Phonak Field Study News.

スピーチエンハンサーは聴取努力の大幅な軽減と距離が離れた場所における語音明瞭度の向上

ドイツにあるオルデンブルク聴覚センター（Hörzentrum Oldenburg）で行われた研究によると、フォナック スマートスピーチ テクノロジーに含まれている機能の一つであるスピーチエンハンサーを使用することで、静かな環境における遠距離での小さな声の会話に対する理解度が大幅に改善することが示されました。また、その評価結果からは遠距離の会話に対する聴取努力が大幅に減少することが示されました。

Latzel, M., Lesimple, C., & Woodward, J. / 2023 年 1 月

重要なポイント

- 最近の市場調査によると、静かな環境で小さな声を聞き取れることは、難聴者にとって最も重要な聞き取り状況のトップ 3 に入ることが示されています（Appleton, 2022 年）。そしてこれは補聴器の効果を感じるかどうかの大きな要因であると言われています（Dillon ら，2018 年）。
- 今回の研究はスピーチエンハンサー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以下のようなメリットがもたらされます。
- 離れた場所からの話し声について、語音明瞭度が 23%向上*
- 隣室からの話し声について、語音明瞭度が 18%向上**
- 離れた場所からの小さな話し声に対する聴取努力が最大 20%減少***

*静かな環境下で 4m 離れた場所からの小さな会話音

**静かな環境下で視覚的な手がかりのない 4m 離れた場所からの小さな会話音

***静かな環境下における 2・4・8m 離れた場所からの小さな会話音

考慮すべき事項

- 離れた場所や隣室からの小さな声の会話が、よりはっきりと聞き取れるような機能を提供することで、補聴器の効果をさらに実感させることができる可能性があります。
- スピーチエンハンサーを使用することで語音明瞭度が向上するだけでなく、聴取努力も軽減します。このことによって、認知的リソースが聴覚から解放され、聴取以外の目的に使えるようになる可能性があります（Sarant ら、 2020 年）
- 補聴器装用経験が豊富なユーザーの場合、スピーチエンハンサーはデフォルトで有効な状態になります。新規ユーザーの場合は補聴器に慣れてからスピーチエンハンサーを有効にすることを検討してください。

はじめに

小さな声の会話に対する聞き取り能力の向上

私たちの日常生活では、効果的なコミュニケーションがとても重要です。それにより、静かな環境でも騒がしい環境でも恋人、友人、同僚、勉強や旅行仲間、そしてコミュニティ全体と繋がり、関係を築くことができるのです。フォナックが最近行った聴覚パフォーマンスと音質に関する調査によると、最も重要な聞き取り状況は以下の 5 つであることがわかりました（Knorr、 2020 年）：

- 騒がしい環境下の 1 対 1 の会話
- 騒がしい環境下のグループ会話
- 静かな環境での小さな声
- 視覚的な手がかりのない会話
- 離れた場所からの会話

つまり、静かな環境での小さな声の会話と距離が離れた場所からの会話を聞き取ることは、聞き取り状況における上位 5 つのうち 2 つを占めるということです。

Appleton は 2022 年に MarkeTrak 10（2019 年）、EuroTrak Germany and UK（2018 年）と Hearing Tracker（2021 年）など最近の様々な消費者調査の結果をまとめました。その結果、騒がしい環境下の 1 対 1 の会話、騒がしい環境下のグループ会話、静かな環境での小さな声の会話が、非常に重要な聞き取り状況または補聴器ユーザーが最も不満を抱いている状況であることがわかりました。つまり、静かな環境で離れた場所からの小さな声を聞き取ることは難聴者にとって非常に重要であると言えます。

興味深いことに、静かな環境で小さな声の会話を聞き取れるという自己報告は、補聴器に対する満足度の強い指標でもあります。Dillon ら（2018 年）は、補聴器装用以前に静かな環境で聞き取りに大きな困難を抱えていた場合に、補聴器装用のメリットを最も感じると述べています。実際、静かな環境での聞き取りは補聴器購入の最大の動機であり、補聴器装用後のユーザーの満足度を示しています。オーディオロジストは騒がしい環境下における会話の理解度を改善する方法を探していることが多いですが、これらの研究結果によると、静かな環境で小さな声の会話や遠距離からの会話を聞き取ることの重要性が示されています。

スピーチエンハンサーの期待できる効果

フォナック オーデオ ルミティには環境の変化に合わせて動作する、スマートスピーチ テクノロジーの一つ、スピーチエンハンサーを搭載しています。この機能は、小さな声の会話や遠距離での会話をよりはっきりと聞き取ることができるよう設計されました。スマートスピーチ テクノロジーは、さまざまな状況下においてことばの聞き取りを向上し、聴取努力を軽減するための様々な機能が環境に合わせてシームレスに連携する技術の集合体です（Appleton、2020 年；Thibodeau、2020 年； Latzel ら、2022 年）。スマートスピーチ テクノロジーの詳細については Woodward らの研究（2022 年）をご参照ください。

スピーチエンハンサーは小さな声を検出し、音声信号を増幅します。音声入力レベルが 55 dB SPL 未満で SN 比が 10 dB 以上の場合に限り有効になります。スピーチエンハンサーは、周囲の音環境を分析

して音声認識機能を自動的に調整するフォナックのオペレーティングシステム「オートセンス OS」の「静かな環境」プログラムで動作し、最大 10 dB の追加の利得を提供します。なお、ユーザーの装用経験を装用経験者または長期装用経験者に設定した場合は初期設定で「静かな環境」プログラムでスピーチエンハンサーが有効になります。新規ユーザーであれば、スピーチエンハンサーを有効にするのはある程度補聴器に慣れてからでもよいと考えます。

スピーチエンハンサーを使用すると、補聴器が拾った小さな声がより増幅されます。実際の環境では孫の小さな声や、別の部屋から話しかけてくる相手の声を聞いたり、友人とコーヒーを飲みながらの会話であったり、また広いオフィスで向かいのデスクの同僚と会話をするといったシーンが当てはまります。実際、多くの人は開放的な空間で生活を送っており、距離のある場所におけるコミュニケーションの重要性はさらに高まっています。

聴取努力の重要性

先行研究によると、難聴者は疲れを感じやすいと言われています（Hornsby ら、2016 年）。疲労は、感情的、認知的、身体的な側面を含む複雑で未解明の概念ですが、聴取努力は実環境における補聴器の効果を評価する有用なツールとなっています（例：Latzel ら、2022 年）。また、高齢者における補聴器使用が認知に及ぼす影響を評価した最近の予備的研究（Sarant ら、2020 年）では、聴取努力を軽減することは認知的リソースを聴覚から解放し、聴取以外の目的に使える可能性があることが示されました。語音明瞭度など従来の評価指標に加え、聴取努力が有用な評価指標であることは疑う余地がありません。

スピーチエンハンサーに関する検証は、すでにオルデンブルク聴覚センターで行われています（Appleton、2020 年）。中等度から重度の難聴を抱える補聴器装用経験が豊富なユーザーを対象に、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が聴取努力と語音明瞭度に与える影響を調査しました。新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の大流行により社会的交流が大幅に制限されたため、研究参加者は自宅で評価テストを実施しました。ヘッドフォンを用いて、聴覚センターで準備した静かな環境下における離れた場所からの小さな会話音の録音を自宅で聞いてもらいました。聴取努力と語音明瞭度の面から、スピーチエンハンサーが有効な時と無効な時のどちらが好ましいか参加者に評価してもらいました。その結果、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。

研究目的

本研究の目的は、スピーチエンハンサーが聴取努力と語音明瞭度に良い影響を与えるかどうか、現実的で制御された試験環境を用いてさらなる評価を行うことです。

スピーチエンハンサーが以下の点に改善をもたらすかどうかの評価がポイントです：

- 離れた場所（4m）や隣室から話しかけられた場合の会話に対する理解が向上されるかどうか
- 距離が離れた場所（2・4・8m）から話しかけられた場合の聴取努力が軽減されるかどうか

評価方法

参加者

中等度から重度の難聴を抱える計22名（うち男性14名、女性8名）の参加者がいました。途中で辞退した人が1名いたため、残りの参加者は計21名でした。参加者は全員、補聴器装用経験者です。スピーチエンハンサーを評価するために耳かけ型充電式補聴器（フォナック オーデオ パラダイス P90-R）を装用してもらいました。参加者の平均年齢は76歳です。

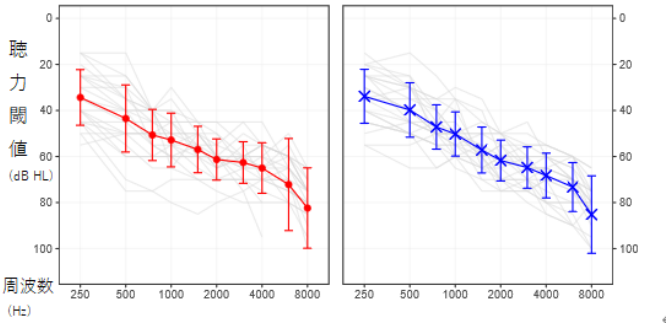

図 1：参加者 21 名の平均オージオグラム

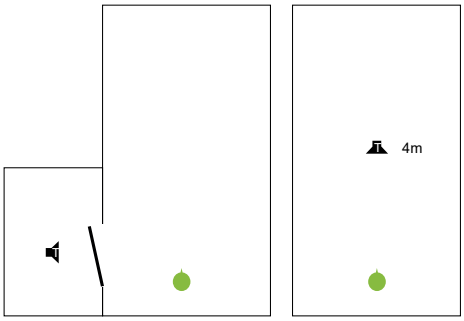

図 2: 隣の部屋(左)の話者('T')と距離が離れた場所の話者(右)、スピーチエンハンサーの効果を得るための OLSA の設定

テストのセットアップ

テスト用補聴器の設定内容は以下のとおりです：

- アダプティブ・フォナック・デジタル（以下"APD"）による初期計算：利得レベル 100%
- 適応型の機能：無効
- サウンドリカバー（周波数圧縮）：無効
- 「静かな環境」プログラム：スピーチエンハンサー有効（最大/20）
- 「静かな環境」プログラム：スピーチエンハンサー無効（最小/0）

用いられた評価指標は以下のとおりです：

スピーチセンサーを有効および無効にした場合の静かな環境における語音明瞭度比較

Wagener らが 1999 年に開発した Oldenburg Satztest（以下、OLSA）というテストを用いて、静かな残響のある部屋で語音明瞭度を測定しました。検査音声は 1 台のスピーカーを用い、静かな環境で 4m の距離（図 2 の右）からと、ドアを少し開けた隣室（図 2 の左）から提示されました。

まず、異なる音圧の語音を用いて、個々の語音聴取閾値（以下"SRT"）を測定しました。SRT は、聞き取った単語の 50%を復唱できる語音レベル（dBA）と定義しました。次にテスト条件下（スピーチエンハンサーが有効または無効）での音声認識スコア（正答率）は固定された音圧を用いて測定しました。これには、各参加者の SRT が使用されました。

スピーチエンハンサーを有効および無効にした場合の聴取努力比較

聴取努力は、Adaptive Categorical Listening Effort Scaling（以下、ACALES）というテスト（Luts ら、2010 年； Krueger ら、 2017 年）に基づく方法で評価しました。2・4・8m の距離（図 3）から提示した OLSA 文を聞かせ、参加者が感じた聴取努力を 13 段階で自己評価してもらいました。この測定は、静かな残響のある環境（RT60 = 残響時間 0.8 秒）で行われました。この ACALES テストでは、異なる距離のスピーカーから等しい大きさで提示された文を理解するために必要な努力を評価することができました。OLSA 文は、4m の距離で A 特性を用いて校正されました。提示音圧は静かな環境における OLSA テストで求めた個々の SRT50 に 3dB（4m 地点）を加えた大きさとしました。

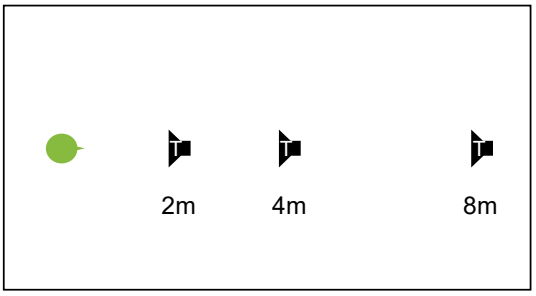

図 3：参加者（緑の●）から 2・4・8m の距離にある 3 つのスピーカー（'T'）から ACALES テスト音を提示する概略図

結果

スピーチエンハンサーによって静かな環境における 4 m の距離と隣室からの会話音の語音明瞭度が向上

結果を統計的分析に適した形に整えるため、語音明瞭度テストのスコアについて逆正弦変換を行いました。（Studebaker、1985年）。変換されたスコアをrau（rationalized arcsine units）として表しました。話者との距離が4m（図4）および隣の部屋からの会話（図5）という２つの条件において、それぞれスピーチエンハンサーが有効な場合と無効な場合のOLSAテストの結果をrauで示しました。t検定を用いてスピーチエンハンサーを有効および無効にした場合の語音明瞭度のスコアを分析しました。図4では、スピーチエンハンサーを有効にした場合に、静かな環境で4mの距離から話しかけられときの語音明瞭度が有意に改善されたことが示されています（t（20）= 9.93、p <0.001）。語音明瞭度の平均値をパーセンテージに換算すると、スピーチエンハンサーが有効な場合は44.8%から67.7%に向上したことがわかりました。つまり、平均22.9%の改善が見られることが示されました。

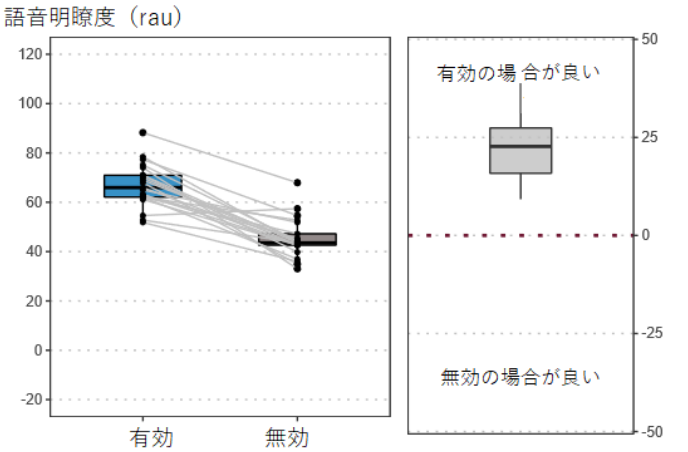

図4：OLSAを用いた、スピーチエンハンサーが有効および無効な場合の、静かな残響のある部屋で4mの距離から語音明瞭度を測定した結果の絶対値（左）と相対値（右）の比較

図5は、OLSAテスト音が静かな隣の部屋から提示されたとき、スピーチエンハンサーが有効な場合と無効な場合の語音明瞭度の結果を示しています。t検定を用いて音声認識のスコアを分析しました。その結果、スピーチエンハンサー有効の場合に語音明瞭度が有意に改善されたことが示されました（t（20）= 7.14、p <0.001）。語音明瞭度の平均値をパーセンテージに換算すると、スピーチエンハンサー有効の場合は46.5%から64.8%に向上されたことがわかりました。つまり、平均的18.3%の改善が見られたことが示されました。

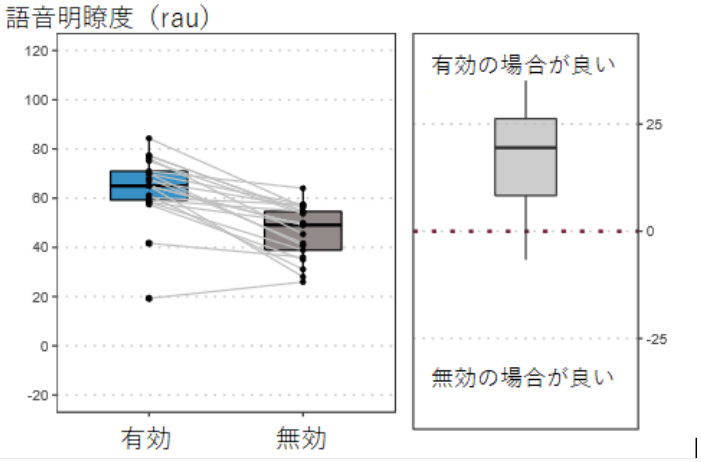

図5: 静かな環境で隣室からOLSAを提示したとき、スピーチエンハンサー有効と無効の場合の語音明瞭度の評価結果

スピーチエンハンサーによって離れた場所（2・4・8m）から話しかけられたときの聴取努力が大幅に軽減

2・4・8mの距離に設置した3つのスピーカーからACALESテスト音を提示し、静かな環境で異なる距離の小さな声を聞き取るためにかかる聴取努力を測定しました。図6は、スピーチエンハンサーが有効または無効の場合の、2・4・8mの距離で測定された聴取努力の評価結果を13点スケール（以下”ESCU”）で示しています（1 = 聴取努力が必要ない, 13 = 聴取努力がとても必要）。ウィルコクソンの符号順位検定を用いて統計分析を行いました。スピーチエンハンサーを有効にしたとき、2mの場合のESCUは2.3（p=0.001、r=-0.747）、4mの場合は2.5（p=0.001、r=-0.783）、8mの場合は2.2（p<0.001、r=-0.787）で、いずれも中央値より有意な改善が示されました。ESCUスケールのゲージは、ESCUの1の差が約8%に相当します。したがって、これらの結果は、全体的な聴取努力が18.3%から20.8%の間で有意に改善されたことが示されました。

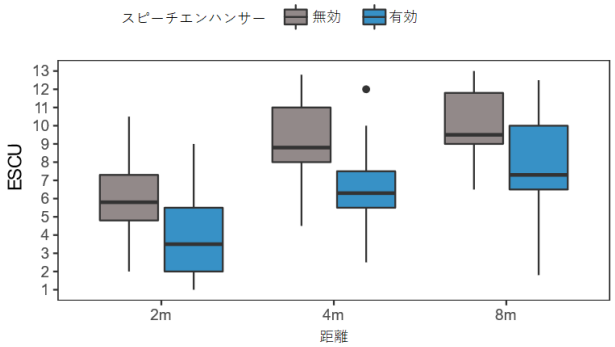

図6：スピーチエンハンサー有効/無効の場合、静かな環境で3つの距離からの小さな声を聞くためにかかる聴取努力の評価結果の比較

考察

市場調査によると、難聴者の自己申告における最も重要な聞き取り状況として挙げた上位 5 つのうち 2 つは、静かな環境での小さな声の会話と距離が離れた場所からの会話を聞き取ることです（Appleton、2022 年；Knorr、2020 年）。また、静かな環境における小さな声の聞き取りは、補聴器の効果を感じるかどうかの大きな要因とされています（Dillon ら, 2018 年）。

本研究は、フォナック スマートスピーチ テクノロジーの一つの機能であるスピーチエンハンサーが、静かな環境における語音明瞭度を向上させ、距離が離れた場所や隣室での小さな声を聞くためにかかる聴取努力を軽減させることができるかどうかを測定しました。その結果、スピーチエンハンサーを有効にすることで、語音明瞭度と聴取努力の両方に有意な改善が見られました。具体的には、スピーチエンハンサーを有効にすることで、静かな環境で 4m 離れた場所から話しかけられた場合、語音明瞭度が最大 23%向上されました。また、隣室から話しかけられた場合、語音明瞭度が 18%向上されました。そして、離れた場所から小さな声で話しかけられた場合、スピーチエンハンサーを使用することで聴取努力が最大 20%軽減されました。

これらの結果は、Appleton らが 2020 年に新型コロナウイルス感染症（COVID-19）が大流行する中で実施した、参加者の自宅で行われた研究の結果と一致しています。
その研究結果によると、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報告されました。

これらの結果をまとめると、スピーチエンハンサーの有効が語音明瞭度と聴取努力の改善につながることは、クリニックでの使用に説得力のある応用例を示しました。補聴器の効果測定において、一般的には語音明瞭度が 10%向上され、聴取努力が 8%（ACALES スケールの 1 単位）軽減されれば臨床的に意義があるとされています。今回の研究結果は、語音明瞭度が最大 23%向上、聴取努力が最大 20%軽減されたという、一般よりさらに大きな改善が示されました。

結論

フォナック スマートスピーチ テクノロジーには 7 つの機能が含まれています。そのうちの一つであるスピーチエンハンサーは、私たちの日常生活において中心的な役割を果たす、会話の理解とコミュニケーションの改善を目的としています。本研究の結果によると、4m 離れた場所や隣の部屋からでも、スピーチエンハンサーを有効にすることで静かな環境での会話の理解が向上されることが示されました。この二つの条件は、市場調査で報告された難聴者にとって重要な聞き取り状況に相当します。また、効果的な聞き取りとコミュニケーションをするために必要な聴取努力を考慮することが、難聴者にとって非常に重要です。今回の研究結果では、スピーチエンハンサーを使用すると、距離が離れた場所での会話の理解における聴取努力が有意に軽減されることが示されました。

参考文献

Appleton J. (2022). What is important to your hearing aid clients… and are they satisfied? Hearing Review, 29(6):10-16.

Appleton, J. (2020). AutoSense OS 4.0 - significantly less listening effort and preferred for speech intelligibility. Phonak Field Study News. Retrieved from Evidence Library | Phonak, accessed 31st December, 2022.

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

Hornsby, B., Naylor, G., & Bess, F. (2016). A taxonomy of fatigue concepts and their relation to hearing loss. Ear and Hearing. 37(1):136S-144S.

Knorr, H. Market Research ID #4373. Zürich, Switzerland: Sonova; 2020. For details, contact marketinsight@phonak.com.

Krüger, 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., Lesimple, C., & Woodward, J. (2022a). New implementation of directional beamforming configurations shows improved speech understanding and reduced listening effort. Phonak Field Study News retrieved from Evidence Library | Phonak, accessed 31st December, 2022.

Latzel, M., Mejia, J., Young, T., & Hobi, S. (2022b). ActiveVent™ Receiver provides benefit of open and closed acoustics for better speech understanding in noise and naturalness of own voice perception. Phonak Field Study News. Retrieved from Evidence Library | Phonak, accessed 31st December, 2022.

Luts, H., Eneman, K., Wouters, J., Schulte, M., Vormann, M., Buechler, M., Dillier, N., Houben, R., Dreschler, W. A., Froehlich, M., Puder, H., Grimm, G., Hohmann, V., Leijon, A., Lombard, A., Mauler, D., & Spriet, A. (2010). Multicenter evaluation of signal enhancement algorithms for hearing aids. The Journal of the Acoustical Society of America, 127(3), 1491–1505.

Sarant, J., Harris, D., Busby, P., Maruff, P., Schembri, A., Lemke, U., & Launer, S. (2020). The effect of hearing aid use on cognition in older adults: Can we delay decline or even improve cognitive function? Journal of Clinical Medicine, 9(1), 254. https://doi.org/10.3390/jcm9010254

Studebaker, G. A. (1985). A "rationalized" arcsine transform. Journal of speech and hearing research, 28(3), 455–462. https://doi.org/10.1044/jshr.2803.455.

Thibodeau L. M. (2020). Benefits in Speech Recognition in Noise with Remote Wireless Microphones in Group Settings. Journal of the American Academy of Audiology, 31(6), 404–411.

Wagener, K., Kühnel, V., and Kollmeier, B. (1999). Development and evaluation of a German sentence test I: Design of the Oldenburg sentence test. Z. Audiol. 38, 4-15.

Woodward, J., Kuehnel, V., & Latzel, M. (2022). Innovative speech understanding solutions: Lumity with Phonak SmartSpeech™ Technology. Phonak Insight. Retrieved from Evidence Library | Phonak, accessed 31st December, 2022.

著者と研究者

外部研究者

Michael Schulte 博士は 2004 年からドイツのオルデンブ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。

Jan Heeren はドイツのオルデンブ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、オルデンブルク大学とオルデンブ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 年よりオルデンブ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。

Müge Kaya は 2000 年からオルデンブ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。

研究代表者

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。

Christophe Lesimple はドイツのシュトゥットガルト大学で音楽、フランスのリヨン大学で聴覚学、パリとベルンで統計学を学びました。彼は研究聴覚学者として働き、コンセプト、臨床試験の支援、データ解析など様々な側面から開発に貢献しています。また、ベルン応用科学大学で機械学習のためのオーディオ解析を教えたり、Akademie Hören Schweiz で補聴器の検証を教えたりしています。聴覚障害者協会のボランティアとして活動しています。

著者

Jane は、エビデンスに基づいたインパクトのある製品、機能および訓練を提供するために、聴覚訓練を開発し、研究の采配をし、記事を執筆しています。イギリスのサウサンプトンで修士号（聴覚学）および学士号（心理学）を取得しており、長年にわたる補聴器とソフトウェア開発の経験があります。Jane は、NHS およびスイスのクリニックでの勤務において、小児と成人の幅広い臨床経験を積んできました。