

反射音の到来方向を考慮したステージ音響指標の測定法に関する研究

正会員 ○板垣 大稀*1
同 佐久間哲哉*2
非会員 橋本 悌 *3

音楽ホール 舞台 室内音響
インパルス応答 反射音 指向性

1. はじめに

音楽ホールの舞台上の音響特性は演奏者にとって極めて重要であり、ISO 3382-1^[1]では Support と呼ばれる音響指標として、合奏しやすさに関わる ST_{Early} 及び残響感に関わる ST_{Late} が規定されている。これらの指標は反射音の到来方向を考慮していないが、演奏しやすさには反射音の時間構造だけでなく到来方向も関係することが指摘されている^[2]。本研究ではアンビソニックマイクを用いた舞台上の方向別インパルス応答計測に基づく ST の測定法を構築した上で、複数のホールにおいて実測を行い、音響上の特徴把握を試みる。

2. 方向別 ST の測定方法

(1) 測定システム

ISO に準じ、舞台上の音源-受音点間距離 1 m (高さ 1.5 m) でスイープサイン信号を用いてインパルス応答を計測する。音源系には全指向性音源の対向スピーカ、受音系にはアンビソニックマイク (Sennheiser Ambeo VR Mic) を用い、正四面体配置の 4ch の単一指向性マイクの信号から直交 6 方向の信号に変換し、方向別インパルス応答を得る。

(2) 方向別 ST の算出

ISO による ST_{Early} の定義では、直接音到来時刻から 20~100 ms の反射音エネルギーを 0~10 ms の直接音及び床面反射音のエネルギーで規準化し、デシベル表示する。しかし、ISO では測定範囲を壁面から 2 m 以上としており、20 ms 以前に反射音が到来しうることから、本報では 10~100 ms を方向別エネルギーの積分区間とする。一方、 ST_{Late} の計算では従来通りの 100~1000 ms を方向別エネルギーの積分区間とし、両指標ともに全指向性インパルス応答の 0~10 ms のエネルギーを規準値とする。

$$ST_{Early,dir} = 10 \lg \left(\frac{\int_{10ms}^{100ms} p_{dir}^2(t) dt}{\int_{0ms}^{10ms} p^2(t) dt} \right) [dB] \quad (1)$$

$$ST_{Late,dir} = 10 \lg \left(\frac{\int_{100ms}^{1000ms} p_{dir}^2(t) dt}{\int_{0ms}^{10ms} p^2(t) dt} \right) [dB] \quad (2)$$

ただし、添字 dir は、上下方向を U, D、客席側・舞台奥側を F, B、舞台上手・下手方向を L, R と表記する。周波数範囲については ISO に準じ、250~2k Hz の各オクターブ帯域で ST を計算した後、4 帯域の算術平均値を算出した。

3. 対象ホールと測定概要

表 1 に示す規模及び形式の異なる 3 つのホールにおいて、舞台上の上手側半分に 2 m 間隔の格子点上に受音点を配置し、音源を受音点前方 1 m に設置してインパルス応答計測を行った (図 1)。小ホール A、中ホール B は多目的ホールであり、舞台反射板が設置された状態で測定を行った。また、大ホール C はアリーナ型コンサートホールであり、舞台側方及び後部に客席が配置されている。

表 1 ホールの諸元

ホール	座席数	室容積[m ³]	残響時間[s]	舞台間口/奥行/高さ[m]
A	500	5,680	1.4	15.5/9.0/7.4
B	1,033	11,940	1.9	20/10/10
C	1,884	18610	2.2	20.8/11.7/n/a

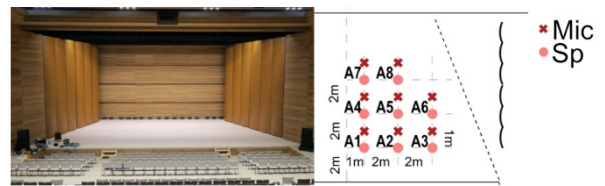


図 1 ホール A の測定点配置 (A1~8)

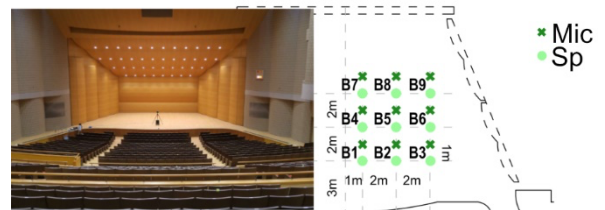


図 2 ホール B の測定点配置 (B1~8)

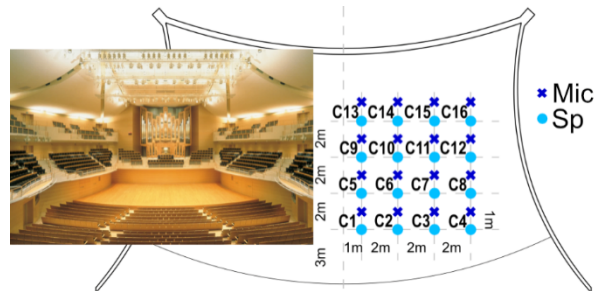


図 3 ホール C の測定点配置 (C1~16)

4. 結果と考察

図 4~6 に上下方向、図 7~9 に前後左右方向の ST の測定結果を示す。全体傾向として、 ST_{Late} では方向による差が小さいのに対して、 ST_{Early} では舞台上の位置によって顕著な偏差が生じている。

上下方向の ST_{Early} は、舞台後方及び側方ほど増大している。特にホール C で顕著であり、前方中央と比べて後方上手では 10 dB 程度も高く、舞台周囲のバルコニーからの反射音が寄与しているものと考えられる。また、ホール A、C では上より下方向の値が高い傾向にある。

前後左右方向でも、舞台最後列及び側壁近傍列で後・左方向の ST_{Late} より ST_{Early} が低い値となっており、アリーナ型の一般的特徴と考えられる。

5. まとめ

規模及び形式の異なるホールについて方向別 ST を測定し、 ST_{Early} においてホール及び舞台上位置における特徴が確認された。一方、 ST_{Late} は方向の違いは小さいことから、今後は方向別 ST_{Early} に着目し、演奏者の主観印象との関係を検討する予定である。

参考文献

- [1] ISO 3382-1:2009, Acoustics - Measurement of room acoustic parameters - Part 1: Performance spaces
- [2] 中村俊一, 白砂昭一: “演奏者の感じる室の響きの方向性について”, 音響学会建築音響研究会資料, AA93-18(1993)

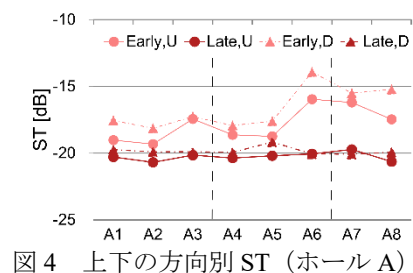


図 4 上下の方向別 ST (ホール A)

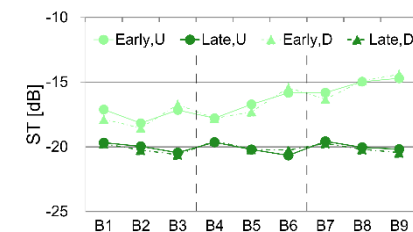


図 5 上下の方向別 ST (ホール B)

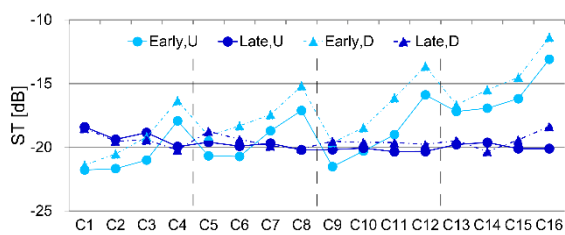


図 6 上下の方向別 ST (ホール C)

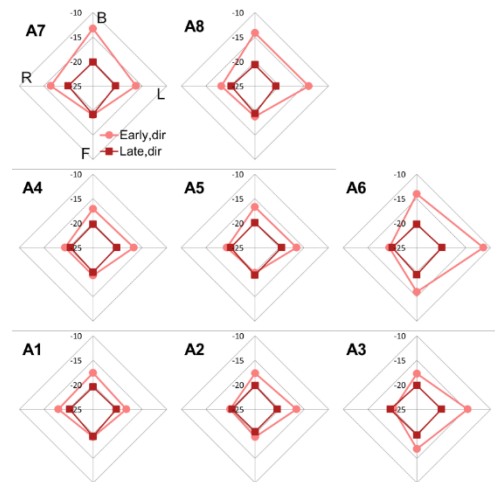


図 7 前後左右の方向別 ST (ホール A)

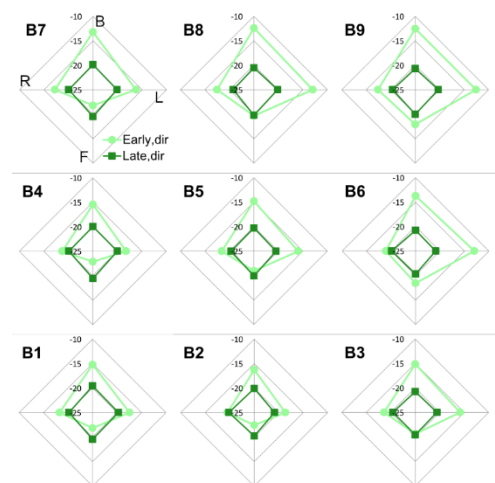


図 8 前後左右の方向別 ST (ホール B)

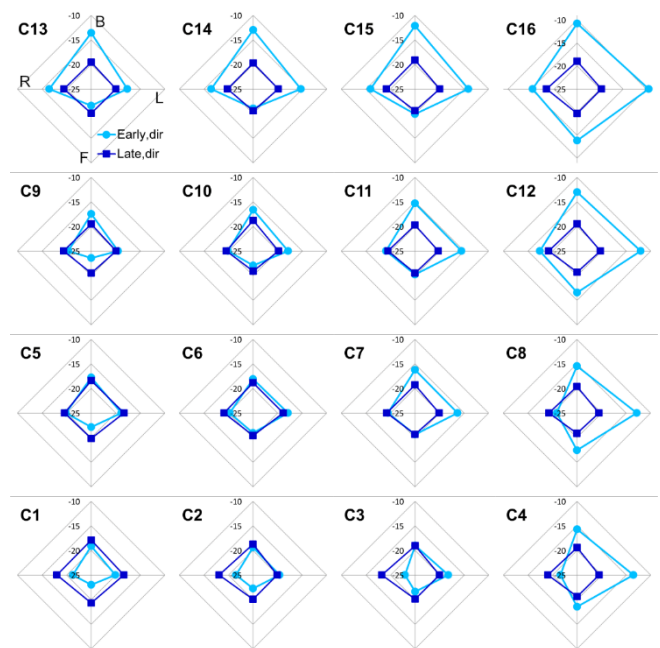


図 9 前後左右の方向別 ST (ホール C)

*1 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 修士課程

*2 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 教授・博士(工学)

*3 ヤマハ株式会社音響事業本部空間音響グループ 修士(環境学)

*1 Grad. Student, Dep. of Arch., Grad. Sch. of Eng., Univ. of Tokyo

*2 Prof., Dep. of Arch., Grad. Sch. of Eng., Univ. of Tokyo, Dr. Eng.

*3 Yamaha Corp., M. Environ.