スターキーヒヤリングテクノロジーの e-STAT フィッティング処方

理論の背後にある理論

Tom Scheller & Joyce Rosenthal, M.S.

ほぼ間違いなく、任意の補聴器フィッティングソフトウェアの最も重要な要素は、聴力を基に規定されたターゲットに合わせ自動的に補聴器のゲインを適合するアルゴリズム、“ベストフィット“の実行です。ベストフィットの処方やフィッティングの理論は最終的に装用者の増幅の受容もしくは拒否に大きな役割を果たします。第一印象が肝心です！もし、ベストフィットの処方が最適でない場合、おそらくオージオロジストはほんのわずかの調整を行うことが可能になりますが、増幅を拒否した患者さんへは微調整の機会は失われます。

.

しかし、“最適“の定義とはなんでしょうか。良いベストフィットの定義の基準はとはどうあるべきなのでしょうか。

- 初期の拒絶反応を最小にすること？
- 明瞭度を最大にすること？
- 残存するダイナミックレンジを最大に使用すること？
- 装用者の快適さを最大にすること？
- 音質を最大にすること？
- 装用者の満足度を最大にすること？

大抵のフィッティング理論は上記に述べたゴールを組み合わせたものの最適化を試みます。たびたびゴールは互いに対立してしまうため最適化は必須です。例えば、装用者は最大の快適さを得るためにほんの少しだけのゲインの増加を強く望んでいるかもしれないのですが、最高明瞭度を得るためにはかなり多くのゲインの増加が必要になる場合があります。最適化を含む要素が多いほど、フィッティング理論は複雑になっていきます。

スターキーヒヤリングテクノロジー独自のフィッティング理論 e-STAT®はラウドネスの活用と NAL（ノンリニアフィッティング理論）によって最適化させられた明瞭度、さらに会社の特定のニーズに合わせることから始まります。この記事は e-STAT はなぜ開発されたのか、どのように進化したのか、そして、なぜ補聴器を改善していくかのように、ユーザーの動向、装用者の好みについてさらなる統計を集めるかのように変化を続けていくのかについて説明していきます。

歴史

フィッティング理論は長年使用されてきました。(Lybarger, 1978, for a review of early methods 参照). 初期のフィッティング理論はリニア増幅のために開発されたものでした。（この増幅方法のみ使用されていました。）近代のフィッティング理論の始まりは利得と出力に対する処方:Prescription Of Gain and Output（POGO 処方）(McCandless & Lyregaard, 1983)の導入かもしれません。

POGO 処方が導入された後、オーストラリアの国立聴覚研究所：the Australian National Acoustics Laboratories (NAL)の NAL 処方が成人のフィッティングとしてひそかに人気になり、また装用者が望んでいる感覚閾値の処方: the Desired Sensation Level method（DSL 処方）は幼児および小児のフィッティング理論として一般的に使用されるようになりました。(Byrne & Dillon, 1986; Seewald, Ross, & Spiro, 1985).

1990 年代になると、圧縮可能な増幅法の使用が盛んになり、特定の入力レベルの利得を指定する新しいフィッティング理論が発達しました。FIG6 処方(Killion, 1994) は圧縮処方の時代に共有されることはありませんでしたが、この処方に続いたものとして、DSL[i/o]処方(Cornelisse, Seewald, & Jamieson, 1995)や補聴器装着技術の独立会議：Independent Hearing Aid Fitting Forum が考案した IHAFF 処方(Valente & Van Vliet, 1997)やケンブリッジ処方(Moore, Alcántara, & Marriage, 2001)などいくつかの名前が挙げられます。

この白書を書いている現時点では、第２世代の処方として、 NAL-NL2 処方や DSL v5.0 処方などがあります。

一般的なフィッティング理論

当初、フィッティング理論はメーカーと無関係の研究者たちによって発達しました。これらのフィッティング理論は特別な補聴器や圧縮アーキテクチャのために考案されたものではないという意味では〝一般的な〞理論だと言えます。一般的なフィッティング理論にはメリットとデメリットの両方を持ち合わせています。

メリット

一般的なフィッティング理論の明らかなメリットのひとつは、ほとんどのメーカーが研究することが不可能だったことを多くの人々に検証でき、されてきたことです。メーカーと無関係の研究者たち（とくに比較理論についての著者たち）は自分たちの処方の知識体系を推進するためにメーカーに依存しないフィッティング理論の検証に興味を持っています。

多くの一般的なフィッティング理論の著者たちはそのアルゴリズムの裏側の仕組みを率直に公開していました。（DSL v5.0 や NAL-NL2 といったいくつかの処方は計算式の機密性を保持することを選択しましたが）すべてのゴールには理論の裏側の詳細を持っていますが、これはどの理論がベストなのかについての議論によって支えられていました。

デメリット

一般的なフィッティング理論にデメリットがないわけではありません。ほんの小さな一般的なフィッティング理論の開発の報奨金の問題があります。フィッティング理論やソフトウェアを公開しても誰一人お金持ちになっていないのです！さらに、一般的なフィッティング理論は安定し続けるために他の人によってフィッティングソフトウェアや実耳測定器のような第３の製品に取り込むことができます。 このような理由とその他の理由から一般的な理論は頻繁にアップデートされていません。例えば NAL-NL2 は NAL-NL1 の 10 年後に開発されました。一般的な理論の最終的な効果は必ず最新の研究が包括された観点が背後にきます。

さらなる弱点は一般的な理論そのものから生じるもので、それは専用の信号処理を構成できないことです。一般的な理論の信号処理は最少公分母を中心に設計されなければならないからです。理論がさらに洗練され、ダイナミクスや機能の適合のような二次効果に取り組むように、信号処理の詳細はフィッティング理論の最適化の源である可能性が高いです。

e-STAT

e-STAT は専用のフィッティング理論ですが、NAL-NL1 と NAL-RP を基礎として使用されており、 いくつかの修正点がこのセクションに記載されています。

初期バージョン— 初期バージョンの e-STAT はカスタマーからの「中域の圧縮が効きすぎる」という報告に応えるために開発されました。e-STAT の前のデフォルトフィッティング理論は NAL-NL1*（NAL- NL1 といくつかの高周波数ゲインの抑制）でした。NAL-NL1 と NAL-RP フィッティングの組み合わせは中域の音声レベルのゲインの大きな変化なしに圧縮を減少させていきました。修正は補聴器の種類を基にターゲットされました。（図１）

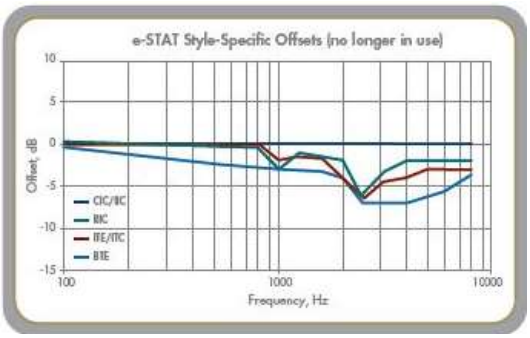


図 1: 特定スタイルの補正はモデルの精度向上モードが不要になるまで e-STAT 処方が用いられました。

改善されたモデル—e-STAT フィッティング理論の次なるステップは、明確な in-situ 補聴器モデルの改善です。正確なモデルを持つことはモデルの分離（擬似）とターゲットの構成を可能にします。同時にこれは補聴器の種類に関係なく、ターゲットの改善を可能にします。

圧縮の変更— 同時にスターキーヒヤリングテクノロジーは即効性に優れた新しい圧縮方式を開発しました。コンプレッサーの挙動の変化はかなり充分にラウドネスの影響を受け、e-STAT ターゲットはこれを補うための変化を必要としました。変化はとても小さくまた簡単なものですが、これは、ターゲットと補聴器の特別なプロセスが独自に扱うことができない例の一つです。

装用者の好み—e-STAT は初期設定と望ましいゲインの比較の研究結果を取り入れることで、さらに改良されました。結果は交差したスタイルで、望ましいゲインの中の変動を占めている可能性がある補正の証拠が分析されたものです。全体的に望ましいゲインはかなり大きく広がっていますが、出発点の周りで均等に分布していることが分ります。いくつかの周波数と入力レベルで望ましいゲインと初期設定のゲインの間に弱い相関があります。

例えば、図２は 4kHz のソフト入力を表しており、初期ターゲット値が低いときと、初期ターゲット値が高くわずかなゲインの現象が必要なときにわずかなゲインの減少に向かう弱い傾向が見られます。各周波数と入力レベルの相関は e-STAT フォーミュラの中に取り入られます。さらに、同じアルゴリズムは将来、さらなるトレンドが発見されたときに、簡単にアップデートや拡張を行うことができます。



図 2: 4kHz で複数の被験者の望ましいゲイン VS 処方されたゲインを表すサンプルプロット。

最初に処方されたゲインの機能として、より多くのゲインを欲していることを示す弱い相関があります。

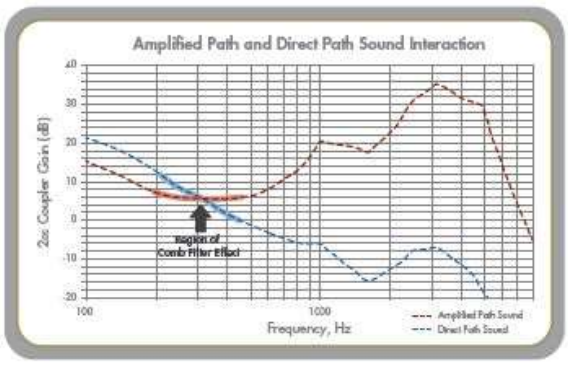


図 3: 図の周波数領域はどのディレクトパスと増幅された音が同等になるのか。また、望ましくない”comb フィルター”効果の結果に結びつくのかを表しています。

What's coming

ベント付補聴器の相互作用を最小限に抑える—

今後、新しいスターキーヒヤリングテクノロジーの製品を評価する研究の間にさらなる被験者のデータが分析されるでしょう。e-STAT ターゲットの研究は更新され、今回はベント付き補聴器のフィッティングの音質を改善しました。 典型的なベント付き補聴器のフィッティングでは、音は２つの平行の道：を通ります。増幅パスとベントを通りぬけた音のパス（例 ダイレクトパス）に従います。これら２つの音は外耳道の中で混ざり合いますが、同調から離れています。増幅されたパスは直線経路でない間はデジタル処理のため遅延します。（例スループット遅延）この遅延はダイレクトパスとともに前向きにもしくは否定的に付け加えられた周波数とともに変化する位相応答です。信号音が同等の大きさのとき、結果は comb フィルターとして知られている周波数全体がピークとくぼみの連続になります。（図３参照）comb フィルター効果は完全に回避することはできませんが、ターゲットレスポンスの改良によって最小化することはできます。

結論: e-STAT の今後

競争力を維持するために、補聴器テクノロジーの開発者たちは必ず最新の規範的な研究を組み込み、自社ブランドの信号処理の処方を調整しなければなりません。独自のフィッティング処方はこの点に明らかな利点があります。スターキーヒヤリングテクノロジー独自のフィッティング処方、e-STAT は内部の研究結果や独自の信号処理法とペースを合わせて進化し続けるでしょう。同様に e-STAT の信頼性に基づいて、外部研究は改良することが可能と報告された数多くの補聴器フィッティング方法として e-STAT を取り入れるでしょう。

例えば、私たちは性別が望ましい聴力レベルにおいて役割を果たしていることを知っており、これは異なる耳の身体的特徴による可能性が高いようです。(Keidser, 2008) 同様に私たちは低い可聴域への貢献と明瞭度の低さは聴力低下の進行として知られ、とくに高周波数においてみられます。(Ching et al., 2001)これらの作用は処方の統合としばしば必要とされる e-STAT の更新を行います。

私たちは聞こえや難聴についての限られた知識に機能しているため、私たちは理論のみに頼ることはできず — さらに私たちは実験データに基づいて行動しなければなりません。これは e-STAT の基本的な側面：すべてのソースから最新のデータを処方の最適化の中へ組み合わせることになります。e-STAT フィッティング処方はスターキーヒヤリングテクノロジーと装用者の成功と自発的な補聴器の装用の約束です。

謝辞

Tom Scheller は２０１０年にスターキー製品管理チームに所属しました。彼は約 30 年補聴器業界に携わっており、さまざまな会社で製品開発管理をしてきました。彼は最近家族と共に長期滞在先のスイスからツインズシティーへ戻ってきました。彼はミネソタ大学で電子工学と数学の学士号を取得しました。

Joyce Rosenthal はシニア製品管理マネージャーでスターキーヒヤリングテクノロジーに 10 年以上勤めています。彼女は電子工学の学士号をロードアイランド大学で、オージオロジーの修士号をカルフォルニア大学サンタバーバラ校で取得しました。

.

References

Byrne, D. & Dillon, H. (1986). The National Acoustics Laboratories' (NAL) new procedure for selecting the gain and frequency response of a hearing aid. *Ear and Hearing*, 7(4), 257–265.

Byrne, D., Dillon, H., Ching, T., Katsch, R., & Keidser, G. (2001). NAL-NL1 procedure for fitting nonlinear hearing aids: Characteristics and comparisons with other procedures. *Journal of the American Academy of Audiology*, 12, 37–51.

Ching, T. Y.-C., Dillon, H., Katsch, R., & Byrne, D. (2001). Maximizing effective audibility in hearing aid fitting. *Ear and Hearing*, 22(3), 212–224.

Cornelisse, L.E., Seewald, R.C., & Jamieson, D.G. (1995). The input/output formula: A theoretical approach to the fitting of personal amplification devices. *Journal of the Acoustical Society of America*, 97(3), 1854–1864.

Keidser, G. (2008). The evidence behind NAL-NL2. Paper presented at the 32nd Annual Conference of the New Zealand Auditory Society, Christchurch, NZ.

Killion, M. (1994). FIG6.WQ1 *loudness-based fitting formulae.*

Lybarger, S. (1978). Selective amplification — a review and evaluation. *Journal of the American Audiology Society*, 3(6), 258–266.

McCandless, G.A., & Lyregaard, P.E. (1983). Prescription of gain/output (POGO) for hearing aids. *Hearing Instruments*, 34(1), 16–21.

Moore, B.C.J., Alcántara, J.I., & Marriage, J. (2001). Comparison of three procedures for initial fitting of compression hearing aids. I. Experienced users, fitted bilaterally. *British Journal of Audiology*, 35, 339–353.

Seewald, R.C., Ross, M., & Spiro, M.K. (1985). Selecting amplification characteristics for young hearing impaired children. *Ear and Hearing*, 6(1), 48–53.

Valente, M., & Van Vliet, D. (1997). The Independent Hearing Aid Fitting Forum (IHAFF) protocol. *Trends in Amplification*, 2(1), 6–35.

Starkey Hearing Technologies

global Headquarters
6700 Washington avenue South
Eden Prairie, MN 55344
800.328.8602

© 2012 Starkey Hearing Technologies. All Rights Reserved. WTPR0020-00-JJ-JP DEC.2017