

ノート

骨導音の聴覚感度特性の計測

石橋 睦美* 神田 浩一*

Measurement of Hearing Sensitivity of Bone Conducted Sound

Mutsumi Ishibashi*, Kouichi Kanda*

キーワード：骨導音，最小可聴値

Keywords : Bone conducted sounds, Threshold of hearing

1. まえがき

骨の一部を振動させて骨導音を伝える技術（骨伝導技術）は、様々な製品に応用され、実用化されている。たとえば、作業現場などのうるさい環境でも会話をやり取りできるヘルメットや、耳鼻科診療時の会話を補助するヘッドレストカバー⁽¹⁾など幅広い分野で活用されている。このように製品の用途が多様であることに伴って、加振源となる骨伝導スピーカの種類や、振動を加える頭蓋骨の部位（加振部位）も多様化している。そこで本研究では、骨伝導技術に関連したより満足度の高い製品開発を行うために、(1) 各種骨伝導スピーカの音響物理特性、(2) 加振部位別の音の聞こえ方（聴覚感度特性）を把握することとした。

骨伝導スピーカの音響物理特性として、電磁式および超磁歪式の加振力特性を計測した。また、加振部位別の聴覚感度特性として、最小可聴値（人間が骨導音として知覚することのできる最も小さな加振力レベル）を主観評価実験により検討した（主観評価実験Ⅰ）。さらに、周囲の音環境（暗騒音）の影響を調べるため、暗騒音を付加した条件でも最小可聴値の測定を行った（主観評価実験Ⅱ）。

2. 骨伝導スピーカの音響物理特性の計測

今回、測定を行った骨伝導スピーカは、電磁式（RION Audiometer Type AA-77A 骨導受話器）、圧電式（NECトーキン(株)製 KDS-M-01⁽²⁾）および超磁歪式（フェレイ BCHS-FT00）である。各種スピーカの構造の概要を図1に示す。電磁式や超磁歪式は構造上、厚みが必要となる一方で、圧電式は薄い形状をしている。

これらの骨伝導スピーカに550gの荷重をかけて、入力電圧を一定に保持した状態で各周波数の加振力レベルを人工マストイド（B&K Artificial Mastoid Type 4930）により計測した。その結果を図2に示す。電磁式の加振力は低周波数で大きく、高周波数になるにつれて小さくなる傾向を示した。一方、圧電式の加振力は低周波領域では小さいが、高

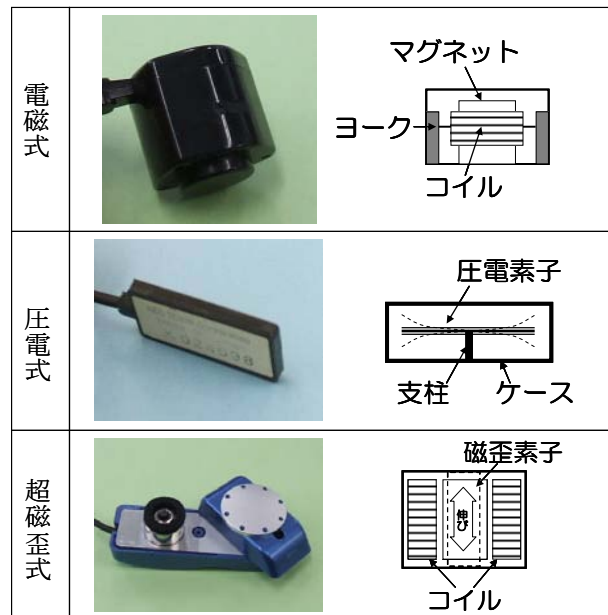


図1. 各種骨伝導スピーカ

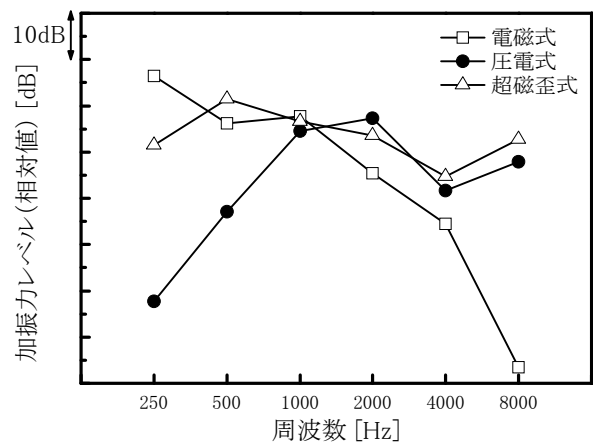


図2. 各種骨伝導スピーカの加振力特性

*光音グループ

周波領域で大きくなっている。超磁歪式は低周波数から高周波数にかけて、比較的平坦な特性を持つことが示された。

3. 最小可聴値の計測

3.1 実験システム 主観評価実験は半無響室と呼ばれる静かな部屋（騒音レベルが12dB未満）で行った。

実験にはオーディオメータ（RION Audiometer Type AA-77A）と呼ばれる聴力測定用の機器を用いた。これに付随する骨導受話器は電磁式である。

3.2 実験方法 上昇法⁽³⁾（音が聞こえないレベルから音量を順次5dBステップで大きくして、聞こえ始めたレベルを測定する方法）により、最小可聴値（加振力レベル）を測定した。

3.3 実験条件 加振位置は乳様突起部と後頭部である。主観評価実験Ⅰでは周囲が静かな状態で実験を行った。また主観評価実験Ⅱでは暗騒音による最小可聴値の変化をみるため、一般的な環境騒音を模擬した-6dB/oct.bandの定常雑音を、被験者の頭の位置で騒音レベルが45dBとなるように、被験者の前方のスピーカから再生し、最小可聴値を計測した。被験者は正常な聴力を有する10代から20代の男女16名（男9名、女7名）である。再現性を確認するため、主観評価実験ⅠおよびⅡのそれぞれについて、各被験者2回の実験を行った。

3.4 実験結果 実験ごとに、すべての被験者2回の結果を平均した値を、主観評価実験Ⅰについては図3(a)に、実験Ⅱについては図3(b)にそれぞれ示す。この結果をみると、暗騒音の有無に関わらず、後頭部を加振した場合は、乳様突起部を加振した場合に比べて、最小可聴値が10から20dB程度大きくなっている。このことから、後頭部では感度が鈍くなり、音を聞くためにより大きな加振力を必要とすることが示された。一方で、加振力レベルの周波数特性をみると、後頭部でも乳様突起部でも低周波数の方が高周波数に比べてレベルが大きくなるという類似の傾向を示している。

暗騒音による最小可聴値の変化量をみると（図4参照）、乳様突起部でも後頭部でも変化量は同じ程度であった。高周波数で変化量が小さくなっているのは、暗騒音の高周波数成分が小さいレベルであったためと考えられる。

4. まとめ

本研究の結果から、骨伝導スピーカの種類によって、加振力特性が異なるため、形状や使用目的を考慮して選定する必要があることが示唆された。さらに、加振部位によって最小可聴値は変化するものの、その周波数特性に大きな差異はみられなかった。このことから、健聴者の音の聞こえ方を考慮した製品を開発する場合、後頭部加振であっても、乳様突起部加振と同様の周波数特性補正フィルターを用いて支障はないと考えられる。

（平成20年7月4日受付，平成20年8月4日再受付）

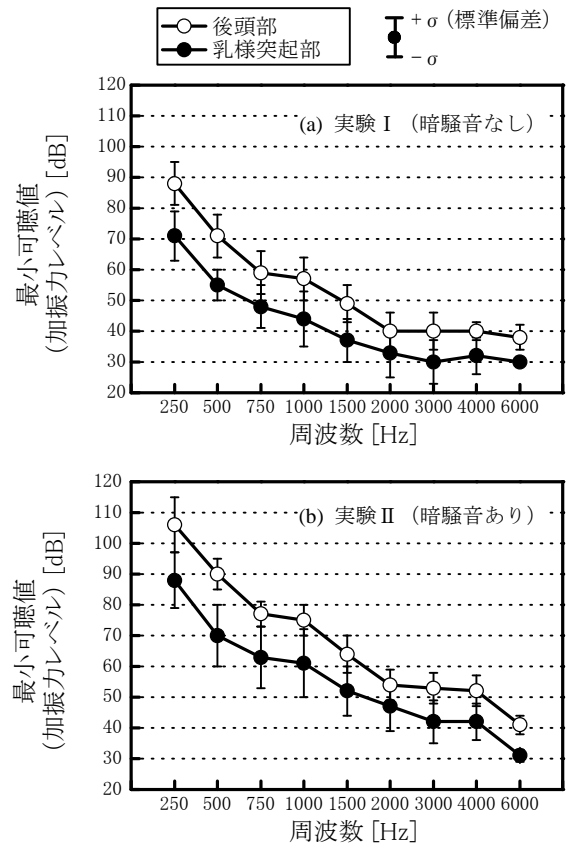


図3. 主観評価実験結果（加振部位別の聴覚感度特性）

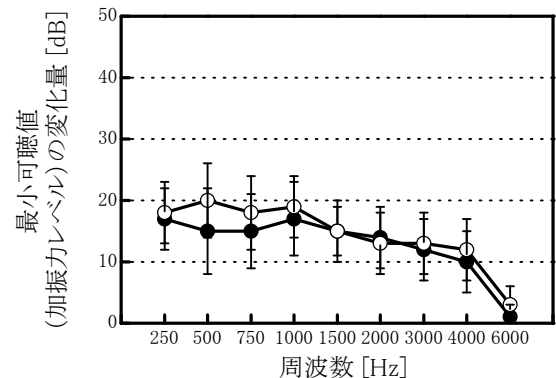


図4. 暗騒音による最小可聴値の変化量

謝辞

本研究の実験に快くご協力いただきました都立赤羽商業高等学校、東京都立中央・城北職業能力開発センター赤羽校の生徒の皆様にご心より感謝いたします。

文 献

- (1)石橋睦美, 神田浩一, 小林丈士, 三上和正, 宇田川好隆:「骨伝導技術を利用した耳鼻科診療椅子の開発」, 東京都立産業技術研究所研究報告, No. 2, pp. 38-41 (2007)
- (2)阿部善幸, 田村光男:「圧電式骨伝導スピーカの開発」, NEC TOKIN Technical Review, Vol.31, p.56-63 (2004)
- (3)ISO 8253-1:「Acoustics – Audiometric test method – Part 1: Basic pure tone air and bone conduction threshold audiometry」(1989)