

残響音の方向性が音場の空間印象に及ぼす影響



九州大学大学院 人間環境学研究院
教授 工学博士

藤本 一 壽

1. 研究の目的

コンサートホールの音の良否は、音源(舞台)－受音点(客席)間の音響インパルス応答で決まると考えられています。インパルス応答とは、舞台から継続時間の短い音を放射したときに受音点で観測される音の時間的な変化ですが、これを模式的に示したのが図-1です。受音点に最初に到来するのは音源から受音点に直接到来する直接音です。これに続いて、ホールの天井、壁、床などによる反射音が次々に到来しますが、室内音響では、これらの反射音のうち、直接音到達後およそ80ms以内に到来する反射音を初期音、それ以降に到来する反射音を後期音(残響音)として、両者を区別して扱います。それは、初期音と後期音の聴覚的効果が違うことが知られているからです。

近年の室内音響学の研究成果として、直接音は音の明瞭性と、初期音は音源の拡がり感(ASW, Apparent Source Width)と、そして後期音は音に包まれた感じ(LEV, Listener Envelopment)

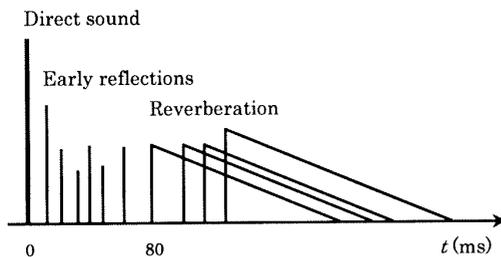


図-1 インパルス応答(模式図)

と関連が深いことが分かってきており、これに基づいて、直接音、初期音、後期音の状態を手がかりにしながら音の良いホールを実現するための音響設計が行われています。

直接音は、舞台(音源)と客席(受音点)の距離関係に依存するので、音響設計ではホールの断面形状、特に客席段床の勾配や舞台ひな壇の形状が検討されます。初期音に関しては、Baronらによって、特に側方反射音がASWに大きく寄与することが明らかにされ、これに基づいて、音響設計では、適切な側方反射音を得るための天井や側壁の形状、向き、仕上げの決定が重要とされています。

わが国初のクラシック音楽専用ホールとして建設された大阪のザ・シンフォニーホールでは“残響2秒”が話題になりましたが、このように、後期音に関しては、一般にはその長さだけが重要視され、後期音の方向分布、すなわち、後期音がどのような方向から到来するときに望ましいLEV(音に包まれた感じ)が得られるかは分かっていません。実際のホールの観客席ではさまざまな方向から後期音が到来していることを考えると、後期音の方向性が音場の空間印象に及ぼす影響を解明することは、音の良いホールを設計するために重要であると考えられます。

そこで本研究では、無響室内に設けた音場シミュレータを用いて、後期音の到来方向を変化させたときの音場の空間印象に関する音響心理実験を行い、後期音の方向と音場の空間印象の

基礎的関係を解明することを目的としました。

2. 音響心理実験

具体的には、(1) LEV は側方反射音だけに依存するのか、(2)側方、前方、上方、後方の4つの方向の後期音が LEV に及ぼす影響の解明、という課題を掲げて、2つの音響心理実験を行いました。

実験は、無響室内において、図-2に示すように半径1.5mの半球面上に配置したスピーカ群から刺激対を提示し、頭を固定して座らせた被験者に一対比較法により音に包まれた感じの評価を求めるというもので、音源信号は、無響室録音された「アルルの女」(Bizet 作曲)の約10秒間です。全刺激対をランダムに提示して、刺激対の LEV の大きさを回答させました。被験者は学生6~8名です。

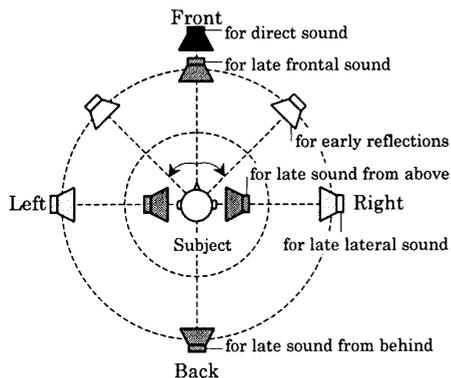


図-2 音場シミュレータ

実験1では、刺激音場は7種類としました。すなわち、後期側方反射音レベルが一定の条件下で、No.1 (側方)、No.2 (側方+前方)、No.3 (側方+前方+上方)、No.4 (側方+上方)、No.5 (側方+上方+後方)、No.6 (側方+後方)、No.7 (No.1のレベルを6 dB増加)の7刺激です。刺激の提示音圧レベルは一定、残響時間は1.8s、 C_{80} (初期音と後期音のレベル差)はNo.1を除きほぼ一定です。

得られた回答から心理的距離尺度を構成した結果を図-3に示します。No.1~No.6は後期側方反射音レベルが一定であるにもかかわらず LEV に有意な差が認められます。これより LEV は後期側方反射音レベルだけに依存するとは言えないことが判明しました。また、No.2~No.7の結果を見ると、トータルレベルが一定であるにもかかわらず LEV には有意な差が認められます。このような結果から、LEV は後期音の到来方向に関係することが示されました。

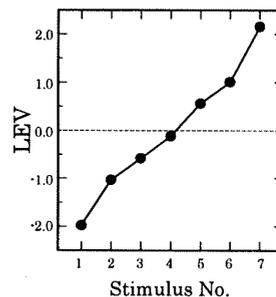


図-3 実験1の結果

実験2では、側方、前方、上方、後方の4つの方向から到来する後期音がLEVへ及ぼす影響を解明するため、方向別に分けて実験を行いました。すなわち、側方、前方、上方、後方からの後期音をすべて付加した音場を共通の基準音場として、側方エネルギーだけを変化させた場合(a)、前方エネルギーだけを変化させた場合(b)、上方エネルギーだけを変化させた場合(c)、並びに後方エネルギーだけを変化させた場合(d)の4種類です。刺激数は、方向ごとに後期音レベルを7~11 dBの範囲で4段階に変化させた全13個です。刺激の提示音圧レベルは全実験を通して63~67 dBA、残響時間は1.8sで一定です。

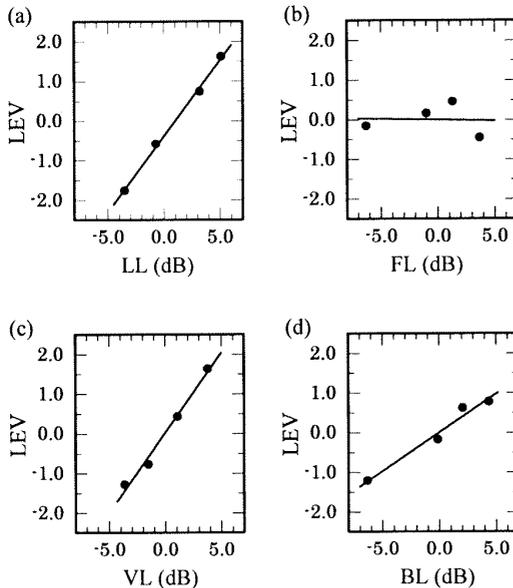


図-4 実験2の結果

得られた回答から心理的距離尺度を構成した結果を図-4に示します。前方後期音レベルを変化させた場合(b)を除いてLEVは各方向の後期音レベルと正の相関関係を示し、特に後期側方反射音レベルとLEVの相関は非常に高いことが分かります。また、上方後期音レベルや後方後期音レベルとLEVの相関も高いといえます。ただし、前方からの後期音レベルとLEVの相関は認められません。以上から、側方だけでなく、上方および後方から到来する後期音もLEVに強く影響することが分かりました。

3. 結論

二つの音響心理実験の結果から、側方だけでなく、後方や上方から到来する後期音もLEVに影響することが明らかとなりました。これは新しい知見であり、コンサートホール音響設計のための基礎データとして価値あるものと考えています。

今後は、実際のコンサートホールにおける後期音の方向分布の把握、LEVを定量的に把握するため後期音の方向情報の定量化(物理指標の提案)、さらには音の良いコンサートホールを実現するための後期音方向指標の基準値設定などの研究が必要であると考えています。

本研究は九州共立大学工学部・古屋浩教授との共同研究である。また本研究に対してサウンド技術振興財団から多大なる助成を頂きました。記して謝意を表します。