

プラサ ヴェルデ（ふじのくに千本松フォーラム）の音環境設計（その1）
 —主観的連続・不連続の設計を意図したエントランス空間の音響—*

高橋 顕吾（ヤマハ株式会社），△畑中 正人（作曲家），○清水 寧（東京工業大学）

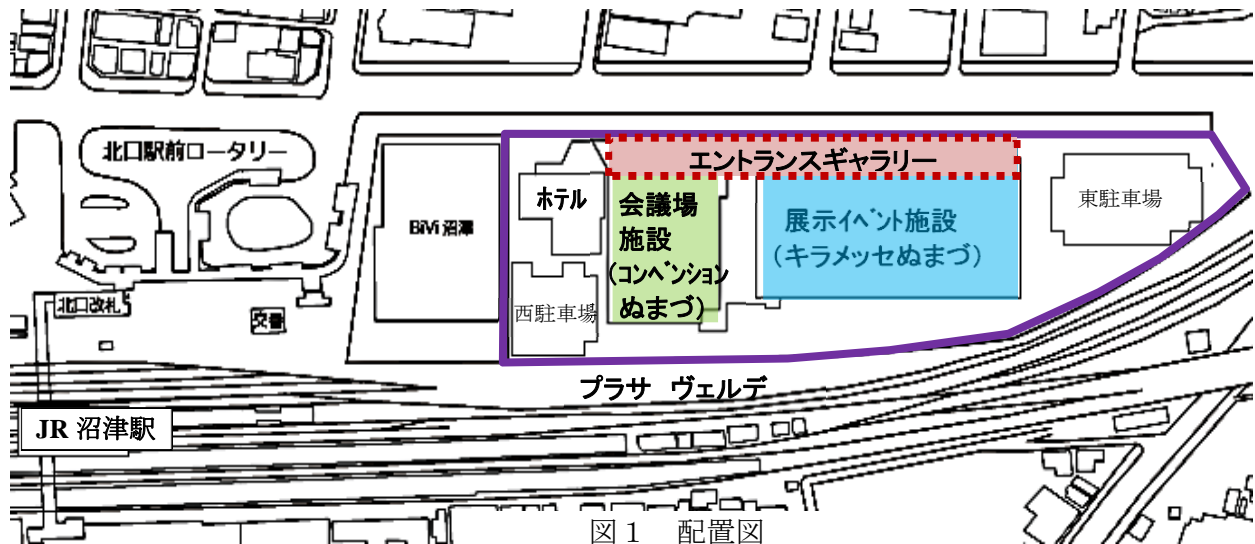


図1 配置図

1 はじめに

プラサヴェルデ（ふじのくに千本松フォーラム）は、静岡県東部地域における新しい都市機能拠点的形成するために「多様で先進的な人・物・情報が交流する総合的なコンベンションセンター」として沼津駅北口の旧国鉄施設跡に整備され、2013年7月に展示イベント施設（キラメッセぬまづ）が先行オープンし、2014年7月に会議場施設（コンベンションぬまづ）と宿泊施設を含めた全施設がグランドオープンした。会議場施設は世界遺産「富士山」をアピールポイントとして、レベルの高い国際会議をはじめ、国内外の学会や大会の他、地域の各種研修会やセミナーまで誘致することを前提に計画された。展示イベント施設は先導的・実験的施設として1998～2011年に暫定運用された多目的展示イベント施設（旧キラメッセぬまづ）の高い利用実績を踏まえ、その機能・性能を高めた恒久施設として改築された。この他、両施設の北側には、ロビー・ギャラリー・インフォメーション機能を有するエントランスギャラリーがあり、賑わいを創出する場として計画された。本報

ではこのエントランス空間の音環境について述べる（会議場・展示イベント施設については第二報で述べる）。

表1 施設概要

所在地：静岡県沼津市大手町1丁目1番4号
設置者：静岡県（会議場施設） 沼津市（展示イベント施設）
設計・監理：長谷川逸子・建築計画工房(株)
音響設計：ヤマハ(株)音響営業統括部
施工：大和ハウス工業(株)・(株)熊谷組
規模：S造5階，延床面積11187.98㎡（会議場施設） S造3階，延床面積8897.10㎡（展示イベント施設）
工期：2012年01月～2014年3月

2 エントランス空間の音響設計

プラサヴェルデは、図1において示すように、展示イベント施設と会議場施設に分かれている。それぞれの施設は、エントランス空間から回遊性のある動線で界壁がなく連続的に結ばれている。音響設計においては、回遊性のある動線計画の中で展示施設から会議場施設まで横断したエントランスギャラリーの場所を容易に認識でき、しかも運用が異なるスペース間では異なる場所として認識できることを目標に、音響によるユニバーサルデザインを意図した音環境計画を行った。

* Acoustical Design for Plaza Verde (Fujinokuni Senbonmatsu Forum) part1, -Acoustics of Entrance Space considering acoustic discontinuity impression-, by TAKAHASHI, Kengo (Yamaha), HATANAKA, Masato (Music Composer), SHIMIZU, Yasushi (Tokyo Institute of Technology)

2.1 音響設計の考え方 - 「主観的不連続性」

連続した空間の中で自分が異なる場所にいることを認識できるためには、場所間を移動したときに感じる異なる音環境にいるという知覚(主観的不連続性の認識)が必要となる。このような印象については、図2, 3で示すように、他の空間において発生した音が聞こえにくくなった場合や、会話や自分が発生した音が反射して戻ってくる音の状態が変化した場合に感じることができる。前者については、周囲の会話がある中でも侵入してくる会話が不明瞭になった時、その会話を無視して執務に集中できるプライバシー感の知覚として知られている⁽¹⁾。後者については、劇場などのバルコニー下に移動した場合、界壁がないにもかかわらず聴感的に狭い空間にいるという変化を感じることができ、舞台での演奏音は、「窓を通して聞いているような音」と表現されるように、メインの空間とは分離された場所で聞いている印象を持つことが知られている。このように、壁などによって遮られていない状態においても、我々は聴覚だけで、別の空間に移動したと感ずることができ、このような感覚を、ここでは、「主観的不連続感」と呼ぶことにする。この状況を示す模式図を図2, 図3に示し、前者を CASE I, そして後者を CASE II の条件と呼ぶことにする。本計画においては、このような二つの視点で音響検討と評価を行った。

2.2 建築設計と環境音の再生

エントランスギャラリーの音環境計画では、単一の機能を持った展示施設は音環境の連続性を、エントランスギャラリーなどの共用空間と会議室部分は異なった用途に使用される会議場施設は不連続性が求められていると言える。音環境計画においては、CASE I の不連続知覚を容易にするため、エントランスギャラリーの場所を示すサイン音として、畑中正人作曲による環境音を展示施設、会議場施設に設置した⁽²⁾。再生するスピーカは、演出音に空間的な変化を与えることができるヤマハ製アレースピーカ (YSP-600BSP)⁽³⁾ を使用し、壁面に向けて再生した。エントランスギャラリーの残響時間測定結果を図4に示す。展示施設と会議場の主要平面図と演出音の測定点、CASE I, CASE II の不連続性測定ラインを図5, 6, 7に示す。

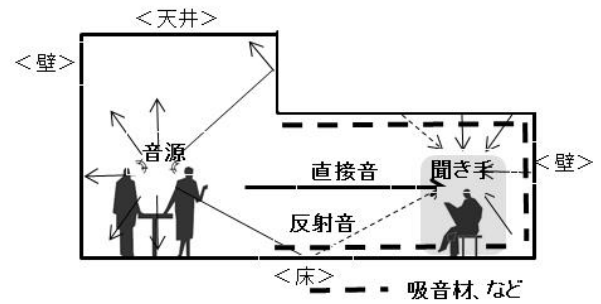


図2 CASE I : 吸音, 形状変化, 暗騒音
他の場所での発生音による空間の不連続感

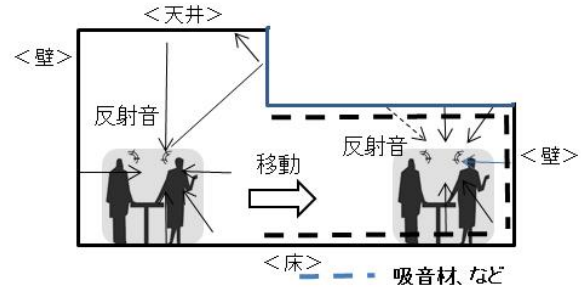


図3 CASE II : 吸音, 形状変化
自分が出した音の反射音による空間の不連続感

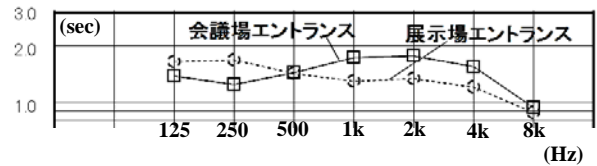


図4 エントランスの残響時間測定結果

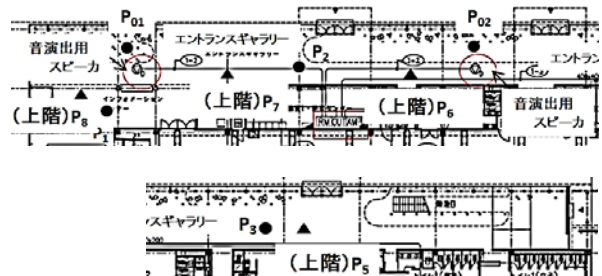


図5 エントランスギャラリーと
演出音測定点 (展示)

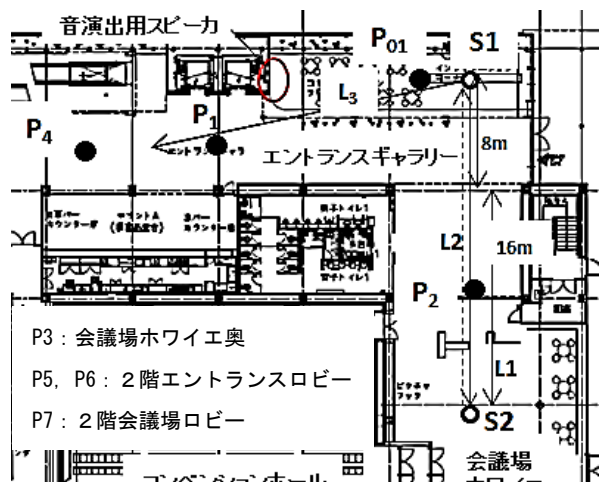


図6 会議場エントランスギャラリーと測定点

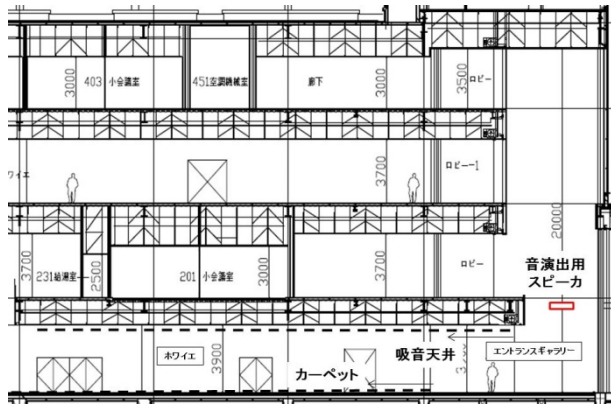


図7 会議場・エンタランスギャラリーの断面図

2.3 音環境の音響測定

2.3.1. 会議場エンタランスギャラリーの不連続性能測定結果

不連続性が必要となる会議場施設のエンタランスギャラリーと会議場ホワイエを対象に測定を行った。CASE I についてはエンタランスギャラリーに無指向性スピーカを設置し、図6で示す測定ラインL1, L2, L3上の受音点音響特性の変化を、CASE II については音源・受音点対面距離を1mとして、図10で示す測定点ごとにインパルス応答の測定を行った。

CASE I の音圧レベル距離減衰と、音圧レベル実測値から直接音と床からの反射音を除いた音圧レベルの計算値を図8に示す。エンタランスギャラリー⇒会議場ホワイエ (L1) はエンタランスギャラリー内 (L3) と比較して、音圧レベルの減衰が大きく、直接音を除いた音圧レベルも、会議場ホワイエでの減衰はエンタランスギャラリーと比較して、約2 dB 小さいことがわかる。L1における直接音を除いた音圧レベルの変化を見ると、約4m離れた下がり天井付近で減衰量は折れ曲がり、減衰が小さくなっている。また、会議場ロビーにおける直接音以外の反射音エネルギーの減衰は、天井面・床面の吸音処理が奏功していることが推察される。L1, L3上のD50の変化を図9に示す。D50は会議場ロビーがエンタランスギャラリー空間よりも10%程度高く、8m以降(床カーペット)で一定になっている。以上より、会議場ホワイエでは、エンタランスギャラリー内の発生音を明瞭に聞くことができるが、下がり天井付近から音圧レベルの減衰が大きいことから、会議場ホワイエでの暗騒音などによってマスキングされ

やすいとも言える。エンタランスギャラリーのサイン音の明瞭性維持はユニバーサルデザインにとって有効である、また、音圧レベルが低いことは、マスキング音などによって、遮断しやすいことも意味している。エンタランスギャラリーと会議場ホワイエの使い方によっては、演出音の利用により不連続性能を変化させることも可能である。

CASE II についてはD50, 時間重心(ts)の測定結果を図11に示す。会議場ホワイエではエンタランスギャラリーよりも対面者との会話の明瞭度が上がると共に、ts が小さくなっている。特に、P4付近から会議場ロビー内では、対面した会話の明瞭度が上がり、デッドに感じること示している。

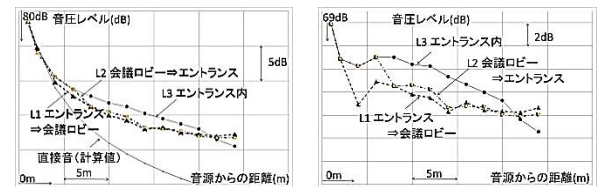


図8 平均SPL距離減衰と直接音減衰を補正した反射音レベルの距離減衰 (L1, L2, L3: 図6参照)

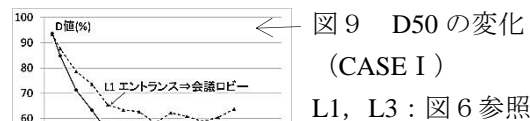


図9 D50の変化 (CASE I) L1, L3: 図6参照

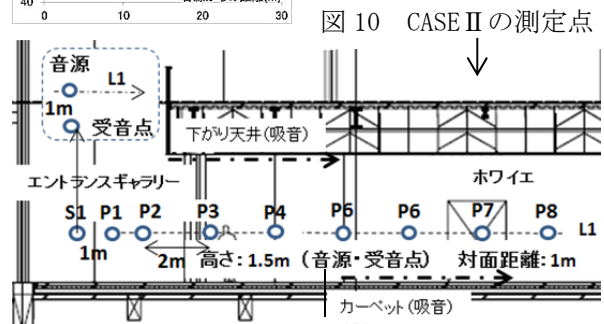


図10 CASE IIの測定点

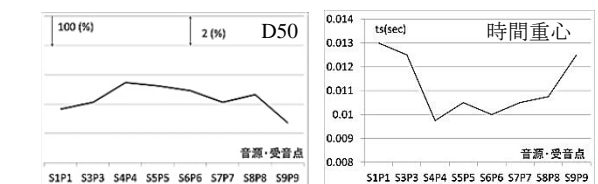


図11 D値, 時間重心の測定結果

2.3.2. 環境音の測定結果

展示施設と会議施設での演出音は、夫々の場所の目的、建築条件を考慮して、畑中正人が現場にて制作した。再生音 LeqA(dB)の場所による変化を図12に示す。測定点とスピーカが設置された場所を図5, 6に示す。演出音の最終調整、数週間のテスト再生を行い、

再生音の効果が現場にて確認された後、再生音の主観印象を評価するため、表2に示す項目と表3の条件でアンケート調査を行った。

主観評価の結果を図13、14に示す。展示施設、会議施設とも、音演出の再生により音環境総合印象は高くなり、効果的であることが確認できた。再生した演出音の評価については、展示施設、会議場施設とも、その場所の印象に関する評価得点が大きくなり、その場の雰囲気が改善されたことを示している。

3. まとめ

CASE I, CASE II の検討から、下がり天井付近を境界に、エントランスギャラリーで発生した音源の直接音以外の反射音のエネルギーが減少し、会話状態においても、明瞭度向上、残響感の減少、などの測定結果が得られた。エントランスギャラリーの天井形状や会議場ホワイエでの吸音材の集中配置は音響的な不連続感を実現するうえで、効果的であること示している。演出音については不連続空間での明瞭度の維持や主観評価結果から、ユニバーサルデザインとしての有効性も確認された。演出音の試聴においては、エントランスギャラリーのある方向を容易に感じることができるだけでなく、静かすぎる環境の改善に奏功していることを確認することができた。

表2 主観評価の評価項目

① メンタル状態の印象	眠くなる⇔目がさめる
	疲れる⇔元気になる
	緊張する⇔リラックスする
	気が滅入る⇔やる気が出る
② その場の印象	不快に感じる⇔快適に感じる
	居心地が悪い⇔居心地が良い
	活気がない⇔活気がある
	落ち着かない⇔落ち着く
③ 音環境の印象	うるさい⇔うるさくない
	演出音以外の音が気になる⇔演出音以外の音は気にならない
④ 総合印象	音環境が悪い⇔音環境が良い
	音環境がその場にあっていない⇔音環境がその場にあっている

表3 評価条件

評価者	20代の大学生 10名
評価場所	展示場エントランスギャラリー 2カ所 会議場エントランスギャラリー 1カ所
評価対象	① 演出音なし ② 演出音あり (再生音のレベル 55dBA, 60dBA)
LeqA 測定点	図5, 6 参照

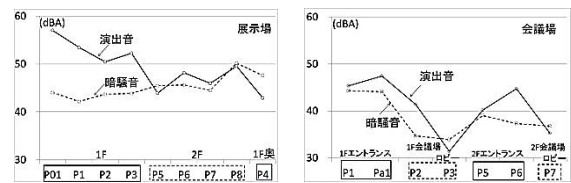


図12 展示場・会議場の演出音と暗騒音のLeqA

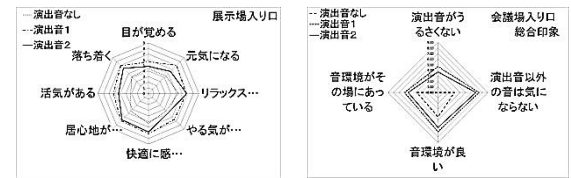


図13 演出音の主観印象と総合評価 (展示場)

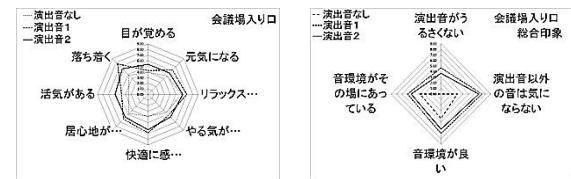


図14 会議場の主観印象と総合評価 (会議場)

謝辞:ご協力をいただいた静岡県, 沼津市, 長谷川逸子建築計画工房, そして施工各位に深謝します。

参考文献

- [1] 「スピーチプライバシーの評価と制御」, 第72回音シンポジウム資料, 建築学会, 2013, 02
- [2] 畑中正人 (作曲家):
会議場 (Air Sonic): 音の輪郭がなく, ただ「気配」だけがある音. 音の存在を誇示するのではなく, 音の残像を空間に静かに置くこと. それは聞く人それぞれにとってモノトーンにもカラーになり得る透明な音である.
展示場 (Air Flow): 自然音を溶かし込んだピアノで象ったふたつの音の流れ. やがて木々の枝葉のようにいくつものに分岐しながら, 時にメロディのように, 時にハーモニーのような音の姿が少しずつ現れては消えてゆく. それはまるでひとつの曲のように聞こえるかもしれないし, また何かのチャイムのように聞こえるかもしれない. 聞く人にとって様々に捉えられる音の彫刻である.
- [3] 清水, 他, 「DSP アレースピーカによる音空間演出とその実施例」, 音響学会春季大会梗概, 3-P-30, 2007, 03

プラサ ヴェルデ（ふじのくに千本松フォーラム）の音環境設計（その2）
 一用途拡大と音響性能改善を考慮した会議場・展示イベント施設*

○高橋頭吾、山下真次郎（ヤマハ）、清水寧（東工大）



図1 フロアマップ

1 はじめに

プラサヴェルデ（ふじのくに千本松フォーラム）は会議場施設、展示イベント施設、および宿泊施設からなる複合一体型コンベンション施設であり、2014年7月にグランドオープンした（図1参照）。第一報のエントランス空間の音響に引き続き、本報では各会議室・ホールの音響計画について報告する。

2 会議場施設の音響計画

会議場施設は大中小規模の会議室（全14室）で構成されており、各種会議・学会・講演会の他、運営上の用途拡大を前提にパーティーや音楽イベントまで対応可能としている。

2.1 室内音響

中核をなすコンベンションホールA（931 m²、最大1100人収容可能）は国際会議・シンポジウム等での本格的なスピーチの他、軽音楽や吹奏楽等の響きをあまり必要としない音楽イベントにも対応できるように明瞭度を重視したデッドな音場を目指した。内装は聴衆位置近傍を中心に吸音面（床：カーペット、壁半分：有孔板+GW分散配置）で構成している。

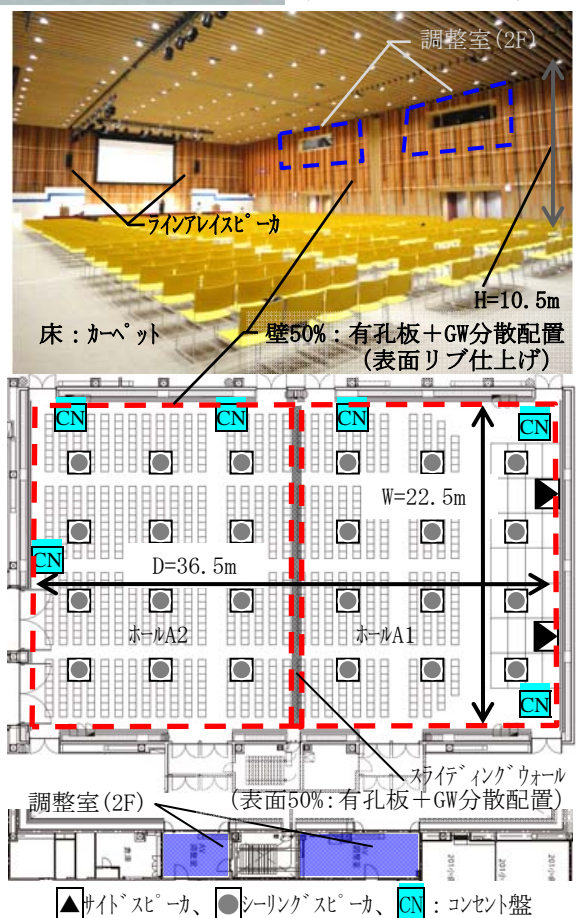


図2 コンベンションホールA平面・内観

* Acoustical Design for Plaza Verde (Fujinokuni Senbonmatsu Forum) part2, - Conference and exhibition facilities in consideration of use expansion and acoustical improvement -, by TAKAHASHI, Kengo and YAMASHITA, Shinjiro (Yamaha), SHIMIZU, Yasushi (Tokyo Institute of Technology)

さらに壁の表面は長さの異なるリブ格子をランダムに配置することで、反射音を散乱させてエコー障害を抑制している。また、催事規模に応じて2分割するためにスライディングウォール(SW)を導入しており、分割利用時に音響条件が変化しないようにSW表面の半分を吸音面(有孔板+GWの分散配置)で構成している(図2)。

コンベンションホールB(451 m²、最大400人収容可能)は一般的な会議・講演会を中心としながらクラシック演奏にも対応できるように明瞭かつ適度に響きのある音場を目指した。そして室形状は緩やかな扇形をベースに天井高を7.5m(気積:約8 m³/一人)確保することで側壁からの初期反射音と残響の確保を図っている。内装は聴衆位置近傍を反射面(床:フローリング、側壁:木+ポード)で構成し、それ以外の舞台・客席背後壁と天井の一部を吸音面(壁:有孔板+GW、天井:岩綿吸音板)で構成している。また側壁は鉛直方向の波型曲面を複数列配置することで反射音を散乱させて音場の均一化を図っている(図3)。

さらに音楽リサイタルや発表会利用を想定して、各種ソロ楽器から室内楽程度までの生楽器の演奏に適した響きが設定できるように音場支援システム(AFC)⁽¹⁾を導入している。これにより残響時間を最大約2倍まで延長可能としている。

この他、中小の会議室については会議・集会～バンケット利用時に会話のし易い音場とするため、内装を適度に吸音処理(床:カーペット、壁半分:有孔板+GW)することでブーミングやエコー障害を抑制している。

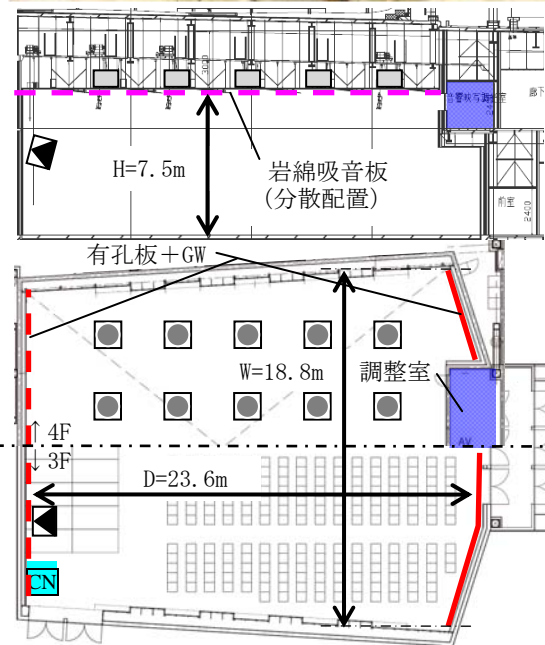
2.2 音響設備

スピーカについては、小会議室以外は主用途である会議利用時に場内全域で均一に拡声できるようにシーリングスピーカ(分散配置)を導入している。またコンベンションホールA,Bについてはエンドステージ形式での講演・式典時に客席最後列まで十分な音量でサービスできるようにラインアレイ型サイドスピーカ(仮設舞台想定位置上部に露出配置)を導入している。その他の中小会議室は移動型サイドスピーカを用意している。

操作系については、コンベンションホールAのみ2分割時に個別制御できるように調整室を2室配置している。また全ての会議室において場

内で簡易操作が出来るように音響ワゴンを用意している(コンセント盤(CN)に接続)。

入出力回線については、コンベンションホールA,Bは持ち込み対応ができるように、場内に回線・電源(CN内)を用意している(表1)。



▲サイドスピーカ、●シーリングスピーカ、CN:コンセント盤

図3 コンベンションホールB平断面・内観

表1 会議場施設の音響設備概要

種別	ポイント	対応策
スピーカシステム	会議時の均一拡声 講演時の定位感	シーリングスピーカ分散配置 ラインアレイスピーカ露出配置
操作系	操作性 簡易操作	主要音響卓の機種統一 場内音響ワゴン
回線	持ち込み対応	場内コンセント盤
その他	コンベンションホールA分割 利用時の個別制御	コンベンションホールAのみ調整室を2室配置

2.3 測定結果

各会議室の残響時間は所期の目標性能を満足している。すなわちコンベンションホールAは1.3～0.9秒(空室～1100人着席時)、平均吸音率は29～39%(同)と、明瞭な拡声期待できる短めの特性である。分割時も0.9秒、1.0秒(ホールA1,A2空室)、平均吸音率34%、31%(同)

と、一体利用時と同程度のライブネスとなっている（図4）。

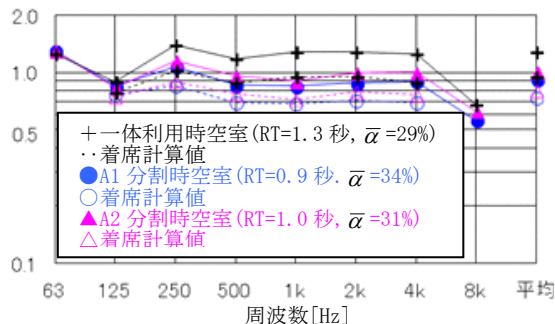


図4 コンベンションホールA残響時間

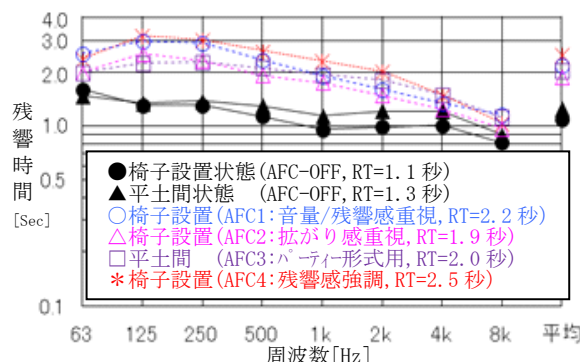


図5 コンベンションホールB残響時間

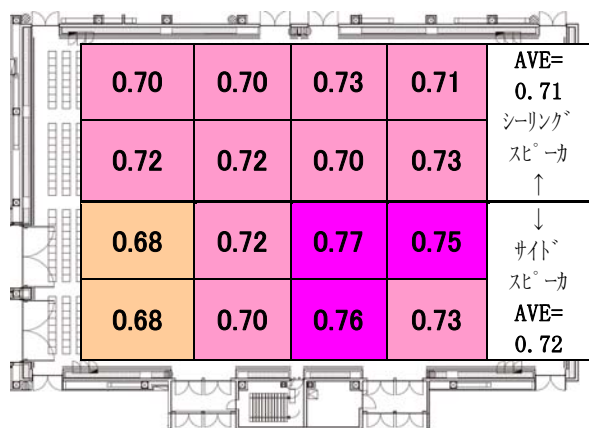


図6 コンベンションホールA明瞭度STI測定結果



図7 コンベンションホールB明瞭度STI測定結果
一方、コンベンションホールBは1.3~1.1秒（平土間~椅子400席設置）、平均吸音率は22~25%（同）と、適度な響きが得られている。さら

に音場支援システム使用時は最大2.5秒（椅子400席設置）と、本格的な音楽演奏にも対応可能な響きが確保されている（図5）。なお、着席時は0.1秒程度短くなると予測される。

音響設備使用時の明瞭度STIはコンベンションホールAで一体利用時0.72、0.71（サイドスピーカー、シーリングスピーカー使用時）、コンベンションホールBで0.65、0.58（同）と、十分な明瞭度が確保されている（図6、7）。

3 展示イベント施設の音響計画

展示イベント施設は、多目的ホールの他、市民ギャラリー・サロン等で構成されており、旧キラメッセぬまづ（テントドーム型暫定施設）の機能を継承し、展示会、集会、各種イベントが開催可能な多目的展示イベント施設である。旧施設の利便性は活かしつつ設備騒音、残響時間や拡声明瞭度を中心に音響性能の改善を図っている。

3.1 室内音響

中核をなす多目的ホール（床面積3875㎡）は、最大で4600人程度まで収容可能な大型平土間会場であり、高天井の大空間特有の残響過多やエコー障害を防止するため、天井面を中心に内装を吸音面（天井全面：GW、1FL+2.2m以上の壁半分：有孔板+GWの分散配置）で構成している。また、イベント規模に応じて2~3分割するためSWを導入しており、表面半分を吸音処理（パンチングメタル+GWの分散配置）としている（図8）。

3.2 音響設備

スピーカーについては展示会でのアナウンスやBGMの明瞭度を重視して、広いフロア全域で均一に拡声できるようにシーリングスピーカーを導入している。定指向性スピーカーを分散配置することで、スピーカー相互の干渉や壁からの反射音の影響を排除している。また各種イベント時に、任意の舞台位置から拡声できるように移動型スピーカーを用意している。

操作系については事務室内の音響ラックに装備された簡易操作卓の他、場内でも操作ができる移動型の音響ワゴンを用意している（CNに接続）。この他、各種持込みイベントにフレキシブルに対応できるように電源・配線ピットを用意している（表2）。

3.3 測定結果

残響時間はシーリングスピーカー（1台）使

用時 3.6 秒、2.9 秒、2.8 秒（一体利用時、ユニット2,3 分割利用時）と、大空間にもかかわらず適度に響きが抑えられている。ちなみに床上に仮設したスピーカ使用時は 4.6 秒（一体利用時）と、シーリングスピーカ使用時に比べて約 1 秒長くなっている（図 9）。明瞭度 STI はシーリングスピーカ使用時、0.54、0.56、0.57（一体利用時、ユニット 2,3 分割時）と、十分な拡声明瞭度が確保されている。ちなみに床上の仮設したスピーカ使用時は 0.42、0.47、0.49（同）と、シーリングスピーカ使用時より約 0.1 ポイント下回っている（図 10）。この音源スピーカの違いによる測定値の差異はスピーカ配置と内装条件に起因する反射音構造の違いによるものであり、スピーカの天井分散配置方式の採用と天井全面を吸音処理したことが奏功していると考えられる。

4 遮音・騒音計画

遮音性能については会議場施設の各会議室を離して配置するとともに乾式遮音壁で区画している。これにより、コンベンションホール A～B 間で Dr-65、コンベンションホール A～屋外間で Dr-45 以上、コンベンションホール B～中小会議室間で D-55～75 を確保している。また、コンベンションホール A 上部の床は固体音を低減するため浮床、カーペット等の防振対策を施している。展示イベント施設は多目的ホール～屋外間を二重の乾式遮音壁で区画することでホール内外で Dr-35～40 以上の遮音性能を確保している。

設備騒音についてはコンベンションホール A,B で NC-25、中小会議室で NC-25～30、多目的ホールで NC-35 と実使用上問題ない静けさを実現している。

5 おわりに

会議場施設についてはコンベンションホール A,B でのオープン式典・講演会におけるスピーチ明瞭性の他、コンベンションホール B での音楽イベントにおける音場支援システムの有効性が聴感により確認されている。また展示イベント施設については多目的ホールでの各種展示会において、アナウンスや BGM の明瞭性が確認されるとともに、旧キラメッセぬまづに比べて、明瞭性、残響感、および静寂性が大幅に改善されていることが関係者より報告されている。謝辞：ご協力頂いた静岡県、沼津市、長谷川逸子・建築計画工房、及び施工各位に深謝します。

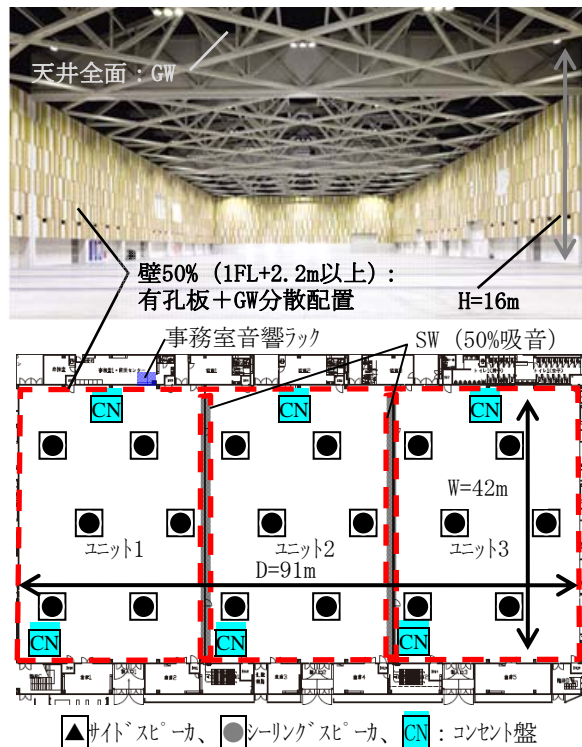


図 8 多目的ホール平衡面・内観

表 2 展示・イベント施設の音響設備概要

種別	ポイント	対応策
スピーカシステム	アナウンスや BGM の均一拡声・明瞭性	シーリングスピーカ分散配置 (天井吸音処理)
操作系	操作性 簡易操作	場内音響ラック 事務室の簡易操作卓
回線	持ち込み対応	場内コンセント盤 配線ピット

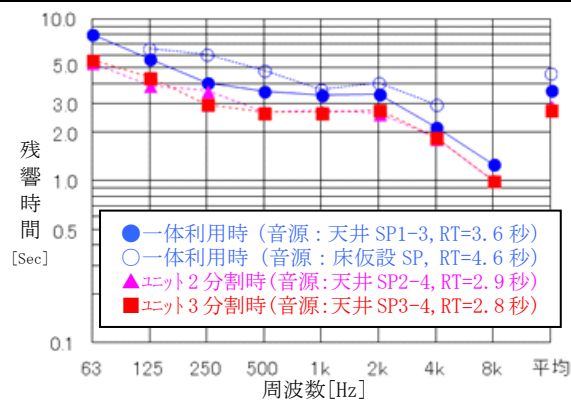


図 9 多目的ホール残響時間

0.55	0.56	0.54	0.54	0.55	0.54
0.55	0.52	0.55	0.54	0.56	0.54
↑ 一体利用時 AVE=0.54		0.56	0.55	0.58	0.55
3 分割時 → AVE=0.56, 57		0.57	0.57	0.58	0.57

図 10 多目的ホール明瞭度 STI 測定結果

参考文献：

[1] Miyazaki *et al.*, AES 115th Convention, Oct. 10-13, 2003.