

Phonak

Field Study News

オートセンス OS 4.0 -聴取努力の大幅な減少と語音明瞭度の向上

ドイツにあるオルデンブルク聴覚センター（Hörzentrum Oldenburg）で行われたこの研究は、新機能のスピーチエンハンサーとダイナミックノイズキャンセルを備えた新しいオートセンス OS 4.0 について検証しました。その結果、スピーチエンハンサーを使用することで遠距離での会話において聴取努力が大幅に減少され、語音明瞭度も明らかに向上されたことが証明されました。また、ダイナミックノイズキャンセルを使用することで騒音下での聴取努力が減少することも分かりました。

Appleton-Huber, J. / 2020 年 11 月

キーポイント

- スピーチエンハンサーは、遠距離での会話において聴取努力を大幅に減少することが証明されました。
- スピーチエンハンサーをオンにした場合とオフにした場合の聴取努力と語音明瞭度について比較した結果、参加者はオンにした場合がを好みました。
- ダイナミックノイズキャンセルを使用することで、聴取努力が減少されることが示されました。
- ダイナミックノイズキャンセルの強度が強ければ強いほど、聴取努力は減少されることが検証で示されました。

実践に関する考察

- スピーチエンハンサーを使用することで聴取努力が大幅に減少され、特に距離が離れたところから話しかけられた場合のユーザーの補聴器に対する満足度が上がっています。
- 騒音抑制の強弱に関しては個人個人の好みを持っているユーザーが多いと言われています。マイフォナック アプリ 4.0 はダイナミックノイズキャンセルの強度を調節することができます。

はじめに

静かな環境下での聞き取りは、補聴器の効果測定における最大の影響因子であると言われています（Dillon, 2018 年）。このため、静かな環境において小さな話し声を拾うことができる聴覚ソリューションは、補聴器ユーザーにとって大きなメリットです。

補聴器ユーザーからは、騒音下での会話を理解することが最大の困難の1つであると言われていています（例：Abrams ら, 2015）。フォナック マーベルの空間的騒音抑制 SNR ブーストは、空間的キューを使用して前方からの会話と周囲のノイズを区別できます。これで騒音抑制をより適切に適用し、前方から届く音声の SN 比をさらに高めることができます。また、騒音抑制の強弱に関してはユーザー個人個人の好みが異なっていて、騒音の煩わしさと会話音声の自然さのどちらに強く関連していることがある研究で示されました（Brons ら, 2013 年）。騒音抑制の

強度を最大に設定したいと考えているユーザーは、快適さを最も重視し、音質の自然さにはあまり敏感ではありません。一方で音質を優先するユーザーは、より自然な音声の認識を維持するために強度がそこまで強くない騒音抑制に設定を希望します。

フォナック オーデオ パラダイスの発売に伴い、全ての聴覚パフォーマンス機能を制御するオートセンス OS がさらに改良されました。最新バージョンはオートセンス OS 4.0 です。既存の全ての機能に加えてスピーチエンハンサー、ダイナミックノイズキャンセル、そして歩行時の語音明瞭度を向上するモーションセンサーヒアリングなどの新しい機能を搭載しています（Appleton-Hube, 2020 年； Voss ら, 2020 年）。

スピーチエンハンサーは、遠距離での会話や静かな環境下で小さな声の会話を聞き取れることができるように設計されました。入力音が 30~50 dB で、SN

比が+10 dB 以上の場合においては最大 10dB の追加利得が得られます。

ダイナミックノイズキャンセルは、指向性ビームフォーマーと組み合わせて使用する空間的な騒音抑制です。聞き取り困難な環境下における SN 比を改善します。ユーザーは自分の好みに合わせて、マイフォナック アプリ 4.0 を使用してリアルタイムでダイナミックノイズキャンセルの強度を調節することができます。このようなパーソナライズによって、パラダイスのユーザーが聞き取り困難な環境下における快適さや聞きやすさを好みに合わせて設定できることが可能になりました。

目的

この研究は、オートセンス OS 4.0 のスピーチエンハンサーとダイナミックノイズキャンセル機能について評価することを目的としました。具体的には、静かな環境や騒がしい環境など典型的な日常生活の聞き取り環境下において、オーディオ P90-R に搭載されているこれらの機能を従来のテクノロジーと比較し、聴取努力の減少や音質の改善があるかどうかを検証してみました。

方法

参加者

男性 10 名、女性 9 名で計 19 名の参加者がいました。平均年齢は 71 歳です（標準偏差 = 9.4 歳）。参加者の聴力レベルは中等度～重度で、補聴器の装用経験は 2 年以上です。過去 1 年以内に実施された聴力検査の結果をオルデンプルク聴覚センターのデータベースに登録しました（図 1）。参加基準は、最新のテクノロジーに興味を持ち、スマートフォンやタブレットなどの使用経験がある方としました。また、一緒に暮らす同居者がいることも条件としました。

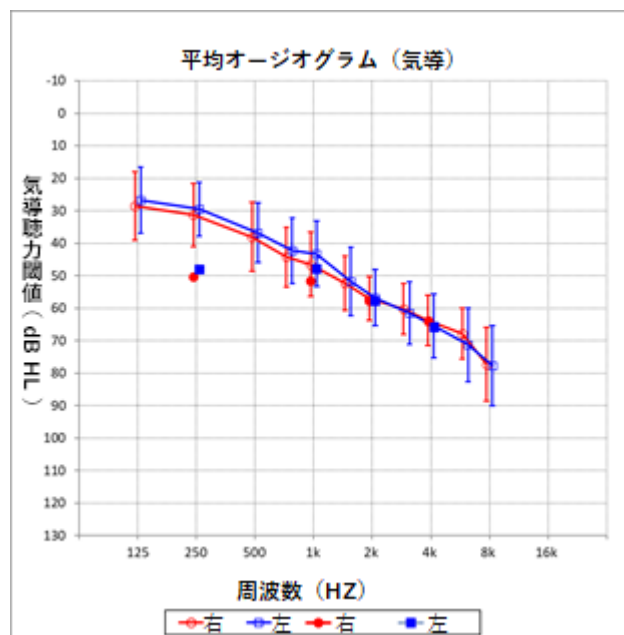


図 1. 参加者の平均オージオグラム

設備

この研究は Covid-19 パンデミック中の 2020 年 4 月～5 月にドイツで行われたため、当時のソーシャルディスタンスの規定によりクリニックでの対面式な実施はできませんでした。研究員と参加者の直接の接触を避けるために、「リモート スタディー セットアップ」という遠隔で実験を行われるものが設計され、これを利用して検証を行いました。「リモート ヒアリング ラボ」（以下、ラボ）というスーツケースのような装置（図 2）を、参加者の自宅に送りました。ラボには、フィッティングソフトウェア Phonak Target の完全版、NOAHlink Wireless と組み合わせたタブレットが入っていて、そのタブレットの中に説明用の録音データと様々な聴力検査用ソフトウェアがインストールされました。また、録音を聴くためのヘッドホン、スピーカー、音量調節可能な内蔵マイク、そして緊急時の「オフ」ボタン（必要に応じて録音の再生を停止するためのもの）などもタブレットに装備されました。



図 2.参加者が自宅で受け取ったラボ

ラボのセットアップ

参加者には同梱されている説明書に従ってラボをセットアップするように指示しました。ダイレクトなコミュニケーションを取れるように研究員は参加者に電話をかけ、ビデオ通話を使用して参加者をサポートしました。外耳道に補聴器が正しく装用されているかどうか、耳垢の影響があるかどうかを確認するためにオーディオグラムダイレクトを実施しました。参加者の自宅の音響環境をより正確に把握するために、スピーカーと内蔵マイクを使用して会話レベルと残響レベルを測定し、調整しました。

実験用補聴器およびフィッティング

フォナック マーベル（オーディオ M90-R）とフォナック パラダイス（オーディオ P90-R）をパワー型耳せん付きで参加者に送付しました。どちらも APD 処方方式（Latzel, 2013 年； Woodward ら, 2020 年）に基づいて、個々の聴力レベル（オルデンブルク聴覚センター参加者データベースから取得）にプログラムされていました。オーディオ M90-R はオートセンス OS 3.0 のデフォルトに設定し、オーディオ P90-R は新しいオートセンス OS 4.0 に設定しました。

環境

事前準備として、オルデンブルク聴覚センターの研究室で参加者の自宅での実験に必要な音声データを録音しました。2 種類のシナリオをシミュレートしました：

シナリオ #1: 静かな環境下で遠くの（小声）会話を聞く。

16 個のスピーカーの中央に実験用模擬ヘッド（KEMAR）を配置しました（図 3）。実験用模擬ヘッドは、各参加者のオーディオグラムに従ってプログラムされた実験用補聴器に適合しました。マトリックス型了解度試験（Oldenburg Sentence Test, OLSA）は、4 つの仮想距離（1、2、4、8 メートル）をシミュレートしたスピーカーから音声文を再生し、これらの距離における補聴器の出力を参加者ごとに記録するテストです。録音はスピーチエンハンサーをオン/オフにした場合の 2 つの条件で行われました。



図 3. リモート実験で使用する音声データの録音のセットアップ

シナリオ #2: 騒音環境下で会話を聞く。

セットアップはシナリオ #1 と同じですが、0° の位置にあるスピーカーからのターゲット信号が女性の話し手の録音に変わります。他のスピーカーは 68dB（A）の背景雑音を提示します。録音は SN 比をそれぞれ -3dB、0 dB、+3dB にし、以下 4 つの条件で行われました。

- ・オーディオ P90-R を使用した場合：弱、初期設定、強に設定したダイナミックノイズキャンセル

- ・オーディオ M90-R を使用した場合：初期設定に設定した SNR ブースト

聴覚学的な評価

自然な受け入れと自宅トライアル：フィッティング直後、参加者はオーディオ M90-R とオーディオ P90-R に対する音の自然な受け入れを自己評価しました。また、実環境（自宅）で2つの補聴器に対する長期的な認識について質問紙に記入する形で1週間にわたって自己評価しました。

一対比較：参加者は実験用の各録音をヘッドホンで聴きました。シナリオ #1 では、聴取努力、ことばのラウドネス、語音明瞭度、騒音抑制、音質、全体的な好みなど全ての条件で比較し、どの録音が好みであるか判断しました。シナリオ #2 では、SN 比が 0dB で録音された条件のみを比較しました。

ACALES（AdaptiveCategorical Listening Effort Scaling）：参加者は実験用の各録音をヘッドホンで聴きました。異なる条件での聴取努力をそれぞれ評価しました。ここは、シナリオ #1 とシナリオ #2 で録音された全ての条件を提示し、評価しました。

結果

自然な受け入れと自宅トライアルのほとんどの項目において、統計的に有意差があるとは言えなかったものの、オーディオ M90-R よりもオーディオ P90-R の方がより好みであると評価されました。

図4は、参加者に聴取努力と語音明瞭度どちらの設定を好むかを尋ねた際のスピーチエンハンサーの一対比較テストの結果（好みだと回答した数）を示しています。2つの項目（聴取努力と語音明瞭度）において、スピーチエンハンサーを有効にした方が好みであることを下記のグラフが明確に示しています。より離れた距離での会話においてこの有意な観察結果が多く見られました。

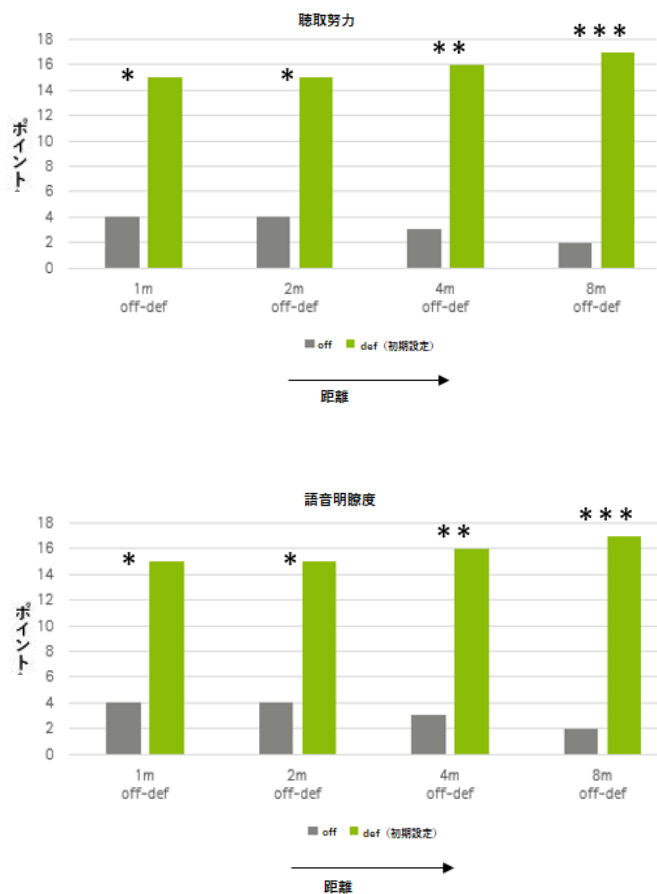


図 4.聴取努力と語音明瞭度の項目においてスピーチエンハンサーをオン/オフにした場合の比較図。Def = 初期設定（オン）。アスタリスクは統計的な有意性を示します * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.005$, **** = $p < 0.001$. ポイントはその条件が好みであると選ばれた回数を意味します。

図5は、語音明瞭度、騒音抑制、聴取努力について各条件を比較した場合の結果を示しています。ダイナミックノイズキャンセルとマーベルに搭載された SNR ブーストの設定の違いについては、スピーチエンハンサーの比較結果のような明確な結果は得られませんでした。統計的に有意な結果ではありませんが、見て分かるようにこの傾向は期待通りでした。騒音抑制についてはダイナミックノイズキャンセルを有効にした（初期設定と強の設定）場合が最も好まれています。この結果は、参加者に聴取努力においてどの条件が好みであるか尋ねた際にも反映されました。幸いなことに、ダイナミックノイズキャンセルを使用しても語音明瞭度が低下することはありませんでした。一方で、語音明瞭度の傾向は一般的な単一マイクロホンで行う騒音抑制機能とは逆に、ダイナミックノイズキャンセルについては強に設定

した場合の語音明瞭度が最も好まれたという結果になっています。

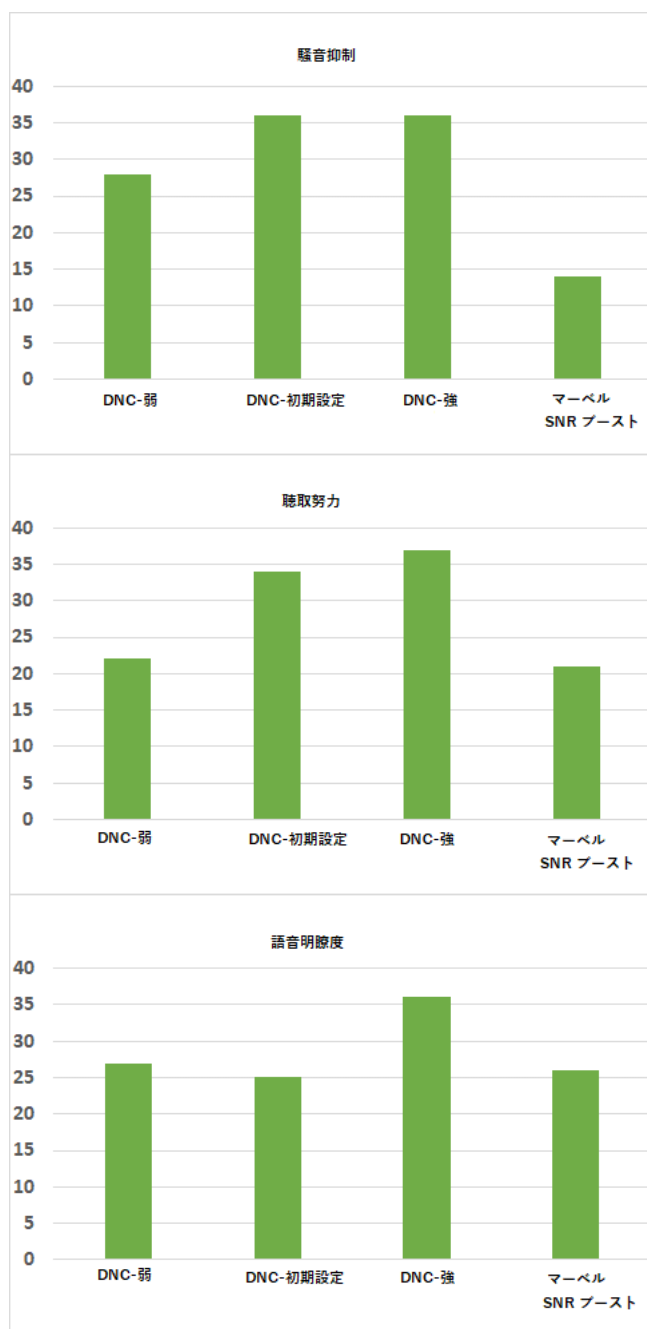


図 5. 弱、初期設定と強に設定したダイナミックノイズキャンセル (DNC) を、オーディオ M90-R の SNR ブーストと語音明瞭度、騒音抑制、聴取努力の項目で比較。縦軸はポイントを示しています。

ACALES を用いた聴取努力のスケーリングでは、テストデザインと期待値に従ってスピーチエンハンサーをオン/オフに切り替えた場合、距離が離れるほどより多くの聴取努力が必要となることが判明され、より信頼性の高いデータが得られました。スピーチエンハンサーの オン/オフを比較することにより、一対比較の結果を補強することができます。スピーチ

エンハンサーをオフにした場合よりもオンにした場合の方の聴取努力が、4 つの全ての距離において 3(!) 以上も減少しました (図 6) 。 スピーチエンハンサーをオンにした場合とオフにした場合でかかる聴取努力が大きく変わることがこれらの結果で証明され、新しいスピーチエンハンサーの利点も示されました。これは統計的に非常に有意な結果となりました ($p = 0.000$) 。

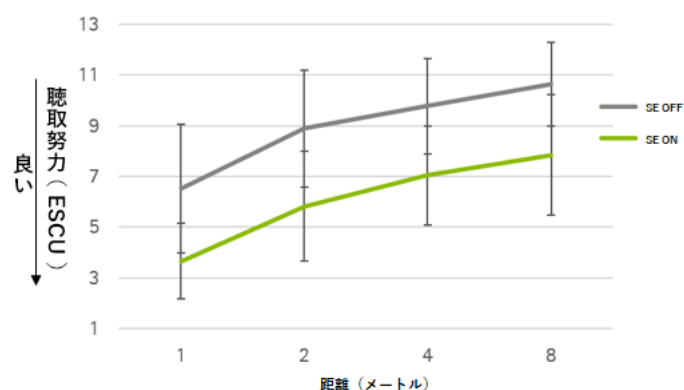


図 6. スピーチエンハンサー (SE) をオンとオフにした場合で測定した ACALES を用いた聴取努力の比較。ESCU = Effort Scaling Categorical Unit。1 = 聴取努力が必要ない, 13 = 聴取努力がとても必要

3 つのダイナミックノイズキャンセル設定を SNR ブーストと比較した聴取努力のスケーリングによって、新しい騒音抑制アルゴリズムの有用性が明らかになりました (図 7) 。

各ダイナミックノイズキャンセル設定の比較：聴取努力はダイナミックノイズキャンセルの強度の増加により減少します。この結果が、マイフォナック アプリ 4.0 を使ってユーザーがダイナミックノイズキャンセルの強度を個別に調節できる機能につながりました。ダイナミックノイズキャンセルの初期設定と強の設定の間に差に統計的な有意性はありませんでしたが、弱の設定と強の設定の間には統計的な有意性があることが証明されました。

ダイナミックノイズキャンセルと SNR ブーストの比較：SNR ブーストをオーディオ M90-R で使用した場合よりも、ダイナミックノイズキャンセルを弱の設定でオーディオ P90-R 使用した場合の方が、統計的な有意性は無いものの、聴取努力が少し増加します。初期設定のダイナミックノイズキャンセルでは、従

来の騒音抑制と次世代の騒音抑制における聴取努力はほぼ同等になります。ダイナミックノイズキャンセルを強に設定した場合、聴取努力はマーベルで SNR ブーストを使用した場合よりも大きく低下しました。これは、SN 比-3dB から +3dB までの全範囲にわたって統計的に有意な結果です。

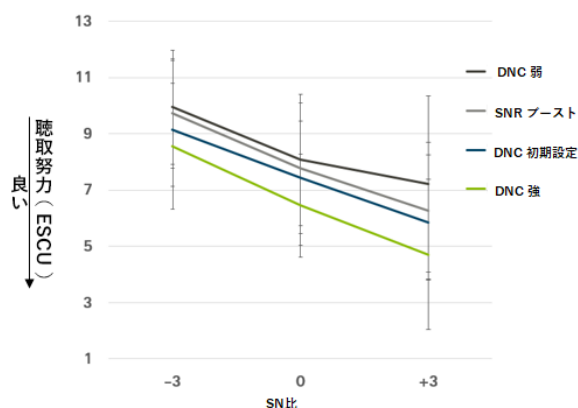


図 7. 弱、初期設定、強に設定したダイナミックノイズキャンセルと、SNR ブーストを有効にしたオーディオ M90-R の聴取努力の ACALES 評価。ESCU = Effort Scaling Categorical Unit. 1 = 聴取努力が必要ない、13 = 聴取努力がとても必要

結論

この研究の結果は、特に離れた場所で会話をする際における聴取努力と語音明瞭度において、スピーチエンハンサーを有効にした場合の主観的評価が高いことが分かりました。また、聴取努力のスケーリングから、スピーチエンハンサーを使用することで（特に距離が離れている場合）、聴取努力が大幅に減少されることが証明されました。

そしてダイナミックノイズキャンセルの使用により聴取努力が改善することが判明しました。さらに、聴取努力のスケーリングから、ダイナミックノイズキャンセルの設定が強くなればなるほど聴取努力が低下することも分かりました。SNR ブーストを使用した場合よりもダイナミックノイズキャンセルの設定を強に設定した方が明らかに聴取努力が減少しました。

参考文献

Abrams, H. B., Kihm, J. (2015). An introduction to MarkeTrak IX: A new baseline for the hearing aid market. *Hearing Review*, 22(6), 16.

Appleton-Huber, J. (2020). Motion-based beamformer steering leads to better speech understanding and overall listening experience. Phonak Field Study News available at www.phonakpro.com/evidence accessed on October 8th 2020.

Brons, I., Houben, R., Dreschler, W. A. (2014). Effects of noise reduction on speech intelligibility, perceived listening effort, and personal preference in hearing-impaired listeners. *Trends in Hearing*, 13, 18.

Dillon, H., Hickson, L., Seeto, M. (2018). Hearing aids: What audiologists and ENTs should know. Keynote address: World Congress of Audiology. Cape Town, SA.

Latzel, M. (2013). Technical Paper: Adaptive Phonak Digital(APD), available at www.phonakpro.com/evidence, accessed on October 8th 2020.

Voss, S., Pichora-Fuller, M. K., Ishida, I., Pereira, A. E., Seiter, J., ElGuindi, N., Kuehnel, V., & Qian, J. (2020). Evaluating the benefit of hearing aids with motion-based beamformer steering in a real-world setup. Preprint. <https://doi.org/10.31219/osf.io/5xdpj> (Paper submitted to the *International Journal of Audiology*).

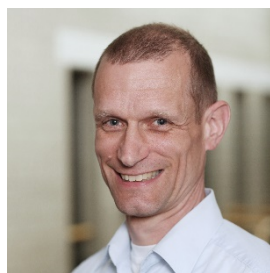
Woodward, J., Jansen, S., & Kühnel, V. (2020). Hearing inspired by nature: the new APD 2.0 fitting formula with adaptive compression by Phonak, available at www.phonakpro.com/evidence, accessed on October 8th 2020.

著者と研究者

原理研究者（外部）



Michael Schulte 博士は 2004 年からドイツのオルデンプルク聴覚センターに勤務し、公的資金によるプロジェクトや産業界との協力による聴力調査を担当しています。2002 年、ドイツのミュンスター大学実験聴覚学研究所の生体磁性センターで博士号を取得しました。2002 年~2003 年までは、ナイメーヘンの F.C. ドンダース認知神経イメージングセンター（オランダ）で博士研究員として勤務しました。彼は特に聴覚について関心があり、聴覚システムの評価法を研究しています。

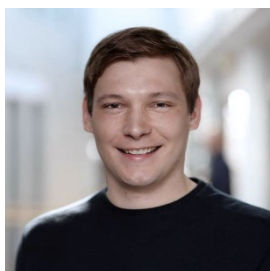


Matthias Vormann 博士は、1995 年に物理学の学位を取得し、2011 年にオルデンプルク大学で博士号を取得しました。2005 年よりドイツのオルデンプルク聴覚センターに勤務し、

主に補聴器メーカーの産業研究や商品開発に従事しています。彼は新しい補聴器の主観的と客観的評価法に興味を持っています。



Müge Kaya は 2000 年からオルデンプルク聴覚センターの医療技術アシスタントとして聴覚システムの評価、特殊聴覚診断、クロスプロジェクトの組織化、実験参加者との連絡を中心に活動しています。



Jan Heeren はドイツのオルデンプルク大学で物理学を学び、2014 年に医学物理学専攻から卒業しました。2012 年に、オルデンプルク大学とオルデンプルク聴覚センターで補聴器評価

と仮想音響学の分野で商品開発に従事しました。2016 年よりオルデンプルクの補聴器システム専門センター（HörTech GmbH）の研究開発部門に所属し、補聴器の評価法に関して研究しています。また、2008 年からフリーランスのオーディオエンジニアとして 500 以上のイベントを開催してきました。

研究コーディネーター



Matthias Latzel 博士は 1995 年にボーフムとウィーンで電気工学を学びました。2001 年に博士号を取得した後、ギーセン大学の聴覚学部で博士研究員を務めました。2011 年にドイツのフォナック社でオージオロジー部の責任者として務めてきました。2012 年からは、スイスの Phonak AG の臨床研究マネージャーを務めています。

著者



Jennifer Appleton-Huber は、2004 年にマンチェスター大学で聴覚学の修士号を取得しました。2013 年までは、聴覚科学者として、イギリスとスイスで成人と小児を対象した補聴器および人工内耳の研究をしていました。現在はフォナック本社の科学オージオロジストとして勤務しています。