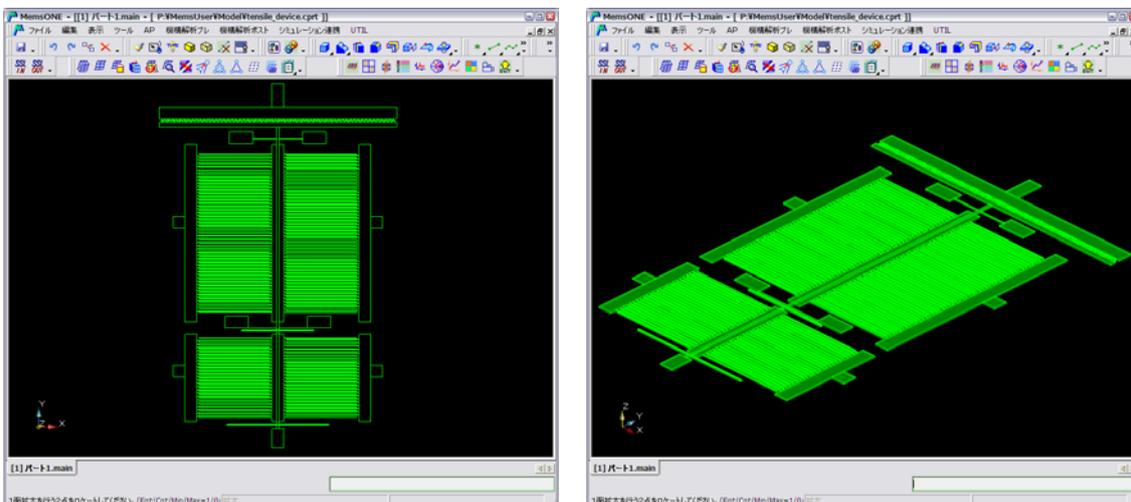


## 等価回路ジェネレータ使用例

### ー静電容量型デバイス その1ー

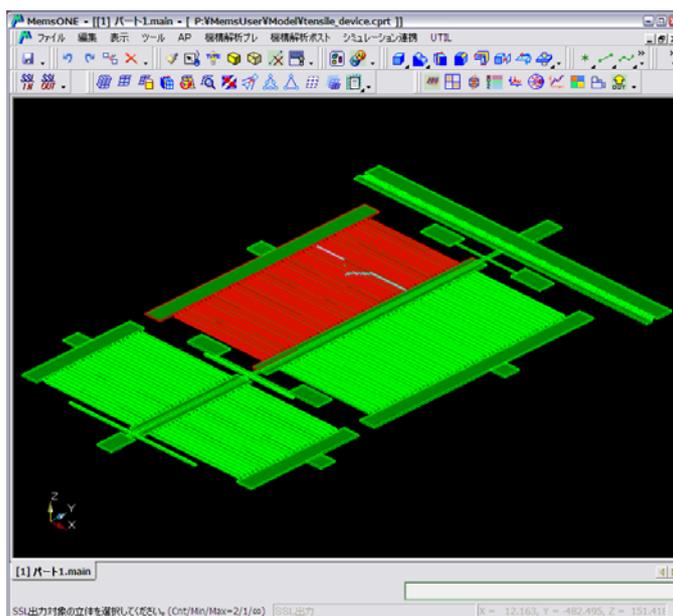
#### 1. デバイス構造 (MEMS One で表示)



3D CAD データは事前にコンポーネントごとに分割しておく必要があります。(手順未記載)

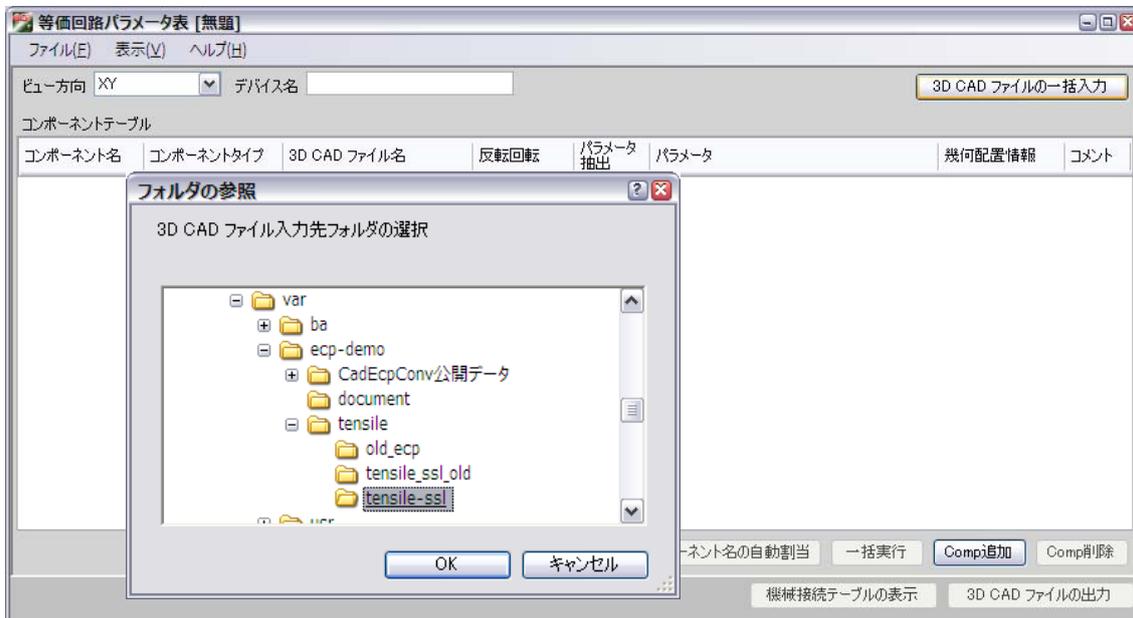
#### 2. SSL ファイル出力

コンポーネントごとに SSL ファイルに出力します。ツールバーの「SSL OUT」をクリックしたのちに、出力するコンポーネント (楕歯の場合は2つ) を「左クリック」で選択します。

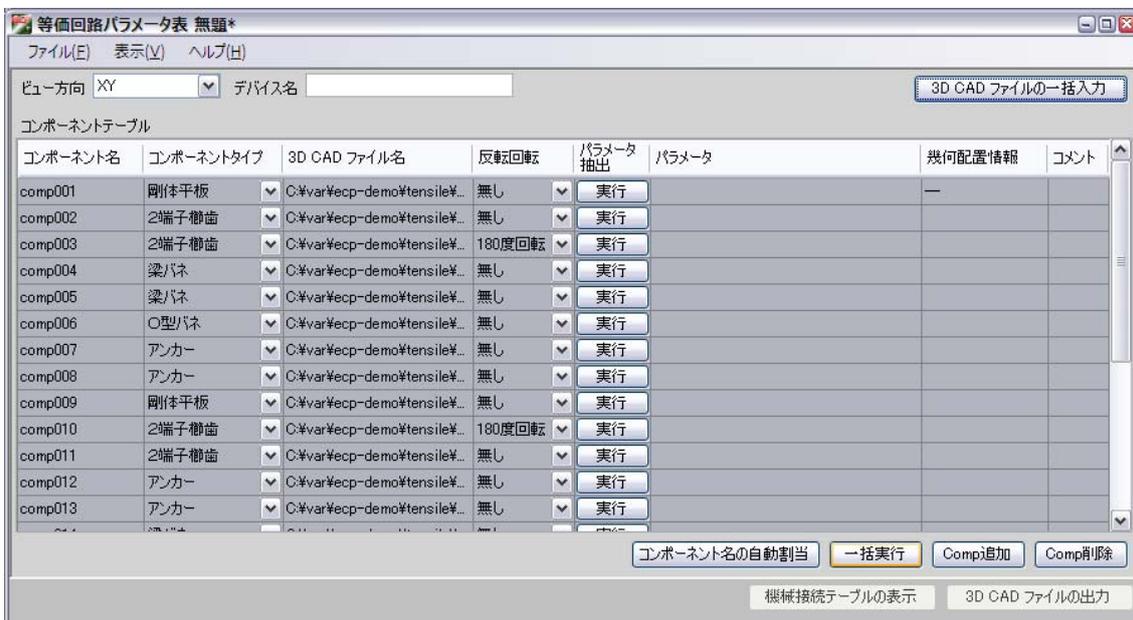




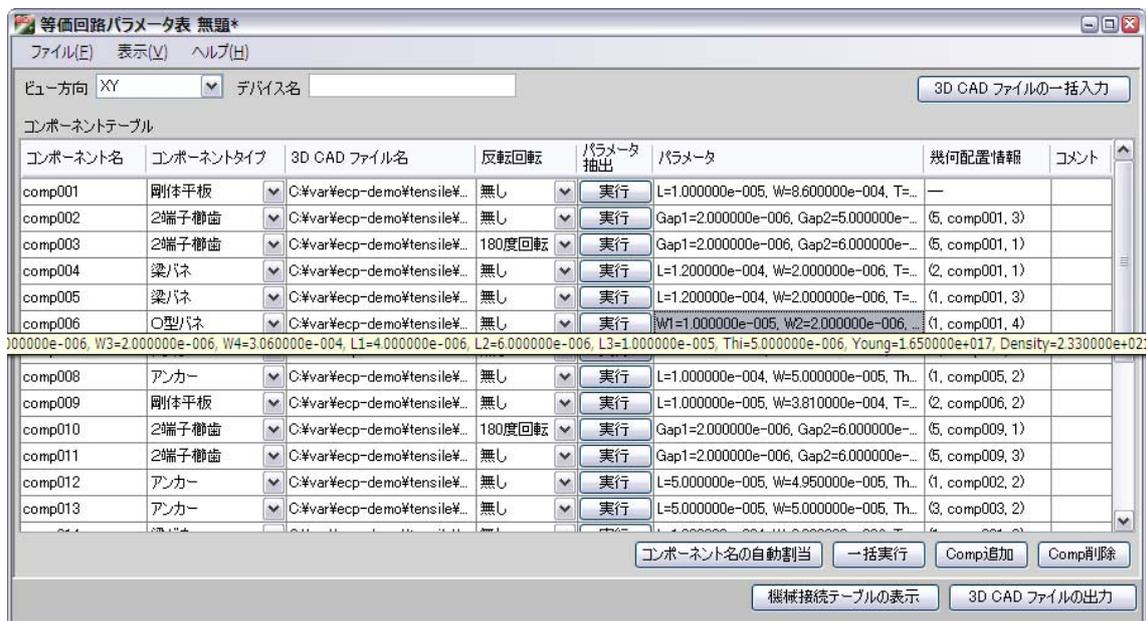
c) 右上の「3D CAD ファイルの一括入力」をクリックし、先ほど SSL ファイルを保存したフォルダを選択します。そのフォルダに含まれる SSL ファイルがすべて読み込まれることになります。



d) 適切にファイル名が設定されていればコンポーネントタイプ、反転回転の情報は適切に自動設定されます。設定しなかった場合などは各自適切にタイプ、反転回転を設定してください。



e) 右下 2 列目の 2 番目にある「一括実行」をクリックすると、自動的にデバイスのパラメータが抽出され、幾何配置情報が設定されます。



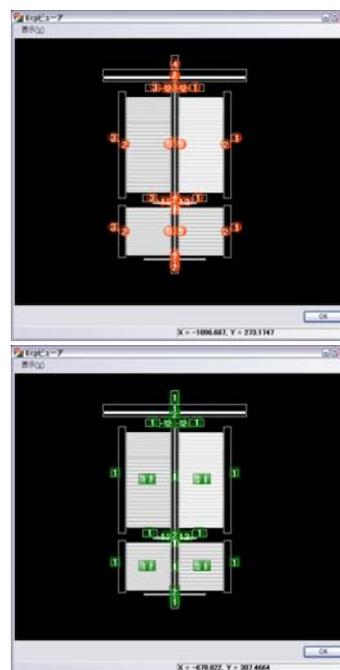
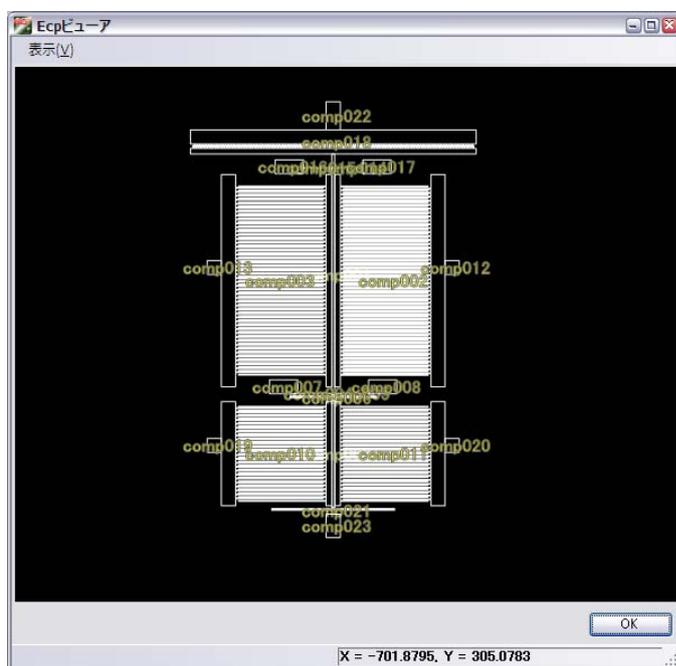
各コンポーネントのパラメータ欄をダブルクリックするとパラメータがダイアログに表示されます。ここで値を修正することも可能です。



f) パラメータ抽出が適切に行われたかどうかは ECP ビューアで確認することができます。メニューから「表示-ECP ビューア」で起動します。

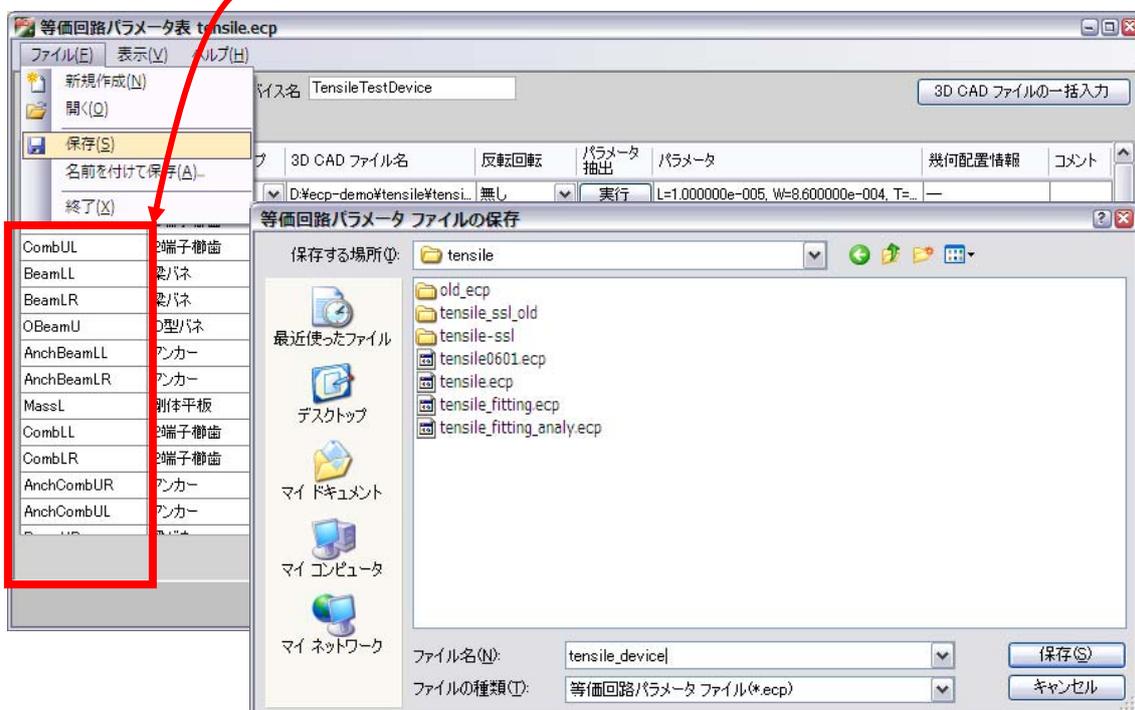


正しくパラメータ抽出されていれば、基の CAD データとほぼ同じ形状が出力されると考えられます。



g) (オプション)コンポーネント名を後の作業でわかりやすいように変更しておくことをお勧めします。

h) 「ファイル保存」でパラメータファイルを保存します。

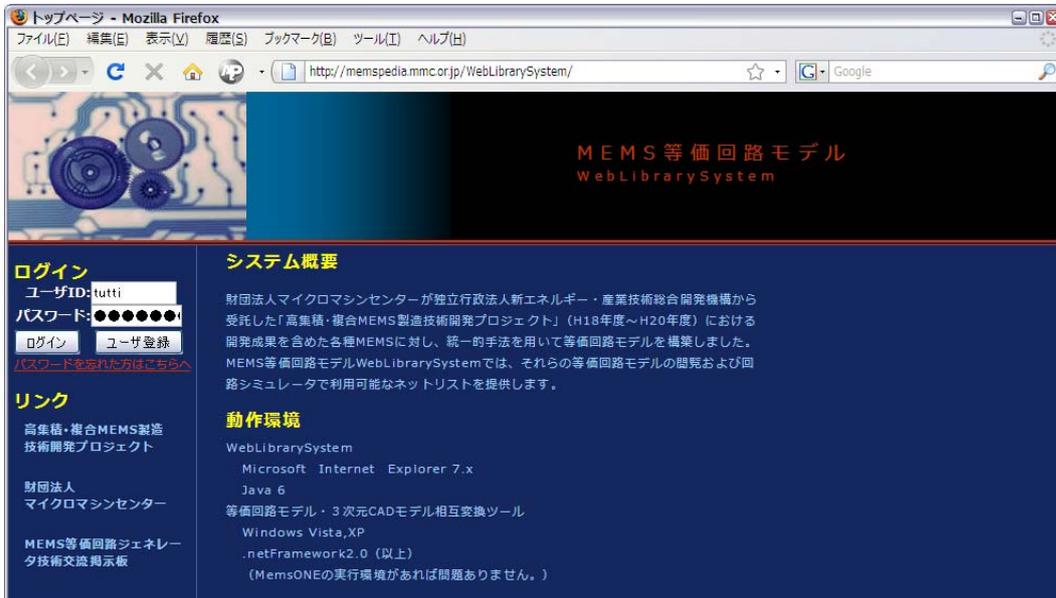


i) パラメータ表変換プログラムを終了します。

#### 4. 等価回路ジェネレータを用いたネットリスト作成

a) 等価回路ジェネレータウェブサイト (MEMS 等価回路モデル WebLibrarySystem)

<http://memspedia.mmc.or.jp/WebLibrarySystem/> にアクセスします。



b) ログイン後、「コンポーネント複合モデル」をクリック、「等価回路ジェネレータ」をクリックし、等価回路ジェネレータのページに移動します。



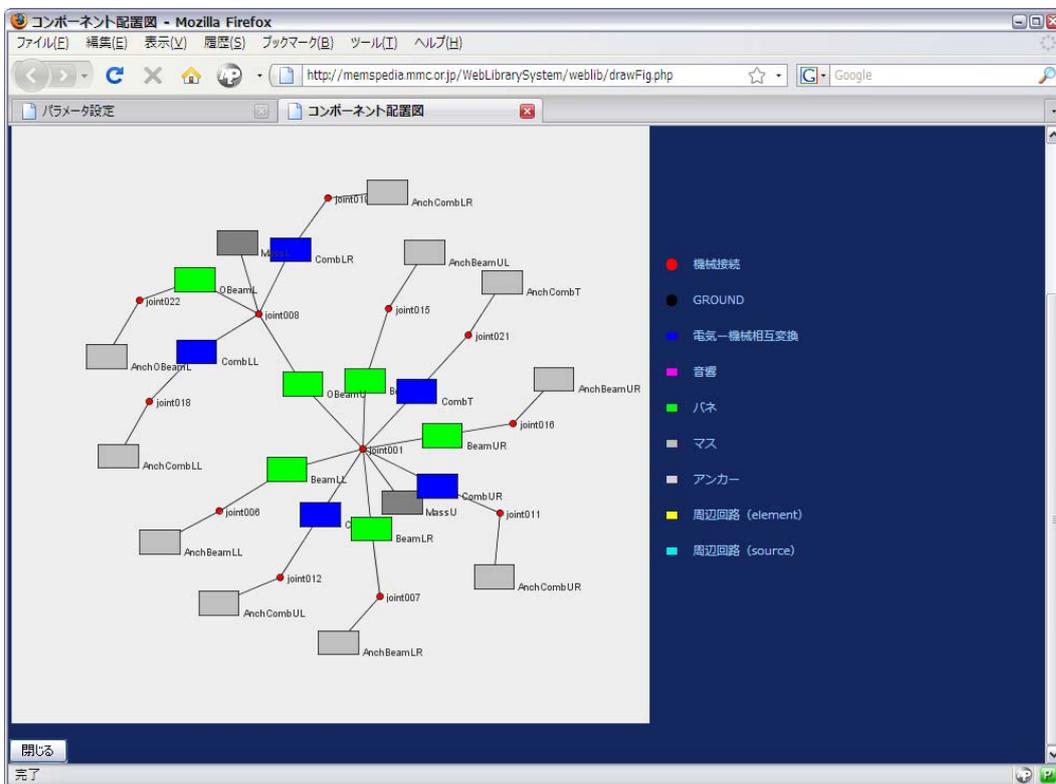
c) 前ステップで作成したコンポーネントパラメータファイル(\*.ecp)を読み込みます。  
「読み込」をクリック。



「参照」でファイルを指定し、「読み込」をクリックします。



「図の表示」をクリックするとコンポーネントの接続関係をグラフで表示した画面がポップアップします。



この画面は残しておいたほうが良いです。

d) 解析する変位方向を設定します。今回は面内2軸、すなわち x,y 軸の解析を行います。



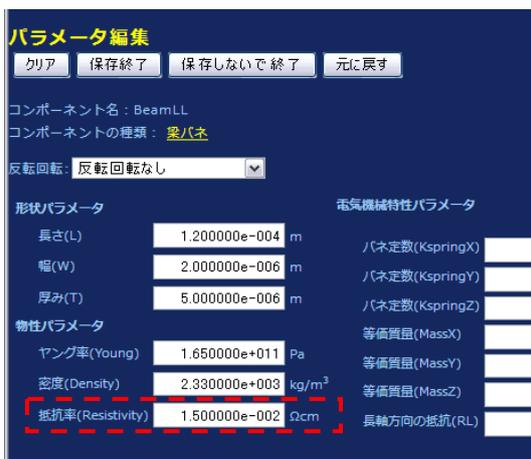
e) 等価回路パラメータ抽出に必要なパラメータで設定が必要なパラメータを設定します。左の列のコンポーネント一覧で各欄の「編集」をクリックします。今回は以下の種類のコンポーネントについてそれぞれ指定する項目を入力しました。



e-1) 剛体平板： 基板からの高さ (H)



e-2) 梁バネ, O型バネ： 抵抗率(Resistivity)



e-3) 2端子櫛歯： 基板からの高さ (Hm), 直流バイアス電圧(BiasVolt), 浮遊容量(Cstray)

コンポーネント名: CombUR  
 コンポーネントの種類: 2端子櫛歯

反転回転: 反転回転なし

形状パラメータ		電気機械特性パラメータ	
櫛歯間のギャップ(Gap1)	2.000000e-006 m	構造部 1 の質量(Mass1)	
櫛歯間のギャップ(Gap2)	5.000000e-006 m	構造部 2 の質量(Mass2)	
初期歪なり幅(X0)	3.000000e-004 m	直流動作点における櫛歯間容量(C0)	
櫛歯の長さ(Lc)	3.100000e-004 m	直流動作点における櫛歯間容量の1次微係数値(Cdx)	
櫛歯の幅(Wc)	3.505155e-006 m	直流動作点における櫛歯間容量の1次微係数値(Cdy)	
櫛歯の厚み(Thi1)	5.000000e-006 m	直流動作点における櫛歯間容量の1次微係数値(Cdz)	
櫛歯の厚み(Thi2)	5.000000e-006 m	直流動作点における櫛歯間容量の2次微係数値(Cdx2)	
土台の長さ(Lm)	7.580000e-004 m	直流動作点における櫛歯間容量の2次微係数値(Cdxdy)	
土台の幅(Wm1)	5.000000e-005 m	直流動作点における櫛歯間容量の2次微係数値(Cdxdz)	
土台の幅(Wm2)	2.000000e-005 m	直流動作点における櫛歯間容量の2次微係数値(Cdy2)	
繰り返し数(Num)	48	直流動作点における櫛歯間容量の2次微係数値(Cdydz)	
基板からの高さ(Hm)	2.000000e-006 m	直流動作点における櫛歯間容量の2次微係数値(Cdz2)	
物性パラメータ		構造部 1 の機械抵抗(Rfx1)	
密度(Density)	2.330000e+003 kg/m <sup>3</sup>	構造部 1 の機械抵抗(Rfy1)	
電気パラメータ		構造部 1 の機械抵抗(Rfx2)	
直流/バイアス電圧(BiasVolt)	2.000000e+000 V	構造部 2 の機械抵抗(Rfx2)	
		構造部 2 の機械抵抗(Rfy2)	
		構造部 2 の機械抵抗(Rfx2)	
		浮遊容量(Cstray)	1e-12 F

注：ヤング率，密度は CAD データ上で設定していない場合はコンポーネントモデル変換ツールでデフォルト値に設定されるため，編集の必要があります。

f) 「電気機械パラメータ抽出」をクリックすると，各コンポーネントの電気機械パラメータが計算されます。

21 AnchCombLR [編集] [削除]

22 OBeamL [編集] [削除]

23 AnchOBeamL [編集] [削除]

パラメータ抽出

SPICE3  
 解析方法 なし

ネットリストのダウンロード 計算実行

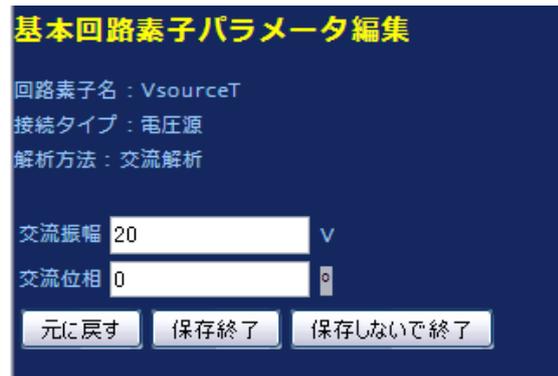
結果例：右図

コンポーネント名: CombUR  
 コンポーネントの種類: 2端子櫛歯

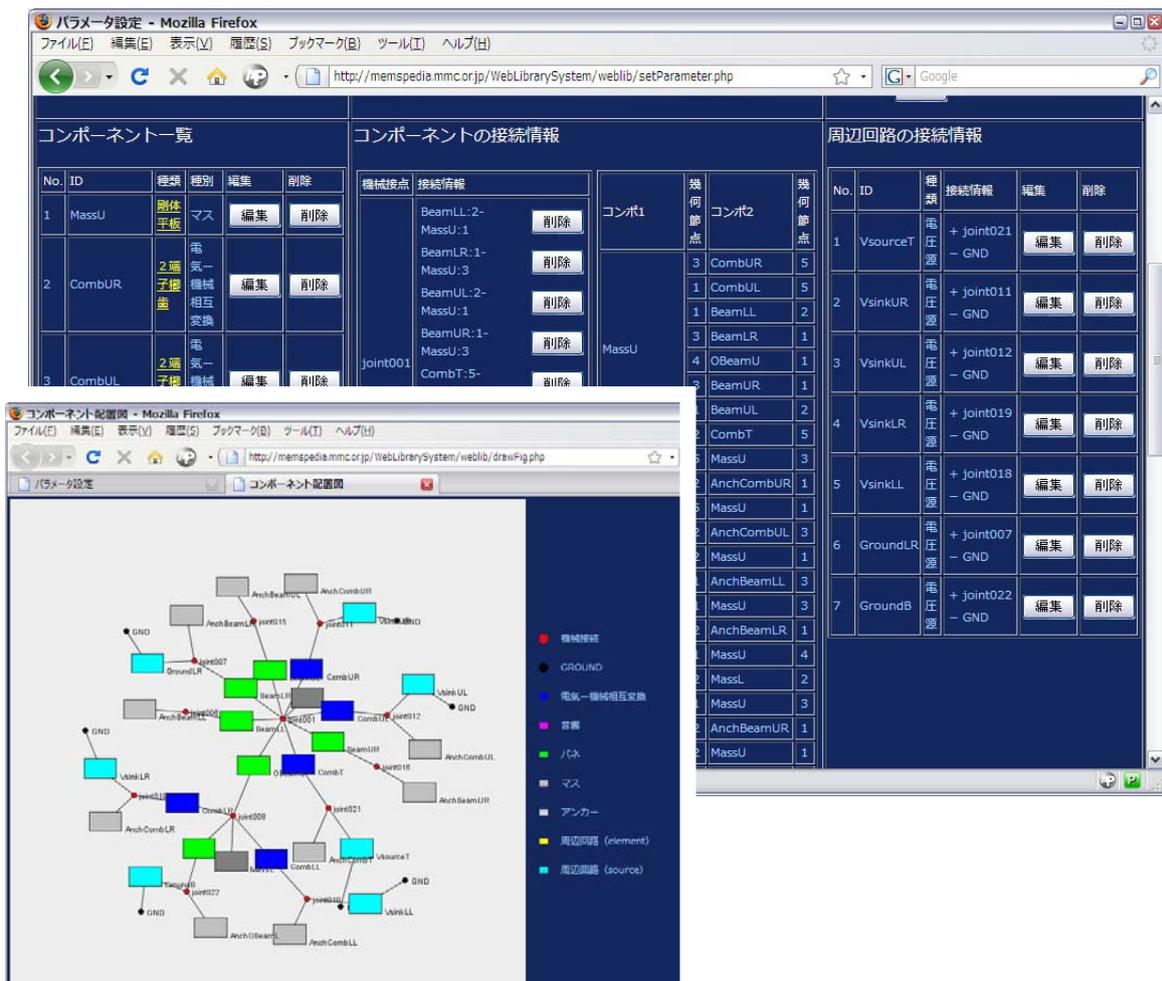
反転回転: 反転回転なし

形状パラメータ		電気機械特性パラメータ	
櫛歯間のギャップ(Gap1)	2.000000e-006 m	構造部 1 の質量(Mass1)	1.049161e-09 kg
櫛歯間のギャップ(Gap2)	5.000000e-006 m	構造部 2 の質量(Mass2)	7.969985e-10 kg
初期歪なり幅(X0)	3.000000e-004 m	直流動作点における櫛歯間容量(C0)	7.283393e-13 F
櫛歯の長さ(Lc)	3.100000e-004 m	直流動作点における櫛歯間容量の1次微係数値(Cdx)	-1.639819e-09 F/m
櫛歯の幅(Wc)	3.505155e-006 m	直流動作点における櫛歯間容量の1次微係数値(Cdy)	1.339412e-07 F/m
櫛歯の厚み(Thi1)	5.000000e-006 m	直流動作点における櫛歯間容量の1次微係数値(Cdz)	2.395234e-24 F/m
櫛歯の厚み(Thi2)	5.000000e-006 m	直流動作点における櫛歯間容量の2次微係数値(Cdx2)	3.019428e-05 F/m <sup>2</sup>
土台の長さ(Lm)	7.580000e-004 m	直流動作点における櫛歯間容量の2次微係数値(Cdxdy)	-4.464706e-04 F/m <sup>2</sup>
土台の幅(Wm1)	5.000000e-005 m	直流動作点における櫛歯間容量の2次微係数値(Cdxdz)	-7.984112e-21 F/m <sup>2</sup>
土台の幅(Wm2)	2.000000e-005 m	直流動作点における櫛歯間容量の2次微係数値(Cdy2)	1.696659e-01 F/m <sup>2</sup>
繰り返し数(Num)	48	直流動作点における櫛歯間容量の2次微係数値(Cdydz)	-2.399132e-15 F/m <sup>2</sup>
基板からの高さ(Hm)	2.000000e-006 m	直流動作点における櫛歯間容量の2次微係数値(Cdz2)	-1.000598e-01 F/m <sup>2</sup>
物性パラメータ		構造部 1 の機械抵抗(Rfx1)	1.765752e-06 N/m
密度(Density)	2.330000e+003 kg/m <sup>3</sup>	構造部 1 の機械抵抗(Rfy1)	5.220987e-06 N/m
電気パラメータ		構造部 1 の機械抵抗(Rfx2)	2.124072e-04 N/m
直流/バイアス電圧(BiasVolt)	2.000000e+00 V	構造部 2 の機械抵抗(Rfx2)	1.565459e-06 N/m
		構造部 2 の機械抵抗(Rfy2)	5.020592e-06 N/m
		構造部 2 の機械抵抗(Rfx2)	1.619676e-05 N/m
		浮遊容量(Cstray)	1e-12 F

g) 電圧源の設定：右列の「周辺回路設定」において周辺回路を追加します。今回は、全ての櫛歯に電圧源をつなぎ、下端のアンカーと梁バネにつながるアンカーの一つを GND に接続しています。「設定」後に「編集」でパラメータを設定します。



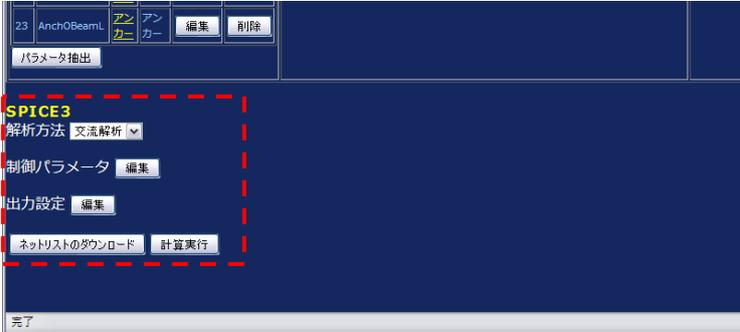
全て周辺回路を設定した後のリストと配置図



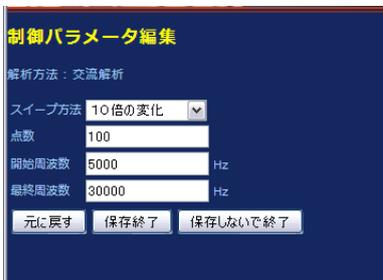
## 5. WebLibrary を用いた SPICE3 解析

a) パラメータ設定ページ下部の「解析方法」, 「制御パラメータ」, 「出力設定」を設定します。

a-1) 解析方法：交流解析



a-2) 制御パラメータ設定



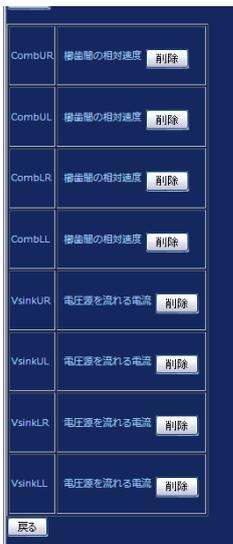
a-3) 出力設定

例： 櫛歯の相対速度

電圧源の電流

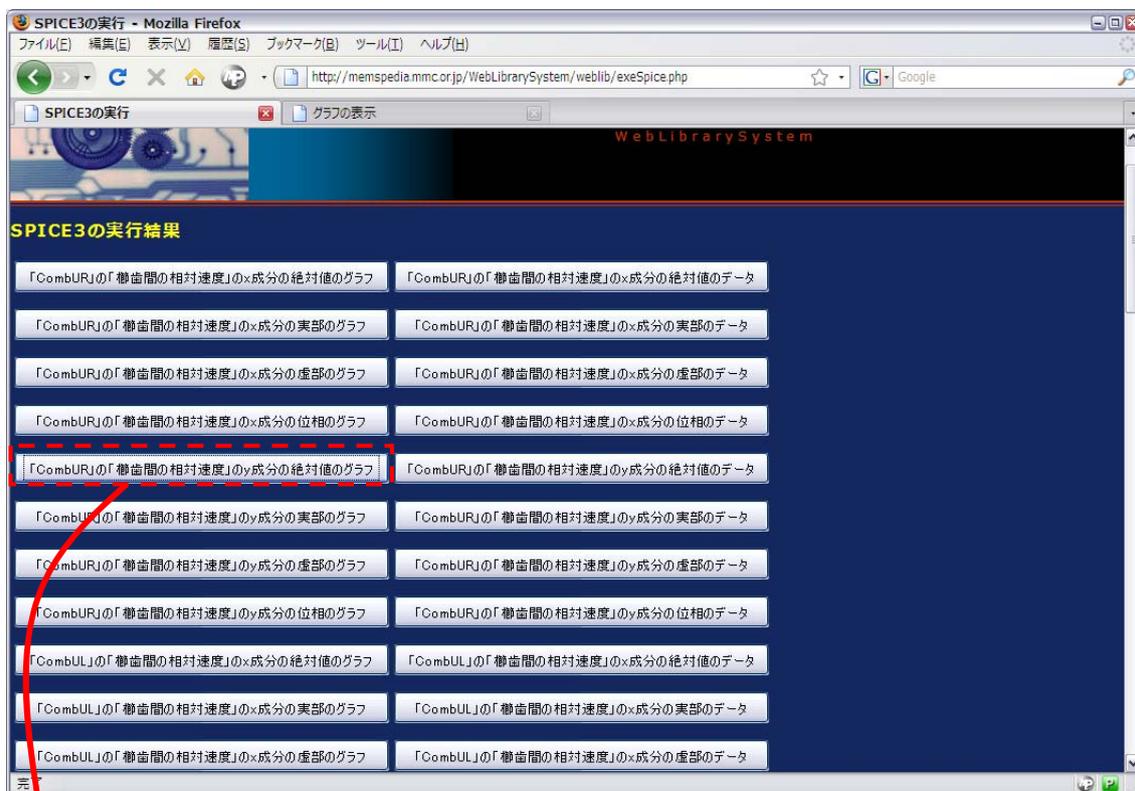


設定結果

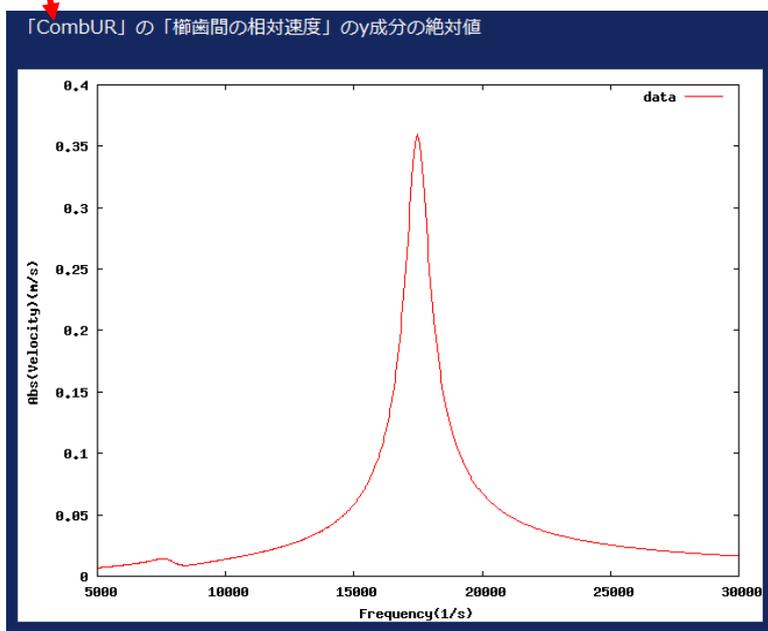


b) 解析実行：「計算実行」をクリック

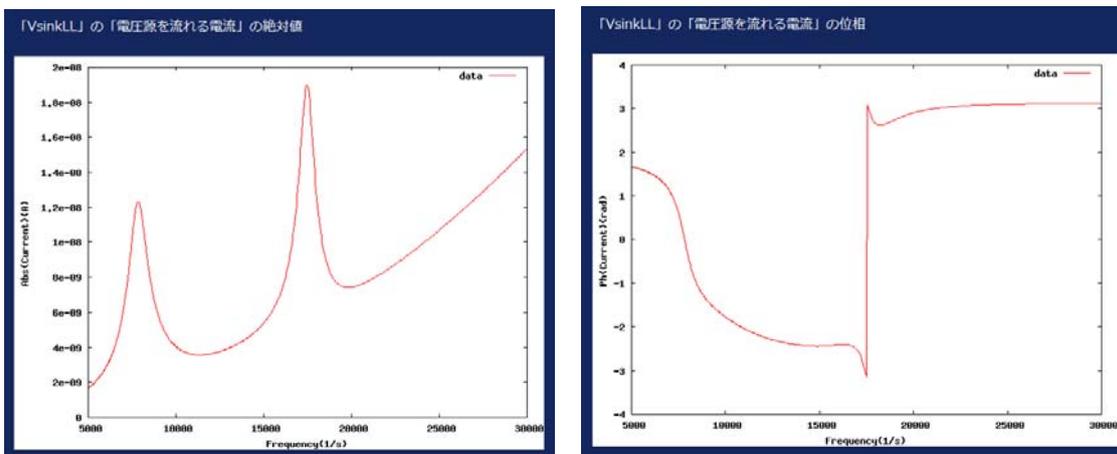
それぞれの項目のボタンを押すと結果のグラフ表示，データ表示が行われます。



結果例 1：櫛歯間の相対速度



結果例 2 : 電圧源を流れる電流

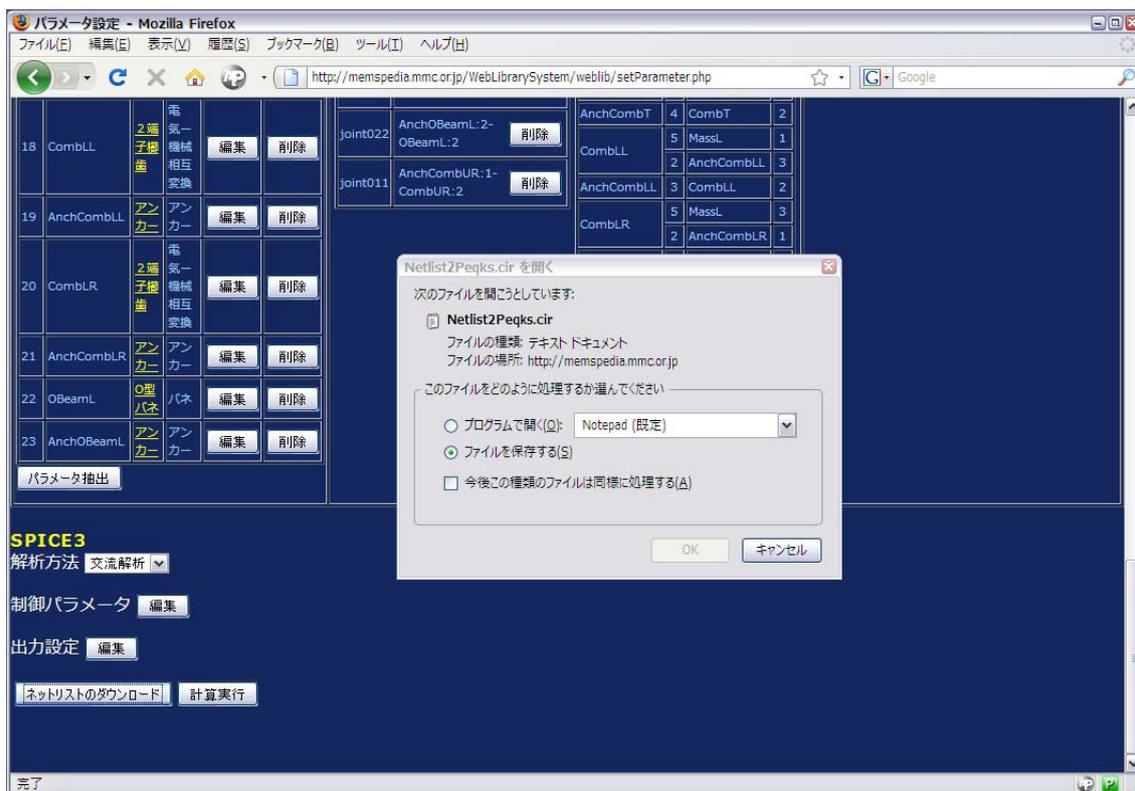


6. 外部の SPICE ツールによる解析 : LT Spice を利用しています.

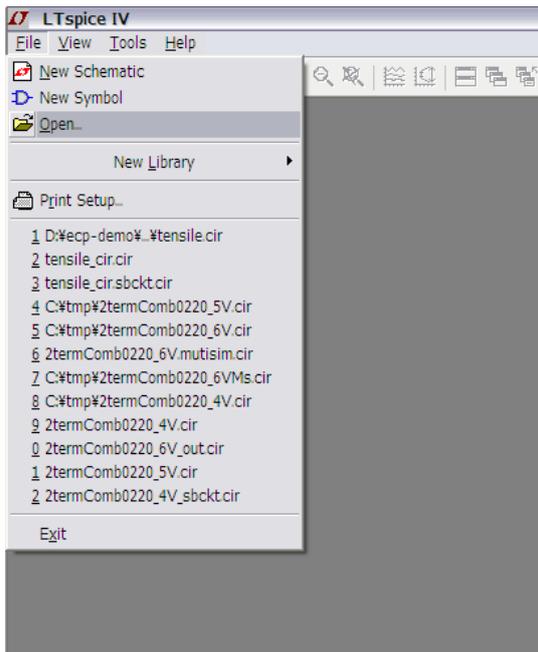
<http://www.linear-tech.co.jp/designtools/software/#Spice>

a) 解析条件設定 : 5.a)と同じです.

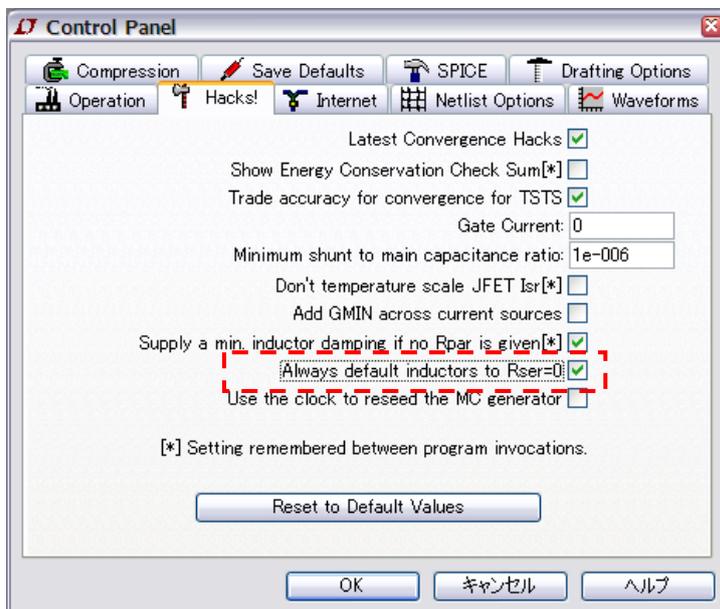
b) ネットリストのダウンロードをクリックして, ネットリストファイルを保存します.



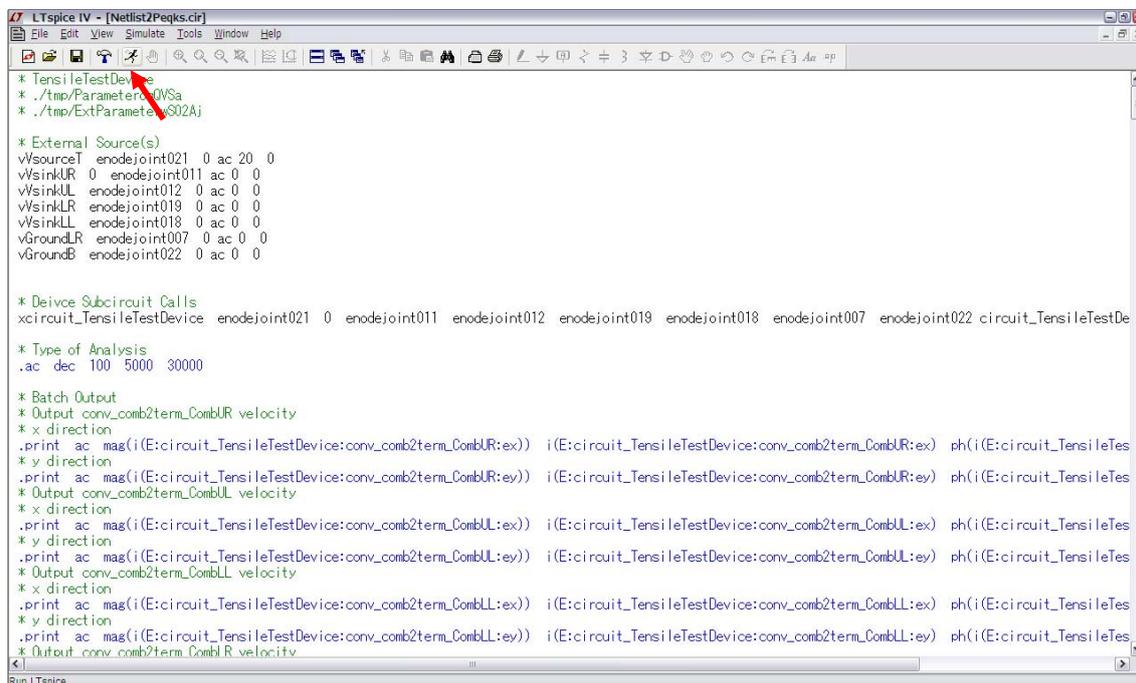
b) LT Spice を起動し, ネットリストファイル(\*.cir)を開きます.



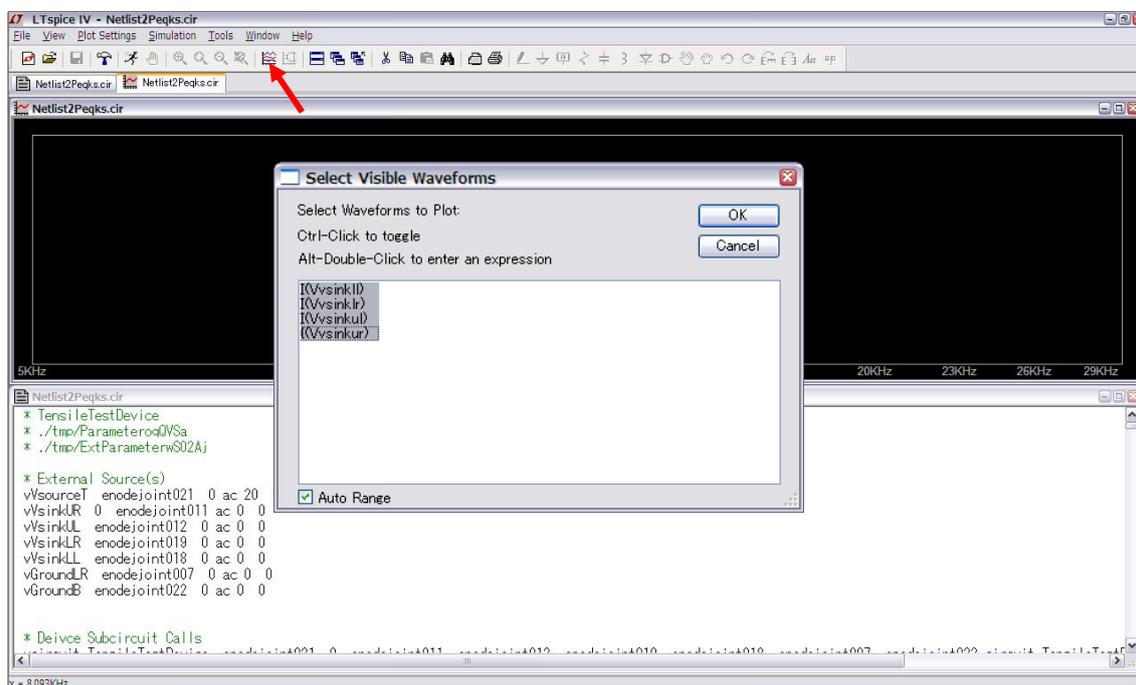
c) 解析を実行する前に、メニューの「tools – Control Panel」を開き、「Hacks!」タブの「Always default inductors to Rser=0」のチェックをオンにします。



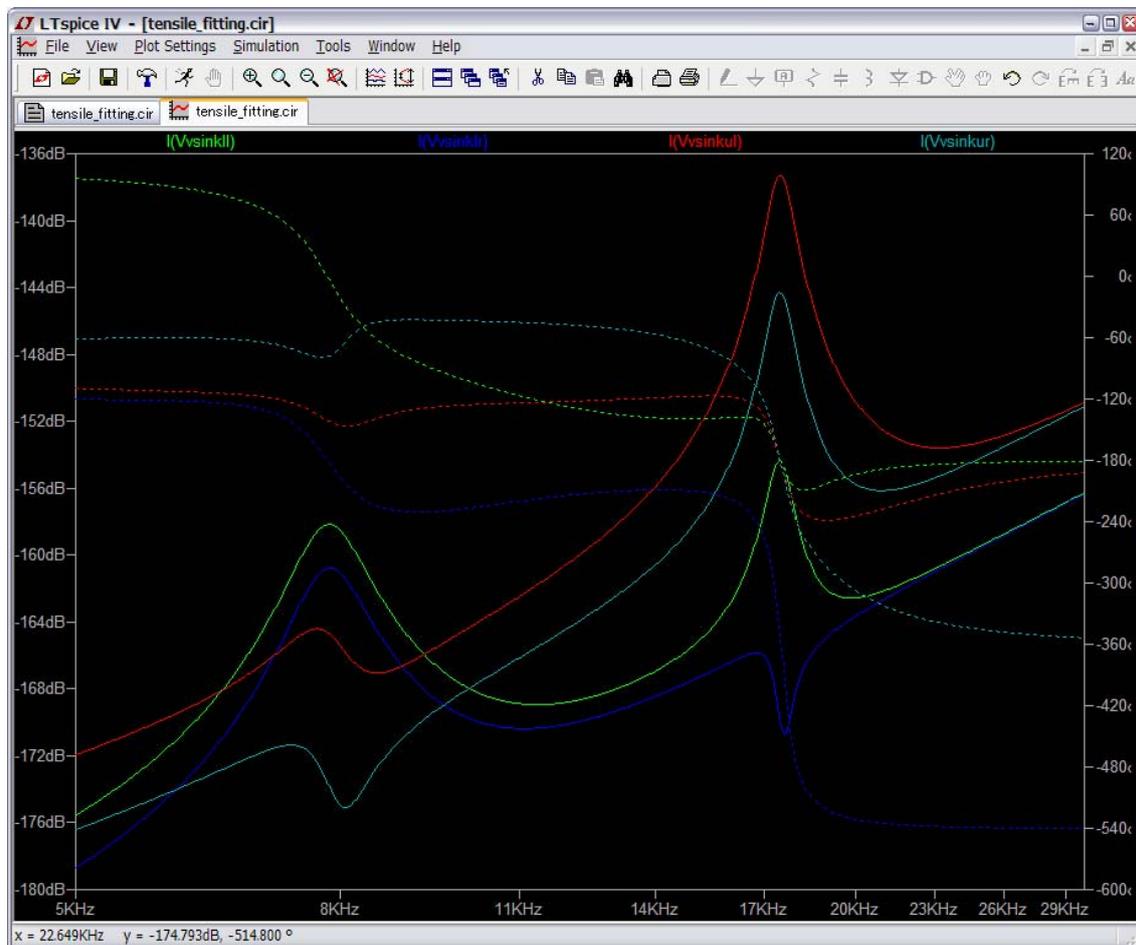
d) 解析を実行します。



e) 結果表示項目の選択



e) 結果表示



以上