

斎藤真司 (ヤクモ工業 株式会社) 寺尾 道仁 (神奈川大学 工学部)

1. 序

音環境保全に関して、建築基本計画段階で想定される各種音源のパワレベルが資料として重要であるが、居住環境に存在する各種機器のパワレベルの形でのデータは少ない。

ここでは、主として、(1) 家庭用機器などをはじめとするパワレベルの資料を得ること。(2) 動力、重量などの得やすい量による簡単な予測式を導くこと。を目的としている。また、ここで、パワレベルの測定に用いた置換音源法についても、音源・音場 等について検討した。

2. 測定方法

図1 に、ここで用いた置換音源法の測定系統図を示す。測定対象の音源機器による受音点音圧、及び、この音源機器と置きかえた (測定対象音源機器が移動できない場合には、その近傍に置いた。) 基準音源による音圧をテープレコーダに収録した後、実験室に持ち帰り周波数分析し、図中の式(1)により、1/3 オクターブバンドパワレベルを求めた。

本報告では、測定精度の目標を ISO 規格 1975~79 の 6規格) における精度クラスの Precision と Servey class との中間位にあたる Engineering class に設定した。パワレベルの測定法としては、これを満足し、かつ、測定対象の音源機器類を 残響室などの特別な音場に搬入する必要がない 置換音源法を採用した。

3. 置換音源法における音源と音場

基準音源として、ビータ付き形式の掃除機 (機械

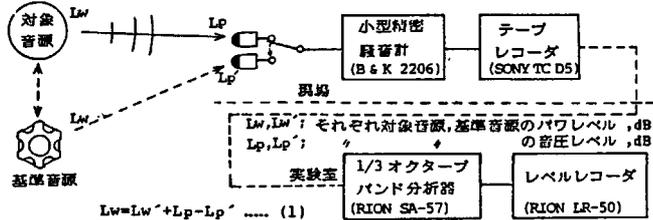


図1 置換音源法における測定系統図

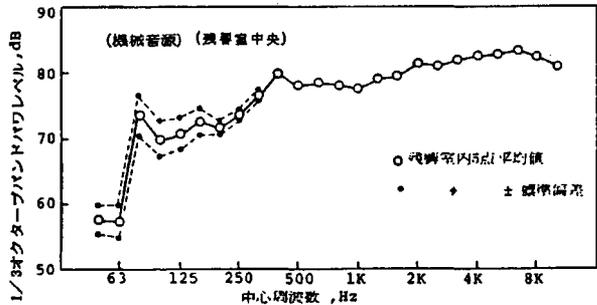


図2 基準音源の周波数特性

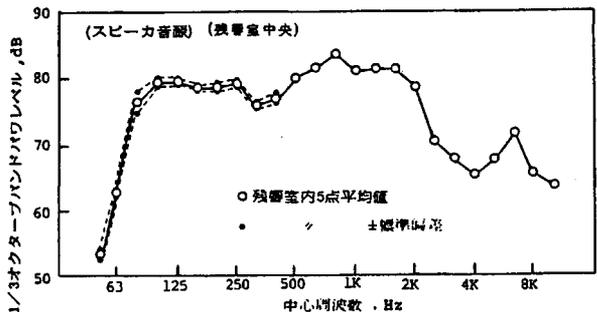


図3 基準音源の周波数特性

的基準音源) とスピーカ (駆動雑音信号の供給は、電力増幅器付きのテープレコーダによる) による基準音源の 2種類を作製した。

図2 および 図3 に、残響室で測定した それぞれ

* On acoustic power radiated from machinery and tools of residential use.
By Shinji Saito (Yakumo Industry Co., Ltd) and Michihito Terao (Kanagawa university)

のパワレベルを、また、表1に、両基準音源の指向性を示す。いずれのパワレベルも、現場測定として適当な出力を持つが、機械音源の場合、160 Hz 以下の低域で測定ごとの変化がみられる。しかし、この音域では、後述するように、音場による出力の変化も大きいことを考慮して、音源自体のこの音域の安定性の追求はこれ以上行わず、以後の測定を行うことにした。

基準音源の出力は、経時変化が考えられるため、適時残響室で測定した。前半は、主として、機械的音源を用いたが、後半は、掃除機のビータの摩耗により出力レベルの変化が激しくなったため、スピーカ音源で測定している。

図4は、同一の機器について、その置かれる場所と壁面との関係による音響出力の変化を調べた例である。図4は、掃除機を音源として残響室内で測定したものであるが、125 Hz 以下の低域において、音源がコーナ(3壁面の角近傍)に置かれるときの方が、(壁面から離れた)中央に置かれるときより、5~10 dB 出力が増加している。これに対して、500 Hz 以上の周波数域では、ほとんど変化は見られない。

図5は、このような壁面の音響出力に対する影響について、残響室において、やや詳しく調べたものである。ここに示した例は、1壁面のみ関係する場合であるが、壁面より $1/4 \lambda$ 以上近傍に置かれるときに最大出力となり、約3 dBである。(2壁面による角の場合には、約6 dBであった。)

実際には、同一機器でも使用される壁面との関係位置は異なり、また、音源の形状、寸法や近辺の壁面の反射率なども変化するため、これらの条件をすべて適確に記述し、測定結果に反映させることは困難と判断し、以下の各機器に対する測定結果は、音源機器の近傍に壁面がない場合の値で整理している。したがって、式(1)の基準音源のパワレベル L_w' には、基準音源が残響室中央点に置かれた場合の値を用い

表1 機械音源(無響室)、スピーカ音源(室外の場合)の指向性の比較(標準偏差, dB)

方向	中心周波数	125	250	500	1k	2k	4k
水平	スピーカ	0.4	0.4	0.2	0.3	0.5	0.9
	機械音源	0.5	0.6	1.0	0.4	1.1	0.6
垂直	スピーカ	0.3	1.2	1.6	2.0	1.9	2.1
	機械音源	0.8	1.4	1.3	1.6	1.5	0.8

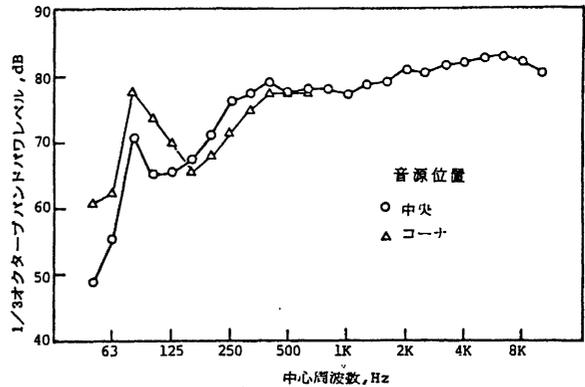


図4 壁面条件の違いによる音響出力の変化

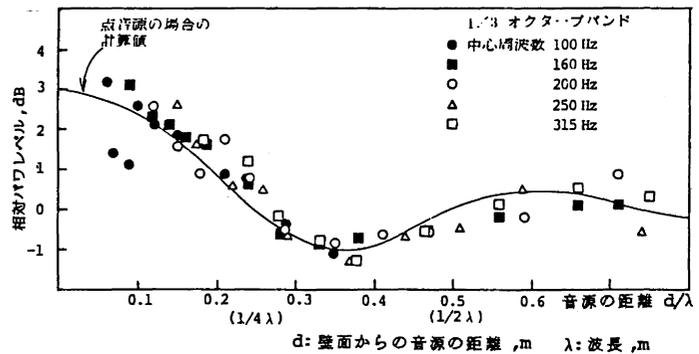


図5 壁面からの音源の距離と相対パワレベル

いている。

4. 居住環境に存在する機器の音響出力

ここで、パワレベルの測定結果が得られたものは、主として、家庭用機器、すなわち、掃除機(17)、洗濯機(5)、ヘアドライヤ(7)、扇風機(8)、電動工具(13)、ミシン、ミキサー、電機カミソリなどであり、そのほかには、水洗トイレの排水音、空気調和機、工作機械、そして締固め機械などの例も含んでいる。

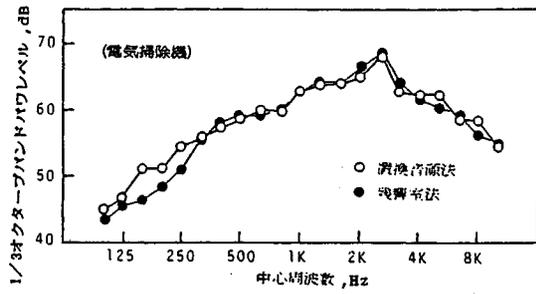


図6 置換音源法と残響室法との比較

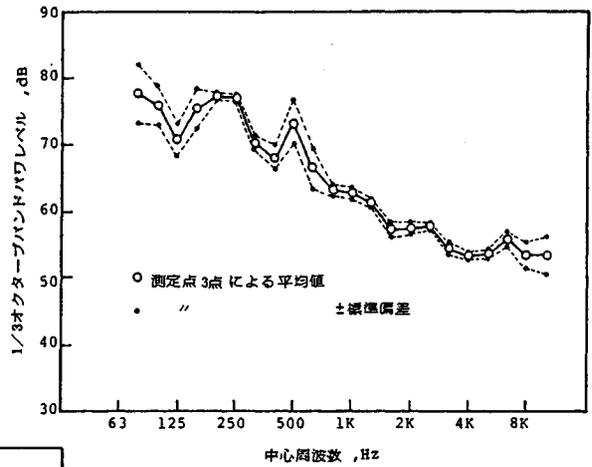
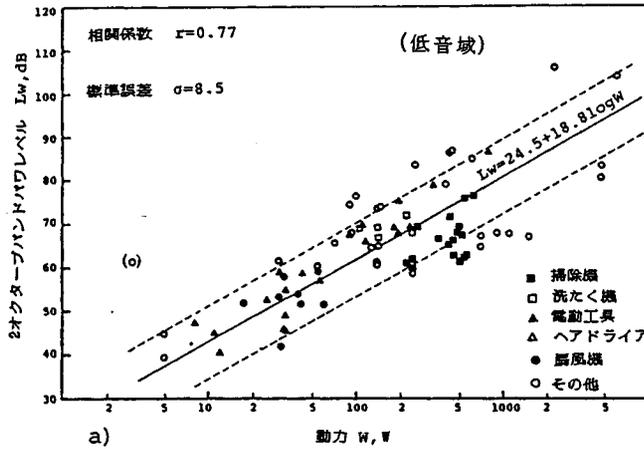
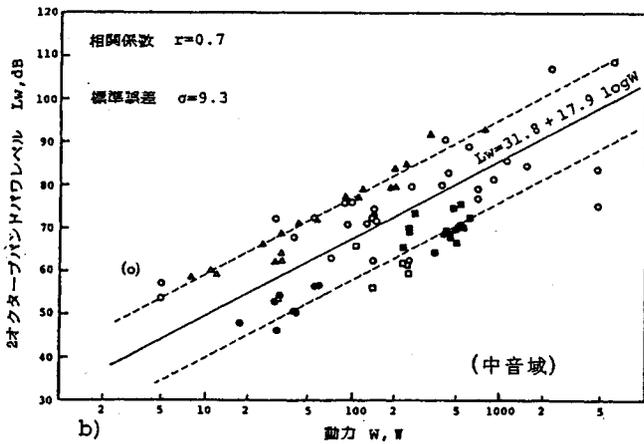


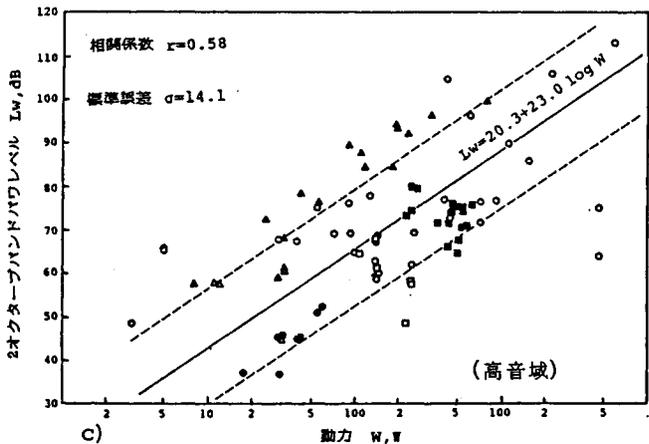
図7 空気調和機のパワレベル



a)



b)



c)

図8 バンドパワレベルと動力との関係

また、パワレベルに関する要因には、いろいろあり、ここでは、各種機器に共通する主要因として、動力を選びその測定も行った。なお、この場合の動力とは、使用電力、 W 、あるいは定格値としている。また、複次的要因として、機器の重量、 kg 、容積、 l 、を測定した。

図6に、電気掃除機の例について、パワレベル測定結果を置換音源法と残響室法とを比較して示した。置換音源法では、測定点を1点としたが、残響室法によるパワレベルとよく一致している。

図7は、点音源への設定、指向性、基準音源との置きかえなどの点で、置換音源法が難しい場合として、機械室内の空気調和機のパワレベルを調べた結果である。この場合は、基準音源を対象音源（空気調和機）の近傍に置き、また、受音点も3点とした。測定結果は、置換音源法による3点平均値とその標準偏差で示した。

以上のように、置換音源法による測定結果は、比較的測定が容易にもかかわらず、ISOの精度区分の測定方法のほぼ、Engineering methodに相当している。

以下のパワレベルは、この測定精度と音場条件等を考慮し、対策上必要な周波数的情報を含むものとして、低、中、高の3つの帯域に分けて整理するものとした。

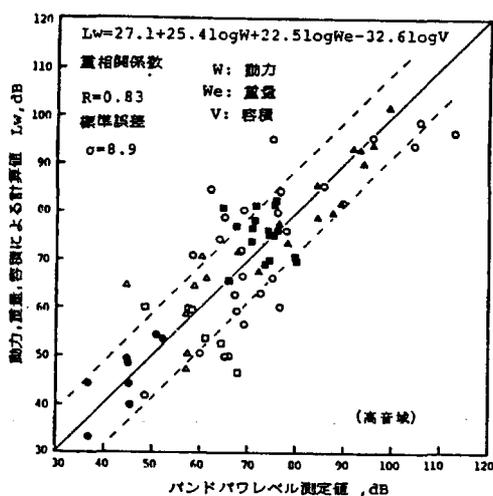


図9 バンドパワーレベルの計算値と測定値との比較

5. パワレベルの定式化

図8のa)~c)に動力とパワーレベルとの関係を、低音域2オクターブバンド(中心周波数125Hz, 250Hz)、中音域2オクターブバンド(中心周波数500, 1k Hz)、高音域2オクターブバンド(中心周波数2k, 4k Hz)のそれぞれ3つの音域のパワーレベルに分けて示した。低音域では、動力だけの予測要因でも、標準誤差8.5 dBの精度で実測式が得られた。なお、(o)印は、小型ポンプで、純音成分の卓越が原因と考えられる。また、中音域の場合、標準誤差9.3 dBの実測式が得られた。しかし、高音域では、種類の違いによるばらつきが大きく、標準誤差が約14 dBとなり、動力だけによる予測では誤差が大きい。

そこで予測要因に重量と容積とを加え、パワーレベルと予測要因との関係を、

$$L_w = d + a \log_{10} W + b \log_{10} W_e + c \log_{10} V$$

(ここでW:動力, w, We:重量, kg, V:容積, l)の形とみなし、重相関法によりそれぞれの係数を求めた。図9に、高音域の場合の重相関法による計算値と測定値とを比較して示す。さきの動力だけの回帰に比べると、種類の違いによるばらつきも小さくなる傾向が見られ、標準誤差が約9 dBとかなり式の精度が向上した。なお、中音域、低音域の重回帰式、重相関係数、標準誤差は次の通りである。

(中音域)

$$L_w = 36.2 + 18.3 \log_{10} W + 17.7 \log_{10} W_e - 20.7 \log_{10} V$$

$$R = 0.84, \sigma = 6.8 \text{ dB}$$

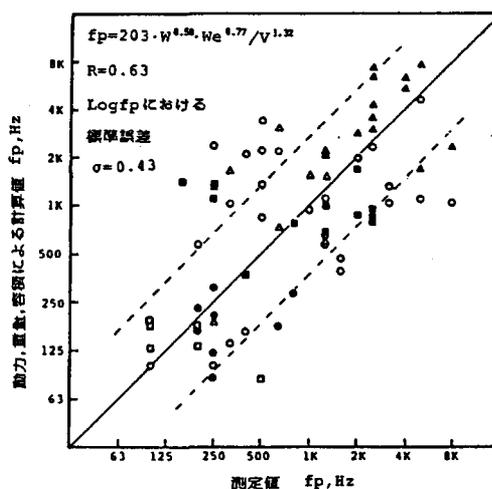


図10 主要成分周波数 fp の計算値と測定値との比較

(低音域)

$$L_w = 25.2 + 18.9 \log_{10} W + 5.5 \log_{10} W_e - 5.7 \log_{10} V$$

$$R = 0.78, \sigma = 8.4 \text{ dB}$$

中音域では、標準誤差が動力だけの場合よりやや式の精度が良くなっているが、低音域の場合は、ほとんど変化がなく、動力がパワーレベルの支配的要因と考えられる。

主要成分周波数(スペクトルのうち、最も高いレベルを有する1/3オクターブバンド中心周波数で表わした) fpについても動力、重量、容積との関係を調べてみた。重相関法による計算値と測定値とを比較して図10に示す。log₁₀ fpに対する標準誤差が0.43 (fpの標準誤差は計算値の約1/3から3倍)となり、ここであげた3要因のみでは、主要周波数成分を予測することは難かしいものと考えられる。

6. 結論

居住環境に存在する各種機器の音響出力を置換音源法により測定した。測定機器の数、約80について、低、中、高音域の2オクターブバンドパワーレベルで整理した結果、低音域、中音域では、動力1要因のみにより、標準誤差がそれぞれ、8.5 dB, 9.3 dB また高音域では、動力、重量、容積の3要因による標準誤差 約9 dBの実測式が得られた。

参考文献

斎藤・寺尾：日本音響学会講演論文集
昭和55年10月 P279~280