

パーソナル・スタジオ設計の音響学 その10

第二幕「音響実験劇場」

～第六回 低域特性（予測結果を模型実験で検証）～

SONA
PERSONAL Studio Design

今回のお題

（中原雅考）

祝！連載第10回目。

読者の皆様には、創刊号から忍耐強くお付き合い頂き大変有り難うございます。

ご理解ある読者の皆様と編集部との忍耐のおかげで、このような難解な内容にもかかわらずこれまで連載をやってきました。

今回は第二幕の音響実験劇場の第6回目です。

音響実験を始めてからというもの、隊長と隊員には毎回多くの修行に耐えて頂いており、有り難い限りです。



さて、今回は、前回手計算で予測を行った部屋の音響特性を模型実験で検証します。

手計算での予測が、実践ではどこまで役に立つのでしょうか。

隊長・隊員にとっては久しぶりの測定となりますが、測定には誤差がつきものです。

誤差を単純に「何らかの誤差」として片付けてしまえば、測定の価値が半減してしまいます。

誤差の原因を科学的に解明することも、重要な測定作業の一つです。

では、今回も隊長と隊員に測定にとりかかって頂きましょう。

お久しぶりのアクリルの小部屋。実験にカムバック！

（ミカミ隊長とりっこ隊員、えりっこ隊員）

（前回までのあらすじ）Dr. 中原の黒魔術で1/10縮尺に小さくされ、アクリルの小部屋に入れられてしまったりつことえりっこ。そこには同じように16.1センチにされてしまったミカミ隊長（実物換算値161センチ）がいた。そこは、5センチ角のスピーカーがラージモニターとして低域を豊かに再生し、200Hzが20Hzに聴こえ、時間が10倍で流れる不思議な世界……。そこへDr. 中原が“室内音響チャート”とかいう難解なチャートを持ってきて、「このチャートでアクリル部屋の音響特性を解明してみよ。さすればもとの大きさに戻してやろう。いままでの連載の知識をもってすれば（簡単じゃないけどまあまあ頑張れば）分かるはずじゃ、イヒヒ、イヒヒ、イヒー」と言う。りつことえりっこは立ち上がった。それぞれ、テキトーに音源位置と受音点を設定し、この難解なチャートに挑んだ。出てきた結果は……

りつこ隊員（以下「り」）：なんかうわごと言ってるよ。

えりっこ隊員（以下「え」）：起きて下さい、隊長。

ミカミ隊長（以下「ミ」）：うわっ！こ、これ以上小さくならないか！というか逆に大きくなりたい！

え：（???）何の話が分かりませんが、例のチャートもうできましたよ。

り：今回はまた実験に戻って、チャートの予測結果と比べてみるんですよ、隊長。早くやりましょうよ。

ミ：ん、そうだったっけ？

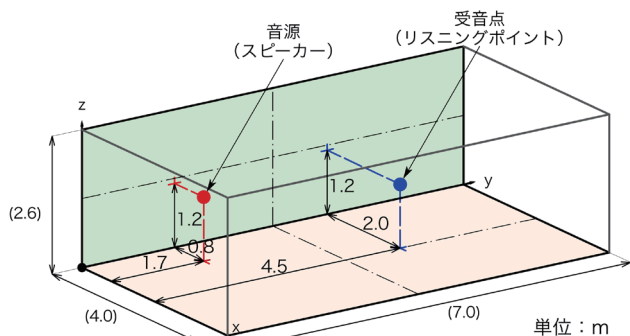
■ その1 千葉県出身、えりっこの場合

ミ：久々に模型を使って特性を測定してみたよ。前回えりっこ隊員がチャートの中で設定した音源、受音点の位置に、いつものスピーカーとマイクロホン置いて測定した結果です。どうかな、チャートの結果とあってる？

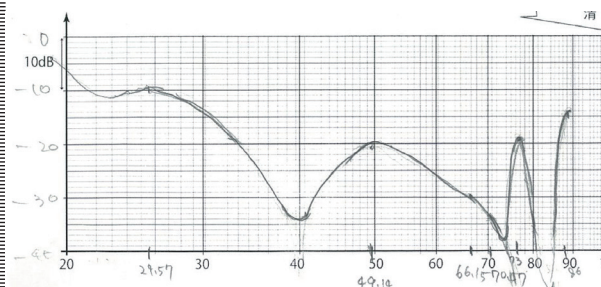
え：うー。何とも言えません、隊長。

ミ：うー。そうだね、合っているとも言えるし、合っていないとも言えるね。

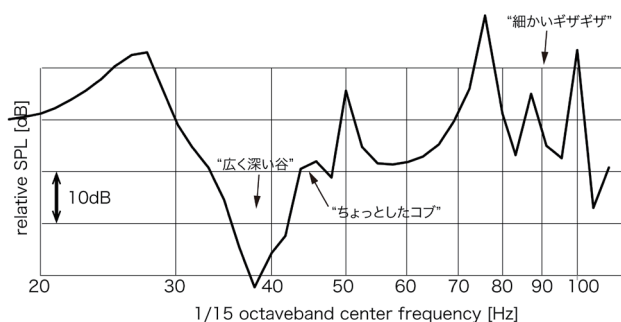
り：まあまあ、前向きに行きましょうよ。40[Hz]あたりにとっても大きな谷が出来てますが、それはチャートでバッチリ予測できてますよ。50[Hz]あたりのピークも予測できてるし。その上の方は……。



【図1】 えりっこが前号のチャートで設定したモデル



【図2】 えりっこが前号のチャートで予測した低域特性



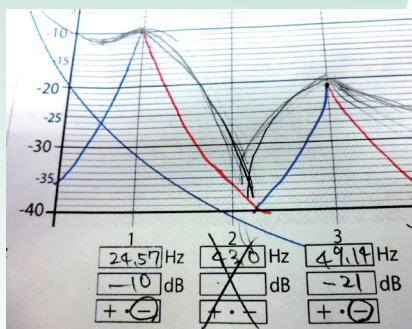
【図3】 実際にアクリル模型で測定した低域特性

ミ：そうだね、この音源位置、受音点位置の場合の低域特性の最大の問題はこの40[Hz]あたりの大きな谷だろうね。巾が広くて深いから。それが予測できていることは、ひとまずすばらしい。それより上の帯域は・・・、確かに合っているとは言い難いな。でも大丈夫（だ）と思う。これまで一緒にたくさん学んできたじゃないか。落ち着いて読み解いてみよう。

■ 40Hzの深い谷（とその少し上のコブ） ～理想と現実～

ミ：40[Hz] 近くの深い谷は、予定通りだね？

え：えへん、バッチリ予測通りです。前号の通りでしょ？ (0, 1, 0) モード (24.57Hz) 右側の赤い斜面 (位相：-) と (0, 2, 0) モード (49.14Hz) 左側の青い斜面 (位相：+) が重なり合っているので、「鋭く深い谷」になるんですね。忘れちゃったあなたは、[No.9 2013-2014 号] P110 の【図7】を参照ね！

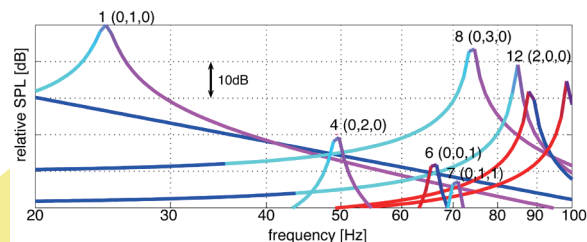


【図4】 チャートでしっかり予測したわよ（え）

り：が一さす（「さすが」の意）！でも、ひとつ気になるところがあるわ。それだけなら谷は両側ともきれいな谷になりそうだけど、谷の右（高域側）斜面、45[Hz] あたりに、「ちょっとしたコブ」みたいなのがありますが、あれは何かしら。まあ、気にしなくてもいいのかな。

ミ：うん、そこは僕も気になっていたんだ。特性としての良し悪しとはともかく、

何か隠れているものがありそうな予感があるよね。【図5】はソフトウェアを使って計算したこのモデルでの低域特性を構成するモード群なんだ。25[Hz]あたりの山も、50[Hz]あたりの山も表されてるんだけど、その間には何もないよね。何だろこのコブ。妖怪でも隠れてるのかな？「コブソウ」みたいな。



【図5】 低域特性を構成するモード群。コブの辺りには何も無いけど・・・

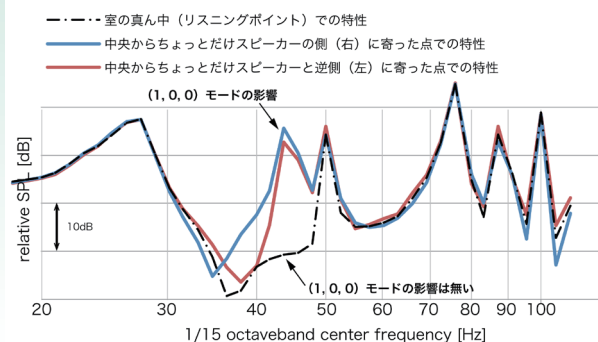
り：・・・（なんでも妖怪のせいにするのは何かの見過ぎだと思う）。測定誤差かなんかじゃないっすか？隊長、切気にかけてあわてて測定してまし。

え：あ・・・。前号で私が ×（バツ）した2番目の (1, 0, 0) モードが周波数としては合っていないですか？ 43[Hz] にはあるはずだし、コブの位置もその辺だし。

り：でも (1, 0, 0) は x 軸方向の奇数次モードで、部屋の真ん中に設定したリスニングポイントでは「節」だから、ここでの特性には関係ないよ（って教わったよ）。やっぱり測定誤差なんじゃない？

ミ：これは、どちらにも一理ある！ある種の「測定誤差」でもあるし、それによって (1, 0, 0) が生き返ったのかも・・・。

【図5】で表されているモード群や、前号えりっこ隊員がチャートで予測してくれた特性は、部屋の中央に位置しているリスニングポイントにおいては x 軸方向奇数次モードの影響を受けないという理論に対する、ある意味「理想的」な特性です。一方測定の方はどうだったか。言い直すと、マイクロホンを実際の真ん中に置いていたかということです。それも「音響的」な真ん中に。今回の測定では、マイクロホンが真ん中から少々ズレていたために、理想的には影響を受けるはずのない x 軸方向 1 次モード (1, 0, 0) の影響が生じてしまったという見立てで正解だと思います。



【図6】 室中央からちょっとだけ左右にずれた時の特性

【図6】はリスニングポイント（室の真ん中）の特性と、わざとそこから少しだけ左右にマイクロホンをつらした位置で測定した特性です。本来あるべきリスニングポイントから、模型のなかで1センチずつくらい（模型は1/10 縮尺ですから、実際の世界だと10センチくらいに相当しますね）左右にずらしたただけなのに、特性にはこれほどの違いがでます。室の中央では理論通り43[Hz]あたりの (1, 0, 0) モードの影響はほとんど見られません。しかしわずかに左右にずれると、そのモードの影響ははっきりとみられるようになります。1センチくらいずらしたただけなのにですよ！室の真ん中の特性を見てお分りの通り、部屋の中央が「節」となるということは間違いありません。しかし「節」となるのは本当に部屋の中央の一点（というか中央を貫く極めて細い細い線）の上だけなのです。このことはモードの節を利用した音場制御の難しさを示唆しているとも言えるでしょう。「奇数次のモードを励起させない方が特性が良さそうなので、室の中央にスピーカーを置く」とした場合、少なくとも真正正銘の真ん中にスピーカーを置かないとその制御は機能しません。またウーファーユニットなど、低域を再生するものは大きな寸法のものが多いですよ。節」が本当に極めて細いエリアであることを考えると、「節」からはみ出さないようにウーファーを置く事ができるか・・・。節を利用した音場制御の難しさがお分かり頂けるでしょう。

ところでこの「室の真ん中」の特性はどのように測定したか（測定点を決定したか）お分かりになりますか。地表ならともかく、床から高さのある空中の点にマイクロホンの位置を正確に合わせるのは非常に難しい事です。精密に寸法を測れば合わせられるというものでもありません。これは測定信号（ピンクノイズ）を再生して徐々にマイクロホンを動かしながら、(1, 0, 0) モードが引っ込む点を探して測定したというのが正解です。ズルいですか（笑）？先ほど「音響的」な真ん中という言い方をしましたが、それがポイントなのです。極端な例ですが、部屋の左が布張りの吸音仕上、右が窓ガラスなどという場合、見えている壁面を基準に一生懸命部屋の寸法を測って中央を求めても、そこが「音響的」な部屋の中央（節の位置）になるでしょうか。なりません・・・、よね？

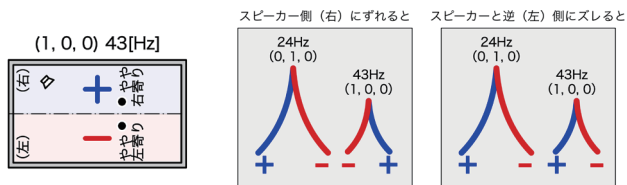
さて、もう一度【図6】を見て下さい。中央からちょっとずれると特性が変化するのは分かったとして、左右で変化の様子が違うのはなぜでしょうか・・・？この連載の読者の皆様なら、もうお分かりですね！

り：ほら、やっぱり隊長の誤差じゃない。

ミ：（オ、オレの誤差・・・?!）

え：でも原因が分かって良かった。私の間違いじゃないってことですよね。「マイクロホンが本当の中央では無かったの、現れないはずの (1, 0, 0) が出てきてしまった。40[Hz] の谷の形状も、(0, 1, 0) と (1, 0, 0) との関係で形作られている」ってことですね？

ミ、り：がーさす！



【図7】左と右では (1, 0, 0) の位相が異なり谷の形状も変わる

■ 隊長、誤差ふたたび？ ～言い訳もふたたび？～

え：大きな谷とコブの件は分かったけど・・・。

り：その上の帯域は・・・、とても合ってるとは言えないね。

り、え：また隊長の誤差かな！

ミ：ま、その可能性はあると言えばあるな（嫌な予感はある）。50[Hz] くらいから上の合わなさについては、以下の3つのポイントを考えてみよう。

- 1) 70～80[Hz] のピーク (0, 3, 0) モードの大きさが予測できていない。
- 2) (0, 3, 0) の左（低域）側に予測した鋭い谷が測定では現れていない。
- 3) 70[Hz] あたりより上の、ピーク / ティップの形状が予測できていない。

ミ：まず1から考えてみるか。

り：なんで合わないのかな。これは隊長の誤差ではなさそう。

え：えーっと、チャートではレベルの大きさはどう予測したんだっけ。確か腹から節に向かって音圧レベルが低下していく音圧レベル分布の様子を使ったような気がする。音圧レベルが最大になる腹の位置から、音源とか受音点がどのくらい離れているかで音圧レベルを予測したんだっけ。

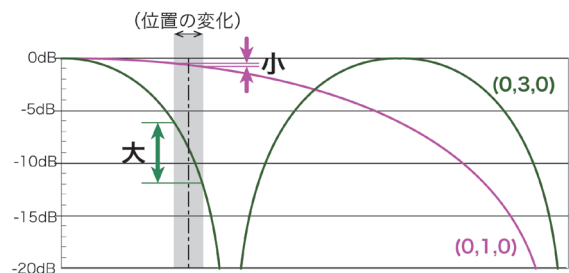
ミ：そうだね。まあ、こう言っちゃ身も蓋もないけど、レベルを正確に予測するのはハッキリ言ってかなり難しいよ。周波数特性の大体の形や傾向は予測できても、音圧レベルまで当てるのは技術的にかなり難しい。しかもこの前のチャートみたいな手作業では限界があったかもね。あとは、やっぱり測定の時の「誤差」もあると思う。

り、え：やっぱり！

ミ：今 75[Hz] あたりで観測されてるピークは、チャートの予測結果からして y 軸方向の三次モード (0, 3, 0) だと思うんだ。

え：はい、73.7[Hz] にピークを形作ると予測しました。

ミ：みんなもう分かっていると思うけど、(0, 1, 0) が「山・谷・山」の音圧レベル分布を1パターンだけ形作るのに対して、(0, 3, 0) はそれを三回も繰り返すでしょ？空間での音圧の変化がとても激しいんだ。位置がちよっと



【図8】(0, 3, 0) は音圧レベルの変化が急

変化すると、音圧レベルも大きく変わりやすい（【図8】参照）。予測する事も難しいけど、予測を行った位置で正確な測定をするのも難しいんだ。

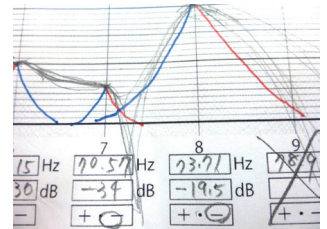
え：それにしても、この部屋の最低周波数のモード (0, 1, 0) を上回るピークをつくるっていうのは、さすがに予測できませんでしたね。

ミ：うーん、確かに。測定位置の誤差だけでは説明しきれない何かが隠されていそうだね。

■ 隊長、誤差三たび？ ～今度は音源か？～

り：2番はどうですか？予測では 73.7[Hz] (0, 3, 0) の左（低域）側に鋭くて深い谷が予測されてるけど、測定結果の方はピークに向かってかなり滑らかにつながってますよ。

え：(0, 3, 0) の左隣（低域側）のモードとは逆で重なり合ってるから鋭い谷になるんですね。隊長に言われた通りに予測したのに・・・（ぐすん）。

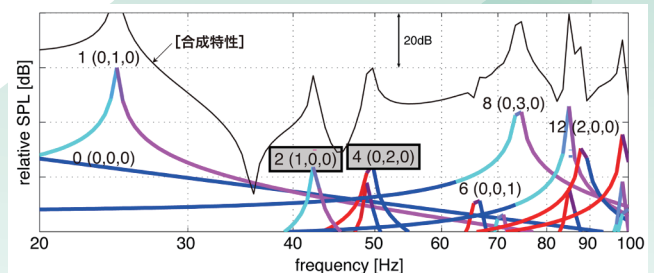


【図9】言われた通り予測したのに

ミ：（な、泣いちゃった。どうしよう。）
そうだね、8番目のモード (0, 3, 0) の低域側が、予測と実測とで違う状況になっているのかもしれないな。

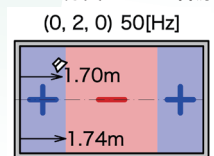
り：でも隊長、3番はどうなんですか。低域側だけでなく、その辺りの帯域は全般的にあんまり予測と合っていないですよ。激しいピーク / ティップが出るっていうところまでなら合ってると言えなくもないけど、特性が予測できるとまではとても言えないんじゃないですか。

これは結構難解でした。ここまでくると、さすがに手作業の限界でしょうか。【図10】をご覧ください。プログラムを用いて計算した結果です。今回の測定結果の中身は恐らくこうなっていると思います。



【図10】低域特性を構成するモード群と合成特性

プログラムと言っても特殊な方法ではありません。基本的な中身は前回の「室内音響チャート」と同じです。合成特性を見て下さい。測定結果と概ね合っていると思うのですが如何でしょうか。これで低域特性を構成するモードの内訳がわかります。えりっこ隊員の予測が間違っていた訳ではありません。測定との違いを作った主な点は、まず測定点（マイクロホン）の中央からの若干のずれによる [2 (1, 0, 0)] モードの影響。これは先ほど解説した通りです。その次は [4 (0, 2, 0)] モードに対する音源位置です。少し解説しましょう。えりっこ隊員が選んだ音源の位置は、前の壁から [1.70m] の位置です。一方このモードの位相分布で、位相が+から-に切替わるラインは前の壁から [1.74m] の位置です【図00】。僅か 4cm の差！模型で言えば 4mm の差です。何と微妙な位置を選んだ事か（笑）。チャートでの予測分析では、音源は+のエリアに入っていると判定しましたが、実際はどうなっているのでしょうか。



【図11】

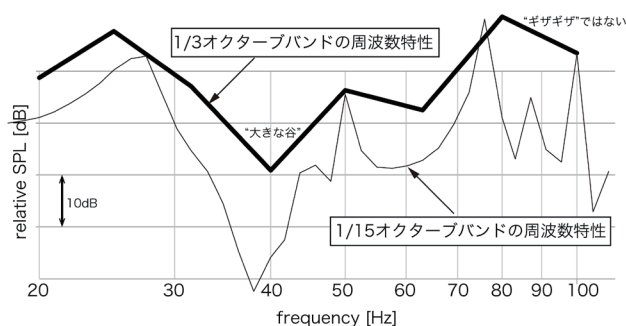
私も出来る限り正確に配置したつもりですが、さすがにこれはいくら目で見ても、

寸法を測ってもわかりません。測定結果を見て、初めてどちらのエリアで作用したのかが分かります。+のエリアで作用していたと解釈すると、今回の測定結果にはどうしても一致しませんでしたので、-のエリアで作用した（予測とは位相が反転するエリア）と判断しました。（1, 0, 0）モードも（0, 2, 0）モードもモードの密度がまばらな帯域に存在し、低域特性を構成する重要な要素となっています。そのようなモードの位相が反転したり、無いはずが現れたりしたので、特性は大きく変わるわけです。そして私が今回思う「室内音響チャート」の予測結果が測定結果を表現し切れていない最大の理由は、モード間のクロストークの表現です。前号、前々号を読んで下さった方はお分かりだと思いますが、チャートの中では隣接するモード同士の関係しか考慮していません（まあ、手作業ですから仕方ありません）。しかし【図10】を見てお分かりの通り、60[Hz]以上の帯域などでは、いくつものモードが狭い帯域内で互いに影響を及ぼし合っています。これでは、隣り合うモード同士の関係だけで合成特性を予測する事はできませんね。手仕事の限界です。計算したプログラムは、この複雑な合成をやってくれますので、かなりの精度で予測ができるわけです。では、このような複雑な合成が困難な手作業による予測は、あまり意味がないのでしょうか・・・？

り：ほら、やっぱりまた隊長の誤差じゃない。

え：うん、私が微妙すぎる位置に音源位置を設定しちゃったから。実はチャートやっていると、微妙！って気がついてただけだね（笑）。60[Hz]くらいから上の方の合成も、やっていると何だか無理矢理感があって困ったんだ。さすがにこれは手作業では無理ですね。

ミ：うん、うん、ごもっとも。でもさ、モードの合成で細かなギザギザの形を正確に予測する事が目的じゃないんだ。確かに周波数が高くなればなるほ



【図12】人の聴こえは1/3オクターブバンドでの表現に近い

ど、モードの密度が高くなってきて、合成は複雑で難しくなってくる。でも手作業だから難しいという面もあるけど、そもそもモードが密になってくれば、基本的には周波数特性のムラも減ってくるわけだから、無理してどんどん高域の方まで予測範囲を伸ばして行く必要はないよね。


え：人の聴覚でどう聞こえるのかという事との関係もありますよね！

ミ：お、良い事言った。グラフのギザギザが人間の耳にもギザギザに聞こえるのかってことだよ。人の聴こえは1/3オクターブバンドでの周波数特性に近いと言われてるらしいよ。【図12】の1/3オクターブバンドの特性では、今まで見てきた60[Hz]より上の帯域のギザギザは見られない。チャートでは30～50[Hz]あたりの大きな谷を予測できた訳だから、十分有益だといえるんじゃないかな。そっちはそう聴こえそうだからね。

～ 詳細検討の時間 ～ モードの誕生と聴感 (中原雅考)

実は…ミカミ隊長には、受音点（リスニングポイント）だけではなく、その他にも77点でのインパルス応答測定をお願いしました。その結果を解析した結果が、【図N01】と【図N02】です。測定の際の室条件は、【図1】（えりっこ隊員が前回のチャートで設定したモデル）です。

【図N01】と【図N02】は、それぞれ740[Hz]と74[Hz]の結果を表しています。図中の**1**が、音源（SP）から音を再生した場合のリスニングポイント（LP）における各周波数帯域での1秒間の音圧の時間変化（インパルス応答の絶対値）、**2**が、周波数特性、**3**が、リスニングポイントと同じ床から1.2mの高さでの各周波数帯域での室内の音圧分布になります。

3の音圧分布に関しては、「青→赤（）」と色が変化するに従って、音が「小さい→大きい」となります。

結果を眺めて頂くと、740Hz（【図N01】）では、音源周辺を除けば、その場所でも部屋の音圧が一樣になっていることが分かります。このことから、740Hzのような中域では、部屋がモードの影響を受けていない状態だと解釈できます。一方、74Hz（【図N02】）のような低域においては、Y軸方向に3本の青線＝音圧の節が確認できることから、部屋が（0, 3, 0）モードの影響を強く受けていることが確認できます。

…と、ここまでよく見かける部屋のモード解析（音圧分布測定）ですが、この結果だけでは、人の聴感印象を十分には表すことはできていません。

【図N01】や【図N02】で算出した周波数特性（**2**）や音圧分布（**3**）は、音を再生してから1秒間の全ての応答（**1**）を一気にまとめて処理した結果です。一方、人の耳は時間とともに変化する音を少しずつ取り込みながら逐次音の特性を解析しています。

ちなみに、ここで述べている「耳の音の逐次解析」とは、蝸牛管内の基底膜上でフロントエンド処理される「周波数分析」のことを意味していますが、そのために人は音を一旦聴覚のバッファのようなものに溜めているようです。この「人のバッファ」に関しては、音響測定で使われるような1秒や10秒などといった長いものではなく、2[ms]～30[ms]程度

だと言われていますが、未だにはっきりとは解明されていないようです。

ここで重要な事項は、一般的な測定・解析手法、すなわち長い時間の信号をまとめて処理（周波数分析）した結果では、人の聴感印象との対応が測れない場合があるということです。

例えば、特に大空間においては、人はスピーカーからの到来音と部屋の響きを分離して認識している一方、一般的な測定では部屋の響きも含めてスピーカーからの到来音（伝送特性）として表現しています。この場合、測定器が表示している伝送特性と聴感上のスピーカー再生音との印象が合わないといったことになりますが、このような事項は、多くの方が体験されているのではないのでしょうか。

【図N03】（740[Hz]）と【図N04】（74[Hz]）は、耳のバッファサイズとして10[ms]の時間窓を仮定し、音を発生してから0.03秒（3/100秒）までの音をその時間窓で逐次ピックアップしながら特性の変化を解析した結果です。

A→**E**は、0.01秒→0.03秒において、音圧の時間変化特性（**1**）から10[ms]分のデータを取り出して、逐次周波数特性や室内の音圧分布を解析した結果です。ここでは、**A**→**E**の**2**の水色の特性の変化が聴感印象の推移を表しており、**3**が部屋特性（音圧分布）の推移を表していると解釈できます。

【図N03】と【図N04】をご覧頂くと、0.025[s]（**D**）になって始めて、周波数特性（**2**の水色）が表れていることから、この時点でようやくリスニングポイント（LP）に音が到達し、耳がその周波数特性を認知し始めるだろうということが推測できます。

このことは、【図N03】（740Hz）の音圧分布の変化（**3**）をご覧頂くとよく分かります。

時間が経つに従って（**A**→**E**）、音源の音圧（赤色）が徐々に広がり、**D**のタイミングでリスニングポイントを通過し、**E**の時点では部屋全体に拡散し始めています。

このように、740[Hz]（【図 N03】）のような中域においては、音を再生した直後では、音源から放射された音が時間と共に速くに伝搬してゆく、いわゆる「進行波音場」が形成されていることが分かります。すなわち、リスニング環境としては理想的な状態といえるでしょう。

一方、74Hz（【図 N04】）のような低域においては、音の伝搬の様子は全く異なっています。

音を発生した直後（**A** 0.01[s]）ですら、音源から音が広がって行く様子は観測されずに、すぐに（0, 3, 0）モードを形成し始めています。

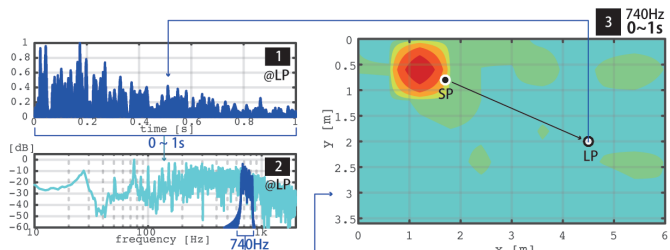
そして、リスニングポイントに音が到達した時点（**D** 0.025[s]）では、既に部屋に（0, 3, 0）モードが出来上がっています。

このことから分かるように、74[Hz]のような低域においては、スピーカから伝搬された音を聞いているというよりは、部屋の音、すなわち部屋の低域共鳴（モード）を聞いているといえます。

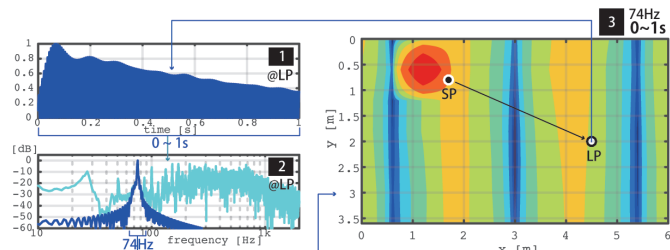
これが、モードに支配された低域の世界です。
低域の世界では、部屋の特性がスピーカの特性となってしまいます。

オーディオの再生環境にとっては、部屋の音響設計は重要ということですね。

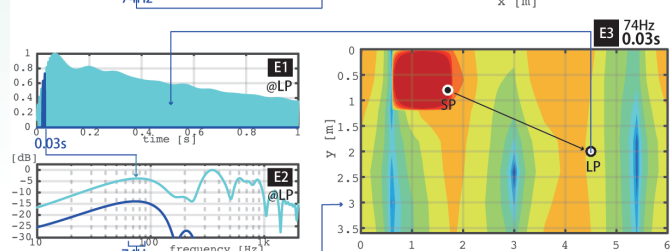
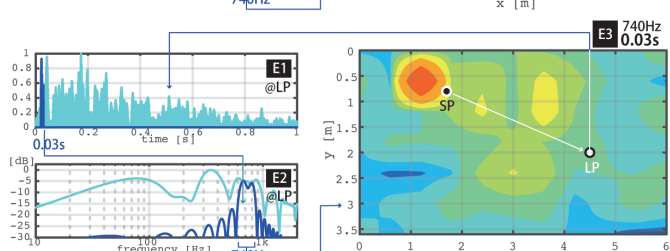
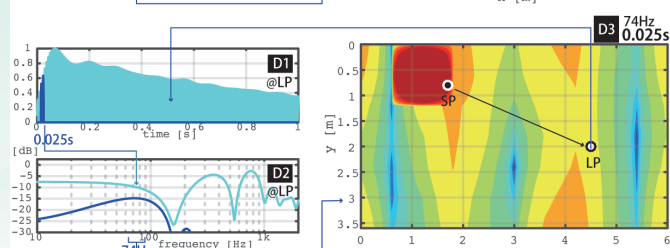
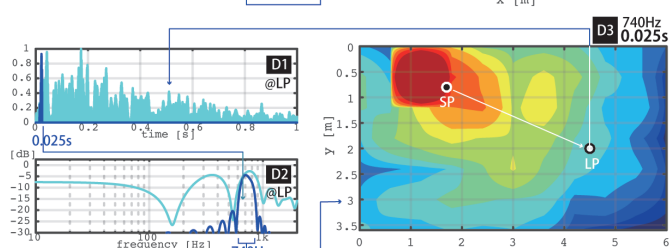
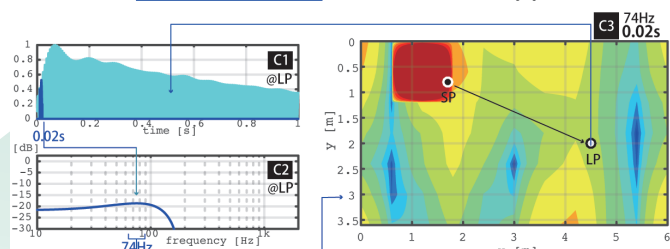
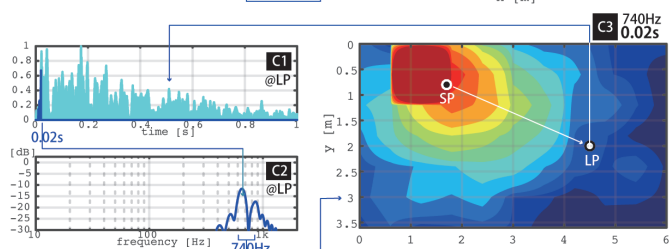
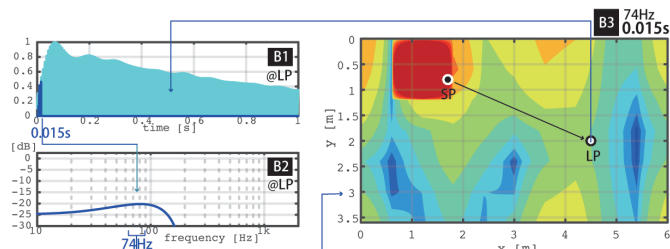
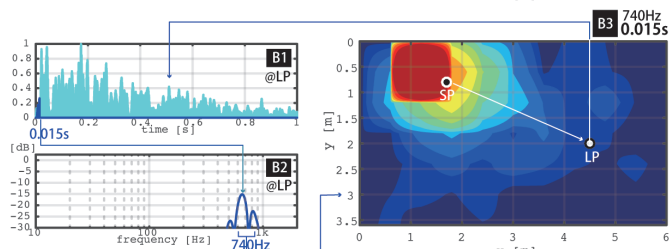
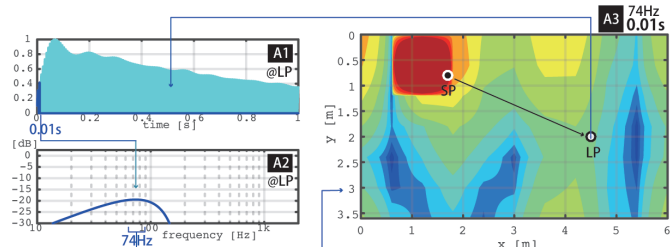
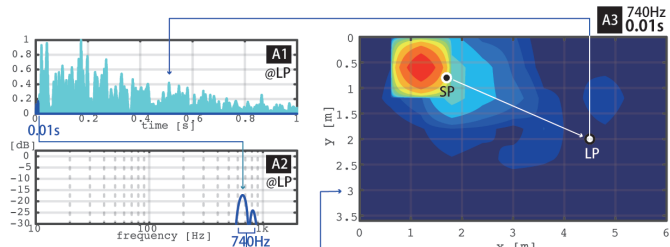
特に低域に関しては、スピーカの周波数特性を設計しているつもりで室内音響設計を行う真剣さが必要だと思います。



【図 N01】 740Hz の特性（0 ～ 1s 間の総合特性）



【図 N02】 74Hz の特性（0 ～ 1s 間の総合特性）



【図 N03】 740Hz の音が 0.03 秒間に室内に伝搬する様子

【図 N04】 74Hz の音が 0.03 秒間に室内に伝搬する様子

もう一息 (隊長と隊員)

ミ：色々難しい事があったけど、ひとまず予測と実測がどう対応しているのか、合わなかった部分もあったけどなぜ合わなかったのかが分かったと思うんだけどどうかな。

え：はい。予測することの大変さは前回と前回、身に沁みて分かりましたけど、それを測定で確かめる事の難しさも今回良く分かりました。節の“細さ”にも驚きましたし、位相の境界をまたぐと大きく特性が変わるのは本当なんだなって実感しました。

り：予測をすると、測定結果とどれくらいピッタリ合うかって言う事ばかり気にしてしまうけど、時々予測の目的に立ち返ることはとても大事ですね。“ギザギザ”の形を言い当てる事が目的じゃないのよね。

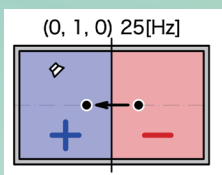
ミ：そうだね。そもそもパーソナル・スタジオの設計で、**何で低域特性の予測が大事なのか**という、後からのちょっとした吸音とか反射で特性を改善するのは非常に難しいからだね。逆に部屋の寸法比や音源の位置、受音点の位置で特性は大きく変わるから、この時点で良い特性を選んでおくとの対処は軽くて済む。

え：はい！そしてモード合成法を使った方法の良いところは、結果と対応がハッキリしているところ。どのモードが原因となって、どんな特性になっているかよくわかります。

ミ：おっ、模範解答！

え：私のモデルだと、40[Hz]あたりに大きな谷があって、それは(0, 1, 0)モードと(0, 2, 0)モード、それから真ん中からのズレで出てきた(1, 0, 0)モードの位相関係で作られているって言う事が分かりました。

り：ということは、そのうちどれかの位相を反転させれば、特性が改善できるかもしれないってことですね？例えば、受音点を部屋の真ん中より前に持ってくれば、(0, 1, 0)の位相が反転するから、(0, 2, 0)とのつながりも良くなって、40[Hz]の谷は解消されるんじゃない？



【図13】位相は反転する

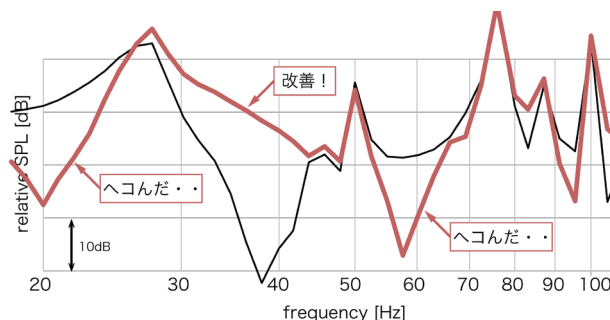
ミ：Dr. 中原に頼まれて77点も測定したから、そういう点のデータもあるよ。見たい？

え、り：見たい、見たい！

ミ：はい、【図14】です。見てごらん。どうお・・・？

え、り：……。イマイチですね。

ミ：狙い通り(0, 1, 0)の位相は反転されて、40[Hz]の谷は解消されたんだけど、他のところがへこんだな。(0, 1, 0)だけじゃなくて、他にも位相が反転したモードがあるんだろうな。



【図14】得る物があれば失う物も・・・

り：さすがにムシが良過ぎたか。そんなに簡単には行かないですね。

ミ：うん、そんなに簡単には行かないね。でもいいトライではあるよ。原因と結果がはっきりしてるから、こうやって色々試せるところがいいところなんじゃない？このトライはイマイチだったけど、もう少しきちんと構成要素のモードの位相関係を観察すれば他にももっといい方法が見つかるかもしれないよ。

り、え：そうですね！

ミカミタカシの隊長日記

ミカミです。毎度のことではあるんですが、特に今回は原稿を書き始める前に思っていたのとは全く違った内容の記事になりました。本当は【予測と実測の合い具合を二人分軽く検証】→【特性を悪くする原因が分かたら受音点をえて改善をトライ】→【それでもダメなら吸音で特性改善】という内容を考えていたんです。でも、今回はえりっこの検証の部分だけで紙面が尽きてしまいました……。本文にも書きましたが、とにかく結果の解釈が難解でした。3つ以上のモードの相互関係が手書きチャートでは表現できていないというのは、予め考えていたのですが、(1, 0, 0)が出てきちゃってとか、(0, 2, 0)の位相関係が反転してとかは、可能性としては思っても、文章を書き続けられるまでの確認を得るには、かなり時間がかかってしまいました。でも、しばらくチャート作業ばかりでしたが、やはり実験は楽しいですね。そして色々教えてください。「部屋の中央からマイクがズレていて・・・」の部分に結構な字数を使ってしまったが、これは改めて驚いたからです。厳密な中央(節)をちょっとくらい外したからと言って、節の近くであることには変わりないんだから、そんなに違いが出るとは思わなかったんです。甘かったですね(笑)。マイクロホンを動かしながら(1, 0, 0)が励起されないポイントを探ったんですが、本当にピンポイントでした。さて、次号は何をしようかな……。この調子だと【吸音で特性改善】のところまでに、2年くらいかかっちゃいそうですね(笑)。個人的には吸音の実験を早くやってみたい。吸音が全く無い部屋とか、室内の6面を一樣に吸音した部屋はシミュレーションと合いやすいんですけど、壁1面だけ吸音とか、吸音体をコーナーに設置するとかをシミュレーションするのは難しいんです。折角の模型実験なので、実験ならではの事がやれるといいかなー。まあ、今回も十分“ならでは”でしたけど(笑)！次号までゆっくり考えます。

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でいます。

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)」, 「サラ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掛け、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。今年も引越ませんでした。趣味は音楽鑑賞とピクニック。一度に2つ味わえる野外の春フェスが大好物。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！