

## Barron の修正理論を用いた室内音圧レベル分布の検討

### その 1 残響時間と平均吸音率の測定

#### A study on distribution of sound pressure level in a room based on Barron's Revised Theory

#### Part-1 Measurement of reverberation time and an average sound absorption coefficient

○久保貴子<sup>1</sup>, 塩澤友梨菜<sup>1</sup>, 仙波貴仁<sup>1</sup>, 星和磨<sup>2</sup>, 羽入敏樹<sup>2</sup>

\*Takako Kubo, Yurina Shiozawa, Takahito Senba, Kazuma Hoshi, Toshiki Hanyu

### 1. はじめに

従来の室内音響理論においては、拡散音の音圧レベルは距離によらず一定になる。しかし、音楽ホールでの実測では従来の室内音響理論とそぐわない結果を示すものがあつた。そこで Barron は主に音楽ホールにおいて拡散音が距離によって減衰するという修正理論を提案している。[1]

筆者らは、Barron の修正理論を音楽ホール以外の空間に適用することはできないか検討するために、様々な空間で測定を実施した。なお、この理論は平均吸音率と残響時間を利用するため、本報では、まず室容積の異なる 3 種類の室で残響時間及び平均吸音率を測定したのでその結果について報告する。また、別報[2]では本報の結果を基に、Barron の修正理論が音楽ホール以外の空間に適用できるかの検討を行う。

### 2. 実験方法

測定対象は図 1 に示した大きさの異なる 3 室である。

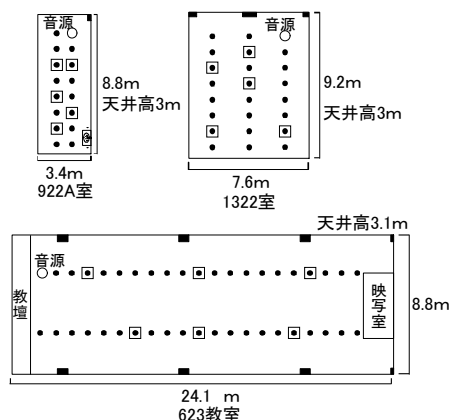


図 1. 測定音場及び測定点 (平面)

図中の○は音源位置、●は受音点を表している。なお、残響時間は□を付した受音点で解析し、算術平均することによって求めた。音源には 12 面体スピーカを用い、音源の高さは 1.6m、受音点の高さは 1.3m に設定した。

今回は室容積  $V$  と表面積  $S$  を、室の幅×奥行×天井

1 : 日大理工・学部・建築 2 : 日大短大・教員・建築

高という室形状の細部を無視した単純な直方体とした場合“簡易”と、柱と梁の形状も含めて計算した場合“詳細”の 2 パターンについて計算した(ただし、623 教室に関しては映写室があるものとして計算した)。その結果を以下の表 1 に示す。

表 1. 3 室の容積及び表面積

	容積 $V$ [m <sup>3</sup> ]		表面積 $S$ [m <sup>2</sup> ]	
	簡易	詳細	簡易	詳細
922A室	90.9	86.7	133.9	135.2
1322室	209.3	201.4	201.4	240.3
623教室	633.4	621.5	639.7	673.7

測定系を図 2 に示す。部屋の開口部をすべて閉め切った状態で音源から TSP 信号を発生させ、各受音点で受信した信号に対し、時間的に反転させた信号をたたみ込んでインパルス応答を求めた。この時、デジタル録音はサンプリング周波数 48000Hz、量子化 24bit に設定した。

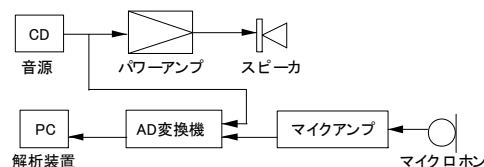


図 2. インパルス応答測定ブロックダイアグラム

### 3. 解析方法

周波数帯域ごとの残響時間を求めるために以下の処理を行った。なお、1kHz 帯域における解析手順の例を図 3 に示す。

- 1) 実験で得られたインパルス応答のデータをオクターブバンドフィルタに通し、125Hz~4kHz のオクターブ帯域波形  $p(t)$  を求める [図 3(a)]。
- 2) オクターブ帯域波形の 2 乗応答波形を求める。
- 3) 2 乗応答波形の縦軸を対数レベル表示したグラフからノイズフロアと 2 乗応答波形の減衰直線の交点から波形終了時刻  $t_e$  を読み取る [図 3(b)]。
- 4) 式(1)によってシュレーダー減衰曲線を求める。

$$E(t) = \int_t^{t_e} p^2(\tau) d\tau \quad (1)$$

- 5) 波形終了時刻  $t_e$  までのシュレーダー減衰曲線を描き、

残響時間  $T$  を求める. なお,  $T$  は図 3(c)中の Level が  $-5 \sim -35\text{dB}$  の区間のデータを用い, 最少自乗法により直線近似した傾きから求めた [図 3(c)].

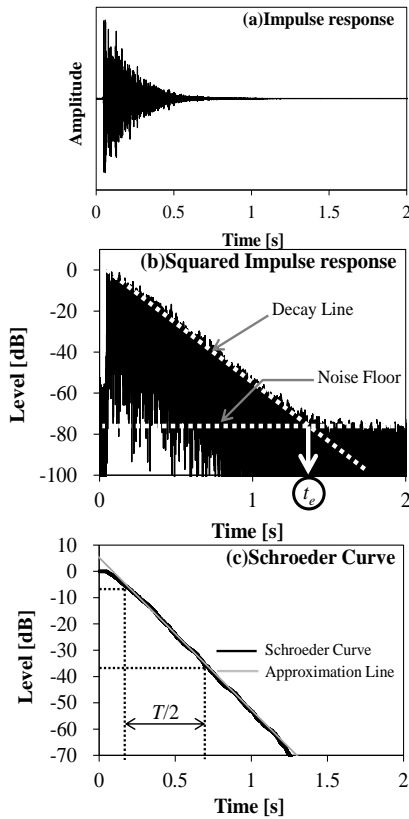


図 3. 解析手順 (例: 1kHz 帯域)

6)各室の残響時間  $T$  は図 1 の口を付けた受音点の算術平均とする.

7)算術平均で求めた残響時間  $T$  から式 (2) を用いて平均吸音率  $\alpha$  を計算.

$$\alpha = 1 - \exp\left(\frac{13.82 \times 4V}{TcS}\right) \quad (2)$$

なお,  $S$  は室内壁総表面積,  $V$  は室容積,  $\alpha$  は平均吸音率,  $T$  は残響時間,  $c$  は音速 (348m/s, 27°C) である.

#### 4. 結果と考察

残響時間及び平均吸音率の結果をそれぞれ図 4, 図 5 に示す. 室形状として“簡易”と“詳細”を用いて計算した平均吸音率の差は最大で 0.01 に収まった. よって, 残響時間からその室の平均吸音率を計算する際に必要となる室容積と表面積は, 室形状の多少の凹凸は無視してシンプルな直方体とみなして求めても, 大きな誤差は生じないことが分かった.

図 4 より, 各室の 500Hz 帯域の残響時間は 922A 室及び 1322 教室は約 1.25 秒, 623 教室は約 0.9 秒となっ

た.

922A 室において 125Hz 帯域の残響時間が長くなっている. これは室の幅 3.4m で生じる固有振動の周波数が約 100Hz であるため, 固有振動の影響ではないかと推察される. また, 1322 教室において 1kHz と 2kHz 帯域の残響時間が長くなっている. これは室内に拡散する物体がないため音場の拡散が不足し, 減衰が直線的ではなくなるなどの影響が出たのではないかと考えられる.

図 5 より, 各室の 500Hz 帯域の平均吸音率は 922A 室が約 0.08, 1322 室が 0.1, 623 教室が約 0.15 となった. 623 教室の平均吸音率が他の 2 室に比べて高い. これは面積の大きい天井が吸音処理されている事と, 他の 2 室にはなかった机や椅子が床に設置されていることが原因だと考えられる.

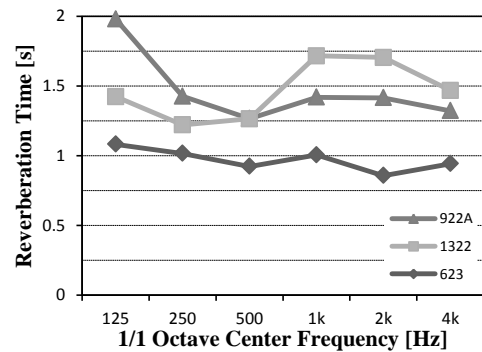


図 4. 各室の残響時間

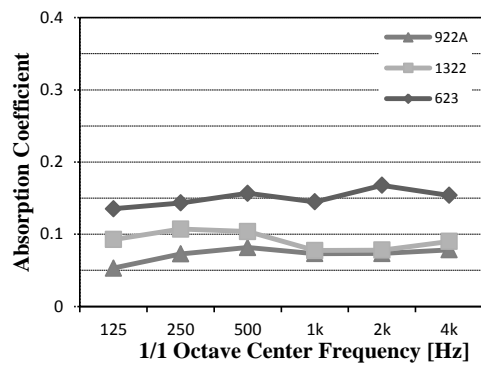


図 5. 各室の平均吸音率

#### 5. まとめ

本報で Barron の修正理論に用いるための残響時間及び平均吸音率を求めた.

#### 6. 参考文献

- [1] M.Barron and L-J.Lee, “Energy relation in concert auditoriums. I” ,J.Acoust.AM.84(2), 618-628( 1988).
- [2]鈴木諒一 他: Barron の修正理論を用いた室内音圧レベル分布の検討 その 2 理論値と実測値の比較