

S-NAP Microwave Suite

ダイジェストマニュアル

2014 年 9 月発行

Release 7.0

株式会社エム・イー・エル

〒452-0808

名古屋市西区宝地町 2 0 7

TEL +8152-504-6068

FAX +8152-504-6067

URL: <http://www.melinc.co.jp>

ご注意

- 本ソフトウェア及びマニュアルは著作権法で保護されており、(株)エム・イー・エルの文書による許可がない限り、複製、転載、改編などは一切できません。
- 本ソフトウェア（ソフトウェア、マニュアル）に関する著作権、販売権及び全ての権利は(株)エム・イー・エルが所有します。
- 本製品をご使用にあたっての結果、またはそれに起因する損害などにつきましては、(株)エム・イー・エルは一切の責任を負いかねますのでご了承ください。
- 本書に掲載された画面などは実際のものと一部異なる場合がございますが、機能的に大きな相違はございませんのでご了承ください。
- 本プログラム及びマニュアルは予告無しに変更する場合があります。

(株)エム・イー・エル

<目次>

ご注意	2
システム概要	5
プログラムホルダ	5
起動	5
設定	6
パス設定	6
各ホルダ内容	6
ソフトウェアの構造	7
プロジェクトの作成	8
回路エディタと回路シミュレーション	8
旧バージョンファイルの読み込みと回路ファイルだけの保存	9
自動設計機能 (S-NAP/Design)	10
ジオメトリエディタへの出力機能	11
ジオメトリエディタと電磁界シミュレーション	12
旧バージョンファイルの読み込みと図形ファイルだけの保存	13
チュートリアル	15
起動	15
プロジェクトの作成	15
回路シミュレーションの手順	16
回路の作成	16
素子を選択する	16
部品を配置する	16
プロパティ入力	18
単位記号について	19
ワイヤで結ぶ	20
接続点	21
回路の保存	21
シミュレータの起動	22
グラフ表示	24
パラメータの選択	24
S パラメータを用いる回路の例	26
エレメント	26
プロパティ	26
S パラメータ素子と自動設計の例	27
マイクロストリップを用いる回路の例	29
最適化, チューニングの例	30
最適化サンプル回路	30
線形応答波形解析	35
回路の形式	35
サンプル回路	35
解析設定	36
解析結果	37

電磁界シミュレーションの手順	38
サンプル 1 : (パターンだけの例)	38
電磁界解析メンバの追加.....	47
サンプル (2) (部品を含む例)	48
電磁界解析メンバの追加.....	59
アンテナ解析例.....	60
パッチアンテナ (片方向に放射するもの)	61
ダイポールアンテナ (両方向に放射するもの)	64
付録	69
回路部品 (抜粋)	69
抵抗素子 (RES)	70
<特記事項>	70
キャパシタ (CAP)	71
<特記事項>	71
インダクタ (IND)	72
<特記事項>	72
アドミッタンス素子 (ADM)	73
インピーダンス素子 (IMP)	74
トランス (TRN)	75
<特記事項>	75
電気長伝送線路 (TLIN)	76
<特記事項>	76
電気長線路オープンスタブ (TOPEN)	77
結合伝送線路 (TCPL)	78
<特記事項>	78
理想変成器 (ITRNS)	79
<特記事項>	79
マイクロストリップ.....	80
<特記事項>	80
マイクロストリップオープンスタブ.....	81
<特記事項>	81
2ラインカップルマイクロストリップ.....	82
<特記事項>	82
マイクロストリップエッジカップルBPF.....	83
<特記事項>	83
2ポートパラメータ素子 (パラメータ素子群)	84
<特記事項>	84
ポート (PORT)	87
<モード別機能>	88
<信号の割り当て>	88
<特記事項>	88

システム概要

プログラムホルダ

📁 マニュアル	2014/03/23 16:08
🗂️ GEOMシンボルエディタ	2014/03/23 16:08
🗂️ S-NAP MICROWAVE V7	2014/03/23 16:08
🗂️ ユーティリティ	2014/03/23 16:08
📄 ライセンス, チュートリアル	2014/03/23 16:08
🗂️ 回路シンボルエディタ	2014/03/23 16:08

起動

SNAP MICROWAVE SUITE(V7)のプログラムホルダから「S-NAP MICROWAVE V7」を選択し起動します。

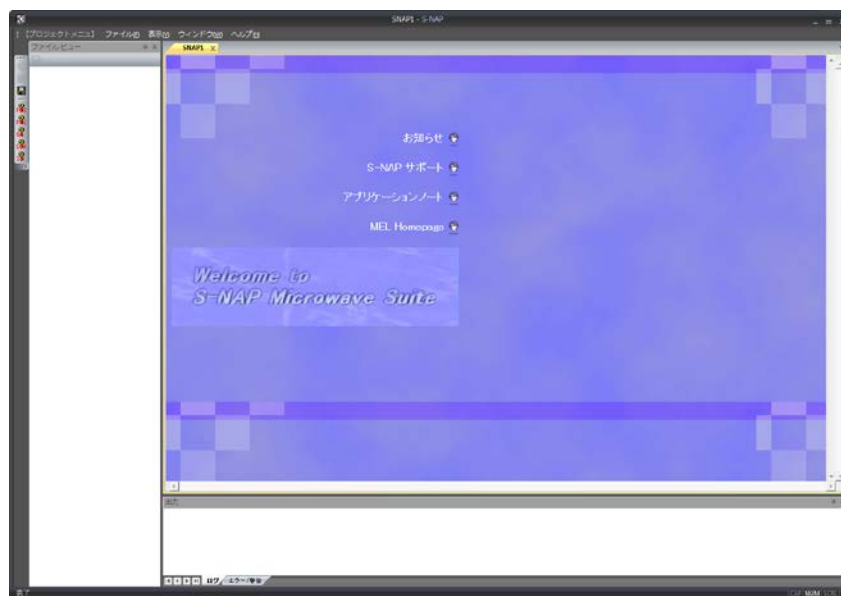
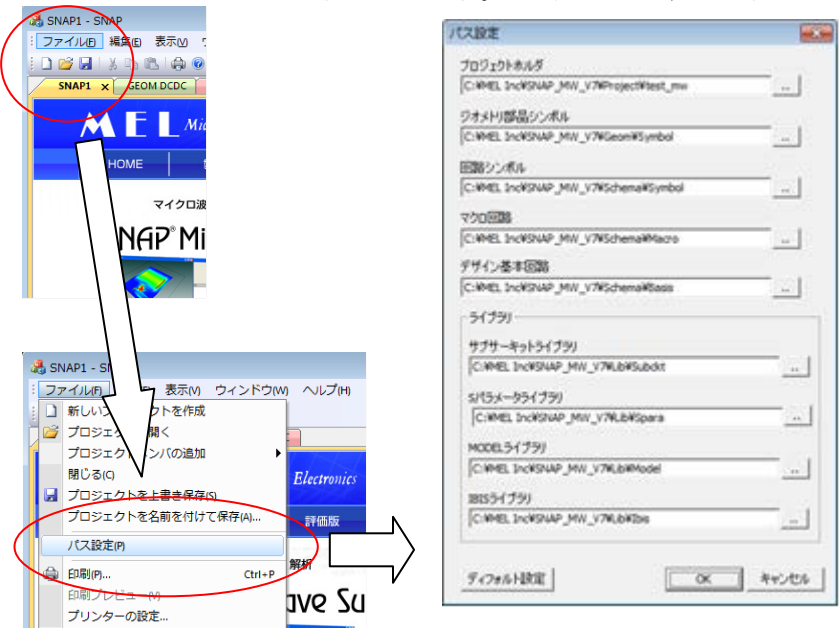


図 1 起動画面

設定

パス設定

各種パスの設定は、トップページのメニューで「ファイル」→「パス設定」と進み、図 2 の設定ダイアログを表示します。[デフォルト] ボタンを押すとインストール場所を参照して自動的にパスが設定できます。必要に応じて個別に設定してください。



パス設定ダイアログ

各ホルダ内容

プロジェクトホルダ	プロジェクトファイルを保存するホルダ	変更可
ジオメトリ部品シンボルホルダ	ジオメトリエディタでの部品テンプレートホルダ	規定値
回路シンボルホルダ	回路エディタにおける素子シンボルのホルダ	規定値
マクロ回路ホルダ	回路エディタにおけるマクロ回路のホルダ	規定値
サブサーキットライブラリ	実装部品のサブサーキットホルダで、「;」で複数のパスを指定可能	変更可
Sパラメータライブラリ	実装部品のSパラメータライブラリホルダ	変更可
モデルライブラリ	SPICEモデルなど、「.MODEL」で始まるライブラリ	変更可
IBISライブラリ	IBISモデルライブラリホルダ	変更可
VNA定義ファイル	ネットワークアナライザの定義ファイルホルダ	変更可

ソフトウェアの構造

S-NAP Microwave Suite(Ver.6)までは、回路シミュレータ(S-NAP/Pro)、電磁界シミュレータ(S-NAP/Field)、自動設計 (S-NAP/Design) がそれぞれ独立したアプリケーションとなっていました。S-NAP Microwave Suite(Ver.7)では、1つのプロジェクトは複数の回路ソリューションと複数の電磁界ソリューションを持つという考え方になっており、任意の数だけ回路やジオメトリを追加することができます。プロジェクトは1つのファイルで管理されており、プロジェクトを読み込むとすべての回路やジオメトリが展開されます。自動設計 (S-NAP/Design) 機能は回路エディタに包含されメニューの一つとなっています。

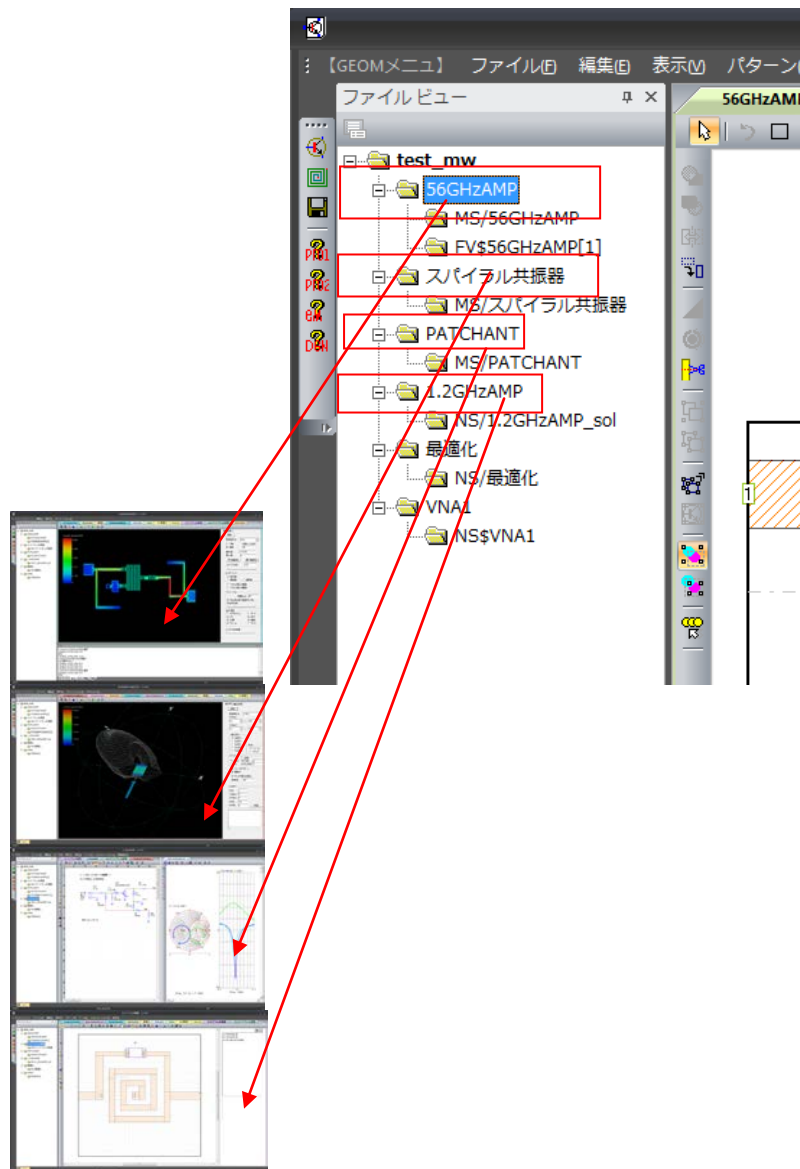
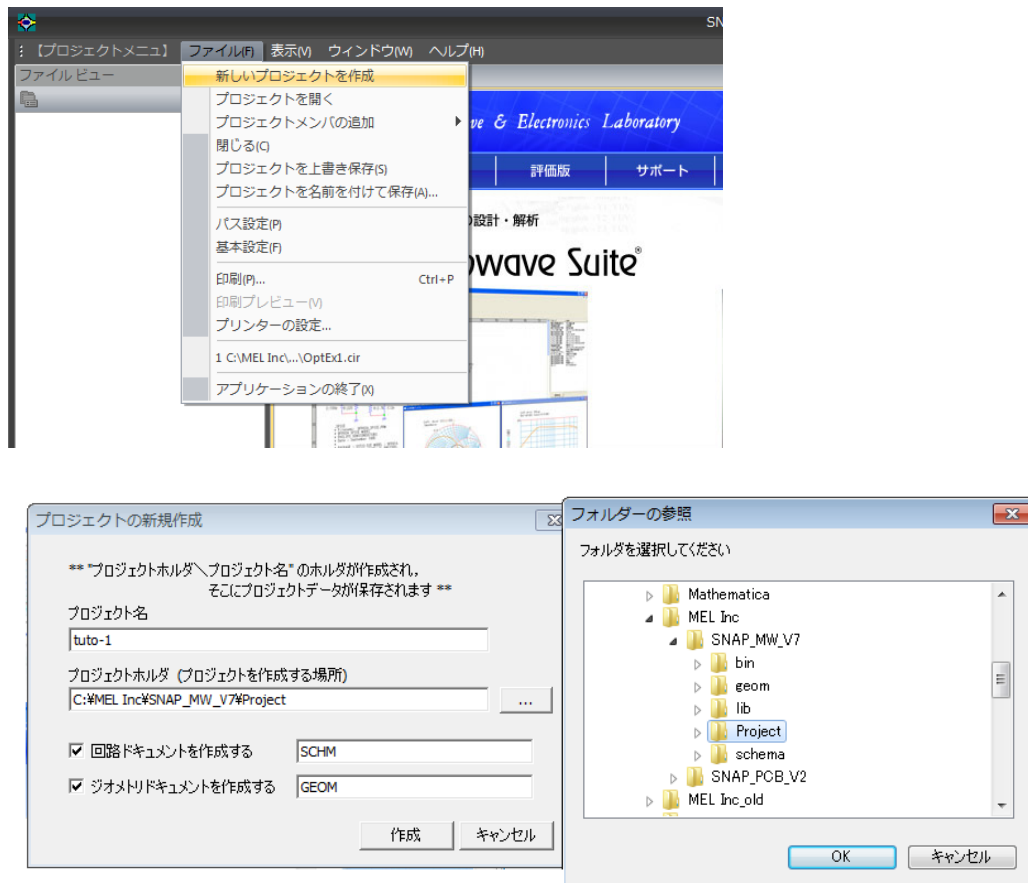


図 2

プロジェクトの作成

スタートページにおいて、「ファイル」→「新しいプロジェクトを作成」を行います。図 7 に設定例を示します。回路解析が必要な場合は「回路ドキュメントを作成する」を ON にし、電磁界解析が必要な場合は「ジオメトリドキュメントを作成する」にチェックを付けます。図の設定で回路ドキュメントとジオメトリドキュメントがそれぞれ 1 つずつ作成されます。さらにドキュメントを増やしたい場合は、「プロジェクトメンバの追加」を行います。



新規プロジェクトの作成

回路エディタと回路シミュレーション

回路図エディタと回路ソルバは対になっており、回路シミュレーションは回路図エディタの作業が終了したのち、「ソルバに出力」を実行します。この操作でネットリストが作成され、回路ソルバに渡されます。チューニングや最適化などは回路ソルバにあり、チューニング後の数値は回路エディタに戻すことができます。

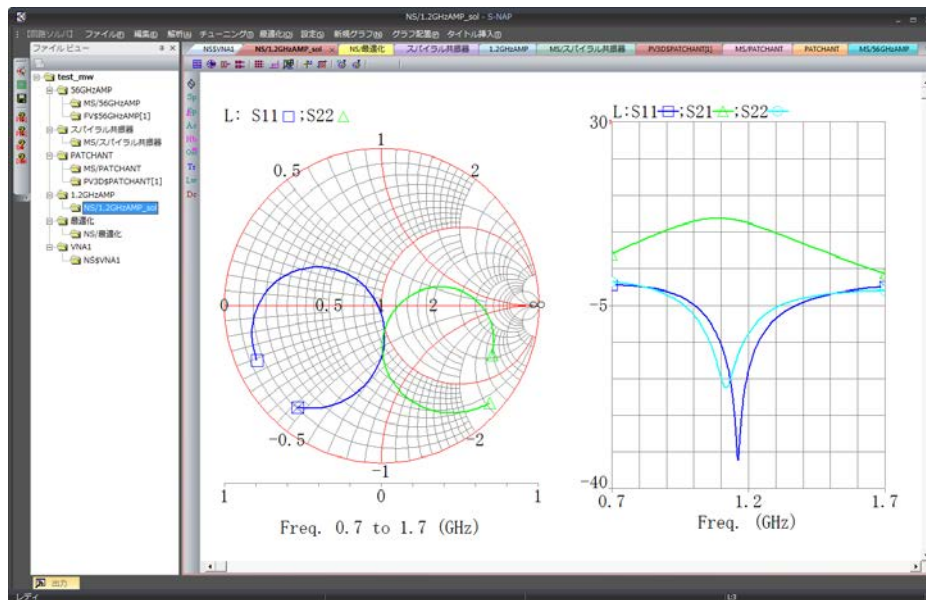
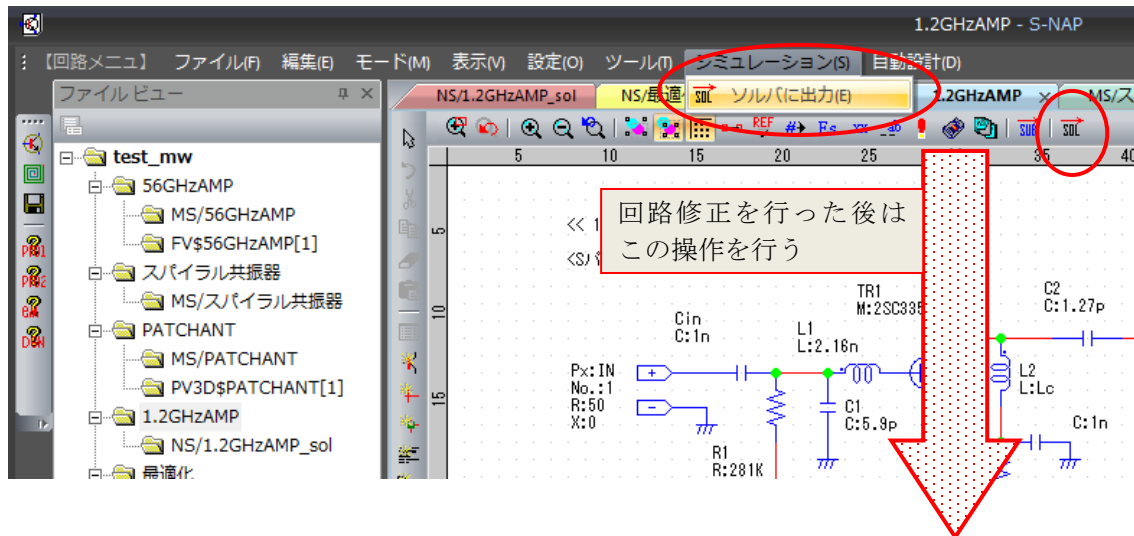


図3 回路シミュレーション

旧バージョンファイルの読み込みと回路ファイルだけの保存

VER.7 以前のファイルや回路ファイル単体を読み込む場合は、回路エディタメニューの「回路ファイルを開く」で行ってください。設定ファイル（拡張子「SET」）がある場合はこのファイルを読み込むかどうかとも問い合わせますので、必要に応じて読み込んでください。また、回路ファイル単体を書き出す場合は、同じように回路エディタメニューの「回路ファイルを名前を付けて保存」で行ってください。

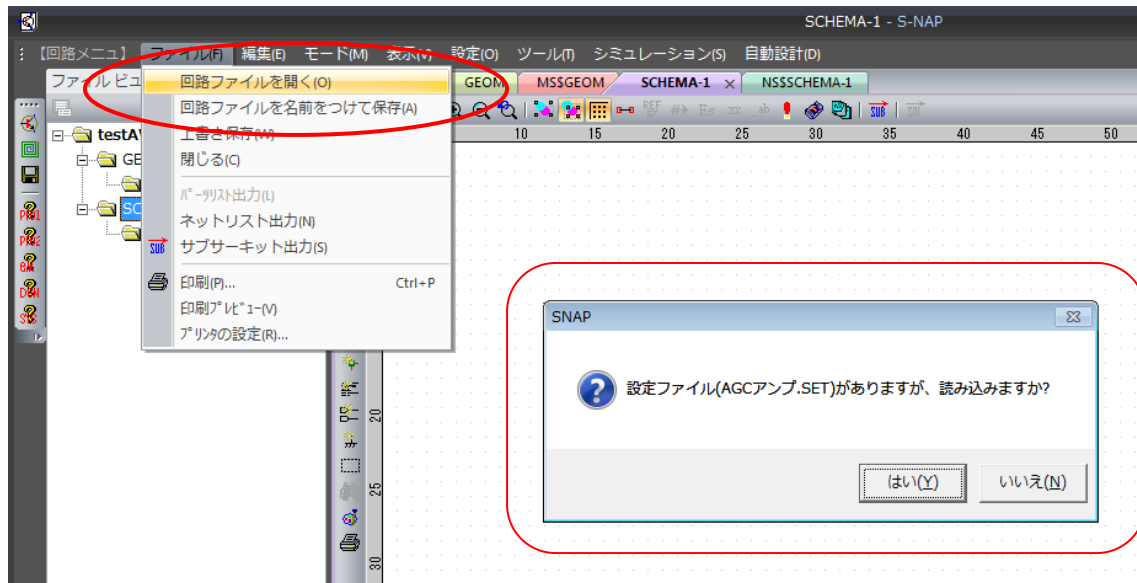


図 回路ファイル単体の読み書き

自動設計機能（S-NAP/Design）

自動設計（S-NAP/Design）機能は回路エディタに包含されメニューの一つとなっており、回路エディタメニューの「自動設計」を選択します。設計された回路はカレントの回路図内に出されます。「現在の回路を書き換える」で OK を押すと回路が書き換えられ、NO の場合現在の回路の下側に出力されます。

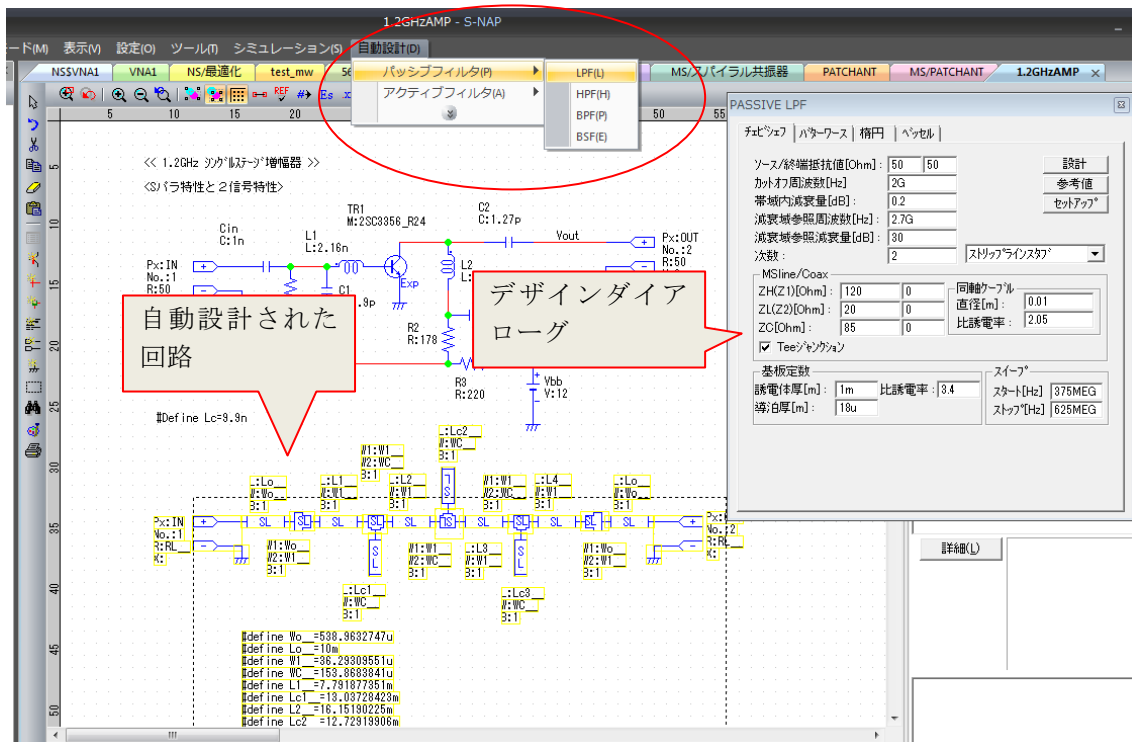


図 4 自動設計

ジオメトリエディタへの出力機能

これまでのバージョンでは、回路エディタで記述したマイクロストリップなどの回路を電磁界解析のジオメトリエディタに出力する場合、ファイル経由で行っていましたが、今回のバージョンからクリップボード経由になっております。ジオメトリエディタが起動している状態で、回路図エディタの「編集」→「ジオメトリ出力」を行うと、ジオメトリエディタ側で「貼り付け」が有効になります。ポートは自動的に付きませんので、ジオメトリ側で追加する必要があります。

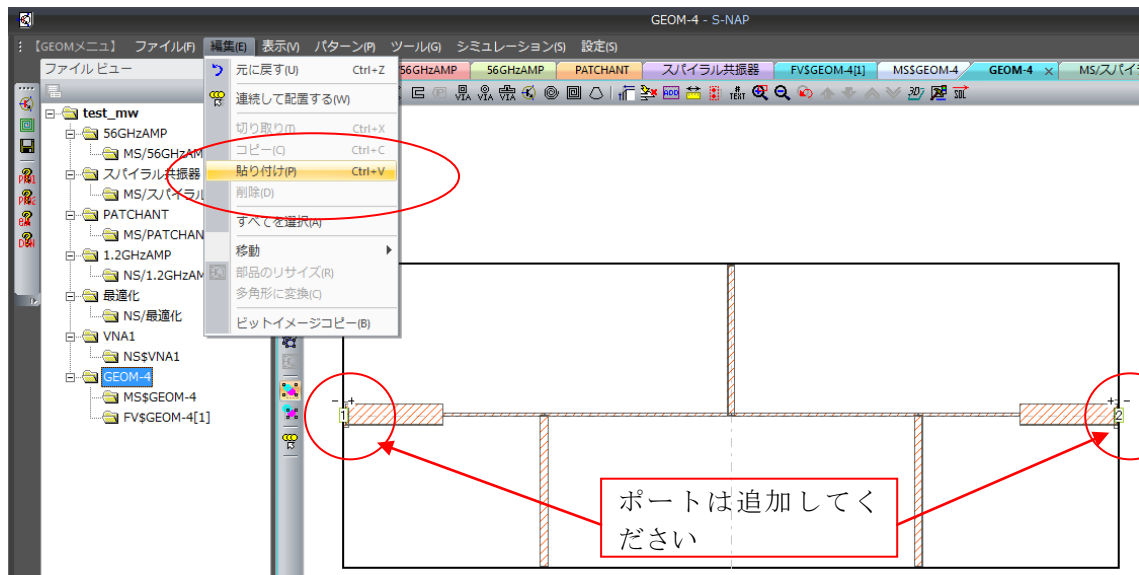
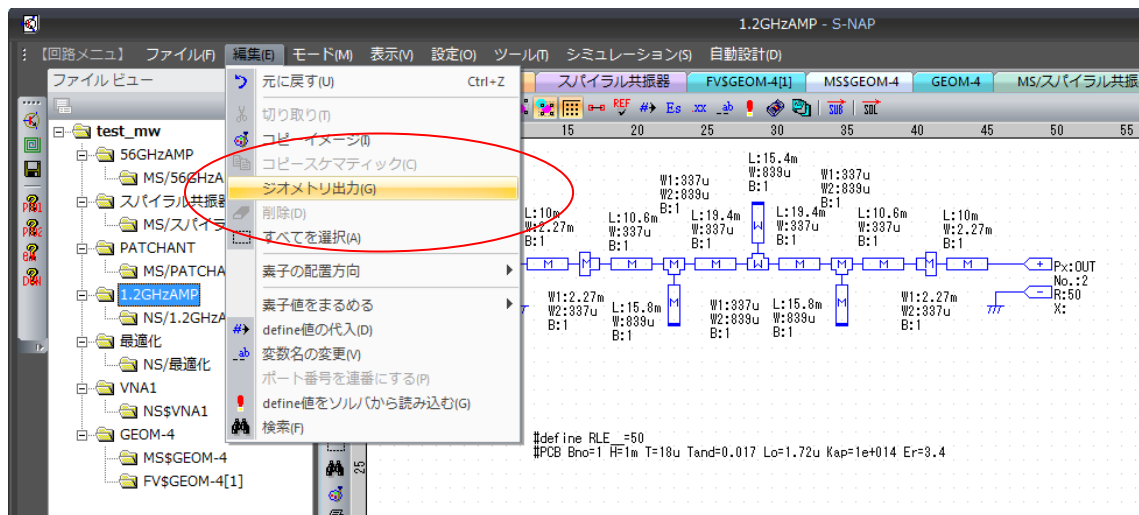
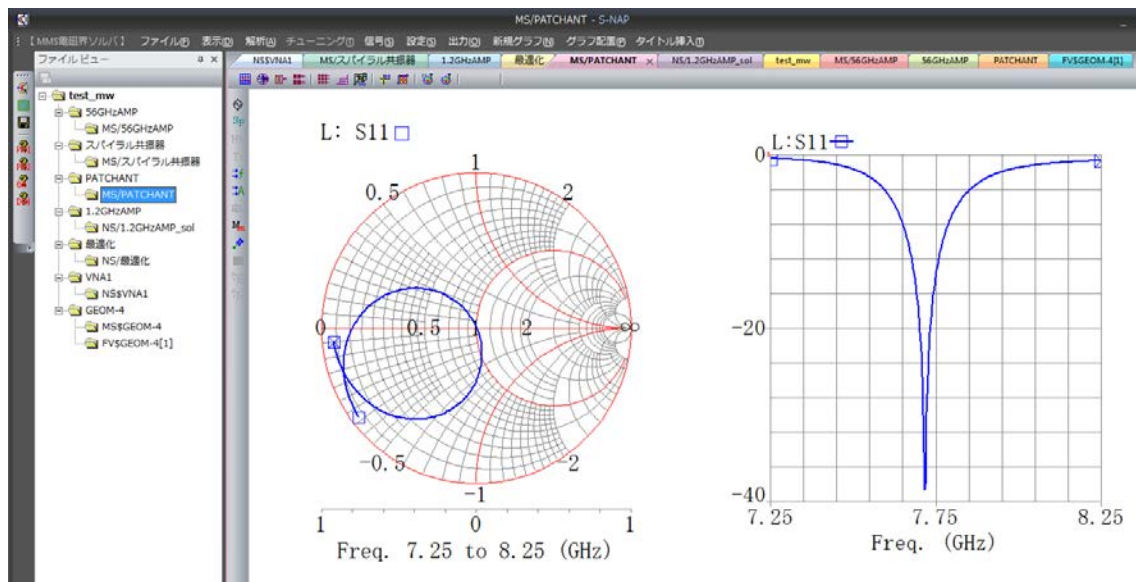
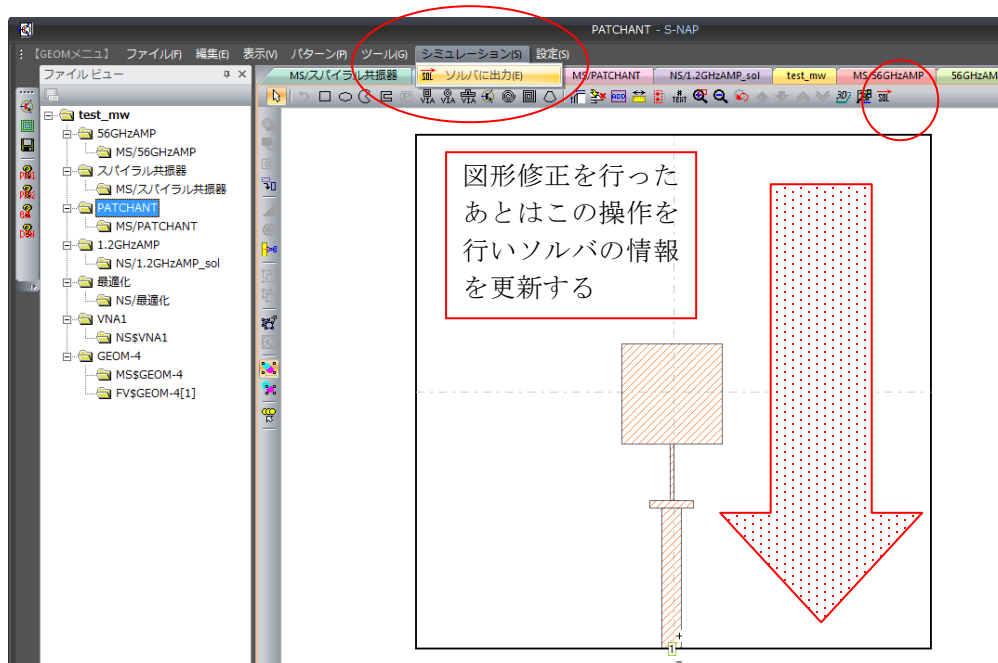


図 5 ジオメトリ出力

ジオメトリエディタと電磁界シミュレーション

ジオメトリエディタと電磁界ソルバは対になっており、電磁界シミュレーションはジオメトリエディタの作業が終了したのち、「ソルバに出力」を実行します。この操作で図形情報が作成され、電磁界ソルバに渡されます。Ver7 における電磁界ソルバの新機能としてチューニングや最適化などが追加されています。電磁界ソルバからの派生機能として、電流分布特性や指向性特性を観ることができます。



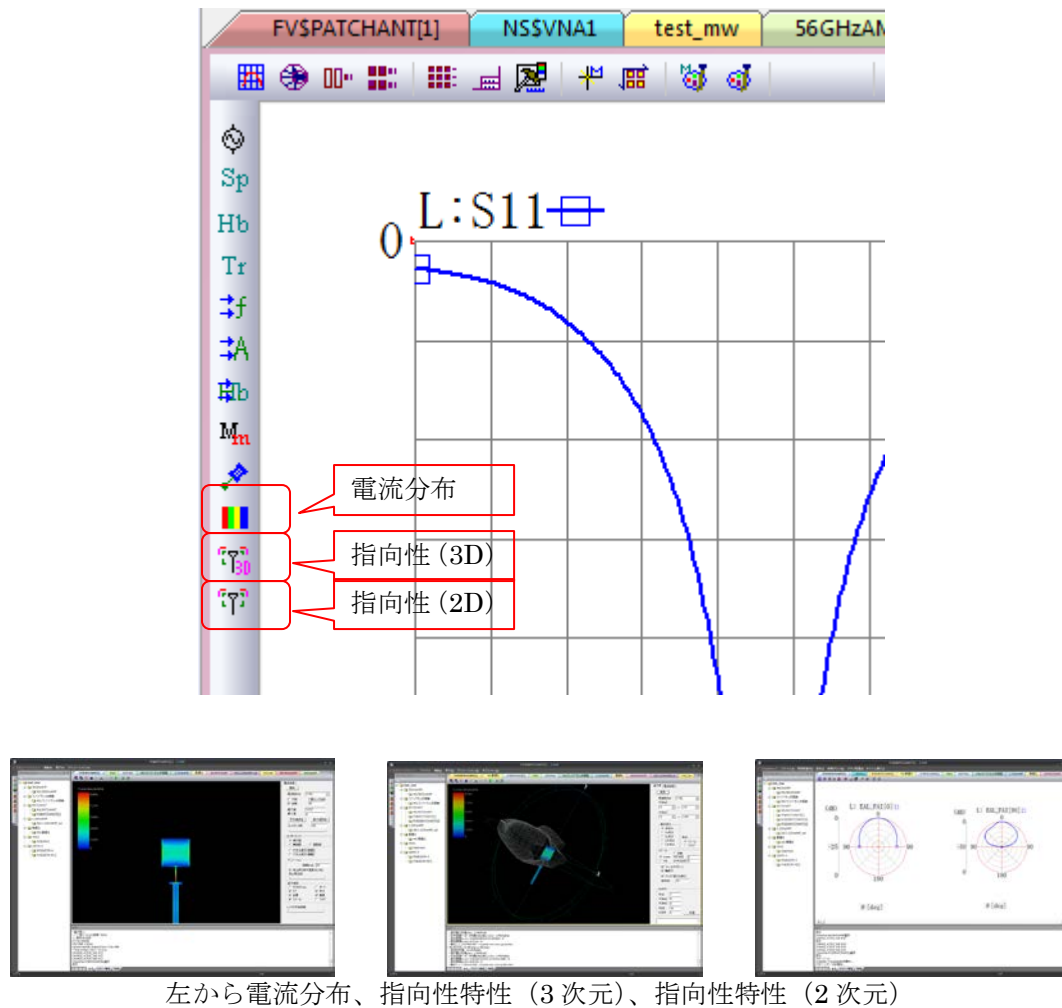


図6 電磁界シミュレーション

旧バージョンファイルの読み込みと図形ファイルだけの保存

VER.7 以前のファイルや回路ファイル単体を読み込む場合は、ジオメトリエディタメニューの「GEOM ファイルを開く」で行ってください。設定ファイル（拡張子「SEF」）がある場合はこのファイルを読み込むかどうかとも問い合わせますので、必要に応じて読み込んでください。また、GEOM ファイル単体を書き出す場合は、同じように GEOM エディタメニューの「GEOM ファイルを名前を付けて保存」で行ってください。

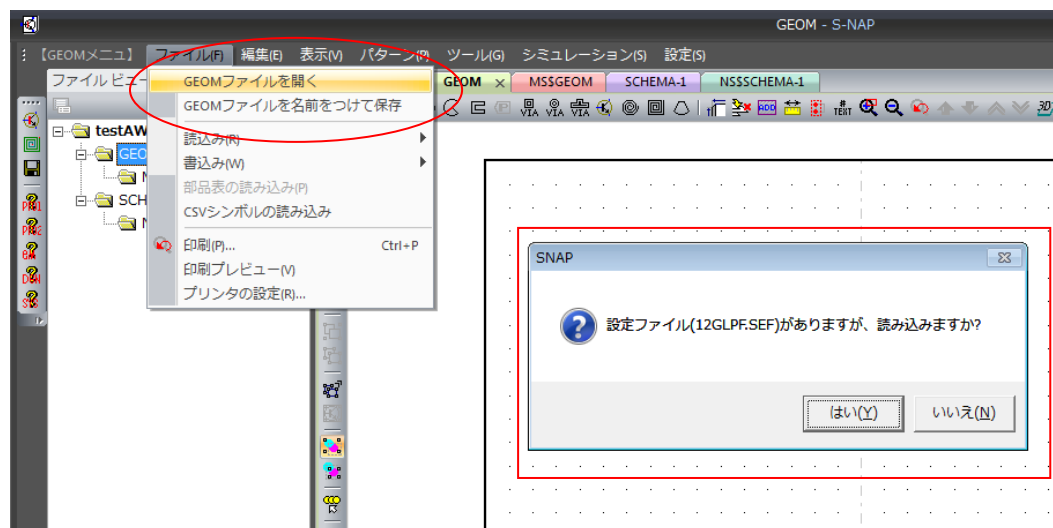


図 GEOM ファイル単体の読み書き

チュートリアル

起動

プログラムメニューから「SNAP MICROWAVE V7」を起動します。

プロジェクトの作成

スタートページにおいて、「ファイル」→「新しいプロジェクトを作成」を行います。図 7 に設定例を示します。回路解析が必要な場合は「回路ドキュメントを作成する」を ON にし、電磁界解析が必要な場合は「ジオメトリドキュメントを作成する」にチェックを付けます。この例では「tuto-1」というプロジェクト名を設定しています。

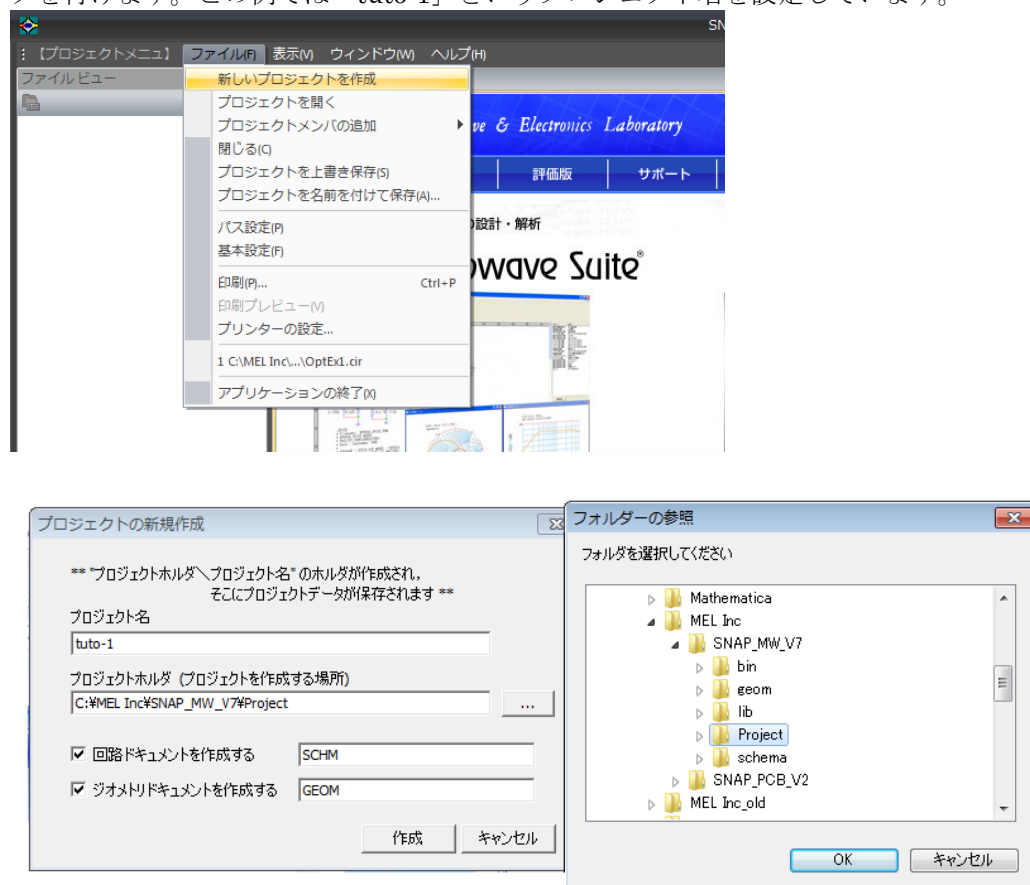


図 7 新規プロジェクトの作成

回路シミュレーションの手順

回路の作成から S パラメータシミュレーションまでを、例題を用いて解説します。

回路の作成

「SCHM」タブを選択し回路図を作成します。作成する回路は次の簡単な回路です。

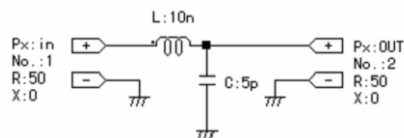


図 8 テスト回路図

素子を選択する

素子の選択は部品選択ダイアログボックスで、配置したい素子を選択しますが、S-NAP をインストール直後はこのダイアログボックスは空になっています。ここに使用したい素子を追加してから選択します。S-NAP の素子の種類は 300 種類以上にもものぼり、素子を配置する度に全ての素子の中から探していると効率が悪いため、よく使用する素子のみを部品選択ダイアログボックスにコピーして使用するようになっています。「追加」ボタンを押すと、素子を追加するためのダイアログボックスが表示されますので、グループノードを開き、必要な素子を部品選択ダイアログボックスに追加してください。今回の回路で必要な部品は、「集中定数素子群」のグループの「インダクタ」及び「キャパシタ」です。

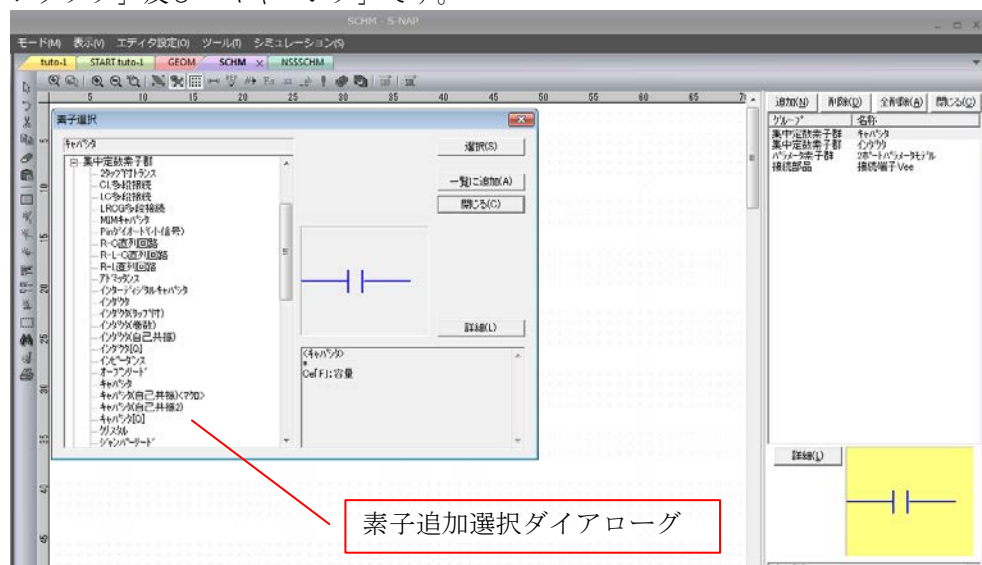


図 9 素子の選択

部品を配置する

- 部品の配置は、部品選択ダイアログボックスで素子を左クリックします。部品を左クリックすると自動的に「新規素子」モードになりますので、回路図面上で

左クリックしてください。ワイヤやテキストモードなど他のモードになっている場合は、「モード」メニューの「素子」を選択するか、「新規素子」ボタンを押すと、ハイライトになっている部品が選択されます。ポートとグランドに関しては、専用ボタンがありますので、それらを使用してください。

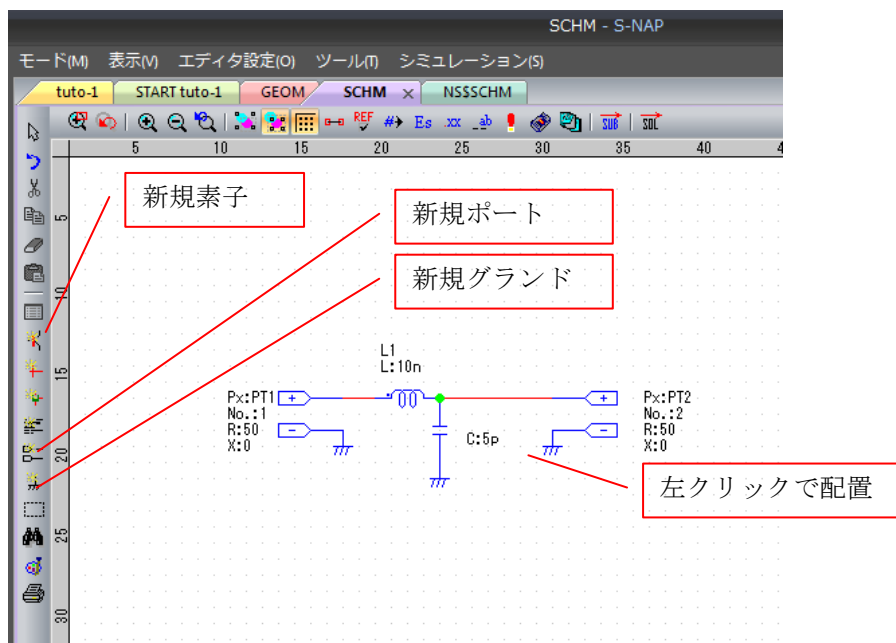


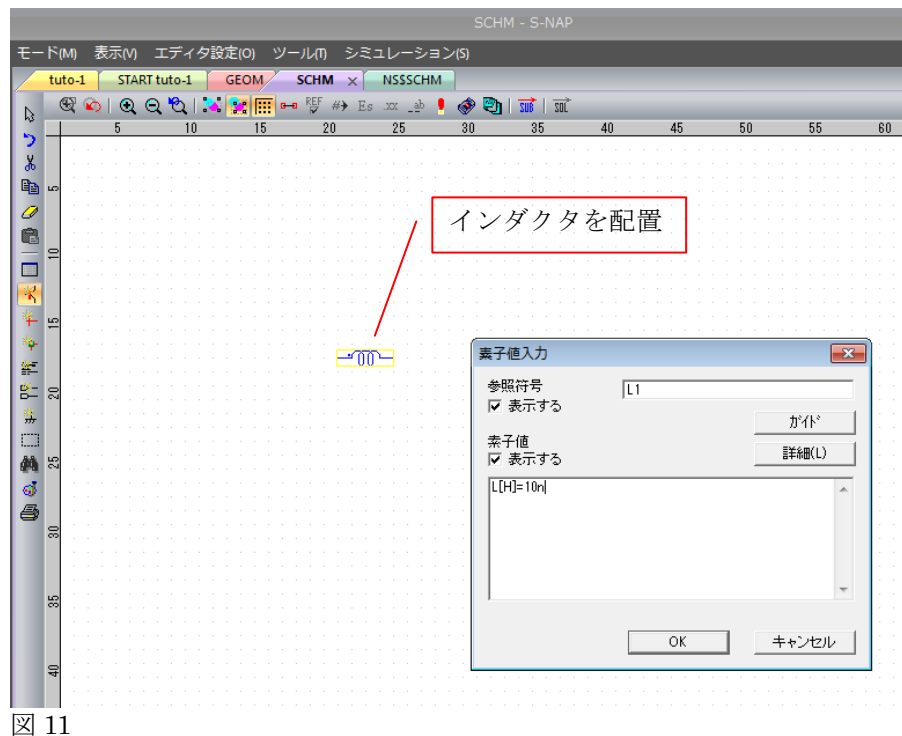
図 10

- 回路図面上でマウスカソルに伴って部品がグリッド上を移動しますので、適当なグリッドで左クリックします。もし、方向変換が必要なら以下のキーを押して方向を変更します。

キー	動作
‘R’ または ‘r’	90 度右回転
‘L’ または ‘l’	90 度左回転
‘M’ または ‘m’	左右反転
‘N’ または ‘n’	標準方向に戻る

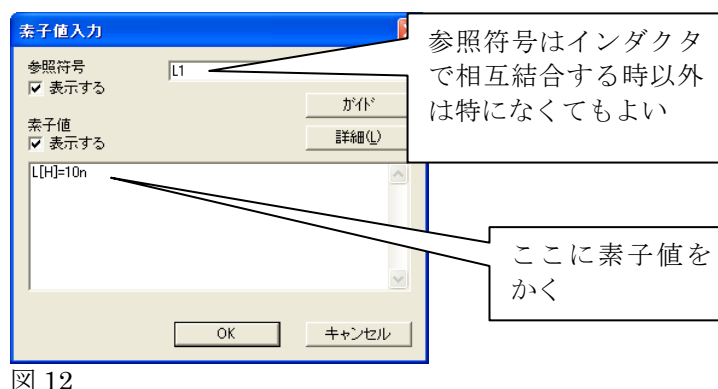
<インダクタを置く>

- 1) 上記の要領でインダクタを配置します。インダクタを選択し、図面上の適当な位置で左クリックします。左クリックすると、素子値の入力ウインドウが表示されます。



プロパティ入力

- 左クリックで部品を置くとパラメータをもつ部品の場合は素子値の入力ウインドウが開きます。
- 参照記号名と素子値を入力します。素子値は変数名の等号の右側に記述して下さい。



ここでは参照記号を「L1」素子値を「10n」と入力しています。入力値が正しければ「OK」ボタンを押します。「キャンセル」ボタンを押すとこの素子は削除されます。変数値の入力には桁記号が使用できます。この例では「1n=1E-9」を示しています。

＜キャパシタ、ポート、グラウンドを置く＞

インダクタと同様の手順で、キャパシタ、ポート、グラウンドを配置します。ポート及びグラウンドに関しては、メニューバーの下のツールボタンを押して選択してください。Sパラメータ解析、AC解析を行う場合はポートが必要です。

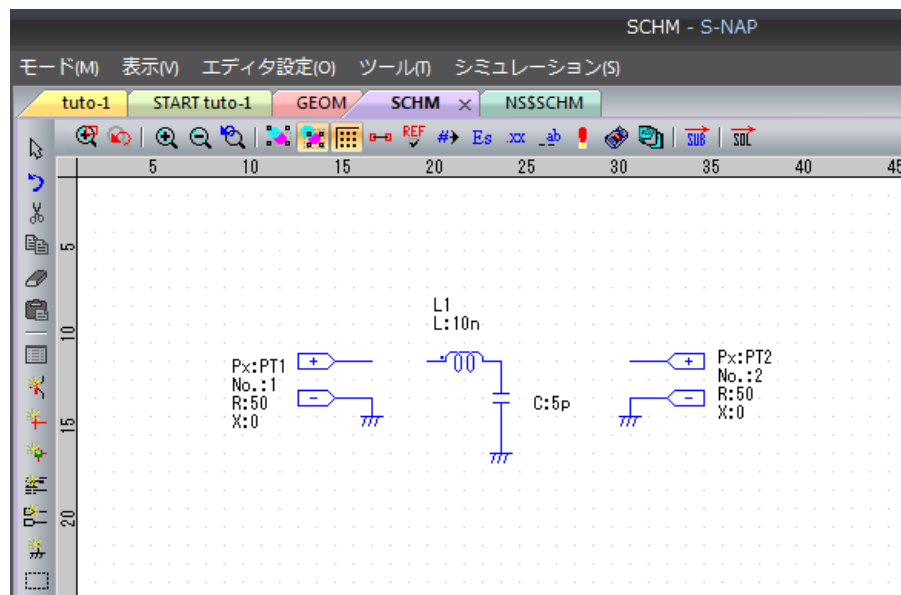


図 13

単位記号について

S-NAP の単位系は MKS 単位を用いており、長さは「m」キャパシタ値は「F」インダクタは「H」で入力します。たとえば「1 [um]」という長さを入力する場合、「0.000001」と入力しても構いませんが、これでは0の個数が多くなり煩雑になりますので、換算記号というものを付けられるようにしています。「1 [um]」を換算記号をつけてあらわすと「1u」と書くことができます。また、もちろん「1E-6」と書いてもかまいません。換算記号とその乗算係数は下表のようになっています。

記号	乗算係数
a	1e-18
f	1e-15
p	1e-12
n	1e-9
u	1e-6
m	1e-3
k	1e+3
MEG	1e+6
G	1e+9
T	1e+12
mil	25.4e-6 [メートル換算係数]
inch	25.4e-3 [メートル換算係数]

● 注意!!

素子の単位系は MKS 単位のため、マイクロストリップ等物理的な寸法をパラメータとしている素子は「m (メートル)」を基準単位にしております。このため、長さが 10[mm] の線路の場合、「L[m]=10m」又は「L[m]=0.01」と書かなければいけません。又、大文字、小文字の区別はなく、「m」、「M」はいずれもミリになります。メガの指定をする場合は「MEG」と記述して下さい。

<例>

L[m]=10m <—————10[mm]を表す
 R[Ohm]=10MEG <—————10MΩを表す

ワイヤで結ぶ

- 複数の端子を接続する場合、「モード」「ワイヤ」コマンドかツールバーの新規ワイヤボタンを選択します。
- 接続したい始点となるグリッドにマウスカーソルを移動し、**左クリック**を行ないます。マウスカーソルについてワイヤが伸びてきますので、必要なグリッドで左クリックを行ないます。
- 左クリックしたグリッドを始点として再びワイヤが伸びますので、不要であれば右クリックで終了します。
- 次の始点となるグリッドにマウスカーソルを移動し、同じ操作を繰り返します。
- ワイヤの動作モードは、「設定」メニュー「オプション」の「*ワイヤ直交配置」により変更できます。このモードが ON の場合、直交配置が行われ、そうでない場合は斜めのワイヤも引くことができます。
- 直行配置モードでも、「Shift」キーを押しながら操作を行うと、斜めワイヤも引くことができます。
- 接続点をワイヤ上に必要とする場合は斜めのワイヤは使用しない方が良いでしょう。斜め線上に接続点を置いて 45 度の線でないかぎり、つまりグリッドにワイヤがきちんと乗ってない限り接続されません。

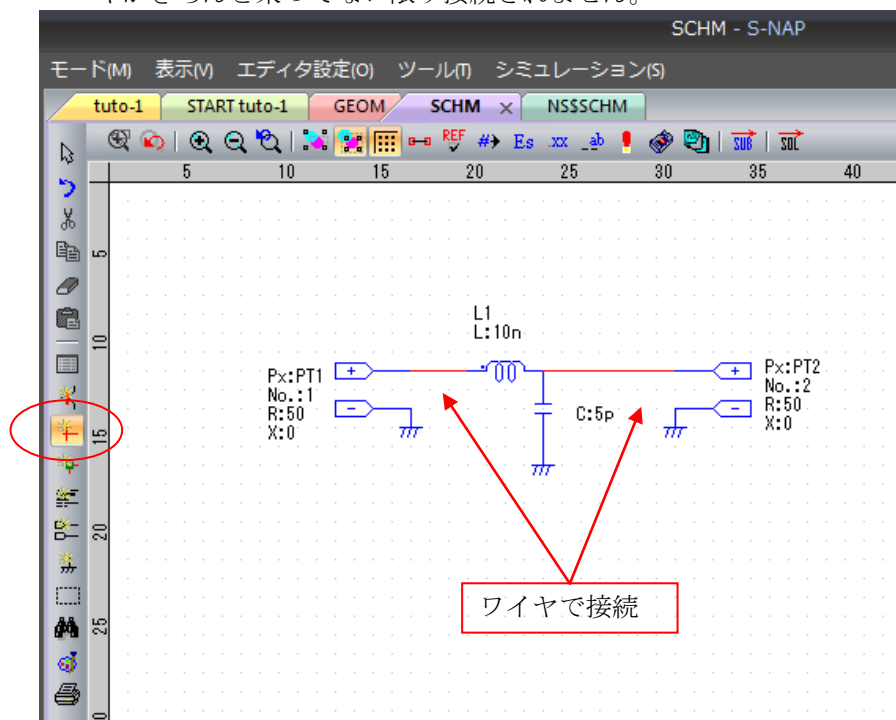


図 14 ワイヤで接続

接続点

- 交差する2本のワイヤは異なったワイヤ（電位）とみなされます。複数のワイヤを接続するには、[モード] [接続点] コマンドかツールバーの接続点ボタンを選択します。
- 接続点を配置するときは、グリッド上にマウスカソルを移動し、**左クリック**を行ないます。

これで、回路図は完成しました。

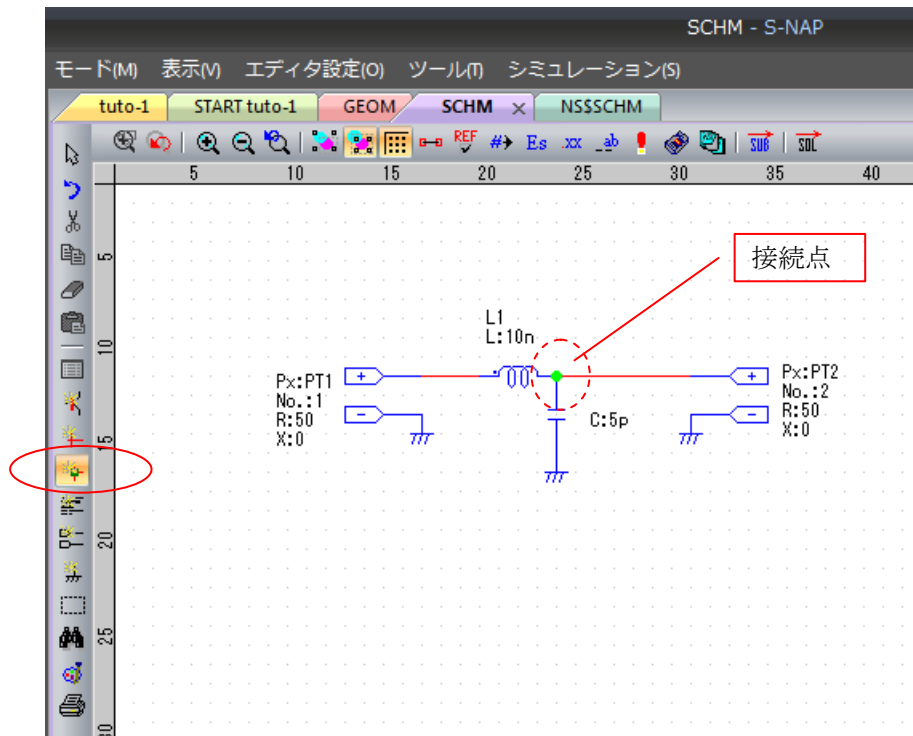


図 15 接続点

回路の保存

記述し終えた回路図は、「プロジェクトの保存」を用いて保存します。「tuto-1」のタブを選択し、「プロジェクトの上書き保存」を行ってください。「プロジェクトの保存」は現在の回路図だけでなく、プロジェクトにあるその他の回路やジオメトリ図形情報なども保存します。回路図データだけを保存する場合は、回路エディタのファイルメニューから保存できます。この場合「CIR」の拡張子が付き、他のプロジェクトから開くことができます。

※回路図は書き終えたら必ず保存してください。大きな回路を書いている場合は適当な間隔で定期的に保存する様にしてください。



図 16 プロジェクトの保存

シミュレータの起動

回路が完成しましたので、シミュレーションを行ないます。「ソルバに出力」を行なうと図の様にシミュレータが前にきます。

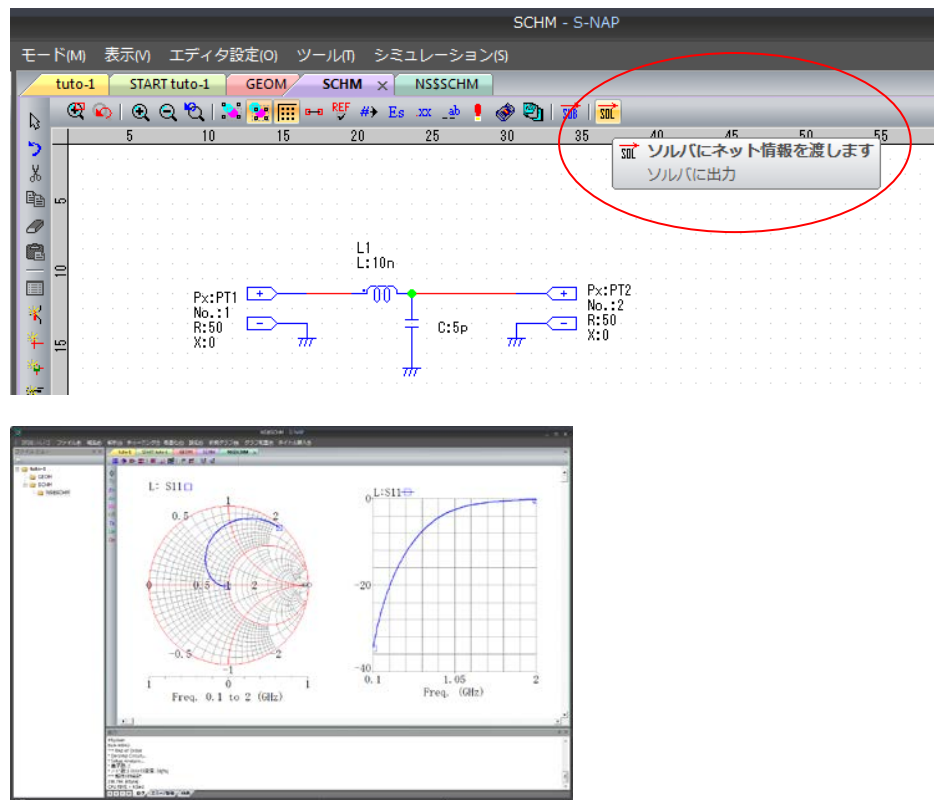
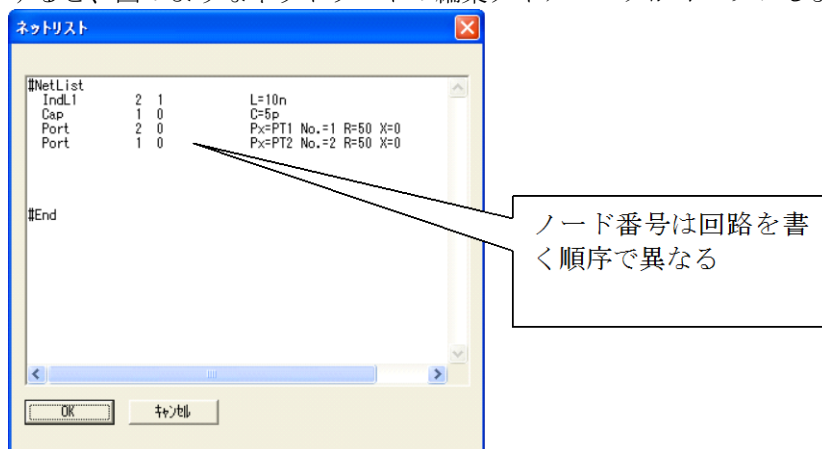


図 17 シミュレータへ移動

(1) ネットリストの確認（必要な場合のみ）

最初にネットリストを確認してみましょう。「編集」メニューの「ネットリスト」を選択すると、図のようなネットリストの編集ダイアログがオープンします。



これが、今作った回路のネットリストです。ネットの番号は回路のかく順番等で多少異なっているかもしれません。ネットリストがきちんとできていることを確認したら[キャンセル] ボタンで閉じて下さい。

(2) シミュレーション条件の設定と実行

「解析」メニューの「単一解析」「小信号Sパラメータ解析」を選んで下さい。Sパラメータ解析の設定ダイアログが表示されます。ここで、スイープ範囲を入力します。スタート周波数を 100Mhz、ストップ周波数を 2Ghz にして下さい。図の様に '100MEG' '2G' とそれぞれ書き込みます。また、スタート/ストップが選択されていることを確認して下さい。

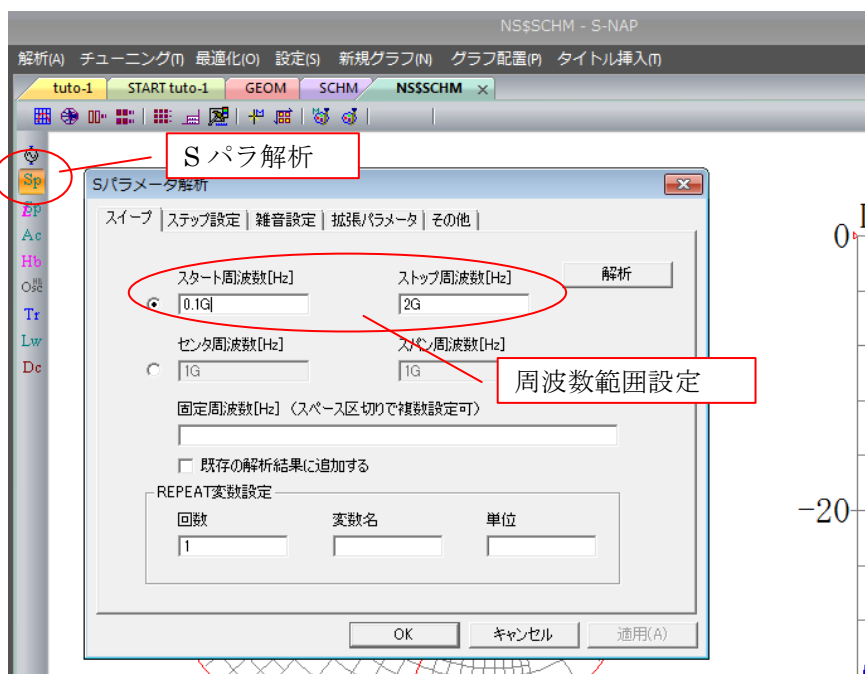


図 18 Sパラメータ解析

設定が終わったら、[解析] ボタンを押します。

グラフ表示

図 19 の様に S11 特性が表示されます。

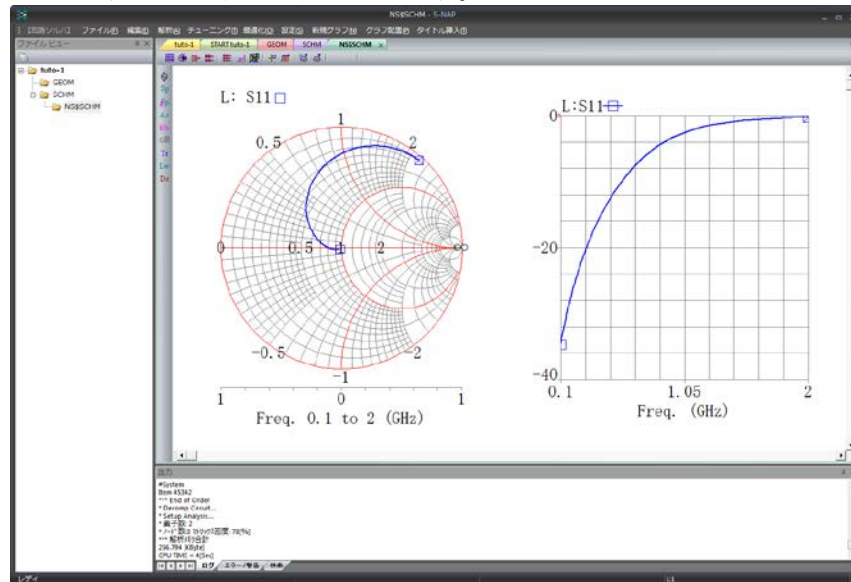


図 19 解析結果 (S パラメータ特性)

もしシミュレーションを行なったにもかかわらず表示されない場合は、(シミュレーションの表示がでて終了した時)「グラフメニュー」の「表示式」を選択して下さい。S パラメータバッファの選択と表示式を確認して下さい。もし異なる場合は、図の様にして下さい。



図 20

パラメータの選択

「グラフメニュー」の「表示式」を選択して下さい。データリストから S22 をダブルクリックしてください。「S11;S22」のようにエディットボックスに追加されます。「;」は複数のデータを表示する場合の区切り記号です。

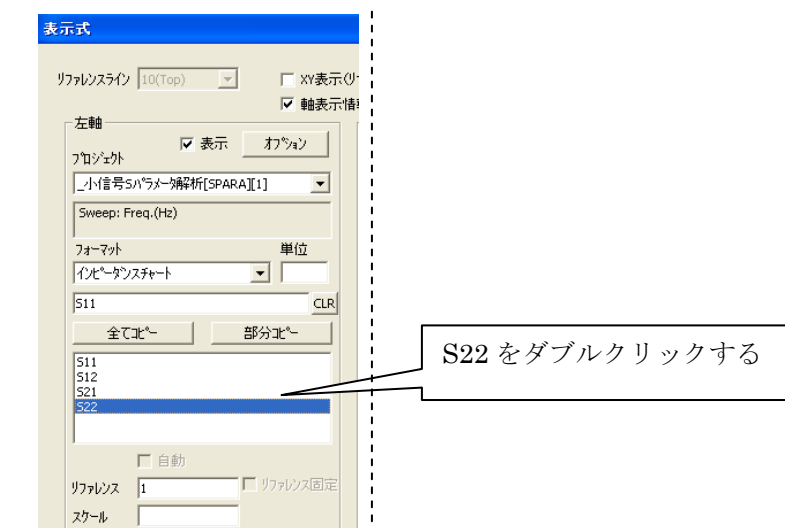


図 21

[OK] ボタンを押して下さい。次のように2本の軌跡が表示されます。

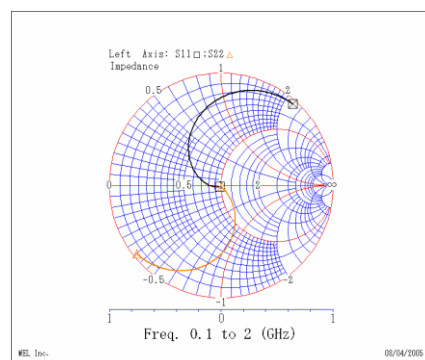


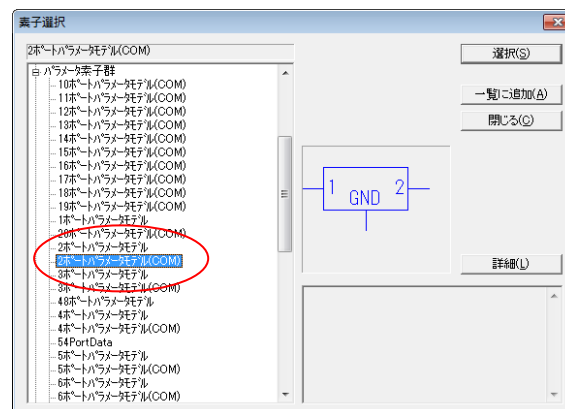
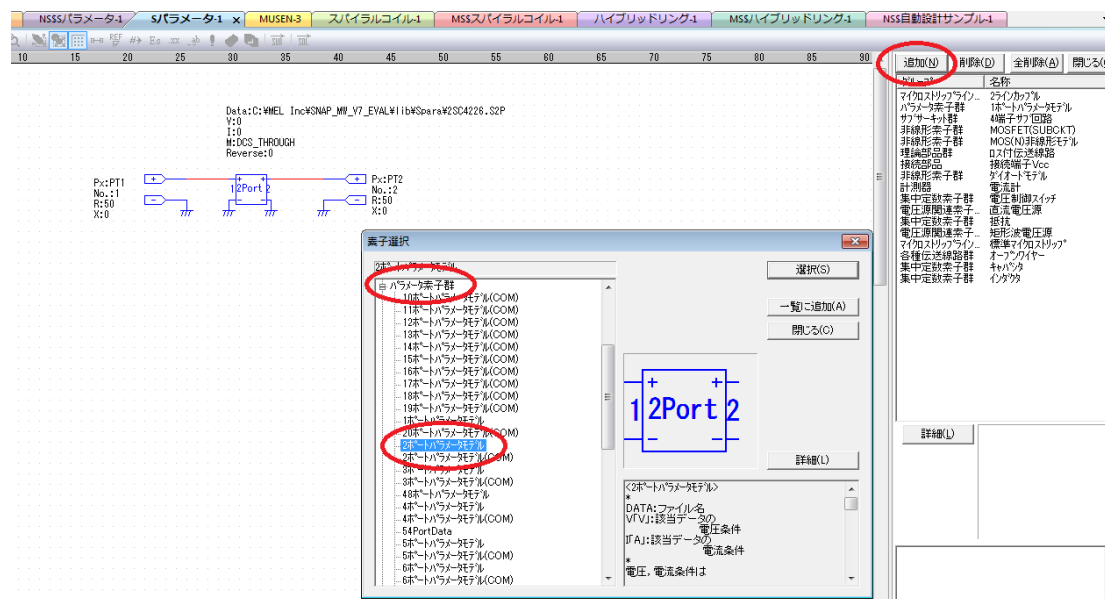
図 22

以上で回路シミュレーションのチュートリアルを終わります。この手順を基本にしてオペレートを進めて下さい。

S パラメータを用いる回路の例

エレメント

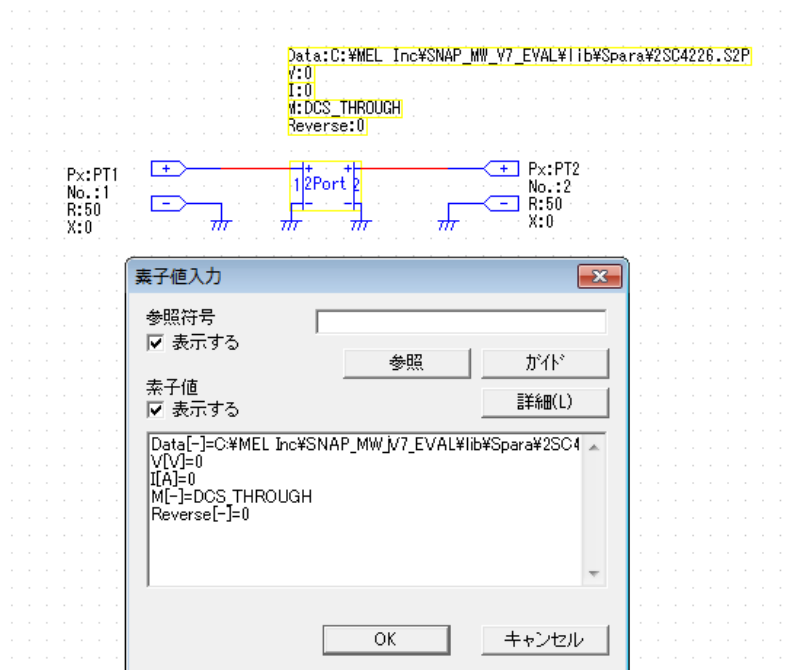
S パラメータファイルを含むシミュレーションは、「追加」→「パラメータ素子群」→「2 ポートパラメータモデル」を選択します。2 ポートモデルの場合は、入力側（ポート 1 側）、出力側（ポート 2 側）にそれぞれ 2 端子ずつ端子があります。「2 ポートパラメータモデル (COM)」を用いるとマイナス側の端子は共通で合計 3 端子となります。



プロパティ

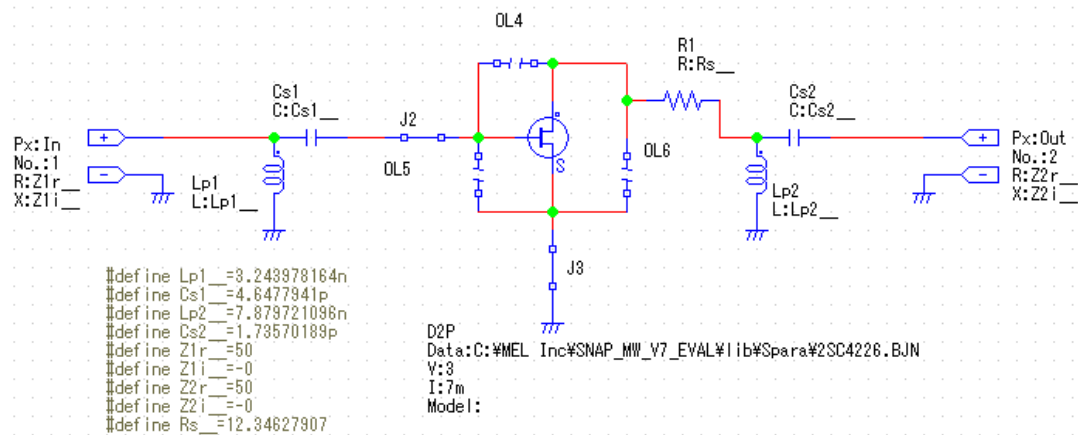
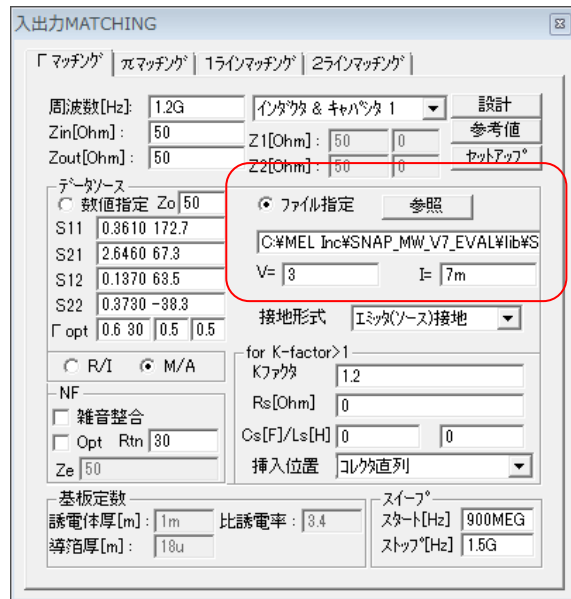
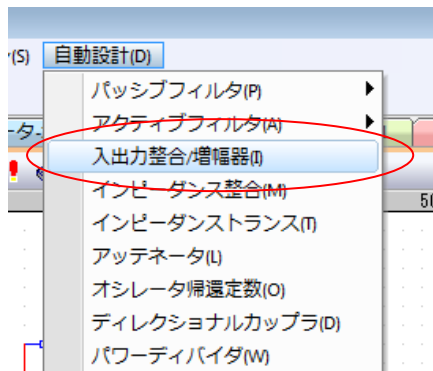
プロパティは、ファイル名、バイアス条件、DC での S パラモデル、反転か否かになります。ファイル名は S-NAP フォーマットの S パラライブラリ (USR,BJN,etc) かタッチストーンフォーマットを指定します。タッチストーンフォーマットの場合は、バイアス条件は V,I ともに 0 を設定します。DC での S パラ (M[-]=DCS_THROUGH) は DC を含めて解析する場合に必要です。S パラファイルに DC 成分が含まれている場合は、

ここはブランク(M[-]=)にしてください。”Reverse”は0を指定すると通常のSパラメータで、1を指定すると反転のSパラメータになります。反転の場合はそのSパラメータ成分が差し引かれることになりますので、不要部分のデ・エンベディングなどに用いることが可能です。

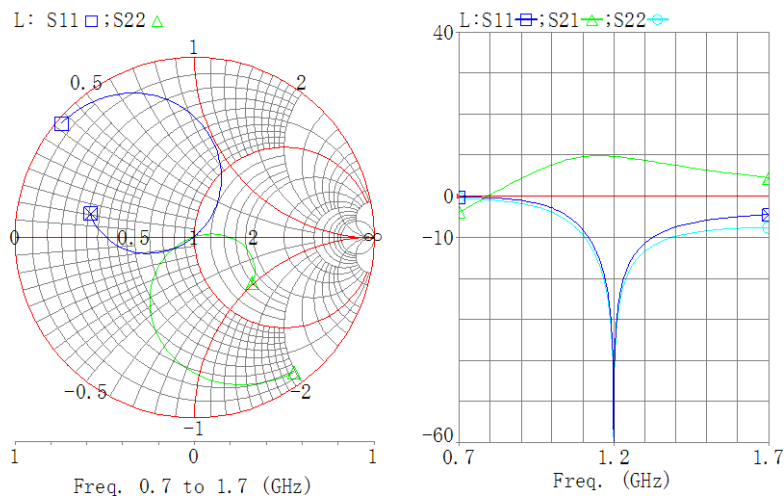


Sパラメータ素子と自動設計の例

自動設計機能 (Design 機能) に S パラメータ素子の整合回路を設計するメニューがあります。例えば、2SC4226 (バイアス : 3V,7mA) を用いて増幅回路を設計する場合、「自動設計」→「入出力整合/増幅器」を選択します。「参考値」を押し、「参照」ボタンで S パラメータファイルを選択します。例では、2SC4226.BJN の 3V,7mA のデータを選択しています。「設計」ボタンを押すと回路図が出力されます。



自動設計された回路

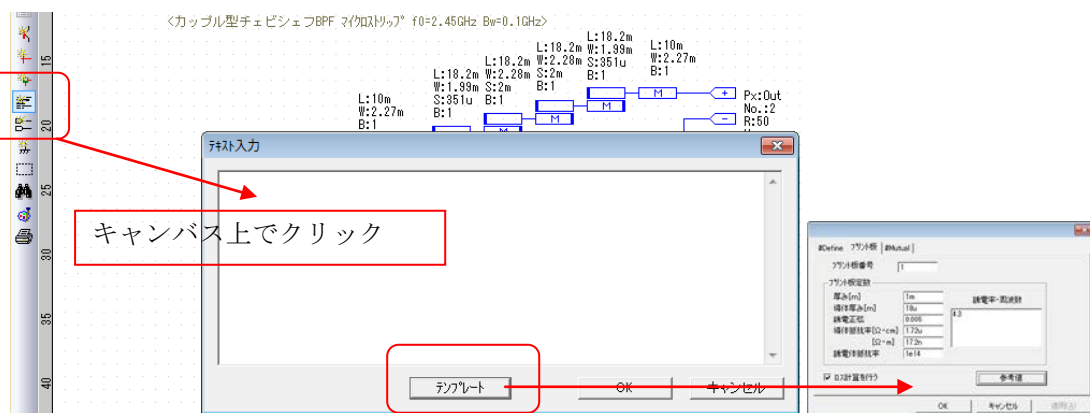
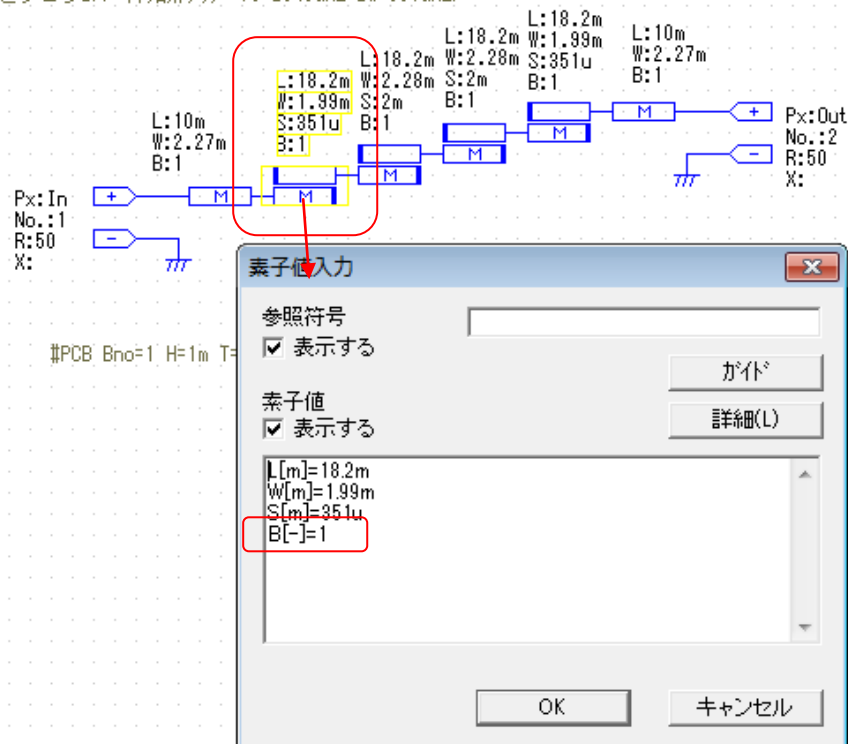


その特性

マイクロストリップを用いる回路の例

マイクロストリップラインなどの基板パラメータが必要な素子の場合、回路中に基板定数を設定する必要があります。マイクロストリップなどのエレメントには、「B[-]=1」というパラメータがあります。これはプリント板番号を示すもので、対応するプリント板を設定する必要があります。プリント板定数の設定は、テキスト入力でテンプレートを用います。「#PCB Bno=1・・・」というテキストを作成し、回路図中に置きます。

<カップル型cheビシェフBPF マイクロストリップ* f0=2.45GHz Bw=0.1GHz>



PC 板パラメータ設定

<カップル型cheビシェフBPF マイクロストリップ° f0=2.45GHz Bw=0.1GHz>



マイクロストリップを用いた回路例

最適化，チューニングの例

最適化は指定したゴールに向かって変数を自動的にチューニングする機能です。またチューニングはマニュアルで行うこともできます。

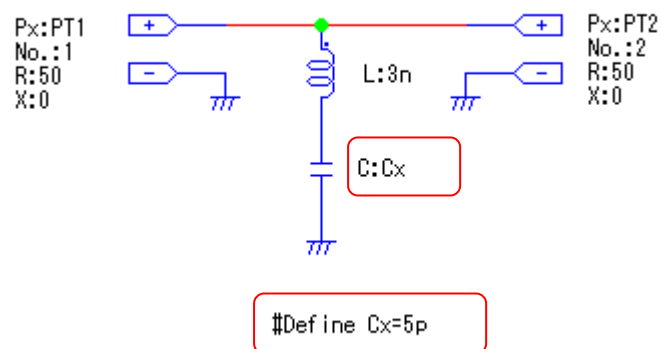
最適化サンプル回路

図の回路は直列共振器を持つノッチ回路です。Cx を調整することにより希望の周波数のノッチ回路ができますので、Cx を最適化により抽出してみます。

回路図側の作業

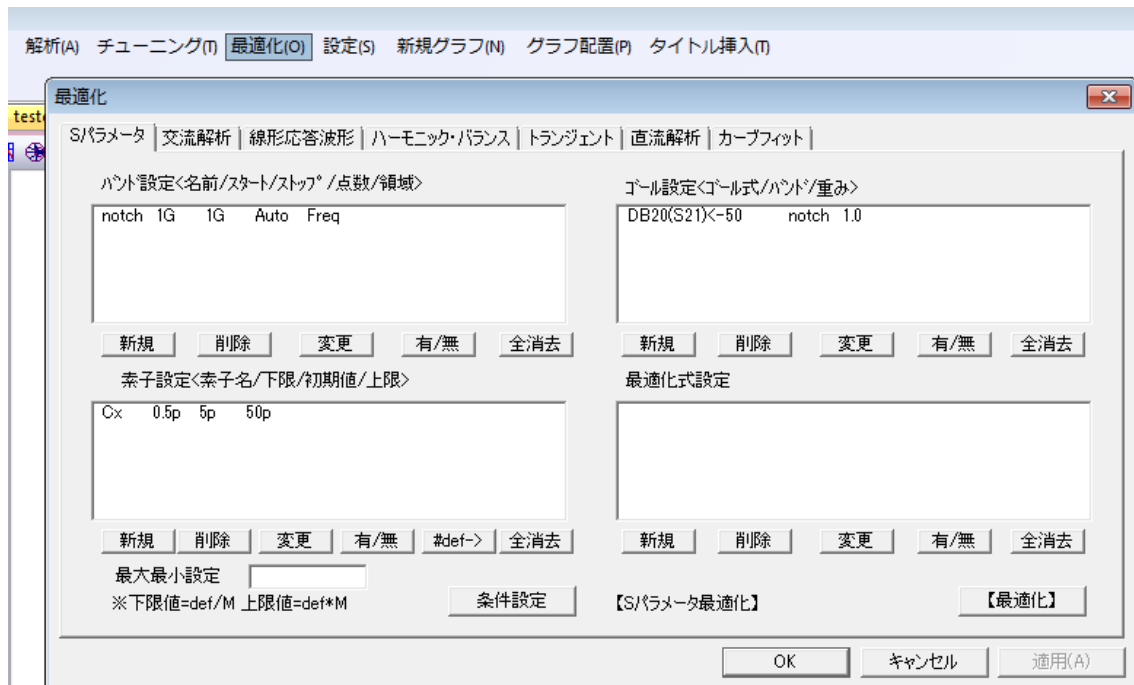
素子の最適化やチューニングを行う場合は、回路図を以下の手順で作成します。

- 1) 素子値を文字変数にする。
変数名はグローバル変数や関数名と同一にならないように注意してください。
- 2) (1)の文字変数に対応する#Define 文を記述する。
指定する値は一般的には最適化の初期値を設定します。



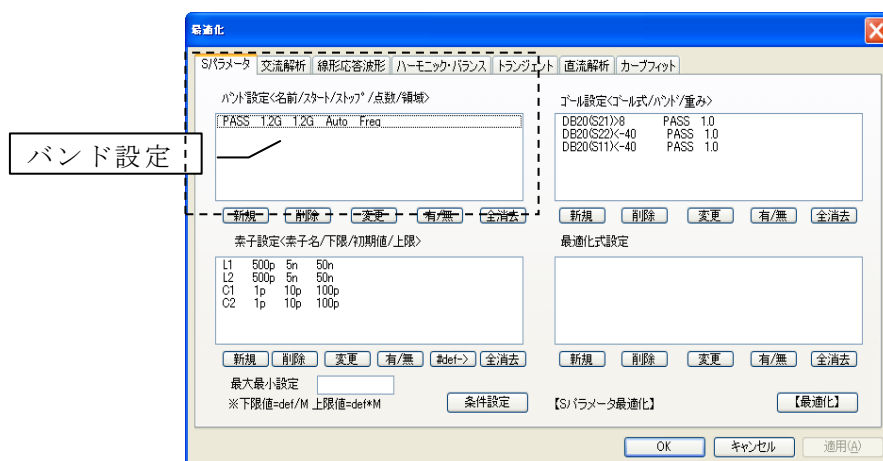
ソルバ側の作業

最適化を行うには、最適化を行いたい周波数帯域（バンド）とそのバンドでの特性値（ゴール）を設定し、可変する変数を設定します（素子設定）。ソルバメニューで「最適化」を選択すると図のダイアログが表示されます。



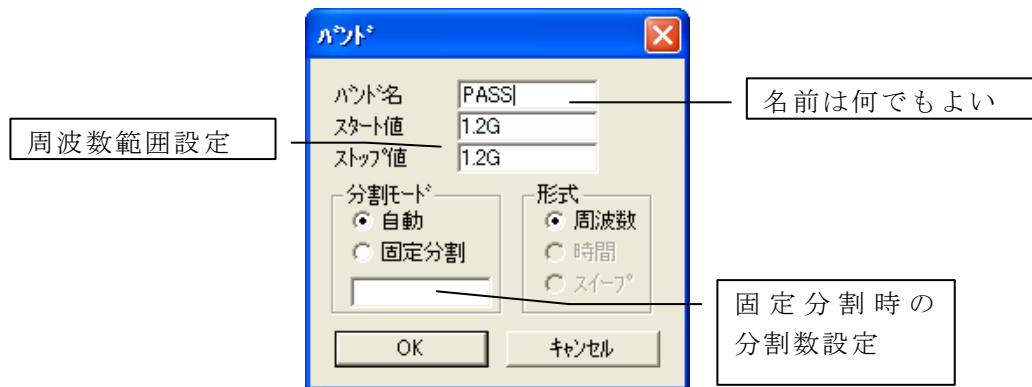
バンドの指定

最適化したい周波数帯を指します。直流値を除くゴールはこのバンドに於いて計算されます。バンドの設定は「最適化」メニューの「S パラメータ」を選択した後、バンドの窓に設定します。



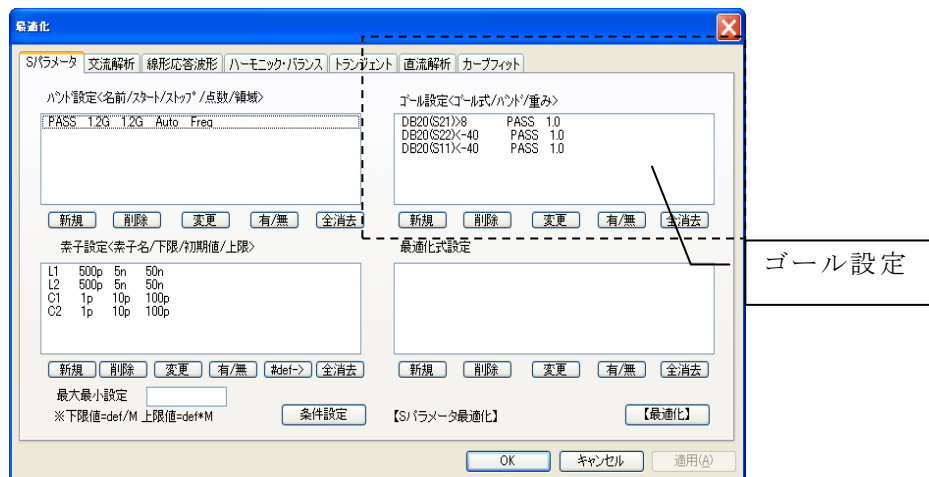
新規にバンドを作成する

新規にバンドを作成する場合、バンド窓の下の「新規」のボタンを押します。



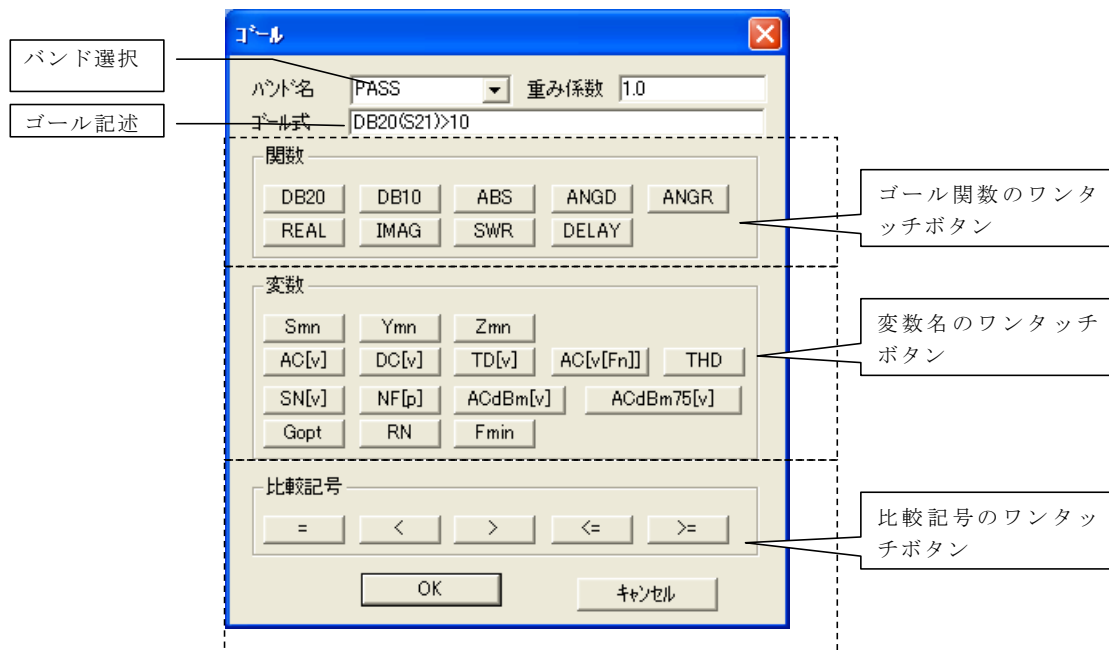
ゴールの指定

ゴールには最適化したい特性を指示します。ゴールの設定はメニューの[最適化] [Sパラメータ最適化]のダイアログボックスでゴールの窓に設定します。



新規にゴールを作成する

新規にゴールを作成する場合、ゴール窓の下[新規]のボタンを押します。設定必要項目は、バンド設定と、ゴール記述で、必要に応じて重み係数を設定します。ゴール式を簡単に入力できるように関数、変数、比較記号のワンタッチボタンがあります。



バンド名 バンド名はこのゴールを摘要させるバンドを指定します。バンド設定で入力したバンドの1つを選択してください。

ゴール式 ゴール式の記述は次のフォーマットに従って記述します。

計算関数 (パラメータ) 比較記号 目標値

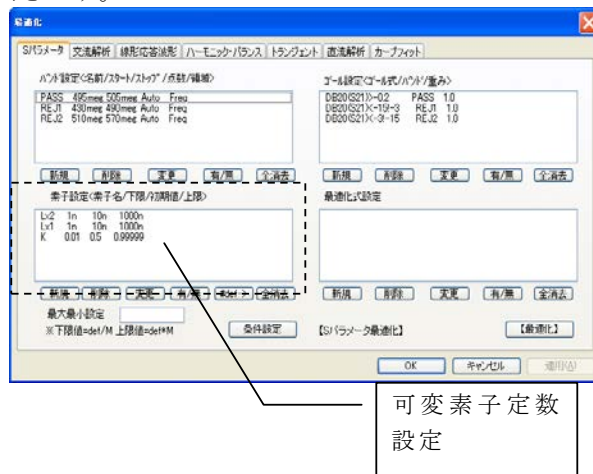
素子及び素子値の指定

可変する変数は回路図中に書いた「#Define」文で定義されているものです。

素子の設定は最適化したい素子（変数）を指示します。

素子の設定はメニューの‘最適化’→‘S パラメータ最適化’のダイアログボックスで素子設定の窓に設定します。

‘最適化’→‘S パラメータ最適化’を選択すると次のような最適化設定のダイアログボックスが開きます。



新規に素子を設定する

新規に素子を設定する場合、素子設定窓の下の「新規」のボタンを押します。

変数名

名前 L1

下限値 500p

初期値 5n

上限値 50n

OK キャンセル

$500\text{pH} < L1 < 50\text{nH}$ の間で、初期値は 5nH

線形応答波形解析

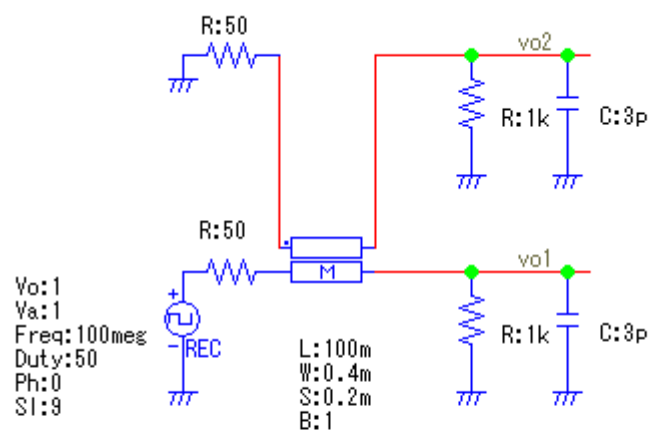
線形応答波形解析は周波数領域から行なう線形領域の応答波形の解析で、高調波もしくはスペクトルを基に解析を行ないます。線形波形解析はハーモニック・バランス法を用いた周波数領域の非線形解析と酷似しており、実際ハーモニック・バランス法の線形部分のみを使用しています。線形応答波形解析は強制励起の解析手法ですので、線形応答波形解析を行なう場合、回路には電源かポートを含んでいなければいけません。また、ポートを持ち電源を持たない回路の場合はポートに信号を割り当てる必要があります。ポートに信号を割り付ける方法は、作業的には直接電源を回路中に記述するよりも多いですが、ポートを持つことでポートを必要とする別の解析を一度に実行することができます。例えば、‘Sパラメータ解析で入力反射係数やインピーダンスをシミュレーションし、続いて線形波形解析を実行する’というようなことができます。

回路の形式

線形応答は刑解析の場合、回路中に電源が存在しなければいけません。電源がなくポートがある場合は、ポートに信号をアサインすることで、同じ結果を得ることができます。この場合は、Sパラメータ解析用の回路やAC解析回路と兼用することができますので、Sパラメータ解析と線形波形解析を同時に実行させることもできます。

サンプル回路

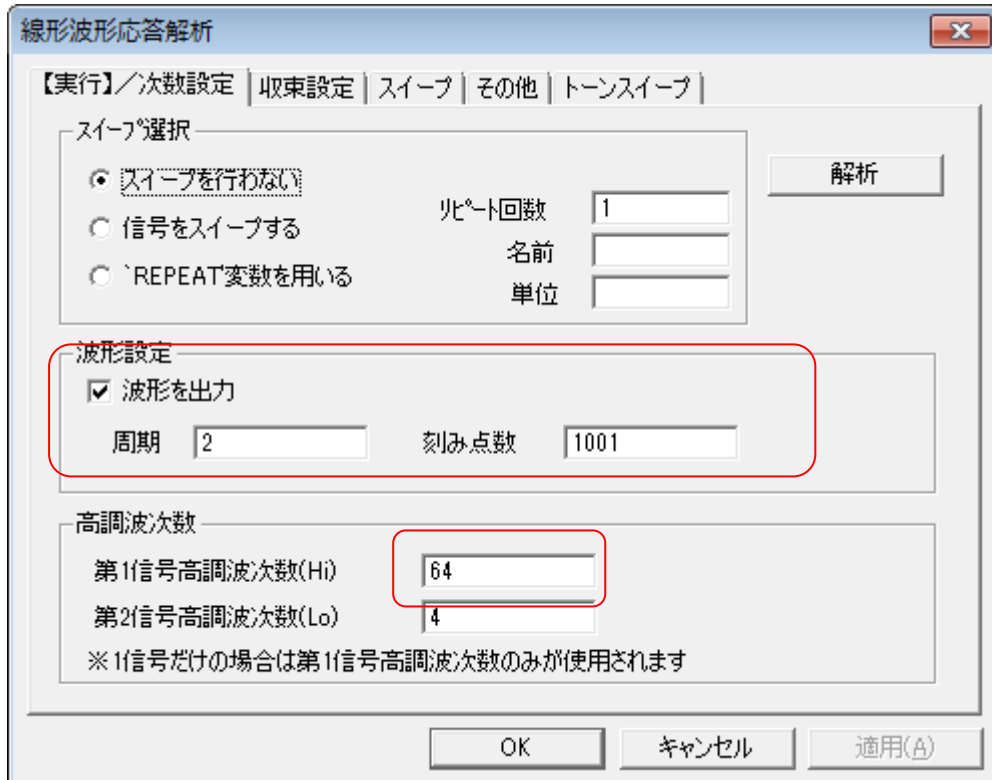
図のような幅 0.4mm、長さ 100mm のマイクロストリップラインが 0.2mm 離して 2 本並んでいる回路の応答特性とクロストークを解析してみます。



```
#PCB Bno=1 H=0.4m T=18u Tand=0.005 Lo=1.72u Kap=1e14 Er=4.3 LSW=ON
```

解析設定

「解析」→「タイムハーモニック解析」を選択します。波形設定を図のように設定し、第1信号高調波次数を64程度に設定します。次に「収束設定」タブを選択し、FFT 次数も同じ64にします。



線形波形応答解析

【実行】／次数設定 | 収束設定 | スイープ | その他 | トーンスイープ |

スイープ選択

☒ スイープを行わない

☐ 信号をスイープする

☐ REPEAT変数を用いる

リピート回数 1

名前

単位

解析

波形設定

☒ 波形を出力

周期 2

刻み点数 1001

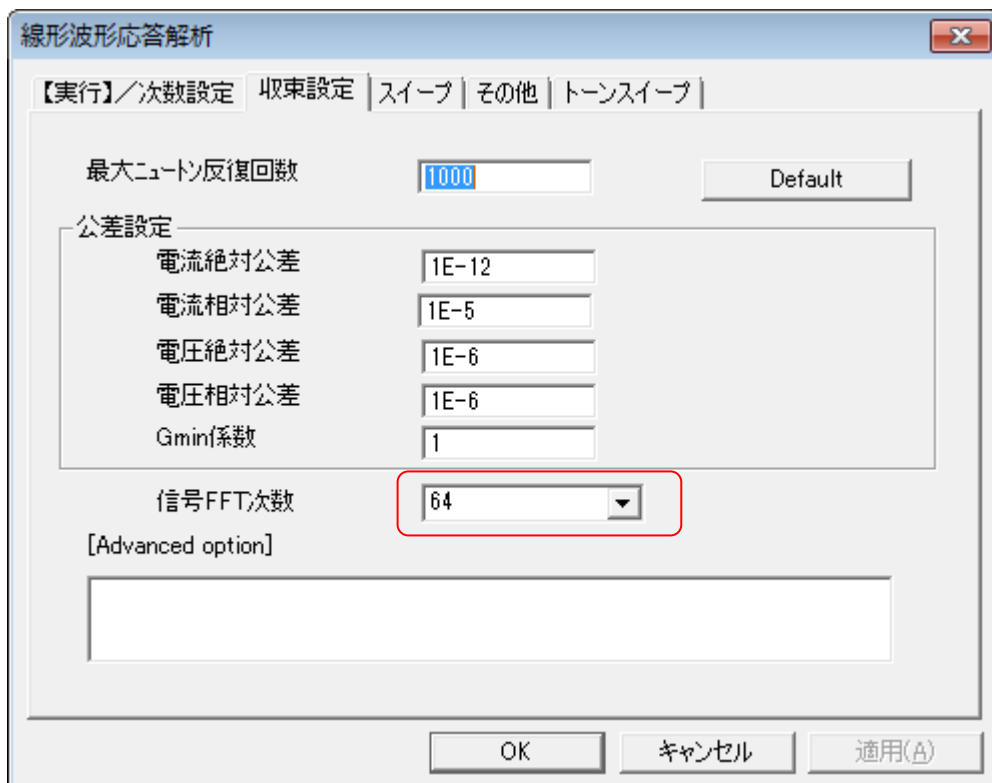
高調波次数

第1信号高調波次数(Hi) 64

第2信号高調波次数(Lo) 4

※1信号だけの場合は第1信号高調波次数のみが使用されます

OK キャンセル 適用(A)



線形波形応答解析

【実行】／次数設定 | 収束設定 | スイープ | その他 | トーンスイープ |

最大ニュートン反復回数 1000

Default

公差設定

電流絶対公差 1E-12

電流相対公差 1E-5

電圧絶対公差 1E-6

電圧相対公差 1E-6

Gmin係数 1

信号FFT次数 64

[Advanced option]

OK キャンセル 適用(A)

解析結果

グラフ設定において、プロジェクトを「線形波形解析_WAVEFORM」を選び、フォーマットを「実数部(波形)」を選択します。また、スペクトルを観る場合は、「線形波形解析_AC」を選択します。図のように、波形とスペクトルを表示できます。

表示式

リファレンスライン: 5(Center) ☐ XY表示 ☐ Y軸対数 ☒ 軸表示情報

左軸

☒ 表示 相対値

プロジェクト: 線形波形解析_WAVEFORM[1]

Sweep: Time(Sec)

フォーマット: 実数部(波形) 単位: -

TD[vo1];TD[vo2] CLR

全て表示 部分表示

TD[vo2]
TD[vo1]

☒ 自動

リファレンス(max): 0 ☒ リファレンス固定

スケール(min): 5 ☐ スケール固定

追加表示するプロジェクトを選択 (左軸)

表示	プロジェクト名

波形グラフ設定

表示式

リファレンスライン: 10(Top) ☐ XY表示 ☐ Y軸対数 ☒ 軸表示情報

左軸

☒ 表示 相対値

プロジェクト: 線形波形解析_AC[1]

Sweep: Freq.(Hz)

フォーマット: 20*LOG (SNラマータ,電圧比) 単位: -

AC[vo2] CLR

全て表示 部分表示

AC[vo2]
AC[vo1]

☒ 自動

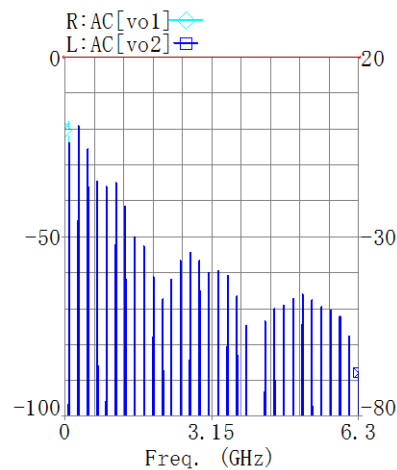
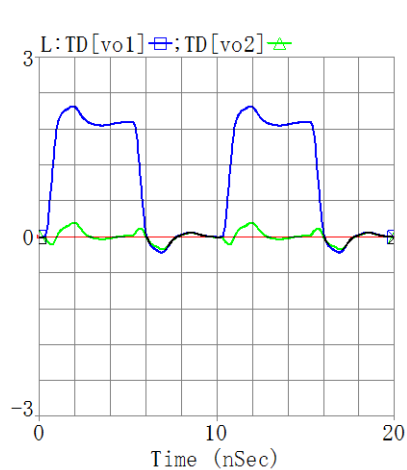
リファレンス(max): 0 ☐ リファレンス固定

スケール(min): 5 ☐ スケール固定

追加表示するプロジェクトを選択 (左軸)

表示	プロジェクト名

スペクトルグラフ設定



電磁界シミュレーションの手順

電磁界シミュレータはパターン図形を描くジオメトリエディタとモーメント法エンジンを乗せたシミュレータからできています。シミュレータは解析エンジンだけではなく、グラフや電流分布ビューワ、遠方界を表示するフィールドビューワも備えています。図形の作成から S パラメータシミュレーションまでを 2 つの例題を用いて解説します。1 つはパターンだけの場合で、もう一つは部品を実装する場合の例を示します。

サンプル 1：(パターンだけの例)

T 字型のショートスタブ回路を作成し、電流分布と S パラメータ特性をシミュレーションしてみましょう。サンプル回路は 12.8mm□の基板上にあるマイクロストリップ線路の回路で、スルーの線路にショートスタブが接続されたものとしします。ショートスタブのショート処理はグラウンドに向かうビアによって接続するものとしします。

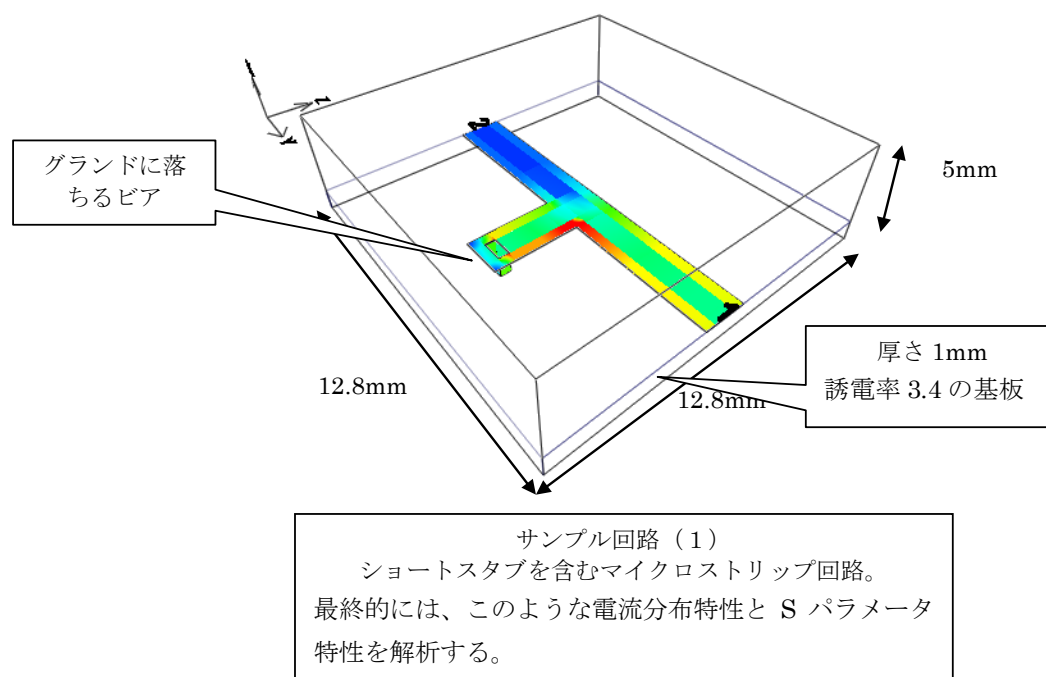


図 23

図形の作成

「GEOM」タブを選択しパターン図形を描きます。

ボックスサイズの設定

最初に解析領域となるボックスサイズを設定します。「ツール」「ボックス設定」メニューを選択してください。次の設定ダイアログがオープンします。

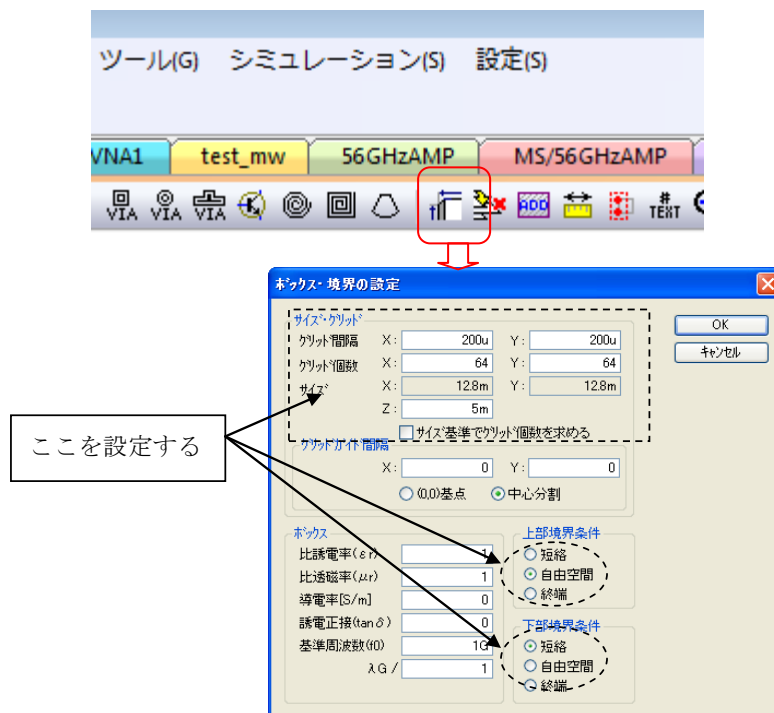


図 24

X, Y, Z のサイズを入力します。次に X, Y 方向のグリッドピッチを入力します。グリッドピッチと X, Y のサイズは、必ず整数倍になるようにしてください。また、できるだけ 2 の指数乗になるようにします。ここでは、X, Y 共に「12.8m」Z に「5m」グリッドピッチは X, Y とともに「200u」を入力します。その他の値は空気中に基板があるという前提ですので、デフォルト値のままで結構です。ここで、「m」はミリを表わしており、「u」はマイクロを表わしています。境界条件は上部を自由空間に設定し、下部を短絡に設定します。これで BOX の底面は完全グランドとなり上面は自由空間に接続されることとなります。

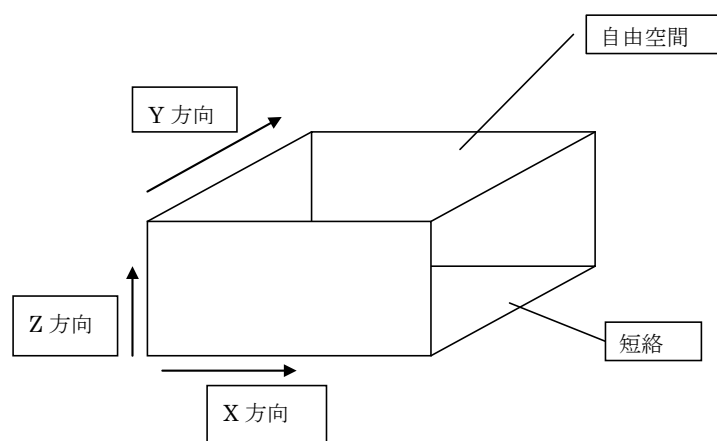
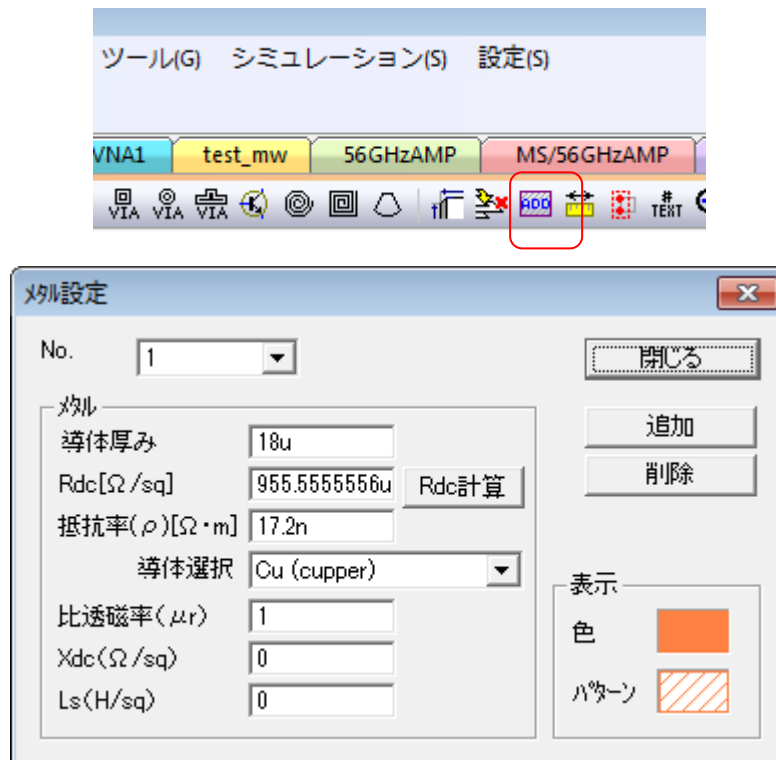


図 25

導体の設定

導体のパラメータ設定は、「ツール」→「導体の編集・追加」→「編集」を選択します。デフォルトではNo. 1の導体が設定されています。導体の種類を追加する場合は、「追加」を押します。最初に「導体厚み」と「抵抗率」を設定しますが、「導体選択」を行うと抵抗率は自動設定されます。Rdcは直流における単位面積当たりの抵抗を指定します。「Rdc 計算」を押すと抵抗率から計算し書き込まれます。



誘電体の設定

誘電体はデフォルトとして1枚設定されています。「ツール」→「レイヤ編集・追加」→「編集」を選択すると次のダイアログが開きます。また「レイヤの追加と削除」でレイヤの一覧が表示され、編集したいレイヤを選択することで編集ダイアログが開きます。ここでは誘電体の厚さと比誘電率を入力します。それ以外の項目はデフォルト値のままで結構です。厚さの部分に「1m」、比誘電率の部分に「3.4」と記入します。これで1 [mm]の厚みの誘電率3.4の誘電体が底に敷かれた事になります。メタル番号の部分は、前項で設定した導体番号に対応します。





図 26 誘電体の設定

パターンを描く

次にパターンを描きます。以下のツールバーの部分がパターンを描くための図形メニューですので、ここから「四角形パターン」を選びます。



図 27 図形描画ツール

(1) 12.8mm×1.6mm の四角形を描く

左ボタンを押しながら、マウスを動かすと図形を描画しますので、右下のステータスボックスでサイズを確認しながら、12.8mm×1.6mmの四角形を中央に描きます。

サイズは図形を選択した状態で、右ボタンを押して「プロパティ」でも変更できます。

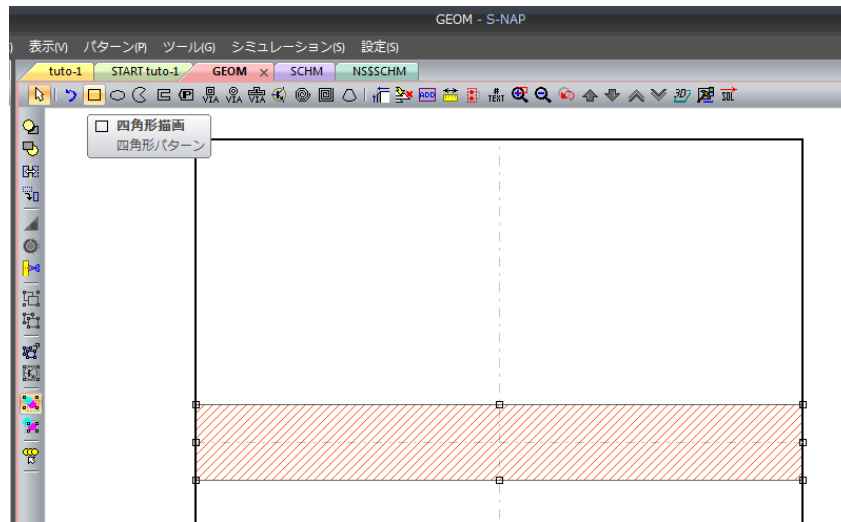


図 28 四角形パターンの描画

(2) 2mm×4mm の四角形を描く

次に (1) と同じ操作で、2mm×4mm の四角形を図の位置に描きます。

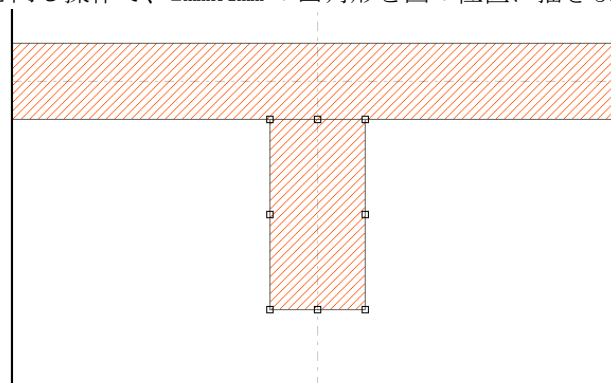


図 29 スタブ部分の描画

(3) 1.2mm×0.6mm の四角形ビアを描く

次にスタブの先端の方にグラウンドに向かうビアを描きます。以下のツールバーの部分が四角形ビアを描くための図形メニューですので、これを選択し、1.2mm×0.6mm のビアを図の位置に描きます。

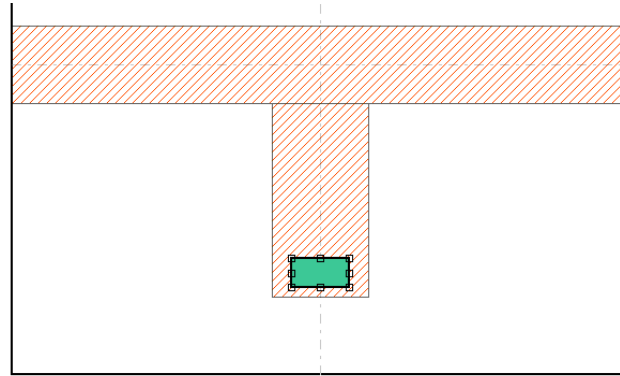


図 30 ビアの描画

ポートを付ける

次にポートを付けます。ポートは四角形図形のエッジのみ付けることができます。また取り付け位置としては、ボックスエッジに付けるのがベストです。ポートを取り付ける四角形を選択すると、ツールバーのポートメニューが有効になりますので、そのメニューを選択します。ポート追加・削除のダイアログボックスがオープンしますので、「右边」と「左边」を押してください。図 31(b)のようにパターンエッジにポートが取り付けられます。ポート番号は自動的にインクリメントされますが、連番になっていることを確認してください。ポートのプロパティ設定もありますが、ここではデフォルトの 50 Ω のままで構いませんので設定変更は行いません。ポートが付いたら回路は完成です。

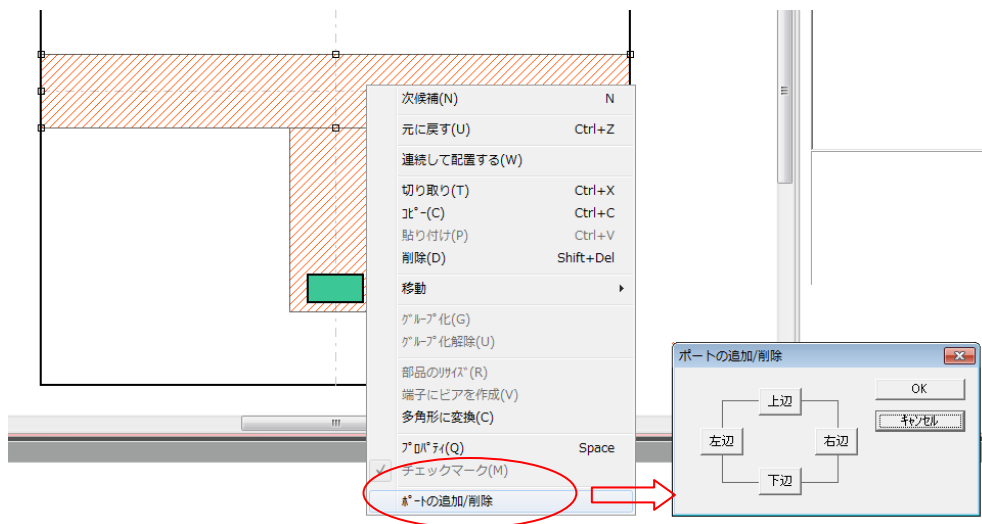


図 31(a) ポートの取り付け

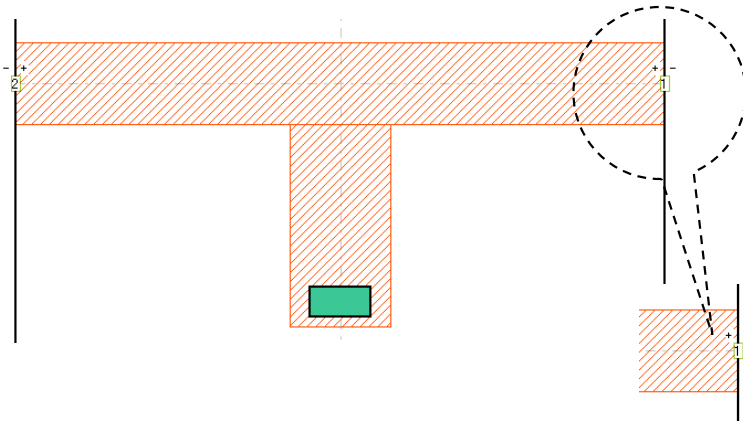
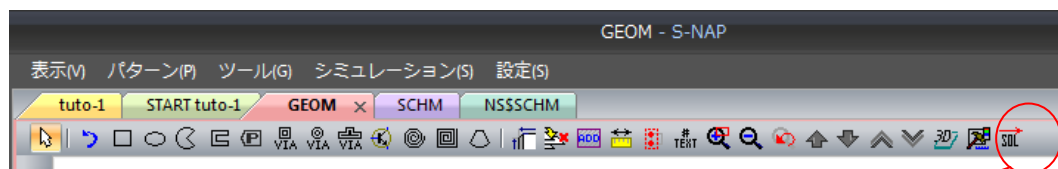


図 31(b) ポートの取り付け

シミュレータに図形情報を渡す

図のツールボタンでソルバに図形情報が送られソルバがアクティブになり手前にきます。



ソルバ出力

図 32 ソルバへの出力

解析

条件設定

「解析」→「ポート励振モード解析」→「S パラメータ解析」を選択すると、次のダイアログが表示されます。ここでの設定項目はスイープ周波数です。スタート周波数を「1G」、ストップ周波数を「3G」としてください。次に「ステップ設定」のタブをクリックし「線形ステップモード」を選択、ステップ数を 10 と入力してください。他の設定はデフォルトのままで OK です。

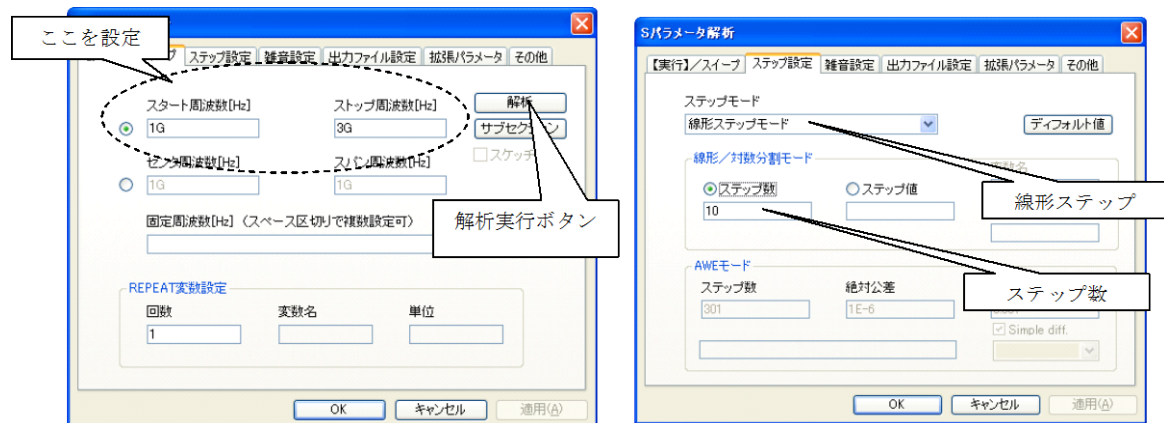


図 33 S パラメータ解析設定

解析実行

「解析」ボタンを押してください。ログダイアログの途中経過を出力しながら解析が進んでいきます。数秒で 10 周波数の解析が終了するでしょう。

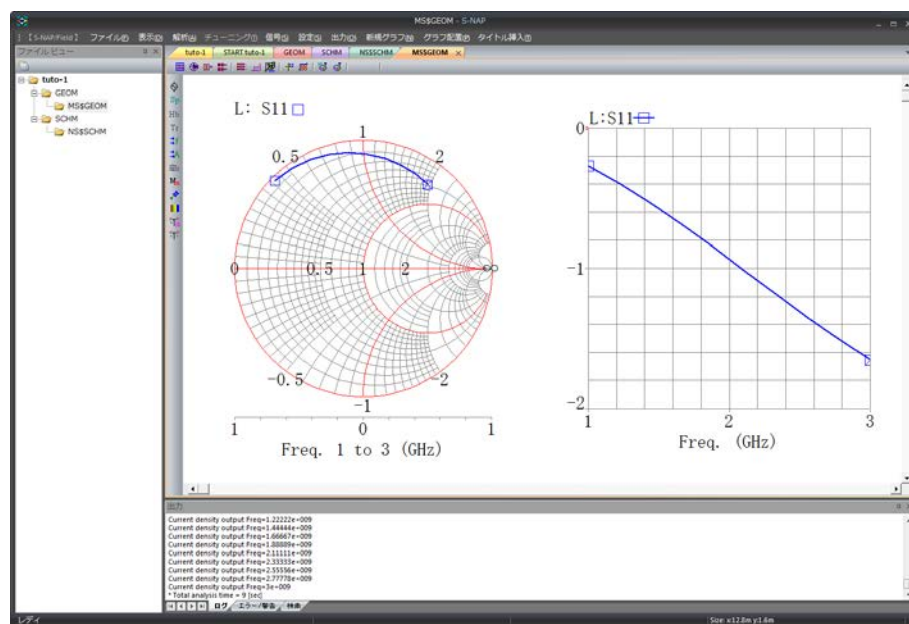


図 34 S パラメータ解析結果

ログダイアログの最後は、「* Total analysis time = 9 [sec]」が出力されます。グラフはデフォルト設定がスミスチャートで、解析終了後に S11 が表示されているでしょう。

S パラメータを表示する

この回路の場合、2 ポート回路ですから、S11 から S22 までの 4 つのパラメータがあります。他のパラメータの選択は、グラフを右クリックし「データ設定 (X,Y 軸)」を選択します。表示式のボックスに見たいパラメータを手書きで記入するか、下のリストボックスから選んで、ダブルクリックします。他のパラメータとの区切りは、セミコロン「;」を用いてください。

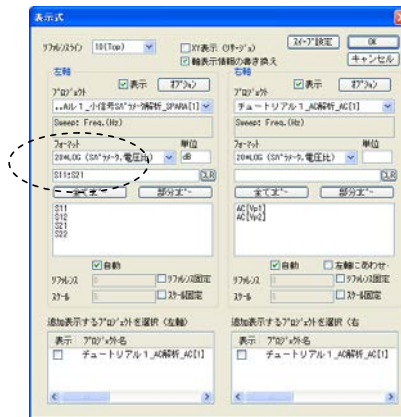


図 35 グラフ表示データ設定

電流分布を表示する

最後に電流分布を表示してみましょう。「出力」「電流分布出力」を選択します。ビューワプログラムが起動し電流分布が表示されます。

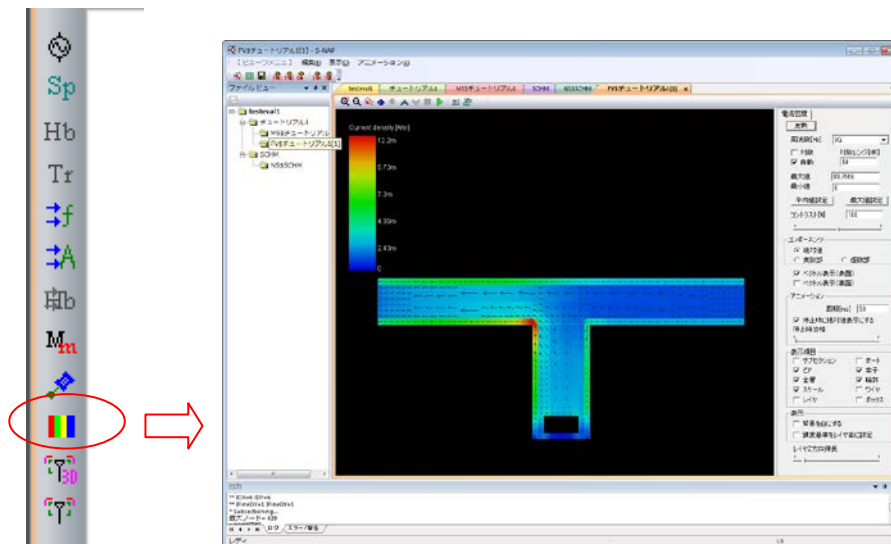
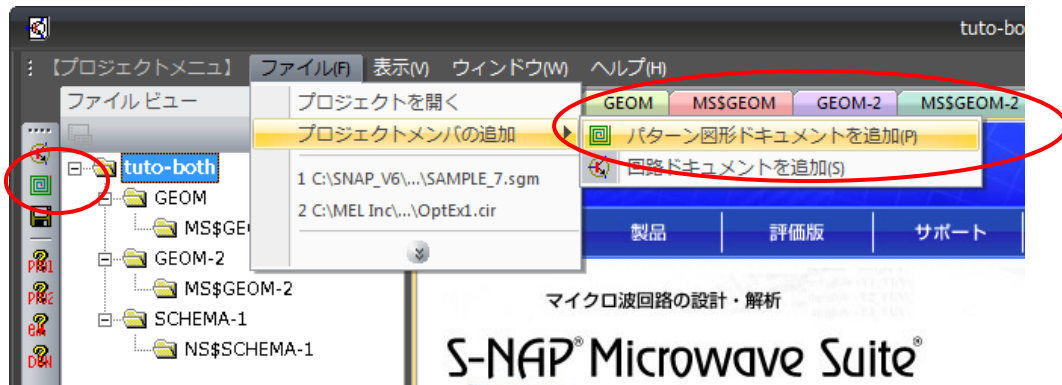


図 36 電流分布表示

以上で電磁界解析チュートリアル（1）を終わります。

電磁界解析メンバの追加

チュートリアル 2 を行うために、プロジェクトに電磁界解析メンバを追加します。「tuto-1」のタブを選択し「パターン図形ドキュメントを追加」を選択すると新たな図形ドキュメントがオープンします。



サンプル（２）（部品を含む例）

2 番目のチュートリアルでは、部品を混在させた例として次のような π 字型の 3dB アッテネータ回路を作成し、電流分布と S パラメータ特性をシミュレーションしてみましょう。サンプル回路は $6.4\text{mm} \times 3.2\text{mm}$ の基板にあるマイクロストリップ線路に接続された 1608 型の抵抗器を用いたものです。

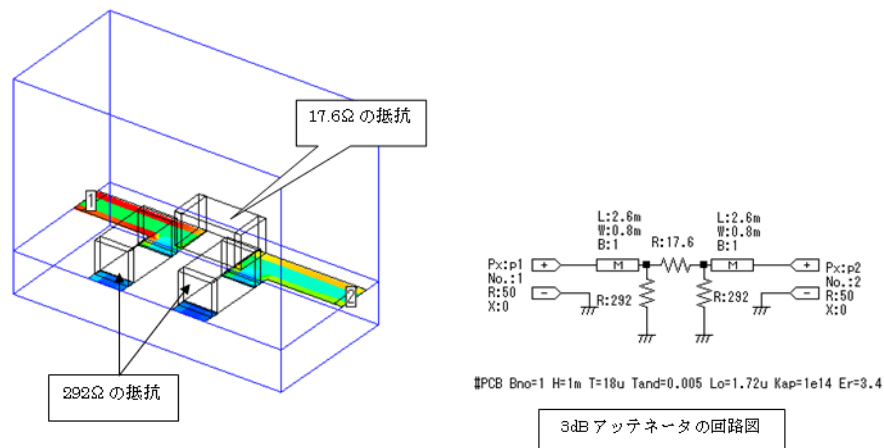


図 37 アッテネータ回路

ボックスサイズの設定

最初に解析領域となるボックスサイズを設定します。「ツール」「ボックス設定」メニューを選択してください。次の設定ダイアログがオープンします。

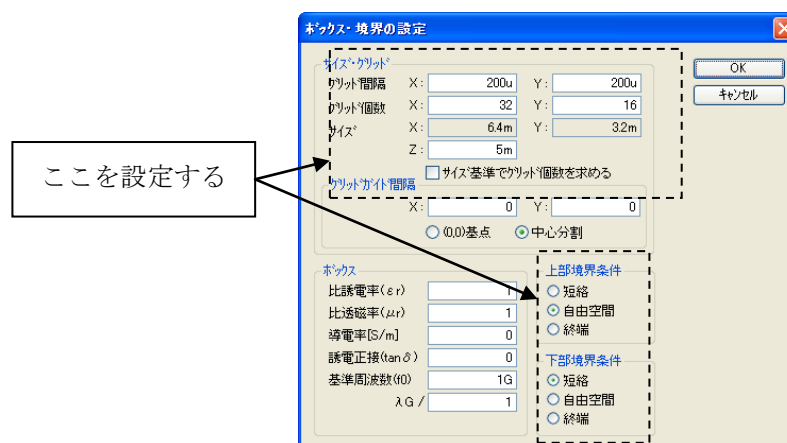


図 38 ボックス設定

X,Y,Z のサイズを入力します。次に X,Y 方向のグリッドピッチを入力します。グリッドピッチと X,Y のサイズは、必ず整数倍になるようにしてください。また、できるだけ 2 の指数乗になるようにします。ここでは、X に「6.4m」、Y に「3.2m」、Z に「5m」グリッドピッチは X,Y とともに「200u」を入力します。境界条件は上部を自由空間に設定し、下部を短絡に設定します。これで BOX の底面は完全グラウンドとなり上面は自由空間に接続されることになります。その他の値は空気中に基板があるという前提ですの

で、デフォルト値のままで結構です。ここで、「m」はミリを表わしており、「u」はマイクロを表わしています。

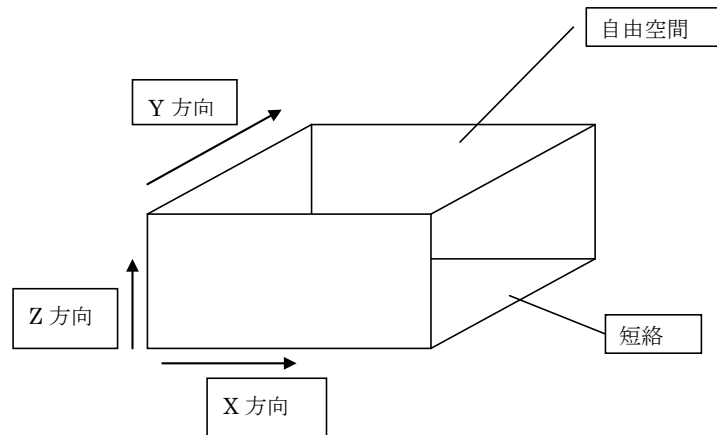
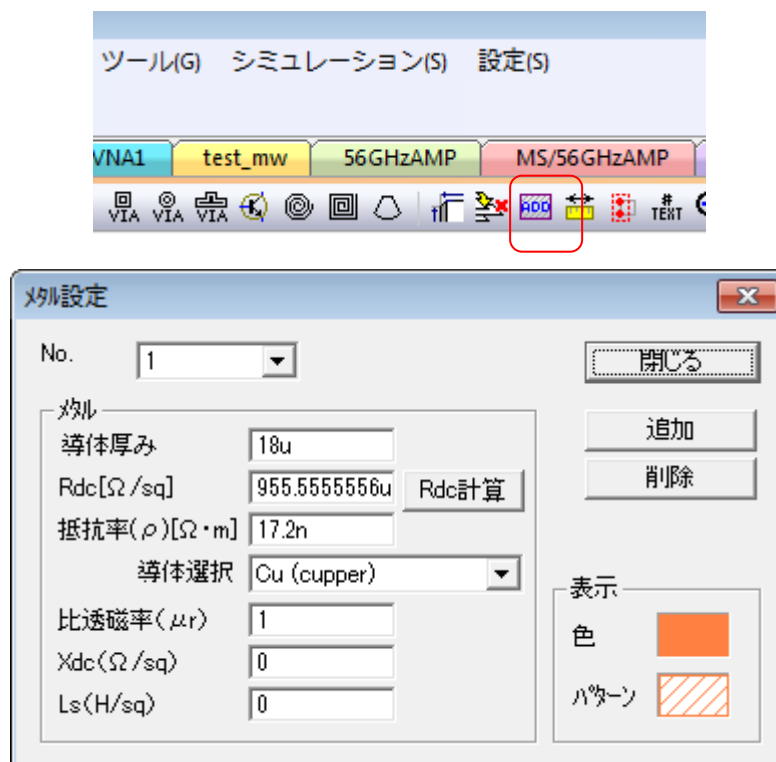


図 39 境界条件

導体の設定

導体のパラメータ設定は、「ツール」→「導体の編集・追加」→「編集」を選択します。デフォルトではNo. 1の導体が設定されています。導体の種類を追加する場合は、「追加」を押します。最初に「導体厚み」と「抵抗率」を設定しますが、「導体選択」を行うと抵抗率は自動設定されます。Rdcは直流における単位面積当たりの抵抗を指定します。「Rdc 計算」を押すと抵抗率から計算し書き込まれます。



誘電体の設定

誘電体はデフォルトとして1枚設定されています。「ツール」→「レイヤ編集・追加」→「編集」を選択すると次のダイアログが開きます。また「レイヤの追加と削除」でレイヤの一覧が表示され、編集したいレイヤを選択することで編集ダイアログが開きます。ここでは誘電体の厚さと比誘電率を入力します。それ以外の項目はデフォルト値のままで結構です。厚さの部分に「1m」、比誘電率の部分に「3.4」と記入します。これで1 [mm] の厚みの誘電率 3.4 の誘電体が底に敷かれた事になります。メタル番号の部分は、前項で設定した導体番号に対応します。



図 26 誘電体の設定

パターンを描く

(1) 2.6mm×0.8mm の四角形を左側に描く

左ボタンを押しながら、マウスを動かすと図形を描画しますので、右下のステータスボックスでサイズを確認しながら、2.6mm×0.8mmの四角形を図の位置に描きます。サイズは図形を選択した状態で、右ボタンを押して「プロパティ」でも変更できます。

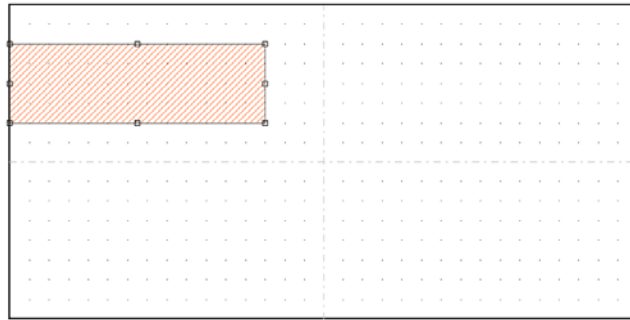


図 41

(2) 2.6mm×0.8mm の四角形を右側に描く

左ボタンを押しながら、マウスを動かすと図形を描画しますので、右下のステータスボックスでサイズを確認しながら、2.6mm×0.8mmの四角形を図の位置に描きます。サイズは図形を選択した状態で、右ボタンを押して「プロパティ」でも変更できます。

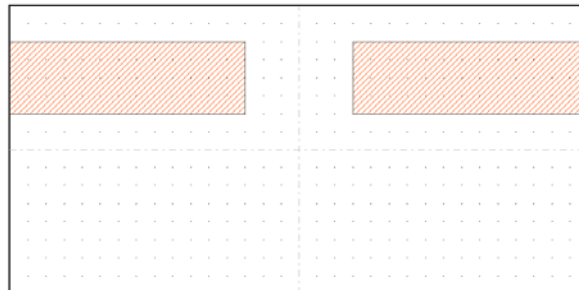


図 42

(3) 0.8mm×0.4mm の四角形を描く

0.8mm×0.4mm の四角形を図の位置に描きます。

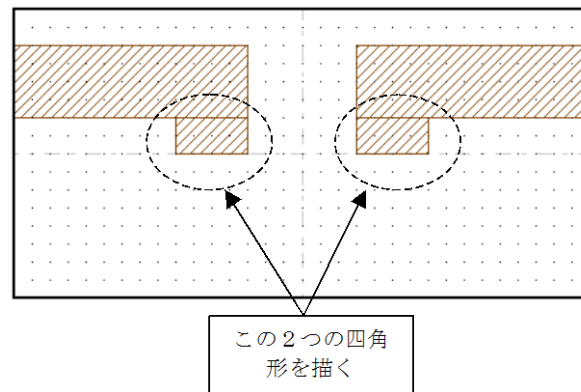


図 43

(4) 0.8mm×0.4mm の四角形を描く

0.8mm×0.4mm の四角形を図の位置に描きます。この部分は抵抗がグラウンドに落ちる部分にあたりますが、四角形を BOX に接触させることでグラウンドにすることができます。

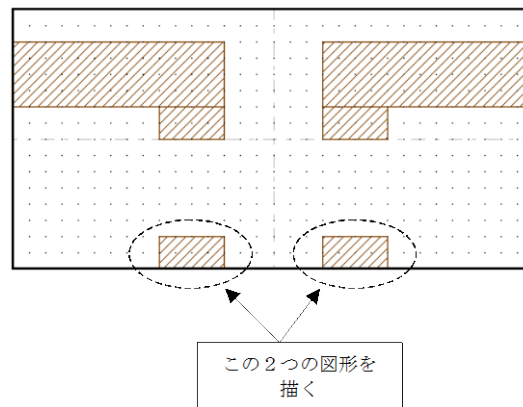


図 44

※グラウンドのとり方

このソフトウェアのグラウンドのとり方は2種類あります。一つはチュートリアル1で用いたように、ビアを用いて BOX 底面に接触させる方法。もう一つは、BOX の壁面に接触させる方法です。壁面に接触させる方法は、レイヤのプロパティ設定で、「BOX エッジをグラウンドに落とす」にチェックが入っているとき、図形を BOX に接触させるように描くとグラウンドに接続されます。

(5) 抵抗を配置する

次に抵抗を配置します。ツリーから「アイディアルレジスタ」を選択してください。次に「チップ 1608RES」にハイライトをあててください。トランジスタの記号のボタンを押してから、図面上の適当な位置で左ボタンを押してください。

部品選択

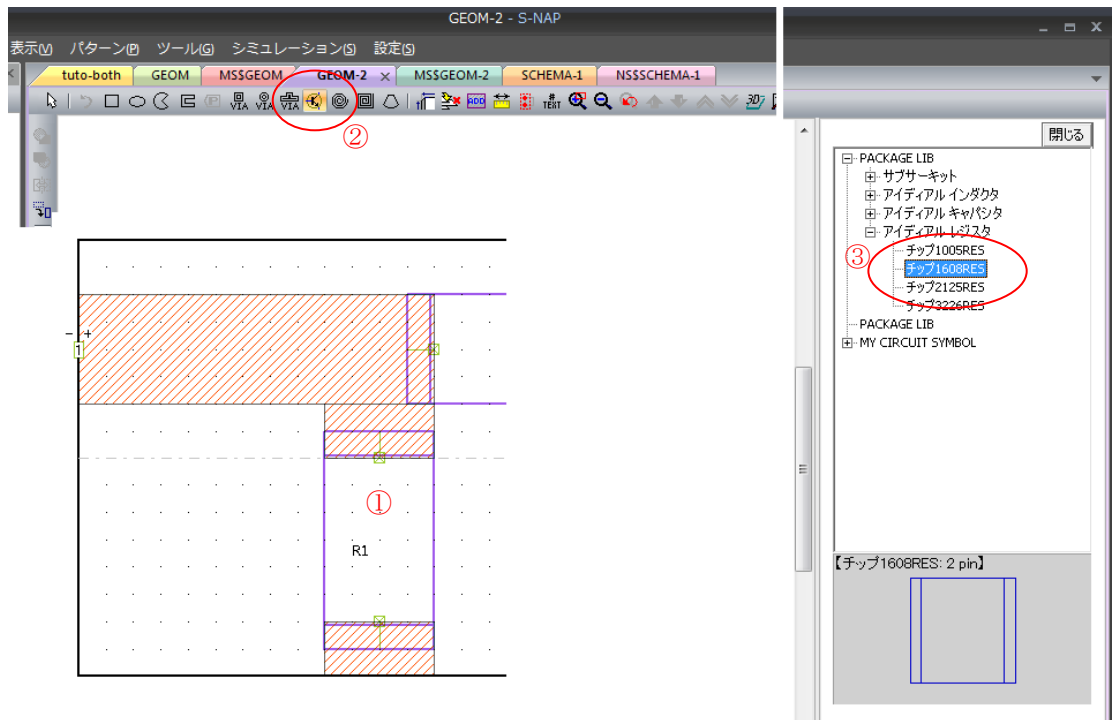


図 45

プロパティ

抵抗部品が図中に表示され、すぐさまプロパティボックスが開きます。プロパティボックスがすぐ上に開いたときは、部品はプロパティボックスの下に隠れるかもしれません。プロパティを「REF」の部分に「R1」と書き、「R[Ohm]」の部分に「292」と書きます。編集の仕方は、項目を選んで、下のエディットボックスで値を入力します。

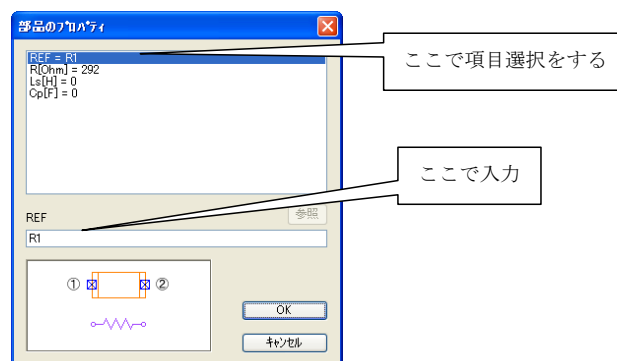


図 46

配置

プロパティの設定が終わったら「OK」を押します。次に抵抗が選択されている状態で、「編集」「移動」「回転」メニューか、右クリックで「移動」「回転」を選びます。抵抗が90度回転しますので、回転した抵抗を図の位置に配置します。

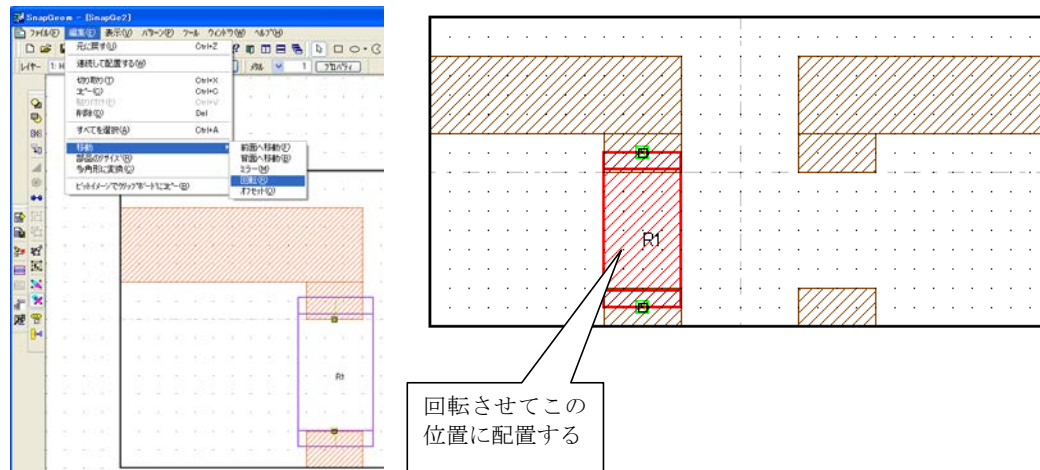


図 47

端子接続

最後に端子を接続します。この作業が部品配置でもっとも重要な作業になります。素子の端子は四角形図形の辺にのみ取り付けることができます。まず、抵抗の上側の端子をドラッグし、接続したい四角形の辺の側に移動してください。近傍の四角形の辺に自動的に接続されます。次に下側の端子も同様に四角形の辺に接続します。

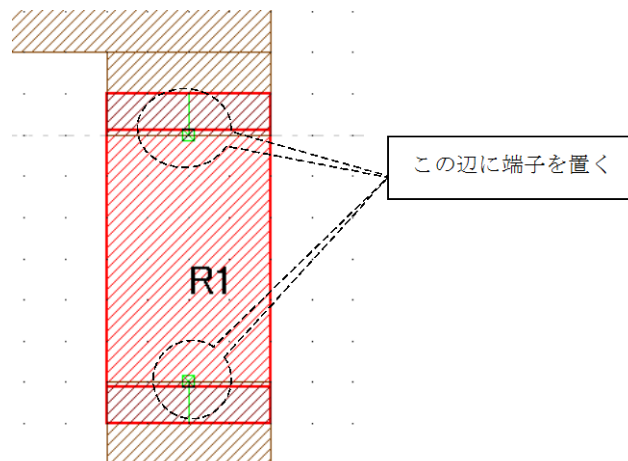


図 48

同じ要領で他の2つの抵抗も図のように配置します。

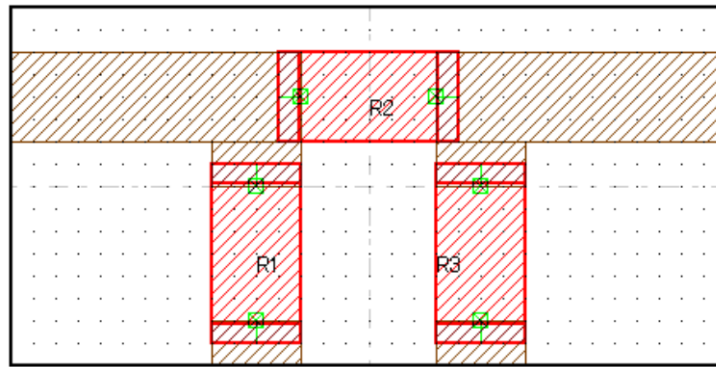


図 49

ポートを配置する

次にポートを付けます。ポートは四角形図形のエッジのみ付けることができます。また取り付け位置としては、ボックスエッジに付けるのがベストです。ポートを取り付ける四角形を選択すると、ツールバーのポートメニューが有効になりますので、そのメニューを選択します。ポート追加・削除のダイアログボックスがオープンしますので、右辺を押してください。下図のようにパターンエッジにポートが取り付けられます。ポート番号は自動的にインクリメントされますが、連番になっていることを確認してください。ポートのプロパティ設定もありますが、ここではデフォルトの 50Ω のままで構いませんので設定変更は行いません。ポートが付いたら回路は完成です。

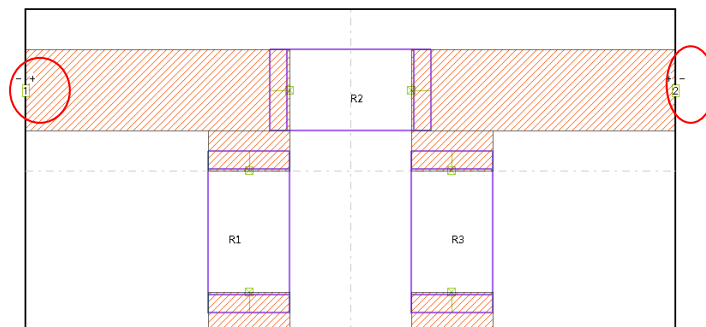
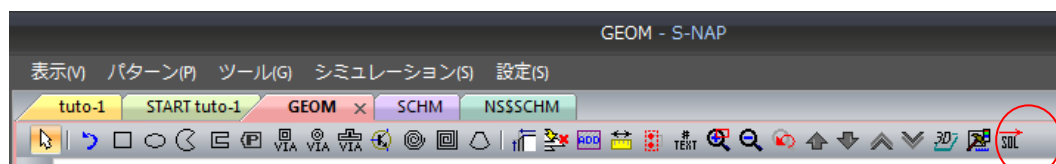


図 50

シミュレータに図形情報を渡す

図のツールボタンでソルバに図形情報が送られソルバがアクティブになり手前にきます。



ソルバ出力

図 51 ソルバへの出力

解析

条件設定

端子補正

素子の実装には内部でローカルなグランドを作成するために、端子にリアクタンスが発生します。このリアクタンスをキャンセルするためにデエンベディングを設定します。「設定」→「モーメント法設定」を選択し、デエンベディングの端子のチェックを ON にします。[標準設定] のボタンを押すと標準的な設定がセットされます。

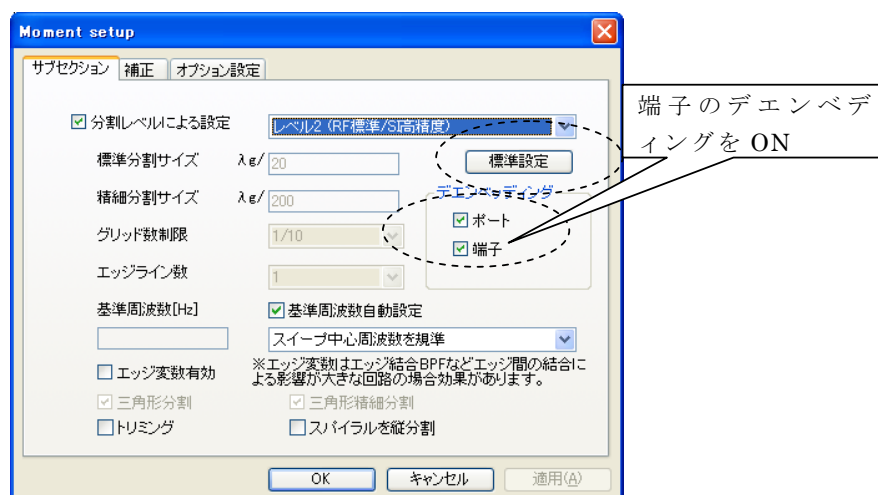


図 52

ステップ設定

チュートリアル 1 では 1 周波数ずつ解析する線形ステップモードを選択しましたが、今回は複数の周波数を一気に計算する AWE 法を用いてみます。「解析」→「ポート励振モード解析」→「S パラメータ解析」を選択し、「ステップ設定」のタブをクリックします。ステップモードのコンボボックスをプルダウンして「AWE モード」を選択します。

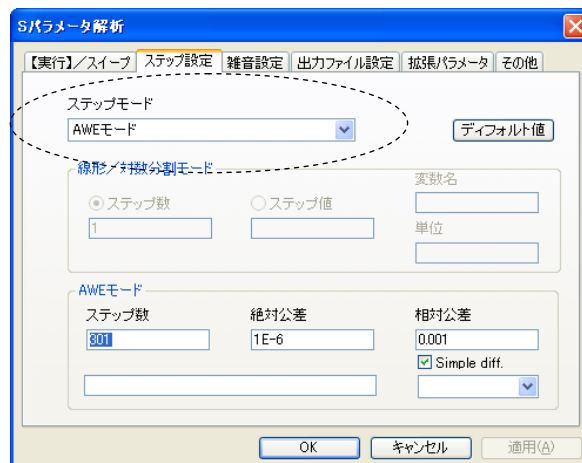


図 53

スイープ周波数設定

次にスイープ周波数を設定します。ページを「【実行】／スイープ」に切り替えて、スタート周波数とストップ周波数を設定します。たとえば 0.5G～3G と設定します。

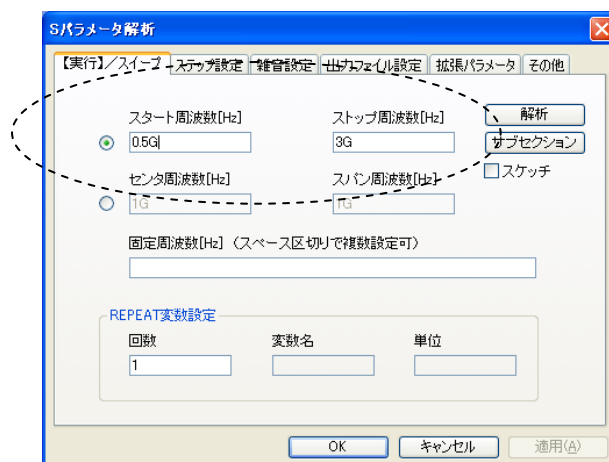


図 54

解析実行

「解析」ボタンを押してください。

グラフ表示

S パラメータを表示する

デフォルトのままだと、スミスチャートが表示されていて、S11 の軌跡が描かれているはずです。この回路の場合、2 ポート回路ですから、S11 から S22 までの 4 つのパラメータがあります。他のパラメータの選択は、「グラフメニュー」「表示データ」を選択します。マウスの右ボタンをクリックしてポップアップメニューから選んでもかまいません。

表示式のボックスに見たいパラメータを手書きで記入するか、下のリストボックスから選んで、ダブルクリックします。他のパラメータとの区切りは、セミコロン「;」を用いてください。

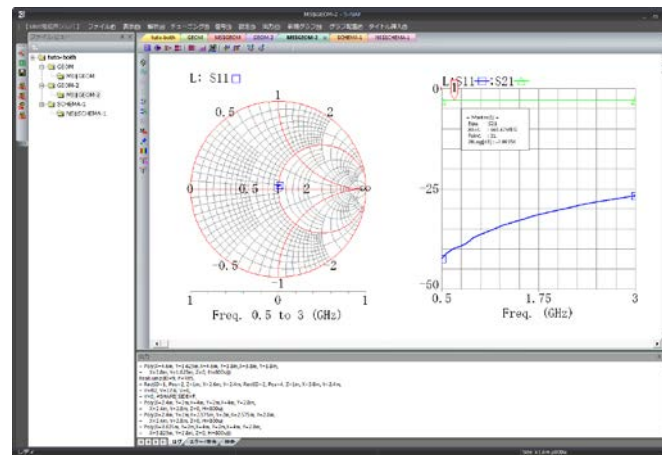


図 55

特性を確認する

最後に特性を確認しましょう。グラフのスケールを 1dB/Div とすると、S21 の特性が 1GHz から 3GHz の間で、-3dB あたりにいることがわかります。

その他

部品実装時の解析では、デフォルトで電流分布出力は OFF になっています。電流分布を観測したい場合は、「出力ファイル設定」ページの「電流分布出力」を ON にします。ただし実装状態の電流分布の出力には特別な処理を行いますので、解析時間が長くなります。

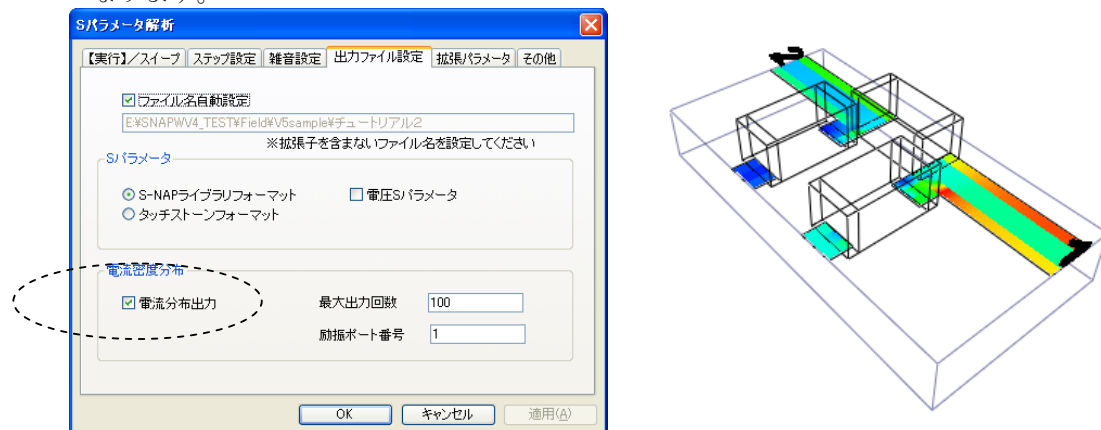
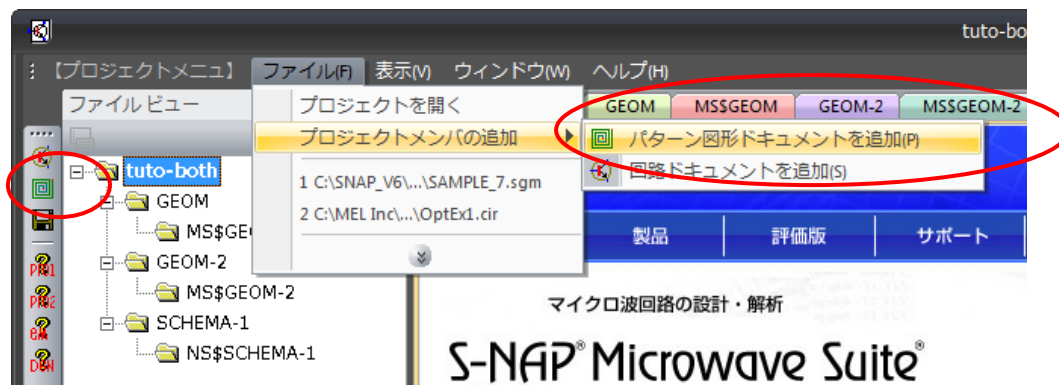


図 56

電磁界解析メンバの追加

チュートリアル 2 を行うために、プロジェクトに電磁界解析メンバを追加します。「tuto-1」のタブを選択し「パターン図形ドキュメントを追加」を選択すると新たな図形ドキュメントがオープンします。



アンテナ解析例

S-NAP Microwave Suite の電磁界シミュレータは、シールド領域のグリーン関数を用いたモーメント法を用いています。アンテナ解析を行う場合は、6面全部を完全にシールド状態にすると全反射となりますので、上部または下部のどちらか、または両方を自由空間に接続する必要があります。

グリッド・境界の設定

サイズ・グリッド

グリッド間隔 X: 500u Y: 500u

グリッド個数 X: 128 Y: 128

サイズ X: 64m Y: 64m

Z: 20m

☒ サイズ基準でグリッド個数を求める

グリッドセルサイズ

X: 0 Y: 0

☒ (0,0)基点 ☐ 中心分割

ボックス

比誘電率(ϵ_r) 1

比透磁率(μ_r) 1

導電率[S/m] 0

誘電正接($\tan \delta$) 0

基準周波数(f0) 1G

λG / 1

☐ 塩水環境を用いる

塩分濃度[%] 0

水温[°C] 0

上部境界条件

☐ 短絡

☒ 自由空間

☐ 終端

下部境界条件

☐ 短絡

☒ 自由空間

☐ 終端

OK

キャンセル

導波管Params

パッチアンテナ（片方向に放射するもの）

パッチアンテナのような片面がグラウンドのアンテナの解析は、グラウンド面として境界のグラウンドを用いることができます。この場合の BOX 設定は、下部境界を「短絡」、上部境界を「自由空間」に設定します。

Box・境界の設定

サイズ・グリッド

グリッド間隔 X: 500u Y: 500u

グリッド個数 X: 128 Y: 128

サイズ X: 64m Y: 64m

Z: 20m

☒ サイズ基準でグリッド個数を求める

グリッドオフセット

X: 0 Y: 0

☒ (0,0)基点 ☐ 中心分割

ボックス

比誘電率(ϵ_r) 1

比透磁率(μ_r) 1

導電率[S/m] 0

誘電正接($\tan \delta$) 0

基準周波数(f_0) 1G

$\lambda G /$ 1

☒ 塩水環境を用いる

塩分濃度[‰] 0

水温[℃] 0

上部境界条件

☐ 短絡 ☒ 自由空間 ☐ 終端

下部境界条件

☒ 短絡 ☐ 自由空間 ☐ 終端

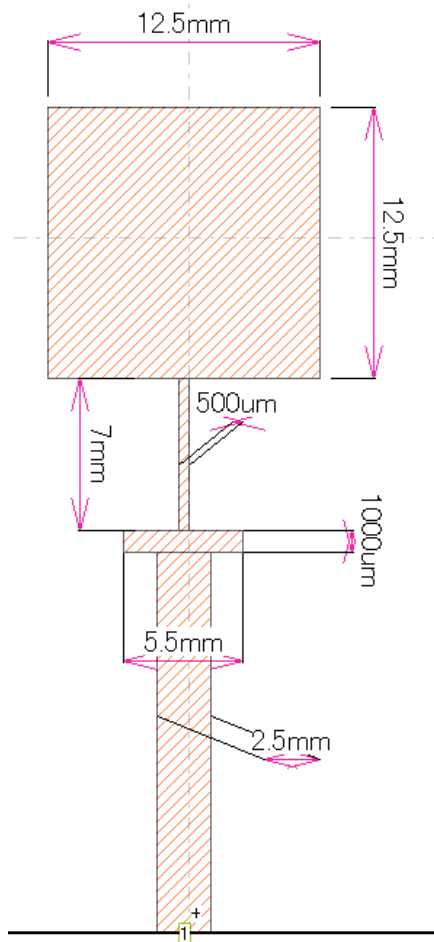
OK

キャンセル

導波管Params

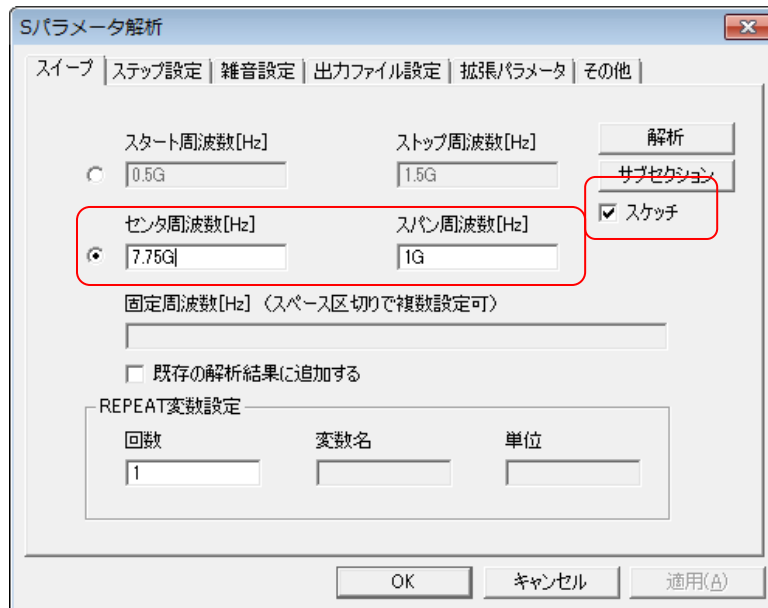
パッチアンテナ寸法

図のような寸法のパッチアンテナを描きます。基板パラメータは、比誘電率 2.2、厚み 0.8mm、 $\tan \delta$ を 0.005 とします。



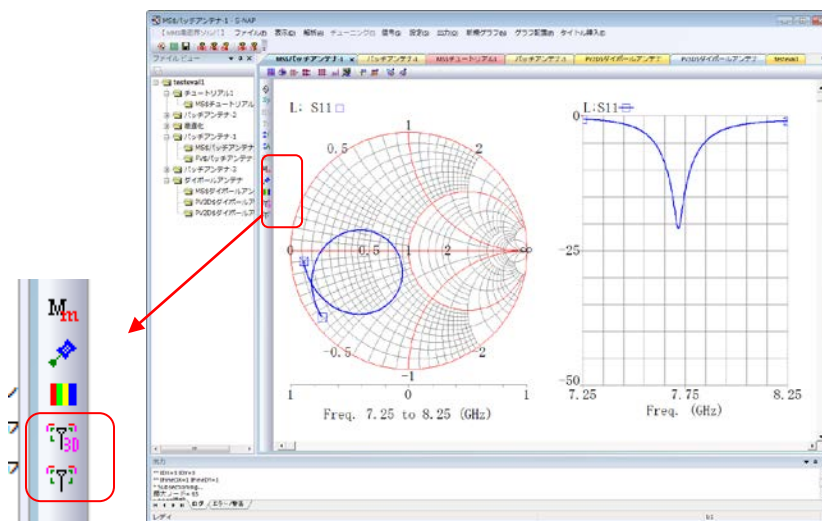
解析設定

センタ周波数を 7.75GHz、スパンを 1GHz とし、「スケッチ」にチェックを付けます。このスイッチは、AWE スイープを用いますが、センタ周波数だけで解析を行います。スタート、ストップ周波数では整合性をチェックしませんので、概要的な結果となりますが、狭帯域で解析するような場合、高速に特性を確認することができます。



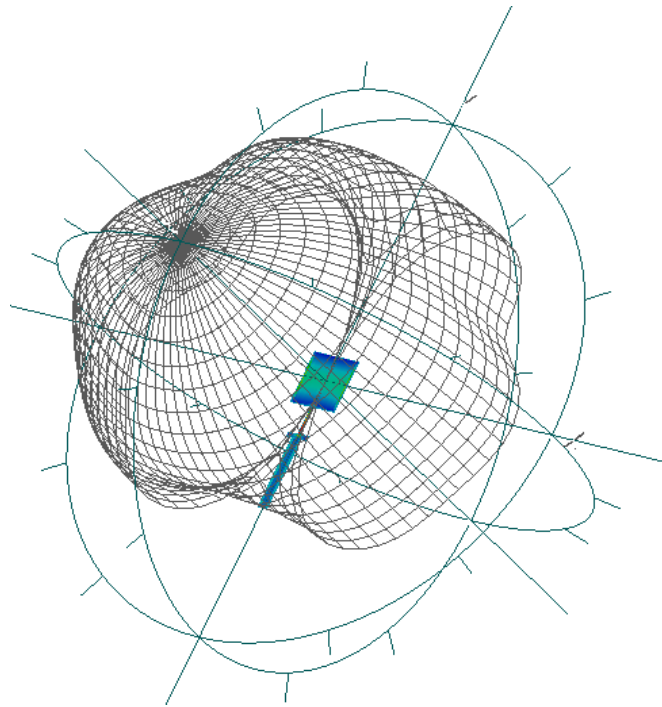
指向性特性

「解析」を実行すると図のような S パラメータ特性が得られます。指向性を確認するには、「放射パターン特性」を選択します。



3D 特性

指向性パターンを計算すると図のような特性が得られます。ここで上半面だけの表示となっているのは、BOX の境界条件設定で下部境界を短絡にしたため、上半空間のみの解析となっているためです。



ダイポールアンテナ（両方向に放射するもの）

ダイポールアンテナのように両方向に放射するような場合、BOX 境界条件を上部、下部ともに「自由空間」に設定します。BOX の大きさは数波長程度とってください。

ボックス・境界の設定

サイズ・グリッド

グリッド間隔 X: 1m Y: 1m

グリッド個数 X: 128 Y: 128

サイズ X: 0.128 Y: 0.128

Z: 60m

☒ サイズ基準でグリッド個数を求める

グリッドオフセット間隔 X: 0 Y: 0

☒ (0,0)基点 ☐ 中心分割

OK

キャンセル

導波管Params

ボックス

比誘電率(ϵ_r) 1

比透磁率(μ_r) 1

導電率[S/m] 0

誘電正接($\tan \delta$) 0

基準周波数(f0) 1G

$\lambda G /$ 1

☐ 塩水環境を用いる

塩分濃度[‰] 0

水温[°C] 0

上部境界条件

☐ 短絡

☒ 自由空間

☐ 終端

下部境界条件

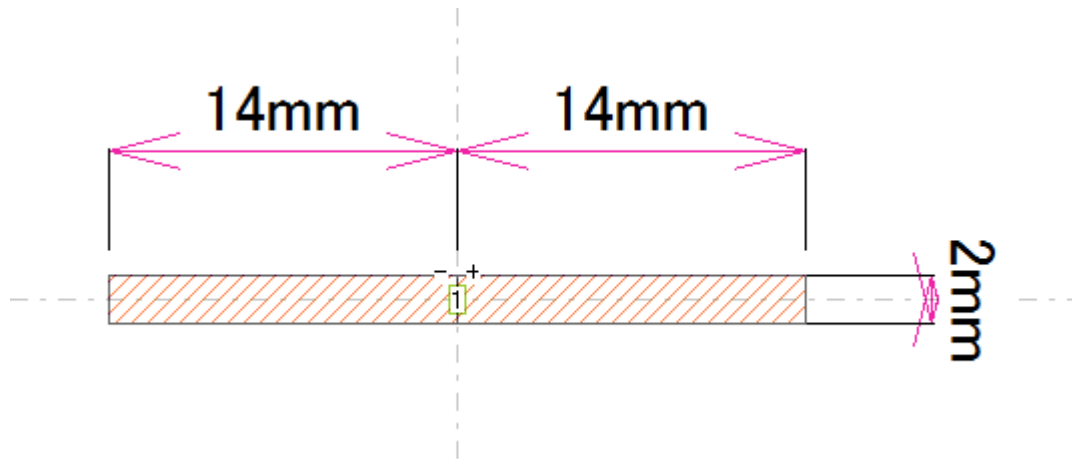
☐ 短絡

☒ 自由空間

☐ 終端

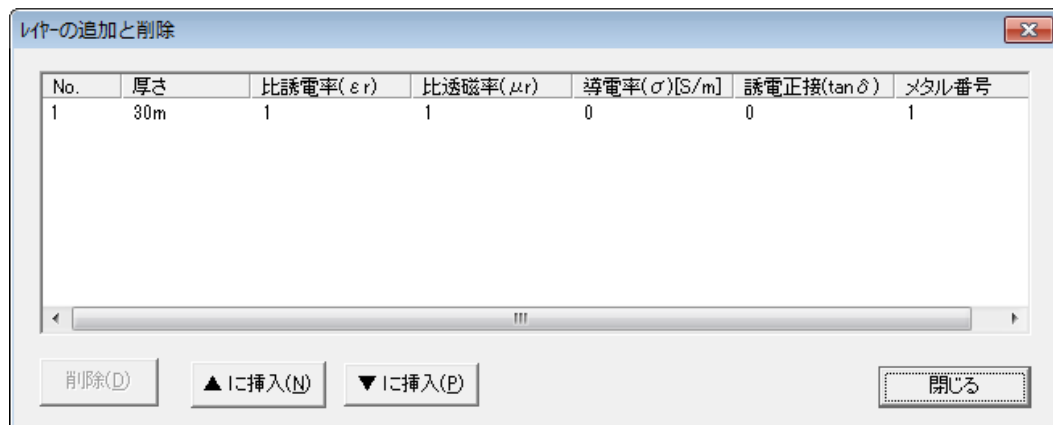
ダイポールアンテナ寸法

図のような寸法のアンテナを描きます。ポートは片方の RECT 図形に取り付けもう一方の RECT 図形で挟み込むようにしてください。



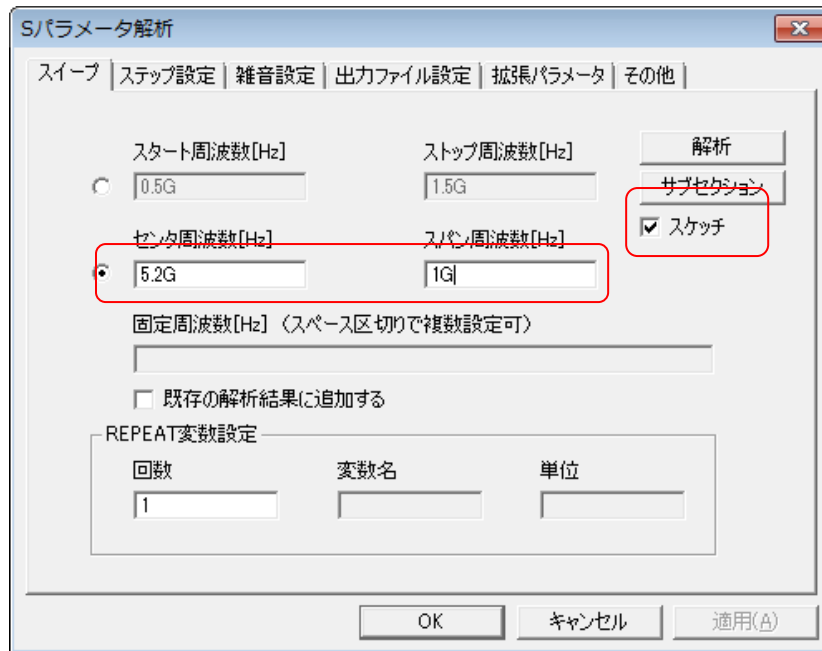
誘電体設定

ダイポールが空間に浮いている状態を構成する場合は、図のように BOX サイズの半分の厚みの空気の層（比誘電率 = 1）を作成します。アンテナ図形はこの空気層の上に描きます。このようにすることで、BOX 中央に浮いた形になります。



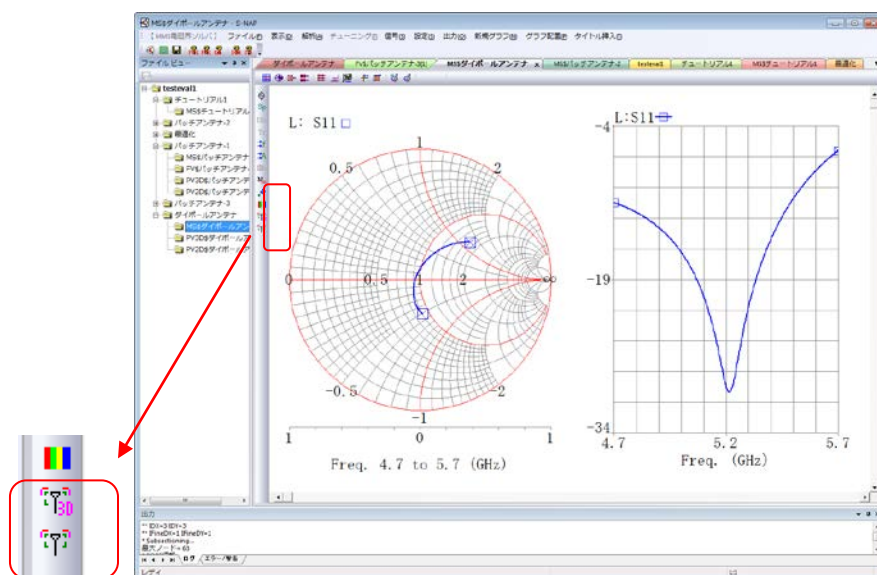
解析

センタ周波数を 5.2GHz、スパンを 1GHz とし、「スケッチ」にチェックを付けます。このスイッチは、AWE スイープを用いますが、センタ周波数だけで解析を行います。スタート、ストップ周波数では整合性をチェックしませんので、概略的な結果となりますが、狭帯域で解析するような場合、高速に特性を確認することができます。

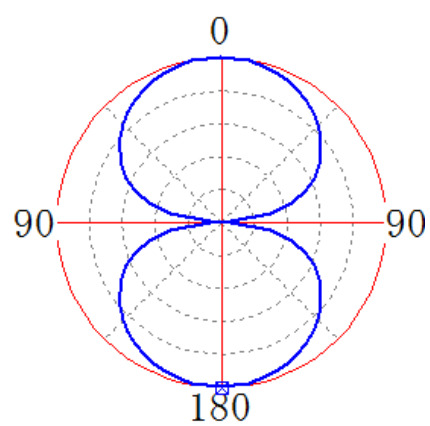
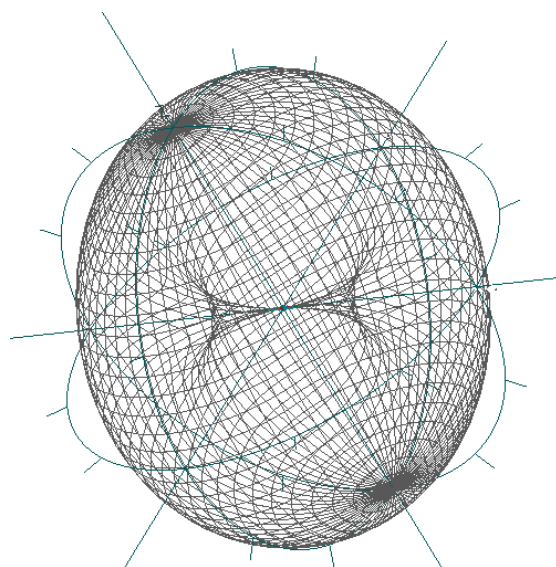


指向性特性

「解析」を実行すると図のような S パラメータ特性が得られます。指向性を確認するには、「放射パターン特性」を選択します。



指向性パターンを計算すると図のような特性が得られます。BOX 境界条件を上部下部共に自由空間に設定していますので、上下方向の特性が得られます。

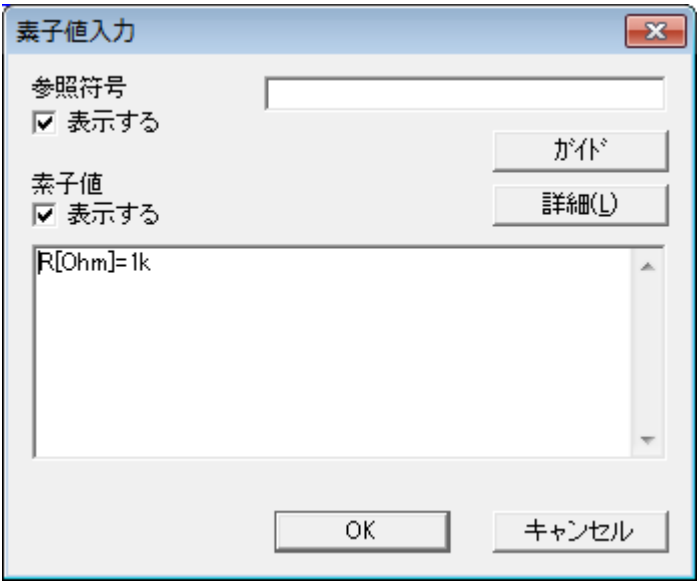


付録

回路部品（抜粋）

抵抗素子（RES）

純抵抗成分をシミュレーションします。



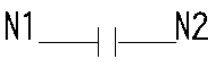
Resistance 「Ohm」	抵抗値を記述します。
OFF	ノイズ発生スイッチです。 ‘OFF’を記述した場合、ノイズシミュレーション時に熱雑音を発生しません。デフォルトは‘ON’です。

<特記事項>

なし

キャパシタ（CAP）

純容量成分をシミュレーションします。



要素値入力

参照符号

☒ 表示する

要素値

☒ 表示する

ガイド

詳細(L)

[F]=1p

OK

キャンセル

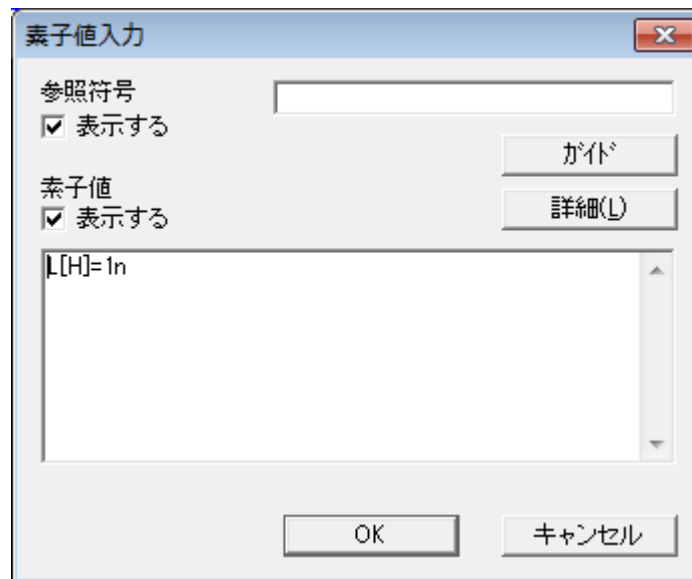
Capacitance 「F」	容量を記述します。
--------------------	-----------

<特記事項>

なし

インダクタ（IND）

純インダクタンス成分をシミュレーションします。



Inductance 「H」	インダクタンスを記述します。
-------------------	----------------

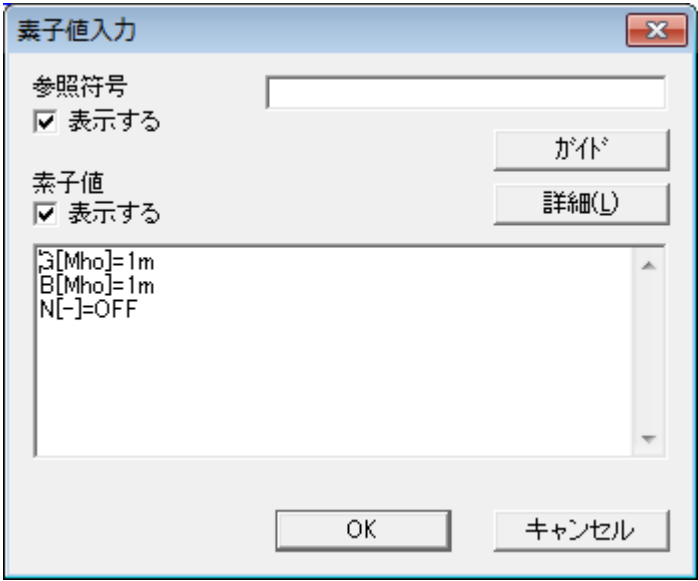
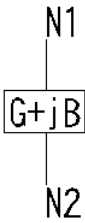
<特記事項>

‘Mutual’ 文 ‘MUT’ ステートメントを用いることで、複数のインダクタを結合することができます。

同一ノードに複数のインダクタを並列に接続すると、直流解析時にエラーになります。並列接続の必要がある場合は、各インダクタに微小抵抗（1mΩ等）を付けて下さい。

アドミッタンス素子（ADM）

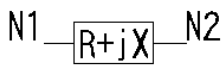
G+jB で表されるアドミッタンス成分をシミュレーションします。



ADM	この素子の識別文字です。
p1	参照記号になります。
n1 n2	接続ノード名を記述します。
Cond 「1/Ohm」	コンダクタンス成分を記述します。
Sus 「1/Ohm」	サセプタンス成分を記述します。
ON	ノイズ発生スイッチです。 ‘ON’ を記述すると、ノイズシミュレーション時に G の値に従って熱雑音を発生します。デフォルトは OFF です。

インピーダンス素子（IMP）

R+jX で表されるインピーダンス成分をシミュレーションします。



要素値入力

参照符号

☒ 表示する

がイト

素子値

☒ 表示する

詳細(L)

R[Ohm]=1k
X[Ohm]=0
N[-]=OFF

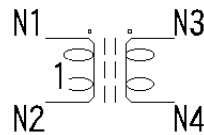
OK

キャンセル

Resistance 「Ohm」	抵抗成分を記述します。
Reactance 「Ohm」	リアクタンス成分を記述します。
ON	ノイズ発生スイッチです。 ‘ON’ を記述しておく と、ノイズシミュレーション時に R の値に従って熱雑音を発生します。デフォルトは OFF です。

トランス（TRN）

2 個のインダクタンスを結合したトランスをシミュレーションします。



素子値入力

参照符号

☐ 表示する

ガイド

素子値

☒ 表示する

詳細(L)

L1[H]=10n
L2[H]=10n
K[-]=0.99

OK

キャンセル

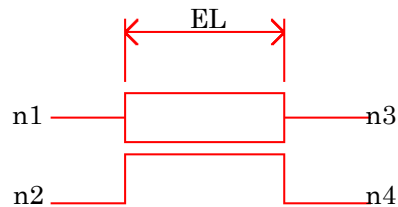
TRN	この素子の識別文字です。
p1	参照記号になります。
n1 n2	1 次側の接続ノード名を記述します。
n3 n4	2 次側の接続ノード名を記述します。
PrimaryInductance [H]	1 次側のインダクタンスを記述します。
SecondaryInductance [H]	2 次側のインダクタンスを記述します。
MutualCoeff	結合係数を記述します。0<Coeff<1 でなければいけません
PrimaryResistance [Ohm]	1 次側巻線の抵抗値です。省略時は巻線抵抗は 1m[Ohm] になります。
SecondaryResistance [Ohm]	2 次側巻線の抵抗値です。省略時は巻線抵抗は 1m[Ohm] になります。

<特記事項>

インダクタと Mutual の組み合わせでも同一の素子を作成できます。
1 次側の全端子とも 2 次側に直接接続する配線は行なってはいけません。

電氣長伝送線路 (T L I N)

電気長で示される損失のない理想的な伝送線路をシミュレーションします。



素子値入力

参照符号

☒ 表示する

素子値

☒ 表示する

が仆

詳細(L)

Th[deg]=90
F[Hz]=1G
Z[Ohm]=50

OK キャンセル

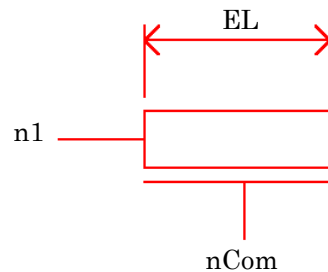
Z0 「Ohm」	特性インピーダンス値を記述します。
ElectricLength 「度」	電気長を記述します。
Freq 「Hz」	電気長を表す周波数を記述します。

＜特記事項＞

この素子はSpiceのTransmission Lineモデルの'Tname...'とはパラメータが異なっています。Spice 準拠の伝送線路モデルと同じパラメータを持つ線路モデルは'TLINS'になります。

電気長線路オープスタブ (TOPEN)

電気長伝送線路のオープンスタブをシミュレーションします。



素子値入力

参照符号

☒ 表示する

素子値

☒ 表示する

Th[deg]=90
F[Hz]=1G
Z[Ohm]=50

が仆

詳細(L)

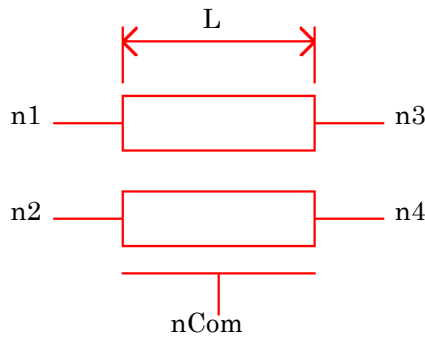
OK

キャンセル

Z0 「Ohm」	特性インピーダンス値を記述します。
Electric Length 「度」	電気長を記述します。
Freq 「Hz」	電気長を表す周波数を記述します。
TermR 「Ohm」	トランジェント解析時のオープン側の終端抵抗値を記述します。記述のないときは 100Mohm にデフォルト設定されます。

結合伝送線路（T C P L）

結合伝送線路をシミュレーションします。



素子値入力

参照符号

☒ 表示する

がイ

素子値

☒ 表示する

詳細(L)

Ze[Ohm]=120.68

Zo[Ohm]=20.715

Th[Deg]=90

F[Hz]=1G

Tho[Deg]=90

OK

キャンセル

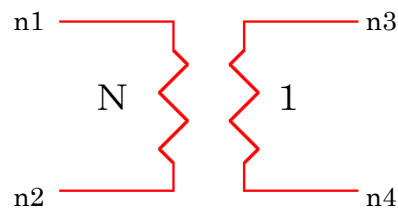
Ze	偶数モードインピーダンスを記述します。
Zo	奇数モードインピーダンスを記述します。
Length [m]	物理的な長さを記述します。

<特記事項>

$Z_e \geq Z_o$ で用いて下さい。

理想変成器（ I T R N S ）

N:1 の巻線比を持つ理想変成器をシミュレーションします。



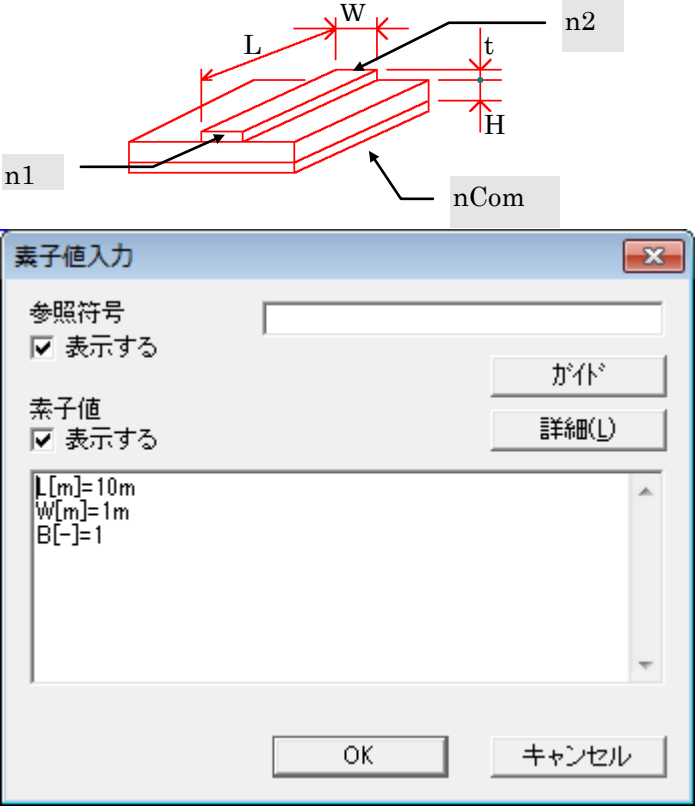
N	巻数比を記述します。1 次側がN回巻とすると 2 次側は 1 回巻です。
---	--------------------------------------

<特記事項>

- 2 次側に Z [Ohm] の負荷を接続した場合、1 次側から見たインピーダンスは $Z/(N^2)$ になります。
- SNAP-Linear の Ver3.0 以前は直列抵抗が必要でしたが、このモデルでは不要で、真の理想変成器をシミュレーションします。

マイクロストリップ

標準的なマイクロストリップ線路をシミュレーションします。



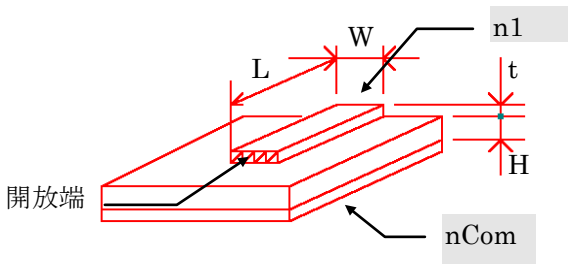
Length 「m」	マイクロストリップ線路の長さを記述します。
Width 「m」	マイクロストリップ線路の幅を記述します。
No	プリント基板番号を記述します。（1以上の整数） プリント板は PCB ブロックで記述されているものに対応します。

<特記事項>

ϵ_r による Z_0 の相対誤差は 2 % 以下。

マイクロストリップオープンスタブ

マイクロストリップオープンスタブをシミュレーションします。



要素値入力

参照符号

☒ 表示する

が伊

素子値

☒ 表示する

詳細(L)

L[m]=10m

ww[m]=1m

B[-]=1

OK

キャンセル

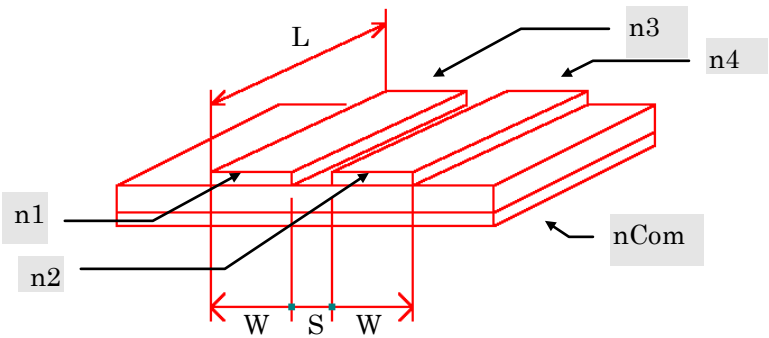
Length 「m」	マイクロストリップ線路の長さを記述します。
Width 「m」	マイクロストリップ線路の幅を記述します。
No	プリント基板番号を記述します。（1以上の整数） プリント板は PCB ブロックで記述されているものに対応します。

<特記事項>

Er による Z0 の相対誤差は 2 % 以下。
オープンエンド補正を含みます。

2ラインカップルマイクロストリップ

エッジカップリングマイクロストリップの結合線路をシミュレーションします。



参照符号

☒ 表示する

がイ

素子値

☒ 表示する

詳細(L)

L[m]=10m

w[m]=1m

S[m]=0.5m

B[-]=1

OK

キャンセル

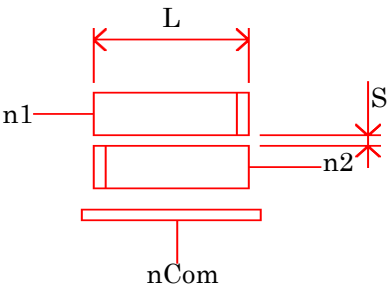
Length 「m」	マイクロストリップ線路の長さを記述します。
Width 「m」	マイクロストリップ線路の幅を記述します。
Space 「m」	マイクロストリップ間の結合間隔を記述します。
No	プリント基板番号を記述します。(1 以上の整数) プリント板は PCB ブロックで記述されているものに対応します。

<特記事項>

$0.1 \leq w/h \leq 10$, $0.01 \leq s/h < \infty$, $1 \leq \text{Er} < \infty$ の条件下で偶、奇モードインピーダンスは 0.8%以下の誤差になります。

マイクロストリップエッジカップルBPF

エッジカップリングマイクロストリップの BPF フィルタをシミュレーションします。



要素値入力

参照符号

☒ 表示する

がイ

素子値

☒ 表示する

詳細(L)

L[m]=10m
w[m]=1m
S[m]=0.2m
B[-]=1

OK

キャンセル

Length 「m」	マイクロストリップ線路の長さを記述します。
Width 「m」	マイクロストリップ線路の幅を記述します。
Space 「m」	マイクロストリップ間の結合間隔を記述します。
No	プリント基板番号を記述します。(1以上の整数) プリント板はPCBブロックで記述されているものに対応します。

<特記事項>

$0.1 \leq w/h \leq 10$, $0.01 \leq s/h < \infty$, $1 \leq \text{Er} < \infty$ の条件下で偶、奇モードインピーダンスは0.8%以下の誤差になります。
オープンエンド補正を含みます。

2ポートパラメータ素子（パラメータ素子群）

2ポートのパラメータファイルをシミュレーションします。



素子値入力

参照符号

☒ 表示する

参照

素子値

☒ 表示する

詳細(L)

Data[-]=Data
V[V]=0
I[A]=0
M[-]=DCS_THROUGH
Reverse[-]=0

OK キャンセル

FileName	ファイル名を記述します。 S-NAP ライブラリまたはタッチストーンフォーマット S2P ファイル
VoltageCond 「V」	ファイル内の該当データの電圧条件を書きます。
CurrentCond 「A」	ファイル内の該当データの電流条件を書きます。
M	直流 S パラモデル
Reverse	1 の場合、S パラメータのインバースとなり、特性を差し引く動作になる

<特記事項>

電圧、電流条件はデータファイル中で‘#CON(.)’で指示されている測定条件です。ファイルを検索した時この条件に一致するデータを検索します。もし同じ条件のデータが複数存在する場合は、最初に見つかったデータを採用します。このときワーニングはでません。

ファイル検索は‘ライブラリのパス’で設定されているパスから下を検索します。ディレクトリが階層構造になっている場合でも下のディレクトリまで検索します。

シミュレーションを行なう場合、シミュレーションの周波数範囲は登録されているデータの周波数範囲内でなければいけません。また、S パラメータと NF データの両方のデータが登録されている場合は、周波数範囲の狭い方の範囲内でシミュレーションを行なって下さい。データの周波数範囲外でも **warning** を出しながらシミュレーションを行いますが、その結果は精度のよいものにはならないでしょう。

<ライブラリファイル例>

#Freq GHZ

#TAG(FUJITU,2,10m,1991)

#CON(50,S)

#PARA

0.1000	1.0000	-3.2000	4.7580	176.8000	0.0020	78.7000
0.5020	-2.6000					
0.5000	0.9900	-12.1000	4.7170	168.3000	0.0100	79.7000
0.4930	-10.1000					
1.0000	0.9810	-22.8000	4.6410	158.2000	0.0200	73.5000
0.4910	-18.5000					
3.0000	0.8980	-63.3000	4.2060	120.4000	0.0540	49.2000
0.4620	-50.1000					
4.0000	0.8480	-82.6000	3.9190	102.4000	0.0650	38.2000
0.4430	-65.5000					
6.0000	0.7380	-117.2000	3.2540	69.7000	0.0820	18.8000
0.4220	-93.7000					
8.0000	0.6810	-143.1000	2.7680	43.0000	0.0890	4.7000
0.4380	-115.6000					
10.000	0.6250	-166.4000	2.4010	16.7000	0.0970	-8.4000
0.4700	-135.1000					
12.000	0.5770	172.9000	2.1300	-7.8000	0.1040	-21.7000
0.4970	-153.3000					
14.000	0.5340	155.8000	1.9500	-31.9000	0.1130	-34.5000
0.5510	-168.8000					
16.000	0.4760	139.5000	1.7890	-57.5000	0.1270	-52.9000
0.6040	174.8000					
18.000	0.4100	122.9000	1.7090	-84.1000	0.1450	-74.3000
0.6400	157.2000					
20.000	0.3190	108.4000	1.5910	-114.4000	0.1680	-101.2000
0.6520	137.9000					

#NF

1.0000	0.3200	0.7400	1.0000	0.6700
1.5000	0.3200	0.8200	24.0000	0.6200
2.0000	0.3300	0.7900	30.0000	0.5800
4.0000	0.3500	0.7300	59.0000	0.4200
6.0000	0.4400	0.6800	87.0000	0.2900
8.0000	0.5500	0.6300	119.0000	0.1900
10.0000	0.6600	0.5900	139.0000	0.1200
12.0000	0.7500	0.5500	164.0000	0.0800

14.0000	0.8800	0.5200 -174.0000	0.0700
16.0000	1.0500	0.4900 -152.0000	0.0900
18.0000	1.300	0.4700 -132.0000	0.1400

#End

※このデータを用いてNFも解析する場合、スイープ周波数は1Ghz～18Ghz内で行ってください。

※パラメータの順序は次の通りです。

Sパラメータ：

周波数 S11.Mag S11.Ang S21.Mag S21.Ang S12.Mag S12.Ang S22.Mag S22.Ang

NF：

周波数 Nfmin $\Gamma_{opt.Mag}$ $\Gamma_{opt.Ang}$ Rn/Zo

Angはいずれも‘度’です。

ポート（PORT）

ポートはSパラメータ解析において特に意味を持っています。Sパラメータ解析では回路をN端子回路網と考えた時の入出力端子となり、各ポートの反射係数、ポート間の伝達特性を計算します。ネットワークアナライザのポートと同じ意味を持ちます。また、その他の解析においては抵抗付き電源や、ターミネータになります。ポートのターミネーション値は複素量で与えることができます。ポートは1回路中に最大6個まで持つことができ、Sパラメータ解析ではポートの数はそのままSマトリックスのサイズになります。従って、6ポートの回路では6行6列のSマトリックスが計算されます。

素子値入力

参照符号

☒ 表示する

がイ

素子値

☒ 表示する

詳細(L)

Px[-]=PT3
No.[-]=3
R[Ohm]=50
X[Ohm]=0

OK

キャンセル

Name	ポート名を記述します。ポート名は信号の割り当てやノイズソースの割り当て等に用いられます。
Number	ポート番号を記述します。1からの数字で他のポートとだぶってはいけません。この数字がパラメータの添え字に対応します。
Resistance 「Ohm」	ポート内部インピーダンスの抵抗成分を記述します。 省略した場合は 50[Ohm]になります。
Reactance 「Ohm」	ポート内部インピーダンスのリアクタンス成分を記述します。 省略した場合は 0 になります。また、トランジェント解析では無視されます。

<モード別機能>

Sパラメータ解析: アクティブポート時はインピーダンス電源となり、パッシブポート時はインピーダンスだけになり、終端されます。ここで‘アクティブポート時’とはそのポートの反射係数、及び他のポートへの通過特性を解析するためにポートからパワーを注入している状態を指します。また、‘パッシブポート時’とはインピーダンス値で終端された状態のことを指します。

AC解析: AC設定でアクティブポートに設定されていればインピーダンス電源になり、そうでなければインピーダンス値で終端されます。AC解析でアクティブポートに指定できるのは1ポートだけです。

直流解析: *Resistance* 値の抵抗と同じになります。

非線形周波数解析: ポートに信号が割り当てられていればインピーダンス信号源になり、そうでなければインピーダンス値で終端されます。

線形波形解析: 非線形周波数解析と同様にポートに信号が割り当てられていればインピーダンス信号源になり、そうでなければインピーダンス値で終端されます。

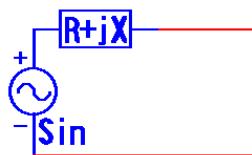
トランジェント解析: ポートに信号が割り当てられていれば *Resistance* 値の抵抗電源になり、そうでなければ *Resistance* 値で終端されます。

<信号の割り当て>

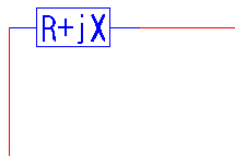
線形波形解析及び非線形周波数解析ではポートに‘正弦波信号’、‘矩形波信号’、‘三角波信号’、‘FM信号’のどれかを割り当てることができます。信号の設定は‘信号編集’で行い、割り当ては各シミュレーションの設定で行ないます。詳細につきましては線形波形解析及び非線形周波数解析の信号の入力設定の部分を参照して下さい。

<特記事項>

<アクティブポート時>



<パッシブポート時>



S-NAP[®] Microwave Suite[®]
ユーザーズマニュアル

2014 年 9 月発行

Release 7.0

発行
株式会社エム・イー・エル

〒452-0808
名古屋市西区宝地町 2 0 7

TEL +8152-504-6068
FAX +8152-504-6067

URL: <http://www.melinc.co.jp>
お問い合わせ先: info@melinc.co.jp
サポート: support@melinc.co.jp

