

健康文化

音の世界

若栗 尚

私の長女がお世話になっている研究所の主任研究員のT氏は大変なオーディオマニアで、私が音響研究に携わっていることを長女から聞かれたらしく、一度、遊びにこないかとお誘いを受けた。早速、伺ってみると、聞きしに勝るマニアで、仲間と自宅に半球型のリスニングルームを建設中であった。仲間に建築屋さんがおられたが、自分達の手で建設しているとのことであった。ドームと床ができたところで、まだ、壁面などの内装には手がついていなかったが、その内で、いろいろな話に花が咲いて大変楽しい時間を過ごした。

私が面白いと思ったのは、実は、半球型の室形であった。半球型の室形は、音響的には少々問題があると考えるのが普通である。反射音の経路が半球の中心を通り、特定の時間遅れの反射音が強くなって、癖のある残響音になるからである。これを避けるためには、内部に反射板を多数吊るして反射音の遅延時間の規則性を崩してやるか、壁面の内装を吸音性の高いものとして、残響を少なくするかなどの手段が必要になる。どうする積もりなのか興味があった。話の様子では、残響時間は長いほうが望みらしい。いくつかの案を出しておいたが、どのようにする事になったのか、まだ、話は聞いていない。

反射音（音源からでて壁面、天井等で反射されて受音点に到達する音）は直接音（音源からでて直接受音点に到達する音）に少し遅れて受音点に到達する。ある音から遅れて到達する音がある時、その遅れ時間がある値より大きいと音はふたつに分離して聞こえる。しかし、遅れ時間が小さいとふたつの音に分離しないで、なにか少し音が変わったという感覚でとらえられる。

1ms のパルスをつたつ経時的にあたえて、それが一つでないと感じられる時間差は、後から与えられるパルスの強さが、はじめに与えられるパルスより 20dB 小さい時から 15dB 大きい時の範囲では、1.6ms から 4ms と小さな値である。引き続いて到達するふたつの信号に対する時間的な分解能は、前向性の経時マスキング（前に与えられた音が後ろの音を聞こえなくする現象）そのものである。先行して与えられた刺激が無くなった後、感覚がゼロに向かって漸次減少しているときには、残存している感覚の大きさを越えない程度の刺激は、

新しい刺激が加えられたことを検知させないことになる。

この反射音は、いろいろな効果をつくりだす。はっきりと分かれて聞こえるような反射音は、直接音との間や反射音同志の間で反射物、壁などの距離、部屋の高さなどの感覚を与える。部屋の高さなどは、反射音ははっきりと分離されないようなときにも感知される。等間隔で規則的に並んだ反射音は、特異な感覚を生み出す。“鳴き竜”現象としてしられるフラッター・エコーもこれである。

放送やレコードなどでの音楽の収録、制作では、前に述べたようなふたつに分離しない領域の遅れ時間の反射音が、音色（ミキサー達はネイロといわないでオンショクと表現する）（音の微妙な色づけのこと）を形成するうえで重要な手段となっている。ミキサーは演奏者のだす音に、一つないし複数の反射音（普通は、残響音のうちの初期反射音を利用される）をつけ加えて、彼らの表現したい音を作り出す。この遅れ時間を持った反射音を作り出すのに、アナログ時代には、エコールーム内で音源スピーカーと収録マイクロホンの距離を調整することや鉄板式残響付加装置のピックアップの選定などで微妙な調整を行っていた。現在では、デジタル・シグナル・プロセッサでいろいろな細工ができるようになってきている。

反射音は音源からでた音が壁面（床面、天井、反射板なども含めて）に当たって、そのエネルギーの一部を吸収されて反射してくるという過程を経てつくられるもので、反射のたびに、そのエネルギーの一部を失って、大きさが小さくなって行く。この減衰は、大きく見るとエクスポネンシャルになっており、部屋の壁面のいろいろな部分からの反射音が集積されて残響音を構成する。

残響音の減衰の程度を示すものに残響時間がある。これはある音のエネルギーが60dB減衰する（100万分の1に減衰する）までに要する時間をいう。一般に、よく響くという表現をするのは、この残響時間の長い部屋であり、豊かな感覚を与えるものの、音声等の了解度は劣化する。教会などの礼拝堂はこの形のものも多く、荘厳で豊かな感覚を聞くものに与えるが、内容の伝達という点では問題があり、このために、説教等のゆったりとした話し方がうまれたともいえる。音声の了解度からみれば、残響時間は短い方がいいが、ある程度の反射音、残響音がないと話者のほうに話声の大きさのコントロールの手がかりが少なくなり、ロードがかかることになる。用途によっても、残響時間の長短は重要なものとなる。クラシック音楽、とくにオーケストラによる演奏を対象としたホールでは、長めの残響時間になるように設計する。最近のハードロック等では電気楽器の使用が多く、電子的な残響を付加していることが多いので、

必ずしも長い残響時間が必要とはいえない。独奏または小編成のクラシック音楽などでは、楽器の艶が残響によって大きく左右されることもあるが、あまり長い残響時間はスタカトや、速いパッセイジなどで、前の音が後の音にかぶって、好ましくない場合もある。用途に応じて、残響時間を適当に設計するのが、音響設計をするものの腕の見せ所ではあるが、ホールといっても、ピンからキリまであって、なかなか、用途を限定できないことが多い。フルオーケストラのクラシック音楽からカラオケ教室、講演会、はては、農協の総会にまで使われるというバラエティにとんだ使い方をされることもあって、なかなか、うまくゆかないのが現状である。

傾向として言えるのは、大きなホールほど残響時間を長目にとることが多いことである。部屋の容積が大きくなるにしたがって、舞台から壁面までの距離は遠くなり、直接音に続く 50ms 以内の遅れ時間にはいる初期反射音がなくなったり、少なくなったりして、エコーが聞こえる問題が起こりやすくなる。舞台上に反射板を吊ったり、舞台近くの壁面を反射面として使ったりして、直接音に近い初期反射音を増やしてエコーをなくし、豊かな響きを得ている。

残響の過程での音は、時間に対してエクスポネンシャルに減衰するのが普通であるが、ときには、途中から減衰の仕方が緩やかになったり、大変まれではあるが、急になったりすることがある。これらは、部屋の反射の仕方によるもので、主として、部屋の隅から、隅に向けて反射する音が、斜め波と呼ばれる定在波づくり、この波の減衰が全体的な減衰の大きさに比べて、違った値を採ることによることが多い。また、ステージと客席が二つのつながった部屋として働き、ステージの短い残響音に客席側の長い残響音が続く形で減衰の途中で傾斜が変わるものも多い。一般的には、エクスポネンシャルに減衰するのが望ましいとされる。

前に述べたように、対象とする音がクラシック音楽なのか、講演なのか等によって最適な残響時間が変化する。これを満足させるような残響時間を得る方法として、対象とする音の種類に応じて、残響時間を変えようとする試みがあり、残響時間可変のホールもある。残響時間を変える方法にも、アクティブとパッシブの二つの方法がある。アクティブな方法は、電気音響設備、マイクロホンとスピーカー、信号遅延装置や残響付加装置を利用して残響時間を長くするものが知られている。ロンドンのロイヤルフェスティバルホールなどが、この形のものである。パッシブな方法は吸音材により壁面等の吸音率を上げる方法が採られ、この吸音材の表面を堅い反射材で覆えば反射性になり、吸音率が下がって、残響時間が長くなるようにしてある。この形のものは国内にも幾つ

か見られる。円筒の軸にそって、半面を吸音性に、半面を反射性にして、軸を中心に回転させて反射面と吸音面の割合を変化させているものもある。

音楽ホールとして、狭い横幅と平らな床面、高い天井をもったシューボックス型（直方体の形状を持つもの）が有名であるが、この形のものは、客席面積の割には大きな空間があり、直接音のすぐ後に側壁からの比較的大きな反射音が続くので、響きが豊かで、広がりを感じが得られやすいために、クラシック音楽には向いているとされる。この形のホールは、古くは18世紀末に建てられたライプチヒのアルテスゲバントハウスが最初といわれる。19世紀後半にはウィーンのムジークフェラインザールとアムステルダムの子ンセルトヘボウが建てられている。アルテスゲバントハウスの方は400席あまりと小さいため、19世紀末に建て替えられ、ノイエスゲバントハウスとなった。

オペラハウスの方は、ギリシャやローマの円形劇場を参考にしてつくられ、17世紀はじめに、ベニスに最初に建てられたが、すぐにベニスだけでも10に余るほどになったといわれ、円形劇場から生まれた馬蹄形とその進化した形のU字形が中心になった。内部は、数段のボックス席が壁面に設けられ、中央の平らな床にも座席がつくられた。このほかに、卵形または楕円形の先端をおとしたものや、ベル形、トランペット形のものがつくられている。当時は、凹面形は集音的に働き、音がよいとされ、凸面形は音を拡散するので音が悪くなるとされていた。凹面は焦点をつくり、音の拡散を妨げるのでよくないが、凸面は、音の拡散をするのでよいという現在の考え方とは正反対である。しかし、実際には、オペラハウスの凹面形の最大の面である天井などは、大きな彫刻やシャンデリアが飾り付けられており、むしろ、良い拡散体として働いていたと考えられる。また、内装面は木製のパネルが多く、床面には、盛装した大勢の観衆がいて格好の吸音材として働き、空間の狭さも手伝って、残響時間はあまり長くないことになり、音声は相当に明瞭に聞こえたはずである。

現在、部屋の音響設計では、コンピューターに部屋の室形を入力して、鏡像の原理に従って、音源からの音線を作図し、反射音の経緯、室内での音圧の分布、指定した座席での到来反射音の時間系列の様子等を計算することができる。この方法では、音波の波動性は無視されているが、縮尺モデルを使った方法に比べると、室形等を変えることが容易にでき、大変便利である。壁面や室内空間の適当な要素分割を行って、媒質の振動を計算で求め、室内での音波の様相が得られれば、ステージ上の音源から指定した客席までの伝搬のインパルスレスポンスを求めて、音源の信号に畳み込むことで、完成後の音を確認することも可能になる。

このようになるのも、そんなに先のことではないと考えて楽しみにしている。

((財) 空港環境整備協会 航空環境研究センター)