

○ 川上福司 佐原伸一 (ヤマハ音響研)

1. はじめに

妥協のない本格的な専用ホールを、という設計側の意図と、「音響最優先」という施主側の理解が一致し、同芸術劇場コンサートホールは公共ホールでは珍しい固定ヒナ段を持つワンルーム・シューボックス型のホールとして計画され、1994年11月県総合文化公園内にオープンした<sup>1)</sup>。この主旨に沿って設計段階で決定されたホール諸元と用途分析の結果を表1に示す。因みに、同ホールには国産では最大規模(66ｽｯﾌﾟ)のパイプオルガンが設置されている。

以下に、音響CADや模型実験を用いて行った、設計段階での検討内容や竣工後の測定結果について報告する。

2. 設計段階での検討

2-1) 音量感と残響感の両立

：音響条件と施設の運用効率をめぐり、特に客席数については関係者間で熱い議論が交わされた。まず十分な音量感を確保すべきとの視点から、当初2000席の計画は1818席に、また室容積も10m<sup>3</sup>/席以下に抑えられた。これにより「十分な音量」と「豊かな響き」を両立できる見通しが得られた。

2-2) 側方反射音の増強

：「拡がり感」を限界まで高めるため、幾何音響と波動論の両視点から検討を行った。まず、音響CADにより室形状全体の評価を行い、LEと相関の高い室幅を20mに押さえ、サイドバルコニーの上方、天井付近の「音響庇」についても主空間に水平に突き出す形で基本形状を決定した。ホールの最終平・断面形状を図1に、CADによるLE5、ST1(Support)の計算結果を図2に示す。LE5は主階席の平均で28%にも及び、ST1(-9.1dB)とともに表1の目標をクリアしている。

2-3) 直接音成分の検討

：音楽演奏の鑑賞にとって、直接音は音質や音楽

カテゴリ：コンサート専用ホール	Table 1 Utilization analysis and dimensions
室形状：One-room/Shoe-box	
音響課題：LE5・ $\Omega$ の上昇	
特徴：固定ひな段、パイプオルガン	
音響目標： $T_{60} \approx 2 \text{ sec}$ . $LE_5 \geq 25\%$ $ST_1 \geq -10(\text{dB})$	
客席数(N)：1818 (1階席：872)	
室容積(V)：17,302.9(m <sup>3</sup> ) $V/S = 2.8(\text{m})$	
表面積(S)：6,181.7(m <sup>2</sup> ) $V/N = 9.5(\text{m}^3/\text{席})$	

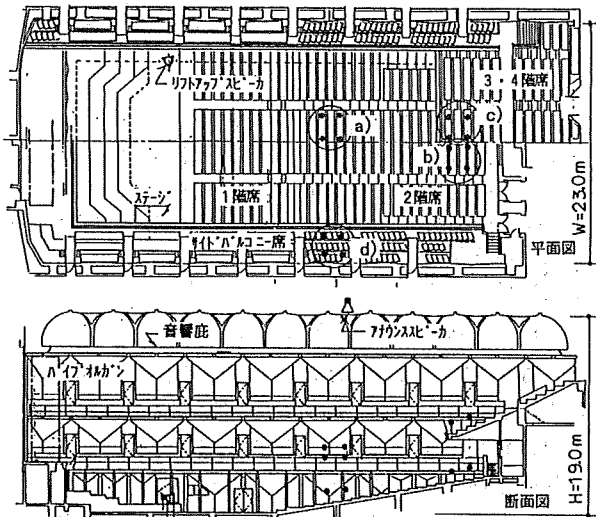


Fig. 1 Plan and section of the hall

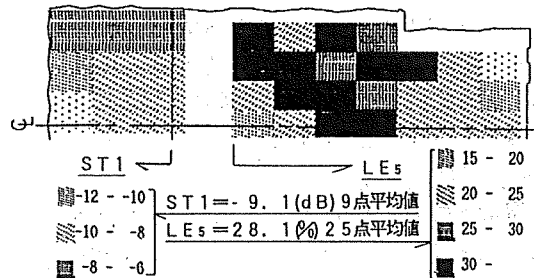


Fig. 2 Calculation results of ST & LE5

のdetailの受聴に重大な影響を与えると考えられるが、通常の音響設計ではあまり顧みられることがなかった。当ホールの設計では：

- (1) 前の観客による直接音の妨害の低減
- (2) 舞台面に対する平均的な俯角 $\theta$ の上昇
- (3) 直接音の補強と演奏者へのハネカエリ

を目標に十分な直接音の確保に努めた。まず、(1)の視点から視焦点に対する視野条件が等しくなるよう主階席、正面バルコニー席の床勾配を決定し、次に(2)の視点から、客席から舞台を見込む立体角 $\Omega$ を図3のように定義して検討した。一般的に、客席が舞台に近く高い位置になるほど、また、舞台床面の傾斜が客席に向かって大きくなるほど $\Omega$ は増大し、舞台上の各楽器群の音が均等に、かつ、前のパートの演奏者に妨げられることなく客席に到達しバランスの良いクリアな直接音が聴けることになる、と考えられる。表2に、客席各エリアにおける $\Omega$ の平均値 $\bar{\Omega}$ (4点平均)を

\*Acoustic Design of Concert Hall in MIYAZAKI PREFECTURAL ARTS CENTER  
 By F.Kawakami and S.Sawara (YAMAHA Acoust.Res.Labos.)

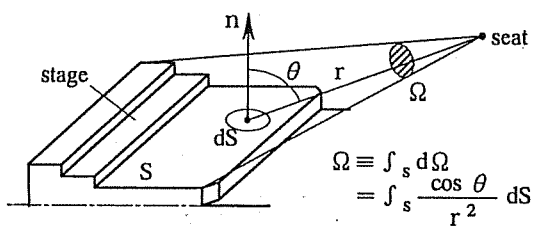


Fig 3 Calculation method of  $\Omega$

Table 2 Result of calculating  $\Omega$  (ステアア)

	解析エリア	ヒナ段無	ヒナ段有	$\Omega$ (rad)
a)	1階 (前方)	0.036	0.084	
b)	1階 (後方)	0.020	0.041	
c)	3・4階 (正面)	0.044	0.065	
d)	2階 (側)	0.109	0.153	
	4階平均 (16点)	0.052	0.086	

ヒナ段の有無について計算し、結果を示す。舞台から等距離にある主階席(1・2F)b)に比べc(3・4F)の方がかなり大きく、反射音のバランスの良さにも恵まれた正面バルコニー席の音が良い、という一般的な傾向を裏付けている。また、全エリアでヒナ段有の方が $\Omega$ が大きく、その差は主階席前部で大きい。これらの結果を踏まえ、ヒナ段は固定とし正面バルコニーの席数(364)及び勾配を極力大きくした。前者は(3)の点でも有利と考えられる。因みに、正面バルコニー席における俯角 $\theta$ は先端でも17度以上が確保されている。

#### 2-4) 詳細部の検討

：室素置換法による1/10縮尺模型により各部の最適形状を模索した。まず、天井の拡散形状については図4のように3種類を比較評価し、製作・施工が可能な範囲で最大の散乱が得られる(C)を採用することにした。また、サイドバルコニー席については、いわゆる“見えるのに聴こえない”障壁の周波数選択効果を低減するために、立ち上がり壁を音響透過性にした。2) 3)

#### 3. 音響測定結果

設計意図の達成を確認するため、種々の測定を行った。まず、短音を用いたLE5及びSTの測定結果は、図5のようにほぼCADによる検討結果に準じている。特に、LE5の各帯域平均は、主階席で30.3%(2kHz)とこの規模のホールでは特に大きな値となっている。同様にST1の平均も-8.8dBと非常に大きく、サイドバルコニーや固定ヒナ段の

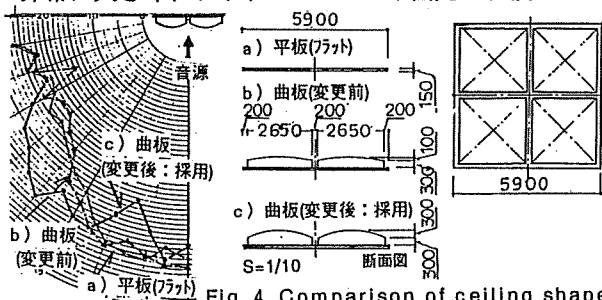


Fig 4 Comparison of ceiling shapes

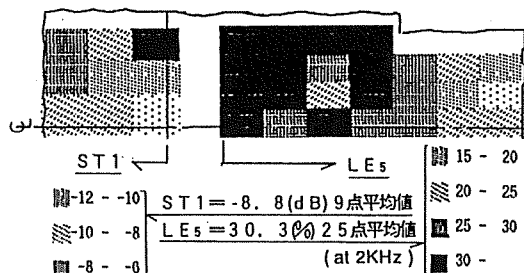


Fig 5 Distribution of measured ST and LE5

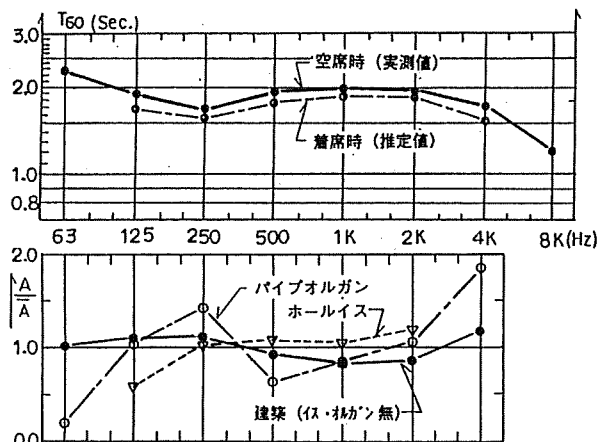


Fig 6 Measured  $T_{60}$  and  $A$  of seat and organ 奏功を示唆している。

一方、残響時間( $T_{60}$ )の測定結果は図6のように1.9s(500Hz, 空席)となっている。低音域のdipは同図(実測 $T_{60}$ から逆算し帯域平均値で基準化した吸音力 $A/A$ )のように、客席イス・オルガン等の吸音力が250Hzに集中したためと考えられる。後者については、楽器としての特性にも配慮しつつ吸音力を予測・制御する手法の開発が急務である。尚、聴感的にはdipの影響は認められない。

#### 4. まとめ

以上に加え、室内オペラや解説付コンサートなどのため、舞台両袖に円形リフトスピーカ(EV社製: HP640)、客席天井1点にCDホーン(EV社製: HP1240)1基を設置した。前者は既存同種のホールで行った「聴きとり易さ」重視の比較試験により、 $t_s$ (時間重心)の小さな位置に、後者は水平・垂直の指向パターンが丁度客席をカバーする様に、それぞれ設置した。アナウンスの聞き易さは、一般の多目的ホールと遜色ないものになっている。

オープン後の評判は、会館側のインタビュー結果によれば、演奏者・観客の双方に好評である。音質はクリアで分離が良く、音楽に包み込まれる感じは測定結果と一致している。設計・施工段階を通じて協力頂いた関係者の方々、 $\Omega$ の評価に尽力頂いた当研究所の高宮嗣昌氏に深謝致します。

#### 参考文献

- 1) 佐原、川上; 日・音・講・論、平成6年11月(同時発表)
- 2) 川上、佐原; 日・音・講・論、平成2年9月、同3年3月