

[様式第4号の1]

令和6年3月28日

令和5年度 学生自主研究成果報告書

教 育 本 部 長 様

学生自主研究グループ名	Music Hall Reverberation II	
研究課題名	音楽と音楽空間における残響の関係を探る	
研究代表者（学生）	学籍番号	B24C041
	氏 名	綿井 遥
指導教員	学 科	建築環境システム学科
	氏 名	松本 真一

学生自主研究の報告書を別紙のとおり提出します。

音楽と音楽空間における残響の関係を探る

システム科学技術学部 建築環境システム学科

2年 綿井 遥

1年 石田 瑞季

1年 小野寺美咲

指導教員 システム科学技術学部 建築環境システム学科

教授 松本 真一

助教 大塚 亜希子

1. 研究目的

建築と音の関係は密接である。特に音楽は建物内で音を響かせ録音や演奏会を行う。音楽の建築的、音響的背景を理解することにより、建築空間の音響的な効果や特性を把握することができる。音楽空間の歴史を学び、音楽と演奏空間に関する知識、「残響設計」の初歩的手順を身につける。更に音楽家から評価される好事例の音楽ホールを見学する。以上を踏まえ、音楽と演奏空間における残響の関係について把握する。

2. 調査概要

① 音楽と演奏空間に関する基礎知識の習得

既往の文献を調査することにより、音楽と演奏空間についての知識を習得するとともに、残響設計に関する基本事項について理解を深める。

② 音楽ホールの事例調査

各自で著名な国内音楽ホールの概要と音響的な評価をし、ディスカッションを行う。

③ 好事例なホールの調査

②から選んだ音楽ホールに見学に行き、残響設計の手法について調査を行った。

3. 調査結果

3.1 文献調査より

文献「音楽のための建築」を参考に音楽空間の歴史と音と演奏空間に関する知識を深めた。以下に今回の研究において特に重要と判断した文献内容をまとめる。

3.1.1 世界的な変容

18世紀当時は作曲家が特別の場所を目的として曲を書くほど、ホールは音楽のために建てられ音楽は建物のために作られた。特に18世紀は明確な音楽的欲求に即したオペラハウスが主流であった。

18世紀のオーケストラは比較的小規模であり楽器の音も小さいものがあつた為、大きなオペラハウスで演奏するうえでその音響バランスが問題であった。この最も単純で有効な解決策は、オーケストラを聴衆に全部見えるようにし、反射音でなく直接音を届くようにすることである。バランスは奏者やカーテンなどで別に調節できる。^A

19世紀に著名な長方形のホールは音響的に重要な特性を持つ。

① 比較的小さな座席面積である点

3000人以下の収容力であり、小さくて窮屈な座席はどの座席からもオーケストラからそれほど遠くない為、音響的に有利である。天井が高く座席面積に比べて収容積が大きいことは残響時間を満席時で2秒程度の強い残響にし、音のエネルギーを増大させている。

長方形ホールは幅が狭く聴衆にそれぞれ直接音のすぐ後に力強い反射音を聴かせることになる為、音楽に優れた明確性を与え、音楽が空間に満ちているような感じをもたらす。

② 平らな床

空間を宴会場や舞踏場として使用するため。この場合、音の吸収が大きく、部屋の後方に向かって音

圧が著しく減衰する為、舞台が高く階段状になっていると音響的に有利である。即ち、座席に勾配があれば音響はよりよくなる。

3.1.2 イギリスにおいて

➤ Hanover Square Rooms

1774年に建設されたコンサートホールをもつ建物。名声が最も高いロンドンのコンサートホールのひとつ。ホールは縦24.1m 横幅9.8m 高さ不明(高さおよそ6.7ないし8.5mと推定)の大きさ。180m²の場所に定員800席で相当な込み具合であり、ハイドンの慈善コンサートに1500人入場した際は、満員状態での音の吸収は相当なもので、中音域の残響時間は1秒足らずであり、特に低音のレスポンスが低かった。結果、オーケストラの響きは明瞭で透明だが、音響効果は相当ドライだった。ホールが小さい分、大きな音に聴こえる特徴があり、間口が狭いため、オーケストラがフォルティッシモで演奏すると、どの席も側壁から強い反射音を受ける。



図1 ハノーヴァー・スクエア・ルーム

3.2 事例調査より

以下に各自の事例調査の結果をまとめる。

表2 国内著名なホールの概要

室名	所在地	規模	座席数	残響時間	特徴
中新田バッハホール	宮城県加美町	容積:6,630m ³ 舞台:間口 14.80m, 奥行 9.00m 高さ:9.55m	684席	1.2秒~2.1秒 (500Hz)	・残響可変装置あり ・主要備品:パイプオルガン, チェンバロ, ピアノ
やまぎん県民ホール(山形県総合文化芸術館)	山形県山形市	間口 20m, 奥行 20m, 舞台全幅57m	2,001席 1階 1,286席 / 2階 329席 / 3階席 386席	1.9秒(反響板設置時) 1.6秒(反響板非設置時)	・プロセニウム形式と音響反射形式の両方に対応 ・オーケストラピットの設営可 ・吊上式音響反射板
サントリーホール(大ホール)	東京都港区	室容積:21,000m ³ 舞台:250m ² , 間口 21m, 奥行 12m(39分割迫り)	2,006席(1階 858席 / 2階 1,148席)	2.1秒(満席時 / 500Hz) 2.6秒(空席時 / 500Hz)	・1986年創立(2007年リニューアル) ・日本初のヴァンヤード形式 ・世界最大級のパイプオルガン ・音響反射板(高さ調節可)
すみだトリフォニーホール(大ホール)	東京都墨田区	舞台:大きさ:間口約20m×奥行約13.5m 高さ:約14m(舞台中央部)	1,801席(1階1,040席・2階233席・3階528席)	2.0秒(満席時 / 500Hz) 2.1秒(空席時 / 500Hz)	・1997年創立 ・シューボックス型 ・舞台と客席一体のオープンステージ→優れた音作り ・管楽演奏が主目的 ・パイプオルガンあり ・オーケストラピットあり

3.3 ホール見学調査より

今回、宮城県加美町にある中新田バッハホールの見学に行き、音楽ホールの空間構成、残響特性について調査した。以下に建物内観、残響設計に影響をもたらすものについての事例とそれに関する考察を述べる。

3.3.1 概要

舞台正面には象徴的なパイプオルガンが設置され、舞台側壁は波打つような表現になっている。(図3) このホールは室内楽やリサイタル、小編成の管弦楽などの演奏を目的とした中ホール程のボリュームをもつ。詳細な残響時間を表3に示す。

表3 中新田バッハホール残響時間(500Hz)

区分	舞台反射板使用時		幕設備使用時
	可変装置反射性	可変装置吸音性	可変装置吸音性
満席時	1.8秒	1.55秒	1.2秒
空席時	2.1秒	1.75秒	1.3秒

この結果は国内外のホールと比較すると以下のグラフに赤で表される範囲である。

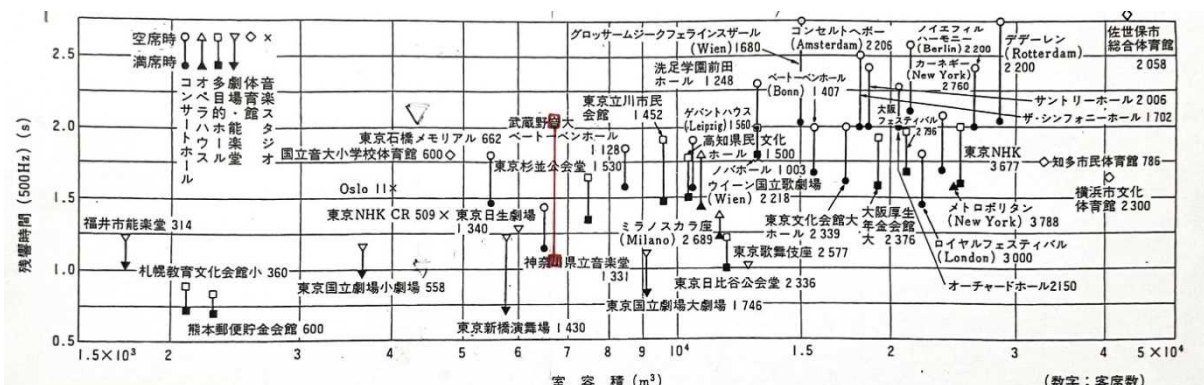


図2 残響時間と室容積

この結果から中新田バハホールは世界的にも幅広い残響時間を可能とするホールであることがわかる。

3.3.2 音楽鑑賞結果

実際にヴァイオリン、チェロ、パイプオルガンの各演奏の鑑賞を行った。どの演奏時も残響可変装置は変化なく同じ残響時間をもたらす空間で鑑賞した。結果、ヴァイオリンはソロでも合奏でもよく響きわたり心地の良い残響であった。チェロは低音故にソロでは会場全体に大きく響きわたるほどではなく、少し残響が短く単調な音に感じられたが、合奏では複数の音が粒立って際立ち心地良いハーモニーが生み出され聞きやすいと感じた。パイプオルガンは3つの楽器の中で最も残響を感じた。会場全体に音が響き渡ることによって側壁や後壁からの反射音も敏感に感じとれ、直接音とともに全方位から降り注ぐことで体全体から音楽を感じられた。特にパイプオルガンの印象が強く残ったことは、このホールがパイプオルガンの演奏を想定して設計されたためだと考えられる。



図3 舞台正面

3.3.3 空間構成

① 音の届け方

- 客席：舞台上の音源である直接音が各客席で確実に聴くことができるように客席床の勾配を各客席から前々列の客席頭上越しに舞台先端の床面が見えるように定める。これは多くのホールで検討される方法である。
- 反射音：舞台上からの直接音を舞台側面音響反射板(壁の作り)や舞台プロセニウム両袖の壁面及び客席側壁面で反射させ、横方向からの初期反射音(直接音に対しわずかに遅れて到着する反射音)として客席に届ける。このように各壁面形状は反射音が直接音を補強するとともに音に広がり、豊かさをもたらすように設計されている。天井の形状は横方向からの初期反射音の到着後に舞台や客席天井からの反射音が各客席へ到達するように設計されている。(図4)



図4 天井

② 残響可変装置

各種集会や演劇、式典会場としても利用される多目的ホールとしての役割をもつこのホールでは、音声を聞き取りやすくするための工夫がなされている。前述した初期反射音の効果を損なうことなく拡散音のエネルギーを減少させることで音の響きを短くすることが考えられている。客席後壁に吸音面と反射面とを変化できる残響可変装置である。このホールでは残響可変装置の機構は2パターン採用されている。

i. 客席後壁上部にある上下スライド式のパネル装置

吸音性の壁面の前を反射性のパネルが上下に移動する方法である。

(図5)このパネルは80枚あり、吸音性の壁の前に降りているときは音がより反射しやすくなるため、響きは長くなり残響時間は長くなる。対してパネルが上昇して壁面内装裏に隠れると背後の吸音壁面が



図5 残響可変壁

表面に現れ、これに音が当たることで音は吸収され残響は短くなる。

ii. カーテンの利用

このホールでは反射性を持つ客席後方壁の両方の隅に上・中・下の3段に分けてカーテンを下げることができる。カーテンには吸音性能がある為、カーテンを広げることにより吸音面となり、カーテンを側壁の内装裏に収納することで反射性の壁面に変化させる。(図6)

この二つの方法による残響時間の変化は低・中音域において0.4~0.5秒短くなる。加えて、前述した舞台上の音響反射板には裏側に黒幕が備わっており(図7)、回転させて舞台表を黒幕にすることで皿に吸音性を高めることができ、さらに0.3~0.4秒短縮可能である。

したがって、舞台に幕類を下げた講演会や演劇、集会などの催物に適した空間になる。



図6 客席後方隅のカーテン

4. 考察・結論

文献から、時代に即した音響効果のあるホールを建てたが流行は移り変わるため、流行に遅れずホール自体の汎用性を高める為に音響可変装置を投入することは理にかなっていると考えられる。また、3.3.1の下線部Aの点は現在の多くの音楽ホールにみられる特徴であり調査した中新田バウホールでも見られたことから長きにわたって利用される音響設計に有効な手法であると考えられる。

残響可変システムにより、演奏会では演奏する楽曲の幅を狭めることなく様々な楽曲に適した残響を、舞台に幕類を下げた講演会や演劇、集会などの催物に適した残響を作ることができる、この点は汎用性のある多目的ホールを設計するうえで重要であると考えられる。

各ホールの大きさ、形状、材質などによる音響特性に合わせて、そこで演奏される重奏曲を書き下ろす、オーケストラの楽器の数や音のバランスを加減するといった調整を行うことでホールと演奏曲の残響の調和を図っていることを把握した。

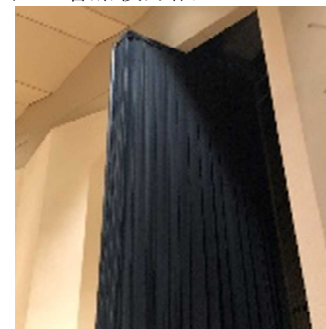


図7 舞台側壁裏面

5. 終わりに

時代によって流行した音楽や作曲家が異なり、それに伴いホールの形も変化していったことを理解した。18世紀の欧米から現代の日本まで、時代や場所が異なっても音楽ホールや演奏曲を調整することで、しかるべき残響を生み出していたことから、音楽における残響の重要さが窺える。多種多様な楽器、歌、声に合わせてホールが残響を調節し調和を図っていることを理解した。

参考文献

- [1] マイケル・フォーサイス 著 長友 宗重・別宮 貞徳 共訳：音楽のための建築 17世紀から現代にいたる建築家と音楽家と聴衆、鹿島出版社(東京)、1990年、pp.17-95,pp.154-181.
- [2] 加美町：バウホールのココが特色！！～ホールのご紹介～、<https://www.town.kami.miyagi.jp/soshikikarasagasu/nakaniidabachhall/414.html> , (2024.3.15 最終アクセス).
- [3] やまぎん県民ホール：大ホール、<https://yamagata-bunka.jp/facility/hall.html> , (2024.3.15 最終アクセス).
- [4] SUNTORY HALL：大ホール、<https://www.suntory.co.jp/suntoryhall/facility/hall.html> , (2024.3.15 最終アクセス)
- [5] すみだトリフォニーホール：大ホール、https://www.triphony.com/hallguide/hall_b.php , (2024.3.15 最終アクセス)
- [6] 株式会社永田音響設計：舞台芸術センター、https://www.nagata.co.jp/sakuhin/performing_arts_centers.html , (2024.3.15 最終アクセス)
- [7] 株式会社永田音響設計：コンサートホール、https://www.nagata.co.jp/sakuhin/concert_halls.html , (2024.3.15 最終アクセス)
- [8] ヤマハサウンドシステム株式会社：やまぎん県民ホール 様、<https://www.yamaha-ss.co.jp/halls-in-japan/yamagata-yamagata-bunka.html> , (2024.3.15 最終アクセス)