

# 片耳難聴者用音の方向判別機能を有する 補聴システムの開発

大 惠 克 俊, 仮 屋 孝 二

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, k-kariya@daiichi-koudai.ac.jp

## Development of hearing aid system with function for sound source direction determination

Katsutoshi OE, and Kohji KARIYA

Mechanical systems engineering, 〒899-4395 1-10-2 Kokubu-chuou, Kirishima, Kagoshima

k-ooe@daiichi-koudai.ac.jp, k-kariya@daiichi-koudai.ac.jp

**Abstract:** The sensory unilateral deafness is one of the incorrigible handicap by auditory prosthesis. The human identify the sound source direction by both ears, the patients who have above-mentioned handicap can not identify it. In our daily living, the direction of sound source is very important information. For example, the sound of klaxon is the dangerous signal to avoid the traffic accident, and the identification of the person who spoke is very important for smooth communication. Therefore, the unilateral deafness patients suffer inconvenience. For these patients, some devices are developed and used practically, but all of them do not aim the identification of sound source direction. Accordingly, we aimed to develop the new type hearing aid system with the function of sound source direction determination. In this report, we suggested the hearing aid system what included the vibrators as the communicators of the sound source direction, and made the prototype.

**Keywords:** *hearing aid system, unilateral deafness, determination of sound source direction*

### 1. 緒言

現在、難聴者のための福祉機器として一般的に用いられているものが補聴器であり、様々な形状や性能の補聴器が市販され、使用者が好みのものを選ぶことができる。しかし難聴者の中には音波である空気振動を神経パルスに変換したり、その神経パルスを伝える経路に障害を持つ感音系難聴を患う者がおり、これら感音性難聴者には従来の補聴器が解決策とならない場合が多い。また片耳のみに障害をもつ片耳難聴者が必要としている情報は音源方向であるが、それを指示可能なデバイスは実用化されていない。本研究は、片耳が感音性難聴である「感音性片耳難聴」患者のため

の、音源方向を指示することに特化した全く新しい補聴システムの実現を目指しており<sup>(1)</sup>、本報告においてはその基礎原理と構造に関する提案を行い、さらにデバイスの一次試作を行った<sup>(2)</sup>ので報告する。

### 2. 難聴とは

聴覚機構に何らかの障害が発生し、音声による情報取得が困難になると難聴者となる。難聴には多くの種類があるが、耳の構造から原因となる部分で分類すると、伝音性難聴と感音性難聴の2種類に分けられる。また片耳難聴についても本項で解説する。

## 2.1 伝音性難聴

耳介や外耳道などの音を拾い空気振動を伝達する外耳，鼓膜・耳小骨などの音を機械振動として伝える中耳が原因で起こる難聴である．聴神経は全く問題がないため，聴神経に音を伝えることができれば健常者と同じようにコミュニケーションが可能となる．現在において，有効な対策として補聴器がある．

## 2.2 感音性難聴

感音性難聴は内耳にある蝸牛内の聴神経などの音を感じ取る神経や，検出した音声信号を脳に送る聴神経の障害が原因で起こる難聴である．音を増幅するだけの補聴器や，内耳機能を利用する骨伝導補聴器では補聴効果が得られず，人工内耳を用いて機能回復する例もあるが，障害発生箇所により全く効果がない場合もある．

## 2.3 片耳難聴

難聴者の中には片側の耳だけが聞こえなくなる「一側性難聴（片耳難聴）」という症状を持つ者がおり，その原因は伝音性，感音性共に存在する．片耳が聞こえないことで本来人間が備えている「左右の耳で聴いた音の差異」で音の来る方向を判別する機能を喪失することとなる．これにより声をかけられた方向が分からず，コミュニケーションに支障を来したり，さらには危険察知能力の低下を招くことにもつながる．難聴の原因が伝音性であれば補聴器で対応することが可能であるが，感音性では補聴器の効果が少なく，満足な矯正を行うことができない．また難聴側の耳に装着したマイクで集めた音を健聴側（聞こえる側）の耳へ伝える「クロス補聴器」というものがあるが，これでは音の方向を判別することが不可能である．

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聴することが不可能である．従って，このような患者のための補聴システムの実用化が望まれている．

## 3. 感音性片耳難聴者用補聴システム

一側の耳が難聴であっても，音の来る方向を判別することができれば，その方向に素早く向くことができ，健常者と同じような対応が可能となる．従って，音の方向を使用者に指示することで自然な対応が可能になると考えられる．そこで我々は一側性の感音性難聴者のための新しい補聴システムの実現に向けて，音の到達する時間差を利用して音源の方向が分かるシステムを考案した<sup>(1,2)</sup>．

### 3.1 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．また本システムの動作原理を以下に示す．



図1 補聴システムの模式図

- 1) マイクで左右両耳での音を測定
- 2) 音源方向判別システムで音源方向の体中心線に対する方向を判別
- 3) 音源方向のバイブレータを振動し使用者に方向を伝達

本システムが実用化されることで，多くの片耳難聴者のQOL向上が期待される．

### 3.2 開発の方針

本システムの実現のために必要な要素技術は，以下の5点であると考えられる．

- 1) 集音用小型マイク
- 2) 方向指示用小型バイブレータ
- 3) マイク・バイブレータを内蔵する耳かけユニット
- 4) マイク・バイブレータ駆動用電気回路
- 5) 音源方向判別システム

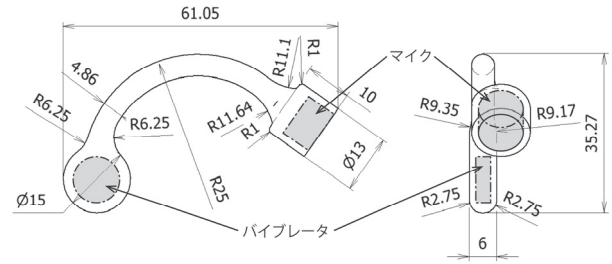


図2 耳かけユニットの概略図

これらのうち, 1, 2については既存品を使用し, 5については過去の報告<sup>(3)</sup>を基に今後の課題とし, 残る3, 4については本報告で実施することとする. 4については第一段階として, 音声受信回路とバイブレータ駆動回路を一体化した駆動ユニットの製作を行った. また3については, 1, 2を内蔵し, かつ目立たない形状を持ち, さらにバイブレータが発生する音と外界からの音声を分離する構造を持つ必要がある. 音声信号の分離に関しては信号処理で対処可能であると考え, 本報告では小型で目立たない形状の実現を目指した.

### 3.3 耳かけユニット

耳かけユニットの作製において, 以下に挙げる点が重要項目と考える.

- 1) 小型で目立ちにくいこと
- 2) 軽量であること

これらの点から, 図1に示すように耳かけユニットに内蔵するのはマイクとバイブレータのみとし, 電源を含む電気回路等は制御ユニットとして分離, 耳かけユニットと有線で接続するものとする.

本報告で提案する耳かけユニットの概略を図2に示す. 図中にグレーで示したマイクおよびバイブレータの仕様を表1に示す. 耳かけユニットは可能な限り軽量・薄型にするために, 使用するマイク・バイブレータも小型とした.

表1 使用したマイク・バイブレータの仕様

	製品名	仕様および寸法 (mm)
バイブレータ	VMP-10BC	駆動電圧 3V, $\phi$ : 10, $t$ : 3.2
マイク	C9767	駆動電圧 1.5V, $\phi$ : 9.7, $t$ : 6.7

過去に試作した耳かけユニットでは電源を内蔵していたため小型化に限界があったが, 本報告では制御ユニット側に電源を内蔵することとしたため, 大幅な小型化が可能となった.

図3に試作耳かけユニットを示す. 本ユニットは3Dプリンタを使用してPLA樹脂で作製されており, ドライヤー等で温めることで容易に変形させることが可能であるため, 使用者に対して容易にフィッティングできる. これは装着時の快適性を検証するためのものであるため, マイク内蔵用のスペースは設けられていない.



図3 試作耳かけユニット

本モデルではかけやすい, 目立ちにくい等の評価を得ているため, この試作モデルを基にして, マイクの取り付け位置などの最適化を行う予定である.

### 3.4 駆動ユニット

駆動ユニットは、音声を受信し信号増幅する回路と、バイブレータを駆動する回路から構成される。本報告においては、これらの回路を一体化した駆動ユニットの基本設計及び製作することを目的とした。

図4に駆動ユニットの機能ブロック図を示し、回路構成について説明する。

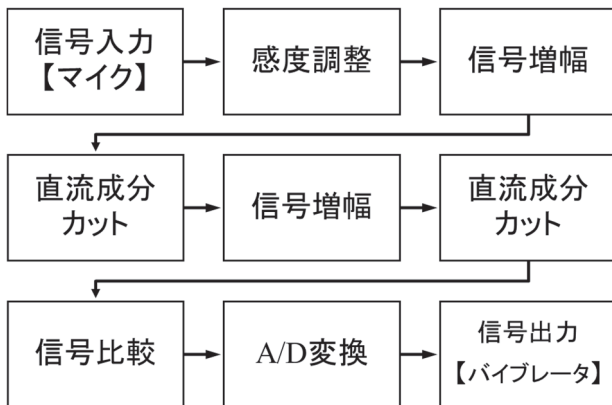


図4 駆動ユニットの機能ブロック図

まず、マイク部で受信した音声信号を感度調整し、信号増幅する。増幅された音声信号は直流成分が含まれているため、直流成分をカットし、さらに増幅する。

次に、増幅された音声信号はあらかじめ設定可能なしきい値と比較し、しきい値を超えた信号はアナログデジタル変換され、バイブレータを作動する。

感度調整およびしきい値調整は基板上に設けられた可変抵抗を用いて設定し、使用条件等により容易に調整可能となっている。ノイズ対策としては、コンデンサやIC等の最適化配置を行った。

電源はアルカリ乾電池を用いた9V単一電源である。

図5に試作した駆動ユニットを示す。

本駆動ユニットを用いた実験を行った結果、マイクで受信した音が調整可能なしきい値に対応して、バイブレータが振動することが確認された。

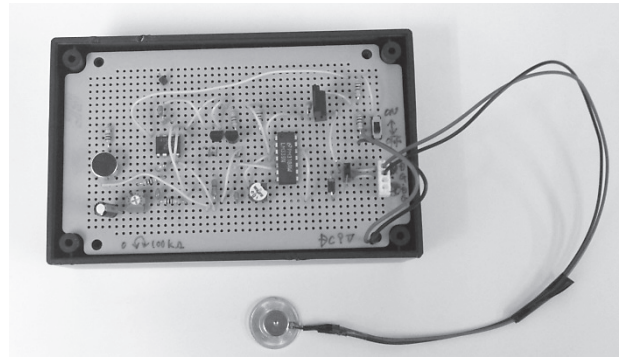


図5 駆動ユニットの外観

## 4. まとめ

本報告では一側性の感音性難聴者がよりよい生活を送るために必要な補聴デバイスについての提案を行い、それを基にデバイスの考案と試作を行った。

耳かけユニットは小型マイク・バイブレータを内蔵可能な形状とし、バイブレータのみ内蔵型を3Dプリンタを用いて試作を行った。

駆動ユニットはマイク入力から信号処理を含め、バイブレータ出力までをワンボード化することができた。

今後は駆動ユニットの小型化および耳かけユニットの形状最適化を進める予定である。

## 謝辞

本研究の一部は平成26年度第一工業大学研究開発助成金の援助を受けたものである。

## 参考文献

- (1) 大城勤, 大恵克俊, “片耳難聴者用音の方向を指示可能な補聴システムの開発”, 日本機械学会九州支部学生会第45回卒業論文発表講演会予稿集, (2014), pp.223-224
- (2) 中野拓哉, 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回卒業論文発表講演会予稿集, (2015), pp.327-328
- (3) 鈴木敬, 金田豊, “サブバンドピークホールド処理を用いた音源方向空いての検討”, 日本音響学会講演論文集, (2007), pp.751-752