

# H面導波管シミュレータ クロス DeIFEM 取扱説明書

アプリVer 1.0.0.1

取説Ver 1.01

Copyright © 2012 りゅうじみや  
All Rights Reserved.

目次	2
ご利用に際して	3
概要	4
動作環境	5
アプリVersion履歴	6
インストール手順	7
アンインストール手順	8
起動画面	9
[固有モードを見る]をクリック後	10
描画モード[図形作成]	11
[メッシュを見る]クリック後	12
[計算開始]ボタンクリック後	13
計算実行中画面	14
計算実行後画面	15
[開く]後の読み込み中画面	16
図面作成手順(1/8)～(8/8)	17- 24
図面作成時のショートカットキー	25
計算実行手順(1/2)～(2/2)	26 – 27
計算結果表示(1/2)～(2/2)	28 – 29
パネルの最大化	30
参考文献	31
Appendix A 計算条件	32
Appendix B 計算項目	33
取説更新履歴	34

# ご利用に際して

## ●利用料について

HPlaneWGSimulatorXDeIFEMのアセンブリ、ソースコードは無償で利用できます。

## ●著作権について

HPlaneWGSimulatorXDeIFEMのアセンブリ、ソースコード(下記注釈を除く)の著作権は、りゅうじみやにあります。それらの利用になんら制限はありません。ただし、動作の保証はできませんので予め御了承願います。

※DeIFEMソースコード及びアセンブリの著作権は、梅谷信行氏にあります。

※同梱されているLisysの著作権は、KrdLab氏にあります。

DeIFEM: delfem handy environment for finite element analysis

<http://code.google.com/p/delfem/>

Lisys: KrdLabの不定期日記

<http://d.hatena.ne.jp/KrdLab/20090507>

## ●連絡先

何かございましたら下記までご連絡ください。

りゅうじみや ryujimiya@mail.goo.ne.jp

# 概要

- $TE_{10}$  入射時の矩形導波管回路解析プログラムです。
- DeIFEMのCAD機能を使い、折れ線で回路形状を作成できます。
- 誘電体媒質を2個まで装荷できます。
- 誘電体を充填した導波管を入出力に指定できます。一部充填もできます。
- 有限要素法によりz方向電界の分布と回路の散乱係数(反射係数、透過係数)の周波数特性を計算できます。
- 線形方程式解法に直説法(LU分解)とPCOCG(前処理付き直交共役勾配法)のどちらかを選択できます。

# 動作環境

OS : Windows7

(x86環境があれば動作可能)

ライブラリ: .Net Framework 4.0 Client Profile

Windows7に同梱されていると思います。

Visual C++ 2010 ランタイム(x86用)

要インストール

OpenGL (GL、GLU、WGL)

Windows7に同梱されていると思います。

Tao Framework

アセンブリが本アプリケーションインストーラーに同梱されています

<http://www.mono-project.com/Tao>

Lisys

アセンブリ、ソースコードが本アプリケーションインストーラーに同梱されています

<http://d.hatena.ne.jp/KrdLab/20090507>

DelFEM4Net

アセンブリが本アプリケーションインストーラーに同梱されています

<http://code.google.com/p/delfem4net/>

DelFEM

スタティックライブラリがDelFEM4Netにリンクされています

<http://code.google.com/p/delfem/>

# アプリVersion履歴

Version 1.0.0.1 (2012-10-11)

線形方程式の解法にPCOCGを選択できるようになりました。従来の直接解法に比べ、計算時間を短縮できます。PCOCGはDelFEMのライブラリを使用しています。

Version 1.0.0.0 (2012-9-22)

新規作成

# インストール手順

## (1) Visual C++ 2010 ランタイムライブラリ(x86用)のインストール

Visual C++ 2010 再頒布可能パッケージ(x86)をMicrosoftのサイトから取得してインストールしてください。

## (2) HPlaneWGSimulatorXDelFEMのインストールと起動

HPlaneWGSimulatorXDelFEM.zip書庫を解凍し、publish¥setup.exeを起動してインストールしてください。

インストール済みの場合は、前回zip書庫を解凍した場所にpublish配下のファイル・フォルダをすべて上書きして、そこからsetiup.exeを起動してください。

初回インストール時、発行元を確認できないメッセージが表示されますが、問題なければ「インストールする」を選択してください。

インストール完了後、アプリケーションが自動で起動します。

また、デスクトップに「HPlaneWGSimulatorXDelFEM」という名前でClickOnce アプリケーション リファレンス のアイコンが追加されます。このアイコンをダブルクリックしてアプリケーションを起動することもできます。

# アンインストール手順

## (1) HPlaneWGSimulatorXDeIFEMのアンインストール

Windows7のコントロールパネル[プログラムと機能]からアンインストールしてください。

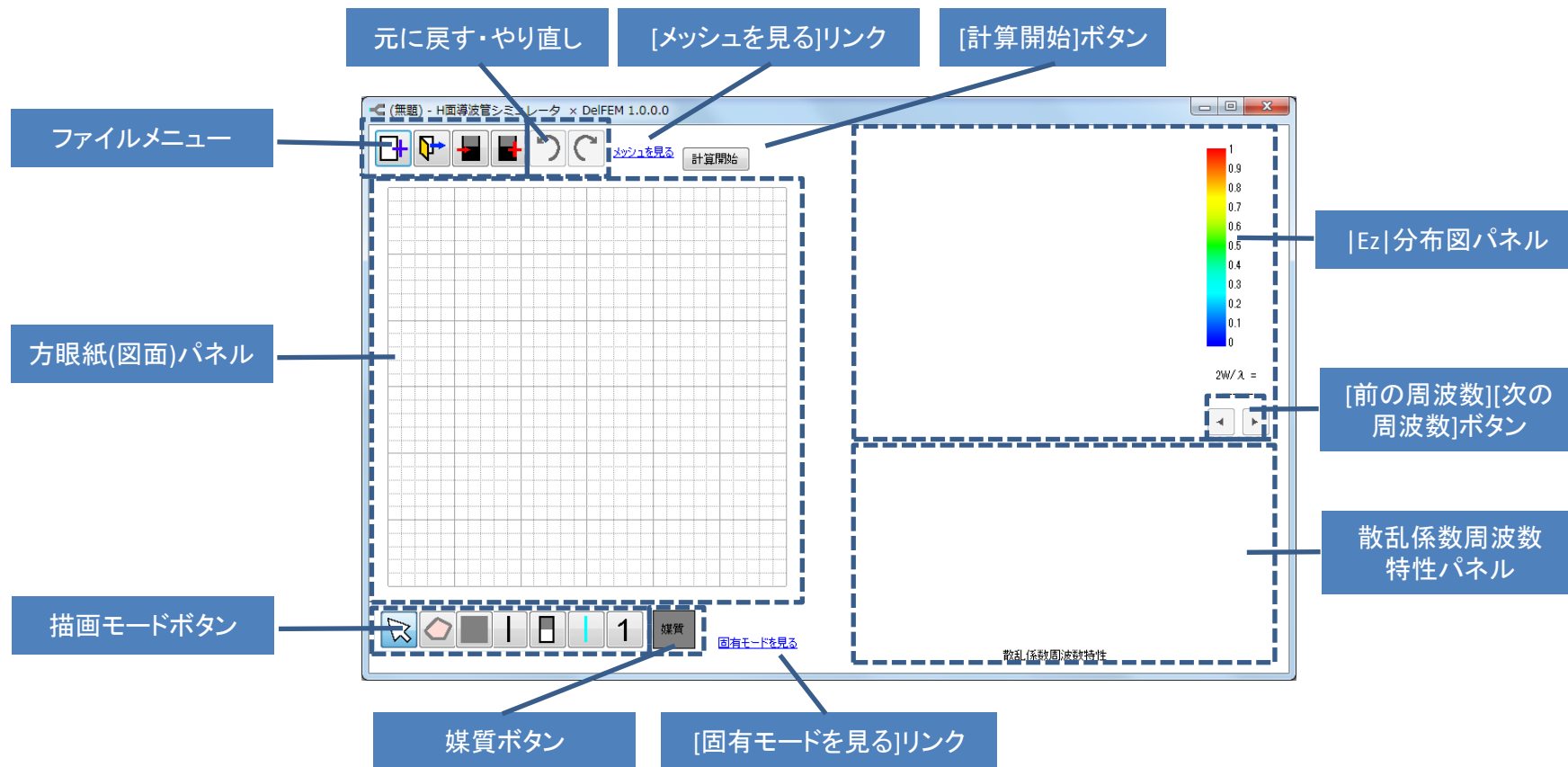
※同梱のTao Framework、Lisys、DeIFEM4Netも含めてアンインストールされます。

## (2) Visual C++ 2010 ランタイムライブラリのアンインストール

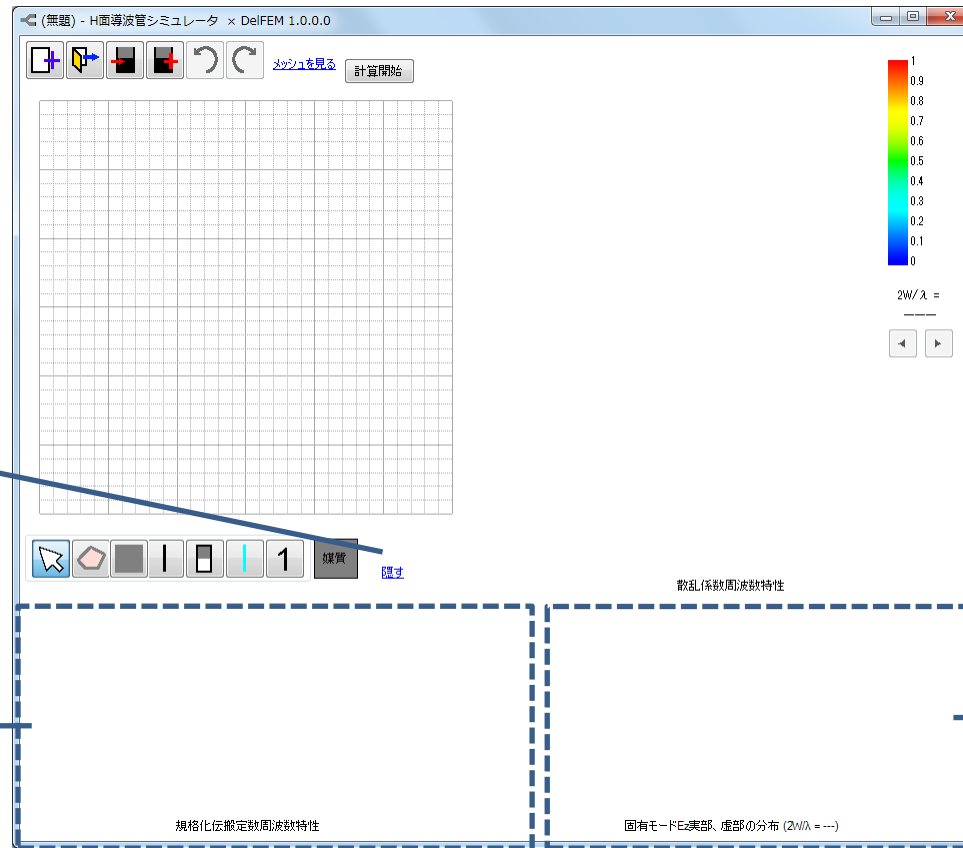
本アプリケーションでしか使用していない場合は、Windows7のコントロールパネル[プログラムと機能]から該当ライブラリをアンインストールできます。詳細はMicrosoftのサイトを参照してください。



# 起動画面



# [固有モードを見る]クリック後

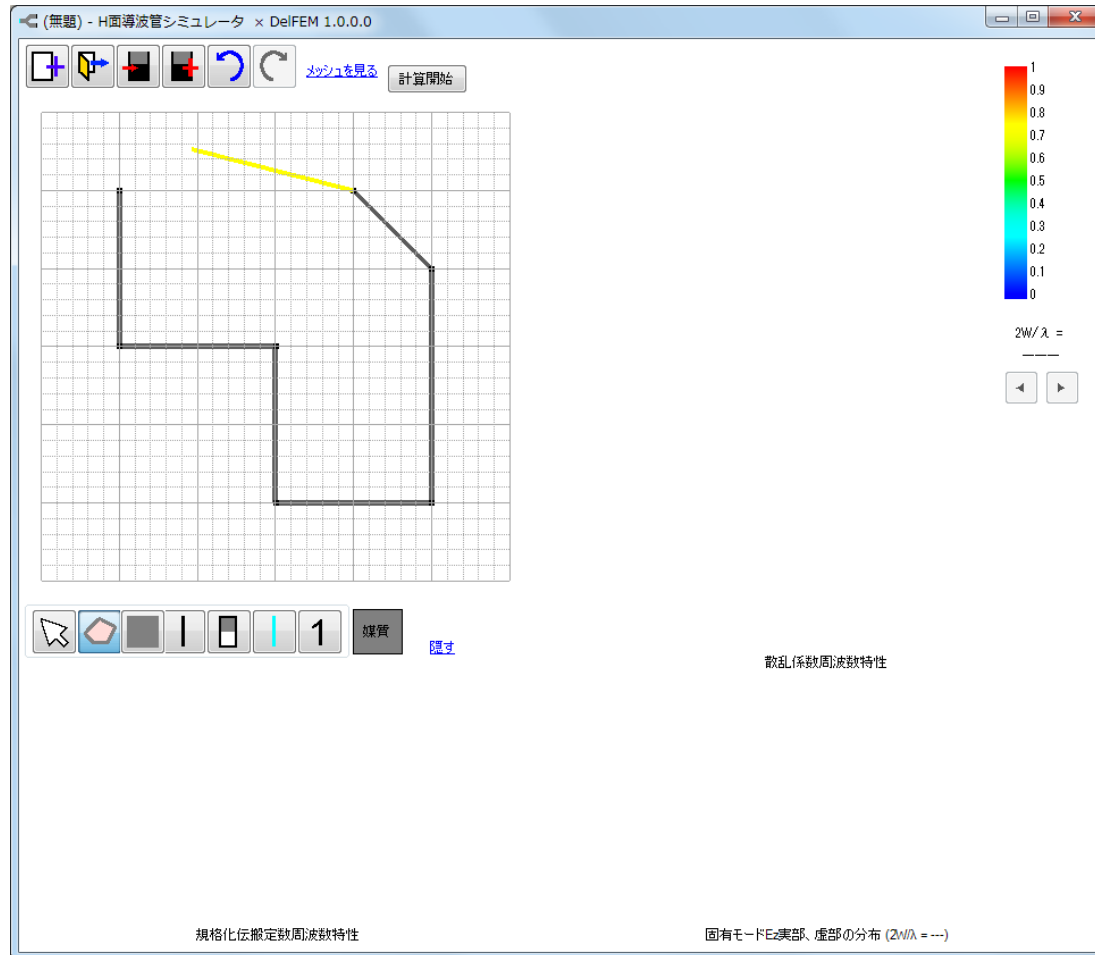


[隠す]リンク

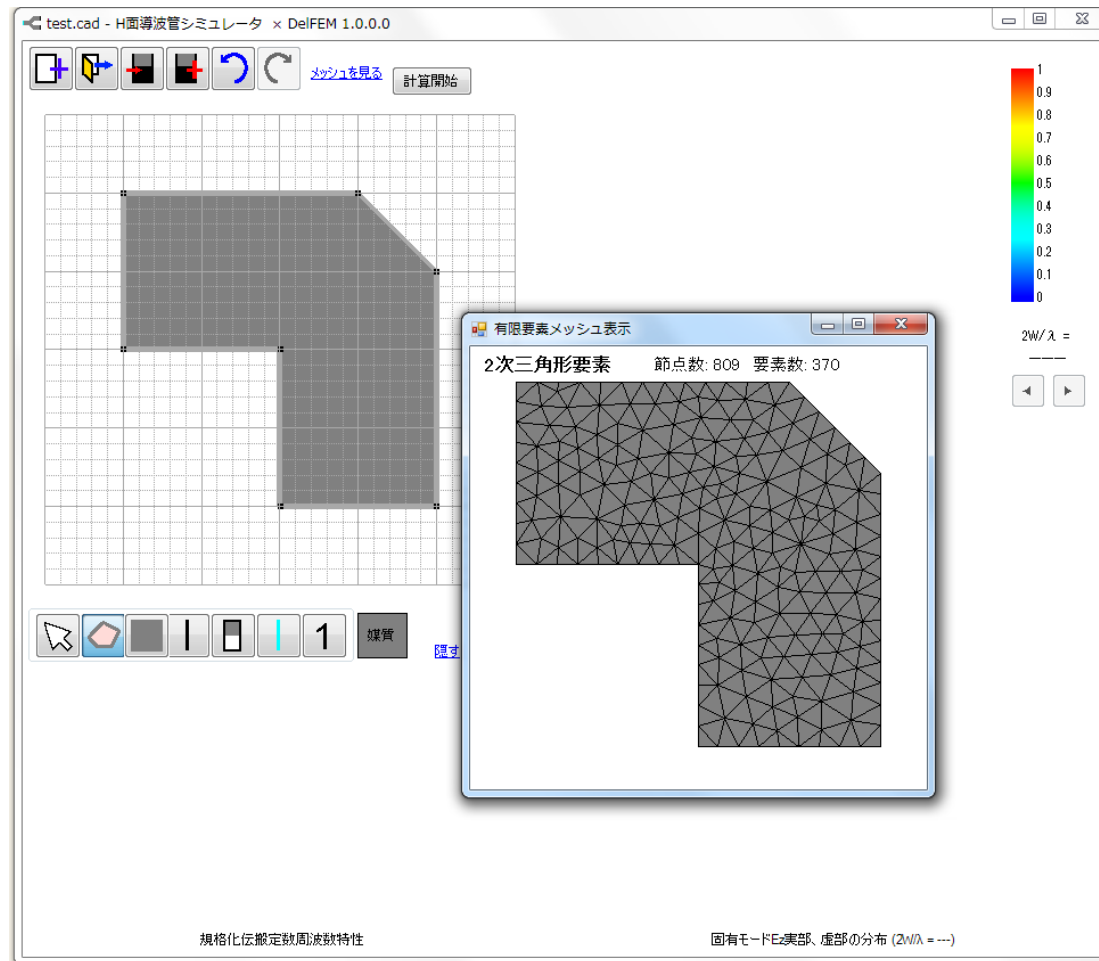
規格化伝搬定数  
周波数特性パネル

固有モード実部、虚部  
の分布図パネル

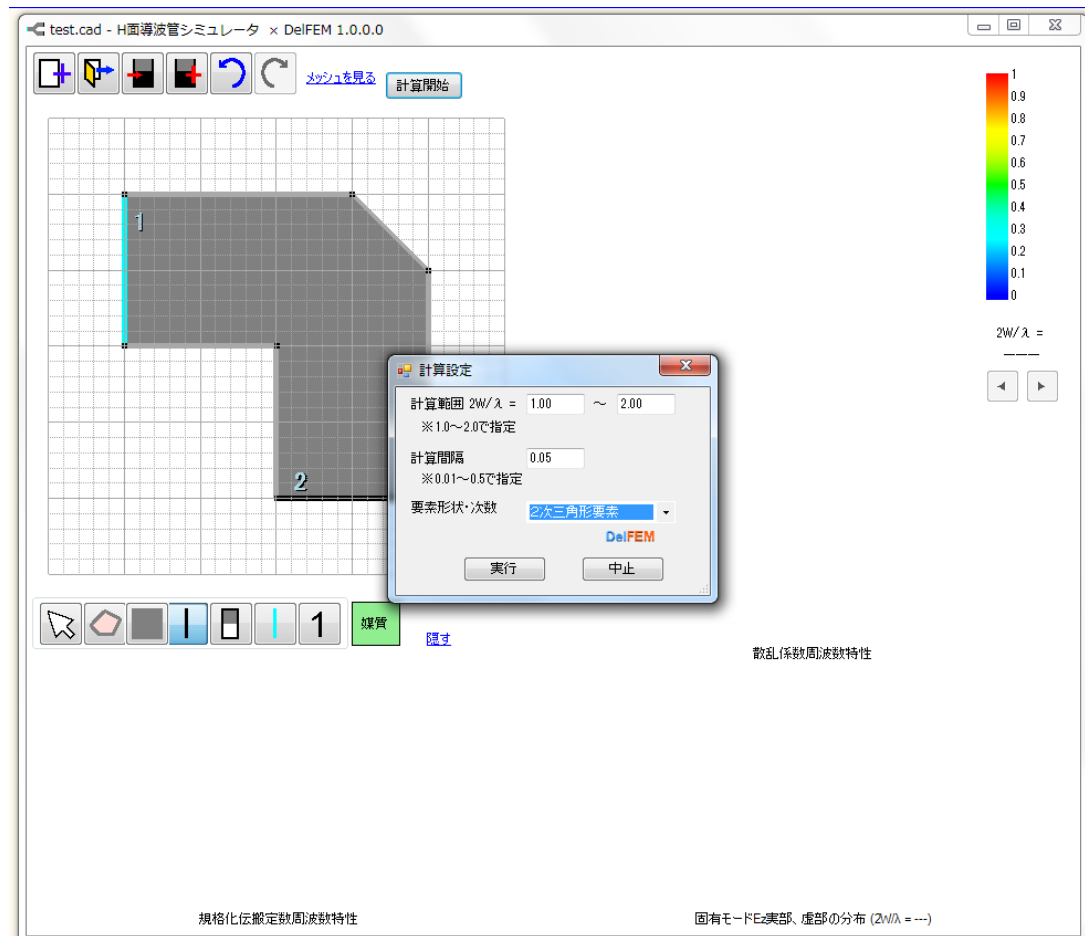
# 描画モード[図形作成]



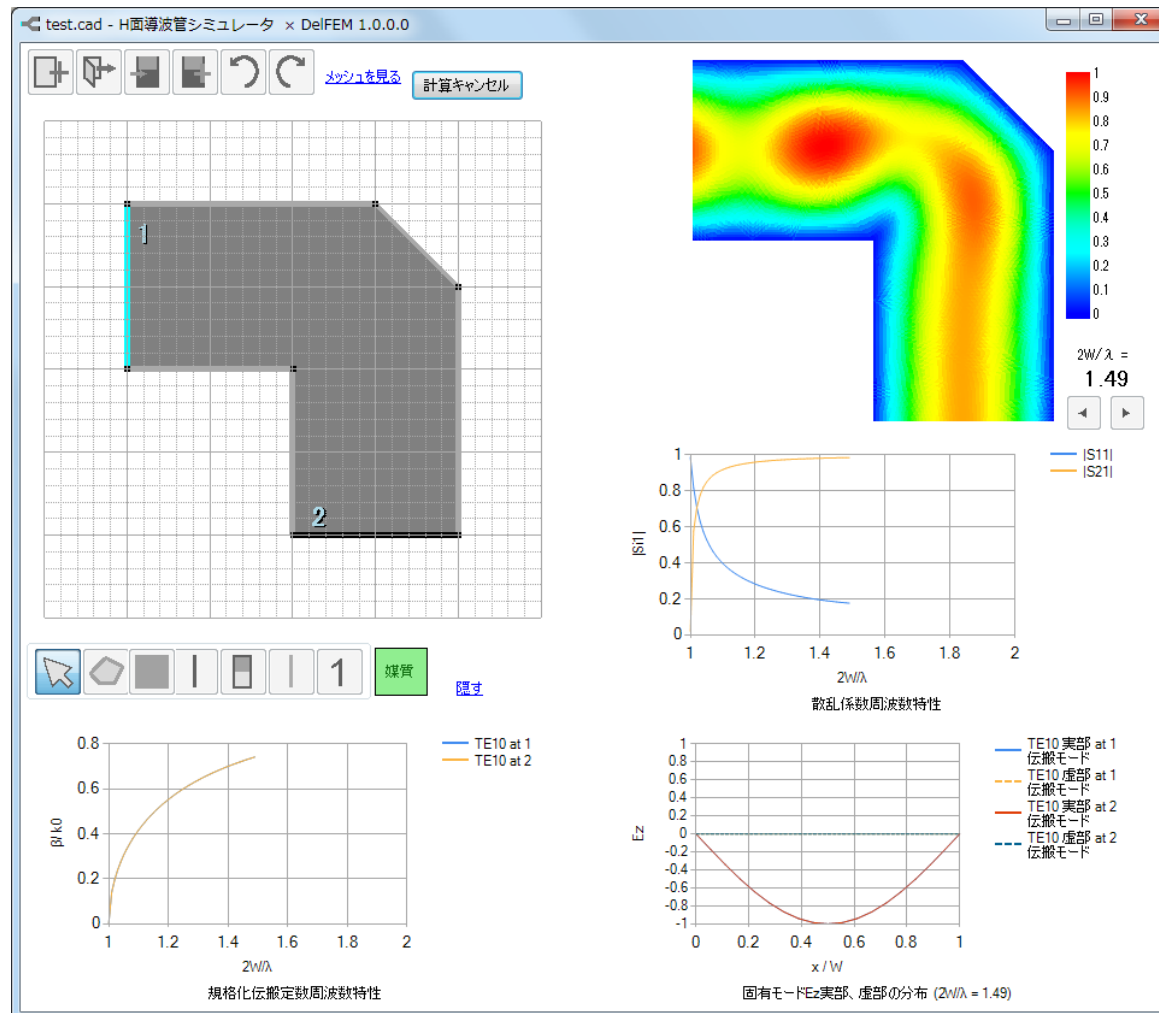
# [メッシュを見る]クリック後



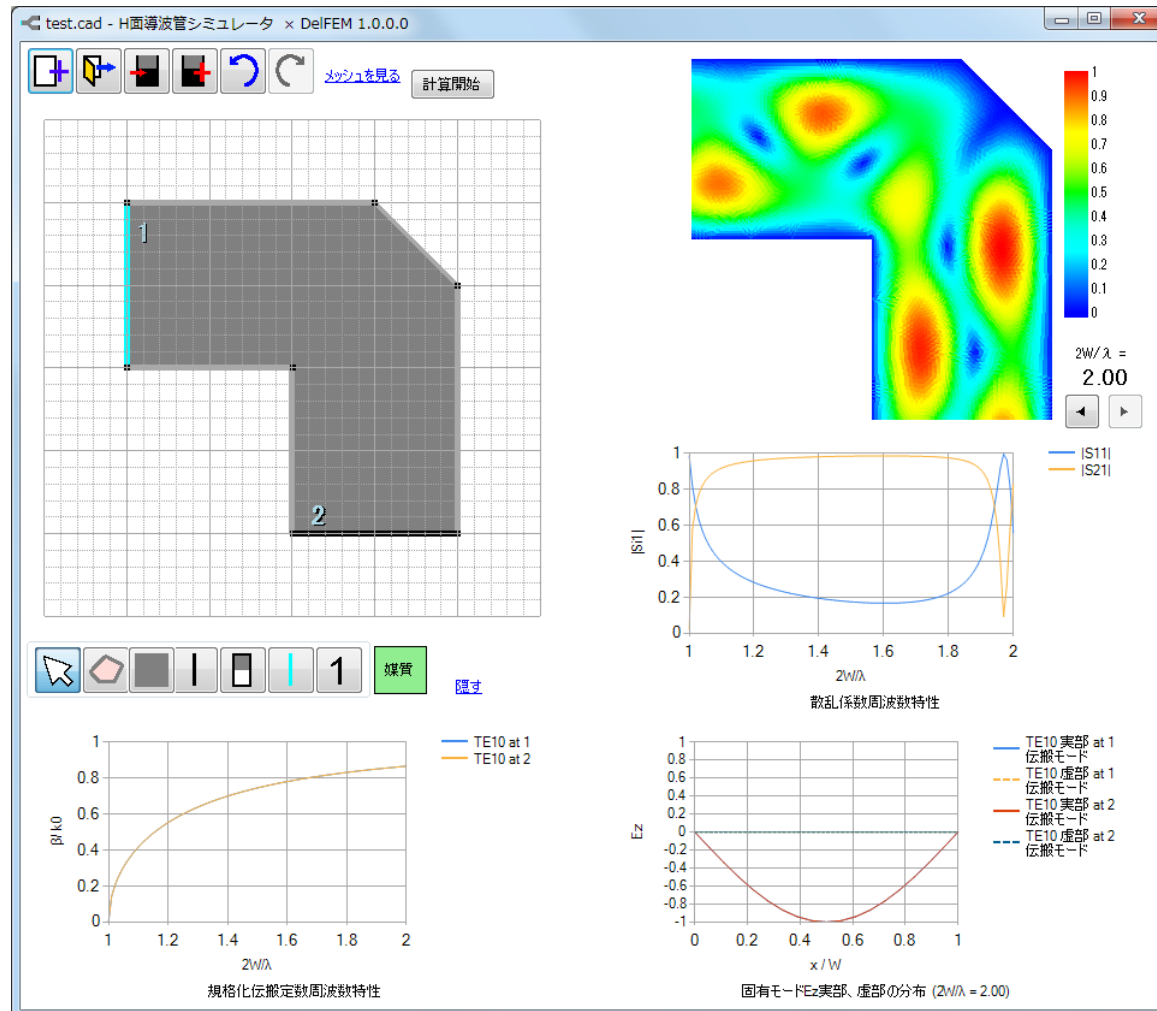
# [計算開始]ボタンクリック後



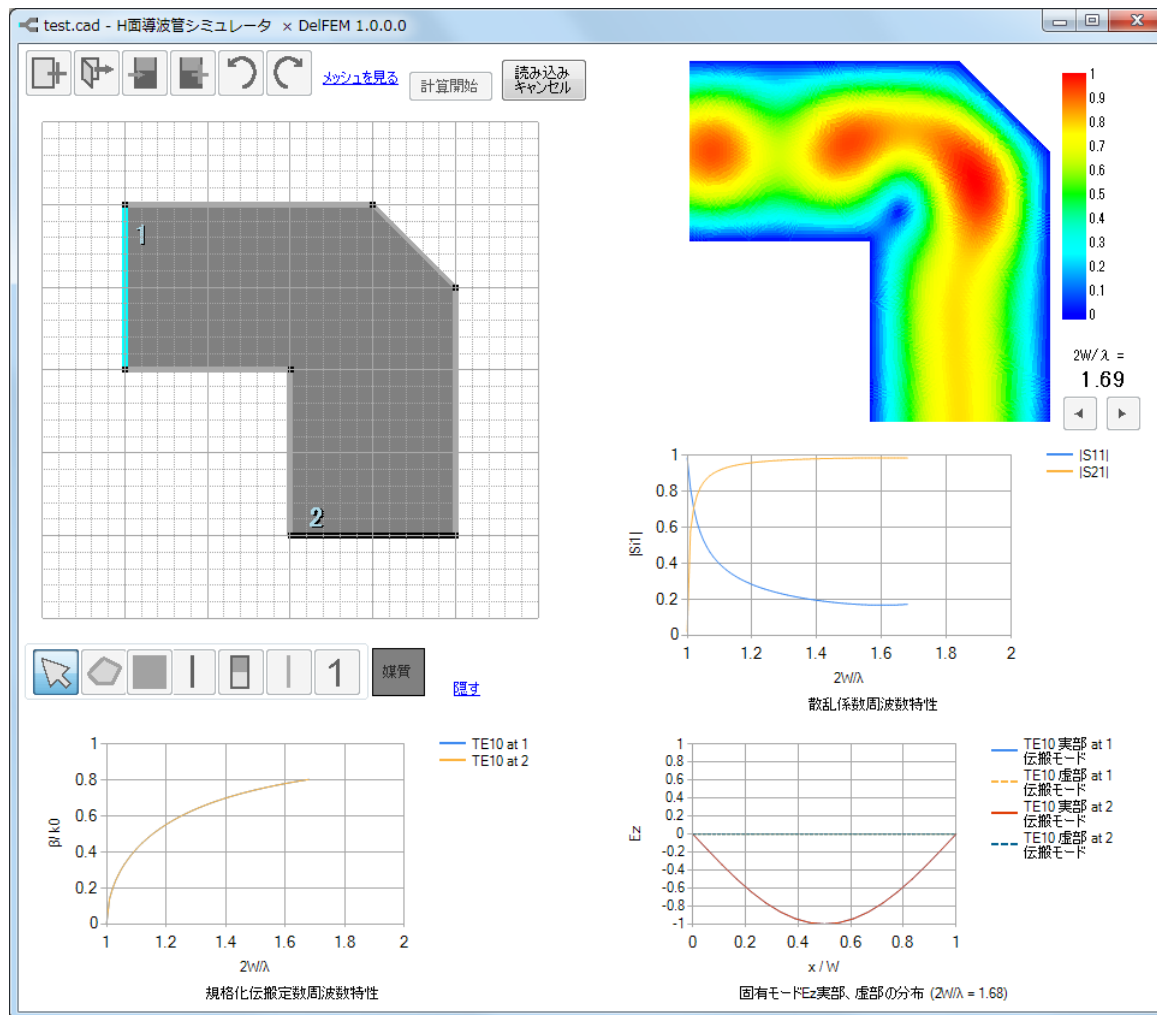
# 計算実行中画面



# 計算実行後画面



# [開く]の後の読み込み中画面





# 図面作成手順(1/8)

## (1) 図面の作成開始

新しい空の図面を表示させるときは、ファイルメニューの[新規作成]ボタンをクリックしてください。  
既存の図面を編集するときには、ファイルメニューの[開く]をクリックしてCADデータファイルを選択してください。

## (2) 媒質の設定

[媒質]ボタンをクリックしてください。媒質パネルが表示されるので誘電体の比誘電率を設定してください。

媒質パネルを閉じるには、[媒質]ボタンをクリックしてください。



# 図面作成手順(2/8)

## (3) 導波管の図形作成

図形を作成するには、描画モードボタンの[図形作成]ボタンをクリックしてください。

### 【この描画モードで操作できる項目】

方眼紙上をクリックすると、頂点が追加されます。

頂点を次々追加して多角形を作成します。

最初に追加した頂点をクリックして図形が閉じた状態になれば領域が確定します。

領域が確定したとき選択している媒質で領域が埋められます。

※なお描画モードを解除するには、[描画モード解除]ボタンをクリックしてください。

### <不完全と思われる機能>

●辺上に頂点を追加して、領域を横切る辺を作成し領域を2つに分割する

→ある程度問題なくできるようになったと思います。

●後述の[消しゴム]で辺を消した後、頂点と頂点を結んで辺を追加する

→必ず失敗していた状況は脱しましたが、完全ではないかもしれません。

# 図面作成手順(3/8)

## (4) 媒質の埋め込み

媒質を埋め込むには、描画モードボタンの[媒質埋め込み]ボタンをクリックしてください。

### 【この描画モードで操作できる項目】

多角形の内部領域にマウスカーソルを移動するとハイライト表示になります。

その多角形をクリックすれば、現在選択中の媒質が多角形領域に埋め込まれます。

### Note:

HPlaneWGSimulator X DeIFEMでは媒質に「導体」が追加されています。内部の空洞を作成する場合は、図形作成後その図形に導体を埋め込んでください。

(HPlaneWGSimulatorでは消しゴムで塗りつぶすことで空洞を作成できますがHPlaneWGSimulator X DeIFEMで同様の操作をすると領域全体が消去されます。御注意ください。)

※なお描画モードを解除するには、[描画モード解除]ボタンをクリックしてください。

# 図面作成手順(4/8)

## (5) 入出力導波管ポートの境界面の選択

領域に接続する導波管の境界面を選択できる状態にするには、描画モードボタンの[ポート境界]ボタンをクリックしてください。

### 【この描画モードで操作できる項目】

境界の辺にマウスカーソルをあてるとハイライト表示になります。ハイライト表示されている辺をクリックして入出力ポートを選択してください。

複数の辺を1つの入出力ポートとする場合は、[Ctrl]キーを押しながら辺をクリックしてください。[Ctrl]キーを押された間に選択された辺は同じポートの境界と解釈されます。

※境界を選択すると、ポートの番号が自動で付与されます。

※なお描画モードを解除するには、[描画モード解除]ボタンをクリックしてください。

# 図面作成手順(5/8)

## (6)領域、ポート境界の消去

領域、ポート境界を消去できる状態にするには、描画モードボタンの[消しゴム]ボタンをクリックしてください。

### 【この描画モードで操作できる項目】

領域を消去するには、領域にマウスカーソルを当ててください。ハイライト表示になるのでクリックすると領域が削除されます。

ポート境界を消去するには、ポート境界の1つの辺をクリックしてください。

※なお描画モードを解除するには、[描画モード解除]ボタンをクリックしてください。

## <不完全と思われる機能>

### ●辺をクリックして辺を削除する

→辺は削除されますが、その後領域内に頂点を追加できなくなったりします。

# 図面作成手順(6/8)

## (7)入力導波管ポートの選択

入力ポートを選択できる状態にするには、描画モードボタンの[入力ポート選択]ボタンをクリックしてください。

### 【この描画モードで操作できる項目】

入力ポートを選択するには、ポートの境界の1辺をクリックしてください。

※なお描画モードを解除するには、[描画モード解除]ボタンをクリックしてください。

# 図面作成手順(7/8)

## (8)入出力導波管ポート番号の手動設定

ポート番号を変更できる状態にするには、描画モードボタンの[ポート番号振り]ボタンをクリックしてください。

### 【この描画モードで操作できる項目】

ポートをなす境界の1辺を順にクリックすると、番号が1から順に付与されます。

※内部で“次の番号”を保持し、クリック時この番号が設定されます。“次の番号”は[ポート番号振り]ボタンクリック直後、1に設定され

境界に番号が設定されるたびに+1されます。

※なお描画モードを解除するには、[描画モード解除]ボタンをクリックしてください。

## (9)ファイルへ保存

図面をファイルへ保存するには、ファイルメニューボタンの[上書き保存]、または[名前を付けて保存]ボタンをクリックします。

# 図面作成手順(8/8)

(10)元に戻す・やり直し

作成途中の図面を元に戻すには、[元に戻す]ボタンをクリックしてください。(ショートカットキーはCtrl + Z)

元に戻した図面を戻す前の図面に復帰するには、[やり直し]ボタンをクリックしてください。(ショートカットキーはCtrl + Y)



# 図面作成時のショートカットキー

- Ctrl + O ファイルを開く
- Ctrl + S 上書き保存
- Ctrl + Z 元に戻す
- Ctrl + Y やり直し

# 計算実行手順(1/2)

## (1) 計算開始

計算を開始するには、[計算開始]ボタンをクリックしてください。

[計算範囲]画面が表示されるので、計算範囲と計算間隔を入力、要素形状・次数、を選択後[実行]をクリックしてください。

計算を中止するには、[中止]ボタンをクリックしてください。

なお、 $W$ 、 $\lambda$ は下記を意味します。

$W$ : ポート番号1の入出力導波管の幅

$\lambda$ : 波長

線形方程式解法は次の中から選択できます。

PCOOG 前処理付き直交共役勾配法[DeIFEM]

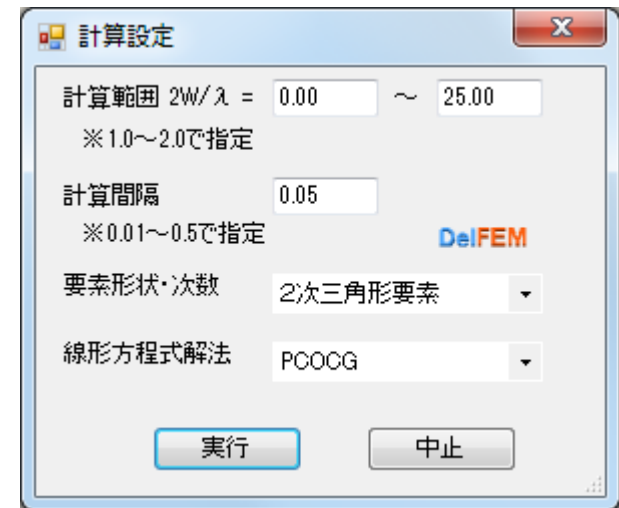
zgesv clapackの直接解法(LU分解)

[KrdLab.clapack.Function.zgesv]

Note:

要素は2次補間か1次補間の三角形要素を選択できます。

DeIFEMでメッシュ切りをするため四角形要素は非対応です。



# 計算実行手順(2/2)

## (2) 計算キャンセル

計算中の処理をキャンセルするには、[計算キャンセル]ボタンをクリックしてください。

※[計算キャンセル]ボタンは計算中にのみ表示されます。

# 計算結果表示(1/2)

計算開始後、下記計算結果が順次表示されます。

別の図面の計算結果を表示するには、[開く]で図面を読み込んでください。

## (1) z方向電界の分布図

[|E<sub>z</sub>|分布図パネル]に、z方向電界を最大値で規格化したものが表示されます。

計算終了後、次の操作が可能です。

前の規格化周波数の分布図を表示するには、[前の周波数(◀)]ボタンをクリックしてください。

次の規格化周波数の分布図を表示するには、[次の周波数(▶)]ボタンをクリックしてください。

## (2) 散乱係数周波数特性グラフ

[散乱係数周波数特性パネル]に、指定入力ポートに入射波を印加したときの各ポートの散乱係数(ルート電力波に対する反射係数、透過係数)の周波数特性グラフが表示されます。

# 計算結果表示(2/2)

## (3) 入出力導波管の規格化伝搬定数の周波数特性グラフ

[規格化伝搬定数周波数特性パネル]に、入出力導波管の伝搬定数(位相定数) $\beta$ を真空の波数 $k_0(=2\pi f/c_0)$  f:周波数  $c_0$ :光速) で規格化したものが表示されます。

※ [規格化伝搬定数周波数特性パネル]を表示するには、[固有モードを見る]リンクをクリックしてください。

## (4) 入出力導波管の固有モードの分布図

[固有モードの実部、虚部分布図パネル]に、指定周波数における入出力導波管の固有モード(TE<sub>10</sub>モードのみ)のz方向電界の実部、虚部の分布グラフが表示されます。

周波数の指定は、z方向電界の分布図の[前の周波数(◀)][次の周波数(▶)]ボタンで行ってください。

※ [固有モードの実部、虚部分布図パネル]を表示するには、[固有モードを見る]リンクをクリックしてください。

# パネルの最大化

下記パネルをアプリケーションウィンドウ一杯に最大化するには、ダブルクリックしてください。  
最大化したパネルを元に戻すには、ダブルクリックしてください。

[方眼紙パネル]

[ $|E_z|$ 分布図パネル]

[散乱係数周波数特性パネル]

[規格化伝搬定数周波数特性パネル]

[固有モードの実部、虚部分布図パネル]

# 参考文献

1. 小柴正則, “光・波動のための有限要素法の基礎”, 森北出版, p.36-p.49, 1990  
線要素、三角形要素の要素積分計算を参考にさせていただきました。
2. KrdLab, “Lisys”, <http://d.hatena.ne.jp/KrdLab/20090507>, 2009-05  
下記APIを使用させていただきました。  
逆行列計算: KrdLab.clapack.Function.dgesv  
固有値解析: KrdLab.clapack.Function.dgeev  
複素線形方程式: KrdLab.clapack.Function.zgesv
3. 梅谷信行, “DeFEM”, <http://code.google.com/p/delfem/>, 2009  
DeFEMのCAD機能、メッシュ生成機能、**線形方程式解法モジュール (PCOCG)**を自作C#向けラッパーDLL(\*1)を介して利用させていただきました。  
また、FEM解析において下記ソースコードを実装の参考にさせていただきました。該当ソースのヘッダ部にはGPLライセンスの記述を挿入しています。  
三角形要素で要素剛性行列を作る際のUtility関数: ker\_emat\_tri.h  
等高線図のカラーマップ: drawer\_field.h  
\*1 自作ラッパーのソースコード及びアセンブリは下記にて開示しています。  
DeFEM4Net <http://code.google.com/p/delfem4net/>

# Appendix A 計算条件

- ・領域は空洞(真空)  
領域内に誘電体媒質を装荷可能
- ・領域境界は完全導体壁
- ・入力ポートからTE<sub>10</sub>モード入射
- ・入出力導波管は中空の他、誘電体を充填したものも指定可能
- ・入出力ポートを2次線要素/1次線要素で分割(固有モード解析)
- ・入出力ポートをTE<sub>m0</sub>モード( $m = 1, 2, \dots, \leq n$ )で固有モード展開  
( $n$ : 固有モード解析で得られるモード数=ポート境界上の節点数)
- ・領域を2次/1次三角形要素で分割(伝達問題解析)
- ・ $z$ 方向電界 $E_z$ に関するヘルムホルツ方程式にガラーキン法を適用
- ・計算対象規格化周波数は、 ~~$2W/\lambda$ が1.0以上2.0以下の範囲~~の制限をなくしました  
(誘電体充填導波管の場合、基本モードの伝搬周波数領域が変わるため。)
- ・計算間隔0.01~0.5



# Appendix B 計算項目

- ・入出力ポートの固有モードの伝搬定数、 $z$ 方向電界 $E_z$ の分布の算出  
→表示なし、内部計算で使用表示するようにしました
- ・ $z$ 方向電界 $E_z$ (領域を $xy$ 平面とする)の算出  
→最大値で規格化した絶対値 $|E_z|/|E_z|_{\max}$ を分布図に表示
- ・散乱係数 $S_{ij}$  ( $i$  = 出力ポート番号(1,2,...),  $j$  = 図面で指定した入力ポート番号)の算出  
→ $2W/\lambda$  -  $S_{ij}$ 周波数特性のグラフを表示

# 取説更新履歴

- 2012-10-11 取説Ver1.01 アプリVer1.0.0.1用作成
- 2012-09-26 取説Ver1.00 アプリVer1.0.0.0用新規作成