

室内騒音源に対する局所吸音対策の効果について

Effect of local arrangement of absorbing surfaces for a noise source in rooms

学籍番号 56817

氏名 石上 英輔(Ishigami, Eisuke)

指導教員 佐久間 哲哉 助教授

1. 研究の背景と目的

室内における吸音効果の予測には、拡散音場の仮定に基づく Eyring の音響エネルギー密度の予測式（以下 Eyring 式）がよく知られている。また、室内騒音源に対する局所的な吸音効果に関しては、音源から吸音面を見込む立体角により Eyring 式を補正した予測式が提案されている^[1]。一方、音源に対する吸音面の向きや形状が室の吸音効果に及ぼす影響は確認されておらず、既存の予測式で予測することはできない。また、実際の吸音対策では壁・床近傍の騒音源を取り扱う場合が多いが、この場合吸音面に入射する直接音と同様に、壁・床からの一次反射音も吸音効果に大きく影響を及ぼすと考えられる。

以上の背景を踏まえて、本研究では音源から吸音面を見込む立体角ならびに吸音面の向きや形状、音源位置が室の吸音効果に及ぼす影響を検討するため、予測式の改良とその検証実験を行った。

2. 室内音響エネルギー密度の予測式

2.1 Eyring 式の補正

室内を拡散音場と仮定したとき、室内音響エネルギー密度は次式で表される(Eyring 式)。

$$E = \frac{Wp}{Vc} \left(1 + \bar{r} + \bar{r}^2 + \bar{r}^3 + \dots \right) = \frac{Wp}{Vc \cdot \alpha} \quad (1)$$

室内に無指向性点音源がある場合、直接音に対する立体角平均反射率は次式で表される。

$$r_d = \frac{(4\pi - \omega_m) \cdot r_0 + \omega_m \cdot r_m}{4\pi} \quad (2)$$

ω_m : 音源から吸音面を見込む立体角(sr)

r_0 : 室内表面の反射率 (=1- α_0)

r_m : 吸音面の反射率 (=1- α_m)

(1)式において一次反射に r_d 、二次以降の

反射に室内平均反射率 \bar{r} を用いると、以降室内音響エネルギー密度は次式で表される^[1]。

$$E = \frac{Wp}{Vc} \left(1 + r_d + r_d \cdot \bar{r} + r_d \cdot \bar{r}^2 + r_d \cdot \bar{r}^3 + \dots \right) = \frac{Wp}{Vc} \left(1 + \frac{r_d}{\alpha} \right) \quad (3)$$

2.2 立体角平均反射率の補正

本研究では、室内で音源が壁や床の近傍にある場合、一次反射音の虚音源から吸音面を見込む立体角の割合を、式(2)の吸音面に入射する直接音と同様に扱えると考え、次のように補正を行った。

$$r_d = \frac{(4\pi - \omega_m - \omega_m') \cdot r_0 + \omega_m \cdot r_m + \omega_m' \cdot r_0 \cdot r_m}{4\pi} \quad (4)$$

ω_m' : 一次反射音の虚音源から吸音面を見込む立体角(sr)

3. 実験構成

3.1 実験概要

3.1.1 実験 1

吸音面の配置パターンを図 1 に示す。音源は室中央に固定し、3 つの配置パターンで音源・吸音面間距離を 0.3~2.4m に変化させ、吸音面を見込む立体角ならびに吸音面の向き・形状が室内平均音圧レベルに及ぼす影響を検討する。

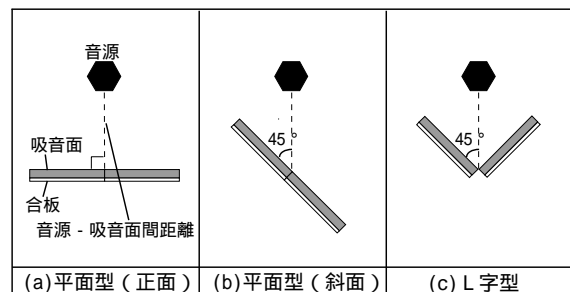


図 1 : 実験 1 の配置パターン (平面図)

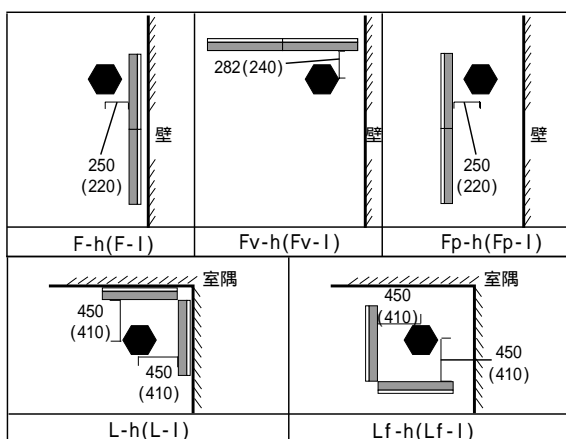


図 2：実験 2 の配置パターン
(括弧内は音源が下部の場合)

表 1：実験 2 の配置パターン詳細

吸音面形状	ω (sr)	ω (sr)	吸音面パターン	吸音面高さ(m)	音源高さ(m)
平面型	3.81	+0.03	F-h	1.3	1.3
		+0.39	Fv-h		
		+1.16	Fp-h		
		+0.65	F-l	0.6	
		+1.05	Fv-l		
+1.60	Fp-l				
L字型	4.8	+0.06	L-h	1.3	1.3
		+1.36	Lf-h		
		+1.37	L-l	0.6	
		+3.10	Lf-l		

表 2：吸音面の吸音率

	オクターブバンド中心周波数(Hz)				
	250	500	1k	2k	4k
カタログ値	1.00	0.98	0.85	0.70	0.80
実物実測値	1.43	1.33	1.40	1.39	1.40

表 3：実験室の平均吸音率

	オクターブバンド中心周波数(Hz)				
	250	500	1k	2k	4k
残響室	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05
一般居室	0.08	0.09	0.09	0.10	0.11

表 4：実験室の吸音力

	オクターブバンド中心周波数(Hz)				
	250	500	1k	2k	4k
残響室	8.79	8.36	8.53	9.33	13.57
一般居室	8.21	9.48	9.96	10.73	11.93

3.1.2 実験 2

吸音面の配置パターンを図 2・表 1 に示す。音源を室内の壁際または隅部に固定した上で、吸音面を見込む立体角を一定として配置パターンを変化させ、音源と吸音面の位置関係の影響を検討する。

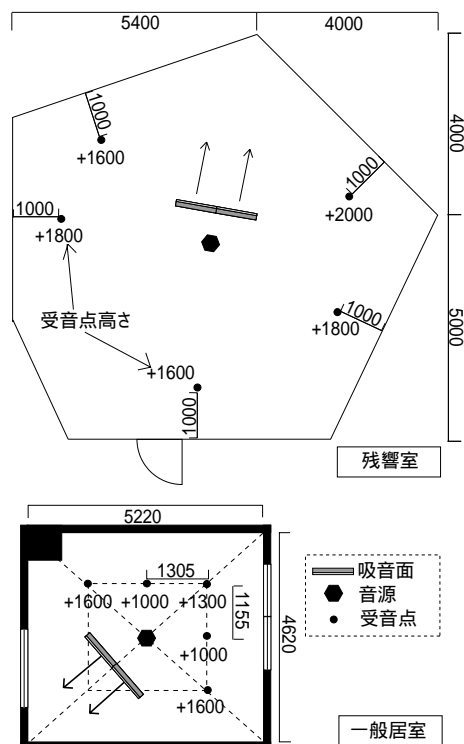


図 3：実験室平面図（図は実験 1 の場合）

表 5：実験室仕様

	残響室	一般居室
室面積	59m ²	24.20m ²
室表面積	282m ²	107.56m ²
室容積	322m ³	72.84m ³
備考	ウレタン塗布型 枠打放し	天井に吸音処理 (岩綿吸音板)

3.2 実験条件

実験 1・2 共に音源として無指向性 12 面体スピーカーを用いてピンクノイズを放射し、室内 5 点の音圧測定値から平均音圧レベルを 250~4kHz の 1/1 Oct.band 毎に求める。

吸音面には合板 (12mm 厚) にグラスウール (32K、100mm 厚) を接着したパネル (0.9m*1.2m) を 2 枚使い、平面型・L字型に接合する (吸音面の吸音率は表 2 参照)。また、実験は図 3 に示す残響室と一般居室の 2 室で行う。実験室の平均吸音率、吸音力、仕様は表 3、表 4、表 5 の通りである。

4. 実験 1：結果と考察

吸音面の各配置パターンにおける室内平均音圧レベルを、吸音面が無い場合を基準としたレベル差として図 4 に示す。また、図中の予測値は吸音率のカタログ値と実物

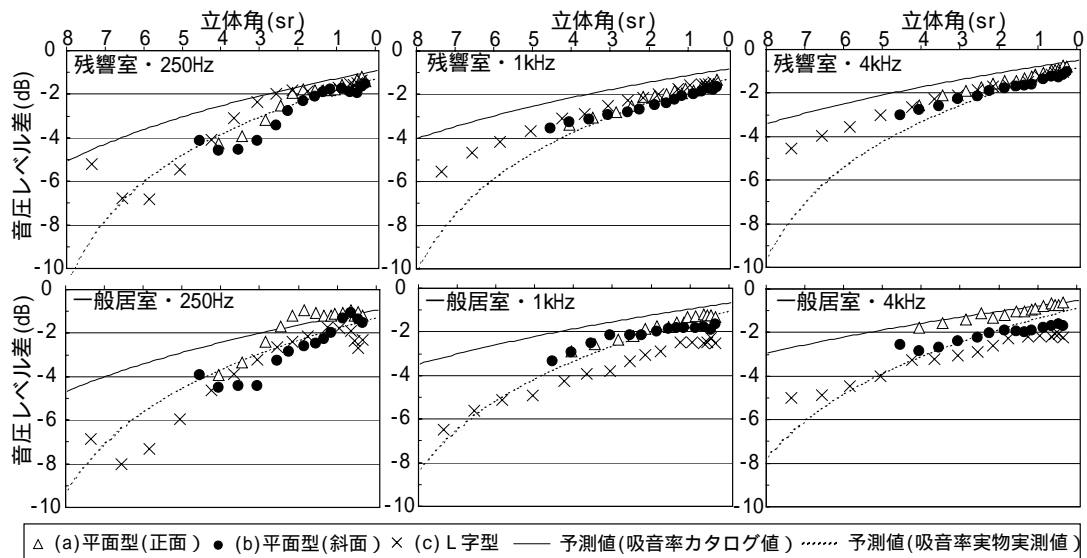


図4：各配置パターンの立体角と吸音効果の関係

実測値によるものである。

<立体角の影響> 全体的な傾向として、吸音面を見込む立体角が大きいほどレベル差が大きくなり、局所吸音の効果が確認できる。ただし、250Hz帯域では顕著に変動が現れており、室内モードや吸音面寸法の影響によるものと考えられる。

<吸音面の向き・形状の影響> これらの影響は残響室の1kHz・4kHz帯域ではほとんど見られない。一方、一般居室では若干の差が見られ、平面型に比べてL字型の場合に1~2dB吸音効果が大きくなっている。

<予測値との対応関係> 250Hz帯域では、実物実測値を用いた場合と比較的対応しているのに対して、1kHz・4kHz帯域ではカタログ値を用いた場合と傾斜が合致する傾向が見られる。

5. 実験2：結果と考察

平面型・L字型吸音面の各配置パターンにおける室内平均音圧レベルを、吸音面が無い場合を基準としたレベル差として図5、図6に示す。図中には、平面型吸音面を音源と反対方向に向けた場合（吸音面の立体角0）の実測値と3つの予測値を示す。予測値には、実物実測値の吸音率を用いている。

実測値については、全体的に局所吸音効

果が2~6dB生じている。それに加えて吸音面配置の影響が見られ、Fp-1、Lf-1のように床面に近接した場合にその影響がより顕著となっている。特にL字型吸音面を隅部に向けて音源を覆うように配置したLf-1の場合に、最大の効果が生じている。また、全体的に残響室と比較して、一般居室の方が吸音面配置の変化に対する実測値の変化量が大きい。

予測値については、1kHz・4kHz帯域における吸音面配置の影響傾向が式(4)の補正による予測値の変化と対応する様子が見られる。しかし予測値の変化量は全体的に過大となる傾向がある。

6. まとめ

室内騒音源に対する局所吸音対策の効果について、吸音面を見込む立体角ならびに吸音面の向き・形状、さらに室内の音源位置の影響を検討した。その結果、以下のことがわかった。

- ・ 残響室、一般居室ともに音源が室中央にある場合、室内平均音圧レベルに及ぼす局所吸音の効果は音源から吸音面を見込む立体角とともに大きくなることが確認され、一般居室では吸音面形状の影響が若干現れた。また、予測式との対応は周波数帯域によって異なる。

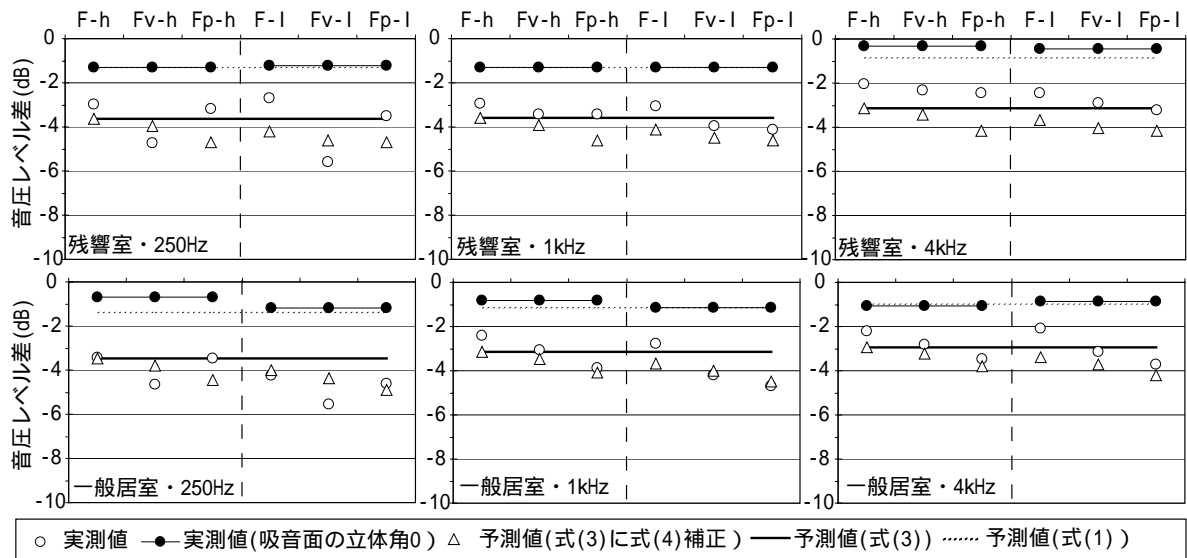


図5：各配置パターンの吸音効果の実測値と予測値の関係（壁際）

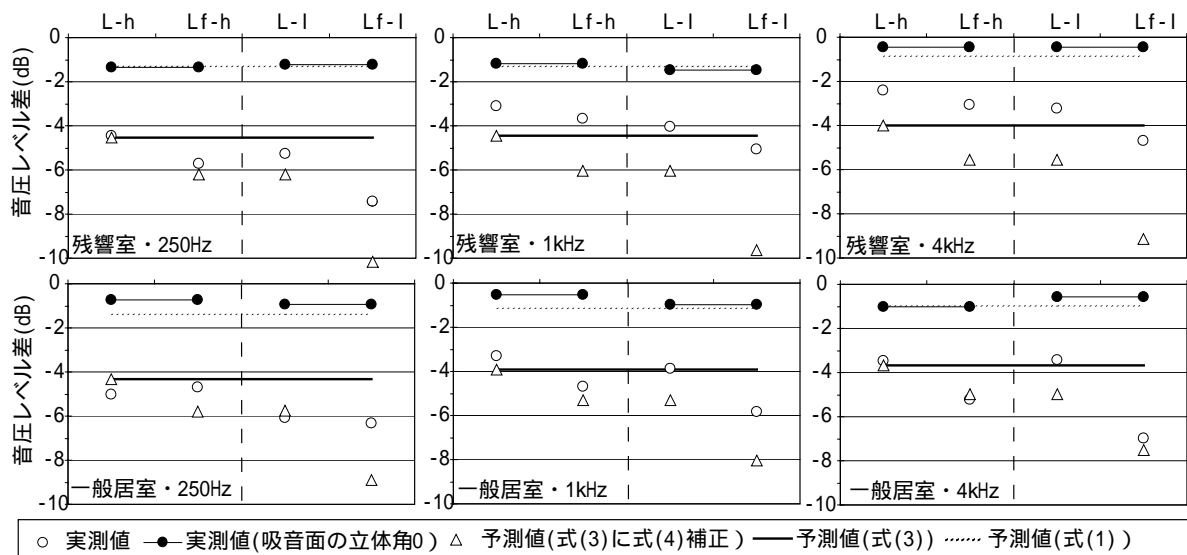


図6：各配置パターンの吸音効果の実測値と予測値の関係（隅部）

- ・ 音源が壁・床近傍にある場合、吸音面を見込む立体角が等しくても、その配置が局所吸音効果に大きく影響を及ぼすことが確認された。
- ・ 虚音源から吸音面を見込む立体角を考慮した予測式は、概ね配置の影響を捉えたものの、効果を過大に評価する傾向が見られた。

謝辞

実験にご協力いただいた(株)三井住友建設技術研究所の赤尾伸一氏、岩本毅氏、嶋田泰氏に深く感謝の意を表します。

参考文献

[1] 藤井健他, 騒音制御, Vol.26(No.6), 404-409, 2002