

「実用音響学」初歩の初歩

加銅鉄平 Kadou Teppei

No.6 定在波の発生と仕組み(2)

定在波の種類

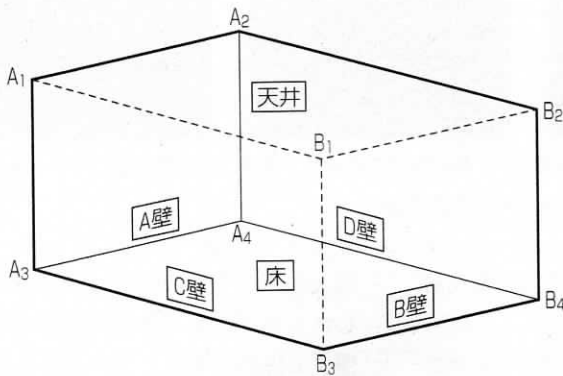
前回は「部屋の中には音波の定在波が発生します。そうするとリスナー席での音圧の周波数特性はこんなにも乱れますから、ハイファイ再生の最大の敵なのです」という内容でした。この定在波は建築音響の方では「固有振動（ノーマルモード）」といいます。

今まで、向かい合った2面の壁のことだけを考えましたが、実際の部屋は3組の対向する壁、すなわち6面の壁で造られていて、それらが各々勝手に定在波をつくります。後で詳しく説明しますが、斜め方向のもの、対向するコーナー同士のものなど、たくさんの定在波、すなわち固有振動が発生します。

図1で説明します。

一番最初に考えられて、また一番厄介なのがA壁面とB壁面の間に発生するものです。これはこの2面だけが関与して、他の壁面は無関係です。この定在波を「軸波」といいますが、これがエネルギーとしては一番強いものです。この軸波は横方向、上下方向と3方向あります。

次は対向する稜線の間で発生するもので、例えば稜線A₁-A₂と稜線B₃-B₄の間で発生するもので



【図1】 定在波（固有振動に関与する6面の壁）

す。この定在波はよく見ると天井Aと壁面が片側、反対側が床とB壁面となっていて、4枚の壁面が関与しています。これは4方向ありますが、これは「接線波」と呼ばれます。強さは軸波の半分です。

最後はコーナー対コーナーで、A₁コーナー対B₄コーナーという方向のもので、これも4方向ありますが、この定在波は6面の壁全部が関与しています。これは「斜め波」といいます。強さは軸波の1/4です。以上のことをまとめますと

- ◆軸波が一番強くて、関与するのは2面の壁。前後、左右、上下の3方向。
- ◆次に強いのが接線波で、対向する稜線の間で発生するが、4方向ある。いずれも4面の壁が関係している。
- ◆対向するコーナー間で斜めに発生するのが斜め波。一番弱い。4方向あるが各々6面の壁が関与している。

では、壁が1枚の部屋、例えば球の中なら定在波が発生しないかということとはなく、ちゃんと発生します。ですから、部屋の形を直方体ではなく、不整形(対向する壁面をすべて平行にしない形)にすれば定在波が発生しない、というのは迷信で、そんなことくらいでは定在波はなくなりません。

ただしです。「関与する壁面が多いと定在波は弱くなる」ということがあって、対向する壁面を平行にしない、ということは十分意味があります。

定在波の姿

今度は具体的な定在波の姿です。図2(a)を見てください。A壁とB壁間の話で、言うまでもなくこれは軸波です。間隔が6.8mとしますと、一番低い定在波の発生は、1/2波長が6.8mになる周波数ですから、音速を340mとすると25Hzになります。

A壁、B壁の面が一番音圧が高く、ここが音圧の腹

(ループ)になります。そして中央に向かって次第に低くなり、中央では音はなくなりますが、ここが音圧の節(ノード)です。図の点線は、グラフに書いたらこんな具合、というものです。

次は(b)です。「1/2波長の周波数とその整数倍の周波数」で発生しますから、25Hzの2倍の50Hzのものです。今度は音圧の高い場所が3箇所になり、音のなくなる場所は2箇所に増えました。このように整数倍の周波数を考えて行くと、この軸波だけでもすごいたくさんの定在波ができることになります。

ここで「モード」という用語を使います。「運動状態」という訳語がありますが、通常はこのまま、モードで使われます。先の「図2(a)の25Hzはモード1、図2の50Hzはモード2の定在波」という具合に使います。

このように定在波というものは、前後、左右、上下、斜めの各方向に、モードも無限に存在するとしたら、この部屋の定在波(固有振動)はどうなっているのかと頭が混乱しそうですが、我々オーディオファンに不安を与えるのは、実はある周波数以下での話なのです。その周波数とはおおよそ200Hzないし500Hzです。

定在波の周波数の求め方

部屋の形が決まると、定在波の周波数 f は次の簡単な計算式を使って求められます。

$$f = \frac{C}{2} \sqrt{\left(\frac{l}{L}\right)^2 + \left(\frac{w}{W}\right)^2 + \left(\frac{h}{H}\right)^2} \text{ [Hz]}$$

ここで

C : 音速 (m/s) 通常は 340m/s を使用

L : 部屋の長さ (m) 例えば 6.8m

W : 部屋の幅 (m) " 4.2m

H : 部屋の高さ (m) " 3.0m

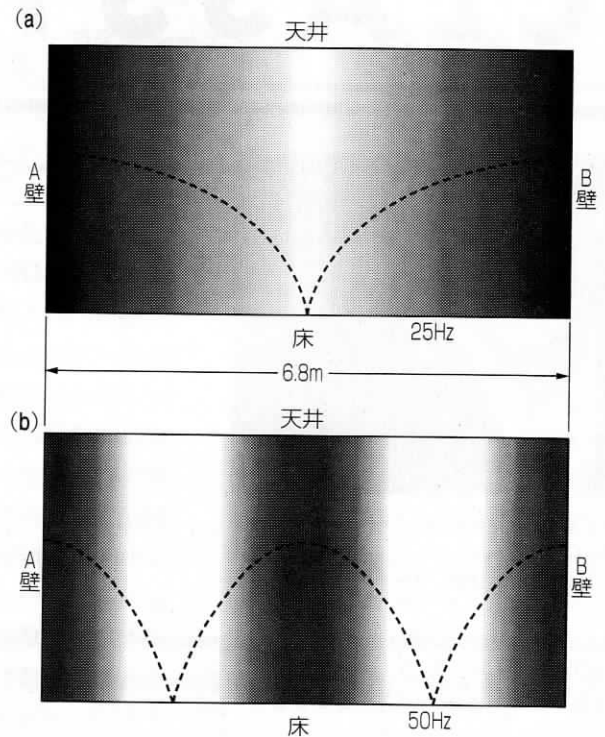
l : L 方向のモードを決める 0 または 正の整数

w : w 方向のモードを決める 0 または 正の整数

h : h 方向のモードを決める 0 または 正の整数

【注意】 部屋の長さ、幅、高さは低音を反射する固い壁の距離ですから、障子、襖などは対象になりません。

この式にモードを決める l , w , h を入れて計算すると、その方向で、どんな周波数の定在波が存在するかが求められます。その場合、分子に 0 を入れる



【図2】 定在波の様様

ということは、その方向の壁は関与しないということを示します。例えば、

$$l=1, w=0, h=0$$

とすると、図1のA壁とB壁の間の定在波で、C壁とD壁、天井と床は無関係、ということです。例えば、図2の(a)の場合はL方向は距離6.8mでモードは1。左右(幅は4.2m)と上下(高さは3.0m)は無関係していないから、式は次のようになります。

$$\begin{aligned} f(1.0.0) &= \frac{C}{2} \sqrt{\left(\frac{1}{6.8}\right)^2 + \left(\frac{0}{4.2}\right)^2 + \left(\frac{0}{3.0}\right)^2} \\ &= 170 \sqrt{\left(\frac{1}{6.8}\right)^2} = 25\text{Hz} \end{aligned}$$

ここで、音速 C を 340m/s とすると、25Hz という周波数が求められます。

このようにして求める定在波を固有振動といいますが、どんなモードかを示すのに (1. 0. 0) という書き方をします。0が2個あると軸波、1個あると接線波、0がないときは斜め波であることは、ここまで読んでいただいた方にはわかると思います。

では、モードはどの辺りまで計算するのかという話を次号で説明します。