

近接する4点のインパルス応答により求めた
ホールの空間情報*

山崎芳男 石原肇 桜井幸光 海老名修 伊藤毅 (早稲田大学理工学部)

1. まえがき 筆者らは近接する4つの受音点におけるインパルス応答を用いて、初期反射音部分の室内空間情報の把握を試みてきた。本報告ではこの一環として、実際のホール(早稲田大学大隈講堂、図-1)のインパルス応答を使って行った。受音点での反射音の到来状況、拡散の程度などの情報の抽出について述べる。

2. 仮想音源の算出 インパルス応答を近接した4つの受音点で測定すると反射音の到来時刻にわずかな差が生じる。それぞれの受音点での到来時刻を ton, txn, tyn, tzn とする。これらより各々の受音点から見た実効的音源(以下“仮想音源”と呼ぶ。)から各受音点までの距離は $ron = v \cdot ton, \dots, rzn = v \cdot tzn$ (v :音速)となる。後の処理を容易にするため、1つの受音点を原点とし、他の3つの受音点で直交座標を形成し、原点との間隔を等しく、 d とすると、仮想音源の座標 (Xn, Yn, Zn) は

$$\begin{aligned} Xn^2 + Yn^2 + Zn^2 &= ron^2, & Xn^2 + (Yn - d)^2 + Zn^2 &= ryn^2 \\ (Xn - d)^2 + Yn^2 + Zn^2 &= rxn^2, & Xn^2 + Yn^2 + (Zn - d)^2 &= rzn^2 \end{aligned}$$

を満たす。これを解き

$$Xn = \frac{d^2 + ron^2 - rxn^2}{2d}, \quad Yn = \frac{d^2 + ron^2 - ryn^2}{2d}, \quad Zn = \frac{d^2 + ron^2 - rzn^2}{2d}$$

として求められる。一般に反射音の特定にはインパルス応答の短い区間の相互相関を用いて選択している。実際の室の仮想音源の分布は図-2に示す。

3. 音響計測への応用 仮想音源の分布は図-2の様に投影図で表せる。さらに室内の音響特性を示すパラメータを仮想音源の分布を使って求めることができる。図-3は $X-Y, Y-Z, Z-X$ の各平面内に仮想的マイクロホンを考え、仮想マイクロホンに一定時刻までに入射する反射音のエネルギーの累積を、インパルス応答全体のエネルギーを基準(0dB)に示したものである。図-4は反射パターンの時間変化を見たものである。時間変化に従い反射音到来パターンが広がるのが解る。図-5は異なる測定点における反射パターンを示したものであり、場所による特徴が現れている。

4. むすび 実際のホールを使って、近接する4点のインパルス応答から反射パターンを求める手法について述べた。インパルス応答による現場作業は、一本のインパルス応答を記録するのみで、後処理により種々の分析が行える。さらに近接

*On the Spatial Information of a Hall Obtained by 4-Adjacent-Points Impulse Response. By Yoshio Yamasaki, Hajime Ishihara, Yukimitsu Sakurai, Osamu Ebina and Takeshi Itow (Waseda University).

する4点のインパルス応答を記録しておくことにより、後処理で、初期反射部分の空間情報を分析することが可能となる。一部の測定には充分実用価値があるものと思われる。現在、一般使用状態のホールで楽音等の音源と、4本のマイクロホン出力とのクロスパワースペクトラムを用いた伝送特性（インパルス応答）の収集を試みている。高域のエネルギー不足が問題となっているが、今後、さらに検討を加えていきたい。

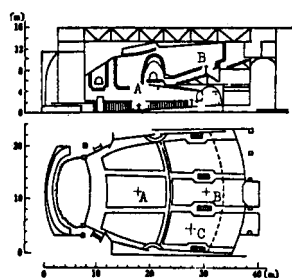


図1 早稲田大学大隈行動の概要



図2 仮想音源分布の一例

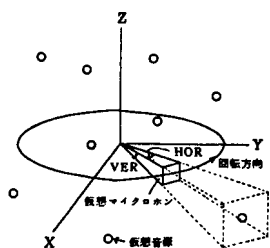


図3 仮想マイクロホンと仮想音源

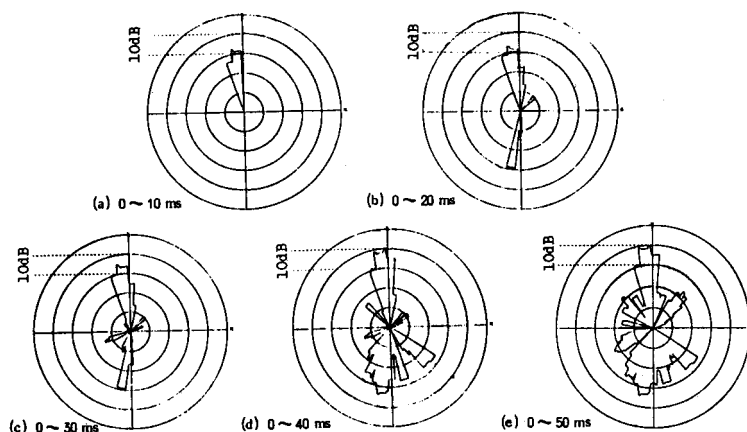


図4 大隈講堂2階中央における反射音パターン
(水平面より $\pm 45^\circ$ の範囲を図示ステージの方向がy軸)

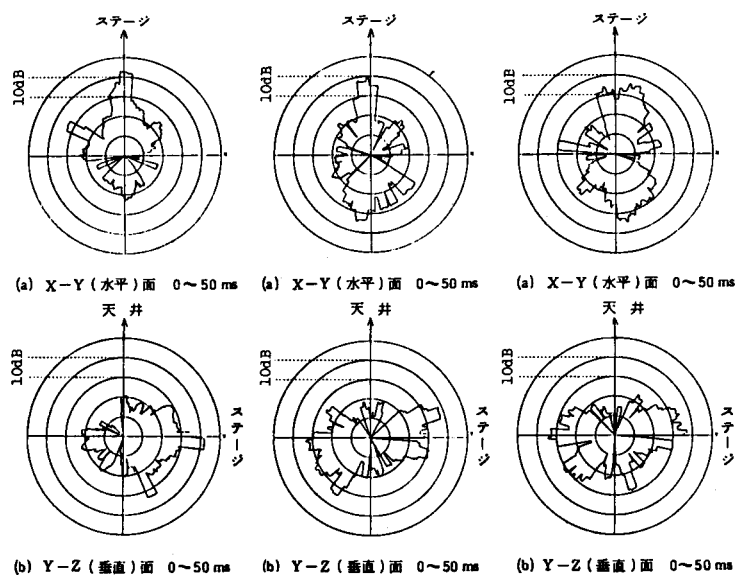


図5 測定点Aの特性

図14 測定点Bの特性

図15 測定点Cの特性

文献

- (1) 山須田, 小路, 安川, 斎藤, 山崎, 伊藤; デジタル技術を用いた室内の空間情報の一測定法 建築音響研究会資料, AA79-03
- (2) 海老名, 石原, 桜井, 山崎, 伊藤; デジタル信号処理を用いた室内空間情報の分析 建築音響研究会資料
- (3) 海老名, 垣内, 斎藤, 安川, 西川, 山崎, 伊藤; 室内空間情報の取り込みとデータ処理 日本音響学会講演論文集, 昭和54年6月