環境音によるデジタル補聴器適合評価に関する検討

亀井昌代¹⁾，佐藤宏昭¹⁾，米本 清²⁾，小田島葉子³⁾，村井和夫³⁾

¹⁾岩手医科大学耳鼻咽喉科

²⁾岩手県立大学社会福祉学部

³⁾盛岡市

要旨：補聴器適合の評価方法には，客観評価と主観評価がある。今回我々は，生活環境音が補聴器を介することにより主観評価がどう変化するかを，5社の高機能デジタル補聴器と機能が搭載されていない補聴器の計10機種を対象とし検討した。その結果，雑音下語音明瞭度は，高機能補聴器の指向性処理機能，雑音抑制処理機能共に on の設定で最も高値であった。雑音下語音明瞭度と環境音の印象評価項目の評価値との間には相関は見られなかったことから，補聴器適合検査は語音明瞭度などの客観的評価と自覚的評価は別々に評価することが必要である。4種類の環境音についての評価は，周波数特性や雑音の特性によりそれぞれ異なる傾向の評価となった。従って，環境音による評価は，評価項目の傾向が異なる複数の検査音で行う必要があると考えられた。

キーワード

環境音，デジタル補聴器，補聴器適合検査，環境音音質評価

はじめに

補聴器適合の評価法には，客観評価と主観評価があり，一般外来では症例の装用環境や症状にあわせて種々評価し調整に反映させてきた。2000年4月に保険診療報酬点数の改定にあたり，補聴器適合検査1（1回目），補聴器適合検査2（2回目）として耳鼻咽喉科学的検査の項目に保険診療として請求が可能となった¹⁾。補聴器適合検査点数の算定に必要な機関別指定にかかわる日本耳鼻咽喉科学会認定基準の要件が提示され，音場検査機器や補聴器周波数特性測定装置の機器を備え，厚労省主催補聴器適合判定医師研修会修了者が常勤医として勤務しているという施設基準が定められた。当科補聴外来では補聴器適合検査²⁾³⁾として，客観評価は音場での閾値検査や語音明瞭度検査，主観評価は質問紙によるアンケートを主体として実施しており，環境音につい

ては適合検査としてではなく，補聴器試聴期間などに自宅でのアンケートを主体として評価し補聴器の調整に反映させてきた。多くの臨床現場で独自に行ってきたが，2008年補聴器適合検査の指針案⁴⁾が報告され，語音明瞭度曲線の測定，環境騒音許容レベルの測定が必須検査項目とされた。このなかで環境騒音の許容を指標とした適合評価は，「環境騒音下で補聴器を装用して日常会話を聴取するときに，環境騒音を許容できるかを検査する」とされている。環境音を騒音として，この下での会話聴取可能か，許容できるかについて検査するということである。

今回我々は，生活環境音が補聴器を介することにより，主観評価がどう変化するかを調べることとした。また，デジタル補聴器の機能設定が変わることにより，生活環境音の印象や主観評価がどのように変化するか調べ，補聴器選択や調整の一助となるのか基礎実験を行い検討した。

対象と被験者

補聴器は5社のデジタル耳掛け型補聴器で、各社雑音抑制機能（指向性機能を含む）を搭載した2008年から2010年にかけて発売された高機能デジタル補聴器5機種と、種々の機能が搭載されていない補聴器5機種の計10機種を対象とした。各補聴器は成人両側感音難聴 50dB HL 水平聴力型を想定しメーカーの標準条件で調整した。

10機種の補聴器について①機能が搭載されていない補聴器、②高機能補聴器で指向性処理、雑音抑制処理機能を共に on、③高機能補聴器の指向性処理機能のみ on、④高機能補聴器の雑音抑制処理機能のみ on、⑤高機能補聴器で指向性処理、雑音抑制処理機能共に off とした5通りの設定条件について実験した。さらに、HATS に補聴器を装着しない条件下も同様に実験を行い比較した。

被験者は20歳から22歳の疑似難聴者（健聴者）12名であった。

方 法

(1) 環境音は、「レジ袋からものを取り出す音」、「食器を洗う音」、「新聞をめくる音」、「ドアを閉める音」の4種類の室内音を用いた（図1）。実験開始時点で日本聴覚医学会より補聴器適合指針案が確定されていなかったため、今回は独自に環境音をス

テレオで収録し、無響室内で録音時と同じ音圧で提示した。作成した環境音は無響室内にて HATS (B & K 4128+4159C) の前方左右45度で距離 1m の位置に設置した2本のスピーカ (BOSE 101 VM) から提示し（図2 a）、HATS から出力された信号をメモリーレコーダ (FOSTEX FR-2LE) にて録音した。

(2) 同時に無響室内で、HATS 正面および前後左右45度で距離 1m の位置にスピーカを設置し、正面のスピーカより検査語音 (57-S 語表)、他の4本のスピーカより加重不規則雑音⁵⁾ を無相関で提示した (ISO 8253-3)⁶⁾ (図2 b)。語音の提示音圧レベルは 60dB SPL とし、S/N+5dB の条件下で HATS より出力された信号をメモリーレコーダにて録音した。

これらの環境音および補聴器設定条件のすべての組み合わせについて録音し、音源とした。これらの音源は、イヤホン (SENNHEISER HD555) と HATS の音響特性を基に、イヤホン位置で提示された音響特性となるようデジタルフィルタにて補正した。補正された音源を、イヤホンにより被験者に提示し、(1)環境音については主観的評価12組の評価用語対 (表1) を使用して7段階評価を、(2)57-S 語表について聞き取った結果は回答用紙に記述させた。音質の評価には SD (semantic differential) 法⁷⁾ を用いて7段階評価を行った。なお、SD 法は音に対して感じる印象について形容詞対を用いて意味尺度とし

図1 各環境音の相対スペクトルレベル

図2 a 環境音録音レイアウト

図2 b 雑音負荷語音明瞭度録音レイアウト

表1 環境音主観評価（7段階評価）

不自然な	1	2	6	7	自然な
明るい					暗い
力強い					弱々しい
拡がり感のない					拡がり感のある
こもった					抜けのいい(こもらない)
硬い					柔らかい
きれいな					汚い
不快な					快い
軽い					重い
静かな					騒々しい
しっとりとした					乾いた
かん高い	1	2	6	7	落ち着いた

評価したものである。今回の主観的評価値の7段階評価は、評定値間の間隔について検討は行っていないため、主観的評価、および雑音下語音明瞭度の有意差検定にはウィルコクソンの符号順位検定を用い5%未満を有意とした。

結 果

(1) 環境音主観評価について

4種類の環境音は、補聴器の音質に対する評価結果が必ずしも一定ではなかった。連続的な環境音の

「レジ袋の音」や「新聞をめくる音」、連続音の中に衝撃音が混入している「食器を洗う音」、衝撃音である「ドアを閉める音」ではそれぞれ評価結果が異なった。12項目の評価項目について評価用語間で相関が低い“不自然—自然”、“こもる—抜けのいい”、“硬い—柔らかい”、“不快—快い”、“かん高い—落ち着いた”の5項目について、環境音「レジ袋の音」と「ドアを閉める音」のヒストグラムを図3から7に示した。このヒストグラムは補聴器装着の例数と補聴器非装着の相対的な例数をあわせるために非装着の例数を5倍して表示した。環境音の種類や評価項目により結果は異なり、特に補聴器非装着と高機能補聴器では分布の傾向が異なる項目が多くみられた。

有意差についてしてみると、「レジ袋の音」と「ドアを閉める音」は、補聴器装着と非装着間で評定値分布に有意差のみられる評価項目が多く、「食器を洗う音」については1つの評価項目を除き有意差がみられなかった（表2）。また、評価項目でみると“硬い—柔らかい”という評価項目は、補聴器装着と非装着での間で有意差がみられた。

補聴器設定間では、「食器を洗う音」以外の環境音で“こもる—抜けのいい”は高機能補聴器の指向性処理 on 雑音抑制処理 on の設定で補聴器非装着との間、機能の搭載されていない補聴器設定との間に有意差をみとめた（表3）。また、メーカーごとに

図3 評価項目“不自然—自然”のヒストグラム

図4 評価項目“こもる—抜けのいい”のヒストグラム

図5 評価項目“硬い—柔らかい”のヒストグラム

図6 評価項目“不快—快い”のヒストグラム

図7 評価項目“かん高い—落ち着いた”のヒストグラム

評価結果は異なるが、高機能補聴器の指向性処理 on 雑音抑制処理 on の設定でメーカーごとの評価のばらつきが小さくなる傾向が見られた。

(2) 雑音下語音明瞭度について

雑音下語音明瞭度は、補聴器の設定ごとにみると、高機能補聴器の指向性処理機能 on 雑音抑制処理機能 on の設定で語音明瞭度が最も高値を示した。次いで高機能補聴器の指向性処理機能のみ on の設定、高機能補聴器の雑音抑制処理機能のみ on の設定、機能搭載されていない補聴器、高機能補聴器で指向性処理機能も雑音抑制処理機能共に off の設定の順であった。また、それぞれの設定間のすべての組み合わせで有意差を認めた（図8）。

(3) 主観評価と雑音下語音明瞭度の関係について
雑音下語音明瞭度と主観評価の関係は、評価項目、環境音のすべての組み合わせについて相関係数は低かった。機能が搭載されていない補聴器の設定で環境音「食器を洗う音」、「ドアを閉める音」と評価項目“不快—快い”の間に負の相関傾向がみられた（図9）。高機能補聴器の設定では、明瞭度と評価項目間では明らかな相関はみられなかった。

考 察

成人の補聴器調整を行っていくなかで、補聴器装用希望者は「ことばのききとり」と「装用を継続していて疲れない」や「自然な音」を望むことが多い。

表2 補聴器非装着と装着との有意差

		不自然 自然	こもる 抜けのいい	硬い 柔らかい	不快 快い	かん高い 落ち着いた
レジ袋	機能なし	○		○	○	○○
	高機能			○○	○○	
食器を洗う音	機能なし					
	高機能					
新聞の音	機能なし					
	高機能			*		
ドアを閉める音	機能なし			○		
	高機能		○○	○○	○○	○

*：有意差5%未満（補聴器非装着が好結果）

○：有意差5%未満（補聴器装着が好結果）

○○：有意差1%未満（補聴器装着が好結果）

表3 補聴器による有意差

	不自然 自然	こもる 抜けのいい	硬い 柔らかい	不快 快い	かん高い 落ち着いた
レジ袋	◆	◆			
食器を洗う音					
新聞		◆			△△
ドアを閉める音		◆◆	△△	△△	△△

△：有意差5%未満（高機能補聴器が好結果）

△△：有意差1%未満（高機能補聴器が好結果）

◆：有意差5%未満（機能搭載しない補聴器が好結果）

◆◆：有意差1%未満（機能搭載しない補聴器が好結果）

また、デジタル補聴器は「ことばのききとり」と「装用の快適性」を目標に日々技術の向上につとめているということである⁸⁾。「疲れない」「自然な音」という補聴器に対する印象は、補聴器を装着していなかった状態の音の印象に近いと考えられる。そのため、実験結果の検討には補聴器の設定条件だけではなく、補聴器非装着と装着との間も比較検討した。

今回の実験音は、田中ら⁹⁾の健聴者12名による印象評価実験による環境音の分類によると、「レジ袋の音」と「新聞をめくる音」は広帯域雑音に、「食器を洗う音」は高域強大音に「ドアを閉める音」は断続音に相当する。「レジ袋の音」広帯域連続雑音であるが、周波数特性では高周波数成分が強く、同

じ広帯域連続雑音でも「新聞をめくる音」は低周波数成分が強い。また、「食器を洗う音」は高域強大音に分類されるが、今回我々が録音して実験に用いた「食器を洗う音」は連続した水の流れる音の中に食器による水をはじく音や洗い終わった食器を置く衝撃音が含まれた雑音であった。従って、4種類の環境音についての評価は、周波数特性や雑音の特性により評価の傾向がそれぞれ異なったものと考えられた。「食器を洗う音」は2種類の雑音の要素が含まれるため、評価が一定せず、有意差がみられなかった可能性がある。補聴器の音に対する印象を評価するためには、同様な特徴を持つ音について評価するのではなく、異なる印象を与える音を使用して評

価し、種々様々な側面から評価すべきである。以上のことから、環境音による評価は、評価項目の傾向が異なる複数の検査音で行うことが必要であると思われる。

補聴器の設定では高機能補聴器の指向性処理機能、雑音抑制処理機能共に on にした設定にすると印象のばらつきが少なくなる傾向がみられた。この適応型指向性処理 on 雑音抑制処理機能（衝撃音抑制機能を含む）on の設定では、補聴器の音質の違いが小さくなっているため、同じような評価となっているものと考えた。デジタル補聴器は「ことばの

ききとり」と「装用の快適性」を目標に日々技術の向上につとめている。しかし、補聴器の雑音抑制機能や衝撃音を抑える機能が充実するほど、音が加工され極端な印象を与えることが少なくなる可能性があるのではないかと考えた。また、評価項目の「こもる—抜けのいい」は高機能補聴器の指向性処理機能、雑音抑制処理機能共に on の設定で補聴器非装着との間、機能が搭載されていない補聴器との間に有意差を認めた。補聴器の雑音抑制処理機能により、音が加工処理され、より「こもる」という評価になっている可能性が考えられた。

雑音下語音明瞭度は、高機能補聴器の指向性処理機能、雑音抑制処理機能共に on の設定で最も高値であり、有意差をみとめた。今回の雑音下語音明瞭度の実験方法は雑音に前後左右4方向からの無相関条件で加重不規則雑音を用いているため、指向性処理機能の効果と考えられた¹⁰⁾¹¹⁾。

雑音下語音明瞭度と環境音の自覚的評価項目の評価値との間には相関は見られなかった。しかし、機能の搭載されていない補聴器では「食器を洗う音」や「ドアを閉める音」の衝撃音の含まれた環境音下での「不快さ」と相関傾向をみとめた。機能が搭載されていないために、衝撃音は「不快さ」が増し明瞭に聞き取れるという結果であった。以上のことから「ことばのききとり」が良くても、音の印象や好みが良いとは限らないため、語音明瞭度と主観評価は別々に評価することが必要であると思われる。

成人において補聴器の選択調整を検討していく場

図8 補聴器設定ごとの雑音下語音明瞭度

図9 評価項目「不快—快い」と雑音下語音明瞭度

合、語音明瞭度が高く、補聴器非装着と印象の差が少ない補聴器を選択すること望まれる。今回は健聴例を被験者としたが、難聴症例では、難聴の病態により評価は健聴例以上に異なることが考えられる。従って機能のない補聴器については、音の好みということを考えると、いろいろな機種を試みる必要があるのではないかと考えられた。高機能補聴器については、雑音下の語音明瞭度が高く、音の印象のばらつきが少なくなる傾向がみられたことから、難聴例でも少なからず印象の差が少なくなる可能性が示唆された。

当院の補聴外来では、地域性や補聴器のアフターケアの問題があり、補聴器の機種選択に限界あるのが現実である。しかしながら、評価には補聴器メーカー・機種による違いがみられ、装用者の要求に応じたメーカー・機種選択の提案が可能と考えられた。今回の実験結果を日常の診療に生かし、症例に合わせた補聴器選択や補聴器装用指導、補聴器適合検査の一助としたい。

結 語

(1)環境音に対する評価は、4種がそれぞれ異なる傾向にあったことから、環境音による評価は特性の異なる複数の検査音で行う必要があるものと考えられた。

(2)指向性処理・雑音抑制処理機能を搭載した補聴器は、搭載しない補聴器に比べ、雑音下での語音明瞭度が有意に高く、その有効性が客観的に確認できた。

(3)雑音下語音明瞭度と環境音の印象評価項目の評定値との間には相関が見られなかったことから、補聴器適合検査は語音明瞭度などの客観的評価と自覚的評価とは別々に行う必要があるものと考えられた。

謝 辞

本実験を実施するにあたり、オーティコン(株)、シーメンスヒヤリングインスツルメンツ(株)、フォナック・ジャパン(株)、リオン(株)、ワイデックス(株)各社および御担当の皆様に多大なるご協力をいただきました。お礼を申し上げますと同時に、感謝いたします。

本論文の要旨は第55回日本聴覚医学会（2010年11月、奈良）にて講演した。

Tests for evaluating the functions of a digital hearing aid through the evaluation of environmental noise

Masayo Kamei¹⁾, Hiroaki Sato¹⁾, Kiyoshi Yonemoto²⁾, Yoko Odashima³⁾, Kazuo Murai³⁾

¹⁾Department of Otolaryngology, Iwate Medical University

²⁾Faculty of Social Welfare, Iwate Prefectural University

³⁾Morioka Japan

The objective of this study was to investigate the changes in subjective evaluation of simulated environmental noise by adjusting the settings of digital hearing aids. This study involved 10 models (5 manufacturers) of hearing aids, and subjects with normal hearing aged 20-22 years. The results indicated that hearing aids with a directional microphone and fitted with a noise reduction system showed a higher speech discrimination score than the others without any noisy background. The subjective evaluations differed due to the variety of the environmental noise encountered. We considered that multiple sources of different sound should be required for the evaluation of environmental noise. The speech discrimination score was found to correlate with the score of the environmental noise evaluation. From the results, when evaluating the functions of a hearing aid, we demonstrated the use of both subjective and objective tests.

参 考 文 献

- 1) 日本医師会：改定診療報酬点数表参考資料，2000
- 2) 小寺一興：補聴器適合検査。Audiology Japan **50**：43-51，2007
- 3) 小寺一興，神崎仁：補聴器の選択と評価。メジ

- カルビユー社, 1996
- 4) 福祉医療委員会報告書: 補聴器適合検査の指針 (2008)。Audiology Japan **51**: 661-679, 2008
- 5) JIS T 1201-2: オーディオメータ 第二部: 語音聴力検査に用いる機器。2000
- 6) ISO 8253-3: Acoustics-Audiometric test methods—Part 3: Speech audiometry, 1996
- 7) 難波精一郎, 桑野園子: 音の評価のための心理学的測定法。日本音響学会 編, コロナ社, 1998
- 8) 補聴器工業会: 「補聴器供給システムの在り方に関する研究Ⅱ」報告書「補聴器供給におけるQOL向上策に関する提言に向けて」。2007
- 9) 田中良和, 白石君男: 補聴器適合検査に用いる雑音及び環境音の音源の分類に関する検討。Audiology Japan **52**: 451-452, 2009
- 10) 亀井昌代, 佐藤宏昭, 他: 補聴器の雑音抑制機能に関する研究。Audiology Japan **54**: 463-464, 2009
- 11) Mueller, H. Gustav, Ricketts, Todd A.: Digital noise reduction: Much ado about something?: Hearing Journal **58**: 10-18, 2005
(2011年1月4日受稿 2011年2月18日受理)
-
- 別冊請求先:** 〒020-8505
岩手県盛岡市内丸19-1
岩手医科大学耳鼻咽喉科学講座
亀井昌代
Masayo Kamei
Department of Otolaryngology, Iwate Medical University
19-1 Uchimaru, Morioka, 020-8505, Japan