

## SoundSense Learn—Listening Intention and Machine Learning

<http://www.hearingreview.com/2018/05/real-life-applications-machine-learning-hearing-aids-2/>

### サウンドセンス ラーン – 聴く意志とマシンラーニング (翻訳)

Tech Topic | June 2018 *Hearing Review*

By Oliver Townend; Jens Brehm Nielsen, PhD; and Ditte Balslev, MA

サウンドセンス ラーンは、補聴器ユーザーが簡易にしかも効果的に補聴器パラメータを最適化するためにマシンラーニングを使った機能である。この記事では各自のサウンドセンス ラーンで調整されたパラメータで録音されたものをダブルブラインド(\*)でテストした結果を示す。クラス分けの無い場合と有る場合を比較すると音質と快適性において明らかによくなっている。機能は、すべてのテストサンプルについて、音質と快適性の向上を示した。

\*ダブルブラインド=二重盲検法、心理学的影響を受けずに効果の有無を調べる方法で、被験者、研究者ともに何をテストしているか知らされていない方法。

前回の論文に書いたように1、自動で環境適応する補聴器であってもユーザーの聴く意志とは異なる設定—思ったより声や音が聞こえないといったことが時々ある。そのため前回の論文では、秩序立てた調整を通して個人化される過程にマシンラーニングを使えるのではないかと提案した。

この論文では、先ごろ発売された Widex EVOKE 補聴器に搭載され、マシンラーニングを用いて実際の生活上で音を変えるサウンドセンス ラーンを紹介する。さらに、聴く意志というものがユーザーや調整担当者にどのように影響するか、サウンドセンス ラーンが聴く意志に応じて音質や快適性の改善にどのように役立っているか説明する。

#### 聴く意志

どの聴取環境においても、ユーザーは「聴く意志」を持つ。補聴器の自動適合機能は多くの場合、ユーザーのニーズに有効であることは以前にも述べたとおりである。<sup>1</sup>しかし、自動適合や環境適応は、何を増幅し何を増幅しないかを想定しており、最適な自動適合システムであっても一つの課題がある：「それぞれのユーザーが与えられた聴取環境において何を重視しているかを理解すること」(図1)

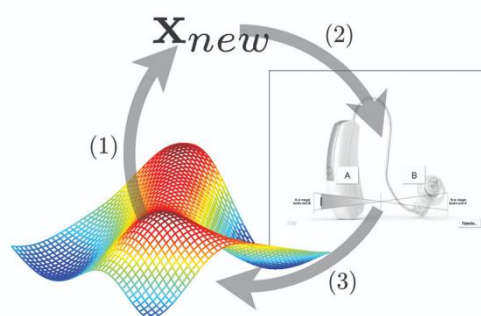


図1. 聴く意志と補聴器設定のイメージ図

聴く意志 (カラーの部分) の反映(1)

聴く意志に基づく新しい補聴器設定(2)

状況が変わり次の聴く意志へ(3)

自動適合システムは認知資源を聞く助けになるといった利点をもっているものの<sup>3</sup>、ユーザーに対し与えられた聴取環境で何が重要かの想定に基づいている。しかし、実際は状況によってユーザーの意志は変化する。社会的な状況では、あるユーザーは会話を聴き、背景の音楽を小さくすることを望むだろうし、まったく異なる音を好むかもしれない。

自動適合システムが聴く意志に合わなかった場合、ユーザーは3つの選択肢を持つ。1)販売店で微調整、2)補聴器のコントロールを調整、3)問題をそのまま放置して使用を続ける。実際の生活で経験する問題を販売店で微調整するには、すでに問題となった状況ではないという点や、ユーザーが問題の状況を覚えていたり、説明するのが難しいといった点など、困難が多い。ユーザー、販売店にとって再調整の約束は、フラストレーションの元である。

このような問題が起きたとき、スマートフォンアプリを用い補聴器のコントロールで調整する方法がある。2.4GHz通信で補聴器とスマートフォンがつながり、調整の幅が広がった。<sup>4</sup>これらのコントロールが利点であるにもかかわらず、多くのユーザーにとって複雑すぎたり、補聴器を最適な状態にするのに時間がかかったりと、試すには至らなかった。

2.4GHz通信は、スマートフォンの処理パワーを活用し、補聴器の最適化に使用したり、ユーザーのインプットからマシンラーニングで実際の生活上での最適化を行うことも可能とした。これこそが販売店が同席できない場面で簡易に効率的に問題を解決する可能性をもつ方法である。

### 効率的なユーザーコントロール

補聴器の最適化にマシンラーニングを使う大きな利点は、理想的なパラメータを確定するスピードの速さである。AB比較聴取は、ユーザーの経験をサンプルするために広く適応される方法であるが、ユーザーにとって、アプローチしやすい方法であり、ユーザーの指導はほとんど必要としない。このような比較聴取で問題となるのは、最適な状態になるまでの比較の回数が実際に取り扱える量を越えて多くなってしまふことである—特にすばやく補聴器をセットするために。

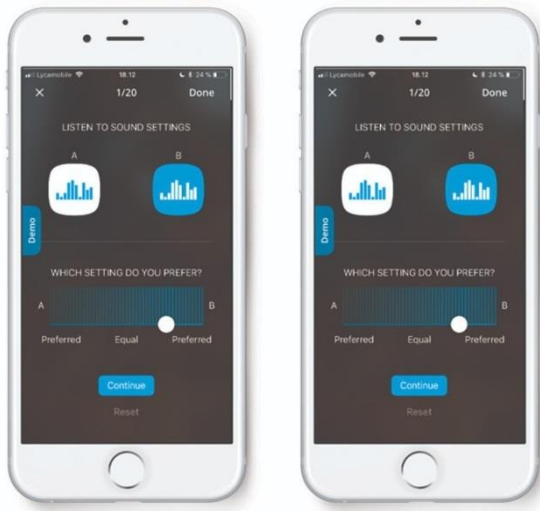
サウンドセンス ラーンは、補聴器のパラメータを個人個人で調整するためにマシンラーニングを活用している。<sup>5</sup>サウンドセンス ラーンは、補聴器のパラメータを適切な方法で、聴く意志にかなりの確率で合うように調整できる範囲で選んでくるように作られている。実際的な観点から見れば、最適な調整を見つけるまでの回数が最小化された比較聴取アプリを手にすることができるようになったと言える。

(図 2)

### サウンドセンス ラーンのテスト

図 2. サウンドセンス ラーンの画面例

A、B 2つの音が用意され聴き比べた結果をスライダーで入力する。サウンドセンス ラーンは、次の比較に最適なパラメータを計算し、比較する。



サウンドセンス ラーンの利点を基本的な補聴器調整状態を効率的にコントロールする方法として、サウンドセンス ラーンを使用する利点をテストするために、色々な音環境で機能を比較する実験を準備した。この実験の目的は、サウンドセンス ラーンを使って調整した状態と同じ補聴器でクラス分けの有無による音の比較である。クラス分けには、ワイデックスの自動環境適応システム、サウンド クラスを用いた。<sup>3</sup> ダブルブラインドでリアルタイムな最適化をするために複雑な過程をとるため、テストは3つに分

けられている。

1) サウンドセンス ラーンを使った補聴器パラメータは、最初の訪問でつくられる。補聴器は、まず聴カレベルに応じて調整される。その後で9つの音の状況(表1)をヘッドホンを通して聴きながらサウンドセンス ラーンで補聴器パラメータを調整してもらう。音の状況に合う画像とサウンドセンス ラーンの使い方を示したものが与えられた。(図3)

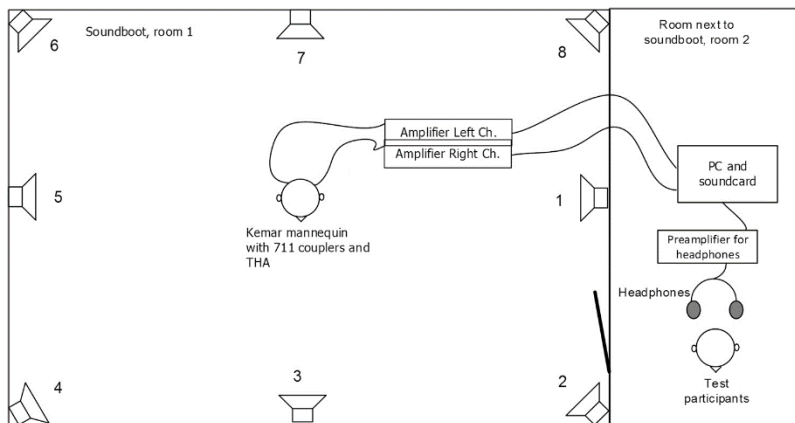


図3. 実験の様子  
防音室のマネキンで受けた音をヘッドホンで聴く。

2) 個人の補聴器調整の録音。音の状況によって、クラス分けなし、クラス分けあり、サウンドセンス ラーンの3つの録音を行った。

3) 少なくとも3日後に被験者にもう一度来てもらい、ダブルブラインドで録音を聴いてもらい、評価してもらった。

軽度から中等度難聴の19名(平均年齢68歳、32%女性)がテストに参加。音質、快適性、音声の明瞭性を変数としてITU-R BS.1534-3推奨のスケール<sup>6</sup>でデータを収集。<sup>7</sup>

### ユーザーは異なっている

サウンドセンス ラーンの主な目的が、与えられた音の環境に対して聴く意志に沿った補聴器の調整をすること。ユーザーによって、同じ環境、聴く意志であっても好み異なるであろう。

図 4 に示すように同じ環境、聴く意志であってもユーザーによって異なるパラメータが選ばれた。つまりこれは好みが違うということを示している。このような結果の中で、サウンドセンス ラーンの利点はどうか。この後の分析では、サウンドセンス ラーンを使用することによる音質と快適性の改善について述べる。音声の明瞭性については、改善は見られなかった。

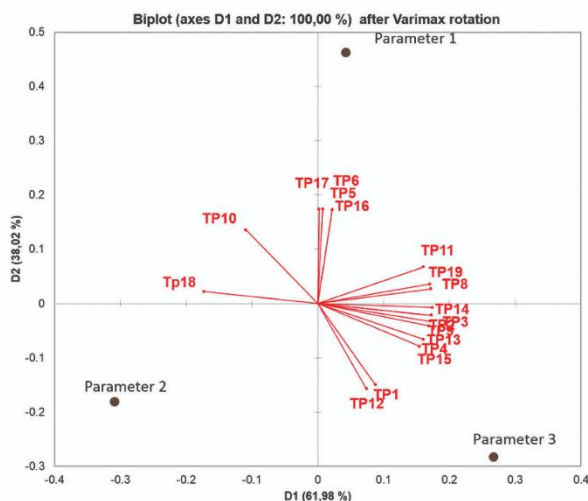


図 4. ユーザーは皆違う  
赤線は、一人一人のユーザーで、うるさい食堂での音に対する好みのマッピング。  
黒丸は、サウンドセンス ラーンで設定された状態を示す。赤線がある程度集まって黒丸の方向を向いているが、これだけのバラつきがある。パラメータ 2 を目指したのは 1 件もなかった。

### 快適性

快適性は、ある環境の中でどれだけ快適にいられるか（もしくは、どれだけノイズについてイライラしているか）を示す。参加者は、表 1 の音の環境の中で、サウンドセンス ラーンを使って補聴器のパラメータを好みの状態に変えた。

全体的にサウンドセンス ラーンを使った方が、クラス分けありの場合より快適性が向上していた。

( $p < 0.01$ ) 快適性の向上は、他の環境についても同様であった（図 5）。84%の参加者が、サウンドセンス ラーンを使った設定を選んだ。

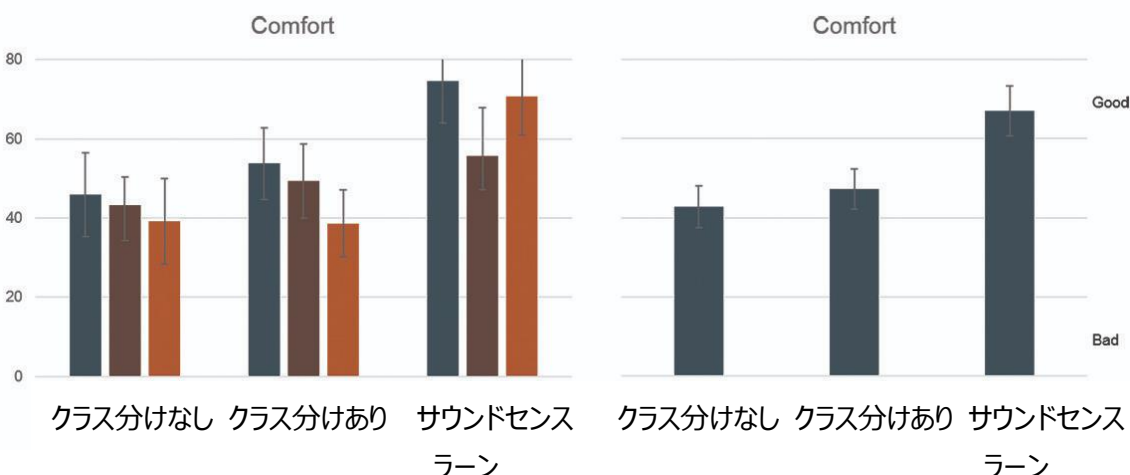


図 5. 快適性の評価（右は平均） ■ 食堂 ■ デイナー ■ ロードノイズ  
サウンドセンス ラーンは、クラス分けなし、クラス分けありより有意に改善した。(  $p < 0.01$  )

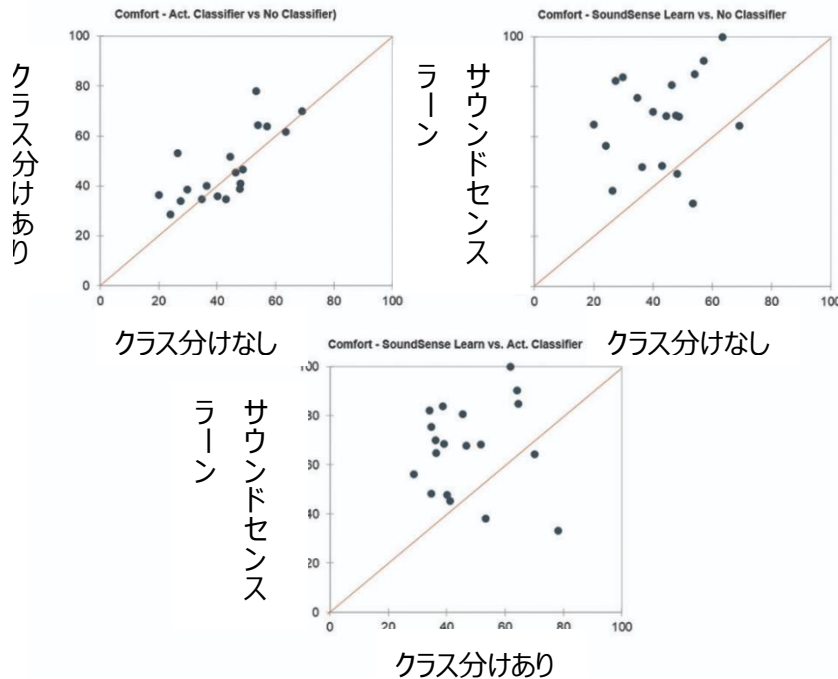


図 6. クラス分けなし、クラス分けあり、サウンドセンスラーン同士の直接比較

サウンドセンスラーンは、クラス分けなしに比べて 84% が快適

### 音質

快適性の向上に続き、音質も改善しているのでは、と仮説を立てた。実験では、音質とはどれくらい好んで聴けるかと定義された。参加者は、表 1 の音の環境の中で、サウンドセンスラーンを使って音質が向上するように補聴器のパラメータを好みの状態に変えた。

サンプル	説明	聴く意志
現代音楽 1	70年代ロックサンプル	音質
現代音楽 2	ジャズ、トランペット	音質
クラシック	室内楽	音質
食堂	典型的な職場の食堂。食器の音、人が近くで話す音。	快適性
ディナー	カフェ、人々が話している、キッチン音、近くで話す音。	快適性
ロードノイズ	交通量の多い通り	快適性
食堂	典型的な職場の食堂。食器の音、人が近くで話す音。	明瞭性
ディナー	カフェ、人々が話している、キッチン音、近くで話す音。	明瞭性
歩道	静かな歩道、遠くで会話音	明瞭性

表 1. テストに使われた音の状況

サウンドセンス ラーンを使った時の方が、クラス分けなし、クラス分けありのときより音質が向上していた。 $(p<0.05)$ 音質の向上は、現代音楽 2（ジャズトランペット）を除いて、同様に向上していた。89%の参加者が、サウンドセンス ラーンを使った設定を選んだ。(図 8)

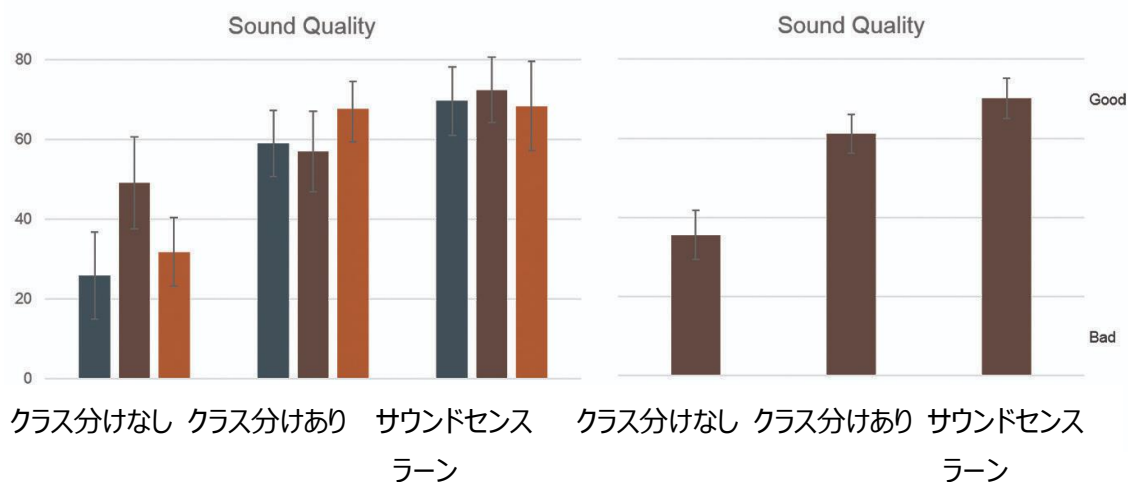


図 7. 音質の改善の評価（右は平均）■現代音楽 1 ■クラシック ■現代音楽 2  
サウンドセンス ラーンは、クラス分けなし、クラス分けありより有意に改善した。 $(p<0.05)$

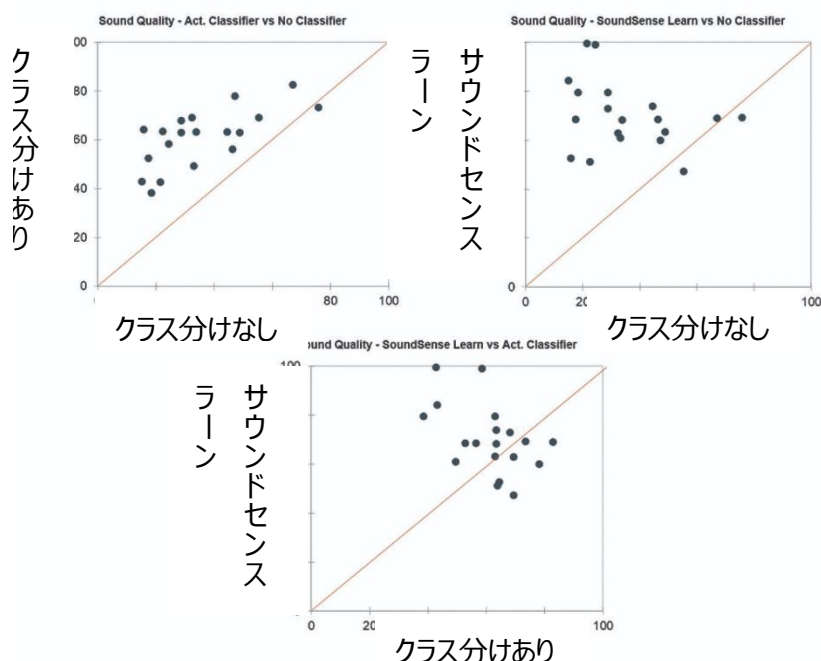


図 8. クラス分けなし、クラス分けあり、サウンドセンス ラーン同士の直接比較

サウンドセンス ラーンは、クラス分けなしに比べて 89%が音質の向上

サウンドセンス ラーンは、音質と快適性の向上に寄与することがわかった。

機能が現在うまく働いているとしても、マシンラーニングを活用した技術が時間とともにさらによく become、もっと正確になる可能性があることを忘れてはいけません。



我々が何を測り、ユーザーが機能から何を期待するかと直接的に結びついているので、補聴器の機能のテストをする際、研究方法の生態学的重要性が増えている。音の状況のシミュレーションが業界の標準として行われ、映像的な文脈が与えられると、サウンドセンス ラーンの将来的なテストは、設定の生態学的重要性を増加させることにフォーカスする。改善は、文脈の改善や聴く意志を明確にするために仮想現実（バーチャルリアリティ）を含むであろう。実際の生活におけるビックデータや臨床からのフィードバックは、今後機能を改善する上で重要な役割となり、ユーザーへアクセスすることも多くなるであろう。

## まとめ

サウンドセンス ラーンは、マシンラーニングを活用した機能でユーザーの聴く意志にもとづき補聴器のパラメータを簡易にそして効率的に調整する。19名の被験者について個々のサウンドセンス ラーンで録音された音源を用い、ダブルブラインドでテストした。音質と快適性の向上 ( $p < 0.05$ ) が、クラス分けなし、クラス分けありで確認された。サウンドセンス ラーンは、すべての音のサンプルにおいて音質と快適性の改善を示した。



**Oliver Townend, BSc**, is Audiologist and Audiology Communications Manager; **Jens Brehm Nielsen, PhD**, is Architect, Data Science & Machine Learning; and **Ditte Balslev, MA**, is Audiological Affairs Specialist at Widex A/S in Lynge, Denmark.

## References

1. Townend O, Nielsen JB, Ramsgaard J. [Real-life applications of machine learning in hearing aids](#). *Hearing Review*. 2018;25(4):34-37.
2. Nielsen JB, Nielsen J, Sand Jensen B, Larsen J. Hearing aid personalization. Paper presented at: 3rd NIPS Workshop on Machine Learning and Interpretation in Neuroimaging; December 5-10, 2013; Lake Tahoe, Nev. <http://eprints.gla.ac.uk/119556/1/119556.pdf>
3. Kuk F. [Going BEYOND A testament of progressive innovation](#). *Hearing Review*. 2017;24(1)[Suppl]:3-21.
4. Aldaz G, Puria S, Leifer LJ. [Smartphone-based system for learning and inferring hearing aid settings](#). *J Am Acad Audiol*. 2016; 27(9)[October]:732-749.

5. Nielsen JBB, Nielsen J, Larsen J. Perception-based personalization of hearing aids using Gaussian processes and active learning. *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*.2014;23(1):162-173.
6. ITU Radiocommunication Assembly. ITU-R BS.1534-3: Method for the subjective assessment of intermediate quality levels of coding systems. Updated October 2015. Available at: <https://www.itu.int/rec/R-REC-BS.1534-3-201510-I/en>
7. DELTA. SenseLabOnline. <http://www.senselabonline.com>