



アキュイティイマーゼジョン指向性の 開発と適用

TECHNOLOGY REVIEW

Adriana Goyette, Au.D., Ben Waite and Eric McCabe, Au.D.

序 文

きこえを取り戻すことで、補聴器ユーザーはより効果的にコミュニケーションし、日常生活をより有意義に過ごすことが可能になります。聴力が向上する利点は明らかですが、従来の補聴器は、その設計において人間の耳が本来持つ自然な指向性は考慮されていませんでした。したがって、裸耳で生成される出力とは異なる出力を生成していました。アキュイティイマーゼジョン指向性はこの自然な指向性を再現し、補聴器ユーザーが世界にもっとつながりを感じ、環境に没入することを可能にします。

従来の補聴器システムは、全方向からの音にユーザーがアクセスできるように無指向性マイクロホンパターンを使用し、状況を認識させ、ユーザーがどの音に注意を向けるかを選択できるようにします。これは聴覚の重要な機能であり、補聴器によって保存（または復元）されるべきですが、自然に聞こえるように保存するためには、裸耳が持つ指向性を考慮する必要

があります。——これは RIC および BTE 補聴器の無指向性マイクロホンパターンにおいて欠落している点でもあります。

裸耳、——特に耳介の物理的構造——は、高い周波数において自然な指向性を提供します。この効果は、指向性指数 (DI) を用いて定量化することができます。指向性システム用の DI は、拡散音場 (軸外) への応答に対する正面 (軸上) で発生する音への応答として定義されます。正の DI は、軸外音が軸上音に対して減衰していることを示します。図1では、裸耳は、2000Hz を超える周波数で軸上音に対して軸外音を減衰させる指向性システムであることがわかります。簡単な例として、裸耳の場合、前方から呈示される2000Hzの音は、後方から呈示される同じ音よりも大きくなります。500Hzの音は、前方または後方から呈示されても、ほぼ同じラウドネスを持ちます。

耳介による指向性フィルタリングは、健常な聴覚の人に2つの利点をもたらします。1つめは、後方に対して前方からの音がどのように知覚されるかの違いで、空間における音源の位置の決定を助ける手がかりを与えます。2つめは、軸外音の減衰で、聴取者の後方にノイズがある場合、または拡散ノイズ源の存在下で、前方の発話者に注意を向けている状況において、信号対雑音比 (SN比) を良くするという利点をもたらします。

補聴器ユーザーがBTE (Behind-The-Ear) タイプまたはRIC (Receiver-In-The-Canal) タイプを装着すると、補聴器のマイクロホンに入る前に、入ってくる音が耳介というフィルターを通らないので、自然な指向性が失われます。(Westermann and Topholm, 1985; Best et al., 2010)。

アキュイティイマーゾン指向性は、高い周波数チャンネルの指向性マイクロホンパターンと、より低い周波数チャンネルの無指向性マイクロホンパターンを採用することで、BTE/RIC補聴器に自然な指向性を再現します(図2)。この技法は、BTEとRICのユーザー (Keidser et al., 2009; Kuk et al., 2013; Weile et al., 2013) に、耳介で通常提供されている音源の定位とSN比向上の利点をかなり効果的に復元し、ユーザーがより自然に環境に没入することができます。

Inspireにおける アキュイティイマーゾン指向性

アキュイティイマーゾン指向性は、Inspire上の指向性の詳細画面(図3)から機能を設定できます。

アキュイティイマーゾン指向性が選択されると、選択された指向性モードに従って静かな環境及び／又は騒がしい環境で、高周波指向性マイクロホンパターンを使用するように補聴器が構成されます。この動作は、次頁(表1)に要約されています。

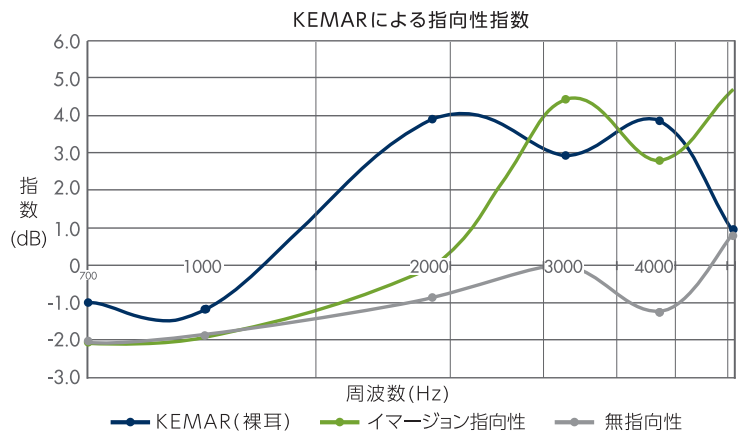


図1. KEMAR模型を用いた、裸耳、イマーゾン指向性、及び無指向性の指向性指数

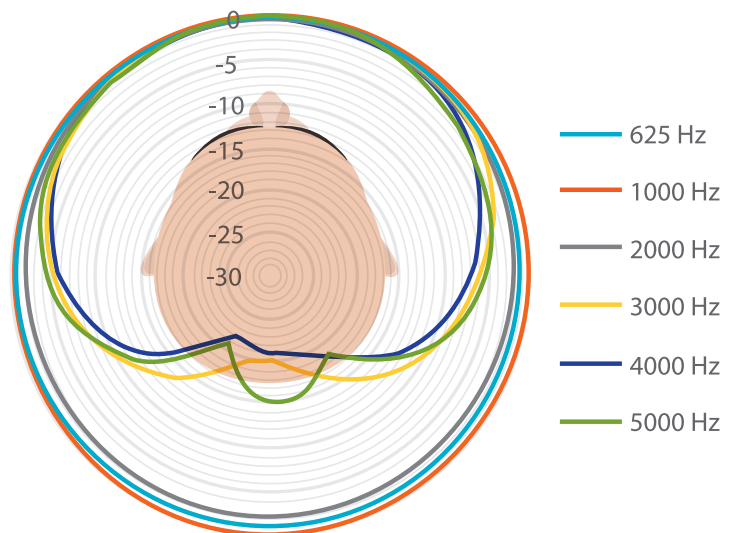


図2. 周波数の関数としてのイマーゾン指向性のマイクロホンパターン



図3. Inspireの指向性設定の詳細画面

指向性モード	静 寂 環 境	騒 音 環 境
アダプティブ	高周波指向性	広帯域指向性 (マルチステアリング)
ダイナミック	高周波指向性	広帯域指向性
固定指向性	広帯域指向性	広帯域指向性
固定無指向性	高周波指向性	高周波指向性

表1. 静寂環境及び騒音環境における、イマージョン指向性の各指向性モードのマイクロホンパターン

固定指向性モードは、あらゆる条件下で広帯域指向性の方が好ましい補聴器ユーザーのために用意されているもので、このモードを選択した場合にはアキュイティイマージョン指向性は適用されない点に留意が必要です。

自動切り替えモード(アダプティブとダイナミック)では、環境認識と音の自然さが優先される静かな環境で高周波マイクロホンパターンが使用されます。より騒がしい環境では、補聴器は、広帯域指向性マイクロホンパターンに自動的に切り替わり、補聴器ユーザーは、関心のある音源に焦点を合わせることができ、補聴器は、他の方向からのノイズを抑制します。固定無指向性モードでは、すべての音響環境で高周波マイクロホンパターンが使用されます。

検証のための臨床研究

騒音環境下での補聴器ユーザーの聴き取り能力と、満足度を評価する臨床研究が行われました。実験はアキュイティイマージョン指向性機能をONにして実施されました。この研究では、被験者は3回のセッションに参加するとともに、実際の生活の中で約5週間、補聴器を使用しました。14人の経験豊富な補聴器ユーザーが臨床試験に参加しました。研究の期間、被験者は予め供給されたmicro RIC312または BTE13 補聴器を装用しました。

最初のセッション(Scheller & Rosenthal, 2012)で、補聴器はスターキー独自のe-STATフィッティング処方で算出されたターゲットにベストフィットされました。実耳聴力測定はAudioscan Verifit システムを使用して

状況を認識させ、どの音を聴くかを補聴器ユーザーが選択できるようにすることは、聴覚の重要な機能であり、補聴器によって保存(または復元)されるべきですが、自然に聞こえるように保存するためには、裸耳が持つ指向性を考慮する必要があります。

実施しました。可聴性を確保するため、実耳補聴器装用時周波数特性(REAR)測定には国際音声テスト信号(ISTS; Holube, Fredelake, Vlaming, & Kollmeier, 2010)を使用し、50、65、75dB SPLで呈示されました。快適性を検証するために、85dB SPL 純音スイープが使用されました。最後に、高周波チャンネルのヌルにおける指向性を測定し、指向性が期待どおりに動作していることを確認しました。

騒音環境下でのテスト

被験者は、無指向性、高周波指向性(アキュイティイマージョン指向性の機能)、および広帯域指向性の3つの異なるマイクロホンパターンを用いて音声理解能力の差異を評価するHINT:ノイズのある環境下での聴取検査(Hearing In Noise Test)を行いました。HINTは、65dB SPL の固定レベルで行う標準化されたスピーチテストで、競合する音声波形ノイズをバックグラウンドとして呈示される文章を、50%の正確さで繰り返すために必要なSN比を適応的に求めます(Nilsson、Soli&Sullivan、1994)。スピーチレベルは、それぞれの正しい(あるいは正しくない)応答に基づいて適応され、その結果、HINTスコアが計算されます。スピーチは被験者の前にあるスピーカーから呈示され、被験者を取り巻く7つのスピーカーから拡散ノイズが呈示されました。

結果(図4)は、高周波および広帯域指向性マイクロホンパターンの両方が、無指向性マイクロホンパターンよりも、騒音環境下での音声認識に関して統計的に有意な改善を提供することを示しています。2 要因反復測定分散分析は、マイクロホンパターンの主要な効果が有意であり



($p < 0.001$)、補聴器の器種間で有意な差がなかったことを示しました ($p = 0.101$)。事後テスト (Holm-Sidak法) では、被験者は無指向性よりも高周波および広帯域指向性マイクロホンパターンを使用して有意に優れた聴き取りを示し ($p < 0.001$)、広帯域指向性を使用する被験者は高周波指向性を使用する被験者よりも優れていました ($p < 0.001$)。

HINTからの結果は予想通りです。補聴器が無指向性から高周波指向性、広帯域指向性のマイクロホンパターンに切り替わると、軸外音源はより広範囲の周波数にわたって減衰しました。したがって、同じレベルの性能を達成するためには、アキュイティイマージョン指向性および固定指向性モードでは、より低いSN比が求められ、これにより、語音の明瞭度が向上しました。

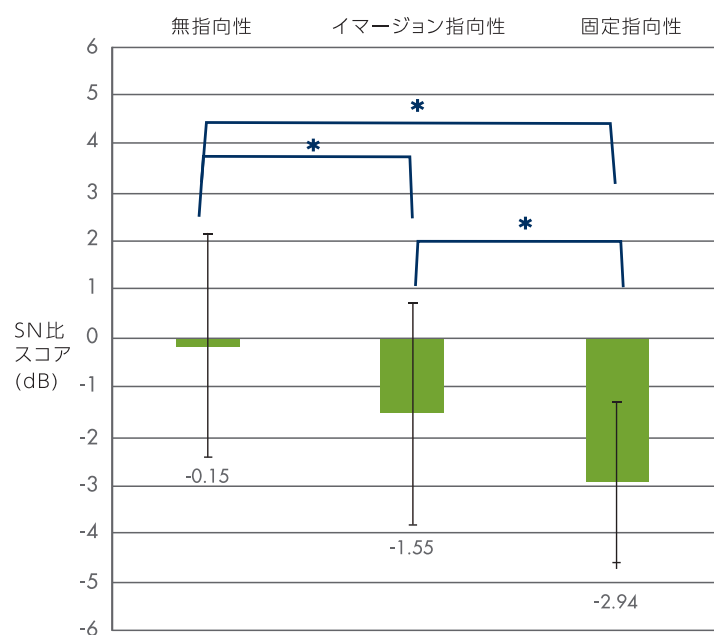


図4. SN比スコア (dB) で表示された各マイクロホンパターンでのHINTの結果。エラーバーは平均値からの1標準偏差を表す。数値が低いほど優れた聴き取りであることを示す。アスタリスクは統計的有意な差を示す。

全体的な満足度

被験者は、アキューティイマーゾン指向性を使用して日常的な聴取環境で補聴器を装着している間に複数のアンケートに回答しました。全体的な満足度(図5)の評価では、被験者は「非常に悪い」から「非常に良い」までの5点満点の尺度を用いました。静かな環境では、被験者の92%が全体的な満足度を「非常に良い」と評価しました。騒々しい環境では、85%の被験者が全体的な満足度を「良い」または「非常に良い」と評価しました。

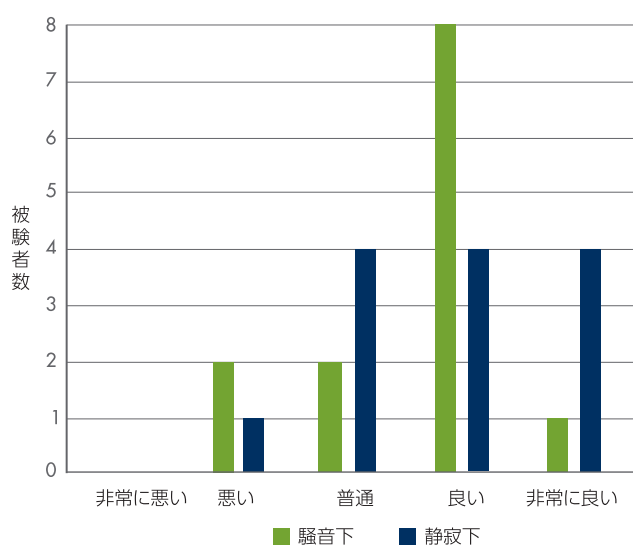


図5. 静寂環境及び騒音環境でイマーゾン指向性を使用中の被験者による全体的な満足度評価
(1名の被験者が最終アンケートを終了できず)

結 論

スターキーのアキューティイマーゾン指向性機能は、耳介によって提供されるサウンドフィルタリングの要素を再現することによって、自然な指向性のメリットを補聴器ユーザーに還元させます。この自然な指向性は、前方-後方の音源定位をするための手がかりを提供し、騒音環境下での音声理解を改善します(無指向性と比較して)。アキューティイマーゾン指向性機能を使って行われた研究では、音声認識に大きな利点があることが示され、静かな環境でも、騒々しい環境でも、音質の面で広く受け入れられました。

参考文献

- Best, V., Kalluri, S., McLachlan, S., Valentine, S., Edwards, B., & Carlile, S. (2010) A comparison of CIC and BTE hearing aids for three-dimensional localization of speech. *International Journal of Audiology*, 49(10): 723-732.
- 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.
- Keidser, G., O'Brien, A., Hain, J.-U., McLelland, M., & Yeend, I. (2009). The effect of frequency-dependent microphone directionality on horizontal localization performance in hearing-aid users. *International Journal of Audiology*, 48(11), 789-803.
- Kuk, F., Korhonen, P., Lau, C., Keenan, D., & Norgaard, M. (2013). Evaluation of a Pinna Compensation Algorithm for Sound Localization and Speech Perception in Noise. *American Journal of Audiology*, 22(1), 84.
- Nilsson, M., Soli, S.D., & Sullivan, J.A. (1994). Development of the Hearing in Noise Test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 95(2), 1085-1099.
- Scheller, T., & Rosenthal, J. (2012). Starkey Hearing Technologies' e-STAT fitting formula: The rationale behind the rationale. *Innovations*, 2(2), 41-45.
- Weile, J., Santiago, L., Newman, C., & Sandridge, S. (2013). A Broader Look at Performance and Personalization in Hearing Aid Fittings. Retrieved from <http://www.hearingreview.com/2013/08/a-broader-look-at-performance-and-personalization-in-hearing-aid-fittings/>
- Westerman, S., & Topholm, J. (1985). Comparing BTEs and ITEs for localizing speech. *Hearing Instruments*, 36(2), 20-24.

