快適レベルの測定 ——新しい測定法の提案——

近畿大学医学部耳鼻咽喉科学教室（主任：太田文彦教授）

細井裕司, 吉岡靖弘, 太田文彦

東京大学医学部音声言語医学研究施設（主任：廣瀬肇教授）

今泉 敏

MEASUREMENT OF COMFORTABLE LOUDNESS LEVELS ——BASIC STUDY ON THE NEW METHOD——

HIROSHI HOSOI, M. D., YASUHIRO YOSHIOKA, M. D. and FUMIHIKO OHTA, M. D.

Department of Otorhinolaryngology, School of Medicine, Kinki University, Osaka

SATOSHI IMAIZUMI, Ph. D.

Research Institute of Logopedics and Phoniatics, Faculty of Medicine, University of Tokyo, Tokyo

A new, computer-assisted method based on paired comparison was devised for the measurement of most comfortable loudness levels. The outline of the method is as follows. A pair of stimulus sounds picked up at random by a computer from various sets of pairs is presented to a subject. From the pair presented, the subject is forced to select a sound which he feels more comfortable. The computer calculates the selection ratio of each stimulus sound in accordance with the subject's response at each time of pair presentation. The relationship between the selection ratios and the levels of stimulus sounds is determined from the graphs obtained from the experimental results.

Since the purpose of this paper is to introduce the new system, the experiment was performed in only 2 subjects and 1000Hz pure tones as stimulus sounds. When the maximum out-put level of the stimulus sound was specified by an examiner, 5 levels of stimulus sounds were registered in the computer on the basis of the maximum out-put level specified. Then the computer arranged all the permutations and combinations of stimuli in pairs except pairing of the same level sounds. Twenty pairs were thus prepared. Each stimulus pair was presented to a subject who was requested to select a more comfortable loudness. From each stimulus pair presented to the subject into his right ear through a headphone in a sound-proof chamber, the subject selected a more comfortable stimulus and notified the examiner his selection using 2 push-buttons. After input of the subject's response into the computer, a following pair of stimuli was presented to the subject. Twenty stimulus pairs composed one unit, and 5 units were used in this experiment. The computer performed unit-by-unit calculation of the selection ratio in each stimulus. The selection ratios in 5 units were finally summed up after all processes were finalized.

Graphic presentation of the relationship between the sound pressure levels and selection ratios indicates not only the most comfortable loudness level of each subject but also the reliability or

stability of judgement of each subject. The 2 series of graphs obtained from 2 subjects revealed different patterns. This indicates a difference in the reliability or stability of the judgements between these 2 subjects.

The new method for measurement of MCL was proposed. The usefulness of this method was described in 2 cases.

Key words : MCL, 新測定法, 1 対比較法

A90-0730-20092

I はじめに

快適レベル (most comfortable loudness: MCL) は補聴器の評価や語音弁別能検査の際、重要な指標である。しかし、これまで、MCL の測定、MCL ときこえのダイナミックレンジ、MCL と語音明瞭度の関係について、多くの研究がなされてきたにもかかわらず、各研究者間の意見は統一されていない¹⁾²⁾³⁾。その原因の1つとして、MCL 測定の困難さが挙げられる。

我々は、1 対比較法を基本とするマイクロコンピュータを用いた新しい MCL の測定法を考案し、従来の測定法では得られなかった情報を抽出することに成功した。本稿では、純音に関する MCL の測定の方法を中心に述べることにする。

II 方 法

1. 被験者

本論文は、測定法について述べることを目的としたので、被験者は A, B の 2 名とした。2 名の被験者は、いずれも 20 歳台の聴力正常者 (新 JIS 規格オーディオ

メータで 125 Hz~8000 Hz の 7 周波数の聴力レベルが 15 dB 以内) で、聴力に関する病歴のない者を選んだ。また、2 名共過去に本法による実験は経験していない。

2. 実験装置

図 1 に実験装置⁴⁾を示す。刺激音は、アイ電子測器のマイクロコンピュータ ABC-26 を基本に、3 チャンネルの D/A コンバータを用いて提示する。1 チャンネルは刺激音を出力し、他の 2 チャンネルは利得係数を出力し、2 チャンネルの積算回路を通して刺激音圧を制御する。D/A コンバータのサンプリング周波数は 33.3 kHz、1 個の刺激音の長さは 0.5 秒、対内間隔は 1.5 秒とする。8 インチのフロッピーディスクに純音のライブラリーを作り、使用する。

3. 測定法

被験者は、検者や実験装置とは別の防音室に入り、実験を行う。被験者はヘッドホンを用いて右耳から刺激音を聴取し、押しボタンを用いて反応する。検者は、刺激音の周波数と最大刺激音を選択する。それととも

図 1 実験装置

に、誤入力を防ぐために、被験者の反応は検者がコンピュータに入力する。

実験装置は各種の周波数音を出力できるように設計してあるが、本実験では、刺激音として、1000 Hz 純音のみを用いた。出力される最大の音圧レベルを検者が指定すると、コンピュータはその最大音圧レベルから 5 dB ずつ減衰して、5 つのレベルの音を出力するようになっている。例えば、90 dB SPL を最大出力レベルとして指定すると、90 dB SPL, 85 dB SPL, 80 dB SPL, 75 dB SPL, 70 dB SPL, の 5 つの音圧レベルで出力するように設計されている。コンピュータは、この 5 つのレベルについて、同一レベルの組み合わせを除く、すべての順列組み合わせ 20 対を作り、その組み合わせを乱数化して、1 対ずつ被験者に提示する。

被験者は、各対のうち、より快適な刺激音を選択し、押しボタンによって検者に選択結果を通知する。被験者に「同じ」位快適という反応は許さず、二者択一の強制判断とする。検者が被験者の反応を入力し、1 秒後に、次の刺激対を提示する。

すべての組み合わせの刺激音の提示を 1 単位とし、1 単位の実験終了後、各刺激音の選択率をコンピュータが計算する。この作業を 5 回繰り返す、最終的には 5 単位の選択率を加算する。

第 1 単位終了後、準備した 5 つの刺激音のうち、最大音圧レベル、または最小音圧レベルの選択率が一番高かった場合は、そのレベルが 5 つの音圧のうち最大または最小にならないように、検者が最大刺激音圧を

選択し直し、実験をやり直す。

本実験では、5 dB ステップで 5 つの音圧レベルを用いたが、実験装置は、1 dB ステップ以上、何 dB ステップでも可能で、使用する音圧レベルの数に制限はない。

III 結 果

2 名の被験者について、本法による検査結果を示す。
被験者 A の実験結果

図 2(a)(b)(c)は、被験者 A についての MCL 測定結果である。横軸には、実験に用いた刺激音の音圧を SPL で示した。縦軸には、各刺激音圧が一对比較でより快適として選択された選択率を % で表示した。図 2(a)の点線は 1 単位目、実線は 2 単位目、図 2(b)の点線は 3 単位目、実線は 4 単位目、図 2(c)の点線は 5 単位目、実線は 1 単位目から 5 単位目まで加算した場合の各刺激音圧の選択率を結んだものである。

これらのグラフから、次の 3 つのことがわかる。第 1 に、本実験の総合結果である、図 2(c)の実線で示された 5 単位加算の結果から、70 dB SPL がより快適な刺激音圧として最も多く選択されていることがわかる。その選択率は、92.5 % できわめて高い選択率となっている。第 2 に、5 単位加算の結果は、図 2(c)の実線からわかるように、70 dB SPL を頂点とする尖鋭な山型となっている。この形は、70 dB SPL がその両側の 65 dB SPL, 75 dB SPL と比較して十分に大きい選択率をもっていることを示すと共に、隣り合う音圧に

図 2 被験者 A の実験結果
(刺激音の音圧と選択率の関係)

ついても順序よく選択されていることを示している。第3に、図2(a)(b)(c)に示した各単位ごとの結果から、1, 3, 5単位目は、70 dB SPL を頂点とする山型を示しており、その形状の類似度は極めて高い。2単位、4単位はやや異なっているが、1単位から5単位までを通して大きい変動はないことがわかる。

以上の3点より、被験者Aの場合、1000 Hz 純音のMCLは、70 dB SPL であり、尖鋭なピークをもつ山型から、その判断は明確なことで、また、5回の施行の推移から、判断の安定性も高いと思われた。

被験者Bの実験結果

図3(a)(b)(c)に被験者Bの測定結果を示した。縦軸、横軸、グラフ中の線については被験者Aの場合と同様で、図3(a)の点線は1単位目、実線は2単位目、図3(b)の点線は3単位目、実線は4単位目、図3(c)の点線は5単位目、実線は1単位目から5単位目まで加算した場合である。

図3についても、被験者Aの場合と同様の3点について検討してみる。第1に、最大選択率を示した音圧は、図3(c)より、5単位加算で60 dB SPL となっている。しかし、その選択率は70%と被験者Aに比し低い選択率である。第2に、2番目の選択率と3番目の選択率をとる刺激音圧は、5単位加算でそれぞれ65 dB SPL と55 dB SPL で、最大選択率を示した60 dB SPL の両側に位置しているが、その差は、10%、12.5%と小さく、比較的平坦な山型の形状をとっている。第3に、図3(a)(b)(c)に示した各単位ごとの結果を

みると、各単位ごとに最大選択率をとる音圧やグラフの形状は異なっており、相当の変動が認められる。

以上のことから、被験者Bの1000 Hz 純音のMCLは、60 dB SPL と考えられるが、被験者Aに比し、選択判断の明確性、ならびに安定性は劣る。

IV 考 案

1. MCL の測定法について

多くの研究者によって、純音、雑音、語音についてのMCLの測定が研究の対象とされてきた¹⁾²⁾³⁾⁵⁾⁶⁾。また被験者についても、正常被験者、聴力障害者の両方についての研究成果が発表されている³⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾。

純音に対するMCLについての最初の包括的な報告は、Pollack によってなされた⁹⁾。測定は、「提示音がかつとも快適なレベルになるまで、被験者がオーディオメータのダイヤルを調整（被験者にダイヤルの目盛は見せない）」する方法で行われた。単耳聴と両耳聴による差、1回目と再測定の差などの検討の他に、MCL測定実験とは別に、被験者が快適と感じるレベルの下限と上限の測定も同時に行った。

Ventry ら¹⁰⁾は、やはり調整法を採用しているが、ベクシー型オーディオメータを改造して使用し、減衰速度(2.5 dB/sec と 1.25 dB/sec)による相異、一定の音圧に保つことが可能なスイッチと従来のスイッチを使用した場合の比較などの検討を行っている。

Dirks ら²⁾は、提示音が快適レベルなら「yes」のボタンを、それより大きいのか、小さいレベルなら「no」

図3 被験者Bの実験結果
(刺激音の音圧と選択率の関係)

のボタンを押すことによって、被験者に反応させる方法を用いた。

しかし、MCL の測定結果については、研究者間で異なり、信頼性についての疑問が持たれている⁵⁾⁶⁾⁹⁾¹⁰⁾。この原因として、測定法の研究者間の相異や、MCL を判断する際の基準の不確かさが指摘されている²⁾。Woods ら⁹⁾は、ベケシー型オージオメータを用いた実験で、上昇法と下降法で約 18 dB の差があると述べている。

Berger ら¹¹⁾は、明確な 1 つのレベルというよりある範囲と考えるべきと主張している。

このように、MCL の測定法、MCL の幅、MCL の信頼性が議論的になっていることから、これらを同時に測定できる可能性のある方法として、本法を提案した。本論文は、測定法を述べることを主眼としているため 2 症例の報告にとどめたが、本法の一般的な価値については症例を増やし、別稿で述べたい。

2. MCL の幅

Pollack は⁵⁾、被験者が快適と感じるレベルの下限と上限の測定を、MCL 測定とは別に行っている。宝達ら²⁾は、被験者に提示音を 5 段階評価させ、MCL の幅の検討を、MCL 測定とは別に行っている。同一被験者において MCL が幅を持つことは、一般に指摘されている³⁾⁶⁾が、一体どのような幅を持つのかなどの疑問は解消されていない。

本法では、被験者 A と B を比較してわかる通り、A では尖鋭な頂点を持つ山型となっている。これに対し、B では 5 単位加算において、60 dB SPL に明確な頂点を持っているので、MCL は 60 dB SPL と考えられるが、A に比しなだらかな山型を形成している。MCL の幅に関する研究者間の統一された定義はないが、A と B を、MCL を示すピーク値からの傾斜の緩急で見る限り、A に比し B の方がより大きい幅を持つ可能性が示唆される。このように本法は、MCL の測定と同時に、MCL を示す音圧と、その周囲の音圧の選択率の関係も表現できる可能性をもっている。

3. MCL 判断の信頼性

過去の文献¹⁾³⁾⁵⁾においては、信頼性の検討は初回検査と数時間以上後の再検査のデータを比較して行われている場合が多い。本法は、短時間内に行われる 1 回の MCL 測定の過程をグラフに表現することができ、各被験者の検査中の判断過程を追跡することができる。図 2 (a)(b)(c)、3 (a)(b)(c) に各単位の結果を示したが、被験者 A では、各単位間のばらつきが少なく、比較的

一定した判断をしているのに対し、B では、実験中、判断に変化がうかがえる。つまり、1 単位目から 5 単位目まで異なった形状を示し、各単位で異なった判断をしている様相が把握できる。

このように、表現された MCL 判断の過程を比較すると、A の方が B より判断が一定しており、その意味において、MCL を一点で測定しようという場合は、A が B より信頼性が高いと考えられる。

V ま と め

再テストを要さず、1 回の MCL 測定で、同時に、MCL の幅、MCL 測定の信頼性について検索できるシステムを考案したので、純音の MCL 測定について、その測定の方法を報告した。

文 献

- 1) Ventry IM and Woods RW : Most comfortable loudness for pure tones, noise, and speech. J Acoust Soc Am 49 : 1805-1813, 1971.
- 2) Dirks DD and Kamm C : Psychometric functions for loudness discomfort and most comfortable loudness levels. J Speech Hear Res 19 : 613-627, 1976.
- 3) 宝達千佳, 松平登志正, 相野田紀子, 山下公一 : きこえのダイナミックレンジと快適レベルとの関係. Audiology Japan 27 : 118-124, 1984.
- 4) 太田文彦, 今泉 敏, 細井裕司, 玉木克彦 : PAST 法—耳鳴の新しい聴覚心理的検査法—. 耳鼻と臨床 30 : 1000-1004, 1984.
- 5) Pollack I : Comfortable listening levels for pure tones in quiet and noise. J Acoust Soc Am 24 : 158-162, 1952.
- 6) Woods RW, Ventry IM and Gatling LW : Effect of ascending and descending measurement methods on comfortable loudness levels for pure tones. J Acoust Soc Am 54 : 205-206, 1973.
- 7) Ventry IM and Johnson JI : Evaluation of a clinical method for measuring comfortable loudness for speech. J Speech Hear Dis 43 : 149-159, 1978.
- 8) Posner J and Ventry IM : Relationships between comfortable loudness levels for speech and speech discrimination in sensorineural hearing loss. J Speech Hear Dis 42 : 370-375, 1977.
- 9) Kamm C, Dirks DD and Mickey MR : Effect of sensorineural hearing loss on loudness discomfort

level and most comfortable loudness judgements.
J Speech Hear Res 21 : 668-681.

- 10) Davis H, Hudgins CW, Marquis RJ et al : The selection of hearing aids. Laryngoscope 56 : 85-115, 135-163, 1946.
- 11) Berger KW and Lowry JF : Relationships between various stimuli for MCL. Sound 5 : 11-14, 1971.

本研究は昭和 60 年度文部省科学研究費 (奨励研究(A)課題
番号 60771383) ならびに, 昭和 61 年度近畿大学学内研究助
成金 (科 27) の補助を受けた。

(原稿受付 昭和 61.6.2 日)

別刷請求先 〒 589 南河内郡狭山町西山 380

近畿大学医学部耳鼻咽喉科学教室 細井裕司