

MAGIC ワークブック（Femap + Fplus 編）

はじめに

電磁石によって作られる磁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。

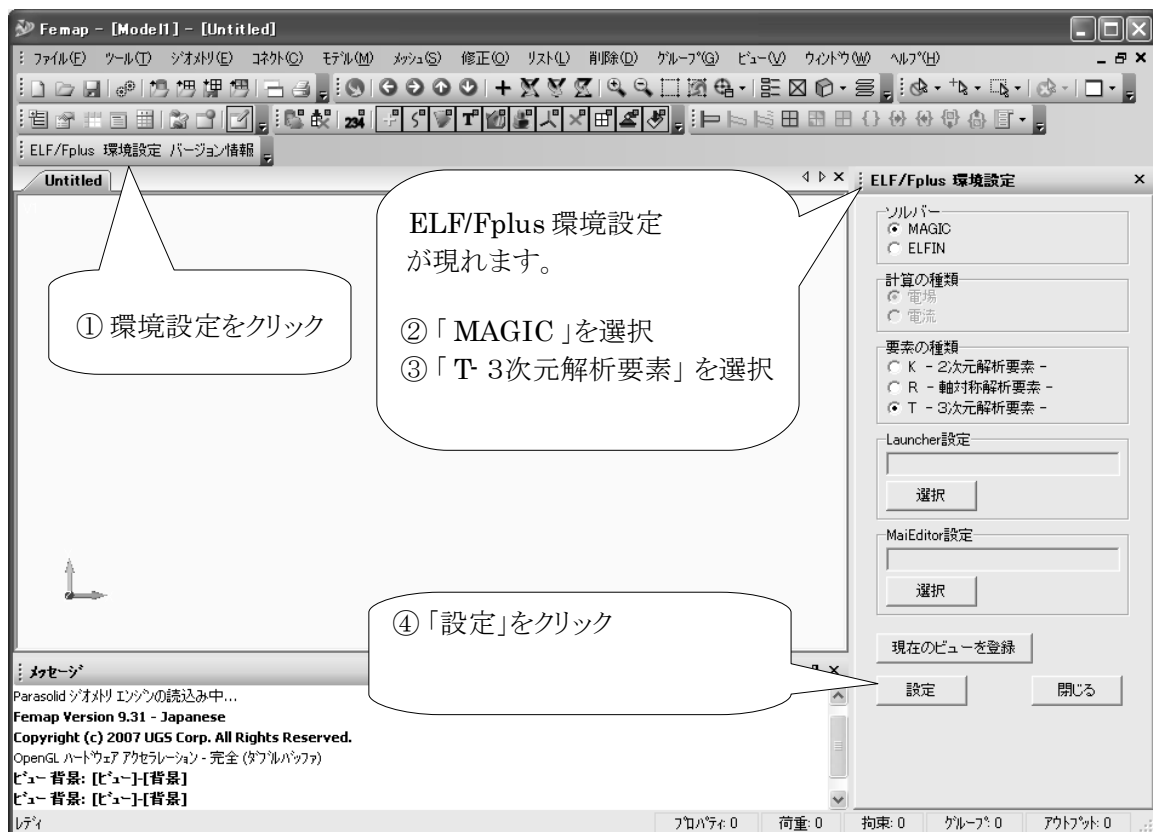
次の手順に沿って、磁場の解析を行います。

- Femap + Fplus で電磁石の形状データファイル Work.meg を作る。
- MaiEditor2 で透磁率とコイルの電流を入力し、物性・制御データファイル Work.mai を作る。
- ELF/MAGIC 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。

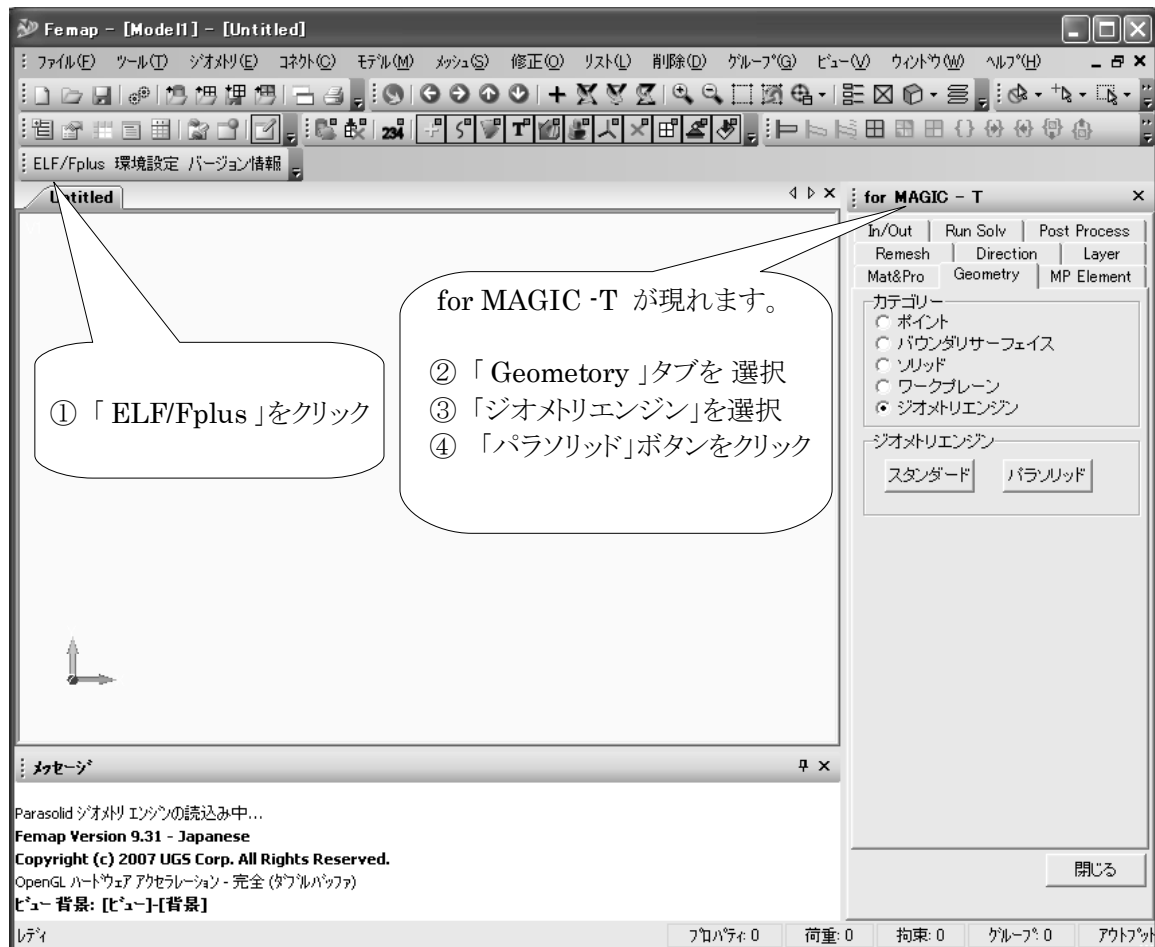
1 Fplus の環境設定

まず Femap を起動してください。

ELF/MAGIC 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3つの部分に分けて行います。

1. 電磁石のコア
2. ドーナツ状のコイル
3. コンターを描画するための平面

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
電磁石のコア	1	3D	MMB-T	1
電磁石のコイル	2	3D	MCL-T	2
コンターを描画するための平面	3	CO, CM	MCO-T	3

電磁石のコアのプロパティを登録します。

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

④ 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。

同様に、コイル、平面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	MMB-T	1	3D
2	MCL-T	2	3D
3	MCO-T	3	2S

4 電磁石のコアの作成

電磁石のコアを次の手順で作成します。

- ・ 直方体の頂点の位置に8個のノードを作成します。
- ・ 8個の節点を結んで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、16個に分割します。

4.1 ノードの作成

まず、底面の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 (-5, -5, -10) の値を入力
③ 「OK」ボタンをクリック
④ (5, -5, -10) の値を入力
⑤ 「OK」ボタンをクリック
⑥ (-5, 5, -10) の値を入力
⑦ 「OK」ボタンをクリック
⑧ (5, 5, -10) 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: -5 Y: -5 Z: -10

ID: 1 座標系(C): 0.全体直交座標系

for MAGIC - T

ノード番号	要素名	材質番号	タイプ
1	MAG-T	1	3D
2	MCL-T	2	3D
3	MCO-T	3	2D

メッセージ

ノード4が作成されました。
ビュー背景: [ビュー]-[背景]
モデルパラメータ: [モデル]-[パラメータ]
プログラムファイルの終了
モデルパラメータ: [モデル]-[パラメータ]
プログラムファイルの終了

次の図のように4個のノードが、緑色の点で表されます。

4個のノードをコピーして、8個のノードを作成します。

① プルダウンメニュー
[メッシュ]-[コピー]-[ノード]を選択

② 「ピック」ボタンを押し
「ボックス」を選択

③ 画面上で4つのノードをボックスで囲みます。
マウス左クリック・左クリックで
コーナーをピックします。

④ ノード1～4が選択されていることを確認し、
「OK」ボタンをクリック

⑤ 繰り返し数が1であることを確認し
「OK」ボタンをクリック

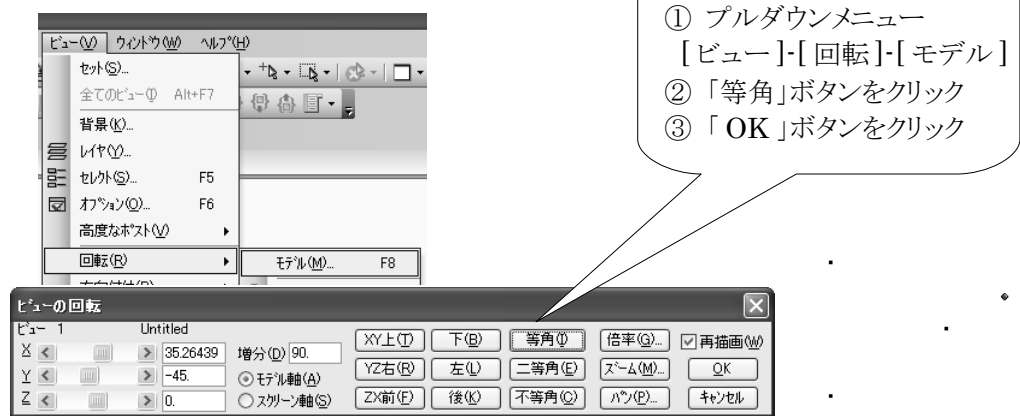
「+1,4,1」は、
最小1, 最大4, 増分1
でノード番号1～4を
意味します。

⑥ 基点 (0, 0, 0) を入力
⑦ 先端 (0, 0, 20) を入力
⑧ 「OK」ボタンをクリック

以上で、8個のノードが作成できました。

4.2 ビューの回転

8個のノードを見やすくするために、視点を変えます。



8個のノードが右の図のように表示されます。
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。

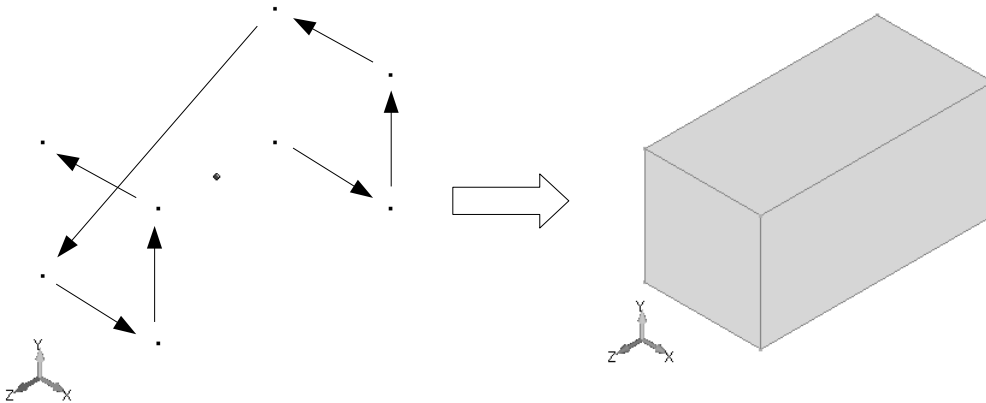
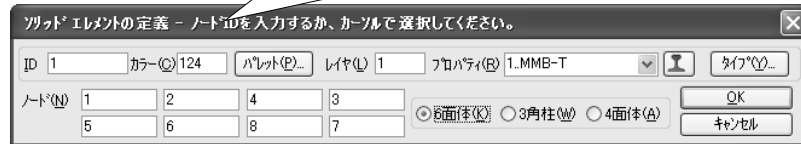


4.3 エレメントの作成

続いて8点のノードをつないで1個の直方体のエレメントを作成します。



- ③ 8個のノードを画面上で1点ずつクリックして選択
(左下の図の矢印の順で選択)
- ④ プロパティ「1..MMB-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



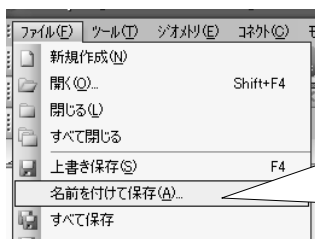
1個の要素が作成されました。

4.4 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。



- ① プルダウンメニュー
[ファイル]-[名前を付けて保存]
- ② 作業フォルダの中に Work.mod ファイルを保存

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。

4.5 リメッシュ

1個のエレメントをリメッシュにより16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 「六面体要素」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 [2, 2, 4] 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16個に分割されました。
 以上で要素のコアが作成できました。

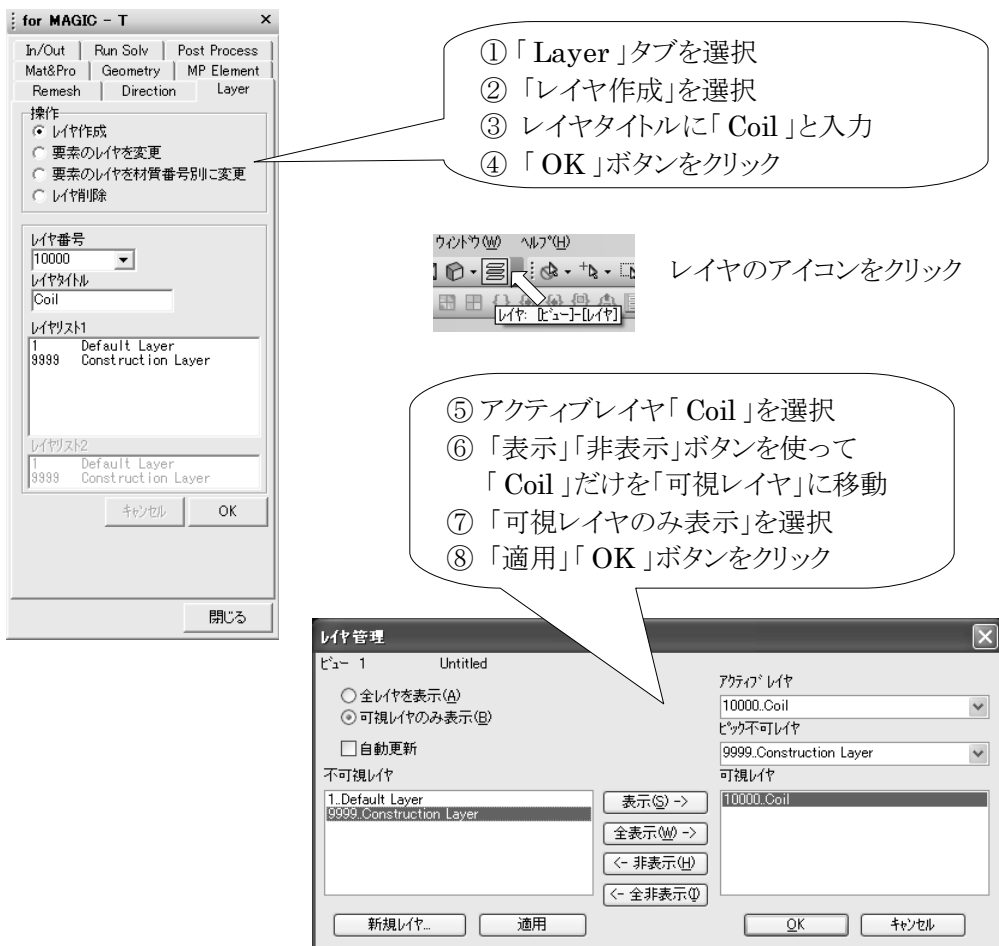
5 電磁石のコイルの作成

ドーナツ状のコイル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。
- ・ドーナツ状のソリッドを作成します。
- ・カーブ上に分割のための目盛りをつけます。
- ・ソリッドをエレメントに変換します。
- ・電流の向きを考えて、エレメントの向きを変更します。

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「Coil」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「Coil」を選択
⑥ 「表示」「非表示」ボタンを使って「Coil」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

画面からコアのメッシュが消えます。コアのデータは「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「Coil」上に作成されます。

5.2 ソリッドの作成

ドーナツ状のソリッドを作成します。この資料ではサーフェスの押し出しという方法を採用します。
2つの同心円を作成します。

① プルダウンメニュー
[ジオメトリ]-[カーブ・サークル]-[中心と半径]を選択

② 円の中心 (0, 0, 0) を入力
③ 「OK」ボタンをクリック
④ 円の半径 10 を入力
⑤ 「OK」ボタンをクリック
⑥ 円の中心 (0, 0, 0) を入力
⑦ 「OK」ボタンをクリック
⑧ 円の半径 15 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

ドーナツの底面の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]-[バウンダリサーフェス]-[カーブから]

② 画面上で2つの円を順にクリックして選択
③ 「OK」ボタンをクリック
④ 「キャンセル」ボタンをクリック

サーフェスを押出してドーナツ状のソリッドを作ります。

① プルダウンメニュー
[ジオメトリ]-[ソリッド]-[押し出し] を選択

② 深さに 10 と入力
③ 「押し出し方向ベクトル」ボタンをクリック
④ ベクトルの方向を確認し 「OK」ボタンをクリック
⑤ 「サーフェス」ボタンをクリック
⑥ サーフェスを選択し 「OK」ボタンをクリック
⑦ 「OK」ボタンをクリック

押し出しオプション

操作
 新規ソリッド
 追加 - 突出
 削取

方向
 ポジティブ
 ネガティブ

長さ
 深さ 10
 位置

押し出し方向ベクトル...
 ハット...
 サーフェス...

OK キャンセル

サーフェスの法線
方向が入っています。
このままで良いので「OK」

ベクトル定義 (位置) - 押し出し方向を指定してください

基点(X) 15.0 Y 0.0 Z 0.0
 先端(X) 15.0 Y 0.0 Z 1.0

座標系 0. 全体直交座標系

プレビュー...
OK
キャンセル

押し出し/回転のための サーフェス を選択してください

ID
1

OK
キャンセル

ソリッドの位置を調整します。

① プルダウンメニュー
[修正]-[移動ベクトル指定]-[ソリッド] を選択

② 画面上でソリッドを選択

③ 「OK」ボタンをクリック

④ 基点 (0, 0, 0) 先端 (0, 0, -5) を入力

⑤ 「OK」ボタンをクリック

修正

移動ベクトル指定

移動-座標指定
移動-ベクトル指定
回転-始点指定
回転-角度指定
位置合わせ
スケール
編集
カー
透明度
レイヤ
リソパ
関連付け
エレメントの更新
その他の更新

エンティティ選択 - ベクトルに沿って移動させる ソリッド を選択してください

追加(A) 削除(R) 除外(O)

ID 1 から ID 1 増分(増) 1

まだ
グループ

全選択(S) リセット(E) ピック(O) ^
 前回(P) 削除(D) OK
 追加(M) ソリッド(H) ^ キャンセル

ベクトル定義 (位置) - 移動方向のベクトルで選択してください

基点(X) 0 Y 0 Z 0
 先端(X) 0 Y 0 Z -5

座標系 0. 全体直交座標系

プレビュー...
OK
キャンセル

5.3 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。
 まず、すべてのカーブを選んでエレメント数(分割数)のデフォルトを1とします。
 その後、半円のカーブを選んでエレメント数(分割数)を6とします。

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 「全選択」ボタンをクリック
 ③ 「OK」ボタンをクリック

④ エレメント数 1 を入力
 ⑤ 「OK」ボタンをクリック

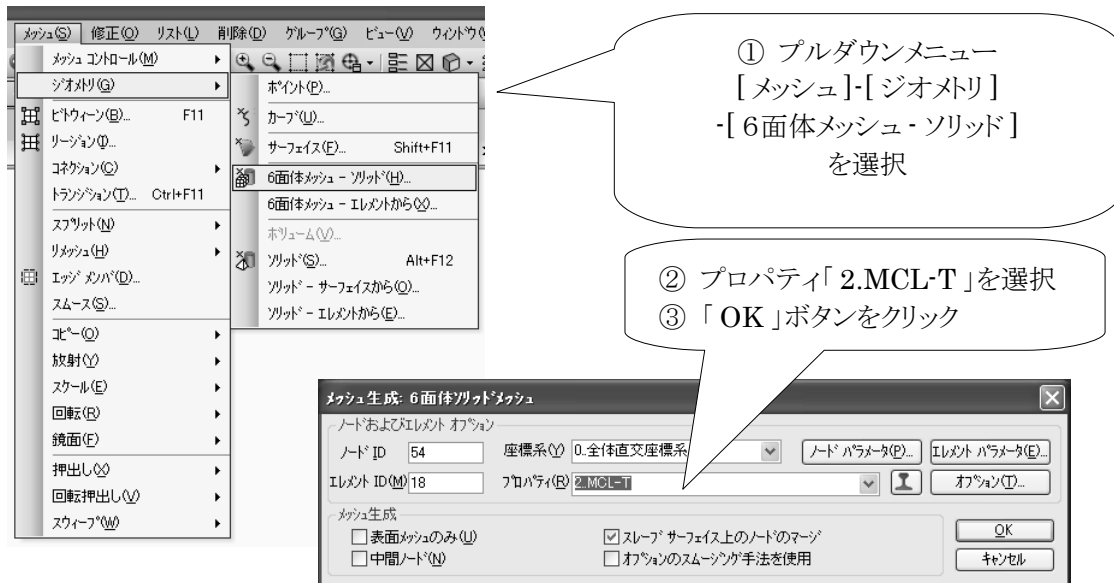
⑥ 8 個の半円を選択
 ⑦ 「OK」ボタンをクリック

⑧ エレメント数 6 を入力
 ⑨ 「OK」ボタンをクリック

この結果、円周を 12 分割する位置にメッシュポイントという目盛りが着けられます。
 「キャンセル」ボタンをクリックします。

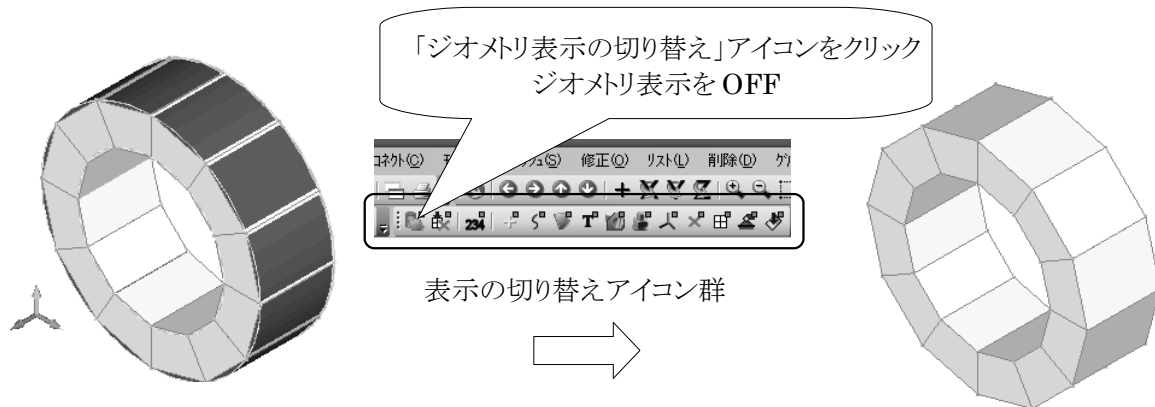
5.4 エLEMENTの作成

ソリッドからELEMENTを作成します。



12 個のELEMENTが作成されました。

現在「Coil」レイヤには、1個のソリッド、12個のELEMENT、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、アナリシスエンティティだけを表示してみましょう。



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 要素方向の変更

電流の向きに合わせてELEMENTの方向を変更します。

Fplusにより、1個の要素を選ぶだけで要素の向きを連続変更することができます。この機能を使うには、コイルを構成する要素の節点をマージしなければなりません。次ページに、節点をマージする方法と要素の向きを連続変更する方法を示します。

節点をマージします。

① プルダウンメニュー
[ツール]-[チェック]-[重複ノード]を選択

② 「ピック」ボタンを押し「ボックス」を選択
③ 画面上ですべてのノードを囲んで選択
④ 「OK」ボタンをクリック

④ 「重複エンティティのマージ」を選択
⑤ 「OK」ボタンをクリック

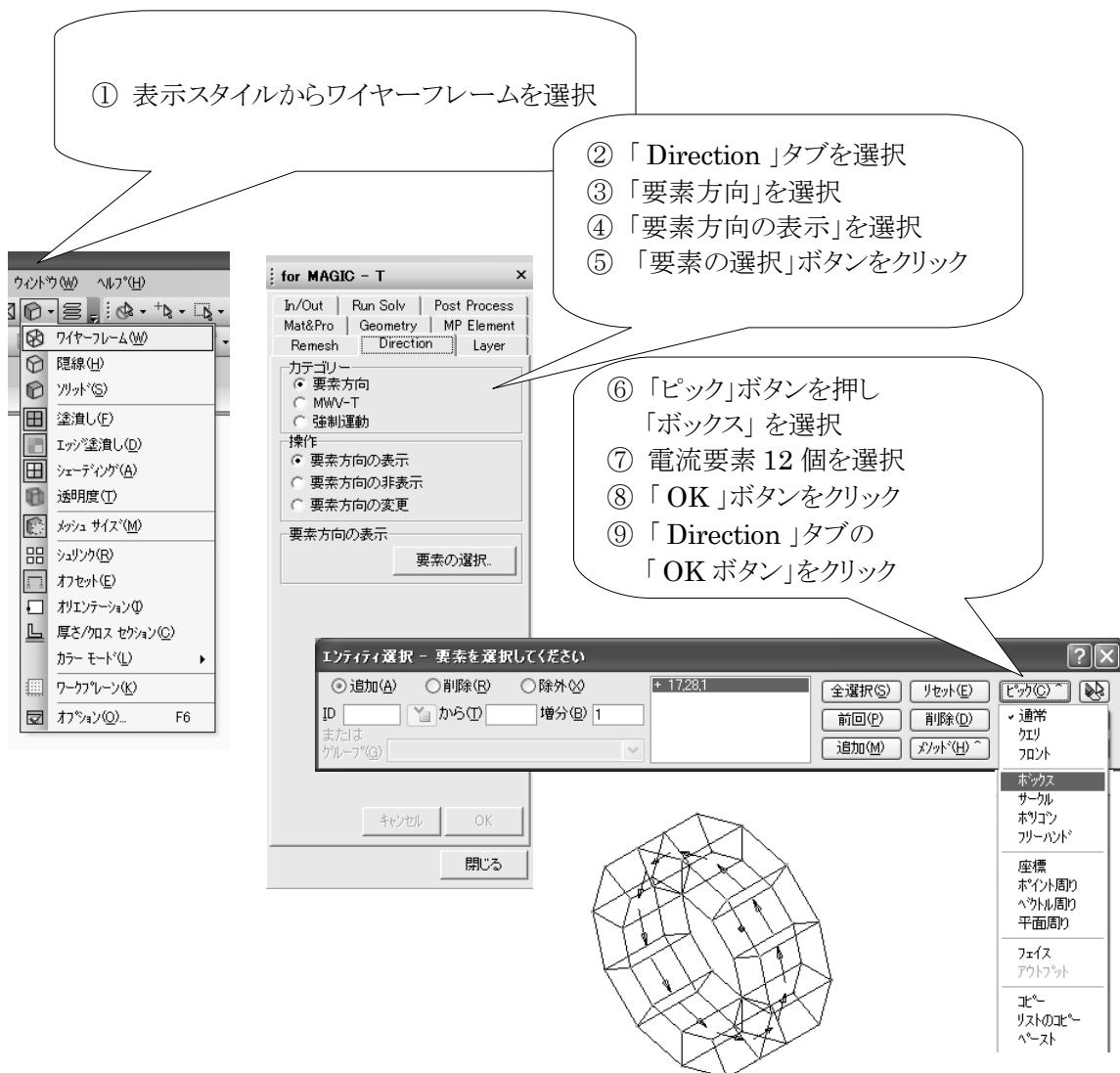
要素の向きを変更します。

① 「Direction」タブを選択
② 「要素方向の変更」を選択
③ 「連続変更」を選択
④ 「要素の選択」ボタンをクリック

⑤ 1個の電流要素を選択
⑥ 「OK」ボタンをクリック

⑦ 電流要素の底面を選択
⑧ 「OK」ボタンをクリック
⑨ 「Direction」タブの「OK」ボタンをクリック

変更後の要素の向きを確認します。



方向の確認が終わったら、「Dirention」タブの「要素方向の非表示」を選択し、矢印を消しておいてください。エレメントの表示が裏返ったように見えるときも、「要素方向の非表示」を行ってください。

以上で、コイルが作成できました。
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、コア、コイル、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「Plane」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「Plane」を選択
 ⑥ 「表示」「非表示」ボタンを使って「Plane」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

画面からコイルの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「Plane」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

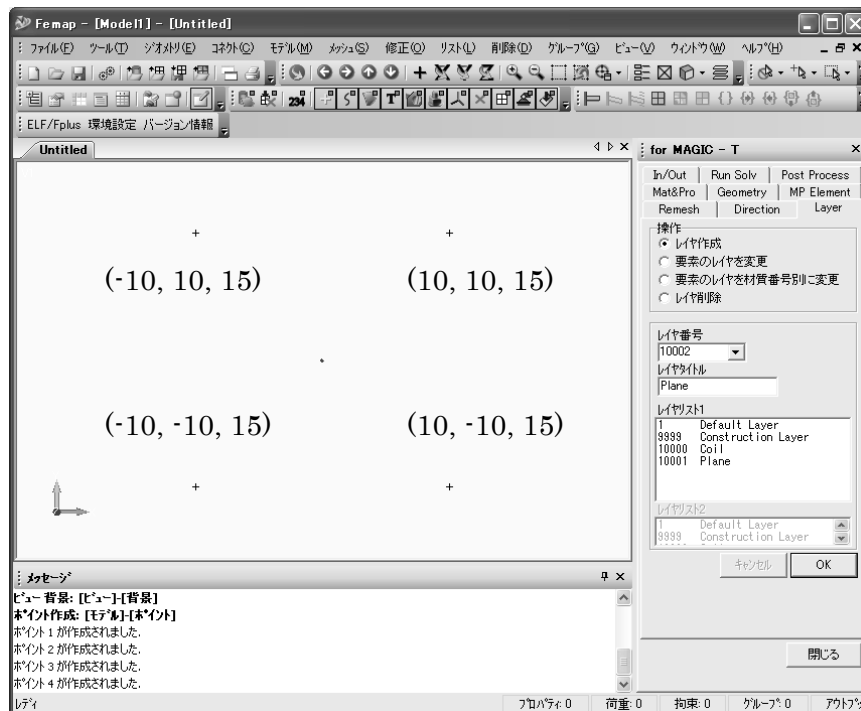
サーフェイスを作成します。

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。

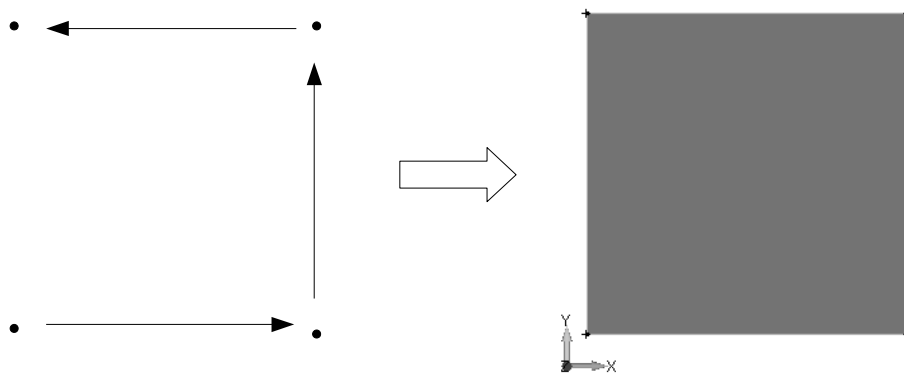
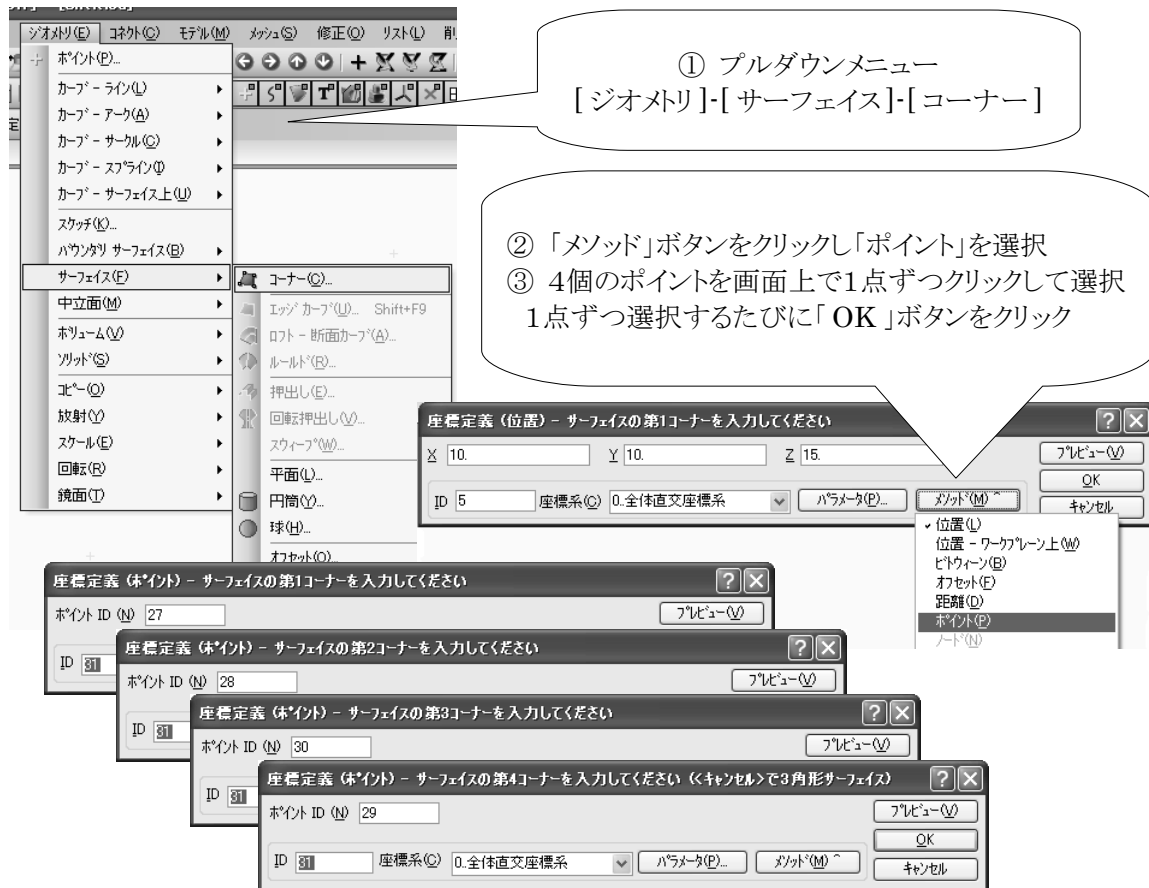
まず、4個のポイントを作成します。



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。今回はサーフェイ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] -[サーフェイス上のサイズ] を選択

② 画面上でサーフェイスをクリック
③ 「OK」ボタンをクリック

④ エlement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

サーフェイスの各辺に 1.0mm 間隔で目盛りがつかしました。

6.4 エLEMENTの作成

サーフェイスからELEMENT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]-[サーフェイス] を選択
② 画面上でサーフェイスを選択
③ 「OK」ボタンをクリック

④ プロパティ「3.MCO-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

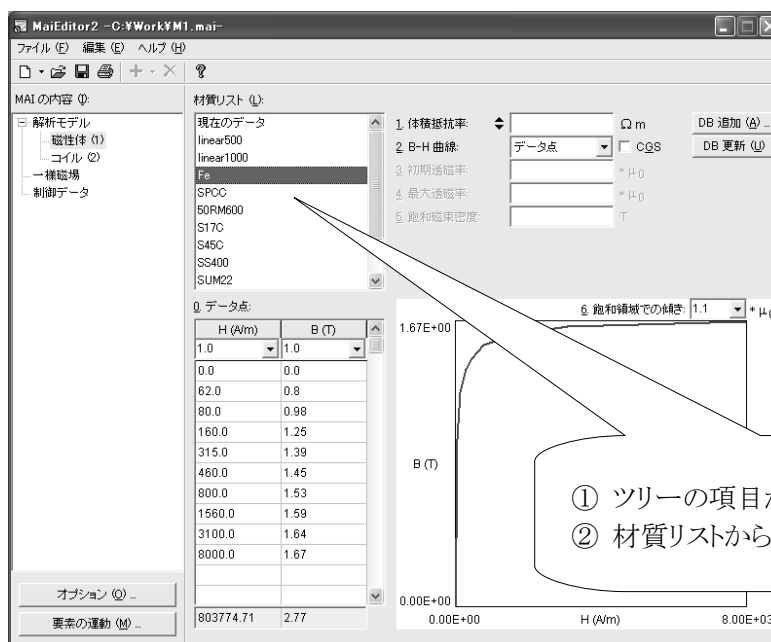
これから、コアの B-H 特性、コイルの電流値など、計算に必要なデータを準備します。

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。



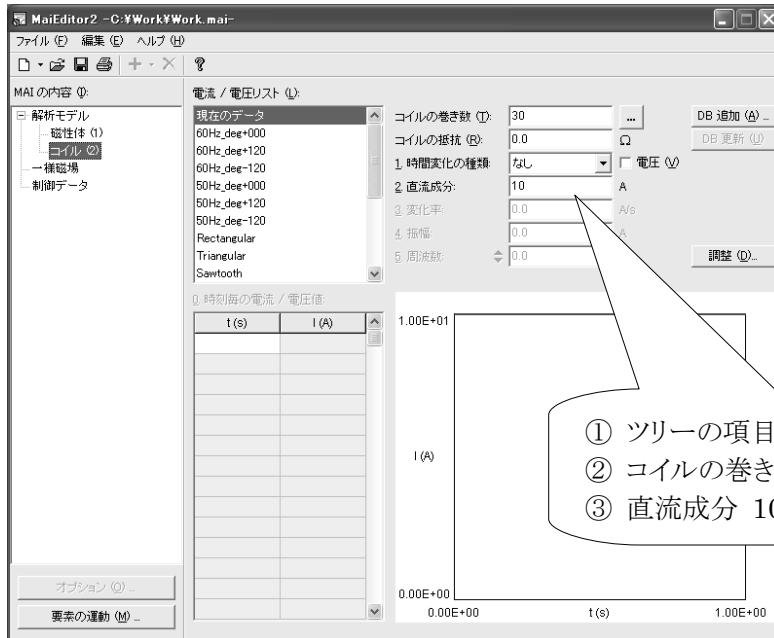
8.1 コアの特性

ツリーの項目 磁性体(1)をクリックします。磁性体の B-H 特性を入力します。



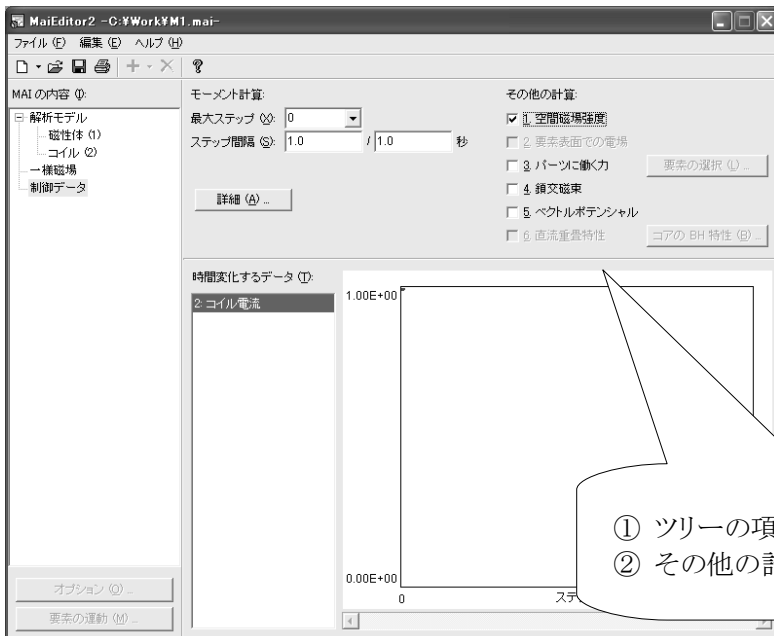
8.2 コイルの電流値

ツリーの項目 コイル(2)をクリックします。電流の大きさを入力します。



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。空間磁場の計算を指定します。



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 ELF/MAGIC 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。

ELF/MAGIC 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。



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。

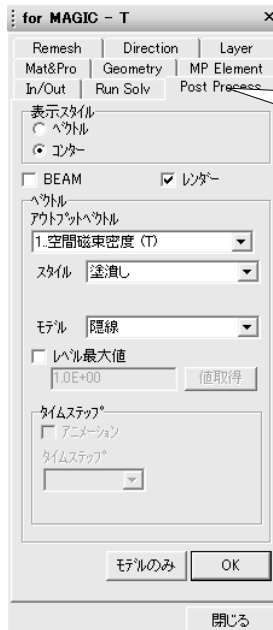
Femap を起動します。

ELF/Fplus を起動します。

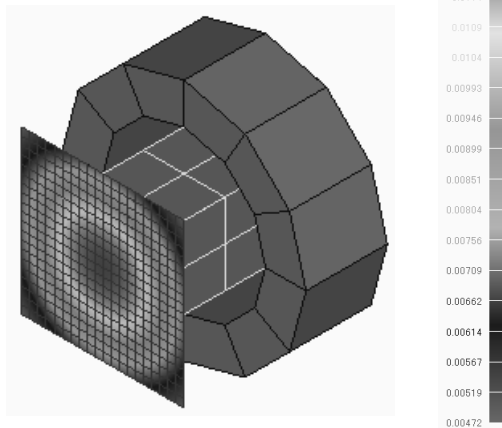
① 「In/Out」タブを選択
② 「MAG ファイル読込」を選択
③ 「OK」ボタンをクリック
④ Work.mag ファイルを選択

① 「Post Process」タブを選択
② ベクトルを選択
③ 「1.. 空間磁束密度 (T)」を選択
④ 「OK」ボタンをクリック

空間磁束密度のベクトルが表示できます。

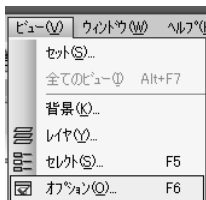


- ① 「Post Process」タブを選択
- ② コンターを選択
- ③ 「1.. 空間磁束密度 (T)」を選択
- ④ 「OK」ボタンをクリック

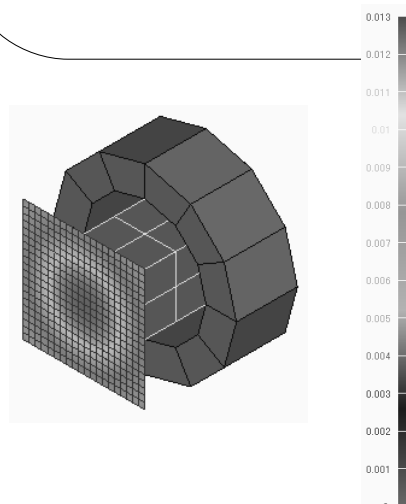
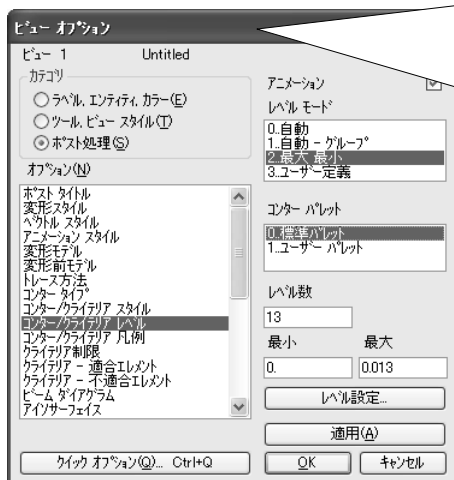


10.2 ビューオプション

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い設定をします。
一例として、コンターの間隔を 0.001(T)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 13
- ⑥ 最小 0, 最大 0.013
- ⑦ 「適用」ボタンをクリック

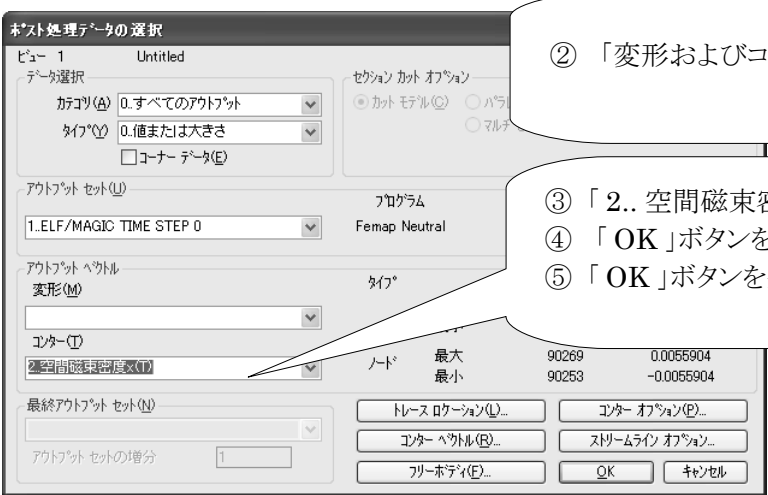


10.3 ビューセレクト

何の物理量についてコンターを描くかは、ビューセレクトにより選択します。
一例として、空間磁場の X 成分を取りだしてコンターを描いてみましょう。
ビューセレクトはファンクションキー「F5」を押しても現れます。

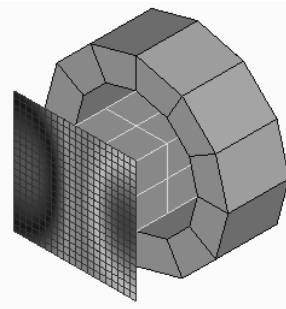


① プルダウンメニュー
[ビュー]-[セレクト]を選択



② 「変形およびコンターデータ」ボタンをクリック

③ 「2.. 空間磁束密度 x(T)」を選択
④ 「OK」ボタンをクリック
⑤ 「OK」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。