

池袋西口公園「グローバルリングシアター」の音響 — 野外劇場における建築および電気音響的手段による残響延長 —*

○清水寧 (S/F Design Lab.)、△石川静 (三菱地所設計)、
高橋頭吾、橋本悌 (ヤマハ)、△河野峻也 (ヤマハサウンドシステム)

1 はじめに

池袋西口公園は池袋駅前にある豊島区立公園の一つで、今回クラシックコンサートやダンス、演劇に対応した野外劇場、舞台上部に設置された大型ビジョン、インフォメーション機能をあわせ持つカフェ、シンボリックなグローバルリングが整備され、2019年11月にリニューアルオープンした。

中核をなすグローバルリングシアターは、野外でクラシック演奏にも対応できるように舞台ダブルシェル反射板(建築)およびAFCシステム(電気音響)を導入することで積極的な残響(初期反射音、後期残響)の付加を可能としている。施設概要を表1に、平断面・外観を図1に示す。

表1 施設概要

所在地: 東京都豊島区西池袋 1-8-26 池袋西口公園
施主: 豊島区
設計: 三菱地所設計+ランドスケープ・プラス共同企業体
音響アドバイザー: 清水寧氏
AFC調整測定: ヤマハ(株)、ヤマハサウンドシステム(株)
施工: 大成建設(株)
構造・階数: S造一部 RC・木造、地上2階/地下1階
面積: 主舞台: 約 85 m ² 、後舞台: 約 45 m ² 、 客席エリア(パーゴラ支柱内): 約 1020 m ²
工期: 2019年1月~11月

2 コンセプト

2.1 背景

豊島区では現在、南池袋公園を起点にグローバルリングを含めた4つの公園を繋ぎ、まち全体が舞台の「誰もが主役になれる“劇場都市”」を目指している。そして本施設では、既存の野外ステージでのポップス・ジャズ等の軽音楽や大道芸・祭り等のイベントに加えて、室内楽、オーケストラ、ミュージカル等のクラシック音楽が公演可能とすることが要求された。

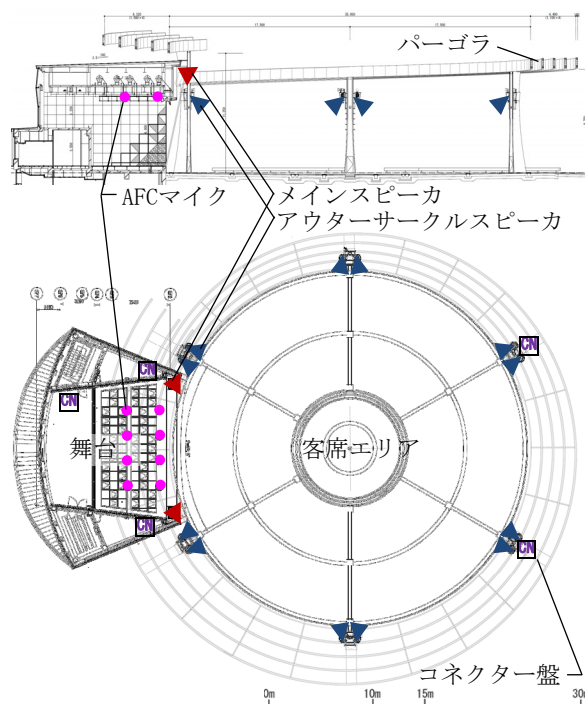


図1 平断面・外観

2.2 本施設の音響設計方針

人や車の往来が多い巨大ターミナル駅の前に野外劇場を計画するにあたり、まず既存の野外ホールの建築形態および音響条件を調査・整理した上で本施設の音響設計方針を検討した。

これまでの野外ホールの建築形態は概ね以下の4つに大別される。

- A: 舞台と客席の一部が屋内にある
- B: 舞台上に反射板、客席に音場制御*がある
(*電気音響による残響付加)

* Acoustics of GLOBAL RING THEATER in Ikebukuro Nishiguchi Park” - Reverberation enhancement by architectural and electroacoustic technique in an open-air theater -, by SHIMIZU Yasushi(S/F Design Lab.) ISHIKAWA Shizuka(Mitsubishi Jisho Sekkei Inc.) TAKAHASHI Kengo HASHIMOTO Dai(YAMAHA Corp.) and KOUNO Shunya(YAMAHA SOUND SYSTEMS Inc.)

C：舞台のみ反射板がある
 D：舞台のみ（反射板なし）
 また、野外ホールを設計する上で屋内ホールと大きく異なる音響条件としては、①響き（反射音や残響）が少ないことの他に、②暗騒音（周辺交通騒音等）による演奏音のマスキング^[1]が大きいことが挙げられる。これらの音響条件と上述の4つのホール形態の関係を整理して図2に示す。

既存の公園では周辺の繁華街の喧騒や交通騒音が比較的大きく（Leq:59~65dB）、このような暗騒音下でオーケストラ演奏が可能な野外劇場を実現するため、本施設は形態B（舞台反射板+客席音場制御）を音響設計上の目標と位置づけた。そして、舞台上の残響を建築音響的手法（ダブルシェル）で、客席内の残響付加を電気音響的手法（SR+AFC）で実現することとした。

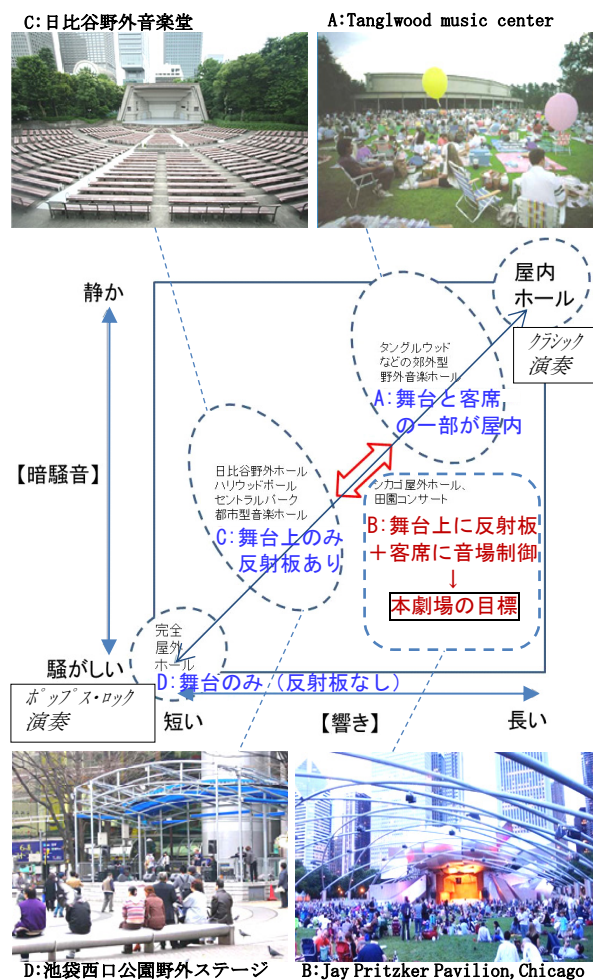


図2 野外ホールの4つの形態と音響条件

3 室内音響

3.1 舞台反射板の音響効果

舞台上の反射板は、野外でクラシック音楽

の演奏に必要な戻り音と響きが得られるとともに、舞台近傍の客席まで楽器の生音が届くように「①Outer Box（残響音を確保）」と「②Inner Shell（初期反射音を補強）」の2種類のシェル（ダブルシェル）で構成されている。

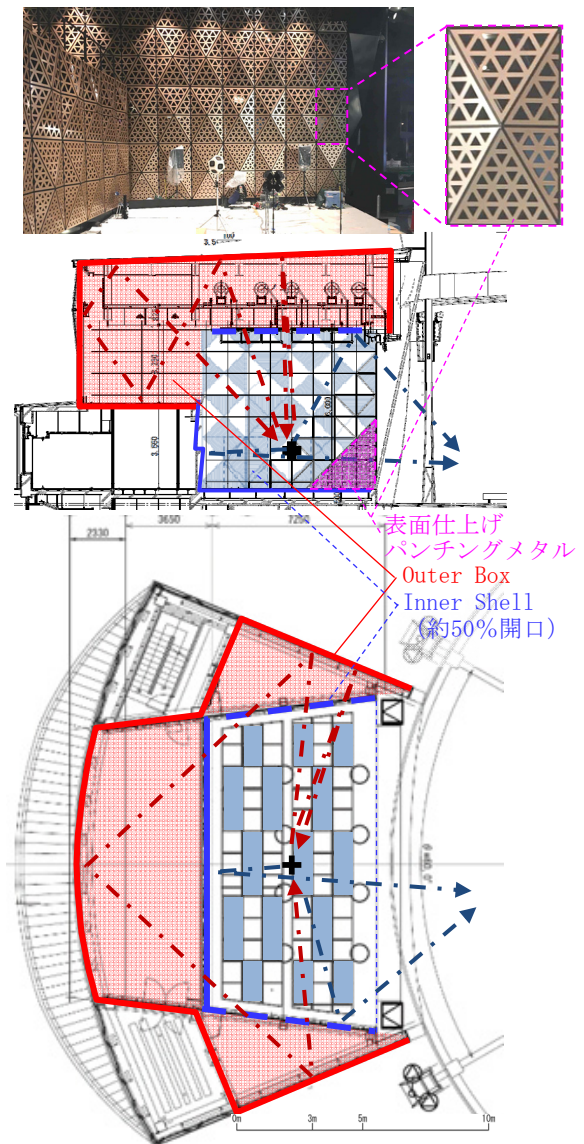


図3 舞台反射板の考え方

①Outer Box：舞台上で自然な響きを得るため、演奏空間の容積ができるだけ大きくなるように舞台袖やスノコの周囲の壁・天井を音響的に区画して外側のシェル（Outer Box）を構成している。このOuter Boxの平面形状を客席に対して閉じた逆扇形型とすることで、舞台上の音を客席に漏れにくく（戻り音と響きを確保）するとともに、外部騒音の舞台内への侵入（暗騒音の増加）を防いでいる。

②Inner Shell：舞台上と舞台近傍の客席に初期反射音が到来するように、演奏者の周囲に内側のシェル（Inner Shell）を配置している。このInner Shellは背後空間（Outer Box内）への

透過と舞台・近傍席への反射の両方が得られるように、側面・天井反射板に約50%の面積の開口が設けられている。さらに表面仕上げとして高音域の散乱効果を兼ね備えた四角錐型のパンチングメタルが貼られている。パンチングメタルの開口率は、下部は反射を上部は透過を意図して変化させている。

3.2 シミュレーションによる検証

上記の検証のためInner Shell全閉、半開、および全開（Outer Boxのみ）の3パターンで幾何音響解析を行った。解析モデルを図4に、解析結果を表2、図5～6に示す。これよりInner Shell全閉～全開で舞台内の残響時間が0.92～1.02秒、ST earlyが-11.5～-10.6dB、舞台・客席内のG値が1.3～1.5dBと、反射板の開口有無による音場の変化が認められ、実施設計形状（Inner Shell半開）では舞台上で適度な響きと戻り音を得られるとともに、舞台～客席前方に初期反射音が付与されている様子が伺える

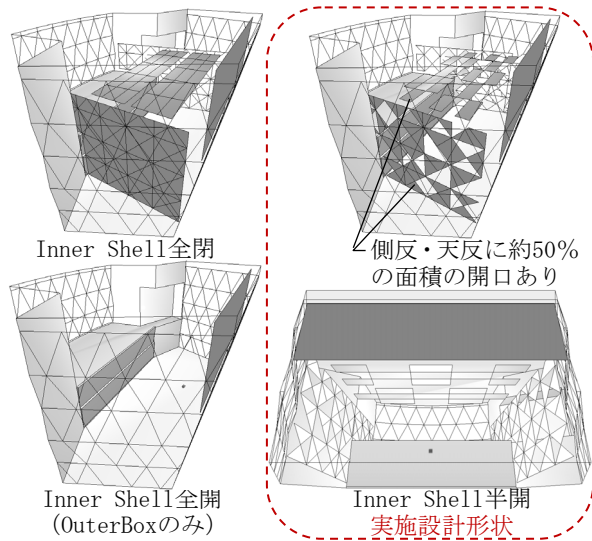


図4 幾何音響解析モデル

表2 幾何音響解析結果一覧

指標	Inner Shell		
	全閉	半開	全開
RT60	0.92 秒	0.96 秒	1.02 秒
ST early	-11.5 dB	-11.5 dB	-10.6 dB
音量G	1.55 dB	1.55 dB	1.35 dB

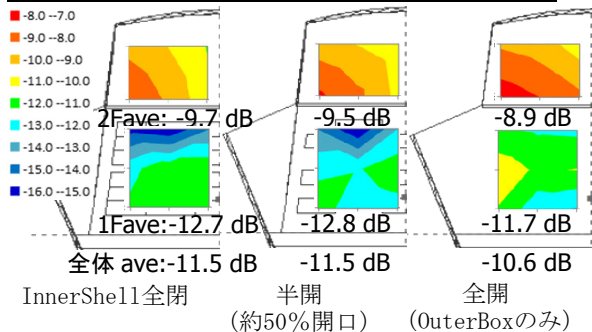


図5 ST early解析結果

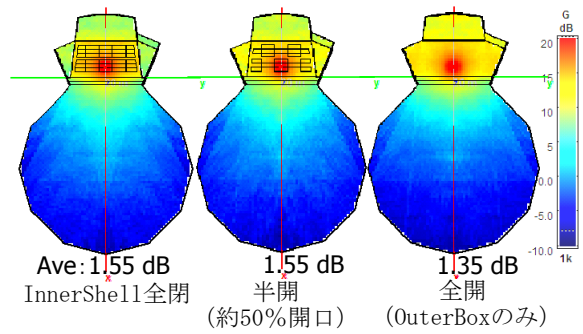


図6 G値解析結果

4 音響設備

ポップス・ジャズライブ等の拡声から室内楽・オーケストラ演奏等での残響付加、さらに映像コンテンツやデジタルサイネージ等でのサラウンド再生まで様々な用途に適用可能な高品位かつ操作性・拡張性の高いシステム構成としている。

4.1 スピーカシステムと場内回線の充実

舞台両脇上部のラインアレー型のメインスピーカ（NEXO GEO M10）に加えて、客席周囲のバーゴラの支柱にサラウンドスピーカ（ONE SYSTEMS 108HTH）12台を設けることで、屋外空間で均一かつ十分な音量での拡声および音響効果（残響付加やサラウンド再生等）を可能としている。この他、舞台上の任意の場所に仮設可能な移動型スピーカ（DXR12*4+DXS15*2）を用意している。また、客席後部に仮設 PA ブース用のデジタルネットワーク（Dante 方式）と音響専用電源を用意している。

4.2 音場支援システムによる残響付加

オーケストラや吹奏楽等の生楽器の演奏時に生音の拡声（SR）に加えて、残響付加のために音場支援システム（AFC）^[2]を導入している。AFCシステムは、①客席内の直接音の補強、②客席内の初期反射音・残響音の付加、③舞台上の演奏支援の制御系統に分かれ、個別の信号処理を行っている（図7参照）。また、客席内の制御系統で付加する反射音は、初期成分（0～300 ms）と後期成分（300 ms～）に分離することで、バウンダリーのない客席内で初期反射音と後期残響音を個別に制御できるようにしている（図8参照）。そして、舞台上部に設けた8本の固定マイクからの入力信号、或いは舞台上に設置する仮設マイク等からのライン入力信号に対して音場制

御を可能としており、演目や使用形態に応じてオペレーターが適宜選択・併用できるようにしている。なお、反射音パターンは音楽ホールと大聖堂のインパルス応答を用いた2種類のパターン (Pattern-A,B) を設定している。

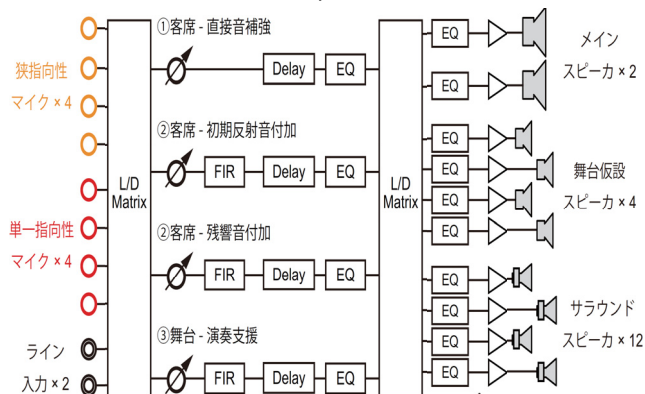


図7 AFC システムブロック

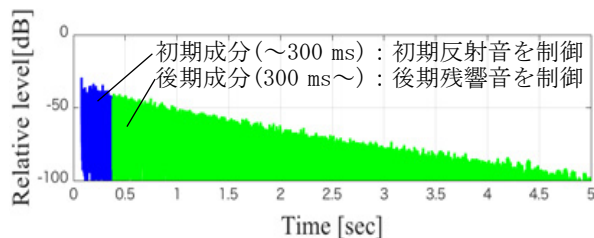


図8 AFC 上の反射音制御

5 測定結果

①舞台上：ダブルシェルの効果により、残響時間 (250~2KHz 平均) が 1.2 秒、ST early が -10.1dB と、音楽演奏時の適度な響きと戻り音が確保されていることが確認された。

②客席エリア：客席中央での残響時間 (250~2KHz 平均) が AFC-on で 3.0~4.5 秒 (Pattern-A~B) と、音楽演奏に十分な響きが確保されている。これらは暗騒音の影響を受けないように音源レベルを楽器の発音レベルより十分上げて測定した結果であり、実際の生楽器演奏時の聴感印象より長めの傾向である。そこで暗騒音の影響を受けにくい C80 (楽音の明瞭度指標：目安値=0±2dB) を解析したところ、AFC-off で 4.1dB、AFC-on で 1.8~-0.2dB (Pattern-A~B) と、AFC-on で残響音の増加による C80 の減少 (-2~-4dB) が認められた。

表3 測定結果一覧

場所	指標	一次音源使用時 *1) 12面体SP *2) DXR12×4台	一次音源 +AFC使用時 (パターンA~B)
舞台上4点	RT60*1	1.22秒	—
	STearly*1	-10.1dB	—
客席中央	RT60*2	—	3.0~4.5秒
	C80*2	4.1dB	1.8~-0.2dB

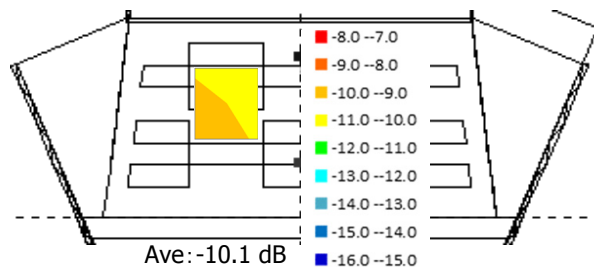


図9 ST early 測定結果

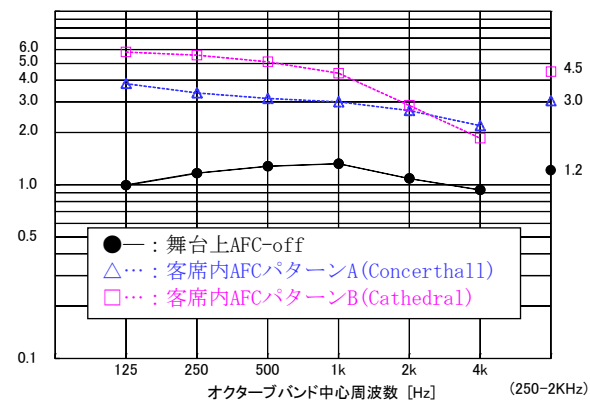


図10 残響時間測定結果

6 まとめ

グローバルリングシアターでは、野外劇場として特に課題となったクラシック演奏に不可欠な残響が建築音響 (ダブルシェル) と電気音響 (SR+AFC) のハイブリッドな手法により確保・制御されていることが分かった。また、AFC 調整時の試聴やオープンイベントでのオーケストラ演奏において設計で意図した音場が実現されていることが確認された。今後、池袋のまちづくりの拠点として大いに活用されることを期待したい。

謝辞：本施設の設計・施工においてご協力を頂いた豊島区、三菱地所設計+ランドスケープ・プラス共同企業体、(株)シアターワークショップ、大成建設(株)、その他の関係諸氏に深謝します。

参考文献：

- [1] 清水 他, 公共空間における音楽演奏を目的とした音環境の評価, 建築学会学術講演梗概集, 9月2015年, pp219-pp222
- [2] H.Miyazaki, *et al.*, Active Filed Control -Reverberation Enhancement System Using Acoustical Feedback Control, AES 115th Convention, New York, Oct.10-13, 2003
- [3] 栗林 石川 平賀, 池袋西口公園 GLOBAL RING, 新建築, 1月号, 2020年, pp200-pp205