

D-2

コンサートホールと異なる印象を演奏者に与える反射音応答についての検討

An investigation of reflected sound responses producing performer impressions different from concert halls

○外谷希¹, 橋本修²

*Nozomi Toya¹, Osamu Hashimoto²

As previously reported, high “activity” factors characterize non-music-dedicated spaces. Correlation with existing acoustic metrics indicates that early and mid-stage reverberation contributes to ease of performance, while increased late-stage reverberation enhances the ‘activity’ factor evaluation. This suggests the “activity” factor represents a subjective metric distinct from ease of performance.

1. はじめに

音楽演奏を主目的とする空間としてコンサートホール(以降, ホール)が挙げられ, これらホールは残響時間をはじめ種々の響きの音響指標をもとに設計がされている。しかし, 収容人数に対する室容積や室形状, 内装の条件は概ね同様な傾向になることから, ホールの持つ響きはある種画一的になっているとも考えられる。一方で, 音楽演奏を行う空間はホールに限らず音楽演奏を主目的としない体育館やショッピングセンターのアトリウムといった空間(以降, 非音楽専用空間)も挙げられ, これら非音楽専用空間は演奏のための音響設計がされていないためホールとは異なる響きを持つと考えられる。大滝ら¹⁾は非音楽専用空間を対象として演奏空間の検討を行い, 印象評価からホールと異なる印象を持ち演奏者に好ましいとされる空間が存在することを示した。したがって, これらホールと異なる印象を与える演奏空間の音響的特徴をホールに還元することにより新たな響きを持つ音楽専用空間が生まれるのではないかと考える。しかし, ホールと異なる印象の空間における音楽演奏の適性については解明されていない。また, A.C.Gade²⁾はステージ上の音響は演奏者が音楽的メッセージを聴衆に伝えることや演奏者自身の満足感等に大きな影響を及ぼすと述べており, 演奏空間の設計において演奏者に焦点を当てた検討が重要であると考えられる。そこで本研究では, ホールとは異なる印象を演奏者に与える反射音の応答情報について考察した。

2. 反射音の差異が印象評価に与える影響

既報¹⁾では矩形形状のみの検討であったこと, また反射率の高い面の配置が偏っていたことによる影響が考えられたことから, 本検討では時間経過による反射音の変化についての条件として同吸音率で形状を変化させた音場と同形状で壁面の吸音率を等しく下げた Table.1 に示す計 21 音場を用いて検討を行った。実験はこれらの音場を, 音響シミュレーションソフト(CATT-Acoustic)を用いて各空

間のインパルス応答を算出し無響音源に畳み込んだものと, 被験者の自奏音を実時間上で畳み込んだものを同時に再生し, 無響室にて演奏者を囲んだ 12 個のスピーカーから再生することにより音場再現実験を行った。楽器の指向性は管楽器演奏者を対象としたため単一指向性とし, 演奏楽曲はアンサンブル性も考慮できかつ響きの変化を感じやすいと考えた 4 人のアンサンブルで構成される「It Don't Mean A Thing」を用いた。被験者位置は後壁から 5m の位置を中心に半径 2m 位置でアンサンブル演奏を行う設定とした。評価項目は, 既報¹⁾の印象評価実験で用いた評価語をもとに再選定を行った形容詞対 18 項目に総合評価として「好ましさ」を含めた計 19 項目を 7 段階(-3~+3)で評価をしてもらった。被験者は管楽器演奏者 13 名である。因子分析の結果を Table.2 に示す。因子数はスクリープロットから固有値が 1.0 を上回った 4 因子とし, 最尤法, 斜交回転による推定を行った。なお, 4 因子までの累積寄与率は 66.3%であった。因子分析の結果, 既報¹⁾と類似した結果が得られ, 新たな Factor3 は評価語を追加したこと, また実験音場に極端な差が無かったことにより増えた因子であると考えられる。評価語の構成から一部因子名の再検討を行い, Factor1 は「活発性」, Factor2 は「優美性」, Factor3 は「安定性」, Factor4 は「明瞭性」と名付けた。はじめに, 因子分析から求められた尺度得点を音場ごとに平均化し

Table1. Conditions of the experimental sound field

音場名	形状	d(m)	w(m)	h(m)	容積(m ³)	平均吸音率	RT(s)	STearly(dB)	STlate(dB)	C80(dB)	RR160(dB)
hall	ホール				7510	22.0	1.54	-27.21	-38.65	11.56	-16.39
N-1	矩形	15	15	7.5	1688	7.8	2.72	-26.13	-29.75	4.29	-10.04
N-2	矩形	15	15	7.5	1688	6.3	4.36	-25.98	-26.31	1.77	-6.49
N-3	天井円	15	15	7.5	1319	7.7	2.54	-21.30	-24.15	-0.76	-8.62
N-4	天井円	15	15	7.5	1319	7.7	2.56	-24.34	-28.56	1.67	-8.45
N-5	天井三角	15	15	7.5	844	7.7	1.93	-26.02	-29.92	4.43	-9.50
N-6	天井三角	15	15	7.5	844	7.7	1.93	-25.63	-28.86	4.84	-9.74
D-1	矩形	15	27.5	7.5	3095	7.7	3.09	-26.34	-30.38	5.43	-9.31
D-2	矩形	15	27.5	7.5	3095	6.3	4.73	-26.02	-28.85	4.35	-9.53
D-3	天井円	15	27.5	7.5	2418	7.7	2.86	-22.05	-25.02	0.54	-6.30
D-5	天井三角	15	27.5	7.5	1547	7.6	2.07	-27.30	-31.64	6.93	-11.22
W-1	矩形	27.5	15	7.5	3095	7.7	3.07	-26.47	-30.98	5.18	-9.23
W-2	矩形	27.5	15	7.5	3095	6.3	4.77	-26.49	-28.22	2.79	-7.51
W-4	天井円	27.5	15	7.5	2418	7.7	2.86	-26.56	-28.59	2.39	-8.98
W-6	天井三角	27.5	15	7.5	1547	7.6	2.06	-26.17	-30.63	6.03	-9.91
H-1	矩形	15	15	20	4501	7.9	3.93	-26.52	-31.56	5.84	-11.06
H-2	矩形	15	15	20	4501	6.1	6.74	-26.45	-27.91	3.08	-9.32
H-3	円柱				3499	7.9	3.86	-26.06	-26.76	0.53	-8.16
H-4	三角柱(平面後壁)				4582	7.9	3.63	-26.96	-32.46	6.77	-11.68
H-5	三角柱(頂点後壁)				4582	7.9	3.62	-26.77	-31.45	8.35	-13.64
H-6	四角錐	15	15	20	1503	7.7	2.55	-26.68	-29.47	4.12	-9.35

※500(Hz)での値

1 : 日大理工・院 (前)・建築 2 : 日大理工・教員・建築

たものと「好ましき」の評価点との関係を、ウォード法によるクラスター分析からクラスターグループごとに色付けした結果を Figure.1 に示す。これらの結果から、hall とその他の音場では離れた印象を持っており、既報^[1]で示された結果と同様に「活発性」因子の評価が高いことがホール以外の音場の特徴であることが分かった。さらに、「活発性」因子と「好ましき」の値に 0.71 という 4 因子の中で一番高い相関が見られた。これらのことから、「活発性」因子の高い音場はホールと異なる印象を演奏者に与えることが可能であり、同時に総合的な「好ましき」の評価向上にも繋がるということが考えられた。しかし、既報^[1]では「活発性」因子が極端に高い音場は「好ましくない」と評価がされており許容範囲があることを念頭に置いて検討を行う必要がある。次に、「活発性」因子と既存の音響指標の関係を見るために 1/3 オクターブの周波数帯域ごとに相関分析を行った結果を Table.3 に示す。この結果から、音響指標として多く用いられる残響時間にはあまり相関が見られず、時間窓で区分した反射音エネルギーの比を示す他の音響

Table2. Results of factor analysis

項目	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	共通性	
活発性	暖かい	.869	-.216	.249	-.019	.735
	柔らかい	.843	-.120	.132	-.149	.703
	のびのびとした	.765	.167	-.290	.115	.733
	にぎやかな	.715	.052	-.098	-.033	.531
	開放的な	.660	-.083	-.147	.166	.379
	迫力がある	.488	.450	-.319	-.075	.631
	居心地の良い	.452	.232	.340	.062	.614
	美しい	.014	.774	.152	-.058	.654
優美性	上品な	-.123	.757	.179	-.097	.519
	洗練された	-.139	.680	.026	.337	.682
	魅力的な	.377	.598	-.022	-.003	.733
	落ち着いた	-.172	.111	.721	-.046	.510
安定性	安定な	.141	-.012	.685	.164	.589
	まとまりのある	-.093	.202	.469	.078	.303
	包まれている	.310	.155	.210	-.557	.462
明瞭性	澄んだ	.044	.313	.099	.556	.604
	はっきりとした	-.089	.073	.337	.522	.475
	軽やかな	.405	-.147	.124	.469	.340

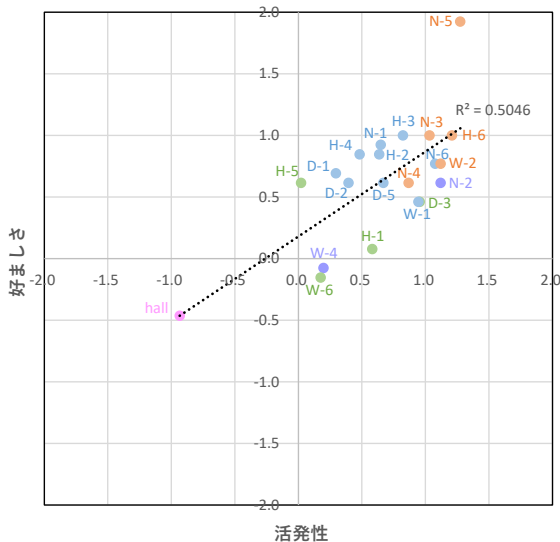


Figure1. Plot of factors and preference

指標と相関が見られたことから、「活発性」因子は残響時間だけでは判断が出来ず、反射音エネルギーの比が印象評価に影響を与えることが示された。また、残響時間以外の音響指標に着目すると STearly よりも STlate や C80 に強い相関が見られたことから、直接音に対して初期反射音よりも後期反射音が多いほど「活発性」因子の評価が高くなることが示された。また、RR160 にも強い相関が見られたことから、初期、中期反射音に対する後期反射音が多い方が「活発性」因子の評価が高くなることが示された。これらのことから、初期、中期までの反射音が演奏のしやすさに寄与していると考えられ、さらに後期反射音が多いことが「活発性」因子の評価向上に繋がると示されたため演奏しやすさとは異なる主観量と推測される。また、周波数帯域ごとに見ていくと 125Hz, 250Hz 帯域ではどの音響指標でも相関が低く、500~4kHz 帯域、特に 1kHz, 2kHz 帯域では強い相関が表れている。これは、低域の音響指標の変動幅が小さかったことによる影響だと考えられ、今回の音場条件下においては 1kHz, 2kHz 帯域の反射音がより演奏者の印象評価に影響を与える傾向が示された。

Table3. Correlation between the factor and acoustic parameters

	RT	STearly	STlate	C80	RR160
125Hz	-0.33	0.41	0.21	-0.37	0.25
250Hz	0.03	-0.19	0.46	-0.59	0.55
500Hz	0.13	0.34	0.72	-0.70	0.78
1kHz	0.19	0.57	0.80	-0.81	0.82
2kHz	0.21	0.65	0.85	-0.83	0.88
4kHz	0.17	0.47	0.83	-0.78	0.83

0.70 ≤ r
0.30 ≤ r < 0.50
-0.30 ≤ r < -0.10
-0.70 ≤ r < -0.50
0.50 ≤ r < 0.70
0.10 ≤ r < 0.30
-0.50 ≤ r < -0.30
r ≤ -0.70

3. まとめ

ホールとは異なる印象を演奏者に与える反射音の応答情報について考察を行った結果、既報^[1]と同様に「活発性」因子が高いことが非音楽専用空間の特徴であることが示され、既存の音響指標との相関から初期、中期までの反射音が演奏のしやすさに寄与し、さらに後期反射音が多いことが「活発性」因子の評価向上に繋がると示されたため演奏しやすさとは異なる主観量と推測される。しかし、本報では既存の音響指標のみの検討であり時間窓の区分によって「活発性」因子との関係が変化することが考えられたため、今後は「活発性」因子の評価向上に繋がる具体的な応答情報の検討と提案、更に建築条件の変化が反射音の到来及び演奏者の印象評価に与える影響について検討を行う予定である。

4. 参考文献

- [1]大滝萌他:「コンサートホール以外の空間における生楽器演奏者による音場の評価と比較考察」, 日本大学理工学部令和6年度卒業論文梗概, 2025
- [2]A.C.Gade “Acoustics for Symphony Orchestras; status after three decades of experimental research” Proc. Int. Symp. Room Acoustics (ISRA 2010), Melbourne, Australia, Aug. 2010