

舞台条件の差異による響きの変化とオーケストラ演奏時の主観量との関係

Relationship between the change in early reflections due to differences in stage and the subjective evaluation during orchestral performance.

○ 旗野真優¹, 橋本修²

*Mayu Hatano¹, Osamu Hashimoto²

In this study, Subjective experiments were conducted in a hall with a stage varied ST1, and the relationship between the subjectivity during orchestral performance due to the change in early reflections was examined. As a result, a correlation was obtained between ST1 and self and others' volume subjectivity, but no relationship with playability was shown. Furthermore, it was shown that the volume balance between self and others affected playability, and these were thought to be influenced by differences in initial reflected sound due to stage changes.

1. はじめに

市村ら^[1]はステージタイプごとに舞台形状を変化させた主観評価実験より、オーケストラ演奏時の演奏性には合奏性と響きの量に関係すると示した。合奏性は自他の演奏音のバランスが影響すると考えられるため、自他の演奏音に着目した検討が必要である。ここで、舞台指標である ST に着目すると、ソロ演奏時では Support (自分の音の返り) が相関し^[2]、オーケストラ演奏時では ST1 と自他の演奏音の評価との関係性が示されている^[3]。しかし、自他の演奏音がどの程度変化するかという評価のみであり、これらのバランスと演奏性についてさらに検討が必要であると考えた。また、既報^[1]では ST_{early} を弁別閾内とした条件下で主観量に差異が見られ、舞台形状の変化による自他の反射音構造が主観量に影響すると示唆していることから、演奏性と舞台形状の関係性について示す必要があると考えた。そこで、舞台条件(ステージタイプ・天井高さ・舞台幅)を変化させ、ST1 が異なる音場でのオーケストラ演奏時の主観量との関係について考察した。

2. 主観評価実験

Table.1 に本実験で使用したホールの諸条件を示す。実験は、既報^[1]と同様の方法で行い、Fig.1 の赤丸で示した演奏者を被験者位置とし、被験者 9 人(弦楽器奏者 5 人、管楽器奏者 4 人)にソロ演奏とオーケストラ演奏の 2 つを想定して実施した。ソロ演奏は被験者位置でのインパルス応答に実際に演奏した音を実時間上で畳み込んだフィードバック音を聴いて、オーケストラ演奏は各音源のインパルス応答にオーケストラ演奏の楽音(無響音源)を畳み込んだ再生音と、自身のフィードバック音を合わせて再生した音を聴いて、Table2 に示す項目について 7 段階(-3~0~+3) で評価をしてもらった。音源は Beethoven 作曲の「交響曲第 7 番第 1 楽章」の 10 小節目から 42 小節目までの部分を

Table1. Architectural Data of Simulated Halls

ホール名	室容積	ステージ			RT1[s] (500Hz)	ST1[dB]	ホール名	室容積	ステージ			RT1[s] (500Hz)	ST1[dB]
		幅	高さ	奥行き					幅	高さ	奥行き		
a	11712	15	16.3	9	1.78	-10.04	h	24543	20.5	18.25	10.4	1.78	-14.71
b	17355	19	14.3	9	1.69	-11.35	i	17873	18	16	13	1.82	-14.71
c	15000	19	16.3	9	1.98	-11.73	j	20000	20	16	13	1.83	-15.51
d	20800	16.5	19.25	10.4	1.96	-12.90	k	32760	26	22	14.4	2.17	-15.59
e	26000	20.5	19.25	10.4	1.96	-13.93	l	34745	22	28	14.4	2.28	-15.90
f	17355	20	18	13	1.98	-14.07	m	27300	22	22	14.4	2.08	-16.14
g	18826	20.5	19.25	6.4	1.73	-14.67							

■ エンド型 ■ サラウンド型

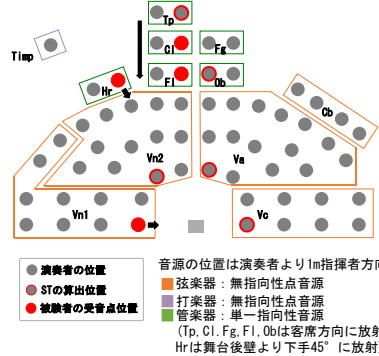


Figure1. Layout of Orchestra

Table2. Subjective Evaluation Items

項目	意味
反響感	—
残響感	—
音量感	自分と周囲の演奏音の音量感
自分の音の聞こえ度合	自分の音がどの程度聞こえるか
周囲の音の聞こえ度合	周囲の音がどの程度聞こえるか
音量バランス	自分と周囲の音量バランス
周囲との合わせやすさ	周囲と合わせやすいかどうか
タテの合わせやすさ	リズムが合わせやすいかどうか
総合評価	演奏がしやすいか、演奏がしづまいか

用いた。再生レベルは無響音源において楽器ごとに再生レベルが統一されている。ST1 は Fig.1 の赤枠の位置で算出した結果の平均値である。なお、評価については既報^[1]より演奏性に響きの量も影響すると示されていたため、響きの印象についてヒアリングも行った。

3. 主観評価結果と考察

ST1 とソロ演奏時における主観量との相関は得られなかったが、オーケストラ演奏時における「音量感」との相関が得られ (Fig.3), Gade と同様に ST1 は自他の演奏音の評価と関係すると示された。これは ST1 が自奏音での直接音に対する初期反射音のエネルギー量の割合を示す指標であるため、ST1 が大きくなるほど舞台上の反射音が増え、周囲の音も大きくなるからだと考えられた。なお、各楽器に着目すると弦楽器では「音量感」が得られたが、管楽器では得られなかった。管楽器は弦楽器と比べて自奏音が大きく、マスキングされにくいことから、ST1 の差異による周囲の音の聞こえ度合が変化しても、自奏音は聞こえると考えられ、

1 : 日大理工・院 (前)・建築 2 : 日大理工・教員・建築

「音量感」への影響が小さいと考える。

そこで、「音量感」を目的変数、その他の評価項目のうち増減法より整理された項目を説明変数として重回帰分析を行った結果を示す (Table.3 左上). 結果より、「周囲の音の聴こえ度合」が影響していると示されたため、目的変数としてさらに重回帰分析を行った (Table.3 右上). その結果、音量感と併せて響き (反響感・残響感) が影響していると示された. ヒアリングより、「反響」は音の立ち上がり速度や音圧の強さ、反射音の返り方等の意見が得られ、「残響」は音を止めた時の残り方の意見が得られたため、ST1 が異なるとこれらの響き方が変化し、周囲の演奏音の聴こえが変化すると考えられた. なお、「反響感」は「音量感」に影響するとも示されたため、Fig.4に反響感と自他の演奏音の聴こえとの関係を示す. 反響が多いと自分の音の聴取に差がみられるが、周囲の音が大きく感じることから、反響が多い・少ないと評価されたホールを抜粋し、舞台中央位置 (Ob) における自奏音を除いた周囲の反射音エネルギーの様子を Fig.5 に示す. 自奏音の PWL を 100dB, 自奏音の直接音到達時点を 0ms とし算出した. Fig.5 より初期に到達する反射音エネルギー量が小さい場合に反響が少なく感じると示されたため、「反響」に関わる反射音構造と自他の演奏音の聴取の関係について検討が必要であると考えられる.

さらに、舞台条件の差異による演奏性に関する項目を抽出するため、総合評価を目的変数とした重回帰分析を行うと (Table.3 左下), 「音量バランス」が得られ、目的変数としてさらに重回帰分析を行った結果 (Table.3 右下), 「周囲との合わせやすさ」「自分の音の聴こえ度合」が得られた. そこで、舞台形状 (H/W) と音量バランス、自他の演奏音の聴こえの関係について Fig.6 に示す. ステージタイプによらず、自他の演奏音の聴こえの差が小さく、周囲の音が大きいと音量バランスが担保されると示された. また、エンド型では舞台幅が広すぎると音がぼやけてしまい、天井が高いと管楽器の音が大きくなるという意見が散見され、天井高さに対して側壁との距離によって自他の演奏音が変化すると考えられた. 一方、サラウンド型では天井が高すぎる場合に管楽器の響きが小さいという意見が散見され、舞台形状によって舞台中央位置での楽器の反射音に変化しやすく、楽器種ごとの響きが異なることで音量バランスに影響すると考えられた. これらの響きによる音量バランスへの影響は、0~100ms 間の音の立ち上がり速度や自他のインパルス応答の振幅密度の差異が影響すると考えられる.

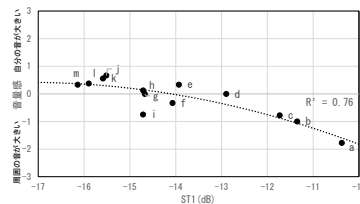


Figure3. Correlation with ST1

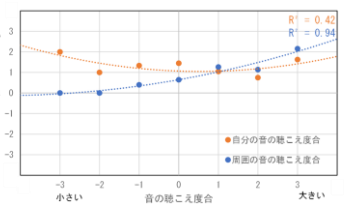


Figure4. Relationship with Early Reflections

Table3. Multiple regression analysis

目的変数: 音量感				全楽器				目的変数: 周囲の音の聴こえ度合				全楽器			
		係数	t	P-値			係数	t	P-値			係数	t	P-値	
説明変数	切片	0.630	3.260	0.001	説明変数	切片	0.643	4.466	1.997E-05	説明変数	切片	-0.009	-0.075	0.940	
	反響感	-0.254	-2.445	0.016		反響感	-0.388	-4.491	1.812E-05		音量感	-0.062	-1.084	0.281	
	自分の音の聴こえ度合	0.133	1.265	0.209		残響感	0.386	4.931	3.039E-06		自分の音の聴こえ度合	0.385	4.697	7.736E-06	
	周囲の音の聴こえ度合	-0.560	-6.272	7.701E-09		音量感	-0.393	-6.009	2.679E-08		周囲の音の聴こえ度合	0.091	1.046	0.298	
	音量バランス	-0.308	-2.850	0.005		自分の音の聴こえ度合	-0.245	-3.051	0.003		周囲との合わせやすさ	0.491	6.479	2.753E-09	
	タテの合わせやすさ	0.175	2.236	0.027		周囲との合わせやすさ	-0.149	-2.074	0.040		総合評価	0.313	3.835	2.132E-04	
総合評価	0.421	3.698	3.450E-04												
自由度調整済み決定係数				0.359				自由度調整済み決定係数				0.506			
F検定				6.339E-10				F検定				2.934E-15			
目的変数: 総合評価				全楽器				目的変数: 音量バランス				全楽器			
		係数	t	P-値			係数	t	P-値			係数	t	P-値	
説明変数	切片	-0.195	-1.288	0.200	説明変数	切片	-0.009	-0.075	0.940	説明変数	切片	-0.009	-0.075	0.940	
	反響感	0.296	3.843	2.054E-04		音量感	-0.062	-1.084	0.281		自分の音の聴こえ度合	0.385	4.697	7.736E-06	
	音量感	0.216	2.960	0.004		周囲の音の聴こえ度合	0.091	1.046	0.298		周囲との合わせやすさ	0.491	6.479	2.753E-09	
	音量バランス	0.348	5.060	1.733E-06		自分の音の聴こえ度合	0.385	4.697	7.736E-06						
	周囲の音の聴こえ度合	0.334	4.040	1.005E-04		周囲との合わせやすさ	-0.149	-2.074	0.040						
	タテの合わせやすさ	0.171	2.975	0.004		総合評価	0.313	3.835	2.132E-04						
自由度調整済み決定係数				0.467				自由度調整済み決定係数				0.535			
F検定				1.651E-14				F検定				3.097E-18			

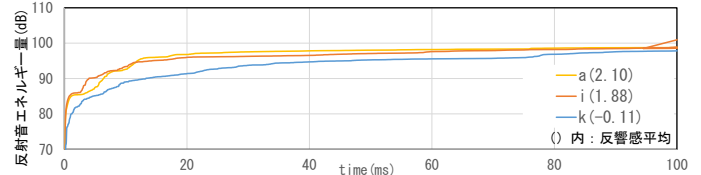


Figure5. Early Reflections energy

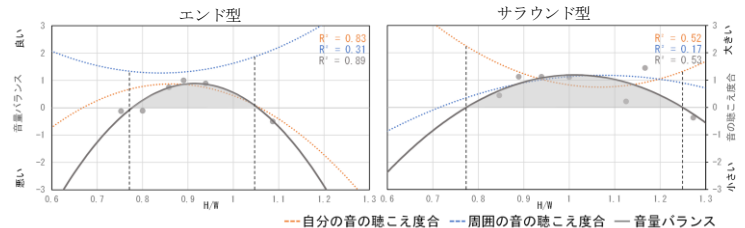


Figure6. Relationship between H/W and subjective quantities

4. まとめ

主観評価実験より ST1 は自他の演奏音の聴こえに関係すると示されたが、オーケストラ演奏時の演奏性を担保するには不十分であると考えられた. そして、演奏性は響きの差異による自他の演奏音のバランスが関係すると示され、初期時間における反射音の時間構造とエネルギー量密度が影響すると考えられたため、これらを併せた物理的検討を行う必要がある.

参考文献

- [1] 市村みのり 他, “ステージタイプの違いによるオーケストラ演奏時の演奏性と音響要因との関係性” 日本大学理工学部令和4年度卒業論文梗概, 2022
- [2] A.C.Gade, “Investigations of musicians' room acoustic conditions in concert halls, Part 1: Methods and laboratory experiments” *Acustica*,(1989)
- [3] A.C.Gade, “Investigations of musicians' room acoustic conditions in concert halls, Part2:Field Experimentsand synthesis of results.”, *Acustica*,69,249(1998)