

Femtet[®] 2016.0

新機能/変更点のご紹介

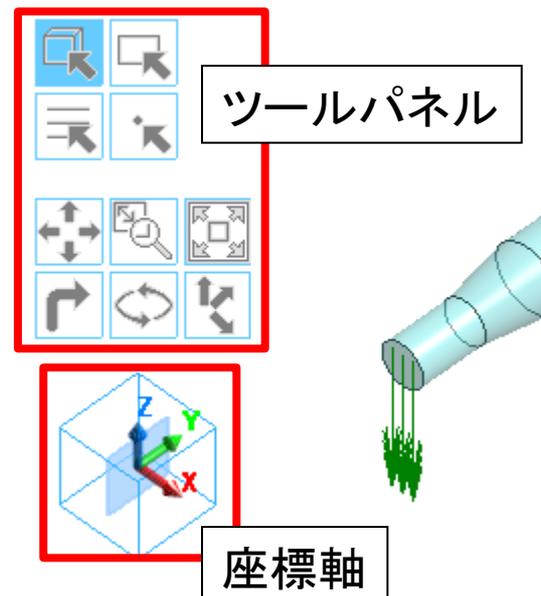
機能	概要
全般	<ul style="list-style-type: none">• モデル/解析結果ウィンドウ内操作の改良• 計算の即時中断
解析機能	<ul style="list-style-type: none">• 磁場解析: 過渡解析機能の実装• 磁場解析: 電流方向設定の改良• 磁場解析: 磁性材料設定の改良• 応力解析: 弾塑性マルチリニア材料の入力方法の改良• 応力解析: 加速度境界の設定を追加• 応力解析: 超弾性材料の解析• 応力解析: ステップごとの変位・荷重ON/OFF切替• 応力解析: 計算値出力の改良• 応力解析: 圧力のトータル荷重対応• 応力解析: 分布を持った熱荷重の解析を追加

機能	概要
解析機能	<ul style="list-style-type: none">• 熱伝導解析:異方性温度依存性熱伝導率の設定を追加• 熱応力連成解析:応力非線形計算対応• 音波解析:指向性計算の音場をコンター図表示• 音波解析:開放境界の改良• 音波解析:フィールド重ね合わせの機能を追加• 圧電音波連成解析:強連成解析の機能を改良• 電場解析:めっき電極ボディの追加
モデリング	<ul style="list-style-type: none">• 空気領域の自動作成機能を追加
解析結果表示	<ul style="list-style-type: none">• 解析途中の結果表示機能を追加• 結果出力の座標系の設定を追加• 応力解析結果フィールドで接触面圧の表示を追加

- 視点移動、フィットなどの使用頻度の高い機能を、モデル/解析結果ウィンドウ内のツールパネルから操作できるようになりました
- 座標軸をクリックすると、視点や作業平面を切り換えることができるようになりました

■ ツールパネルによる操作(アイコンをクリック)

- ・ 選択対象の切替(ボディ/面/辺/点)
- ・ 視点移動
- ・ 矩形ズーム
- ・ フィット/選択フィット
- ・ 90度右回転
- ・ 視点回転
- ・ アイソメトリック視点切替

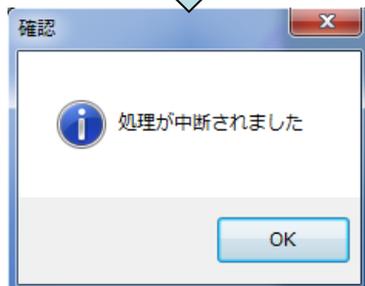
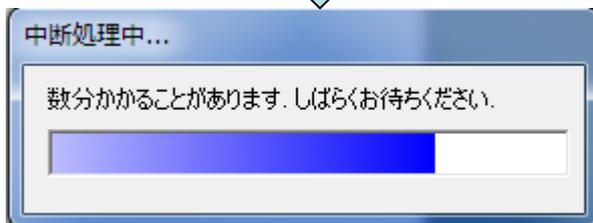
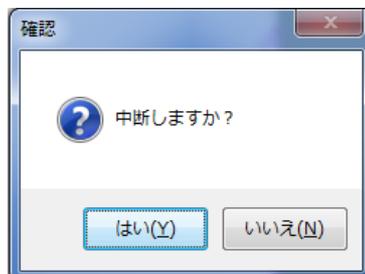


■ 座標軸による操作

- ・ 視点切替(軸をクリック)
[正面、背面、平面、底面、右側面、左側面]
- ・ 作業平面切替(CTRLキー + 軸をクリック)
[XY平面、YZ平面、ZX平面]

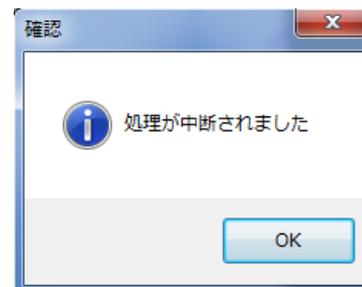
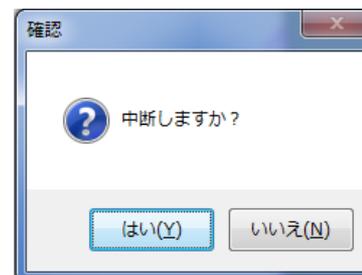
- 計算の中断が、一瞬で終了できるようになりました
- 計算中に異常終了しても、モデラが影響を受けることがなくなりました

改良前



大規模モデルでは、
中断に数時間かかることが
ありました。

改良後



※モデラと計算処理のプロセスを分離

磁場解析 – 過渡解析機能の実装

- Femtet®に、株式会社日立製作所製の磁場解析ソルバを組みこむことで、過渡解析ができるようになりました
- 外部回路を含むモータ、発電機などの解析ができるようになりました

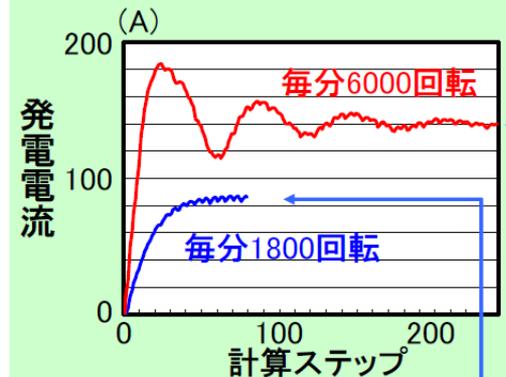
<主な機能>

- ・磁気飽和・渦電流を伴う
非線形過渡解析
- ・回転機解析、回転運動連成解析
- ・積層構造均質化法(電磁鋼板)
- ・外部回路との連成解析
- ・時間周期定常場高速解析

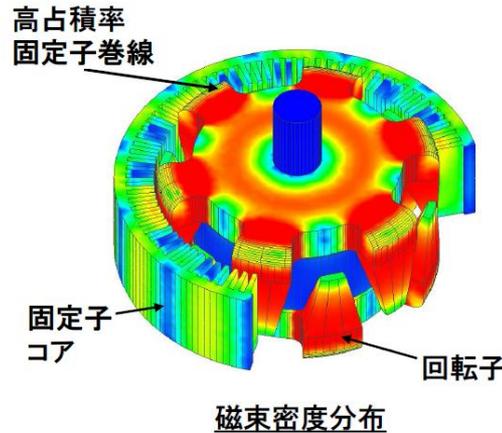
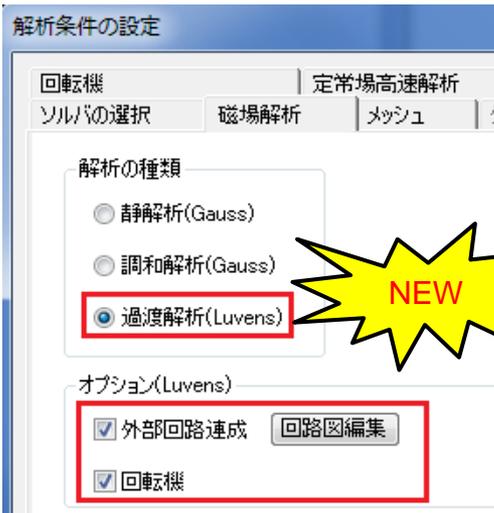


オルタネータ

解析結果



実測と5~6%以内で一致



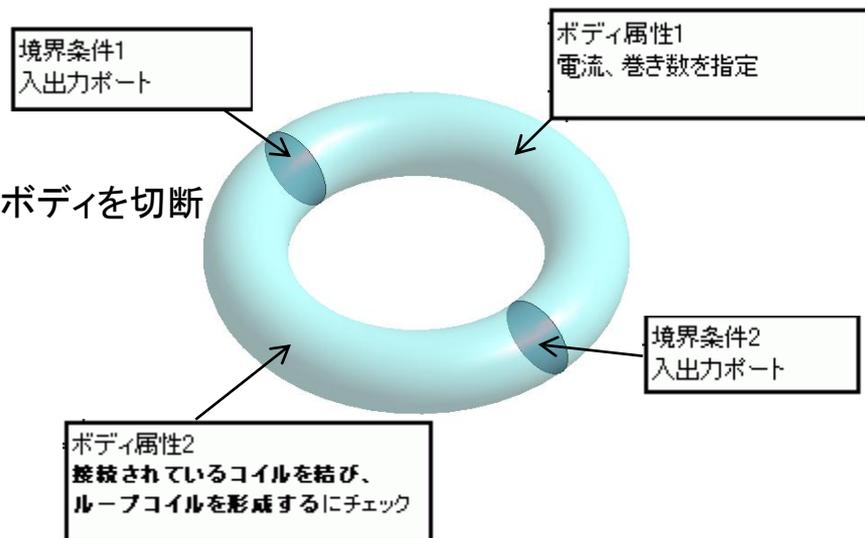
※回転機以外の磁場過渡解析(非線形材料を含む周波数の解析など)も可能です。

電流の方向が、簡単に設定できるようになりました

・ループコイルの例

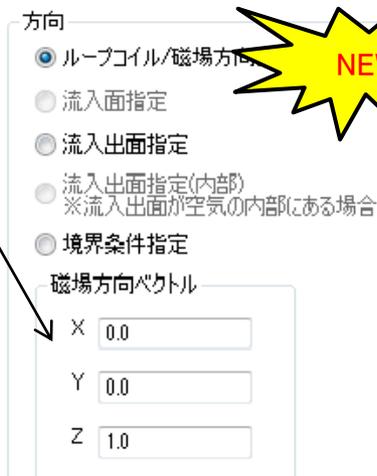
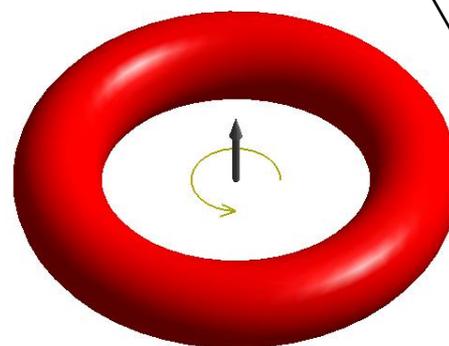
改良前

境界条件の設定が煩雑



改良後

ベクトルを一つ
設定するだけ



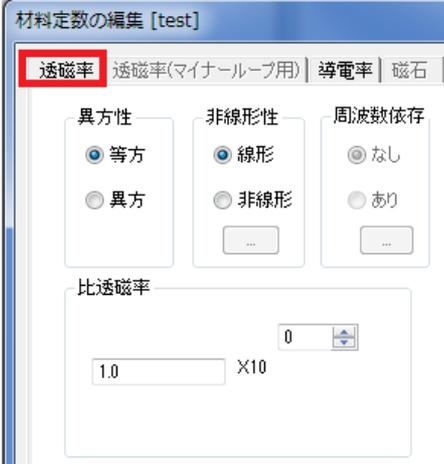
NEW

※ループコイル以外も改良しています

電流タブの方向設定

- 磁性材料の設定ダイアログが、分かりやすくなりました
- 磁石の特性が、B-Hカーブで定義できるようになりました(従来はM-Hのみ)

改良前



材料定数の編集 [test]

透磁率 | 透磁率(マイナーループ用) | 導電率 | 磁石

異方性
 等方
 異方

非線形性
 線形
 非線形

周波数依存
 なし
 あり

比透磁率
0
1.0 X10

透磁率設定

材料定数の編集 [test]

透磁率 | 透磁率(マイナーループ用) | 導電率 | 磁石

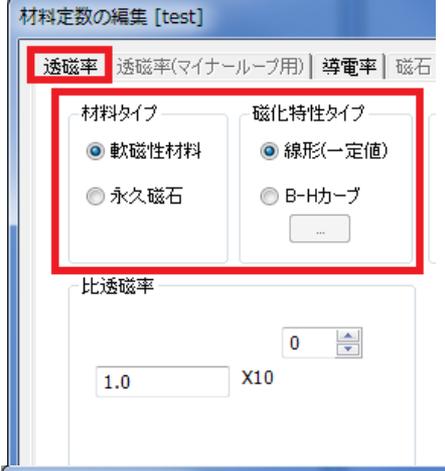
非線形性
 線形
 非線形

磁化の強さ
0
0.0 X10 [T]

※磁化の方向は[ボディ属性]の[方向]タブで指定して下さい

磁石設定

改良後



材料定数の編集 [test]

透磁率 | 透磁率(マイナーループ用) | 導電率 | 磁石

材料タイプ
 軟磁性材料
 永久磁石

磁化特性タイプ
 線形(一定値)
 B-Hカーブ

比透磁率
0
1.0 X10

透磁率設定

材料定数の編集 [test]

透磁率 | 透磁率(マイナーループ用) | 導電率 | 磁石

磁化特性タイプ
 線形(一定値)
 B-Hカーブ
 M-Hカーブ

磁化の強さ(残留磁束密度)
0
0.0 X10 [T]

※磁化の方向は[ボディ属性]の[方向]タブで指定して下さい

磁石設定



弾塑性マルチリニア材料の入力方法の改良

弾塑性マルチリニア材料を、[塑性ひずみ - 応力]テーブルや、
[トータルひずみ - 応力]テーブルで、定義できるようになりました

多直線の入力形式

塑性ひずみ-応力

トータルひずみ-応力

ヤング率

X10 [Pa]

ポアソン比

X10

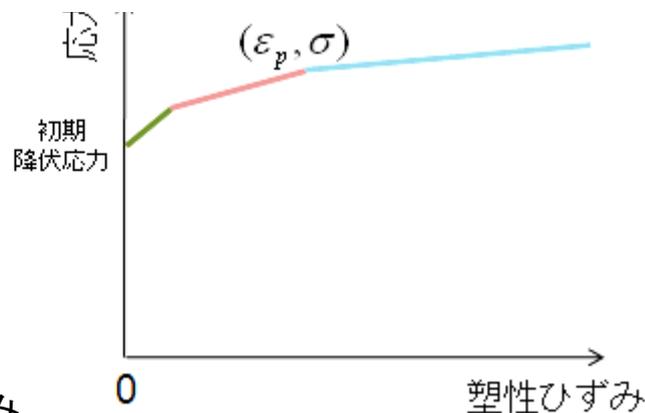
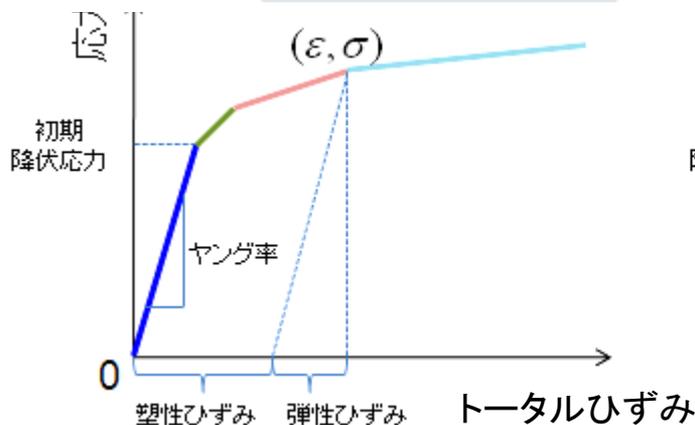
トータルひずみ-応力 多直線

...

ひずみ-応力 グラフ(G)

NEW

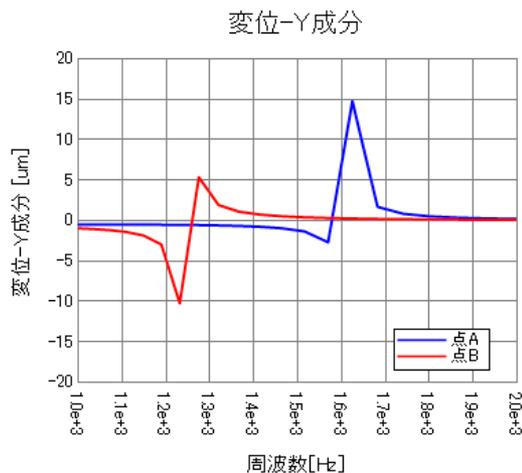
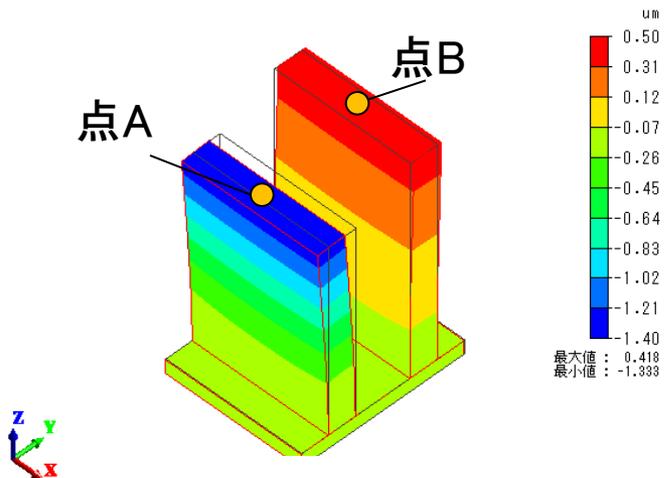
ヤング率は、
多直線一つ目の傾きを用いて設定するため、
入力不要となります。



※一般的な材料試験データ(応力-ひずみ線図)を使用する場合は、
[トータルひずみ - 応力]形式で入力してください。

解析機能 – 応力解析 加速度境界の設定を追加

調和解析と過渡解析で、加速度境界の設定ができるようになりました



機械 | 対称/不連続 | 説明

境界条件の種類

- 変位
- 集中荷重(点)
- 簡易接触
- 音響インピーダンス
- 垂直変位
- 分布荷重(線)
- 接触表面
- 開放境界
- 回転変位
- 分布荷重(面)
- 拘束なし
- 加速度
- 圧力
- トルク荷重

NEW

X: 0.0 0

Y: 0.0 X10 [m/s²]

Z: 0.0

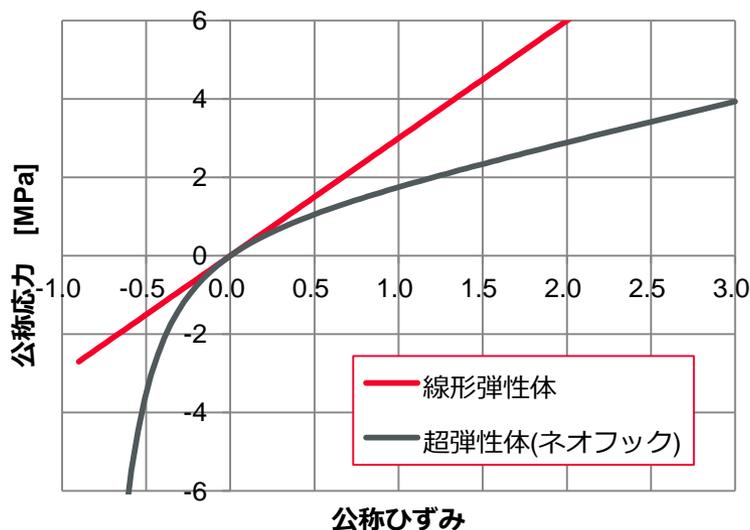
垂直方向の変位を拘束する

例: 加速度1Gの振動に対する周波数応答

解析機能 – 応力解析

超弾性材料の解析 [1/2]

静解析と過渡解析で、超弾性材料が使用できるようになりました



弾性体と超弾性体モデルの違い

以下の代表的な三種類の超弾性モデルを使用することができます。

モデルの種類	係数の数	特徴
ネオ・フック	1	ヤング率が分かれば簡易的な計算ができる
ムーニー・リブリン	1～9	ネオ・フックよりも大きな変形を再現できる
オグデン	2～8	ムーニー・リブリンよりも大きな変形を再現できる

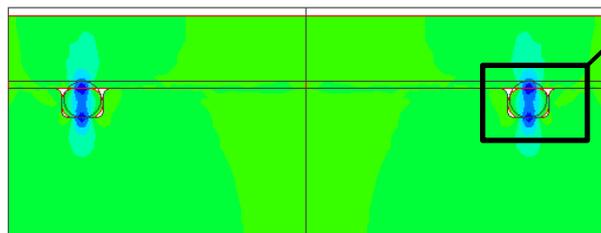
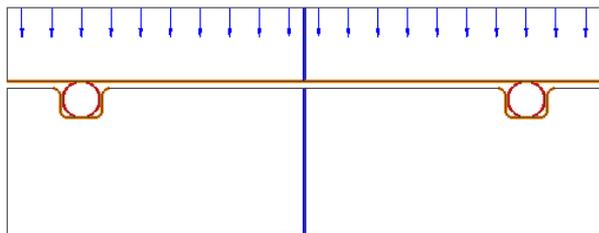
※三種類の材料試験(単軸引張試験、二軸均等引張試験、純粹せん断試験)データを元に、各モデルの係数を算出する、カーブフィット機能が備わっています。

解析機能 – 応力解析

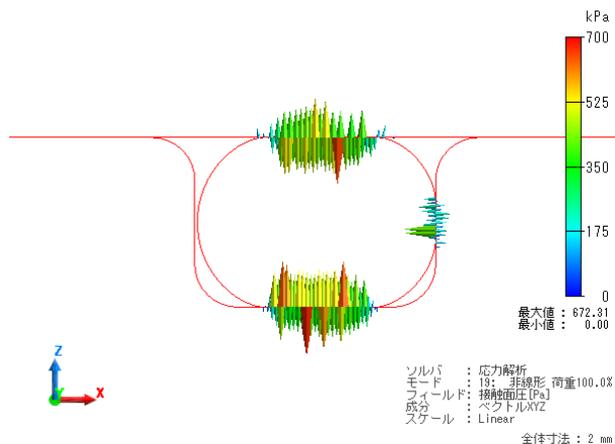
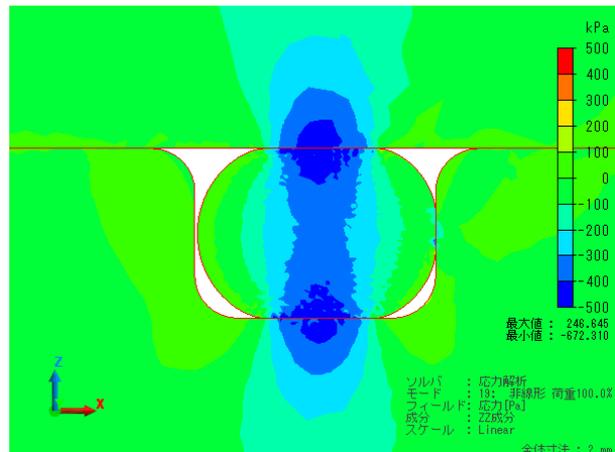
超弾性材料の解析 [2/2]

静解析と過渡解析で、超弾性材料が使用できるようになりました

例題59: O-リングの圧縮解析



応力 ZZ成分



接触面圧分布

ステップごとの変位・荷重ON/OFF切替

ステップ解析で、ステップごとに変位境界・荷重境界のON/OFF切替が、できるようになりました(変位境界と荷重境界ではOFF時の挙動が異なります)

境界条件の種類

- 変位
 - 変位
 - 垂直変位
 - 回転変位
- 集中荷重(点)
- 分布荷重(線)
- 分布荷重(面)
- 圧力
- トルク荷重
- 簡易接触
- 接触表面
- 音響インピーダンス
- 開放境界
- 拘束なし

時間依存 ON/OFF設定
重み関数 ON/OFFリスト

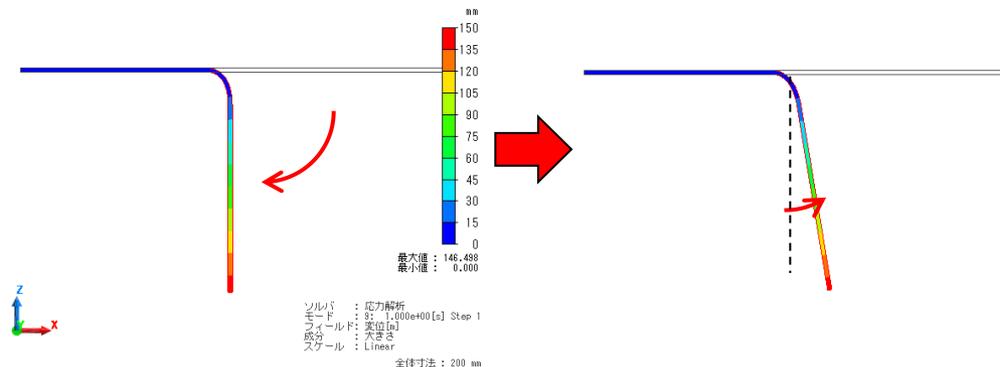
時刻テーブル

境界条件ON/OFF	重み関数	
ステップ数	時刻[s]	rot
1	1	○
2	2	○
3	3	×

ON/OFFを○×で入力

ON/OFF	挙動
ON	1ステップで指定値に到達
OFF (変位境界)	拘束解除 (瞬間的に離す)
OFF (荷重境界)	1ステップでゼロに到達

例題58: 棒を90° 曲げた後のスプリングバック

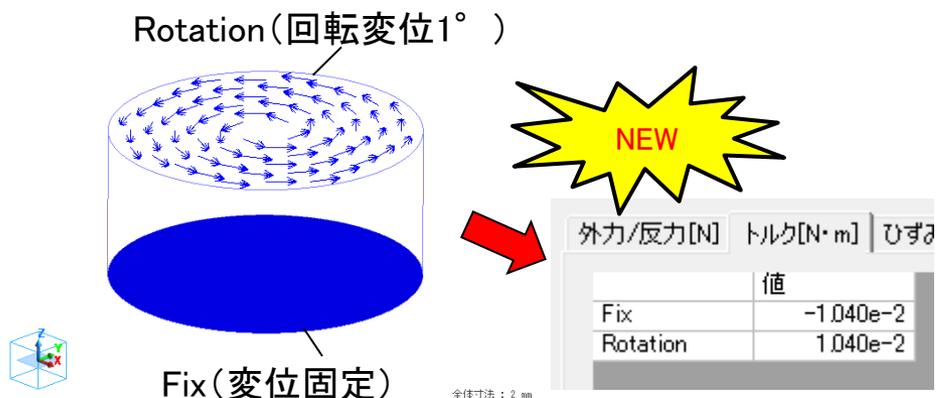


解析機能 – 応力解析 計算値出力の改良

応力解析の計算値出力機能が、改良されました

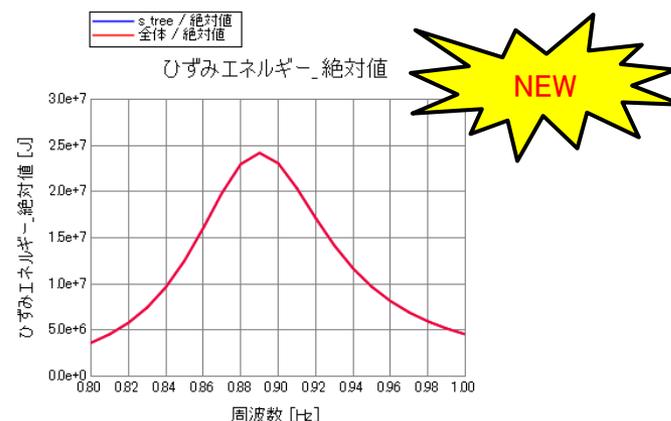
計算値の種類	追加・変更点
ver2015: 反力 ver2016: 外力/反力	<ul style="list-style-type: none"> ・名称変更「外力/反力」 ・調和解析でも出力可能になった。
トルク	<ul style="list-style-type: none"> ・静解析、調和解析、過渡解析で出力可能になった。
ひずみエネルギー	<ul style="list-style-type: none"> ・調和解析(損失あり)でも出力可能になった。 ・調和解析での出力値を、全振幅値⇒片振幅値となるように変更した。(ver2015の1/2の値となります)
最大変位	調和解析(損失あり)でも出力可能になった。

トルク出力



調和解析(損失あり)のひずみエネルギー[J]

例題50: 損失を考慮したタワーの振動解析



解析機能 – 応力解析

圧力のトータル荷重対応

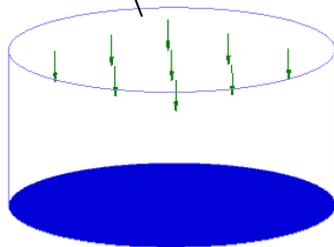
応力解析の圧力境界(面に垂直な荷重)が、トータル荷重に対応されました

トータル荷重対応状況

境界条件の種類	ver2015	ver2016
分布荷重(面)	○	○
分布荷重(辺)	○	○
圧力	×	○

面に与える力が指定の値[N]になるように圧力を分散させます。

Press (面に垂直に100N)



Fix (変位固定)



全体寸法 : 2 mm

機械 | 対称/不連続 | 説明

境界条件の種類

- 変位
- 集中荷重(点)
- 簡易接触
- 音響インピーダンス
- 垂直変位
- 分布荷重(線)
- 接触表面
- 開放境界
- 回転変位
- 分布荷重(面)
- 拘束なし
- 加速度
- 圧力
- トルク荷重

トータル荷重で入力する

0 [N]

100 X10 [N]

NEW

外力/反力[N]	ひずみエネルギー[J]	最大変位[m]	最大応力[Pa]	有限要素法
Press				
	x成分	y成分	z成分	絶対値
Press	-9.472e-15	7.059e-15	-100	100
Fix	6.112e-14	3.247e-15	100	100

解析機能 – 応力解析

分布を持った熱荷重の解析を追加

応力解析で、熱荷重の基準温度、到達温度を分布で入力できるようになりました

熱荷重

到達温度 X10 [deg]

基準温度 (無応力温度) X10 [deg]

多段階熱荷重設定 ...

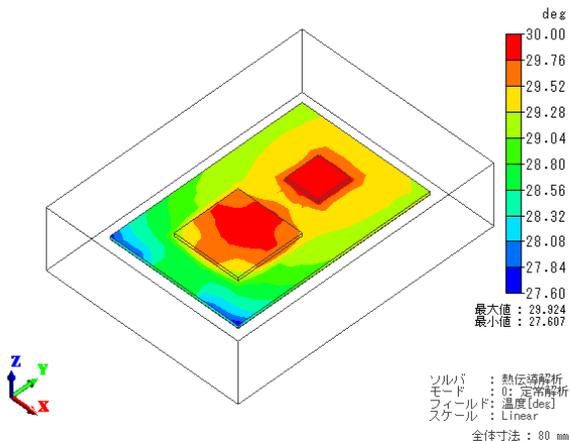
分布取込(到達温度)
分布データ

分布取込(基準温度)
分布データ

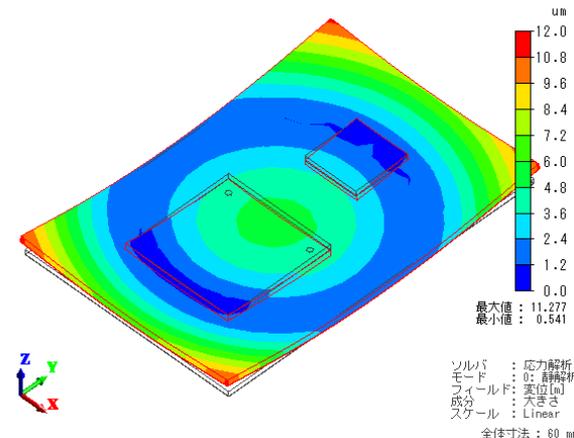


座標、温度データを取り込んで分布を与えることができます。

例：簡易熱流体解析で求めた温度分布を到達温度とした熱荷重解析



簡易熱流体解析結果(温度)



応力解析結果(変位)

異方性温度依存性熱伝導率の設定を追加

異方性、かつ温度依存性のある熱伝導率が、設定できるようになりました

熱伝導率 | 説明

異方性

等方

異方

温度依存性

なし

あり

...

非線形テーブルで
データを設定して下さい

適用範囲

	等方	異方
温度依存性なし	適用済み	適用済み
温度依存性あり	適用済み	2016



[温度-異方性熱伝導率]曲線

No.	T	λ_{11}	λ_{22}	λ_{33}	λ_{23}	λ_{31}	λ_{12}
1	1	5	3	1	0	0	0
2	2	6	4	2	0	0	0
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

指数 0 0

単位 [deg] [W/m/deg]

T:温度 λ :熱伝導率

滑らかに補間

解析機能 – 熱-応力連成解析 応力非線形計算対応 [1/2]

熱 – 応力連成解析で、
応力非線形(大変形、非線形材料、接触[*1])の計算ができるようになりました

[*1] 熱伝導解析の結果を用いて応力解析を行うため、
応力解析で計算した接触状態を反映した熱伝導解析はできません。

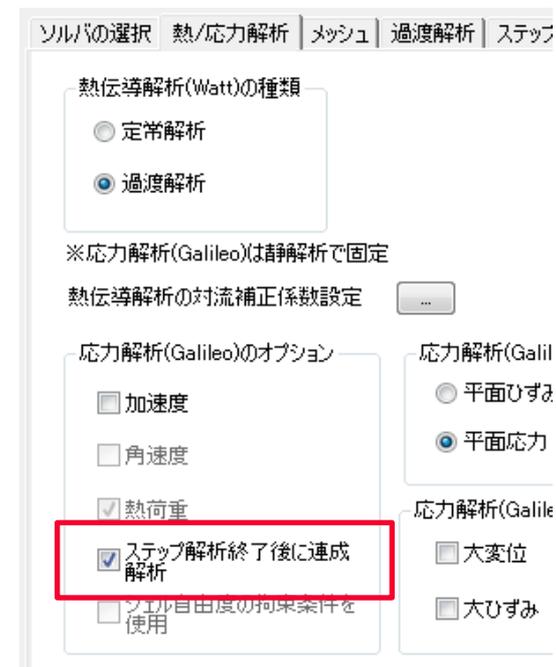
応力非線形計算対応状況

連成タイプ	ver2015	ver2016
熱定常-応力連成解析	△ 接触のみ不可	○
熱過渡-応力連成解析	×	○
一様な熱履歴 + 熱過渡-応力連成解析	×	○



一様な熱履歴 + 熱過渡-応力連成解析について

- [ステップ解析終了後に連成解析] オプションを使用します。
- ステップ解析と過渡解析の設定が必要となります。
- 一様な熱履歴の計算をステップ解析で行い、
ステップ解析終了時を初期温度として、熱過渡-応力連成解析を行います。



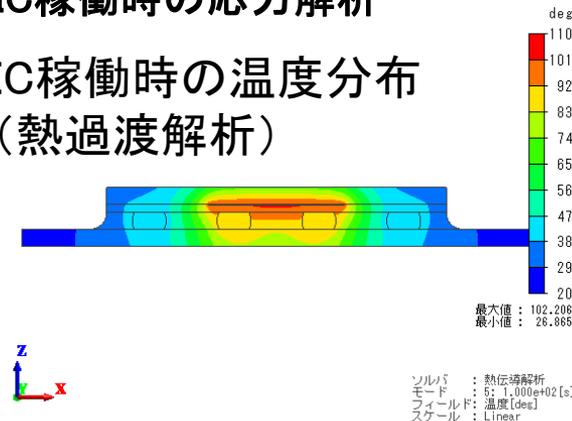
解析機能 – 熱-応力連成解析 応力非線形計算対応 [2/2]

熱 – 応力連成解析で、
応力非線形(大変形、非線形材料、接触)の計算ができるようになりました

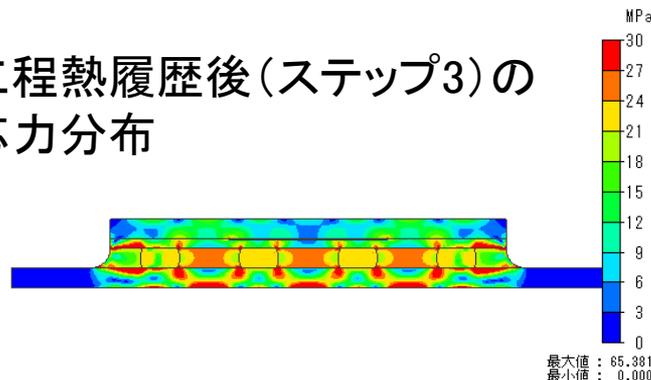
熱応力連成解析例題8: IC実装工程のステップ解析+その後のIC稼働時の応力解析

ステップ	温度	備考
1	220°C⇒25°C	ステップ解析
2	25°C⇒120°C	ステップ解析
3	120°C⇒25°C	ステップ解析 アンダーフィルのバース
4	25°C⇒熱解析結果	熱応力連成解析 IC稼働

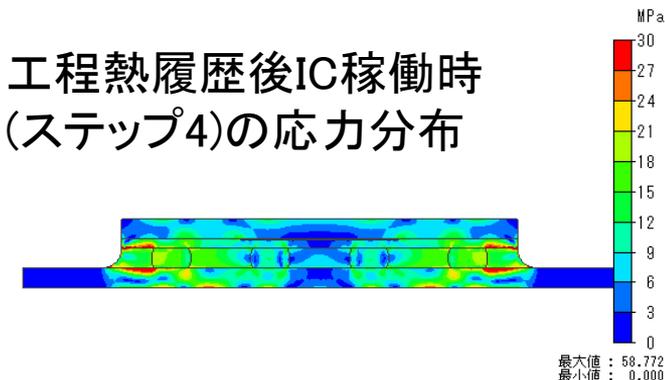
IC稼働時の温度分布
(熱過渡解析)



工程熱履歴後(ステップ3)の
応力分布

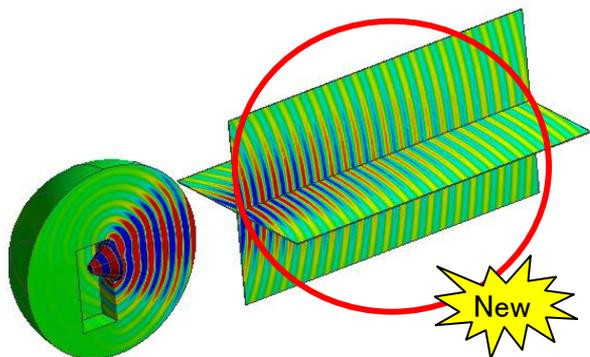


工程熱履歴後IC稼働時
(ステップ4)の応力分布



音波解析:指向性計算の音場をコンター図表示

指向性計算で求めた音場を、コンター図で表示する機能が追加されました



結果のコンター表示(音圧)

■例:スピーカーからの放射を計算

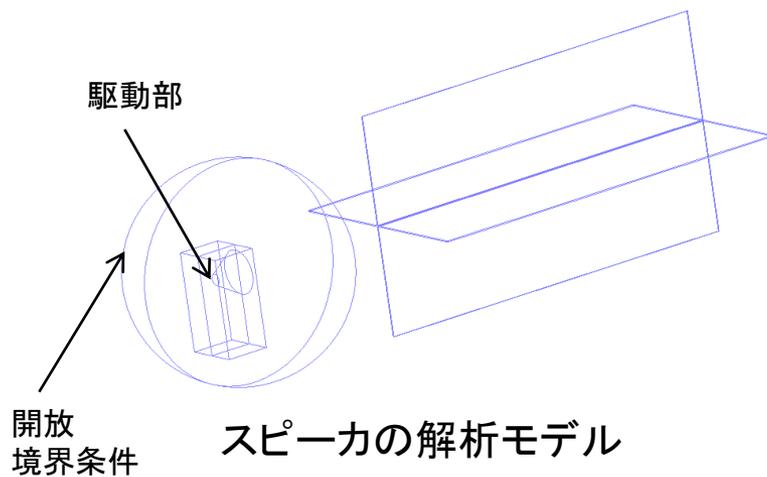
- ・球(空気)の右側の図形は、放射される音波を表示するために配置したシートボディです。
- ・シートボディ上の音場は、指向性計算を用いて求めています。
- ・駆動源から離れた位置の、ボディ上の結果フィールドが表示できるようになりました。

■使い方

- ・ボディ属性で、[解析領域]タブ-[音波解析の設定]の[指向性の計算方法を使う]をチェックする。

■指向性計算の特徴

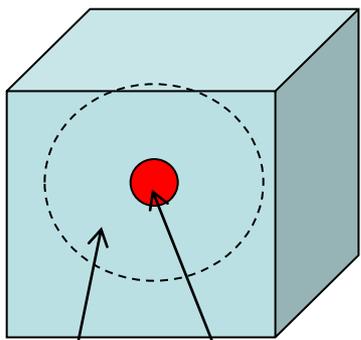
- ・メッシュ数が増えても、メモリーの増加量が少ない。
- ・コンター図を見たい部分だけボディを作成できる。



スピーカの解析モデル

解析機能 – 音波解析:開放境界の改良

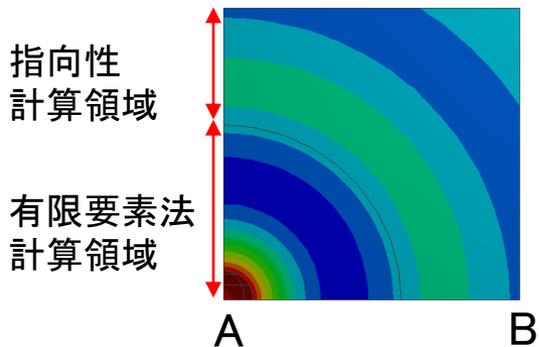
2次開放境界を設定できる形状に制限がなくなりました



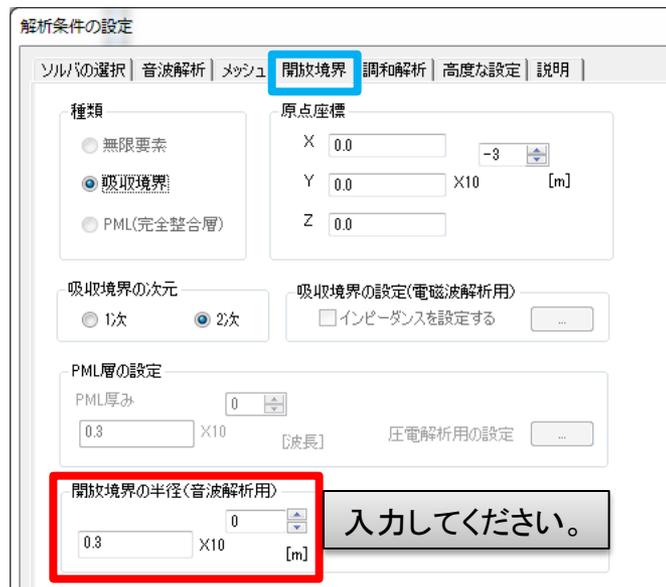
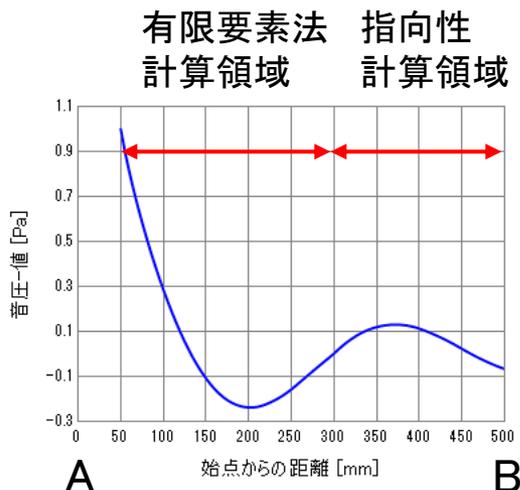
作業球

呼吸球

- ・Femtet2016.0では、直方体空間で[2次]の開放境界が 使用できるようになりました。
- ・[開放境界]タブの[開放境界半径]を指定すると
 - ・指定したサイズの作業球が作成されます。
 - ・作業球面上に開放境界が設定されます。
- ・作業球の内部は有限要素法、周りは指向性計算で解析されます。



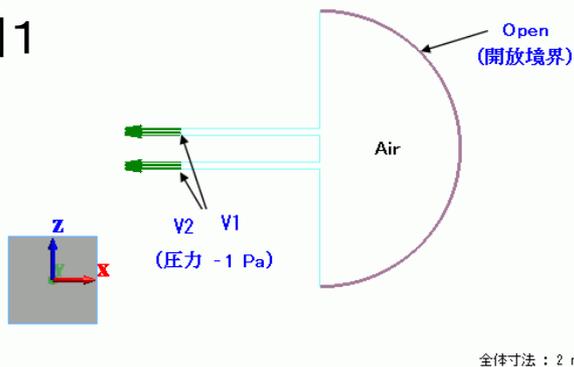
対称性を利用した1/8
モデルで呼吸球を解析した結果



音波解析:フィールド重ね合わせの機能を追加

音波解析で、駆動源の大きさ、位相を解析後に変更できるようになりました

図1



・ Femtet2016.0では、[速度の大きさ]と[位相]を、解析後に変更できるようになりました。

- ・ (図1)は、速度で音波を駆動する境界条件(V1, V2)が付いています。
- ・ (図2)は、駆動源の位相を0度、45度、90度、180度とずらした場合の音圧分布の変化を示したものです。
- ・ (図3)はその時の放射特性を変化を示したものです。

※詳しくは、音波例題3をご覧ください。

図2

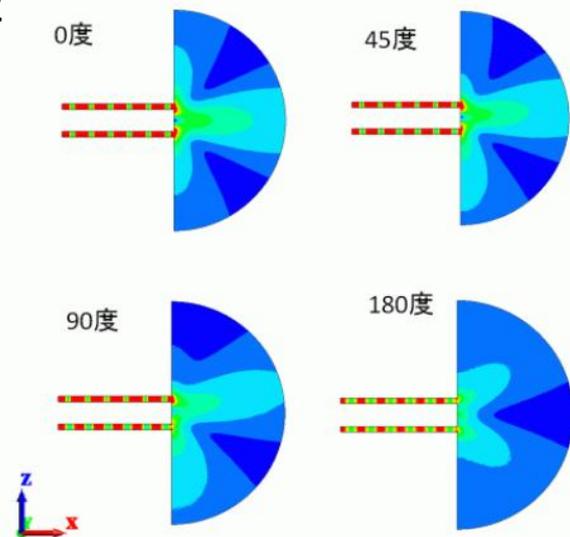
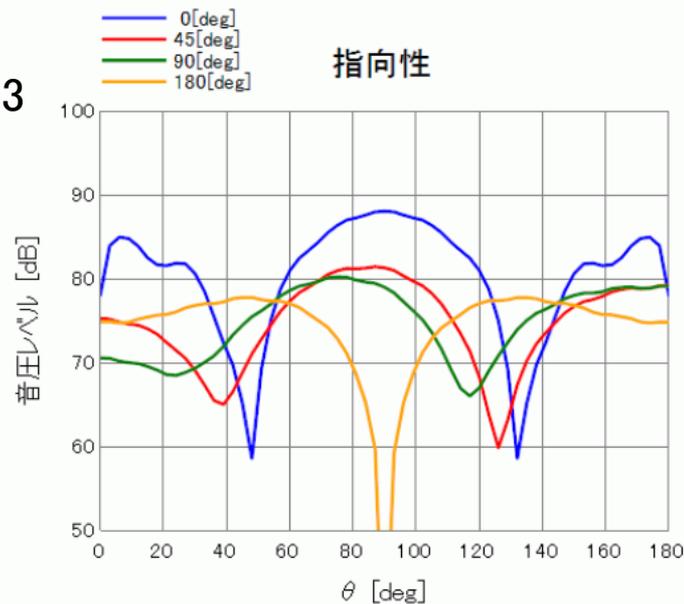
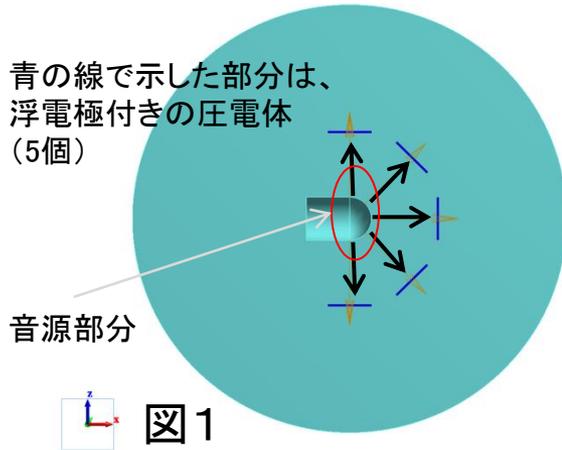


図3

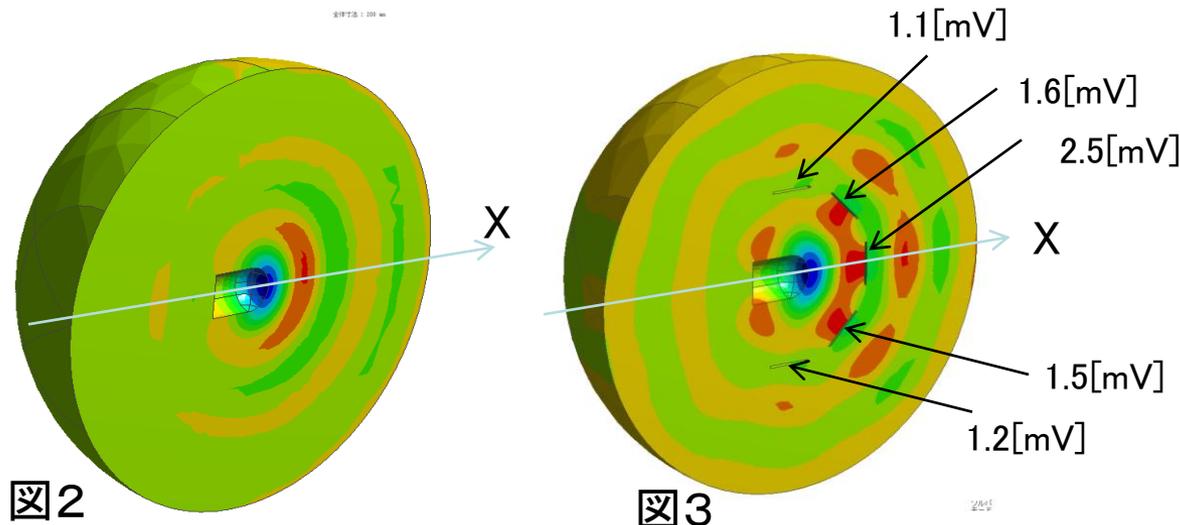


圧電音波連成解析:強連成解析の機能を改良

音波解析の境界条件で、振動が駆動できるようになりました



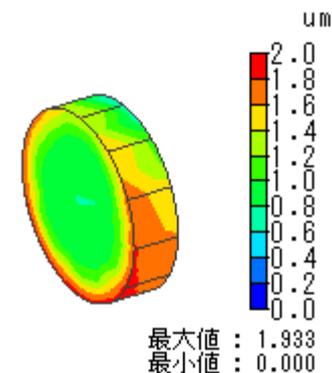
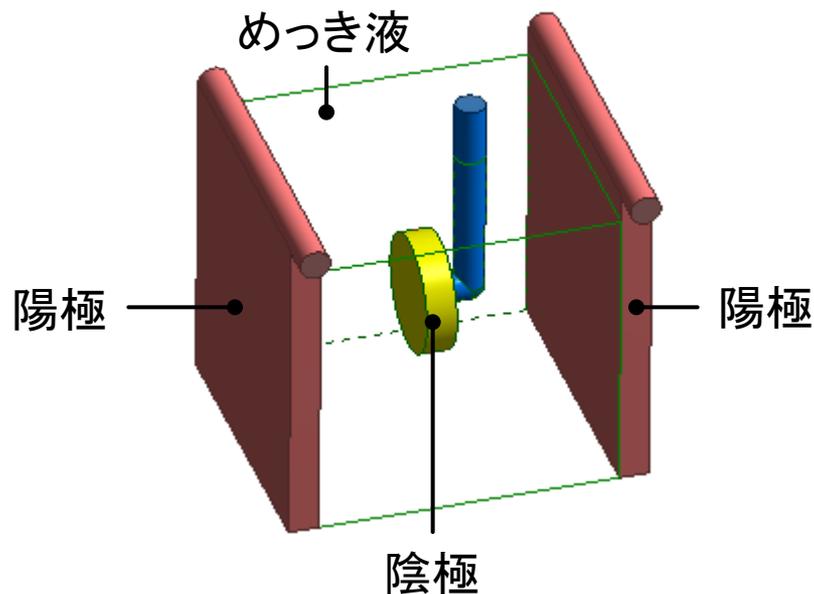
- ・圧電音波強連成解析で、境界条件の[音波]タブにある、[速度]、[圧力]などの、境界条件で振動が駆動できるようになりました。
- ・(図1)では、中心の球状面が振動し、音源となっています。周囲に円盤状の圧電体を配置し、振動の大きさを 浮電極の電圧として測定しました。
- ・(図2)は圧電体を取り除いたモデルの音圧分布です。
- ・(図3)は、(図1)を解析した結果の音圧分布です。
- ・(図3)では、圧電体上の浮電極の電圧を読み取った数値を示しています。音圧の高いX軸上で、電圧が高くなっていることが分かります。



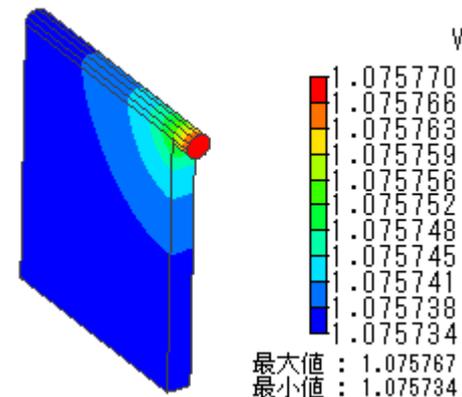
めっきの解析で、電極をボディで作成することができるようになりました

- ・電極をボディで作成すると
 - ・電極の形状や材料が、設定できる。
 - ・電極の電位分布を考慮した解析ができる。

※従来通り、境界条件(めっき壁)を用いた設定も可能です。



陰極の膜厚分布

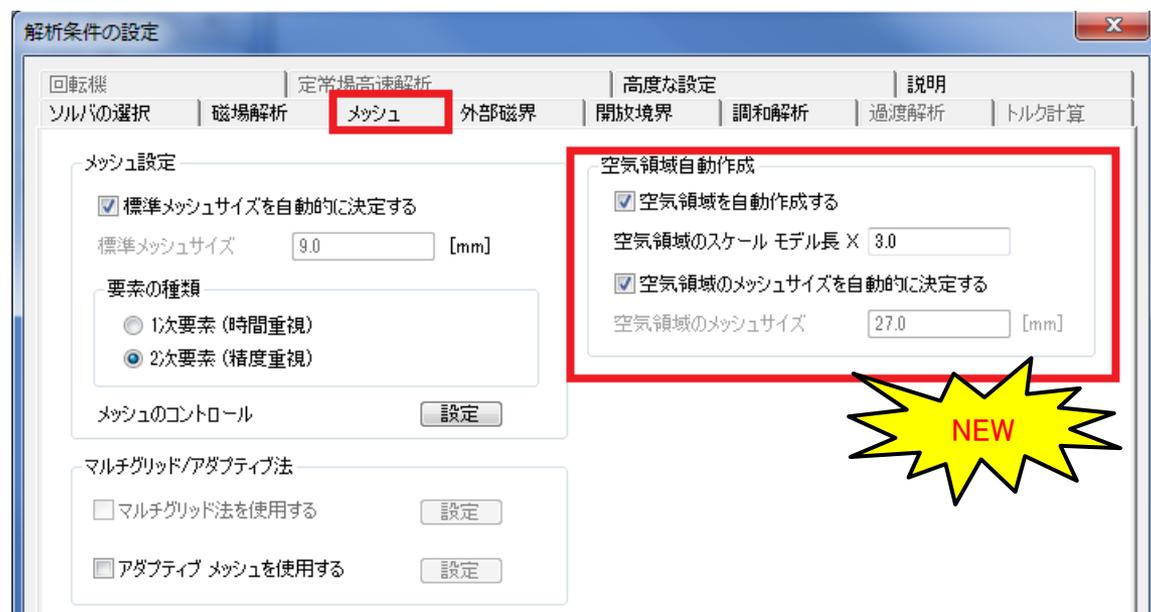
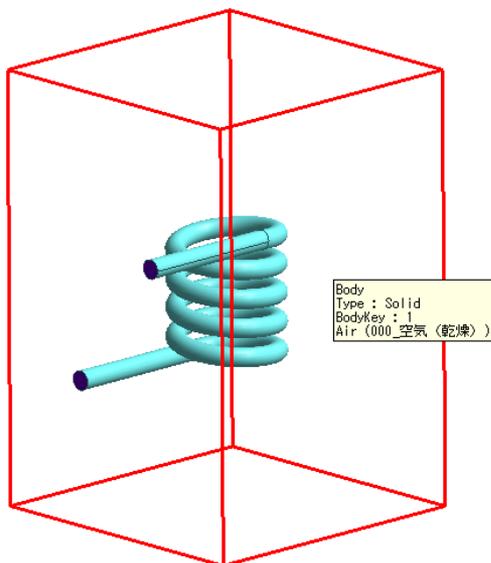


陽極の電位分布

電気系ソルバにおいて必要な空気領域のボディを自動的に作成する機能が追加されました(対象:磁場解析、電場解析)

以下の問題が解決しました。

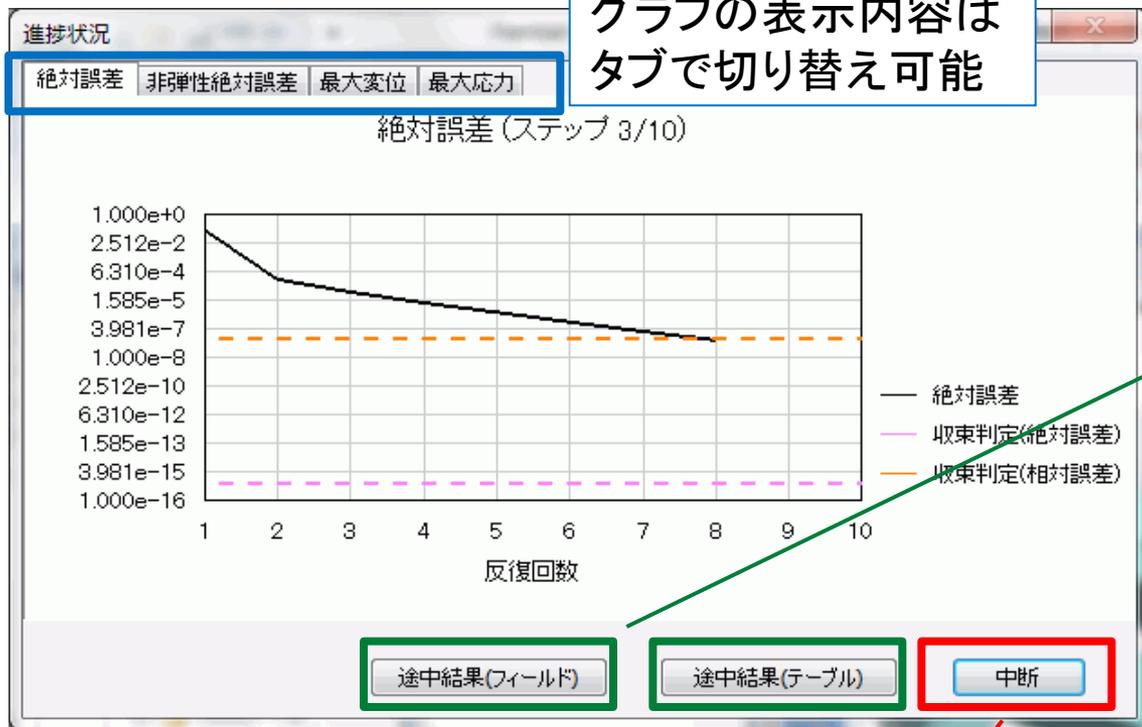
- ・空気ボディを作成するのが面倒
- ・解析初心者が空気ボディが必要なことを知らずに解析し、正常な解析結果が得られない
- ・空気のサイズをどれくらいにしたら良いかわからない



- ・対称モデルに対応
- ・開放境界に対応
- ・磁場解析において、電流の流入出面処理に対応

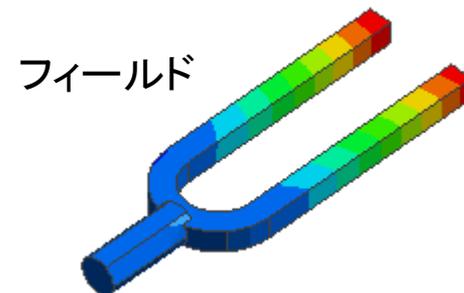
ステップ解析、過渡解析、非線形解析において、
解析の進捗が確認できるようになりました

グラフの表示内容は
タブで切り替え可能



解析中にグラフを見て
進捗を確認できます。

途中結果の出力に対応し
ている解析では、解析中に
フィールドの分布または、
テーブルを表示できます。



テーブル

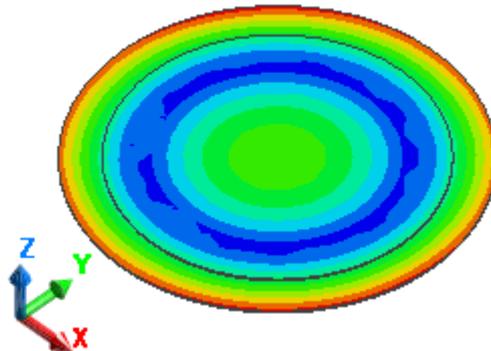
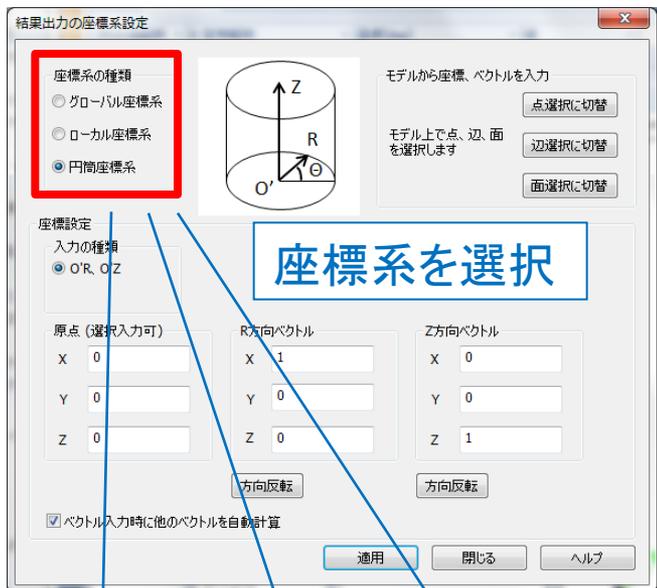
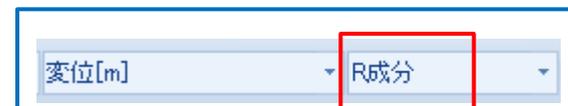
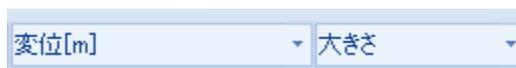
テーブル

収束判定	外力/反力[N]	ひずみエネルギー[J]	最大変位[m]	最大応力[Pa]
Fix	x成分 2.93e-10	y成分 -8.528e-11	z成分 9.881e+3	絶対値 9.881e+3

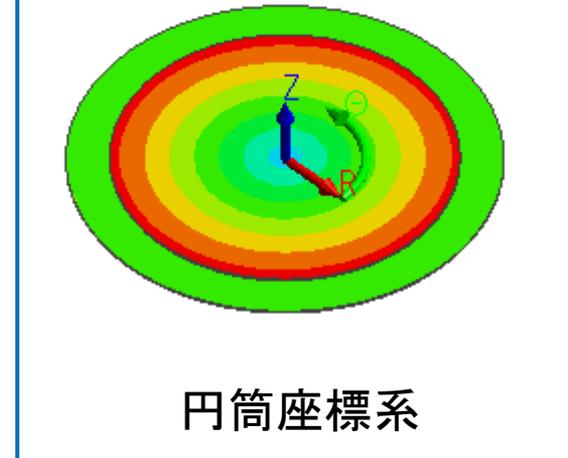
進捗を確認して、収束しない場
合は、解析を中断できます。

円筒座標系やローカル直交座標系で、結果表示ができるようになりました

変位の表示例(円形の圧電素子に交流電圧を印加)



グローバル座標系



円筒座標系

円筒座標系では、半径方向(R成分)や周方向(θ 成分)のフィールドを表示できます。

ローカル直交座標系では、任意の断面に垂直な方向や面内のフィールドを表示できます。

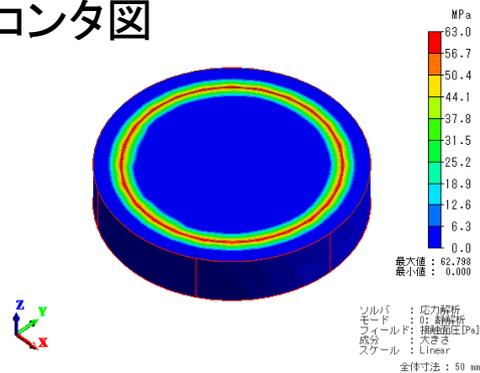


解析結果表示 – 応力解析 結果フィールドで接触面圧の表示を追加

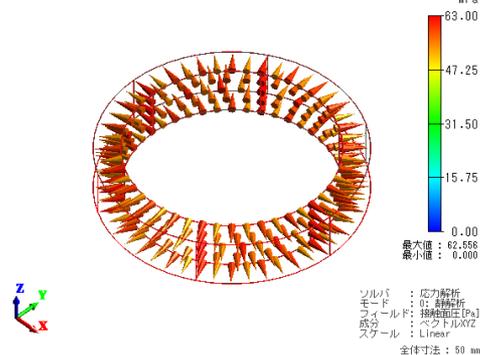
応力解析の結果フィールドで、接触面圧の表示が可能になりました

例題42 リングの嵌め合い (簡易接触境界)

コンタ図

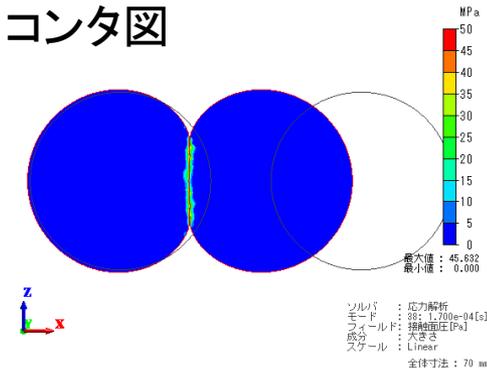


ベクトル図(リングのみ表示)

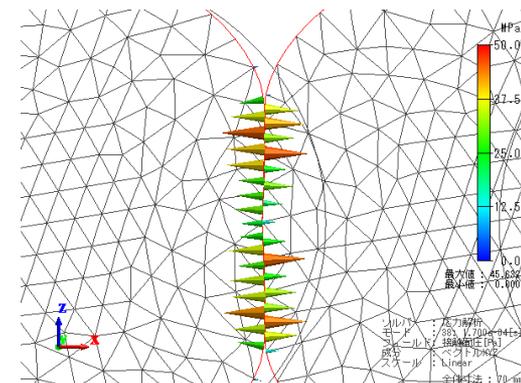


例題54 衝突の解析 (接触境界)

コンタ図



接触箇所付近のベクトル図



以上