

予習確認プリント (教科書 pp. 127~130)

学年 : \_\_\_\_\_ 学籍番号 : \_\_\_\_\_ 名前 : \_\_\_\_\_

・残響とはどのような**現象**ですか? どのような要因が残響に影響を与えますか?

・残響時間とはどのような**意味**をもつものですか?

・反響とはどのような**現象**ですか? 残響とはどのような**違い**がありますか? さらに, 不必要な反響を生じさせないためには, どのような点に気をつける必要がありますか?

※予習の段階に比べて, 授業を聞き終わった段階では, 何がわかりましたか? よくわからなかったところは, どこですか? 質問はありませんか?

第 13 回 室内の音響 (教科書 pp. 127~130)

※おおよそ板書の 1 面が, 配付資料の半ページに相当

◎ 音環境の全体像

└ 【1】 音が出るとき (音源側) ———音をどのように捉えるか?

|

物理的に数字で捉える

|

⇔人間の感覚との対応⇒レベル表示

|

└ 【2】 音が出た後 (受け取る側) ———音をどのようにコントロール (制御) するか?

|

└ 音を受け止める (遮る, 止める)

|

└ 音を響かせる (止めない)

|

└ 人間の評価 (好みの問題, 騒音)

└ 振動

□ 0 今日の内容

□ 1

□ 2

□ 3

1 室内音響のポイント (注目したい音, その音と時間の関係, その音の伝わり方)

重要

(参考) 空気の濃度の分布が時間的にどのように変わるか? についてを思い出したい

⇒室内音響に関して, 考えたいポイントは, 以下の (1) ~ (3) の 3 つ

(1)

遮音

吸音

吸音を考える際, 吸音性能を高めるためには, 反射音の音のエネルギーを減らしたい

⇔しかし, 室内音響を考える上では, 「吸音」性能を上手く使って, 音をコントロールしたい

→室内音響を考える上では, 反射音を活かすことも大いにあり得る

(2)

注 時間との関係

①すぐ到達:

「響き方」でプラスにもマイナスにも

②遅れて到達:

室内音響を考える上では, 基本的には障がい

⇒つまり, 『残響時間』のコントロールが大切

(3)

※空気の濃度分布を考える時と違う点はここ！！

※※光の動きも直線的

空気

音

## 2 残響時間

(1) 室内音響を考える上での(室内でよりよい音響を実現したい時の)目標: ①から⑤の5つ

①必要な音/不必要な音:

②言葉:

③音楽:

④分布:

⑤障がい:

(2) 残響時間についてもう少し詳しく考えてみよう (残響時間の定義と意味)

◎残響時間の定義：音のエネルギーが

⇒代表的な計算式が「セービン」の式

※残響時間に影響を与える要因

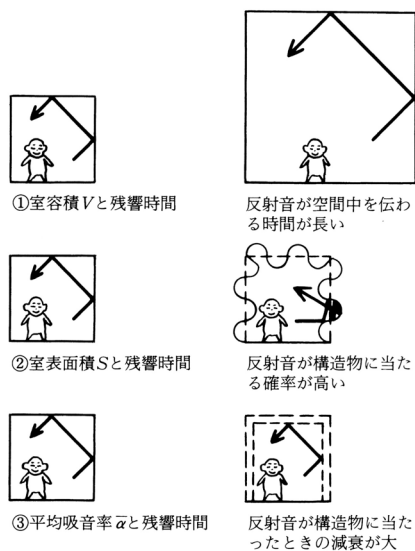


図 残響予測式の定性的理解 (出典：参考文献 [1], p. 116)

注) セービンの式には、**仮定**が入っている→理想的な場合を考えている

セービンの式では、拡散音場を仮定

→拡散音場の仮定：1) 音響エネルギーが室内全体に均一に分布

2) どの点においても音の進行方向はあらゆる方向に一樣

なお、セービンの式で、0.161 という定数が入ってくるのは、以下の理由による。

音のエネルギーの減衰率  $D = 10 \cdot \log_{10} e^{\left(\frac{cA}{4V}\right)}$  ( $V$  : 室の容積 [m<sup>3</sup>],  $A$  : 吸音面積 [m<sup>2</sup>])

と、残響時間  $T$  は 60dB 減衰する時間である ( $T = \frac{60}{D}$ ) ことから

$$\frac{6 \times 4}{c \cdot \log_{10} e} = \frac{55.26}{c} (= K) \quad \langle 1 \rangle$$

ここで、 $c$  : 音速 [m/s] (=331.5+0.61t t : 温度 [°C])

→常温の時は、0.161 となる

そこで、もう少し精確な式にしたい (より現実に近づけたい) と考えた場合は、

「Eyring (アイリング) の式」を使う。

※セービンの式は吸音力が大きい室では成り立たない。そこで、音が段階的に減衰すると考えた。

※※アイリングも人の名前

$$T = \frac{K \cdot V}{S \cdot \left\{ -\log_e (1 - \bar{\alpha}) \right\}} \quad \langle 2 \rangle$$

ここで、 $K$  : 音速に反比例する係数 [単位なし, N. D.] (→ 〈1〉を参照)

$T$  : 残響時間 [s]

$V$  : 室の容積 [m<sup>3</sup>]

$S$  : 室の表面積 [m<sup>2</sup>]

$\bar{\alpha}$  : 室の平均吸音率 [N. D.]

なお、 $\bar{\alpha}$  が十分小さいときは、

$$-\log_e (1 - \bar{\alpha}) \cong \bar{\alpha} \quad \langle 3 \rangle$$

であり、セービンの式と一致する。

### 3 反響

ただし、時にはあえて反響を利用することもあり

- ・フラッターエコー (フラッターエコー)

「鳴き竜」とも。

- ・ささやきの回廊

反射面が大きな凹曲面を作っていると、音はその面に沿って滑るように何回も反射し、ささやき声が非常に遠くまで明瞭に聞き取れる現象。ロンドンの St. Paul 寺院の大ドームにある回廊が有名。

YouTube で探して、実際に訊いてみよう。いろいろと面白い「おと」がある。例えば、以下のようなキーワードを入れれば、検索できる。

「フラッターエコー」

「フラッターエコー (鳴き竜)」

「ロングパスエコー」←あまり出てこないかも

「音響障害を聴いてみる」(「ブーミング」)

「無響室」

「残響室 最新研究施設」

「インド ビジャープル」もしくは「ささやきの回廊」 など

**【参考文献】**(順に、タイトル、編著者名、出版社、発行年月、価格、ISBN。[] 内は熊本県立大学図書館所蔵情報。)

- [1] 『図説テキスト 建築環境工学』(加藤信介・土田義郎・大岡龍三, 彰国社, 2002年11月, ¥2,400+税, ISBN: 4-395-22127-0) [和書 (2F), 525.1||Ka 86, 0000310578]  
→第二版もあり (2008年11月, ISBN: 978-4-395-22128-8) [和書 (2F), 525.1||Ka 86, 0000320417]

建築環境工学（第 13 回目）[金曜日・08:40～10:10・中講義室 2（オンデマンド形式による遠隔授業）]

2023. 01. 06

環境共生学部・居住環境学専攻

辻原万規彦

学年：\_\_\_\_\_ 学籍番号：\_\_\_\_\_ 名前：\_\_\_\_\_

**【演習問題】**

20m×30m の床，天井高さ 6 m の室の平均吸音率が 0.3 の時の残響時間はいくらか。セービンの式（教科書 p. 128）とアイリングの式（配布プリント p. 128）の両方で求めよ。