

ピアノの音源指向性がホール内音楽聴取印象に及ぼす影響の解明

Elucidation of the influence of directivity of the piano on music listening impression in a hall

学籍番号 47-136737
氏名 上田 脩太郎 (Ueda, Shutaro)
指導教員 佐久間 哲哉 准教授

1. はじめに

1.1 研究背景

ピアノの音源指向性は、Meyer や Giron の研究により、中高音域で指向性が強いことが明らかにされている^{[1][2]}。本研究ではピアノの音源指向性がホール内における音楽聴取印象に及ぼす影響を解明する事を目的とし、ピアノを音源としたホールでの音響測定と 6ch 再生システムを用いた聴感実験により明らかにする。本研究により得られた知見は、音源指向性を考慮したホール音響評価の一助となり得るだけでなく、実際のホール設計においても貢献するものと考えている。

2. 音響測定

2.1 測定概要

図1に示す平土間ホール(14 m × 22 m × 12 m (H))に自動演奏ピアノ(Yamaha CFIII)を設置し、音圧分布測定、及び 6ch 收音システム^[3]を用いて表2の2曲の演奏録音を行った。ピアノは、鍵盤中央のハンマー打弦位置を音源点として、エンドステージ型とセンターステージ型を想定した2カ所に配置し、方向(正対または時計回り30度回転)および屋根の有無(有りは開状態)を変化させた。音圧分布測定における受音点は3 m 間隔の格子点上の高さ 1.5, 4.0 m に計 48 点を

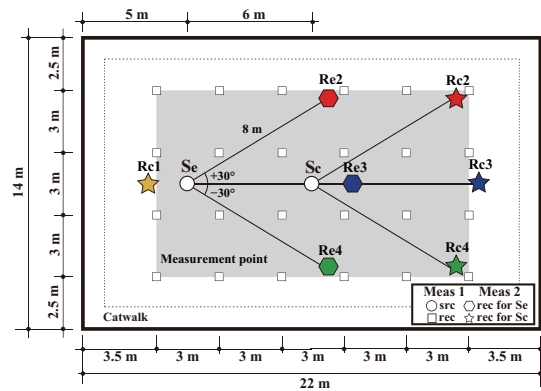


Fig.1 : Arrangement of the piano and receivers in the floor plan. Se and Sc for end-/center-stage style.

設置した。演奏録音における受音点はそれぞれ音源から 8 m の等距離に配置し、ピアノ背面 (Re1)、ピアノ正面 (Re3, Re3) 上手 (Re2, Re2)、下手 (Re4, Re4) とした。測定は自動演奏により 63 ~ 2k Hz の各オクターブ内の増四度和音 6 つを一定速度で繰り返し打鍵し、各受音点における録音波形のオクターブバンド分析を行った。

3. 結果と考察

3.1 音圧レベル分布測定

図2に指向性の影響が顕著に現れた中音域 500 Hz と高音域 2 kHz の基音の音圧レベル分布測定結果を示す。但し、音圧レベルの基準として、反射性・エンドステージ型・正面・屋根有り条件のピアノ近傍点((b)図中黒丸の位置)500 Hz の値を 0 dB とした。ま

た、表 1 に上記条件の音源近傍点における相対音圧レベルを示す。なお、倍音の音圧分布に関しては基音と概ね同傾向であったため、本報告では省略する。

Table1 : Relative SPL at the nearest receiver on the reference condition.

Relative SPL[dB]	1/1 octave band center frequency (Hz)					
	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz
	-12.5	-5.1	2.0	0	-0.5	-6.7

ピアノ屋根の影響 図 2(a)に屋根有無の場合の結果を示す。なお、低音域では屋根の影響は小さく、概ね均一な無指向性の分布となった。中高音域では、音源近傍で直接音が支配的であり、屋根ありの条件においてはピアノから正面上手方向に強い指向性が現れている。また、高所ではその方向の音源から離れた位置でレベルの上昇が見られ、斜め上方向への指向性が推察される。屋根無しでは上手方向からピアノ背面方向にかけて指向性が強まるとともに、高所では全体的にレベルが上昇することがわかる。センターステージ型では、屋根を外すことでピアノ正面と背面の差を小さくする効果が予想される。

ピアノ回転の影響 図 2(b)にピアノの方向を変化させた場合の結果を示す。中高音域では 30°回転に伴って全体的な分布も同方向に移動し、ピアノから正面下手方向のレベル上昇が確認できる。特に、高所の上手下手両端では遠方にかけてのレベル変化は小さくなっており、両側バルコニー席の偏差を緩和する効果が予想される。

4. 聴感実験

4.1 聴感実験概要

無響室内の 6ch 再生システム^[3]を用いて、被験者(10~60 代男女 20 名)に曲毎に表 3 の

条件対の録音を提示し、表 4 の評価語について一対比較評価(13 段階)をさせた。加えて、各条件を個別に提示し、好ましさを総合的に評価させた。

4.2 一対比較による聴取印象の検証

一対比較の条件対毎に平均値の t 検定を行った結果を表 5 に示す。表中、有意差が検出された条件対を平均値の正負で色分けした。また、受聴位置の音圧レベル測定結果として、各条件対の基準条件に対する比較条件のレベル差を図 3 に示す。評価に顕著な差が現れた No.8,11 では両曲で同様の傾向となったが、全体的に Chopin で有意差が多く検出された。一方、レベル差の傾向は両曲で必ずしも一致していない。但し、曲によらず音の粒立ちの評価と 4kHz のレベル差の傾向はよく対応している。以降では条件の影響を受けやすい Chopin の評価について考察する。

受音点方位の影響 高音域の指向性が強い上手高所では粒立ちがはっきりし、距離を近く感じている。一方、指向性が弱い下手では音量感の低下とともに逆評価となり、柔らかさ・残響感・包まれ感も大きく上昇している。

受音点高さの影響 正面高所では柔らかさ・残響感・包まれ感が上昇するのに対して、下手高所では No.2 で低評価の低所より粒立ちがはっきりし、距離を近く感じている。

ピアノ回転の影響 回転の影響は全体的に上手で小さく、正面と下手で大きい。特に下手では No.2 と明確に逆傾向にあり、回転により指向性が強まり、正対時正面の印象に近づいたものと考えられる。

Table 2: Two pieces of music for the listening experiment.

Beethoven: Op.27-2 3rd Mov., Bar. 1-14 (20sec)
Chopin: Op.22 Grande Polonaise Brillante, Bar. 1-16 (30sec)

Table 3: Pairs of listening conditions for comparison.

Variable factor	No.	Reference	Target
Orientation(Rec.)	1	Rc3	Rc2(High)
	2	Rc3	Rc4
Height(Rec.)	3	Rc3	Rc3(High)
	4	Rc4	Rc4(High)
Rotation(Pf.)	5	Re2	Re2(Rot)
	6	Re3	Re3(Rot)
	7	Re4	Re4(Rot)
Lid(Pf.)	8	Rc3	Rc1
	9	Rc3(w/oLid)	Rc1(w/oLid)
	10	Rc1	Rc1(w/oLid)
	11	Rc3	Rc3(w/oLid)

Table 4: Evaluation terms and rating scales.

区分	評価項目	評価尺度				
		-3	-2	-1	0	1
音量	全体音量	小さい		⇔		大きい
	バランス	低音寄り		⇔		高音寄り
音質	粒立ち	ぼんやり		⇔		はっきり
	柔らかさ	硬い		⇔		柔らかい
音像	音像幅	小さい		⇔		大きい
	距離	近い		⇔		遠い
空間	残響感	残響感がない		⇔		残響感がある
	包まれ感	包まれていない		⇔		包まれている
	好ましさ	嫌い		⇔	どちらでもない	好き

Table 5: Results of t-test for mean values.

曲	区分	詳細尺度	平均値											
			受音点方位		受音点高さ		ピアノ回転		ピアノ屋根					
Beethoven	音量	全体音量	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	
		バランス	-0.15	-0.38	-0.30	-0.15	-0.58	-0.03	0.38	-0.55	0.60	0.28	-1.00	
	音質	粒立ち	0.43	-0.78	-0.53	0.40	-0.30	-0.20	0.83	-1.78	0.15	0.38	-1.83	
		柔らかさ	0.38	0.55	0.63	-0.05	0.35	0.08	-0.48	1.55	0.00	0.15	1.43	
	音像	音像幅	-0.28	-0.20	-0.15	-0.05	-0.03	-0.08	0.25	-0.48	0.10	0.18	-0.38	
		距離	0.33	0.23	0.35	0.05	0.25	-0.20	-1.15	1.78	-0.50	-0.45	1.70	
	空間	残響感	-0.13	0.18	-0.05	-0.08	-0.05	0.03	-0.35	1.38	0.05	-0.55	0.98	
		包まれ感	-0.08	-0.28	0.03	-0.05	0.25	-0.13	-0.05	0.83	0.20	-0.45	0.48	
	Chopin	音量	全体音量	0.23	-0.85	-0.15	0.30	0.23	0.43	1.00	-0.85	0.35	0.20	-1.10
			バランス	-0.45	-0.40	0.00	0.08	0.20	0.28	0.15	-0.65	0.25	0.73	0.20
音質		粒立ち	0.70	-0.73	-0.45	0.83	0.48	0.90	1.53	-1.58	0.53	0.65	-1.23	
		柔らかさ	0.23	1.08	0.70	-0.23	0.05	-0.40	-0.60	1.43	-0.25	-0.48	0.80	
音像		音像幅	0.45	-0.1	-0.10	0.05	0.43	0.08	0.63	-0.03	0.20	0.08	-0.48	
		距離	-0.75	1.03	0.45	-0.45	-0.25	-0.58	-1.35	1.95	-0.15	-0.48	1.23	
空間	残響感	0.30	1.20	0.88	-0.28	0.55	-0.63	-0.85	1.58	-0.05	-0.50	1.53		
	包まれ感	0.18	0.60	0.90	0.23	0.55	-0.45	-0.58	0.93	0.15	-0.25	0.85		

網掛け部p<0.05,太字p<0.01

ピアノ屋根の影響 屋根あり(No.8)の正面に対して背面では指向性の明らかな影響として、距離感が大幅に遠くなるとともに音量感・バランス・粒立ちが低下し、柔らかさ・残響感・包まれ感も大きく上昇している。一方、屋根なし(No.9)では正面と背面の差は小さく、むしろ背面で音量・粒立ちが上昇している。背面(No.10)では屋根なし

でバランス・粒立ちが上昇し、柔らかさ・距離感・残響感が低下している。また、正面(No.11)では屋根なしで No.8 と同傾向にあり、屋根あり背面の印象に近づくことが示唆される。

4.2 好ましさへの影響

個別提示による好ましさの評価結果として、平均値順に各条件の回答分布を図4に示す。両曲で上位3条件に正面・上手が入り、回転時下手も次に高評価である。一方、下位2条件は屋根なし正面と屋根あり背面であり、屋根なし背面も次に低評価である。つまり、通常の屋根あり状態では高音域の指向性が強い正面・上手が好まれ、背面や屋根なし状態は好まれないことが検証された。

5. まとめ

ピアノの音源指向性がホール内の音楽聴取印象に及ぼす影響の解明として、音圧分布測定の結果から中高音域ではピアノの方向と屋根の影響が比較的大きく、ピアノの指向特性を確認した。また、聴感実験により、受聴位置やピアノの向きと屋根の影響が比較的大きいことが確認された。また、総合的な好ましさは、高音域の指向性が強いピアノ正面・上手方向で高評価となる傾向が確認された。音の粒立ちと4kHzのレベル差の傾向がよく対応していることから、結論として、高音域や倍音成分が音楽聴取印象や総合的な好ましさの評価に大きく寄与している事が考えられる。

参考文献

- [1] J. Meyer, *Acoustics and the Performance of Music* (Springer, 1978).
- [2] F. Giron, Ph.D. dissertation, Ruhr- Universität Bochum (1996).
- [3] 横山他, 建音研資料 AA2006-3.

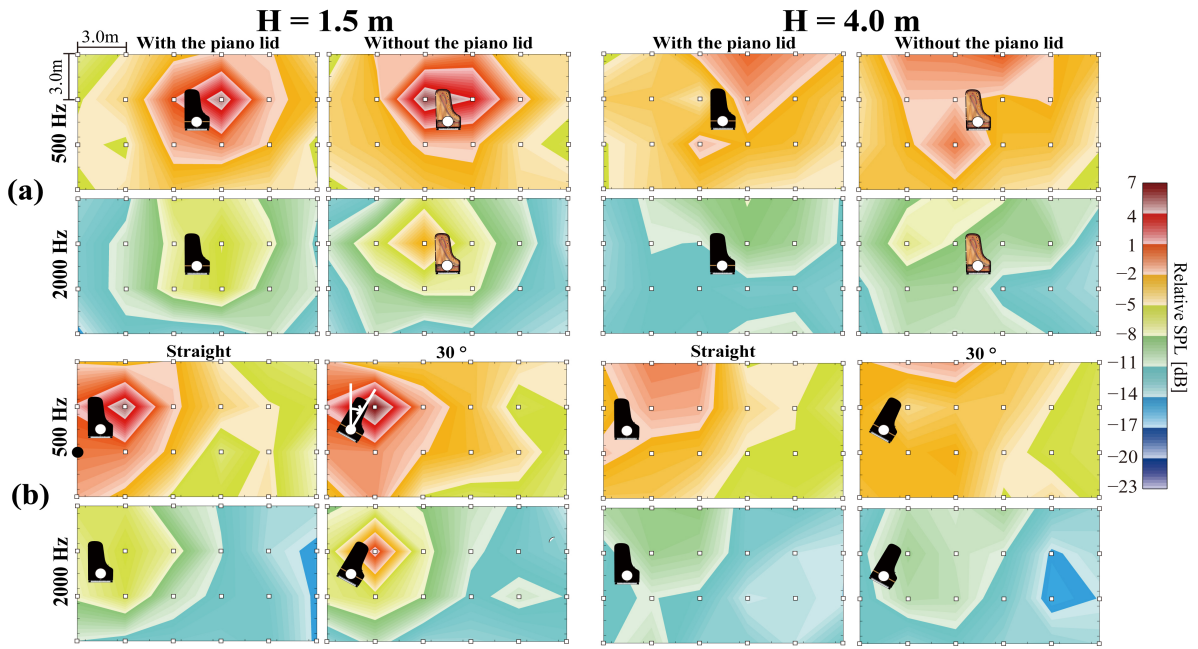


Fig. 2: Relative SPL distributions on the two planes ($h = 1.5, 4.0$ m) from the real piano: (a) with/without the piano lid, (b) straight and 30 degrees rotation in piano direction.

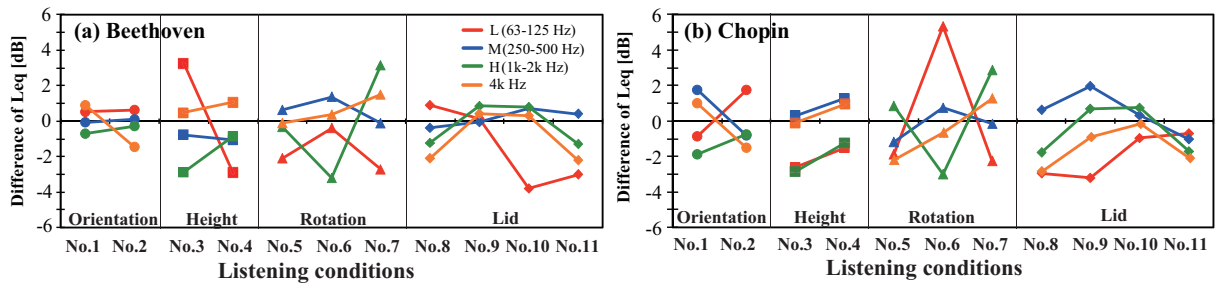


Fig.3: L_{eq} differences of target-to-reference in octave bands.

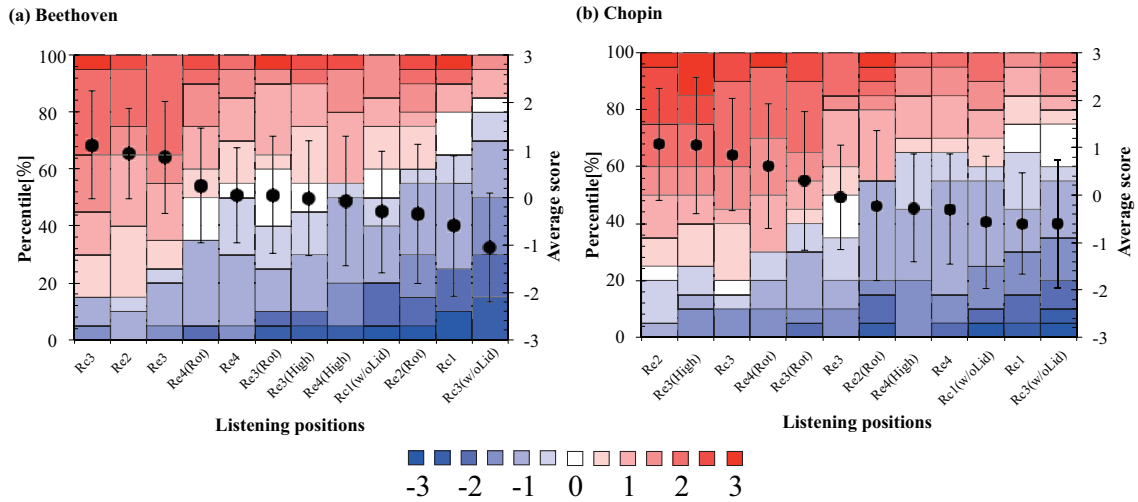


Fig.4: Averages and distributions of preference score for the variation of listening conditions.