

大分県立芸術文化短期大学 音楽ホール棟の音響設計 —建築デザインに組み込まれた拡散形状とその効果—*

○中川貴美子, 宮崎秀生 (ヤマハ)

1 はじめに

大分県立芸術文化短期大学は芸術系の美術科・音楽科と人文系の国際総合学科・情報コミュニケーション学科を併設する公立短大で、50年以上の歴史を有する大学である。2014年から始まったキャンパス再整備事業では、2020年度の完成を目指し、様々な施設の新設・建替・改修が行われている。その中のシンボリックな施設である音楽ホール棟は、フルオーケストラの練習も可能な平土間の音楽ホールを中心に、講義室や研究室、練習室等の教育機能、さらにレストラン等の厚生機能を持つ複合施設として、2019年2月に完成した。

音楽ホールの主な用途は音楽科の授業やオーケストラ・吹奏楽・オペラの練習等に加え、客席(300席、可動椅子)を設置したコンサート等である。また、音楽用途以外にも、式典や講演会、美術の作品展示等、様々な利用が可能となっている。

施設概要を表1に、施設外観を写真1、施設平面図を図1に示す。

Photo 1 Exterior



Table 1 Equipment outline

名称	: 大分県立芸術文化短期大学 「音楽ホール棟」
所在地	: 大分県大分市上野丘東1番11号
建築主	: 大分県立芸術文化短期大学
設計・監理	: デネフェス・オンデザイン設計 JV
音響設計	: ヤマハ (株) 空間音響グループ
施工	: 佐伯・柴田特定建設工事 JV
構造	: RC+S 造
階数	: 地上3階
工期	: 2017年11月～2019年2月

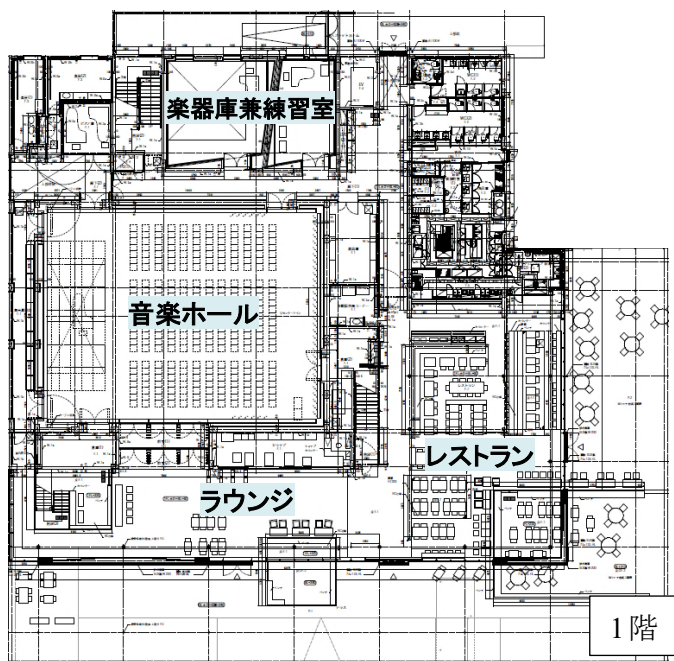
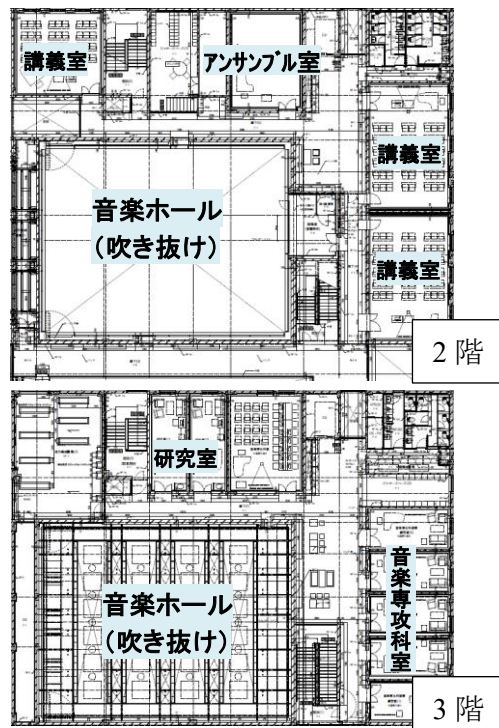


Fig. 1 Plan



* Acoustical Design of the Music Hall Building in OITA Prefectural College of Arts and Culture – Diffusive shape incorporated into architectural design and its effect – by NAKAGAWA, Kimiko and MIYAZAKI, Hideo (YAMAHA Corp.).

2 音楽ホールの音響設計

2.1 設計コンセプト

音楽ホールの使用目的は、①音楽科の授業、②演奏会に向けたリハーサル、③外部向けのコンサート、④式典・講演会、と様々であり、「音楽用途に適した豊かでバランスのよい響き」と、「楽器や用途に合わせて手軽に響きを調整できること」が求められた。

2.2 室形状と音響特性

本ホールは使用目的から、縦使いも横使いもできる矩形の平土間ホールとした。平面は近隣の iichiko 総合センターで行う演奏会のリハーサルが行えるよう、『グランシアタ (大ホール)』と『音の泉ホール (中ホール)』の舞台が概ね納まる寸法を確保している。天井高は豊かな残響を得るため、3層吹き抜けで約 12 m と十分な高さを確保しつつ、初期反射音は浮反射板で返す工夫を施している。図 2 に音楽ホールの平断面図及び諸元を、図 3 に残響時間の測定結果を示す。

短手舞台形式で 300 席の可動椅子を配置した空席時の残響時間は約 1.9 秒* (平均吸音率 19%*, *:250~2kHz の平均値、以下同様) と、同規模のコンサートホール同等の豊かな響きが得られている。また、側方反射音特性: LE 値は約 22% とシューボックス型のコンサートホールと同等の値が得られており、拡がり感が十分に得られる空間となっている。

なお、コンサートのリハーサルやオーケストラの練習時、式典・講演会時など、響きを抑えたいときには、吸音カーテン (W 5.6 m × H 9.0 m × 4 枚) を使用する。吸音カーテンはカーテンレールのある 3 面、どこでも設置可能であり、使用しないときは壁面のカーテン扉の奥に収納可能となっている。吸音カーテン使用時の空席の残響時間は約 1.5 秒 (平均吸音率 24%) と、カーテンを使用することで最大約 0.4 秒、残響時間を短くすることが可能である。

2.3 壁面拡散形状

(1) 建築デザインと拡散形状

矩形型の空間は、室のモードが立ちやすく、フラッターエコーやブーミング等の音響障害が起きやすいため、適切な拡散・吸音の処理が必要となる。

壁面デザインは、縦使いも横使いもできる矩形ホールであることから、方向性のない、

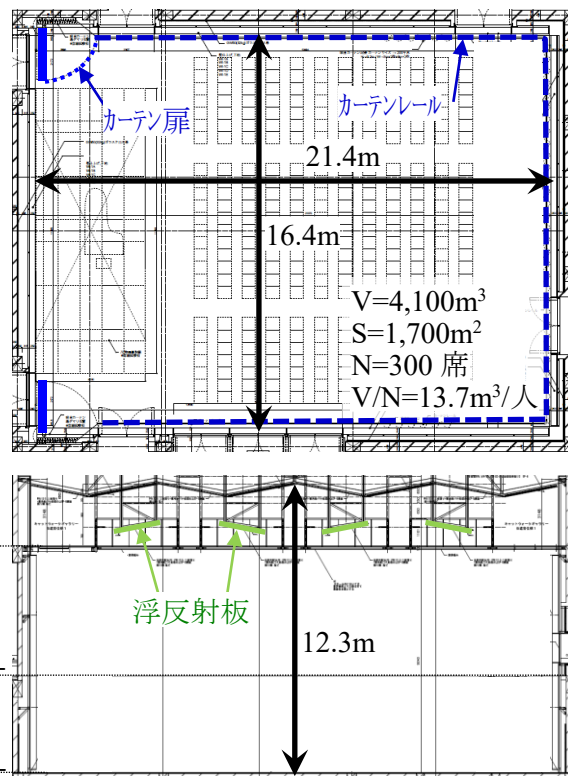


Fig.2 Plan and Section of the Music Hall

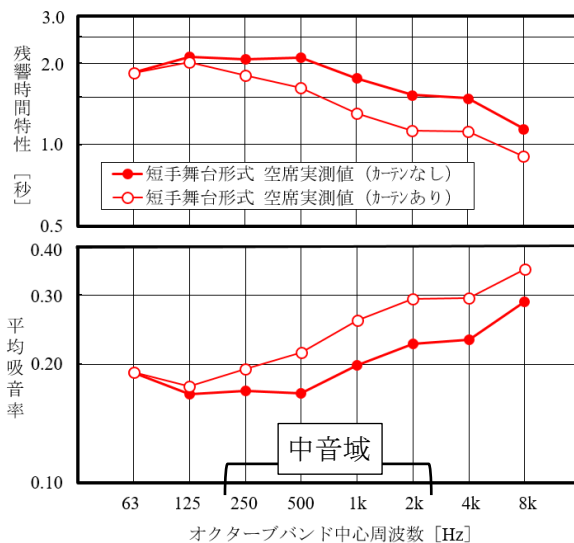



Fig.3 Reverberation time (Music Hall)

格子状のデザインとなっている。格子の基本単位寸法は約 800mm で、最小サイズは 0.5 × 1、最大サイズは 3 × 3 と様々なサイズの組合せで出来ており、格子状の棚 (奥行 250mm) の中に「反射」「拡散」「吸音」の機能が組み込まれている。写真 2 に各部位についての音響的な設計コンセプトを示す。

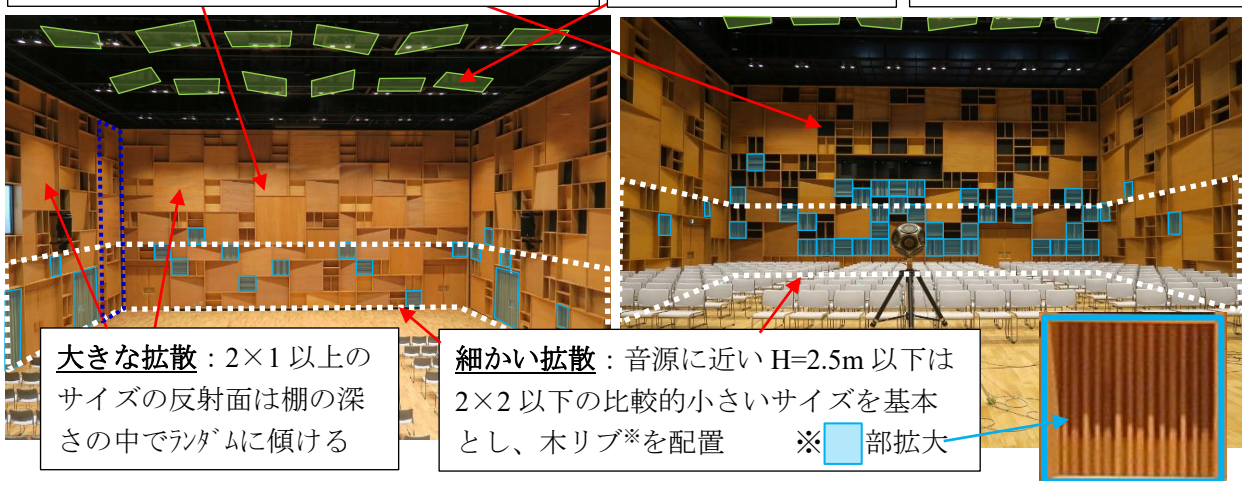
(2) 拡散効果の検証

拡散形状の効果を検証するため、3次元 CAD シミュレーション (CATT-Acoustic) で実際の形状 (以下「実形状」と壁面が平らなモ

演奏のし易さ：使用頻度の高い短手舞台形式で舞台反射板にあたる部分はすべて反射（後壁は吸音メイン ※黒い部分がGW 吸音）

初期反射音の補強：天井浮反射板  をランダムに傾けて設置

音響障害の回避：天井はフロッカーエコー防止の為、10°傾けた山形凹凸形状



大きな拡散：2×1以上のサイズの反射面は棚の深さの中でランダムに傾ける


細かい拡散：音源に近いH=2.5m以下は2×2以下の比較的小さいサイズを基本とし、木リブ※を配置 ※  部拡大

Photo 2 Interior of the Music Hall

デル（以下「平面形状」との比較を行った。検証に使用したモデルを図4に示す。なお、平面形状の壁面の吸音率は実形状モデルと吸音力が同等になるように設定した。また、拡散係数は両モデルすべての面で0とした。

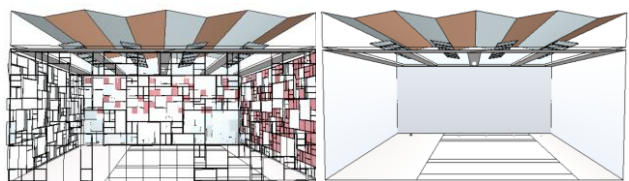


Fig.4 Model for simulation (Real/Flat)

・残響減衰曲線の湾曲

完全な拡散音場では残響波形は直線減衰し、非拡散音場では湾曲することから、それぞれのモデルのシミュレーション結果と実測値の残響曲線を比較した。残響曲線は受音12点のデータを波形平均して求めた。

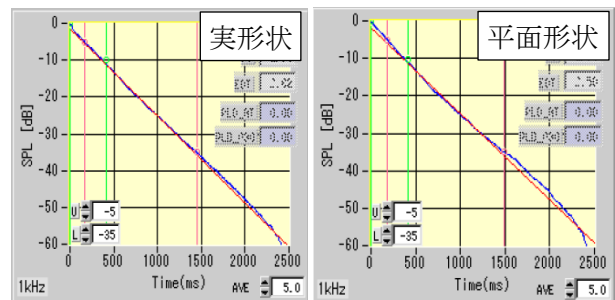


Fig.5 Reverberation decay curves (Real/Flat)

それぞれのモデルのシミュレーション結果（1kHz）を図5に示す。実形状モデルは概ね直線状に減衰しているのに対し、平面形状モデルは湾曲していることが分かる。次に、実測値の結果を図6に示す。実測値は63 Hzのみ湾曲しており、125 Hz以上は直線的に減衰している。これは拡散形状の最大サイズが約2.4 mであり、波長λ=2.4 m(周波数f=142 Hz)程度以上の周波数帯域で拡散効果があることと一致している。

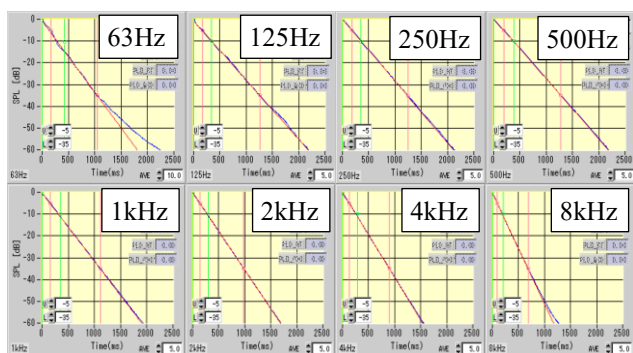


Fig.6 Reverberation decay curves (measurement)

この湾曲度を(1)式のように残響波形の初期(t=t₀)の減衰率:L'(t₀)と、30 dB 減衰した時点(t=t₃₀)での減衰率:L'(t₃₀) の比であるQ₃₀^[1]で比較した結果を図7に示す。

$$Q_{30} = 10 \log L'(t_0)/L'(t_{30}) \dots(1)$$

平面形状の値に比べ、実形状・実測値の値が小さく、壁面拡散形状が音場の拡散性に効果があることが確認された。

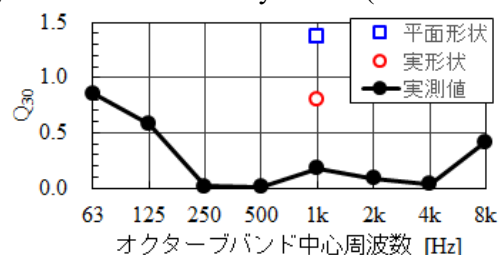


Fig.7 Results of Q₃₀

なお、過去の文献^[2]によると、残響室等の拡散性の高い音場では、Q₃₀の値は、0.5程度以

楽ホールでは 1.0 以下の値が得られている。

3 練習室の音響設計

本施設には、音楽ホール以外に様々な楽器演奏室があるが、中でも特に重要なアンサンブル室と楽器庫兼練習室について、紹介する。

3.1 アンサンブル室

グランドピアノが設置されるこの部屋の主な用途は、ピアノと弦楽器等のアンサンブルである。したがって、お互いの楽器の響きが十分確認できるように、比較的ライブな音場（平均吸音率 0.20 程度）とし、吸音カーテンで残響調整可能（平均吸音率 最大0.25 程度）とした。壁面デザインは音楽ホールの格子状デザインを踏襲し、「反射」「拡散」「吸音」の機能を持たせている。また、天井には斜めに傾けた浮反射板を設置し、音響障害を回避している。（写真3）

図8に残響時間の測定結果を示す。平均吸音率は目標値通りの値が得られ、周波数特性も良好であった。また、音楽ホール同様、矩形の部屋だが、音響障害もなく、音楽演奏に適した音場となっている。

Photo 3 Interior of the Ensemble Room

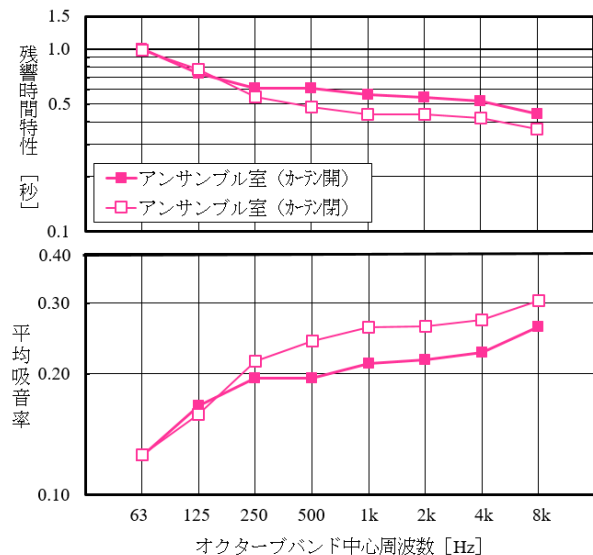


Fig.8 Reverberation time (Ensemble Room)

3.2 楽器庫兼練習室

楽器庫兼練習室は2部屋あり、広い部屋が打楽器用、狭い部屋が弦楽器用である。楽器の特性の違いを考慮して、打楽器用は比較的デッドな音場（平均吸音率 0.24 程度）、弦楽器用は中庸～ライブな音場（平均吸音率 0.22 程度）とし、アンサンブル室同様、吸音カーテンで残響調整可能とした。天井はアンサンブル室と同仕様、壁面は①開口率の違う2種類の有孔板を分散配置、②部屋間の躯体壁や内装壁を斜めに設置することで有孔板の背後空気層の厚みを変える、ことにより幅広い周波数を吸音するように工夫している。

図9に残響時間の測定結果を示す。概ね目標値通りの値が得られおり良好な結果である。

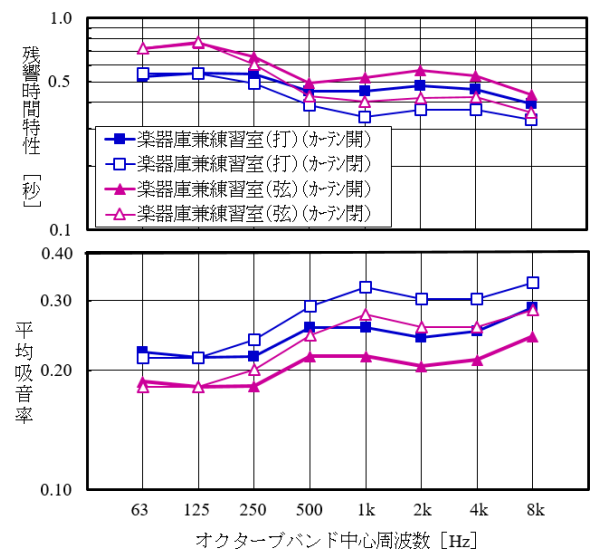


Fig.9 Reverberation time (Music Room)

4 おわりに

本施設は2019年4月から運用が開始され、2019年5月27日に、県と大学の関係者をはじめ、隣接する芸術緑丘高校の生徒や地域住民など約300名の参加のもと、完成記念式典と音楽科の教員・学生・卒業生によるミニコンサートが開催された。本施設は学生が積極的に活用できる工夫が随所に施されており、他学科を含めた学生の活動・交流の場として発展し続けていくことを期待したい。

最後に本プロジェクトの設計、施工に携われた関係各位に謝意を表します。

参考文献

- [1] 川上, Power-law decay の初期減衰率, 日音講論, 1987.10.
- [2] 高橋他, ホールにおける散乱処理の評価について(1), 日音講論, 1995.03.