

固有値解析 – 音叉固有値



固有値解析 - 音叉固有値 > 解析設定

2010_音叉固有値.ics x ①

解析をスタートするには、IRONCAD アドインリボンタブの IronCAD MultiPhysics の [Add FEA] をクリックします。

スタート
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
スピンド
スピンド 穴
貫通穴 円形
貫通穴 角形
2D図形 - 原点が図の中央
2D図形 - 原点が図の角
ツール
钣金
多角柱
付加的な形状
マテリアル
色
入門動画 (英語)
ユーザーガイド
TechBase
更新プログラム
戻る
すべてのカタログ
スタート
シェイプ
拡張シェイプ
フレキシブルシェイプ

www.ironcad.com

ビューサイズ: 1530 x 827 単位: mm, deg

固有値解析を行うには、
[固有値解析/振動モード] を選択して、
[OK] をクリックします。

解析タイプの選択

簡単重力自動解析

解析タイプ

線形静解析 / 非線形解析

過渡応答解析

固有値解析 / 振動モード

応力変化

線形座屈解析

周波数応答解析

次元

3D

2D 平面 / 平面ひずみ (Z方向-変位=0)

2D 平面応力 (Z方向-応力=0)

2D 軸対称 (symmetry bout Y-axis)

OK

キャンセル

固有値解析を行うには、
[応力] (デフォルト設定)のままです。
モードも 5 (デフォルト設定)のままです。

Multiphysics FEA

- 解析: 固有値 s
- モデル - mMKS
- (1) s-Select Material Name
- ?? 拘束
- ?? 負荷
- ?? メッシュ
- ?? 結果

解析

自動解析 同期

Title

モード 5

物理タイプ

- 応力
- 電気
- 熱伝導
- 電導
- 流体
- 誘電
- 最小二乗熱オプション(熱流体)
- 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 1M

www.ironcad.com

ビューサイズ: 1530 x 827 単位: mm, deg

任意 Default

creativemachine

The screenshot shows the IronCAD MultiPhysics interface. A cantilever beam model is visible in the background. The 'Multiphysics FEA' window is open, showing a tree view with '解析: 固有値 s' and 'モデル - mMKS'. The 'モデル' panel is active, showing 'Unit System: Metric-mMKS' and 'mm N kg s'. The '単位設定' dialog box is open, showing the '既定の単位系' set to 'Metric-mMKS'. The '長さ' (Length) is set to 'mm' with a coefficient of 0.001. The '荷重' (Load) is set to 'N' and the '質量' (Mass) is set to 'kg'. The 'OK' button is highlighted. The '材料' (Material) section shows '材料の新規追加' and '未使用材料の削除' buttons. The '単位' (Unit) section shows 'Unit System: Metric-mMKS' and 'mm N kg s'. The '表示の有効 + 非表示の無効' button is highlighted.

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 N は必須の設定では
ありません。)

※長さ単位は CAD で使用している
単位に合わせてます。

①

③

⑤

④

②

固有値解析 - 音叉固有値 > 単位、材料設定

2010_音叉固有値.ics

材料設定をします。
ライブラリにある JIS Steel の
SS400 を設定します。

Multiphysics FEA

- 解析: 固有値 s
- モデル - mMKS - ユーザ設定
- (1) s-SS400
- ?? 拘束
- ?? 負荷
- ?? メッシュ
- ?? 結果

材料

- ライブラリ: AFEMaterial
- 種類: JIS Steel
- 名前: SS400
- SS400 (SP4C (SPCC))
- SS400

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

ポティの更新

総数: 1

関連データ

シェル板厚: 1 mm

Sim 1M

www.ironcad.com

ビューサイズ: 1862 x 827 単位: mm, deg

任意 Default

2010_音叉固有値.ics x

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

拘束条件を設定します。
[固定/回転] を選択します。

Multiphysics FEA

- 解析: 固有値 s
- モデル - mMKS - ユーザ-設定
- (1) s-SS400
- ?? 拘束** ①
- ?? 負荷
- ?* メッシュ
- ?* 結果

拘束

自動解析 同期

応力

固定/回転 ②

速度

剛体拘束 剛体結合

熱伝導

温度 電気

電圧

流体

速度/ 渦度/ 圧力 流出入

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

www.ironcad.com

ビューサイズ: 1862 x 827 単位: mm, deg

任意 Default

2010_音叉固有値.ics x

音叉の柄を完全拘束します。

①

②

固定 / 回転

変位

単位 mm

方向 使用 変位

X 0

Y 0

Z 0

全体座標 (XY)

対象

F 7: 67_パーツ9

面/エッジ/頂点 (FEV) Default

を定義するエンティティを選択します。

面の面積: 376.990 mm² ビューサイズ: 1862 x 827 単位: mm, deg

2010_音叉固有値.ics x

アドイン アプリケーション...
アドオン ツール...

全般
IronCAD MultiPhysics

Show FEA
Hide FEA
Save FEA
Add FEA

Multiphysics FEA

解析: 固有値 s
モデル - mMKS - ユーザ-設定
(1) s-SS400
拘束
固定/回転 PX0Y0Z0
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
輻射形態

電気
電流 電荷

流体
流体圧力
加速度 遠心力
 負荷なし

②

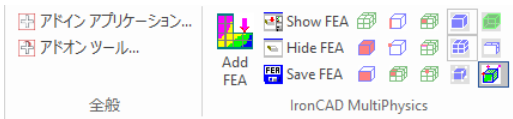
ヘルプを表示するには F1 キーを押してください。(MPIC)

面の面積: 376.990 mm² ビューサイズ: 1862 x 827 単位: mm, deg

任意 Default

固有値解析に負荷は不要のため、
[負荷なし] にチェックを入れます。
(この操作は必須ではありません。)

固有値解析 - 音叉固有値 > メッシュ設定



[メッシュの生成] をします。
メッシュサイズはデフォルト値
のままです。

メッシュの生成

形状 2D (XY) 3D サーフエス/シェル

メッシュの種類: 四面体要素

粗い 1.7 細かい

mm

メッシュサイズ: 1.7

概算要素数: 5907

曲面メッシュの詳細設定を使用(全体)

曲面詳細比: 0.3

最小サイズ: 0

オプション

規定値

生成 保存のみ キャンセル

Multiphysics FEA

- 解析: 固有値 s
- モデル - mMKS - ユーザ-設定
- (1) s-SS400
- 拘束
 - 固定/回転 PX0Y0Z0
- 負荷
- 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

アドイン アプリケーション...
アドオン ツール...

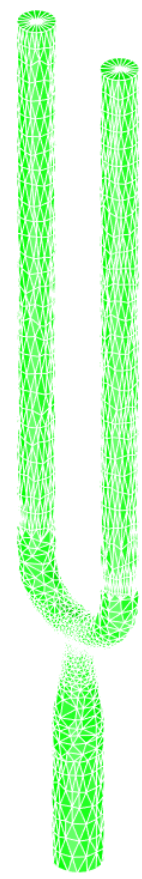
全般

Show FEA
Hide FEA
Save FEA

Add FEA
IronCAD MultiPhysics

2010_音叉固有値.ics x

[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: 固有値 s
- モデル - mMKS - ユーザ-設定
- (1) s-SS400
- 拘束
 - 固定/回転 PX0Y0Z0
- 負荷
- メッシュ (節点: 4087 要素: 16139 サイズ: 1.7) mm
- 結果**

①

②

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

時間: ステップ
|<< < 選択 > >>|

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 表示 流線

オプション レポート作成 表示

疲労解析 疲労結果の読み込み

メッシュ透明度:

Sim 1M

固有値解析 - 音叉固有値 > 結果表示

変位振幅mm

| |
|------------|
| 0.0415299 |
| 0.0377545 |
| 0.033979 |
| 0.0302036 |
| 0.0264281 |
| 0.0226527 |
| 0.0188772 |
| 0.0151018 |
| 0.0113263 |
| 0.00755089 |
| 0.00377545 |
| 0 |

Max: 0.0415299

Min: 0

解析結果が表示されました。
5次固有振動数：2006.11 Hz

固有値解析において、変位振幅の値には意味がありません。
変形状態の傾向を判断するものです。

①

モード: 周波数Hz 5: 2006.11

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: 376.990 mm² ビューサイズ: 1862 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...

Show FEA
Hide FEA
Save FEA

全般
IronCAD MultiPhysics

2010_音叉固有値.ics x

変位幅mm
0.0476474
0.0433158
0.0389842
0.0346526
0.0303211
0.0259895
0.0216579
0.0173263
0.0129947
0.00866316
0.00433158
0

4 次固有振動数 : 447.469 Hz

実際の音叉の振動は、フォーク部分が Y 軸方向に近づいたり離れたりする動きをします。MPICでは 4 次固有モードにあたります。

Max: 0.0476474

Min: 0

Multiphysics FEA

- 解析: 固有値 s
- モデル - mMKS - ユーザ-設定
- (1) s-SS400
- 拘束
 - 固定/回転 PX0Y0Z0
- 負荷
- メッシュ (節点: 4087 要素: 16139 サイズ: 1.7) 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 = 417
設定 オン/オフ スケールアニメ

モード: 周波数Hz 4: 447.469

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 表示 流線

オプション レポート作成 表示

疲労解析 疲労結果の読み込み

メッシュ透明度: [Slider]

Sim 1M

アドイン アプリケーション...
アドオン ツール...

全般

IronCAD MultiPhysics

2010_音叉固有値.ics x

変位幅/mm

| |
|------------|
| 0.0476474 |
| 0.0433158 |
| 0.0389842 |
| 0.0346526 |
| 0.0303211 |
| 0.0259895 |
| 0.0216579 |
| 0.0173263 |
| 0.0129947 |
| 0.00866316 |
| 0.00433158 |
| 0 |

[スケールアニメ] をクリックすると、
変形の様子をアニメーションで見ることが
できます。
(変形の傾向が分かります。)

Multiphysics FEA

- 解析: 固有値 s
- モデル - mMKS - ユーザ-設定
- (1) s-SS400
- 拘束
- 固定/回転 PX0Y0Z0
- 負荷
- メッシュ (節点: 4087 要素: 16139 サイズ: 1.7) 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 = -333.6

設定 オン/オフ **スケールアニメ**

モード: 周波数 Hz 4: 447.469

[<< < 選択 > >>]

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 表示 流線

オプション レポート作成 表示

疲労解析 疲労結果の読み込み

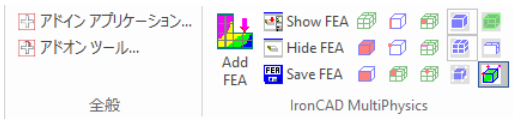
メッシュ透明度: [Slider]

Sim 1M

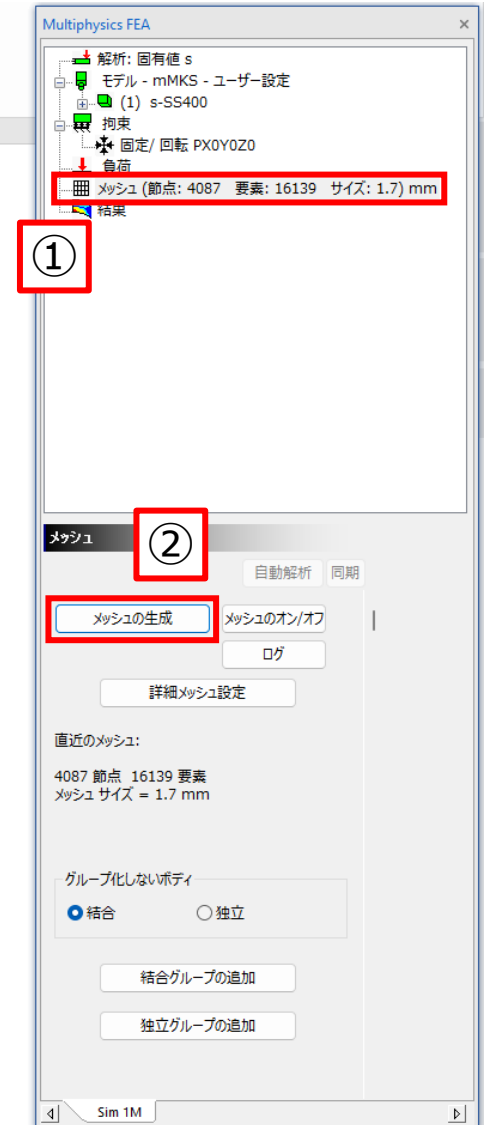
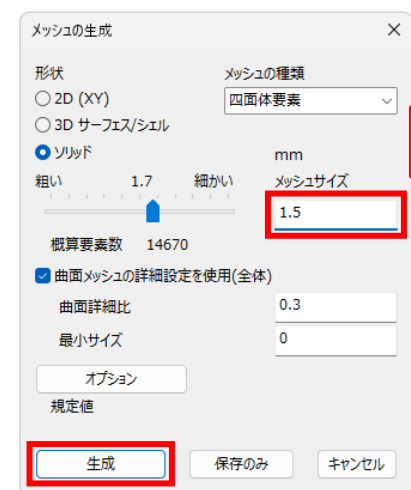
ヘルプを表示するには F1 キーを押してください。(MPIC)

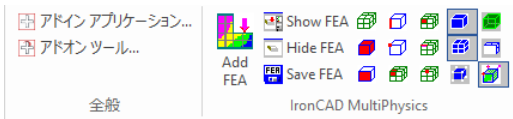
面の面積: 376.990 mm² ビューサイズ: 1862 x 827 単位: mm, deg

任意 Default

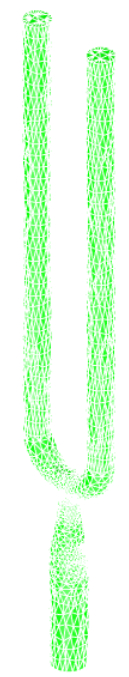


メッシュを細かくし、繰り返し解析を行います。
メッシュサイズを 1.5 に変更します。





[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: 固有値 s
- モデル - mMKS - ユーザ-設定
- (1) s-SS400
- 拘束
 - 固定/回転 PX0Y0Z0
- 負荷
- メッシュ (節点: 4792 要素: 18997 サイズ: 1.5) mm
- 結果**

①

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

時間: ステップ
|<< < 選択 > >>|

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 表示 流線

オプション レポート作成 表示

疲労解析 疲労結果の読み込み

メッシュ透明度: [Slider]

②

固有値解析 - 音叉固有値 > メッシュサイズ選定

変位幅mm

| |
|------------|
| 0.0420289 |
| 0.0382081 |
| 0.0343873 |
| 0.0305665 |
| 0.0267457 |
| 0.0229249 |
| 0.0191041 |
| 0.0152832 |
| 0.0114624 |
| 0.00764162 |
| 0.00382081 |
| 0 |

Max: 0.0420289

Min: 0

メッシュサイズ 1.5 mm での解析結果はこちらです。
4次固有振動数: 451.07 Hz

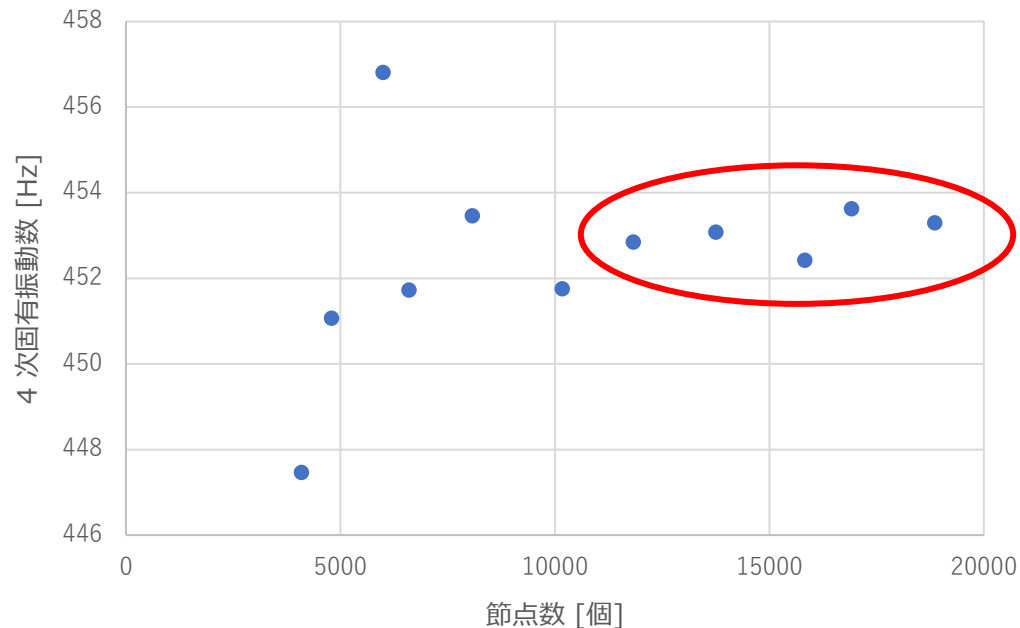
このとき、メッシュの節点数にも注意しておきます。

結果

モード: 周波数Hz 4: 451.07

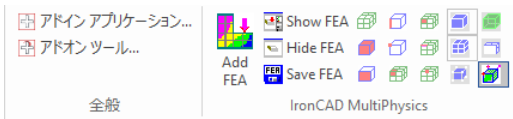
面の面積: 376.990 mm² ビューサイズ: 1862 x 827 単位: mm, deg

| メッシュサイズ [mm] | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1 | 0.92 | 0.9 | 0.85 | 0.8 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 節点数 [個] | 4,087 | 4,792 | 5,989 | 6,592 | 8,069 | 10,166 | 11,821 | 13,746 | 15,823 | 16,909 | 18,847 |
| 4 次固有振動数 [Hz] | 447.47 | 451.07 | 456.81 | 451.73 | 453.47 | 451.76 | 452.85 | 453.08 | 452.42 | 453.63 | 453.30 |



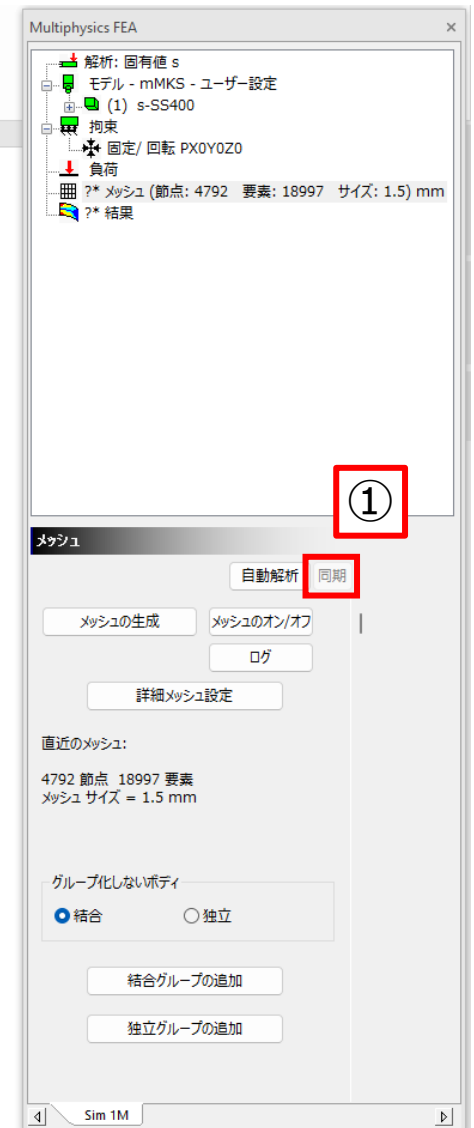
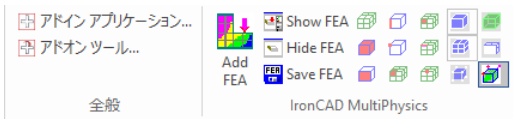
こちらがメッシュサイズ(節点数)ごとの解析結果です。

解析結果が収束し始めている箇所を適切なメッシュサイズとします。
今回の解析結果で、メッシュの収束が始まった箇所は、メッシュサイズ 1 mm と判断します。



設計変更を行い、4次固有振動数が440 Hzとなるように調整します。メッシュページを選択すると、IRONCADでの操作が可能になります。音叉のフォーク部分の長さを74 mmから75 mmに変更します。





固有値解析 - 音叉固有値 > メッシュ設定

2010_音叉固有値.ics* x

メッシュサイズを 1 に設定します。

メッシュの生成

形状: 2D (XY) 3D サーフェス/シェル ソリッド

メッシュの種類: 四面体要素

粗い 1.7 細かい

メッシュサイズ: 1

概算要素数 101670

曲面メッシュの詳細設定を使用(全体)

曲面詳細比 0.3

最小サイズ 0

生成 保存のみ キャンセル

Multiphysics FEA

- 解析: 固有値 s
- モデル - mMKS - ユーザ-設定
- (1) s-SS400
- 拘束
 - 固定/回転 PX0Y0Z0
- 負荷
- ?* メッシュ (節点: 4792 要素: 18997 サイズ: 1.5) mm
- ?* 結果

メッシュ

メッシュの生成

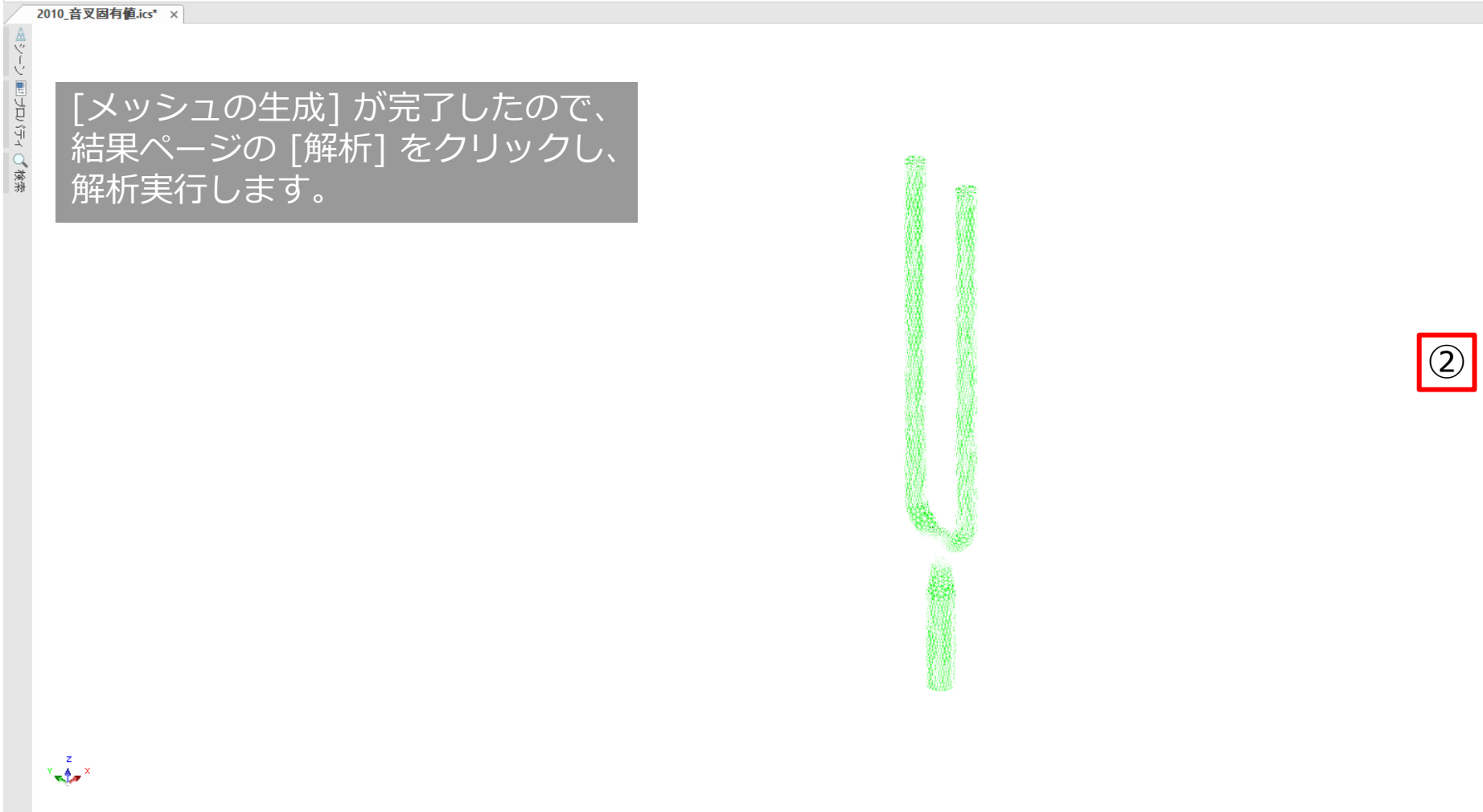
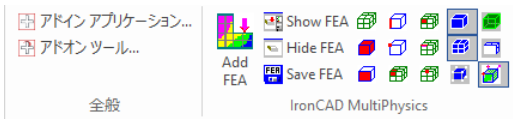
自動解析 同期

直近のメッシュ:
4792 節点 18997 要素
メッシュ サイズ = 1.5 mm

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



2010_音叉固有値.ics*

変位幅mm

| |
|------------|
| 0.0254831 |
| 0.0231664 |
| 0.0208498 |
| 0.0185331 |
| 0.0162165 |
| 0.0138998 |
| 0.0115832 |
| 0.00926656 |
| 0.00694992 |
| 0.00463328 |
| 0.00231664 |
| 0 |

設計変更後の解析結果はこちらです。
音叉フォーク長さ：75 mm
4次固有振動数：442.47 Hz

目標とする 440 Hz とならなかったため、再度設計変更を行います。

Max: 0.0254831

Min: 0

Multiphysics FEA

- 解析: 固有値 s
- モデル - mMKS - ユーザ-設定
- (1) s-SS400
- 拘束
 - 固定/回転 PX0Y0Z0
- 負荷
- メッシュ (節点: 9958 要素: 44253 サイズ: 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 = 1030

設定 オン/オフ スケールアニメ

モード: 周波数Hz 4: 442.47

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 表示 流線

オプション レポート作成 表示

疲労解析 疲労結果の読み込み

メッシュ透明度: [Slider]

Sim 1M

変位幅mm

| |
|------------|
| 0.0254521 |
| 0.0231383 |
| 0.0208245 |
| 0.0185106 |
| 0.0161968 |
| 0.013883 |
| 0.0115691 |
| 0.00925531 |
| 0.00694149 |
| 0.00462766 |
| 0.00231383 |
| 0 |

同様の手順で設計変更を行いました。
解析結果はこちらです。
音叉フォーク長さ : 75.2 mm
4次固有振動数 : 440.83 Hz

目標とする 440 Hz になりました。

このように解析と設計変更を繰り返し、
モデル仕様決定の判断材料とします。

Max: 0.0254521

Min: 0

Multiphysics FEA

- 解析: 固有値 s
- モデル - mMKS - ユーザ-設定
- (1) s-SS400
- 拘束
 - 固定/回転 PX0Y0Z0
- 負荷
- メッシュ (節点: 10689 要素: 48305 サイズ: 1) mm
- 結果

結果

自動解析 同期

解析 結果の読込 ログ

スケール = 1040

設定 オン/オフ スケールアニメ

モード: 周波数Hz 4: 440.83

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 表示 流線

オプション レポート作成 表示

疲労解析 疲労結果の読込

メッシュ透明度: [Slider]

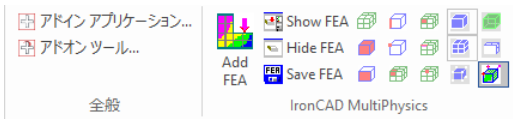
Sim 1M

The screenshot displays the IronCAD MultiPhysics interface. The main window shows a 3D model of a tuning fork. A text box on the left provides the following information:

材料を変更し結果の比較を行います。
材料以外の条件を同じにするため
音叉フォーク長さ : 75.2 mm
メッシュサイズ : 1 mm
とします。

The right-hand panel shows the 'Multiphysics FEA' settings. The material is set to 'JIS AL' (highlighted with a red box and circled with a '1'). The material type is 'JIS SUS' (highlighted with a red box and circled with a '2'). The mesh size is set to 1 mm.

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: 376.990 mm² ビューサイズ: 1862 x 827 単位: mm, deg



2010_音叉固有値.ics

[材料の編集] ボタンをクリックすると、
選択中の材料物性値が表示されます。
ダイアログ上で編集も可能です。
MPIC では文献を参考に一般的な値を
デフォルトで設定しています。

非線形/異方性材料の編集

Name: A2017

応力 熱伝導 電気 流体

| 物性 | 値 | 非線形倍率 | 単位 |
|----------------------|----------|-------|---------------------|
| ヤング率:E | 72600 | - | N/mm ² |
| ポアソン比:ν | 0.33 | - | |
| 密度:ρ | 2.79e-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 | 0.201 | - | J/s/mm/C |
| 比熱 | 840 | - | J/kg/C |
| 体積発熱量 | 0 | - | J/s/mm ³ |
| 線膨張係数参照温度 | 0 | - | C |
| 線膨張係数 | 2.36e-05 | - | 1/C |
| 導電率 | 0 | - | 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 ³ |
| 流体粘性 | 0 | - | N*s/mm ² |

Multiphysics FEA

- 解析: 固有値 s
- モデル - ユーザー設定
- (1) s-A2017
- 拘束
- 固定/回転 PX0Y0Z0
- 負荷
- メッシュ (節点: 10689 要素: 48305 サイズ: 1) mm
- 結果

材料

ライブラリ: AFEMaterial | **材料の編集**

種類: JIS AL

名前: A2017

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

ポティの更新

総数: 1

関連データ

シェル板厚: 1 mm

固有値解析 - 音叉固有値 > 比較

アドイン アプリケーション...
アドオン ツール...

Show FEA
Hide FEA
Save FEA

全般
IronCAD MultiPhysics

2010_音叉固有値.ics x

変位幅/mm
0.0254528
0.0231389
0.020825
0.0185111
0.0161972
0.0138833
0.0115695
0.00925556
0.00694167
0.00462778
0.00231389
0

材料を変更した場合の解析結果はこちらです。
材料 : A2017
4 次固有振動数 : 439.456 Hz

Max: 0.0254528
Min: 0

Multiphysics FEA

- 解析: 固有値 s
- モデル - ツーザー設定
- (1) s-A2017
- 拘束
- 固定/回転 PX0Y0Z0
- 負荷
- メッシュ (節点: 10689 要素: 48305 サイズ: 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 = 1040
設定 オン/オフ スケールアニメ

モード: 周波数 Hz 4: 439.456

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 表示 流線

オプション レポート作成 表示

疲労解析 疲労結果の読み込み

メッシュ透明度: [Slider]

Sim 1M

www.ironcad.com

ビューサイズ: 1862 x 827 単位: mm, deg

任意 Default

固有値解析 - 音叉固有値 > 比較

アドイン アプリケーション...
アドオン ツール...

Show FEA
Hide FEA
Save FEA

IronCAD MultiPhysics

2010_音叉固有値.ics

変位幅/mm

| |
|-----------|
| 0.0254518 |
| 0.023138 |
| 0.0208242 |
| 0.0185104 |
| 0.0161966 |
| 0.0138828 |
| 0.011569 |
| 0.0092552 |
| 0.0069414 |
| 0.0046276 |
| 0.0023138 |
| 0 |

材料を変更した場合の解析結果はこちらです。

材料 : SUS304
4 次固有振動数 : 424.41 Hz

Max: 0.0254518

Min: 0

Multiphysics FEA

- 解析: 固有値 s
- モデル - ツーザー設定
- (1) s-SUS304
- 拘束
- 固定/回転 PX0Y0Z0
- 負荷
- メッシュ (節点: 10689 要素: 48305 サイズ: 1 mm)
- 結果

結果

自動解析 同期

解析 結果の読込 ログ

スケール = 1040

設定 オン/オフ スケールアニメ

モード: 周波数Hz 4: 424.41

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 表示 流線

オプション レポート作成 表示

疲労解析 疲労結果の読込

メッシュ透明度: [Slider]

ヘルプを表示するには F1 キーを押してください。(MPIC)

まっすぐな棒の固有振動数の公式

$$f = \frac{\lambda}{2\pi L} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

L : 棒の長さ

E : ヤング率

ρ : 密度

λ : 境界条件と振動モードによって決まる無次元定数より、

$$\sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

のみを比較すると、大小関係は
SS400 > A2017 > SUS304 となります。
公式からの値と、4次固有振動数の解析結果における、
大小関係に整合が取れると考察できます。

| 材料 | SS400 | A2017 | SUS304 |
|-------------------------------|--------------|--------------|------------|
| ヤング率 : E [N/mm ²] | 206,000 | 72,600 | 193,000 |
| 密度 : ρ [kg/mm ³] | 7.85e-06 | 2.79e-06 | 7.93e-06 |
| $\sqrt{E/\rho}$ | 161,993.95 > | 161,311.83 > | 156,006.27 |
| 4次固有振動数 [Hz] | 440.83 > | 439.46 > | 424.41 |