

# バスレフ型スピーカーシステムシミュレーション計算シートの使用法

2008 年 5 月 10 日

2008 年 5 月 24 日修正

S. Suzuki

## [1] はじめに

5 月 5 日に、バスレフシステムのシミュレーションという話題をアップロードしましたが、その時点では、シミュレーション計算の結果について疑問がありました。主な疑問点は、共振周波数にずれがあるのではないかとということでした。シミュレーションに誤差はつきものですが、あまりに誤差が大きかったり、本質と離れた結果を出したりすると、シミュレーションの価値は失われてしまいます。

そこで、パラメータを変えながら、結果を検証してみたところ、共振周波数に対する応答は、概ね正しく、共振周波数についても、綺麗な正弦波ではないものの、周期の数え方によっては、概ね理論値に近いようでしたので、計算シートを公開することにしました。

シミュレーション計算シートは参考になるものと思いますが、下記の点について了解のうえご使用ください。

1. シミュレーションには誤差があります。また、この計算は、初期値から各ステップごとに順次計算してゆきますので、ステップが増えるのと共に誤差が蓄積されてゆきます。また、誤差についての検証はできていません。
2. シミュレーションの計算手順は、5 月 6 日公開の『バスレフ型スピーカーシステムのシミュレーション』という PDF ファイルに方程式を含めて説明してあります。結果や内容について疑問がある場合には、そちらの文書を参照してください。
3. 計算シートのファイル形式は、Open Office の Calc 用フォーマットとなっています。このファイルを開くには、Open Office 2.0 以上がインストールされている必要があります。Open Office は、無償のソフトウェアですので、<http://www.openoffice.org> からダウンロードしてインストールしてください。または、雑誌の付録に添付されている場合がありますので、それらを使用しても構いません。現在の最新安定版は 2.4 となっています。特定の商用ソフトウェアを使用することは避けました。Open Office には、Linux 版もありますので、商用のオペレーティングシステムを使用する必要もありません。
4. このシミュレーション計算シートを使用する場合の結果について保証は一切できませんので、全て自己責任において使用してください。

## [2] シミュレーション計算シートの使用法

シミュレーション計算シートのファイル名は、”bass-reflex-simulation\_rev3.ods”であり、ファイルサイズは、4,017kB あります。ファイルサイズが大きく、圧縮しても殆どサイズが変わりませんでしたが、ZIP 圧縮してあります。

計算ファイルには、シートが下記の 3 枚あります。

表 1 計算ファイルに含まれるシートの内容

シート名	内容	注意事項
User_Input	使用するときのパラメータを入力するシートです。入力する各項目の説明がシートに書いてありますので、それに従ってパラメータを入力してください。	『ユーザー設定項目』と明記し、枠で囲ったセル以外には入力しないでください。
Plots	振動板変位(x0)及びダクトの空気の変位(x1)の時系列グラフと、x0-x1 散布図の他、夫々の計算上の音圧のグラフがあります。	各グラフの表示方法を変更することができます。
Data	時系列に計算した結果の数表です。10,000 ステップの計算があります。	基本的には触らないでください。計算式を確認する場合には、各セルをクリックして内容を参照してください。

上記のシートの他にも必要に応じてユーザーがシートを加えることができます。操作方法は、ソフトウェアのヘルプファイルまたはマニュアルを参照してください。

## User\_Input シート

bas-reflex-simulation\_for-users - OpenOffice.org Calc

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help

MS Pゴシック 10

C4 f(x) Σ = 0.1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	バスレフスピーカーシステムシミュレーション設定シート								
2									
3	ユーザー設定項目(A)	加振周波数	70 [Hz]		←	解析したい周波数を入力してください			
4	ユーザー設定項目(B)	加振振幅	0.1 [N]		←	振幅は結果が比例して変わるだけであまり意味はありません			
5	ユーザー設定項目(A)	実効振動半径	6.5 [cm]		←	カタログ値を入力してください			
6	ユーザー設定項目(A)	最低共振周波数(f0)	50 [Hz]		←	カタログ値を入力してください			
7	ユーザー設定項目(A)	実効振動質量(m0)	6.9 [g]		←	カタログ値を入力してください			
8	ユーザー設定項目(A)	エンクロージャ有効容積	25 [litre]		←	個人の設計値などを入力してください			
9	ユーザー設定項目(A)	ダクト断面積	66 [cm <sup>2</sup> ]		←	個人の設計値などを入力してください			
10	ユーザー設定項目(A)	ダクトの有効長	167 [mm]		←	個人の設計値などを入力してください			
11	ユーザー設定項目(B)	時間ステップ幅	0.0000100 [s]		←	ここを大きくすると、解析される時間の幅が長くなります(0.00ステップ幅は、0.001秒を超えない長さになしてください)			
12									
13									
14	変更しないでください	a0	0.013267 [m <sup>2</sup> ]						
15	変更しないでください	a1	0.006800 [m <sup>2</sup> ]						
16	変更しないでください	r1	0.497494 [-]						
17	変更しないでください	m0	0.006900 [kg]						
18	変更しないでください	m1	0.001323 [kg]						
19	変更しないでください	ku	681.145 [N/m]						
20	変更しないでください	k01	713.152 [N/m]						
21	変更しないでください	大気圧	101,300 [Pa]						
22									
23	注意	このシミュレーション結果は、全て、自己責任により使用してください。結果の保証は致しません。							
24		ユーザー設定項目(A)は、カタログ値や設定値などを入力してください。							
25		ユーザー設定項目(B)は、内容を理解してから変更してください。							
26		Data部分は10,000行しか計算していません。ステップ幅×10,000が解析する時間幅になります。ステップ数を増やすと、計算が							
27		結果は、Plotsシートを参照してください。他の結果を参照する場合は、データからプロットしてください。							
28									
29	主要設計値(以下の計算式は変更しないでください)								
30	振動板の共振周波数	71.54 [Hz]							
31	ダクトの共振周波数	58.14 [Hz]							

User\_Input / Plots / Data

Sheet 1 / 3 PageStyle\_Sheet3 100% STD Sum=0.1

シミュレーションを実行する場合には、このシートを開き、枠内にパラメータを入力してください。枠の左側に入力する内容、右側には、単位が記述されていますので、単位を間違えないように入力してください。灰色部分は、入力項目に入力された値を元に、単位を揃え、予備計算した値が入っています。

『主要計算値』にある、『振動板の共振周波数』は、スピーカーユニットをキャビネットに取付けた場合の共振周波数、『ダクトの共振周波数』は、バスレフキャビネットの計算上の共振周波数を示したものです。これらは、シミュレーション以前に参考になる値です。

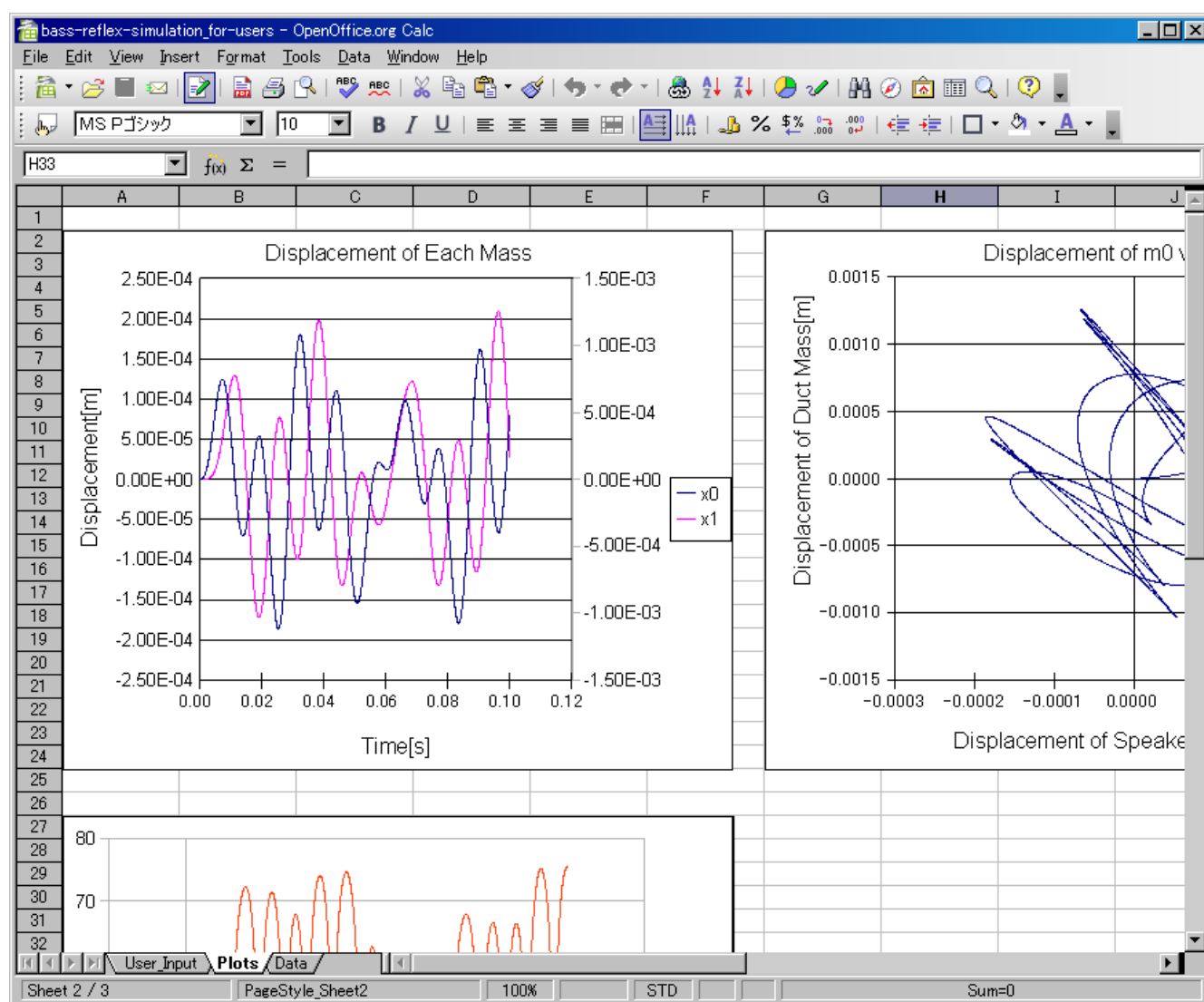
シミュレーション用に最も重要な入力項目は、『加振周波数』です。加振周波数は、アンプからスピーカーユニットに加える正弦波の周波数です。各パラメータの入力を終えたら、上記の『主要計算値』の値を確認し、加振周波数を設定してください。

全てのパラメータの入力を終えたら、『Plots』タブをクリックし、結果を確認してください。計算は常時実行していますので、ひとつのパラメータを変更するごとに計算を自動実行

します。コンピュータの速さにより、計算には、数秒から数十秒かかりますので、タブをクリックしてもすぐには開かない場合には、そのまま待ってください。

## Plots シート

Plots シートで最も活用するのは、左上の”Displacement of Each Mass”というグラフです。このグラフには、各時間に対する、振動板とダクトの空気の変位（夫々、 $x_0$ ,  $x_1$ ）が示されています。横軸には、時間[s]、縦軸の左側は、 $x_0$ 、右側は  $x_1$  となっています。従って、夫々の目盛が違いますので注意してください。この目盛は統一することもできますが、振動板の面積と比較して、ダクトの面積が特に小さいには、 $x_1$  の値が相対的に小さくなりすぎて見難くなります。また、左右の目盛の、ゼロが一致しない場合がありますので、注意してください。



ここで、注意すべきことは、表示される時間の幅(b)が、User\_Input シートの設定項目にある『時間ステップ幅』によって異なることです。時間のステップ幅( $\delta$ )は、小さいほうが細かく計算できますが、どの値がベストであるかは一概に云うことができません。このファイルで

は計算ステップ数(N)を 10,000 ステップとしていますので、 $b, \delta, N$  には次式のような関係があります。

$$b = \delta \times N$$

従って、もっと広い時間幅で見るとするには、 $\delta$  を大きくするか、または、 $N$  を増やすことが必要となります。 $\delta$  を大きくすれば自動で  $b$  が広がります。 $N$  を増やす場合には、Data シートの計算数を Drag&Drop で広げる必要があります、また、グラフの元データも変更する必要がありますので、使用者の判断で実施してください。

### [3] 最後に

このシミュレーションを実行すると、想像していたよりも波形が汚く驚くことがあるかもしれませんが、計算上そのようになるはずのものです。こんな波形でももっともらしく聞こえてしまうのですから、スピーカーシステムにはまだまだ改善の余地があることがお分かり頂けると思います。

以上、バスレフ型スピーカーシステムの設計シミュレーションにご活用ください。