

音大生にふさわしい音響学の授業について

——コンサートホールを使った体験授業の実践——

積 田 勝

序

音楽から響きがなくなったら、どのように聴こえるのだろうか。反射音が全くない無響室で演奏すると、音は記号の羅列のようにしか聴こえない¹⁾。音程は合っていても音色の異なる演奏があるのはなぜだろうか。音色は倍音でできているので、いかに倍音を鳴らすかで印象が異なってくる。ハーモニーはどのように生まれるのだろうか。和音は各音に共通の倍音が多いために協和する。このような響きや倍音について楽譜には特に指示はない。楽譜通りに演奏するだけでは足りない別の問題があるといえる。

多彩な響きや音色を科学的に理解するために音響学が利用できる。私は、音響学は音楽の演奏表現行為に必須の知識かつ技術であると考え、その確実な認識と理解のためにコンサートホールを使った体験授業を行っている²⁾。実際にホールで演奏をし、それをホールの様々な席で聴き較べる。また、ステージ上の異なった位置で演奏し、演奏者自身に演奏音がどのように聴こえるか較べる。他の音楽大学では、公開されたシラバスを見る限り同様の授業は行われていないようである³⁾。武蔵野音楽大学だけの授業なので発表する。

I. 主旨

ホールの様々な席で音楽を聴き較べることの意味、このような授業をする理由を述べる。

「クリアな音」「豊かな響き」「力強い音」「温かい音」など様々な音の印象がある。それらはどのようにして生まれるのだろうか。実は響きは物理的には直接音と反射音の組合せにすぎない。しかしその組合せが多様なので、いろいろな印象となる。授業では学生がそれらの異なった現象を体験し、認識することがまず必要である。直接音と反射音の多様な組合せを知覚するには、ホールの異なった席で音楽を聴き較べるのが、非常に簡単でありながら極めて確実な方法であると思いつ

1) 岩宮 2009 の付録 CD で無響室において録音したベートーヴェン《交響曲第 7 番》を聴くことができる。

2) 「音響学」(2017 年度から「音と響きの科学」に変更)で 2009 年度から実施している。

3) 東京芸術大学の「ホール音響概論」はホール建築の見学が主であろうと推察した。

た。違いを体験することで、特定の印象を認識することができる。そしてそれを生み出している音響のしくみを理解することができる。これがこの授業の意味である。さらにこのように体験を通して理論が理解されれば、音楽演奏に応用することも可能になろう。これらを授業の目的とする。

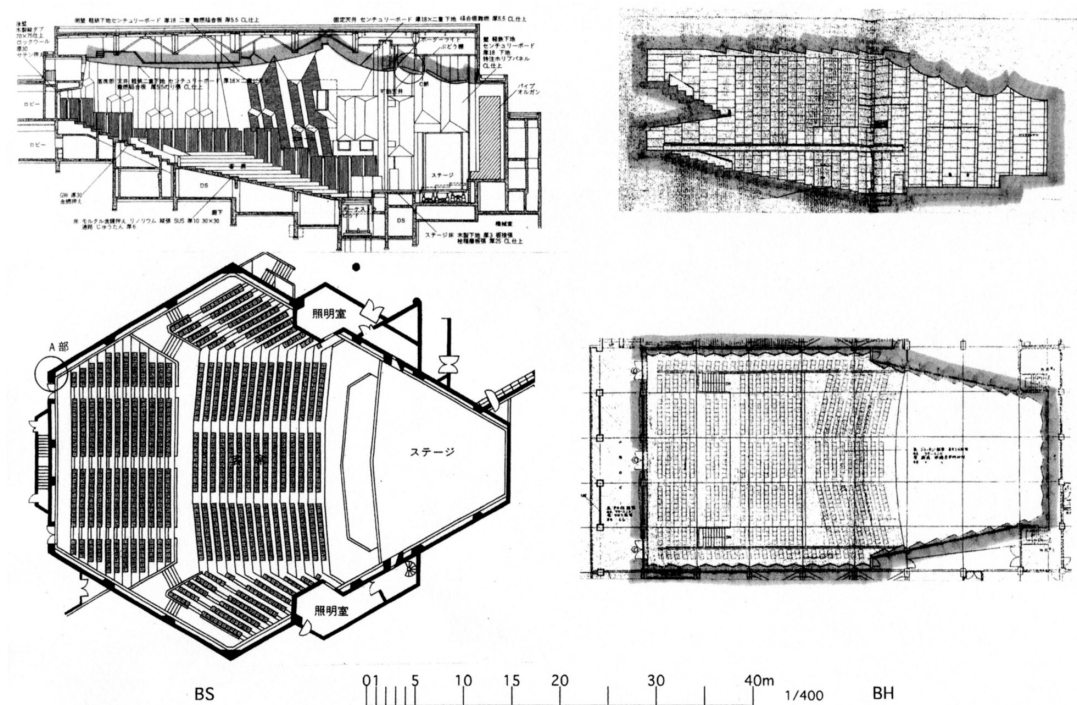
II. 授業方法

- (1) 体験授業に向けて音響学などの理論を学習する。多岐に渡る総合的な学習となる。(主な内容は第Ⅲ章に詳述する。)
- (2) ホールを使った体験授業の実施。
- (3) 体験授業後に学生の感想、印象を記述させ、発言させて、理論と重ね合わせまとめの授業を行う。

まず体験授業の進め方について説明する。

(a) ベートーヴェンホールあるいはバッハザールを使用する。[図1] (武蔵野音楽大学のベートーヴェンホールは客席数 1043 人、残響時間は満席時 1.6 秒、空席時 1.8 秒 [500Hz]。バッハザールは客席数 1202 人、残響時間は満席時 1.6 秒、空席時 1.9 秒 [500Hz]。)

(b) 最初にホールの形状を、最後部、真横、ステージから観察する。建築空間の大きさと形、距離



[図1] バッハザール BS とベートーヴェンホール BH BS 図面は彰国社『ディテール 104 号』より

感を確認する。特に真横からホールを眺め、事前の説明の [図9a] のような直接音と反射音の図（音線図）を実際場でイメージさせることが重要と考える。例えばステージのピアノから45°の角度で天井に向かった音は反射して客席のどこに届くかをイメージする。客席の中央より前には反射しないこと等を指摘しておく。

(c) 演奏者（学生）は同じ演奏を4回繰り返す。それを他の学生（受聴者）は席を移動して異なった席で4回聴く（ホールの前方、中央、壁際、後部）。音楽が場所によりどのように変わって聴こえるのかを実体験する。

(d) 演奏楽器について。履修学生は全学科（コース）に渡っているため、器楽の全てと声楽を演奏することができる。楽器による違い、あるいはソロとアンサンブルの違いを体験する。(e) さらに演奏者のステージ上での立ち位置を変えてみる。ステージの中央部、前端部、背壁側（雛壇上）、ステージ端など。また、アンサンブルの場合は演奏者間の距離を変えてみる。演奏者のステージ上での立ち位置による音響の変化を聴く。(f) また、楽器の向きを変えて演奏してみる。楽器から出る音には飛んでゆく方向性（指向性）がある。楽器の向きと響きの違いも体験する。

以上の客席（受聴者）側からの観察に加え、(g) ステージ上の演奏位置の違いで演奏者本人には自分の演奏音がどのように変化するのかについても実験する。

Ⅲ. 事前の授業内容

コンサートホールを使った体験授業の前に学習したい項目は大きく4つある。

(1) 物理学的に響きを考える。響きは直接音と反射音の組合せである。しかしホールの4箇所では組合せが明らかに異なる。それにより、音の大きさ、明瞭性、臨場感、空間性などの現象の差異が説明できる。直接音、反射音の作用を学ぶ。

(2) 音そのものについて考える。音大で扱うのは音楽の音であり、騒音のような音よりもはるかに複雑と言える。音の強弱、高低、音色、和音等の音楽特有の要素が関係してくる。和音の理解のために音律の学習も必要となる。

(3) 楽器を考える。音の発生源は音楽の場合楽器である。発音のしくみ、楽器固有の音色、倍音構造、音の指向性等について学習する。

(4) 感覚量について考える。人間の耳で聴くものだから、エネルギーや圧力などの物理量そのものではなく感覚量に直さなくてはならない。

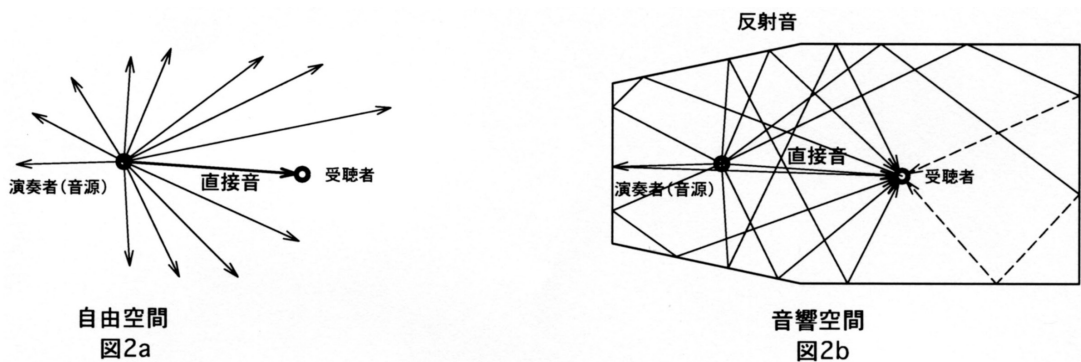
このようにホールの音響あるいは音楽の印象を理解するには様々な分野の音響学的知見を総合して考察する必要がある。物理学、建築音響学、楽器音響学、音律等を学習する。主な内容を紹介する。

1-1 響きはどのようにして生まれるのか

音楽で知覚する多様な響きは、物理的には直接音と反射音の組合せの複雑さから生まれる。例えばホール中央部では壁から遠いので直接音が来てから反射音が届くのにかかる。これに対して、後ろ壁際では反射音が直接音の直後に届く。前者は音が遠く臨場感に欠け、後者は音量感、臨場感共にあると言われる（永田 1991: 117）。以下具体的に示す。

1-1-1 直接音と反射音

演奏者（音源）が演奏を始める。音は 360° 全ての方向に飛んでいく。しかし受聴者が最初に聴くのはそのうちの 1 つだけで、これを直接音という。壁も天井も床さえもない空の上のような場所では、他の音は通り過ぎたまま帰って来ない（自由空間 [図 2a]）。他方室内⁴⁾では、受聴者は直接音に続いて反射音も聴くことになる（音響空間 [図 2b]）。



〔図2〕 直接音と反射音

1-1-2 初期反射音と後期反射音

壁などに 1、2 回程度反射して聴こえる反射音は、直接音と同じようなエネルギーと質を保っている。これらを初期反射音という。その後、音は室内で反射を繰り返し、寄せては返し定常波となる。これを後期反射音（あるいは残響音）という。

初期反射音については「1-2 響きの質」で詳述する。

後期反射音は長距離伝搬のために距離減衰をし、エネルギーが小さくなる。特に高音成分の減衰が著しい。さらに壁等の反射面は同じ面でも高低音で反射率が異なるので、反射回数が多い後期反射音は高低音のバランスが直接音とは異なってくる。これは音色の変化になる。後述するように音色は倍音の構成で出来ているので、音程のどこかの成分が減ると音色が変わることになる。

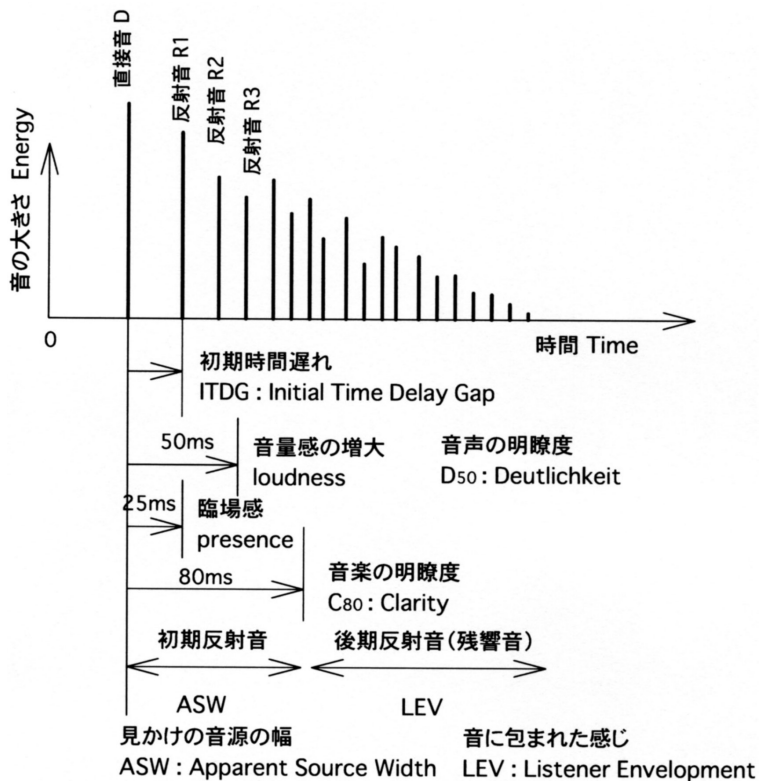
4) 屋外の演奏でも地面（床）や建物（外壁）という反射面がある。

1-1-3 水平の反射音と垂直の反射音の違い

〔図2b〕や〔図9a〕のような説明図（音線図）では受聴者はボールのような丸で表現されているが、人には耳は2つあるので左右の壁から来る水平の反射音は、左右の耳でわずかにずれて異なって聴こえる。その微妙な差異を人間は感じることができる。それが音源の広がり感（Spatial Impression）や空間性をつくりだす。他方、天井からの反射音は両耳に同時に届く。つまり左右で全く同じと言える。垂直の反射音には空間性はほとんどない。壁からの反射音と天井からの反射音ではこのように意味が異なることは重要である⁵⁾。

1-2 響きの質

演奏者が音を発する。直接音が最初に受聴者に届き、その後反射音が次々に届く。この模式図〔図3〕から響きの性質を説明する。（演奏開始を0時間とする）



〔図3〕 響きの概念図

5) 左右の耳で受聴する音の差異の度合いを両耳間相関度 LACC (Inter-Aural Cross Correlation) で表す。

1-2-1 音量感、臨場感（親密感）

・音の減衰と成長：音のエネルギーは距離の2乗に比例して減衰する（距離が2倍になると $2 \times 2 = 4$ なので1/4になる）ので、音は長い距離飛ぶほど小さくなる。それなのに奥行き30m以上もある音楽ホールの中で音が小さくならないのは何故だろうか。それは直接音1回きりではなく、複数の反射音が合算されて聴こえるためである。ホールの中（音響空間）では演奏者が出す音よりも音は大きく成長する。

・初期反射音の効果：直接音から50ms（ミリ秒）（1/20秒）以内の反射音は直接音を補強し、音量を大きくする。

・臨場感、親密感（presence）（音が近くから発している感じ）：直接音から25ms（ミリ秒）（1/40秒）以内に届く第1反射音は臨場感、親密感を増大させる（Beranek、日高、永田 2005: 26）。直接音から第1反射音が届くまでの時間（初期時間遅れ ITDG [Initial Time Delay Gap]）は重要である。

1-2-2 明瞭性、透明感

音のはっきりくっきり、分離して聴こえること、さらに透明感も明瞭性である。

・マスキング効果：複数の音が順次鳴る時、先行する音の大きさが強く、次の音が覆われて聴こえない作用を言う。残響時間の長いホールで起こり易い。

単体の音では、初期反射音が響き全体のエネルギーの半分以上あると明瞭である。さらに次のように考えられている。

・会話の明瞭度 D 値（Deutlichkeit D50）：会話では音全体のエネルギーに対して50msまでのエネルギーの割合が大きい程明瞭とされる。

・音楽の明瞭度 C 値（Clarity C80）：音楽では会話より長い80msまでの音のエネルギーの割合を、それ以降のエネルギーと比較して明瞭度とする。

1-2-3 空間性

・方向性（方向感）、音の広がり感：初期側方反射音の左右の広がりの角度は「見かけの音源の幅 ASW（Auditory Source Width、Apparent Source Width）」という。中央や壁際の席が広く、後席は狭い。広い方が音源の広がり感がある。

・空間性：後期側方反射音の成分は、音にたっぷり浸るような感覚（「音に包まれた感じ LEV（Listener Envelopment）」）をつくる。両壁からの反射が持続しやすいシューボックス形のホールでは特に豊富になる。

1-2-4 音の高低のバランス

反射音は距離減衰と反射面の反射率の違いで音程のバランスがくずれていく。

1-3 音の速さ

音は 1/20 秒 (50ms ミリ秒) ずれると 2 つに聴こえる。音の飛ぶ距離にして 17m なので、アンサンブルで 17m 離れた奏者には相手の音が遅れて聴こえる。ソロの場合は 8.5m 以上離れた壁からの反射音は自分自身に遅れて聴こえる可能性がある。

2-1 音色とはなにか

音色をつくるのは次の要因と考えられている (安藤 1996: 27-30)。倍音の構成、倍音構造。エネルギーの時間的変動。雑音的成分、雑音。倍音の周波数のずれ。ヴィブラートなど。主なものを説明する。

2-1-1 倍音——楽譜に無い音

楽譜通りに演奏しても、実際には音符の音以外の多数の高音が自然に出ている。それを倍音 (あるいは部分音) と言う。それでも音程のずれた演奏に聴こえないのは、高音成分は音符の音 (基音) の音色を形成していて、単独では聞こえにくいからである。

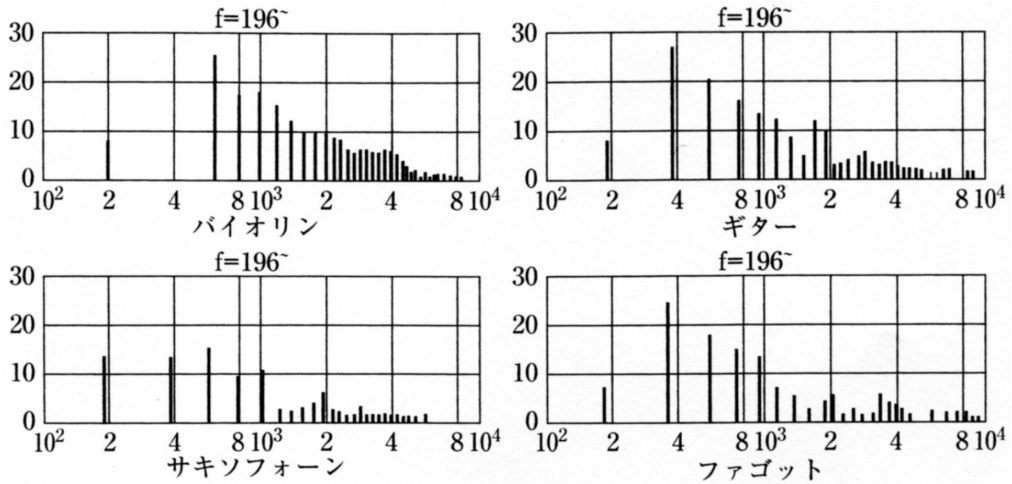
倍音の波長は基音の $1/2$ 、 $1/3$ 、 $1/4$ ……となる。つまり周波数は基音の 2 倍、3 倍、4 倍……となり整数倍になるので倍音という⁶⁾。第 2 倍音は周波数が 2 倍なので、基音の 1 オクターヴ上の音になる。第 3 倍音は周波数が 3 倍 ($3 = 2 \times 3/2$) なので、1 オクターヴ上のさらに完全 5 度上の音である。第 4 倍音は周波数が 4 倍 ($4 = 2 \times 2$) で、2 オクターヴ上の音。第 5 倍音は周波数が 5 倍 ($5 = 2 \times 2 \times 5/4$) であるから、2 オクターヴ上のさらに長 3 度上の音となる。なお、 $3/2$ 、 $5/4$ 等から分かるように倍音は純正律の音程になっていることに注意が必要である。

2-1-2 倍音構造と音色

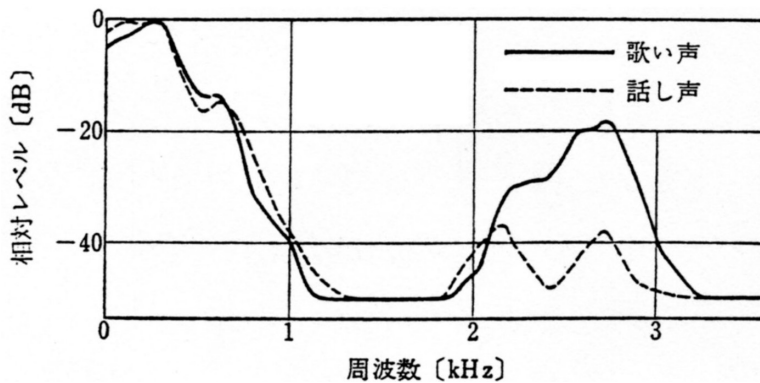
倍音の構造の違いが楽器の固有の音色を作っている [図 6]。例えばフルートは倍音が少なく、ヴァイオリンは多い。透明感のある音色と豊かなあるいは渋い音色の違いは倍音の構成の違いと考えられる。クラリネットは偶数倍音が極端に弱い。また、声は同じ音の高さで「あ」とも「い」とも発声することができる。各母音の違いは倍音の構成の違いなので、母音とは音色であると言える。さらに、歌声では同じ母音でも話し言葉と倍音構成が異なる。[図 7] のように 2000Hz から 4000Hz の高音部の倍音のエネルギーが大きくなっている。これをシンガーズ・フォルマントと呼ぶ。特にベルカント唱法ではこのフォルマントが重要で、周波数 2000Hz から 4000Hz というのは演奏している音程の 3 ~ 4 オクターヴ上の音になる。

このように楽譜の音符には書かれていない高音が音色として重要なことが分かる。ホールで低音

6) ピアノなど倍音が正確に整数倍にならない楽器もある (倍音の周波数のずれ)。倍音といわず部分音という。



〔図6〕音響スペクトルの例 谷口2000: 95.



〔図7〕シンガーズ・フォルマント スウェーデン語のuの比較。安藤由典1996: 236

から高音まで響くことの重要性和、低音と高音のバランスが崩れると音色が変わることを理解する。

2-1-3 エネルギーの時間的変動

音の立ち上がりが速い（鋭い）とか遅い（鈍い）という表現があるが、例えばピアノは打弦楽器なので立ち上がりが速く、瞬時に最大エネルギーになり、その後は減衰する。これに対してヴァイオリンのような擦弦楽器は弓で起振させてから共鳴するまでに時間がかかるが、その後減衰せずに持続させることができる。エネルギーの時間的な経過の形は音色に影響する⁷⁾。

7) 弦楽器のソロをピアノで伴奏する時に、伴奏音がソリストよりも勝ってしまうことがあるのは、この時間的変動の違いによる。

2-1-4 雑音的成分、雑音（そうおん）

音の立ち上がりあるいはアタックの時に起こる、弓のこすれる音や打鍵の音など雑音的な成分も、音色を特徴づけるのに重要と考えられている。このような音を雑音（そうおん）と言う。声楽の子音は雑音である。他方長く延ばされる音を楽音といい、声楽の母音は楽音となる。

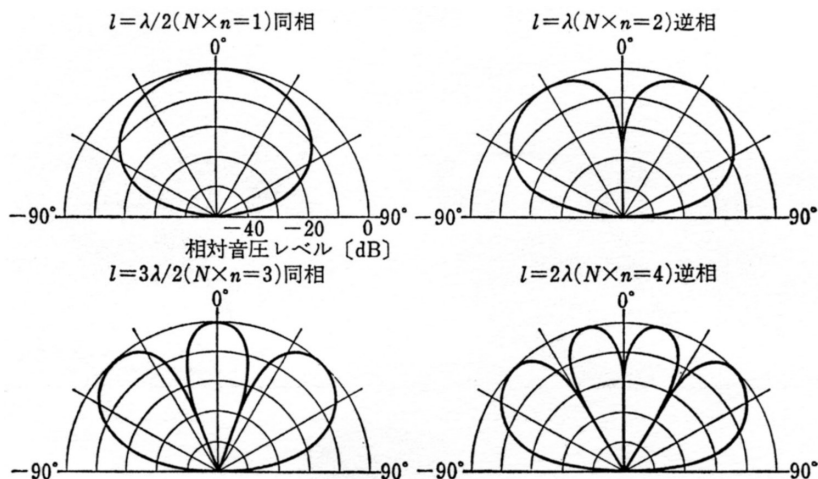
残響時間の長いホールでは雑音である子音が楽音に埋もれてしまうので、子音をハッキリ強く歌わなければならない。最初に瞬間的に出る子音を聴かせるには明瞭性を高めなければならない、つまり初期反射音を多くしなければならない。

3-1 楽器から出る音の方向性、指向性

楽器から出る音は360°均一に飛んでいくのではなく方向性に偏りがある。ホールの響きを理解するためには指向性も考慮しなければならない。

3-1-1 各楽器の指向性

フルートの指向性は非常に明解で分かりやすい。管の軸方向には全く音が出ていない。軸の横方向にのみ音が出ている⁸⁾【図4】。フルート奏者が客席に正対して楽器を横向きに見せているのは理にかなっている。体験授業では奏者が横を向いて管軸方向を客席に向けて演奏する実験をする。

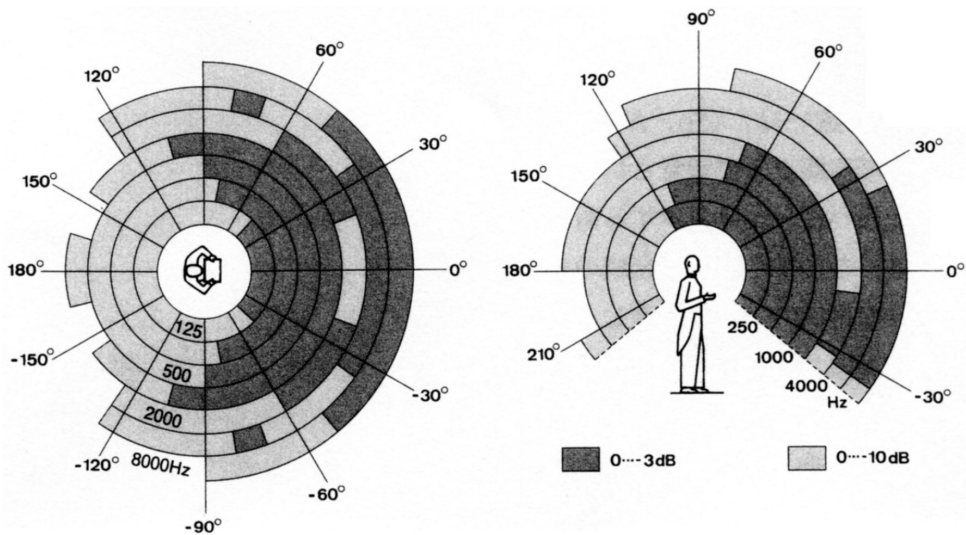


【図4】フルートの指向性 安藤由典 1996:256

8) フルードはエアリード楽器で歌口と開放指孔のある開閉円筒管なので、2箇所音源から出る音が干渉をおこし軸方向の音が消える。早坂 1992: 26-29、安藤 1996: 253-257。図4の水平線（-90°～90°）が管軸方向を表す。

トランペットはイメージ通りにベルの向きに音が飛んでいく。強いインパクトのある音なので、ベルを直接客席に向けるか、あるいは一旦ステージの床に反射させるかで響きが変わることを予想する。

歌声の飛ぶ方向ではバリトンの例を取り上げる。ここでは、演奏者の顔よりも下方向によく音が出ている点に注目する。特にシンガーズ・フォルマントを作っている高音がこの位置にあることを指摘する。〔図5〕



〔図5〕 男声（バリトン）の指向性 ユルゲン・マイヤー 2015: 289 原典は Marchall and Meyer 1985

3-1-2 楽器の表裏

ヴァイオリンの弦側の表板は柔らかく薄い木で出来ていて、f字孔も空いているので板の面積が小さく分割されている。一方裏板側は厚く硬い板で出来ている。このため表方向には低音から高音まで飛ぶが、裏板方向には低音のみが強くなる。オーケストラ配置のアメリカ式では第1、第2ヴァイオリンの客席に対する向きは同じだが、ドイツ式配置では第2ヴァイオリンは指揮者の上手に位置し客に裏を見せる。つまり低音を良く聴かせることができる（Meyer 1972: 91-94、安藤 1996: 257-260）⁹⁾。

4 音の感覚量

物理学では音の大きさを圧力やエネルギーなどの物理量で表すが、人間の感覚では大きさは物理

9) モーツァルトの交響曲にはドイツ式配置の方がふさわしいのではないかという旨の記述がある。

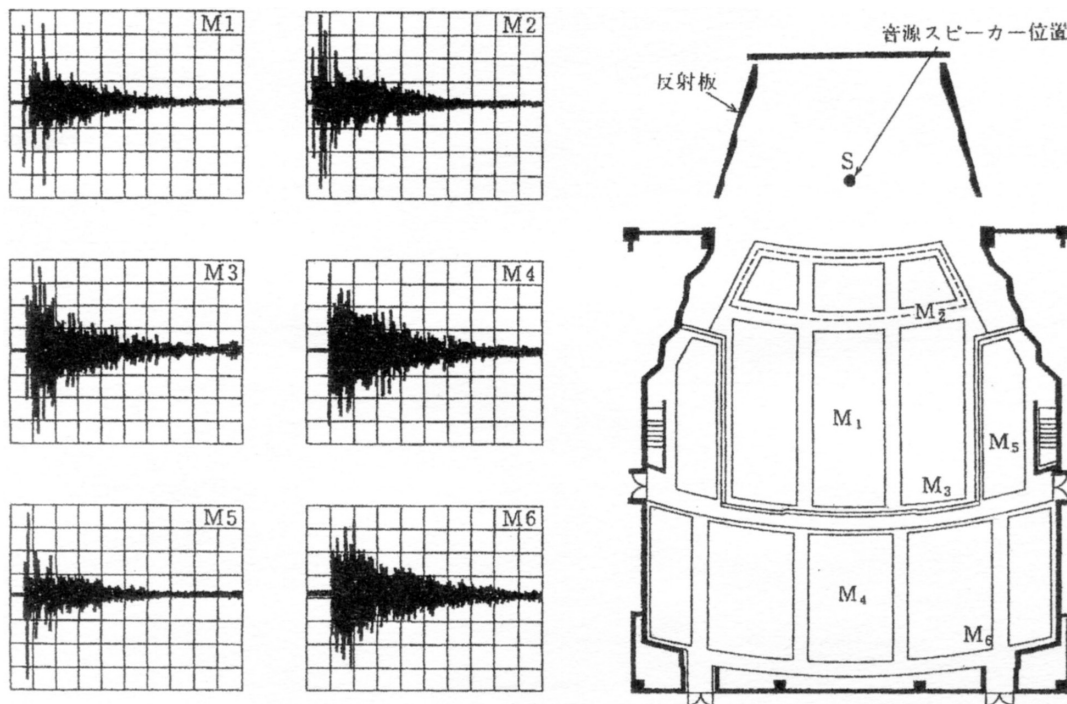
量に比例せず、その変化量の比の対数に比例して聴こえる。音の大きさのレベル表示（dB デシベル）の方が感覚としてはふさわしい¹⁰⁾。また、高い音（2k～4kHz）は聴き取り易いが、それ以上の高音と低音は聴こえにくい（等ラウドネス曲線）。低音部のパッセージの演奏では音の大きさが激しく変わる可能性がある等に注意が必要である（永田 1991: 4）。

以上の様々な学習をふまえ、異なった客席での響きの違いを予想する。

5 ホールの異なった4席での響きの違いの予想

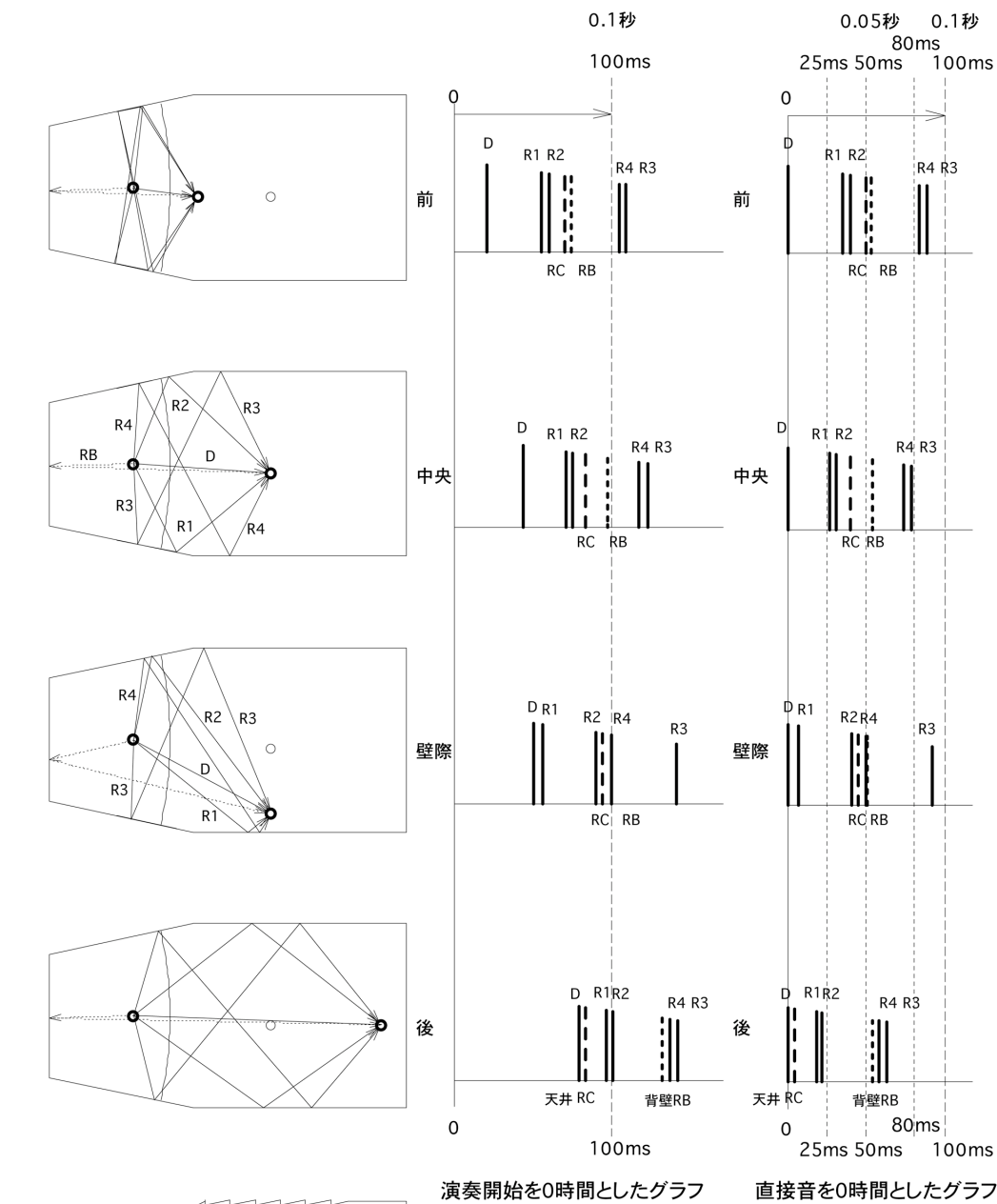
まず、あるホールのエコータイムパターン〔図8〕の違いを学生に質問する（永田 1991: 117）。

- (1) M4 は他よりも太く黒々している。音のエネルギーの面積が広い。初期反射音の部分が大きいので後席 M4 は中央 M1 より音量が大きいと言える。また、後期反射音の部分も大きいので音に包まれる感じも強い。
- (2) 直接音と第1反射音の間が、中央 M1 は開いているが、後席 M4 や壁際 M5 は連続している。



〔図8〕 ホールの客席のエコータイムパターンの例（3150Hz） 永田 1991: 117

10) ウェーバー・フェヒナーの法則（Weber-Fechner's law）。



直接音と初期反射音(2回反射まで)
平面図と断面図

図 9a

図 9b

図 9c

[図 9]

つまり初期時間遅れ ITDG が短い後席 M4 や壁際 M5 のほうが中央 M1 よりも臨場感、明瞭性ともに高い。

模式図で具体的に見ていく〔図9a〕。それぞれの場所で直接音と初期反射音を考えてみる。壁からの反射は1回反射をR1とR2、2回反射をR3とR4とする（音源から右に出る音を奇数番号、左に出る音を偶数番号とした）。ステージ背壁からの反射をRB、天井からの反射をRCとする。中央の席では（〔図9a〕上から2番目の図）、直接音の後に近い方の壁（図下側の壁）から反射音R1が届き次に反対側壁からの反射音R2が届く。遅れて壁2回反射のR4とR3が来る（2回反射では楽器から出た音が左右逆に届く）。また、ステージ後ろの背壁から反射音RB、天井からはホールを横から見た縦の断面図（〔図9a〕下）の様に反射音RCがくる。これを時間順にならべる。演奏者が演奏を開始する時間を0として到達時間順に並べると〔図9b〕になる。さて、各々の受聴者にとって初めて聴く音は直接音なので、直接音を聴く時間を0にして並べ直すと〔図9c〕となる。

・音量感と臨場感：50ms以内に届く反射音は音量感を増大させるので、グラフのように後ろの席でも音量感はさがらない。また、25ms以内に届く反射音は臨場感（親密感）を増大させるので、意外にも中央の席よりも壁際や後ろの方が臨場感が強いということが予想される。

・明瞭性：音楽の明瞭度C80はどの席でも良い。しかし音声の明瞭度D50から考えると後ろや壁際あるいは前の方が中央より明瞭であると言える。また、後ろでは天井からの反射音が直接音の直後に届くので、より明瞭といえる。壁側では、グラフを物理的に読むだけでは分からないが、音楽的には左右のバランスが偏っている。アンサンブルでは偏りが顕著になるだろう。

・方向性（方向感）：初期側方反射音の左右の広がり角度（「見かけの音源の幅ASW」）は中央席や壁際が広く、後席が狭い。広い方が音源の広がり感がある。

・空間性：後期側方反射音の成分は、〔図8〕では後席M4の方が中央M1よりも黒く、「音に包まれた感じLEV」が強い。

以上、体験授業の前の学習は非常に多岐に渡るが、これら様々な因子が複合されて音楽の印象を形作っている。音大生はとても耳が良いので、考えられる因子を全て説明しておくべきであると感じている。学生が体験授業で現象を意識して知覚するように、また様々に考察、分析できるようにしておきたい。

IV. 体験授業の学生の感想、印象

聴く座席の位置の違いや演奏者のステージ上の立ち位置の違いが、聴こえる音楽にこれほどまでに大きな違いを生んでいるのかと発見し驚く。音楽大学の学生であるから日常的に音楽に慣れ親しんでいるが、ここまでの違いがあるのかと、大半の学生が新鮮な体験をしている。「今までピアノ

の鍵盤が見えるかどうかしか気にしていなかったが、席によって大きく音が変わることには驚いた。」
 「全ての場所で音も響きも異なって聴こえることに驚いた。」「1つのホールでここまで音が違うと、
 同じ演奏会でも人それぞれ評価が相当変わるのでは…と思った。」「全く違う演奏に聴こえ、不思議
 だな、すごいなと思った。」「響きだけでなく、音質そのものが、まるで違う楽器を聴いているようだった。」
 「楽器によって聴く場所を変えた方が良いと感じた。」等の意見があった。主な感想を表にする。

【表1】

【表1】

	ピアノ	弦楽器・アンサンブル
前	ダイレクトすぎる 雑音まで聴こえる タッチの音、ペダルの音が気になる 響かない 硬い音 各音がハッキリ聴こえる 頭の上を通り過ぎる感じ 音の広がり物が足りない	息使い、弓の昔、曝音も聴こえる 雑音まで聴こえる それぞれの楽器がハッキリ聞こえる 自分に近い楽器が突出して聴こえる 生の音。ホールで聴いている感じがない 楽器の向きで聴こえ方が変化する 弦特有の甘さ（こすれる音）が良い
中央	バランスが良い ハーモニーがきちんと聴こえる 音に包まれている感じ 生音と響きがちょうど良い 上品に聴こえた 全方向から聴こえる。安定感がある バランスよいが、何か物足りない 意外と響かない。遠くに聴こえる ほんやりした感じ 細かいパッセージが響いて聴き取りにくい 響いているが、まとまりがない	ちょうど良い響き バランスが良い ハーモニーが調和している 響きが加わり開放感を感じる 低音が良く聴こえ、柔らかい音 迫りに欠ける 少しぼやける 音の芯が見える
後ろ	全部が響きのよう 響きが一番あった。近く感じた スーツと飛んできて心地よい 臨場感があってバランスが良い 遠いが音量が小さいという感じはない、繊細な響き 良く響きかつクリア 高音が澄んでいる／透明感がある 低音が強すぎる／高音が聴き取りにくい レガートに聴こえて良い 柔らかく聴こえる	響きすぎる 音が長くつながって聴こえる 音が混ざり過ぎている メロディーが聴こえない 音が立体的になった たっぷりした音 響きが良く、厚く聴こえる 優しく包み込む。倍音も聴こえた 一番後ろで擦る音を美化して聴いてほしい 響いているので、へたでもうまく聴こえそう
壁際	打鍵のアタックがクリアに聴こえる 息づかいまで聴こえる 音の粒がはっきり聴こえる	バランスが悪い 偏りがある。各楽器の音量が異なる こちらに向いている楽器だけ聴こえる

<p>音の粒も響きも聴こえた 余韻が美しい 片耳しか聴こえない不安な気持ち はっきりしているが、高低のバランスが悪い 下手、上手で高音、低音のバランスが悪い 左側は倍音が、右側はクリアに聴こえる（場所不明） 上手の方が良い</p>	<p>ハーモニーが聴こえない 雑音、生音が聴こえる ハッキリ聴こえる 低音が聴こえすぎる 余韻が良く分かる 豊かな感じ 音が広がって聴こえる</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------

	声楽・独唱	声楽・合唱
前	<p>声が抜けてくる。聴きごたえがある 生音が聴こえて良い（声楽） ハッキリ聴こえるが、伴奏と調和しない</p>	<p>息づかいまで聴こえる 生の音という感じ ハッキリ聴こえる 子音が良く聴こえる 響きにたよらないビブラートが聴ける パートがバラバラに聴こえた 音が上からくる 男声がよく聴こえる</p>
中央	<p>ピアノの伴奏とのバランスが良い どの音域も均等に響く ぼんやりする 歌調がうまく聴こえない</p>	<p>ハーモニーがきれい まとまりがある バランスが良い 歌調が聴き取りやすい 中央それぞれの声がハッキリ聴こえる ちょうどストンと降りてくる 声をボンと飛ばす奏者の技量が良く分かる 響きがありすぎてメロディーラインが聴こえない</p>
後ろ	<p>歌と伴奏が一つの音楽になっていた 少しぼやけるとするが音量は大きい 特に高音がホール中に響く</p>	<p>バランスが良い フレーズの残響が良く聴こえる やわらかくまとまって聴こえる／まるやか 中央より音量豊か 響き過ぎて歌詞が聴き取りにくい 後ろの方が低音が良く聴こえる（BS） 高音が良く聴こえる 他の席では聴こえない音まで聴こえる 細かい所まで聴こえる</p>
壁際	<p>ピアノとのズレが気になる ピアノの方が大きく聴こえる</p>	<p>音に広がりがある 下手、上手で高音、低音のバランスが悪い ばらばらに聴こえる 声質によって聴こえない時がある 子音が良く聴こえる 歌調がはっきり聴こえる 音の流れを客観的に見ているような感覚</p>

	木管楽器	
	ソロ	アンサンブル
前	キーの音も聴こえるが、クリア cl 迫力があるが、倍音が聴こえない cl プレス聴こえる、躍動感がある fl	音がダイレクト 生で硬い。一人の音が孤立 個々の楽器の音が聴こえる ずれが目立つ
中央	音に丸みがでていた cl はっきりしなくてぼやける cl やわらかな音 fl	柔らかい もう少し混ざってほしい 調和されていない 4人のバランスが良い
後ろ	響くが、音量落ちる cl 音の粒がきれい cl 音が長くつながって聴こえる cl ダイレクトに聴こえた、臨場感 cl はっきりしている cl 粒がしっかり聴こえる fl 伸びる音がきれい。遠くから来るようだ fl フルートらしい 反射音よりも奏者自身のビブラートで聴きたい fl 清らかな音 響きに包まれ、かつクリア sx	柔らかく聴こえる バランス良い／調和している 良く響く ハーモニーがきれい ホルンが目立って聴こえる（木管四重奏）
壁際	細かいパッセージがきれい fl 破裂音がきれい。臨場感 sx 中央で聴くより楽器が近く感じる sx	ハッキリ聴こえる 溶け合い方が絶妙 柔らかく、メロウな感じ きつい 楽器によりばらつきがある／バランス悪い 倍音強い

	金管楽器	
	ソロ	アンサンブル
前	音量が大きすぎる tp 前プレス、タンギングまで聴こえる tp 硬いがダイナミック	強すぎる、きつい
中央	濁っている tp 中央トランペットの広がりを感じた	聴こえすぎる tp
後ろ	金管らしい響き tp 後ろ遠く感じる tp 低音がホール全体に響いた tub	落ち着いて聴ける tp 4人がちょうど良いバランス tp 音がきれいにのびる tp
壁際	クリア tp	もやもやしている tp

V. 学生の感想、印象の分析（体験授業の後の授業）

体験授業当日は感想を聴き、分析するまでの時間が取れない。後日にまとめの授業を行なう。学生に印象を記述させ、発言させて、まず、体験した印象を学生全員の共通認識とする。そして各々特定の現象とそれを生成している原因を説明し、印象と理論とを重ね合わせ音響効果を理解する。

1 客席側（受聴者側）の印象

1-1 ピアノ

前方：「タッチの音、ペダルの音まで聴こえる」

中央：「ハーモニーが聴こえる」「バランスが良い」「上品」

後方：「良く響きかつクリア」「全部が響きのよう」「低音が強すぎる」

壁際：「音の粒が聴こえる」「高低音のバランスが悪い」などの印象がある。

前方では直接音は非常に強いが反射音は遅れる。そのため、いわゆる「生の音（生音）」が聴こえるという表現をされる。響きの中に占める直接音の比重が大きいため、文字通り臨場感が強い。つまり雑音的な噪音を含む楽器本体の音の印象が強い。中央になると反射音が混ざってくるので「バランス良く響く」という印象に変わる。さらに後ろの席になると天井からの反射音が臨場感と明瞭性を増すので「良く響きかつクリア」という印象になっている。壁際は臨場感、音量、明瞭性とも増大するので「打鍵のアタックがクリアに聴こえる」「音の粒が聴こえる」となる。しかし左右のバランスが悪く、それは音程のバランスをも変えているようである。

総合的には中央から後ろの方の評価が高い。体験授業時にも指摘したが、天井からの反射音は客席中央よりも後方に届くため、響きがホール中央では足りず、中央より後ろの方が好ましいようである。あるいは意外なことに壁際的评价も高い。学生からは「打弦楽器だからホールの形に影響を受け易いのだろうか？」という意見もあった。ピアノは打弦楽器で瞬間的に音のエネルギーが成長するが、弓で弦を振動し続ける擦弦楽器のように楽器本体を共鳴させるエネルギーを持続することができないので、響きをホールに依存していると言えようか。また、中央から左右にずれた席では、演奏者の指の見える左（下手）側よりも、右（上手）側の方が印象は良いとする意見が意外に多く、これはピアノの蓋（反射板）の効果と考えられる。

1-2 弦楽器

前方：「噪音、弓の擦れる音まで聴こえる」「自分に近い楽器が突出して聴こえる」

中央：「ちょうど良い響き」「バランスが良い」

後方：「響きすぎる」「音がつながって聴こえる」

壁際：「各楽器のバランスが悪い」「ハーモニーが聴こえない」

前席ではピアノと同じように直接音の影響が大きい。中央では反射音に依る響きのバランスが良いようである。後方では響き過ぎて音がつながると指摘された。ピアノが中央よりも後ろ寄りの評価が高いのとは異なり、弦楽器は前寄りの席が良いようである。音の指向性の違いに加え、擦弦楽器は打弦楽器と異なり音を持続させられるので響きを生み出しやすく、建築的に反射音を付加し過ぎない方が良いということであろうか。

1-3 声楽

前方：「生音が聴こえて良い」「子音が聴こえる」「男声が良く聴こえる」

中央：「ハーモニーがきれい」「歌詞が聴き取り易い」「ピアノとのバランスが良い」

後方：「やわらかくまとまって聴こえる」「音量豊か」「響き過ぎて歌詞が聴き取りにくい」

壁際：「音に広がりがある」「バランスが悪い」「歌詞が良く分かる」

声楽の評価は非常に興味深い。前方の生音が聴こえる席は、明瞭度が高く子音が聴き取り易いのでピアノや弦楽器のように悪い評価ばかりではない。男声は歌手の前方下側に声が飛ぶので、前の席も良いとされる。中央では響きが増えて「ハーモニーが良い」「ピアノとのバランスが良い」となる。後ろでは響きがさらに増すので「やわらかくまとまっている」となる。一方これは受聴者の好みが大きく反映されるだろう。「響き過ぎて歌詞が聴き取りにくい」ともなる。「歌詞を取るか、響きを取るかによる」と指摘する意見もあった。

1-4 管楽器

管楽器では場所により「音量、響きだけでなく音色も変わる」という感想があった。

管楽器の特に直接音の音量が大きい楽器では、直接的に聴くか反射音で聴くかで違いが大きくなる。前述したように壁等の反射率は高音、低音で異なるので、反射後は高低のバランスが変化し音色が変わる。弦楽器に比べ独特の音響スペクトルを持つ楽器ほど音色が変わり易いと言える。【図6】

1-5 ステージ上の演奏者の位置の違い

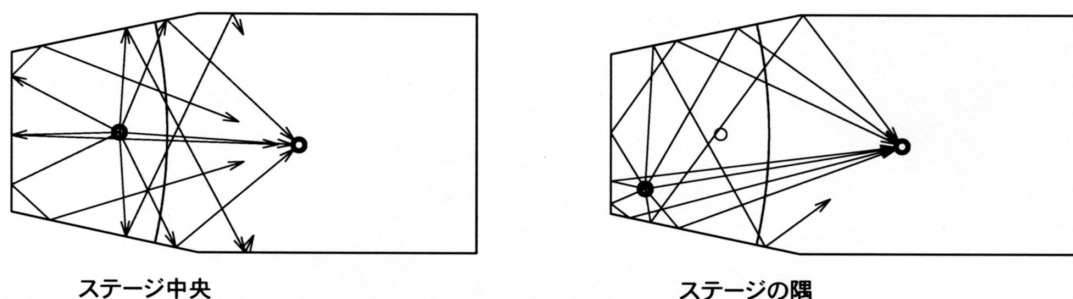
ステージ上で演奏者の位置を変える実験をした。これは立ち位置によって響きがどのように変わるのか、客席にどのような音を届けることができるのかを探るためである。

事前の授業で以下のことを指摘していた。

- ・ステージ床を反射板として活用できる。(トランペットなどの管楽器、声楽など)
- ・ステージの背壁、側壁を利用する。ステージ内の反射音を直接音とほぼ同時にまとめて客席に

送ることになる。(ピアノ、声楽、オケの位置など) [図 10]

・背壁および天井反射板の利用。ひな壇は背壁に近いだけでなく、天井に近い。(声楽、管楽器等)



[図 10] ステージの反射板を利用した演奏 (初期反射音 ITDG = 20ms)

演奏者の立ち位置の変化は、以下のような印象となった。

[管楽器]

トランペット：ステージ後方（ひな壇）で意識的に床に反射させるように演奏した。「(ステージ前より)音がやわらかく、まろやかになる」「キンキンしない」「(直接的に聴くより)トランペッタらしい音だ」

フルート三重奏：3人がまとまって演奏する場合と少し離れて演奏する場合「離れて立つと音量が大きくなった」

[声楽]

ステージ前方（ピアノの前）「はっきり聴こえる」

ステージ後方（ひな壇）「」「良く響く。ソリストもここで歌う方が良いのではないか」

また、楽器の向きに関しては、以下のような印象となった。

・フルート：横向きで演奏（楽器の管の軸を客席に向ける）「正面から聴こえない」「横の両壁から響いてくる」

・ヴァイオリンを後ろ向きで演奏する。（ドイツ式オーケストラ配置にした場合の第2ヴァイオリンの向き）「低音が豊か」

2 ステージ上（演奏者側）の印象

客席側だけではなく、ステージ上で自分の演奏音をどのように聴き取るかは音大生には重要である。

ピアノの位置：定位置よりやや後方（1m程度）に移動した場合。「自分の音も聴き易くなるが、

響きが強すぎてペダルを多用してしまう」。この場合受聴者側では響きが増しておおむね評価が高いが、演奏者本人は演奏しづらいようである。

声楽（合唱）：ステージの前「自分とまわりの声どちらも聴こえないので歌にくい」。ステージ奥（ひな壇）「自分とまわりの声どちらも響いて聴こえ歌い易い」、反対に「自分とまわりの声両方も遅れて聴こえる。歌にくい」、ソロの場合も「自分の声が響いて歌いづらい」という意見もあった。

ステージ奥（ひな壇）の場合は受聴者には良く響く印象なので、演奏者、受聴者両者同じような印象ということになる。一方、ステージの前で歌うソリストでは、客側は明瞭でストレートな音と受け取るが、演奏者自身は自分の声が確認し難く歌いづらいようだ。オーケストラでソリストが指揮者の両側に立って歌う場合には、難しい問題があると言える。ソロの場合にピアノの前に立つ、つまり蓋を背にするのは、反射板が演奏者本人にも客席にも良い反射音を送ることが理解できる。また、次のような意見もあった。

「客席で聴いている時と自分が演奏している時とでは、響きが全然違う。自分の演奏（ヴァイオリン）ではホールいっぱい音が広がるように感じた」

「演奏する時にステージの立ち位置による客席との距離感、音の飛び方を確かめて、音量調節を工夫して演奏できるようにしたい」

3 全体的な意見

全体的な意見としては、以下のようなものもあった。

「左右のバルコニー席では響くと言うより、音が広がって聴こえる」「管楽器はひな壇の方が良く響く。だからオーケストラの管楽器は弦楽器が何十人いても負けずに聴こえるのだと思った」「フルート三重奏で3人の間隔を上げた時に音量が大きくなった。オーケストラや合唱の楽器やパートの配置は重要だと思った」「アンサンブルなど音をハーモニーとして捉えて聴く場合は、ソロ楽器と伴奏楽器の調和がとれる座席位置を見つけてみたい」

体験授業では受講生が100人前後なので空席状態と言える。満席時との違いに気付いた意見もあった。「体験授業ではピアノが良く通る音だった。普段のコンサートの時はもっとこもるように聴こえる」「体験授業ではほぼ空席状態なので、満席の場合とどんな変化があるのか知りたい」。満席時には客の服が音を吸収し残響時間が短くなる。服は多孔質吸音材なので特に高音が短くなる。演奏では例えば高音にアクセントを置けば良く目立つと言える。体験授業での気付きを自覚すれば、リハーサル時と本番時の違いをどのように演奏に反映させるかという応用ができるだろう。

このようにして、今まで不明確であったものを発見し、特定の音楽の印象を自覚的に知覚することができるようになる。そうすると特定の印象とそれを生み出す音響理論を一对一のものとして理

解することができる。

音楽が表現する音の印象というもの、例えば「芯の有る音」「意志の強い音」「澄んだ音」「豊かな広がり」「物憂い思い」等などがメロディ、リズム、ハーモニーや調性だけから来るのではなく、響きや音響効果からも生み出されるものであることを理解してほしいと思う。

結 授業の目標と将来の発展について

この授業は、正確な統計をとっていけば、純粹の音響学として知覚印象と音響効果の関係の分析研究に発展可能である。物理学的な研究では踏み込まない音楽固有の効果を発見できるかもしれない。しかし、武蔵野は音楽大学なので、以下のことを目標としたい。

学生が音響学を理解し演奏に活かすこと。まずはホールの残響時間に合わせたリズムや強弱を付ける演奏ができるようになること。そしてオーケストラやアンサンブルの配置へ音響学を応用すること。さらに、自分の音楽をどのように表現したいかを、ステージの立ち位置、楽器の向き等で理想に近づけること。例えば芯の有るクリアな音を聴かせたい場合は、ステージの中央先端に立つことで客を中心に移動させるのと同じ効果を生み出すことができる。響かせて聴かせたいと考える場合は、ステージの隅に移動すれば客の座席を壁際に移動させたことになる。このように演奏者が立ち位置を変えることは、ホールの客の位置を仮想的に変えることだと言える。[図 10]

響きのしくみを理解すれば、演奏者は自分の演奏を表現したい音楽の形に近づけることができるのではないか。演奏曲の個性や自己の音楽表現とホールの響きを一致させられるかどうか、という大きな課題の解決につながることを期待している。

■参考文献■

●音響学、楽器学

- ・メイヤー, ユルゲン 2015『ホールの響きと音楽演奏』日高孝之・訳、東京：市ヶ谷出版社。
- ・Meyer, Jürgen. 1972. *Akustik und musikalische Aufführungspraxis*. Frankfurt am Main: Bochinsky
- ・Meyer, Jürgen. 2003. *Kirchenakustik*. Frankfurt am Main: Bochinsky.
- ・永田穂 1991『新版 建築の音響設計』東京：オーム社。
- ・永田穂 1986『静けさよい音よい響き』東京：彰国社。
- ・日本音響学会編 上野佳奈子・編著 2012『コンサートホールの科学——形と音のハーモニー（音響サイエンスシリーズ6）』東京：コロナ社。
- ・日本音響学会編 飯田一博・森本政之・編著 2010『空間音響学（音響サイエンスシリーズ2）』東京：コロナ社。
- ・日本建築学会編 1983『建築の音環境設計〈新訂版〉——日本建築学会設計計画パンフレット4』

東京：彰国社。

- ・ベラネク, レオ・L. 2005 『コンサートホールとオペラハウス 音楽と空間の響きと建築』 日高孝之、永田穂・訳著、東京：シュプリングァー・フェアラーク東京。〔Beranek, Leo L. 2003. *Concert Halls and Opera Houses: Music, Acoustics, and Architecture*. NY: Springer.〕
- ・日本音響学会編 永田穂・編著 1988 『音響工学講座3——建築音響』 東京：コロナ社。
- ・クットルフ, ハイน์リヒ 2003 『室内音響学——建築の響きとその理論』 藤原恭司、日高孝之・訳、東京：市ヶ谷出版社。〔Kuttruff, Heinrich 1973. *Room Acoustics*. Florida: CRC Press.〕
- ・ローダラー, ホアン・G. 1981 『音楽の科学——音楽の物理学、精神物理学入門』 高野光司、安藤四一・訳、東京：音楽之友社。〔Roederer, Juan G. 1973. *The Physics and Psychophysics of Music: An Introduction*. NY: Springer-Verlag NY.〕
- ・日本音響学会編、東山三樹夫 2010 『音の物理（音響入門シリーズ）』 東京：コロナ社。
- ・安藤由典 1996 『新版 楽器の音響学』 東京：音楽之友社。
- ・金光威和雄 1979 『楽器学入門——オーケストラの楽器たち』 東京：音楽之友社。
- ・早坂寿雄 1992 『楽器の科学』（社）電子情報通信学会。
- ・フレッチャー, N.H., ロッシング, T.D. 2002 『楽器の物理学』 岸憲史、久保田秀美、吉川茂・訳、東京：シュプリングァー・ジャパン。〔Fletcher, N.H., Rossing, T.D. 1991. *The Physics of Musical Instruments*. NY: Springer-Verlag NY.〕

●音律、音色その他

- ・平島達司 1983 復刻版 2004 『ゼロ・ビートの再発見 正篇——「平均律」への疑問と「古典音律」をめぐる』 東京：東京音楽社、復刻版：東京：ショパン。
- ・日本音響学会編 岩宮眞一郎・編著 2010 『音色の感性学——音色・音質の評価と創造（音響サイエンスシリーズ）』 東京：コロナ社。
- ・谷口高士編著 2000 『音は心の中で音楽になる——音楽心理学への招待』 京都：北大路書房。

●参考 CD

- ・岩宮眞一郎 2009 『CD でわかる音楽の科学（図解雑学）』 東京：ナツメ社。

Musikalischer Akustikkurs für Musikstudenten
Ein Bericht von einem Kurs mit dem Hör-und-Spiel-Erlebnis im Konzertsaal

Masaru TSUMITA

Einleitung

Der Klang sowie die Klangfarbe sind die wesentlichen Bestandteile der Musik. Eine präzise dargestellte Aufführung ohne Klang wäre keine Musik, sondern nur eine Anreihung von Tönen. Es ergäbe eine Aufführung mit exakter Tonhöhe aber uninteressanter Klangfarbe. Trotz keiner erklärenden Hinweise bezüglich des Klangs und der Klangfarbe auf den Noten sollte man annehmen, dass solche in den Zwischenzeilen geschrieben sind. Meiner Ansicht nach ist die musikalische Akustik eine notwendige Technik für praktisches Musizieren. Darauf basiert der Kurs mit dem Hör-und-Spiel-Erlebnis im Konzertsaal. Die Teilnehmer hören der Aufführung auf unterschiedlichen Plätzen zu und vergleichen sie. Sie spielen auch an verschiedenen Orten auf der Bühne, hören den von sich selbst gespielten Tönen zu und vergleichen sie. Hier wird dieser einzigartige Kurs an der Musashino-Musikhochschule aufgezeigt.

I. Hauptpunkt

Zunächst werden die Bedeutung und die Idee dieses Hörvergleichskurses erklärt.

Ein Saal wird so entworfen, dass jeder auf jedem Platz eine gute Akustik erhält. Zwar gibt es keine störenden Effekte. Fraglich ist, ob der Höreindruck identisch ist. Ein Klang besteht nur aus Direktschall und Schallreflexion. Da er so einfach ist, entsteht der Klang je nach dem Platz des Hörenden sowie nach der Mischung von diesen Bausteinen vielfältig. Durch das Erleben des Höreindrucksunterschiedes versteht man die Komposition von Direktschall und Schallreflexion. Es ist ein kurzer und bedeutender Weg zum Begreifen der musikalischen Akustik.

II. Kursgestaltung

(a) Der Kurs findet in der "Beethovenhalle" (1043 Plätze, Nachhallzeit: 1,6 s / voll besetzt, 1,8 s / leer) oder im "Bachsaal" (1202 Plätze, Nachhallzeit: 1,6 s / voll besetzt, 1,9 s / leer) der Musashino-Academia-Musicae statt.

(b) Die Teilnehmenden sollen sich die Architektur der Konzerthallen anschauen und sich je nach ihren Sitzplätzen den Unterschied zwischen Direktschall und Schallreflexion in der jeweiligen Halle vorstellen.

(c) Kursteilnehmer spielen auf der Bühne viermal dasselbe Stück vor. Andere Teilnehmer hören der Aufführung jeweils auf einem anderen Platz zu, nämlich vorne, in der Mitte, hinten und an der Seite, erleben die Veränderung der Wahrnehmung.

(d) Die Fachbereiche der Teilnehmenden decken alle Musikinstrumente sowie jede Singstimme ab. Sie spielen auch auf der Bühne.

(e) Die Interpreten platzieren sich immer wieder neu auf der Bühne, nämlich in der Mitte, vorne zu den Zuhörern hin, hinten auf dem Podest und an der Seite. Im Ensemble-Spiel ändern sie den Abstand

voneinander.

(f) Die Spieler spielen jeweils in einer anderen Spielrichtung. Ein Instrument hat seine Richtcharakteristik.

(g) Die Interpreten hören die von ihnen selbst gespielten Töne zu sich zurückkommen.

III. Grundkenntnisse

Die Komplexität der Mischung von Direktschall und Schallreflexion erzeugt vielfältige Klänge. Befindet sich der Platz in der Mitte eines Musiksaals, weit weg von den Wänden, kommt die Schallreflexion etwas später nach dem Direktschall an. Die Schallreflexion erreicht gleich nach dem Direktschall, wenn der Zuhörer auf einem Platz hinten, nahe an der Wand sitzt. Man sagt, dass der Zuhörer in der Mitte eines Saales die Musik wie aus großer Ferne kommend wahrnimmt. Weiter hinten empfindet man sie als nah und es klingt voluminös.

Teilnehmer lernen zuerst das Grundwissen der musikalischen Akustik.

1-1 Wie entsteht Klang überhaupt? Direktschall und Schallreflexion.

1-2 Die Qualität des Klangs: Höreindrucksunterschied durch die vielfältige Komposition von Direktschall und Schallreflexion.

1-2-1 Gefühlte Lautstärke, Voluminöses Klangbild

1-2-2 Klarheit

1-2-3 Räumlichkeit

1-2-4 Balance zwischen hohen und tiefen Tönen

2-1 Tonfarbe und harmonische Obertöne (Teiltöne). Die Wirkung der hohen Töne, die nicht in der Partitur stehen.

2-1-1 Obertöne

2-1-2 Sängermanant

3-1 Die Richtcharakteristiken von Musikinstrumenten

IV. V. Der Höreindruck von Teilnehmern und dessen Analyse (Zusammenfassung)

1. Der Zuhörereindruck

Alle Kursteilnehmer haben musikalisches Hintergrundwissen. Trotzdem war der Unterschied des Klangs durch den Ortswechsel des Zuhörenden sowie des Interpreten groß. Das Hörerlebnis war den meisten neu.

“Bis jetzt war’s mir wichtig, die Tasten des Flügels zu sehen. Überraschend, dass die Musik je nach dem Ort sehr unterschiedlich klang.” “Auf jedem Platz empfand ich die Töne und den Klang anders.” “So vielfältiger Klang im selben Saal. Dieselbe Aufführung könnte von jedem völlig anders bewertet werden.” “Nicht nur der Klang, sondern auch die Tonqualität waren unterschiedlich, wie von einem anderen Instrument.” “Ich sollte für jedes Instrument einen anderen Platz einnehmen.”

Nach Instrumenten:

Flügel: “Man hört den Anschlag der Tasten und das Treten des Pedals.” (auf dem vorderen Platz) / “Die Harmonie hört man.” “Gute Balance.” “Elegant.” (in der Mitte) / “Schöner und klarer Klang.” “Wie ein Gesamtklang.” “Die tiefen Töne sind zu stark.” (hinten) / “Die einzelnen Töne hört man.” “Die Balance

zwischen hohen und tiefen Tönen ist schlecht." (an der Seite)

Die Zuhörer zwischen Mitte und hinten hatten einen guten Höreindruck. Interessant war, dass die Zuhörer auf den mittigen Plätzen, aber an der relativ rechten Seite das Spiel besser bewertet haben als an der relativ linken Seite, obwohl man an der linken Seite die Hände des Spielers sehen konnte.

Streicher: "Man hört das Ansetzen des Bogens und das Streichen über die Saiten." "Nahes Instrument klingt nah." (auf dem vorderen Platz) / "Angemessen." "Gute Balance." (in der Mitte) / "Zu viel Klang." "Die Töne verschmelzen zu sehr miteinander." (hinten) / "Die Balance zwischen Streichinstrumenten ist schlecht." "Man hört keine Harmonie." (an der Seite)

Im Vergleich zum Flügel hatten die Zuhörer vorne den besseren Höreindruck.

Gesang: "Die Stimme hört man direkt." "Die Mitlaute klingen klar." "Männerstimmen hört man gut." (auf den vorderen Plätzen) / "Schöne Harmonie." "Den Text versteht man leicht." "Gute Balance zwischen der Begleitung und der Singstimme." (in der Mitte) / "Sanfter und einheitlicher Klang." "Voluminös." "Zu lauter Gesamtklang. Man versteht den Text schwer." (hinten) / "Der Klang breitet sich aus." "Schlechte Balance." "Der Text ist klar zu hören." (an der Seite)

Die Stelle der Interpreten und deren Höreindruck waren z.B.:

Trompete: "Die Töne werden sanfter und verschmelzen mehr als wenn er näher zu den Zuhörern hin." (hinten auf dem Podest)

Gesang: "Klarer Klang." (vor dem Flügel) / "Der Klang ist schön. Die beste Position für Solisten." (hinten auf dem Podest)

Wichtig ist, dass der Klang jeweils anders war. Jeder Ort des Zuhörers und jede Situation hat einen Einfluss auf den Klang.

2. Eindruck des Interpreten

Flügel: "Ich höre mein Spiel besser, klingt aber zu intensiv. Ich muss die Pedale mehr betätigen als nötig." (relativ hinten)

Chor: "Sowohl meine Stimme als auch die Stimmen von anderen höre ich gut, klingt schön und ich singe gut." (hinten auf dem Podest) / "Ich höre weder meine Stimme noch die Stimmen der anderen, schwierig zu singen." (nah bei den Zuhörern)

War der Chor hinten auf dem Podest, hatten die Zuhörer einen guten Höreindruck. Es klang bei den Sängern und den Zuhörern gut. Standen die Solisten nah zu den Zuhörern hin, hatten sie Schwierigkeiten, die eigenen Stimmen zu hören und zu singen. Die Zuhörer hingegen empfanden die Stimmen als klar und direkt.

Man kann den Höreindrucksunterschied durch die gelernten Grundkenntnisse der musikalischen Akustik erklären.

Die Teilnehmer verstehen die Akustik mittels des Erlebens der Höreindrucksunterschiede und der wissenschaftlichen Grundlage.

Fazit: Ziel des Kurses und die zukünftige Entwicklung

Dieser Kurs wird an der Musikhochschule angeboten. Damit möchte ich mir Folgendes zum Ziel setzen:

Die Teilnehmer sollen die musikalische Akustik verstehen und die erworbenen Kenntnisse zur Platzierung des Orchesters und des Ensembles verwenden.

Sie sollen außerdem ihre eigene beste Position, sowie die beste Spielrichtung ihres Instrumentes finden und die Aufführung ihrem Klangvorbild annähern. Wollen Musiker klare und deutliche Töne erklingen lassen, sollten sie möglichst nah bei den Zuhörern und vertikal in der Mitte stehen. Dies übt eine Wirkung auf die Zuhörer aus, als wenn sie in der Mitte platziert wären. Wollen Musiker eine Aufführung mit vollem Klang, sollten sie an der Bühnenseite musizieren. Es klingt für die Zuhörer dann so, als säßen sie alle an einer Seite des Saales. Die Interpreten können so durch ihren Ortswechsel die Plätze der Zuhörer virtuell umziehen.

Wenn Interpreten Kenntnisse im Entstehen des Klangs besitzen, können sie ihr Spiel zu ihrem idealen Ausdruck bringen. Der Charakter des gespielten Musikstückes, der Musikausdruck des Interpreten und der Klang des Musiksaals sollen zusammen eine Einheit bilden. Zu dieser großen Aufgabe soll der Kurs eine Lösung anbieten.

音大生にふさわしい音響学の授業について
——コンサートホールを使った体験授業の報告——

積田 勝

序

響きや音色は音楽の重要な要素である。楽譜通りに演奏しても響きが全く無いと音楽とは言えない音の羅列になってしまう。あるいは音程は合っているが音色が悪い演奏もあろう。楽譜には響きや音色についての指示はないが、それらは行間に書かれていると考えるべきである。私は、音響学は音楽の演奏表現行為に必須の技術であると考え、コンサートホールを使った体験授業を行っている。実際にホールで演奏をし、それをホールの様々な席で聞き較べる。また、ステージ上の異なった位置で演奏し、演奏者には自分の演奏音がどのように聴こえるか比べる。武蔵野音楽大学だけのオリジナルな授業なので報告をしたい。

I. 主旨

ホールの様々な席で音楽を聴き較べることにどんな意味があるのか、何故このような授業をするのか、説明する。

そもそも音楽ホールではどの席でも同じように良い音が聴こえるように設計されているはずである。確かに音響障害は起きないように設計されている。しかし、音楽的な印象が同じかと言えば実際にはそうならない。響きというものはとてもシンプルで、直接音と反射音だけから成り立っている。単純だからこそ、席の位置の違いによってそれらの組合せが異なり多様な響きが生まれる。それゆえ、ホールの様々な席で響きと印象の違いを体験することが、直接音と反射音の構成を理解するために、つまり音響学を理解するために重要かつ近道だと考える。

II. 体験授業の進め方

- (a) 武蔵野音楽大学のベートーヴェンホール（客席数 1043 人、残響時間は満席時 1.6 秒、空席時 1.8 秒(500Hz)）あるいはバッハザール(客席数 1202 人、残響時間は満席時 1.6 秒、空席時 1.9 秒(500Hz))を使用する。
- (b) 学生にホールの形状を観察させ、異なった席への直接音と反射音の届き方の違いをイメージさせる。
- (c) 演奏者（学生）がステージで同じ演奏を 4 回繰り返す。それを受聴者（他の学生）は席を移動して異なった席で 4 回聴く（ホールの前方、中央、後方、壁側）。聴こえる音楽が場所によりどのように変わるのかを実体験する。
- (d) 履修学生は全学科（全コース）なので、器楽の全てと声楽を演奏できる。
- (e) 演奏者のステージ上での立ち位置を変えて演奏してみる。ステージの中央部、前端部、背壁側（雛壇上）、ステージ端など。また、アンサンブルの場合は演奏者間の距離をかえてみる。
- (f) 楽器の向きを変えて演奏してみる。楽器から出る音には指向性がある。
- (g) ステージ上の演奏位置の違いで、演奏者自身には自分の音がどのように返ってくるのか体験する。

Ⅲ. 事前の授業内容

直接音と反射音の組合せの複雑さが響きの多様性をつくっている。例えばホール中央部では壁から遠いので直接音に来てから反射音が届くのに時間がかかる。後ろ壁際では反射音が直接音の直後に届く。前者は音が遠く臨場感に欠け、後者は音量感、臨場感共にあると言われる。基礎となる音響学を事前に学習する。

1-1 そもそも響きはどのように生まれるのか。直接音と反射音について。

1-2 響きの質。直接音と反射音の構成の多様さはどのような印象の差をうみだすのか。

1-2-1 音量感、臨場感 1-2-2 明瞭性 1-2-3 空間性 1-2-4 高低のバランス

2-1 音色と倍音（部分音）。楽譜には無い高音がどのような効果を生んでいるのか。

2-1-1 倍音 2-1-2 シンガーズフォルマント

3-1 楽器から出る音の指向性。

Ⅳ. V学生感想、印象の分析（体験授業後のまとめ）

1 客席側（受聴者側）の印象

音楽に慣れ親しんでいる音楽大学生だが、座席の位置の違いや演奏者のステージ上の立ち位置の違いが聴こえる音楽にこれほどまでに大きな違いを生んでいるのかと発見し驚く。大半の学生が新鮮な体験をしている。

「今までピアノの鍵盤が見えるかどうかしきりに気にしていなかったが、席によって大きく音が変わることになった。」「全ての場所で音も響きも異なって聴こえることに驚いた」「一つのホールでここまで音が違うと、同じ演奏会でも人それぞれ評価が相当変わるのではないかと思った」「響きだけでなく、音質そのものが、まるで違う楽器を聴いているようだった」「楽器によって聴く場所を変えた方が良いと感じた」

具体的には以下のようなものである。

ピアノの場合 前方：「タッチの音、ペダルの音まで聴こえる」／中央：「ハーモニーが聴こえる」「バランス良い」「上品」／後方：「良く響きかつクリア」「全部が響きのよう」「低音が強すぎる」／壁際：「音の粒が聴こえる」「高低音のバランス悪い」などの印象がある。おおむね中央から後ろの方の評価が高い。また、中央でも右寄り（上手側）の方が、演奏者の指先が見える左側（下手側）よりも評価が高いことは興味深い。

弦楽器の場合 前方：「噪音、弓の擦れる音まで聴こえる」「自分に近い楽器が突出して聴こえる」／中央：「ちょうどよい響き」「バランスがよい」／後方：「響きすぎる」「音がつながって聴こえる」／壁際：「各楽器のバランスが悪い」「ハーモニーが聴こえない」ピアノと較べて前の方の席が評価が高いようである。

声楽 前方：「生音が聴こえて良い」「子音が聴こえる」「男声がよく聞こえる」／中央：「ハーモニーがきれい」「歌詞が聞き取りやすい」「ピアノとのバランスがよい」／後方：「やわらかくまとまって聴こえる」「音量豊か」「響き過ぎて歌詞が聞き取りにくい」／壁際：「音に広がりがある」「バランス悪い」「歌詞がよくわかる」

演奏者の立ち位置の変化は、以下のようなものである。

管楽器 トランペット：ステージ後方（ひな壇）「（ステージ前より）音がやわらかく、まろやかに

なる」

声楽 ステージ前方（ピアノの前）「はっきり聴こえる」／ステージ後方（ひな壇）「良く響く。ソリストもここで歌うほうが良いのではないか。」

重要なことは、それぞれの席、それぞれの場合で明らかに異なる音に聴こえるということである。

2 ステージ上（演奏者側）の印象

ピアノの位置 やや後方「自分の音も聴き易くなるが、響きが強すぎてペダル操作してしまう」
声楽（合唱）ステージ奥（ひな壇）「自分とまわりの声どちらも響いて聴こえ歌い易い」／ステージ前方「自分とまわりの声どちらも聴こえないので歌いにくい」

客席ではステージ奥（ひな壇）の場合は良く響く印象なので、演奏者、受聴者両者同じような印象ということになる。一方、ステージの前で歌うソリストでは、客側は明瞭でストレートな音と受け取るが、演奏者自身は自分の声が確認し難く歌いづらい。

上記した印象の差異は、事前に学習した音響学で説明できる。

このように音楽の印象の違いと、科学的な理由とを重ねあわせ音響学を理解する。

結 授業の目標と将来の発展について

音楽大学なので、以下のことを目標としたい。

学生が音響学を理解しオーケストラやアンサンブル配置へ応用すること。

さらに、自分の音楽をどのように表現したいかを、ステージの立ち位置、楽器の向き等で理想に近づけること。例えば芯の有るクリアな音を聴かせたい場合は、ステージの中央先端に立つことで客を中心に移動させるのと同じ効果を生み出すことができる。響かせて聴かせたいと考える場合は、ステージの隅に移動すれば客の座席を壁際に移動させたことになる。このように演奏者が立ち位置を変えることは、ホールの客の位置を仮想的にかえることだといえる。

響きのしくみを理解すれば、演奏者は自分の演奏を表現したい音楽の形に近づけることができるのではないか。演奏曲の個性や自己の音楽表現とホールの響きを一致させられるかどうか、という大きな課題の解決につながることを期待している。

