

同じ耳は1つとして存在しないー今や、フィッティング内容も より正確にフィッティングを行う新しい方法

はじめに

現代のデジタル補聴器の進化と高性能なフィッティングソフトウェアのおかげで、補聴器専門家は全ての聴力レベル・聴力タイプに対して補聴器をより精密に微調整して最大限にメリットを提供することができます。鼓膜位置の利得や出力における正確な初期設定は、RECD またはプローブチューブで測定するインサイチュを使用してのみ効果があるため、未だ困難な分野であるとされています。多くのケースで実耳測定が実施されていないということが実体験に関する調査で分かっています。児童に RECD を測定することは重要だと幅広く知られていますが、成人にはあまり測定されていません。RECD を使用しない場合、平均値が仮計算に使用されます。仮計算の正確性は、補聴器からの音に対する自然な受け入れが弱い、または微調整回数が多いなど、個人差が大きく出ます。

実耳測定で得た RECD を使用すると、より精度の高いファーストフィット、装用者の満足度向上、2 回目以降に行う微調整回数の減少など、フィッティング効果が著しく向上します。このような目的を基に、フォナックは、測定したハウリング閾値の情報を利用して、個別の RECD を簡単に、そして正確に得る新しい手法を開発しました。

根本的な問題

補聴器のフィッティングでは、フィッティング内容を視覚的に表示させた目標カーブが主に使用されています。しかしながら、これらのカーブは年齢を基に標準 2cc カプラで測定した平均値を使用しているおおよその値という点で制限されます。その結果、外耳道内の実際の音響状態とカプラで再現する音響状態が大きく異なり、これらのカーブが実際の音響状態を正確に反映させたものではなく、残存音量、中耳のコンプライアンス、ベント損失は考慮されません。RECD を測定することで、カプラで測定した値を実際の外耳道の値に一致するよう変換し、効果的なフィッティングを個別に行うことができます。

RECD とは？

RECD (Real Ear Coupler Difference) は『実耳とカプラ差』を意味します。RECD の定義は次のとおりです：

- 『インサイチュまたは 2cc カプラを使用して、既製耳せんやイヤモールドを挿入式イヤホンに取り付けた状態で全周波数をデジベルで測定した差を RECD という』 (Bagatto, 2001)

RECD の値が分かっていると、2cc カプラによる基準値を基に、外耳道内で提示される補聴器からの出力を予測することができます。RECD は個人で異なる外耳道の特徴を考慮してフィッティング内容を個別に構成します。フィッティング内容には特定のトランジューサー¹も考慮されます (先述した定義の初めに『同じ信号を伝送する変換器によって作り出される…』を加える)。この定義から、RECD が個人の耳に合わせて個別化するだけでなく、使用している補聴器や測定システムの電子的・機械的な特性にも依存すると強く言えます。使用するイヤホン変換器とカプラの音響インピーダンスは大きく変わります (Munro 2005)。そのため、個別の RECD は1 つではなく、複数ある可能性があるということです (Butsch ら, 2002)。

先述したように、全ての補聴器メーカーは独自のフィッティングソフトウェアで主に 2cc カプラで測定した音響特性を使用します。補聴器専門家は目標カーブを参考にし、出力カーブがこの目標カーブにできるだけ近づくよう微調整します。これらの値は、RECD の平均値または入力値のいずれかが考慮されると、個人の耳に適用するよう変換されます。図 1 から確認できるように、RECD の平均値を使用することが必ずしも良いとは限りません。

¹ 変換器のこと

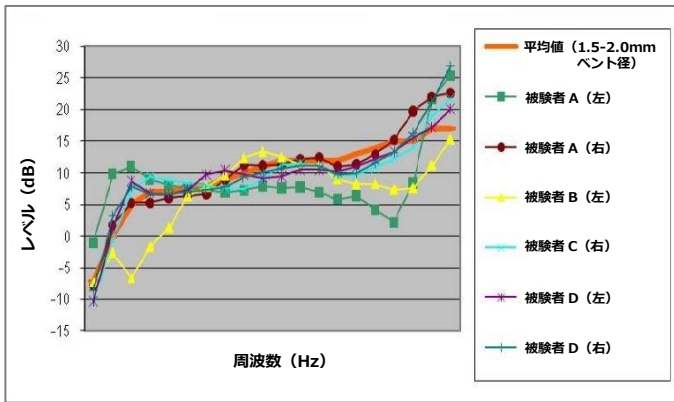


図 1：ベント径 1.5–2.0mm で計算した RECD の平均値を使用したカーブ（橙）と個別の RECD を使用したカーブ（その他）の比較

このグラフから、被験者によってはいくつかの周波数で RECD が 15dB 以上も大きく異なることが分かります。したがって、RECD の平均値を使用すると、装用者が希望するよりも出力が大幅に小さくまたは大きくなる可能性があります。児童の RECD の値は大きく異なります。児童の外耳道内の残存音量は成人と比べると非常に小さく、そのため鼓膜面の音圧レベルも増加します。要するに、児童や成人に限らず、外耳道が小さい場合は最も効果的な微調整内容にするため、特に個別に測定した RECD が重要です。RECD の値は耳せんやオーダーメイド型シエルのベント径の影響を受け、それが補聴器の音響特性に影響します。

これらの要因を全てまとめると、正しく測定された RECD は装用者が補聴器を正しく耳に装着することで得られるということです。補聴器にプローブチューブを取り付けて RECD を測定する方法は、これまでも利用されていましたが、時間が掛かるという問題がありました。フォナックは、ハウリングと実耳テストの測定結果から RECD の予測値を算出することが可能な高頭脳アルゴリズムを初めて開発した補聴器製造メーカーです。

最大増幅

ほとんどの現代補聴器には、高性能なハウリング抑制またはハウリングキャンセラー機能が搭載されています。フォナックでは、フィッティングする過程の1つとして、ハウリングテストの実施を推奨しています。このテストでは、ハウリングが起こる一歩手前に適用することが可能な最大利得を周波数毎に決定します。高音域に利得を入れると、ハウリングが起こりやすいということはよく知られています。この個人で異なる最大増幅（個別のハウリング閾値）を各周波数に適用した場合、周波数が高くなるほど、一般的にカーブは下がります（図 2）。このカーブには耳せんやシエルの音響パラメータの内容が考慮されています。使用する耳せん、シエル、材料によ

って作り出される音響特性は異なるため、耳せんやシエルからの音漏れやベント径のサイズによって、達成可能な各周波数ごとの最大増幅は変わります。

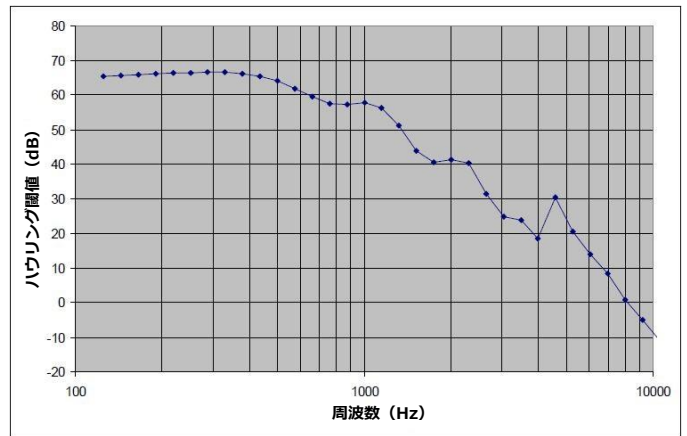


図 2：オープンベントを利用した耳かけ型補聴器を 2cc で測定した個別のハウリング閾値

ベントの重要性

達成可能な最大増幅は、補聴器を装着した時の装着感と同様に、ベント径のサイズにも大きく依存します。音の漏出量は大きく異なるもので、外耳道内の大きさ、形状、補聴器の装着感によって影響を受けます。ベント径のサイズと音の漏出量を「音響質量」と定義しています。音響質量と達成可能な最大増幅は互いに大きく依存し合っています。フォナックのアルゴリズムを開発するにあたり、音響質量が幅広く分析され、2300 件にわたる個人の RECD とハウリングの測定結果が考慮されました。周波数毎に達成可能な最大増幅を測定し、音響質量を得るために、その測定結果を使用しました。測定結果による個人差は統計学的に分析され、効果的なベント質量が計算されました。これらの結果から、効果的なベント径と達成可能な最大増幅との間に機能的な関係性があることが分かりました（図 3）。

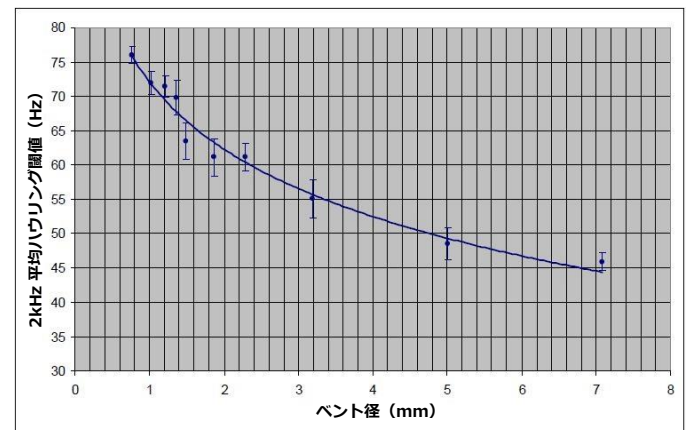


図 3：2300 件にわたる個別の測定結果を基にしたベント径によって達成可能な最大増幅

達成可能な最大増幅の低下はベント径から抜ける音圧レベルと一致し、これは RECD 推測値にも影響します。

正確な RECD 推測値を得る、簡単で新しい手法

Phonak Target の使用において、より正確な個人の RECD 推測値を得られます。これは、下記で述べる補聴器をフィッティングするのに不可欠となる 2 つの単純作業をすることで達成できます。

上記で述べたように、個人の RECD の推測値はベント径の大きさに依存するという事です。

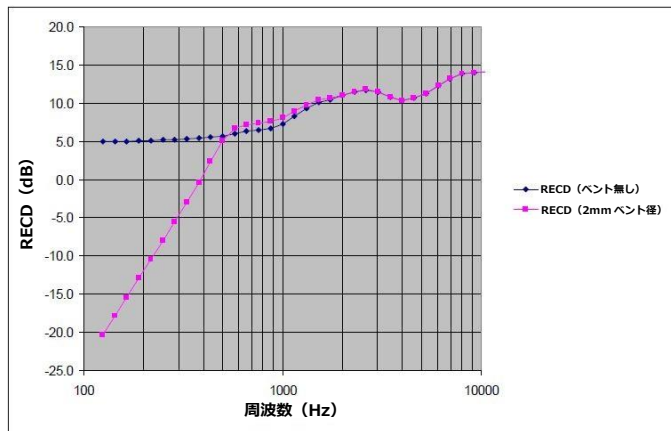


図4：直径 2mm のベント径と、ベント無し（閉塞）の耳あな型補聴器の RECD

1 つ目はフィッティングソフトウェアにベント径のサイズを入力することです。AOV で作成したオーダーメイド補聴器の場合、ベント径のサイズは補聴器を接続した時に自動的に入力されます。耳かけ型補聴器の場合、ソフトウェアによって自動的に計算されますが、必要に応じて音響パラメータの画面から変更することも可能です。2 つ目はハウリングと実耳テストの実施です。装着者のハウリングテストの結果を基に、Phonak Target の変換アルゴリズムが RECD の推測値を自動計算します。今日、この RECD の推測値は補聴器専門家がより正確で精密な増幅量を設定するために使用されています。補聴器専門家は、①RECD の測定結果を入力する、②RECD の推測値を利用する/利用しない、③RECD の平均値を使用する、これらの選択肢が常にあるということを知っておくことが重要です。

まとめ

フォナックは、ハウリングと実耳テストを実施するだけで、非常に信頼性の高い RECD の推測値を得ることが可能な手法の開発に成功しました。多くの補聴器専門家が日常的にハウリングテストを実施しているので、さらなる個別情報をフィッティング内容に加えるという作業を必要としません。

補聴器専門家はベント径を確認し、ハウリングテストを実施します。新しいアルゴリズムでは、より正確な RECD 推測値を基に、より正確な仮計算を個別に自動作成します。

そのため、より効果的な微調整をすることが可能となり、異なるユーザーや彼らが特定する聞こえの状況に合わせた個別設定を行うことができます。この利便性によってさらに得られるメリットはシンプルです。補聴器専門家は見慣れたカーブ画面と今まで以上に正確で効果的な微調整を行うことが可能になり、ファーストフィットでより高い自然な音の受け入れと、少ない微調整回数というメリットが得られます。

参考文献

Bagatto M P (2001) Optimizing your RECD measurements. Hearing Journal Vol. 54 No. 9:32-36

Stach B A (1997). In: Stach B A Comprehensive Dictionary of Audiology. Williams and Wilkins, Baltimore Md, USA, 174

Munro K, Toal S (2005) Measuring the real-ear to coupler difference transfer function with an insert earphone and a hearing instrument: Are they the same? Ear and Hearing Vol. 26:27-34

Butsch KD, Hockle N, T Scheller RB Johannesson (2002) From Transducer to tympanic membrane: A new acoustic model. Poster presented at annual meeting of the AAA April 2002 Philadelphia