

Phonak Insight



児童のための自動環境適応機能と指向性

小児用に最適化された自動環境適応型機能の導入と科学的背景

児童は一日を通して、家や屋外または学校といった様々な聞こえの状況下で時間を過ごします。特に、多くの学校状況は騒がしく、たとえ先生が日常的にロジャーシステムを利用していたとしても、教室にいる先生の話聞いて理解することが児童にとって非常に困難である場合もあります。騒音下で使用するオートマチックプログラムや指向性マイクロホンが、成人にとって効果的であることは明確に確立されています。多国にわたり、難聴児がいる多くの教室を深層的に分析したところ、学校で過ごす時間の 1/3 で、理解するのが困難または完全に参加できていない状況にあるということが分かりました。この分析結果を踏まえ、革新的な新しい 2 つの機能が開発され、今日フォナック スカイ V に搭載されました。1 つは小児用の新しい自動オペレーションシステム“オートセンス スカイ OS”です。もう 1 つはロジャープログラムの補聴器のマイクロホンを適応しながら固定指向性で動作させ、且つこのマイクロホンを有効または無効にも選択できる“ロジャー&指向性マイク”です。

はじめに

今日、多くの難聴児が通常学級や教室に在席しています。学校環境によっては、聞いて理解することが児童にとって困難なこともあります。一般的に、健聴児であっても、児童は言語獲得期にあるので、成人と比べるとより良い SN 比が必要であると言われていました。さらに難聴児となると、健聴児と同じレベルで理解するには、健聴児よりも良い SN 比が必要です。^{1,2} このような児童には、理解や学業成績のためだけでなく、社会的または感情的に教室に溶け込めるよう、より良い SN 比が必要です。³ 今日の指導スタイルには対話式授業も多く、教室で行われるアクティビティや先生の説明についていくことが既に困難である児童にとっては、さらに困難を伴うこととなります。

児童が溶け込めるようにサポートすることは重要です。難聴児はオーディオロジスト、先生、その他専門家からのサポートを受けることが多いですが、教室での問題を解決するには彼らが使用する聞こえのサポート機器の性能や使用方法にも大きく左右されます。⁴

以前の研究で、学校環境の音響に関する分析調査がなされました。しかし、これらの研究は先生が教室の前方に立って指導する一斉授業と呼ばれる状況からのみ調査されたものでした。最近では、異なった児童の年齢ごとに、教室内外の学校生活における聞こえの環境が調査されています。^{5,6} 全ての年齢の児童が過ごす一日を通し、この幅広い音の情景に大きな違いがあることが分かりました。

最近の研究において、生徒が教室内外で一日を過ごす聞こえの状況について調査されました。ロジャーを使用する時と使用しない時での様々な学校環境における、児童にとっての補聴器の性能について調査することを目的としました。この分析の結果、児童の具体的な聞こえに対するニーズに合うようオートセンス OS を最適化して仕立てられたオートセンス スカイ OS が開発され、ロジャー使用時の補聴器のマイクロホンに“ロジャー&指向性マイク”を採用し、ロジャープログラムが改良されました。

学校環境の分析

最初のステップとして、質に関するユーザー研究アプローチを用いて、難聴の生徒の学校行動を調査しました。これを遂行するため、中等度～高度に難聴がある 9 歳～15 歳までの生徒 4 名を選びました。教室で直面する毎日の困難な場面を学ぶため、彼らにはスイスの異なる 4 つの通常学校に入ってもらいました。2 つ目のグループとして、7 歳～16 歳までの生徒を選び、彼らには難聴の生徒だけが通う学校に参加してもらいました。

2つ目のグループには、難聴児が抱える問題や困難な場面を学ぶため、難聴児のための特別学校へ行ってもらいました。毎日家から通うには学校が遠すぎたため、多くの生徒が学校がある間は学校に寝泊まりしました。

家と学校で生徒にインタビューを行いました。さらに、研究員たちは5つ全ての学校を訪問し、学校がある時は生徒に同行しました。一日を通じたアクティビティ中の観察について生徒と話し合いをしました。特定の状況下で先生または同じグループのクラスメイトの言葉をどれくらい理解できたか、または不快に感じる音があったかを生徒に質問をしました。観察内容とその後のフォローアップインタビューを行った結果、児童が一日に過ごす聞こえの状況に対し、聞こえのパフォーマンスに関する質的評価があったことが分かりました。この聞こえのパフォーマンス評価には一貫性のない“言葉の聞き取り”や“快適性”が含まれます。

さらに、学校にいる日は録音&録画を行い、聞こえの状況ごとに分類しました。分類することで、どのくらいの頻度で特定の聞こえの状況が発生するのか分析することができました。インタビューで集めた、それぞれの聞こえの状況に対する評価で得た重要性和共に、それぞれの聞こえの状況における関連性においても評価されました。聞こえのパフォーマンスと関連性に対する評価と共に、ある特定の聞こえの状況を改善することで得られるメリットも決定されました。

質に関するユーザー分析の結果

最近の学校での指導スタイルは対話式授業が多く、今日の成人が幼少期に経験した、先生が教室の前方で指導する一斉授業とは異なります。⁷ 生徒の年齢が上がれば上がるほど、より多くのやりとりが予測されます。そして、マルチメディアが教室に導入されました。その結果、聞き取りの困難レベルと教室での指導スタイルとの相互関係はより強くなり、音響学的特性や対象分野との相互関係は弱くなりました。この結果を基に、指導スタイルと関連性のある学校での聞こえの環境が分類されました。

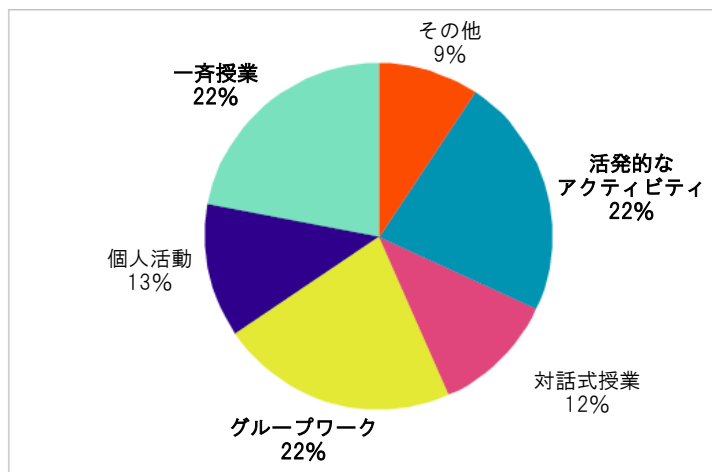


図 1: いくつかの学校から見た、異なる聞こえの状況の発生頻度 (51 時間)

図 1 は、全ての学校におけるそれぞれの聞こえの状況の平均時間を割合で示したグラフです。先生が教室の前方から話をする授業は 22% を占めており、この聞こえの状況に対して高い関連性を示しています。生徒からの報告によると、教室の前方から話をする授業の聞こえについては、先生がロジャーシステムを利用して話し続けてくれるので、語音明瞭度の観点から述べると、十分満足のいくものであるということです。また、個人活動が聞こえの問題と関連しないことは明白です。特にテスト中など、課題により集中したい場合、多くの生徒が補聴器の電源をオフにすることがあります。

その一方、グループワークは不満足な聞こえの状況として報告されています。一般的に、生徒は 2~3 つのグループに分かれます。どのグループもほとんどの時間を教室で過ごすので、たとえ全体のレベルが必ずしも大きくなくても、音響学的な聞こえの環境としては騒がしくなります。ペースが速い活動的な教室での授業には時間的制約があるため、残念なことに、ロジャーはこのような状況下ではあまり使用されません。このような環境が原因で SN 比が低い会話へと繋がり、難聴の生徒にとっての聞き取りのパフォーマンスが悪くなります。さらには、国語や数学といった様々な科目においてグループワークが発生します。グループワークや仲間との会話の発生頻度は 22% も占めており、これは聞こえの状況において、高い関連性を示していることが分かります。

2つ目の一貫性のない聞こえのパフォーマンスにおける“快適性”において、他の児童が叫んでいる時が最も不満足であると報告されました。この状況は、休み時間に遊んだり、チームスポーツの最中、または異なるアクティビティの合間の移動中によく発生します：例えば、グループワークでチームのパートナーを選ばないといけない、または休憩時にロッカー室で準備をする時などです。これらの状況は活発的なアクティビティとしてまとめられます。⁸ ほとんどの生徒がこれらの状況を騒がしすぎる、または非常に不快であると評価しました。

これを検証するため、ドイツ・アメリカ・南アメリカ・中国の学校で同様分析が行われました。

実生活の録音

学校がある日の観察中は、各生徒は自分の補聴器と補聴器を改造して録音機能を内蔵させた機器の 2 つを装用しました。この録音機器では音響出力はせず、マイクロホンから入力された音を録音しました。同じ音響状況を保証し、それにより生徒の補聴器と同じ音を拾うため、この改造された補聴器は生徒の補聴器に近い位置に設置しました。こうして、全ての聞こえの状況において、補聴器の信号処理に対するパフォーマンス評価を行いました。この録音システムは持ち運びができるものだったので、生徒は邪魔されることなく、通常通りアクティビティに参加することができました。

まず初めに、様々な音響状況下において、どのように補聴器が信号処理をしているのか確認するため、研究室で録音

された聞こえの状況を分析しました。この分析によって、グループワークのような関連性のある不満足な状況や叫び声というのは、児童が毎日過ごす聞こえの環境特有のもので、信号処理装置はこれを十分に認識できないということが分かりました。これらの結果、ユーザーの具体的な聞こえの環境に合ったオペレーションシステムの必要性が強調され、児童の生活に合わせた聞こえの環境を基本としたオートセンス スカイ OS が新しく開発されました。小児用のオートマチック識別機能、オートセンス スカイ OS を開発するため、今回の研究で使用した何時間にもわたる教室の録音記録をさらに使用し、オートセンス OS を再トレーニングしました。再トレーニングが終了すると、様々な音響環境下で、どのように補聴器が信号処理をしているのか確認するため、研究室で録音された聞こえの状況を分析しました。結果、成人が過ごす毎日の聞こえの状況を最適化するオートセンス OS に対し、オートセンス スカイ OS はグループワークやグループ内のクラスメイトとの会話状況の認識だけでなく、不必要な雑音である叫び声を検出する正確性も改善しました。そのため、新しいオートセンス スカイ OS は、生徒の経験に基づいて報告されたニーズに合わせて、これらの聞こえの状況を識別します。

さらに、グループワークや騒がしい環境下での会話におけることばの聞き取りを改善させるため、補聴器側のマイクロホンが適応型指向性として動作するようロジャープログラムが改良されました。これにより、生徒はロジャー使用時でも教室内で指向性の効果を得ることができます。

オートセンス スカイ OS の機能性

オートセンス スカイ OS は成人用補聴器に搭載されたベンチャーシリーズのオペレーションシステム、オートセンス OS を基としており、メインプログラムの構成や機能性を共有しています。サウンドクリーニング機能、指向性の入切、利得の自動適応によって異なる聞こえの状況や環境にシームレスに適応します。オートセンス スカイ OS は、一般的な聞こえの状況を示すプログラムを基に構成されており、Phonak Target のソフトウェアからユーザーのニーズに合わせて調整することが可能です。

これらのプログラムは、異なる聞こえの状況の種類をほとんどカバーしてくれるという理由で選ばれています。全体として、オートセンス スカイ OS にはサウンドクリーニング機能と 7 つの個別調整が可能なプログラムが含まれています。オートセンス スカイ OS は 4 つの組み合わせ自在なプログラム（静かな環境・騒音下でのことば・騒音下での快適性・反響する環境での快適性）と 3 つの専用プログラム（非常に騒がしい中でのことば・音楽・車の中でのことば）を組み合わせるだけでなく、このプログラムのフィッティングができるパラメータも提供し、成人用のシステムと同じオペレーションの仕組みをしています。このブレンドは、実生活で絶えず変化する聞こえの環境と一連の音の組み合わせによって実行されます。

オートセンス スカイ OS は次のようにグループワークやグループ内のクラスメイトとの会話といった聞こえの状況を改善します：

- 成人用のオペレーションシステムよりも正確性が 30% 高く、“騒音下でのことば”としてグループワークを検出
- 低いレベルで固定型指向性マイクロホンが動作することで、騒音下の会話における SN 比レベルが改善

また、オートセンス スカイ OS は叫び声を不要な雑音としてより精密に識別し、叫び声のある騒がしい状況下のことばの成分によって“騒音下での快適性”または“騒音下でのことば”に 39% もより正確に動作します。

この改善の確証を取るため、さらなる研究として児童 15 名に参加してもらい、聞こえの快適性、聞き取りによる疲労感、継続的な機器の使用、手動調節の必要性がオートセンス スカイ OS によって改善するか調査しました。ここでは最初の児童 6 名による予備結果について報告します。教室環境を再現した室内を囲むように置かれた 5 つのスピーカーから、叫び声が自然と多くなる児童の休憩時間を無関係に録音したものを被験者に提示しました。叫び声の雑音は 75 dB(A) で提示されました。オートセンス スカイ OS が、オートセンス OS が識別する“音楽”ではなく、“騒音下での快適性”として場面を精密に識別しているか補聴器モニターを使って検証しました。場面を聞きながらタッチスクリーンモニターを使って 5 つの質問に答えてもらいました。各質問はモニター上に 1 ページずつ表示され、児童はプログラム A とプログラム B をページ上のボタンで選択しました。“騒音下での快適性”（オートセンス スカイ OS）と“音楽”（オートセンス OS）がそのボタンに割り当てられ、質問はランダムに提示されました。最初の児童 6 名は、いずれの項目においても、“音楽”よりも“騒音下での快適性”の方が良いと評価しました（図 2）。この結果から、オートセンス スカイ OS を使用した方が快適性がより高く、疲労感、手動調節、機器の取り外しの必要性が減少していることが分かります。

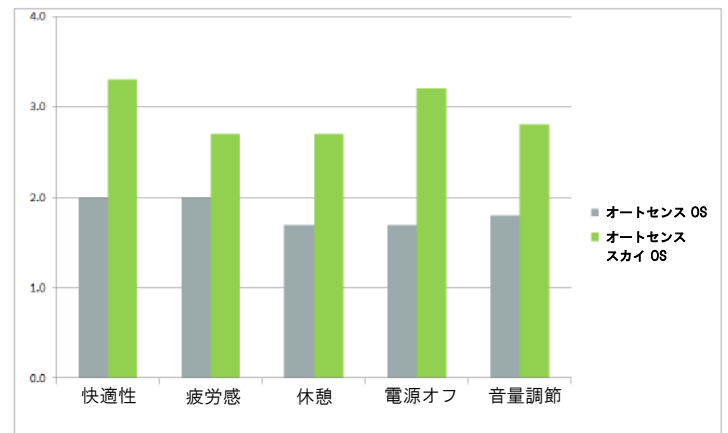


図 2：二重盲検法で行った比較対象 A/B の平均結果。叫び声のある場面で、オートセンス OS が選択するプログラム（音楽）かオートセンス スカイ OS が選択するプログラム（騒音下での快適性）のいずれかを選択
評価項目は次のとおり：

快適性: 5=とても快適 / 0=とても不快
 疲労感: 5=全く耳が疲れない / 0=とても耳が疲れる
 休憩: 5=休憩を必要としない / 0=休憩を必要とする
 電源オフ: 5=電源オフにしない / 0=電源オフにしたい
 音量調節: 5=音量調節しない / 0=音量調節したい

ロジャーと指向性の機能性

ロジャーテクノロジーにより、学校の先生の声に対する明瞭度や難聴の生徒にとっての聞こえの容易性が著しく改善しています。これまでのテクノロジーを使ったプラットフォームや、どの補聴器メーカーでも、ロジャー信号と補聴器の無指向性マイクから集められた周囲の音は融合されていました。ベンチャーのプラットフォームでは、ロジャーからの入力と同時に補聴器のマイクロホンに指向性に動作させることが可能です。フィッティングソフトを使ってロジャープログラムの指向性を有効にすると、背景雑音の存在とオートセンス スカイ OS が検出した騒音下でのことばの割合によって、“リアルイヤーサウンド”と“指向性：固定”との間を適応しながら動作します。背景雑音がある時に動作するマイクロホンモードは補聴器専門家が設定することが可能で、3つの設定（無指向性・リアルイヤーサウンド・適応しながら動作する指向性：固定）から個別設定することもできます。指向性：固定（カーディオイド）は初期設定となっており、学校に関連するグループワークに最適です。指向性：固定は補聴器のマイクロホンに届く言葉の方向 0度～90度の言葉の聞き取りを向上させる最適な指向性です。

次のケースでロジャープログラムへアクセス可能です：

1. 初期設定でロジャープログラムが設定されている、またはロジャープログラムしか設定されていない（例：補聴器がまだ上手く扱えず、且つオートセンス スカイ OS が設定されていない幼児期の児童）。このような児童でも、過ごす場所に関係なく、指向性マイクにアクセスすることが可能です。
2. 初期設定でオートセンス スカイ OS がスタートアップに設定されている。ロジャープログラムが利用可能になっており、ロジャーマイクロホンからの入力で切り替わるイーザーロジャー II を利用してこの 2つのプログラムが自動的に切り替わります。

いずれのケースも、近距離にいる先生やペアのクラスメイトの声の SN 比を推測 3 dB 改善させる指向性の効果を提供し、聞こえを最適化させるため、児童がロジャー信号を受けている間は、補聴器のマイクロホンの指向性は環境雑音に対して適応します。

児童 6 名と共に教室を再現した環境でロジャー & 指向性マイクの使用を検証しました。教室の雑音は教室の後方から、グループ内の話者からのことばは 315 度の位置から提示しました（図 3）。いずれも 65 dB(A)で提示し、SN 比が 0 dB になるようにしました。検証児童 6 名の予備データによると、ロジャーと無指向性マイクの使用に対し、ロジャーと固定型指向性マイクの使用で著しい効果があったことが分かりました。騒音下における文章の語音認識を測定したところ、無指向性に設定したロジャープログラムに対し、指向性：固定に設定したロジャープログラムの平均が 37%良いということが分かりました（図 4）(Wolfe, 2016)。⁹

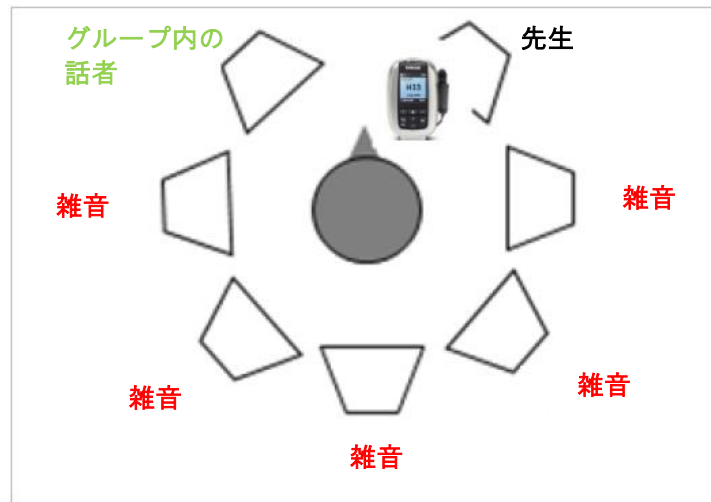


図 3：315 度位置にグループ内の話者のいる騒音下の教室場面

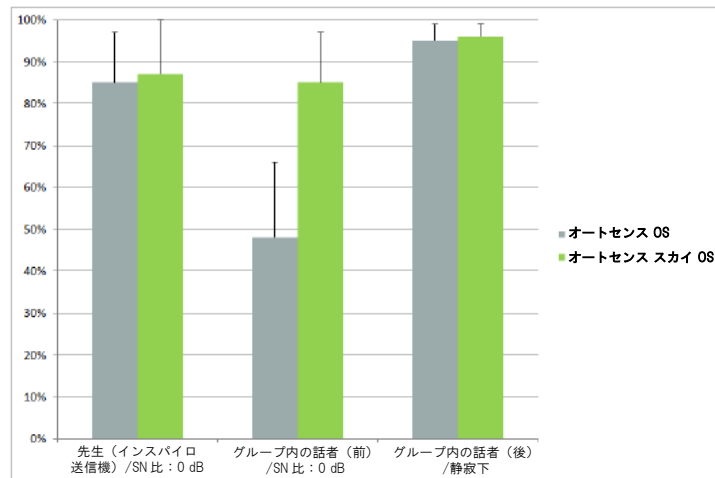


図 4：補聴器のマイクロホンが無指向性と指向性にそれぞれ設定したロジャープログラムの予備結果 1. 先生がインスパイロ送信機を使用している場合、2. グループ内の話者が騒音下で前にいる場合、3. グループ内の話者が静寂下で後ろにいる場合。N=6。エラーバーは標準偏差 1 を示す

まとめ

オートセンス OS を基とするオートセンス スカイ OS は、ロジャーが利用できないグループワークまたはグループ内のクラスメイトとの会話の聞き取りや児童がとても大きな声で叫んでいる状況下における快適性を改善することにフォーカスしながら適応します。いずれの改善点も、生徒の聞き取りの労力を軽減させ、叫び声と共に活発なアクティビティ中の快適性を改善させるサポートをします。

ベンチャーのプラットフォームでは、ロジャープログラムにロジャーからの入力と同時に補聴器の指向性マイクから入力する仕組みを初めて導入しました。指向性：固定に設定したロジャープログラムは、背景雑音があるかどうか、オートセンス スカイ OS が検出した騒音下でのことばの割合によって固定型指向性を適応させながら動作します。

この新しい 2 つの機能が、児童が長時間過ごす、いくつかの聞こえの状況を改善します。オートセンス スカイ OS と指向性：固定に設定したロジャープログラムは、小児用補聴器フォナック スカイ V で初めて利用することが可能となりました。

参考文献

1. A.C. Neuman, M. Wroblewski, J. Hajicek and A. Rubinstein (2010). Combined effects of Noise and Reverberation on Speech Recognition Performance of Normal-Hearing Children and Adults. *Ear and Hearing*, 31(1), 336.
2. M. Khairi, M. Daud, R.M. Noor, N.A. Rahman, D.S. Sidek and A. Mohamed (2010). The effect of mild hearing loss on academic performance in primary school children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 74(1):67–70.
3. U. Haeberlin et al., (1989). Integration in die Schulklasse. Fragebogen zur Erfassung von Dimensionen der Integration von Schülern, FDI 4-6. Bern: Haupt.
4. M. Audeoud and E. Wertli (2011). Nicht anders, aber doch verschieden, HfH Reihe.
5. J. Crukley, S. Scollie, V. Parsa, (2011). An exploration of Non-Quiet Listening at School. *Journal of Educational Audiology* vol. 17.
6. T.A. Ricketts, E.M. Picou, J.A. Galster, J. Federman and D.P. Sladen, (2010). Potential for Directional Hearing Aid Benefit in Classrooms: Field Data, Sound Foundations for Early Amplification Proceedings.
7. O. Wilson, J. Valentine, M. Halstead, G. Dodd, (2012). Classroom acoustics: a New Zealand perspective, The Oticon Foundation in New Zealand.
8. F. Bess, J. Dodd-Murphy and R. Parker, (1998). Children with minimal sensorineural hearing loss: Prevalence, educational performance, and functional status, *Ear and Hearing*, 19: 339-354.
9. Wolfe, J (2016). A Powerful Noise-Fighting Duo: ロジャー and Phonak Directionality. *Phonak Field Study News*.

著者



Manuela Feilner はチューリッヒ工科大学で電気工学を専攻。2002年、スイス連邦工科大学ローザンヌ校でデジタル信号処理の博士号を取得。2003年、フォナックの一員になると、デジタルマーケティングラボのR&Dエンジニアに就任。



Stacey Rich はノースカロライナ大学チャペルヒル校にて聾教育を専攻。2003年、オーストラリアのメルボルン大学にて臨床聴能学の修士を取得。小児オーディオロジストとして勤務した後、2008年、フォナック US の Pediatric and Schools を担当。2014年より、スイスのフォナック本社にてグローバル小児オーディオロジーマネージャとして従事。



Christine Jones は2001年にフォナックの一員となり、近年は外部・内部の臨床研究を管理する Phonak Audiology Research Center (PARC)の責任者として従事。以前はフォナック US の小児を担当し、PARC で小児の臨床調査を管理。Christine はヴァンダービルト大学の聴覚学科で修士号を取得した後、中央ミシガン大学で聴覚学博士号を取得。