

図6. テストの参加者のすべてが、音楽の聴取ではリサウンド・リンクス クアトロを補聴器Aよりも嗜好。参加者10名のうち9名が、リサウンド・リンクス クアトロを補聴器Bより嗜好

補聴器Bより好み、参加者の100%はリサウンド・リンクス クアトロを補聴器Aより好みました。この結果は、リサウンド・リンクス クアトロによる音楽の聴取できわめて良好に反映されますが、他にも興味深い理由があります。テストした他の2つの補聴器では、環境分類システムで音楽が識別されると、音楽プログラムに自動的に切り替わります。聴取環境の中で音楽が流れていたたり、環境認識機能により音楽が検出されたりすると、環境の分類方法によっては、聴取者にとって奇妙に感じる場合があります<sup>7</sup>。音楽のみが流れる特殊な環境では、音楽用の設定が優先して選択されることになり、ユーザーが他に聞きたいと思う対象があった場合、聞き取りづらくなる可能性があります。補聴器では、検出した音楽が任意の時点で補聴器のユーザーの関心対象かどうかを確実に把握することは不可能です。したがって、リサウンドでは、補聴器のユーザーが希望する場合に音楽の聴取プログラムを意図的に選択するオプションを設けることにしました。

### 実験3—MFiストリーミング

実験3のパート1では、iOS音楽アプリでiPhoneから補聴器に直接ストリーミングした音について比較しました。リサウンド・リンクス クアトロを他の各補聴器と一度に1つずつ比較しました。テスト参加者は、一対比較法で好む機器を選択しました。表2に記したように、ポップミュージック、音声、交通騒音の3種類の音のクリップを補聴器にストリーミングしました。リサウンド・リンクス クアトロは、全体的に、iPhoneからのストリーミング機能を備えた他の4台の補聴器と比較して、テスト

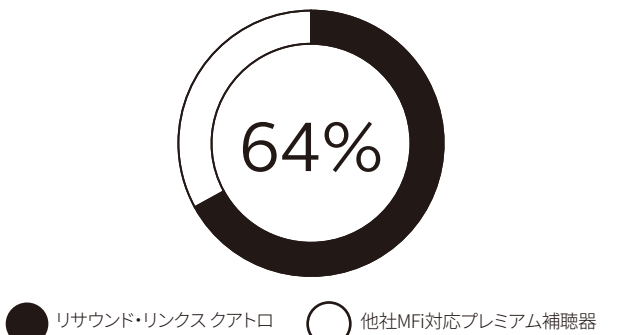


図7. 全体的に、参加者はiPhoneからのストリーミングの音質について、他のMFi対応のプレミアム補聴器よりもリサウンド・リンクス クアトロの音を好む傾向にあった

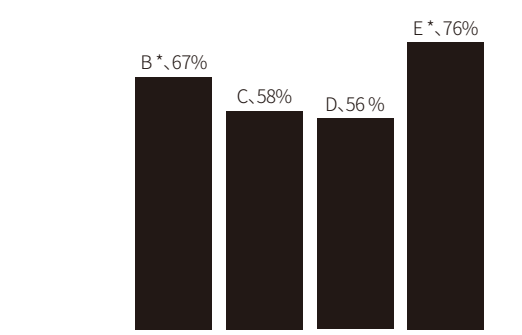


図8. MFi対応補聴器を比較した音質の嗜好性の結果。リサウンド・リンクス クアトロは、他の補聴器と比較すると高い割合で参加者が嗜好した  
\*有意差あり

全体の64%で好んで選択されました(補聴器B、C、DおよびE)。参加者は、iPhoneからストリーミングした音についてリサウンド・リンクス クアトロを使用した場合、補聴器Bを使用した場合よりも、テスト時間の67%がリサウンド・リンクス クアトロを選び、有意差が認められました。参加者は、リサウンド・リンクス クアトロを、補聴器Cよりもテスト時間の58%で選ばれ、補聴器Dよりもテスト時間の56%で選ばれました。ただし、これらの結果はいずれも統計的に有意ではありませんでした。リサウンド・リンクス クアトロは、補聴器Eよりもテスト時間の76%で選ばれ、有意差が示されました。総合すると、参加者はMFi経由でストリーミングした音質について、他のMFi補聴器の場合と比較してリサウンド・リンクス クアトロはテスト全体の64%で好んで選ばれる傾向にありました。

リサウンド・リンクス クアトロのMFiストリーミングが好まれたのは当然です。リサウンドではAppleと協力し、独自のストリーミングのプロトコルを作成しました。Appleは、このプロトコルをすべての補聴器製造メーカーに提供しています。リサウンドは、より広い周波数のストリーミング帯域に対して独自にアクセスすることができます(帯域の測定値については参考文献1 Groth 1を参照)。高周波数の増幅が強化されたため、参加者はより豊かで明瞭な音質を聞き取ることができたと考えられます。

### 実験3—テレビストリーマー

上述したように、音質の違いは、さまざまな補聴器メーカーが提供している専用のテレビストリーマーを経由するストリーミングで使用される通信プロトコルの機能によると考えられます。リサウンドは、高品質のステレオでテレビストリーマーから補聴器への直接のストリーミングを可能にした最初の補聴器メーカーであり、この技術を引き続き使用しています。リサウンド・リンクス クアトロは信号帯域が10kHzまで拡張されているため、信号をより忠実に再現できる初めてのリサウンド補聴器です。今回のテストでは、参加者は、リサウンド・リンクス クアトロを、補聴器Aとその専用のストリーマーよりも、テスト時間の84%で嗜好し、有意差が示されました。さらに、リサウンド・リンクス クアトロは、補聴器BとCよりも好まれ、有意な差が見られました。リサウンド・リンクス

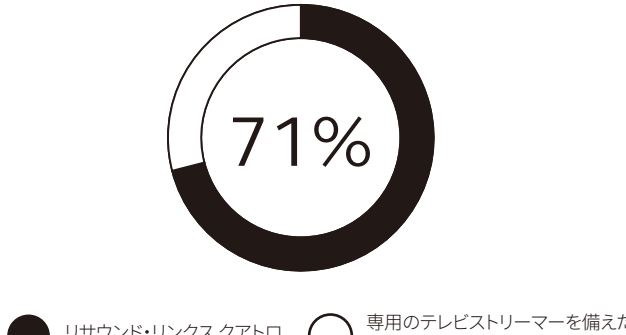


図9. テスト参加者は、リサウンド・リンクス クアトロのTVユナイット II を、他の主な補聴器とそれらに接続される独自のテレビストリーマーよりも好む傾向にあった

クアトロは、補聴器Dとそのテレビストリーマーよりも、テスト時間の60%の割合でリサウンド・リンクス クアトロの方を好んで聞かれる傾向にありましたが、この差は統計的に有意ではありませんでした。全体として、参加者は、リサウンドのテレビストリーマーを介したストリーミングの音質を他の高性能補聴器とその専用のテレビストリーマーよりもテスト時間の71%で好んで聞かれました。

### まとめ

音質は、補聴器ユーザーにとって重要なファクターであり、HCPによる補聴器の選択の中で検討されます。したがって、補聴器メーカーの優先事項は、製品開発で良好な音質の達成をめざし、適切な検証方法を確立することです。リサウンドは、ユーザーからの自由な主観的フィードバックの他に、可能な限りバイアスを少なくして音質を評価する系統立った方法に基づいて検証しています。補聴器装着経験のあるユーザーによる評価の結果、リサウンド・リンクス クアトロの音質が、他の高性能補聴器と同等か、多くの場合さらに好まれたことが示されました。特に、リサウンド・リンクス クアトロでは、補聴器のマイクロホンで聴取するとき一貫して好意的に判定され、音楽の聴取で特に優れていました。iPhoneや専用のテレビストリーマーを経由したストリーミングによる聴取では、リサウンド・リンクス クアトロの音質が他の補聴器よりも好まれました。総合すると、これらの結果から、リサウンド・リンクス クアトロを使用すると、明瞭で、充実した豊かな体験を実現できることが裏付けられていると云えます。

### GNヒアリングジャパン株式会社

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

☎0120-921-310 www.resoundpro.com

第二種医療機器製造販売業許可番号 14B2X00044

CVR no. 55082715

©2018 GNヒアリングジャパン(株) 無断複写・転載禁止。Apple、Appleロゴ、iPhone、iPadおよびiPod touchはApple Inc の商標であり、米国その他の国で登録されています。iPhoneの商標は、アイホン株式会社のライセンスに基づき使用されています。



### 参考文献

- Groth J. The technical proof for clearer, fuller, richer sound with ReSound Linx Quattro ReSound white paper.2018.
- Jespersen CT.Independent study identifies a method for evaluating hearing instrument sound quality.Hearing Review.2014; 21(03): 36-40.
- Bisgaard N, Vlaming M, Dahlquist M. Standard audiograms for the IEC 60118-15 measurement procedure.Trends in Amplification.2010; 14:113-120.
- Legarth SV, Simonsen CS, Dyrlund O, Bramsloev L, Jespersen C. Establishing and qualifying a hearing impaired expert listening panel.Poster presentation at ICHON.2012, Lake Tahoe.
- International Organization for Standardization.Acoustics – Audiometric test methods – Part 1: Pure-tone air and bone conduction audiometry (ISO Standard No. 8253 -1).Retrieved from https://www.iso.org/standard/63787.html.
- SenselabOnline.Retrieved from https://senselab.-madebydelta.com/senselabonline/.
- Cui T, Groth J. How accurate are environmental classifiers in hearing aids? AudiologyOnline [Internet] 2017 April.Retrieved from: https://www.audiologyonline.com/articles/accurate-environmental-classifiers-in-hearing-19796.

## リサウンド・リンクス クアトロ 明瞭で豊かな充実した音質の証

Charlotte T. Jespersen, MA, Brent Kirkwood, PhD, Jennifer Groth MA

### 要約

補聴器の音質は、補聴器ユーザーにとっても重要です。補聴器は性能が高まり音処理機能は絶えず向上しており、補聴器メーカーは、優れた音質を提供することに、より焦点を置くようになってきています。リサウンド・リンクス クアトロは、最先端の音質を提供する新しいチップを搭載した高性能補聴器です。本稿では、リサウンド・リンクス クアトロと他の高性能補聴器の日常的な聞き取りおよびストリーミングの音質を比較するための一連の方法について記述します。この方法により、補聴器ユーザーからの自由な主観的レポートの補足として、リサウンド・リンクス クアトロのユーザーの一層充実した聴取体験を実現する豊かで明瞭な音の確かな証拠を提示します。

補聴器のユーザーと聴覚ケア専門家(HCP)の双方が、補聴器の音質について高い期待を抱いています。したがって、補聴器メーカーは、製品開発プロセスにおいて、音質が消費者の補聴器に対する基本的な要求事項の1つであることを認識する必要があります。これは複雑な課題です。補聴器のユーザーやHCPの間で、「音質」の意味や基準について統一した見解がないからです。補聴器のケースを4色のカラーバリエーションで作ることや、最大利得の要件を満たしているかどうかはすぐ分かります。では、優れた音質の要件を満たしていることは、どのように判定するのでしょうか？

### 音質の評価

音質を実用的に定義すると、音質を適切に評価する方法につながります。音質の自然さの側面については、前述したように、技術的な測定値で把握することができます。リサウンド・リンクス クアトロの技術的な改善点と自然さに対する影響は、比較シートに記載しています<sup>1</sup>。本稿では、当社の音質の定義に関する明瞭度の部分に評価のポイントを置きます。リサウンドでは、製品開発の一環として、ユーザーに広範囲なモニターへの参加を依頼し、さまざまな結果を評価します。ユーザーは音質を含め、自身の体験について主観的なフィードバックも提供します。これはきわめて有益な情報ですが、音質の目標を実際に満たしたことを把握するため、旧型の技術と他の現行の補聴器に対するベンチマークに基づいて評価する系統的な方法も重要です。モニター参加者による純粋な主観的評価を補足するため、系統立てた手順から得られた結果から、優れた音質についての確かな

音質を評価する最初のステップは、音質を定義することです。リサウンドでは、補聴器の音質を客観的および主観的な要素で定義しています。当社では、客観的な要素を「自然さ」と称します。すなわち、補聴器で再現した音を、音響学的に元の音と可能な限り同じにすることです。音響学的な忠実度を測定し、補聴器の自然さを客観的に定量化できます。当社では、音質の第2の要素を「明瞭度」と称します。これは知覚的な構成要素で、聞き手の判断が必要です。当社は、補聴器のユーザーが明瞭と感じることは、人が音を処理する際の認知的な努力が少ないことに関連していると仮定しています。補聴器は設計上、自然さを犠牲にして音声を加工します。これは、難聴に関する聞き取りの補償を第1の目的とするからです。最もベーシックな方法としては、難聴によってこえの影響をもっとも受ける周波数での可聴性を向上させる目的で周波数特性を成形することです。補聴器の他の多くの信号処理と補聴器を個々のユーザーのきこえにフィッティングする方法においては、音響学的な自然さが損なわれる可能性があります。ただし、補聴器で自然さが十分ではない場合でも、ユーザーは主観的に明瞭であると感じる場合があります。補聴器の開発とフィッティングに関する課題の一部は、ユーザーが優れた音質として知覚する明瞭度と自然さの最適なバランスを見つけることです。

事実が得られます。

リサウンドでは、補聴器の開発中に音質を評価するバイアスのない系統立てた評価法を開発するため、DELTA SenseLabと提携して進めてきました<sup>2</sup>。Delta SenseLabは、さまざまな分野の聞き取りテストの実施を専門とする、独立した試験施設です。評価法は、食品や香水の業界からヒントを得ました。同業界では、食品科学で確立された方法に基づき、製品を評価するため訓練を受けた判定者からなる感覚的な評価パネルを使用します。味覚と嗅覚の官能分野の評価に使用する方法を、聴覚など他の官能分野に移行できるとする考え方です。これにはダブル・ブラインド・テスト法を用い、判定者と試験官のいずれもどの条件を提示されているかわかりません。これは、バイアスを排除するために重要な点です。これは、補聴器の音質を調査するための評価法として、補聴器製造メーカーで好んで使われています。



## リサウンド・リンクス クアトロの音質の結果

補聴器では、音声処理アルゴリズムが全体的な音質を決定する主要な役割を果たす傾向があります。アルゴリズムの役割は確かに不可欠ですが、補聴器のハードウェアと構成部品、電子音響学的設計、処理を行うプラットフォーム自体も同様に重要です。マイクロホン以外の入力では、補聴器に対する信号の伝達も音質に寄与します。たとえば、ワイヤレスのストリーミング経由で信号を伝達する場合、ストリーミングのプロトコルは、音質に大きな影響をもたらします。ワイヤレスのストリーミングプロトコルは、まだ補聴器業界の中では規格化されていません。したがって、ストリーミング機能を備えた異なる補聴器を比較する方法を想定することはできません。この理由から、リサウンド・リンクス クアトロの系統立った音質評価では、性能の全体像を把握するため、補聴器のマイクロホンおよびストリーミングの入力を使って実施しました。具体的には次の場合について、リサウンド・リンクス クアトロの音質と他の高性能補聴器の音質との比較について、研究課題として対応しました。

- さまざまな日常的な音を補聴器のマイクロホンで聴取する場合
- 音楽を補聴器マイクロホンで聴取する場合
- 音楽や音声を iPhone から直接ストリーミング聴取する場合
- 音楽や音声を専用のテレビストリーミングアクセサリー経由でストリーミング聴取する場合

### 方法

Delta SenseLabの方法を使い、3つの試験を行いました。最初の実験では、補聴器マイクロホンを使い、標準の補聴器プログラムを用いて補聴器の一般的な音質に焦点を置きます。第2の実験では、補聴器のマイクロホンをういた音楽専用プログラムを使用して音楽を聞いたときの補聴器の音質をテストしました。第3の実験では、ストリーミングした音質を検証しました。表1に、実施したテストの概要を示します。

補聴器の装用経験者10名(男性8名と女性2名、平均年齢73歳)が、実験1と実験2に判定者として参加しました。補聴器の装用経験を持つユーザー15名(男性9名と女性6名、平均

評価対象	条件	方法	ベンチマーク
実験1	一般的な音質	参加者は、さまざまな音を聞いた	探点方式 <p>他の高性能補聴器</p>
実験2、パート1	音楽専用の 設定の検証	参加者は、標準のプログラム、音楽プログラム、およびストリーミング入力の設定で音楽を聞いた	リサウンド・リンクス クアトロ 標準プログラム
実験2、パート2	音楽の音質	参加者は、専用の音楽プログラムで音楽を聞いた	専用の音楽プログラムを搭載した高性能補聴器
実験3、パート1	ストリーミングの音質	参加者は、iPhone からストリーミングしたさまざまな音声を聞いた	他の高性能 MFi 補聴器
実験3、パート2	ストリーミングの音質	参加者は、専用のテレビストリーマー経由でストリーミングしたさまざまな音声を聞いた	ワイヤレステレビストリーマーアクセサリーを備えた他の高性能補聴器

表1. リサウンド・リンクス クアトロの音質を検証するために実施した音の評価法の概要

年齢72歳)が、実験3に参加しました。すべての参加者は、中等度の難聴を患い、10dB以内の軽度から中等度の傾斜を示すN3型の難聴でした<sup>3</sup>。すべての参加者は、さまざまな識別テストの成績を通じて、音質の評価に参加する能力がありました<sup>4</sup>。

ミディアムパワーのレシーバーを装着したリサウンド・リンク スクアトロの外耳道内レシーバー耳かけ型 (RIE) 補聴器、および同等のパワーのレシーバーを備えた他の5つの高性能補聴器を使用しました。3つすべての実験では、すべての補聴器を、N3型難聴用に製造メーカーの標準プログラムを設定しました<sup>3</sup>。バイアスの影響を最小にし、聴覚メモリに限界があることを考慮し、さらに参加者が刺激音を複数回容易に聞くことができるようにするため、評価では補聴器の音を録音した音声を使用しました。表2に各実験の録音条件の概要を示します。

**記録と提示**
表2に示したすべての種類の音は、校正済みマルチチャンネル・スピーカーを設置した防音室の中央にBrüel & Kjær Head and Torso Simulator (HATS:標準ダミーヘッド)を設置し、各補聴器を装着させて録音しました。スピーカーは、聞き手 (HATS) の位置で測定して定常周波数応答で全体的にフラットな特性になるよう個別に校正しました。補聴器をシナリオの音に完全に適応させるため、各シナリオを2回再生して録音を行いました。補聴器が最初の音の提示によって完全に適応されること、そして録音された2回目の音の提示によって、製品の評価に値する公平な音になることを想定しました。録音に際し、HATSの外耳道 (ERP-DRP) レスポンスとヘッドフォンの周波数特性を補償しました。

テストでは、参加者を静かなフィッティングルームに座らせ、Sennheiser HD650ヘッドフォンで校正されたレベルで刺激音を聞かせました。部屋のパックグラウンドノイズレベルは、気導聴力検査について定義されたISO 8253-1 (2010) のレベルよりも低い状態でした<sup>5</sup>。

	聞き取りプログラム	音源の種類	補聴器
実験1	標準のプログラム	8つの日常的な音のシナリオ	リサウンド・リンクス クアトロ、A、B、C、D
実験2、パート1	リサウンド・リンクス クアトロの標準プログラム、音楽プログラム、ストリーミングのプログラム	ポップミュージック	リサウンド・リンクス クアトロ
実験2、パート2	音楽プログラム	ポップミュージック	リサウンド・リンクス クアトロ、A、B
実験3、パート1	ストリーミングのプログラムに設定し iPhone から入力	音声、音楽、交通シーン	リサウンド・リンクス クアトロ、B、C、D、E
実験3、パート2	ストリーミングのプログラムに設定し テレビストリーマーから入力	音声、音楽、交通シーン	リサウンド・リンクス クアトロ、A、B、C、D

表2. 各実験でテスト提示音として使用するための録音の概要 (A,B,C,D:比較した他社の高性能補聴器)

**手順**
最初の実験では、参加者は、音の好き嫌いの度合いを示す視覚的なアナログスケールを使い、補聴器を評価しました。図1で示すように、スケールの幅は、「非常に好き」から「非常に嫌い」でした。各参加者は、評価の目的を確実に正しく理解できるように、書面と口頭の双方で評価する前に指示を受けました。参加者は、聴取中に再生を中断せずに、比較する録音を切り替えることができました。補聴器のテストの順番は開示せず、ランダム化することで順番による影響を回避しました。

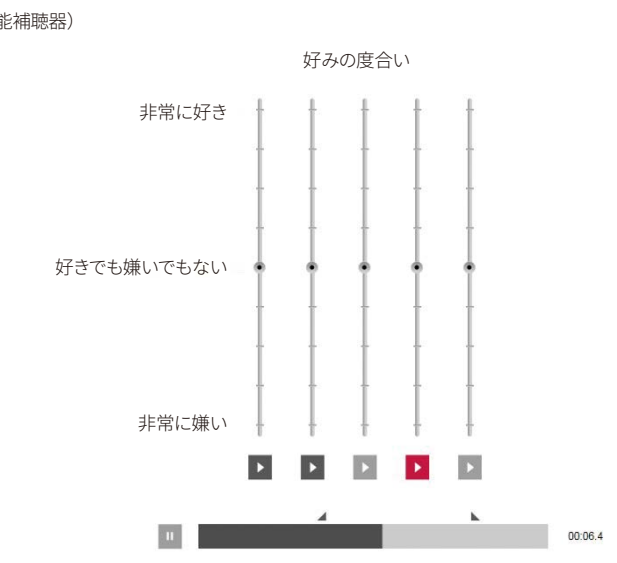
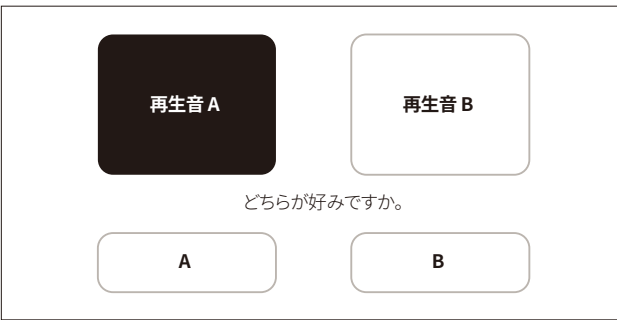
第2と第3の実験では、一対比較法を採用しました。最初の実験と同様に、参加者は比較する2つの録音を自由に切り替え、各録音を希望する回数聞くことができました。参加者の指示と提示のランダム化について、同じ手順に従いました。

**統計解析**
実験1では、p<0.05の有意水準で平均点間の有意差を検出するため、Tukeyの検定を使用しました。実験2と3では、嗜好の割合の有意差を検出するため、p<0.05の有意水準で二項検定を使用しました。

### 結果および考察

**実験1**
最初の実験では、補聴器のマイクロホンをういて、補聴器の標準プログラムで全体的な音質の嗜好性に重点を置きました。図3に、すべての嗜好性の判定をまとめた結果を示します。この方法で検査すると、2つの事項が明白になります。まず、参加者がスケール全体を使うように指示されなかったため、平均点はスケールの中央に集中する傾向があり、評点の分布も小さくなりました。これは、全体的に参加者が評価した補聴器のいずれも「非常に好き」や「非常に嫌い」ではなかったことを反映します。次にAがCより有意に高い得点になったことを除き、合計点は補聴器間に有意差がありませんでした。一般的な傾向として、Cは他のいずれの機器よりも低くなりました。BとともにCのみの全得点が評点スケールの半分の「嫌い」に分類されました。この方法を使う他の音質評価と比べると<sup>2</sup>、参加者は、1つの条件を「もっと

	聞き取りプログラム	音源の種類	補聴器
実験1	標準のプログラム	8つの日常的な音のシナリオ	リサウンド・リンクス クアトロ、A、B、C、D
実験2、パート1	リサウンド・リンクス クアトロの標準プログラム、音楽プログラム、ストリーミングのプログラム	ポップミュージック	リサウンド・リンクス クアトロ
実験2、パート2	音楽プログラム	ポップミュージック	リサウンド・リンクス クアトロ、A、B
実験3、パート1	ストリーミングのプログラムに設定し iPhone から入力	音声、音楽、交通シーン	リサウンド・リンクス クアトロ、B、C、D、E
実験3、パート2	ストリーミングのプログラムに設定し テレビストリーマーから入力	音声、音楽、交通シーン	リサウンド・リンクス クアトロ、A、B、C、D


 図1. Webベースのリスニングテストツール\*SenseLabOnline<sup>6</sup>によって提供された、実験1嗜好テストの入力ツール

 図2. Webベースの聞き取りテストツール\*SenseLabOnline<sup>6</sup>により提供された、一対比較法をベースにした実験2と3の嗜好テストの入力ツール

も好き」とし、別の1つの条件を「もっとも嫌い」として選択し、評価を「固定」することは要求されませんでした。この方法には、聴取者が各条件について独立したあいまいな判定を行える利点があり、テストした補聴器間で嗜好の選択を参加者に強制しません。したがって、実際の嗜好は、ある程度不明瞭になる可能性が生じます。すなわち、集められたデータからは、参加者がほぼ同様にテストした補聴器の全体的な音質を好むことが示唆されますが (Cを除く)、気に入った補聴器を選択するに言われた場合の結果が表現されるかは不明です。

図3に示した結果から、現在の多くの高性能補聴器が、さまざまなタイプの音で良好な音質を提供していることが全体的な印象として示されます。この方法で結果を検討したときの欠点は、音の特定のタイプについて、考えられる嗜好の傾向が隠れてしまう可能性があることです。音の各タイプに関する結果を検討するとき、リサウンド・リンクス クアトロでは、一貫してスケールの中央、または「好き」の評点になり、3つの特定の音については非常に高い評点になりました。3つの大きく異なる音は、音声、打楽器の音楽、交通シーンでした。これらの音のシナリオに関する結果のみについて検討すると、リサウンド・リンクス クアトロはBとCより有意に高い評点になりました (図4)。

他の検討事項は、異なる音のシナリオに関する平均点の範囲です。範囲が狭いことは、音質が一貫していることを意味します。範囲が広いことは、音のシナリオにより音質の評点が大幅に異なったことを意味します。図5に示すように、リサウンド・リンクス クアトロについては、評点の範囲は、およそ1つのスケール単位に治まりました。テストした他の補聴器の評点の範囲は、すべての場合で大きく広がりました。つまり、リサウンド・リンクス クアトロと比較して他の補聴器では、特定の音の知覚される音質の変動が大きい可能性を示唆しています。

#### 実験 2

この研究では、ポップミュージックを聞くときの補聴器の嗜好に焦点を置きました。別のペーパーでも解説したように、音楽は、歪みやアーチファクトを引き起こすことなく増幅しなければならぬ点で補聴器にとってはいわば挑戦的な信号になります。さらに、多くの人々は、日常の聴取環境の音の大きさよりも大きいレベルで音楽を聞くため、問題がさらに大きくなります。したがって、音楽を聴くために補聴器が積極的に使われているのであれば、音質に関する究極の証になります。

実験2の最初の部分では、専用の音楽プログラムとストリーミングのオプションが音楽を意図して聞く場合に好まれたことが確認されました。これは興味深い事項です。音楽の聴取では、一般的な補聴器の使用とは異なり、可能な限り忠実に音楽を再現するため補聴器の自然さに焦点が置かれるからです。音楽プログラムでは、音声理解を改善し聴取の快適性を増加するための特殊機能を無効にします。ストリーミングにおける聴取でも、この機能を出来る限り無効化します。この目的は、自然さの増強です。この結果から、リサウンド・リンクス クアトロの音楽プログラムを使用したりiPhone やテレビストリーマー経由のストリーミングを使用したりして音楽を聞く方が、標準の総合プログラムに設定した場合と比べて有意に高い嗜好性が示されました。音楽の聴取で、音楽プログラムを使った場合と、テレビストリーマーやiPhone経由でストリーミングした場合を比較すると、嗜好の差はありませんでした。これらの結果で示されたことは、ユー

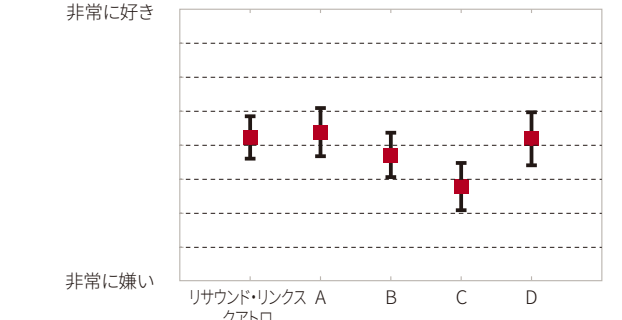


図3. すべてのテスト補聴器について、様々な音に対する音質の嗜好性を統合したもの

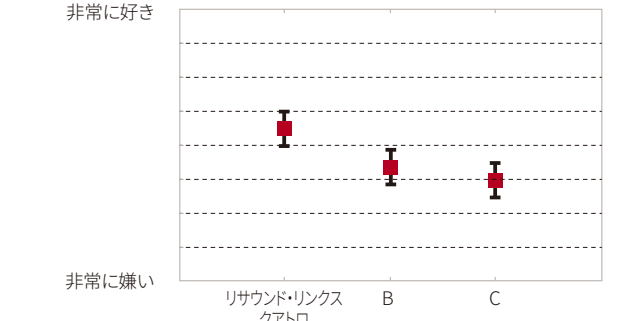


図4. リサウンド・リンクス クアトロは、3つの特定の音について、BおよびCより有意に高い評点を獲得

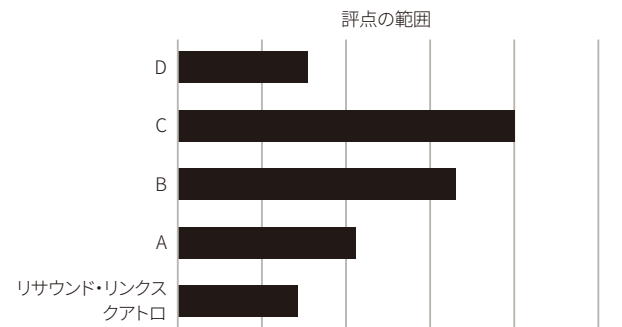


図5. リサウンド・リンクス クアトロは、異なる音に対して、音質の評点のパラッキがもっとも小さくなる。つまり、リサウンド・リンクス クアトロを使用したときの音質の感じ方は、テストした他の補聴器と比較して、聞き取り環境にあまり依存しないことが示唆される

ザーがライブや録音で音楽を楽しむことを希望する場合、音楽プログラムの特殊な設定とストリーミングのオプションはすべて聴取体験をより向上させることに繋がることです。

音声信号、騒音下での音声信号、それに音楽との間には音響的な差があり、しかも補聴器が意図的に音楽の音を選ばないことも同様によく知られています。したがって、補聴器メーカーの多くは、専用の音楽プログラムを設定して解決を行う傾向があります。実験2のパート2では、ポップミュージックの聴取で、リサウンド・リンクス クアトロの音楽プログラムを使う場合と、専用の音楽プログラムを備えた他の高性能補聴器を使う場合とを比較し、嗜好性について調査しました。この比較は音楽が刺激音のとき、もっとも公平に評価されます。各補聴器の音楽プログラム設定は、自然さを保存する考え方に基づいて設計されているからです。この実験では、リサウンド・リンクス クアトロに対する嗜好性が明白に示されました。参加者の90%はリサウンド・リンクス クアトロを

# リサウンド・リンクス クアトロ 明瞭で豊かな充実した音質の証

Charlotte T. Jespersen, MA, Brent Kirkwood, PhD, Jennifer Groth MA

## 要約

補聴器の音質は、補聴器ユーザーにとってとても重要です。補聴器は性能が高まり音処理機能は絶えず向上しており、補聴器メーカーは、優れた音質を提供することに、より焦点を置くようになってきています。リサウンド・リンクス クアトロは、最先端の音質を提供する新しいチップを搭載した高性能補聴器です。本稿では、リサウンド・リンクス クアトロと他の高性能補聴器の日常的な聞き取りおよびストリーミングの音質を比較するための一連の方法について記述します。この方法により、補聴器ユーザーからの自由な主観的レポートの補足として、リサウンド・リンクス クアトロのユーザーの一層充実した聴取体験を実現する豊かで明瞭な音の確かな証拠を提示します。

補聴器のユーザーと聴覚ケア専門家 (HCP) の双方が、補聴器の音質について高い期待を抱いています。したがって、補聴器メーカーは、製品開発プロセスにおいて、音質が消費者の補聴器に対する基本的な要求事項の1つであることを認識する必要があります。これは複雑な課題です。補聴器のユーザーやHCPの間で、「音質」の意味や基準について統一した見解がないからです。補聴器のケースを4色のカラーバリエーションで作ることや、最大利得の要件を満たしているかどうかはすぐわかります。では、優れた音質の要件を満たしていることは、どのように判定するのでしょうか？

音質を評価する最初のステップは、音質を定義することです。リサウンドでは、補聴器の音質を客観的および主観的な要素で定義しています。当社では、客観的な要素を「自然さ」と称します。すなわち、補聴器で再現した音を、音響学的に元の音と可能な限り同じにすることです。音響学的な忠実度を測定し、補聴器の自然さを客観的に定量化できます。当社では、音質の第2の要素を「明瞭度」と称します。これは知覚的な構成要素で、聞き手の判断が必要です。当社は、補聴器のユーザーが明瞭と感じることは、人が音を処理する際の認知的な努力が少ないことに関連していると仮定しています。補聴器は設計上、自然さを犠牲にして音声を加工します。これは、難聴に関する聞き取りの補償を第1の目的とするからです。最もベーシックな方法としては、難聴によって聞こえの影響をもっとも受ける周波数での可聴性を向上させる目的で周波数特性を成形することです。補聴器の他の多くの信号処理と補聴器を個々のユーザーの聞こえにフィッティングする方法においては、音響学的な自然さが損なわれる可能性があります。ただし、補聴器で自然さが十分ではない場合でも、ユーザーは主観的に明瞭であると感じる場合があります。補聴器の開発とフィッティングに関する課題の一部は、ユーザーが優れた音質として知覚する明瞭度と自然さの最適なバランスを見つけることです。

## 音質の評価

音質を実用的に定義すると、音質を適切に評価する方法につながります。音質の自然さの側面については、前述したように、技術的な測定値で把握することができます。リサウンド・リンクス クアトロの技術的な改善点と自然さに対する影響は、比較シートに記載しています<sup>1</sup>。本稿では、当社の音質の定義に関する明瞭度の部分に評価のポイントを置きます。リサウンドでは、製品開発の一環として、ユーザーに広範囲なモニターへの参加を依頼し、さまざまな結果を評価します。ユーザーは音質を含め、自身の体験について主観的なフィードバックも提供します。これはきわめて有益な情報ですが、音質の目標を実際に満たしたことを把握するため、旧型の技術と他の現行の補聴器に対するベンチマークに基づいて評価する系統的な方法も重要です。モニター参加者による純粋な主観的評価を補足するため、系統立てた手順から得られた結果から、優れた音質についての確かな

事実が得られます。

リサウンドでは、補聴器の開発中に音質を評価するバイアスのない系統立てた評価法を開発するため、DELTA SenseLabと提携して進めてきました<sup>2</sup>。Delta SenseLabは、さまざまな分野の聞き取りテストの実施を専門とする、独立した試験施設です。評価法は、食品や香水の業界からヒントを得ました。同業界では、食品科学で確立された方法に基づき、製品を評価するため訓練を受けた判定者からなる感覚的な評価パネルを使用します。味覚と嗅覚の官能分野の評価に使用する方法を、聴覚など他の官能分野に移行できるとする考え方です。これにはダブル・ブラインド・テスト法を用い、判定者と試験官のいずれもどの条件を提示されているかわかりません。これは、バイアスを排除するために重要な点です。これは、補聴器の音質を調査するための評価法として、補聴器製造メーカーで好んで使われています。

## リサウンド・リンクス クアトロの音質の結果

補聴器では、音声処理アルゴリズムが全体的な音質を決定する主要な役割を果たす傾向があります。アルゴリズムの役割は確かに不可欠ですが、補聴器のハードウェアと構成部品、電子音響学的設計、処理を行うプラットフォーム自体も同様に重要です。マイクロホン以外の入力では、補聴器に対する信号の伝達も音質に寄与します。たとえば、ワイヤレスのストリーミング経由で信号を伝達する場合、ストリーミングのプロトコルは、音質に大きな影響をもたらします。ワイヤレスのストリーミングプロトコルは、まだ補聴器業界の中では規格化されていません。したがって、ストリーミング機能を備えた異なる補聴器を比較する方法を想定することはできません。この理由から、リサウンド・リンクス クアトロの系統立った音質評価では、性能の全体像を把握するため、補聴器のマイクロホンおよびストリーミングの入力を使って実施しました。具体的には次の場合について、リサウンド・リンクス クアトロの音質と他の高性能補聴器の音質との比較について、研究課題として対応しました。

- さまざまな日常的な音を補聴器のマイクロホンで聴取する場合
- 音楽を補聴器マイクロホンで聴取する場合
- 音楽や音声を iPhone から直接ストリーミング聴取する場合
- 音楽や音声を専用のテレビストリーミングアクセサリ経由でストリーミング聴取する場合

## 方法

Delta SenseLabの方法を使い、3つの試験を行いました。最初の実験では、補聴器マイクロホンを使い、標準の補聴器プログラムを用いて補聴器の一般的な音質に焦点を置きます。第2の実験では、補聴器のマイクロホンを用いた音楽専用プログラムを使用して音楽を聞いたときの補聴器の音質をテストしました。第3の実験では、ストリーミングした音質を検証しました。表1に、実施したテストの概要を示します。

補聴器の装用経験者10名（男性8名と女性2名、平均年齢73歳）が、実験1と実験2に判定者として参加しました。補聴器の装用経験を持つユーザー15名（男性9名と女性6名、平均

年齢72歳）が、実験3に参加しました。すべての参加者は、中等度の難聴を患い、10dB以内の軽度から中等度の傾斜を示すN3型の難聴でした<sup>3</sup>。すべての参加者は、さまざまな識別テストの成績を通じて、音質の評価に参加する能力がありました<sup>4</sup>。

ミディアムパワーのレシーバーを装着したリサウンド・リンクス クアトロの外耳道内レシーバー耳かけ型（RIE）補聴器、および同等のパワーのレシーバーを備えた他の5つの高性能補聴器を使用しました。3つすべての実験では、すべての補聴器を、N3型難聴用に製造メーカーの標準プログラムを設定しました<sup>3</sup>。バイアスの影響を最小にし、聴覚メモリに限界があることを考慮し、さらに参加者が刺激音を複数回容易に聞くことができるようにするため、評価では補聴器の音を録音した音声を使用しました。表2に各実験の録音条件の概要を示します。

## 記録と提示

表2に示したすべての種類の音は、校正済みマルチチャンネル・スピーカーを設置した防音室の中央にBrüel & Kjær Head and Torso Simulator (HATS: 標準ダミーヘッド)を設置し、各補聴器を装着させて録音しました。スピーカーは、聞き手（HATS）の位置で測定して定常周波数応答で全体的にフラットな特性になるよう個別に校正しました。補聴器をシナリオの音に完全に適応させるため、各シナリオを2回再生して録音を行いました。補聴器が最初の音の提示によって完全に適応されること、そして録音された2回目の音の提示によって、製品の評価に値する公平な音になることを想定しました。録音に際し、HATSの外耳道（ERP-DRP）レスポンスとヘッドフォンの周波数特性を補償しました。

テストでは、参加者を静かなフィッティングルームに座らせ、Sennheiser HD650ヘッドフォンで校正されたレベルで刺激音を聞かせました。部屋のバックグラウンドノイズレベルは、気導聴力検査について定義されたISO 8253-1 (2010) のレベルよりも低い状態でした<sup>5</sup>。

評価対象	条件	方法	ベンチマーク	
実験1	一般的な音質	参加者は、さまざまな音を聞いた	採点方式	他の高性能補聴器
実験2、パート1	音楽専用の設定の検証	参加者は、標準のプログラム、音楽プログラム、およびストリーミング入力の設定で音楽を聞いた	一対比較法	リサウンド・リンクス クアトロ 標準プログラム
実験2、パート2	音楽の音質	参加者は、専用の音楽プログラムで音楽を聞いた	一対比較法	専用の音楽プログラムを搭載した高性能補聴器
実験3、パート1	ストリーミングの音質	参加者は、iPhone からストリーミングしたさまざまな音声を聞いた	一対比較法	他の高性能 MFi 補聴器
実験3、パート2	ストリーミングの音質	参加者は、専用のテレビストリーマー経由でストリーミングしたさまざまな音声を聞いた	一対比較法	ワイヤステレビストリーマーアクセサリを備えた他の高性能補聴器

表1. リサウンド・リンクス クアトロの音質を検証するために実施した音の評価法の概要

聞き取りプログラム		音源の種類	補聴器
実験1	標準のプログラム	8つの日常的な音のシナリオ	リサウンド・リンクス クアトロ、A、B、C、D
実験2、パート1	リサウンド・リンクス クアトロの標準プログラム、音楽プログラム、ストリーミングのプログラム	ポップミュージック	リサウンド・リンクス クアトロ
実験2、パート2	音楽プログラム	ポップミュージック	リサウンド・リンクス クアトロ、A、B
実験3、パート1	ストリーミングのプログラムに設定し iPhone から入力	音声、音楽、交通シーン	リサウンド・リンクス クアトロ、B、C、D、E
実験3、パート2	ストリーミングのプログラムに設定し テレビストリーマーから入力	音声、音楽、交通シーン	リサウンド・リンクス クアトロ、A、B、C、D

表2. 各実験でテスト提示音として使用するための録音の概要 (A,B,C,D:比較した他社の高性能補聴器)

### 手順

最初の実験では、参加者は、音の好き嫌いの度合いを示す視覚的なアナログスケールを使い、補聴器を評価しました。図1で示すように、スケールの幅は、「非常に好き」から「非常に嫌い」でした。各参加者は、評価の目的を確実に正しく理解できるように、書面と口頭の双方で評価する前に指示を受けました。参加者は、聴取中に再生を中断せずに、比較する録音を切り替えることができました。補聴器のテストの順番は開示せず、ランダム化することで順番による影響を回避しました。

第2と第3の実験では、一対比較法を採用しました。最初の実験と同様に、参加者は比較する2つの録音を自由に切り替え、各録音を希望する回数聞くことができました。参加者の指示と提示のランダム化について、同じ手順に従いました。

### 統計解析

実験1では、 $p < 0.05$ の有意水準で平均点間の有意差を検出するため、Tukeyの検定を使用しました。実験2と3では、嗜好の割合の有意差を検出するため、 $p < 0.05$ の有意水準で二項検定を使用しました。

### 結果および考察

#### 実験1

最初の実験では、補聴器のマイクロホンを用いて、補聴器の標準プログラムで全体的な音質の嗜好性に重点を置きました。図3に、すべての嗜好性の判定をまとめた結果を示します。この方法で検査すると、2つの事項が明白になります。まず、参加者がスケール全体を使うように指示されなかったため、平均点はスケールの中央に集中する傾向があり、評点の分布も小さくなりました。これは、全体的に参加者が評価した補聴器のいずれも「非常に好き」や「非常に嫌い」ではなかったことを反映します。次にAがCより有意に高い得点になったことを除き、合計点は補聴器間に有意差がありませんでした。一般的な傾向として、Cは他のいずれの機器よりも低くなりました。BとともにCのみの全得点が評点スケールの半分の「嫌い」に分類されました。この方法を使う他の音質評価と比べると<sup>2</sup>、参加者は、1つの条件を「もっと

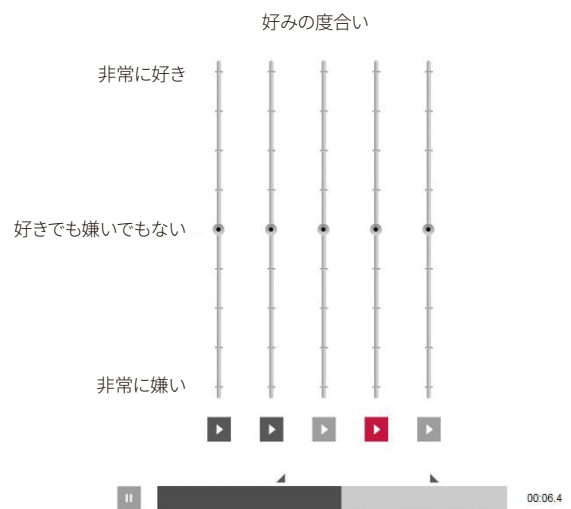


図1. Webベースのリスニングテストツール“SenselabOnline”<sup>6</sup>によって提供された、実験1嗜好テストの入力ツール

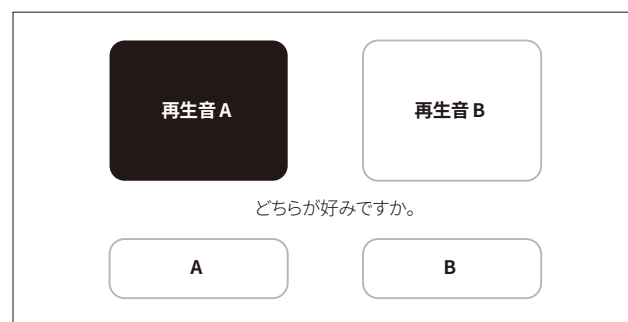


図2. Webベースの聞き取りテストツール“SenselabOnline”<sup>6</sup>により提供された、一対比較法をベースにした実験2と3の嗜好テストの入力ツール

も好き」とし、別の1つの条件を「もっとも嫌い」として選択し、評価を「固定」することは要求されませんでした。この方法には、聴取者が各条件について独立したあいまいな判定を行える利点があり、テストした補聴器間で嗜好の選択を参加者に強制しません。したがって、実際の嗜好は、ある程度不明瞭になる可能性が生じます。すなわち、集められたデータからは、参加者がほぼ同様にテストした補聴器の全体的な音質を好むことが示唆されますが (Cを除く)、気に入った補聴器を選択するように言われた場合の結果が表現されるかは不明です。

図3に示した結果から、現在の多くの高性能補聴器が、さまざまなタイプの音で良好な音質を提供していることが全体的な印象として示されます。この方法で結果を検討したときの欠点は、音の特定のタイプについて、考えられる嗜好の傾向が隠れてしまう可能性があることです。音の各タイプに関する結果を検討するとき、リサウンド・リンクス クアトロでは、一貫してスケールの中央、または「好き」の評点になり、3つの特定の音については非常に高い評点になりました。3つの大きく異なる音は、音声、打楽器の音楽、交通シーンでした。これらの音のシナリオに関する結果のみについて検討すると、リサウンド・リンクス クアトロはBとCより有意に高い評点になりました(図4)。

他の検討事項は、異なる音のシナリオに関する平均点の範囲です。範囲が狭いことは、音質が一貫していることを意味します。範囲が広いことは、音のシナリオにより音質の評点が大きく異なったことを意味します。図5に示すように、リサウンド・リンクス クアトロについては、評点の範囲は、およそ1つのスケール単位に治まりました。テストした他の補聴器の評点の範囲は、すべての場合で大きく広がりました。つまり、リサウンド・リンクス クアトロと比較して他の補聴器では、特定の音の知覚される音質の変動が大きい可能性を示唆しています。

## 実験 2

この研究では、ポップミュージックを聞くときの補聴器の嗜好に焦点を置きました。別のペーパーでも解説したように、音楽は、歪みやアーチファクトを引き起こすことなく増幅しなければならぬ点で補聴器にとってはいわば挑戦的な信号になります。さらに、多くの人々は、日常の聴取環境の音の大きさよりも大きいレベルで音楽を聞くため、問題がさらに大きくなります。したがって、音楽を聴くために補聴器が積極的に使われているのであれば、音質に関する究極の証になります。

実験2の最初の部分では、専用の音楽プログラムとストリーミングのオプションが音楽を意図して聞く場合に好まれたことが確認されました。これは興味深い事項です。音楽の聴取では、一般的な補聴器の使用とは異なり、可能な限り忠実に音楽を再現するため補聴器の自然さに焦点が置かれるからです。音楽プログラムでは、音声理解を改善し聴取の快適性を増加するための特殊機能を無効にします。ストリーミングにおける聴取でも、この機能を出来る限り無効化します。この目的は、自然さの増強です。この結果から、リサウンド・リンクス クアトロの音楽プログラムを使用したりiPhoneやテレビストリーマー経由のストリーミングを使用したりして音楽を聞く方が、標準の総合プログラムに設定した場合と比べて有意に高い嗜好性が示されました。音楽の聴取で、音楽プログラムを使った場合と、テレビストリーマーやiPhone経由でストリーミングした場合を比較すると、嗜好の差はありませんでした。これらの結果で示されたことは、ユー

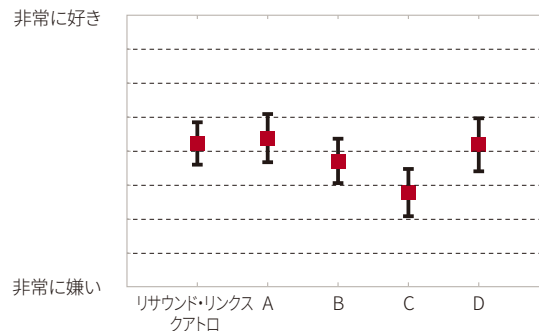


図3. すべてのテスト補聴器について、様々な音に対する音質の嗜好性を統合したもの

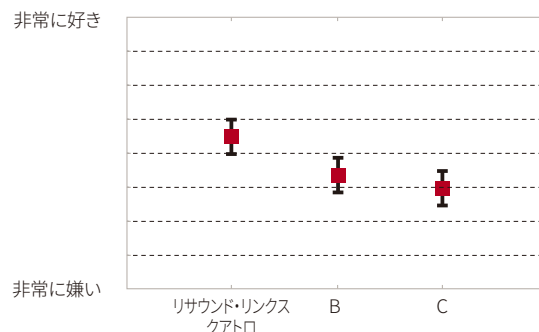


図4. リサウンド・リンクス クアトロは、3つの特定の音について、BおよびCより有意に高い評点を獲得

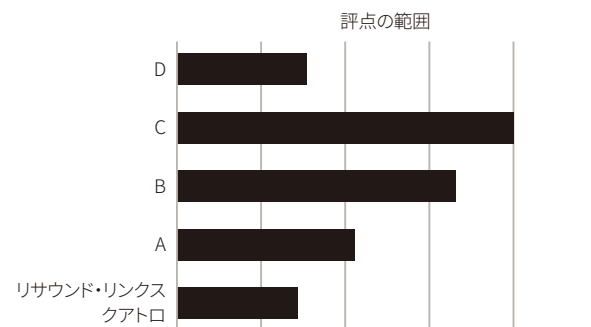


図5. リサウンド・リンクス クアトロは、異なる音に対して、音質の評点のバラツキがもっとも小さくなる。つまり、リサウンド・リンクス クアトロを使用したときの音質の感じ方は、テストした他の補聴器と比較して、聞き取り環境にあまり依存しないことが示唆される

ザーがライブや録音で音楽を楽しむことを希望する場合、音楽プログラムの特殊な設定とストリーミングのオプションはすべて聴取体験をより向上させることに繋がることです。

音声信号、騒音下での音声信号、それに音楽との間には音響的な差があり、しかも補聴器が意図的に音楽の音を選ばないことも同様によく知られています。したがって、補聴器メーカーの多くは、専用の音楽プログラムを設定して解決を行う傾向があります。実験2のパート2では、ポップミュージックの聴取で、リサウンド・リンクス クアトロの音楽プログラムを使う場合と、専用の音楽プログラムを備えた他の高性能補聴器を使う場合とを比較し、嗜好性について調査しました。この比較は音楽が刺激音のとき、もっとも公平に評価されます。各補聴器の音楽プログラム設定は、自然さを保存する考え方に基づいて設計されているからです。この実験では、リサウンド・リンクス クアトロに対する嗜好性が明白に示されました。参加者の90%はリサウンド・リンクス クアトロを

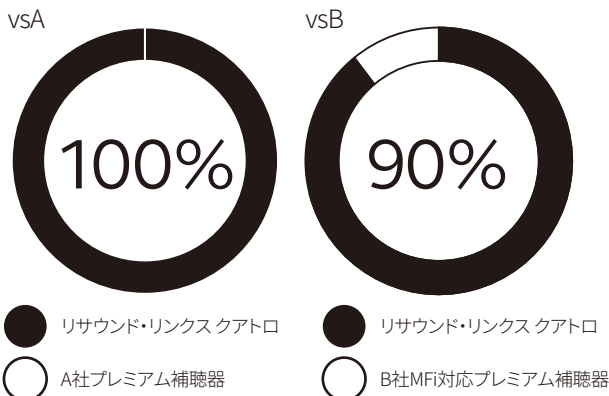


図6. テストの参加者のすべてが、音楽の聴取ではリサウンド・リンクス クアトロを補聴器Aよりも嗜好。参加者10名のうち9名が、リサウンド・リンクス クアトロを補聴器Bより嗜好

補聴器Bより好み、参加者の100%はリサウンド・リンクス クアトロを補聴器Aより好みました。この結果は、リサウンド・リンクス クアトロによる音楽の聴取できわめて良好に反映されますが、他にも興味深い理由があります。テストした他の2つの補聴器では、環境分類システムで音楽が識別されると、音楽プログラムに自動的に切り替わります。聴取環境の中で音楽が流れていたり、環境認識機能により音楽が検出されたりすると、環境の分類方法によっては、聴取者にとって奇妙に感じる場合があります<sup>7</sup>。音楽のみが流れる特殊な環境では、音楽用の設定が優先して選択されることになり、ユーザーが他に聞きたいと思う対象があった場合、聞き取りづらくなる可能性があります。補聴器では、検出した音楽が任意の時点で補聴器のユーザーの関心対象かどうかを確実に把握することは不可能です。したがって、リサウンドでは、補聴器のユーザーが希望する場合に音楽の聴取プログラムを意図的に選択するオプションを設けることにしました。

### 実験3ーMFiストリーミング

実験3のパート1では、iOS音楽アプリでiPhoneから補聴器に直接ストリーミングした音について比較しました。リサウンド・リンクス クアトロを他の各補聴器と一度に1つずつ比較しました。テスト参加者は、一対比較法で好む機器を選択しました。表2に記したように、ポップミュージック、音声、交通騒音の3種類の音のクリップを補聴器にストリーミングしました。リサウンド・リンクス クアトロは、全体的に、iPhoneからのストリーミング機能を備えた他の4台の補聴器と比較して、テスト

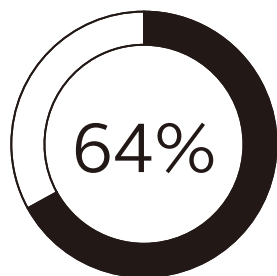


図7. 全体的に、参加者はiPhoneからのストリーミングの音質について、他のMFi対応のプレミアム補聴器よりもリサウンド・リンクス クアトロの音を好む傾向にあった

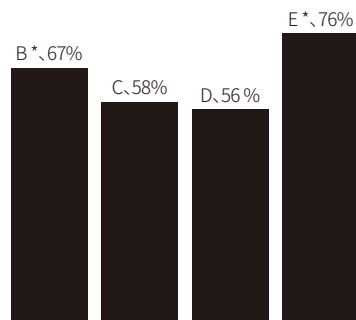


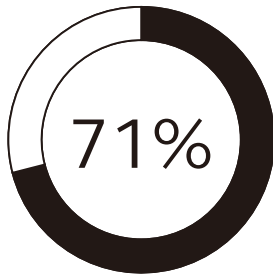
図8. MFi対応補聴器を比較した音質の嗜好性の結果。リサウンド・リンクス クアトロは、他の補聴器と比較すると高い割合で参加者が嗜好した  
\*有意差あり

全体の64%で好んで選択されました(補聴器B、C、DおよびE)。参加者は、iPhoneからストリーミングした音についてリサウンド・リンクス クアトロを使用した場合、補聴器Bを使用した場合よりも、テスト時間の67%がリサウンド・リンクス クアトロを選び、有意差が認められました。参加者は、リサウンド・リンクス クアトロを、補聴器Cよりもテスト時間の58%で選ばれ、補聴器Dよりもテスト時間の56%で選ばれました。ただし、これらの結果はいずれも統計的に有意ではありませんでした。リサウンド・リンクス クアトロは、補聴器Eよりもテスト時間の76%で選ばれ、有意差が示されました。総合すると、参加者はMFi経由でストリーミングした音質について、他のMFi補聴器の場合と比較してリサウンド・リンクス クアトロはテスト全体の64%で好んで選ばれる傾向にありました。

リサウンド・リンクス クアトロのMFiストリーミングが好まれたのは当然です。リサウンドではAppleと協力し、独自のストリーミングのプロトコルを作成しました。Appleは、このプロトコルをすべての補聴器製造メーカーに提供しています。リサウンドは、より広い周波数のストリーミング帯域に対して独自にアクセスすることができます(帯域の測定値については参考文献1 Groth1を参照)。高周波数の増幅が強化されたため、参加者はより豊かで明瞭な音質を聞き取ることができたと考えられます。

### 実験3ーテレビストリーマー

上述したように、音質の違いは、さまざまな補聴器メーカーが提供している専用のテレビストリーマーを経由するストリーミングで使用される通信プロトコルの機能によると考えられます。リサウンドは、高品質のステレオでテレビストリーマーから補聴器への直接のストリーミングを可能にした最初の補聴器メーカーであり、この技術を引き続き使用しています。リサウンド・リンクス クアトロは信号帯域が10kHzまで拡張されているため、信号をより忠実に再現できる初めてのリサウンド補聴器です。今回のテストでは、参加者は、リサウンド・リンクス クアトロを、補聴器Aとその専用のストリーマーよりも、テスト時間の84%で嗜好し、有意差が示されました。さらに、リサウンド・リンクス クアトロは、補聴器BとCよりも好まれ、有意な差が見られました。リサウンド・リンクス



● リサウンド・リンクスクアトロ ○ 専用のテレビストリーマーを備えた他の高性能補聴器

図9. テスト参加者は、リサウンド・リンクスクアトロのTVユナイトIIを、他の主な補聴器とそれらに接続される独自のテレビストリーマーよりも好む傾向にあった

クアトロは、補聴器Dとそのテレビストリーマーよりも、テスト時間の60%の割合でリサウンド・リンクスクアトロの方を好んで聞かれる傾向にありましたが、この差は統計的に有意ではありませんでした。全体として、参加者は、リサウンドのテレビストリーマーを介したストリーミングの音質を他の高性能補聴器とその専用のテレビストリーマーよりもテスト時間の71%で好んで聞かれました。

## まとめ

音質は、補聴器ユーザーにとって重要なファクターであり、HCPによる補聴器の選択の中で検討されます。したがって、補聴器メーカーの優先事項は、製品開発で良好な音質の達成をめざし、適切な検証方法を確立することです。リサウンドは、ユーザーからの自由な主観的フィードバックの他に、可能な限りバイアスを少なくして音質を評価する系統立った方法に基づいて検証しています。補聴器装用経験のあるユーザーによる評価の結果、リサウンド・リンクスクアトロの音質が、他の高性能補聴器と同等か、多くの場合さらに好まれたことが示されました。特に、リサウンド・リンクスクアトロでは、補聴器のマイクロホンで聴取するとき一貫して好意的に判定され、音楽の聴取で特に優れていました。iPhoneや専用のテレビストリーマーを経由したストリーミングによる聴取では、リサウンド・リンクスクアトロの音質が他の補聴器よりも好まれました。総合すると、これらの結果から、リサウンド・リンクスクアトロを使用すると、明瞭で、充実した豊かな体験を実現できることが裏付けられていると云えます。

## GNヒアリングジャパン株式会社

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

☎0120-921-310 www.resoundpro.com

第二種医療機器製造販売業許可番号 14B2X00044

CVR no. 55082715

©2018 GNヒアリングジャパン(株) 無断複製・転載禁止。Apple、Appleロゴ、iPhone、iPadおよびiPod touchはApple Incの商標であり、米国その他の国で登録されています。iPhoneの商標は、アイホン株式会社のライセンスに基づき使用されています。

## 参考文献

1. Groth J. The technical proof for clearer, fuller, richer sound with ReSound Linx Quattro ReSound white paper.2018.
2. Jespersen CT.Independent study identifies a method for evaluating hearing instrument sound quality.Hearing Review.2014; 21(03): 36-40.
3. Bisgaard N, Vlaming M, Dahlquist M. Standard audiograms for the IEC 60118-15 measurement procedure.Trends in Amplification.2010; 14:113-120.
4. Legarth SV, Simonsen CS, Dyrlynd O, Bramsloev L, Jespersen C. Establishing and qualifying a hearing impaired expert listening panel.Poster presentation at ICHON.2012, Lake Tahoe.
5. International Organization for Standardization.Acoustics – Audiometric test methods – Part 1: Pure-tone air and bone conduction audiometry (ISO Standard No. 8253 -1).Retrieved from <https://www.iso.org/standard/63787.html>.
6. SenselabOnline.Retrieved from <https://senselab-madebydelta.com/senselabonline/>.
7. Cui T, Groth J. How accurate are environmental classifiers in hearing aids? AudiologyOnline [Internet] 2017 April.Retrieved from: <https://www.audiologyonline.com/articles/accurate-environmental-classifiers-in-hearing-19796>.



MKD1033 RE 11 1810A-18105500

ReSound GN