騒音下の発声音レベルの研究

—— 補聴器の適合と装用指導の基礎資料 ——

帝京大学医学部耳鼻咽喉科学教室（主任：鈴木淳一教授）

加 納 有 二

A STUDY OF VOICE LEVELS IN NOISE FOR SELECTION OF HEARING AIDS

YUJI KANO, M. D.

Department of Otorhinolaryngology, Teikyo University School of Medicine, Tokyo

Speech levels and discrimination scores under various noise conditions were studied in fourteen individuals with normal hearing in order to clarify actual communication within noise. The noise conditions of this study consisted of three kinds of different frequency distributions based on three types of representative frequency distributions found in the investigated daily noises. The three kinds of noises were produced by a noise generator through a one-third octave band mixer. The A-weighted noise levels used varied in 10dB steps from 50dB to 90dB. Under these noise conditions, voice levels obtained for face-to-face communication 0.3 meters from talkers uttering Japanese monosyllables were investigated. Speech discrimination scores obtained according to the voice levels were analyzed. Intelligibility of consonants obtained by further analysis of the speech discrimination tests were also investigated. The results indicated that all subjects adjusted the level of his voice and maintained it in accordance with the A-weighted noise level using a normal level of effort; that different noise spectra had no effect on voice level; and that speech discrimination scores and intelligibility of consonants were affected by the frequency distributions of the noises. In selecting hearing aids for those with sensorineural hearing loss, the results of this study should be useful for understanding actual communication in noise and for setting up the test conditions for the selection of a hearing aid with optimum electroacoustic performance.

Key words: 騒音下, コミュニケーション, 発声音レベル, 明瞭度, 補聴器 A88—0138—25588

序 論

騒音下のコミュニケーションは、会話音が騒音によって遮蔽されるために、正常者においても注意の集中を要する状況である。感音難聴症例では、内耳および神経系の障害による弁別能の低下があるため、騒音下のコミュニケーションは、さらに困難な状況となる。したがって、感音難聴を補償するための補聴器の効果を高めるに

は、騒音下のコミュニケーションの実態を詳細に把握することが必要といえる。ところが、著者の調べた範囲では、騒音下のコミュニケーション状況の研究は、感音難聴の補聴に応用できるほどに定量的になされているとはいえない。

騒音下の会話の明瞭度（了解度）は、基本的には、会話音がどの範囲の周波数帯にわたりどのレベルまで騒音

によって遮蔽されるか、つまり、騒音と会話音の周波数分布の相異の検討を含めたレベル比 (S/N) によって決定される¹⁾。したがって、騒音のレベルや周波数分布の特定の状態に対応した S/N を知ることができれば、騒音下の明瞭度を推測することができる。

騒音下の会話では、明瞭度を改善するために、話者は自分の声を自己調節して会話音レベルを上げることが知られている。また、騒音については、会話の明瞭度に関連する場合には、レベルと周波数分布の両面から評価する必要がある¹⁾。したがって、騒音下のコミュニケーションの状況を把握するには、騒音のレベルや周波数分布の変化に対応して、自己調節された発声音レベルがどう変化するかを知ることが必要である。加えて、騒音のレベルと周波数分布に対応した会話状態で得られる語音明瞭度検査の解析を行えば騒音下の会話の状態を十分詳細に把握したといえる。

騒音下の話者の発声音レベルについては、1940年代から多くの研究がなされてきた。騒音に影響を受けた話者の発声音レベルの変化については、Kryter²⁾、Korn³⁾、Pickett⁴⁾、Webster and Klumpp⁵⁾ および Gardner⁶⁾⁷⁾らの報告がある。しかし、これらの報告では、騒音の周波数分布の相異により話者の発声音レベルに差異が生じるか否かが、十分には検討されていない。

騒音の周波数分布の相異により、それぞれの騒音で遮蔽された会話音の明瞭度には差異が生じる¹⁾。そこで、騒音下のコミュニケーションの状態を明解にするためには、騒音の周波数分布の相異により、話者の発声音レベルにどのような変化が生じるかを明解にすることが不可欠の研究課題である。

本研究の目的は、騒音下のコミュニケーションがどのようにおこなわれているかを知るために、日常の騒音のレベルと周波数分布に関連づけて、話者の発声音レベルと、そのレベルにおける会話音の明瞭度を解析することとした。同時に、これら騒音下の会話音の明瞭度を詳細に検討して、騒音下の補聴状態を知るための基礎資料を得ることを目的とした。なお、本研究結果に基づき、騒音下の補聴器の有効性を効率よく評価できる検査環境を設定するための考察を加えた。

方 法

実験室内で作製した種々の騒音条件下に、対座させた被験者の発声音レベルと、そのレベルにおける語音明瞭度を求めた。

図 1 本研究で設定した 3 種類の周波数分布。

----- 低周波数帯域の騒音。—— 中周波数帯域の騒音。····· 高周波数帯域の騒音。

これら 3 種類の周波数分布は、成人および学童の日常生活で頻繁に遭遇する 40 種類の環境騒音の 1/3 オクターブ分析結果を 3 種類に類別し、これを再現したもの。

被験者は、聴力正常な成人の男女、14 名とした。2 名ずつ 7 組を対象に、実験をおこなった。

実験に用いた装置とその設定について、実験室として、4 m 四方の反響室を使用した。実験室中央に設置した机 (106×74cm) に、2 名の被験者を口唇間距離 60 cm になるように対座させ、種々の騒音条件下に、57 式検査語表を音読させた。対座した被験者には、この受話音を解答用紙に書き取らせた。解答用紙の記入にあたって受話者には、対座しておこなうコミュニケーションの状況にできるだけ近づけるために、受話音を復唱させた。

作製した種々の騒音条件は、雑音発生器 (Rion, SF-05) と 1/3 オクターブバンドミキサー (Rion, XS-19A) で作製した電気信号を、オージオメーター (Rson, AA-80) に通し、実験室の 2 本の対角線上に設置したスピーカー (2 個の Toa Wide Horn Speaker Model CS-271 と 2 個の Victor Monitor S-3000 をそれぞれ対角線上に設置した。) より発して作製した。種々の騒音条件のうち、騒音レベルについては、50dB(A)、60dB(A)、70dB(A)、80dB(A)、90dB(A) および暗騒音レベル [40 dB(A)] を用いた。実験室内の各被験者の耳元での騒音レベルの誤差は、±1 dB(A) 以内であった。

作製した騒音条件のうち、周波数分布については、代表的な環境騒音⁸⁾を再現する目的で、図 1 で示す 3 種類の周波数分布を選択した。3 種類の騒音 (それぞれ、低周波数帯域、中周波数帯域および高周波数帯域の騒音)

のピークを示す中心周波数は、4 kHz, 1.25 kHz および 0.25 kHz とした。これらの周波数分布は、成人および学童の日常生活で頻繁に遭遇する40種類の環境騒音の 1/3 オクターブ分析結果を3種類に類別⁹⁾し、これを再現したものである。実験室内の騒音の周波数分布は、騒音計の平坦特性を通した後に、1/3 Octave Real Time Analyzer (Rion) で確認した。

被験者の音読と書きとりの手順としては、まず、各騒音条件下に被験者の1人が、対応する被験者に、57式検査語表を音読した。音読にあたって被験者には、正確な語音を対座者に伝えるように指示した。つぎに、対応した被験者は、受話音を解答用紙に記入し、同時に復唱した。そののち同一条件で、音読者と受話者が交代して音読と書きとりをくり返した。

被験者の騒音下の音読音と復唱音は、被験者の口唇間の中央点 (30cm) に設置した精密騒音計 (Rion, NA-61) の平坦特性を通し、テープレコーダー (Sony, TC-5550-2) に録音した。録音した音読音と復唱音を再生し、レベル分析器 (Rion, SV-74, fast 特性) を用い記録した。記録紙上の音読音のピーク値を測定し、その平均値を求め、発声音レベル値とした。騒音計とテープレコーダーを含めた録音系の特性は、63 Hz から 8 kHz までに平坦であった。

各発声音レベル時の明瞭度を、57式検査語表の音読音の書きとった結果を採点して求めた。明瞭度の平均値と標準偏差は、57式語表に精通して語表を暗記している被験者5名を除き、9名を対象にして求めた。さらに、各騒音条件下の明瞭度の変化は、母音および子音 (半母音、鼻音、有声子音および無声子音) 別に、分析して検討した。

結 果

1) 騒音下の発声音レベル

各騒音条件下の口唇より 30cm 点における発声音レベルを図2に示した。

話者周囲の騒音の周波数分布の相異が発声音レベルに与える影響について検討すると、同一騒音レベル下の発声音レベルには、騒音の周波数分布の相異により差がなかった。つまり、騒音下の発声音レベルは、騒音の周波数分布にかかわらず、騒音の A-特性レベル (感覚レベル) にしたがって変化した。

騒音レベルの上昇に対応した発声音レベルの上昇の程度は、高騒音レベルになるにつれて小さくなった。すな

図 2

各騒音条件下における口唇前方 30cm の距離の、話者の発声音レベルとその変化。発声音レベルは、各語音のピークレベルの平均値で示した。

図 3 各騒音条件下の発声音レベルにおける語音の明瞭度とその変化。

明瞭度は、話者の口唇前方 60cm の距離の受話者が57式検査語表の音読音を解答用紙に記入したものを採点して得た。

わち、発声音レベルの上昇の程度は、騒音レベル 1 dB 当たりの変化量に換算して、0.27 dB/dB (50~60 dB(A) の騒音レベル間) から 0.74 dB/dB (80~90 dB(A) の騒音レベル間) まで、平均 0.49 dB/dB であった。

2) 騒音下の語音明瞭度

表 1 各騒音条件下の母音 および子音の明瞭度，話者の口唇前方 60 cm の距離の受話者の明瞭度．子音は，無声子音群(h, k, s, t)，鼻音群(m, n)，有声子音群(b, d, g, r, z) および半母音群(j, w) の，4 群に分類して示した．

dB(A)	h, k, s, t	m, n	b, d, g, r, z	j, w	vowel
High tone noise					
50	99.4±1.8	99.1±2.6	96.3±7.8	100.0	99.8±6.7
60	99.4±1.8	99.1±2.6	98.8±3.7	100.0	100.0
70	92.4±8.4	92.3±5.4	87.7±14.1	100.0	99.6±0.8
80	87.1±9.2	89.7±6.7	82.7±12.5	91.7±12.5	99.6±1.3
90	62.0±23.0	67.9±11.7	75.2±15.8	91.7±12.5	97.3±3.5
Middle tone noise					
50	100.0	96.3±7.8	99.1±2.6	100.0	100.0
60	99.4±1.8	96.3±7.8	96.6±6.8	100.0	100.0
70	93.0±7.4	87.7±6.7	91.4±9.8	100.0	100.0
80	87.1±9.2	85.2±11.1	88.0±8.7	88.9±13.2	99.6±8.8
90	83.0±6.9	54.3±14.1	65.8±21.8	83.3±17.7	97.3±4.5
Low tone noise					
50	100.0	98.8±3.7	99.1±2.6	100.0	100.0
60	99.4±1.8	100.0	99.1±2.6	100.0	99.7±0.7
70	98.8±2.3	97.5±4.5	99.1±2.6	100.0	99.7±0.7
80	97.6±2.8	93.8±5.9	94.9±3.8	97.2±8.3	100.0
90	92.4±7.5	77.8±14.7	83.7±11.8	94.4±11.0	100.0

各騒音条件下の発声音レベルにおける語音の明瞭度を図3に示した．

騒音下の明瞭度は，70dB(A) 以上の騒音レベルでは騒音の周波数分布の相異により，統計的に有意な差があった ($F, p>0.05$)．低周波数帯域の騒音下では，明瞭度は，90dB(A) の高騒音レベルまで，95%以上に保たれた．高周波数帯域の騒音下では，明瞭度は，70dB(A) の騒音レベルより，90%以下に低下した．中周波数帯域の騒音下では，明瞭度は，低周波数帯域の騒音下の明瞭度と高周波数帯域の騒音下の明瞭度の中間の値を示した．

50dB(A) と 60dB(A) の騒音レベル下では，明瞭度は，ほぼ 100%に保たれ，周波数分布の異なる 3 種騒音間で，差はなかった ($F, p>0.05$)．

3. 各騒音条件下における，母音および子音群別の明瞭度

騒音条件下の語音明瞭度について，母音および子音群別〔無声子音 (h, k, s, t)，有声子音 (b, d, g, r, z)，鼻音

(m, n)，半母音 (j, w)〕に分類して，それぞれの明瞭度の変化を表1に示し，また，図4に図示した．

母音の明瞭度は，各騒音条件下ではほぼ100%に保たれた．騒音の周波数分布とレベル別の2元配置の分散分析において，母音の明瞭度の差は，認められなかった ($F, p<0.05$)．

無声子音の明瞭度について，高周波数帯域と中周波数帯域の騒音下の明瞭度は，70dB(A) の騒音レベルよりそれぞれ 92.4%と 93.0%と，統計的に有意に減少した ($F, p>0.05$)．また，低周波数帯域の騒音下の明瞭度は，80dB(A) の騒音レベルまで 97.6%以上の良好な値に保たれ，90dB(A) の騒音レベルでは 92.4%と軽度低下した．この低下は統計的に有意であった ($F, p>0.05$)．騒音の周波数分布の相違により生じた明瞭度の差異は，70dB(A) の騒音レベルより統計的に有意であった ($F, p>0.05$)．

有声子音の明瞭度について，高周波数帯域の騒音下の明瞭度は，50dB(A) の低騒音レベルから 96.3%とやや

図4 各騒音条件下の子音群別の明瞭度とその変化。

話者の口唇前方 60cm の距離の子音の明瞭度。子音は、無声子音群 (h, k, s, t), 有声子音群 (b, d, g, r, z), 鼻音群 (m, n) および半母音群 (j, w) の, 4 群に分類して示した。

低値であり、中間波数および低周波数帯域の騒音下の明瞭度比べて低値を示した。低周波数帯域の騒音下の明瞭度は、80dB(A) の騒音下で 94.9% に低下し、90dB(A) の騒音下で 83.7% まで低下した。これらの低下は、統計的有意であった ($F, p > 0.05$)。中周波数帯域の騒音下の明瞭度は、60dB(A) の騒音下より 96.5% に低下し、高周波数帯域の騒音下の明瞭度と低周波数帯域の騒音下の明瞭度の中間の値を示した。騒音の周波数分布の相違によって生じる明瞭度の差異は、70dB(A) の騒音レベルより統計的に有意な差を示した ($F, p > 0.05$)。

鼻音の明瞭度について、中周波数帯域の騒音下の明瞭度は、50dB(A) の低騒音レベルから 96.3% の低値を示した。さらに、70dB(A) では 88.7% と統計的有意に減少した ($F, p > 0.05$)。低周波数帯域の騒音下の明瞭度は、70dB(A) より 97.5% に低下し、90dB(A) では 77.8% と他の子音群に比べて最も低値であった。90dB(A) での明瞭度の低下は、統計的有意であった ($F, p < 0.05$)。高周波数帯域の騒音下の明瞭度は、中周波数帯域の騒音下の明瞭度と低周波数帯域の騒音下の明瞭度の中間の

値を示した。すなわち、その明瞭度は、70dB(A) より 92.3% に低下し、90dB(A) では 67.9% まで低下した。この 90dB(A) での明瞭度の低下は、統計的有意であった ($F, p > 0.05$)。騒音の周波数分布の相違により生じる明瞭度の差異は、70dB(A) の騒音レベルより統計的に有意な差を示した ($F, p > 0.05$)。

半母音の明瞭度は、他の子音群よりも良好に保たれた。すなわち、70dB(A) の騒音レベルまでは騒音の周波数分布にかかわらず 100% に保たれた。80dB(A) 以上の騒音レベルでは、中周波数帯域の騒音下の明瞭度は、80dB(A) で 88.9%, そして 90dB(A) で 83.3% と、統計的有意に低下した ($F, p > 0.05$)。低周波数帯域の騒音下の明瞭度は、80dB(A) および 90dB(A) でそれぞれ 97.2% と 94.4% であり、良好に保たれた。高周波数帯域の騒音下の明瞭度は、80dB(A) と 90dB(A) で 91.7% であった。騒音の周波数分布の相違により生じる明瞭度の差異は、どの騒音レベルにおいても統計的に有意な差を認めなかった ($F, p > 0.05$)。

考 察

1. 騒音下の発声音レベル

本研究結果より、周波数分布の異なる騒音下でも、騒音の A-特性レベルが同一ならば、発声音レベルは同一であることが分かった。本報告は、騒音下の通常の会話で、騒音の周波数分布を変化させて、発声音レベルすなわち発声音と騒音のレベル比 (S/N) を求めたはじめての報告である。なお、類似した研究として Pickett は、実験的に高騒音レベル下で呼び声の発声音レベルについて研究している⁴⁾。Pickett はこの研究の中で、騒音の周波数分布を単純化してそのレベルを高騒音レベルで変化させ、その変化に対応した発声音レベルを検討している。このように、Pickett の研究では、騒音の周波数分布として日常の騒音を代表したものではなく、かつ高騒音レベルであり、さらに発声努力を極端に強くするような被験者への条件づけがなされていることが、本研究と異なる点である。

本研究結果と過去の発声音レベルについての報告を比較検討するために、図 5 と図 6 を示した。図 5 は、過去の発声音レベルについての報告中の騒音レベルを、著者が A-特性レベルに換算し、これに対応する発声音レベル値と本研究結果を図示したものである。なお、図中の本研究結果は、口唇より 30cm の距離で得られた値を、口唇より 1 m の距離の発声音レベル (長時間実効値) に、

図 5 騒音レベル (A-特性) の変化にともなう発声音レベルの変化。

発声音レベルは、口唇前方 1 m の距離の長時間実効値。現在までの発声音レベルについての報告中の騒音レベルを A-特性レベルに換算し、これに対応する発声音レベル値を、本研究結果 (実線) とともに示した。

音声勢力の分布⁹⁾¹⁰⁾と音声瞬時振幅別の累積確率分布との報告¹¹⁾¹²⁾¹³⁾より、換算して示したものである (会話音の 1% ピークファクターと語音のピークが一致すると考えた)。表 2 に、換算した結果を示した。

図 5 に示すように、本報告も含めて過去の騒音下の語音のレベルの研究結果は、2 群に大別できる。一つは、本研究結果と Korn³⁾ や Webster and Klumpp⁵⁾ の結果で、図中に実線および破線で示したものである。他の群は、図中に点線で示したもので、Pickett¹⁾、Kryter²⁾

および Gardner⁶⁾⁷⁾ の研究結果である。この実線と破線で示される報告の共通の条件は、普通の話声の大きさの変化 (通常の発声努力時の変化) として求めたことである。一方、点線で示した研究の共通の条件は、呼び声のレベルすなわち意識的に極端な発声努力をおこなった場合の発声音レベルを求めたことである。両曲線間のレベル差は、約 18 dB である。この値は、Beranek の報告値¹⁴⁾と一致する。Beranek の報告によれば、話声の大きさについて、普通、やや大声、非常に大声、呼び声の間のレベル差は、約 6 dB であるという。したがって、ある騒音レベル下の会話レベルは、普通の話声の大きさより、やや大声、非常に大声、呼び声まで、発声努力により、約 6 dB ずつ、最大で約 18 dB の差がある。そして騒音レベルの変化に対応したそれら発声音レベルの変化は、図 5 の実線と点線の間の変化と考えられる。

図 6 は、従来用いられている Kryter の報告中の図¹⁾に、本研究結果を加えて図示したものである。図 5 と図 6 の差について、図 5 は騒音レベルとして A-特性レベルを用いているのに対して、図 6 における騒音レベルは、過去の各報告における暗騒音レベル (quiet) の会話レベルを得る騒音レベルとの相対的なレベルで示したものである。ところが、この相対的な騒音レベルと環境騒音の分析結果として一般に用いられる騒音レベル (A-特性レベル) の関係が不明確である。そこで、この図を用いて、騒音の分析結果から発声音レベルを推定するのは不適当である。一方、図 5 は、騒音レベルとして A-特性レベルを用いているので、騒音の分析結果から容易に発声音レベルが推定でき、優れていると考えられる。

以上にのべたように、騒音下の発声音レベルは、話者周囲の騒音の周波数分布の相異にかかわらず、騒音の A-特性レベルに対応して、話者の発声努力の程度により、図 5 のように変化する。

表 2 発声音レベルに関する本研究結果の換算値。換算には、音声勢力の分布と音声瞬時振幅別の累積確率分布との報告を用いた。長時間実効値への換算にあたり、会話音の 1% ピークファクターと語音のピークが一致するものとした。

騒音レベル	dB(A)	Ambient	50	60	70	80	90
口唇前方 30 cm 点の発声音レベル (dB)	77.8 ± 4.3	80.1 ± 3.6	82.8 ± 3.2	86.6 ± 2.7	92.3 ± 2.6	99.7 ± 2.1	
口唇前方 60 cm 点の発声音レベル (dB)	72.4	74.7	77.4	81.2	86.9	94.3	
口唇前方 1 m 点の発声音レベル (dB)	68.1	70.4	73.1	76.9	82.6	90.0	
口唇前方 1 m 点の会話音の長時間実効値 (dB)	56.1	58.4	61.1	64.9	70.6	78.0

図 6 Kryter の報告した騒音下の発声音レベルの推定値。

図中の点線は本研究結果を示したものの。

2. 騒音下の語音明瞭度

環境騒音下の会話を推定するために必要な語音明瞭度の成績は、1) 会話音と騒音のレベル比 (S/N) と、2) 騒音の周波数分布と、3) 検査に用いた語音の構成 (語表) に左右される。本研究結果は、普通の発声努力時の会話音について、①異なる周波数分布をもつ騒音を用いて、②それぞれの騒音レベルを変化させたときの、各騒音条件下に、③57式検査語表を用いて、その明瞭度および母音・子音群別明瞭度を総合的に求めたはじめての日本語のデータである。さらに、本研究結果は、日常の騒音条件下での通常の会話を再現した実験条件を用いて得たものである。ことに、難聴者の語音の明瞭度の改善を目標とする補聴を考える場合には、本研究結果は極めて有用な資料であるといえよう。

騒音下の明瞭度についての過去の報告では、1) 会話音と騒音のレベル比 (S/N)、2) 会話音を遮蔽する騒音の周波数分布の相異、および、3) 用いた検査語表について、それぞれ個別的な影響が検討されている。すなわち、1) 会話音と騒音のレベル比 (S/N) については、①騒音レベルが上昇するにつれて、S/N が低下し⁴⁾、それにともなって会話音の明瞭度も低下する、②90dB (A) の騒音レベルでは、S/N の低下とともに強い発声努力のために語音の歪みが生じて、明瞭度の低下が助長される⁴⁾¹⁵⁾。③普通の話声の大きさより大声の大きさの

範囲では、発声努力の程度にかかわらず、S/N に対応して明瞭度が決定する¹⁵⁾、などが報告されている。本研究結果と比較して検討すると、よく一致している (図 3)。本研究における明瞭度の変化は、普通の声の大きさの発声努力時であるが、同様の変化が大声の大きさの範囲まで考えられる¹⁵⁾。

2) 会話音を遮蔽する騒音の周波数分布の相異によって生じる明瞭度の変化については、周波数帯域により語音明瞭度に対する貢献度が異なり¹⁶⁾、明瞭度に貢献度の高い周波数帯が 1000Hz から 4000Hz であることが知られている^{17)~21)}。本研究結果も、この事実によく合致している。

3) 用いた検査語表によって生じる明瞭度の差異については、Kryter and Whitman²²⁾、Miller et al²³⁾、Nickerson の報告¹⁾がある。57式検査語表を用いた本研究結果と前述の報告と比較すると、本結果は、Nickerson の報告や、Miller et al の報告中の 16 alternative English monosyllables と近似する。

騒音下の子音の明瞭度を考える場合には、前述の母音・子音別に分類しない明瞭度全体の变化を考える場合と同様で、1) 騒音レベルと語音レベルとの比 (S/N) と、2) 子音のもつ調音の性質 (スペクトル特性と時間的特性)²⁴⁾、そのなかでも騒音の周波数分布と対比したスペクトル特性の差異の、2点を考察する必要がある。

このうち、子音の異聴と S/N との関係については、Miller and Nicely²⁵⁾ や Voiers²⁶⁾ の報告がある。それによると、すべての子音が誤りなく分別できる S/N は 15dB であるという。さらに、異聴の生じ始めるおおよその S/N は、鼻音群では -2 dB で、無声子音群では 3~4dB であるという。有声子音群においては、d-g 間では 15 dB で、b-z 間では 8 dB で、d, g-b, z 間では -2 dB で、-8 dB ではほとんどの有声子音群間で異聴が生じるという。本研究結果に対応してみると、過去の報告は、よく一致していた (図 4)。すなわち、鼻音群と無声子音群の明瞭度は S/N 5dB より -1dB の間で急激に低下しはじめた。さらに、有声子音群においては、S/N 5dB より明瞭度の低下が認められ、S/N 5dB から -1dB、さらに -5dB、-8dB と明瞭度は急激に悪化した。

各子音の聴きとりに必要なスペクトル特性の差異について、Voiers²⁹⁾ や Wang²⁷⁾ や 豊田²⁸⁾ らの報告によれば、一般に voicing (有声子音性) や nasality (鼻音性) では、低周波数帯域が聴きとりに重要であり、一方、無

声子音や、とりわけ sibilant (歯擦音, s, f, z) や anterior place (前方調音, b, p, f や t, d, θ, s, z) では、高周波数帯域が聴きとりに重要であるという。本研究結果では、周波数分布の異なる騒音を用いたので、各子音群間の明瞭度に、前述の報告に一致する明確な差異が生じた。すなわち、鼻音群は、他の子音群に比べ最も低、中周波数帯域の騒音に影響を受けた。有声子音群は、鼻音群に次いで低、中周波数帯域の騒音に影響を受けた。加えて有声子音群には anterior place (b, d, r) や sibilant (z, d) の一部の子音が含まれるので、高周波数帯域の騒音にも影響された。無声子音群は、低周波数帯域の騒音には影響されにくく、高周波数帯域の騒音に影響された。半母音は、ほぼ母音に近い変動を示した。

3. 補聴器適合のための騒音下検査条件の設定

感音難聴者の会話音聴取の能力は、周波数弁別能の低下のために、補聴器で会話音を増幅しても、完全には補償されない。正常聴力者でも、本研究結果で示されるように、周囲の騒音レベルが上昇すると、騒音下のコミュニケーションが困難になることから推測できるように、補聴器を装用した難聴者にとって騒音下のコミュニケーションは、会話理解のための努力を要求される場面である。

感音難聴者の補聴状態を評価するためには、騒音下の補聴状態の評価が重要であると一般的に考えられている。ところが、騒音下の補聴状態を評価するための検査環境として、どのような条件を設定したらよいかという疑問について明解な解答は得られていない。このため、補聴器の効果、性能は十分に評価されていない現状である。

本研究結果と著者らがすでに報告した日常騒音の実態⁸⁾は、感音難聴者の補聴状態を評価するために、どのような検査条件を設定したらよいかという上述の疑問に、解答を与えるための基礎資料といえる。本報告および著者らの前報告⁸⁾から得られた検査条件を、表3に示した。これらの条件で検査すれば、補聴器の適合状態を評価できることは、著者らの難聴者による検討において報告した²⁹⁾。実際の臨床では、表3に示す条件のうち、特定の個人が日常の生活でよく遭遇する状態を選択して検査すると、信頼できる検査結果を効率よく入手できると考える。騒音下の補聴器の効果を評価するための検査条件について考えるべき項目は多岐にわたる。以下におもな項目をとり上げ、さらに考察を加えたい。

検査室内で騒音下の会話環境を再現するための騒音条

表3 検査室内で騒音下のコミュニケーションの状態を再現するための、望ましい検査環境。望ましい騒音条件(周波数分布とA-特性レベル)と、各騒音レベルに対応した望ましい会話レベル。騒音条件のうち周波数分布 L, M, H は、それぞれ図1で示した低周波数帯域、中周波数帯域、高周波数帯域の分布を示す。H の周波数分布は、80 dB(A) の騒音レベル時には実生活で遭遇する頻度が少ないので除いた。会話レベルとしては、話者の口唇間距離が 60cm と 1 m のときの、長時間実効値でそれぞれ示した。口唇間距離が 60cm のときは、表2の換算値より 12dB 減じた値とした。*印は明瞭度を90%以上に改善するために、普通の話声の大きさより、4dB 高いレベルに設定した。他の会話レベルでは、明瞭度はいずれも90%以上の値を示す。

騒音条件レベル, dB(A)	50	69	70	80
周波数分布	L, M, H			L, M
会話レベル, dB				
口唇間距離 60cm	63	65	69	75
口唇間距離 1 m	58	61	65	75*

件の設定は、日常頻繁に遭遇する環境騒音の分析結果にもとづいて行う必要がある⁸⁾。騒音レベルについては、環境騒音の多くが、60dB(A) から 80dB(A) の間にあるので、この範囲のレベル設定が適切である。騒音の周波数分布については、実測して分析した結果を類別して、代表する周波数分布を用いる必要がある。著者らが報告した騒音のデータ⁸⁾にもとづけば、本研究の設定条件(図1)と同一の3種類の周波数分布が適切である。なお、高周波数帯域の騒音の多くは家庭内騒音のように 70dB(A) 以下の騒音である⁸⁾。そこで、騒音レベルが 70dB(A) を越える場合には、低周波数帯域と中周波数帯域の騒音について検討すればよいと考える。

話者間の距離は、実生活の会話時の状況から、60cm から 1 m の間に設定することが望ましいと思われる。また、この条件の会話音と騒音の比(S/N比)を採用することが合理的である。

会話音と騒音のレベル比(S/N)の条件設定について話者の声の大きさとして、普通の話声の大きさ、やや大声、非常に大声、呼び声の、すべてのレベルに設定するのがよい。静かな話声の大きさの設定も条件に加われ

ば、理想的である³⁰⁾。しかしながら、前述のすべての話声の大きさを検査すれば、時間も費やさず、被検者も疲労する。通常の会話では、極端な発声努力は行われないので、設定条件として普通の話声の大きさ(図5の実線)を示す S/N の選択が妥当である。

語音聴取能の検査成績は、一般に、用いる検査語表により左右される。検査語表の選択にあたっては、多様な問題がある。すなわち、会話頻出率、平均率あるいは異聴率に従って選択するのか³¹⁾、会話音、文章、文節、音章のどれを用いるのか、一音章か二音章か、無意味か有意か、語数は慣れや訓練効果、検査時間や被検者の疲労など、測定、採点、評価法にいたるまで、多くの問題点がある³²⁾。しかしながら、検査の目的が、補聴効果の評価に加えて、難聴者の社会適応能力の評価と聴覚障害の性質と程度の評価をおこなうことなので、それぞれが適切で鋭敏な検査語表を用いて、普遍的かつ合理的になされなければならない本研究では、通常の明瞭度検査に用いられる57式検査語表を用いた。前述した語音聴取能の検査の目的からこの語表を評価すると、この語表には種々の問題点がある³⁰⁾。しかし、現在のところ、これに勝る検査語表が一般化されていない。

われわれは、本研究結果で示した騒音下のコミュニケーションをおこなっている。補聴器選定の従事者は、これを熟知して、補聴器の適合や装用指導を行わなければならない。さらに、本研究で示した検査環境は、難聴者の社会適応能力と聴覚障害の程度を評価し、騒音下の補聴状態を適切に評価するうえで、極めて有用と考える。

総 括

本研究の目的は、騒音下のコミュニケーションの状態(会話音の明瞭度)を知るために、日常の騒音のレベルと周波数分布に関連づけて、話者の発声音レベルとそのレベルにおける会話音の明瞭度を解析することとした。同時に、これら騒音下の会話音の明瞭度を詳細に検討して、騒音下の補聴状態を知るための基礎資料を得ることを目的とした。

方法として、実験室内で作製した種々の騒音条件下に、対座させた被験者の発声音レベルと、そのレベルにおける語音明瞭度を求めた。被験者は、聴力正常な成人男女、14名とした。用いた騒音条件としては日常頻繁に遭遇する騒音を再現することを目的に、騒音レベルは、暗騒音レベル(40dB(A)), 50dB(A), 60dB(A), 70dB(A), 80dB(A) および 90dB(A) とした。騒音条件のう

ち周波数分布については、ピークを示す中心周波数が、4 kHz, 1.25kHz, 0.25kHz の3種類とした。被験者は57式検査語表を各騒音条件下に普通の声の大きさを音読し、対座する被験者は受話音を解答用紙に記入し、同時に復唱した。録音した被験者の発声音は、再生して、そのレベルを求めた。受話音を記入した解答用紙は、採点して明瞭度を求めた。

本研究で、騒音下の話者の発声音レベルは、騒音の周波数分布にかかわらず、騒音の感覚レベル(A-特性レベル)に対応して変化すると考えてよいと結論した。さらに、日常生活で遭遇する各騒音条件下における普通の声の大きさでの明瞭度を、母音および子音群別に詳細に求めた。

加えて、本研究結果を過去の報告と対比して検討し、騒音下のコミュニケーションの状態を考察した。これにもとづき、騒音下の補聴状態を適切に評価するための望ましい検査環境を考察し、提示した。

参 考 文 献

- 1) Kryter KD: Masking and Speech Communication in noise, "The Effects of Noise on Man", 46: Academic Press, New York, 1970.
- 2) Kryter KD: Effects of Ear Protective Devices on the intelligibility of Speech in Noise. J Acoust Soc Am 18: 413-417, 1946.
- 3) Korn TS: Effect of Psychological Feedback on Conversational Noise Reduction in Rooms. J Acoust Soc Am 26: 793-794, 1954.
- 4) Pickett JM: Limits of Direct Speech Communication in Noise. J Acoust Soc Am 30: 278-281, 1058.
- 5) Webster JC and Klumpp RG: Effects to Ambient Noise and Nearby Talkers on a Face-to-Face Communication Task. J Acoust Soc Am 34: 936-941, 1962.
- 6) Gardner MB: Effect of Noise on listening levels in conference telephony. J Acoust Soc Am 36: 2354-2362, 1964.
- 7) Gardner MB: Effect of Noise, System Gain, and Assigned Task on Talking Levels in Loudspeaker Communication. J Acoust Soc Am 40: 955-965, 1966.
- 8) 加納有二 広田栄子 小寺一興: 補聴の背景にある

- 環境騒音の分析 耳鼻臨床 75: 1417-1425, 1982.
- 9) Dunn HK and Farnsworth DW: Exploration of pressure Field Around the Human Head During Speech. J Acoust Soc Am 10: 184-199, 1939.
 - 10) Beranek LL: "Acoustics," McGraw-Hill, New York, 1954.
 - 11) Dunn HK and White SD: Statistical Measurements on Conversational Speech. J Acoust Soc Am 11: 278-288, 1940.
 - 12) Davenport WB Jr: A Study of Speech probability Distributions. M. I. T. Technical Report, No. 148, 1950.
 - 13) 三浦種敏 越川常治: 電気通信研究所, 研究実用化報告 4, 2, 261, 1955.
 - 14) Beranek LL: Noise control in office and factory spaces. 15th Annual Mtg Chem, Engr Conf, Trans Bull 18: 26-33, 1950.
 - 15) Pickett JM: Effects of Vocal Force on the Intelligibility of Speech Sounds. J Acoust Soc Am 28: 902-905, 1956.
 - 16) French NR and Steinberg JC: Factors Governing the Intelligibility of Speech Sounds. J Acoust Soc Am 19: 90-119, 1947.
 - 17) Webster JC: Relations between Speech-Interference Contours and Idealized Articulation-Index Contours. J Acoust Soc Am 36: 1662-1669, 1964.
 - 18) Licklider JC and Guttman N: Masking of Speech by Line-Spectrum Interference. J Acoust Soc Am 29: 287-296, 1957.
 - 19) Miller GA: The Masking of Speech. Psychol Bull 44: 105-129, 1947.
 - 20) 岩崎弘毅: 語音明瞭度と周波数域の研究 日耳鼻 62: 1726-1736, 1959.
 - 21) 三浦種敏 山口善司: 音声情報の知覚 聴覚と音声 397-477, 1980.
 - 22) Kryter KD and Whitman EC: Some comparisons between rhyme and PB-word intelligibility tests. J Acoust Soc Am 37: 1146, 1965.
 - 23) Miller GA, Heise GA and Lichten W: The Intelligibility of Speech as a Function of the Context of the Test Materials. J Exp Psychol 41: 329-355, 1951.
 - 24) 中田和男: 2. 音声の基本的性質 音声 日本音響学会編, コロナ社 6-62, 1978.
 - 25) Miller GA and Nicely PE: An Analysis of Perceptual Confusions among some English Consonants. J Acoust Soc Am 27: 338-352, 1955.
 - 26) Voiers WD: Performance evaluation of speech processing devices III: Diagnostic evaluation of speech intelligibility. Sperry Rand Research Center, Sudbury, Mass. CR-67-6 on AFCRL Contract AF19(628)-4987, 1967.
 - 27) Wang MD: A comparison of the effects of filtering and sensorineural hearing loss on patterns of consonant confusions. J Speech and Hearing Res 21: 5-36, 1978.
 - 28) 豊田厚二 後藤禎亮 中井義忠: 子音類別による語音明瞭度の検討 Audiology Japan 11: 374-379, 1968.
 - 29) 加納有二 椅田泰生 工藤多賀 小寺一興: 補聴器装用時の騒音下の MCL と語音明瞭度 Audiology Japan 27: 125-131, 1984.
 - 30) 切替一郎 他: VI. 語音による聴力検査, VII. 補聴器, 聴覚検査法 医学書院 97-128, 280-299, 1974.
 - 31) 関 正幸: 明瞭度検査語表の研究 日耳鼻 60: 399-407, 1957.
 - 32) 立木 孝: §5 語音聴力検査 聴力検査 南江堂 136-157, 1979.
-
- 稿を終えるにあたり, 御指導ならびに御校閲を戴いた鈴木淳一教授, 田中美郷教授に深く感謝致します。また本研究に際し, 絶えず御指導と御助言を戴いた小寺一興講師並びに当教室員各位に深謝致します。
- 本論文の要旨は, 第27回日本オーディオロジー学会総会で発表した。
-
- (原稿受付 昭和 59. 7. 31日)
- 別刷請求先 〒173 東京都板橋区加賀 1-11-1
帝京大学医学部耳鼻咽喉科学教室 加納有二