イヤ・レベル型補聴器の適合に関する臨床的研究

大藤 周彦

日本医科大学耳鼻咽喉科学教室 (主任: 橋本泰彦教授)

緒言

伝音難聴に対する聴力改善手術の進歩は、近年めざましい発展をとげ、手術成績もかなり安定し、好成績を収めるにいたり、伝音難聴に対しては、大きな福音となった。しかし、聴力改善ができないか、またできにくい病型のもの、その他、一時的には聴力改善が成功しても、永続しえない結果となる場合のものもある。また、感音難聴は、古くから多くの治療が試みられてきたが、その一部の幸運な経過を辿るもの以外は、大部分が聴力改善を達しえないのが現状である。

これら多数の難聴者にとっては、当然、日常生活、ならびに社会的生活に支障をきたす場合には、補聴手段を講ずる必要が起こる。これは難聴者にとっては重大な関心事であるとともに、現在の医療にとっても、最終的対策である。そして、この補聴手段として、現在広く用いられているものは、携帯用補聴器である。したがって、各種難聴に適合した補聴器の選定方法の確立こそ、現在の臨床オーディオロジーに課せられた課題の一つである。これに関する研究は多数あるが、それにもかかわらず、補聴器の性能と難聴の型ならびに性質との関係に関しては、種々、困難な問題が残されて、いまだに解決されていないのが現状である。ひるがえって、現在補聴器使用の症例を詳細に観察、検討すると、補聴器使用の適合が不適当で、はなはだしく非科学的である場合が少なくない。

最近、広く用いられている電気補聴器は、1940年代から使用されはじめたもので、初期の頃は、比較的大型の種類で、携帯には不自由なものであった。近年、電子工学の進歩とともに、補聴器の形態は、次第に小型軽量化が可能となり、その性能も、いちじるしく進歩するにいたった。欧米では、いわゆるイヤ・レベル型補聴器、眼鏡型補聴器が、漸次広く使用され、本体とイヤホンを、イヤホン・コードで連絡した箱型補聴器の使用頻度を上廻るにいたった¹⁾ (図1)。本

DAITO, KANEHIKO: Determination of criteria for use of ear-level type hearing aid.

図1 補聴器の種類別販売状況 (米国)
R.N. Kasten (1972) による

邦では、いまだ箱型補聴器の使用頻度が高いが、耳かけ型補聴器の普及とともに、イヤホン・コードのない補聴器の使用を希望する患者が増加しつつあるのが現状である。しかし、耳かけ型補聴器は、使用上、有利な点が少なくない反面、その構造上、補聴器の利得に関しては、本質的に越えがたい限界があり、難聴の程度や病態によっては、適合しにくい場合も少なくない。従来、耳かけ型補聴器の適合限界については、漠然とした一般的見解のみが述べられているに止まり、科学的検討が不十分なため、多くの未解決の点が残されたままであった。そこで、著者は、この点に注目し、今後一層利用増加の一途を辿ると推定される、耳かけ型補聴器の適合に関し、実験的研究を行うとともに、臨床例について研究し、イヤ・レベル型補聴器の適合に重大な関係を有するハウリングを、起こさずに使用しうる利得の限界、補聴器の利得と、その補聴器装用により増幅された音声のラウドネス増大分との関係、イヤ・レベル型補聴器によって十分な補聴効果を期待しうる聴力損失度の限界などに関して研究を行い、その結果、次に述べる新知見をえたので、ここに報告する。

研究方法

(1) ハウリング実験

1) 実験対象: 被検者は、中耳の手術その他の原因で外耳道が変形しているもの^{2,3)}を除外した。耳鼻咽喉科外来の受診者健康成人の中から無作為に選んだ

137 名とモデル耳（歯科用印象剤を用いて、健康成人の耳部およびギプスを用いた頭頸肩部の鋳型を作り、組み合わせ作成したもの）である。

2) 使用機器：DANAVOX-695 PPXとRIONET-HB-60 の 2 種類の耳かけ型補聴器、現今普及型大型傘型耳せん、前述のモデル耳。

3) 実験方法：i) DANAVOX-695 PPXとRIONET-HB-60 の 2 種の耳かけ型補聴器を、成人男女 137 名に装着させ、ハウリングが起こる直前の音量調整器の目盛りを読み取り、各被検者ごとに、音響利得何 dB まで、ハウリングが起こらずに、これらの補聴器を装着しうるかを調べた。すなわち、被検者に検査の目的を説明し、耳鏡検査で、外耳道および鼓膜に異常なきことを確かめ、耳垢を除き、ハウリングのピー音がきこえ出したら、ただちに合図をするよう指示し、大小 2 種の耳せんのうち、被検者の外耳道により適合すると思われる耳せんをつけた耳かけ型補聴器を装着させ、10 回以上の咬合運動を行って耳せんの外耳道への挿入状況を確認した。次に、補聴器の音量調整器を、大きくなる方向に徐々に回転し、ハウリングが起こり始めたところで、わずかに音量調整器をもどし、ハウリングが起こる直前の音量とし、頭部を装着耳側に回旋および屈曲などの運動を行い、これらの頭部の移動でもハウリングが起こらぬことを確かめた。頭的位置の変化でハウリングが起こる場合は、もっともハウリングが起こり易い位置でもハウリングが起こらぬ限界の音量まで音量調整器をもどし、その目盛りを記録した。

補聴器の音量調整器には、等しい回転角度の間隔で、目盛りをつけ、各目盛りごとの音響利得を実験の前後に測定した。

ii) DANAVOX-695 PPX 装着時に、音響利得を最大にしても、ハウリングが起こらなかった成人 9 名を選んで、被検者とし、ベントをつけた傘型耳せんを使用し、ベントのない傘型耳せんの場合も含めて、ハウリングの起こり方の関連を検討した。耳せんは、i) の実験に用いた耳せんのうち、大型耳せんと、それと同型の耳せんに、ベントを開けたものを使用した。ベントの大きさは、 $0.4\phi \times 1\text{mm}$ （黄）、 $0.6\phi \times 1\text{mm}$ （白）、 $0.8\phi \times 1\text{mm}$ （赤）、 $1\phi \times 1\text{mm}$ （チップ付き）の 4 種である。使用補聴器は i) の実験に使用したものと同一で、ハウリングが起こる直前の利得を求める方法も、前述のものと同様である。

iii) RIONET-HB-61 耳かけ型補聴器のマイクロ

ホンを外に引き出し、補聴器の本体と 50 cm のコードで連絡し、マイクロホンは 30 cm の長さの細い棒の先に固定し、検者の手や腕などの影響を受けずにマイクロホンを自在に移動できるものを作製し、補聴器の音量を固定して装着し、図 2 に示すようにマイクロホンを外耳道に近づけ、ハウリングが起こる直前の、外耳道孔とマイクロホンの距離を、実耳およびモデル耳について求めた。

なお、外耳道孔のみを問題にして、円板上に孔を開け、机上 10 cm の高さに固定した模型に、先の実験に用いた補聴器を固定し、マイクロホンをその孔に近づけると、ハウリングが起こり始めるのは、いずれの方向にも孔を中心に等距離、すなわち半径 3 cm の半球状の点であった。

使用補聴器の周波数特性および音響利得の測定結果の一部を図 3 a~c に図示した。また、測定は、JIS C 5512-1966⁴⁾ に規定された方法で、補聴器校正器を用いて行った。

使用した大小 2 種の耳せんおよび大型耳せんに開けたベントの状態は、図 3 d~f のごとくである。

(2) イヤ・レベル型補聴器の適合実験

1) 実験対象：イヤ・レベル型補聴器を希望した難聴者 270 名を対象とした。内訳は、男子 131 名、女子 139 名であり、感音難聴者 182 名（男子 98 名、女子

図 2 実耳・モデル耳における耳かけ型補聴器のハウリング実験においてマイクロホンを外耳道に近づけた軌道

O を外耳道孔の中心とし、AOA' は水平、BOB' は 45°、COC' は 90°、D'OD は 135° のそれぞれ半円型上で外耳道孔 O に近づけた。

図 3a 使用補聴器 DANAVOX 695 PPX の周波数特性および音響利得の測定成績
 注) ボリューム 0~5 は使用補聴器 DANAVOX 695 PPX の音量ツマミに、等しい回転角度の間隔で目盛をつけた数値で、その目盛にツマミを固定したときの測定成績である。

図 3b 使用補聴器 HB-60 の周波数特性および音響利得の測定成績

図 3c 使用補聴器 DANAVOX 695 PPX のボリューム一定でベントを変えた場合の周波数特性および音響利得の測定成績

図 3d 傘型耳せん (大)

図 3e 傘型耳せん (小)

図 3f 大型耳せんのベント開放部模型図

84 名), 伝音難聴者 54 名 (男子 22 名, 女子 32 名), 混合難聴者 34 名 (男子 10 名, 女子 23 名) であった。

2) 使用機器: RION-AA-34 型純音オーディオメーター, SONY・TC-5000・CASSETTE-CORDER および JIS 規格の指示騒音計である。

3) 使用補聴器: RIONET-HA-11, HA-11 B, HA-20, HA-21, HB-21, HB-60, HB-61, および HE-70 を使用した。

4) 実験方法: 病歴聴取, 耳鼻科領域および難聴の診断に必要な現症の視診検査の後, 気・骨導純音聴力測定を行った。被検者の純音聴力の平均聴力損失を表わすには, 諸外国の成績と対比するのに適した 3 分法 (500, 1000, 2000 Hz の聴力損失値の算術平均⁵⁻¹⁴⁾をとる方法) を用いた。ついで, スピーカー方式の語音聴力測定を, 今日広く用いられている¹⁵⁻²¹⁾ 67 式語表を用いて次のごとく実施した。被検者の正面前方 1 m の距離にスピーカーを置き, 較正用 1000 Hz の純音が被検者の頭の位置で, 60 ホン, 70 ホン, 80 ホンとなる三種の音量レベルで, 裸耳およびイヤ・レベル型補聴器装着時の語音明瞭度を測定した。この三種の音量レベルは^{5, 21-30)}, 内外の文献によれば, それぞれやや小さめの声 (60 ホン), 普通の声 (70 ホン), やや

大きめの声 (80 ホン) に、ほぼ相当する音量レベルとみなすことができる。

補聴器の利得をいかにすべきかに関しては定説がないが、本研究では、あらかじめ約 2m 離れた距離で、普通のレベルの会話を聴取し易い利得を被検者を選ばせた。ハウリングが比較的小さい利得で起こる症例では、ハウリングの起こる直前の利得で測定を行った。語音聴力測定成績から被検者の語音聴取能を適確にとらえるため、音節明瞭度だけではなく、子音明瞭度、母音明瞭度、単音明瞭度を算出したが、主に単音明瞭度を検討の対象と^{9,19,31~33)}し、臨床例の統計的観察を行った。単音明瞭度で 80% 以上の成績がえられたときは、ほぼ満足しうる了解度がえられたと判定し、単音明瞭度で 60% 台以下の成績の場合は、そのレベルでの会話聴取には、かなり困難が伴うものとみなした。

補聴器装用耳を選ぶ原則は、①両耳の聴力低下の程度がほぼ等しいときは、聴力曲線がより平坦な側、または患者の日常生活に便利な側に装用する。②両耳の聴力低下の程度にいちじるしい差があるときは、良聴耳側の聴力低下が軽度で、裸耳でも実際に役立ち、かつ不良聴耳側に十分な補聴効果が期待しうるときは、不良聴耳側に装用する。③不良聴耳側につけても十分な補聴効果が期待できないときは、良聴耳側に (CROS 型補聴器では、マイクロホンは不良聴耳側に) 装用する。④両耳とも聴力低下が比較的高度で、良聴耳側を開放しても、裸耳では実際に役立たぬ“きこえ”のときは、良聴耳側に装用するとされているので^{34,35)}、本研究でも以上の原則にしたがい、イヤ・レベル型補聴器装用耳を選定し、検討を行ったが、症例によっては、判定が困難なため両耳を検査した。

両耳装用は^{36,37)}、片耳装用に比して利点が多いが、本邦の社会的現状では、成人の両耳装用は例外的であるので、本研究では、片耳装用の場合のみを検討の対象とし、両耳装用となった症例の検査成績は除外した。

結果

1. 補聴器装用時、ハウリングが起こらずに利用できる音響利得の限界

137 耳の実耳に耳かけ型補聴器を装用させ、ハウリングが起こらずにすむ最大の音響利得を求めた (表 2)。

DANAVOX-695 PPX の場合は、音響利得を最大

(51.9 dB) にしてもハウリングが起こらなかったものの 48% で、45 dB 以下で約 50% の被検耳にハウリングが起こり、35 dB 以下でハウリングが起こるものが 23%、また 30 dB 以下でハウリングが起こるものが 10% みられた。25 dB の音響利得ですでにハウリングが起こるものが 3 例みられたが、これらはいずれも男性で、外耳道が極端に広い例であった。

RIONET-HB-60 を装用させたときは、最大音響利得 (40.4 dB) までハウリングが起こなかったものは約 60%、35 dB 以下では 30% にハウリングが起き、30 dB では 22%、25 dB 以下では約 5% にハウリングが起こることが測定された。このことは、音響利得の数値の上では、DANAVOX-695 PPX も RIONET-HB-60 もほぼ同様の傾向を示した。

ベント付き耳せんを使用して、耳かけ型補聴器 RIONET-HB-60 を装用した場合には、最大の音響利得 (40.4 dB) までハウリングが起こらなかったものではなく、0.4φ×1mm (黄) のベント付き耳せん使用では、その 1 例に音響利得 39.3 dB がえられ、24~29 dB の間に 94% が集中し、0.6φ×1mm (白) のベントでは、34 dB の音響利得がえられたものが最高であったが、それはわずかに 1 例で、ほかは 28 dB 以下であった。0.8φ×1mm (赤) のベントでは、ハウリングが起こらずにもっとも大きくできる音響利得は、ますます低下し、26.5 dB のものが 1 例あるのみで、ほかは 24 dB 以下の成績となった。1φ×1mm (チップ付き) のベントでは、34 dB の音響利得がえられたものは 2 例で、ほかは 28 dB 以下となった。

2. ハウリングと耳かけ型補聴器のマイクロホンの位置

RIONET-HB-60 耳かけ型補聴器のマイクロホン

表 1 実耳・モデル耳における耳かけ型補聴器によるハウリングのマイクロホンの位置による起り具合 (値は起る直前の距離) (単位: cm)

測定位置		OA～ Dに0°	45°	60°～ 120°	135°	180°
AOA' 上の半円	実 耳	17.0	24.4	17.6	15.0	13.8
	モデル耳	20.0	27.0	17.0	16.0	8.0
BOB' 上の半円	実 耳	18.8	24.6	18.6	15.0	14.8
	モデル耳	16.0	18.0	17.0	14.0	14.0
COC' 上の半円	実 耳	16.4	18.2	18.4	15.4	13.4
	モデル耳	7.0	15.0	17.0	16.0	14.0
DOD' 上の半円	実 耳	14.8	15.4	18.8	19.4	15.0
	モデル耳	8.0	10.0	17.0	20.0	17.0

注) 実耳とは、健康成人の耳を示し、モデル耳とは、実験に使用した健康成人の内の 1 人の耳の複製を示す。

表 2A DANA VOX 695 PPX 装用耳（実耳）のハウリングの起らぬ音響利得

音響利得(dB)	51.9	44.7	37.4	34.2	30.9	29.1	27.2	25.9	24.5	23.5	22.4	計
耳せんの大	63	20	22	16	7	3	3		1		2	137
きさ(耳)小	29	12	12	12	8	3	3	2		3	5	89

注) ハウリングを起さずに音量を大きくできる音響利得の限界とその例数

表 2B RIONET-HB 60 装用耳（実耳）のハウリングの起らぬ音響利得

音響利得(dB)	40.4	40.1	39.8	39.6	39.3	34.0	28.7	26.5	24.2	22.6	20.9	19.2	17.5	14.4	11.2	計
耳せん密閉	39	1	1	1	2	5	9	2	2		1					63
チップ付						2	7	5	4				1			19
黄					1		12	3	3							19
白						1	3	6	3	3	1	1		1		19
赤								1	8	5	3	1			1	19

注) 密閉以外の耳せんは、耳せんの一部に人工的に小孔（ペント）をあけたもの
チップ付 1φ×1mm, 黄 0.4φ×1mm, 白 0.6φ×1mm, 赤 0.8φ×1mm.

を外に引き出し、ハウリングを起こさずに外耳道孔にもっとも近寄れる距離は、耳後方水平方向と 45°下方の間より、マイクロホンを近づけたときがもっとも外耳道孔に近寄ることができ、これに準ずるものは、耳斜後上方と斜後下方（やや外側の方向を斜と表現した）で、14.8 cm までマイクロホンを外耳道孔に接近させてもハウリングが起こらなかった。耳斜前下方と、耳後下方および耳斜後下方で、頭部より離れた方向から接近した場合が 15 cm までであった。接近できなかったのが耳前上方で、頭部からやや離れた部位から接近した場合で 26.4 cm であった。

3. イヤ・レベル型補聴器の適合実験の結果

聴力が比較的良好な側の耳（以下、良耳と略記）の 500, 1000, 2000 Hz 純音聴力損失値の平均が 50 dB 未満で、80 ホンのレベルで裸耳にきかせた測定結果（以下、裸 80 ホンと略記）の単音明瞭度が 80% 以上のものを選び出し、補聴器装用時の 60 ホンのレベルでの成績（以下、補 60 ホンと略記）の単音明瞭度を整理すると、表 3 の結果がえられた。なお、60 ホンのレベルで裸耳にきかせた成績（以下、裸 60 ホンと略記）の単音明瞭度は、全例とも 60% 未満である。難聴型と、補 60 ホンの単音明瞭度成績の関係をみると（表 4）、単音明瞭度が 70% 未満のもの割合は、伝音難聴群では、感音難聴群および混合難聴群に比してはるかに少なく、すなわちイヤ・レベル型補聴器が適合する症例が多く、感音難聴および混合難聴群に属する症例では、適合しにくいものが比較的多い。良耳聴力損失の平均値が 60 dB 以上で、イヤ・レベル型補聴器による補聴効果を検討したものは少数であったが、補

60 ホン単音明瞭度成績が 80% 以上のものはわずかに 1 例で、約 5/6 の症例が 60% 台以下の値を示した。純音の平均聴力損失値が 60 dB を超えた症例では、イヤ・レベル型補聴器を一侧耳に装用させた場合は、小さめの音声に対する良好な語音弁別能を期待しがたことが判った（表 5）。表において、50 dB 台群と

表 3 良耳の平均聴力損失値が 50 dB 台以内の裸耳 80 ホンの単音明瞭度 80% 以上のものの耳かけ型補聴器装用時単音明瞭度（60 ホン）

明瞭度 聴損値	80%以上	70%台	60%台 以下	計
30 dB 未満	11 例 (58)	6	2 (11)	19
30 dB 台	65 (77)	12	7 (8)	84
40 dB 台	60 (75)	8	12 (15)	80
50 dB 台	23 (74)	4	4 (13)	31
合 計	159 (74)	30	25 (12)	214

注) () 内は、聴力損失値別の明瞭度を有するもののパーセント。

表 4 装用耳の平均聴力損失値が 50 dB 台以内のもの、耳かけ型補聴器装用時単音明瞭度（60 ホン）

	80%以上	70%台	60%台 以下	計
感音難聴	100 例 (59.2)	37 (21.9)	32 (19.0)	169
伝音難聴	41 (77.3)	7 (13.2)	5 (9.4)	53
混合難聴	17 (54.8)	7 (22.6)	7 (22.6)	31
合計	158 (62)	51 (20)	44 (17)	253

注) () 内は各難聴群における明瞭度別のパーセント。

表 5 聴力損失別イヤ・レベル型補聴器装用時
単音明瞭度 (60 ホン) 累積頻度

聴力損失	単音明瞭度	症例数	累積頻度 (例) (%)	
40 dB 台	90 % 以上	21	36.8	33 例 57.9 %
	80 % 台	12	33	
	70 % 台	8	41	
	60 % 台	10	51	16 例 28.1 %
	50 % 台	3	54	
	40 % 台	2	56	
	30 % 台	1	57	
50 dB 台	90 % 以上	9	15.8	24 例 42.1 %
	80 % 台	15	24	
	70 % 台	14	38	
	60 % 台	10	48	19 例 33.3 %
	50 % 台	6	54	
	40 % 台	1	55	
	30 % 台 ~ 30 % 以下	2	57	
60 dB 台	90 % 以上	0		1 例 7.1 %
	80 % 台	1	7.1	
	70 % 台	3	4	
	60 % 台	2	6	10 例 71.4 %
	50 % 台	4	10	
	40 % 台	1	11	
	30 % 台	1	12	
	30 % 台	2	14	

60 dB 台群のものの補 60 ホン単音明瞭度を比較すると、単音明瞭度が 80% 以上のもののしめる割合は、50 dB 台群の方が、60 dB 台群よりも多い ($\chi^2=4.57$, $\chi^2(0.05)=3.841$)。また、単音明瞭度が 70% 以上のもののしめる割合を比較しても、50 dB 台群の方が 60 dB 台群よりも多い ($\chi^2=5.25$, $\chi^2(0.05)=3.841$)。一方、平均聴力損失 40 dB 台群と 50 dB 台群との間では、80% 以上のものがしめる割合を比較しても、

表 6 耳かけ・箱型補聴器の適合状態

良聴損 補聴効果の良否		40 dB 以内		50 dB 以上	
耳かけ型	箱型				
○	○	13 例 (38.2 %)		5 例 (16.7 %)	
×	×	13 例 (38.2 %)		12 例 (40.0 %)	
○	×	1 例 (2.9 %)		0	
×	○	7 例 (21.0 %)		13 例 (43.0 %)	
計		34 例		30 例	

(但し、裸 80 ホン単音明瞭度成績 80% 以上のもの 64 例による)
注) ○印は補聴効果良好、×印は不良を示す。

また 70% 以上のものがしめる割合を比較しても、有意差を認めることはできなかった ($\chi^2=2.25$, $\chi^2=0.63$, $\chi^2(0.1)=2.706$)。また、平均聴力損失 40 dB 台および 50 dB 台で、同一症例に耳かけ型補聴器と箱型補聴器の両者を別々に装用させて測定した 64 例の成績を検討すると、表 6 のごとく、平均聴力損失 50 dB 台のものでは、耳かけ型補聴器では十分な補聴効果がえられず、箱型補聴器で始めて十分な補聴効果がえられる症例の割合が、平均聴力損失 40 dB 台のものに比べてはるかに多い結果となった。

良耳の平均聴力損失が 50 dB 以内で、補 60 ホン単音明瞭度成績が 60% 台以下となり、イヤ・レベル型補聴器による補聴効果が不十分と思われた症例のうち、測定データの揃っている 36 例について、その要因を検討した。表 7 はその一覧である。これによると、36 例のうち 20 例は、裸 80 ホンの単音明瞭度が 70% 台以下で、うち 12 例は、60% 台以下であり、裸耳で十分な音量の語音をきかせても明瞭度が良好でない症例である。裸耳での語音明瞭度が良好であったにも

表 7 良耳聴力損失 50 dB 以内で、裸耳 60 ホン音節明瞭度

症例番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
年齢	49	62	49	17	52	61	63	26	16	32	26	75	48	53
性別	M	F	M	F	M	M	M	F	M	M	F	M	F	F
良耳聴力損失 (dB)	30	30	30	30	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40
500 Hz ~ 2,000 Hz 傾斜 (dB)	5↓	25↓	5↓	5↓	25↓	15↓	5↓	25↓	5↓	20↓	60↑	15↓	20↓	5↓
不良耳聴力損失 (dB)	50	30	50	40	40	40	40	50	50	50	70↑	40	70↑	50
裸耳	60 ホン	60	40	30↓	30↓	70	30↓	30↓	30↓	30↓		25	40	30↓
	音節明瞭度 (%)	70	90↑	50	60	90↑	60	60	70	60	90↑	50	80	70
	単音明瞭度 (%)	80	90↑	70	80	90↑	80	70	80	80	90↑	70	90↑	80
	母音明瞭度 (%)	90	100	90	90	100	100	90	100	100	100	90	100	100
補聴器装用	60 ホン	30	50	30	40	40	20	60	40	15↓	50	50	40	40
	音節明瞭度 (%)	40	60	50	60	60	60	60	50	60	60	60	60	60
	母音明瞭度 (%)	55	70	60	80	80	100	90	80	80	70	70	70	70
難聴の種類	感	感	感	感	感	感	感	感	伝	感	混	感	感	混

注) ↓印は以下、↑印は以上、感は感音難聴、伝は伝音難聴、混は混合難聴。

かかわらず、補 60 ホン単音明瞭度が 60% 以下であった 16 例のうち 5 例は、500 Hz と 2000 Hz の聴力損失度の差が比較的大きい症例であり、また 4 例は年令が 60 歳以上の症例（うち 1 例は前述の 5 例と重複）である。いずれも、従来から補聴器が適合しにくい条件としてあげられているものである。この 8 例を除いた 8 例のうち、伝音難聴 1 例、混合難聴 1 例と感音難聴 1 例は、外耳道が耳手術のために変形したり、あるいはもともと異常に大きいため、通常の耳せんではハウリングが起こり易い症例で、特殊なイヤモールドを使用すれば、良好な補聴効果が期待できるのではないかと推定された。症例番号 1, 4, 8, 9 は最終的に、なにゆえに補聴器装用時の語音明瞭度が不良であるか、説明困難な症例であった。

考案

イヤ・レベル型補聴器は、箱型補聴器に比べ、小型が目立たず、イヤホン・コードがないので、動作をさまたげられないばかりでなく、被服などによるノイズの発生がない。また、マイクが耳の近くにあるので、自然に近い状態で音をとらえることができるという、種々の利点がある⁹⁾。このため、個人用補聴器として使用される頻度が年々増加している^{37),38)}。わが国では、補聴器の形式ごとの生産、需要の実績の統計が公表されておらず、補聴器を必要とする患者のうち、医師の意見を求めず、販売店で直接購入する場合が少なくないことなどから、イヤ・レベル型補聴器の使用頻度が全体の補聴器のなかで、どの程度の割合をしめるかについては不明であるが、日常、難聴者に接してえた印象や補聴器メーカーよりえた回答などによ

れば、イヤ・レベル型補聴器を希望する患者が年々増加していることは確実である。

イヤ・レベル型補聴器が有利な点は先に述べたごとくであるが、他面、マイクロホンが耳に近いため、ハウリングが起こり易く、十分な利得がえられないことがある。また、耳介にかけて固定するためと目立たなくするために小型化せねばならず、その結果、音質調整を多段階・広範囲にすることができず、比較的固定した音質のみを使用せざるをえないことなど、好ましい補聴効果をうる目的からは不利な点もある。それにもかかわらず、イヤ・レベル型補聴器の使用は、今後、ますます増加の一途をたどると思われるので、その適合条件を明らかにすること、つまり、イヤ・レベル型補聴器の装用に関する適合の正否の究明は不可避の問題である。

本研究の臨床的実験の結果によれば、日常繁用されている傘型耳せんを用いるとき、約 40% のものは、音響利得 40 dB 以下、利得の周波数特性曲線がピークとなる周波数での音響利得で表して 42 dB 以下でハウリングが起こることが判明した。また、比較的少数ではあるが、20 dB 以下の音響利得でハウリングが起こる症例もある。これは、臨床的検討で、聴力低下が比較的軽度で、裸耳に十分な音量の信号を聞かせれば、良好な語音聴取能を有するにもかかわらず、イヤ・レベル型補聴器では、十分な補聴効果がえられない症例である。50 dB 以上の音響利得でもハウリングが起こらない症例がある一方、40 dB 未満の音響利得で、すでにハウリングが起こる症例もあることについては、外耳道と耳せんの間、わずかな隙間から音が漏れるためと考えられる。ベント付き耳せんを使用し

成績が 60 以下の症例のうち、補聴効果不良のもの																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						

て行った実験を検討した結果、 $0.4\phi\times 1\text{ mm}$ のベン
トがあると、音響利得 25 dB で、はやくもハウリ
ングが起こりうること、またヒトの外耳道の形態がき
わめて多種多様であるために^{2,3)}、装着の場合に、わ
ずかな間隙が生ずる可能性がある。さらに軟部外耳道
の前方には、顎関節が隣接しており、耳せんが外耳道
に密着する部位は、顎関節の動きにつれて変形する。顎
関節の運動に伴って、どのような変形が軟部外耳道に
生ずるか、その詳細については現在不明であるが、経
験的には、たとえ密閉的に押し込まれた耳せんでも、
顎関節の運動が繰り返されるにつれ、耳せんがわずか
ながら外方に押し出されて間隙が生ずることは確かだ
である。

補聴器の利得の周波数特性曲線にある周波数で、顕
著なピークがあれば、その周波数でハウリングが起こ
り易くなり、その結果、500, 1000, 2000 Hz の利得の
算術平均値で表すことになっている補聴器音響利得⁹⁾
の比較的低い値でハウリングが起こること⁶⁻⁹⁾となる
が、本研究で使用した補聴器の周波数特性は、実験の
前後に行った基準周波数特性の測定結果 (図 3) から
みて、現在本邦で市販されているイヤ・レベル型補聴
器³⁰⁾に比べて格別なものではない。したがって、今回
えられた成績は、同じような傘型耳せんを使用してい
るイヤ・レベル型補聴器全般についても該当するもの
であると考えられる。

補聴器の利得を固定して装用させ、補聴器から引き
出したマイクロホンの位置を変化させて、ハウリング
が起こり始める距離 (外耳道孔とマイクロホンの距離
を求める実験は、イヤ・レベル型補聴器のマイクロホ
ンの取付け位置によって、ハウリングの起こり方がど
のように変化するかを検討を行ったものである。イヤ
ホンとマイクロホンを自由空間に置けばハウリング
は、どの方向についても同じ距離で起こることは自明
のことであるが (マイクロホンが無指向性の場合)、
実耳に装用させた場合には、複雑な形状を持った耳介
の影響や、頭部、肩などによる音波の反射などの複雑
な現象のために、計算によって理論的に解明すること
は困難であり、実地に測定するほかはない。しかし、
これを実測し検討した文献はまったくない。

その実験方法としては、①外耳道孔からマイクロホ
ンまでの距離を一定にして、補聴器の利得を変化さ
せ、各方向ごとにハウリングが起こりはじめる利得を
求める方法と、②この研究で用いた方法の2通りが考
えられる。①の方法は、実験の目的からすると、補聴

器の利得をより細かなステップで、かつ、高精度で変
化させる必要があるが、現状では、実用的なイヤ・
レベル型補聴器の利得を、目的にかなった精度で調整
することは技術的に困難であるので、本研究では、②
の方法を選択した。

実験の結果、マイクロホンが耳介のうしろ (外耳道
孔からみて後下方) にあるときは、ハウリングがもっ
とも起こりにくいことが明らかにされた。すなわち、
耳かけ型補聴器のうち、フロント・マイクロホン形式
のもの、および普通的眼鏡型補聴器のマイクロホンの
位置 (上方、前上方) の間には格別の差はなく、とも
にマイクロホンが耳介のうしろにあるものよりハウリ
ングが起こり易いタイプであることがわかった。

以上の成績から、CROS (contralateral routing
of signals) 型、および FROS (front routing of
signals) 型以外のイヤ・レベル型補聴器を比較的高
度の難聴耳に適合させるためには、ハウリングの観点
からみて、マイクロホンの位置が耳介の後下方にある
のが有利と結論づけられる。

本研究の目的の一つは、イヤ・レベル型補聴器が、
聴力損失何 dB まで適合する可能性があるか、また聴
力損失何 dB 以上の場合、“きこえ”の観点からみて十
分な補聴効果を期待できないか、を明らかにすること
であるが、Carhart の原法⁴¹⁾および変法²¹⁾や、Zerlin
法⁴²⁾などを用いた検査成績を用いるのは、本研究の目
的には不適当であると考えられた。

教室の山本ら⁴³⁾によれば、イヤ・レベル型補聴器の
装用を希望する患者の多くは、通常のレベルの音量の
対話、普通の音量のテレビ、ラジオの聴取には目立っ
た支障はないが、声が小さめの人の話、離れた距離で
の話のききとりに支障があると訴えるものである。そ
こで、本研究では、数種類の音量レベルで測定した裸
耳および補聴器装用時の語音明瞭度実験成績のうち、
補 60 ホン (小さめの声のレベル) の成績と、裸 80
ホン (十分な音量の声のレベル) の成績とによって補
聴効果を判定した。その結果、表 5 のごとく、装用耳
の平均聴力損失が 50 dB 台以内であれば、イヤ・レ
ベル型補聴器装用時の補 60 ホンの単音明瞭度が 80%
以上になったものが 62% に達したのに対し、平均聴
力損失 60 dB 以上の症例では、13 例中 10 例 (78%)
は、補 60 ホン単音明瞭度が 60% 以下であって、80
%以上のものは、例外的にみられるにすぎない。すな
わち、60 dB 以上の平均聴力損失を持った耳では、イ
ヤ・レベル型補聴器の装用では、小さめの声に対して

十分な語音明瞭度を期待することはできないことが判明した。表 5 のなかで、伝音難聴症例群は、他の難聴型の症例群よりも補聴器装着時の語音明瞭度が良いものが多いが、これは難聴型と語音明瞭度成績の関係についての従来の研究結果とよく一致する。

補聴器装着時の語音明瞭度の良否が、裸耳での語音明瞭度の良否に左右されることは自明であるが、裸 80 ホン（大きめの声のレベル）の単音明瞭度が 80% 以上の症例のみを取り出し、平均聴力損失別に補 60 ホンの語音明瞭度測定成績をみたものが表 3 である。平均聴力損失 30 dB 以上、50 dB 台までは、74% 以上のものが補 60 ホン単音明瞭度が 80% 以上となっている。この成績は、裸耳で十分な音量できかせたときに語音明瞭度が良好なものは、イヤ・レベル型補聴器の装着により、補 60 ホン（小さめな声のレベル）の語音に対し、良好な語音明瞭度がえられる可能性が強いことを示している。なお、聴力損失 30 dB 未満のものは、30 dB 以上のものに比べ、若干悪い成績となっているが、ハウリングに関する実験結果から考えて、その原因をハウリングの起こり方に求めることはできない。通常は難聴の自覚が乏しいとされている 30 dB 未満の聴力損失であるにもかかわらず、補聴器の装着を希望する症例のなかには、高音と低音の“きこえ”に極端な不均等があったり、あるいは通常の語音聴力検査では見出すことができず、やや歪んだ語音を用いた検査で、はじめて見出すことができるような“きこえ”の歪みを持っていたりするものがあり、補聴器を通して語音が多少とも歪んだり、周囲のノイズが補聴器装着によって大きくきこえるようになるなどの理由で、語音明瞭度が著明に低下する症例²²⁾の混在率が高いためではないかと考えられる。これらの軽度の難聴者に対して、補聴器を適合させるためには、補聴器自体の音質をさらに歪みの少ないものに改良するとともに、イヤモールドの工夫によって、補聴時の語音明瞭度を改善する必要がある。これは将来の課題である。

平均聴力損失 40 dB 台と 50 dB 台の両症例群については、表 5 の成績では、補 60 ホン単音明瞭度 80% 以上のものの割合に有意の差は認められないが、装着補聴器の機種に関し、特別な希望を表明せず、同一耳に箱型、イヤ・レベル型の 2 種の補聴器を装着させて実験を行った症例のなかから、平均聴力損失 40 dB と 50 dB 台のものを取り出し、検討してみると表 6 のごとく、平均聴力損失が 50 dB 台の症例では、箱

型の補聴器によって、はじめて良好な成績がえられ、イヤ・レベル型補聴器では、補 60 ホンで、良好な語音明瞭度がえられないものの割合が大きい。このことは、平均聴力損失 50 dB 台のものは、イヤ・レベル型補聴器の適合限界内ではあるが、“きこえ”の面からは、イヤ・レベル型補聴器よりも箱型補聴器に、より適した症例が少なくないので、まず第一に選択する補聴器をイヤ・レベル型補聴器とするか、箱型とするかについて、症例ごとに慎重に考慮する必要があることを示唆するものである。なお、イヤ・レベル型補聴器による補聴効果が不十分な症例群の測定成績を集めた表 7 について、さきには補 60 ホン語音明瞭成績のみを問題にして述べたが、ここで補 80 ホン語音明瞭度についてみると、補 60 ホンのそれよりも良好であり、補 60 ホン、補 70 ホンの明瞭度は、それぞれ裸 60 ホン、70 ホンの明瞭度より良好であった。したがって、補聴効果不良の症例群とはいっても、それは補 60 ホン単音明瞭度が 60% 以下だから補聴効果がない、としたものではなく、小さめの声に対する語音明瞭度の改善が、箱型補聴器でなら期待できるにもかかわらず、イヤ・レベル型補聴器を用いた場合には、それが不十分であったため、この型の補聴器については、“きこえ”の面からみて、適合が不良であると判定したものである。すでに述べたごとく、補聴器が特定の個人に適合するか否かを決定する因子は複雑で、“きこえ”の面からみた補聴効果はもっとも重要な要因の一つではあるが、これのみによって補聴器の適合が決定されるものではない。したがって症例によっては、イヤ・レベル型補聴器では、小さめの声に対する語音明瞭度が十分改善されず、箱型で初めて十分な明瞭度がえられたとしても、総合的に判定して、イヤ・レベル型補聴器が適合とされることが有りうる。すなわち、箱型補聴器よりイヤ・レベル型補聴器の方がみづえがするとか、運動性がよいとか、洋服などによる摩擦によって起こるノイズがない、などについて患者の希望が強い場合である。しかし、ここではさきに述べたごとく、補聴器の適合を左右する多くの要因のうち、もっとも重要な“きこえ”の面からみた適合のみを問題にしているのである。

イヤ・レベル型補聴器が、どの程度の聴力損失症例まで適合するかに関しては、すでに述べたごとく、従来、漠然とした記載があるに止まり、数値的に取扱われているのは、Harford らが、power CROS 型補聴器の適合として示したものをみるのみである^{43,44)}。

彼らは、その数値決定の根拠については何ら触れていないが、本邦のオージオメトリーの規格に換算すると、平均聴力損失 63~65 dB となり、著者の結果と一致している。この換算には、公式な換算法が現在なお審議中で未決定のため、Delany の研究成績⁽⁴⁾にもとづき、4000 Hz は 5 dB、その他の周波数は 10 dB の換算値を用いて計算した。

補 60 ホンの語音明瞭度の不良な症例を検討してみた。表 7 は、平均聴力損失が 30~50 dB で、諸検査成績が揃っている症例の中から、補 60 ホン単音明瞭度が 60% 以下の症例を選んだものであるが、そのうち 20 例は、裸 80 ホンの明瞭度が不良である。補聴器が、きこえる音の強さを増大する拡声器としての機能のみを有している現状では、十分な音量の語音を与えても、裸耳で良好な語音明瞭度がえられない症例には、補聴器を装用させて裸耳よりも良好な語音明瞭度をえることは、特殊な例外を除いて困難である。このような場合に、イヤ・レベル型補聴器が、一概に不適合とは断定しえないが、現状では、音質調整の範囲が広く、かつ、音質が比較的良好な箱型補聴器の方が、“きこえ”の面のみからみれば、有利なことが多いと考えられる。

聴力型の面からみると、低音の聴力が比較的良好で、高音の聴力が高度に侵された高音急墜型の聴力型を有する症例が問題となる。聴力型が高音障害型で、低音と高音の“きこえ”不均等があると、補聴器装用時の語音明瞭度を低くする一因となることは明らかであるが、さらに、Harris ら⁽⁴⁾が指摘するごとく、“きこえ”に周波数歪みがある耳に、補聴器を通った歪みのある音をきかせることによって歪みの相乗作用が現われ、その結果、語音明瞭度が低下すると考えることができる。このような症例に周波数特性の調整範囲が狭いイヤ・レベル型補聴器を装用させるためには、ベント付きイヤモールド、あるいは外耳道開放型イヤモールドを使用し、低音成分をカットすると良いことが知られており^{1,24)}、聴力型に応じたイヤモールド、あるいは特殊な周波数特性を持ったイヤ・レベル型補聴器を用いれば、補聴効果が良好となる症例が少なくないと思われる。しかし、本邦では、現在、イヤモールド入手のルートがなお一般化されておらず、また特殊な周波数特性を持ったイヤ・レベル型補聴器も、外国製品が一種輸入されているのみである³⁹⁾。このため、ベント付き、あるいは特殊な周波数特性を持った補聴器の使用によって、“きこえ”の改善が図れるの

がどのような症例であるか、またそれによってイヤ・レベル型補聴器の適合範囲をどの程度まで広げることが可能であるかは将来の検討に待たねばならない。

結論

難聴者 270 名について、純音聴力検査、およびスピーカー方式による語音明瞭度検査成績をもとに、イヤ・レベル型補聴器の適合を、語音聴取能力の面から検討し、次の結論をえた。

1) イヤ・レベル型補聴器によるハウリング実験を、実耳とモデル耳で行ったところ、約半数の耳に、補聴器の最大出力時にハウリングが起り、補聴器の出力を十分利用できない場合があることが判った。

2) ハウリングは、耳介のうしろ、外耳道孔より後下方にマイクロホンがあるときに、もっとも起こりにくいことが判り、比較的高度な難聴耳にハウリングを起こさずに、イヤ・レベル型補聴器を装用させるには、この部位にマイクロホンがあるのが有利であることを示した。

3) 平均聴力損失値が 50 dB 以内で、裸耳の語音弁別能が良好なら、イヤ・レベル型補聴器の補聴効果が期待できる。

4) 平均聴力損失が 50 dB 以内で、裸耳の語音弁別能が良好にもかかわらず、補聴器によって増大された語音に対する弁別能が悪い症例は、聴力型が 500~2000 Hz の音域で、聴力損失値の差が大きなものほど補聴効果も悪い。

5) 補聴器の適合を目的とした語音明瞭度検査は、裸耳および補聴器装用時の最高明瞭度ではなく、60 ホン（小さめの声のレベル）、70 ホン（普通の声のレベル）、80 ホン（やや大きめの声のレベル）の3段階の音のレベルでの調査が必要で、その成績では、音節明瞭度の結果だけにやらず、子音、母音の要素を含んだ単音明瞭度成績を中心に検討する方が、補聴器装用耳の状況を、より良く把握することができた。

稿を終るに臨み、本研究に関し、ご懇篤なご助言とご校閲を賜った、永井記教授に深謝するとともに、終始ご指導をいただいた中村賢二講師、ご援助くださった教室員各位に心から謝意を表します。

なお、本論文の要旨は、第 19 回日本オージオロジー学会総会（1974 年）で発表した。

文献

- 1) Katz, J. : Handbook of clinical audiology. p. 586, Williams and Wilkins Co. Baltimore, 1972.
- 2) 西村庚子 : 邦人聴器の形態学的研究 (其1). 日耳鼻, **36**, 72, 1930.
- 3) 林香苗編 : 日本人並に日本産医学実験動物の解剖学及び生理学計数. 解剖生理計数表刊行会, p. 140, 文京書院, 岡山, 1965.
- 4) 日本規格協会編 : 補聴器. JIS, C, **5512**, p. 1, 1966.
- 5) 切替一郎編 : 聴覚検査法, 第2版, p. 1, 289, 医学書院, 東京, 1974.
- 6) Fletcher, H., Steinberg, J.C. : Articulation testing methods. p. 804, Bell Syst. Tech. J., 1929.
- 7) Carhart, R. : Speech audiogram in clinical evaluation. *Acta Otolaryng.*, **41**, 18, 1952.
- 8) Carhart, R. : Problems in the measurement of speech discrimination. *Arch. Otolaryng.*, **82**, 253, 1965.
- 9) Carhart, R. : Observations on relations between thresholds for pure tones and for speech. *J. Speech Hearing Dis.*, **36**, 476, 1971.
- 10) Fowler, E. P. : A Simple method of measuring percentage of capacity for hearing speech. *Arch. Otolaryng.*, **36**, 874, 1942.
- 11) Sabine, P.E. : On estimating the percentage of loss of useful hearing. *Trans. Am. Acad. Ophthalmol. Otolaryngol.*, **46**, 179, 1942.
- 12) Fletcher, H. : A method of calculating hearing loss for speech from the audiogram. *Acta Otolaryng.*, **90**, Suppl., 26, 1950.
- 13) Harris, J.D. : Pure-tone acuity and the intelligibility of everyday speech. *J. Acoust. Soc. Am.*, **37**, 824, 1965.
- 14) Kreyter, K.D., Williams, C., Green, D.M. : Auditory acuity and the perception of speech. *J. Acoust. Soc. Am.*, **34**, 1217, 1962.
- 15) 小橋豊 : 標準語音聴力検査用 テープ 67-AB の語音弁別能力測定用語音の性質. *Audiolog. Japan*, **15**, 517, 1971.
- 16) 設楽哲也 : 難聴者の語音異聴に関する考察. *Audiolog. Japan*, **15**, 40, 1972.
- 17) 三宅弘 : 語音聴力検査法に於ける 新旧リストの比較研究. *Audiolog. Japan*, **5**, 125, 1965.
- 18) 山下公一 : 語音聴力検査の研究. *耳鼻臨*, **61** (増), 323, 1968.
- 19) 岡本達也, 椿茂和 : 語音明瞭度算出方法に関する研究. *日耳鼻*, **58**, 313, 1954.
- 20) Egan, J.P. : Articulation testing methods. *Laryngoscope*, **71**, 30, 1961.
- 21) Jerger, J. : Modern development in audiology. Seconded., p. 1, Academic Press, New York, 1974.
- 22) 後藤修二編 : 聴覚障害. リハビリテーション医学全書 **13**, p. 250, 医歯薬出版, 東京, 1972.
- 23) 永浜武彦 : 補聴器の臨床. *耳喉*, **29**, 187, 1957.
- 24) 岡本達也 : 補聴器の適応について. *Audiolog. Japan*, **15**, 261, 1972.
- 25) 電気通信学会編 : 聴覚と音声. コロナ社, p. 1, 東京, 1966.
- 26) Davis, H. : The articulation area and the social adequacy index for hearing. *Laryngoscope*, **58**, 761, 1948.
- 27) Markle, D.M., Zaner, A. : The determination of "Gain requirements" of hearing aids; a new method. *J. Auditory Res.*, **6**, 371, 1966.
- 28) Yantis, P.A., Millin, J.P., Shapilo, I. : Speech discrimination in sensory-neural hearing loss; two experiments on the role of intensity. *J. Speech Hearing Res.*, **9**, 178, 1966.
- 29) Harold, B.B. : The effect of variation in intensity on the capacity of deaf children and adults to hear speech with hearing aids. p. 190, Doctor Thesis of Victoria Univ. Manchester, Lancashire, 1957.
- 30) Harrison, A. : The use of high frequency response hearing aids with moderate to severe hearing loss. p. 137, Audicibel, 1974.
- 31) 海老原利夫 : Confusion matrix による日本語聴力検査法の研究. *日耳鼻*, **82**, 463, 1959.
- 32) 武山貢次 : 純音聴力と語音聴力との関係. *日耳鼻*, **58**, 399, 1955.
- 33) 後藤禎亮 : 語音聴力像の臨床的的分析的研究. *耳臨*, **63**, 495, 1970.
- 34) 佐藤恒生, 岡田諄 : 対側補聴器 (CROS 型補聴器) の特質と応用について. *耳展*, **15**, 229, 1972.
- 35) 佐藤恒生, 岡田諄 : CROS 型補聴器の効果. *Audiolog. Japan*, **15**, 263, 1972.
- 36) Heide, J. : Output limitation. *Hearing Instruments*, p. 26, Aug., 1974.
- 37) Ewertsen, H.W. : Hearing rehabilitation in Denmark. *Hearing Instruments*, p. 20, Sept., 1974.
- 38) Ewertsen, H.W. : Use of hearing aids. *Scand. Audiol.*, **3**, 173, 1974.
- 39) 1974 年度補聴器一覧 : *Audiolog. Japan*, **17**, Suppl., 1, 1974.
- 40) 山本洗一, 永井汎, 中村賢二, 大藤周彦, 山本和久, 佐藤茂, 深町雅子 : 難聴症例の臨床統計的研究. *Audiolog. Japan*, **17**, 381, 1974.
- 41) Carhart, R. : Tests for selection of hearing aids. *Laryngoscope*, **58**, 780, 1946.
- 42) Zerlin, S. : A new approach to hearing aid selection. *J. Speech Hearing Res.*, **5**, 370, 1962.
- 43) Harford, E., Dodd, E., Evanston, M.A. : Version of the CROS hearing aid. *Arch. Otolaryng.*, **100**, 50, 1974.
- 44) Delany, M.E., Whittle, L.S. : Reference equivalent threshold sound pressure levels for audiometry. *Acoustica*, **18**, 227, 1967.
- 45) Harris, J.D., Haines, H.L., Myers, C.K. : A new formula for using the audiogram to predict speech hearing loss. *Arch. Otolaryng.*, **64**, 447, 1956.

(受付 : 1977年1月19日)