

2006年夏 TIC インターンシップ レポート

騒音計測と無響室の評価

筑波大学

第3学群工学基礎学類3年	阪口嘉一
第1学群自然科学類3年	北畠惇史
数理物質科学研究科 物理学専攻5年	浜谷光吉

監修

ツクバリカセイキ 株式会社

1. 緒言

近年、PC 等冷却の必要から小型ファンを搭載する電子機器の普及、また H15 年に施行された改正建築基準法による換気設備設置の義務付け等により、ファンは我々にとってより身近な存在となった。このような生活に根ざしたファンに対し、ユーザーのニーズはより騒音の小さなものへと向かっている。

そのような中、ツクバリカセイキでは、低騒音ファンの騒音計測システムの開発、及びファンの低騒音化技術の開発に着手しようとする動きがある。微小な騒音を正確に測定するには、外界の騒音から隔離された、反射音が少ないような空間が必要となる。そこで今年の 7 月末、ツクバリカセイキ本社一階に小型の無響室が設置された。今回の実験は、開発の前段階として、この無響室の性能を検証するのが目的である。無響室の性能として、次の三点の性能を実験により測定する。

暗騒音レベル

遮音性能

逆自乗特性

暗騒音レベルとは、無響室内における測定対象音源の発生音以外のすべての音のことである。遮音性能とは、無響室が周囲の騒音をどれだけカットできるかという性能のことである。逆自乗特性とは、無響室がどれだけ自由音場に近い空間かを示すもので、自由音場においては音源から距離が 2 倍になるごとに騒音レベルが 6dB 減衰する。

特に、の性能については JIS Z 8732 が定める試験室の満たすべき性能とされているので、出来る限りの条件で、無響室がこの規格を満たしているかも検証した。

2. 予備実験

本実験を行う前に、予備実験を行った。

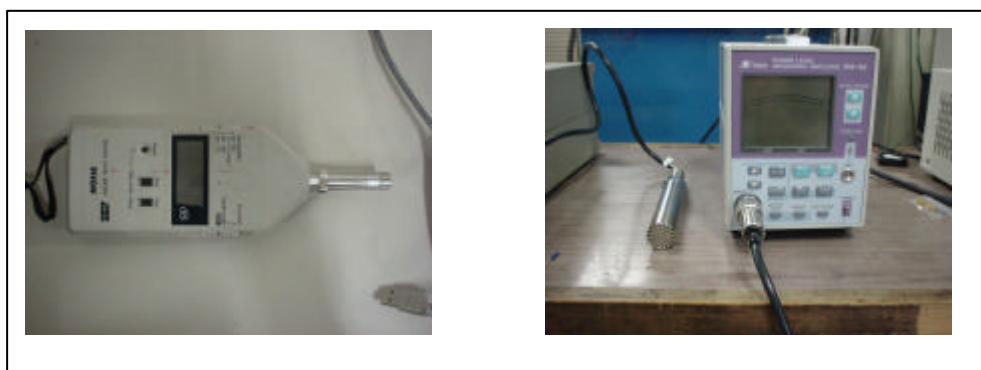
・、の試験の準備

、の性能を測定する実験を行う際、無響室の中と外で 2 つの測定器を用いなければならないが、現在 TRS がもつ 2 つの測定器は機種が異なる。1 つは株 RION 製の騒音測定器 NA-24 である。もう 1 つは同じく株 RION 製の騒音測定器 NA-42 である。

(図 1)

図 1. 騒音計 NA-24

NA-42



そこでこの2つの測定器で同じ音を測定し、出力された騒音レベルを比較した。実験は5つの周波数ごとに行った。結果は表1のようになった。

表 1

周波数 (Hz)	NA-24 (dB)	NA-42 (dB)	差 (dB)
100	71.5	71.1	0.4
400	86.5	86.3	0.2
1000	86.3	87.4	-1.1
4000	90.3	88.5	1.8
10000	79.6	80.9	-1.3

このように2つの騒音測定器は同じ音に対して、ほぼ同じ出力を行うことがわかった。よってこれらを用いて、 の実験を行うことにした。

3. 実験の方法

暗騒音レベルの計測方法

静かにした状態での無響室の内側と外側での騒音を計測した。条件は空調あり、空調なし、空調+風洞弱にわけた。無響室の外は(株)RION製の手で持てるタイプの騒音測定器 NA-24 で測定し、無響室の中は同じく(株)RION製の据え置きタイプの騒音測定器 NA-42 で測定した。また静かにした空調がついた状態での無響室の中と外のFFT分析も行った。室内の騒音源となっている、風洞を図2に示す。

図2 . 実験室の風洞



遮音性能の測定方法

ギター用の大きなスピーカー(図3)を無響室(図4)からできるだけ離れた場所に上向きに設置した。スピーカーから出す音の周波数は50, 100, 400, 1000, 4000Hzとした。スピーカーの音量は大と小で測定した。無響室の外は騒音測定 NA-24 で計測し、無響室の中は騒音測定器 NA-42 で測定した。無響室の外の測定は、無響室の左側

の面、中央の面、右側の面の3カ所付近で行い、それらの平均を算出して、無響室の周辺の騒音レベルとした。



図 4. 無響室(向かった面が正面)

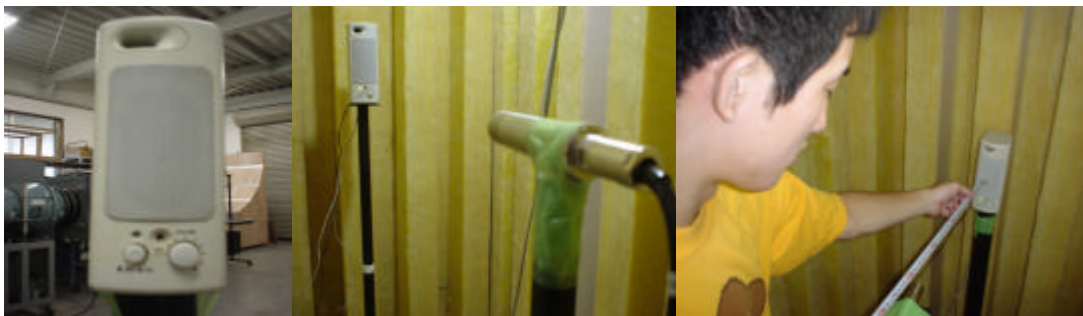


図 3 音源用スピーカー

逆自乗特性の測定方法

パソコン用の小型スピーカー(図 5)を音源として、無響室の左の壁から約 19cm の位置にした。騒音測定器 NA-42 とマイクをつなげて、スピーカーとマイクの高さとともに約 103cm で固定した。スピーカーとマイクの距離は、スピーカーの中央からマイクの先端までとし、メジャーで計測した。スピーカーとマイクの距離は JIS Z 8732 で定められた測定距離を含む 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 cm で測定した。スピーカーの周波数も同じく JIS Z 8732 に定められた測定周波数を含めた 80, 100, 125, 250, 500, 1000, 2000, 5000, 6300, 8000Hz で測定した。無響室の外でも同様の実験を行った。

図 5.



4. 実験の結果

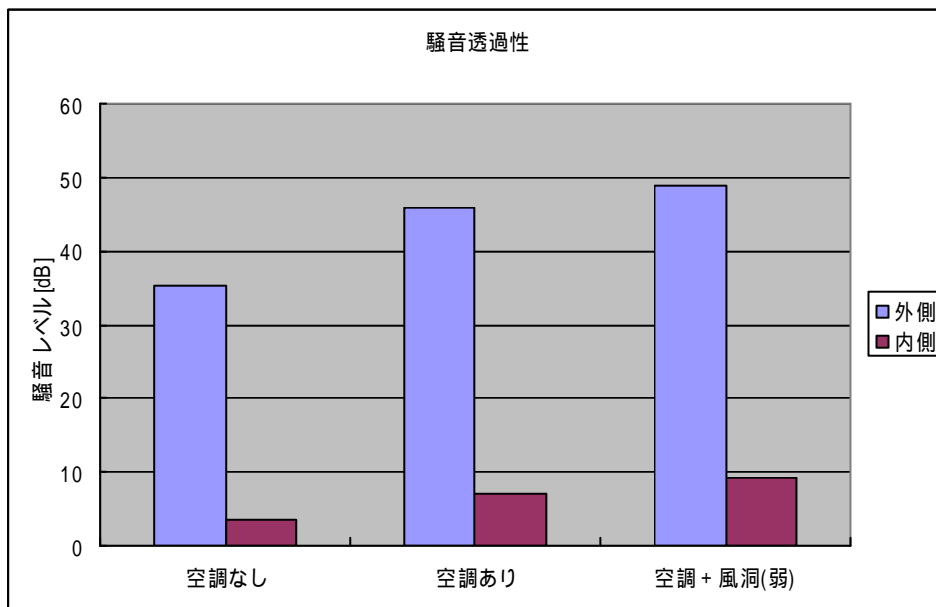
暗騒音レベルの測定実験

実験の結果表 2、グラフ 2 に示す。外側、内側により無響室内外を示す。

	外側(dB)	内側(dB)	差(dB)
空調なし	35.3	3.5	31.8
空調あり	46	7	39
空調 + 風洞(弱)	49	9.1	39.9

表 2

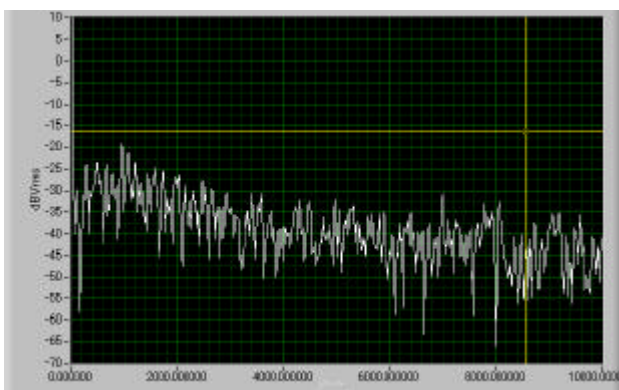
グラフ 2



空調なし、空調あり、空調 + 風洞(弱)に分けて、無響室の外と中での騒音レベルを測定した。外側の騒音レベルが大きくなるほど内側の騒音レベルの大きくなっている。

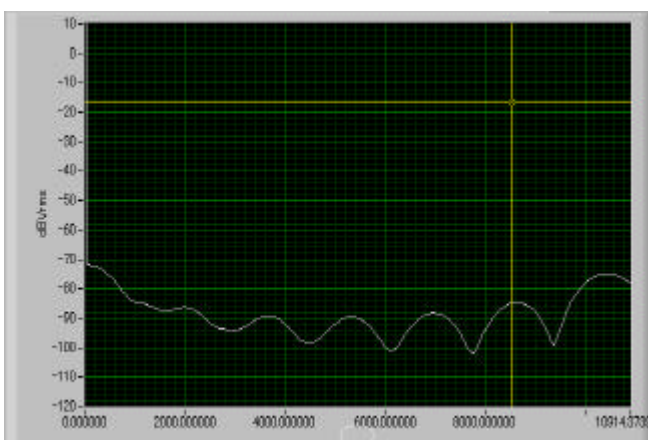
また、FFT 分析の結果は図 6 のようになった。

図 6 無響室の外の騒音の FFT 分析



無響室の外では 1000Hz 付近の音が比較的大きい。0~8000Hz の音は約 -25~-55 dB ぐらいである。(8000Hz 以上の音は測定装置の関係で正確に測定できない。)

図 2.無響室の中の騒音の FFT 分析



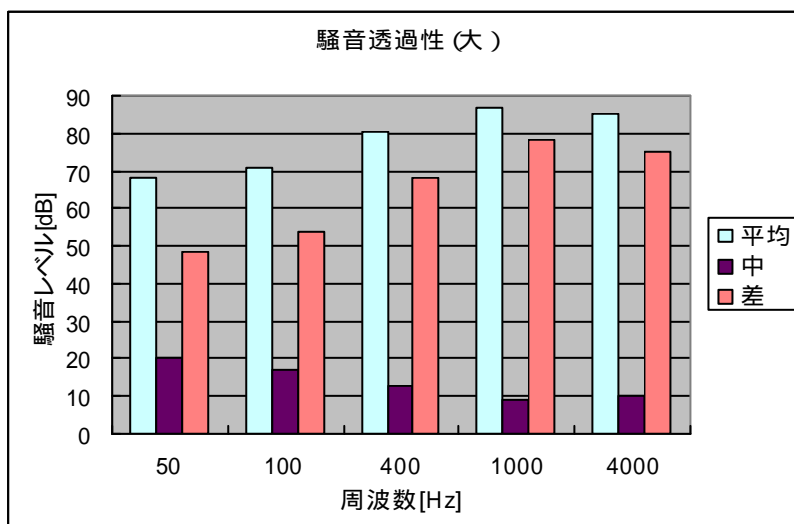
無響室の中では、 - 70 ~ - 100 dB と
なっている。

遮音性能の測定実験

実験結果は以下の表 3 , 4 とグラフ 3 , 4 のようになった。

表 3(大きい音の遮音性能)

(大) α m	左(dB)	正面(dB)	右(dB)	平均(dB)	中(dB)	差(dB)	備考
50	65	71.4	64	68.1	20	48.1	
100	70	73	68.6	70.9	17.2	53.7	
400	79.5	81.3	80	80.3	12.4	67.9	
1000	85.2	88.2	86.8	86.9	8.8	78.1	うなりあり
4000	84.5	86.2	84.4	85.1	10	75.1	うなりあり

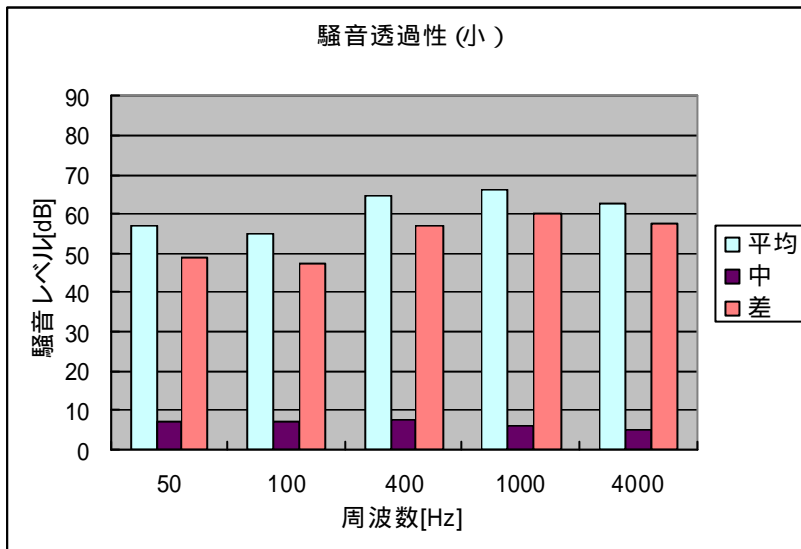


グラフ 3

50,100Hz の騒音を無響室の外のギター用スピーカーで出すと、無響室の内側の騒音レベルは 400,1000,4000Hz の時より大きくなっている。

表 4(小さい音の遮音性能)

(小) cm	左(dB)	正面(dB)	右(dB)	平均(dB)	中(dB)	差(dB)	備考
50	55.1	58.8	54.8	56.6	7.5	49.1	
100	54.5	55.6	54	54.7	7.3	47.4	
400	62.2	67.8	58.5	64.4	7.6	56.8	
1000	68	66	63	66.1	6	60.1	うなりあり
4000	65	62	57	62.4	5	57.4	うなりあり

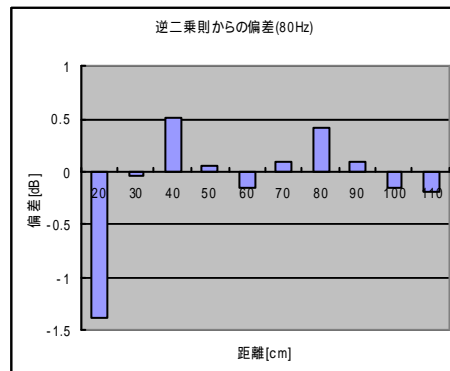
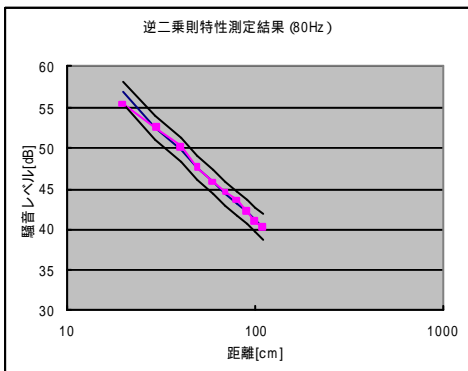


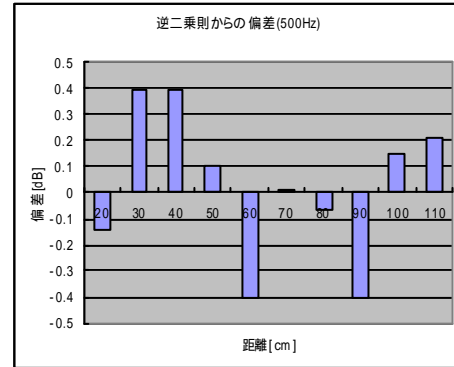
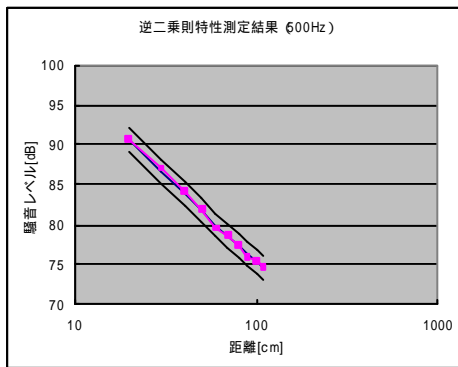
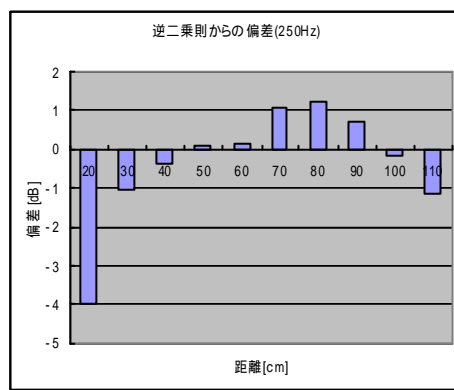
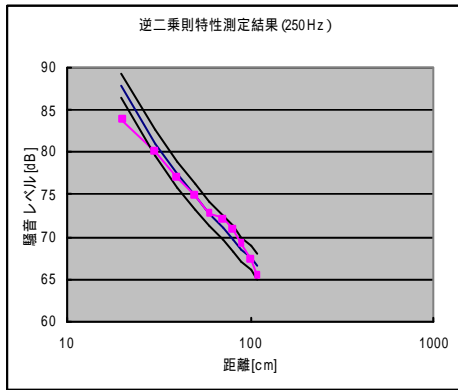
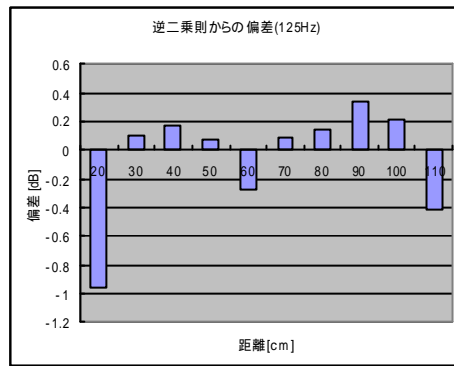
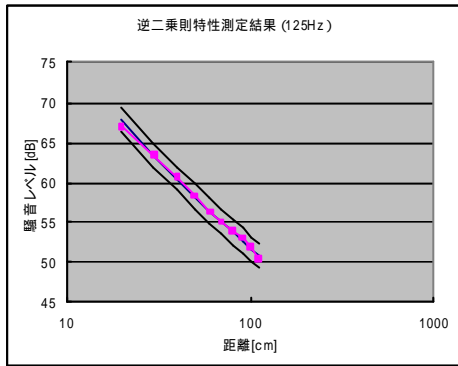
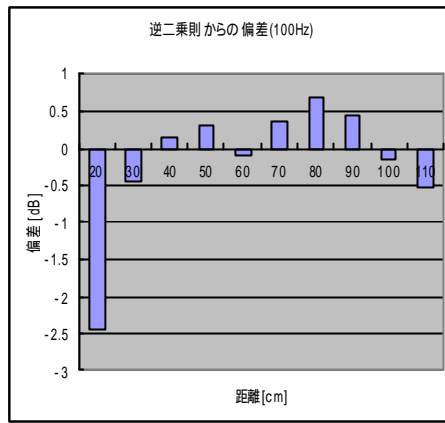
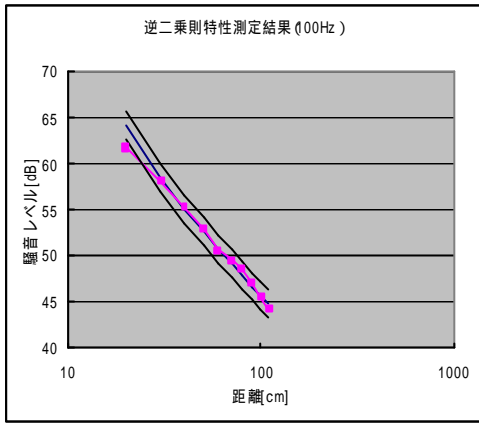
グラフ 4

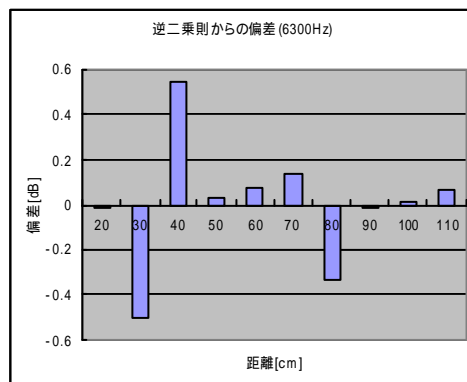
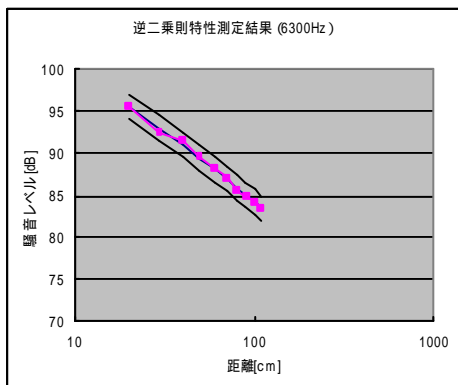
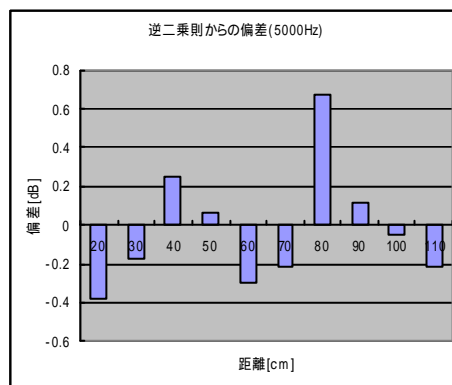
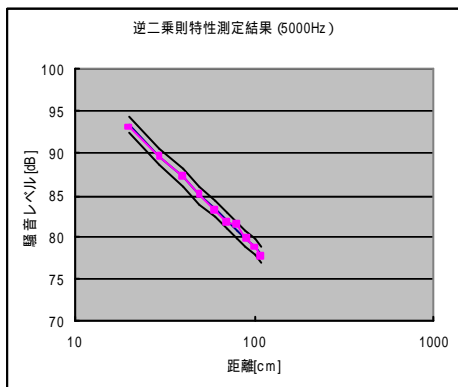
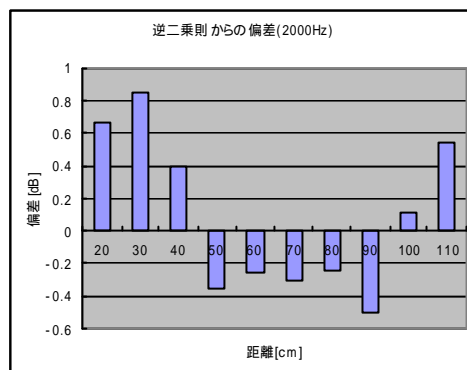
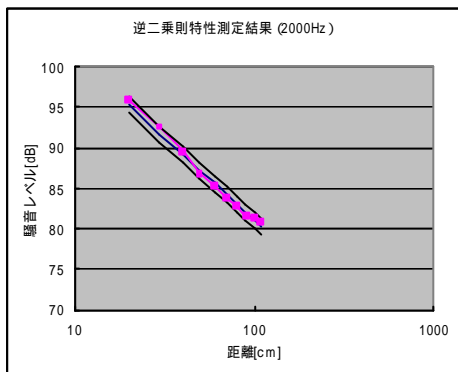
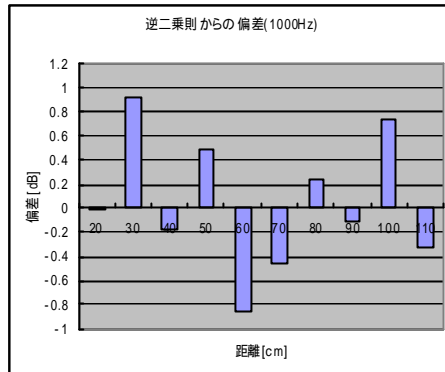
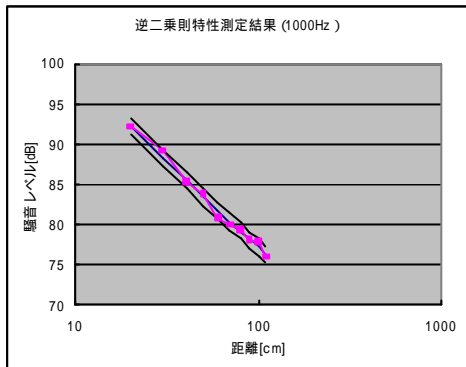
スピーカーの音の大きさが小さいので、無響室の中の騒音レベルはどの周波数でもあまり変わらない。

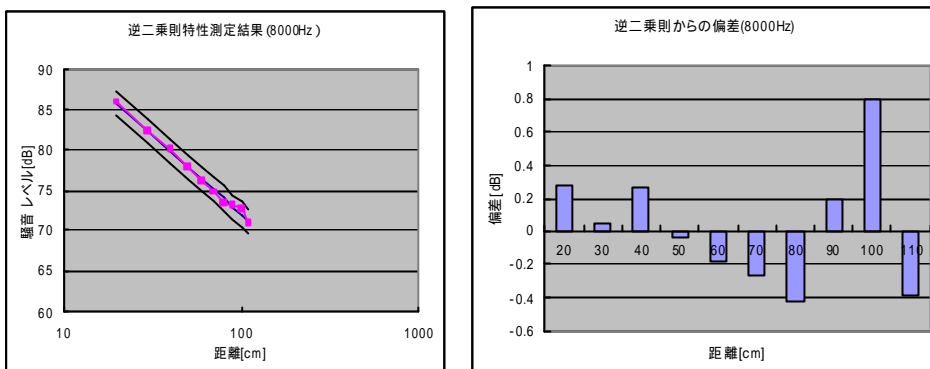
逆自乗特性

まず、騒音の距離減衰特性を周波数ごとに片対数グラフにプロットした。その結果を以下のグラフ 5~14 である。(湿度 65% , 気温 26 , 気圧 1032mb)









グラフ 5

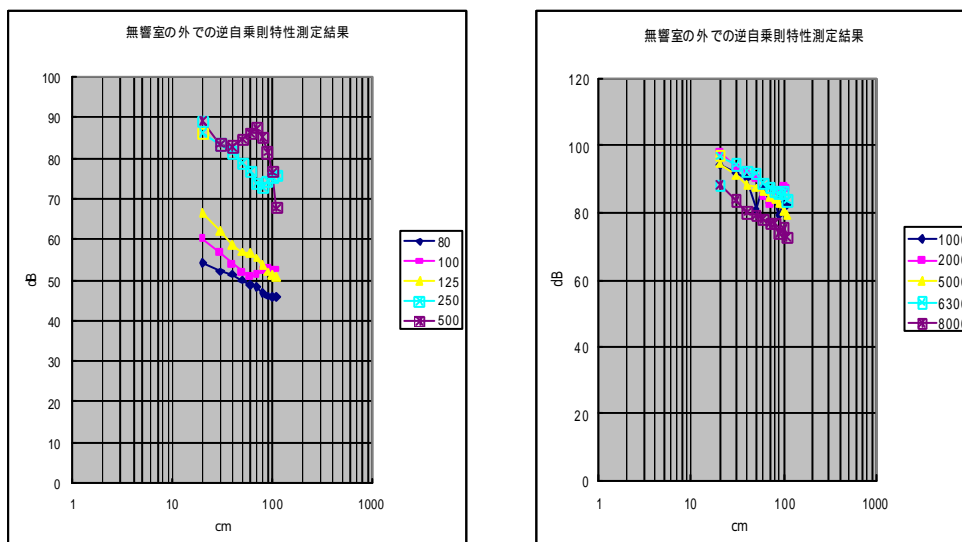
逆二乗特性測定結果と逆二乗則からの偏差をグラフ 5 に示した。逆二乗則特性測定結果については、縦軸を騒音レベル、横軸を距離とし、横軸は対数にとっている。グラフがまっすぐになっていれば逆自乗特性がなりたっているという意味である。プロットされているグラフが測定結果で、他の 3 本の直線は、JISZ8732 の附属書 1 に従い、逆二乗則による音圧レベルの推定式と無響室の許容最大偏差を示した。逆二乗則からの偏差については、測定結果と推定式のズレを示している。JISZ8732 の許容最大偏差については、下に示す。

周波数(Hz)	許容最大偏差(dB)
100, 125, 250, 500	± 1.5
1000, 2000, 5000	± 1.0
6300, 8000	± 1.5

結果を見ると、周波数 80Hz、100Hz、250Hz の距離 20cm の結果が許容最大偏差を超えているが、それ以外については周波数 100Hz から 8000Hz まで、JISZ 8 7 3 2 を満たしている。

また、対照実験として無響室の外で測定した逆自乗特性は次のグラフ 6 のようになった。グラフからわかるように、外では逆自乗則は成立していない。

グラフ 6



5. 実験の考察

暗騒音レベル

普段、空調有の状態が無響室を使うと仮定する。その場合無響室の中は7 d B程度である。JIS Z 8732 によるとそれぞれの測定点において測定対象音源が作動しているときとそれを停止したときの音圧レベル（暗騒音）の差が 15 d Bをこえる場合には暗騒音の影響は無視できる。つまり無響室の中の騒音計が $7 + 15 = 22$ d Bを超える時補正は必要ない。差が 6 d Bから 15 d Bの間ときは表にしたがって補正を行わなければならない(JIS Z 8732)。差が 6 d B未満の場合には測定不可能であると JIS Z 8732 には書かれている。つまり無響室の中の騒音計が $7 + 6 = 13$ d B未満のとき測定不可能である。

音圧レベル差	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
補正值	-1.3	-1.0	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1

この表の使い方

例 無響室の中で音を出した時。

騒音計が 15 d Bのとき。差は $15 - 7 = 8$ このとき補正值は-0.8 である。実際の騒音は $15 - 0.8 = 14.2$ d B

騒音計が 22 d Bのとき。差は $22 - 7 = 15$ このとき補正值は-0.1 である。実際の騒音は $22 - 0.1 = 21.9$ d B

静かにした状態での無響室の中と外の F F T 分析

注意：縦軸の d B V r m s は校正されていないので数値に関しては不正確である。また騒音計は 0 H z から 8000 H z の値について正しく計ることができる。

無響室の中と外の F F T 分析の図を見比べると 0 から 8000 H z のどの周波数の音に関してもこの無響室では音を遮音することができるということがわかる。ちなみに無響室の中の F F T 分析である周波数の音だけが大きな音を出しているということはない。時間とともにランダムに変動していた。

遮音性能について

注意：音の大きさは変化の中心をとった。例えばうなりありの場合は 10 d B前後変化していた。

グラフ 3 からこの無響室は 50 H z とか 100 H z といった周波数が低い音に関しては遮音性能が低いといえる。だから実際に使用する際は、無響室の周りでは周波数の低い音を出さない方がいい。また、グラフ 3 と 4 を見比べると遮音性（差）は外部の音の大きさに依存することが分かる。つまり外部の音の大きさが小さいと外と中の音の差は小さくなる。

逆自乗特性について

実験結果より、今回測定した方向については、測定条件が完璧ではなかったものの、各周波数至近距離を除いて JISZ8732 の条件を満たしている。また、測定方向は JISZ8732 では五方向について測るよう書いてあるが、今回は一方向のみについて計測した。よってこ

の方向では至近距離を除けば、逆自乗特性が成立しているので、後に音響パワーレベルを測定する際は、音源の向きを変え、常にこの方向で測定するようにするのが良い。

参考文献

1. JIS Z 8732 3