

3—P—13 滋賀県立芸術劇場びわ湖ホールの音響設計 その1\*  
—施設計画の概要と中／小ホールの音響設計—

◎棚瀬廉人、山下真次郎、岸永伸二、川上福司（ヤマハ音響研）

1. はじめに

滋賀県立芸術劇場びわ湖ホールは本格的な上演に十分応えうる舞台芸術専用ホールとして計画され、平成10年9月にオープン予定である。湖畔の連続した公園の中に位置する本施設は、大ホール（オペラ・コンサート）、中ホール（オペラ、ミュージカルを含む演劇全般）、小ホール（コンサート）を中心に構成され、リハーサル室、練習室を併設した滋賀県内の舞台芸術創造活動の推進拠点と位置付けられている。

設計・監理は佐藤総合計画、施工は大林組他JV各社で、ヤマハ音響研究所は県の委託により基本設計から建物竣工まで一環して音響設計を担当した。施設概要を表1に示し、中・小ホールの諸元を表2に示す。各ホールは機能的につながるメインロビーを中心に空間遮音を考慮して分散配置されている。以下、大ホール(別稿1)を除く施設全般にわたる音響設計を報告する。

表1 施設概要

名称	滋賀県立芸術劇場びわ湖ホール
所在地	滋賀県大津市打出浜15-1
施主	滋賀県
設計・監理	佐藤総合計画
音響設計	ヤマハ音響研究所
施工	大林組・笹川組JV他
工期	1995.3~1998.3

2. 中・小ホールの音響設計の要点

**中ホール：**演劇での肉声ライブ感(音量)と明瞭性確保の両立により、適度なライブネス設定を基本とした。特に舞台から客席に戻る低音での残響過多回避を狙い、1700㎡の舞台内GW吸音面の1/3に背後空気層を設けた。室形状は視野/客席数を確保し易い扇形を基本に均一な音場と初期反射音によるライブ感を得易いシューボックス型の要素を複合させ、壁面は波動性CADに基づき音場の拡散を狙った散乱形状を採用した。

**小ホール：**小編成の演奏や本格的な市民ユースに対応すべく、十分な音量、響き、明瞭性による演奏者と聴衆の一体感確保を狙った。連続した曲面を成す壁面は、低音域での音量感と残響感確保の為にRC(仕上:米松集成材ブロック)とし、客席椅子についても吸音力低減を図った。また、客席床は舞台と連続した木軸下地構成とし、舞台と客席との内装仕様の統一化、床振動の伝搬と再放射など、音響的な一体感の向上を期待した。

表2 中／小ホール諸元

諸元	中ホール	小ホール
室形状	扇形	シューボックス型
主用途	演劇	クラシック音楽
収容人員	804	323
容積[m <sup>3</sup> ]	6722	2720
表面積[m <sup>2</sup> ]	2857	1589
気積[m <sup>3</sup> ]	8.40	8.42

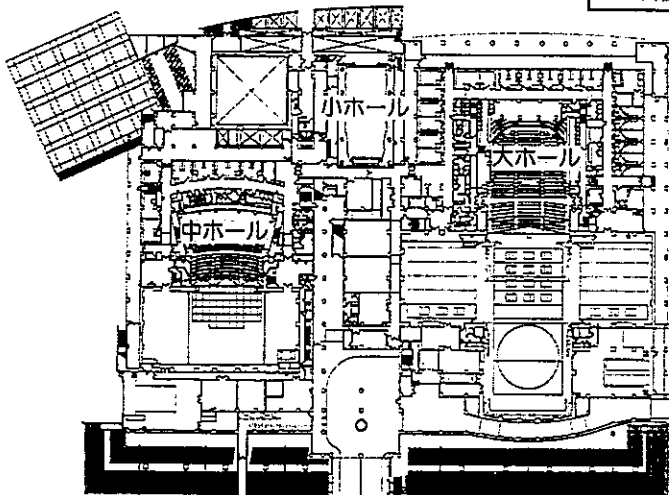


図1 施設全体図

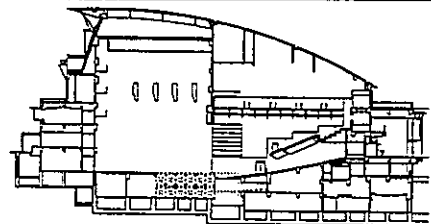


図2 中ホール断面図

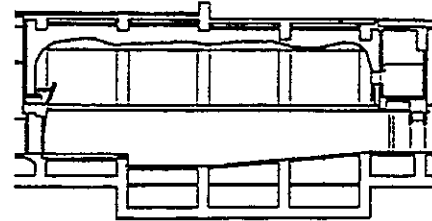


図3 小ホール断面図

\*Acoustic Design of "Biwako Hall" in Shiga.—Outline of Building and Acoustics of Theatre/Ensemble Hall—  
By R.Tanase, S.Yamashita, S.Kishinaga, F.Kawakami (YAMAHA Corp.,Acoust.Res.Labos.)

### 3. 音響測定結果

中ホールで重視した音量と明瞭性を確認するため、音源を舞台とオーケストラピットに設置し、Strength GとD50を測定した。大ホールに比べ両指標とも十分大きな値を得ており演劇に適した音場といえる(表3)。また、オーケストラピットの基本特性として、客席の音量は主舞台と同等以上であるのに対し、明瞭性は低いことが確認できる。

一方、残響時間は設計上の不確定要素(プロセ開口部、客席椅子の吸音)に対応すべく、椅子施工前/後に舞台幕を仮施工し、吸音調整の要否を判断した。図4はその際の残響時間実測値より算出した椅子の実効的吸音力であり、ほぼ設計で意図した結果(残響室での実測値)が得られた。幕設備3条件での残響特性を示す図5より、幕セット時の残響は設計目標よりも若干短めのRT=1.2秒(空席1.4秒より推定;500Hz)であったが、客席内の響きが聴感上満足されたため、吸音調整は不要と判断した。一方、舞台内は逆にややデッドな印象であり、舞台壁面の吸音材(空気層なし)撤去により両者をバランスさせた。また、図5は残響時間が舞台側の吸音条件に依存することを示す。

小ホールの残響特性(図6)は、RT=1.3秒(空席1.5秒)とホール規模に対して十分なライブネス( $\alpha=19\%$ )が確保され、設計目標を満足する結果となった。さらに、D50、LE/Lf、STなどの諸特性も良好と判断される(表4、5)。

なお、表5の各種舞台形態でのST比較からは次の3点が指摘できる。即ち、第一にオペラ時の特性は大・中ホールとも主舞台上のSTが-20dB以上と極端に小さくはないこと(客席ではなくオケピットからの初期反射音寄与)、第二にオケピット内のSTは-5dB程度と非常に大きく主舞台とは全く異なること(歌手とオーケストラの音場環境の違いを明確化)、第三に大ホール反射板では大/小各編成対応時の特性差が小さいこと(舞台面積拡大を音響底反射音により補強)、の3点である。

### 4. まとめ

以上のように、中・小ホールともに設計で意図した所期の性能は満足された。また、種々の舞台形態やオケピットの音場の違いが明らかとなり、演劇用途向けホールの設計に活用できる知見が得られた。最後に、滋賀県、佐藤総合計画、シアターワークショップをはじめ、施工各社、さらに、(財)びわ湖ホールの御協力に感謝致します。

#### 【参考文献】

- 岸永他, "滋賀県立芸術劇場びわ湖ホールの音響設計その2 -オペラとコンサートの両立を目標とした大ホール-", 本論文集
- 山下他, "滋賀県立芸術劇場びわ湖ホールの音響設計その3 -オペラ・演劇創作者をターゲットとする音響設備-", 本論文集

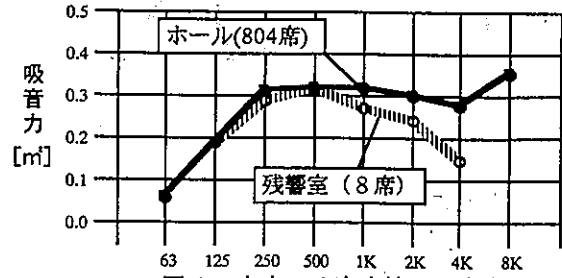


図4 中ホール客席椅子吸音力

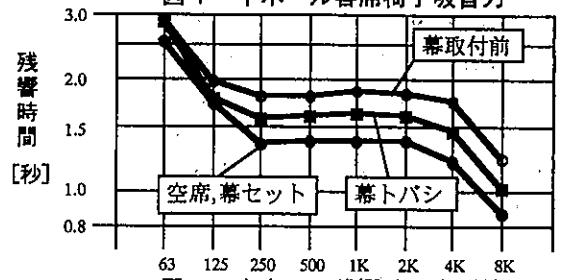


図5 中ホール残響時間実測値

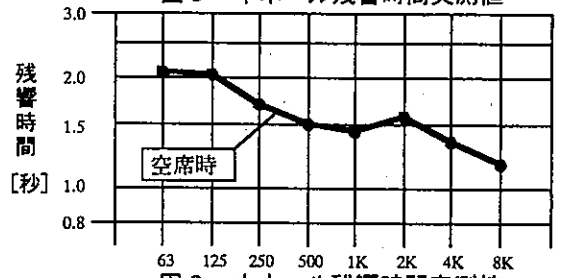


図6 小ホール残響時間実測値

表3 大・中ホールG、D50測定値

音源位置	G:主舞台	G:オケピ	D50:主舞台	D50:オケピ
中ホール	4.9dB	5.3dB	53%	28%
大ホール	2.0dB	2.8dB	47%	29%

表4 中・小ホール音響諸特性

音響諸量	中ホール	小ホール
残響時間(着/空)	1.2秒/1.4秒	1.3秒/1.5秒
平均吸音率(着/空)	0.27/0.25	0.19/0.17
D50	53%	48%
LE/Lf	-	21%/28%
空調騒音	NC25	NC20

表5 各種舞台形態でのステージ特性比較

舞台形態	ST[dB]	床面積
大H4面舞台	-19.0	2164m²
大H主舞台	-18.1	778m²
中H主舞台	-17.1	872m²
大Hオケピット	-5.4	124m²
中Hオケピット	-4.8	81m²
大H反射板(大)	-10.9	230m²
大H反射板(小)	-10.3	165m²
小H	-5.8	62m²

# 3-P-14 滋賀県立芸術劇場びわ湖ホールの音響設計 その2\* —オペラとコンサートの両立を目標とした大ホール—

○岸永伸二、棚瀬廉人、山下真次郎、川上福司（ヤマハ音響研）

## 1. はじめに

滋賀県立芸術劇場びわ湖ホール（大ホール）は、4面舞台を持つ本格的オペラハウスとコンサート専用ホールの音響面での両立を目指した、いわば"Double-purpose-Hall"として計画された。ホールの断面、平面を図1、2に、幕設備・反射板各形式での諸元を表1に示す。なお、ここでは大ホールの室内音響設計についてのみ報告する（施設概要、舞台音響設備等は別稿参照<sup>1)2)</sup>）。

## 2. 音響設計の要点

大規模ホールにおいて、生音の響きを重視したオペラとコンサートを実現するため、"①十分な音量(Strength Gで評価)"と"②豊かな残響(RTで評価)"の幕設備/反射板両形式での確保を音響設計の最重点目標とした。これは両立し難い建築・舞台条件に対して、音響上の最も基本的な性能を絞り込んだ上で、この点についてだけは設計上妥協しないとの考えによる。具体的には、段床勾配・座席配置を最適化による視野と直接音確保の両立

を前提に、ホールの室容積(V)と吸音力(A)の低減、客席数の抑制等を基本とした音響設計上の対応を表2にまとめて示す。その他、突出型サイドバルコニーや音響庇付きシェル等の構成による側方音(LE/Lfで評価)、及び、ステージへの初期音(STで評価)の確保などは、音響CADを利用した検討結果に裏付けられている。

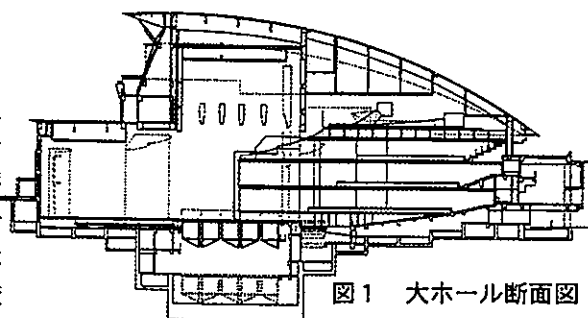


図1 大ホール断面図

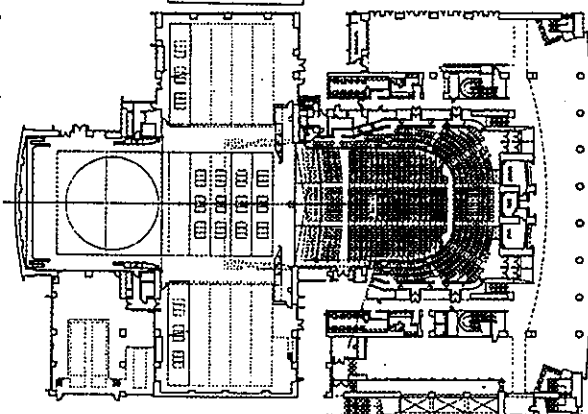


図2 大ホール平面図

表1 大ホール諸元

諸元	幕設備形式	反射板形式
主用途	オペラ	クラシック音楽
収容人員	1716	1848
容積[m <sup>3</sup> ]	14705	18089
表面積[m <sup>2</sup> ]	5815	6709
気積[m <sup>3</sup> ]	8.58	9.81

表2 オペラとコンサート両立のための音響設計上の対応

①音量の確保	<ul style="list-style-type: none"> <li>・室容積低減⇒バルコニー席構成、側方通路の工夫（室幅狭化） ：V/N=8.6(オペラ),9.8(コンサート)</li> <li>・最適座席配置による直接音確保（視野との両立）⇒床勾配と容積のバランス化</li> </ul>
②残響の確保	<ul style="list-style-type: none"> <li>・客席椅子吸音力の低減⇒1席当りの吸音力を0.3m<sup>2</sup>以下</li> <li>・板振動低音吸音の低減⇒天井の剛性確保、壁面下地モルタル充填(空気層無)</li> <li>・オペラ：客席方向への反射面構成⇒可動天井下降：H=12.5m</li> <li>・コンサート：舞台大型化⇒走行式音響シェル/可動部の密閉⇒投光部開閉機構</li> </ul>
③客席の両立	<ul style="list-style-type: none"> <li>・初期反射音の確保⇒扇形や馬蹄型ではなく室幅を抑えたシューボックス型を基本としながら視野、必要席数を確保</li> </ul>
④舞台の両立	<ul style="list-style-type: none"> <li>・オペラ：主舞台上の響きを改善する3面遮音シャッター</li> <li>・コンサート：高剛性/高重量の隙間のない音響庇付走行式音響シェル（1レール化）</li> </ul>
⑤舞台・客席の一体化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・オペラ：客席から舞台への響きの戻り⇒客席ライブネス確保と後壁一部反射化</li> <li>・コンサート：ワンルーム化⇒可動天井上昇：H=15.5m、客席との連続壁面構成</li> </ul>

\*Acoustic Design of "Biwako Hall" in Shiga.—Main Theatre Aided Both Opera and Classical Music Performance.—  
By S.Kishinaga, R.Tanase, S.Yamashita, F.Kawakami (YAMAHA Corp.,Acoust.Res.Labos.)

### 3. 音響測定結果

**音量の検証：**反射板及びオペラ形式（幕設備+オケピット）でのstrength Gの実測値と計算値（Vは図面,RT実測による,500Hz）を表3に示す。計算値は他のホールとの比較が可能であり、オペラ、コンサートともに十分な音量が確保されたと推察できる。なお、オペラ時ではstrength G実測値が計算値よりも小さく、実際の客席空間が図面から算出したV（プロセニウムに室境界を設定）よりも大きく、客席空間が舞台の一部にまで拡大していることが示唆される<sup>3)</sup>。

**残響の検証：**オペラ時とコンサート時の残響特性を図3、4に示す（オペラ時は幕設備形式で代表）。オペラ着席時はRT=1.5秒( $\alpha=0.24$ ,空席:1.8秒より換算:500Hz)とライブネスと明瞭性を両立する残響特性が実現された(D50=45%)。尚、舞台と客席のライブネスは聴感上大差なく、幕使用時の舞台でデッドな印象はない。

一方、コンサート着席時はRT=2.0秒( $\alpha=0.20$ ,空席:2.4秒)と十分な残響が確保された。また、吸音力低減の要件である客席椅子吸音力については、残響室(PLD/DeepWell法)とホール設置状態(椅子取付前後の残響より算出)での実測値を図5に示す。残響室とホールで概ね一致し、目標の0.3m<sup>2</sup>/脚の実現が確認された。

なお、コンサート時の音響諸特性を表4に示す。室幅の抑制と舞台庇/バルコニー突出が奏功し、LE=18%(Lf=26%)、ST1=-11dBとシューボックス型を基本とした室形による初期反射音特性が得られた。その他、空調騒音(NC-20以下)をはじめ、遮音特性等、問題のない結果であった。

### 4. テストコンサート

反射板形式満席時のRT測定、及び、聴感上の音響評価等のためにオーケストラ演奏による試奏会を実施した。関係者により所期の目標である"十分な音量感と残響感"が共通に評価され、びわ湖ホールの音響的な特徴が確認された。

### 5. むすび

生音の響きを重視したオペラとコンサートの両立を意図した大ホールは、音響上の方針を明確に定め、種々の制約条件をクリアする音響上の対応を徹底した結果、各用途における専用ホールと同等の所期の音響性能を得ることができた。音量と残響の両方を重視したホールとして、今後のホール設計の参考になるものと考え。最後に、当ホールの施設専門委員として御指導を賜った石井聖光先生、音響試奏会に御協力頂いた山本照二先生に感謝いたします。

表3 各種形態でのRT,Gの比較 (500Hz)

	V(図面)	RT(実測)	G(実測)	G(計算)
反射板	18089m <sup>3</sup>	2.4秒	5.7dB	6.2dB
オペラ	14705m <sup>3</sup>	(1.6秒)	2.0dB	5.4dB

注. Gの計算値はRT(実測)とV(図面)による

表4 大ホール音響諸特性の実測値

音響諸量	幕設備形式	反射板形式
残響時間(着/空)	1.5秒/1.8秒	2.0秒/2.4秒
平均吸音率(着/空)	0.24/0.21	0.20/0.16
D50	46%	23%
LE/Lf	-	18%/26%

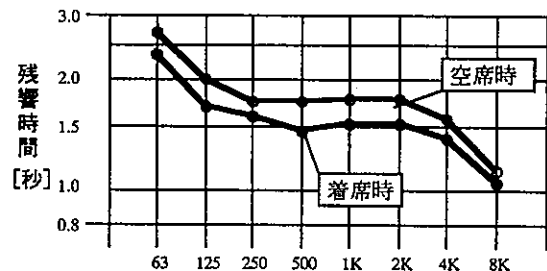


図3 大ホール幕設備形式残響時間実測値

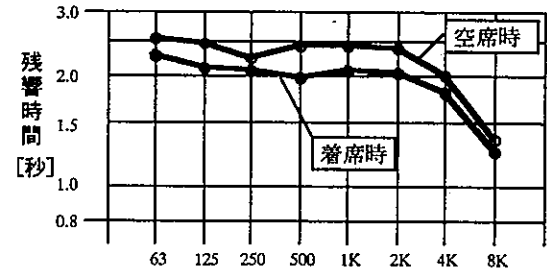


図4 大ホール反射板形式残響時間実測値

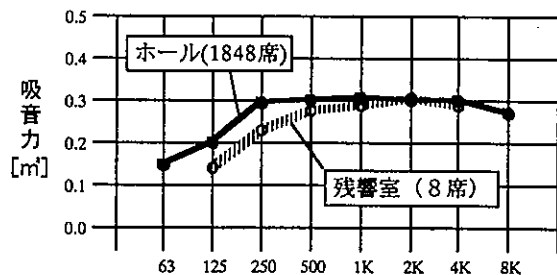


図5 大ホール客席椅子吸音力

### 【参考文献】

- 1) 棚瀬他, "滋賀県立芸術劇場びわ湖ホールの音響設計その1-施設計画の概要と中/小ホールの音響設計-", 本論文集
- 2) 山下他, "滋賀県立芸術劇場びわ湖ホールの音響設計その3-オペラ・演劇創作を軸とする音響設備-", 本論文集
- 3) 岸永他, "オペラ劇場等のアトリウム開口部に着目した残響設計手法-音響設計実務における課題その1-", 本論文集