

MCAP-CR シミュレータ プレリリース v0.2 (Windows x86 バイナリ実行形式及びソースコード) ユーザーガイド

0. 配布の目的

このソフトウェアは、バスレフ型スピーカーシステムの動作解析用のシミュレータです。
シミュレーションのアルゴリズムは、多自由度バスレフ型システムを、ばね-質点系にモデル化し、その運動方程式を解くことにより、振動板とダクト内空氣の質点としての動きを求めることです。振動板に加える信号は、簡単のため、力としています。ニュートン力学の知識があれば、結果を解釈するのに有効です。

1. ライセンス

このソフトウェアのライセンス形態は GPL です。GPL については下記 URL を参照してください。
<http://www.gnu.org/licenses/licenses.en.html#GPL>

2. 使用許諾条件

このソフトウェアの使用者は、以下の条件に同意したものとします。

- i. ソフトウェアのモデルに使用されている数式モデルと解法アルゴリズムは、万能ではなく、解を求めるにあたっての制約が内在すること。
- ii. このソフトウェアには、未知のバグが存在すること。
- iii. このソフトウェアを使用することにより発生する如何なる問題についても、損害賠償請求したり苦情を申し立てないこと。
- iv. このソフトウェアを商用使用しないこと。
- v. このソフトウェアのソースコードが、プラットフォームに依存しないことを理解し、Microsoft Visual Studio など、特定のプラットフォームに依存するコードに書き換えないこと(添付のコードは Qt SDK を使用して、Windows の他 Linux 等でも実行形式に変換できる)。
- vi. このシミュレータは、音質の評価はできないので、音質の評価目的で使用しないこと。

3. このソフトウェアの機能

- 標準 MCAP-CR 型、ダブルバスレフ型、シングルバスレフ型スピーカーシステムの質点(振動板及びダクト内の空気塊)の変位を計算する。
- 振動板に力として加えた入力信号として、単一周波数、リニアスイープ、ランダム の 3 種類から選択できる。
- 各質点の減衰係数を設定できる。
- 応答グラフを表示できる。
- 結果を ASCII テキストファイルに出力できる(csv 形式)。

不明な点は、このドキュメント以外に、添付のソースコードも参照してください。

4. 使用の準備

4.1 実行形式のファイルを使用する場合

1. 実行形式ファイルを保存するフォルダを作成する
2. 配布された圧縮ファイルを解凍し、以下のファイルを上記のフォルダにコピーする
 1. 実行ファイル(拡張子が exe のファイル)
 2. libgcc_s_dw2-1.dll
 3. mingwm10.dll
 4. QtCore4.dll
 5. QtGui4.dll
3. 実行ファイルのショートカットをデスクトップやスタートメニューなどに追加する

4.2 ソースコードからコンパイルして使用する場合(Linux など)

1. Qt SDK をインストールする(既にインストールされていれば不要)

2. GCC (Windows の場合は MinGW) をインストールする (既にインストールされていれば不要)
3. プロジェクトのためのフォルダを作成する
4. プロジェクトフォルダに以下のファイルをコピーする
 1. mcapcr.pro
 2. dialog.cpp
 3. dialog.h
 4. dialog.ui
 5. main.cpp
 6. moc_dialog.cpp
 7. moc_qcustomplot.coo
 8. qcustomplot.cpp
 9. qcustomplot.h
 10. ui_dialog.h
5. Qt SDK を使用して mcapcr.pro を開く
6. ビルドして実行形式ファイルを作成する

注: MinGW や Qt 等については、ソフトウェアのマニュアルをお読みください。

5. 操作方法

5.0 起動方法

Windows システムの場合、エクスプローラーコピーした実行ファイルをダブルクリックするとプログラムが自動します。

5.1 操作の概要

ソフトウェア起動時の画面を Fig.1 に示します。Fig.1 には特に重要な部分を赤枠で囲み、その説明をつけてあります。

5.1.1 共通の操作パネル

Fig.1 の上側の黄緑色で囲った部分は、そのすぐ下のどのタブを選択した場合でも、表示される部分です。このパネルでは、以下のオプションを設定できます。

(1) Vector Sum Option (左上)

フーリエ変換用のファイルを出力したときに、内部ダクトの動きを加算するかしないかを選択します。通常は、デフォルトの通り、“All ducts”を選択してください。この結果は、フーリエ変換出力ファイル以外には影響しません。

(2) Input Frequency Option (左側 2 段目)

ここでは、入力信号を選びます。

Sinusoidal (単一周波数信号)

入力周波数を 1Hz 刻みで変更できます。

Linear Sweep

入力周波数をリニアスイープとします。スイープ速度は、下の **Sweep Rate** で設定します。

Random

入力周波数をランダムノイズに設定します。

(3) Plot Selection (右側下)

Normalized graph タブで表示される時系列プロットにおいて、チェックを入れた質点の速度を表示します。**membrane** は、振動板を表します。**SumV** にチェックを入れると、全ての質点の速度の荷重和を表示します。通常は、**membrane** と **SumV** を表示し、更に細かく知りたい場合には、各ダクトを選択すれば良いでしょう。全てを選択すると、グラフを読み解くのが困難になるので、注意してください。

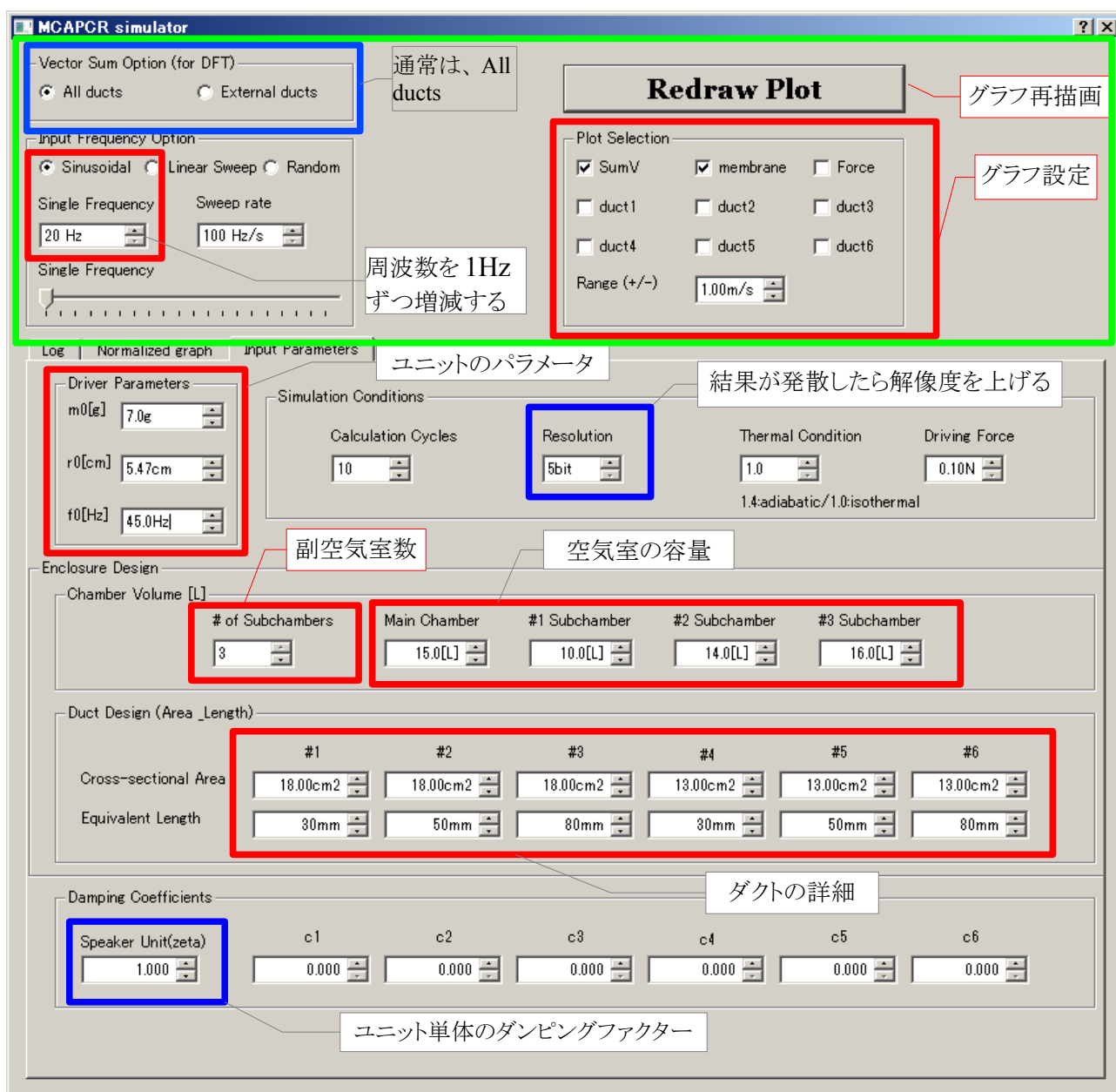


Fig.1 起動時の画面

5.2 タブの選択

Fig.1 のとおり、ソフトウェア画面には、Log, Normalized graph, Input Parameters の3つのタブがあります。

各タブは、以下の用途に使用します。

(1) Log

計算処理のログを表示します。デバッグ用途に使用します。

(2) Normalized graph

質点の速度の時系列グラフを表示します。エンクロージャの条件設定後は、このタブを開き、動作を検証します。

(3) Input Parameters

スピーカーユニットのパラメータ、エンクロージャの設計条件(空気室の数、容量、ダクト断面積と長さ)、質点の動きの減衰の条件を設定します。

5.3 スピーカーユニットのパラメータ(左上:Driver Parameters)

スピーカーユニットの仕様のなかの、力学的条件(m_0 , r_0 , f_0)を画面に表示された単位で入力します。仕様については、ユニットの取扱説明書やカタログ等を参照してください。

5.4 シミュレーション条件(上段右:Simulation Conditions)

ここでは、計算するサイクル数、時間解像度、熱力学条件、加重振幅を設定します。

(1) 計算するサイクル数(Calculation Cycles)

入力周波数の信号を加えた場合、何周期分を計算するかを設定します。このオプションは、**Sinusoidal**(単一周波数)の解析の場合のみ有効です。

サイクル数を多くとると、グラフが細かくなり、なおかつ、計算時間が長くなります。短すぎれば、定常状態に達するまでの時間を捉えることができません。

(2) 時間解像度(Resolution)

入力周波数 1 周期分の時間を何分割するかを設定します。このパラメータは、ビット単位で入力します。**5bit** の場合、1 周期を 2 の 5 乗=32 分割します。入力信号に **Random** を選択した場合は、**100Hz** の時間解像度を計算します。解像度が小さすぎる場合には、計算結果が発散することがありますので、必要に応じて解像度を上げてください。ただし、解像度が高ければ、計算時間が長くなります。

(3) 熱力学条件(Thermal Condition)

熱力学条件が、断熱条件(1.4: **adiabatic**)か等温条件(1.0: **isothermal**)かを設定します。一般的には断熱条件を使用することになっていますが、実際にはヴォイスコイルからの発熱もあり、厳密な断熱条件を満たしているかどうかは不明です。経験上は、等温条件のほうが近いのではないかと思います。

(4) 加重振幅(Driving Force)

入力する加重信号の振幅を設定します。通常は、**0.1N** 程度で十分なようですが、結果が見にくい場合には、多少増減してください。

5.5 エンクロージャの条件設定(中段:Enclosure Design)

ここではエンクロージャの条件を設定します。

(1) 副空気室の数(# of Subchambers)

ここでは、標準 **MCAP-CR** 型での副空気室の数を設定します。副空気室の数を **n** とした場合、対応する構造を Fig.2-1 から Fig.2-3 に示します。

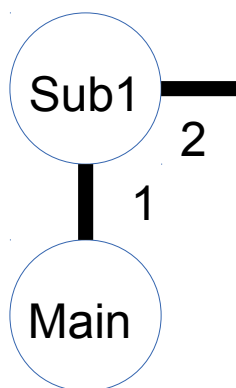


Fig.2-1 n=1

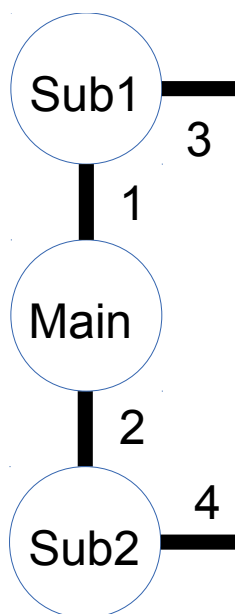


Fig.2-2 n=2

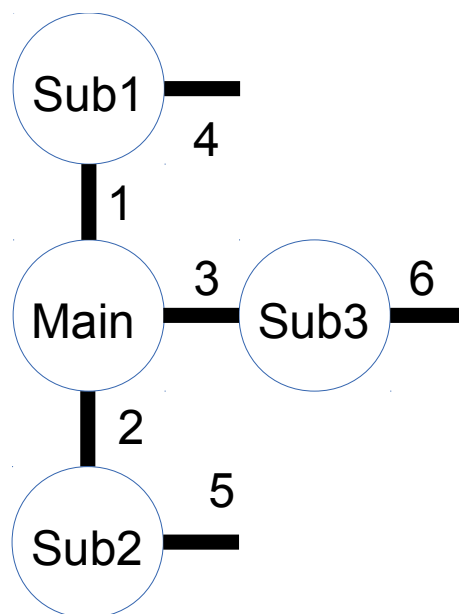


Fig.2-3 n=3

(2) 空気室の容量(Chamber Volume)

Fig.2 では、スピーカーユニットを取り付ける主空気室を **Main**、副空気室を **Sub1**, **Sub2**, **Sub3** で表しています。これらの空気室の容量を入力します。

ここで、**n=1** とした場合には、**Sub2**, **Sub3** に入力した情報は無視され、**n=2** とした場合には、**Sub3** に入力した情報は無視され、ともにエラーメッセージは出ませんので注意してください。

(3) ダクトの設計(Duct Design)

Fig.2 の構造図の通り、選択した副空気室の数に基き、ダクトの断面積と長さを指定された単位で入力します。ダクトの番号は、Fig.2 のルールに従ってください。上記と同様、副空気室の数が 2 以下の場合には、該当しないダクトの条件は無視されます。

シングルバスレフ型への応用

スピーカーシステムは、大抵の場合、容積が有限のリスニングルームに設置されます。このことは、動作は Fig.2 に示されないリスニングルームの影響を受けることを意味しています。しかしながら、箱の容量に対してリスニングルームの容量が十分に大きいため、部屋の影響は無視できる程度になります。このことを考慮すると、Fig.2-1 において、Sub1 の容積が、Main よりも十分に大きい場合には、Sub1 の影響が無視できることになります。従って、シングルバスレフのシミュレーションを行う場合には、Sub1 の容量を十分に大きくとることによって良い近似ができます。Sub1 の容量が Main と比べて十分に大きければ、ダクト 2 の影響も無視できます。

5.6 減衰項の入力(下段:Damping Coefficients)

スピーカーユニットの減衰項は、裸のスピーカーユニットのダンピングファクターを入力します。実際には、主空気室のばねによる影響を受けるため、次期リリースでは、定数の取り扱いを修正する予定です。また、各ダクトの減衰項は、運動方程式における、速度項の係数を入力します。この係数については、適切な資料が見付かっていないため、デフォルトでは、ゼロにしています。適切な方針が決定した場合には、決定法のガイドラインをリリースします。

5.7 グラフ表示(“Normalized graph” タブ)

シミュレーション条件を設定したら、“Normalized graph”タブをクリックしてグラフを表示してください。このグラフでは、Fig.1 に示すように、振動板(membrane)、それぞれのダクト内の空気塊の変位を別々に表示することができます。通常は、SumV と membrane を表示し、細かく確認したいところで、ダクトを個別に選択して表示すると良いでしょう。個々のダクトの動作は極めて近い場合があるので、同時に複数のダクトを表示しても見辛い場合があります。

6.0 質問と次期リリースへの要望

ソフトウェアのアルゴリズムについて疑問な点がありましたら、下記にある技術文書を参照してください。
http://mcap.web.fc2.com/documents_jp.html (日本語)

<http://mcap.web.fc2.com/documents.html> (英語)。

その他は、右記までご連絡ください。mcapspeakers@gmail.com

以上