

Love at first sound

Phonak Audéo Marvel Technology

フォナック オーデオ マーベル テクノロジー



CONTENTS

Phonak Insight

フォナック オートセンス OS 3.0 新しく強化されたオートマッチック オペレーティング システム	1
その瞬間、惹きこまれる聞こえ：フォナックの新しい初期計算	5
フォナックによる新しいデュアルパス対応のベントロス補正により、 ストリーミング中に明瞭で豊かな音質を実現	10

Phonak Field Study News

フォナックで、初めてのフィッティング体験を最高に：フォナック マーベル	16
ステレオズームにより騒がしい状況下でも聞きとりおよび記憶するための努力が軽減	21
メディア ストリーミング：補聴器装用者が好む音質	26

Phonak Insight とは (フォナック インサイト)

技術や機能を開発するにあたり、“なぜ”、それを開発しなければならなかったのか、もしくは開発する源流は何なのかを記しております。

開発された技術や機能を理解していただくうえで、“なぜ”の部分をご理解いただけるような内容になっております。

Phonak Field Study News とは (フォナック フィールドスタディニュース)

フォナック独自の技術や機能を実際にユーザーに使用していただき、その結果をまとめた資料です。技術や機能から享受できる効果について主観的および客観的評価を行い、どのような方に対して効果が出るのかをご理解いただける内容になっております。



Phonak Insight

フォナック オートセンス OS 3.0 新しく強化されたオートマッチック オペレーティング システム

今日の世界は慌ただしく、「音響的にダイナミックな」場所になっています。そのため、特に難聴者にとっては、聞きとりや理解、さらには活動への積極的な参加が非常に難しいものになっています。フォナックの自動プログラムは、今ある環境の音響特性に基づいてシームレスに適應するように設計されており、その効果はしっかりと立証されています。オートセンス OS 3.0 は、フォナック マーベル 補聴器でさらに強化されたオートマッチック オペレーティング システムです。明瞭で質の良い音が聞こえるため、装用者は日常の生活に積極的に参加することが可能になります。

補聴器メーカーや聴覚専門家は、どのような聞こえの環境にあっても、常に最適な音質を目指しています。「多様な音環境で良好に聞きとることは、補聴器装用者にとって極めて重要なものとされており、日常の作業や聞こえの環境で補聴器を使用する際の満足感に直結しています」(Kochkin, 2010)

以前の補聴器の音声処理では、すべての状況に対して使用できる増幅設定は 1 つしかありませんでした。しかしながら、様々な音が飛び交い、音響環境が頻繁に変化する中、増幅設定が 1 つしかない補聴器があらゆる環境で最大限の恩恵をもたらすことなど無理な話です。補聴器が進化する過程で、ノイズキャンセル、反響音の除去、風切り音の抑制、ハウリングキャンセル、指向性といったサウンドクリーニング機能が導入されてきました。こうした機能は、音環境の分析に基づいて、適切に使用されると、音質全体および語音明瞭度に最大の恩恵をもたらします。このサウンドクリーニング機能は常時作動せず、選択的に使用することで最大の効果が得られます。例えば、ノイズキャンセルを使用すると、あらゆる方向からの音を常時抑制することになるため、装用者には近づいてくる車の音が聞こえない恐れがあります。そのため、環境の違いに備えて、システムはデフォルト設定となっています。

もちろん、固有の聞きとり環境の音響特性に対応するために手動のプログラム（例えば、無指向性マイクロホンを有効にした「エブリデイ」プログラムや指向性マイクロホンを有効にした「騒音下」プログラムなど）が追加される可能性もありますが、手動のプログラムがいくつかあると、補聴器装用者にとっては複雑さが増すこととなります。調査データによると、装用者は異なる環境に対応する手動のプログラムよりも音の設定が自動で適用されることを好んでいることが分かっています (Rakita & Jones, 2015)。そしてこのような状況は、新しいテクノロジープラットフォームの発売に伴い手動で追加されるプログラムが減少していることを示すデータログの統計にも表れています。

(Phonak AG.ID2017 -04, 2017)

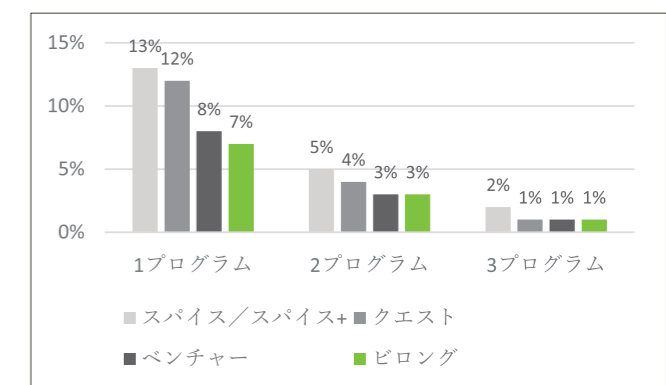


図 1：市場調査 データ 2017: 補聴器プラットフォーム、スパイス/スパイス+、クエスト、ベンチャー、ピロング (n=183' 331) に関する第 2 セッション時における手動プログラムのフィッティングの割合

第1世代のオートセンス OS

語音明瞭度に特化した調査結果でも、参加者の大半が、多様な聞きとり環境下で「推奨の」手動プログラムを使用した場合に対し、オートセンス OS を使用した場合は、ことばの理解が 20% 改善しています。これは手動のプログラムが必ずしも適切または正確に選択されていない可能性を示しています (Überlacker ら、2015)。さらに興味深いことですが、装用者は自動と手動のプログラム両方の音質を同等であると評価しています (Rakita & Jones, 2015)。Searchfield (2017) らによると、この説明として考えられるのは、実際に選択するかどうかは、装用者の手先が器用であるか、認識が正常であるか、効果が認められるか、刺激はどれほどあるかなどによって決まるだろうということです。さらにこの調査によって、「聴覚学的」に最適であるとみなされるかどうかと関係なく、最初に設定されていたプログラムを選択する傾向があることも確認されています。

フォナック オートセンス OS が最初に開発された時、いくつかの音の場面からデータが記録され、音響特性とそのパターンを特定するためにシステムの「訓練」に使用されました。この特性には、振幅やスペクトラムに関する情報だけでなく、レベル差、推測した SN 比、および周波数全帯域での時間的発現の同調性などが含まれています。リアルタイムで「訓練した」音響パラメータと「特定した」音響パラメータの間でどの程度合致しているか、その割合を各環境の音設定の最適な選択について求めました。音のクラスを以下の 7 つに分類しました。静かな環境、騒音下でのことば、非常に騒がしい中でのことば、車の中でのことば、騒音下での快適性、反響する環境での快適性、音楽。このプログラムのうちの 3 つ、非常に騒がしい中でのことば、音楽、車の中でのことばは、「排他的クラス」ですが、他の 4 つのプログラムは、1 つの音響分類で複雑な実世界の環境を定義することができます。例えば、反響する環境での快適性と静かな環境は、これらの分類のそれぞれがその環境の中でどの程度検出されるのかという点に関して組み合わせて使用することができます。

オーディオ マーベル&オートセンス OS 3.0

オートセンス OS 3.0 で、フォナックは一步先へ進み、静かな環境、騒音下でのことば、および騒音のクラスに関連するさらに多くの音の場面から採取したデータを、システムのさらなる堅牢性のための訓練に統合しました。必要に応じた信号処理を実現することがオートセンス OS の目標となりますので、装用者が騒音下でのことばを理解できるように、騒音下でのことばプログラムは以前と比べるとより早い段階で有効化されています。

聴覚学的な改善

オートセンス OS 3.0 は、信号処理を操作し、当該環境内の音響に基づいて装用者のために最適な設定を適用する基盤となります。この範囲内で聴覚の設定に微調整を加えることが、ユーザー経験をさらに改善するためにも常に求められており、その改善は信号処理の異なる分野でも起きています。

ストリーミングメディアだけでなく、騒音下のことばの自然な調整を維持するために、**デュアルパスの圧縮**が利用可能となり、聞きとり環境に基づいて有効化されます。言い換えれば、語音の時間キューとスペクトラルキューは、装用者にとっては特定や使用がより簡単なものになります (Gatehouse, Naylor, & Elberling, 2006)。

ストリーミングの際、装用者は深く豊かな音を好むことが知られていますので、**ベントの損失・利得の補正**を強めることで、ストリーミングした音声信号の音質をさらに改善しています。これにより、低周波数の利得が最大 35dB 上がることになりましたが、それは聴力低下や装用者の快適性を理由にオープン音響カプラで装用する可能性が最も高い RIC 型補聴器のベント損失に対処するために特に有益なものになります。この低周波数の「ブースト」は、ストリーミング信号（または他の代替可能な入力源であるテレコイルなど）に適用されます。一方、補聴器のマイクロホンに直接届く入力は損なわれることなく、静かな環境の周波数レスポンスを維持します。

オーディオ マーベルのアダプティブ フォナック デジタルは、**最初のフィッティングで受け容れてもらう**ために強化されてきました。80% の適応レベルで開始する新規装用者の利得は、報告された甲高さを低減するために 3kHz を超える周波数に対応するように弱められていま

すが、語音明瞭度を損なうことはありません。これにより、装用者が装用開始から快適な音質を経験できることが期待されます。

メディア信号の分類

音楽鑑賞を楽しむ場合は、最適なことばの理解とは別の設定となります。フォナック聴覚学研究センター (PARC:Phonak Audiology Research Centre) で実施された所内調査で、参加者は対話中心の音のサンプルに関しては**語音の明瞭さ**を好み、音楽中心のサンプルに関しては**音質**を好む結果となりました。こうした好みは、信号が補聴器のマイクロホンに直接届く音響環境だけでなく、テレビコネクターまたはモバイル機器とのBluetooth接続を介するストリーミングメディアの入力にも当てはまります。

オートセンス OS 3.0 搭載のフォナック オーディオ マーベルは現在、最適な音楽体験とともに、語音明瞭度を装用者に提供する自動の分類処理としてストリーミング入力を組み込んでいます。デンマークの DELTA SenseLab で実施した最近の調査で、テレビコネクターと組み合わせた新しいオーディオ マーベルは、ことば、騒音下でのことば、音楽やスポーツなどの幅広いサンプルにわたってストリーミングメディアの音属性のほぼ理想的なプロファイルとして装用者から評価されていることが確認されました。オーディオ マーベルのストリーミングのソリューションは、競合する 7 社のソリューションの中で上位のストリーミングソリューションの 1 つとしても高く評価されました (Legarth ら、2018)。ここで確認されるのは、フォナック オーディオ マーベルが現在、ストリーミングメディアをことば対音楽の音のクラスへ分類する手法は、オートセンス OS 3.0 が毎日の生活の中で装用者に理想的な聴覚パフォーマンスを提供するもう 1 つの手法であるという点です。



図 2：理想的なプロファイルに対応した音属性プロット対テレビコネクタープロット付きのフォナック オーディオ マーベル

両耳間音声通信技術

当社の洗練された両耳間音声通信技術は、オートセンス OS 3.0 搭載のオーディオ マーベルにも搭載されています。この技術により、両耳のビーム形成などの両耳の信号処理が容易になり、非常に騒がしい中でのことば、全方向 (360°) からのことばやデュオフォンなどのプログラムや機能が実現しています。全帯域の音声を、両方の耳に対してリアルタイムで双方向にストリーミングできるようにしているため、ことばの理解が改善され、困難な音環境で努力して聞く必要がなくなっています (Winneke et al., 2016)。

まとめ

補聴器が複数の状況で自動に対応できるようになったことにより補聴器の使用率が上昇していますが、これは、「ハンズフリー」の聞こえが可能となり、受け容れられていることを示しています (Kochkin, 2010)。強化されたオートセンス OS 3.0 はこの実現にあたって、あらゆる音環境で、そしてメディアストリーミング中であっても、聴覚パフォーマンスを最適化し、装用者のために最適な設定を選択しています。補聴器装用者は聞こえに努力を払うことでエネルギーを消耗してしまうことから解放されて、代わりにより意味のある作業に楽しんで取り組むことができるようになります。使用している補聴器が他のことを自動的に対処してくれるため、安心していただけるのです。

参考文献

Gatehouse, S. Naylor, & G. Elberling, C. (2006a). Linear and nonlinear hearing aid fittings-1. Patterns of benefit. *International Journal of Audiology*, 45(3), 130-152.

Jones, C. (2017). Preferred settings for varying streaming media types (Sonova2017_10). シカゴ非公開生 データ。

Kochkin, S. (2010) 'MarkeTrak VIII: Consumer satisfaction with hearing aids is slowly increasing' , *Hearing Journal*, 63(1), 11 - 19.

Latzel, M. (2018). Benchmark evaluation of hearing aid media streamers. DELTA SenseLab, Force Technology. フォナック フィールド スタディ ニュース、www.phonakpro.com/evidence から検索、2018年7月16日にアクセス。

Phonak AG.(2017). Split of manual programs added in 1st and 2nd fitting across platforms.(Sonova2017_04)Phonak Target Improvement Program [Phonak Target Software]

Rakita, L (2016). AutoSense OS: Hearing well in every listening environment has never been easier. フォナック インサイト、www.phonakpro.com/evidence から検索、2018年7月16日にアクセス。

Rakita, L. and Jones, C. (2015). Performance and preference of an automatic hearing aid system in real-world listening environments. *Hearing Review*, 22(12):28.

Searchfield, G.D., Linford, T., Kobayashi, K., Crowhen, D., and Latzel, M. (2017). The performance of an automatic acousticbased program classifier compared to hearing aid users' manual selection of listening programs. *International Journal of Audiology*, 57, 2018(3), 201-212.

Überlacker, E., Tchorz, J., & Latzel, M. (2015). Automatic classification of acoustic situation versus manual selection. *Hörakustik* 1/2015.

Winneke, A., Appel, J., De Vos, M., Wagenar, K., Wallhoff, F., Latzel, M., & Delerth, P. (2016). Reduction of listening effort with binaural algorithms in hearing aids: An EEG study. Poster presented at the conference of the American Auditory Society, Scottsdale.

著者

Tania Rodrigues



ケープタウン大学（南アフリカ共和国）でオージオリジストの資格を取得。英国で公的・私立セクターの両方に勤務し、多様な臨床経験を積み、2013年にフォナックに入社。現在、スイスにあるフォナック本社で聴覚の訓練&教育担当マネージャーをしています。

Sascha Liebe



2005年以降、研究開発部門に所属。聴覚システムの音質、機能、自動操作の最適化が主要な業務です。フォナックに入社する前は聴覚専門家 (HCP) として働いており、リューベック専門大学より、工学士 (FH) の資格を取得しています。

Phonak Insight

その瞬間、惹きこまれる聞こえ：フォナックの新しい初期計算

初回フィッティングの快適性およびことばの理解に関する重要な要求に応えるために、アダプティブ フォナック デジタル (APD) 初期計算を強化しました。ドイツ、オルデンブルグの聴覚センターで行われた2つの研究では、静寂下および騒音下で卓越した語音明瞭度を維持しながら、強化された初期計算により、快適性を改善し甲高い音への苦情を低減することで、初めての装用者が初回フィッティングをとっても受け容れやすくなることが明らかになりました。オーディオ マーベル補聴器は、フォナック開発製品のうち、初めての装用者にとって初回フィッティングを最も受け容れやすくする設計です。

初回フィッティングを受け容れる際の課題

補聴器の普及率は、特に軽中等度の難聴を患う方々を対象とした場合、過去9年間にわたり増加してきました。この事実にも関わらず、難聴であることが確認された顧客が初めて難聴に気づいてから補聴器を購入するまでに3年以上待つ場合があることが、引き続きデータから明らかになっています (EuroTrak、英国、2015)。補聴器の受容において初回フィッティングは重要です。顧客が増幅機能を初めて体験する機会になるからです。初回フィッティングが成功するかどうかは、より良い外観、快適性、音質、聞くための努力、実生活での体験までに及ぶ多くの変動要因に左右されます。音質に関しては、特に高音域の難聴を患う方は高周波数帯の利得を得るのが難しいと感じる場合があります。この波長の音を聞きとるのに不慣れになっているからです。こうした音は、初回フィッティングで「極度に甲高い音」または「金属的な音」と判断されるおそれがあります。同時に顧客は、静寂下でも騒音下でも難聴を補い良好なことばの理解を

得るために、高周波帯域の適切な利得を必要とします。優れたことばの理解を可能にしながら、初回フィッティングで快適な音質を提供し、増幅機能を受け容れやすくなるのが大切です。聴覚専門家にとっては、顧客が増幅機能に適応する意思をもってクリニックを出て、終日喜んで補聴器を装用するようになることが重要です。事実、補聴器の満足度は装用期間と正の相関関係があることがわかりました (Kozlowski ら、2017)。

基準研究から得られた重要な所見

ドイツ、オルデンブルグの聴覚センターで2017年12月および2018年3月に行われた基準研究では、フォナック オーデオ B90-312 補聴器および競合他社の補聴器を使用して、顧客の初回フィッティングの受け容れやすさおよび語音明瞭度を比較しました。軽中等度の難聴を患う初めての装用者20人を募り、各製造元のフィッティングソフトウェアのデフォルト設定を用いて補聴器のフィッティングを実施しました。幾つかの重要な結果が明らかになりました。オーディオ B90-312 補聴

器の初回フィッティング時に、「甲高い」音への苦情が競合他社の補聴器よりも多くありました。競合他社の補聴器と比較すると、オーディオ B は 3 kHz を超える周波数帯域で 5～8 dB の利得が余分に増幅されていました。最初の診療時に騒がしいショッピングセンターへ案内した後、2 週間の自宅試用を行ったところ、オーディオ B が選好されました。これは、ステレオズームおよびアダプティブ サウンドリカバー 2 を含む、オーディオ B に固有の機能による可能性があります。発話テストでは、2 つの補聴器間でことばの理解に関して有意差は見られませんでした。この結果は、実際の使用環境での複雑な聞こえの環境において、初回フィッティングと語音明瞭度の双方で快適性を感じることが、新しい顧客にとって重要であることを示しています。従って、初回フィッティングが成功するかどうかは、聴覚専門家のクリニックでの静寂下のみならず、多様な環境要因に左右されます。日常の生活を構成する複雑でダイナミックな聞きとり環境において、聴覚専門家は卓越したことばの理解と共に、初回フィッティングでの高い満足度をどのように達成できるでしょうか。その答えは、新しい補聴器装用者を対象とする強化されたアダプティブ フォナック デジタル (APD) 初期計算です。

初回フィッティング用の強化されたアダプティブ フォナック デジタル 初期計算

APD は 2000 年に誕生し、広範囲の補聴器ポートフォリオの最適なフィッティングを目的としてフォナックにより開発されたフィッティング処方方式です。この処方は、損傷した聞きとりの音圧関数を正常な音圧関数に当てはめた処方ルールです。APD は、290 人の被験者を対象とする 16,889 個の音圧評価に基づいています (Latzel ら、2013)。APD は、市場からのフィードバック研究と競合他社の分析に基づき、初回フィッティングにおける最高の受容度を目的とし、継続的に改善されてきました (Biggins ら、2016)。APD では他の因子の中で、多様な難聴の構成、トランスデューサの測定、顧客の年齢、不快な音圧レベル (UCL)、および入力した音響パラメータを考慮しています。APD は、Phonak TargetMatch を用いて外部の検査室で検証することもできます。APD ではフィッティング プロセスの最適な開始点が得られ、顧客のニーズに応じて良好な微調整を実施できます。APD には、次の 3 つの最適な利得レベルがあります。(1) 初めての装用者を対象とする 80% の標的利得(0

～3 カ月間経験)、(2) 経験豊かな装用者を対象とする 90% の利得(3～12 カ月間経験)、および(3) 長期間にわたる装用者を対象とする 100% の利得(12 カ月を超える経験)。強化された APD 初期計算では、甲高い音に関する報告を低減するため、初めての装用者を対象に 3 kHz を超える高音域を緩和し、同時に優れたことばの理解を維持します。新しい APD 初期計算には、フォナック ターゲット ソフトウェア内の初回フィッティングで、フィッター(フィッティング実行者)が[初めての装用者]を選択することによりアクセスできます。初めてのフィッティングを作成する場合、この設定が推奨されます。高音域の音を聞きとるのに慣れていないことが多い新規装用者の過敏な反応に、専用の初期計算で対処します。この高音域の音は、難聴を補うために必須です。経験豊かな装用者および長期間にわたる装用者を対象とする初期計算は、DSL および NAL などの認められた他の処方方式と同様に、変更されていません。

強化されたフォナックの初期計算を検証する研究の証拠

上記で考察した基準研究の後、2018 年 4 月にオルデンプルグの聴覚センターで 2 番目の研究を実施し、新しい初期計算と従来の初期計算を比較検証しました。61 歳から 80 歳までの軽中等度の難聴を患う初めての装用者 20 人が、デフォルトのフォナック ターゲット ソフトウェア(微調整無し)を使用して、新しい装用者を対象とする強化された APD 初期計算でフィッティングを実施しました。音圧、甲高い音、自身の声の自然性、聞くための努力、およびフィッターの診療所やショッピングセンターでの主観的なことばの理解に関して、自発的にコメントを記載してもらいました。語音明瞭度に関するテストも実施しました。結果は、卓越した語音明瞭度を維持しながら、初めてのフィッティングに対する満足度を上昇させる目標を裏付けました。とりわけ、フィッターの診療所内でフィッターの声の甲高さが有意に改善され($p < 0.05$)、新しい装用者による最初の受け容れやすさが改善されたことが明確になりました(図 1)。

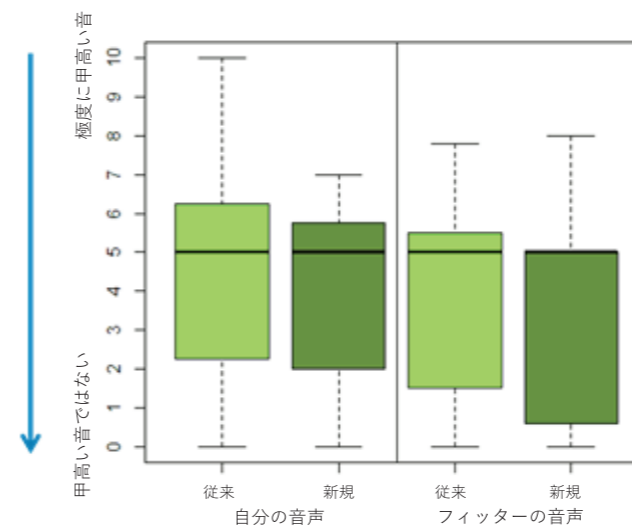


図 1：従来および新しい APD 初期計算を使用した、フィッターの診療所内の顧客自身の声およびフィッターの声の「甲高さ」の評価

騒がしいショッピングセンター内での音圧評価も有意な改善を示しました ($p < 0.05$) (図 2)。

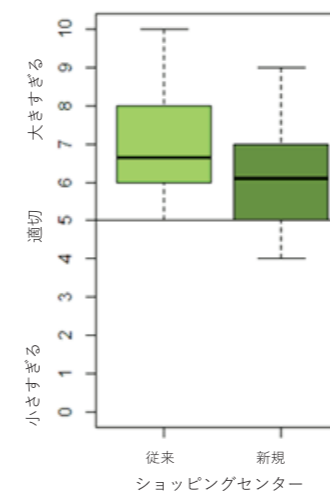


図 2：従来および新しい APD 初期計算を使用した、騒がしいショッピングセンター内での音圧評価

重要なこととしては、発話テストで測定されたように、静寂下および騒音下で従来の事前計算と新しい初期計算の間に有意な差は存在せず、語音明瞭度の低下は見られませんでした(図 3 および図 4)。

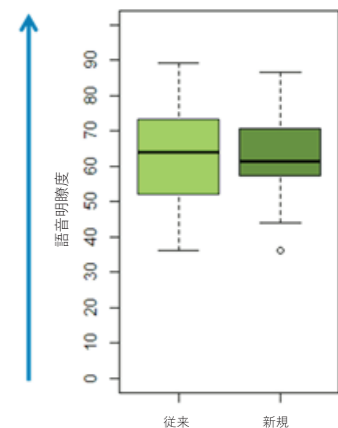


図 3：従来および新しい初期計算を使用し、ドイツ語のことばを使用した静寂下のテスト「WAKO」における語音明瞭度のパーセンテージ

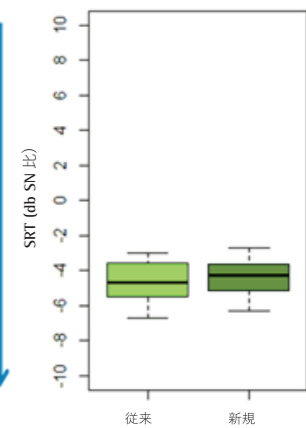


図 4：従来および新しい初期計算を使用し、ドイツ語のことば Gösa を使用した騒音下のテストにおけることばの受け容れやすさの閾値 (dB SNR)

参加者による自発的なコメントも調査しました。分析では、参加者が従来の事前計算よりも新しい初期計算を好むことが明らかになりました。これは新しい初期計算の方が初回フィッティングを受け容れやすいことを意味しています(図 5)。

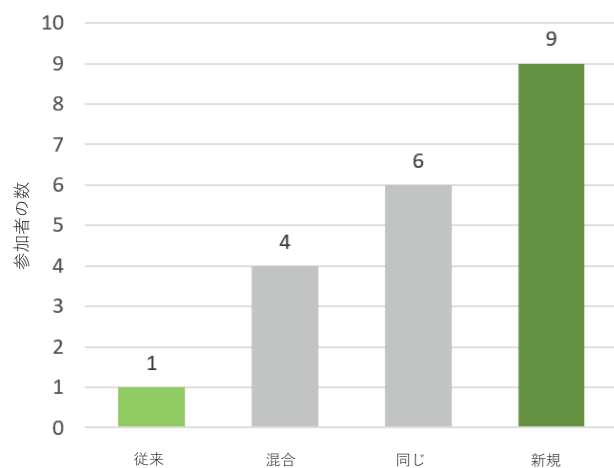


図5：ショッピングセンターでの「従来」対「新規」初期計算を選好した参加者の数

長期間の聴覚パフォーマンスはどうか。

聴覚専門家にとっての長期的な目標は、利得レベルを100%に引き上げること、および後に微調整の変更に要する努力を最小にするため顧客のニーズを聞くことにより、長期間の聴覚パフォーマンスを最大化することです。この方法で、ことばの理解が確実に最大になります。この目標は、フォナック ターゲットで利用できる自動順応マネージャー機能を有効にすることで達成されます。この機能により、顧客の補聴器を選択期間に目的の100%まで自動的かつ徐々に増加するか、聴覚専門家がフォローアップの診察時に手動で実施できます。

オーディオ マーベル補聴器は、フォナック開発製品のうち、初めての装用者にとって初回フィッティングを最も受け容れやすくする設計です

ドイツ、オルデンプルグの聴覚センターで実施したこの2つの試験結果から明らかになったのは、新しい装用者を対象とする強化された APD 初期計算により、静寂下および騒音下で卓越した語音明瞭度を維持しながら、快適性を改善し甲高い音への苦情を低減することで、秀逸の音質がファーストフィットから提供可能であることです。初回フィッティングにおいて快適性を実現し、同時に現実世界で卓越した聴覚パフォーマンスを可能にする目標は達成されました。この事実は、長期装用者の顧客が満足するために重要です。この研究所見に基づき、強化された事前計算はマーベルのプラットフォームを用いてフォナックの補聴器に有効に組み入れられました。

オーディオ マーベル補聴器は、フォナック開発製品のうち、初めての装用者にとって初回フィッティングを最も受け容れやすくする設計です。

参考文献

Biggins, A., Stephenson, B., Senn, M., & Meier, D. (2016). Big Data. Insight into AutoSense OS. Phonak AG: 2016.

EuroTrak UK (2015). Anovum 2015. Retrieved from: www.ehima.com/documents, accessed July 13th, 2018.

Kozlowski, L., Ribas, A., Almeida, G., & Lutz, I. (2017). Satisfaction of elderly hearing aid users. *International Archives of Otorhinolaryngology*, 21 (1), 92-96.

Latzel, M., vonBuol, A., & Kuehnel, V. (2013). Adaptive Phonak Digital (APD): Audiological background. Insight. Phonak AG.

調査員

Sofie Jansen、リサーチ オーディオロジスト、ソノヴァ



ソノヴァ研究開発部門のリサーチ オーディオロジストです。ルーベン大学(ベルギー)で言語療法および聴覚学の理学修士号を取得し、2013年には同大学で博士号を取得しました。

著者

Jane Woodward、聴覚学マネージャー、フォナック HQ



サザンプトン大学(英国)で心理学の修士号、聴覚学の修士号を取得。聴覚学で17年の経験があり、英国およびスイスの大学病院で臨床に携わり、補聴器およびソフトウェアの開発ならびにトレーニングを行っています。

Phonak Insight

フォナックによる新しいデュアルパス対応のベントロス補正により、ストリーミング中に明瞭で豊かな音質を実現

今日のテクノロジー社会において顧客は音楽、テレビ、ラジオ、電話などのストリーミングされた音声を楽しむと同時に、補聴器のマイクロホンを通じて友人、家族、同僚とコミュニケーションをとりたいと思うことがあります。しかし、これらのストリーミングされた音声および環境音の構成成分は、一方では自声音の最適な知覚とマイクロホンによる音声部分の音質を維持しながら、ストリーミングによる音源部分の明瞭で豊かな音質を確保するために、それぞれ異なる増幅周波数レスポンスが必要となります。この異なる周波数レスポンスは、オープンフィッティングする場合、極めて重要です。両音源に関して音は外耳道から漏れ(ベントロス)ますが、ベントから入る(直接音)のは環境音だけで、ストリーミングされた音声は入りません。事前計算に適用される、フォナック マーベルの新しいデュアルパス対応のベントロス補正が、ストリーミングされた音声および環境音それぞれの異なる利得要件という固有の課題を解決し、両方の入力音声に関して最適な音質を確保します。

はじめに

最近の補聴器は、次のような複数の音声入力源からの音声を処理します：マイクロホンを通じた環境音、および Bluetooth®(ブルートゥース)、Roger™(ロジャー)、AirStream™(エアストリーム)テクノロジー、T-コイルを用いたストリーミング。顧客は、さらに次の音源を聞きとることができます：(1) 環境音のみ(静かな環境プログラムなど)、(2) マイクロホンからの入力のないストリーミングされた音声のみ(例えば、ロジャーおよび T-コイル)、(3) 環境音およびストリーミングされた

音声の混合(ロジャー+マイク、メディア音楽+マイク、T-コイル+マイクを用いた電話)。わかりやすくするため、「ストリーミング」という用語は、ブルートゥース、ロジャー、エアストリーム、T-コイルなど、補聴器のマイクロホンを通じた入力以外の補聴器へのすべての代替入力を含めるために使用するものとします。これらの多様なストリーミングされた音声および環境音の各々は、固有の利得要件および音のクリーニング機能を備えることで、日常生活の多面的な聞きとり環境において卓越した音質を実現します。

オープンフィッティングにおけるベントロスおよび直接音の重要性

RIC 補聴器は、難聴の度合いや快適性を提供するために、大きなベントを備えた耳せんまたはイヤモールドなど、オープンフィッティングしやすくなっています。図 1 では、オープンフィッティングおよびベントにおいて補聴器により生成された低周波数の音がどのように外耳道から漏れ(ベントロス)、低周波数の音が補聴器のマイクロホンを介さずどのように直接鼓膜に到達するかを示しています。鼓膜の全音圧レベル(SPL)は、ベントロスによって減衰された増幅音、直接音、さらに顧客の声により生成される骨導音の合計です(Kuk および Keenan, 2006)。最近の補聴器は、その処理により難聴の補正および最適な音質の間の関係を正確に管理するために、オープンフィッティングの影響を低周波数の利得にもたらすことができます。

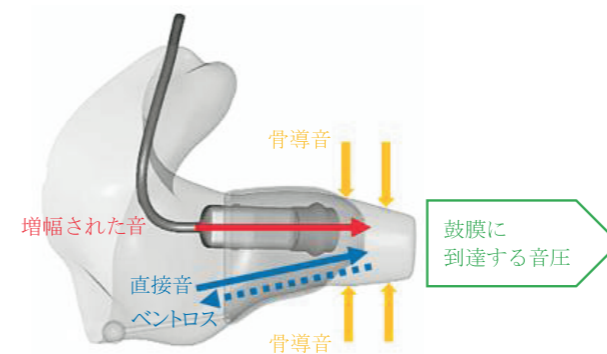


図 1：耳に入る全音源に対する増幅された音、直接音、ベントロスの寄与

図 2 からわかるように、実耳閉塞状態での利得(ReOG)またはベントインとしても知られ、外耳道に入る直接音は、オープンフィッティングの場合よりも大きくなります。図 3 では、ベントロスまたはベントアウトとして知られ、ベントサイズに左右される、ベントから漏れる低周波数の音量を示しています。

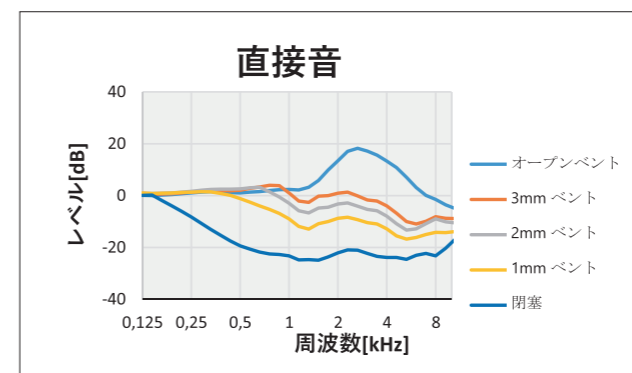


図 2：閉塞型、オープン型、ベントを備えた補聴器でフィッティングした場合に耳に入る直接音

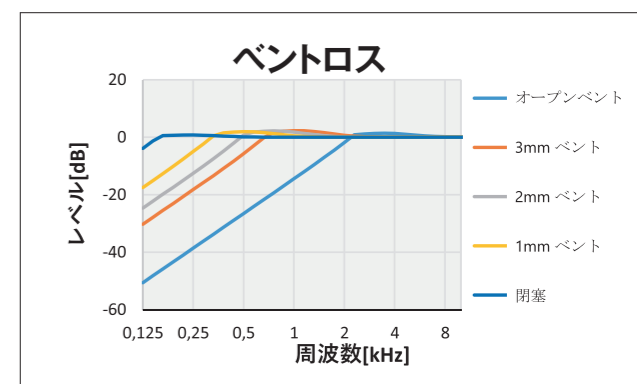


図 3：閉塞型、オープン型、ベントを備えた補聴器でフィッティングした場合耳から漏れる(ベントロス)音

ベントロス補正

静かな環境など、マイクロホンのみのプログラムでは、聞き手は増幅された音と、イヤモールドのベントまたはオープン型耳せんを介して耳に入る直接音の組み合わせを聞くことになります。オープンフィッティングを備えた補聴器を装着する顧客は、低周波数帯域では正常または正常に近い聞こえを得られます。この事例では、鼓膜には十分な低周波数の直接(増幅されない)音が到達し、ベントから漏れる低周波数の音を補う必要はありません。ベントロスを補う必要がないことで、音質を最適化し、顧客の自声音がうつろな空洞音や反響音を立てることを回避できます。

ストリーミングのみのプログラムでは、マイクロホンのスイッチがオフになっているので、聞き手は補聴器により処理されたストリーミング済み音源のみを聞くことになります。この状況では、ストリーミングされた音声の低周波数の音は、オープンフィッティング/ベントから漏れますが、直接音が寄与することは通常ありません。豊かな音を提供するため、低周波数の増幅を追加適用することにより、このベントロスを補います。補わなければ、非常に「甲高い」音として知覚されることがあります。ベントロス補正は、マイクロホンを介して入力された音に適用され、該当する項目は次のとおりです。(1) 電話、ロジャー、T-コイルなど、補聴器にストリーミングされる音源(2) テレビ、音楽、ラジオのストリーミングなど、マルチメディアソースからの音源(3) 通知または有声メッセージなど、補聴器で生成される音源。マイクロホンが無効な状態でのストリーミングのみのプログラムに関する欠点の1つは、顧客が周りの環境音を聞きとることができないため疎外感を覚えることがあるということです。こうした理由で環境音を聞こえに含め

るために、ストリーミングの最中、顧客は度々混合型のプログラムを選択します。

メディア音楽+マイク、メディアことば+マイク、ロジャー+マイク、T-コイル+マイク による電話など、**ストリーミングおよび有効なマイクロホンの混合型プログラム**では、音源の音響部分とストリーミングされた部分とで異なるベントロス補正を適用する必要があります。多くの状況下で周りの環境との関わりを持ち続けるためには、顧客がストリーミングされた音声を聞くだけでなく、マイクロホンを有効にすることも重要です。車などの交通状況の聞きとりなど安全上の理由から、またはドアベルやアラームなど情報上の理由から、このマイクロホンの有効化は妥当です。さらに、例えばテレビを見ている間、自分を取り巻く環境との関わりを維持する必要性にも関連しています。これが、ストリーミングのみのプログラム、または(ストリーミングされた音声のみを聞くことになる)ヘッドフォンによる聞きとりでは成しえない混合型プログラムの著しい利点です。こうした理由から、Phonak Target フィッティング ソフトのデフォルトでは、ストリーミング中のマイクロホンは有効に設定されています。

課題： マイクロホンおよびストリーミングの組み合わせによる入力には、それぞれ異なったベントロス補正が必要

ストリーミングおよびマイクロホンの組み合わせによる入力には、それぞれ異なった利得要件が存在します。補聴器は、豊かな音質を目的として適切な増幅作用を提供するため、ストリーミングされた入力にベントロス補正を適用する必要があります。それと同時に、良好な語音明瞭度および自声音の品質のためには、環境からの入力に関して過大な低周波数の利得を避ける必要があります。これが、従来の補聴器に関する課題でした。

これまでのフォナック補聴器の混合型プログラムでは、ストリーミングおよび環境音の組み合わせにはただ 1 つのベントロス補正しか提供できませんでした。この制約が原因となり、ストリーミングされた音声および環境音両方においておよそ 20dB の低周波数の利得が影響を受け、その結果マイクロホンによる低周波数の利得は過大に、ストリーミングによる音源部分は過小になるという状況がもたらされていました。補聴器を使用して楽

しむことは、顧客がストリーミングされた音声を聞きながら周りの環境との関わりを持つために、バランスをとる必要があるという重要な例となります。例えば、友人や家族と一緒に音楽を聴いたりテレビを観たりすることがそれに該当します。

一般的な米国人がテレビの生放送またはストリーミングコンテンツを見ながら 1 日 5 時間以上を過ごすとは仮定すると、テレビは特に重要なストリーミング音源といえます。とりわけ、50 歳以上の人が最も音源を利用しています。(Koblin, 2016)。テレビの視聴は社会的な経験とみなすことができます。テレビからのストリーミングされた音声は明瞭であると同様に、補聴器のマイクロホンを介して到達するテレビの共視聴者の声も明瞭であることは、大変重要です。

こうした混合入力に際して、ベントロス補正は音響およびストリーミングによる音源部分に関して異なった適応が必要になります。

解決策： マーベルの新しいデュアルパス対応のベントロス補正

デュアルパス対応のベントロス補正、さらに環境およびストリーミングされた両音源における最適な利得設定が可能になりました。ストリーミングによる構成成分および音響マイクロホンによる構成成分を備えた混合型プログラムに関して、フォナック マーベルではマイクロホンによる音声およびストリーミングされた入力音源を別々に同時並行で処理することが可能になりました。この事実は、ストリーミングされた音声に関してベントロスは可能な限り補われ(最大 35dB まで)、一方補聴器のマイクロホンに入った音は静かな環境の設定を維持することを意味しています。このメカニズムは、混合型プログラムにおいて、ストリーミングされた音声の音質を改善し、マイクロホンに適切な利得を提供するのに有効です。

新しいデュアルパス対応のベントロス補正の実行方法は？

事前計算に適用されるベントロス補正は、音源が環境のみ、ストリーミングのみ、混合型のいずれに該当するか

環境(マイクロホン)のみの入力の場合、補聴器の利得設定は増幅され直接的な音の構成を備えた静かな環境に基づいており、そのため限られたベントロス補正が適用されます。こうした入力では、ベントロス補正は Phonak Target フィッティング ソフトに入力される難聴および音響パラメータに左右され、耳せんまたはイヤモールドなどからの潜在的な漏れを考慮します。従って、難聴にあわせた効果的なベントサイズ(ベントサイズと漏れ)により、環境音に関するベントロス補正が設定されます。一般に、ベントがより大きく難聴のレベルがより高いほど、ベントロス補正がより適用されます(より大きな高周波数帯および利得)。

ストリーミング入力の場合、難聴の程度にかかわらず、ベントロスは補聴器およびデジタル信号過程と同程度に完全に補正されます。従って低周波数の利得は、環境音の利得と比較してベントサイズによっては最大 35dB 増加します。ストリーミングされた音声に関する最大出力音圧(MPO)も上昇しますが、これはひずみを避けるという目的に限られています。

利点： ストリーミング中の明瞭で豊かな音質

新しいベントロス補正における入力音源の分離は、補聴器のマイクロホンで直接受信する音源を損なわず、静かな状況の周波数レスポンス特性を維持しながら、ストリーミング中に豊かな音質を実現するのに役立ちます。この分離により、ストリーミング中でも聞き手が周りの環境と常に関わりを維持することができ、その結果ストリーミングされた音声および環境音の間でパフォーマンスの低下がなくなります。音楽を本来の音質で聴くことができ、聞き手は音楽を聴きながら会話を行うことができます。

図 4 では、フォナック マーベルにより、電話やテレビだけでなく他の多くの機器やサービスでもダイレクト通信が可能になり、これらすべての機器やサービスにより聞き手が常に周りの環境と関わりを維持することが可能になることを示しています。

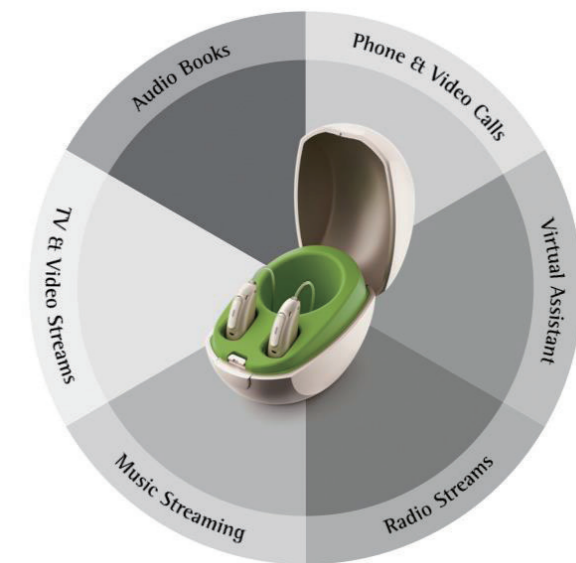


図 4：フォナック マーベルにより、ダイレクト通信を実現しながら、マイクロホンを介して環境とのかかわりを保つことが可能になります。

新しいデュアルパス対応のベントロス補正に加え、ストリーミング中に音質を強化するのに役立つ他の 2 つの有益な要因が存在します。

- (1) 新しい **AutoSense OS™ 3.0**(オートセンス OS 3.0) は、ストリーミングされたオーディオ音源を自動的に分類することが可能になり、音源が音楽なのか会話なのかを検出できるようになりました。(Rodrigues および Liebe, 2018)。ストリーミングされた音声に基づいて、オートセンス OS 3.0 は語音明瞭度または音質に自動的にフェードし、音源に基づいて計算された利得が適用されます。
- (2) **環境バランス機能**により環境音にあわせてストリーミングされた音声のボリューム レベルを調節することが可能になり、聞きとりのニーズに基づいてストリーミング中の会話で最適なバランスをとることができます (Jansen, 2017)。

新しいデュアルパス対応のベントロス補正は、どの処方方式に基づいて実行されますか？

新しいデュアルパス対応のベントロス補正は、Target に入力された難聴およびベントのサイズに基づいて、アダプティブ フォナック デジタル、アダプティブ フォナック デジタル コントラスト、成人用 NAL(年齢 12 歳未満)における事前計算に適用されます。DSL 処方方式 (DSL v5a 小児、DSL v5a 成人、DSL [i/o]) および子供用 NAL(12 歳以上)については、これらの処方方式が独自の処方目標値、ベントロス計測、補聴器設定の計算に使用するメタデータを備えているため、ベントロス補正は適用されません。検証検査室に表示された目標値に達することが、この章での主要目標となります。

証拠

新しいデュアルパス対応のベントロス補正の目的は、ストリーミングされた音声および環境音の両方に関して適切な低周波数の増幅を確保することにあります。機能開発の過程で、有効性を確認するため、幾つかの内部調査が実施されました。最初に、正常な聞こえを有する被験者を対象に、ストリーミングの最中の低周波数の利得についての設定を確定しました。次に、オープンフィッティングに適合する軽度から中等度の難聴を示す被験者を対象に、この設定を確認しました。

この研究をデンマークの DELTA SenseLab で行った結果、テレビ視聴用のフォナックの最新ソリューションであるオーディオ マーベルとテレビコネクタの組み合わせによるストリーミング音質が、類似の製品の中で 1 番優れているとの評価を受けました (Legarth, Latzel および Rodrigues, 2018)。テレビコネクタは、テレビ以外にもラジオやステレオシステムなどオーディオジャックを備えた全ての機器に接続可能です。

新しいベントロス補正を用いたフィッティングの検証

成人のオープンフィッティングの場合、フォナックの方針では、2 cm³ カプラデータよりも実世界における補聴器の性能の最適化を目指します。そうすることで、ベントを介して耳に入る音(直接音)およびベントから漏出する音(ベントロス)が考慮されます。これまで説明し

たように、直接入る音声構成の成分が鼓膜面上において全体的な音のレベルに寄与する環境プログラムと、直接音源が失われたり低減するストリーミングされた音声を区別することが大切です。2 cm³ カプラデータを使用して外部の検査室でオープンフィッティングを検証した場合、低周波数における処方ターゲットの音響入力は 2 cm³ 未満になる場合があります。実際の耳では、このギャップは直接音により「埋められ」ます。

実際の耳におけるオープンフィッティングの検証のヒントについては、次を参照してください。(Smriga, D 2017)。

Phonak Target の検証アシスタントにより、検査箱(室)における適合目標利得に影響を及ぼすことがあるフォナック機能を簡単に検証することができます。ベントロス補正は、その場および 2 cm³ 測定の両方で有効になっていることに注意してください。その結果、検証モード下の 2 cm³ カプラにおいて、低周波数の音響入力に関し、ターゲットマッチが存在しない場合もあります。しかし実際の耳の場合、この音は最適です。

結論

オープンフィッティングの場合、新しいデュアルパス対応のベントロス補正により、ストリーミングされたオーディオ音声および補聴器のマイクロホンを通して耳に入る音声の各々について、適量の低周波数の利得が得られます。ストリーミングされた音声については、低周波数が 35dB まで上昇することにより、テレビ、音楽、オーディオブック、ロジャーおよび T-コイルなどの音を聞く際に、明瞭で豊かな音質が提供されます。一方、補聴器のマイクロホンに入る音は損なわれず、最適な自声音の品質および語音明瞭度が得られます。新しいオートセンス OS 3.0 によるストリーミングされた音声の分類機能および環境バランス機能に加え、フォナック マーベルによる強化されたデュアルパス対応のベントロス補正により、ストリーミングされた音および環境音の両方に関して、理想的な聴覚パフォーマンスが実現します。

参照

Jansen, S. (2017). 環境バランス制御により、会話音に対して最大 30 dB まで環境雑音が衰弱される。フォナック ファクトシート、サイト www.phonakpro.com/evidence から引用。2018 年 10 月 16 日

Koblin, J. (2016). How much do we love TV? Let us count the ways. <https://www.nytimes.com/2016/07/01/business/media/nielsen-survey-media-viewing.html> から引用。2018 年 9 月 18 日にリリース。

Kuk, F. および Keenan, D. (2006). How do vents affect hearing aid performance? 聞こえのレビュー、<http://www.hearingreview.com/2006/02/fitting-tipshow-do-vents-affect-hearing-aid-performance/> から引用。2018 年 10 月 16 日にリリース。

Legarth, S. V., Latzel, M. および Rodrigues, T. (2018). Media streaming: The sound quality preferred by hearing aid users. フォナック フィールド スタディ ニュース、www.phonakpro.com/evidence から引用。2018 年 10 月 16 日にリリース。

Rodrigues, T. および Liebe, S. (2018). Phonak AutoSense OST™ 3.0 (フォナック オートセンス OS 3.0)。The new & enhanced automatic operating system. フォナック インサイト、www.phonakpro.com/evidence から引用。2018 年 10 月 16 日にリリース。

Smriga, D. (2017). On-Ear Verification of Open Fittings. オンライン聴覚学、<https://www.audiologyonline.com/articles/on-earverification-open-fittings-19326> から引用。2018 年 10 月 9 日にリリース。

専門家

Stefan Pislak、聴覚パフォーマンス-フィッティングの上級専門家、研究開発グループ、フォナック HQ



Sonova 研究開発グループにおける聴覚パフォーマンスの専門家。主要分野は、聴覚システムの音響学。2000 年にフォナックに入社する前、チューリッヒ工科大学で物理学を専攻し、チューリッヒ大学において高エネルギー物理学の分野で博士課程を修了、エール大学で博士後研究員の地位を得ました。

Volker Kühnel、聴覚パフォーマンスの主要専門家、フォナック HQ



1995 年、物理学で博士号を取得。1995 年から 1997 年まで、ドイツ、オルデンブルグの医学物理学の教授 Dr. B. Kollmeier のグループで、博士後研究員として勤務。1998 年以降、フォナック ソノヴァで、補聴器のアルゴリズム、フィッティングソフトウェア、音響デザインのインターフェースに関する製品開発に従事しています。顧客に最高の利益をもたらすため、補聴器の音響品質に焦点を合わせています。

著者

Jane Woodward、聴覚学マネージャー、フォナック HQ



サザンプトン大学(英国)で心理学の修士号、聴覚学の修士号を取得。聴覚学で長年の経験があり、英国およびスイスの大学病院で臨床に携わり、補聴器およびソフトウェアの開発ならびにトレーニングを行っています。

Phonak

Field Study News

フォナックで、初めてのフィッティング体験を最高に： フォナック マーベル

初めて補聴器を使うユーザーが、長期に渡って補聴器を使い続ける装用者になるには、『初回のフィッティング体験を受け容れられる』と感じる必要があります。フォナックでは、こうしたニーズに応えるため、マーベルプラットフォームにおけるファーストフィットの仮計算を新たに開発しました。この試験では、この仮計算の潜在力を評価することで、初めて補聴器を使うユーザーのファーストフィットの受容度を改善し、競合他社の補聴器や従来のフォナックのプラットフォーム、ピロングと比較した場合、この機能が補聴器の性能を維持するかどうかを判断します。合計18名の参加者を対象とする平均評価を実施したところ、競合他社と比較して自発的なファーストフィットの受容度でより高い評価が、またピロングより良好な評価が得られたことが明らかになりました。この試験では、3つの補聴器の中から最も良いと思う補聴器を尋ねた際、初回のフィッティングでマーベルが圧倒的に好まれたことも明らかになりました。

はじめに

初めて補聴器を使うユーザーが、補聴器の増幅システムに満足するようになるには一定の調整期間が必要になるという考えは、臨床のオーディオロジストの間で広く受け容れられています。順応期間をとおして補聴器の利点を実際に増すかどうかは不明ですが、^{1,2} 補聴器の満足度はその使用期間との間に正の相関関係があることが証明されています。³ 初めて補聴器を使うユーザーが満足して長期的な補聴器装用者になるには、まず初回のフィッティングを受け容れられると感じる必要があります。従って、初回のフィッティングの成功および長期装用の可能性を最大限に促進するためにの理想となる補聴器は、聴覚パフォーマンスを最適化するために必要な可聴性を確保しながら、快適で自然な音質を提供する必要があります。近年、フォナックでは、とりわけ初めて補聴器を使うユー

ザーのニーズに応えるため、初回フィッティングの仮計算をマーベルプラットフォームで開発しました。この仮計算は、フォナックが従来の補聴器世代でお届けしてきた長期間の聞きとり性能を犠牲にすることなく、初回フィッティングにおいて補聴器の自発的な受容を改善するために設計されています。この改善は、初めての補聴器ユーザーに関してのみ、3kHzより大きい周波数での既定の利得を若干減少させることで達成されます。電気音響測定の結果より、ピロングの仮計算と比べた場合、こうした利得の減少は測定利得の実質的な違いになるほどの大きさではないことが明らかです。この新しい仮計算はオルデンブルグ大学で完了した試験において検証されました。その検証によれば、従来のフォナックのプラットフォーム（ピロング）で使用された仮計算と比較して、甲高さの評価はより低く、すべての音量はより快適であることが明らかになりました。マーベルにより、補聴器

の性能を維持しつつ、聞きとりの快適性が改善されたことが、試験により示されました（Woodward、2018）。

仮計算の変更に加え、サウンドデリバリーシステム（SDS）の改善、オートセンス OS（AutoSense OS™）のアップデート、および特定の環境下での圧縮の最適化により、初回フィッティングで卓越した音質が生み出されます。

この試験の目的は、新しいマーベル補聴器が新しい補聴器ユーザーのファーストフィットの受け容れに及ぼす影響を評価し、新しい仮計算および SDS の性能をピロングプラットフォームおよび競合他社の仮計算および SDS と比較することでした。

検証方法

参加者

試験の参加者は、年齢 32 歳から 82 歳まで（平均年齢 = 65 歳）の 18 名の成人で構成されました。参加者は自分の補聴器を持っておらず、補聴器のような増幅機能を持った機器の装用経験が全くないか、あってもごくわずかでした。参加者の右耳および左耳の聞こえの平均聴力閾値を図 1 に表示しました。

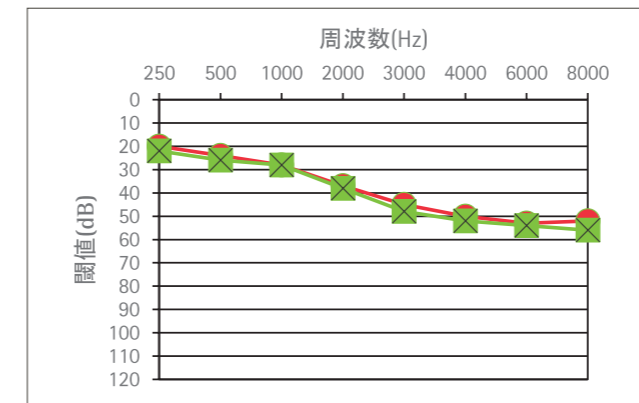


図 1：試験参加者の右耳および左耳の聞こえの平均閾値（±1 標準偏差 (SD)）

補聴器およびプログラミング

本試験では、フォナック オーデオ マーベル 90-312 RIC およびフォナック オーデオ ピロング 90-312 RIC、および競合他社の比較可能なプレミアム RIC 補聴器を使用し、初めてのフィッティングの受容度における違いを評価しました。各メーカーの「はじめての」補聴器ユーザーに関し、所有者の処方方式および既定の利得設定を使用し、各参加者の難聴に応じて補聴器をプログラミングしました。各補聴器について（マーベル、ピロング、競

合他社）ソフトウェアで規定されたデフォルト設定および音響力プラ設定を使用しました。各メーカーのデフォルトのスタート アップ プログラム（自動化プログラム）でテストをしました。

手順

フォナック聴覚研究センター（PARC）でテストを行いました。各参加者は、およそ 2 時間の 1 つの試験セッションに参加しました。試験には、即時性、自発的な受け容れのフェーズ、複数の聴取環境における様々なタイプの入力にさらされた後の音質の知覚を評価する 2 番目のフェーズの 2 つのフェーズがありました。テスト期間の自発的な受容フェーズは、プログラミング ルームの PARC- オーディオロジストのオフィスに似た空間で完了しました。臨床環境下で初回フィッティングにおける補聴器ユーザーの即時の反応をより良く理解するためには、現実に即した空間が必要でした。参加者は、テーブルをはさんで実験者と向かい合って座りました。テストの自発的な受容フェーズは、試験の音質評価相に移行する前に、補聴器の各セットを使って完了しました。

テストの第 2 フェーズは、誘導歩行により開始しました。この歩行では、参加者の聞きとり環境の同一性を確保するため、また多様な聞きとり環境にさらされるため、歩行中に何度か停止することが事前に定められていました。この歩行の停止は、フロントロビー（多くの反射面を備えた大きく開かれた空間）、フロントドアのちょうど外側（交通量の多い通り、駐車場、通過する人々）、顧客サービスの内部 / 販売デパートの内部の中心地（現在話している複数の人々という一定のバックグラウンド）、および騒がしいコーヒーマシンの前（話している人々、マシンの音、食器による騒音）で起きました。実験者との会話は、これらの異なる聞きとり環境の中で継続されました。この歩行の後、参加者はプログラミングルームに戻って、歩行の途中で装着していた補聴器についての知覚を報告します。次に、参加者は自身の声および実験者の声の音質（音声学的にバランスの取れたパッセージのリーディングに基づく）、およびクラシックやジャズ音楽のサンプルを評価します。この手順を、補聴器の第 2 および第 3 の組で繰り返します。テストの第 1 および第 2 フェーズの両方で、参加者は、マーベル補聴器、ピロング補聴器、競合他社の補聴器を装着し、これら 3 種類の条件は参加者間で均衡化されました。しかし、各参加者は 2 つの試験フェーズを通して、同じ順番で各補聴器をテストしました。さらに、

この実験では二重盲検法を使用しました。つまり、参加者も参加者の評価やコメントを収集する実験者も、その時点でテストの対象となっている補聴器の種類を知らされていませんでした。音響学的に透過性のあるもので補聴器を覆い、第2の実験者が参加者の装用する補聴器の配置に責任を持つことで、実験の条件が確実に盲検法になるようにしました。

結果の測定

自発的な受容

試験期間の第1フェーズは、初回フィッティングから2～3分以内の補聴器の各組の音質について、参加者の最初の印象を把握することを目的に設計されました。補聴器の各組のフィッティングの直後に、実験者および自身の声に関する自発的なコメントを参加者にお願しました。初期段階での受容の量的な評価を、次の2つの質問により行いました：

- 自宅での補聴器を装用したいと、どれほど思いますか？
- この補聴器の最初の音質を、どう評価しますか？

1が可能性が低いまたは低劣な音質に相当し、7が可能性が高いまたは卓越した音質に相当する「リッカート」尺度（1-7）を用いて、評価を収集しました。他の2組の補聴器についても、この手順をくり返しました。参加者には構造化されたメモ用紙を提供し、各補聴器のプラットフォームによる最初の音質について自分の知覚を記録するよう促しました。各組の補聴器による聞きとりおよび評価の提出後、参加者に最高から最低までの選好に応じて補聴器を順位付けするよう要請しました。

多様な環境下における音質の評価

試験の第2フェーズは、多様な環境下における聞きとりにより現実的な感じ方を得ることを目的に設計されました。また、参加者には音質の選好および知覚に関して自分の意見をまとめるためにより多くの時間を与えられます。建物の周りの誘導歩行、パッセージリーディング、および音楽を聞いた後で、参加者には全補聴器の音質の快適性、フルタイムでの補聴器装用の可能性、友人または家族への補聴器推奨の可能性について評価をお願いしました。1が非常に低い快適性/可能性に相当し、7が非常に高い快適性/可能性に相当する「リッカート」尺度を用いて、再度評価を入手しました。

結果

自発的な受容

自発的な受容に関する評価の結果を、図2および図3に表示しました。反復測定分散分析（ANOVA）により、初めてのフィッティングの受け容れについて、両次元で補聴器の有意な主要効果が示されました。事後解析により、競合他社と比較したマーベル補聴器に関して、有意に高い最初の音質の平均評価および自宅での装用可能性が明らかになりました。マーベルおよびピロングに関する評価の間には、有意差は存在しませんでした。

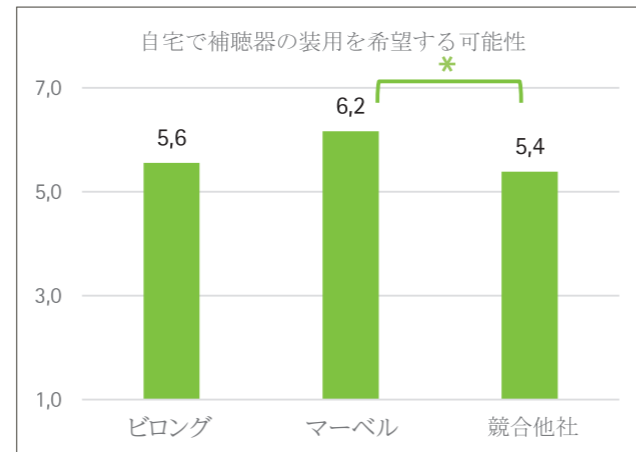


図2：初回フィッティングの音質に基づいた、自宅での補聴器の装用を希望する可能性の平均評価（n=18）。*は、反復測定 ANOVA（アルファ レベル=.05）に基づく統計学的な有意差を示しています。

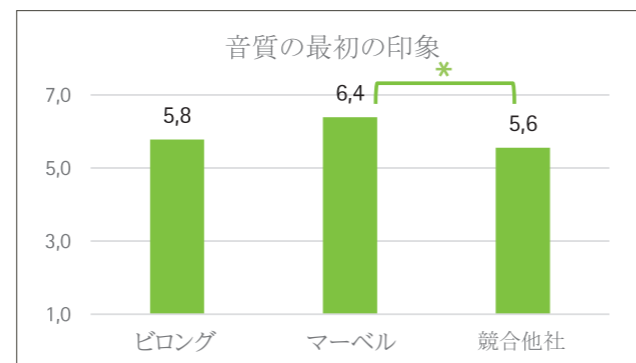


図3：音質の最初の印象に関する平均評価（n=18）。*は、反復測定 ANOVA（アルファ レベル=.05）に基づく統計学的な有意差を示しています。

図4では、各補聴器に関してファーストフィットで音質に基づいて最も好まれる（「最高」）と評価された回数を表示しました。

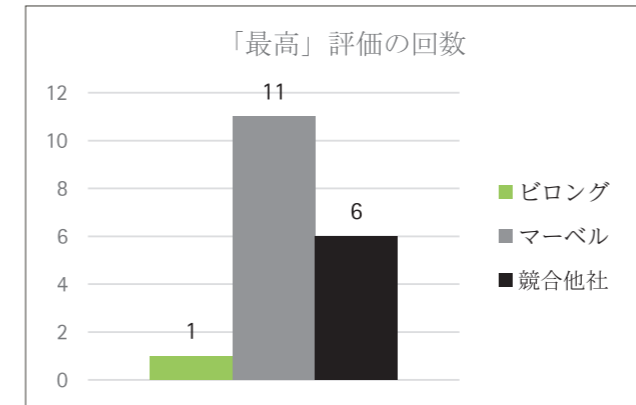


図4：初回フィッティングの音質に関して各メーカーが「最高」と評価された回数。実験者および参加者は条件に関して盲検下に置かれました。

多様な環境下における音質の評価

誘導歩行、パッセージリーディング、および音楽を聞いた後の音質の評価結果を、図5に表示しました。一元配置反復測定 ANOVA により、補聴器が音質の全快適性に及ぼす主要効果が明らかになりました。事後解析により、本次元で競合他社と比較した場合のマーベル補聴器の有意に高い評価が明らかになりました。その他に有意な発見はありませんでした。

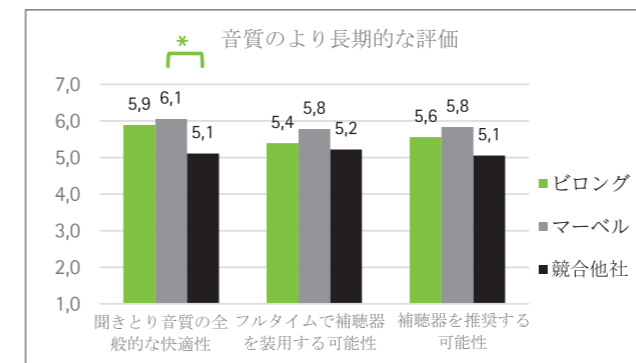


図5：多様な環境における聞きとり後の音質の各次元に関する平均評価。*は、反復測定 ANOVA（アルファ レベル=.05）に基づく統計学的な有意差を示しています。

結論

軽中度の難聴を患う、初めての補聴器ユーザーを対象に、新しいフォナック マーベル補聴器、従来のフォナック ビロング補聴器、および競合他社の補聴器に対する自発的な受容の評価を調査しました。合計18名の参加者を対象とする平均評価により、初めてのフィッティングで音質のより高い評価、ならびにピロングおよび競合他社の補聴器と比較した場合のマーベル補聴器による多様な聞きとり環境にさらされた後の音質の良さの評価が示されました。

このようにフォナック マーベル補聴器では、従来のフォナック プラットフォームおよび競合他社の現在の補聴器よりも優れた初めてのフィッティング体験を初めてのユーザーにお届けします。この試験の結果より、徹底した音質の最適化と組み合わせた新しい仮計算により、補聴器の長期間の装用の可能性や満足度を最大化につながる補聴器の初めての体験が提供されることが示唆されました。

参考文献

Taylor, B. (2007). 補聴器の利点に関する経時的な変化：実証に基づいたレビュー。以下のサイトより検索：<https://www.audiologyonline.com/articles/changes-in-hearing-aid-benefit-939>、2018年11月16日にアクセス。

Dawes, P., Munro, K. J., Kalluri, S., および Edwards, B. (2014). 補聴器への順応。Ear and Hearing, 35 (2), 203-212.

Kozlowski, L., Ribas, A., Almeida, G., および Luz, I. (2017). より高齢の補聴器ユーザーの満足度。International Archives of Otorhinolaryngology, 21 (1), 92-96.

Jansen, S. および Woodward, J. (2018). その瞬間、惹きこまれる聞こえ：フォナックの新しい仮計算。フォナックインサイト、<http://www.phonakpro.com/evidence> から引用、2018年10月16日にアクセス。

著者と調査員

Lori Rakita, フォナック聴覚研究センター (PARC) の臨床研究シニアマネージャー



セントルイスのワシントン大学で聴覚学の博士号を取得し、2014年7月にフォナックに入社する前は、人工内耳の分野に従事。フォナック聴覚研究センター (PARC) の臨床研究シニアマネージャーで、補聴器イノベーションの重要な性能分野を理解するため、ラボと現実世界の両環境下で研究試験を設計しています。

Elizabeth Stewart, 研究オーディオロジスト



2017年イリノイ州ウォーレンビルにあるフォナック聴覚研究センター (PARC) に入職。教育バックグラウンドには、カンザス大学メディカルセンターでの聴覚学の博士号 (2013)、およびアリゾナ州立大学の発話と聞こえの科学の博士号 (2017) が含まれます。PARC の他のプロジェクトに加え、社内の小児に関する試験も管理しています。

Jacqueline Drexler, 研究オーディオロジスト



2018年研究オーディオロジストとしてフォナック聴覚研究センター (PARC) に入職。ニューヨークのバッファロー大学で聴覚学の博士号を取得。2017年に1年の公式開発プログラムでソノヴァに入職。その期間中、ユニオン米国、コネクト ヒアリング カナダ、アドバンスト バイオニクス、フォナック米国、フォナック本社で働いていました。日常装用研究およびリモート マイクロホン システムに関与しています。

Phonak

Field Study News

ステレオズームにより

騒がしい状況下でも聞きとりおよび記憶するための努力が軽減

ステレオズーム機能を備えたフォナックの補聴器を使用した場合、これとは別の騒音低減マイクロホンによるアプローチを用いた競合他社の補聴器と比較して、聞きとりと記憶するための努力が軽減することが、オルデンブルグ聴覚センターで行われた脳波検査 (EEG) および主観的試験により明らかになりました。この効果は、とりわけ聞きとりが困難な状況下で顕著で、聞くための努力は18%軽減しました。

はじめに

難聴は聞くための努力と相関関係にあります。難聴を患う患者さんは、例えばことばなど聞きとる対象のいわば「空欄を埋める」ために常に苦勞しています。この作業には努力を要し、その結果疲れきってしまうことがあります。補聴器を使用することにより、語音明瞭度が改善され、ことばを理解するために必要な努力が軽減されます。補聴器を装用することの利点は、ユーザーにとって聞きとり体験がより快適で楽になることです。

聞くための努力の測定に関するテーマは、補聴器のフィッティングと深くかかわっています (Pichora-Fuller および Singh, 2006)。この興味深いアプローチは、刺激音 (閾値を超える強度を含む) を与え、さまざまな聞きとり状況下で補聴器を評価します。この際、さまざまな補聴器やアルゴリズム、またはその機能の性能もしくは受容度によって語音明瞭度が変わるわけではありません。そのため、聞くための努力の測定を含む補聴器の試験を行うことがますます一般的になりつつあります。聞くための努力を測定する1つの方法は、補聴器の装用者に聞きとり努力を自己報告してもらうことです。その他には、瞳孔測定、さまざまな電気生理学的測定、機能的核磁気共鳴撮像法 (fMRI)、または皮膚コンダクタンスなどの客観的な手法も存在します (2014年

の McGarrigle 等による概要を参照してください)。

幾つかの研究によれば、聞くための努力の神経レベルでの測定に関し、EEG (脳波) は有望なアプローチであることが明らかになっています。聞くための努力は EEG の活動と関連している可能性があるという仮説は、脳が感覚、知覚、認識のプロセスと共有する限られた (神経の) 資源で機能するという考えに基づいています (有限の資源理論)。この理論に関連するのが、いわゆる「努力を要する仮説」です (Rabitt, 1968)。この仮説は、有限の資源仮説と関連があります：「信号処理が困難な場合 (例えば、騒がしい環境下でことばを聞きとる場合)、より多くの処理資源を感覚の符号化のために使う必要があります。これにより、高レベルの処理に利用できる資源が少なくなり、聞きとりに努力を要するようになります。」この仮説は最近の試験により立証されました。この試験では、補聴器における信号処理もしくは SN 比を変えることで、EEG の測定を用いて聞きとりの努力に及ぼす効果を明らかにしました (Winneke ら、2016)。

フォナックにより開発された補聴器のアルゴリズム、ステレオズームは、両耳の指向性マイクロホン技術を駆使して、とりわけ聞きとりが困難な状況下で狭い指向性範囲を形成します。大きな背景雑音下で会話する際、ステレオズームは SN 比 を改善し、その結果、語音明瞭度

が改善し、音質がより良く、騒音がより抑制されるようになります (Latzel および Appleton, 2015 : Phonak Field Study News, 2014)。他の補聴器メーカーは、別のアプローチを採用しています。そのアプローチは騒がしい環境下でことばの理解を改善することを目的としています。

これまでに、ステレオズームが聞きとりの努力に及ぼす効果は行動の測定を用いて研究されてきました (例えば、Picou ら, 2014)。この試験の目的は、客観的な測定 (EEG) を使用して、同じ環境条件下で異なる補聴器のアルゴリズムを使用した場合の聞きとりの努力の相違を示すことです。この試験には 2 つの目的がありました。

- 1) 2 つのプログラムを使用した場合の聞きとりに要した努力の比較が、フォナックの補聴器で実現しました : 非常に騒がしい中でのことば (フォナック SPILN) : ステレオズームを使用 (指向性マイクロホン技術) および静かな環境 (フォナック Calm) : マイクロホン設定リアルイヤーサウンドを使用 (RES、耳介の指向性をシミュレーションする全方向性マイクロホン設定)
- 2) フォナックの SPILN プログラム使用時の聞きとりに要した努力と、競合他社のアプローチ使用時の聞きとりに要した努力との比較。
非常に騒がしい中でのことば (フォナック SPILN) : 指向性マイクロホン技術、ステレオズームを使用競合他社 (競合他社 Noise) : 騒音下でのことばを処理するために別のアプローチを採用。

検証方法

参加者

軽度から中等度の難聴を患う (図 1) 合計 20 名の補聴器装着経験者がこの試験に参加しました。参加者の平均年齢は、70.90 歳でした (SD=7.28)。参加者のうち 12 名は女性、8 名は男性でした。各参加者は、2 組の補聴器を装着しました : フォナックのオーディオ B90-312 および競合他社の補聴器は、両方ともシリコンベースのイヤモールドでベントは閉塞の仕様で行いました (スリムチップ)。

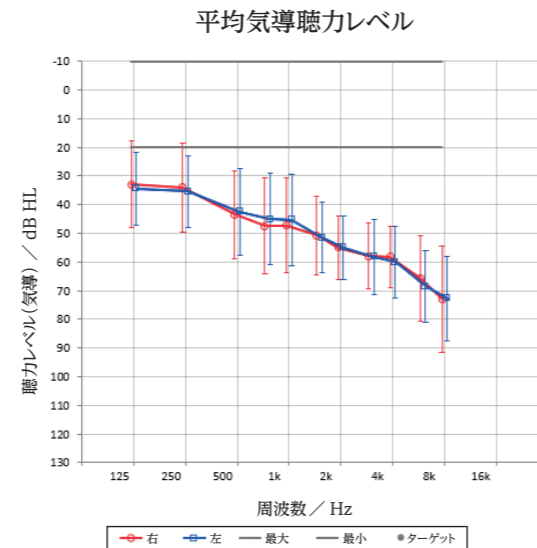


図 1 : 20 名の参加者の難聴の平均値。難聴の最小および最大値も表示しています。Average Air-Conduction Audiogram = 平均気導オーディオグラム。Frequency = 周波数。

試験設定

雑音信号はごったがえすカフェテリアの雑音で、30°、60°、90°、120°、150°、180°、210°、240°、270°、300°、330° に配置された強力なスピーカーを介して発生する一定レベルの 65 dB SPL です。

SN 比の条件

各参加者に関して SRT50 が決定するまで、参加者に 0° の位置で対面する大きなスピーカーを介して発生する会話音のレベルを調整することで、SN 比 を変更しました。この各参加者の SRT50 に基づいて、高い SN 比 および低い SN 比 の条件が各々次のように定義されました :
高い SN 比 = SRT50+3dB+4dB
低い SN 比 = SRT50+3dB

試験の条件

実験には、次の因子を備えた 2x2x2 のデザインで構成される 8 つの条件が含まれます。

- SN 比 : 高い SN 比 対低い SN 比
- 補聴器 : フォナック オーデオ B90-312 対競合他社
- プログラム :
フォナック SPILN 対フォナック Calm
および
競合他社 Noise 対競合他社 Calm (静かな環境に関する競合他社の設定)

試験パラダイム

この試験で使用される語音文章は、OLSA センテンス

のマトリックステスト材料から入手しました (Wagener および Kollmeier, 1999)。このセンテンスに基づいて、ことばの想起タスクを開発しました。参加者は 2 つのセンテンスを連続して聞き、聞いた名前、番号、または物体を思い出さなくてはなりません (すなわち、記憶タスク)。正解はタッチスクリーンで示されます。結果として生ずる依存性の変数は、正確に思い出したセンテンスの部分のパーセンテージでした (すなわち正確さ)。

各ブロック (8 x 2 センテンス = 16 センテンス) の終了後、参加者は聞きとりに要した努力と記憶に要した努力の体験を評価するよう依頼されます (すなわち、各項目を思い出すのにどの程度努力したか)。正解は、ACALES スケールを適用した 13 ポイントスケールに基づいて (Krüger ら, 2017)、タッチスクリーン経由で提供されました。

条件は、無作為化シーケンスのブロック単位で設定しました。参加者の半数がフォナックの補聴器で試験を開始し、その他の半数が競合他社の補聴器で試験を開始しました。

脳の活動は、オーダーメイドの弾性 EEG キャップに固定された 24 個の電極 (簡易キャップ、ヘルシング、ドイツ) を備え、国際的な 10 ~ 20 のシステムに応じて配列された、24 チャンネル ワイヤレス スマートニング EEG システム (脳トレーニング、ベオグラード、セルビア) を使用して記録されました (Jasper, 1958)。参加者が OLSA センテンスを聞きとり、思い出す間、EEG は 250 Hz の低域フィルターを備えた 500 Hz のサンプリングレートで記録されます。

EEG 信号のオフライン解析が実施されました。記録は、各 OLSA センテンスの開始頃に 2500 ms の時間枠で行われました。3 および 25 Hz 間のスペクトル密度解析が、この時間枠内で実施されました。焦点は EEG アルファ周波数バンド (8 ~ 12 Hz) に合わせました。

結果

EEG 記録の解析により、EEG のデータ サンプルから 2 名の参加者が除外されました。このうち 1 人の参加者に関しては記録中のインピーダンスの値の不良によるもので、もう 1 人の参加者の場合は Bluetooth 接続の遮

断に起因するデータの損失によるものでした。この結果、EEG の記録解析については 18 のサンプルサイズとなりました。

応答精度の客観的測定により (正しい回答のパーセンテージ)、SN 比 の条件が適切に選択され、その結果、語音明瞭度が良好になったので、精度は (ほとんど) すべての設定に関し 70 および 90% の間であったことが明らかとなりました。

各条件について主観的な聞きとりに要した努力を評価しました。フォナックの補聴器に関しては、SN 比 が低い場合、フォナック SPILN を使用した場合とフォナック Calm を使用した場合とは対照的に、聞きとりに要した努力は統計的に低く (19%) になりました。競合他社の補聴器に関しては、競合他社の Noise を使用すると、競合他社の Calm を使用した場合とは対照的に、聞きとりに要した努力での相違は報告されませんでした。補聴器を直接お互いに比較した場合 (図 2)、聞きとりに要した努力は競合他社の Noise よりもフォナック SPILN の場合の方が有意に低く (18%) 評価されました。

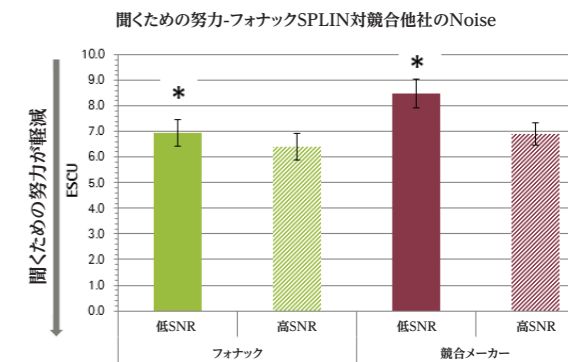


図 2 : 主観的な聞きとりに要した努力の平均的評価 (高いおよび低い SN 比条件におけるフォナック SPILN および競合他社の Noise を使用した場合の、標準的エラーバーによる推定スケールユニット (ESCU))。* = 有意差。フォナック SPILN = フォナックの非常に騒がしい中でのことば。Comp Noise = 競合他社の騒音下用プログラム

各条件に関する主観的な記憶に要した努力も評価しました。聞くための努力は脳のより低いステージにおける認識活動です。一方、記憶するための努力はより高く、時間的により後のステージにおける認識活動です。相関分析により、参加者が聞きとりに要した努力を記憶に要した努力とは違った評価をし、この結果参加者は両次元間の識別ができることが示されました。

記憶するための努力は、フォナック SPILN の場合の方がフォナック Calm よりも有意に低く評価され、一方

競合他社の Noise および競合他社の Calm 設定間では相違は報告されませんでした。補聴器を直接お互いに比較した場合（図 3）も、記憶するための努力はフォナック SPILN の場合の方が競合他社の Noise よりも有意に低く評価されました。

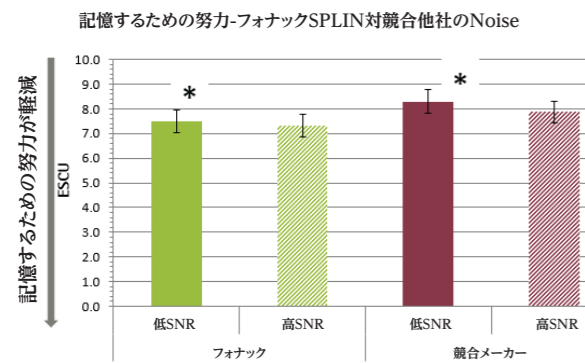


図 3：主観的な記憶するための努力の平均的評価（高値および低い SN 比 条件におけるフォナック SPILN および競合他社の Noise を使用した場合の、標準的エラーバーによる推定スケールユニット（ESCU））。* =有意差

これらの結果より、ことばを聞きとり、理解し、この情報を記憶に保持するために必要となる努力は、フォナック SPILN を使用した場合と比較して、競合他社の Noise を使用した場合のほうが高いことが明らかとなりました。

EEG 解析（図 4）により、SN 比の値に関わらず、フォナックの SPILN 設定使用時のアルファ スペクトラル密度（8～11 Hz）は、競合他社の Noise 使用時よりも低いことが示されました。フォナックの SPILN 使用時

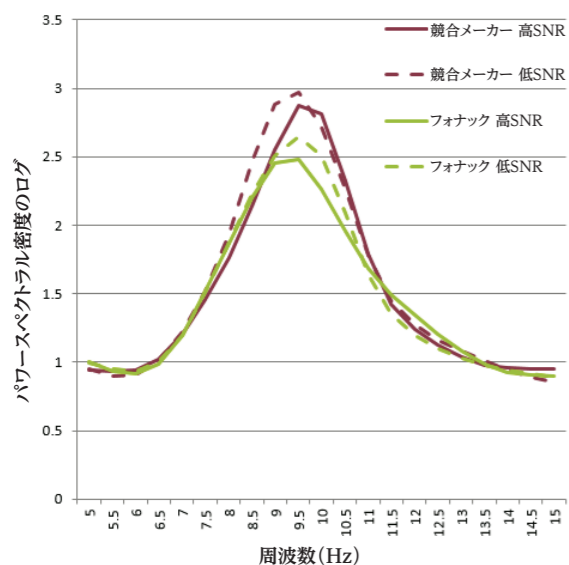


図 4：高い SN 比 および低い SN 比 におけるフォナック SPILN および競合他社の Noise 使用時の、5 および 15Hz 間のスペクトラル密度の平均値（平均経過時間および電極 C3、C4、CP5、CP6、P3、P4）。この図では、低い SN 比 および高い SN 比 両方において、フォナックよりも競合他社の方がアクティビティがより高いことを示しています。

のアルファ バンド アクティビティがより低いことは、競合他社の条件と比較して聞くための努力がより低いことを示しており、行動データの所見を裏付けています。

考察および結論

とりわけ SN 比 が低レベルの場合、聞くための努力の主観的評価は、フォナック SPILN の場合の方がフォナック Calm よりも低くなりました。EEG データ解析（アルファ バンド アクティビティ）の結果は主観的データと一致します。なぜなら、SN 比 とは無関係に、フォナック SPILN 使用時のアルファ アクティビティは、フォナック Calm 使用時よりも有意に低いからです。ステレオズームの効果は、雑音抑制の能力がより高いことです。従って、会話はより理解しやすくなります。なぜなら、フォナック SPILN においてステレオズームを使用すると、脳により抑制されなければならないカフェテリアの妨害雑音がより少なくなるからです（共有資源仮説）。この事実、フォナック Calm と比較した場合の、フォナック SPILN のアルファ アクティビティの低減に反映されています。EEG データ解析の結果により聞くための努力の軽減が示され、これは神経生理学レベルでも明白です（Strauss, 2014）。

フォナック SPILN および競合他社の Noise との比較に関する結果は、フォナック SPILN およびフォナック Calm との比較に関する結果に類似しています。聞くための努力と記憶に要した努力の主観的評価は、フォナック SPILN 使用時の方が競合他社の Noise 使用時よりも低く、とりわけ低い SN 比 条件で顕著な差が確認できました。EEG データ解析の結果（アルファ スペクトラル密度）は主観的データに一致します。なぜなら、SN 比 とは無関係に、フォナック SPILN 使用時のアルファ アクティビティは、競合他社の Noise 使用時よりも有意に低いからです。このことは、ステレオズームによる雑音抑制は、競合他社の Noise で有効化されたアプローチよりも効果が大きいことを示している可能性があります。これにより、フォナックの SPILN での聞くための努力が競合他社の Noise と比較して主観的にも客観的にも低くなります。

各 SN 比の値を使用してすべての状況下で十分な語音明瞭度を保証する場合、反応精度に関して（正確に思い出した言葉の%）、フォナックの SPILN および競合他社の Noise 間で有意な差は存在しませんでした。競合他

社の Noise 使用時の聞きとりに要した努力の上昇は、代償性プロセスの潜在的な指標である場合があります。この指標は、認識能力を良好なレベルに維持するために不可欠です。言い換えれば、競合他社の Noise 使用時に、フォナックの SPILN 使用時のステレオズームと同等レベルの効果を実現させるには、参加者は（神経）資源にもっと「投資」する必要があります。この投資の増加は、聞くための努力の増加として顕現し、神経性心理学的レベルと同様に主観的にも証明されています。

EEG は、有用で有益な方法を構成して、聞くための努力を客観的に評価し定量化します。この事例では、とりわけ騒がしい環境下で競合他社よりもステレオズームの方が聞くための努力を軽減することを明らかにしました。

参考文献

Appleton-Huber, J., & König, G. (2014). Improvement in speech intelligibility and subjective benefit with binaural beamformer technology. *Hearing Review*, 21 (11), 40-42.

Jasper, H. H. (1958). The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, 371-375.

Krueger, M., Schulte, M., Brand, T., & Holube, I. (2017). Development of an adaptive scaling method for subjective listening effort. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 141 (6), 4680-4693.

Latzel, M., & Appleton-Huber, J. (2015). StereoZoom - Adaptive behavior improves speech intelligibility, sound quality and suppression of noise. *Phonak Field Study News*, retrieved from <https://www.phonakpro.com/com/en/resources/information-forms/evidence.html>. accessed June 27th, 2018.

McGarrigle, R., Munro, K. J., Dawes, P., et al. (2014). Listening effort and fatigue: what exactly are we measuring? A British Society of Audiology Cognition in Hearing Special Interest Group 'white paper'. *International Journal of Audiology*, 53, 433-440.

Pichora-Fuller, M., Singh, G. (2006). Effects of age on auditory and cognitive processing: implications for hearing aid fitting and audiological rehabilitation. *Trends in Amplification*, 10 (1), 29-59.

Picou, E. M., Aspell, E., Ricketts, T. A. (2014). Potential benefits and limitations of three types of directional processing in hearing aids. *Ear and Hearing*, 35 (3), 339-352.

Rabbitt, P. (1968). Channel-capacity, intelligibility and immediate memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 20, 241-248.

Strauß, A., Wöstmann, M., Obleser, J. (2014). Cortical alpha oscillations as a tool for auditory selective inhibition. *Front Human Neuroscience*, 8 (350), 1-7.

Winneke, A., Meis, M., Wellmann, J., Bruns, T., Rahner, S., Rennies, J., Wallhoff, F., Goetze, S. (2016a). Neuroergonomic assessment of listening effort in older call center employees. *Proceedings of the 9th AAL Kongress, Frankfurt/Main*.

著者と調査員

外部の主任研究員
Axel Winneke



2004年にマサチューセッツ大学で生物学的心理学の修士号を取得し、2009年にモントリオールのコンコーディア大学で実験心理学の博士号を取得。研究テーマは、認識および知覚の神経生理学的な測定です。デジタルメディア技術に関しオルデンブルグのブラウンホーファー研究機構の聴覚、発話、音声技術部門で上席研究員を務め、聞きとり努力のテーマに重点をおき、神経学的人間工学の分野で応用研究プロジェクトに従事しています。

研究調査員
Matthias Latzel



1995年にドイツのボーフムとオーストリアのウィーンにて電気工学を専攻。2001年に博士号を取得後、2002～2004年までギーゼン大学の聴覚学部に博士研究員として在籍。2011年、Phonak Germanyの聴覚学部門のリーダーに就任。

2012年以降、スイスのPhonak AGで臨床研究マネージャーとして勤務しています。

著者
Jennifer Appleton-Huber



2004年にマンチェスター大学で聴覚学の理学修士号を取得。2013年までは聴覚学者として主にイギリスとスイスで活動し、補聴器と人工内耳の分野で成人および小児と関わってきました。フォナック本社の技術編集マネージャーを務めています。

Phonak

Field Study News

メディア ストリーミング：補聴器装用者が好む音質

この研究をデンマークの DELTA SenseLab で行った結果、テレビ視聴用のフォナックの最新ソリューションである オーデオ マーベル補聴器とテレビコネクターの組み合わせによるストリーミング音質が、類似の製品の中で 1 番優れているとの評価を受けました。オートセンス OS 3.0 は、機能向上の一環としてストリーミングした音声信号を分類する機能も備え、全体として好感度の高いソリューションであるとの評価を受け、補聴器装用者が「理想的」とする音質にきわめて近い音質を提供します。

はじめに

どの種類のメディアを好むかは世代により異なり、高齢者の方がメディアを視聴する時間が長く、テレビやラジオといった従来の種類が主体となっています。(Nielsen, 2017) オンライン版のニューヨーク・タイムズ紙によると、ライブ視聴がテレビかストリーミングコンテンツに関係なく、米国人は平均して、メディアの視聴に毎日 5 時間以上費やし、50 歳以上の年齢層ではもっとも長く、1 週間で 50 時間前後に達します (Koblin, 2016)。これは特定の国に限られた現象ではありません。2021 年までに世界全体で、16.8 億の家庭にテレビが少なくとも 1 台行き渡ると予測されています。テレビを観ることは高齢者にとって、「社会と関わりを保ち、日常生活を構築し、物事を考えたりする必要性を満たす」活動的な方法であり、良い効果をもたらすことが証明されています (Oestlund, Jönsson & Waller, 2010)。しかし残念なことに、聴力が低下した高齢者は、テレビを観るとさまざまな理由からストレスを感じる可能性があります。

第一に、音量の好みは家族それぞれで異なります。2015 年に実施された調査では、回答者の 45% が、テレビを観る際の大きな不満のひとつとして、快適なレベ

ルに音量を上げると他の家族から音が大きすぎると文句を言われることを挙げています (Strelcyk ら, 2015)。この問題に対処するため、音響ストリーミング機器に補聴器を接続し、入力内容を補聴器にワイヤレスで直接ストリーミングすることを補聴器装用者が選択できるようにしました。これにより、家族の設定した音量とは別に、好みの音量に調節できるようになりました。

また、Strelcyk ら (2015) によると、俳優のセリフが外国語だったり、バックグラウンド音楽が大きかったり、視覚からヒントが得られなかったりすると、ことばの理解が難しいこともストレスの原因となっています。

音を自動的かつ柔軟に分類することは、補聴器のマイクロホンに直接入る音響入力信号を処理する標準的な方法になりました。フォナックは 1990 年代の後半、クラロのプラットフォームに オートセレクトを搭載して以降、日常の聞こえにおけるニーズに応えるべく、オートセンス OS による音の体感の向上を目標に何年も尽力を続けてきました。音の性能に関する研究によると、補聴器装用者は、自分で選択した手動プログラムと比較して、プログラムやオートセンス OS 分類機能で生成された騒音下での語音明瞭度の方が 20% 優れていると常に評価しています。

(Übelacker & Tchorz, 2015) – しかし、ストリーミングされた信号の分類についてはどうなのでしょう。これまで、音響信号と同様にメディアからの信号も音の特性は多様であるという事実を考慮せずに、メディアのストリーミング音の処理が行われてきました。ストリーミング信号は今日まで、静かな環境下の音響特性に基づく単一のプログラムを使用し、どれも同じ方法で処理されてきました。しかし統計によると、2010 年代の中頃に高い視聴率を得たテレビ番組は、ドラマ、リアリティショー番組、国際的なスポーツのイベントであり (Statista, 2017)、このような放送内容の音響環境は、会話のみ、騒音下や音楽の中での会話、音楽だけに分類されます。

米国の PARC (フォナック聴覚調査センター) で行われた内部研究では、会話が中心の音のサンプルと音楽が中心の音のサンプルで、参加者の音質の好みが変わっていました。この結果は、補聴器のマイクロホンに入力される音だけでなく、補聴器に直接ストリーミングされるメディアにも当てはまりました (Jones, 2017)。

以前の研究で、フォナックのテレビコネクターとオーディオ B-ダイレクトの組み合わせが、会話を含むテレビ番組では特に、好感度の点で競合他社より優位に立ちました。また、そのシステムの音質が、補聴器装用者が判定した理想的なプロファイルにきわめて近いこともわかりました (Legarth ら, 2017)。この研究の後も、オートセンス OS の機能は拡張を続けています。現在の AutoSense OS 3.0™ (オートセンス OS 3.0) は信号の性質 (会話中心か音楽中心か) に基づき、メディアストリーミングの音を分類する機能も備えています。次に述べる研究の目的は、以前の製品と競合他社の現在のソリューションに照らし合わせ、オートセンスによる改良の影響を評価することです。

検証方法

参加者

フィッティングのトレーニングを受けた軽度から中等度の難聴者 15 人を研究に募り、平均年齢が 73.7 歳 (年齢幅 64 ~ 83 歳) の男性 9 人と女性 6 人が参加しました。どの参加者も母語はデンマーク語で補聴器の装用経験があり、研究に先立ち訓練を受け、聞きとり作業に慣れた結果、上級の装用者と認められました (Legarth ら, 2012)。

使用機器

参加者は 7 種類の補聴器と付随するテレビ ストリーミング ソリューションを試用しました。これらの補聴器の内訳は、新しいフォナック オーデオ マーベル、フォナック オーデオ B-ダイレクト、競合他社 5 社の高性能補聴器です。どの補聴器でも、閉塞ベントのスリムチップを使用し推奨されるデフォルトの初回フィッティングを選択、周波数圧縮機能のアルゴリズムがある場合はオフにしました。製造メーカーの違いによるばらつきを抑え設定を同等にするため、RECD のパラメーターを KEMAR (ノウルズ・エレクトロニクスの音響調査用電子マニキン) に合わせてフィッティングしましたが、フォナック製品では、そのパラメータのみが推奨設定から逸脱しました。

ストリーミング プログラムはどの補聴器でも手動ボタンを押して起動し (該当の場合)、ストリーミングと音響入力はどちらも製造メーカーの推奨バランスになるよう設定しました。

どの補聴器も、対応するテレビストリーミング機器にワイヤレスで接続し、ストリーミング機器を 49 インチのサムスン テレビにケーブルで接続しました。テレビを HDMI で研究所のパソコンに接続し、音声ストリーミングの非圧縮の原版を放送サンプルとして、研究所のパソコンに実装の Adobe Audition 3.0 からテレビストリーマーを中継して補聴器まで送信しました。

デンマークのテレビ番組の代表として 6 種類の放送視聴サンプルを選択し、会話のみ、音楽のみ、騒音下のさまざまな会話を含むサンプルを使用し、ストリーミングソリューションをテストしました (表 1)。

サンプルの説明	
1	テーマ曲「Broen」 デンマークのテレビドラマの主題曲
2	音楽 ロイヤルアルパートホールでのライブコンサートでエリッククラブトンが歌った「アイ・ショット・ザ・シェリフ」
3	「Broen」中の対話 デンマークのテレビドラマ中の対話
4	ニュースデンマークテレビのニュース
5	スポーツ チャンピオンズリーグのフットボール試合
6	「Broen」の騒音下での会話 デンマークのテレビドラマのアクションシーン

表 1：音響出力から 3m 離れた KEMAR で、補聴器ストリーマーソリューションの音声を録音するために使用したデンマークのテレビ放送のサンプル一覧

7組の補聴器とテレビストリーマーのペアからの出力は、KEMARの標準化室で録音しました。参加者は校正済みのヘッドホンで音声を聴くと同時に、音声に対応する同期映像をテレビで観ました。

手順

録音後、4つの手順どおりに研究を進めました。

(1) 研究参加者が、7つの補聴器のメディアストリーマーをそれぞれ知覚的に評価し、特性を判定しました。この特性は、テストに使用した補聴器のストリーマーを区別する重要な手がかりを把握するために必要でした。そのため、参加者の8人は事前の打ち合わせでストリーマーの録音内容をすべて入手した後、合意形成会議に出席し、補聴器のプロファイルの評価に使用する特性、基準、定義をまとめました。定義された特性の内容は下記のとおりです。

- 低音 - 深い音色薄く不明瞭と知覚された音は、低音をほとんど含まない。暗くて深いと知覚された音は、低音を多く含む。
- 甲高い - 明るい音色あまり甲高くない音は、「キルトをかぶって聞いている」ように響き、細かい音が聞こえない。とても甲高い音は舌足らずに聞こえ、鋭く耳をつんざくように聞こえることもある。
- 反響 - 反響を多く含むと、音が消えないように聞こえる。エコーが聞こえる場合、反響を多く含むと考えられる。
- 自然さ - テレビの内容に合った、自然で現実味のある音の流れか？
- ダイナミックさ - 音がどの程度生き生きと感じられるかを表す平坦な強弱は、含まれる音が平坦で高圧的ではない音の意味する。強弱に富むと生き生きと聞こえ、現実の音により近くなる。
- 繊細さ - 繊細な音が消え混じり合いよどんでいるか？または、分解能が高ければ繊細な音ははっきりと明瞭に聞こえるか？分解能が高ければ、声の語音明瞭度が向上する可能性あり。

(2) 7種類の補聴器に放送サンプルを6つ流し、全体的な好感度を評価しました。参加者15人全員は、信頼性の確保のため、好感度評価テストを2回繰り返しました。参加者は、SenseLabOnlineTM（視

聴テストに役立つ登録商標ソフトウェア）を使用し好み度を評価しました（二重盲検ランダム化）。程度の範囲は0から15までで、0はまったく好きではない、15はとても好きを意味します。偏りを防ぐため、どのサンプルの音圧も均一にしました。

- (3) 3番目の手順として、二重盲検ランダム化試験に15人が参加しました。研究の参加者はSenseLabOnlineを使用し、任意の特性に対する好感度を特定しました。ソフトウェアに従い、参加者は、放送サンプルおよび特性それぞれについて、すべての補聴器とそのストリーミングソリューションを評価しました。その後、各種の音のサンプルで得た体感に基づき、理想的なポイントを特性ごとに決定しました。こうして理想のプロファイルが出来上がりました。
- (4) 全体的な好感度評価をもう一度行った結果、元の評価と一致しており、これはテストの信頼性が高いことを示します。

結果

フォナックのオーディオマーベルとテレビコネクターの組み合わせが理想的なプロファイルにほぼ一致

図1のプロファイルプロットに、前述の音のサンプル6つすべてについて、参加者が理想的と判定したプロファイルを示します。各特性における理想的な評点は、参加者がそれぞれ最適と考える評点を平均した結果です。理想のプロファイルの特徴は次のとおりです。

- 音質と低音のバランスがとれている
- 反響は中程度
- とげとげしていない
- 強弱がはっきりし、細かい音も聞こえ自然な響き

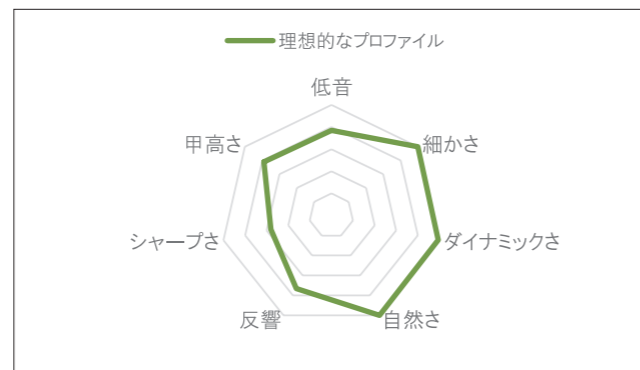


図1：6つの音のサンプルすべてについて、テストの参加者が判定した理想的な音のプロファイル

図2は、フォナックオーディオマーベルとテレビコネクターのペアについて参加者が判定したプロファイルプロットで、理想的なプロファイルにきわめて近い形をしている。

競合他社5社のソリューションのうち、プロファイルプロットがフォナック（つまり理想的なプロファイル）に類似しているのはひとつだけです。ただし、参加者はこのソリューションの音声を、好感度の高い理想的なソリューションであるフォナックオーディオマーベルより、とげとげしていると評価しています。

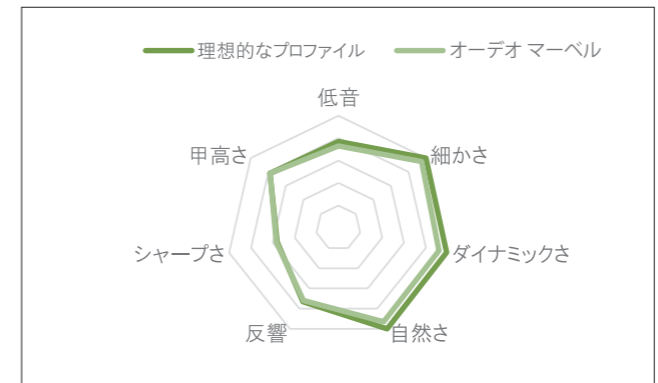


図2：オーディオマーベルとテレビコネクターの組み合わせのプロファイルは、理想的なプロファイルに重なる。

競合他社のソリューションを凌駕するフォナックのオーディオマーベルとテレビコネクターの好感度

図3に示すように、競合他社2社との違いは統計的に有意差は見られないものの、フォナックのオーディオマーベルソリューションが全体として好感を持たれていることが2回のテストを通じて証明されました。

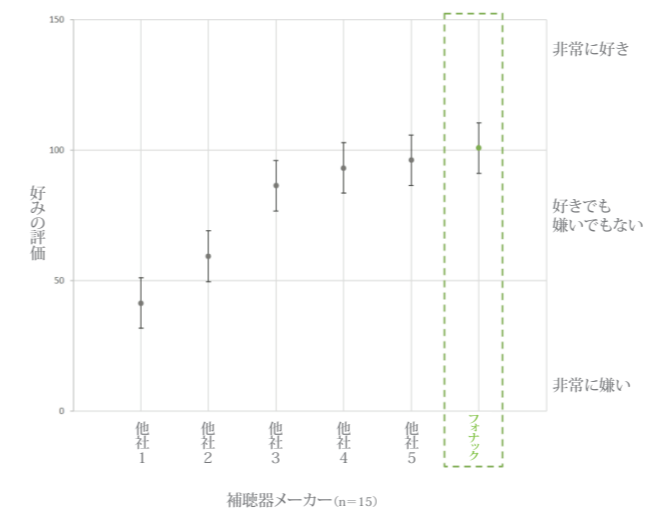


図3：使用した放送サンプルすべてに対する評点を平均して得た全体的な好感度。再テストの実施により高い信頼性を確保

まとめ

市場調査によると、テレビの視聴は人気の高い娯楽であり世界中の人が楽しんでいます。補聴器装用者はテレビを観る際、視覚からヒントが得られないと会話をはつきり理解できないことだけでなく、家族間で好みの音量設定が違うことからストレスを感じると報告されています。

装用者は音響メディアをストリーミングする際、主に次の2つの点について好感度を評価します。会話に富む入力音声では語音明瞭度、音楽番組や騒音の多い放送番組では音質です（Jones、2017）。

フォナックのオーディオマーベルとテレビコネクターの組み合わせはストリーミングメディアを聞くのに理想的なプロファイルにきわめて近く、補聴器装用者から、ストリーミングソリューションの中でもっとも高い評価を受けています。この事実は、オートセンス OS 3.0 を搭載したフォナックオーディオマーベルが、ストリーミングされたメディアを独自の方法で分類できるようになったこと、言い換えれば、補聴器装用者が、フォナックの技術を通じ、理想的な聴覚パフォーマンスを日常生活で得られることを証明しています。

参考文献

Legarth, S., Simonsen, C.S., Dyrland, O., Bramsløw, L. & Jespersen, C.T. (2012) .Establishing and qualifying a hearing impaired expert listener panel.Poster at the International Hearing Aid Research Conference, Lake Tahoe, California.

Legarth, S., Latzel, M. & Appleton-Huber, J. (2017) .TV Connector – superior listening to television programs containing speech.Phonak Field Study News, retrieved from www.phonakpro.com/evidence, accessed July 16th, 2018.

Jones, C. (2017) .Preferred settings for varying streaming media types (Sonova2017_10) .Chicago, IL.Unpublished raw data.

Koblin, J. (2016) .How much do we love TV? Let us count the ways.Retrieved, from <https://www.nytimes.com/2016/07/01/business/media/nielsen-survey-media-viewing.html>, accessed July 16th, 2018.

The Nielsen Total Audience Report: Q1, 2017. (n.d.) .Retrieved, from <https://www.nielsen.com/us/en/insights/reports/2017/thenielsen-total-audience-report-q1-2017.html>, accessed July 16th, 2018.

Oestlund, B., Jönsson, B. & Waller, P. (2010) .Watching Television in Later Life: A deeper understanding of the meaning of TV viewing for design in geriatric contexts.Scandinavian Journal of Caring Sciences 24 (2) :233-43.

Statistacom. (2018) .Statista.Retrieved, from <https://www.statista.com/statistics/201565/most-popular-genres-in-us-primetime-tv/>, accessed July 16th, 2018.

Strelcyk, O., Singh, G., Standaert, L., Rakita, L., Derleth, P., & Launder, S. (2015) .TV/media listening and hearing aids.[Poster]. Presented at the 2017 International Hearing Aid Research Conference in Lake Tahoe, CA, retrieved, from www.phonakpro.com/evidence, accessed July 16th, 2018.

Übelacker, E., & Tchorz, T. (2015) .Untersuchung des Nutzens einer Programmwahlautomatik für Hörgeräteträger, Hörakustik 1/2015.

著者と調査員

外部研究責任者 Søren Vase Legarth



デンマーク工科大学を2004年にM.Sc. E.Eとして卒業。専門は音響学。卒業後、DELTAの音響部門に就職し、SenseLabが始動した2007年に氏の責任において、訓練されたテストパネル、ラボ設備と開発のテスト向けソフトウェアを構築しました。2011年に部門の代表に就任。

内部研究責任者 Matthias Latzel



1995年にドイツのボーフムとオーストリアのウィーンにて電気工学を専攻。2001年に博士号を取得後、2002～2004年までギーゼン大学の聴覚学部に博士研究員として在籍。2011年、Phonak Germanyの聴覚学部門のリーダーに就任。2012年以降、スイスのPhonak AGで臨床研究マネージャーとして勤務しています。

著者 Tania Rodrigues



南アフリカ共和国のケープタウン大学でオーディオロジストの資格を取得。英国で公的・私立セクターの両方に勤務し、多様な臨床経験を積み、2013年にフォナックに入社。現在、スイスのフォナック本社の聴覚訓練および教育マネージャーです。