

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

大恵 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 of sound source direction indicator by vibration

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. Therefore, the unilateral deafness patients suffer inconvenience. For these patients, some devices are developed, 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 indicator by vibration. In this report, we made the prototype of the drive unit for this device, and the performance evaluation test for this drive unit were conducted. The results of this test are as follows: the percentage of correct direction indication by this drive unit was more than 80%, the test subject could determine the direction of sound source by the vibrators. Therefore, it was clarified that this device could indicate the sound source direction.

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

1. 緒言

現在、聴覚機能に障害を持つ難聴者のための福祉機器として、一般的に補聴器が使用されている。すでに患者の状態に応じた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択することができる。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する器官や、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は、音源の方向に関する情報が得られることで日常生活における不便を解消できるため、音源方向の情報を必要と

しているが、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^(1,2)、本報告においてはデバイスの一次試作を行い、その動作実験を行ったので報告する。

2. 感音性片耳難聴とは

聴覚機構に障害が発生し、音声による情報取得が困難になることを難聴という。難聴は原因となる耳の箇所により、伝音性難聴と感音性難聴の2種類に分類される。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を含む中耳の障害が原因で起こる。これは機械振動を神経パルスに変換する蝸牛内部器官や、神経パルスを脳に伝達する聴神経は正常であるため、補聴器により音を強くすることで治療が可能である場合が多い。逆に蝸牛内部器官や聴神経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できない場合もある。

また片耳のみが難聴になると片耳難聴と呼ばれる。これは片耳の聴力を失うため、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。従って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、危険察知能力の低下をも招く。原因が伝音性であれば補聴器で対応可能であるが、感音性では補聴器の効果が無い場合もあり、満足な矯正を行うことができない。

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、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を使用者に呈示するシステムを考案した^(1,2)。

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。

- 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



図1 補聴システムの模式図

集音デバイスと振動デバイスを内蔵し耳にかけて使用するものを「耳かけユニット」、音源方向判別システムおよびデバイス駆動システムを内蔵するものを「駆動ユニット」と呼ぶ。これまでに振動デバイスを内蔵した耳かけユニットと、音に反応しバイブレータを作動させる機能を持つ駆動ユニットを作製した。

3.2 耳かけユニット

図2に耳かけユニットの概略図を示す。耳かけユニットは使用時に目立たないように、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なものとした。

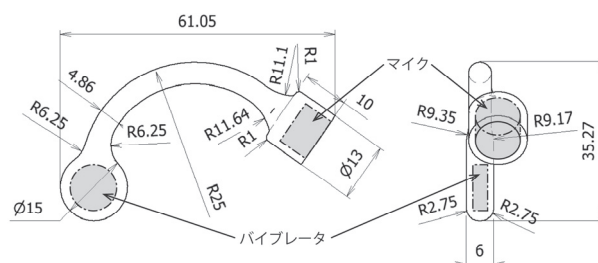


図2 耳かけユニットの概略図

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

3.3 駆動ユニット

駆動ユニットは左右のマイク及びバイブレータと配線で結ばれており、マイクからの音声信号を直流成分をカットした後に増幅し、アナログ・デジタル変換する回路と入力信号レベルに応じてバイブレータを駆動させる回路から構成されている．電源はコイン型リチウム電池（3V）を用いるため電圧昇圧回路（2倍）を内蔵し、実験用として5V定電圧電源も使用可能な回路構成としている．

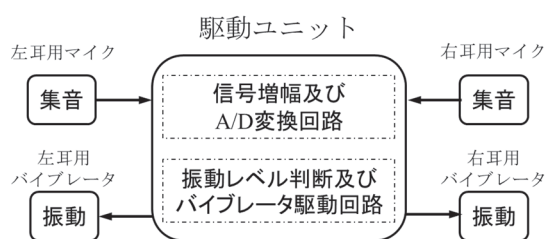


図4 駆動ユニットの回路構成図

図4に駆動ユニットの回路構成図を、図5に試作した駆動ユニット用回路を示す．

本駆動ユニットでは、左右のマイクにより得られたそれぞれの信号から先に検出した方を判断し、その方向のバイブレータのみを振動させることで、使用者に音源の方向が正面を基準として左右どちらかを呈示するものである．

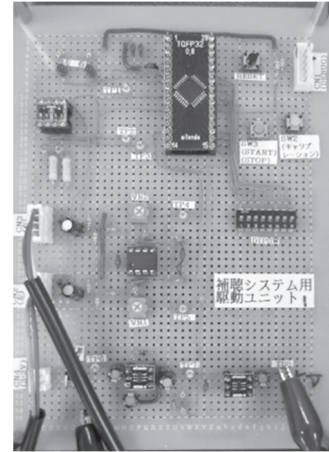


図5 試作駆動ユニット

4. 駆動ユニット動作実験

4.1 実験目的

試作した駆動ユニットの有効性を確認するために、本ユニットを用いた音源方向の判別に関する実験を行う．

4.2 実験方法

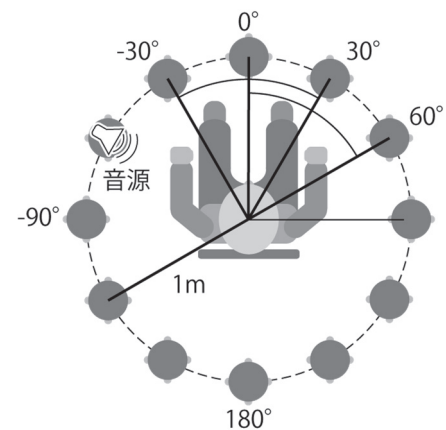


図6 実験環境

図6に実験環境の平面図を示す．被験者を中心に半径1mの円を描き、被験者正面から30度毎に音源を置くための台を設置した．被験者は駆動ユニットに接続されたマイクおよびバイブレータを耳に装着し、音原音を直接聞けなくするため、ウレタンフォーム製の耳栓と防音ヘッドホンを併用した．また視覚による情報も遮断するため、アイマスクを使用した．音源として発生周波数

510Hz, 音圧 113dB の警笛を使用し, 音の発生回数は各 1 回, 音の長さは各 1 秒とした. 音源の設置位置は被験者正面を 0 度とし, 右方向の角度を正, 左方向の角度を負で示す. 実験手順を以下に示す.

- 1) ランダムに音源の設置箇所を決定し, 設置後音を鳴らす.
- 2) 被験者は振動したバイブレータの方向を口頭および手で示す.
- 3) 被験者の呈示と正しい音源位置とを比較し, 正誤を確認する.
- 4) 上記 1～3 を全ての方向について 3 回ずつ行う.

4.3 結果および考察

表 1 方向判別実験の結果

方向	角度 (°)	正誤			正答 率(%)
		1回目	2回目	3回目	
後正面	180	×	×	×	0
右側	150	○	○	○	100
	120	○	×	○	66.7
	90	○	○	○	100
	60	○	○	○	100
	30	×	×	○	33.3
正面	0	×	×	×	0
左側	-30	○	○	○	100
	-60	×	○	○	66.7
	-90	○	○	○	100
	-120	○	○	○	100
	-150	×	○	○	66.7

表 1 に実験結果および求めた正答率を示す. この結果から, 正面および後正面で音を鳴らした際の正答率は 0% となった. これは左右両方から同時に音波が到達するため, システムとして反応できず, 両側のバイブレータが振動してしまったためであると考えられる. 音源位置が正面以外の左右に変位した場合では, 右側 30 度を除き誤答が 0

回もしくは 1 回となり, ほぼ確実に左右の方向判別に成功した. 左右別の正答率を求めると, 右側で 80%, 左側で 86.7% と高い確率を示した. これらの結果から, 本システムは音源が前・後方正面以外にある場合には正しく動作し, 音源が左右どちらにあるかを正確に被験者に指示できることが確認された. しかし, 音源が前方および後方の正面にある時の方向判断・方向呈示に関しては改良の余地があると考えられる. また本実験ではマイクの感度が低かったため音原の音を大きくせざるを得ず, 防音ヘッドホンと耳栓を併用しても完全に遮断できていない可能性が残る. しかしバイブレータの振動は正確に左右を正しく判断・呈示しており, 機能的には問題がないが, マイクの感度に関しては再考の余地がある.

5. まとめ

感音性片耳難聴者用の振動により音源方向を呈示する補聴デバイスの試作を行った. 本報告では, 駆動ユニットの試作およびその動作実験について述べた. 本試作駆動ユニットは音源が正面から左右どちらに変位しているかを 80% 以上の確率で検出した. 今後はデバイスの改良と被験者を増やし, より精度の高い検出精度を目指す予定である.

謝辞

本研究の一部は平成 27 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