



All in ONE

Excel による優しい電磁界解析システム

μ - Excel

Version 7.9

— モータ特性版 —

取扱説明書

1 始めに

2 μ - Excel のインストール

3 μ - Excel の基本利用方法 (既存のモデルを計算)

4 μ - Excel の詳細利用方法 (新規にモデルを作成する)

5 μ - Excel の応用利用方法

6 モデル作成用 GUI リファレンス

7 その他

8 μ -TEC ご相談窓口のご案内

ご利用ありがとうございます。ご利用の前にこの「取扱説明書」をよくお読みいただき、正しくお使い下さい。お読みになったあとは、いつでも見られる所に大切に保管してください。

目次

1 始めに..... 4	
1-1 主な特長／付属品..... 4	
2 μ-Excel のインストール..... 5	
2-1 インストールする..... 5	
2-2 アンインストールする..... 9	
3 μ-Excel の基本利用方法（既存のモデルを計算）..... 11	
3-1 サンプルファイルを作業フォルダにコピーする..... 11	
3-2 μ -Excel を起動する..... 11	
3-3 画面構成と主な機能..... 12	
3-4 モデルテンプレートの流れ..... 13	
3-4-1 モデル情報の設定..... 13	
3-5 トルクモデルの確認..... 16	
3-6 トルクメッシュの作成..... 18	
3-7 トルクメッシュの確認..... 19	
3-8 トルク条件の設定..... 20	
3-9 トルク計算の実行..... 22	
3-10 トルク結果の表示..... 23	
3-11 トルクグラフの作成..... 28	
3-12 トルク定数算出の流れ..... 29	
3-13 モータ静特性の算出..... 32	
4 μ-Excel の詳細利用方法（新規にモデルを作成する） 35	
4-1 モデル定義の仕組みを確認する..... 35	
4-2 新規にモデルを作成する..... 36	
4-2-1 モデルテンプレートの概要..... 36	
4-2-2 モデルパターンの選択と基本情報の設定..... 37	
4-2-3 バタンモデルの寸法修正と確認..... 41	
4-2-4 全体モデルを作成..... 44	
4-3 作成されたデータを確認する..... 45	
4-4 メッシュを作成・確認する..... 50	
4-5 材料と励磁条件を設定する..... 51	
4-5-1 解析条件定義の仕組みを確認する..... 51	
4-5-2 解析条件を設定する..... 52	
4-6 計算を実行する..... 56	
4-7 結果を確認する..... 56	
4-8 評価位置のグラフを描く..... 57	
4-8-1 評価点の定義の仕組みを見る..... 57	
4-8-2 評価点・座標点を修正する..... 57	
4-8-3 グラフを確認する..... 58	
4-9 トルク変化を見る..... 58	
4-10 静特性を見る..... 59	
4-10-1 静特性算出の考え方..... 59	
4-10-2 トルク定数と誘起電圧定数について..... 59	

4-10-3 鎖交磁束の算出..... 60	
4-10-4 静特性シートの条件設定..... 60	
4-10-5 誘起電圧波形の算出..... 61	
4-10-6 通電電流波形の作成..... 62	
4-10-7 トルク定数波形の算出..... 63	
4-10-8 トルク定数の算出..... 64	
4-10-9 静特性の算出..... 64	
4-10-10 静特性グラフの作成..... 65	
4-10-11 静特性の活用方法..... 66	
5 μ-Excel の応用利用方法..... 67	
5-1 DXF ファイルをインポートする..... 67	
5-1-1 DXF ファイルの読込..... 67	
5-1-2 サーフェイスの作成..... 68	
5-1-3 アークライン分割数の設定..... 68	
5-1-4 メッシュ疎密比の設定..... 68	
5-1-5 Excel ファイルへの保存..... 68	
5-1-6 モデル作成用 GUI の終了..... 68	
5-1-7 読込まれたモデルを元に解析を行う..... 68	
5-2 材料の追加..... 69	
6 モデル作成用 GUI リファレンス..... 73	
6-1 モデル作成用 GUI の起動..... 73	
6-2 モデルの作成（通常）..... 74	
6-2-1 ポイントの作成..... 74	
6-2-2 ラインの作成..... 76	
6-2-3 アークの作成 1（中心・始点・終点）..... 78	
6-2-4 アークの作成 2（中心・始点・角度）..... 81	
6-2-5 アークの作成 3（始点・終点・半径）..... 84	
6-2-6 サーフェイスの作成..... 87	
6-2-7 アークライン分割数の設定..... 90	
6-2-8 メッシュ疎密比の設定..... 92	
6-2-9 Excel ファイルへの保存..... 94	
6-3 モデルの作成（DXF ファイル読込）..... 95	
6-3-1 DXF ファイルの読込..... 95	
6-3-2 サーフェイスの作成..... 96	
6-3-3 アークライン分割数の設定..... 96	
6-3-4 メッシュ疎密比の設定..... 96	
6-3-5 Excel ファイルへの保存..... 96	
6-4 モデルの作成（補助機能）..... 97	
6-4-1 ポイントのコピー..... 97	
6-4-2 ラインのコピー..... 100	
6-4-3 サーフェイスのコピー..... 103	
6-4-4 自動サーフェイス作成..... 107	
6-5 モデル作成用 GUI の終了..... 108	

6-6 モデルの確認.....	109	6-7-4 描画材料の選択	138
6-6-1 ポイントの確認	110	6-7-5 ノードの確認	140
6-6-2 ラインの確認	111	6-7-6 エレメントの確認.....	141
6-6-3 サーフェイスの確認	112	6-7-7 メッシュの削除	142
6-6-4 ポイント位置の修正	113	6-8 その他機能.....	143
6-6-5 ライン位置の修正.....	117	6-8-1 マウス機能	143
6-6-6 ラインの分割	121	6-8-2 描画コントロール機能	144
6-6-7 サーフェイス位置の修正.....	123	6-8-3 その他メニュー項目	145
6-6-8 サーフェイス設定順の修正	126	6-8-4 ツールバー	146
6-6-9 ポイントの削除	129	6-8-5 ステータスバー	147
6-6-10 ラインの削除	131	6-9 ショートカットキー.....	148
6-6-11 サーフェイスの削除	133	7 その他.....	149
6-7 メッシュ確認.....	135	7-1 困ったときは.....	149
6-7-1 フリーエッジ表示.....	135	7-2 主な仕様.....	150
6-7-2 全メッシュ表示	136	8 μ-TEC ご相談窓口のご案内.....	151
6-7-3 ポリゴン表示	137		

1 始めに

1-1 主な特長／付属品

本システムは Excel 対応の電磁界解析システムで、 μ -MF の 2 次元・軸対称 FEM ソルバー、モデル作成用 GUI、自動メッシャー、カラーコンタービューワーの各種ツール、全体を制御する Excel VBA などのモジュールで構成されています。

μ -Excel を構成するモジュール群

μ -MF	: 2 次元・軸対称解析モジュール
Excel Module	: モデル作成用 GUI ツール
	: 自動メッシャーモジュール
	: カラーコンタービューワーモジュール
Excel VBA	: Excel マクロモジュール

μ -Excel キーワード

- ★ 簡単操作
- ★ Excel 対応
- ★ DXF インポート
- ★ 自動メッシャー
- ★ FEM ソルバー
- ★ コンタービューワー内蔵のオールインワン

付属品

●インストール CD



●取扱説明書



●プロテクトデバイス



USB : WIBU KEY



絶対にインストールフォルダ内の内容を書き換えしないで下さい。
正常な動作が出来なくなる可能性があります。
WIBU KEY を USB ポートにつけてご利用下さい。

2 μ - Excel のインストール

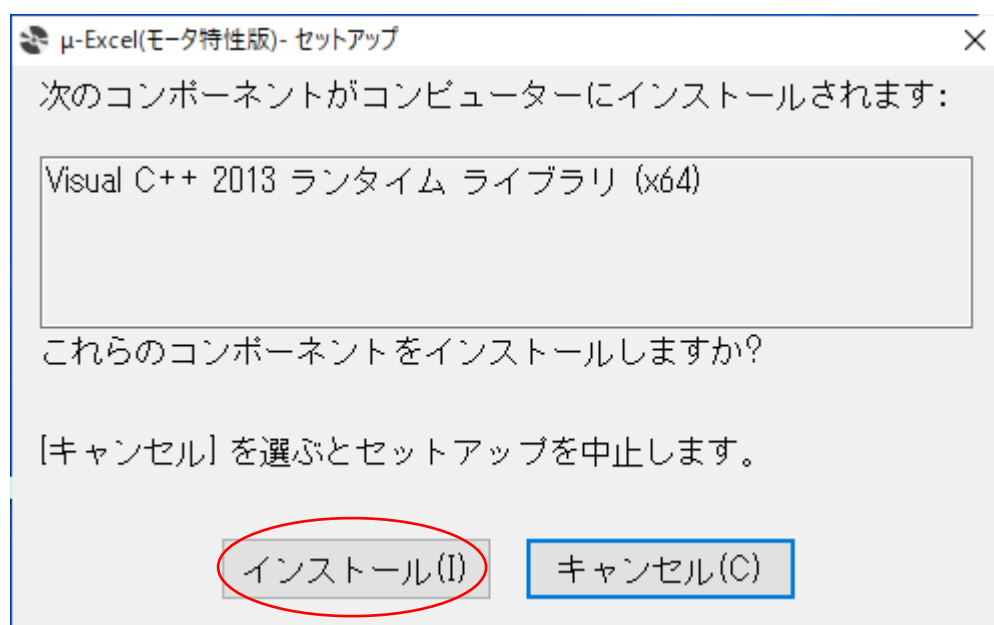
2-1 インストールする

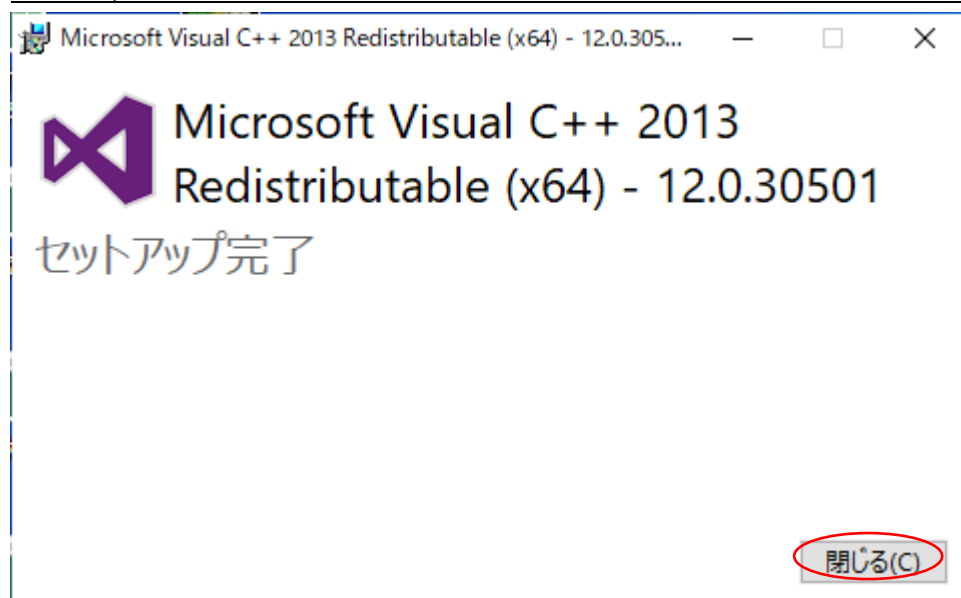
- ② インストール CD をドライブに挿入します
- ② CD 内の setup.exe を実行して下さい

名前

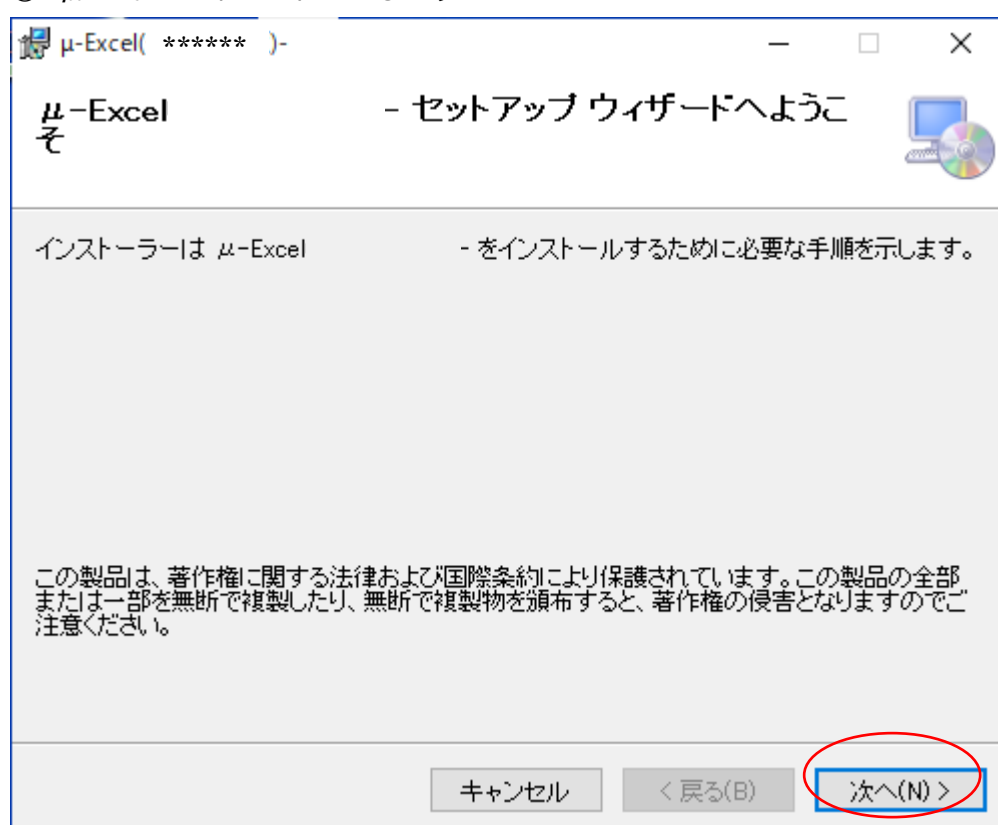
- Manual
- vcredist_x64
- vcredist_x86
- WIBU-KEY
- mu-Excel-ver60-inst.msi
- setup.exe

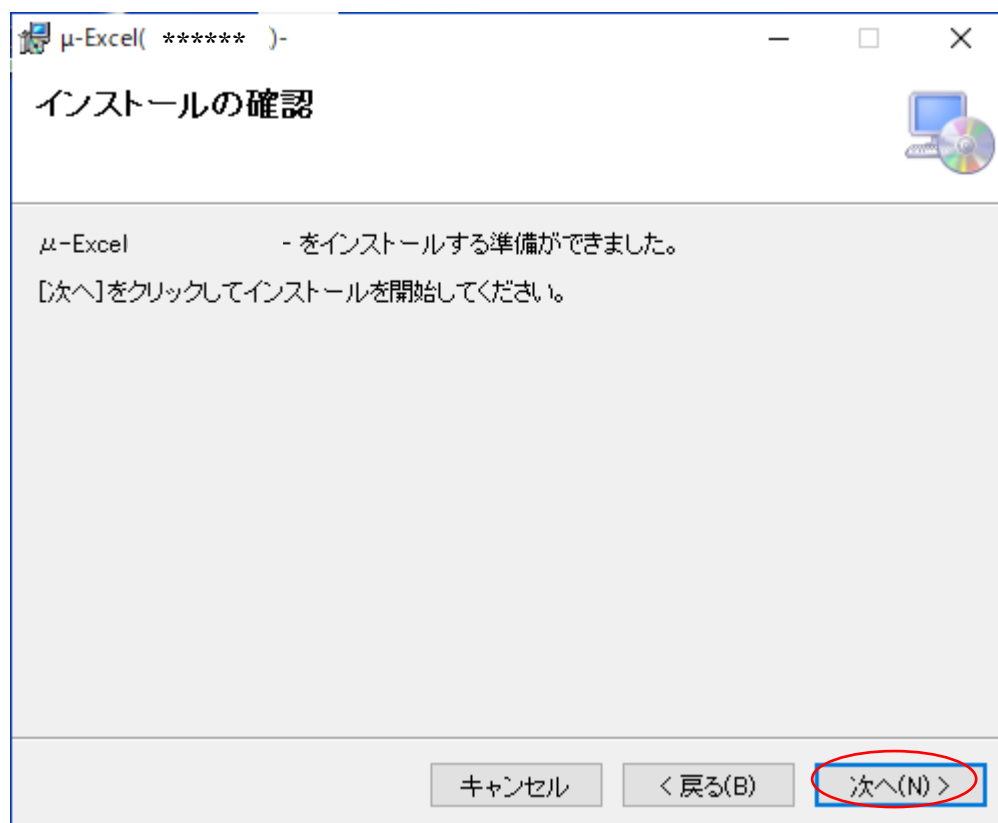
- ③ Visual C++ 2013 ランタイムライブラリをインストールします



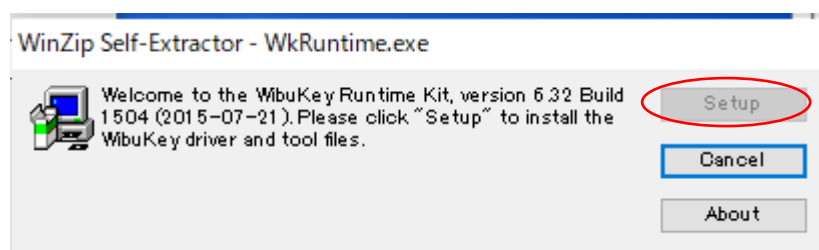


④ μ -EXCEL をインストールします

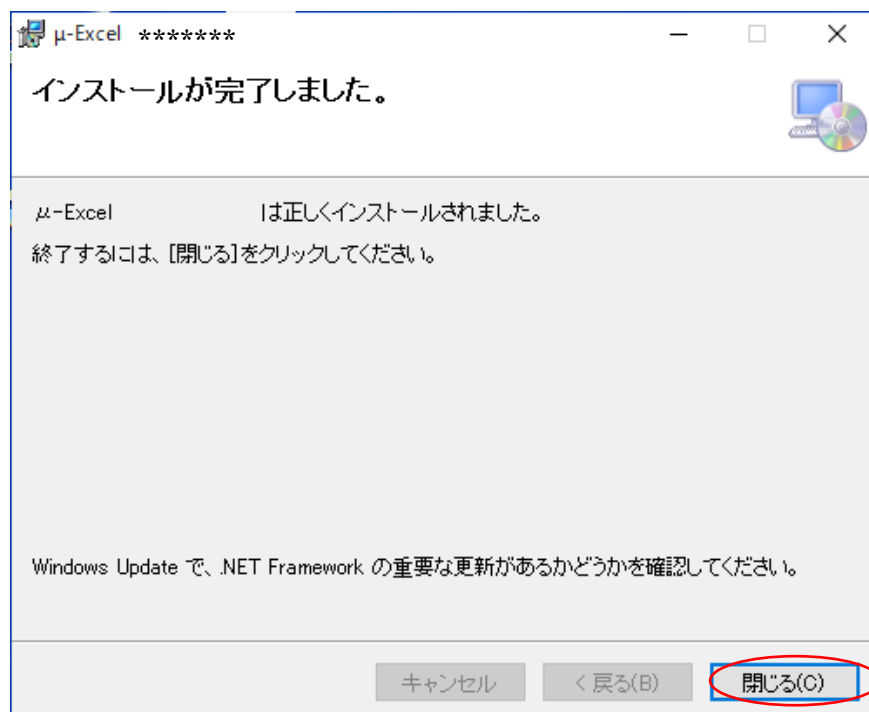




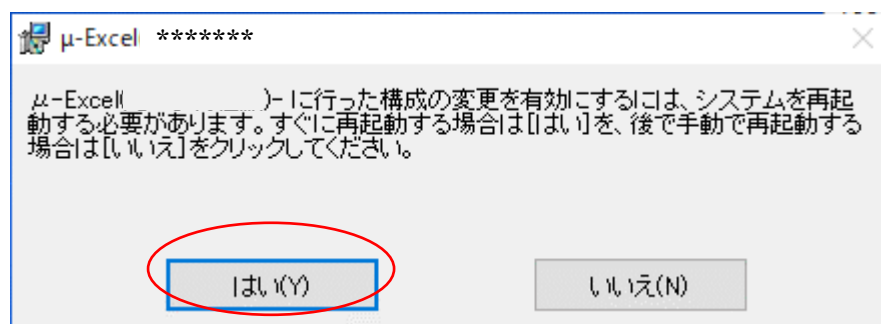
⑤ Wibukey(プロテクト)のドライバーをインストールします



⑥ インストールを完了します



⑦ PCを再起動して下さい

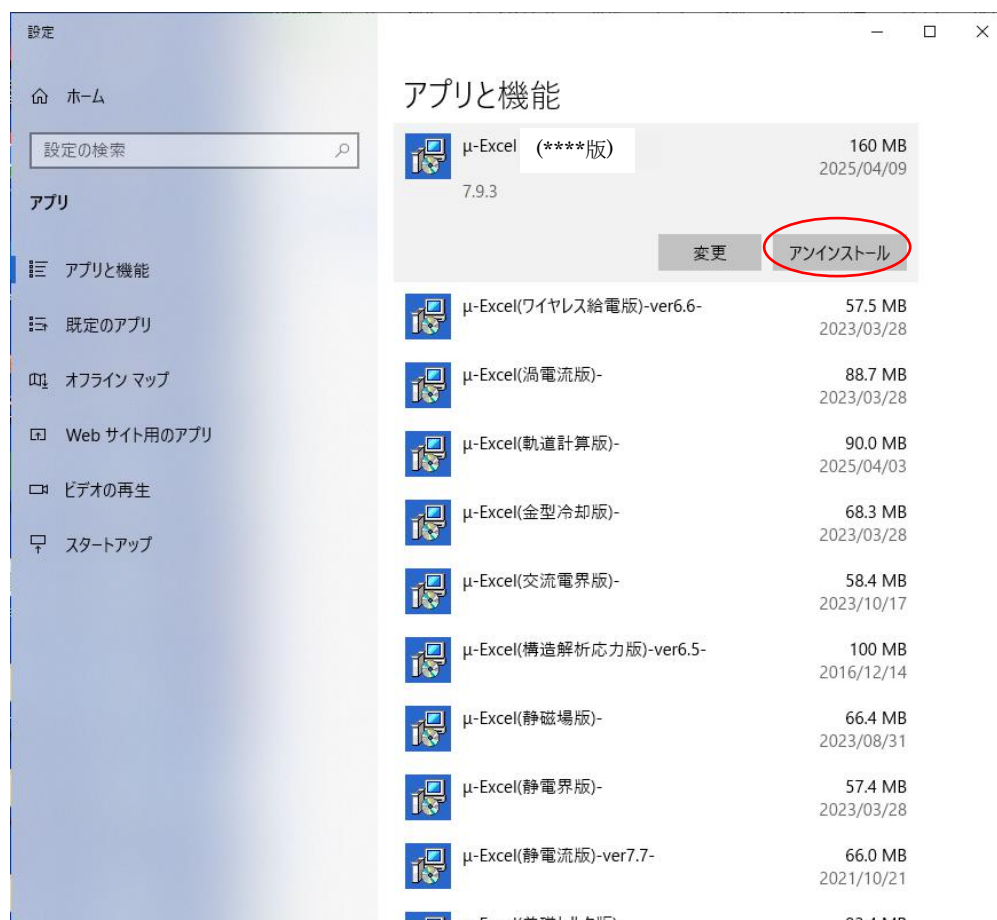
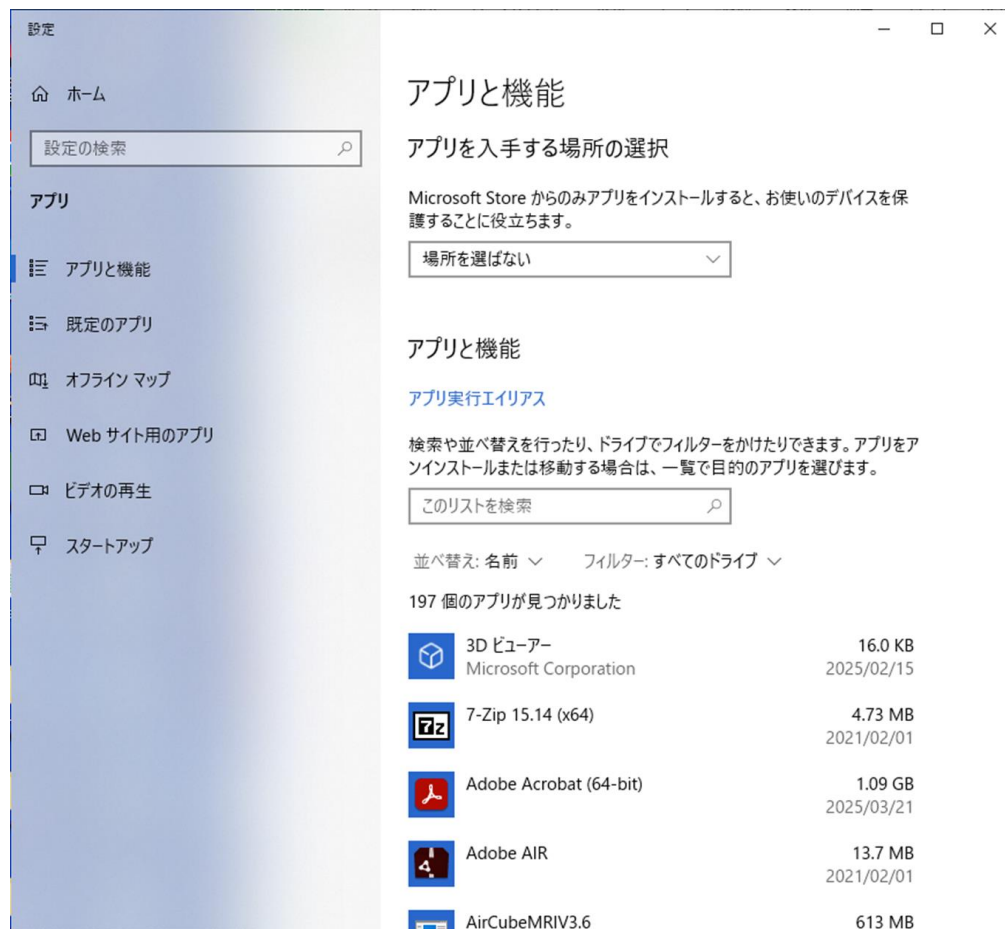


2-2 アンインストールする

① [Windows] + [X] キーを押して、アプリと機能を選択します



① 下に移動し、該当ソフト名でアンインストールします



3 μ - Excel の基本利用方法（既存のモデルを計算）

3-1 サンプルファイルを作業フォルダにコピーする

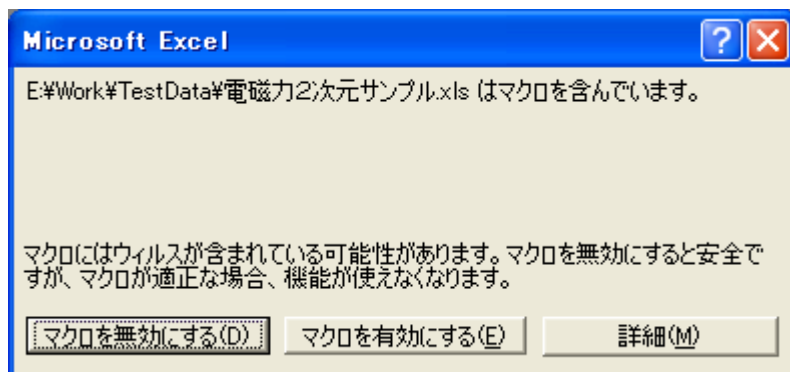
- ① インストールフォルダ¥Sample から ex モータ特性-IPM-10p12s.xlsm を任意フォルダにコピーします。

★オリジナル Excel ファイルをデスクトップ等アクセスし易い場所にコピーしておくとう便利です。

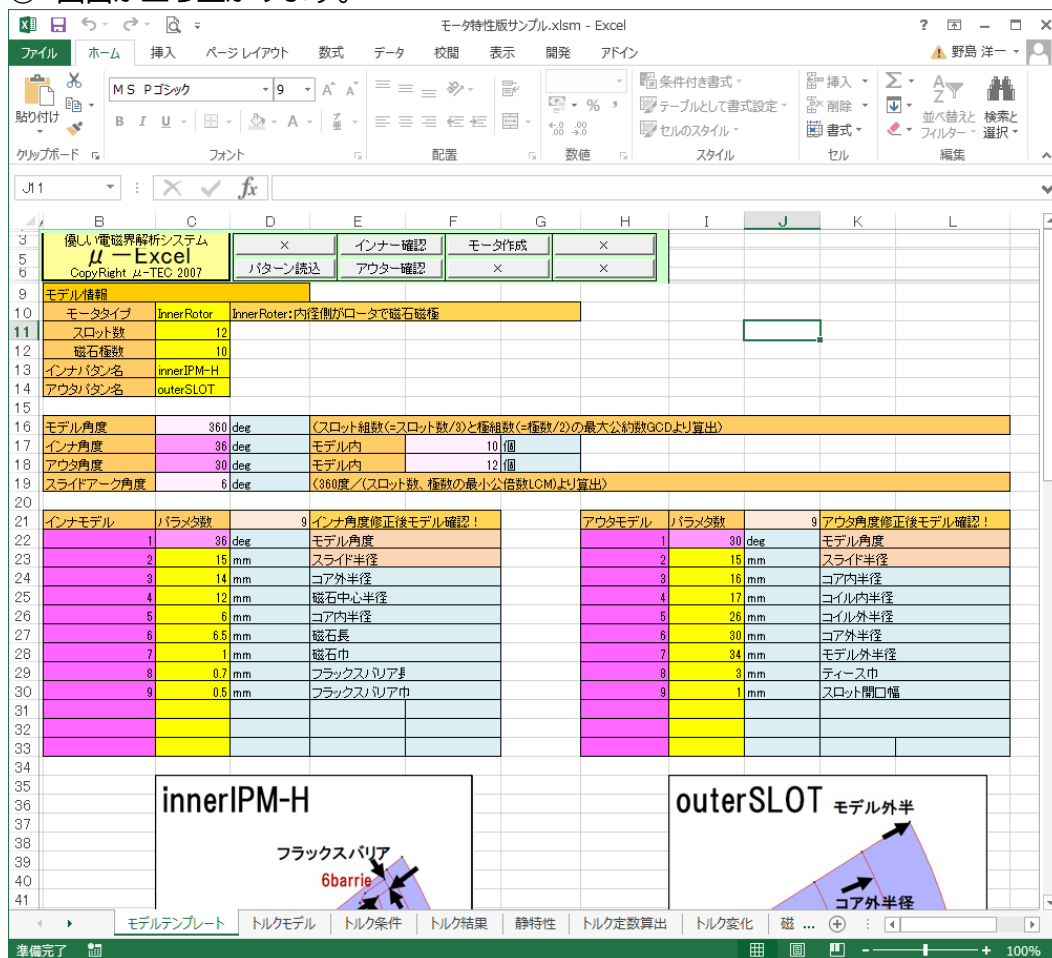
- ① 任意でファイル名を変更して下さい

3-2 μ - Excel を起動する

- ① ex モータ特性-IPM-10p12s.xlsm（名称任意）をダブルクリックして Excel を起動します。
② マクロを有効にします。



- ② 画面が立ち上がります。



3-3 画面構成と主な機能

◆ μ -Excel 画面<ファイル例⇒ex モータ特性-IPM-10p12s. xlsx>
 モデルテンプレート⇒トルク解析と進めます

①解析ボタン



②シート



◆機能概要

①	パターン確認	モデルテンプレートのパターンの読み込み
	インナー確認	モデルテンプレートのインナーモデルのチェック
	アウター確認	モデルテンプレートのアウターモデルのチェック
	モータ作成	モデルテンプレートの解析用モータモデルの作成
	トルクモデル作成	モデルテンプレートを使わずにモータモデルを作成する
	トルクモデル確認	モータモデルの確認とスライドアーク分割数等の設定
	トルクメッシュ作成	メッシュ作成
	トルクメッシュ確認	メッシュ確認
	トルク条件設定	トルク計算の条件設定
	トルク計算実行	計算実行
	トルク結果表示	磁束線等結果表示、アニメーション出力
	トルクグラフ作成	任意点の磁束密度算出
②	シートタブ	各々のシートへ移動します。

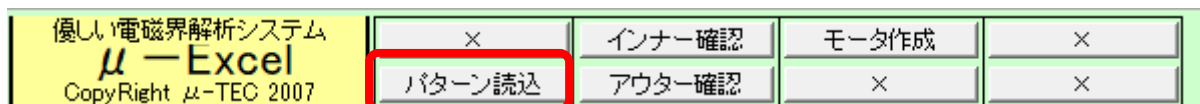
3-4 モデルテンプレートの流れ

3-4-1 モデル情報の設定

① 下記モデル情報を設定します

モデル情報		
モータタイプ	InnerRotor	InnerRotor:内径側がロータで磁石磁極
スロット数	12	
磁石極数	10	
インナボタン名	innerIPM-H	
アウトボタン名	outerSLOT	

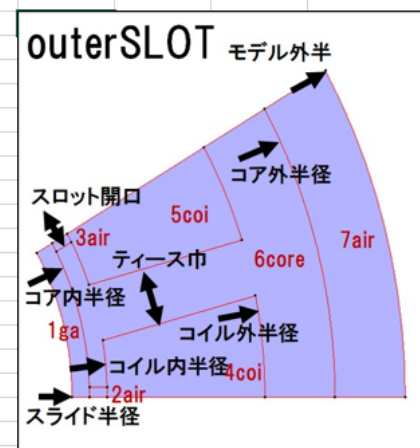
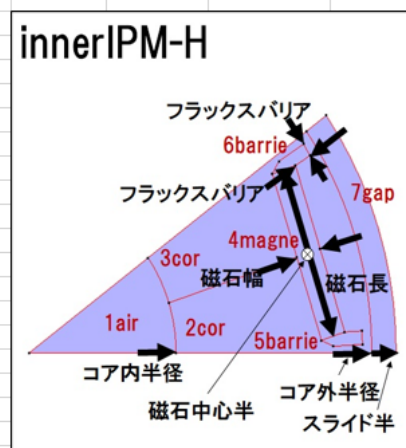
② 「パターン読込」ボタンで、選択パターンを読み込みます



モデル角度	360 deg	(スロット組数(=スロット数/3)と極組数(=極数/2)の最大公約数GCDより算出)	
インナ角度	36 deg	モデル内	10個
アウタ角度	30 deg	モデル内	12個
スライドアーク角度	6 deg	(360度/(スロット数、極数の最小公倍数LCM)より算出)	

インナモデル	パラメタ数	9	インナ角度修正後モデル確認!
1	36 deg		モデル角度
2	15 mm		スライド半径
3	14 mm		コア外半径
4	12 mm		磁石中心半径
5	6 mm		コア内半径
6	6.5 mm		磁石長
7	1 mm		磁石巾
8	0.7 mm		フラックスバリア巾
9	0.5 mm		フラックスバリア巾

アウタモデル	パラメタ数	9	アウタ角度修正後モデル確認!
1	30 deg		モデル角度
2	15 mm		スライド半径
3	16 mm		コア内半径
4	17 mm		コイル内半径
5	26 mm		コイル外半径
6	30 mm		コア外半径
7	34 mm		モデル外半径
8	3 mm		ティース巾
9	1 mm		スロット開口幅

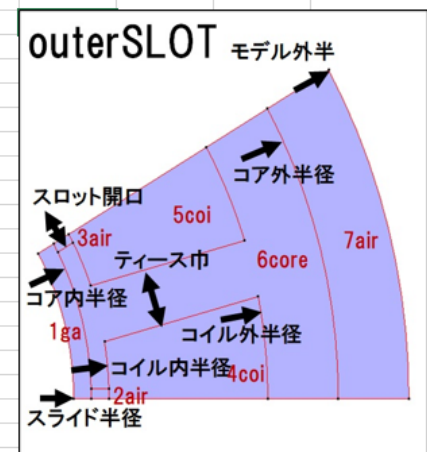
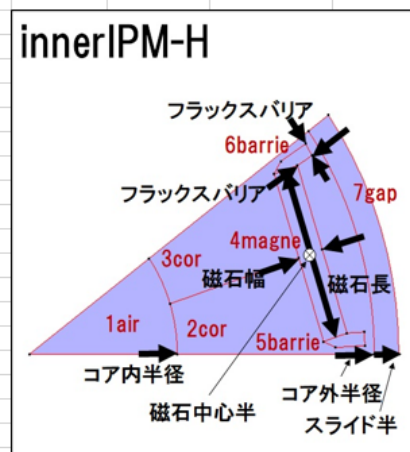


③ パラメータを修正します

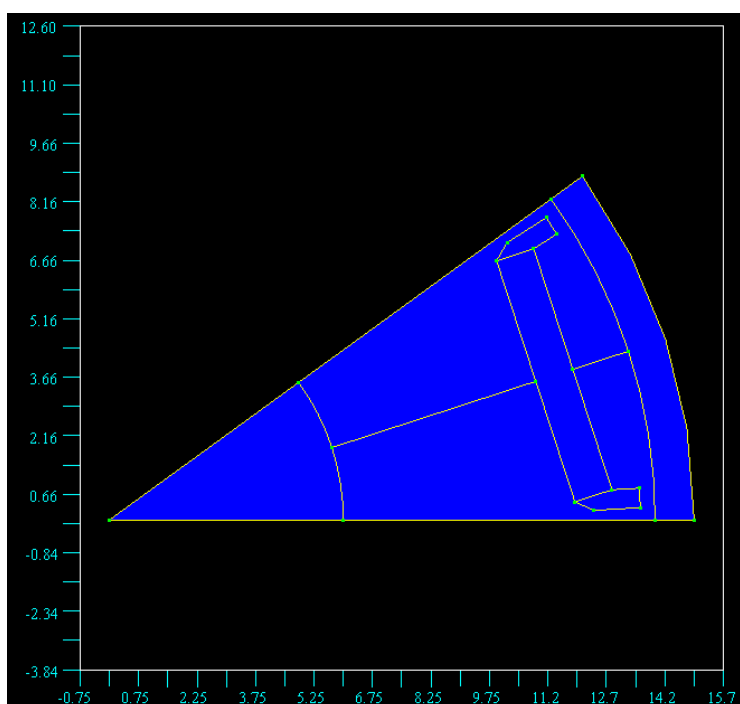
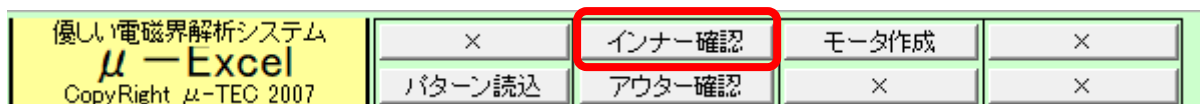
下のパターン画像を参照して、インナー及びアウターの各パラメータ数値を調整します
 注意) スライド半径は、インナーとアウターで一致する事

インナモデル	パラメータ数		9	インナ角度修正後モデル確認!
1	36	deg		モデル角度
2	15	mm		スライド半径
3	14	mm		コア外半径
4	12	mm		磁石中心半径
5	6	mm		コア内半径
6	6.5	mm		磁石長
7	1	mm		磁石巾
8	0.7	mm		フラックスバリア巾
9	0.5	mm		フラックスバリア巾

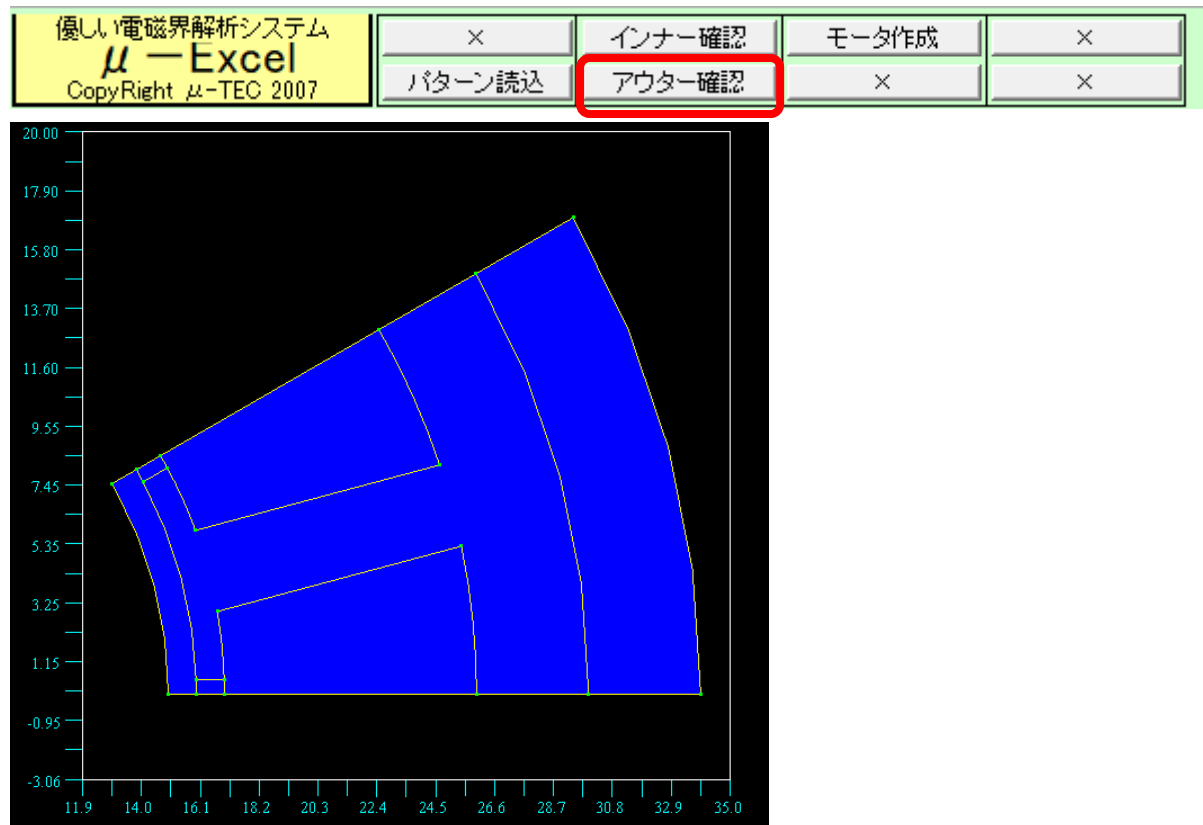
アウタモデル	パラメータ数		9	アウタ角度修正後モデル確認!
1	30	deg		モデル角度
2	15	mm		スライド半径
3	16	mm		コア内半径
4	17	mm		コイル内半径
5	26	mm		コイル外半径
6	30	mm		コア外半径
7	34	mm		モデル外半径
8	3	mm		ティース巾
9	1	mm		スロット開口幅



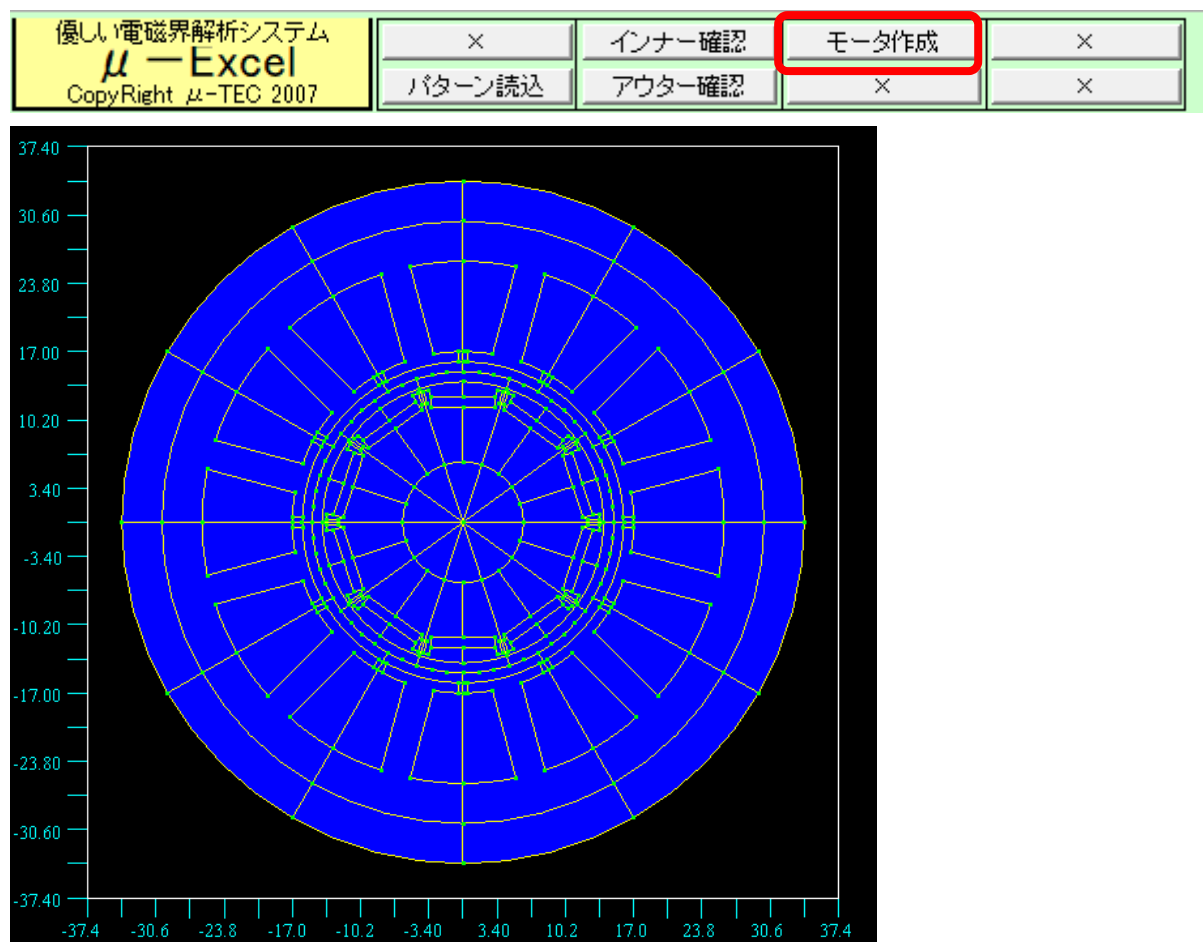
④ インナーモデルの整合性確認 (適切な寸法が指定されているかを確認します)



⑤ アウターモデルの整合性確認

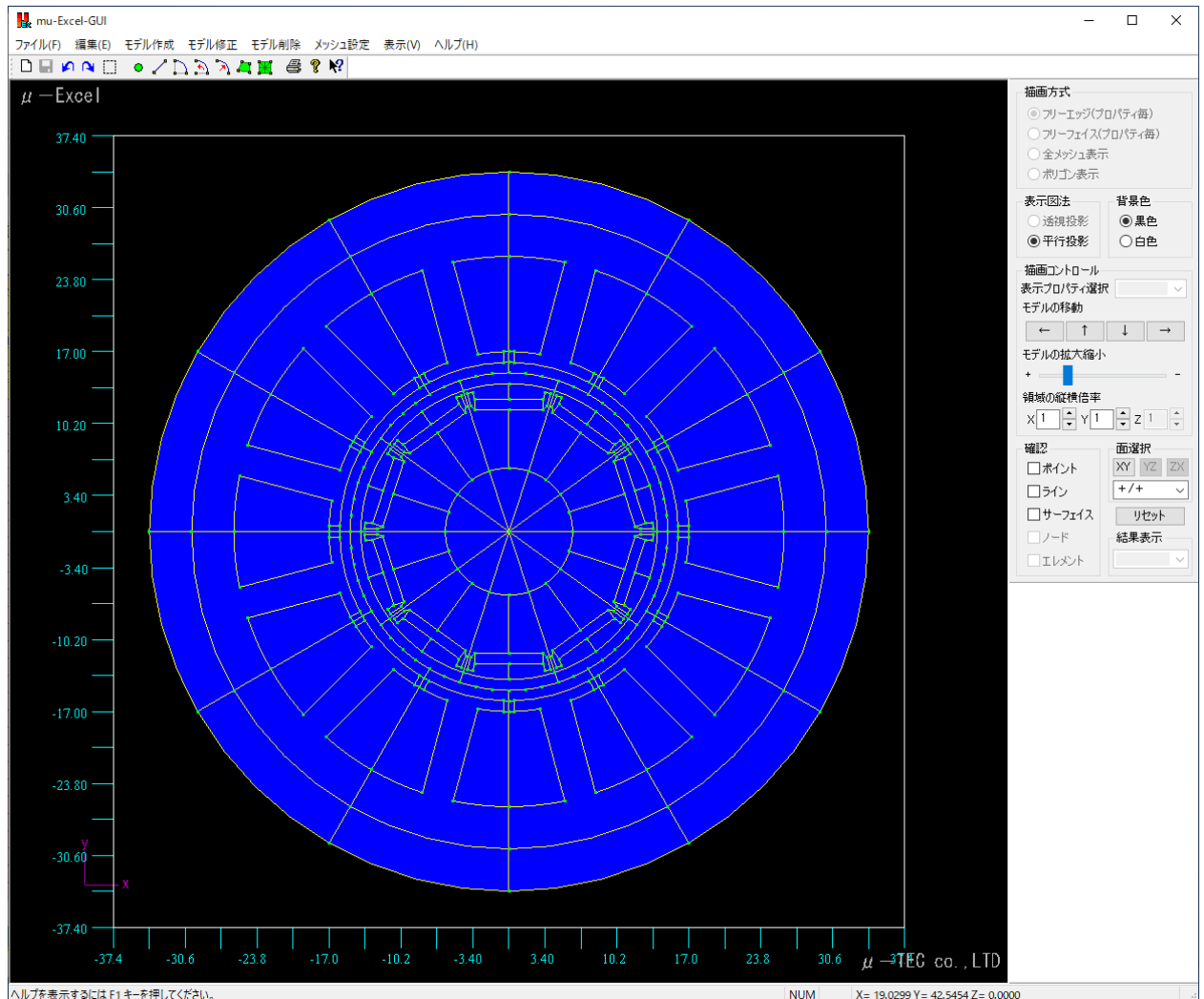
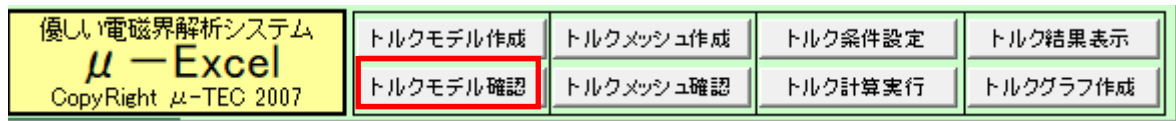


⑥ モーターモデルの作成（全体モデルを確認します）



3-5 トルクモデルの確認

- ① モデルテンプレートでモデルを作成するとトルクモデルシートに格納されます
 注) モデルテンプレートを使わずに、モータモデルを作成する場合は、「トルクモデル作成」ボタンから始めます
- ② 「トルクモデル確認」ボタンをクリックします



- ③ スライドアークの分割数を指定
 スライドアークのメッシュは等ピッチでなければなりません。
 スライドアークの角度は、モデルテンプレートを参照します

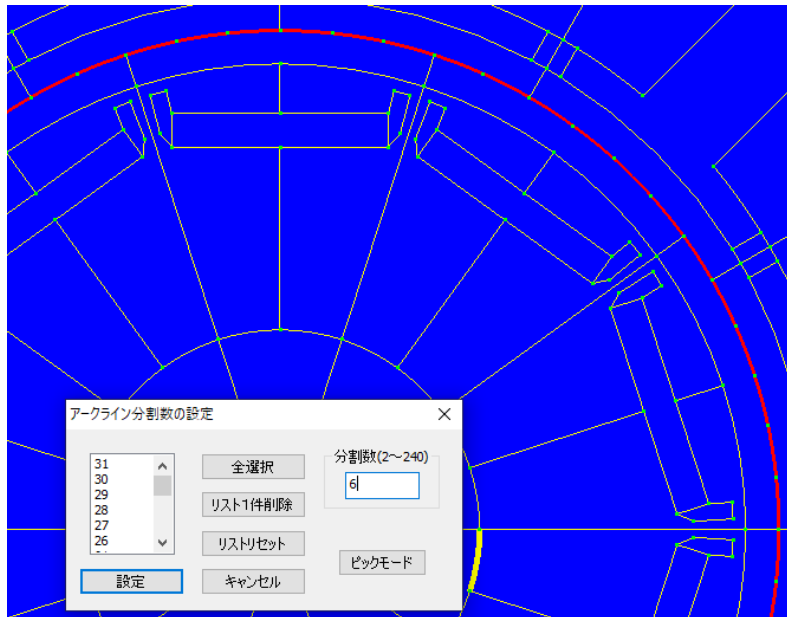
モデル角度	360 deg	(スロット組数(=スロット数/3)と極組数(=極数/2)の
インナ角度	36 deg	モデル内 10 個
アウト角度	30 deg	モデル内 12 個
スライドアーク角度	6 deg	(360度/(スロット数、極数の最小公倍数LCM)より)

メッシュ設定 表示(V) ヘルプ(H)

アークライン分割数設定

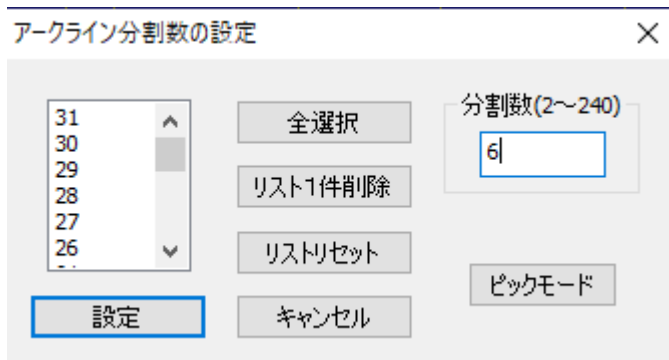
メッシュ疎密設定

スライドアークをすべて選択



分割数を6に設定

これは1度ピッチでメッシュ分割する事を指示しています



- ④ 場合によっては、メッシュ粗密設定を行う
- ⑤ モデルを保存します

3-6 トルクメッシュの作成

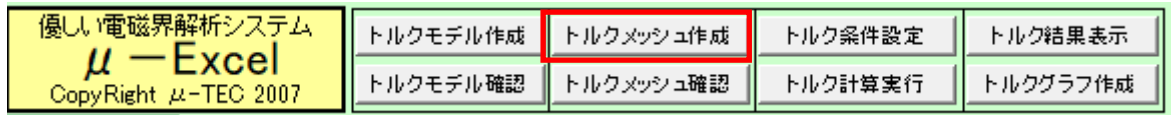
① 節点数等の設定

節点数を 5000、刻み角度（スライドアークの角度ピッチの事）を 1.0 に設定

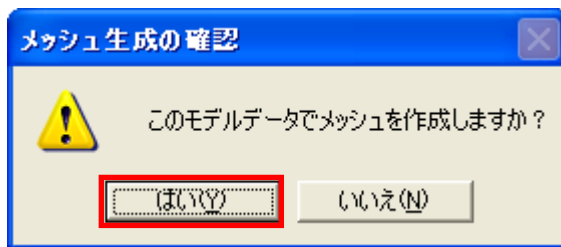
※刻み角度は、モデルから読み込まれないので、モデル作成時の刻み角度を指定する必要があります

モデルタイトル							
TITLE							
領域数	節点数	始角	終角	スライド半径	片GAP層数	刻み角度	
154	5000	0.0	0.0	1.500E+01	2	1.0	

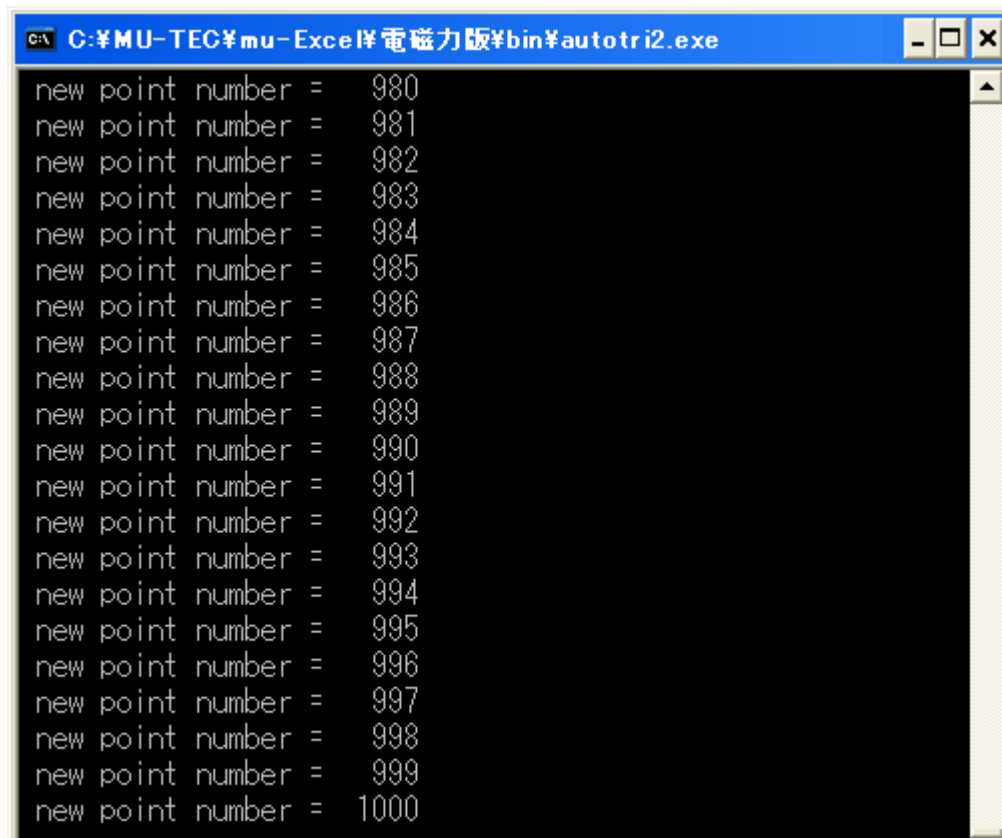
② メニュー項目より「トルクメッシュ作成」ボタンをクリックします。



③ 確認ダイアログが出力されるので、<はい>をクリックします。



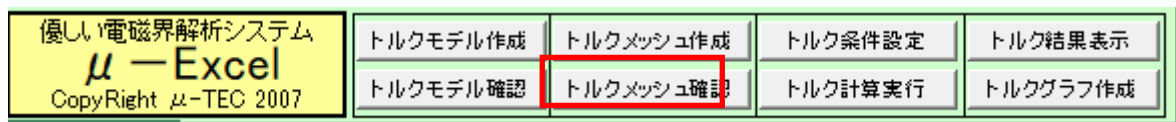
④ メッシュ作成中です～しばらくお待ち下さい～



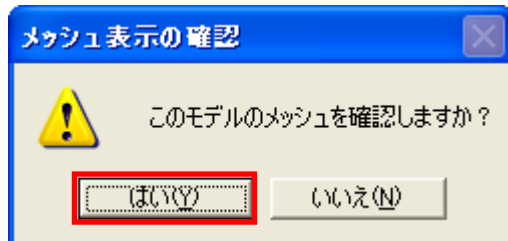
⑤ <OK>をクリックし、メッシュ生成を完了します。

3-7 トルクメッシュの確認

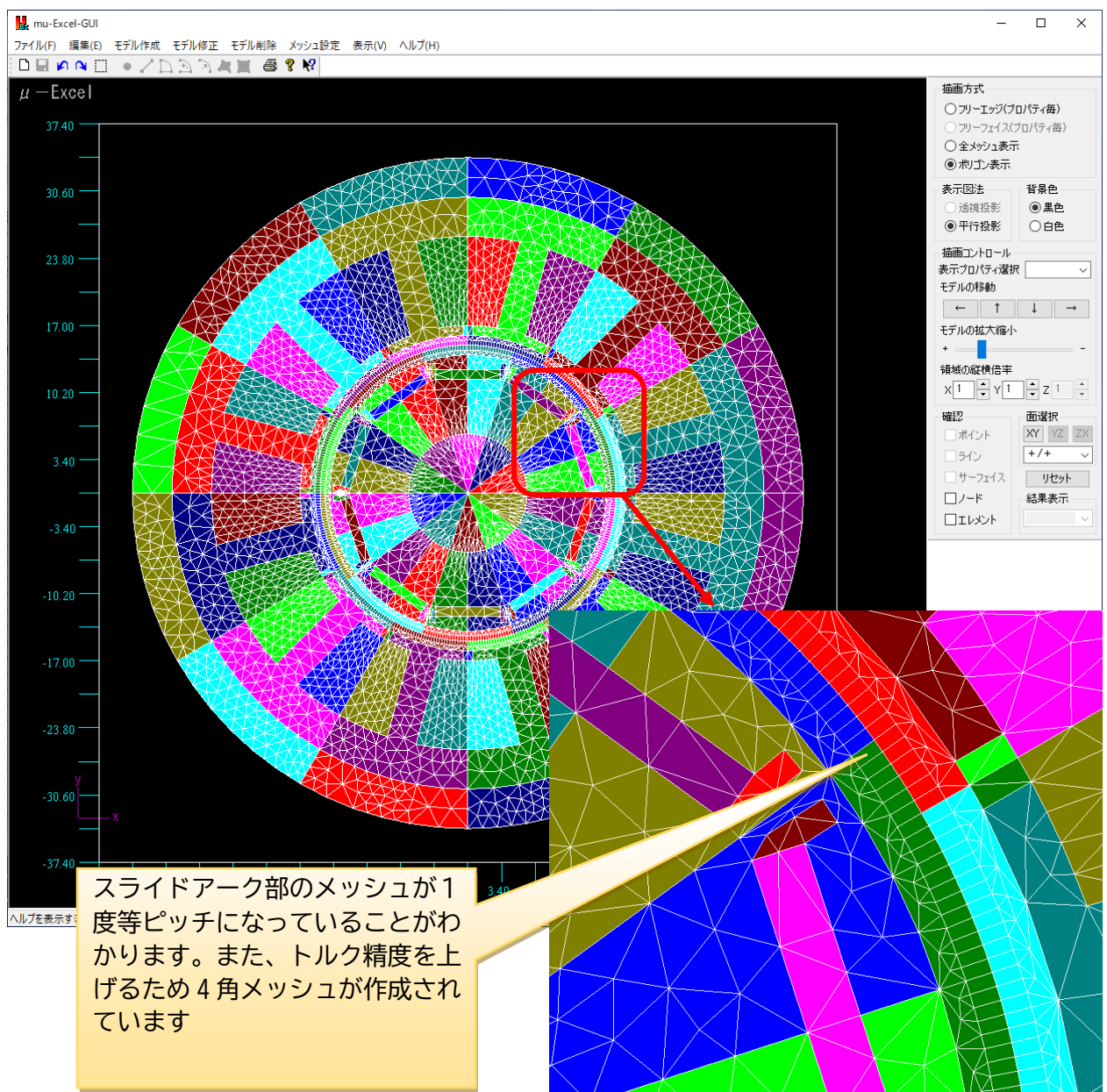
- ① メニュー項目より「トルクメッシュ確認」ボタンをクリックします。



- ② 確認ダイアログが出力されるので、<はい>をクリックします。



- ② モデル作成用 GUI が起動し、メッシュが表示されます。



3-8 トルク条件の設定

- ① メニュー項目より「トルク条件設定」ボタンをクリックします。
 : トルク条件設定ボタンでは、解析シートへの移動・材料定義域の確保を行います。
 : 既に材料定義域が確保されている場合は、タブを使って移動しても問題ありません。

優しい電磁界解析システム μ -Excel Copyright μ -TEC 2007	トルクモデル作成	トルクメッシュ作成	トルク条件設定	トルク結果表示
	トルクモデル確認	トルクメッシュ確認	トルク計算実行	トルクグラフ作成

- ② 解析条件を設定します（電気角 1 周期分の計算を指示します）
 モデルテンプレートを使用した場合は、既存の設定が参照されるので、下記の設定のみ行います
 設定項目 : メッシュ刻み⇒電気角 1 周期分のロータ回転計算を行う場合、スライド半径のメッシュは何メッシュ刻みで回転させるか
 : 材料番号 ⇒使用する材料番号を指定します。（グラフ参照）
 : 磁化方向 ⇒永久磁石の磁化方向を設定します。
 : コイル入力⇒コイル数に応じて定義域が増減します。
 各々の対応材料（コイル）に対して UVW、並列番号を入力します。

例題モデルの説明

解析タイトル								
TITLE		回転ステップ	メッシュ刻み	モーター中心(x,y)(mm)		通電スイッチ	スライド半径	1周期ステップ数
解析タイプ	インナロータ	18	4	0.000E+00	0.000E+00	sin	15	18
領域番号	材料種類	材料番号	指定方向種類	X(R)方向	Y(θ)方向	座標系	磁化(密度)係数	トルク計算
1	非磁性材	1						
2	強磁性材	13						
3	強磁性材	13						
4	永久磁石	11	磁化方向	1.0	0.0	円筒系		
5	非磁性材	1						
6	非磁性材	1						

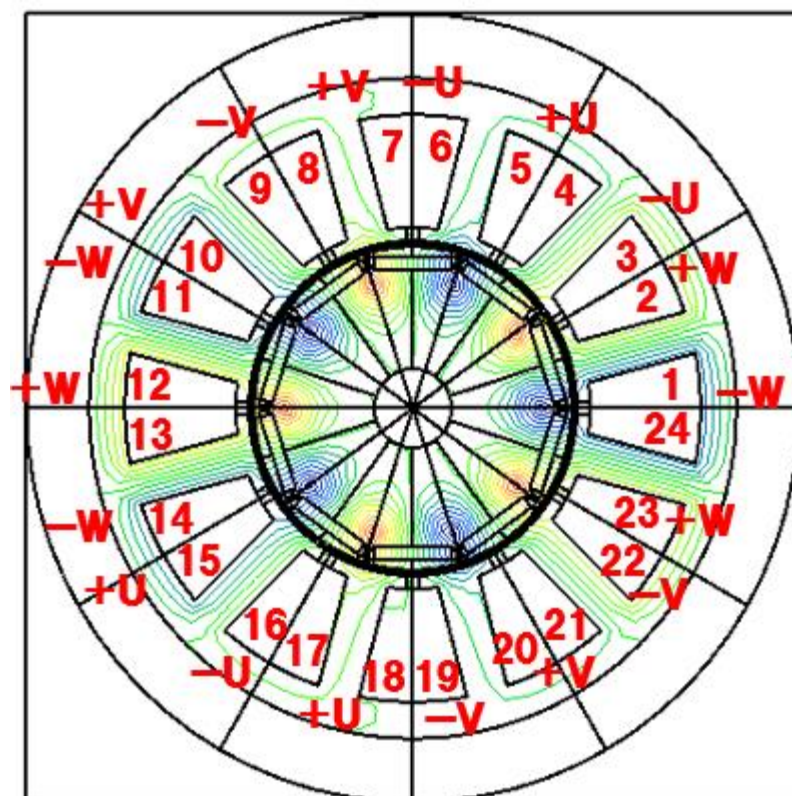
コイルの UVW と並列番号は必須です

※電流密度は 0 にして下さい（0 の場合、位相は無視されます）

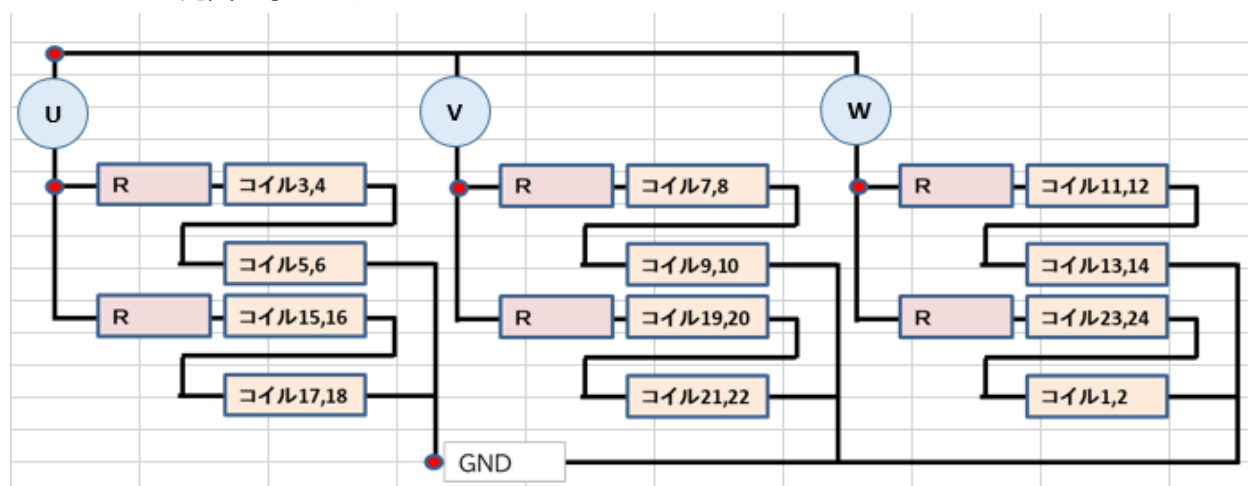
コイル番号	領域番号	電流密度(A/m ²)	位相(Deg)	UVW	並列番号
1	74	0.000E+00	-1.500E+0	-W	2
2	75	0.000E+00	-1.500E+0	+W	2
3	81	0.000E+00	9.000E+0	-U	1
4	82	0.000E+00	9.000E+0	+U	1
5	88	0.000E+00	9.000E+0	+U	1
6	89	0.000E+00	9.000E+0	-U	1
7	95	0.000E+00	9.000E+0	-U	1
8	96	0.000E+00	-3.000E+0	-V	1
9	102	0.000E+00	-3.000E+0	+V	1
10	103	0.000E+00	-3.000E+0	+V	1
11	109	0.000E+00	-1.500E+0	-W	1
12	110	0.000E+00	-1.500E+0	+W	1
13	116	0.000E+00	-1.500E+0	+W	1
14	117	0.000E+00	-1.500E+0	-W	1
15	123	0.000E+00	9.000E+0	+U	2
16	124	0.000E+00	9.000E+0	-U	2
17	130	0.000E+00	9.000E+0	-U	2
18	131	0.000E+00	9.000E+0	+U	2
19	137	0.000E+00	-3.000E+0	-V	2
20	138	0.000E+00	-3.000E+0	+V	2
21	144	0.000E+00	-3.000E+0	+V	2
22	145	0.000E+00	-3.000E+0	-V	2
23	151	0.000E+00	-1.500E+0	+W	2
24	152	0.000E+00	-1.500E+0	-W	2

電流密度と位相は
静特性計算でなく
FEM 計算でトルクを
計算する時に使います

●コイルの位相図を示します



●コイルの並列図を示します



3-9 トルク計算の実行

- ① メニュー項目より「トルク計算実行」ボタンをクリックします。

※今回は、メッシュ刻み4で、電気角1周期の計算を18回転ステップで計算します

解析タイトル			
TITLE		回転ステップ	メッシュ刻み
解析タイプ	インナロータ	18	4

進捗状況 15%

モータ特性試作版[200708].xlsm - Excel

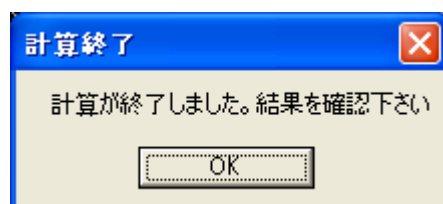
データ 校閲 表示 開発 アドイン

条件付き書式 テーブルとして書式設定 セルのスタイル

B9 : 解析タイトル

トルク計算実行

- ② <OK>をクリックして計算を終了します。



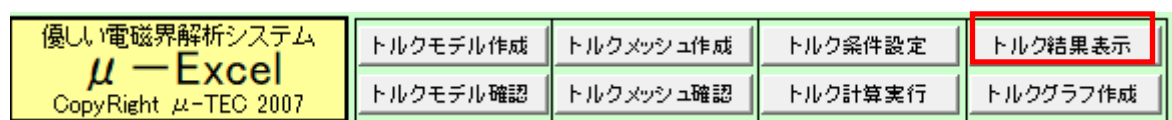
3-10 トルク結果の表示

- ① 計算が終了すると自動的に評価シートに移ります。

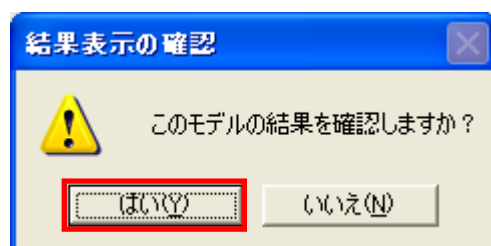
優しい電磁界解析システム μ -Excel CopyRight μ -TEC 2007		トルクモデル作成	トルクメッシュ作成	トルク条件設定	トルク結果表示
		トルクモデル確認	トルクメッシュ確認	トルク計算実行	トルクグラフ作成

評価点の磁束密度							
評価点数	6	表示Step	0				
評価点番号	x座標(mm)	y座標(mm)	Bx(Gauss)	By(Gauss)	Babs(Gauss)	Br(Gauss)	B θ (Gauss)
1	1.556E+01	1.556E+01	-2.319E+03	-2.229E+03	3.217E+03	-3.216E+03	6.395E+01
2	5.694E+00	2.125E+01	1.278E+01	8.245E+00	1.619E+01	1.127E+01	-1.021E+01
3	-5.694E+00	2.125E+01	-1.901E+02	6.572E+02	6.843E+02	6.840E+02	1.351E+01
4	-1.556E+01	1.556E+01	1.464E+03	-1.426E+03	2.044E+03	-2.044E+03	-2.727E+01
5	-2.125E+01	5.694E+00	-2.755E+03	7.387E+02	2.853E+03	2.853E+03	-4.008E-01
6	-2.125E+01	-5.694E+00	2.857E+03	7.597E+02	2.957E+03	-2.957E+03	5.762E+00

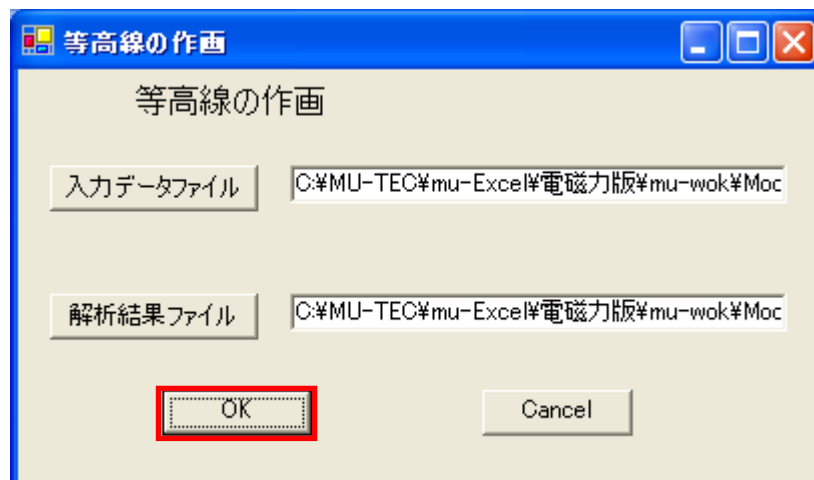
- ② メニュー項目より「結果表示」ボタンをクリックします。



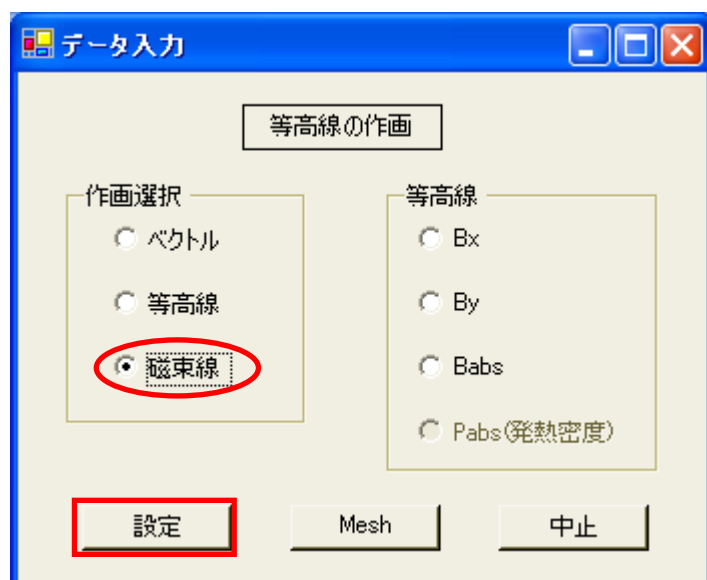
- ③ 確認ダイアログが出力されるので、<はい>をクリックします。



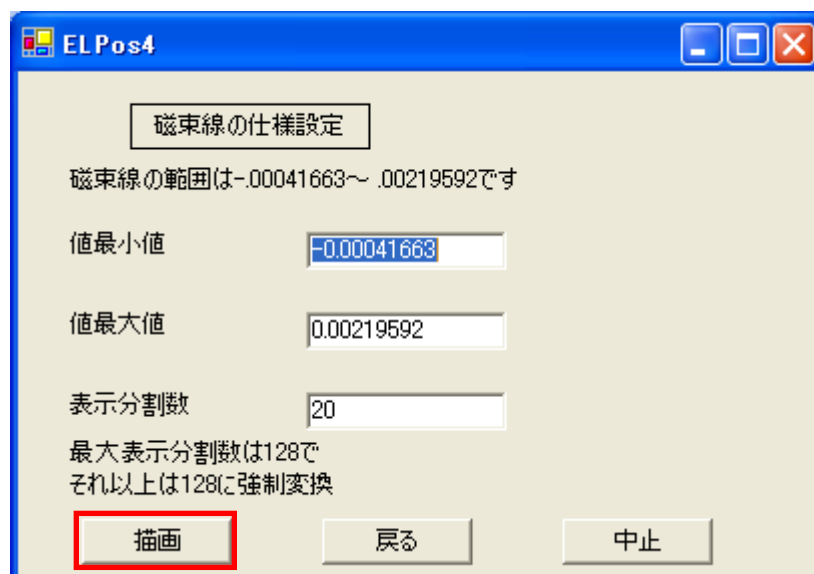
- ④ 入力データの設定は出来ていますので、<OK>をクリックしてください。



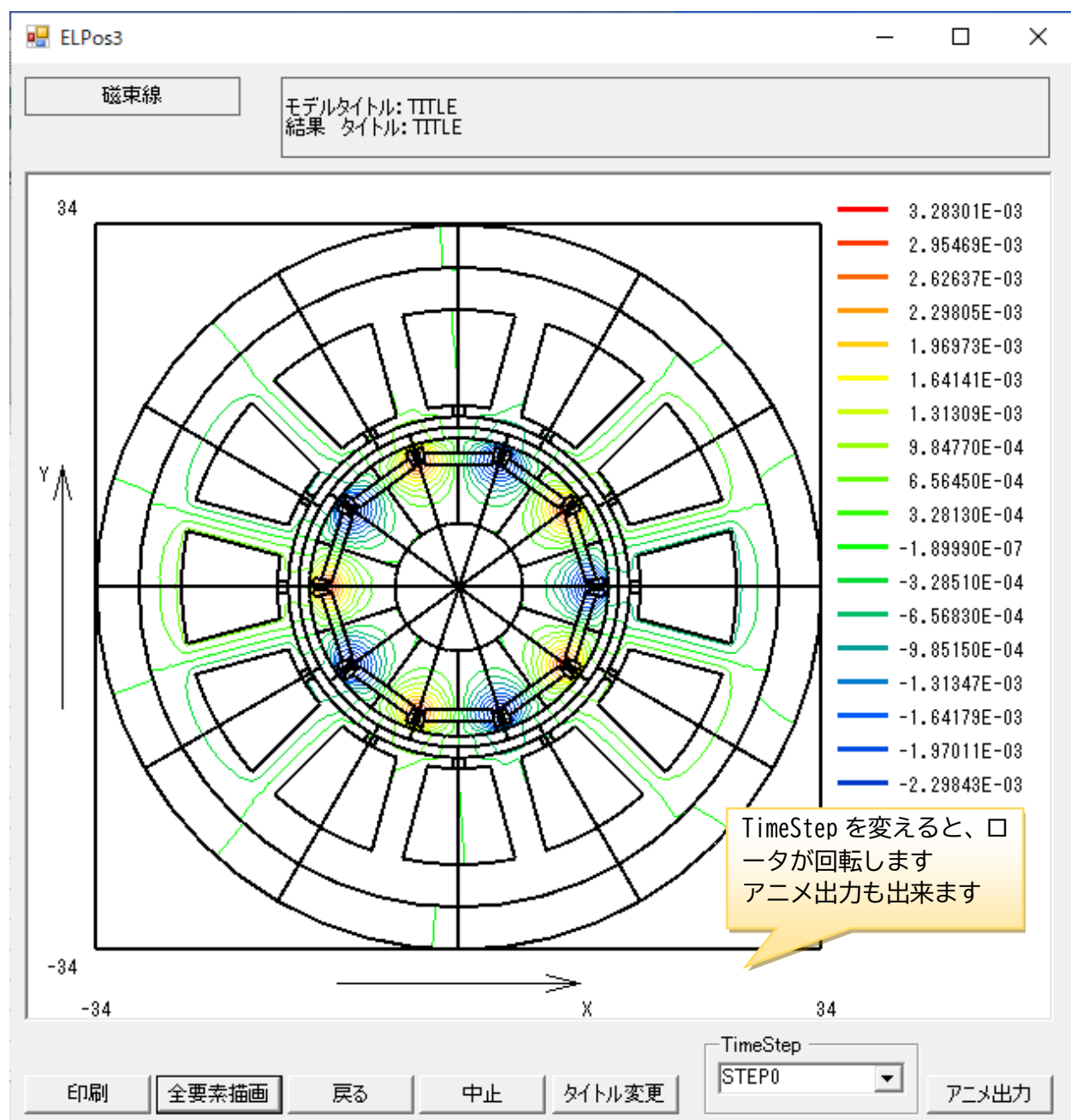
- ⑤ 「磁束線」をチェックして「設定」ボタンをクリックします。



- ⑥ 「描画」ボタンをクリックします。

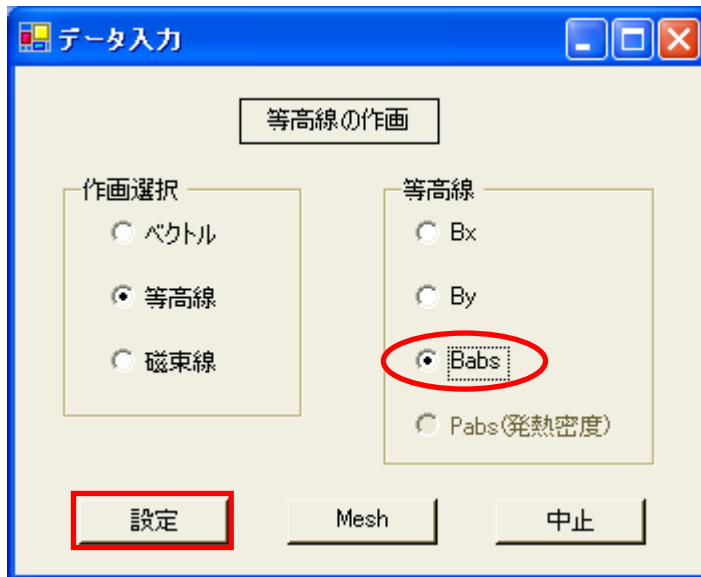


⑦ 磁束線が表示されます。

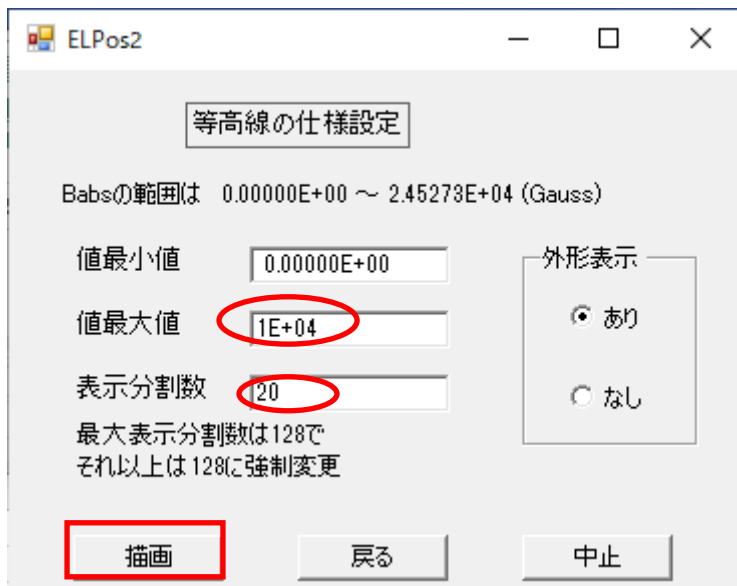


⑧ 「等高線」と「Babs」をチェックして「設定」ボタンをクリックします。

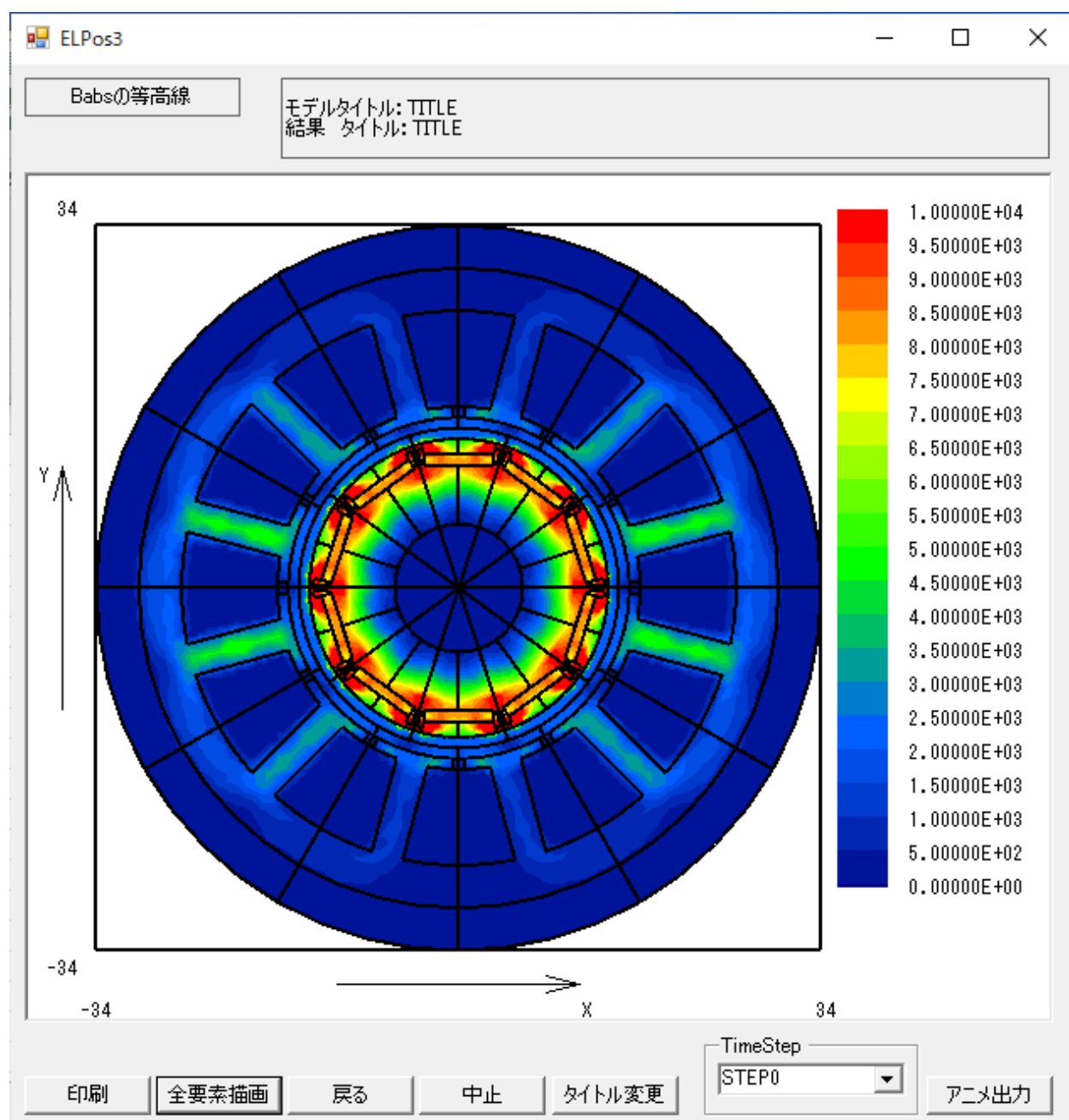
「Bx」：磁束密度 B の X 成分 「By」：磁束密度 B の Y 成分 「Babs」：磁束密度 B の絶対値



⑧ 「表示分割数」を20(適当)に設定し、「描画」ボタンをクリックします。



⑨ 等高線が表示されます。



3-1 1 トルクグラフの作成

① 評価点を入力します。

：評価点数を入力⇒入力域が増減します。

：評価点を入力 ⇒グラフ出力したい範囲の座標値を入力します。

：設定方法の詳細は、－4： μ -Excelの詳細利用法－を参照して下さい。

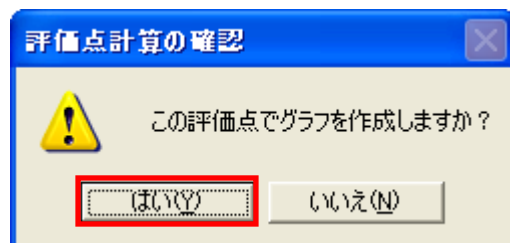
優しい電磁界解析システム μ -Excel CopyRight μ -TEC 2007		トルクモデル作成	トルクメッシュ作成	トルク条件設定	トルク結果表示
		トルクモデル確認	トルクメッシュ確認	トルク計算実行	トルクグラフ作成

評価点の磁束密度							
評価点数	6	表示Step	0				
評価点番号	x座標(mm)	y座標(mm)	Bx(Gauss)	By(Gauss)	Babs(Gauss)	Br(Gauss)	B θ (Gauss)
1	1.556E+01	1.556E+01	-2.319E+03	-2.229E+03	3.217E+03	-3.216E+03	6.395E+01
2	5.694E+00	2.125E+01	1.278E+01	8.245E+00	1.619E+01	1.127E+01	-1.021E+01
3	-5.694E+00	2.125E+01	-1.901E+02	6.572E+02	6.843E+02	6.840E+02	1.351E+01
4	-1.556E+01	1.556E+01	1.464E+03	-1.426E+03	2.044E+03	-2.044E+03	-2.727E+01
5	-2.125E+01	5.694E+00	-2.755E+03	7.387E+02	2.853E+03	2.853E+03	-4.008E-01
6	-2.125E+01	-5.694E+00	2.857E+03	7.597E+02	2.957E+03	-2.957E+03	5.762E+00

② メニュー項目より「グラフ作成」ボタンをクリックします。

優しい電磁界解析システム μ -Excel CopyRight μ -TEC 2007		トルクモデル作成	トルクメッシュ作成	トルク条件設定	トルク結果表示
		トルクモデル確認	トルクメッシュ確認	トルク計算実行	トルクグラフ作成

② 確認ダイアログが出力されるので、<はい>をクリックします。



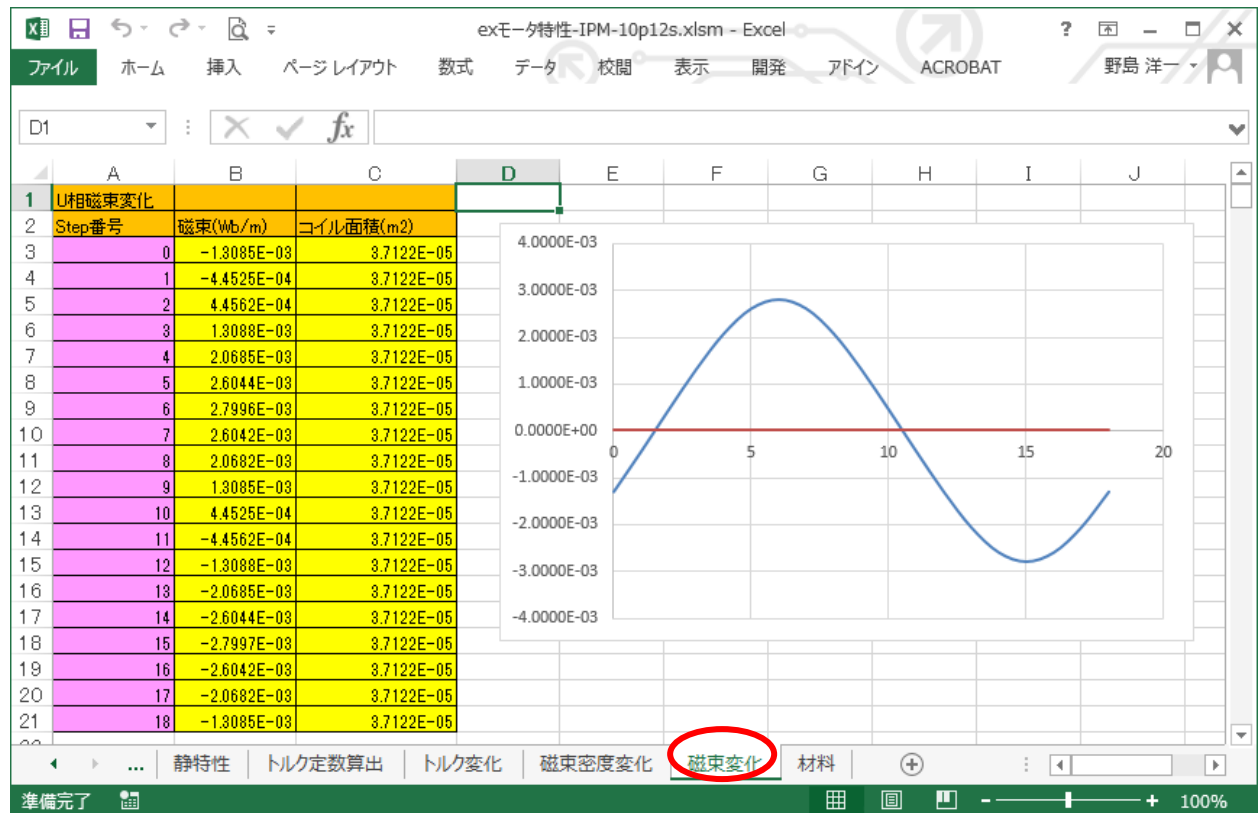
④ 評価シートに結果が出力されます。

優しい電磁界解析システム μ - Excel CopyRight μ -TEC 2007		トルクモデル作成	トルクメッシュ作成	トルク条件設定	トルク結果表示
		トルクモデル確認	トルクメッシュ確認	トルク計算実行	トルクグラフ作成

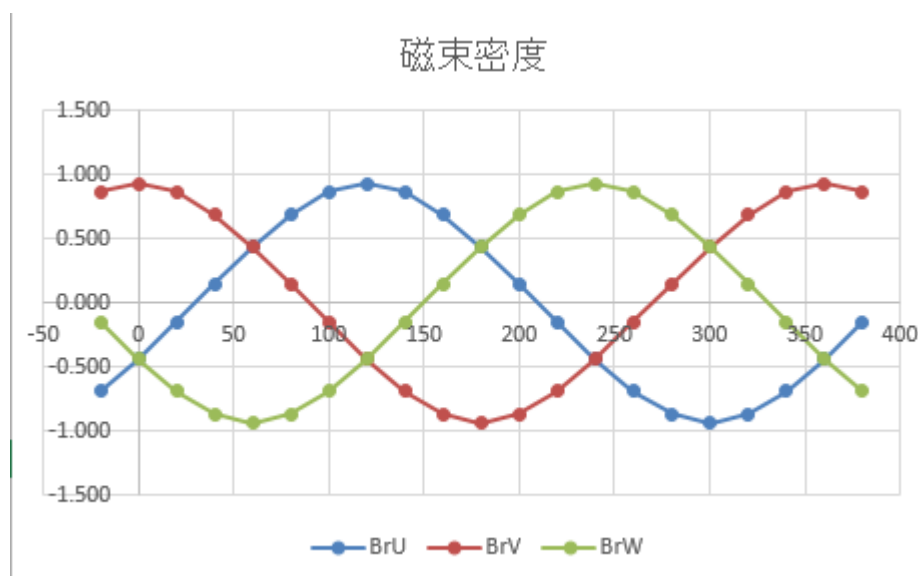
評価点の磁束密度							
評価点数	6	表示Step	0				
評価点番号	x座標(mm)	y座標(mm)	Bx(Gauss)	By(Gauss)	Babs(Gauss)	Br(Gauss)	B θ (Gauss)
1	1.556E+01	1.556E+01	-2.319E+03	-2.229E+03	3.217E+03	-3.216E+03	6.395E+01
2	5.694E+00	2.125E+01	1.278E+01	8.245E+00	1.619E+01	1.127E+01	-1.021E+01
3	-5.694E+00	2.125E+01	-1.901E+02	6.572E+02	6.843E+02	6.840E+02	1.351E+01
4	-1.556E+01	1.556E+01	1.464E+03	-1.426E+03	2.044E+03	-2.044E+03	-2.727E+01
5	-2.125E+01	5.694E+00	-2.755E+03	7.387E+02	2.853E+03	2.853E+03	-4.008E-01
6	-2.125E+01	-5.694E+00	2.857E+03	7.597E+02	2.957E+03	-2.957E+03	5.762E+00

3-1 2 トルク定数算出の流れ

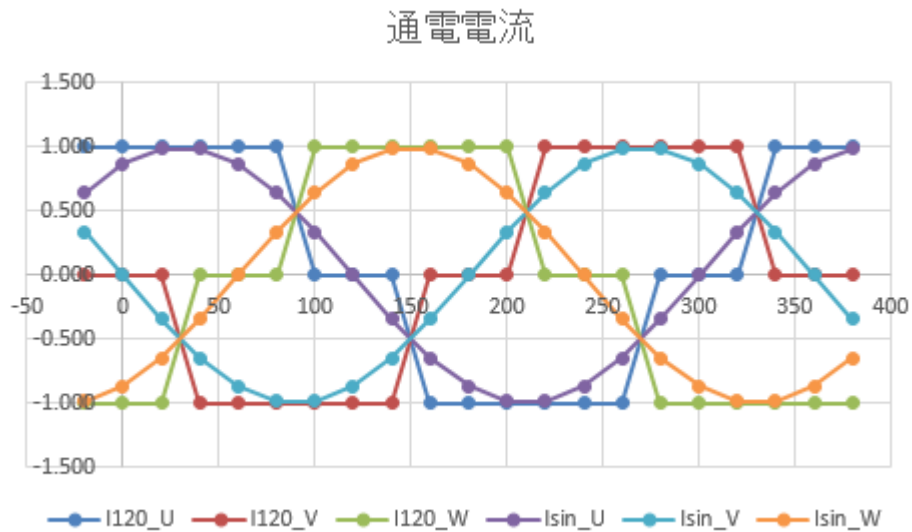
① U相コイル間の磁束変化が計算されます(磁束変化シート)



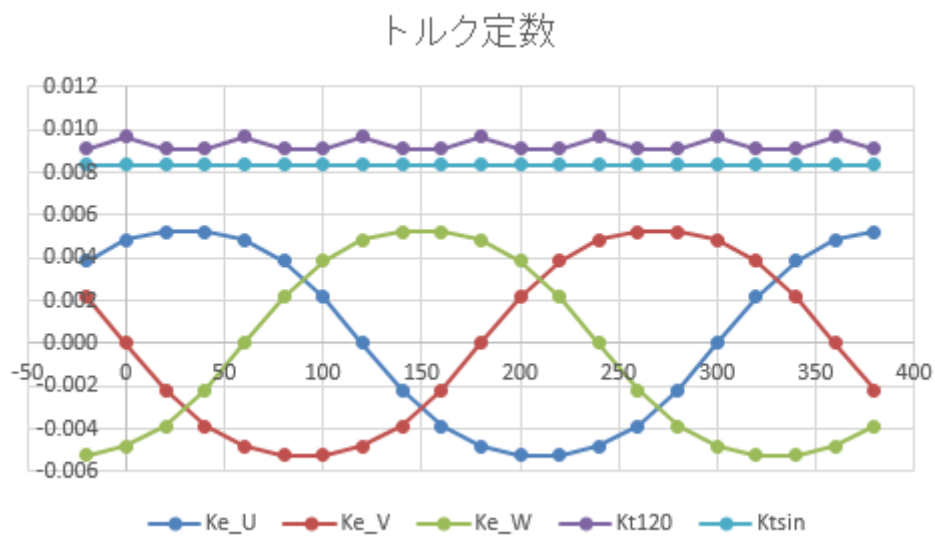
② UVWの磁束変化から誘起電圧波形を算出します(トルク定数算出シート)



③ 通電電流（単位電流）のパターンが設定されます（120 度通電と S I N 通電）



④ 誘起電圧波形と通電電流波形を掛け合わせ、トルク定数波形を算出します



⑤ UVWを合成し平均化することで、最終的にトルク定数を算出します

120度通電			トルク定数	SIN通電			トルク定数
I120_U	I120_V	I120_W	Kt120	Isin_U	Isin_V	Isin_W	Ktsin
1.000	0.000	-1.000	0.009	0.643	0.342	-0.985	0.008
1	0	-1	9.67E-03	0.8660	0.0000	-0.8660	8.37E-03
1	0	-1	9.09E-03	0.9848	-0.3420	-0.6428	8.37E-03
1	-1	0	9.09E-03	0.9848	-0.6428	-0.3420	8.37E-03
1	-1	0	9.67E-03	0.8660	-0.8660	0.0000	8.37E-03
1	-1	0	9.09E-03	0.6428	-0.9848	0.3420	8.37E-03
0	-1	1	9.09E-03	0.3420	-0.9848	0.6428	8.37E-03
0	-1	1	9.67E-03	0.0000	-0.8660	0.8660	8.37E-03
0	-1	1	9.09E-03	-0.3420	-0.6428	0.9848	8.37E-03
-1	0	1	9.09E-03	-0.6428	-0.3420	0.9848	8.37E-03
-1	0	1	9.67E-03	-0.8660	0.0000	0.8660	8.37E-03
-1	0	1	9.09E-03	-0.9848	0.3420	0.6428	8.37E-03
-1	1	0	9.09E-03	-0.9848	0.6428	0.3420	8.37E-03
-1	1	0	9.67E-03	-0.8660	0.8660	0.0000	8.37E-03
-1	1	0	9.09E-03	-0.6428	0.9848	-0.3420	8.37E-03
0	1	-1	9.09E-03	-0.3420	0.9848	-0.6428	8.37E-03
0	1	-1	9.67E-03	0.0000	0.8660	-0.8660	8.37E-03
0	1	-1	9.09E-03	0.3420	0.6428	-0.9848	8.37E-03
1	0	-1	9.09E-03	0.6428	0.3420	-0.9848	8.37E-03
1	0	-1	9.67E-03	0.8660	0.0000	-0.8660	8.37E-03
1	0	-1	9.09E-03	0.9848	-0.3420	-0.6428	8.37E-03
			9.29E-03				8.37E-03

⑥ 得られたトルク定数は静特性解析に利用されます（静特性シート）

◇トルク定数	120度通電	sin通電
トルク定数Kt(Nm/A)	9.29E-03	8.37E-03
誘起電圧定数Ke(V/rpm)	9.73E-04	8.77E-04

※トルク定数(Nm/A)と誘起電圧定数(Volt/(rad/s))は等価のものです、上記では誘起電圧定数の単位を(rpm)に変換しています

3-13 モータ静特性の算出

- ① 静特性シートにトルク定数、誘起電圧定数が設定されます

◇モータ条件			
極数P	10		
スロット数Nslot	12		
モデル角度Mdeg(deg)	360		
ディース巾TW(mm)	3		
積厚TH(mm)	16		
巻き数/スロットNturn	26		
コイル並列数	2		
◇トルク定数			
	120度通電	sin通電	
トルク定数Kt(Nm/A)	9.29E-03	8.37E-03	
誘起電圧定数Ke(V/rpm)	9.73E-04	8.77E-04	
◇駆動条件			
		オプション	
起動電圧Vs(volt)	25.4	電圧ドロップ分Vd(volt)	0
コイル抵抗Rm(Ω)	0.05	抵抗増加分Rd(Ω)	0
駆動電流(A)	7.6	粘性負荷Tn(Nm)	0
位相シフト(deg)	0	固定負荷Tk(Nm)	0
◇静特性			
	120度通電	sin通電	
無負荷時回転数N0(rpm)	2.61E+04	2.90E+04	$\leq (k_t * (V_s - V_d)) / (R_m + R_d) - T_l$
無負荷時電流I0(A)	0.00E+00	0.00E+00	$\leq ((V_s - V_d) - K_e * N_0) / (R_m + R_d)$
拘束(起動)電流Is(A)	5.08E+02	5.08E+02	$\leq (V_s - V_d) / (R_m + R_d)$
拘束(起動)トルクTs(Nm)	4.72E+00	4.25E+00	$\leq (K_t * (V_s - V_d)) / (R_m + R_d) - T_l$
... 静特性 トルク定数算出 トルク変化 磁束密度変化 磁束変化			

- ② モータ条件を設定します（赤枠以外はモデルテンプレート情報から自動設定されます）

◇モータ条件			
極数P	10		
スロット数Nslot	12		
モデル角度Mdeg(deg)	360		
ディース巾TW(mm)	3		
積厚TH(mm)	16		
巻き数/スロットNturn	26		
コイル並列数	2		

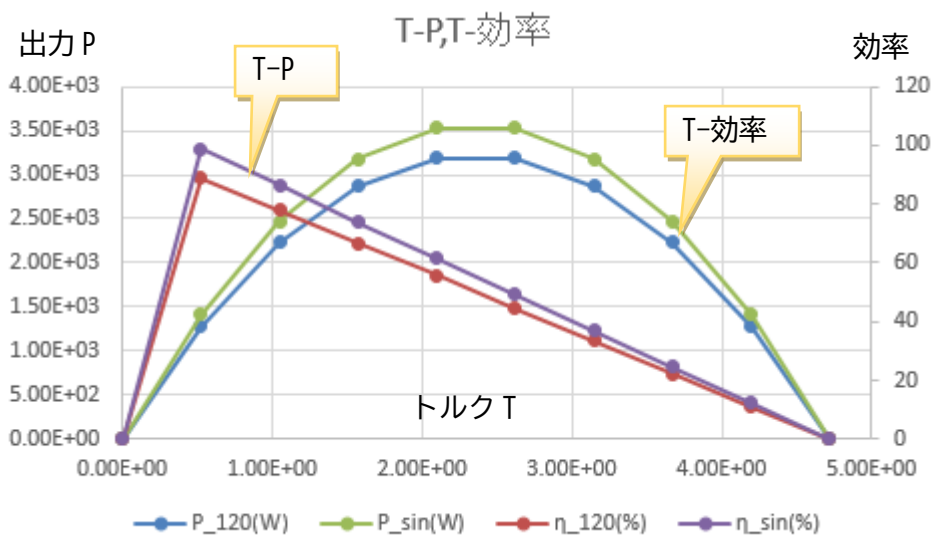
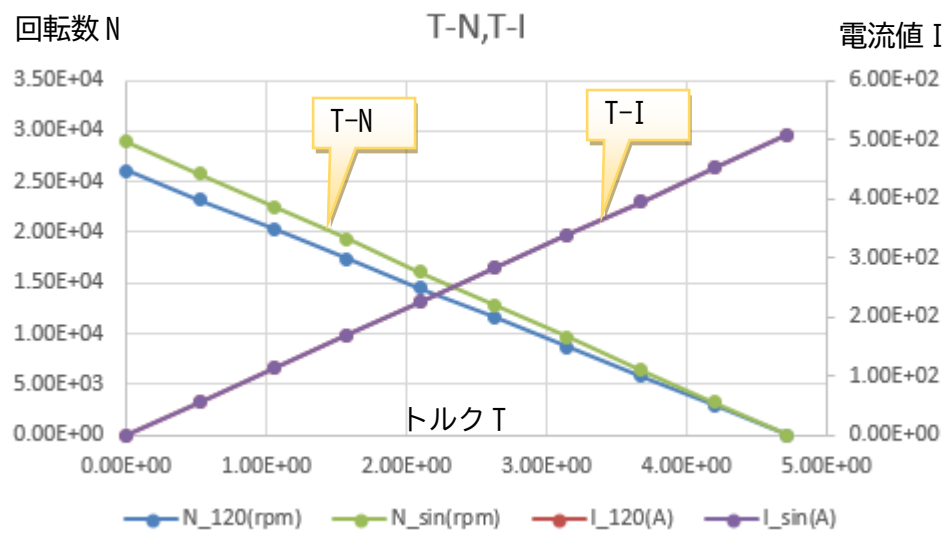
- ③ 駆動条件を設定します

◇駆動条件			
		オプション	
起動電圧Vs(volt)	25.4	電圧ドロップ分Vd(volt)	0
コイル抵抗Rm(Ω)	0.05	抵抗増加分Rd(Ω)	0
駆動電流(A)	7.6	粘性負荷Tn(Nm)	0
位相シフト(deg)	0	固定負荷Tk(Nm)	0

④ 静特性数値が算出されます

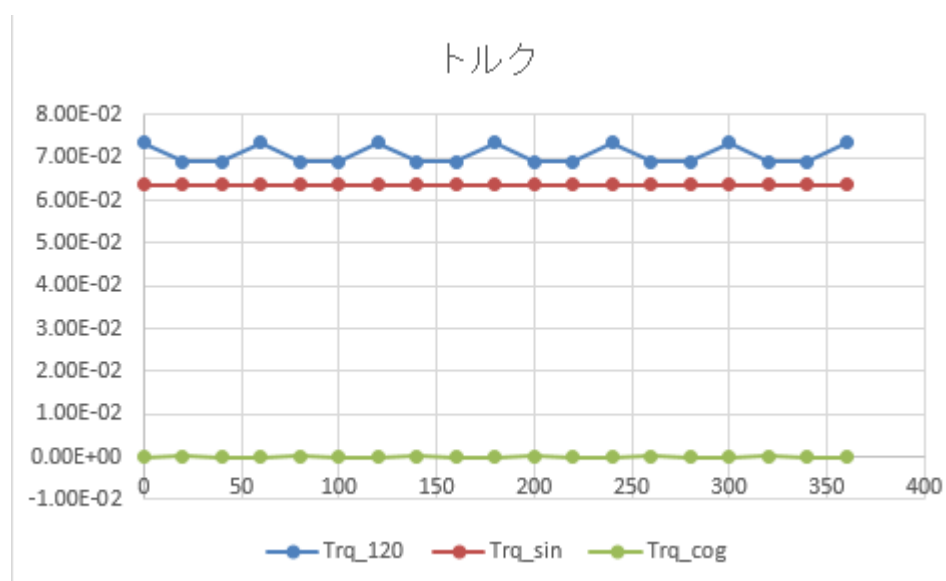
◇静特性	120度通電	sin通電
無負荷時回転数 N_0 (rpm)	2.61E+04	2.90E+04
無負荷時電流 I_0 (A)	0.00E+00	0.00E+00
拘束(起動)電流 I_s (A)	5.08E+02	5.08E+02
拘束(起動)トルク T_s (Nm)	4.72E+00	4.25E+00

⑤ 静特性グラフが表示されます



⑥ 駆動条件の駆動電流を修正して、トルクカーブを算出します

◇駆動条件		オプション	
起動電圧Vs(volt)	25.4	電圧ドロップ分Vd(volt)	0
コイル抵抗Rm(Ω)	0.05	抵抗増加分Rd(Ω)	0
駆動電流(A)	7.6	粘性負荷Tn(Nm)	0
位相シフト(deg)	0	固定負荷TI(Nm)	0



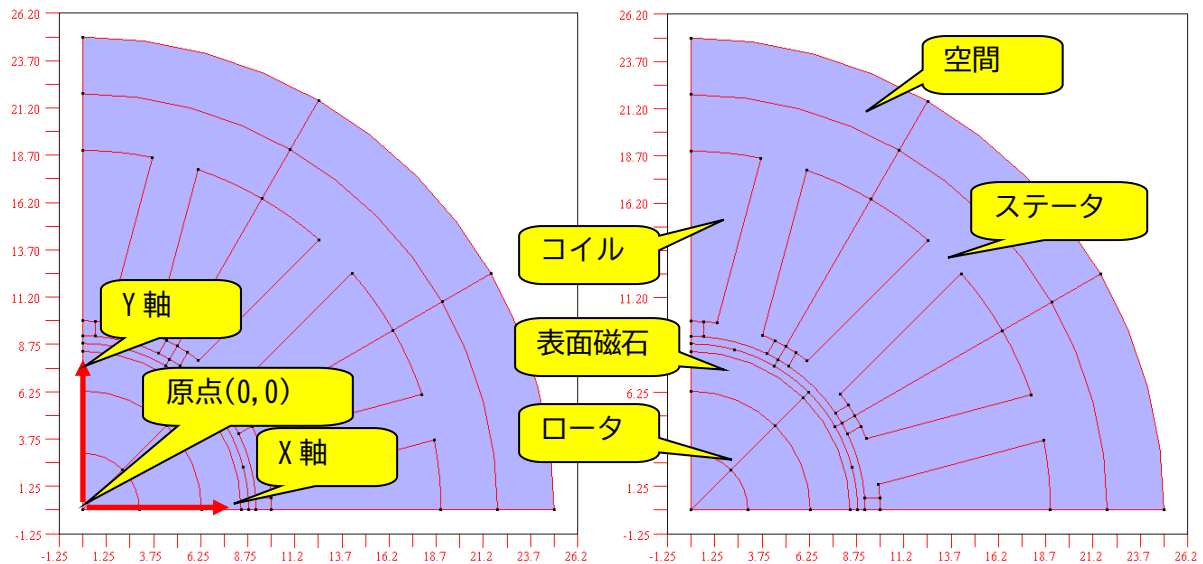
4 μ -Excel の詳細利用方法（新規にモデルを作成する）

基本データをコピーした後、新規にモデルを作成することによって新しい計算を進めていきます。
※基本データは、sample フォルダ内の、ex モータ特性-8p12sC.xlsm を使っています

4-1 モデル定義の仕組みを確認する

モデルの全体像を確認します。今回は 8 極 12 スロットの表面磁石モータです。モデルテンプレートで作成します。

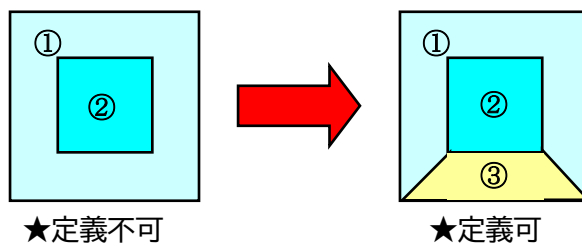
① 回転モデルの場合原点に回転中心を合わせます



② 解析対象を領域として定義します。（解析領域を領域で埋め尽くします）

- ：領域設定順は任意ですが、前番号領域のいずれかに接している必要があります。
- ：領域数の範囲は 1 ～ 255 までです。

ご注意！ 穴の開いた領域は定義出来ません。



4-2 新規にモデルを作成する

4-2-1 モデルテンプレートの概要

マクロボタン

優しい電磁界解析システム
 μ -Excel
CopyRight μ -TEC 2007

×	インナー確認	モータ作成	×
パターン読込	アウター確認	×	×

モデル情報

モータタイプ	Inner Rotor	Inner Rotor: 内径側がロータで磁石磁極
スロット数	12	
磁石極数	8	
インナパターン名	innerSPM	
アウタパターン名	outerSLOT	

基本設定とパターンの選択

最終モータモデル情報

モデル角度	90 deg	(スロット組数(=スロット数/8)と極組数(=極数/2)の最大公約数GCDより算出)
インナ角度	45 deg	モデル内 2 個
アウタ角度	30 deg	モデル内 3 個
スライドアーク角度	15 deg	(360度/(スロット数・極数の最小公倍数LCM)より算出)

インナモデル	パラメタ数	5	インナ角度修正後モデル確認!
1	45 deg		モデル角度
2	8.8 mm		スライド半径
3	8.4 mm		磁石外半径
4	6.9 mm		磁石内半径
5	3 mm		コア内半径

モデルパターンの詳細寸法

アウタモデル	パラメタ数	9	アウタ角度修正後モデル確認!
1	30 deg		モデル角度
2	8.8 mm		スライド半径
3	9.2 mm		コア内半径
4	10 mm		コイル内半径
5	19 mm		コイル外半径
6	22 mm		コア外半径
7	25 mm		モデル外半径
8	2.5 mm		ティース巾
9	1.3 mm		スロット開口幅

innerSPM

outerSLOT

選択されたモデルパターン

inner0

innerIPM-H

innerIPM-V

innerIPM2

innerSLOT

innerSPM

登録されているモデルパターン

outer0

outerSLOT

outerSPM

4-2-2 モデルパターンの選択と基本情報の設定

- ① モデルパターンシートに移動します

モデルテンプレート	トルクモデル	トルク条件	トルク結果	静特性
-----------	--------	-------	-------	-----

- ② モデル情報を設定します

モータタイプ：InnerRotor を選択します

モデル情報		
モータタイプ	InnerRotor	
スロット数	InnerRotor	
磁石極数	OuterRotor	

スロット数：12 を選択します

モデル情報		
モータタイプ	InnerRotor	Inne
スロット数	12	
磁石極数	3	
インナパタン名	6	
アウトパタン名	9	
	12	
	15	
モデル角度	18	
インナ角度	21	
アウト角度	24	

磁石極数：8 を選択します

モデル情報		
モータタイプ	InnerRotor	Inne
スロット数	12	
磁石極数	8	
インナパタン名	2	
アウトパタン名	4	
	6	
	8	
モデル角度	10	
インナ角度	12	
アウト角度	14	
フライドマーク角度	16	

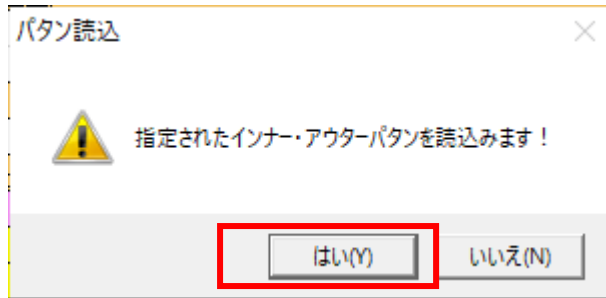
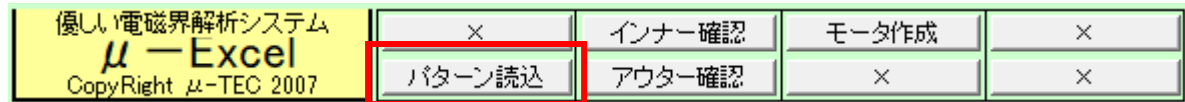
- ③ モデルパターンを選択します

インナパタン名：innerSPM を選択します アウトパタン名：outerSLOT を指定します

モデル情報		
モータタイプ	InnerRotor	Inne
スロット数	12	
磁石極数	8	
インナパタン名	innerSPM	
アウトパタン名	inner0	
	innerIPM-H	
	innerIPM-V	
	innerIPM2	
モデル角度	innerSLOT	
インナ角度	innerSPM	
アウト角度		

モデル情報		
モータタイプ	InnerRotor	Inne
スロット数	12	
磁石極数	8	
インナパタン名	innerSPM	
アウトパタン名	outerSLOT	
	outer0	
モデル角度	outerSLOT	
インナ角度	outerSPM	
アウト角度		

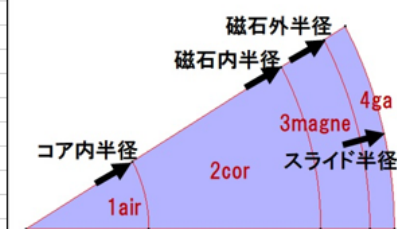
④ パターンを読み込みます



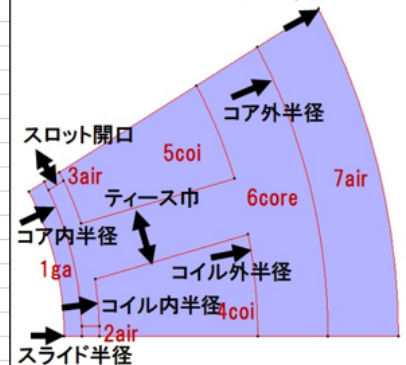
選択されたパターンが表示されます

インナモデル	パラメタ数	5	インナ角度修正後モデル確認！	アウタモデル	パラメタ数	9	アウタ角度修正後モデル確認！
1	45	deg	モデル角度	1	30	deg	モデル角度
2	15	mm	スライド半径	2	15	mm	スライド半径
3	14	mm	磁石外半径	3	16	mm	コア内半径
4	12	mm	磁石内半径	4	17	mm	コイル内半径
5	5	mm	コア内半径	5	26	mm	コイル外半径
				6	30	mm	コア外半径
				7	34	mm	モデル外半径
				8	3	mm	ティース巾
				9	1	mm	スロット開口幅

innerSPM



outerSLOT

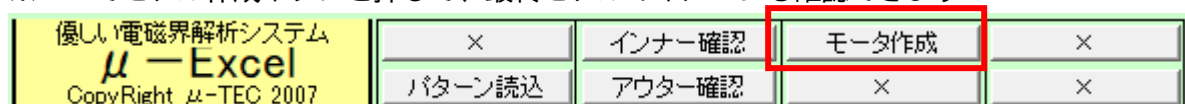


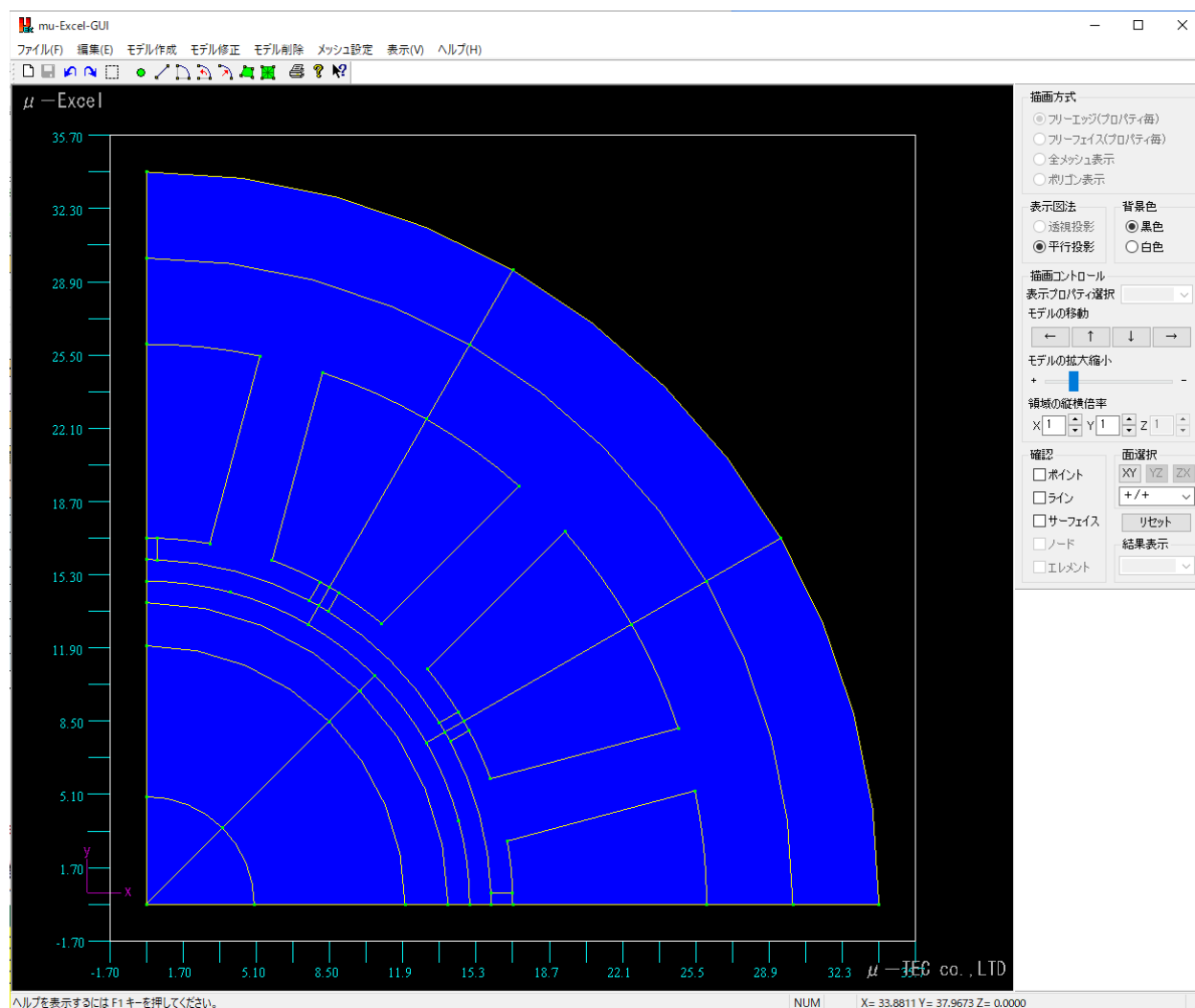
⑤ モデル情報を確認します

モデルパタンの組み合わせと、スロット数・極数から、最終モデルの下記情報が決定されます

モデル角度	90	deg	(スロット組数(=スロット数/3)と極組数(=極数/2)の最小公倍数)	
インナ角度	45	deg	モデル内	2 個
アウタ角度	30	deg	モデル内	3 個
スライドアーク角度	15	deg	(360度/(スロット数、極数の最小公倍数LCM)より算出)	

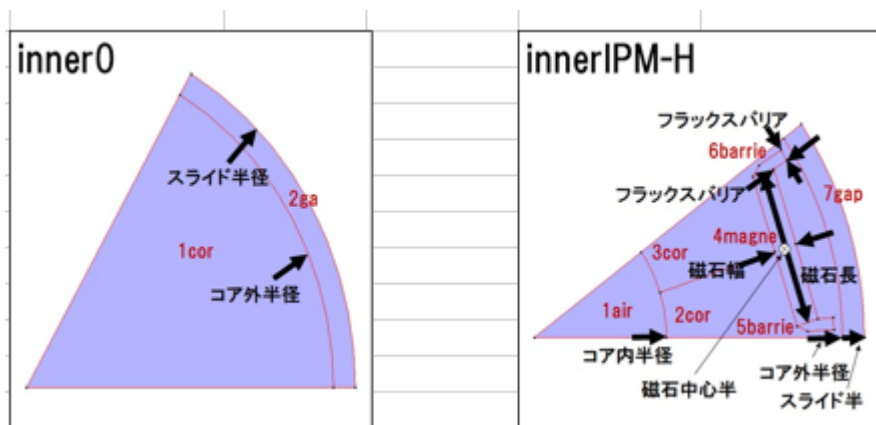
※ここでモデル作成ボタンを押して、最終モデルのイメージも確認できます





⑥ モデルパターンの仕組みを知る

モデルパタンは、インナ・アウトごとに、基本パタンが登録されていて、これを元に修正をします。新規に登録も可能ですが、現状では有償で作成代行する形式です



innerIPM-V



innerIPM2



innerIPM2



innerSPM



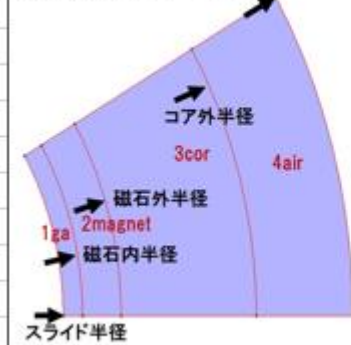
outer0



outerSLOT



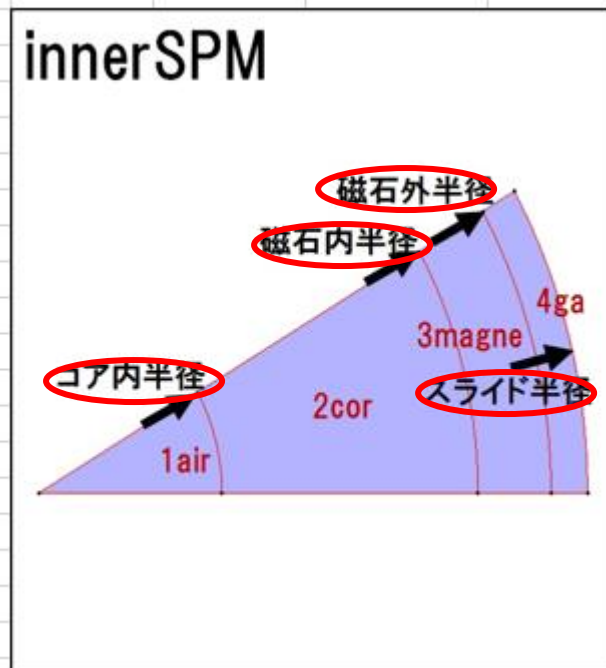
outerSPM



4-2-3 パタンモデルの寸法修正と確認

① パタンモデルの変更できる寸法は以下です

今回のインナパタンは4か所の寸法が変更できます（黒字）



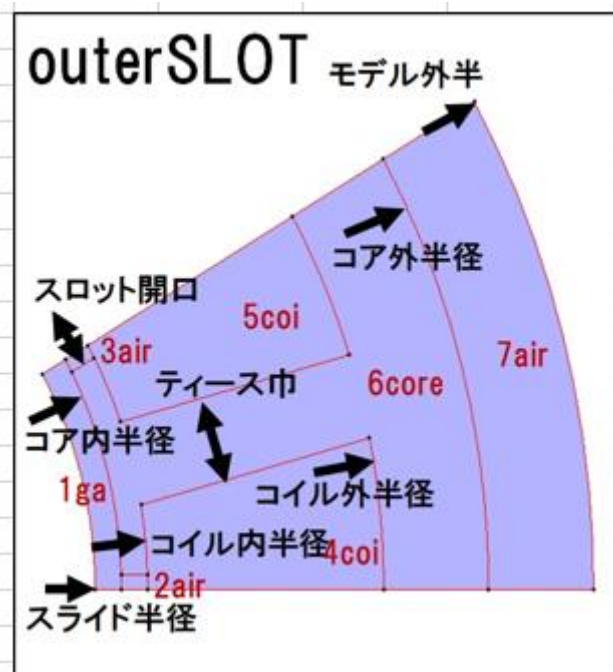
指定セルの寸法を修正してください

インナモデル	パラメタ数		5	インナ角度修正
1	45	deg		モデル角度
2	15	mm		スライド半径
3	14	mm		磁石外半径
4	12	mm		磁石内半径
5	5	mm		コア内半径



インナモデル	パラメタ数		5	インナ角度修正
1	45	deg		モデル角度
2	8.8	mm		スライド半径
3	8.4	mm		磁石外半径
4	6.3	mm		磁石内半径
5	3	mm		コア内半径

同様に、アウトパタンも修正してください。この時、スライド半径を同じ値にする必要があります
 ※スライド半径とは、ロータとステータをこの半径で合わせ、ここを境にロータの回転解析を行う場所です



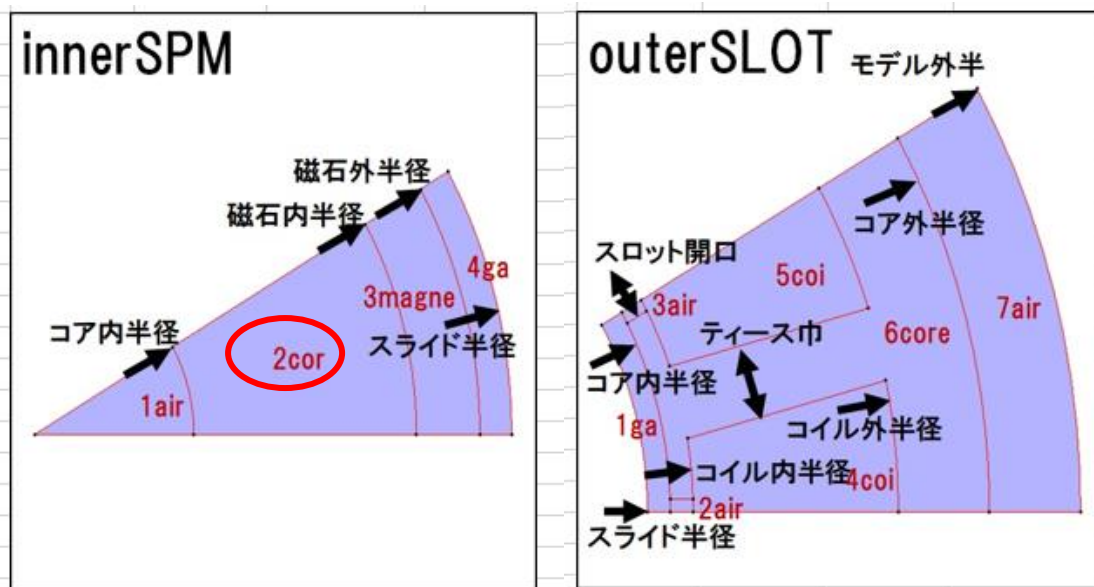
アウトモデル	パラメタ数	9	アウト角度修正後
1	30	deg	モデル角度
2	15	mm	スライド半径
3	16	mm	コア内半径
4	17	mm	コイル内半径
5	26	mm	コイル外半径
6	30	mm	コア外半径
7	34	mm	モデル外半径
8	3	mm	ティース巾
9	1	mm	スロット開口幅



アウトモデル	パラメタ数	9	アウト角度修正後
1	30	deg	モデル角度
2	8.8	mm	スライド半径
3	9.2	mm	コア内半径
4	10	mm	コイル内半径
5	19	mm	コイル外半径
6	22	mm	コア外半径
7	25	mm	モデル外半径
8	2.5	mm	ティース巾
9	1.3	mm	スロット開口幅

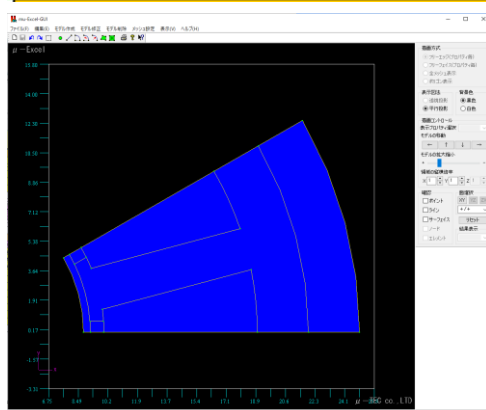
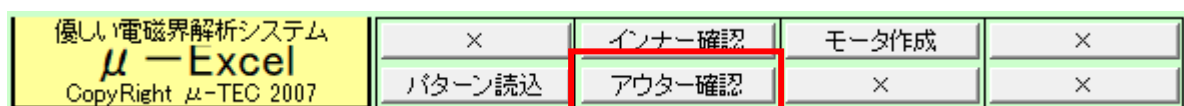
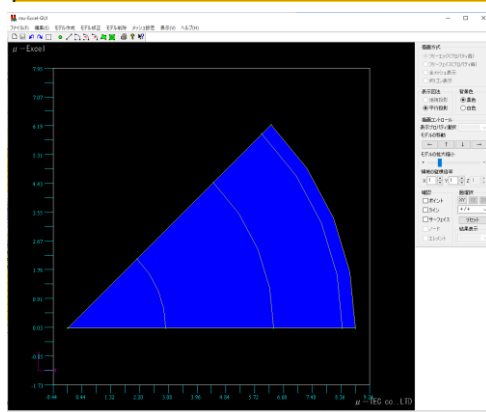
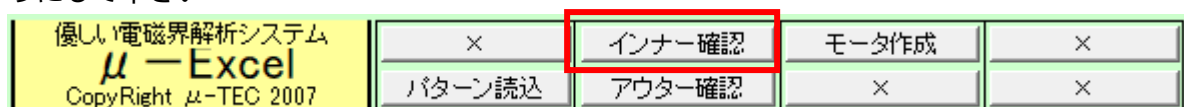
② サーフェイス番号が付いています

モデルパターンにはサーフェイス番号が付いています、条件設定の時参照します



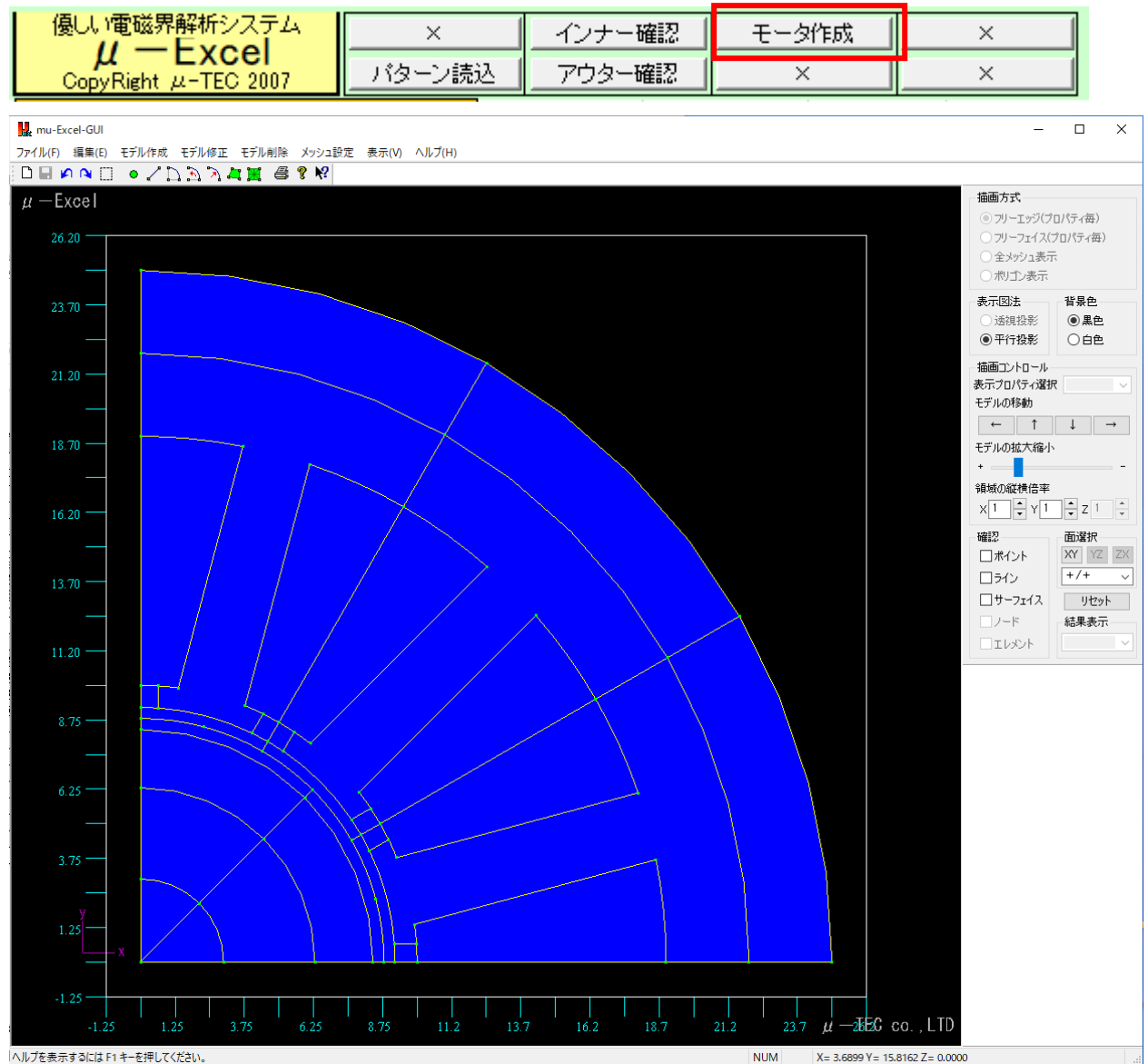
③ 修正したパターンモデルを確認します

修正した寸法でモデルが作成できるか確認します。大きすぎる寸法とかで形状が振じれたりしないようにして下さい



4-2-4 全体モデルを作成

① 全体モデルを作成します



② 作成されたモデルを格納します

作成されたモデルは、トルクモデルシートに格納されます

優しい電磁界解析システム μ -Excel CopyRight μ -TEC 2007		トルクモデル作成		トルクメッシュ作成		トルク条件設定		トルク結果表示									
		トルクモデル確認		トルクメッシュ確認		トルク計算実行		トルクグラフ作成									
モデルタイトル																	
TITLE																	
領域数	節点数	始角	終角	スライド半径	片GAP層数	刻み角度											
29	5000	0.0	90.0	8.800E+00	2	3.8											
領域輪郭点数																	
6	10	10	18	6	10	10	18	16	4								
領域番号	輪郭点1	2	3	4	5	6	7	8	9								
1	1	3	15	10	14	2											
2	3	5	17	11	16	4	2	14	10								
3	5	7	19	12	18	6	4	16	11								
4	7	9	21	13	20	8	6	18	12								
5	9	11	23	14	22	10	8	20	13								
6	11	13	25	15	24	12	10	22	14								
7	13	15	27	16	26	14	12	24	15								
8	15	17	29	17	28	16	14	26	16								
9	17	19	31	18	30	18	16	28	17								
10	19	21	33	19	32	20	18	30	18								
11	21	23	35	20	34	22	20	32	19								
12	23	25	37	21	36	24	22	34	20								
13	25	27	39	22	38	26	24	36	21								
14	27	29	41	23	40	28	26	38	22								
15	29	31	43	24	42	30	28	40	23								
16	31	33	45	25	44	32	30	42	24								
17	33	35	47	26	46	34	32	44	25								
18	35	37	49	27	48	36	34	46	26								
19	37	39	51	28	50	38	36	48	27								
20	39	41	53	29	52	40	38	50	28								
21	41	43	55	30	54	42	40	52	29								
22	43	45	57	31	56	44	42	54	30								
23	45	47	59	32	58	46	44	56	31								
24	47	49	61	33	60	48	46	58	32								
25	49	51	63	34	62	50	48	60	33								
26	51	53	65	35	64	52	50	62	34								
27	53	55	67	36	66	54	52	64	35								
28	55	57	69	37	68	56	54	66	36								
29	57	59	71	38	70	58	56	68	37								
30	59	61	73	39	72	60	58	70	38								
31	61	63	75	40	74	62	60	72	39								
32	63	65	77	41	76	64	62	74	40								
33	65	67	79	42	78	66	64	76	41								
34	67	69	81	43	80	68	66	78	42								
35	69	71	83	44	82	70	68	80	43								
36	71	73	85	45	84	72	70	82	44								
37	73	75	87	46	86	74	72	84	45								
38	75	77	89	47	88	76	74	86	46								
39	77	79	91	48	90	78	76	88	47								
40	79	81	93	49	92	80	78	90	48								
41	81	83	95	50	94	82	80	92	49								
42	83	85	97	51	96	84	82	94	50								
43	85	87	99	52	98	86	84	96	51								
44	87	89	101	53	100	88	86	98	52								
45	89	91	103	54	102	90	88	100	53								
46	91	93	105	55	104	92	90	102	54								
47	93	95	107	56	106	94	92	104	55								
48	95	97	109	57	108	96	94	106	56								
49	97	99	111	58	110	98	96	108	57								
50	99	101	113	59	112	100	98	110	58								
51	101	103	115	60	114	102	100	112	59								
52	103	105	117	61	116	104	102	114	60								
53	105	107	119	62	118	106	104	116	61								
54	107	109	121	63	120	108	106	118	62								
55	109	111	123	64	122	110	108	120	63								
56	111	113	125	65	124	112	110	122	64								
57	113	115	127	66	126	114	112	124	65								
58	115	117	129	67	128	116	114	126	66								
59	117	119	131	68	130	118	116	128	67								
60	119	121	133	69	132	120	118	130	68								
61	121	123	135	70	134	122	120	132	69								
62	123	125	137	71	136	124	122	134	70								
63	125	127	139	72	138	126	124	136	71								
64	127	129	141	73	140	128	126	138	72								
65	129	131	143	74	142	130	128	140	73								
66	131	133	145	75	144	132	130	142	74								
67	133	135	147	76	146	134	132	144	75								
68	135	137	149	77	148	136	134	146	76								
69	137	139	151	78	150	138	136	148	77								
70	139	141	153	79	152	140	138	150	78								
71	141	143	155	80	154	142	140	152	79								
72	143	145	157	81	156	144	142	154	80								
73	145	147	159	82	158	146	144	156	81								
74	147	149	161	83	160	148	146	158	82								
75	149	151	163	84	162	150	148	160	83								
76	151	153	165	85	164	152	150	162	84								
77	153	155	167	86	166	154	152	164	85								
78	155	157	169	87	168	156	154	166	86								
79	157	159	171	88	170	158	156	168	87								
80	159	161	173	89	172	160	158	170	88								
81	161	163	175	90	174	162	160	172	89								
82	163	165	177	91	176	164	162	174	90								
83	165	167	179	92	178	166	164	176	91								
84	167	169	181	93	180	168	166	178	92								
85	169	171	183	94	182	170	168	180	93								
86	171	173	185	95	184	172	170	182	94								
87	173	175	187	96	186	174	172	184	95								
88	175	177	189	97	188	176	174	186	96								
89	177	179	191	98	190	178	176	188	97								
90	179	181	193	99	192	180	178	190	98								
91	181	183	195	100	194	182	180	192	99								
92	183	185	197	101	196	184	182	194	100								
93	185	187	199	102	198	186	184	196	101								
94	187	189	201	103	200	188	186	198	102								
95	189	191	203	104	202	190	188	200	103								
96	191	193	205	105	204	192	190	202	104								
97	193	195	207	106	206	194	192	204	105								
98	195	197	209	107	208	196	194	206	106								
99	197	199	211	108	210	198	196	208	107								
100	199	201	213	109	212	200	198	210	108								
101	201	203	215	110	214	202	200	212	109								
102	203	205	217	111	216	204	202	214	110								
103	205	207	219	112	218	206	204	216	111								
104	207	209	221	113	220	208	206	218	112								
105	209	211	223	114	222	210	208	220	113								
106	211	213	225	115	224	212	210	222	114								
107	213	215	227	116	226	214	212	224	115								
108	215	217	229	117	228	216	214	226	116								
109	217	219	231	118	230	218	216	228	117								
110	219	221	233	119	232	220	218	230	118								
111	221	223	235	120	234	222	220	232	119								
112	223	225	237	121	236	224	222	234	120								
113	225	227	239	122	238	226	224	236	121								
114	227	229	241	123	240	228	226	238	122								
115	229	231	243	124	242	230	228	240	123								
116	231	233	245	125	244	232	230	242	124								
117	233	235	247	126	246	234	232	244	125								
118	235	237	249	127	248	236	234	246	126								
119	237	239	251	128	250	238	236	248	127								
120	239	241	253	129	252	240	238	250	128								
121	241	243	255	130	254	242	240	252	129								
122	243	245	257	131	256	244	242	254	130								
123	245	247	259	132	258	246	244	256	131								
124	247	249	261	133	260	248	246	258	132								
125	249	251	263	134	262	250	248	260	133								
126	251	253	265	135	264	252	250	262	134								
127	253	255	267	136	266	254	252	264	135								
128	255	257	269	137	268	256	254	266	136								
129	257	259	271	138	270	258	256	268	137								
130	259	261	273	139	272	260	258	270	138								
131	261	263	275	140	274	262	260	272	139								
132	263	265	277	141	276	264	262	274	140								
133	265	267	279	142	278	266	264	276	141								
134	267	269	281	143	280	268	266	278	142								
135	269																

4-3 作成されたデータを確認する

今回は、モデルテンプレートからモデル作成を行いました。モデルテンプレートを使用しない場合は、「トルクモデル作成」でモデルを作成します

① トルクモデルシートの概要

優しい電磁界解析システム

μ-Excel

Copyright μ-TEC 2007

トルクモデル作成

トルクメッシュ作成

トルク条件設定

トルク結果表示

トルクモデル確認

トルクメッシュ確認

トルク計算実行

トルクグラフ作成

モデルタイトル

モデルタイトルを入力できます

TITLE

領域数

節点数

始角

終角

スライド半径

片GAP層数

刻み角度

29

5000

0.0

90.0

8.800E+00

2

3.8

領域輪郭点数

6

10

10

18

6

10

10

3

16

4

領域番号

輪郭

2

3

4

5

6

7

8

9

1

1

3

15

14

2

メッシュ作成時の節点数を入力します

モデル情報より終角とスライド半径は、自動入力されます

スライドアークのメッシュ刻み角度です修正が必要です

5

1

6

36

38

50

44

49

5

3

47

43

7

38

40

52

45

51

7

5

49

44

8

40

55

56

57

58

59

60

61

62

27

179

181

213

199

212

193

191

208

197

28

187

189

209

197

208

191

193

212

199

29

183

185

217

201

216

132

130

214

200

輪郭点数

160

輪郭点番号

x座標(mm)

y座標(mm)

1

0.000E+00

0.000E+00

2

3.000E+00

0.000E+00

3

2.121E+00

2.121E+00

4

6.300E+00

0.000E+00

5

4.455E+00

4.455E+00

6

8.400E+00

0.000E+00

7

5.940E+00

5.940E+00

8

8.800E+00

0.000E+00

10

2.772E+00

1.148E+00

11

5.820E+00

2.411E+00

12

7.761E+00

3.215E+00

14

2.942E+00

5.853E-01

15

2.494E+00

1.667E+00

16

6.179E+00

1.229E+00

17

5.238E+00

3.500E+00

18

8.239E+00

1.639E+00

19

6.984E+00

4.667E+00

22

6.223E+00

6.223E+00

23

6.616E+00

5.802E+00

各サーフェイスの輪郭点（ポイント）のつながりです

輪郭点（ポイント）の座標値です

モデルテンプレート

トルクモデル

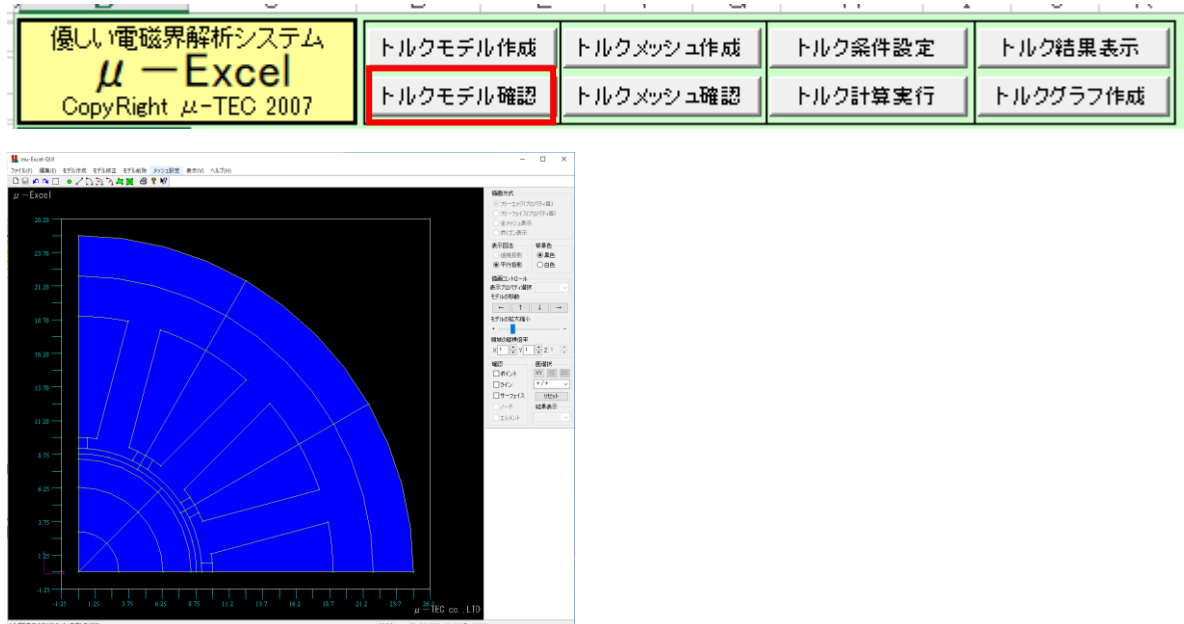
トルク条件

トルク結果

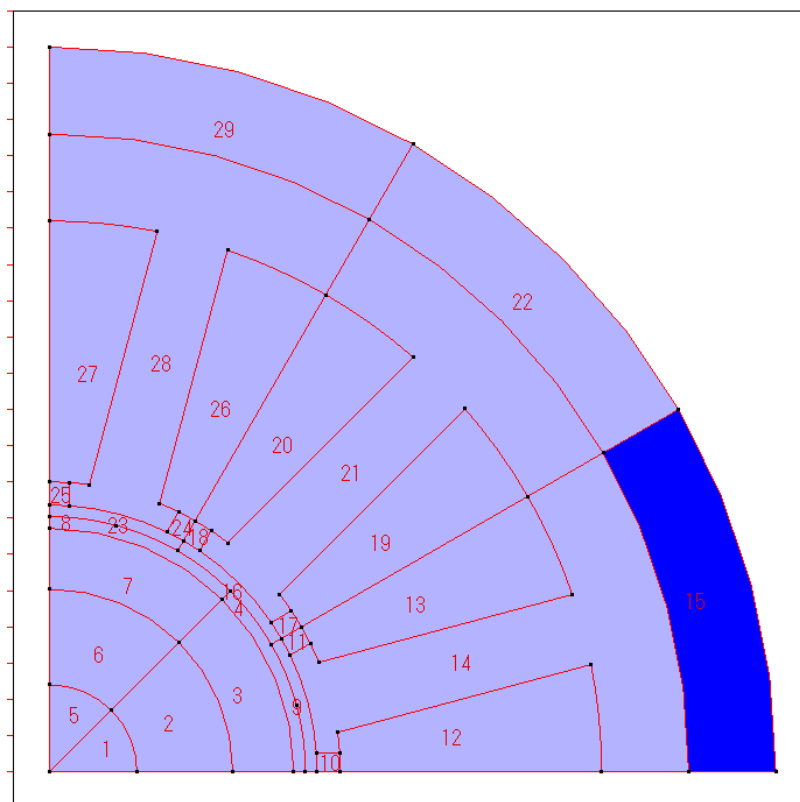
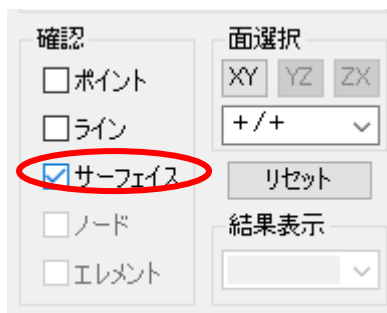
静特性

トルク定数算出

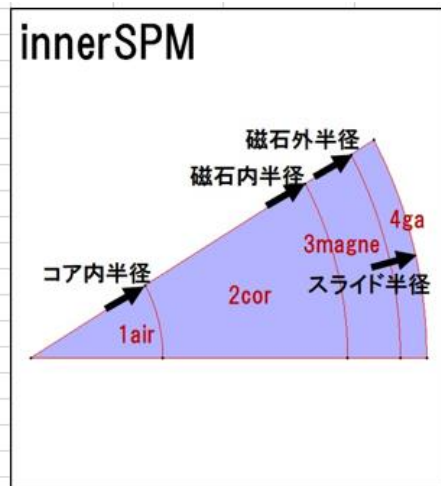
② メニュー項目より「トルクモデル確認」ボタンをクリックします。



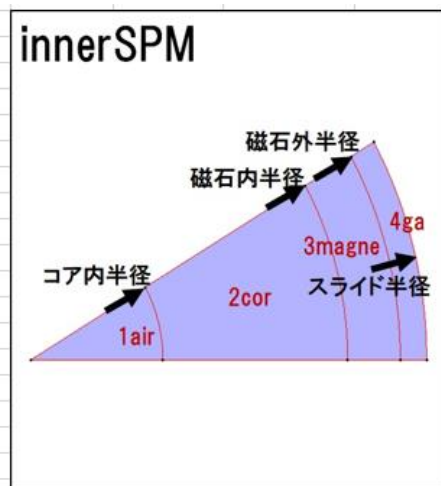
③ サーフェイス番号を確認します



このサーフェイス番号ですが、インナモデルを2ヶ、次にアウトモデルを3ヶ加えて行き、番号を付けたことが分かります

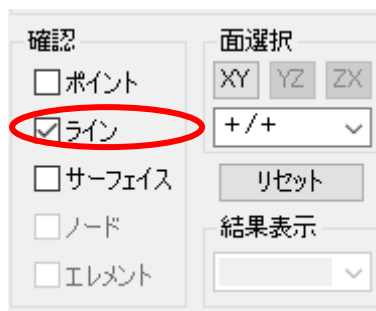


最初のサーフェイス1－4が作成され

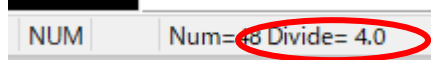


次のサーフェイスは5－8になります

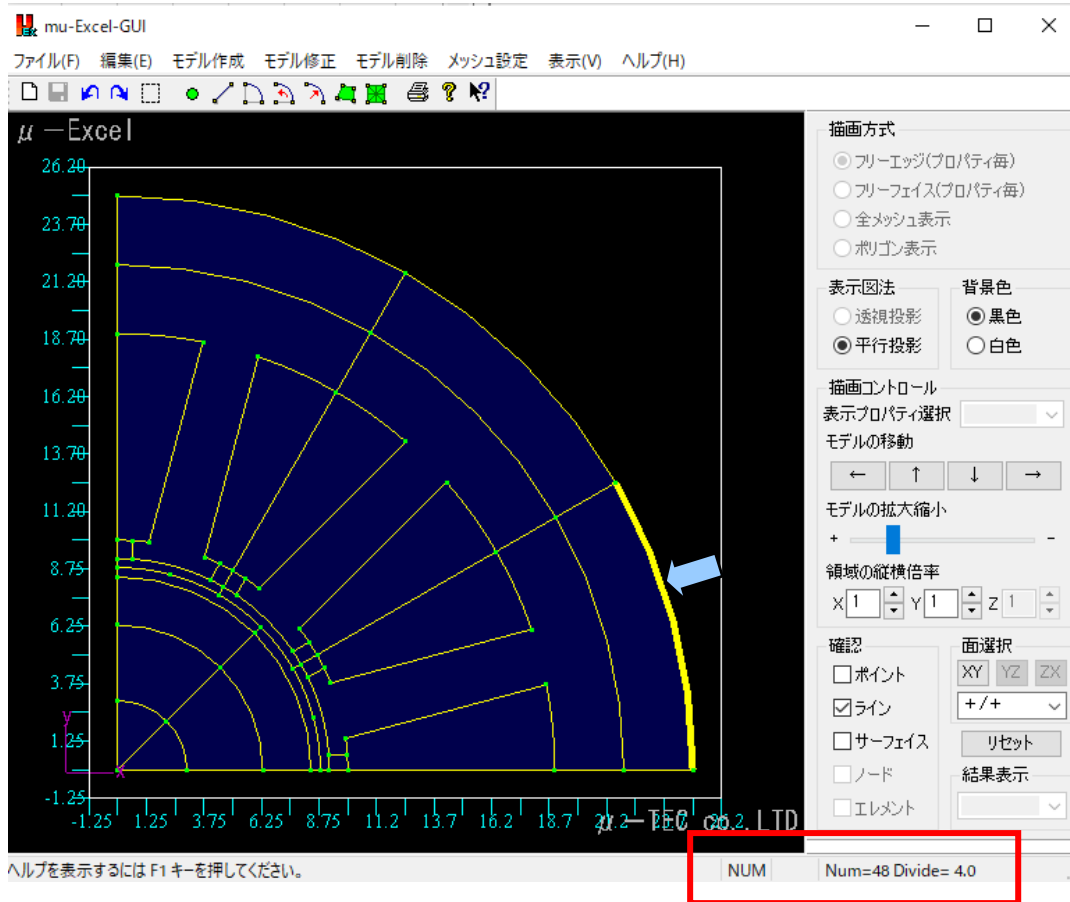
④ アークの分割数を確認します



ラインをチェックし、アークをクリックすると、アークの分割数が分かります

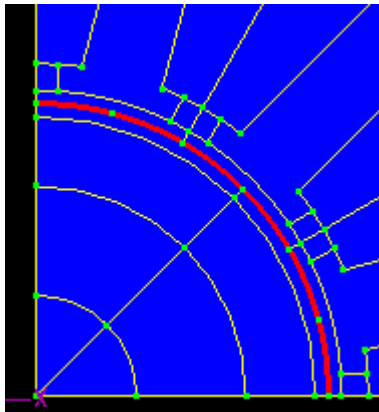


モデルテンプレートで作成されたモデルのアークの分割数は4になっています
この分割でメッシュ分割されます

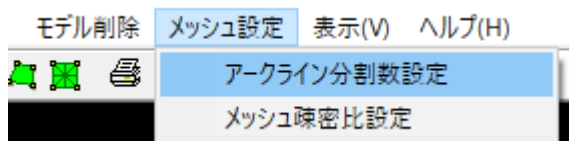


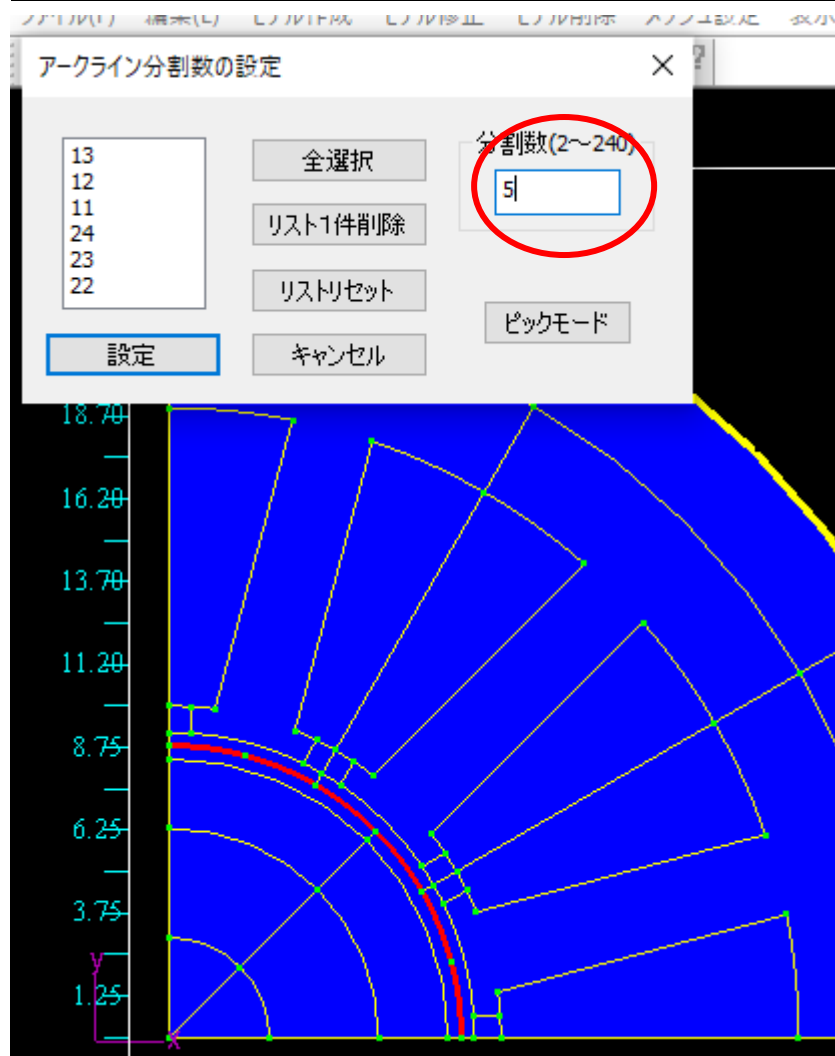
⑤ スライドアークの分割数を指定します

スライドアーク部を赤で示します。このアークはすべて同じ角度で生成されます。このモデルは、90度モデルを6つのアークで構成していますので、一つのアークの角度は15度になります。このメッシュ刻みを3度にするためには、アークの分割数を5にする必要があります



アークライン分割設定を選び、スライドアークをすべて選択し、分割数を5に設定します





これでモデルの修正は終了です。保存します

⑥ 刻み角度とメッシュ数を指定します

モデルシートを修正します

節点数: 3000

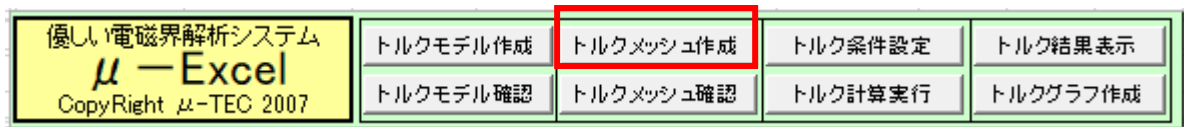
刻み角度: 3.0 (先ほ刻み角度を3度にしました、自動で設定されないので入力します)

領域数	節点数	始角	終角	スライド半径	片GAP層数	刻み角度
29	3000	0.0	90.0	8.800E+00	2	3.0

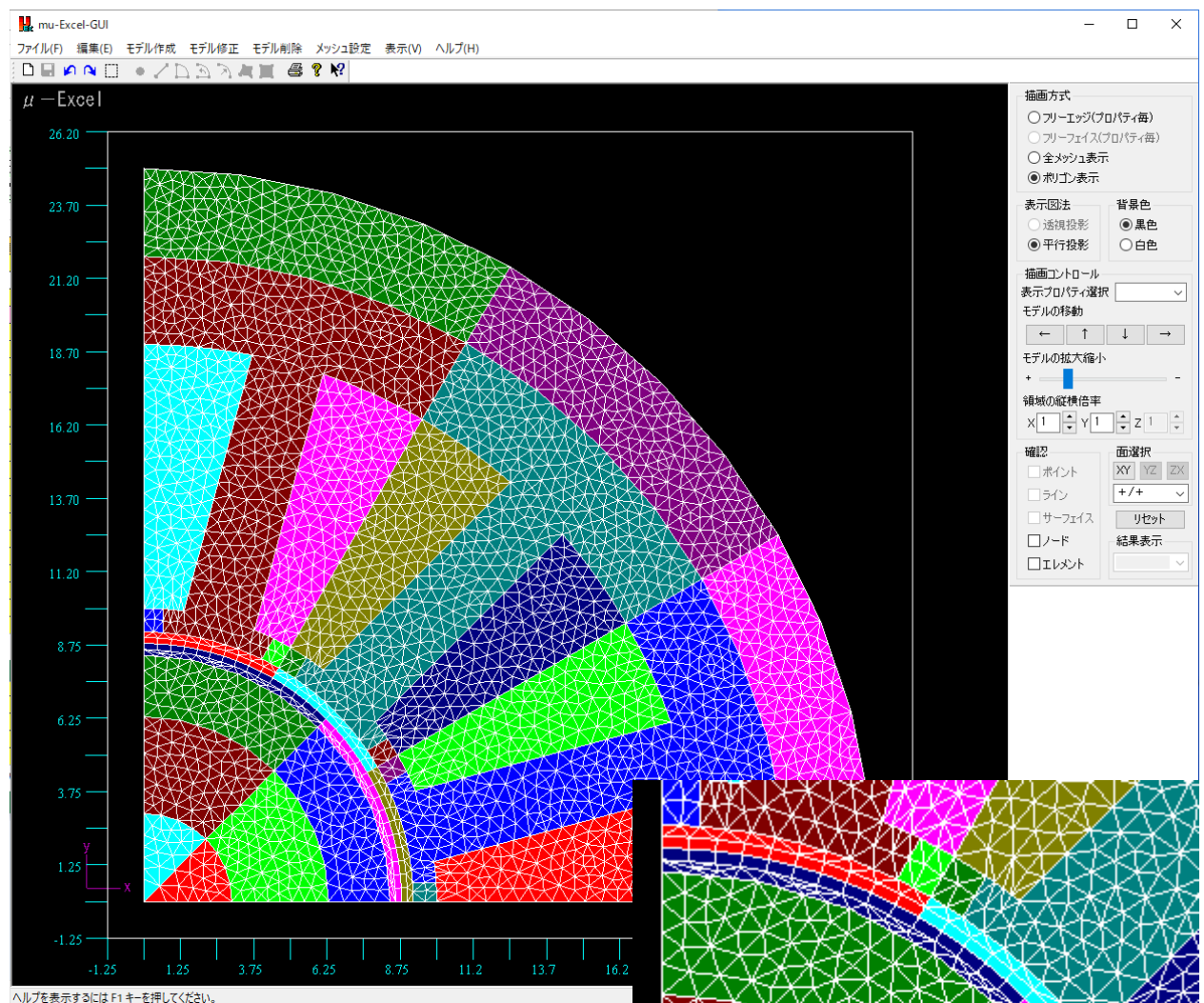
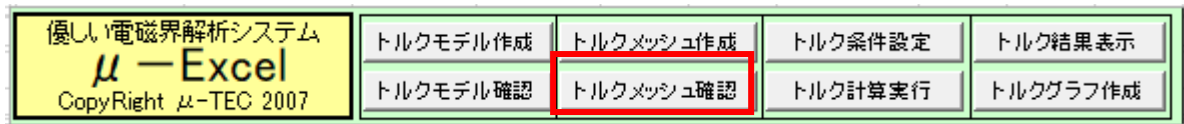
⑦ メッシュ作成に移ります

4-4 メッシュを作成・確認する

① メッシュを作成します



② メッシュを確認します



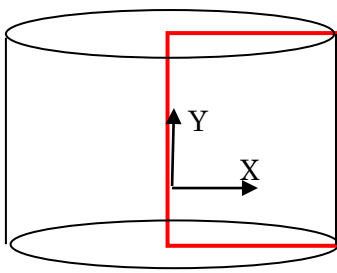
スライダーク部は30メッシュありますので
3度ピッチのメッシュになっていることが確認
できます

4-5 材料と励磁条件を設定する

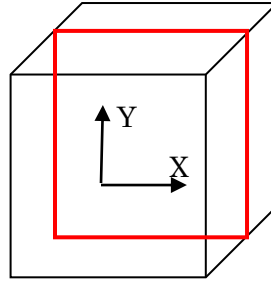
「トルク条件設定」シートの内容を修正して、新しい計算ケースを作成します。

4-5-1 解析条件定義の仕組みを確認する

① 軸対称または2次元解析とは



円筒型のモデルは軸対称



直方体型のモデルは2次元

モータ解析は2次元になります

② 材料種類とは(以下磁場系解析の場合)

「非磁性材」：空間（空気）などのことです。

「強磁性材」：ヨークなどのことです。

「コイル」：コイルのことです。(UVWの指定が必要になります)

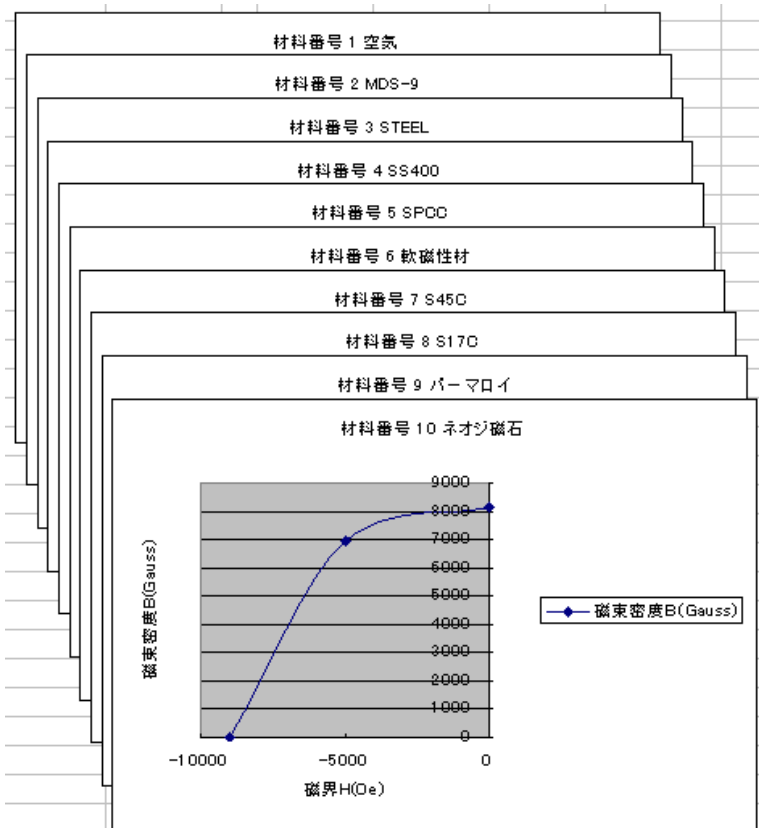
「永久磁石」：永久磁石のことです。

(磁化方向を指定する必要がありますー方向ベクトルを指定ー)

※成形磁石は使いません

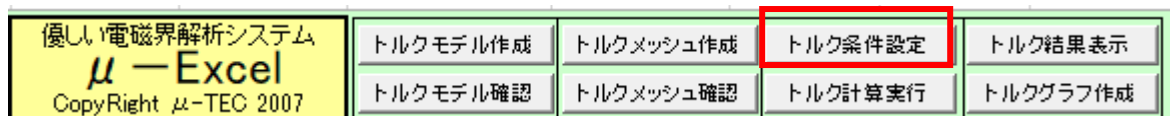
③ 材料番号とは

：材料毎のテーブル番号のことです。



4-5-2 解析条件を設定する

- ① トルク条件設定ボタンでトルク条件シートに移ります



- ② 解析条件シート概観：赤で囲われた箇所への入力が可能です。(黄色部分)

解析条件シート概観：

①解析タイトルを入力します。

②解析タイプや回転条件を入力します。

優しい電機システム Excel Copyright μ-TEC 2007		トルクモデル作成	トルクメッシュ作成	トルク条件設定	トルク結果表示			
		トルクモデル確認	トルクメッシュ確認	トルク計算	トルクグラフ作成			
解析タイトル								
TITLE	回転ステップ	メッシュ刻み	モーター回転(x,y)(mm)	通電スイッチ	スライド半径	1周期ステップ数		
解析タイプ	インナロータ	30	1	0.000E+00	0.000E+00	sin	8.8	30
領域番号	材料種類	材料番号	指定方向種類	X(R)方向	Y(θ)方向	座標系	磁化(密度)係数	トルク計算
1	非磁性材	1						
2	強磁性材	13						
3	永久磁石	11	磁化方向	1.0	0.0	円筒系		
4	非磁性材	1						
5	非磁性材	1						
6	強磁性材	13						
7	永久磁石	11	磁化方向					
8	非磁性材	1						
9	非磁性材	1						
10	非磁性材	1						有効
11	非磁性材	1						有効
12	コイル	1						有効
13	コイル	1						有効
14	強磁性材	13						有効
15	非磁性材	1						有効

③材料種類,
④材料番号を
入力します。

⑤磁化方向・座標系(永久磁石)を入力します。

⑥トルク計算範囲を指定します。

- ⑧コイルのUVW
-
- を入力します。

コイル入力	～有り～				
コイル番号	領域番号	電流密度(A/m ²)	位相(Deg)	UVW	並列番号
1	12	0.000E+00	-3.000E+01	-V	1
2	13	0.000E+00	-3.000E+01	+V	1
3	19	0.000E+00	9.000E+01	-U	1
4	20	0.000E+00	9.000E+01	+U	1
5	26	0.000E+00	-1.500E+02	-W	1
6	27	0.000E+00	-1.500E+02	+W	1

- ③ 解析タイトルを修正します。

：タイトルにはカンマ‘,’を含めないで下さい。

解析タイトル			
TITLE			

→

解析タイトル			
サンプル磁場解析			

④ 解析タイプを修正します

TITLE	
解析タイプ	インナロータ
領域番号	インナロータ
1	アウトロータ

インナロータを指定します（ロータが回転の指示です）

⑤ メッシュ刻みを2に修正します

今回の90度モデルでは、スライド半径部では30メッシュ分割しています

電気角1周期の計算をするためには90度ロータを回転させる必要があります

1メッシュ刻みで計算するには、30ステップの計算が必要です

今回はメッシュ刻みを2に指定したので、1周期ステップ数は15になります

回転ステップ15は、最終的な計算ステップの値です

回転ステップ	メッシュ刻み	モーター中心(x,y)(mm)	通電スイッチ	スライド半径	1周期ステップ数
15	2	0.000E+00	0.000E+00	sin	8.8
					15

⑥ サーフェイス番号を確認します

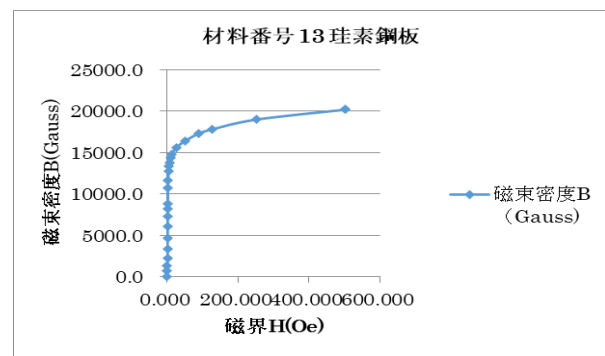
サーフェイス番号（領域番号）は、モデルテンプレートで作ったので、最初にインナモデルが2ケ次にアウトモデルが3ケになっていましたが、条件シートでもその順になっています

さらにモデル情報から、強磁性体・永久磁石・コイルは自動設定になっています

領域番号	材料種類	材料番号	指定方向種類	X(R)方向	X(θ)方向	座標系	磁化(密度)係数	トルク計算
1	非磁性材	1						
2	強磁性材	13						
3	永久磁石	11	磁化方向	1.0	0.0	円筒系		
4	非磁性材	1						
5	非磁性材	1						
6	強磁性材	13						
7	永久磁石	11	磁化方向	-1.0	0.0	円筒系		
8	非磁性材	1						
9	非磁性材	1						有効
10	非磁性材	1						有効
11	非磁性材	1						有効
12	コイル	1						有効
13	コイル	1						有効
14	強磁性材	13						有効
15	非磁性材	1						有効
16	非磁性材	1						有効
17	非磁性材	1						有効
18	非磁性材	1						有効
19	コイル	1						有効
20	コイル	1						有効
21	強磁性材	13						有効
22	非磁性材	1						有効
23	非磁性材	1						有効
24	非磁性材	1						有効
25	非磁性材	1						有効
26	コイル	1						有効
27	コイル	1						有効
28	強磁性材	13						有効
29	非磁性材	1						有効

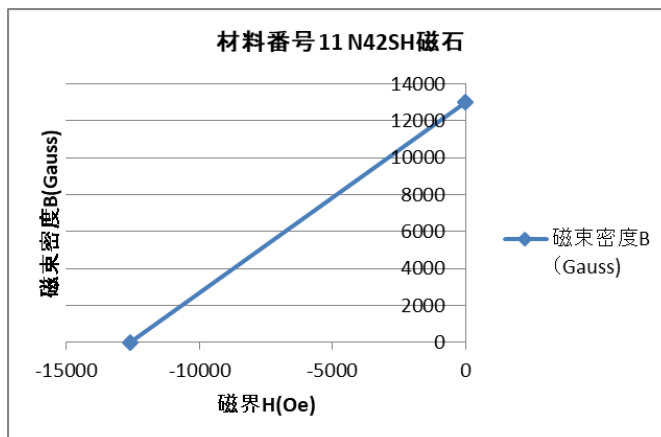
⑦ 材料番号と磁化方向を指定します
強磁性体は 13 を指定

領域番号	材料種類	材料番号
1	非磁性材	1
2	強磁性材	13
3	永久磁石	11
4	非磁性材	1

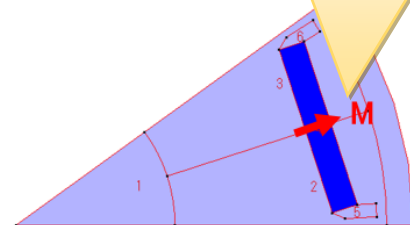


永久磁石は 11 で磁化方向を次のように指定

3	永久磁石	11	磁化方向	1.0	0.0	円筒系
4	非磁性材	1				
5	非磁性材	1				
6	強磁性材	13				
7	永久磁石	11	磁化方向	-1.0	0.0	円筒系



円筒座標系で、(1.0, 0.0)のベクトルは、半径外向きを表します

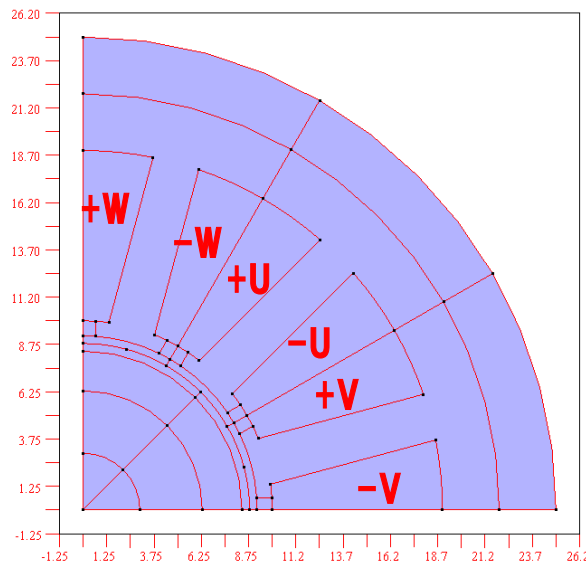


⑧ トルクを求める領域を指定します
トルク計算領域として、磁石の無いステータ側を選びます

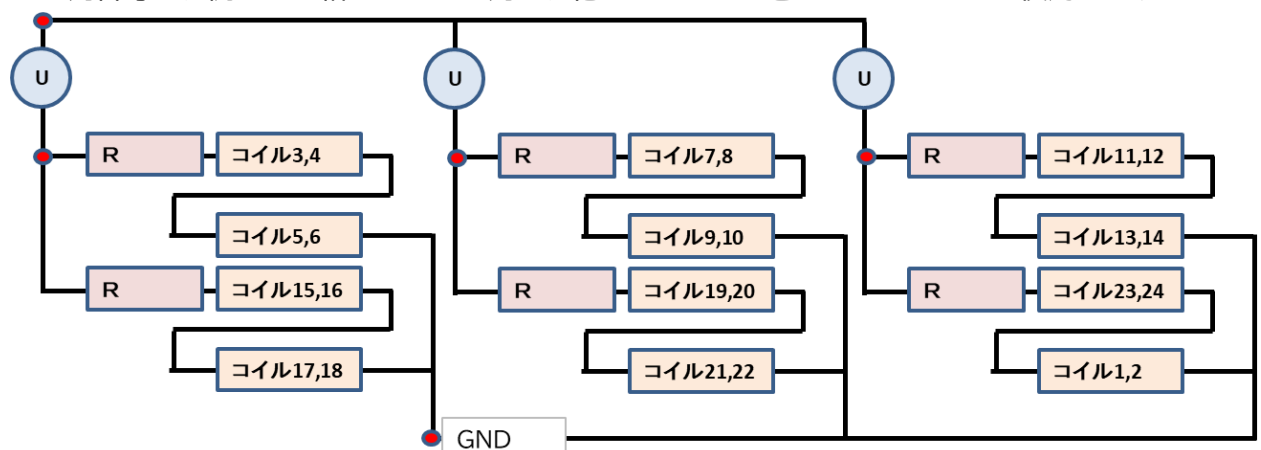
9	非磁性材	1						有効
10	非磁性材	1						有効
11	非磁性材	1						有効
12	コイル	1						有効
13	コイル	1						有効
14	強磁性材	13						有効
15	非磁性材	1						有効
16	非磁性材	1						有効
17	非磁性材	1						有効
18	非磁性材	1						有効
19	コイル	1						有効
20	コイル	1						有効
21	強磁性材	13						有効
22	非磁性材	1						有効
23	非磁性材	1						有効
24	非磁性材	1						有効
25	非磁性材	1						有効
26	コイル	1						有効
27	コイル	1						有効
28	強磁性材	13						有効
29	非磁性材	1						有効

⑨ コイルのUVWを指定します

コイル入力	～有り～				
コイル番号	領域番号	電流密度(A/m ²)	位相(Deg)	UVW	並列番号
1	12	0.000E+00	-3.000E+01	-V	1
2	13	0.000E+00	-3.000E+01	+V	1
3	19	0.000E+00	9.000E+01	-U	1
4	20	0.000E+00	9.000E+01	+U	1
5	26	0.000E+00	-1.500E+02	-W	1
6	27	0.000E+00	-1.500E+02	+W	1



- 静特性計算では、電流密度・位相はゼロで構いません
- U V Wの指定は、U相コイルに鎖交する磁束の算出に使用されます
- 並列番号は、例えばU相コイルが並列で、他のティースに巻かれているときに使用します



コイル入力	～有り～				
コイル番号	領域番号	電流密度(A/m ²)	位相(Deg)	UVW	並列番号
1	12	0.000E+00	-3.000E+01	-V	1
2	13	0.000E+00	-3.000E+01	+V	1
3	19	0.000E+00	9.000E+01	-U	1
4	20	0.000E+00	9.000E+01	+U	1
5	26	0.000E+00	-1.500E+02	-W	1
6	27	0.000E+00	-1.500E+02	+W	1

4-8 評価位置のグラフを描く

4-8-1 評価点の定義の仕組みを見る

：任意に指定した座標値上の磁界を、計算結果から補間して求め、Excel のグラフを出力します。
 評価シート概観：赤で囲われた箇所への入力が可能です。(黄色部分)

評価点数です。

表示する回転ステップを指定します。

評価点の磁束密度							
評価点数	7	表示Step	0				
評価点番号	x座標(mm)	y座標(mm)	Bx(Gauss)	By(Gauss)	Babs(Gauss)	Br(Gauss)	B θ (Gauss)
1	8.800E+00	0.000E+00	2.772E+03	-3.499E+03	4.465E+03	2.772E+03	-3.499E+03
2	8.500E+00	2.278E+00	7.395E+03	1.788E+03	7.611E+03	7.605E+03	-1.869E+02
3	7.621E+00	4.400E+00	5.075E+03	3.125E+03	6.040E+03	5.958E+03	1.692E+02
4	6.223E+00	6.223E+00	2.323E+03	4.543E+03	-2.505E+01	3.310E+03	
5	4.400E+00	7.621E+00	-1.788E+03	-7.393E+03	7.604E+03	-5.958E+03	1.760E+02
6	2.278E+00	8.500E+00	3.499E+03	-2.772E+03		-7.604E+03	-1.862E+02
7	5.391E-16	8.800E+00					

評価点数分の座標値です

評価点での磁束密度の X 成分、Y 成分、絶対値、半径成分、周方向成分です

4-8-2 評価点・座標点を修正する

- ：評価点数に連動して、座標点入力域が増減します。
- ：グラフ出力したい領域の座標値を全て入力します。

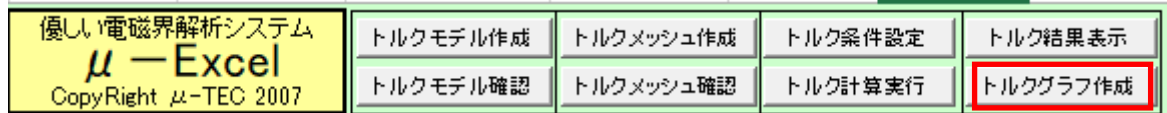
評価点数	10		
評価点番号	x座標(mm)	y座標(mm)	
1	0.000E+00	4.000E+00	
2	5.000E-01	4.000E+00	
3	1.000E+00	4.000E+00	
4	1.500E+00	4.000E+00	
5	2.000E+00	4.000E+00	
6	2.500E+00	4.000E+00	
7	3.000E+00	4.000E+00	
8	3.500E+00	4.000E+00	
9	4.000E+00	4.000E+00	
10	4.500E+00	4.000E+00	

→

評価点数	11		
評価点番号	x座標(mm)	y座標(mm)	
1	1.000E+01	2.375E+01	
2	1.150E+01	2.375E+01	
3	1.300E+01	2.375E+01	
4	1.450E+01	2.375E+01	
5	1.600E+01	2.375E+01	
6	1.750E+01	2.375E+01	
7	1.900E+01	2.375E+01	
8	2.050E+01	2.375E+01	
9	2.200E+01	2.375E+01	
10	2.350E+01	2.375E+01	
11	2.500E+01	2.375E+01	

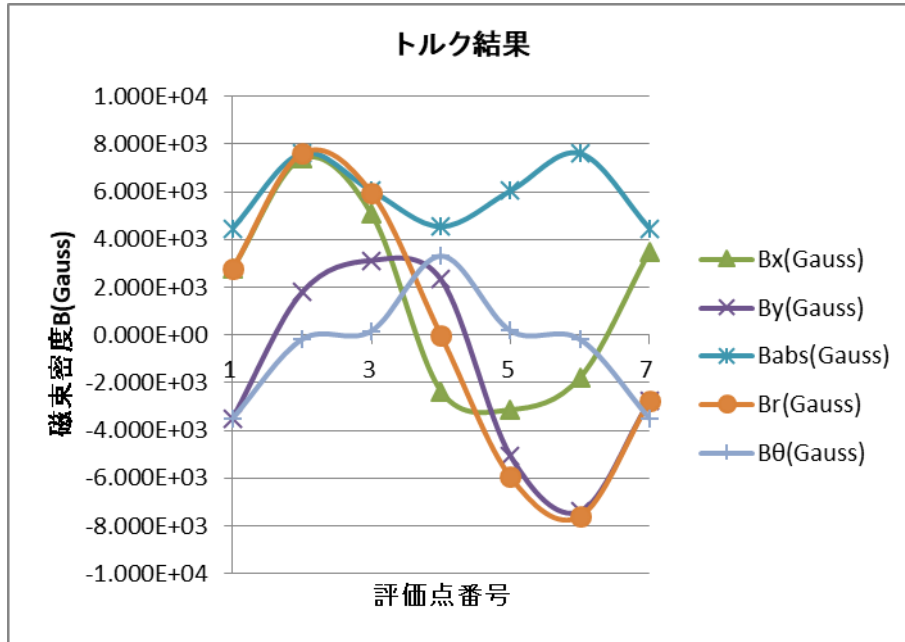
4-8-3 グラフを確認する

- ① メニュー項目より「グラフ作成」ボタンをクリックします。



- ② 結果が更新され(赤い囲い部分)、グラフが出力されます。

※この例では、スライド半径上の結果を表示しています

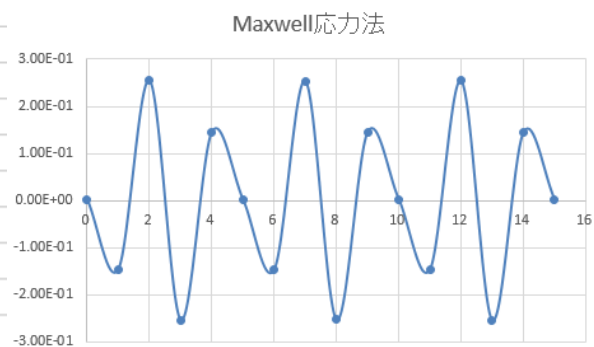


4-9 トルク変化を見る

計算が終わると「トルク変化」シートに、コギングトルクが表示されます



コギングトルク(Nm)		
ステップ番号	節点力法	Maxwell応力法
0	-2.155E-03	2.42E-03
1	8.061E-01	-1.46E-01
2	1.081E+00	2.55E-01
3	1.817E+00	-2.53E-01
4	1.519E+00	1.45E-01
5	1.541E+00	2.36E-03
6	1.224E+00	-1.47E-01
7	4.277E-01	2.54E-01
8	4.250E-01	-2.53E-01
9	9.555E-01	1.46E-01
10	1.508E+00	2.54E-03
11	1.656E+00	-1.46E-01
12	1.587E+00	2.54E-01
13	1.403E+00	-2.54E-01
14	8.447E-01	1.45E-01
15	2.768E-01	2.43E-03



4-1 0 静特性を見る

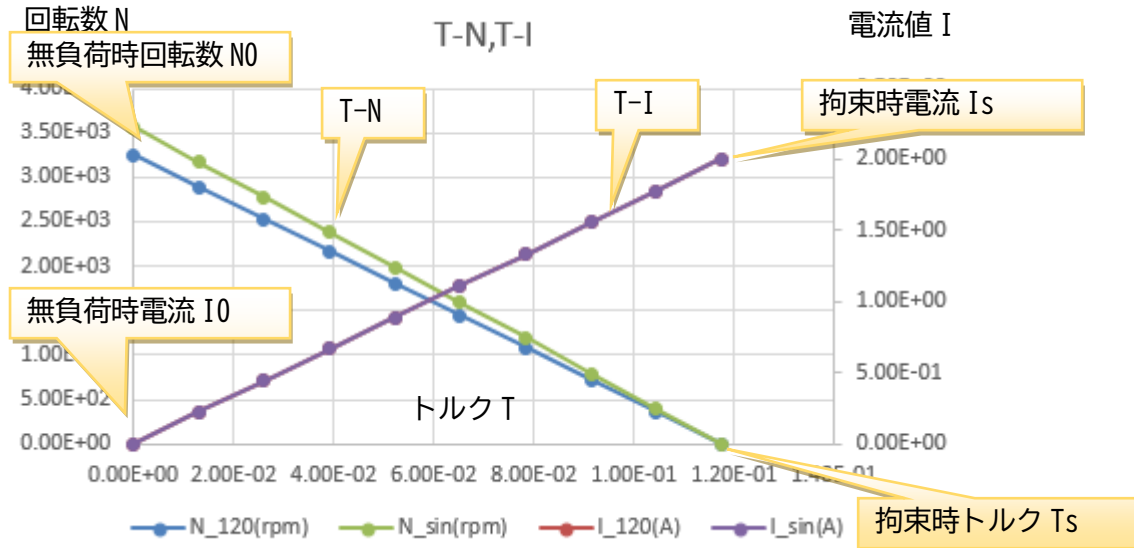
4-1 0-1 静特性算出の考え方

トルク定数 K_t は、電流 I を通電したときのトルク T を表す係数です

$$T(\text{Nm}) = K_t (\text{Nm/A}) \times I(\text{A})$$

静特性計算では、このトルク定数 K_t を求め

ユーザーの設定する駆動条件下で、トルク T vs 回転数 N カーブや、トルク T vs 電流 I カーブを求めるものです



4-1 0-2 トルク定数と誘起電圧定数について

電流 I を流すとトルク T が発生します、この時の係数がトルク定数 K_t で、トルクの発生しやすさを表します。モータの構造や材料によって変化します

$$T(\text{Nm}) = K_t (\text{Nm/A}) \times I(\text{A})$$

モータが回転すると、励磁コイル内の磁束が変化し、コイルに逆起電力（誘起電圧）が発生します。この時、回転数 N と誘起電圧 E の関係を表すのが、誘起電圧定数 K_e です。誘起電圧の発生しやすさを表すもので、モータ構造や材料によって変化します

$$E(\text{volt}) = K_e(\text{volt}/(\text{rad/s})) \times N(\text{rad/s})$$

ところで、 K_t と K_e は等価のものです

$$T = rIBl \quad (r \text{ 半径(m)、} B \text{ 磁束密度(Tesla)、} l \text{ 軸長(m)})$$

$$\therefore K_t = rBl$$

$$E = \omega rBl \quad (\omega \text{ 角速度(rad/s)})$$

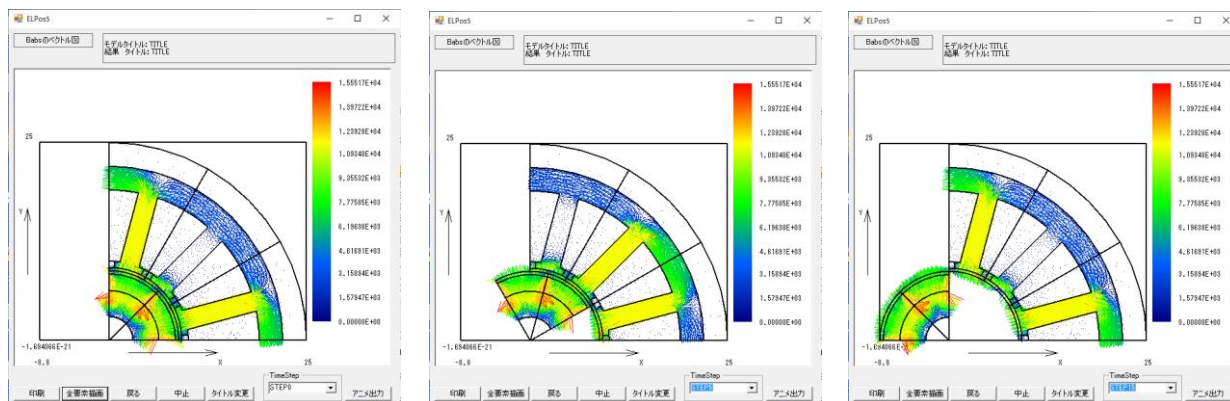
$$\therefore K_e = rBl$$

$$\therefore K_t(\text{Nm/A}) = K_e(\text{volt}/(\text{rad/s})) \text{ となります}$$

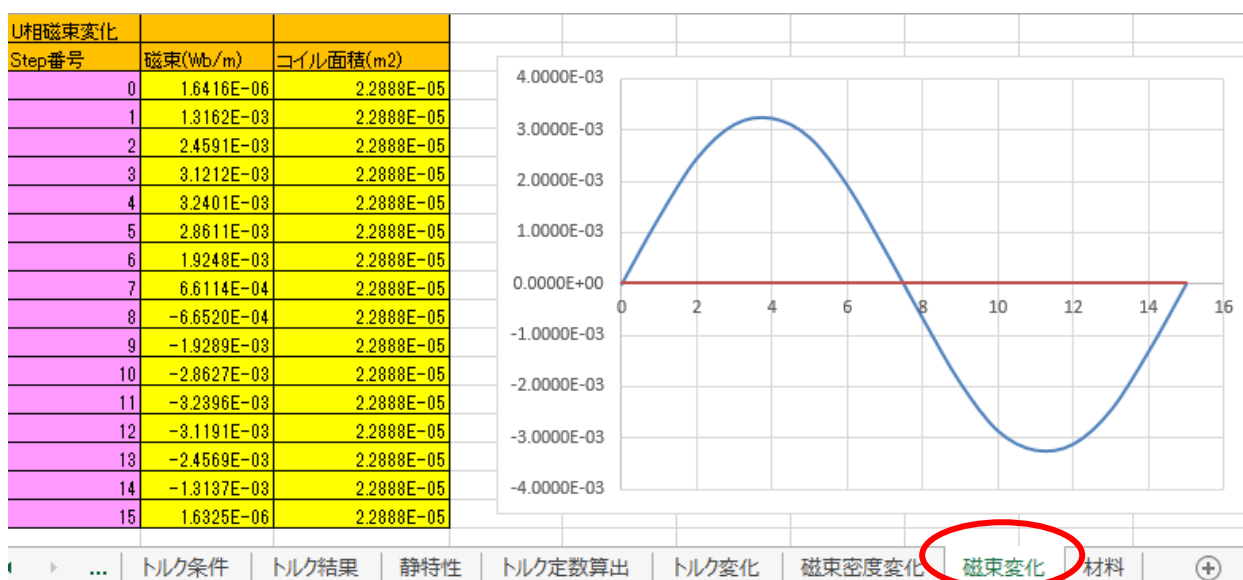
静特性計算では、誘起電圧波形をまず求め、等価なトルク定数を求めます。トルク定数が求まれば、駆動条件から、無負荷時回転数 N_0 、無負荷時電流 I_0 、拘束時電流 I_s 、拘束時トルク T_s が得られ、静特性グラフが描けます

4-10-3 鎖交磁束の算出

① FEM 計算で、励磁電流ゼロで電気角 1 周期分のロータ回転時の磁束密度分布を求めます



② 計算結果から、コイルのU相に鎖交する磁束を求めます（ベクトルポテンシャルの差分より）
※トルク条件シートの、コイル指定からU相の位置を判定しています



4-10-4 静特性シートの条件設定

トルク条件 | トルク結果 | **静特性** | トルク定数算出 | トルク変化 | 磁束密度変化 | 磁束変化 | 材料

① モータ条件を設定します

モデルテンプレートから進めた場合は、積厚 TH(mm)、巻き数/スロット(Nturn)のみ設定して下さい

◇モータ条件	
極数P	8
スロット数Nslot	12
モデル角度Mdeg(deg)	90
ギャース巾TW(mm)	2.5
積厚TH(mm)	35
巻き数/スロットNturn	20
コイル並列数	1

② 駆動条件を設定します

- ・ユーザーが想定している駆動条件（赤枠）を入力します
- ・オプション（青枠）は、必要に応じ設定ください

◇駆動条件		オプション	
起動電圧Vs(volt)	20	電圧ドロップ分Vd(volt)	0
コイル抵抗Rm(Ω)	10	抵抗増加分Rd(Ω)	0
駆動電流(A)	10	粘性負荷Tn(Nm)	0
位相シフト(deg)	90	固定負荷Tl(Nm)	0

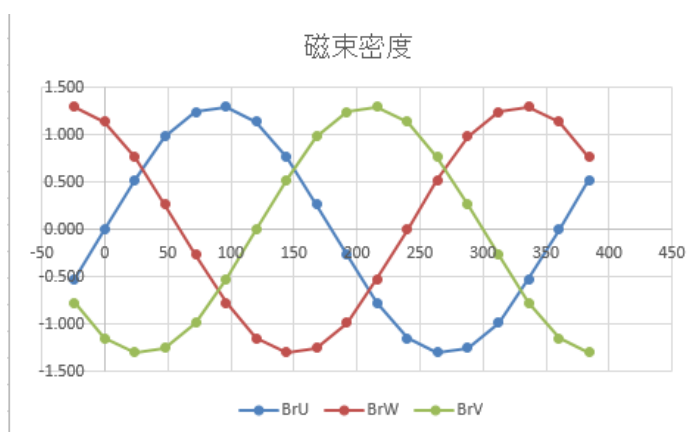
4-10-5 誘起電圧波形の算出

トルク条件	トルク結果	静特性	トルク定数算出	トルク変化	磁束密度変化	磁束変化	材料
-------	-------	-----	---------	-------	--------	------	----

① トルク定数算出条件が自動設定されます（静特性シートを参照）

◇トルク定数算出条件						
極数P	モデル角度(deg)Mdeg	ティース巾(mm)TW	積厚(mm)TH	巻き数/スロットNturn	ステップ数Nstep	位相シフト(deg)
8	90	2.5	35	20	15	90

② UVWの磁束密度波形を算出します（ティース巾 Tw を参照）

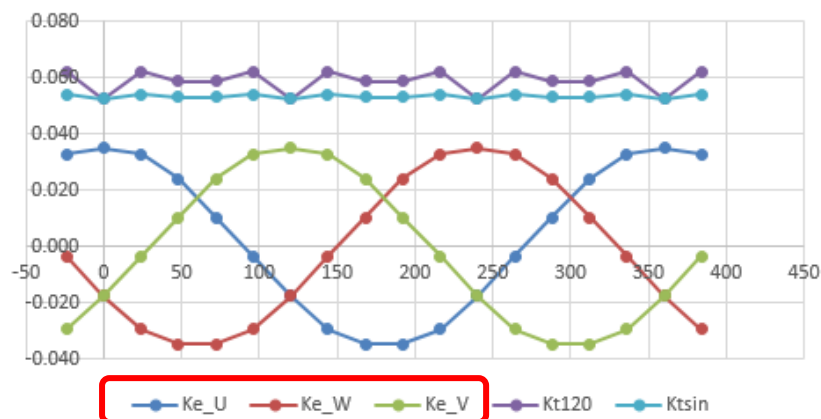


合成磁束密度(Br)(Tesla)				
Step番号	deg	BrU	BrW	BrV
-1	-24	-0.525	1.296	-0.772
0	0	0.001	1.144	-1.145
1	24	0.526	0.770	-1.296
2	48	0.984	0.264	-1.248
3	72	1.248	-0.266	-0.983
4	96	1.296	-0.772	-0.525
5	120	1.144	-1.145	0.001
6	144	0.770	-1.296	0.526
7	168	0.264	-1.248	0.984
8	192	-0.266	-0.983	1.248
9	216	-0.772	-0.525	1.296
10	240	-1.145	0.001	1.144
11	264	-1.296	0.526	0.770
12	288	-1.248	0.984	0.264
13	312	-0.983	1.248	-0.266
14	336	-0.525	1.296	-0.772
15	360	0.001	1.144	-1.145
16	384	0.526	0.770	-1.296
		1.296	1.296	1.296

③ 磁束密度波形の時間変化から、誘起電圧波形を求めます

誘起電圧定数	(V/rad/sec)	(Nm/A)
Ke_U	Ke_W	Ke_V
0.033	-0.003	-0.029
3.52E-02	-1.76E-02	-1.75E-02
3.29E-02	-2.94E-02	-3.43E-03
2.41E-02	-3.46E-02	1.05E-02
1.04E-02	-3.46E-02	2.41E-02
-3.48E-03	-2.94E-02	3.29E-02
-1.76E-02	-1.75E-02	3.52E-02
-2.94E-02	-3.43E-03	3.29E-02
-3.46E-02	1.05E-02	2.41E-02
-3.46E-02	2.41E-02	1.04E-02
-2.94E-02	3.29E-02	-3.48E-03
-1.75E-02	3.52E-02	-1.76E-02
-3.43E-03	3.29E-02	-2.94E-02
1.05E-02	2.41E-02	-3.46E-02
2.41E-02	1.04E-02	-3.46E-02
3.29E-02	-3.48E-03	-2.94E-02
3.52E-02	-1.76E-02	-1.75E-02
3.29E-02	-2.94E-02	-3.43E-03

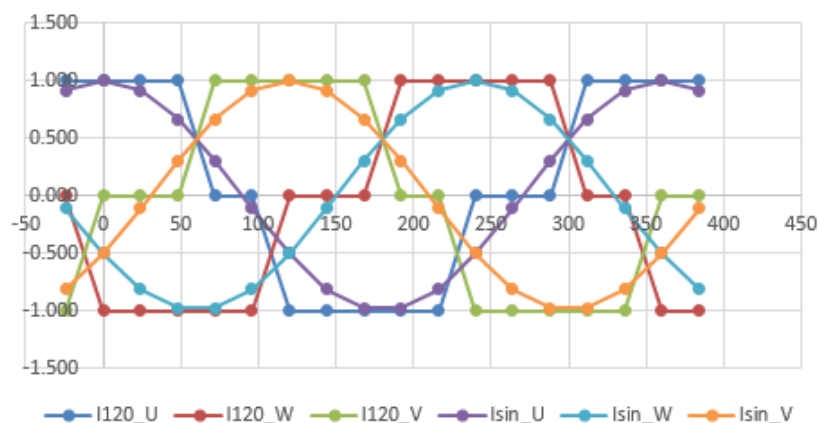
トルク定数



4-1 0-6 通電電流波形の作成

- ① 波高値1の通電電流波形2種(120度通電、SIN通電)を作成します(位相シフトを参照)

通電電流



120度通電			トルク定数	SIN通電			トルク定数
I120_U	I120_W	I120_V	Kt120	Isin_U	Isin_W	Isin_V	Ktsin
1.000	0.000	-1.000	0.062	0.914	-0.105	-0.809	0.054
1	-1	0	5.27E-02	1.0000	-0.5000	-0.5000	5.27E-02
1	-1	0	6.23E-02	0.9135	-0.8090	-0.1045	5.42E-02
1	-1	0	5.88E-02	0.6691	-0.9781	0.3090	5.32E-02
0	-1	1	5.88E-02	0.3090	-0.9781	0.6691	5.32E-02
0	-1	1	6.22E-02	-0.1045	-0.8090	0.9135	5.42E-02
-1	0	1	5.27E-02	-0.5000	-0.5000	1.0000	5.27E-02
-1	0	1	6.23E-02	-0.8090	-0.1045	0.9135	5.42E-02
-1	0	1	5.88E-02	-0.9781	0.3090	0.6691	5.32E-02
-1	1	0	5.88E-02	-0.9781	0.6691	0.3090	5.32E-02
-1	1	0	6.22E-02	-0.8090	0.9135	-0.1045	5.42E-02
0	1	-1	5.27E-02	-0.5000	1.0000	-0.5000	5.27E-02
0	1	-1	6.23E-02	-0.1045	0.9135	-0.8090	5.42E-02
0	1	-1	5.88E-02	0.3090	0.6691	-0.9781	5.32E-02
1	0	-1	5.88E-02	0.6691	0.3090	-0.9781	5.32E-02
1	0	-1	6.22E-02	0.9135	-0.1045	-0.8090	5.42E-02
1	-1	0	5.27E-02	1.0000	-0.5000	-0.5000	5.27E-02
1	-1	0	6.23E-02	0.9135	-0.8090	-0.1045	5.42E-02
			5.88E-02				5.35E-02

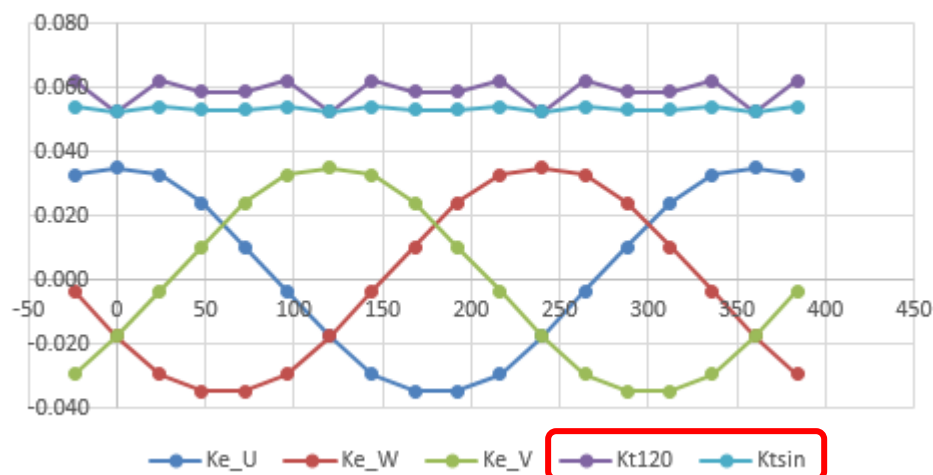
4-1 0-7 トルク定数波形の算出

- ① 単位電流波形と誘起電圧波形をかけて、トルク波形を求めます

各相・各時刻ステップの誘起電圧波形が求まっていますが、これがトルク定数波形と等価になります。

実際のトルクは、各相・各時間ステップのトルク定数に通電電流を乗じ、各相で積算した値になります。この時、通電電流のピーク値は1 Aになっているので、これはトルク定数波形になります。要は、通電電流波形の違いにより、トルク定数波形も変化することが考慮できます

トルク定数



4-10-8 トルク定数の算出

- ① トルク波形を平均化して、トルク定数を求めます

1	0	-1	6.22E-02	0.9135	-0.1045	-0.8090	5.42E-02
1	-1	0	5.27E-02	1.0000	-0.5000	-0.5000	5.27E-02
1	-1	0	6.23E-02	0.9135	-0.8090	-0.1045	5.42E-02
			5.88E-02				5.35E-02

4-10-9 静特性の算出

トルク条件	トルク結果	静特性	トルク定数算出	トルク変化	磁束密度変化	磁束変化	材料
-------	-------	-----	---------	-------	--------	------	----

- ① 静特性シートに、トルク定数・誘起電圧定数を設定します

※誘起電圧定数は単位を、volt/(rsd/s)から volt/rpmに変換しています

◇トルク定数	120度通電	sin通電	
トルク定数Kt(Nm/A)	5.88E-02	5.35E-02	
誘起電圧定数Ke(V/rpm)	6.16E-03	5.60E-03	

- ② 静特性4種を算出します

オプション（駆動条件における）も考慮できますが、考慮しない場合は以下から算出します

$$\text{無負荷時回転数 } N_0(\text{rpm}) = (K_t \cdot V_s / R_m) / (K_t \cdot K_e / r_m)$$

$$\text{無負荷時電流 } I_0(\text{A}) = (V_s - K_e \cdot N_0) / R_m$$

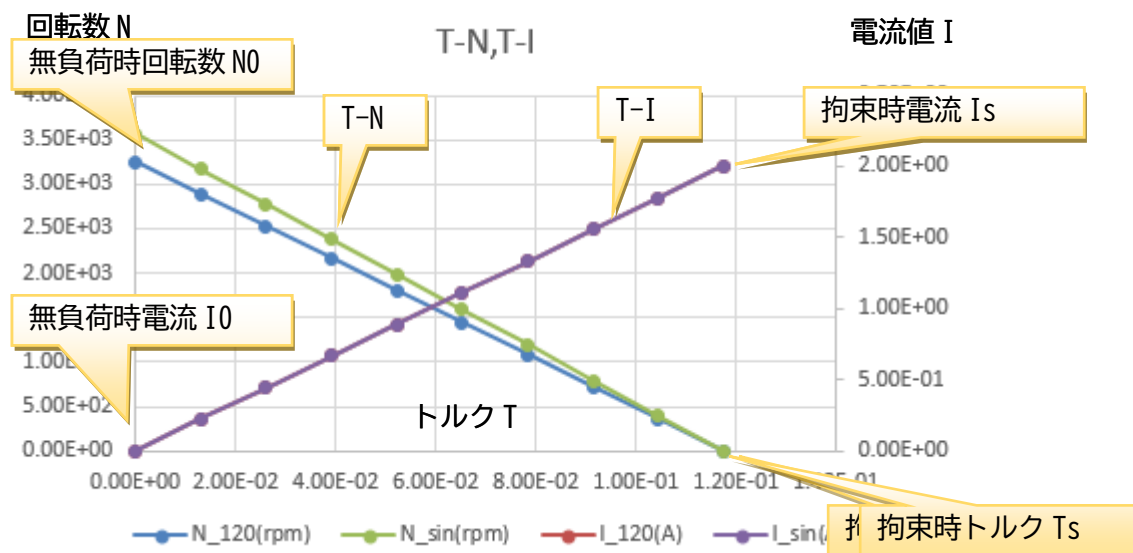
$$\text{拘束時（起動）電流 } I_s(\text{A}) = V_s / R_m$$

$$\text{拘束時（起動）トルク } T_s(\text{Nm}) = K_t \cdot I_s$$

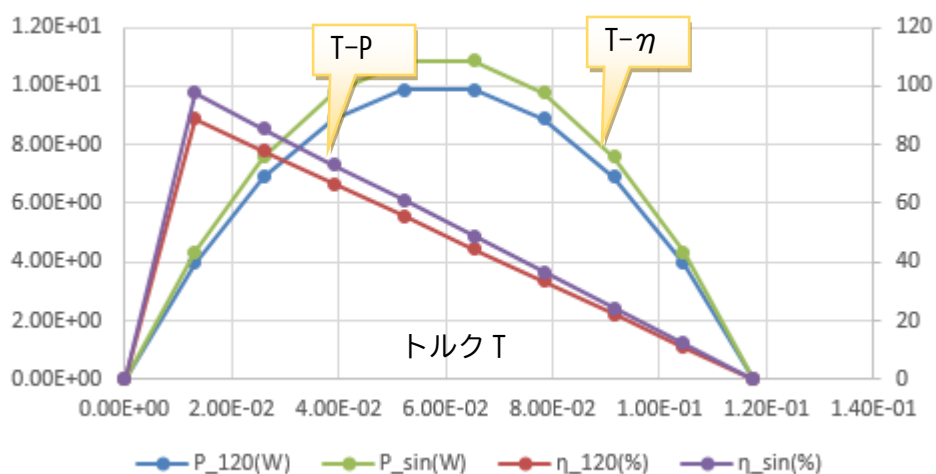
◇駆動条件		オプション	
起動電圧Vs(volt)	20	電圧ドロップ分Vd(volt)	0
コイル抵抗Rm(Ω)	10	抵抗増加分Rd(Ω)	0
駆動電流(A)	10	粘性負荷Tn(Nm)	0
位相シフト(deg)	90	固定負荷TI(Nm)	0
◇静特性			
無負荷時回転数N0(rpm)	3.25E+03	3.57E+03	
無負荷時電流I0(A)	0.00E+00	0.00E+00	
拘束(起動)電流Is(A)	2.00E+00	2.00E+00	
拘束(起動)トルクTs(Nm)	1.18E-01	1.07E-01	

4-1 0-1 0 静特性グラフの作成

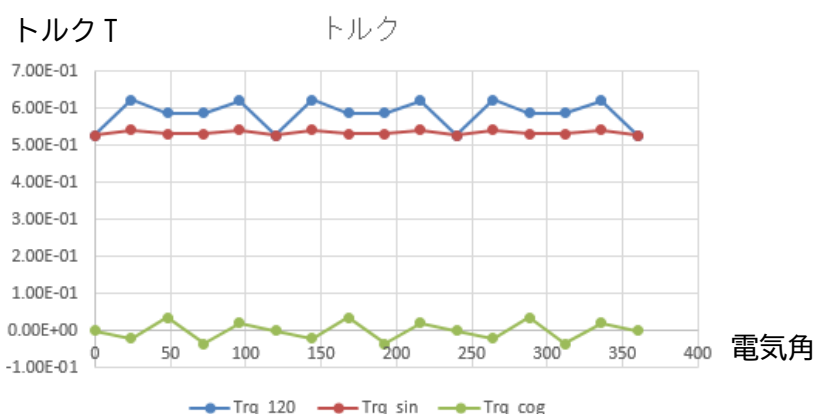
① 静特性グラフ 2 種を表示します



② 出力カーブ、効率カーブを表示します

出力 $P(\text{W}) = \text{トルク } T(\text{Nm}) \cdot \text{回転数 } N(\text{rad/s})$ 効率 $\eta(\%) = P(\text{W}) / (V_s(\text{volt}) \cdot I(\text{A})) * 100$ 出力 $P(\text{W})$ $T-P, T-\eta$ 効率 $\eta(\%)$ 

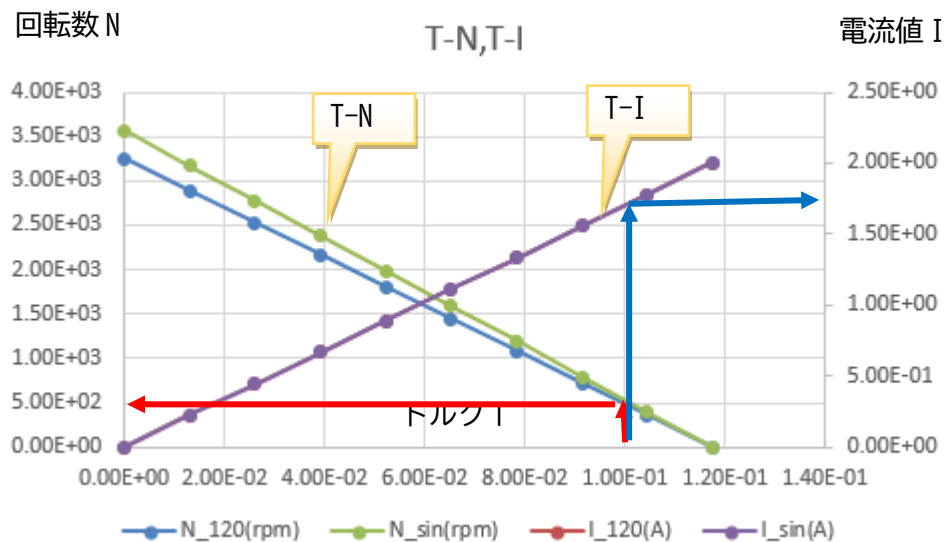
③ トルクリップル、コギングトルクを表示します



4-1 0-11 静特性の活用方法

① ユーザーが必要なトルクでの、回転数・電流は？

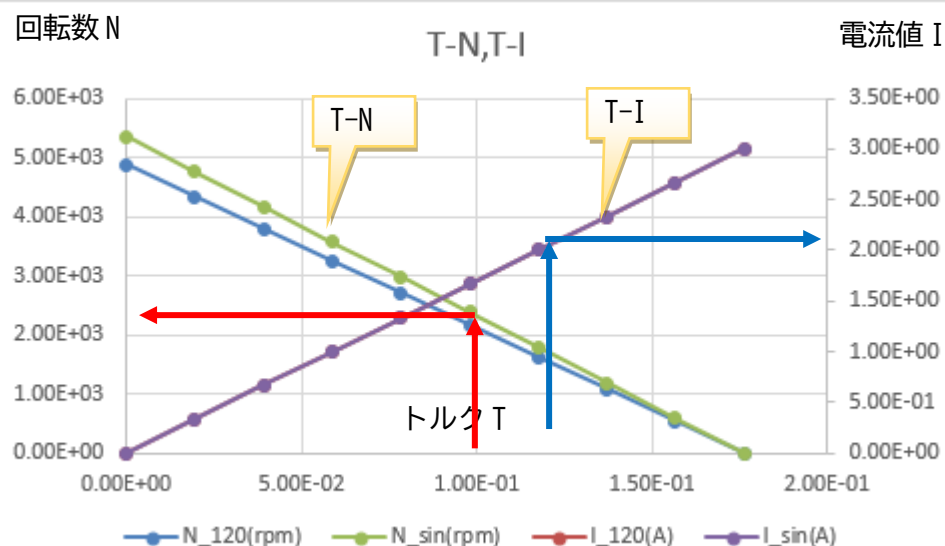
必要なトルク 0.1Nm では、回転数は 500rpm、電流値は 1.7A。もう少しトルクが欲しかったら、起動電圧を上げます



◇駆動条件		オプション	
起動電圧 Vs(volt)	20	電圧ドロップ分 Vd(volt)	0
コイル抵抗 Rm(Ω)	10	抵抗増加分 Rd(Ω)	0
駆動電流(A)	10	粘性負荷 Tn(Nm)	0
位相シフト(deg)	90	固定負荷 TI(Nm)	0

◇駆動条件		オプション	
起動電圧 Vs(volt)	30	電圧ドロップ分 Vd(volt)	0
コイル抵抗 Rm(Ω)	10	抵抗増加分 Rd(Ω)	0
駆動電流(A)	10	粘性負荷 Tn(Nm)	0
位相シフト(deg)	90	固定負荷 TI(Nm)	0

起動電圧を 30volt に変更して、回転数 2300rpm、電流値 2.2A に変化しました



5 μ - Excel の応用利用方法

5-1 DXF ファイルをインポートする

5-1-1 DXF ファイルの読込

<CAD ファイル情報を DXF ファイル形式にて読み込みます>

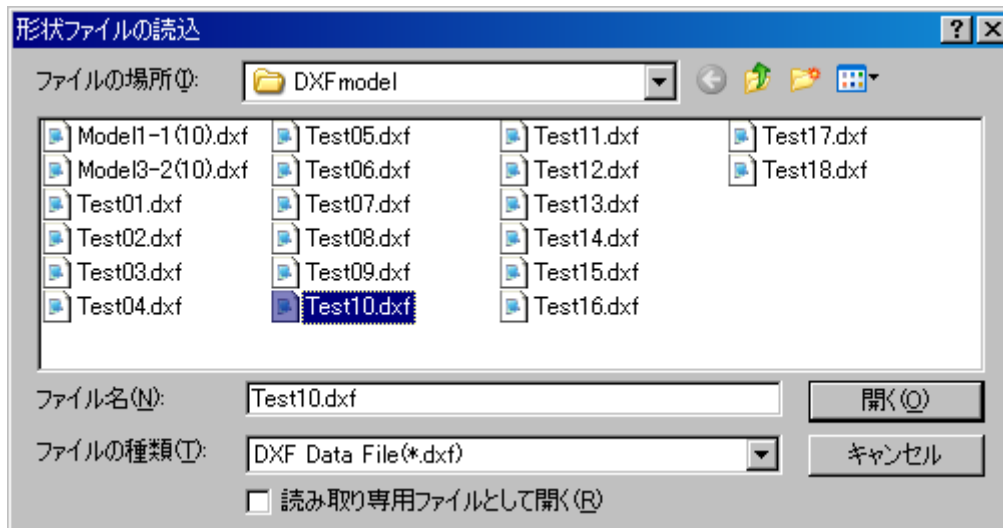
★現状、ラインとアークのみ読み込めます。

★交差ライン等は、サーフェイスが作成できないので、作成しないようにして下さい。

- ① メニュー項目より「ファイル⇒インポート⇒DXF」をクリックします。



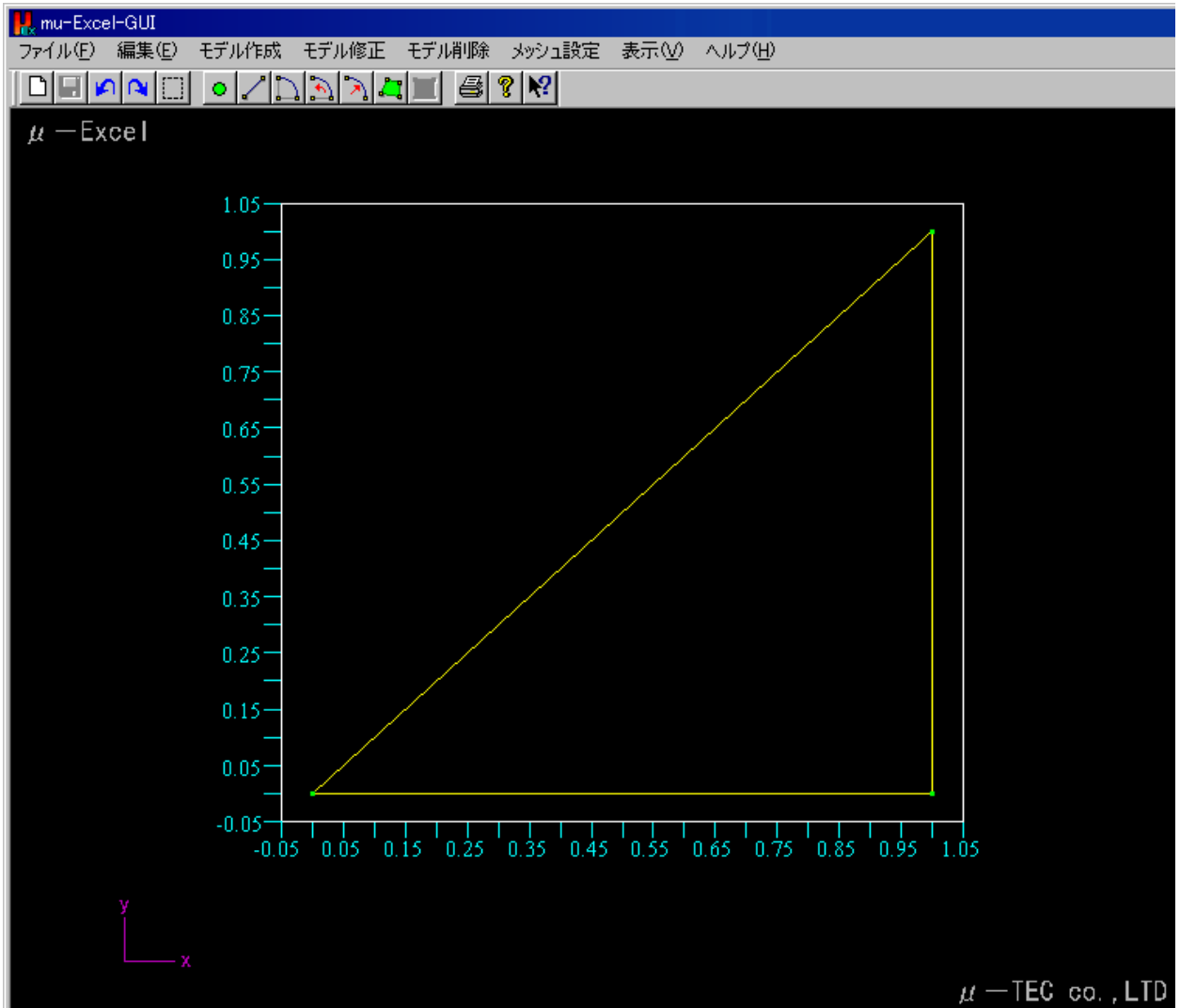
- ② ファイルを選択します。



- ③ 読込時は、ライン毎に読込むため、ライン間の交点位置に若干のズレが生じることがあります。そのため、補正値を設定します。(補正値は、基本的にはデフォルトで構いません)
値を変更される場合は、チェックボックスをオンにして、0～0.1 の間の値を入力して下さい。



③ <設定> ボタンをクリックすれば、形状が読み込まれます。



5-1-2 サーフェイスの作成

<読み込まれた形状を元にサーフェイスを作成します>

5-1-3 アークライン分割数の設定

<作成されたアークラインの分割数を設定します>

5-1-4 メッシュ疎密比の設定

<作成されたサーフェイスに対して、メッシュ疎密比を設定します>

5-1-5 Excel ファイルへの保存

<作成した形状データを Excel ファイルに保存します>

5-1-6 モデル作成用GUIの終了

<アプリケーションを終了します>

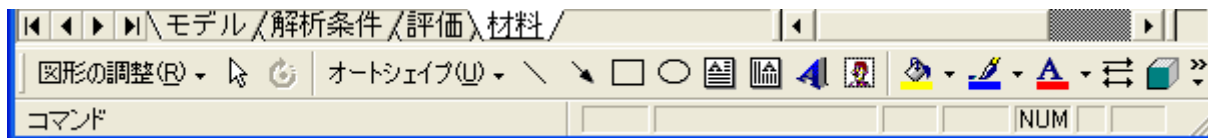
5-1-7 読み込まれたモデルを元に解析を行う。

<DXF にて読み込まれたモデルを元に解析を行うことができます>

5-2 材料の追加

<材料シートに材料を追加します>

シートタブを使用して、材料シートへ移動します。



材料シート概観：図2の赤い枠部分が入力可能です。(黄色)

<図1>

：材料1は、固定です。(材料2以降の値の修正が可能)

☆既存の材料値は修正不可です。一度削除した後追加した材料について修正が可能です。

①材料数を入力します。

⑦材料グラフを出力します。

材料番号	材料種類	テーブル数	材料名	電気伝導率(σ)
1	非磁性材	2	空気	0.000E+00
2	強磁性材	20	MDS-9	0.000E+00
3	STEEL			
4	SS400			
5	SPCC			
6	軟磁性材			
7	S45C			
8	S17C			
9	パーマロイ			
10	ネオジ磁石			

<図2>

：(例) 材料番号18

材料番号	材料種類	テーブル数	材料名	電気伝導率(σ)
18	非磁性材	2	Sample	0.000E+00
テーブルNO	磁界H(oe)	磁束密度B(Gauss)		
1	0.000	0.000		
2	1.000	1.000		

⑥材料特性を入力します。

②材料種類
③材料名
④電気伝導率
⑤テーブル数
を入力します。

① 材料数を入力します。

- ：材料数を入力すると、入力域が増減します。(材料数減少時にはグラフが削除されます)
 ：最大材料数は100です。



↓材料入力域が18⇒19に増加します

材料番号	材料種類	テーブル数	材料名	電気伝導率(σ)
18	非磁性材	2	Sample	0.000E+00
テーブルNO	磁界H(oe)	磁束密度B(Gauss)		
1	0.000	0.000		
2	1.000	1.000		



材料番号	材料種類	テーブル数	材料名	電気伝導率(σ)
18	非磁性材	2	Sample	0.000E+00
テーブルNO	磁界H(oe)	磁束密度B(Gauss)		
1	0.000	0.000		
2	1.000	1.000		
材料番号	材料種類	テーブル数	材料名	電気伝導率(σ)
19	非磁性材	2	Sample	0.000E+00
テーブルNO	磁界H(oe)	磁束密度B(Gauss)		
1	0.000	0.000		
2	1.000	1.000		

② 材料種類を入力します。

- ：非磁性材／強磁性材／永久磁石から選択できます。

↓材料種類のセル位置を選択すると下記図の状態になります。

材料番号	材料種類	テーブル数	材料名	電気伝導率(σ)
19	非磁性材 ▼	2	Sample	0.000E+00

↓矢印をクリックすると、下記図のようなリストボックスが出力されます。

材料番号	材料種類	テーブル数	材料名	電気伝導率(σ)
19	非磁性材 ▼	2	Sample	0.000E+00
テーブルNO	非磁性材	束密度B(Gauss)		
1	強磁性材	0.000		
	永久磁石			

↓強磁性材を選択した結果です。

材料番号	材料種類	テーブル数	材料名	電気伝導率(σ)
19	強磁性材 ▼	2	Sample	0.000E+00

③ 材料名を入力します。

材料番号	材料種類	テーブル数	材料名	電気伝導率(σ)
19	強磁性材	2	サンプル材料	0.000E+00

④ 電気伝導率を入力します。

：値の範囲は、 $-1e25 \sim +1e25$ です

材料番号	材料種類	テーブル数	材料名	電気伝導率(σ)
19	強磁性材	2	サンプル材料	5.000E+06

⑤ テーブル数を入力します。

：材料特性を入力するセルを確保します。

：値の範囲は、2～100です。

材料番号	材料種類	テーブル数	材料名	電気伝導率(σ)
19	強磁性材	2	サンプル材料	5.000E+06
テーブルNO	磁界H(oe)	磁束密度B(Gauss)		
1	0.000	0.000		
2	1.000	1.000		



材料番号	材料種類	テーブル数	材料名	電気伝導率(σ)
19	強磁性材	10	サンプル材料	5.000E+06
テーブルNO	磁界H(oe)	磁束密度B(Gauss)		
1	0.000	0.000		
2	1.000	1.000		
3	0.000	0.000		
4	0.000	0.000		
5	0.000	0.000		
6	0.000	0.000		
7	0.000	0.000		
8	0.000	0.000		
9	0.000	0.000		
10	0.000	0.000		

⑥ 材料特性を入力します。

：値の範囲は、 $-1e25 \sim +1e25$ です。

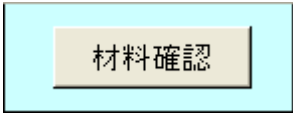
テーブルNO	磁界H(oe)	磁束密度B(Gauss)
1	0.000	0.000
2	1.000	1.000
3	0.000	0.000
4	0.000	0.000
5	0.000	0.000
6	0.000	0.000
7	0.000	0.000
8	0.000	0.000
9	0.000	0.000
10	0.000	0.000



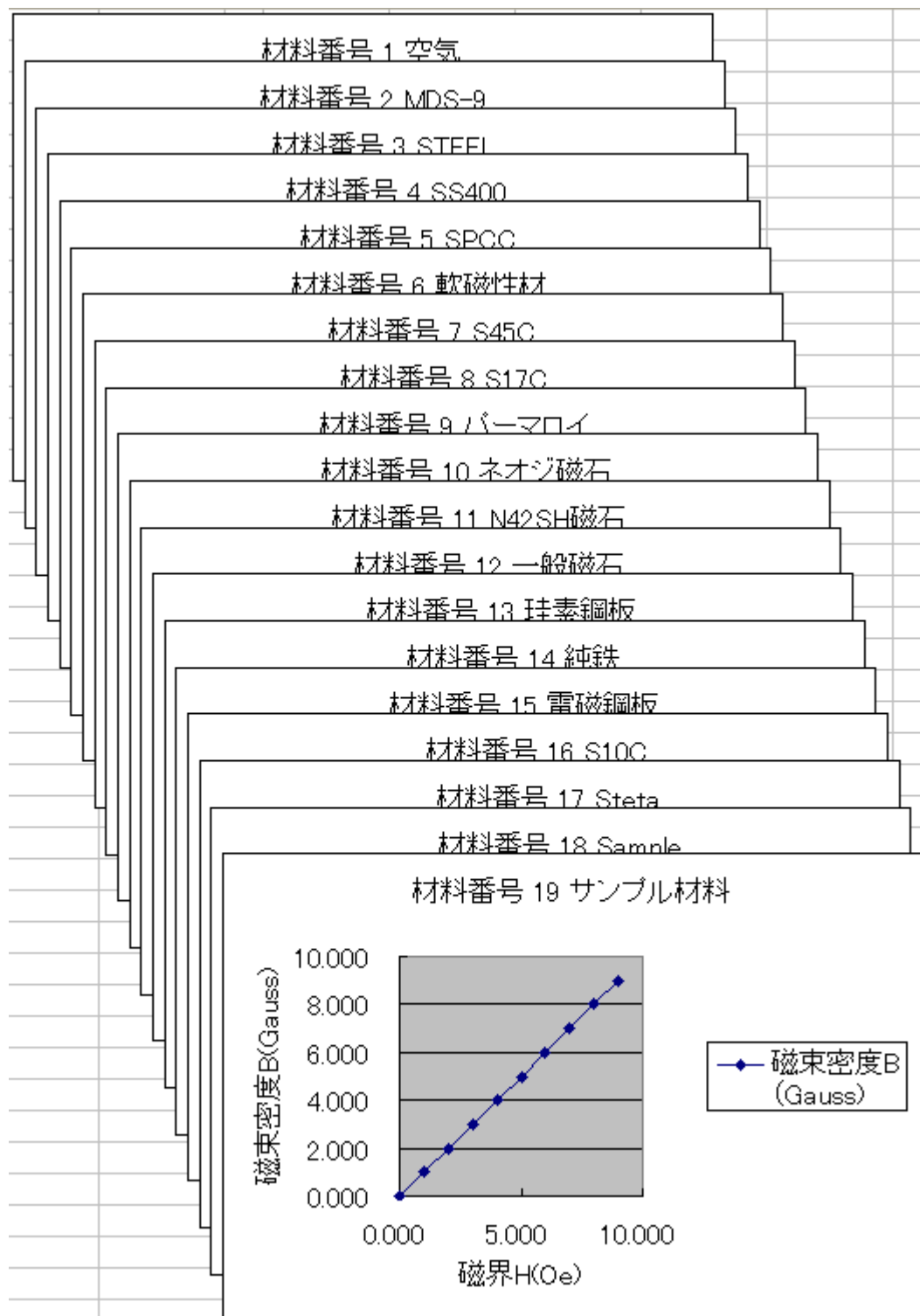
テーブルNO	磁界H(oe)	磁束密度B(Gauss)
1	0.000	0.000
2	1.000	1.000
3	2.000	2.000
4	3.000	3.000
5	4.000	4.000
6	5.000	5.000
7	6.000	6.000
8	7.000	7.000
9	8.000	8.000
10	9.000	9.000

⑦ 材料グラフを出力します。

:「材料確認」ボタンをクリックします。


 材料確認

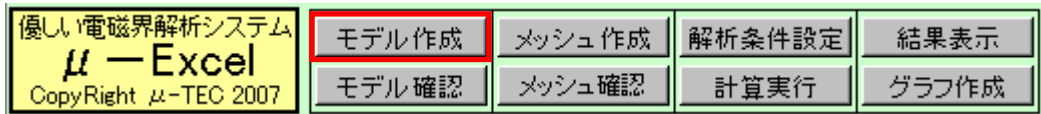
: 材料グラフが出力されます。(解析条件シートにも反映されます)



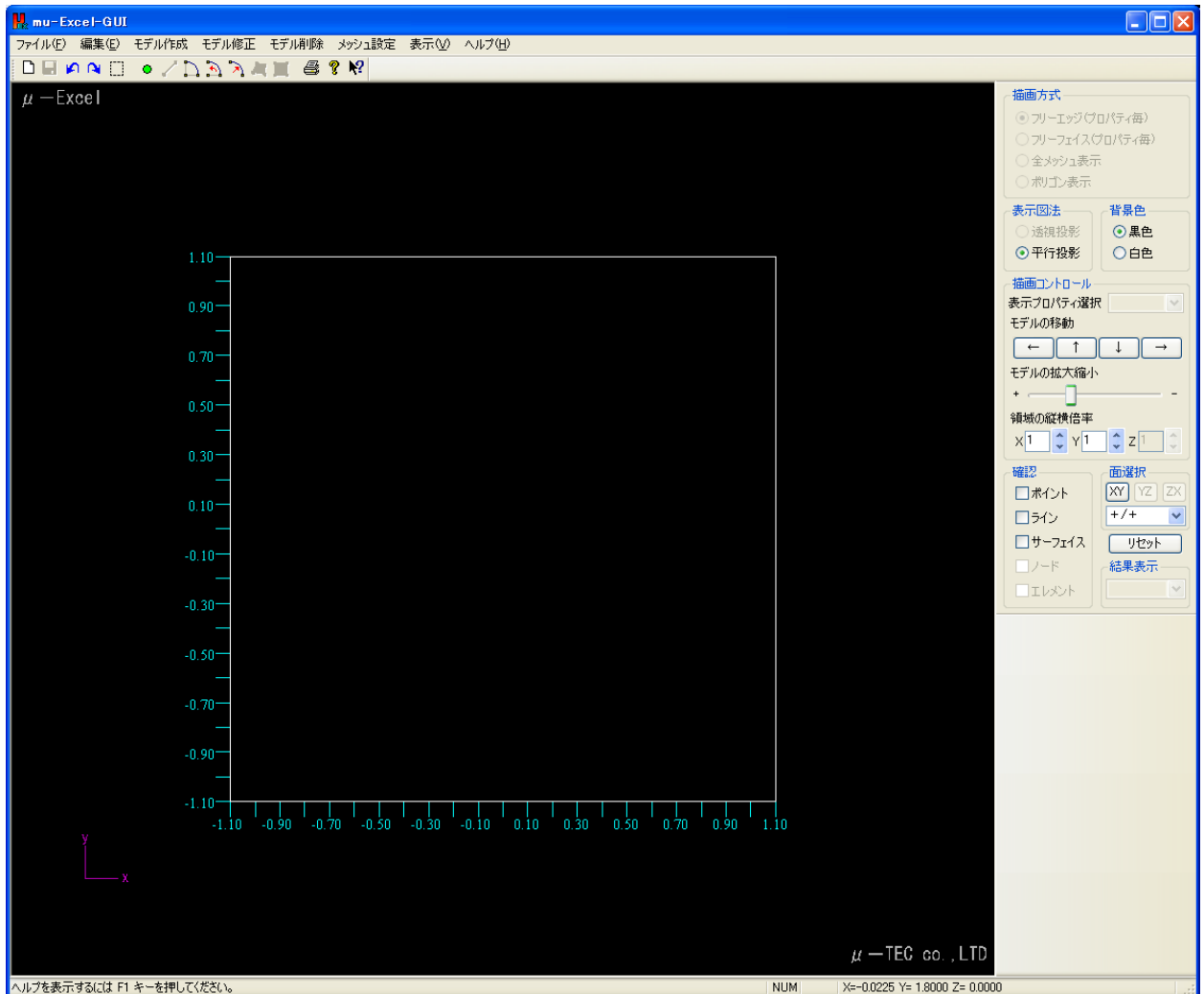
6 モデル作成用 GUI リファレンス

6-1 モデル作成用 GUI の起動

- ① メニュー項目より、「モデル作成」ボタンをクリックします。



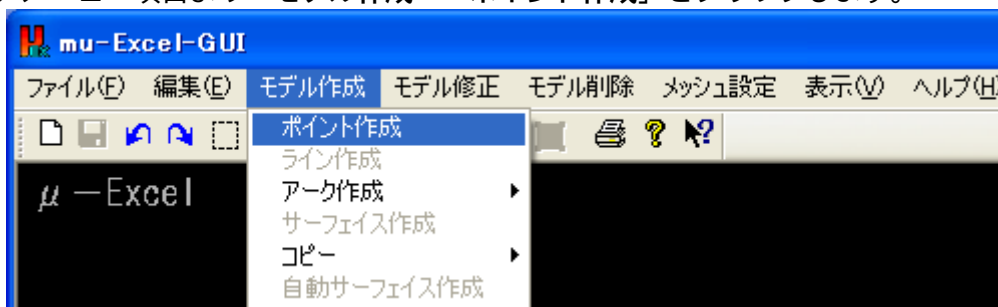
- ② モデル作成用 GUI 「mu-Excel-GUI」が起動されます。



6-2 モデルの作成（通常）

6-2-1 ポイントの作成

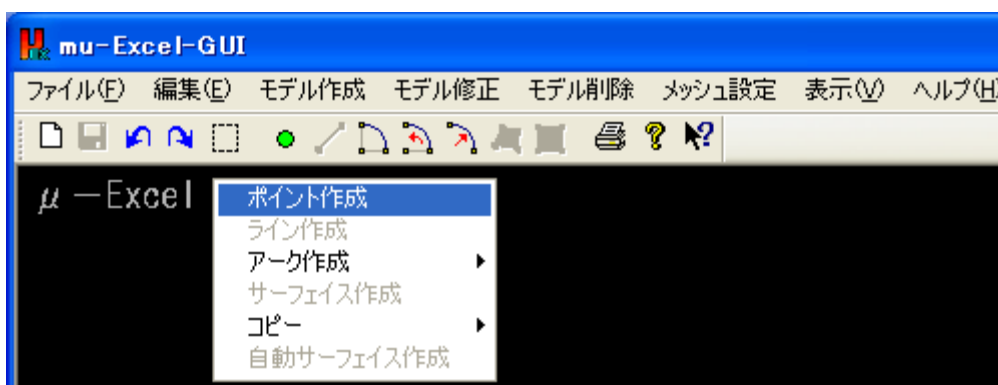
- ① メニュー項目より「モデル作成 ⇒ ポイント作成」をクリックします。



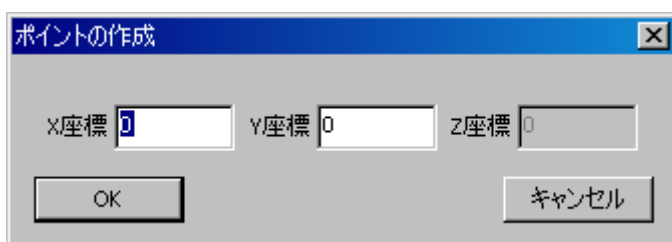
参考1：ツールバーボタンから起動する場合・・・下記図、赤い囲い部分をクリックします。



参考2：ポップアップメニューから起動する場合・・・描画面面上で右クリックします。



- ② ポイント作成ダイアログが出力されます。



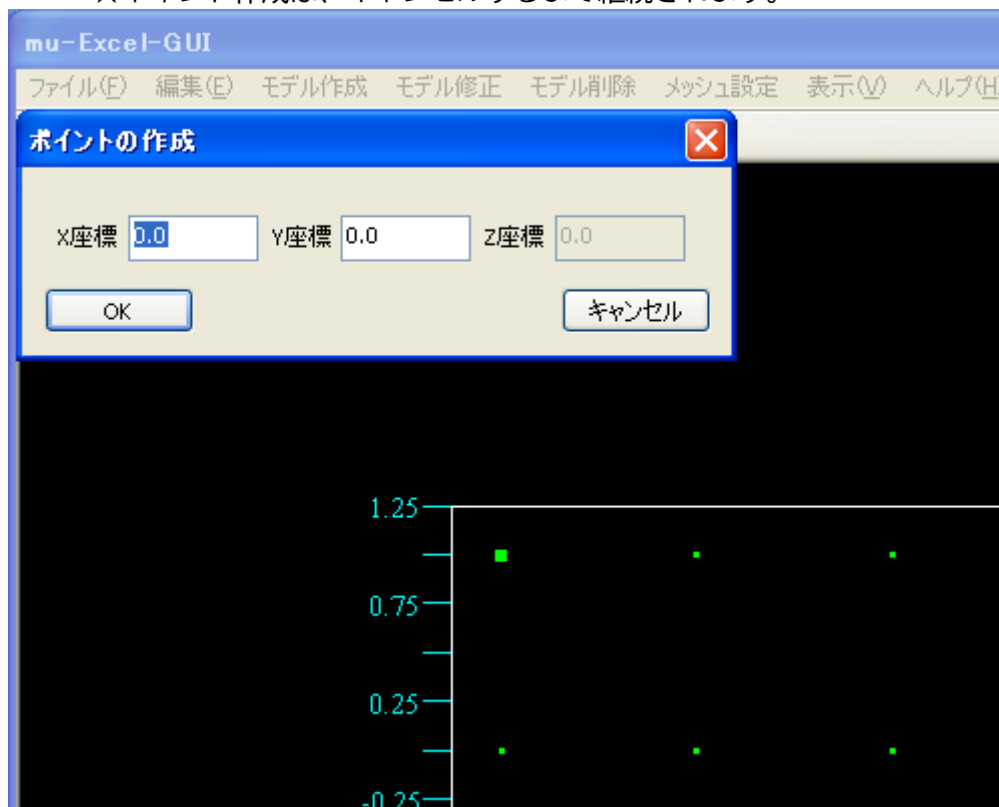
③ ダイアログ上に、座標値を入力し、<OK>ボタンをクリックするとポイントが作成されます。

：作成されたポイントは、その都度描画画面に更新されます。

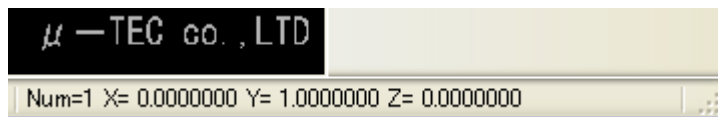
：描画画面内で、作成されたポイントにカーソルを合わせれば、設定値を確認できます。

★同一座標点の作成はできません。

★ポイント作成は、キャンセルするまで継続されます。



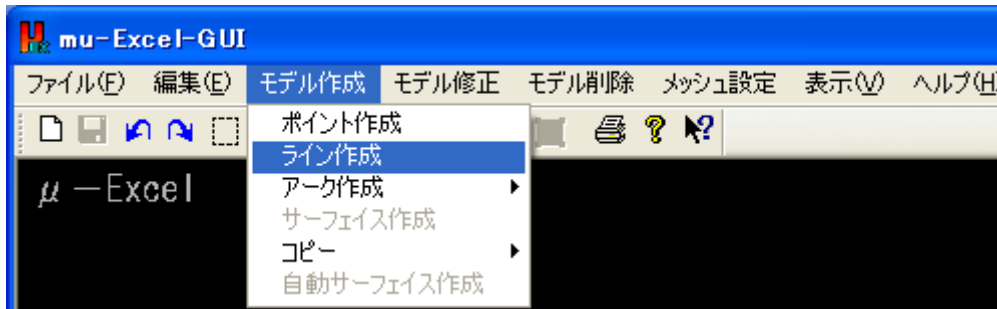
：画面右下ステータスバーでは、選択中ポイントの番号・座標値が表示されます。



6-2-2 ラインの作成

<2点間を結び、ラインを作成します>

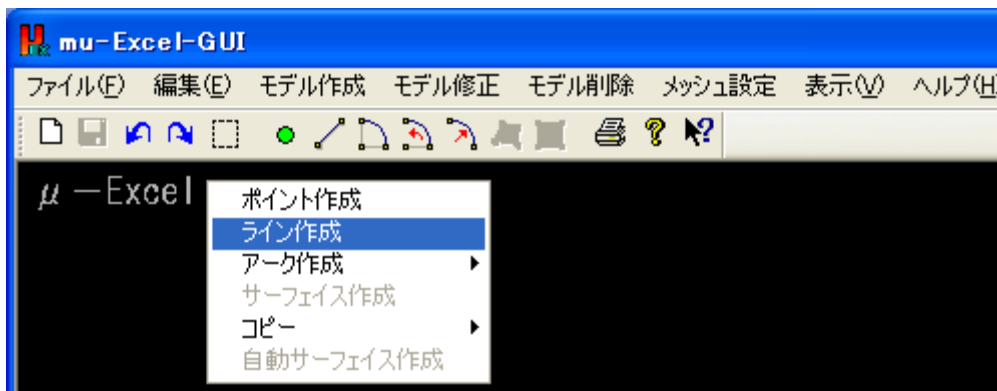
- ① メニュー項目より「モデル作成⇒ライン作成」をクリックします。



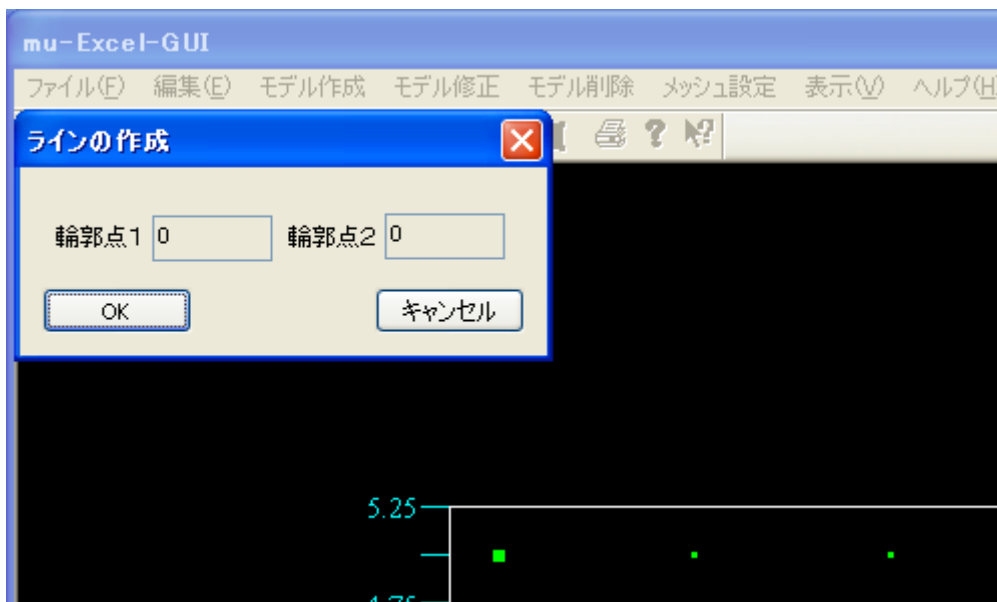
参考1：ツールバーボタンから起動する場合・・・下記図、赤い囲い部分をクリックします。



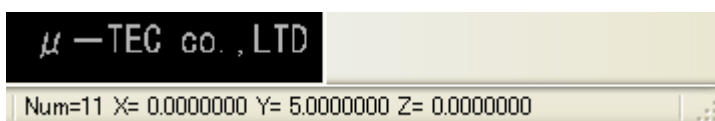
参考2：ポップアップメニューから起動する場合・・・描画画面上で右クリックします。



- ② ライン作成ダイアログが出力され、画面上ではポイントが強調表示されるようになります。
：強調表示されているポイントが、現在の選択ポイントとなります。

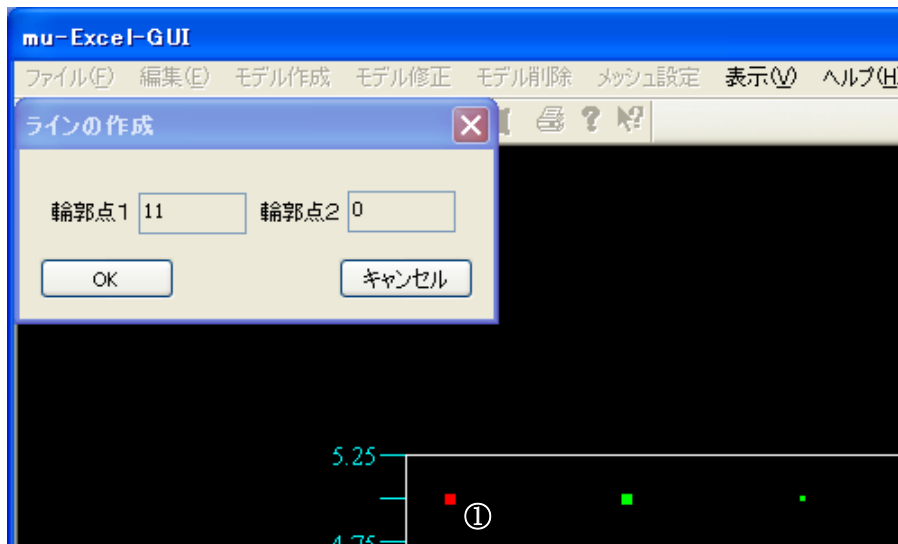


：画面右下ステータスバーには、選択中ポイントの番号・座標値が表示されます。

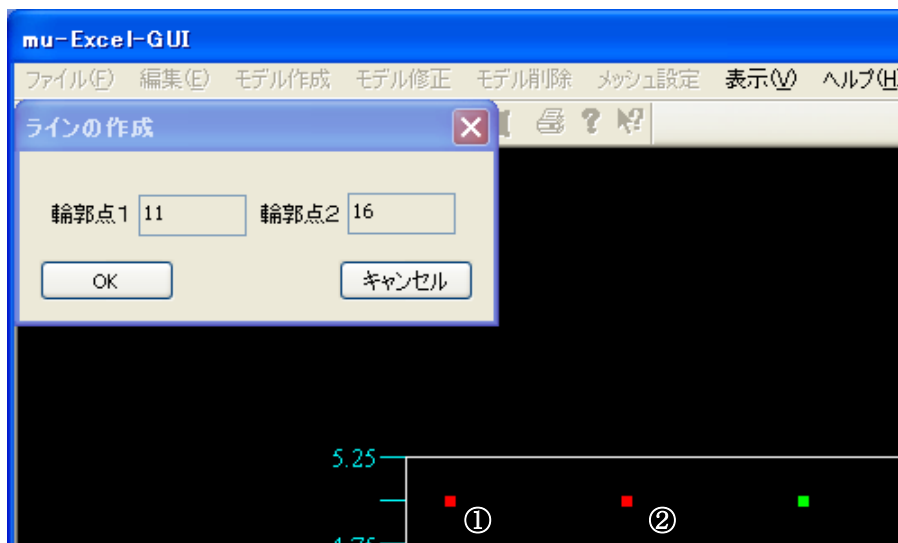


③ まず、画面上の1点を左クリックで選択します。

：選択後、ダイアログ上の輪郭点1にはポイント番号が、画面上では選択点が赤く表示されます。



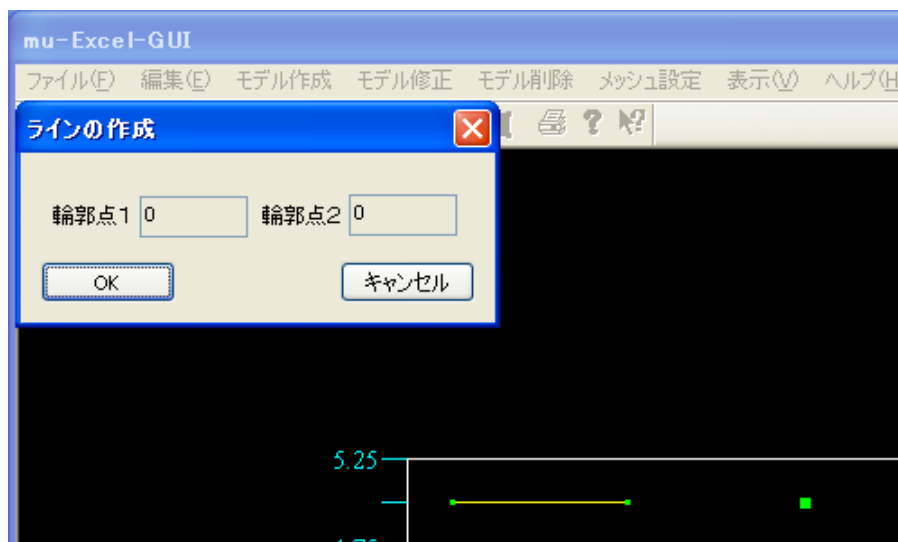
④ 2点目を左クリックで選択します。(同一ポイント選択不可)



⑤ 2点が選択されたので、ダイアログ上の<OK>ボタンをクリックし、ラインを作成します。

：ダイアログと画面が更新され、ラインが黄色で表示されます。

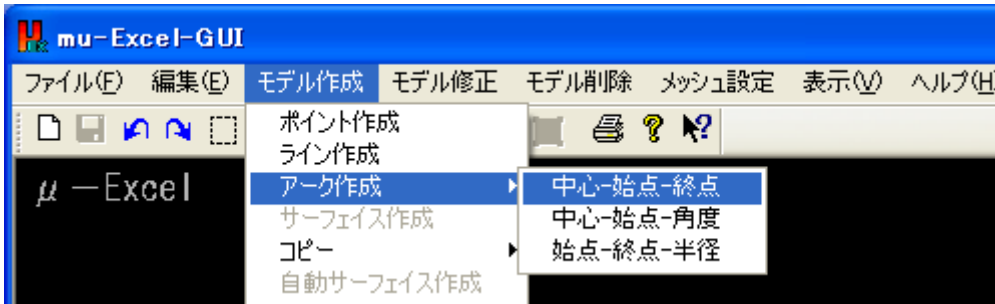
★ライン作成は、キャンセルが選択するまで継続されます。



6-2-3 アークの作成1 (中心・始点・終点)

<中心・始点・終点の3点を指定し、アークラインを作成します>

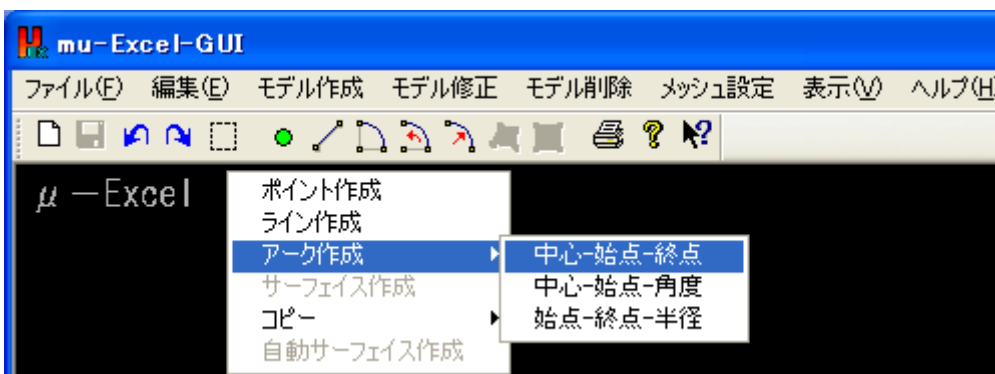
- ①メニュー項目より「モデル作成→アーク作成→中心・始点・終点」をクリックします。



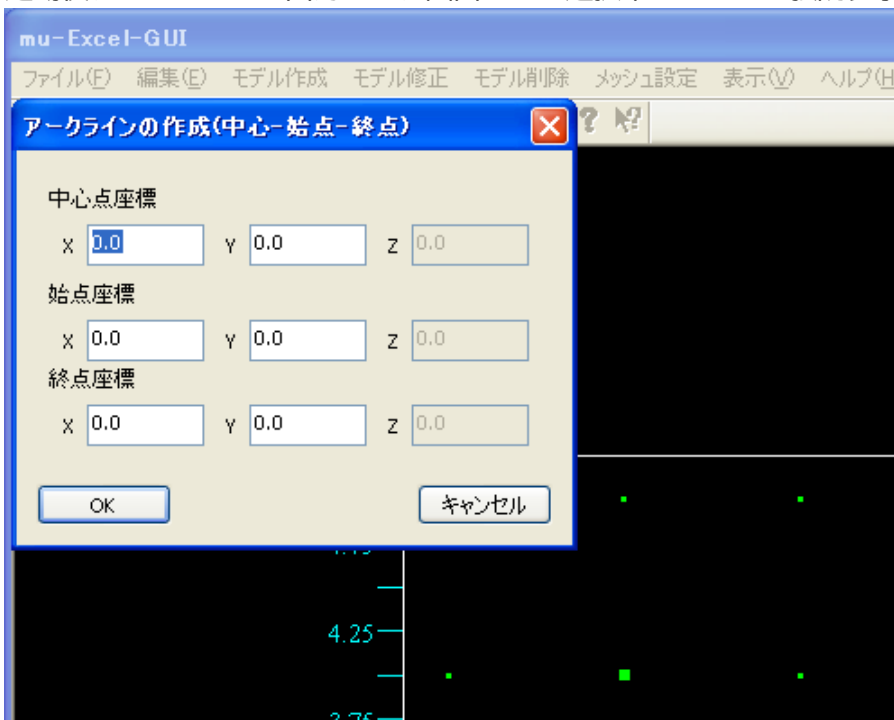
参考1：ツールバーボタンから起動する場合・・・下記図、赤い囲い部分をクリックします。



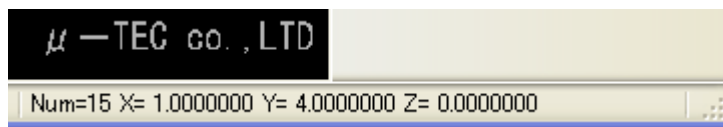
参考2：ポップアップメニューから起動する場合・・・描画画面上で右クリックします。



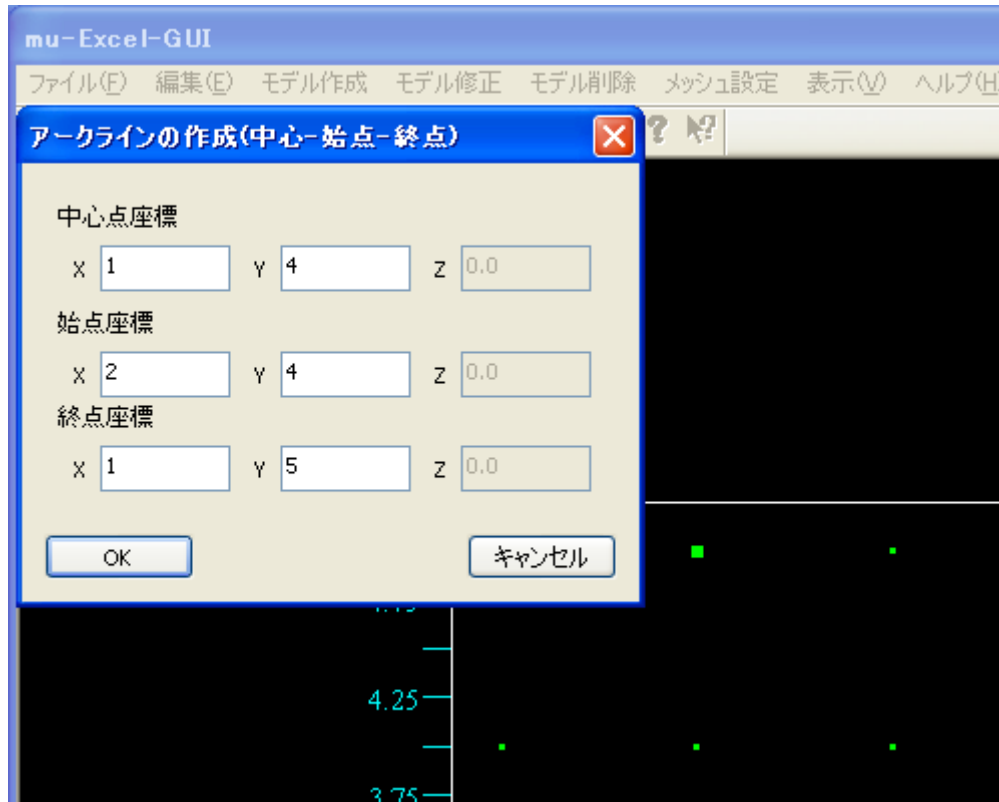
- ②起動後、ダイアログが出力され、画面上では選択中ポイントが強調表示されるようになります。



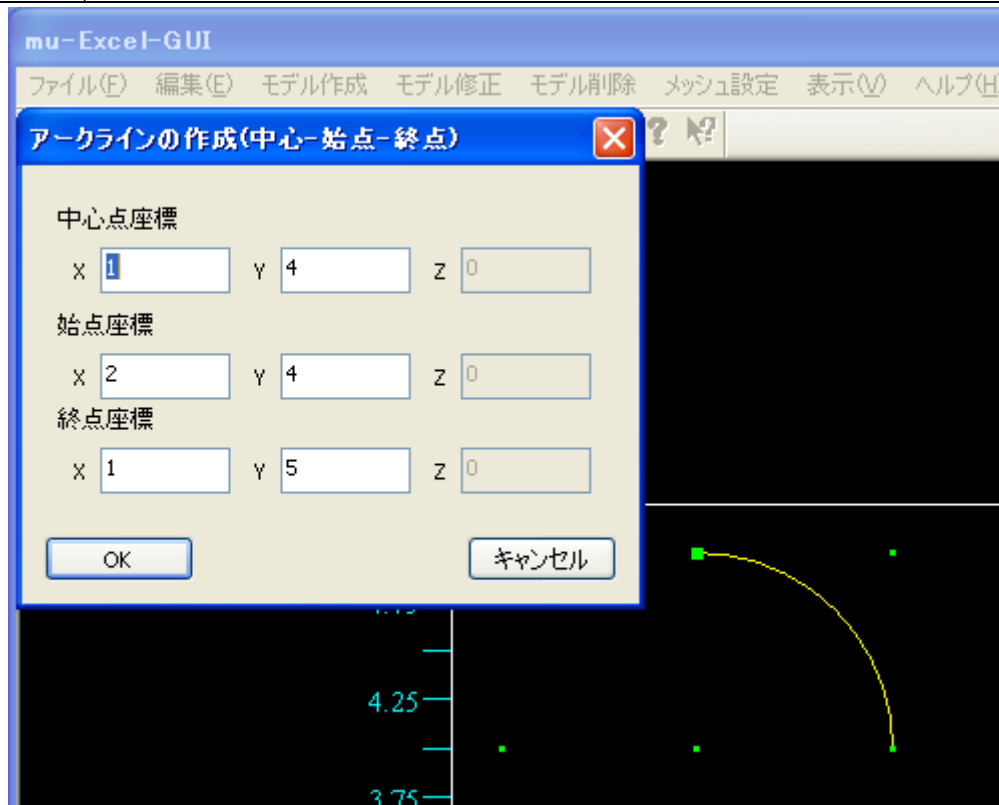
：画面右下ステータスバーには、選択中ポイントの番号・座標値が表示されます。



- ③ダイアログ上に<中心><始点><終点>の座標値をそれぞれ入力します。
：アークの作成は反時計回りに行われます。



- ④ダイアログ上の<OK>ボタンをクリックすると、アークが作成されます。

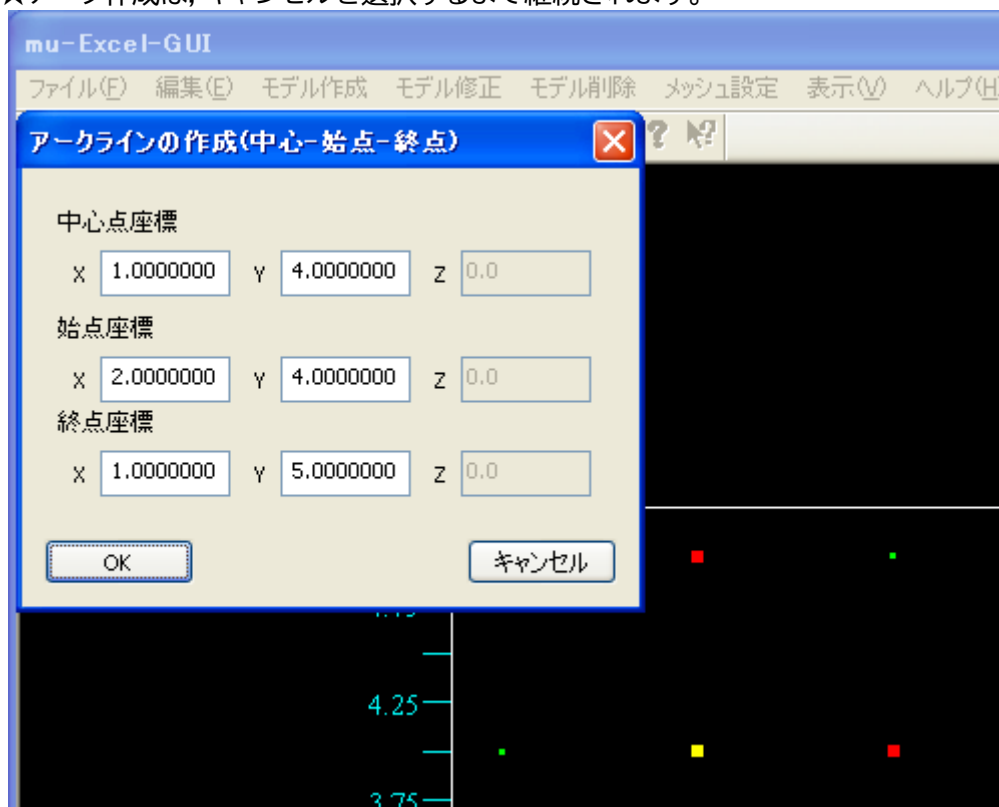


⑤マウス操作でのダイアログ入力も可能です。

:この場合、1回目のクリック→中心 | 2回目のクリック→始点 | 3回目のクリック→終点
と対応していきます。(厳密には、選択されている入力位置に対応します)

★下記図では、黄色が中心、赤が始点・終点を表しています。

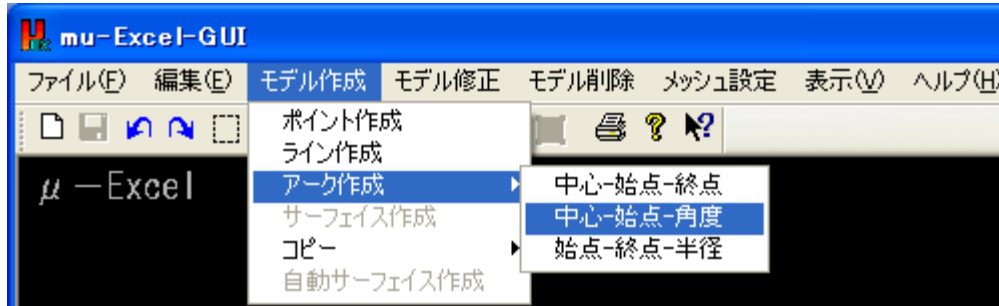
★アーク作成は、キャンセルを選択するまで継続されます。



6-2-4 アークの作成2 (中心・始点・角度)

<中心・始点の2点と角度[°]を指定し、アークラインを作成します>

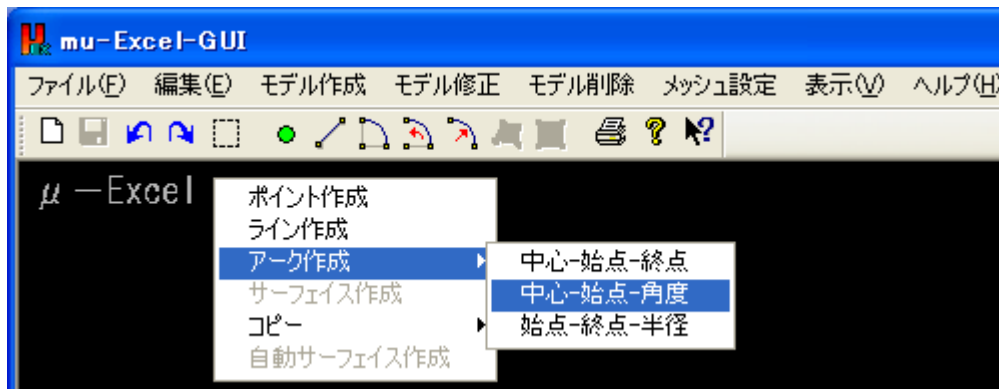
- ①メニュー項目より「モデル作成→アーク作成→中心・始点・角度」をクリックします。



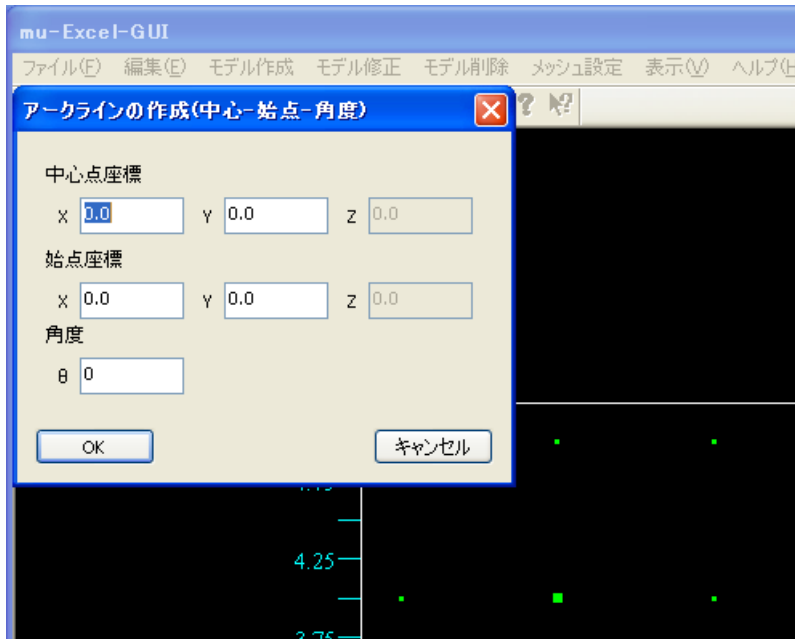
参考1: ツールバーボタンから起動する場合... 下記図、赤い囲い部分をクリックします。



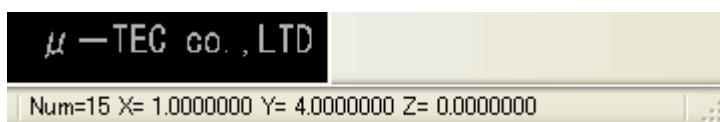
参考2: ポップアップメニューから起動する場合... 描画画面上で右クリックします。



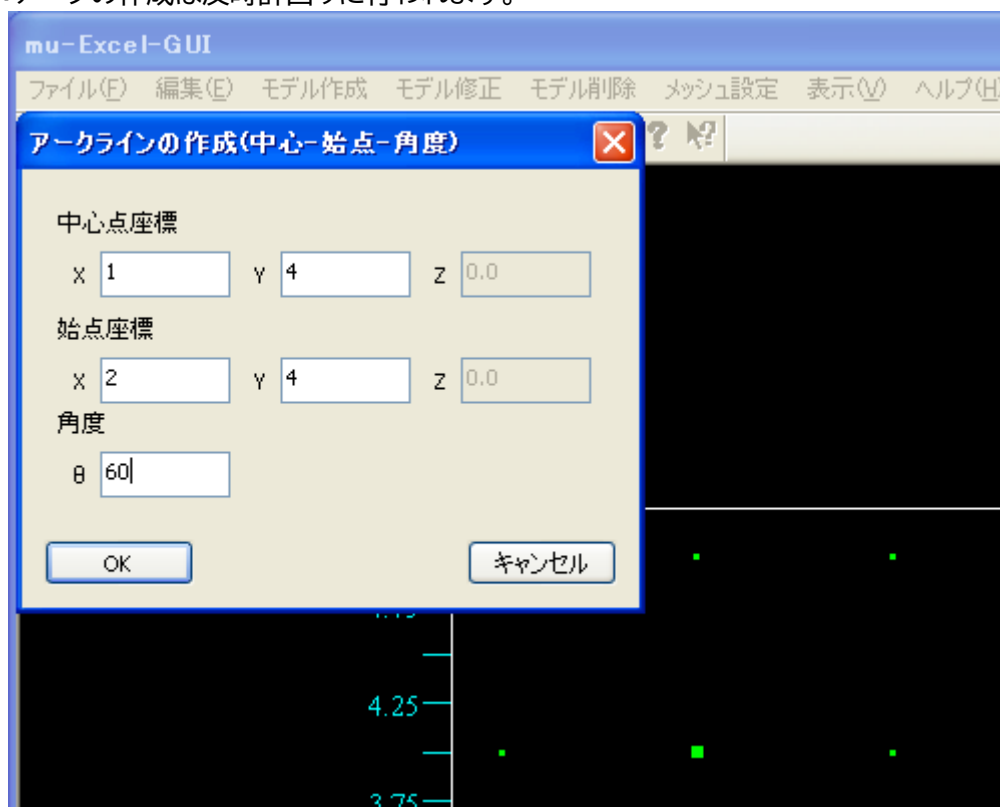
- ②起動後、ダイアログが出力され、画面上では選択中ポイントが強調表示されるようになります。



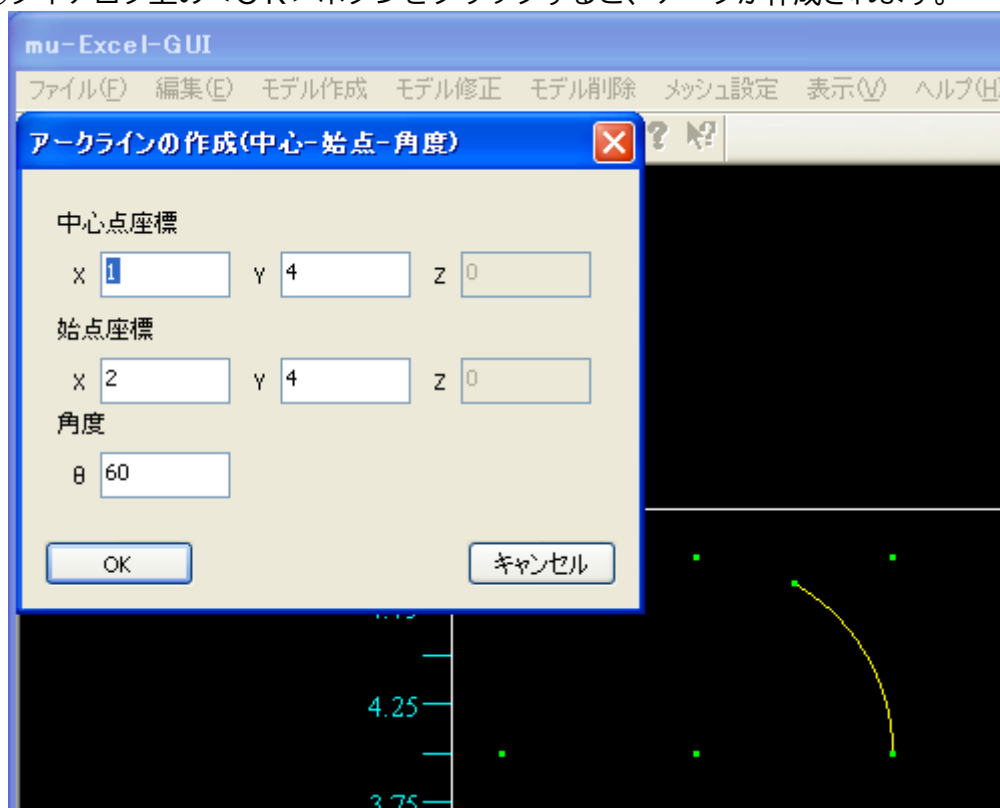
: 画面右下ステータスバーには、選択中ポイントの番号・座標値が表示されます。



- ③ダイアログ上に<中心><始点>の座標値と<角度[°]>をそれぞれ入力します。
:アークの作成は反時計回りに行われます。



- ④ダイアログ上の<OK>ボタンをクリックすると、アークが作成されます。

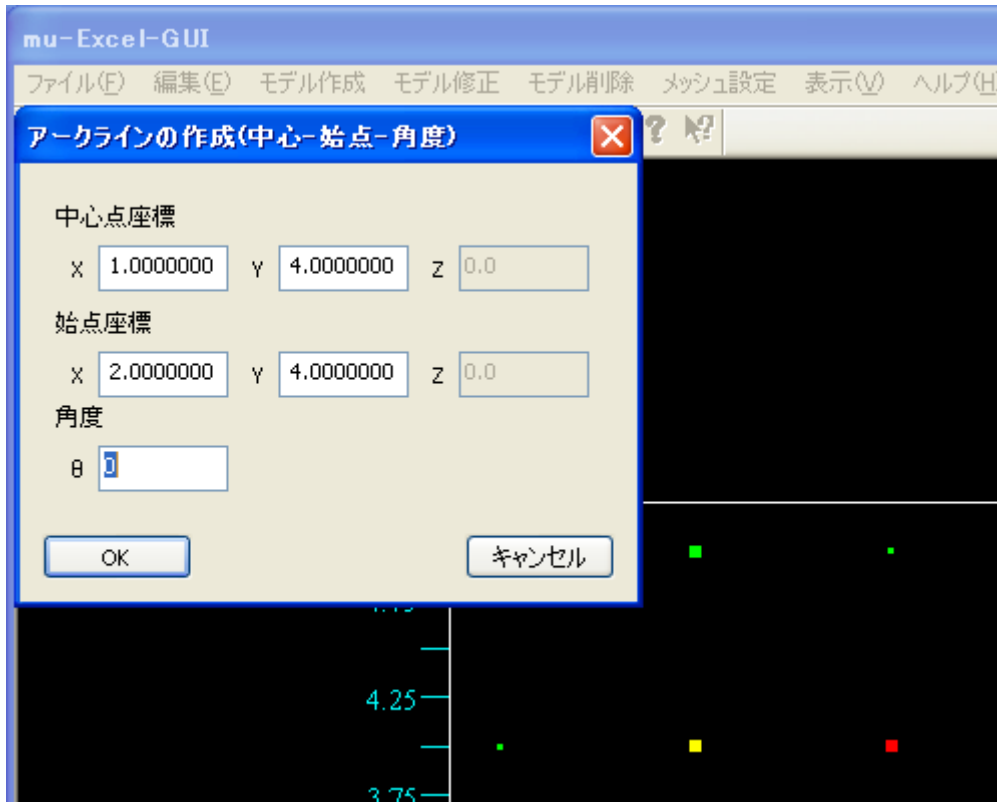


⑤マウス操作でのダイアログ入力も可能です。

：この場合、1回目のクリック→中心 | 2回目のクリック→始点
と対応していきます。(厳密には、選択されている入力位置に対応します)

★下記図では、黄色が中心、赤が始点を表しています。

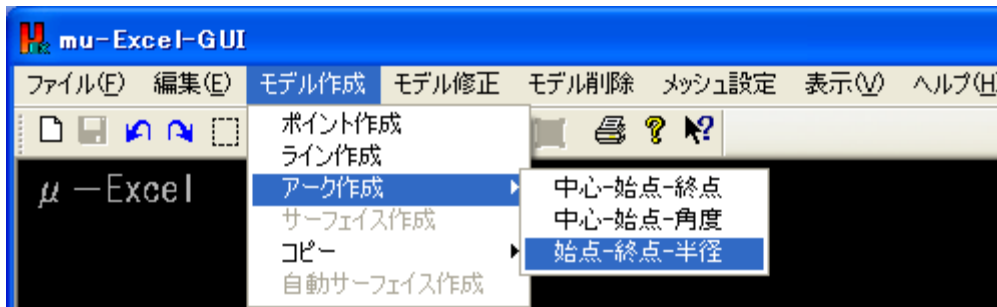
★アーク作成は、キャンセルを選択するまで継続されます。



6-2-5 アークの作成3 (始点・終点・半径)

<始点・終点の2点と半径を指定し、アークラインを作成します>

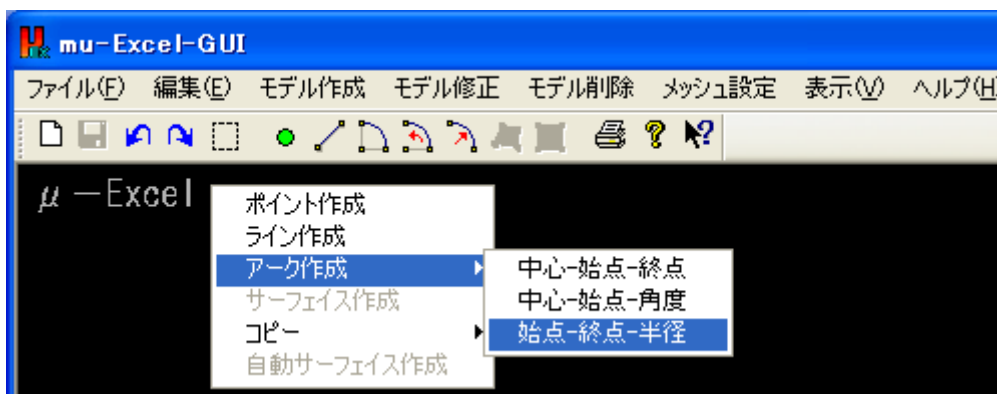
- ①メニュー項目より「モデル作成→アーク作成→始点・終点・半径」をクリックします。



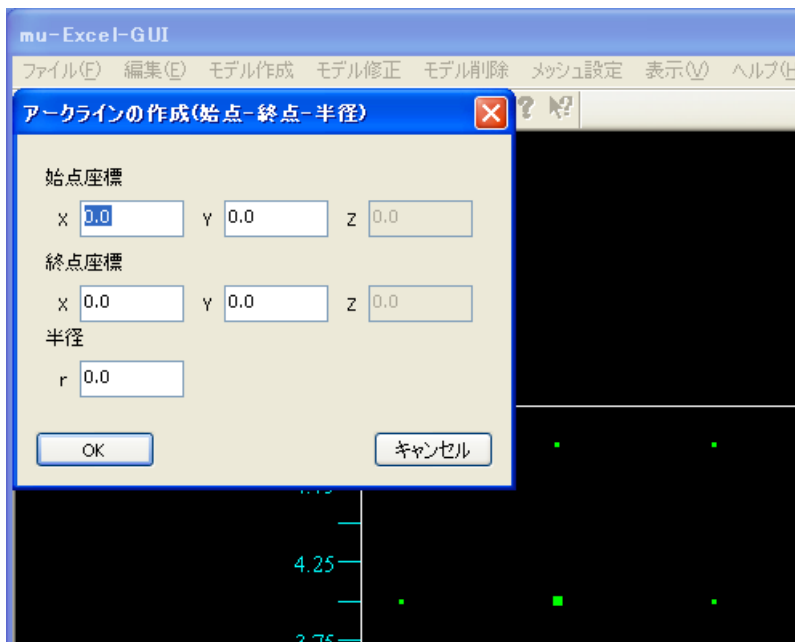
参考1：ツールバーボタンから起動する場合・・・下記図、赤い囲い部分をクリックします。



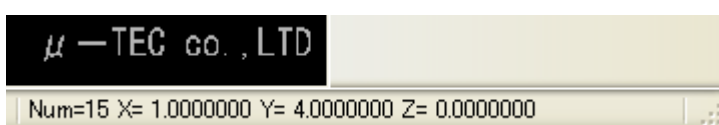
参考2：ポップアップメニューから起動する場合・・・描画画面上で右クリックします。



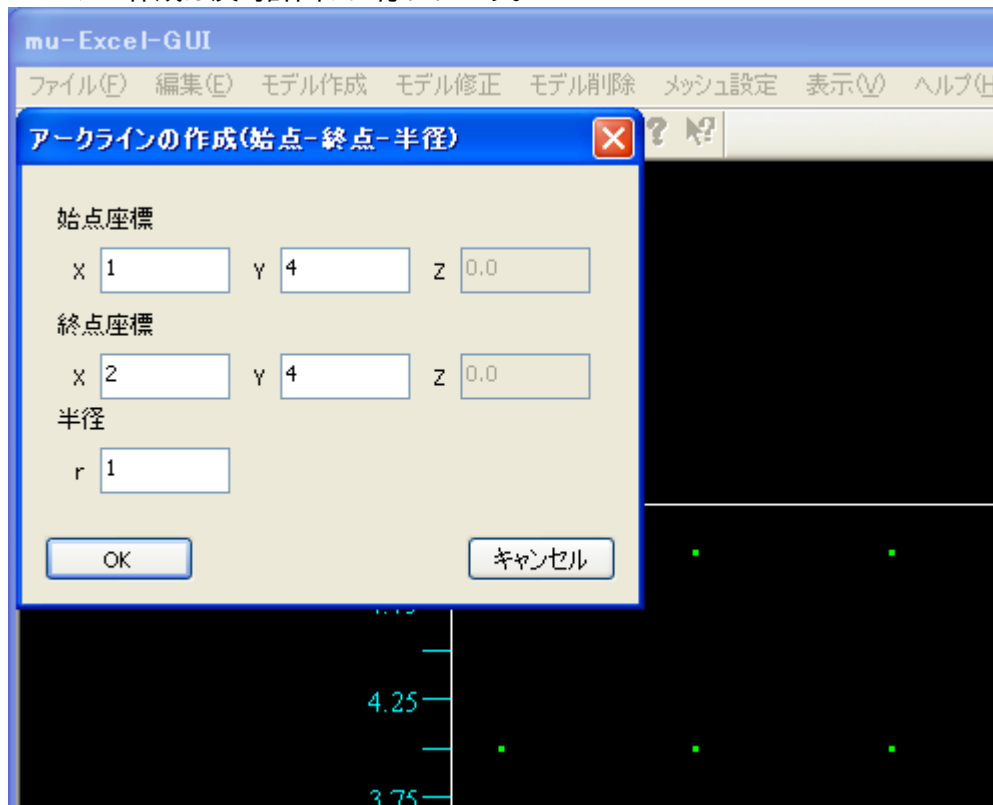
- ②起動後、ダイアログが出力され、画面上では選択中ポイントが強調表示されるようになります。



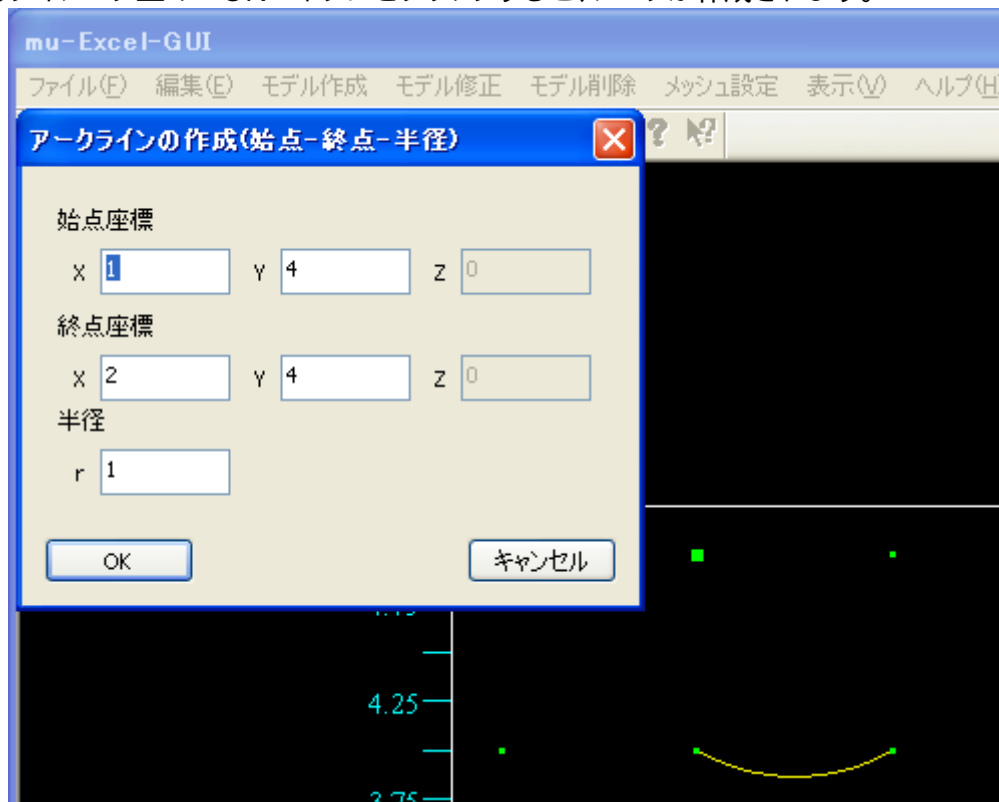
：画面右下ステータスバーには、選択中ポイントの番号・座標値が表示されます。



- ③ダイアログ上に＜始点＞＜終点＞の座標値と＜半径＞をそれぞれ入力します。
：アークの作成は反時計回りに行われます。



- ④ダイアログ上の＜OK＞ボタンをクリックすると、アークが作成されます。

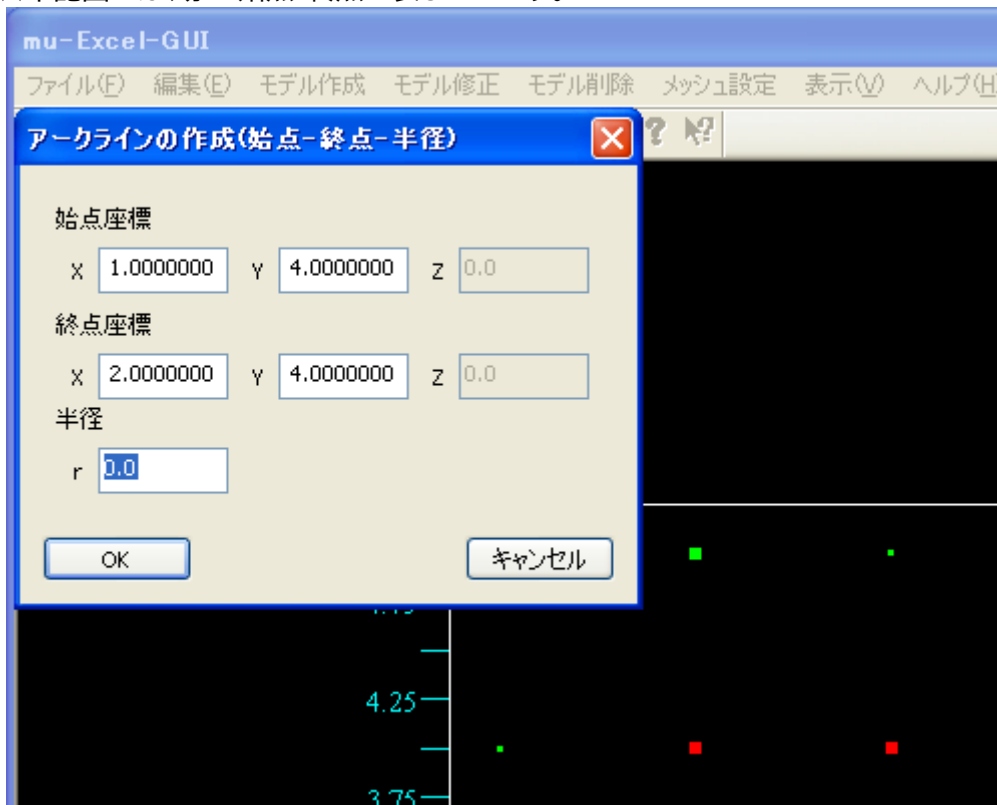


⑤マウス操作でのダイアログ入力も可能です。

:この場合、1回目のクリック→始点 | 2回目のクリック→終点

と対応していきます。(厳密には、選択されている入力位置に対応します)

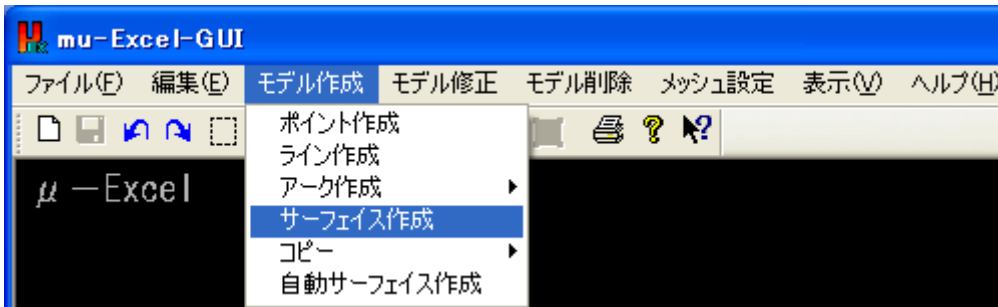
★下記図では、赤が始点・終点を表しています。



6-2-6 サーフェ이스の作成

<作成されたラインを元にサーフェースを作成します>

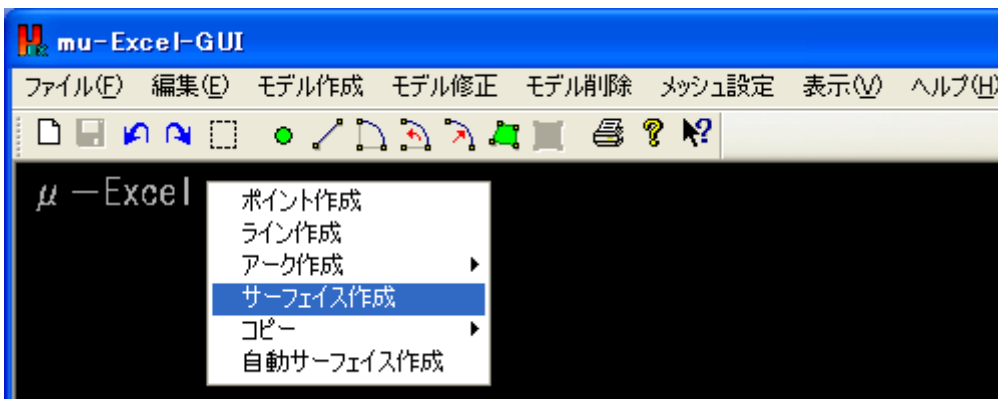
- ① メニュー項目より「モデル作成⇒サーフェース作成」をクリックします。



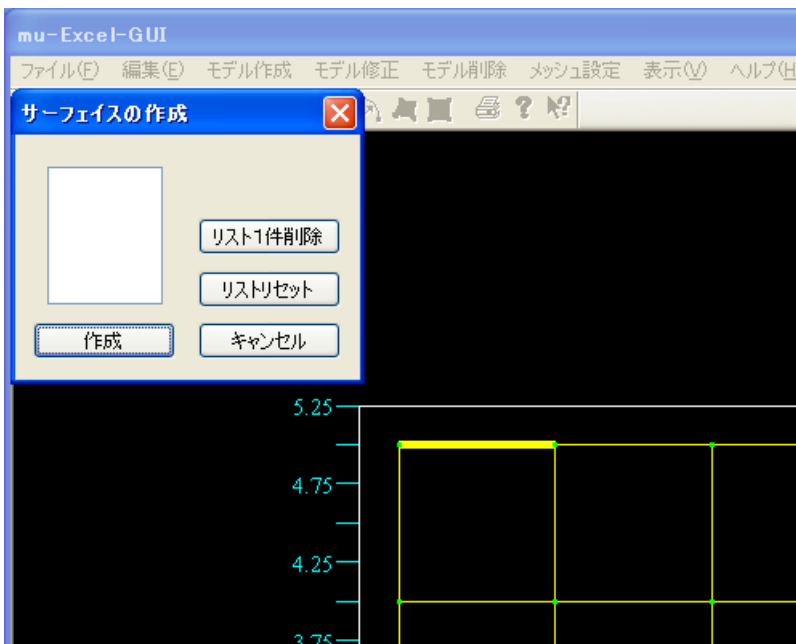
参考1: ツールバーボタンから起動する場合... 下記図、赤い囲い部分をクリックします。



参考2: ポップアップメニューから起動する場合... 描画面面上で右クリックします。



- ② サーフェース作成ダイアログが出力され、ラインが強調表示されるようになります。
: 強調表示されているラインが、現在の選択ラインとなります。



: 画面右下ステータスバーでは、選択中ラインの番号・分割数(通常ラインは1)が表示されます。



③ 次にラインを左クリックで選択します。

：選択されたラインは赤く表示されます。

：ダイアログ上にて、リセット・リスト1件毎の削除が可能です。

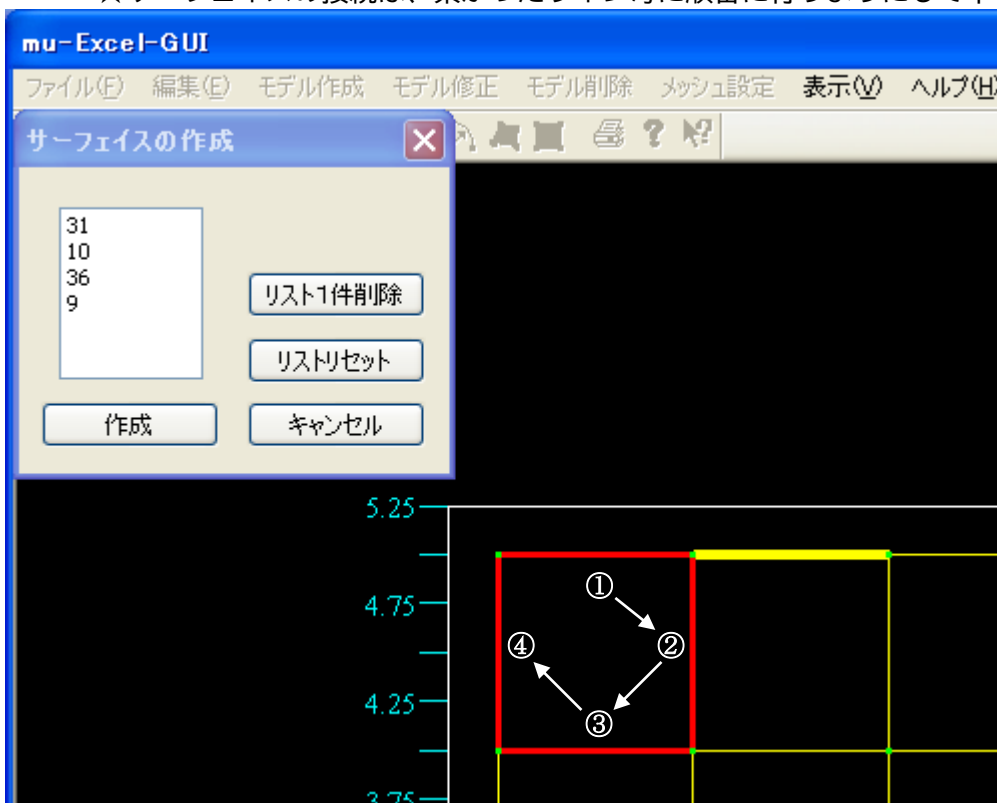
★1件毎の削除の場合は、その都度、リスト上の番号を選択して行う必要があります。



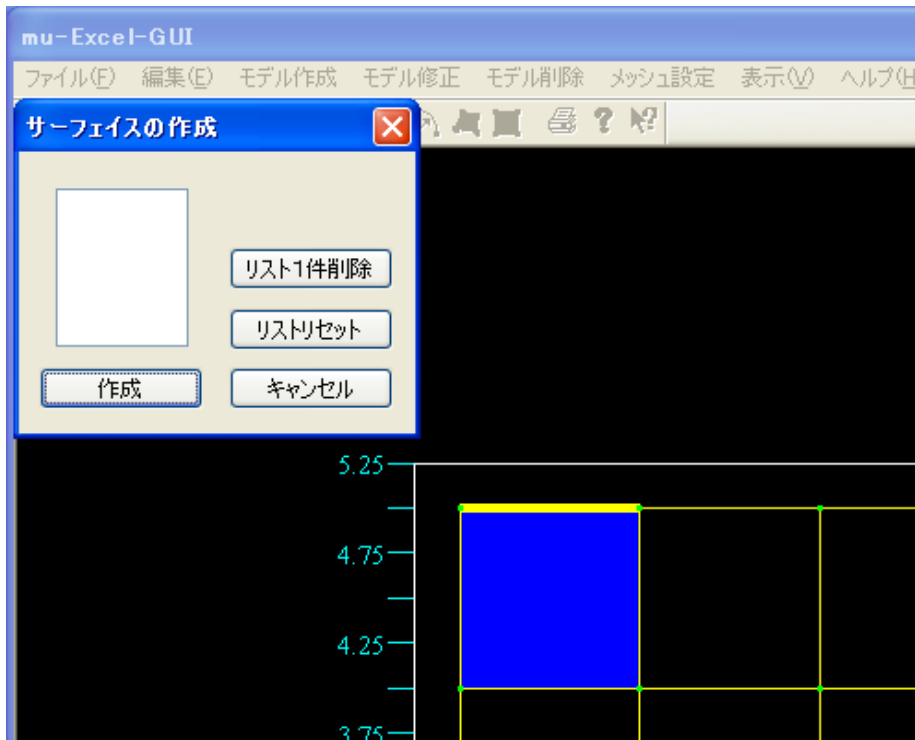
④ 選択ラインで閉塞域を作成します。(同一ライン選択不可)

：ラインを順番に選択接続していき、1つの閉塞域を作成します。

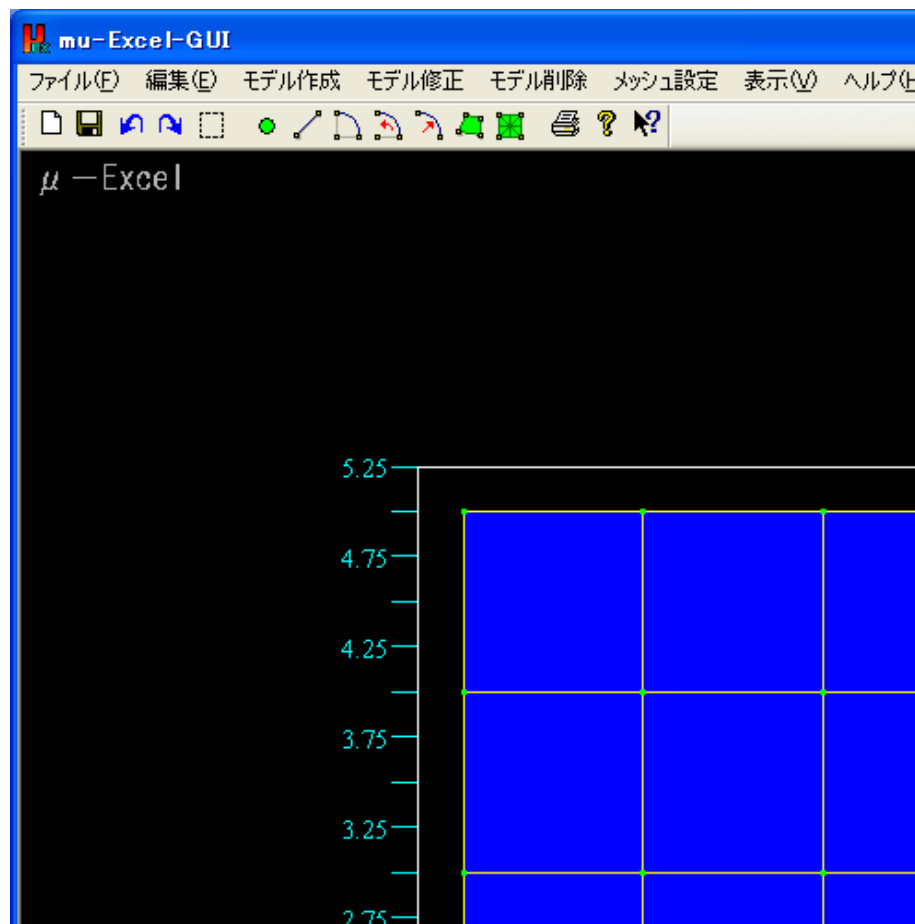
★サーフェスの接続は、繋がったライン毎に順番に行うようにして下さい。



- ⑤ <作成>ボタンをクリックすると、下記図のようにサーフェイスが作成されます。
 ★閉じていない、交差ライン・交差点が途中に存在する場合は、エラーとなります。
 ★サーフェイスの作成は、キャンセルするまで継続されます。



- ⑥ サーフェイスを順次作成していきます。
 : 2つ目以降のサーフェイスは、以前の定義領域のいずれかと接している必要があります。



6-2-7 アークライン分割数の設定

<作成されたアークラインの分割数を設定します>

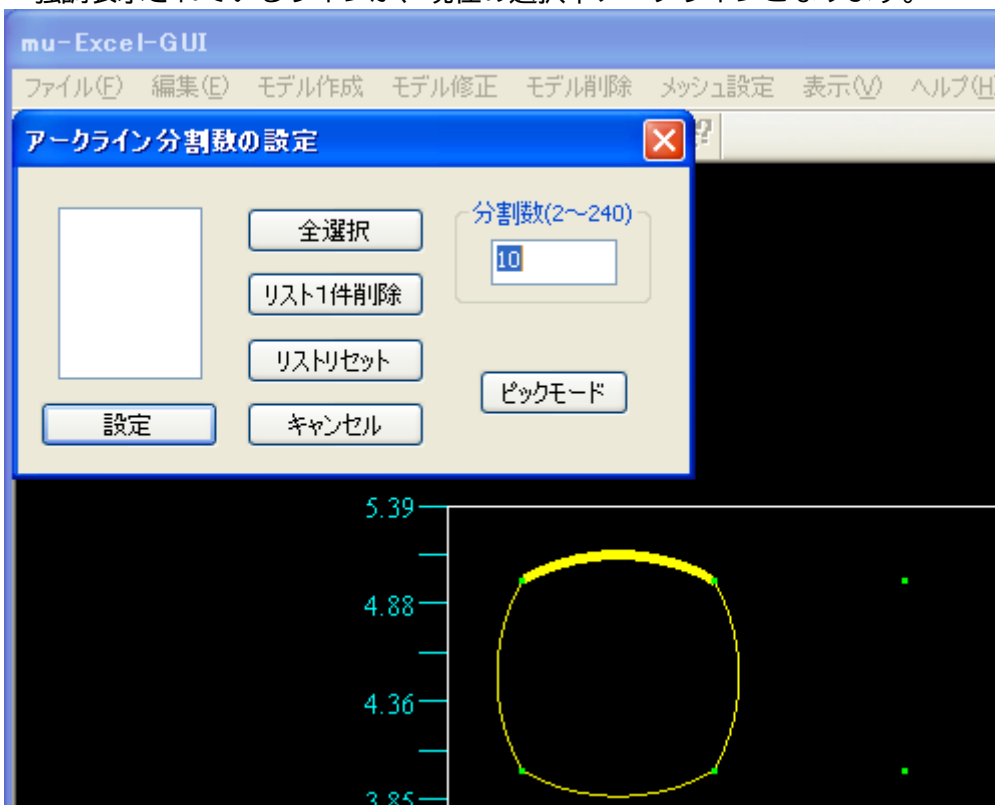
(アークラインが読み込まれている場合)

★アークラインは直線を複数接続で作成しているため、その細かさを設定します。

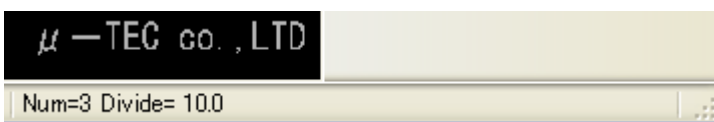
- ① メニュー項目より「メッシュ設定⇒アークライン分割数設定」をクリックします。



- ② アークライン分割数設定ダイアログが出力され、アークラインが強調表示されるようになります。
: 強調表示されているラインが、現在の選択中アークラインとなります。



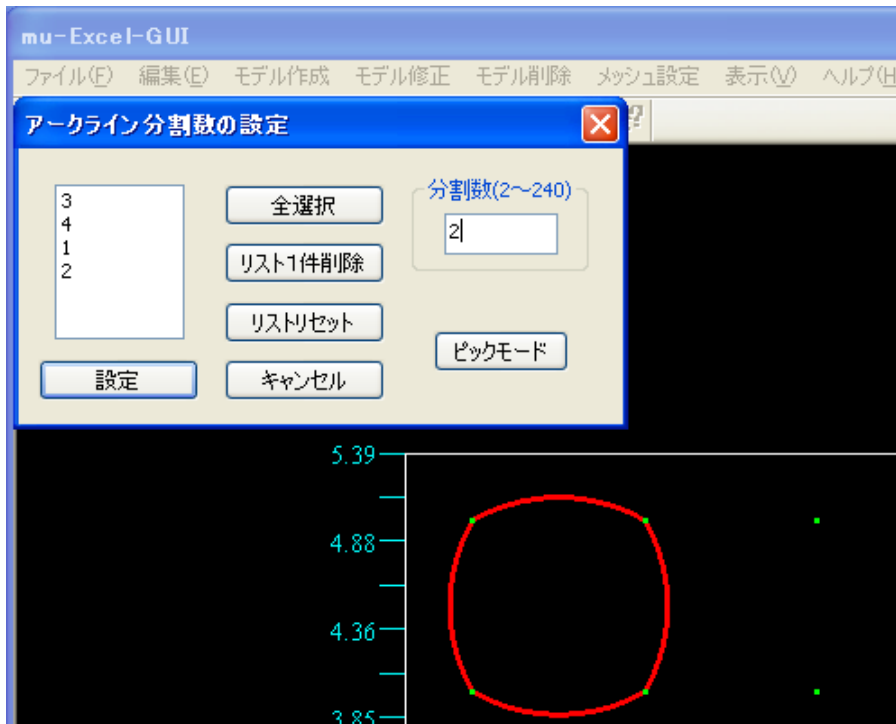
:画面右下ステータスバーには、選択中アークラインの番号・分割数(2~240)が表示されます。



③ 分割数を設定するアークラインを選択します（同一アークライン選択不可）

- ：アークラインは複数選択が可能で、選択したアークラインは赤く表示されます。
- ：ダイアログ上の分割数入力位置には、2～240 の整数でアークラインの分割数を入力します。
- ：ダイアログ上にて、全選択・リセット・1 件毎の削除ができます。

★1 件毎の削除は、その都度、リスト上の番号を選択して行う必要があります。



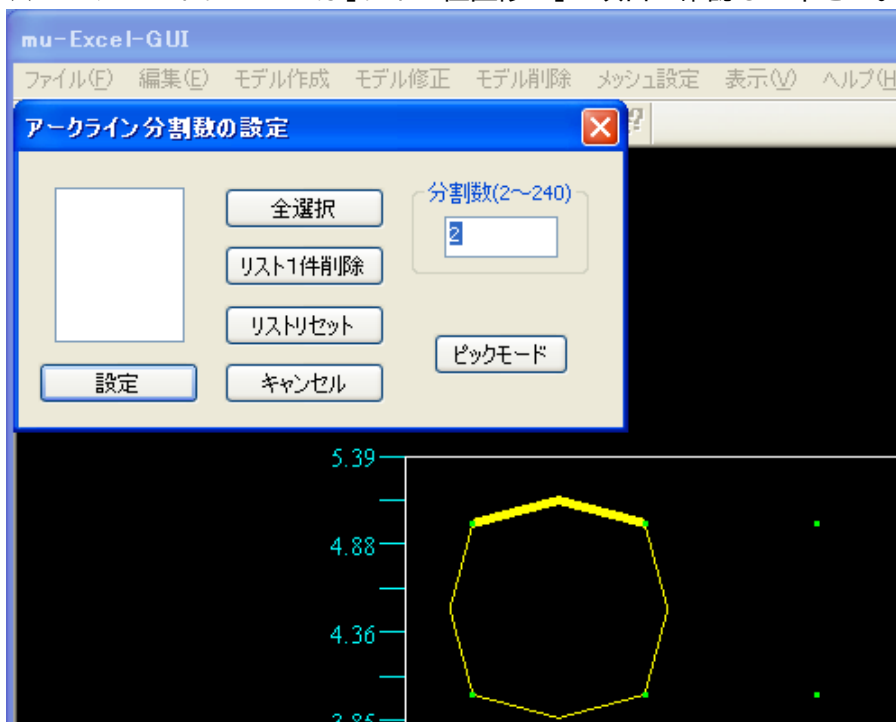
④ <設定> ボタンをクリックするとアークラインの分割数が設定されます。

：描画も下記図のように更新されます。（設定値に差がないと体感できないこともあります）

★ステータスバーの表示でも確認することができます。（ライン確認モード）

★アークライン分割数の設定は、キャンセルを選択するまで継続されます。

★ピックモードについては[ライン位置修正]の項目を確認して下さい。



6-2-8 メッシュ疎密比の設定

<作成されたサーフェイスに対して、メッシュ疎密比を設定します>

★この値は、Excel にてメッシュ作成を実行した際に反映されます。

★例えば、1→10→100の順番にメッシュが粗くなります。

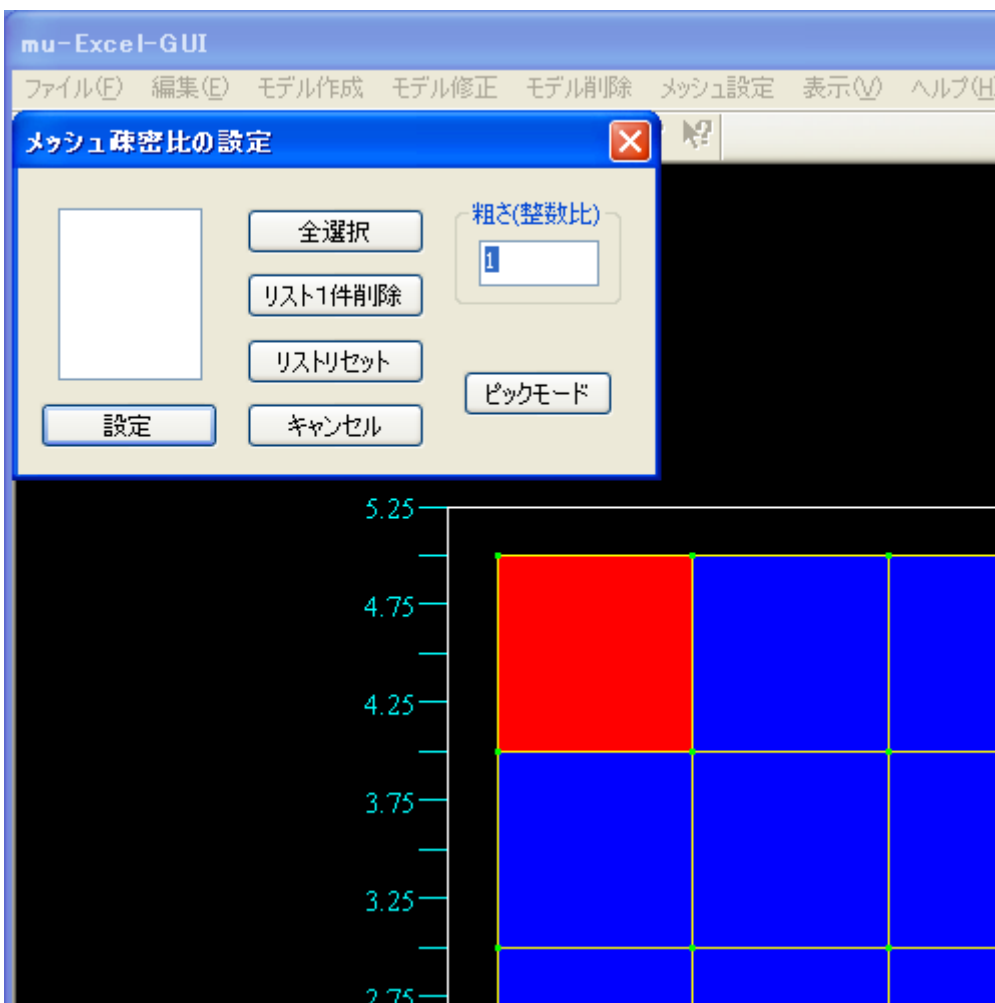
- ① メニュー項目より「メッシュ設定⇒メッシュ疎密比設定」をクリックします。



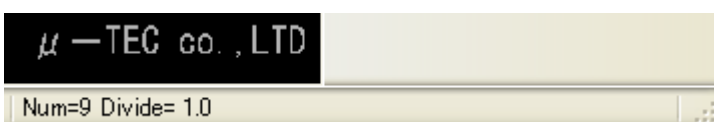
参考：ツールバーボタンから起動する場合・・・下記図、赤い囲い部分をクリックします。



- ② メッシュ疎密比設定ダイアログが出力され、サーフェイスが赤く表示されるようになります。
：赤く表示されているサーフェイスが、現在の選択サーフェイスとなります。



：画面右下ステータスバーには、選択中サーフェイスの番号・メッシュ疎密比の値が表示されます。



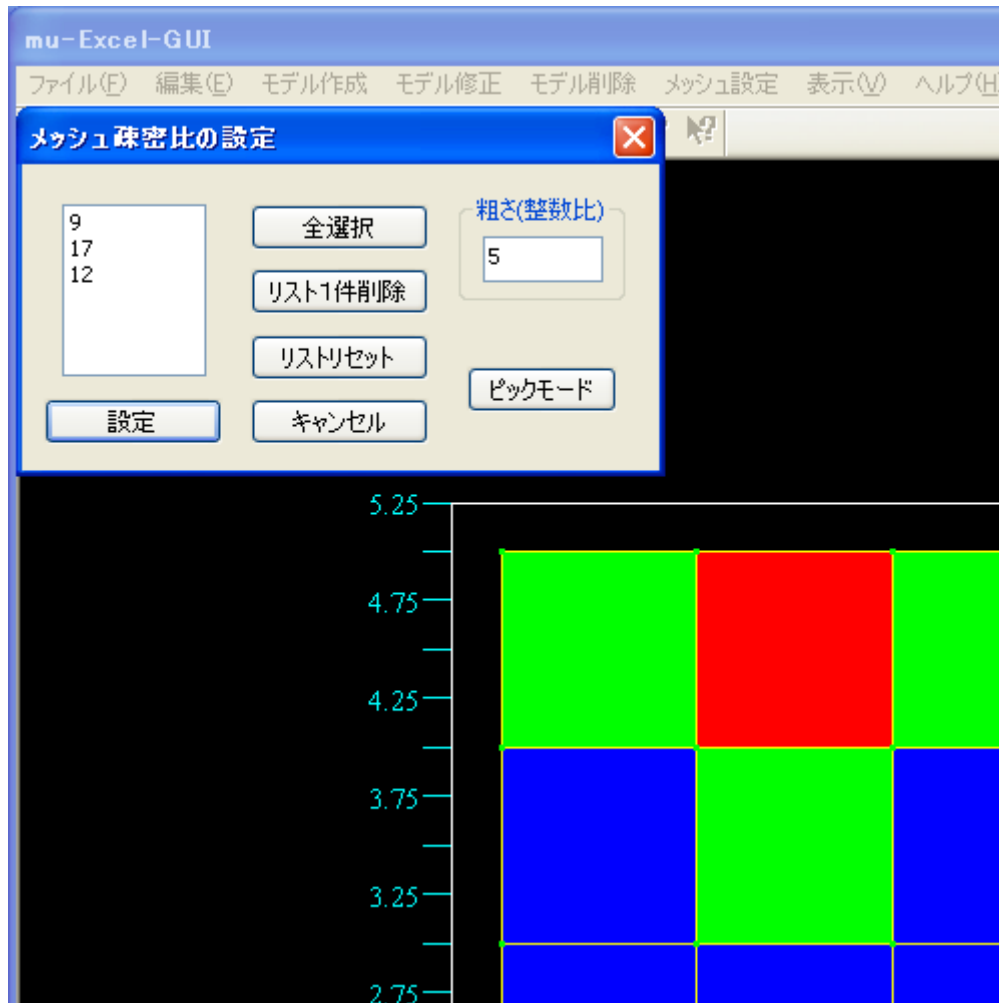
③ 疎密比を設定するサーフェスを左クリックで選択します。(同一サーフェス選択不可)

:サーフェスは複数選択が可能で、選択されたサーフェスは緑で表示されます。

:ダイアログ上の粗さ入力位置に、疎密比を整数で入力します。

:ダイアログ上では、全選択・リセット・1件毎の削除が可能です。

★1件毎の削除の場合は、その都度、リスト上の番号を選択して行う必要があります。



④ <設定> ボタンをクリックします。

:選択していたサーフェス全てに、細かさが設定されます。

★ステータスバーの表示で確認することができます。

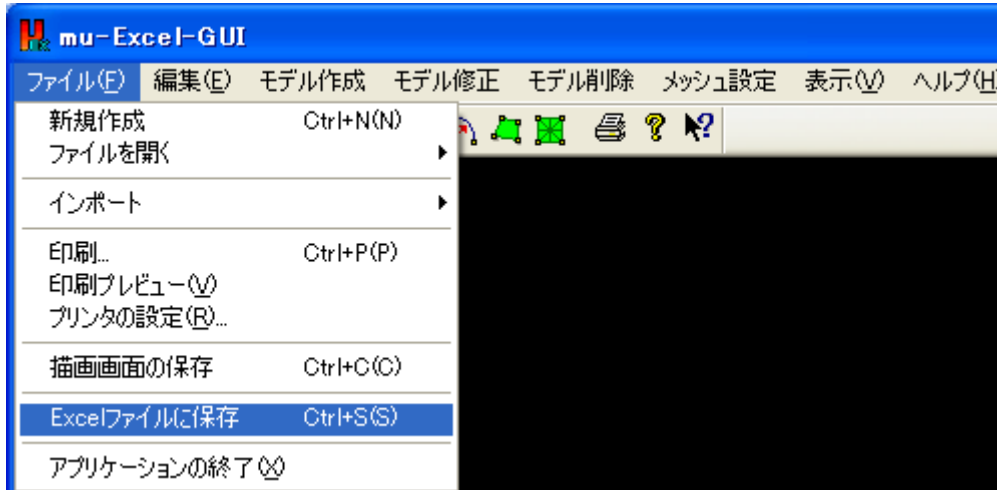
(サーフェイス確認モード)

★ピックモードについては[ライン位置修正]の項目を確認して下さい。

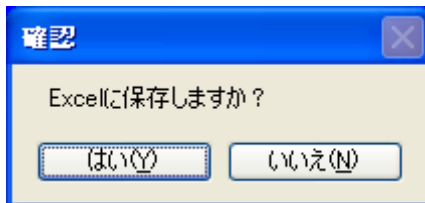
6-2-9 Excel ファイルへの保存

<作成した形状データを Excel ファイルに保存します>

- ① メニュー項目より「ファイル⇒Excel ファイルに保存」をクリックします。



- ② 確認ダイアログが出力されるので、<はい>をクリックします。



参考1：下記図、赤い囲い部分のツールバーボタンからも操作できます。



参考2：ショートカットキー「Ctrl+S」からも操作できます。

6-3 モデルの作成 (DXF ファイル読込)

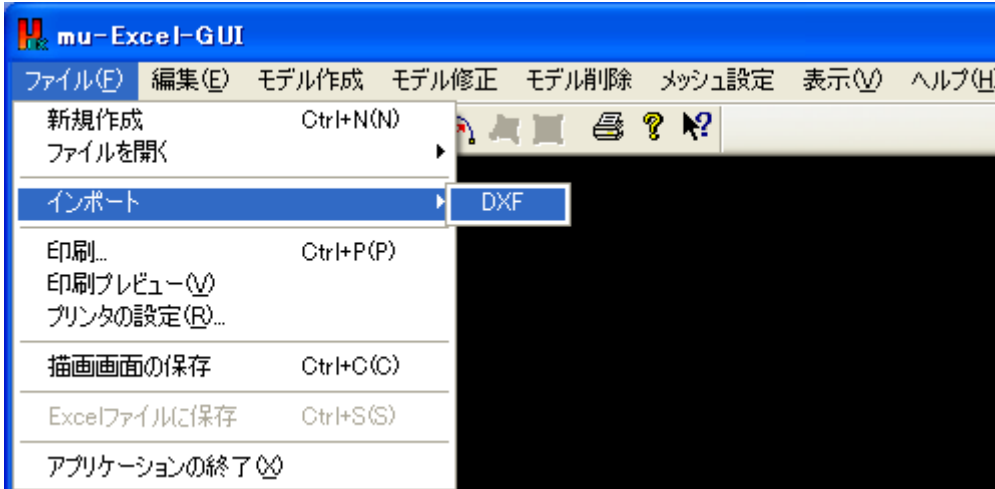
6-3-1 DXF ファイルの読込

<CAD ファイル情報を DXF ファイル形式にて読込みます>

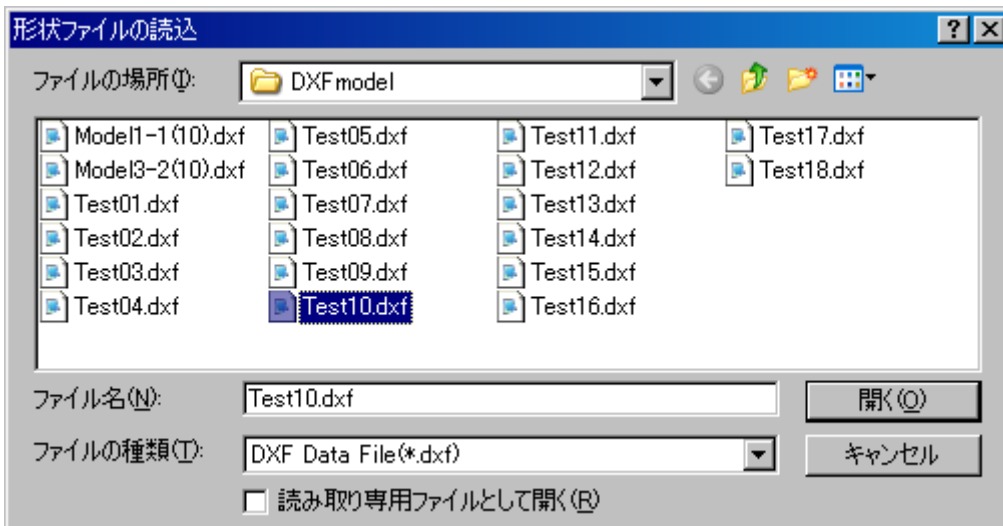
★現状、ラインとアークのみ読込めます。

★交差ライン等は、サーフェイスが作成できないので、作成しないようにして下さい。

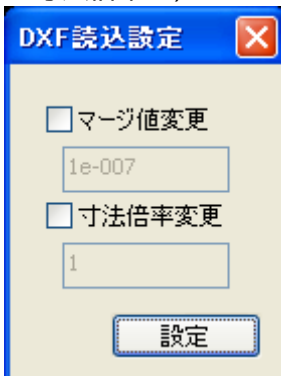
- ① メニュー項目より「ファイル⇒インポート⇒DXF」をクリックします。



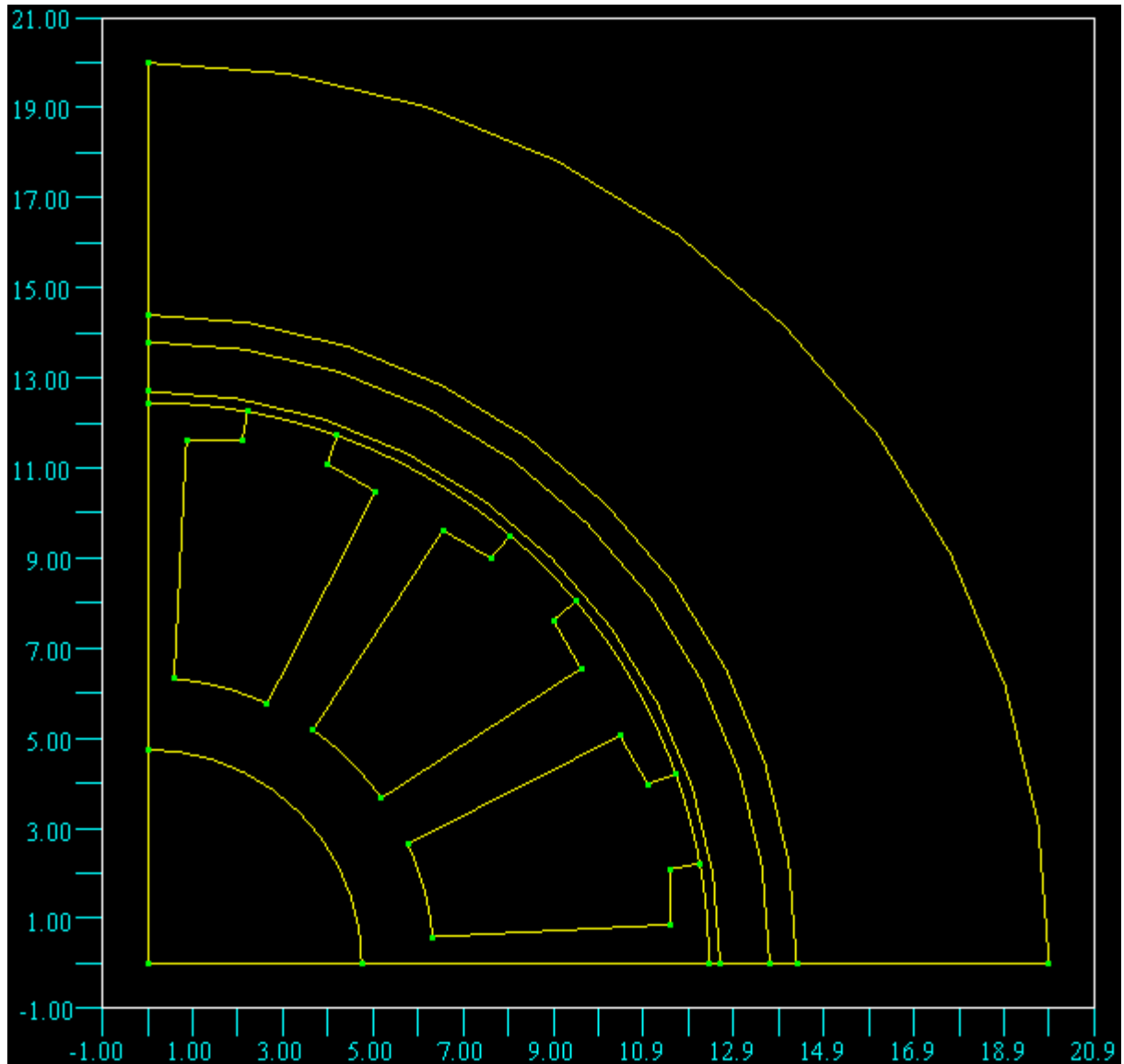
- ② ファイルを選択します。



- ③ 読込時は、ライン毎に読込むため、ライン間の交点位置に若干のズレが生じることがあります。そのため、補正値を設定します。(補正値は、基本的にはデフォルトで構いません)
値を変更される場合は、チェックボックスをオンにして、0~0.1 の間の値を入力して下さい。
：寸法倍率は、1e-5~1e+5 の間の値を入力して下さい。



④ <設定> ボタンをクリックすれば、形状が読み込まれます。



6-3-2 サーフェイスの作成

<読み込まれた形状を元にサーフェイスを作成します>

6-3-3 アークライン分割数の設定

<作成されたアークラインの分割数を設定します>

6-3-4 メッシュ疎密比の設定

<作成されたサーフェイスに対して、メッシュ疎密比を設定します>

6-3-5 Excel ファイルへの保存

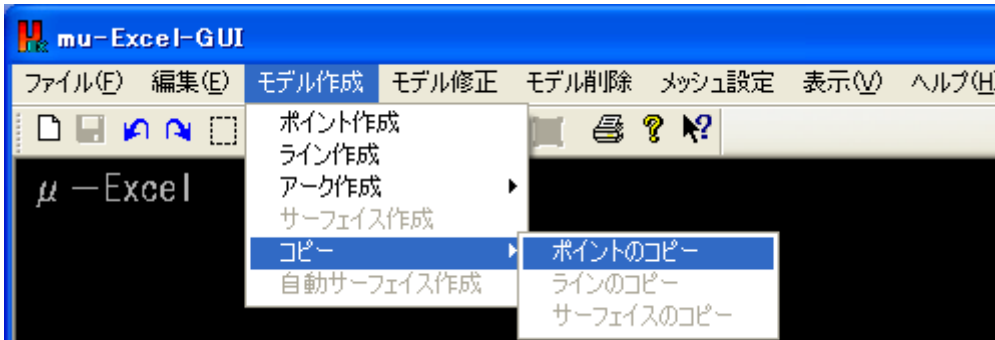
<作成した形状データを Excel ファイルに保存します>

6-4 モデルの作成（補助機能）

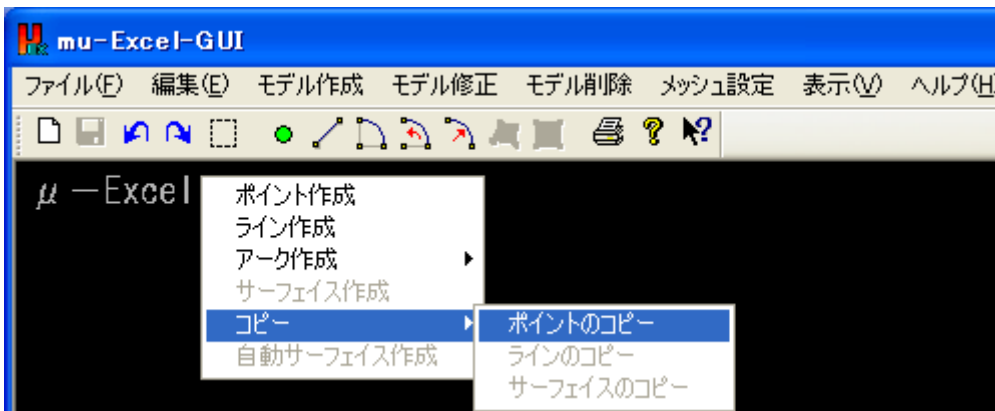
6-4-1 ポイントのコピー

<作成されたポイントを元にコピーします>

- ① メニュー項目より「モデル作成⇒コピー⇒ポイントのコピー」をクリックします。



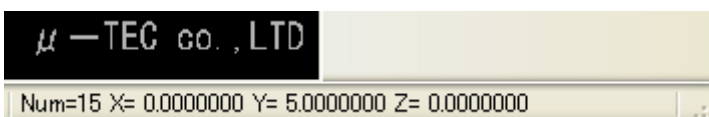
参考2：ポップアップメニューから起動する場合・・・描画画面上で右クリックします。



- ②起動後、ダイアログが出力され、選択中ポイントが強調表示されるようになります。



：画面右下ステータスバーでは、選択中ポイントの番号・座標値が表示されます。



③<方向コピー>ポイントを選択し、移動コピー方向を指定します。

- ：方向ベクトル（基点座標⇒方向座標），コピー回数，移動方向ラジオボタンを選択します。
- ：ポイントは複数選択が可能で、選択ポイントは赤く表示されます。（同一ポイント選択不可）
- ：ダイアログ上にて、全選択・リセット・1件毎の削除ができます。

★1件毎の削除は、その都度、ポイント番号をリストから選択して行う必要があります。



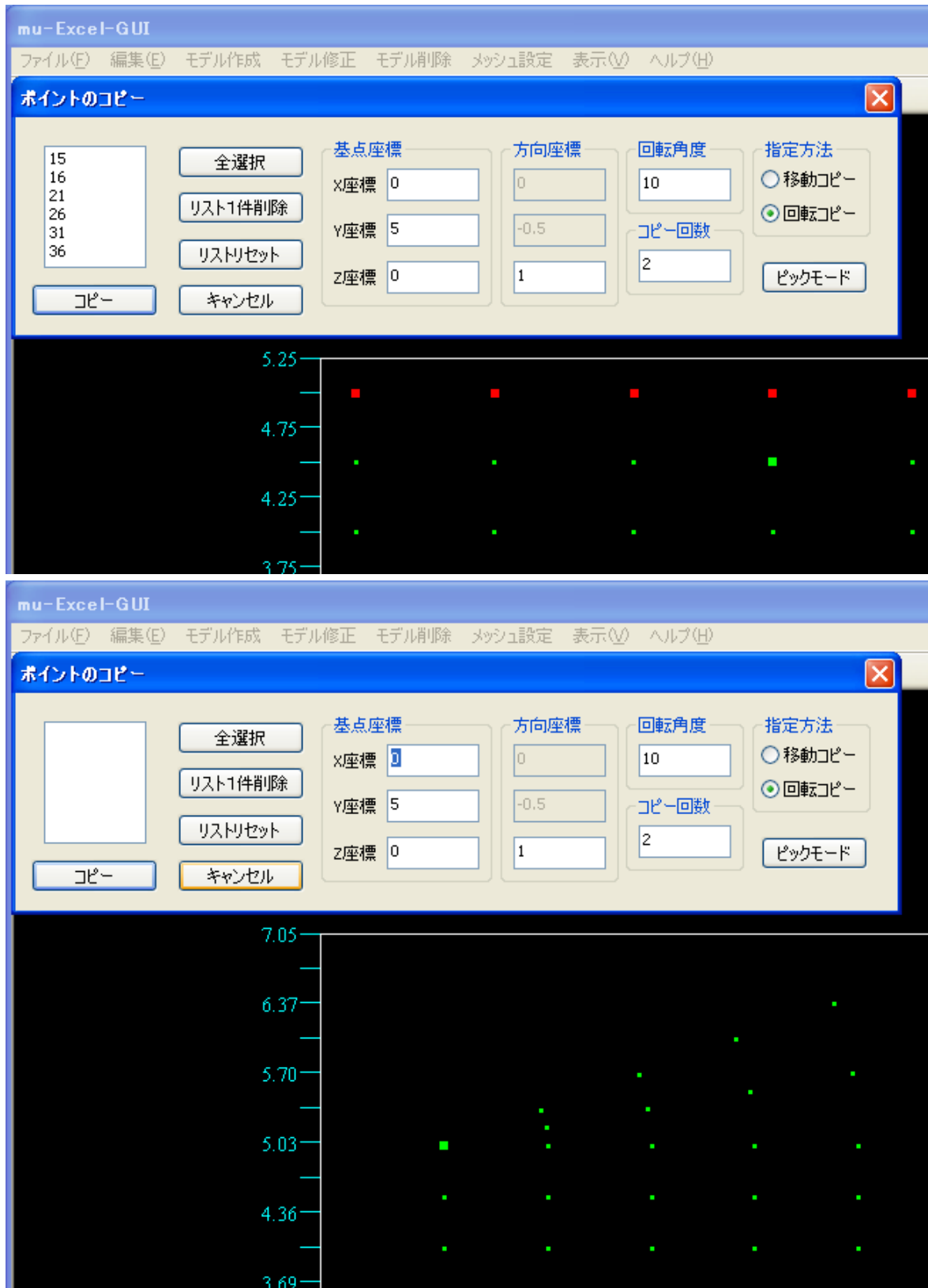
④ダイアログ上の<コピー>ボタンをクリックすると、選択されていたポイントがコピーされます。



⑤<回転コピー>ポイントを選択し、回転コピー方向を指定します。

：軸ベクトル（基点座標⇒方向座標），回転角度，コピー回数，回転方向ラジオボタンを選択します。

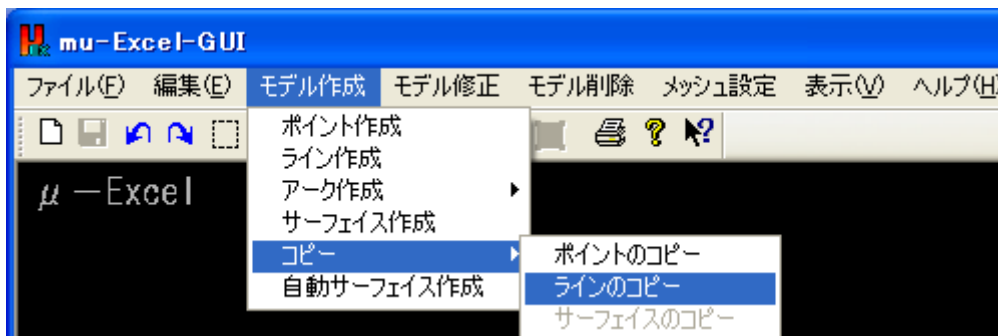
：ピックモードについては[ライン位置修正]の項目を確認して下さい。



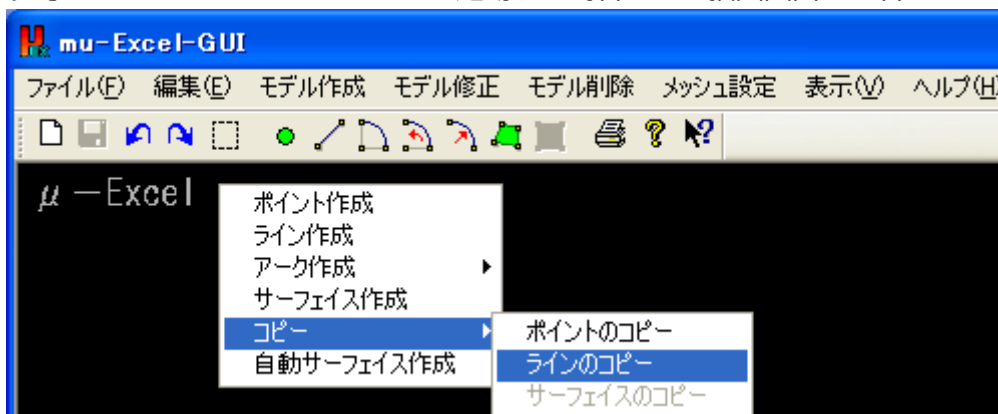
6-4-2 ラインのコピー

<作成されたラインを元にコピーします>

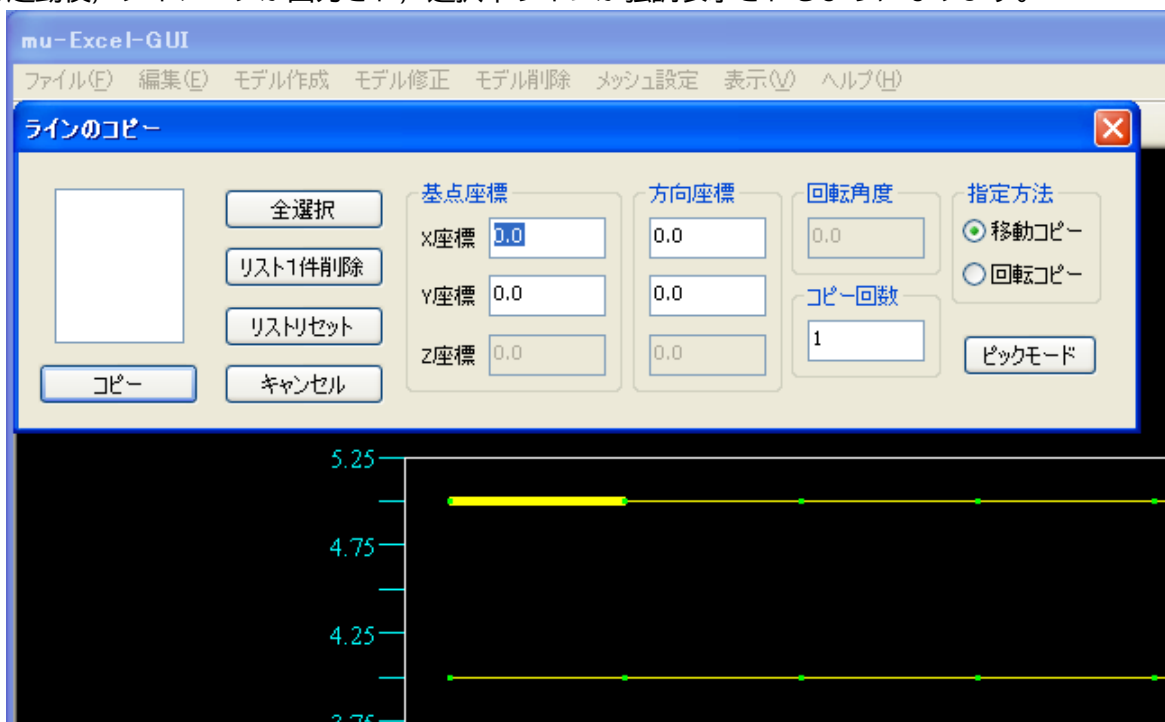
- ① メニュー項目より「モデル作成⇒コピー⇒ラインのコピー」をクリックします。



参考2：ポップアップメニューから起動する場合・・・描画面面上で右クリックします。



- ②起動後、ダイアログが出力され、選択中ラインが強調表示されるようになります。



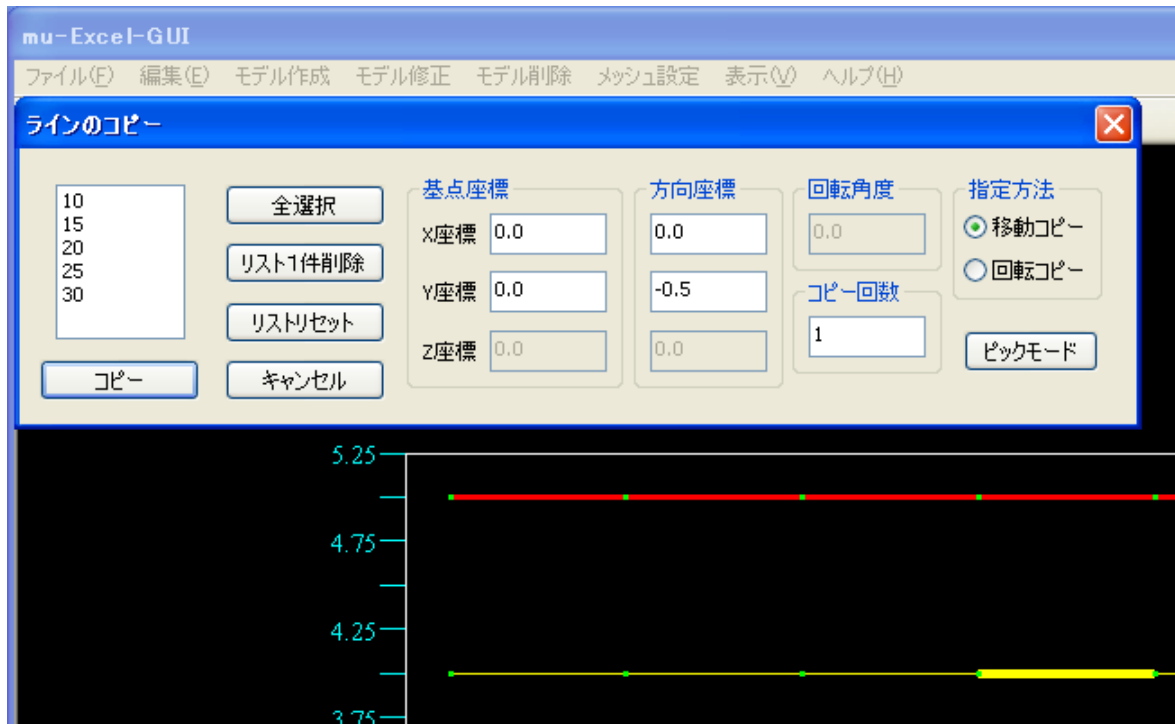
：画面右下ステータスバーでは、選択中ラインの番号・分割数が表示されます。



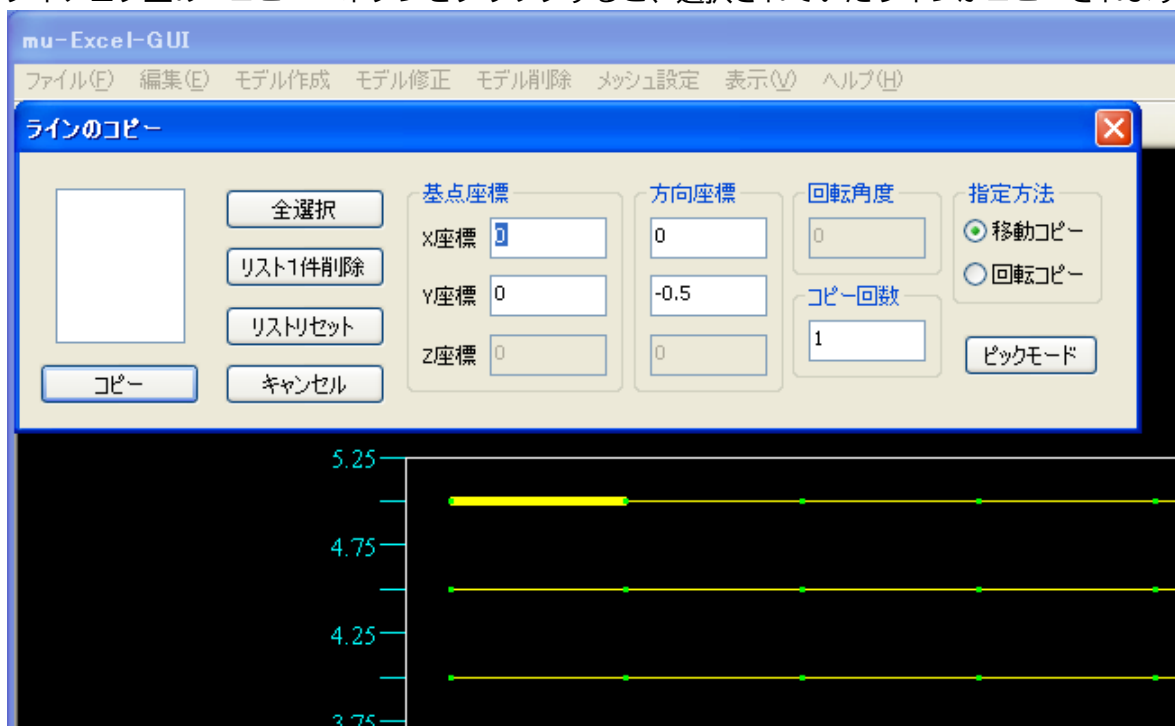
③<方向コピー>ラインを選択し、移動コピー方向を指定します。

- : 方向ベクトル（基点座標⇒方向座標），コピー回数，移動方向ラジオボタンを選択します。
- : ラインは複数選択が可能で、選択ラインは赤く表示されます。（同一ライン選択不可）
- : ダイアログ上にて、全選択・リセット・1件毎の削除ができます。

★1件毎の削除は、その都度、ライン番号をリストから選択して行う必要があります。



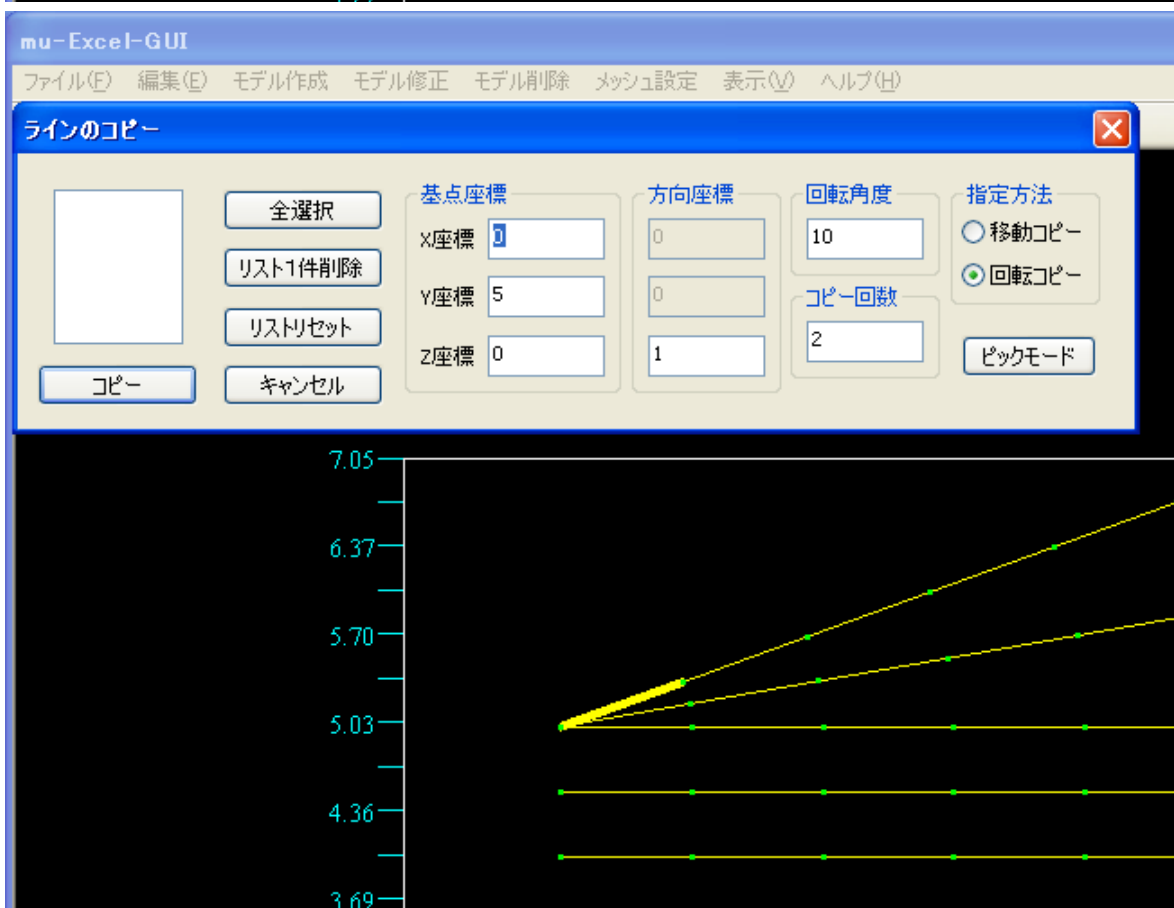
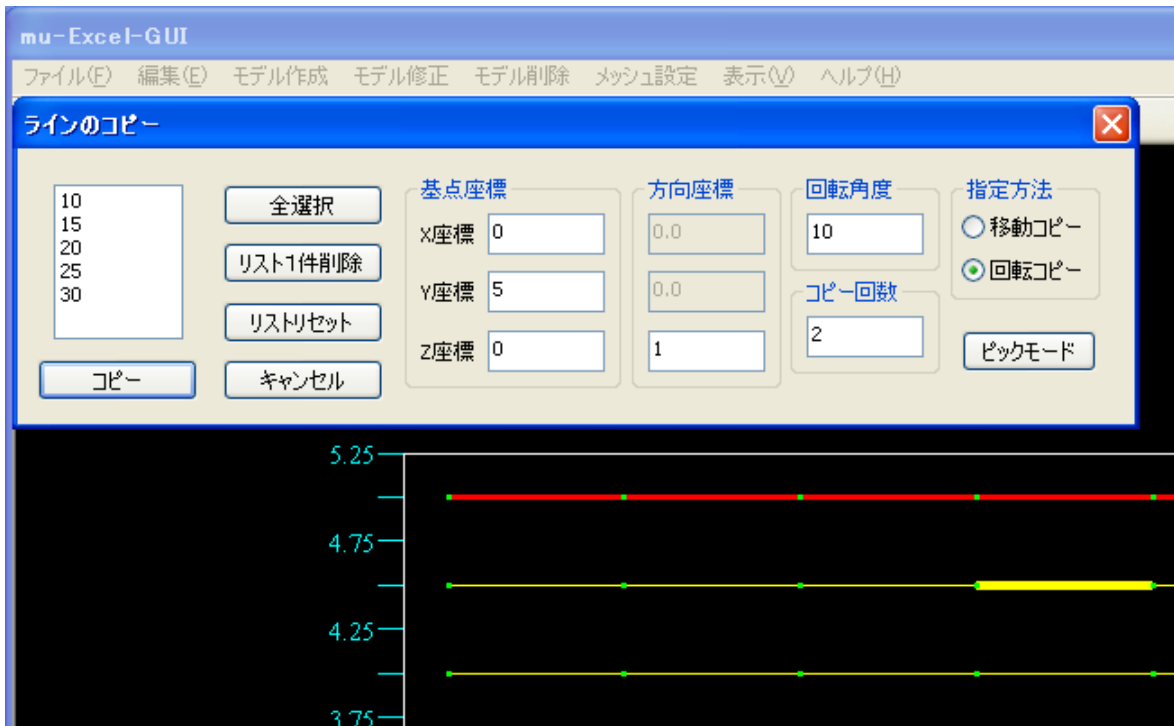
④ダイアログ上の<コピー>ボタンをクリックすると、選択されていたラインがコピーされます。



⑤<回転コピー>ラインを選択し、回転コピー方向を指定します。

：軸ベクトル（基点座標⇒方向座標），回転角度，コピー回数，回転方向ラジオボタンを選択します。

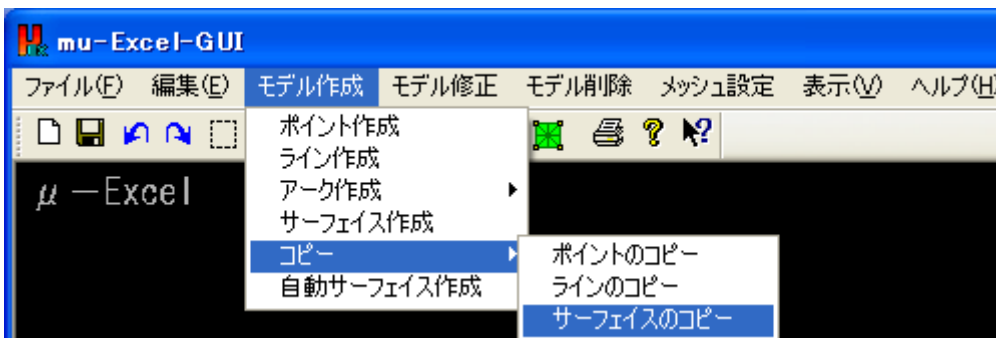
：ピックモードについては[ライン位置修正]の項目を確認して下さい。



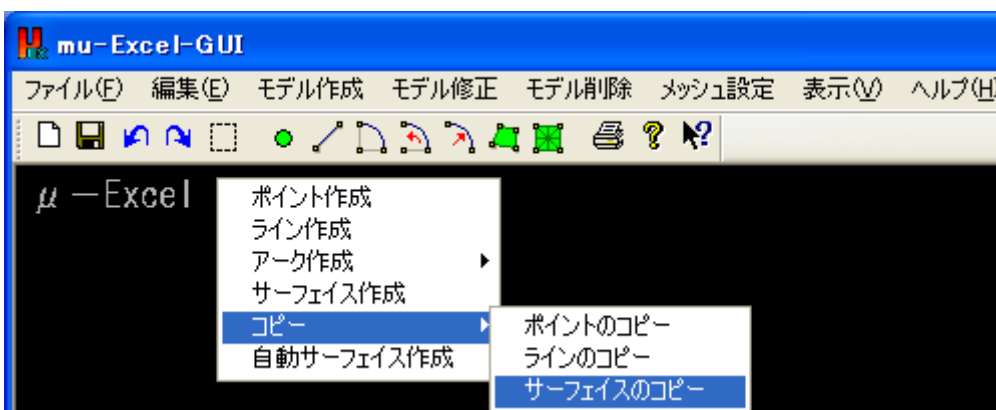
6-4-3 サーフェイスのコピー

<作成されたサーフェスを元にコピーします>

- ① メニュー項目より「モデル作成⇒コピー⇒サーフェスのコピー」をクリックします。



参考2：ポップアップメニューから起動する場合・・・描画面面上で右クリックします。



- ②起動後、ダイアログが出力され、選択中ラインが強調表示されるようになります。



：画面右下ステータスバーでは、選択中サーフェスの番号・メッシュ疎密比が表示されます。



③<方向コピー>サーフェスを選択し、移動コピー方向を指定します。

：方向ベクトル（基点座標⇒方向座標），コピー回数，移動方向ラジオボタンを選択します。

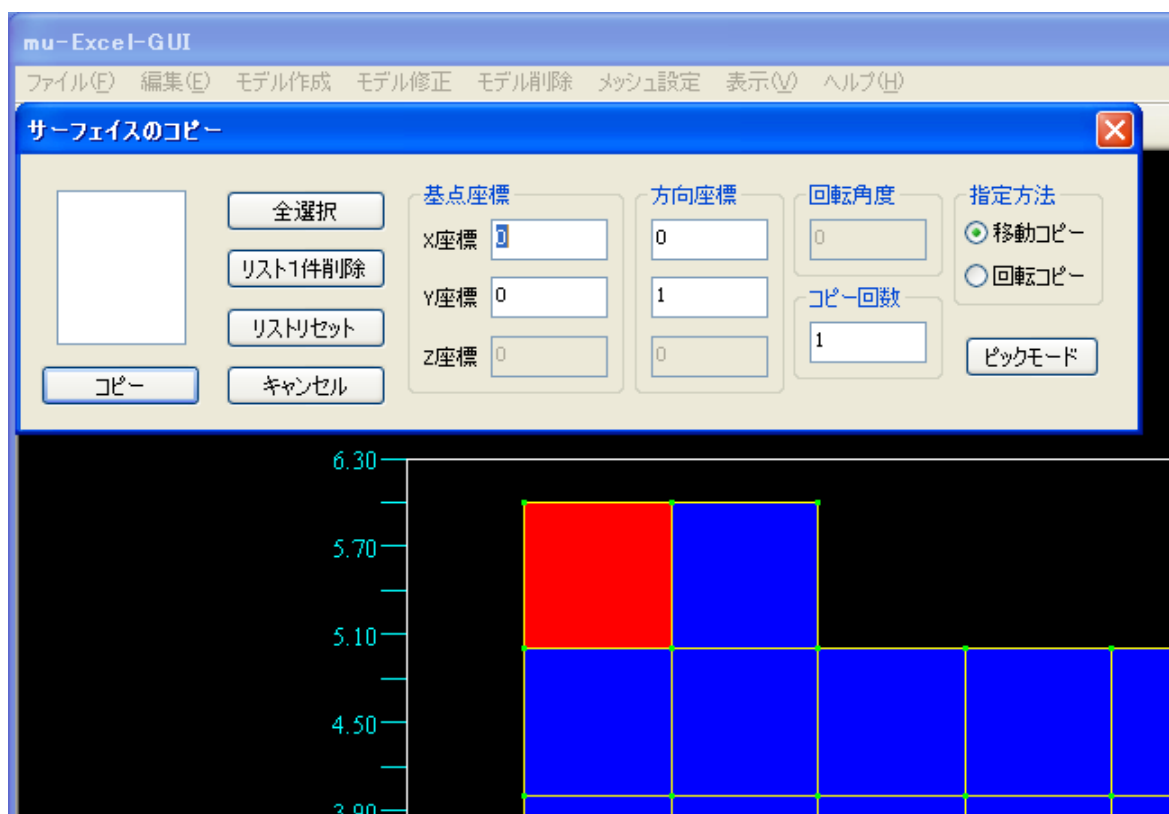
：サーフェスは複数選択が可能で、選択サーフェスは赤く表示されます。（同一サーフェイス選択不可）

：ダイアログ上にて、全選択・リセット・1件毎の削除ができます。

★1件毎の削除は、その都度、サーフェイス番号をリストから選択して行う必要があります。



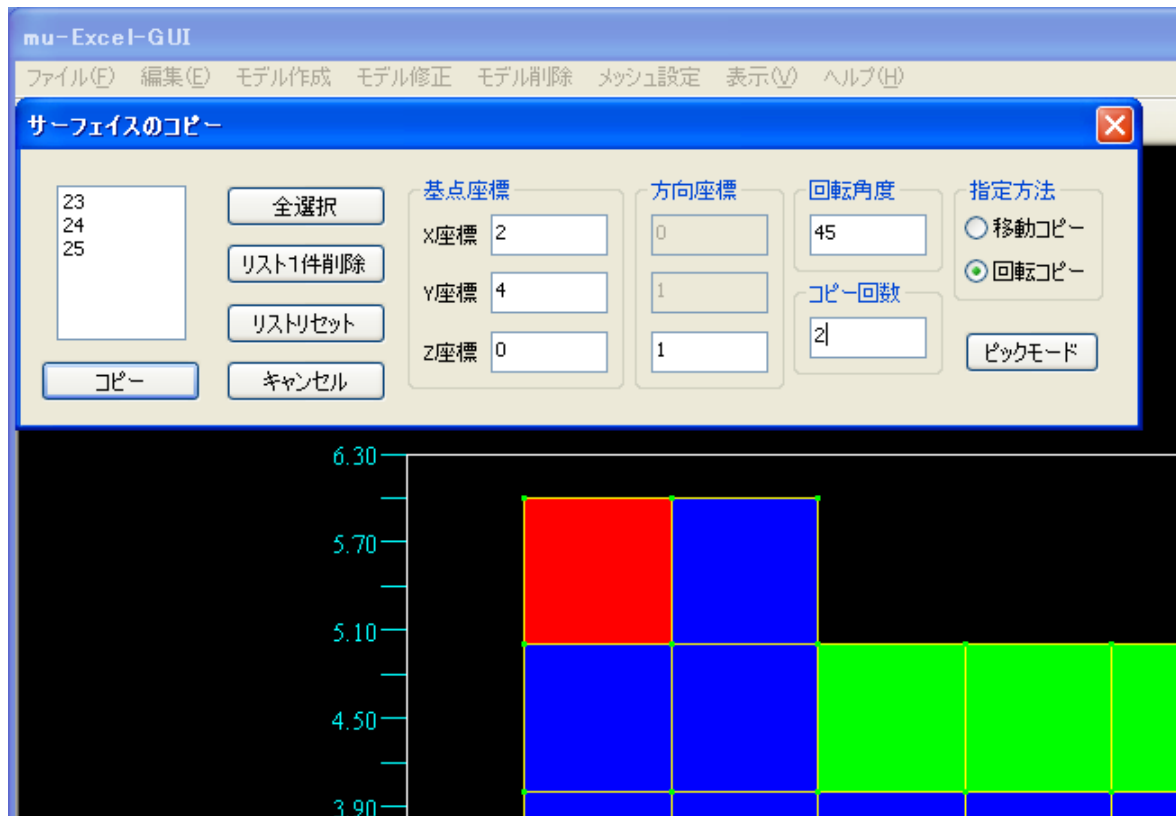
④ダイアログ上の<コピー>ボタンをクリックすると、選択されていたサーフェイスがコピーされます。

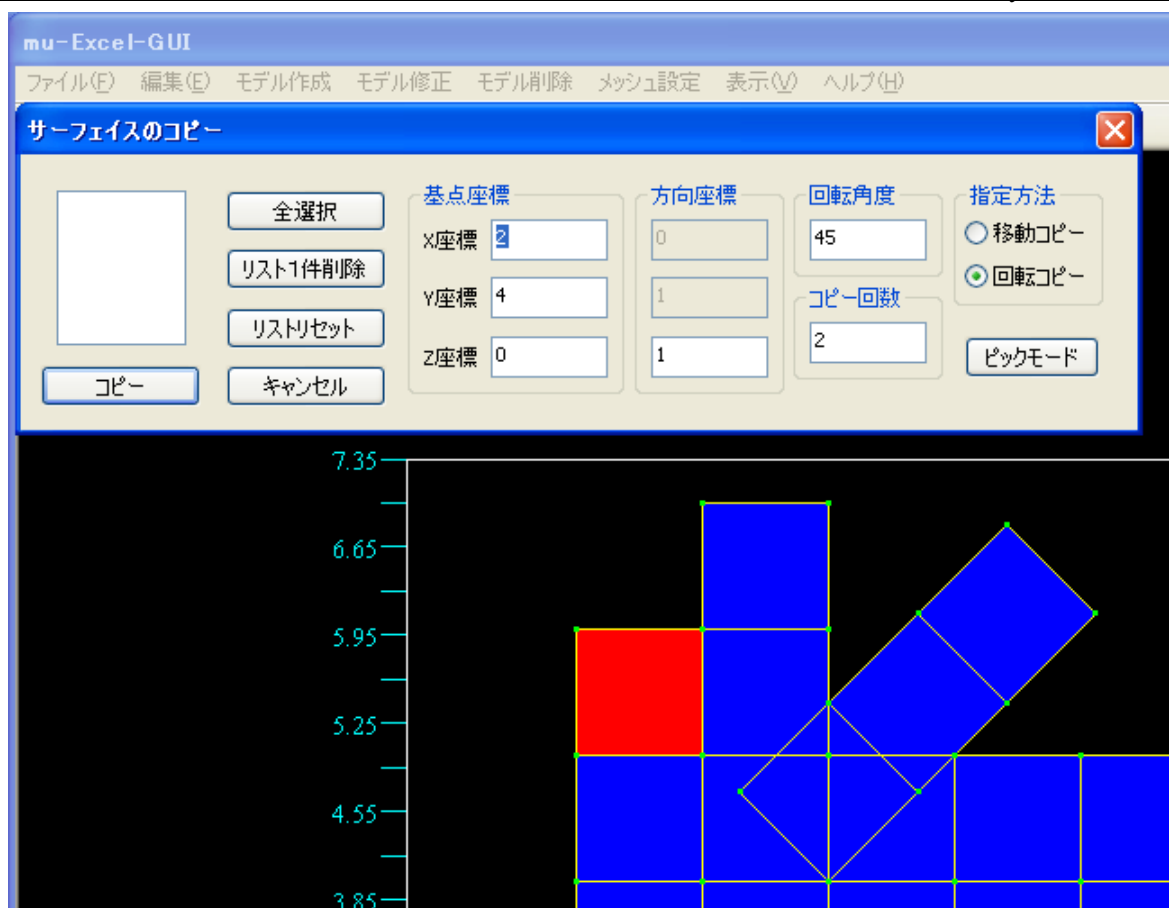


⑤<回転コピー>サーフェイスを選択し、回転コピー方向を指定します。

：軸ベクトル（基点座標⇒方向座標），回転角度，コピー回数，回転方向ラジオボタンを選択します。

：ピックモードについては[ライン位置修正]の項目を確認して下さい。

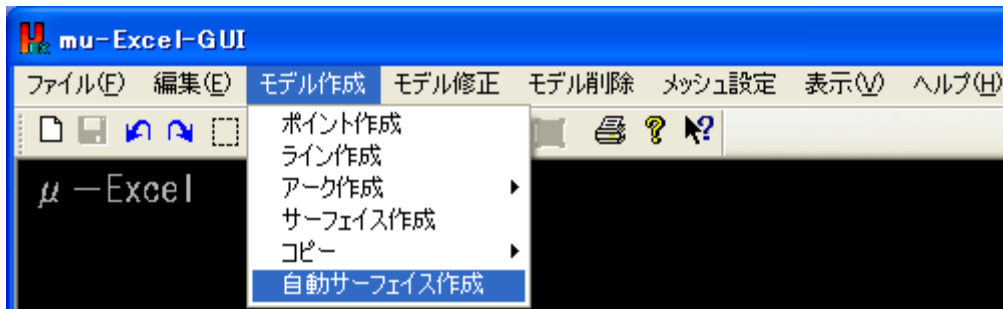




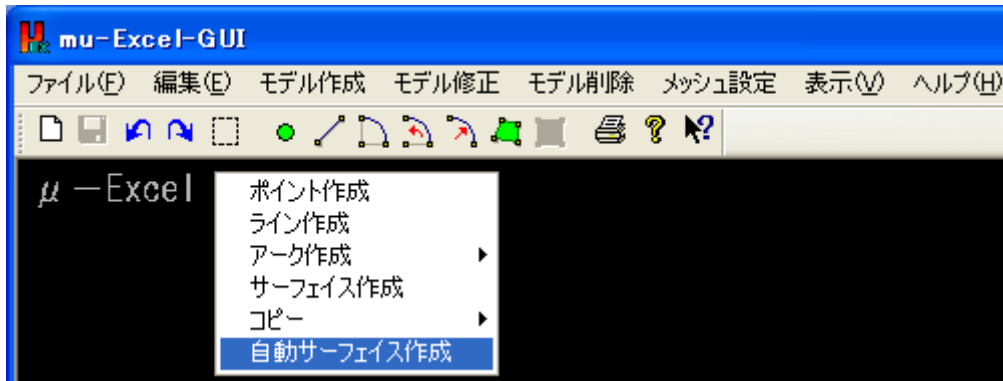
6-4-4 自動サーフェイス作成

<作成されたラインを元にサーフェイスを自動作成します>

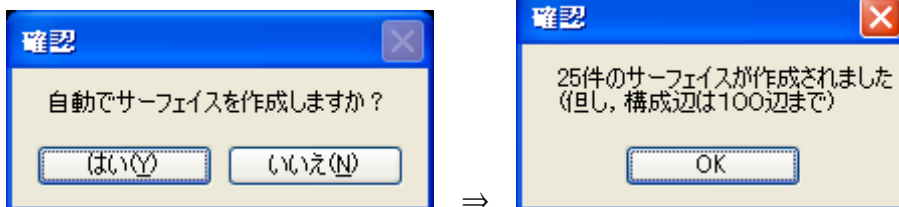
- ① メニュー項目より「モデル作成⇒自動サーフェイス作成」をクリックします。



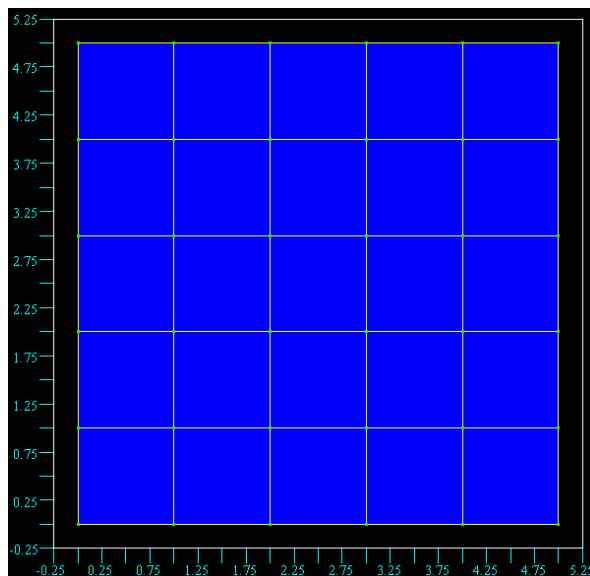
参考2：ポップアップメニューから起動する場合・・・描画面面上で右クリックします。



- ②起動後と終了後にダイアログが出力されるので、<はい>をクリックします。

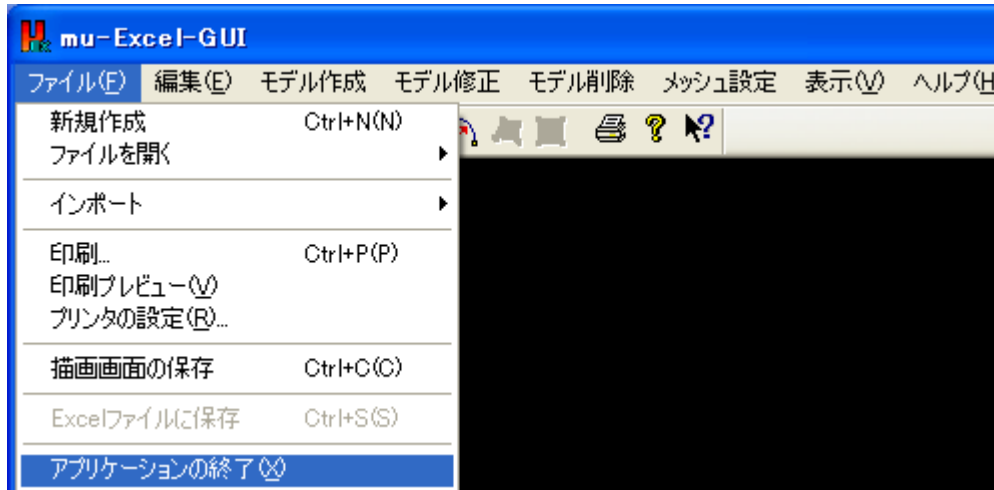


- ④サーフェイスが作成されます。
 : 100辺までのサーフェイスとなります。
 : 形状によっては、サーフェイスが作成されない箇所ができる場合があります。

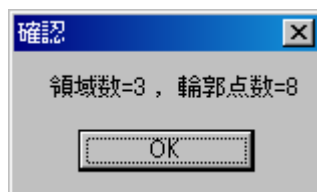


6-5 モデル作成用GUIの終了

- ① メニュー項目より「ファイル⇒アプリケーションの終了」をクリックします。

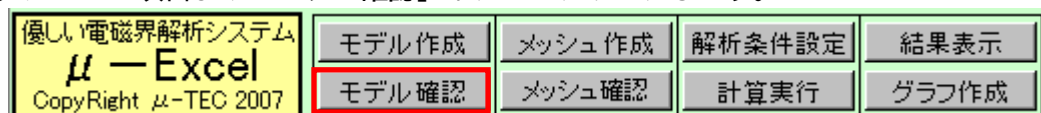


- ② Excel に保存を行っている場合、モデルシートに反映されます。
：Excel に保存を行っている場合、確認ダイアログが出力されます。
：<OK> ボタンをクリック後、Excel シートに反映されます。

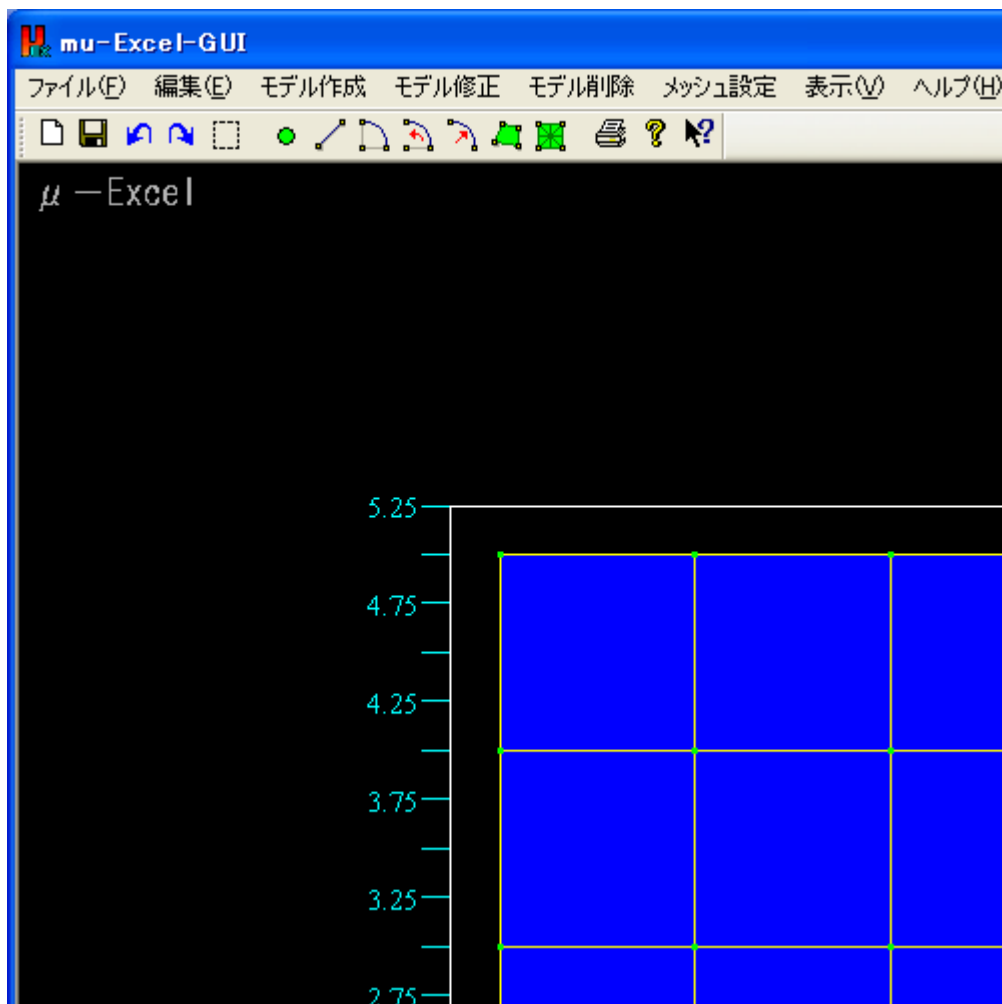


6-6 モデルの確認

- ① メニュー項目より「モデル確認」ボタンをクリックします。

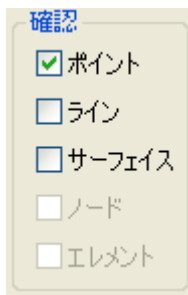


- ② モデル作成用 GUI が起動し、既存モデルが表示されます。

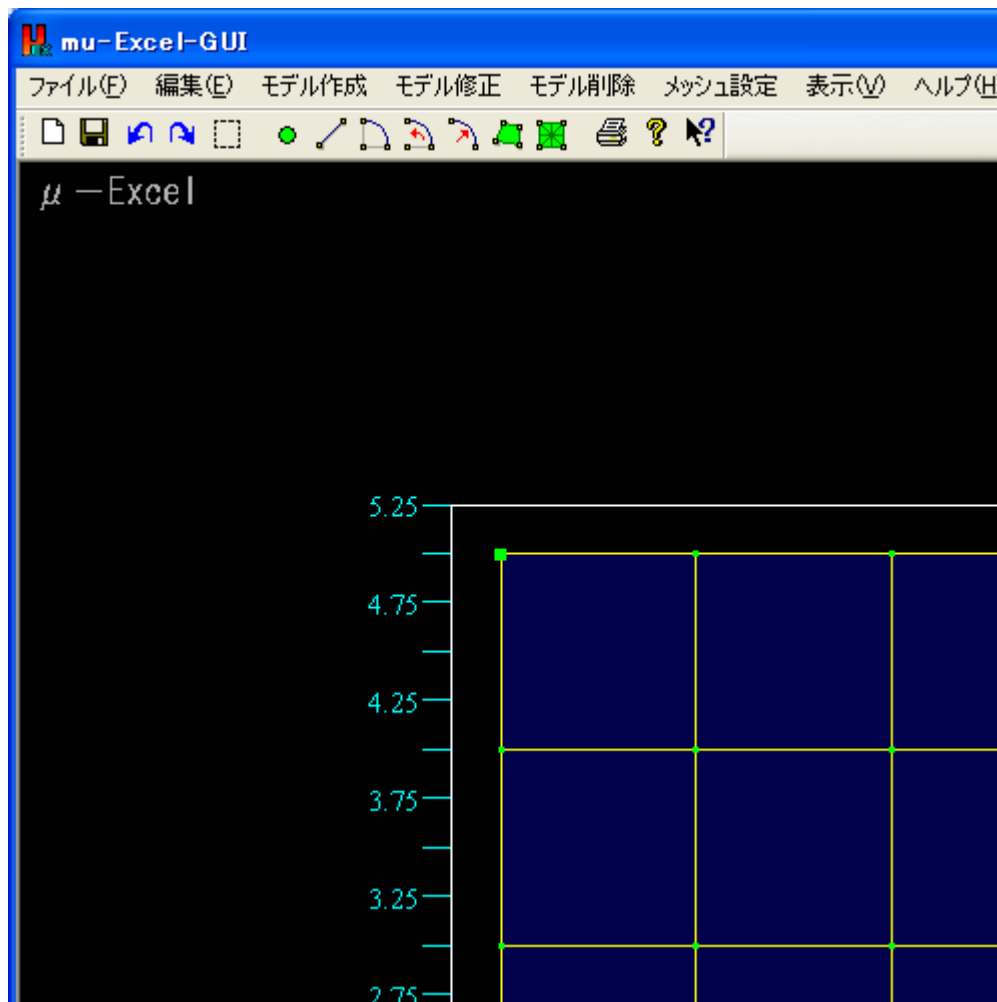


6-6-1 ポイントの確認

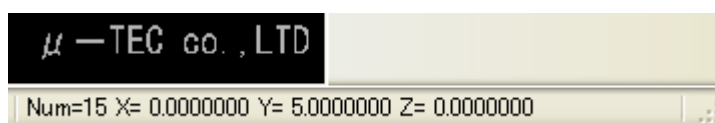
①画面右側、確認チェックボックスのポイントにチェックを付けます。



②チェック後、下記図のようにサーフェイスが薄く、ポイントが強調表示されるようになります。

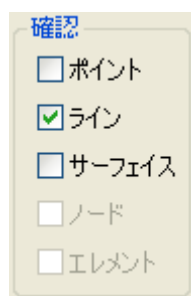


: 画面右下ステータスバーでは、選択中ポイントの番号・座標値が表示されます。

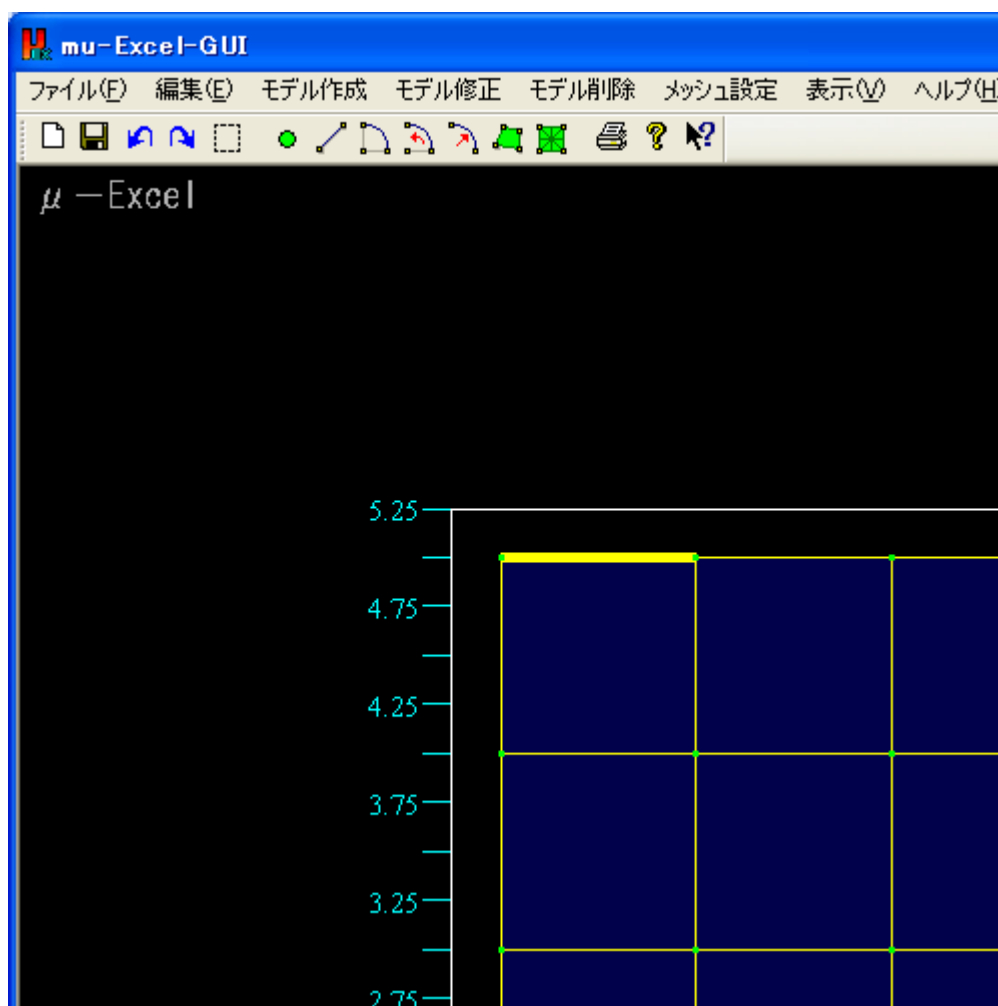


6-6-2 ラインの確認

①画面右側、確認チェックボックスのラインにチェックを付けます。



②チェック後、サーフェイスは薄く、ラインは強調表示されるようになります。

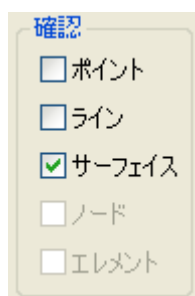


: 画面右下ステータスバーでは、選択中ラインの番号・分割数が表示されます。

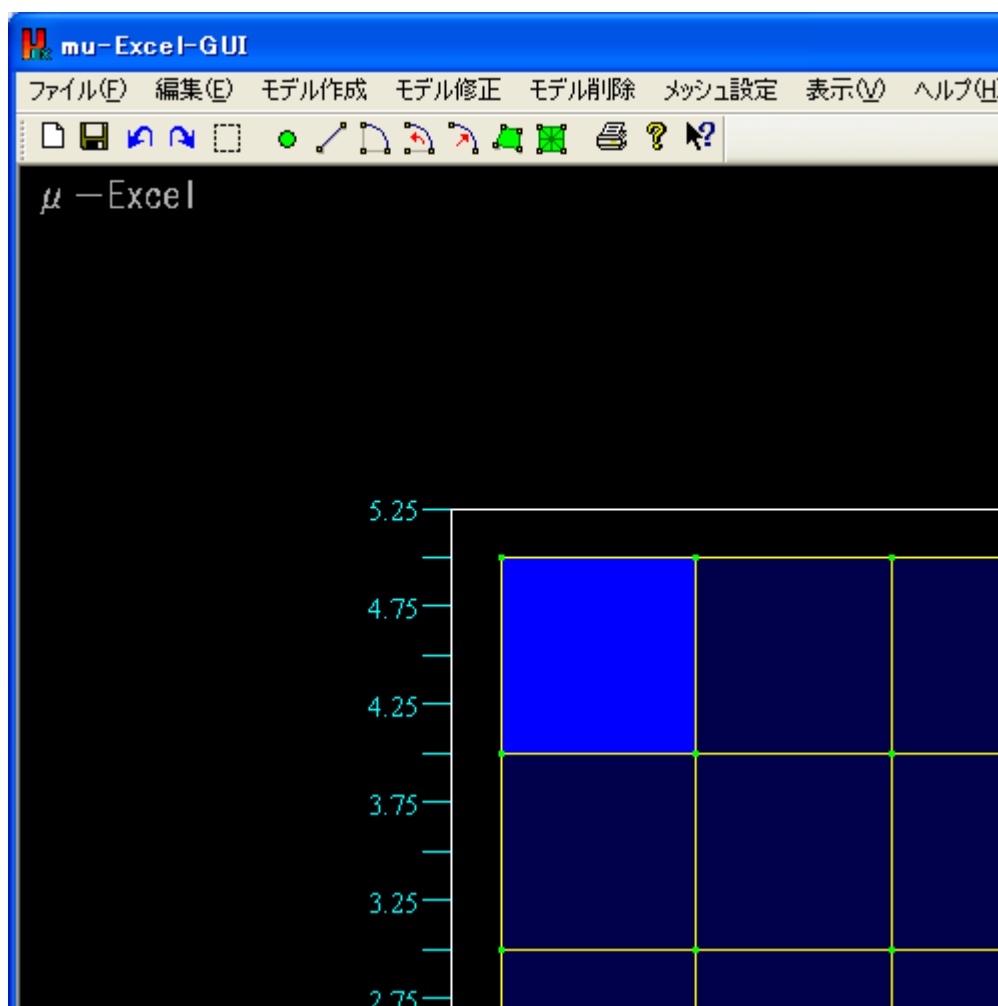


6-6-3 サーフェイスの確認

①画面右側確認チェックボックスのサーフェイスにチェックを付けます



②チェック後、サーフェイスは薄く、選択中のサーフェイスは強調表示されるようになります。



：画面右下ステータスバーでは、選択中サーフェイスの番号・メッシュ疎密比が表示されます。



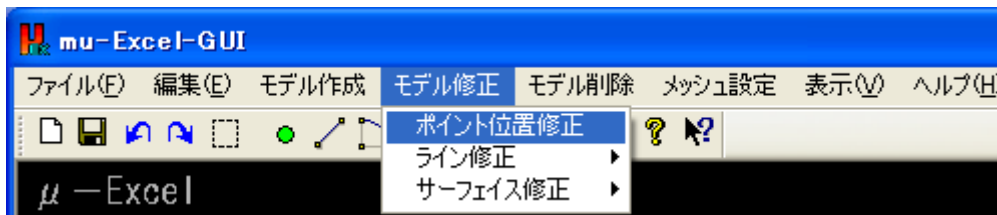
6-6-4 ポイント位置の修正

<作成されたポイント位置を修正します>

★アークライン上のポイント位置は修正されません。

★サーフェイスに含まれるポイントを修正する場合、修正後のサーフェイス形状に何らかの問題が発生する時には、エラーダイアログが出力され、修正されないことがあります。

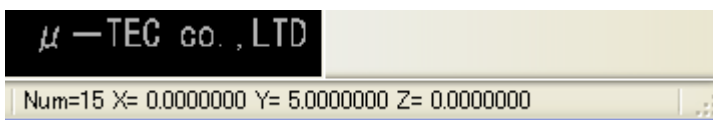
- ① メニュー項目より「モデル修正⇒ポイント位置修正」をクリックします。



- ② ポイント位置修正ダイアログが出力され、ポイントが強調表示されるようになります。
：強調表示されているポイントが、現在の選択ポイントとなります。



：画面右下ステータスバーでは、選択中ポイントの番号・座標値が表示されます。



③ 修正するポイントを選択します。(同一ポイント選択不可)

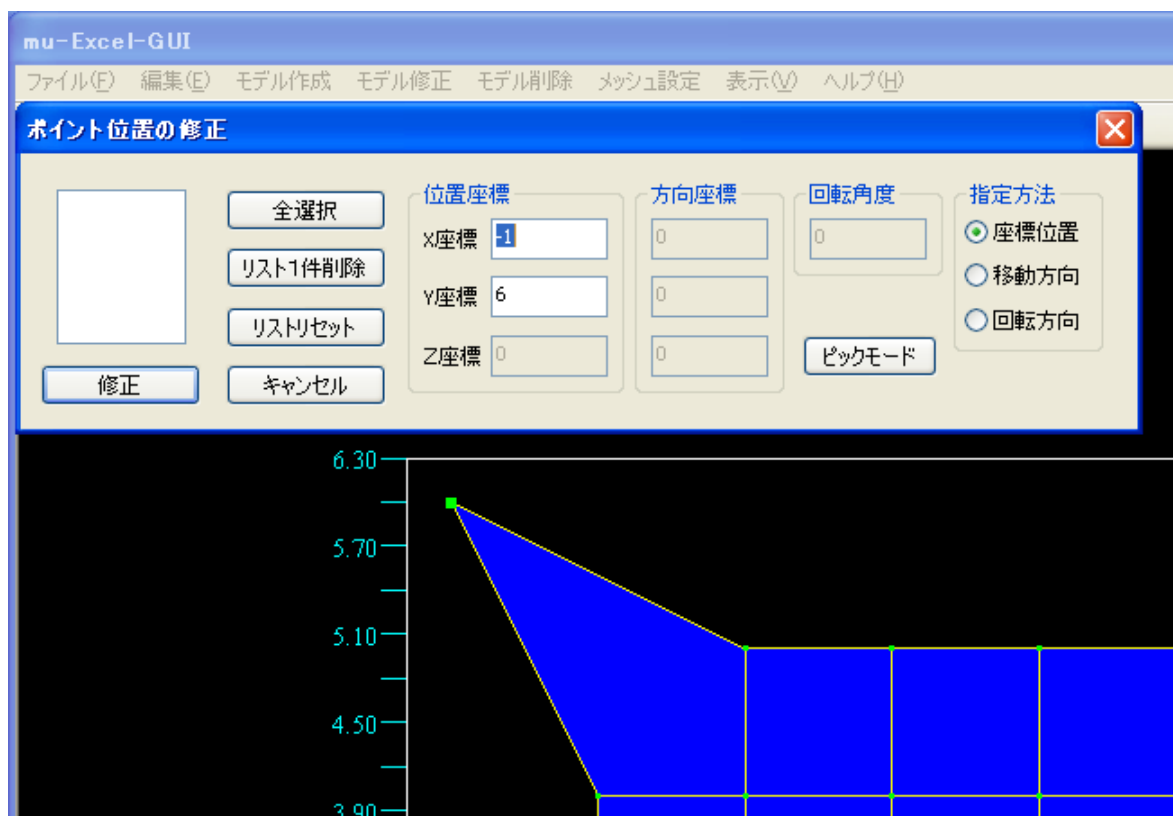
: 選択されたポイントは赤く表示されます。

: 1 件選択⇒座標値・移動方向・回転方向の何れか、複数選択⇒移動方向のみ選択可能です。



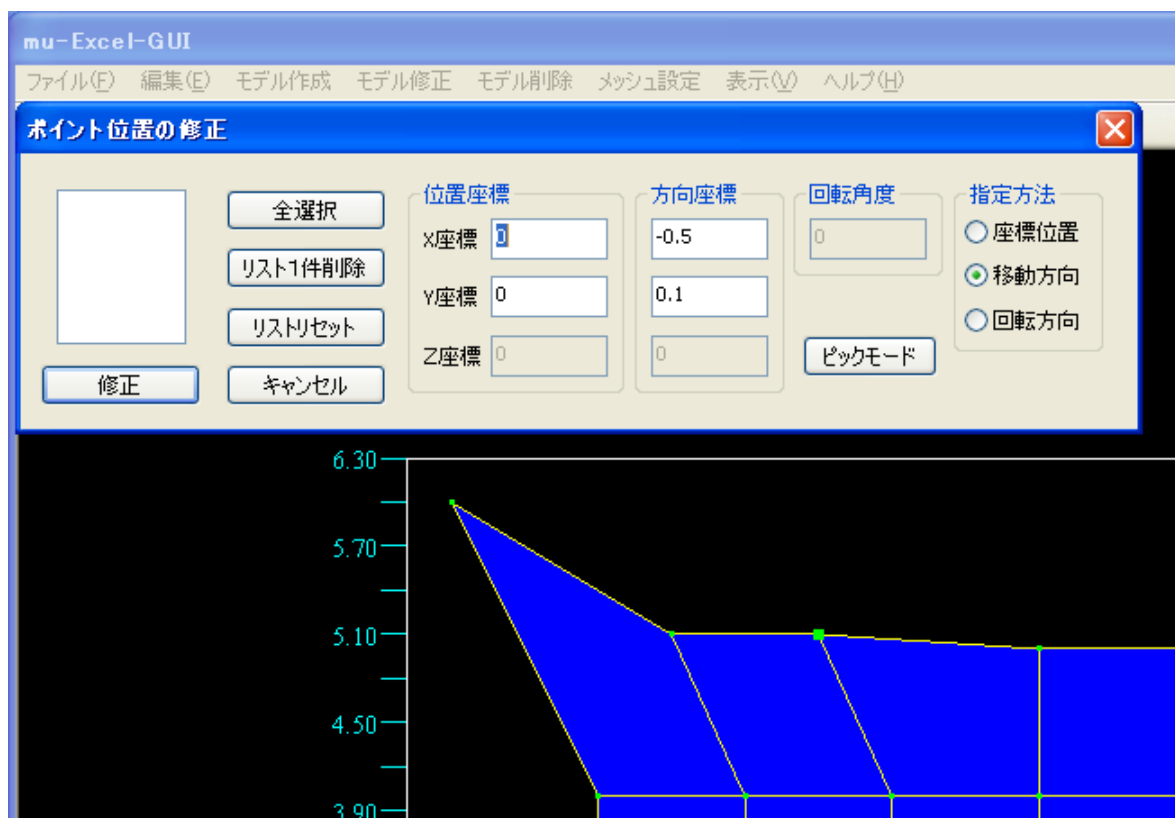
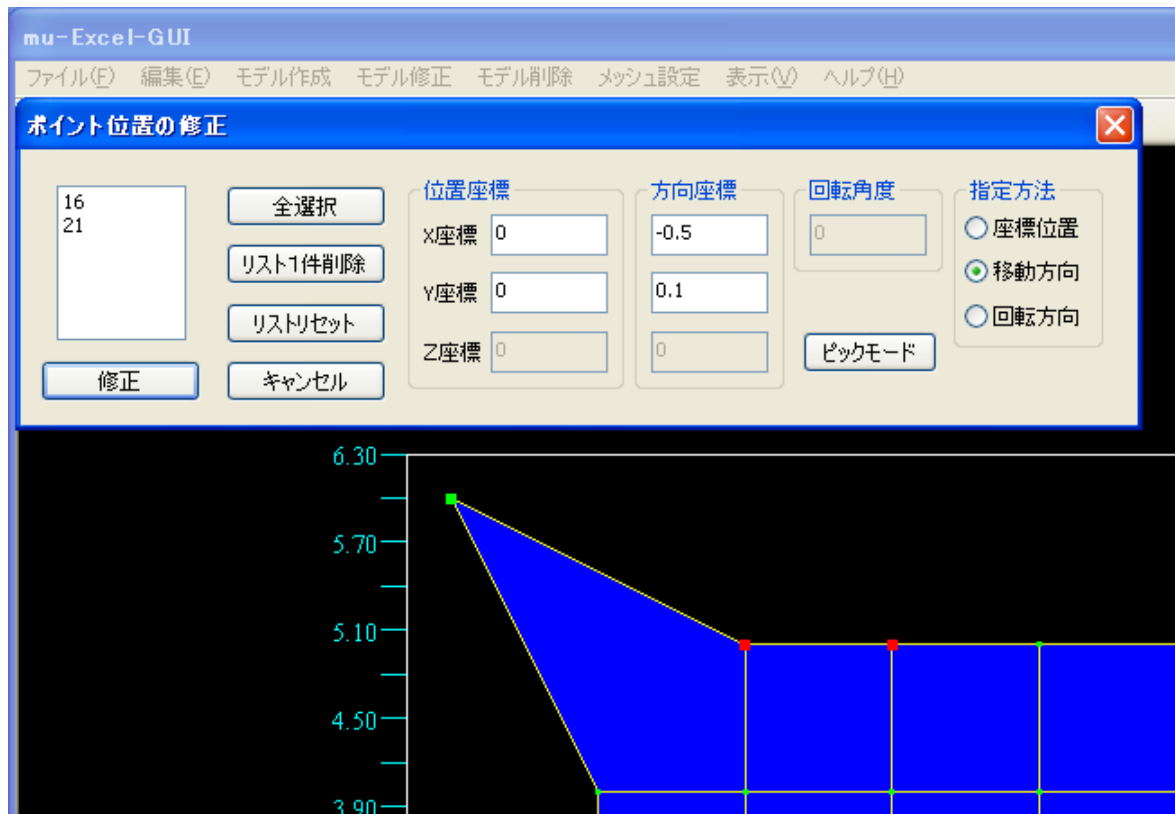
④ <座標位置>

: 座標値を入力し、<修正>ボタンをクリックすれば、ポイント位置が修正されます。



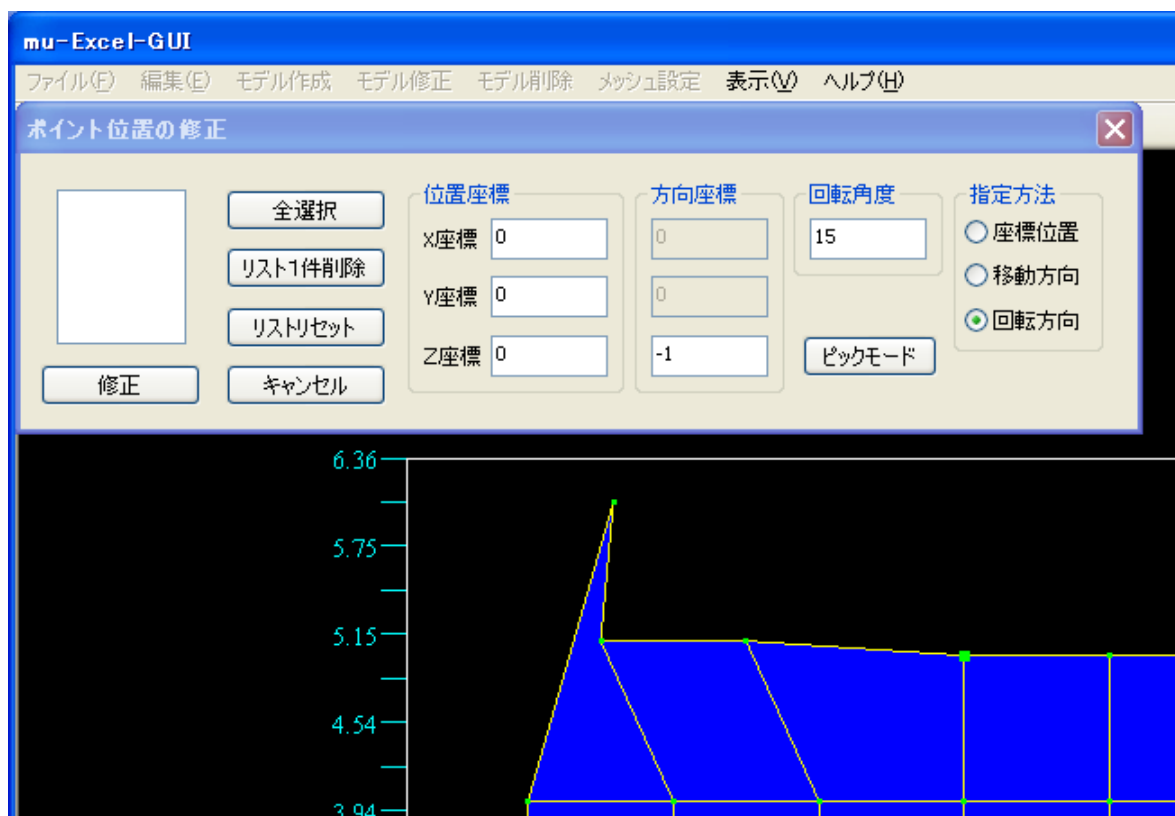
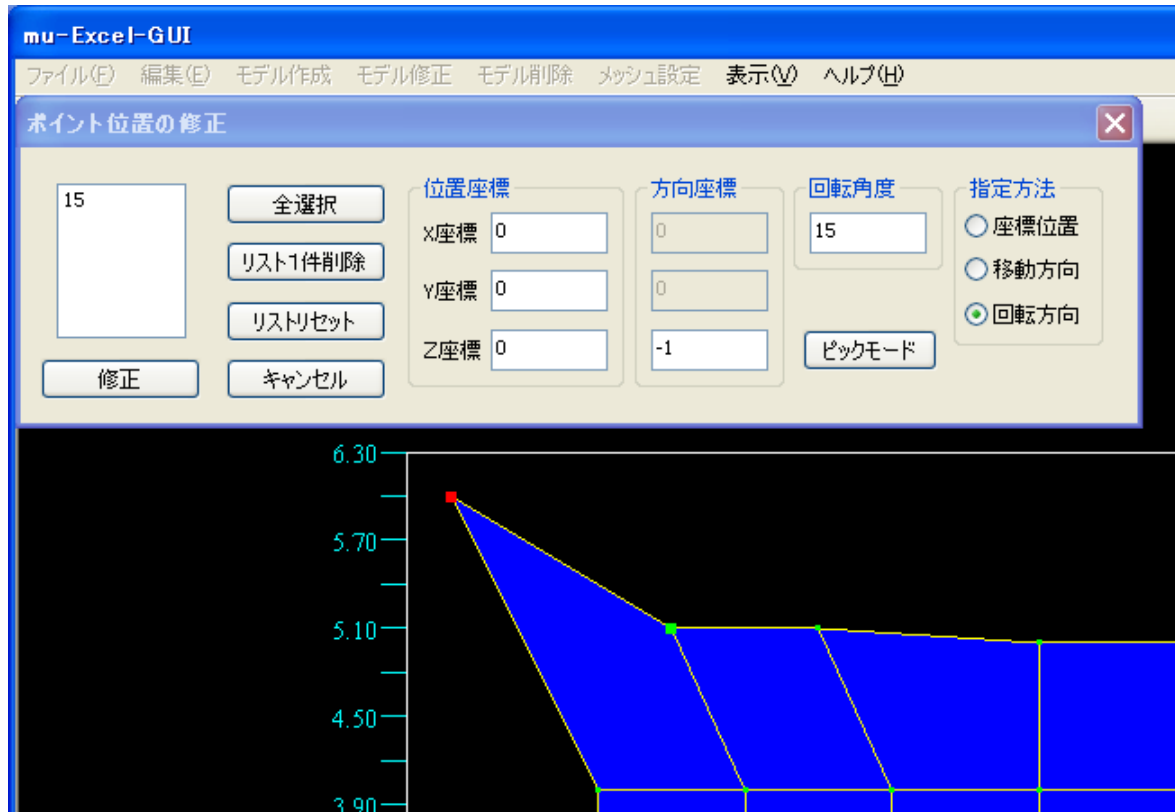
⑤<移動方向>

: 方向ベクトル（位置座標⇒方向座標）を入力後、
 <修正> ボタンをクリックすれば、ポイント位置が修正されます。



⑤<回転方向>

：軸ベクトル（位置座標⇒方向座標）・回転角度を入力後、
 <修正>ボタンをクリックすれば、ポイント位置が修正されます。



★修正はキャンセルを選択するまで継続されます。

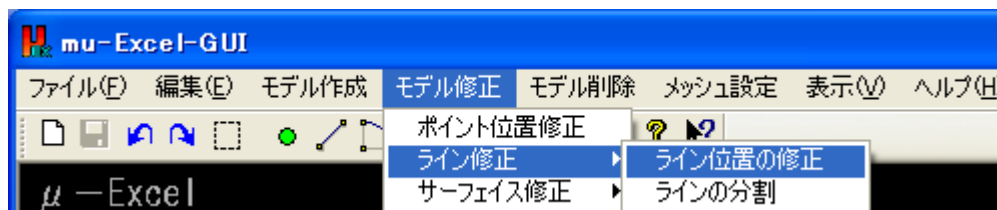
★ピックモードについては[ライン位置修正]の項目を確認して下さい。

6-6-5 ライン位置の修正

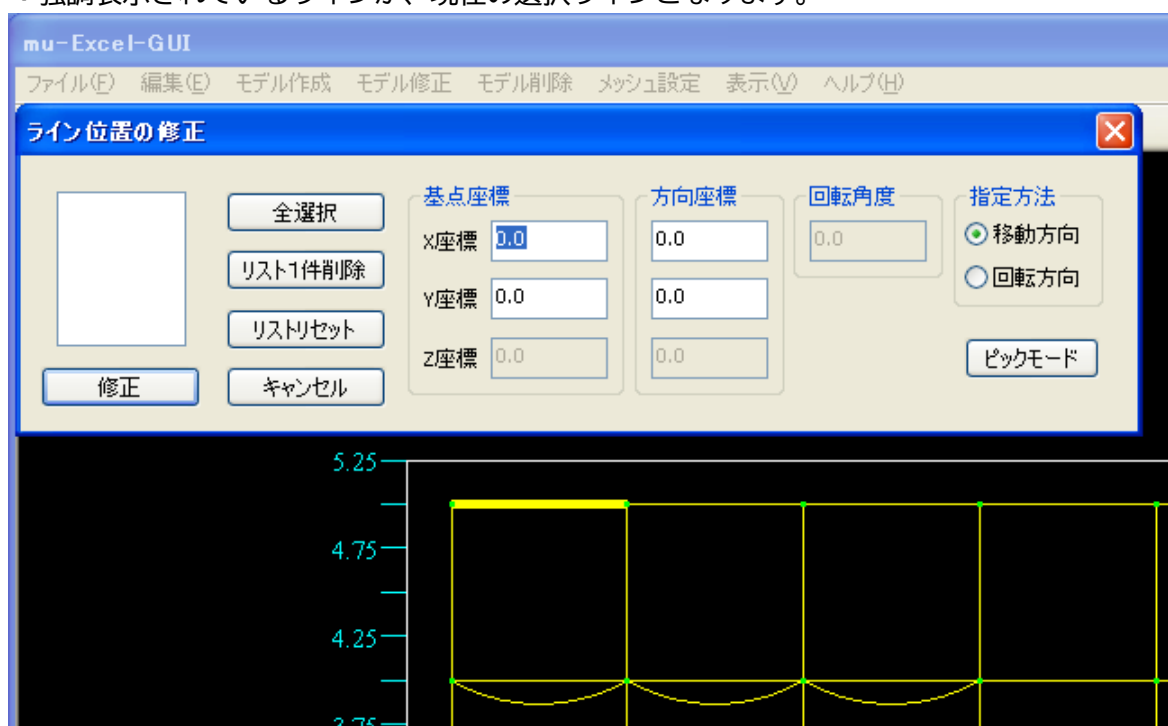
<作成されたライン位置を修正します>

★サーフェイスに含まれるラインを修正する場合、修正後のサーフェイス形状に何らかの問題が発生する時は、エラーダイアログが出力され、修正されないことがあります。

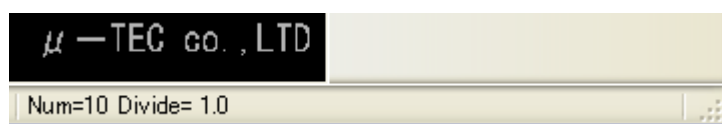
- ① メニュー項目より「モデル修正⇒ライン修正⇒ライン位置の修正」をクリックします。



- ② ライン位置修正ダイアログが出力され、ラインが強調表示されるようになります。
：強調表示されているラインが、現在の選択ラインとなります。



：画面右下ステータスバーでは、選択中ラインの番号・分割数が表示されます。

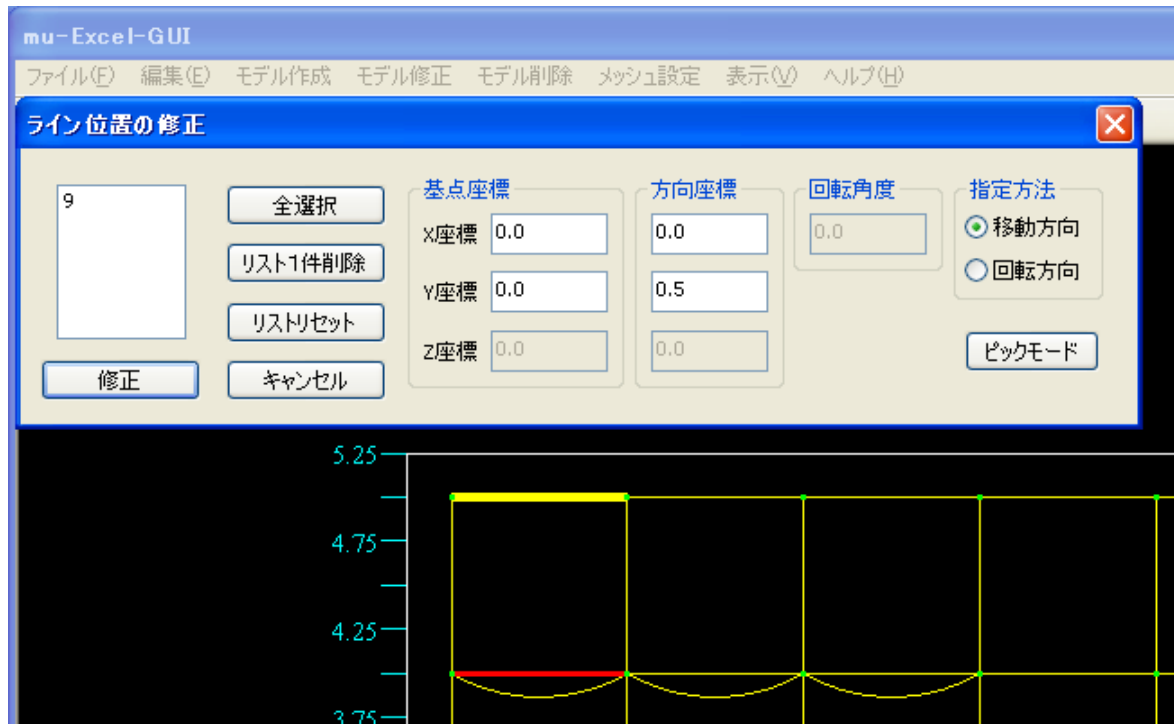


- ③ 修正するラインを選択し（同一ライン選択不可）、移動方向・回転方向を指定します。

：修正ラインは複数選択が可能で、選択ラインは赤く表示されます。

<方向移動>

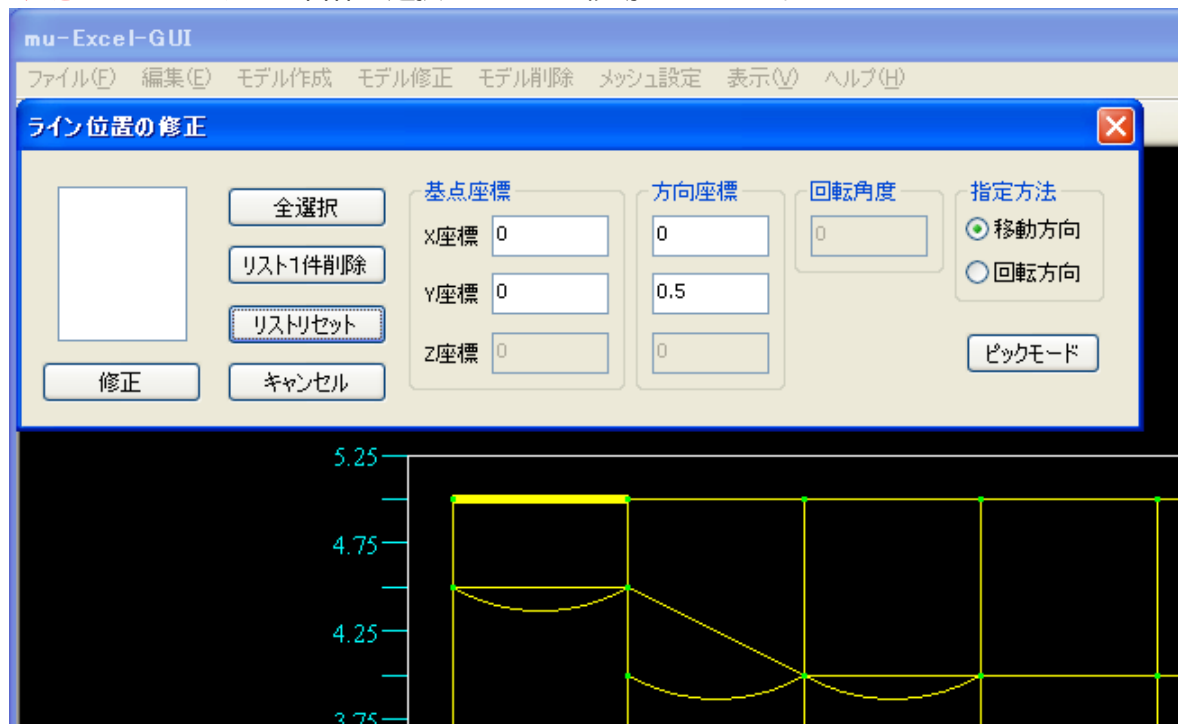
★方向ベクトル（基点座標⇒方向座標）を指定します。



- ④ ダイアログ上の<修正>ボタンをクリックすると、ライン位置が修正されます。

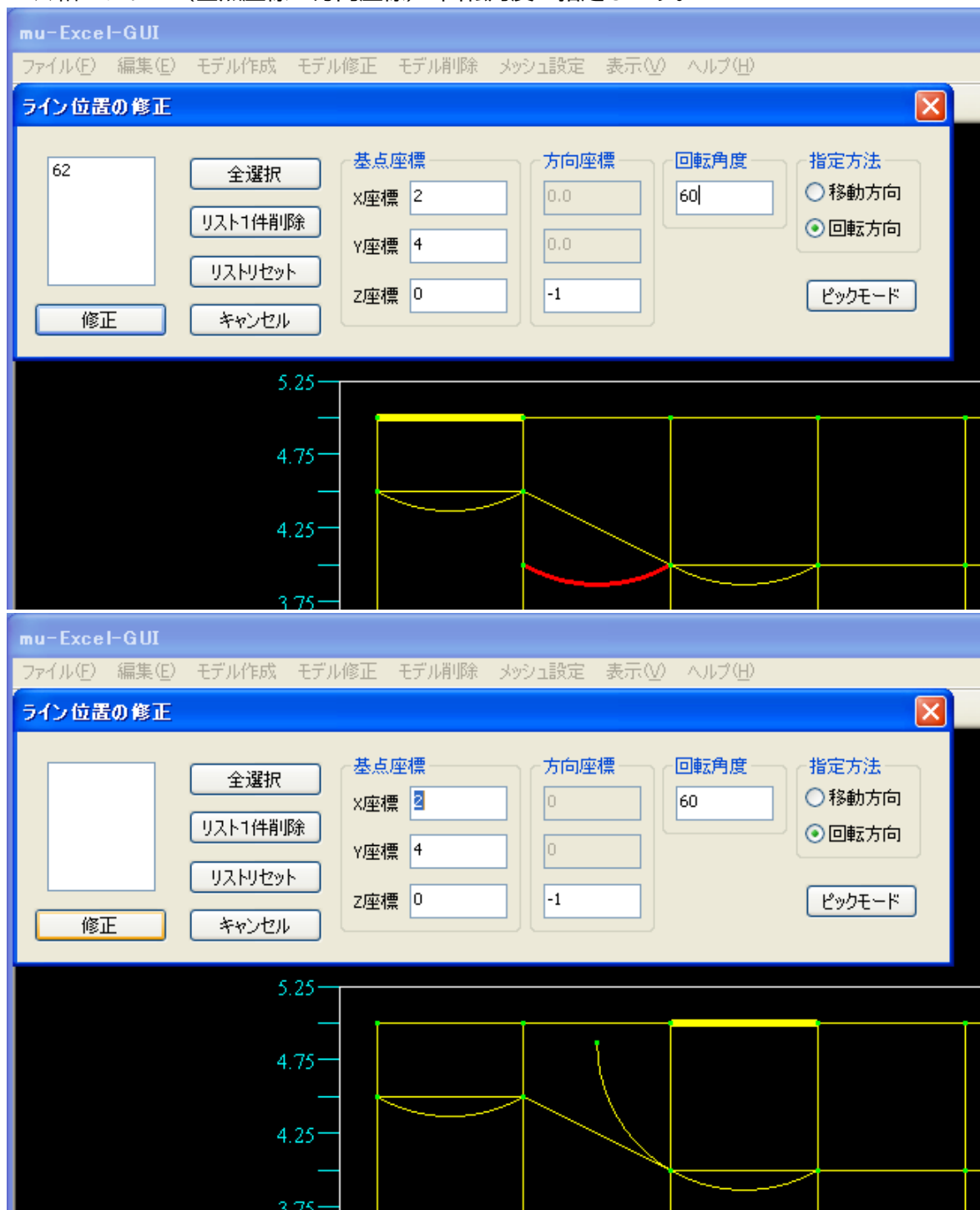
：下記図でラインと分裂してるアーク部分があります。

注意！ アークは、それ自体を選択しなければ移動されません。



⑤<回転移動>

★軸ベクトル（基点座標⇒方向座標）・回転角度を指定します。

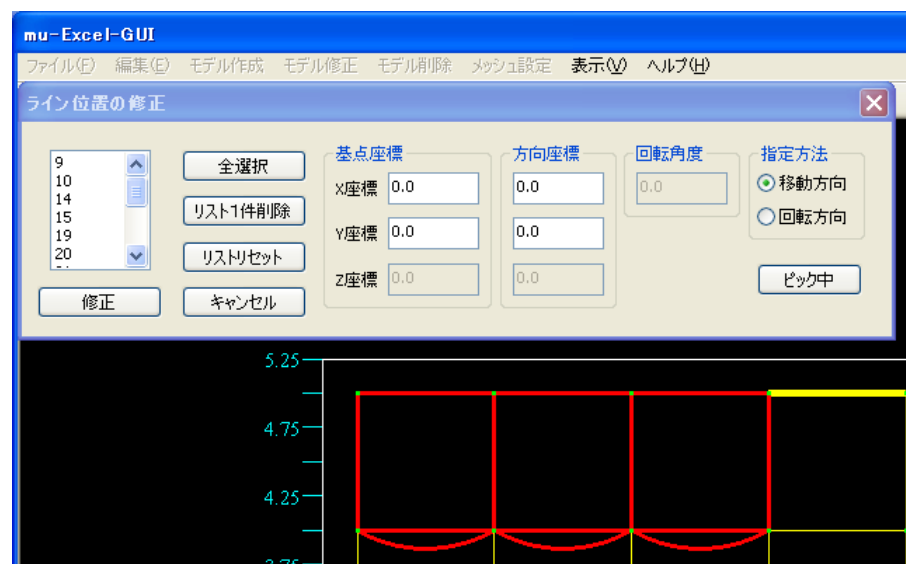
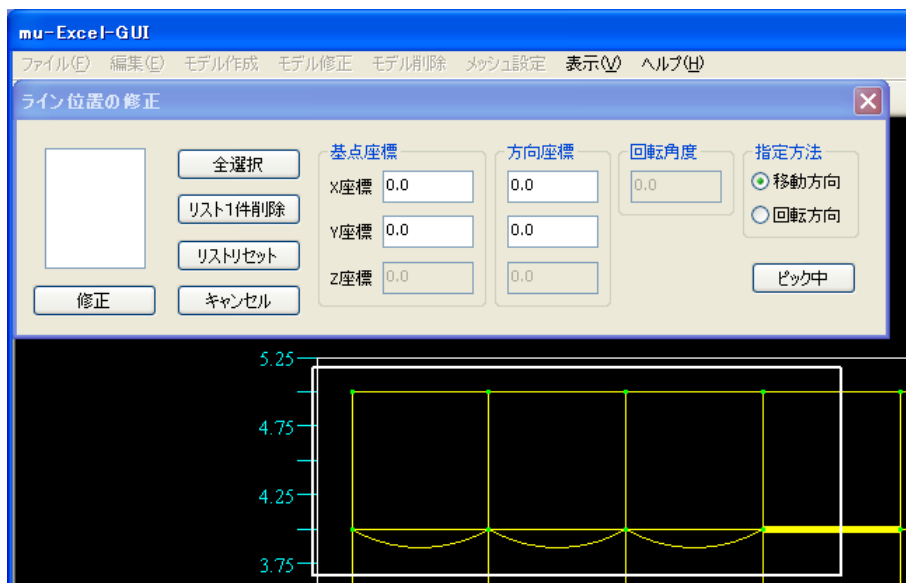


★修正はキャンセルを選択するまで継続されます。

⑥ピックモードボタンをクリックすると「ピック中」に切替ります。

：「ピック中」の状態では、マウスのドラッグ&ドロップ機能で範囲選択が可能になります。

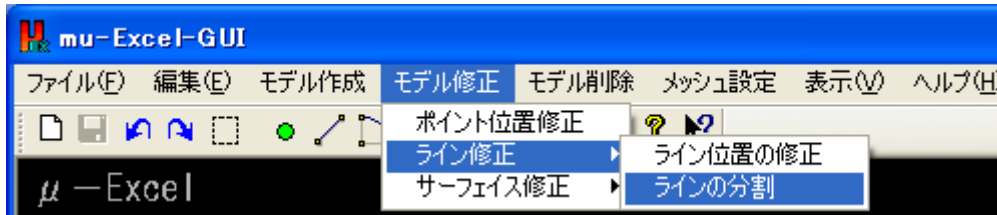
：元に戻る場合は（単一選択）、「ピック中」ボタンをクリックします。



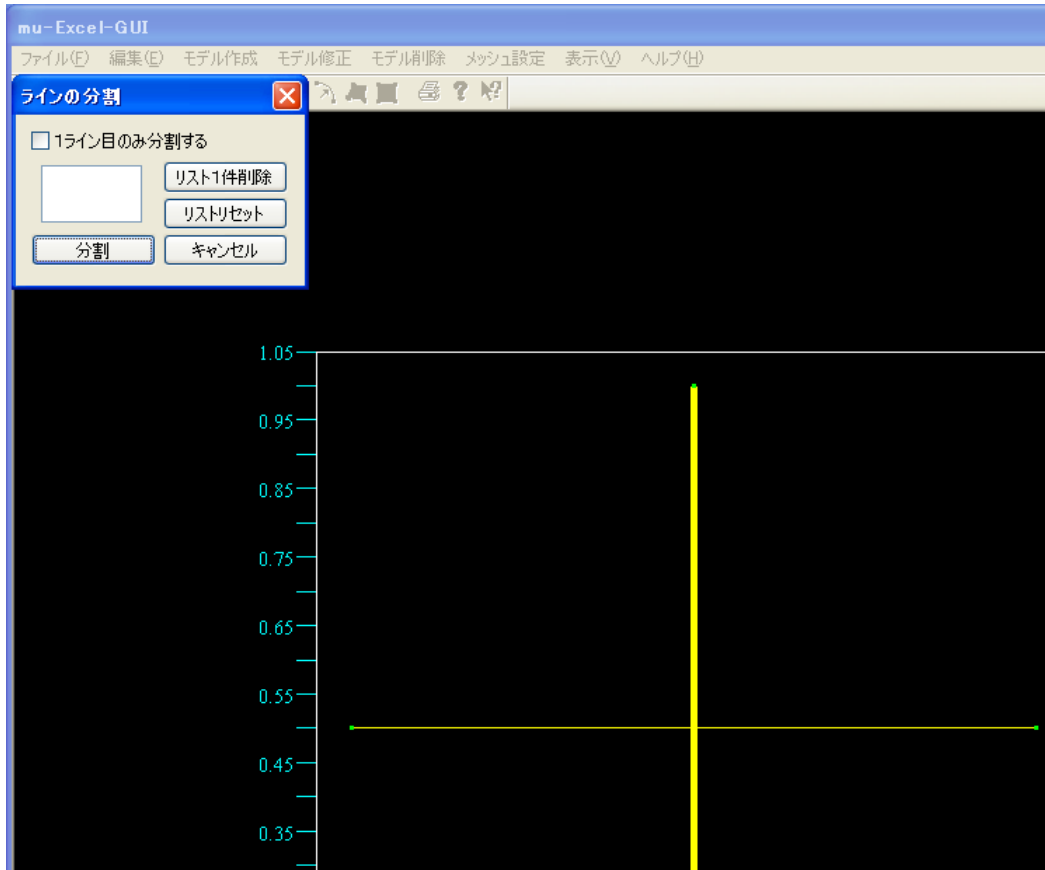
6-6-6 ラインの分割

<作成されたラインを分割します>

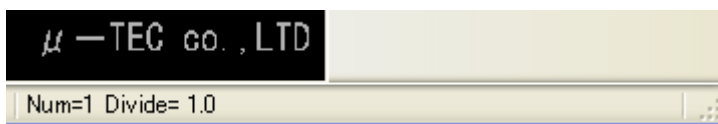
- ① メニュー項目より「モデル修正⇒ライン修正⇒ラインの分割」をクリックします。



- ② 起動後、ダイアログが出力され、選択中ラインが強調表示されるようになります。



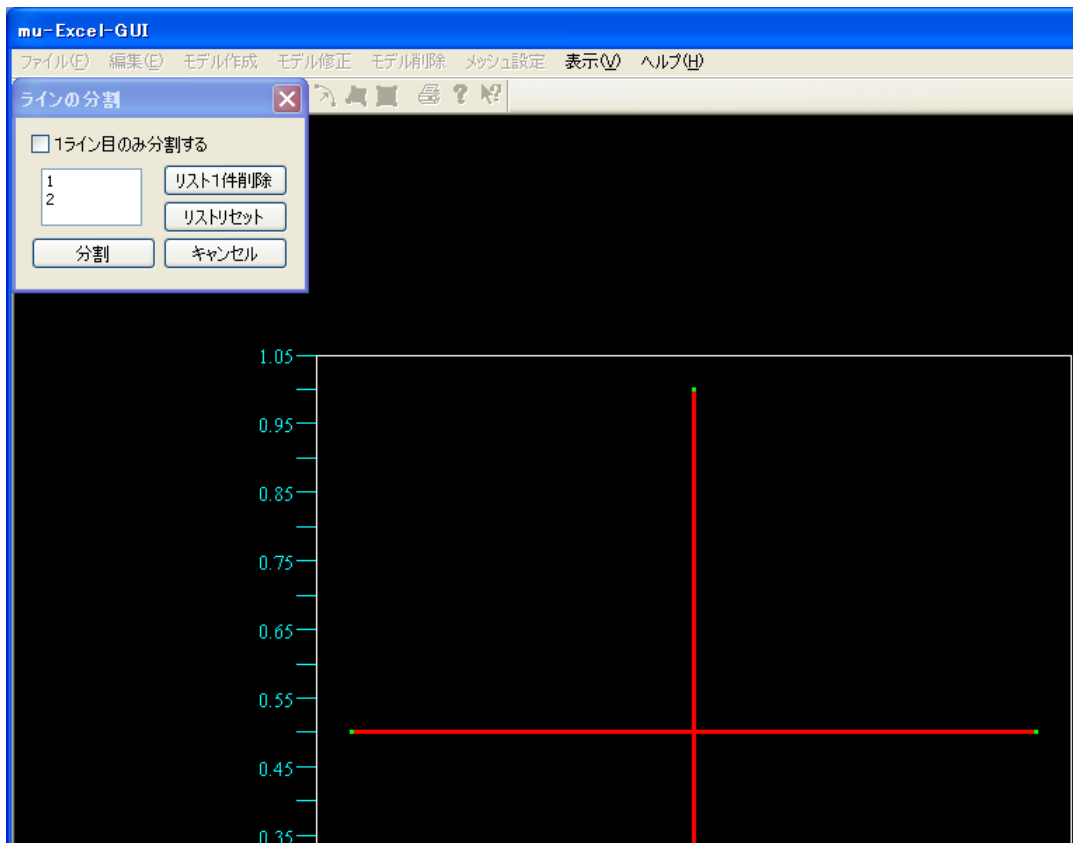
: 画面右下ステータスバーでは、選択中ラインの番号・分割数が表示されます。



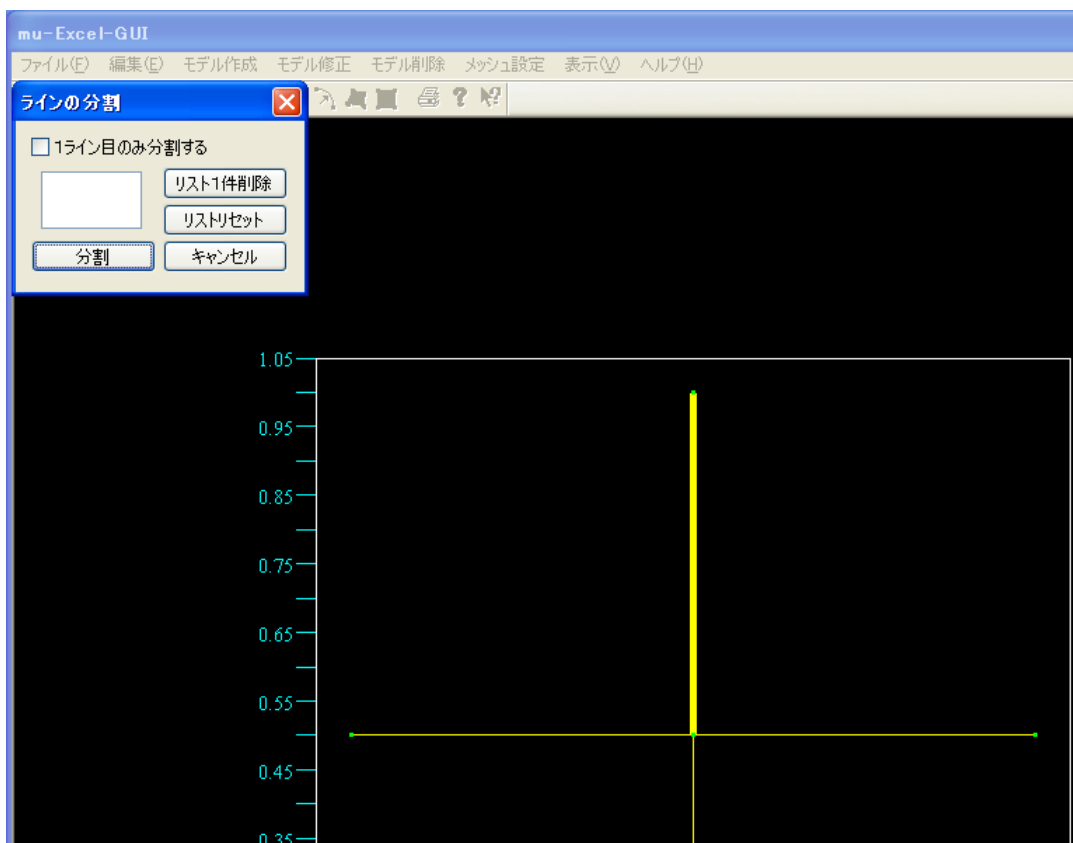
③分割するラインを2つ選択します。

： 2つのラインを交点で共に分割することになります。

： 1ライン目のみを分割するにチェックを入れた場合は、 2ライン目は分割されません。



④ダイアログ上の<分割> ボタンをクリックすると、 選択されていたラインが分割されます。

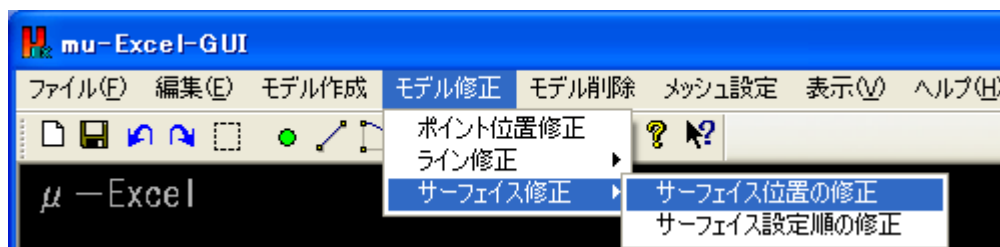


6-6-7 サーフェイス位置の修正

<作成されたサーフェイス位置を修正します>

★修正後のサーフェイス形状に何らかの問題が発生する時は、エラーダイアログが出力され、修正されないことがあります。

- ① メニュー項目「モデル修正⇒サーフェイス修正⇒サーフェイス位置の修正」をクリックします。



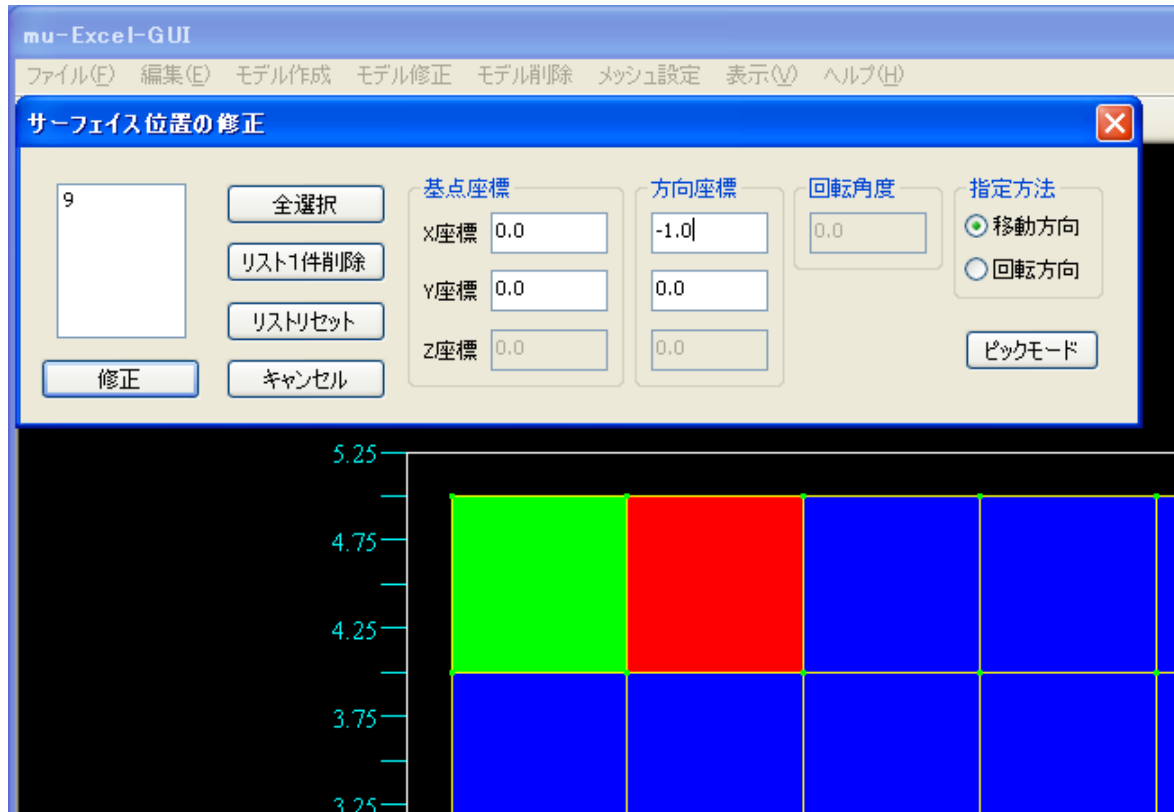
- ② サーフェイス位置修正ダイアログが出力され、サーフェイスが強調表示されるようになります。
：強調表示されているサーフェイスが、現在の選択サーフェイスとなります。



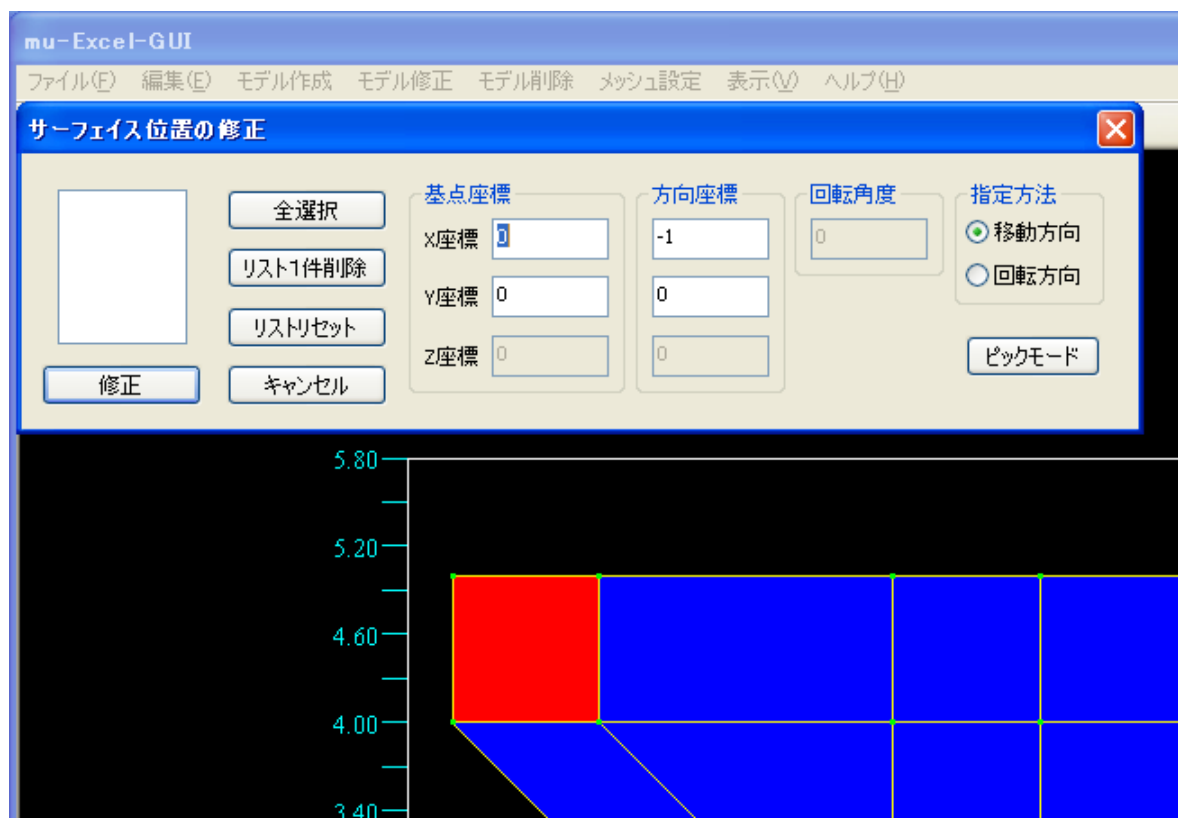
：画面右下ステータスバーでは、選択中サーフェイスの番号・メッシュ疎密比が表示されます。



- ③ 修正するサーフェースを選択し(同一サーフェース選択不可)、移動方向・回転方向を指定します。
 : 修正サーフェースは複数選択が可能で、選択サーフェースは赤く表示されます。
 <方向移動>
 ★方向ベクトル(基点座標⇒方向座標)を指定します。

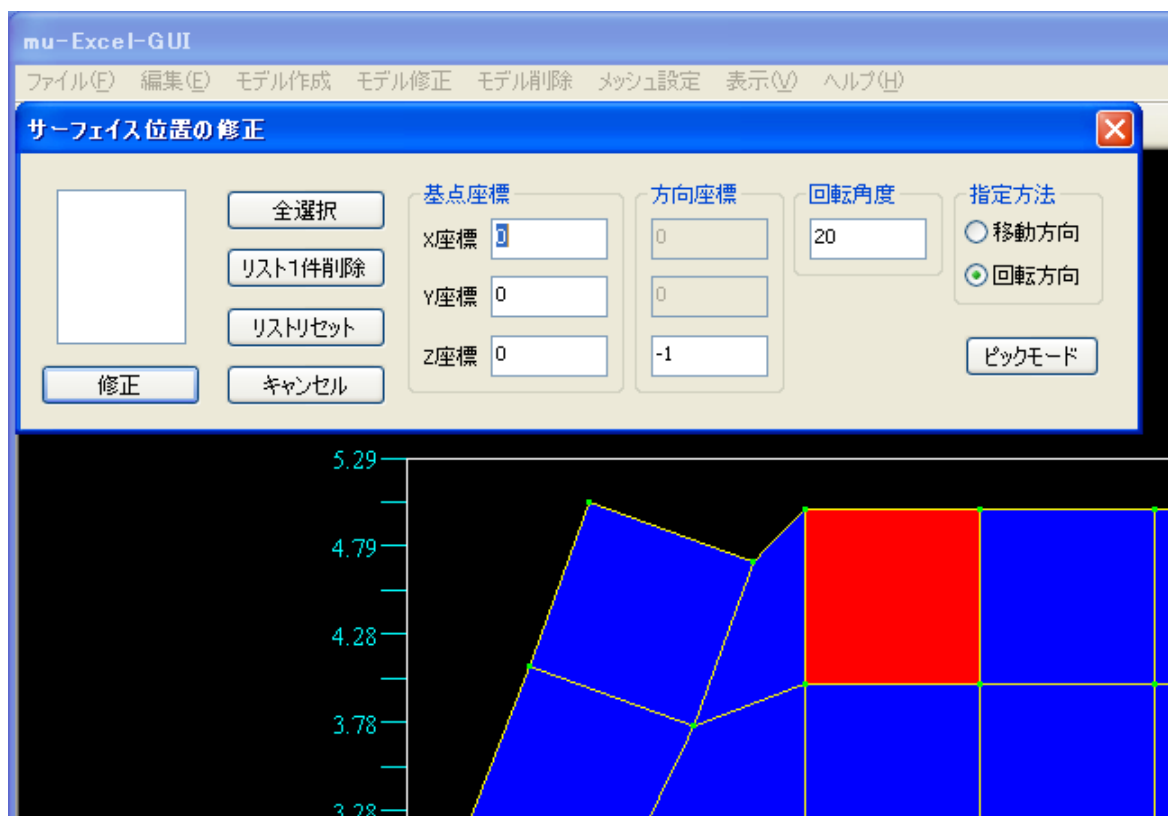
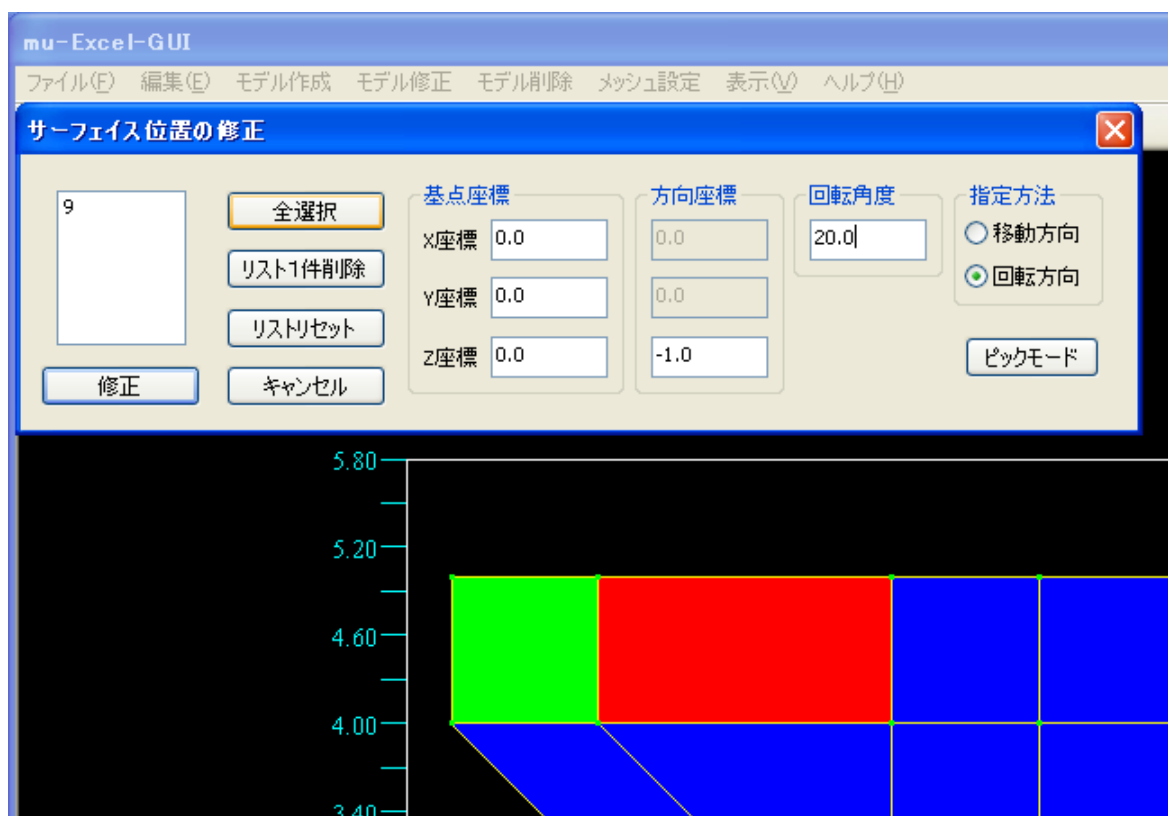


- ④ ダイアログ上の<修正>ボタンをクリックすると、サーフェース位置が修正されます。



⑤<回転移動>

★軸ベクトル（基点座標⇒方向座標）・回転角度を指定します。



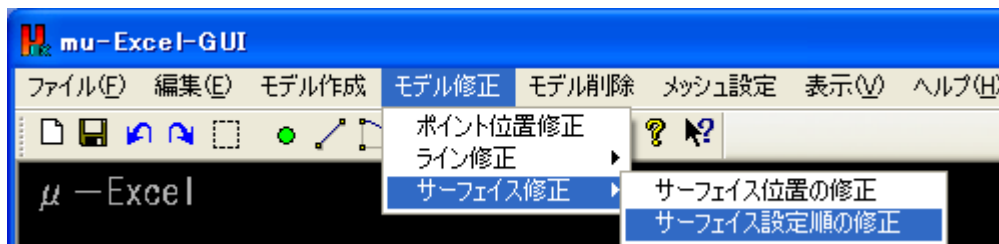
★修正は、キャンセルを選択するまで継続されます。

★ピックモードについては[ライン位置修正]の項目を確認して下さい。

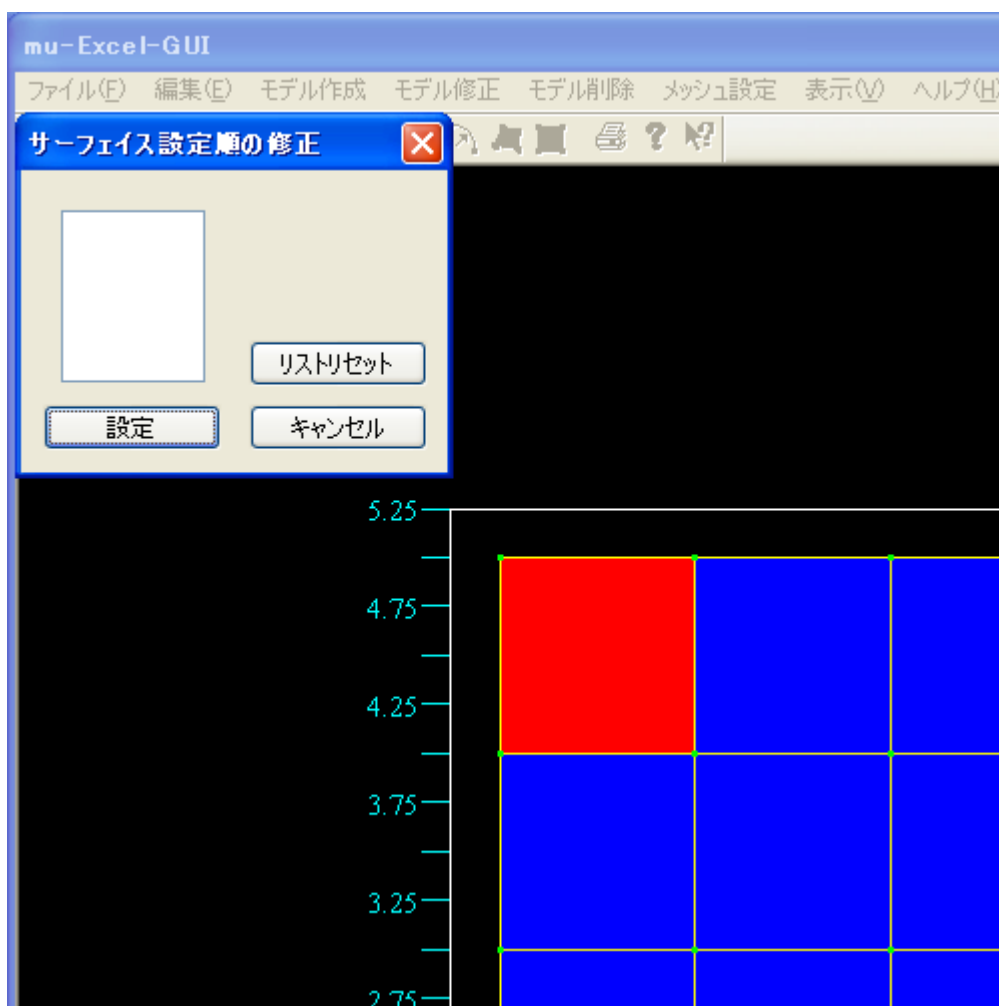
6-6-8 サーフェイス設定順の修正

<作成されたサーフェイスの設定順を修正します>

- ① メニュー項目より「モデル修正⇒サーフェイス設定順修正」をクリックします。



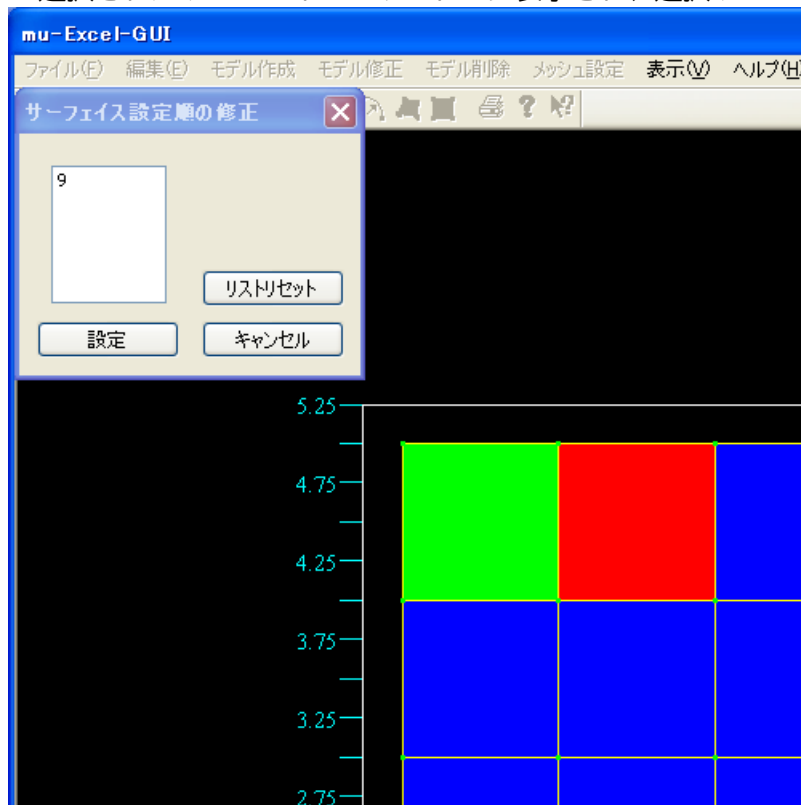
- ② サーフェイス設定順修正ダイアログが出力され、サーフェイスが強調表示されるようになります。
：強調表示されているサーフェイスが、現在の選択サーフェイスとなります。



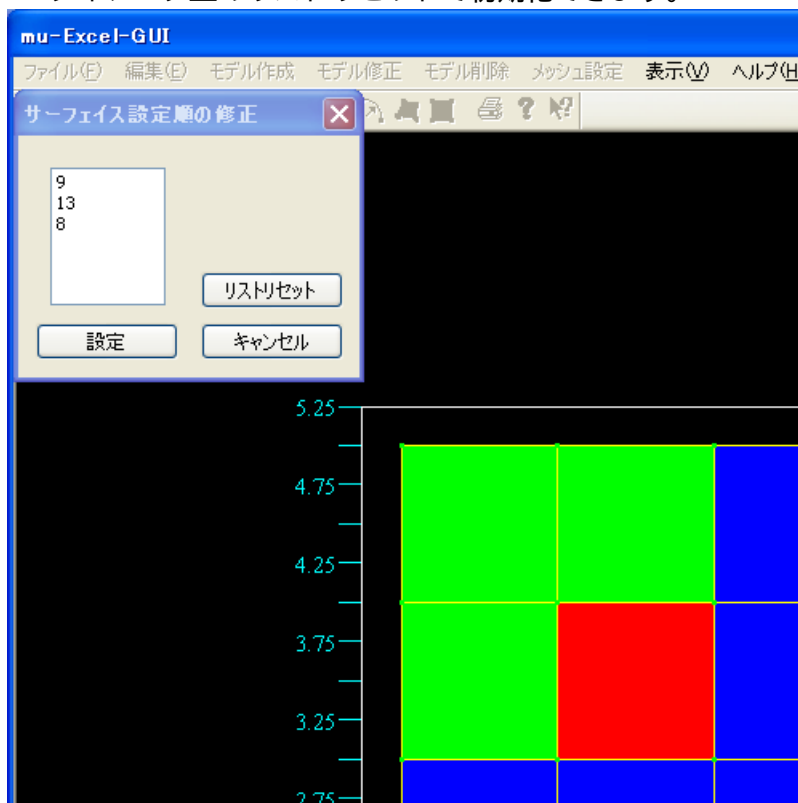
：画面右下ステータスバーでは、選択中サーフェイスの番号・メッシュ疎密比が表示されます。



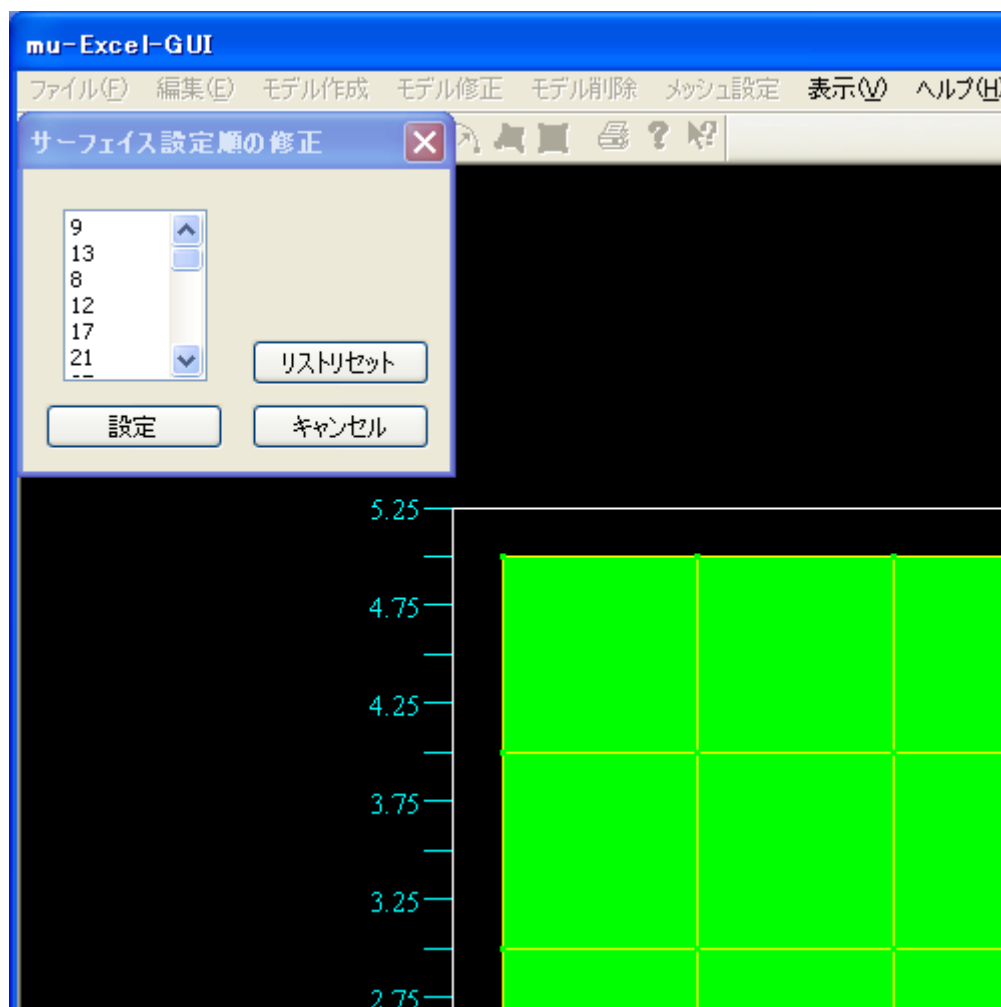
- ③ まず、1つサーフェイスを左クリックで選択します。
 : 選択されたサーフェイスがリスト上に表示され、選択サーフェイスは緑で描画されます。



- ④ 2つ目以降も同様に選択していきます。(同一サーフェイス選択不可)
注意! 2つ目以降のサーフェイスは、選択済みサーフェイスとラインで接する必要があります。
 : 画面では、上記条件に合致したサーフェイスのみ選択可能となります。(赤く描画)
 : ダイアログ上のリセットで初期化できます。



⑤全てのサーフェイスを選択し終わったら、ダイアログ上の<設定>ボタンをクリックします。



④ 更新され、サーフェイスの確認ができます。
：今回は9番⇒1番に更新しました。

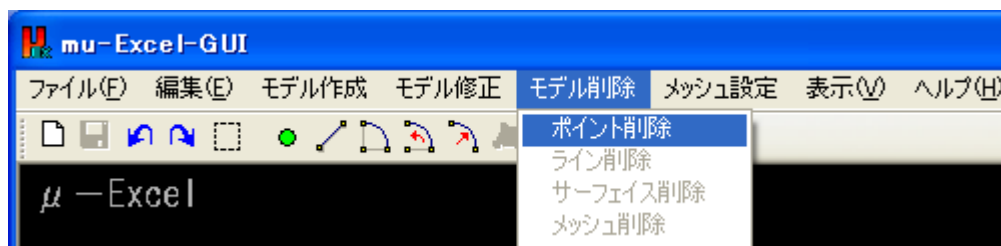


6-6-9 ポイントの削除

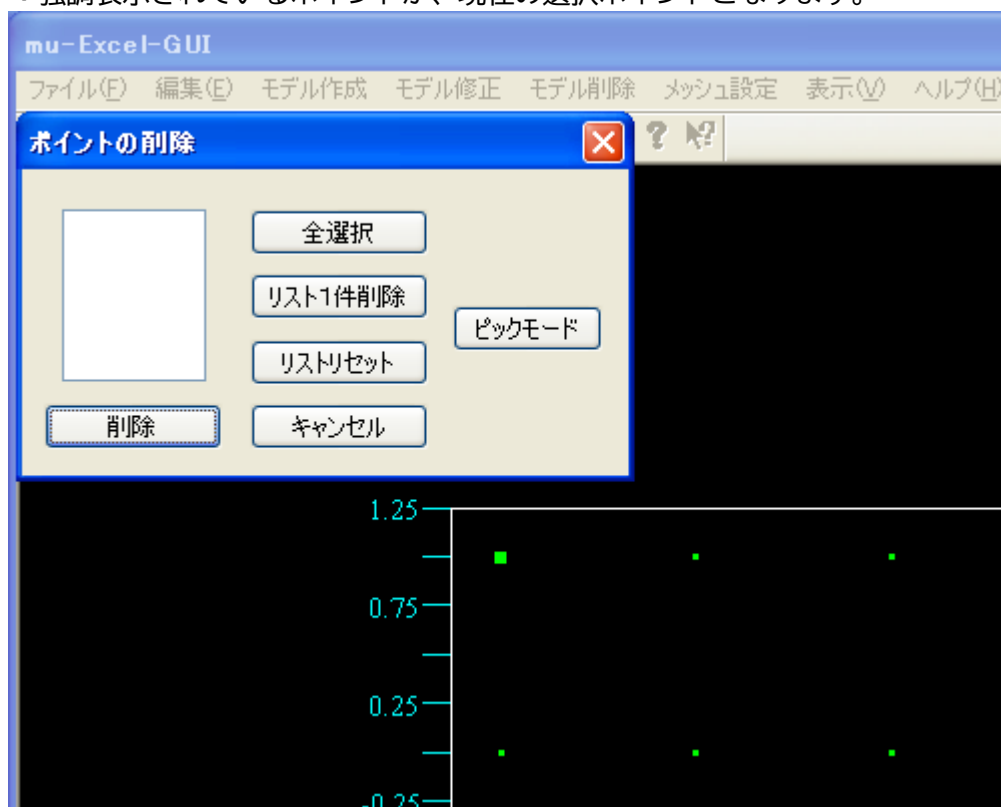
<作成されたポイントを削除します>

★ライン上・サーフェイス上のポイントは削除されません。

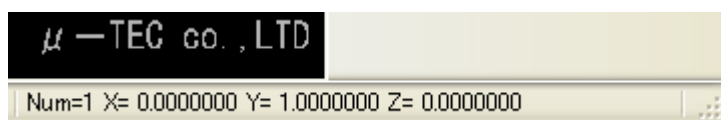
- ① メニュー項目より「モデル削除⇒ポイント削除」をクリックします。



- ② ポイント削除ダイアログが出力され、ポイントが強調表示されるようになります。
：強調表示されているポイントが、現在の選択ポイントとなります。



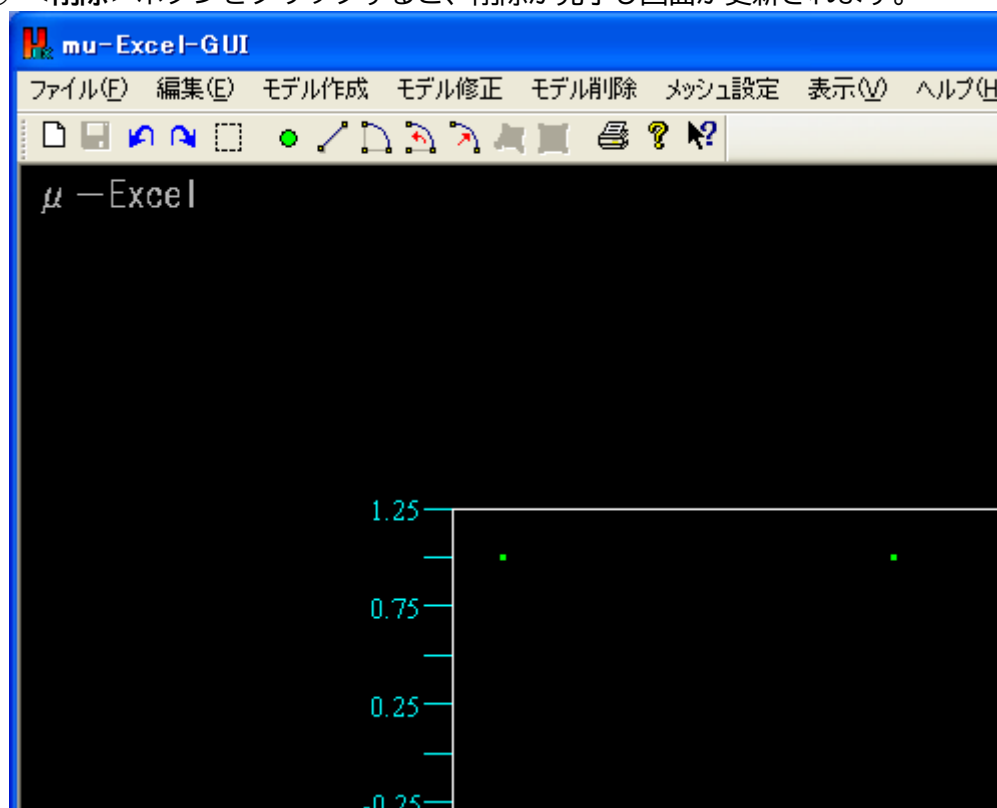
：画面右下ステータスバーでは、選択中ポイントの番号・座標値が表示されます。



- ③ 削除するポイントを選択します。(同一ポイント選択不可)
 : 削除ポイントは複数選択が可能で、選択されたポイントは、赤く表示されます。



- ④ <削除>ボタンをクリックすると、削除が完了し画面が更新されます。



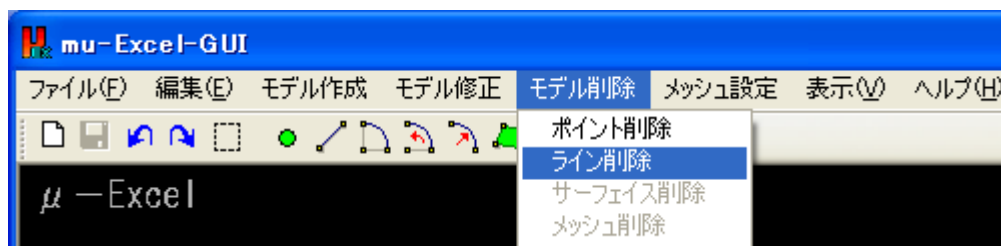
★ピックモードについては[ライン位置修正]の項目を確認して下さい。

6-6-10 ラインの削除

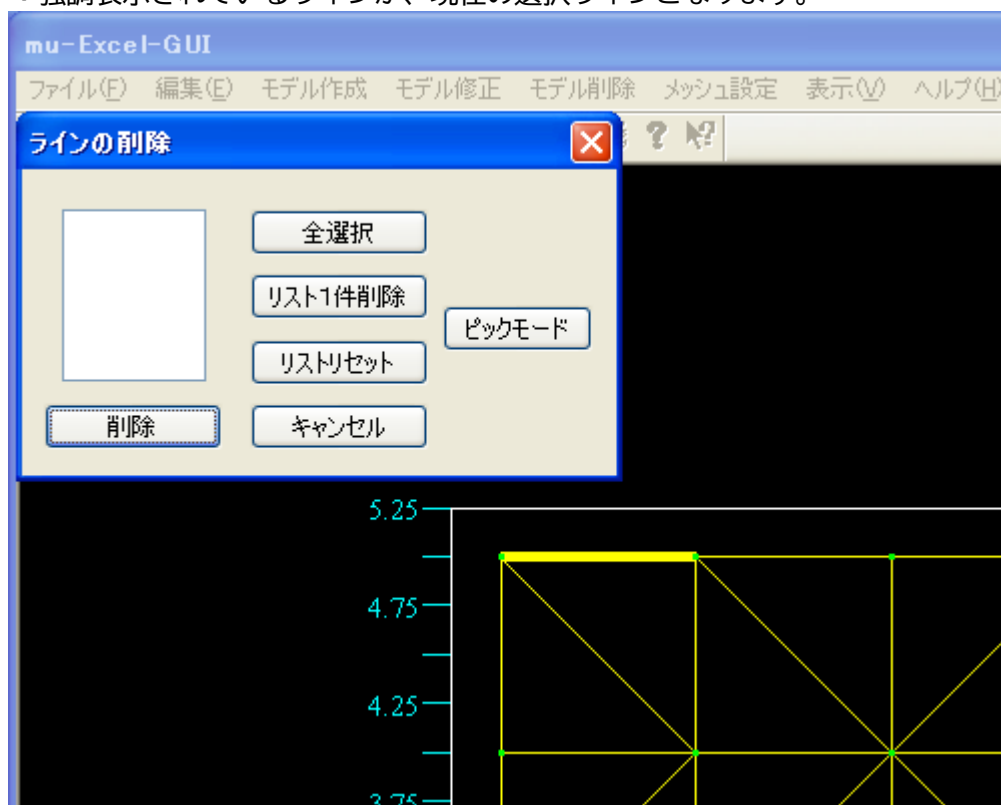
<作成されたラインを削除します>

★サーフェイス上のラインは、削除されません。

- ① メニュー項目より「モデル削除⇒ライン削除」をクリックします。



- ② ライン削除ダイアログが出力され、ラインが強調表示されるようになります。
：強調表示されているラインが、現在の選択ラインとなります。



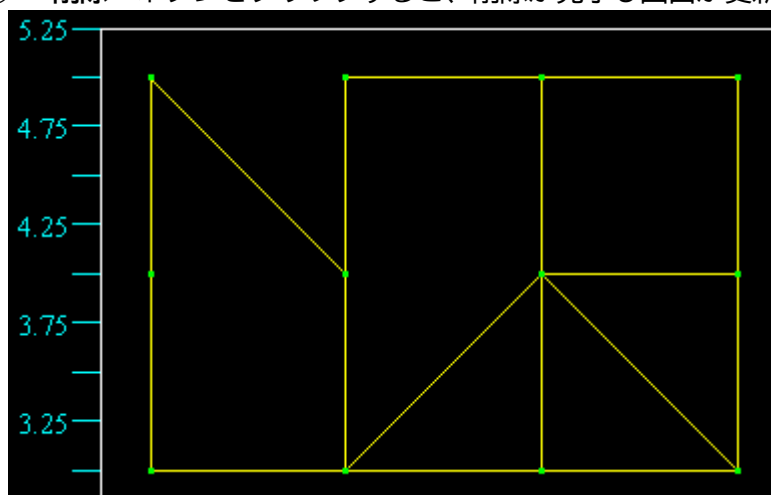
：画面右下ステータスバーでは、選択中ラインの番号・分割数が表示されます。



- ③ 削除するラインを選択します。(同一ライン選択不可)
 : 削除ラインは複数選択が可能で、選択されたラインは赤く表示されます。



- ④ <削除> ボタンをクリックすると、削除が完了し画面が更新されます。

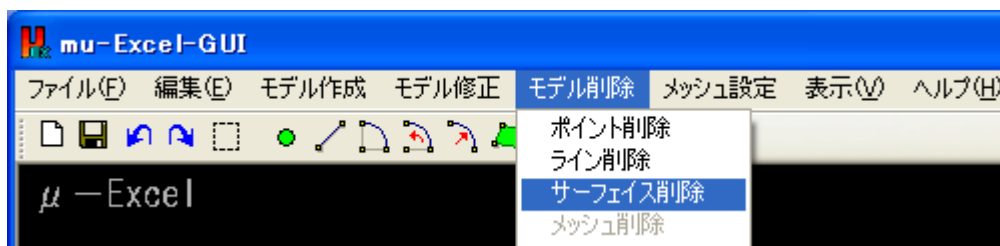


★ピックモードについては[ライン位置修正]の項目を確認して下さい。

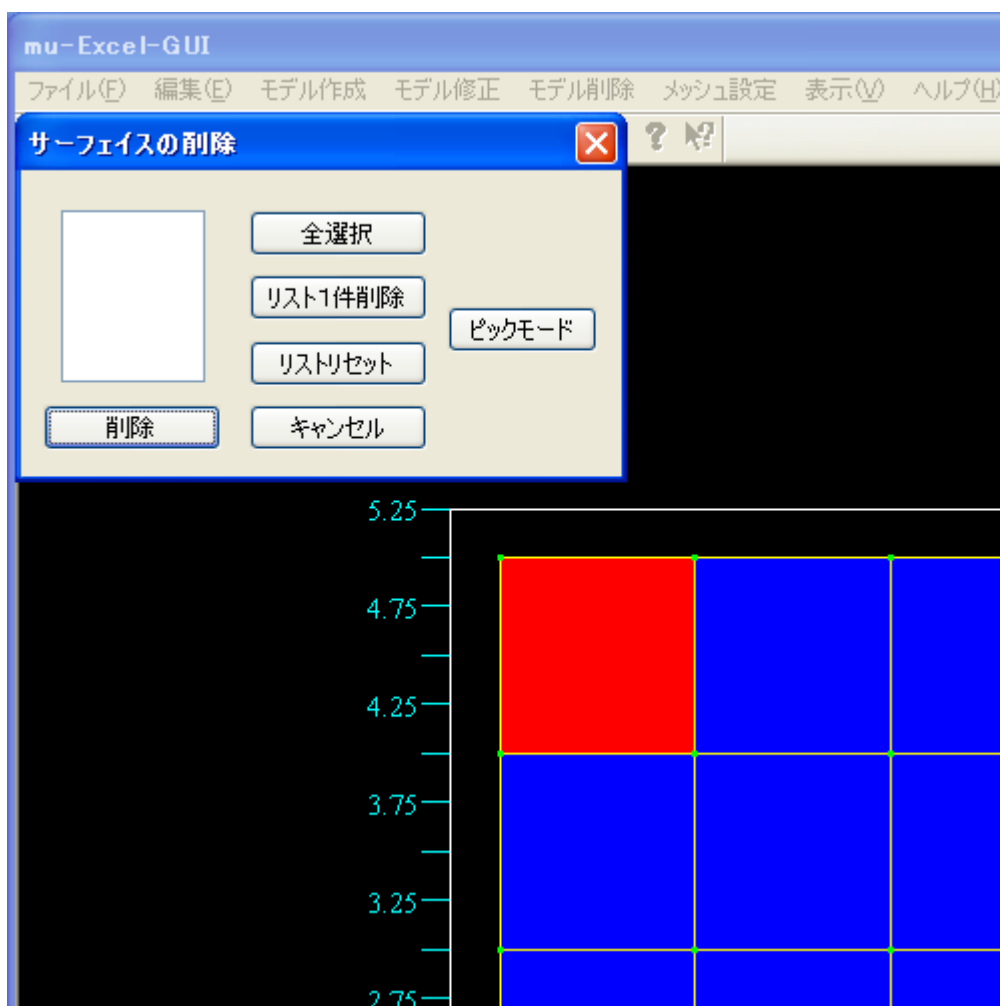
6-6-11 サーフェ이스の削除

<作成されたサーフェースを削除します>

- ① メニュー項目より「モデル削除⇒サーフェース削除」をクリックします。



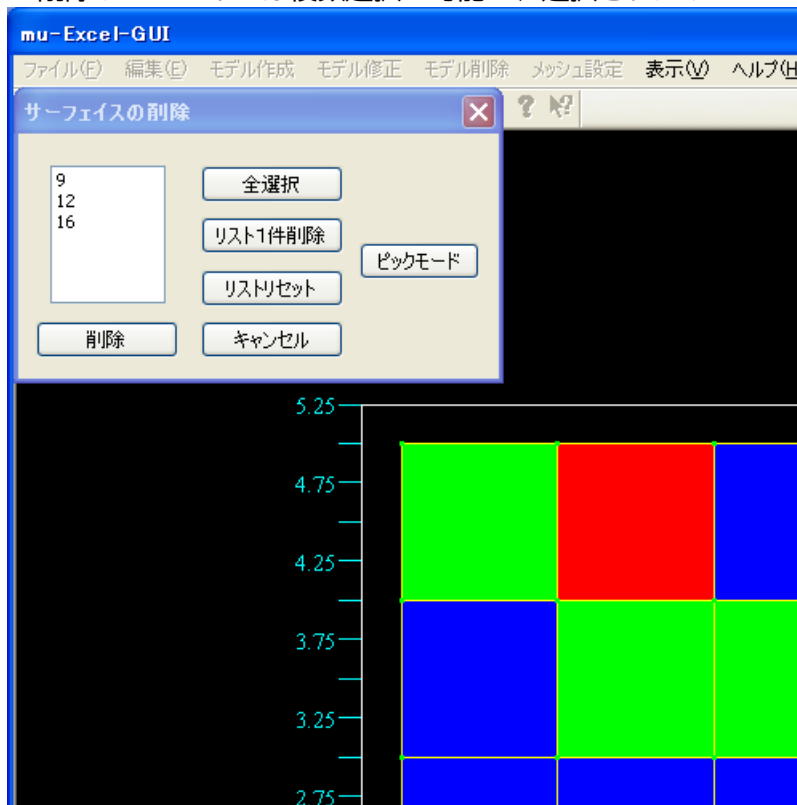
- ② サーフェース削除ダイアログが出力され、サーフェースが赤く表示されるようになります。
：強調表示(赤)されているサーフェースが、現在の選択サーフェースとなります。



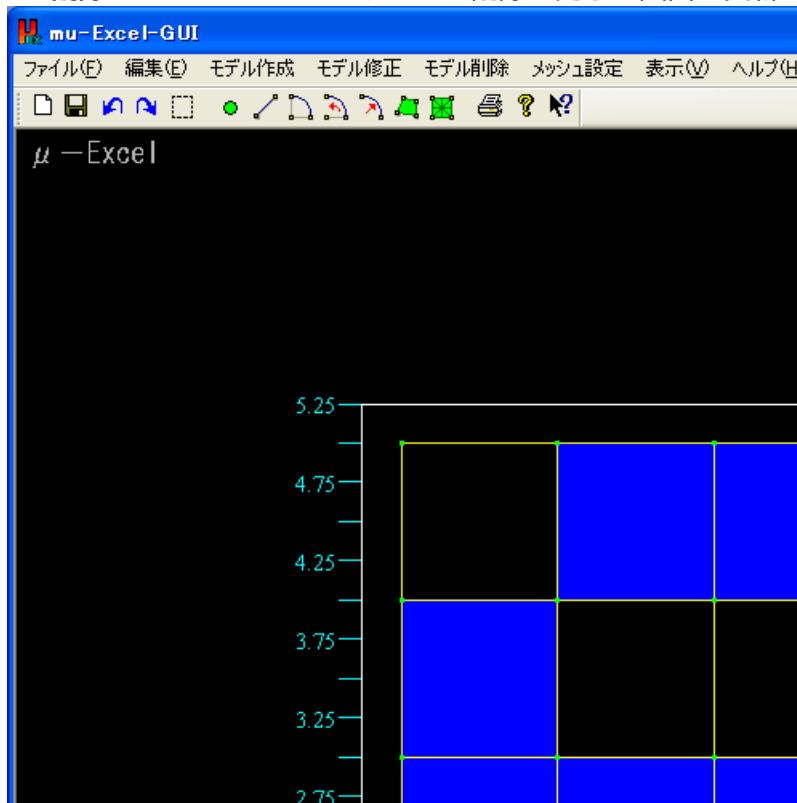
：画面右下ステータスバーでは、選択中サーフェースの番号・メッシュ疎密比が表示されます。



- ③ 削除するサーフェイスを選択します（同一サーフェイス選択不可）
 : 削除サーフェイスは複数選択が可能で、選択されたサーフェイスは緑色で表示されます。



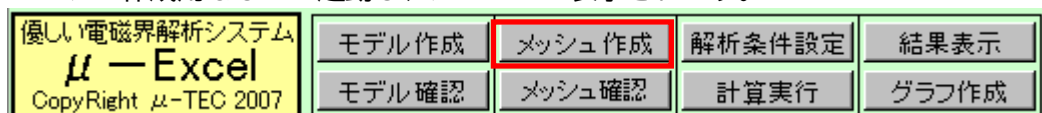
- ④ <削除>ボタンをクリックすると、削除が完了し画面が更新されます。



★ピックモードについては[ライン位置修正]の項目を確認して下さい。

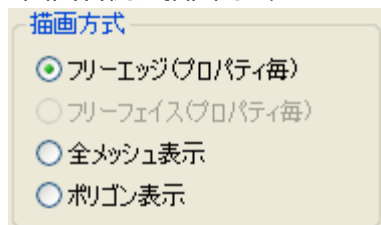
6-7 メッシュ確認

- ① メニュー項目より「メッシュ確認」ボタンをクリックします。
：モデル作成用GUIが起動し、メッシュが表示されます。

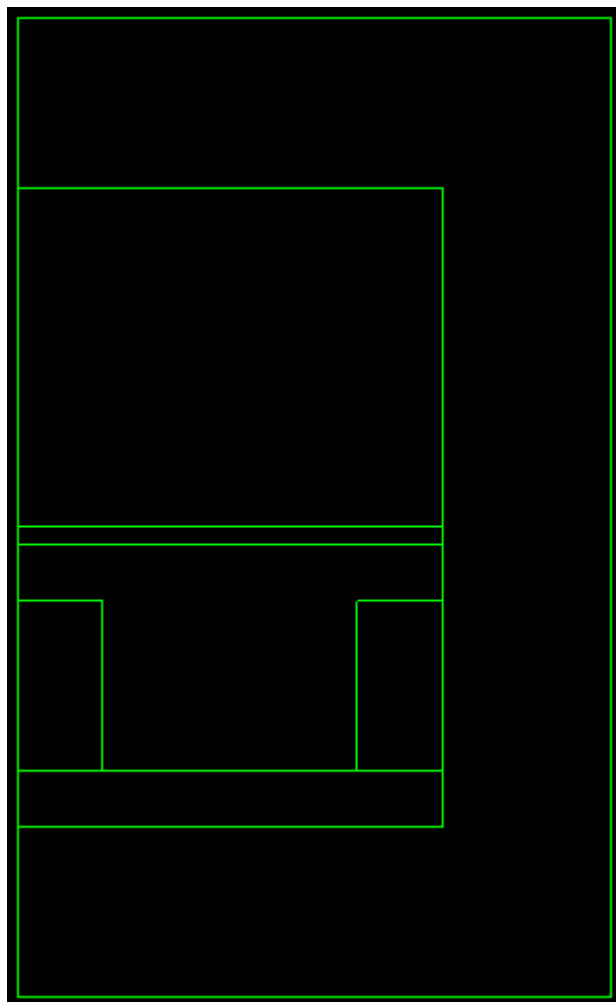


6-7-1 フリーエッジ表示

- ① 画面右側、描画方式のフリーエッジ表示にチェックを入れます。

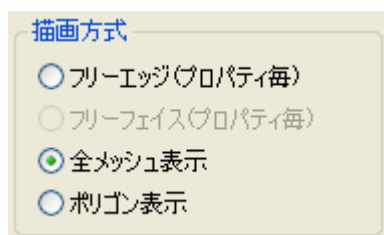


- ② 描画がフレーム表示に変更されます。

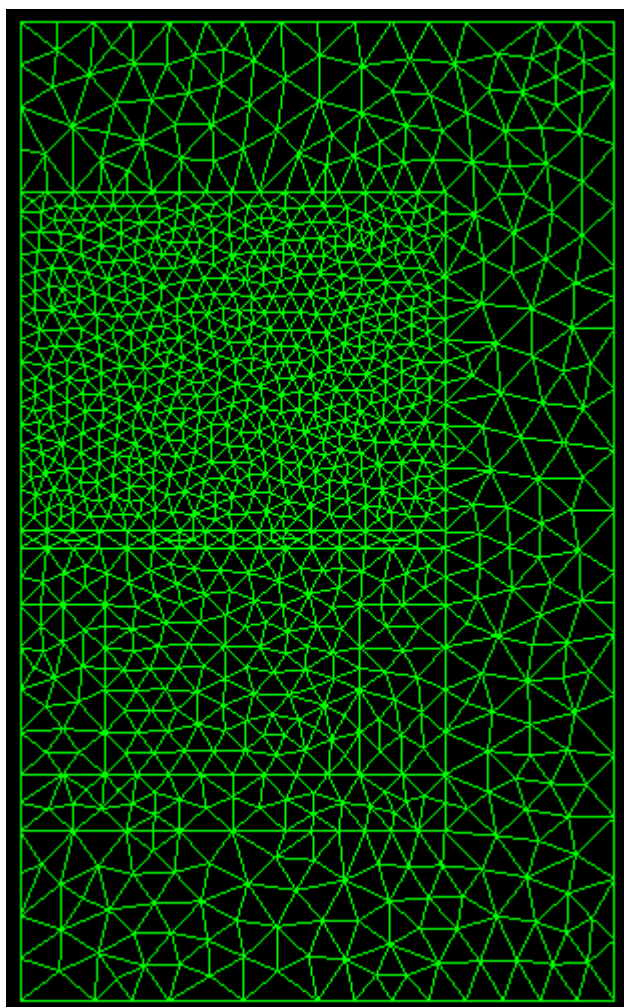


6-7-2 全メッシュ表示

- ① 画面右側、描画方式の全メッシュ表示にチェックを入れます。

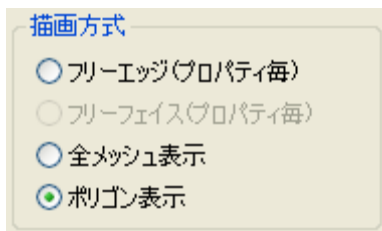


- ② 描画が全メッシュ表示に変更されます。

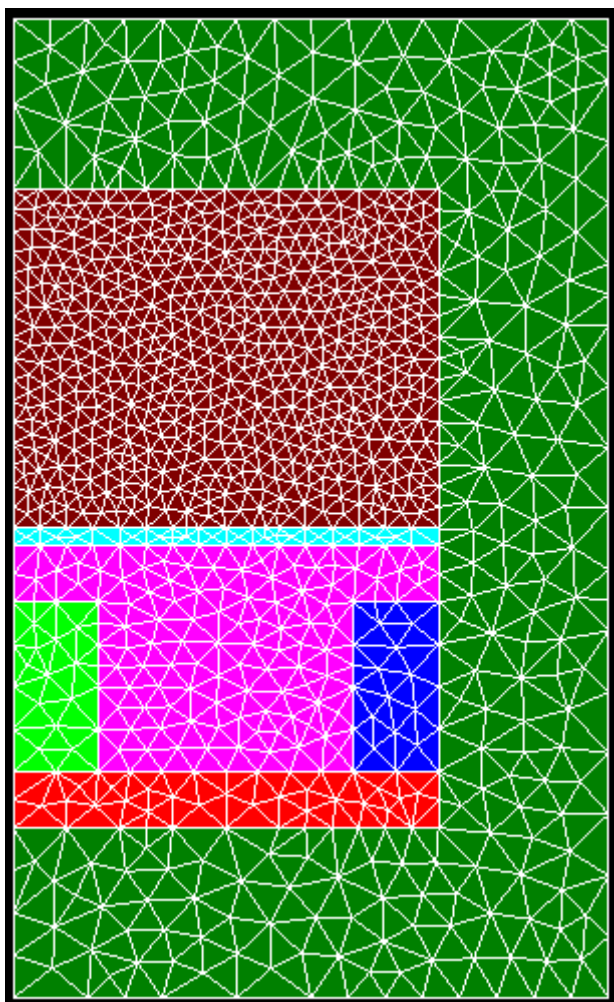


6-7-3 ポリゴン表示

- ① 画面右側、描画方式のポリゴン表示にチェックを入れます。

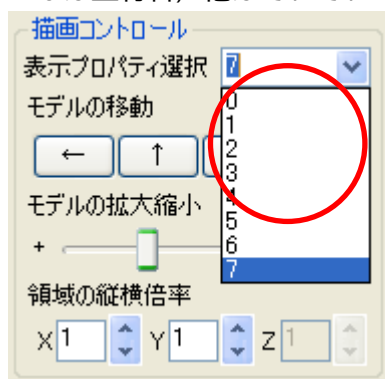


- ② 描画がポリゴン表示に変更されます。

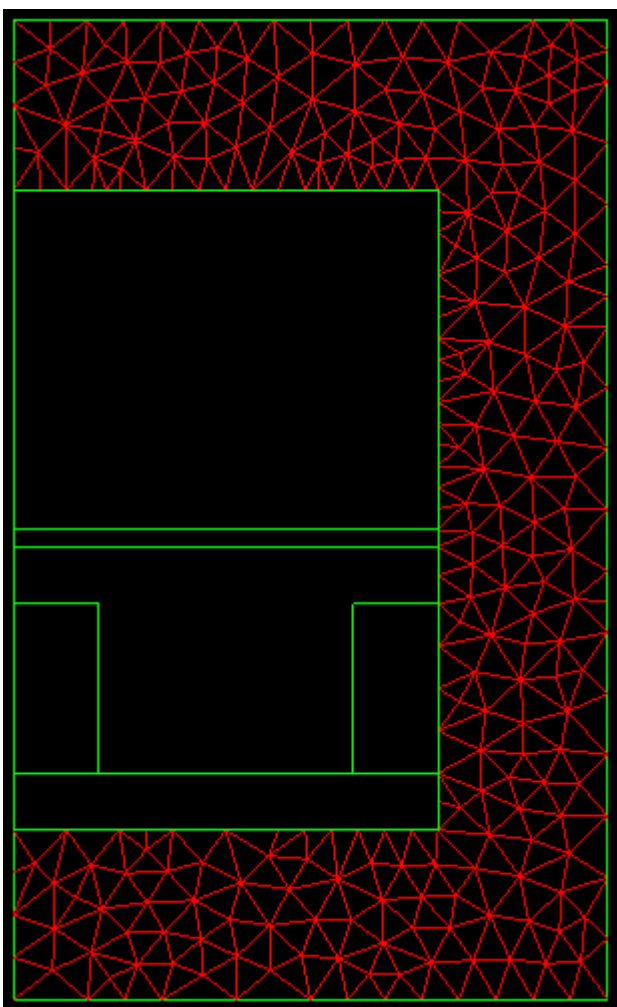


6-7-4 描画材料の選択

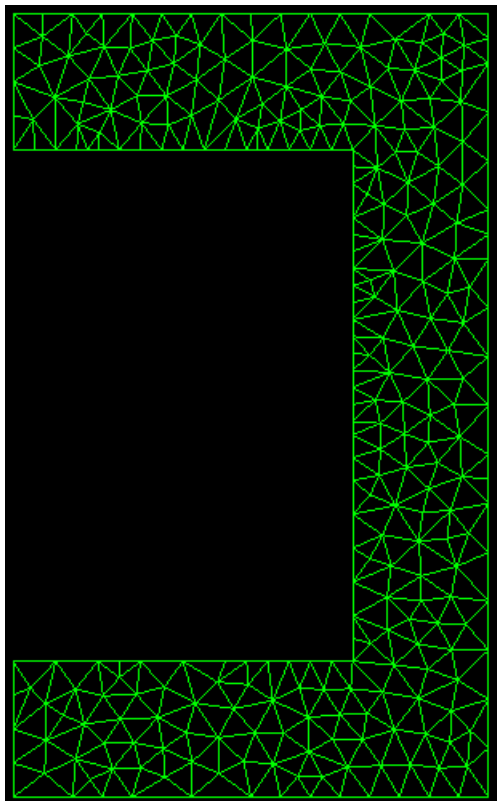
- ① 画面右側、描画コントロールの表示プロパティ選択リストボックスより選択します。
：0は全材料，他はそれぞれの材料に対応します。



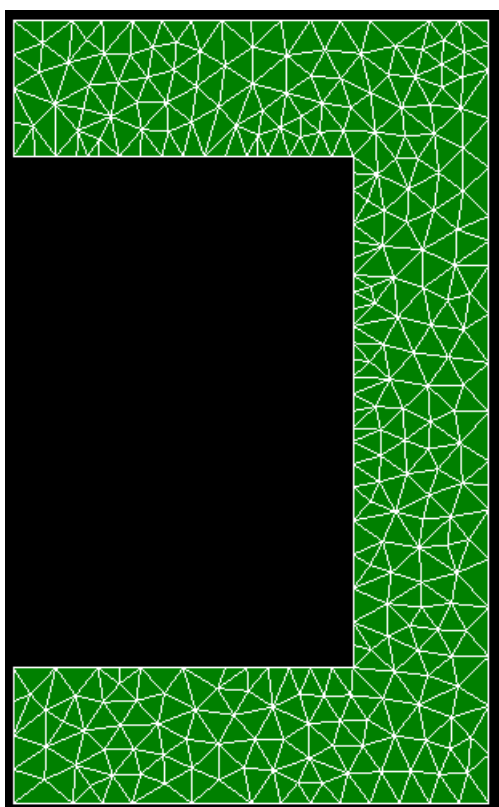
- ② フリーエッジ表示における材料選択です。



③ 全メッシュ表示における、材料選択です。

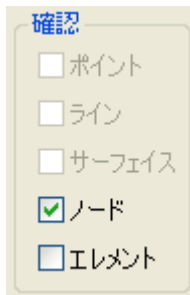


④ ポリゴン表示における、材料選択です。

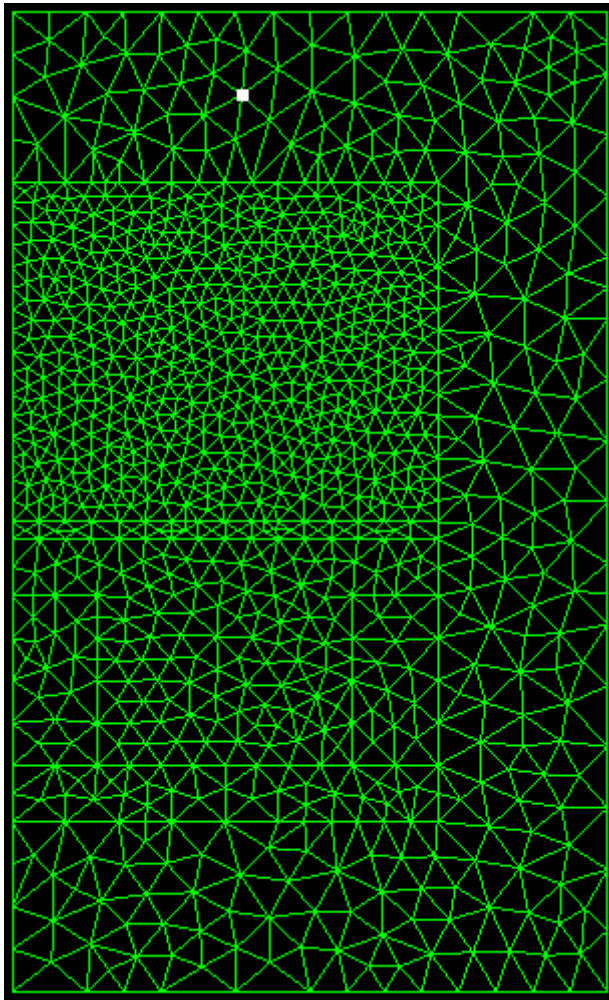


6-7-5 ノードの確認

- ① 画面右側、確認のノードにチェックを入れます。」



- ②全メッシュ表示時のノード確認です

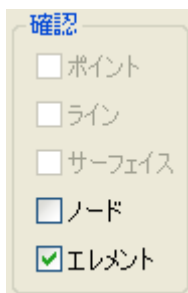


: ステータスバーには、選択中ノードの番号・座標値が表示されます。

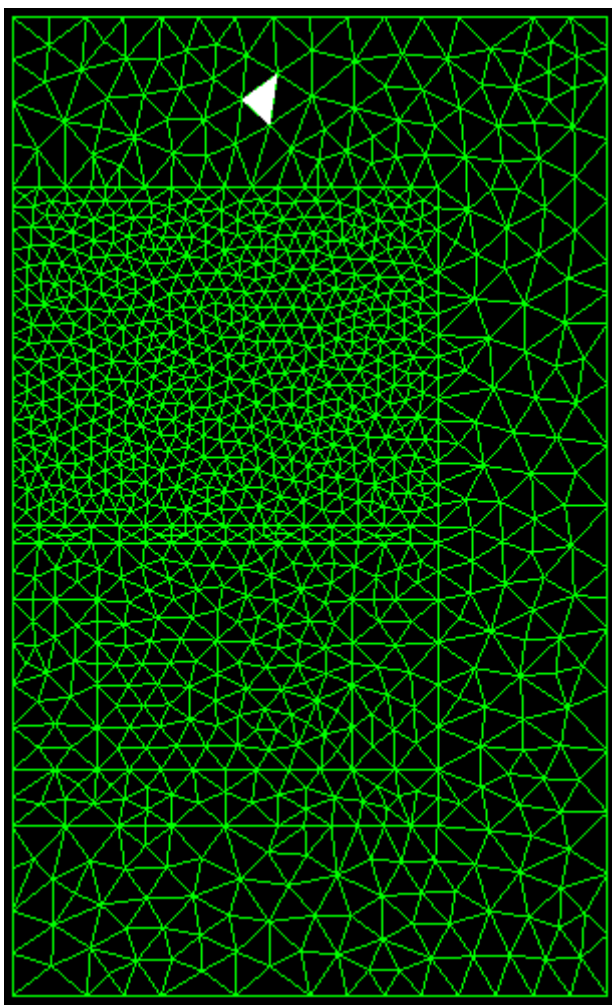


6-7-6 エLEMENTの確認

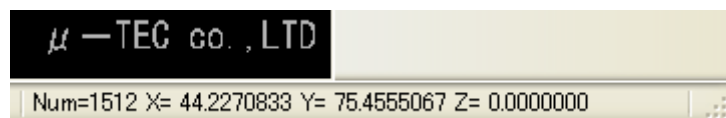
- ① 画面右側、確認のエLEMENTにチェックを入れます。」



- ② 全メッシュ表示時のELEMENT確認です



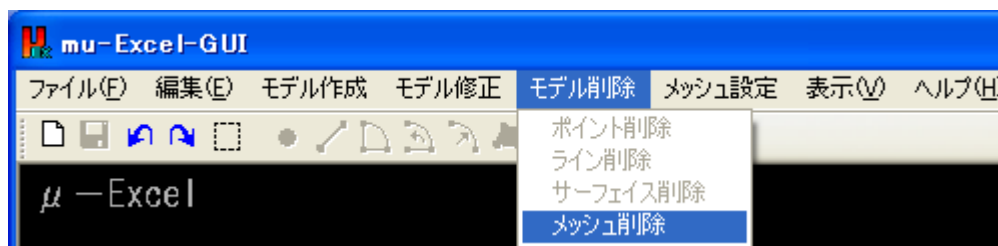
: ステータスバーには、選択中ELEMENTの番号・重心値が表示されます。



6-7-7 メッシュの削除

<メッシュ表示モードからモデル作成モードに移行します>

- ① メニュー項目より「モデル削除⇒メッシュ削除」をクリックします。



- ② 選択後、モデルの修正作業が可能となります。

6-8 その他機能

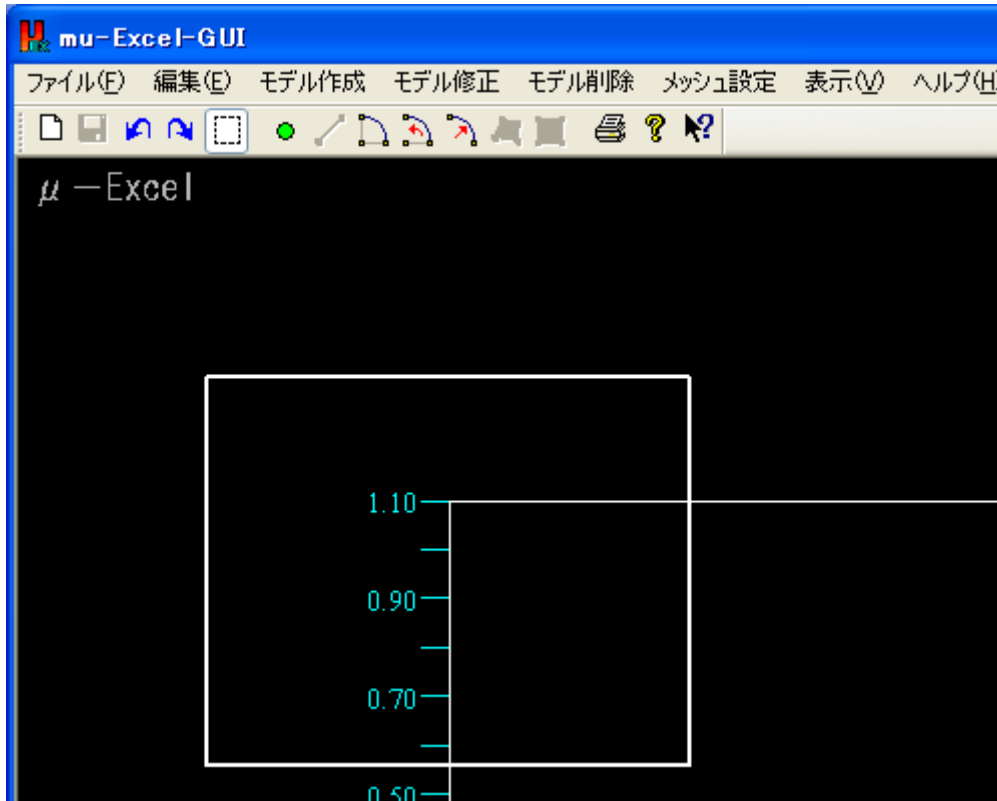
6-8-1 マウス機能

① 選択範囲の拡大

：ツールバーより下記図の赤い囲い部分をクリックします。



：その状態で、描画面面上において、マウスのドラッグ&ドロップを行います。



★拡大したい領域が四角形で表示され、ドロップで拡大されます。

② 拡大縮小

：ホイールをスクロールします。

③ 移動

：スクロールボタンを押しながら、マウスを移動します。

④ ポップアップメニュー

：描画面面上で右クリックします。

6-8-2 描画コントロール機能

- ① 描画方式
：メッシュ確認時の描画を変更します。
- ② 表示図法
：2次元版では使用しません。
- ③ 背景色
：背景色を黒もしくは白に変更します。
- ④ 描画コントロール
 - ：表示プロパティ選択
⇒メッシュ確認時の描画を変更します。
 - ：モデルの移動
⇒上下左右ボタンに対応し、モデルを移動します。
 - ：モデルの拡大縮小
⇒スライダーでモデルの拡大縮小を行います。
 - ：領域の縦横倍率
⇒描画する解析領域の縦横座標値を拡大します。
- ⑤ 確認
：モデル・メッシュ形状の確認を行います。
- ⑥ 面選択
 - ：面選択リストより、軸方向を選択し、面選択ボタンで実行します。
 - ：軸方向例1 ⇒ - / + . . . 水平軸 (x 軸) の正負を逆転
 - ：軸方向例2 ⇒ + / - . . . 垂直軸 (y 軸) の正負を逆転
- ⑦ リセット
：縦横倍率・拡大率・移動率を初期化します。
- ⑧ 結果表示
：Excel 版では使用しません。

6-8-3 その他メニュー項目

- ①「ファイル⇒新規作成」
：画面を初期状態に戻して、新たにモデルを作成します。
- ②「ファイル⇒ファイルを開く」
：Excel 版では使用しません。
- ③「ファイル⇒印刷」
：描画画面の印刷を行います。
：印刷／印刷プレビュー／プリンタ設定
- ④「ファイル⇒描画画面の保存」
：描画領域の画像を保存します。
- ⑤「編集」
：元に戻す⇒作成・修正・削除等の操作を1つ前に戻します。
：やり直す⇒元に戻した動作を1つやり直します。
- ⑥「表示」
：ステータスバー、ツールバー等を表示／非表示で切り替えます。
- ⑦「ヘルプ」
：トピック検索ヘルプ／バージョン情報を表示します。

6-8-4 ツールバー

① 新規作成↓



② Excel ファイルに保存↓



③ 元に戻る↓



④ やり直す↓



⑤ 選択範囲の拡大↓



⑥ ポイント作成↓



⑦ ライン作成↓



⑧ アーク作成1 (中心・始点・終点)



⑨ アーク作成2 (中心・始点・角度)



⑩ アーク作成3 (始点・終点・半径)



⑪ サーフェイス作成↓



⑫ メッシュ疎密比設定↓



⑬ 印刷↓



⑭ バージョン情報↓



⑮ ヘルプ表示↓



6-8-5 ステータスバー

①通常時のステータスバー (①, ②, ③)

- ①・・・選択メニューの説明等が表示されます。
- ②・・・キーロック状態等が表示されます。
- ③・・・カーソル位置の座標値が表示されます。

ヘルプを表示するには F1 キーを押してください。 NUM X=-0.54816 Y= 0.55135 Z= 0.00000

②ポイント選択時のステータスバー (①, ②, ③)

- ①・②・同様
- ③・・・選択中ポイントの番号と座標値が表示されます。

NUM Num=4 X= 0.00000 Y= 2.00000 Z= 0.00000

③ライン選択時のステータスバー (①, ②, ③)

- ①・②・同様
- ③・・・選択中ラインの番号と分割数が表示されます。

NUM Num=2 Divide= 10.0

④サーフェイス選択時のステータスバー (①, ②, ③)

- ①・②・同様
- ③・・・選択中サーフェイスの番号とメッシュ疎密比が表示されます。

NUM Num=22 Divide= 1.0

⑤ノード選択時のステータスバー (①, ②, ③)

- ①・②・同様
- ③・・・選択中ノードの番号と座標値が表示されます。

μ -TEC co., LTD
Num=951 X= 40.5178100 Y= 75.3889300 Z= 0.0000000

⑥エレメント選択時のステータスバー (①, ②, ③)

- ①・②・同様
- ③・・・選択中エレメントの番号と重心値が表示されます。

μ -TEC co., LTD
Num=1512 X= 44.2270833 Y= 75.4555067 Z= 0.0000000

6-9 ショートカットキー

- ① C t r l + N
：新規作成
- ② C t r l + P
：印刷
- ③ C t r l + C
：描画画面保存
- ④ C t r l + S
：E x c e l ファイルに保存
- ⑤ C t r l + Z
：元に戻す
- ⑥ C t r l + S h i f t + Z
：やり直す
- ⑦ C t r l + A
：画面位置を初期化
- ⑧ F 1
：ヘルプ表示

7 その他

7-1 困ったときは

① モデル確認でサーフェイスが表示されない

- Excel 側でサーフェイスの接続が正常でない場合は、サーフェイスが読み込まれません。
- Excel 側でサーフェイスの設定順が正常でない場合は、サーフェイスが読み込まれません。
- アーク分割数+ライン数が1つのサーフェイスで10000を超えた場合は、描画されません。

対処1：サーフェイスが正常に接続され、閉じているか確認して下さい。

対処2：サーフェイスの設定順を確認して下さい。

：前番号以前の定義済み領域のいずれかに接している必要があります。

対処3：サーフェイスに属するアークの分割数を減らす必要があります。

② メッシュ分割が出来ない

対処1：モデル作成用 GUI を起動し、全てのサーフェイスが定義されているか確認し、再度書き込みしてみてください。

- Excel 側でサーフェイスの接続が正常でない場合は、サーフェイスが読み込まれません。
- Excel 側でサーフェイスの設定順が正常でない場合は、サーフェイスが読み込まれません。
- Excel への書き込み時に、全てのサーフェイスを時計回りに設定し直しています。

対処2：極端にとんがった部分のある領域の場合、メッシュが切れない事があります。
二つ以上に領域を分けてください。

対処3：サーフェイスの設定順を変更してみてください。

③ DXF 読み後、自動サーフェイス作成等でサーフェイス接続エラーが出力される

- DXF 読み時のマージ値では、同一点と見なされない情報が入力されている可能性があります。

対処：マージ値の値を、基本値の $1e-7$ から $1e-6$ など、少々大きくしてみてください。

④ 自動サーフェイス作成で、サーフェイスが作成されていない箇所が存在する

- 自動サーフェイス作成による作成では、100辺までのサーフェイスとなります。
- 形状によっては、作成されないサーフェイスができる可能性があります。

対処1：作成できないサーフェイス数が少数ならば、手動での作成を行ってください。

対処2：多数の作成できないサーフェイスがあるならば、構成辺数を減少させるようにサーフェイス形状を調整してみてください。

7-2 主な仕様

動作環境 : Windows

必要環境 : Microsoft Excel

制限事項 : 本体 1 つによる単体計算のみ可能 (複数起動は可能だが、複数実行は不可)

: Excel 本体メニューによる操作, マクロの書換, シート保護の解除等は、基本的に未保障

- : モデル作成時制限 : 最小領域数 1 最大領域数 255
 : 最小節点数 100 最大節点数 50000
 : 領域の最小輪郭点数 3 領域の最大輪郭点数 250
 : 領域の最小輪郭点番号 1 領域の最大輪郭点番号 9999
 : 最小輪郭点数 3 最大輪郭点数 9999
 : 疎密比設定最小番号 1 疎密比設定最大番号 10000
 : 座標値の範囲 $-1e25 \sim +1e25$
- : 解析条件設定制限 : 解析タイプ 2 種 (2 次元 / 軸対称)
 : 材料種類 4 種 (非磁性材 / 強磁性材 / コイル / 永久磁石)
 : 座標系 2 種 (直交系 / 円筒系 $\Rightarrow$ 2 次元解析 + 永久磁石時のみ有効)
- : コイル数 制限なし (最大領域数が制限となる)
 : 磁化方向範囲 $-1 \sim +1$
 : 電流密度範囲 $-1e25 \sim +1e25$
- : 結果評価時制限 : 最小評価点数 1 最大評価点数 10000
 : 座標値の範囲 $-1e25 \sim +1e25$
- : 材料シートの制限 : 追加可能材料 3 種 (非磁性材 / 強磁性材 / 永久磁石)
 : 最大材料数 100 種
 : 最大材料テーブル数 100
 : 値の範囲 $-1e25 \sim +1e25$

8 μ -TEC ご相談窓口のご案内

μ -TEC 製品についてのご相談は、下記の窓口へご相談くださるようお願いいたします

お客様ご相談窓口

カスタマーセンター 受付 10:00 から 17:00 (土日祝、弊社休日を除く)

連絡先

〒192-00322

東京都八王子市石川町 2011-5

TEL 042-645-5759

URL <http://www.mutec.org>

E-mail nojima@mutec.org