

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 6 日現在

機関番号：32620

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23700626

研究課題名（和文） 換気チューブを利用した鼓膜直接加振型補聴器の開発

研究課題名（英文）

Development of hearing aid applied to the ear drum directly driven by vibration

研究代表者

小宮 尚 (KOMIYA HISASI)

順天堂大学・医学部・講師

研究者番号：70348978

研究成果の概要（和文）：

軽量な電磁コイルと永久磁石からなる振動子を試作し、さまざまな種類の波形や周波数の信号（純音信号、バースト信号、振幅変調信号など）を加振コイルに入力し、加振コイルが発生可能な等価音圧の周波数特性および入力信号に対する応答性を明らかにした。通常の補聴器の様に外耳道を塞がないため、閉塞感がなく、使用感の向上も期待される。

研究成果の概要（英文）：

We conducted vibration apparatus composed of small device of electric coil and magnet, and examined frequency characteristics and input-output function resulted from a variety of waveforms and frequencies applied (pure tones, tone burst, and FM waves). The abovementioned new apparatus will be expected to improve the fitness and usefulness due to good passage of external ear canal.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：人工感覚器

1. 研究開始当初の背景

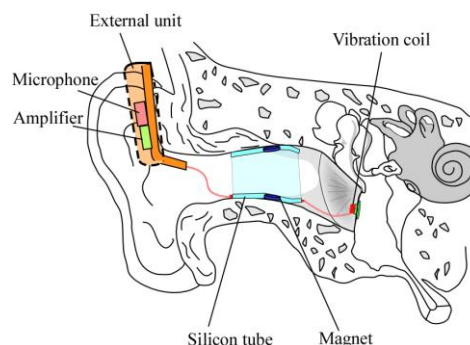
人口の高齢化、疾病構造の変化などに伴い、言語機能障害や先天性難聴等の聴覚障害を有する人々に対する補聴器の重要性、必要性が高まってきている。そういった人々の生活の質を向上させるため、より広範囲の補聴が可能な音質の良い補

聴器が求められている。現在、イヤホンを用いた耳掛け型、ポケット型、耳穴型といった様々な補聴器が開発されているが、これらのイヤホンを用いた従来型の補聴器では、外耳道の音の反射やハウリングの影響により高音域までひずみの少ない正確な音圧増幅特性を実現すること

が困難であり、高度難聴者を補聴することが難しい。そこで、この問題を解決するため、鼓膜や耳小骨を直接加振するタイプの補聴器が国内外で開発されている。このタイプの補聴器は、外耳道の音響特性の影響を受けず、フィードバックの影響が少なく高音質であるという特徴を有している。しかし、いずれも振動子の重さの影響による高音域での出力不足や、植え込みの際に側頭骨を大きく削る必要があるなどの侵襲を伴うため、広く普及するには至っていない。そこで、申請者は、振動子として軽量な加振コイルを用いることで、振動子自体の慣性による高音域での出力不足の改善が可能であると考え、さらに次ページ図1のように、鼓膜に加振コイルを取り付けることによって、人体に対する侵襲を最小限に抑えた鼓膜加振型電磁補聴器の開発ができるとの着想に至った。この方法によって、ハウリングの問題、音質の問題、侵襲の問題、音圧の出力不足を解決できる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究課題で問題になる点は、1) 振動子が発生可能な加振力の向上、2) 周波数特性のフラット化、3) 動的に変化する入力信号への追従性の向上、4) 簡便な装着法の開発、5) 省電力化などである。これらを研究期間内に評価・改善し、本手法の実用化を目指す。



鼓膜加振型補聴器の装着

鼓膜加振型補聴器は、鼓膜に振動コイルを取り付け、鼓膜を直接加振するものである。本装置は、外耳道内に永久磁石を、鼓膜に加振コイルを取り付け、コイルに電流を流し、その際にコイルと永久磁石の間に発生する電磁力により鼓膜を直接加振することで補聴を行う。

具体的には、軽量な電磁コイルと永久磁石からなる振動子(図)を試作し、さまざまな種類の波形や周波数の信号(純音信号、バースト信号、振幅変調信号など)を加振コイルに入力し、加振コイルが発生可能な等価音圧の周波数特性および入力信号に対する応答性を明らかにする。更に、コイル駆動用の省電力アンプを試作し、加振コイルと組み合わせ、電磁補聴器の試作器を開発し、難聴者に試装する。純音聴力や言語聴取能の評価を多くの被験者を対象に行い、これら臨床で収集したデータをもとに、鼓膜加振型補聴器を実用化する。高度難聴者を補聴を保証するために、外耳道の音の反射やハウリングの影響を抑制させ、高音域までひずみの少ない正確な音圧増

幅特性を実現させ、人体に対する侵襲を最小限に抑えた鼓膜加振型電磁補聴器の開発を目指す。

3. 研究の方法

人工鼓膜モデルを作成し、このモデルを利用して試作した鼓膜加振型補聴器の評価を行う。評価は、レーザードップラー振動計を用いて人工鼓膜の振幅を計測することによって行なう。また、マイクロホンを用いて、人工鼓膜の振動により外耳道内に発生する音圧の測定も行い、ハウリング低減効果も確認する。その評価結果を元に、補聴器の改良を進める。

臨床実験のための補聴器およびシステムを構築する。臨床実験に用いる補聴器は、鼓膜への侵襲が全く無いように、加振コイルは鼓膜上に置き、高粘性の液体で固定する。

作成したシステム及び補聴器を利用して、健常者および難聴者を対象とした性能評価実験を行う。この臨床実験では、さまざまな種類の波形や周波数の信号（純音信号、バースト信号、振幅変調信号など）を加振コイルに入力し、周波数応答、装置の加振力や応答性の確認を行う。

収集したデータを元に、鼓膜加振型補聴器の外部ユニット（アンプやマイクロホン、バッテリー部等）の開発を行う。鼓膜加振型補聴器の試作品を使用可能段階にする。

4. 研究成果

軽量の電磁コイルと永久磁石からなる振動子を試作し、さまざまな種類の波形や周

波数の信号（純音信号、バースト信号、振幅変調信号など）を加振コイルに入力し、加振コイルが発生可能な等価音圧の周波数特性および入力信号に対する応答性を明らかにした。更に、コイル駆動用の省電力アンプを試作し、加振コイルと組み合わせ、電磁補聴器の試作器を開発し、難聴者に試装する。純音聴力や言語聴取能の評価を多くの被験者を対象に行い、これら臨床で収集したデータをもとに、鼓膜加振型補聴器の実用化を目指している。鼓膜加振型補聴器の最大の特色は、音圧による鼓膜の加振ではなく、鼓膜をコイルによって直接加振させるところである。これにより、通常の補聴器で発生するハウリングの問題を軽減できるだけでなく、外耳道の形状に寄らず、高音域までフラットな周波数特性を持ち得ることから、音質の向上、語彙明瞭度の向上、高周波における出力不足の解決、などが期待できる。また、通常の補聴器の様に外耳道を塞がないため、閉塞感がなく、使用感の向上も期待される。他の植え込み型補聴器と異なり低侵襲であるために、使用者への手術の負担が少ないだけでなく、コイルを鼓膜の上に乗せるだけの簡単なパッチテストも可能で、患者毎にこの補聴器の有効性を容易に確認できる。さらに、

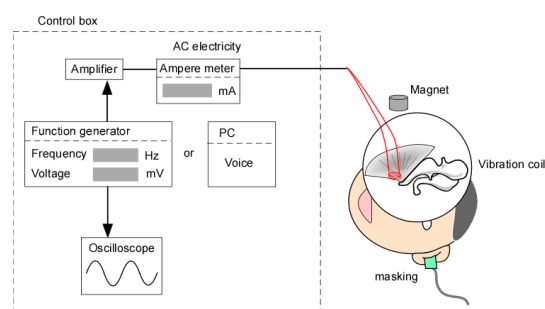


図 臨床実験のためのシステム図

発信器(またはPC)によって、任意の音や声を発生し、アンプによって増幅し、この信号を交流電流の形で振動コイルに流し、磁石とコイルの間に発生する電磁力を利用して、鼓膜を加振させる。

この技術の応用として、中耳の手術中における聴力検査装置としての利用も可能になる。また、骨伝導式の補聴器などとは違い、出力効率がよく、低音における聞こえづらさもないことが判明した。

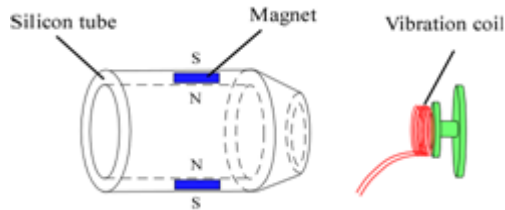


図 鼓膜加振部

ネオジウム磁石を 2 つ使い、シリコンチューブ内に N 極同士を向かいあわせて(反発させて)配置する。チューブをつまみ、外耳道に挿入後に放すと、磁石の反発力で磁石は外耳道に固定される(図 1 参照)。同極同士が向かい合わされた磁石の磁力線は図の水平方向へ曲がり、コイル周辺の磁束密度が高くなる。この磁場の中においたコイルに交流電流を流すと、電磁力によりコイルが振動する。コイルは、鼓膜に留置しやすいように、換気チューブを利用して作成する。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

Zhao F, Koike T, Wang J, Sienz H, Meredith R. Finite element analysis of the middle ear transfer functions and related pathologies. Med Eng Phys. 2009 Oct;31(8):907-16. 査読有

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小宮 尚 (KOMIYA HISASI)

順天堂大学・医学部・講師