

MetaMesh チュートリアル (マニュアル 2 章より抜粋)



図 2 例題の幾何形状

第 2 章 MetaMesh 例題

自分の計算したい問題のメッシュを作れるようになるには、次章以降に述べられる概念を理解することが重要です。ユーザーの皆さんは、ソフトウェアの詳細について深く学ぶ前に、自分のパソコンでソフトを走らせてみて、どのように動作するか見てみたいと思われるかもしれません。本章では、あらかじめ用意された入力スクリプトを使って、実際の計算手順をたどっていきます。次章では、テキストエディタもしくはインタラクティブなユーザーインターフェイスを持つ **Geometer** を使って、入力スクリプトを作成していく方法について述べます。図 2 に示した構造を例に取り、3次元静電場解析に必要なメッシュの生成手順を説明します。高電圧バスバー(母線)が絶縁体を通してオイルハウジングに入り込んでいます。貫通点付近のオイル領域での電場の強さの値を求めます。背面は対称境界になっているので、この系の半分だけをモデル化すれば十分です。

始めに、この例について簡単に概説してから、元に戻って詳細を説明します。ファイル「WALKTHROUGH.MIN」を「\AMAZE\EXAMPLES」から選び、例えば「\AMAZE\BUFFER」といった、任意の一時作業用(データ)ディレクトリにコピーしておいてください。

metamesh.exe を起動し、「FILE」メニューの中の「Load MIN file」をクリックしてください。データディレクトリに行き、WALKTHROUGH.MIN を選択し、OK ボタンをクリックします。ウィンドウの下端にあるステータスバーには、ファイルがロードされ、メッシュ生成処理は実行されていないことが表示されています。次にメニュー「PROCESS MESH」をクリックします。**MetaMesh** はメッシュ生成処理を開始し、ウィンドウに解析の進行状態を表示します。プログラムは入力ファイルの内容を解析し、次の動作を実行します。

- 1) 基盤(foundation)メッシュの生成
- 2) 基盤メッシュの各要素(element)をそれぞれの構造部分に割り当て
- 3) 要素面が物質境界に適合するように節点(node)の位置を移動
- 4) 作成された要素の整合性をチェック

画面を急速にスクロール表示する主な目的は、プログラムがビジー状態にあることをユーザに意識させることです。すべての情報はリストファイル「WALKTHROUGH.MLS」にも記録されているので、後で必要になったときにテキストエディターで見ることができます。メッシュを生成するには数秒しかかかりません。解析が終了したら、マウスボタンをクリックするか、任意のキーを押して先に進んでください。ここで作成されたメッシュを保存します。「FILE」メニューの「Save mesh」をクリックして保存してください。

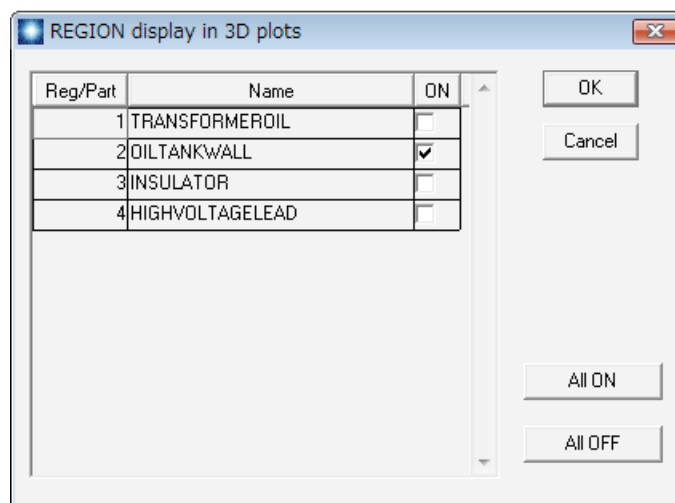


図3 領域表示ダイアログ

メッシュの処理に成功したら、プロットメニューが使用可能になります。「PLOT3D」をクリックしてください。**MetaMesh** はデフォルトで Region 2 (この場合は、オイルタンクの金属壁)の表面(surface)プロット図を表示します。

「PLOT CONTROL」メニューのコマンド「Region/part display」を選択して、図3のダイアログを呼び出してください。Region 3と4の表示をONにするチェックボックスをクリックし、

絶縁体と高電圧ロッドを表示させてください。図 4 に似たプロットを見ることができるよう。図 4 と同じ画面にするには、プロットを回転し、位置をずらす必要があります。マウスポインタをプロットエリアの中に動かしていくことによってプロットの表示をコントロールすることができます。拡大(ズームイン)するにはポインタをプロットの中心に持っていき、左ボタンを少しの間押し続けます。右上の位置確認エリアにある、オレンジ色のボックスが狭まっていく視野を表示しています。マウスボタンを離すとメインプロットが更新されます。物体の表示を回転させるには、マウスポインタを両サイドや上部や下部に動かし、左ボタンを押します。(注：MetaMesh のプロットルーチンは実際のメッシュ面を表示します。近似的な表面を表示する Geometer と異なり、プロット表示にはある程度計算が必要になるため、視点を決める操作を完了するまでプロットは更新されません。)

さてここで、3次元プロット機能の利用を試してみます。

「PLOT CONTROL」メニューの「Plot style」コマンドを選択し、ワイヤーフレーム表示にしてみてください。表示された画像は、複雑なメッシュだと把握しづらい感じがしますが、プログラムは迅速にプロットを生成できます。ワイヤーフレーム表示を用いてプロットの位置確認を行ってから、表面表示に戻ってもよいでしょう。

領域(region)ではなくパーツ(part)毎にプロットさせることもできます。この場合、プログラムは領域番号ではなくパーツ番号を基にして色付けします。高電圧ロッドは、3つの異なったパーツからできていますので、3つの色域からなります。

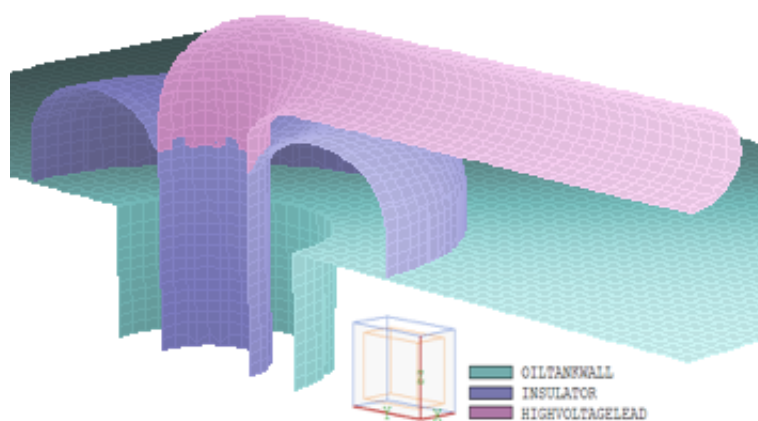


図 4 作成されたメッシュの領域別の 3次元表面表示

次にスライスプロット機能を見てみましょう。「RETURN」メニューをクリックしてメインメニューに戻り、「PLOT2D」をクリックしてください。デフォルトのプロットは、z 軸に垂直な、解析領域(solution volume)の中央近くでスライスした面です。

「VIEW/ORTHO」メニューの「Set normal plane」をクリックしてダイアログを表示させてください。ラジオボタンでx軸を選択し、スライダを $x = 0.0$ に移動します。「VIEW/ORTHO」メニューの「Zoom window」コマンドを用いて、図5のようなクローズアップ（拡大）ビューを見ることができます。赤い三角矢印ボタンを操作して、x方向に前後させることができます。ここで、異なったビューとプロットのオプションを試してみることができます。場合によっては領域がぎざぎざの縁を持っているように見えることもあります。マニュアル第23章でスライスプロットのアルゴリズムに関する詳しい説明とその限界を述べます。「EXPORT PLOT」の「Default printer」コマンドではプロット情報をWindowsのデフォルトプリンタに送ることができます。このコマンドをクリックする前には、デフォルトのプリンタが正しく設定されていることを確認してください。

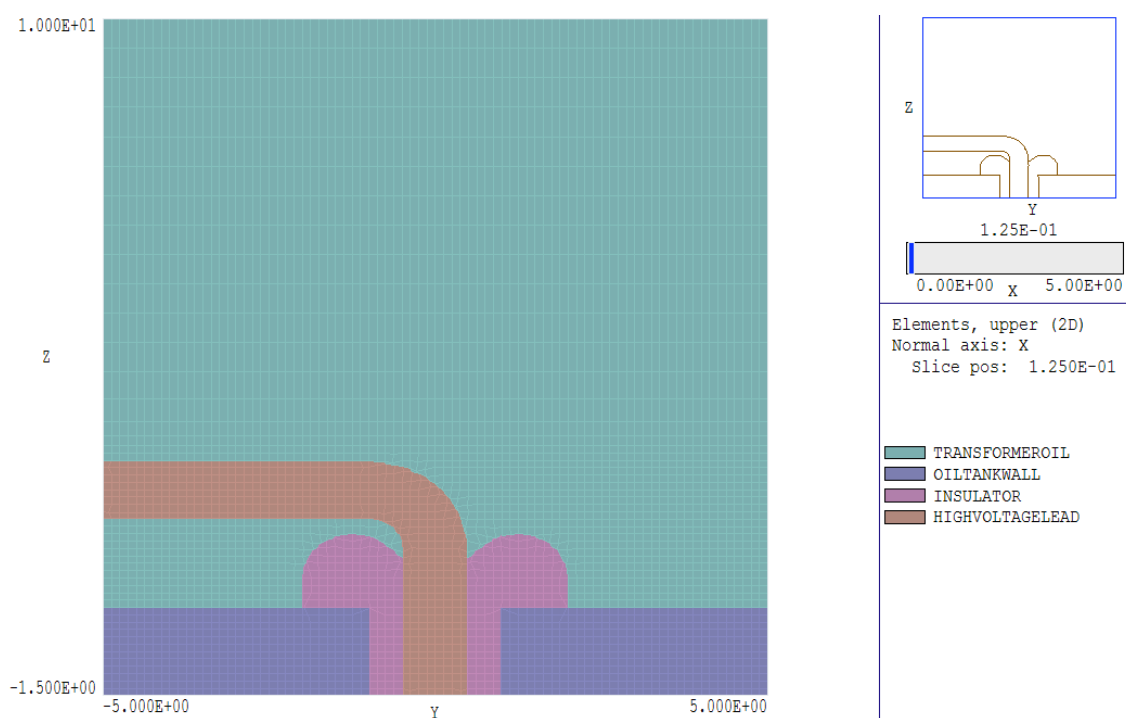


図5 x軸に垂直なスライス面におけるメッシュ表示

図5のプロットは、物質境界への適合処理を行い、最生成を行った基盤メッシュボックスを図示しています。高電圧ロッドが絶縁体に入り込む領域（プロットの中央）に注目しましょう。要素サイズはとがった角を再現できるほど小さくないので、絶縁体の要素形状は理論的形状には正確に対応していません。この例は許容性と柔軟性という **MetaMesh** の2つの有用な特徴を示しています。十分な要素数を与えなかった場合にも、**MetaMesh** は最善の処理をします。この例の場合は、鋭い角は興味のある部分の電場に大きな影響を及ぼしませんので、細かい要素による分割は必要ありません。最後に、z方向の要素サイズが変化していることに注意してください。

い。 $z \geq 4.0$ の空間は自由空間の境界条件に近づけるために含めています。

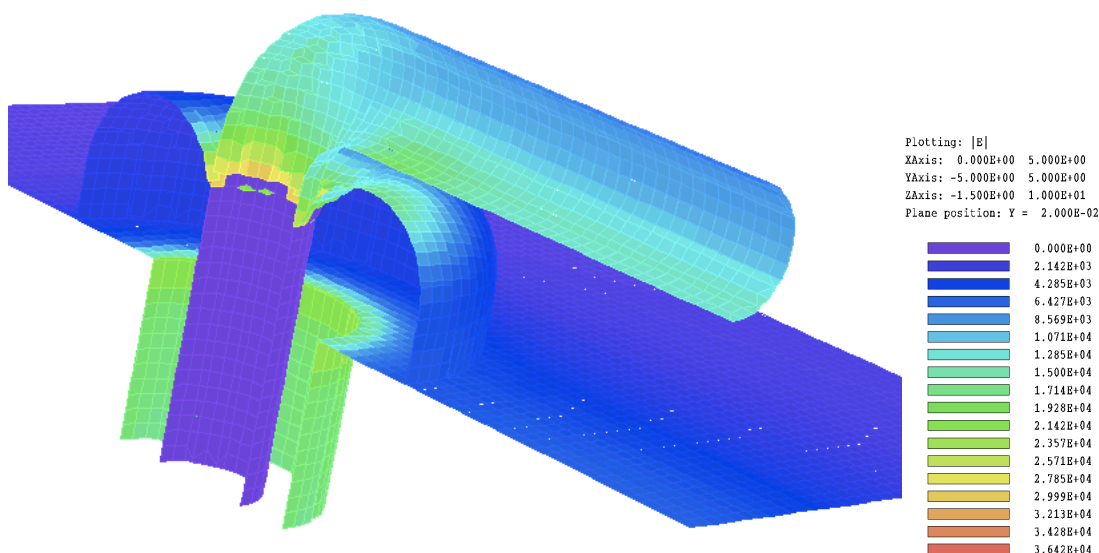


図6 HiPhi プログラムを用いた静電場解析。|E|により色分けした各部品表面

図6は、このメッシュを用いた HiPhi プログラムによる静電場解析の結果です。タンク内のオイルの誘電率は $\epsilon_r = 1.5$ で、絶縁体では $\epsilon_r = 5.3$ です。タンクは接地しており、導体には $V_0 = 120 \text{ kV}$ のポテンシャルが印加されています。表示されているプロットは物質表面が表面の電場の強さにより色分けされています。

メッシュの幾何形状を指定するにはどのような情報を入力する必要があるでしょうか。入力スクリプトを調べてみましょう。「RETURN」をクリックしてメインメニューに戻り、FILE メニューの「Edit MIN file」をクリックしてください。プログラムは、内部のテキストエディタに「WALKTHROUGH.MIN」をロードします。ここで、いくつかの部分を取り上げてみます。

次の形式のオプションコマンド

```
RegName 1 TransformerOil
```

は、領域(ここでは region 1)に名前(ここでは「TransformerOil」)をつけています。これはメッシュ構造作成時にスクリプト(入力ファイル)を分かりやすく整理する上で役に立ちます。領域名は図3のダイアログに表示されていることに留意してください。

次のステートメントは最初に計算領域を箱形の要素に分割する、基盤メッシュを定義しています。

```

XMesh
  0.000  5.000  0.125
End
YMesh
 -5.000  5.000  0.125
End
ZMesh
 -1.500  3.000  0.125
  3.000 10.000  0.500
End

```

これらのコマンドにより、各軸方向の解析領域の範囲と、基本メッシュにおける要素の大きさが決まります。z軸に関しては2つの入力行があり、それぞれ要素サイズの異なる2つの領域を定義していることに留意してください。

残りのコマンド群はパーツ(part)および領域(region)の形状を設定するものです。それらのセクションのいくつかは簡単で、次のようなものです。

```

Part 2
  Type Box
  Region 2
  Fab  10.000  10.000  1.500
  Shift 0.000  0.000  -0.750
  Surface Region 1
End

```

このセクションでは、オイルタンクの壁を x と y 方向の長さが 10.0、 z 方向は 1.5 の長さを持つボックスとして定義しています。マニュアル第 16 章で説明しますが、作業用基準座標系(ワークベンチフレーム)でボックスを作成したのち、 z 方向に -0.75 だけ移動し、所定の位置に設定しています。

「Surface Region 1」というステートメントは、領域(region)1(タンク内のオイル)に接する境界上の、すべての節点を $z=0.0$ にあるボックスの境界に移動して固定することを指示しています。

複雑で特殊な形状を指定することもできます。次のパーツ(part)セクションでは絶縁体を表現しています。このパーツはタンク壁を貫き、オイル領域内に突起部があります。

```

Part 3
  Type Turning
  L  -1.50  0.50  0.50  0.50
  A  0.50  0.50  1.25  1.25  0.50  1.25 S
  A  1.25  1.25  0.50  2.00  0.50  1.25 S
  L  0.50  2.00  0.00  2.00 SE
  L  0.00  2.00  0.00  1.00 SE

```

```

      L   0.00  1.00 -1.50  1.00
      L  -1.50  1.00 -1.50  0.50
End
Region 3
Fab   0.0  360.0
Surface Region 1 Edge
Surface Region 2 Edge
Coat 2 2
End

```

AとLで始まる行は、回転体を表すための r - z 空間（図5）において絶縁体形状の輪郭を描く直線ベクトルと円弧ベクトルの設定行です。この輪郭を基準座標系の z 軸に関して 0.0° から 360.0° まで回転し、回転体を形成します。解析領域外側になるパーツ部分 ($x < 0.0$) は無視します。すなわち、**MetaMesh** は領域外の部分を自動的に切り落とします。**MetaMesh** は解析領域を構成する基盤メッシュ要素を確認したのち、タンク（領域2）、およびオイル（領域1）との境界近くにある節点を、境界表面に移動します。

最も手間のかかるパーツは、高電圧リード上のエルボです。エルボは 0.0° から 90.0° まで方向転換する円形断面の曲がり管です。

```

Part 6
Type Turning SideFit
  A   0.00  0.50  0.50  1.00  0.00  1.00
  A   0.50  1.00  0.00  1.50  0.00  1.00
  A   0.00  1.50 -0.50  1.00  0.00  1.00
  A  -0.50  1.00  0.00  0.50  0.00  1.00
End
Region 4
Fab   0.0  90.0
Shift 0.000 -1.000 1.000
Rotate 90.0 0.0 90.0 XYZ
Surface Region 1
End

```

パーツの向きを x 軸と z 軸に関する2つの 90° 回転により調整し、位置は y 軸方向と z 軸方向の移動により調整します。こうした複数の回転や平行移動を行う際は、**Geometer** を使ってインタラクティブに設定すると便利でしょう。