

浦安音楽ホール of 音響設計 — 多彩な響きを持つホール —*

○高橋頭吾、山下真次郎 (ヤマハ)、清水寧 (S/F Design Lab.)

1 はじめに

浦安音楽ホールは、幅広い (年代の) 人々が様々な音楽鑑賞・演奏が可能な音楽複合施設として、新浦安駅前の新しい商業施設「TKビルディング」の中に建設され、2017年4月8日にオープンした。

本施設は訪れた人が自分の目的や好みに合わせて選択できる「多様な音空間」をコンセプトとして、303席のコンサートホール (クラシック音楽専用) と201席のハーモニーホール (多機能型)、及び6つのスタジオ (リハーサル～各種音楽練習まで対応) で構成されている。

表1 施設概要

所在地：千葉県浦安市入船一丁目6番1号 TKビルディング内
施主：浦安市
設計：(株)INA 新建築研究所
音響設計：清水寧+ヤマハ(株)空間音響グループ
施工：(株)フジタ
構造・階数：S造、TKビルディング内4～7階
工期：2016年4月～2017年2月

2 コンサートホールの音響設計

上記コンセプトのもとコンサートホールでは、場所によって異なる音の特徴 (様々な響き、明瞭性、空間印象) を持った不均質な4タイプの「響きの風景」で客席をエリア分けすることを提案した。

各エリアでの響きの風景は、ホールの音の良さとして一般的に上げられる①上空から降り注ぐ響き (1階前方席：水平部)、②音に包まれた響き (1階後方席：傾斜部)、③バルコニー席特有の拡がり感と明瞭性 (1.5階席：ボックスバルコニー)、および④舞台を見下ろす上空での包み込まれる響き (2階席：正面・サイドバルコニー) を提案し、それぞれの音響的な特徴を目標として室形状・内装仕様が検討された。平断面と内観を図1に示す。

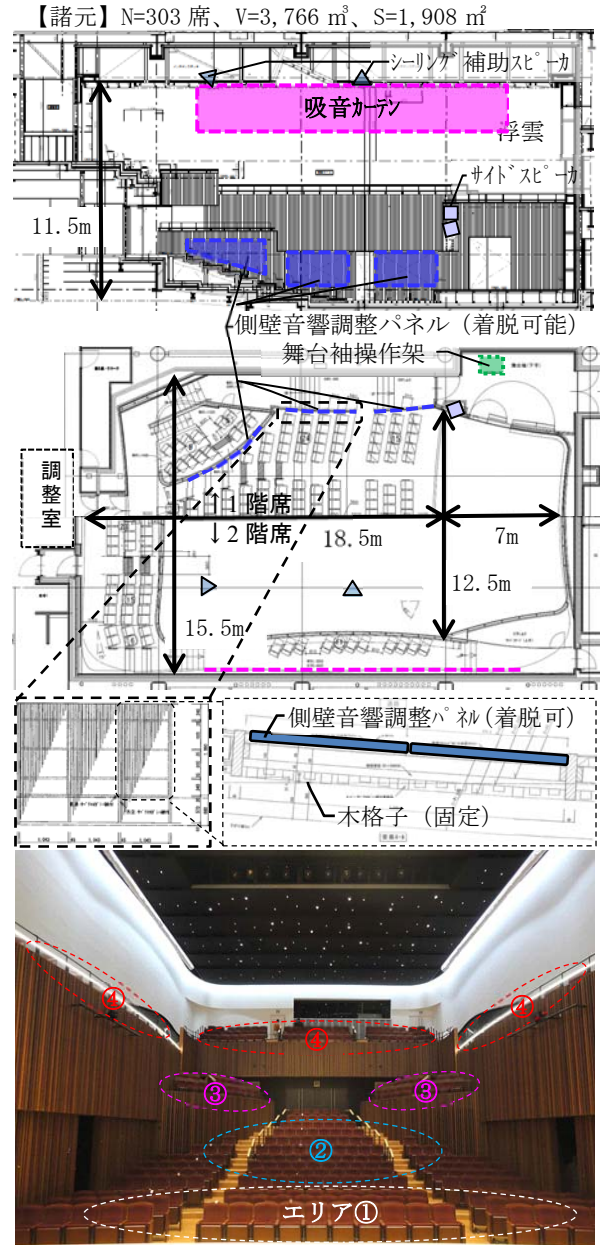


図1 コンサートホール平断面・内観

2.1 室内音響計画

(1) 多彩な響きを創る基本形状

長い残響時間が得られるよう十分な室容積を確保するために矩形平面をベースに天井を可能な範囲高く設定した上で、1階席を複数の凸曲面壁で囲むように多段のバルコニーを構成した。さらに1階席の前後で段床の勾配

* Acoustical design of URAYASU CONCERT HALL -Hall with various spatial reverberation-, by TAKAHASHI Kengo, YAMASHITA Shinjiro (YAMAHA Corp.) & SHIMIZU Yasushi (S/F Design Lab.)

差を大きくすることで、エリアごとに異なる視野と直接音を得られるように工夫している。

(2) 響きと拡がり感の設計

上記①④を実現するために、2階席を緩やかな凹凸面からなる垂直の壁で囲む形状とし、上部空間に二次元状の反射音経路を生じさせることで、上空で響きを創出することを期待している。そして効果的に残響時間を調整するため、この部分の壁面に吸音カーテンを設けている。また、上記②③を積極的に制御するために、一次反射音を付与する1階側壁に「音響調整パネル（木格子と着脱可能なパネルで構成）」を計画することで、小空間で過剰となりやすい初期反射音（特に側方反射音）の抑制を可能としている。

(3) シミュレーションによる上記の検証

幾何音響解析により音線経路（図2）と側方反射音特性LE5（図3）を検証した。

図2より185~190msecの音線が上部空間に二次元状に偏在しており、上空で響きが創出されていることが分かる。また、図3より1階席側壁の音響調整パネルを半分開けることで1階後方~1.5階席を中心にLE値が低減されている様子が伺える。

開口部の状況をより詳細に確認するため、二次元波動音響解析により1階席での波面の様子を可視化した（図4）。これより、側壁パネルを半分開けることで側壁からの反射波が散逸（一部反射・透過）する様子が伺える。

2.2 音響設備計画

音楽専用ホールのためカゲアナと録音を重視した明瞭かつ高品位なシステムとしている。

(1) 操作性・明瞭性に配慮した機器構成

舞台袖にメイン操作架を設けるとともに、全てのスピーカを壁・天井に内蔵することで音楽ホールに適した操作性と意匠性に配慮している。また、上空の長い残響による明瞭度低下が予想されたため、スピーカは1階に設置するサイドスピーカを中心に構成している。

(2) 拡張性を高めるI/Oポートと録音回線

客席内と舞台袖および録音スペース（調整室、楽屋）に配置したI/Oポート（RJコネクタ）をオーディオネットワーク（Ethernet 準拠/Dante方式）により接続することで、ノイズレスでクリアな拡声と録音を可能としている。また、サラウンド収録のため3点吊り（6ch）と天井裏コネクタ+孔（12ch）を用意した。

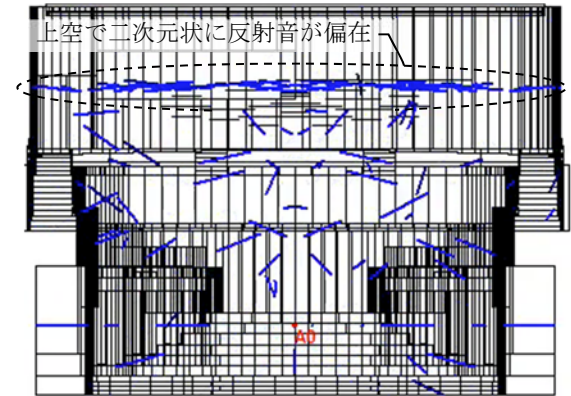
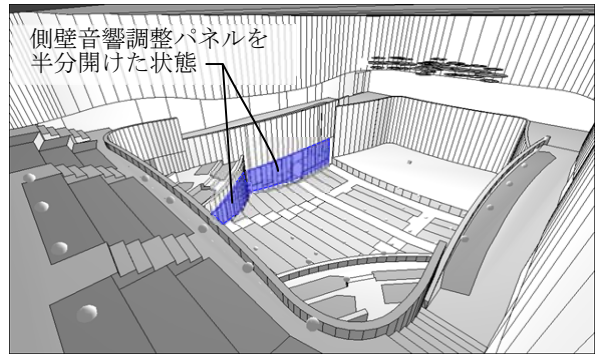
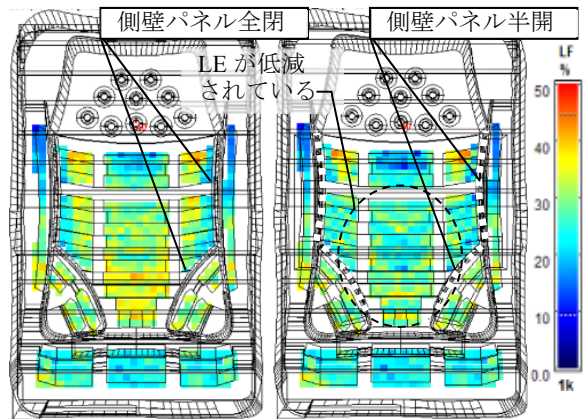


図2 音線経路 音線数：990本、反射回数：5回 Time：185~190msec



場所	条件	パネル全閉 計算値	パネル半開 計算値	側廊部分 パネル全開* 実測値
1階前方席		30.4	30.6	19.4
1階後方席		30.5	25.6	25.3
1.5階席		30.7	24.2	23.1
2階正面席		25.6	23.0	22.1
2階サイド席		26.0	25.4	23.2
全体平均		28.7	26.3	22.5

*）側廊部分のパネルを全開（木格子あり）して測定

図3 側方反射音特性（LE5）

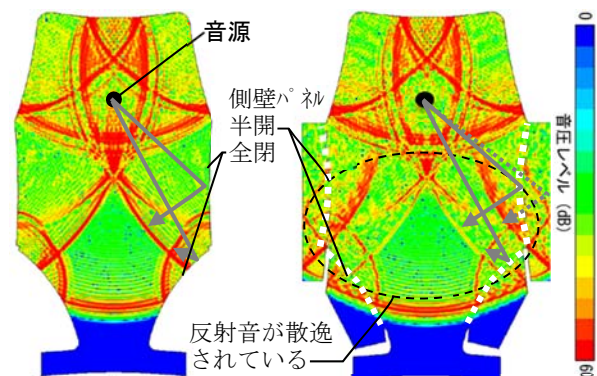


図4 波動解析結果 (2D-FEM, Time:40msec Upper Limit:283Hz)

2.3 測定結果

(1) 残響時間

残響時間の測定結果を図5に示す。吸音カーテンを収納した標準状態での残響時間(250～2kHz 平均)は1.8秒(平均吸音率16%、空席)と、音楽演奏に十分な響きが確保されている。同じ状態で音源・受音点をともに1階席に配置した場合と2階席に配置した場合の残響時間を比較すると、1階席が1.8秒、2階席が1.9秒と、上階の方が0.1秒長くなっている。一方、2階席の吸音カーテンを設置した状態では1,2階席ともに1.6秒まで減少しており、残響時間の差は認められない。また1階席壁際に人(約50名)が立ち並び、下部空間の吸音力を大きくした場合、2階席の残響は低域(500Hz以下)のみ減少し、高域(1kHz以上)では殆ど変化が認められない。

1階席と2階席の代表点での残響減衰波形(1kHz)と-10dB前後の減衰波形の傾きを図6に示す。これより2階席の減衰波形は後部まで緩やかに湾曲(傾きが単調増加)しているが、1階席では-10dB前後で折れ曲がり(傾きの急激な変化)が認められる。

以上より、二次元音場と推察される上空の長い残響音が、2階席において「豊かな響きに包まれた印象」を与えるとともに、下部空間に戻ってきた反射音が、1階席においてライブネスの上昇を抑えながら「上空から降り注ぐ響き」を感じさせていると考えられる。

(2) 側方反射音特性

側廊部分の音響調整パネル有無での1階後方席における側方反射音特性(LE5)の測定結果(1kHz)を図7に示す(全体での測定値は図3下表右端に示す)。これよりLE値は側壁パネルを半分開けると0.7%減少し、パネルを全開して木格子のみとした場合はさらに0.4%減少していることが分かる。これはパネル開口や木格子により反射音エネルギーが散逸されたためと考えられる。また図3より、各エリアでのLE値は最も大きい1階後方席でも25%に抑えられていることが分かる。

3 ハーモニーホールの音響計画

シンプルなキューブ型をベースにロールバック席と舞台側反・幕により舞台転換することで音楽会から講演会・芸能、さらには平土間イベントまで幅広い用途に対応可能な多機

能型ホールとして計画されている(図8)。

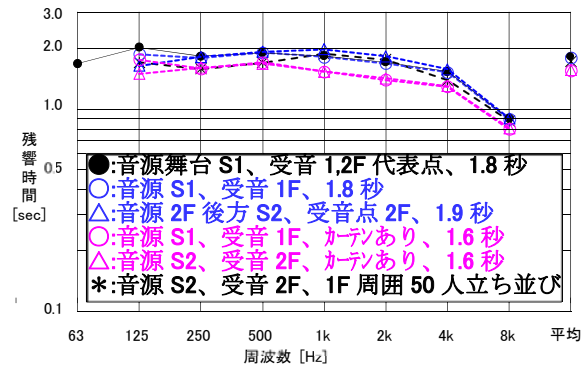
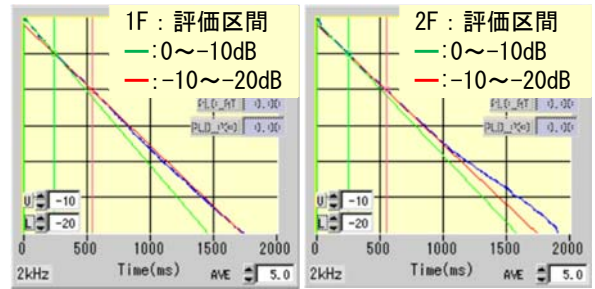


図5 残響時間測定結果



減衰時間	1F空間	2F空間
評価区間	音源：舞台 受音：1F中央	音源：2F後方下手 受音：2F正面上手
0～-10dB	1.45 sec	1.60 sec
-10～-20dB	1.77 sec	1.80 sec
差	0.32 sec	0.20 sec

図6 残響減衰波形

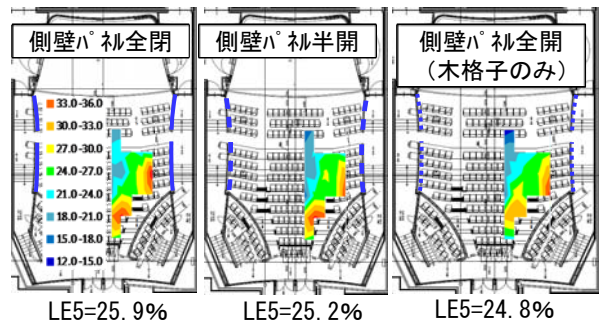


図7 LE 値測定結果

3.1 室内音響計画

舞台・客席の段差がないフルフラットの平土間空間をベースに、囲み型のロールバック席を採用することで、機能性を高めるとともに音場の均一性・一体感を確保している。

講演や軽音楽等に適したデッドな音場をベースに音楽演奏にも対応できるように音場支援システム(AFC)を導入している。AFCスピーカーとしてシーリングスピーカを用いることで上方から残響音を付与し、シューボックス型ホールのような空間印象を期待している。

3.2 音響設備計画

様々な使用形態においてフレキシブルに対応できるシステム構成としている。場内にI/Oポート(RJコネクタ)を分散配置して、任意

の位置で移動型音響ワゴン・スピーカと入出力端子（AD/DA内蔵I/O-Box）を接続可能とすることで、あらゆる位置でPA可能としている。

3.3 測定結果

舞台側反を閉じてロールバック席を設置した反射板形式での残響時間は0.8秒と講演等に適した短めの響きとなっている。この状態でAFCを使用すると最大2.2秒まで延長され、音楽演奏に対応可能となっている（図9）。

明瞭度STIは生音（無指向性スピーカ使用時）で0.67、音響設備使用時0.75と、良好な特性が得られている。またLE値も26%と適度な値が得られている（表2）。

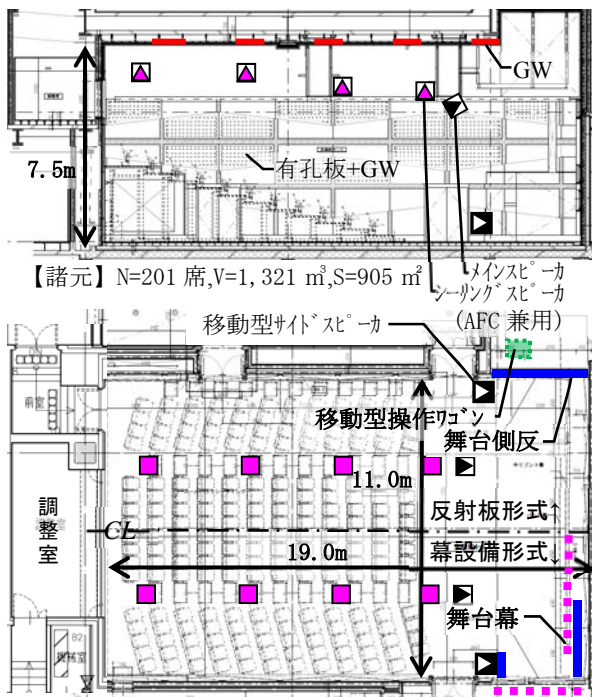


図8 ハーモニーホール平断面

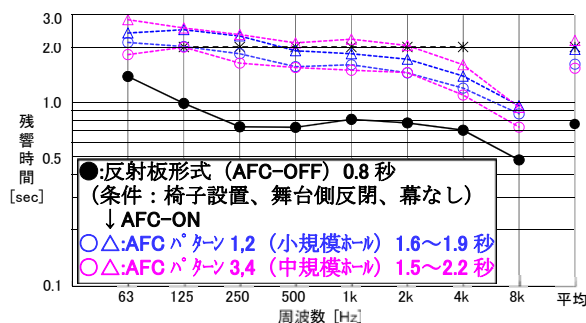


図9 残響時間測定結果

表2 STI・LE値測定結果

指標	12面体SP使用時	音響設備使用時
STI	0.67	0.75
LE5	25.5%	—

4 スタジオの音響計画

スタジオAはリハーサルや発表会から合奏等まで幅広い用途を想定して中庸な響きをベ

ースに吸音幕によりライブネスを調整可能としている。またスタジオB、Cは生楽器練習を想定したライブな音場、スタジオD、Eはバンド演奏を想定したデッドな音場としている。

表3 スタジオの残響時間

室名	想定用途	RT(s) / $\bar{\alpha}$ * (吸音カーテン収納~設置)
スタジオA	リハーサル、発表会	0.7~0.4s / 0.21~0.30
スタジオB	生楽器練習、	0.7~0.4s / 0.17~0.24
スタジオC	他	0.6~0.3s / 0.15~0.30
スタジオD	バンド練習	0.3s / 0.34
スタジオE		0.2s / 0.33

*) 各値は250~2kHzの平均

5 遮音・騒音計画

5.1 遮音・騒音対策

各室の同時使用と隣接する鉄道からの騒音・振動対策のため、各ホールおよび大音量が想定されるスタジオA、D、Eを浮構造としている。スタジオB、Cについても下階店舗への影響を考慮して浮床としている（図10）。

5.2 測定結果

ホール周りにおいては、コンサートホール～ハーモニーホール間、各ホール～スタジオ間でDr-85以上と、高い遮音性能が確保されている。この他、各スタジオ間、ホール・スタジオ～下階店舗間についても想定用途に即した性能が得られている。設備騒音についても各ホールでNC-20、各スタジオでもNC-25~30と、十分な静けさが確保されている。

【遮音性能】
 ⇔Dr-70
 ⇔Dr-75
 ⇔Dr-85

【遮音構造】
 - 浮床
 - 浮構造

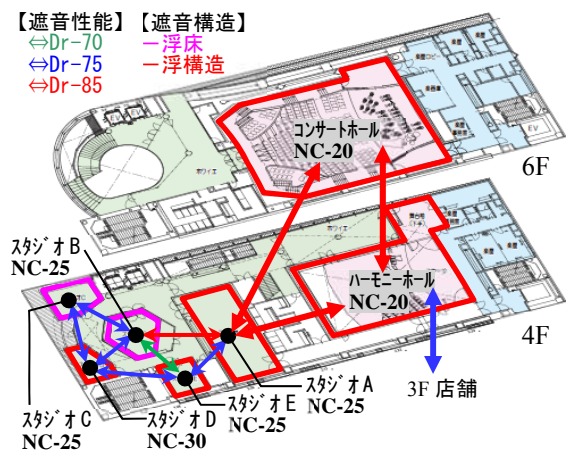


図10 遮音・騒音計画

6 まとめ

本施設はオープン後様々な音楽リサイタルに利用されており、コンサートホールの出演者からは響きの豊かさ、場所による響きの違いや多彩さ等について概ね好評を得ている。

今後も浦安市の音楽・芸術活動の発信拠点として大いに発展されることを期待したい。