

あきた芸術劇場「ミルハス」の音響設計 —2000席規模の多機能ホールにおける音響性能バランスの最適化—*

○中川貴美子, 宮崎秀生 (ヤマハ), 岸永伸二

1 はじめに

あきた芸術劇場ミルハスが新たな秋田の文化芸術の創造拠点として、2022年6月、秋田県民会館跡地に開館した。本施設は高い音響性能と舞台機能を併せ持つ大ホール（2007席）と臨場感を重視した中ホール（800席）をはじめ、2つの小ホール、練習室等を備えた複合施設である。2つの主ホールのまわりに豊かなパブリックスペース「秋田小路」や「パークホワイエ」が広がり、来館者へ多様な居場所を提供している。秋田杉がふんだんに使用されているほか、樺細工や川連漆器、大館曲げわっぱなどの伝統工芸品が随所にちりばめられており、秋田の魅力を十分に感じられる施設となっている。

施設外観を Photo 1 に、施設概要を Table 1 に示す。本報では 2000 席規模の多機能ホールである大ホールの音響設計を中心に報告する。

2 大ホールの音響設計

2.1 設計コンセプト

大ホールは多機能ホールとして、クラシック音楽からポップス系音楽、歌舞伎等の舞台芸術まで、様々な演目への対応が求められた。周辺ホールとの関係もあり、その中でも特に響きが重要となる生音系の音楽用途に適した 2000 席規模での音空間としての実現要求が大きかった。そこで、大規模空間でありながらどの席でも豊かな音を聴くことができる音場を実現するため、直接音、初期反射音、後期残響音の最適なバランスに重点をおいて、室形状、内装仕様に関して詳細検討を行った。

Fig.1 に平断面図及び諸元を示す。

2.2 大規模ホールの音響上の課題

豊かな響きを実現するためには、残響感と音量感・明瞭性のバランスが重要である。大規模のホールの場合、残響感確保のために気積を大きくすると残響過多で明瞭性が低下す

Photo 1 Exterior



Table 1 Facility outline

名称	: あきた芸術劇場ミルハス
所在地	: 秋田県秋田市千秋明徳町 2-52
建築主	: 秋田県
設計・監理	: 佐藤総合計画・小畑設計 JV
音響設計	: ヤマハ (株) 空間音響グループ
施工 (建築)	: 竹中工務店・大森建設・シブヤ建設工業・加藤建設 JV
構造	: SRC 造 (一部 S 造)
階数	: 地上 6 階、地下 1 階
工期	: 2019 年 4 月～2022 年 5 月

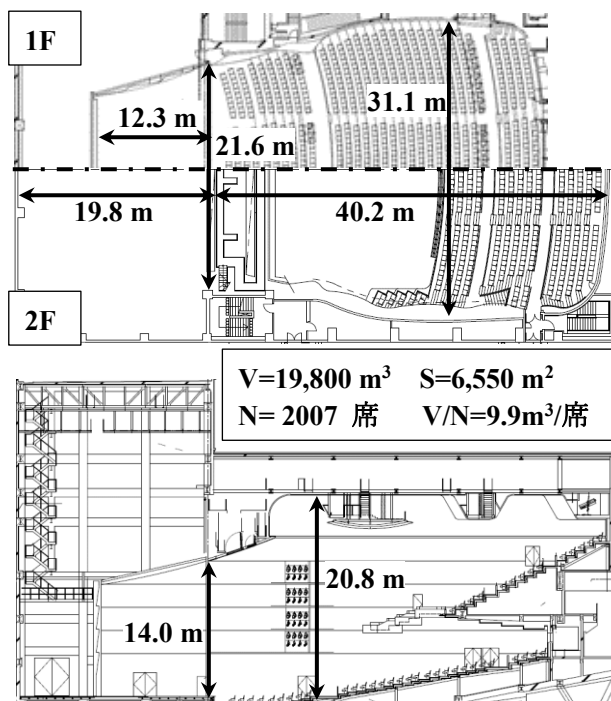


Fig. 1 Plan and Section of the Main Hall

* Acoustical Design of the Akita Arts theatre “Mille Has” -Optimization of the acoustic performance balance in the 2000-seat multipurpose hall-, by NAKAGAWA, Kimiko and MIYAZAKI, Hideo (YAMAHA Corp.) KISHINAGA, Shinji.

る恐れがあり、明瞭性を確保するために吸音を増やすと音量感の不足が懸念された。

また、舞台の鑑賞のし易さや運営面から、2000席を2層に収めるという建築条件があった。これにより、2階席後方と舞台との距離が遠くなり、また、バルコニー下の奥行きが深くなることから、席によっては初期反射音が不足し、音量感・空間感が低下する問題があった。加えて室幅も広くなることから、客席中央部は側方からの初期反射音が乏しく、音量感・拡がり感が不足する問題もあった。

上記の課題を解決するため、実施した音響検討とその結果を、以下に述べる。

2.3 残響感の最適化

生音系の音楽用途に適した豊かな響きを実現するために、9.9 m³/席とコンサートホールで目安となる10 m³/席同等の気積を確保した。その上で、細かな音まで聴き取れる明瞭性を考慮し、平均吸音率の目標値(250~2kHz 平均、以下同様)を空席時に0.20前後、満席時に0.22前後に設定した。また、演目に合わせた残響調整要素として、客席天井の浮き反射板上部に吸音カーテンを設置した。

残響時間(RT)及び平均吸音率(α)の実測結果を Fig.2 に示す。反射板形式において空席時は RT=2.3 秒、 α =0.19、満席推定値は RT=2.1 秒、 α =0.21 と、目標に沿った値が得られている。周波数特性も中音域がフラットで低音域が長く高音域が短い特性となっており、バランスのよい音場となっている。なお、吸音カーテンの効果としては吸音率に大きな変化は見られないが、天井付近の上部空間の後期残響音が低減され、残響感が変化することを聴感的に確認している。

幕設備形式においては、空席時に RT=1.8 秒、 α =0.23、満席推定値は RT=1.6 秒、 α =0.25 と、響きが抑えられ、十分な可変幅(残響時間で0.5 秒、平均吸音率で0.04)が確保されている。

2.4 天井からの初期反射音の最適化

音量感・明瞭性の課題を解決するため、天井からの効果的な初期反射音供給を検討した。特に客席天井に大型の浮反射板を設けることで、気積を保った状態で客席全体に初期反射音を供給することを計画した。浮反射板有無で比較した断面方向の音線図を、Fig.3 に示す。

客席前方の天井は舞台音響反射板との連続

性を重視し適切な角度とすることで、初期反射音が1階席中央部からバルコニー下奥まで到来することが確認できる。一方、浮反射板により客席中央部から2階席後方まで初期反射音が到来することが確認できる。

Fig.4 に1階席中央(舞台先端から21m)で測定した音響インテンシティの結果を示す。客席前方の天井や浮反射板から多くの初期反射音が到来していることが確認できる。

2.5 音量感・拡がり感の最適化

ホールの室形状を検討するにあたり、音空間を総合的に評価するため、3次元CADシミュレーション

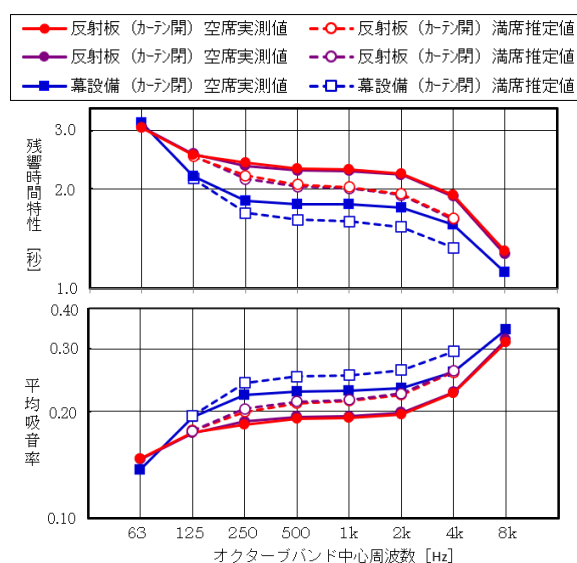


Fig. 2 Reverberation time & Absorption coefficient (the Main Hall)

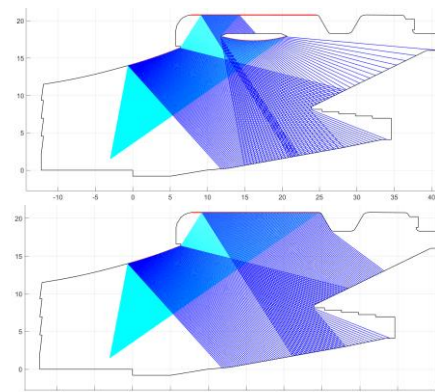


Fig. 3 Sound ray tracing (w/o reflector)

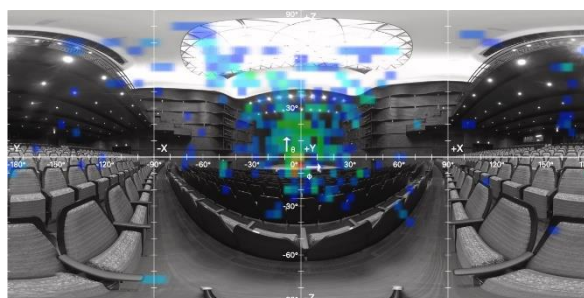


Fig.4 Sound intensity distribution (0-184ms)

ミュレーション (CATT Acoustic) を行い、音量感の指標である G 値と拡がり感の指標である LE 値を算出した。初期形状では、G 値は 1 階席後方・2 階席ともに中央ブロックの値が小さく、LE 値は 1 階席中央部の値が小さい結果であった。この課題を解決するため、客席中央部に初期反射音を返すための様々な室形状の検討を行った。検討した主な室形状と LE 値のシミュレーション結果 (図中の値は 1 階席主要部の 1kHz 平均値) を Fig.5 に、各形状の G 値・LE 値の初期形状からの改善効果を Table 2 に示す。実施設計最終形状では初期形状と比較して、1 階席主要部の LE 値が改善していることが分かる。

反射板形式の G 値と LE 値の実測結果 (500-2kHz 平均) を Fig.7 に示す。G 値の平均値は 4.1dB、標準偏差は 1.8dB と、どの席でも十分

な音量感が得られている。また、LE 値の 1 階席主要部の平均値は 13.2% (1kHz は 13.5%) とコンサートホールと比較すると小さい値ではあるが、後述の通り聴感的には十分な包まれ感が得られていることを確認している。

以上、各部位の音響的な設計コンセプトをまとめて Fig.6 に示す。

2.6 楽器演奏による確認

音響測定の一環として、弦楽四重奏による試奏会を行った。客席では豊かな響きや包まれ感が感じられるとともに細かい演奏音まで聴き取れる明瞭性もあり、コンサートホール同等の聴感印象が得られた。また、2 階席後方やバルコニー下でも十分な音量が得られることを確認した。演奏者からは「よく響く」「演奏がしやすい」とのコメントが得られた。

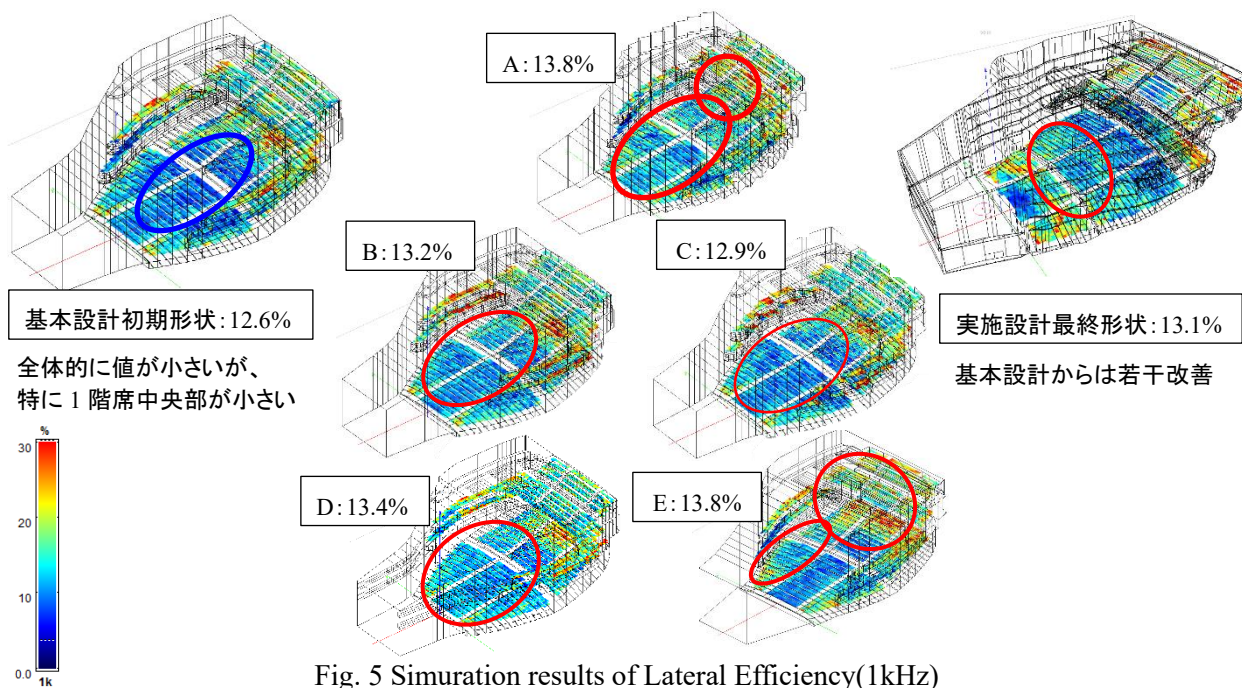


Fig. 5 Simulation results of Lateral Efficiency(1kHz)

Table 2 List of Simulation results

室形状 (初期形状からの変更点)	改善効果		詳細
	G 値	LE 値	
基本設計初期形状			G 値: 1 階席後方・2 階席ともに中央部が小さい LE 値: 全体的に小さいが、特に 1 階席中央部分が小さい
A. 側壁を起こす方向に凹凸追加	+0.3dB	+1.2%	G 値: 1 階席 (特に中央部) の値が上がる 2 階席の値は下がる LE 値: 1 階席中央と 2 階席中央の値が上がる
B. サイドバルコニー水平	+0.3dB	+0.6%	G 値: 1 階席の左右と後方中央の値が上がる LE 値: 1 階席中央の値が上がる
C. サイドバルコニー階段状	+0.1dB	+0.3%	②サイドバルコニー水平と似た傾向が見られるが、効果は限定的
D. B に前方音響底追加	+0.3dB	+0.8%	G 値: ②より 1 階前方の値が若干上がる LE 値: ②より 1 階前方中央の値が上がる
E. 舞台反射板と側壁を直線状	+0.1dB	+1.2%	G 値: 1 階席後方を除き全体的に値が若干上がる LE 値: 1 階席前方中央を除き全体的に値が上がる
実施設計最終形状	+0.2dB	+0.5%	G 値、LE 値ともに若干改善された

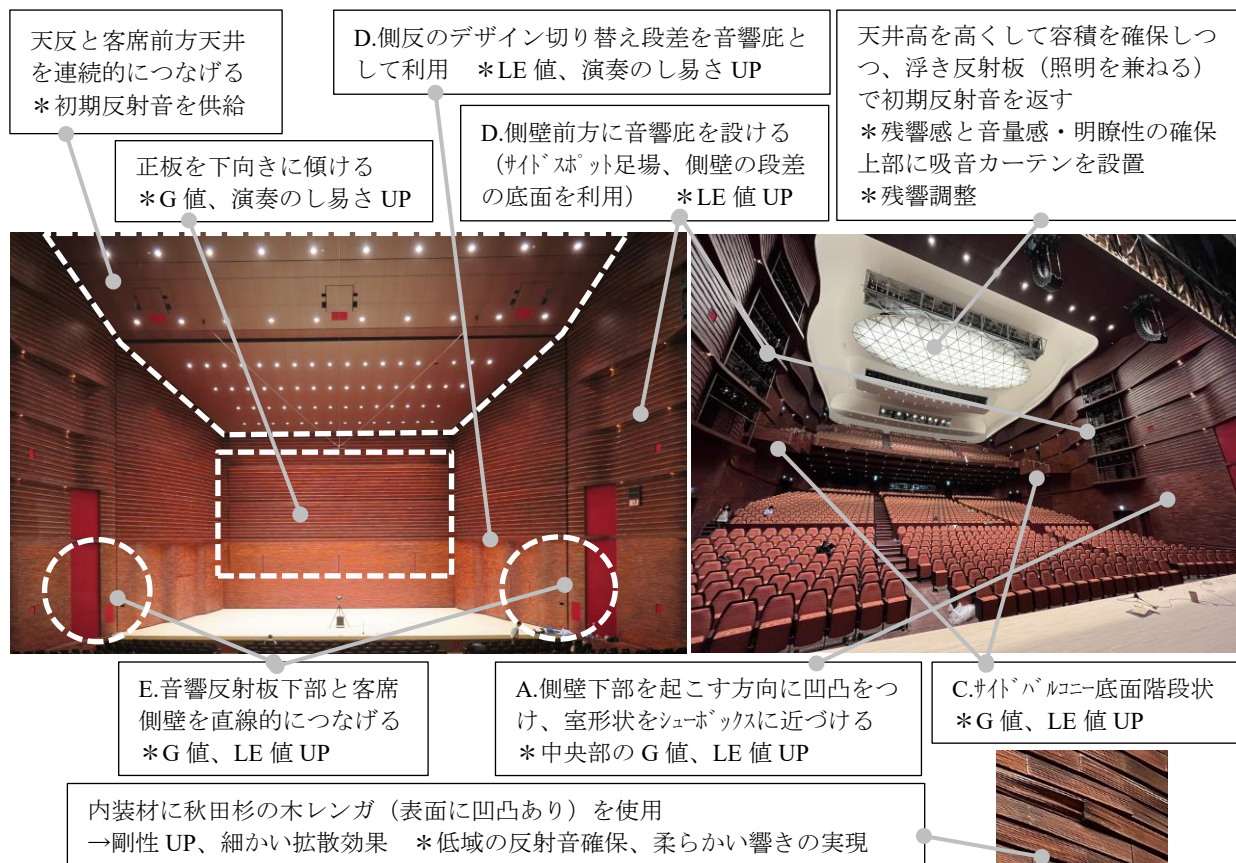


Fig. 6 Acoustic concept of the Main Hall

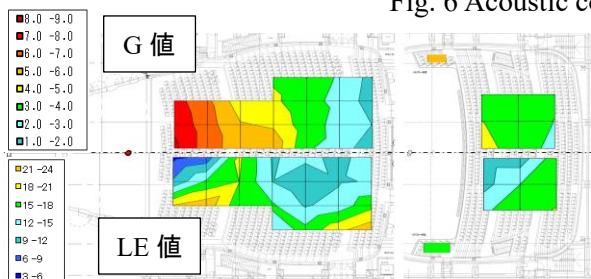


Fig. 7 Distribution of strength G, Lateral Efficiency (the Main Hall, 500-2kHz Avg.)

3 中ホールの音響設計

3.1 設計コンセプト

中ホールは幕設備のみの舞台芸術型ホールであり、舞台上の生音やセリフが隅々まではっきり聞こえることが求められた。そのため、音量感・定位感・明瞭性のある音場を目指して音響設計を行った。各部位の音響的な設計コンセプトを Fig.8 に示す。

3.2 音響測定結果

空席時は $RT=1.2$ 秒、 $\alpha=0.26$ 、満席推定値は $RT=1.1$ 秒、 $\alpha=0.27$ と響きが抑えられた空間となっている。G 値（500-2kHz 平均）の平均値は 2.9dB、標準偏差は 1.9dB と、どの席でも十分な音量感が得られている。また、D 値（500-2kHz 平均）の平均値は 64% と十分な値が得られており、明瞭な音場と言える。



Fig. 8 Acoustic concept of the Theatre

4 おわりに

6月5日に開館記念式典が開かれ、大ホールにて吹奏楽と合唱による記念演奏が行われた。指揮者の佐々木新平氏からは「よく響き、全国の有名ホールと比較しても遜色ない」と好評価をいただいた。秋田県内外の人たちに大いに利用していただき、未長く愛されるホールになることを期待したい。

最後に本プロジェクトの発注者および設計、施工に携われた関係各位に謝意を表します。