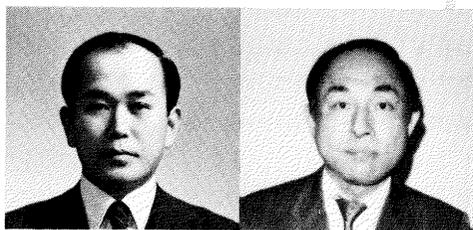


## —62年度助成研究報告—

# 自由音場における等ラウドネス周波数特性の研究



東北大学電気通信  
研究所

教授 曾根敏夫

工業技術院電子技術  
総合研究所 音響研究室

室長 三浦 甫

### 1. 本研究の背景

同じ音圧でも、周波数によって音の大きさの感覚(ラウドネス)が異なるということは、古くから知られていたが、1930年頃 Fletcher and Munson<sup>(1)</sup>その他によって等ラウドネス曲線がつけられた。これは、さまざまな周波数の純音について1kHzの場合と同じ大きさに聞こえるレベルを求め、これを結んだものである。これを基にラウドネス計算方法が考えられたばかりでなく、騒音計のA特性、B特性が作成されるなど、それは音の評価・計測の重要な基礎となった。現在、ISO(国際標準化機構)の推奨規格ISO R226-1961(自由音場聴取条件の下での純音の正常等ラウドネスレベル曲線、なおこの規格は1987年に国際規格に昇格している)に採用されているのは、1950年頃、Fletcher and Munsonの実験には手法上問題があるとして Robinson and Dadson<sup>(2)</sup>によってつくられた等ラウドネス曲線である。

この曲線は、前のデータと比べて、中程度のレベルにおいて、400~500Hz付近が垂れ下がった形となっている。しかし、これは新たな実測結果と合わないこと等が指摘され、1985年のISO/TC43総会において、R226を改訂するという決議が採択された。その後のTC43メンバー国の投票で、正式に新規課題となった。現在のところデータの作成に参加を表明している国は、わが国(本グループ)と西ドイツ(ミュンヘン工科大、オルデンブルク大、PTB)のみであるが、従来のもとの英国だけのデータから、真の意味の国際的データに

変わることが期待されている。

筆者の一人(曾根)は、1987~1988年にかけて、ミュンヘン工科大、オルデンブルク大を訪れ、自由音場条件の実現方法、旧データとの差の原因など、この問題に関する共通の検討課題について話し合った。今のところは、我々の研究が先行しており、国際学会(INTER-NOISE87)でデータの一部を発表するなど注目を集めている。以下、我々の現在までの実験について述べ、今後の課題等を概観したい。

### 2. 現在までに行われた実験の概要

等ラウドネス特性は、1kHzの純音を基準として、phonという単位を用いて表される。例えば、ある音が、1kHz40dBの純音と同じ大きさに聞こえたとすれば、この音のラウドネスレベルは40phonであるという。我々は、これまでに20phonと40phon、70phonの等ラウドネス特性を求めている。また、最小可聴値についても、実験を行っている。

等ラウドネス特性を求めるには、さまざまな周波数の純音を、1kHzの純音と対にして聴取させ、この結果を基に同じ大きさと判断されるレベルを求めるという手順を踏む。この際、実験手法としては、被験者が音のレベルを調節して同じ大きさであると判断したときの値を採用する被験者調整法と、実験者が予め様々のレベル差の刺激音対を用意しておいて、対のうちどちらが大きいかを強制的に判断させる恒常法の2つの方法が考えられ

る。我々は、実験時間は多くかかるが精度がよい恒常法を用いて実験した。また、その結果は最尤推定法と呼ばれる方法で処理し、被験者の聴取した結果を有効に利用するよう努めた。

最小可聴値については、極限法によって測定した。これは、音が確実に聞こえるレベルから少しずつレベルを下げていって聞こえなくなるところを求め、次には逆に、聞こえないところからレベルを上げていって聞こえるようになる点を求めるという操作を多数回繰り返して域値を求めるという手法である。

これらの実験は、世界第一級の電子技術総合研究所（電総研）大無響室（9.5×8.0×7.2m）において行われた。被験者は20歳から25歳の男子20名、女子13名、計33名であった。これらの被験者はつくば市内の大学の学生が主であった。

### 3. 実験の結果について

今回得られた等ラウドネス特性をを図1に示す。この図には Fletcher and Munson による等ラウドネス曲線と、現在の ISO の規格も合わせて示してある。この図を見てまず気が付くのは、我々の実験結果では、今回の再検討の発端となった、ISO の規格にみられる400Hz 付近の凹部が全くみられないことである。低周波数から1000Hz 付近までは、周波数が高くなるにつれて音圧レベルが単調に低くなる傾向をしめしている。これは、むしろ Fletcher and Munson の特性に近いものである。

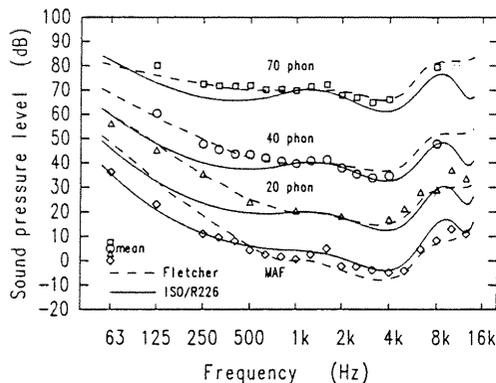


図1. 等ラウドネス特性の実験結果。記号は被験者ごとに求めた結果の平均値である。MAFはMinimum Audible Field（最小可聴値）を意味する。図中実線は現在のISO推奨規格、破線はFletcher and Munson曲線である。

この図には、最小可聴値の測定結果も示してある。最小可聴値の全体的な傾向としては、等ラウドネス特性とは違って、ISOの規格に似た特性が得られている。電総研の大無響室の暗騒音レベルは現在の最新鋭の測定器をもってしても測定不可能なほどひくいのであるが、被験者によってはこの測定限界と同程度の低い域値を示すものがありいささか驚かされた。また、このような被験者の最小可聴値が、聴覚系の限界なのか、無響室の暗騒音により制限を受けた値なのかを明らかにするため、これまでの限界を越えたいきわめて低いレベルの音圧測定を行うことが新たな課題となった。

### 4. 本研究のこれから

今回の訪欧において、西ドイツでの予備的検討の結果も、我々の実験結果と一致していて、400Hz 付近のたるみはやはりみられないことが判明した。このため、現在のISOの規格は全面的に見直されることになろう。そうであるとすれば、本研究はその緒についたばかりという状況であり、今後、さらに広い周波数範囲とレベルについて実験を進めてゆく必要がある。また、極低レベル音圧測定という課題も生じている。今後、日本と西独以外に参加する可能性のある国への呼び掛けも含めて、他の国の研究機関とも情報を交換しつつ研究を進めてゆきたい。

このような研究が可能となったのは、世界に誇り得る設備（電総研無響室）が存在したこともあるが、研究のきっかけとなるサウンド技術振興財団からの財政的支援があったからであり、その意義は大きいものと感謝申し上げる。また、低周波域で使用した大口径低歪スピーカーは三菱電機の提供によることを付記して感謝する。

### 参考文献

- (1) H. Fletcher and W. A. Munson, "Loudness, its Definition, Measurement and Calculation," *J. Acoust. Soc. Am.* 5, 82-108 (1933)
- (2) W. D. Robinson and R. S. Dadson, "A re-determination of the equal-loudness relations for pure tones," *Br. J. Appl. Phys.* 7, 166-181 (1956)