

# ば・る・るホールの音響設計

## ◆音響設計の目的

本施設における音響設計の目的は、ば・る・るホールを中心とした施設内の主要各室において次のような音響条件を実現することにあった。

### 1. 静けさ [騒音防止設計]

- 用途に応じた十分な静けさの実現
- ・外部の騒音、振動が伝わらないこと。
  - ・隣接する室からの騒音、振動が伝わらないこと。
  - ・建築設備騒音が静かなこと。

### 2. 良い音 [電気音響設備設計]

- 使用目的に応じた高性能な電気音響設備の実現
- ・使用目的に対して十分対応できる機能、性能を有していること。
  - ・豊かな音量、良好な音質が均一に得られること。

### 3. 良い響き [室内音響設計]

良好な響きを持った室内音響空間の実

現

- ・室内の響きが良好で、使用目的に応じた適切な響きを有していること。
- ・客席内での音圧分布が一樣であること。
- ・エコー等の音響障害が生じないこと。

## ◆騒音防止設計

### 1. 鉄道騒音、振動の遮断設計

本施設敷地周辺には、鉄道およびモノレールが隣接して走っており、それらの騒音、振動による固体伝搬音が、静粛さを必要とするホールに影響することが懸念された。そこで設計に先立ち、計画敷地において騒音、振動の測定を行った。測定結果にもとづき実施した対策は、次のとおりである。

#### [騒音対策]

外部騒音遮断に必要な遮音性能は、中音域で約55dBと判断し、ホールは[コンクリート壁150mm厚以上]+[ホワ

イエ、廊下等]+[ガラスもしくはコンクリート壁等]の2重の遮音構造を設置した。また、開口部には防音仕様の建具を必要枚数設置した。

#### [振動対策]

鉄道、モノレール走行に伴う振動による固体伝搬音は、敷地における振動測定の結果から、ホールにおいてNC-35程度になると推定された。ホールに対しては、約20dBの振動低減が必要と判断した。採用した振動低減対策を以下に示す。

1. 施設外周の3方（鉄道と反対側の面を除く）に対して防振地中壁を設置（防振地中壁の仕様はp.78掲載図2参照）。  
図1に防振地中壁の施工範囲を示す。
2. ホールへ防振遮音構造を採用。  
図2にホール防振遮音構造の仕様を示す。

表1 主な遮音構造と性能目標値

箇所	遮音構造	遮音性能目標値
ホール ～6階会議室	防振遮音構造(ホール) +グラスウール湿式浮床(会議室)	80dB以上/500Hz
ホール ～リハーサル室	防振遮音構造(ホール) +防振遮音構造(ミニスタジオ)	80dB以上/500Hz
ミニスタジオ ～リハーサル室	防振遮音構造(ミニスタジオ) +防振遮音構造(ミニスタジオ)	80dB以上/500Hz
2階レストラン個室 ～ホールホワイエ	防振遮音天井(レストラン個室)	60dB以上/500Hz
エアロビクススタジオ ～7階会議室	防振ゴム支持浮床(エアロスタジオ) +内装防振(会議室)	60dB以上/500Hz
マシンジム ～7階会議室	グラスウール湿式浮床(マシンジム) +内装防振(会議室)	60dB以上/500Hz

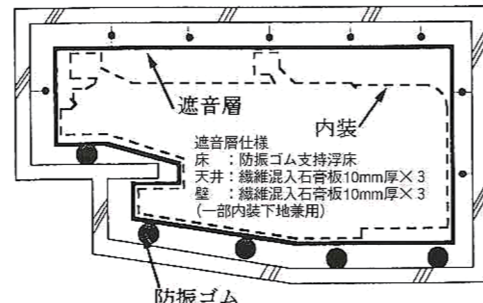


図2 ば・る・るホール防振構造の仕様

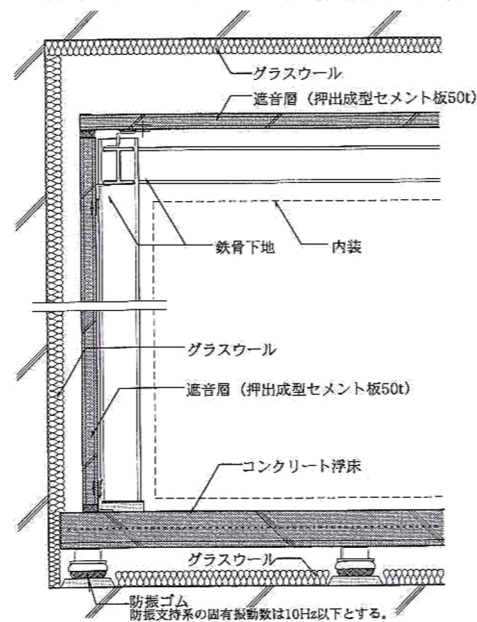


図3 5階リハーサル室の防振遮音構造の仕様

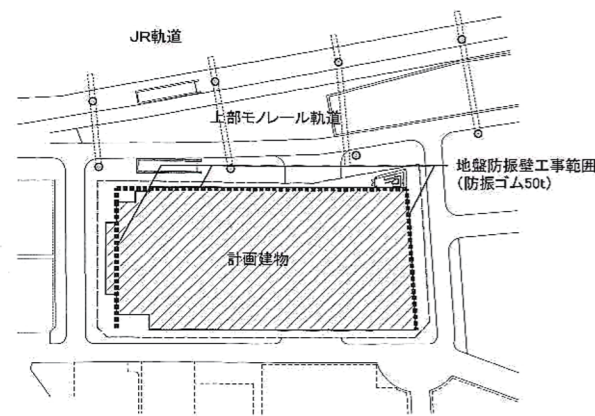
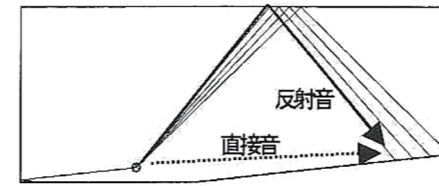


図1 防振地中壁の施工範囲

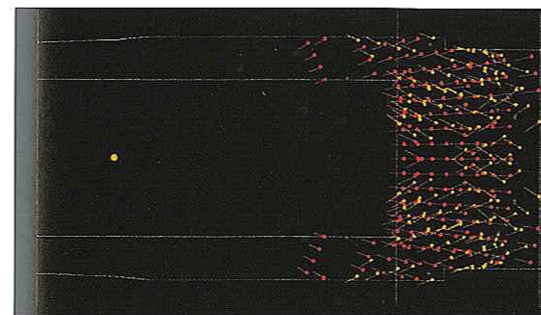
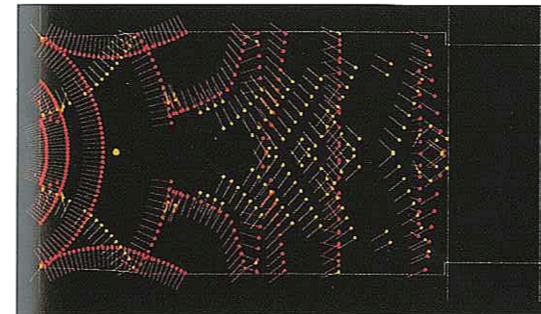
## コンピュータシミュレーションの見方

### ①時間表示の見方



時間表示は直接音が到来した後、反射音が到来するまでの時間差を示す単位(ms)

0～30 ms



60～90 ms

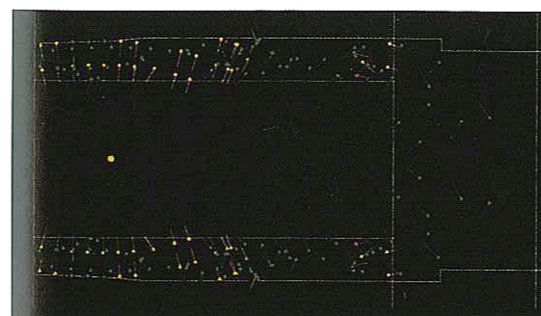
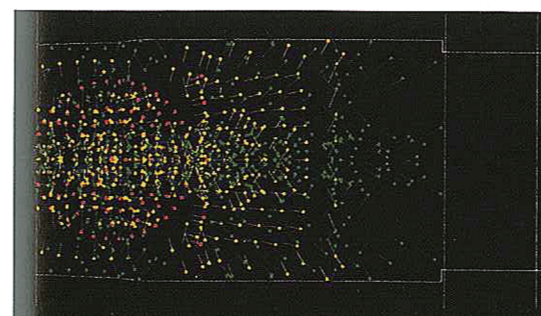
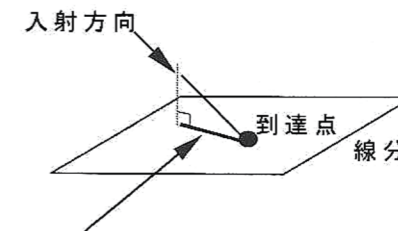


図4 コンピュータシミュレーション検討結果

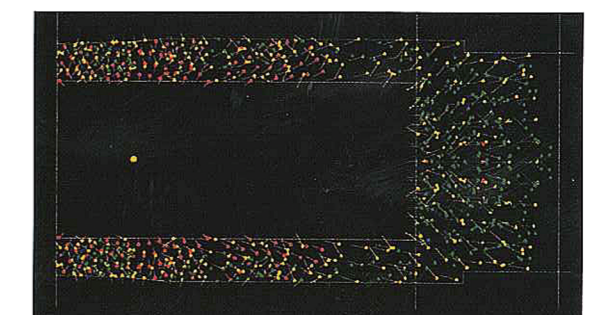
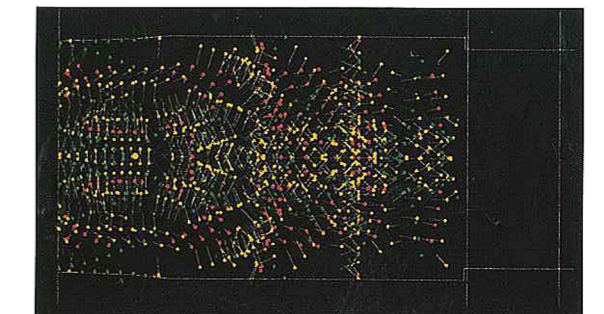
### ②線分表示の見方



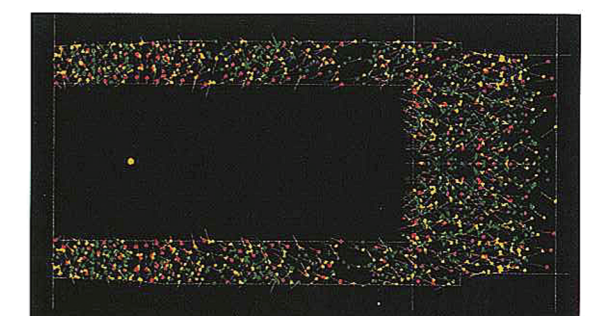
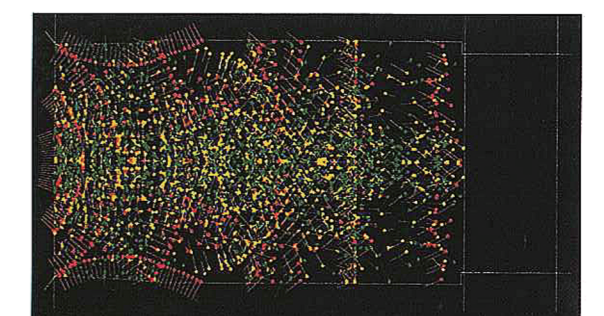
入射方向の水平面への投影  
・長い線分：横方向からの入射  
・短い線分：上方向からの入射

線分の色は反射回数を示す  
赤：1回反射  
黄：2回反射  
緑：3回反射

30～60 ms



0～90 ms



## 2. 空間の遮音設計

本施設には限られた敷地の中で、様々な室が隣接しない積層して計画されている。ホールを中心として各室間に必要な遮音性能を検討した結果、主要な各室に採用した遮音構造と遮音性能目標値を表1に示す。図3にホールに隣接して計画されたスタジオに採用した防振遮音構造の仕様を示す。

## 3. 設備騒音防止設計

[室内騒音低減目標値の設定]

ホールの使用目的に応じた適切な静けさを確保するために、以下に示す目標値を設定した。

- ・ホール……舞台 : NC-20以下
- ……客席 : NC-20以下

[空調設備騒音低減対策]

空調設備騒音低減のために行った対策の概要を以下に示す。

- ・ホールに隣接する機械室は、ホールとの間にコンクリート壁(150mm厚以上)の2重壁を設けた。(一部重量ブロック壁)
- ・ダクト内の騒音低減については、必要な消音器、消音エルボ等を設置した。
- ・ダクト設備をとおしてクロストークの恐れのある箇所(排煙ダクトも含む)については、建築構造の有する遮音性能を損なわないために、系統の分離、区画、ダクト経路の変更、吸音ダクトの設置、機器・ダクトの遮音等の対策をほどこしクロストーク防止を図った。

[設備機器による固体音の防止対策]

設備機器からの固体伝搬音を防止す

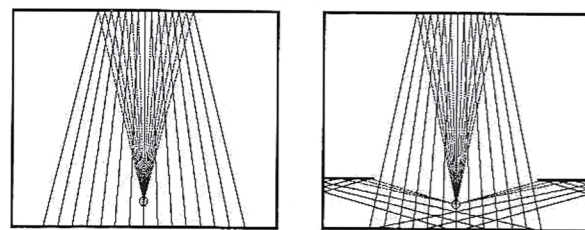


図5 庇がある場合とない場合の反射音

るには、その設備を設置する躯体の剛性の確保と、機器類の適切な防振設置・支持が必要である。対策の概要を以下に示す。

- ・空調機械室、熱源機械室、ポンプ室、調光盤室等振動を発生する恐れのある機器を設置する室の床スラブについては、コンクリート200mm厚以上の確保を目標とした。
- ・振動を発生する設備機器およびそれらに接続されるダクト、パイプ類の主要なものについては、防振設置あるいは防振支持を行った。

## ◆室内音響設計

### 1. ホール室形状の検討

本ホールは、クラシック音楽にあふわしい“質”の高い響きを実現することが求められた。響きの質に関しては、初期反射音(直接音に対する遅れ時間がおよそ100mm秒以内の反射音)が大きな役割を果たしている。初期反射音の構造には、室形状が大きく影響する。豊富な初期反射音の確保と同時に、時間的また空間的な反射音分布のバランスが重要である。本ホールでは、3次元コンピュータシミュレーションによる室形状の検討を行った。図4にコンピュータシミュレーション結果を示す。室形状に関する主なポイントを以下に示す。

- ・基本的な形状として、豊富で良好な初期反射音を得られやすいシューボックス形状(横幅の狭い箱形)を採用した。また、シミュレーションによる検討結果から、横幅約16m、天井

高約13m(舞台上)とした。

- ・側壁、天井は反射音の拡散性を高めるために表面に凹凸のある形状とした。
- ・舞台上での演奏のしやすさを考慮に入れ、舞台への遅れ時間の短い反射音を返すために、舞台の側壁部に音響上必要な庇を設けた(図5参照)。

### 2. 残響時間目標値の設定

響きの“質”の一方、響きの量、長さは、内装条件によって左右される。この響きの量、長さに関係するのが残響時間である。用途、室容積に応じた残響時間の推奨例を図6に示す。ホールの残響時間目標値を、規模および用途から、次のとおり設定した。

ホール諸元

容積: 約 5,900 m<sup>3</sup>  
 表面積: 約 2,700 m<sup>2</sup>  
 客席数: 719 席  
 気積: 約 8.2 m<sup>3</sup>/席

残響時間目標値

コンサート時 1.5~1.8秒  
 (満席時/500Hz)

### 3. ホール内装

ホール内装の考え方を以下に示す。

- ・内装は基本的に反射性の材料とした。
- ・壁面、天井面は、低音域から高音域までの高い反射性を得るために、重量性の材料とした。
- ・舞台背後の壁面には音響調整用カーテン・扉を設け、使用楽器や編成、曲目などの性格に応じて音響状態を調整できるようにした。
- ・舞台背後のカーテンに加えて、2階

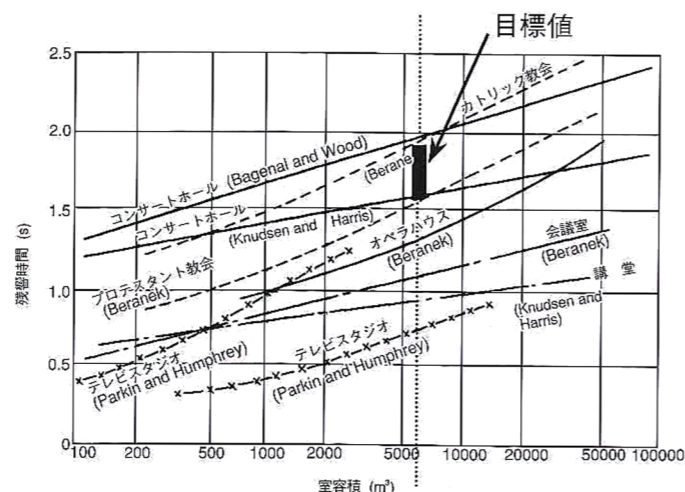


図6 用途、室容積に応じた残響時間の推奨例

B.F.Day,R.D Ford and P.Load:Building Acoustics,Elsevier,1969より作成。

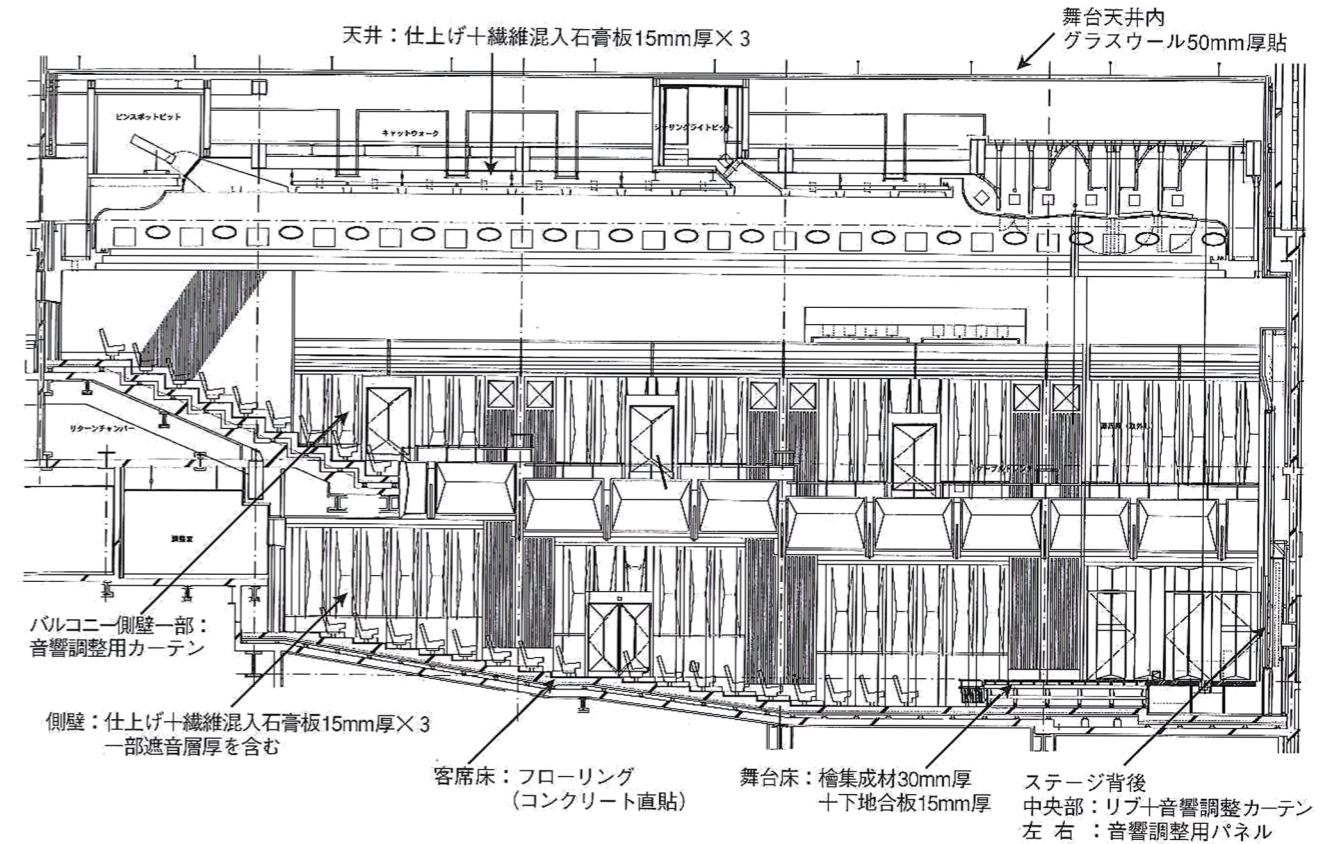


図7 ば・る・るホール内装

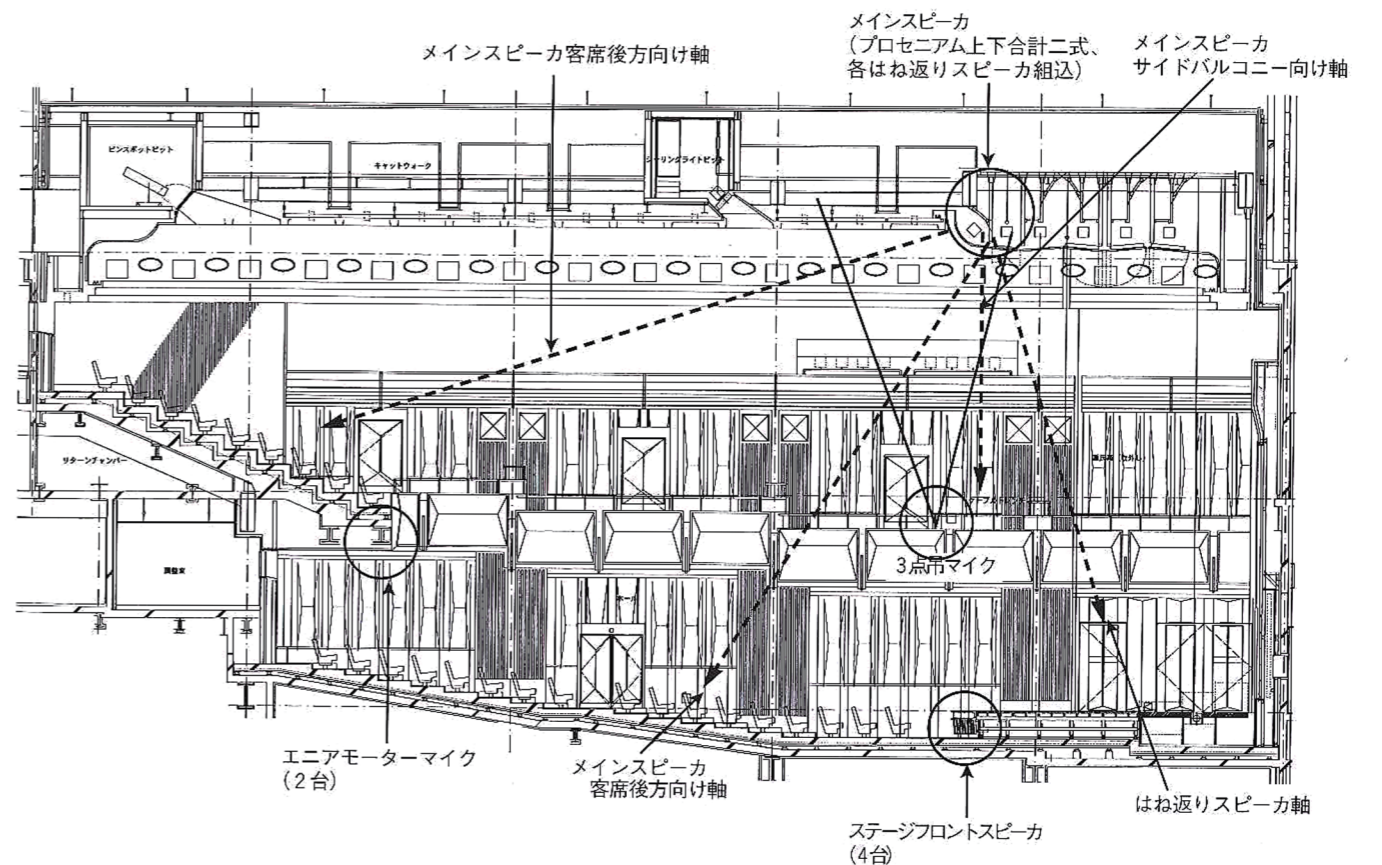


図8 ば・る・るホールの電気音響設備

バルコニー席背後にも一部音響調整用カーテンを設け、講演会等の使用に際して音響の状態を調整できるようにした。同時に舞台天井部を開けることにより残響の調整も可能ようにした。

客席椅子については、肘掛け部や背板部は十分な厚みを持った単板構造とし、低音の吸収をできる限り抑える構造とした。また、着席時と空席時の残響時間の差をできる限り小さくするために、背表および座表は布ぐるみクッション付の吸音構造とした。さらに座裏についても、有孔板とグラスウールの吸音構造とした。ホールの主要な内装配置を図7に示す。

### ◆電気音響設備設計

#### 1. 基本方針

- コンサートホールにおける電気音響設備として、スピーチの明瞭度確保に重点をおいた。スピーチの明瞭度確保に対して最も重要なポイントとなるメインスピーカの設置位置は、プロセニウム上下とし、天井内埋め込み形式を採用した。
- クラシックコンサートの録音にふさわしい高品質録音設備を設置した。
- 録音、中継が円滑に実施できるように機器の設置場所を確保するとともに、必要な配管、配線を備えた。
- 地域住民利用と簡単な催し物に対応するための簡易操作設備を備えた。
- 機器の持ち込み利用に対し、舞台袖コンセント盤、PAブース盤、音響用特電盤を設置し、容易に対応できる設備とした。

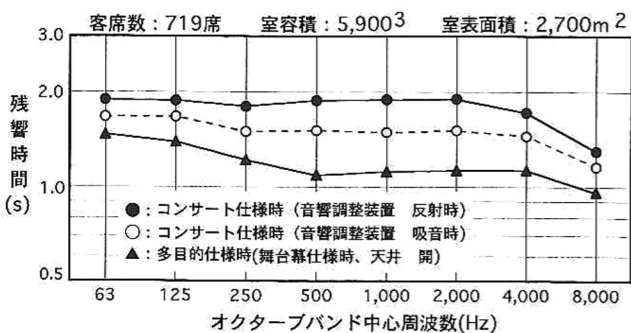


図9 ホールの残響時間周波数特性測定結果 (空席時) [仕様による違い]

### 2. 音響性能目標値の設定

音響性能目標値を表2に示すとおり設定した。

表2 電気音響設備動作特性目標値

項目	目標値
最大再生音圧レベル 注1)	95dB以上 (ピンクノイズ、ホール客席中央部において) 注2)
伝送周波数特性 注3)	偏差 10dB以内 (160~5,000Hz)
音圧レベル分布 注4)	偏差 6dB以内 (2kHzバンドノイズ)
安全拡声利得 注5)	-10dB以上 (ホール客席中央部において)
残留雑音 注6)	NC-20以下 (ホール客席中央部において)

注1) 最大再生音圧レベル 聴感上、歪みがない状態で、電気音響設備が安定かつ継続して再生できる音圧レベルの最大値

注2) ピンクノイズ 単位周波数帯域(1Hz)に含まれる成分の強さが周波数に反比例する性質をもつ雑音

注3) 伝送周波数特性 電気音響設備にピンクノイズ信号を加え、スピーカから再生したときにおける受音点の音圧レベルの周波数特性

注4) 音圧レベル分布 ノイズを音源として拡声した場合の、客席での音圧レベルの分布状態

注5) 安全拡声利得 電気音響設備がハウリングを起こさずに安定して拡声できる時の、入力音圧と客席内代表点における拡声音の音圧レベルの差

注6) 残留雑音 音響調整卓において主音量調整器を絞りきったときに、出力に表れる電気音響設備系の持つ雑音



図10 ホールの残響時間周波数特性測定結果 [空席、着席時測定値と満席時推定値]

### 3. 主要機器の配置

基本方針、音響性能目標値をもとに、設定したホール電気音響設備の主要な機器の配置を図8に示す。

### ◆音響特性測定結果

#### 1. ホール残響時間

①コンサート仕様時 (音響調整装置: 反射)、②コンサート仕様時 (音響調整装置: 吸音)、③多目的仕様時 (舞台幕設置+舞台天井開時) の残響時間測定結果(空席)を図9に示す。なお音響調整装置とは、舞台背後に設置したカーテンと扉、および2階バルコニー席背後に設置したカーテンすべてを示す。また、図10にコンサート仕様時 (音響調整装置: 反射) における空席時と着席時の残響時間測定結果を示す。図11には測定結果をもとに推定計算で求めた満席時計算値も併記する。なお、着席時は1999年9月26日の音響テストにおいて測定した結果である。

コンサート仕様時 (音響調整装置: 反射) における満席時の残響時間推定値は約1.6秒 (500Hz) であった。これは設計目標値を満足しており、コンサートホールとしてふさわしい適切な残響時間が得られている。

また、コンサート仕様における音響調整装置の可変による残響時間の差は図9に示すように0.4秒(500Hz)ある。基本的にコンサート仕様においては、音響調整装置は反射仕様を使用することを前提としているが、音響調整装置を使用することによって、楽器や編成の違い、また音楽の種類や性格などに応じて、舞台周辺壁からの反射音を調整することが可能である。特に舞台上

の音響条件の微調整に有効に利用できる。

多目的仕様における残響時間は、図9に示すようにコンサート仕様時 (音響調整装置: 反射) より0.8秒(500Hz)短くなっており、多目的仕様で想定される講演会等の催しに対して、十分対応できる響きとなっている。

#### 2. 遮音性能

主要室間の遮音性能測定結果 (500Hz) を図11に示す。いずれも構造に見合った性能が確保されており、目標値を満足する結果が得られている。ホール、スタジオ、大会議室間の遮音性能は、ほとんどの演目に対して同時使用が可能な性能が得られている。

#### 3. 鉄道騒音、振動

鉄道およびモノレールの騒音、振動による固体伝搬音は、音楽ホール内においてまったく検知できず、所期の遮音、防振性能が実現されている。

#### 4. 空調設備騒音

ば・る・るホールの空調設備の騒音測定結果は、舞台、客席ともにNC-15以下であり、性能目標値を満足するたいへん静かな空間が得られている。

#### 5. 電気音響設備の動作特性

電気音響設備の動作特性測定結果を表3に示す。各項目とも設計の意図および性能目標値を満足する良好な結果が得られている。

(株)永田音響設計  
豊田泰久、浪花克治、石渡智秋

表3 ホール電気音響設備動作特性測定結果 (多目的仕様時)

項目	測定結果
最大再生音圧レベル	95dB(c)以上(ピンクノイズにて)
伝送周波数特性	偏差:5dB以内 (2kHzバンドノイズ)
音圧レベル分布	偏差10dB以内 (160~5,000Hz)
安全拡声利得	-10.5~-7dB
残留雑音レベル	NC-17
音声明瞭度指標 STI (参考)	0.60~0.67(good)
プログラム音による試聴	拡声音、再生音ともに良好

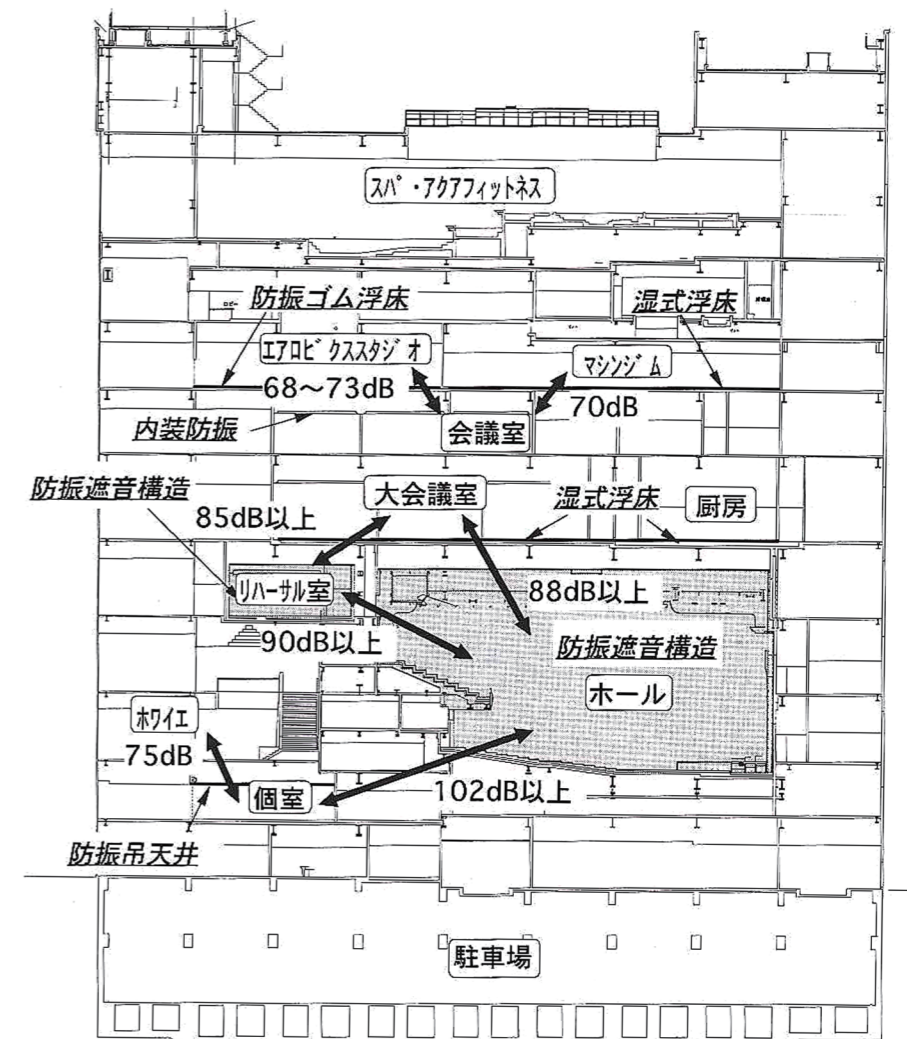


図11 主要な室間の遮音性能測定結果 (500Hz)

\*\*dB以上の表記は、遮音性能が高く暗騒音にマスクされて測定が不可能であったため、音原室のレベルと受音室の暗騒音との差を示している。