

台市, (2010)

柳井修一, 阪口剛史, 長谷芳樹, 細井裕司, 周波数領域特異的な劣化処理音声を用いた語音明瞭度の測定, 第111回日本耳鼻咽喉科学会総会, 仙台市, (2010)

山下哲範, 西村忠己, 岡安 唯, 阪口剛史, 細井裕司, 長谷芳樹, 視覚情報が骨導超音波を用いた補聴システムの語音聴力に与える影響, 第313回日耳鼻大阪地方連合会, 大阪, (2010)

岡安 唯, 西村忠己, 山下哲範, 細井裕司, 当科における放射線化学療法によるシスプラチン難聴の評価, 第313回日耳鼻大阪地方連合会, 大阪, (2010)

Hosoi Hiroshi, Yanai Syuuichi, Nishimura Tadashi, Sakaguchi Takefumi, Iwakuma T, Yoshino K, Development of cartilage conduction hearing aid, The Eighteenth International Scientific Conference on AMME 2010, Zakopane, (2010)

岡安 唯, 西村忠己, 細井裕司, 年齢と語音明瞭度曲線の傾きについての検討, 第4回聴覚アンチエイジング研究会, 東京, (2010)

福田美美, 柳井修一, 西村忠己, 清水直樹, 細井裕司, 軟骨伝導によるラット聴性脳幹反応の測定, 日本音響学会聴覚研究会, 三原市, (2010)

Saruwatari Hiroshi, Go Masanobu, Okamoto Ryoi, Shikano Kiyohiro, Hosoi Hiroshi, Binaural hearing aid using sound-localization-preserved MMSE STSA estimator with ICA-based noise estimation, International Workshop on Acoustic Echo and Noise Control (IWAENC2010), Israel, (2010)

下倉良太, 高木悠哉, 西村忠己, 細井裕司, 軟骨伝導振動子の物理特性, 第314回日耳鼻大阪地方連合会, 大阪, (2010)

高木悠哉, 下倉良太, 西村忠己, 細井裕司, 住宅内透過騒音尺度作成の試み(1), 第314回日耳鼻大阪地方連合会, 大阪, (2010)

Yamashita Akinori, Nishimura Tadashi, Nagatani Yoshiki, Sakaguchi Takefumi, Okayasu Tadao, Hosoi Hiroshi, Differences between bone-conducted ultrasound and audible sound in speech recognition, The 13th JAPAN-KOREA Joint Meeting of Otolaryngology-Head and Neck, Seoul, (2010)

Okayasu Tadao, Nishimura Tadashi, Yamashita Akinori, Nakagawa Seiji, Yanai Shuichi, Uratani Yuka, Nagatani Yoshiaki, Hosoi Hiroshi, Growth of N1m for stimulus saturation through bone-conducted ultrasound modulated by Japanese vowel sound, The 13th JAPAN-KOREA Joint Meeting of Otolaryngology-Head and Neck, Seoul, (2010)

柳井修一, 福田美美, 西村忠己, 清水直樹, 細井裕司, 軟骨導振動子を用いたラット聴性脳幹反応の測定, 日本心理学会第74回大会, 豊中市, (2010)

西村忠己, 福田美美, 斉藤 修, 岡安 唯, 宮前了輔, 下倉良太, 高木悠哉, 細井裕司, 軟骨伝導補聴器の開発—臨床応用例—, 第20回日本耳科学会総会, 松山市, (2010)

西村忠己, 福田美美, 斉藤 修, 宮前了輔, 岡安 唯, 下倉良太, 高木悠哉, 細井裕司, 軟骨伝導補聴器の開発(第2報)—呈示部位による感度差—, 第55回日本聴覚医学会総会, 奈良市, (2010)

下倉良太, 高木悠哉, 西村忠己, 細井裕司, 軟骨伝導補聴器の開発(第3報)—外耳道内の

音響特性一，第55回日本聴覚医学会総会，奈良市，(2010)

岡安 唯，西村忠己，山下哲範，中川誠司，吉田悠加，柳井修一，長谷芳樹，細井裕司，骨導超音波語音の母音刺激長に対するミスマッチフィールド，第55回日本聴覚医学会総会，奈良市，(2010)

高木悠哉，下倉良太，柳井修一，西村忠己，細井裕司，隣室から聞こえる透過騒音の研究～音の評価と不快感について～，第55回日本聴覚医学会総会，奈良市，(2010)

吉田悠加，西村忠己，福田芙美，齋藤 修，細井裕司，補聴器特性図から算出した利得とファンクショナルゲインの関係，第55回日本聴覚医学会総会，奈良市，(2010)

齋藤 修，西村忠己，吉田悠加，福田芙美，柳井修一，細井裕司，補聴器適合検査のための雑音不可時の語音明瞭度の検討，第55回日本聴覚医学会総会，奈良市，(2010)

呉将延，猿渡洋，鹿野清宏，細井裕司，両耳補聴器におけるICAに基づく雑音推定を用いた平均二乗誤差最小化短時間振幅スペクトル推定法，日本音響学会関西支部第13回若手研究者交流研究発表会，京都市，(2010)

高木悠哉，下倉良太，柳井修一，細井裕司，質問紙を用いた住宅内透過騒音の音評価に関する研究，日本音響学会騒音・振動研究会，京都市，(2010)

H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

II. 分担研究報告

軟骨伝導のメカニズムの解明と改良型軟骨伝導補聴器の作製

研究要旨

慢性中耳炎等で耳漏が多い耳や外耳道閉鎖症に対しては、気導補聴器は使用できない。このような場合、骨導補聴器が適応になるが、骨導補聴器は固定の問題など欠点がある。気導補聴器が使用困難な症例に対し、軟骨伝導という新しい概念の補聴器を使用することにより、気導補聴器に近い装用感と語音弁別が得られる可能性がある。

現時点では軟骨伝導の詳細は不明であり、その伝導経路などを解明することで、より効果のある補聴システムの作製につながると考えられる。本研究ではさまざまな条件で聴覚心理実験を行うことでその伝導経路が気導もしくは骨導とどの部分が一致しており、どの部分が異なるかを検討した。また前年度に作製した試作機について実用化するに当たり、様々な問題点が明らかになった。それらを踏まえ、新たな改良型補聴器の作製を行った。

聴覚心理実験の結果から、高い周波数の音の伝導は気導に近い性質があり、低い周波数の音の伝導は骨導に近い性質を持っていることが分かった。また両経路が存在することで互いの欠点を補う効果も推測された。さらに軟骨そのものを直接振動させることで気導や骨導にない特徴を持っている可能性も推測された。この特徴を生かすことで効果的な補聴システムの作製が可能であると思われた。また前年度作製した補聴システムのハウリングに対する問題点の解決し、さらに装用効果を高めるため両耳装用可能な試作機HD-GX3の作製も行った。今回の結果は補聴システムの実用化につながる結果であると思われた。

A. 研究目的

音が内耳に入る経路には鼓膜を経由する経路とそれ以外の骨などを経由する経路がある。気導では外耳道内に入った音はほぼ鼓膜を経由し内耳に到達すると考えられ、一方骨導では外耳道に放射され鼓膜を経由し内耳に至る経路が存在するものの、その主な経路は骨を経由する経路である。軟骨に振動子を接して音を呈示した場合の音の伝導経路も同様に両経路のいずれかを経由し内耳に達すると考えられるが、その詳細については明らかではない。その伝導経路の詳細は補聴器の製作および適応の基準などを考えるうえで重要である。そこで軟骨伝導の伝導経路を明らかにするため、聴取実験を行った。軟骨伝導の聴取閾値を気導音および骨導音の閾値と比較をして、軟骨伝導がどの経路を伝わり内耳に達しているのかを検討した。また前年度に開発した補聴器は耳かけ型であり、ポケット型と比較す

ると携帯性にもすぐれ、効果が期待できたがハウリングが起りやすいという欠点があった。そこで前年度に作製した試作補聴器 HD-GX2 の改良にも取り組んだ。

B. 研究方法

軟骨伝導の音の内耳への伝達経路を評価するため、1. 耳栓をした場合の閾値の変化を気導および骨導の場合との違いと、2. 軟骨伝導振動子の固定部位が閾値に及ぼす影響について検討を行った。さらに3. 前年度の問題点であるハウリング対策を防止するための補聴器の作製を行った。

1. 耳栓をした場合の閾値変化

対象は聴力正常者9名とした。方法は気導、骨導、軟骨伝導の聴取閾値を500, 1000, 2000, 4000 Hz の周波数で測定し、次に耳栓をした場合に同様にそれらの周波数での閾値を測定した。耳栓をしている場合としていない場合の閾値差を比較することで軟骨伝導が気導もしくは骨導のどちらに近い特徴があるのかを検討した。

閾値の測定は transformed up-down 法を用いた(図1)。試行の開始は被験者が準備できた段階でいずれかのボタンを押すことでその1s後に開始した。ランプを2回点灯させランダムにそのどちらかで音刺激を呈示する。被験者はそのどちらで音刺激があるかボタンを押し応答する。どちらかわからない場合も必ずどちらかのボタンを押す。2回連続正答した場合は刺激の音圧を2dB下げる。1回でも間違った場合は刺激の音圧を2dB上げる。実際の試行は音圧が上昇もしくは下降していく上昇系と下降系に分けられる。試行の最初ははっきりと聞こえる音圧から開始し音圧が下降していくので、下降系から始まる。刺激の音圧は下降上昇を繰り返すが各4回の下降系と上昇系を測定するまで行った。刺激の持続時間は立ち上がり、立ち下がり10msを含む500msとし、ランプは500msの間点灯する。ランプの点灯の間隔は1sとした。2回目のランプが点灯したのち被験者は応答し、応答後1sで次の試行を行った。閾値は上昇系の最小の音圧と最大の音圧の平均を求め、4回の上昇系の平均をその周波数の閾値とした。なおこの方法で求められる閾値は $P=0.707$ となる閾値である。

閾値の測定は各条件で2回試行した。閾値の測定は1回目は1000,2000,4000,500Hzの順に測定し、2回目は1週間以上の間隔をあけて500,4000,2000,1000Hzの順に測定した。2回の閾値の差が10dB未満の場合は両者の値を平均し最終的な閾値とした。2回の閾値の差が10dB以上ある場合はその周波数のみ3回目の測定を行った。その上で3つの閾値のうち最も閾値差の少ない2つの閾値を平均し最終的な閾値とした。

刺激はTDT社製RP2.1より出力し、プログラム式減衰器TDT社製PA5.0で40dB減衰させたのち各振動子に出力した。気導音は耳載せ型イヤホン(AD-02T,リオン社製)、骨導音は骨導振動子(BR-41,リオン社製)を用いて呈示した。軟骨伝導は開発した軟骨伝導振動子を用いて呈示した。軟骨伝導振動子の出力音圧は振動子に0.1mVの電圧をかけた場合の出力を基準にdB表示で表した。軟骨伝導振動子は外耳道入口部に引っ掛けて使用した。固定のための圧着などは行わなかった。実験は防音室内で行った。

耳栓の製作は補聴器のイヤーマールドの作製と同様の方法で行った。耳の型をとりきっちり耳と合い隙間に生じない耳栓を作成した。耳栓は軟部外耳道を完全に閉塞できるよ

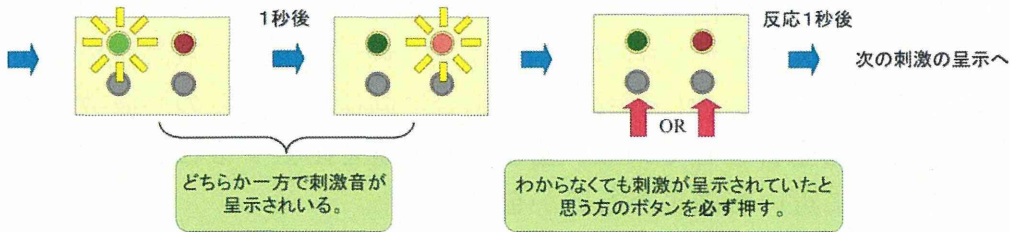
うにできるだけ深部まで、外側は外耳道入口部までで舟状窩と同じレベルまでとし外側に突出しないように作製した。

得られた結果は呈示方法を被験者内要因とする 1 元配置の分散分析を行った。

< 閾値測定方法 (transformed up-down法) >

レスポンスボックスの2つのランプが順番に点灯、いずれかのランプの点灯とともに刺激を呈示し、その反応で次の刺激の音圧を変化させ閾値を求めた。

刺激音 周波数: 1kHz 刺激持続時間: 500ms (立上り、立下りそれぞれ10msを含む)



2回連続正解した場合は次の刺激呈示の音圧が2dB低下する。測定はしっかりと音が聞こえる音圧からスタート。
1回でも間違えると次の刺激呈示の音圧は2dB上昇する。音圧の下降、上昇それぞれ4回繰り返した時点で測定終了。
(なおこの場合、 $P=0.707$ となる閾値を測定することになる。)

< 測定例と閾値の求め方 >

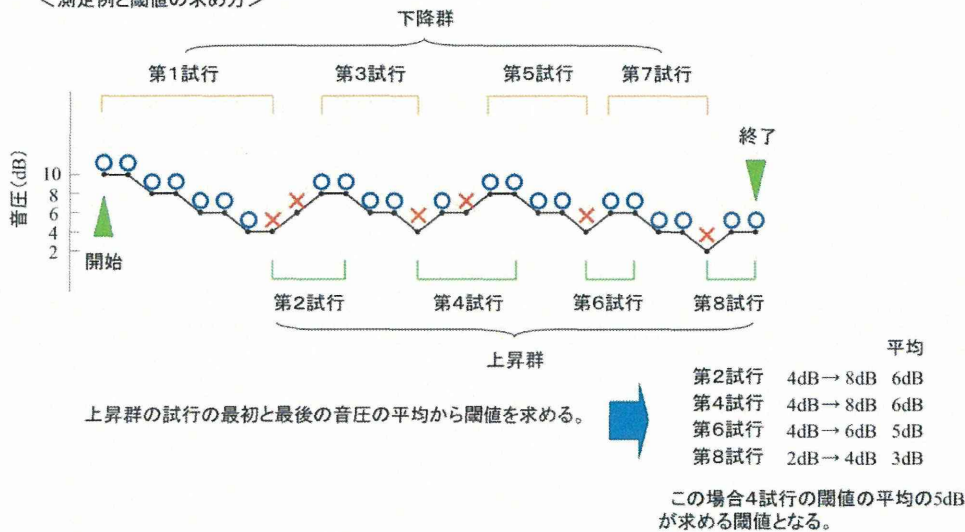


図1 閾値の測定方法 (transformed up-down法)

2. 固定部位の影響

現在軟骨伝導振動子を外耳道入口に引っ掛けて使用しているが、この方法が最も効率的に音を伝導できるのかどうか測定をしたデータはこれまでない。そこで振動子の固定の位置が閾値に及ぼす影響について検討するため、聴力正常者 8 名を対象に、外耳道入口、耳珠軟骨、耳前部、空中、乳突部に軟骨伝導振動子を固定した場合の閾値について比較した。閾値の測定は 1) と同様の transformed up-down 法を用いて行った。測定した周波数は 1000 Hz とし外耳道入口以外に振動子からの気導が直接入りにくいように耳珠軟骨の外側に固定した場合 (耳珠)、さらに振動子が直接軟骨を振動させることができない部分である耳珠から約 1cm 前方に固定した場合 (耳前部)、外耳道入口のやく 1cm 外側で振動子が組織に

接しないように固定し振動子からの気導音しか伝わらない場合（空中）、通常の骨導の固定の場所である乳突部の計5か所での閾値をそれぞれ測定した（図2）。

刺激装置は1.と同じ機器を用いた。軟骨伝導振動子の固定は図に示すような固定のための装置を作製し用いた。

得られた結果は固定部位を被験者内要因とする1元配置の分散分析を行った。



図2 軟骨伝導振動子の固定位置と固定方法

3. 改良型補聴器の作製

補聴器のマイクロホンと振動子が近いとハウリングの原因となる。ハウリングを防止するため、マイクロホンと対側に振動子を装着できる補聴器の開発し、さらに装用効果を高めるため両耳で装用可能な補聴器の作製を行った。

C. 研究結果

1. 聴覚心理実験の結果

図3、4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5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。

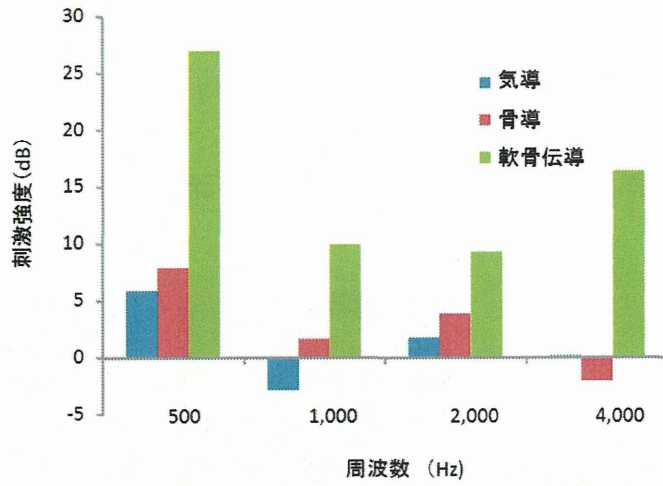


図3 気導、骨導、軟骨導の閾値（耳栓非装着）

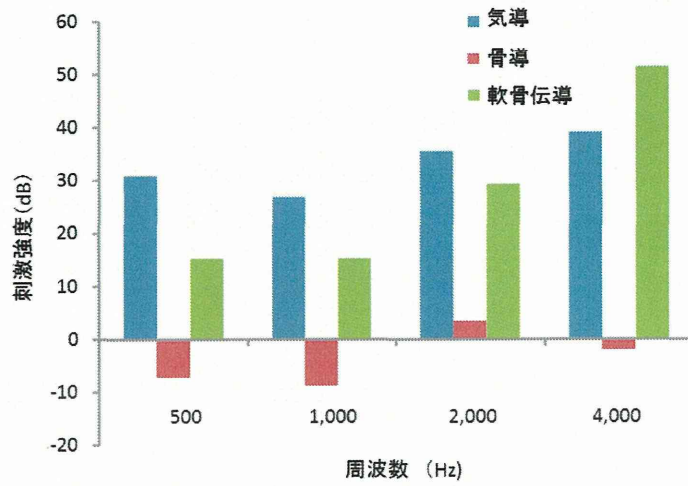


図4 気導、骨導、軟骨導の閾値（耳栓装着）

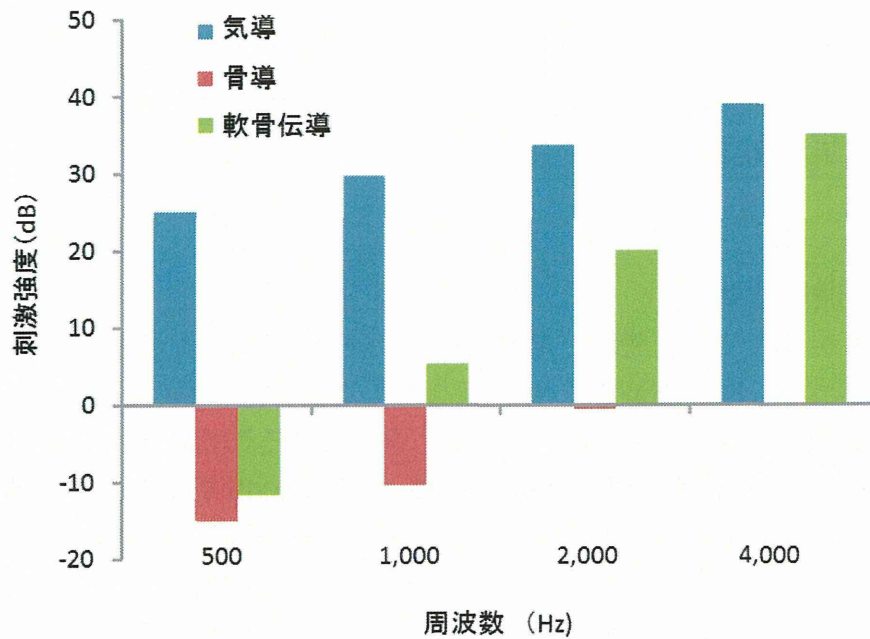


図5 気導、骨導、軟骨導の耳栓による閾値上昇

図6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。

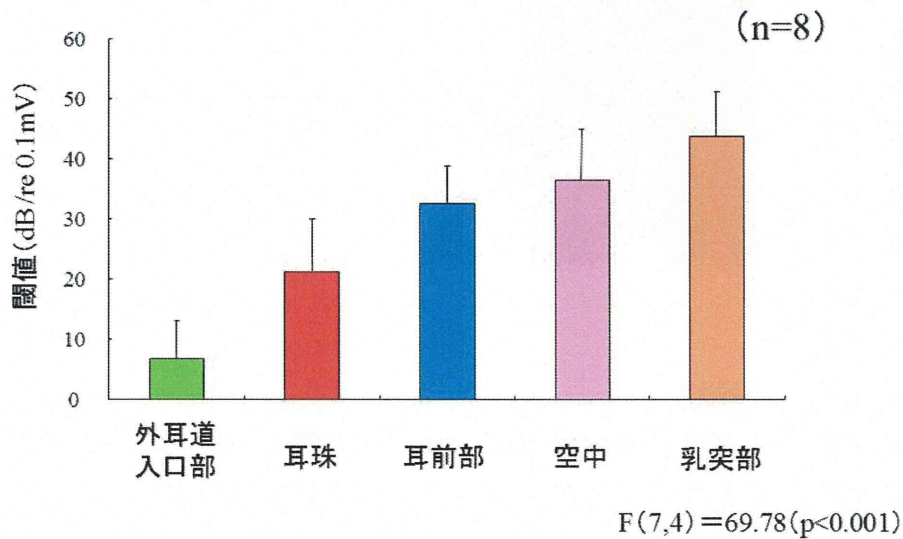


図6 それぞれの呈示部位での閾値

2. 改良型補聴器 HD-GX3 について

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

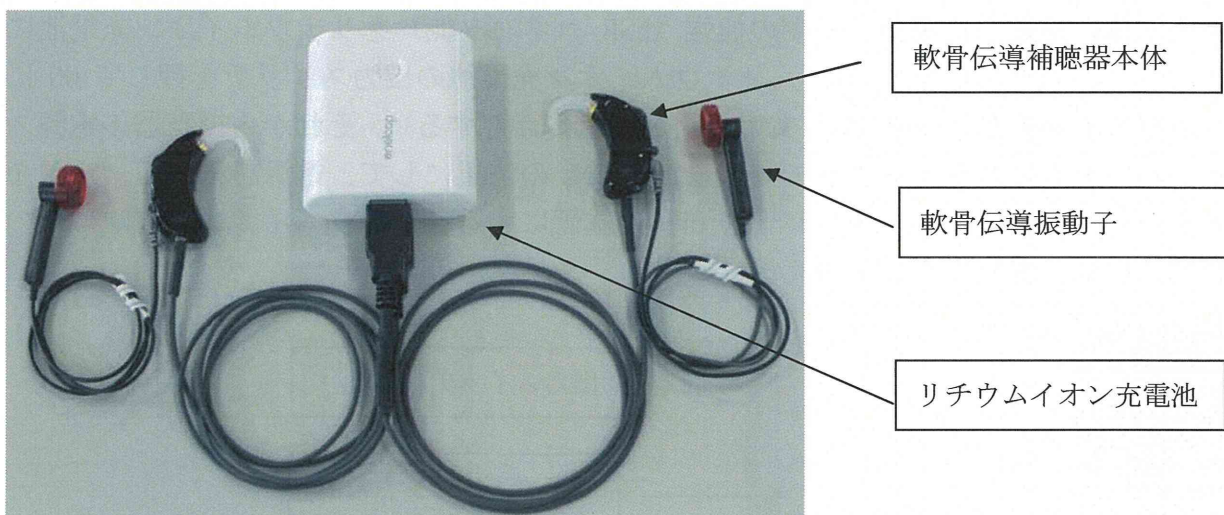


図7 構成と名称

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下図のように入れ、電池カバーを閉める。

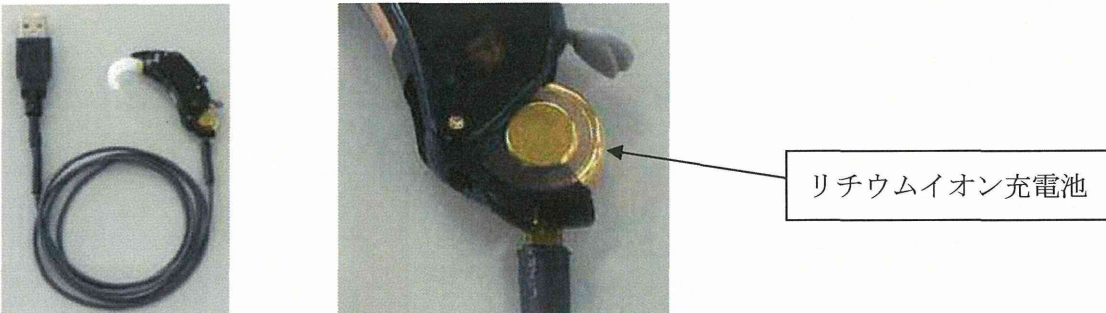


図8 電源コードの接続

(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下図のように接続する。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。

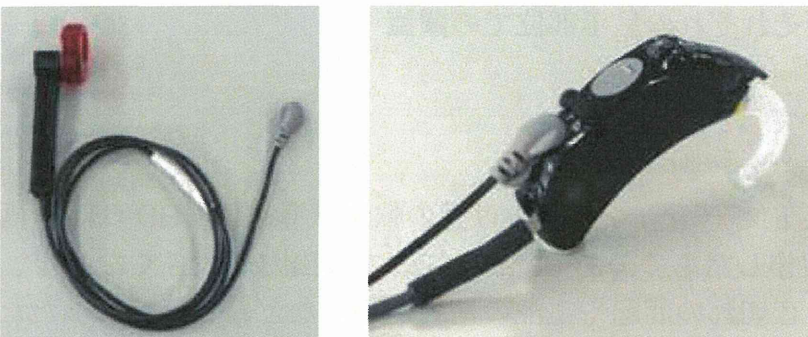
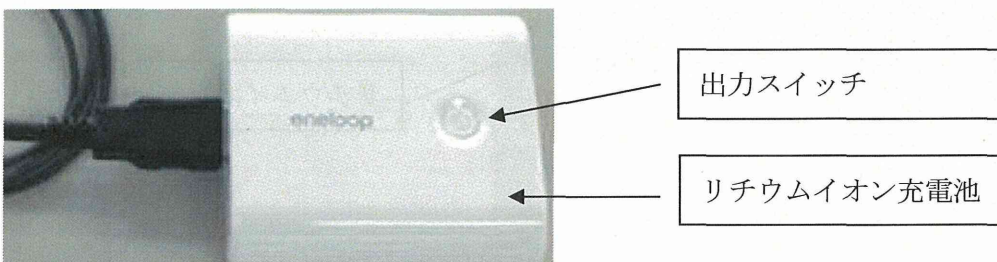


図9 軟骨伝導振動子の接続

(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。



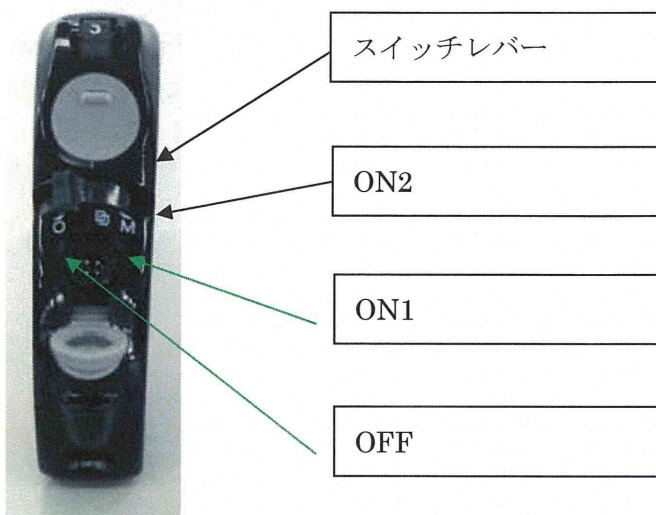


図10 電源の入れ方、切り方

(4) ボリュームの操作方法

右図の矢印の方向にボリュームを回すと、音がおおきくなる。

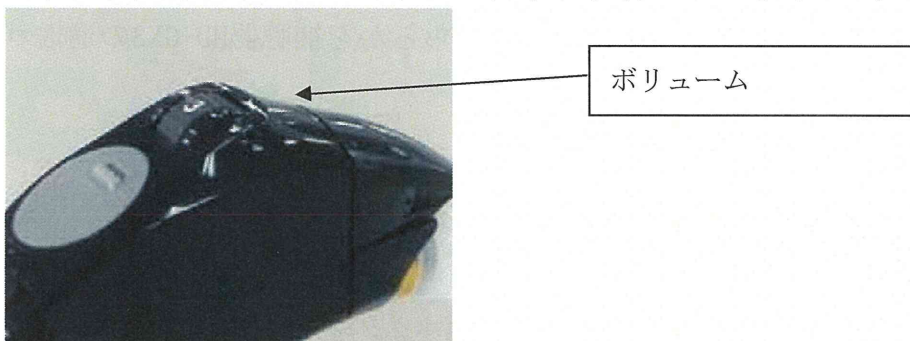


図11 ボリュームの操作方法

(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に耳の耳甲介部に引っ掛ける。

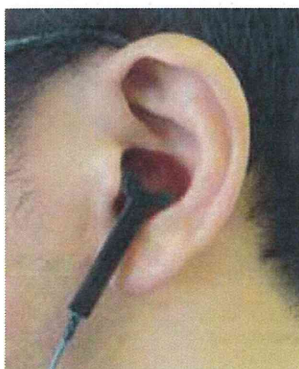


図12 振動子の装着

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易い場合は、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。

- ① リオネットセレクトがインストールされたパソコン
(リオネットセレクトのバージョンは4.30以降なら、OK。)
- ② 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)
- ③ 切替ボックス
- ④ 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13）。

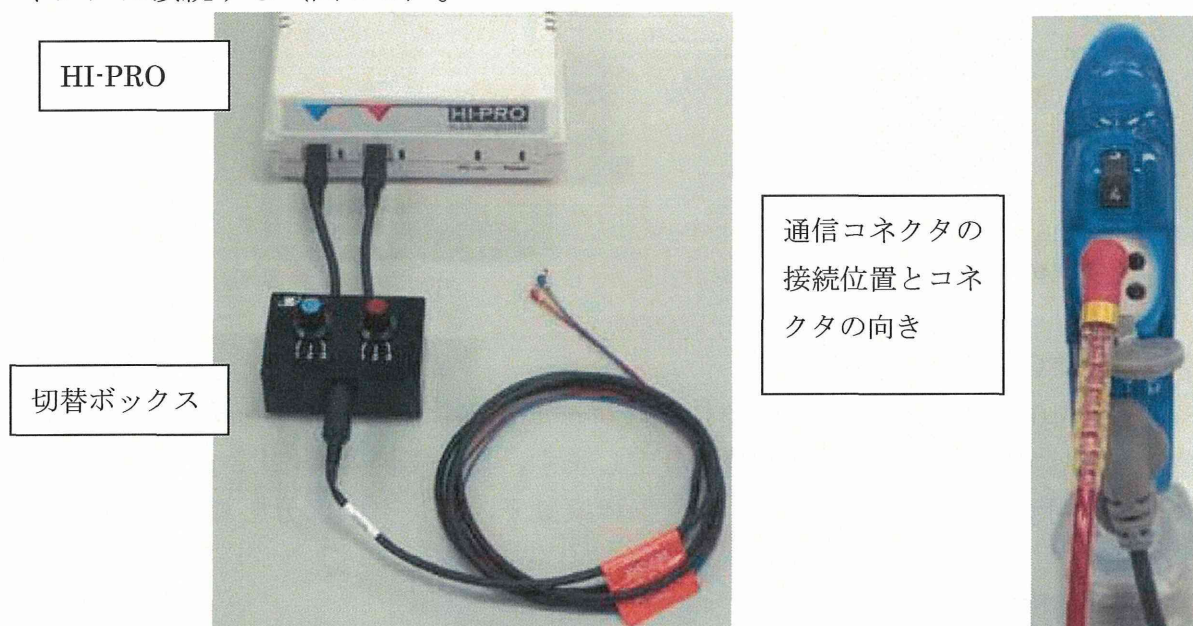


図13 パソコンとHI-PROの接続

(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で補聴器を選択する場合は、HB-G2Uを選択する。

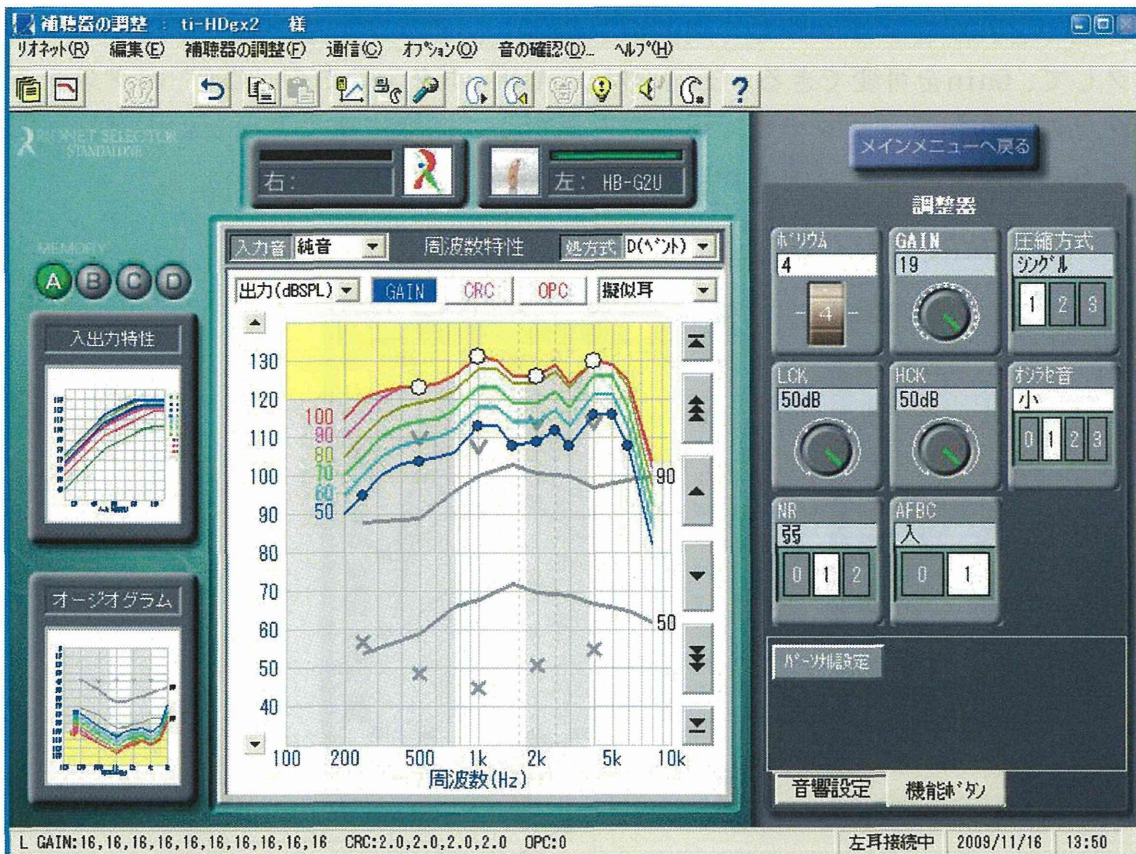


図 1 4 調整画面

本試作器HD-GX3の調整は、図 1 4 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。

- ① ボリュームは、最大の4に固定する。
- ② 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。
- ③ 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。
- ④ 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。
- ⑤ NRは、騒音低減機能の強さを可変する。0：切、1：弱、2：強。
- ⑥ AFBCは、ハウリング抑制機能を入り（1）、切り（0）する。
- ⑦ 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

押し、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15)

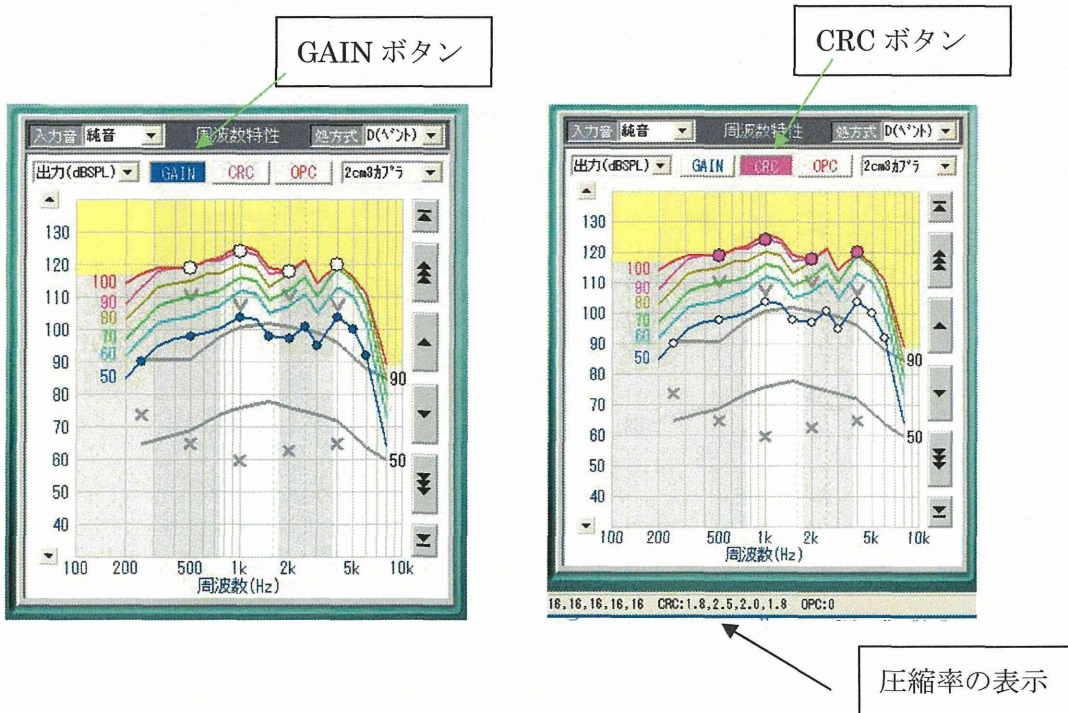


図15 補聴器の調整

(3) 2つのメモリーへの設定

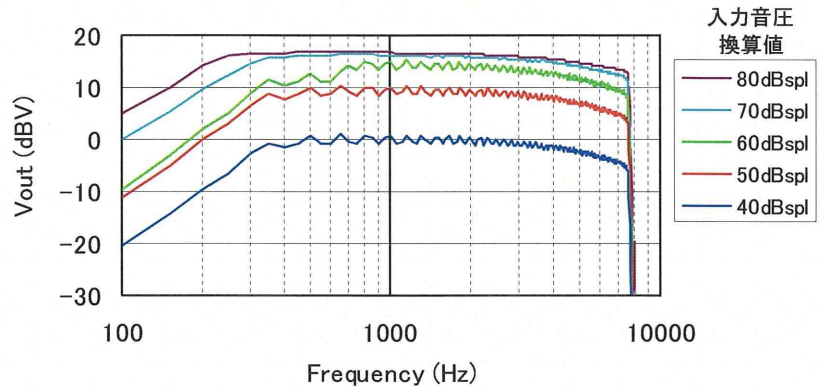
HD-GU2では、2種類の調整値を2つのメモリーに設定して、電源スイッチのON1とON2で切換えて使用することができる。スイッチ位置ON1とON2に割り当てられた設定値は、それぞれリオネットセクタのメモリーAとメモリーBの設定値に対応している。リオネットセクタの調整画面でメモリーの“A”と“B”ボタンを選択して、それぞれで設定し、補聴器に書込むことにより使用することができる。

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ON2：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。

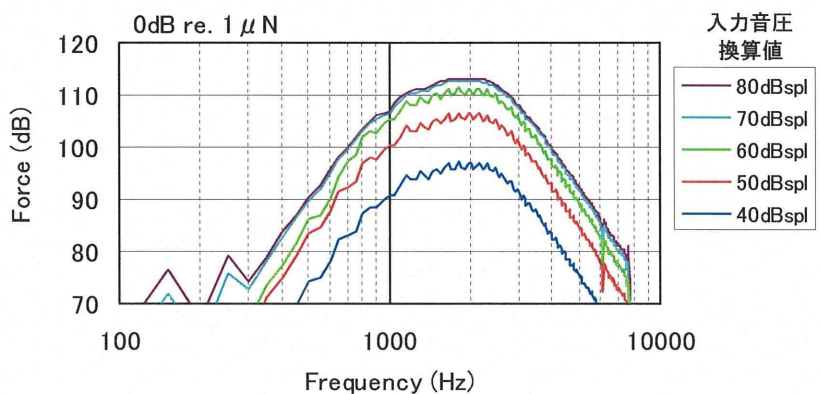
5) 性能

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、軟骨伝導スピーカを駆動している。軟骨伝導スピーカ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、軟骨伝導スピーカ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：1V/0.1Pa）に対する出力特性を示す。(図16)

各入力音圧に対する本器の出力電圧特性 (ボリューム最大時)



各入力音圧に対する骨伝導スピーカのフォース (力出力) レベル (ボリューム最大時) (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スピーカの出力の聴力レベル HL 換算値 (ボリューム最大時) (ISO 389-3 に規定の骨導域値を使用)

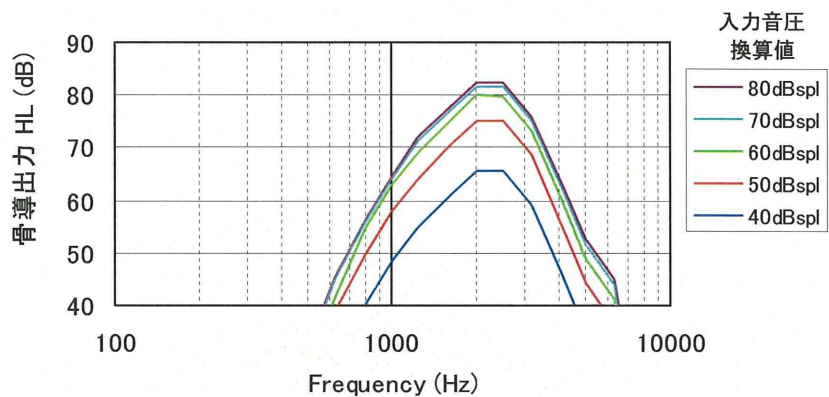


図 1 6 各入力音圧に対する出力

6) 仕様

- ① ブロック構成図 (図 1 7)
- ② 出力特性: 5 の性能参照
(IEC 60373メカニカルカッ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18参照 (単位mm)
 リチウムイオン充電電池 60×70×22 mm

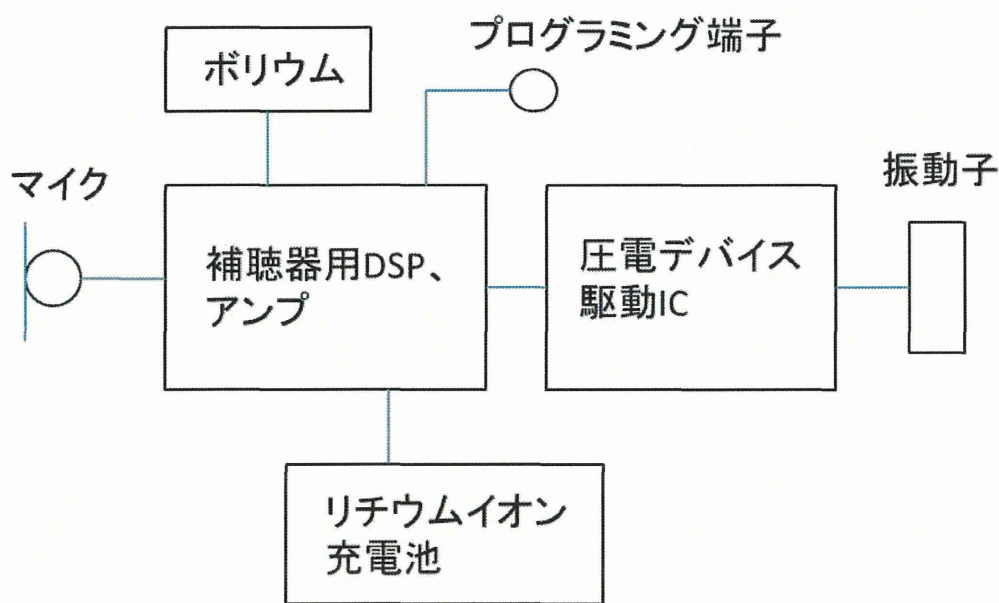


図17 ブロック構成図



図18 外形寸法 (本体)

D. 考察

いずれの方式でも耳栓装着時には、高周波数より低周波数の音で閾値が低かった。特に骨伝導では耳栓の装着時に閾値が約 15.1dB 低下した。この原因については耳栓をすることによる外耳道閉鎖効果が関与していると考えられる。過去の報告でも外耳道閉鎖効果は低周波数ほど大きく認めている。今回の検討でも低音域で効果が大きいことから外耳道閉鎖効果と考えられた。骨伝導ではその伝達方式から考慮すると耳栓による影響は少なく、閾値の変化はほぼ外耳道閉鎖効果を示していると考えられる。また外耳道へ閉鎖効果は耳栓の内側の外耳道の空洞が影響を及ぼすため、各伝導方式で影響はないと思われた。このことから骨導での閾値の変化は装着した耳栓の外耳道閉鎖効果を示していると考えられ、各伝導方式でこの値を差分することで各伝導方式の耳栓をした場合の閾値上昇を求めることが可能となる。

気導では求めた値は周波数ごとに差を認めない。つまり耳栓をすることで気導経路が完全に遮断されるとすべての周波数が均等に閾値上昇していることが分かった。一方軟骨伝導では 500Hz ではほぼ骨導と同じで耳栓による閾値上昇をしめさなかった。つまり軟骨伝導では 500Hz では気導ではなく軟部組織経由の骨導が聞こえていることが分かった。また 4kHz では閾値上昇は気導と同じであった。高い周波数では軟部組織経由の骨導では伝わりにくく、ほぼ気導経由で音が聴取していると考えられた。

軟骨伝導端子の音の伝導で最も影響を与えているのは振動子からの気導音と軟骨を振動させることによる音の伝達である。気導音の伝達は振動子と外耳道の関係から外耳道入口部が最も有利で次に空中、耳珠、耳前部、乳突部の順序に伝わりやすいと思われる。一方軟部組織の伝達については外耳道入口と耳珠が軟骨を直接振動させることができ最も有利で、耳前部は軟部組織があるものの耳介軟骨は存在せず、乳突部は側頭骨に音が伝達させる。空中は組織を振動させずこの経路は皆無と思われる。今回の結果を見ると気導音が最も入りやすく、軟骨を振動させる外耳道入口が最も閾値が低かった。耳珠と耳前部を比較すると大きな違いは端子による軟骨の振動の有無であるが、耳珠で有意に閾値が低かったことから軟骨の振動自体が影響を及ぼしていることが分かった。端子からの気導音も影響を与えているものの耳珠よりは有意に影響は高く、この端子からは気導音はそれほど大きくなく振動が伝わりやすい性質があると推定された。しかし通常骨導のように圧着していないため乳突部では閾値が最も悪い結果となったと考えられた。実際に我々が念頭に置く軟骨伝導に最も近いと思われるのは耳珠であるが、補聴器を考えた場合、最も効率的に音を伝えるのは外耳道入口であり、固定方法を考えた場合も同部位が有利であると思われる。以上のことから現在採用している外耳道入口に引っ掛ける方法が、振動子の固定方法として最も優れていると思われた。

補聴器の調整状態の変更や振動子とマイクロホンの位置を離すことでハウリングの防止が可能であった。また外部電源を取り入れることで電力供給が安定的に可能となり、装用効果が増大した。また両耳装用できることも装用効果を高めることに貢献していると考えられた。

E. 結論

軟骨伝導では周波数ごとに伝導経路が異なっている。低音域は軟部組織経由が有意で高音域になるに従い気導経路が有意になることがわかった。また端子の設置部位の影響については気導からの刺激が最も入りやすく、また軟部組織を効率的に振動させることができる外耳道入口に置くことで最も効率よく音が伝導することが分かった。現時点で採用している振動子の設置方法が、最も快適かつ効率に音が伝導できることがわかった。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

Hosoi Hiroshi, Yanai Syuichi, Nishimura Tadashi, Sakaguchi Takefumi, Iwakura Takashi, Yoshino K, Development of cartilage conduction hearing aid, Archives of Materials Science and Engineering, 42(2), 104-110, (2010)

福田英美, 柳井修一, 西村忠己, 清水直樹, 細井裕司, 軟骨伝導によるラット聴性脳幹反応の測定, 日本音響学会聴覚研究会資料, 40(6), 531-534, (2010)

西村忠己, 細井裕司, 特集 耳鼻咽喉科・頭頸部外科の検査マニュアルー方法・結果とその解釈 I. 聴覚検査 4. 補聴器適合検査, 耳喉頭頸, 82(5), 29-34, (2010)

西村忠己, 特集・高齢者の補聴ー実地診療に役立つ最新の知識ー 補聴器の適応ー聴覚障害者の来院から適応決定までー, ENTONI, 115, 7-11,(2010)

斉藤修, 西村忠己, 吉田悠加, 福田英美, 柳井修一, 細井裕司, 補聴器適合検査のための雑音負荷時の語音明瞭度の検討, Audiology Japan, 54, 147-152,(2011)

吉田悠加, 西村忠己, 福田英美, 斉藤修, 細井裕司, 補聴器特性図から算出した利得とファンクショナルゲインの関係, Audiology Japan, 54, 118-122,(2011)

Tadashi Nishimura, Tadao Okayasu, Yuka Uratani, Fumi Fukuda, Osamu Saito, Hiroshi Hosoi, Peripheral perception mechanism of ultrasonic hearing, Hearing Research, in press

Tadao Okayasu, Tadashi Nishimura, Akinori Yamashita, Seiji Nakagawa, Yoshiki Nagatani, Shuichi Yanai, Yuka Uratani Yuka, Hiroshi Hosoi, Duration-dependent growth of N1m for speech-modulated bone-conducted ultrasound, Neuroscience Letters, in press

2. 学会発表

Nishimura Tadashi , Hosoi Hiroshi , A case of intracochlear schwannoma with progressive hearing loss, Association for Research in Otolaryngology 33rdMidWinter Meeting, Anaheim, (2010)

Okayasu Tadao, Nishimura Tadashi, Yamashita Akinori, Yanai Shuichi, Nakagawa Seiji, Uratani Yuka, Nagatani Yoshiki, Hosoi Hiroshi, Temporal-integration mechanism of bone-conducted ultrasonic speech sound, Association for Research in Otolaryngology 33rdMidWinter Meeting, Anaheim, (2010)

Yamashita Akinori, Nishimura Tadashi, Nagatani Yoshiki, Sakaguchi Takefumi, Okayasu Tadao, Hosoi Hiroshi, Speech recognition for bone-conducted ultrasound, Association for Research in

Otolaryngology 33rdMidWinter Meeting, Anaheim, (2010)

岡安 唯, 西村忠己, 山下哲範, 斉藤 修, 柳井修一, 細井裕司, 当科における放射線化学療法によるシスプラチンの聴力障害について, 第111回日本耳鼻咽喉科学会総会, 仙台市, (2010)

山下哲範, 西村忠己, 岡安 唯, 阪口剛史, 細井裕司, 長谷芳樹, 視覚情報が骨導超音波を用いた補聴システムの語音聴力に与える影響, 第313回日耳鼻大阪地方連合会, 大阪, (2010)

岡安 唯, 西村忠己, 山下哲範, 細井裕司, 当科における放射線化学療法によるシスプラチン難聴の評価, 第313回日耳鼻大阪地方連合会, 大阪, (2010)

Hosoi Hiroshi, Yanai Syuuichi, Nishimura Tadashi, Sakaguchi Takefumi, Iwakuma T, Yoshino K, Development of cartilage conduction hearing aid, The Eighteenth International Scientific Conference on AMME 2010, Zakopane, (2010)

岡安 唯, 西村忠己, 細井裕司, 年齢と語音明瞭度曲線の傾きについての検討, 第4回聴覚アンチエイジング研究会, 東京, (2010)

福田芙美, 柳井修一, 西村忠己, 清水直樹, 細井裕司, 軟骨伝導によるラット聴性脳幹反応の測定, 日本音響学会聴覚研究会, 三原市, (2010)

下倉良太, 高木悠哉, 西村忠己, 細井裕司, 軟骨伝導振動子の物理特性, 第314回日耳鼻大阪地方連合会, 大阪, (2010)

高木悠哉, 下倉良太, 西村忠己, 細井裕司, 住宅内透過騒音尺度作成の試み(1), 第314回日耳鼻大阪地方連合会, 大阪, (2010)

Yamashita Akinori, Nishimura Tadashi, Nagatani Yoshiki, Sakaguchi Takefumi, Okayasu Tadao, Hosoi Hiroshi, Differences between bone-conducted ultrasound and audible sound in speech recognition, The 13th JAPAN-KOREA Joint Meeting of Otolaryngology-Head and Neck, Seoul, (2010)

Okayasu Tadao, Nishimura Tadashi, Yamashita Akinori, Nakagawa Seiji, Yanai Shuichi, Uratani Yuka, Nagatani Yoshiaki, Hosoi Hiroshi, Growth of N1m for stimulus duration through bone-conducted ultrasound modulated by Japanese vowel sound, The 13th JAPAN-KOREA Joint Meeting of Otolaryngology-Head and Neck, Seoul, (2010)

柳井修一, 福田芙美, 西村忠己, 清水直樹, 細井裕司, 軟骨導振動子を用いたラット聴性脳幹反応の測定, 日本心理学会第74回大会, 豊中市, (2010)

西村忠己, 福田芙美, 斉藤 修, 岡安 唯, 宮前了輔, 下倉良太, 高木悠哉, 細井裕司, 軟骨伝導補聴器の開発—臨床応用例—, 第20回日本耳科学会総会, 松山市, (2010)

西村忠己, 福田芙美, 斉藤 修, 宮前了輔, 岡安 唯, 下倉良太, 高木悠哉, 細井裕司, 軟骨伝導補聴器の開発(第2報)—呈示部位による感度差—, 第55回日本聴覚医学会総会, 奈良市, (2010)

下倉良太, 高木悠哉, 西村忠己, 細井裕司, 軟骨伝導補聴器の開発(第3報)—外耳道内の音響特性—, 第55回日本聴覚医学会総会, 奈良市, (2010)

岡安 唯, 西村忠己, 山下哲範, 中川誠司, 吉田悠加, 柳井修一, 長谷芳樹, 細井裕司, 骨導超音波語音の母音刺激長に対するミスマッチフィールド, 第55回日本聴覚医学会総会,

奈良市, (2010)

高木悠哉, 下倉良太, 柳井修一, 西村忠己, 細井裕司, 隣室から聞こえる透過騒音の研究
～音の評価と不快感について～, 第55回日本聴覚医学会総会, 奈良市, (2010)

吉田悠加, 西村忠己, 福田芙美, 齋藤 修, 細井裕司, 補聴器特性図から算出した利得と
ファンクショナルゲインの関係, 第55回日本聴覚医学会総会, 奈良市, (2010)

齋藤 修, 西村忠己, 吉田悠加, 福田芙美, 柳井修一, 細井裕司, 補聴器適合検査のため
の雑音不可時の語音明瞭度の検討, 第55回日本聴覚医学会総会, 奈良市, (2010)

H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし