

# 北九州市立黒崎文化ホール「黒崎ひびしんホール」の音響設計 - 客席浮遊天井による室容積の最適化 - \*

高橋顕吾, 岸永伸二 (ヤマハ株)

## 1 はじめに

JR黒崎駅南方約500mに位置する「文化・交流拠点地区」は、北九州市の副都心にふさわしい都市機能の充実と地域の回遊性の向上、さらに黒崎のにぎわい再生を目的に、PFI事業による整備が進められ、平成24年7月1日にホール棟、図書館棟、公園がオープンした。この中の黒崎ひびしんホール（北九州市立黒崎文化ホール）は、市民の文化活動の発表の場、公的行事の場となる大ホール（最大826席）・中ホール（最大310席）の他、日常の活動・修練の場となる大中小の練習室、及びリハーサル室を併せ持った文化施設である。特に大ホールについては優れた文化・芸術の鑑賞の場としても重要な役割を担うため、高度な性能が要求された。音響検討は、これらの施設の位置づけを把握した上で、遮音・騒音制御、室内音響に関して実施した。

表1 施設概要

所在地	: 福岡県北九州市八幡西区岸の浦2丁目1-1
発注者	: (株)黒崎コミュニティサービス
設計・監理	: 日本設計・久米設計・豊川設計JV
音響設計	: ヤマハ(株)PA空間音響グループ
施工	: 福田・若築・三菱化学E・東洋・大同JV
構造/階数	: RC造/地下1階～地上3階
工期	: 2010年8月～2012年6月

## 2 音響計画

本施設は大・中ホールその他、発表会や練習のための多数の諸室からなる複合施設であり、会議室以外は全て音楽利用を前提としている。特に大・中ホールはいずれも室内音響を重視しており、限られた建築条件の中で十分な音響空間（気積 $10\text{m}^3$ 以上/席）を確保した上で、適正な初期反射を得る形状と吸音部位を構成するとともに、演目に応じて聴感的なライブネスが可変できるように吸音付加機構を導入している。

### 2.1 大ホールの室内音響

中規模ホール（826席）ながら、プロユースのクラシック演奏（大編成オーケストラ含む）から市民利用による軽音楽（ポップスコンサート含む）まで対応できるような室内音響性能と

舞台音響設備を有する多目的ホールとして計画されている。

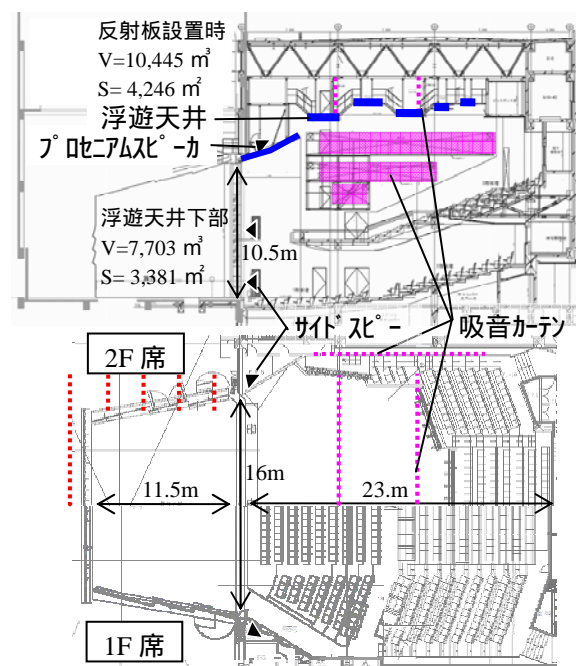


図1 大ホール平断面



写真1 大ホール内観

### 音響計画のポイント

#### (1) 臨場感のあるコンパクトな客席構成

全ての客席に均一に直接音が届くように舞台を取り囲むバルコニー構成（奥行き寸法23m以下）とするとともに視覚的に有利で直接音を損なわない客席勾配（段床カーブ）とした。またプロセニウムアーチを構成する壁・天井は意匠も含めて舞台と客席がなるべく滑らかにつながる形態を基本として壁面のランダムリブ

\* Acoustical Design of the Kurosaki Hibishin Hall - Optimization of the air volume with the floating ceiling -, by TAKAHASHI, Kengo and KISHINAGA Shinji (YAMAHA corp.).

により客席への初期反射音の均一化を図った。

(2) 客席浮遊天井による室容積の最適化

フル編成のオーケストラ演奏に対応する舞台と客席空間を確保するために十分な室容積(8,300m<sup>3</sup>以上)を確保する必要があった。このため、客席天井の半分をサウンドスルーとして客席空間につながる天井裏を音響空間として取り込む方式を採用した。

(3) 音量感・明瞭度・拡がり感のバランス

音量感や明瞭性に寄与する初期反射音を確保するため、客席上部には部分的に反射面(浮遊天井)を配置している。その際、反射音の到来方向や時刻に応じた配置や角度を検討した結果、前方ほど大きくかつ低くなるように設定している。

また、拡がり感の確保に配慮して上方からの反射音を適度に抑え、かつ側方・後方からの反射音を得られるように、上部空間に適度な吸音要素(空調ダクトの保温GWやキャットウォークのカーペット)を配置して、側壁・後壁は反射性としている。

この他、舞台反射板と客席の壁面については、側壁方向からの初期反射音が舞台・客席に到来するよう、サイドスポット用デッキ、サイドバルコニー、及びフィン等の“音響庇”と内傾面を意匠と整合するように配置した。

(4) 吸音カーテンによる残響可変幅の確保

バルコニー席側壁と浮遊天井開口部に吸音カーテン(約100m<sup>2</sup>)を設置し、舞台幕との併用により残響時間の可変幅を0.4秒としている。

シミュレーションによる上記の検証

客席の天井・吸音面の配置条件を変えた場合の幾何音響解析結果を表2示す。これより本ホール最終形態である「天井半分あり(浮遊天井)」、「吸音上方配置」の状態において音量感・明瞭度・拡がり感(E50,C80,LE5)のバランスが適度(中庸)であることが分かる。また、側壁の音響庇によるLE5の上昇も認められる。

平断面形状での波動解析結果を図3に示す。これより客席全域に対して側方・上方から初期反射音が連続的に到来している様子が伺える。

室内音響測定結果(図4~5)

反射板形式での残響時間は1.7~1.6秒(平均吸音率0.20~0.22;空席~着席)と適度な響きが確保されている。同時に楽音の明瞭度に関してもC80が0dB、拡がり感についてはLE5が22%と準扇形の平面形状としては十分な特性が得

られている。また、幕設備形式での残響時間は1.3~1.2秒(平均吸音率0.27~0.28;空席~着席)と、反射板形式に対して0.4秒短くなっている。

表2 幾何音響解析結果

天井	天井なし	天井半分あり(浮遊天井)	天井あり	
吸音	E50	68.8	69.9	70.0
吸音上方配置	LE5	24.0	23.1	22.8
	C80	0.06	0.13	-0.09
			底なし 22.7	
吸音後方配置	E50	68.5	69.6	69.9
	LE5	23.4	22.7	22.4
	C80	0.46	0.95	0.37

(数字は各指標値の大きさの順位を示す)

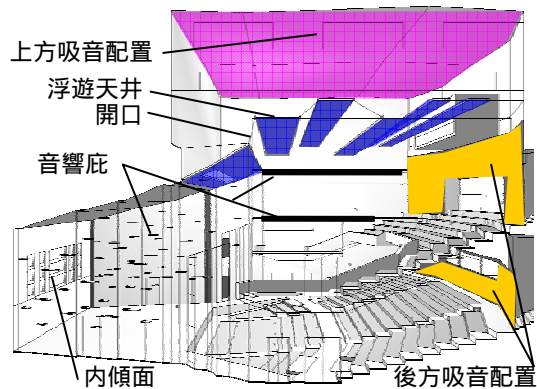


図2 幾何音響解析モデル

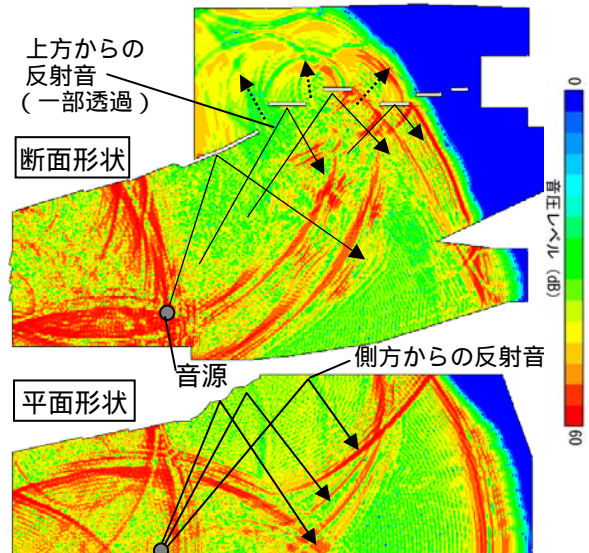


図3 波動解析結果 (2D-FEM, Time:60msec, Uper Remit:567Hz)

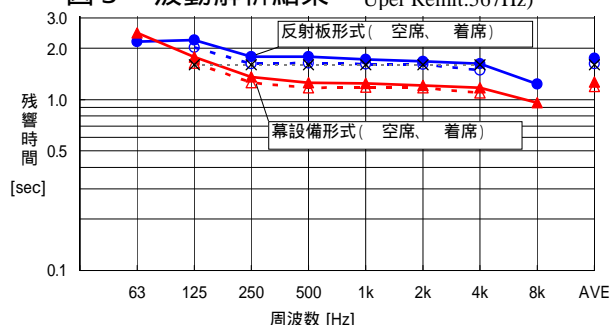


図4 残響時間周波数特性

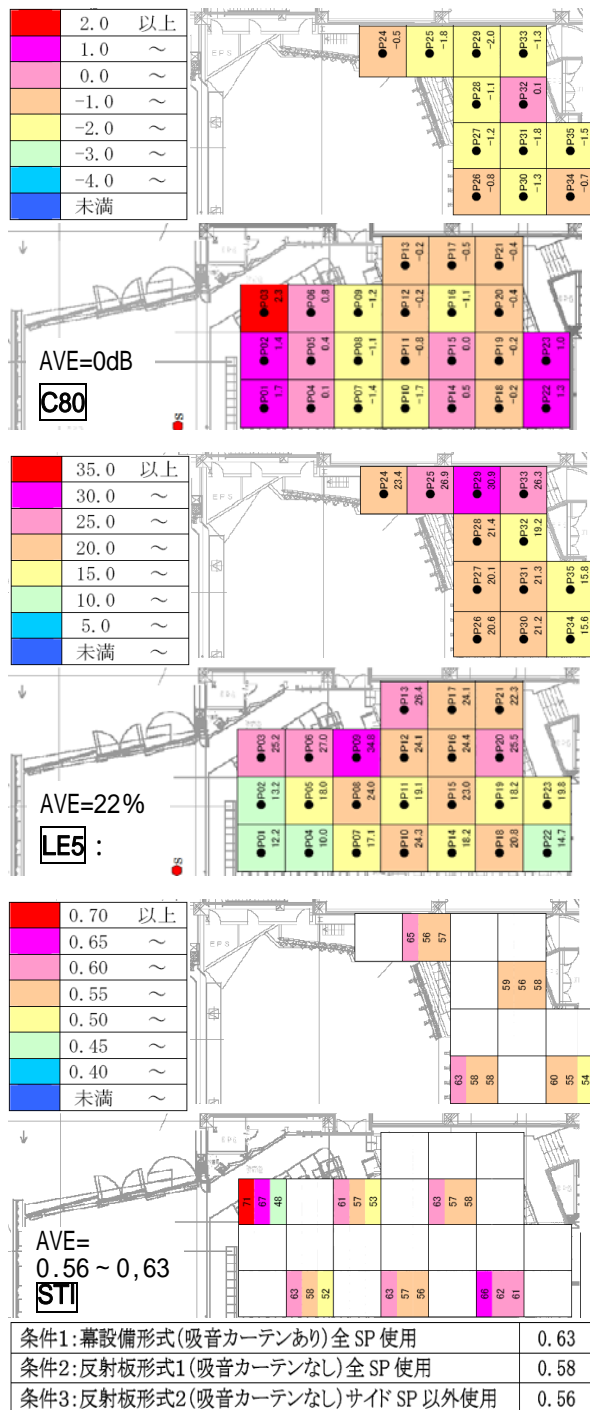


図5 初期反射音特性

## 2.2 サイドスピーカ部位の意匠と音響

舞台音響設備は調整卓を中心に周辺機器までをデジタル化してノイズレス・音質維持の高品位な音響伝送を基本としている。そして、客席全域に明瞭かつ均質な拡声音がサービスできるようにサイド・プロセニウム・補助スピーカを最適な位置・角度に配置している。さらにここではサイドスピーカ前面に設けた意匠と室内音響上に必要な内装リブ、及びスピーカ埋め込みによる特性上の悪影響を補正するために、たたみ込み信号処理による音場補正装置(FIR-EQ)を導入した。

スピーカ設置条件とFIR-EQによる補正効果  
二次元の波動解析結果(図6)からスピーカ前面に設けられたリブによるサイドスピーカの指向特性の山谷(干渉縞)が認められる。また軸上2m点での伝送周波数特性の実測値(図7)より、FIR-EQ使用時に8KHz以上の特性が平坦化していることが分かる(IIR-EQでは補正できないディップが補正されている)。

測定結果(図5/STI)

STIの測定結果は幕設備形式で0.63、反射板形式で0.56~0.58と、十分明瞭な拡声が期待できる良好な特性である。

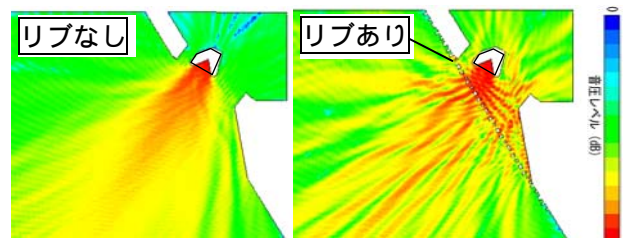


図6 波動解析結果 (2D-FEM, Frequency:4KHz)

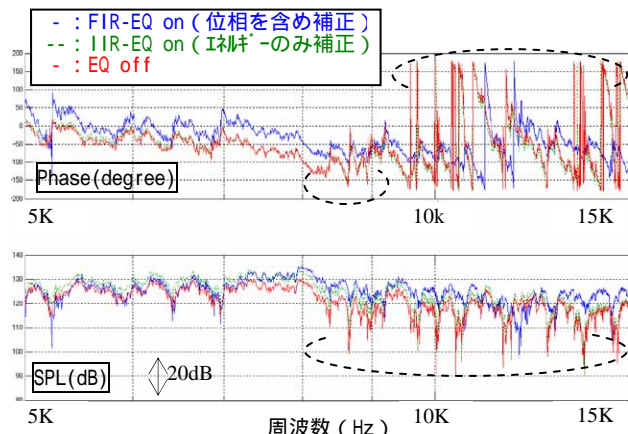


図7 伝送周波数特性(軸上2m点実測)

## 2.3 中ホール音響計画

平土間形式での展示会、レセプション、各種イベントからエンドステージ形式(可動席設置)での音楽会、講演会までのあらゆる用途に対応可能な多機能空間として計画されている。

音響計画のポイント

- (1) 直方体をベースに移動観覧席・椅子、昇降床により一体感のあるワンルーム空間を構成
- (2) 客席の浮遊天井により室容積を拡充するとともに初期反射音を最適化
- (3) 吸音幕(舞台幕・カーテン)により用途に応じて残響時間を可変
- (4) 壁面の傾斜面・凹凸により平行対向面でのエコー障害を排除するとともに音場を均一化

測定結果  
残響時間はエンドステージ形式で1.4~0.9秒(平

均吸音率0.21~0.30；吸音幕なし~あり）、平土間形式で1.2秒（平均吸音率0.23；椅子なし・吸音幕あり）と、あらゆる用途に対応可能なライブネスが確保されている。またエンドステージ形式（吸音幕なし）での明瞭度C80が2dB、拡がり感LE5が25%と大きく、音楽演奏に適した音場といえる。明瞭度STIも0.6~0.7と良好である。

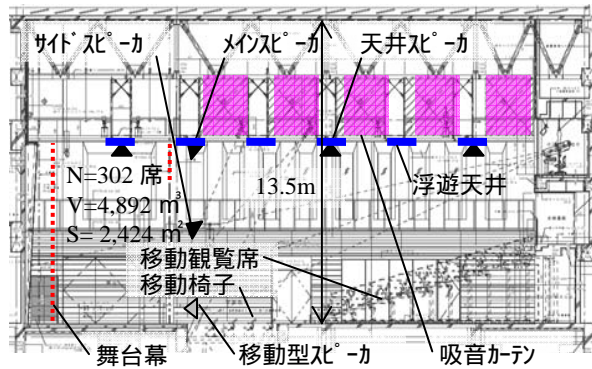


図8 中ホール平面

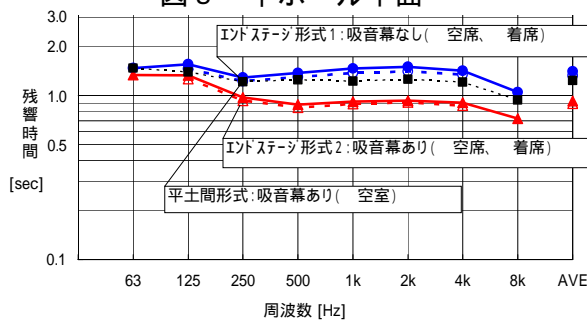


図9 残響時間

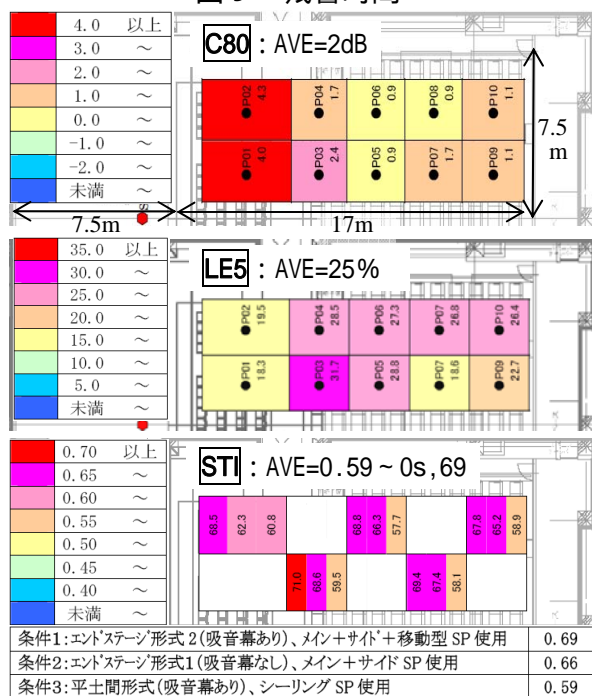


図10 初期反射音特性

## 2.4 リハーサル室・練習室の音響計画

リハーサル、大練習室については集会～音楽発表会まで、中小練習室については生楽器～バンド練習まで対応できるように各室に吸音幕

を導入している。これにより利用形態に応じたライブネスの最適化を図っている。

表3 練習室の残響時間及び平均吸音率

室名	想定用途	条件	RT(s) / $\alpha$
リハーサル室	リハーサル 発表会	吸音幕 なし~あり	1.7~1.0 /0.16~0.26
大練習室	発表会 集会	吸音幕 なし~あり	1.4~1.1 /0.15~0.19
中練習室	ダンス 会議	吸音幕 なし~あり	0.8~0.5 /0.18~0.28
小練習室	(1) 器楽練習	吸音幕 なし~あり	0.8~0.5
	(2) 合唱	なし~あり	/0.17~0.26
	(3) バンド演奏	なし~あり	0.3 / 0.31
	各種練習	吸音幕 なし~あり	0.5~0.4 /0.20~0.25

\*各値は250Hzから2kHzの平均

## 3 遮音・騒音計画

各室相互で所要の遮音性能を確保するため大中ホールを離隔配置するとともに練習室を高遮音の浮構造として分散配置している。これにより、実使用上問題ない遮音性能が確保されている。設備騒音については大中ホールともNC-15、リハーサル室でNC-25、練習室でNC-15~30の静けさが確保されている。

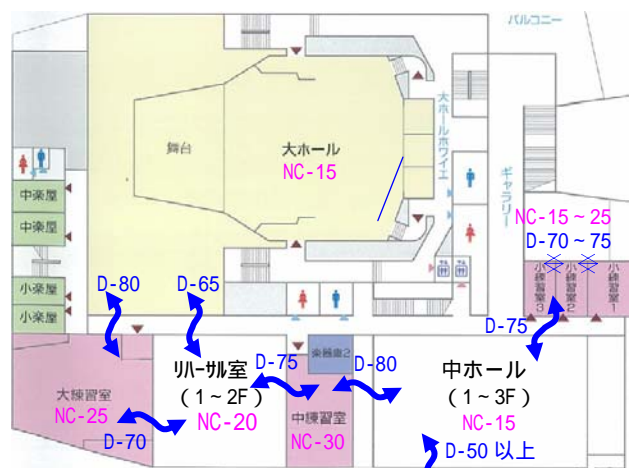


図11 遮音・騒音特性 (浮構造)

## 4 まとめ

本施設は2012年7月にオープンして以来様々な用途に利用されている。出演者からも音響について概ね好評を得ている。特に大ホールでは大型の舞台反射板とコンパクトな客席を生かした浮遊天井を採用したことで舞台との一体感の強い良好な音環境が実現されている。ピアノソロ、室内楽から大編成のオーケストラまで、あらゆる楽器編成においてクセのない音質で十分な音量感と適度な残響・空間感が聴感印象として認められる。

市民による文化・芸術活動の拠点施設として、今後も大いに活用されることを期待したい。