

演奏家のための音響学授業の試行

— 演奏家に密接な技術を再検討する —

沼田 宏行

序 演奏家と音響学について

音は常に物理学の法則により出ている。しかし、演奏家が扱う「音そのもの」については物理的な説明よりも師弟関係によるエビデンスに基づく伝達が格段に多く、その発音原理や演奏原理について考えたり、学んだりする機会が非常に少ない。本論文では、音響学ひいては簡易な物理学を含めて、音楽家に必要な音響学授業の構築を考えたとき、必要な項目を検討するものである。

1. 演奏時の音響について

演奏時の音響判定は、どんな物理学や音響学を用いても現在の技術では最終的に人間の「耳」による判断がどうしても必要となる。また最も良い音とは何なのか、ということは紀元前6世紀から現在に至るまで数千年を経て試みても具体的な指標がない。しかし、経験的に「良い音」または「良い音楽」というのが存在することも事実である。このような現状に鑑み、音楽を作成したり、扱ったりする場合に必要な事柄を検討する。

1-1 音程の不思議

音程については細かい項目が多く挙げられる。また非ヨーロッパ音楽についても音律について実は詳しく検討する必要がある。この問題は非常に大きくまた論議が絶えないところであるので簡単に触れることにする。

中世ヨーロッパにおいて、教会音楽の技術的音律的進展に基づき、さまざまな音（ドレミ等）の設定が行われた。これは主に倍音系列による拡張で、現在の長調や短調の基となる組み合わせができ上がった。

しかし、この倍音系列による音の拡張は数学的矛盾を含むため、未だに1つにまとまることなく多くの音律が並列されている。ピアノの圧倒的な販売量により、最も多くの楽器と共用される汎用の音律として12平均律が基準となりつつある。しかし、電子楽器などの新しい楽器の技術力が上がったこと、また古典調律の復活等により、現在様々な音律が見直されてきた。

ヴァイオリンや合唱など、音程がプリセットされず1つずつ作らなければならない楽器において、また簡易に音程を変えることができる楽器や声楽の場合は、12平均律による濁りが常に存在する音律より、綺麗に鳴る純正律やピタゴラス音律に自然と移行して用いることも多くみられる。合唱で「よく響く声」を求めた場合、微妙な音程の変化を無意識的に行っている。

数学的にオクターブつまり周波数が2倍になる音を16や17に分割した多分割平均律や、民謡等の各地の音楽に息づく5や7に不等分割した音律も世界的には多く見られる。またガムランでは奏者、楽器セクションによる数Hzの基準周波数の差が、むしろ音楽的に評価を得ることもある。つまり音律はあくまでも表現の一部であり、画一的な「絶対音感」なるものは存在しない。

音階の呼び方はフランス語のド、レ、ミやドイツ語のツェー、デー、エー、英語のエイ、ビー、シーなど全世界的に幾つかの標準の呼び方をしている。しかしクラシック音楽のチューニングの基準とされるAの音は、415Hzから467Hzと幅広く、聞き方によっては半音下がったものから半音上がった音に感知されるほど周波数が違う。

現代のピアノでは、よくコンサートピッチとして少し周波数が高めの442Hzを基準に調律されることが多い。コンサート会場では余程のことがない限り事前に調律する。しかし、ピッチを2Hz上げることはできても、444Hzから2Hz下げて442Hzにすることは難しい。まして、現代のピアノでは415Hzにすることは、スチールの弦が張力を保てなくなるなどさまざまな機構的な問題があり不可能となる。

このように単純に音律と言っても、設定の問題から、楽器の選択、楽曲の中の選択的使用と、すべて見本となるものがあるが、最終的な判断は演奏者が行う必要があるため、様々な対応ができるように経験しておくことが望ましい。

1-2 お箏の立奏台とピアノの蓋

音は空気を媒体としたエネルギーの伝達である。すべての演奏家はより強く音が受容者に届くことを願っている。最終的には電気力を借り受容者に近接したところへ振動体の設置を行ったり、音の振動自体を電氣的に拡大して送出したりする。しかし、伝統的音楽においては、なるべく元の音が波形変化しない状況で（音質変化を起こさない状況で）受容者へ届くことを願っているため、電気設備が開発されるまで、多くの工夫を行ってきた。

その最初が反響板の使用である。音も波である以上、周波数固有の波長を持つ。また同様に偏波の方向性を持つ。その波を整え、最大限の指向性と拡散性（収音性）を備えた音響反射板の利用が行われている。その具体例が、箏の立奏台だったり、ピアノの天板だったりする。もちろん楽器本体だけでなく、ホール自体も音波の伝達を計算した設計になっており、特に舞台部分の側板や天板は音響に大きく影響する。具体的に演奏会を行っていくと舞台最も前上部の幕、一文字幕（水引幕）が下がっている場合、天板を伝播する音波が大幅に吸収または阻害され、受容者に届く音量が小さくなってしまふ。同様に、舞台上の演奏する、発音する位置が、この一文字幕を超えて客席に入ると、天板の反射音も伝播音も利用できなくなり、響きを失ってしまう。これは舞台が狭く演者の人数が多い場合によく起こることである。音は光同様、波の性質を持つため、反響板はまさに音響反射レンズのような働きをする。

1-3 しっかりした足元の確保

音響においては振動体の基礎をしっかりと固めることは、スピーカーなどの音響と全く同じである。オーディオマニアはスピーカーの置台を必ず用いる。質量のある石や堅木を用いた台を用い、振動体のコイルや振動子が十分に稼働するよう、周りの枠や底、裏をしっかりと支えるのである。

この方法はピアノなど舞台等に接触して音を発する楽器において特に有効である。ピアノの場合、舞台の構造体、根太に載せるかどうかで音質や音量が明らかに異なる。特に舞台が可動式

だったりすると余計にフレームに乗っているかどうかは重要な要素となる。そのために、床を叩いたり、踏んだりして音の反射を確かめることが推奨される。

更にピアノをしっかりと床と接触させる方法が幾つかある。車輪の方向をすべてピアノの重心に向け、ピアノが簡単に横方向に振動しないようにする。これは単に舞台における接触を良くするだけでなく、世界の幾つかのホールに見られる傾斜したステージ⁽¹⁾に対応が可能となる。うっかり同じ方向を向いていると、ピアノ自体が演奏中に楽器の振動により移動してしまうため、そのような事態を避けることができる。

またキャスター（足についた車輪）は小さい方が良い。可搬性には劣るが、点で支える方がより接触圧力が上がり、安定が得られるという原理である。自分のピアノを持ち込んで演奏会をするピアニストがキャスターを取り普通の机の脚のようなピアノの脚にしていることがある。更に音響に影響するとして演奏時にピアノの脚を氷やドライアイスで冷却することも試みられた。

1-4 舞台上の演奏位置

前述したように反響板は現在の演奏会場でほとんどの場合において使用されている。しかし、その利用は極めて難しい。大体の位置でももちろん効果は上がる。しかし、演奏家は音のほんの少しの違いでも、その集大成である演奏結果に大きく影響があると考えている。

その原因は2つであり、1つ目は単純に音響が変化するということである。響く場所、響かない場所という言い方をするが、受容者になるべく音情報が多く伝わることを望む。音量が大きいことは勿論であるが、小さくても微細な音が伝わるほうがより演奏自体の表現力は増す。十分に音響を得る、というのがまず基本である。

そして2つ目に反響してくる音が演奏者に正しい演奏の反映として認識されるものであるかどうか、ということである。これは演奏者が自分の演奏を判断し、より効果が上がるようにどのように変化を加えるかということが的確に判断されることを示す。電気を用いた場合、フォールドバックというスピーカーを経て自分の演奏をモニターするが、同様に電気を使わないアコースティックな状態でも自分の演奏を的確に把握できるということは演奏の質に大きく影響をきたすこととなる。気持ち良く弾けるという言い方をするが、アコースティックな場面でも自分の演奏を瞬時に振り返ることができるのは演奏の質を上げるために必要で、しかも有効な方法である。このような最適の発音場所を探すのはリハーサルの大きな目的の1つでもある。

1-5 反射と残響

音響特性を検討するうえで、反射と残響はとても有効な指標である。演奏家にとって、残響の多いことをライブと称することが多く、逆に残響が少ないことをデッドであるという。残響にも質があるがそれを示すのに反射という指標を使うことがある。分離して考えることができるのは難しいところであるが、反射が高速に、更に回数多く高速に反射が行われるような状況のことを残響が多いと考えても差し支えない。

ホールのシミュレートを行う場合、また録音現場でミキシングを行って最終成果物にする前に、反射（エコー）と残響（リバーブ）を追加することがよく行われる。音場音響的にはどちらもそろって1つのホールの性格を示すものであるが、ホールの設定や電気音響設備の設定をする場合は、この2つを上手く指定すると、自分の思う音響に近くなることが多い。

残響は基本的に発音された音が延長して響くものと考えられる。それに対し反射は単に同じ音が同じように繰り返されるのではなく、反射する時間、反射する回数、そして反射してくる音の変調

である。実は音は光と違いかなり伝播に時間がかかる。更に温度や発音体の微妙な動きや向きで、位相が変化したり、受容する周波数に変化が起こったりする。現実的には、反射（エコー）に関しては、反射時間の調整と位相のシフト、そして周波数変調をかけられることが多い。これらにより、より広い空間を演出することができる。

一方、残響（リバーブ）も多くの指標を変化することができる。残響時間は言うまでもないことであるが、音響の質を変えるフィルターのような役目をする場合も少なくない。特に20年前までは主流だったプレートリバーブ（鉄板リバーブ）と言われるものは、適度な厚さがある鉄板の端にマイクを付け、反対側にスピーカーを付ける。スピーカーで元の音を流し、鉄板での響き加わったものをマイクで拾い、効果が加えられた音として出力するものである。当然ながら、スピーカーでの音以外に鉄板が振動することがあれば、その音も楽音として取り入れられてしまう。NHK放送センターのような大規模スタジオでは、必ず免振されたエコールーム内にプレートリバーブを装備していた。クラシックの放送用録音をする場合、スタジオではデッドな状況で録音し、エコールームに信号を送り、それを戻して調整室内の録音機にて記録していた。そのために録音するときはスタジオと共にエコールームの予約も必須であった。現在では、この大規模なプレートリバーブ装置に代わり、電子式のものに置き換わっている。ただしこれもコンピューターを用いたデジタル方式だけでなく、むしろ前時代的なトランジスターや真空管を用いたディスプレイ式のものも少なくない。これは後述するが、コンピューターでは最大解像度の限界、つまりサンプリング周波数とビットレートが決まっているため、かなり音響の質が限定されてしまう。最先端の録音についてはむしろデジタルよりスーパーアナログやハイアナログと言われる部品を厳選し、贅沢な電源部を持ったものが利用されることが多い。次項に述べるが、各種サチュレーションを考えても現在のところはアナログが勝っているところである。

サチュレーションというのは、真空管やトランジスターの機能が飽和状態に近くなった時に、波形が扁平を起こし、矩形波やのこぎり波様に変形して原音に対し規則性のある高調波が追加される現象である。最初はオープンリールの録音を行ったとき、音量過剰な信号を記録することによって波形が乱れたことから始まった。これをテープサチュレーションと呼び、現代のコンピューターミュージック等のミキシングで使われることが多々ある。このサチュレーションは当然ながら原音を変えてしまう。しかし効果を少なめにかけることができれば、音色を追加された高調波の雰囲気を含め、明るく充実し、しかも聴感上大きな音量を得ることができる。また真空管におけるサチュレーションも非常に好まれ、チューブサチュレーションとしてコンピューターミュージックのように新しいジャンルにまで利用されている。

1-6 指向性と発音体の動きを認識する両耳

人間の耳はとても良くできている。たった2つしかないのに、複数の音を同時に聞き取ることができる。2つ以上の異なる事象を察知することができ、それぞれの位置関係を把握し、しかも移動速度まで認識できる。これは主に耳介（外部の耳）における音色変化を利用していると研究されているが、これらを演奏家としては音色変化や響きの状況変化に利用することができる。

ピアノは楽器自体が非常に重いため、その位置を演奏中にずらすことは不可能であるが、ヴァイオリンなどの手で持って演奏する楽器は、演奏中に向きや角度を変えることにより音量や音色を変化させることができる。場合によっては急に動くことにより、音波の位相を変えることにもなり、独特の音響変化を起こすことが可能である。しかし、これは逆に意図せぬ動作により、音響が変わってしまうことをも意味する。

音は波であるため、偏波の方向により聞こえ方はかなり変わる。特にヴァイオリンやチェロなどでは弦の振動を駒に伝え、そのエネルギーを表板で放射する。また魂柱により裏板にも伝えて裏板からも放射するような場合、音波の偏波方向は指向性を持ってしまう。そのために前項に検討した舞台上の位置と共に楽器の向きや構え方を検討する必要がある。

演奏家はとても技術的に難しい作品を演奏することが多いため、基礎的な発音そのものに対して検討するまでの余裕がない場合が多いが、これは舞台上で演奏するにしても録音するにしても重要な項目の1つであることは間違いない。

また演奏家としてこの基礎的な発音に関して大きな問題があるのは、演奏している人が同時に客席等で聞くことができないという物理的問題である。信用がおける誰かに聞いてもらい、具体的なアドバイスをもらって初めてこの問題に対処できるという事実は、演奏家として大きなジレンマを抱えることになる。この信用がおけるという所が重要で、自分の狙いや好みが一致する評価者がいて、初めて客観的な対応が可能となる。演奏家としては、この項目では第三者の介入が必須となる。

1-7 演奏に関わる理論と実際

このように演奏時における音響学的見地からの問題を具体的に検討してきたが、最終的にはどのような問題であれ、創造されるべき音楽像がはっきりしていないと、解決することは難しい。単に良い芸術というものがあるのではなく、いかに自分の理想像に近づけるかということ念頭におき、それを何とか伝えるための要素を知っている必要があるということである。ここまでは演奏会における物理的問題を主に検討してきたが、次項では技術が次々と開発されている録音の状況を検討する。

2. 録音時の音響について

演奏家にとって今や録音は欠かせない発表の場となっている。特に近年はYouTubeやInstagram、Twitter等の映像まで簡単に無料で公開できる場が用意されている。著作権などの法律的な問題が解決されれば、とても良い発表の場となっており、芸術の形も徐々に変わってきている。

また従前の演奏会の録音についても、技術の発達からかなり変容を遂げていると同時に、どのような形で残していくことが良いのかを考えなければならない状況にもなっている。具体的な問題を取り上げ、検討したい。

2-1 要求される音響の違い

現在の技術の進歩は素晴らしいものがある。しかし残念ながら万能なものが1つだけあるという状況とは異なっている。それぞれの音響の使用される目的により利用される技術は異なる。それは主に保存の方法と音響操作に分けられる。より良い音響を求めることは必要であるが、莫大なリソースが必要となるため、現実的な選択を迫られることになる。スポーツをしながら気軽な曲を聞く場合、クラシックのCD等の制作に使う場合、映像のBGMとして使う場合では保存や提供の仕方も、制作の仕方も異なってくる。それらを演奏家として選択していかなければならない場合、メリットやデメリット、そしてその特徴を知ることにより、より良い結果が残せるよう検討を続けたい。

2-2 制作現場での演奏の心構え

最も演奏家が心得る必要があるのは、録音でも会場でも一回一回の演奏が充実していることが基本となることに心ずく必要がある。最近の録音技術は目覚ましいものがあり、音程変更や作品の継ぎ接ぎなどもかなり思い通りに行えるようになってきている。以前は不可能であった和音のように同時に鳴った音でも、中の1つの音だけに対し音程修正を加えられることができるようになった。また、以前はテープやコンピューターで行っていたカットやペーストについては完璧にノイズなく出来るようになってきている。

しかし、何よりも大事なものは、演奏された作品がどのような技術をもってしても一貫性をもたせることは至難の業となる点である。特に長い時間の作品になると、手を入れれば入れるほど統一性が無くなってきてしまう。実際に作業を行うとわかることだが、1/1000秒狂っていれば、リズムの変化は解ってしまう。そのような状況で、作品を演奏する時にもともとメトロノームを使って演奏したり、コンピューターを使ってシーケンスを調整したりしていない演奏に対し、別のテイクを繋ぐことはほとんど不可能である。演奏の統一感や通して演奏されたものには独特の流れがあり、中途でつなぐことはほとんどしない。楽章などのまとまりがある場合は組み合わせを変えることができるが、この場合もちょっとした空気感や響きの違いさえ感じる場合が多い。

そのために演奏家がまず行うことは、演奏会同様、1回の演奏で最終テイクが出るように用意を行うことである。これは簡単なようでいて難しい。再録音への甘えが出ると、最後まで良い録音を取ることができない。自分の経験だけでなく、多くの演奏家が最初は陥るジレンマである。数回までの再録音は、モチベーションも体力も持つが、それを越えた場合は結局最初の録音が最善であることが多い。もちろん市場に流通させる場合はこれに多少の修正を加えることはあるが、クラシックの場合は最低限にするのが原則である。

2-3 準備への対応

録音では、マイクのセッティングや録音レベルを設定するために、どうしても前演奏が必要となる。この時の対応が演奏者としてはやはり難しい。後述するがクラシックの場合は、原音を加工することを極端に嫌う。そのために最大音量の部分演奏することが必ず望まれるが、その時に本番以上の音量を出すと、結局弱めな音量で設定されてしまう。これは良いことのように思われるが、現実的には機械の性能を全部引き出す演奏とはなっていない。音量の設定はサチレーションが起ころぬ最大音量が、マイクや各種アンプを適正に使い、最も良い状況となる。アナログ媒体でもデジタル媒体でも、その録音可能な音量領域を一杯に使うと最も解像度が高い記録ができる。しかし、これはあくまでサチレーションが起こらない状況に限定される。要するに前演奏は特別な意図のない普段通りの演奏が最も良い、ということになる。音量においても、スタジオ内の音響分離においても、その場における最も音楽的な演奏をすることによって、最大限の効果を発揮することは、会場演奏と何ら変わらない。

近年、コロナ禍による影響で、録音・録画審査は数を増した。実際にそれらを審査すると、本当に様々な作品が提出される。残念ながら自宅の悪い環境で録られたものと、ホール等音響の良い場所で録られたものを同等に審査するのは大変難しい。それでも、限られた環境の中で最大の誠意を尽くして作られたものには力があると実感した。演奏とはそういう技術や環境を超えたものも含めて評価されるものである。

2-4 録音の使用法別に最適な処理

演奏者の録音素材の作成時の注意は前項で検討したが、その素材をどのように提出するののかも検討する必要がある。もちろん素材を加工しないのが最良であるが、現実問題としてはコンクールの提出や演奏会の記録などでは、加工とまではいかない程度の処理をする手間をかけることにより、格段に仕上がりが異なる。特にコンクールなどの提出の場合はかなり印象が変わるので、是非行いたい処理を幾つか取り上げる。

第一に消極的な処理として、ノーマライズがあげられる。これから述べる処理については、音楽のジャンルや、編集、作曲、プリプロダクション、ポストプロダクションなどの各制作段階によって呼称が変わることがあるが、どのような作業を行うかを意識して、それぞれの語句に置き換えてほしい。

ここでノーマライズと述べたのは、全体音量をそのまま増加することである。コンシューマーレベルの機材だと音割れを防ぐため、自動音量調整で録音すると音が小さく録音されることがある。そのような機材で市販のDVDやBDのような音量で録音しようとする、非常に音源に近い位置で録音・録画しなければならず、録画と録音が思うようなバランスで行えない場合が多い。そのような時、オーディオに関して適正音量に増加するノーマライズ処理を行えば、サチレーションが起らぬ最大音量までに音量が再設定され、音量変化の割合は変わらず、近接した状態で録音した状態と同じ音量を得ることができる。

次に行うのは適切な余白のカットである。長々とした演奏用意の部分をカットし、媒体を再生した時にすぐに演奏に入ることができるように余白部分をカットする。通常審査員は多くの参加者の録音・録画を見るので、演奏に入る、と思ったらもう一度椅子の高さを直し、仕切り直す、というようなものを見ると聞く方にとっては大きなストレスであり、それが60人も続くと流石に気疲れしてしまう。モニターを見ることは身体への負担だけでなく、精神的な集中への負担も大きく、それらに対する配慮は自分の作品を評価してもらう気持ちの大きな表れのように感じられてしまう。

2-5 積極的な操作について

ここからはセミプロやプロの領域に入ってくるが、音色やリズム感への変化が起らない範囲での音量圧縮が挙げられる。コンプレッサーやマキシマイザーなど音量が少ない時により強めにし、音量が多い時に少し音量を減らすように動作するものである。こう聞くとあたかも新型の操作のように聞こえてくるが、実はLPレコードにはこれと同じ処理がされている⁽²⁾。既に50年を超える実績のある技術なのである。

もともとLPレコードでは、大きな音、例えばティンパニーなどの音は物理的エネルギーが高く、音量を直線的な増加状態でレコードを作ると、針が追従しないばかりか、跳ねて溝から飛び出てしまう。それを避けるために物理音量を減らしている。しかし臨場感が損なわれない大きな要因は、それぞれの楽器や声が、大音量を出した時の音質と、普通の時、またささやくような小さな音では音質が異なることに由来する。また演奏時の物理的なテンポやリズムのひずみ、強く腕や息を使うことによるリズムの変化も見逃せない。これは現在の録音でも意識するべきで、音量やスケール感を出すために物理的な努力をするだけでなく、音の効果を検討して演奏にも反映することがより良い録音作品を作るために有効であることが判る。

この操作は、現在では技術の向上に伴って、単に音量を圧縮するだけでなく、それぞれの音域

に分離して最も有効な部分を効率よく圧縮できるように工夫されている。低い音と高い音、そして声に相当する中音域が同時に音量変化するのではなく、その楽曲の特性に合わせて優先する音域を選択するものである。特に低い音は大きな音となると他の音量域をマスキング効果で聞こえにくくしてしまうことがある。また中音域でもパートが重なるような場合は更にその中音域を周波数で分離してそれぞれの音量設定を行うことができる。これらは録音する時にオンタイムで行うのではなく、録音が終わった素材に対して行うので、様々な要素や数値で試行錯誤することができるのが、大きな特徴である。このような素材収録後、市販製品にするまでの操作をポストプロダクションと呼んでいる。

2-6 録画での画角について

録音に比べると録画の処理は更に手間も機材も大掛かりになってくる。基本的には録画の処理は、多くのカメラを使わない限り、アングルの増加が撮影後は望めない。また極端な画角の変更も、収録後の素材からでは解像度の上であまり推奨できない。現在のカメラは非常に鮮明で本当に毛穴が見えるような状態だが、そのような状態からコンピューター加工した時に「ボケ」が出るようなら、新たに撮影することが好ましいと思われる。

撮像についてももう1つ気を付けたいのは、カメラ位置の設定である。クラシックやコンクール審査用には撮影者自体が動くとかえって見にくくなることが多いので、カメラ位置は変わらないことが多い。また画角に関しては遠景であると熱意が伝わりにくい状況になるので、適度な寄りが必要となる。近年のカメラ性能の向上により、コンクール申請では本人の顔が写っていることが基準となっているが、大きすぎてもちらちら動きすぎ、遠すぎても演奏の表現が少なくしか伝わらないため、丁度良い加減を経験により見つけるしかない。良い見本や自分のここぞとなる宣伝材料を作る時は、プロに録音・録画を頼むことも選択の内である。

3. 録音・録画の受け渡しについて

録音・録画が完成した後、その資料をどのように保管し、どのように送付するのかにより、資料の質が変わることを認識する必要がある。以下では現在の技術を知り、それぞれのメリットを有効に利用することにより利便性と正確性の選択を行うことができる。

3-1 データの精緻化と増大について

前項では音の圧縮を検討した。この圧縮は録音すべき素材をできるだけ精緻に記録するべく効率的な帯域幅の利用をするものであり、どちらかと言えば制約された技術の中にデータをどれだけ有効に入れることができるかということを検討した。ここでは技術の進歩による精緻化を確認する。商業的にはハイレゾ音源と呼ばれるものである。

ここで、録音について何が基準になっているのかを再確認する。アナログである音をデジタルに変換する場合、非常に細かく音量値を時間軸に沿って計測する。つまり1秒を44100回に分けて計測し、それぞれの値を2進法で計測する。長い間デジタルデータの基準となっているCD⁽³⁾では毎秒44100回、16ビット（約65000段階）で測ったデータを80分収納可能となっている。容量にして約700MBとなる。これはソニーとフィリップスが共同開発し無料公開した規格である。データの大きさは、まず収録時間、時間当たりの計測密度、そしてデータのきめの細かさの乗算によることが判る。

現在の録音技術では、まず毎秒 96000 回採寸を行い、32 ビットで計測されることが簡単にできるようになった。つまり単純計算で約 4 倍のデータ量になっている。このように約 4 倍量で素材にしておけば、音量を変えたりや再生速度を可変したりしても最終的に CD 規格に仕上げる場合においては、素材の解像度を落とすことなく作成することができる。

しかしデータ量はとても大きくなるので、CD で扱うことは難しくなってくる。そこで新しい媒体にて保存や輸送を行うことになる。DVD では約 4.7GB と約 7 倍のデータ容量を保存でき、BD では 25GB となり容量はかなり確保できる状態となった。しかし、光学媒体は傷に弱いのと、読み出し速度がそれほど高速化できないので、HDD でやり取りすることも多くなっている。また大容量の不揮発性メモリーでのやり取りも多く行われている。これは音素材に比べ、格段にデータ量が増えた画像や動画において顕著に用いられ、スチルカメラやビデオカメラにおいて標準的な媒体となっている。特に不揮発性メモリーは耐衝撃性が良いので、重量と共に優位な媒体となっている。

現在、最も精細な音情報を記録する方法には DSD⁽⁴⁾ という方法があり、こちらは CD で行われていた PCM (パルス符号変調) ではなく PDM (パルス密度変調) を用いている。PCM がデータの波を一定の時間ごとの数値で測っていたところを、DSD では 1 と 0 の 1 ビットで表現し、1 が続くと積算されて大きな数値になるような演算を高い周波数で行う方法を採用するような全く異なる記録方法を用いている。基本的に技術の発達も含め CD に比べ高い周波数まで表現可能な形式となっており、CD でも可聴範囲を超えていたと言われていたが、そのデータ量に比例した分の高い周波数まで扱えるようになっている。現在は DSD64 (CD 相当データ量の 4 倍) から DSD512 (CD 相当 32 倍) まで想定されている。既に DSD で録音された音楽は市販されているが、DVD に書込むかインターネット経由の販売となっている。

ここで気を付けておきたいのは、これらの技術に関しては常に理論値だという点である。理論を現実に用いるには、その他の色々な障壁を乗り越える必要がある。後述するが、付随するアンプやエンコーダー、デコーダーも理論に追従する必要があるため、ノイズや中間値の扱いなど無理した技術の利用による別の障害が出る場合、全体としての規格の具体性に欠ける場合がある。そのようなものを総合的に整え、提供するのがプロの仕事であり、演奏家としては全幅の信頼をおける録音者を見つけることが、技術を理解するより大事なことだと考えている。無理な規格を依頼する場合、リスクも自己責任で負うことを認識する必要がある。

3-2 データの圧縮について

前項により検討された技術の発達とデータの精緻化により、べき乗されて増えていくデータについて認識した。この項では肥大化したデータの圧縮について検討する。音に関しても動画や静止画に関してもデジタル化されてからの高精度化は著しい。それぞれの発達が与えるインパクトは大きい。白黒テレビからカラーテレビへ、そしてハイビジョン画質から 4K 画質への発達は、まさに見てわかる状況である。音に関しては、スーパーアナログというカテゴリーの存在から、それほど精緻化された状態が目に見える発達状況ではないが、精緻化とは逆圧縮されて可搬性が良くなったことで、いつでも音楽が楽しめるように発達もした。

音に関しては、レコードからオープンリールテープ、カセットテープになり、ソニーのウォークマンによって受容の仕方が全く変わった。更にアップルの iPod の出現で大量の音楽を持ち出せるようになり、とうとうイヤフォンに組み込まれるまで小さく、そして防水加工までされた。泳いでいるときまで音楽が聴けるという、まるで身体の一部にでもなったかのように扱われてい

る。またスマートフォンとの連携で世界各地の情報や音楽が瞬時に共有できることも見逃せない。このように技術の発達と共に大きくなったデータは、データをありのままの形で利用するのではなく、様々な利用方法と用途により、より適した形で使うよう工夫を始めた。その1つが圧縮である。

圧縮の方法は数多く考案されている。どの方法をおいてもデータの無駄な部分を減らしたり、人間の感覚で認識されにくいところを積極的にデータから削除したりして、データ全体の容量を減らすものである。つまりデータの可搬性を良くし、特に多くの人に見てもらうときにサーバーや機器内でのトラフィックを減らし、また逆に大容量の情報を効率よく伝えるための具体的な対策に用いられている。

圧縮されたもので一番身近なのはDVD⁽⁵⁾である。映画一本が僅か12センチの円盤に入ってしまう。字幕まで入り、多角度撮影や多国語対応までできる規格となっている。主にVOBファイル形式の圧縮方法となっている。また音声ではmp3⁽⁶⁾方式は音楽だけでなく語学の練習など大容量で多品種の用途に最適であった。音声データでは音声判明する周波数領域で良いので、一般に20000Hzまで必要とされていた音楽用の規格に比べると1/4から1/5で済む。単に圧縮するだけでなく更に小さなデータで対応でき、その分大量の項目を格納できることから、語学習得用には最適となる。

3-3 可逆性

演奏家として圧縮について気を付けなければいけないのは、圧縮方法による可逆性と非可逆性である。デジタルデータの場合は必ず実データの他にデータ自身の性質や属性などの情報も記録している。さらにデータの格納形式にもよるが、格納自体も余裕を持って行われているので空白部分ができる。そのような部分を削除することでデータを圧縮できる。空白部分は単に整理して隙間なく詰めると考えれば妥当である。

問題は実データ部分の扱いである。実データを圧縮するには様々な技術があり、現在も開発されている。基本的には数値をすべて羅列するのではなく、同じような部分は纏めて簡単な操作を行って最終的なデータ量を減らすことにある。しかし、圧縮率をある程度以上に高くしようとすると、データの性質に従って「あまり重要ではない部分」までを削除することになる。音楽で言えば、聴感上大きな音に埋もれていてあまり聞こえない音を削除することを指し、画像であれば、同じ「ような」色の場合は纏めて全て同じ色にしてしまうことなどがその例となる。

つまりここで空白だけを捨てたからもう一度並べなおして完全に元のデータに戻れる場合と、圧縮の段階で「重要ではないと認識して捨ててしまった」データがあり元に戻れない場合が起こる。これらを可逆性の圧縮と非可逆性の圧縮と呼ぶ。

演奏家にとって、微妙な差でも納得がいかなければ、再録音や再録画が必須となる。「大体OK」は不可と考えた方がよい。つまり保存して残しておくなら可逆性の圧縮が基本となる。実際にCD作成などの商業的録音をする場合、名演は他の媒体、別のCDであったり、放送であったりする場合に利用できるが、それが少しでも保存における圧縮等で劣化しているとしたら、再集録を考えることも必要である。このように元のデータの扱いは注意が必要である。

3-4 著作権等の問題

現在商業的に配信されている音楽には何らかの著作権が関係している。デジタルで配信されている場合は、演奏者や演目を含め、そのデータがタグ付けされており権利関係が一目瞭然であ

る⁽⁷⁾。また音がデジタル複製された場合はすべて、アナログ録音でも、作品の出だしの波形データから、作品のデジタルタグとしてデータベースから探し出すことが可能である。自分の作品はもとより、他人の作品の利用も配慮の上で行いたい。

4. 機材について

演奏家が機材について知ることは、より良い録音をするうえで重要である。録音現場では演奏者は機材に一切触れないのが決まりである。しかし、自分の演奏空間を確保できない場合は、ついつい自分で動かしてしまいがちであるが、置く位置、機材の接触場所、機材の特性などを考えると注意事項は思いのほか多く、録音者に面倒でも依頼するのが最善である。また演奏者にとっては単なる紐にしか見えないシールドケーブル⁽⁸⁾も、録音者が苦勞して取り廻した作品であることに注意したい。当然ながら内部構造が複雑な金属構造で出来ているシールドケーブルを踏むことなど、録音者の気分をそぐだけでなく、録音ができない等の具体的な録音事故を招くことになる。ケーブルは紐のような外観であるが、本来の特性は金属そのものであり、柔軟性は全くないと考えるべきである。また録音現場での最大の消耗品がシールドケーブルであり、そのメンテナンスの労力は固定された機材とは比べ物にならない。途中で「踏まれる」などでショートした場合、または断線した場合のリカバリーはとても時間がかかる。基本的には録音時間内では断線回復は難しいので残業となり、非常に気になって本来の録音に集中できなくなることがある。録音者も同じ人間なので、気分により他の調整が粗くなり、仕上がりに差ができるのは自明の理である。ここでは人為的な配慮以外の部分を検討したい。

4-1 デジタルとアナログ

コンシューマーレベルでのデジタル・アナログバーターが、CDの普及やmp3プレーヤー、スマートフォンの普及により大量生産されてかなり安価になってきた。録音もスマートフォンで簡単なアプリケーションを用いてかなり良いものが出来るようになってきた。しかし、このように発達してくればくるほど、放送やスタジオで用いる機材とは性能も価格も開いてくるようになる。

デジタルとアナログの境が無いように感じられるほど気軽に使える機材が増えてきたが、実はデジタルとアナログの壁は厚い。クラシックに限ったことではないが、それぞれの特徴や特色があり、プロに頼むほどの場合でない場合は、それぞれの特徴を理解して利用する必要がある。一例に前項で述べた圧縮を取り上げると、録音素材はmp3等の圧縮形式で残すのではなく、必ずwave形式またはapple等のlossless形式で可逆性のフォーマットで録ることが必須である。ロスのないデータなら波形の一つから原音を編集することができる。圧縮したものの場合は一度書き出す必要があり、書き出さないと「比較データ」を含む範囲単位での編集となることもあり、単にデータの質だけでなく、扱いにおける制約を生むことも考慮に入れる必要がある。

アナログからデジタルデータを作るコンバーターや、デジタルデータをアナログ波形に戻すコンバーターは放送規格だと非常に高価で数百万円のものも少なくない。アマチュアが使う1万円台のものも市販されているが、出来上がったデジタルデータを聞いてみると、十分に違うものと判る。これは特に高周波のノイズ処理特性や、低周波における波形の安定など、使われている部品の「余裕」の問題があらわになっている。もちろんその主要コンバーター部品のまわりを固めるコンデンサーやトランスは音に直接の影響を与えることが判っている。考えられる各要素を積

算すると数百万円の機材になってしまうのは仕方がないことである。

また最近オーディオ好きにはやりのハイレゾコンバーターでは、コンシューマーレベルでも50万円近いものが市販されている。データはスマートフォンに入れ、そこからデータをコンバーターに送り、対応ヘッドフォンにて鑑賞する形となる。筐体は小さくスマートフォン3枚分の大きさ位である。このような製品はほとんど大量生産されないため、筐体に判りやすいメーカーマークや機種番号もない。プロ用の機材も含め、一般的には馴染みのないメーカー名や機種名であることが多いため、外見から想像できない価値と繊細さが録音現場には存在する。

4-2 アナログオーディオの底知れなさ

演奏家にとっての録音時の課題は、常に自分の演奏についてのみである。録音現場はそれぞれが分業しているため、他の分担について極力口を出すことを避けている。それぞれが最低限の要求をするだけにとどめることにより、より効率的な作品作りが望める。

演奏家にとって重要なのは、音色感や音の広がりにおいて発想通りに録音されることにより、良い作品ができることである。現実的にはマイクの選択からマイクのセッティングや各種音量設定などアナログ部分で大きく変わることが多い。このような音へのイメージを伝えることは、録音の各種設定に大いに役立つ。もちろん限界があるので、過剰な要求は実現されないのは言うまでもないことだが、余程時間に制限がない限り、幾つかの変更を行いながら録音を行い、相談のうえで音作りを行うことが多い。

最近ではコンピューターにおいて有名な機器の性質を原音に加味して加工する技術も出来るようになった。しかし、現在のところでは、どれだけ元々の音が良かったかによって、後処理の出来不出来が変わってきてしまうことが多く、原音の収録の可否は最終仕上がりまで大きく影響するというのが体感である。

アナログの世界は非常に多岐にわたり、更に歴史ある経験が積み重なっている。デジタルではそれをいかに忠実にデータ化するかというのが課題であるのに対し、アナログの部分ではどれだけ説得力のある音を創り出せるか、ということ念頭に置いて作業されている。

4-3 絶対触ってはいけない録音用マイク

録音で最も重要視されているのはマイクとその信号を増幅するマイクプリアンプである。プロ用のマイクは市販価格数十万円が多いが、大体はその価値以上に考えるべきである。ステレオで使うならマイクの特徴が揃っているマツトペアと呼ばれる特別な2本を使うからである。録音者で更に凝った人は、メーカーが用意した2本ではなく、自分でより多くの中から選んだ2本を選定する。更に現在のスタジオではほとんどがコンデンサーマイクを使うため、そのための直流電源供給を行う。ムービングコイル型に比べて非常に少ない電気信号を増幅するためのプリアンプも用いられる。

直流電源は完全な平滑化が求められるため電池を用いることも少なくない。また微小な電気を有効に利用するためのインピーダンス整合を行うための大きなトランスを用いることもある。更には、この小さな電気信号を拡大するためにマイクプリアンプが用いられるが、微小信号ゆえにアンプ自体の特性が音色にまで影響を起こしてしまう。最近ではDTMやポップス系の積極的な音色づくりのためのマイクプリアンプが10万円台で売られているが、見えない、使っているとは思えないほど自然な特性を持った商業ホールにて使われるプリアンプは優に数百万円を超える。

またマイクの振動子は基本的には金属でできていることが多いため、湿気に対するメンテナンスは基本的に重要である。錆びれば電気信号として変化をきたすだけでなく、物理的ノイズを発生させ、逆に振動しない部分を作り高調波を生む要因になっていることを経験した。

もちろんマイクからは微小な信号しか出ないため、マイクから出てくる信号を伝えるシールドケーブルは非常に重要な要素となる。太いものが良いとは限らないが、音声信号は交流であるため、シールドケーブルのインピーダンスを含めた動的特性は重要であるのに、簡単に良し悪しの判断ができない。さらにケーブルのメンテナンスは毎回気を付けながら利用されていることを含め、1つのシステムが構築されるまでの試行錯誤は計り知れないものがある。このようなシステムの一部としてのマイクとして考えれば、そのシステムに干渉することがどれだけの意味を持つか納得できると思う。単に単体としてではなく、それに関係する事柄を常に連想するとより良い結果が得られる。

5. まとめ

このように検討をしていくと、演奏家の活動の場面には音響学が関連してくることが分かる。音楽家はとかく自分の芸術を主張しがちであるが、それを伝え、残していく場面ではどうしても音響学との関係を断つことができない。特に録音やPAに関しては楽器同様、独特の世界観があり、共通して「最も良い音」を伝えていこうとする行動においては共通している。

演奏家として、音響家として最も大切なものは、理論ではなく、そこに実在する音や画像であることは疑いもないことである。ただし、その価値や要素は多岐にわたり、一概には決めることができない。そのため多くの努力と研究を重ね、発達していく技術を作り、そしてそれらを使って人間のより良い人生を創り上げていく努力をしているのは演奏家も音響家も同じである。

現在の演奏会場や録音現場ではまだまだ演奏家と音響家が語り合えるような雰囲気にあふれているとは言えない。私は更に羽ばたいていく演奏家の教育現場で、英語や数学の授業と同じように音響学は必要であると考えている。データの取扱い、録音機材への理解、そしてそれらの特性に合った方法を用いて自分の主張を最大限に表現できるように自分自身の演奏を調整していくことができる一助となればと考えている。

今回は、プロの現場と演奏家の対応についての試案であったが、次回は自分たちが行えるコンシューマーレベルでの録音や録画について考えてみたい。多くの演奏家にとって、より創造的で生産的な活動の一助になることを心から願う。

注

- (1) グアテマラのテグシガルパ劇場を始め、バレエが上演される劇場での公演の場合、傾斜ステージが見られる。
- (2) 日本では1956年にJIS規格となったRCAによるRIAA規格が主になる。その他にAESやLP/NAB等の規格がある。RIAAでも更に細かく幾つかの規格がある。
- (3) CDの規格はソニーとフィリップスによって作られたが、その規格は完全に公開されておらず、それぞれの進化によりRedBook、YellowBookなどの表紙の色の名前で書類（規格）が称されている。そのうちの幾つかが、JIS規格になっている。例えばCD-ROMについては、JIS X 6281:1992 (ISO/IEC 10149:1989)となっており、物理特性が厳しく定められている。
- (4) DSDフォーマットの現在代表的なものは、業務用に用いられているDSDIFF (Direct Stream Digital Interchange File Format)、ソニーによる民生用DSF (DSD Stream File)、早稲田大学、パイオニア、

シャープにより仕様公開されている WSD (Wideband Single-bit Data) があげられる。いずれも互換性はない。

- (5) DVD も数多くのバージョンアップを行っているが、物理規格は JIS X 0606 (ISO 9660) による。また Universal Disk Format (UDF1.02DVD-ROM、1.5DVD-RW のパケットライト、2.0DVD-VR 等) の拡張も行われている。
- (6) ドイツのフラウンホーファー研究機構により基本アルゴリズムが開発された。長らく特許を持っておりその収入は1億ユーロ(2005)と報告されている。しかし、特許は2017年4月23日に終了し、現在パブリックドメインとなっている。<https://www.iis.fraunhofer.de/en/ff/amm/consumer-electronics/mp3.html>
- (7) 初期の mp3 には著作権情報の付与が無かったので、セキュア mp3 という規格も採用された。後発規格の microsoft 社の WMA 規格やソニー社の ATRAC の規格では当初よりデジタル著作権管理機能が備わっている。
- (8) 一般的には各種コードのことを指す。しかし、基本的に扱う信号が必ず交流でありかなり高い周波数になることから、単なる絶縁された伝導体のみではなく、それらを束ねるときに特殊な伝導体で覆い雑音や誘導電流から守る構造をしているものが多いため、特にシールドケーブルと呼ぶことが多い。