

(3) 使い方

① 電池の入れ方

a. 円筒形の電池カバーを下図の矢印方向に引き抜き、外す。

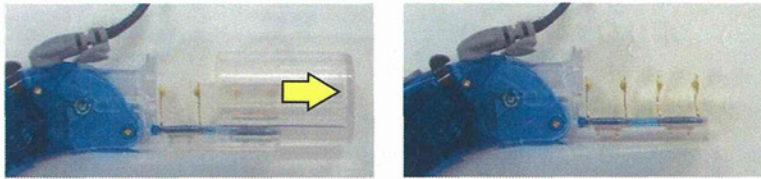
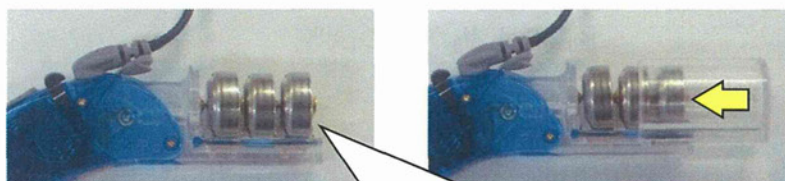


図 42 電池カバーの開け方

PR44P 電池



b. 電池の+、-に注意して電池を入れ、電池カバーを下図の矢印の方向にスライドさせ、最後少し強く押して、もとに戻す。



3本ともこちら側が+側

図 43 電池の入れ方

② 電源の ON-OFF

電源スイッチは、レバーの位置を切換えることにより、電源の入り ON、切り OFF を行う。右図のように、左から OFF (O の位置)、ON 1 (T の位置)、ON 2 (M の位置) のように切り換える。ON 1 と ON 2 にはそれぞれ別の設定を、リオネットセレクタを使って、割り当てることができる ((4) の補聴器の調整を参照)。

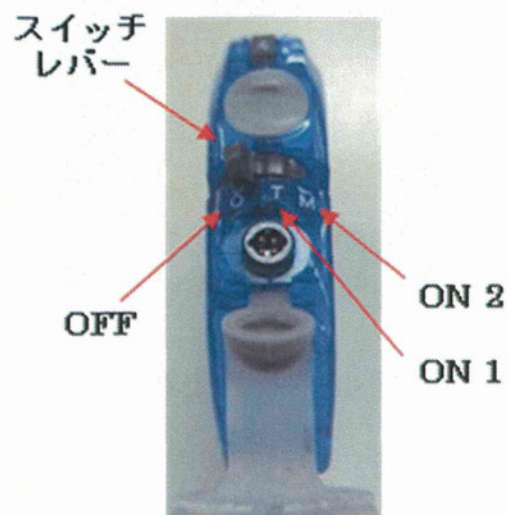


図 44 スイッチの位置

③ ボリウムの操作方法

右図の矢印の方向にボリウムを回すと、音がおおきくなります。



図 45 ボリウムの調整

④ 補聴器の使い方

- a. 骨伝導振動子のコネクタを本体に接続する。
- b. 電源スイッチを OFF にして、電池を入れる。
- c. ボリウム位置を確認して、いつもの使用位置に設定する。初めてのときは「3」程度にする。
- d. 補聴器本体を装用する側の耳にかける。
- e. 骨伝導振動子のリングの部分を目の耳甲介部に引っ掛ける。

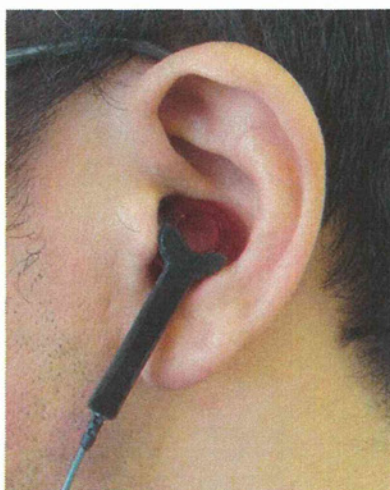


図 46 補聴器装着図

- f. 電源スイッチを“入” (ON) にする。
- g. 音が小さいときは、ボリウムを大きくします。ボリウムを聴きやすい位置に調整する。
- h. ピーピーとハウリングし易い場合は、骨伝導振動子を聴力の良い側の耳にかけ、反対側の耳に補聴器本体をかけて使用する。

g. 使い終わったら、電源スイッチを“切”（OFF）にする。

（4）補聴器の調整

① 調整に必要な機器とその接続

試作骨導補聴器 HD-GX2 を調整するためには以下の機器が必要である。

- ・ リオネットセレクトタがインストールされたパソコン
（リオネットセレクトタのバージョンは 4.30 以降なら、OK。）
- ・ 補聴器インターフェース HI-PRO または HI-PRO USB
（パソコンと RS232C または USB で接続）
- ・ 切替ボックス
- ・ 試作骨導補聴器 HD-GX2

パソコンと HI-PRO の接続は通常の補聴器をフィッティングする場合と同じであるので、ここでは説明を省略する（下図も参照）。

補聴器 HD-GX2 の電源を切ってから切替ボックスに接続されたコードの赤コネクタ（右耳用）または青コネクタ（左耳用）のどちらかを補聴器 HD-GX2 の通信コネクタに接続する（下図参照）。

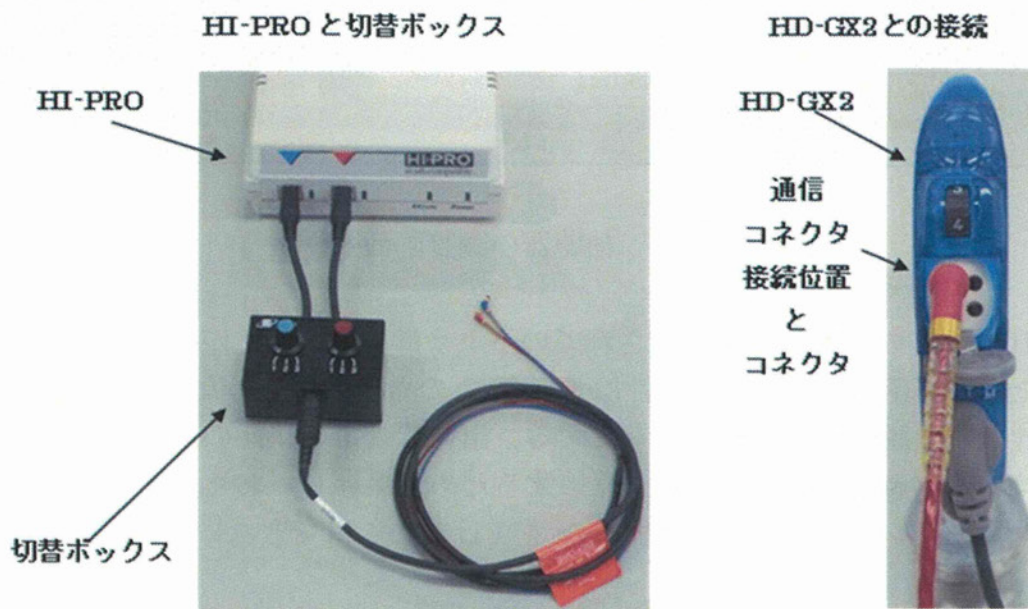


図 47 HI-PRO との接続

② 調整方法

正しく接続されていれば、リオネットセレクトタの“補聴器の調整”画面は下図のように表示される（HI-PRO の Left に接続した場合）。リオネットセレクトタで補聴器を選択する場合は、HB-G2U を選択する。

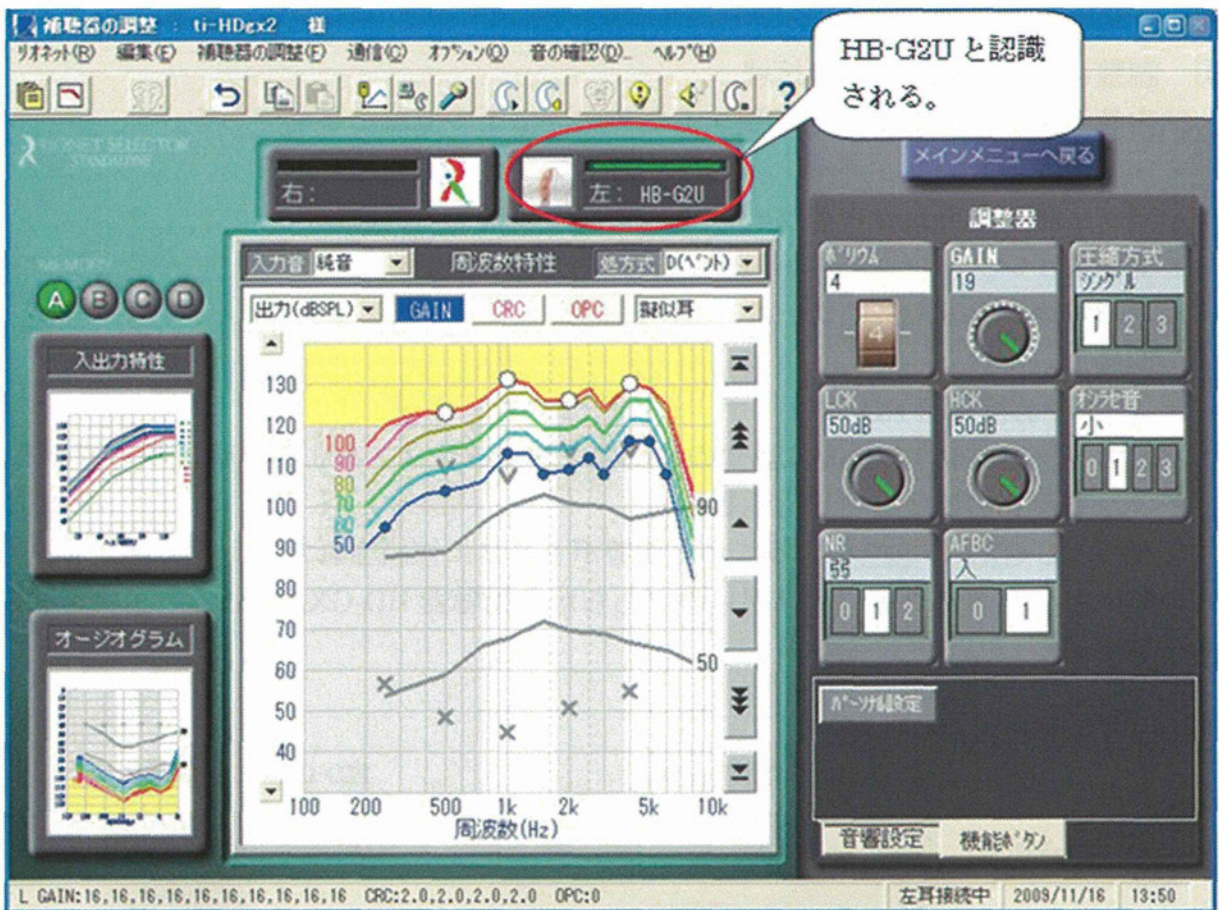


図 48 補聴器の調整画面

本試作器 HD-GX2 の調整は、図に示されているように、HB-G2U の調整画面を流用して行う。このため、表示される周波数特性は HD-GX2 のものとはまったく異なる。HD-GX2 の周波数特性は本取説の 5 の性能を参考にする。出荷時設定の状態の周波数特性が載っている。出荷時の設定値は、後で戻せるようにするため、保存しておく。出荷時設定値は、Gain が最大になっているので、これ以上 Gain を上げることはできない。下げる方の調整は可能である。

上図右の調整器の設定方法を簡単に説明する。

- ・ボリウムは、最大の 4 に固定する（調整には関係ない）。
- ・Gain は、全帯域の増幅度を一様に 1dB ステップで可変する。左クリックで減、右クリックで増。
- ・LCX は、低周波数域の 2 つのチャンネルの圧縮を適用する入力音圧レベル（ニーポイント）を 5dB ステップで可変する。左クリックで減、右クリックで増。
- ・HCX は、高周波数域の 2 つのチャンネルの圧縮を適用する入力音圧レベル（ニーポイント）を 5dB ステップで可変する。左クリックで減、右クリックで増。
- ・NR は、騒音低減機能の強さを可変する。0 : 切、1 : 弱、2 : 強。
- ・AFBC は、ハウリング抑制機能を入り (1)、切り (0) します。

・その他、HB-G2U（Uシリーズ補聴器）の調整方法を参考にしてください。

Gainの周波数特性を10バンド（250、500、750、1k、1.5k、2k、3k、4k、6k、8k Hz）の帯域毎に細かく可変したり、圧縮率を4チャンネル（500、1k、2k、4k）の帯域毎に可変することができる。Gainは、周波数特性グラフを表示させ、グラフ上の“GAIN”ボタンを選択し、青色の点のどれかをクリックして周波数を選択し、グラフ右側の▲や▼などのボタンをクリックして、Gainを可変できる。圧縮率は“GAIN”ボタンの右の“CRC”ボタンを選択し、ピンク点のどれかをクリックして周波数を選択し、同様に▲や▼などのボタンで圧縮率を可変することができる。

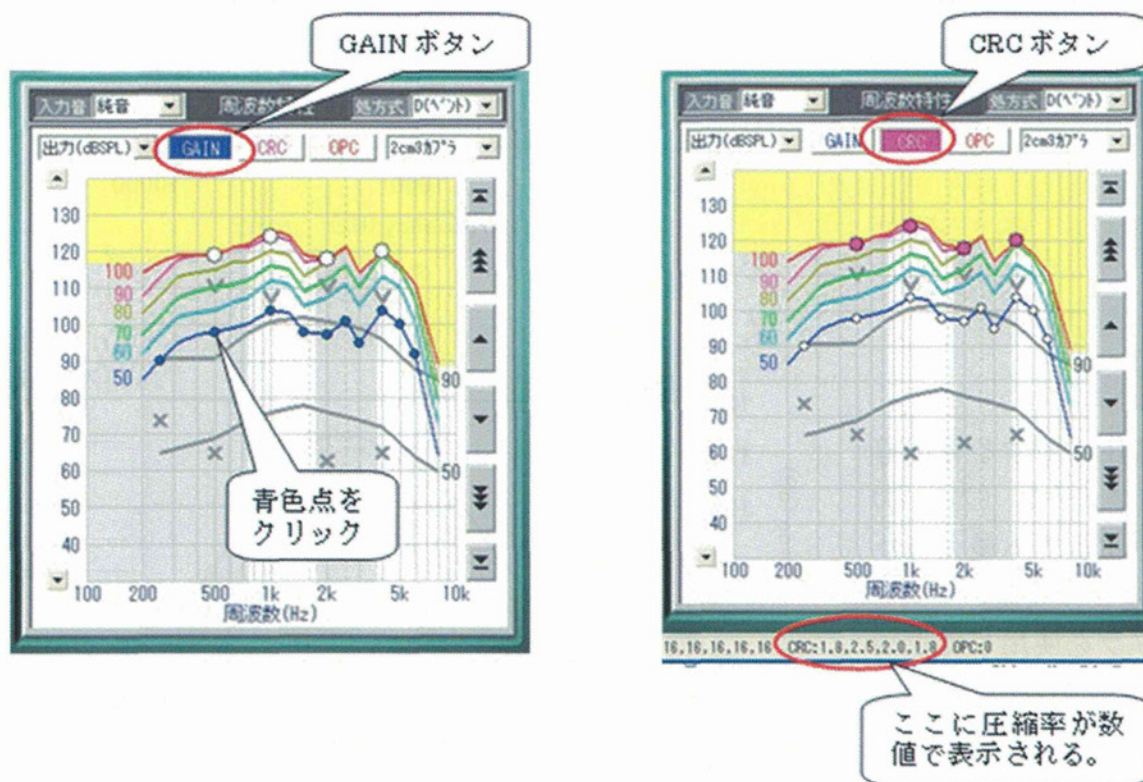


図 49 調整画面での音質調整

③ 2つのメモリーへの設定

HD-GU2では、2種類の調整値を2つのメモリーに設定して、電源スイッチのON1とON2で切換えて使用することができる（3-2参照）。スイッチ位置ON1とON2に割り当てられた設定値は、それぞれリオネットセクタのメモリーAとメモリーBの設定値に対応している。リオネットセクタの調整画面でメモリーの“A”と“B”ボタンを選択して、それぞれで設定し、補聴器に書込むことにより使用することができる。

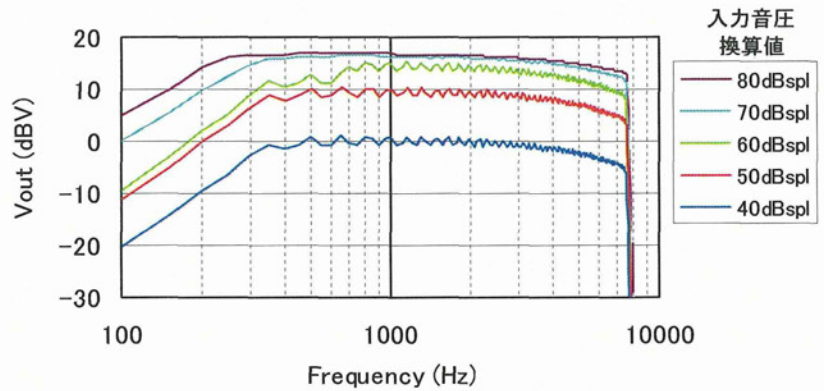
出荷時の設定は、スイッチ位置ON1：全帯域で入力音圧50dB以上で圧縮率2.0の音圧圧縮、騒音低減機能NRが1（弱）、ハウリング抑制機能AFBCが1（入り）、スイッチ位置ON2：音圧圧縮なし、NRが0（切）、AFBCが1（入り）、となっている。

(5) 性能

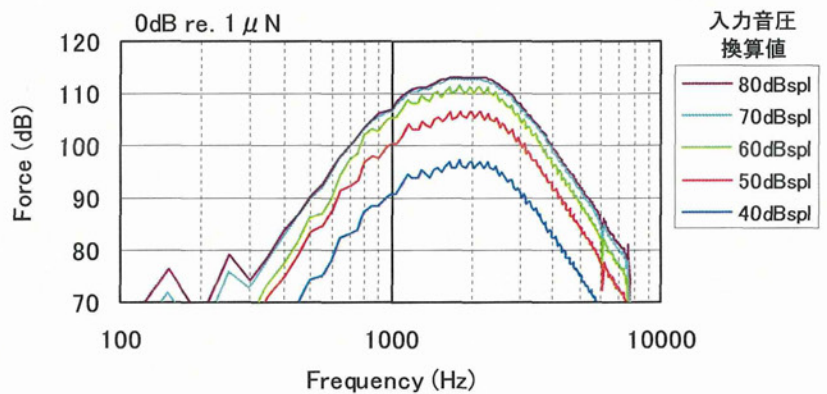
本器はデジタル補聴器用のIC出力を圧電デバイス駆動用ICを使用してさらに増幅して、骨伝導振動子を駆動している。骨伝導振動子を耳に装着して使用した場合、振動による骨伝導音だけではなく、骨伝導振動子の振動によって音も同時に発生する。

以下の特性は、骨伝導音のみの出力特性で、40dB～80dBの入力音圧（マイクロホンの感度を-52dBで換算した値、マイクロホン感度 0dB：1 V/0.1Pa）に対する出力特性である。

各入力音圧に対する本器の出力電圧特性（ボリウム最大時）



各入力音圧に対する骨伝導振動子のフォース（力出力）レベル（ボリウム最大時）
（IEC 60373 に規定のメカニカルカップラを使用して求めたフォースレベル）



各入力音圧に対する骨伝導振動子の出力の聴力レベル HL 換算値（ボリウム最大時）
（ISO 389-3 に規定の骨導域値を使用）

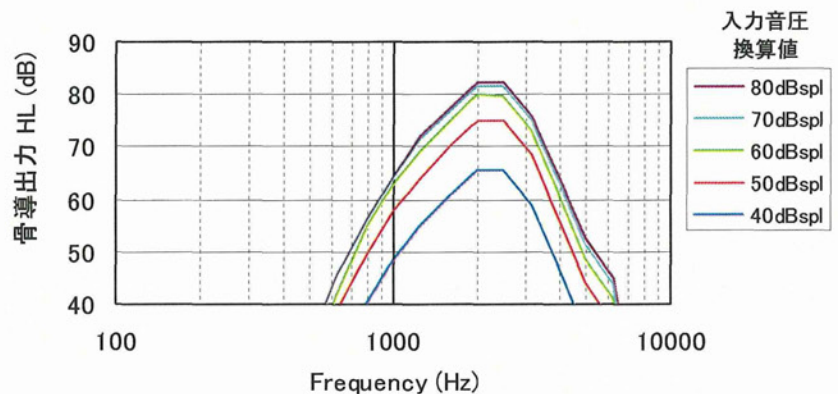


図 50 補聴器の出力

(6) 仕様

① ブロック構成図

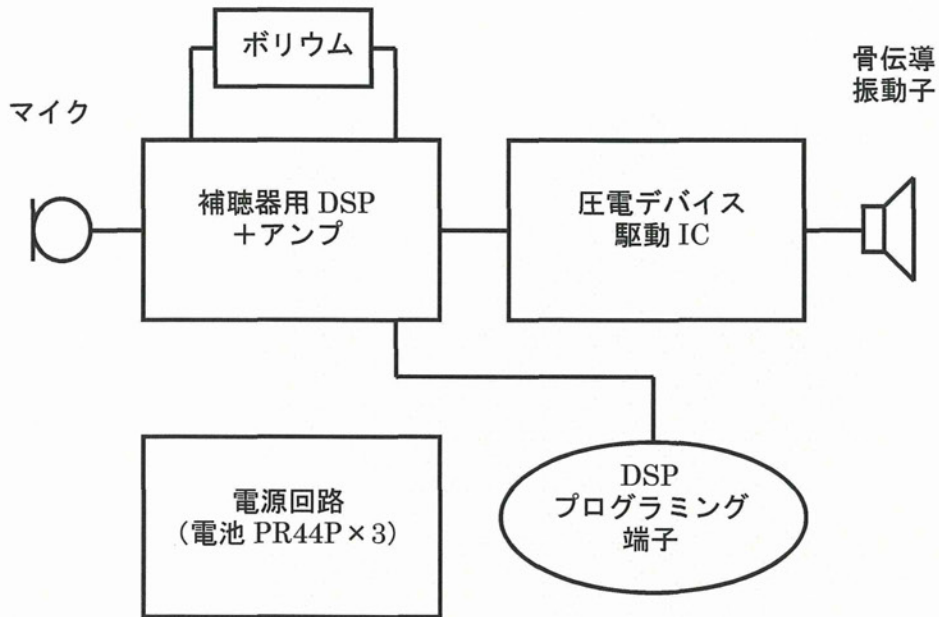


図 51 ブロック構成図

② 出力特性： (5) の性能参照
(IEC 60373 メカニカルカプラで出力評価した場合)

③ フィードバックキャンセラ機能： 有

④ ボリューム可変幅： 約 12dB

⑤ 消費電流： 約 16 mA (ボリューム 1、静音時)

電池寿命は使用状況によって大きく異なる。ボリュームを上げて (3~4)、出力を大きくすると、電池の最大許容電流値を超える電流が時々流れ、電池電圧低下の警告音 (プー、プー) が鳴って一時的に出力が途切れる。このような状況が頻繁に起こる場合には、電池寿命は極端に短くなる。

(参考値ですが、初期設定のスイッチ位置 ON 1 の状態でボリューム 3 で使用した場合、時々途切れるが電池寿命は約 30 時間、ボリューム 3.5 の位置で連続使用した場合、約 3 時間。)

⑥ 使用電池： 空気亜鉛電池 PR44P、3 個

⑦ 質量： 本体 約 12.1 g (電池込み)
骨伝導振動子 約 5.4 g

⑧ 外形寸法（本体）： 図 52 参照（単位 mm）。

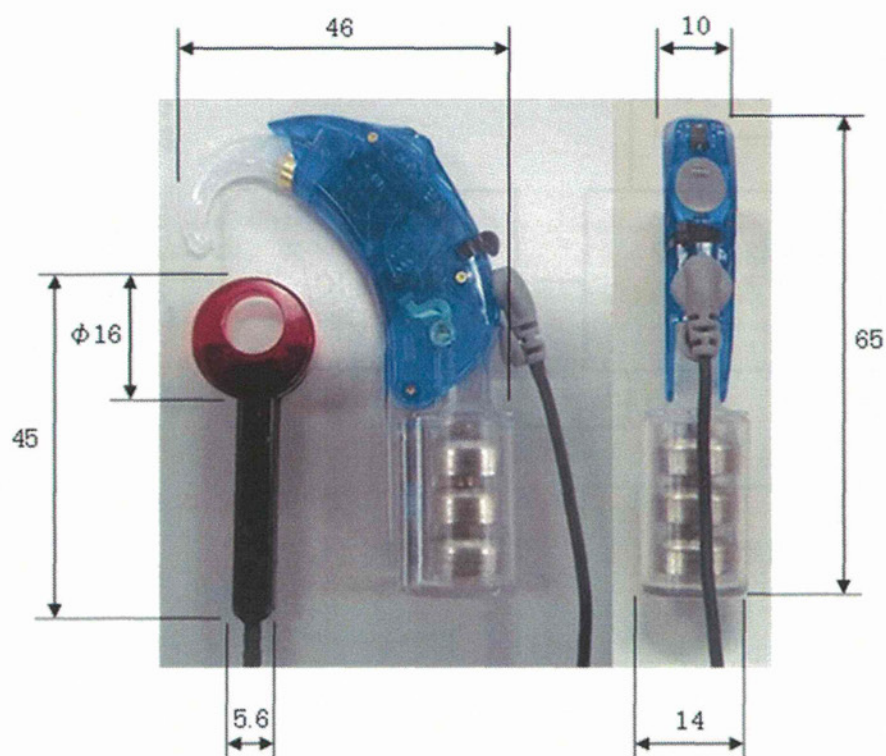


図 52 補聴器の外形寸法

3) HD-GX3

(1) 軟骨伝導補聴器HD-GX3の概要

試作軟骨伝導補聴器HD-GX3は、前バージョンの耳かけ型の軟骨伝導補聴器HD-GX2を両耳装用で使用することを目的に製作したものである。HD-GX2では出力が大きくなると、電池の最大電流を越えてしまい、音切れの問題や電池の消耗が早いなどの問題があったため、本HD-GX3では電源を外付けとし、リチウムイオン充電電池を採用して、両耳の耳かけ補聴器に電源を供給するようにした。なお出力特性等の性能はHD-GX2と同等である。

(2) 構成と名称

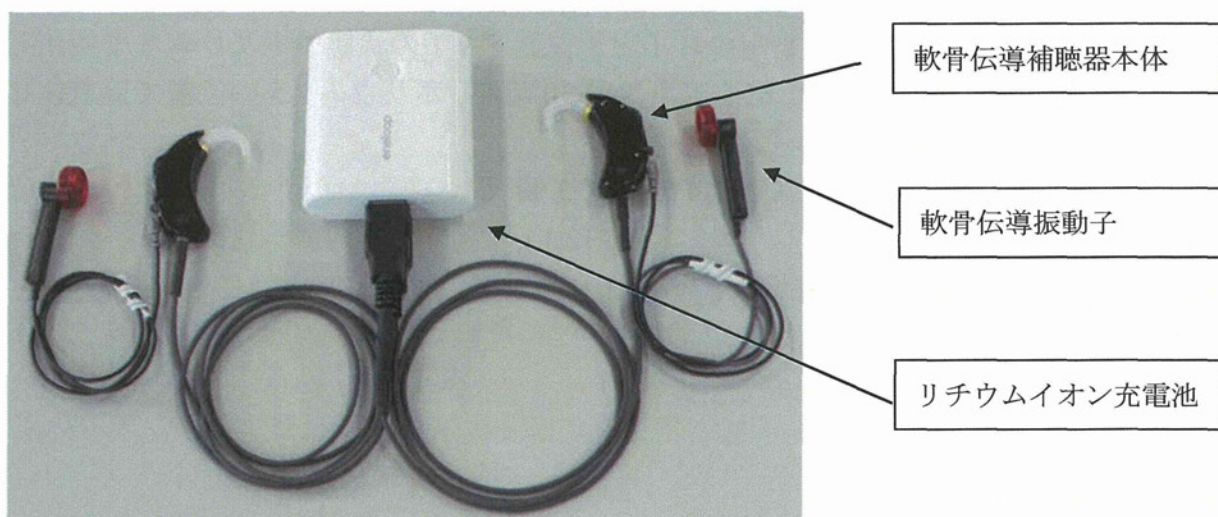


図 53 構成と名称

(3) 使い方

① 電源コードの接続

補聴器の電池カバーを開いて、電源コードのボタン電池の形をしたコネクタを図 54 のように入れ、電池カバーを閉める。



図 54 電源コードの接続

② 軟骨伝導振動子の接続

軟骨伝導振動子のコネクタを補聴器背面のコネクタ部と図 55 のように接続する。コードが図のように下側にくるようにコネクタの向きに注意して接続する。

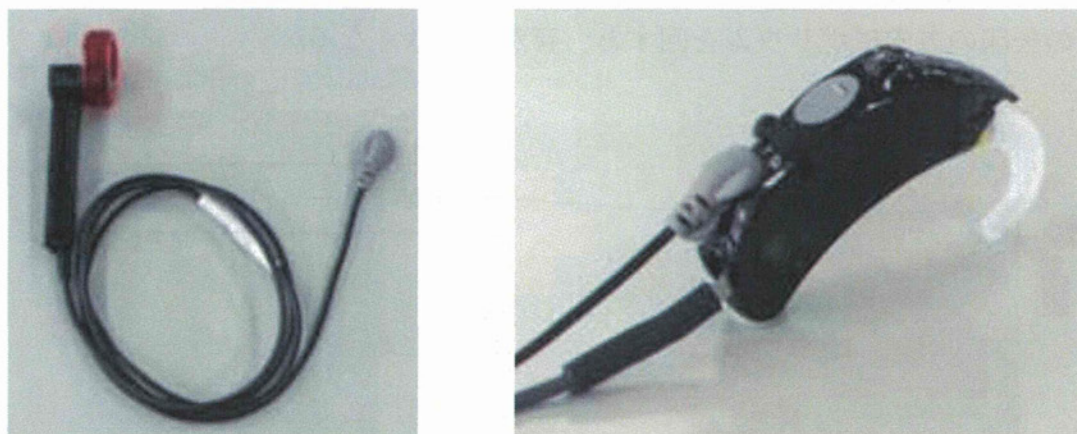


図 55 軟骨伝導振動子の接続

③ 電源の入れ方、切り方

補聴器本体に接続した電源コードの他端（USB コネクタ側）をリチウムイオン充電機に接続する（2つのどちらでも OK）。リチウムイオン充電機の出カスイッチを押して ON にする（出カスイッチと”eneloop”文字の間が青色に点灯する）。それから補聴器の電源スイッチレバーを右にスライドさせて ON1 または ON2 の位置にして、電源を入れる。電源を切るときは、補聴器のスイッチレバーを OFF の位置にする。リチウムイオン充電機はその後自動的に切れ、青色の点灯が消える。

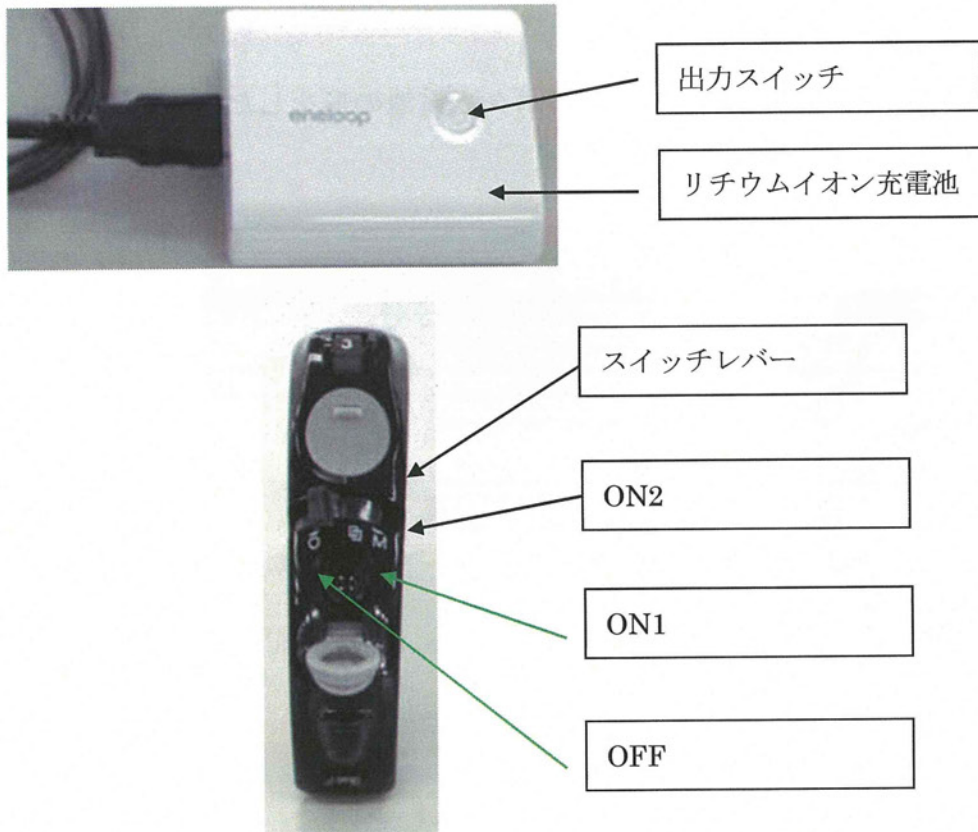


図 56 電源の入れ方、切り方

④ ボリュームの操作方法

図 57 の矢印の方向にボリュームを回すと、音がおおきくなる。

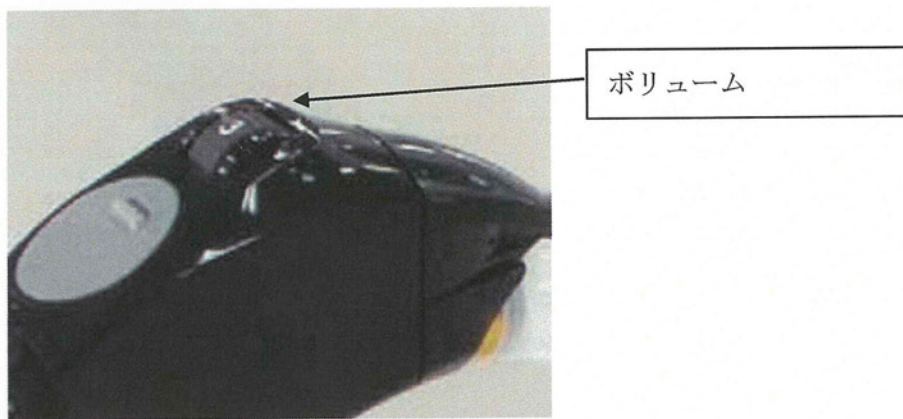


図 57 ボリュームの操作方法

⑤ 補聴器の使い方

電源スイッチをOFFにする。補聴器本体に電源コードと軟骨伝導振動子を接続する。ボリューム位置を確認して、いつもの使用位置に設定します。初めてのときは「3」程度にする。補聴器本体を装用する側の耳にかける。軟骨伝導振動子のリングの部分を耳の耳甲介部に引っ掛ける。

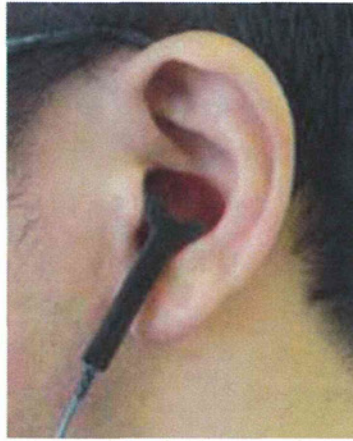


図 58 振動子の装着

電源を入れる。音が小さいときは、ボリュームを大きくする。ボリュームを聴きやすい位置に調整する。ピーピーとハウリングしやすい場合は、軟骨伝導振動子を補聴器本体と反対側の耳にかけて使用する。使い終わったら、電源スイッチをOFFにする。

(4) 補聴器の調整

① 調整に必要な機器とその接続

試作軟骨伝導補聴器HD-GX3を調整するためには以下の機器が必要である。

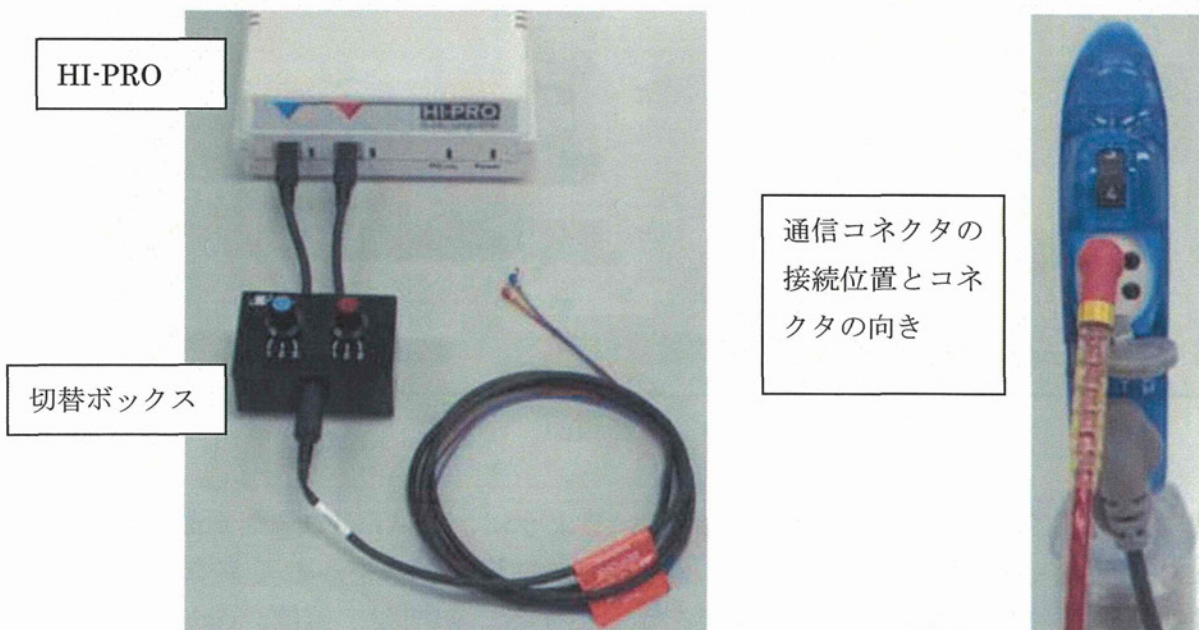


図 59 HI-PRO との接続

- ・ リオネットセレクトタがインストールされたパソコン (リオネットセレクトタのバージョンは4.30以降なら、OK。)
- ・ 補聴器インターフェースHI-PROまたはHI-PRO USB (パソコンとRS232CまたはUSBで接続)

- ・ 切替ボックス
- ・ 試作軟骨伝導補聴器HD-GX3

パソコンとHI-PROの接続は通常の補聴器をフィッティングする場合と同じであるので、ここでは説明を省略。補聴器HD-GX3の電源を切ってから切替ボックスに接続されたコードの赤コネクタ（右耳用）または青コネクタ（左耳用）のどちらかを補聴器HD-GX3の通信コネクタに接続する（図59）。

② 調整方法

正しく接続されていれば、リオネットセレクタの“補聴器の調整”画面は下図のように表示される（HI-PRO の Left に接続した場合）。リオネットセレクタで補聴器を選択する場合は、HB-G2U を選択する。

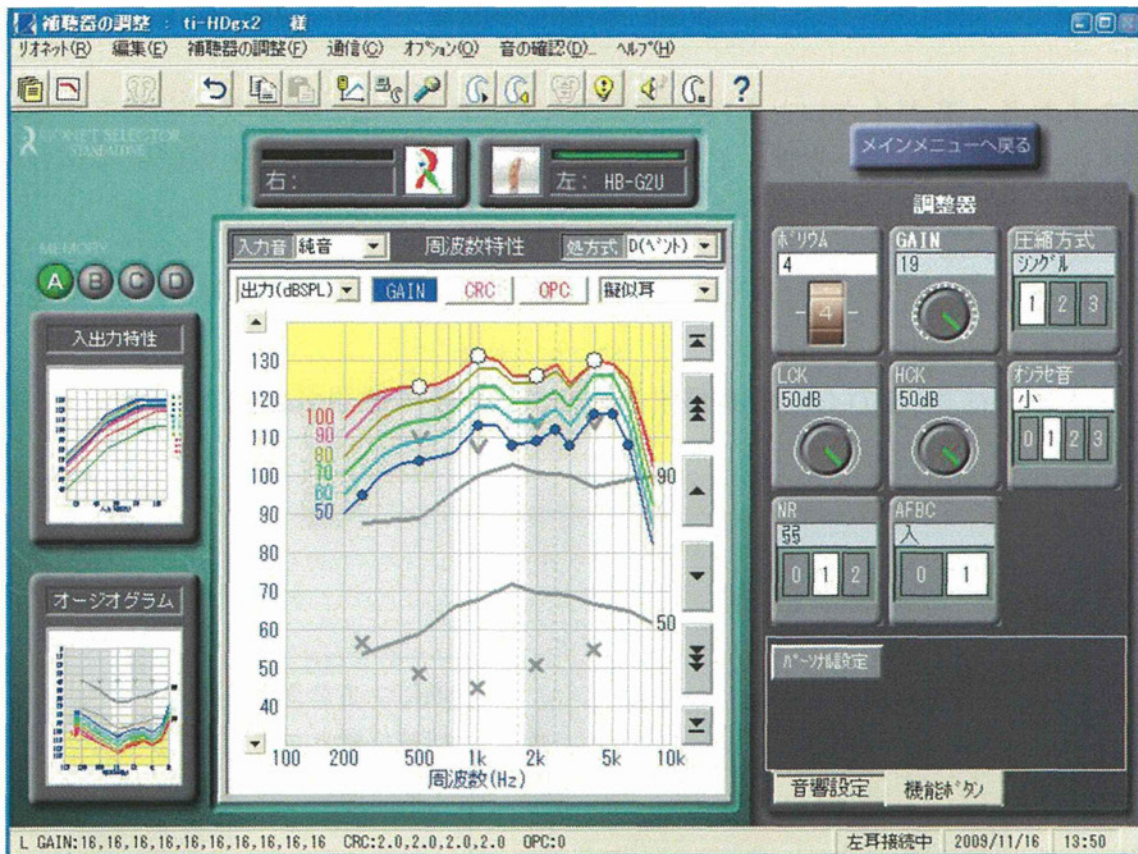


図 60 調整画面

本試作器HD-GX3の調整は、図60に示されているように、HB-G2Uの調整画面を流用して行う。このため、表示される周波数特性はHD-GX3のものとはまったく異なっている。HD-GX3の周波数特性は本取説の5の性能を参考にする。初期設定値は、Gainが最大になっている（メモリーB、スイッチ位置ON2の場合）ので、これ以上Gainを上げることはできない。下げる方の調整は可能である。

上図右の調整器の設定方法を簡単に説明する。

- ・ ボリュームは、最大の4に固定する。
- ・ Gainは、全帯域の増幅度を一律に1dBステップで可変する。左クリックで減、右クリックで増。

- LCXは、低周波数域の2つのチャンネルの圧縮を適用する入力音圧レベル（ニーポイント）を5dBステップで可変する。左クリックで減、右クリックで増。
- HCXは、高周波数域の2つのチャンネルの圧縮を適用する入力音圧レベル（ニーポイント）を5dBステップで可変する。左クリックで減、右クリックで増。
- NRは、騒音低減機能の強さを可変する。0：切、1：弱、2：強。
- AFBCは、ハウリング抑制機能を入り（1）、切り（0）する。
- その他、HB-G2U（Uシリーズ補聴器）の調整方法を参考にする。

Gainの周波数特性を10バンド（250、500、750、1k、1.5k、2k、3k、4k、6k、8k Hz）の帯域毎に細かく可変したり、圧縮率を4チャンネル（500、1k、2k、4k）の帯域毎に可変することができる。Gainは、周波数特性グラフを表示させ、グラフ上の“GAIN”ボタンを選択し、青色の点のどれかをクリックして周波数を選択し、グラフ右側の▲や▼などのボタンをクリックして、Gainを可変できる。圧縮率は“GAIN”ボタンの右の“CRC”ボタンを選択し、ピンク点のどれかをクリックして周波数を選択し、同様に▲や▼などのボタンで圧縮率を可変することができる。（図61）

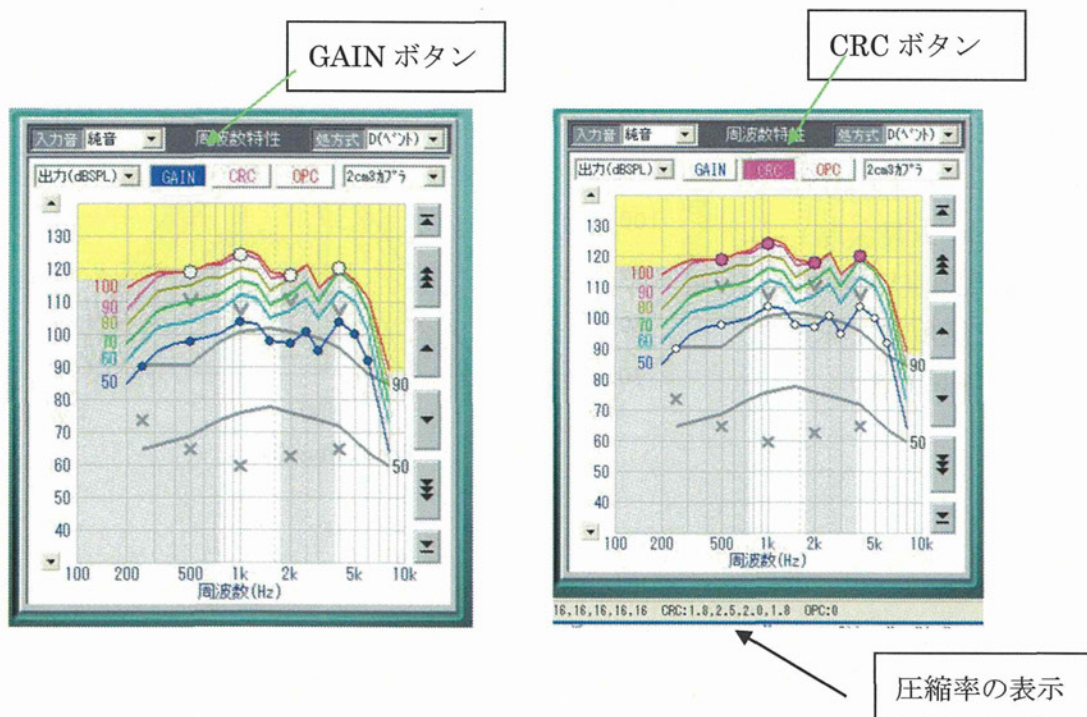


図61 補聴器の調整

③ 2つのメモリーへの設定

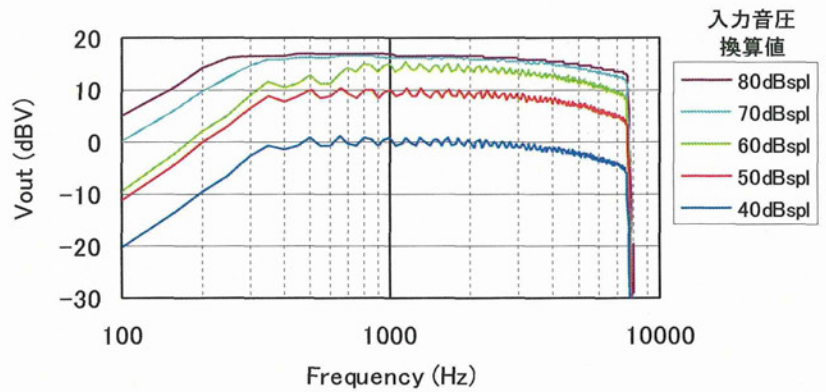
HD-GU2では、2種類の調整値を2つのメモリーに設定して、電源スイッチのON1とON2で切換えて使用することができる。スイッチ位置ON1とON2に割り当てられた設定値は、それぞれリオネットセレクトアのメモリーAとメモリーBの設定値に対応している。リオネットセレクトアの調整画面でメモリーの“A”と“B”ボタンを選択して、それぞれで設定し、補聴器に書込むことにより使用することができる。

初期設定は、スイッチ位置ON1：全帯域で入力音圧50dB以上で圧縮率2.0の音圧圧縮、騒

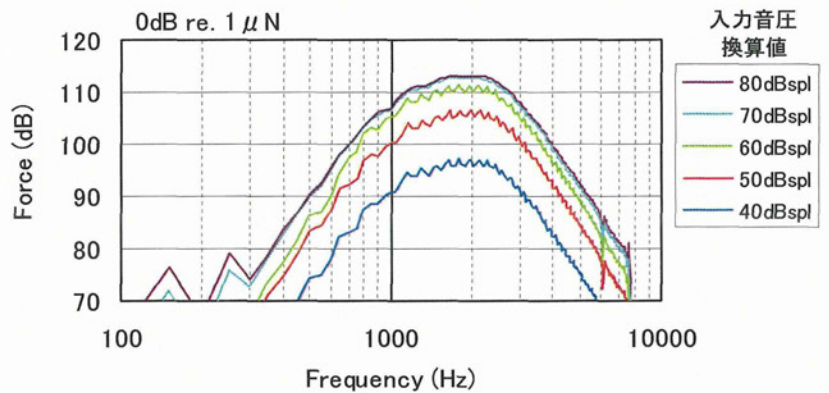
音低減機能NRが2（強）、ハウリング抑制機能AFBCが1（入り）、スイッチ位置ON 2：入力音圧65dB以上で圧縮率2.0の音圧圧縮、NRが0（切）、AFBCが1（入り）、となっている。

(5) 性能

各入力音圧に対する本器の出力電圧特性（ボリウム最大時）



各入力音圧に対する骨伝導振動子のフォース（力出力）レベル（ボリウム最大時）（IEC 60373 に規定のメカニカルカプラを使用して求めたフォースレベル）



各入力音圧に対する骨伝導振動子の出力の聴力レベルHL換算値（ボリウム最大時）（ISO 389-3 に規定の骨導域値を使用）

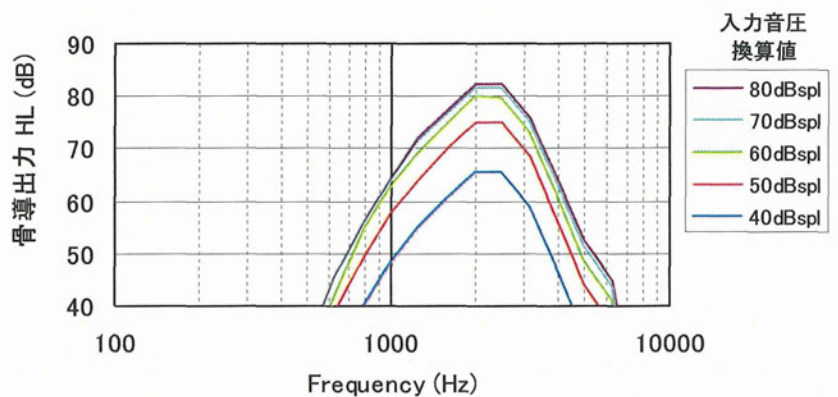


図62 各入力音圧に対する出力

本器はデジタル補聴器用のIC出力を圧電デバイス駆動用ICを使用してさらに増幅して、

軟骨伝導振動子を駆動している。軟骨伝導振動子を耳に装着して使用した場合、振動による軟骨伝導音だけではなく、軟骨伝導振動子の振動によって音も同時に発生する。以下の特性は、軟骨伝導音のみの出力特性で、40dB～80dBの入力音圧（マイクロホンの感度を-52dBで換算した値、マイクロホン感度0dB：1 V/0.1Pa）に対する出力特性を示す。（図62）

（6）仕様

① ブロック構成図（図63）

② 出力特性： 5の性能参照

（IEC 60373メカニカルカプラで出力評価した場合）

③ フィードバックキャンセラ機能： 有

④ ボリウム可変幅： 約13.5 dB

⑤ 消費電流： （約12 mA）（ボリウム1、静音時）

⑥ 使用電池： リチウムイオン充電電池（SANYO製KBC-L2BS）

⑦ 質量： 補聴器本体（1個） 約4.5 g

軟骨伝導振動子（1個） 約5.4 g

電源コード（1本） 約18 g

リチウムイオン充電電池 約130 g

両耳装用の場合の全質量 約190 g

⑧ 外形寸法（本体）： 図64参照（単位mm）

リチウムイオン充電電池 60×70×22 mm

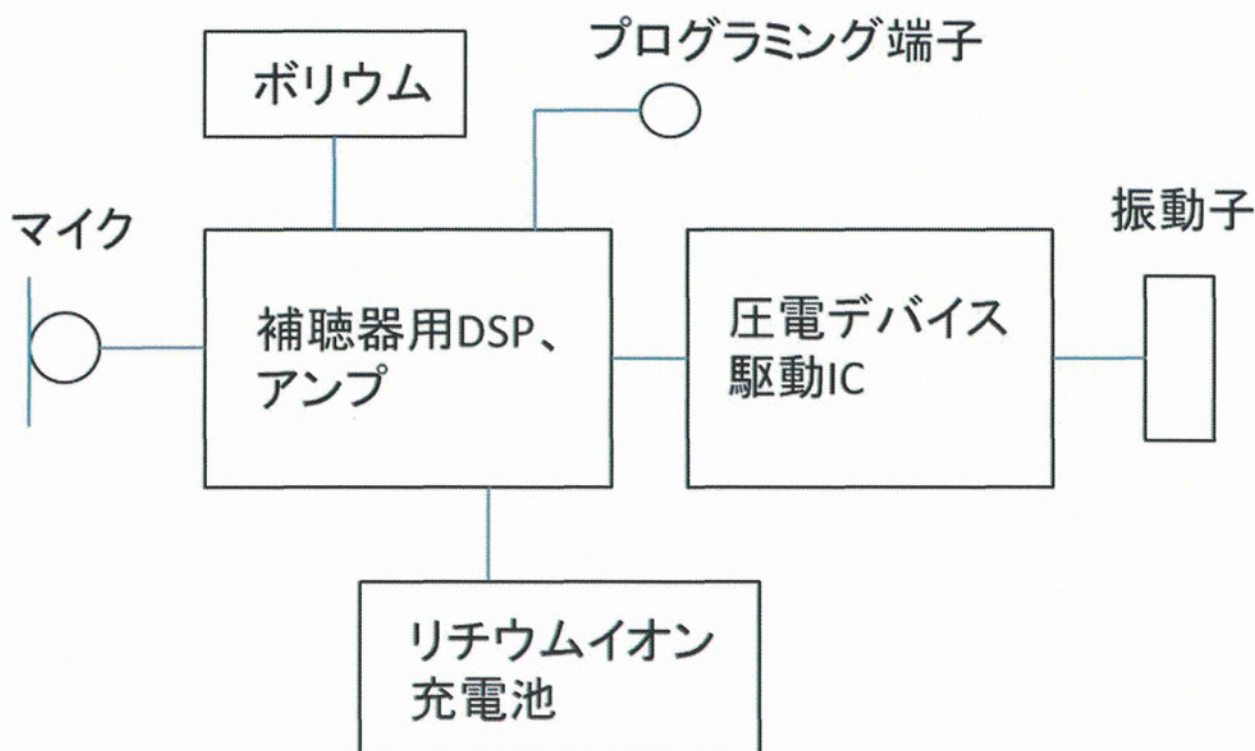


図63 ブロック構成図

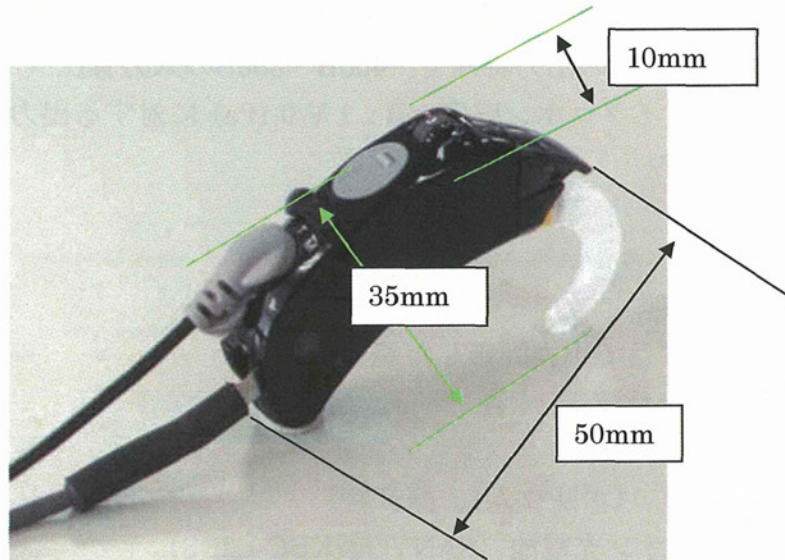


図 64 外形寸法 (本体)

5. 音の伝達についての物理的な計測

1) 振動子の音響および振動特性の測定

振動子が発する振動と音の周波数的特徴を図 65 に示す。加速度振動レベル・音圧レベルは式 (16) により求まり、 P_{ref} は加速度振動レベルで 10^{-6} m/s^2 、音圧レベルで $20 \times 10^{-6} \text{ Pa}$ である。

$$Level = 10 \log_{10} (p^2 / P_{ref}^2) \quad (16)$$

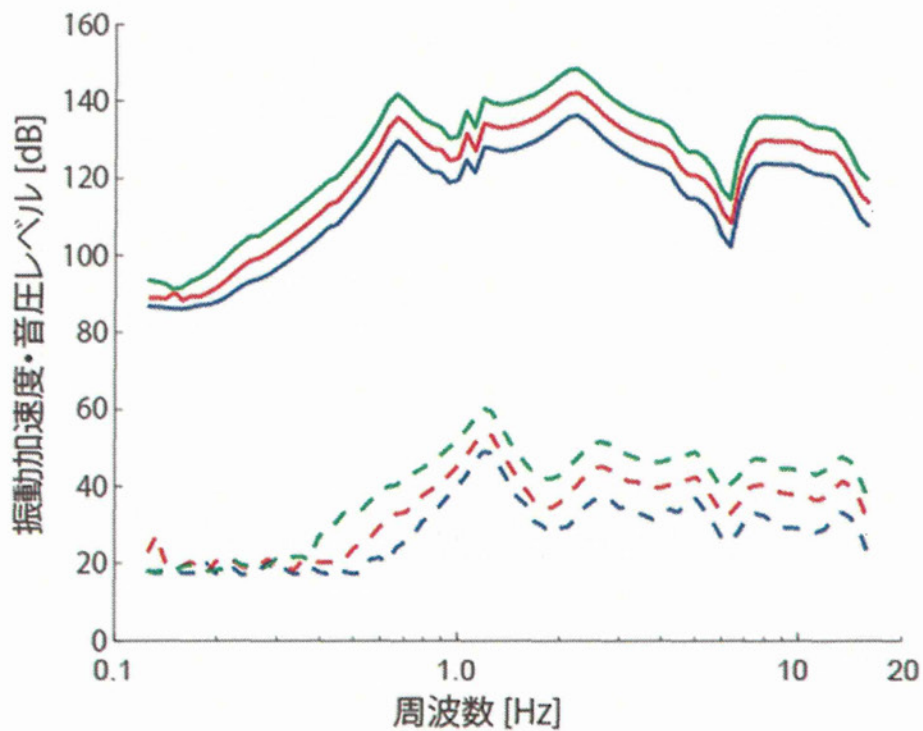


図 65 振動子の振動加速度レベル (実線) と音圧レベル (点線) (—: 2 V, - - : 1 V, — : 0.5 V)

振動は周波数帯域 0.8 - 2.5 kHz で強く振動している。これは振動子に使われる圧電素子の素材・形状に起因した機械的特徴といえる。加速度振動レベルに比べると、音圧レベルは低周波数帯域の減衰が大きい。低周波数帯域の音は大気中で拡散するので、これは大気への発散特性と考えられる。

耳軟骨での振動加速度レベルを図 66 に示す。振動子がバンドパス型 (0.8 - 2.5 kHz) の振動特性を有するのに対し、耳軟骨では 1 kHz 以下で強く揺れるローパス型の振動特性を有した。これは耳軟骨自身の振動特性と考えられる。過去の研究によると、豚の耳軟骨 (軟部組織 : 2 mm、皮質 : 2 mm) を透過する音は低い周波数ほど大きくなる。このことから人間の耳軟骨においても同様の透過特性が得られたのだと考えられる。

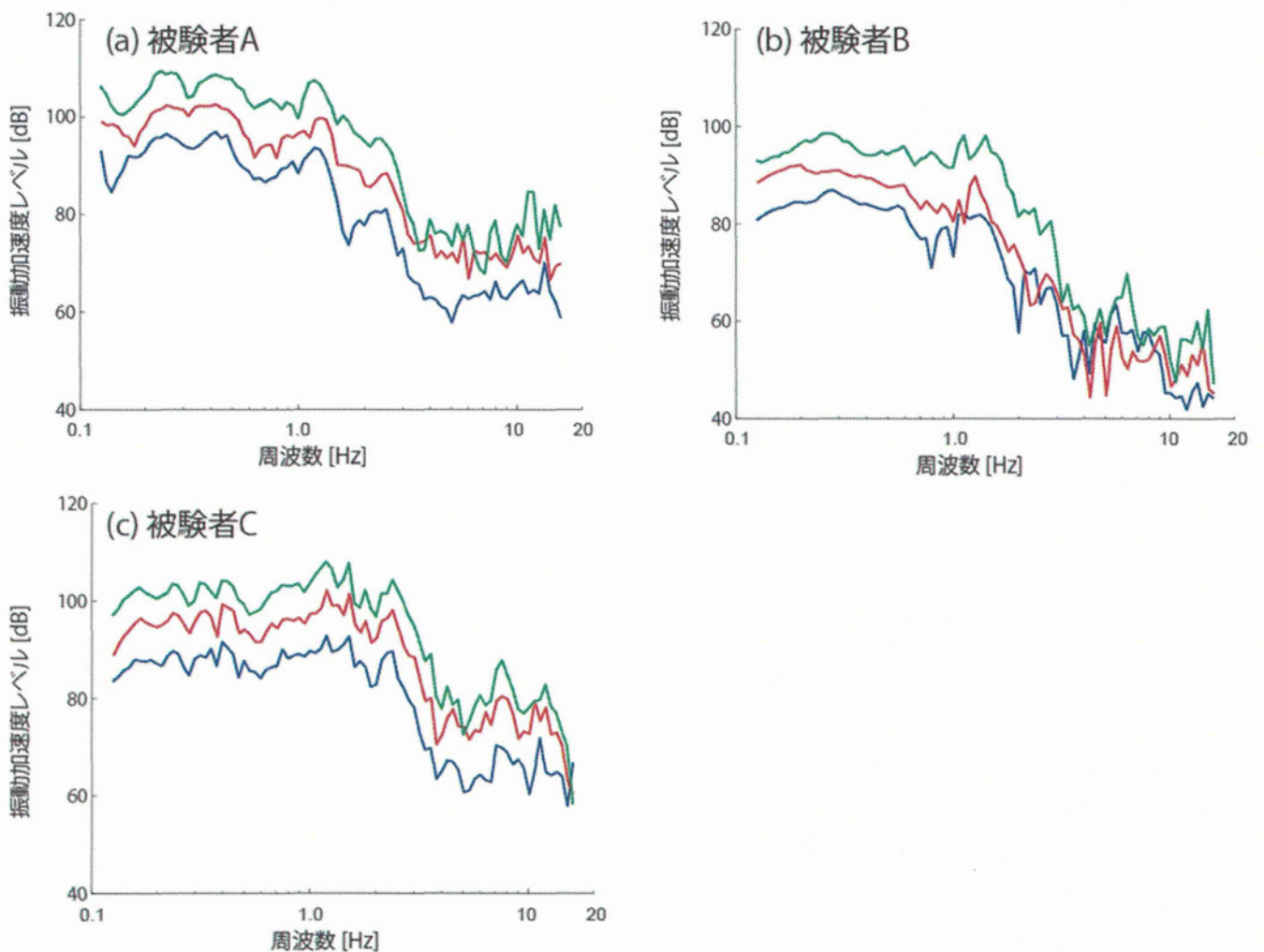


図 66 耳軟骨の振動加速度レベル (実線) と音圧レベル (点線) (—: 2 V, - - : 1 V, — : 0.5 V)

2) 接触・非接触条件での外耳道内音圧レベルの比較

図 67 に接触・非接触条件での外耳道内音圧レベルを示す。スムージングのためこれは 3 回測定平均値のデータである。接触条件は非接触条件に比べて 3 kHz 以下の低周波数帯域で音圧レベルが高くなる。正弦波の中心周波数 500 Hz 付近で音圧レベルは最も高くなり、その差 (ゲイン) は約 50 dB であった。中心周波数 3 kHz 以下のゲインの平均は被験者 A

で 33 dB、被験者 B で 28 dB、被験者 C で 26 dB であった。よって全体の平均ゲインは 29 dB である。

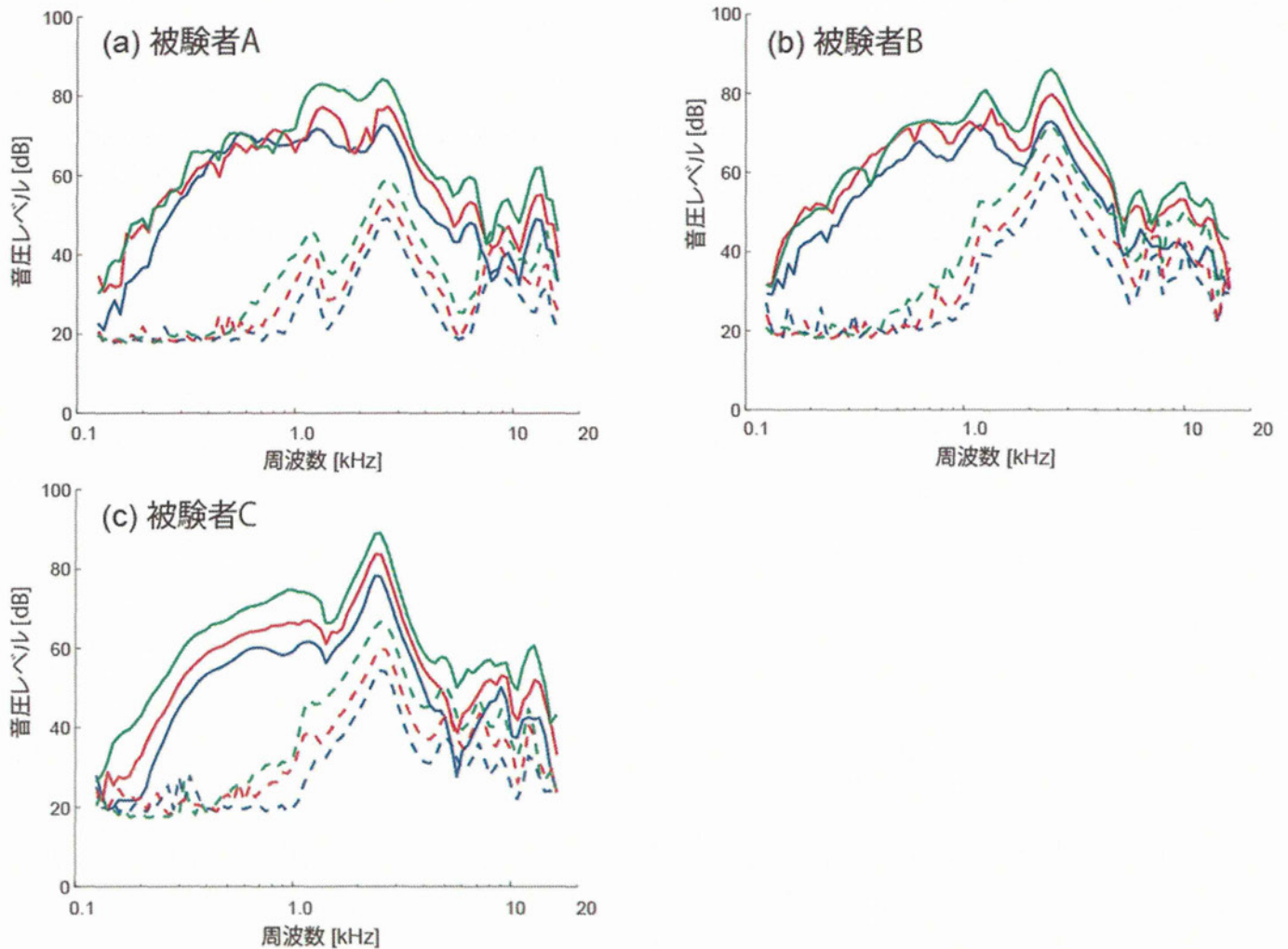


図 67 接触（実線）・非接触（点線）条件の外耳道内音圧レベル（—: 2 V, —: 1 V, —: 0.5 V）

6. 音の伝達に関する生理的な評価

1) ヒトの聴覚実験

(1) 耳栓装着による聴取閾値への影響

図 68、69 にそれぞれ気導、骨導、軟骨伝導の耳栓非装着時と装着時の閾値の平均値を示す。気導閾値については各周波数とも有意な上昇を認めた。図 70 に各伝導方式の耳栓による閾値の影響を示す。周波数が高くなるほど耳栓による影響は有意に大きくなり、500Hz では平均 25.0dB の閾値上昇を認めたが 4000Hz では 39.0dB の閾値上昇を認めた。一方骨導では閾値の上昇は認めず、低周波数になるほど返って閾値が上昇する結果となった。500Hz では 15.1dB 有意な上昇を認めた。一方軟骨伝導では 4kHz では 35.0dB と気導の場合と同じく閾値が大きく上昇したにも関わらず、500Hz では逆に骨導と同じように閾値が低下することが分かった。軟骨伝導では他の伝導方式に比べ、周波数の影響が大きかった。

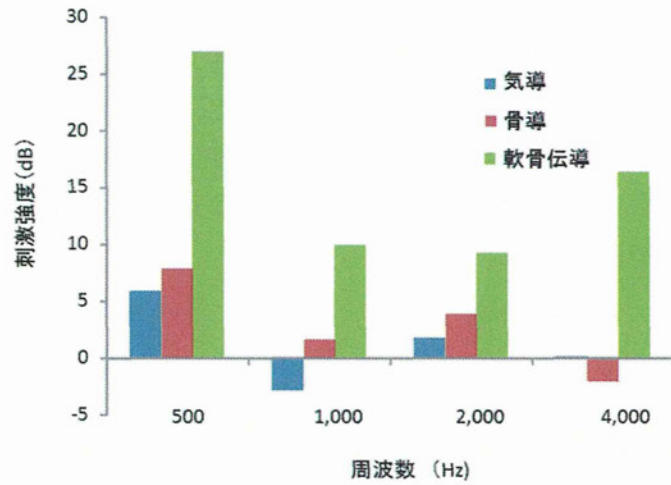


図 68 気導、骨導、軟骨導の閾値（耳栓非装着）

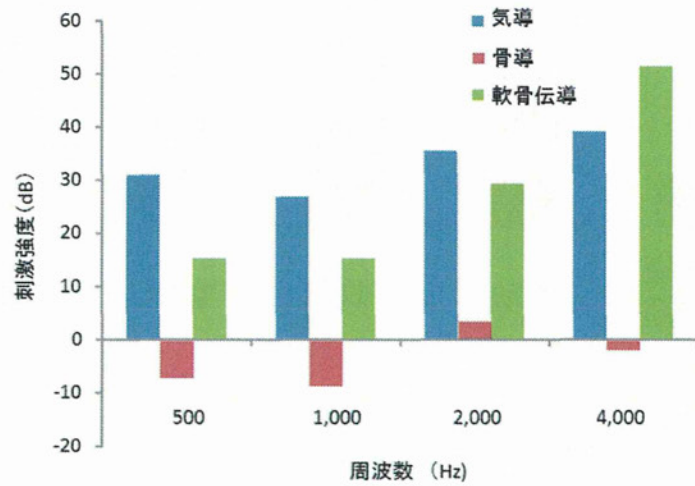


図 69 気導、骨導、軟骨導の閾値（耳栓装着）

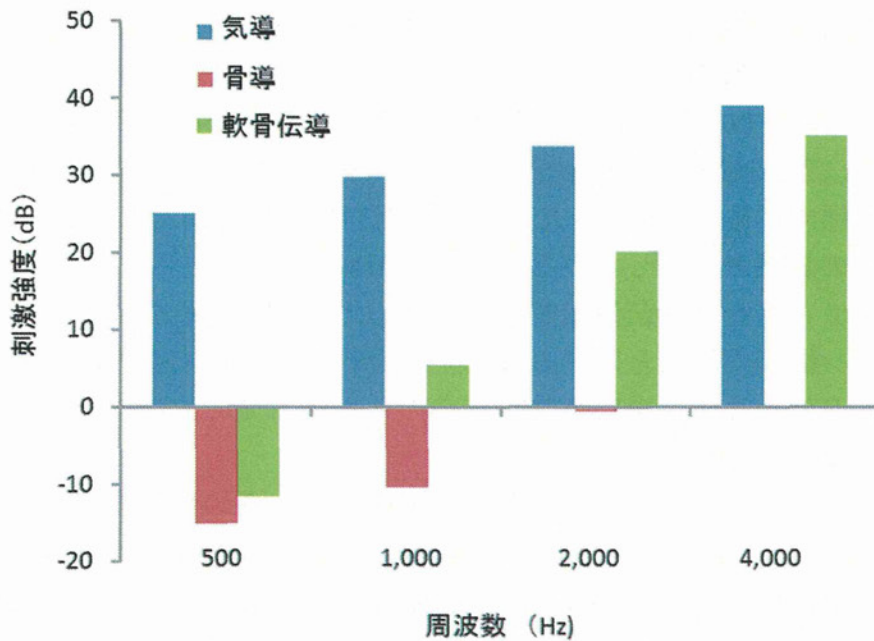


図 70 気導、骨導、軟骨導の耳栓による閾値上昇

(2) 振動子の固定部位が閾値に及ぼす影響

図 71 に軟骨伝導振動子の固定位置と閾値を示す。外耳道入口に固定した場合が最も閾値が低く、乳突部に固定した場合が最も閾値が高かった。分散分析の結果固定の場所の違いに主効果を認めた。下位検定の結果、外耳道入口が有意に他の呈示方法より閾値が低く、次に耳珠に固定した場合であった。耳前部と空中には差を認めなかった。乳突部は他の呈示方法より有意に閾値が高かった。

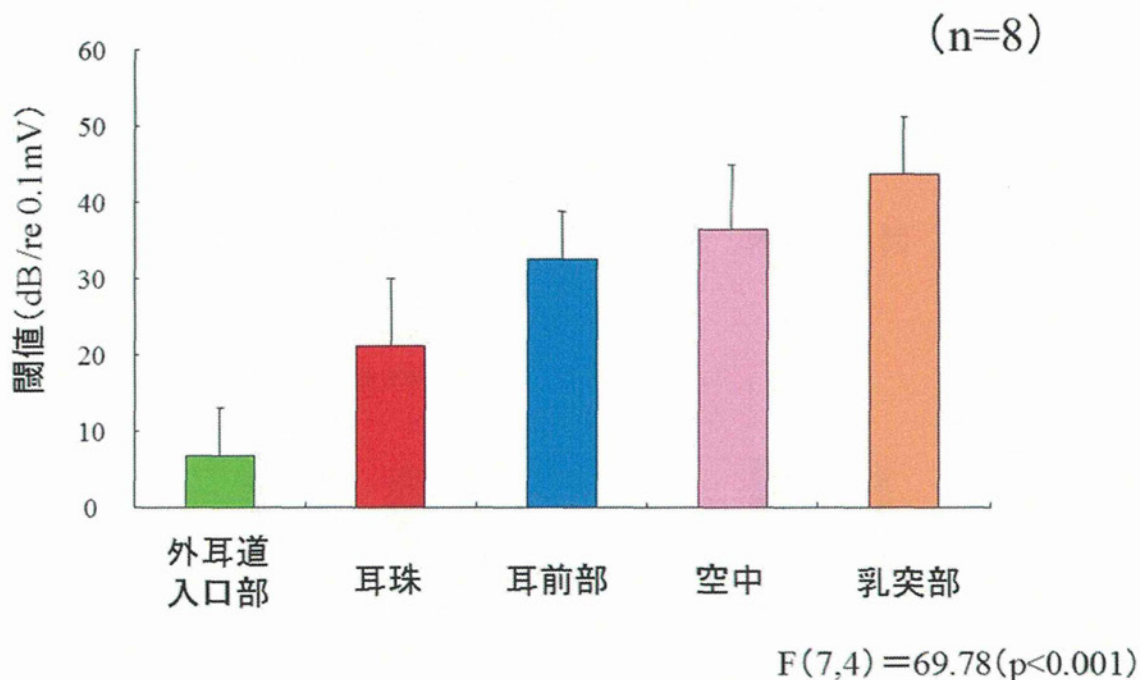


図71 それぞれの呈示部位での閾値

(3) 軟骨伝導音による音像定位

図 72・73 に ITD を変化させた場合の気導音・軟骨入力音の水平到来方向を示す。さらに図中に回帰直線を各被験者に対して表示した。ホワイトノイズをヘッドホンで提示した場合、ITD が負のときは左側に、正のときは右側に音像を知覚していた (図 72a)。ヘッドホン提示の場合、純音 250 Hz、500 Hz までは同様の左肩上がり結果を得られるが、純音 1 kHz、2 kHz ではその傾向が見えなくなった。これは低い周波数に対して ITD が効果的であるという従来の研究の結果と一致している (Shaw, 1974)。

一方ホワイトノイズを軟骨伝導振動子で提示した場合、同じ左肩上がりの図が描けているが、ヘッドホン提示の結果と比べると定位精度が低かった (図 73b)。また純音に対する音像定位も精度が低かった。中には ITD が負のときは右側に、正のときは左側に音像を知覚する被験者も見受けられた。

図 74・75 に IID を変化させた場合の気導音・軟骨入力音の水平到来方向を示す。ホワイトノイズをヘッドホン・軟骨伝導振動子で提示した場合、IID が負のときは左側に、正のときは右側に音像を知覚していた (図 74a, 図 75a)。純音に関しても、軟骨伝導振動子提示のほうが若干定位精度が劣る傾向を観察できるが、おおむね提示方法にかかわらず音像定位が可能であった。