

## パーソナル・スタジオ設計の音響学 その9 1/10の世界へようこそ！ 第二幕「音響実験劇場」 ～第五回 登場！室内音響チャート～

SONA

PERSONAL Studio Design

### 今回のお題

(中原雅考)

音響実験の第五回目。今回、隊員のみなさんには、これまでに習得した室内音響の知識をしばらく出して頂きます。

便利なアプリで簡単に色々な高度なことが出来るようになった昨今、「出来る」のは果たして自分なのか、アプリなのか…

そのような時代に室内音響設計を志す方々に是非おすすめしたい室内音響シミュレーションツールが、「室内音響チャート」です。

一般には初公開の Dr. 中原開発のこのオリジナル・ツールは、アプリではありません。ハンドツールです。

鉛筆（できれば、黒、赤、青の三色）と定規と関数電卓さえあれば、他は必要なものはありません。

あとは、皆さんの頭がコンピュータとなり、手がプリンターとなります。

様々な室内音響理論を融合したチャートに沿って、自ら計算し、作図し、グラフをプロットすることで、コントロールルームの音響設計に必要な基本事項がすべてシミュレーション可能です。

そのために、一番必要なのは「あきらめない心」です。

今回、ミカミ隊長のサポートのもとで、二人の隊員にこのチャートをやり遂げてもらいましたが、ざっと4時間以上かかりました。

しかし、その4時間は、音響シミュレーションなどのアプリの使い方を覚えるために使う時間とは質が違います。

このチャートの場合、使えるようになった時点で、音響理論が体に染みこみます。

確かに、難しいです。この「室内音響チャート」。

でも、一人でも多くの方に成し遂げて頂き、その世界から音の世界を眺めて頂けることを願っております。

チャートの3ページ目のモード合成による低域特性予測に関しては、前回掲載のものと基本的には同じものです。  
従いまして、誌面の関係上、今回は解説を割愛させていただきますので、詳細に関しては前月号をご参照下さい。

### さあ、挑戦だ！ 室内音響チャート

(ミカミ隊長とえりっこ隊員、りっこ隊員)

#### ■ 目がチカチカする・・・

りっこ隊員（以下「り」）：なんか、こんな感じの用紙前に見た事ない？ていうか、目がチカチカする。

えりっこ隊員（以下「え」）：ほーがんし（方眼紙）っていうらしいよ。昭和の人たちは使ってたらしいよ。隊長が懐かしがって泣いてた。

ミカミ隊長（以下「ミ」）：ううっ、よみがえる方眼紙の思い出。昭和は良かった（泣）。それはさておき、今回はこの「室内音響チャート」のせいで僕らのスペースが少なからず、前置き少なめに本題に入ります。

格言その1：「赤を埋めればこびっと色々わかるだよ」

確かに前に見た様な用紙だけど、1/3と2/3（チャート上四角内の番号）は完全な新出です（3/3は前回の改訂版として再掲）。主に幾何音響（虚像法、鏡像法）の知識を使って、模型室の音響特性を分析することができます。

り：（いっつもそうなんですけど!）どこから手を付ければ良いのか、全然分かりません！

ミ：（お、結構昭和じゃん）格言に注目なされよ。チャート1/3と2/3は、基本的に「赤」のところを埋めると、そこから色々な事が分かるように出来ているんだ。ということで、まずは赤で書かれてる、部屋の寸法、音源の位置、受音点の位置を記入してみて。それができたら、ついでにその下の室容積、総表面積、床面積、平均自由行路の欄も埋めてみて。計算できるよね？

え：計算はできます。式も書いてあるし。でも「平均自由行路（Lm）」って何

でしたっけ。習ったような、いないような。

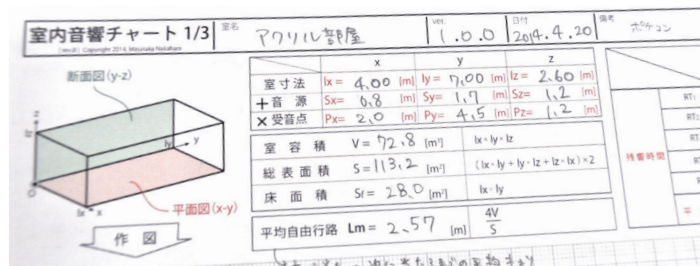
ミ：うん、これは室内音響では結構基本的な量です。ざっくり言うと“室内の音が一度壁に当たってから、次に当たるまでの平均的な距離”だね。容積（V）が同じなら、表面積（S）が小さいとLmは大きくなるし、Sが大きいとLmは小さくなる。容積が同じでSが大きい部屋っていうと、どんな部屋だろうね。

り：形状が複雑な部屋・・・？

ミ：正解。形状が複雑な部屋は平均自由行路が短い。壁に当たって吸音される場合、平均自由行路が短いと、短い時間でより多く壁に当たって吸音されることになる。

え、り：なるほど。

ミ：チャートの右上にも赤い字があるね。



【図1】まずは赤い字のところから埋めてね（えりっこ♪）

次頁から3ページにわたって「室内音響チャート」の完全版を掲載しています。こちらは、オリジナルのチャートを「64%縮小」して掲載していますので、ご使用の際はA3の用紙に「156.25%に拡大」して下さい。方眼紙の太線の目盛りが5mm×5mmになっていれば、拡大成功です。

断面図 (y-z)

平面図 (x-y)

作 図

	x	y	z
室 寸 法	lx = (m)	ly = (m)	lz = (m)
+ 音 源	Sx = (m)	Sy = (m)	Sz = (m)
X 受音点	Px = (m)	Py = (m)	Pz = (m)
室 容 積	V = (m³)	lx × ly × lz	
総 表 面 積	S = (m²)	(lx × ly + ly × lz + lz × lx) × 2	
床 面 積	Sf = (m²)	lx × ly	
平均自由行路	Lm = (m)	$\frac{4V}{S}$	

残 響 時 間		AP	1/1 octave band center frequency [Hz]					
			125	250	500	1k	2k	4k
	RT1	[s]						
	RT2	[s]						
	RT3	[s]						
	RT4	[s]						
RT5	[s]							
平 均 RT	[s]							

1 [cm]

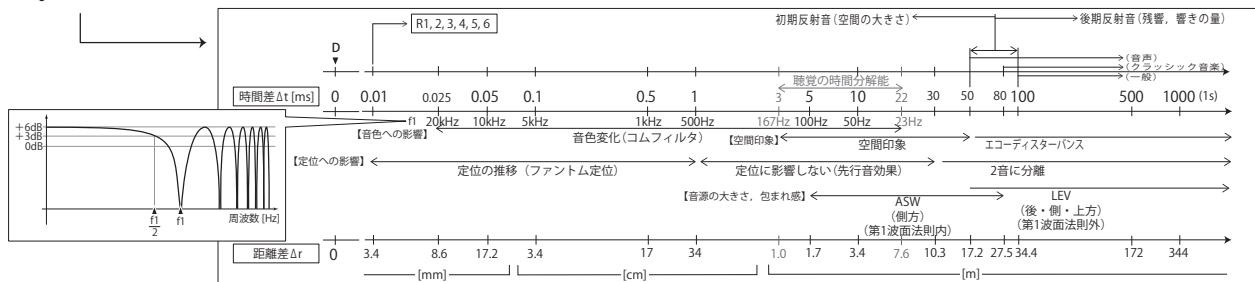
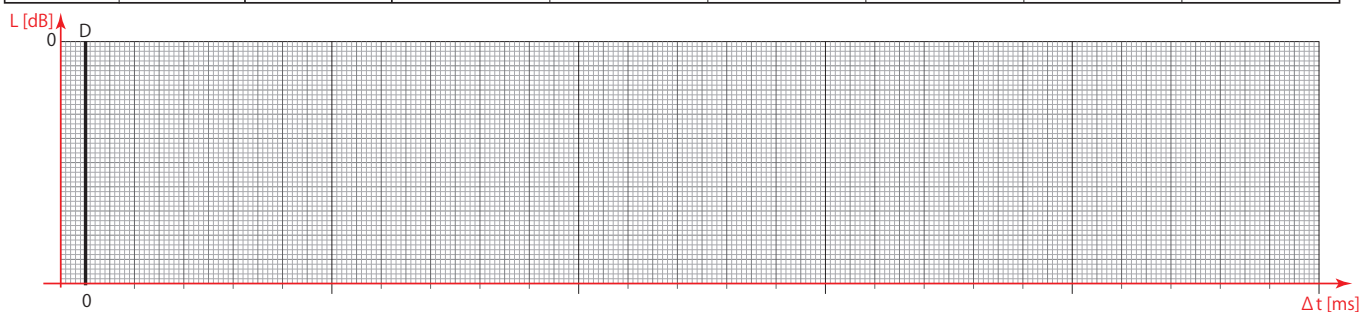
||

[m]

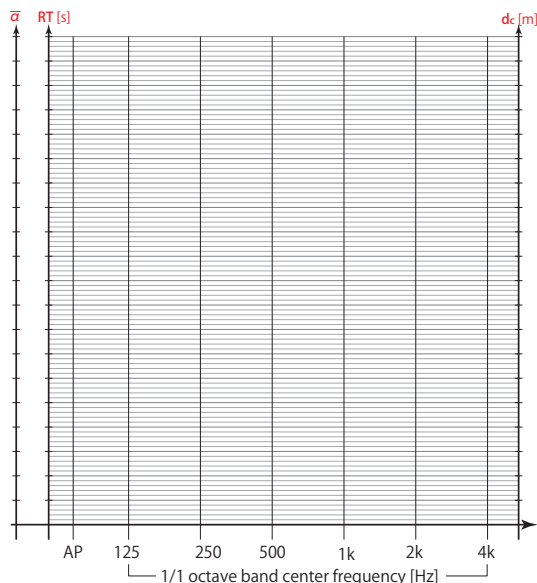
		直接音 D	反射音					
			前 R1	後 R2	左 R3	右 R4	下 R5	上 R6
虚音源位置	$\Delta x$ [m] ( $\Delta x^2$ )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
	$\Delta y$ [m] ( $\Delta y^2$ )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
	$\Delta z$ [m] ( $\Delta z^2$ )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
距離	$d, r = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}$ [m]	$d =$	$r =$	$r =$	$r =$	$r =$	$r =$	$r =$
距離差	$\Delta r = r - d$ [m]	0						
	$\Delta r' = \Delta r \times 1,000$ [mm]	0						
時間差	$\Delta t = \Delta r' / 344$ [ms]	0						
コムフィルタ	$f1 = 500 / \Delta t$ [Hz]	$\infty$						

時間の早い順に並び替え

時間差	$\Delta t$ [ms]	0						
距離	$d, r$ [m]	$d =$	$r =$	$r =$	$r =$	$r =$	$r =$	
コムフィルタ	$f1$ [Hz] 周波数	$\infty$						
指向係数 Q	$f1 / 2$ [Hz]	$\infty$						
		Q=1	Q=2	Q=4	Q=8			
反射音種別	直接音 D							
吸音による減衰	吸音率 $\alpha$	0						
	音圧反射率 $\gamma = \sqrt{1 - \alpha}$	1						
距離減衰(点音源)	$A1 = d / r$	1						
反射音の大きさ	$A = A1 \times \gamma$	1						
	$L = 20 \log_{10} A$ [dB]	0						



		AP	1/1 octave band center frequency [Hz]					
			125	250	500	1k	2k	4k
残響時間(平均)	RT [s]							
平均吸音率	$\bar{\alpha} = \frac{0.161 V}{S RT}$ Sabine $\bar{\alpha} = 1 - e^{-\frac{0.161 V}{S RT}}$ Eyring							
臨界距離	$d_c = 0.14 \sqrt{\frac{Q S \bar{\alpha}}{1 - \bar{\alpha}}}$ [m]	Q						
シュレダ周波数	$f_{sch} = 2000 \sqrt{\frac{RT}{V}}$ [Hz]							

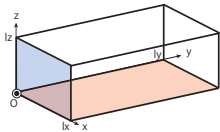


MEMO



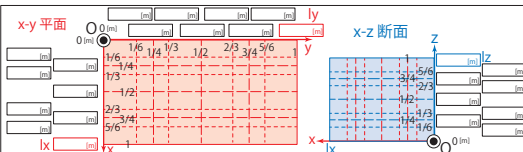
[rev.4] Copyright 2014, Masataka Nakahara

Copyright 2014, Masataka Nakahara



	+	音源	×	受音点	
X	[m]			[m]	
Y	[m]			[m]	
Z	[m]			[m]	

記入



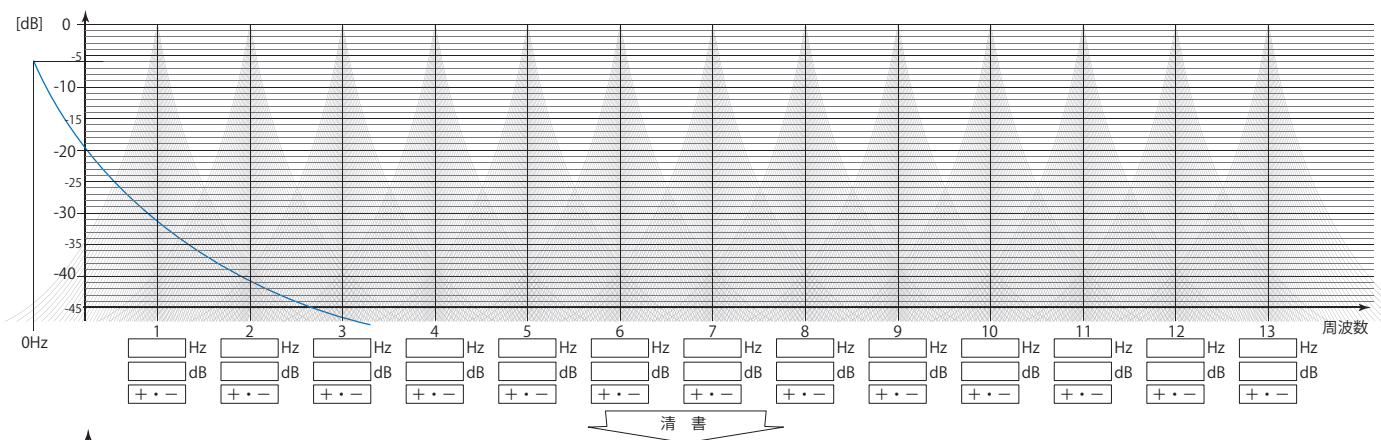
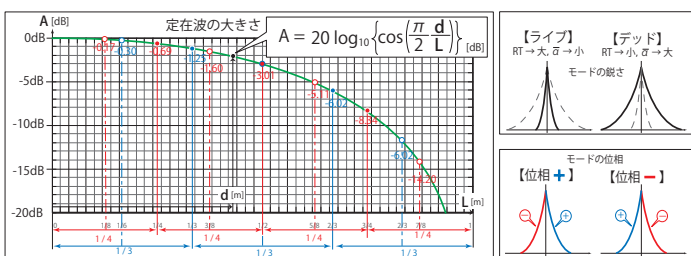
シュレダー周波数
 fsch =
 
 [Hz]

固有周波数
 $f_{n_x, n_y, n_z} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{n_x}{L_x}\right)^2 + \left(\frac{n_y}{L_y}\right)^2 + \left(\frac{n_z}{L_z}\right)^2}$ 
 [Hz]

( c : 音速 344 [m/s] @20℃  
 $n_x, n_y, n_z : 0, 1, 2, 3, \dots$  )

固有周波数 $f_{n_x, n_y, n_z}$ [Hz]	モード種別 (nx, ny, nz) A:軸, T:接線, O:斜め	モード					
		x		y		z	
0	0 Hz (0, 0, 0)						
	振幅 -6 dB	全て反し合わせ		全て反し合わせ		全て反し合わせ	
	位相 ⊕ -	全て掛け合わせ		全て掛け合わせ		全て掛け合わせ	
1	Hz A・T・O ( , , )						
	振幅 dB	全て反し合わせ		全て反し合わせ		全て反し合わせ	
	位相 + -	全て掛け合わせ		全て掛け合わせ		全て掛け合わせ	
2	Hz A・T・O ( , , )						
	振幅 dB	全て反し合わせ		全て反し合わせ		全て反し合わせ	
	位相 + -	全て掛け合わせ		全て掛け合わせ		全て掛け合わせ	
3	Hz A・T・O ( , , )						
	振幅 dB	全て反し合わせ		全て反し合わせ		全て反し合わせ	
	位相 + -	全て掛け合わせ		全て掛け合わせ		全て掛け合わせ	
4	Hz A・T・O ( , , )						
	振幅 dB	全て反し合わせ		全て反し合わせ		全て反し合わせ	
	位相 + -	全て掛け合わせ		全て掛け合わせ		全て掛け合わせ	
5	Hz A・T・O ( , , )						
	振幅 dB	全て反し合わせ		全て反し合わせ		全て反し合わせ	
	位相 + -	全て掛け合わせ		全て掛け合わせ		全て掛け合わせ	
6	Hz A・T・O ( , , )						
	振幅 dB	全て反し合わせ		全て反し合わせ		全て反し合わせ	
	位相 + -	全て掛け合わせ		全て掛け合わせ		全て掛け合わせ	
7	Hz A・T・O ( , , )						
	振幅 dB	全て反し合わせ		全て反し合わせ		全て反し合わせ	
	位相 + -	全て掛け合わせ		全て掛け合わせ		全て掛け合わせ	

8	Hz A・T・O ( , , )			
	振幅 dB	全て反し合わせ		全て反し合わせ
	位相 + -	全て掛け合わせ		全て掛け合わせ
9	Hz A・T・O ( , , )			
	振幅 dB	全て反し合わせ		全て反し合わせ
	位相 + -	全て掛け合わせ		全て掛け合わせ
10	Hz A・T・O ( , , )			
	振幅 dB	全て反し合わせ		全て反し合わせ
	位相 + -	全て掛け合わせ		全て掛け合わせ
11	Hz A・T・O ( , , )			
	振幅 dB	全て反し合わせ		全て反し合わせ
	位相 + -	全て掛け合わせ		全て掛け合わせ
12	Hz A・T・O ( , , )			
	振幅 dB	全て反し合わせ		全て反し合わせ
	位相 + -	全て掛け合わせ		全て掛け合わせ
13	Hz A・T・O ( , , )			
	振幅 dB	全て反し合わせ		全て反し合わせ
	位相 + -	全て掛け合わせ		全て掛け合わせ
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮



清書



え：残響時間です。

ミ：後で平均吸音率とか、臨界距離とか、シュレーダー周波数の計算に使用します。模型編の第二回（2012-13号）でアクリル部屋の残響時間を測定したよね。それを記入しよう。表では音源位置とか受信位置を変えた5つの残響時間の平均を記入できるようになっているけど、今回は1つしか測定してないのでそれを一番下の行に記入しよう。

え：方眼紙はどうしましょう。表に書いた物を絵にしてみればいいんですね。“1 [cm] = [m]”って書いてある。“1 [cm] = 1 [m]”が分かりやすくていいかな。

検討する部屋の大きさによって縮尺は自由に変えて頂いて構いませんが、この連載で対象としているパーソナル・スタジオの大きさくらいでしたら、用紙の大きさも考えると、えりっこ隊員と同じ“1 [cm] = 1 [m]”で丁度良いと思います。ちょっと大変ですが、図は“平面図”と“断面図”の二つを描いてみて下さい。チャート左上赤の面が“平面図”、緑の面が“断面図”になります。

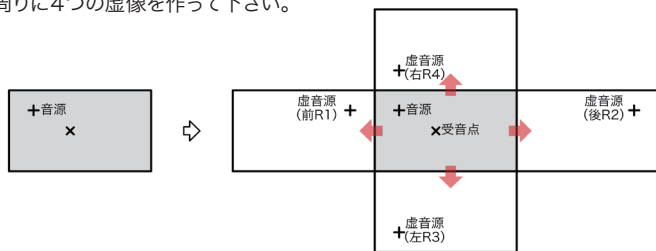
り：音源と受信点（リスニングポイントの事です）はどうすればいいですか？ほーがんしのマス目に合わせると楽そうだし！

ミ：そ、そうですね・・・、それは楽ですね。楽だというのも良いですが、この記事の読者は良い音を探し求める人たちが多くいるから、**良い音になりそうな音源位置、受信点を予想して描き込んでみよう**。予想が合ってるかどうかは、このチャートでの分析と、次回に実験で検証だな。ふたりで同じ位置にしないでいいからね。というかむしろ別々な方がいいな。それぞれ別なレイアウトにしてみ、どちらが良い音になるか競い合ってみよう。

読者のみなさんもどのような音源位置、受信位置が良いか色々自由に試してみてください。よく言われる「左右のスピーカー挟み角 60°」などにもこだわらなくて構わないと思います。但し、**左右対称は必ず守って下さい**。ここでは左右対称を前提に話を進めます。対称でないと左右の音響特性は絶対に揃いません。これから行う反射の検討も、対称であれば検討は一回で済みます（L も R も同じ結果になります）が、そうでないと左右別々に二回の検討を行わなければいけません。

え：部屋は四角（直方体）だから簡単だね。平面図と断面図の、二つの四角を描けばいいんですか？

ミ：うん、そうなんだけど、ここからちょっとややこしくなってくるよ。この図を使ってこれから反射の検討をして行かなくちゃいけない。もう大昔のことだけど[2009 Winter 号] でやった**虚像法**のことは覚えてるかな。まあ、それを思い出すまでもないか。四角形の各辺から**ベロっと反転**させる感じで、本物の四角（部屋）の周りに虚像の部屋として4つ四角を描きます。**音源も忘れずに一緒に反転**させてね。平面図ができたら、断面図でも同じようにホンモノの部屋の周りに4つの虚像を作ってください。

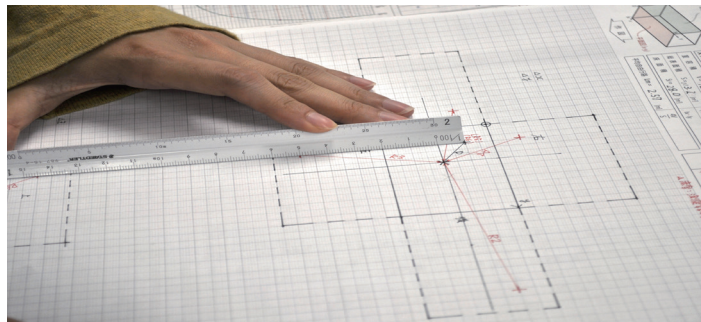


【図2】ホンモノを反転させて周りに4つの虚像を作ってください

## ■ チャート 2/3 に進みます

え、り：はい、作図はできました。

ミ：1/3 ページはこれで OK。じゃあ、いよいよ今回のメイン、チャート 2/3 に進もう。1/3 は言って見れば 2/3 のための下ごしらえ。ここからが本番だよ！最終到達点は、**各反射音の到来時刻（直接音からの遅れ）と、大きさを知ること**です。どんな大きさの反射音が、どの方向から、直接音からどれくらい遅れて到達するかが分かる。その結果から、**反射音が聴取環境にどのような影響を与えるのか**が分かるよ。まずは、**直接音と各反射音の虚音源（全部で6つ）から、受信点までの距離を求めます**。コレさえ出来てしまえば、大体できちゃったようなものだけど。



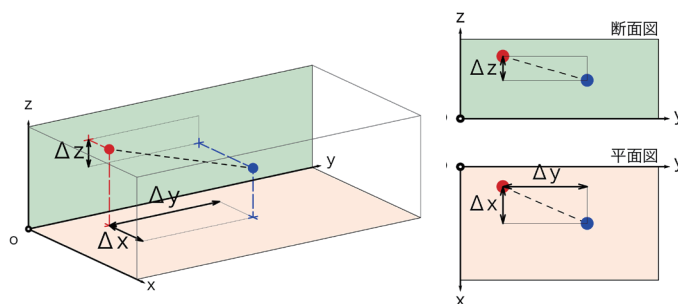
【図3】こんな具合ですよ～（りっこ）

り：せっかく方眼紙に描いたんだし、定規で測ればいいんですか？“1 [cm] = 1 [m]”だし、何センチなのか測っちゃえば、分かりますよね！

え：でも平面図で距離測っても・・・、音源と受信点の高さが違うと・・・、ダメ・・・、ですよね。天井とか床の反射も、断面図に定規当てただけじゃ正しい距離にならないんじゃないかな。

音源と受信点の距離、即ち“空間の二点間の距離”ですね。数学が得意な方、各点を座標で表してしまえば、難なく求められますよね。それで OK です。でも、多分中学校で習ったはずだけど、習ったんだっけ・・・？という方が多いんじゃないでしょうか。そういう方には、“**実測・計算併用法**”をオススメします。せっかく方眼紙に図を描いたんですから、活用しましょう。チャート 2/3 の上方、“虚音源位置”の欄の（ $\Delta x$ 、 $\Delta y$ 、 $\Delta z$ ）を方眼紙から定規で実測しましょう。そこに数字を入れてしまえば、あとはチャートの計算式に従って計算して、距離、時間差までたどり着けます。

り：なるほど、なるほど。一回じゃダメだけど、 $\Delta x$ 、 $\Delta y$ 、 $\Delta z$ と三つ測って表を埋めちゃえばいいんだ。そうすれば、あとは計算するだけです！



【図4】 $\Delta x$ 、 $\Delta y$ 、 $\Delta z$ を定規で測れば簡単！わざわざ図にした甲斐があります

虚音源位置（ $\Delta x$ 、 $\Delta y$ 、 $\Delta z$ ）の欄が埋まったら、関数電卓を使いながら淡々と下の行に進んで行って下さい。難しい計算はありませんが、ケアレスミスで台無しにならないように、気をつけて下さい。「コムフィルタ」の式、なんだかピンと来ませんよね。500 を時間差（ $\Delta t$ ）で割る・・・？とりあえず、後で考えましょう。今は手を動かしてみてください！

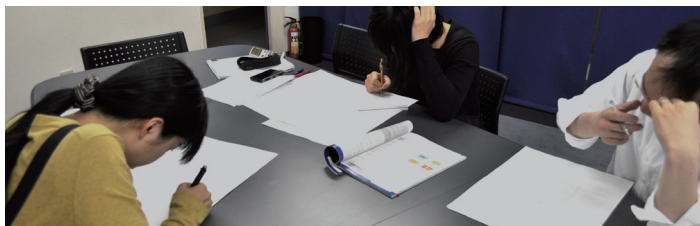
ミ：2/3 の上の段の「コムフィルタ」まで行けたかなー？**時間（時間差）の早い順に並べ替え**られた？**反射音種別**には「前 R1」とか、方向を記入できたかな？

え、り：はい、多分出来てる気がします。

え：その下の「指向係数 Q」ってやつは、何ですか？**コムフィルタ（f1）の 1/2 の周波数**を書けて書いてあるので、書きましたけど。

ミ：お、気がついちゃったか。これはこの部屋の「**臨界距離**」を知るために必要なんだけど、臨界距離は覚えてるかな？

え：確か室内で「**直接音のレベル = 残響音（部屋の響き）のレベル**」になる



【図5】頭を抱える隊員たち（実物大）

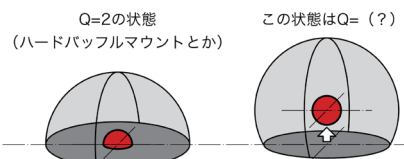
音源からの距離の事じゃなかったでしたっけ。忘れちゃった人は、[2011-2012号]のP90を参照ね！

ミ：相変わらず、が一さす（さすがの意）。この**臨界距離は、指向係数によって変わってくる**。指向性が鋭ければ（Qが大きければ）臨界距離は長くなるし、指向性が緩いと臨界距離は短くなる。だから、**臨界距離を知るためには、音源の指向係数を知る必要があるんだ**。今考えてる音源の指向係数はいくつだと思う？

り：何だか、ピンと来ない・・・。今はスピーカーの指向性なんて考えなくて作業してるし、Q=1 じゃないんですか？音源をバツフルに埋めてる訳でもないし・・・。

ミ：お、良い事言ったでエ！そんなや、バツフルに埋めればそれは典型的なQ=2 やけど、埋まってないからといってすぐにQ=1 になるとは限らないや（指向特性Qの詳しい説明は、[2011-2012号]のP90）！

壁とか床の上に音源がある状態（ハードバツフルマウントの状態）は**指向係数Q=2** ですね。では、そこからちょっと浮いたら（離れたら）どうでしょう。いきなりQ=1 ですか？チャート 2/3 中段左下のコムフィルタの周波数特性が、それを考えるヒントを与えてくれます。床や壁の上に音源がある（Q=2）の状態というのは、**実音源と反射音が、全ての周波数帯にわたって位相差なく足し合わされて一体になっている状況**だと解釈することができます（ちょっとややこしい）。コムフィルタというのは、直接音と反射音が時間差（位相差）を持って足し合わさった状態での周波数特性になってしまいます。しかし、f1 [Hz] 以下の帯域に注目するとどうでしょう。f1/2 [Hz] では +3dB になりますし、更に低域に行くに従って +6dB に近づいて行きます。これは、音源が壁や床の上から少し離れていたとしても、帯域によっては直接音と反射音が強め合って足し合わされ、Q=2 のように振る舞っていることを意味しています。ここでは +3dB となる f1/2 [Hz] を境にそれ以下では指向特性が Q=2 になるとして扱います。周波数が下がるごとに、Q=2 として扱える反射音虚音源の数が増加します（指向特性 Q が増加します）。



【図6】音源が反射面からちょっと離れるとQはどうなる・・・？

## ■ さあ、仕上げ

ミ：じゃあ一旦下の表に移りませう。この表の目的は、この部屋の平均吸音率を出すこと、**臨界距離とシュレダー周波数を知る事**です。残響時間はチャート 1/3 の右上に書いたよね。それをそのまま転記して、平均吸音率を求めよう。計算式がちょっとややこしいから、間違えないように注意しながら、臨界距離とシュレダー周波数も算出してみよう。臨界距離の計算にはQを忘れずに。その周波数にあてはまるQの値を記入して計算に使って下さい。計算ができれば、

右下にプロットしてみよう。ちょっと面倒だけど、プロットすると計算が間違っていないかどうかのチェックにもなるよ。

隊員たちは以前の模型実験で測定した残響時間を元に、平均吸音率を算出しています。でも“測定なんてしてないしいー”という皆さんがほとんどではないでしょうか。これから部屋を作る場合も、残響時間の実測値を知る事はできませんよね。そんな方は適当に（?!）吸音率 $\alpha$ を記入してみてください。感覚的には特に吸音処理をしていない部屋だと0.2前後、スタジオのような吸音された部屋だと0.4前後といったところでしょうか。もちろん推定の残響時間を入れて頂いても構いませんが、“適当に”数字を入れるのは、多分平均吸音率の方が簡単だと思います。

り：できましたー、多分！「平均吸音率」のところから矢印が出てますけど、何ですか？“振り出しに戻る”ですか・・・？

ミ：戻るけど、振り出しじゃないからご安心を。下の表で出した吸音率を上**の表に転記したら、書いてある式に従ってどンドン下に攻めてみて。一番下まで行くと、いよいよ反射音の到来パターン（到来時刻と大きさ）にたどり着けるよ！**

え：「反射音の大きさ」まで出来ました！これを下の方眼紙にプロットすればいいですね！

ミ：お疲れさま。あともう一息。各反射音の到来時刻をその下のチャートに書き込んでみよう。反射音を与えると予想される影響（【音色】【空間印象】【定位】【音源の大きさ、包まれ感】）が推定できるよ。



【図7】出来ました！（りつこ♪えりっこ♪）

## ミカミタカシの隊長日記

ミカミです。前号から二号連続のチャート編如何でしたか。難解だったかも知れませんが、我々がする音響設計のエッセンスのほとんどがこの中に含まれているといっても過言ではない内容です。それにしても疲れた。本当に丸々四時間かかりました。この作業量でも、扱っている反射は1回反射までですから、普段如何にコンピュータに助けられているかということですね。

格言その2：「人力でできるのは1回反射まで（2回以上はコンピュータ）」

今回は紙面の都合であまり詳しい解説が出来ませんでした。次号はまた実験を行います。このチャートの検証を行いながら、解説も補強します。お楽しみに。

格言その3：「チャートさえあれば無人島でも音響設計（関数電卓も必要かも）」

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

千葉県柏市出身。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。

りつこ隊員

株式会社ソナ 設計・技術グループ

長野出身。今年になって国立博物館の近くに引越しました。最近の興味は理由のあるかたちをデザインすること。社会人も3年目。成長は目に見えないけど髪は目に見えて伸びました。

えりっこ隊員

株式会社ソナ 設計・技術グループ

千葉出身。今年も引越しませんでした。趣味は音楽鑑賞とビクニック。一度に2つ味わえる野外の春フェスが大好き。最近スタジオ以外の現場も担当し、多分野にわたり諸々吸収中。

御質問等は、Pro@miroc.co.jp まで！