

穂の国とよはし芸術劇場「PLAT」の音響設計 - 生声重視の音場と最新の音響設備を導入した鉄道沿いの劇場 - *

高橋顕吾、山下真次郎、岸永伸二（ヤマハ）、買手正浩（大成建設）

1 はじめに

穂の国とよはし芸術劇場は、豊橋市の新しい芸術文化活動の拠点構築と駅前市街地の活性化を目的にPFI事業として整備され、2013年4月30日にオープンした。当市には講演等の集会や音楽系用途のホール施設は整備されているが、演劇を主とする舞台芸術の創造活動や上演に適した劇場がなかった。しかし、当市には長い歴史をもつ演劇鑑賞団体等があり、市民の演劇への関心も高いことから市の将来を見据えて舞台芸術による街づくりの拠点が整備された。

施設は778席の主ホール（演劇主体）と266席のオープンスペース（演劇～音楽会～平土間イベントまで対応）、及び大小7室の創造活動室（各種練習～発表会まで対応）から構成されている。

筆者らは、PFI応募時点から設計・施工チームの一員として、遮音・騒音制御、室内音響、電気音響等の音響設計を行った。施設概要を表1に示す。

表1 施設概要

| |
|---------------------------------------|
| 所在地：愛知県豊橋市西小田原町123番地 |
| 事業者：豊橋芸術文化事業サポート株式会社 |
| 設計：豊橋市芸術文化交流施設 香山壽夫建築研究所・大成建設 設計JV |
| 音響設計：ヤマハ PA 事業部（当時） |
| 施工：大成・豊田建設JV |
| 構造・階数：RC造（一部S造）地上4階 |
| 工期：2011年5月～2013年4月 |

2 主ホールの音響計画

主ホールは本格的な舞台芸術の創造～上演の場として良好な演劇鑑賞空間を実現するため、舞台上の生音や台詞が隅々まではっきり伝わるように、明瞭度、音量、残響時間のバランスに着目した音場を構成するとともに、本劇場の運営や時代に即した最新のデジタル音響システムを導入した。平断面と内観を図1に示す。

2.1 室内音響のポイント

(1) 親密感のあるコンパクトな客席構成

囲い型のバルコニー構成と十分な床勾配の確保により、客席奥行き寸法を24m以下に抑え

るとともに、最後列まで舞台が観やすく直接音が届きやすい客席レイアウトとしている。

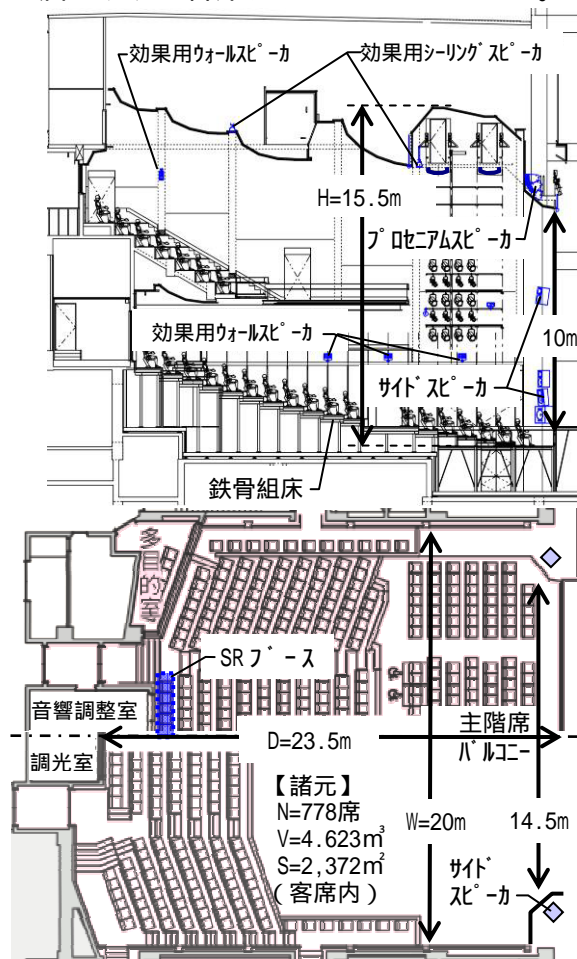


図1 主ホール平断面・内観

(2) 隅々まで台詞が伝わり易い壁・天井形状
客席空間を矩形平面ベースの直線状の側壁と、複数の凸曲面と浮雲が連続的に連なる天井

* Acoustical Design of the Toyohashi Arts Theatre 'PLAT' - The theatre placed near the railroad with highly acoustical sound quality and new digital audio installation system -, by TAKAHASHI Kengo, YAMASHITA Shinjiro and KISHINAGA Shinji (YAMAHA corp.), KAITE Masahiro (TAISEI Corp.).

面で構成することにより、音量感に寄与する初期反射音を客席全域に均一に付与している。また、主階席側壁の下見壁の傾斜角度とバルコニー側壁のリブの形状・間隔をランダムに構成することで反射音を散乱させ、舞台上の生音の定位感を損なわないように検討している。

(3)音量を下げずに残響を短くする容積設定

必要限度の客席天井高と側壁上部の斜め壁により室容積を抑えるとともに、リブ壁や鉄骨組床の吸音を考慮して、床の一部（GWとカーペット）以外は吸音材を使わずに所定の残響時間（満席目標値1.1~1.3秒）を確保している。これにより直接音を補強する初期反射音の吸音による音量感の低下を回避した。さらに舞台周囲の壁もプロセニウム開口より下を反射性仕上げとすることで、舞台と客席の響きのバランスを均一化している。

(4)シミュレーションによる上記の検証

断面形状での波動解析結果を図2に示す。これより客席全域に対して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。

主階席側壁の下見壁（傾斜角ランダム構成）の有無での幾何音響解析結果を図3に示す。これより上記設計意図通りの十分な音量感（ $G=4.3\text{dB}$ ）と明瞭度（ $D50=58\%$ ）が確保されていることが確認された。また、側方反射音LE5については28~26%（主階席側壁下見壁有~無）と、下見壁により側方からの強い反射音が低減（散乱）されていることが分かった。これは定位感の向上にも寄与するものと考えられる。

2.2 最新のデジタル音響システム

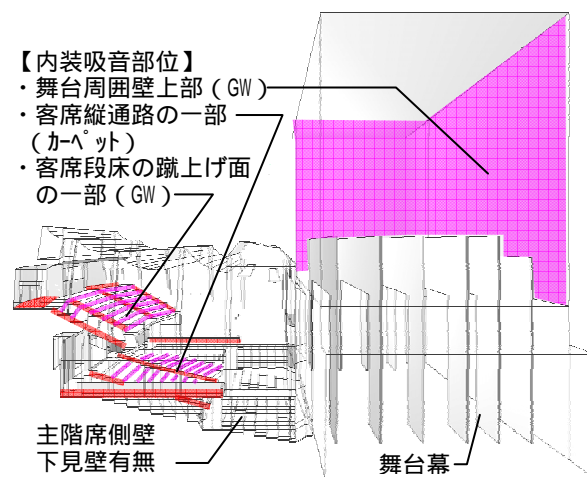
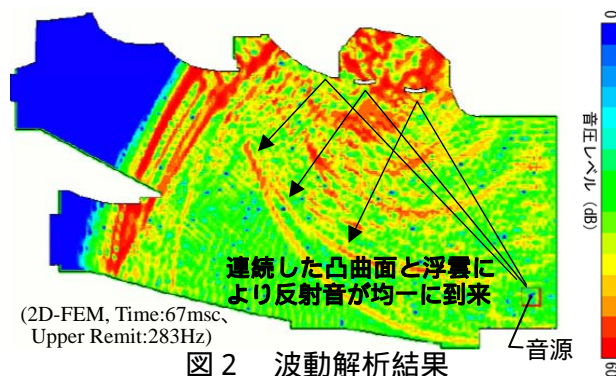
演劇・ミュージカル~講演~軽音楽まで様々な催事に適応可能な高品位かつ操作性・拡張性の高いシステムであり、利用者の高い性能要求にも満足する仕様とした。核となるデジタルオーディオネットワークの概念を図4に示す。

(1)高品位なデジタル伝送

デジタル卓およびプロセッサをデジタル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音質を実現している。

(2)自由度と拡張性を高めるI/Oポート配置

音響調整室、客席内SRブース、舞台袖、及びアンプ室にI/Oポート（HUB）を設け、任意の位置で音響卓と入出力端子（AD/DA内蔵I/O-Box）の接続を可能とすることで自由度と拡張性の高いシステムを構築している。



| 条件 指標 | 主階席側壁：下見壁 （傾斜角ランダム構成） | 同左：下見壁なし （フラット壁） |
|----------|--------------------------|---------------------|
| D50 (%) | 57.5 % | 58.0 % |
| LE5 (%) | 26.4 % | 28.3 % |
| G (dB) | 4.3 dB | 4.5 dB |

図3 幾何音響解析結果

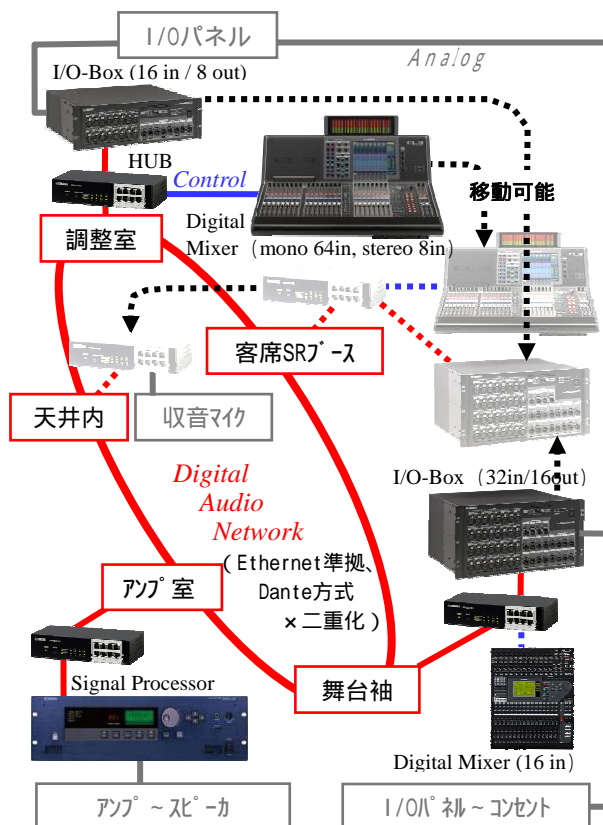


図4 デジタルオーディオネットワーク概念図

また、音響調整室前面をフルオープン可能な3連サッシで構成するとともに直近の客席にSRブースを設けることで利便性を高めている。

(3) 充実したスピーカシステム

客席全体に均一で明瞭な拡声ができるようにプロセニアムアーチ内にサイドスピーカ(L,R)とプロセニアムスピーカ(Center)を適正に配置している。これとは別に、側壁と天井面に効果音スピーカを分散配置している。

2.3 測定結果

舞台幕標準設置状態の残響時間(250~2KHz平均)は1.2~1.1秒(平均吸音率24~26%:空席実測値~満席計算値)と、演劇向けの適度に抑えられた響きとなっている。ちなみに舞台幕を上部に跳ねた状態では1.4秒となる(図5)。

音量感Gは10m以上で3dB前後とBarronの理論値を上回る十分な値が得られている(図6)。

明瞭度STIは生音(無指向性スピーカ使用時)で0.62、音響設備使用時で0.66と、いずれも良好(Good)な特性が得られている(図7)。

3 アートスペースの音響計画

直方体空間をベースに、平土間から擬似的なプロセニアム形式まで客席と舞台設備を自由に設定可能とすることで、演劇~音楽会~平土間イベントまで、幅広い文化活動が可能な小劇場として計画されている。平断面を図8に示す。

3.1 室内音響のポイント

(1)高天井のシューボックス型の室形状とすることで、音場の均一性・一体感さらには適度な響きを確保している。

(2)舞台背後の内傾壁や天井・側壁のブリッジにより明瞭度や拡がり感に寄与する初期反射音を確保している。

(3)調整スペース背壁(GW)とブリッジ床(カーペット)以外を反射性の内装で構成し、舞台・客席幕を可能な範囲設けることで、演劇~音楽会まで対応可能な十分な残響可変幅を確保している。

3.2 電気音響

(1)客席後部のオープンタイプの調整スペースと舞台背後の簡易操作ラックをデジタルオーディオネットワークで接続することにより自由度と利便性の高いシステムとしている。

(2)任意の位置に移設可能な可搬型のスピーカ構成とすることで、舞台・客席形態に応じてサービスエリアを自由に設定可能としている。

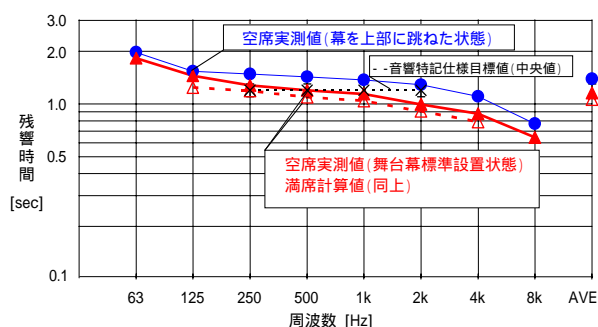


図5 残響時間測定結果

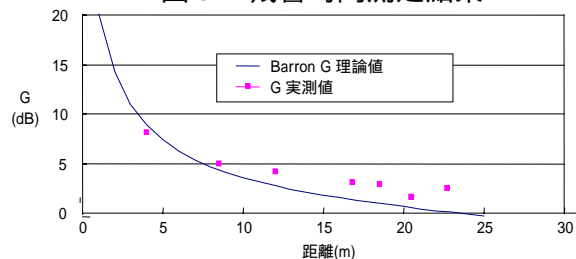


図6 音量感 G 測定結果

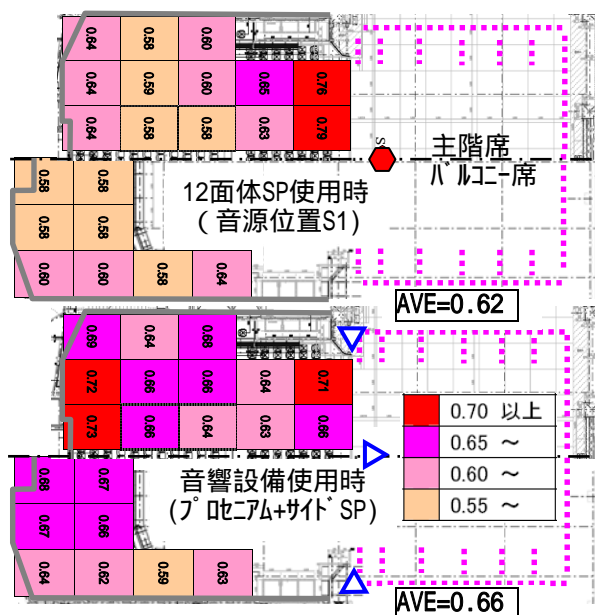


図7 明瞭度 STI 測定結果

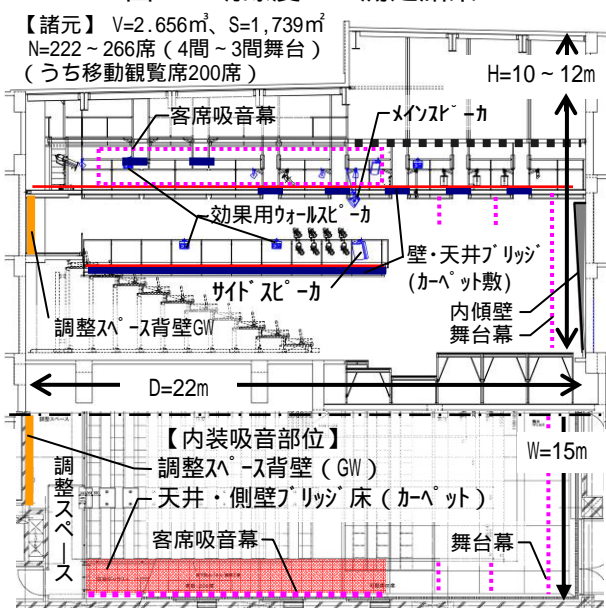


図8 中ホール平断面

3.3 測定結果

残響時間は舞台・客席幕収納時に 1.2~1.1 秒（空席実測値～満席計算値）と、音楽利用に適した適度な響きが得られている。内装にレンガを多用したことで楽器演奏に好ましい低域の長い周波数特性となっている。一方、幕設置時は 0.8~0.7秒（同）と、演劇や講演会に適した短めの特性となっている。また平土間形式も 1.7~0.9秒（幕なし～あり）と様々な催事に対応可能な可変幅が確保されている（図9）。

明瞭度STIは生音（無指向性スピーカ使用時）で0.60~0.71（幕なし～あり）、音響設備使用時0.72~0.78（同上）と、良好（Good~Excellent）な特性が得られている。また側方反射音LE5も幕収納時に25%と大きく、音楽演奏時に十分な拡がり感が期待できる（表2）。

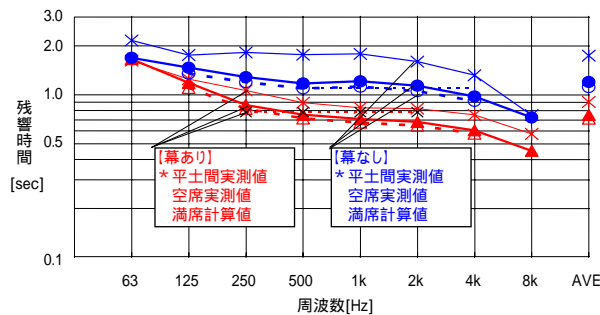


図9 残響時間測定結果

表2 STI・LE5 測定結果

| 指標 | 条件 | 12面体SP使用時 | 音響設備使用時 |
|-----|-----|-----------|---------|
| STI | 幕なし | 0.60 | 0.72 |
| | 幕あり | 0.71 | 0.78 |
| LE5 | 幕なし | 25.4 % | - |

4 創造活動室の音響計画

創造活動室A~Bは各ホール上演に向けたリハーサルや各種発表会を、C~Dはアコースティックな音楽練習を想定しており、ややライブ傾向の音場としている。一方、E~Gは電気楽器によるバンド演奏を想定したデッド指向の音場としている。また各室には吸音幕を設けて用途に応じてライブネスを調整可能としている。

表3 創造活動室の残響時間及び平均吸音率

| 対象室 | 想定用途 | RT(s) / $\bar{\alpha}$ * (吸音幕なし~あり) |
|--------------|--------------|--|
| 創造活動室A | リハ-抛, 発表会, 他 | 1.2~1.0s / 0.20~0.25 |
| | 同上 | 0.8~0.6s / 0.19~0.25 |
| 創造活動室C, D | 生楽器練習, 他 | 0.5~0.4s / 0.19~0.28 |
| | 同上 | 0.3~0.2s / 0.29~0.30 |
| 創造活動室E, F, G | バンド練習, 他 | 0.3~0.2s / 0.25~0.31 |

*) 各値は 250~2kHz の平均

5 遮音・騒音計画

本施設はJR東海道本線と併設する豊橋鉄道

の直近に位置する。この敷地条件と施設用途を考慮して遮音仕様を検討した^[1]（図10）。

4.1 遮音・騒音対策

施設配置計画は、演劇公演がメインとなる主ホールを鉄道軌道側に配置する一方で、音楽演奏会が想定されるアートを反対側に配置した。さらに鉄道軌道側にブロッキングマスとして、高重量の外壁（RC+レンガ）と地下構造物（湧水ピット、消火水槽等）を設けるとともに、外壁と主ホールの上にサウンドロックとして周辺諸室（事務室、WC等）を配置している。これに加えて、鉄道近傍の主ホールと創造活動室において騒音目標値（NC-25）を満足する遮音性能を確保するため、主ホールは舞台・客席ピット階の床スラブの防振支持と鉄道側の内装壁の防振支持を行い、創造活動室C~Eは、完全浮構造化を施した。

4.2 測定結果

上記の対策により、騒音レベルは主ホール、アートスペース、創造活動室の全てにおいてNC-25以下の静けさが確保されている。遮音性能については、主ホール~アートスペース間でDr-80、主ホール~創造活動室間でDr-70以上、アートスペース~創造活動室間でDr-65以上、各創造活動室間でDr-70以上と、実使用上問題ない性能が確保されている。

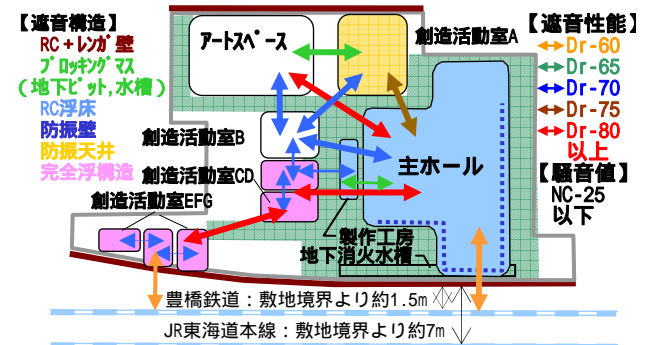


図10 遮音・騒音特性

6 まとめ

本施設は 2013年4月に開館して以来、創作ものの演劇を含めて様々な舞台芸術が上演されている。台詞や生音の迫力、効果音の品質、鉄道騒音など、音響面での問題は全く認められない。行政と市民が一体になった創造的舞台芸術の拠点として大いに活用されるものと期待しています。

参考文献

[1]宮崎他, 劇場・ホールにおける鉄道振動対策の実例-静岡市清水文化会館、穂の国とよはし芸術劇場-, 音響技術, 2013, No. 163