

1/10の世界へようこそ！

## パーソナル・スタジオ設計の音響学 その8

### 第二幕「音響実験劇場」

#### ～第四回 低域特性予測（低域の世界をのぞく3）～

SONA

PERSONAL Studio Design

### 今回のお題

（中原雅考）

音響実験の第四回目。今回は、低域特性の予測に臨みます。

予測と言っても、波動音響シミュレーションなどを用いるのではなく、紙と鉛筆と電卓で予測します。スタジオづくりで低域特性に失敗してしまうと、ちょっとした修正作業では改善することができません。「用意周到」＝「出来上がる前にいかに不具合を回避しておくか」、これが低域設計には大変重要です。

波動音響理論といえば一部の人が扱う高度な計算というイメージがありますが、ここでは、可能な限りイメージでフォローできるように解説させて頂きたいと思います。

●  
部屋の中では、低域に対してどのようなことが起こっているのでしょうか？

これまで、我々は以下のことを学んできました。

1. 部屋の中ではいくつものモードが重なり合っている。
2. 部屋でスピーカーを再生すると、それらのモードの重なり合いがスピーカーの低域特性に変身する。
3. 周波数特性にピークやディップなどが生じてしまうのは、各モードがそれぞれの位相を持っているからである。

●  
モードに関して我々が操作できることは、二つです。

一つは、音源（スピーカ）と受音点（リスニングポイント）の位置を変えることで、モードの位相を変化させることです。

もう一つは、節点駆動や逆相駆動などにより、モードを削除する方法です。

さあ、位相と削除の原理を駆使して、低域の予測・改善に臨みましょう。

●  
今回は、右頁の「波動チャート」を使用して低域予測を行います。

このチャートは、音響理論の初心者でも低域予測ができるように特別に作成したものです。

では、隊員がこのチャートを使いこなせるよう、今回も隊長に指導をお願いします。

### “波動チャート (わたなご)” を使ってみよう

（ミカミ隊長とえりっこ隊員、りっこ隊員）

#### ■ どこから手を付けて良いのやら・・・

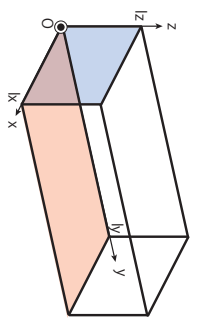
りっこ隊員（以下「り」）：ん？いきなり分からない。ていうか、（以下、hip-hop 調で♪）どこから始めればいいのかよく分からない。気が進まない。投げ出したい。帰りたい。多分、私の人生には必要ない。

ミカミ隊長（以下「ミ」）：その気持ち分からないでもない（hip-hop 調ここまで）。でも隊員ならここはグツと我慢。結果までたどりつけるように僕が導きますので、信じてついてきて下さい（前回は脱落しちゃったけどね・・・）。最後にこのチャートでの予測結果と実測とを比較できるから、結構楽しいと思うよ。

まずは、【図4】A欄から埋めてみよう。部屋の寸法だね。今は模型実験をしている訳だけど、とりあえず模型のことは一旦忘れて、【図1】を見ながら“実物換算値”で書き込んで下さい。

えりっこ隊員（以下「え」）：はい。“実物換算値”は本物の部屋のサイズってことですね。書きましたー。その下の【●：音源】、【○：受音点】には何を入れば良いですか？

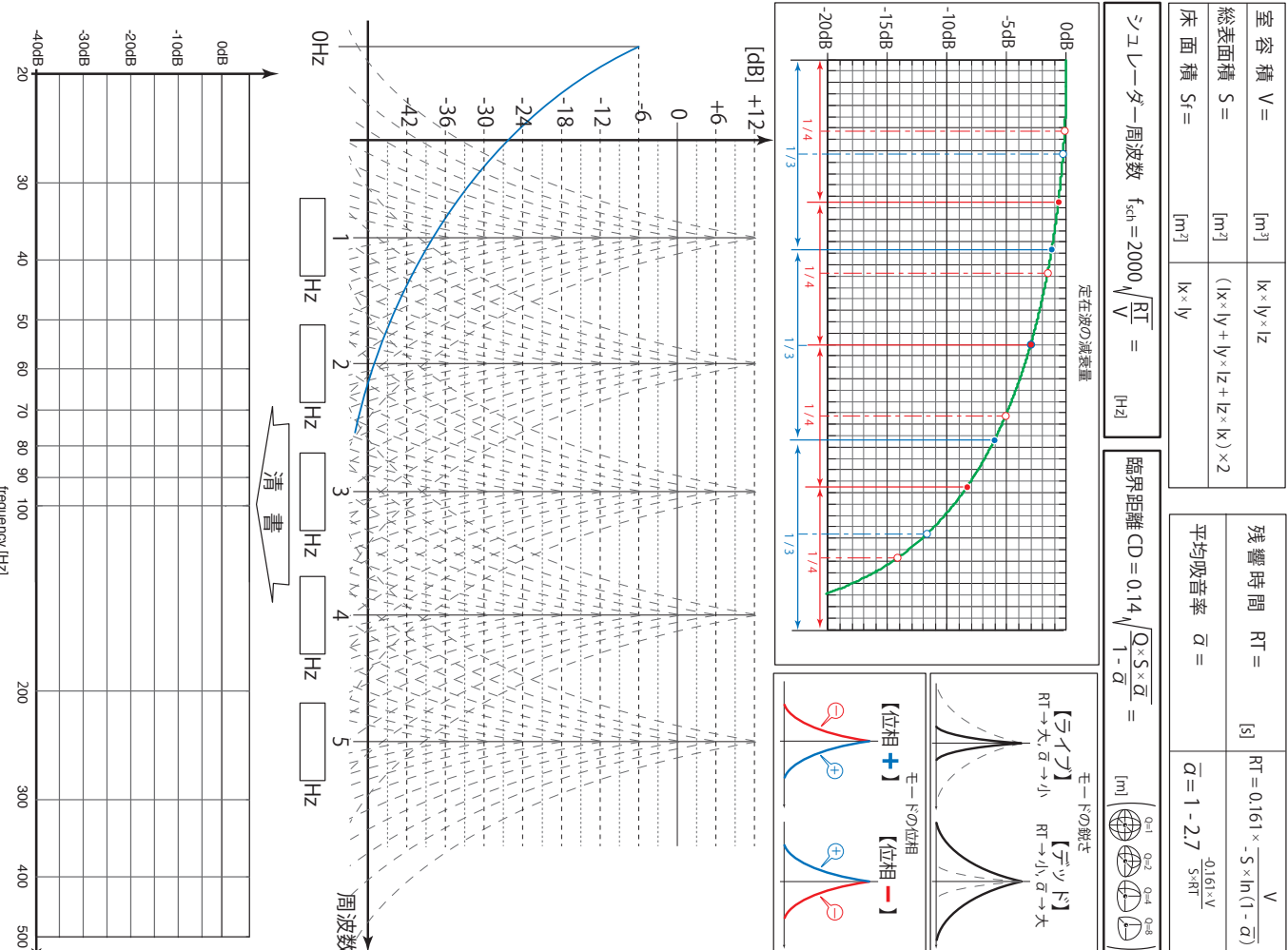
ミ：“音源”はまさにスピーカーの位置。“受音点”は頭の位置、いわゆるリスニングポイント。この位置情報を、中学校の数学を少し思い出してもらって、



寸法	x	y	z
室寸法	$ x  =$	$ y  =$	$ z  =$
音源	$Sx =$	$Sy =$	$Sz =$
受音点	$Px =$	$Py =$	$Pz =$

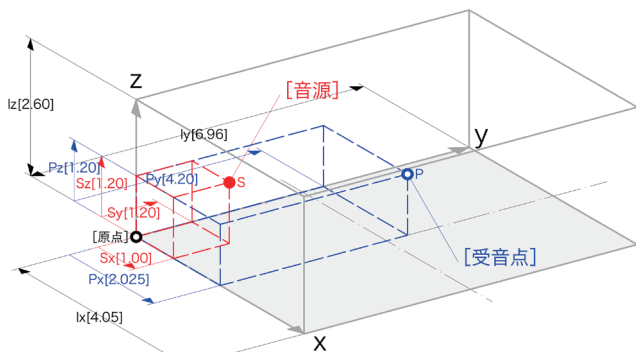
固有周波数  $f_{n_x n_y n_z} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{n_x}{|x|}\right)^2 + \left(\frac{n_y}{|y|}\right)^2 + \left(\frac{n_z}{|z|}\right)^2}$  [Hz]  $(c: \text{音速 } 344 \text{ [m/s]} @ 20^\circ\text{C})$

固有周波数	モード種別			
$f_{n_x n_y n_z}$ [Hz]	A: 軸, T: 接線, O: 斜め			
0 Hz	(0, 0, 0)			
振幅	-6 dB			
位相	$\oplus \cdot -$			
1	HZ	$A \cdot T \cdot O$ ( , , )		
振幅	0 dB			
位相	$\oplus \cdot -$			
2	HZ	$A \cdot T \cdot O$ ( , , )		
振幅	0 dB			
位相	$\oplus \cdot -$			
3	HZ	$A \cdot T \cdot O$ ( , , )		
振幅	0 dB			
位相	$\oplus \cdot -$			
4	HZ	$A \cdot T \cdot O$ ( , , )		
振幅	0 dB			
位相	$\oplus \cdot -$			
5	HZ	$A \cdot T \cdot O$ ( , , )		
振幅	0 dB			
位相	$\oplus \cdot -$			





その座標を入力して下さい。【図1】を見れば簡単でしょ？



【図1】今回予測を行うモデルです

上記【図1】が今回予測を行うモデルです。部屋は愛読者の皆様ご存知のアクリル部屋。図中の寸法は実物換算値です。音源（スピーカーの位置）と受信点（リスニングポイント）は、この室内でのステレオ受聴を意識した位置に設定しました。図中の赤点がステレオ右チャンネルのイメージです（一度に2つの音源を検討することはできませんので、今回は右チャンネルを材料に予測してみます）。青線白丸の受信点は、部屋長手方向の中心線上、前後の中心やや後方に設定しました。

ミ：OK かな。じゃ、次は B 欄に進もう。実はこれから先の作業は全てこの B 欄を埋めるための作業なんだけど、まずはこの部屋の固有周波数を低い方から順に記入して下さい。0 番目の直流 (0[Hz]) は記入済みだから、その次の 1 番目から 5 番目までね。

え：モードは 5 個だけじゃなくて、その先も無限にあると思うんですけど、5 番目までいいんですか。

ミ：お、さすがだね（嫌なところ衝いてくるね）。5 番目で打ち切っていかどうかは、正直なところ何とも言えない。すでにみんなも知ってる通り、どの辺までの低域を模式的にとらえるべきかは、ちゃんと考えるならシュレーダー周波数との関係もあるしね（[2009 Winter 号] P08 の【式 2】）。今回はコンピュータシミュレーションじゃなくて“手作業”だからあんまり数多くのモードは扱えないし、とりあえず 5 番目くらいまでの、モードがまばらな部分で、この方法で低域周波数特性の傾向が分かるかどうかを試してみようと思って。

り：わかりましたー。皆さん 1 番目から順番に 24.6、42.4、49.0、49.3、65.0[Hz] を記入して下さい。

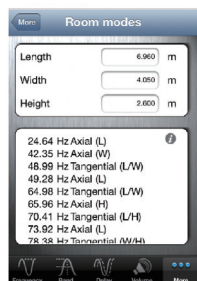
ミ、え：すごい!! 高速暗算？

り：へへへ、ちょっと外付けの脳みそを使っちゃいました。“AudioCalc”っていうマニア向けの便利な iPhone アプリがあるんです。これを利用して固有周波数計算を楽しみました。

ミ：（やるな、新人類・・・）。



AudioCalc



【図2】iPhone アプリ「AudioCalc」

スマホには本当に色々なアプリがありますね。音響関係でもいろいろ出回っていて、“使える”アプリも結構あるみたいです。この「Audio Calc」は中原も使っているとか。みなさんも便利なものは、どんどん利用なさると良いと思います。が、この「Audio Calc」もちょっと惜しい！【図2】のキャプチャー画面でお分りの通り、固有周波数は分かります。軸モードか、接線モードか、斜めモードかも教えてくれます。但し、この後の検討に必要となるモードの次数 (nx, ny, nz)。これが残念ながら表示されません（例えば、“Tangential (L/W)” と表示された場合、それが (1, 2, 0) なのか (2, 1, 0) なのかまでは教えてくれないということです）。惜しい。

ミ：じゃあ、固有周波数はこの数字を採用しちゃおう。続けて周波数の右となり (C 欄) を埋めよう。モードの種別です。1 番目の 24.6[Hz] は何だと思う？ 表内 D 欄の式を計算すれば、どれかは分かるんだけど、ここは想像クイズ。

え：Audio Calc に “Axial (L)” って出てるし、1 次の軸モードだと思う。一番低いのは x、y、z の中で寸法が一番長い y 方向の軸モードじゃないかな。だから (nx, ny, nz) = (0, 1, 0) でどうでしょう？！

ミ：正解！モードが体に染みついてきたみたいだね。良かった、良かった。

え：（微妙・・・）。

ミ：2 番目以降は、ちゃんと D 欄の式を計算してみよう。でも、やってみると結構面倒くさいよ。例えば、3 番目の 49.0[Hz] は (1, 1, 0) の接線モードなんだけど、先に 49.0[Hz] という数字が分かっても、その数字から (1, 1, 0) を求めるというような計算はできない。地道に (nx, ny, nz) を色々入替えて計算してみて、(1, 1, 0) を入れたときに固有周波数が 49.0[Hz] になるところから知るしかないんだ。コンピュータシミュレーションだと意識しないことだけど、自分でやってみるとこんなことも分かるね。

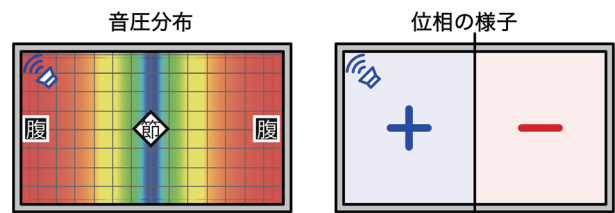
## いざ予測

（引き続きミカミ隊長とえりっこ隊員、りっこ隊員）

### ■ モードの形とか、位相とか

え、り：はい、できました。

ミ：よし、今のところは順調だね。じゃあ、次は数字からちょっと離れて、お絵描き系の作業だよ。E 欄に進もう。その前にちょっと復習。コレは覚えてるかな。



【図3】復習です。音圧分布と位相。

ミ：【図3】は前号で登場した、音圧分布とそのときの位相を表した絵です。モード種別としては、軸モードの (0, 1, 0) だね。覚えてる？

り：“同じ「腹」でも位相ってもんがある” てえ奴ですね。

え：ピックアップした 5 つのモードについて、E 欄にこんな風に位相の様子を整理しちゃってことですか？

ミ：察しがいいねえ。正解。今回は軸モードだけじゃないから、ちょっとややこしいよ。ややこしいのをやれば簡単なのは分かるだろうから、一番ややこしいような 5 番の (1, 2, 0) 65.0[Hz] から行ってみようか。みんなしっかりついてきてよ。

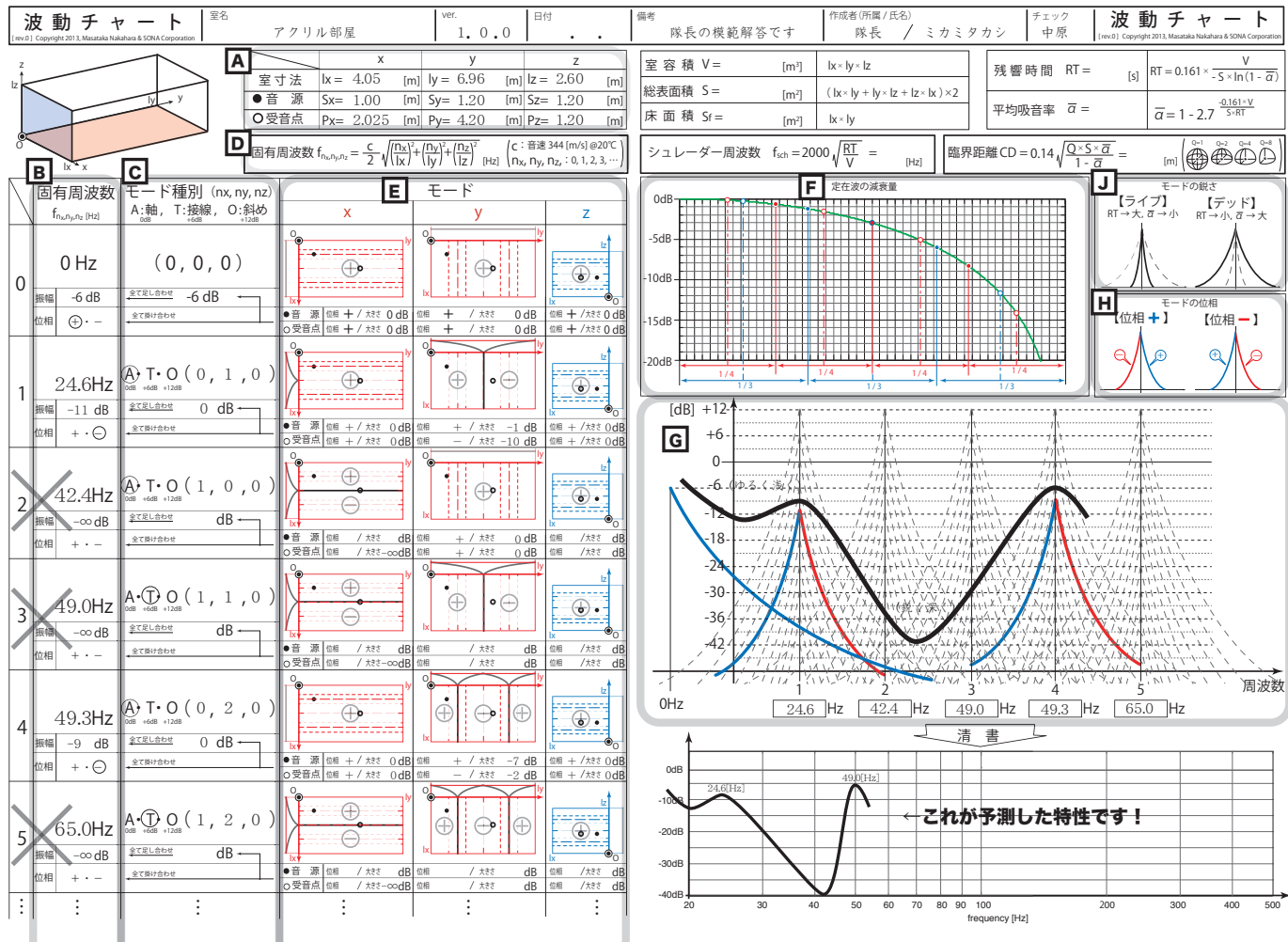
え、り：隊長も今号こそはしっかりお願いします！

ミ：はい・・・。頑張ります。【図5】をご覧下さいませ。上段のカラーマップが (1, 2, 0) の音圧分布でございます。E 欄が x、y、z の 3 列に分かれてますが、分布が複雑な接線モードや斜めモードは、このように各方向に分けて考えるのがコツにござる。

え：なるほど。【図5】みたいに、腹と節を表す V 字の記号を先に描いてしまうと分かりやすく出来そうですね。それを各方向に分けちゃえば良いんだ！

ミ：その通り。まずは音源の位置 (●) と受信点の位置 (○) を図中に描いてみよう。x と y は平面図、z に関しては断面図だと思えばいいです。それから軸の横に “V 字記号” を描いちゃって、節の位置で区切ろう。それが位相の異なるエリアの仕切り線になります。位相 [+ , -] の書き方なんだけど、今回は原点 (チャート内 E 欄の x、y では左上の “O” と書かれている点 (●)、z だと右下の点) を含むエリアの位相を [+] にして、そこからとなり合うエリアに対して、-、+ と交互につけていって下さい。z 方向については、今回は分布のあるモードは無いので、z 方向は全て一様に [+] が入ります。

え、り：出来ました！



【図4】 今回の回答。記入済みチャートです。

ミ：図の中に描いたら、今度は図の下の位相の欄を埋めよう。最初に描いた音源の位置(●)や、受音点の位置(○)が「+」のエリアに含まれていたなら+、「-」だったら-と記入します？

注：2、3、5番のx方向モードについては、受音点が仕切り線上来てしまっているはず。さて、+にすべきか、-にすべきか。困っちゃいますよね。その場合の手順はこのあと「振幅」のコーナーで解説しますので、しばらく放っておいて下さい。

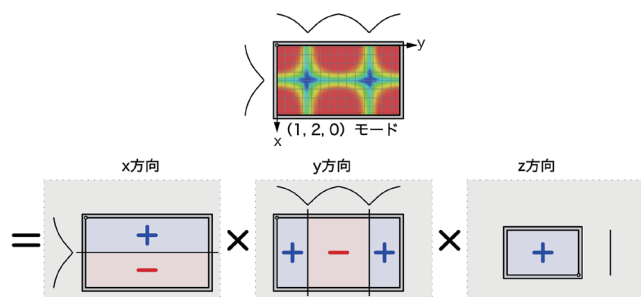
え、り：出来ました！チョロいです。

ミ：もう一声。最後にこの音源位置、受音点の組合せとしての、トータルモードの位相を記入しよう。固有周波数の欄(B欄)の「+-」のどちらかにマルをつけて下さい。

え、り：どっちなー。

ミ：x, y, z方向別の位相の欄に、+-が合計6つ入ってるよね。これを全部かけ算したものが、トータルの位相になります。-が1個だけ(奇数)、だから・・・？！

え、り：- (マイナス) でーす。



【図5】 3つの方向に分けて考えると楽です

## ■ お次は振幅

ミ：さあ、最後に「振幅(大きさ)」を書き込むよ。ここからはちょっとややこしくなってくるけど、あと一息だから頑張ろう。

え、り：おー！

り：振幅か。もしかして、以前にやった節点駆動みたいなやつですか？節で聴くとそのモードは聴こえなかったり、節にスピーカーを置くと駆動されなかったりしちゃうので、そういう場合は振幅にゼロを入れる的な。部屋の端にスピーカーを置くと強く励起されるので、MAX[dB] 入れる的な？

ミ：鋭い。かなり当たってる。1～5の各モードで、受音点が節のライン(仕切線)に乗っかっちゃってるのがあるはず。まずそれを探してみよう。この場合、そのモードは聴こえないので、受音点の振幅の欄に「-∞ dB」と記入して下さい(ここでは、聴こえないことは「ゼロdB」ではなくて「-∞dB」で表現します)。そのモードは、音源側でいくら出そうが受音点の条件で全く聴こえないので、検討する必要がなくなります。というわけなので、一番左B欄の振幅のところにも同じように「-∞ dB」と記入しちゃって下さい。ついでに番号にバツテンしちゃおう。

え、り：2、3、5番がx軸方向で奇数次モードだから、部屋の中で節になっちゃってその条件にあてはまりますね。5つのうち、3つも脱落するなんて、

り：楽ですね！

え、り：ミ：そ、そうだね。そういう考え方もあるね・・・。

ミ：さ、でもここからが本当にちょっとややこしいから心してね。受音点も音源もどちらも節に乗っていないパターンについて、具体的に振幅の数値を与えて行きます。1番のy方向第1次軸モード(0, 1, 0) 24.6[Hz]を題材に見て行こう。その前にちょっとF欄の「定在波の減衰量」というチャートを見てみて。何だか分かるかな？

り：んー、「右肩下がり」？

え：定在波のパターンの「V字記号」に似てるみたい。その半割れですか？

ミ：うん。【図6(左)】みたいになってると思ってもらえば分かりやすいかな。

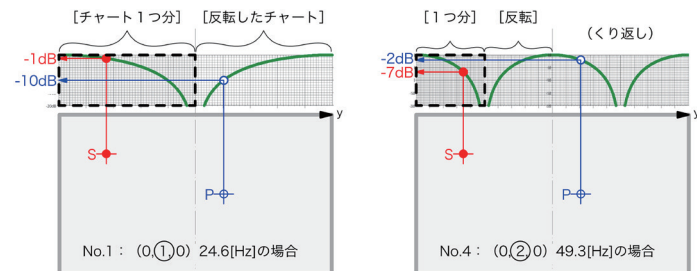


ミ：「定在波の減衰量」は定在波の山谷の片側分を表してるとして下さい。左右を反転したものを組み合わせると、山谷ひとつ分のパターンになります。縦軸は、一番上（最大）を“0dB”として表現します。そこからどれくらい減ってしまうかを、マイナスで表します。

り：ということは、壁際とか音圧の腹になってるところが最大で、0[dB] になっているということですね？

え：節の方は、-20[dB] で線が切れちゃってるけど、その先は -∞ [dB] まで落ちて行くということかな・・・？

ミ：その通り。それ以外の腹でもない節でもない場所は、その中間の値をとる事になるわけだけど、その値を教えてくれるのがこの「定在波の減衰量」のチャートというわけです。



【図6】減衰量の見かた

え：なるほど。音源(S)の方は音量 MAX の壁際から部屋の中に入っているんで、大体 -1 [dB] くらいっていう感じですね。

り：受音点 (P) の方は、-∞の谷底から少し逃げたところで、-10[dB] って感じかな？

ミ：じゃあ、それを「モード」の y の欄に記入して下さい。x と z についても同じように記入して欲しいんだけど、(0, 1, 0) 24.6 [Hz] は x と z には定在波が生じてない。そのような場合には 0[dB] を記入して下さい。

り：あとは B 欄にトータルとしての振幅を記入すればいいですね？

ミ：うん。その前にもうひとつ必要になるのが C の振幅の欄。ここにも数字を入れよう。A：軸モードには 0[dB]、T：接線モードには +6[dB]、O：斜めモードには +12[dB] を記入して下さい。今は“おまじない”だと思って書き込んで。今生き残ってるのは軸モードだけだね。2番と4番に 0[dB] を書き込んで下さい。

り：これで必要な数字が揃いましたね。C 欄に1つと方向別に6つの数字が入りました。その7つの数字の合計を、トータルの振幅として B 欄に書き込めばいいですね。

え：[0 (A: 軸モード) + 0 (x: 音源) + 0 (x: 受音点) -1 (y: 音源) -10 (y: 受音点) + 0 (z: 音源) + 0 (z: 受音点)] = 計 -11 [dB] ですね。

ミ：オッケー。同じ要領で4番の (0, 2, 0) 49.3 [Hz] もやってみて。Yes, you can! (【図6 (右) 参照】)

## ■ いよいよグラフ化

ミ：おー、ここまで長かったねー。これでやっと食材の下ごしらえが整いました。整った食材は B 欄ね。

え、り：ぱちぱちぱち。

ミ：これをグラフ化すれば、予測の完了です。0 番を含めると 6 本あったモードだけど、節の上に受音点が来てしまうモード3本が既に脱落しているので、残った3本 (0 番、1 番、4 番) で料理を仕上げていきます。

え、り：よきた！

以下の通りに作業して頂くと、G 欄の杉林、じゃなくてグラフが完成します。

1) 横軸の周波数に各固有周波数の数字を書き込みます。0 番の 0 [Hz] は記入済みですので、1～5 番の周波数を記入して下さい。

2) 音源又は受音点が節の上に来てしまって、脱落したモード (今回は 2、3、5 番) には × 印をつけましょう。

3) 生き残っているモード (1 番と 4 番) の縦軸の、算出した振幅 (それぞれ -11 [dB]、-9 [dB]) の位置にポイントをつけましょう。

4) そのポイントを頂点として、とんがり山のすそ野を描きます。

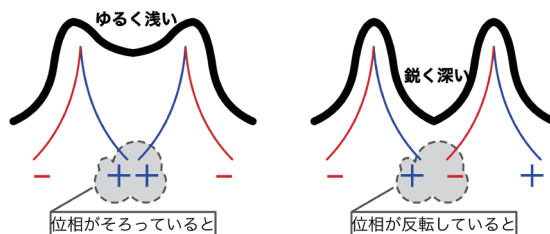
5) このとき、トータルの位相が+のときは【左：赤色 (-)、右：青色 (+)】で、-のときは【左：青色 (+)、右：赤色 (-)】に描きましょう (H 欄参照)。

6) 部屋の響きに従って、とんがり具合を決めます。ライブな (吸音が少なく、響きが多い) 場合は鋭く、デッドな (吸音が多く、響きが少ない) 場合はすそ野を緩やかにして描いてみて下さい。今回は厳密というよりも、J 欄を見ながら“えい やっ!” で思い切り良く描いて下さい!

7) 最後にこのとんがり山を、なめらかに繋いで (合成して) 完成。(ただーし! 滑らかに繋ぐには、前号の復習が必要です。隊員たちと一緒に復習しながら描いてみましょう。)

え：確か重なってるすそ野同士の位相の関係が大事だったはず。確か前回は隊長が間違ってた妄想してたはず。

ミ：その通り! 今回は正しく妄想しました。



【図7】今回は妄想じゃない。これが正解。

具体的にあってはめて考えながら合成してみましょう。まず、0 番と 1 番。0 番から延びてきているすそ野と 1 番の左側 (低域側) 斜面は、+ (プラス) で位相がそろっています。“ゆるく浅く”つなぐのが正解ですので、谷間を埋めるようにつなぎましょう。次は 1 番と 4 番です。こちらは、1 番の右側 (高域側) 斜面が- (マイナス)、4 番の左側 (低域側) 斜面が+ (プラス) になっています。逆相の関係にありますので、谷は“鋭く深く”なります。谷間に沿うようにつなぎましょう。

え、り：隊長、できましたー。

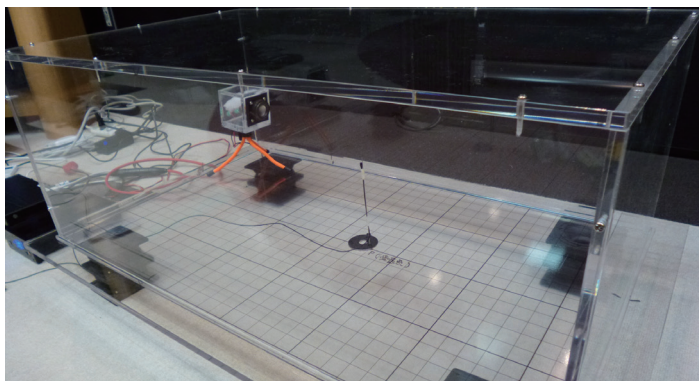
ミ：じゃあ、最後の最後。それを清書しよう。その繋いだ“雰囲気”で、正しい周波数軸上に書き直します。これで今回の予測演習はついに完了。お疲れ様でした。

## 測定して、検証

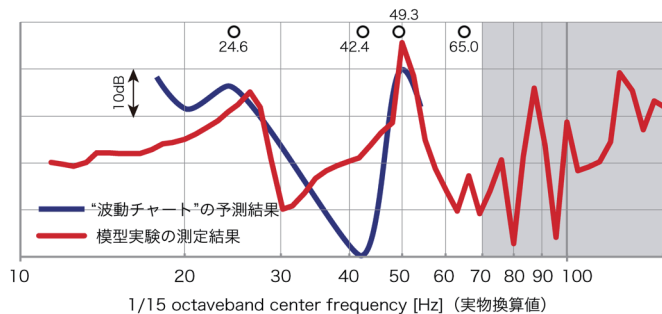
(まだまだミカミ隊長、りっこ隊員、えりっこ隊員)

ミ：さてお待ちかね、今回の“紙と鉛筆”シミュレーションの結果を、実測結果と比べてみましょう。予測らしい予測になったのか、比較してみよう【図9】。

ミ：どうよ、どう、どう? 予測の上限以上の高域はともかく、計算機すら使わない (iPhone はちょっと使っちゃったけど) 紙と鉛筆の予測の割には、結構良く特徴捉えてるんじゃない?!



【図8】おなじみの“アクリル部屋”で測定してみました



【図9】模型実験による測定結果です

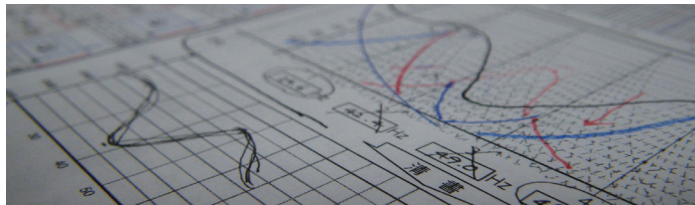
- ・ (0, 1, 0) 24.6[Hz]、(0, 2, 0) 49.3[Hz] がピークを形成している一方、削除したモード (42.4、49.0、65.0[Hz]) は特性に影響していない。
- ・ 24.6[Hz] から低域方向に対しては急激ではない緩やかな低下が見られ、24.6[Hz] と 49.3[Hz] の間は鋭く深いディップになる。
- ・ 2つのピークでは、49.3[Hz] の方がレベルの大きなピークになる。

り：ホントですねー。紙と鉛筆の割には、良く出来てる！

え：でも、49.3[Hz] のあの鋭さまではちょっと分かりませんでしたねー。マッターホルン級ですね。

り：24.6 と 49.3[Hz] の間の谷の形も予測するのは難しかったですね。30[Hz] でグッと落ち込む状態になるのはちょっと想像できませんでした。

ミ：まあ、その辺がこの方法の限界なのかな。でも形をきれいに予測するのが目的というわけじゃ無いからね。どう聴こえるのかを概略で予測するという意味では、2つの大きなピークが予測できていて、その間の大きな谷も予測できているわけだから、十分合格点なんじゃない？



【図10】本当に手描きでやったんです！

## ミカミタカシの隊長日記

ミカミです。今回は少々難解なチャートの使い方の巻になりました。解説を書きながら私も結構疲れました。皆さんは如何でしたか。“結構使えるじゃん”というのが私の率直な印象です。モードの間隔がまばらで特性のこぼこが大きいとか、その大きいこぼこを建築音響的には対処しづらいとかいうのは、1次とか2次とか小さい次数のモードの帯域です。今回は最も低い周波数のモードから5本分（最大でも次数は2次）だけで予測を行っていましたが、その程度でも“どのような問題が生じそうか”という手がかりには十分になっていると思います。正直なところ、私も以前は「受音点が定在波の“腹”の上に乗っているからその周波数は盛り上がりそう」とか、「音源が“節点駆動”の条件になっているからその周波数は出なさそう」といったような、単純な考えで特性を予想をしていたことがありました。音響設計の実際では、モード間にどのような谷が形作られるか（ゆるやかな谷か、深い谷か）を把握しておく事が非常に大切なのですが、そのような単純な方法でそれを知る事はできません。前号では、すそ野が重なり合う隣り合ったモード同士の位相の関係が、モード間の特性を決定づけていることを見て頂きましたが、今回は、それを考慮した予測ならばこの程度のやり方でも（コンピュータを使わなくても）、低域の特性があらかた分かるということをお示しできてと思っています。

そうは言いながらも、この方法の限界も見えました。概要としての傾向は分かりましたが、49.3[Hz] がここので“ピーキー”になるとか、谷の位置が30[Hz] になるとかいうところまでは読めませんでした。予測の中で“受音点が節の位置にくるモードは聴こえないので削除”という手順がありました。しかし、節は本当にピンポイント（“ピンライン”？）です。今回のモデルではx軸方向の細い細い中心線上だけが節になっているわけですが、そこから少しでもズレれば、実際にはそのモードも特性に影響を与えます。影響しないとして削除した42.4[Hz] あたりで斜面の形状が折れ曲がっている感じがありますが、何らかの影響しているのかもしれない。【図9】では見えないのですが、実は49.3[Hz] のすぐ隣には49.0[Hz] というモードも隠れています。これも削除されたモードですが、49.3[Hz] の鋭さに影響を与えているのかも知れませんね。谷の位置の方は振幅を高い精度で読む事が必要そうで、ちょっと難易度が高そうです。ではまた次回をお楽しみに。



【図11】マッターホルン

### SONA：(株) ソナ

1975年より、メジャーレコード会社（ソニー、ビクター、エイベックス、ユニバーサルミュージック等）や放送局（NHK、NTV、TBS、YTV、ABC等）そしてポストプロダクション（オムニバスジャパン、イマジカ、Sony PCL等）など幅広い分野のスタジオの音響設計を手がけ、多くの制作環境を高品質に導いています。

その一方で、トップ・アーティストやクリエイターなどのパーソナル・スタジオの実績に関しても抜きん出ています。

また、サラウンド対応スタジオはDVDの普及前から取り組み、この分野での先駆的な役割を果たしています。

新たな技術を柔軟な思考で取り入れ、様々な手法でスタジオデザインにアプローチし、建築はもちろんのこと、モニターシステムの構築や最終的な再生音の調整（THXからライセンスを受けた技術者が在籍）に関しても積極的に携わっています。

<http://www.sona.co.jp>

### 中原雅考

株式会社ソナ 取締役 / オンフューチャー株式会社 代表取締役 / Audio Engineering Society 日本支部 理事 / 博士(芸術工学)

スタジオ設計という分野において、理論と現場に向きあってきたその音響設計手法は、数多くのクライアントからの信頼を得ており、業界に対しても大きな影響を与えている。特に、サラウンド・スタジオの音響設計に関しては、業界の第一人者として数多くの実績があり、室内音響・モニターシステム・音響測定・調整を総合した設計方法を先行して築いてきた。最近では、ソナにおけるスタジオ設計業務だけでなく、音響ソフトウェアの開発などのR&D業務もオンフューチャーにて行っている。専門学校や大学などでの講義をはじめ、講演多数。主な著書に、「サラウンド入門（東京藝大出版会）」、「Multichannel Monitoring Tutorial Booklet（ソナ、ヤマハ）」、「サラウンド制作ハンドブック（兼六館）」、「サウンドレコーディング技術概論（日本音楽スタジオ協会）」等。

### ミカミタカシ

株式会社ソナ 設計・技術グループ マネージャー

九州芸術工科大学在籍時代（中原の後輩として）サークルのライブ活動や音響学の勉強に全力で取り組み、優秀な成績で卒業。将来を有望視されながら大手企業へと入社するも年々音響から遠ざかってしまうことに寂しさを感じ、人生半ばでエリートコースをドロップアウトしてソナの門をたたく。学生時代の優秀な成績が幸いしてか、音響に関してはソナ入社時からベテラン並みの手腕を発揮する。バランスを重んじる設計ポリシーと独特なデザインセンスを優秀な音響知識の上に掲げ、現在急成長中のアコースティック・デザイナー。主な読書に「週刊ベースボール」等。

### りつこ隊員

株式会社ソナ 設計・技術グループ

2012年3月に東京藝術大学を卒業、同年4月ソナに入社した期待の元びかびか新人も社会人生活2年目に突入。長野県出身。学生の頃より室内音響の世界に惹かれ、音楽練習環境の研究に学生生活を捧げる。音にとどまらない幅広い分野に対する高いデザインセンスの持ち主でもあり、そのセンスの爆発が期待されている。社会人生活にも慣れてきたが、時に目標を見失い、ひとり故郷のりんごをかじりながら働く意味について考えることもある。現在訳あって運転免許“再”取得中。波動チャートやってるヒマがあったら、縦列駐車練習したいです。隊長。

### えりっこ隊員

株式会社ソナ 設計・技術グループ

千葉県出身。2009年4月に日本大学を卒業後ソナに入社。在学中室内音響の分野では名門の研究室に所属し、室の寸法比と音響特性との関係をテーマとした卒業研究をまとめ、その成果を2009AES東京コンベンションで堂々の発表をした。りつこ隊員とは同年だが、社会人生活では先輩。火花散るライバル関係にある。現在は建築設計を主に担当しており、5年目にして押しも押されぬ存在感。趣味はライブ鑑賞。波動チャートやってるヒマがあったら、ライブ行きたいです。隊長。

御質問等は、Pro@miroc.co.jp まで！