

# 電磁波解析入門セミナー 説明資料

# 1. 電磁波解析の概要

# 2. 電磁波解析の機能・設定の紹介

解析条件の設定

ソルバの選択	ソルバの選択																								
メッシュ																									
高度な設定																									
結果インポート																									
説明																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>電磁界</th> <th>応力・圧電</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/> 電場解析 <i>Coulomb</i></td> <td><input type="checkbox"/> 応力解析 <i>Galileo</i></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 磁場解析 <i>Gauss/Luvsen</i></td> <td><input type="checkbox"/> 圧電解析 <i>Ravleigh</i></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 電磁波解析 <i>Hertz</i></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <th>音波・流体</th> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/> 流体解析 <i>Bernoulli</i></td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/> 音波解析 <i>Mach</i></td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/> 簡易流体解析 <i>Pascal</i></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th>熱</th> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 熱伝導解析 <i>Watt</i></td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 電場-熱連成 <i>Curie</i></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	電磁界	応力・圧電	<input type="checkbox"/> 電場解析 <i>Coulomb</i>	<input type="checkbox"/> 応力解析 <i>Galileo</i>	<input type="checkbox"/> 磁場解析 <i>Gauss/Luvsen</i>	<input type="checkbox"/> 圧電解析 <i>Ravleigh</i>	<input type="checkbox"/> 電磁波解析 <i>Hertz</i>			音波・流体		<input type="checkbox"/> 流体解析 <i>Bernoulli</i>		<input type="checkbox"/> 音波解析 <i>Mach</i>		<input type="checkbox"/> 簡易流体解析 <i>Pascal</i>			熱		<input type="checkbox"/> 熱伝導解析 <i>Watt</i>		<input type="checkbox"/> 電場-熱連成 <i>Curie</i>	
電磁界	応力・圧電																								
<input type="checkbox"/> 電場解析 <i>Coulomb</i>	<input type="checkbox"/> 応力解析 <i>Galileo</i>																								
<input type="checkbox"/> 磁場解析 <i>Gauss/Luvsen</i>	<input type="checkbox"/> 圧電解析 <i>Ravleigh</i>																								
<input type="checkbox"/> 電磁波解析 <i>Hertz</i>																									
	音波・流体																								
	<input type="checkbox"/> 流体解析 <i>Bernoulli</i>																								
	<input type="checkbox"/> 音波解析 <i>Mach</i>																								
	<input type="checkbox"/> 簡易流体解析 <i>Pascal</i>																								
熱																									
<input type="checkbox"/> 熱伝導解析 <i>Watt</i>																									
<input type="checkbox"/> 電場-熱連成 <i>Curie</i>																									



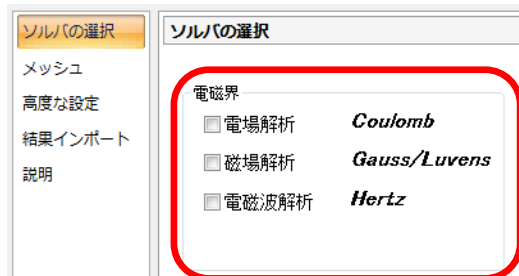


## 1. 電磁波解析の概要

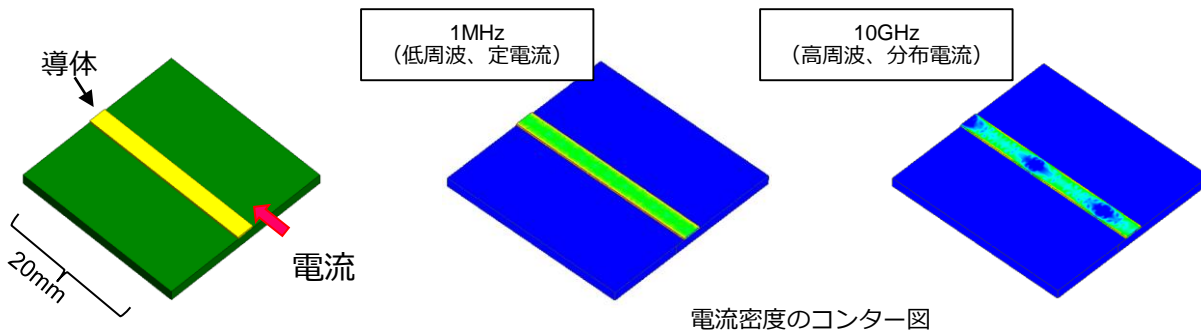
- Femtet® の3つの電磁界ソルバ .... 4
- 電磁波解析の4つの種類 ..... 5
- 導波路解析 ..... 6
- 共振解析 ..... 7
- 調和解析 ..... 8
- 過渡解析 ..... 9

## 2. 電磁波解析の機能・設定の紹介

Femtetには3つの電磁界ソルバがあります。



解析の種類	解析できる周波数の目安
電場解析	一定 (交流) 電流・電圧 低周波 (～ 1MHz 程度)
磁場解析	
電磁波解析	交流/時刻依存の電流・電圧 高周波 (1MHz ～)



## 電磁波解析

### 解析の種類

- 導波路解析
- 共振解析
- 調和解析
  - TDRへ変換
- 過渡解析
  - ポート毎に入力を行う

オプション設定

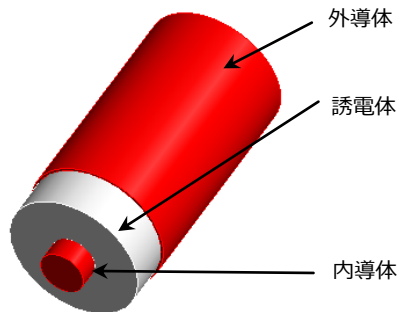
電磁波解析では、4種類の解析ができます。

- 過渡解析以外では入力には正弦波となります
- 過渡解析では任意の入力が可能です  
(パルス波形、インパルス波形、ステップ波形、等)
- 過渡解析を使用するには**電磁波拡張オプション**が必要です

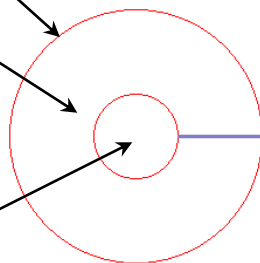
導波路解析 (2次元)	共振解析 (軸対称、3次元)	調和解析 (3次元)	過渡解析 (3次元)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 伝送線路の解析</li> <li>• 特性インピーダンス</li> <li>• 伝播定数</li> <li>• 伝搬モード ...など</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 共振現象の解析</li> <li>• 共振周波数</li> <li>• 共振モード</li> <li>• Q値 ...など</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 空間を伝わる電磁波</li> <li>• Sパラメータ</li> <li>• 指向性、周辺電磁界</li> <li>• TDR ...など</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 空間を伝わる電磁波</li> <li>• フィールドや電圧/電流の時刻歴応答</li> <li>• TDR,ESD,GPR ...など</li> </ul>

伝送線路の断面をモデル化し、伝搬周波数や伝搬定数を求めます。  
伝搬モードや特性インピーダンス、Q値なども計算されます。

同軸ケーブル

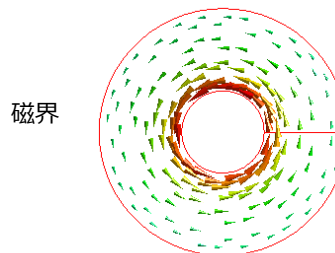
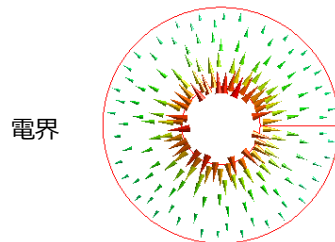


断面のモデル (2次元)



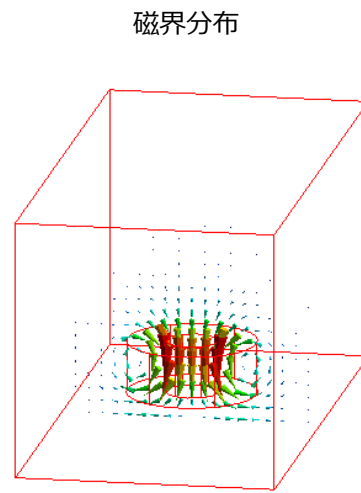
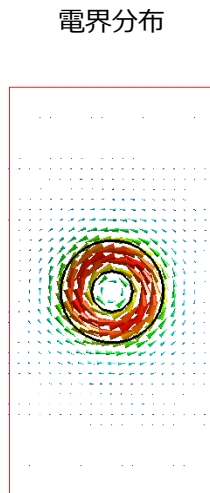
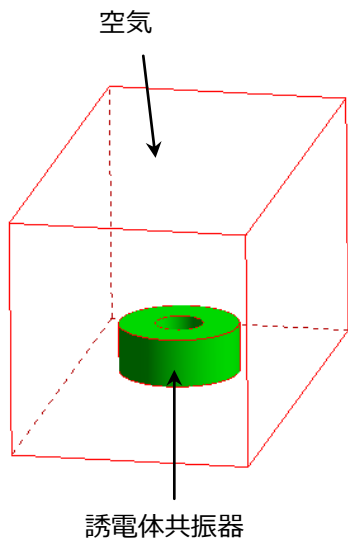
Femtetの導波路解析では  
この2次元モデルを扱います。

解析結果



**共振解析**では、特定周波数の電磁波のみが増幅する共振の解析を行うことができます。結果として、共振モード、共振周波数、Q値などが得られます。電磁波を入力するポートは設定せず、インピーダンスやSパラメータは計算できません。

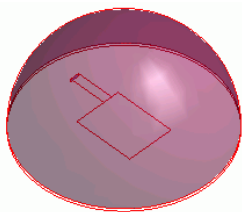
## 誘電体共振器の解析例



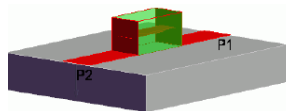
共振周波数 : 11.2GHz

調和解析では、ある周波数の電磁波が空間をどのように伝わっていくかを解析できます。解析結果として、電磁界に加えて、Sパラメータの周波数特性や放射特性などが得られます。

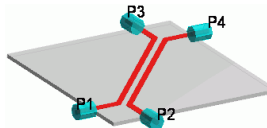
アンテナ



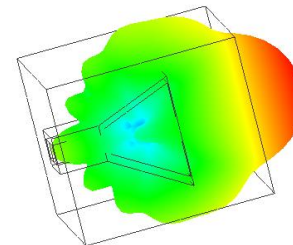
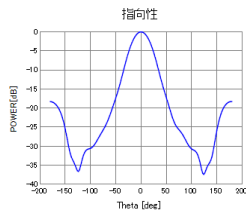
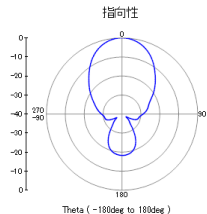
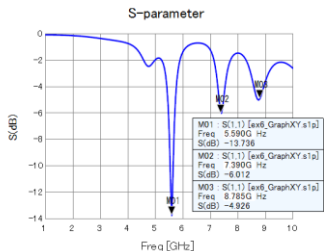
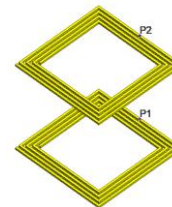
回路、部品



差動線路



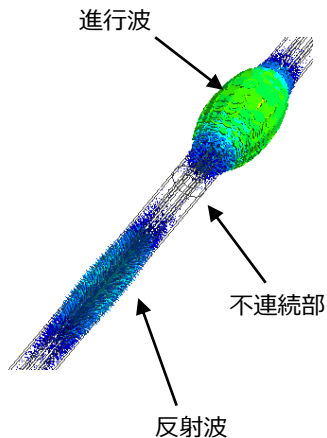
無線電力伝送



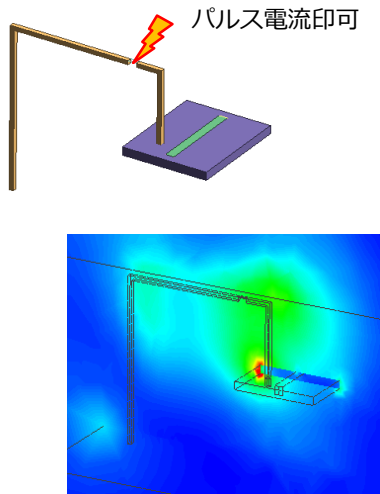


**過渡解析**では、入力された電磁波が空間をどのように伝わっていくかを時刻歴解析できます。解析結果として、電磁界や電圧/電流の時刻歴応答が得られます。

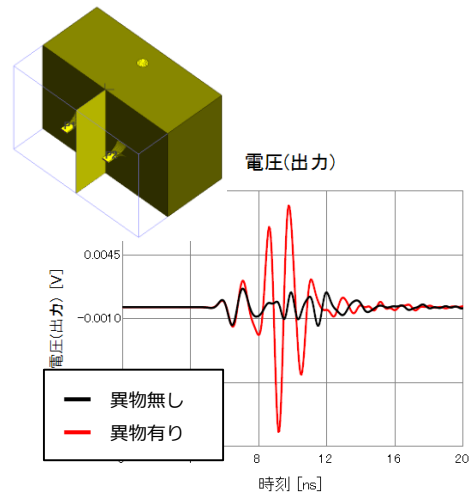
TDR解析



ESD解析



GPR解析  
(レーダー)



## 1. 電磁波解析の概要

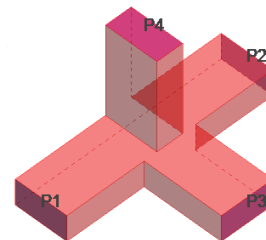
## 2. 電磁波解析の機能・設定の紹介

- 解析の流れ ..... 11
- モデル形状作成 ..... 12
- 解析条件の設定 ..... 13
- 材料定数の設定 ..... 20
- 境界条件の設定 ..... 22
- 解析結果 ..... 32

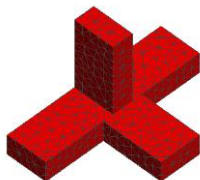
特に調和解析について  
ご紹介します



- 3次元モデルの形状定義
- 解析条件：メッシュサイズ・参照周波数・解析周波数…
- ボディ属性：異方性材料の方向
- 材料定数：比誘電率・比透磁率・導電率
- 境界条件：ポート・電気壁・磁気壁・開放境界・集中定数…



## メッシュ分割

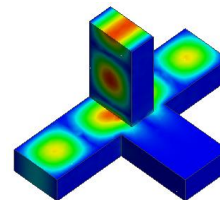


## 解析ソルバ

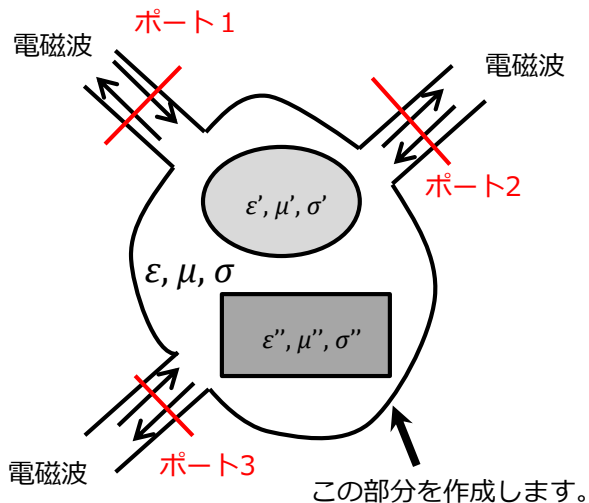
- 電磁波解析
- 電場解析
- 磁場解析
- 応力解析
- 熱伝導解析
- 圧電解析
- 音波解析
- 流体解析



## 解析結果の表示



- 構造や材料の**不連続部を切り出した**形状を3次元で作成します。
- 電磁波の出入り口に**ポート**を設定します。



調和解析モデルの概要

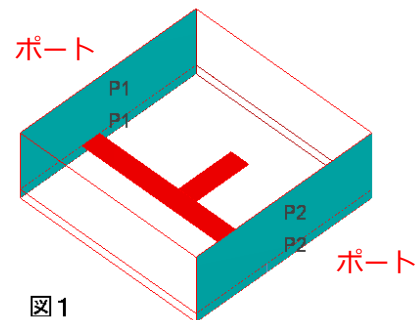
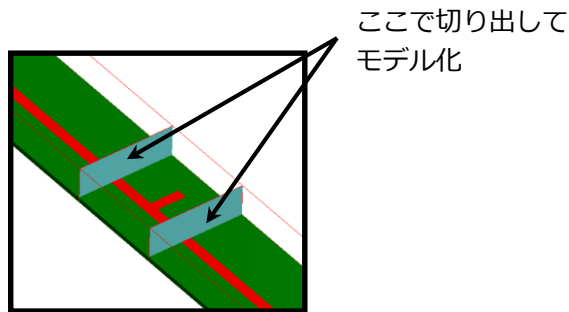
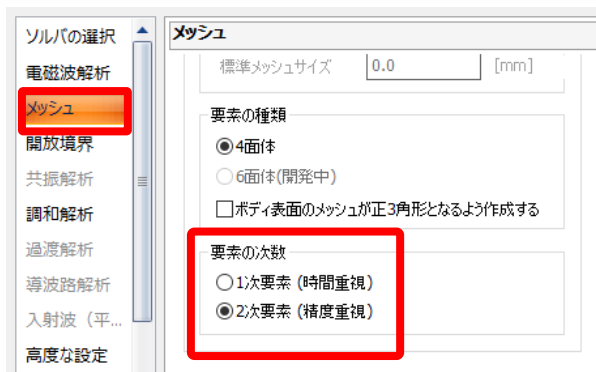
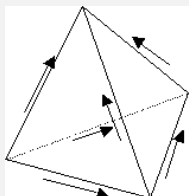
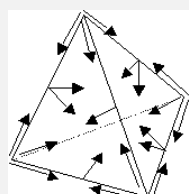


図1

[解析条件の設定] の [メッシュ] タブから1次要素と2次要素を選択できます。

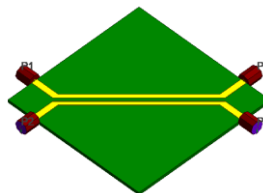
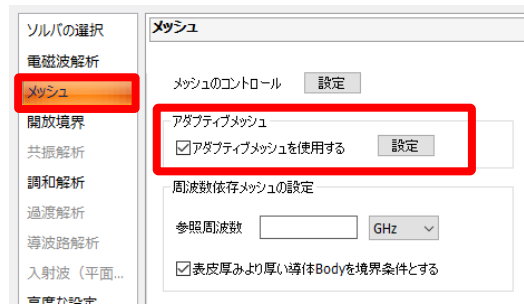


要素の種類	未知数の位置	計算時間	計算精度
1次要素		短い	低い
2次要素		長い	高い

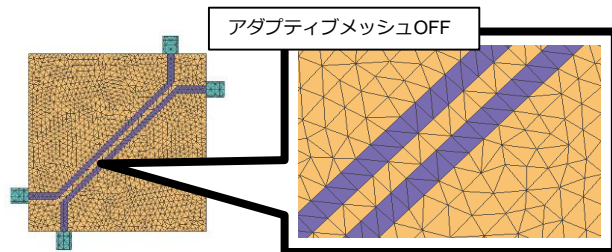
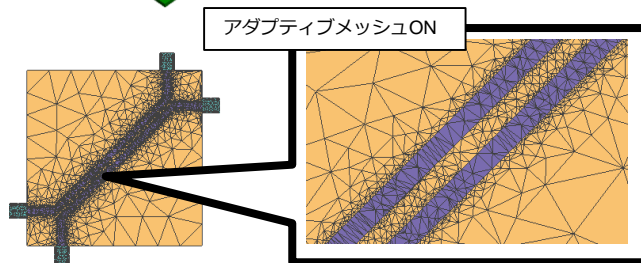
( : 未知数)

# 解析条件：アダプティブメッシュ

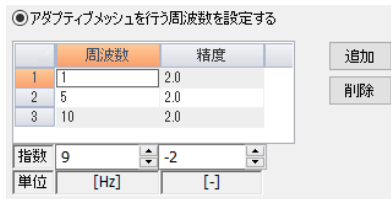
アダプティブメッシュは、短い解析時間と高い解析精度を両立する最適メッシュを自動で作成します



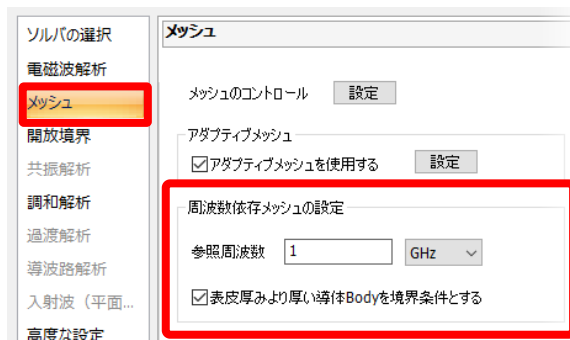
電磁波解析例題 19  
コネクタ付き差動線路  
※ 同じメッシュ数で比較



- ※ メッシュは、参照周波数において最適となります
- ※ 複数の周波数でメッシュを最適化することも可能です



[解析条件の設定] の [メッシュ] タブで、最も興味のある周波数を設定します。



参照周波数は、解析を行う上で周波数に依存するパラメータを設定する際に用いられることがあります。（表皮厚みの計算、等）

※ 周波数依存材料の材料物性は解析周波数で決まります。

# 解析条件：解析周波数

調和解析では、**解析周波数**の設定が必要です

計算周波数リスト

No.	周波数
1	1e+09
2	1.005e+09
3	1.01e+09
4	1.015e+09
5	1.02e+09
6	1.025e+09
7	1.03e+09
8	1.035e+09
9	1.04e+09
10	1.045e+09
11	1.05e+09
12	1.055e+09
13	1.06e+09
14	1.065e+09
15	1.07e+09
16	1.075e+09
17	1.08e+09
18	1.085e+09
19	1.09e+09
20	1.095e+09
21	1.1e+09
22	1.105e+09
23	1.11e+09

ソルバの選択

- 電磁波解析
- メッシュ
- 開放境界
- 共振解析
- 調和解析**
- 過渡解析
- 導波路解析
- 入射波 (半面...
- 高度な設定
- 結果インポート

調和解析

周波数

スweepタイプ

- 等間隔 周波数間隔
- 等間隔 分割数
- 対数間隔
- ひとつの周波数
- テーブル

周波数確認

スweep値

最小周波数 1 GHz

最大周波数 10 GHz

周波数間隔 100 MHz

解析周波数一覧を表示できます。



周波数スイープの方法によって、解析時間・精度が変わります

	逐次スイープ	並列逐次スイープ	高速スイープ 補間スイープ
解析周波数	全て	全て	一部
解析時間	長い	短い	短い
解析精度	良い	良い	悪い場合がある

**逐次スイープ**は全ての解析周波数で計算を行います。

解析周波数が多い場合解析時間がかかりますが、精度の高い解析結果が得られます。

**並列逐次スイープ**は全ての解析周波数を計算します。

複数の解析周波数を同時に計算するため、逐次スイープより解析時間が短くなります。

精度の高い解析結果が得られます。

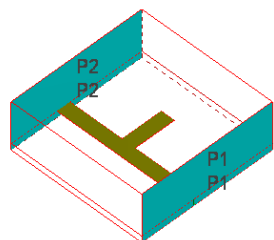
**高速スイープ/補間スイープ**は一部の解析周波数の計算結果から全解析周波数の結果を推測します。

解析時間は短いですが、モデルによっては解析精度が悪くなる場合があります。

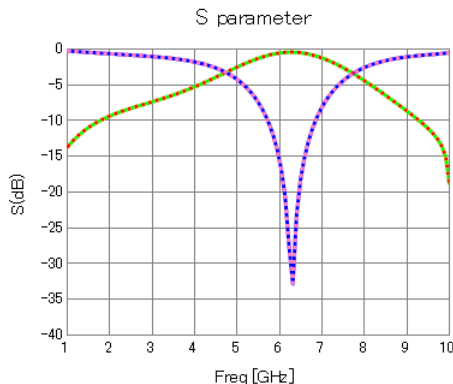
高速スイープではフィールド値の推測も行いますが、補間スイープはSパラメータのみ推測します。

高速スイープを使うと、一部の解析周波数の結果から、全解析周波数の結果を推測します。  
 全ての解析周波数で計算を行う**逐次スイープ**に比べて、計算時間が短縮できます。

オープンスタブの解析例



- S<sub>11</sub> (逐次スイープ)
- S<sub>11</sub> (高速スイープ)
- S<sub>21</sub> (逐次スイープ)
- S<sub>21</sub> (高速スイープ)



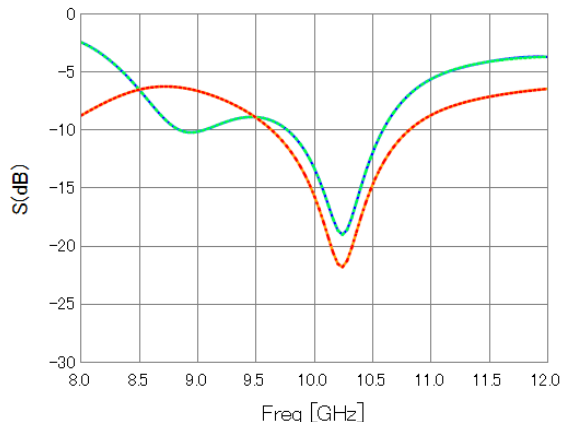
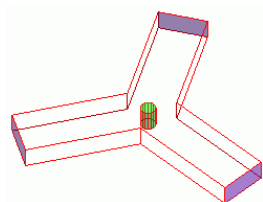
逐次スイープ	高速スイープ
1.00 GHz	1.00 GHz
1.09 GHz	1.90 GHz
1.18 GHz	8.20 GHz
⋮	10.00 GHz
9.82 GHz	
9.91 GHz	
10.00 GHz	
計101周波数	計4周波数

計算した周波数ポイント

※ Sパラメータの周波数特性の変動が大きい場合や、Sパラメータが非常に小さい場合に高速スイープを使うと、計算に時間がかかったり、計算精度が悪化することがあります。

補間スイープを使うと、一部の解析周波数のSパラメータから、全解析周波数のSパラメータを推測します。高速スイープとは異なり、フィールド値の推測は行いません。

## 非可逆素子の解析例



逐次スイープ：101周波数  
補間スイープ：13周波数

※ Sパラメータの周波数特性の変動が大きい場合や、Sパラメータが非常に小さい場合は結果推測のためにほぼすべての解析周波数を計算することがあります。

材料定数として、誘電率、透磁率、導電率を設定します。



The image displays three overlapping screenshots of the Murata software interface, showing the configuration of material constants for material number 001. The interface is organized into several panels:

- Left Panel (Material List):** Lists material properties: 誘電率 (Permittivity), 透磁率 (Permeability), 導電率 (Conductivity), 磁石 (Magnetic), and 説明 (Description).
- Top-Left Screenshot (Permittivity Settings):**
  - 誘電率 (Permittivity):**
    - 異方性 (Anisotropy):  等方 (Isotropic),  異方 (Anisotropic)
    - 周波数依存 (Frequency Dependence):  なし (None),  あり (Yes)
    - 比誘電率 (Relative Permittivity): Input field with value 1.0 and multiplier X10.
    - tanδ (Loss Tangent): Input field with value 0.0 and multiplier X10.
- Top-Middle Screenshot (Permeability Settings):**
  - 透磁率 (Permeability):**
    - 材料タイプ (Material Type):  軟磁性材料 (Soft magnetic material),  永久磁石 (Permanent magnet)
    - 磁化特性タイプ (Magnetization Characteristics Type):  線形(一定値) (Linear (constant value)),  B-Hカーブ (B-H curve)
    - 異方性 (Anisotropy):  等方 (Isotropic),  異方 (Anisotropic)
    - 比透磁率 (Relative Permeability): Input field with value 1.0 and multiplier X10.
    - tanδ (Loss Tangent): Input field with value 0.0 and multiplier X10.
    - テンソル透磁率を使う(Hertz) (Use tensor permeability (Hertz))
- Bottom-Right Screenshot (Conductivity Settings):**
  - 導電率 (Conductivity):**
    - 導体の種類 (Conductor Type):  絶縁体 (Insulator),  導体 (Conductor),  半導体 (Semiconductor),  多層電極 (Multilayer electrode),  完全導体 (Perfect conductor)
    - 異方性 (Anisotropy):  等方 (Isotropic),  異方 (Anisotropic)
    - 導電率 (Conductivity): Input field with value 0 and multiplier X10 [S/m].

ボディ属性として、**表面粗さ**、**静磁界**、**方向**を設定します。

<b>電極</b>	<b>電極</b>
静磁界	表面粗さ
方向	<input type="text" value="0.0"/> X10 <input type="text" value="-6"/> [m]
解析領域	
説明	

導体の表面粗さを設定します

<b>電極</b>	<b>静磁界</b>
<b>静磁界</b>	静磁界
方向	<input type="text" value="1"/> X10 <input type="text" value="4"/> [A/m]
解析領域	
説明	

材料がフェライトの場合、印可する磁界を設定します

境界条件は大きく3つに分けられます。

## 外部境界条件

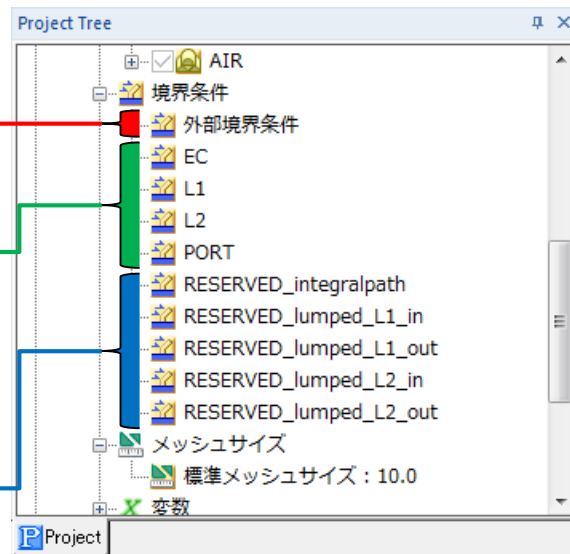
解析実行時にモデルの一番外側に設定されます。  
外部境界条件の種類はユーザが選択できます。

## ユーザが設定する境界条件

ユーザが必要な部分に設定します。  
外部境界条件と重なるときはこちらが優先されます。  
種類と境界条件名はユーザが設定できます。

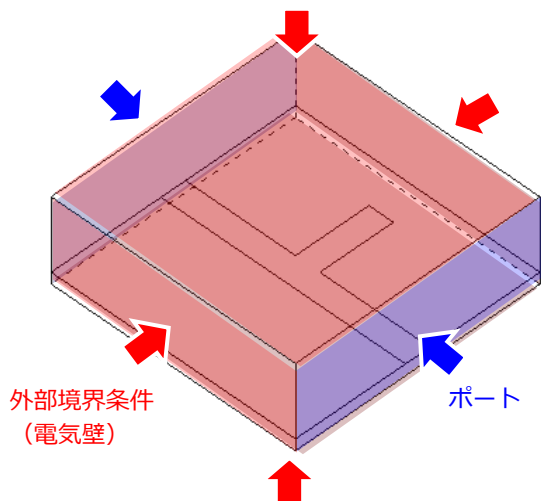
## Femtet が設定する境界条件

解析実行時に Femtet が自動で設定します。  
解析結果画面のみで表示されます。  
"RESERVED\_"で始まる境界条件名が付けられます。

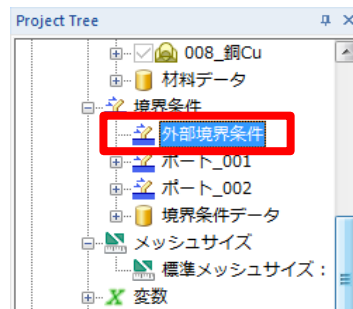


# 境界条件：外部境界条件

**外部境界条件**は、解析実行時に、解析領域と非解析領域の境界（外部境界）に自動的に設定されます。ユーザが別に境界条件を設定した場合は、そちらが優先されます。

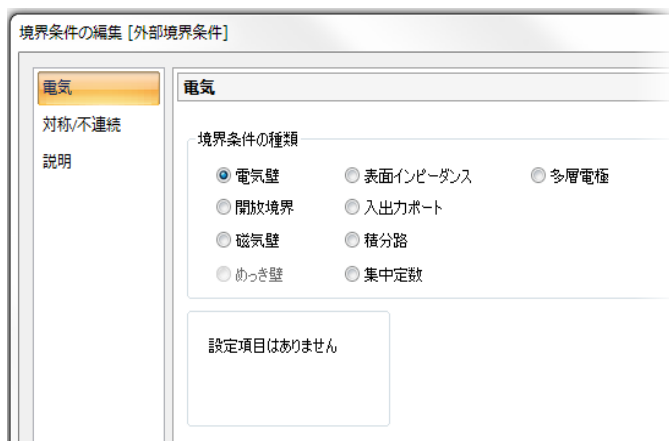


ポートの面も外部境界ですが、ユーザが設定したポートの方が優先されます。



外部境界条件の種類はプロジェクトツリーから変更できます。Hertzの初期設定は電気壁です。

電磁波解析で使える**境界条件**は8種類あります。



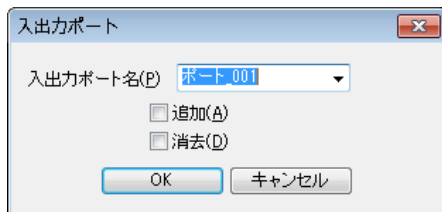
- **電気壁**
  - **開放境界**
  - **磁気壁**
  - **表面インピーダンス**  
導体の表面を表現する境界
  - **入出力ポート**
  - **積分路**  
ポート上で電界の積分路を定義
  - **集中定数**
  - **多層電極**
- よく使われる6つをご紹介します。



# 境界条件：ポートの設定手順

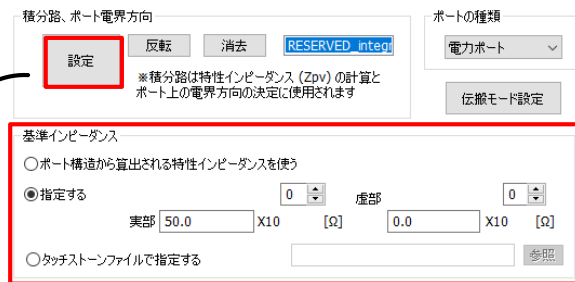


②



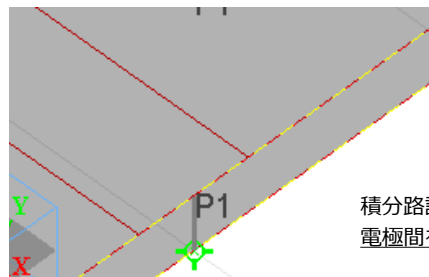
ポート名を入力

③



- 基準インピーダンスを設定
- 積分路を設定

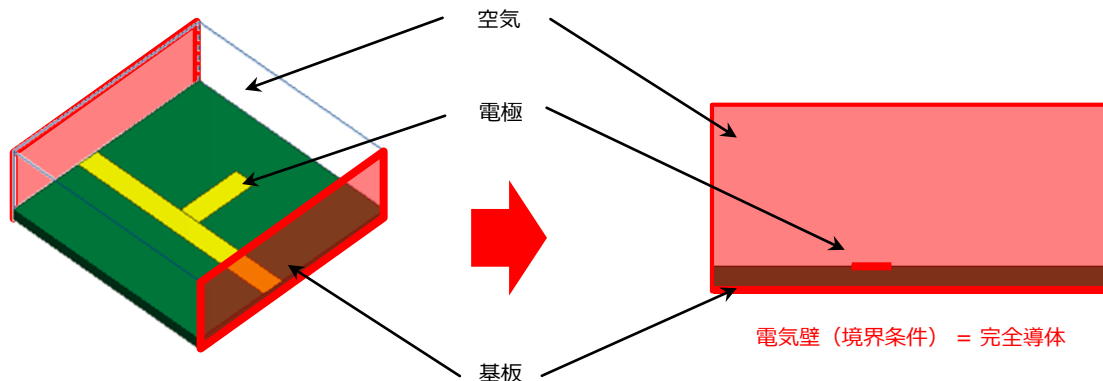
④



積分路設定画面で  
電極間を結ぶように引く

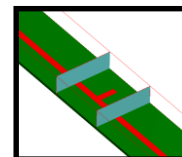
ポートは**伝送線路の断面**でなければなりません。つまり、ポート面内には電磁波が伝搬するための誘電体と電極となる導体が必要です。

例：電磁波解析例題8「オープンスタブ」のポート

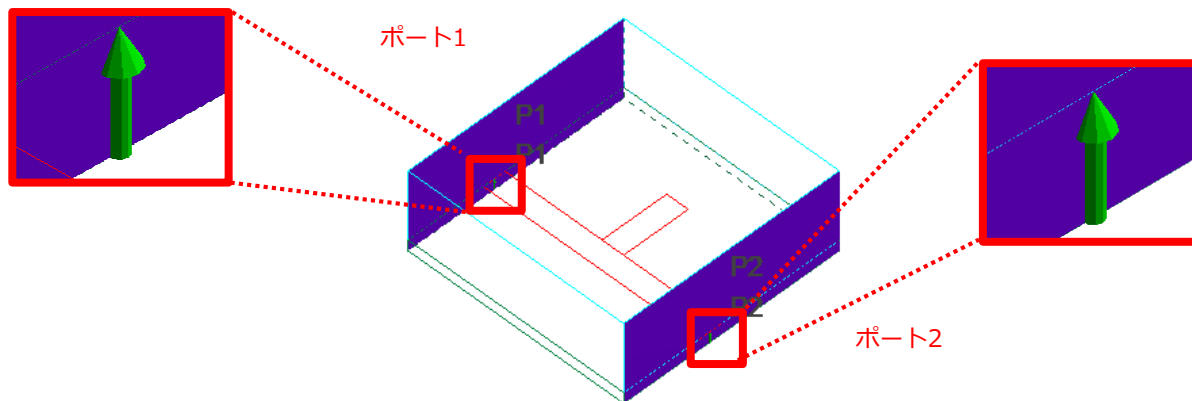


ポート面を見てみると、**マイクロストリップ線路**の構造になっています

このモデルではポートは無限長のマイクロストリップ線路に接続されていることとなります  
(外部の給電線へと接続されているポート = **外部ポート**)

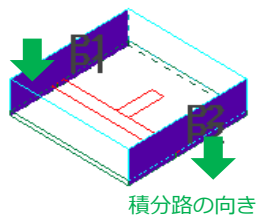


積分路は**特性インピーダンス**を精度よく求めるために必要です。  
また積分路の向きは**電界の向き**の基準となります

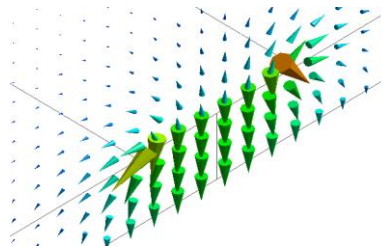


積分路は、ポート内の**2つの電極を結ぶ**ように設定します。  
積分路には向きがあり、画面上では**矢印**で表示されます。  
全てのポートで、積分路の向きを統一してください。

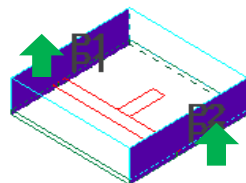
積分路を下向きに設定した場合



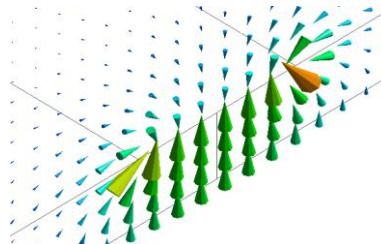
位相0度のポートの電界



積分路を上向きに設定した場合

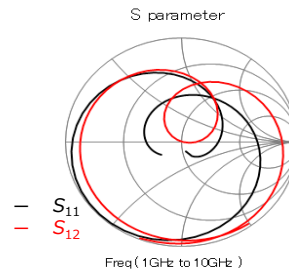
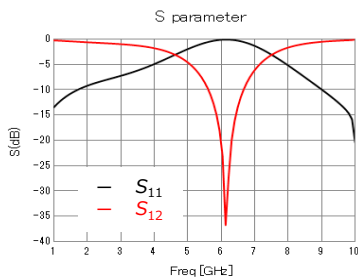
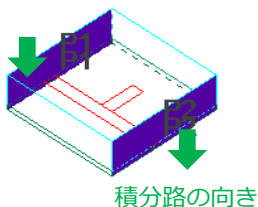


位相0度のポートの電界

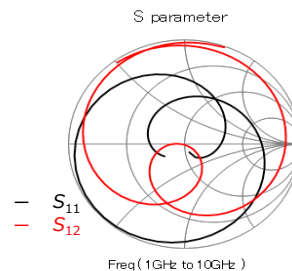
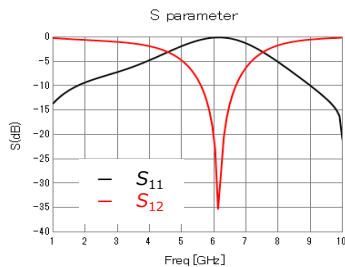
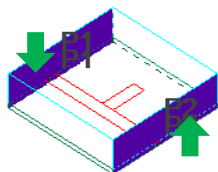


# 境界条件：積分路の向きの影響

積分路の向きが統一されている場合



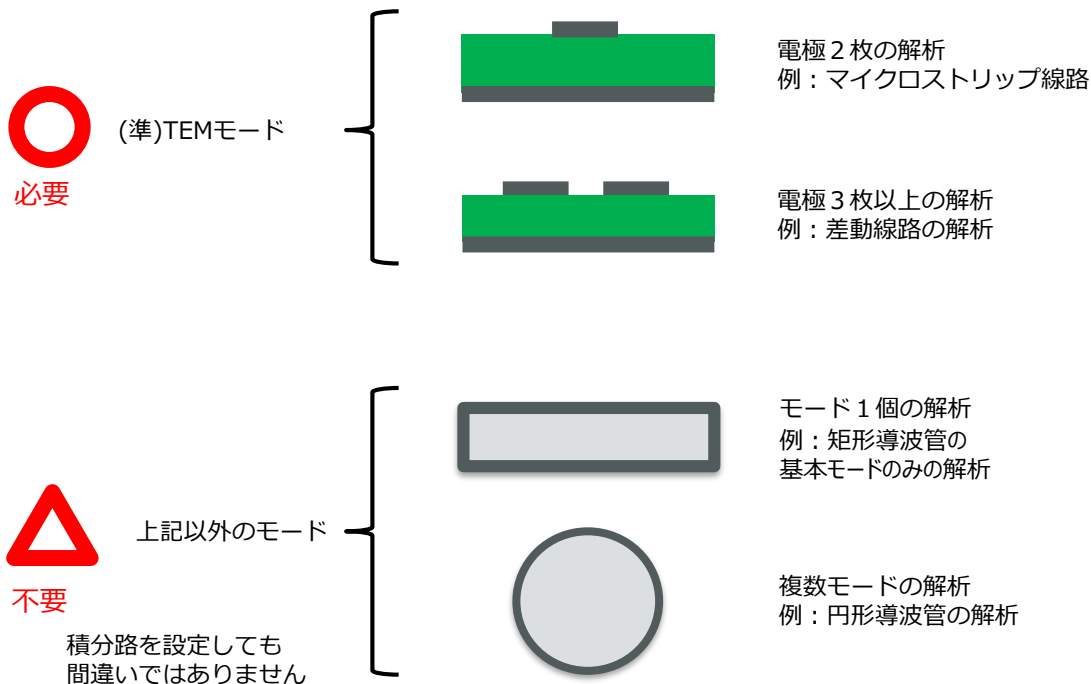
積分路の向きが統一されていない場合



$S_{12}$ の位相が180度ズれます。

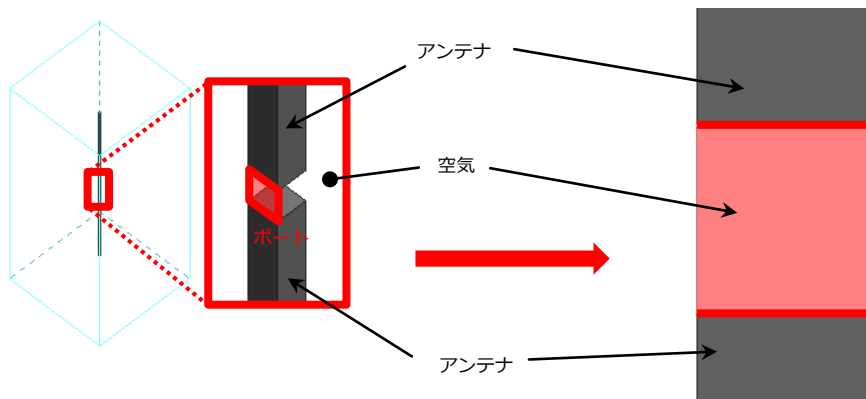
# 境界条件：積分路の必要なポート

TEMモードが伝搬しない導波管の解析には、積分路は必要ありません



ポートは**モデルの内部**にもつけることができます

例：電磁波解析例題7「ダイポールアンテナ」のポート

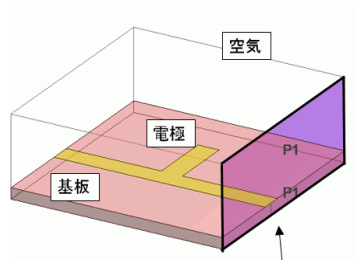


ポート面を見てもみると、**平行板線路（伝送線路）**の構造になっています

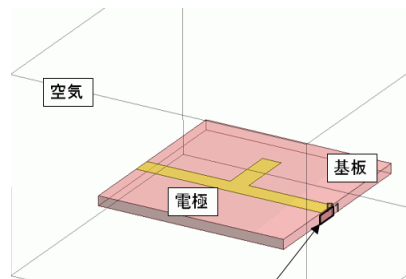
強制的な給電を行う場合は内部ポートによる設定を行います  
(モデル内部の給電ポイントとなるポート = **内部ポート**)

TDR解析や電磁波過渡解析ではこの内部ポートを使用してください

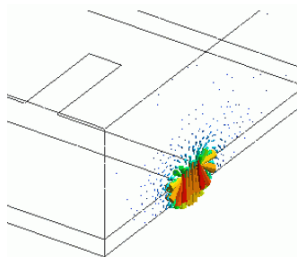
## 外部ポートと内部ポートの違い



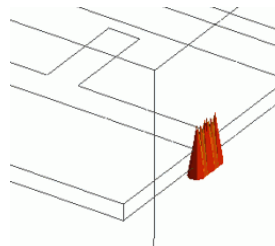
外部ポート



内部ポート



外部ポートの  
給電電界図



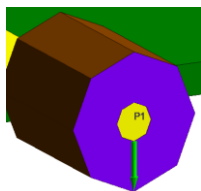
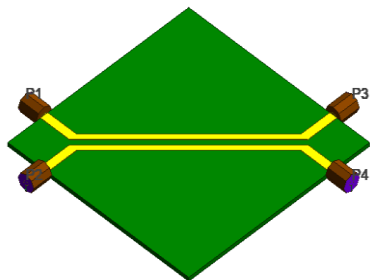
内部ポートの  
給電電界図

ポートの種類によって給電される電界が異なります



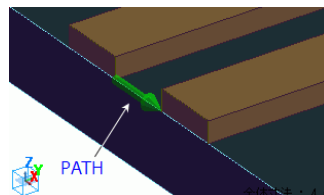
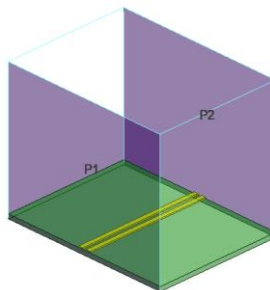
Femtetでは複数の方法で**差動線路**の解析ができます

差動線路（コネクタ付き）



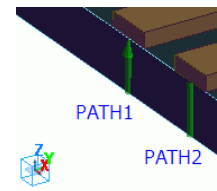
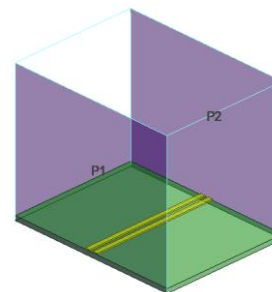
差動モード/コモンモードは  
ポスト処理で取得する

差動線路（直接指定）



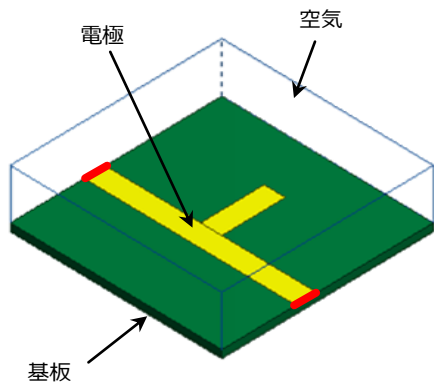
ポートの設定で差動モードを選択する

差動線路（伝搬モード変換）



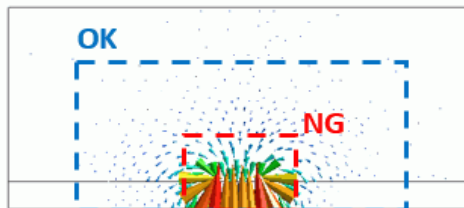
自動で差動モードとコモンモードを生成する

ポートの設定失敗例①：導体のみにポートを設定する



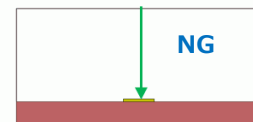
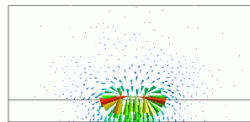
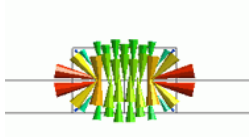
電磁波は導体内を伝搬できないため、正しく解析できません。  
伝送線路の構造として、誘電体と電極（導体）が必要です

## ポートの設定失敗例②：ポートのサイズ、積分路の位置が不適



外部ポートでポート面が狭すぎる失敗例 (NG枠)

- 電界が強い部分を十分囲む必要があります (下図はNG例で設定した場合の電界図)

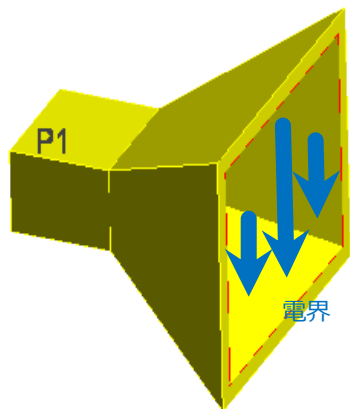


積分路の位置が失敗 (NG例2つ)

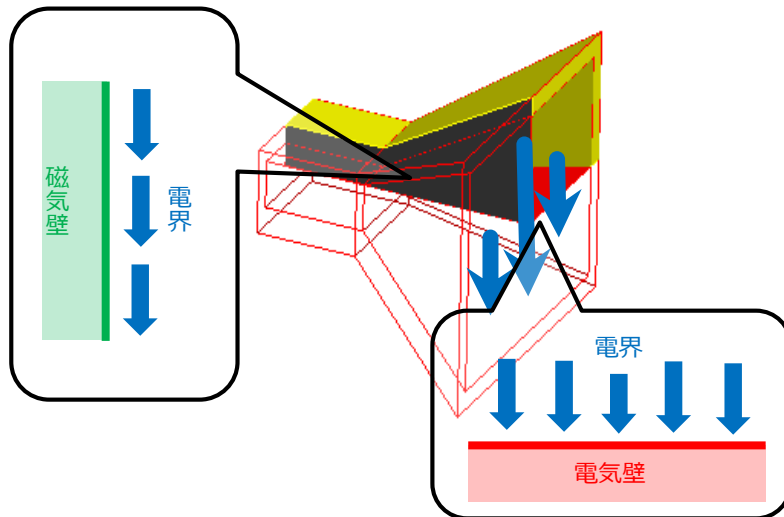
- 積分路の位置は特性インピーダンスの精度に関係します
- 電界が強い部分に積分路を設定しないと精度が低くなる場合があります

電界は、**電気壁に対して垂直に**、**磁気壁に対して平行**になります。  
この性質を利用して、対称モデルの対称面を表現することができます。  
また、外部境界を電気壁とすることで、**導体で囲まれた解析空間**を表現できます。

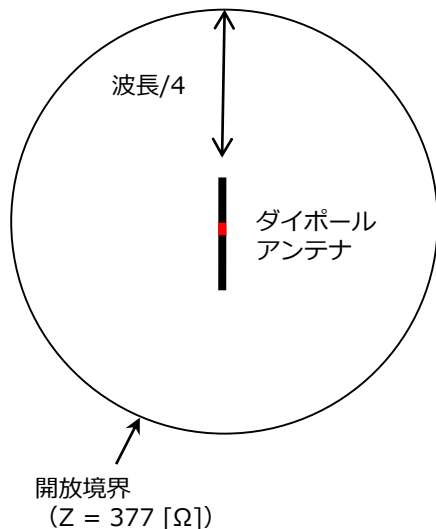
全体モデル



1/4モデル



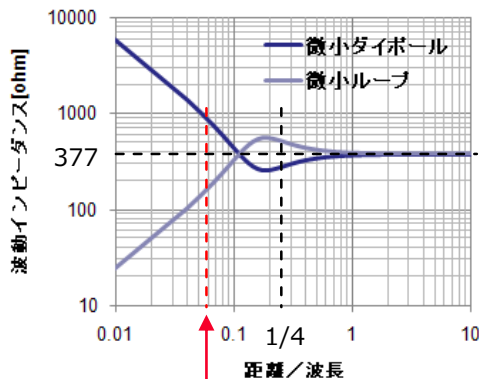
# 境界条件：開放境界



**開放境界**は、放射された電磁波を反射しない境界条件。  
真空中の平面波の波動インピーダンス（初期設定377 $\Omega$ ）を設定する事で実現している。



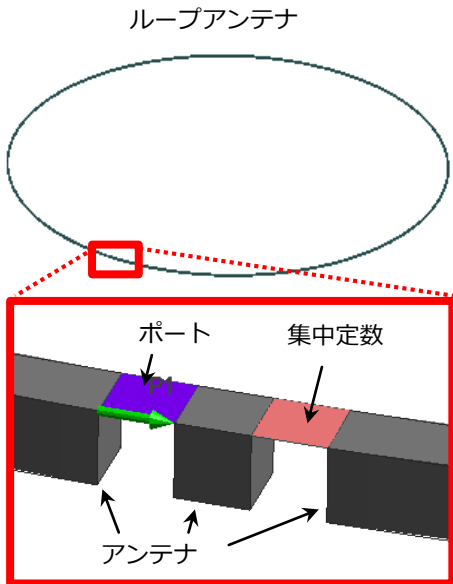
アンテナと開放境界が  
電磁波が平面波とみなせるだけ  
十分離れていなければならない。



Femtet では  
 $\lambda/4$  以上離すことを  
おすすめしています。

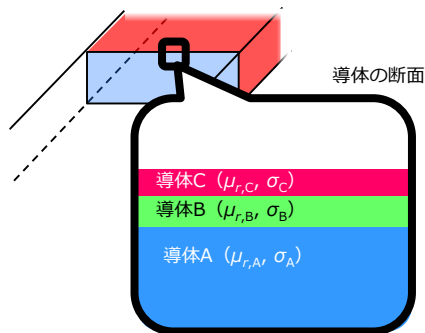
この辺りに開放境界を設定するとインピーダンス不整合で  
不自然な反射が起こる

# 境界条件：集中定数



1つの集中定数で並列のR、L、Cを設定できます。  
集中定数を設定できるのはシートボディだけです。

多層電極は多層構造の導体膜を表現します。



多層構造の情報をテーブルで設定します。

No.	比透磁率	導電率[S/m]	厚み[m]
1	1.0	1.0	1.0
2			
3			
4			
5			

指数

注意: 多層電極境界条件では最終層の厚みを無視し、十分厚いという仮定を用いて計算します。多層電極境界条件に関する詳細は、ダイアログの右下のヘルプボタンから確認いただけます。

表面  
↓  
内部

N o.	比透磁率	導電率	厚み
1	$\mu_{r,C}$	$\sigma_C$	$d_C$
2	$\mu_{r,B}$	$\sigma_B$	$d_B$
3	$\mu_{r,A}$	$\sigma_A$	$(d_A) ※$

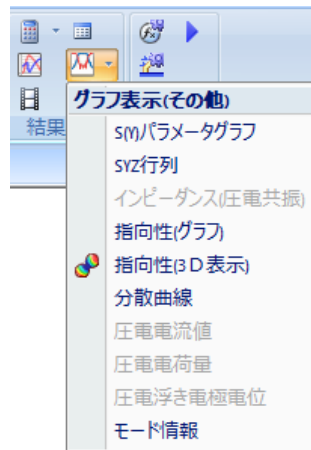
※ 一番内側の導体の厚みは無視され、十分厚いと仮定して計算します。

解析結果へはプロジェクトツリー、リボンメニューからアクセスできます

プロジェクトツリー



リボンメニュー





# 結果表示：テーブル

テーブルでは主な計算結果の値を確認できます

テーブル

有限要素法情報 | 伝搬定数 | 実効比誘電率 | 波長[m] | 特性インピーダンス(Zpv)[ohm] | 特性インピーダンス(Zpi)[ohm] | 基準インピーダンス(Zref)[ohm] | Sパラメータ

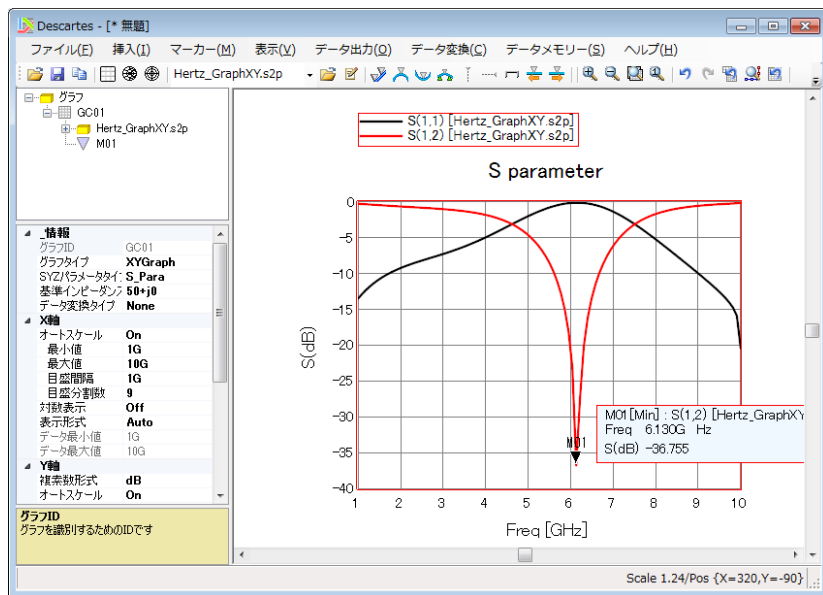
	周波数[Hz]	ポート1	ポート2	ポート3	ポート4	S(1,1) / 実部	S(1,1) / 虚部	S(1,2) / 実部	S(1,2) / 虚部	S(1,3)
0:	0.100000 GHz	1.00e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-1.767e-2	-5.653e-2	1.009e-2	
1:	0.100000 GHz	1.00e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-1.767e-2	-5.653e-2	1.009e-2	
2:	0.100000 GHz	1.00e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-1.767e-2	-5.653e-2	1.009e-2	
3:	0.100000 GHz	1.00e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-1.767e-2	-5.653e-2	1.009e-2	
4:	0.240000 GHz	2.40e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-8.737e-2	-1.006e-1	5.115e-2	
5:	0.240000 GHz	2.40e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-8.737e-2	-1.006e-1	5.115e-2	
6:	0.240000 GHz	2.40e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-8.737e-2	-1.006e-1	5.115e-2	
7:	0.240000 GHz	2.40e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-8.737e-2	-1.006e-1	5.115e-2	
8:	0.380000 GHz	3.80e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-1.676e-1	-8.260e-2	1.052e-1	
9:	0.380000 GHz	3.80e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-1.676e-1	-8.260e-2	1.052e-1	
10:	0.380000 GHz	3.80e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-1.676e-1	-8.260e-2	1.052e-1	
11:	0.380000 GHz	3.80e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-1.676e-1	-8.260e-2	1.052e-1	
12:	0.520000 GHz	5.20e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-2.142e-1	-1.572e-2	1.526e-1	
13:	0.520000 GHz	5.20e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-2.142e-1	-1.572e-2	1.526e-1	
14:	0.520000 GHz	5.20e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-2.142e-1	-1.572e-2	1.526e-1	
15:	0.520000 GHz	5.20e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-2.142e-1	-1.572e-2	1.526e-1	
16:	0.650000 GHz	6.50e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-2.061e-1	6.428e-2	1.800e-1	
17:	0.650000 GHz	6.50e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-2.061e-1	6.428e-2	1.800e-1	
18:	0.650000 GHz	6.50e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-2.061e-1	6.428e-2	1.800e-1	
19:	0.650000 GHz	6.50e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-2.061e-1	6.428e-2	1.800e-1	
20:	0.800000 GHz	8.00e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-1.496e-1	1.193e-1	1.774e-1	
21:	0.800000 GHz	8.00e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-1.496e-1	1.193e-1	1.774e-1	
22:	0.800000 GHz	8.00e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-1.496e-1	1.193e-1	1.774e-1	
23:	0.800000 GHz	8.00e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-1.496e-1	1.193e-1	1.774e-1	
24:	0.940000 GHz	9.40e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-7.263e-2	1.247e-1	1.382e-1	
25:	0.940000 GHz	9.40e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-7.263e-2	1.247e-1	1.382e-1	
26:	0.940000 GHz	9.40e+8	AUTO_PORT_001.m	AUTO_PORT_002.m	AUTO_PORT_003.m	AUTO_PORT_004.m	-7.263e-2	1.247e-1	1.382e-1	

電磁波解析 | 全結果まとめ表示 | 表示オプション | グラフ | エクスポート | 閉じる | ヘルプ

調和解析では、伝搬定数、特性インピーダンス、基準インピーダンス、Sパラメータが表示されます。

# 結果表示：グラフ表示

Femtetのグラフ表示ツール（Descartes）で**結果のグラフ**を確認できます



## 表示タイプ

- グラフタイプ XYGraph
- SYZパラメータタイプ XYGraph
- 基準インピーダンス SmithChart
- データ変換タイプ PolarGraph
- X軸

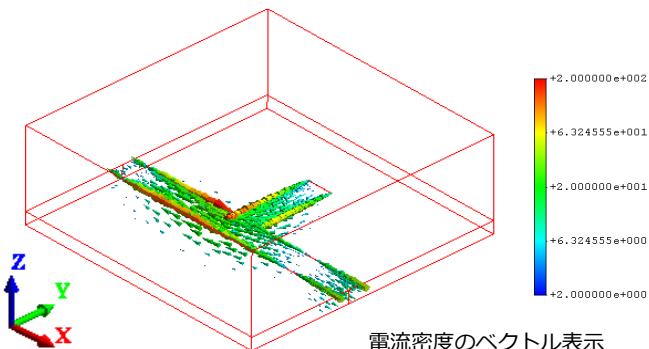
## パラメータタイプ

- SYZパラメータタイプ S\_Para
- 基準インピーダンス S\_Para
- データ変換タイプ Y\_Para
- Z\_Para
- オートスケール

## データ変換

- データ変換タイプ None
- X軸 None
- オ Q
- 最 L
- 最 C
- 目 Balance\_P12
- 目 Balance\_P23
- 対 Balance
- 表 PhaseAmpBalance\_P12
- 表 PhaseAmpBalance\_P23
- デ PhaseAmpBalance
- デ K\_GMAX
- Y 積分Loss
- 複 TDRZ
- オ

フィールドでは電磁界などが視覚的に表示されます

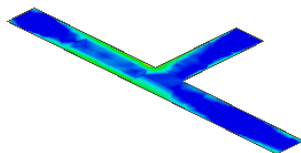


電流密度のベクトル表示

- 電界・磁界・ポインティングベクトルなどベクトル量のベクトル表示
- 電気/磁気エネルギー密度といったスカラー量・各種ベクトル量の大きさのコンター図表示
- フィールドの重ね合わせ
- アニメーションの作成



フィールド重ね合わせの設定

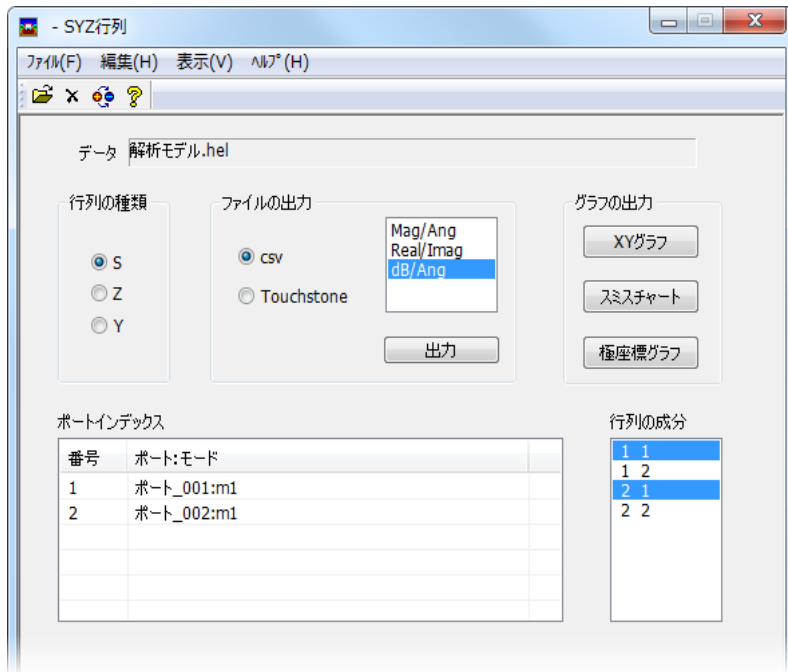


コンター図による面電流密度表示



アニメーション

SYZ行列の機能により、**データ出力**と**データ変換**を行うことができます



## グラフの出力

- S、Y、Zパラメータの出力
- 単位の選択
- 出力形式の選択
- 成分の選択

## データの変換

- Renormalization  
(基準インピーダンスの変更)
- DeEmbedding  
(ポート位置の変更)
- バランス変換  
(差動モードコモンモードの設定)

3Dの指向性や2Dの指向性（グラフ）、効率の計算が可能です

指向性計算

電磁波指向性計算 | 周辺電磁界計算

周波数

- 1.000000 GHz
- 1.045000 GHz
- 1.090000 GHz
- 1.135000 GHz
- 1.180000 GHz
- 1.225000 GHz
- 1.270000 GHz
- 1.315000 GHz
- 1.360000 GHz

観測点の位置

$\phi$  最小値 90 [deg]  
 最大値 90 [deg]  
 分割数 0

$\theta$  最小値 -180 [deg]  
 最大値 180 [deg]  
 分割数 180

表示の種類

POWER  rER  
 rE  rEL  
 rE( $\theta$ )  軸比  
 rE( $\phi$ )

設定

グラフの横軸  
 $\theta$

その他の設定  
 ...

単位

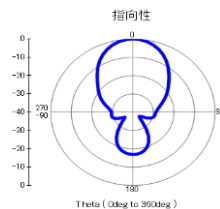
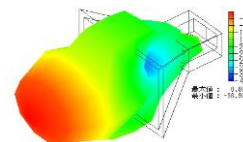
dB  Linear(規格化あり)  
 dBi  Linear(規格化なし)  
 Linear(複素数規格化なし)

対称面と無限グラウンド面の設定

XY面 (Z軸垂直) 対称性なし  
 YZ面 (X軸垂直) 対称性なし  
 ZX面 (Y軸垂直) 対称性なし

座標系

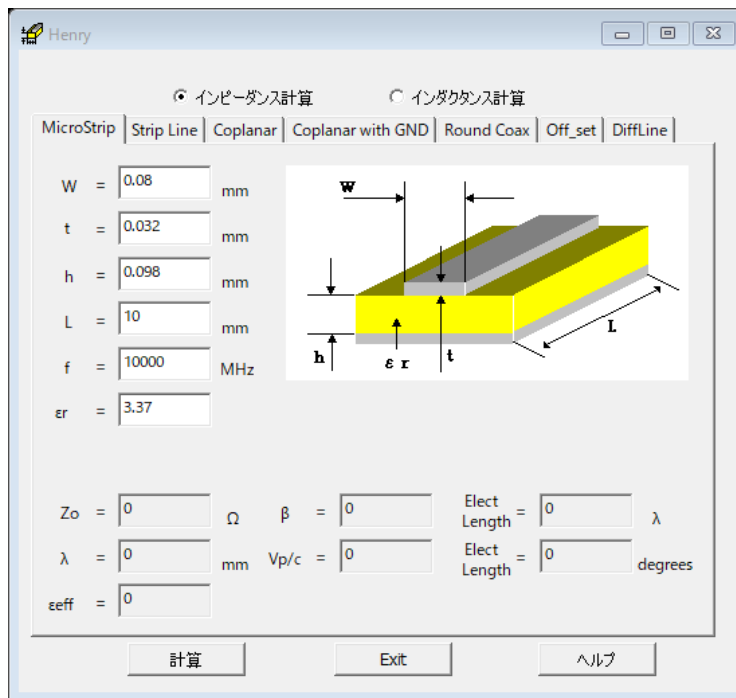
終了 ヘルプ(H)



放射効率

6.040000 GHz	1.129233e+01 [%]
7.075000 GHz	9.110403e+00 [%]
8.965000 GHz	2.787640e+01 [%]
10.000000 GHz	1.992989e+01 [%]

中断 保存 閉じる



スタート⇒プログラム⇒Femtet⇒伝送線路インピーダンス計算

以上