

圧電型骨伝導スピーカの性能評価

Performance Evaluation of Piezoelectric Bone Conduction Speaker

○野川功貴, 渡部慶二

○Kouki NOGAWA, Keiji WATANABE

山形大学

Yamagata University

Key Words: 骨伝導スピーカ(Bone Conduction Speaker), 圧電振動子(Piezoelectric Vibrator),
加速度(Acceleration), 明瞭度(Articulation)

連絡先: 〒992-8510 山形県米沢市城南 4 丁目 3-16

野川功貴, Tel. : 090-5206-4356, E-mail: kokinogawa@yahoo.co.jp

1 緒言

骨伝導とは、鼓膜を介さずに、音による頭骨の振動から直接、聴覚神経に伝播する骨導音を伝える方法のことである。

骨伝導は、直接的に聴覚神経に音が伝わるので騒音環境下での音声認識に優れている。最近では、携帯電話やヘッドホンなどの様々な骨伝導製品が発売されている。しかし、従来の骨伝導スピーカでは、ダイナミックスピーカを使用しているため、構造が複雑で小型化・軽量化が困難である。今までは、中高音域での音響特性に優れている圧電振動子を用いることにより、小型・軽量で音声再生に優れた骨伝導スピーカの開発を行い、設計因子や使用条件などを研究し明瞭度を上げてきた¹⁾。しかし、スピーカの性能評価方法は振動特性と官能試験の2つの相関性で検討してきた。そこで本研究では、振動特性で性能評価を推し量るための基準となる指標を得ることを目的とする。実験では、周波数のゲインを変化させた再生信号を用い、振動特性と明瞭度の相関から周波数が明瞭度に与える影響を検討したので報告する。

2 骨伝導スピーカユニット

Fig.1 に圧電振動子の概略図を示す。圧電振動子は厚さ 0.1mm, ϕ 30mm の真鍮の円板両面に厚さ 0.08mm, ϕ 25mm の PZT セラミックスを貼り合わせたバイモルフ構造である。振動伝達部は厚さ 1mm, ϕ 10mm である。振動子はフレームで保護されており、M3×15mm のアクリル製ボルトとナットで支持されている。スピーカ円周には 5g の低音再生、及び振動特性の平坦化に効果があるといわれているラバーウェイトを貼り付けている²⁾。

3 加速度周波数特性測定実験

Fig. 2 に加速度周波数特性の測定の概略図を示す。入力信号はホワイトノイズを使用し、ファンクションジェネレータを用いイコライザとアンプにて信号を調整し骨伝導スピーカに入力する。スピーカには JIS T 1201 より、押し付け力 5.1N を加えアクリル板に押し付け、板逆面の振動加速度を、加速度ピックアップを用い測定した。信号の再生電圧は 5V 一定とし、無調整の状態、中心周波数 2kHz のゲインがイコライザで最大、最小になるように調整した状態、同様に 4kHz を調整した状態の 5 種類を測定した。

4 単語明瞭度試験

Fig.3 に骨伝導スピーカを用いた単語明瞭度試験の概略図を示す。被験者には騒音環境下でヘッドバンドを用いて乳様突起に装着した骨伝導スピーカで提示音を聴き取り、聴こえた通りに回答をもらう。得られた回答に対して、完全に一致した場合のみを正解とし単語明瞭度を算出した。提示音は、坂本らの「親密度と音韻バランスを考慮した単語理解度試験用リスト」³⁾から親密度 4.0~2.5 に分類される 50 単語を選んだ。親密度とは 7 段階で構成され、数値が大きくなるほどなじみが高いものが含まれる。Table.1 に試験に用いた単語の一部を例として示す。再生電圧は加速度特性測定時と同じ 5V で再生をする。測定は加速度周波数特性測定時と同様の 5 種類にて行う。マスキング騒音源として被験者から 1m 離れた場所にダイナミックスピーカを設置し、被験者の耳元における騒音レベルをマイクロホンにて測定する。マスキングノイズにはホワイトノイズを騒音環境下として 60dB で使用した。なお被験者は健全な聴力を持つ 20 代男性 8 名としている。

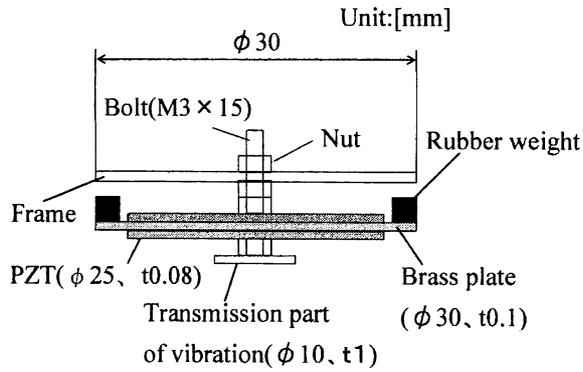


Fig.1 Construction of bone conduction speaker

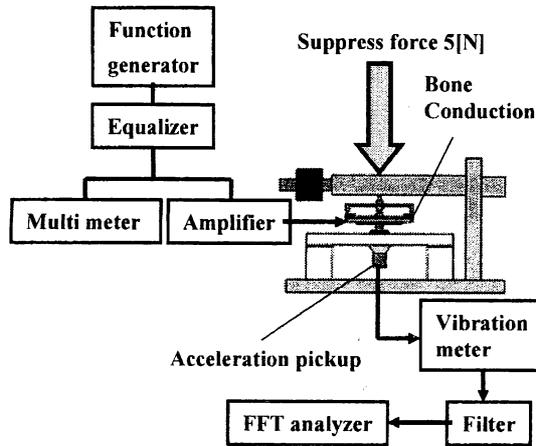


Fig.2 Schematic diagram of Experimental apparatus (Acceleration measurement)

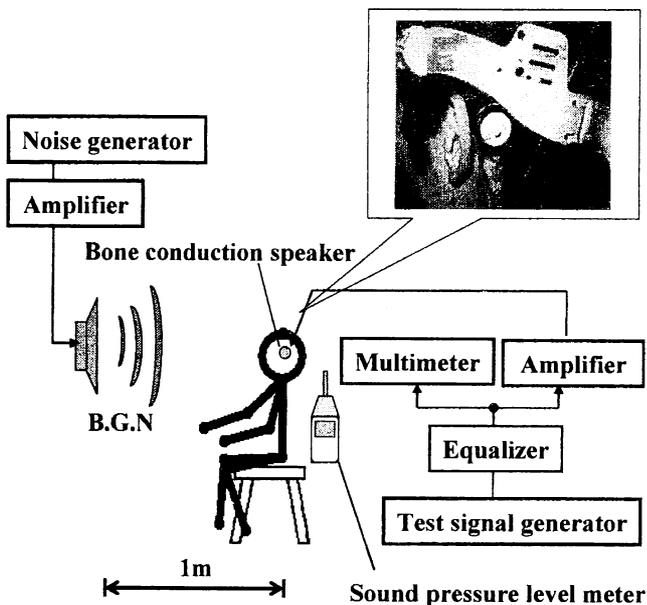


Fig.3 Schematic diagram of articulation evaluation experiment

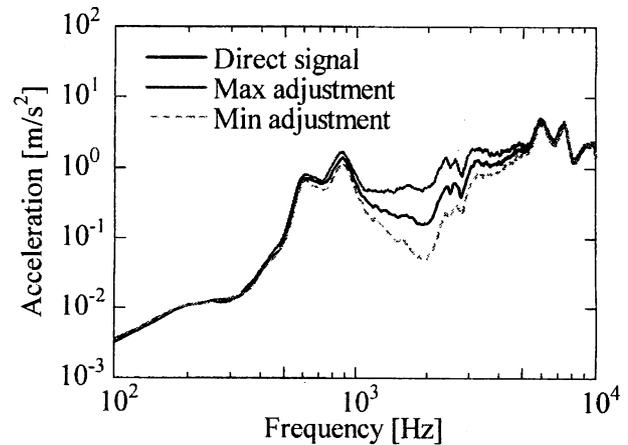
Table.1 Example of examination word

Intimacy=4.0~2.5			
ヨツツジ	ガンアツ	ヤジモト	シャクシャク
ブタクサ	ツユビエ	ラクバン	ジュクタツ
アイバン	ウモレギ	ルイスイ	ミヤバラ

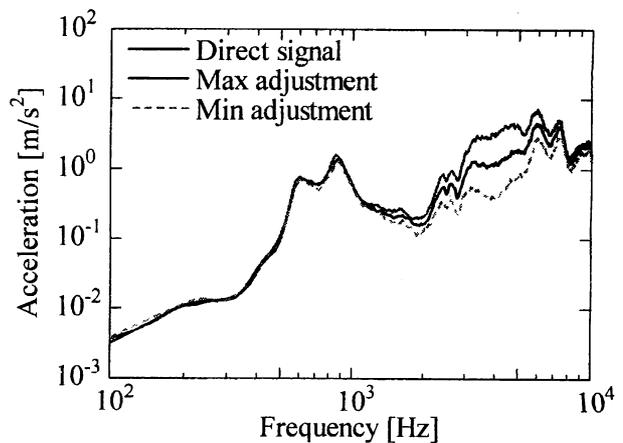
5 実験結果及び考察

5.1 加速度周波数特性

加速度周波数特性測定の結果を Fig.4(a)(b)に示す。Fig.4(a)より基準としている無調整のグラフと比較すると 2kHz 帯を増加させた場合、基準よりも加速度周波数特性が平坦化した。逆に減少させた場合ディップが強調された。加速度の値では増加させたものと減少させたものでは最大 1.24m/s^2 平均 0.71m/s^2 の差ができ、基準と増加させたものでは最大 0.87m/s^2 平均 0.47m/s^2 、基準と減少させたものは最大 0.52m/s^2 平均 0.23m/s^2 の差が生じた。Fig.4(b)より 4kHz 帯を調整した場合は特性に目立った変化はみられず増加減少した。加速度の値では増加させたものと減少させたものでは最大 4.93m/s^2 平均 2.20m/s^2 の差ができ、基準と増加させたものでは最大 3.10m/s^2 平均 1.37m/s^2 、基準と減少させたものは最大 2.08m/s^2 平均 0.82m/s^2 の差が生じた。2種の周波数帯域で加速度の変化に差が見られるが、圧電型骨伝導スピーカの中高音域で音響特性に優れるという利点から高周波帯域の変化が得やすいと考えられる。



(a) Adjusted 2kHz band



(b) Adjusted 4kHz band

Fig.4 Frequency characteristic of acceleration

5.2 単語明瞭度試験

Fig. 5 に単語明瞭度試験の結果を示す。グラフは各試験者の明瞭度の平均であり、エラーバーは標準偏差を示す。周波数無調整の試験結果と 2kHz 帯と 4kHz 帯を減少させた結果をみると明瞭度としては 2%前後の差しか見られなかった。2kHz 帯, 4kHz 帯両帯域ともそれぞれ加速度の変化も大きくは生じないのでこの程度の変化では明瞭度には影響しないと考えられる。また、2kHz 帯を増加させた場合無調整, 減少させた場合に比べ 10%ほど明瞭度は高くなった。2kHz 帯で周波数変化による明瞭度の変化は加速度として 0.3m/s^2 程度の変化がなくては大きくは変化しないと考えられる。4kHz 帯を増加させた場合は無調整, 減少させた場合に比べ 15~20%明瞭度は高くなった。4kHz 帯で周波数変化による明瞭度の変化は加速度として 1.0m/s^2 程度の変化で大きく明瞭度が変化すると考えられる。

6 結言

本研究では圧電型骨伝導スピーカを用いて音声再生に重要といわれている第2フォルマントが存在している 2kHz~5kHz の中でも 2kHz 帯と 4kHz 帯の明瞭度への影響に注目をした。今回のイコライザを用いた周波数変化では両帯域とも加速度の増加に伴い明瞭度が高くなったが、両帯域で比較をすると 2kHz 帯よりも 4kHz 帯の周波数帯域の変化がスピーカの性能から上がりやすいため明瞭度に大きく貢献するとわかった。

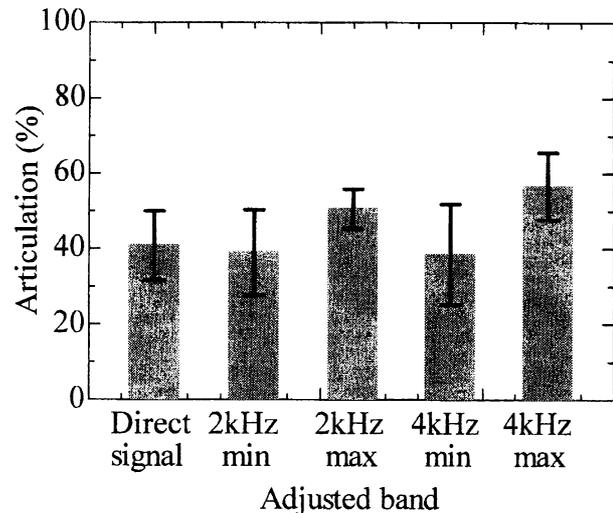


Fig.5 Experimental result of articulation under masking noise 60[dB]

7 参考文献

- 1) 佐々木達, 圧電振動子による骨伝導スピーカの開発, D&D講演論文アブストラクト集(2006), p381
- 2) 福本真大, 圧電振動子による骨伝導スピーカの開発, 日本機械学会東北学生会論文集(2004), pp19-20
- 3) 坂本, 他 5 名, 親密度と音韻バランスを考慮した単語了解度試験リスト構築, 音響学会誌(1998), Vol.54, No12, p.842-849