

宇宙航空研究開発機構研究開発資料

JAXA Research and Development Memorandum

環境試験技術報告

電波無反射室の音響特性試験結果

土橋 将弘, 施 勤忠, 長濱 謙太
斎藤 幹雄, 三枝 博

2006年2月

宇宙航空研究開発機構

Japan Aerospace Exploration Agency

宇宙航空研究開発機構研究開発資料
JAXA Research and Development Memorandum

環境試験技術報告
電波無反射室の音響特性試験結果

Acoustic Characteristics in Radio Anechoic Chamber

土橋 将弘^{*1}, 施 勤忠^{*1}, 長濱 謙太^{*1}
斎藤 幹雄^{*1}, 三枝 博^{*1}

Masahiro TSUCHIHASHI, Qinzhong SHI, Kenta NAGAHAMA
Mikio SAITOH^{*1}, Hiroshi SAEGUSA^{*1}

* 1 : 宇宙基幹システム本部 試験センター
Environmental and Structural Test Laboratory,
Office of Space Flight and Operations

2006 年 2 月
February 2006

宇宙航空研究開発機構
Japan Aerospace Exploration Agency

2000年10月10日、11日、12日の3日間、

2000年10月10日、11日、12日の3日間、

2000年10月10日、11日、12日の3日間、

2000年10月10日、11日、12日の3日間、

2000年10月10日、11日、12日の3日間、

2000年10月10日、11日、12日の3日間、

2000年10月10日、11日、12日の3日間、

2000年10月10日、11日、12日の3日間、

2000年10月10日、11日、12日の3日間、

2000年10月10日、11日、12日の3日間、

2000年10月10日、11日、12日の3日間、

2000年10月10日、11日、12日の3日間、

2000年10月10日、11日、12日の3日間、

2000年10月10日、11日、12日の3日間、

2000年10月10日、11日、12日の3日間、

目 次

	頁
1. はじめに	1
1. 1 背景	1
1. 2 目的	1
1. 3 結果概要	2
2. 音響パワーレベル測定方法について	3
2. 1 準・半自由音場法における音響パワーレベル測定について	4
2. 2 JIS Z 8733 による実用級音響パワーレベル測定法	4
2. 2. 1 暗騒音補正值 K_1 について	4
2. 2. 2 環境補正值 K_2 について	5
3. 暗騒音レベル及び残響時間の測定結果	5
3. 1 電磁シールドルームにおける測定結果	5
3. 1. 1 測定コンフィギュレーション	5
3. 1. 2 暗騒音レベル測定結果	6
3. 1. 3 残響時間測定結果	7
3. 2 第1無反射室における測定結果	7
3. 2. 1 測定コンフィギュレーション	7
3. 2. 2 暗騒音レベル測定結果	8
3. 2. 3 残響時間測定結果	8
4. 各設備の等価吸音面積	9
5. 各設備における測定表面面積の範囲	9
5. 1 測定表面の面積について	9
5. 2 各設備の供試体寸法の限界について	10
6. 結論	11
参考文献	11

添付資料 A 電磁シールドルームの残響時間測定 1 回目 M1 測定データ

添付資料 B 電磁シールドルームの残響時間測定結果

添付資料 C 第1無反射室の残響時間測定結果

電波無反射室の音響特性試験結果*

土橋 将弘*¹, 施 勤忠*¹, 長濱 謙太*¹, 斎藤 幹雄*¹, 三枝 博*¹

Acoustic Characteristics in Radio Anechoic Chamber*

Masahiro TSUCHIHASHI*¹, Qinzhong SHI*¹, Kenta NAGAHAMA*¹

Mikio SAITOH*¹ and Hiroshi SAEGUSA*¹

概 要

宇宙航空研究開発機構宇宙基幹システム本部試験センターでは、人工衛星等の電波試験及び電磁適合特性試験を行うための設備として、電波試験設備及び電磁適合特性試験設備を保有している。電波試験設備及び電磁適合特性試験設備には、壁面からの電波の反射の影響を極力低減させる為に、全面に電波吸収体が敷き詰められた電波無反射室が整備されている。電波吸収体は、電波の反射を極力抑えるよう設計されたものであり、騒音測定試験等に利用される音響無反射室に用いられている吸音材とは別物であるが、その形状から、いくらかの吸音性能を持ち合わせていると考えられる。故に、電波無反射室の吸音性能を把握することにより、騒音測定試験設備として利用可能かを判断することができる。

本資料は、試験センターの保有する電波無反射室である衛星試験棟電磁シールドルーム（以下「電磁シールドルーム」という）及び電波試験棟第1無反射室（以下「第1無反射室」という）の騒音測定試験室としての性能についてまとめたものである。各設備の測定された残響時間を基に、JISZ8733に従った実用級音響パワーレベル測定を実施する際の適用範囲（供試体寸法及び騒音源周波数の関係）について整理したものである。

Keywords: 電磁シールドルーム, 第1無反射室, 電波無反射室, 無響室, 残響室, 音響特性, 暗騒音レベル, 残響時間, 騒音測定

1. はじめに

1.1 背景

試験センターでは、供試体の騒音測定を行うための設備（無響室・残響室）を保有していない。しかし、宇宙ステーション関連の開発業務において、ステーション内に設置する実験装置等の騒音評価を行う必要がある。実際に、試験センターはセントリフュージプロジェクトから、生命科学グローブボックスの騒音測定に係る評価作業を依頼された。その騒音測定の際には、電磁シールドルームを用いた。図1-1に測定風景を示す。

電磁シールドルームは、天井と壁面が電波吸収体により覆われており、各面からの電波の反射を極力抑える構造となっている。電波吸収体は、電波の反射を極力抑え

るよう設計されたものであり、騒音測定試験等に利用される音響無反射室に用いられている吸音材とは別物であるが、その形状から、いくらかの吸音性能を持ち合わせていると考えられる。以上の理由より、電磁シールドルームの音響無反射室としての性能把握の為、残響時間測定を行い、その測定結果を用いて、JIS Z8733に記述されている方法にて測定データを補正し騒音レベルの評価を実施した。

1.2 目的

試験センターが保有する電波無反射室（電磁シールドルーム及び第1無反射室）の残響時間の測定を行い、その測定結果を基にJIS Z 8733に規定されている実用級音響パワーレベル測定を実施する際の適用範囲（測定対象

* 平成18年2月7日受付 (received 7 February, 2006)

*¹ 宇宙基幹システム本部試験センター (Environmental and Structural Test Laboratory, Office of Space Flight and Operations)

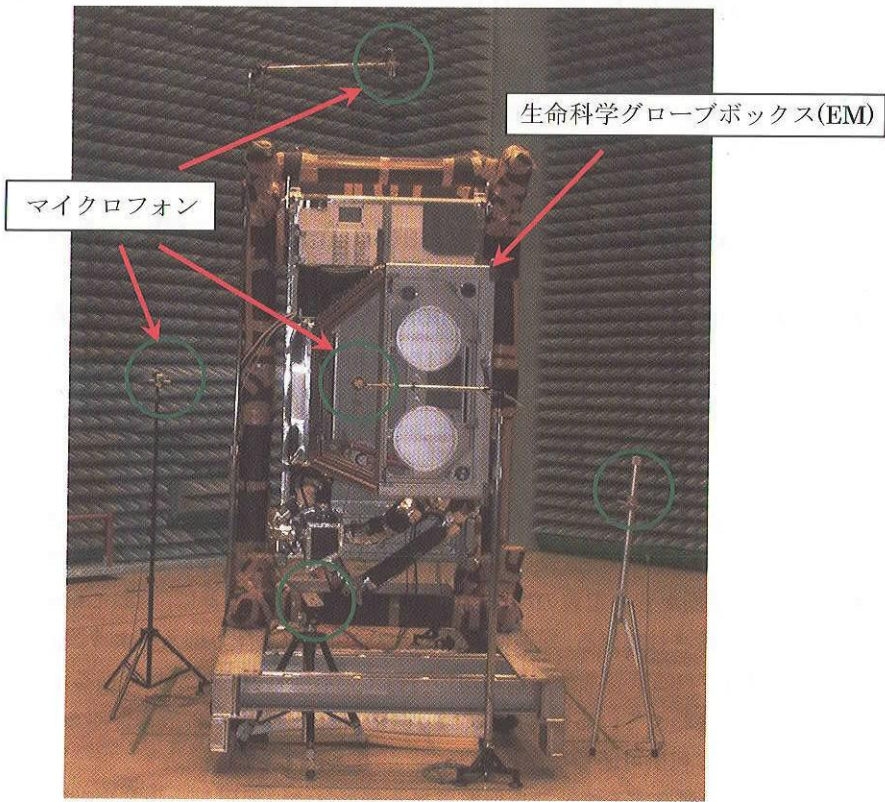


図 1-1 生命科学グローブボックスエンジニアリングモデル 騒音測定風景

周波数と供試体寸法の関係) についてまとめる。

1.3 結果概要

以下に、本資料の結果概要を示す。

表1.3-1に、各設備の暗騒音レベル測定結果、表1.3-2に、各設備の残響時間の測定結果を基に算出した騒音測定試験室としての適用範囲について示す。

表1.3-1に示されている暗騒音レベルに対して、測定する騒音源の音響パワーレベルが6[dB] 以上大きければ、各設備において JIS Z 8733 における実用級音響パワーレベル測定が実施可能である。また、供試体(騒音源) に対する測定表面面積の値が、表 1.3-2 に示す値以下であれば、各設備において JIS Z 8733 における実用級音響パワーレベル測定が実施可能である。

本結果は、JIS Z 8733 における実用級音響パワーレベル測定法にて規定されている暗騒音補正值 K_1 及び環境補正值 K_2 に対する条件に従って整理したものである。

表 1.3-1 各設備の暗騒音レベル測定結果元

周波数 (Hz)	電磁シールドルーム (床面電波吸収体無し)	第1無反射室
63	32.2	40.1
125	27.4	35.1
250	20.4	23.4
500	11.6	19.3
1000	10.6	20.6
2000	11.4	19.1
4000	12.6	19.5
8000	14.3	22.1

(単位 : dB)

表 1.3-2 実用級音響パワーレベル測定の実験室として使用する際の適用範囲
(供試体(騒音源)に対する測定表面面積※¹の上限値)

周波数 (Hz)	電磁シールドルーム		第 1 無反射室
	床面電波吸収体無し	床面電波吸収体あり	
63	32.6 m ² 以下 (1.3 m 以下)	33.8 m ² 以下 (1.3 m 以下)	462 m ² 以下 (8.1 m 以下)
125	46.2 m ² 以下 (1.7 m 以下)	53.1 m ² 以下 (1.9 m 以下)	358 m ² 以下 (7.0 m 以下)
250	67.3 m ² 以下 (2.3 m 以下)	78.1 m ² 以下 (2.6 m 以下)	330 m ² 以下 (6.6 m 以下)
500	94.6 m ² 以下 (2.9 m 以下)	112 m ² 以下 (3.3 m 以下)	639 m ² 以下 (9.8 m 以下)
1000	122 m ² 以下 (3.5 m 以下)	144 m ² 以下 (3.9 m 以下)	868 m ² 以下 (11.6 m 以下)
2000	156 m ² 以下 (4.1 m 以下)	185 m ² 以下 (4.6 m 以下)	997 m ² 以下 (12.6 m 以下)
4000	175 m ² 以下 (4.5 m 以下)	231 m ² 以下 (5.3 m 以下)	1084 m ² 以下 (13.2 m 以下)
8000	177 m ² 以下 (4.5 m 以下)	263 m ² 以下 (5.8 m 以下)	1150 m ² 以下 (13.6 m 以下)

＜補足＞括弧内は、参考として騒音源(供試体)を立方体とみなした場合の 1 辺の長さを示している

※ 1 測定表面面積の定義については 5.1 項参照

2. 音響パワーレベル測定方法について

機械・装置類から発生する騒音レベルの評価においては、その騒音源の性能を表示する基本的な量である音響パワーレベル測定が重要である。音響パワーレベル測定方法に関して、現行の規格を基に分類すると、表 2-1 に示

す通りである。

表 2-1 に示す通り、騒音源の音響パワーレベルを測定する為には、無響室や残響室といった試験室が必要である。しかし、これらの試験室を用いなくても、壁面・天井・床からの音の反射が少ない部屋、もしくは、ある程度残響の長い部屋であれば、JIS Z 8733 に記されている規格に

表 2-1 音響パワーレベルの測定方法及び規格

測定方法		測定精度	測定音場 (試験室)	測定規格 (ISO)	測定規格 (JIS)
音圧法 I	自由音場法	精密	(半) 無響室	ISO3745	JIS Z 8732
	準・半自由音場法	実用/簡易	反射が少ない一般音場	ISO3744 ISO3746	JIS Z 8733
音圧法 II	拡散音場法	精密/実用	残響室	ISO3741 ISO3742 ISO3743	JIS Z 8734
	準拡散音場法	簡易	残響が長い一般音場		JIS Z 8733
音響インテンシティ法		精密/実用 /簡易	(半) 無響室・ 一般音場	ISO9614-1 ISO9614-2	

従った音響パワーレベル測定を実施することが可能である。

本資料では、試験センターが保有する電波無反射室を表 2-1 に示す「反射が少ない一般音場」と見なし、JIS Z 8733による実用級音響パワーレベル測定を実施する場合の各設備（電磁シールドルーム・第Ⅰ無反射室）の性能（適用範囲）について整理した。2.1項及び2.2項にて、JIS Z 8733による実用級音響パワーレベル測定について詳細を示す。

2.1 準・半自由音場法における音響パワーレベル測定について

準・半自由音場法による音響パワーレベル測定方法は、JIS Z 8733に規定されている。JIS Z 8733には、表 2.1-1 に示す通り、3つの測定方法が規定されており、それらは、試験環境の適合基準として算出される環境補正值 K_2 によりクラス分けされている。

JIS Z 8733に従い、準・半自由音場法による実用級の音響パワーレベル測定を実施する為には、表 2.1-1 に示す通り、環境補正值 K_2 が2[dB] 以内でなければならない。

表 2.1-1 測定方法のクラス分け

測定方法の種類	精度区分	環境補正值 K_2	備 考
半自由音場法 (A 法)	実用級	$K_2 \leq 2$	響きの少ない大きな室内や屋外等、実用的にみて半自由音場とみなせる音場
半自由音場法 (B 法)	簡易級	$2 < K_2 \leq 7$	上記の他に通常の室内等で反射面の影響がかなり大きいが、測定面の配置を半自由音場の原理に従って行うことができる音場
拡散音場法 (C 法)	簡易級	$7 < K_2$	ある程度以上の残響があり、その境界面（壁・天井・床等）が特定できる室内において、拡散音場の原理に従って簡易に測定できる環境

2.2 JIS Z 8733による実用級音響パワーレベル測定法

本規格（JIS Z 8733）は、測定対象機器（騒音源）を覆う測定表面上での音圧レベルを測定し、その機器（騒音源）によって発生する音響パワーレベルを計算する方法について規定している。本規格を適用し、実用級の測定を実施する場合においては、測定対象周波数範囲において、以下の条件（暗騒音に対する制限・試験環境の適正基準）を満足する必要がある。

- ・ 暗騒音補正值 K_1 が1.3[dB] 以下
- ・ 環境補正值 K_2 が2[dB] 以下

これら2つの条件を満足している範囲において、式(2.2-1)に示す補正を行い、式(2.2-2)より音響パワーレベルを算出する。

$$L = L' - K_1 - K_2 \tag{2.2-1}$$

$$L_w = L + 10\log_{10}(S'/S_0) \tag{2.2-2}$$

L' ：表面音圧レベル（計測値） [dB]

L ：表面音圧レベル（補正後） [dB]

L_w ：音響パワーレベル [dB]

S' ：測定表面の面積 [m²]

S_0 ：1 [m²]

K_1 ：暗騒音補正值（JIS Z 8733に規定されている）

K_2 ：環境補正值（JIS Z 8733に規定されている）

2.2.1 暗騒音補正值 K_1 について

暗騒音補正值 K_1 は、式(2.2.1-1)より周波数バンド毎に算出される。

$$K_1 = -10\log_{10}(1 - 10^{-\frac{\Delta L}{10}}) \tag{2.2.1-1}$$

$$\Delta L = L' - L'' \tag{2.2.1-2}$$

L' ：表面音圧レベル（計測値）

L'' ：暗騒音レベル

2.2 項に示した条件「暗騒音補正值 K_1 が1.3[dB] 以下」とは、式(2.2.1-1)より $\Delta L > 6$ [dB]であり、暗騒音レベルに対して計測値が6[dB] 以上高い必要があるということ

を意味している。

2.2.2 環境補正值 K_2 について

環境補正值 K_2 は、式 (2.2.2-1) より周波数バンド毎に算出される。

$$K_2 = 10 \log_{10} \left(1 + 4 \frac{S'}{A} \right) \quad (2.2.2-1)$$

S' : 測定表面の面積 [m²]

A : 室の等価吸音面積 [m²]

環境補正值 K_2 は、壁等からの反射を考慮した補正值であり、測定表面の面積及び室の等価吸音面積により求めることができる。室の等価吸音面積 A は、式 (2.2.2-2) より算出することができる。

$$A = 0.16 \frac{V}{T} \quad (2.2.2-2)$$

V : 室の体積 [m³]

T : 室の残響時間 [s]

式 (2.2.2-2) に示す通り、室の等価吸音面積 A は、室の残響時間 T より算出ことができ、室固有の値である。

よって、環境補正值 K_2 は測定表面の面積 S' の関数となる。2.2 項にて示した条件「環境補正值 K_2 が 2[dB] 以下」とは、測定表面の面積 S' に対する制限を意味しており、測定対象機器（騒音源）の大きさを規定するものである。

本資料は、電磁シールドルーム及び第 1 無反射室の残響時間測定結果を基に、環境補正係数 K_2 が 2[dB] 以下となる範囲についてまとめたものである。

3. 暗騒音レベル及び残響時間の測定結果

環境補正值 K_2 が 2[dB] 以下となる、測定表面の面積 S' の範囲を求めるには、各設備の等価吸音面積 A を知る必要がある。等価吸音面積 A は、式 (2.2.2-2) より、残響時間 T と室の体積 V から算出することができる。

本項では、各設備の暗騒音及び残響時間の測定結果について記す。残響時間の測定は、JIS A 1409 に従って実施した。

3.1 電磁シールドルームにおける測定結果

3.1.1 測定コンフィギュレーション

図 3.1.1-1 に電磁シールドルームの写真、図 3.1.1-2 に計測系の概略図、図 3.1.1-3 にマイクロフォン及びスピーカの設置位置を示す。表 3.1.1-1 に測定に使用した機材の個数・型式を示す。

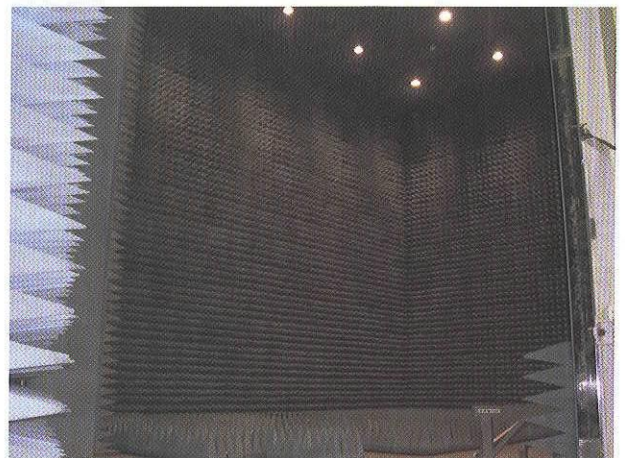


図 3.1.1-1 電磁シールドルームの写真

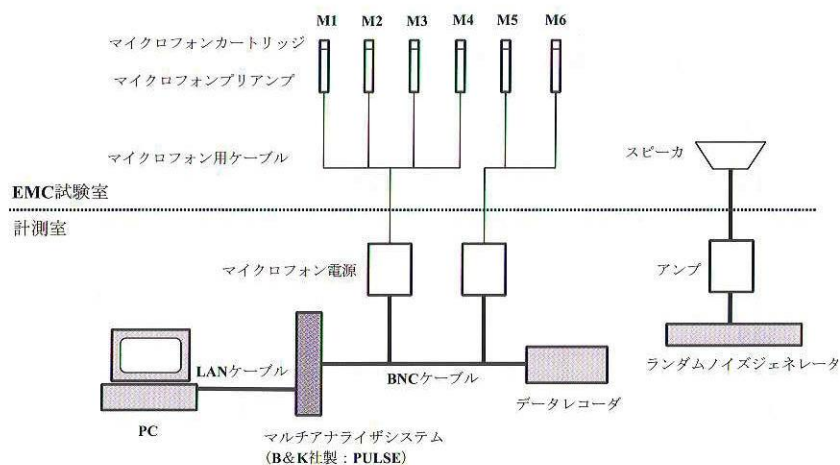


図 3.1.1-2 計測系システムの概略図

表3.1.1-1 測定機材リスト

No.	機材名称	型式	個数	備考
1	マイクロフォンカートリッジ	B&K4910	6	
2	マイクロフォンプリアンプ	B&K2669	6	
3	マイクロフォン電源	B&K NEXUS	2	
4	データレコーダ	SONY SIR1000i	1	
5	マルチアナライザシステム	PULSE	1	
6	ノートパソコン	－	1	
7	ランダムノイズジェネレータ	WG-721A	1	
8	アンプ	YAMAHA P4500	1	
9	スピーカ	YAMAHA F15	1	
10	マイクロフォン用ケーブル	－	6	30m
11	BNC ケーブル	－	12	5m
12	LAN ケーブル	－	1	

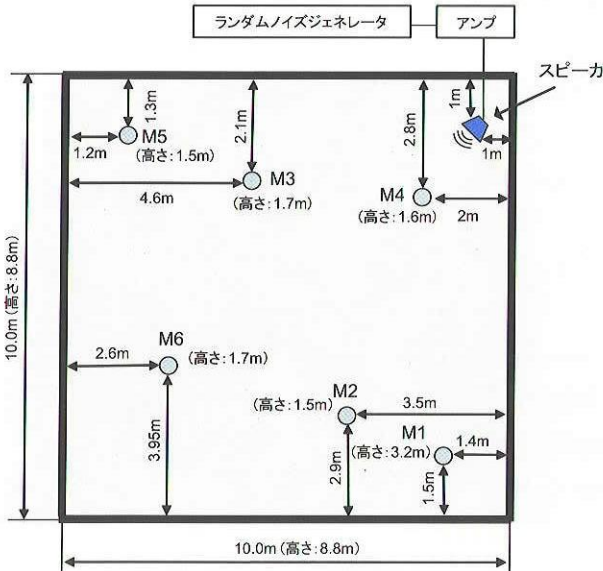


図3.1.1-3 マイクロフォン及びスピーカの設置位置

音源はランダムノイズジェネレータを用いてピンクノイズ（3Hz～50kHz）信号を作成し、アンプを通して増幅させてスピーカから出力した。スピーカからの出力の1/1オクターブ解析結果をリアルタイムでモニターし、各周波数帯の出力(解析結果)が定常状態に落ち着いたことを確認した後、音源のスイッチを切り残響時間を測定した。残響時間の測定は、床面に電波吸収体を敷き詰めた状態と敷き詰めない状態での測定を各4回づつ実施した。尚、測定の際には、暗騒音レベルを極力低くする為、電磁シールドルームの空調設備の運転は停止した。

3.1.2 暗騒音レベル測定結果

図3.1.1-3に示すコンフィギュレーション（床面電波吸収体無し）にて、電磁シールドルームの暗騒音レベルを測定した。表3.1.2-1に、各マイクロフォンにより計測された暗騒音レベルと平均値を示す。

表3.1.2-1 暗騒音レベル測定結果（電磁シールドルーム）

周波数 (Hz)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	平均値
63	34.3	30.9	33.3	30.8	31.8	31.6	32.2
125	26.2	26.5	27.0	25.6	31.5	25.9	27.4
250	20.1	19.7	23.1	17.1	16.8	23.2	20.4
500	13.6	10.4	12.7	10.7	9.3	12.4	11.6
1000	10.9	10.0	11.7	9.9	10.5	10.6	10.6
2000	11.7	11.0	11.4	10.8	11.1	12.1	11.4
4000	12.8	12.3	12.4	12.2	12.3	13.3	12.6
8000	14.2	13.9	14.1	13.8	14.0	15.5	14.3

(単位：dB)

3.1.3 残響時間測定結果

各計測において測定された音圧データより、1/1 オクターブ周波数帯域毎に音響エネルギーレベルの時系列解析を実施した。一例として、添付資料 A に計測 1 回目の M1 の 1/1 オクターブバンド毎の音響エネルギーレベル時系列解析結果を示す。JIS A 1409 の 7.2.2 項に従った残響時間の読み取りでは、音源を停止した後、音響エネルギーレベルが $-5[\text{dB}]$ から $-35[\text{dB}]$ となる範囲を 1 次近似し、その近似直線から音響エネルギーレベルが $-60[\text{dB}]$

となる時間 ($60[\text{dB}]$ 減衰する時間) を読み取ることとなる。暗騒音等の問題により、 $-35[\text{dB}]$ までの範囲を 1 次近似できない場合については、 $-25[\text{dB}]$ までの範囲を 1 次近似し、 $-60[\text{dB}]$ となる時間を読み取ることとなる。添付資料 A には、1 次近似直線も記載してある。

表 3.1.3-1 及び図 3.1.3-1 に、1/1 オクターブバンド周波数帯域毎の残響時間の平均値を示す。各マイクロフォンの全測定結果については添付資料 B に示す。

表 3.1.3-1 1/1 オクターブバンド周波数帯域毎の残響時間測定結果 (電磁シールドルーム)

周波数 (Hz)	床面電波吸収体無し (sec)	床面電波吸収体あり (sec)
63	0.638	0.614
125	0.450	0.392
250	0.309	0.266
500	0.220	0.185
1000	0.169	0.144
2000	0.133	0.112
4000	0.119	0.090
8000	0.117	0.079

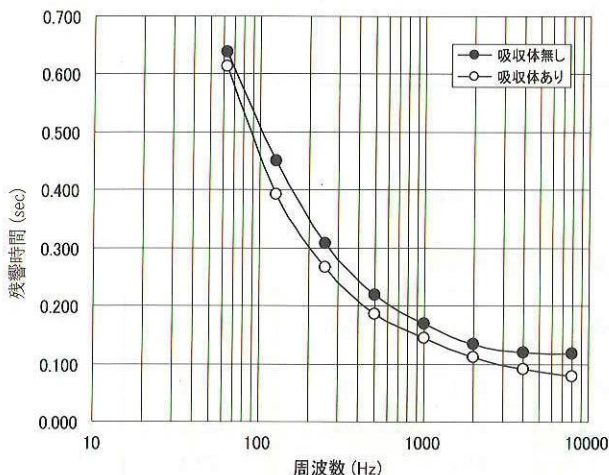


図 3.1.3-1 1/1 オクターブバンド周波数帯域毎の残響時間測定結果 (電磁シールドルーム)

3.2 第 1 無反射室における測定結果

3.2.1 測定コンフィギュレーション

図 3.2.1-1 に第 1 無反射室の写真、図 3.2.1-2 に計測系の概略図、図 3.2.1-3 にマイクロフォン及びスピーカの設置位置を示す。測定に使用した機材は、電磁シールドルームの残響時間測定にて使用した機材と同様であり、表 3.1.1-1 の通りである。

音源はランダムノイズジェネレータを用いてピンクノイズ ($3\text{Hz} \sim 50\text{kHz}$) を作成し、アンプを通して増幅さ

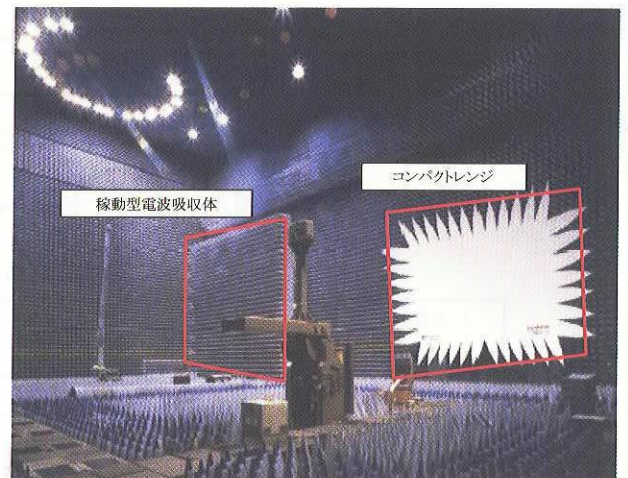


図 3.2.1-1 第 1 無反射室の写真

せてスピーカから出力した。スピーカからの出力の 1/1 オクターブ解析結果をリアルタイムでモニターし、各周波数帯の出力(解析結果)が定常状態に落ち着いたことを確認した後、音源のスイッチを切り残響時間を測定した。図 3.2.1-3 に示す測定コンフィギュレーションにて、スピーカ位置①の状態とスピーカ位置②の状態での残響時間の測定を各 3 回ずつ実施した。尚、測定の際には、暗騒音レベルを極力低くする為、第 1 無反射室の空調設備の運転は止めた。また、コンパクトレンジがむき出しの状態にならないよう、移動型電波吸収体をコンパクトレン

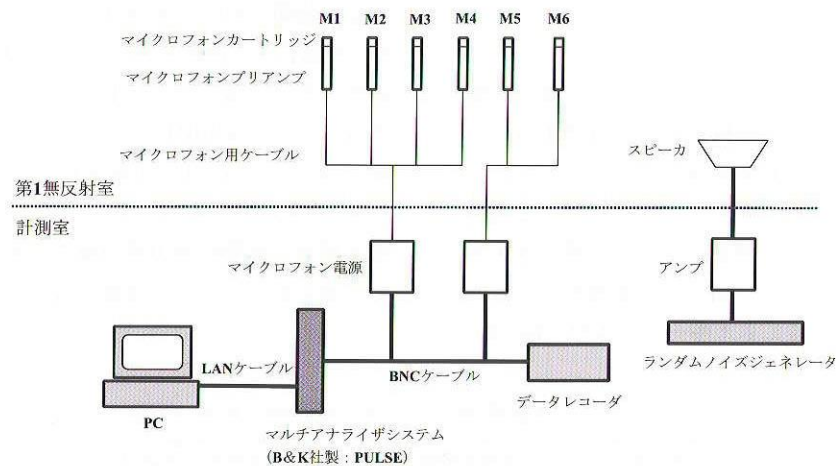


図 3.2.1-2 計測系の概略図

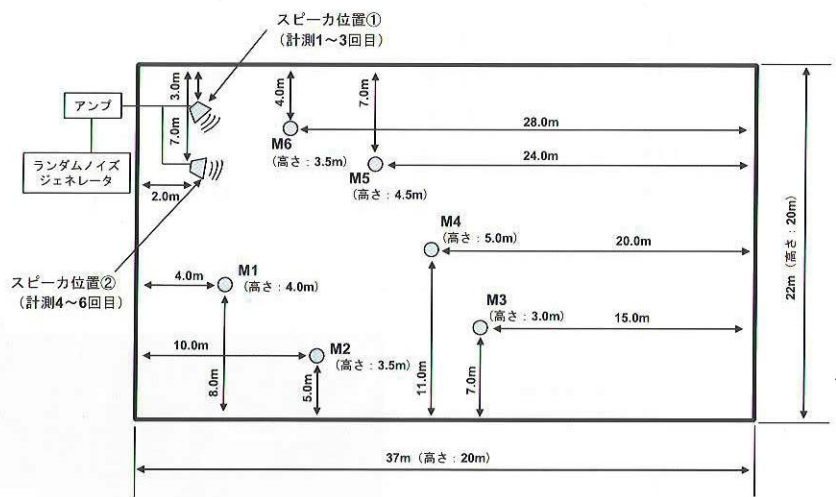


図 3.2.1-3 マイクロフォン及びスピーカの設置位置

表 3.2.2-1 暗騒音レベル測定結果（第1無反射室）

周波数 (Hz)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	平均値
63	38.8	43.6	41.0	38.3	38.4	39.0	40.1
125	35.1	32.5	34.4	37.1	36.3	34.7	35.1
250	22.8	24.8	25.9	22.7	21.1	22.2	23.4
500	17.1	18.2	18.2	20.8	21.6	19.3	19.3
1000	18.6	18.7	19.8	21.3	22.7	21.8	20.6
2000	17.8	18.0	18.5	20.0	20.6	19.2	19.1
4000	18.5	19.4	19.4	19.5	19.6	20.4	19.5
8000	21.1	22.0	22.1	22.3	22.1	23.1	22.1

(単位 : dB)

ジの前に移動させた状態で測定を行った。

す。

3.2.2 暗騒音レベル測定結果

図 3.2.1-3 に示すコンフィギュレーションにて、第1無反射室の暗騒音レベルを測定した。表 3.2.2-1 に、各マイクロフォンにより計測された暗騒音レベルと平均値を示

3.2.3 残響時間測定結果

3.1 項と同様に、各計測において測定された音圧データより、1/1 オクターブバンド周波数帯域毎の残響時間を読み取った。

表3.2.3-1 1/1オクターブバンド周波数帯域毎の残響時間測定結果（第1無反射室）

周波数（Hz）	残響時間平均値（sec）
63	1.03
125	1.14
250	1.16
500	0.62
1000	0.44
2000	0.37
4000	0.37
8000	0.37

表3.2.3-1及び図3.2.3-1に、1/1オクターブバンド周波数帯域毎の残響時間の平均値を示す。各マイクロフォンの全測定結果については添付資料Cに示す。

4. 各設備の等価吸音面積

3項にて示した各設備の残響時間の測定結果より、式(2.2.2-2)を用いて、各設備の等価吸音面積を算出する。各設備の室の容積は以下の通りである。

＜電磁シールドルーム＞

$$V = 880[m^3] \tag{4-1}$$

＜第1無反射室＞

$$V = 16280[m^3] \tag{4-2}$$

式(4-1)、(4-2)及び表3.1.2-1、表3.2.2-1より、各設備の等価吸音面積は、表4-1に示す通りとなる。

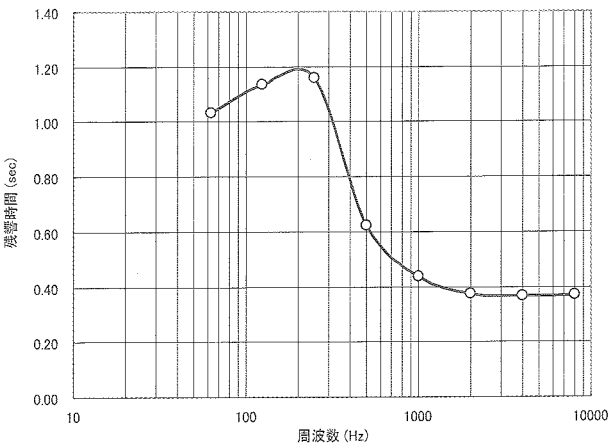


図3.2.3-1 1/1オクターブバンド周波数帯域毎の残響時間測定結果（第1無反射室）

5. 各設備における測定表面面積の範囲

4項にて示した各設備の等価吸音面積より、環境補正值 K_2 が2[dB]以下となる測定表面面積の範囲について示す。まず、5.1項にて、測定表面について説明する。5.2項にて、環境補正值 K_2 が2[dB]以下となる各設備における測定表面面積の範囲について整理した結果を示す。

5.1 測定表面の面積について

測定表面の面積とは、計測対象とする騒音源（供試体）から距離 d （測定距離）だけ隔たった、その騒音源（供試体）をすっぽりと包む仮想的な面積のことである。騒音源（供試体）の縦、横、高さをそれぞれ a, b, c とし、図5.1-1に測定表面の概略図を示す。

測定距離 d は、JIS Z 8733より少なくとも0.25[m]以上

表4-1 各設備の等価吸音面積

周波数（Hz）	電磁シールドルーム		第1無反射室
	床面電波吸収体無し	床面電波吸収体あり	
63	223（m ² ）	231（m ² ）	3159（m ² ）
125	316（m ² ）	363（m ² ）	2449（m ² ）
250	460（m ² ）	534（m ² ）	2254（m ² ）
500	647（m ² ）	769（m ² ）	4369（m ² ）
1000	839（m ² ）	987（m ² ）	5935（m ² ）
2000	1067（m ² ）	1267（m ² ）	6817（m ² ）
4000	1196（m ² ）	1580（m ² ）	7413（m ² ）
8000	1213（m ² ）	1800（m ² ）	7865（m ² ）

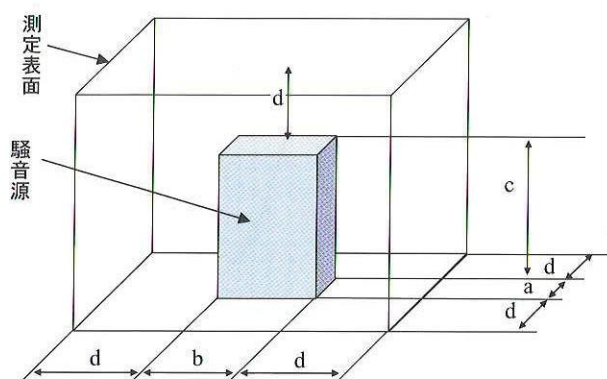


図 5.1-1 測定表面の概略図

でなければならず、1[m]とするのが望ましい。騒音源（供試体）を直方体と見なした場合に、その直方体の縦、横、高さの長さをそれぞれ a [m], b [m], c [m] とすると、測定表面の面積は a , b , c , d を用いて以下のように表される。

$$\begin{aligned}
 S &= 4(a'b' + b'c' + c'a') & (5.1-1) \\
 a' &\equiv 0.5a + d \\
 b' &\equiv 0.5b + d \\
 c' &\equiv c + d
 \end{aligned}$$

参考として、騒音源（供試体）を立方体とし、測定距離を1[m]とした場合の立方体の一边の長さや測定表面の面積の関係を表 5.1-1 にまとめた。

表 5.1-1 騒音源（供試体）の大きさと測定表面面積の関係

立方体の一边の長さ (m)	測定表面の面積 (m ²)
1	33
2	64
3	105
4	156
5	217
6	288
7	369
8	460
9	561
10	672

5.2 各設備の供試体寸法の限界について

2.2項にて示した通り、JIS Z 8733による実用級音響パワーレベル測定を実施する為には、環境補正值 K_2 が 2[dB]以下である必要がある。本項では、4項にて示した、各設備の等価吸音面積を用い、環境補正值 K_2 が 2[dB]以

下となる測定表面面積 S' の範囲を示す。測定表面面積 S' が制限されることは、騒音源（供試体）の寸法も制限されることとなる。ここでは、JIS Z 8733の実用級音響パワーレベル測定を実施する際の各設備の供試体寸法の限界について整理する。

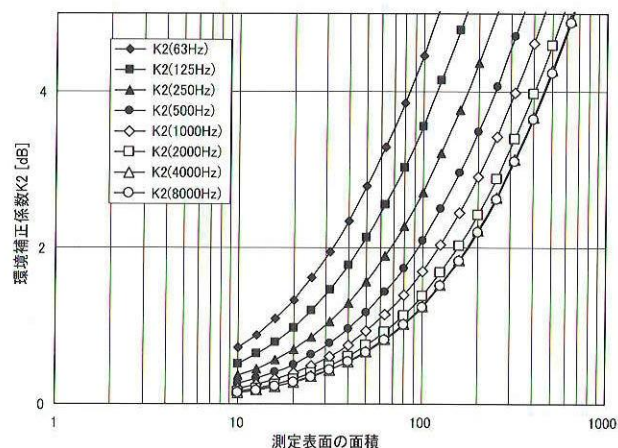
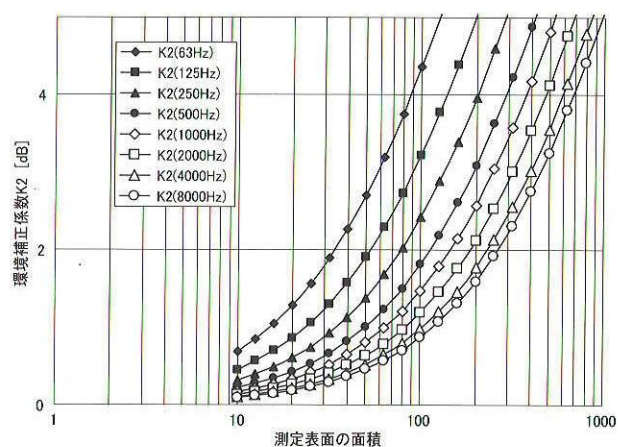
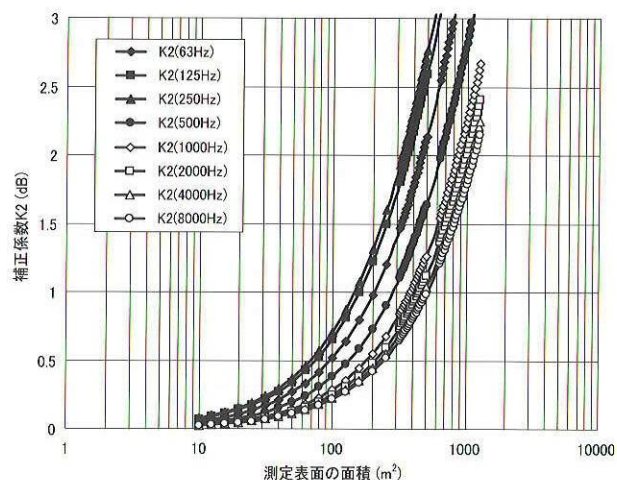
図 5.2-1 電磁シールドルーム（床面電波吸収体無し）における K_2 と S' の関係図 5.2-2 電磁シールドルーム（床面電波吸収体あり）における K_2 と S' の関係図 5.2-3 第1無反射室における K_2 と S' の関係

表5.2-1 各設備における環境補正值が K_2 [dB] 以下となる測定表面面積の範囲

周波数 (Hz)	電磁シールドルーム		第1 無反射室
	床面電波吸収体無し	床面電波吸収体あり	
63	32.6 m ² 以下	33.8 m ² 以下	462 m ² 以下
125	46.2 m ² 以下	53.1 m ² 以下	358 m ² 以下
250	67.3 m ² 以下	78.1 m ² 以下	330 m ² 以下
500	94.6 m ² 以下	112 m ² 以下	639 m ² 以下
1000	122 m ² 以下	144 m ² 以下	868 m ² 以下
2000	156 m ² 以下	185 m ² 以下	997 m ² 以下
4000	175 m ² 以下	231 m ² 以下	1084 m ² 以下
8000	177 m ² 以下	263 m ² 以下	1150 m ² 以下

表 5.2-2 各設備における供試体寸法の範囲

周波数 (Hz)	電磁シールドルーム		第1 無反射室
	床面電波吸収体無し	床面電波吸収体あり	
63	1.3 m 以下	1.3 m 以下	8.1 m 以下
125	1.7 m 以下	1.9 m 以下	7.0 m 以下
250	2.3 m 以下	2.6 m 以下	6.6 m 以下
500	2.9 m 以下	3.3 m 以下	9.8 m 以下
1000	3.5 m 以下	3.9 m 以下	11.6 m 以下
2000	4.1 m 以下	4.6 m 以下	12.6 m 以下
4000	4.5 m 以下	5.3 m 以下	13.2 m 以下
8000	4.5 m 以下	5.8 m 以下	13.6 m 以下

式 (2.2.2-1) 及び表 4-1 より、縦軸を K_2 、横軸 S' をとして周波数毎にプロットしたグラフを図 5.2-1 ～図 5.2-3 に示す。

以上より、図 5.2-1 ～図 5.2-3 にて得られた結果から、環境補正值 K_2 が 2[dB] 以下となる各設備における測定表面面積の範囲を求めると、表 5.2-1 に示す通りとなる。

5.1 項の表 5.1-1 と同様に、供試体（騒音源）を立方体と仮定し、その一辺の長さで供試体（騒音源）の寸法を評価すると、環境補正值 K_2 が 2[dB] 以下となる各設備の適用範囲は、表 5.2-2 に示す通りとなる。

6. 結 論

試験センターが保有する電波無反射室である、電磁シールドルーム、及び第1 無反射室にて、JIS Z8733 による実用級音響パワーレベル測定を実施する際の適用範囲を

明確にした。

表 1.3-1 に示した各設備の暗騒音レベル対して、測定する騒音源の音響パワーレベルが 6[dB] 以上大きければ、暗騒音補正值 K_1 が 1.3[dB] 以下であり、JIS Z 8733 における実用級音響パワーレベル測定が実施可能である。また、供試体（騒音源）に対する測定表面面積の値が、表 1.3-2 に示す範囲内であれば、環境補正值 K_2 が 2[dB] 以下であり、JIS Z 8733 における実用級音響パワーレベル測定が実施可能である。

参考文献

(1)JIS Z 8733

音響－音圧法による騒音源の音響パワーレベルの測定方法－反射面上の準自由音場における実用測定方法

(2)JIS A 1409

残響室法吸音率の測定方法

添付資料 A

電磁シールドルームの残響時間測定 1 回目 M1 測定データ

- ・ 図 A-1 音響エネルギーレベル時系列 (63Hz)
- ・ 図 A-2 音響エネルギーレベル時系列 (125Hz)
- ・ 図 A-3 音響エネルギーレベル時系列 (250Hz)
- ・ 図 A-4 音響エネルギーレベル時系列 (500Hz)
- ・ 図 A-5 音響エネルギーレベル時系列 (1000Hz)
- ・ 図 A-6 音響エネルギーレベル時系列 (2000Hz)
- ・ 図 A-7 音響エネルギーレベル時系列 (4000Hz)
- ・ 図 A-8 音響エネルギーレベル時系列 (8000Hz)

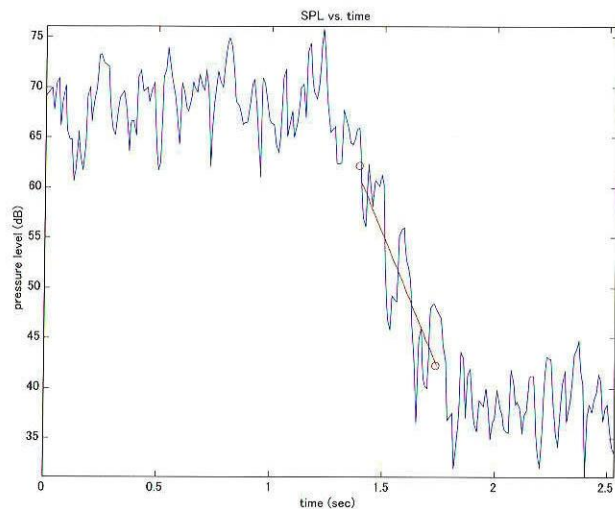


図 A-1 音響エネルギーレベル時系列 (63Hz)

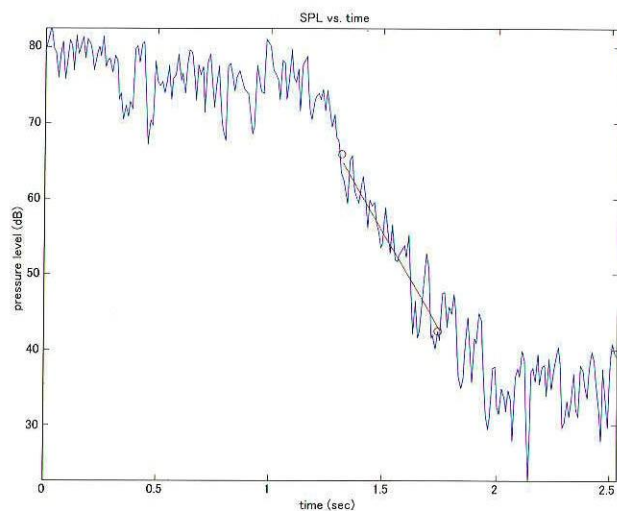


図 A-2 音響エネルギーレベル時系列 (125Hz)

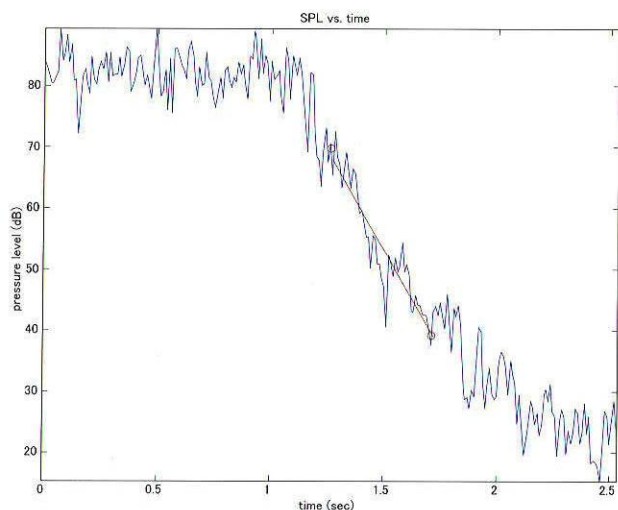


図 A-3 音響エネルギーレベル時系列 (250Hz)

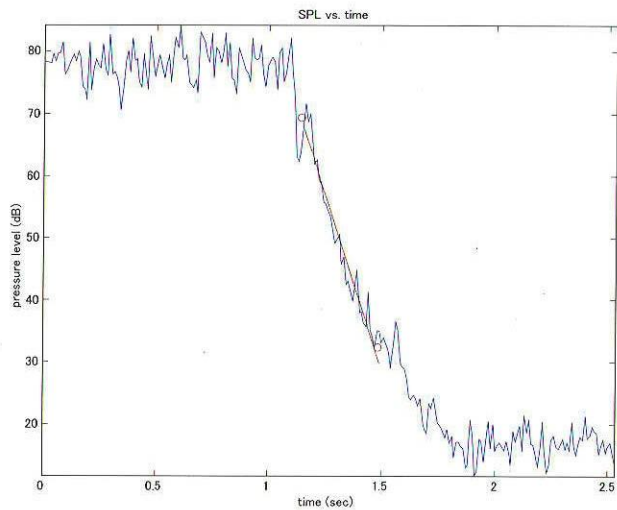


図 A-4 音響エネルギーレベル時系列 (500Hz)

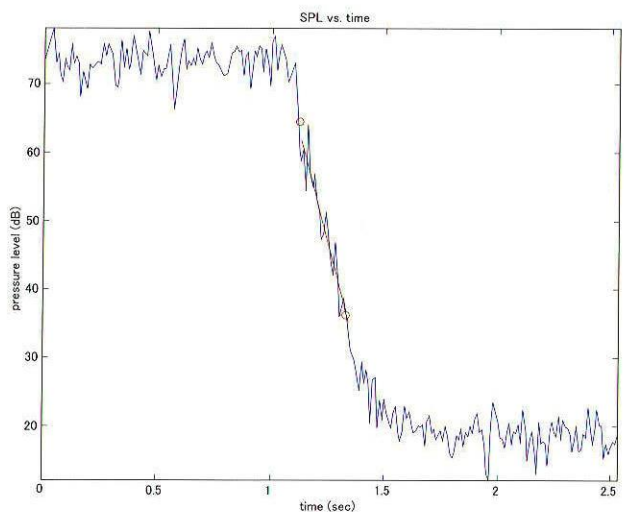


図 A-5 音響エネルギーレベル時系列 (1000Hz)

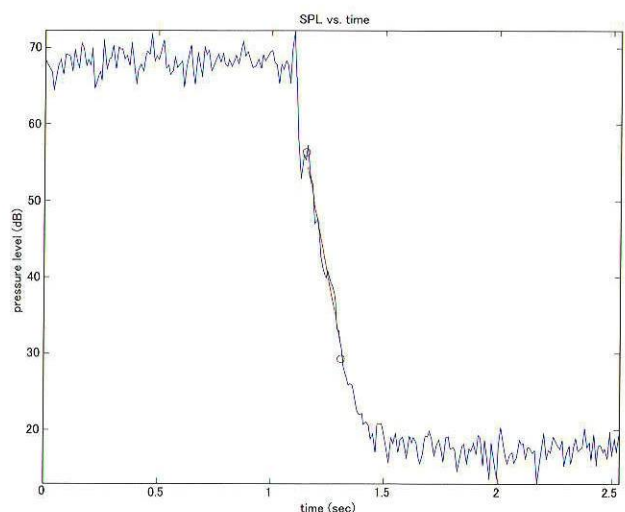


図 A-6 音響エネルギーレベル時系列 (2000Hz)

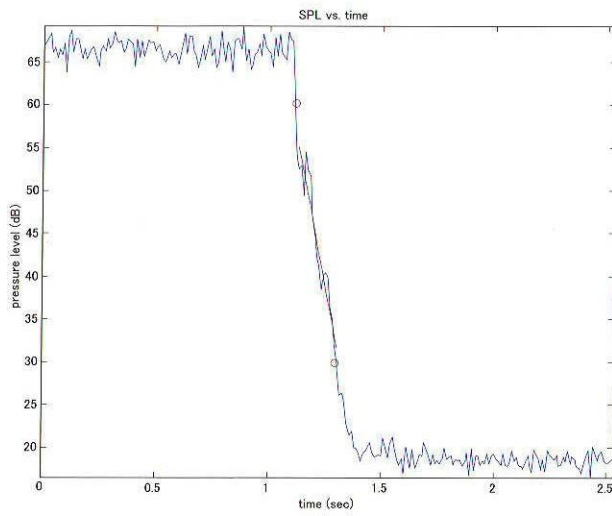


図 A-7 音響エネルギーレベル時系列 (4000Hz)

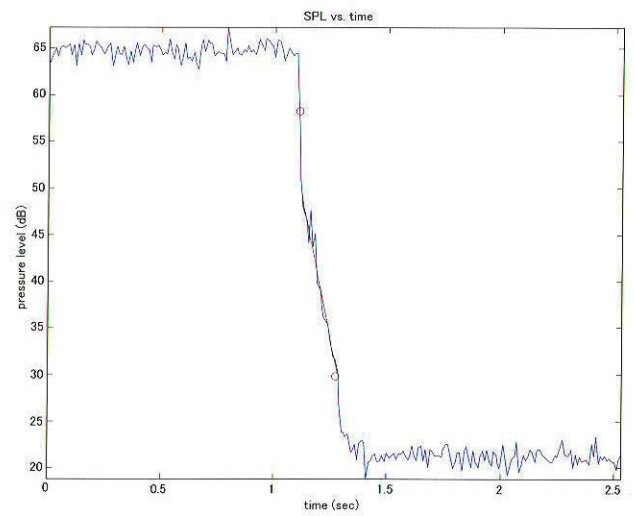


図 A-8 音響エネルギーレベル時系列 (8000Hz)

添付資料 B

電磁シールドルームの残響時間測定結果

- ・表 B-1 床面電波吸収体無し（計測 1 回目） 測定結果
- ・表 B-2 床面電波吸収体無し（計測 2 回目） 測定結果
- ・表 B-3 床面電波吸収体無し（計測 3 回目） 測定結果
- ・表 B-4 床面電波吸収体無し（計測 4 回目） 測定結果
- ・表 B-5 床面電波吸収体あり（計測 1 回目） 測定結果
- ・表 B-6 床面電波吸収体あり（計測 2 回目） 測定結果
- ・表 B-7 床面電波吸収体あり（計測 3 回目） 測定結果
- ・表 B-8 床面電波吸収体あり（計測 4 回目） 測定結果

- ・図 B-1 床面電波吸収体無し（計測 1 回目） 測定結果
- ・図 B-2 床面電波吸収体無し（計測 2 回目） 測定結果
- ・図 B-3 床面電波吸収体無し（計測 3 回目） 測定結果
- ・図 B-4 床面電波吸収体無し（計測 4 回目） 測定結果
- ・図 B-5 床面電波吸収体あり（計測 1 回目） 測定結果
- ・図 B-6 床面電波吸収体あり（計測 2 回目） 測定結果
- ・図 B-7 床面電波吸収体あり（計測 3 回目） 測定結果
- ・図 B-8 床面電波吸収体あり（計測 4 回目） 測定結果

表 B-1 床面電波吸収体無し (計測 1 回目) 測定結果

周波数 (Hz)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	平均値
63	0.427	0.740	0.825	0.525	1.066	0.720	0.717
125	0.361	0.491	0.535	0.491	0.637	0.703	0.503
250	0.439	0.284	0.379	0.270	0.376	0.212	0.350
500	0.225	0.166	0.207	0.167	0.298	0.247	0.212
1000	0.136	0.183	0.196	0.172	0.196	0.124	0.177
2000	0.141	0.130	0.143	0.130	0.154	0.126	0.140
4000	0.090	0.120	0.099	0.112	0.196	0.243	0.123
8000	0.108	0.128	0.102	0.124	0.163	0.118	0.125

(単位 : sec)

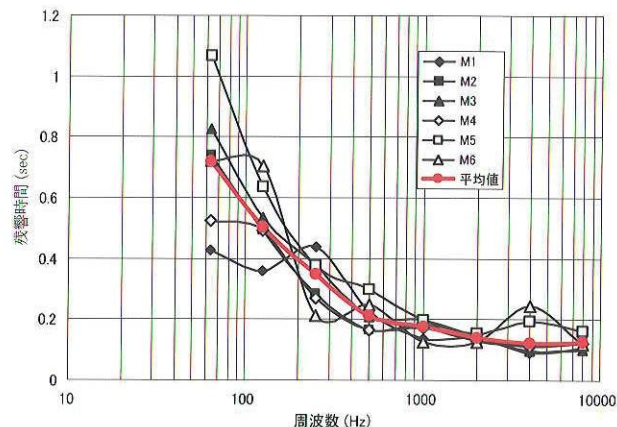


図 B-1 床面電波吸収体無し (計測 1 回目) 測定結果

表 B-2 床面電波吸収体無し (計測 2 回目) 測定結果

周波数 (Hz)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	平均値
63	0.443	0.786	0.849	0.603	0.884	0.631	0.713
125	0.367	0.479	0.457	0.492	0.465	0.446	0.452
250	0.385	0.287	0.360	0.266	0.230	0.274	0.306
500	0.281	0.171	0.261	0.177	0.268	0.199	0.232
1000	0.157	0.145	0.193	0.175	0.228	0.300	0.180
2000	0.151	0.152	0.125	0.146	0.122	0.147	0.139
4000	0.121	0.101	0.117	0.110	0.199	0.138	0.130
8000	0.115	0.075	0.121	0.094	0.243	0.096	0.130

(単位 : sec)

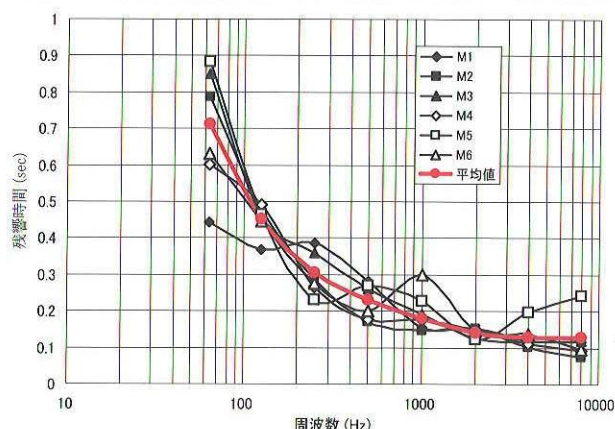


図 B-2 床面電波吸収体無し (計測 2 回目) 測定結果

表 B-3 床面電波吸収体無し (計測 3 回目) 測定結果

周波数 (Hz)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	平均値
63	0.263	0.629	0.829	0.451	0.616	0.455	0.558
125	0.235	0.651	0.474	0.624	0.616	0.845	0.520
250	0.288	0.262	0.346	0.291	0.268	0.221	0.291
500	0.130	0.233	0.222	0.179	0.255	0.310	0.204
1000	0.154	0.156	0.175	0.179	0.161	0.237	0.165
2000	0.103	0.121	0.169	0.113	0.149	0.158	0.131
4000	0.112	0.071	0.138	0.089	0.180	0.138	0.118
8000	0.105	0.082	0.091	0.094	0.138	0.154	0.102

(単位 : sec)

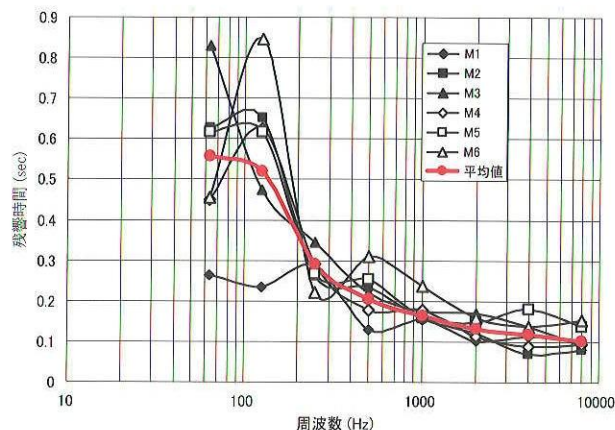


図 B-3 床面電波吸収体無し (計測 3 回目) 測定結果

表 B-4 床面電波吸収体無し (計測 4 回目) 測定結果

周波数 (Hz)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	平均値
63	0.526	1.128	0.507	0.474	0.185	0.494	0.564
125	0.567	0.272	0.304	0.150	0.333	0.368	0.325
250	0.320	0.258	0.229	0.286	0.348	0.225	0.288
500	0.274	0.194	0.275	0.179	0.231	0.138	0.230
1000	0.178	0.135	0.108	0.160	0.196	0.157	0.156
2000	0.116	0.105	0.118	0.121	0.154	0.161	0.123
4000	0.087	0.101	0.092	0.084	0.157	0.154	0.104
8000	0.112	0.096	0.097	0.081	0.174	0.122	0.112

(単位 : sec)

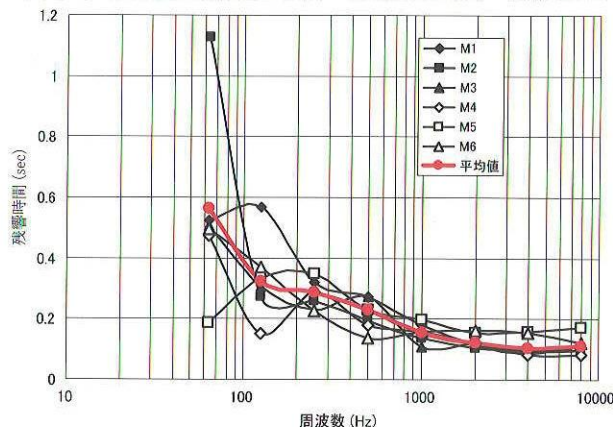


図 B-4 床面電波吸収体無し (計測 4 回目) 測定結果

表 B-5 床面電波吸収体あり（計測 1 回目） 測定結果

Hz	M1	M2	M3	M4	M5	M6	平均値
63	0.714	0.592	0.839	0.471	0.176	0.791	0.558
125	0.537	0.258	0.421	0.482	0.473	0.561	0.434
250	0.296	0.283	0.190	0.230	0.071	0.377	0.214
500	0.201	0.156	0.224	0.188	0.150	0.193	0.184
1000	0.170	0.137	0.183	0.154	0.212	0.183	0.171
2000	0.116	0.123	0.135	0.132	0.171	0.140	0.135
4000	0.125	0.075	0.083	0.103	0.196	0.086	0.116
8000	0.140	0.055	0.066	0.091	0.159	0.110	0.102

(単位: sec)

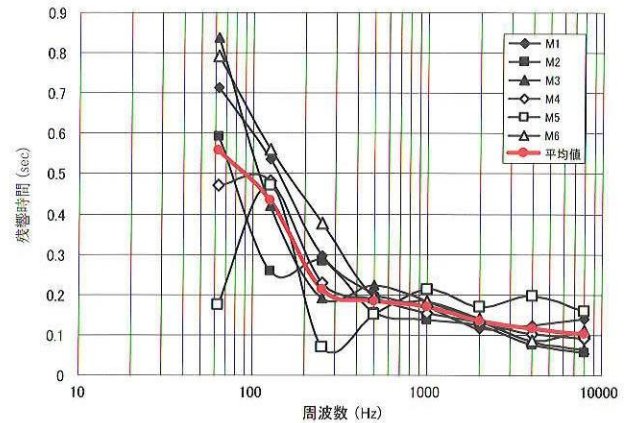


図 B-5 床面電波吸収体あり（計測 1 回目） 測定結果

表 B-6 床面電波吸収体あり（計測 2 回目） 測定結果

Hz	M1	M2	M3	M4	M5	M6	平均値
63	0.632	0.441	0.572	0.407	0.564	0.543	0.523
125	0.383	0.274	0.401	0.586	0.300	0.554	0.389
250	0.301	0.399	0.194	0.264	0.293	0.490	0.290
500	0.176	0.220	0.189	0.144	0.191	0.205	0.184
1000	0.155	0.120	0.140	0.116	0.108	0.104	0.128
2000	0.124	0.053	0.103	0.081	0.097	0.059	0.092
4000	0.080	0.054	0.071	0.070	0.082	0.050	0.071
8000	0.082	0.051	0.052	0.069	0.079	0.048	0.067

(単位: sec)

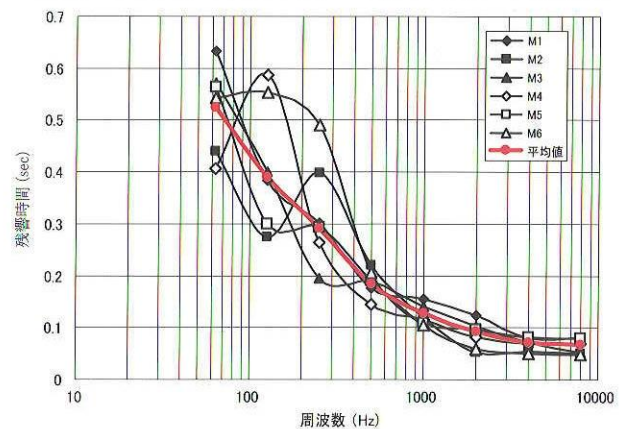
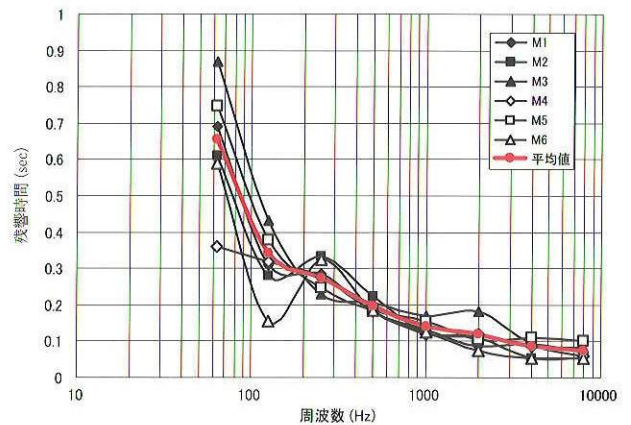


図 B-6 床面電波吸収体あり（計測 2 回目） 測定結果

表 B-7 床面電波吸収体あり（計測 3 回目） 測定結果

Hz	M1	M2	M3	M4	M5	M6	平均値
63	0.691	0.611	0.868	0.359	0.746	0.589	0.655
125	0.309	0.278	0.431	0.319	0.379	0.156	0.343
250	0.286	0.333	0.229	0.276	0.247	0.325	0.274
500	0.181	0.224	0.204	0.182	0.184	0.184	0.195
1000	0.131	0.123	0.168	0.118	0.156	0.125	0.139
2000	0.086	0.111	0.182	0.118	0.103	0.073	0.120
4000	0.093	0.053	0.096	0.087	0.110	0.052	0.088
8000	0.069	0.052	0.085	0.060	0.100	0.054	0.073

(単位: sec)



床面電波吸収体あり（計測 3 回目） 測定結果

表 B-8 床面電波吸収体あり（計測 4 回目） 測定結果

Hz	M1	M2	M3	M4	M5	M6	平均値
63	0.835	0.724	0.722	0.647	0.668	0.344	0.719
125	0.434	0.281	0.570	0.426	0.294	0.401	0.401
250	0.306	0.437	0.202	0.253	0.230	0.134	0.286
500	0.179	0.175	0.182	0.169	0.176	0.100	0.176
1000	0.137	0.110	0.152	0.132	0.158	0.109	0.138
2000	0.099	0.073	0.124	0.097	0.114	0.062	0.101
4000	0.073	0.055	0.099	0.073	0.120	0.061	0.084
8000	0.069	0.064	0.084	0.061	0.091	0.058	0.074

(単位: sec)

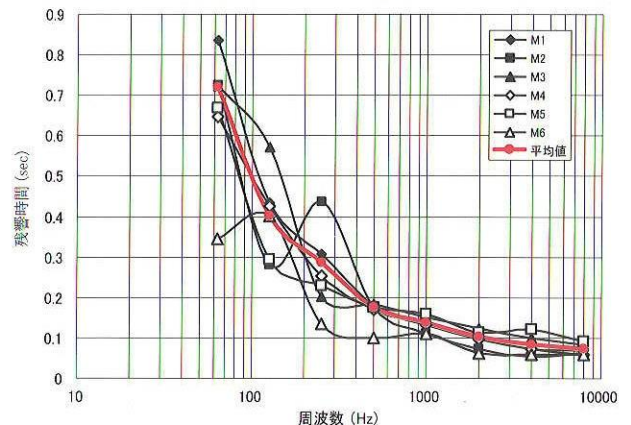


図 B-8 床面電波吸収体あり（計測 4 回目） 測定結果

添付資料 C

第 1 無反射室の残響時間測定結果

- ・表 C-1 スピーカ位置①（計測 1 回目） 測定結果
- ・表 C-2 スピーカ位置①（計測 2 回目） 測定結果
- ・表 C-3 スピーカ位置①（計測 3 回目） 測定結果
- ・表 C-4 スピーカ位置②（計測 1 回目） 測定結果
- ・表 C-5 スピーカ位置②（計測 2 回目） 測定結果
- ・表 C-6 スピーカ位置②（計測 3 回目） 測定結果

- ・図 C-1 スピーカ位置①（計測 1 回目） 測定結果
- ・図 C-2 スピーカ位置①（計測 2 回目） 測定結果
- ・図 C-3 スピーカ位置①（計測 3 回目） 測定結果
- ・図 C-4 スピーカ位置②（計測 1 回目） 測定結果
- ・図 C-5 スピーカ位置②（計測 2 回目） 測定結果
- ・図 C-6 スピーカ位置②（計測 3 回目） 測定結果

表 C-1 スピーカ位置①（計測 1 回目） 測定結果

周波数 (Hz)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	平均値
63	1.15	1.1	0.96	0.61	0.99	0.99	0.97
125	1.36	1.31	1.34	1.43	0.92	1.08	1.24
250	1.26	1.35	1.38	1.05	0.91	1.08	1.17
500	0.78	0.63	0.62	0.54	0.5	0.6	0.61
1000	0.44	0.43	0.41	0.44	0.44	0.4	0.43
2000	0.39	0.4	0.36	0.4	0.29	0.36	0.37
4000	0.41	0.39	0.28	0.32	0.35	0.37	0.35
8000	0.44	0.4	0.26	0.32	0.31	0.4	0.35

単位 (sec)

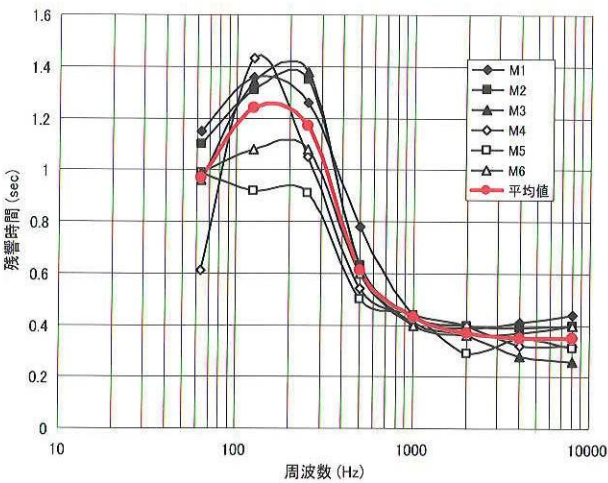


図 C-1 スピーカ位置①（計測 1 回目） 測定結果

表 C-2 スピーカ位置①（計測 2 回目） 測定結果

周波数 (Hz)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	平均値
63	1.33	1.4	0.72	0.82	1.73	1.67	1.28
125	1.35	1.3	1.12	1.28	1.17	0.82	1.17
250	1.19	1.28	1.72	0.96	0.79	1.09	1.17
500	0.66	0.67	0.51	0.5	0.41	0.42	0.53
1000	0.48	0.39	0.43	0.43	0.39	0.37	0.42
2000	0.42	0.39	0.35	0.36	0.32	0.36	0.37
4000	0.43	0.4	0.27	0.4	0.27	0.45	0.37
8000	0.45	0.45	0.29	0.3	0.79	0.71	0.5

単位 (sec)

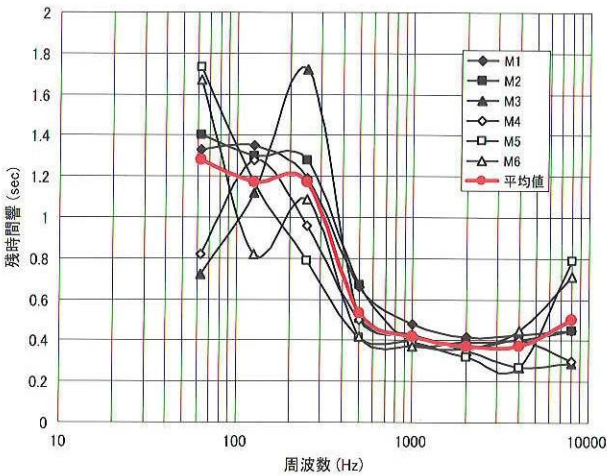


図 C-2 スピーカ位置①（計測 2 回目） 測定結果

表 C-3 スピーカ位置①（計測 3 回目） 測定結果

周波数 (Hz)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	平均値
63	1.4	0.57	0.9	0.8	0.88	0.61	0.86
125	1.24	1.19	0.98	1.16	0.77	0.9	1.04
250	0.98	1.2	1.34	0.92	0.84	0.94	1.04
500	0.71	0.67	0.56	0.51	0.6	0.65	0.62
1000	0.48	0.39	0.36	0.42	0.39	0.42	0.41
2000	0.41	0.34	0.31	0.32	0.33	0.34	0.34
4000	0.42	0.4	0.32	0.26	0.3	0.33	0.34
8000	0.41	0.41	0.28	0.25	0.24	0.35	0.32

単位 (sec)

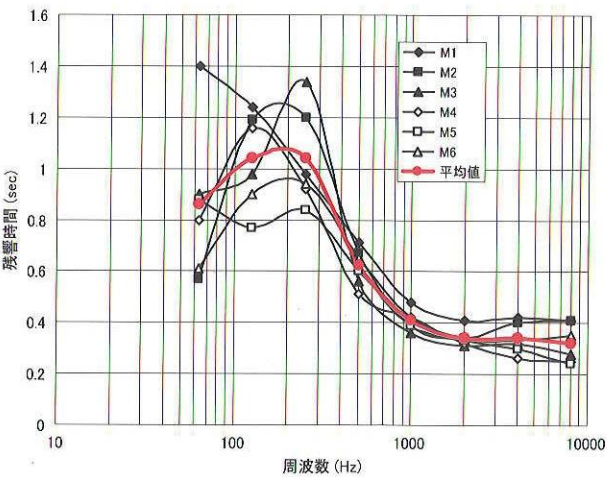
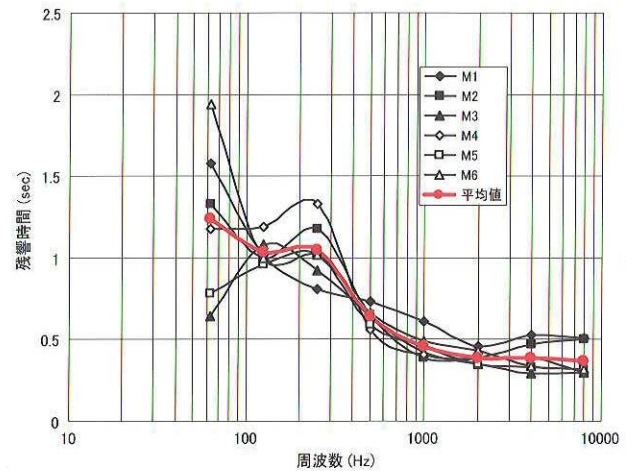


図 C-3 スピーカ位置①（計測 3 回目） 測定結果

表C-4 スピーカ位置②（計測1回目） 測定結果

周波数 (Hz)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	平均値
63	1.58	1.33	0.64	1.18	0.78	1.94	1.24
125	1.02	1	1.08	1.19	0.96	1	1.04
250	0.81	1.18	0.92	1.33	1.02	1.02	1.05
500	0.73	0.65	0.64	0.56	0.59	0.66	0.64
1000	0.61	0.39	0.42	0.41	0.46	0.49	0.46
2000	0.46	0.39	0.35	0.38	0.35	0.43	0.39
4000	0.53	0.47	0.29	0.39	0.33	0.34	0.39
8000	0.51	0.5	0.3	0.3	0.32	0.32	0.37

単位 (sec)

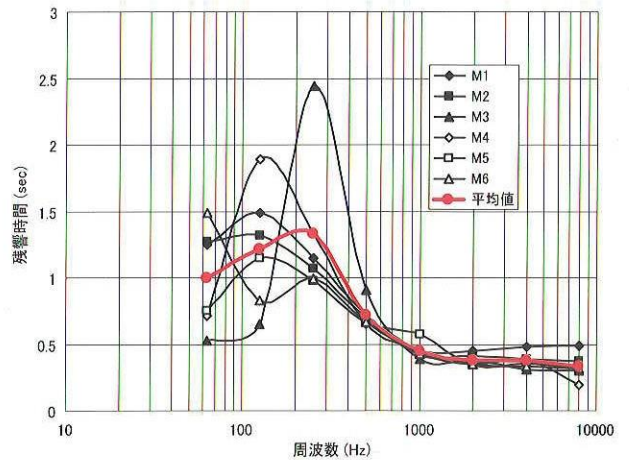


図C-4 スピーカ位置②（計測1回目） 測定結果

表C-5 スピーカ位置②（計測2回目） 測定結果

周波数 (Hz)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	平均値
63	1.25	1.27	0.53	0.71	0.75	1.49	1
125	1.49	1.32	0.65	1.89	1.15	0.83	1.22
250	1.15	1.07	2.44	1.33	0.98	0.99	1.33
500	0.72	0.7	0.91	0.65	0.66	0.67	0.72
1000	0.46	0.42	0.39	0.46	0.57	0.43	0.45
2000	0.45	0.41	0.38	0.36	0.34	0.35	0.38
4000	0.48	0.39	0.31	0.38	0.36	0.33	0.38
8000	0.49	0.37	0.3	0.19	0.32	0.32	0.33

単位 (sec)

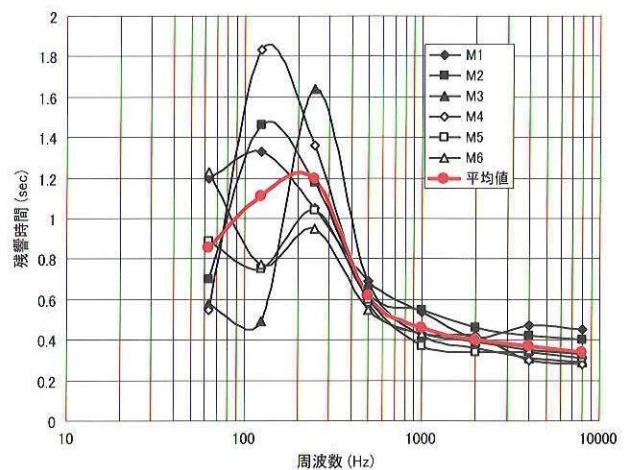


図C-5 スピーカ位置②（計測2回目） 測定結果

表C-6 スピーカ位置②（計測3回目） 測定結果

周波数 (Hz)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	平均値
63	1.2	0.7	0.58	0.55	0.89	1.23	0.86
125	1.33	1.46	0.49	1.83	0.75	0.77	1.11
250	1.05	1.18	1.64	1.36	1.04	0.95	1.2
500	0.69	0.63	0.68	0.58	0.6	0.55	0.62
1000	0.54	0.55	0.42	0.43	0.37	0.43	0.46
2000	0.41	0.46	0.36	0.42	0.34	0.39	0.4
4000	0.47	0.42	0.31	0.3	0.34	0.35	0.37
8000	0.45	0.4	0.29	0.28	0.31	0.33	0.34

単位 (sec)



図C-6 スピーカ位置②（計測3回目） 測定結果

宇宙航空研究開発機構研究開発資料 JAXA-RM-05-005

発行日 平成18年2月7日
編集・発行 宇宙航空研究開発機構
〒182-8522 東京都調布市深大寺東町7-44-1
URL : <http://www.jaxa.jp/>
印刷・製本 (株) 共 進

本書及び内容についてのお問い合わせは、下記にお願いいたします。

宇宙航空研究開発機構 情報システム部 研究開発情報センター

〒305-8505 茨城県つくば市千現2-1-1

TEL : 029-868-2079 FAX : 029-868-2956

© 2006 宇宙航空研究開発機構

※ 本書の一部または全部を無断複写・転載・電子媒体等加工することを禁じます。



宇宙航空研究開発機構
Japan Aerospace Exploration Agency

本書は再生紙を使用しております。