 原 著

重度聴覚障害者の補聴器適合について

吉川 智子¹⁾ 石原 保志²⁾ 大沼 直紀²⁾ 永瀬 正昭³⁾

本研究は、重度聴覚障害者の補聴器適合を目的として、最初に 38 名を対象として各周波数別の補聴器装用閾値と、アクセント・モーラ数の弁別および音韻聴取能力との関係を検討した。次に、この対象者の中で高音漸傾型で、かつ聴力レベルが 80 dB 以上の者を 21 名選択し、使用補聴器特性の検討を行った。

結果から、以下のように考察できた。1) 重度聴覚障害者は、音韻聴取が困難であるため、聴取が良好な韻律情報が活用できるような補聴器設定がのぞまれる。2) 日本語の周波数特性の設定は、250 Hz～3000 Hz の利得を最優先し、ハーフゲイン法以上の利得の補償が必要である。3) 聴器の保護を考慮しながらも、できるだけ最大出力音圧レベルを高く設定し、広いダイナミックレンジを確保することが必要であると考えられた。

索引用語：重度聴覚障害者，補聴器適合，周波数別補聴器装用閾値，アクセント・モーラ数の弁別，周波数特性

Fitting of Hearing Aids for Severe Hearing Loss

Satoko Yoshikawa¹⁾, Yasushi Ishihara²⁾, Naoki Ohnuma²⁾, Masaaki Nagabuchi³⁾

Abstract : The purpose of the present paper is to study fitting of hearing aids for severe hearing loss. The relation between phoneme perception, accent/mora discrimination and aided HTL at each frequency was studied in 38 cases. In 21 of these, amplification characteristics of the hearing aids were studied.

The results obtained were as follows. 1) Because severe hearing loss impedes nearly all hearing of phonemes, hearing aids should be fitted to reflect another aspect of language, prosodic features. 2) For severe hearing loss, the appropriate frequency response should be above the half-gain rule, at about 250Hz～3000Hz. 3) It should be necessary when fitting hearing aids to set a wide dynamic range, while conserving the acoustic organs.

¹⁾東北大学教育学部：〒 980-8576 仙台市青葉区川内

²⁾筑波技術短期大学聴覚部：〒 350-0005 つくば市天久保 4-3-15

³⁾東北福祉大学社会福祉学部：〒 981-0943 仙台市青葉区国見 1-8-1

¹⁾Department of Education, Tohoku University : Kawauchi, Aoba-ku, Sendai-City, Miyagi 980-8576

²⁾Department of Audiology, Tsukuba Technology College : 4-3-15 Amakubo Tsukuba-City, Ibaraki 305-0005

³⁾Department of Social Welfare : 1-8-1 Kunimi, Aoba-ku, Sendai-City, Miyagi 981-0943

原稿受理：1998 年 5 月 6 日

Key words : severe hearing loss, hearing aid fitting, hearing aid threshold, discrimination of accent/mora, amplification of hearing aids

はじめに

聴覚障害者に対する補聴器適合は、正確な聴取能力の把握と、それに基づく適切な周波数特性の設定が必要である。設定する特性としては、主に音響利得および最大出力音圧レベルなどがあげられる。設定方法としては、大別してオーディオグラムを基本として利得を算出するものと、快適レベルと長時間スピーチスペクトルの関係から利得を算出するものがある。

前者では、Berger ら (1977, 1978, 1980, 1982)¹⁻⁴⁾ による Berger 法や、McCandless ら (1983)⁵⁾ による POGO 法、Libby (1985, 1986)^{6,7)} による 1/3 ゲイン法および Byrne ら (1976, 1986)^{8,9)} による NAL 法がある。一方、後者では Skinner や Pascoe (1982)¹⁰⁾ による方法や、Cox (1981~1985, 1988)¹¹⁻¹⁶⁾ による MSU (Memphis State University) が報告されている。以上のように、補聴器適合の利得設定については、多くの見解がみられる。

一方、正確な聴取能力の把握には、音声言語の 1 側面である音韻とともに、もう 1 つの側面であるアクセントやリズムなどの韻律の把握も必要と考える。韻律は、音韻情報を伝達する重要な役割を担っているといわれているが^{17,18)}、韻律レベルでの聴取能力の検討は少なかったからである。

また、補聴器適合の研究の多くは、中・軽度聴覚障害者を対象者としたものであり¹⁹⁻²⁴⁾、重度聴覚障害者を対象としたものは少なかった。

そこで、本研究は重度聴覚障害者に対する適切な補聴器適合を目的として、最初に各周波数別補聴器装用閾値と韻律要素であるアクセント・モーラ数の弁別、そして音韻レベルの聴取能力との関係を検討した。次に、この対象者の中から高音漸傾型で、聴力レベルが 80 dB 以上の者を対象に、通常使用している周波数特性の検討を行った。

研究 1

目的

重度聴覚障害者を対象として、各周波数別の補聴器装用閾値と、アクセント・モーラ数の弁別および音韻聴取能力との関係を検討した。

方法

1. 対象者

18 歳から 22 歳までの、聴覚障害以外の合併はみら

れない、重度聴覚障害者 38 名を対象とした。平均補聴器装用閾値は、33 dBHL~65 dBHL であった。図 1 に対象者の良聴耳のオーディオグラムを、図 2 に良聴耳の補聴器装用閾値を示した。

2. 評価材料

評価材料として、親族呼称受聴検査、最小音韻対立単語リストおよび 100 音の単音節聴取検査を用いた。

図 1 良聴耳のオーディオグラム

図 2 良聴耳の補聴器装用閾値

最小音韻対立単語リストでは、アクセントが同じ単語のものを選択して用いた（例：アサリ/当たり）。

評価材料は、標準語話者の女性 1 名に防音室内で検査材料を読ませ、Belle & Hawell ランゲージ・マスター 1757 J のテープカードプレイヤーを用いてオーディオテープカードに録音して作製した。

3. 評価方法

韻律レベルと音韻レベルの 2 点から、評価を行った。

1) アクセントとモーラ数の弁別評価

親族呼称受聴検査を用いて、総合評価した。モーラ数の弁別については、対象者の反応が正答と同じモーラ数であれば、アクセントの弁別についても、中高型、平板型および頭高型の 3 つのアクセント間で対象者の反応が正答と同じアクセントの部類であれば、音韻レベルに違いがあっても正解とみなして評価した。

2) 音韻レベルの評価

語中・語尾における子音の弁別については、最小音韻対立単語リストを用いて、/t/, /d/, /f/, /h/, /k/, /g/, /m/, /ŋ/, /s/, /j/, /tʃ/, /w/, /r/, /ts/, /z/, /n/ の音素の評価を行った。一方、単音節別の識別については、100 音の単音節受聴検査を用いて、明瞭度を評価した。

4. 手続き

対象者は防音室内で、リスト別に任意の順序で再生聴取を行った。再生は個別にテープカードプレイヤーを用いて、おのおのの至適レベルで行った。この機器を用いたのは、対象者自身が、そのつど至適レベルの調整を行えるからである。

結果

1. 平均補聴器装用閾値との相関

図 3 にアクセント・モーラ数の弁別と平均補聴器装用閾値との散布図を示した。100 % の了解度が得られた者は全体の 72 % であり、ほとんどの者が弁別可能であった。弁別と平均補聴器装用閾値との相関係数は -0.456 であり、有意であった ($F_{1,36}=9.090$, $P<.01$, 説明率は 20.25 %)

次に単語間の子音弁別と平均補聴器装用閾値との散布図を示した（図 4 を参照）。相関係数は -0.37 であり、弱い相関を示した ($F_{1,36}=5.667$, $P<.05$, 説明率は 13.69 %)。

同様に、単音節の識別と平均補聴器装用閾値との相関係数は -0.50 であり、中程度の相関を示した（図 5 を参照） ($F_{1,36}=12.5$, $P<.01$, 説明率は 25 %)。

2. 各周波数別補聴器装用閾値との相関

表 1 に、各周波数別の補聴器装用閾値と各検査使用時での聴取能力との相関係数を示した。表が示すよう

図 3 アクセント・モーラ数の弁別と平均補聴器装用閾値

図 4 単語の子音弁別と平均補聴器装用閾値

図 5 単音節の識別と平均補聴器装用閾値

に、アクセント・モーラ数の弁別では、どの帯域とも相関は認められなかった。一方、単語の子音弁別との相関は、250 Hz, 500 Hz の低周波数帯域との間に、単音節の識別では 250 Hz, 2000 Hz そして 4000 Hz の周波数帯域との間に中程度の相関がみられた ($P<.01$)。

3. 母音と子音の識別

母音の正答者の比率は、/a/で 30 %, /i/が 14 %, /u/で 28 %, /e/で 33 %, そして /o/で 23 % を示し、聴取は全体的に低かった。一方、子音の調音方法別了解度は、破裂音で平均 11 % (SD 5.6 %), 摩擦音で 12 % (SD 5.9 %), 破裂音で 11 % (4.1 %), 弾音で 11 % (SD 5.7 %), 鼻音で 12 % (SD 6.8 %), そして半母音では 11 % (SD 4 %) であった。以上から、調音方法

表1 周波数別補聴器装用閾値と聴取能力との相関

(N=38)

装用閾値 使用検査	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
アクセント ・モーラ	-0.135	-0.203	-0.158	-0.220	0.043
単語	-.0462***	-0.477***	-0.098	-0.286**	-0.233
単音節	-0.458***	-0.33**	-0.268	-0.516***	-0.458***

***P<.01 **P<.05 *P<.10

別による了解度の差はほとんど認められず、明瞭度が低いことが示唆された。

考 察

1. 周波数特性の設定について

本研究の結果から、1) 単語の子音弁別では補聴器装用閾値の 250 Hz, 500 Hz の低周波数帯域に、2) 単音節の鑑別では 250 Hz, 2000 Hz そして 4000 Hz に中程度の相関が示唆された。3) アクセント・モーラ数の弁別については、補聴器装用閾値のどの周波数帯域とも関係が認められなかった。

以上のように、本研究における音韻聴取と周波数帯域との関係では、主に低周波数帯域との間に相関が認められた。従来の周波数特定の設定では、Berger (1977)¹⁾や McCandless (1983)⁵⁾では 1000 Hz から 4000 Hz を重視した報告を出している。また、明瞭度に貢献する周波数帯域を、比率で算出した明瞭度指数 (Articulation Index : AI) の考えでは、Popelka (1987)²⁵⁾が、1500 Hz, 2000 Hz そして 3000 Hz に高い比率を、斎藤(1979)²⁶⁾は日本語音声において、1000 Hz, 2000 Hz そして 4000 Hz に高い比率を算出している。そのため、単音節検査と周波数別補聴器装用閾値との相関は、従来の研究報告と類似の結果となったが、単語の子音弁別では異なる結果になった。これは、単語の子音弁別に用いた音素が少なく、偏りがあったためと推察された。一方、アクセント・モーラ数の弁別と各周波数別補聴器装用閾値との間には、相関が認められなかった。これは、重度聴覚障害者にとって、検査材料が容易であったためと考えられた。したがって、重度以上の者に対して行えば明らかな相関がみられたのではないかと推測された。

次に、聴取能力では、ほとんどの者がアクセント・モーラ数の弁別が可能であった。しかし、母音の正答者の比率は平均 26 % であり、子音の了解度は平均 11 % と低い値を示した。母音の聴取の重要性を考慮すると、子音よりもまず母音の聞き取りを優先して、利得

設定を行う必要があると考える。母音の同定に必要なホルマントは、第 1, 第 2 そして第 3 フォルマントといわれているが、その周波数帯域はおよそ 1000 Hz ~ 3000 Hz の範囲である²⁷⁾。したがって、本研究の各周波数別補聴器装用閾値と明瞭度との関係、および従来の周波数特性による利得設定の研究報告を総合的に検討すると、母音の聞き取りを優先的に行うべきであり、250~3000 Hz を重点的に補償すべきであろう。

最後に、重度の聴覚障害者は音韻の聴取が困難であった。そのため、音韻聴取の手掛かりとして、聞き取りが良かった韻律情報を活用することがのぞまれる。また、音韻レベルの評価だけでなく、韻律レベルも含めた広い角度からの評価を行い、その評価結果を補聴器特性の調節に直接反映できるように、特性設定の調節項目を検討することが必要である。

研 究 2

目 的

重度聴覚障害者の適切な補聴器適合を目的として、通常使用している補聴器特性を検討した。

方 法

1. 対象者

研究 1 の対象者の中で、各周波数の聴力レベルが 80 dBHL 以上の高音漸傾型の者を 21 名 (27 耳) 対象とした。平均聴力レベルは 92 dBHL~114 dBHL であった。図 6 に対象者の補聴器装用閾値を示した。

2. 補聴器特性の測定

補聴器特性は、1) 音響利得、最大出力音圧レベル、2) ダイナミックレンジ、3) ファンクショナルゲインについて測定し、さらにファンクショナルゲインとハーフゲイン法との比較を行った。

音響利得と最大出力音圧レベルの測定については、補聴器特性測定装置により、対象者が日常使用している利得の位置で 2 ml カプラで測定した。ダイナミックレンジは、60 dB SPL 入力時と 90 dB SPL 入力時の

図6 対象者の補聴器装用閾値

差を測定した。ファンクショナルゲインの測定は、裸耳最小可聴値の音場測定値から、補聴器装用閾値の音場測定値を差し引いて求めた。

結果

1. 音響利得と最大出力音圧レベル

各周波数における、音響利得と最大出力音圧レベルを図7に示した。図が示すように音響利得は40 dB前後に、最大出力音圧レベルは120 dB前後に設定されており、大きな個人差は認められなかった。

2. ダイナミックレンジ

60 dBと90 dB入力時の差であるダイナミックレンジは、250 Hzで29 dB、500 Hzで23 dB、1000 Hzで20 dB、2000 Hzで20 dB、4000 Hzで19 dBおよび8000 Hzで10 dBを示した。以上のように、全体的に狭い設定であった。

3. ファンクショナルゲイン

ファンクショナルゲインは、250 Hzで41 dB(SD 9 dB)、500 Hzで46 dB(SD 8 dB)、1000 Hzで51 dB(SD 11 dB)、2000 Hzで51 dB(SD 11 dB)および4000 Hzでは33 dB(SD 13 dB)を示した。

次に、図8にハーフゲイン法と比較したファンクショナルゲインを示した。図では、ハーフゲイン法による値を基準の0として、ファンクショナルゲインをその相対値で示した。結果から、250 Hz～2000 Hzにかけてはハーフゲイン法で、4000 Hzでは聴力レベルの約1/3の利得で設定されていることが認められた。

考察

1. 音響利得の設定

重度聴覚障害者の使用補聴器特性は、250 Hz～2000

図7 音響利得と最大出力音圧レベルの平均と標準偏差

図8 ハーフゲイン法と比較したファンクショナルゲイン 0 dBはハーフゲイン法を示す

Hzにおいてハーフゲイン法に、4000 Hzでは聴力レベルの約1/3に調節されており、ハーフゲイン法の変法により設定されていることが示唆された。

このハーフゲインの変法による処方については、Berger (1977)¹⁾は一律に1/2ゲインに設定するのではなく、1000 Hzから4000 Hzにかけての分母を小さくして比較的高音域を増強する方法を報告している。また McCandless (1983)のPOGO法では²⁾、1000 Hz、2000 Hz、3000 Hzおよび4000 Hzでは利得を聴力レベルの1/2にするが、500 Hzでは5 dB、250 Hzでは10 dBを減らすことを指摘している。Libby (1986)⁷⁾では、実耳挿入利得の結果から、聴力障害の程度に応じて1/3～2/3ゲインルールという広い範囲で考えた方が良いと報告している。しかし、本研究の周波数特性では、500 Hz、1000 Hz、2000 Hzが最優先されていたにもかかわらず、研究1の母音の了解度は非常に低かった。したがって、日本語における重度聴覚障害者の補聴器適合では、低音域をハーフゲイン法で設定するには利得が少なすぎると考えられた。むしろ、ハーフゲイン法より利得を増やして設定した方がよいと思われた。

2. 最大出力音圧レベルの設定

本研究では、最大出力音圧レベルが 250 Hz～4000 Hz にかけて 120 dB 前後に設定されていた。この最大出力音圧レベルは、不快レベルを指標として設定するのが一般的であると考えられている。不快レベルを超えないように設定するには、小寺(1984)²¹⁾が示すように、聴器の保護、ハウリングの防止そして音質を自然にすることが目的である。しかしながら、出力制限をかけすぎると、音質が歪んでしまうおそれがある。それゆえ、ダイナミックレンジをできるだけ広く利用することで、明瞭度を向上させることが求められる。しかし本研究の結果では、全周波数帯域にわたってダイナミックレンジが狭かった。そのため、聴器の保護を考慮しながらも、最大出力音圧レベルを高めに設定し、広いダイナミックレンジを確保することがのぞまれる。

ま と め

本研究は、重度聴覚障害者の補聴器適合を目的として、最初に 38 名を対象に各周波数別の補聴器装用閾値と、アクセント・モーラ数の弁別および音韻聴取能力との関係を検討した。次に、この対象者の中で高音漸傾型で、聴力レベルが 80 dB 以上の者を 21 名選択し、使用補聴器特性の検討を行った。

結果から以下のように考察された。1) 重度聴覚障害者は、音韻レベルの聴取が困難であるため、韻律レベルなどのあらゆる角度からの評価と、その評価が直接反映できる補聴器自体の改善がのぞまれる。2) 日本語における周波数特性の設定は、250 Hz～3000 Hz の利得を最優先し、ハーフゲイン法以上の利得補償が必要である。3) 聴器の保護を考慮しながら、最大出力音圧レベルを高く設定することにより、広いダイナミックレンジを確保することがのぞまれる。

本稿の 1 部は、第 41 回日本音声言語医学会総会(1996 年 11 月、東京)で発表した。

文 献

- 1) Berger, K. W., Hagberg, E. N., Rane, R. L. : Prescription of Hearing Aids, Rational, Procedures, and Results., Kent, OH., A Herald Publ. House, 1977.
- 2) Berger, K. W., Hagberg, E. N., Rane, R. L. : A method of hearing aid prescription., *Hear. Instr.*, 7 : 12-13, 1978.
- 3) Berger, K. W., Hagberg, E. N., Rane, R. L. : A reexamination of the one-half gain rule. *Ear Hear*, 1 : 223-225, 1980.
- 4) Berger, K. W., Hagberg, E. N., Varavvas, M., et al. : Comparison of hearing threshold level and most comfortable loudness level in hearing aid prescription, *Ear Hear*, 3 : 30-33, 1982.
- 5) McCandless, G. A., Lyregaard, P. E. : Prescription of gain/output (POGO) for hearing aids., *Hear. Instr.*, 34 : 16-21, 1983.
- 6) Libby, E. R. : State-of-the-art of hearing aid selection procedures., *Hear Instr.*, 36 : 30-38, 62, 1985.
- 7) Libby, E. R. : The 1/3-2/3 insertion gain hearing aid selection guide, *Hear. Instr.*, 37 : 27-28, 1986.
- 8) Byrne, D., Tonisson, W. : Selecting the gain of hearing aids for persons with sensorineural hearing impairments, *Scand. Audiol.*, 5 : 51-59, 1976.
- 9) Byrne, D., Dillon, H. : The National Acoustic Laboratories (NAL) new procedures for selecting the gain and frequency response of a hearing aid., *Ear Hear*, 7 : 257-265, 1986.
- 10) Skinner, M. W., Pascoe, D. P., Miller, J. D., et al. : Measurements to determine the optimal placement of speech energy within the listener's auditory area : A basis for selecting amplification characteristics, In : Studebaker, G. A., Bess, FH (Eds) : *The Vanderbilt Hearing-Aid Report*, Upper Darby, Pa. Monographs in Contemporary Audiology, pp. 161-169, 1982.
- 11) Cox, R. M. : Using LDLs to establish hearing aid limiting levels, *Hear. Instr.*, 32 : 16-20, 1981.
- 12) Cox, R. M., Bisset, J. D. : Prediction of aided preferred listening levels for hearing aid gain prescription., *Ear Hear*, 3 : 66-71, 1982.
- 13) Cox, R. M. : Using ULCL measures to find frequency/gain and SSPL 90, *Hear. Instr.*, 34 : 17-21, 1983.
- 14) Cox, R. M. : Relationship between aided preferred listening level and longterm listening range, *Ear Hear*, 5 : 72-76, 1984.
- 15) Cox, R. M. : ULCL-basde prescriptions for in-the -ear hearing aids, *Hear. Instr.* 36 : 12-14, 1985.
- 16) Cox, R. M. : The MSU hearing instrument

- prescription procedure, *Hear. Instr.* 39 : 6-10, 1988.
- 17) Fujisaki, H., Hirose, K., Takahashi, N. : Manifestation of linguistic information in the voice fundamental frequency contours of spoken Japanese. *Trans. IEICE E* 76-A., pp. 1919-1926, 1993.
 - 18) Minematsu, N., Hirose, K. : Role of prosodic features in the human process of perceiving spoken words and sentences in Japanese. *J. acoust. Soc. Jpn.* (E) 16 : 311-320, 1995.
 - 19) 廣田栄子, 小寺一興, 佐川幸子 : 語音明瞭度の差にもとづいた補聴器の適合—中等度感音性難聴者における検討—. *耳鼻と臨床*, 28 : 174-179, 1982.
 - 20) 堀内美智子, 小寺一興 : 中等度感音難聴者に適合する補聴器の周波数特性. *Audiol Jpn*, 26 : 729-734, 1983.
 - 21) 小寺一興, 工藤多賀, 廣田栄子, 他 : 中等度難聴者に適合する補聴器の最大出力音圧レベル. *Audiol Jpn*, 27 : 112-117, 1984.
 - 22) 増田佐和子, 鶴岡弘美, 鶴飼幸太郎, 他 : 軽度難聴者に対する補聴器の適合について. *Audiol Jpn*, 39 : 263-267, 1996.
 - 23) 長井今日子 : 伝音性難聴および混合性難聴にたいする補聴器適合の研究. *Audiol Jpn*, 36 : 737-745, 1993.
 - 24) 岡田慎一 : 臨床上適合した補聴器における最頻使用利得. *Audiol Jpn*, 37 : 714-718, 1994.
 - 25) Popelka, G. R., Mason, D. I. : Factors which affect measures of speech audibility with hearing aids. *Ear and Hearing*, 8 (5). Williams & Wilkins, 1987.
 - 26) 斎藤収三 : 通信品質の計算法 (電子通信学会編), 電子通信ハンドブック, オーム社, 東京, 1715-1716頁, 1979.
 - 27) Peterson, G. E., Barney, H. E. : Control methods used in a study of vowels. *Journal of the Acoustical Society of America*, 24 : 175-184, 1952.

別刷請求先 : 〒 980-8576 仙台市青葉区川内
 東北大学教育学部教育心理学科
 吉川智子