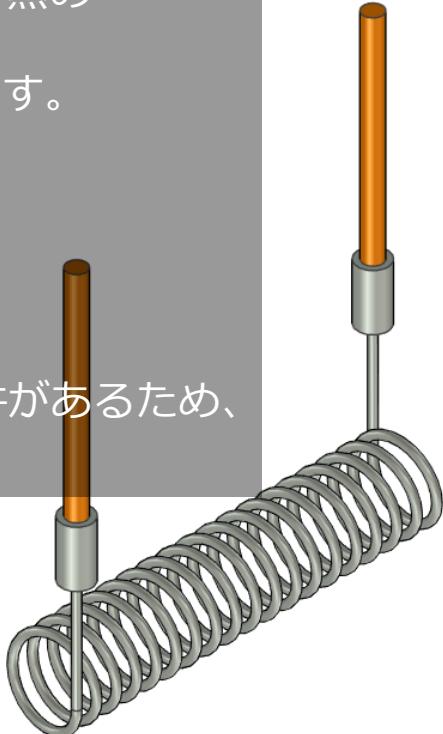


非定常応力電気熱伝導解析

電熱線モデルに対し、応力・電気・熱の非定常解析を行います。
ニクロム線(基準)パートを使用します。

- ・電気による発熱
- ・熱による変形、応力の発生を確認します。

※熱伝導解析の資料と同じ解析条件があるため、操作説明を一部省略しています。



IronCAD MultiPhysics

アドイン アプリケーション... アドオンツール... Add FEA Hide FEA Save FEA IronCAD MultiPhysics

スタート 新規 開く 保存 閉じる 検索... オブジェクト ピューマー プロパティリスト

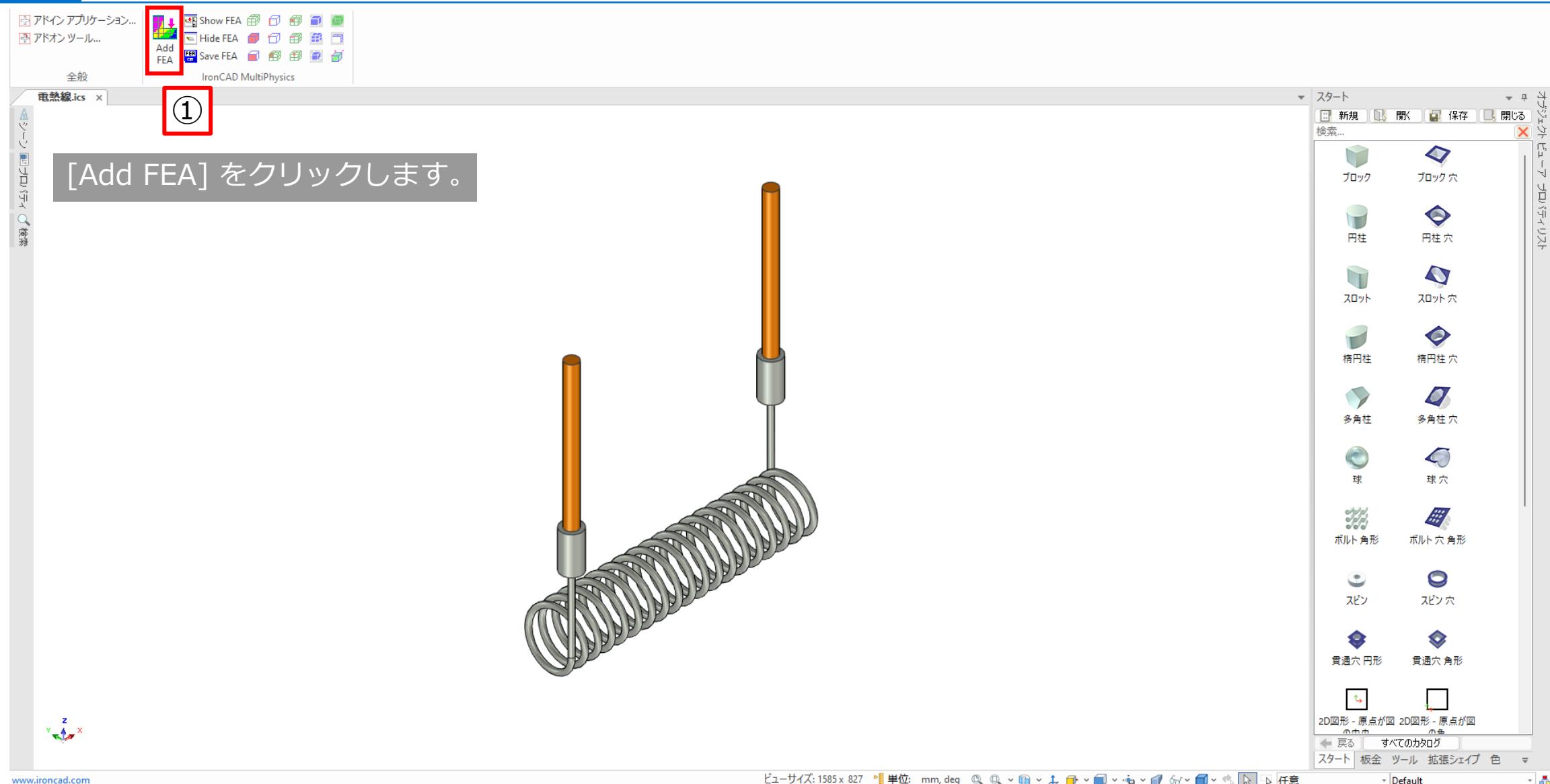
電熱線.ics x

アドイン プロパティ 検索

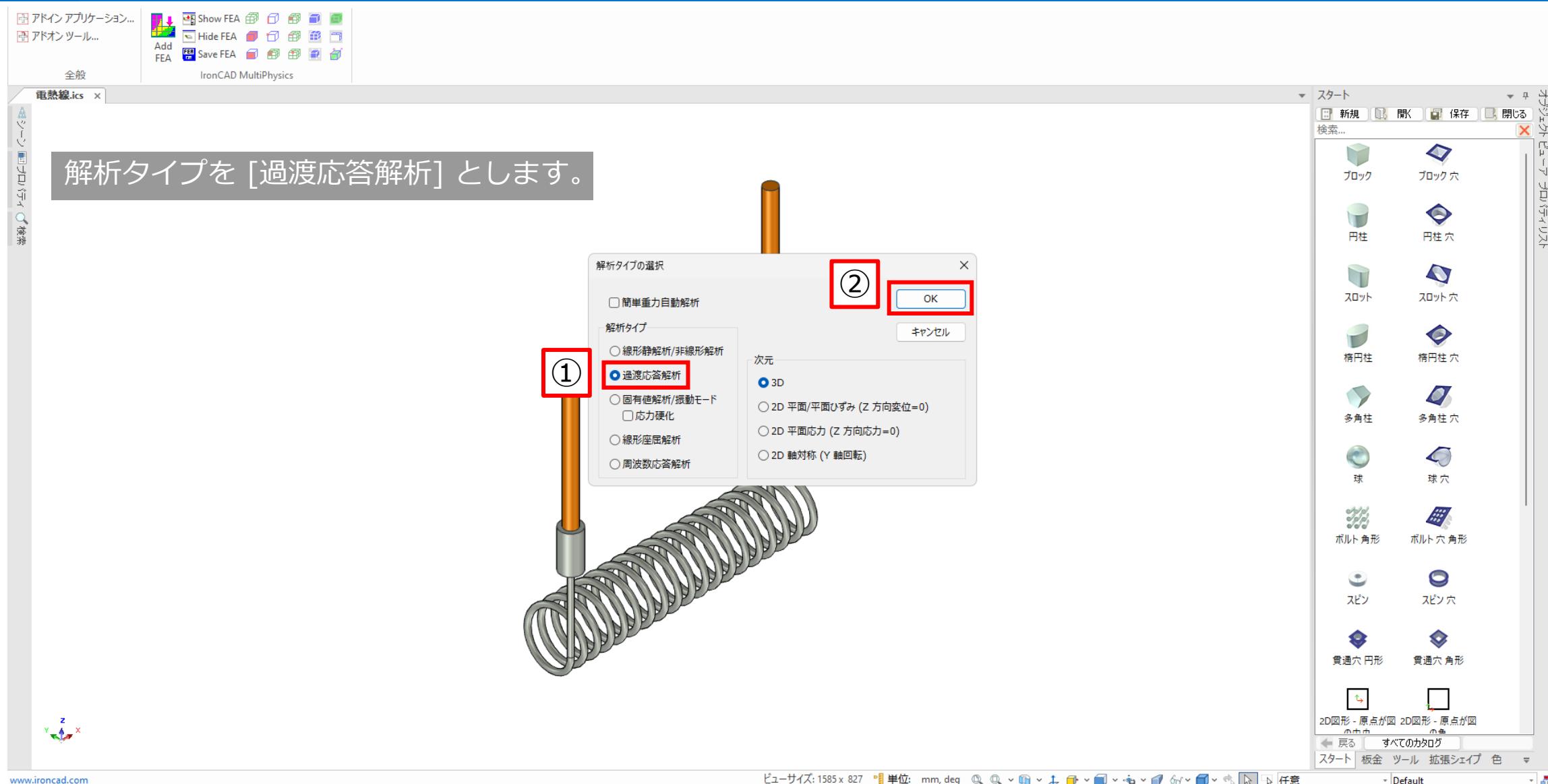
www.ironcad.com ピューサイズ: 1585 x 827 単位: mm, deg 戻る すべてのかタログ スタート 板金 ツール 拡張シェイプ 色 Default

ブロック ブロック穴
円柱 円柱穴
スロット スロット穴
精円柱 精円柱穴
多角柱 多角柱穴
球 球穴
ボルト 角形 ボルト穴 角形
スピンドル スピンドル穴
貫通穴 円形 貫通穴 角形

非定常応力電気熱伝導解析 > 解析設定



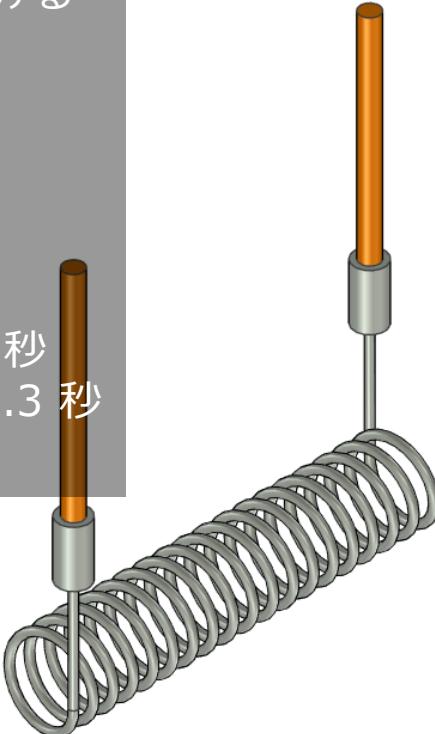
非定常応力電気熱伝導解析 > 解析設定



非定常応力電気熱伝導解析 > 解析設定

物理タイプと、過渡応答解析における
解析時間の設定を行います。

開始 0
終了 1,440
インクリメント 0.3
と設定します。
この設定により、実際の時間の 0 秒
から 1,440 秒(24分)において、0.3 秒
ごとに解析を行います。



解析: 動解析 s
モデル - mMKS
(3) s-Select Material Name
?? 拘束
?? 負荷
?? メッシュ
?? 結果

①

②

③

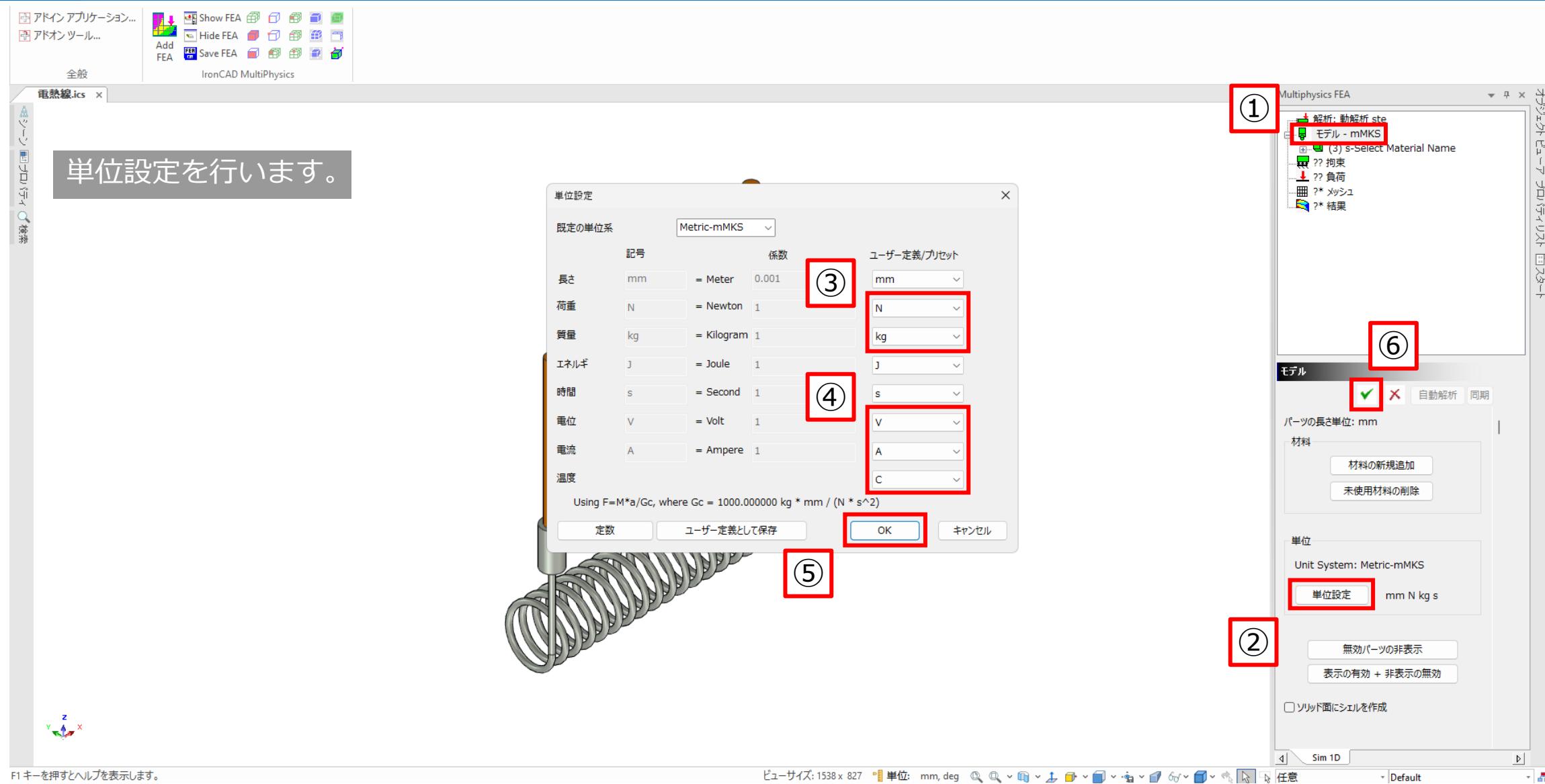
解析
Title
物理タイプ
応力
熱伝導
電気
伝導
流体
最小二乗熱オプション(熱流体)
大変形
時間
開始 0
終了 1440
インクリメント 0.3
インクリメント設定: 0
オプション
Adv: Cvg 5%: Step
Sim 1D
Default
任意

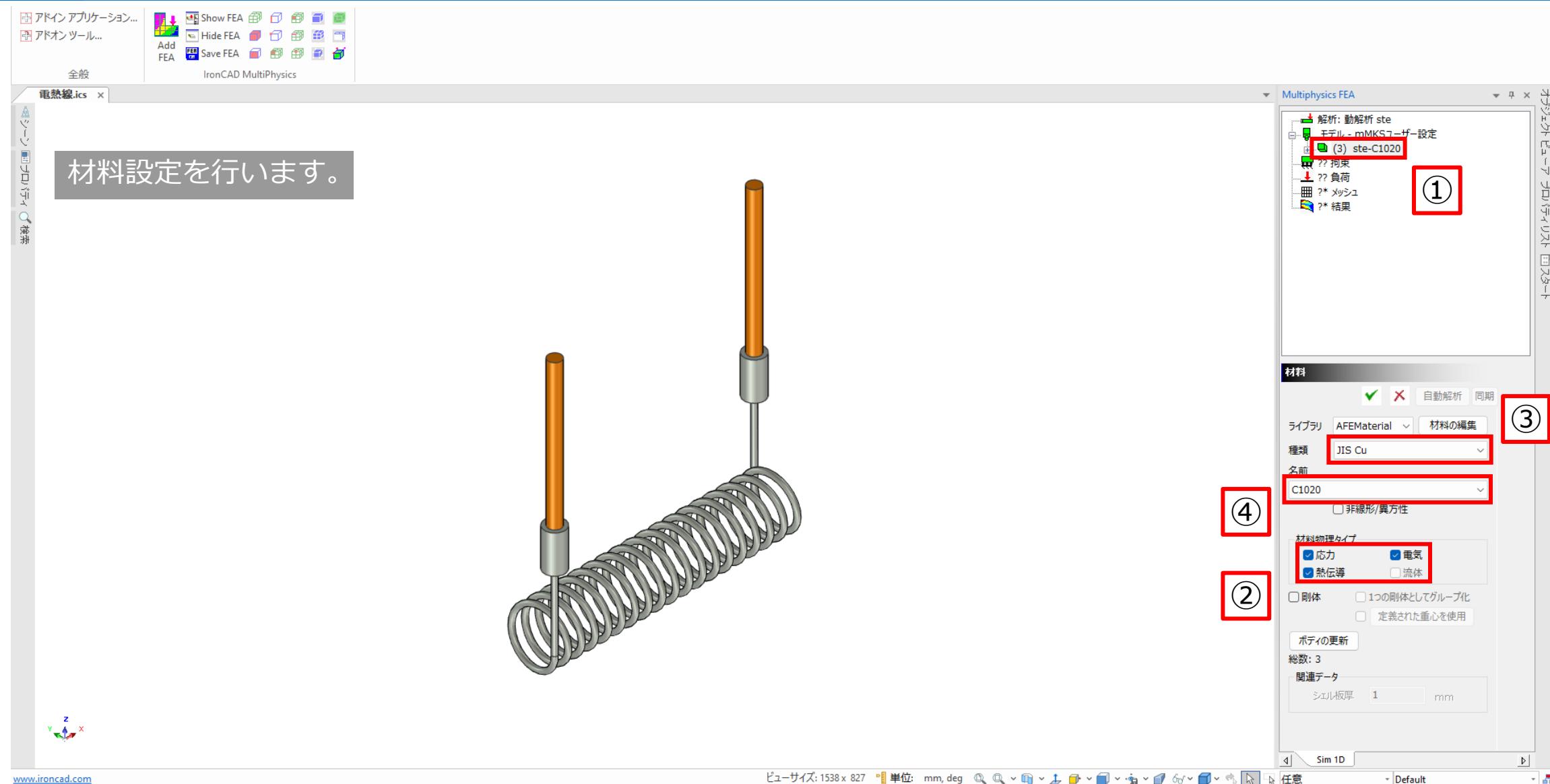
オブジェクト ピューワー プロパティリスト
スタート

F1キーを押すとヘルプを表示します。

ピューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg

非定常応力電気熱伝導解析 > 単位、材料設定





C1020 材料に
線膨張係数参考温度 : 20 C
を追加設定します。

The screenshot shows the IronCAD MultiPhysics interface. A material editor dialog is open for material 'C1020'. The 'Material Properties' tab is selected. The 'Thermal Expansion Coefficient' field is highlighted with a red box and labeled with a circled '2'. The 'OK' button is also highlighted with a red box and labeled with a circled '3'. In the bottom right corner of the interface, a context menu is open with four numbered options: '1' points to the 'Edit Material' button in the toolbar; '2' points to the 'Material Properties' tab in the material editor; '3' points to the 'OK' button in the material editor; and '4' points to the 'Material' tab in the context menu.

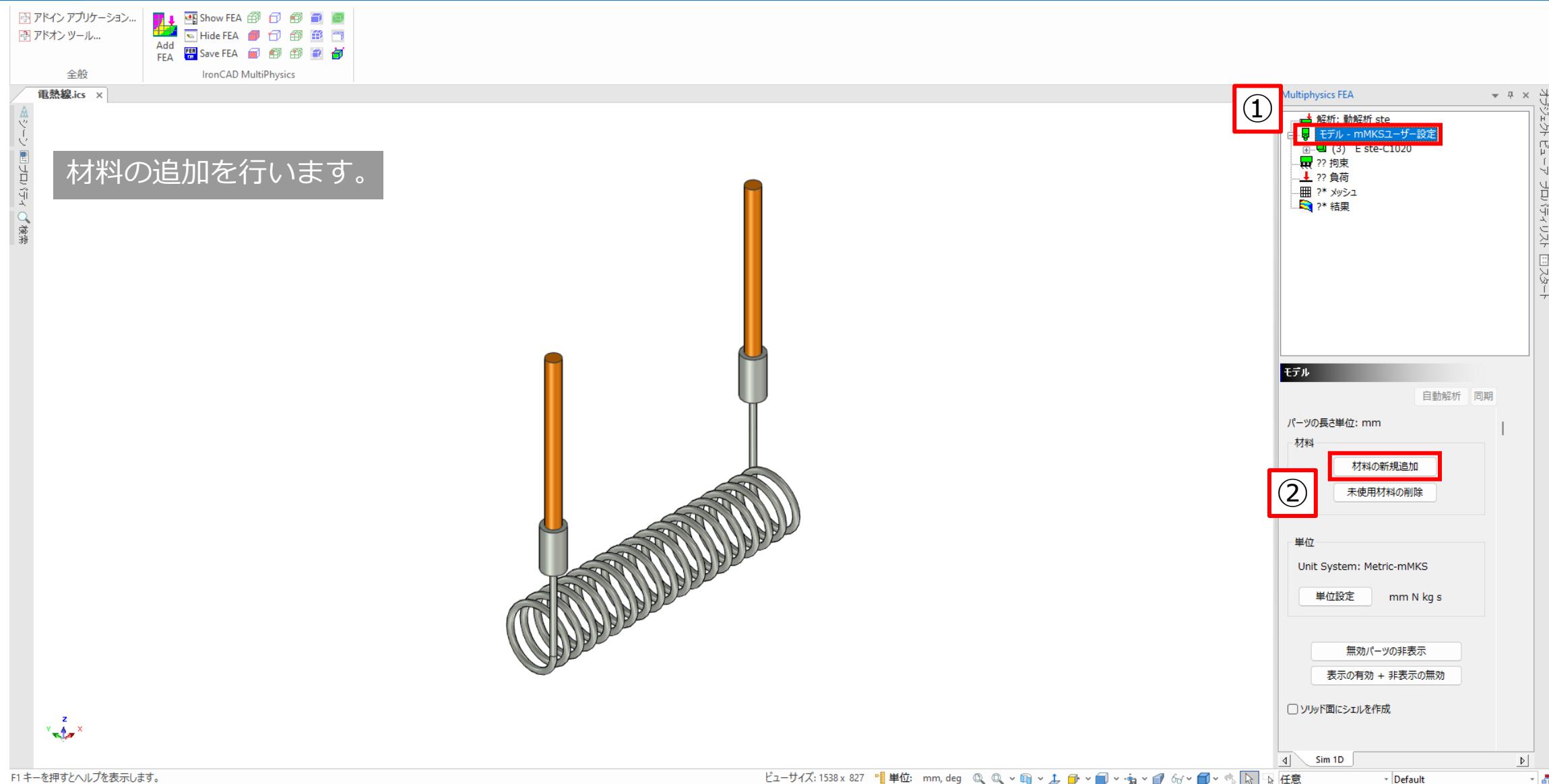
Material Properties

Property	Value	Unit
ヤング率 : E	118000	N/mm ²
ポアソン比 : ν	0.33	-
密度 : ρ	8.94e-06	kg/mm ³
質量減衰係数	0	-
剛性減衰係数	0	-
塑性降伏応力	0	N/mm ²
等方硬化係数	0	N/mm ²
移動硬化係数 (0-1)	0	-
塑性ひずみ熱量	0	J/mm ³
熱伝導率	0.391	J/s/mm/C
比熱	385	J/kg/C
体積発熱量	0	J/s/mm ³
線膨張係数参考温度	20	C
線膨張係数	1.77e-05	1/C
導電率	58500	A/V/mm
ジール加熱から 熱エネルギーへの変換係数	1	J/s
誘電率	0	V/mm
体積電荷密度	0	A*s/mm ³
流体粘性	0	N*s/mm ²

Material Editor Dialog

Material Properties

Property	Value	Unit
名前	C1020	-
種類	JIS Cu	-
名前	C1020	-
非線形/異方性	<input type="checkbox"/>	
材料物理タイプ	<input checked="" type="checkbox"/> 応力 <input checked="" type="checkbox"/> 電気 <input checked="" type="checkbox"/> 热伝導	
剛体	<input type="checkbox"/> 1つの剛体としてグループ化 <input type="checkbox"/> 定義された重心を使用	
ボディの更新	<input type="checkbox"/>	
総数: 3		
関連データ	シェル板厚 1 mm	



非定常応力電気熱伝導解析 > 単位、材料設定

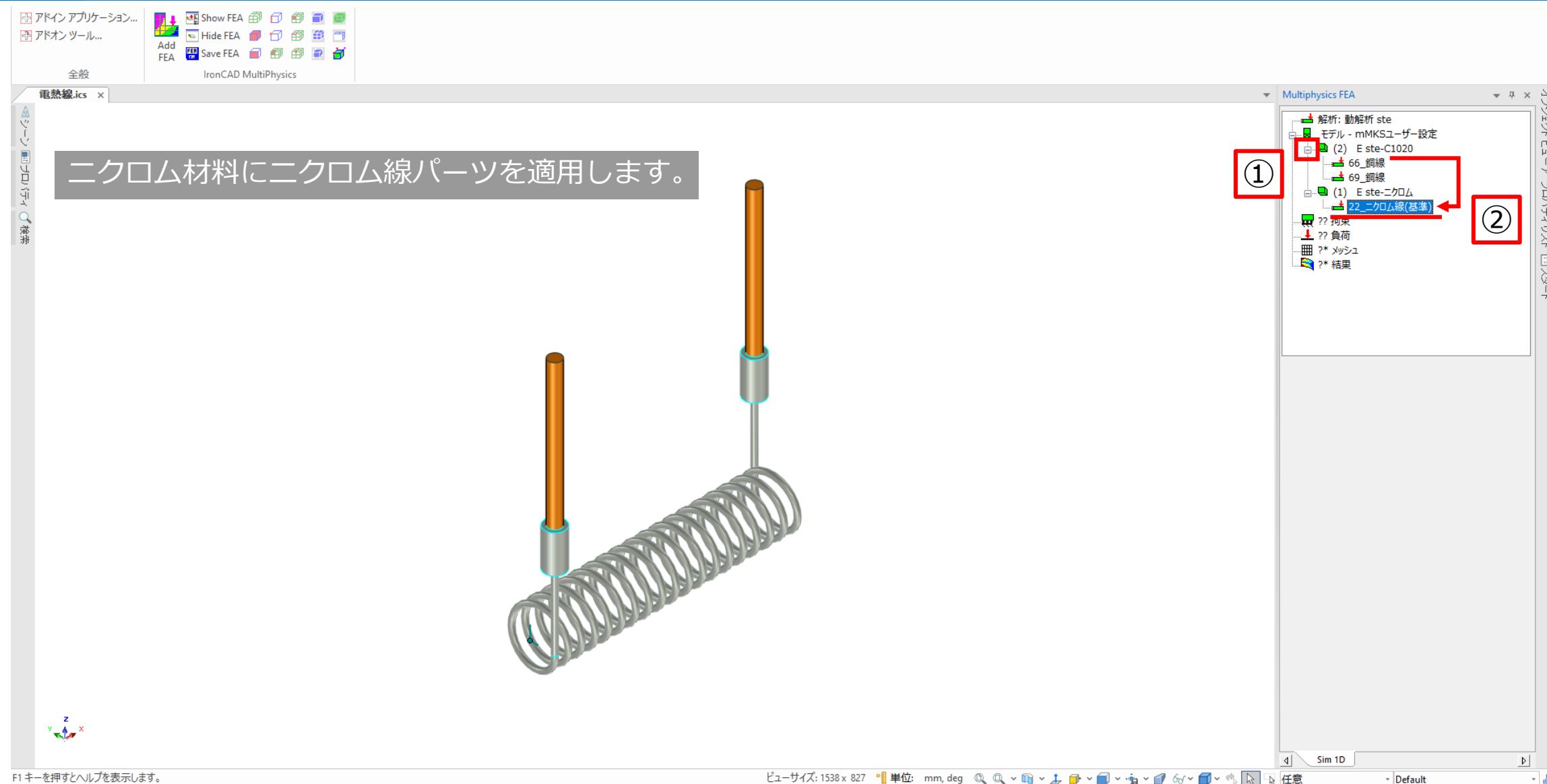
二クロム材料を設定します。

今回は応力解析も行うので、
ヤング率：214,000 N/mm²
ポアソン比：0.29
線膨張係数参考温度：20 C
を追加設定します。

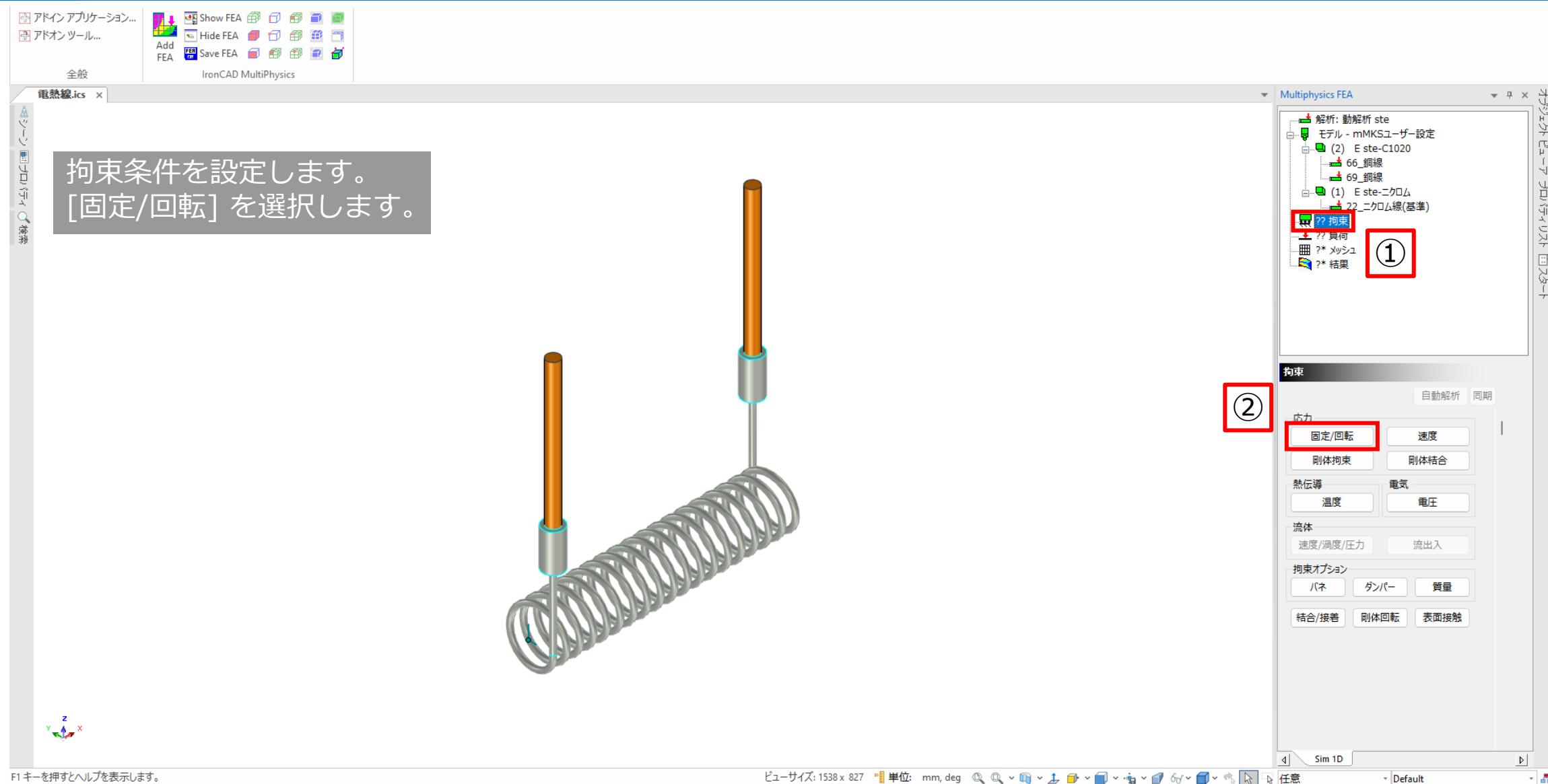
The screenshot shows the 'Material Properties' dialog box for 'Nickel' (ニクロム). The 'Name' field is set to 'ニクロム' (3). The 'OK' button is highlighted with a red box (5). The 'Material Type' section is highlighted with a red box (1). The 'Material Properties' table is highlighted with a red box (4). The 'Multiphysics FEA' panel on the right shows the material is selected for stress analysis (2) and is highlighted with a red box (6).

Material Properties (Nickel):

属性	値	единица
ヤング率 : E	214000	N/mm ²
ポアソン比 : ν	0.29	
密度 : ρ	8.41e-06	kg/mm ³
質量減衰係数	0	
剛性減衰係数	0	
塑性降伏応力	0	N/mm ²
等方硬化係数	0	N/mm ²
移動硬化係数 (0-1)	0	
塑性ひずみ熱量	0	J/mm ³
熱伝導率	0.015	J/s/mm/C
比熱	420	J/kg/C
体積発熱量	0	J/s/mm ³
線膨張係数参考温度	20	C
線膨張係数	1.7e-05	1/C
導電率	925	A/V/mm
ジューク加熱から 熱エネルギーへの変換係数	1	J/s
誘電率	0	V/mm
体積電荷密度	0	A*s/mm ³
流体粘性	0	N*s/mm ²



非定常応力電気熱伝導解析 > 拘束設定



非定常応力電気熱伝導解析 > 拘束設定

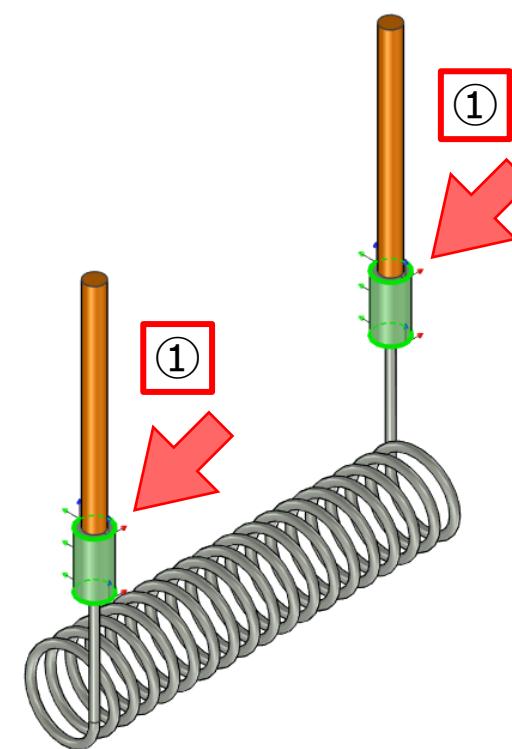
アドイン アプリケーション... Show FEA Hide FEA Save FEA IronCAD MultiPhysics

アドオン ツール... Add FEA

全般

電熱線.ics x

接続部の面を完全拘束します。



解析: 動解析 ste

- モデル - mmKSユーザー設定
- (2) E ste-C1020
 - 66_銅線
 - 69_銅線
- (1) E ste-ニクロム
 - 22_ニクロム(基準)
- ?? 拘束
- ?? 固定/回転 PX0Y0Z0
- ?? 負荷
- ?? メッシュ
- ?? 結果

固定/回転

変位

単位 mm

方向 使用 変位

X	<input checked="" type="checkbox"/>	0
Y	<input checked="" type="checkbox"/>	0
Z	<input checked="" type="checkbox"/>	0

全体座標 (XY)

対象

時間特性

時間 係数

Sim 1D

Default

面/エッジ/頂点 (FEV)

を定義するエンティティを選択します。

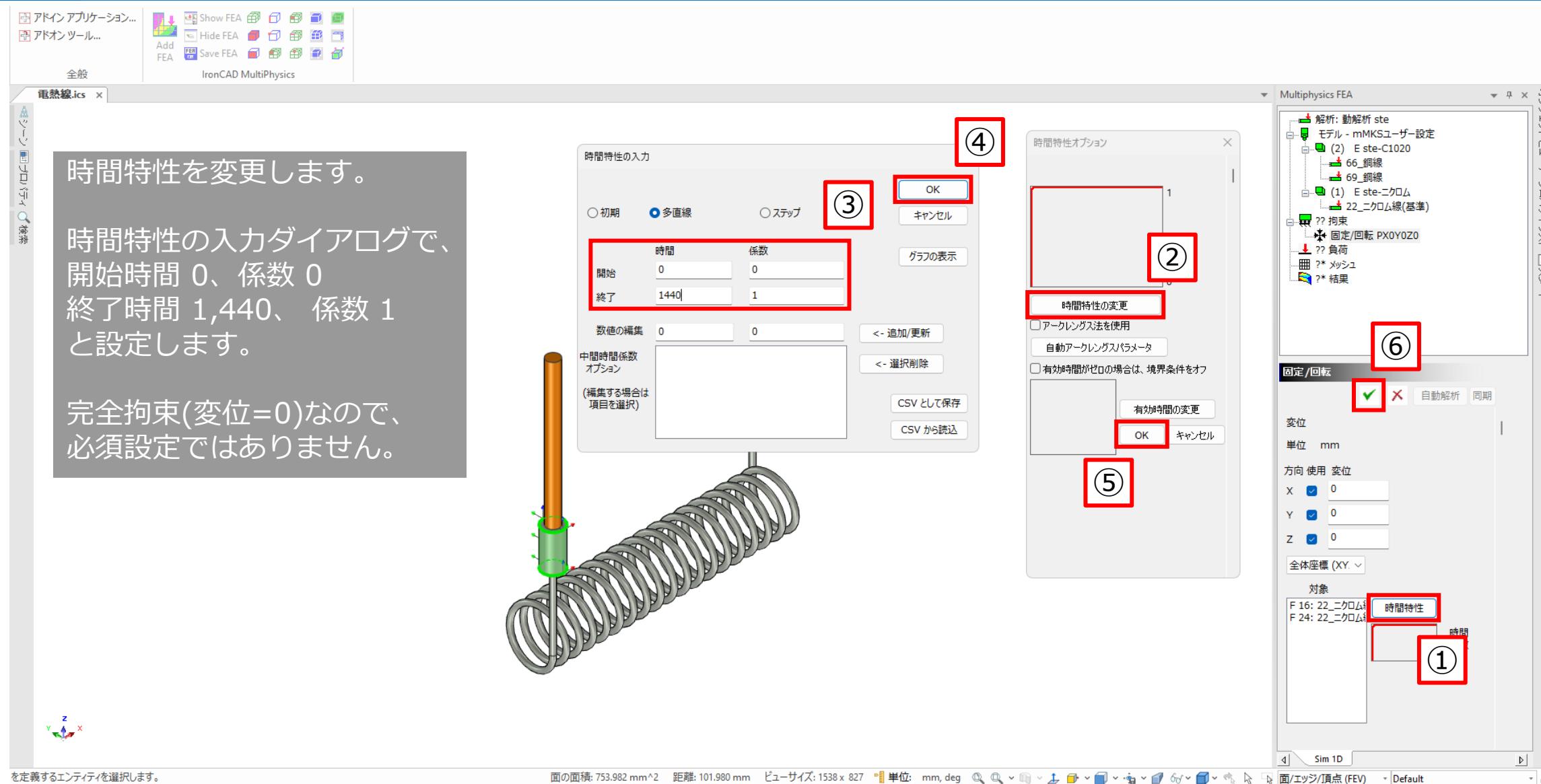
面の面積: 753.982 mm² 距離: 101.980 mm ピューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg

creative machine

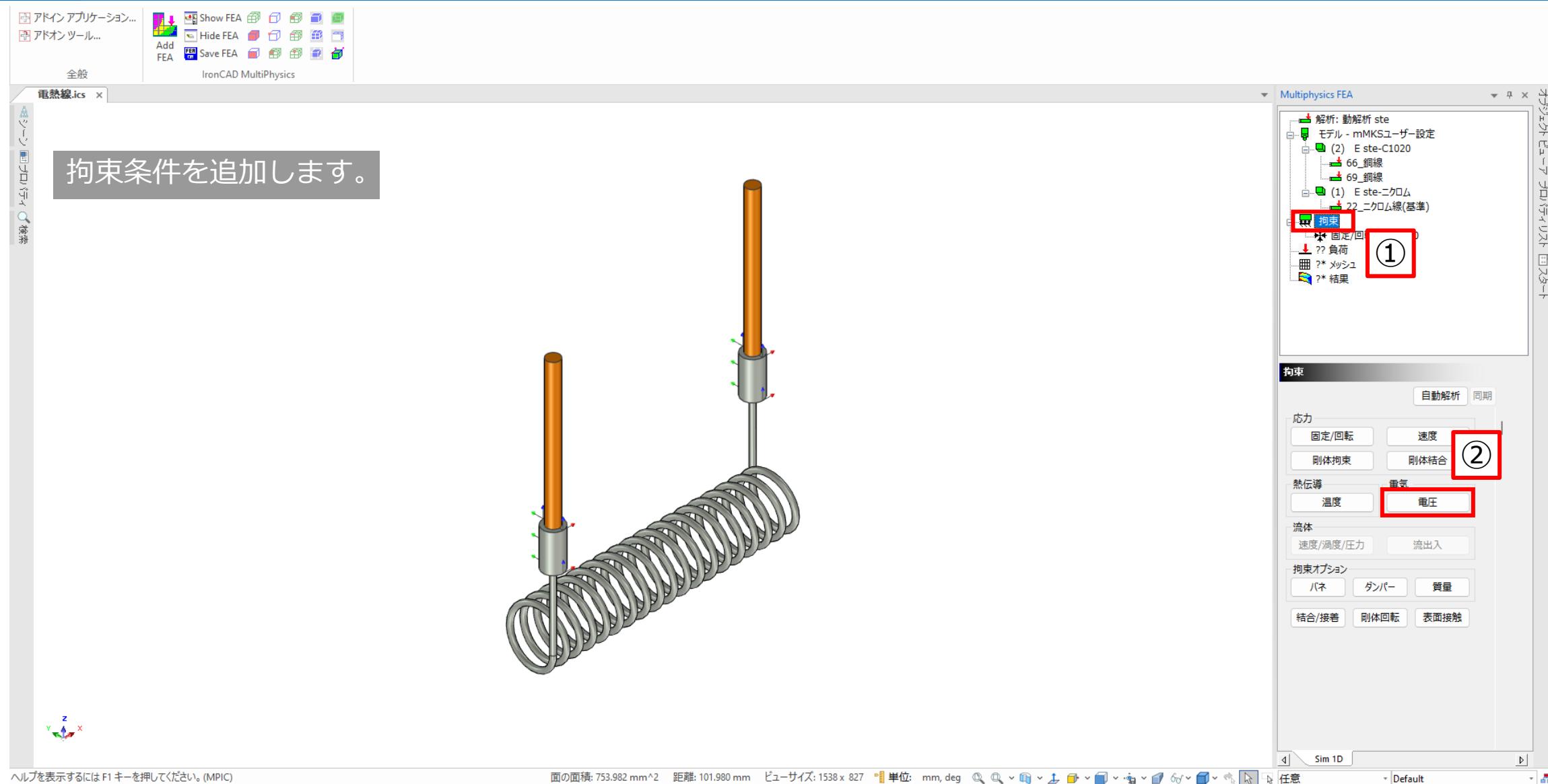
時間特性を変更します。

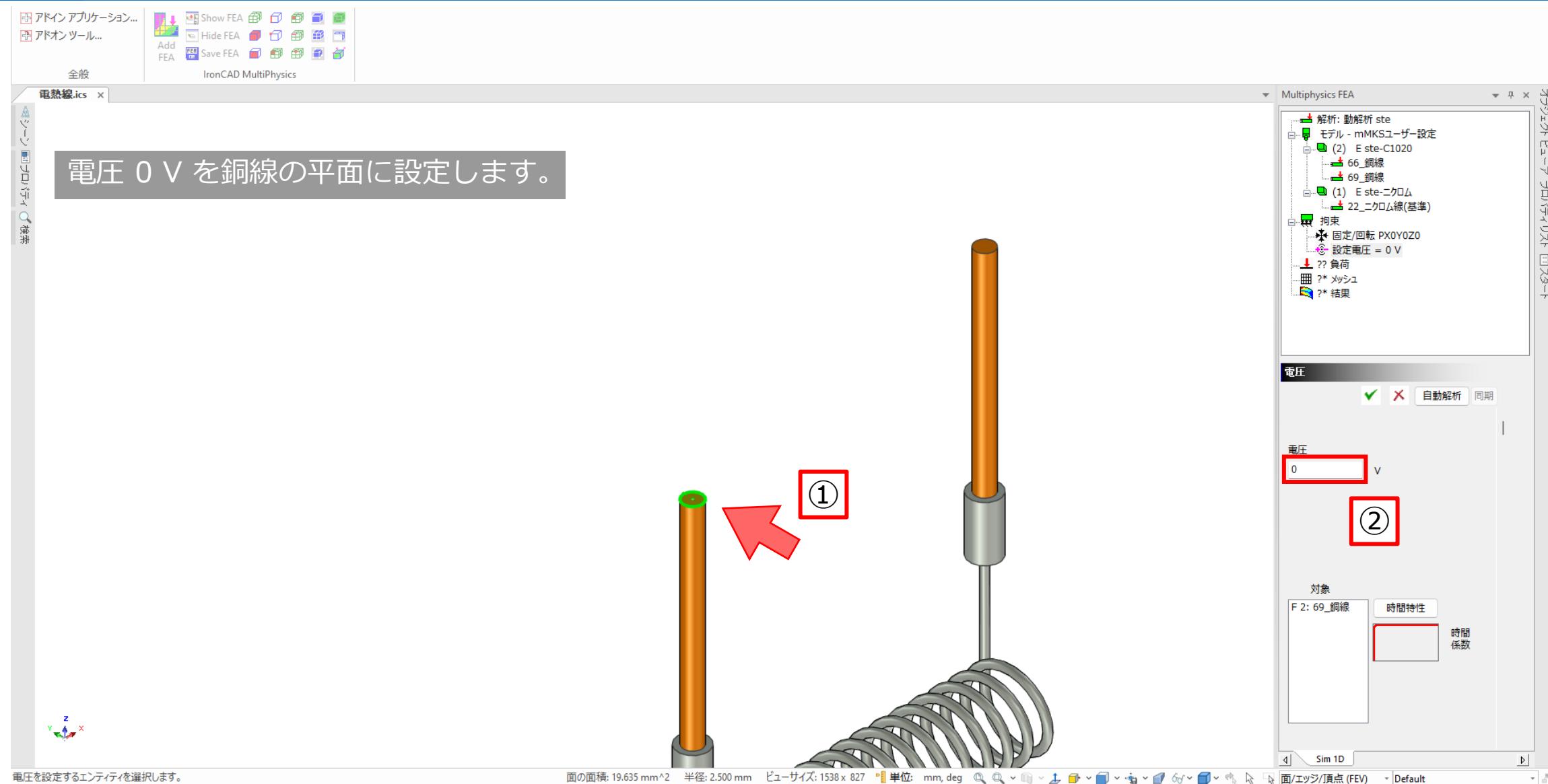
時間特性の入力ダイアログで、
開始時間 0、係数 0
終了時間 1,440、係数 1
と設定します。

完全拘束(変位=0)なので、
必須設定ではありません。

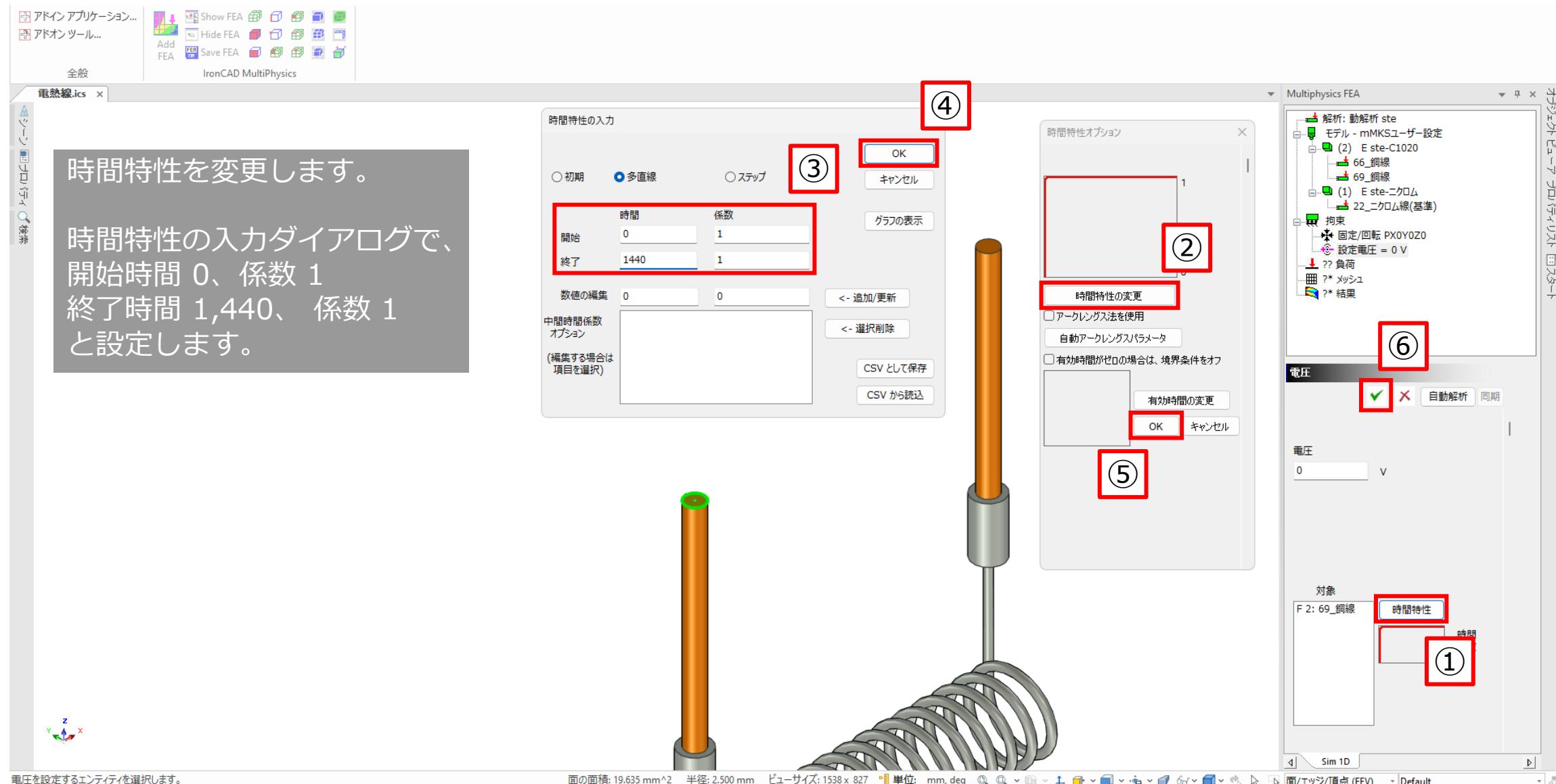


非定常応力電気熱伝導解析 > 拘束設定

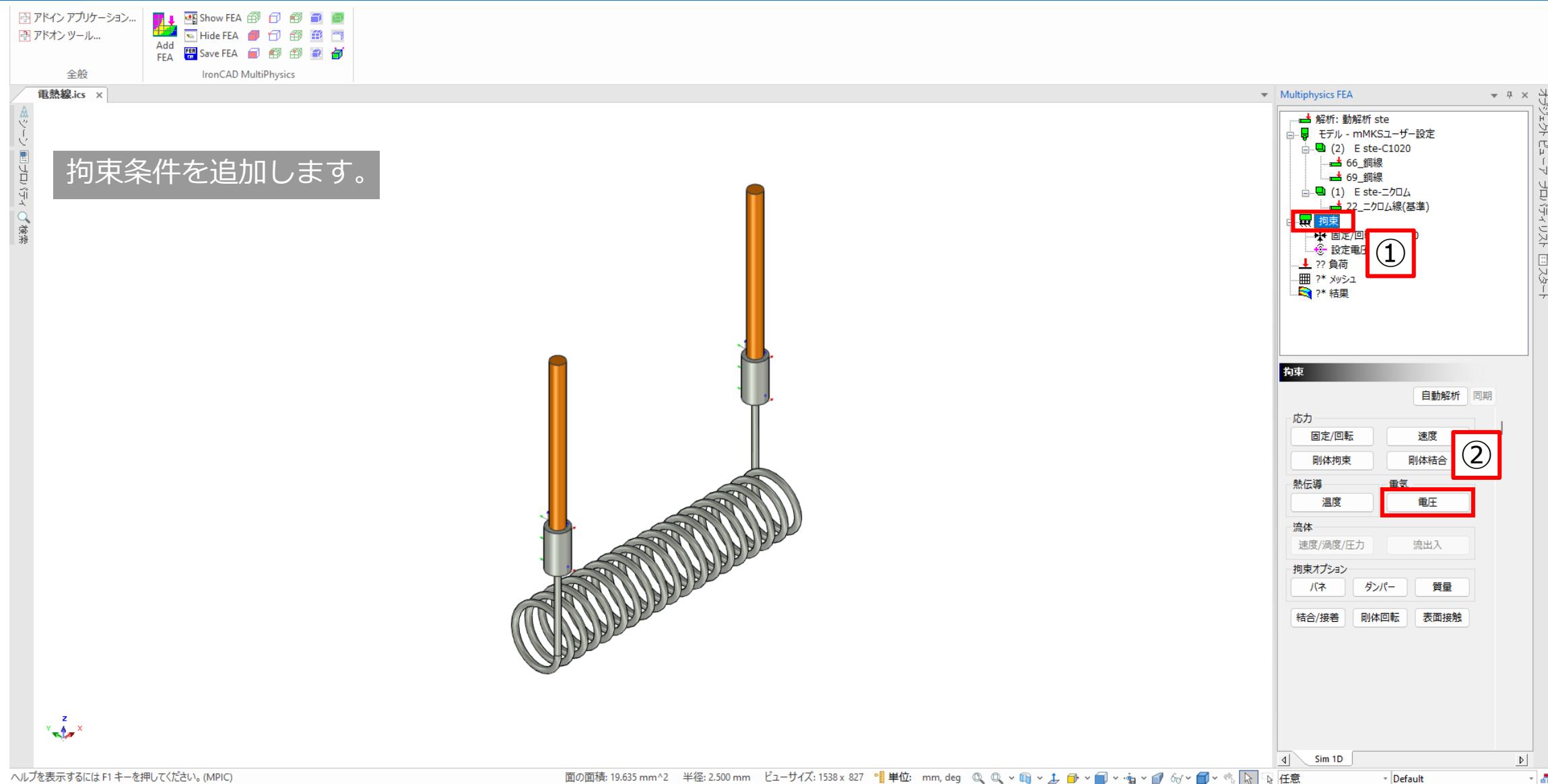




非定常応力電気熱伝導解析 > 拘束設定

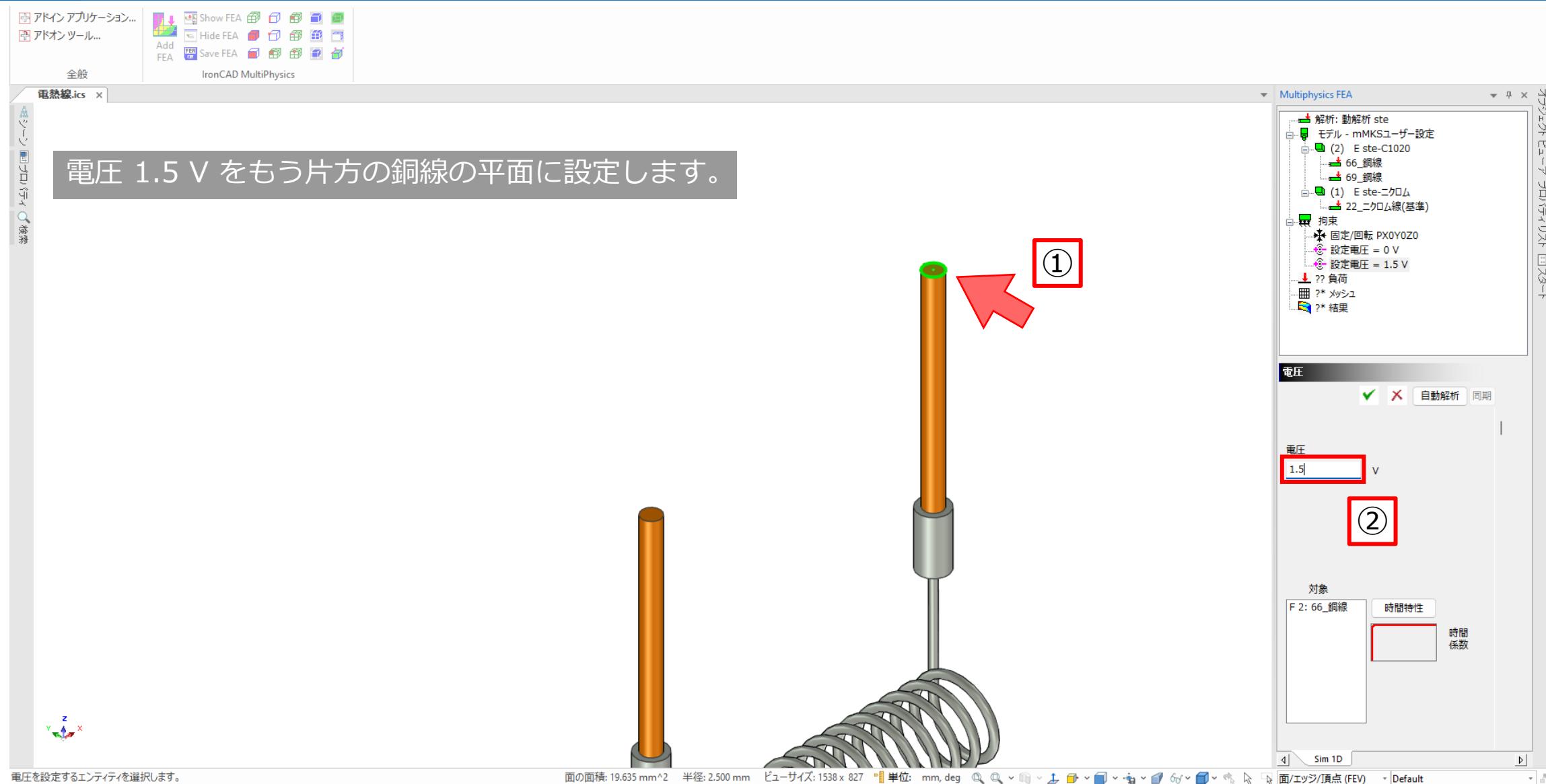


非定常応力電気熱伝導解析 > 拘束設定



非定常応力電気熱伝導解析 > 拘束設定

電圧 1.5 V をもう片方の銅線の平面に設定します。



電圧 1.5 V をもう片方の銅線の平面に設定します。

①

②

電圧

1.5 V

対象

F 2: 66_銅線

時間特性

時間係数

電圧

1.5 V

自動解析

同期

解析: 動解析 ste

モデル - mMKSユーザー設定

(2) E ste-C1020

66_銅線

69_銅線

(1) E ste-ニクロム

22_ニクロム線(基準)

拘束

固定/回転 PX0Y0Z0

設定電圧 = 0 V

設定電圧 = 1.5 V

?? 負荷

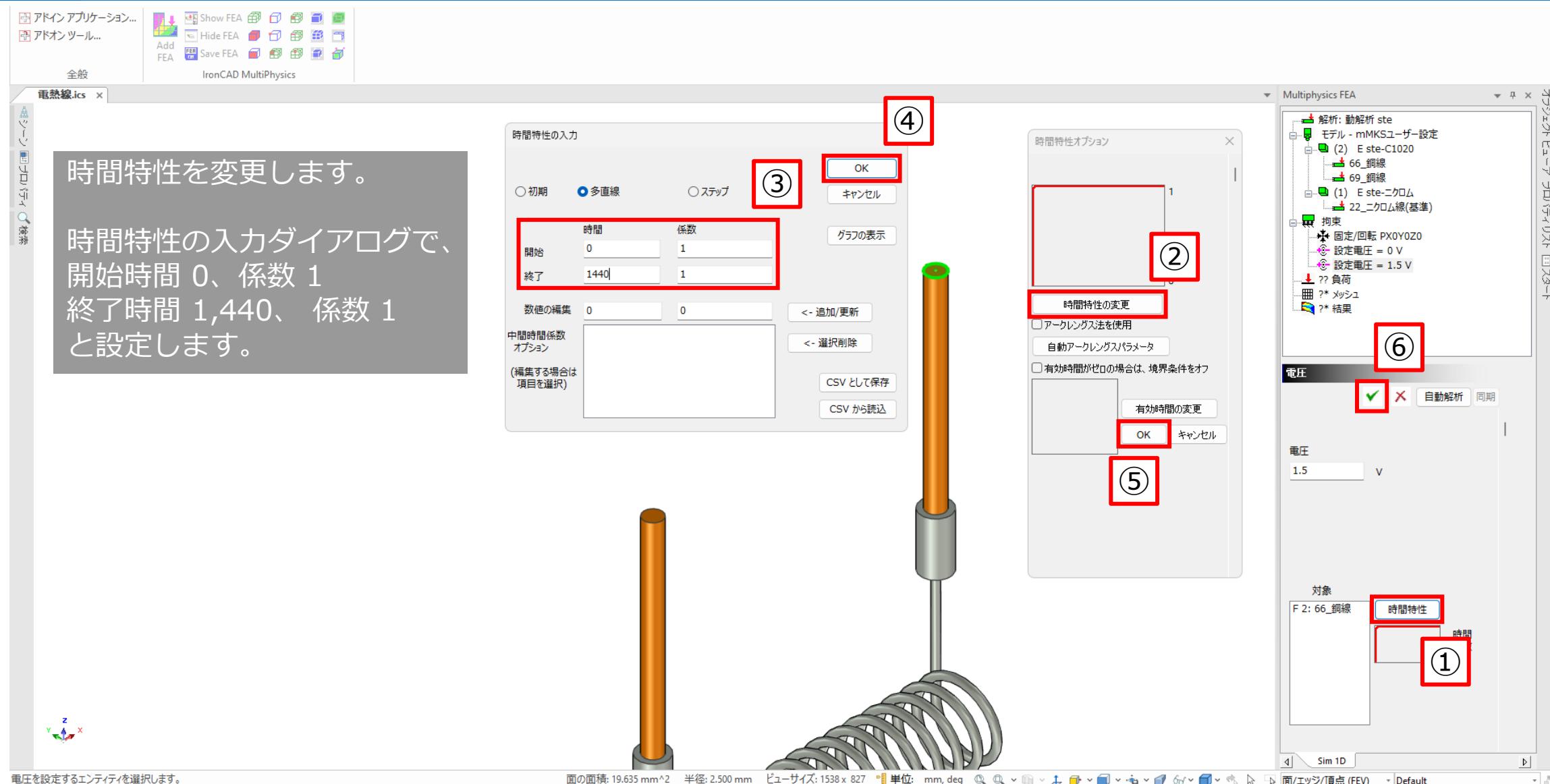
?* メッシュ

?* 結果

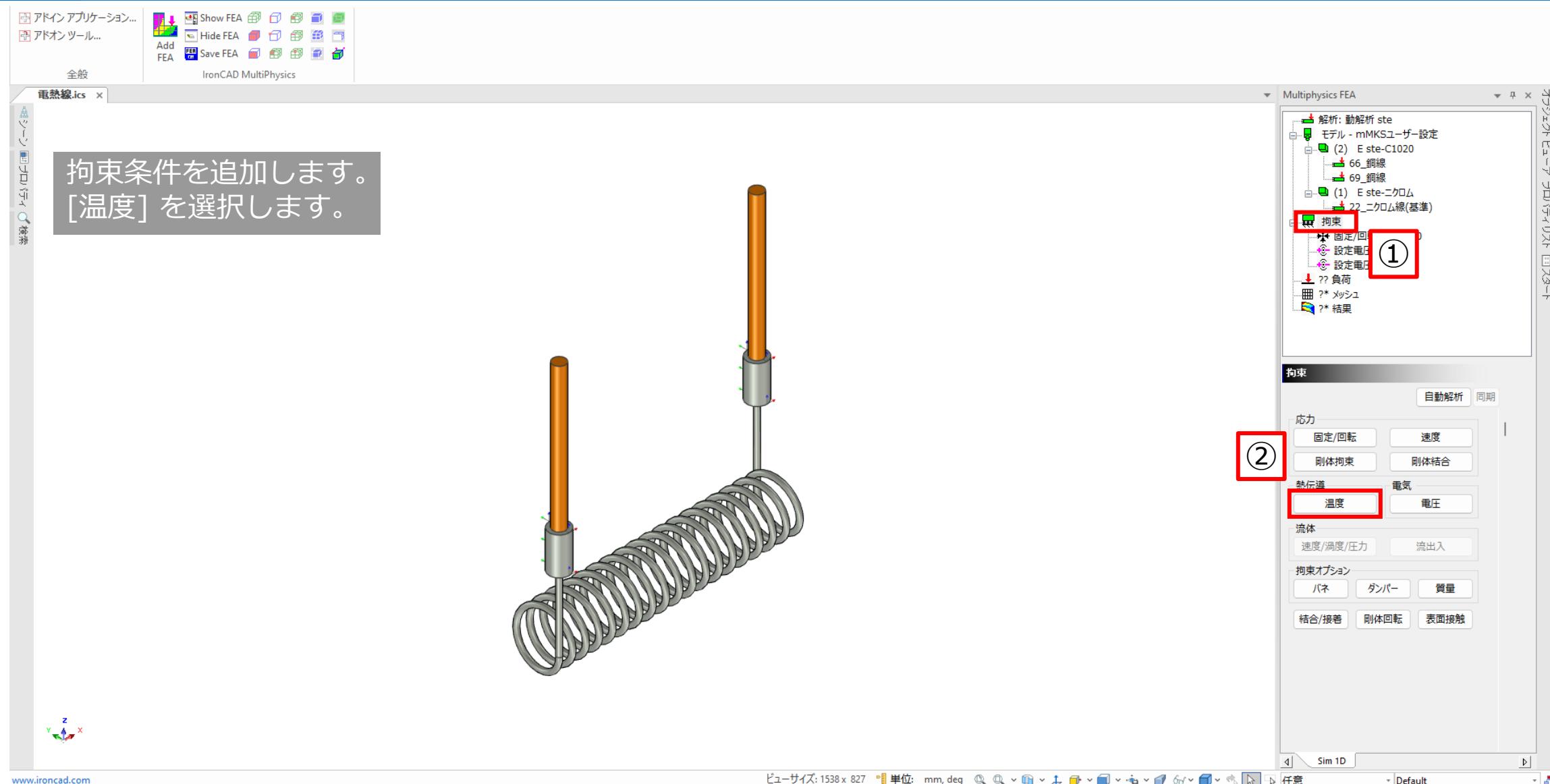
電圧を設定するエンティティを選択します。

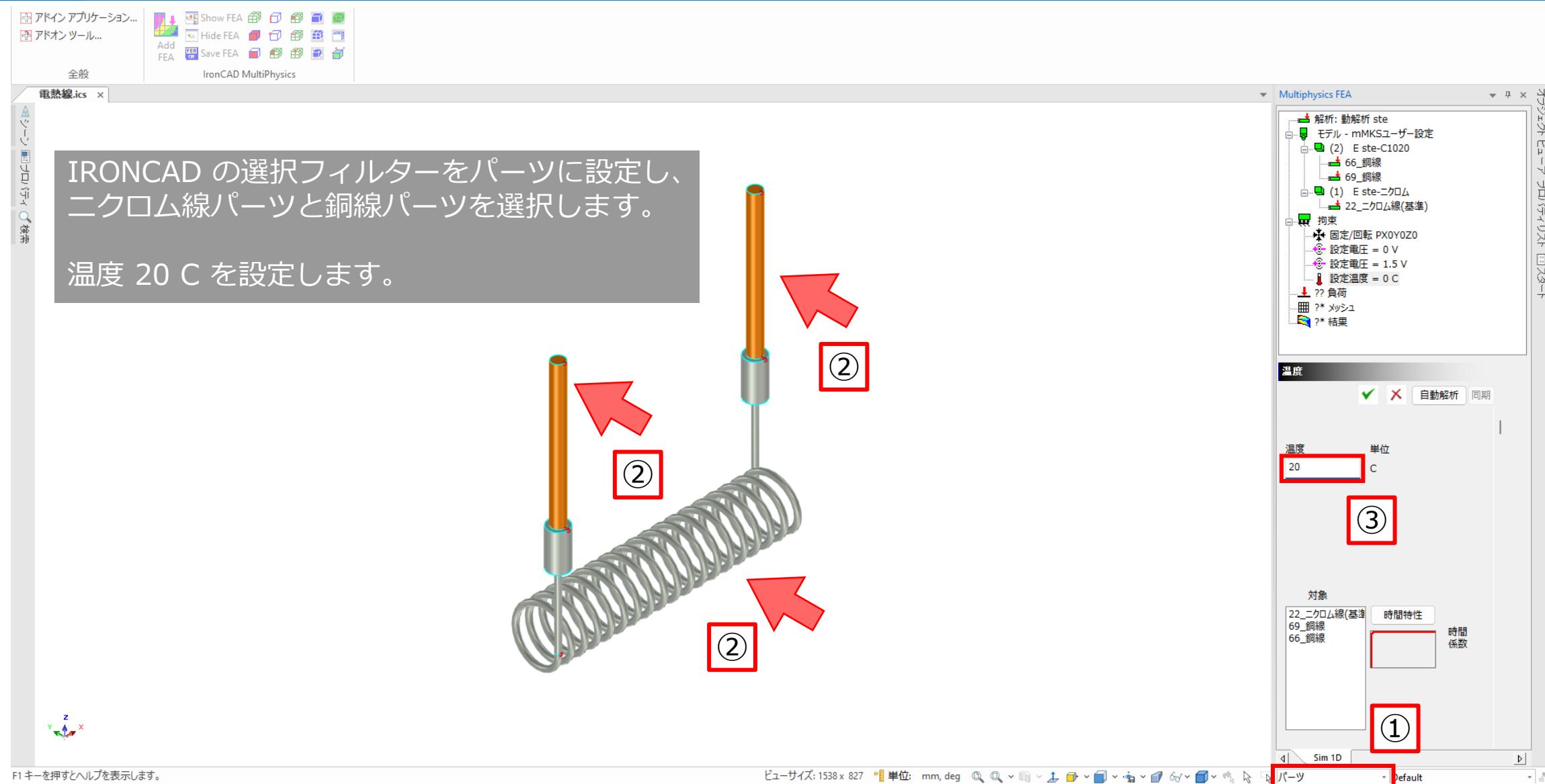
面の面積: 19.635 mm² 半径: 2.500 mm ピューサイズ: 1538 x 827 單位: mm, deg

非定常応力電気熱伝導解析 > 拘束設定

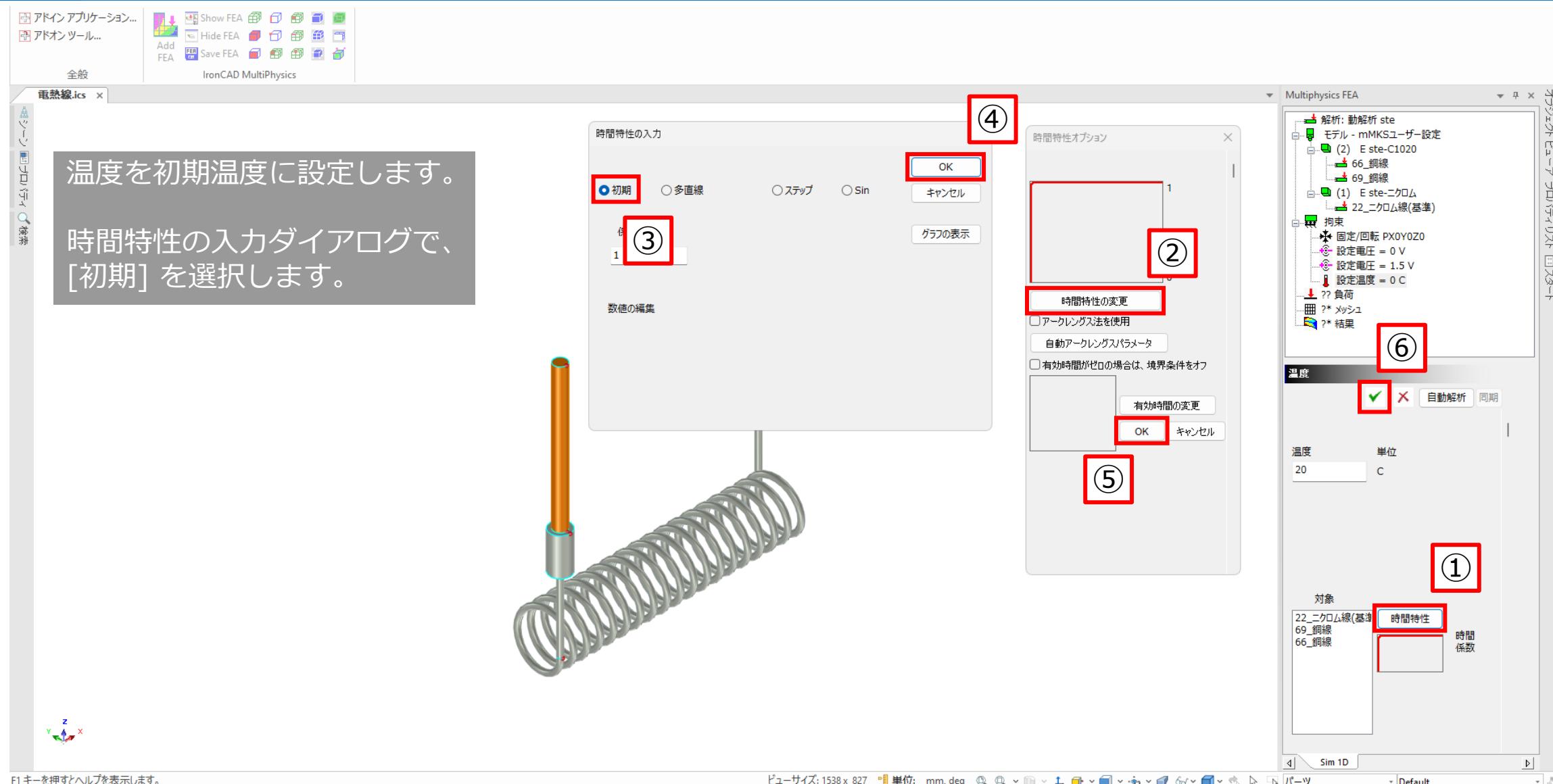


非定常応力電気熱伝導解析 > 拘束設定





非定常応力電気熱伝導解析 > 拘束設定

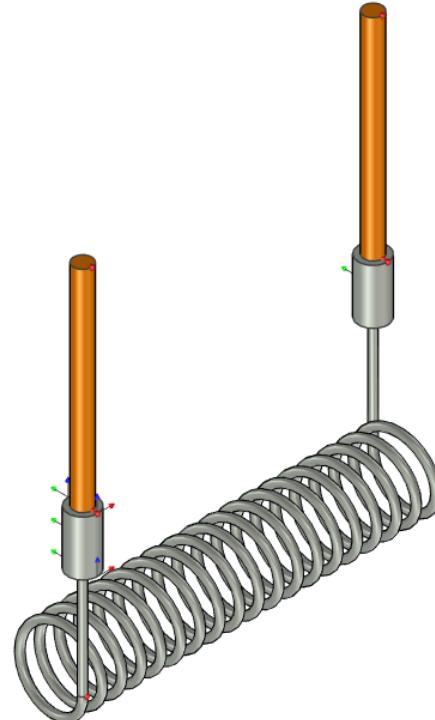


アドイン アプリケーション... Show FEA Hide FEA Add FEA Save FEA IronCAD MultiPhysics

アドオン ツール... 全般

電熱線.ics x

負荷条件を設定します。



解析: 動解析 ste
モデル - mmKMSユーザー設定
(2) E ste-C1020
66_銅線
69_銅線
(1) E ste-ニクロム
22_ニクロム線(基準)
拘束
固定/回転 PX0Y0Z0
設定電圧 = 0 V
設定電圧 = 1.5 V
(Ini) 設定温度 = 20 C
?? 負荷
?* メッシュ
?* 結果
①

自動解析 同期

応力
荷重/圧力 垂直圧力
剛体荷重 静水圧

熱伝導
熱流束
輻射
輻射形態
対流
②

電気
電流 電荷

流体
流体圧力

加速度 遠心力
□ 負荷なし

Sim 1D Default

ヘルプを表示するには F1 キーを押してください。(MPIC)

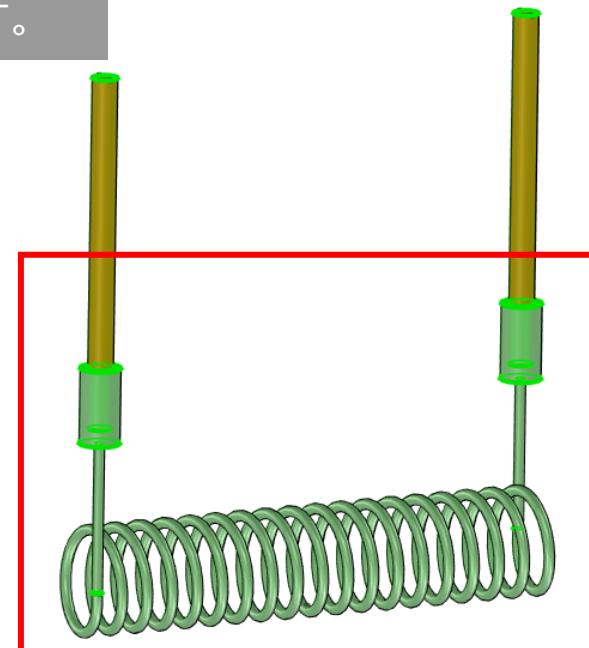
ピューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg

creative machine

アドイン アプリケーション...
アドオン ツール...
全般
IronCAD MultiPhysics

電熱線.ics x

熱伝達率 : 0.000005 J/s/mm²/C
雰囲気温度 : 20 C
をニクロム線と銅線に設定します。



①
②

Multiphysics FEA

- 解析: 動解析 ste
- モデル - mMK5ユーザー設定
- (2) E ste-C1020
 - 66_銅線
 - 69_銅線
- (1) E ste-ニクロム
 - 22_ニクロム線(基準)
- 拘束
 - 固定/回転 PX0Y0Z0
 - 設定電圧 = 0 V
 - 設定電圧 = 1.5 V
 - (Init) 設定温度 = 20 C
- ?? 負荷
- 対流 T = 20 C, 係数 C = 5e-06 J/s/mm²
- ?* メッシュ
- ?* 結果

対流

熱伝達率
0.000005 J/s/mm²/C
①
②

雰囲気温度
20 C

対象
F 1: 69_銅線
F 3: 69_銅線
F 1: 66_銅線
F 3: 66_銅線
F 3: 22_ニクロム
F 15: 22_ニクロム
F 16: 22_ニクロム
F 17: 22_ニクロム
F 18: 22_ニクロム
F 19: 22_ニクロム

Sim 1D

Default

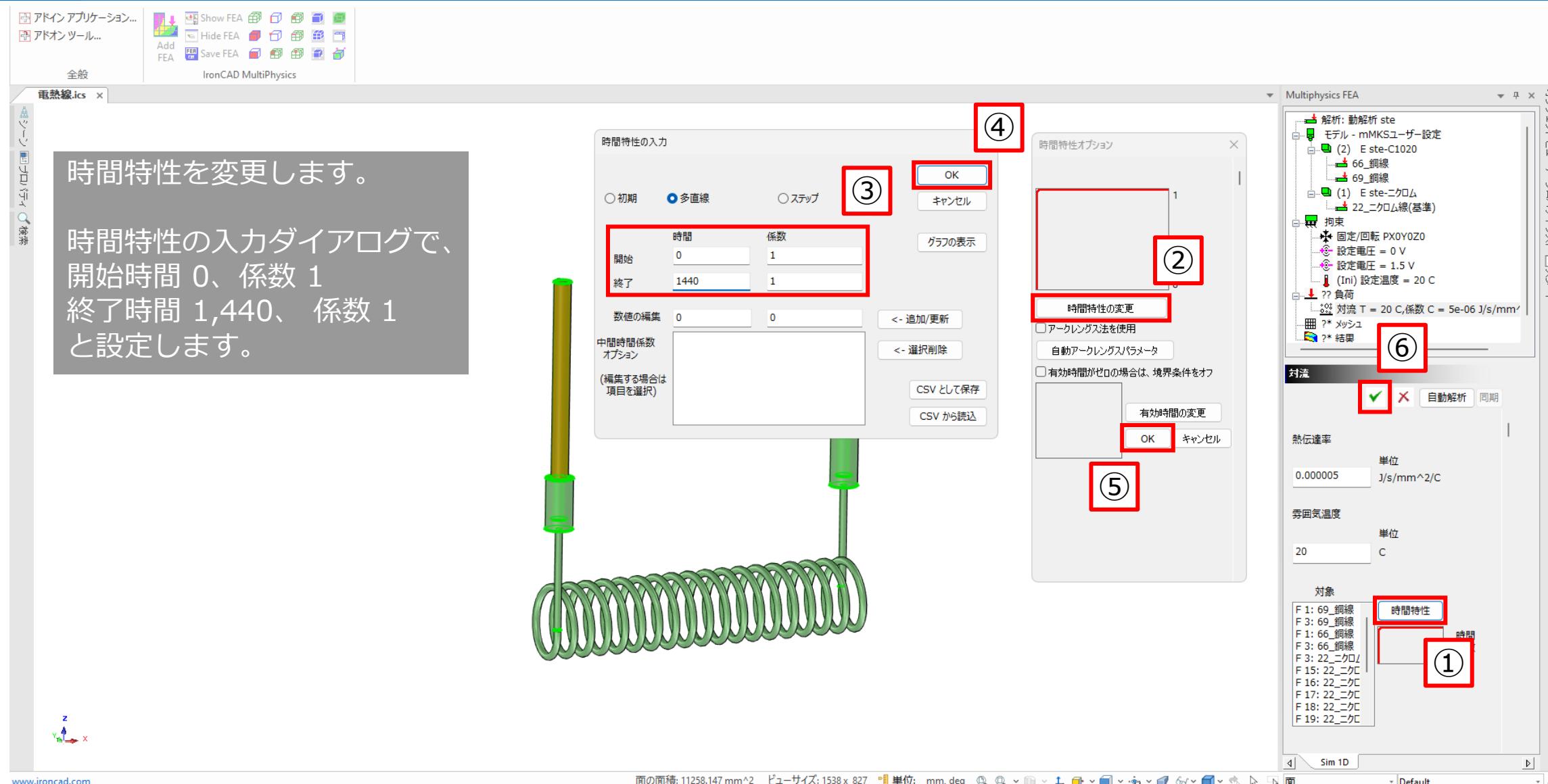
www.ironcad.com

面の面積: 11258.147 mm² ピューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg

creative machine

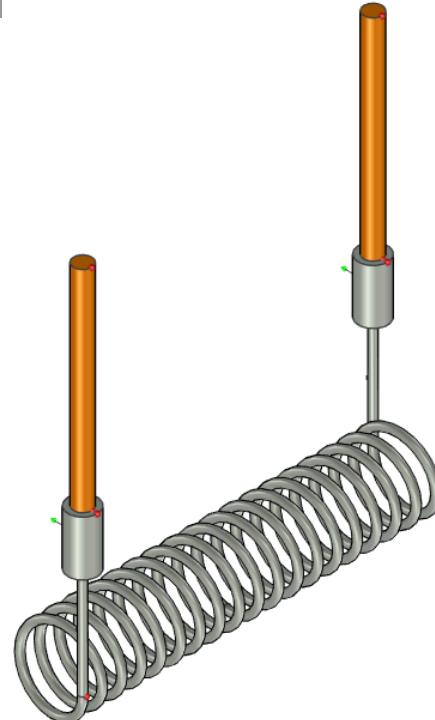
時間特性を変更します。

時間特性の入力ダイアログで、
開始時間 0、係数 1
終了時間 1,440、係数 1
と設定します。



非定常応力電気熱伝導解析 > メッシュ設定

[詳細メッシュ設定]を行います。



解析: 動解析 ste
モデル: mMK5ユーザー設定
(2) E ste-C1020
66_鋼線
69_鋼線
(1) E ste-ニクロム
22_ニクロム線(基準)
拘束
固定/回転 PX0Y0Z0
設定電圧 = 0 V
設定電圧 = 1.5 V
(Init) 設定温度 = 20 C
負荷
対流 T = 20 C, 係数 C = 5e-06 J/s/mm²
?* メッシュ
?* 結果

メッシュ

自動解析 同期

メッシュの生成 メッシュのオン/オフ ログ

詳細メッシュ設定

メッシュ: なし

グループ化しないボディ
結合 独立

結合グループの追加
独立グループの追加

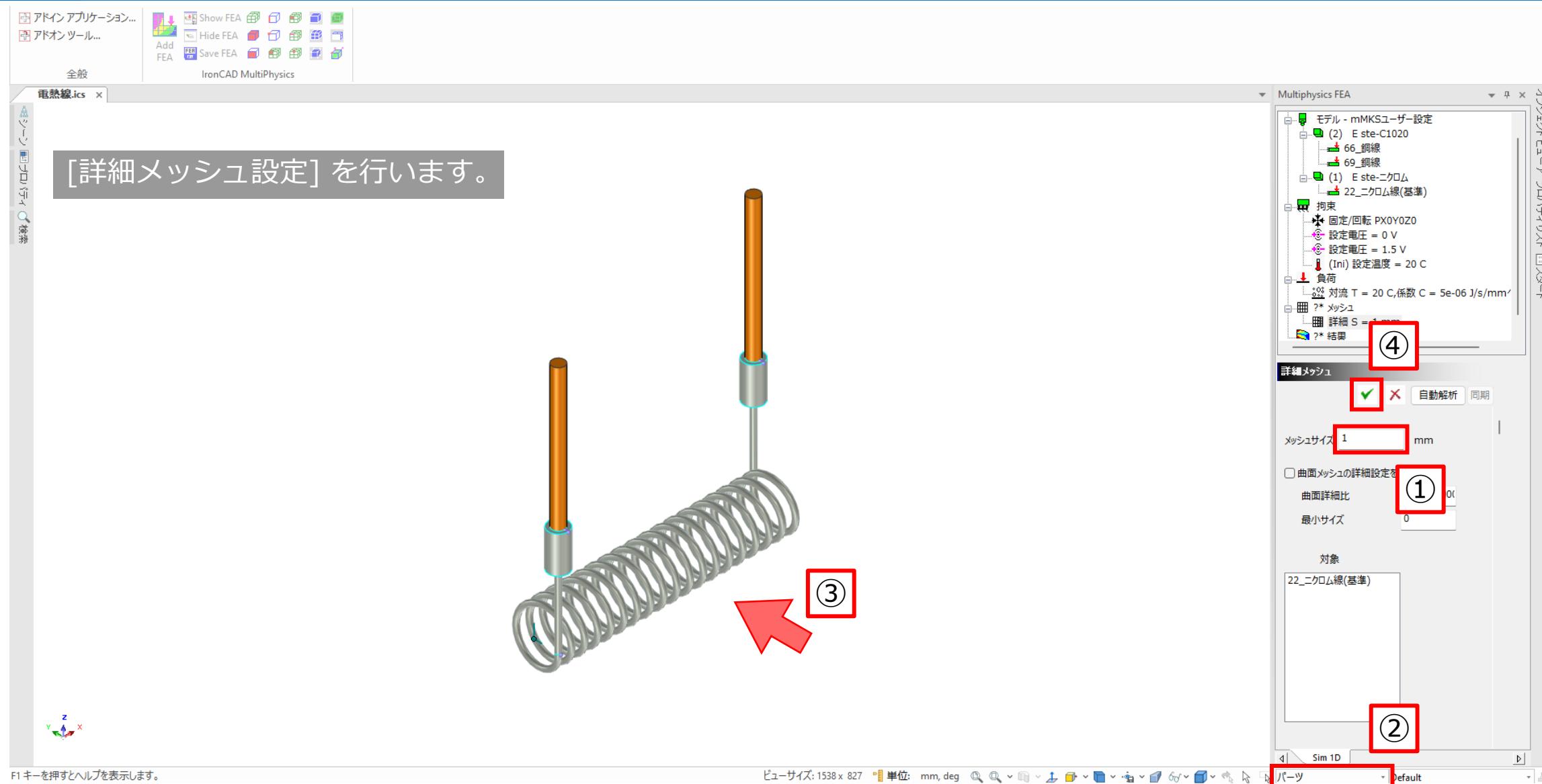
Sim 1D Default

ヘルプを表示するには F1 キーを押してください。(MPIC)

面の面積: 11258.147 mm² ピューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg

creative machine

非定常応力電気熱伝導解析 > メッシュ設定



非定常応力電気熱伝導解析 > メッシュ設定

[メッシュの生成]を行います。

メッシュの生成

形状: ○ 2D (XY) ○ 3D サーフェス/シェル ● ソリッド
粗い 2.2 細かい メッシュサイズ 2.5 mm
概算要素数 4706
曲面メッシュの詳細設定を使用 (全)
曲面詳細比 0.3
最小サイズ 0
オプション
規定期間
生成 保存のみ キャンセル

メッシュの生成オプション

指定されたサイズより小さい
モデルフィーチャーを無視または抑制
アセンブリ 合体/結合 オプション
○ 離散的 FE/ファセット 合体
合体許容差 0 mm
● CAD カーネル (精確)
マルチスレッドメッシュコントロール
使用可能な最大コアを自動的に使用
シミュレーション次要素
□ 2次要素に変更
● 中間節点を境界上に配置 (使用不可)

全体のスムージング設定 3
OK
(1) (5) (6)

メッシュ: なし

グループ化しないボディ
● 組合 ○ 独立
結合グループの追加
独立グループの追加

オブジェクト ピューフォード プロパティリスト
スタート

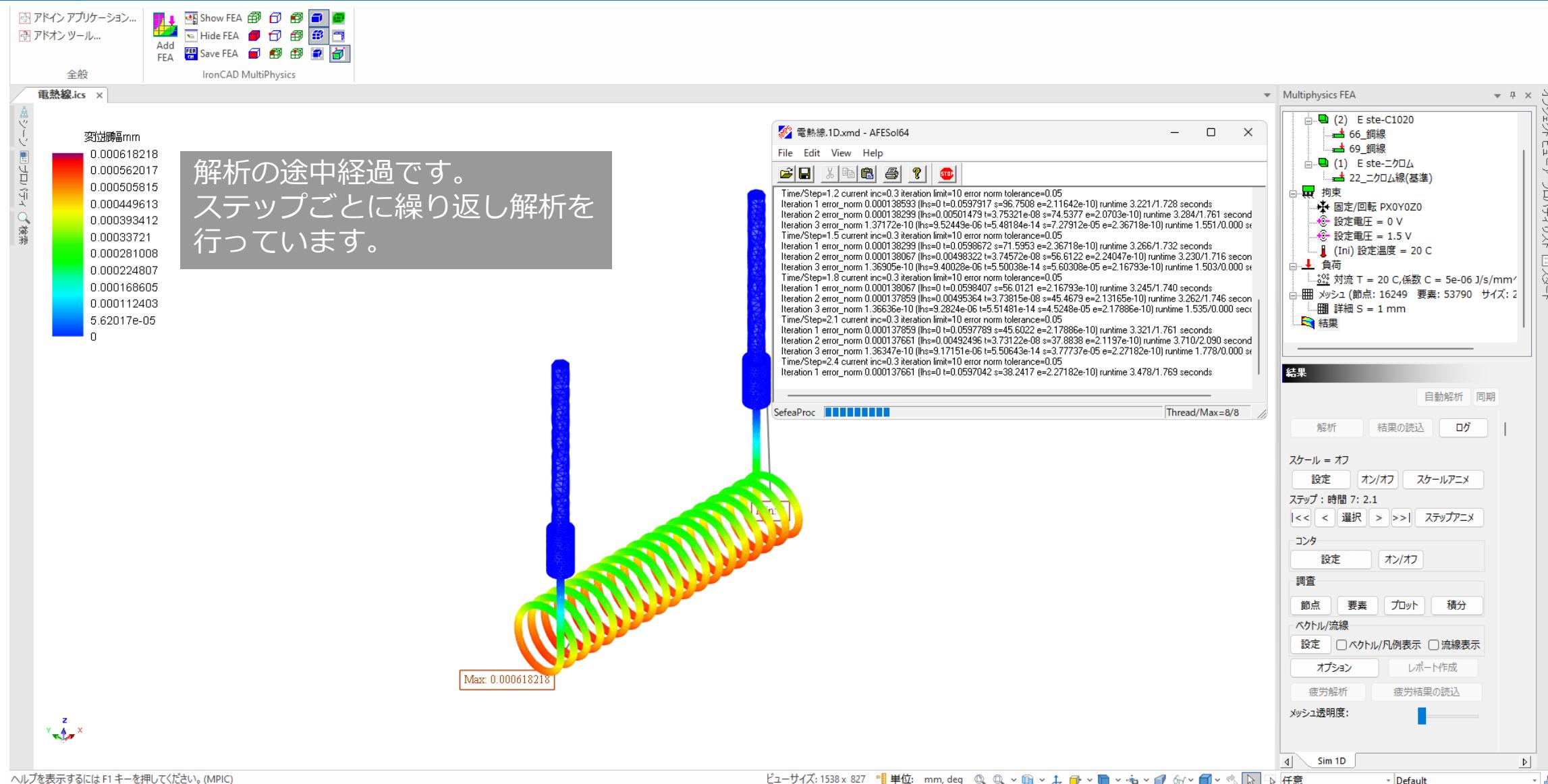
ピューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg

creative machine

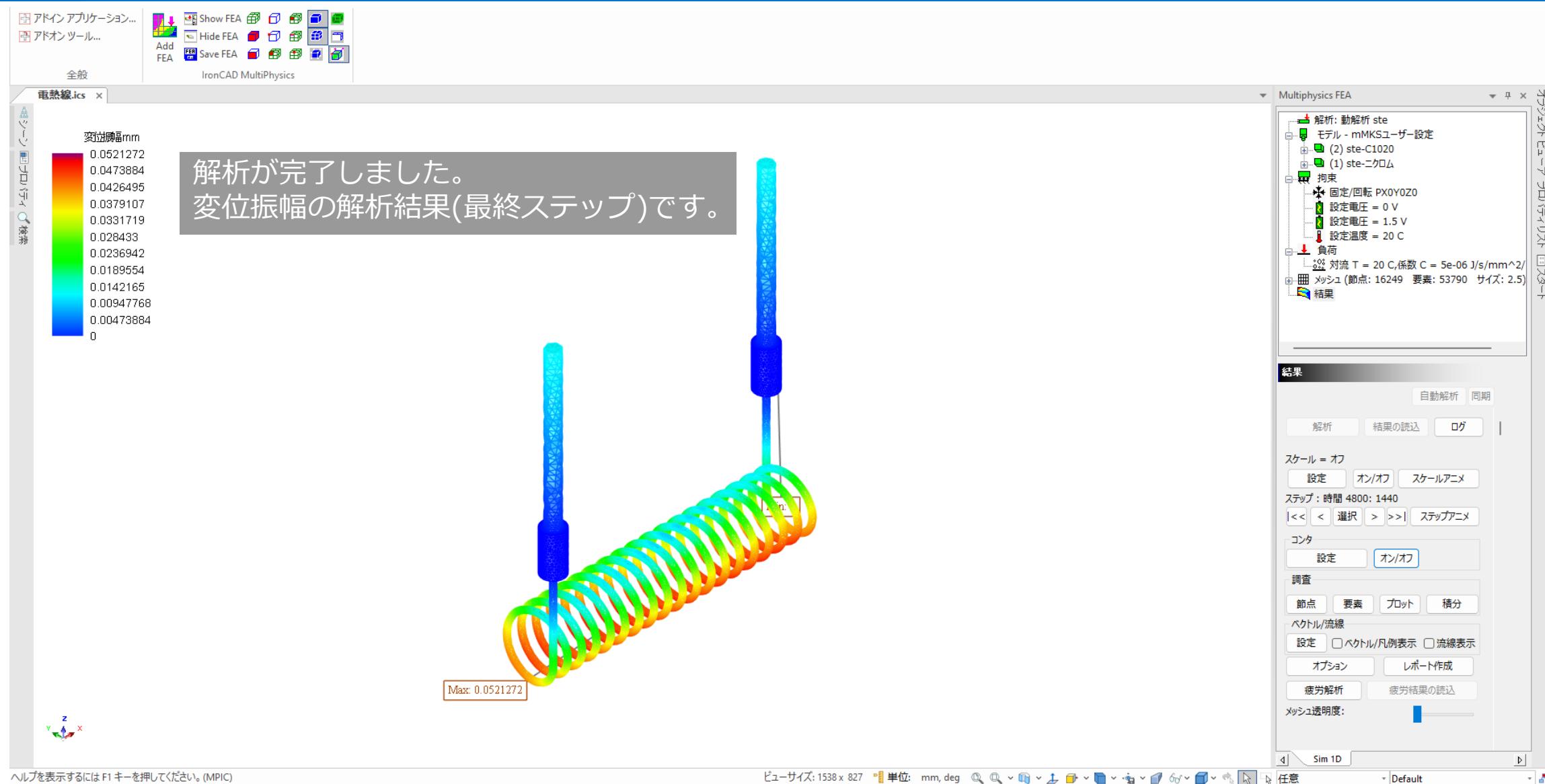
非定常応力電気熱伝導解析 > 結果表示



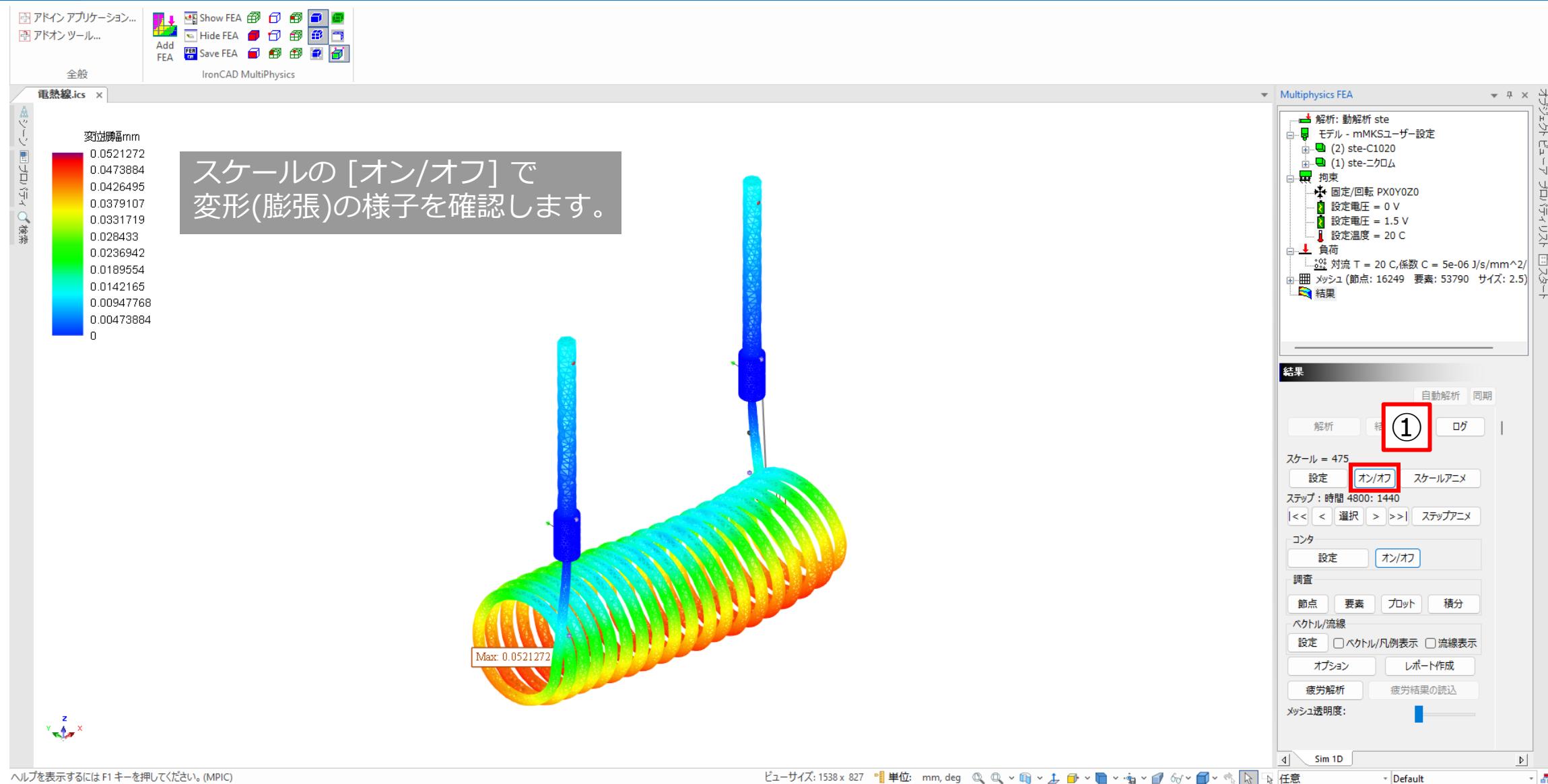
非定常応力電気熱伝導解析 > 結果表示

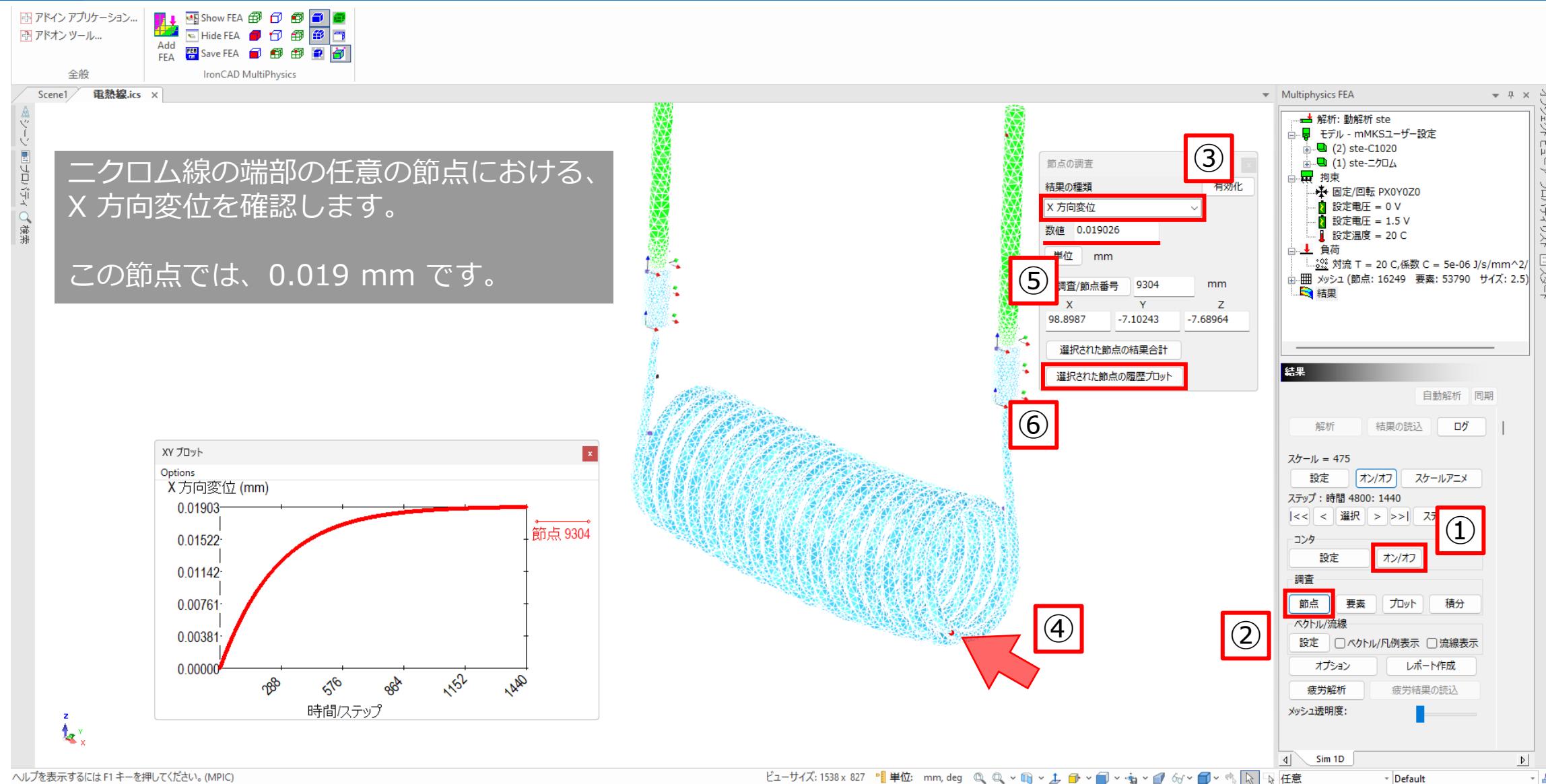


非定常応力電気熱伝導解析 > 結果表示



非定常応力電気熱伝導解析 > 結果表示





同様に、ニクロム線の底面部の任意の節点における、Z 方向変位を確認します。

この節点では、0.051 mm です。
(Z 軸マイナス方向変位)

XY プロット

Options

Z 方向変位 (mm)

時間/ステップ	Z 方向変位 (mm)
0	0.00000
288	-0.01028
576	-0.02057
864	-0.03085
1152	-0.04114
1440	-0.05142

節点 4584

ピューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg

MPIC

1

2

3

4

解析: 動解析 ste

モデル - mMK5ユーザー設定

(2) ste-C1020

(1) ste-ニクロム

拘束

固定/回転 PX0Y0Z0

設定電圧 = 0 V

設定電圧 = 1.5 V

設定温度 = 20 C

負荷

対流 T = 20 C, 係数 C = 5e-06 J/s/mm²/

メッシュ (節点: 16249 要素: 53790 サイズ: 2.5)

結果

自動解析 同期

スケール = 475

設定 オン/オフ スケールアニメ

ステップ: 時間 4800: 1440

コンタ 設定 オン/オフ

調査

節点 要素 プロット 積分

ベクトル/流線

オプション レポート作成

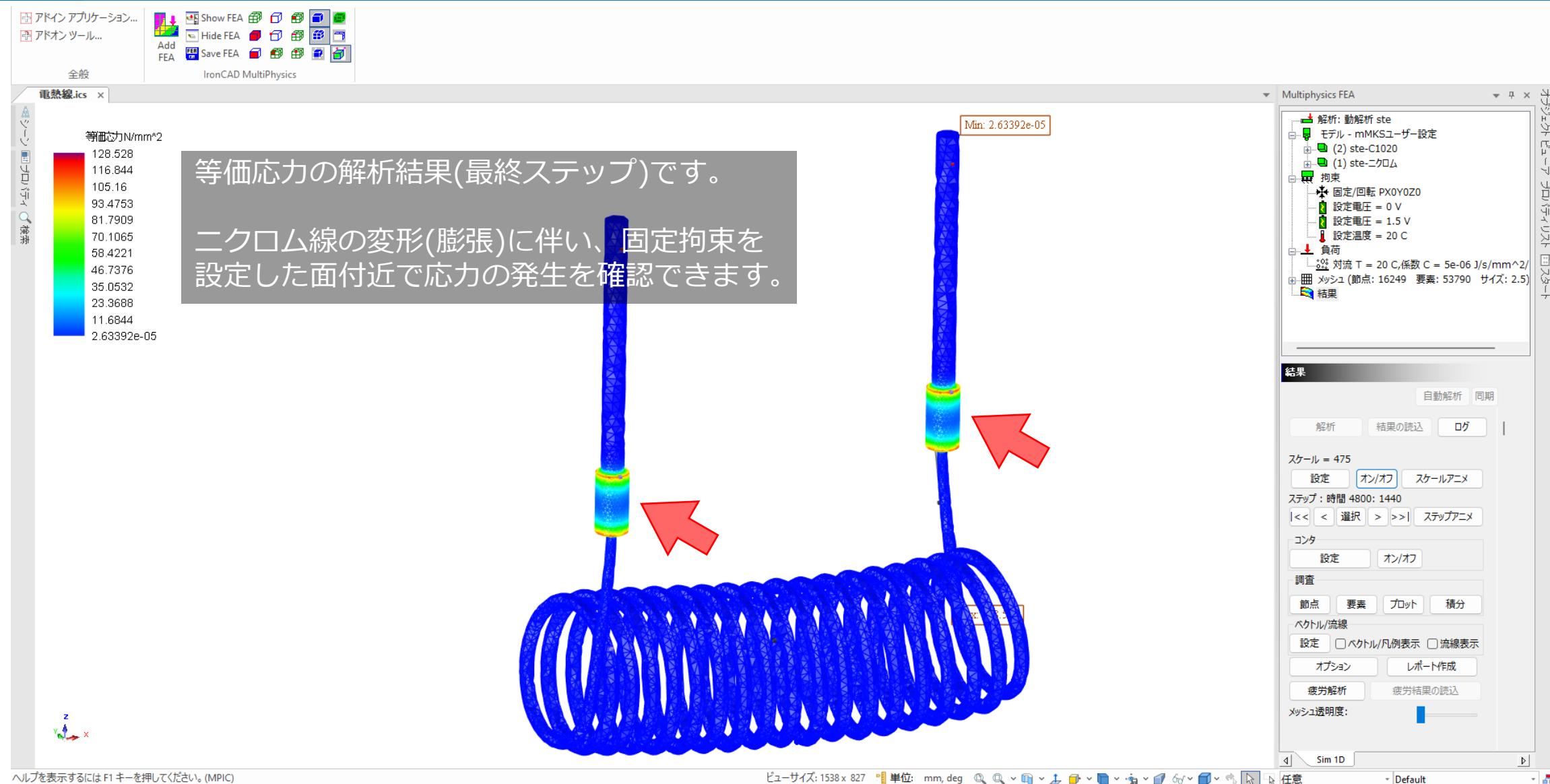
疲労解析 疲労結果の読み込み

メッシュ透明度:

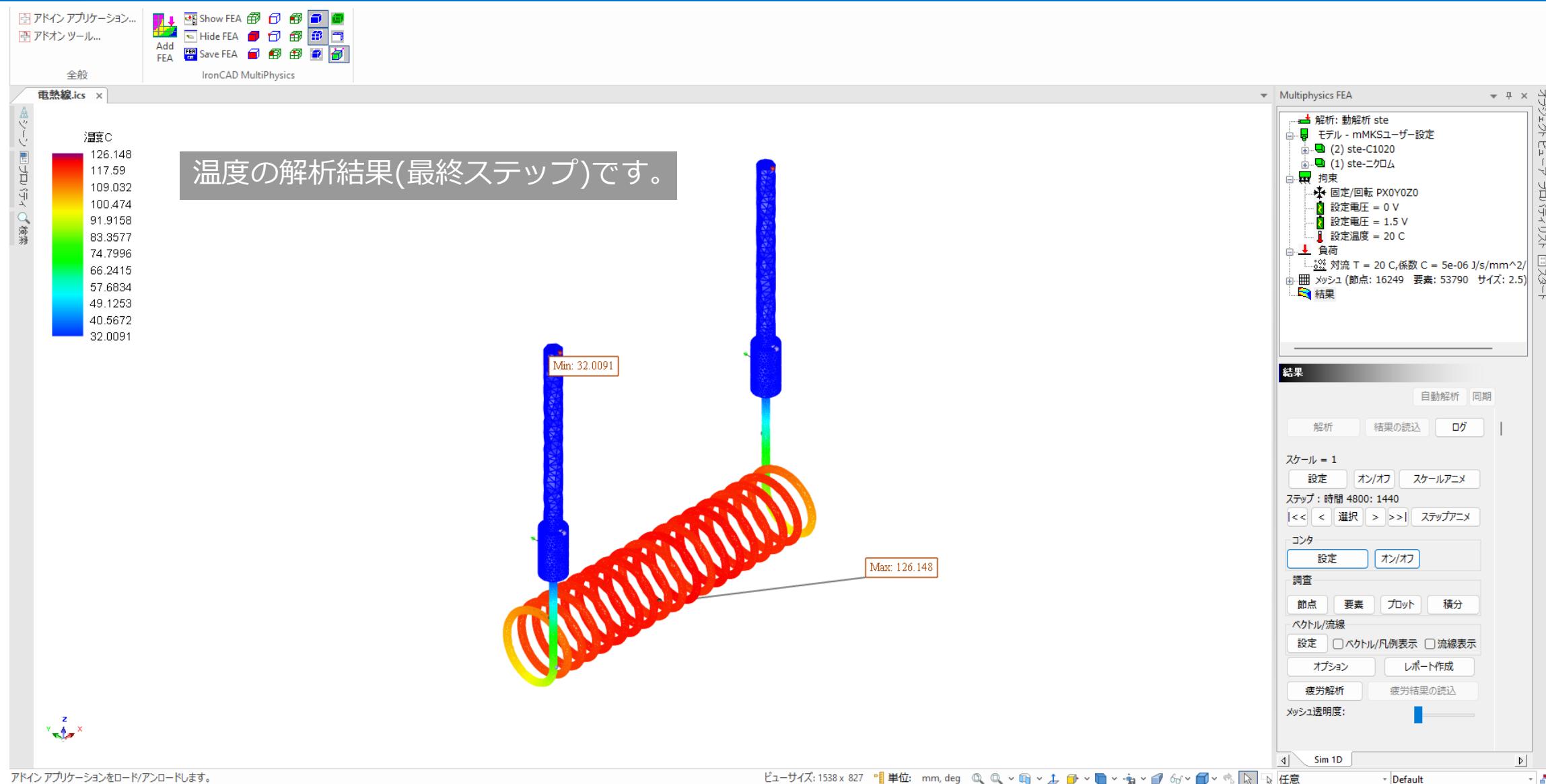
Sim 1D

Default

creative machine

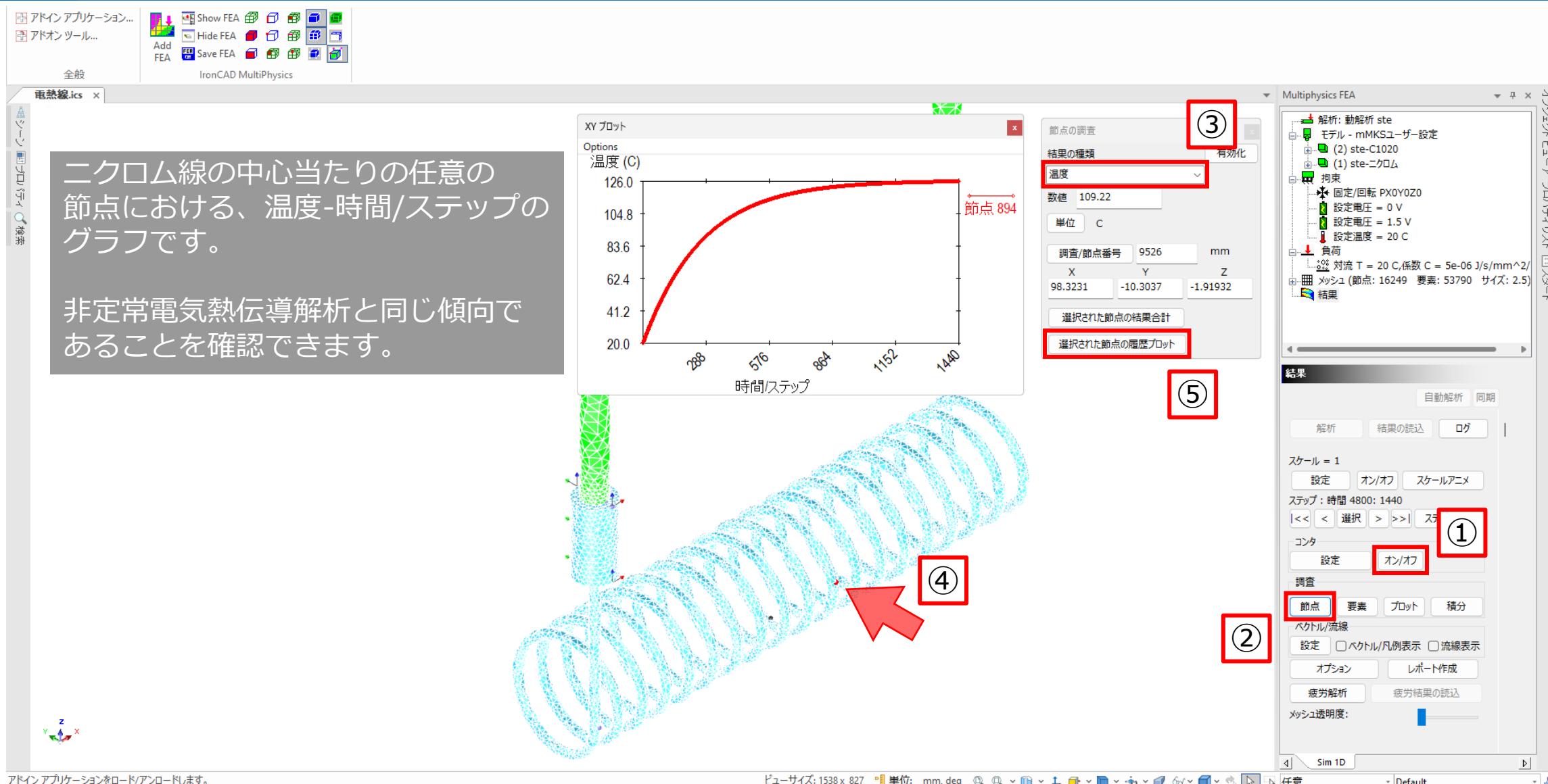
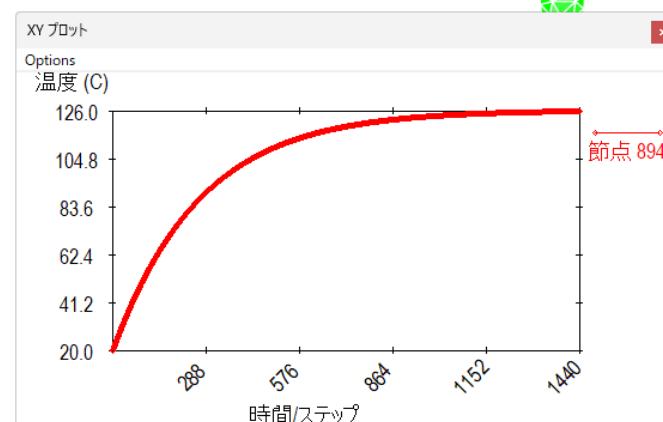


非定常応力電気熱伝導解析 > 結果表示



ニクロム線の中心当たりの任意の
節点における、温度-時間/ステップの
グラフです。

非定常電気熱伝導解析と同じ傾向であることを確認できます。



アドイン アプリケーション... Show FEA Hide FEA Save FEA IronCAD MultiPhysics

アドオン ツール... Add FEA

全般

電熱線.ics x

变形(要素の移動)を伴う非定常解析では、今回の例のようにステップ数を細かくする必要があります。

こちらはステップ数を 30 に変更した場合の X 方向変位の解析結果です。ステップ 0 秒から 30 秒において、明らかにおかしな結果になっていることが確認できます。

節点の調査
結果の種類 X 方向変位
数値 0.162001
単位 mm
調査/節点番号 9304 mm
X 98.8987 Y -7.10243 Z -7.68964
選択された節点の結果合計
選択された節点の履歴プロット

Multiphysics FEA

オブジェクト ピューフォード プロパティリスト ステップ

(2) E ste-C1020
66_鋼線
(1) E ste-ニクロム
22_ニクロム線(基準)
拘束
固定/回転 PX0Y0Z0
設定電圧 = 0 V
設定電圧 = 1.5 V
(Ini) 設定温度 = 20 C
負荷
対流 T = 20 C, 係数 C = 5e-06 J/s/mm²
メッシュ(節点: 16249 要素: 53790 サイズ: 2 mm)
詳細 S = 1 mm
結果

結果
自動解析 同期
解析 結果の読み込み ログ
スケール: オフ 設定 オン/オフ スケールアニメ
ステップ: 時間 1: 30 |<<| < 遅延 > >>| ステップアニメ
コンタ
設定 オン/オフ
調査
節点 要素 プロット 積分
ベクトル/流線
設定 ベクトル/凡例表示 流線表示
オプション レポート作成
疲労解析 疲労結果の読み込み
メッシュ透明度:
Sim 1D Default

XY プロット
Options
X 方向変位 (mm)
0.1620
0.1296
0.0972
0.0648
0.0324
0.0000
節点 9304
時間/ステップ
288 576 864 1152 1440

ヘルプを表示するには F1 キーを押してください。(MPIC)

ピューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg

creative machine