Phonak Insight.

フォナック オーデオ EON スフィアが実現する、騒音下でのことばの明瞭性

新しいHYPERSONIC™チップを搭載したオーデオ EON スフィアは、より小型で省エネルギーな設計でありながら、最大10dBのSN比向上を実現します。実際の音環境を再現した技術的な測定により、騒音下における高いことばの明瞭性が示されました。

Ulloa Sanchez, D., Kepp K., Preuss, M., Raufer, S., 2026年8月

はじめに

騒音下でのことばの聞き取りは、難聴者にとって依然として大きな課題の一つであり、フォナックにおけるイノベーションの重要な原動力でもあります。指向性マイクロホン技術は、聞き手の前方からの音を強調し、それ以外の方向からの音を低減することで、ことばの理解を高める有効な手段として長年にわたって用いられてきました。 これは、聞き手が話者の方を向いている場合に特に有効です。一方、実際の会話では、ことばや騒音がさまざまな方向から到来するなど、より複雑な状況になることがあります。こうした状況では、空間的なフォーカスと、それを補完することばの強調技術を組み合わせることが有効です。オーデオ インフィニオ スフィアでは、独自のDEEPSONIC™チップによって実現した、ディープ・ニューラル・ネットワーク（以下、DNN）ベースの雑音除去機能「全方位からのことばの明瞭性（以下、SSC）」が導入されました。

SSCは、補聴器のマイク処理を補完し、リアルタイムで騒音下のことばを強調することで、複雑な音環境におけることばの明瞭性を高めるよう設計されています。これには、ことばと騒音が異なる方向から到来する状況も含まれます。フォナックは、適応型指向性とDNNベースの雑音除去を組み合わせることで、空間フィルタリングとDNN ベースの雑音除去のそれぞれの強みを活かし、複雑な聞き取り環境においてもことばの明瞭性をサポートします。
オーデオ インフィニオ スフィアに搭載された第1世代の「非常に騒がしい中での全方位からのことば」プログラムは、無指向性マイクロホンと比較して最大10 dBのSN比向上を実現するなど、これまでにない高い技術性能を示しました（Rauferら、2024）。これにより、補聴器におけるリアルタイムの雑音除去に新たな基準を確立しました。オーデオ EON スフィアはこの性能を維持しながら、効率を高め、より小型の設計を実現しています。

結果

SSC 3.0：電力効率を高め、より小型の設計を実現

新しいフォナック オーデオ EON スフィアには、HYPERSONIC™チップが搭載されています。このチップは、DEEPSONIC™チップと比較して、電力効率が25%向上しています。SSC 3.0では、新たに設計されたDNNアーキテクチャを採用することでさらなる効率化を実現し、SSC 2.0と比較して消費エネルギーを16%低減しました。図1に示すようにSSC 2.0は SSC 1.0と比較して30%効率が向上し、SSC 3.0はSSC 2.0 と比較してさらに16%効率が向上しています。

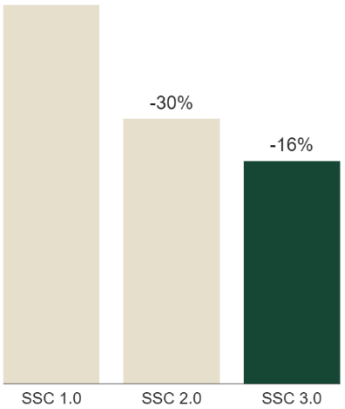


図1：SSC 1.0を基準とした、各世代のSSCの相対消費電力。SSC 2.0はSSC 1.0より消費電力が30%少なく、SSC 3.0はSSC 2.0より16%少ない。

DEEPSONIC™チップによる25%の効率向上と、最適化されたSSC 3.0アーキテクチャを組み合わせることで、 DEEPSONIC™チップ上のSSC 2.0と比較して、消費エネルギーを37%低減しました。こうした効率化により、よりコンパクトな製品設計が可能になりました。オーデオ EON スフィアは、前世代と比較して25%小型化され、20%軽量化されています。

SSC 3.0：SN比の向上を維持

図2では、DEEPSONIC™チップまたはHYPERSONIC™チップに実装する前の段階で、SSC 1.0、SSC 2.0、SSC 3.0それぞれのSN比性能を比較しました。SSC 3.0では、最適化されたネットワークアーキテクチャにより、SSC 1.0およびSSC 2.0と同等の SN比性能を維持しています。これは、更新された DNNアーキテクチャによって、従来世代と同等の SN比性能を維持しながら、効率を大幅に向上できることを示しています。

SN比性能は、入力SN比が－15 dB~20 dBの500個の音源ファイルを用いて評価しました。このような大規模評価が重要なのは、 DNNベースの処理がデータ駆動型であり、1つの音環境だけではその性能を十分に評価できないためです。500個の音源ファイルには、さまざまな背景雑音や話者が含まれています。個々の音環境によって性能にはばらつきがありますが、SSC 1.0とSSC 3.0の全体的な性能は同等であり、中央値の差は0.5 dB未満でした。

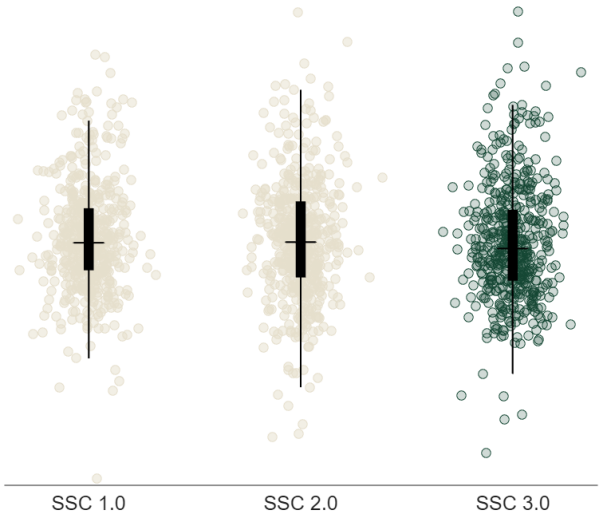


図2：500個の音源ファイルを用いて評価した、語音明瞭度指数（以下、SII） で重み付けしたSSC 1.0、SSC 2.0、SSC 3.0のSN比向上。3世代のSSC の性能は同等であり、いずれのモデル間でも中央値の差は0.5 dB未満。

非常に騒がしい中での全方位からのことば：SN比の向上を維持しながら、効率を高める

前節で示した500個の音源ファイルを用いた評価により、幅広い音環境を対象とした、データに基づく包括的な比較が可能となりました。

本節の実験室での測定では、オーデオ インフィニオ スフィアの評価（Rauferら、2024）と同様の測定セットアップを使用しました。ここでは、実際の音環境を再現した、より少数の背景音シーンを使用しました。これらの音環境は一般に公開されているため、フォナックの実験室以外でも再現できます。さらに、ここで示すSN比の向上は、SSC単独の性能ではなく、補聴器に搭載されたすべての信号処理を含む、ユーザーが実際に体験する補聴器システム全体の性能を反映しています。

図3は、「非常に騒がしい中での全方位からのことば」プログラムによるSN比の向上を、無指向性マイクロホンと比較した結果です。SN比の向上は無指向性マイクロホンモードを基準として示しており、「非常に騒がしい中での全方位からのことば」プログラムが騒音下でことばをどの程度効果的に強調できるかを評価しました。図3の結果から、「非常に騒がしい中での全方位からのことば」は、前世代と同等の性能を維持していることが示されました （Raufer ら、2024）。オーデオ インフィニオ スフィアでは、「非常に騒がしい中での全方位からのことば」により、最大設定時に10.2 dBのSN比向上が得られました（デフォルト設定では9.0 dB）。この性能はオーデオ EON スフィアでも維持されており、無指向性マイクロホンモードと比較して10.5 dBのSN比向上が得られました（デフォルト設定では9.7 dB）。

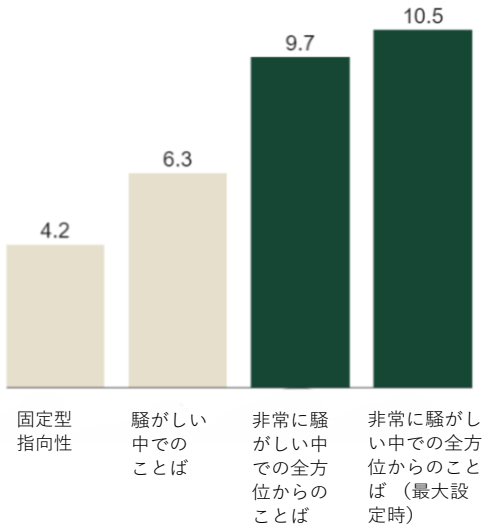


図3：カフェ、ディナーパーティー、フードコートの3種類の実環境を再現した音環境における、無指向性マイクロホンモードを基準としたフォナックの各技術の、SIIで重み付けしたSN比向上（dB）の平均値。完全閉塞型カップリングおよび良聴耳について結果を示す。ことばの信号は常に方位角0°から提示。

図2と図3のデータから、効率化によってSN比性能が損なわれていないことが示されました。新しいネットワーク構造とチップの最適化により、高いレベルのことばの明瞭性を維持しながら、計算負荷を軽減しています。これは、SN比性能そのものだけでなく、その性能をいかに効率的に実現するかという点にもイノベーションがあることを示しています。

SSC：さまざまな方向からのことばへのアクセスを維持

図4はさまざまな方向から提示された対象となることばに対する、SSC 3.0のSN比向上を示しています。測定したすべての方向において、SSC 3.0は安定したSN比向上を示し、平均値は灰色の枠で示された ±1 dBの範囲内に収まりました。これは、SSC 3.0の効果が正面から提示されたことばに限られず、幅広い方向から到来することばに対しても維持されることを示しています。

図4の測定では、評価を簡略化し、さまざまな方向から提示されたことばを統制された条件で比較するため、2種類のマイクロホン設定を使用しました。0 ° および60 ° から提示されたことばについては、固定型指向性マイクロホンモードにSSC 3.0を組み合わせて評価しました。90 ° 、120 ° 、180 ° から提示されたことばについては、無指向性マイクロホンモードを基準としてSSC 3.0を評価しました。

実際の日常使用では、自動プログラムはこのような固定設定には依存しません。代わりに、スピーチセンサー（Latzelら、2022）を使用して、話者の位置に合わせてビームフォーマーが適応します。これらの結果から、SSCはマイクロホンの指向性を補完する技術として機能することが示されました。指向性は、ことばが聞き手の正面から到来する場合に空間的なフォーカスを提供します。一方、SSC 3.0 は、測定したさまざまな方向からのことばに対してDNNベースの雑音除去による効果を発揮します。

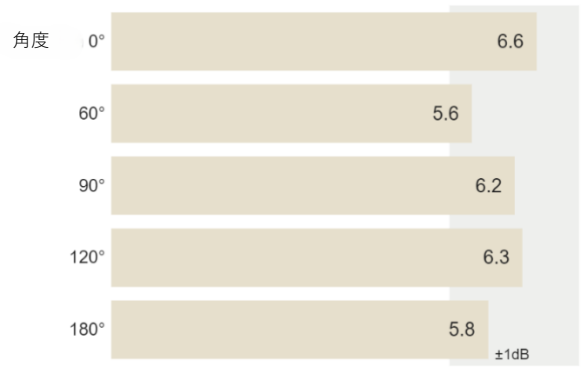


図4：さまざまな方向からのことばに対する「全方位からのことばの明瞭性」の効果。3種類の実環境を再現した音環境において、方位角0 ° 、60 ° 、90 ° 、120 ° 、180 ° から提示されたことばに対する、SIIで重み付けしたSN比向上。結果は完全閉塞型カップリングおよび良聴耳について示す。0 ° および60 ° では、「全方位からのことばの明瞭性」を無効にした場合と最大レベルで作動させた場合の基準条件として、固定型指向性マイクロホンモードを使用した。90 ° 、120 ° 、180 ° では、無指向性マイクロホンモードを基準条件とした。灰色の枠は、すべての方向における平均性能から ± 1 dBの範囲を示す。

技術性能にとどまらないエビデンス

SN比の向上などの技術的な測定値は、補聴器の性能を評価するうえで重要な指標ですが、最終的な目標は、日常生活におけるコミュニケーションを改善することです。さまざまな音環境におけるスフィアの効果については、これまでに20 件を超える研究で評価されており、現在進行中の研究も複数あります（一覧はphonak.com/evidenceをご参照ください）。例えば、オーデオ インフィニオ スフィアは最新の指向性マイクロホン技術と比較して有意な優位性を示し、その結果、聴取努力がさらに37%軽減され、ことばの理解が50%向上しました（Latzel、2025）。その効果はことばの明瞭性にとどまらず、さまざまな社会的場面でのコミュニケーションの改善、聞き取りに伴う疲労の軽減、生活の質 （QOL）への良好な影響などにも及びます（Stropahl and Seitz-Paquette、2026）。これらの結果は、騒音下での聞き取りに関する技術の進歩が、単に可聴性やことばの明瞭性を高めるだけでなく、全体的なウェルビーイングにもつながるという包括的な補聴ケアの考え方を支持します。

結論

フォナックはHYPERSONIC™チップに搭載した次世代の SSC 3.0により、性能を損なうことなくDNNベースの雑音除去の効率を高められることを実証しています。SSC 3.0の「非常に騒がしい中での全方位からのことば」プログラムは、無指向性マイクロホンモードと比較して、最大10 dB のSN 比向上を維持しています。また、さまざまな

から到来することばに対しても、その効果を維持します。こうした効率化により、前世代と比較して、より小型で軽量な補聴器を実現しました。これらの結果から、フォナックは補聴器の信号処理技術をさらに進化させ、騒音下でのことばの明瞭性を高めながら、その性能を支える技術の最適化も進めていることが示されました。

方法

測定環境

すべての測定は、従来の技術評価と同様の測定セットアップを用い、音響処理を施した室内で実施しました。12台の Genelec 8020Dスピーカー（Genelec、フィンランド）を半径 1.5 mの円周上に配置し、隣接するスピーカー間の角度が 30 ° となるようにしました（図5）。人体の耳の形状を再現したKEMARマネキン（GRAS Sound & Vibration、デンマーク）をスピーカーアレイの中央に配置し、0 ° の方向に向けました。KEMARマネキンの外耳道の中心は、スピーカーと同じ高さに設定しました。RME M-16 DAコンバーター（Audio AG、ドイツ）を使用してアクティブスピーカーに音声信号を送り、RME Fireface 802 USBサウンドカードを使用して、KEMARの外耳道マイクロホンから処理後の信号を録音しました。

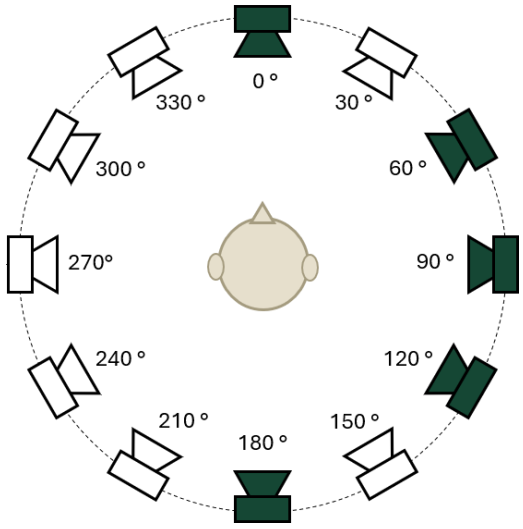


図5：測定環境の上面図。12台のGenelec 8020Dスピーカーを半径1.5 mの円周上に配置。人体の耳の形状を再現したKEMARマネキンをスピーカーアレイの中央に配置し、0 ° の方向に向けた。KEMARマネキンの外耳道の中心は、スピーカーと同じ高さに設定。すべてのスピーカーから雑音を提示し、ことばは0 ° 、60 ° 、90 ° 、120 ° 、180 ° のいずれかの方向から提示（緑色のスピーカーで示す）。

背景雑音と目標話者のことば

ARTEデータベース（Weisserら、2019）から、背景雑音として、カフェ、ディナーパーティー、フードコートの3種類の実環境を再現した音環境を使用しました。各音環境は、録音時と同じ音圧レベルで提示しました（カフェ：71.7dB SPL、ディナーパーティー：72.8dB SPL、フードコート：78.2dB SPL）。これらの音環境は、「非常に騒がしい中での全方位からのことば」プログラムが自動的に作動する、日常生活でよくみられる場面であることから選択しました。

ARTEの音環境は、高次アンビソニックス（Higher-order Ambisonics：HoA）で録音されています。 ARTEの録音データはデコードされ、1.5 mの距離に配置した12台のスピーカーを用いて水平面上で再生されました。標準的なHoAデコードで生じる空間エイリアシングなどの問題を軽減するため、連続的な背景信号のデコードには、COMPASS法 （Coding and Multi-Parameterization of Ambisonic Sound Scenes）が使用されました（Politisら、2018）。対象となることばの信号には、ISTS（International Speech Test Signal；Holubeら、2010）を使用しました。背景雑音とISTSのことばの信号を混合し、自由音場でのSN比が、カフェでは－2.1 dB、ディナーパーティーでは－4.6 dB、フードコートでは－7.1 dBとなるように設定しました。
これらのSN比は、Rauferら（2024）で使用した0 dB、－3 dB 、－6 dBとはわずかに異なり、Milesら（2022）で報告された実環境におけるSN比を反映して更新したものです。

刺激音の準備

図6に刺激音の提示方法の概要を示します。各測定の前に、ISTSのことばの信号と対応する背景雑音を40秒間再生し、補聴器の動作を安定させました。Hagerman法による各位相反転ブロックの評価時間は10秒間としました。つまり、 ISTSのことばの信号と対応する背景雑音の最初の10秒間をそれぞれHagerman位相で繰り返し再生しました。これにより、1条件あたりの総測定時間は70秒となりました。

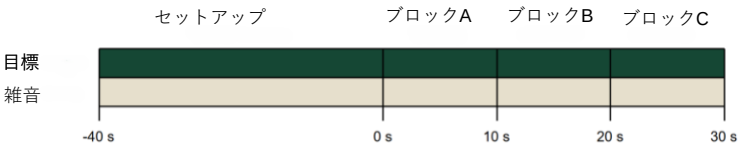


図6：刺激音の提示方法。各測定の前に、ISTSのスピーチの信号（S）と対応する背景雑音（N）を40秒間再生し、補聴器の動作を安定させた。各評価ブロックの評価時間は10秒。

Hagerman and Olofsson位相反転法

測定には、Hagerman and Olofsson（2004）による位相反転法を使用しました。この方法では、信号（S）と雑音（N）を別々に用意し、それらを反転・組み合わせて以下の3つのブロックを被測定機器に提示します。

・ブロック A = S＋N
・ブロック B = S－N
・ブロック C = －S－N

補聴器から録音した出力信号は、再構成された信号（S'）と雑音（N'）に分離でき、これらを用いてSN比を算出できます。すべての測定条件において Hagerman誤差は－10 dB（SII重み付け）未満でした。詳細については、Hagerman and Olofsson（2004）を参照してください。

SIIによる重み付け

SN比向上は、SII（ANSI S3.5/1997、表3）に基づく帯域重要度関数を用いて、周波数ごとに重み付けしました。

補聴器フィッティング

補聴器のフィッティングには、標準N3オージオグラム （Bisgaardら、2010）を使用し、完全閉塞型カップリングを用いました。実耳閉塞利得（以下、REOG）は、International Female Noise（IF noise、Holubeら、2010）を用いて測定しました。各補聴器では、100 Hz～20 kHzの周波数範囲においてREOGが 15 dBを超えていました。さらに、100 Hz ～10 kHzの挿入利得を測定し、閉塞効果と挿入利得が左右耳で同等であることを確認しました。各補聴器にはメーカー独自のフィッティング式を使用し、経験装用者を想定して規定利得を100% に設定しました。位相反転法による測定を行うため、各補聴器のフィードバックマネジメント機能を無効にしました。さらに、衝撃音抑制機能および風切り音抑制機能も無効にしました。最大出力（MPO）はすべての補聴器で最大に設定しました。補聴器の録音には、手動の騒音下でのことばプログラムを使用しました。

参考文献

ANSI S3.5 1997. Methods for calculation of the Speech Intelligibility Index.

Bisgaard, N., Vlaming, M. S. M. G., & Dahlquist, M. (2010). Standard Audiograms for the IEC 60118-15 Measurement Procedure. Trends in Hearing, 14(2), 113-120.

Diehl, P. U., Thorbergsson, L., Singer, Y., Skripniuk, V., Pudszuhn, A., Hofmann, V. M., Sprengel, E., & Meyer-Rachner, P. (2022). Non-intrusive deep learning-based computational speech metrics with high-accuracy across a wide range of acoustic scenes. *PLOS ONE, 17*(12), e0278170.

Retrieved from https://doi.org/10.1371/journal.pone.0278170

Hagerman, B., & Olofsson, A. (2004). A Method to Measure the Effect of Noise Reduction Algorithms Using Simultaneous Speech and Noise. Acta Acustica united with Acustica, 90, 356-361.

Hasemann, H., & Krylova, A. (2024). Revolutionary speech understanding with Spheric Speech Clarity. Phonak Insight retrieved from https://www.phonak.com/evidence

HearAdvisor (2025). Phonak Sphere Infinio Expert review. Retrieved May 27, 2025, from https://www.hearadvisor.com/products/phonak-infinio

Holube, I., Fredelake, S., Vlaming, M., Kollmeier, B. (2010). Development and analysis of an international speech test signal (ISTS). International Journal of Audiology, 49(12), 891–903.

Latzel, M., Lesimple, C., Woodward, J. (2022) New implementation of directional beamforming configurations shows improved speech understanding and reduced listening effort. Phonak Field Study News retrieved from https://www.phonak.com/evidence

Latzel, M., Heeren, J., Lesimple, C., Gökalan, M., Puhlemann, L, & Haf, C. (2025) Spheric Speech Clarity improves speech understanding and reduces both listening effort and fatigue. Phonak Field Study News retrieved from https://www.phonak.com/evidence

McCormack, L., Pulkki, V., Politis, A., Scheuregger, O. & Marschall, M., (2020). Higher-Order Spatial Impulse Response Rendering: Investigating the Perceived Effects of Spherical Order, Dedicated Diffuse Rendering, and Frequency Resolution. Journal of the Audio Engineering Society, 68(5), 338-354.

Miles, K., Beechey, T., Best, V., Buchholz, J. (2022). Measuring Speech Intelligibility and Hearing-Aid Benefit Using Everyday Conversational Sentences in Real-World Environments. Front. Neurosci. 16. Retrieved from Frontiers | Measuring Speech Intelligibility and Hearing-Aid Benefit Using Everyday Conversational Sentences in Real-World Environments

Politis, A., Tervo S., & Pulkki, V. (2018). COMPASS: Coding and Multidirectional Parameterization of Ambisonic Sound Scenes. IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)

Raufer, S., Kohlhauer, P., Jehle, F., Kühnel, V., Preuss, M., & Hobi, S. (2024). Spheric Speech Clarity proven to outperform three key competitors for clear speech in noise. Phonak Field Study News retrieved from https://www.phonak.com/evidence

Sonova proprietary research. (2024). Project ID #4537, n=104. Please contact marketinsight@phonak.com if you are interested in further information

Stropahl, M., & Seitz-Paquette, K. (2026) Advanced device features, including those found in new AI-powered hearing aids, can influence overall well-being, not just audibility. The Hearing Review retrieved from Holistic Hearing Care: New Technologies and Their Whole Person Benefits | The Hearing Review

Tian, X., Guan, J., Latzel, M., & Kuehnel, V. (2025) Spheric Speech Clarity significantly improves speech understanding in a multi-talker scenario and reduces spatial listening effort with Mandarin speakers. Phonak Field Study News retrieved from https://www.phonak.com/evidence

Weisser, A., Buchholz, J. M., Oreinos, C., Badajoz-Davila, J., Galloway, J., Beechey, T., & Keidser, G. (2019). The Ambisonic Recordings of Typical Environments (ARTE) database. Acta Acustica united with Acustica, 105, 4, 695-713.

Wright, A., Kuehnel, V., Keller, M., Seitz-Paquette, K., & Latzel, M. (2024) Spheric Speech Clarity applies DNN signal processing to significantly improve speech understanding from any direction and reduce the listening effort. Phonak Field Study News retrieved from https://www.phonak.com/evidence

著者・研究担当者

Diego Ulloa Sanchez, Hearing Performance Engineer



補聴器の音響面における製品性能の開発とベンチマーク評価を専門とする補聴器性能エンジニアです。チューリッヒ工科大学で健康科学・技術学の学士号（B.Sc.）および修士号（M.Sc.）を取得し、2020年にはSonovaで修士論文を完成しました。現在の職務に就く前は、人工内耳分野で臨床・技術スペシャリストとして勤務していました。

Kevin Kepp, Tech Lead Deep Learning



AIを活用した音響処理を専門とするソノヴァ傘下のAudaticに、2019年にディープラーニングエンジニアとして入社しました。ディープラーニング技術リードとして、フォナックのSSCを支える DNNベースのアルゴリズムの開発を担当しています。ベルリン工科大学でコンピューターサイエンスの修士号 （M.Sc.）を取得し、人工知能と人間の知能を専門に学びました。

Michael Preuss, Senior Audiology Manager



2020年にソノヴァ本社にオーディオロジー　マネージャーとして入社しました。リューベック聴覚音響アカデミーで講師を務めた経験に加え、難聴当事者でもあることから、製品開発における聴覚学的な知見の提供や、専門家向けの高度なトレーニングを担当しています。ドイツのリューベック応用科学大学で聴覚音響学の学士号（B. Sc.）を取得しています。

Stefan Raufer, Senior Research Scientist



2021年にソノヴァに入社し、新しい補聴器機能のための聴覚学的なコンセプトの開発に携わっています。他のチームと連携しながら、最新技術を製品に導入し、新しい技術がユーザーにとってのメリットにつながるよう取り組んでいます。ハーバード大学で言語・聴覚科学の博士号（PhD）を取得しています。