

# みやま市総合市民センター「MIYAMAX」の音響設計 —芸術文化活動から運動利用までを網羅する 多目的ホールの音場最適化について—\*

○日根野翔太, 宮崎秀生 (ヤマハ), 岸永伸二

## 1 はじめに

市民が文化に触れる機会を創出し、健やかに暮らすことができるような環境整備を目的として、みやま市総合市民センター「MIYAMAX」は計画された。本施設は、文化・芸術、健康増進、子育て支援の3つの部門を柱として、多目的ホール、リハーサル室、トレーニングルーム、キッズルーム、調理室などから構成される複合施設である。多目的ホールについては、既存体育館の老朽化対応と施設全体の稼働率向上を目的として、体育館としても使用できるという特徴を有している。また市民ユースを基本としているため、舞台機構や音響設備などは操作がしやすい簡潔な構成としている。筆者らは設計チームの一員として、多目的ホールを中心とした遮音・騒音制御、室内音響に関して検討を行った。ホール外観を図1に、施設概要を表1に示す。



図1 ホール外観

表1 施設概要

名称	みやま市総合市民センター (愛称: MIYAMAX)
所在地	福岡県みやま市瀬高町下庄字安之内 792-1
事業主	みやま市
設計・監理	株式会社日本設計
音響設計	ヤマハ (株) 空間音響グループ
施工 (建築)	三井住友・河建 JV
構造	S造, SRC造, RC造
階数	地上2階
工期	2020年5月26日~2022年6月10日

## 2 多目的ホールの音響設計

### 2.1 音響設計コンセプト

多目的ホールは音楽や演劇、講演会などの芸術文化活動を行うホールとしての機能に加え、市民の健康推進の役割を担う体育館としての機能を有している。そのため天井高や室形状の建築条件は、体育館使用時の安全性や機能性を満たすことを前提に設定されている。それぞれの利用形態における要求性能をまとめたものを表2に示す。音響設計を進めるにあたっては、体育館で求められる建築性能をホール空間に適合させ、「ホール」と「体育館」という性質の異なる空間においてそれぞれに最適な音場とすることを目的として各種検討を行った。図2に多目的ホールのコンセプトを、図3に多目的ホールの平面図・断面図を示す。

### 2.2 反射板形式：体育館特有の建築空間を活かした生楽器演奏時の音場最適化

#### 残響感と音量感の両立

体育館としての機能上 (表2参照)、一般的

なホール空間に比べ、天井高や室幅が大きく設定されている。響きを確保するうえでは有利な条件ではある一方で、残響過多や反射面と客席の距離が離れることによる初期反射音の低下 (音量感の低下) などが懸念された。加えて客席椅子は、軽量なメッシュ地のもので採用されたため、空席・着席条件によって音場が大きく変化することが予想された。そのため、着席条件において適度な響きと十分な音量感が両立する音場となるよう検討を進めた。

響きに関しては、施工段階でモックアップによる客席椅子の空席・着席条件における吸音力を測定し、その影響を詳細に確認した。この結果をもとに、着席時において適度な響きとなるようにブリッジレベルの側壁に吸音面を分散配置し、平均吸音率を調整した。残響時間と平均吸音率の測定結果を図4に示す。残響時間 (中域: 250~2kHz) は 1.7~2.1 秒 (着席推定値~空席実測時)、平均吸音率は 0.22~0.18 (着席推定値~空席実測時) であり、着席条件においては、懸念されていた過度な

\* Acoustic Design of the Miyama City Civic Center "MIYAMAX" - Sound field optimization of multipurpose hall covering from arts and culture activities to exercise use - ,by HINENO Shota, MIYAZAKI Hideo(YAMAHA Corp.), KISHINAGA Shinji

表2 体育館とホールにおける要求分析

形態	建築性能	音響性能	検討項目
体育館 (平土間)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ホールが飛んでもぶつからない天井高さ</li> <li>手をついた際の安全性を考慮したシンプルな壁形状</li> <li>コート配置が可能な広い室幅</li> <li>フラットな競技面、転換のしやすさ (ロールバック)</li> <li>ホール衝突時の電気音響設備保護</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プレイヤー同士のコミュニケーションの取りやすさ</li> <li>アナウンスの聞き取りやすさ</li> <li>音響障害回避</li> <li>観戦時の臨場感 (適度な響き)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>反射面と吸音面のバランス</li> <li>残響調整要素の確保 (カーテン)</li> <li>電気音響設備の適正化 (配置・構成・調整)</li> <li>壁面、天井面による拡散</li> </ul>
ホール	反射板	<ul style="list-style-type: none"> <li>適切な響き</li> <li>音量感の確保</li> <li>ステージと客席の一体感</li> <li>拡がり感の確保</li> <li>音響障害の回避</li> <li>演奏のしやすい舞台空間</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>残響過多とならないよう吸音面を調整</li> <li>舞台と客席の連続性</li> <li>客席配置による直接音の確保</li> <li>高天井、側壁による反射音減少への対応 (反射面の設定)</li> <li>側方反射音の確保 (観覧席等の音響底)</li> <li>壁面、天井面の拡散</li> <li>舞台形状の最適化</li> </ul>
	幕設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>均一かつ明瞭な拡声</li> <li>明瞭性を損なわない響きの抑制</li> <li>舞台上での話しやすさ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>残響調整要素の確保 (舞台幕・カーテン)</li> <li>初期反射音の確保</li> <li>電気音響設備の適正化 (配置・構成・調整)</li> </ul>

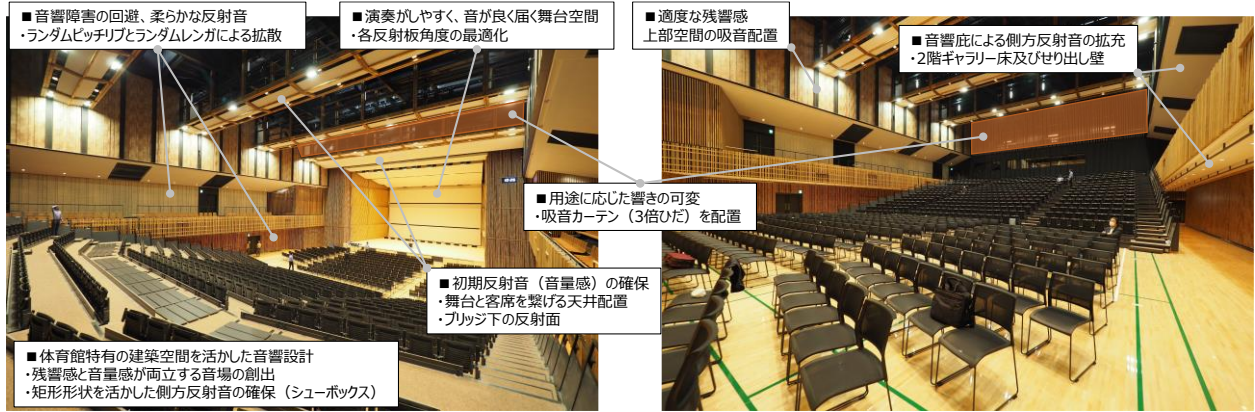


図2 音響コンセプト

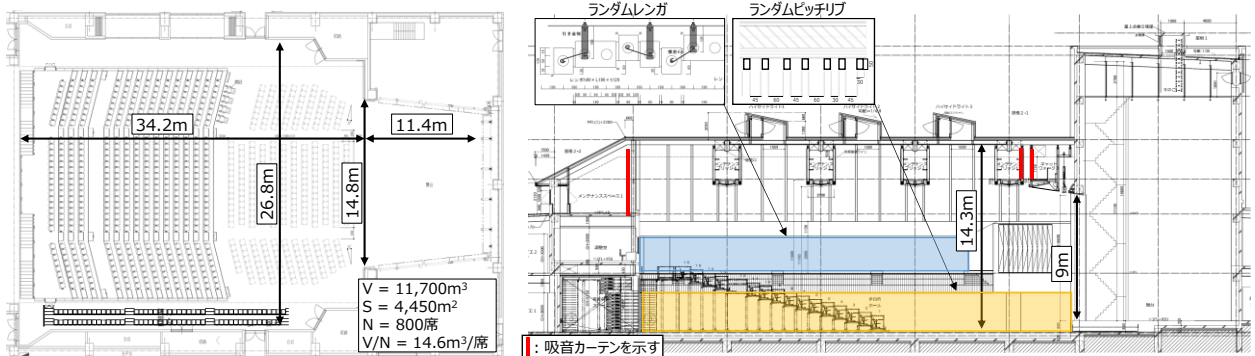


図3 多目的ホール平面図・断面図

響きはなく、適度な残響感が得られる音場となっている。

音量感に関しては、高天井化により減少する初期反射音を補うため、ブリッジ下に凸の反射面を設けた。また舞台近傍については、反射板と繋がる内装天井を設け、舞台の音を効率よく客席へ届けることを意図した。また、段床調整・千鳥配置により客席の被りを最小化することで、観客間での音の遮蔽が生じにくい客席配置とした。G 値の測定結果を図5 (上段) に示す。平均値が 6.3dB、標準偏差が 1.7dB と、どの客席においても十分な音量感が得られている。

側方反射音の制御

平面形状については、体育館使用時の安全性という観点からシンプルな矩形形状が採用された。音響的にはシューボックス型として生楽器演奏時に重要となる側方反射音が効率よく届くよう検討を進めた。ただし、体育館としての機能上、客席エリアの幅は広く設定

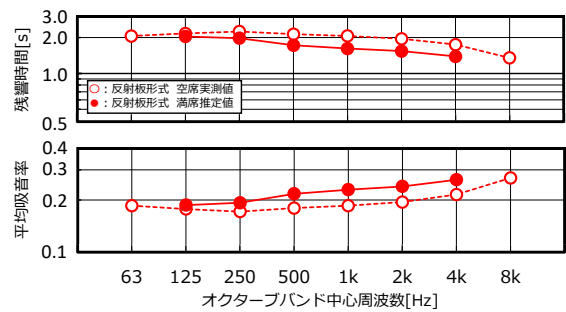


図4 残響時間測定結果

されているため、客席中央部では側方反射音のレベルが低くなると懸念された。そのため、サイド観覧席及び側壁上部のせり出し壁を音響底として機能させることで、側方反射音を補強し、拡がり感の高い音場となるよう計画した。側壁仕上げについては、平行対向面によるフラッターエコーの回避と音響的なグレアのない柔らかな反射音を返すことを目的として、1 階席レベルについてはランダムピッチリブとした。2 階席レベルについてはラン

ダムレンガ積み仕上げによる拡散効果と、剛性を高めることで低音域も含めた反射音を確保した。これらの効果を確認するため、音響インテンシティにより初期反射音の到来方向と強度を可視化した。結果を図6に示す(解析周波数 500~2kHz, 解析区間 0ms~80ms)。側壁及び音響底による側方初期反射音が到達しており、シューボックス・音響底の効果が確認できる。図5(下段)にLEの測定結果を示す。客席中央部においては、20%程度とコンサートホールと同等の値となっており、拡がり感が得られる音場になっている。

### 演奏しやすく音が良く届く舞台空間

舞台については、側方反射板は手動式、天井反射板は電動回転式(昇降無)として、大掛かりな舞台転換作業が必要のないシンプルなものが採用されている。一方で、完全昇降式のように反射板同士の隙間をなくすことは、可動域や天反照明との関係上、困難であったため、各反射板の角度を最適化し、効率よく舞台上及び客席に反射音が届くよう検討を行った。ST値の測定結果は、ST1が-10.4dB、ST2が-9.1dBと十分な値が得られている。

### 2.3 幕設備形式：明瞭な拡声の実現

幕設備形式では講演会や軽音楽などでの使用を想定し、各種用途において明瞭な音場・拡声となるよう建築・電気音響について検討を行った。

反射板形式からの残響可変幅を最大限確保するため、フライ内は可能な限り吸音処理し、客席内には吸音カーテンを配置している。特に後方部に設置したカーテンについては、客席空間とメンテナンススペースをカーテンにより分離し、吸音のための背後空気層を確保できる計画とした。また、限られた面積でも十分な吸音力を付加できるように、カーテンは3倍ひだとした。残響時間の測定結果を図7に示す。測定結果は、1.4秒~1.7秒(平均吸音率 0.26~0.22: 満席推定値~空席実測時)となっており、反射板形式からの残響可変幅が十分に確保されている。

電気音響設備は、LR サイドスピーカーとプロセニウムスピーカーとし、全ての客席に対して明瞭に満遍なく音が届く構成とした。サイドスピーカー前面の仕上げについては、一般的なサランネット仕上げでは体育館使用時にボールがぶつかり、破損につながる恐れがあったため、強固な材かつボールが入り込まない程度の密度にて前面を保護する必要があった。図8にスピーカーとリブの関係を示す。音響的にはスピーカー前面に遮蔽物が出てくることになるため、出音の音質劣化が懸

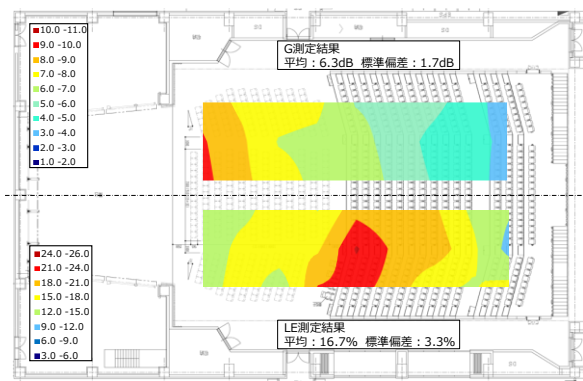


図5 G値・LE値測定結果

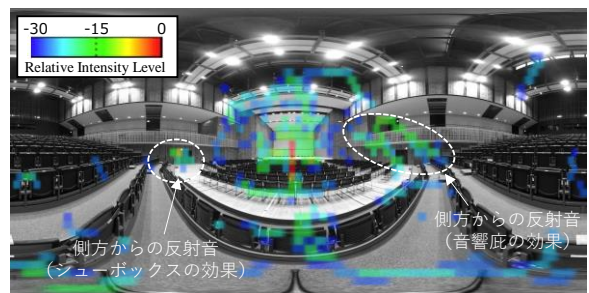


図6 音響インテンシティ測定結果

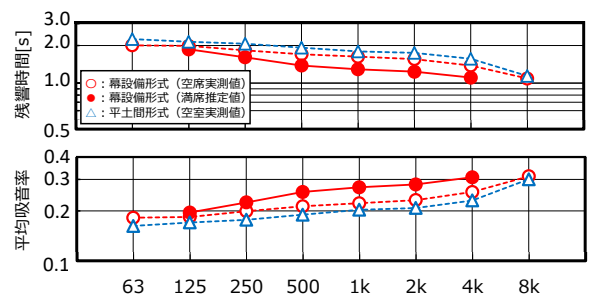


図7 残響時間測定結果(幕設備・平土間)

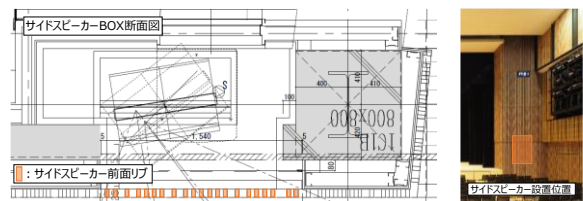


図8 サイドスピーカーとリブの関係

念された。そこでインパルス応答の畳み込み信号処理による補正(FIR-EQ<sup>[1]</sup>)を行い、保護リブによる影響を最小限に抑える計画とした。これによって、伝送周波数特性での特異なピークやディップは確認されず、聴感的にも自然な拡声を実現されている。音響設備使用時のSTIの測定結果を図9に示す。測定点の平均値は0.6(Good)であり、明瞭な拡声が可能となっている。

### 2.4 平土間形式：明瞭性確保と音響障害除去

平土間形式においては、パーティーから体育館としての運動利用まで利用できるよう検討を行った。

パーティー利用においては拡声設備の明瞭性が重要であるため、幕設備と同様に吸音カーテンにより響きを抑える計画とした。体育

館利用においては、選手間のコミュニケーションの取りやすさやアナウンスの聞き取りやすさが重要となり、吸音カーテンに加え、舞台上に防球ネットと引割緞帳配置し、舞台空間と競技エリアを分離する計画とした。カーテン設置時の残響時間測定結果（図7参照）は、1.9秒（平均吸音率0.22：空室実測時）となっており、響きが抑えられている。平土間形式は客席がなくなるため、フラッター等の音響障害が生じやすい音場となるが、側壁ランダムピッチリブやブリッジ下の拡散効果により、音響障害は検知されていない。

また、体育館利用では状況によって観戦時の臨場感が重要視される場合があり、臨場感の向上を目的として、電気音響を使用した残響可変を行っている例もある<sup>[2]</sup>。本ホールの場合には、カーテンを収納し、響きを変化させることで、臨場感の向上を狙っている。

電気音響設備に関しては、基本的に幕設備と同様のシステムを使用するが、音源の方向性を問わない形態（体育館形式時のアナウンスなど）においては、上方に設置したシーリングスピーカーのみでも拡声できるようにしている。平土間形式時のSTI測定結果を図9下段）に示す。平均値は0.57（シーリングスピーカーのみの条件では0.53）となっており、問題のない明瞭性が確保されている。

### 3 遮音・騒音制御

多目的ホール屋根は機能性・コストなどの理由から乾式金属屋根が採用された。しかし、多目的ホールは内装天井がなく、雨音の影響が懸念されたため粘接着工法に加え、圧縮木毛セメント板と高性能フェノールフォームによるサンドイッチ構成とした。施工段階では、現場においてモックアップを作成し、設計仕様の妥当性を確認した（図10）。

図11に主要室の室間遮音性能とNC値を示す。リハーサル室は浮き構造として多目的ホールとの遮音性を確保する計画とした。これによりDr-80と十分な遮音性能が確保されている。ホール外部との遮音性能はDr-60であり、外部騒音に対しても十分な遮音性能が確保されている。また客席下手側については、イベントに応じてロビーとホール空間を繋げられるよう2重のスライディングウォールにて区画化を行っており、Dpr-55と実用上問題のない遮音性能を確保している。空調設備稼働時の多目的ホールのNC値はNC-25程度であり、支障のない静けさが確保されている。

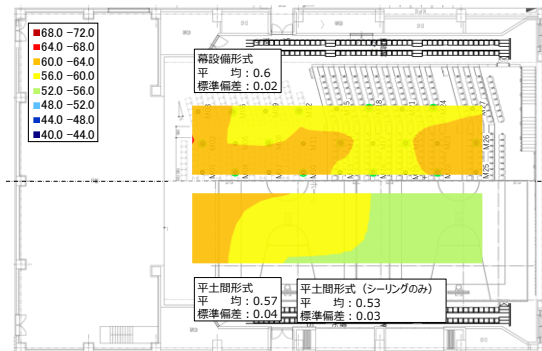


図9 STI測定結果

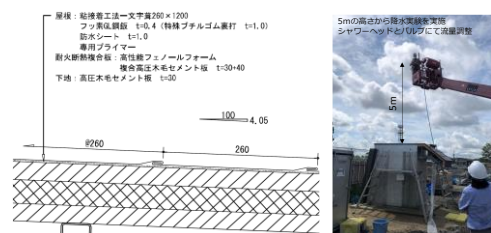


図10 屋根仕様とモックアップ確認風景

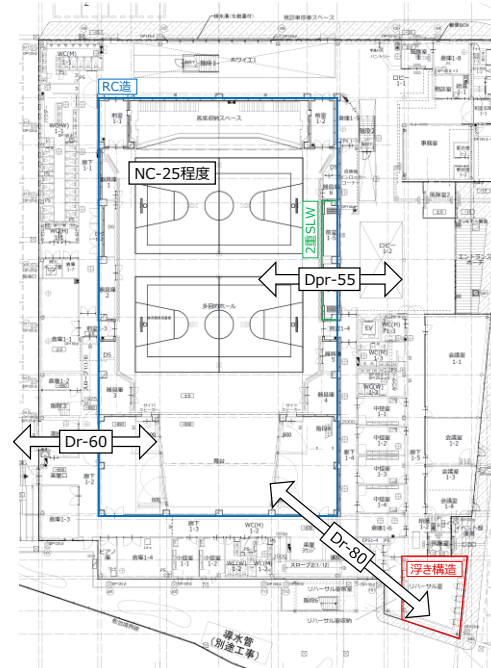


図11 遮音・騒音制御

### 4 おわりに

本稿では、体育館機能を持つ多目的ホールの設計事例を紹介した。体育館特有の建築空間を音響設計の中で転用・補うことで、「ホール」と「体育館」という性質の異なる空間を音響的に両立させることができた。竣工後にはピアノの試奏会が行われ、意図した響きや音量感、拡がり感が楽器演奏においても確認できている。今後は、市民の芸術活動・健康促進を担う施設として活用されることを期待したい。最後に本プロジェクトの設計、施工に携われた関係者各位に感謝の意を表します。

#### 参考文献

- [1] 高橋他, 音講論 (秋), 1289-1292, 2012.
- [2] Watanabe et al., AES e-Brief 572, 2020