

五泉市交流拠点複合施設「ラポルテ五泉」の音響設計 - 市民の使い易さを考慮したシンプルな舞台構成と室内音場の両立 - *

◎橋本悌、宮崎秀生（ヤマハ）

1 はじめに

日本最大級のニット、絹織物の産地である新潟県五泉市に新設された五泉市交流拠点複合施設「ラポルテ五泉」は、500席の多目的ホール、産直ショップ、カフェテリア、子どもの遊び場等から構成される複合施設である。筆者らは設計チームの一員として、多目的ホールを中心とした遮音・騒音制御、室内音響に関して検討を行った。多目的ホールは市民による利用が大半を占めることから、様々な用途で利用できることと舞台転換のしやすさが求められた。一方で、周囲の住環境との調和と、限られた予算の都合上、多目的ホールを低層化する必要があった。その結果、多目的ホールの天井高を制限し、舞台フライタワーの無いホールとして計画された。このような条件下で、様々な用途で最適な音響条件となるように幾つかの試みを行った。施設概要を Table 1、施設外観を Fig. 1 に示す。

2 多目的ホールの音響設計

2.1 音響設計コンセプト

前述の条件下において、生音の音楽演奏時の豊かな響きと、音響設備利用時の明瞭性を両立するため、各種検討を行った。Fig. 2 に多目的ホールの室内音響設計のコンセプト、Fig. 3 に多目的ホールの平面図・断面図を示す。

2.2 コンサート形式：音楽用途に適した室内音響

豊かな響きの実現 天井高が制約された空間において、音楽用途での豊かな響きを実現するため、客席天井は直天井として室容積を確保している。内装天井を設けない直天井のホールは、天井耐震化の観点からも近年増えている。一方で、空間内に剥き出しになった空調ダクトの保温材による吸音が問題となることが多い。本施設では保温材への塗料を厚塗りすることで過剰な吸音を抑制している。また、本施設は舞台機構設備の収納スペースに限りがあることから、必要最低限の舞台機能で構成し、天井反射板を有していない。ゆえに、舞台上部空間を吸音しすぎないように配慮している。シンプルな舞台構成ながらも、可搬型の側方反射板（Wenger, DIVA Tower）を採用することで、舞台転換のしやすさと音響反射面を確保している。Fig. 4 に残響時間の測定結果を示す。反射板形式の空席時は 1.5 秒（平均吸音率 $\bar{\alpha} = 20\%$ 、



Fig. 1 Exterior of Laporte Gosen

Table 1 Outline of the facility

名称	:五泉市交流拠点複合施設
所在地	:新潟県五泉市赤海 863 番地
建築主	:新潟県五泉市
設計・監理	:香山建築研究所・鈴木設計企画 JV
音響設計	:ヤマハ (株) 空間音響グループ
施工 (建築)	:横山建設・山隆リコム JV
構造	:RC 造、木造
階数	:地上 3 階
工期	:2018 年 10 月 ~ 2021 年 4 月

250 - 2k Hz 平均) で、同規模のコンサートホールと同等の値になっている。

側方反射音の制御 客席内において十分な拡がり感を得るため、平面の基本形状はシューボックス型で構成した。ならびに、2階サイドバルコニー席とギャラリー階の床を利用した音響庇により、側方からの反射音が客席に返るようにしている。さらに、Fig. 5 で示すように、ロールバック椅子両端の仕切り壁と 2階の手摺壁をリブ・格子状で構成し、音響的に透過とすることで音響庇の効果を活かし、併せて音響拡散の効果を狙った。これらの効果を確認するため、C-C 法^[1]により音響インテンシティを測定し、VSV (Virtual Source Visualizer)^[2]を用いて、初期反射音の到来方向と強度を可視化した (Fig. 6)。なお、Eq.(1) で表される transition time t_L ^[3]を用いて、直接音到来後の t_L までを時間軸上の初期反射音部分として解析した。解析周波数帯域は 125~4k Hz としている。

$$t_L = 0.08 \times RT_{500\text{Hz}} \text{ (s)} \quad (1)$$

* Acoustic design of "Laporte Gosen" - Balance both simple stage function and optimal room acoustic considering the ease of use for citizens -, by HASHIMOTO, Dai and MIYAZAKI, Hideo (Yamaha Corp.)

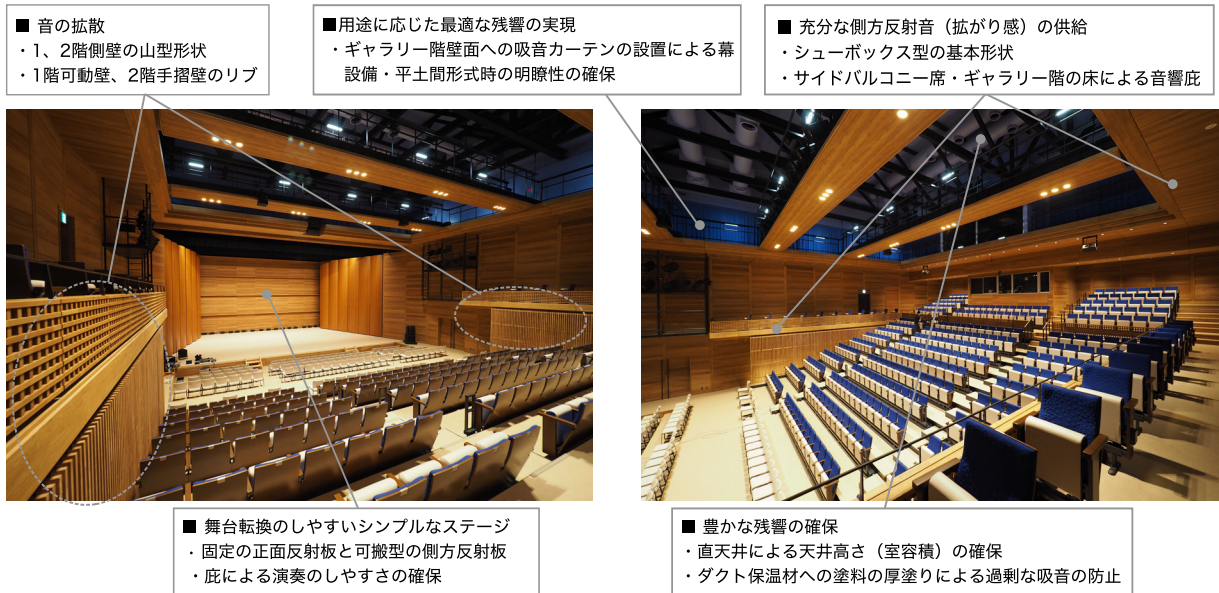
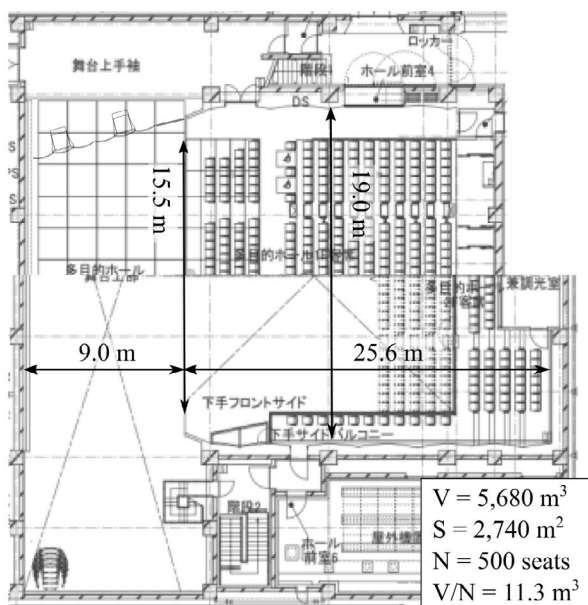
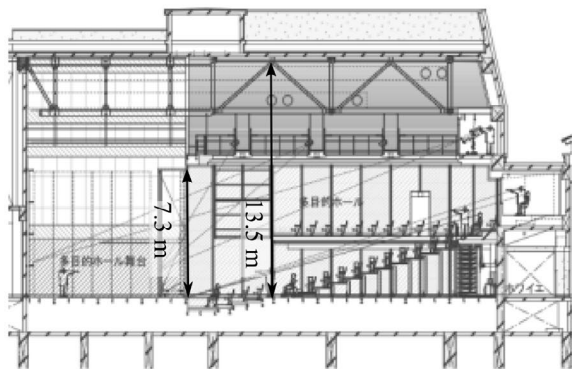


Fig. 2 Design concept of room acoustics in the multipurpose hall



(a) Plan on 1st and 2nd floor



(b) Section

Fig. 3 Plan and section view of the multipurpose hall

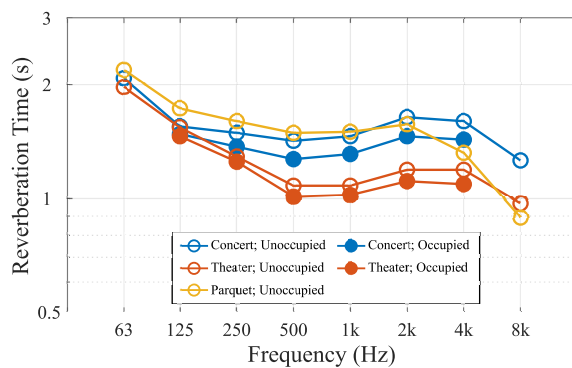


Fig. 4 Characteristics of the reverberation time (RT) of the concert, theater and parquet mode

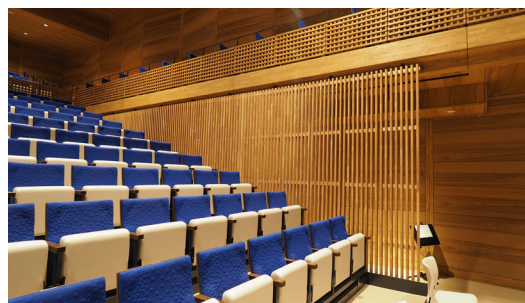


Fig. 5 Specifications of the partition wall on 1st floor and handrail wall on 2nd floor

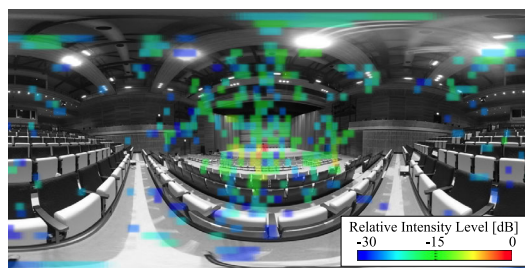


Fig. 6 Sound intensity distribution in early reflections at an audience seat in middle frequency range

解析結果から、ブリッジ下面や音響庇から受音点に反射音が到来し、過大な側方からの反射音が集中した箇所は見受けられない。客席内での初期側方エネルギー率 LF の平均値は 23.2 %、標準偏差は 6.3 % となっていることから、全客席に亘って十分な拡がり感が得られていることがわかる。

2.3 舞台音場の設計

シンプルな舞台機能 前述の建築制限の理由から、天井反射板が無く、可搬型の側方反射板から成るシンプルな舞台構成のため、僅かでも演奏者に反射音が返るように正面反射板に音響庇を 4 層設けている。また、舞台上部から適度に反射音を得るために、舞台内は吸音過多とならないように配慮している。ステージ特性 ST_{early} , ST_{late} の平均値はそれぞれ -13.7 dB、-15.2 dB と、天井反射板を有する同規模のホールと比べて 1~2 dB ほど小さくなっている。

側方反射板の効果 可搬型の反射板を導入する際、施主や設計者からその効果について意見を求められることがしばしばある。そのため、側方反射板の設置・未設置の両条件で音響測定を実施し、室内音場の変化を確認した。Fig. 7 に側方反射板の設置・未設置の条件での残響時間の測定結果を示す。側方反射板が無い状態では 1.4 秒（空席時、平均吸音率 $\bar{\alpha} = 21\%$ 、250 - 2k Hz 平均）となっている。本施設は舞台空間が比較的小さく、吸音も控えめにしていることから、客席内の残響時間に大きな変化がないと思われる。

同様に、初期側方エネルギー率 LF の測定結果を Fig. 8、Strength G の測定結果を Fig. 9、ステージ特性 ST_{early} , ST_{late} の測定結果を Table 2 に示す。初期側方エネルギー率 LF の平均値に有意な変化は認められない。側方反射板の未設置条件では LF がやや過大な 1 階席中央部において、側方反射板の設置により値が低下している。側方反射板によって舞台方向からの反射音エネルギーが増加し、受音点での無指向性・双指向性のエネルギー成分の均整が取れるようになったと推定される。しかしながら、側方反射板が未設置の状態でも十分な拡がり感が確保されており、前述の側方反射音制御の設計意図が機能していると思われる。Strength G およびステージ特性 ST_{early} , ST_{late} は、側方反射板の設置によって約 1 dB 上昇しており、客席内での音量感の確保と舞台上での演奏のしやすさについては側方反射板の重要性が窺える。

Table 2 Measurement result of the stage support with and without stage shells

Condition	w/ stage shells	w/o stage shells
ST_{early} (dB)	-13.7	-14.8
ST_{late} (dB)	-15.2	-16.0

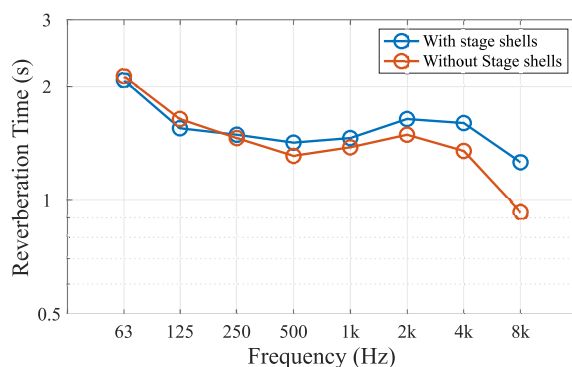


Fig. 7 Characteristics of the reverberation time (RT) with and without stage shells

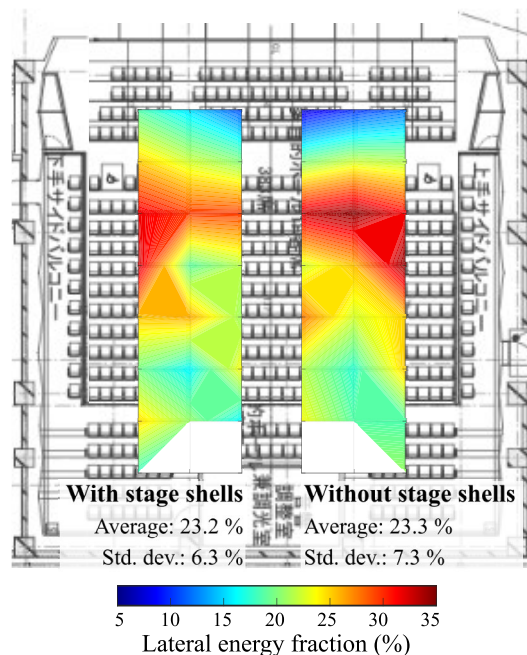


Fig. 8 Distribution of lateral energy fraction with and without stage shells

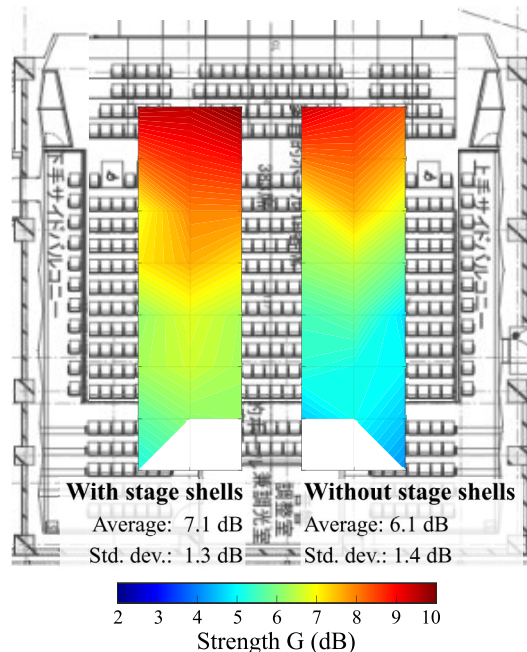


Fig. 9 Distribution of strength G with and without stage shells

2.4 劇場形式・平土間形式：明瞭な室内音響

講演会・ポップスコンサート等の劇場形式 (Fig. 10) や、ワークショップ・展示会等の平土間形式 (Fig. 11) において響きが抑えられた明瞭な音場とするため、舞台袖空間を吸音し、ギャラリー階の壁面に吸音カーテンを設置している。 Horizont幕以外の舞台幕は引き割りとして、手動で舞台袖に収納でき、容易に舞台転換が可能である。残響時間の測定結果 (Fig. 4) は、幕設備形式の空席時で1.2秒 (平均吸音率 $\bar{\alpha} = 26\%$ 、250 - 2kHz 平均)、平土間形式の空室時で1.5秒 (平均吸音率 $\bar{\alpha} = 21\%$ 、250 - 2kHz 平均) となっており、響きが抑えられている。平土間形式時において、拡散効果を狙ったリブ状のロールバック椅子両端の仕切り壁はロールバック椅子収納部の目隠しとして設置するが、1階および2階の側壁は緩やかな凹凸形状で構成しているため、フラッターエコー等の音響障害は検知されていない。また、幕設備形式の客席内における音響設備使用時のSTIの平均値は0.65 (評価: Good) となっており、高い明瞭性が得られている。

3 遮音・騒音設計

Fig.12 に本施設の主要室の室間遮音性能とNC値を示す。多目的室1はダンス・ヨガの練習や会議、多目的室2は楽器演奏の練習室や稽古場として使われる。多目的室1は多目的ホールから離隔距離を確保し、多目的室2は浮構造とすることで、多目的ホールとの室間遮音性能を確保している。その結果、多目的室1,2と多目的ホール間は $Dr - 75$ となっており、基本的には同時使用が問題ない遮音性能を確保している。また、空調設備稼働時における多目的ホールのNC値はNC-20~25となっており、あらゆる催事において十分な静謐性が確保されている。

4 おわりに

本稿では、市民利用のしやすさを考慮したシンプルな舞台構成と、さまざまな用途における最適な音響条件を両立した多目的ホールの音響設計事例を紹介した。音響測定時の一環で、反射板形式においてピアノ演奏を試聴した際には、十分な響きと豊かな広がりを感じ、演奏者や参加者からも好評であった。本施設は2021年10月2日にオープンし、市民の憩いの場や観光の拠点として活用され始めている。今後は文化の発展や市民の交流を促進する場となることを期待したい。最後に、本プロジェクトの設計、施工に携われた関係者各位に謝意を表します。

参考文献

- [1] 羽生他, 音講論 (春), 1123-1126, 2008.
- [2] 中原他, 音講論 (春), 933-936, 2016.

- [3] Hidaka *et al.*, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol.122, No.1, p.326-332, 2007.



Fig. 10 Interior condition of the theater mode



Fig. 11 Interior condition of the parquet mode

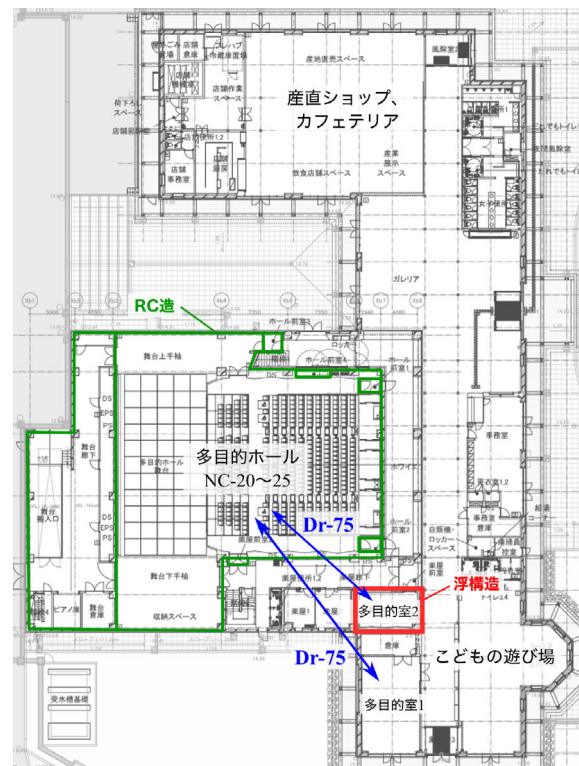


Fig. 12 Measurement result of noise criteria and sound insulation performance between rooms