響の違いについて調べる。

### 5.1 目的

形状・材料の違いによる振動子がマイクに与える影響の違いを評価する。

### 5.2 実験方法

実験手順を以下に示す。

- 1) 耳かけユニットを耳に装着。
- 2) 振動子を DC1.5V で駆動。
- 3) マイクの出力波形をオシロスコープで検出。
- 4) 出力信号の実効値を導出。
- 5) 全ての試作耳かけユニット（形状 3 種，材料 2 種，各 2 個，合計 12 個）毎に 5 回測定し，その平均値で評価。

### 5.3 結果および考察

表 2 に耳かけユニット毎のマイク出力の実効値の平均値を示す。

表 2 振動子を振動させた際の  
耳かけユニット毎のマイク出力の実効値

	デュラブルレジン			フレキシブルレジン		
	10mm	9mm	8mm	10mm	9mm	8mm
平均実効値 (mV <sub>rms</sub> ) 右	5.25	16.65	7.57	9.54	7.97	6.97
左	7.24	7.39	4.98	11.30	2.04	10.99
形状毎平均 (mV <sub>rms</sub> )	6.25	12.02	6.28	10.41	5.01	8.98

表 2 から，最も実効値が低かったものは FR の 9mm であり，最小値 2.04mV<sub>rms</sub> は次点の DR，8mm

の 4.98mV<sub>rms</sub> の半分以下である。また左右の平均値でも最も低い値となった。しかし 10mm および 8mm では FR よりも DR の方が低い傾向が見られた。また FR，9mm においても左右で大きな差が見られ，これらは振動子の固定状態が一定ではなく，個体差が生じたためであると考えられる。今後は確実な固定方法を用いて測定を行う必要がある。

## 6. まとめ

振動により音源方向を呈示する補聴システムの耳かけユニットの試作および性能評価を行った。本報告で得られた知見を以下に示す。

- 1) 材料 FR，直径 9mm が最もかけ心地が良い。
- 2) 材料 FR，直径 9mm がマイクに与える振動子の影響が最も小さい。

今後は振動子やマイクの確実な固定方法を確立し，より正確な測定を行う必要がある。また駆動ユニットと組み合わせ，システムとしての性能評価を実施する予定である。

## 謝辞

本研究遂行にあたり，3D プリンタによる試作および情報提供を頂いた日本リハビリテーション工学協会の賛助会員企業に感謝の意を表する。

## 参考文献

1. 中野拓也, 仮屋孝二, 大恵克俊, "片耳難聴者用音源方向指示システムの開発", 日本機械学会九州支部学生会第 46 会卒業論文発表講演会予稿集, (2015), pp.327-328
2. Katsutoshi .Oe, Masahito Iwae and Kohji Kariya, "Vibration type hearing aid system for unilateral deafness patients", Proc. of RESNA/NCART 2016, (2016), <https://www.resna.org/sites/default/files/conference/2016/cognitive/oe.html>
3. 大恵克俊, 仮屋孝二, "振動により音源方向を呈示する補聴システムに関する研究", 第一工業大学研究報告, vol. 29, (2016), pp.43-46
4. formlabs, "Durable", formlabs Form 2 materials properties, (2017), [https://docs.wixstatic.com/ugd/4887d1\\_66d9531b7ccf457da2763eb018406b1d.pdf](https://docs.wixstatic.com/ugd/4887d1_66d9531b7ccf457da2763eb018406b1d.pdf)
5. formlabs, "Flexible", formlabs Form 2 materials properties, (2016), [https://docs.wixstatic.com/ugd/4887d1\\_23a40bd4620e461e8637893854324353.pdf](https://docs.wixstatic.com/ugd/4887d1_23a40bd4620e461e8637893854324353.pdf)