

# Femtet<sup>®</sup> Ver11.0

## 新機能/変更点のご紹介

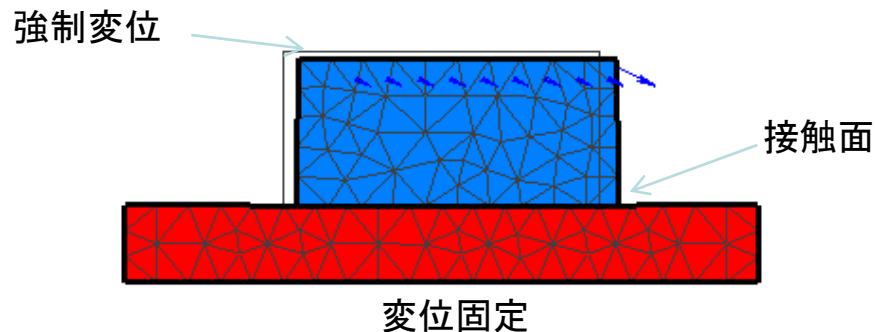
機能	概要
解析機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">応力解析:摩擦を考慮した接触解析機能</a></li> <li>• <a href="#">応力解析:J積分</a></li> <li>• <a href="#">応力解析:結果出力機能の拡充</a></li> <li>• <a href="#">応力解析:その他の接触解析関連</a></li> <li>• <a href="#">電磁波解析:周辺電磁界の解析機能追加</a></li> <li>• <a href="#">電磁波解析:指向性計算機能の拡張</a></li> <li>• <a href="#">電磁波解析:例題の追加</a></li> <li>• <a href="#">磁場解析:調和解析の電流を印加した導体の計算改良</a></li> <li>• <a href="#">磁場解析:表皮メッシュ機能</a></li> <li>• <a href="#">磁場解析:調和解析でインダクタンス計算</a></li> <li>• <a href="#">熱伝導解析:熱抵抗の設定</a></li> <li>• <a href="#">圧電解析:ボディ属性初期歪み</a></li> <li>• <a href="#">各調和解析:計算周波数指定方法を拡張</a></li> <li>• <a href="#">直接法:GPU計算(統合パック)</a></li> </ul>
メッシュ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">アダプティブメッシュの高速化とロバスト化</a></li> </ul>

機能	概要
ユーザインタフェース	<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>リボンメニュー化</u></li><li>• <u>ショートカットカスタマイズ機能を追加</u></li><li>• <u>処理の一時停止</u></li></ul>
CAD	<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>DXFエクスポート機能を追加</u></li><li>• <u>点、辺トポロジの移動機能追加</u></li></ul>
ポストプロセッサ	<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>積分ユーザインターフェース</u></li><li>• <u>ツールチップのクリップ機能</u></li><li>• <u>任意座標の計算結果のツールチップ化</u></li><li>• <u>最大最小値のツールチップ化</u></li><li>• <u>グラフの始点・終点のツールチップ表示対応</u></li><li>• <u>Excel VBAからの結果画面操作</u></li></ul>

簡易接触および接触表面の境界条件で、摩擦を考慮できるようになりました。

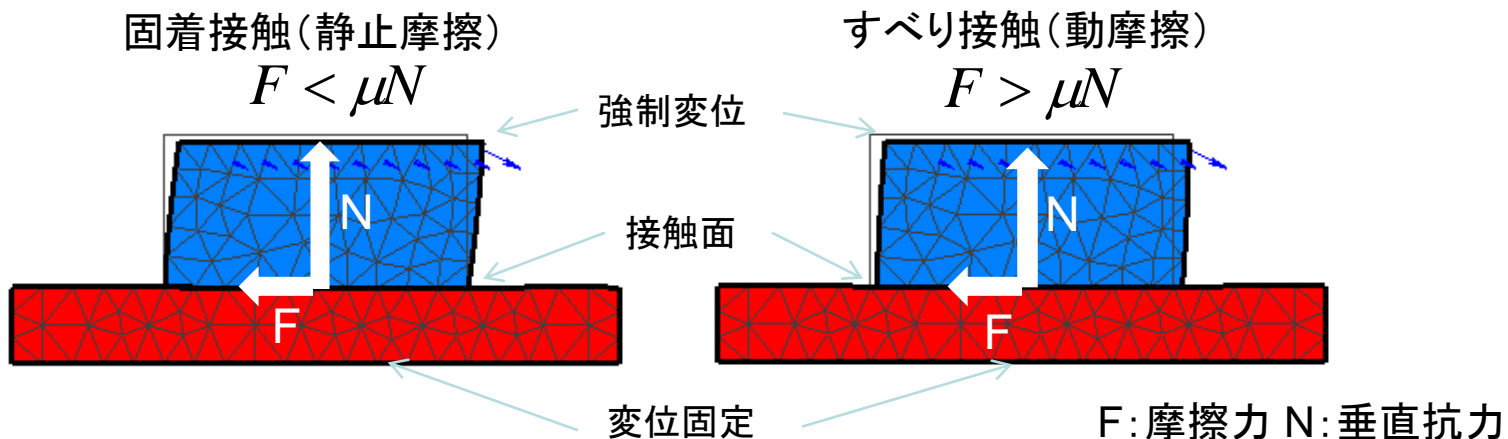
摩擦なしの場合:

摩擦力がゼロのため接触面においては「完全すべり状態」となります。



摩擦ありの場合:

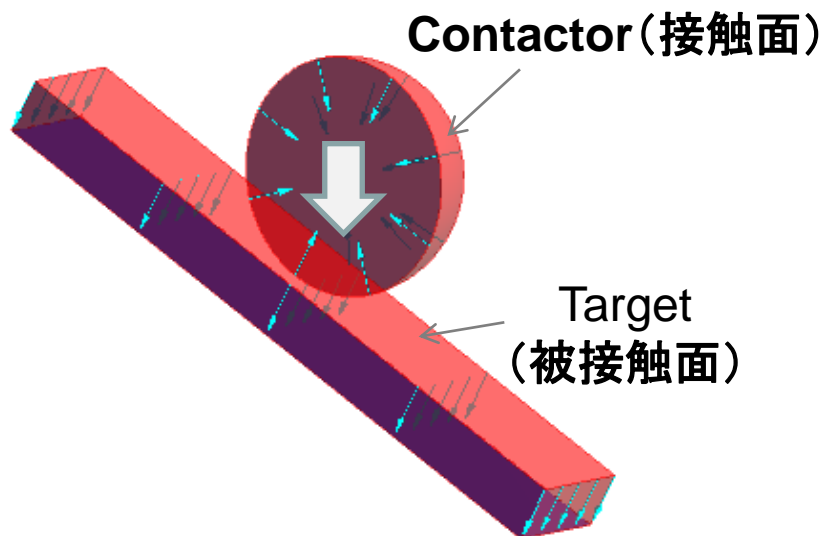
摩擦力方向の変形や「固着状態」や「すべり状態」が考慮されます。



F: 摩擦力 N: 垂直抗力

簡易接触および接触表面の境界条件で、摩擦を考慮できるようになりました。

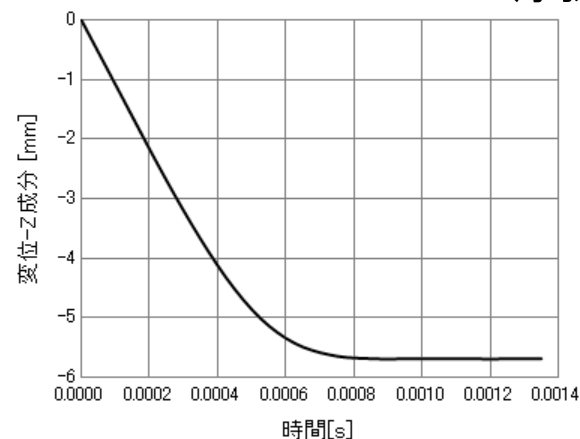
摩擦接触を考慮した過渡解析の事例:



下向きの初速を与えたボールが45度に傾いた板に接触して反射するモデル

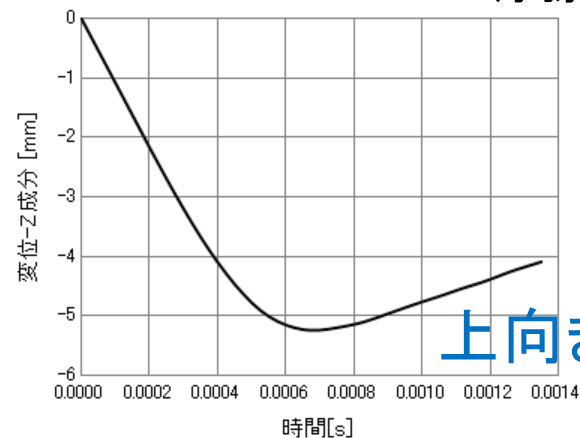
変位-Z成分

摩擦なし



変位-Z成分

摩擦係数0.2



上向きに反射

簡易接触および接触表面の境界条件で、摩擦を考慮できるようになりました。



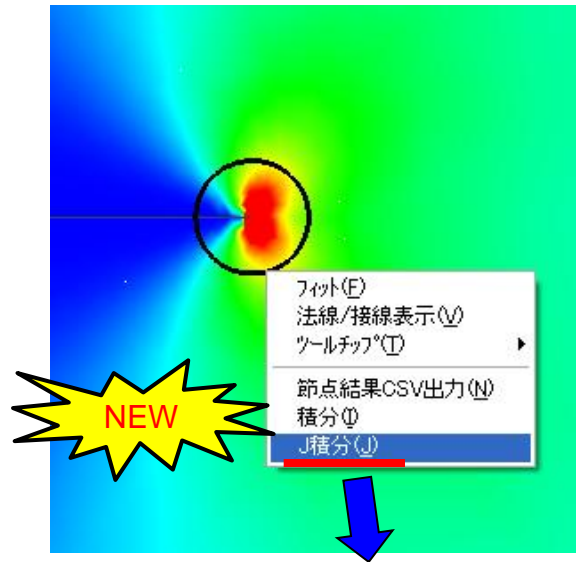
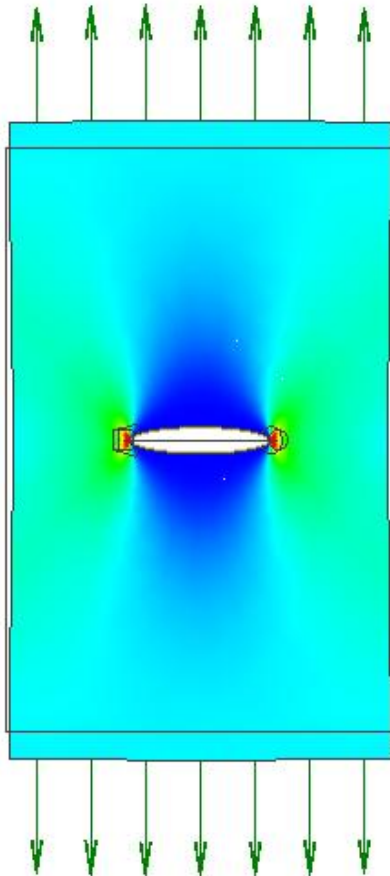
簡易接触の場合  
(自動判定の場合に摩擦係数を設定)



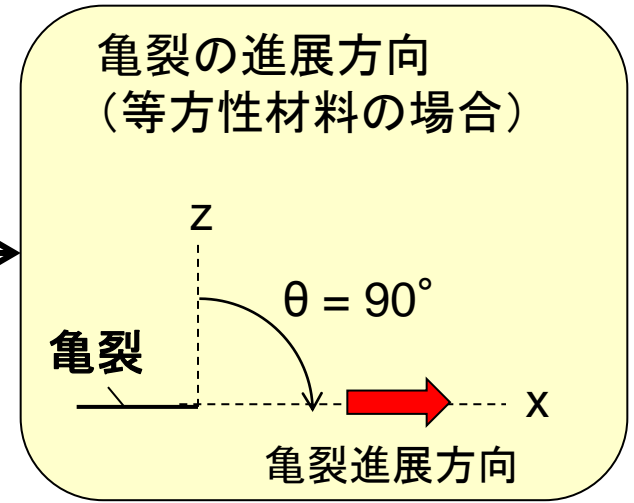
接触表面の場合  
(接触ペア毎に摩擦係数を設定)

応力解析で、J積分ができるようになりました。

J積分により、亀裂先端のひずみエネルギー解放率/応力拡大係数の評価ができます。亀裂の進展しやすさや亀裂の進展方向を知ることができます。

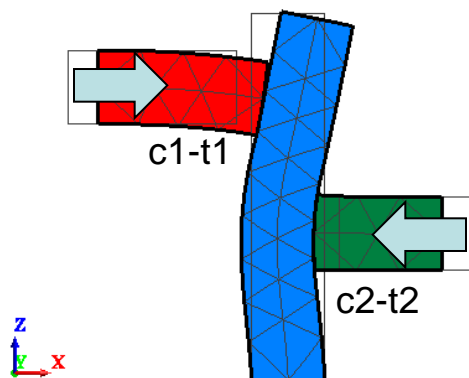


積分対象	: Edge 16 (0), Edge 15 (0), Edge 14 (0), Edge 13 (0), Edge 12 (0), Edge 11 (0)
ソルバ	: Galileo
モード	: 0: 静解析
J積分(X成分)	: 2.133956e+003
J積分(Y成分)	: 0.000000e+000
J積分(Z成分)	: -4.667762e-001
J積分(大きさ)	: 2.133956e+003
$\theta(^{\circ})$	: 9.001253e+001
$\varphi(^{\circ})$	: 0.000000e+000

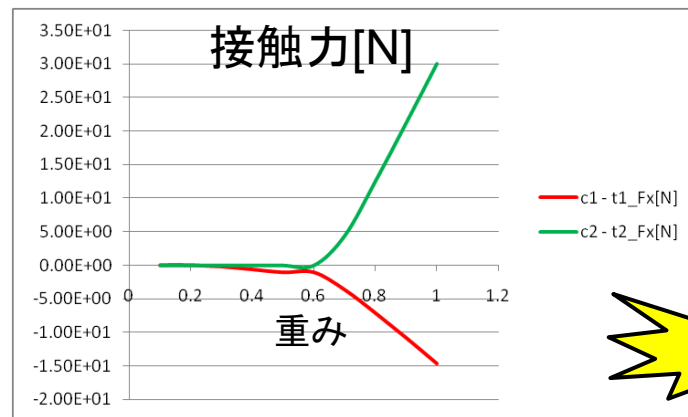


# 解析機能 – 応力解析: 結果出力機能の拡充

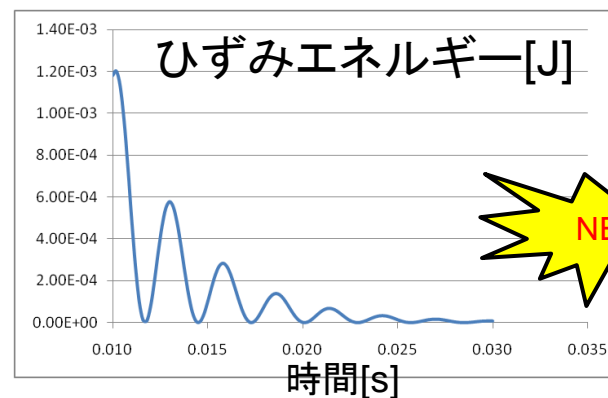
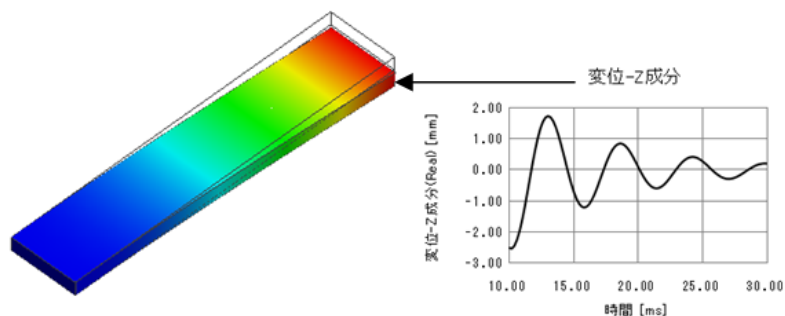
接触ペア毎に接触力を集計して、結果値として出力する機能を追加しました。



全体寸法: 5.50000000



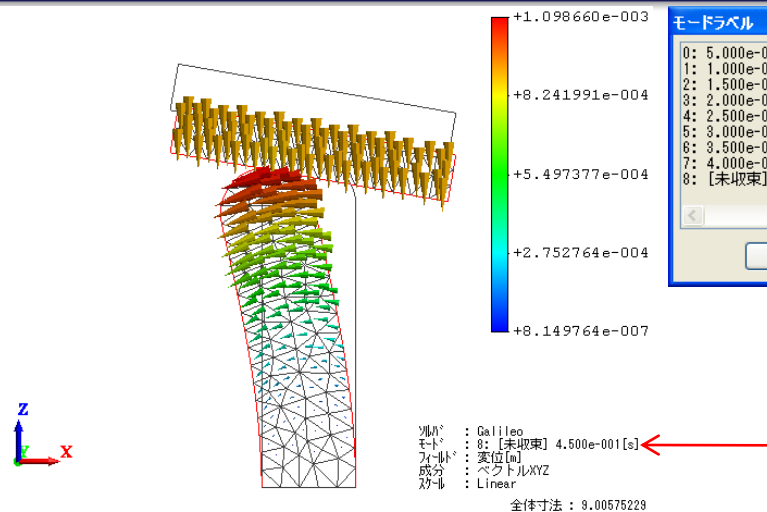
過渡解析の場合でも、反力・ひずみエネルギーの結果値が出力可能です。



例題36 レバーの振動解析

# 解析機能 – 応力解析: 結果出力機能の拡充

非線形解析で、未収束・発散の結果を出力できるようになりました。



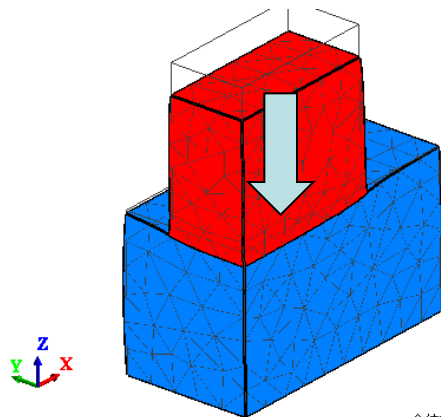
接触解析など非線形解析が収束しなかった場合にその原因を探るヒントとして活用できる可能性があります。

## 結果値CSVファイル関連の改良。

- ・結果保存の際にPDTに同梱保存するようになりました。
- ・「解析→結果値の表示」によって結果値CSVファイルをPDTファイルから取り出すことができるようになりました。
- ・非線形解析などで未収束、発散、解析中断となった場合でも、解析途中までの結果値CSVファイルが出力されるようになりました。



接触解析における解析時間を、大幅に高速化しました。



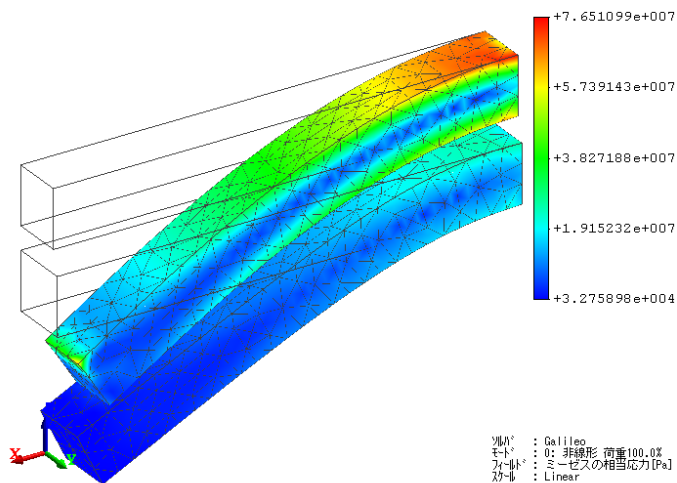
全体寸法: 8.00000000

### 3次元静解析モデルの場合

分割ステップ数: 20  
メッシュ数: 2651



Ver10.2 400sec ⇒ Ver11.0 128sec  
**約3倍の高速化**



ソルバ: Galileo  
モード: 0: 非線形 荷重100.0%  
フィルタ: ミニマムの相当応力 [Pa]  
ステップ: Linear  
全体寸法: 4.00000000

### 応力解析例題29の場合

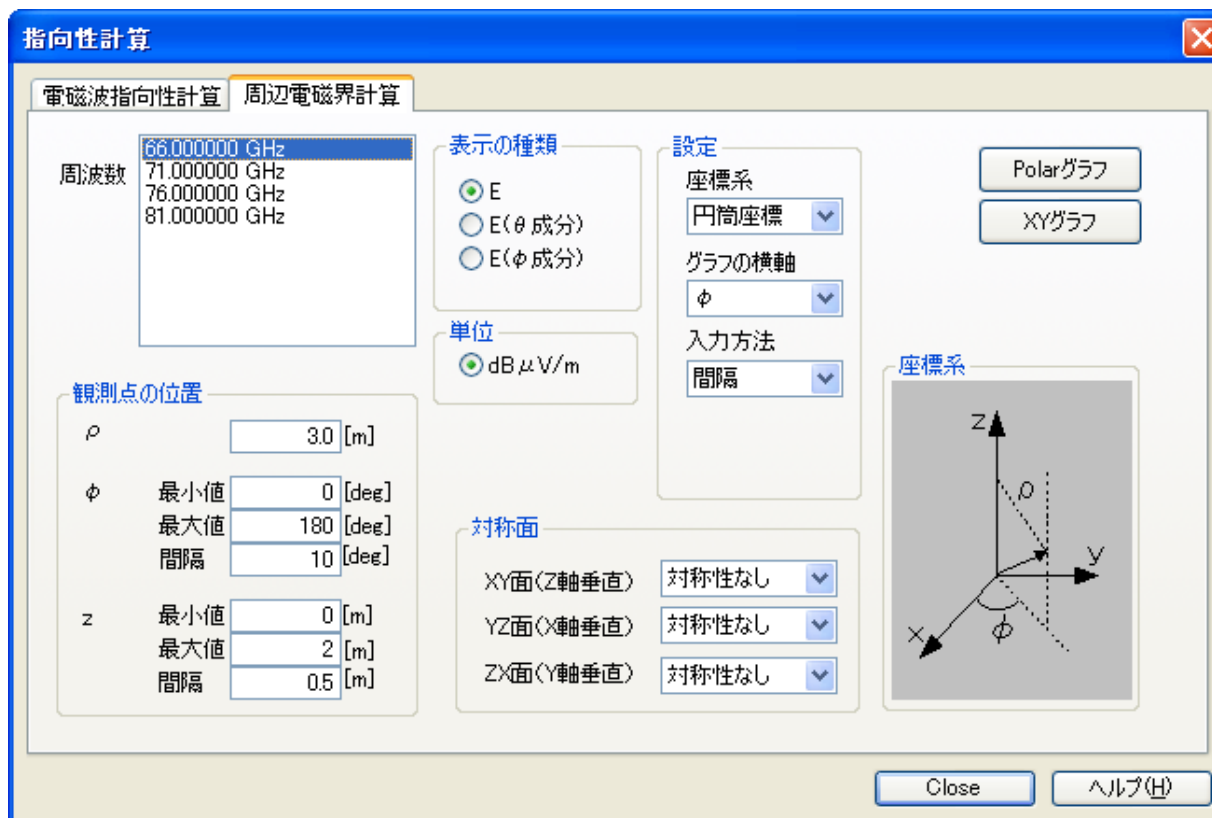
(除荷オフ、分割ステップ出力オフで比較)

分割ステップ数: 40  
メッシュサイズ: 0.15  
メッシュ数: 3453



Ver10.2 20min ⇒ Ver11.0 10min  
**約2倍の高速化**

解析空間周辺の電磁界を計算する機能が、追加されました。

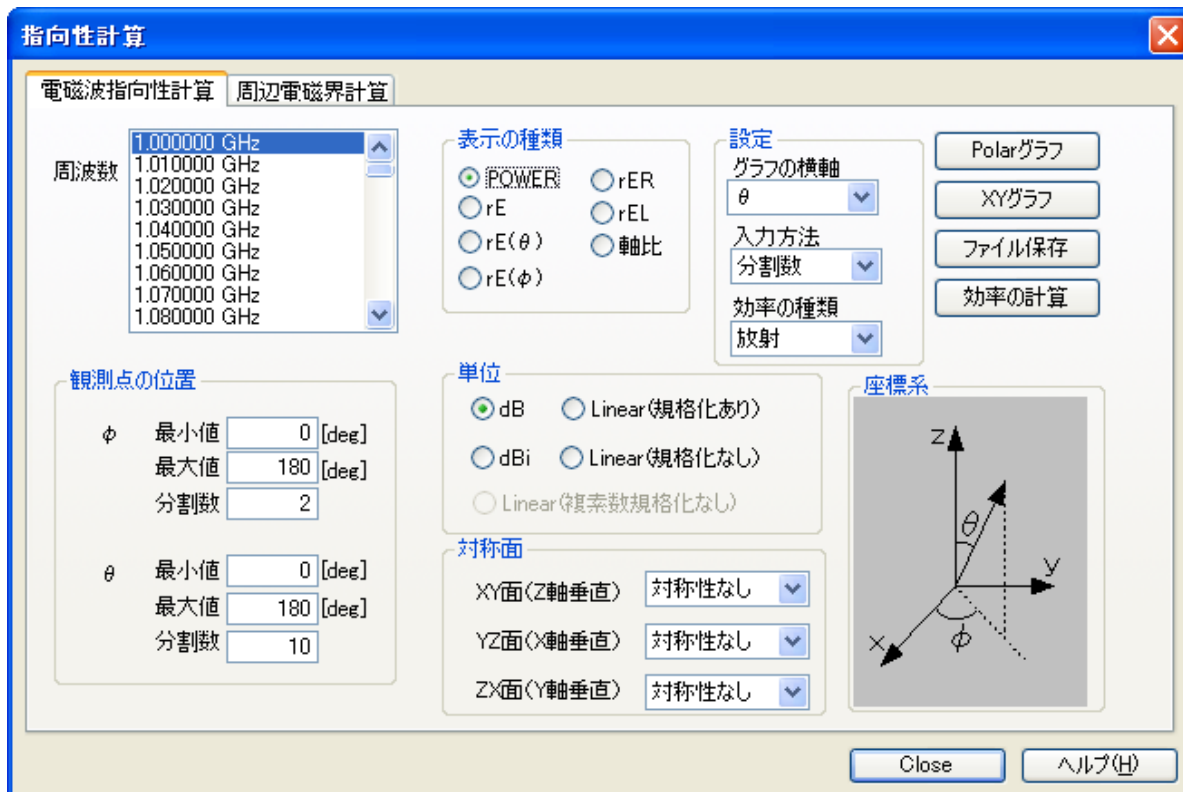


遠方界の計算式を利用して算出する機能になります。

- ・電界が得られます。
- ・観測点の座標系は、極座標と円筒座標が選べます。

# 解析機能 - 電磁波解析: 指向性計算機能の拡張

円偏波特性の計算機能などが、追加されました。



## ■円偏波アンテナの特性計算機能を追加

- ・右旋偏波(rER)
- ・左旋偏波(rEL)
- ・軸比

## ■高速化

例: 要素数87618、1次要素、観測点  
73×37ポイントの場合  
1min19sec⇒14sec

## ■入力方法として間隔[deg]を追加

従来は、分割数で入力する方法のみでした。

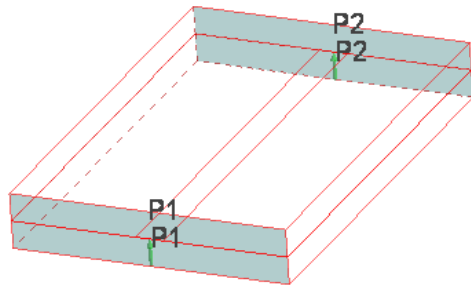
## ■横軸周波数を追加

縦軸を各周波数での放射特性最大値とするグラフを書きます。

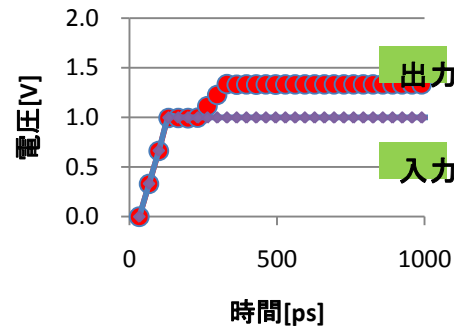
## ■トータル効率の計算機能が加わりました。

効率の種類が“放射”の場合(従来機能):  $\text{効率} = 100 \times \text{放射電力} / (\text{入力電力} - \text{反射電力})$   
効率の種類が“トータル”の場合(新機能):  $\text{効率} = 100 \times \text{放射電力} / \text{入力電力}$

## 例題27 Excelを利用したTDR解析の追加。



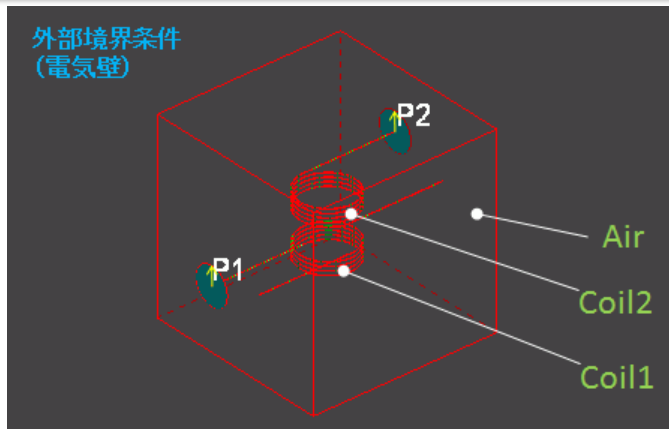
解析モデル



解析結果

ステップ状に変化する電圧を入力した時の、ポートにおける電圧時間変化を算出。Excelのフーリエ解析機能を利用した方法を紹介している。

## 例題28 コイル間の電力伝送の追加。

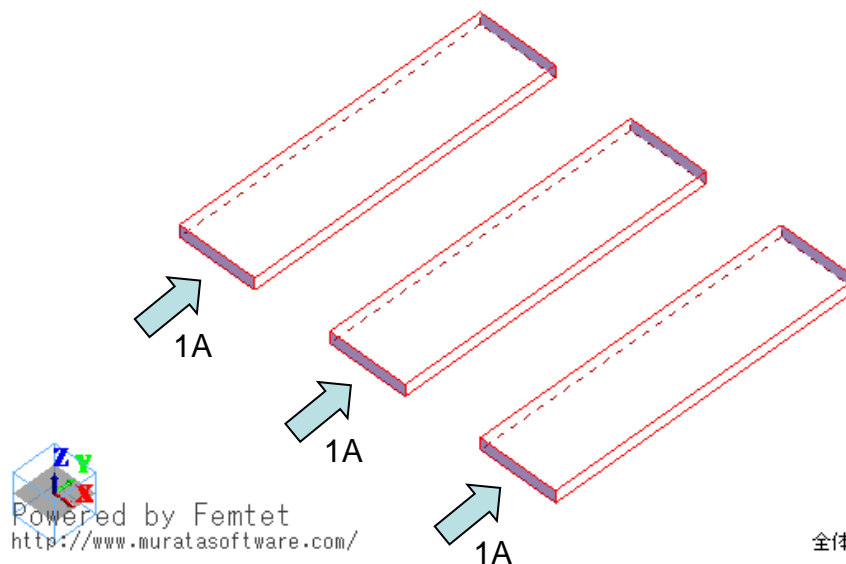


2つコイルのインピーダンス行列、自己インダクタンス、相互インダクタンスを求める例題を追加。

# 解析機能 – 磁場解析:調和解析の電流を印加した導体の計算改良

調和解析で電流を印加した導体(誘導電流ON)が複数ある場合に、電流が設定した通りに流れるようになりました。

3つの導体にそれぞれ1Aを印加した時



Ver10.2の計算結果

ポート電流(出力ポート側) I  
I[ 0] = 1.42855071e-005 -1.80819294e-003j  
I[ 1] = -4.35442403e-006 -1.12662805e-003j  
I[ 2] = 3.51889652e-006 -1.73517133e-003j

設定した1Aにならない

Ver11の計算結果

ポート電流(出力ポート側) I  
I1 = 9.99794707e-001 -5.45991554e-003j  
I2 = 9.99371862e-001 -5.15681313e-003j  
I3 = 9.98867286e-001 -4.83085079e-003j

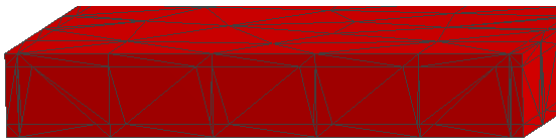
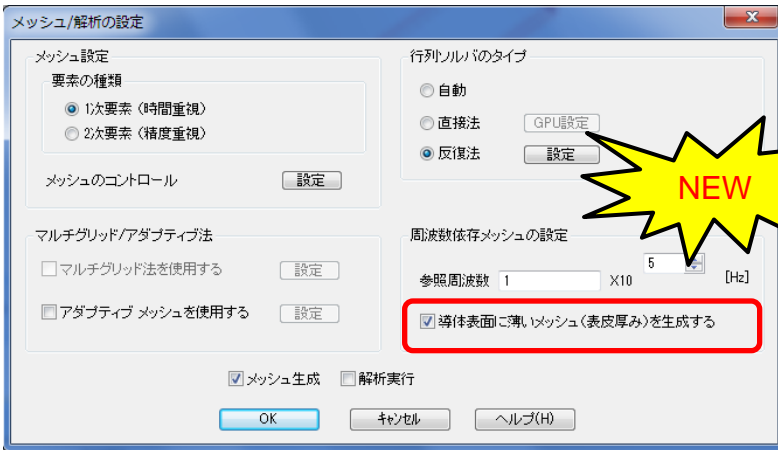
設定した1Aになっている

※電流を印加した導体があつても、モデル形状により正しく計算できないケースが頻発していましたが、こちらも解決し、調和解析が安定して使用できるようになりました。

# 解析機能 – 磁場解析:表皮メッシュ機能

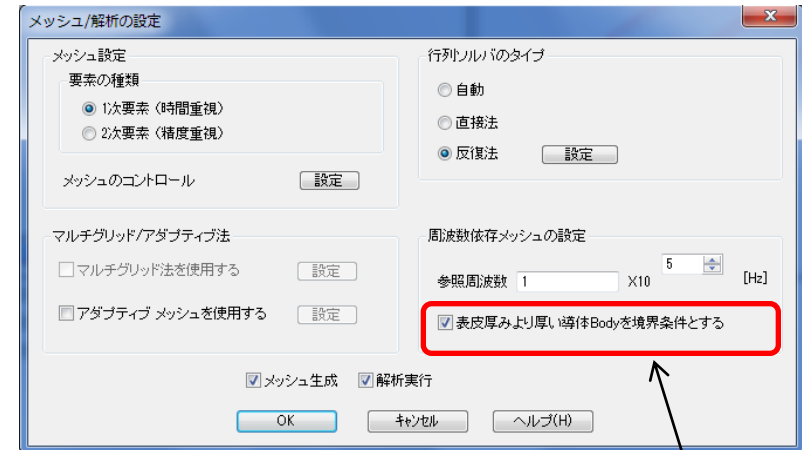
- ・表皮効果を少ないメッシュ数で精度良く計算するための機能として、「導体の表皮に薄いメッシュを作成する」機能を追加し、
- ・「導体Bodyを境界条件として計算する」機能を廃止しました。

Ver11



導体表面に薄いメッシュを生成

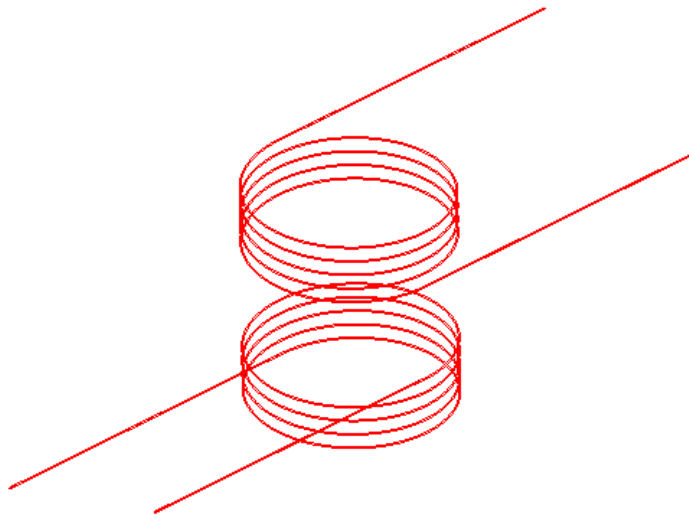
Ver10.2



廃止

※境界条件として計算する機能の廃止は、前ページの調和解析の不具合解決のための変更により、使用できなくなったための措置です。  
本変更により、計算精度は同等ですが、計算時間が長くなります。ご了承ください。

調和解析で、自己インダクタンス・相互インダクタンス・結合係数が、  
計算できるようになりました。



2つの対向したコイル

全体寸法：2.00009273

### Output

```
インダクタンス L[H]
L1 = 1.45728789e-005
L2 = 1.45229386e-005
M12 = 1.41890722e-006
結合係数      K
K12 = 9.75335584e-002
```

NEW

インダクタンス計算結果(1MHz)

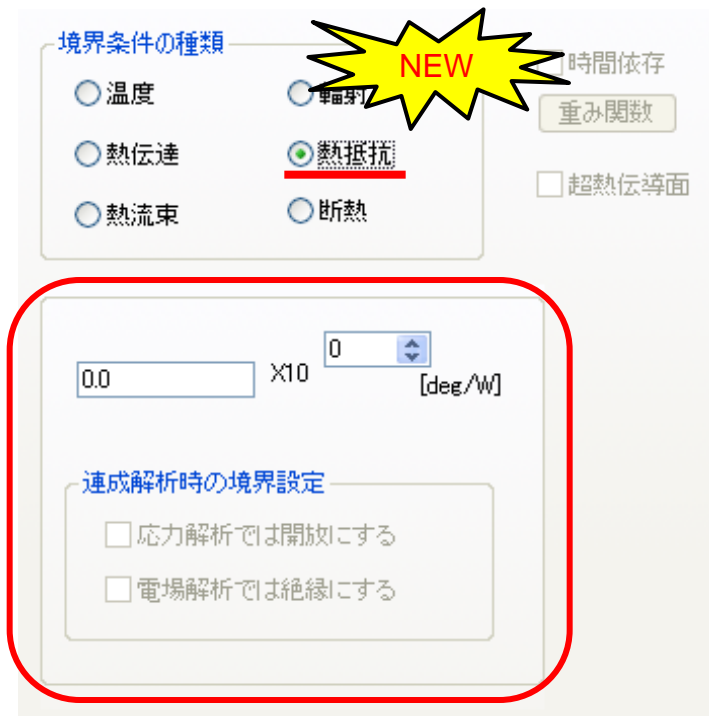
※計算時間が従来時間のコイル数倍になりますのでご注意ください。  
インダクタンス計算が不要の場合は、解析条件の設定で

- インダクタンスの計算を行う  
(チェックを外すと複数コイルの場合に高速化)

をOFFにすることで計算時間が従来と同じになります。

## 熱抵抗の設定が可能になりました。

異なる二つのボディの境界に、  
熱抵抗を設定できます。  
応力、電場連成での設定も可能で、  
応力、電場解析での境界面の状態を  
指定できます。



境界条件の種類

- 温度
- 輻射
- 熱伝達
- 熱流束
- 熱抵抗**
- 断熱

時間依存

重み関数

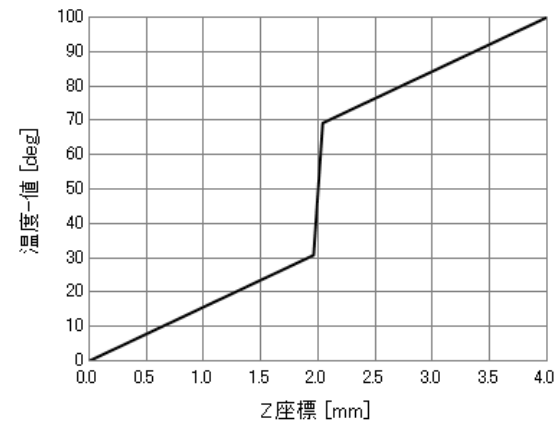
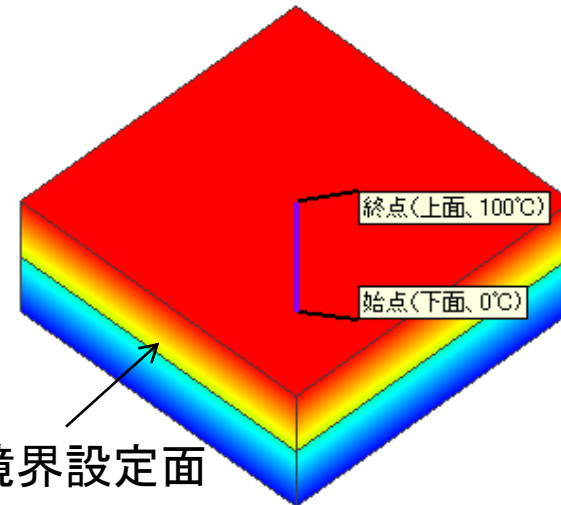
超熱伝導面

0.0 x 10<sup>0</sup> [deg/W]

連成解析時の境界設定

- 応力解析では開放にする
- 電場解析では絶縁にする

上面100°C、下面0°Cに設定した物体の  
中央に熱抵抗が存在する場合の解析

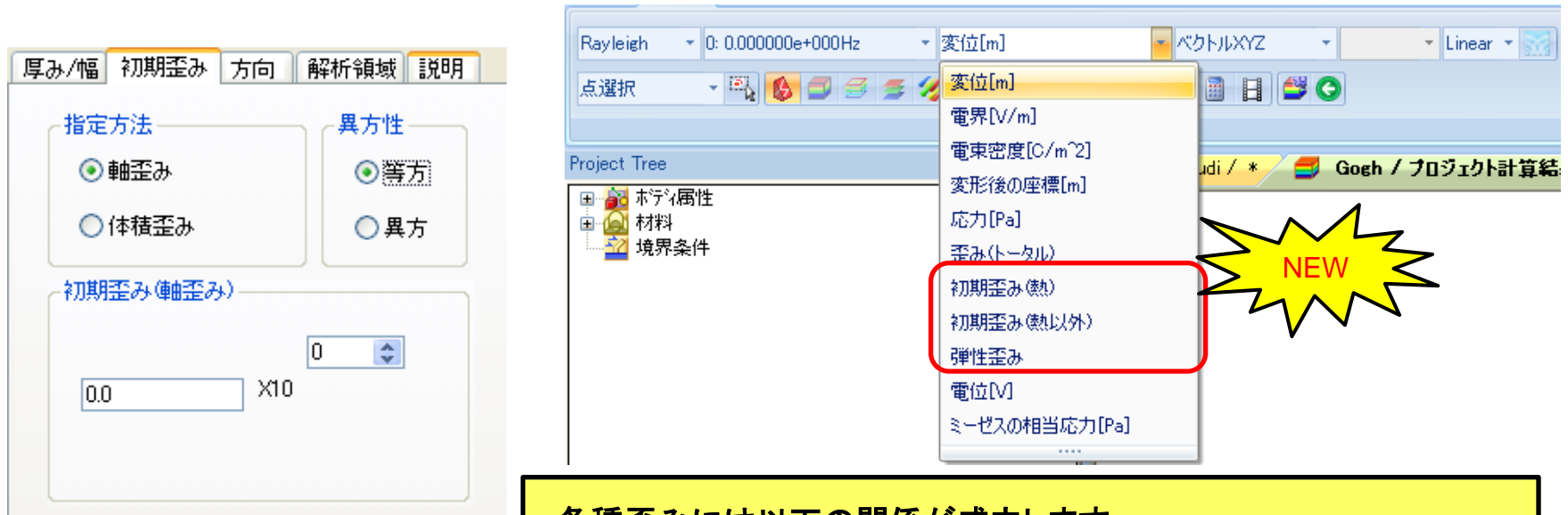


熱抵抗に相当する温度差が発生します。

圧電解析の静解析で、ボディ属性「初期歪み」が設定できるようになりました。

従来の線膨張係数 $\alpha$ と熱荷重 $\Delta T$ による初期歪み(熱歪み)だけでなく、温度に依存しない初期歪み $\varepsilon_{0\_nt}$ をBodyに与えることができます。

また、結果フィールドから、弾性歪み、初期歪みが表示できるようになりました。



The image shows two parts of the software interface. On the left is the 'Initial Strain' (初期歪み) settings panel, which includes options for '指定方法' (Axis strain selected), '異方性' (Isotropic selected), and a numerical input field for '初期歪み(軸歪み)' (Initial strain (axis strain)) set to 0.0. On the right is a screenshot of the 'Results' (結果) field dropdown menu, where '歪み(トータル)' (Total strain) is expanded to show '初期歪み(熱)' (Initial strain (thermal)), '初期歪み(熱以外)' (Initial strain (non-thermal)), and '弾性歪み' (Elastic strain). A red box highlights these three options, and a yellow starburst with the word 'NEW' points to them.

各種歪みには以下の関係が成立します。

歪み(トータル歪み) = 弾性歪み + 初期歪み

初期歪み = 初期歪み(熱歪み) + 初期歪み(熱以外)

初期歪み(熱以外) = Body属性で設定した初期歪み

計算する周波数の指定方法を5種類に拡張されました。  
不等周波数間隔でスイープさせるなど、任意の指定が可能になりました。



解析条件の設定

Gauss | 外部磁界 | 開放境界 | 調和解析 | トルク計算 | 高度な設定 | 説明

周波数  
スイープタイプ

- 等間隔 周波数間隔
- 等間隔 分割数
- 対数間隔
- ひとつの周波数
- テーブル

スweep値

最小周波数 1 ×10<sup>9</sup> [Hz]

最大周波数 10 ×10<sup>9</sup> [Hz]

周波数間隔 100 ×10<sup>6</sup> [Hz]

高速スイープの設定

高速スイープを使う

許容誤差 1.0

入力

電力 1.0 ×10 [W]

フィールド表示でポート毎に重み指定を可能にする

OK キャンセル ヘルプ(H)



5種類のスイープタイプから選択

周波数

スイープタイプ

- 等間隔 周波数間隔
- 等間隔 分割数
- 対数間隔
- ひとつの周波数
- テーブル

周波数テーブル

No.	スタート値	ストップ値	間隔
1	1	2	100
2	2	3	10
3	3	6	100
4			
5			
6			
7			
指数	9	9	6
単位	[Hz]	[Hz]	[Hz]

周波数確認

テーブルでの指定に対応

計算周波数リスト

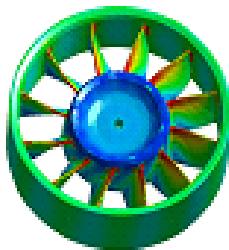
No.	周波数
1	1e+009
2	1.1e+009
3	1.2e+009
4	1.3e+009
5	1.4e+009
6	1.5e+009
7	1.6e+009
8	1.7e+009
9	1.8e+009
10	1.9e+009
11	2e+009
12	2.01e+009
13	2.02e+009
14	2.03e+009
15	2.04e+009
16	2.05e+009
17	2.06e+009
18	2.07e+009
19	2.08e+009
20	2.09e+009

OK

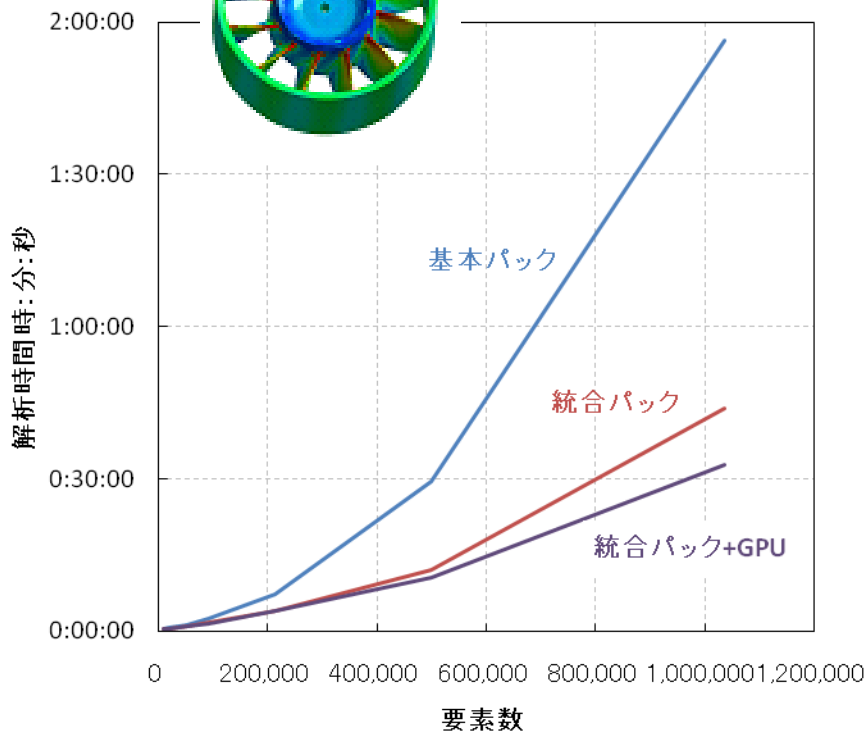


周波数値の確認に対応

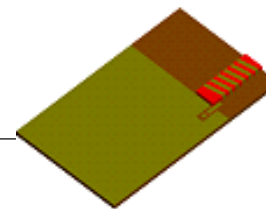
## GPU計算に対応しました。



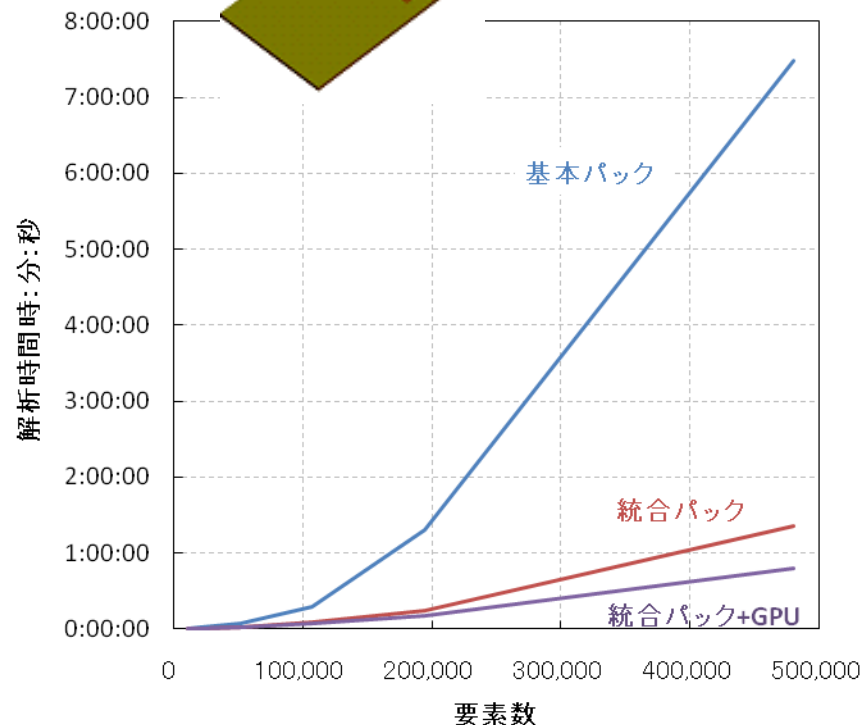
タービンの応力解析



全て2次要素でのベンチマーク結果です。  
詳しくはオンラインヘルプの「テクニカルノート」をご参照ください。



アンテナの電磁波解析



CPU: Intel Xeon X5650 2.67GHz  
6コア x 2プロセッサ (計12コア)  
メモリ: 96G  
GPU: NVIDIA Tesla C2075 6GB  
(※ 対応機種は nVIDIA社製「Teslaシリーズ」です)

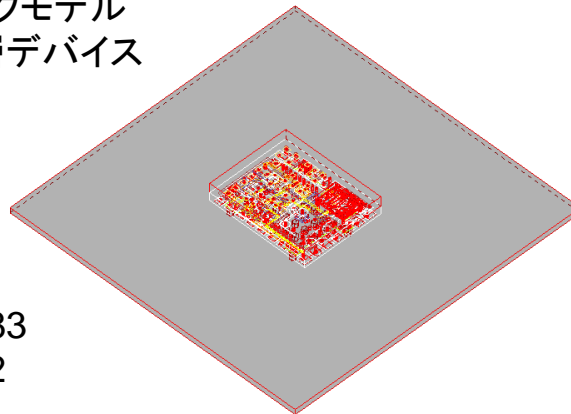
# メッシュャー アダプティブメッシュの高速化とロバスト化

アダプティブメッシュの計算時間が短縮し、計算中の失敗がなくなりました。

	接合	Port	1	2	3	4	5	合計
<b>Ver10.2</b>								
メッシュ数			252,931	301,831	356,875	418,512	失敗	3,287
メッシュ時間	210	1061	310	484	571	651		853
ソルバ時間			160	187	227	279		4,140
合計	210	1061	470	671	798	930		
<b>Ver11.0</b>								
メッシュ数			253,813	308,718	375,846	458,976	成功	短縮
メッシュ時間	210	98	117	420	352	416	561,234	1,613
ソルバ時間			163	196	244	332		935
合計	210	98	280	616	596	748		2,548

時間の単位は分

ベンチマークモデル  
高周波多層デバイス



ボディ数=783  
ポート数=32

## Femtetのメニューが、リボンメニューに対応されました。

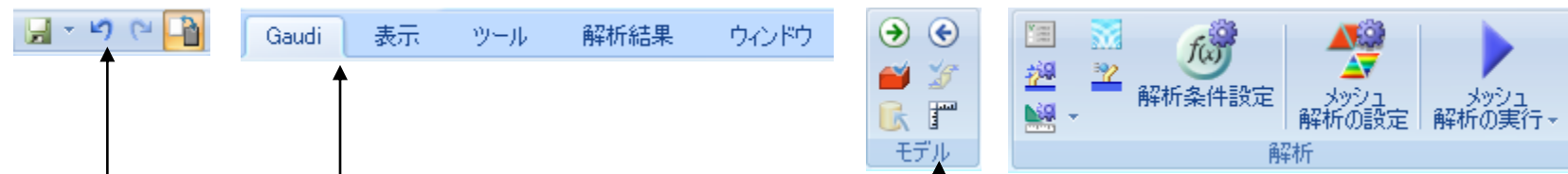
メニューアイコンが適切にグループ分けされ、目的のメニューを探しやすくなりました。

クイックアクセス  
ツールバー

タブ

モデル

解析



作図平面

基本図形

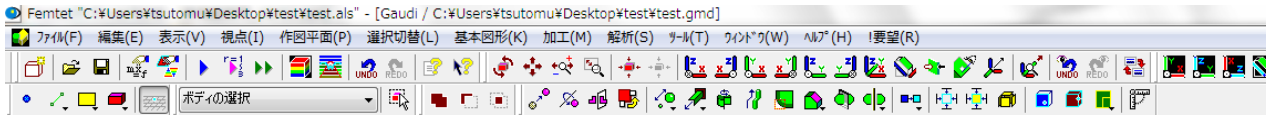
選択/加工

視点操作

# ユーザインタフェース - リボンメニュー化

## Femtetのメニューが、リボンメニューに対応されました。

リボンメニュー化により、画面サイズを変更するとツールバーの配置が崩れてしまう問題が解決されました。

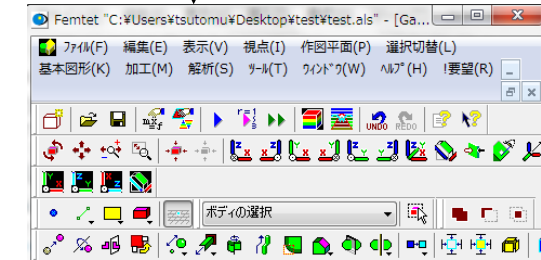


Ver10

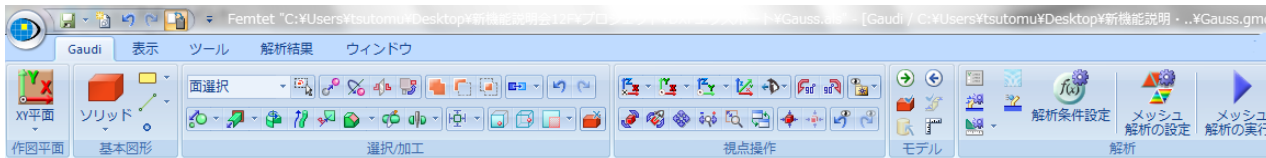
ツールバーの配置が壊れる



画面縮小



元に戻す

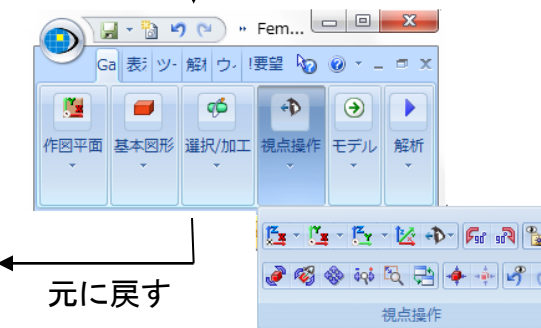


Ver11

ツールバーの配置は元に戻る



画面縮小



元に戻す

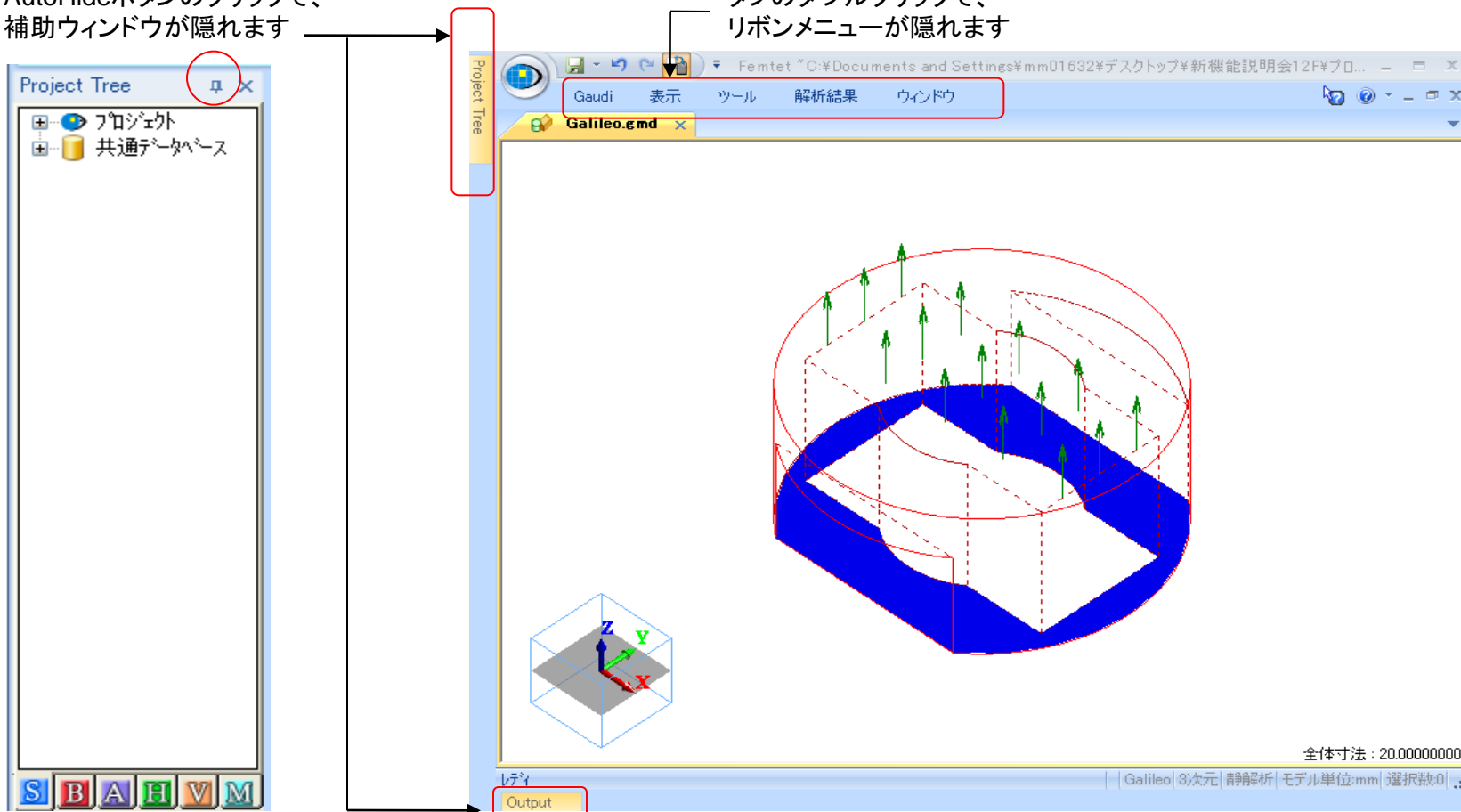
代替ボタンで階層化

狭いモデル画面・計算結果画面を、有効に使う事ができるようになりました。

ソリューションツリー、アウトプットウィンドウを自動的に隠す事ができる為、  
従来よりも作図領域を広く使う事ができるようになりました。

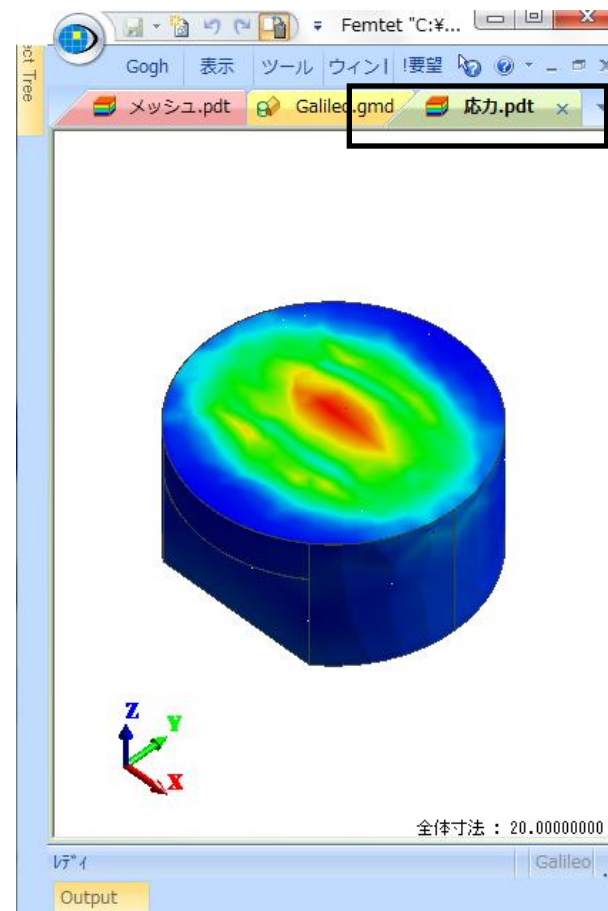
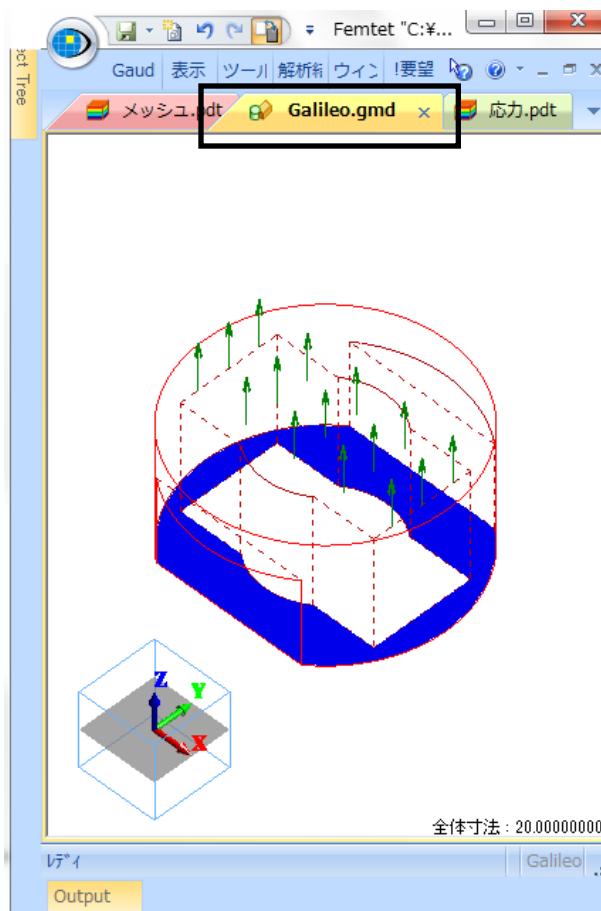
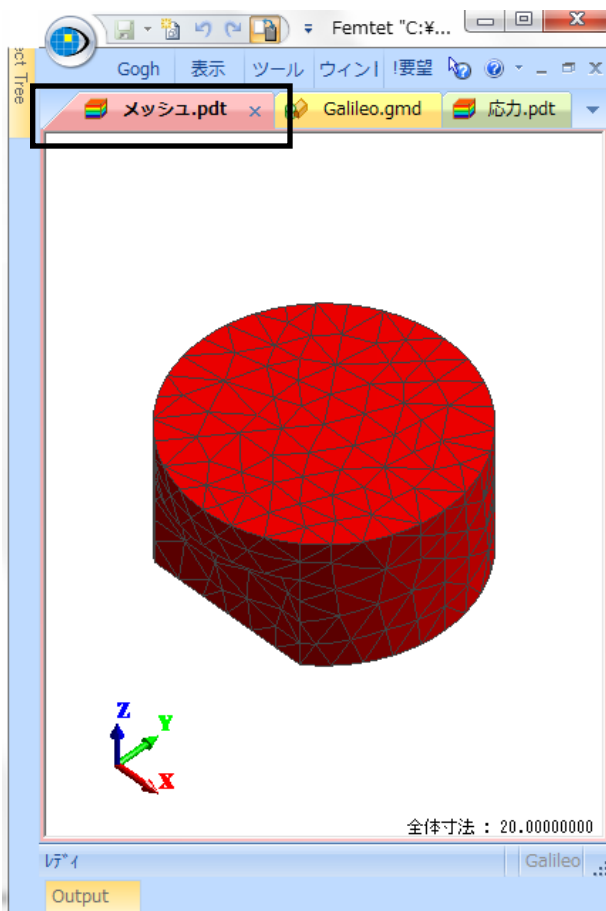
AutoHideボタンのクリックで、  
補助ウィンドウが隠れます

タブのダブルクリックで、  
リボンメニューが隠れます



モデル画面・計算結果画面を、タブで切り替えできるようになりました。

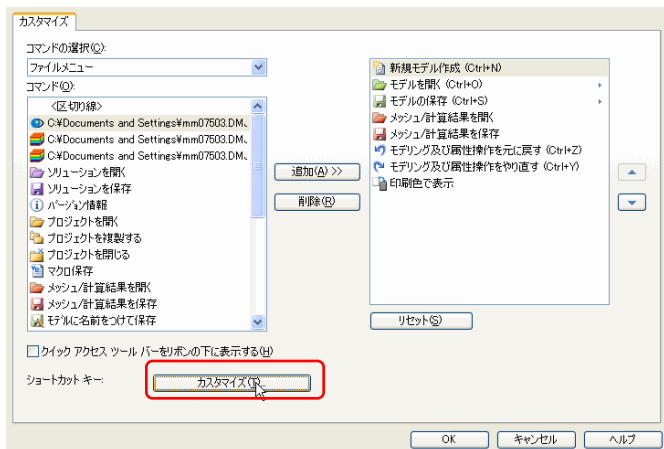
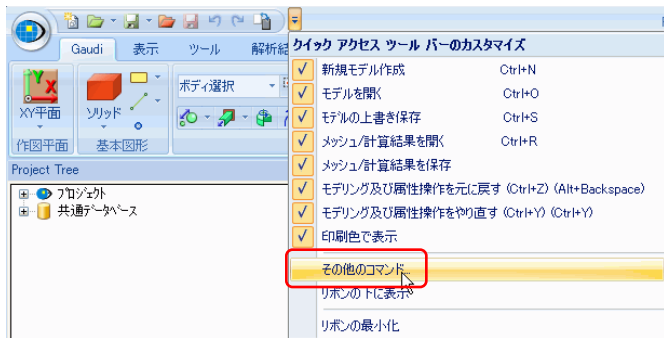
モデル画面、計算結果画面をタブ化する事で、画面の切替が容易になりました。



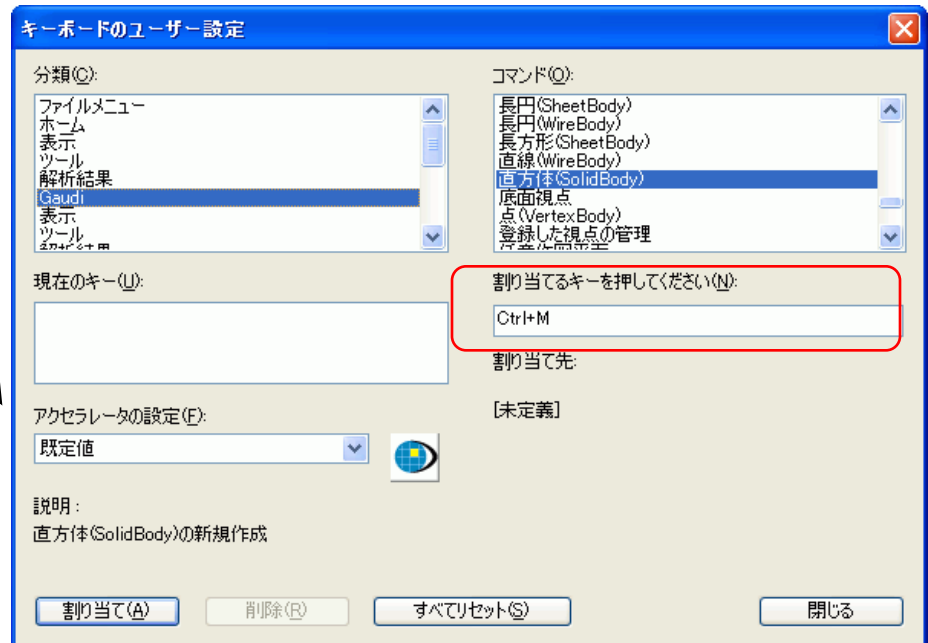
# ユーザインタフェース – ショートカットカスタマイズ機能を追加

Femtetのリボンメニューに登録されているメニューに対して、自由にショートカットを設定できるようになりました。

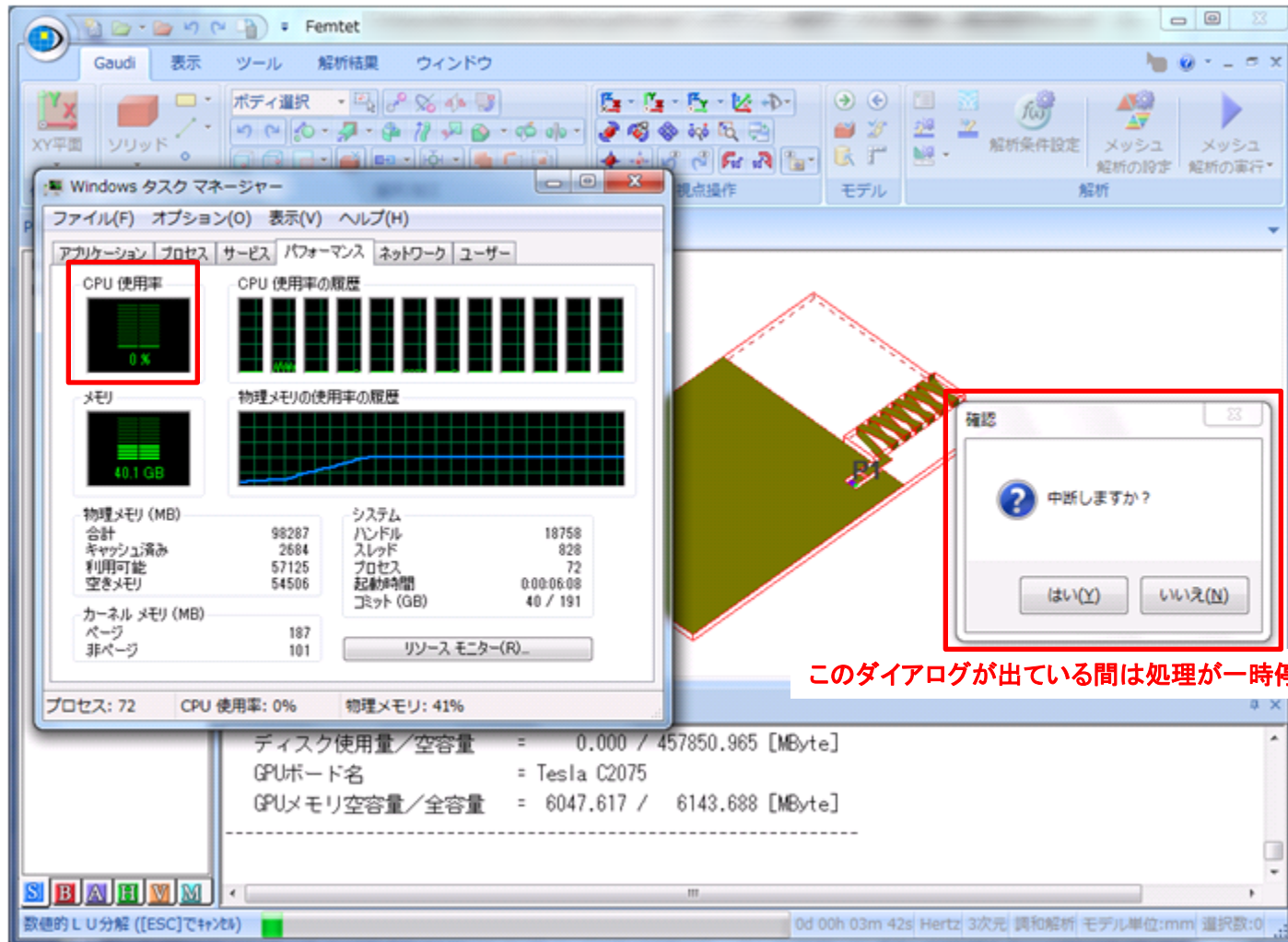
クイックアクセスツールバーのカスタマイズメニューから、ショートカットのカスタマイズをできるようになりました。



分類とコマンドからショートカットを設定したいメニューを選択し、ショートカットキーを割り当てます



[ESC]キーによる中断確認時に、処理を一時停止できるようになりました。



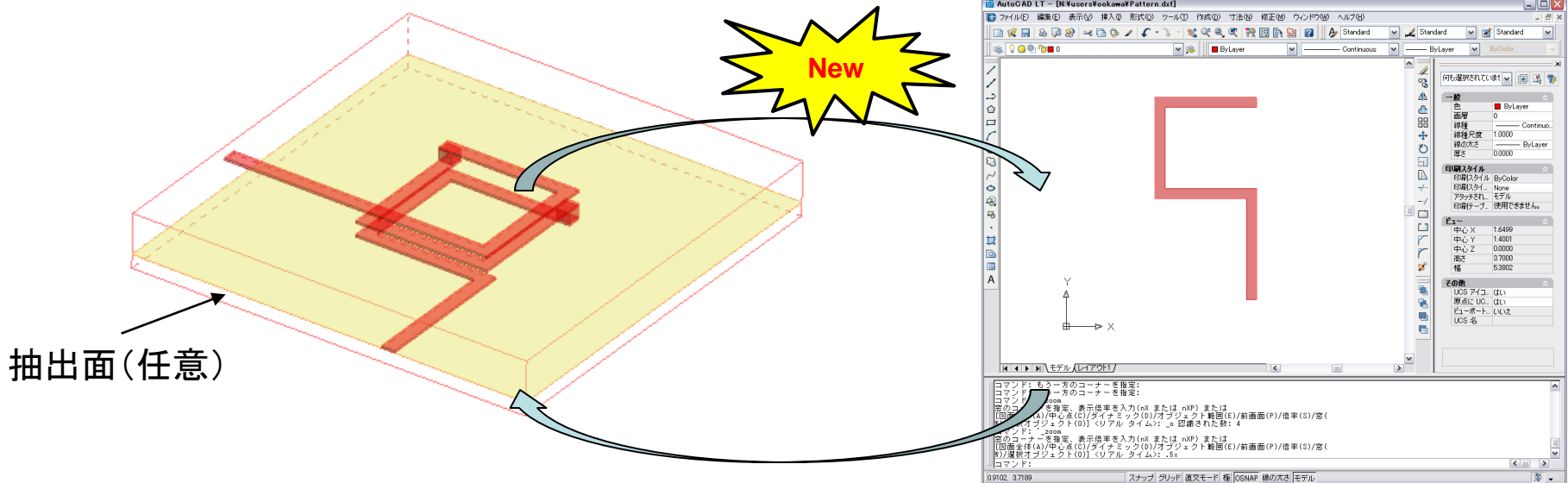
このダイアログが出ている間は処理が一時停止します。

## Femtetのモデルデータを、DXF形式でエクスポートできるようになりました。

モデルデータをDXF形式でエクスポートできるようになりました。  
これにより、他CADと2次元モデルデータを双方向でやり取りできるようになりました。

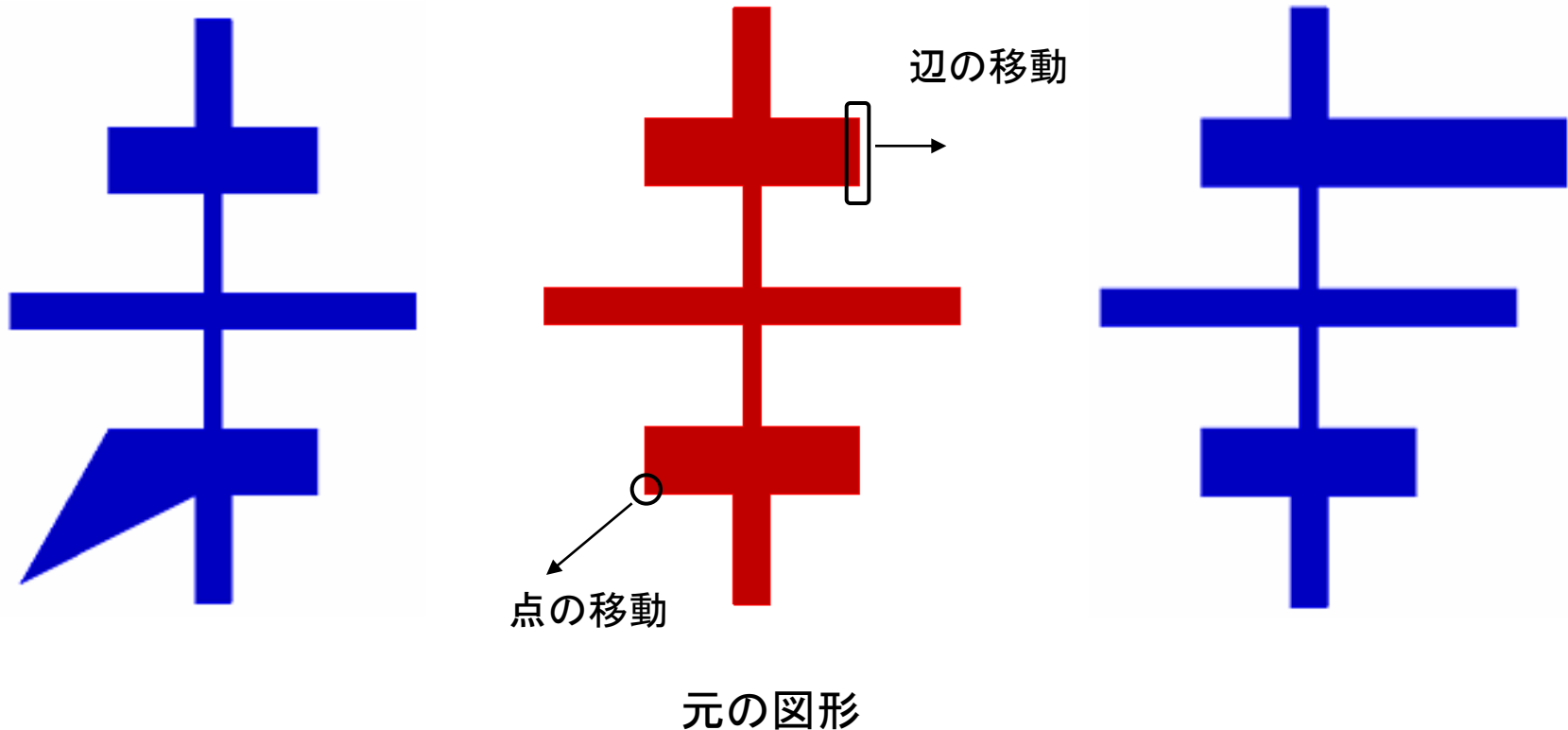
Femtet

電気系CADなど



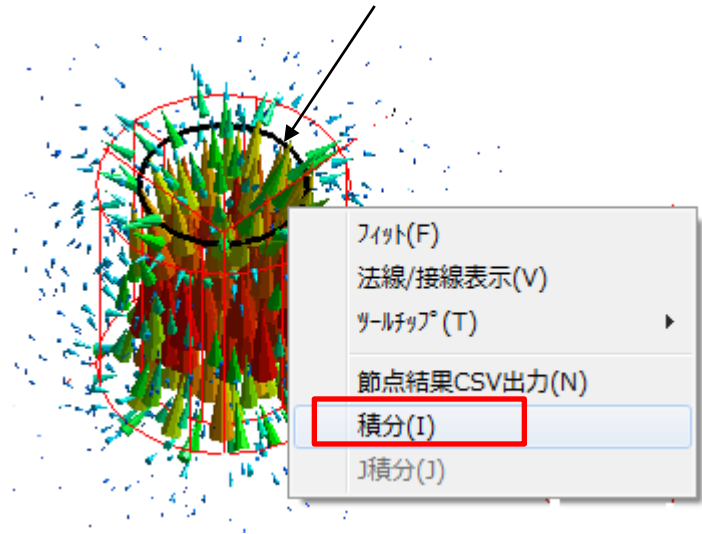
## シートボディの点・辺トポロジが、移動できるようになりました。

シートボディの点、辺トポロジを移動できるようになりました。  
これにより、従来のFemtetでは手間のかかったシートボディの修正が、容易にできるようになりました。

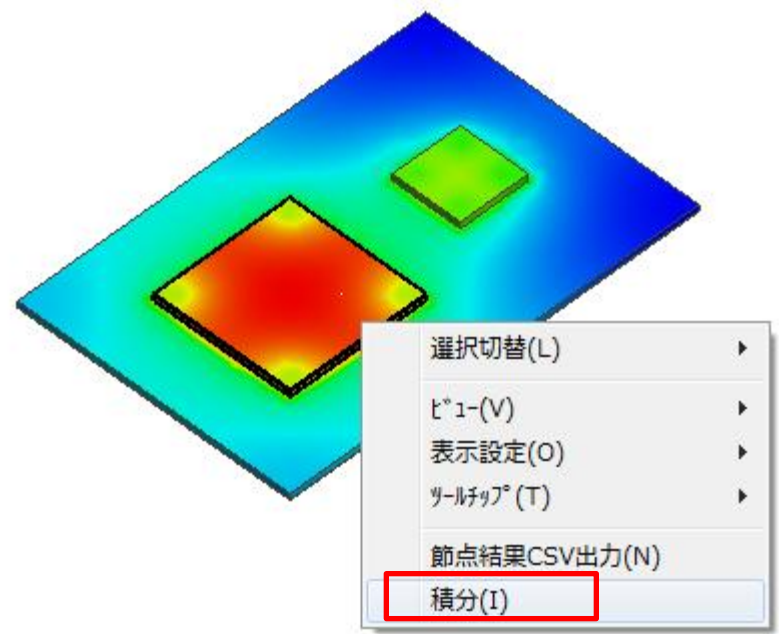


結果画面で面や立体を選択するだけで、簡単に積分値が取得できるようになりました。

磁束密度を面で積分  
⇒面を横切る磁束



温度をボディで積分  
⇒体積で割ると平均温度

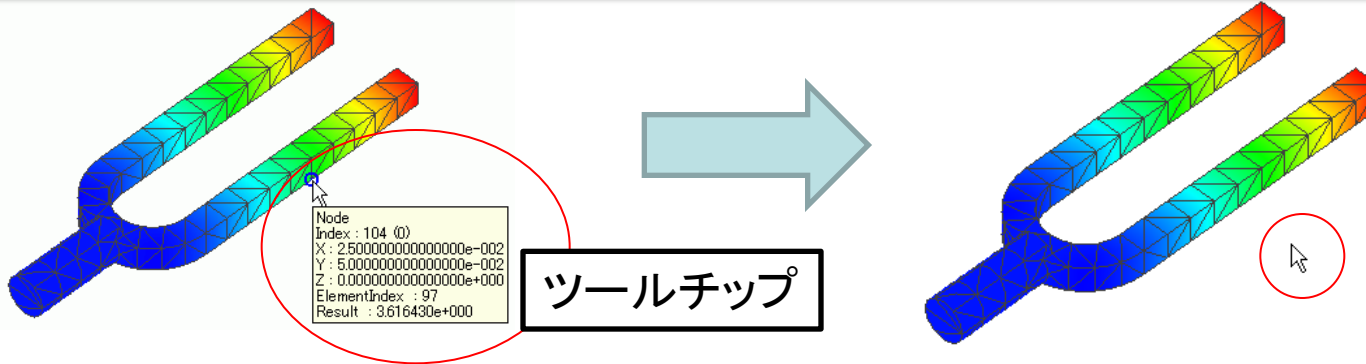


結果は画面下の出力ウィンドウに表示されます。

フィールド：磁束密度[T]  
積分結果(法線方向成分)：1.483330e-008  
積分結果(平均値)：7.529455e-005  
面積(m<sup>2</sup>)：1.970036e-004

フィールド：温度[deg]  
積分結果：2.500692e-005  
積分結果(平均値)：6.251729e+001  
体積(m<sup>3</sup>)：4.000000e-007

解析結果のツールチップを、クリップできるようになりました。



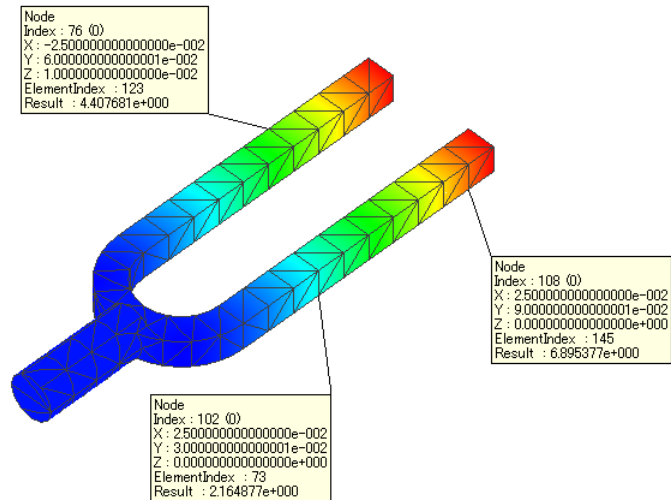
ツールチップとはマウスカーソル付近の対象に応じて表示される情報ウィンドウです。

マウスカーソルが対象から離れるとツールチップは消えます。

ツールチップのクリップとは  
ツールチップをその場に固定する機能です。  
例えば、右図のように節点結果のツールチップを固定すると複数の結果を比較することができて便利です。

クリップ後に次の操作が可能になりました。

- ・移動
- ・文字列をクリップボードへコピー
- ・内容編集
- ・自由コメント追加機能

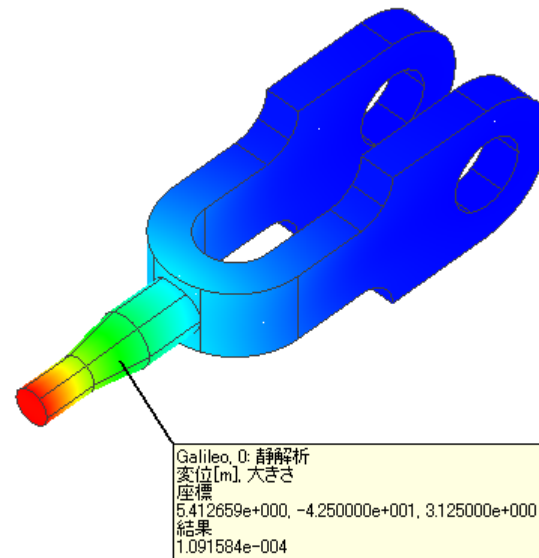
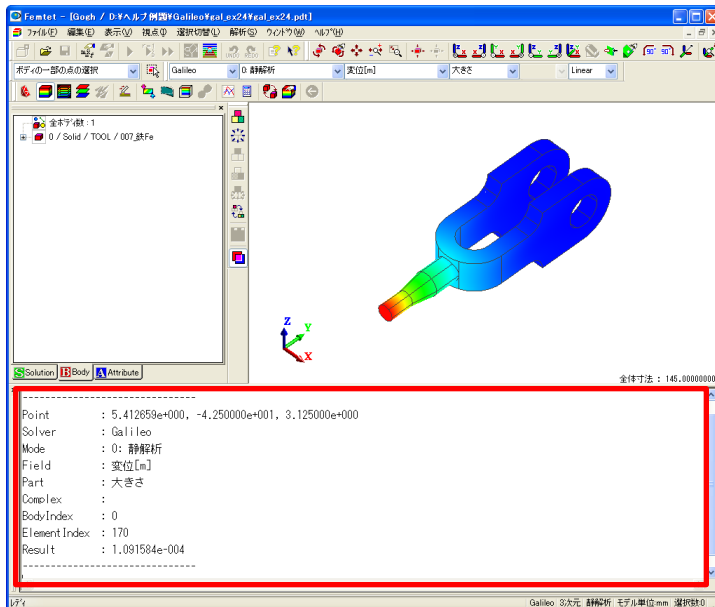


# ポストプロセッサ – 任意座標の計算結果のツールチップ化

任意座標の計算結果を、ツールチップで表示できるようになりました。

Ver10

Ver11

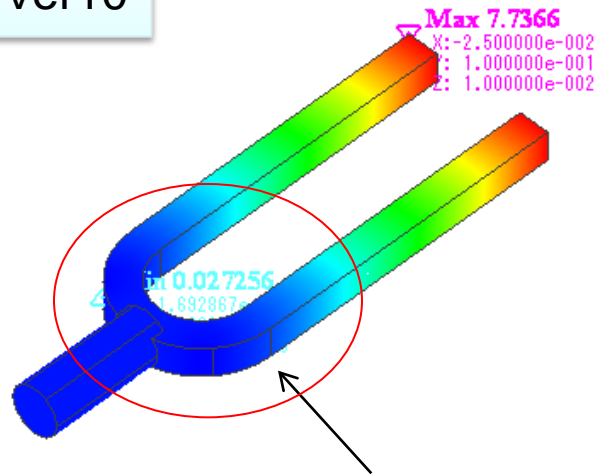


画面下の出力ウィンドウに結果が表示されますが、モデル上の位置との対応付けが分かりにくいという課題がありました。

ツールチップ表示することで、モデル上の位置と計算結果の対応が視覚的に把握しやすくなりました。

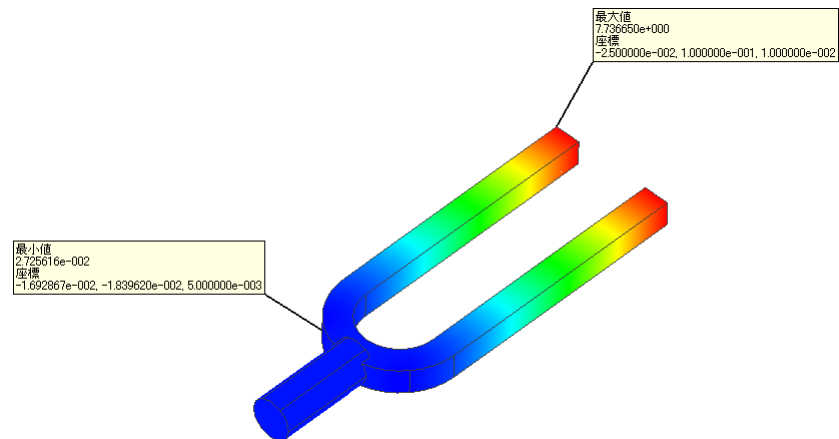
最大最小値を、ツールチップで表示できるようになりました。

Ver10



モデル中に直接描画するため  
視点や表示位置によっては、  
モデルに埋もれて見えないという  
問題がありました。

Ver11



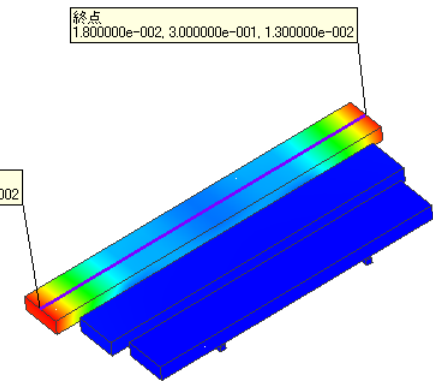
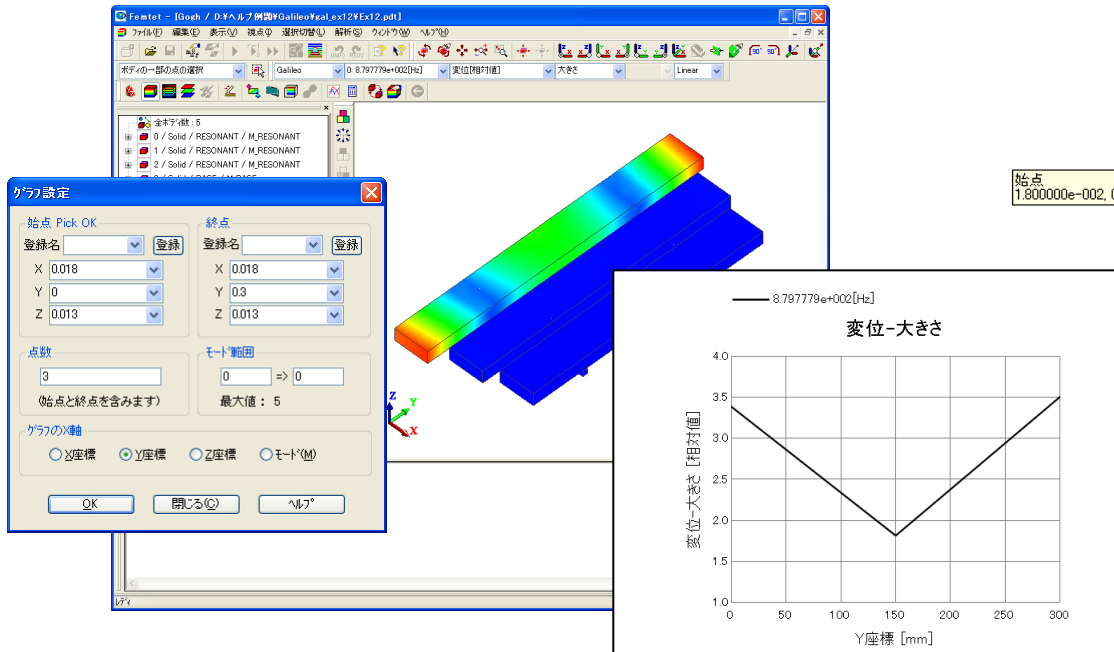
ツールチップで表示することで、  
モデルに埋もれて文字が見えない問題  
を解消しました。  
さらに、クリップされたツールチップは、  
移動や内容編集が可能です。

# ポストプロセッサ – グラフの始点・終点のツールチップ化

グラフの始点・終点を、ツールチップで表示できるようになりました。

Ver10

Ver11



グラフのダイアログで始点・終点  
を入力しますが、モデル上の位  
置が座標を調べないと把握でき  
ないという問題がありました。

ツールチップで表示することで、  
始点・終点の位置が視覚的に  
把握できるようになりました。  
また、始点・終点間に線を表示し、  
区間が一目で把握できるように  
しました。

# ポストプロセッサ – Excel VBAからの画面操作

計算結果画面を操作するマクロが追加されました。

Ver10

モデル作成 → 解析 → 結果出力

Ver11

モデル作成 → 解析 → **結果表示**

計算結果は数値しか扱えませんでした。

数値だけでなく、結果画像の出力や  
アニメーションの作成まで自動化可能に  
なりました。(より高度な自動化を実現)

コンター図のExcelシートへの貼り付け処理の例

```
' フィールドを温度に設定  
Gogh.Watt.Potential = WATT_TEMPERATURE_C  
  
' メッシュ図を非表示  
Gogh.bMesh = False  
  
' グラデーションコンター図を描画  
Gogh.bContour_G = True  
  
' 画面をクリップボードへコピー  
If FEMTET.CopyPicture = False Then  
    FEMTET.ShowLastError  
End If  
  
' 画像をExcelシートに貼り付ける  
Range("A1").Select  
ActiveSheet.Paste
```

