

山崎芳男 岡田俊哉 高林和彦 伊藤 毅 (早大理工)

## 1. まえがき

4本のマイクロホンやダミーヘッドにより様々な音場のインパルス応答を収録し、音場の空間情報の可視化やたたみ込みによる音場の比較さらには設計への還元を試みてきた。オーディトリウム測定においては聴衆や演奏者を含めた使用状態でのインパルス応答が望ましいが、十分な精度で測定することは困難である。長時間平均により測定する手法を紹介しその結果を報告したが、現段階では1本のインパルス応答を測定するのに数時間を要し、実用的な手法とはいえない。<sup>1)2)</sup>

ここでは近接4点法による測定結果を用いて空席時のインパルス応答から満席時のそれを推定する方法について検討を加える。

## 2. Sabineの残響式による推定

表-1にいくつかのコンサートホールの残響時間の実測値に基づいてSabineの残響式により計算した空席時と満席時の全吸音力、およびその差から求めた人間一人あたりの吸音力を示す。音場によって大幅に異なっている。

人間の存在による吸音力の変化は座席の材質や形状により異なり、一般に125Hzで0.1～0.2, 500Hzで0.2～0.4, 2kHzで0.2～0.5  $m^2$ 程度とされている。

## 3. 近接4点法による仮想音源分布

近接4点法により求めた側面から観た指向性パターンを図-1に示す。明らかに音場により反射音の到来方向に偏りがある。

表-1 残響時間、吸音力の比較

|                       | 室容積<br>$V[m^3]$ | 空席時                  |                        | 満席時                  |                        | 座席数<br>[席] | 1人当り<br>吸音力 $[m^2]$ | 反射音の<br>下方比率<br>(100 ms～) |
|-----------------------|-----------------|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|------------|---------------------|---------------------------|
|                       |                 | 残響時間<br>$T_{(e)}[s]$ | 全吸音力<br>$A_{(e)}[m^2]$ | 残響時間<br>$T_{(o)}[s]$ | 全吸音力<br>$A_{(o)}[m^2]$ |            |                     |                           |
| ウィーン,<br>ムジークフェラインザール | 15,000          | 2.85                 | 847                    | 2.02                 | 1,196                  | 1,700      | 0.20                | 0.53                      |
| ミュンヘン,<br>フィルハーモニー    | 30,000          | 2.14                 | 2,257                  | 1.86                 | 2,597                  | 2,500      | 0.13                | 0.12                      |
| 大阪,<br>ザ・シンフォニーホール    | 17,800          | 2.5                  | 1,146                  | 2.0                  | 1,433                  | 1,702      | 0.17                | 0.30                      |
| 東京,<br>サントリーホール       | 21,000          | 2.6                  | 1,300                  | 2.1                  | 1,610                  | 2,006      | 0.14                | 0.29                      |

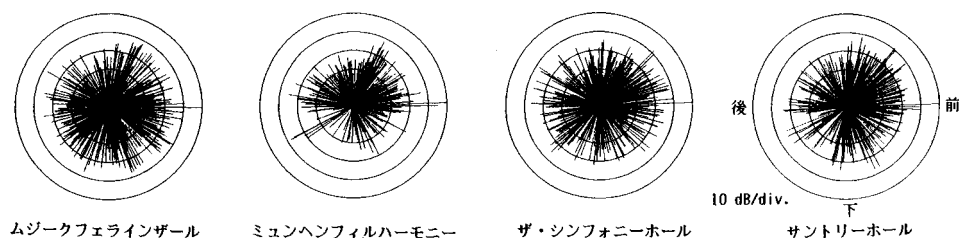


図-1 側面から観た指向性パターン

\*Estimation of Impulse Responce of Occupied Auditorium by Closely Located 4-Point Microphone Method. By Yoshio Yamasaki, Kazuhiko Takabayashi and Takeshi Itow (Waseda University).

図-2 にムジークフェラインザールとミュンヘンのフィルハーモニーホールの方から到来する反射音の割合の時間変化を示す。また直接音を除く100 ms 以降の下方からの反射音の割合を表-1 に付記する。拡散音場では約0.5 となるはずである。

下方からの反射音は少なくとも1 度床面で反射している。従って座席や床が吸音性の場合、反射音の減衰は相対的に大きくなる筈である。この傾向は初期反射音部分では特に大きく、その結果が下方からの仮想音源分布に反映しているものと考えられる。

### 3. 満席時のインパルス応答の推定

拡散状態に近くなるインパルス応答の後半では人間による吸音力の増加分からインパルス応答を推定することも可能である。しかるに、初期部分では下方からの反射音に人間の吸音力の影響が大きいので、近接4 点法により求めた仮想音源に相当の重みづけをすることにより推定する。

推定の手順はつぎの通りである。まず座席部分からの反射音の割合の時間変化を短時間インテンシティーにより周波数ごとに求め、人による吸音力の増加量を決定し、10 ~ 15ms 毎に方向別インパルス応答に重みづけを施し、これを合成することにより全体のインパルス応答を推定する。

図-3 にサントリーホールの空席時とこの手法で推定した満席時のインパルス応答を示す。図-4 に空席時とこの手法で推定したインパルス応答から求めた500Hz, 1/3 オクターブの残響波形と満席時に実測した結果を示す。

### 4. むすび

近接4 点法により求められた仮想音源分布に着目して空席時のインパルス応答から満席時のインパルス応答をある程度正確に推定できることを示した。今後は満席時のインパルス応答を正確に測定しより正確な推定法を確率し、設計への還元を試みたい。

### 文献

- 1) 原田, 高林, 清山, 山崎, 伊藤, “ 既知信号の長時間平均による伝送特性の推定,” 日本音響学会講演論文集, 1988 年 10 月, 1-6-8 .
- 2) 山崎, 高林, 原田, 伊藤, 金, “ 既知信号の重畳による伝送特性の推定と補正,” 日本音響学会講演論文集, 1989 年 3 月, 1-1-9 .

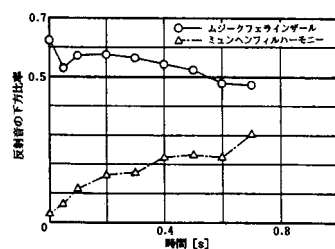


図-2 下方から到来する反射音の割合の時間変化

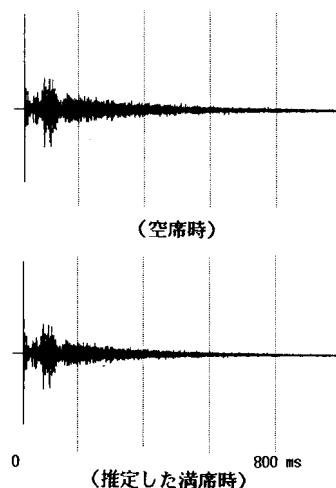


図-3 インパルス応答

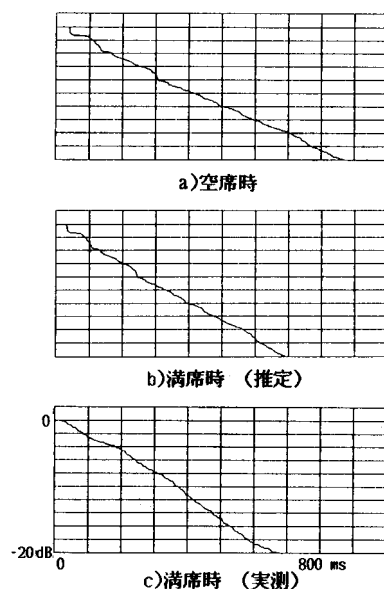


図-4 残響波形 (500Hz, 1/3 octave)