

# 定常電気熱伝導解析

アドイン アプリケーション...  
アドオン ツール...

全般

IronCAD MultiPhysics

銅線とニクロム線が接触しているモデルで  
定常電気熱伝導解析を行います。

銅線に電圧をかけ、ニクロム線の温度を解析します。

ニクロム線は

- ・ 基準となるもの(基準)
- ・ 巻き数を減らし短くしたもの(短)
- ・ 線の径を大きくしたもの(大)

の三種類で解析を比較し、  
ジュール熱の関係を考察します。

(大)

(短)

(基準)

スタート

新規 開く 保存 閉じる

検索...

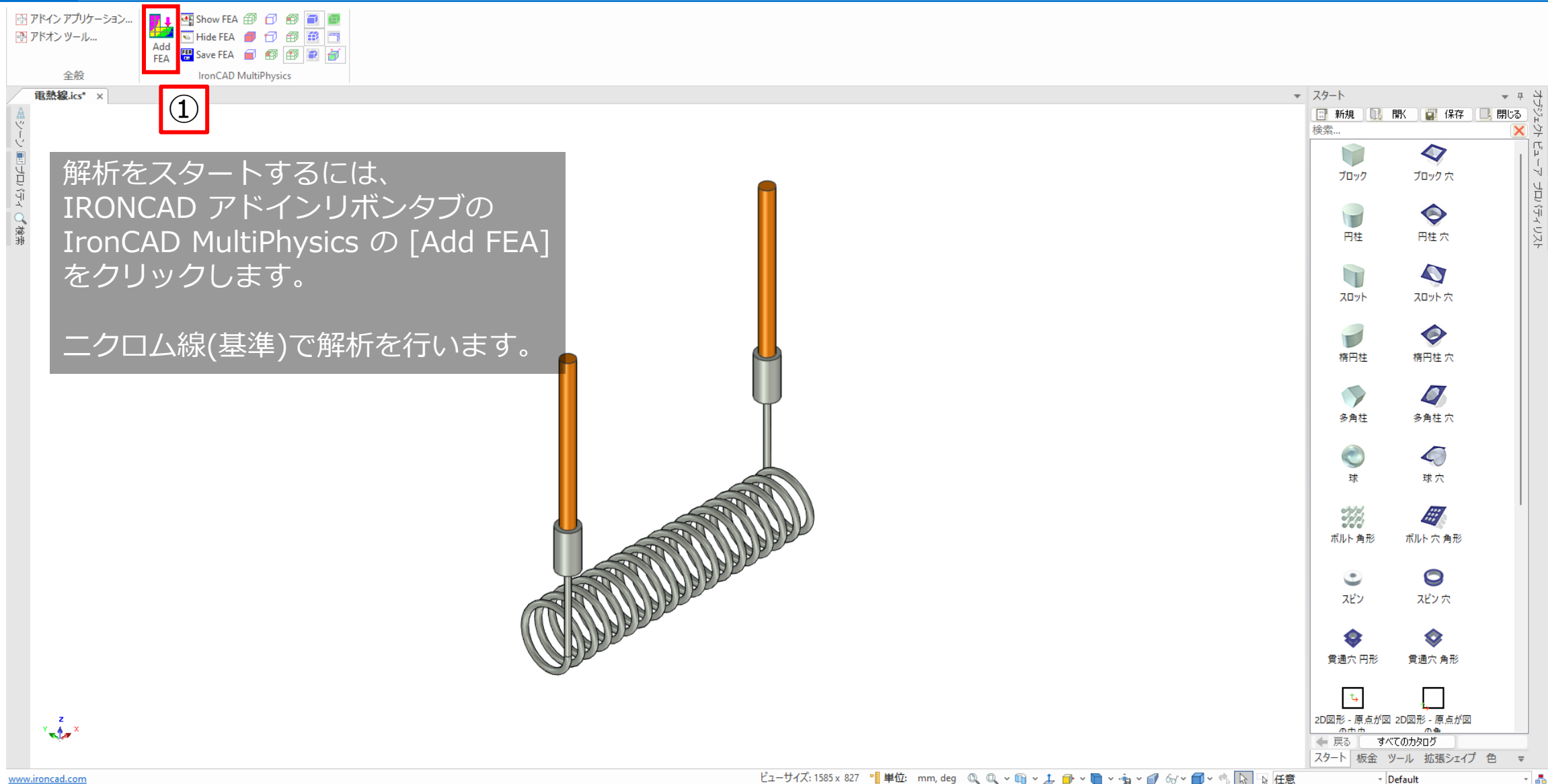
|        |          |
|--------|----------|
| ブロック   | ブロック 穴   |
| 円柱     | 円柱 穴     |
| スロット   | スロット 穴   |
| 楕円柱    | 楕円柱 穴    |
| 多角柱    | 多角柱 穴    |
| 球      | 球 穴      |
| ボルト 角形 | ボルト 穴 角形 |
| スピン    | スピン 穴    |
| 貫通穴 円形 | 貫通穴 角形   |

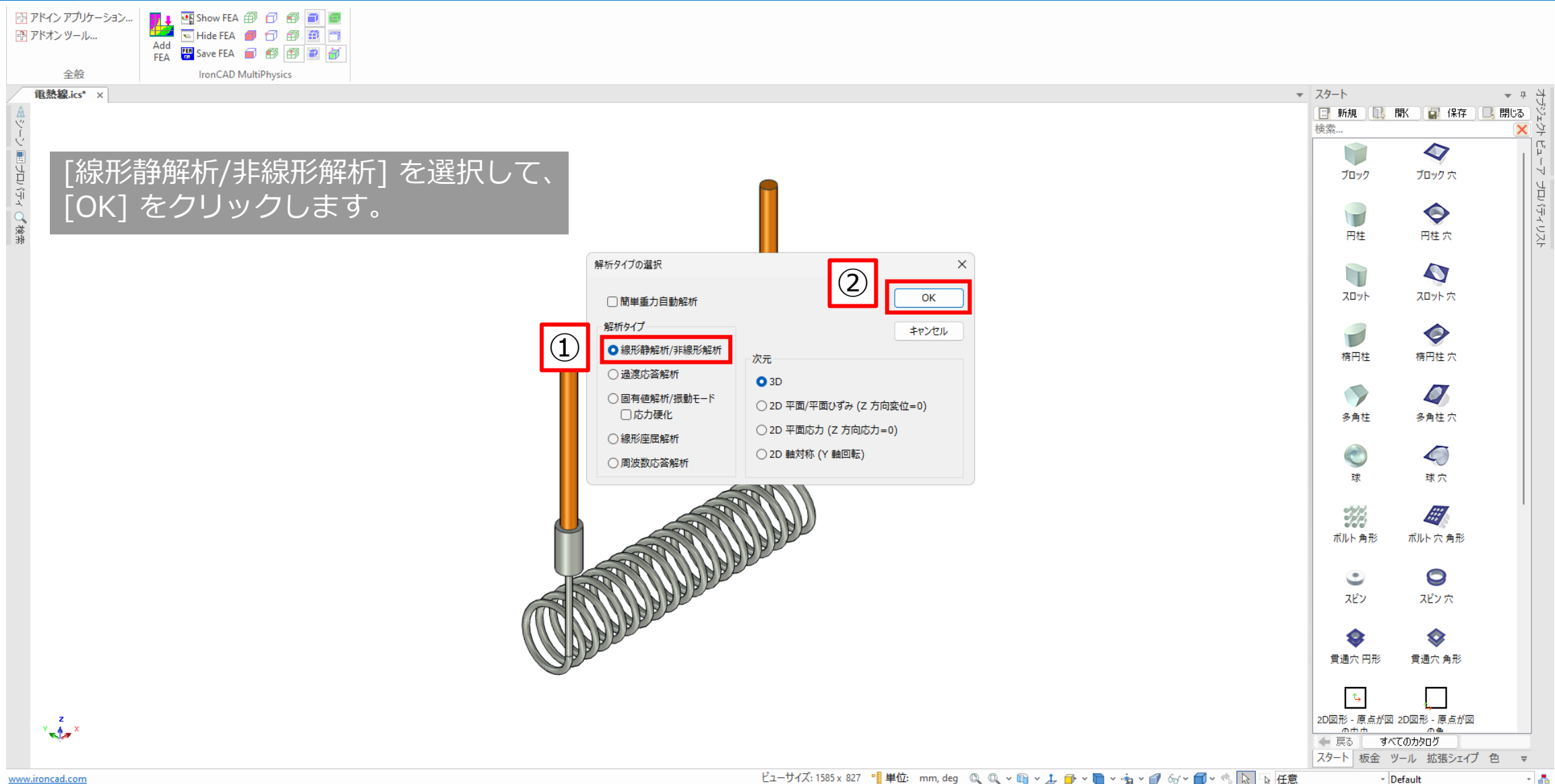
2D図形 - 原点が図 2D図形 - 原点が図

戻る 全てのカタログ

スタート 板金 ツール 拡張シェイプ 色

www.ironcad.com ビューサイズ: 1585 x 827 単位: mm, deg 任意 Default





定常電気熱伝導解析を行うには、  
[電気] と [伝導]、[熱伝導] にチェックを入れます。

Multiphysics FEA

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

**解析**

☒ 2
☐ 
 自動解析 
 同期

Title 1

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)

☐ マルチステップ 
 ☐ 大変形

仮想時間

開始

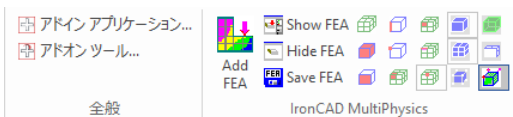
終了

インクリメント

インクリメント設定: 0

オプション

Adv: Cvg 5%: Step



解析ツリーのモデルを選択後、表示されたモデルページで[単位設定] をクリックします。ここで荷重を N、質量を kg に設定します。(今回、荷重の設定は必須ではありません。) 電位が V、電流が A、温度が Cであることを確認します。

※長さ単位は CAD で使用している単位に合わせます。



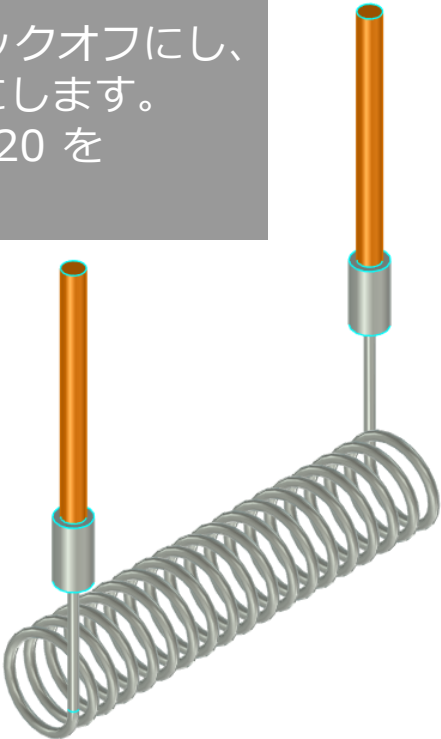
アドイン アプリケーション...  
アドオン ツール...

全般

IronCAD MultiPhysics

電熱線.ics\*

材料設定をします。  
材料物理タイプで [応力] をチェックオフにし、  
[電気] [熱伝導] をチェックオンにします。  
ライブラリにある JIS Cu の C1020 を  
設定します。



Multiphysics FEA

解析: 静解析 ste  
モデル: mMKSCユーザー設定  
(3) te-C1020  
?? 拘束  
?? 負荷  
?\* メッシュ  
?\* 結果

材料

ライブラリ AFEMaterial 材料の編集  
種類 JIS Cu  
名前 C1020  
☐ 非線形/異方性

材料物理タイプ  
☐ 応力 ☒ 電気  
☒ 熱伝導 ☐ 流体

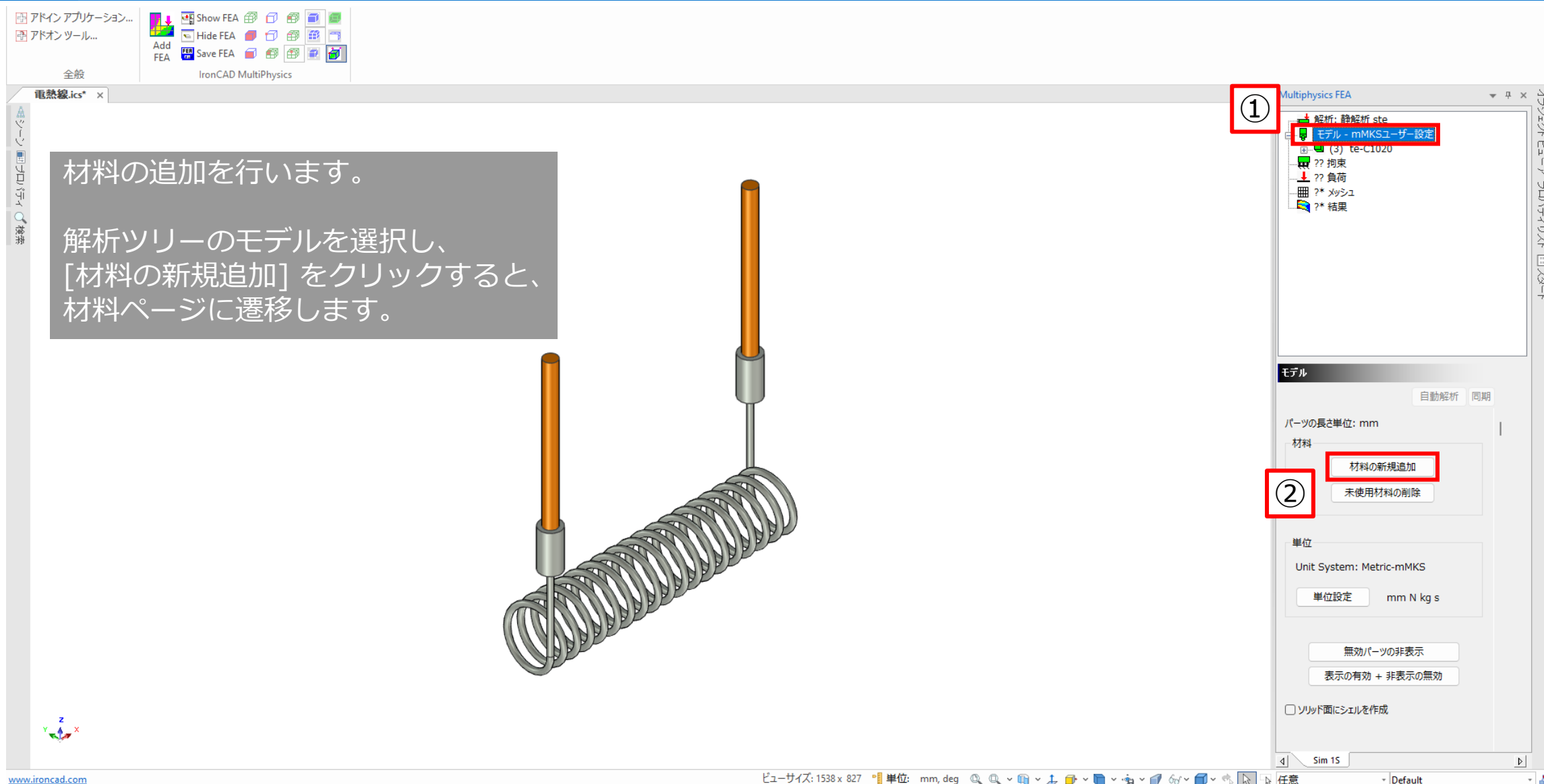
☐ 剛体 ☐ 1つの剛体としてグループ化  
☐ 定義された重心を使用

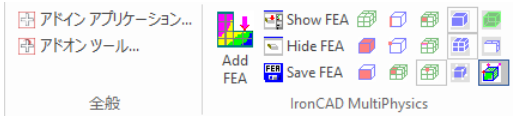
ボディの更新  
総数: 3  
関連データ  
シールド板厚 1 mm

Sim 15

ビューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg  
任意 Default

creativemachine

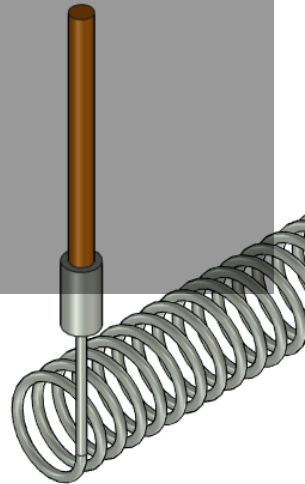




材料物理タイプで [応力] をチェックオフにし、  
[電気] [熱伝導] をチェックオンにします。

[材料の編集] をクリックし、  
以下の材料を新規で作成します。

名前：ニクロム  
密度：8.41e-06 [kg/mm<sup>3</sup>]  
熱伝導率：0.015 [J/s/mm/C]  
比熱：420 [J/kg/C]  
導電率：925 [A/V/mm]



材料の編集

Name: **ニクロム** (3)

☐ 応力 ☒ 熱伝導 ☒ 電気 ☐ 流体

応力 材料 モデル

- ☒ 非線形カーブ
- ☐ Von Mises 塑性条件
  - ☐ 等方硬化
  - ☐ 移動硬化
- ☐ Mohr Coulomb 塑性条件
  - ☐ 超弾性ラバー
  - ☐ 超弾性フォーム

異方性応力 ☐

異方性熱伝導 ☐

異方性電気 ☐

圧電 材料 ☐

疲労データ入力 ☐

物性

|                      |          |     |                     |
|----------------------|----------|-----|---------------------|
| ヤング率: E              | 0        | -   | N/mm <sup>2</sup>   |
| ポアソン比: ν             | 0        | -   |                     |
| 密度: ρ                | 8.41e-06 | (4) | kg/mm <sup>3</sup>  |
| 質量減衰係数               | 0        | -   |                     |
| 剛性減衰係数               | 0        | -   |                     |
| 塑性降伏応力               | 0        | -   | N/mm <sup>2</sup>   |
| 等方硬化係数               | 0        | -   | N/mm <sup>2</sup>   |
| 移動硬化係数 (0-1)         | 0        | -   |                     |
| 塑性ひずみ熱量              | 0        | -   | J/mm <sup>3</sup>   |
| 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 <sup>3</sup> |
| 線膨張係数参照温度            | 0        | -   | C                   |
| 線膨張係数                | 0        | -   | 1/C                 |
| 導電率                  | 925      | -   | A/V/mm              |
| ジュ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 <sup>3</sup> |
| 流体粘性                 | 0        | -   | N*s/mm <sup>2</sup> |

非線形倍率

OK (5) キャンセル

physics FEA

解析: 静解析 ste

モデル - mMKSCユーザー設定

(3) te-C1020

(0) s-Select Material Name

?? 拘束

?? 負荷

?? メッシュ

??\* 結果

材料

☒ (6) ☐ 自動解析 同期 (2)

ライブラリ: AFEMaterial

種類: Select Material Type

名前: Select Material Name

☐ 非線形/異方性

材料物理タイプ

☐ 応力 ☒ (1) ☒ 電気 ☐ 熱伝導 ☐ 流体

☐ 剛体 ☐ 1つの剛体としてグループ化 ☐ 定義された重心を使用

ボディの更新

総数: 0

関連データ

シールド板厚: 1 mm

アドイン アプリケーション...  
アドオン ツール...

全般

IronCAD MultiPhysics

[+] ボタンで C1020 の材料ツリーを展開すると、全てのパーツが C1020 に適用されていることが分かります。

ニクロム線パーツをニクロム材料にドラッグ & ドロップで割り当てます。

Multiphysics FEA

解析: 静解析 ste

モデル - mMKユーザー設定

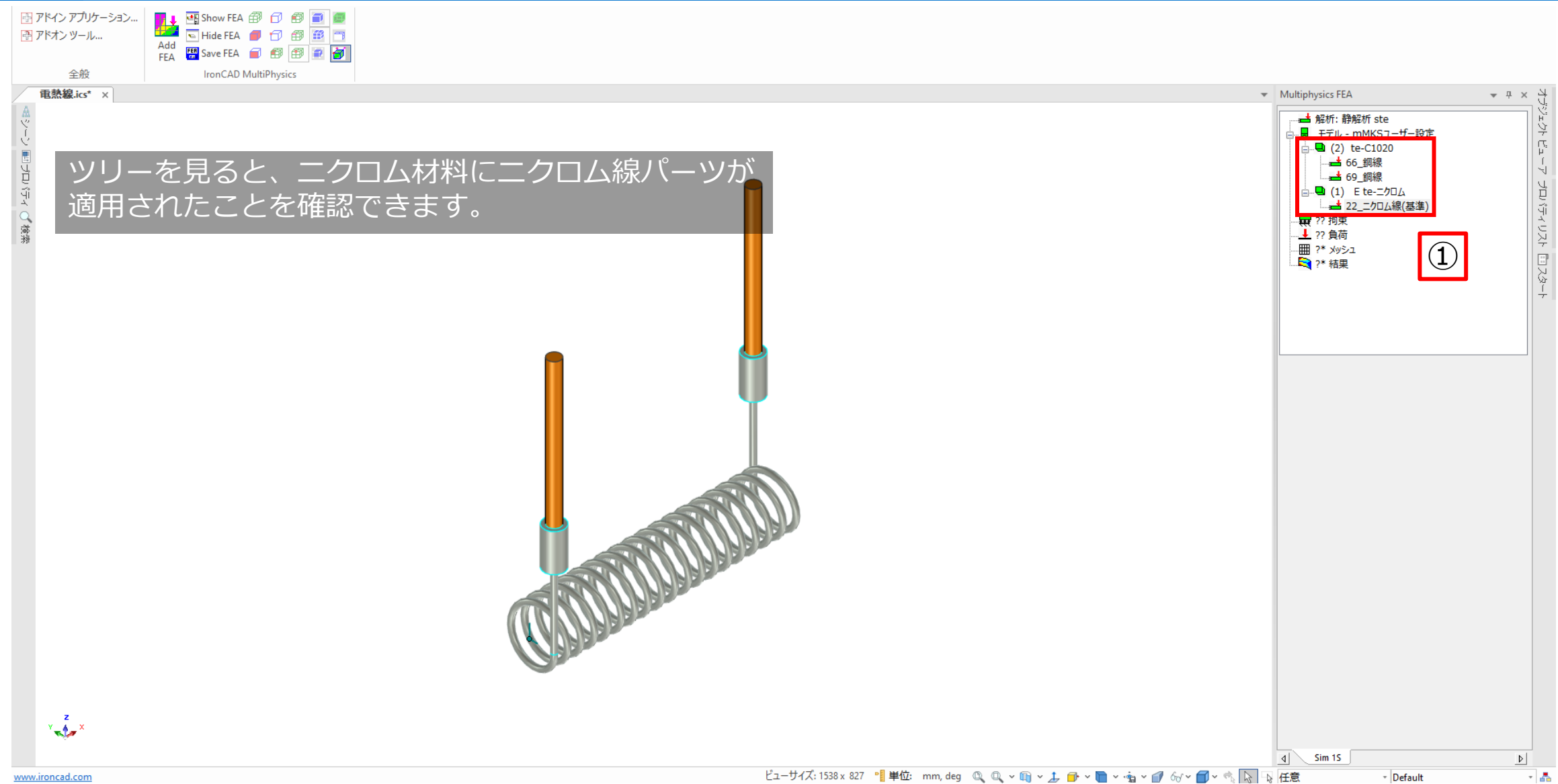
- (3) te-C1020
- 22 ニクロム線(基準) ← ②
- 66 銅線
- 69 銅線
- (0) E te-ニクロム ← ①
- ?? 拘束
- ?? 負荷
- ?\* メッシュ
- ?\* 結果

① ②

Sim 15

任意 Default

www.ironcad.com ビューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg 任意 Default



電熱線.ics

解析ページで [応力] のチェックを外します。

解析: 静解析 ste

モデル - mmkユーザー設定

(2) te-C

66\_銅

69\_銅

(1) E te-銅線

22\_ニクロム線(基準)

?? 拘束

?? 負荷

?? メッシュ

?? 結果

解析

✓ ✕ 自動解析 同期

Title

物理タイプ

☐ 応力 ☒ 電気

☒ 熱伝導 ☐ 伝導

☐ 流体 ☐ 誘電

☐ 最小二乗熱オプション(熱流体)

☐ マルチステップ ☐ 大変形

仮想時間

開始 0

終了 1

インクリメント 1

インクリメント設定: 0

オプション

Adv: Cvg 5%: Step

Sim 15

ビューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg

任意 Default

creativemachine

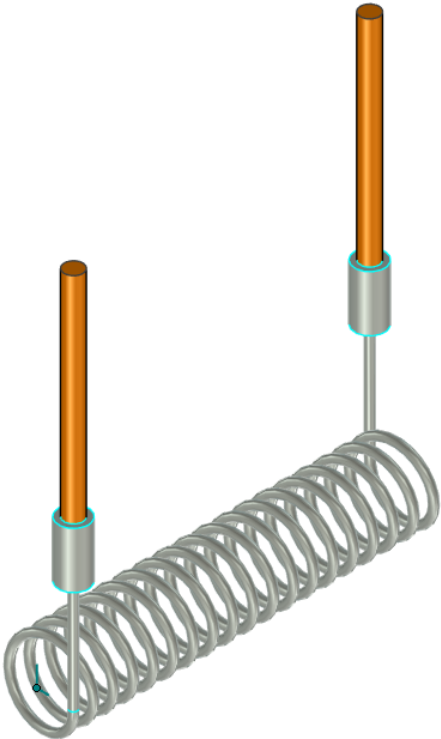
アドイン アプリケーション...  
アドオン ツール...

全般

IronCAD MultiPhysics

電熱線.ics\*

拘束条件を設定します。  
[電圧] を選択します。



シーン  
モデル  
検索



Multiphysics FEA

解析: 静解析 te  
モデル - mMKユーザー設定  
(2) te-C1020  
66\_銅線  
69\_銅線  
(1) E te-ニクロム  
22\_ニクロム線(基準)  
?? 拘束  
?? 負荷  
?\* メッシュ  
?\* 結果

拘束

自動解析 同期

応力  
固定/回転 速度  
剛体拘束 剛体結合

熱伝導  
温度 電圧

流体  
速度/渦度/圧力 流入/流出

拘束オプション  
バネ ダンパー 質量  
結合/接着 剛体回転 表面接触

Sim 15

アドイン アプリケーション...  
アドオン ツール...

全般  
Add FEA  
Show FEA  
Hide FEA  
Save FEA  
IronCAD MultiPhysics

電熱線.ics ×

電圧 0 V を銅線の平面に設定します。

①

②

③

解析: 静解析 te  
モデル - mMKユーザー設定  
(2) te-C1020  
66\_銅線  
69\_銅線  
(1) E te-ニクロム  
22\_ニクロム線(基準)  
?? 拘束  
?? 設定電圧 = 0 V  
?? 負荷  
?\* メッシュ  
?\* 結果

電圧  
✓ ✕ 自動解析 同期  
電圧  
0 V  
対象  
F 2: 69\_銅線

Sim 15

面の面積: 19.635 mm^2 半径: 2.500 mm ビューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg 面/エッジ/頂点 (FEV) Default

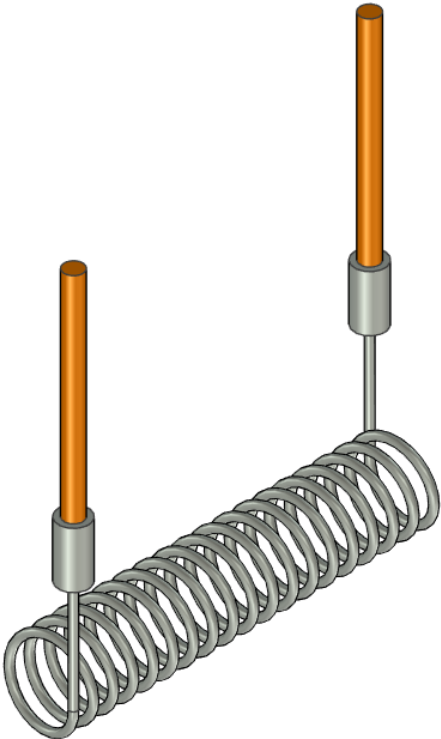
アドイン アプリケーション...  
アドオン ツール...

全般

Show FEA  
Hide FEA  
Add FEA  
Save FEA  
IronCAD MultiPhysics

電熱線.ics ×

拘束条件を追加します。  
[電圧] を選択します。



Multiphysics FEA

解析: 静解析 te  
モデル - mMKユーザー設定  
(2) te-C1020  
66\_銅線  
69\_銅線  
(1) E te-ニクロム  
22\_ニクロム線(基準)  
拘束  
設定電圧  
?? 負荷  
?\* メッシュ  
?\* 結果

①

拘束

自動解析 同期

応力  
固定/回転  
速度  
剛体拘束  
剛体結合  
②

熱伝導  
温度  
電気  
電圧

流体  
速度/渦度/圧力  
流入/流出

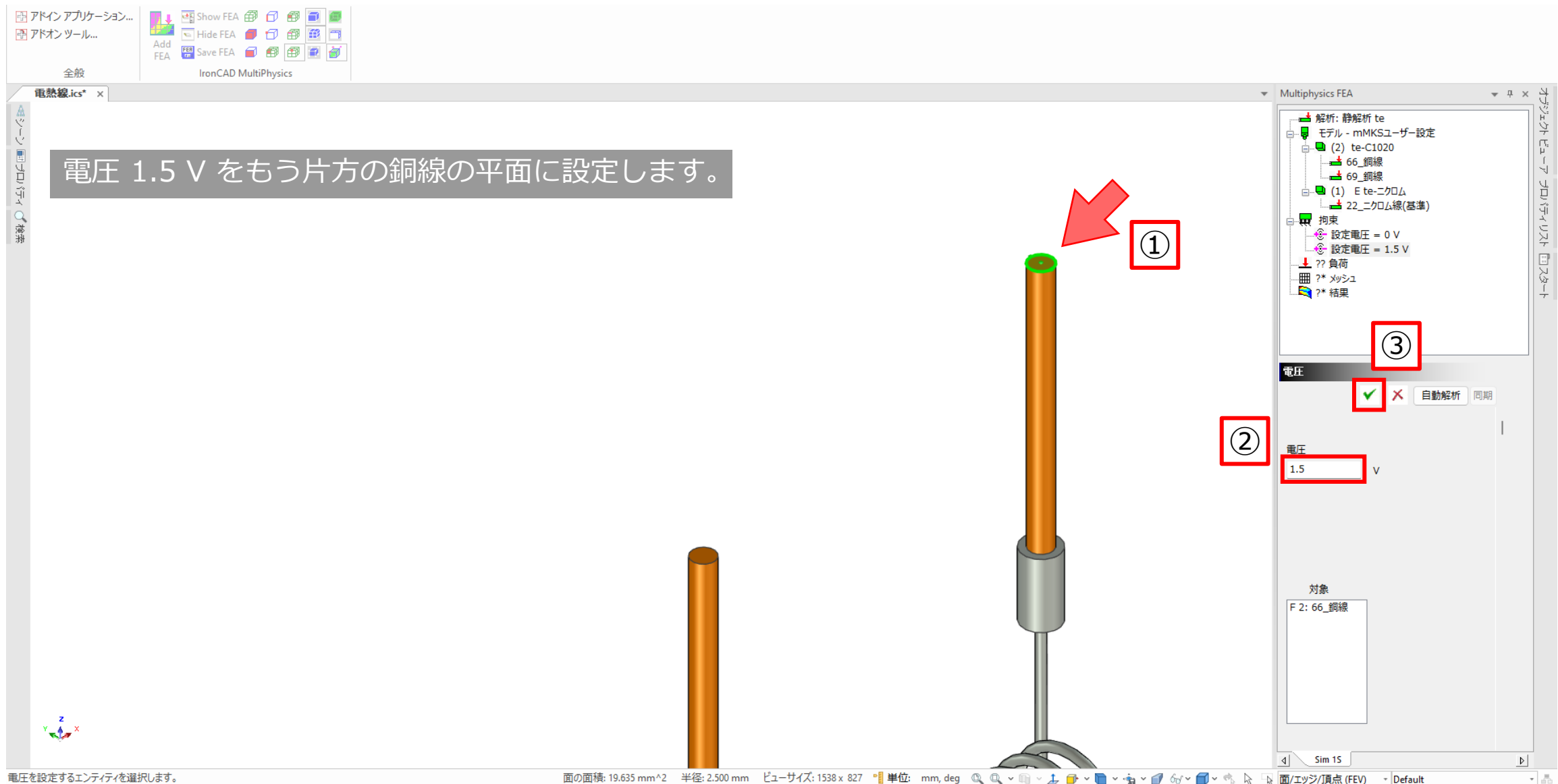
拘束オプション  
バネ  
ダンパー  
質量  
結合/接着  
剛体回転  
表面接触

Sim 15

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: 19.635 mm^2 半径: 2.500 mm ビューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg

任意 Default



アドイン アプリケーション...  
アドオン ツール...

全般

Show FEA  
Hide FEA  
Add FEA  
Save FEA  
IronCAD MultiPhysics

電熱線.ics\*

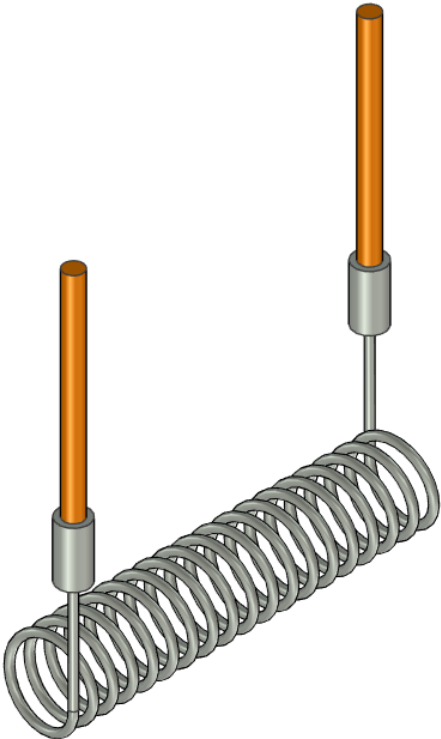
Multiphysics FEA

解析: 静解析 te  
モデル - mMKユーザー設定  
(2) te-C1020  
66\_銅線  
69\_銅線  
(1) E te-ニクロム  
22\_ニクロム線(基準)  
拘束  
設定電圧 = 0 V  
設定電圧 = 1.5 V  
?? 負荷  
?? メッシュ  
?? 結果

①

負荷  
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 対流 ②  
輻射形態  
電気  
電流 電荷  
流体  
流体圧力  
☐ 負荷なし

拘束条件を設定します。  
[対流] を選択します。



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: 19.635 mm^2 半径: 2.500 mm ビューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg

任意 Default

アドイン アプリケーション...  
アドオン ツール...

全般

IronCAD MultiPhysics

熱伝達率 : 0.000005 J/s/mm<sup>2</sup>/C  
 雰囲気温度 : 20 C  
 をニクロム線と銅線(電圧を設定した面は除く)に  
 設定します。

マウスで右下から領域を囲みます。

Multiphysics FEA

解析: 静解析 te  
 モデル - mMKSCユーザー設定  
 (2) te-C1020  
 66\_銅線  
 69\_銅線  
 (1) E te-ニクロム  
 22\_ニクロム線(基準)

拘束  
 設定電圧 = 0 V  
 設定電圧 = 1.5 V

負荷  
 対流 T = 20 C, 係数 C = 5e-06 J/s/mm<sup>2</sup>/C

メッシュ  
 結果

③

対流

☒ ☐ 自動解析 同期

熱伝達率  
 単位  
 0.000005 J/s/mm<sup>2</sup>/C

雰囲気温度  
 単位  
 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

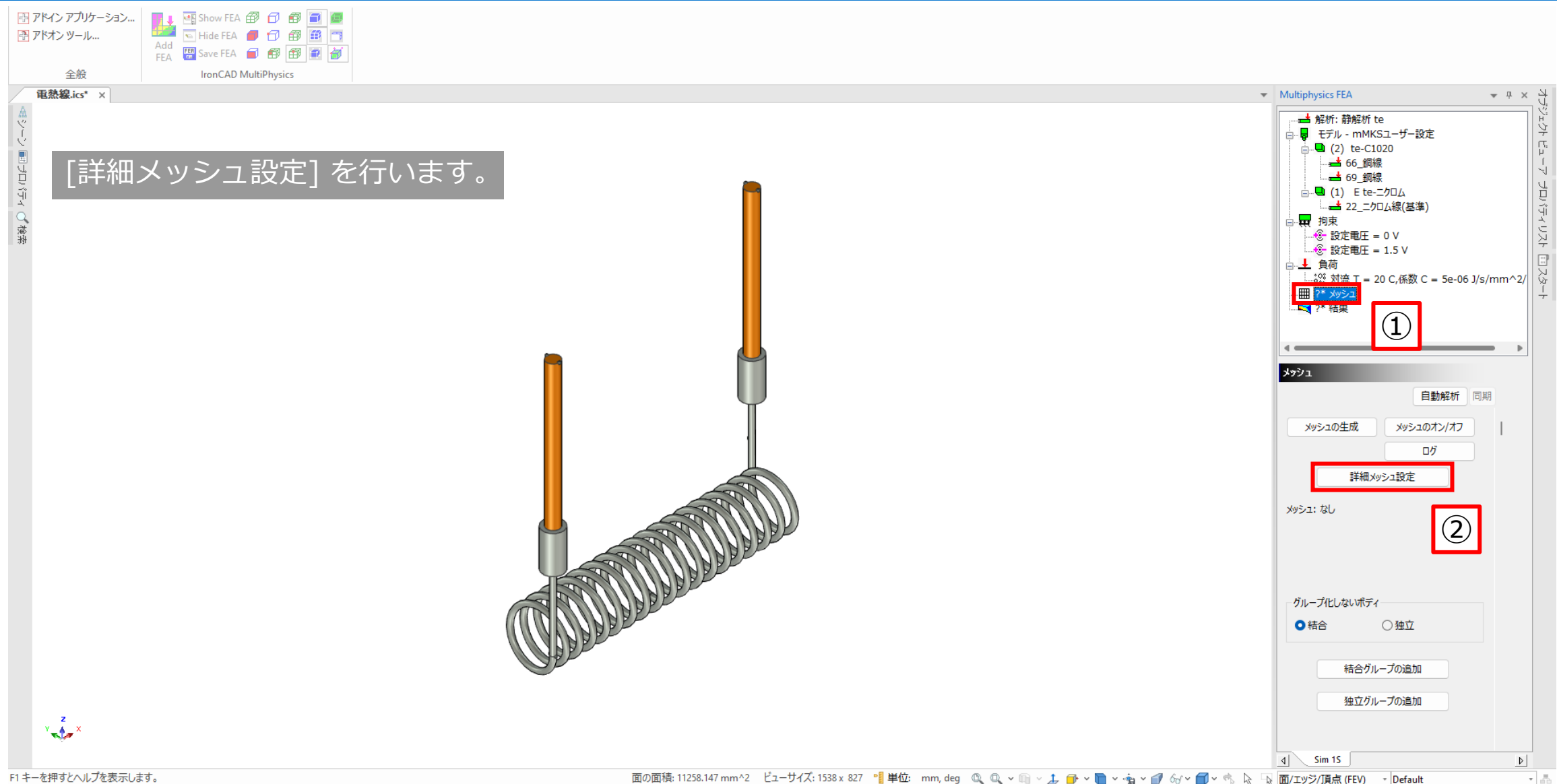
①

②

Sim 15

面 | Default

www.ironcad.com 面の面積: 11258.147 mm<sup>2</sup> ビューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg



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\*

Multiphysics FEA

解析: 静解析 te  
モデル - mMKSCユーザー設定  
(2) te-C1020  
66\_銅線  
69\_銅線  
(1) E te-ニクロム  
22\_ニクロム線(基準)  
拘束  
設定電圧 = 0 V  
設定電圧 = 1.5 V  
負荷  
対流 T = 20 C, 係数 C = 5e-06 1/s/mm^2/  
?\* メッシュ  
詳細 S = 1 mm  
?\* 結果

④

詳細メッシュ

✓ ✕ 自動解析 同期

メッシュサイズ 1 mm

☐ 曲面メッシュの詳細設定を  
曲面詳細比 ①  
最小サイズ 0

対象  
22\_ニクロム線(基準)

②

③

F1 キーを押すとヘルプを表示します。

ビューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg

パーツ

詳細メッシュサイズを 1 mm に設定します。  
IRONCAD の選択フィルターをパーツに設定し、  
ニクロム線パーツを選択します。

[メッシュの生成] をクリックし、メッシュサイズは 2.5 mm に設定します。

[オプション] をクリックし、[CAD カーネル (精密)] にチェックを入れます。

[生成] をクリックし、メッシュを生成します。

[CAD カーネル (精密)] を使用すると、複雑な形状(今回は細かな形状)であっても、メッシュ生成に成功する事例を確認しています。

ヘルプを表示するには F1 キーを押してください。(MPIC)

ビューサイズ: 1538 x 827 単位: mm, deg 任意 Default

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\*

[メッシュの生成] が完了したので、  
結果ページの [解析] をクリックし、  
解析実行します。

Multiphysics FEA

解析: 静解析 te  
モデル - mMKSCユーザー設定  
(2) te-C1020  
66\_銅線  
69\_銅線  
(1) E te-ニクロム  
22\_ニクロム線(基準)  
拘束  
設定電圧 = 0 V  
設定電圧 = 1.5 V  
負荷  
対流 T = 20 C, 係数 C = 5e-06 1/s/mm^2/  
メッシュ (節点: 16249 要素: 53790 サイズ: 2.5)  
詳細 S = 1 mm

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

コンタ  
設定 オン/オフ

調査  
節点 要素 プロット 積分

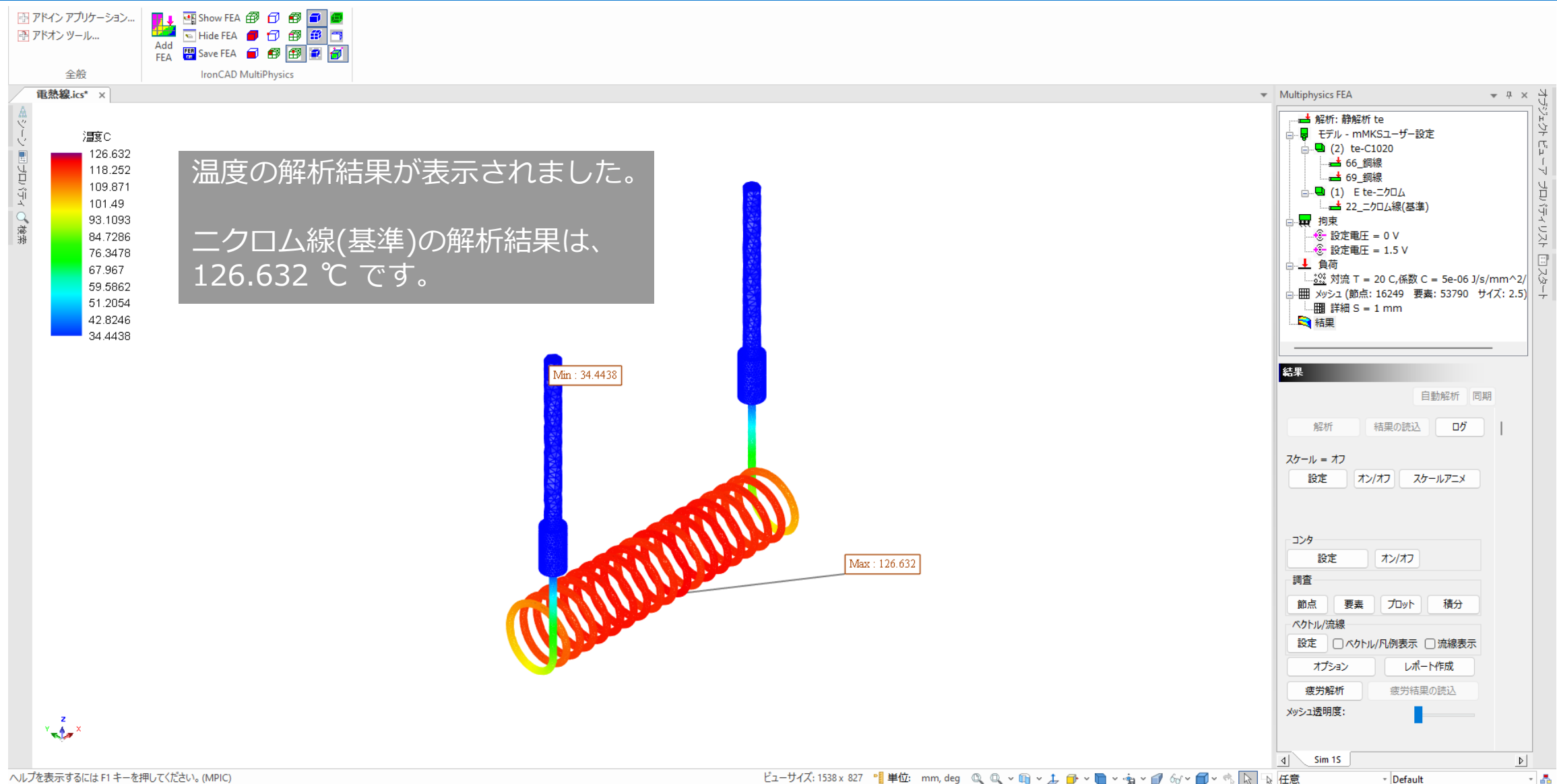
ベクトル/流線  
設定 ☐ ベクトル/凡例表示 ☐ 流線表示

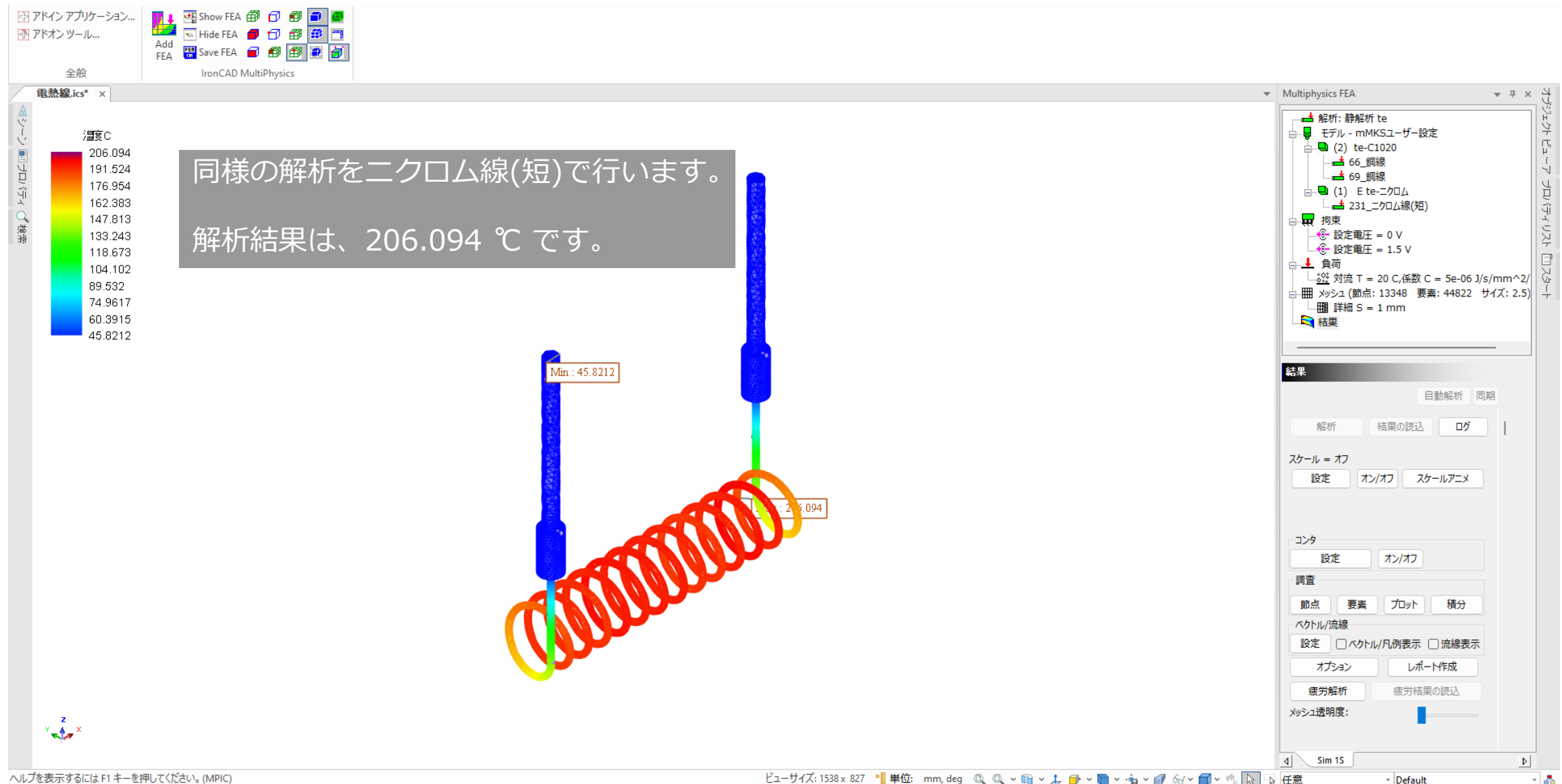
オプション レポート作成

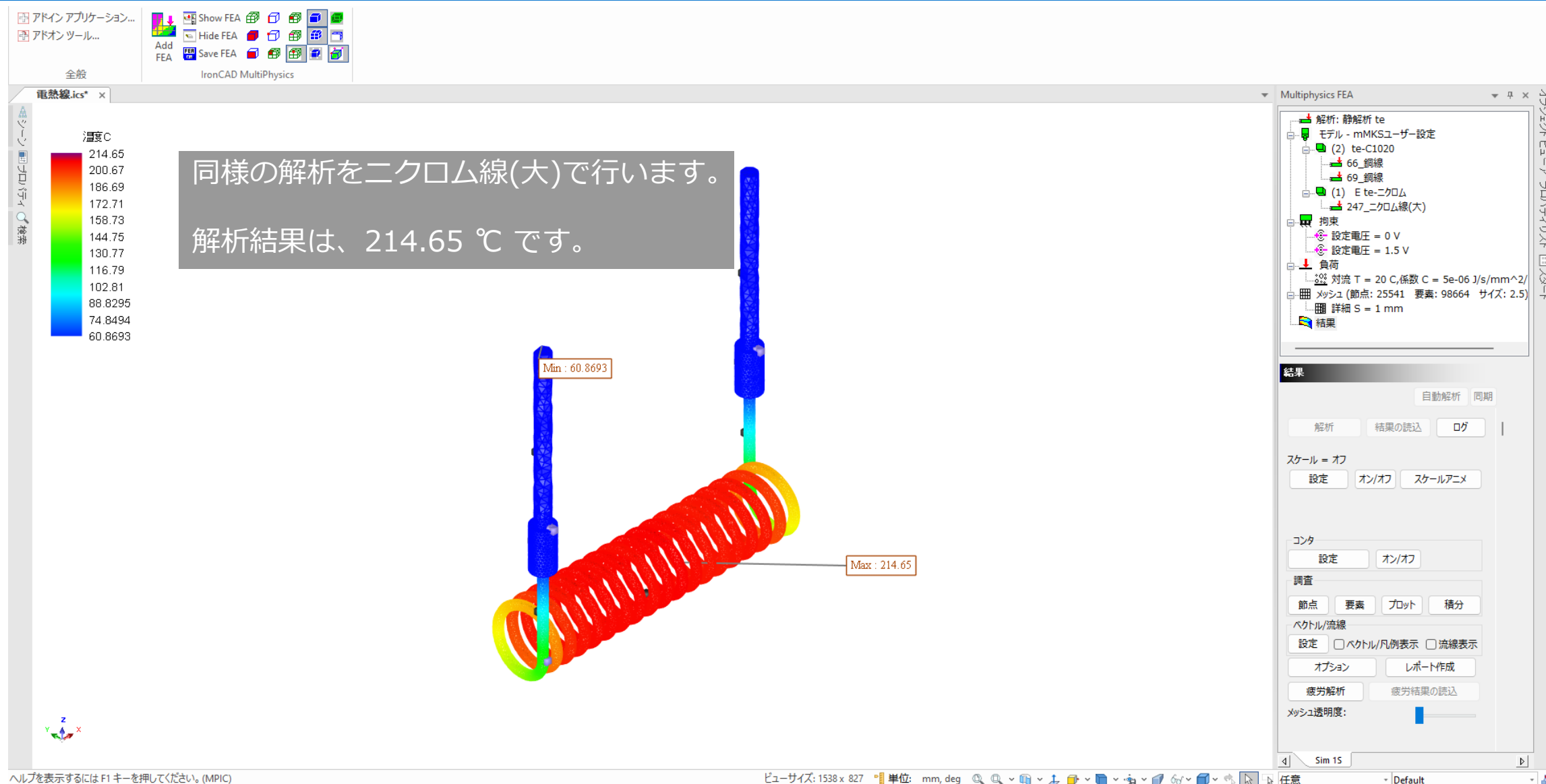
疲労解析 疲労結果の読み込み

メッシュ透明度:

Sim 15





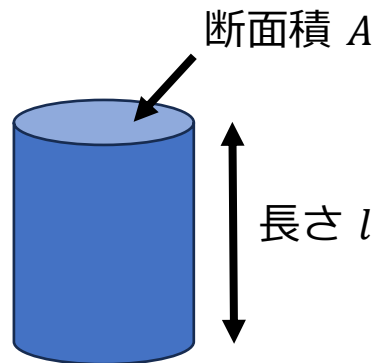


下図のような長さ  $l$ 、断面積  $A$  の導体における抵抗  $R$  は次式で表されます。

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

$\rho$  は電気抵抗率で、この逆数が導電率です。

上式から、導電率が変わらない場合、導体が短くなると、抵抗  $R$  は小さくなる。導体の断面積が大きくなると、抵抗  $R$  は小さくなる。ことが分かります。



導体に電気を流したときに発生するジュール熱  $Q$  は、 $Q = RI^2t$

オームの法則  $V = IR$  より、

$$Q = \frac{V^2}{R}t$$

と変形できます。

今回の解析では、電圧(電位差)  $V$  は一定です。また、定常解析のため、時間  $t$  は無視します。

この場合、抵抗  $R$  が小さくなると、ジュール熱  $Q$  は大きくなることが分かります。

今回の結果と抵抗  $R$  、ジュール熱  $Q$  の関係をまとめます。

| ニクロム線種類                   | 基準     | 短      | 大      |
|---------------------------|--------|--------|--------|
| 温度の解析結果 [°C]              | 126.63 | 206.09 | 214.65 |
| ニクロム線(基準)からの抵抗 $R$ の関係    | -      | 小      | 小      |
| ニクロム線(基準)からのジュール熱 $Q$ の関係 | -      | 大      | 大      |

ニクロム線(短)は、巻き数が減っているので導体の長さが短くなります。  
そのため、抵抗  $R$  が小さくなり、ジュール熱  $Q$  は大きくなります。  
解析結果は、ニクロム線(基準)より高い温度になるので、傾向としては正しいと判断できます。

ニクロム線(大)は、径が太くなるので導体の断面積が大きくなります。  
そのため、抵抗  $R$  が小さくなり、ジュール熱  $Q$  は大きくなります。  
ニクロム線(短)と同様に、解析結果は、ニクロム線(基準)より高い温度になるので、傾向としては正しいと判断できます。

今回の資料には記載してありませんが、ニクロム線を長くする、またはニクロム線を細くすると、  
温度の解析結果は基準より低くなります。これは、抵抗  $R$  が大きくなり、ジュール熱  $Q$  は小さくなるためです。