

ELFIN ワークブック（Femap + Fplus 編）

はじめに

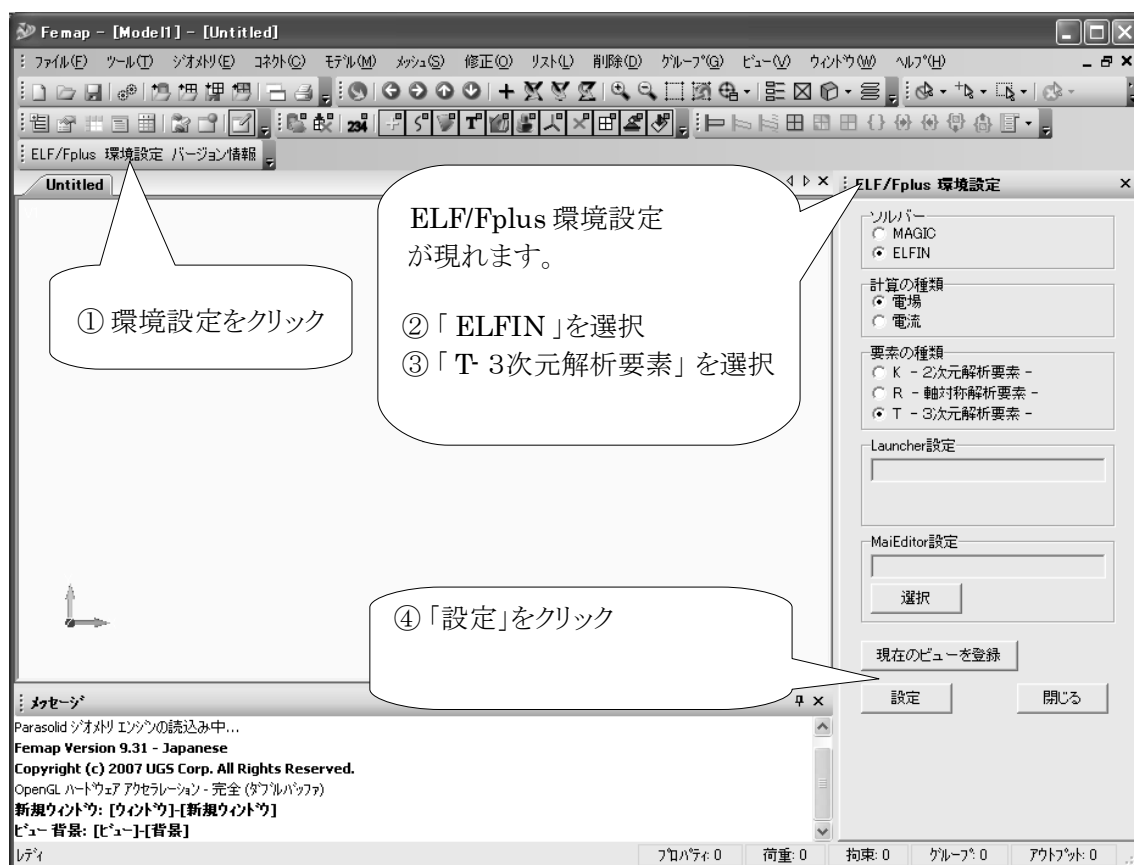
電極と誘電体から構成される装置について、電場を解析してみましょう。
この資料の目的は、データの作成から結果を表示するまでの流れを理解して頂くことです。

次の手順に沿って、磁場の解析を行います。

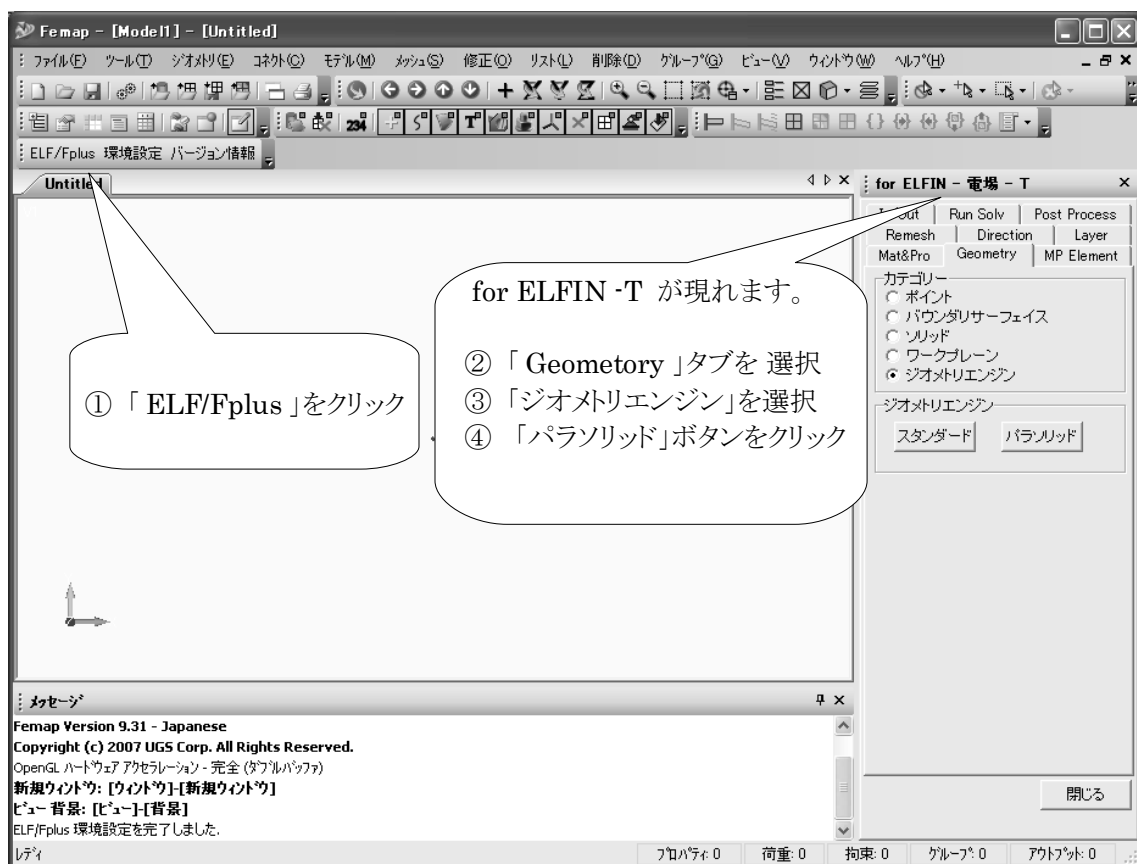
- Femap + Fplus で装置の形状データファイル Work.meg を作る。
- MaiEditor2 で誘電率と電極の電位を入力し、物性・制御データファイル Work.mai を作る。
- ELFIN で計算を行う。
- Femap + Fplus で結果ファイル Work.mag の内容をグラフィック表示する。

1 Fplus の環境設定

まず Femap を起動してください。
ELFIN と 3次元モデルの設定を「環境設定」で行います。



2 Fplus の起動



ソリッドを利用するために、ジオメトリエンジンとしてパラソリッドを選択します。
ここまでの設定内容は保存されます。

データの作成に当たって、Femap の用語の確認をしておきましょう。

Femap のデータには、ジオメトリエンティティとアナリシスエンティティ(モデル)の2種類があります。

ジオメトリエンティティは、補助点や、補助線などモデルの作成を助けるデータです。

アナリシスエンティティは、解析に使用するデータです。MEGファイルには、アナリシスエンティティのデータだけが出力されます。

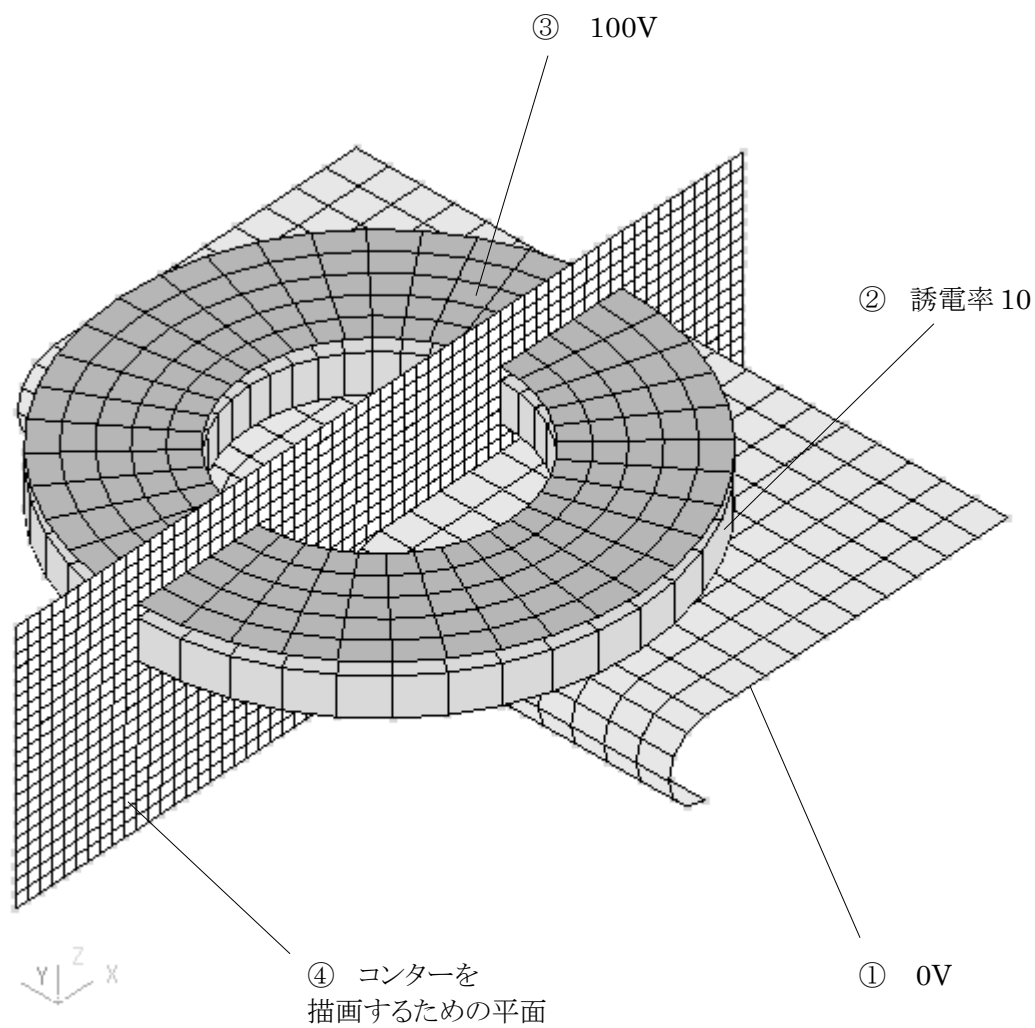
ジオメトリエンティティ	アナリシスエンティティ (モデル)
<ul style="list-style-type: none"> ・ポイント ・カーブ ・サーフェイス ・ソリッド 	<ul style="list-style-type: none"> ・ノード ・エレメント ・プロパティ ・マテリアル

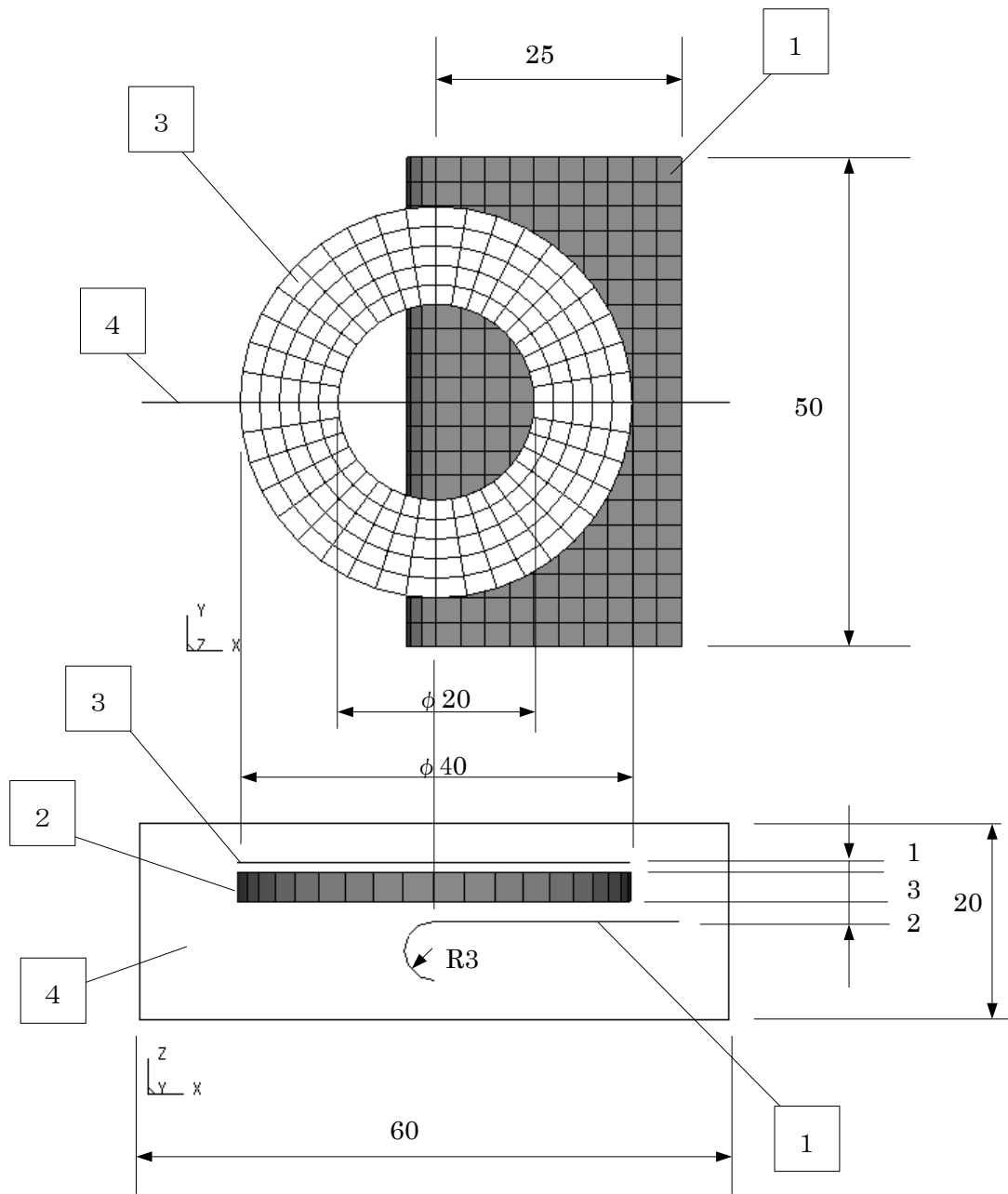
Femap にはデータを分類するレイヤという考え方があります。

複数のレイヤに、ジオメトリエンティティやアナリシスエンティティを分類して入れておけば、レイヤの切り替えにより、必要なエンティティだけを表示しながら作業を行えます。

続いてモデルの作成を行います。モデルの作成は次の4つの部分に分けて行います。

1. 円筒状の部分を持つ長方形の電極
2. ドーナツ状の誘電体
3. ドーナツ状の電極
4. コンターを描画するための平面





(単位は mm)

3 プロパティの登録

まず、次の表の内容をプロパティとして登録します。

	プロパティ番号	タイプ	要素名	材質番号
円筒状の部分を持つ電極	1	2D	ESC-T	1
ドーナツ状の誘電体	2	3D	EMB-T	2
ドーナツ状の電極	3	2D	ESC-T	3
コンターを描画するための平面	4	CO, CM	ECO-T	4

電極のプロパティを登録します。

① 「Mat&Pro」タブを選択
 ② タイプ 2D を選択
 ③ 要素名 ESC-T を選択
 ④ 材質番号 1 を入力

⑤ 追加をクリック

プロパティが登録されたことを確認してください。

プロパティ番号	要素名	材質番号	タイプ
1	ESC-T	1	2D

同様に、誘電体、電極のプロパティを登録してください。

プロパティが登録されたことを確認してください。

プロパティ番号	要素名	材質番号	タイプ
1	ESC-T	1	2D
2	EMB-T	2	3D
3	ESC-T	3	2D
4	ECO-T	4	2S

4 長方形の電極の作成

長方形の電極を次の手順で作成します。

- ・長方形の頂点の位置に4個のノードを作成します。
- ・4個のノードを結んで1個のエレメントを作成します。
- ・1個のエレメントをリメッシュにより、200個に分割します。

4.1 ノードの作成

まず、4個のノードを作成します。

① プルダウンメニュー
[モデル]-[ノード]を選択

② (0, -25, 0) の値を入力
③ 「OK」ボタンをクリック
④ (25, -25, 0) の値を入力
⑤ 「OK」ボタンをクリック
⑥ (0, 25, 0) の値を入力
⑦ 「OK」ボタンをクリック
⑧ (25, 25, 0) の値を入力
⑨ 「OK」ボタンをクリック
⑩ 「キャンセル」ボタンをクリック

座標定義 (位置) - 座標を入力するか、カーソルで選択してください

X 0. Y -25 Z 0.

ID 1 座標系(C) 0.全体直交座標系

for ELFIN - 電場 - T

ノード番号	要素名	材質番号	タイプ
1	ESC-T	1	2D
2	ESC-T	2	3D
3	ESC-T	3	2D
4	ECO-T	4	2S

メッセージ

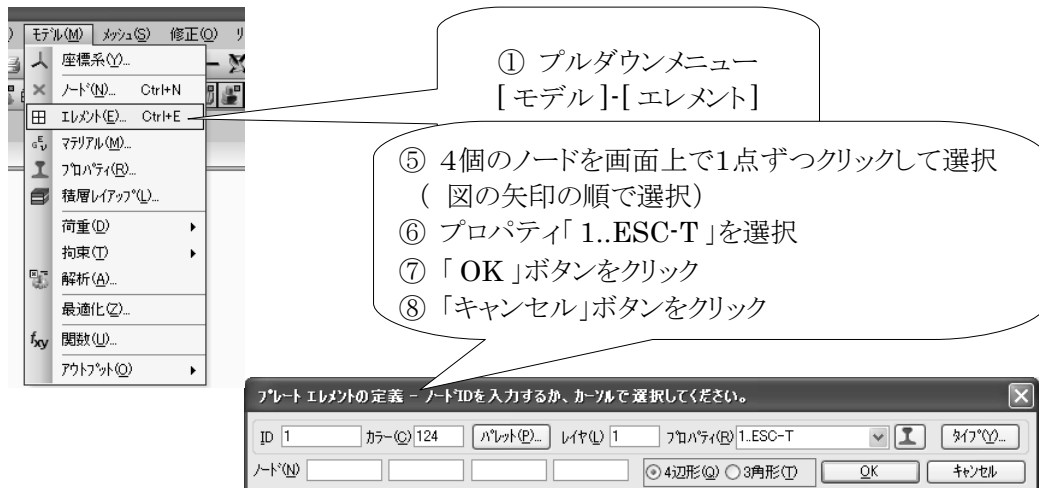
プログラムファイルの終了
ノード作成: [モデル]-[ノード]
ノード1が作成されました。
ノード2が作成されました。
ノード3が作成されました。
ノード4が作成されました。

メニュー: ノード 4, エレメント 0

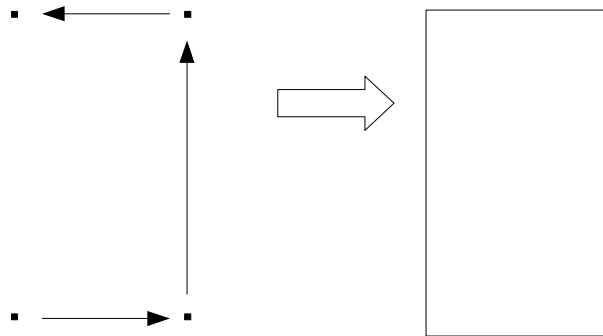
図のように4個のノードが、緑色の点で表されます。

4.2 エLEMENTの作成

続いて4点のノードをつないで1個の長方形のエLEMENTを作成します。



1個のELEMENTが作成されました。

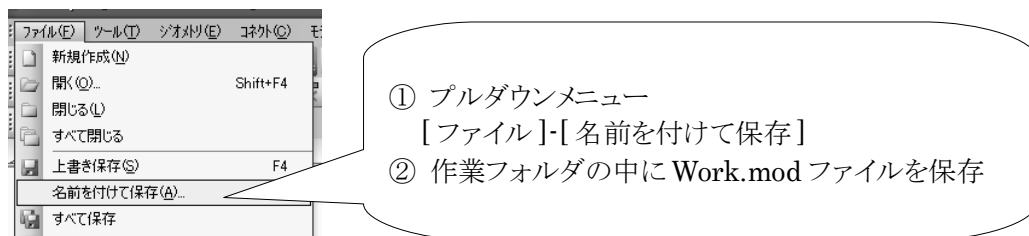


4.3 Femapの終了

ここまでの作業のバックアップを取っておきましょう。

作業フォルダにFemapのモデルファイルを保存します。

ここではWork.modと名前を付けることにします。デスクトップ上などに作成した作業フォルダの中にWork.modを保存してください。



いったんFemapを終了します。

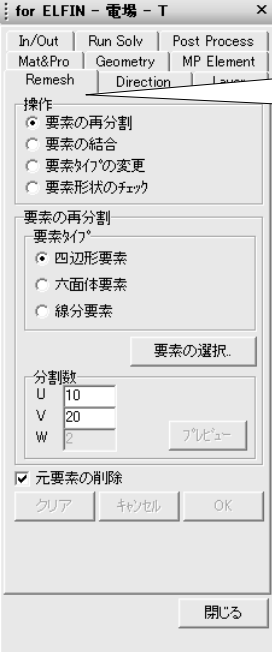
Work.mod ファイルを開いてFemapを再び起動します。

最後の画面が保存されていることが分かります。

ELF/Fplusのボタンをクリックして起動します。

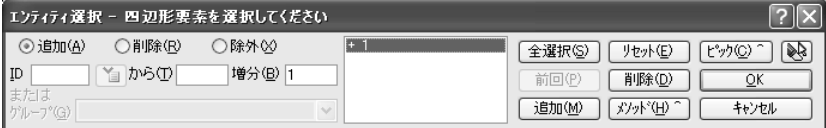
4.4 リメッシュ

1個のエレメントをリメッシュにより10×20個に分割します。

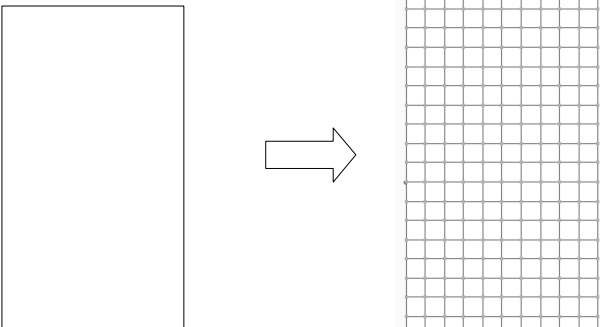


① 「Remesh」タブを選択
 ② 「要素の再分割」を選択
 ③ 「四辺形要素」を選択
 ④ 「要素の選択」ボタンをクリック

⑤ 画面上で要素をクリック
 ⑥ 要素1が選択されていることを確認して「OK」ボタンをクリック



⑦ 分割数 [10, 20] を入力
 ⑧ 「プレビュー」ボタンをクリックして確認
 ⑧ 「OK」ボタンをクリック



エレメントが200個に分割されました。

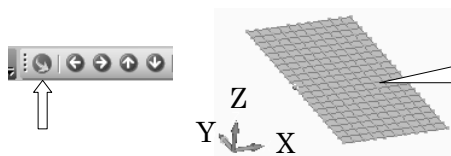
以上で電極のうち長方形の部分が作成できました。

続いて、電極のうち円筒面の部分を作成します。

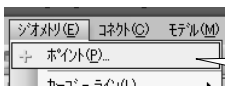
円筒面は、まずジオメトリエンティティを作成した後にアナリシスエンティティを作成するという手法により作ります。

4.5 ポイントの作成

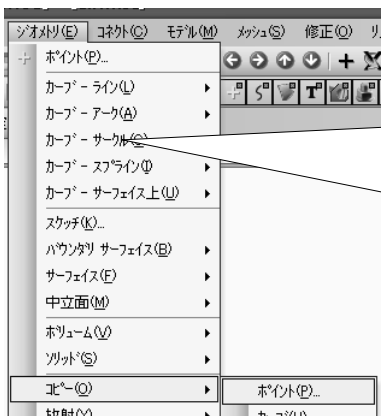
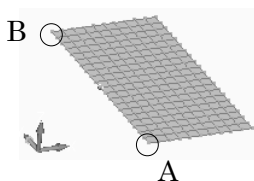
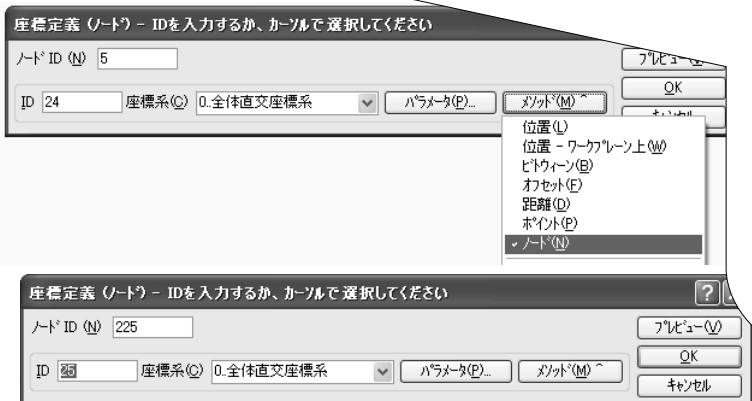
作成したノードの位置を参照してポイントを作成します。



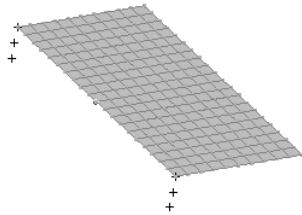
- ① 「ダイナミックローテイト」ボタンをクリック
- ② 画面上でマウスを動かし、左の図のように見えるようにしてください。



- ① プルダウンメニュー [ジオメトリ]-[ポイント] を選択
- ② 「メソッド」ボタンをクリック
「ノード」を選択
- ③ ノード ID の欄にカーソルを合わせ図の点 A を選択
- ④ 「OK」ボタンをクリック
- ⑤ 下の図の点 B を選択
- ⑥ 「OK」ボタンをクリック
- ⑦ 「キャンセル」ボタンをクリック



- ① プルダウンメニュー [ジオメトリ]-[コピー]-[ポイント] を選択
- ② ポイント A, B を画面上でクリック
- ③ 「OK」ボタンをクリック
- ④ 繰り返し回数2を入力
- ⑤ 「OK」ボタンをクリック
- ⑥ 基点 (0, 0, 0) を入力
- ⑦ 先端 (0, 0, -3) を入力
- ⑧ 「OK」ボタンをクリック
- ⑨ 「キャンセル」ボタンをクリック



4.6 カーブとサーフェスの作成

ポイントをつないでカーブを作成します。カーブを回転押し出してサーフェスを作成します。

① プルダウンメニュー
[ジオメトリ]-[カーブ・ライン]-[2ポイント]を選択

② 下の図の順に2つのポイントをクリック

③ 「OK」ボタンをクリック

④ 「キャンセル」ボタンをクリック

① プルダウンメニュー
[ジオメトリ]-[サーフェス]-[回転押し出し]を選択

② 画面上でカーブを選択

③ 「OK」ボタンをクリック

④ 「メソッド」ボタンをクリック「ポイント」を選択

⑤ 画面上で基点ポイントCを選択

⑥ 画面上で先端ポイントDを選択

⑦ 「OK」ボタンをクリック

⑧ 回転角度 180 を入力

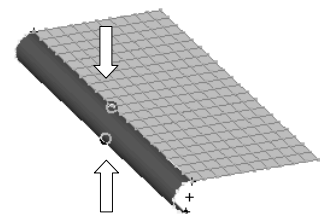
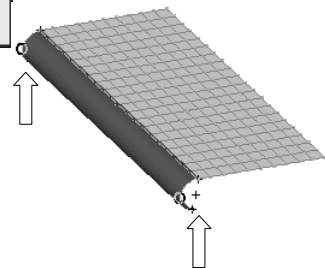
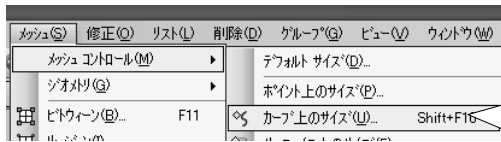
⑨ 「OK」ボタンをクリック

⑩ 「キャンセル」ボタンをクリック

4.7 メッシュポイントの作成

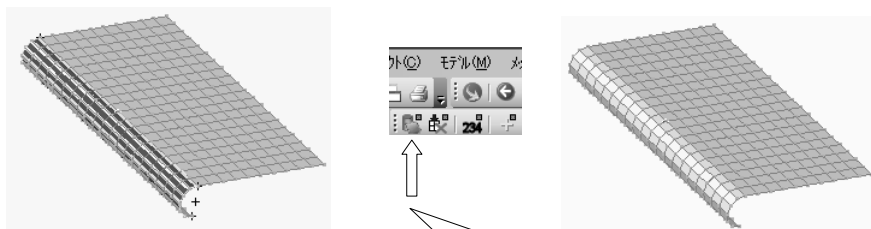
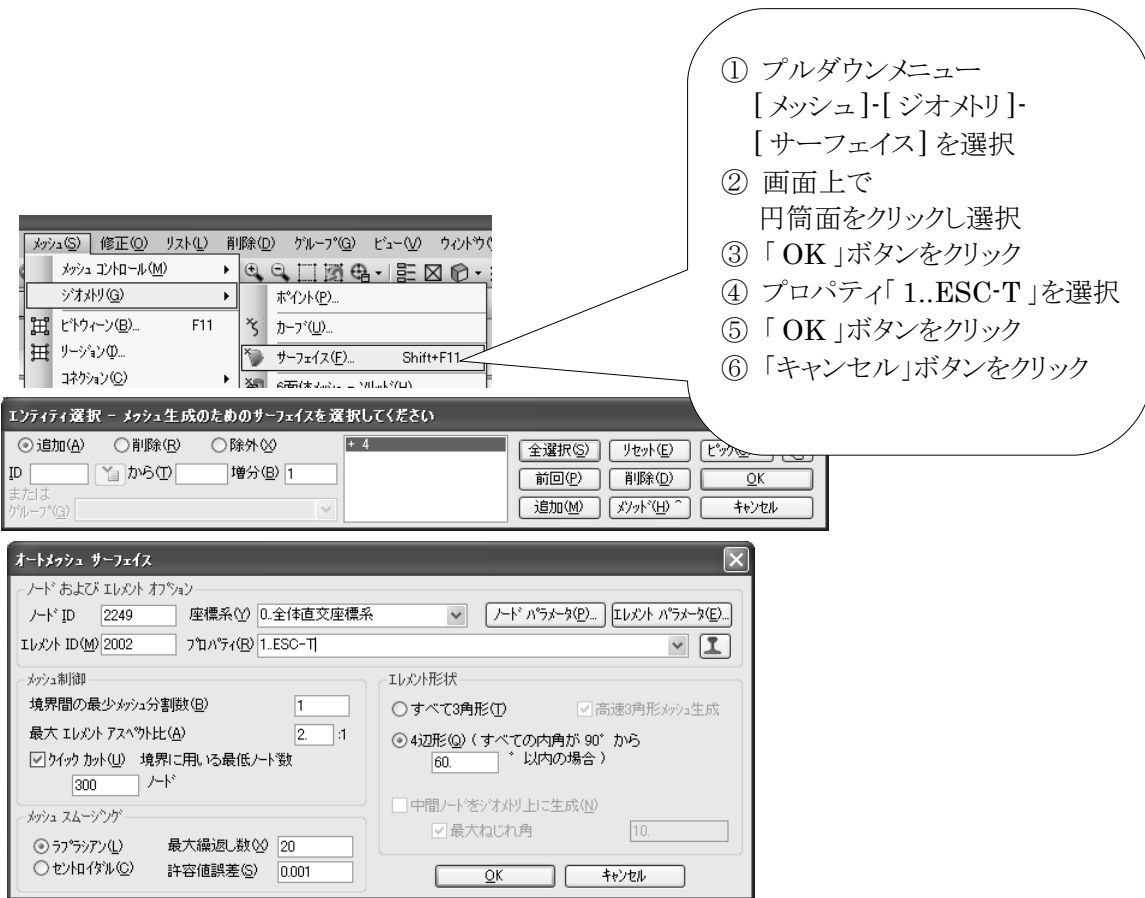
カーブ上に分割のための目盛りをつけます。

- ① プルダウンメニュー
[メッシュ]-[メッシュコントロール]-
[カーブ上のサイズ]を選択
- ② 下の図の半円のカーブを2個選択
- ③ 「OK」ボタンをクリック
- ④ エレメント数 5 を入力
- ⑤ 「OK」ボタンをクリック
- ⑥ 下の図の直線のカーブを2個選択
- ⑦ 「OK」ボタンをクリック
- ⑧ エレメント数 20 を入力
- ⑨ 「OK」ボタンをクリック
- ⑩ 「キャンセル」ボタンをクリック



4.8 エLEMENTの作成

サーフェスを分割してELEMENTを作成します。



ジオメトリ表示の切り替えボタンを
クリックすることにより、ジオメトリの表示の
ON/OFFを切り替えられます。
確認が終わったら、後の作業のために
表示をONに戻しておいてください。

以上で、電極が作成できました。
Femap のモデルファイルを上書き保存します。

5 ドーナツ状の誘電体と電極の作成


ドーナツ状の誘電体と電極を次の手順で作成します。

- ・レイヤを作成します。データをレイヤに分類することにより表示を切り替えることができます。
- ・ドーナツ状のサーフェースを作成します。
- ・カーブ上に分割のための目盛りをつけます。
- ・サーフェースを電極の要素に変換します。
- ・要素を押し出して誘電体の要素を作成します。

5.1 レイヤの作成

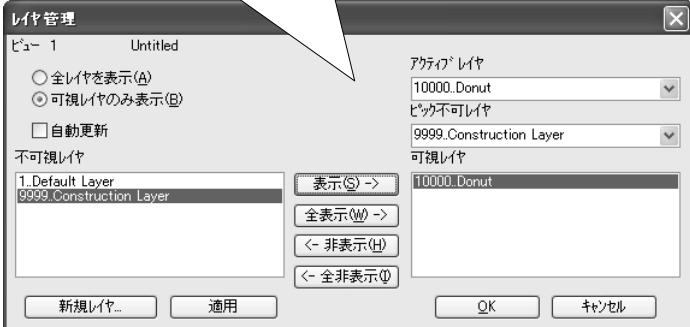
コイルのモデルを、新しいレイヤ上に作成しましょう。

コアとコイルを異なるレイヤ上に作成することで、表示を切り替えることができます。



① 「Layer」タブを選択
 ② 「レイヤ作成」を選択
 ③ レイヤタイトルに「Donut」と入力
 ④ 「OK」ボタンをクリック

レイヤのアイコンをクリック

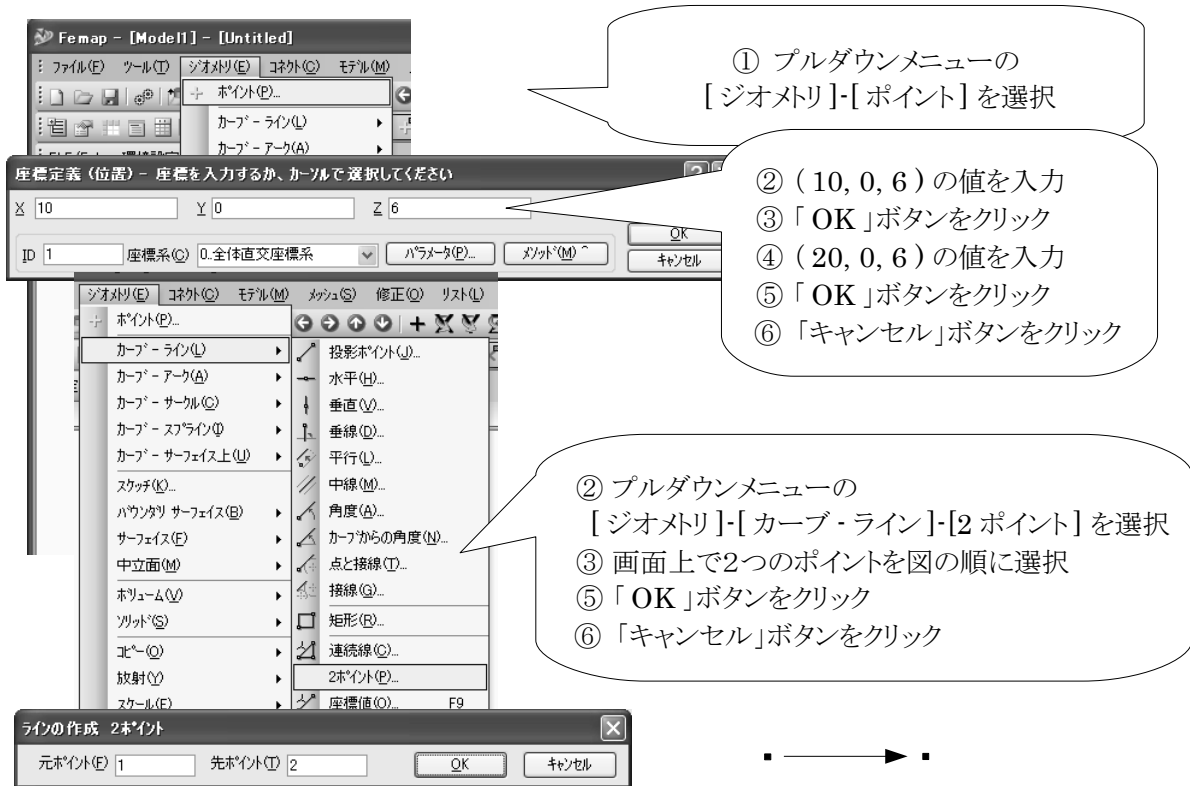


⑤ アクティブレイヤ「Donut」を選択
 ⑥ 「表示」「非表示」ボタンを使って「Donut」だけを「可視レイヤ」に移動
 ⑦ 「可視レイヤのみ表示」を選択
 ⑧ 「適用」「OK」ボタンをクリック

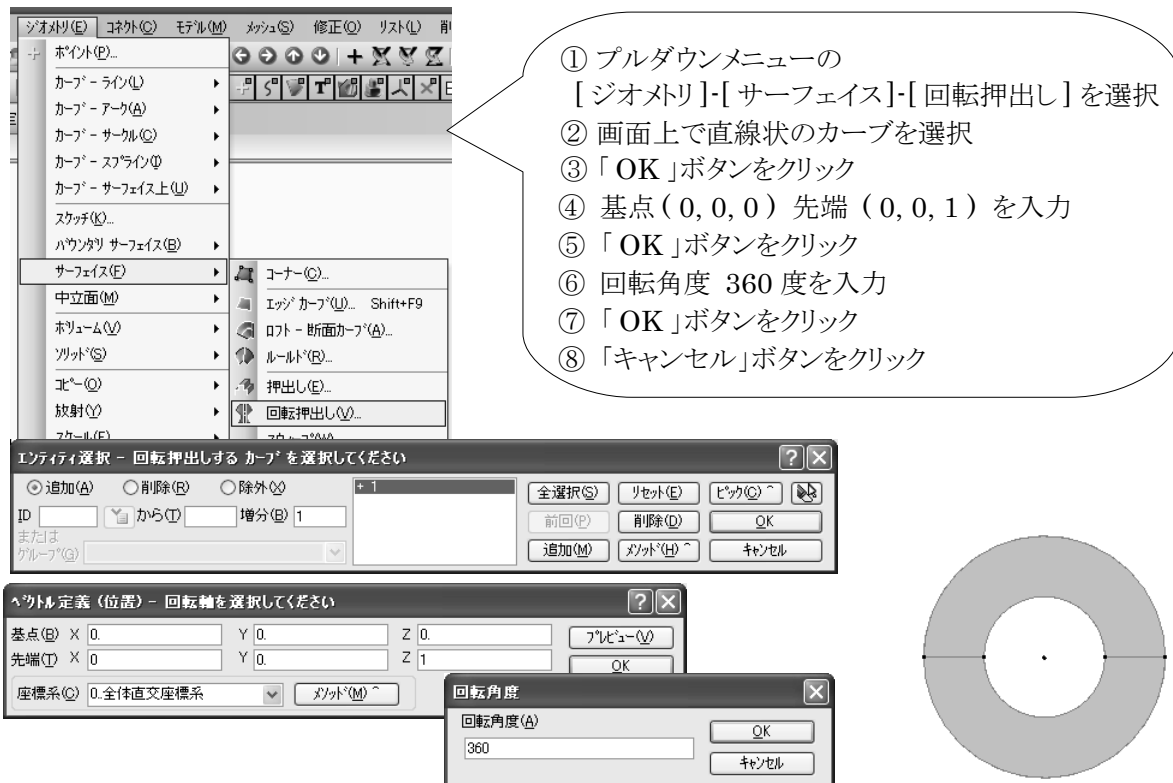
画面から電極のメッシュが消えます。これまで作ったデータは「Default layer」上にあります。これから作成するモデルはアクティブレイヤである「Donut」上に作成されます。

5.2 サーフェスの作成

ドーナツ状のサーフェスを作成します。この資料ではカーブの押し出しという方法を採用します。

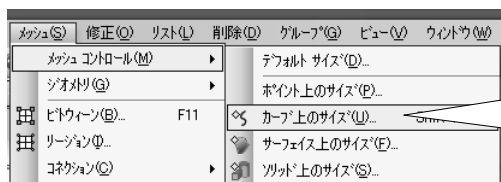


カーブを回転押し出して、サーフェスを作成します。

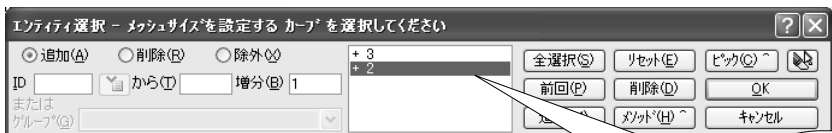


5.3 メッシュポイントの作成

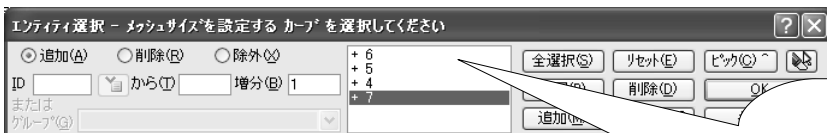
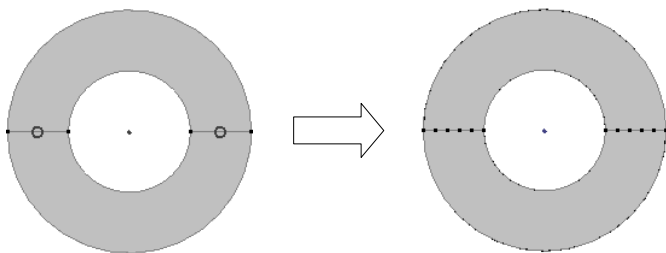
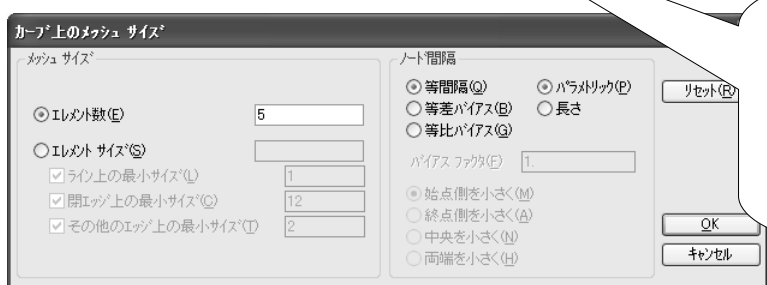
カーブ上に分割のための目盛りをつけます。



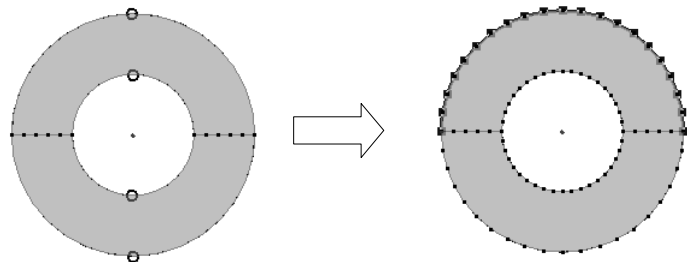
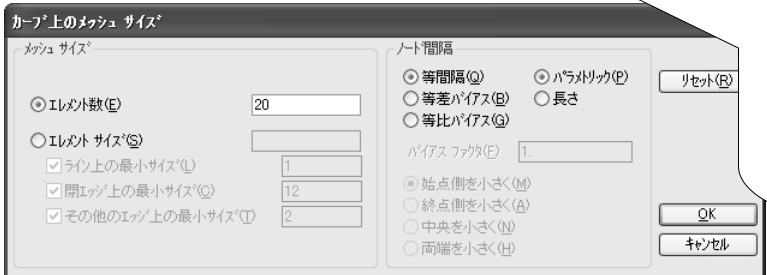
① プルダウンメニューの
[メッシュコントロール]-[カーブ上のサイズ] を選択



② 画面上で直線状のカーブを選択
③ 「OK」ボタンをクリック
④ エLEMENT数 5 を入力
⑤ 「OK」ボタンをクリック



⑥ 画面上で円弧のカーブを選択
⑦ 「OK」ボタンをクリック
⑧ エLEMENT数 20 を入力
⑨ 「OK」ボタンをクリック
⑩ 「キャンセル」ボタンをクリック



5.4 エLEMENTの作成

サーフェスからELEMENTを作成します。

① プルダウンメニューの
[ジオメトリ]-[サーフェス]を選択

② 画面上でサーフェスを2個選択

③ 「OK」ボタンをクリック

④ プロパティ「8..ESC-T」を選択

⑤ 「OK」ボタンをクリック

⑥ 「キャンセル」ボタンをクリック

視点を変更します。

① プルダウンメニュー
[ビュー]-[回転]-[モデル]

② 「ZX前」ボタンをクリック

③ 「OK」ボタンをクリック

他のボタンもいろいろと押して、視点がどのように変わるか試してみてください。
この操作はファンクションキー「F8」を押しても始められます。

エレメントをコピーします。コピーした要素は後ほど押し出しのために使用します。

① プルダウンメニューの
[メッシュ]-[コピー]-[エレメント]を選択

② 「ピック」ボタンをクリック「ボックス」を選択

③ 画面上でマウスをドラッグし図のように
矩形で囲んでエレメントを選択

④ 「OK」ボタンをクリック

⑤ 繰り返し数1を入力

⑥ 「OK」ボタンをクリック

⑦ 基点(0, 0, 0)を入力

⑧ 先端(0, 0, -4)を入力

⑨ 「OK」ボタンをクリック

⑩ 「キャンセル」ボタンをクリック

現在「Donut」レイヤには、1個のサーフェス、400個のエレメント、それぞれを構成しているポイントやノードなどが収められています。表示の切り替えを行うアイコン群を使って、これらの中から必要なものだけを表示できます。一例として、ジオメトリエンティティだけを表示してみましょう。

「アナリシス表示の切り替え」アイコンをクリック
アナリシス表示をOFF

表示の切り替えアイコン群

作成したはずのものが画面上に現れないときは、切り替えアイコンを確認してください。

5.5 エLEMENTの押出し

平面のエLEMENTを押出して立体のエLEMENTを作成します。
電極の平面要素を押出して、誘電体の立体要素を作成します。

① プルダウンメニューの
[メニュー]-[押し出し]-[ELEMENT]を選択

② 「ピック」ボタンをクリック「ボックス」を選択
③ 画面上でマウスをドラッグし図のように
矩形で囲んでELEMENTを選択
④ 「OK」ボタンをクリック

④ プロパティ「2..EMB-T」を選択
⑤ 元ELEMENTの削除をチェック
⑥ 「OK」ボタンをクリック
⑦ 基点(0, 0, 0)を入力
⑧ 先端(0, 0, 3)を入力
⑨ 「OK」ボタンをクリック
⑩ 「キャンセル」ボタンをクリック

以上で、ドーナツ状の電極と誘電体が作成できました。
Femap のモデルファイルを上書き保存します。

全レイヤを表示して確認します。

6 コンターを描く平面の作成


コンターを描く平面を次の手順で作成します。

- ・レイヤーを作成する。
- ・サーフェイスを作成する。
- ・サーフェイス上に分割のための目盛りをつける。
- ・サーフェイスをエレメントに変換する。

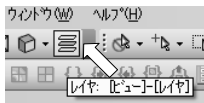
6.1 レイヤーの作成

コンターを描く平面を、新しいレイヤ上に作成します。

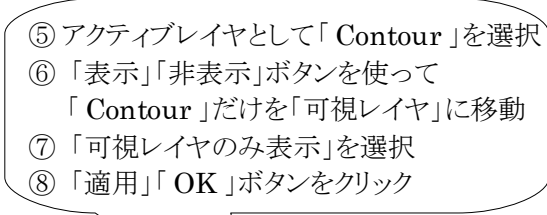
異なるレイヤ上に作成することで、電極、誘電体、平面の表示を切り替えることができます。



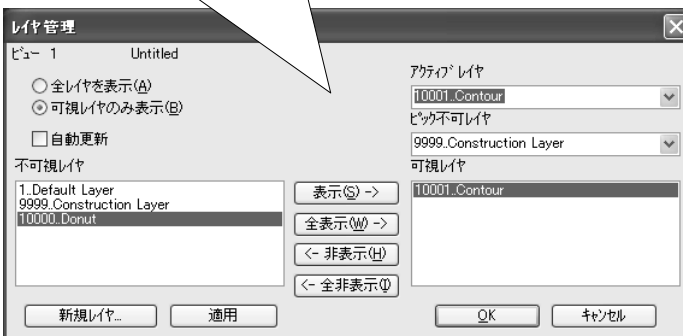
① 「Layer」タブを選択
② 「レイヤ作成」を選択
③ レイヤタイトルに「Contour」と入力
④ 「OK」ボタンをクリック



レイヤのアイコンをクリック



⑤ アクティブレイヤとして「Contour」を選択
⑥ 「表示」「非表示」ボタンを使って「Contour」だけを「可視レイヤ」に移動
⑦ 「可視レイヤのみ表示」を選択
⑧ 「適用」「OK」ボタンをクリック



画面からメッシュが消えます。

これから作成するモデルはアクティブレイヤである「Contour」上に作成されます。

ジオメトリエンティティ、アナリシスエンティティの表示をONにしてください。



作成したものが画面上に現れないときは、表示の切り替えアイコン群をチェックしてください。

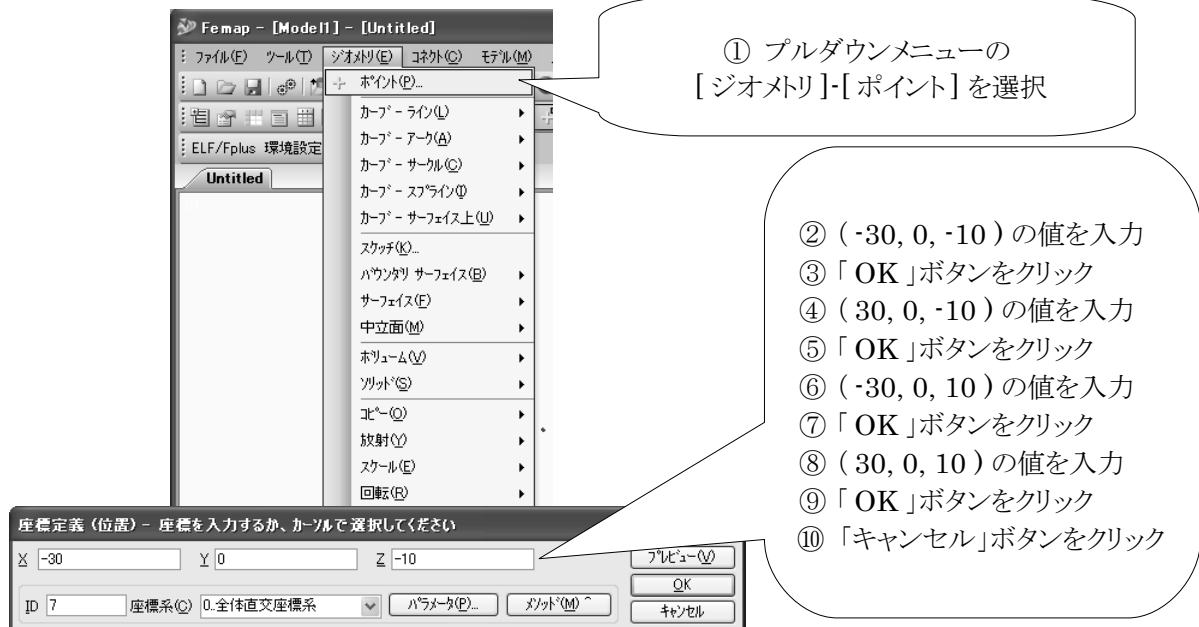
表示の切り替えアイコン群
(ON OFF で色が変わります。)

6.2 サーフェイスの作成

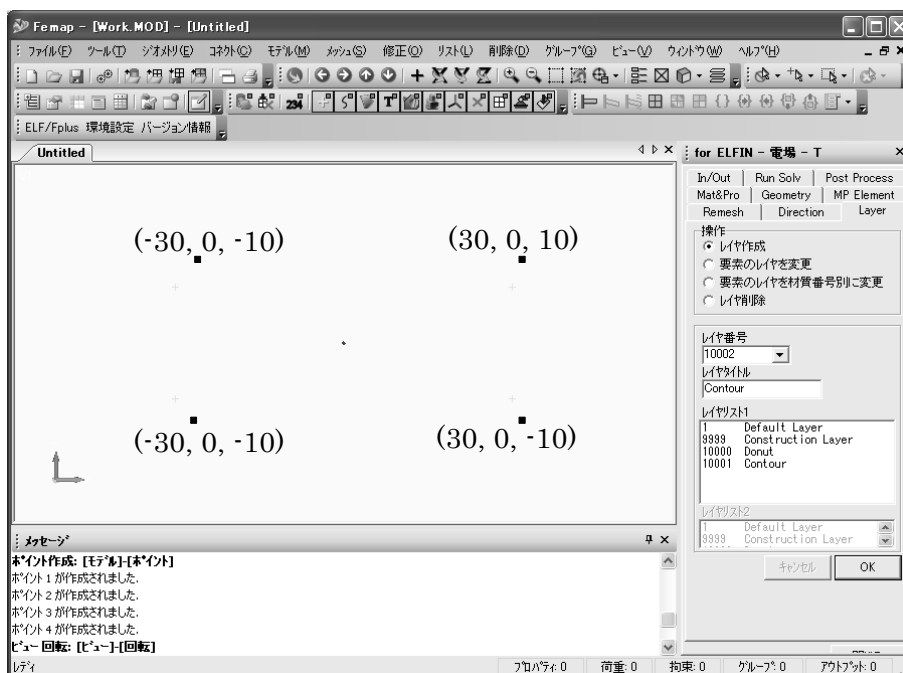
サーフェイスを作成します。

4個のポイントの座標を定義し、ポイントをつないでサーフェイスを定義します。

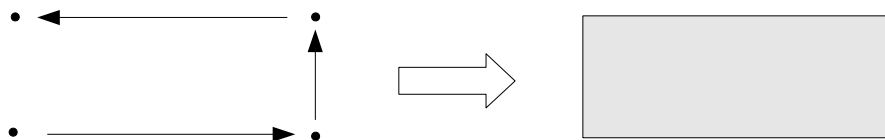
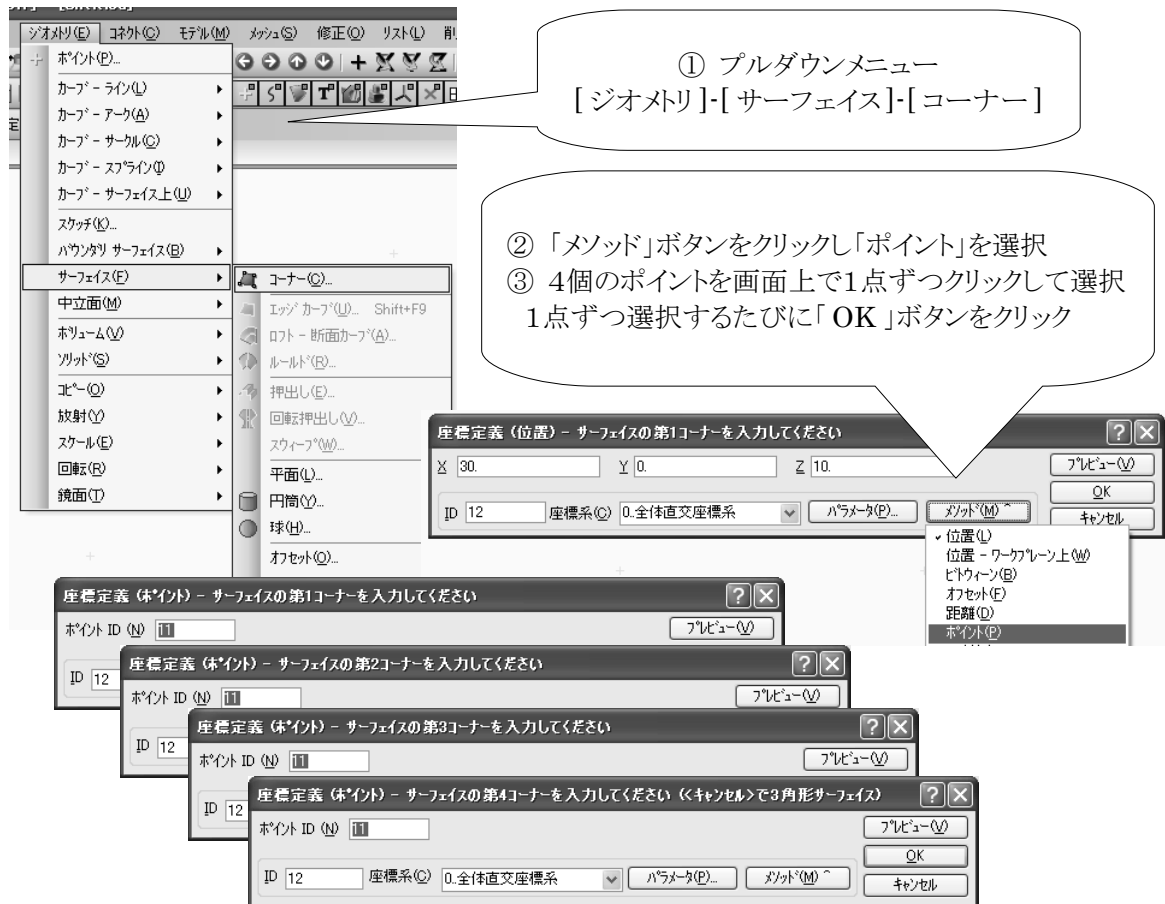
まず、4個のポイントを作成します。



次の図のように4個のポイントが、黄色の十字で表されます。



続いて4個のポイントをつないで1個のサーフェイスを作成します。



1個のサーフェイスが作成されました。

サーフェイスの作成が終わったら、「キャンセル」ボタンをクリックします。

6.3 メッシュコントロール

カーブ上に分割のための目盛りをつけます。今回はサーフェスを使って選択を行います。

① プルダウンメニュー
[メッシュ]-[メッシュコントロール]
-[サーフェス上のサイズ]
を選択

② 画面上でサーフェスをクリック
③ 「OK」ボタンをクリック

④ エレメントサイズ 1 を入力
⑤ 「OK」ボタンをクリック
⑥ 「キャンセル」ボタンをクリック

サーフェスの各辺に
1.0mm 間隔で目盛りがつかしました。

6.4 エレメントの作成

サーフェスからエレメントを作成します。

① プルダウンメニュー
[メッシュ]-[ジオメトリ]-[サーフェス] を選択
② 画面上でサーフェスを選択
③ 「OK」ボタンをクリック

④ プロパティ「4..ECO-T」を選択
⑤ 「OK」ボタンをクリック

20×20 個のコンター要素が
作成されました。

以上で、平面を描くコンターが作成できました。

Femap のモデルファイルを上書き保存します。全レイヤを表示して確認します。

7 MEG ファイルの出力

作成したデータを MEG ファイルに出力します。



- ① 「In/Out」タブを選択
- ② 「MEG ファイル作成」を選択
- ③ 座標スケールに 0.001m を入力
- ④ 「OK」ボタンをクリック
- ⑤ ファイル名 **Work.meg** として
作業フォルダに保存

ファイル名の文字列のうち、拡張子の前の文字列 **Work** を「問題名」と呼びます。計算の入力、出力ファイルのファイル名はすべて同じ「問題名」で始まります。

以上で、形状モデルファイル **Work.meg** が完成しました。

Femapを終了します。

8 制御・物性データの作成

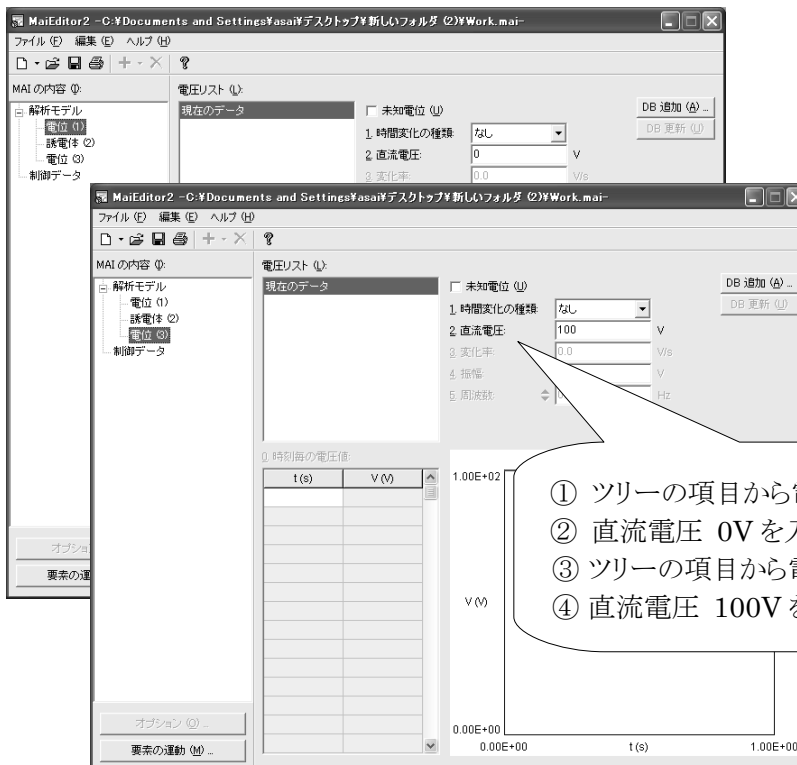
これから、電極の電位、誘電体の誘電率など、計算に必要なデータを準備します。

Work.meg ファイルのアイコンを右クリックし、「mai 作成」を選択してください。
すると MaiEditor2 が起動し、図のような画面が現れます。



8.1 電極の電位

ツリーの項目 電位(1)、電位(3)をクリックし、それぞれの直流電圧を入力します。



8.2 誘電体の誘電率

ツリーの項目 誘電体(2)をクリックします。初期誘電率を入力します。

MAIの内容: 誘電体(2)

規格化された電束密度を使う (Y)

1. D-E 曲線: パラメタ

2. 初期誘電率: 10 * ε₀

3. 最大誘電率: * ε₀

4. 飽和電束密度: * ε₀ C/m²

E (V/m)	D* (V/m)
0.0	0.0
1.0	10.0

5. 飽和領域での値: * ε₀

① ツリーの項目から誘電体(2)をクリック
② 初期誘電率 10を入力

8.3 制御データ

ツリーの項目 制御データををクリックします。空間電場強度の計算を指定します。

MAIの内容: 制御データ

モーション計算: 最大ステップ 0 / ステップ間隔 1.0 / 1.0 秒

その他の計算:

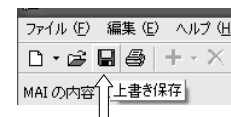
- 1. 空間電場強度
- 2. 要素表面での電場
- 3. パーティクル
- 4. 衝突伝導
- 5. ベクトルポテンシャル特性
- 6. 直流電束特性

時間変化するデータ:

- 1. 電位
- 3. 電位

① ツリーの項目から制御データを入力
② その他の計算の空間電場強度を選択

各項目の入力が終わったら、上書き保存のアイコンをクリックしてください。MEG ファイルと同じフォルダに Work.mai ファイルが出力されます。MaiEditor2 を終了します。



9 ELFIN の実行

Work.mai ファイルのアイコン上で右クリックし、計算実行を選択してください。

ELFIN の実行が始まります。

計算が終了すると、Wmap2 が起動し、Work.mag ファイル
(結果ファイル)の内容をベクトルとコンターで表示します。

Wmap2 を終了します。

Launcher を終了します。



開く(O)
計算実行(C)

10 計算結果の表示

10.1 MAG ファイル読込

Work.mag ファイルの内容を Femap + Fplus で表示します。

Femap を起動します。

ELF/Fplus を起動します。

① 「In/Out」タブを選択
② 「MAG ファイル読込」を選択
③ 「OK」ボタンをクリック
④ Work.mag ファイルを選択

① 「Post Process」タブを選択
② ベクトルを選択
③ 「1.. 要素電束密度」を選択
④ 「OK」ボタンをクリック

要素電束密度のベクトルが表示できます。
次に空間電位のコンターを描きます。

① 「Post Process」タブを選択
② コンターを選択
③ 「1.. 空間電位 (V)」を選択
④ 「OK」ボタンをクリック

視点を変えて表示してください。

10.2 ビューオプション

コンターの間隔を変えたいときには、ビューオプションで細かな設定をします。

一例として、コンターの間隔を 5(V)に変更してみましょう。

ビューオプションはファンクションキー「F6」を押しても現れます。

① プルダウンメニュー
[ビュー]-[オプション] を選択
② ポスト処理を選択
③ コンター / クライテリアレベルを選択
④ レベルモード「2.. 最大最小」を選択
⑤ レベル数 20
⑥ 最小 0, 最大 100
⑦ 「適用」ボタンをクリック

この時点で、Femap のモデルファイルを名前を付けて保存すれば、解析結果のデータやグラフィックの設定なども同時に保存することができます。

以上で、データの作成から結果の確認までの一連の作業を終わります。