

## 第5章 演奏調整の意識

### 5.1 アンケートの概要

演奏終了後に、音場の印象や演奏上意識した点、音響条件に応じて調整を意識的に行なった項目の有無についてアンケートを行った。アンケートは、インタビュー形式で一つの音場が終了するごとに、演奏してもらった音場の印象を聞く設問と、すべての音場を演奏し終えた後に、5つの条件を総合的に評価してもらう設問を用意した。意識的演奏の調整に関する質問は、予め設定した演奏調整項目と自由記述欄を設けた。実験で使用したアンケートシートについては付録Bを参照されたい。

なお、インタビュー中の会話は、ICレコーダーで録音し、アンケートシートに書ききれなかった演奏者の発言も分析の対象とした。

### 5.2 結果と考察

アンケートシートの結果と、演奏者とインタビュアーの会話を整理した結果を表5-1～5-8に示す。

Table 5-1 Result of a questionnaire (Condition: S0).

S0	響きの印象	演奏上意識した点
演奏者1人目	ほとんど残響なし。ゆったり弾きにくい。演奏時余韻を持ちすぎない。	ペダルを多め。テンポは遅くすぎない。
演奏者2人目	あまり響かない(Beethovenが顕著)。からつとした印象。練習室のような印象。音が止まる。乾いた印象。	音が伸びるように。広がり意識。ペダルは特に意識しなかった。
演奏者3人目	1つ1つの音がクリア。きれいに響く。	ドライになりがち。ペダルを多め。
演奏者4人目	響かない。パサパサしている。スタッカート。家で弾いているみたい。	スタッカートペダルで助けた方が良くも。Beethovenが弾きにくい。プツツと切れないようにペダルを踏んだ。
演奏者5人目	響きが少ない。音の伸びがない。音符が長いものが弾きにくかった。	長い音符がつながる感じ。音がにごる。音が近くに残っているかんじ。
演奏者6人目	響きがまったくない。デッド。ピアノ本来の音が聞こえる。練習室と同じ。あらが目立つ。	ペダル(響きの残し方、切り方を工夫)。頭を使った。コントロールした。集中した。
演奏者7人目	あまり残響がない。音ははっきりと返ってくる。	響きをつくる時に、ペダルの加減を意識した。
演奏者8人目	家で弾いている。真ん中がふわつとする。弾きやすい。慣れるのに時間がかかる。	バランスを気をつけた。ホールで弾いている気持ちになって。
演奏者9人目	先ほど(S2)と少し違う。響きすぎない。安心して弾けた。演奏会だと物足りない。Beethovenは弾きやすい(切りやすい)。	Chopinはペダルを多く踏んだ。ペダルでしっかり響かせる。
演奏者10人目	残響がほとんどない。ペダルを下まで踏む。音を長めに(Beethoven)。テンポを速めに(Bach, Chopin)。強弱をはっきりと。練習としては良い。	テンポが遅くならないように。響いてるかを気をつける。余計な力をいれないように。
演奏者11人目	音色の変化。響きが残っている感じ。	家で弾くよりもリズムを伝えたい。Beethovenの休符。Chopinはソフトペダル、踏み変え方。
演奏者12人目	響きが短い、少ない。弾きやすい。ギャップが少ない(視覚面)。自然に。	響きをつくる方向へ。自然に。

Table 5-2 Result of a questionnaire (Condition: S1).

S1	響きの印象	演奏上意識した点
演奏者1人目	よく響く。広いところから音が跳ね返ってくる(遠くから)。耳を上に向けたい。	響きが残るため、音を長めに伸ばしていく弾き方になる。音が残る。特にBeethovenの和音と和音の間があく。
演奏者2人目	心地良い響き。ホールだとしたらもっと響く(ホールとしては物足りない)。ちょうど良い響き。	自由な感じ。弾きやすい。特に意識しなかった。
演奏者3人目	音が正直に返ってくる。	ペダルに気を使う。演奏を1回目、2回目、3回目を変えた。Beethovenは低音を出したい(低い音がイメージと違った)。自分のテクニックを使ってやることを意識。
演奏者4人目	響く量が減った。広い部屋では弾いている感じがしない。ダイレクトに音が聞こえる。spaceMと似ている。	強さ、バランスを加減した。気をつけて弾かなきゃという印象。
演奏者5人目	ちょうど良い響き。弾きやすい。歌いやすい。	いつも通りに弾けた。
演奏者6人目	残響が残る。返ってくる音と残響の境目がある。曲によって印象が異なる(Bach; ペダルは薄く Beethoven; 弾きやすい Chopin; 弾きにくい)。	ペダルを少なめ。残響を聴いて演奏。Chopinは間をとって
演奏者7人目	さっきの音場(S0)より、響きの量、長さもちょうどよい。	細かいリズムを意識。そのために、ペダルをにこらないようにした。
演奏者8人目	ちょうど良い。小ホールの感じ。響きが長すぎず、短すぎず。ピアノにはちょうどよい。	響きの長さを聴きながら。
演奏者9人目	最後弾いたChopinは弾きやすい(3回とも)。Bachは最初弾きづらい。Beethovenはペダルで響きが残ってしまった。	ペダルは上手く離さないと音が残る(特にBeethoven)。
演奏者10人目	残響がかなり減った。鍵盤が重く感じた。最後の方を上手く弾く感じ(Beethoven)。Chopinが弾きやすい。	広い場所で弾くイメージ。自分の音をよく聴く。
演奏者11人目	好き。響かなくはない。さっき(S2)より音の行方を聴ける。響きはもう少し欲しいかも(Beethoven, Chopin)	響きの先をよく聴く。Beethoven, Chopinは響きが切れないように。
演奏者12人目	お風呂場のような。残響が重い感じ。ペダルがにごる(特にBach)。音が混じる。	ペダリング。響きに任せる。楽に弾いた。

Table 5-3 Result of a questionnaire (Condition: S2).

S2	響きの印象	演奏上意識した点
演奏者1人目	すごくよく響く。弾きやすいイメージ。天井が高い。Bachは教会のイメージ(響きとイメージがぴったりで弾きやすい)。	ペダルを少なくする(にごってしまうから、場所の響きと指でコントロールできる)。指と空間で響きがコントロールできる。1番弾きやすい(弾きごたえのある場所)。
演奏者2人目	Beethoven、Chopinが響く(前の音が響く)。Bachはあまり響かない。ポーンとくる。高音が綺麗に聞こえる(響きによって)。	ペダル。Chopinは譜面通りではにがため、踏みの回数を増やす。
演奏者3人目	残響が長い(Chopinは良い。Beethovenはあまり良くない(休符でもワンとなる))。人に聴いてもらうには良いのかも。	やりたい表現はわかりやすい(Beethovenは出来なかった)。ペダルや指の使い方を工夫。
演奏者4人目	モアツとしている。響いている感じがわかる。ペダルが難しかった。風呂で歌っている感じ(気持ちよく感じる)。ほやける。	自分で聴いている音と聴衆が聞いている音が同じなの分かりにくい。
演奏者5人目	お風呂のイメージ。前の音が残る。Beethovenは音の大小をうまく繋げるのが大変。ペダルの深さ、量、長さが減った。	ペダルを踏まなくても響く。前の音が残る。次の音にいくのに少し待つ。
演奏者6人目	大きなホール。響きがある。ペダルの響きはずっと消える。	曲にあった弾き方に変える(Bachはロマンチックに。Beethoven、Chopinは間を多く)。ペダルを曲によって変えた。
演奏者7人目	音の一つ一つがはっきり聞こえる。残響が長め。	和音の響き。細かい部分のペダルの加減。
演奏者8人目	遠くの方に届く。残る。最後まで聞こえるように。高音が響かない。	にごらないように。ペダルと余韻の境目があいまい。大ホールで演奏するイメージ。
演奏者9人目	さらに響いている感じ。他の曲は流れているが、Beethovenは切るところが多いので、響きが残った。	Bach、Chopinは弾きやすい。Beethovenの切る部分。※演奏実験1回目(S1)と演奏を変えなかった(変わらないよう意識した)。
演奏者10人目	Bachが弾きやすい。無駄な力がいらぬ。Beethovenの休符に気がつけた。やめた時に残響をより感じる。ペダルを下まで踏まない。ピブラートペダル。	よく聴く(伸びる音)。ペダル(にごらないように)。
演奏者11人目	お風呂のようなイメージ。初めての感覚。	音が残る。間(音の長さ)をとる。
演奏者12人目	広い。遠くから聞こえる。中低音の重さがない(1個目とは異なる)。軽い響き。	響きの方向をまっすぐにした。クリアさを意識。

Table 5-4 Result of a questionnaire (Condition: H).

H	響きの印象	演奏上意識した点
演奏者1人目	自然によく響く(音場S0、S1、S2は人工的だったため(視覚的效果もあるかも))。違和感はない。響きやすいが音を通る(響きすぎて自分の音が聞こえないという訳ではない)。	弾きやすいので、あまり気をつけることはなかった。
演奏者2人目	気持ちよく弾けた。音が帰らない。届くのが遅いかも。響くわけではない。モコモコする。	音を聴いて弾いた(特にBach)。ポーンと鍵盤を弾いた。
演奏者3人目	以前よりも響かない(特に高音が)。全体的にもっと響いても良いのでは。	高音が練習時に出なかった。意識的に出すようにした。和音がきれいに鳴らなかった。注意した。
演奏者4人目	ちょうどよい響き。心地よい印象。力の強さの違いはあまりない。楽しく弾ける。	音の出し方が分かりやすいので、もっとこう弾いてみようと思う。よりよい音を弾こうという意識。
演奏者5人目	弾きやすい(ウワンウワンしない)。音が柔らかく聞こえた(きつい音に聞こえない)。コンサートより響きはない。家よりは響きがある。	ペダルを意識しすぎない。普段通りに近い。
演奏者6人目	すっきりしている。ペダルを離しても音がきれいに切れる。コントラストが出やすい。フォルテが出にくい。高音が響かない。レのフラットが共鳴する。	フォルテに力を入れて、なるように工夫。意識をしないでシンプルに弾ける。
演奏者7人目	音の一つ一つの響きがクリア(はっきり聞こえる)。残響は少ない。	和音が溶け合わない。表情、強弱をいつもより大きく。
演奏者8人目	弾きやすい(響きを聴ける)。音を飛ばそうと。ペダルを意識せず。	細かいところは一つ一つ聞こえるように。気持ちよく弾けた。
演奏者9人目	ちょうどよく響く。響きすぎない。	上手く響く。あまり気にせず弾けた。
演奏者10人目	慣れるのに時間がかかった。Chopinではきれいに響いた。3曲では違って聞こえる。テンポが遅くなった。	かたい音がでない。フォルテはエネルギーを込めて。Chopinは力をぬいて。
演奏者11人目	昨日より響きの量が近い(大きい)。響きは長くは無いが、響きの量がよく感じた。	ペダルを深め(Chopin)。強く強さ。鍵盤を押す長さを少し長めに。
演奏者12人目	よく響く。楽に弾ける。開放感。音のまとまりが違う(前に弾いたことがある)。	自然に弾いた。距離感がマッチしている。

Table 5-5 Result of a questionnaire (Condition: H).

R	響きの印象	演奏上意識した点
演奏者1人目	広さの割りにピアノがでかい(音が直にくる)(家でやったら耳がバカになりそう)。響きの余韻を感じる前に音がくる。壁からすぐ音がくる。	普段の練習を忘れてしまった。音量が大きいため、無意識にセーブした。あまり大きな音は出したくない。
演奏者2人目	低音が響いてびっくり。高音はモアっと感じた。響きはあった。	ペダルをしっかりと上げないと音が残る。高音をぼやけないようにはっきりと弾いた。
演奏者3人目	音が近い。耳が痛くなった。響きを感じられない。	今回初めてソフトペダルを使用(3回目のBeethovenのみ)
演奏者4人目	音がピタッと止む。ホールではなく部屋で弾いている感覚。耳にピンとくる。力を少し入れただけでも音に反応する。	力の調整。ペダルを踏むと踏まないの差ははっきりとある。
演奏者5人目	音が直に返ってくる。聴きにくい。音が大きい。調整しにくい。表現しにくい。弾きにくい。	歌って弾くことと強弱の意識が演奏に大きくでてしまう。控えめに弾く。自分の音が聴きにくい。
演奏者6人目	音がすごく鳴る。ダイレクトに聴こえる。音が残らない。小さな音が出しにくい。和音を弾いた際に、調律が気になった。	ペダルを踏んだときにごろごろ音が気になる。細かい部分はペダルを入れた。フォルテはきれいに響かないので、バランスに気をつける。
演奏者7人目	響きはない(ほとんど)。音の返りがきつい。	強弱がでない。ソフトペダル(Beethovenの弱い部分)
演奏者8人目	こもっている。弾きにくい。体育館のソデのような。モコモコした印象。	音の粒をはっきりと。音のバランスを気をつけて。
演奏者9人目	音が大きく出る。強めにでる。響き自体はちょうど良い。	Beethovenの弱くする部分。Chopinのピアノの部分(最初のところ)。曲のピアノの部分。
演奏者10人目	Bachは弾きやすい。生で聴こえる。指先に意識して柔らかく。鍵盤を見えないように。	Bachは遠近感が出るように。Beethovenは演奏に集中できない。音楽に入り込めない。
演奏者11人目	初めての感じ。音が大きく自分にくる(どうやって弾こうか悩む)。	音の粒を揃える(特にBach)。音の響きが長いわけではないので、指(鍵盤)を長く押す&指をたてずに寝かせて弾いた。ソフトペダルはやめておいた。
演奏者12人目	息がつかまる。壁が近い。耳が痛い。	音を調節(耳が痛くならないように)。狭いところにいるように想像しないで。

Table 5-6 Result of a questionnaire.

項目	演奏者	選択	S0	S1	S2	H	R	
テンポ	演奏者1人目	◎	◎前に進む		◎遅め		速め？	
	演奏者2人目	◎				遅くならないように		
	演奏者3人目							
	演奏者4人目	○			曲の中間でルバートをかけてしまう部分があった			
	演奏者5人目							
	演奏者6人目	○			Beethovenが遅くなった			
	演奏者7人目	◎			少し遅くした(Bach)			
	演奏者8人目	○						
	演奏者9人目							
	演奏者10人目	◎	響きが少ないため、速めた(Bach, Chopin)				よく響きを最後まで聴くために遅くした(Beethoven, Chopin)	
	演奏者11人目							
	演奏者12人目							

項目	演奏者	選択	S0	S1	S2	H	R
緩急	演奏者1人目	？					
	演奏者2人目						
	演奏者3人目	○					
	演奏者4人目						
	演奏者5人目	◎			音がにごらないためにいつも以上につけました		
	演奏者6人目	◎		Chopinはルバートをした	Chopinはかなり緩急をつけた	Chopinは少しルバートしてみた	
	演奏者7人目	◎			伸ばす音をたっぷりめにつけた(Beethoven)		
	演奏者8人目	○					
	演奏者9人目						
	演奏者10人目	○				抑揚をつけて、緩急をつけた(Beethoven)	
	演奏者11人目	○			場面の変わり目の間の取り方		
	演奏者12人目						

項目	演奏者	選択	S0	S1	S2	H	R
音符の長さ	演奏者1人目	◎			長め、音と音の間(休符)を空けていた。(音の隙間が気になった。)		
	演奏者2人目						
	演奏者3人目	○					
	演奏者4人目	◎	少し長めにした				
	演奏者5人目	◎			前の音が入ってこないように少し長めに弾きました		
	演奏者6人目	○			全体的に少し長め		
	演奏者7人目						
	演奏者8人目	○					
	演奏者9人目						
	演奏者10人目	◎				♪？を長めにした(Beethoven)	
	演奏者11人目	◎		少し長めにしました(Chopin)	短めにしました	長めにしました	とても長めに
	演奏者12人目						

項目	演奏者	選択	S0	S1	S2	H	R
音量	演奏者1人目	○					大きな音は抵抗があったので、もしかしたら小さめ？
	演奏者2人目	○					
	演奏者3人目	○					
	演奏者4人目						
	演奏者5人目	○					全ての音がでしまうので気をつけて弾きました
	演奏者6人目	◎				Beethovenのフォルテを頑張った	Beethovenのフォルテとピアノの出し方を気つけた
	演奏者7人目						
	演奏者8人目	○					
	演奏者9人目	◎					ピアノの音が弱く出るように注意した
	演奏者10人目	◎					Beethoven・s陰出した
	演奏者11人目	◎					音がきつならないように
	演奏者12人目	◎					直接的に反射音が来るので、フォルテを下げた

Table 5-7 Result of a questionnaire.

項目	演奏者	選択	S0	S1	S2	H	R
ダイナミクス	演奏者1人目	○					
	演奏者2人目						
	演奏者3人目	○		低音を出す工夫をした			
	演奏者4人目	◎	◎強弱の幅を気つけた		○意識せずに弾けた		
	演奏者5人目	○					うるさくならないように弾いた気がします
	演奏者6人目	◎		残響を利用してBeethovenはダイナミクスをつけた	残響を利用してBeethovenはダイナミクスをつけた		Beethovenのフォルテとピアノの出し方を気つけた
	演奏者7人目	◎				少し大きめにつけた (Chopin)	
	演奏者8人目	○					
	演奏者9人目						
	演奏者10人目	○					
	演奏者11人目	○					いかに弱い音をソフトに出すか
	演奏者12人目	◎			全体的		

項目	演奏者	選択	S0	S1	S2	H	R
タッチ	演奏者1人目	◎		響きに頼って、指の力は少し抜いた。	響きに頼って、指の力は少し抜いた。		
	演奏者2人目	◎					きつい音にならないように
	演奏者3人目	◎		低音を出す工夫をした		和音を均一に響くよう気をつけた	弱め
	演奏者4人目						
	演奏者5人目	○					Bachの曲の時に同じタッチで弾こうと心がけた
	演奏者6人目	◎	◎	全体的に指先のコントロールに気をつけた			Bachの高音を響くようにした
	演奏者7人目	◎				深めに	浅め
	演奏者8人目	◎				Chopin	
	演奏者9人目						
	演奏者10人目	◎				鍵盤に触れるだけにした (Chopin)	
	演奏者11人目	◎					指を稼かせて (ピアノの弱いところは特に)
	演奏者12人目	○					

項目	演奏者	選択	S0	S1	S2	H	R
高低音のバランス	演奏者1人目						
	演奏者2人目	◎			高音がきれいに出るように		低音が大きくなりすぎないように
	演奏者3人目	◎		低音を出す工夫をした		高音を出せるように意識した (もっと輝かしい音が欲しかった)	
	演奏者4人目						
	演奏者5人目	◎					左手の音量に気を配りました
	演奏者6人目	○			残響に負けないよう少し固めなタッチ	Bachの高音を響くようにした	
	演奏者7人目						
	演奏者8人目	◎			Beethoven	Beethoven	
	演奏者9人目						
	演奏者10人目	◎				左手小さめに弾いた	
	演奏者11人目	○			重音時のバランス		
	演奏者12人目	◎				左側の壁が遠かったので全体のバランスを採っていた	

項目	演奏者	選択	S0	S1	S2	H	R
音の出し方	演奏者1人目	◎			鍵盤の底までしっかり弾くことを意識 (遠くまで飛ばすこと)	鍵盤の底までしっかり弾くことを意識 (遠くまで飛ばすこと)	
	演奏者2人目						
	演奏者3人目	◎				和音がきれいになるように工夫した	弱め
	演奏者4人目	◎		音の残りをよく聴きながら弾いた			
	演奏者5人目	◎	◎	なめらかに弾こうと心がけました			音量を気にした弾き方をしたと思いません
	演奏者6人目	◎				Beethovenのフォルテを頑張った	Beethovenのフォルテの和音
	演奏者7人目	◎	◎	高音を意識して出した			強い音を控えめにした
	演奏者8人目	○					
	演奏者9人目	○					全体に強く出過ぎないようにした
	演奏者10人目	◎					しっかりと弾いた (Beethoven)
	演奏者11人目						
	演奏者12人目						

Table 5-8 Result of a questionnaire.

項目	演奏者	選択	S0	S1	S2	H	R
ペダルを踏む深さ	演奏者1人目	◎ 深い			浅い		
	演奏者2人目	○					
	演奏者3人目	◎ 深くした		深くした	浅め		浅くした
	演奏者4人目	◎◎ 深めにした			○意識せず	○意識せず	
	演奏者5人目	◎ 響きを出すために深く踏みました			浅くふみました		あまり深く踏みませんでした(音が大きいので)
	演奏者6人目	◎ ペダル深め		Bachは少し少なめ	全体的に少し少なめ	全体的に深め	Beethovenのフォルテの和音
	演奏者7人目	◎		浅め			
	演奏者8人目	◎			浅めを心がけた(Beethoven)		
	演奏者9人目	◎ ペダルを深く踏んで響かせるようにした					
	演奏者10人目	◎ しっかり踏んだ(Bach)			とても浅くした(Bach)	浅めで踏んだ(Chopin)	
	演奏者11人目	◎			浅めに(深すぎず)		なるべく浅く
	演奏者12人目	○??					

項目	演奏者	選択	S0	S1	S2	H	R
ペダルを踏む長さ	演奏者1人目	◎ 長い			短い		
	演奏者2人目	◎ 長め			にこらないように	にこらないように	
	演奏者3人目	◎ 長め					短くした
	演奏者4人目	◎◎ ◎長めにした			○意識せず	○意識せず	
	演奏者5人目	◎ 音をつなげるために長めに踏みました			短く、にこらないように踏みました		
	演奏者6人目	○ 長め			Bachは長め		
	演奏者7人目	○					
	演奏者8人目	◎ 長めに踏んだ(Bach)			Beethoven		
	演奏者9人目	◎ ペダルを長めに踏むようにした(特にChopin)					
	演奏者10人目	◎ 長く踏んだ(Bach)			速めに踏んだ(Bach, Beethoven)		
	演奏者11人目	◎		少し長め(Chopin)	短めに	少し長め	
	演奏者12人目						

項目	演奏者	選択	S0	S1	S2	H	R
ペダルを踏むタイミング	演奏者1人目	◎			多すぎず		
	演奏者2人目	○			前の音とかぶらないように	にこらないように	
	演奏者3人目	◎ 回数は多くした			少なめ		少なめ
	演奏者4人目						
	演奏者5人目	◎			いつも踏むところよりも後に踏みました		
	演奏者6人目	○					
	演奏者7人目						
	演奏者8人目	○					
	演奏者9人目						
	演奏者10人目	○					
	演奏者11人目	○					
	演奏者12人目						

項目	演奏者	選択	S0	S1	S2	H	R
ペダルを離すタイミング	演奏者1人目	◎			速め、こまめに		
	演奏者2人目	○ きつならないように					
	演奏者3人目	◎			早くした		
	演奏者4人目	◎ 遅めにした					
	演奏者5人目	◎ いつもより遅くペダルを離しました			ペダルがなくとも響きがあるので、余韻を残す踏み方をしなくてみました		
	演奏者6人目	○ 音の切れがスムーズになる様に工夫した			Bachはペダルの切り方に気をつけた		
	演奏者7人目						
	演奏者8人目	◎			少し早めに離しました(Beethoven)	少し早めに離しました(Beethoven)	
	演奏者9人目						
	演奏者10人目	◎ 8分休符の直前まで離さなかった(Beethoven)			8分休符の前で、離した(Beethoven)		
	演奏者11人目	◎		少し長めに(Chopin)	早めに離しました		
	演奏者12人目	◎		Bachがにこり気味になったので			

演奏者の意識が演奏の実態に反映されているかどうかを確認するため、アンケート項目別に調整を意識した演奏者群と意識しなかった群に分け、その2群の中でさらに MIDI 信号上の演奏特徴量に変化した群と変化していない群に分けた。図 5-1 ~ 図 5-3 に各楽曲における演奏時の上記4つの群に該当した演奏者の割合を示す。

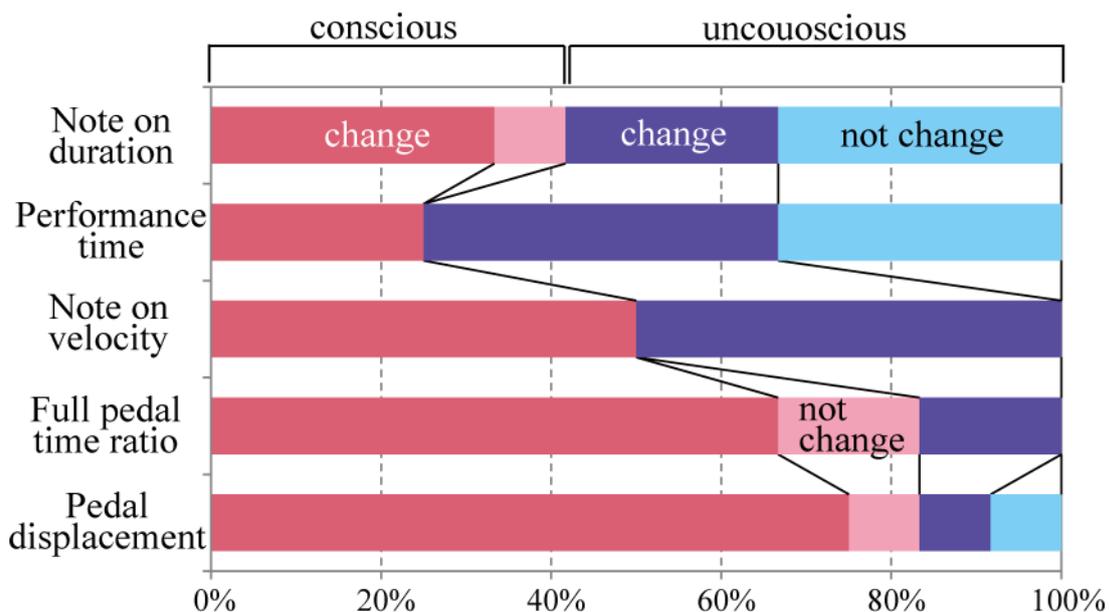


Fig. 5-1 Result of a questionnaire (Bach).

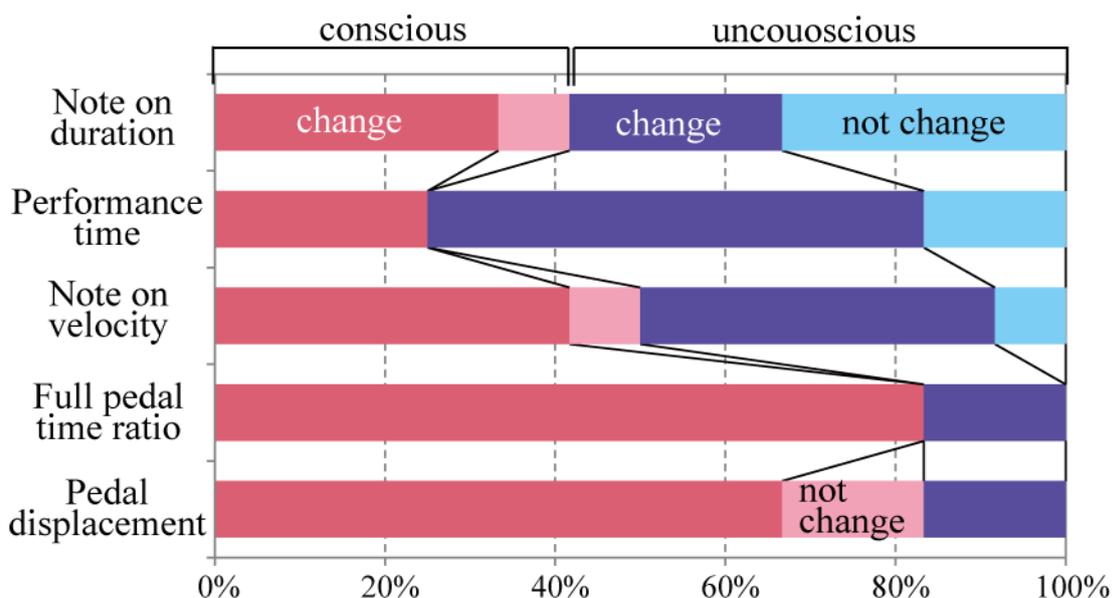


Fig. 5-2 Result of a questionnaire (Beethoven).

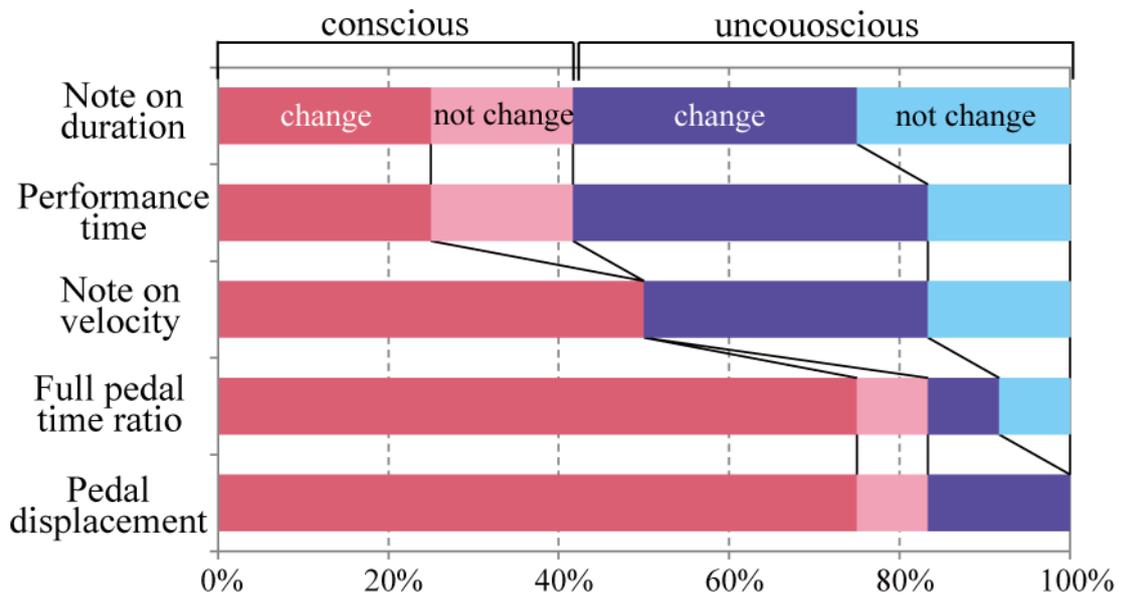


Fig. 5-3 Result of a questionnaire (Chopin).

結果から、各楽曲において音量に関連する平均打鍵速度、ペダリングに関連するフルペダル時間比、平均ペダル変位に関しては、各楽曲において多くの演奏者が調整を意識しており、演奏特徴量にも変化が生じていた。一方でテンポやタッチに関連する演奏時間や打鍵時間比では、3曲通じて調整を意識した演奏者群と意識しなかった群がほぼ同数となり、演奏者間で意識が異なる結果となった。

従って、音量やペダリングでは演奏者の調整意識は実際の演奏に反映されているが、テンポやタッチでは演奏者によって、演奏調整の意識と演奏動作に差異があることがわかった。

## 第 6 章 結論

### 6.1 全体のまとめ

本研究は、実音場並びに模擬残響音場におけるピアノ試奏実験を行うことで、室内音響条件がどのようにピアノ演奏に影響を与え、演奏者はどう演奏を調整するのかを検討するために行われた。本研究で得られた知見を総括する。

第 1 章では、本研究の背景や目的について述べた。コンサートホール音響に関する研究を概観し、演奏の調整がステージ上の演奏しやすさに影響を与える可能性を指摘した。そして、本研究の目的について述べた。

第 2 章では、模擬残響音場における試奏実験を通じて、ホール音響がピアノ演奏に与える影響について調べた。その結果、演奏者は音場条件に応じて演奏を調整しており、その差は客観的に検出可能であることが示され、特に、演奏時間、タッチ、ペダリングで影響がみられた。

第 3 章では、予備実験を踏まえて、模擬残響音場および実音場におけるピアノ試奏実験を通じて、室内音響条件がピアノ演奏に与える影響について調べた。予備実験と同様の分析をした結果、演奏の調整が特に顕著だったのは、音量に関連する平均打鍵速度、タッチに関連する平均離鍵速度、ペダリングに関連する平均ペダル変位、ノンペダル時間比、フルペダル時間比であった。さらに、演奏の調整は演奏者でかなり異なることも確認できた。

第 4 章では、主成分分析や回帰分析を用いて、演奏の調整と室内音響条件の関係を定量的に把握した。演奏者の演奏の傾向や演奏特徴量と室内音響指標の関係を議論しながら、多くの演奏者に共通する調整傾向を調べた。それは、音量に関連する打鍵速度は  $ST_{\text{Early}}$  の増加に対して低下し、ピアノ自体の響きの効果に関連するペダル時間は  $T_{30}$  の増加に対して減少することであった。

第5章は、アンケートから得られた演奏者の調整意識に着目し、演奏者が意識的に演奏を調整しているのか、それとも無意識的に変化しているのかを調べた。結果として、打鍵速度やペダリングは、意識的に調整しており、演奏実態としても変化していた。一方で、演奏時間や打鍵時間比などは、演奏者によって異なっていることがわかった。

## 6.2 今後の課題

本研究では、ピアノ演奏を9種類の演奏特徴量として表した。ピアノ演奏は非常に複雑なため、今回の演奏特徴量では表しきれない量が多くあると予想できる。今後、ピアノ演奏をより詳細に考察するときには、演奏特徴量を精査し、適切な特徴量の検討が必要となってくるであろう。

さらに、今回は譜面にある強弱記号等の音楽性を無視した分析を行った。次の段階の分析としては譜面に記されている強弱記号やペダル記号のみというような局所的なものを取り扱うのが妥当であろう。

また、今回は、演奏の動作を表すMIDI信号を対象としたが、演奏者が実際に聴く音の分析も必要である。演奏モデルにも示したように、演奏者は、演奏音を聴いて演奏を行なっている。この両者の対応関係を調べることは、より詳細なピアノ演奏の調整について考察できると考える。

## 参考文献

- Anders C. Gade The Influence of Architectural Design on the Acoustics of Concert Halls  
Applied Acoustics 31 (1990) 207-214
- BRUNO H. REPP Effects of Auditory Feedback Deprivation on Expressive Piano Performance  
Music Perception Summer 1999, Vol.16, No.4 1999
- Carl E.Seashore Psychology of Music Dover Publications 1967
- Cremer, L. and Müller, H. A.(translated by Schultz, T. J.), Principles and Applications of Room  
Acoustics, Vol. I , (Applied Science, Essex, UK,1982).
- D. J. POVEL TEMPORAL STRUCTURE OF PERFORMED MUSIC SOME PRELIMINARY  
OBSERVATIONS Acta Psychologica 41 (1977) 309-320
- Gade,A.C.: Investigations of Musicians' Room Acoustics Conditions in Concert Halls, Part II : Field  
Experiments and Synthesis of Results, Acustica Vol. 69, pp. 249-262, 1989
- J. M. Geringer An analysis of dynamic contrasts in recorded choral, orchestral, and piano  
performances Bulletin of the Council of Research in Music Education, 112, 15, pp. 51-61
- Jordan, V.L. A group of objective acoustical criteria for concert halls Applied Acoustics 14, pp.  
253-266 1981
- JOSEPH BLANKENSHIP, R.BERNARD FITZGERALD, R.N.LANE Comparison of Objective  
and Subjective Observations on Music Rooms THE JOURNAL OF THE ACOUSTICAL  
SOCIETY OF AMERICA VOLUME 27. NUMBER 4 2007
- Jürgen Meyer Acoustics and the Performance of Music: Manual for Acousticians, Audio Engineers,  
Musicians, Architects and Musical Instrument Makers Springer 2008
- K.Kato, K.Ueno, K.Kawai Musicians' Adjustment of Performance to Room Acoustics, Part I :  
Experimental performance and interview in simulated sound field ICA 07 madrid
- K.Kato, K.Ueno, K.Kawai Musicians' Adjustment of Performance to Room Acoustics, Part II :  
Acoustical analysis of performed sound signals ICA 07 madrid
- K.Kato, K.Ueno, K.Kawai Musicians' Adjustment of Performance to Room Acoustics, Part III :  
Understanding the Variations in Musical Expressions Acoustics 08 Paris 2008
- M. Barron Using the standard on objective measures for concert auditoria, ISO 3382, to give  
reliable results Acoust. Sci. & Tech. 26, 2 (2005)

- M. Barron, J.J. Dammerud STAGE ACOUSTICS IN CONCERT HALLS –EARLY INVESTIGATIONS Proceedings of the Institute of Acoustics, Vol. 28. Pt.2. (2006)
- MIDI シーケンサソフト「世界樹 1.8」, <http://openmidiproject.sourceforge.jp/Sekaiju.html>
- Noriyuki Takahashi , Minoru Tsuzaki Comparison of highly trained and less-trained pianists concerning utilization of auditory feedback Acoust. Sci. & Tech. 29,4 1994
- Noriyuki Takahashi , Minoru Tsuzaki Effects of auditory feedback in the practice phase of imitating a piano performance ICMPC 1991
- S Namba, S Kuwano Continuous multi-dimensional assessment of musical performance J.Acoust. Soc.Jpn.(E)11,1 2007
- S.BOLZINGER , J.C.RISSET A PRELIMINARY STUDY ON THE INFLUENCE OF ROOM ACOUSTICS ON PIANO PERFORMANCE JOURNAL DE PHYSIQUE IV 1988
- S.BOLZINGER, O.WARUSFEL, E..KAHLE A STUDY ON THE INFLUENCE OF ROOM ACOUSTICS ON PIANO PERFORMANCE JOURNAL DE PHYSIQUE IV 2006
- Sabine, Collected paper on acoustics, Harvard Univ.Press, 1922
- Seiichiro Namba, Sonoko Kuwano, Tadasu Hatoh, Mariko Kato Assessment of Musical Performance by using the Method of Continuous Judgment by Selected Description Music Perception Spring 1991, Vol.8 No.3, 251-276 1971
- T Taguti, K Ohgushi, T Sueoka Individual differences in the pedal work of piano performance 2009
- Tomoyasu Taguti Sound production of MIDI piano tones in a dB scale on the basis of equal loudness Acoust. Sci. & Tech. 28,1 1984
- Tomoyasu Taguti A structural language for computer performance of piano music The Acoustical Society Japan 2007
- Tomoyasu Taguti , Katsuya Ohtsuki , teruo Yamasaki , Sonoko Kuwano , Seiichiro Namba Quality of piano tones under different tone stoppings Acoust. Sci. & Tech. 23,5 2009
- Tsuyoshi Tsutsumi The Relationship between Music and the Concert Hall J. Temporal Des. Arch. Environ. 6(3), December 2009
- 芥川也寸志 音楽の基礎 岩波新書 2002
- 安藤四一 コンサートホールの音響と音楽表現 ARTES 1998
- 飯田一博,安藤四一,前川純一 コンサートホールの客席音場に及ぼすステージ側壁の効果 - コンピュータシミュレーションによる物理量及び心理量の計算- 日本建築学会 大会学術講演梗概集 1999
- 飯塚亜希子,林光一郎,藤本一寿 演奏者によるステージ音場の評価実験と基礎的考察 日本建築学会九州支部研究報告 第46号 1996.5

- 石村貞夫,石村光資郎 入門はじめての分散分析と多重比較 東京図書 2001
- 石村貞夫,石村光資郎 入門はじめての多変量解析 東京図書 2006
- 上田麻里,小寺優貴,藤本一寿 演奏しやすいステージ音場に関する基礎的検討 日本建築学会大会学術講演梗概集 2009.11
- 上野佳奈子 小特集-ホール音響における最近の話題- ステージ上の音場評価 日本音響学会誌 58 巻 1 号 2007.5
- 上野佳奈子, 佐藤史明, 橘秀樹, 小野隆彦, 千住真理子, ステージ音響に関する研究-シミュレーション音場におけるバイオリニストによる評価実験, 音響学会建築音響研資 AA 97-5, 1997
- 上野佳奈子,佐藤史明,橘秀樹 ステージ音場評価指標としての ST の問題点 日本建築学会大会学術講演梗概集 2009
- 上野佳奈子,佐藤史明,橘秀樹 ホール・ステージ上の音響評価量に関する検討 日本建築学会大会学術講演梗概集 2007
- 上符裕一,青野裕司,片寄晴弘,井口征士 演奏ルールの抽出について 音楽情報科学 15-14
- 大島千佳,西本一志 離鍵動作の変化に基づくピアノレッスンの分析 音楽情報科学 1996
- 大島千佳,西本一志,阿部明典 ピアノ演奏における離鍵速度の重要性と特性に関する考察 情報処理学会論文誌 2008
- 加藤浩介,川井敬二,上野佳奈子 ホール音響に応じた演奏の調整 音楽音響研究会資料 2008
- 川井敬二,加藤浩介,上野佳奈子 ホール音響に応じた演奏表現の調整 -第三者の試聴による演奏者の差異の抽出- 音楽音響研究会資料 2006
- 川井敬二,加藤浩介,上野佳奈子 演奏表現におけるホール音響の影響に関する実験的検討 日本音響学会講演論文集 2004.11
- 雁部一浩 ピアノの知識と演奏 音楽的な表現のために 音楽之友社 2002
- クラウディオ・ソレアス 演奏と指導のハンドブック ヤマハミュージックメディア 1996
- 小口恵司 コンサートホール音響設計の最近の話題 日本音響学会誌 65 巻 2 号, pp. 87-92 2009
- 末岡智子,大串健吾,田口友康 ピアノ演奏の聴取印象と演奏の物理的特徴の関連性 日本音響学会誌 52 巻 5 号
- 高橋信 統計学[回帰分析編] オーム社 2000.7
- 高橋信 統計学[因子分析編] オーム社 2000.7
- 高橋範行 ピアノ演奏における熟達 -演奏解釈と聴覚フィードバック利用に関して- 京都市立芸術大学博士論文 2005
- 高橋範行,津崎実 ピアノ演奏における聴覚フィードバックの利用 社団法人 情報処理学会 研究報告 2000

- 田口友康 ピアノ演奏における運動感の表現:モーツァルトのピアノソナタ K.311 による定量的研究 音楽情報科学 1996
- 田口友康 音楽音響研究の最近の動向 日本音響学会誌 52 卷 11 号 1996.2
- 田久浩志,林俊克,小島隆矢 JMP による統計解析入門 オーム社 2002.5
- 橘秀樹 小特集-室内音響設計の現状と課題- ステージ音響 日本音響学会誌 53 卷 4 号, pp. 306-310 (1997)
- 中村俊一 ステージ上の音響効果 日本音響学会誌 43 卷 2 号
- 西口磯春,森太郎 もっと知りたいピアノのしくみ 音楽之友社 2004
- 前川純一,森本政之,阪上公博 建築・環境音響学(第2版) 共立出版
- 松本恵理,大串健吾 ピアノ演奏におけるグルーピングの分析 -Mozart のピアノソナタ K.331 第1楽章のテーマを題材として- 音楽情報科学
- 山内敏彰,野池賢二,野瀬隆,乾伸雄,小谷善行,西村恕彦 GA を用いたピアノ演奏の局所テンポ解析 音楽情報科学 14-1
- 山本祐子,田口友康,村尾忠廣 演奏における表情的逸脱(expressive deviation)とそのルールについて -グリーグのピアノ協奏曲第1楽章冒頭主題と第2主題のアゴーギク、ディナミック、およびその連動の分析を中心にして 音楽情報科学 45-13
- 吉田茂,鈴木英男 編著 音響テクノロジーシリーズ 13 音楽と楽器の音響測定 コロナ社
- 下道郁子 ピアノ奏法研究ピアノのタッチと音質の関係を探る -鍵盤情報(MIDI)と音質(演奏評価)に関して-
- 山田真司 音楽演奏に含まれる時間的ゆらぎ -演奏者の制御能力の限界に起因するゆらぎと芸術表現のゆらぎ- 九州大学附属図書館(1998)
- 大島千佳,西本一志,鈴木雅実 ピアノ演奏における音楽表情と離鍵速度の関係に関する考察 -低離鍵速度個所の特徴に関する予備的検討- 情報処理学会研究報告

## 謝辞

本論文は、筆者が東京大学大学院新領域創成科学研究科社会文化環境学専攻修士課程において、同専攻 佐久間哲哉准教授のご指導のもとに行った研究をまとめたものです。佐久間先生には研究テーマの選定から当論文の作成にいたるまで丁寧で的確なご指導を賜りました。謹んで感謝の気持ちを申し上げます。

同専攻 味埜俊教授には副指導を担当して頂き、貴重なご意見やご指摘を賜りました。

明治大学理工学部建築学科 上野佳奈子准教授，熊本大学大学院自然科学研究科環境共生工学専攻 川井敬二助教，大阪大学産学連携推進本部総合企画部 加藤浩介助教には，貴重な実験に参加させて頂き，大変有益な議論の場にも参加させて頂きました。

財団法人ヤマハ音楽振興会 七五三範明氏，広瀬智行氏，安友美咲氏には，実験が円滑に進むように尽力して頂きました。

神奈川大学工学部建築学科 安田洋介准教授には修士1年の時に研究面並びに生活面でご指導賜りました。

佐久間研究室の先輩である土屋裕造さん，李孝振さん，江田和司さん，永井優花さん，同期である安達光平君，杉原慎一郎君，三上雄一郎君，後輩である芥川俊輔君，井上尚久君，楠井尚貴君，山口泰平君，共同で実験を行った明治大学 鳥内祐輔君，佐藤亮太君，熊本大学 原田和典君には大変お世話になりました。

多くの方々のご助力に対して，深く感謝申し上げます。

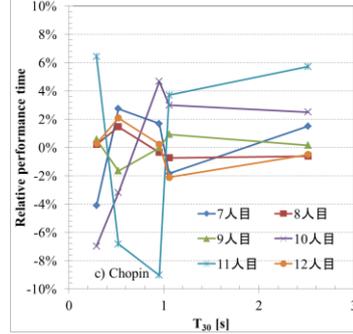
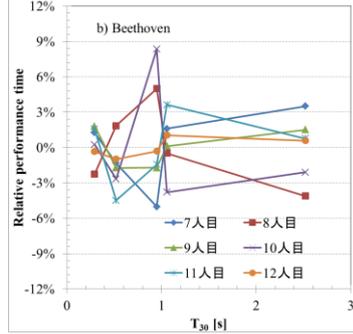
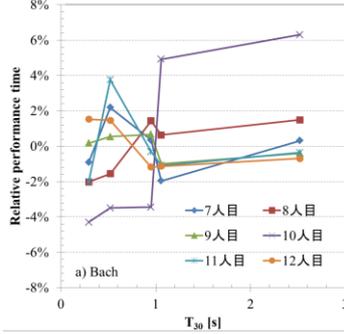
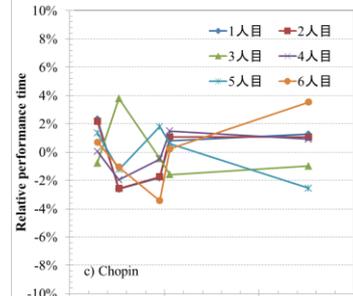
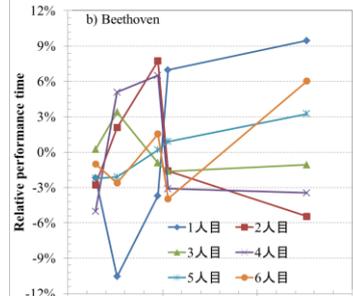
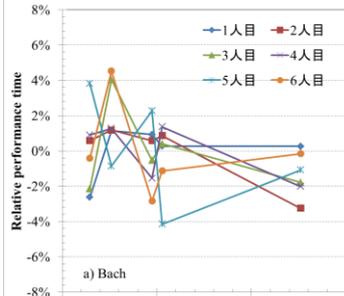
2011年1月24日

村田 義明

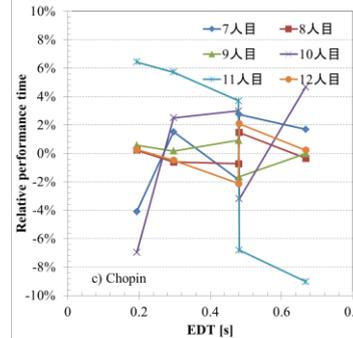
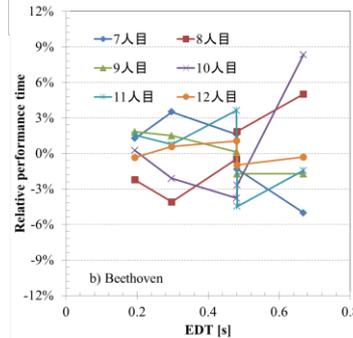
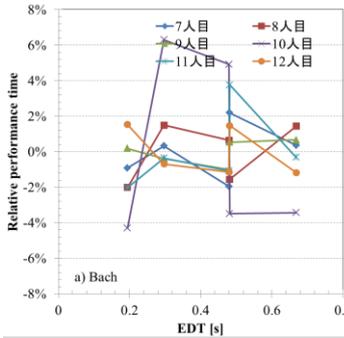
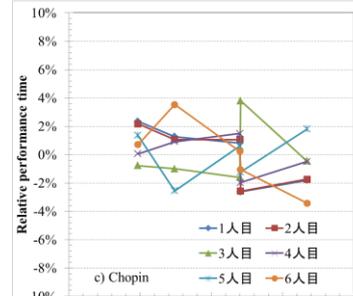
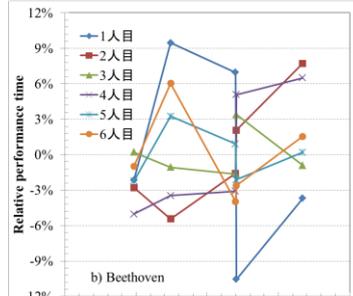
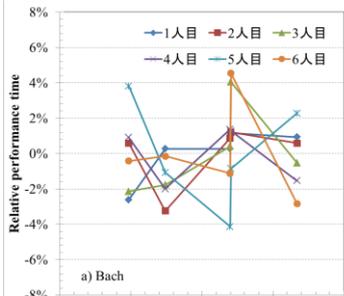
## 付録 A 演奏特徴量と室内音響指標の散布図

演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆演奏時間-T30

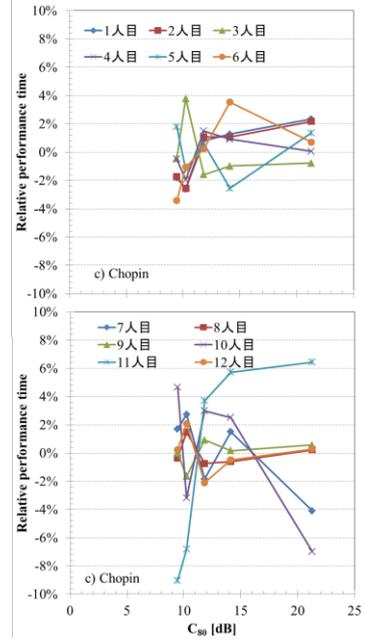
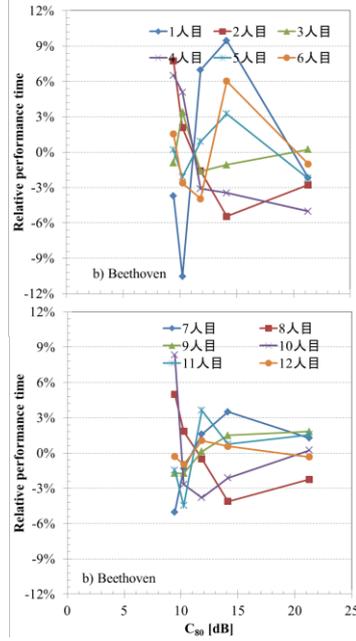
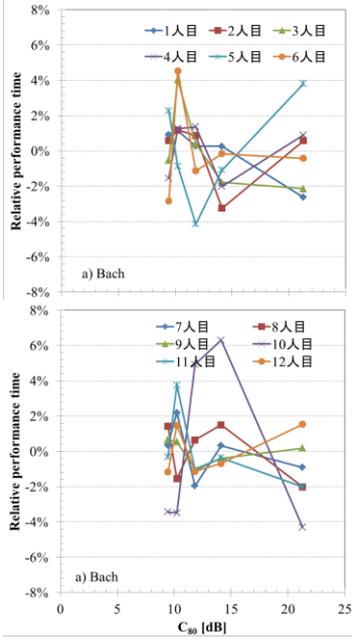


◆演奏時間-EDT

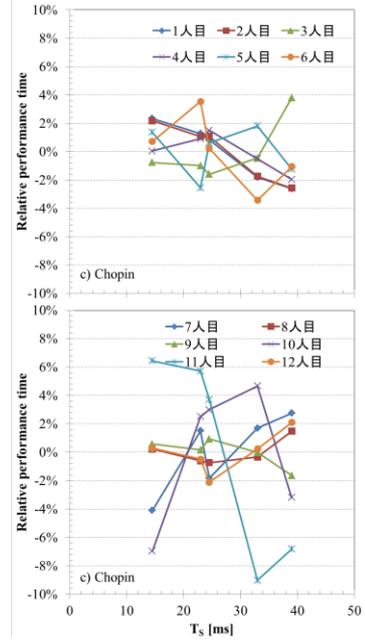
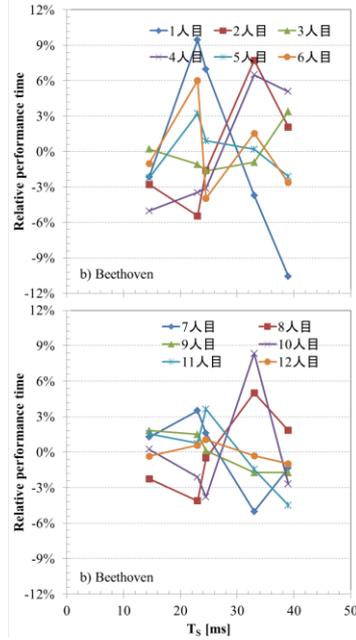
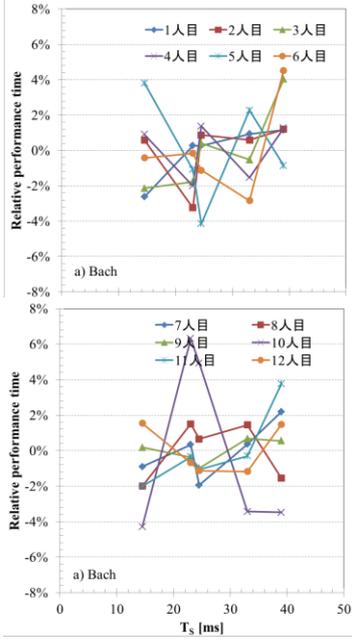


演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆演奏時間—C80

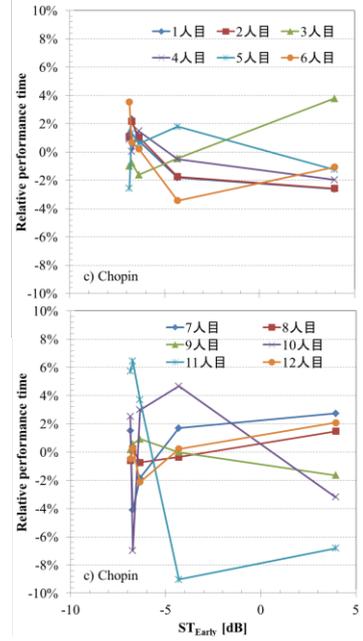
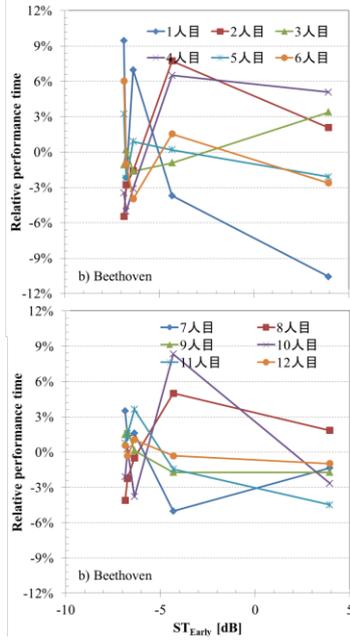
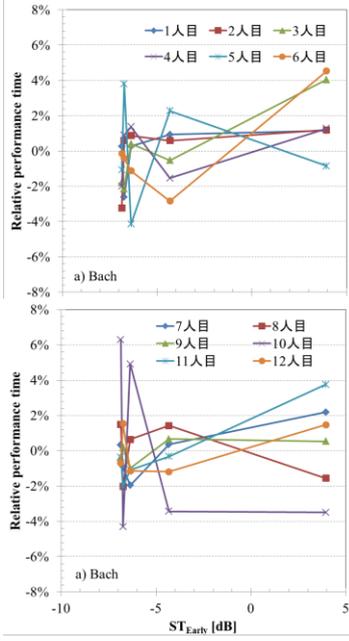


◆演奏時間—T<sub>s</sub>

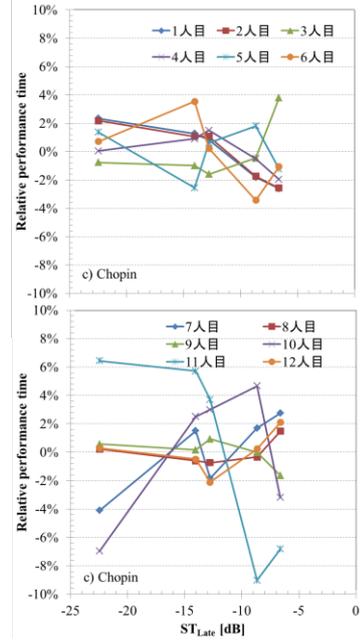
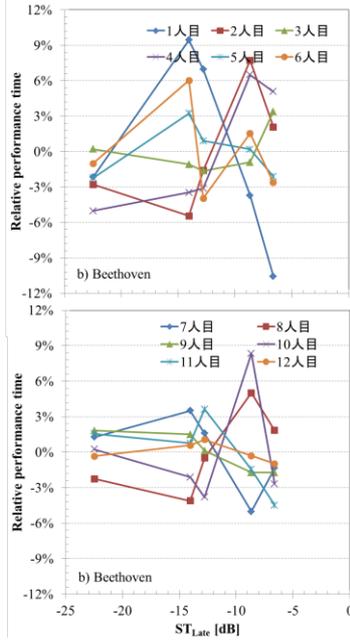
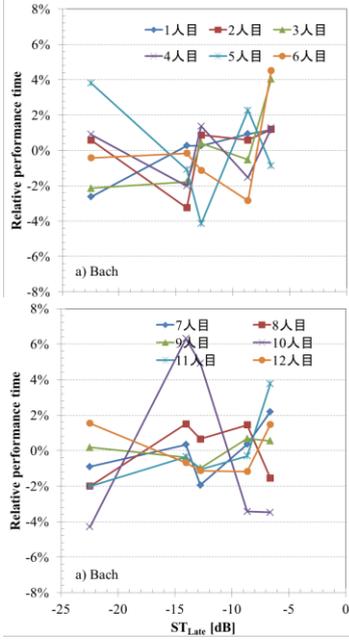


演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆演奏時間—STearly

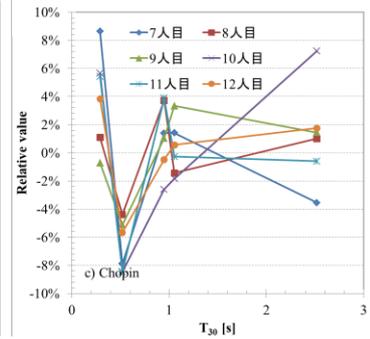
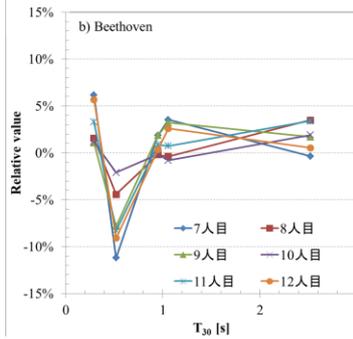
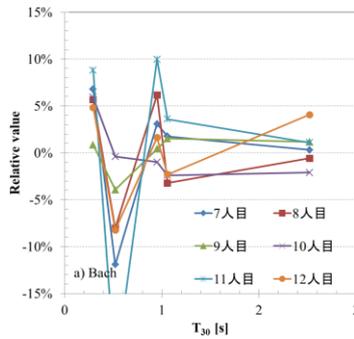
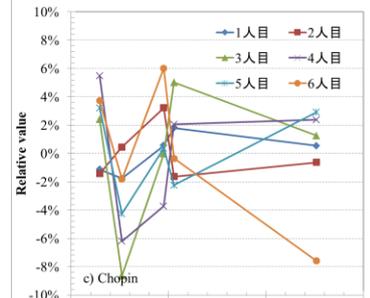
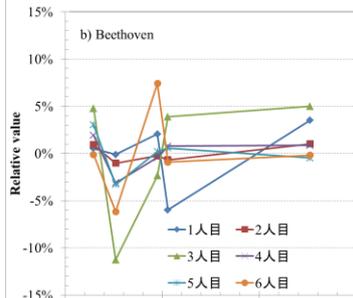
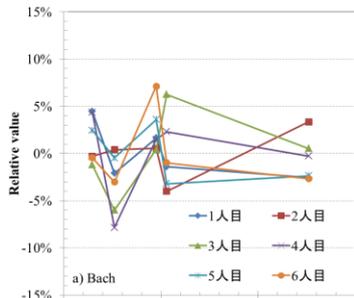


◆演奏時間—STlate

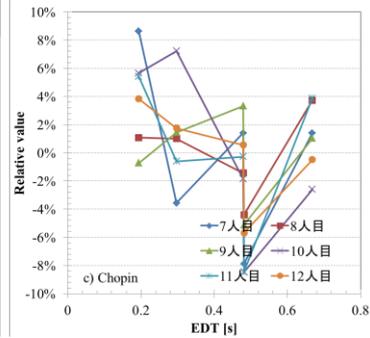
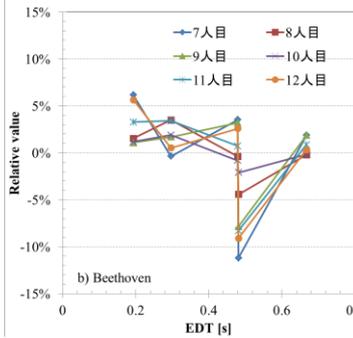
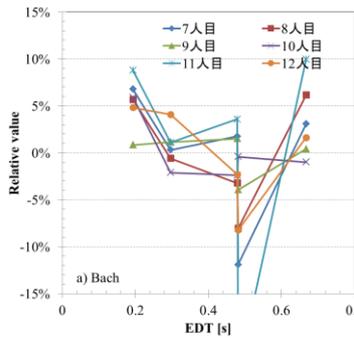
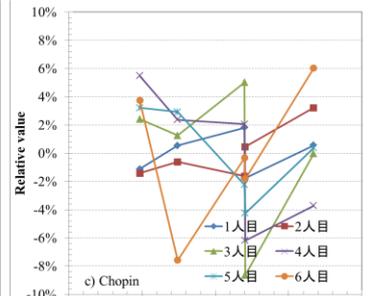
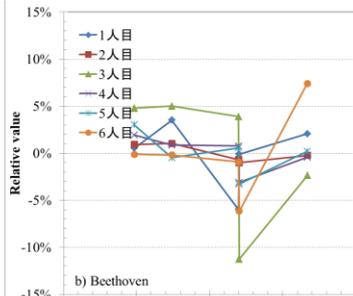
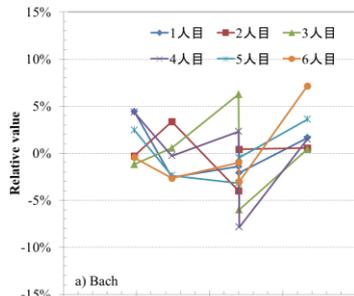


演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆打鍵速度-T30

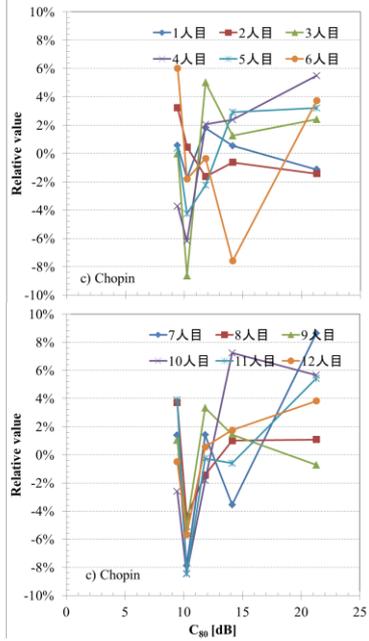
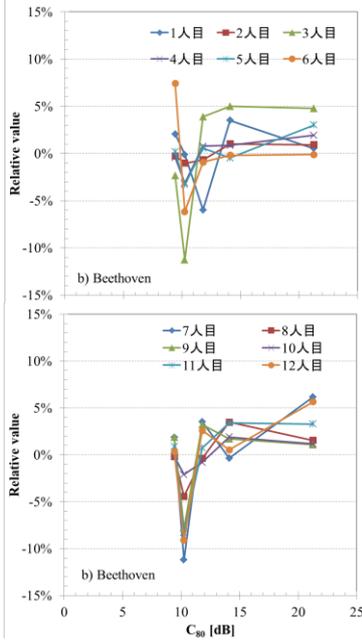
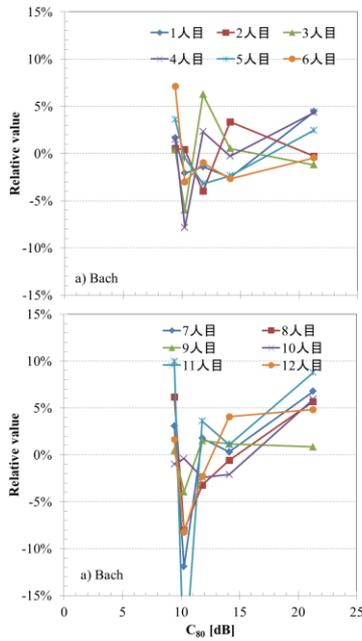


◆打鍵速度-EDT

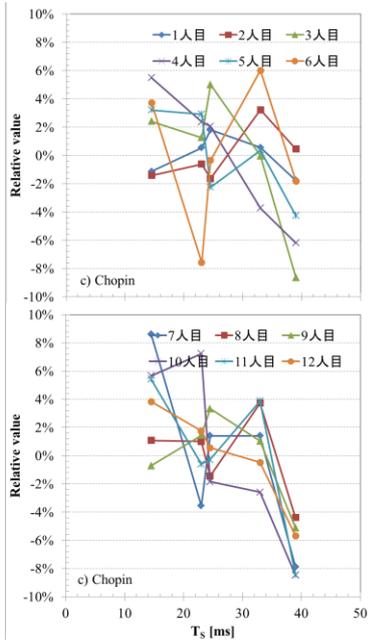
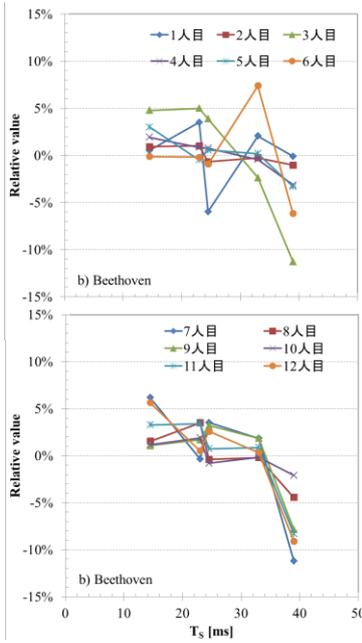
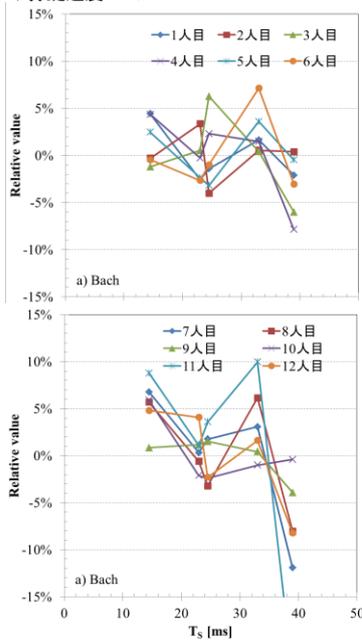


演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆打鍵速度—C80

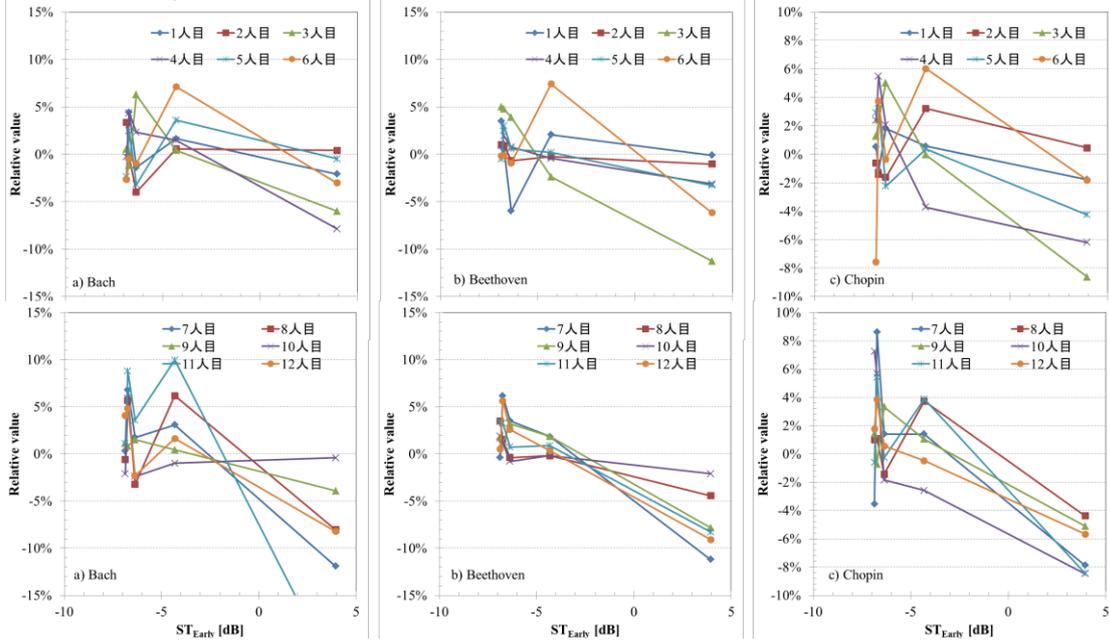


◆打鍵速度—Ts

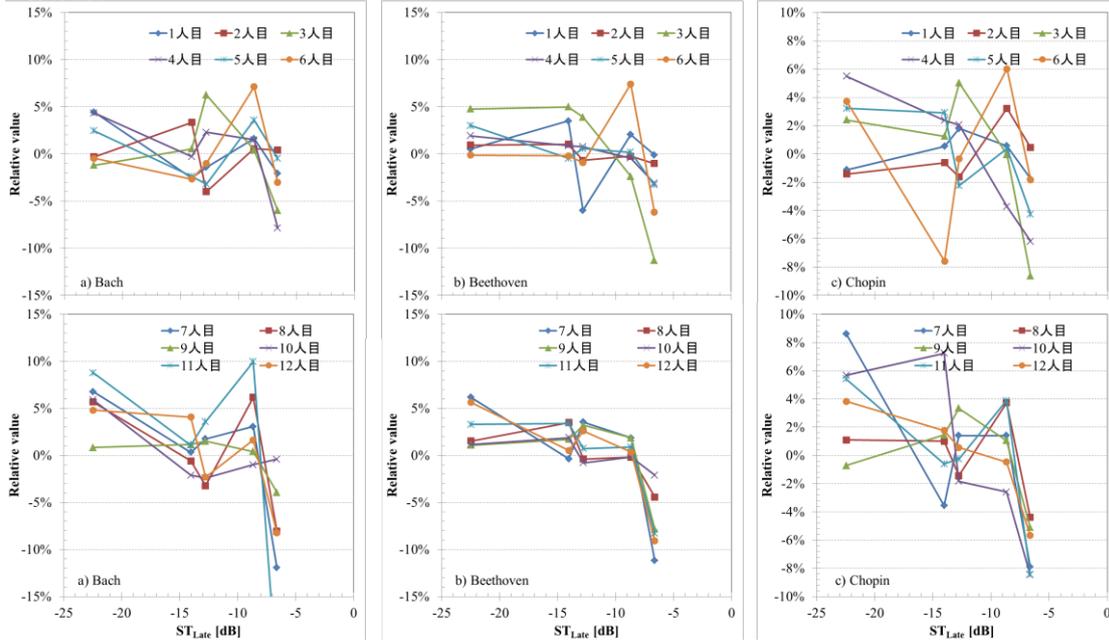


演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆打鍵速度-STearly

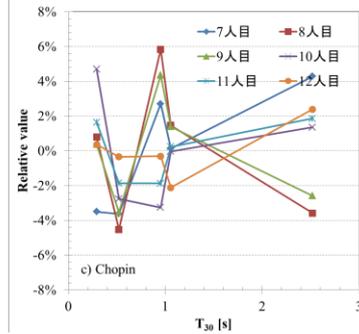
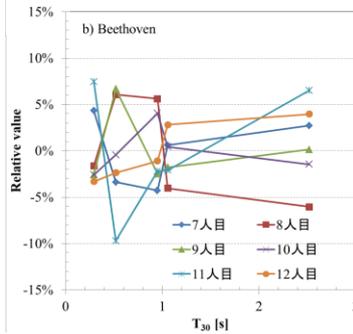
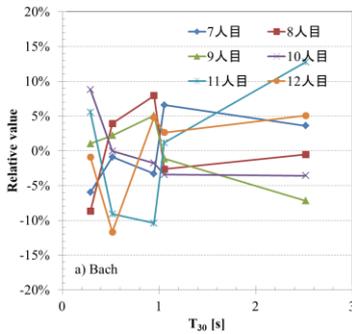
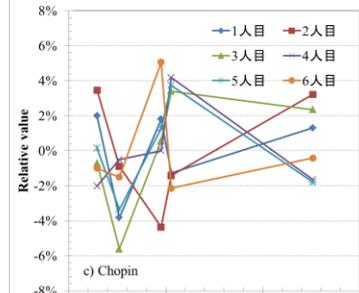
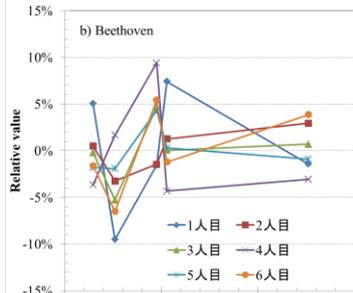
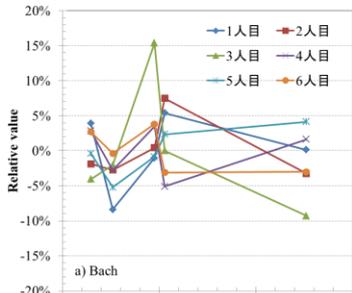


◆打鍵速度-STlate

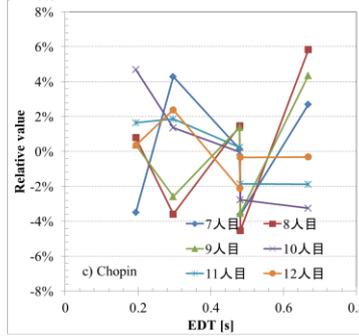
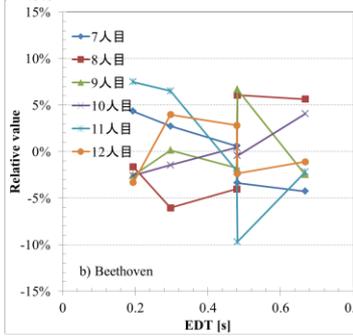
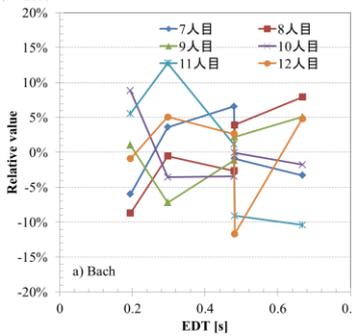
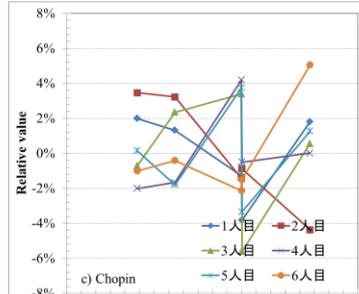
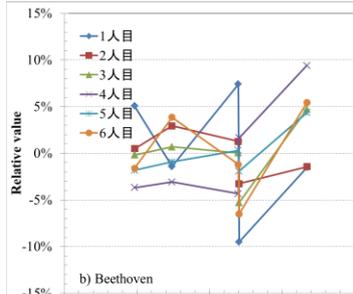
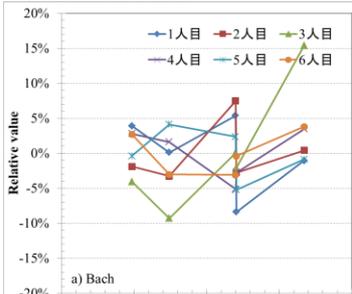


演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆打鍵速度(標準偏差) - T30

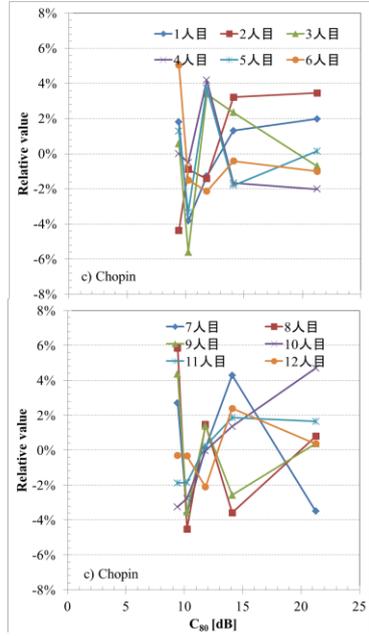
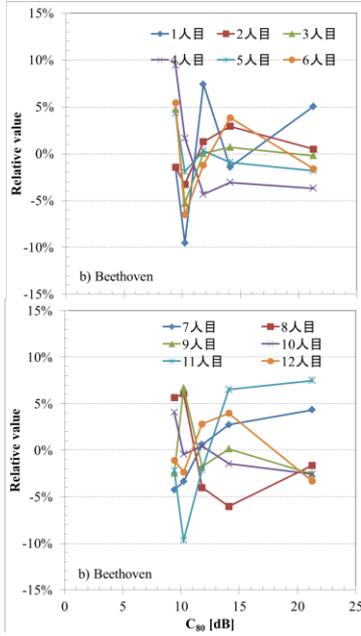
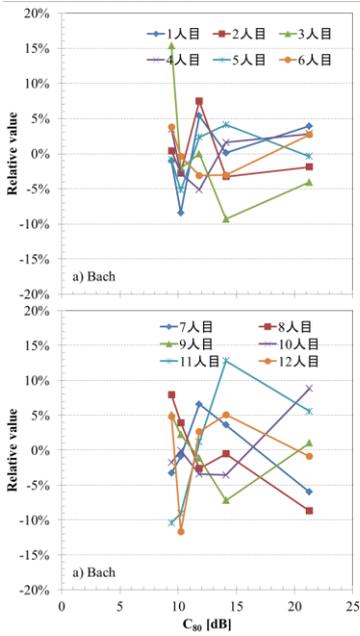


◆打鍵速度(標準偏差) - EDT

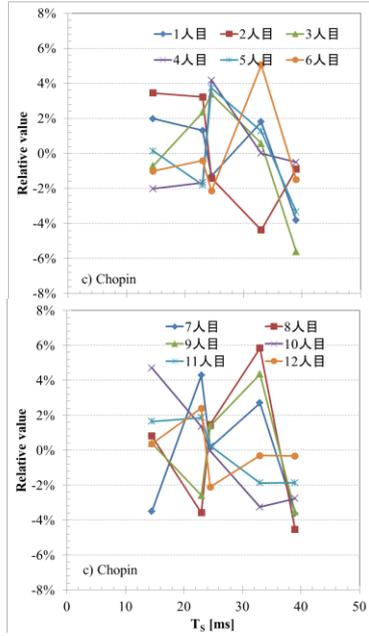
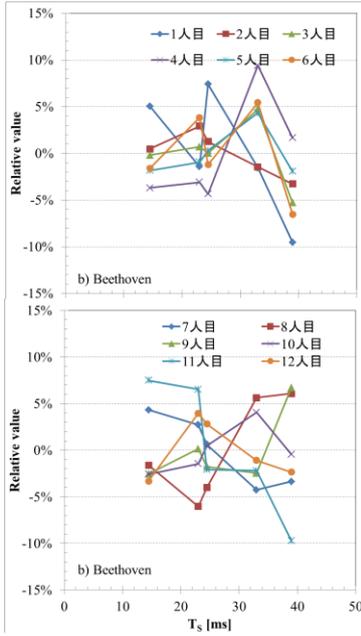
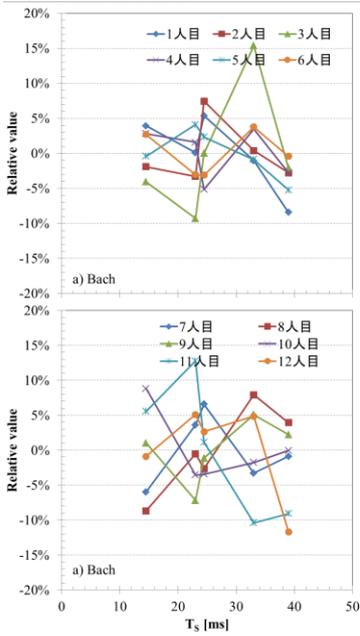


演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆打鍵速度(標準偏差) - C80

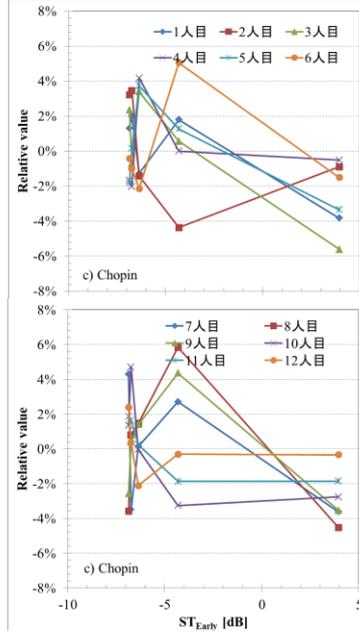
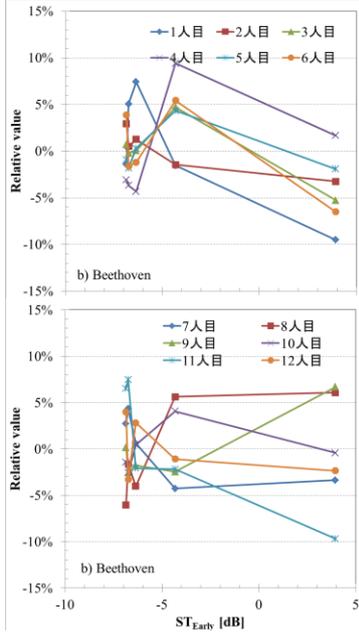
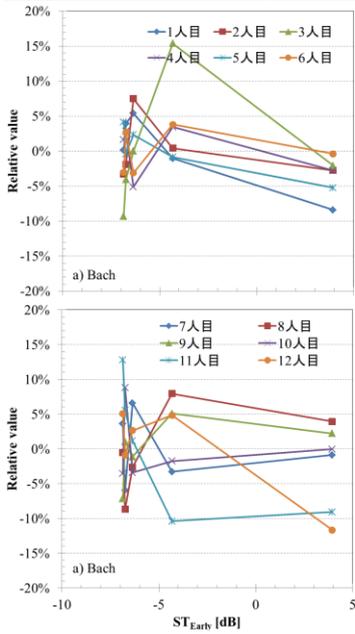


◆打鍵速度(標準偏差) - Ts

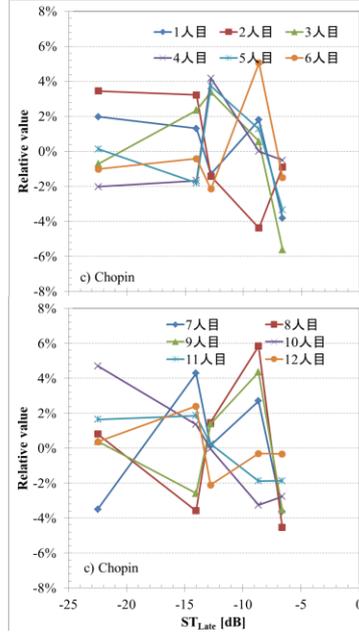
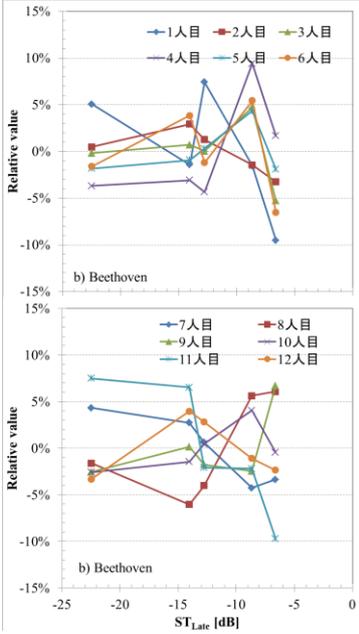
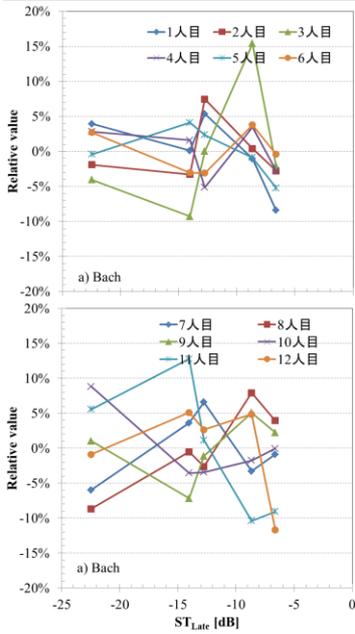


演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆打鍵速度(標準偏差) - ST<sub>Early</sub>

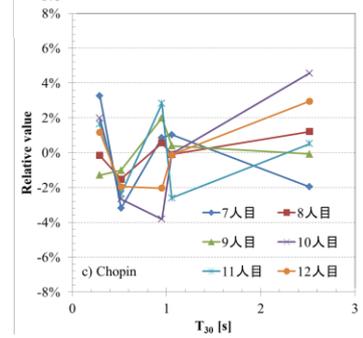
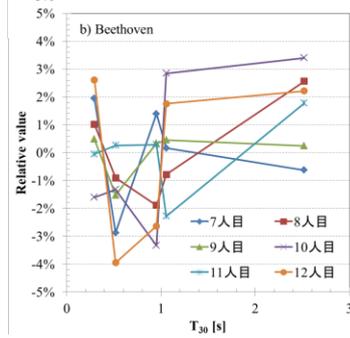
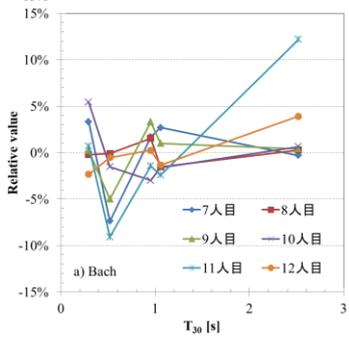
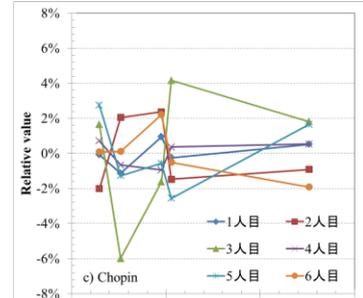
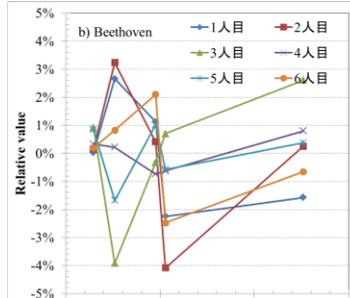
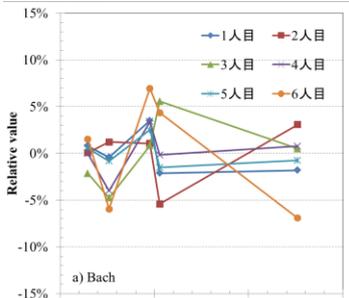


◆打鍵速度(標準偏差) - ST<sub>Late</sub>

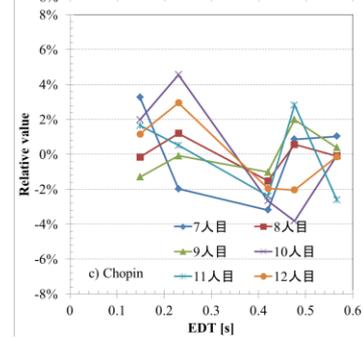
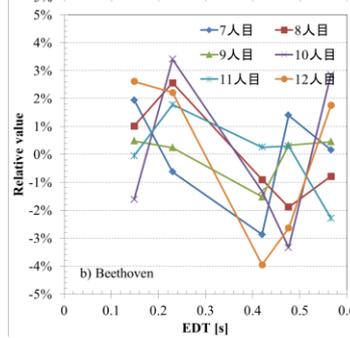
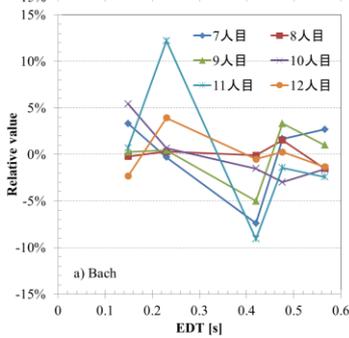
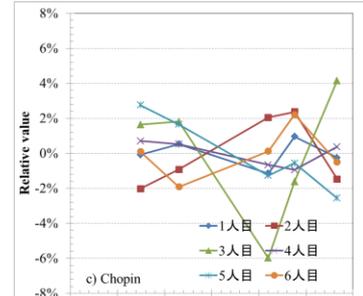
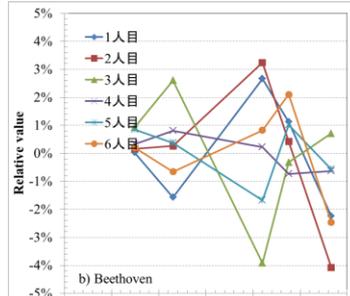
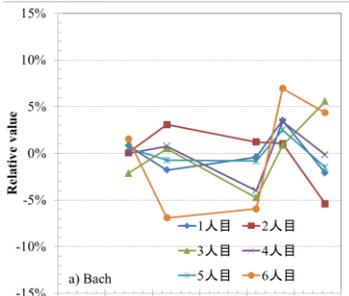


演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆離鍵速度-T30

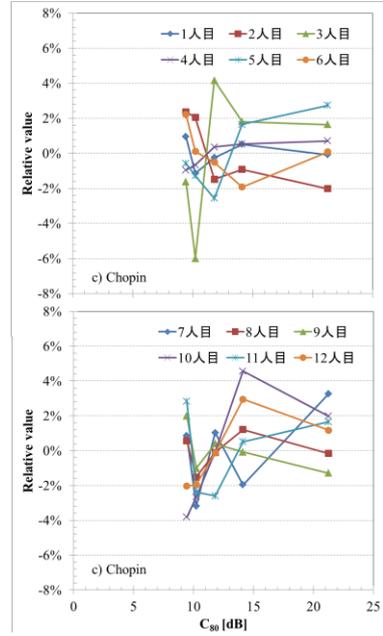
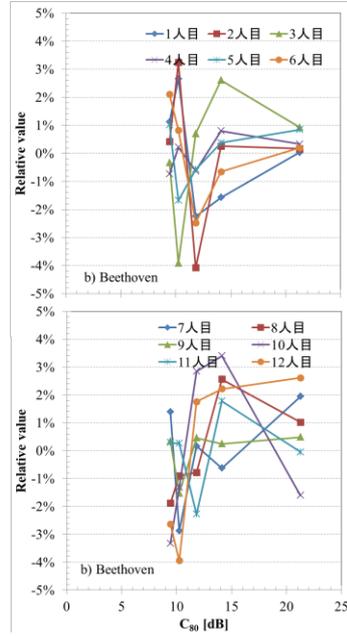
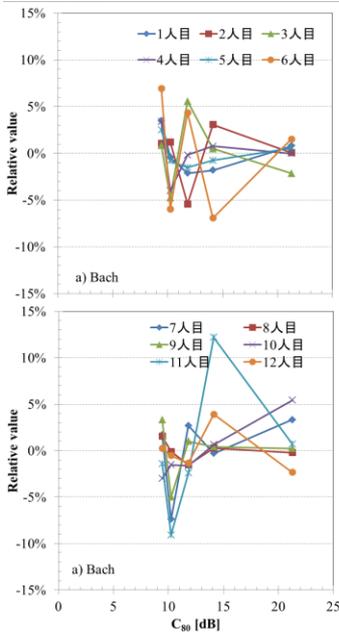


◆離鍵速度-EDT

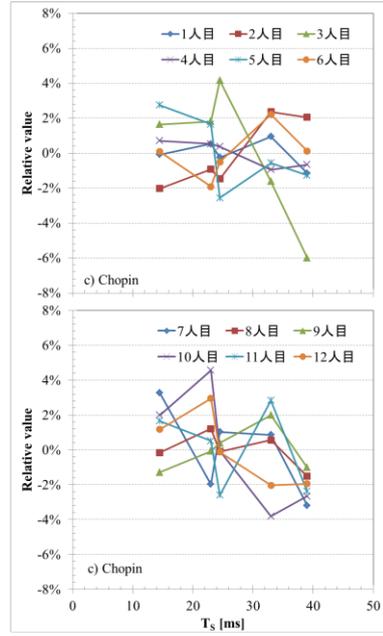
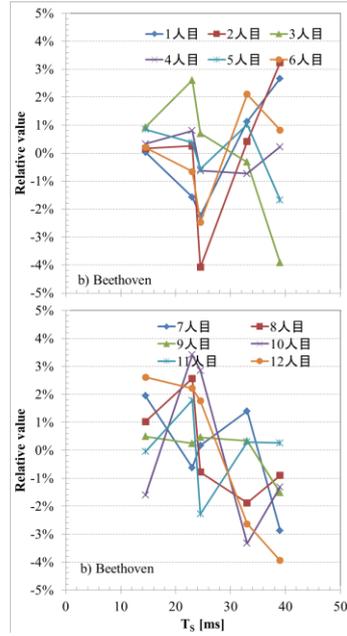
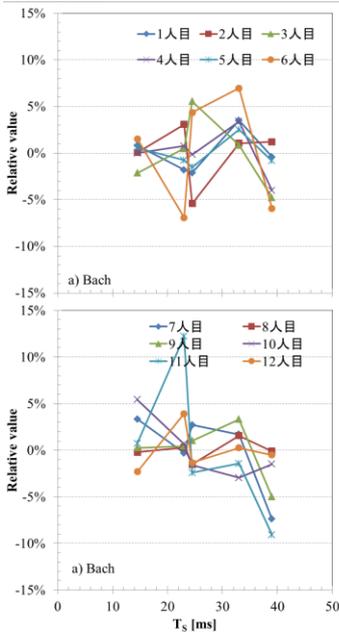


演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆離鍵速度-C80

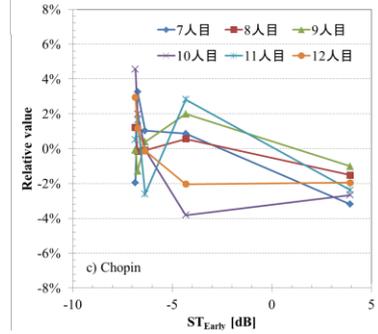
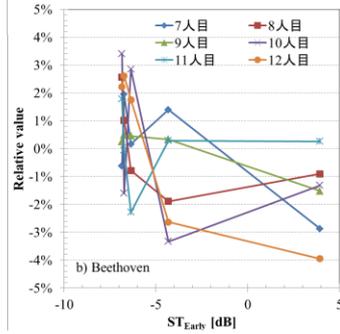
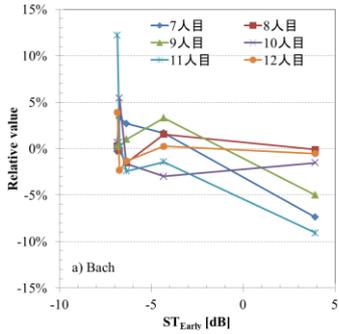
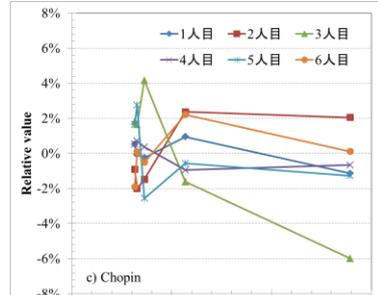
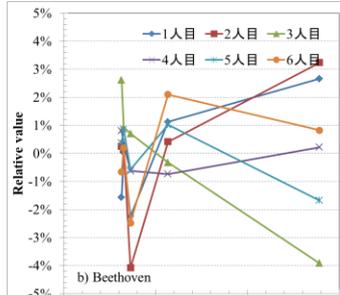
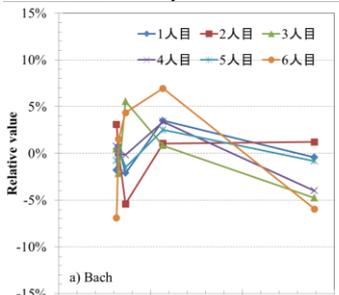


◆離鍵速度-Ts

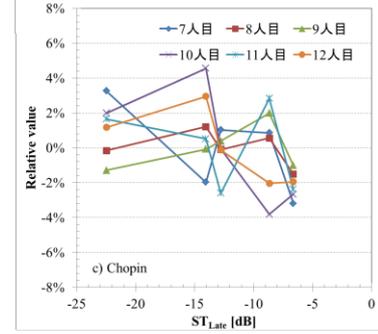
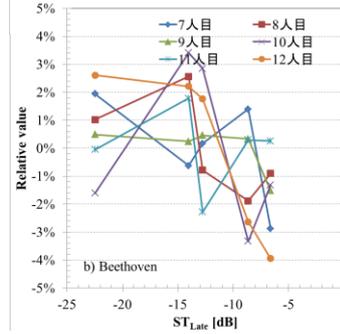
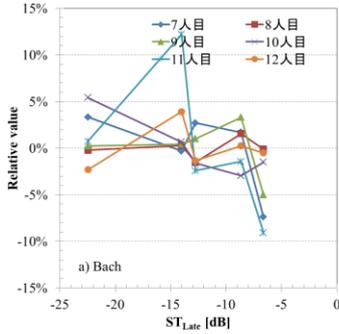
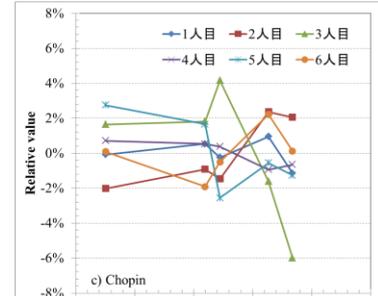
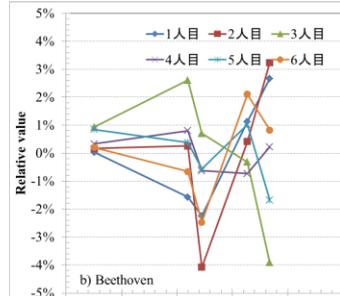
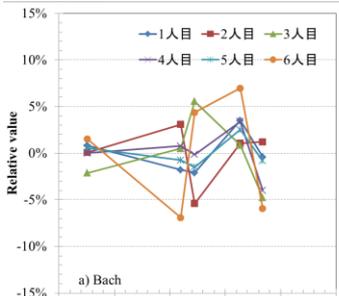


演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆離鍵速度-STearly

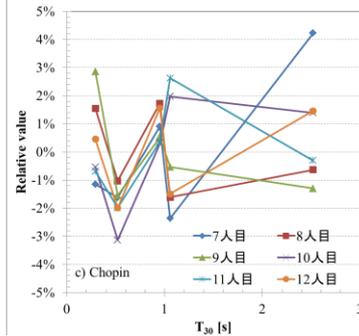
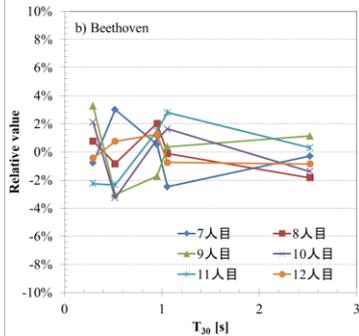
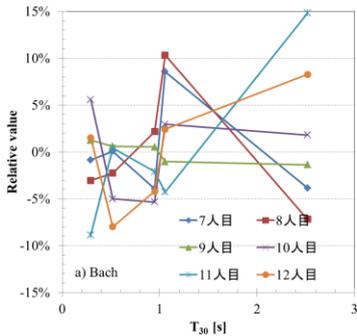
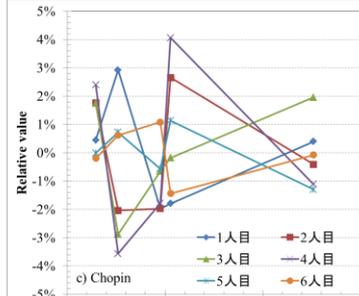
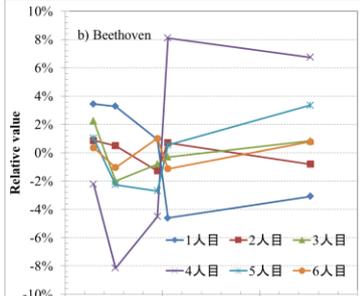
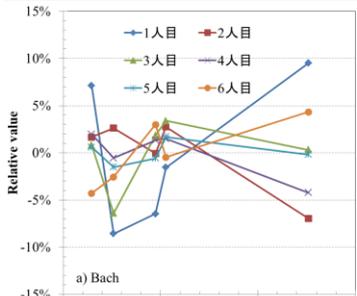


◆離鍵速度-STlate

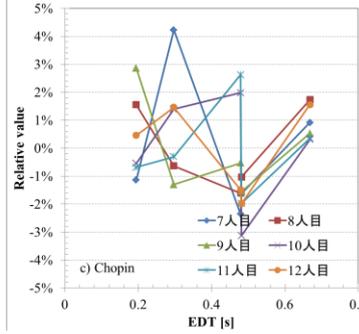
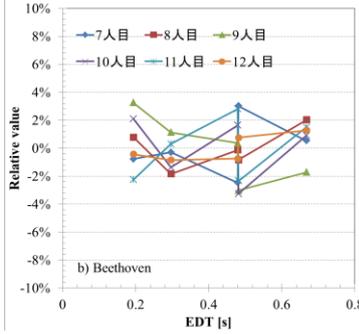
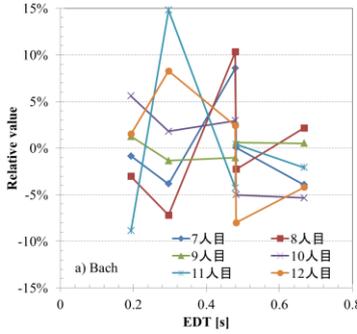
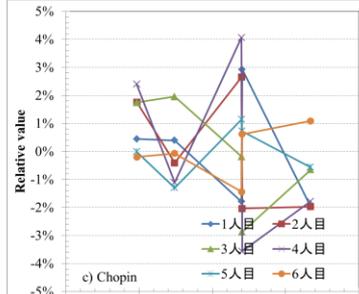
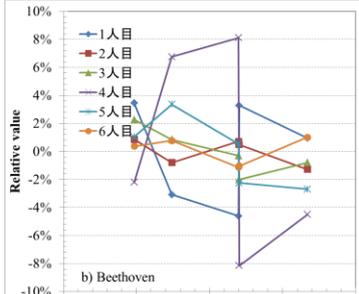
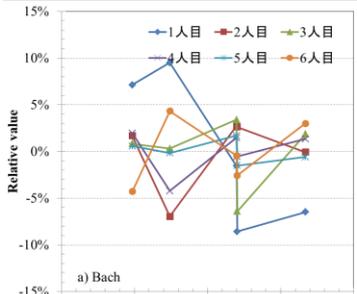


演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆打鍵時間比-T30

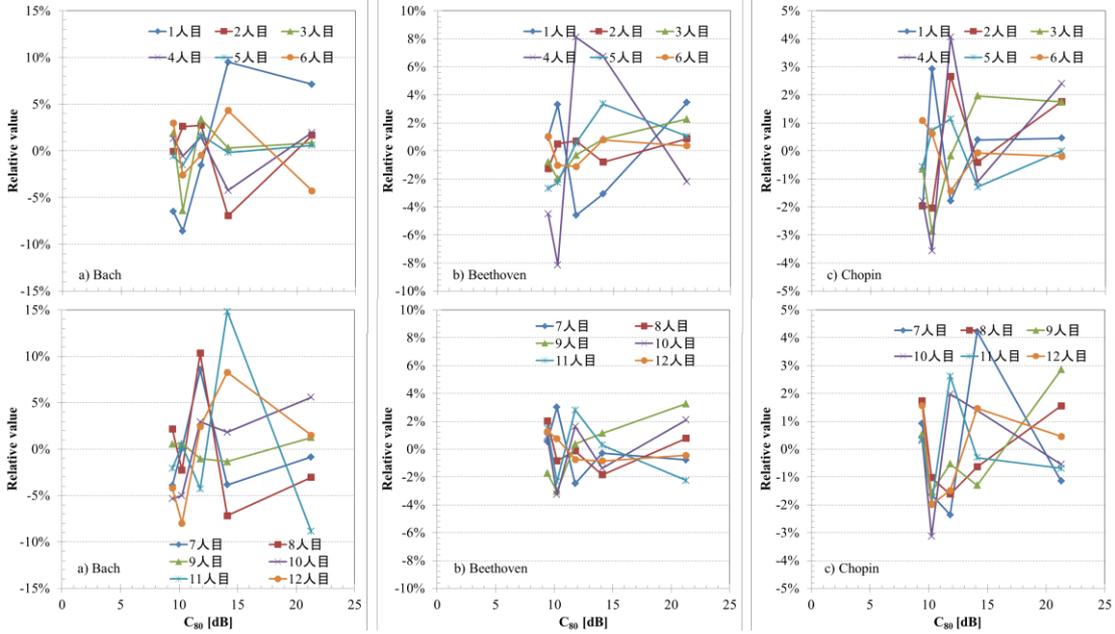


◆打鍵時間比-EDT

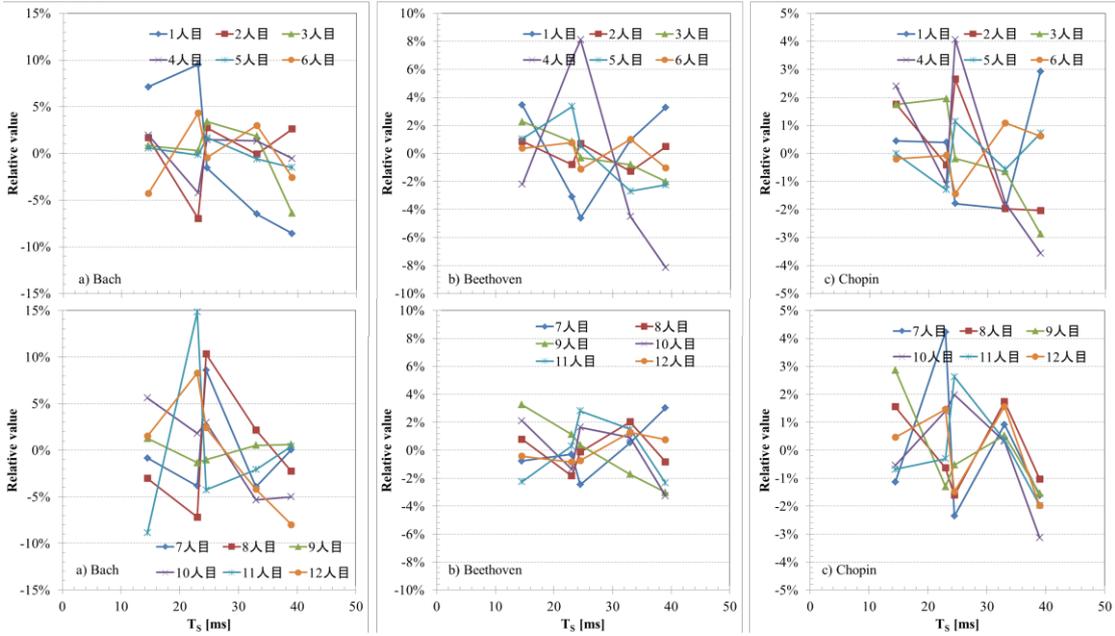


演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆打鍵時間比-C80

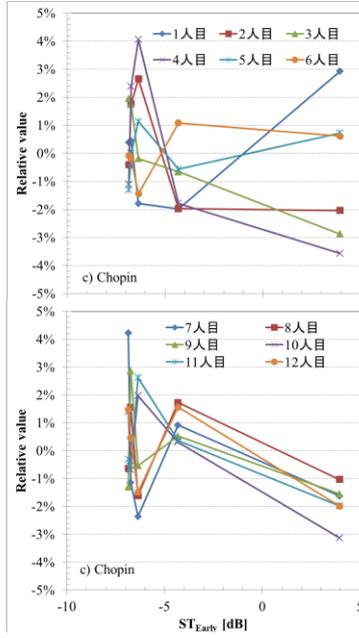
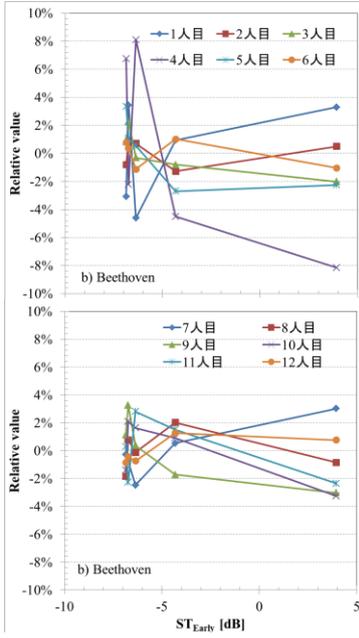
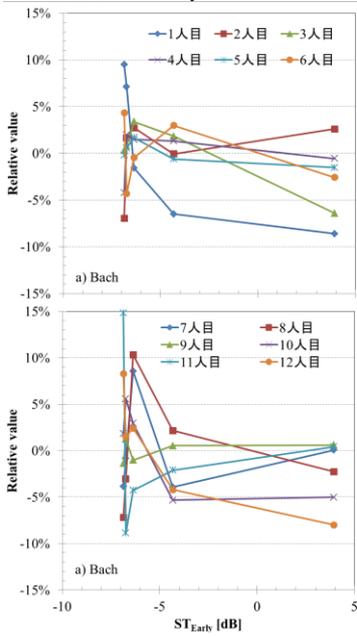


◆打鍵時間比-Ts

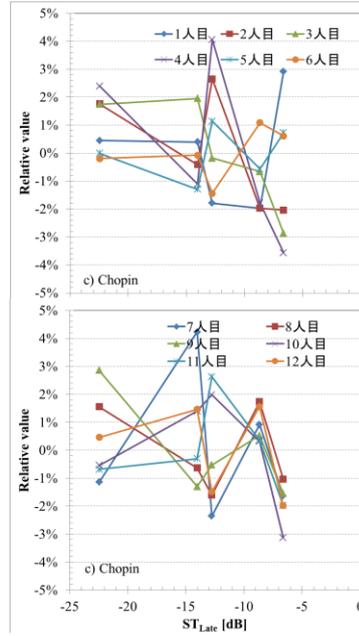
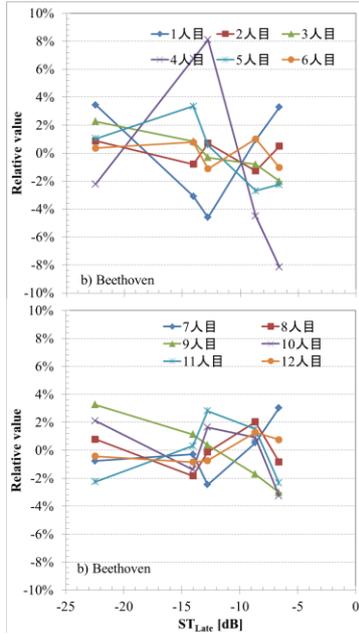
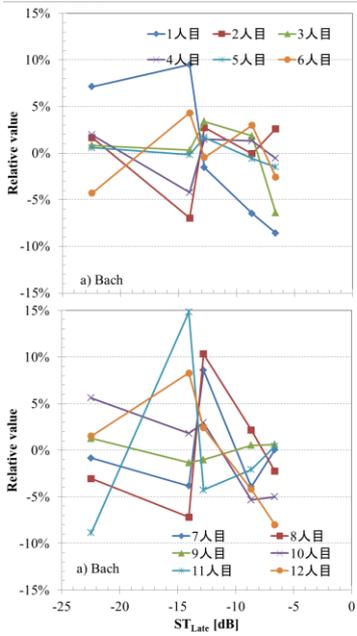


演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆打鍵時間比-STearly

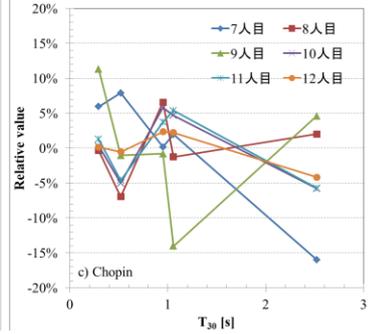
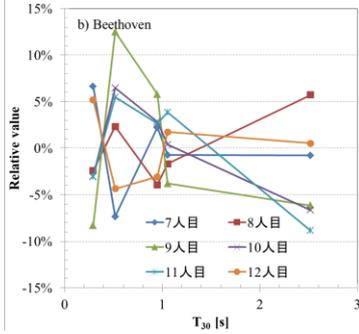
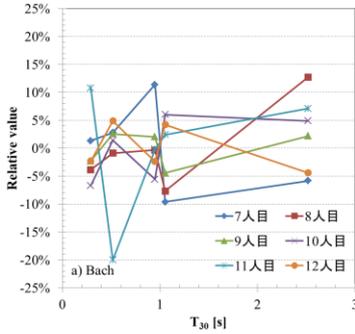
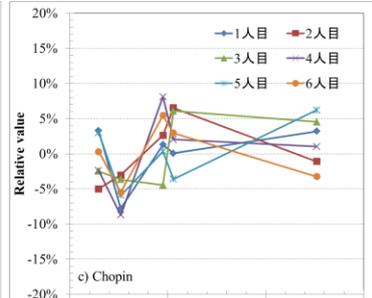
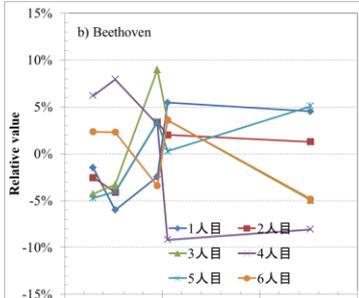
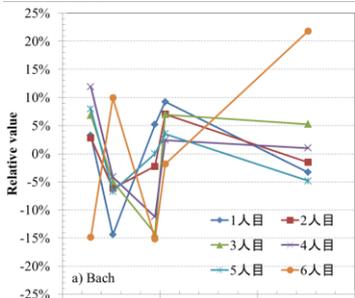


◆打鍵時間比-STlate

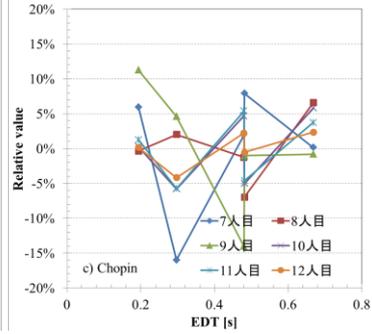
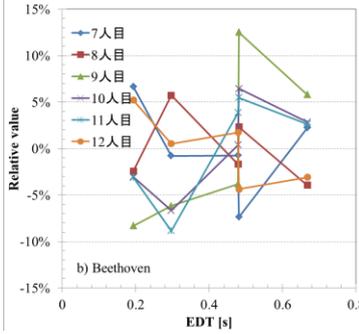
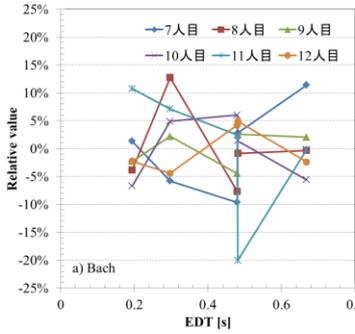
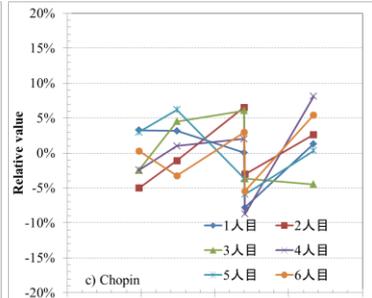
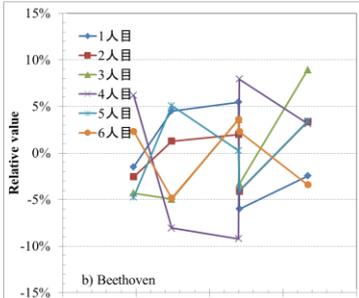
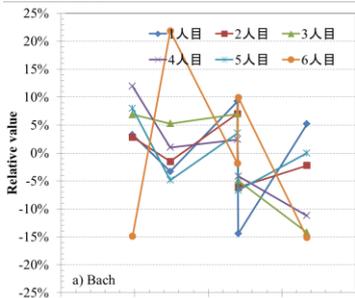


演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆消音時間比-T30

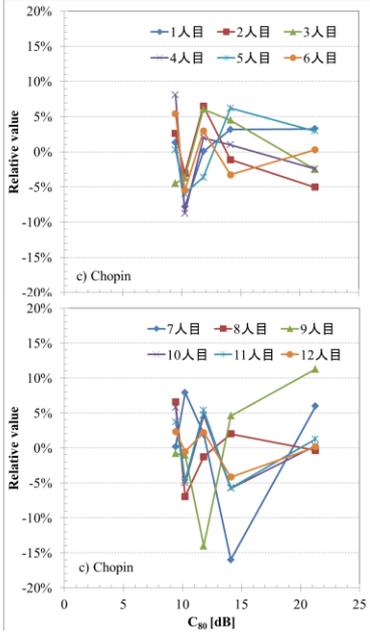
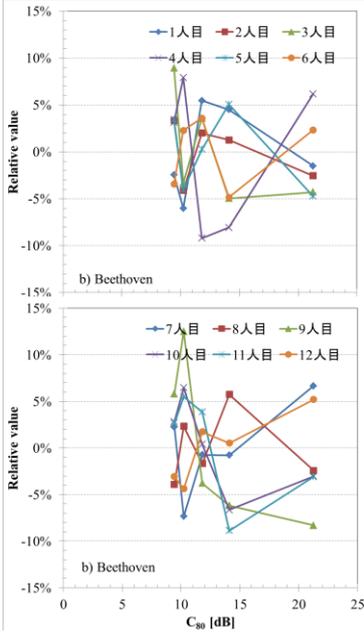
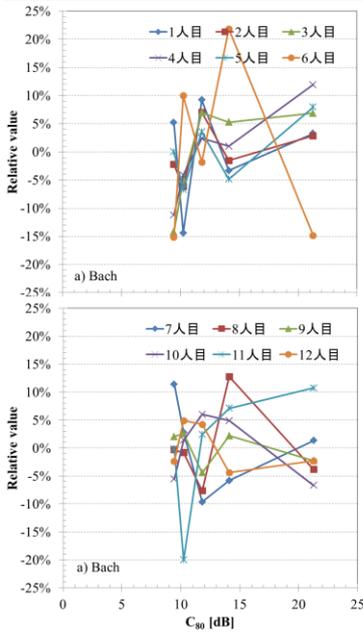


◆消音時間比-EDT

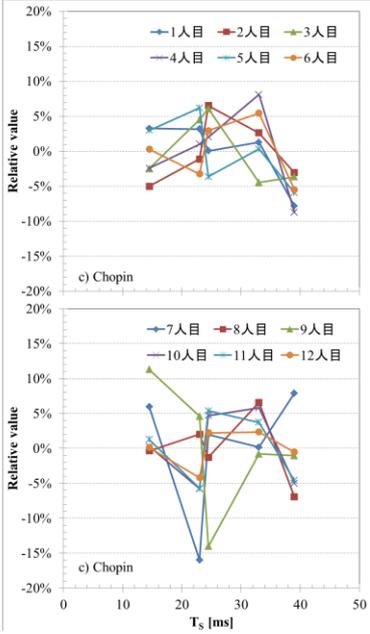
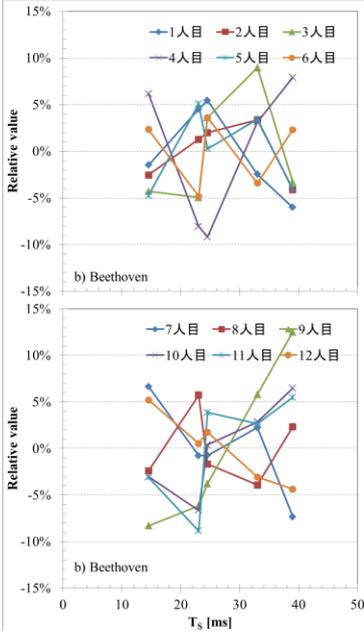
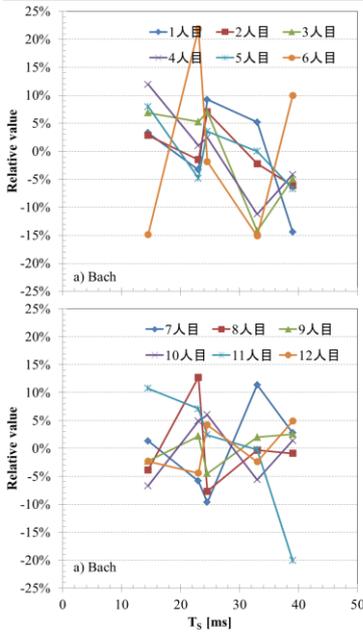


演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆消音時間比-C80

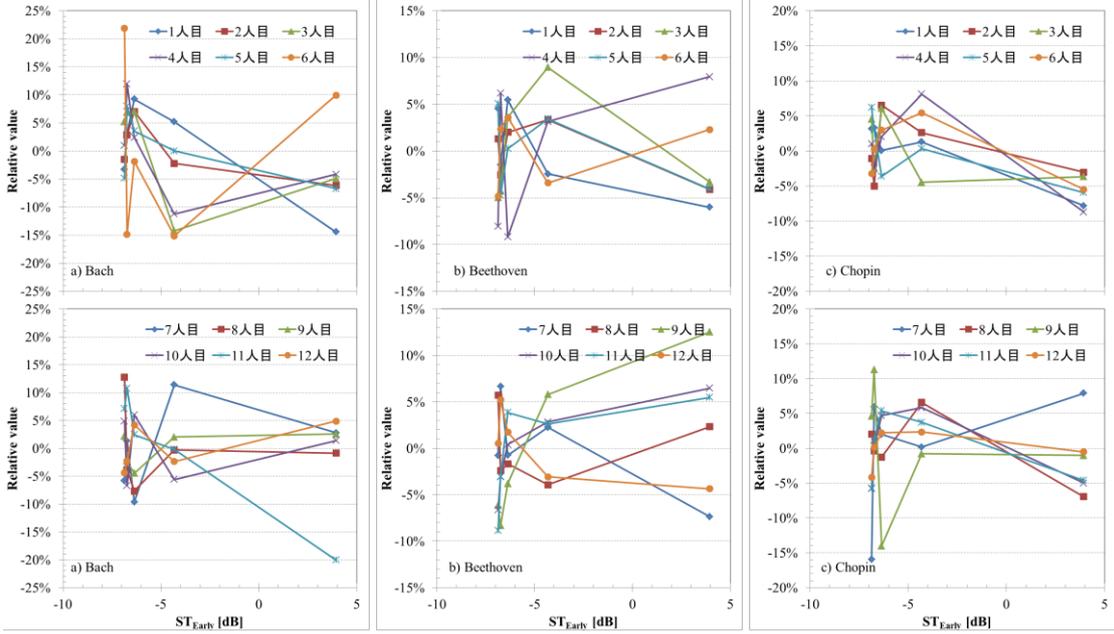


◆消音時間比-Ts

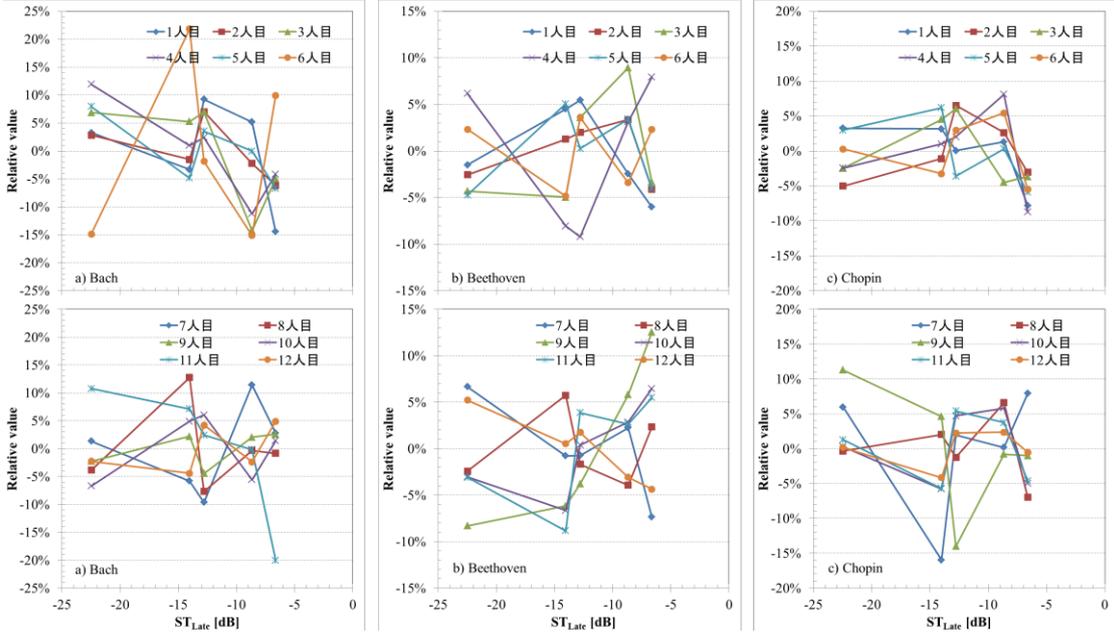


演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆消音時間比-STearly

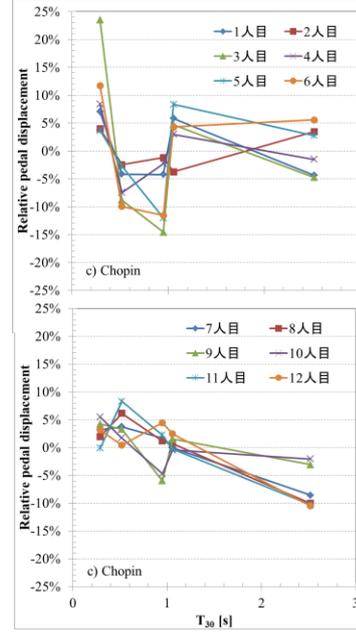
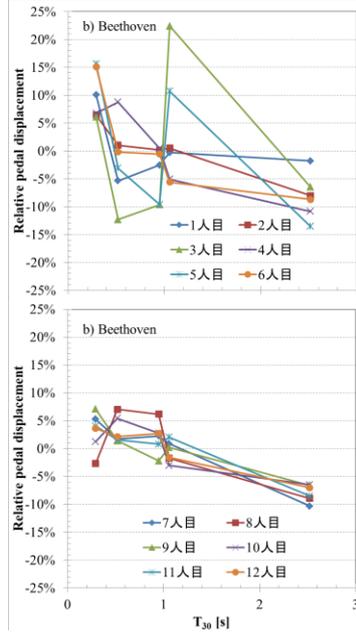
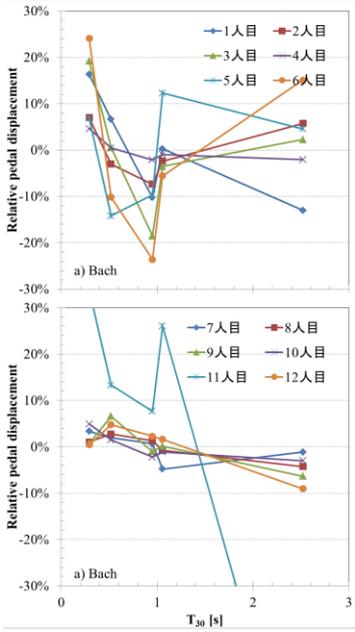


◆消音時間比-STlate

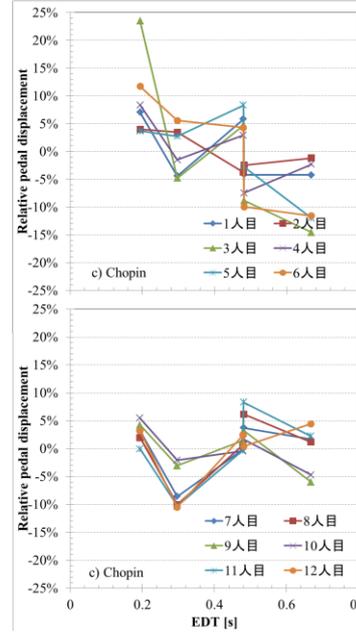
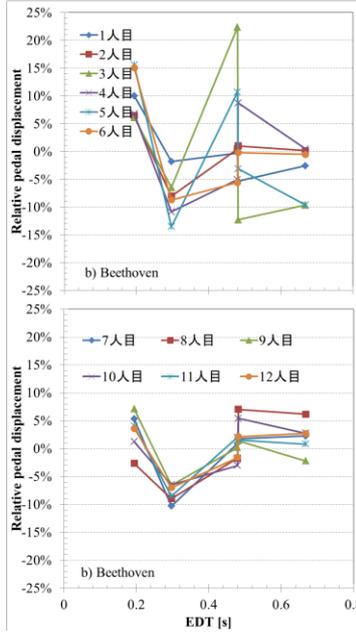
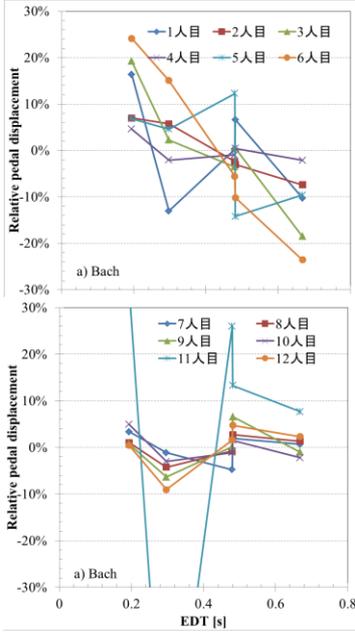


演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆ペダル変位-T30

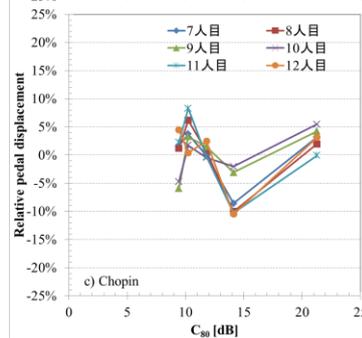
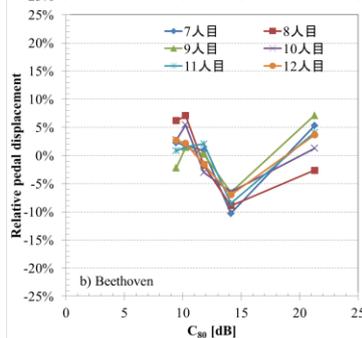
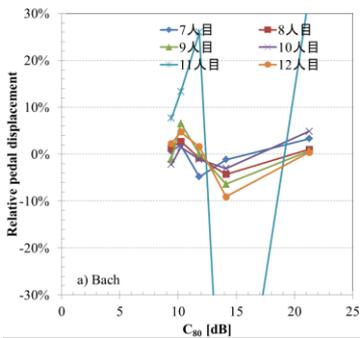
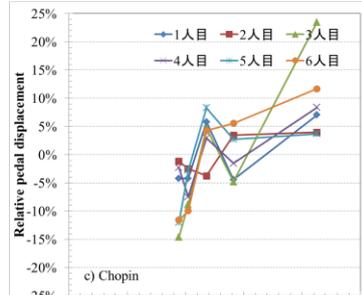
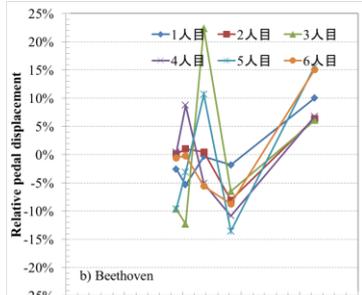
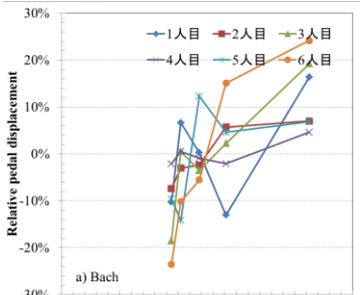


◆ペダル変位-EDT

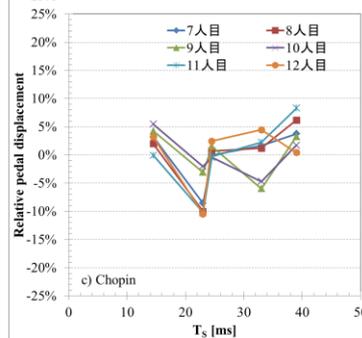
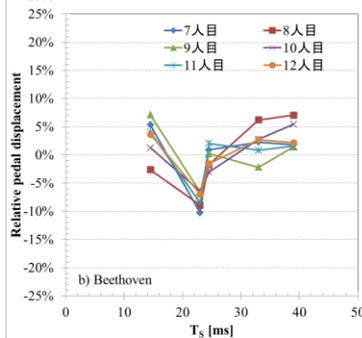
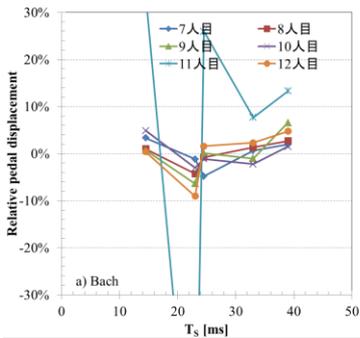
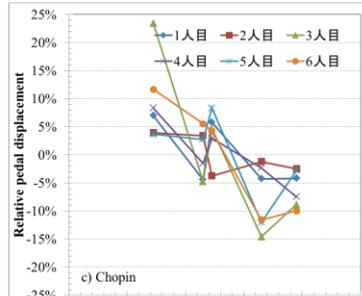
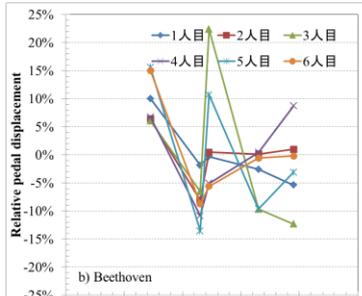
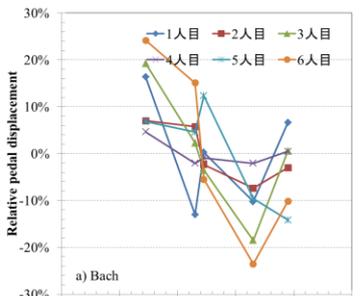


演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆ペダル変位-C80

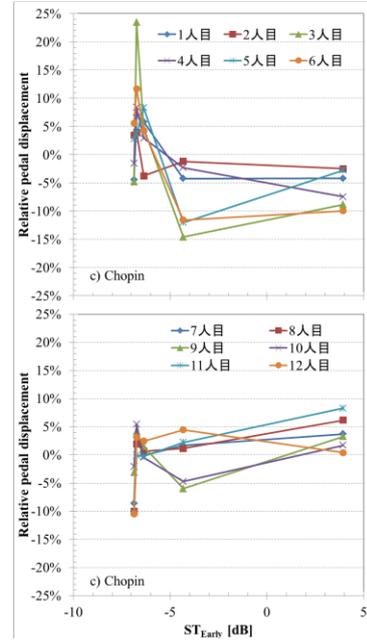
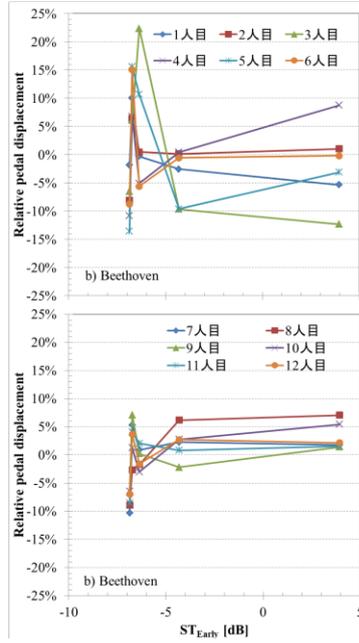
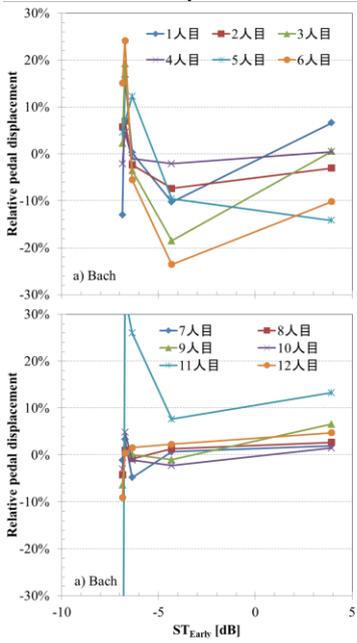


◆ペダル変位-Ts

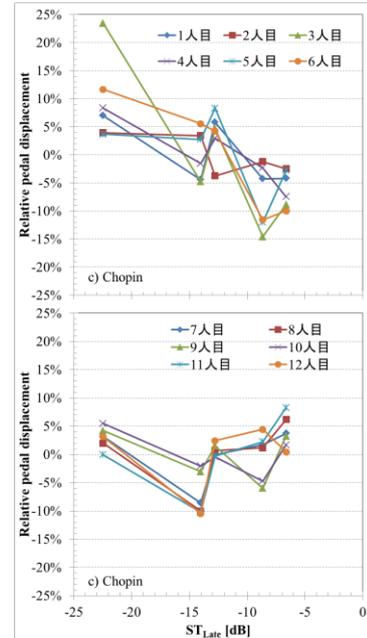
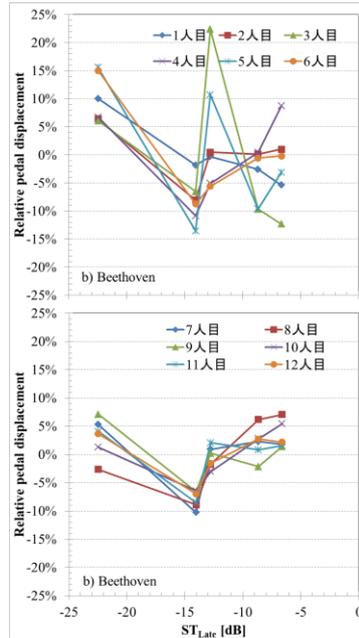
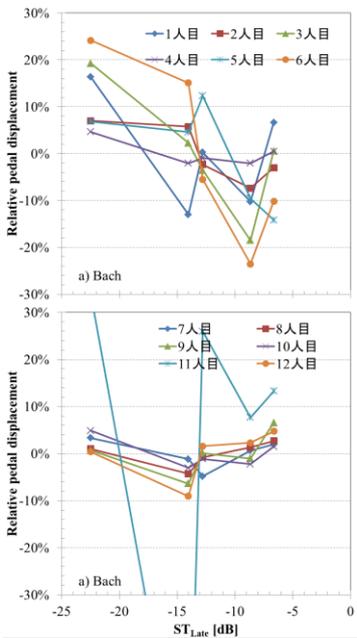


演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆ペダル変位-STearly

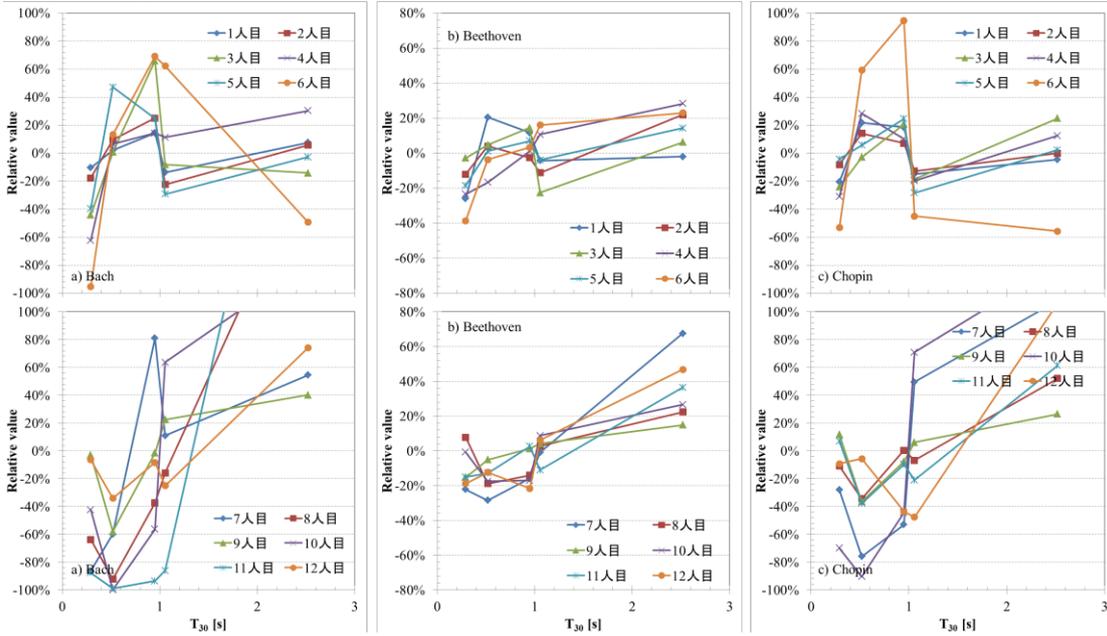


◆ペダル変位-STlate

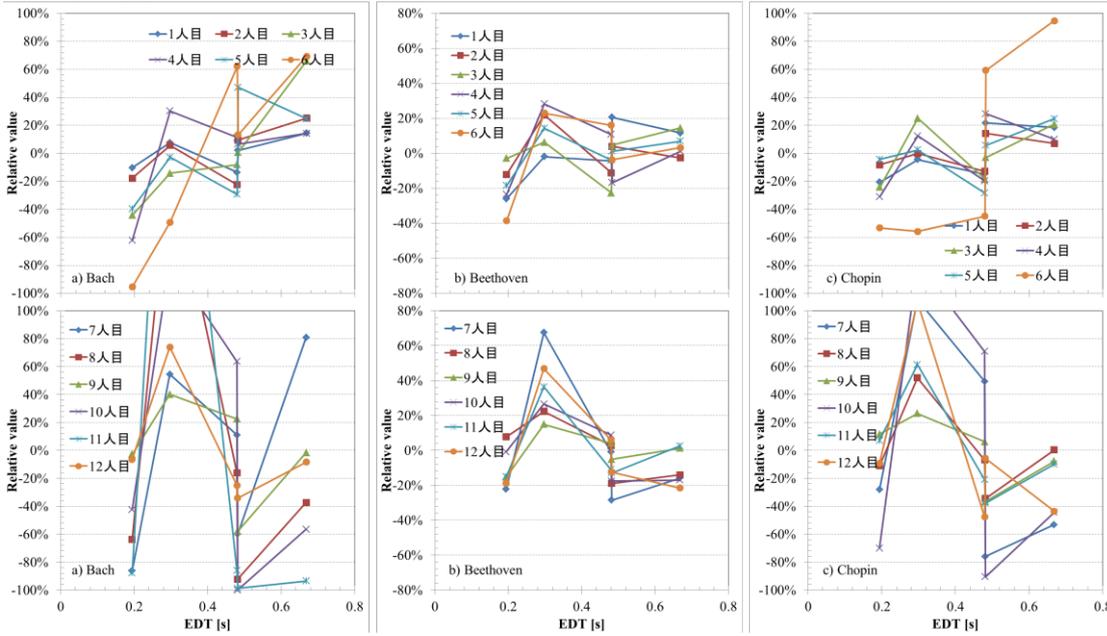


演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆ノンペダル時間比-T30

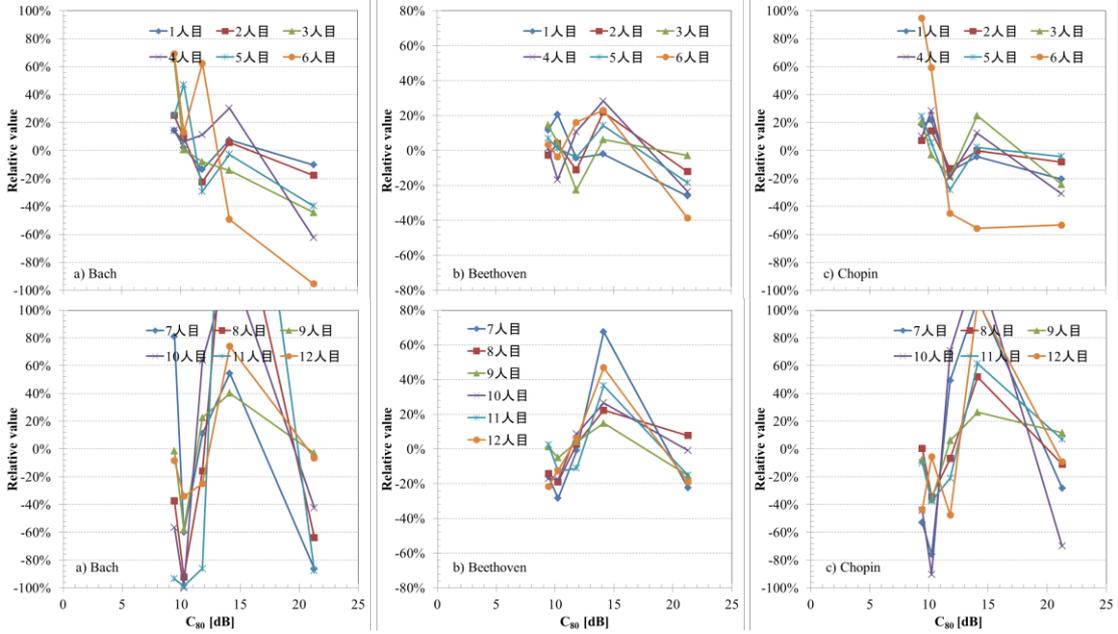


◆ノンペダル時間比-EDT

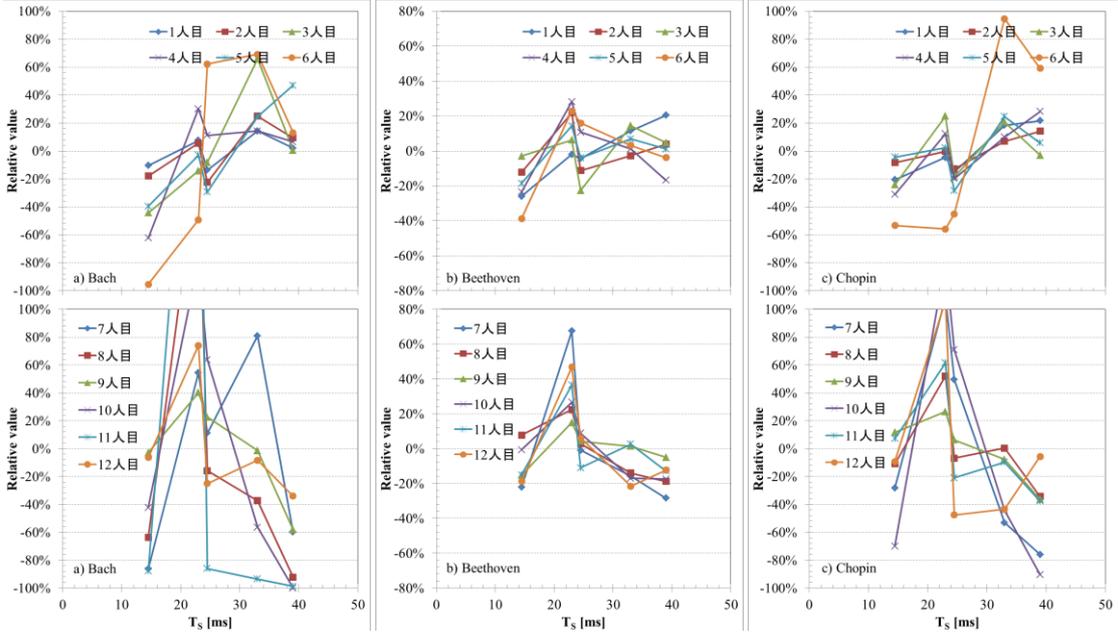


演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆ノンペダル時間比-C80

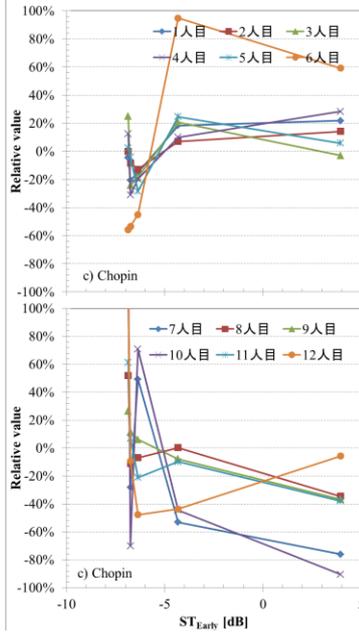
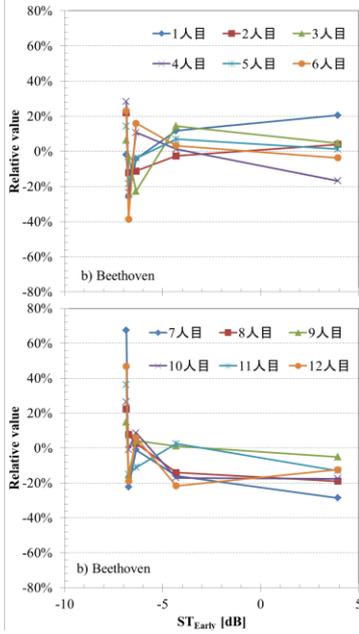
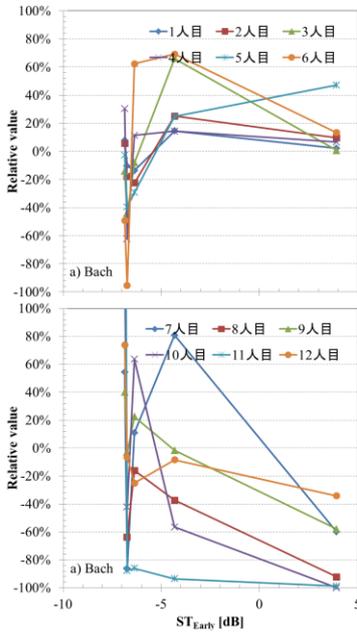


◆ノンペダル時間比-Ts

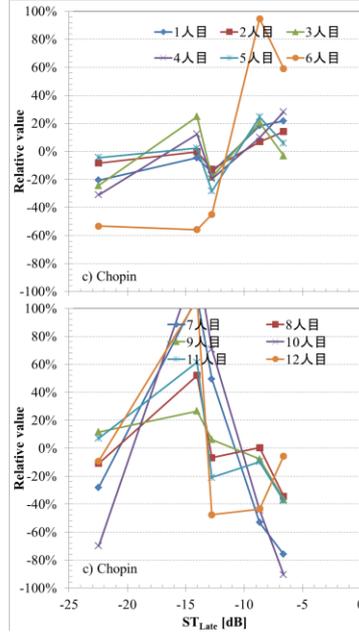
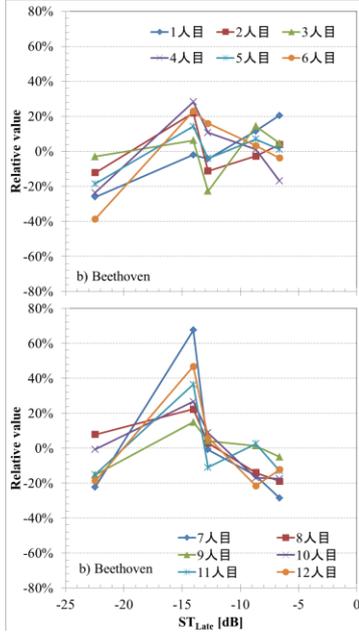
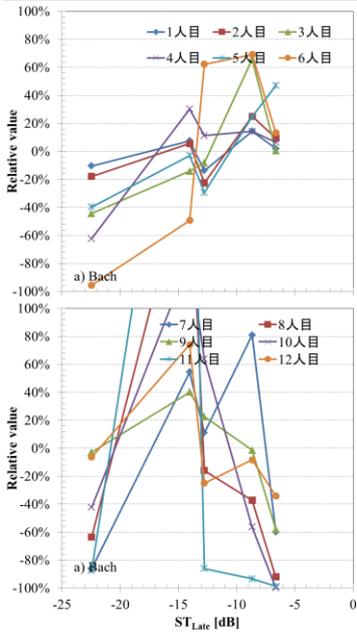


演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆ノンペダル時間比-STearly

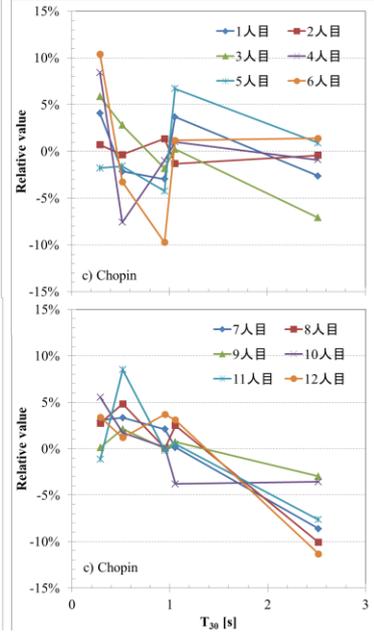
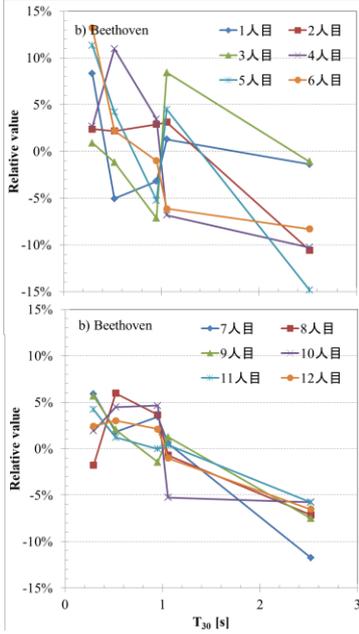
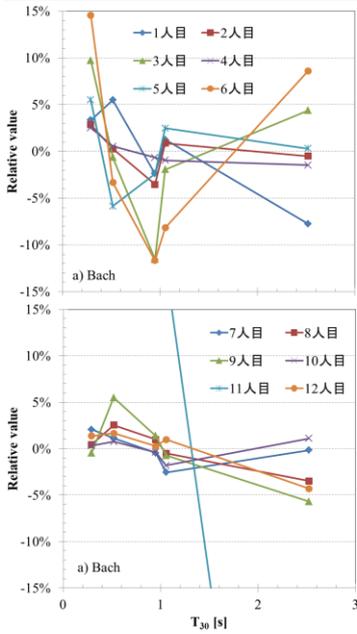


◆ノンペダル時間比-STlate

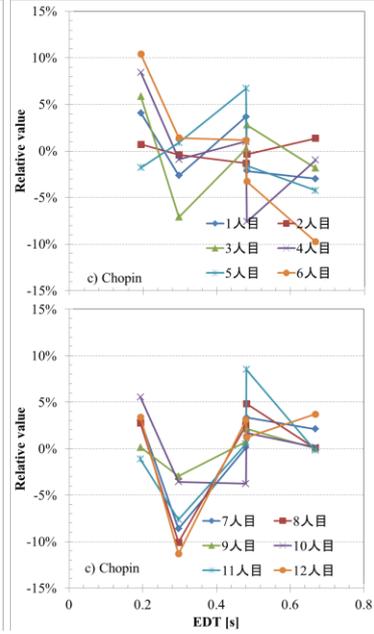
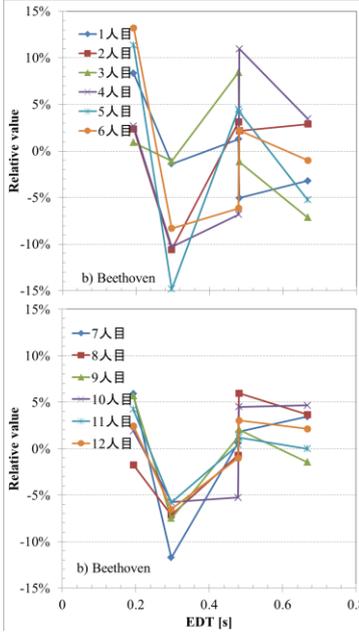
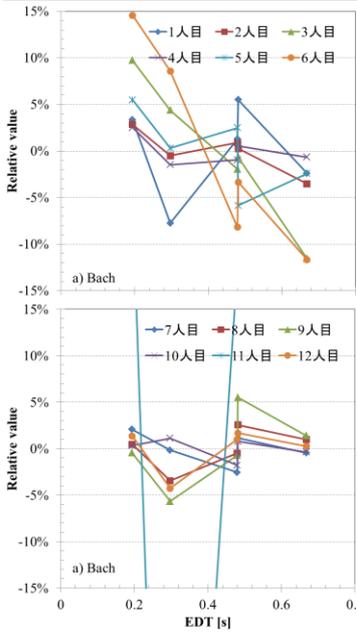


演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆フルペダル時間比-T30

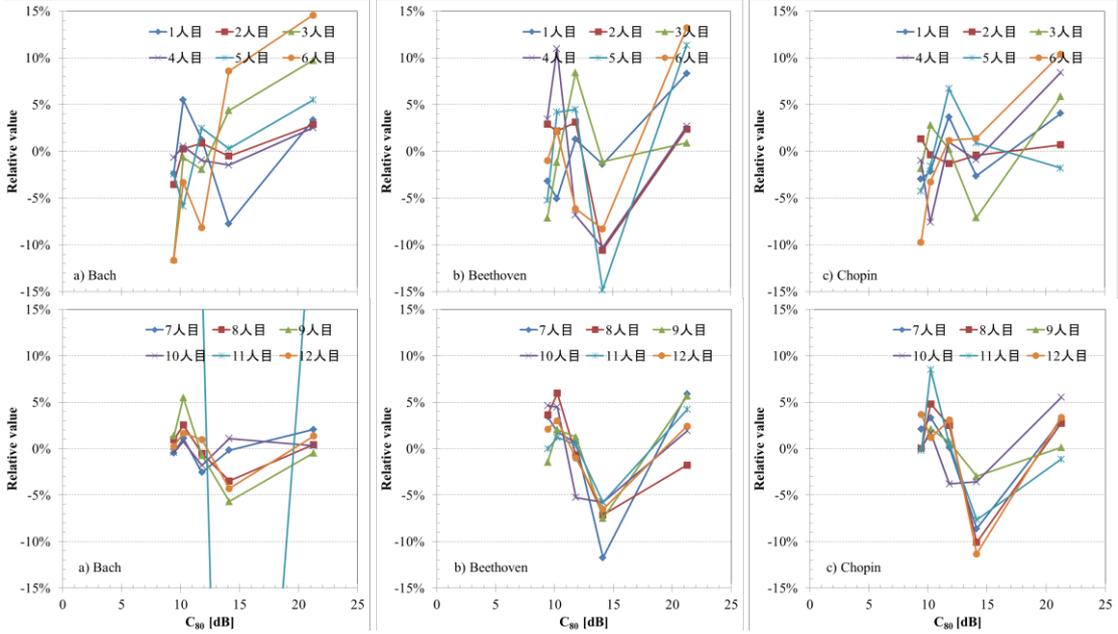


◆フルペダル時間比-EDT

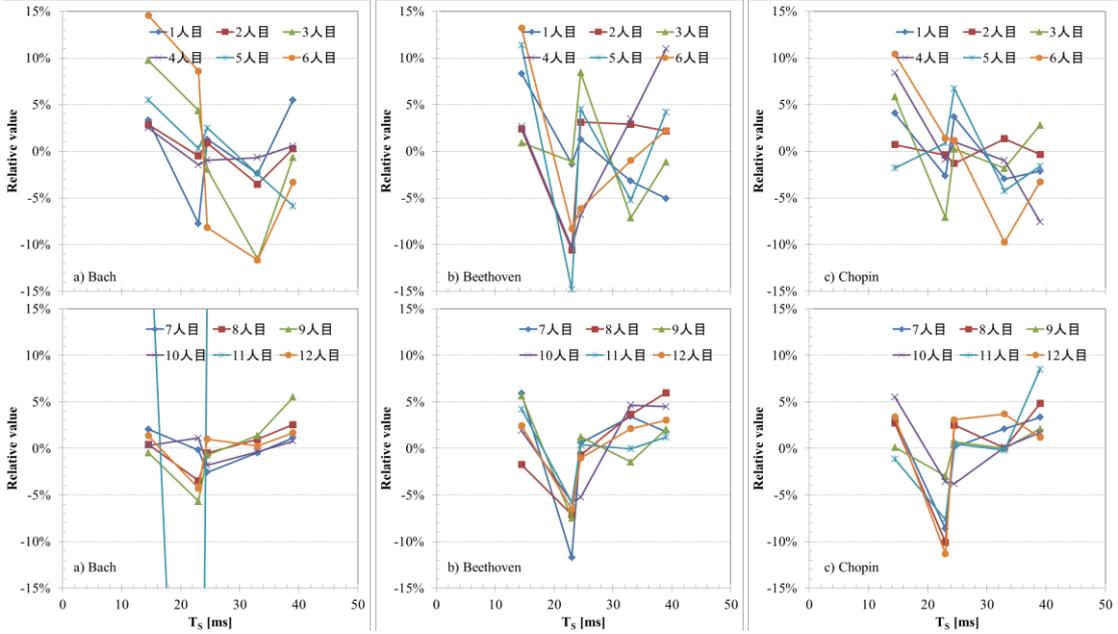


演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆フルペダル時間比-C80

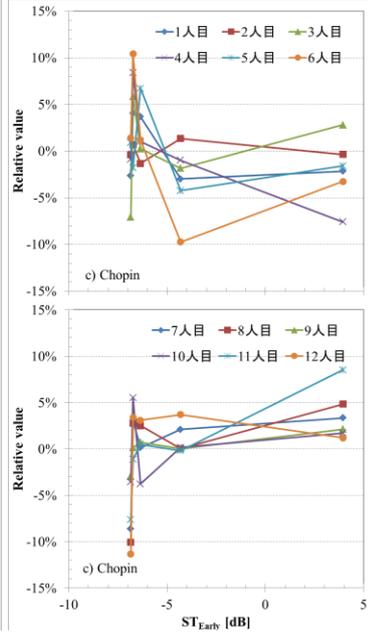
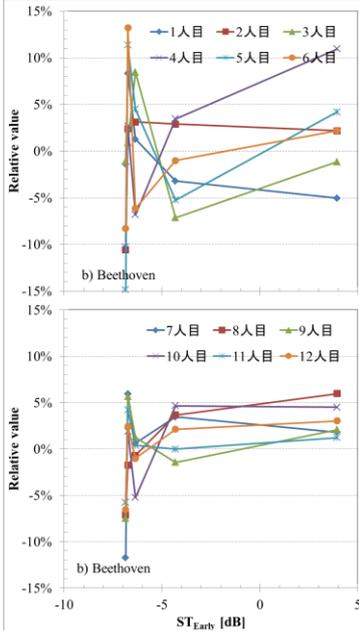
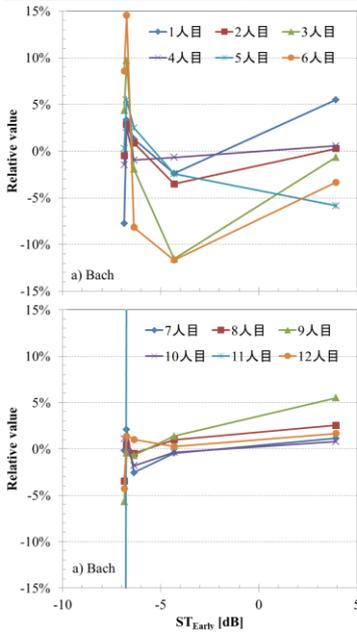


◆フルペダル時間比-Ts

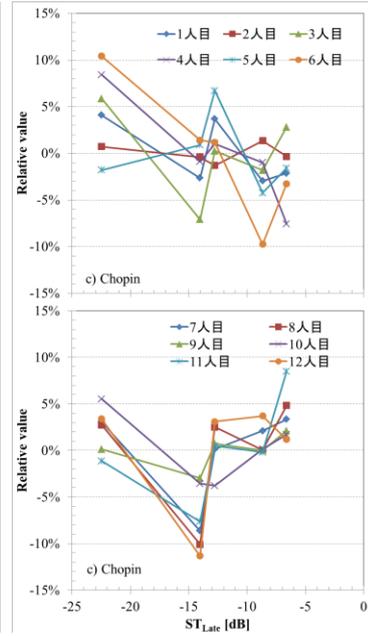
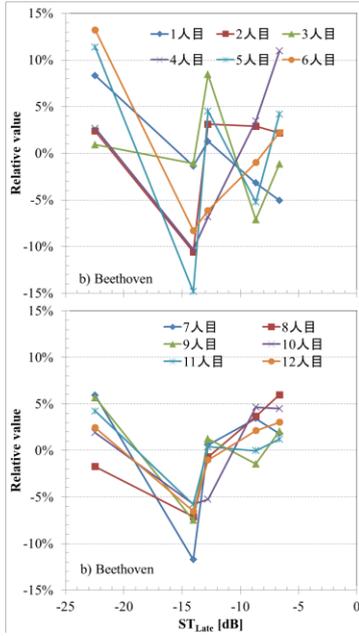
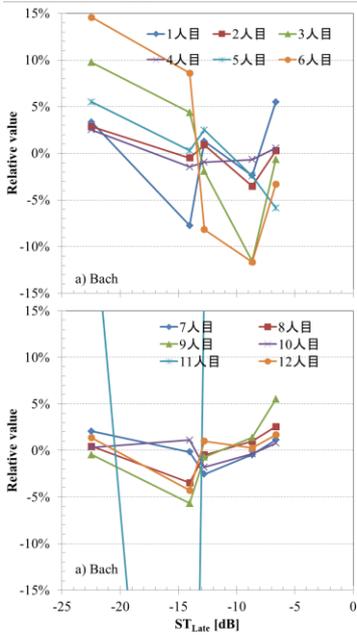


演奏特徴量と室内音響指標の関係

◆フルペダル時間比-STearly



◆フルペダル時間比-STlate



## 付録 B アンケートシート

2010/10/27

## ピアノ演奏と音響空間の相互関係に関する実験

この度は、実験に御協力いただき誠にありがとうございます。  
これから、「響きと演奏の関係性」を調べる目的で、5つの音場条件のもとで演奏を行っていただきたく存じます。

今回の実験では、分析のために演奏時の録音・録画（動画・写真）をさせていただきます。また、音楽活動についての情報をお聞きし、録音もさせていただきます。

これらのデータ・情報は当方で厳重に保管し、学術目的にのみ利用しますので、何卒ご了解の上、実験にご協力のほどよろしくお願い申し上げます。

以上の説明に同意しました。

署名

実験グループ	明治大学工学部建築学科	上野佳奈子
	財)ヤマハ音楽振興会研究開発室	広瀬智行

# 演奏実験 ( ) 回目

演奏者名  
記入者  
音場条件

1) 響きの印象と、演奏上意識した点についてお聞きします。

響きの印象
演奏上意識した点

2) 曲ごとの弾きやすさについてお聞きします。(□にチェック)

- |          |                                |                                  |                                |
|----------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| ・バッハ     | <input type="checkbox"/> 弾きやすい | <input type="checkbox"/> どちらでもない | <input type="checkbox"/> 弾きにくい |
| ・ベートーヴェン | <input type="checkbox"/> 弾きやすい | <input type="checkbox"/> どちらでもない | <input type="checkbox"/> 弾きにくい |
| ・ショパン    | <input type="checkbox"/> 弾きやすい | <input type="checkbox"/> どちらでもない | <input type="checkbox"/> 弾きにくい |

3) 響きの印象評価についてお聞きします。

響きの長さ	短い	<table style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">┌───────────┴───────────┐</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	┌───────────┴───────────┐					長い
1	2	3	4	5									
┌───────────┴───────────┐													

響きの量 (大きさ)	少ない	<table style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">┌───────────┴───────────┐</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	┌───────────┴───────────┐					多い
1	2	3	4	5									
┌───────────┴───────────┐													

空間の広さ	狭い	<table style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">┌───────────┴───────────┐</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	┌───────────┴───────────┐					広い
1	2	3	4	5									
┌───────────┴───────────┐													

演奏しやすさ	しにくい	<table style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">┌───────────┴───────────┐</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	┌───────────┴───────────┐					しやすい
1	2	3	4	5									
┌───────────┴───────────┐													

演奏者名

1) 演奏活動についてお聞きします。

・演奏活動の年数 ( ) 年
・ピアノの専門教育を受けた年数 ( ) 年
・ピアノ以外の楽器で演奏教育を受けた年数 ( ) 年 楽器名称 ( )
・海外での留学経験 ( ) 年 国名 ( )
・演奏会の出演 ( ) 回 (ここ最近の10年)
・演奏会場の規模について (割合) 客席100人以下の演奏会場 ( ) % 客席100人~500人の演奏会場 ( ) % 客席500人~1000人の演奏会場 ( ) % 客席1000人以上の演奏会場 ( ) %
・好きな演奏会場( )
⇒それはなぜですか?理由をお書きください。
・普段の演奏会で、響きによって演奏を変える意識はありますか? (はい・いいえ)
・上記の質問で「はい」と答えた方へ どのようにして演奏を変えていますか?詳細をお書きください。

2) 普段の練習についてお聞きします。

・普段練習している部屋のタイプ (防音室・リビング・その他 ( ))
・普段練習している部屋の広さ ( 畳)
・普段練習している部屋の響き (とても響かない・やや響かない・ どちらともいえない・やや響く・とても響く)

3) 本日演奏実験に使用したピアノについてお聞きします。

・本日使用したピアノは普段使用しているピアノに比べて、弾きやすいですか?
(とても弾きにくい・やや弾きにくい・どちらともいえない・ やや弾きやすい・とても弾きやすい)
⇒それはなぜですか?理由についてお書きください。

以上で質問は終わりです。ご協力ありがとうございました。

2010/10/28

演奏者名

記入者

■各曲の音場条件に対する弾きやすさ、弾きにくさについて

「バッハ：『クラヴィーア』」

どの音場条件がどういう点で弾きやすいと感じましたか？
-----
どの音場条件がどういう点で弾きにくいと感じましたか？
-----

「ベートーヴェン：『悲愴』」

どの音場条件がどういう点で弾きやすいと感じましたか？
-----
どの音場条件がどういう点で弾きにくいと感じましたか？
-----

「ショパン：『告別』」

どの音場条件がどういう点で弾きやすいと感じましたか？
-----
どの音場条件がどういう点で弾きにくいと感じましたか？
-----

■ 音場条件に対する全体評価について      演奏者名  
記入者

- 1) 5つの音場条件を「演奏しやすさ」について順位をつけてください。  
(演奏しやすい音場の順番に 1, 2, 3, 4, 5 と番号をつけてください。)

演奏実験①	演奏実験②	演奏実験③	演奏実験④	演奏実験⑤
判断基準についてお答えください。				

- 2) 5つの音場条件を「演奏会場の響きとしての好ましさ」について順位をつけてください。  
(好ましい音場の順番に 1, 2, 3, 4, 5 と番号をつけてください。)

演奏実験①	演奏実験②	演奏実験③	演奏実験④	演奏実験⑤
判断基準についてお答えください。				

演奏者名  
記入者

		選択	演奏実験 1 回目 (27 日 1 回目)	演奏実験 2 回目 (27 日 2 回目)	演奏実験 3 回目 (27 日 3 回目)	演奏実験 4 回目 (28 日 1 回目)	演奏実験 5 回目 (28 日 2 回目)
A	テンポ						
B	緩急						
C	音符の長さ						
D	音量						
E	ダイナミクス						
F	タッチ						
G	高低音のバランス						
H	音の出し方						
I	ペダルを踏む深さ						
J	ペダルを踏む長さ						
K	ペダルを踏むタイミング						
L	ペダルを離すタイミング						
M							
N							

※選択は 意識的◎ 無意識的○

## 発表論文一覧

- ・村田義明, 佐久間哲哉, 上野佳奈子, 川井敬二, 加藤浩介：ホール音響がピアノ演奏に与える影響に関する実験的検討-模擬残響音場における MIDI 演奏情報の分析-, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1 環境工学 I, pp. 331- 332, 2010.
- ・村田義明, 佐久間哲哉, 上野佳奈子, 川井敬二, 加藤浩介：残響条件がピアノ演奏に与える影響に関する実験的検討 -MIDI 信号を用いた演奏情報の分析-, 日本音響学会研究発表会梗概論文集（秋季）, pp. 1041- 1042, 2010.
- ・村田義明, 佐久間哲哉, 上野佳奈子, 川井敬二, 加藤浩介：残響条件がピアノ演奏に与える影響に関する実験的検討 -個人差に着目した MIDI 演奏特徴量の分析-, 日本音響学会研究発表会梗概論文集（春季）, 2011
- ・修士論文要旨

# ホール音響がピアノ演奏に与える影響に関する実験的検討

## － 模擬残響音場における MIDI 演奏情報の分析－

正会員 ○村田 義明\*1  
 同 佐久間 哲哉\*2  
 同 上野 佳奈子\*3  
 同 川井 敬二\*4  
 同 加藤 浩介\*5

室内音響                      音楽演奏                      演奏動作  
 ピアノ                          残響付加                      MIDI

### 1. はじめに

ホールの響きに応じた音楽演奏の調整について、川井ら<sup>1)</sup>は 3 次元音場シミュレーションシステムを用いてプロの演奏家（管・弦楽器、声楽）による試奏実験を行い、演奏家は意識的に演奏表現を調整し、その演奏音には聴覚的に検出可能な差異があることを確認している。また、Bolginger ら<sup>2)</sup>はホールの残響時間とピアノ演奏との関係性について実験的に検討を行っている。本報はホール音響がピアノ演奏に与える影響について、模擬残響音場における試奏実験により検討を行う。特にピアノ演奏の分析には MIDI (Musical Instrument Digital Interface) 信号を用い、タッチとペダリングへの影響を詳細に調べる。

### 2. 実験概要

吸音性の比較的高い実験スタジオ (7.6m×6.2m×3.0mH) にピアノと演奏者を取り囲むように残響付加用のスピーカー4 本を配置し、表 1 に示す残響時間の異なる模擬音場 4 条件を順次設定した。演奏者には各音場条件で表 2 に示す 4 種類の楽曲を数分間の練習後 3 回ずつ演奏してもらい、演奏情報記録装置 (Yamaha Disklavier) を用いて MIDI 信号を記録した。被験者はプロとアマチュアの演奏者 1 名ずつ計 2 名とした (以下それぞれ PRO、AMA と呼ぶことにする)。

### 3. 演奏の分析対象

ピアノ演奏の分析では、MIDI 信号に含まれる打鍵速度 (128 段階)、打鍵時間長 (鍵盤を押している時間)、ペダル変位 (踏み込みの深さ、128 段階) を用い、各曲の分析範囲における演奏時間、平均打鍵速度、打鍵時間比 (打鍵時間長の総和/演奏時間)、平均ペダル変位、フルペダル時間比 (フルペダル時間長の総和/演奏時間) を演奏の特徴量として算出する。ここで、演奏時間はテンポ、平均打鍵速度は音量に対応し、打鍵時間比はテンポの影響を除いたタッチの特徴量として取り上げる。ペダルに関しては変位によってノン(0~51)/ハーフ(52~69)/フル(69~127)の3つの状態に分けられることを事前に確認し、

完全開放弦となるフルペダルの時間長を別途算出した。平均ペダル変位は演奏者の予備動作も含めた運動に対応するのに対し、フルペダル時間比はピアノのペダル効果に対応するものと考えられる。

Table 1 Acoustic conditions of simulated reverberant fields.

音場	RT30 [s]	ST <sub>early</sub> [dB]	ST <sub>late</sub> [dB]	残響付加
O	0.3	-5.8	-22.5	-
A	0.6	-3.7	-15.0	スタジオ程度の残響を付加
B	1.6	-5.3	-17.0	小規模コンサートホール程度の残響を付加
C	2.6	-5.3	-14.5	大規模コンサートホール程度の残響を付加

Table 2 Musical pieces for test performance

曲目	分析範囲
バッハ: 平均律クラヴィーア曲集第1巻第1番ハ長調BWV846より前奏曲	冒頭8小節
モーツァルト: ピアノソナタ 第16番 ハ長調 K.545 より 第1楽章	冒頭12小節
ショパン: ポロネーズ 第3番 イ長調 Op.40「軍隊」	冒頭8小節
ドビュッシー: 前奏曲集 第1巻 第8番 変ト長調「亜麻色の髪の乙女」	冒頭7小節

### 3. 分析結果と考察

前述の各種演奏特徴量について演奏者毎・楽曲毎に音場条件を要因とした分散分析を行った。図 1~3 に各条件における 3 回の演奏の平均値より音場 O を基準として算出した変化率を示すとともに、音場条件の主効果が有意水準 5% で認められた楽曲を実線、他を点線で記す。図 1 に演奏時間、図 2 にタッチに関連する打鍵速度と打鍵時間長、図 3 にペダリングに関連するペダル変位とフルペダル時間比の分析結果を示す。

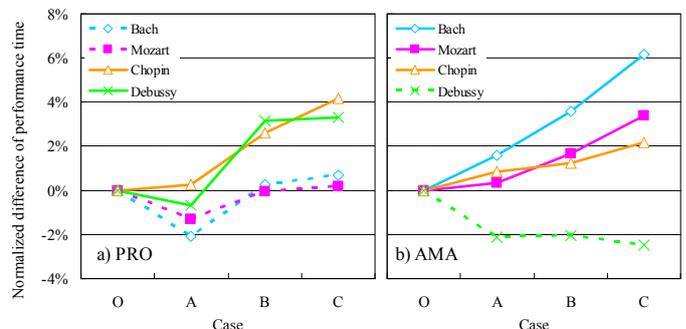


Fig. 1 : Difference of performance time normalized by case O (solid line : p < 0.05, dotted line : not significant)

分析結果から演奏時間、打鍵速度、平均ペダル変位、フルペダル時間比については、演奏者間の違いはあるが大まかに残響時間と相関があることがわかった。

- ・ **演奏時間**：有意差が認められた楽曲では残響時間が長い条件において演奏時間が長くなる、つまりテンポが遅くなる傾向がみられた。
- ・ **打鍵速度**：残響時間が長くなるにつれて打鍵速度が小さくなり、音量が小さくなる傾向がみられた。特に、PROは全ての楽曲で共通の調整傾向がみられた。
- ・ **平均ペダル変位**：残響時間が長くなると平均ペダル変位は小さくなり、ペダルの踏込みが浅くなる傾向がみられた。一方で AMA-Debussy のような逆の傾向もみられた。
- ・ **フルペダル時間比**：有意差が認められた楽曲では残響時間が長くなるにつれ、フルペダル時間比が減少する、つまりペダルの効果を抑える傾向が顕著にみられた。

演奏時間、打鍵速度に関しては Bolzinger ら<sup>2)</sup>の結果と概ね傾向が一致している。一方、打鍵時間比は残響時間との関係は一概にみられないが、有意差が認められた楽曲に関しては、残響時間が長くなると打鍵時間比は大きくなり、川井ら<sup>1)</sup>のピアノ以外での結果とは逆の傾向がみられた。ペダルに関しては、平均ペダル変位とフルペダル時間比では若干異なる結果となったが、ペダル効果に直接対応するフルペダル時間比では、残響時間に応じた大幅な調整がみられた。

#### 4 まとめ

本研究では模擬残響音場における試奏実験を通じて、ホール音響がピアノ演奏に与える影響について調べた。その結果、演奏者は音場条件に応じて演奏を調整しており、その差は客観的に検出可能であることが示された。特に演奏時間、タッチ、ペダリングで影響がみられた。今後は複数の演奏者を対象として、実音場を含めた音場条件でより詳細な検討する必要があると考える。

#### 謝辞：

本研究の遂行に際して、財団法人ヤマハ音楽振興会の七五三範明氏、本学卒論生の山口泰平氏の多大なる協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

#### 参考文献：

- 1) 川井敬二, 上野佳奈子, 加藤浩介：演奏表現におけるホール音響の影響 -楽器演奏およびオペラ歌唱に関する実験的検討, 建築音響研究会資料, AA2007-20, 2007.5
- 2) S.Bolzinger and J.C.Riset : A Preliminary Study on the Influence of Room Acoustics on Piano Performance, Journal de Physique III, Volume 2, C1-91-C1-96, 1992.4

\*1 東京大学大学院新領域創成科学研究科 修士課程  
 \*2 同 准教授・博(工)  
 \*3 明治大学理工学部 准教授・博(工)  
 \*4 熊本大学大学院自然科学研究科 助教・博(工)  
 \*5 大阪大学先端科学イノベーションセンター 助教・博士(学術)

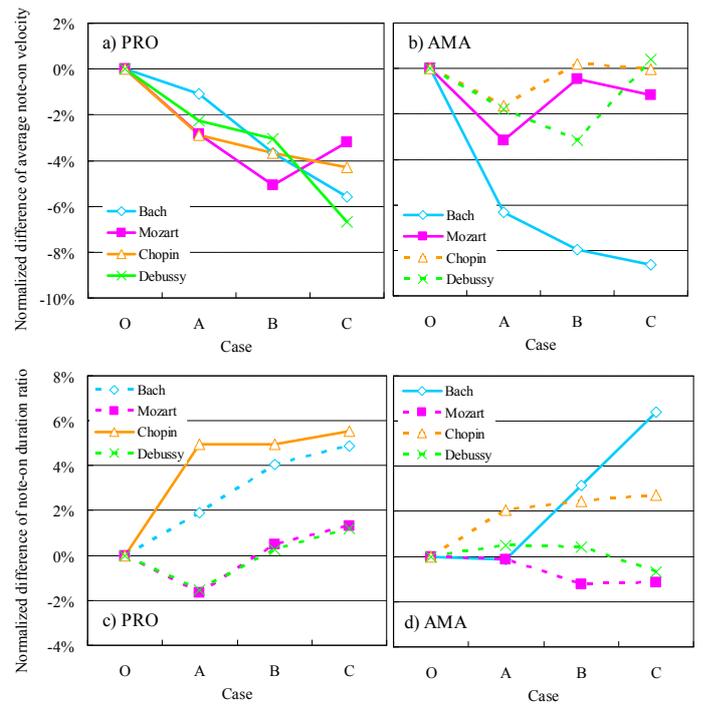


Fig. 2 : Difference of touch-related values normalized by case O  
 a),b):note-on velocity, c),d):note-on duration ratio  
 (solid line :  $p < 0.05$ , dotted line : not significant)

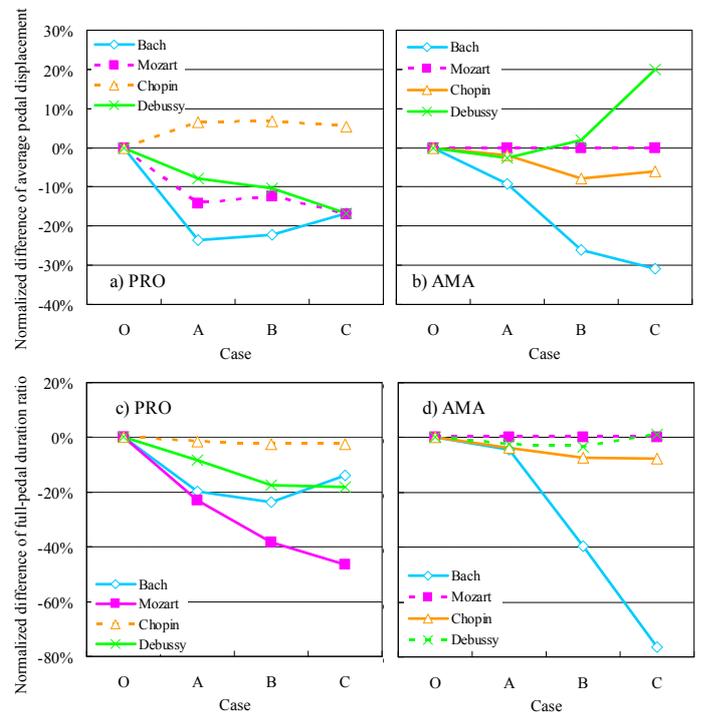


Fig. 3 : Difference of pedal-related values normalized by case O  
 a),b):average pedal displacement, c),d):full-pedal duration ratio  
 (solid line :  $p < 0.05$ , dotted line : not significant)

\*1 Grad. Student, Grad. Sch. of Frontier Sci., Univ. of Tokyo.  
 \*2 Assoc. Prof., ditto, Dr. Eng.  
 \*3 Assoc. Prof., Sch. of Sci. & Tech., Meiji Univ., Dr. Eng.  
 \*4 Assist. Prof., Grad. Sch. of Sci. & Tech., Kumamoto Univ.  
 \*5 Assist. Prof., Center for Advanced Sci. and Innovation, Osaka Univ., Ph. D

# 残響条件がピアノ演奏に与える影響に関する実験的検討\*

## -MIDI 信号を用いた演奏情報の分析-

○村田義明, 佐久間哲哉 (東大・新領域), 上野佳奈子 (明治大)  
川井敬二 (熊本大), 加藤浩介 (大阪大学)

### 1 はじめに

ホールの響きに応じた音楽演奏の調整について, Ueno ら<sup>1)</sup>は模擬残響音場における管・弦楽器, 声楽の試奏実験を通して, 演奏家の意識的な演奏調整を確認している。また, Bolginger ら<sup>2)</sup>はホールの残響時間とピアノ演奏との関係性について基礎的検討を行っており, 筆者ら<sup>3)</sup>も模擬残響音場にてピアノ試奏実験を行った。本報では模擬残響音場に加え複数の実音場におけるピアノ試奏の MIDI 信号分析により, テンポ・音量・タッチ・ペダリングへの残響条件の影響を検証する。

### 2 実験概要

試奏音場は表 1 に示すスタジオ内 3 条件, 小ホール, 小部屋の計 5 条件とした。吸音性の比較的高いスタジオではピアノと演奏者を取り囲むように残響付加用のスピーカー 4 本を配置した。演奏者には各音場で表 2 に示す 3 種類の楽曲を数分間の練習後 3 回ずつ演奏してもらい, 演奏情報記録装置 (Yamaha Disklavier) を用いて MIDI 信号を記録した。演奏者はピアノ講師 6 名である。

Table1 Conditions of sound fields for experiment.

音場	室容積[m <sup>3</sup> ]	T <sub>30</sub> [s]	ST <sub>Early</sub> [dB]	ST <sub>Late</sub> [dB]	室仕様
S0	141	0.3	-8.0	-24.1	スタジオ
S1	141	1.1	-6.7	-12.2	小ホール程度の残響付加
S2	141	2.5	-7.1	-14.2	大ホール程度の残響付加
H	630	1.0	-4.4	-8.9	小ホール
R	22	0.5	3.6	-6.0	小部屋

Table2 Musical pieces for test performance.

曲目	分析範囲
バッハ: 平均律クラヴィーア曲集第 1 巻第 1 番ハ長調 BWV846 前奏曲	冒頭 8 小節
ベートーヴェン: ピアノソナタ第 8 番ハ短調「悲愴」作品 13 第 1 楽章	冒頭 4 小節
ショパン: ワルツ第 9 番変イ長調「告別」作品 69 の 1	冒頭 16 小節

### 3 演奏の分析対象

ピアノ演奏の分析では, MIDI 信号に含まれ

る打鍵および離鍵速度 (各 128 段階), 打鍵時間長 (鍵盤を押している時間), ペダル変位 (踏み込みの深さ, 128 段階) を用い, 各曲の分析範囲における演奏時間, 平均打鍵速度, 平均離鍵速度, 打鍵時間比 (打鍵時間長の総和 / 演奏時間), フルおよびノンペダル時間比 (フル・ノンペダル時間長の総和 / 演奏時間) を演奏の特徴量として算出する。ここで演奏時間はテンポ, 平均打鍵速度は音量に対応し, 平均離鍵速度と打鍵時間比はタッチの特徴量として取り上げる。ペダルに関しては変位によってノン(0~51) / ハーフ(52~69) / フル(69~127) の 3 つの状態に分けられることを確認し, それぞれの時間長を別途算出した。

### 4 分析結果と考察

各演奏特徴量について楽曲毎に音場と演奏者を要因とした二元配置分散分析 (繰返しあり) および多重比較 (Tukey's HSD 検定) を行った。表 3 に音場の主効果の検定結果を示す。主効果が現れた特徴量と楽曲の組合せについては, 図 1 に各音場の被験者平均値を多重比較の結果とともに示す。なお, 演奏者の主効果は全ての特徴量で 1% 有意となった。

Table3 Significance of the main effect of sound field condition by ANOVA.

特徴量	曲目		
	Bach	Beethoven	Chopin
演奏時間	**		
打鍵速度	**	**	**
離鍵速度	**	**	
打鍵時間比			*
フルペダル時間比	**	**	**
ノンペダル時間比	**	**	**

\*\* : 1% 有意, \* : 5% 有意

・演奏時間 : Bach では音場 R のみテンポが遅くなっているが, 他楽曲では音場の主効果は現れず, 残響時間との相関は認められない。

\* Experimental study on the effect of room acoustics on piano performance – Analysis of MIDI performance data by MURATA, Yoshiaki, SAKUMA, Tetsuya (Univ. of Tokyo), UENO, Kanako (Meiji Univ.), KAWAI, Keiji (Kumamoto Univ.) and KATO, Kosuke (Osaka Univ.)

- ・ **平均打鍵速度**：全楽曲で音場 R のみ打鍵速度が明確に小さくなった。音場 R では残響エネルギーが著しく大きいいため、演奏者が音量を抑制したものと考えられる。
- ・ **平均離鍵速度**：Bach では音場 H で離鍵速度が大きく、Beethoven では音場 S1 で小さくなっているが、残響条件との関係は不明である。
- ・ **打鍵時間比**：Chopin では音場 S0 に比べて音場 H で打鍵時間比が減少しているが、他楽曲では音場の主効果は現れなかった。
- ・ **フルペダル時間比**：全楽曲を通して、音場 S0, S1, S2 では残響時間が長くなるにつれフルペダル時間比は減少しており、ペダルの効果を抑制する傾向がみられる。一方、音場 H では残響時間が同程度の音場 S1 に比べてペダルが抑制されており、やや大きい残響エネルギーが影響したものと考えられる。音場 R でも残響エネルギーの影響としてペダル抑制の傾向が現れている。なお、ノンペダル時間比の傾向はフルペダルとほぼ対応していた。

## 5 まとめ

本研究では模擬残響音場および実音場における試奏実験を通じて、残響条件がピアノ演奏に与える影響について調べた。今回、既報<sup>3)</sup>でみられた演奏時間、打鍵速度と残響時間との相関は現れず、離鍵速度、打鍵時間比についても残響条件との明確な関係はみられなかった。ペダリングに関しては残響時間と残響エネルギーの双方に応じた大幅な調整が確認され、特に残響エネルギーの大きい小空間では打鍵速度とペダルの両方を抑制する傾向がみられた。今後は演奏情報とあわせて演奏音、演奏者の主観印象についても検討を行う予定である。

## 謝辞

本研究の遂行に際して、財団法人ヤマハ音楽振興会の七五三範明氏、広瀬智行氏、安友美咲氏の多大なる協力を得た。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- [1] K. Ueno, K. Kato and K. Kawai, *Acustica/acta acustica* Vol.96, pp.505-515, 2010.
- [2] S. Bolginger and J.C. Riset, *J. Physique III*, Vol. 2, pp.91-96, 1992
- [3] 村田, 佐久間, 上野, 川井, 加藤, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, 2010.

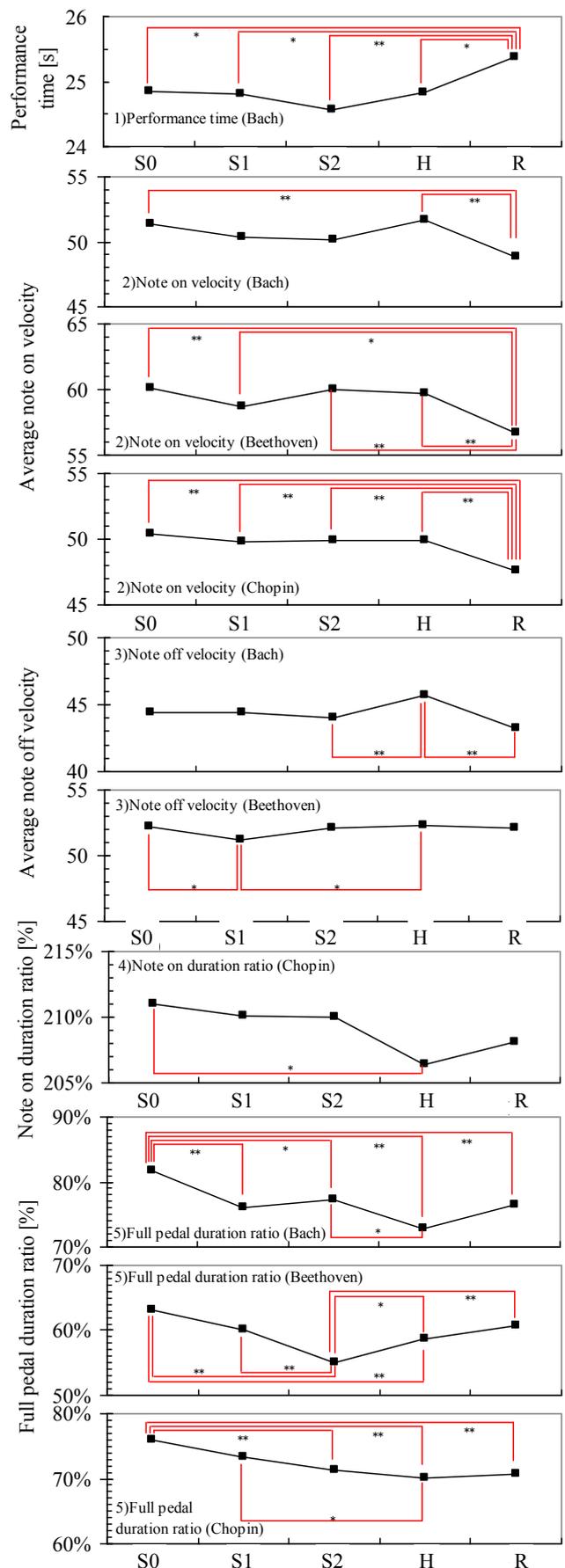


Fig.1 Average of performance parameter

1) Performance time, 2) Note on velocity, 3) Note off velocity, 4) Note on duration ratio, 5) Full pedal duration ratio (\*\* :  $p < 0.01$ , \* :  $p < 0.05$ )

# 残響条件がピアノ演奏に与える影響に関する実験的検討\*

## - 個人差に着目した MIDI 演奏特徴量の分析 -

☆村田義明, 佐久間哲哉 (東大・新領域), 上野佳奈子 (明治大)  
川井敬二 (熊本大), 加藤浩介 (大阪大学)

### 1 はじめに

ホールの響きに合った音楽演奏の調整について, Ueno ら<sup>[1]</sup>は模擬残響音場における管・弦楽器, 声楽の試奏実験を通して, 演奏家の意識的な演奏調整を確認している。また, Bolginger ら<sup>[2]</sup>はホールの残響時間とピアノ演奏との関係性について基礎的検討を行っており, 筆者ら<sup>[3]</sup>も実音場および模擬残響音場にてピアノ試奏実験を行っている。本報で実音場・模擬残響音場におけるピアノ試奏の MIDI 信号分析により, 音量・タッチ・ペダリングと残響条件の関係を, 特に個人差に着目して検討する。

### 2 実験概要

試奏音場は表 1 に示すスタジオ内 3 条件, 小ホール, 小部屋の計 5 条件とした。吸音性の比較的高いスタジオではピアノと演奏者を取り囲むように残響付加用のスピーカー 4 本を配置した。演奏者には各音場で表 2 に示す 3 種類の楽曲を数分間の練習後 3 回ずつ演奏してもらい, 演奏情報記録装置 (Yamaha Disklavier) を用いて MIDI 信号を記録した。演奏者はピアノ講師 12 名である。

Table 1 Conditions of sound fields for experiment.

音場	室容積[m <sup>3</sup> ]	T <sub>30</sub> [s]	ST <sub>Early</sub> [dB]	ST <sub>Late</sub> [dB]	室仕様
S0	141	0.3	-8.0	-24.1	スタジオ
S1	141	1.1	-6.7	-12.2	小ホール程度の残響付加
S2	141	2.5	-7.1	-14.2	大ホール程度の残響付加
H	630	1.0	-4.4	-8.9	小ホール
R	22	0.5	3.6	-6.0	小部屋

Table 2 Musical pieces for test performance.

楽曲	分析範囲
Bach: 平均律クラヴィーア曲集第 1 巻第 1 番ハ長調 BWV846 前奏曲	冒頭 8 小節
Beethoven: ピアノソナタ第 8 番ハ短調「悲愴」作品 13 第 1 楽章	冒頭 4 小節
Chopin: ワルツ第 9 番変イ長調「告別」作品 69 の 1	冒頭 16 小節

### 3 演奏の分析対象

ピアノ演奏の分析では, MIDI 信号に含まれる打鍵および離鍵速度 (各 128 段階), 打鍵時間長

(鍵盤を押している時間), ペダル変位 (踏み込みの深さ, 128 段階) を用い, 各曲の分析範囲における演奏時間, 平均打鍵速度, 平均離鍵速度, 打鍵時間比 (打鍵時間長の総和 / 演奏時間), ノンおよびフルペダル時間比 (ノン・フルペダル時間長の総和 / 演奏時間) を演奏の特徴量として算出する。ここで演奏時間はテンポ, 平均打鍵速度は音量に対応し, 平均離鍵速度と打鍵時間比はタッチの特徴量として取り上げる。ペダルに関しては変位によってノン / ハーフ / フルの 3 つの状態に分けられることを確認し, 各々の時間長を別途算出した。

### 4 分析結果と考察

#### 4-1 演奏特徴量と残響条件の関係

演奏特徴量と室内音響指標 (T<sub>30</sub>, EDT, ST<sub>Early</sub>, ST<sub>Late</sub>, C<sub>80</sub>, T<sub>S</sub>) との間に線形関係を仮定し, 演奏特徴量を目的変数, 室内音響指標を説明変数として演奏者毎に単回帰分析および重回帰分析を行った。

・平均打鍵速度: ST<sub>Early</sub> に対して回帰精度の高い演奏者が最も多く, その傾向は各曲に共通していた。表 3 に相関性の認められる演奏者 (寄与率 0.25 以上) の割合, 寄与率と標準回帰係数の分布範囲を示す。Bach 演奏時に標準回帰係数 -0.11 の演奏者もみられたが, 概ね演奏者は -0.03 ~ -0.05 の値を示していた。従って, 大半の演奏者は ST<sub>Early</sub> の 1 dB 増加に対して打鍵速度を 3 ~ 5% 程度低下させ, 音量を抑える調整を行っていることがわかる。

Table 3 Simple linear regression analysis between note on velocity and ST<sub>Early</sub>.

Objective variable	Explanatory variable	Musical pieces	Performer	Contribution Ratio	Standardized regression coefficients
Note on velocity	ST <sub>Early</sub>	Bach	8 / 12 人	0.29 ~ 0.91	-0.110 ~ -0.020
		Beethoven	10 / 12 人	0.25 ~ 0.89	-0.061 ~ -0.017
		Chopin	10 / 12 人	0.33 ~ 0.84	-0.048 ~ -0.019

\* Experimental study on the effect of room acoustics on piano performance – Analysis of MIDI performance data by focusing on individual difference by MURATA Yoshiaki, SAKUMA Tetsuya (Univ. of Tokyo), UENO Kanako (Meiji Univ.), KAWAI Keiji (Kumamoto Univ.) and KATO Kosuke (Osaka Univ).

・フルペダル時間比：  $T_{30}$  に対して回帰精度が最も高い結果となった。さらに  $T_{30}$  と関連の低い室内音響指標を用いて重回帰分析を行うと、 $T_{30}$  と  $ST_{Late}$  の組でより回帰精度が向上した。表 4 に相関性の認められる演奏者の割合、自由度調整済寄与率と標準偏回帰係数を示す。 $T_{30}$  の標準偏回帰係数が  $-0.442$  と極端な値を示した演奏者もみられるが、負の相関は共通する。一方、 $ST_{Late}$  の標準偏回帰係数では演奏者によって正負が異なる傾向を示した。従って、大半の演奏者は  $T_{30}$  の増加に対してペダル時間を短くして残響を抑えるが、 $ST_{Late}$  に対しては演奏者によってペダルの調整が異なるものと考えられる。なお、ノンペダル時間比の傾向はフルペダル時間比とほぼ対応していた。

Table 4 Multiple regression analyses between full pedal time ratio and two acoustic quantities.

Objective variable	Explanatory variable		Musical pieces	Performer	Adjusted contribution ratio	Standardized partial regression coefficients	
	$T_{30}$	$ST_{Late}$				$T_{30}$	$ST_{Late}$
Full pedal time ratio	$T_{30}$	$ST_{Late}$	Bach	10 / 12人	0.29 ~ 0.93	-0.442 ~ -0.006	-0.056 ~ -0.063
			Beethoven	11 / 12人	0.43 ~ 0.88	-0.081 ~ -0.010	-0.044 ~ -0.031
			Chopin	11 / 12人	0.27 ~ 0.96	-0.053 ~ -0.003	-0.059 ~ 0.030

・その他：上記以外の演奏特徴量と室内音響指標では回帰精度は低く、両者の間には単純な相関は認められない。

#### 4-2 演奏者の傾向

各演奏者の異なる音場における演奏調整傾向を把握するために、演奏特徴量と室内音響指標を変量として主成分分析を行った。図 1 に横軸を第 1 主成分、縦軸を第 2 主成分とした散布図を示す。図中の 1 ~ 12 までの番号は演奏者を表しており、マーカが同じならば似た演奏傾向を示している（累積寄与率が 50% 以上になる第 3 主成分を考慮して分類した）。結果として、演奏の調整傾向は楽曲によって演奏者間・演奏者内で異なるが、演奏者は 3 つから 4 つのグループに分けられ、残響条件として主に残響時間と残響エネルギーの影響度合いも異なることがわかった。

#### 5 まとめ

本研究では実音場および模擬残響音場における試奏実験を通じて、残響条件がピアノ演奏に与える影響について検討した。その結果、大半の演奏者について、打鍵速度は  $ST_{Early}$  の増加に対して低下し、ペダル時間は  $T_{30}$  の増加に対して減少することが確認された。また、演奏の調整傾向から演奏者は楽曲によっていくつかのグループに分けられることを例示した。

#### 謝辞

本研究の遂行に際して、財団法人ヤマハ音楽振興会の七五三範明氏、広瀬智行氏、安友美咲氏の多大なる協力を得た。ここに記して謝意を表する。

#### 参考文献

- [1] K. Ueno, K. Kato and K. Kawai, *Acustica / acta acustica* Vol. 96, pp. 505- 515, 2010.
- [2] S. Bolglinger and J.C. Riset, *J. Physique III*, Vol. 2, pp. 91- 96, 1992
- [3] 村田, 佐久間, 上野, 川井, 加藤, 音講論集, pp. 1041- 1042, 2010.

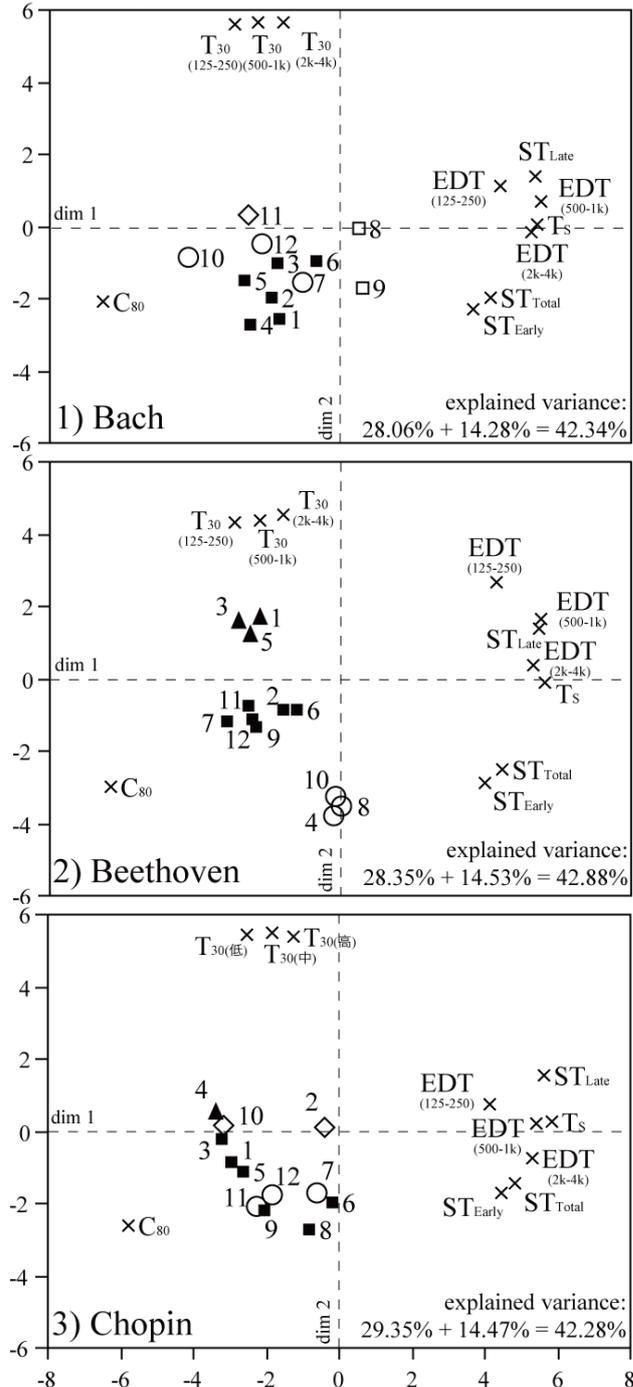


Fig. 1 Principal component analysis  
1) Bach, 2) Beethoven, 3) Chopin  
(1 ~ 12: Performer)

# 室内音響条件に応じたピアノ演奏表現の調整に関する実験的検討

Experimental study on musicians' adjustment of piano performance to room acoustics

学籍番号 096776  
氏名 村田 義明 (Murata, Yoshiaki)  
指導教員 佐久間 哲哉 准教授

## 1 はじめに

ホールの響きに応じた音楽演奏の調整について、Ueno ら[1]は3次元音場シミュレーションシステムを用いてプロの演奏家(管・弦楽器、声楽)による試奏実験を行い、演奏家は意識的に演奏表現を調整し、その演奏音には聴覚的に検出可能な差異があることを確認している。また、Bolzinger ら[2]はホールの残響時間とピアノ演奏との関係性について基礎的検討を行っている。

本研究ではピアノ演奏表現と室内音響条件との関係を定量的に示すことを目的とし、模擬残響音場および複数の実音場に対してどのように演奏を調整するのかについて、MIDI (Musical Instrument Digital Interface)信号分析および演奏者の音場に対する主観印象を通して考察を行う。特に演奏表現に関連するテンポ・音量・タッチ・ペダリングへの室内音響条件の影響を検証する。

## 2 試奏実験

試奏音場は表1に示すスタジオ内3条件、小ホール、小部屋の計5条件とした。吸音性の比較的高い実験スタジオ(7.6 m×6.2 m×3.0 m H)ではピアノと演奏者を取り囲むように残響付加用のスピーカー4本を配置した。演奏者には各音場条件で表2に示す3種類の楽曲を数分間の練習後3回ずつ演奏してもらい、演奏情報記録装置(Yamaha

Disklavier)を用いてMIDI信号を記録した。演奏終了後、演奏の調整についてアンケートを行った。演奏者はピアノ講師12名である。

Table 1 Conditions of sound fields for experiment.

音場	室容積[m <sup>3</sup> ]	T <sub>30</sub> [s]	ST <sub>Early</sub> [dB]	ST <sub>Late</sub> [dB]	室仕様
S0	141	0.3	-8.0	-24.1	スタジオ
S1	141	1.1	-6.7	-12.2	小ホール程度の残響付加
S2	141	2.5	-7.1	-14.2	大ホール程度の残響付加
H	630	1.0	-4.4	-8.9	小ホール
R	22	0.5	3.6	-6.0	小部屋

Table 2 Musical pieces for test performance.

楽曲	分析範囲
Bach: 平均律クラヴィーア曲集第1巻第1番ハ長調BWV846前奏曲	冒頭8小節
Beethoven: ピアノソナタ第8番ハ短調「悲愴」作品13第1楽章	冒頭4小節
Chopin: ワルツ第9番イ長調「告別」作品69の1	冒頭16小節

## 3 演奏の分析対象

ピアノ演奏の分析では、MIDI信号に含まれる打鍵および離鍵速度(各128段階)、打鍵時間長(鍵盤を押している時間)、ペダル変位(踏み込みの深さ、128段階)を用い、各曲の分析範囲における演奏時間、平均打鍵速度、平均離鍵速度、打鍵時間比(打鍵時間長の総和/演奏時間)、平均ペダル変位、ノンおよびフルペダル時間比(ノン・フルペダル時間長の総和/演奏時間)を演奏の特徴量として算出する。ここで演奏時間はテンポ、平均打鍵速度は音量に対応し、平均離鍵速度、打鍵時間比はテンポの影響を除いたタッチの特徴量として取り上げる。ペダルに関しては変位によってノン(0~51)/ハーフ(52~69)/フル(70~127)の3つの状態に分けられることを事前に確認し、完全

開放弦となるフルペダルの時間長を別途算出した。平均ペダル変位は演奏者の予備動作も含めた運動に対応するのに対し、フルペダル時間比はピアノのペダル効果に対応するものと考えられる。

#### 4 調整された演奏特微量とその傾向

各演奏特微量について楽曲毎に音場と演奏者を要因とした二元配置分散分析（繰り返しあり）および多重比較（Tukey's HSD 検定）を行った。表 3 に音場の主効果の検定結果を示す（演奏者の主効果は全ての特微量で 1% 有意となった）。

Table 3 Significance of the main effect of sound filed condition by ANOVA.

演奏特微量	楽曲		
	Bach	Beethoven	Chopin
演奏時間	**	*	
打鍵速度	**	**	**
離鍵速度	**	**	**
打鍵時間比	**	*	**
平均ペダル変位	**	**	**
ノンペダル時間比	**	**	**
フルペダル時間比	**	**	**

\*\* :  $p < 0.01$ , \* :  $p < 0.05$

- ・演奏時間：Bach 演奏時に音場 R のみテンポが遅くなっているが、Beethoven 演奏時には音場 R でテンポが速くなっており、残響時間との相関は認められない。
- ・平均打鍵速度：3 曲に共通して音場 R では打鍵速度が明確に小さくなった。音場 R では残響エネルギーが著しく大きいため、演奏者が音量を抑制したものと考えられる。
- ・平均離鍵速度：Bach、Chopin 演奏時に音場 R で離鍵速度が小さくなった。これも残響エネルギーが影響していると考えられる。
- ・打鍵時間比：音場 R で打鍵時間比が減少する傾向がみられるが変化は非常に小さい。
- ・フルペダル時間比：全楽曲を通して、音場 S0、S1、S2 では残響時間が長くなるにつれフルペダル時間比は減少しており、ペダルの効果を抑制する傾向がみられる。一方、

音場 H では残響時間が同程度の音場 S1 に比べてペダルが抑制されており、やや大きい残響エネルギーが影響したものと考えられる。音場 R でも残響エネルギーの影響としてペダル抑制の傾向が現れている。平均ペダル変位も同様の傾向を示していた。

次に各演奏者の異なる音場における演奏調整傾向を把握するために、演奏特微量と室内音響指標を変数として主成分分析を行った。図 1 に例として Beethoven 演奏時の第 1、第 2 主成分得点の散布図と第 1、第 3 主成分得点の散布図を示す。

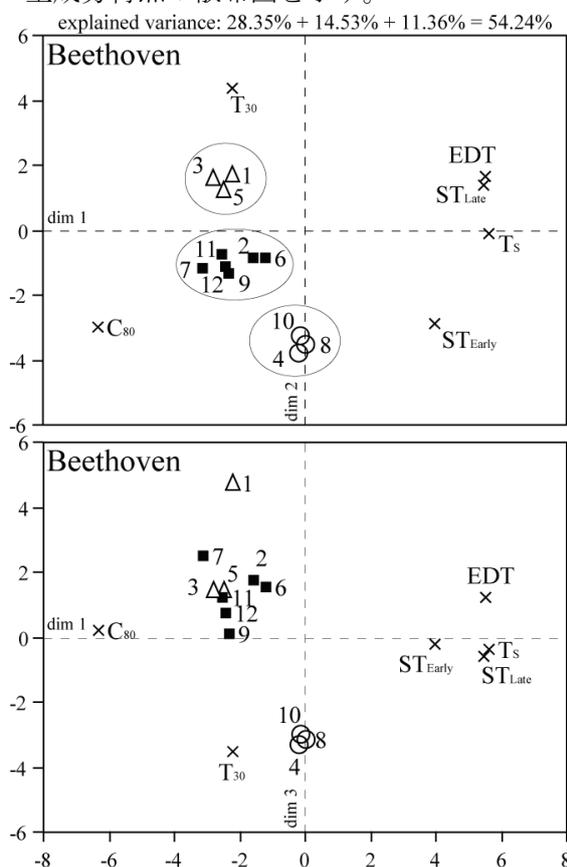


Fig. 1 Principal component analysis (Beethoven).

図中の 1 ~ 12 までの番号は演奏者を表しており、マーカが同じならば似た演奏傾向を示している（累積寄与率が 50% 以上になる第 3 主成分を考慮して分類した）。結果として、演奏の調整傾向は楽曲によって演奏

者間・演奏者内で異なるが、演奏者は3つから4つのグループに分けられ、残響条件として主に残響時間と残響エネルギーの影響度合いも異なることがわかった。

### 5 室内音響条件と演奏特徴量の関係

室内音響指標 ( $T_{30}$ 、EDT、 $ST_{Early}$ 、 $ST_{Late}$ 、 $C_{80}$ 、 $T_S$ ) と演奏特徴量の関係を把握するため、両者を変数として主成分分析を行った。図2に第1、第2主成分得点の散布図と第1、第3主成分得点の散布図を示す。傾向として、 $T_{30}$  とノンペダル時間比が正の相関、 $T_{30}$  とフルペダル時間比、EDT・ $ST_{Early}$ ・ $ST_{Late}$ ・ $T_S$  と打鍵速度・離鍵速度が負の相関であることが確認できる。一方、演奏時間と打鍵時間比は室内音響指標の影響が比較的小さい結果となった。

ここで相関が高いことが予想される演奏特徴量と室内音響指標との組み合わせの間に線形関係を仮定し、演奏特徴量を目的変数、室内音響指標を説明変数として演奏者毎に単回帰分析および重回帰分析を行った。

- ・平均打鍵速度： $ST_{Early}$  に対して回帰精度の高い演奏者が最も多く、その傾向は各曲に共通していた。表4に相関性の認められる演奏者（寄与率 0.25 以上）の割合、寄与率と標準回帰係数の分布範囲を示す。

Bach 演奏時に標準回帰係数 -0.11 の演奏者もみられたが、概ね演奏者は -0.03 ~ -0.05 の値を示していた。従って、大半の演奏者は  $ST_{Early}$  の 1 dB 増加に対して打鍵速度を 3~5%程度低下させ、音量を抑える調整を行っていることがわかる。

- ・フルペダル時間比： $T_{30}$  に対して回帰精度が最も高い結果となった。さらに  $T_{30}$  と相関の低い室内音響指標を用いて重回帰分析を行うと、 $T_{30}$  と  $ST_{Late}$  の組でより回帰精度が

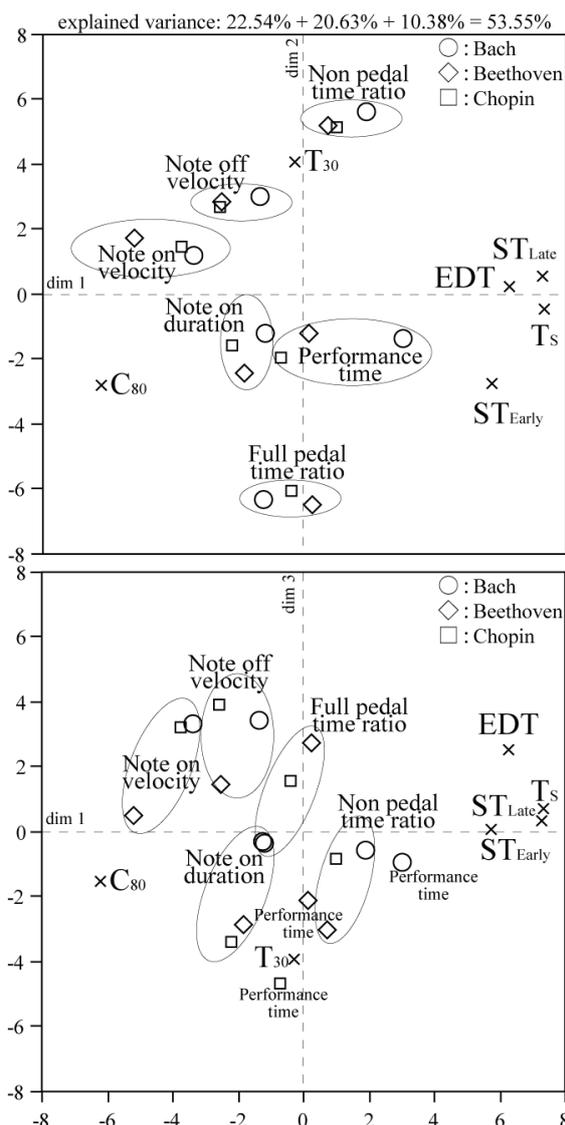


Fig. 2 Principal component analysis.

Table 4 Simple linear regression analysis between note on velocity and  $ST_{Early}$ .

Objective variable	Explanatory variable	Musical pieces	Performer	Contribution Ratio	Standardized regression coefficients
Note on velocity	$ST_{Early}$	Bach	8 / 12人	0.29 ~ 0.91	-0.110 ~ -0.020
		Beethoven	10 / 12人	0.25 ~ 0.89	-0.061 ~ -0.017
		Chopin	10 / 12人	0.33 ~ 0.84	-0.048 ~ -0.019

向上した。表5に相関性の認められる演奏者の割合、自由度調整済寄与率と標準偏回帰係数を示す。 $T_{30}$  の標準偏回帰係数が -0.442 と極端な値を示した演奏者もみられるが、負の相関は共通する。一方、 $ST_{Late}$  の標準偏回帰係数では演奏者によって正負

が異なる傾向を示した。従って、大半の演奏者は  $T_{30}$  の増加に対してペダル時間を短くして残響を抑えるが、 $ST_{Late}$  に対しては演奏者によってペダルの調整が異なるものと考えられる。なお、ノンペダル時間比の傾向はフルペダル時間比とほぼ対応していた。

Table 5 Multiple regression analyses between full pedal time ratio and two acoustic quantities.

Objective variable	Explanatory variable	Musical pieces	Performer	Adjusted contribution ratio	Standardized partial regression coefficients	
					$T_{30}$	$ST_{Late}$
Full pedal time ratio	$T_{30}$ $ST_{Late}$	Bach	10 / 12人	0.29 ~ 0.93	-0.442 ~ -0.006	-0.056 ~ -0.063
		Beethoven	11 / 12人	0.43 ~ 0.88	-0.081 ~ -0.010	-0.044 ~ -0.031
		Chopin	11 / 12人	0.27 ~ 0.96	-0.053 ~ -0.003	-0.059 ~ -0.030

・その他：上記以外の演奏特徴量と室内音響指標では回帰精度は低く、両者の間には単純な相関は認められない。

## 6 演奏者の意識

演奏終了後に、音響条件に応じて調整を意識的に行なった項目の有無についてアンケートを行った。アンケートは予め設定した演奏調整項目と自由記述欄を設けた。

演奏者の意識が演奏の実態に反映されているかどうかを確認するため、アンケート項目別に調整を意識した演奏者群と意識しなかった群に分け、その2群の中でさらに MIDI 信号上の演奏特徴量に変化した群と変化していない群に分けた。図3に例として Chopin 演奏時の上記4つの群に該当した演奏者の割合を示す。

この結果から、音量に関連する平均打鍵速度、ペダリングに関連するフルペダル時間比、平均ペダル変位に関しては、各楽曲において大半の演奏者が調整を意識しており、演奏特徴量にも変化が生じていた。一方でテンポやタッチに関連する演奏時間や打鍵時間比では、演奏者はほぼ均等に4つの群に分かれる結果となった。従って、音量やペダリングでは演奏者の調整意識は実

際の演奏に反映されているが、テンポやタッチでは演奏者によって、演奏調整の意識と演奏動作に差異があることがわかった。これは Bach, Beethoven のときも同様だった。

## 7 まとめ

本研究は、模擬残響音場および実音場におけるピアノ試奏実験で得られた MIDI 信号と演奏者の主観印象を通じて、室内音響条件がピアノ演奏に与える影響について調べた。その結果、大半の演奏者について、打鍵速度は  $ST_{Early}$  の増加に対して低下し、ペダル時間は  $T_{30}$  の増加に対して減少することが確認された。また、演奏者は音量やペダリングの項目で演奏の調整を意識的に行っており、演奏動作に反映されていることがわかった。

本研究では演奏の動作を表す MIDI 信号を対象としたが、演奏者が実際に聴く音の分析も必要である。この両者の対応関係を調べることは、より詳細なピアノ演奏の調整について考察できると考える。

## 参考文献

- [1] K. Ueno, K. Kato and K. Kawai, *Acustica/acta acustica* Vol. 96, pp. 505- 515, 2010.
- [2] S. Bolzinger and J. C. Risset: A Preliminary Study on the Influence of Room Acoustics on Piano Performance, *Journal de Physique III*, Volume 2, C1-91 -C1-96, 1992.

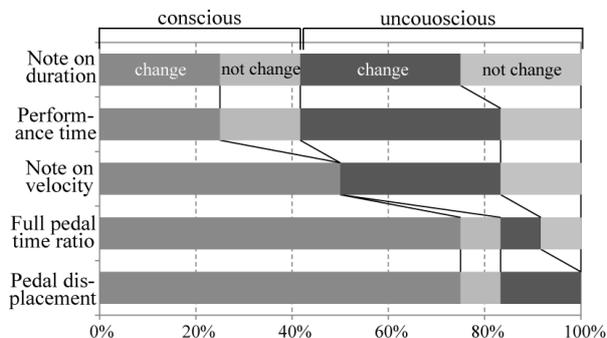


Fig. 3 Result of a questionnaire (Chopin).