

リサウンド・エンヤが提供する クリアな音声と高音質なサウンド

ジェニファー・グロス, 聴覚学修士, ジーエヌリサウンド グローバルオージオロジー部

概要

リサウンド・エンヤは室内外を問わず、騒音の多い環境でも、優れた音質とクリアな言葉の聞き取りを装用者へ提供することができる、高い価値のあるきこえのソリューションである。リサウンドの内耳機能ワープ™信号処理による増幅を中心に、環境適応型指向性、ノイズトラッカー™II雑音抑制、ウインドガード™やウルトラDFS™IIハウリング抑制などといった優れた機能によって、装用者は高い満足を得られる。またリサウンド・エンヤは耳鳴り治療用サウンドジェネレーターも内蔵している。

聴覚は一次感覚だが、視覚とは異なり、常に「オン」の状態になっているため、その真の重要性を実感しにくい。私たちの日常生活は聴覚と密接にかかわっているため、聴覚を失うことにより生じ得る複雑な問題を想像することは非常に困難である。聴覚は、周囲で起こっていることを認識するために不可欠である。それと同時に、聴覚は人間のコミュニケーションや交流の基本的な形態であり、また楽しみや娯楽を提供するものでもある。事実、聴覚の価値は計り知れないほど貴重なものと言える。リサウンドは、補聴器装用者にあらゆる方法で最大限の価値を届けるため、このような考え方を指針として、リサウンド・エンヤシリーズを開発した。開発の過程では、装用者の満足を得るためには補聴器に最も必要とされるものを改めて把握することに大きな重点をおいた。

図1は、補聴器に関するさまざまな特性が装用者の満足度に及ぼす影響を示している。「高機能」「価値」「音質」が、満足度を高める上位3つの要素となっている。だが実際には、これら3つの要素は密接に関連していると言える。「高機能」は、標準的な性能を超える機能を意味しているが、「高機能」という性質のみが満足度の決定要因となるわけではない。つまり、機能自体が装用者の満足度に影響を及ぼすのではなく、機能から得られるメリットが装用者の満足度に影響を及ぼすのである。支払った額に見合うメリット、聴覚関連の問題を十分に解決するメリットには、高い価値があると認識される。リサウンド・エンヤでは、高音質なサウンドとクリアな音声を装用者に届けるため、音の処理と製品の性能を慎重に考慮して組み合わせた。

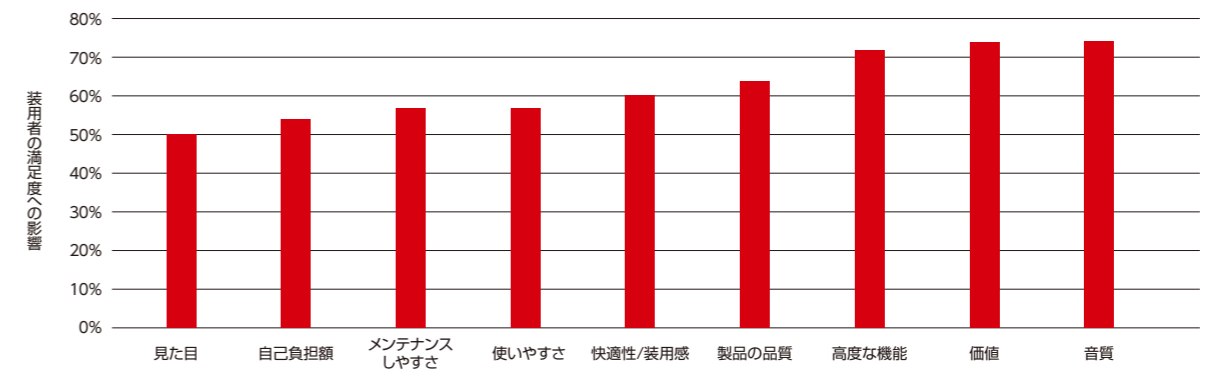


図1. MarkeTrak 9¹が明らかにした、装用者の満足度を高める主な要素

ジーエヌリサウンドジャパン株式会社

〒220-0012 神奈川県横浜市西区みなとみらい3-6-3 MMJパークビル8F

☎0120-921-310 www.resound.com

©The GN ReSound Group



MKD0888 EY 11 1601A-16015500

ReSound
rediscover hearing

ReSound
rediscover hearing

クリアな音声

多くの補聴器装用者や難聴者にとって最も苦勞するのは、騒音下での言葉の聞き取りである。補聴器の最初の役割もそこにあり、音声やそれ以外の音の聞き取りを、高音質且つ音の大きさの許容レベルを超えずに改善させることにある。リサウンド・エンヤは、サラウンド・サウンド by リサウンド™に基づいた音声処理技術で構築されている。これは、人間の耳の自然なきこえのプロセスに着想を得ており、リサウンドの製品はこのアプローチに沿って設計されている。リサウンド・エンヤも同様で、耳本来の周波数処理方法を模倣した内耳機能ワーブ™を基礎としている。この処理では、非常に正確な解析機能を使用し、聴覚フィルタの重要な帯域幅に緊密に対応するスケールに周波数成分を対数的に解析している²。

環境適応型指向性

内耳機能ワーブ™によるクリアで歪みのない増幅を可聴性のために使用しても、雑音の多い状況での聞き取りは依然として困難であることが多い。背景に雑音がある場合に音声の理解を改善する最良の方法は、信号対雑音比(SN比)を改善することである。これには指向性マイクを使用することで可能となる。一般的な指向性マイクのシステムは、聞きたい信号は聞き手の前方にあると想定している。つまり他の方向からの音は雑音とみなされ、これらの信号の増幅は、前方からの信号と比較して抑制される。リサウンド・エンヤには、装用者の後方から聞こえる音のうち、最大の音をキャッチし、抑制できる高度な指向性アルゴリズム機能、環境適応型指向性を搭載している。雑音の方向や強度に基づき、さまざまな指向性に適応できるよう設計されている。つまり、装用者の後方の最大の雑音源を抑えると同時に、複数の位置から発生する異なる周波数成分の雑音源も抑えることができる。



図2. 環境適応型指向性は、指向性パターンを変更しながら装用者の後方からの音を確実に低減する。

ソフトスイッチ™

特定の状況では特定の指向性モードが望ましくなるはずである。しかし、研究によると、無指向性/指向性を手動で切り替え可能な補聴器の装用者の30%以上が指向性モードへの切り替えを行っていないことが示されている³。その主な理由としては、装用者が切り替えるタイミングを知らないことや、日々の補聴器の使用において手動での調整を望んでいないことなどが挙げられる。ソフトスイッチ™では、音環境の音響分析を行うと共に、指向性の好みに関する知識を活用し、補聴器を無指向性または指向性モードのいずれにするかを制御することができる。ソフトスイッチ™は、音圧レベルおよびスピーチ検出アルゴリズムを使用して、ある音環境において指向性が有利になる場合を判断する。たとえば騒音下で、装用者の前方から音声が発見された場合、環境適応型指向性に自動的に切り替わる。ソフトスイッチ™では、指向性混合率機能とスムーズな指向性、無指向性モード間移行により、装用者は、プログラムを切り替えることなく、雑音の多い状況では指向性のメリットを得ることができる。

指向性混合率機能

指向性混合率機能は、低周波数の入力音に無指向性処理を適用することで、従来の指向性付き補聴器が抱えていたソフトスイッチ™などの自動切り替え機能による可聴性や音質の問題を解決している。問題の1つは、指向性増幅による低周波の減衰に対して行う「低域補正」(または低域強調)から生じる雑音である。低域が減衰される理由は、補聴器の前方と後方のマイクに到達する低周波数音が類似した位相関係にあることによる。つまり、前方と後方からの低周波音は、到着する方向とは無関係にキャンセルされる傾向にあるのだ。このような指向性モードでの可聴性の低下に対応するため、一般的に、低周波数音の増幅に補正が適用されている。しかし、これにより、可聴な雑音が生じ、全体的なきこえのメリットが損なわれることがある⁴。低域を無指向性処理することで、重要な音声に対するSN比を改善しつつ、この問題を回避することができるのである。

入力信号の処理が無指向性と指向性の間で変更される周波数は、アベンタフィッティングソフトウェアにより、補聴器のマイクの間隔と低周波の聴力閾値に応じて、自動計算される。音質とSN比のバランスは、装用者個人に合わせ、最適に調整される。図3は、無指向性と指向性の信号の間の

スムーズな移行により雑音のない指向性が得られることを示している。

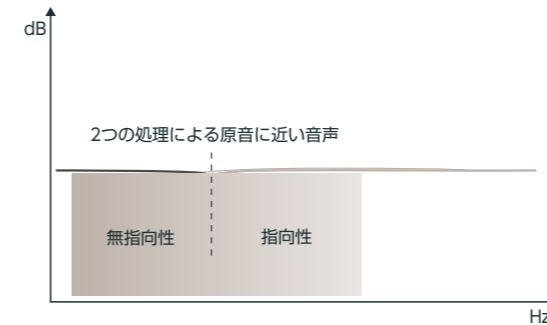


図3. 無指向性応答と指向性応答がスムーズに移行するため、自然で裸耳に近い指向性を提供する。

音質

どの補聴器メーカーも、自社製品の音質のすばらしさを主張している。このような主張は、補聴器の音質を公平に評価する方法がないため、問題にされることは殆どない。しかし、リサウンドは、補聴器メーカーによって合意された公平な方法に基づいて、すべての世代の製品において優れた音質であることを正当に主張することができる⁵。リサウンド・エンヤには、それと同じ技術が使用され、普及価格帯補聴器の製品ラインでの高音質を実現している。

ノイズトラッカー™II雑音抑制による音質の向上

内耳機能ワーブ™以外に、リサウンドの補聴器で音質向上のために使用されている非常に重要な技術の一つとして、ノイズトラッカー™IIがある。雑音を抑制することにより、音声の聞き取りやすくなり、また聞き取りが快適になり⁶、音質も向上し、認知的負荷の低減⁹などのメリットがある。聴覚専門家の多くは、雑音抑制システムはどのメーカーも同じであり、差異を実証する情報はほとんどないと考えている。しかし最近になり、システムによって音響効果が異なることが立証された。また、この差異から、健聴者においても聴力障害者においても、知覚的な差異が生じることも主観的な測定により明らかになった^{9,10}。雑音抑制システムによって雑音の不快感が抑制され音声の自然さが保たれることが判明しているが、そのレベルについては、システムによって異なることが試験で示されている。これは製品を選択する上で重要な意味を持っているといえる。補聴器のフィッティングでは特定の雑音抑制システムの効果を考慮する必要があるだろう。

ノイズトラッカー™IIは、スペクトル減算方式を用いている¹¹。これは音声アプリケーションで雑音の多い環境での音声の改善に非常に広範に使用されている方法の1つである。スペクトル減算方式の概念は、音声部分のみを残して、短期的な雑音のスペクトルを全信号から差し引くというものである。概念は簡単だが、実際に応用するのは大変困難なものである。というのも、この方式の成否は、雑音を正確に特定できる能力により左右されるためである。すなわち、システムは、背景の雑音から音声を有効に分離できる機能を備えていなければならないということである。とは言っても、背景の雑音も音声で構成されていることが多いため、これは大きな課題であると言えよう。これ以外にも、実際の音環境において動的な音声と雑音の構成を把握し続けなければならないという課題もある。最後に、補聴器の装用者にとって重要な点として、信号からすべての雑音を除去するのではなく、雑音の特性を維持しなければならないという点である。環境雑音をすべて除去したり、雑音の背景のスペクトルを変更したりすると、音が不自然に聞こえる場合があるからである。従って、背景の音は、装用者が音環境を認識および把握できる程度に可聴性を保つ必要がある。最終的な目標は、比較的低いレベルの歪みのない雑音と、増幅されても歪みのない音声との両方を達成することである。

背景の雑音を低減するノイズトラッカー™IIの精度について、0dBのSN比で群衆の雑音を背景として音声を録音してテストを行った。これは、雑音抑制システムにとって非常に困難な環境といえる。図4に、背景の雑音のみのスペクトログラムを示した。横軸は時間、縦軸は周波数となっている。最も音圧の高い部分はピンクで示され、比較的低い音圧は青で示されている。図4で明らかなのは、背景の雑音は低周波数で最大のエネルギーになるが、中周波数の範囲でもかなりのエネルギーになるという点である。図5は、ノイズトラッカー™IIをオフにした場合とオンにした場合との差異を示している。スペクトル減算方式の雑音抑制システムが雑音のスペクトルを正確にトラッキングし、評価し、差し引くことができる場合、図4と図5は同様になるはずであり、実際にそのような結果となった。図6には競合他社メーカーのハイエンド補聴器で中レベルに設定された雑音抑制システムの結果を示したが、対称的な結果となった。この抑制のパターンは、背景の雑音のスペクトログラムにあまり類似していない。大きなエネルギーが

みられる背景の雑音に低減がほとんど適用されていないばかりか、別々のバンドにて抑制が行われているのが明らかにスペクトログラムに示されている。どちらのシステムでも背景の雑音の不快さを抑制できるが、ノイズトラッカー™IIの方が、自然なきこえに近い成果が達成できるといえるであろう。

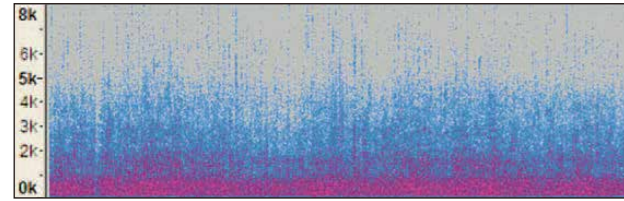


図4. 背景雑音スペクトログラムのみ。

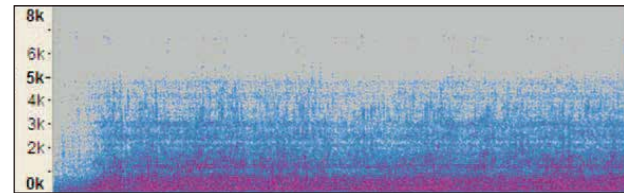


図5. ノイズトラッカー™IIがオフの場合とオンの場合の差を示すスペクトログラム。図4の背景雑音スペクトログラムに対して抑制するスペクトログラム。

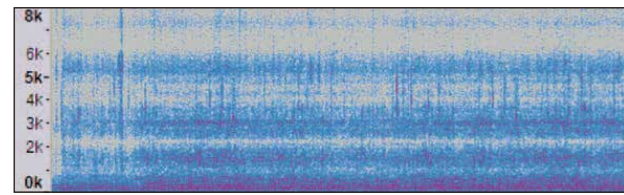


図6. 競合他社メーカーの雑音抑制システムを同一のテスト条件においてオフおよびオンにした場合の差異を示したスペクトログラム。抑制は、背景の雑音のスペクトルグラムとは異なるパターンになっている。

ウインドガード™を使用した屋外での聞き取りの快適性

風切り音は、補聴器の装用者にとって不快以外のなものでもない。低風速でも、補聴器のマイクで高レベルの乱流雑音が生じる可能性があり、これにより高レベルの雑音が追加され、望ましい音を歪める結果となる。風切り音は、マイクが1つしかない補聴器よりも2つある補聴器の方が大きな問題となる^{12,13}。これは、風切り音はスペクトル的には低周波であり、空間的に相関していないからである。風がある場合、独特な空気渦が補聴器の各マイクで生じる。渦はそれぞれ特有であるため、各マイクの信号も特有になり、信号が相関しない。指向性補聴器の2つのマイクやポートで生じる無相関の入力を組み合わせると、信号レベルが増大する。従って、低周波等価による従来の指向性補聴器では、風切り音は、単一マイクの補聴器の場合よりも増幅

されることとなる。指向性混合率機能では、低周波数を無指向性処理するため、リサウンドの指向性補聴器で生じる風切り音の問題の一部をすでに緩和している。ウインドガード™は、指向性および無指向性のいずれのマイクモードにおいても風切り音に対する第2の防衛線であり、屋外での聞き取り環境において快適性を保つことができる。

ウインドガード™が目指しているのは、風が検出された周波数帯域に十分な利得の低減を適用し、風の影響を受けない周波数帯域の利得レベルを損なわずに、補聴器の装用者が快適に聞き取れるようにすることである。適用される利得の低減量は、風切り音レベルや環境によって異なり、他の音の可聴性を犠牲にしないまま、状況に応じて、また個人に合わせて低減することが可能である。最終的な結果として、補聴器の装用者は、背景のソフトな風切り音や周囲の他の音の可聴性が維持された、とても自然な音を聞くことができる。

ウインドガード™は、風検知モジュールと風低減モジュールの2つのコンポーネントから構成されている。検知段階では、他の音に対する風切り音の量を、各マイクからの信号を相関させ、両方のマイクで計算している。風切り音は、各マイクからの信号が相関しない場合に生じることが多い。風検知の最終段階では、風切り音レベルは、周囲の他の音のレベルと比較され、風対音の比率が決定される。風低減モジュールはこれを用いて、利得の低減量を決定する。

風低減モジュールはウインドガード™の2つ目のコンポーネントである。システムが70dB SPLを超える風切り音があると判断した場合（補聴器の装用者にとって通常不快になる風切り音レベル）、利得の低減が特定の周波数帯域に適用される。図7に、ウインドガード™の2つのモジュールを簡略化して示した。

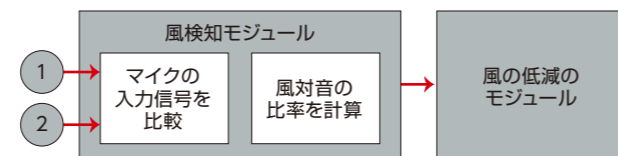


図7. ウインドガード™のデュアルマイク入力の略図。灰色の円は、補聴器の2つのマイクを示している。

ウインドガード™は、どのような環境においても最適なソリューションを提供するシステムである。もちろん、風切り音が検出されない場合、利得の低減は適用されない。その場合でも、風対音の比率の計算に使用するため、現在の環境に関する情報を継続して分析および保存する。図8に、3つの異なる状態におけるウインドガード™の処理を示す。まずパネルAであるが、ここでは風切り音は検出されていない。この状況では、環境音のレベルは、風切り音が生じた場合に備えて風対音の比率の計算に使用するため、更新され続けている。次にパネルBでは、70dB SPLを下回る風切り音が検出された状態を示している。この場合でも、利得の低減は適用されない。最後にパネルCは、70dB SPLを超える風切り音が検出された場合に、利得が低周波数帯域で低減される方法を示している。利得の低減量は、風切り音と通常の音声の比率に基づき、風切り音レベルを装用者の環境の平均的な音レベルにすることを目的として計算されるのである。

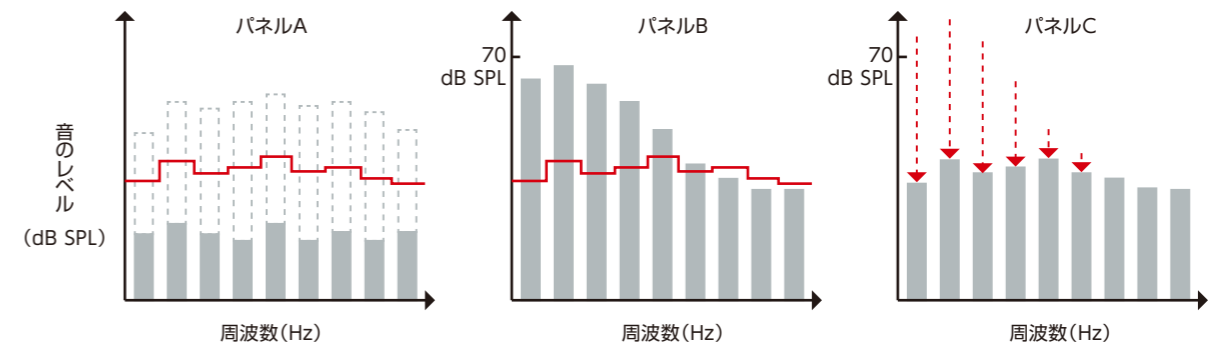


図8 ウインドガード™の動作。

バーは、各帯域の出力を示している。濃い色のバーは、一定期間内の最小出力レベルを示し、点線のバーは、同一期間内の最大出力レベルを示している。赤の折れ線は、音響に関する帯域ごとの平均出力レベルを示している。パネルAでは、平均出力レベルが計算されたときに風のない状況を、パネルBは、70dB SPL未満の風切り音がある場合の風切り音を表示している。このパネルでは、利得の低減は生じない。検出される風雑音が低レベルであるためである。パネルCでは、70dB SPLを超える風切り音が検出されている。利得は、下向き矢印で示されており、風切り音のレベルをシステムにより事前に保存された平均出力レベルにするために適用される。

ウルトラDFS™IIでハウリングの悩みを解消

ハウリングは、その補聴器の評価を落とす主な原因であるといえよう。理由の1つは、ハウリングにより生じるピーピー音である。補聴器の装用者には聞こえなくても、周りの人には聞こえやすいことが挙げられる。ハウリング抑制機能は、ハウリングの発生を劇的に抑え、最近のほぼ全ての補聴器に搭載されている。ハウリング抑制により、環境の音響の変化や装用者の動きによるハウリング経路の大きな変化が生じない静的な状況において、フィッティング時に15dB以上の利得を増加することができる。しかし、ハウリング抑制システムは、実際の動的な状況ではなかなか有効に作動できない。補聴器によるノンリニア増幅や室内反響などの要因により、本来ハウリング抑制処理されなければならない様々なハウリング音が生じる可能性がある。さらに問題を複雑にしているのは、ほとんどのシステムでは、ハウリングと相関している場合がある外部の音を、実際のハウリングと区別できないことである。そのような音とは、トーン信号やピー音、音楽などであり、ハウリング抑制システムがこれらの音を認識できないと、不快なエコー音やアーチファクト(異音)を生じることが多くなる。その結果、バランスを取るために、利得や音質、さらには電話使用時などにおいて妥協しなければならない。

例えば、必要とされる増幅を提供した場合、システムが誤ってハウリングではない入力音に対しても動作し、装着者は音質が悪くても我慢をしなければならないことがある。

リサウンド・エンヤの装着者は、ハイレベルなハウリング抑制技術により、より良いハウリング処理を享受することが可能となった。ハウリング抑制に関して長年業界をリードしてきたリサウンドは、デュアルマイクタイプの指向性補聴器用に2つのキャンセルフィルタ、適応型フィルタ制約と個別のキャンセルフィルタを独自の方法で使用し、音質を損うことがない。ウルトラDFS™IIは、補聴器に入る音の表現を維持する入力信号のモデリングを追加している。このコンポーネントの利点は、システムでハウリングの音とそうでない音を容易に区別し、システム作動を大幅に改善できることにある。電話の音や警告ピープ音、音楽などの日常の重要な音は、ハウリングと誤認されることがなく、望ましいレベルまで増幅することが可能である。

ウルトラDFS™IIには、電話を補聴器に近づけるなどのあらゆる日常生活の状況においてハウリングを確実になくすため、ハウリングサポート™機能も組み込んでいる。ハウリング抑制機能は、ハウリング経路のモデルとはまったく異なる信号に適用しないよう制御されているため、このような状況では断続的なハウリングが生じる可能性がある。ハウリングサポート™は、ハウリングが発生する直前のタイミングで、望ましい増幅まで応答を回復する(図9)。つまり、補聴器の装着者は、高性能で有効なハウリング抑制を享受するとともに、リサウンドが常に提供してきた高音質を体験することができるのである。

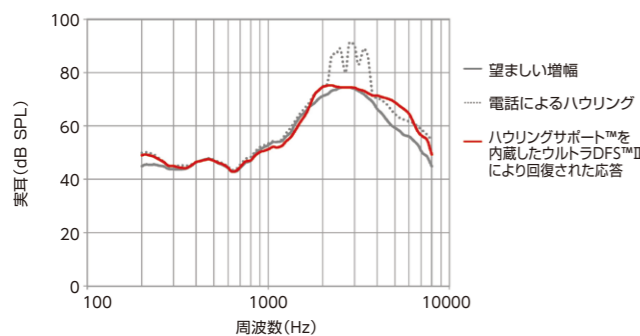


図9. ハウリングサポート™を内蔵したウルトラDFS™IIは、電話の使用などの重要な状況において、ハウリングを抑制する。ウルトラDFS™IIとハウリングサポート™(点線)を無効にした場合に発生したハウリングは、この機能を有効にすると除去され、必要な増幅を提供することができる。

耳鳴りに対する柔軟で個人に合わせたソリューション*

耳鳴りは、多くの人々の悩みである。総人口の約10~15%が罹患しており、約3~5%は、臨床的に治療可能な耳鳴りを患っている¹⁴。実際に、難聴者の多くは、耳鳴りを主な症状として訴えている。しかし、耳鳴り患者や臨床医にとって、装着者個人のニーズに応じてサポートできる真に柔軟な耳鳴りの治療装置に巡り合うのは大変困難なことである。音の好みや受容性は個人によって大きく異なるため、個人的なニーズや要望に応える柔軟な音療法のソリューションは必要不可欠と言える。

リサウンド・エンヤには耳鳴り治療用サウンドジェネレータ(TSG)が標準搭載されている。TSGは、どの聞き取りプログラムでも起動することができ、事前設定した音を提供するとともに、個人の耳鳴り音の周波数成分や変調をカスタマイズすることができる。さらに、リサウンド・エンヤ4モデルの両耳連動機能を活用すれば、最も調和が取れた音を経験できるよう、両耳間の変調を同期することも可能である。

※TSGの設定には専門医の処方が必要です。

参考文献

1. MarkeTrak 9: A New Baseline. Estimating hearing loss and adoption rates and exploring key aspects of the patient journey, Final Report, March 2014, Hearing Industries Association.
2. Moore BCJ & Glasberg BR. Suggested formulae for calculating auditory filter bandwidths and excitation patterns. Journal of the Acoustical Society of America. 1983; 74:750-753.
3. Cord MT, Surr RK, Walden BE, Dyrland O. Relationship between laboratory measures of directional advantage and everyday success with directional microphone hearing aids. Journal of the American Academy of Audiology. 2004; 15(5):353-64.
4. Ricketts T, Henry P. Low-frequency gain compensation in directional hearing aids. American Journal of Audiology. 2002; 11(1):29-41.
5. Jespersen CT. Independent study identifies a method for evaluating hearing instrument sound quality. Hearing Review. 2014; 21(3):

36-40.

6. Bentler R, Wu Y, Kettel J, Hurtig R. Digital noise reduction: outcomes from laboratory and field studies. Int J Audiol. 2008; 47:447-460.
7. Ricketts T, Hornsby B. Sound quality measures for speech in noise through a commercial hearing aid implementing "digital noise reduction". J Acad Am Audiol. 2005; 16:270-277.
8. Sarampalis A, Kalluri S, Edwards B, Hafter E. Objective measures of listening effort: Effects of background noise and noise reduction. J Speech Lang Hear Res. 2009; 52:1230-1240.
9. Brons I, Houben R, Dreschler W. Perceptual effects of noise reduction with respect to personal preference, speech intelligibility, and listening effort. Ear Hear. 2013; 34(1):29-41.
10. Brons I, Houben R, Dreschler W. Effects of noise reduction on speech intelligibility, perceived listening effort and personal preference in hearing impaired listeners. Trends in Hearing. 2014; 18:1-10.
11. Boll SF. Suppression of acoustic noise in speech using spectral subtraction. IEEE Trans Acoust Speech Sig Proc. 1979; 27:113-120.
12. Thompson SC. Directional microphone patterns: They also have disadvantages. Audiology Online. 2000. <http://www.audiologyonline.com/articles/directional-microphone-patterns-they-also-1294>.
13. Kates J. Digital Hearing Aids. 2008. San Diego: Plural Publishing.
14. McFadden, D. Tinnitus: facts, theories, and treatments. Report of Working Group 89, Committee on Hearing Bioacoustics and Biomechanics. 1982. Washington, DC: National Academy Press.