

Adaptive Phonak Digital (APD)

アダプティブ・フォナック・デジタル

聴覚学的背景

フォナックでは、補聴器や調整に関する全ての最小要件をアコースティック（音響効果）ハウスを基に考えています。アコースティックハウスというのは補聴器の調整に必要な異なる要素や段階を表したもので、土台、1階、屋根裏で構成されています。補聴器を調整するステップ（図1）は各階に存在し、各階が家のバランスを保ちます。土台は校正を示します。補聴器を正確に作動させるため、補聴器の音響パラメーターは疑似耳に設定します。土台では透明感のある音を補聴器から耳へ届けることを目的としています。ここで調整した後、補聴器から実際に音を聞くのです。そのためには次の項目の確認が必要です。

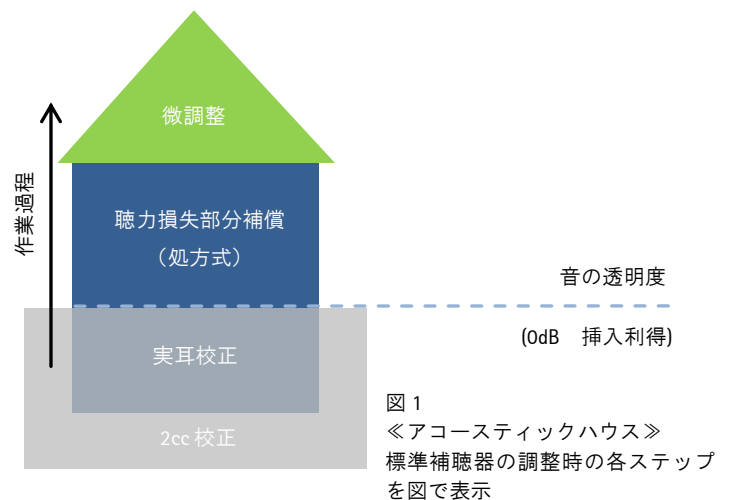
- 外耳道利得(REUG/OEG)
- 実耳と 2cc カプラの音響レベル差 (RECD)
- マイクロホン位置効果(MLE)

下記方法での測定が可能です。

1. 実耳測定
2. 予測

上記の測定方法はホイッスルブロックを使わない（位相）、聴力レベルのみを考慮したもので、実耳測定値と予測値は基本的に近似します。土台が終了すると聴力低下のある部分が確定され、聴力検査の結果と各パラメーターを基に、適切な目標利得が決定されます。フィッティングソフトで選ばれた処方式と入力した聴力検査の結果を基に、補聴器の利得や圧縮が算出されます。

補聴器に最適な調整を提供できるよう、フォナックはアダプティブ・フォナック・デジタル（以下 APD）という独自のフィッティング処方式を開発しました。APD を使用すると、聞こえの環境下にある入力信号を適切なラウドネスに予測変換することが出来ます。APD は異なる聴力低下レベルに合わせて仮計算を組み立てます。目標利得の仮計算は軽度、中等度、高度～



重度、高音急墜型、低音障害型の5種類の聴力低下タイプに分かれます。仮計算は様々なサンプル音を提示して集めた健聴者と難聴者のラウドネス値に基づいています（290人の被検者からの16889個のラウドネス値）。その結果、健聴者と難聴者のラウドネス関数をリニア（直線）で導き出すことが出来ました。APDは難聴者のラウドネス関数を健聴者のラウドネス関数に当てはめた処方式です。健聴者のラウドネスにより近づけるには、補聴器で音を増幅する必要があります。圧縮は聴力レベルがどれだけ極端に高域に向かって低下しているかで計算されます（補充現象）。

聴覚学的背景

今となつては当たり前ですが、異なる聴力低下タイプによって、異なる利得が必要だということが判明しました。5つの異なる基本処方式はこの考え方を基本としています。APDで目標利得を計算する時、値はオーディオグラムを基に5つの聴力低下タイプを考慮して計算されます。

5つの処方式は均等に仮計算に使用されます。図2はDSL v5 Adult, APD, NAL-NL2における、代表的な聴力低下タイプの聴力レベルと目標利得を表示しています。目標利得は50dB, 65dB, 80dBの音声信号に対するものです。

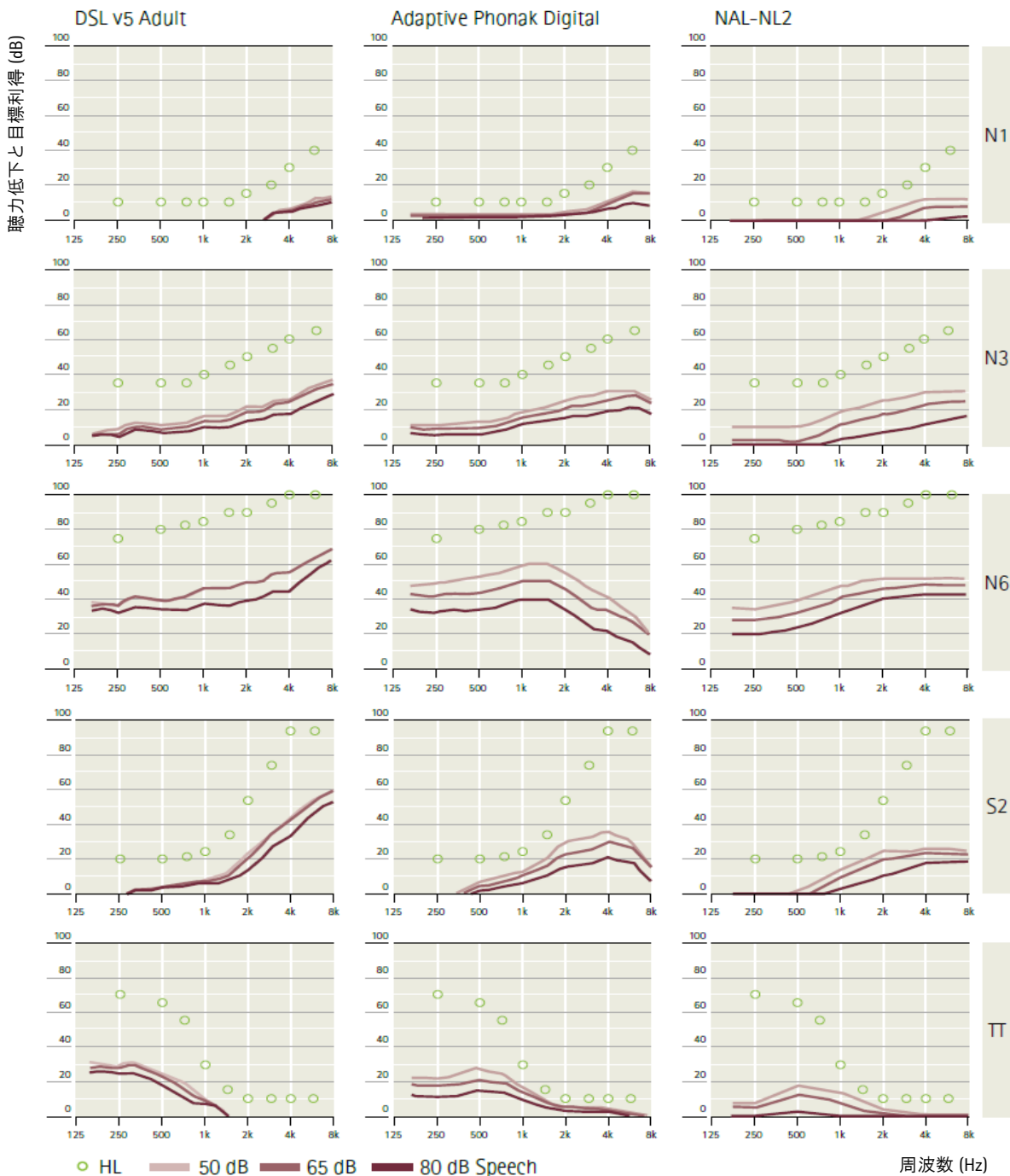


図 2

DSL v5 Adult, APD, NAL-NL2 の処方式を使って小さい、普通、大きい入力音別に分けた目標利得の比較。N1（軽度）、N3（中等度）、N6（高度）、S2（高音急墜型）、TT（低音障害型）、聴力低下レベルは○で表示。

聴覚学的背景

DSL v5 Adult と比較すると、APD では増幅しても効果がない周波数範囲は利得を抑える一方、効果があると推測される範囲は増幅します。NAL-NL2 との比較では、低域は増幅し、スピーチレンジの圧縮は抑えます。

聴力低下レベルが軽度の場合、狭帯域のラウドネス補正は 1:1 になります。DSL v5 Adult と比較すると、高域の小さい入力音と普通の入力音の利得が僅かに増幅します。APD の目標利得は低域の小さい入力音の増幅を抑えて、圧縮をより弱めた NAL-NL2 と類似しています。（図 2：1 段目）

中等度の聴力低下の場合、一番高い周波数が僅かに減少しますが、スピーチレンジの周波数は僅かに上がります。DSL v5 Adult と比較すると、中域にある小さい入力音と普通の入力音の利得は僅かに増幅しますが、8 kHz の利得は減少します。この聴力低下グループの場合、APD と NAL-NL2 はよく似ているので、どちらの処方方式もスピーチレンジに効果的ですが、APD の方が圧縮が少し弱くなっています。（図 2：2 段目）

高度～重度の聴力低下の場合、スピーチレンジの周波数が少し上がります。2.5kHz 以上は聴覚的に効果が弱いので利得は減少します。そのため、補聴器の出力は高度難聴者の聞こえる範囲に集中します。DSL v5 Adult と比較すると、低域・中域の小さい入力音と普通の入力音の利得は僅かに増幅しますが、3kHz 以降は大幅に減少します。全体のラウドネス認識に大きく貢献する理由から、APD では低域をより増幅しますが、NAL-NL2 では通常あまり増幅しません。高域の増幅は NAL-NL2 とは逆で APD ではより減少します。（図 2：3 段目）

スキースロープと呼ばれる高音急墜型の聴力の場合、スロープになっている 40～60dB HL の聴力損失部分が増幅されます。このレンジを超えた聴力損失補償部分では減少します。DSL v5 Adult と比較すると、スロープ内では僅かな増幅が見られますが、スロープを超えると利得は減少します。この聴力低下のグループの場合、NAL-NL1 で処方すると低域の増幅は著しく減少しますが、APD や NAL-NL2 での高域は非常に似ています。（図 2：4 段目）

低音障害型の聴力だと通常 30～50dB HL がスロープ内で増幅しますが、500 Hz 以下でスロープ以下の場合、聴力損失補償部分は減少します。DSL v5 Adult と比較すると、スロープ内の利得は僅かに増幅しますが、スロープが終わると利得は減少します。APD では高域の利得がより抑えられ NAL-NL2 では低域の利得がより抑えられています。（図 2：5 段目）

これで 1 階は終了です。この上に残りの屋根裏を建てなければなりません。補聴器は個々の期待や要望、思いに応じて調整されます。そのためには、この最後の階で利得の微調整を行う必要があります（例：自声音が快適に聞こえて、且つプログラム機能【ノイズブロック、指向性マイク、ウィンドブロック等】も活かしたいなどの要望）。

アコースティックハウスや補聴器調整というのは、特に聞こえの問題となる環境下のプログラム、利得調整、プログラムオプションの調整をメインとしています。利得や各プログラムオプションの調整が終わると、このアコースティックハウスが完成します。

臨床的根拠

基本調整をさらに微調整することは、補聴器からの音に満足してもらうために大切です。APD で処方されたファーストフィットが補聴器装用者の期待とどれくらい合致するのか、大規模な研究として調査されました。6 カ国から集めた 203 件の調整内容が分析され、初めの段階でのフィッティング内容と主観的なアンケートとを検証内容にしました。

最初の検証は一番最初の調整内容からどれだけ変更させたか、それを偏差で表しました。結果から、スピーチレンジで 0~2dB の利得が変更されたことが確認できます（図 3）。つまり、APD は難聴者が必要とするラウドネスや音色にほぼ合致するといえることが言えます。装用者の特別な希望に合わせたことにより、標準偏差は 3~7dB で表しています。最大出力音圧（MPO）やニーポイントでも偏差が小さいことが確認できました（図 4）。ニーポイントの偏差は 1~2dB で、標準偏差は 2~5dB と利得のものよりも小さくなっています。

装用者に主観的な評価に関する質問をしたところ、強い相関関係が見えてきました。装用者の大多数（約 66%）が設定された利得を丁度良いと評価しました（図 5）。

APD で処理した音色が受け入れられるよう、甲高い音（鋭い音）が研究されました。加齢性難聴を抱える装用者は高域の音を認識しにくい傾向があります。彼らには高域をより理解するために適切な利得が必要なのです。今回の検証では、被検者の 87% が完全に音を確認できるという結果になりました。

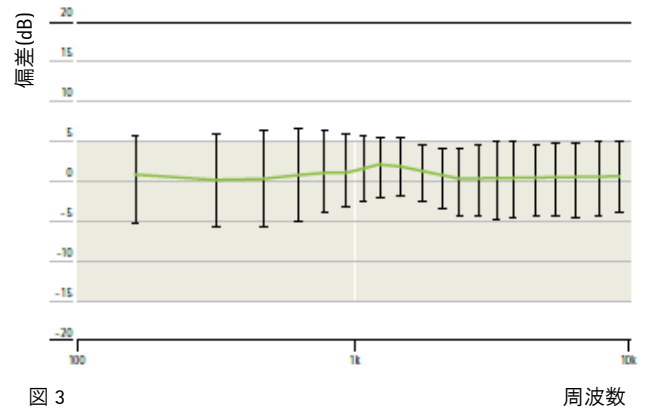


図 3
APD と微調整との平均利得差

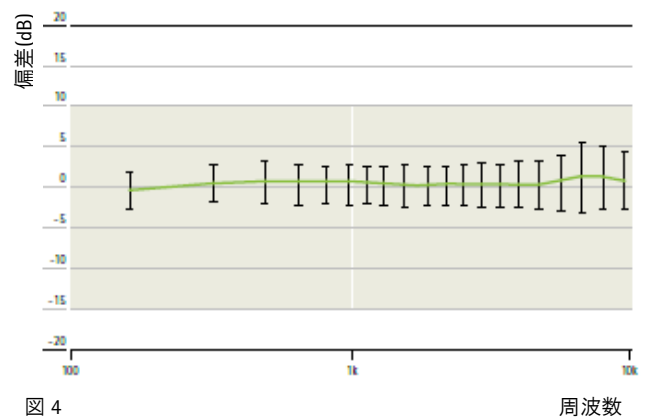


図 4
APD と微調整との平均ニーポイント差

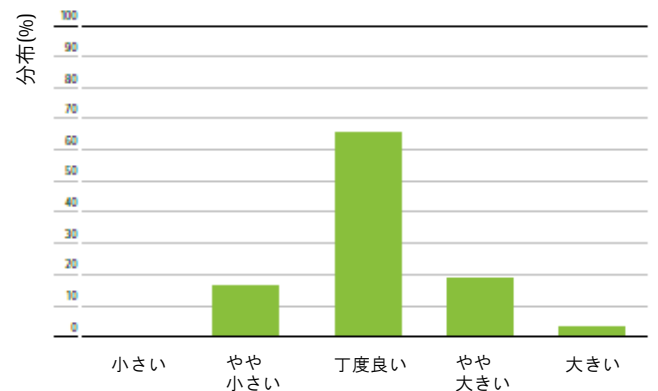


図 5
APD の利得設定に対する装用者の評価

臨床的根拠

低域の音質についても同様の検証を行いました。結果、装用者の 95%が低域の音質が良いと評価しました。そして音質の総合評価では、被検者の 98%が好意的だと捉え（図 6）、大多数が音声理解に対しても良いと評価しました（図 7）。

まとめると、APD の仮計算は総合的に装用者に受け入れられているということが言えます。利得、MPO、ニールポイントの補正值は 2dB を超えませんでした。それぞれの標準偏差は 3~7dB ですが、これは装用者の特別な希望に合わせたことによるものです。装用者の主観的なコメントによると、APD で処理された調整内容（パフォーマンス）は概ね良いという評価でした。

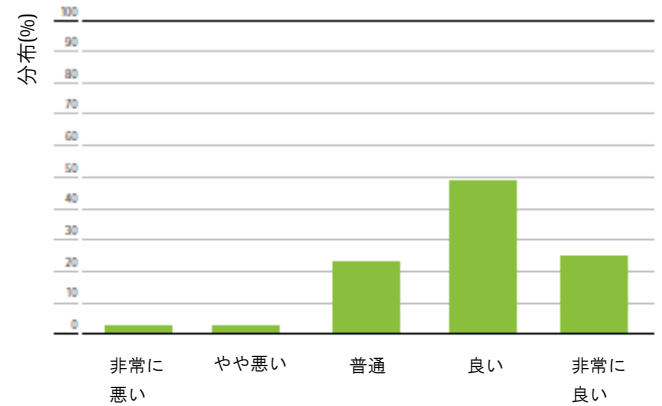


図 6
音質に関する総合評価

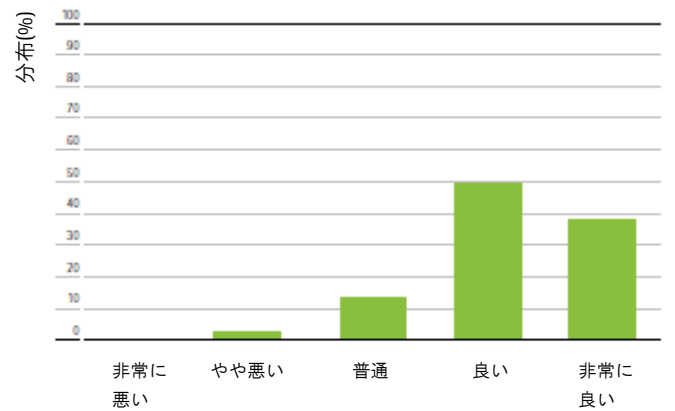


図 7
音声理解に関する評価

ソフトウェア

APD を最大限に活用するには、まず顧客データを入力する必要があります。さらに顧客に合わせて装用経験や信号処理方法などを設定します。装用経験の設定は初めての人、1～2年の人、3～4年の人、4年以上の人の4つに分類されます。装用経験が初めての高域の利得や自然な聞こえの受け入れに苦労する傾向がありますが、4年以上の人だと小さい音でも言葉の理解が良いと言われています。これらを考慮すると、自動順応マネージャが効果的であると考えられます。自動順応マネージャは主に利得パラメータやハウリング抑制設定に影響します。自動順応マネージャは APD 使用時にのみ適応可能です。その他の処方方式を使う場合、目標利得は 100% に設定されます。信号処理の方法はリニア、ややりニア、ノンリニアから選択することが可能です。そのため、普通の入力音の利得に影響を与えず、圧縮を変えることが出来ます。

NOAH を使って Phonak Target を使う場合、NOAH 上に入力したオーディオグラムデータは自動的に Target に反映され、仮計算にも使用されます。もしオーディオグラムを入力していない、または新しい調整を行いたい場合、オーディオグラムダイレクトで測定するか、手動でオーディオグラムを入力することが可能です。オーディオグラムダイレクトでは測定前にハウリング実耳テストを行っておくことをお勧めします。ハウリング実耳テストは「顧客」と書かれたタブをクリックし「フィッティング」と書かれたタブをクリック、「ハウリングと実耳テスト」のページ（図 8）から実行することが出来ます。



図 8
ハウリングと実耳テストの開始

ソフトウェア

補聴器を選択した後は、必要に応じて音響パラメータの調整を行ってください（「機器」>「音響パラメータ」）。音響パラメータの調整は直接仮計算に影響します。Phonak Target は音響パラメータの設定を考慮した仮計算がなされます。

ファーストフィットの設定で必要な基本調整は「フィッティング」のタブをクリックすると表示されます（図 9）。入力レベルは独立して表示されており、目標利得はパーセンテージで選択することが出来ます。ここでの詳細設定がファーストフィットに直接影響し、そして適切な圧縮設定が決まります。その他にも、装用経験を変更し、より装用者に合った調整内容にすることも出来ます。目標利得は装用経験が初めての人や 4 年以上の人に依りて 70%～110% で選択出来ます。基本調整が APD に設定されているか必ず確認してください。「フィッティング」のタブをクリックし「基本調整」のページから APD を標準フィッティング処方に設定することも可能です。

なお、装用経験が初めての人が NAL-NL2 の処方式を使う時は、目標利得が 100% になります。その他の装用経験レベル（1～2 年の人、3～4 年の人、4 年以上の人）の場合、3～4 年の人とみなし処理されます。



図 9
Phonak Target 基本調整の画面

参考文献

- [1] Akustik – Hörgeräte – Teil 15: Methoden zur Charakterisierung der Hörgeräte-Signalverarbeitung. E DIN EN 60 118 – 15: 2009.
- [2] Lützen M.: Analyse von Strategie und Verlauf von Hörgeräteanpassungen in der Praxis. Diplomarbeit, Institut für Hörtechnik und Audiologie, 2005.