

Helius PFAの活用方法

Moldflow Insight解析結果の利用によりInventor
Nastranでの精度の高い樹脂の構造解析が可能に

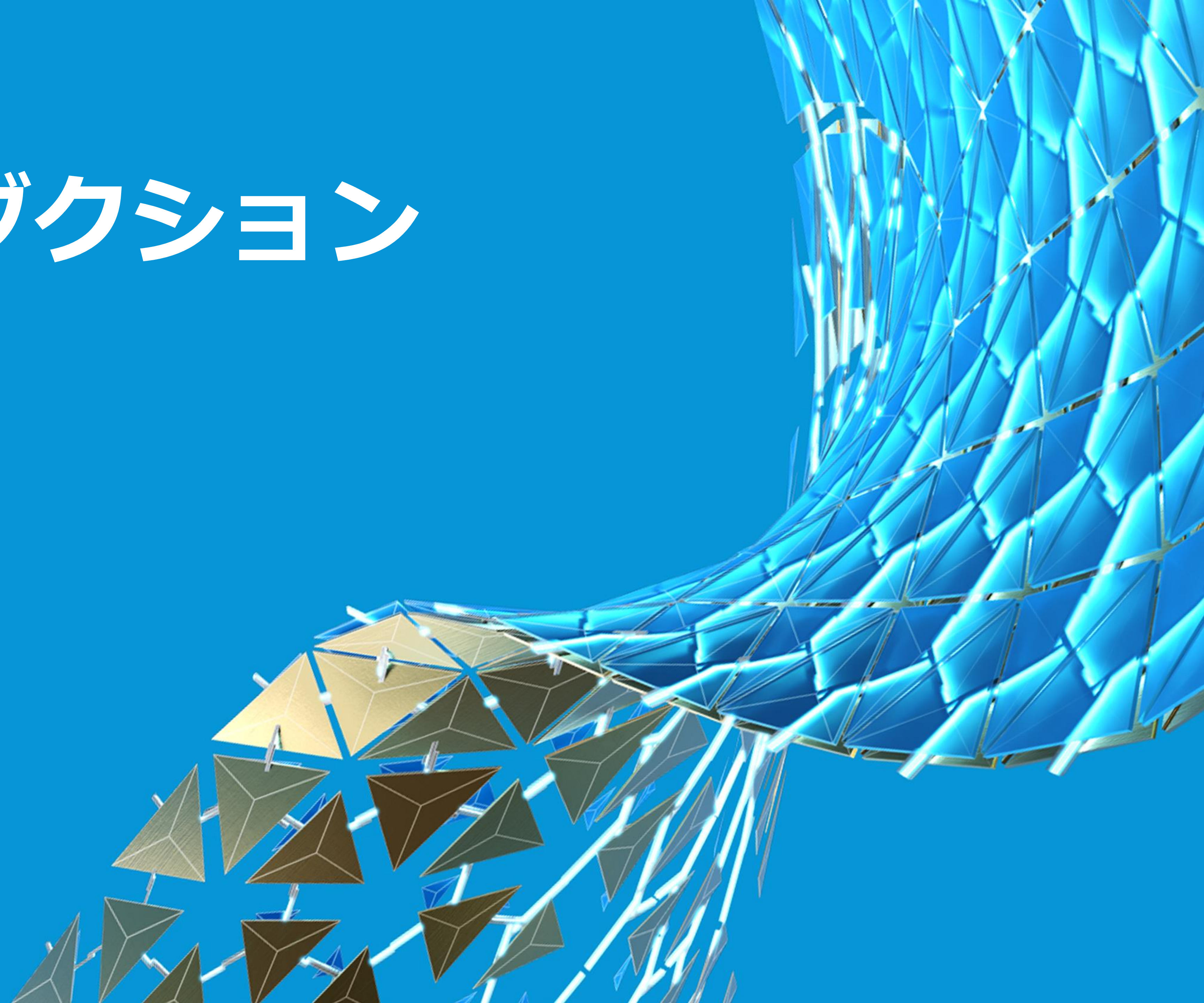
梅山 隆

シミュレーションスペシャリスト

デジタルマニュファクチャリンググループ

オートデスク株式会社

イントロダクション





スピーカーの紹介

梅山 隆

オートデスク株式会社デジタルマニュファクチャリング事業部シミュレーションスペシャリスト

2009年 オートデスク株式会社入社、メジャーアカウント事業部テクニカルアカウントマネージャを経て2013年よりシミュレーション技術担当

2004年 モールドフロージャパン株式会社にアプリケーションエンジニアとして入社

1998年 ニチアス株式会社入社、鶴見研究所にて半導体製造装置用部品の開発、スーパーエンブラ、フッ素樹脂の加工技術開発に従事、加工技術研究の一環として構造解析、流体解析、流動解析 Moldflow Plastics Insightを活用

1998年 東京工業大学理工学研究科化学専攻修士課程修了 導電性有機化合物とd電子をもつ金属との磁性錯体の合成と物性を研究

1996年 立教大学理学部化学科卒業 有機化学研究室にてパーキンソン病診断物質の合成を研究

本日の内容

- クラスサマリー
- 繊維強化射出成形品の特徴とその構造解析の課題
- Helius PFAの機能
- Inventor NastranとMoldflow Insightの連携方法

クラスサマリー

- **本セッションの目的**

金属部品を軽量化する目的で繊維強化樹脂を利用することがあります。

樹脂化の課題として、樹脂部品の強度評価が難しいことがあげられます。

本セッションでは、樹脂部品構造解析が困難である要因を概説し、その対応策としてのHelius PFAの活用方法と効果を紹介いたします。

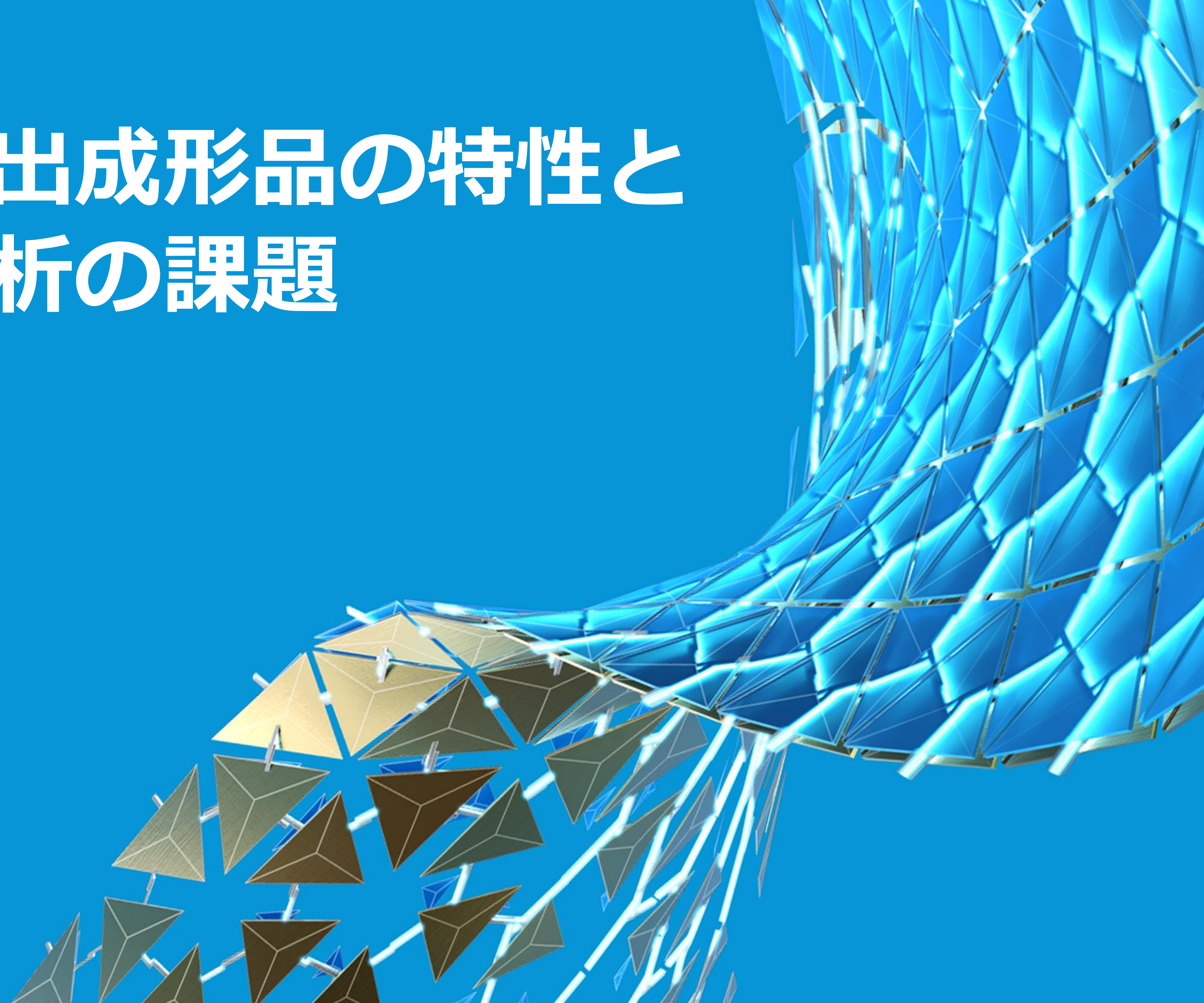
- **本セッションの前提条件**

Inventor Nastran および Moldflow Insightの基本操作、知識がある方を対象としております。

主な学習目標

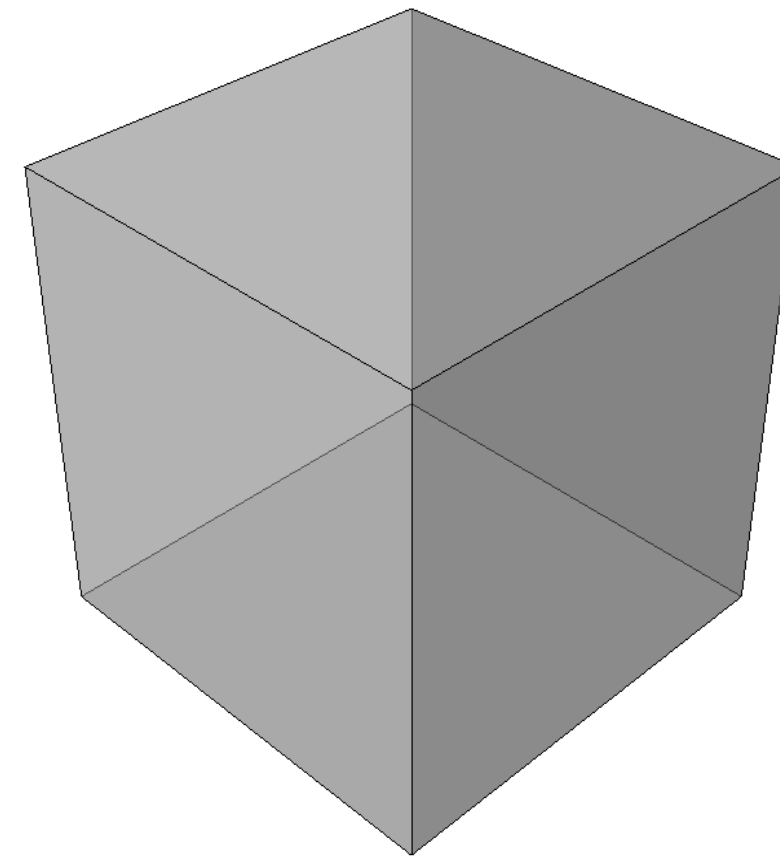
- 射出成形による樹脂、特に繊維強化樹脂の構造解析が難しい理由を理解します。
- Moldflow Insightの結果をInventor Nastranで利用する以下の方法を習得します。
 - Moldflow Insightの設定
 - Inventor Nastranの設定
 - Advanced Material Exchangeの操作
 - Inventor Nastran メッシュへのMoldflow Insight結果のマッピング方法
- Inventor Nastranで出力されるHelius PFAの結果を理解します。

繊維強化射出成形品の特性と その構造解析の課題

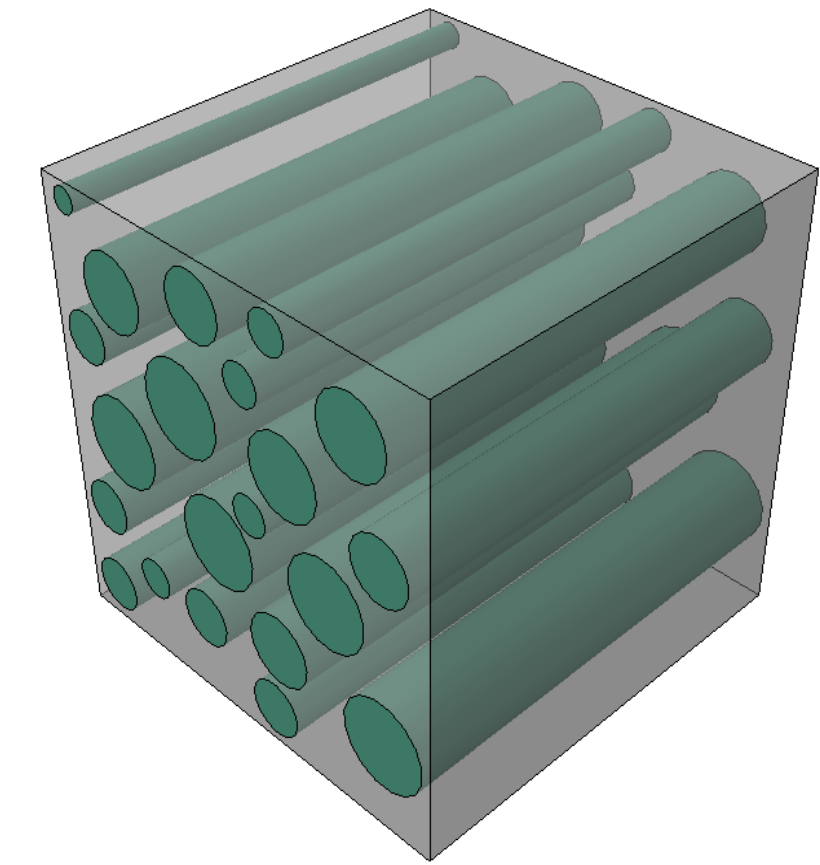


繊維強化射出成形品の機械物性における特徴

- 複合材料の機械特性≠等方性材料



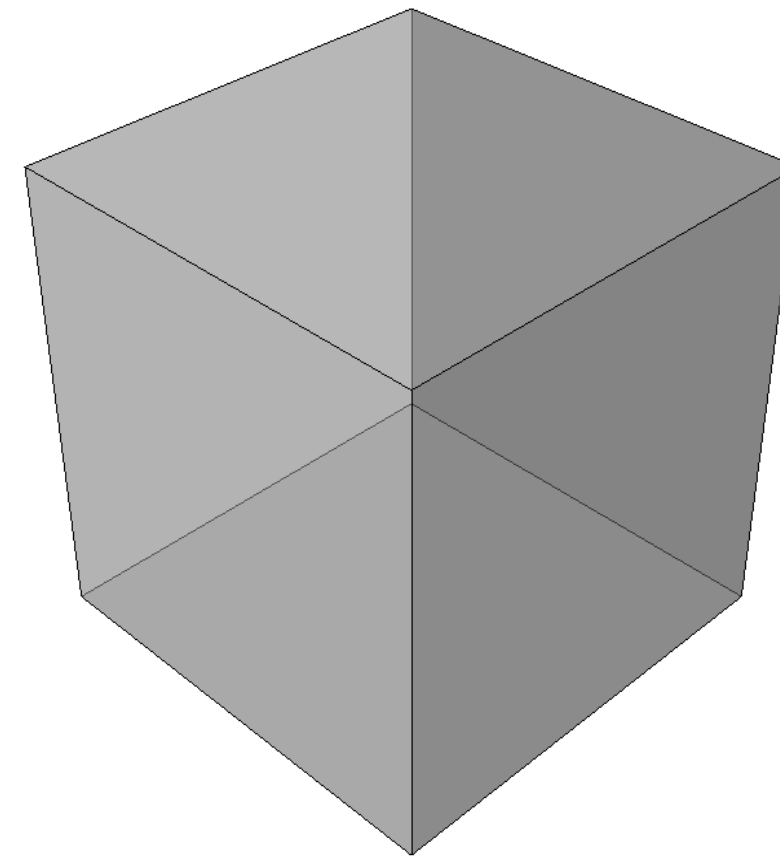
$$\begin{aligned} E &= 69 \text{ GPa} \\ \nu &= 0.33 \\ G &= 26 \text{ GPa} \end{aligned}$$



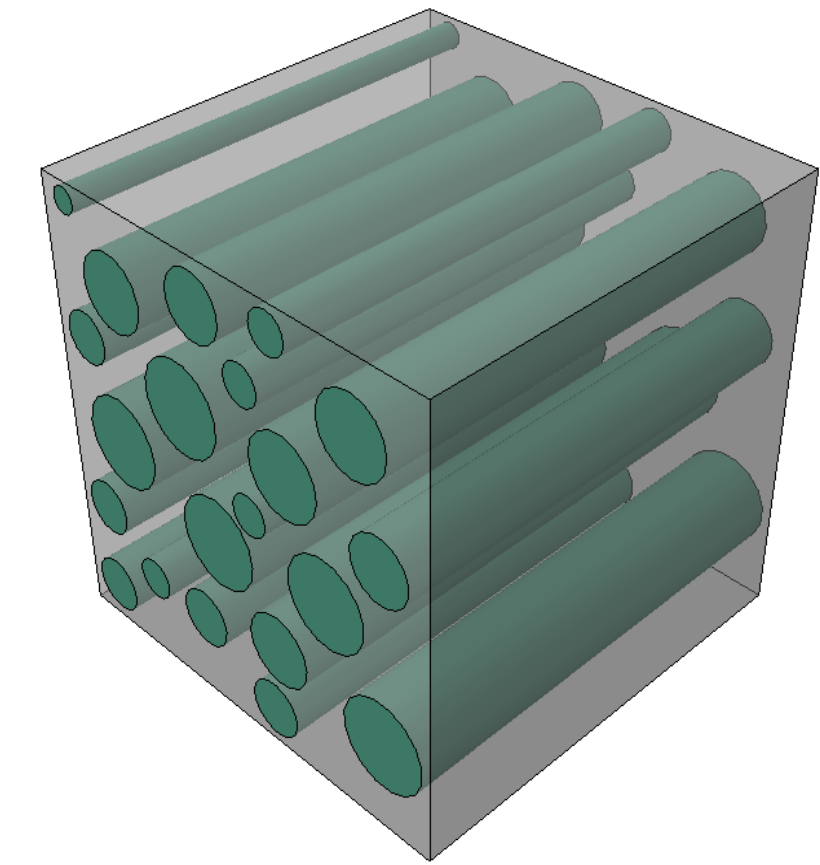
$$\begin{aligned} E_{11} &= 143 \text{ GPa} \\ E_{22} &= E_{33} = 11 \text{ GPa} \\ \nu_{12} &= \nu_{13} = 0.324 \\ \nu_{23} &= 0.461 \\ G_{12} &= G_{13} = 5 \text{ GPa} \\ G_{23} &= 0.4 \text{ GPa} \end{aligned}$$

繊維強化射出成形品の機械物性における特徴

- 複合材料の機械特性 \neq 等方性材料
- 母材と充填材間の複雑な相互作用



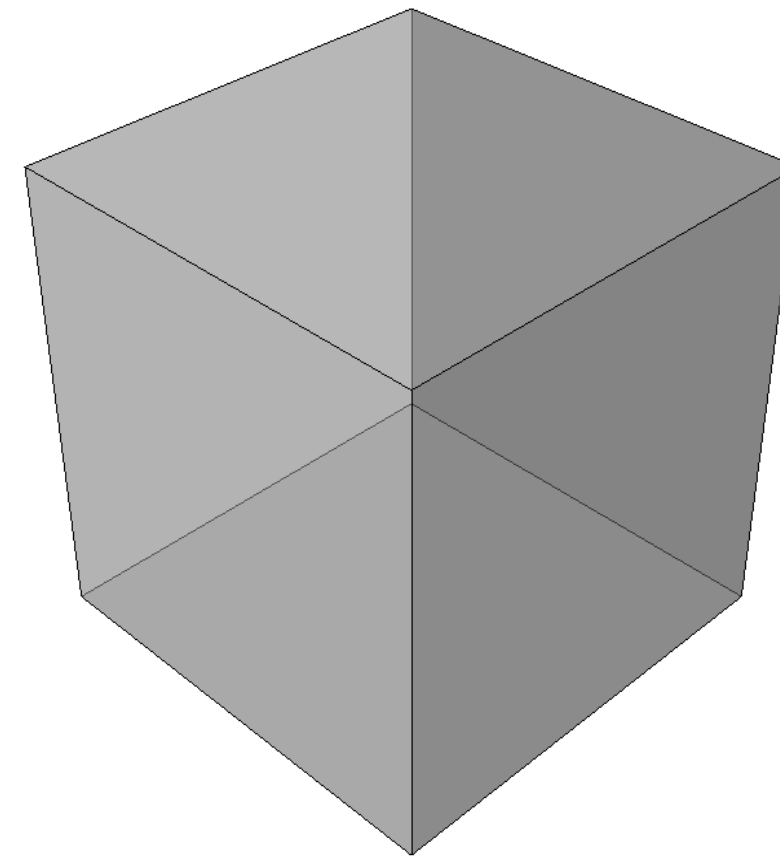
物性はどの位置でも同じ



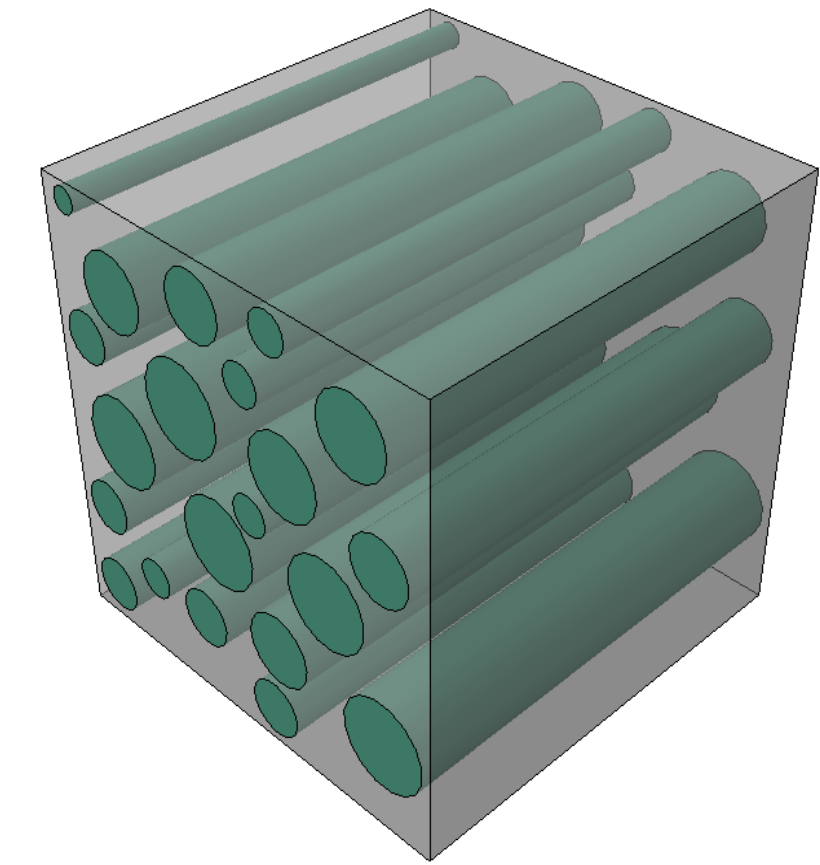
母材の物性と
充填材の物性は大きく異なる

繊維強化射出成形品の機械物性における特徴

- 複合材料の機械特性 \neq 等方性材料
- 母材と充填材間の複雑な相互作用
- 複雑な損傷メカニズム



物性はどの位置でも同じ



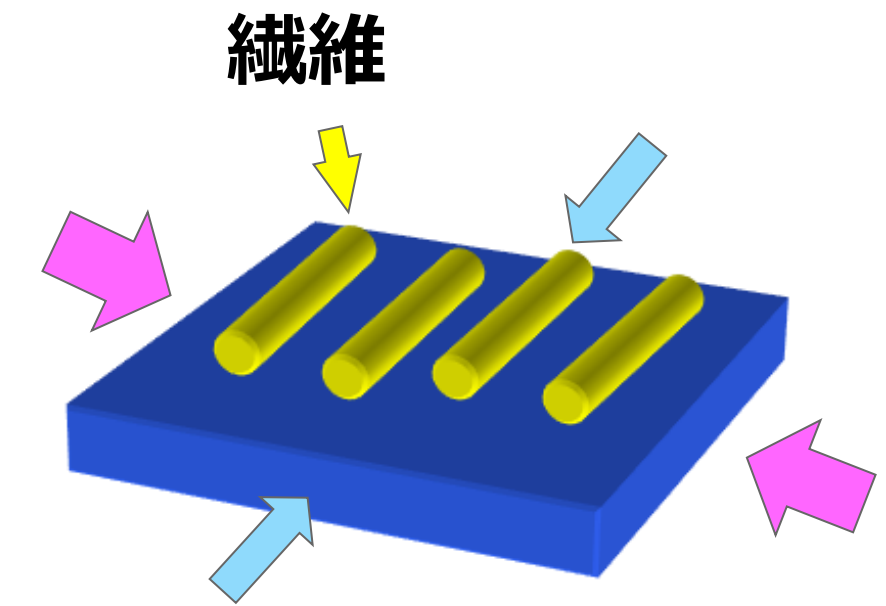
母材の物性と
充填材の物性は大きく異なる



母材から破損する

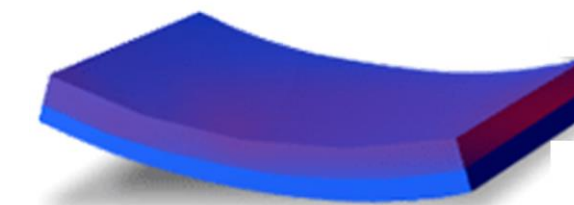
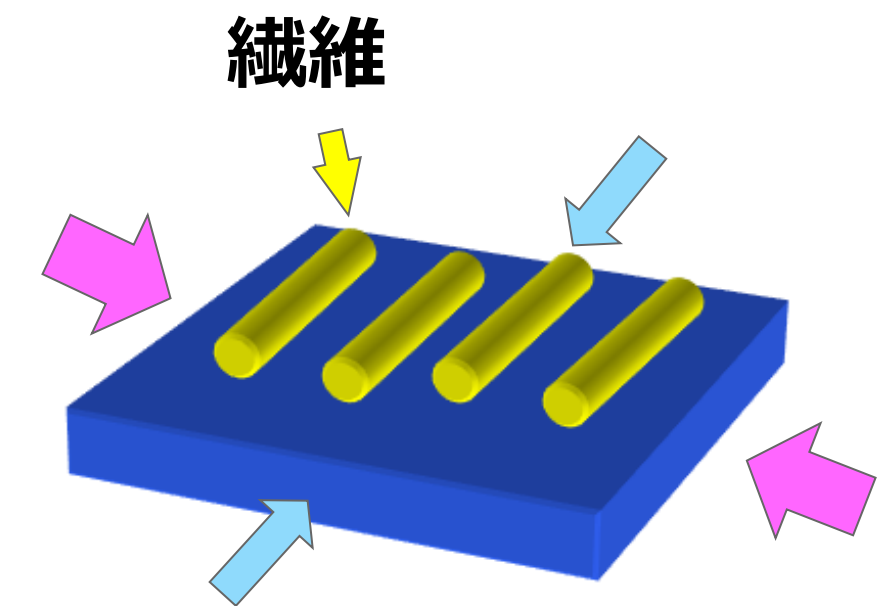
繊維強化射出成形品の構造解析上の課題

- 繊維配向による機械物性の異方性の考慮
樹脂の充填方向、剪断速度、保圧、固化など、射出成形特有の現象により
繊維配向方向、繊維配向度が成形品的位置により異なる
⇒定量的にも定性的にも物性値の設定が困難



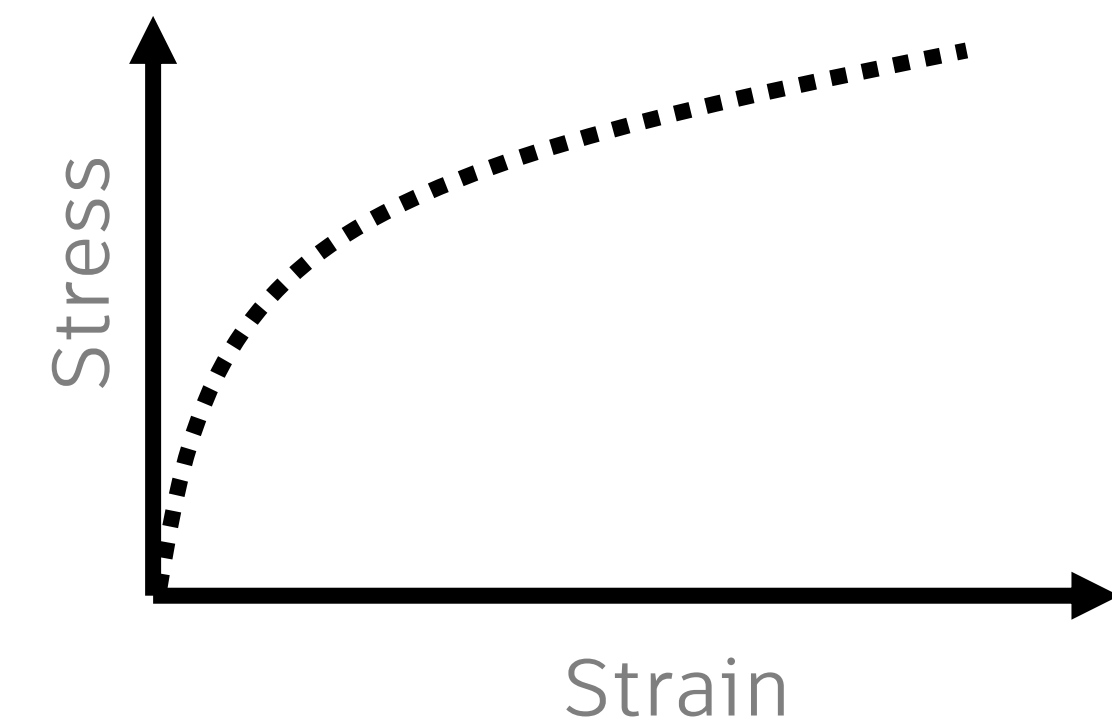
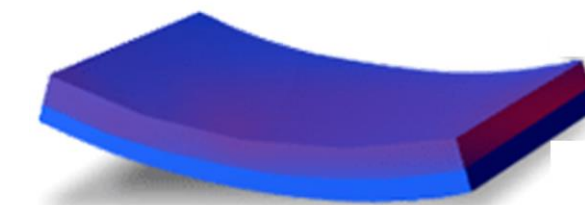
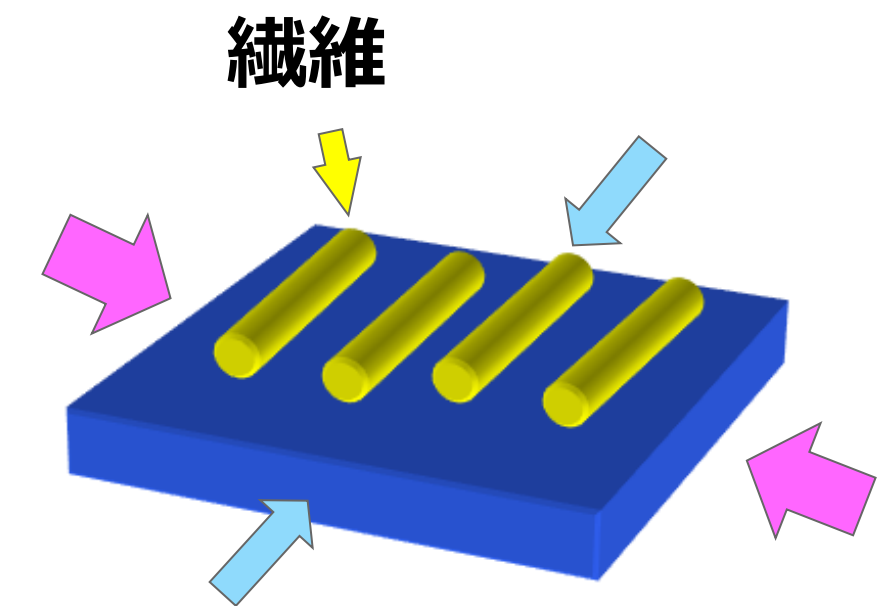
繊維強化射出成形品の構造解析上の課題

- 繊維配向による機械物性の異方性の考慮
樹脂の充填方向、剪断速度、保圧、固化など、射出成形特有の現象により
繊維配向方向、繊維配向度が成形品的位置により異なる
⇒定量的にも定性的にも物性値の設定が困難
- 成形特有の現象の考慮
繊維配向、変形、残留応力・歪、ウェルドライン
非強化材での射出成形品においても課題



繊維強化射出成形品の構造解析上の課題

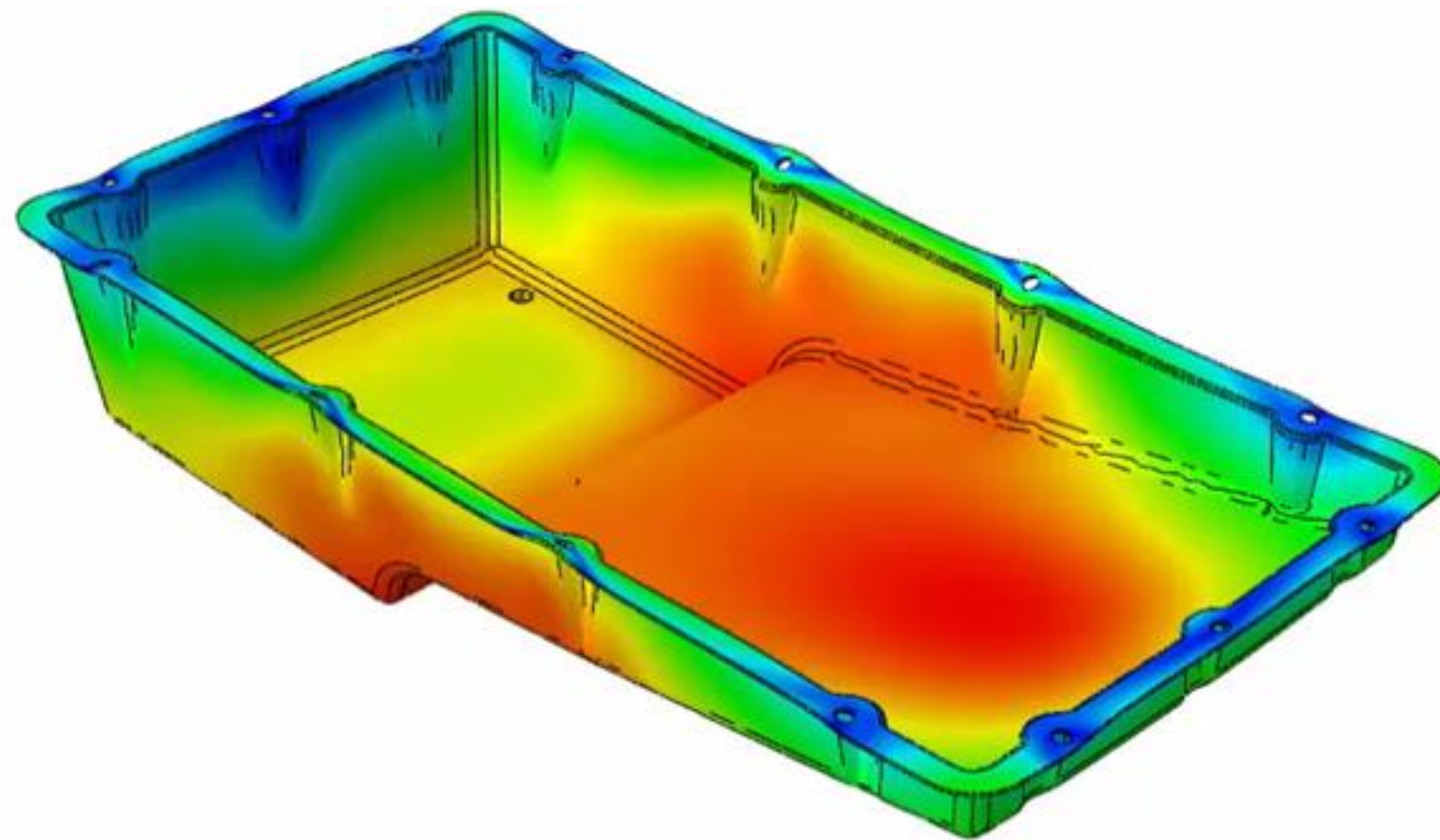
- 繊維配向による機械物性の異方性の考慮
樹脂の充填方向、剪断速度、保圧、固化など、射出成形特有の現象により
繊維配向方向、繊維配向度が成形品的位置により異なる
⇒定量的にも定性的にも物性値の設定が困難
- 成形特有の現象の考慮
繊維配向、変形、残留応力・歪、ウェルドライン
非強化材での射出成形品においても課題
- 非線形材料物性
金属よりも強い非線形性
母材から破損



非線形異方性材料物性を考慮すべき理由

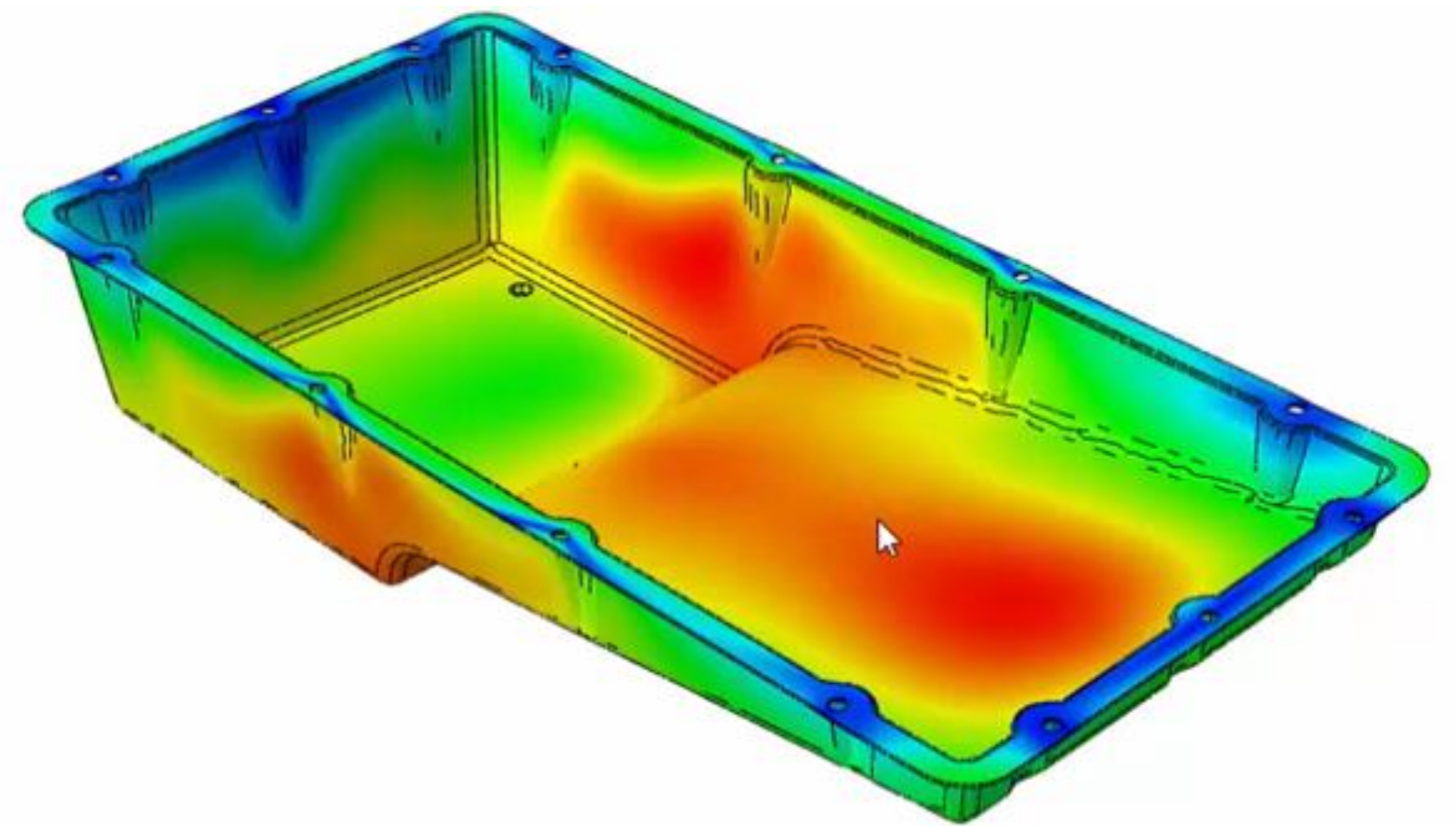
- 非線形異方性材料物性を考慮しないと解析精度が大幅に低下する

線形等方性材料物性



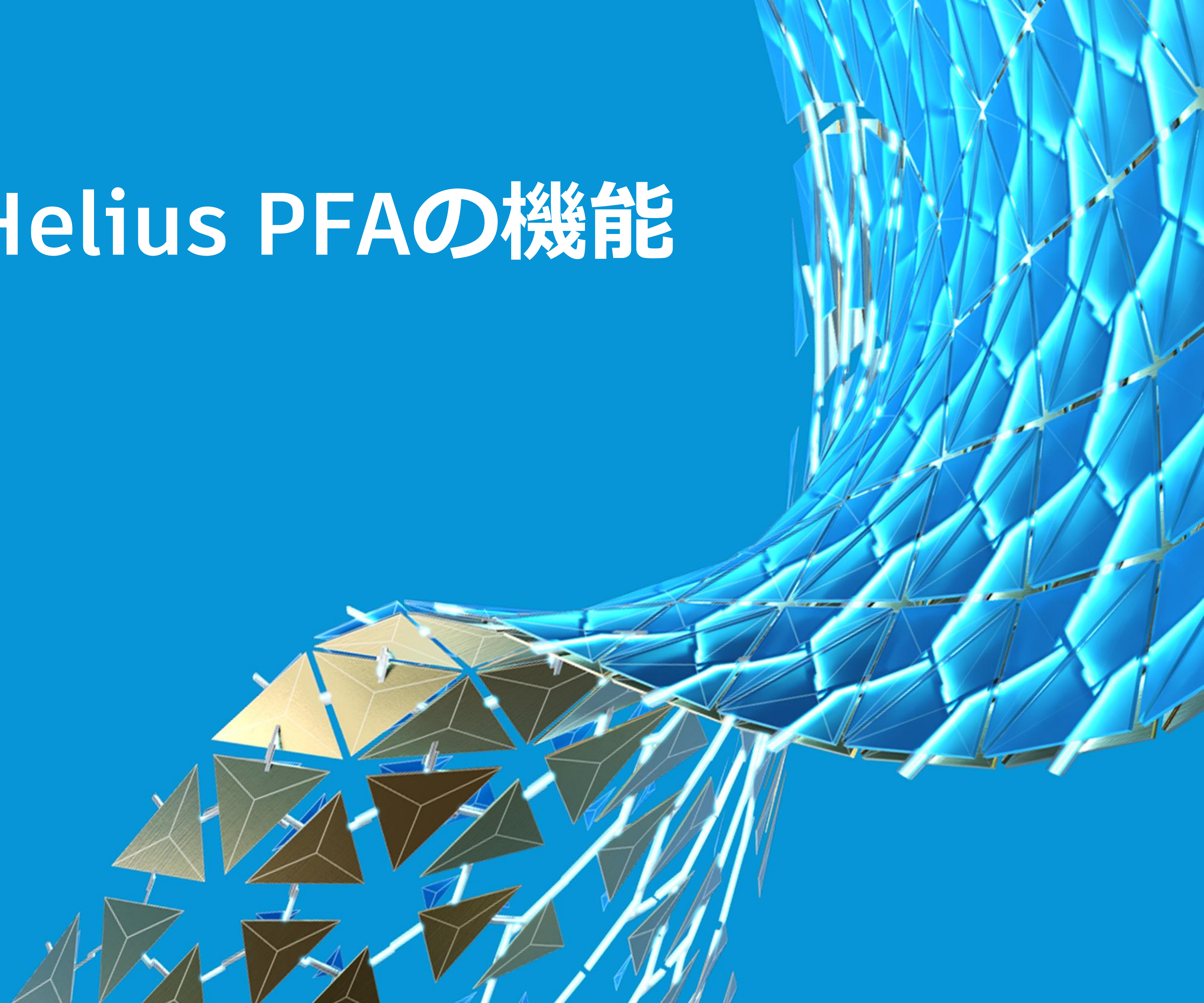
最大変位量 : 15.2mm

非線形異方性材料物性



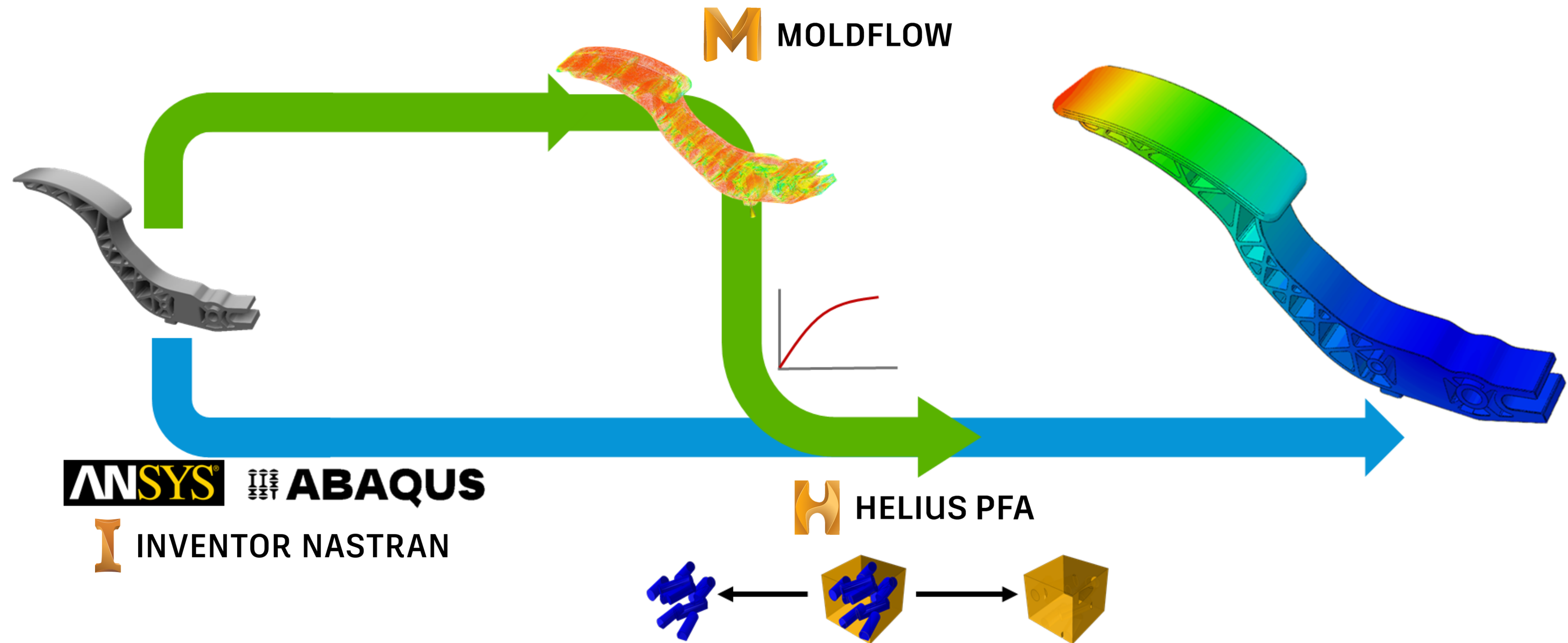
最大変位量 : 4.06mm

Autodesk Helius PFAの機能



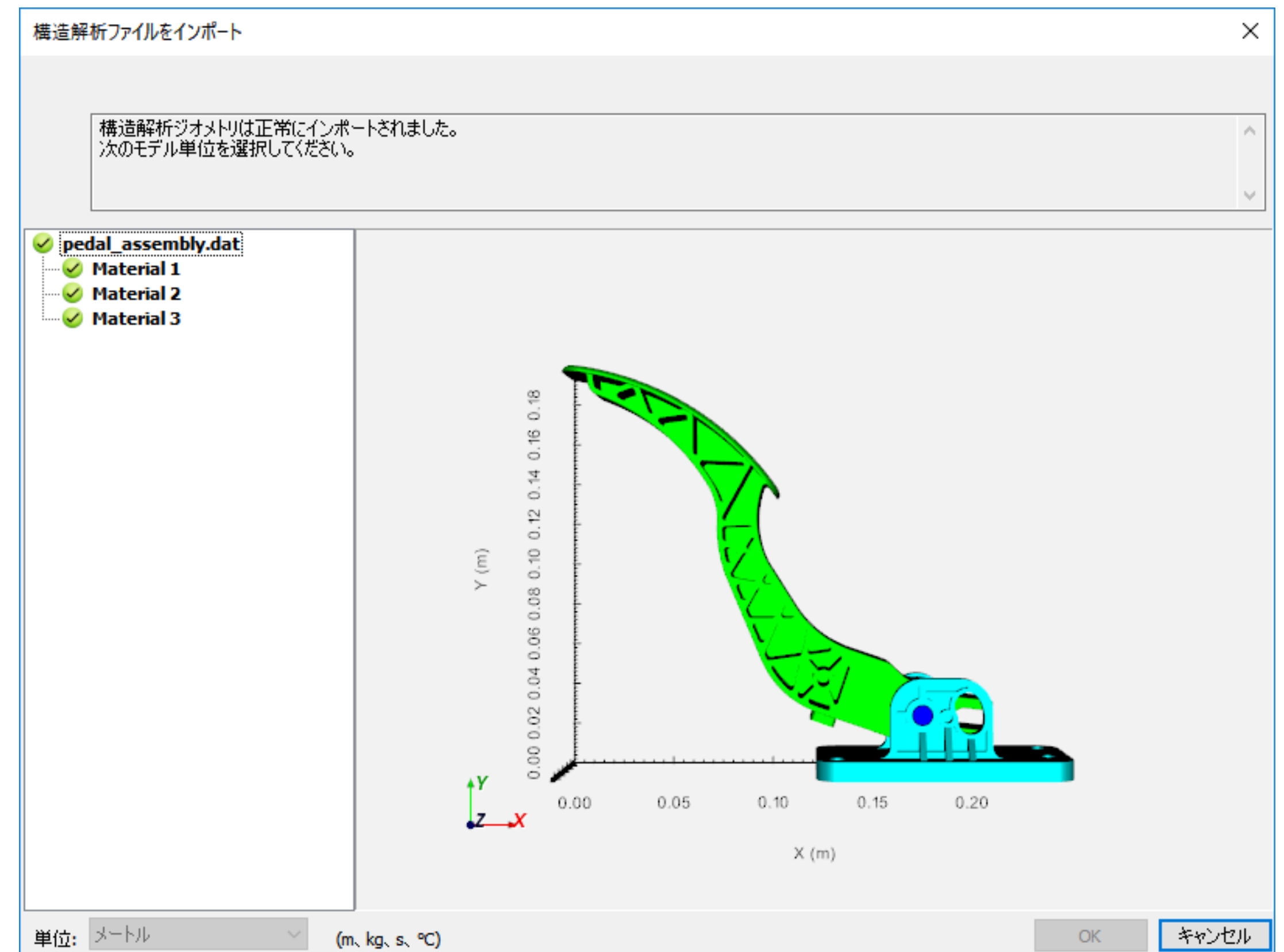
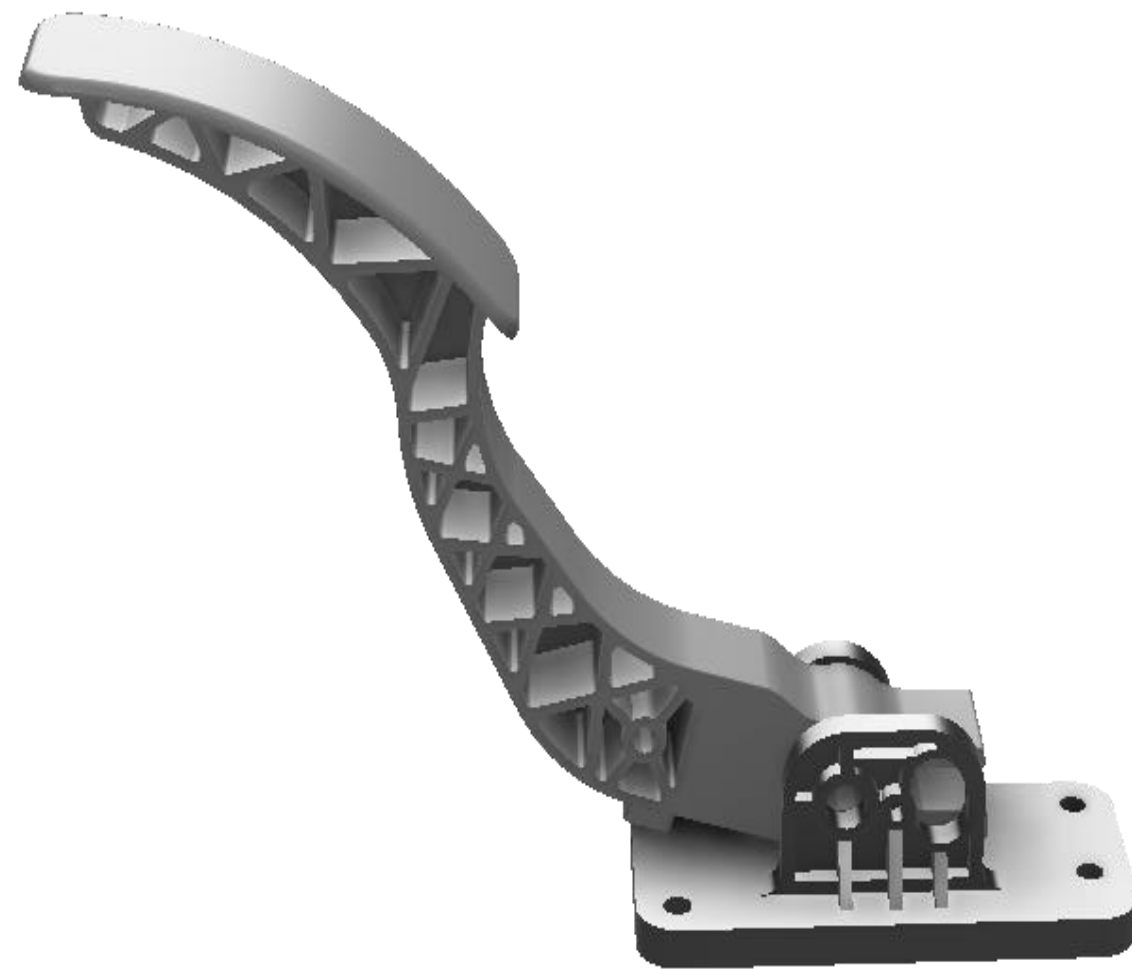
Autodesk Helius PFAの特徴

- 射出成形の影響を考慮した構造解析を行うためのツール



Autodesk Helius PFAの特徴

- アセンブリモデルへの対応
各部品毎にMoldflowの解析結果を割り当て
部品形状、メッシュ形状、座標系の一致は不要

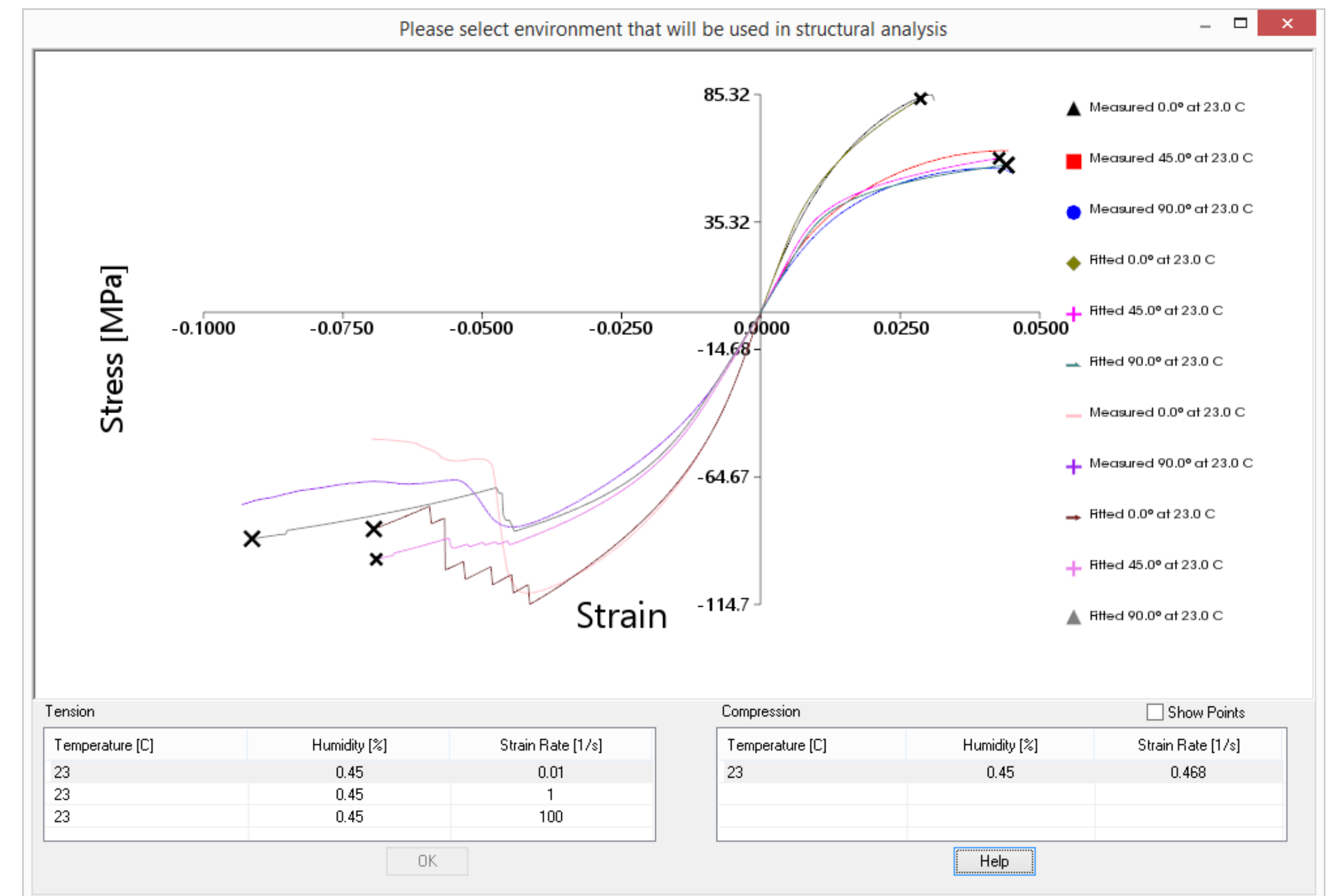
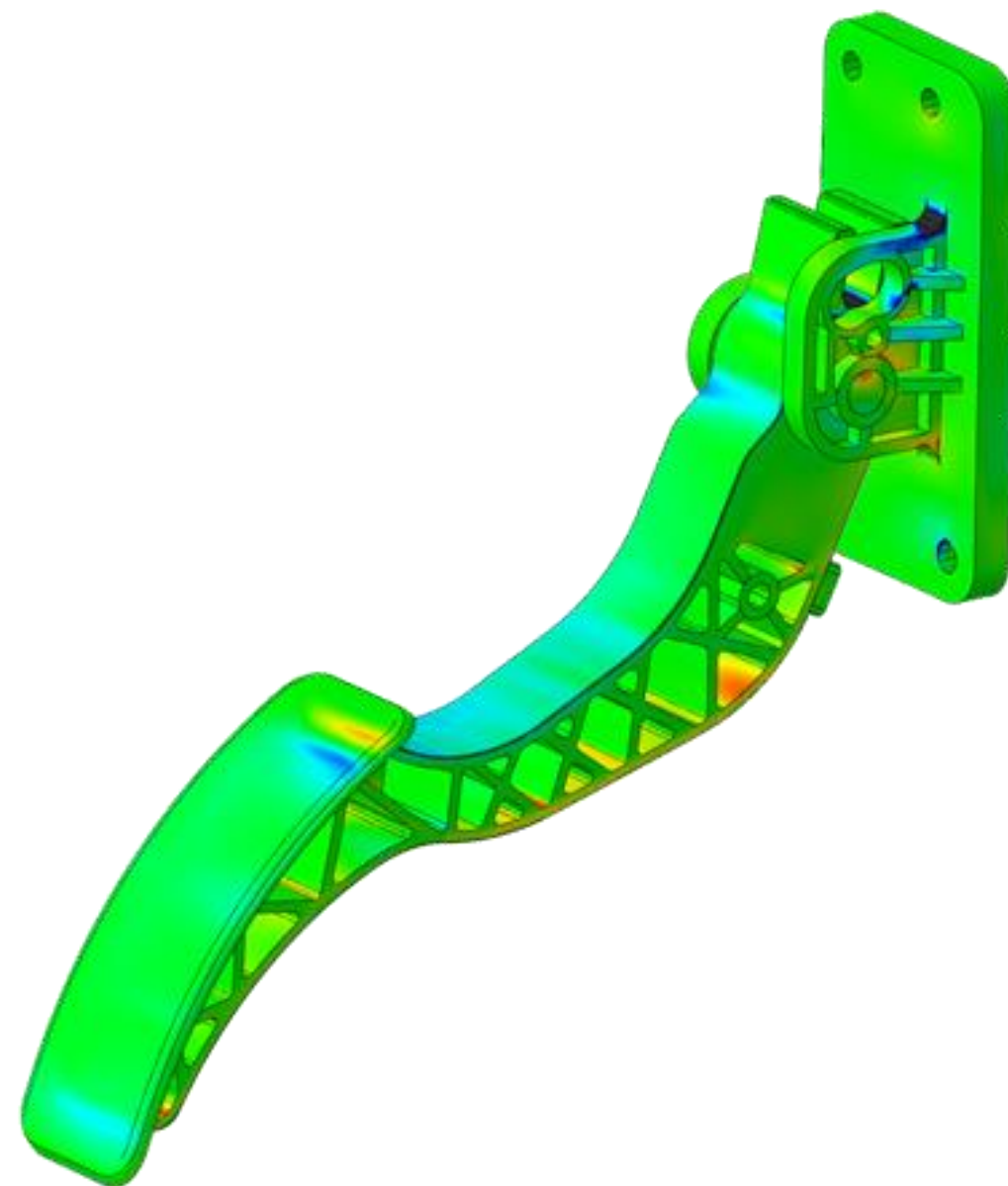


Autodesk Helius PFAの特徴

- 引張及び圧縮の応力ひずみ曲線の利用

応力ひずみ曲線がない場合にも、Moldflow樹脂データベースの機械強度特性を利用可能

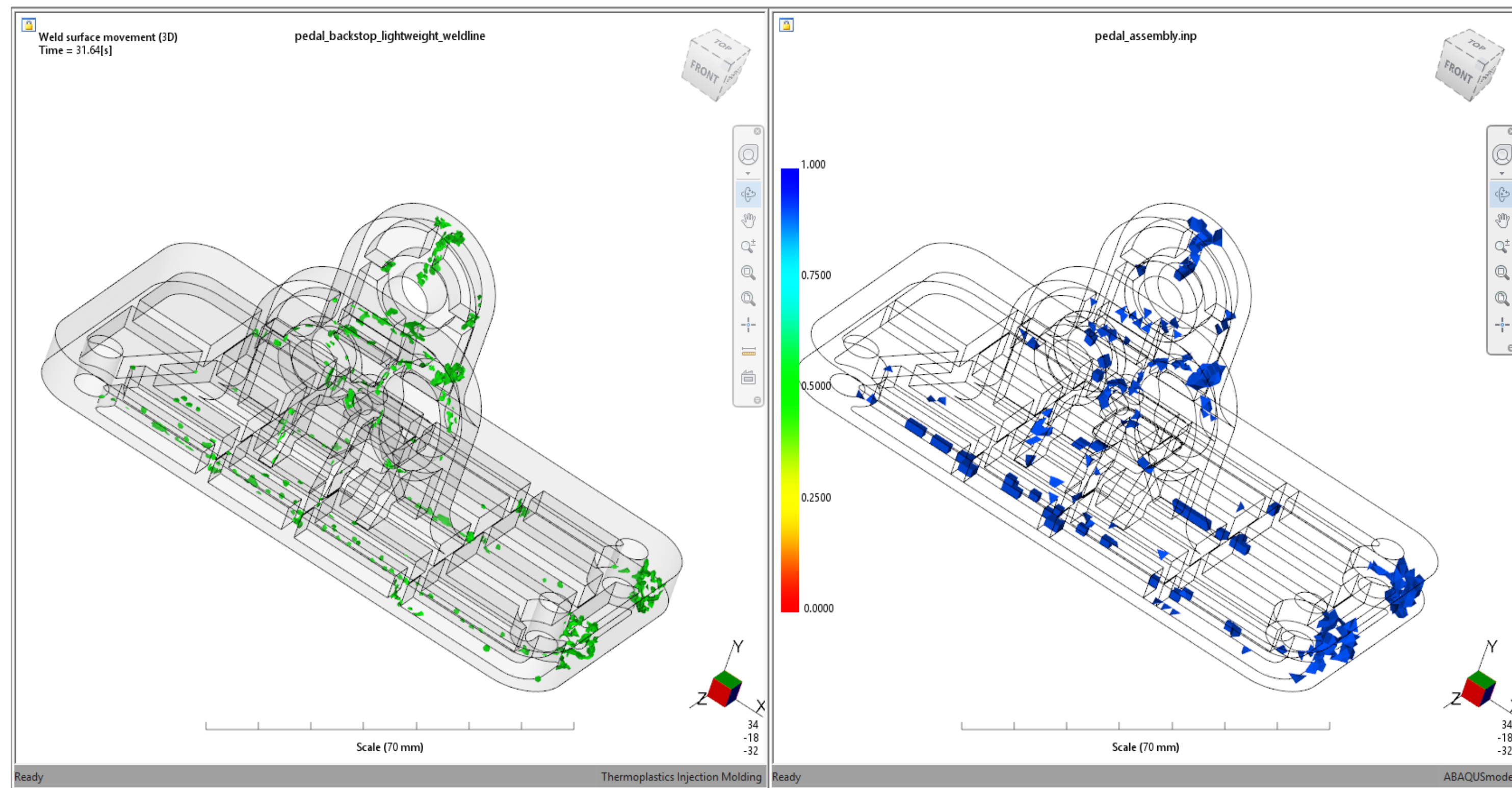
圧縮特性がない場合、引張特性と同じ応答で計算される



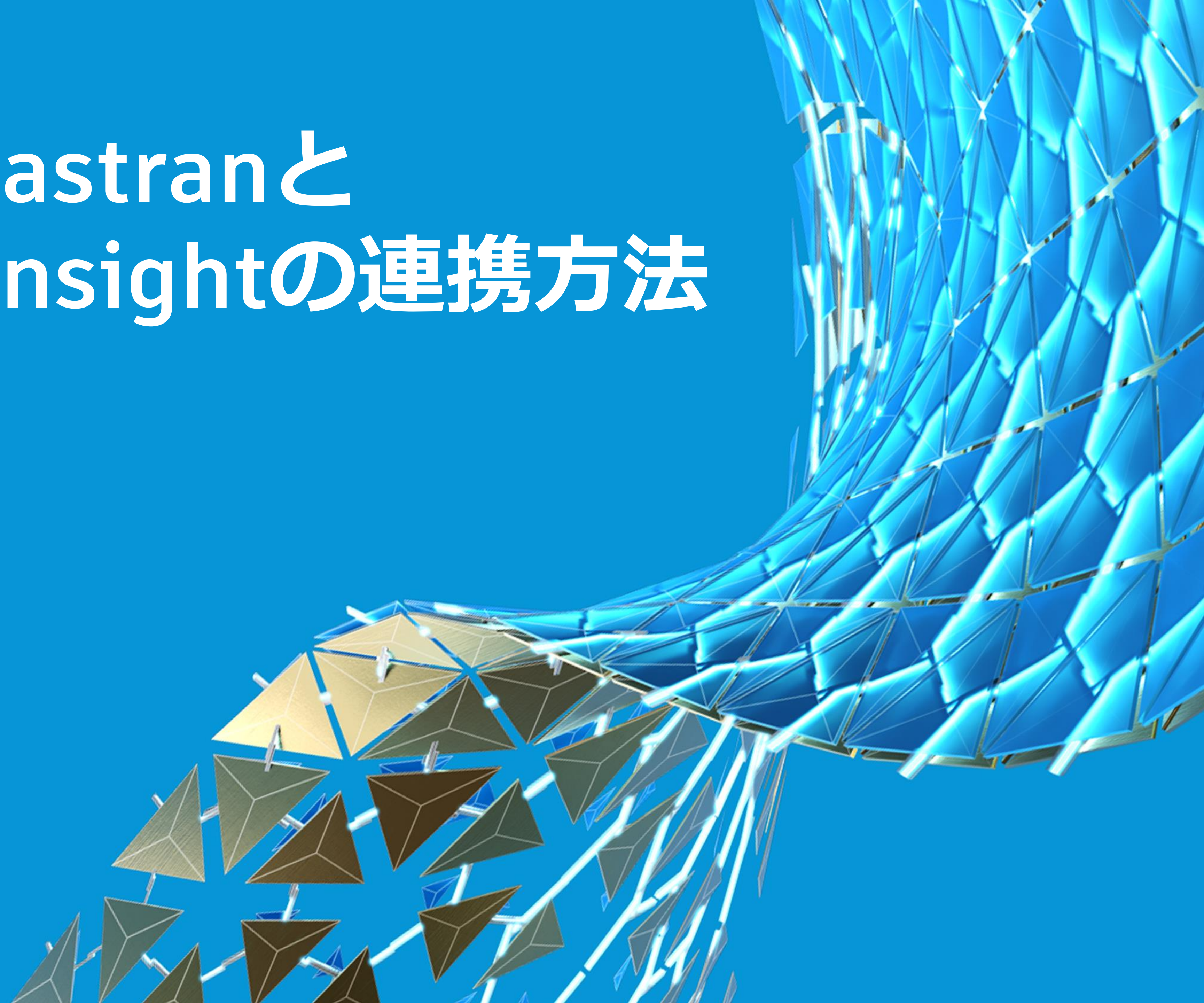
Autodesk Helius PFAの特徴

- ウェルドライン強度低下の考慮

Moldflowのウェルドサーフェスの移動結果を構造解析モデルにマッピング(3Dメッシュのみ)



Inventor Nastranと Moldflow Insightの連携方法



MoldflowとInventor Nastranの連携ワークフロー

- Inventor Nastranで解析モデルを準備 (メッシュ、境界条件、解析条件を設定)
メッシュモデル(nasファイル)を出力

- Moldflow Insightで解析モデルを準備、充填 + 保圧解析を解析実行

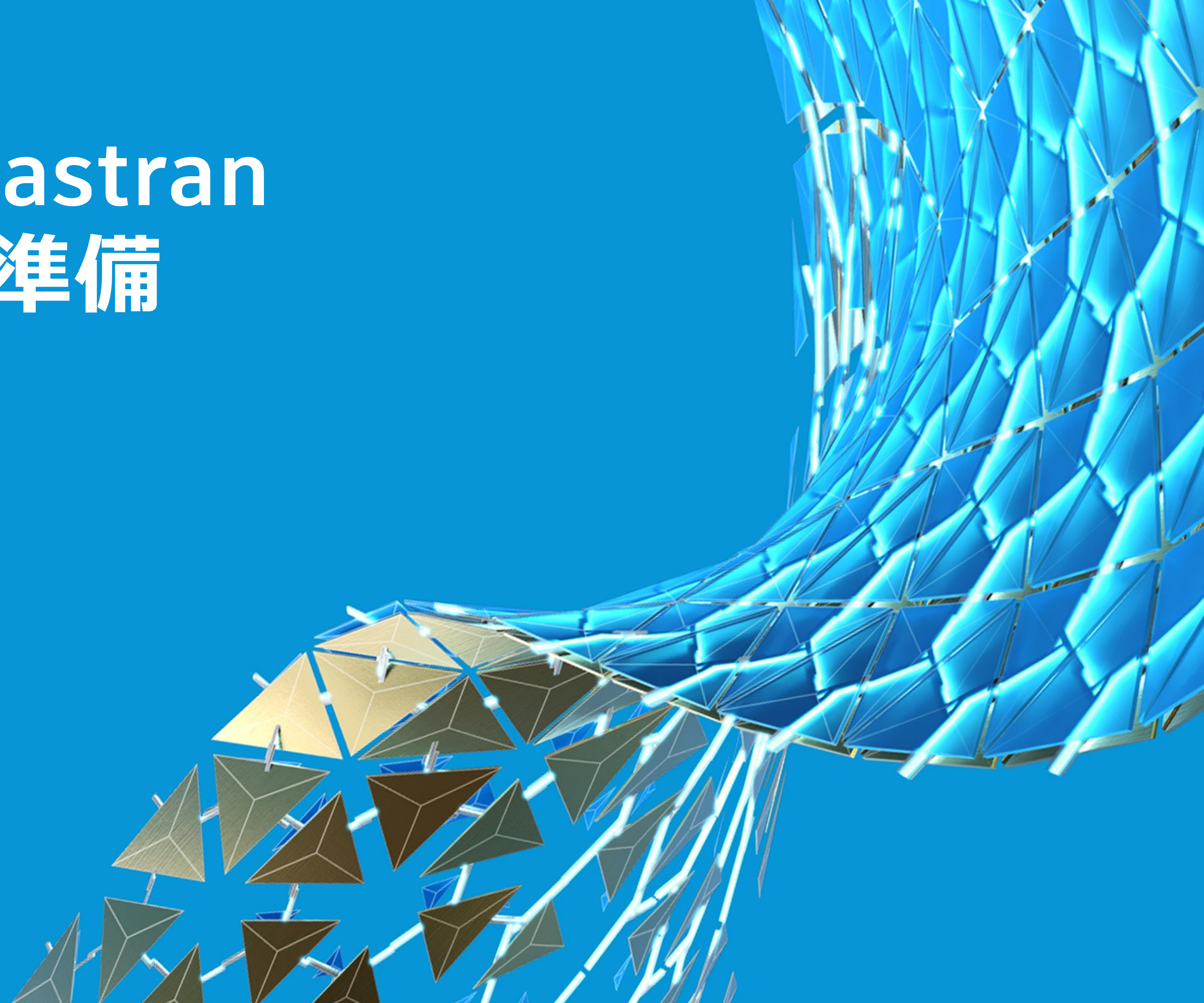
- Helius PFAにMoldflowスタディ及びNastranモデルをインポート
- 材料非線形データをインポート (オプション)
- マッピング
- Moldflowモデルのインポート～マッピング (アセンブリモデルの場合)
- オプション解析設定 (破断、反り、ウェルドラインの考慮など)
- Nastranモデルをエクスポート

Helius PFA
Advanced Material Exchange

- Inventor Nastranで解析

Helius PFA

Inventor Nastran 解析モデル準備



Inventor Nastran 解析モデル準備

- 前提条件

Helius PFA 2019が対応するInventor Nastranのバージョン : 2018~2019

※Inventor NastranとHelius PFAは同じPCにインストールされている必要があります。

Program Control Directives ¥ HPFAFILESPEC に

C:¥Program Files¥Autodesk¥Helius PFA 2019¥bin¥nastran¥2018 が設定されている

※Inventor Nastranインストール後にHelius PFAをインストールした場合、自動的に設定されています

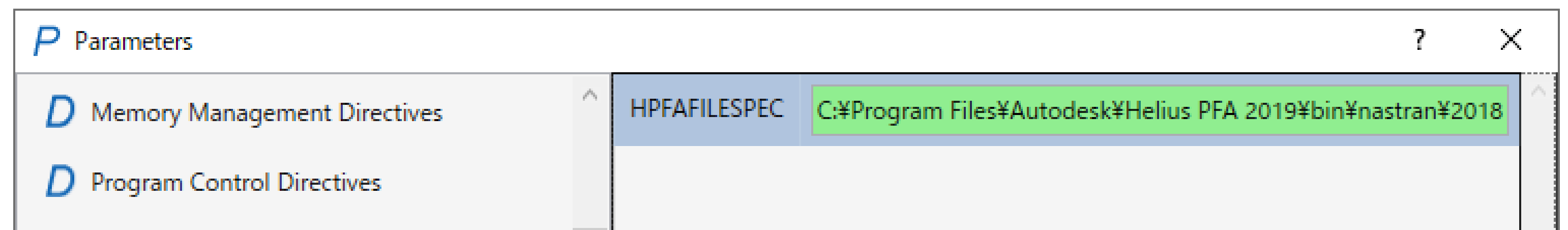
設定されていない場合、GUIにてパラメータに入力、

もしくはインストールフォルダC:¥Program Files¥Autodesk¥Nastran 2019¥Nastran¥にある

Nastran.iniファイルを編集します

[Program Control Directives]

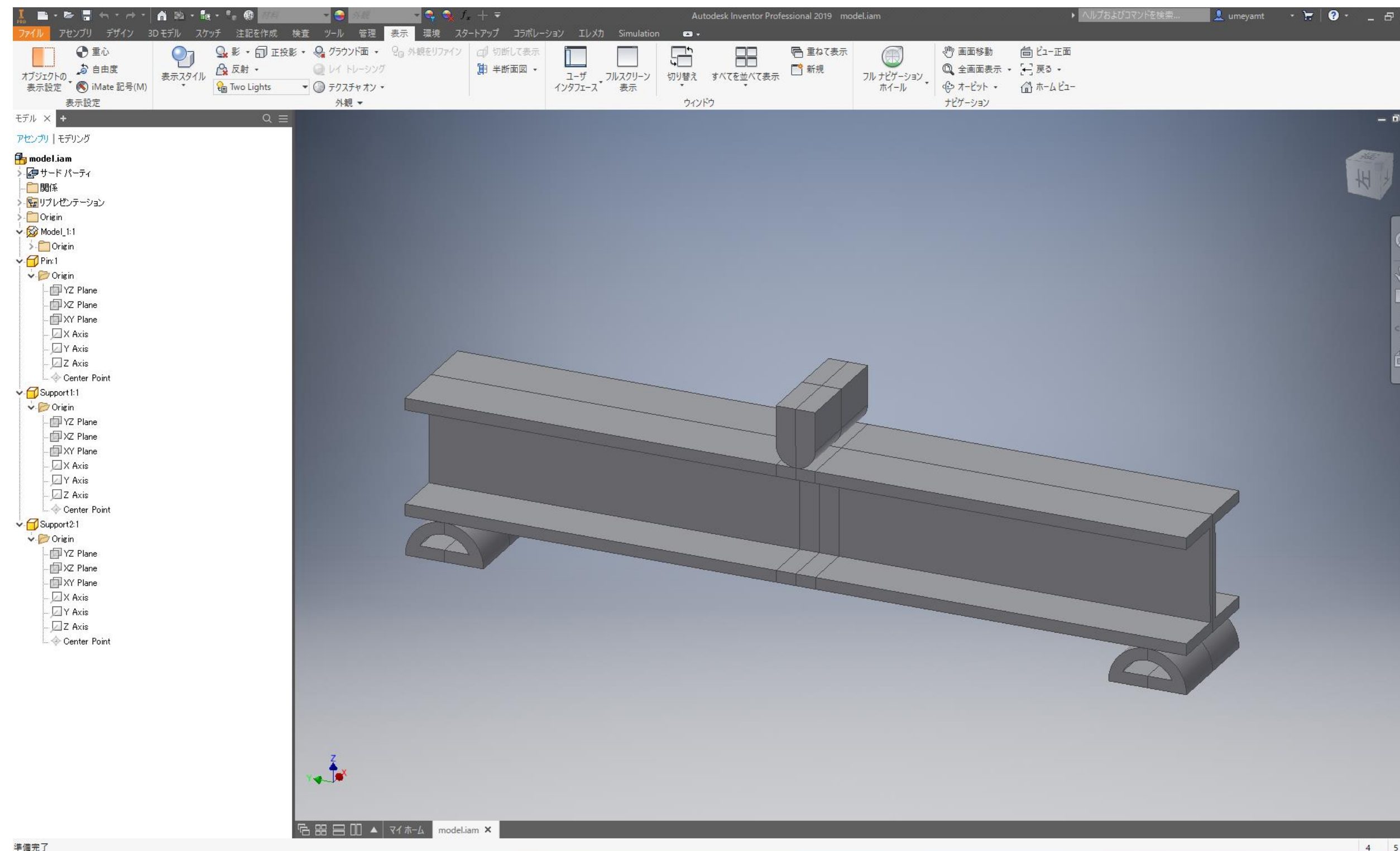
HPFAFILESPEC=C:¥Program Files¥Autodesk¥Helius PFA 2019¥bin¥nastran¥2018¥



Inventor Nastran 解析モデル準備

- 解析用3Dモデルの準備

複数のモデルの組み合わせを解析する場合、マルチボディパーツではなく、アセンブリモデルとして用意
形状が対称形でも、多くの場合、繊維配向が対称ではないので、フルモデルでモデリング



Inventor Nastran 解析モデル準備

- 解析タイプ変更
非線形静解析に変更する。
出力コントロール
ひずみを出力する際には
データタイプを図心に変更する。
オプション
大変形をOFFにする。

The screenshot shows the 'Analysis' dialog box with the 'Output Control' tab selected. The 'Name' field is '解析 1' and the 'Type' is '非線形静解析'. Under 'Output Control', the 'Nodes' section has '変位' (checked), '適用荷重' (unchecked), 'SPC' (checked), 'MPC' (unchecked), and 'グリッド ポイント荷重 バランス' (unchecked). The 'Elements' section has 'データ タイプ' set to 'コーナー'. Under 'Output Set', '力' (unchecked), '応力' (checked), and 'ひずみ' (unchecked) are listed. The 'Output Option' dropdown is set to 'Plot'. 'OK' and 'キャンセル' buttons are at the bottom.

The screenshot shows the 'Analysis' dialog box with the 'Option' tab selected. The 'Name' field is '解析 1' and the 'Type' is '非線形静解析'. Under 'Option', the 'Contact Data' section has '接触タイプ' set to '結合' and '許容誤差' set to '0.1'. The '大変形' dropdown is set to 'オフ'. The 'Advanced Material Exchange' section has '構造モデルをインポート' (unchecked). The 'File' field is empty. 'OK' and 'キャンセル' buttons are at the bottom.

Inventor Nastran 解析モデル準備

- パラメータ変更

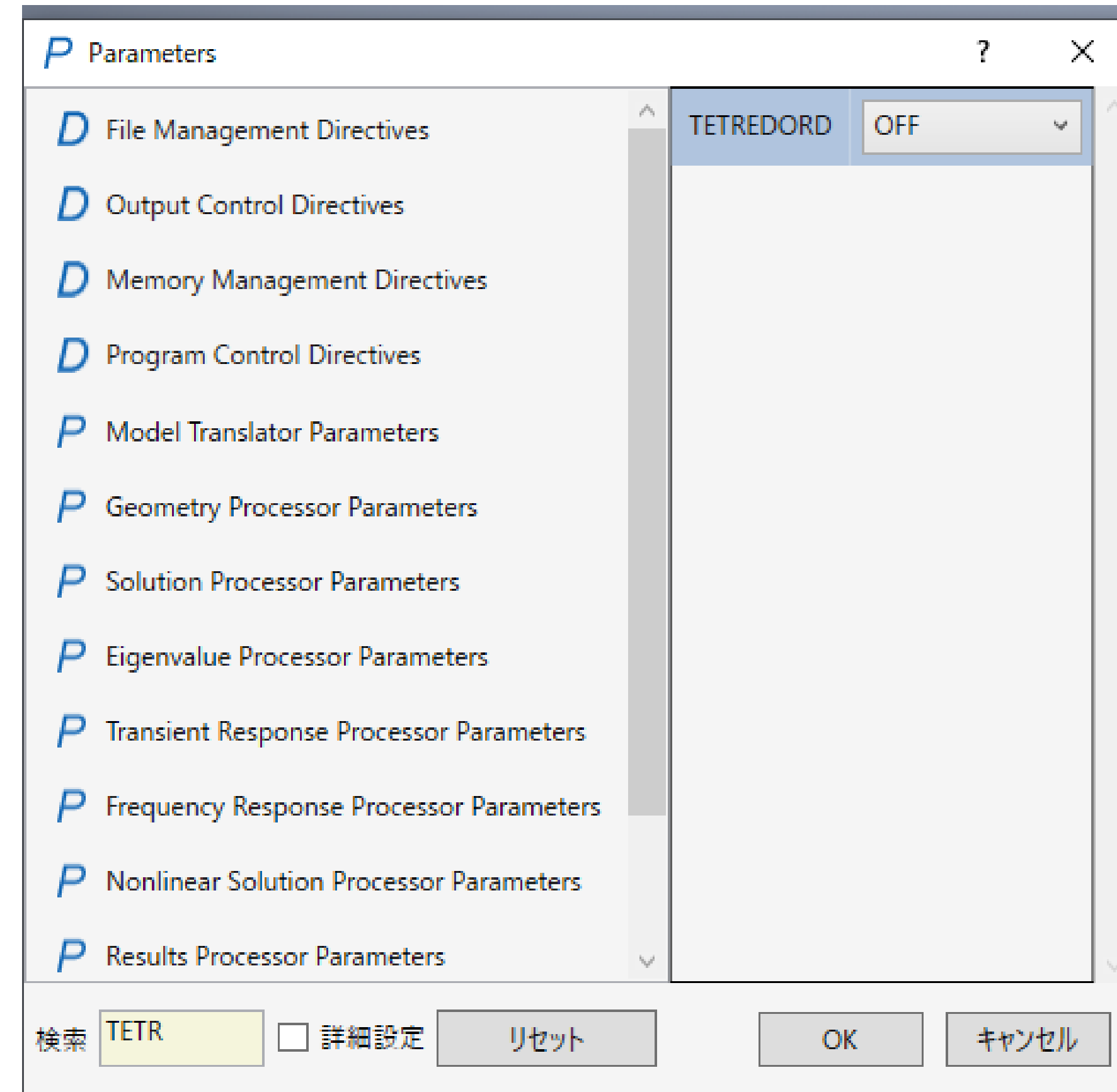
TETREDORD(四面体要素低減積分)をOFFに変更する。

※検索でパラメータを見つけるのが早いです。

※大変形とTETREDORDのOFFは

Helius PFAの収束機能を

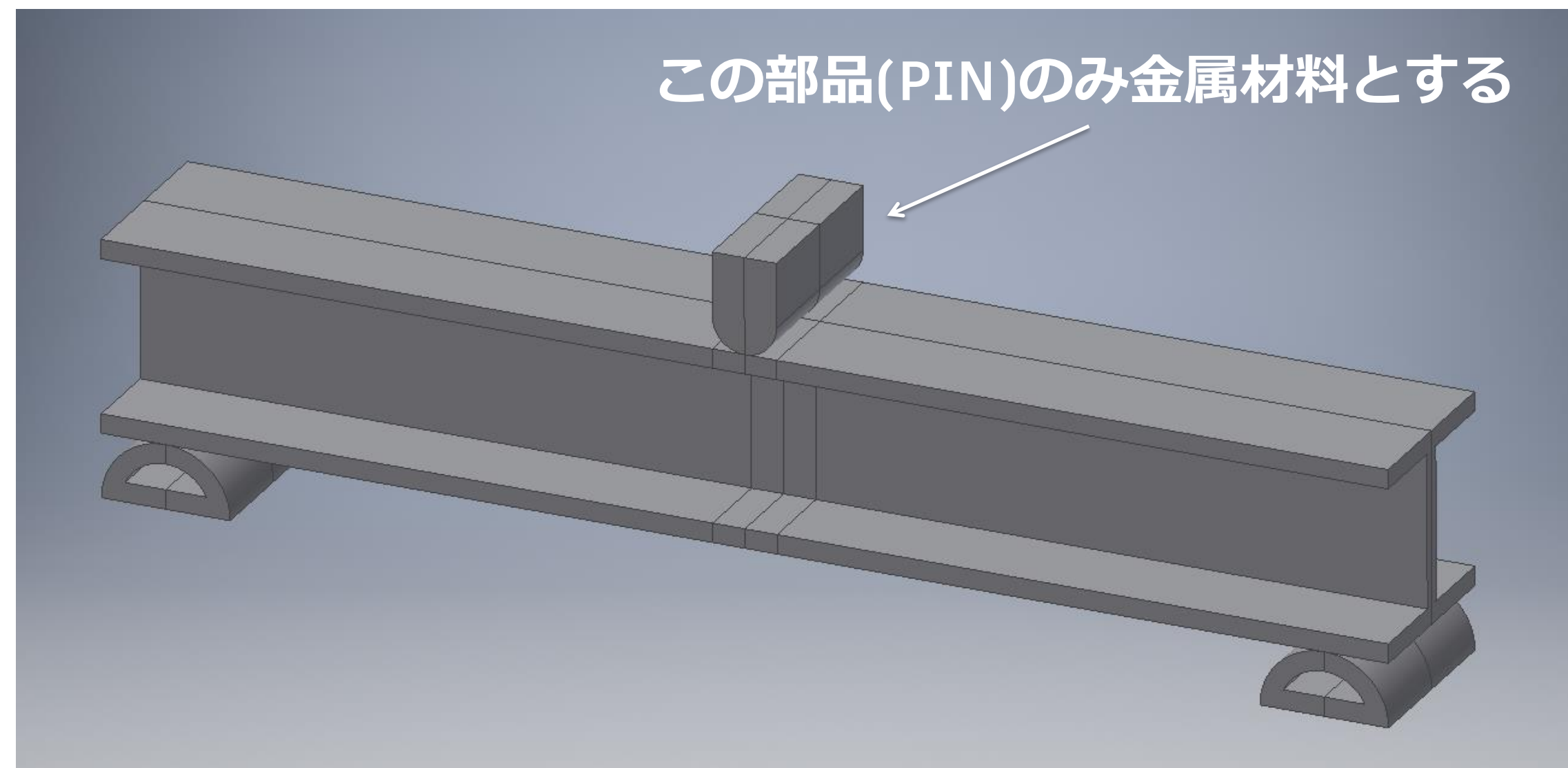
最大限に利用するための設定です。



Inventor Nastran 解析モデル準備

- 材料作成

Moldflowの結果をマッピングする際に材料ID毎にマッピングを行うため、
同じ材料、同じ形状を使用する場合でも、マッピングする形状毎に異なる材料IDの材料を作成する
Moldflowの結果をマッピングする材料物性は利用されないため適当で問題ない
結果をマッピングしないパーツの材料は正しい材料を選択する



Inventor Nastran 解析モデル準備

- 材料作成
異なる材料IDを作成することが重要

The image displays four sequential screenshots of the 'Material' (材料) dialog box in Inventor Nastran, illustrating the creation of four distinct materials. Each dialog box is divided into several sections: 'Material Selection' (材料を選択), 'General Properties' (一般), 'Construction' (構造), 'Permissible Values' (許容値), and 'Analysis-Specific Data' (解析固有のデータ).

- Material 1:** Name: 16-25-6 Stainless Si, ID: 1, Type: 等方性 (Isotropic), Sub-type: Neo-Hookean. General properties include $\rho = 8.0549\text{e-}9$, $GE = 0$, T_{REF} (empty), $E = 1.9443\text{e+}5$, G (empty), $\nu = 0.295$, and $\alpha = 1.692\text{e-}5$. Permissible values include $S_T = 772.21$, S_c (empty), S_s (empty), and S_y (empty). The failure theory is set to 主応力 (Principal Stress).
- Material 2:** Name: model用, ID: 2, Type: 等方性 (Isotropic), Sub-type: Neo-Hookean. General properties include $\rho = 8.027\text{e-}9$, $GE = 0$, T_{REF} (empty), $E = 1.93\text{e+}5$, G (empty), $\nu = 0.32$, and α (empty). Permissible values are all empty. The failure theory is set to なし (None).
- Material 3:** Name: Support1用, ID: 3, Type: 等方性 (Isotropic), Sub-type: Neo-Hookean. General properties include $\rho = 8.027\text{e-}9$, $GE = 0$, T_{REF} (empty), $E = 1.93\text{e+}5$, G (empty), $\nu = 0.32$, and α (empty). Permissible values are all empty. The failure theory is set to なし (None).
- Material 4:** Name: Support2用, ID: 4, Type: 等方性 (Isotropic), Sub-type: Neo-Hookean. General properties include $\rho = 8.027\text{e-}9$, $GE = 0$, T_{REF} (empty), $E = 1.93\text{e+}5$, G (empty), $\nu = 0.32$, and α (empty). Permissible values are all empty. The failure theory is set to なし (None). The 'Thermal' (熱) checkbox is checked, with $C = 5\text{e+}8$ and $K = 16.3$.

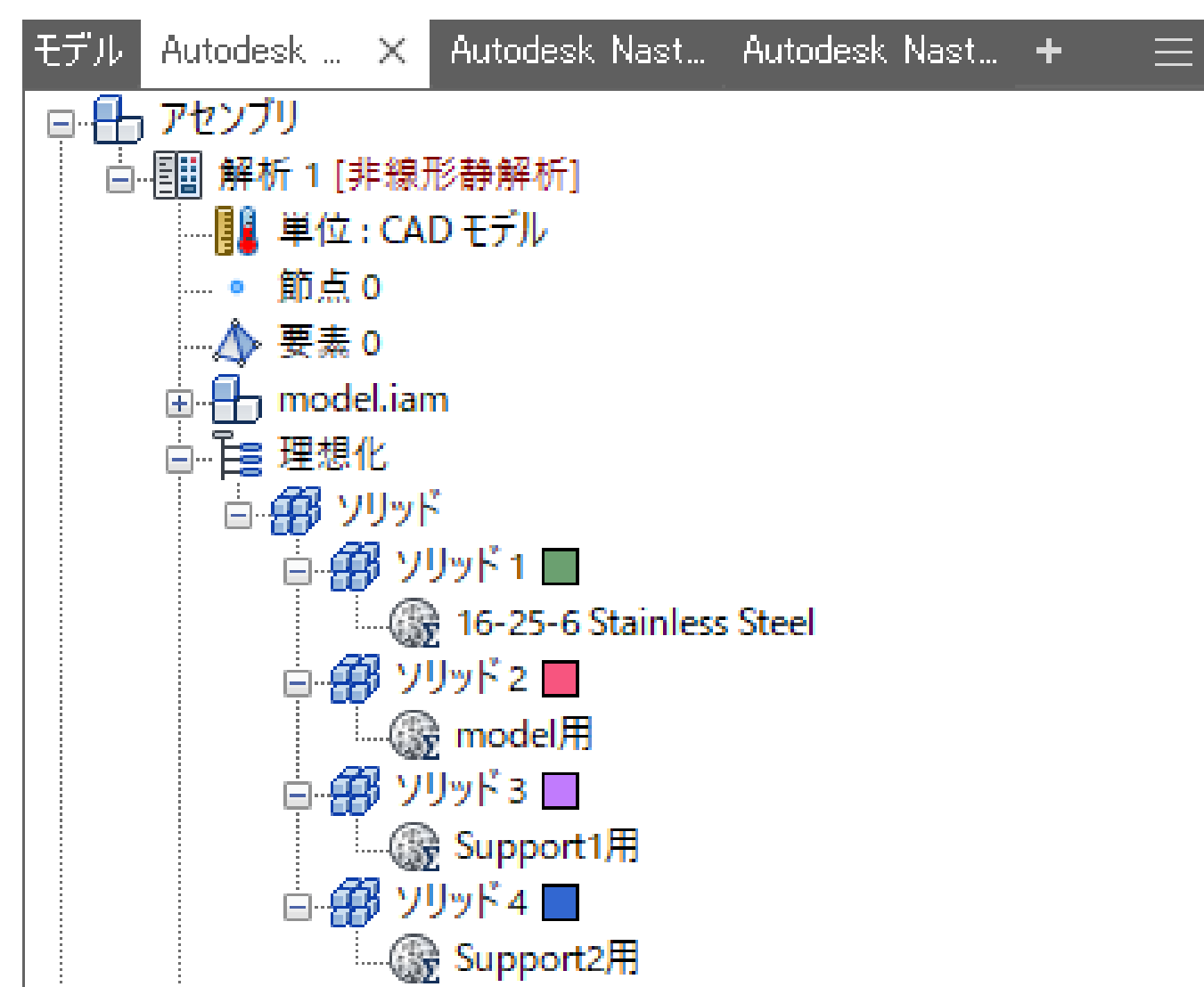
Each dialog box also features a 'Select Material' (材料を選択) button, a 'Save New Material' (新しい材料を保存) button, and a section for 'Analysis-Specific Data' (解析固有のデータ) with buttons for 非線形 (Nonlinear), 疲労 (Fatigue), and PPFA.

Inventor Nastran 解析モデル準備

- 理想化

それぞれのMoldflowのマッピング対象部品ごとに理想化を行う

今回の場合ソリッド要素を作成し、材料、部品を割り当てる

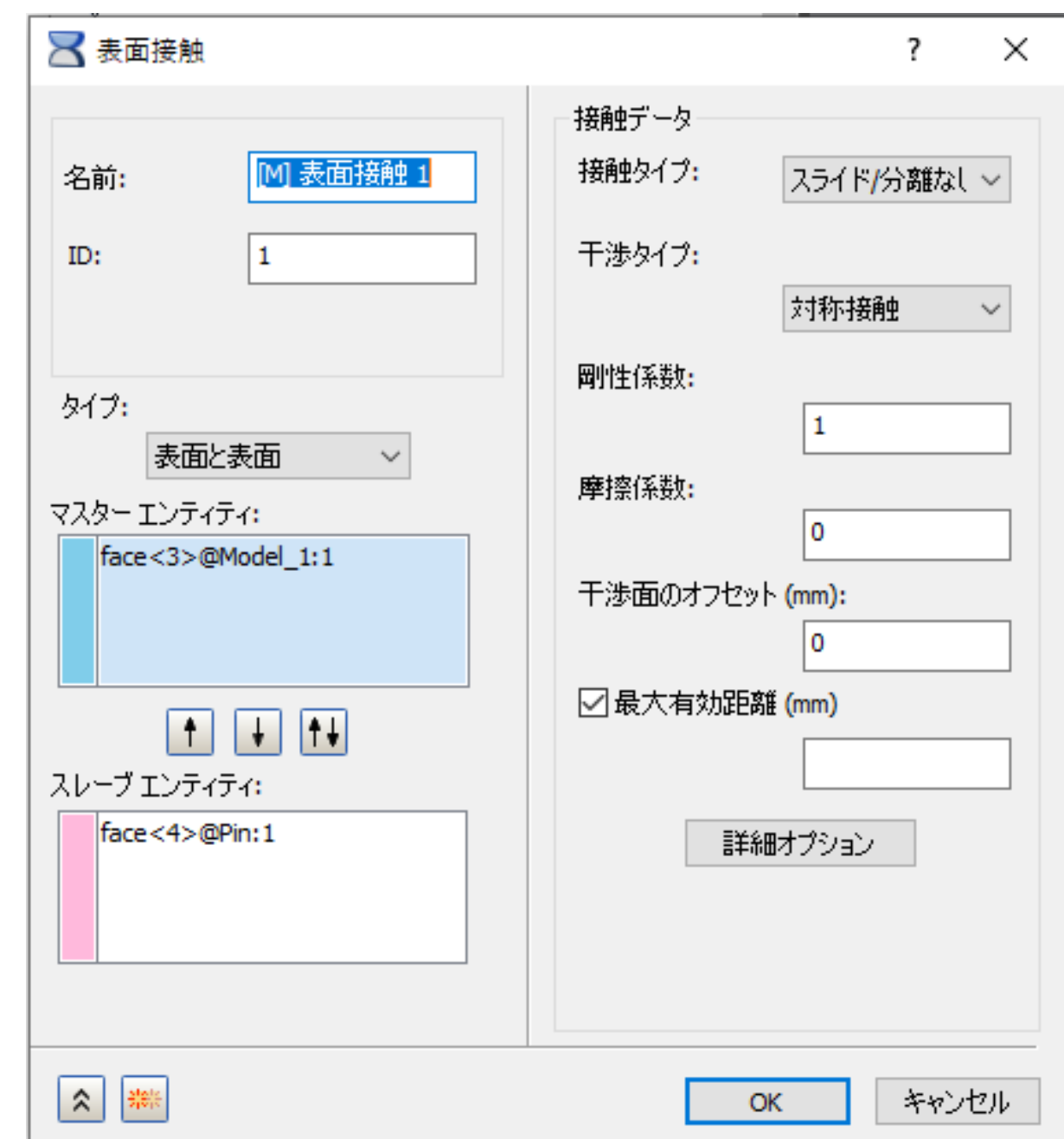
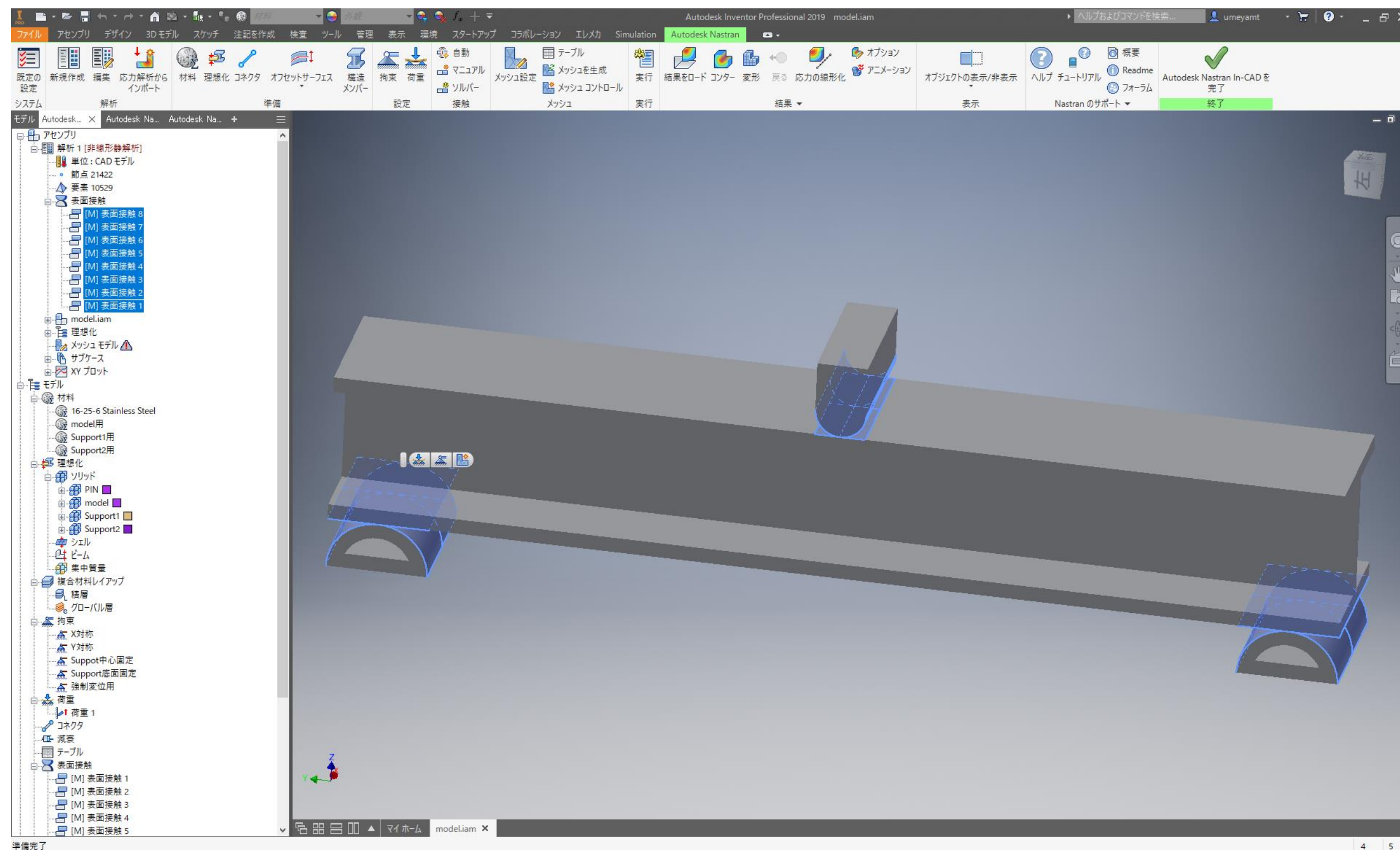


Inventor Nastran 解析モデル準備

- 接触設定

自動接触もしくはマニュアルで必要とされる接触設定を行う。

※今回のモデルでは、解析安定のため、スライド/分離無しを各接触面で設定



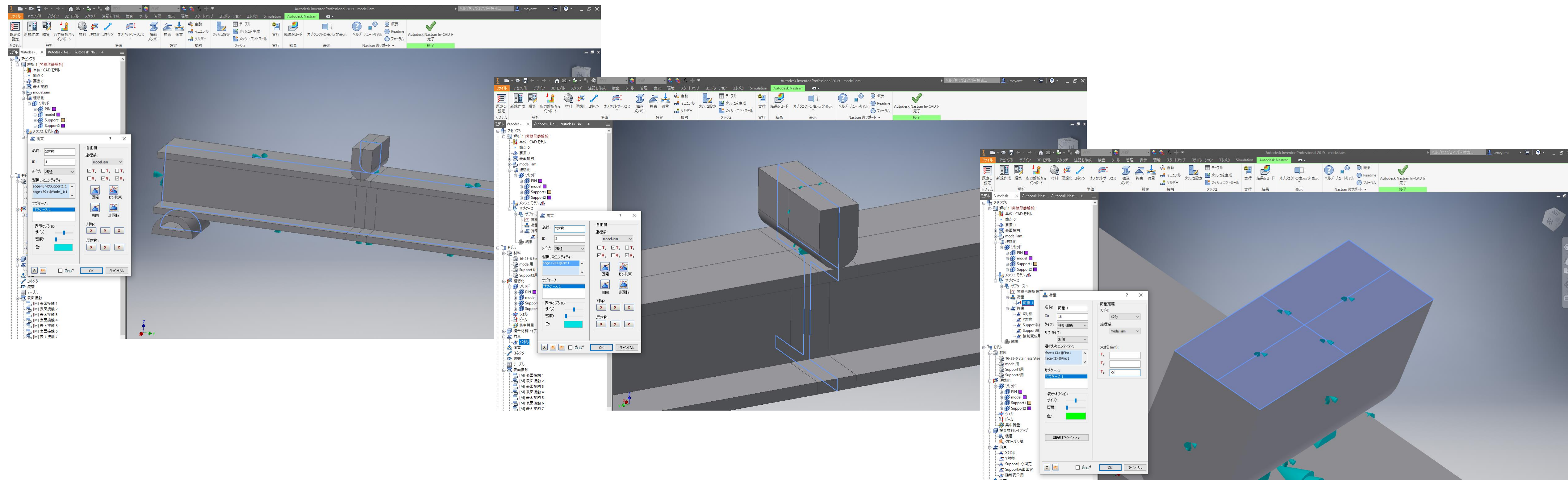
Inventor Nastran 解析モデル準備

- 境界条件設定

今回のモデルではモデルの対称面エッジに対称条件、PIN上面にZ=-5mmの強制変位を設定

※等方性の材料物性を割り当てた場合でも、

解析が問題なく終了する境界条件、接触条件であることを確認しましょう。



Inventor Nastran 解析モデル準備

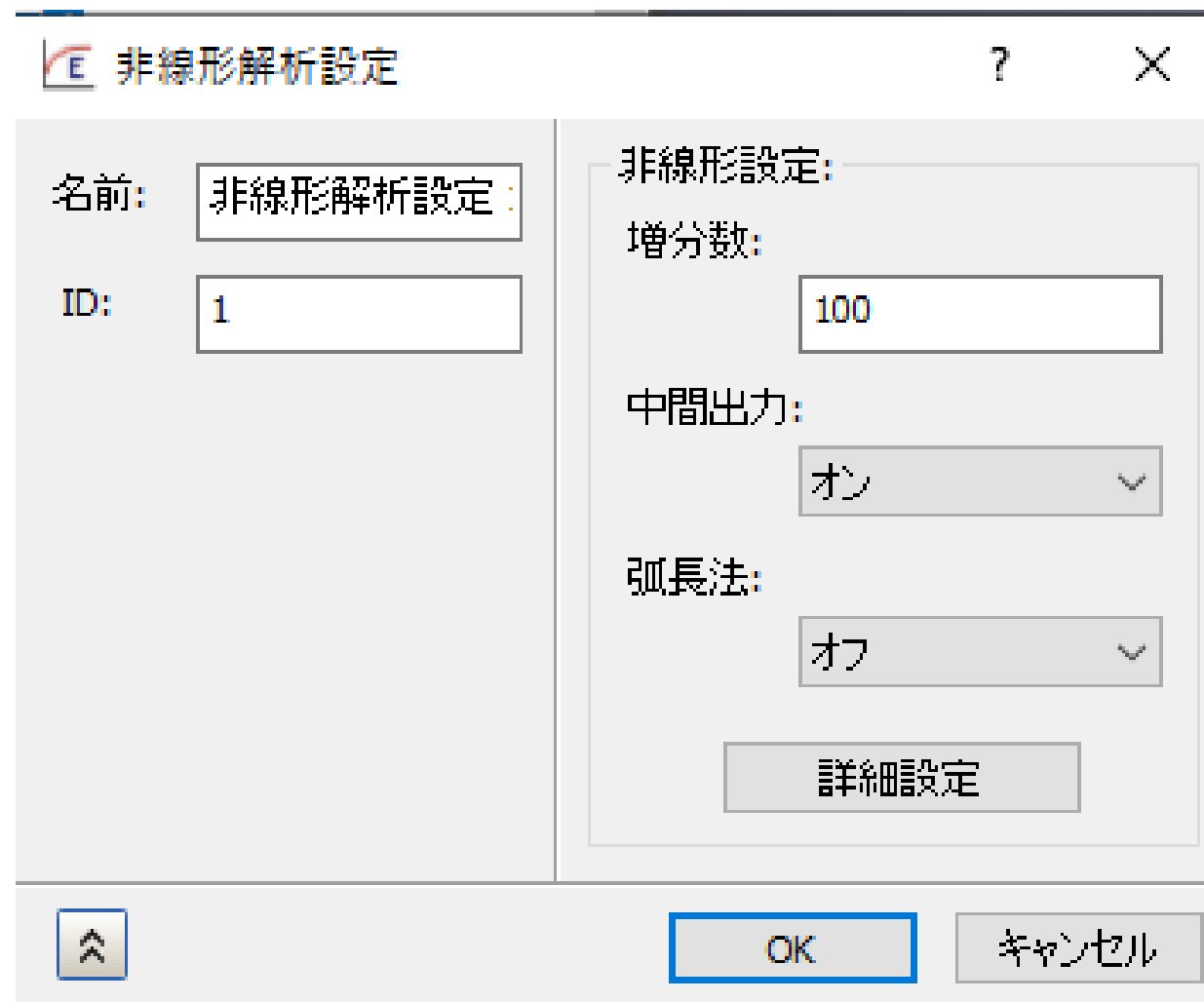
- 非線形解析設定

Helius PFAを用いた解析では、非線形材料物性を取り扱う場合、非線形性が強い計算となり、計算を収束させるために細かい荷重ステップにする必要があります。

まずは、増分数を100から始めて、結果に応じて増減するとよいでしょう。

※増分数が多い場合、中間出力をすべて保存すると膨大なファイルサイズになりますので、モデルサイズに応じて保存タイミングを調整します。

その他の非線形解析の設定は、後述のマッピング時に自動的に追加されます。



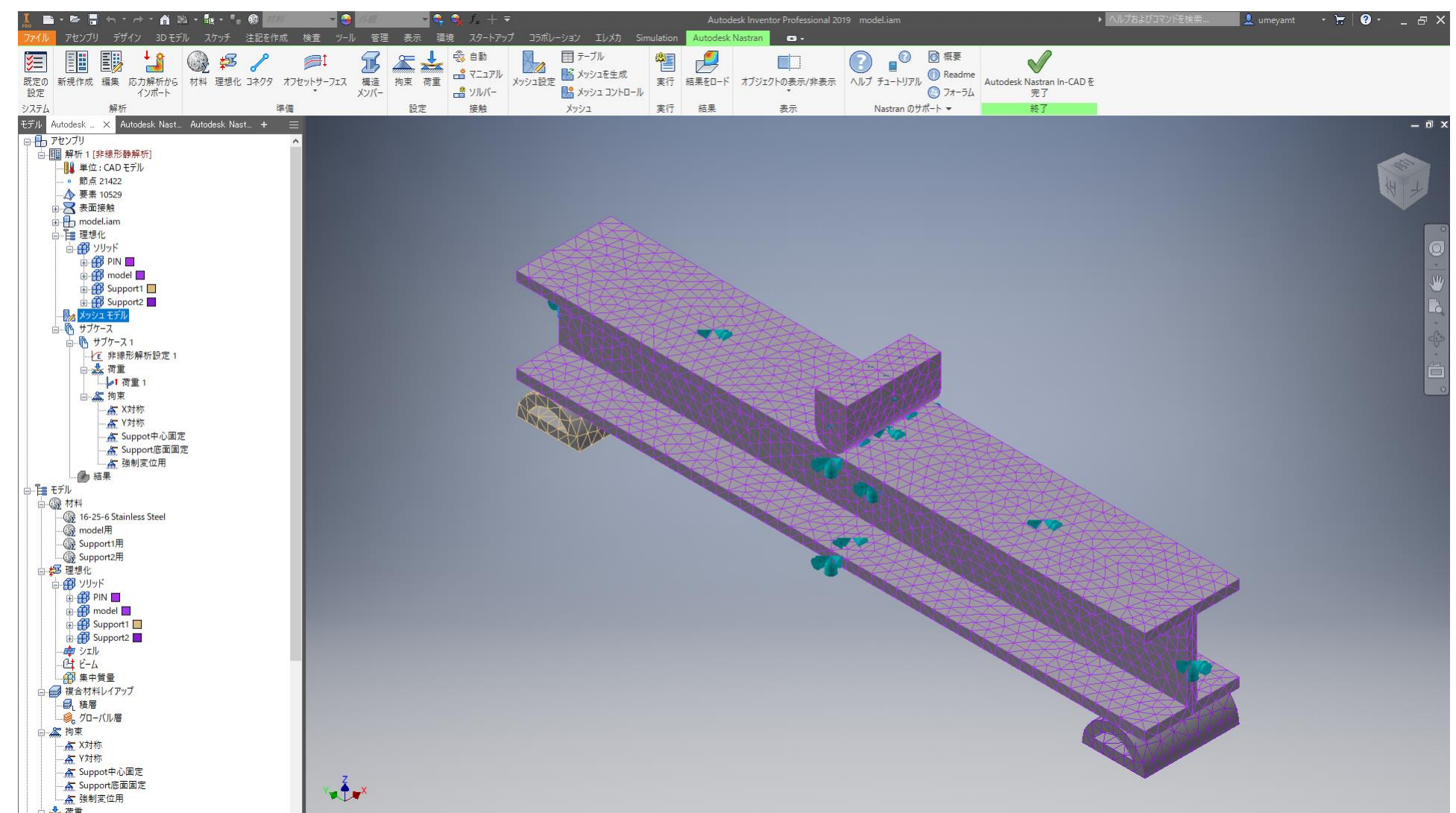
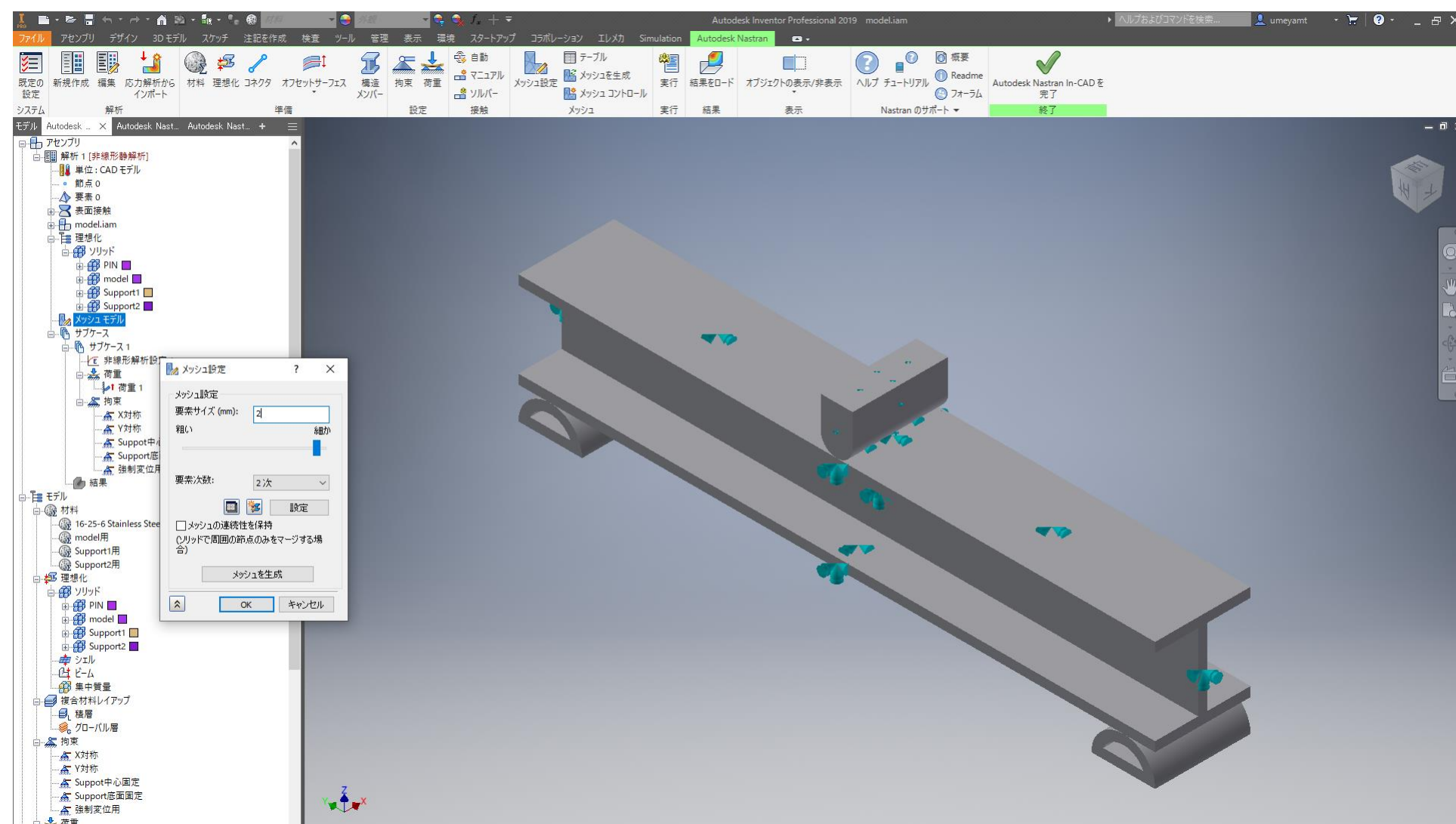
The screenshot shows the '非線形解析設定' (Nonlinear Analysis Settings) dialog box. It has a title bar with a question mark and a close button. The dialog is divided into two main sections. The left section contains '名前:' (Name) with the text '非線形解析設定' and 'ID:' with the value '1'. The right section, titled '非線形設定:' (Nonlinear Settings), contains '増分数:' (Increment) with a value of '100', '中間出力:' (Intermediate Output) with a dropdown menu set to 'オン' (On), and '弧長法:' (Arc Length Method) with a dropdown menu set to 'オフ' (Off). Below these settings is a button labeled '詳細設定' (Detailed Settings). At the bottom of the dialog are three buttons: an up arrow, 'OK', and 'キャンセル' (Cancel).

Inventor Nastran 解析モデル準備

- メッシュ作成

今回のモデルでは、メッシュサイズ2mm、2次要素でメッシュを作成

※結果が予想できない場合には、まず、粗めのメッシュであたりをつけましょう。



Inventor Nastran 解析モデル準備

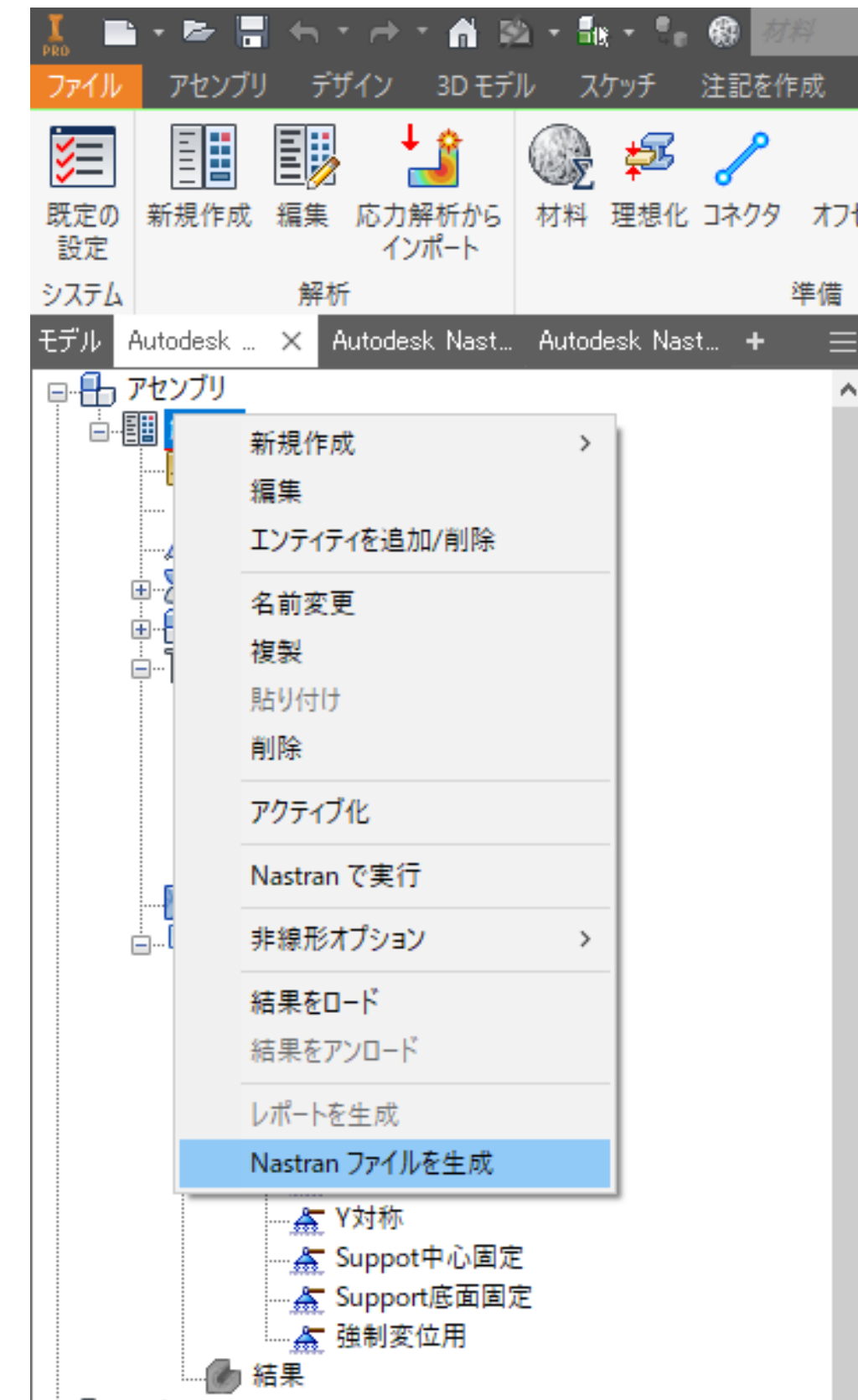
- Nastranファイル生成

Inventorモデルの保存フォルダ¥モデル名のフォルダ¥InCAD¥FEA¥
にnas形式ファイルが作成されています。

分かり易い任意のファイル名に変更しておきます。

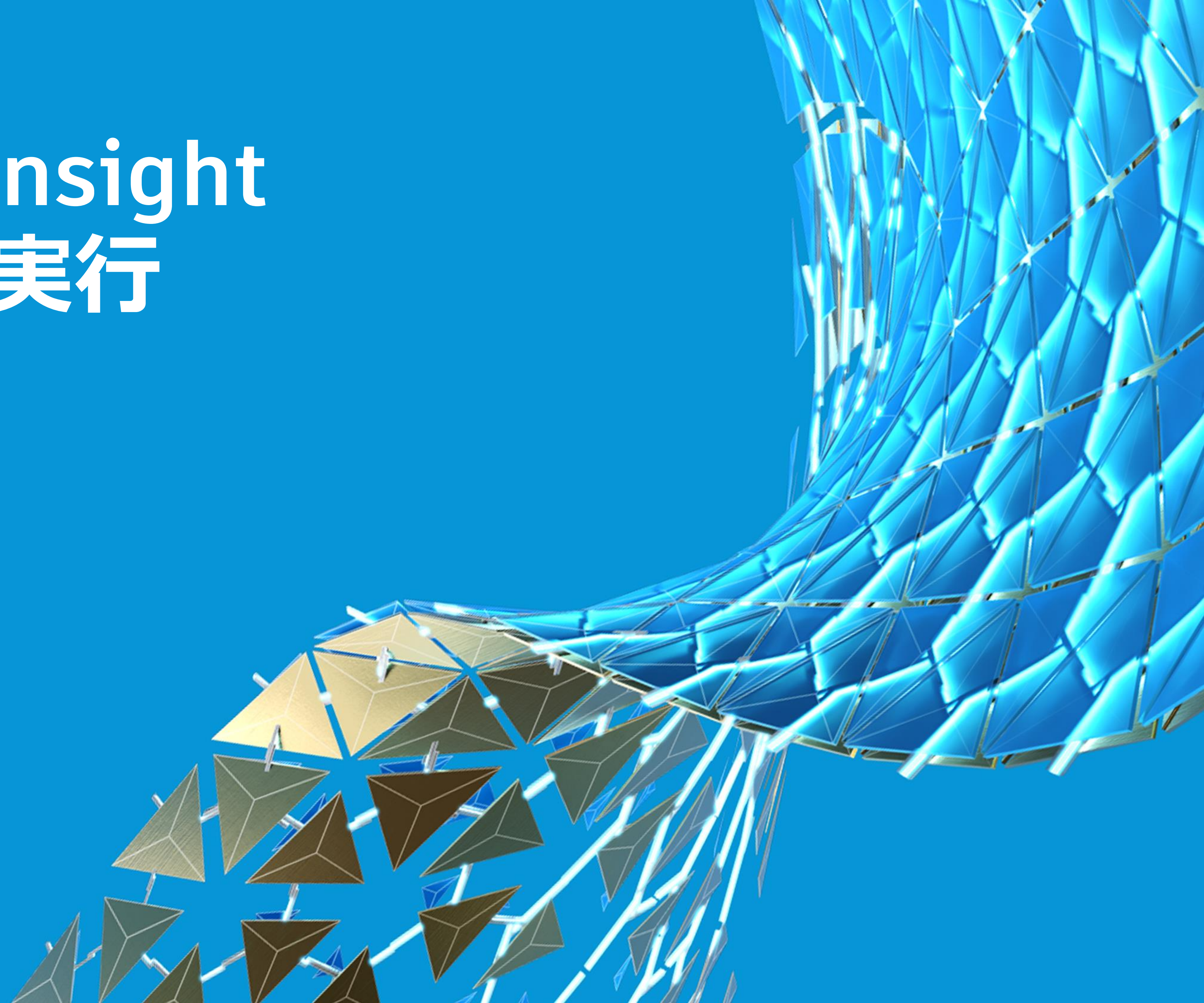
- 解析モデルは後ほど使用するので保存しておきます。

※Inventorの保存コマンド使用



Moldflow Insight

解析設定と実行



Moldflow Insight 解析モデル準備

- 前提条件

Helius PFA 2019が対応するMoldflow Insightのバージョン ： 2016～2019

対応するメッシュタイプ ： Midplane、3D

対応する樹脂 ： 熱可塑性樹脂

※Moldflow InsightはInventor Nastran、Helius PFAと同じPCにインストールされている必要はありません。

Moldflow Insight 解析モデル準備

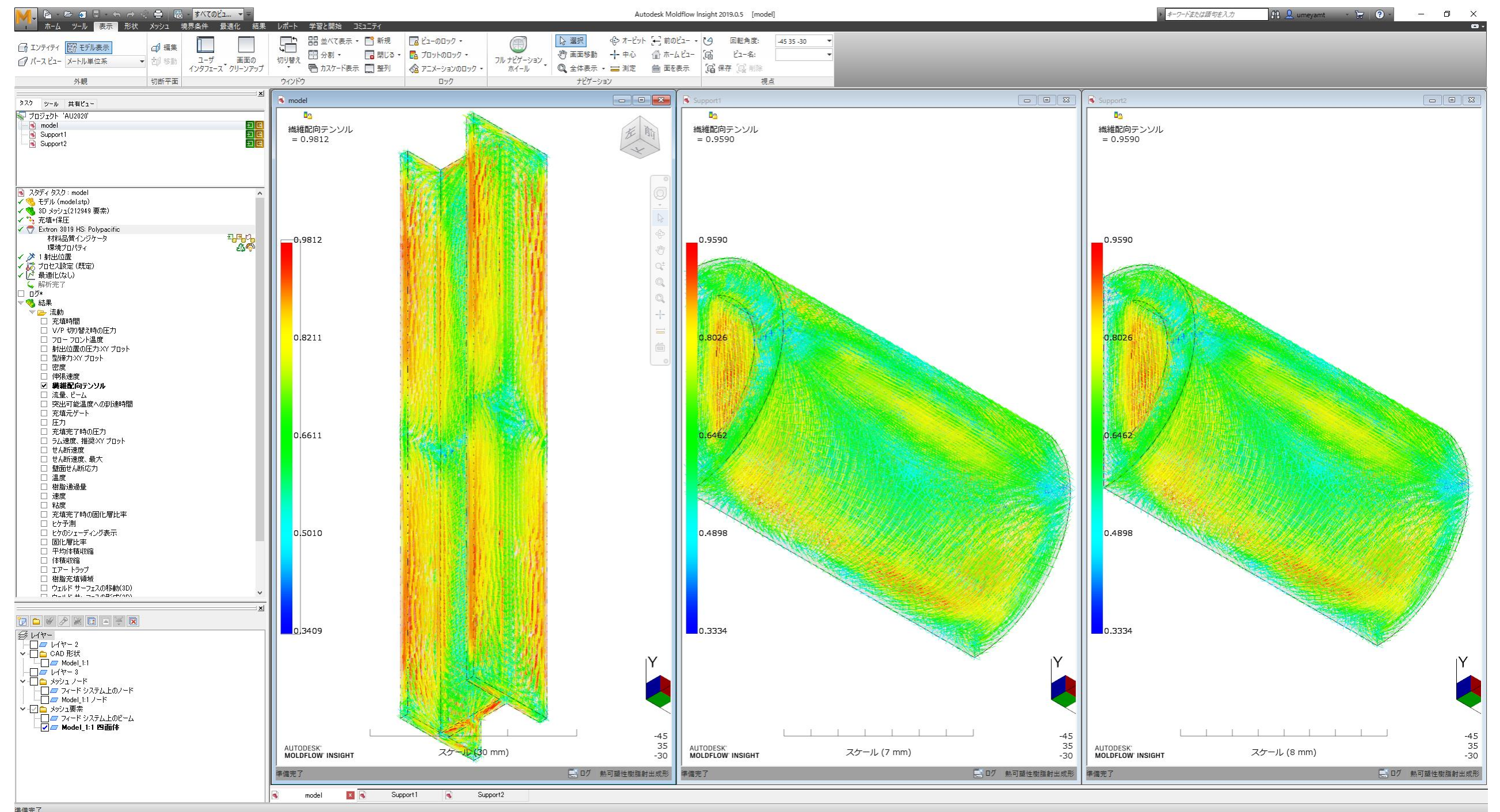
- 解析モデル準備のポイント

構造解析のモデルにマッピングしたい分だけスタディを用意する。

構造解析モデルに同じ形状が存在している場合でも、マッピング用にスタディは複数用意する。

※同じ結果を利用したい場合には、解析終了後にスタディの複製を行う。

多数個取り、ファミリー取りの場合も同様に、マッピングに必要な分だけスタディを用意する。



Moldflow Insight 解析モデル準備

- 材料

今回のモデルでは標準材料データベースより、Extron 3019 HS : Polypacificを選択

※応力-ひずみデータ(引張/圧縮)がある樹脂データ (バージョン2019R5で確認)

熱可塑性樹脂

説明推奨条件レオロジー プロパティ熱特性pvT プロパティ機械的特性収縮特性ファイバー/繊維マイクロセルラー プロパティ光学プロパティ環境影響品質インジケータ

結晶形態応力-ひずみ(張力)応力-ひずみ(圧縮)粉末プロパティ

応力-ひずみ(張力)

	応力 MPa	ひずみ	角度 deg	温度 C	相対湿度 %	ひずみ速度 1/s
1	0	0	0	23	41	0.01
2	0.620591	0.0001	0	23	41	0.01
3	1.20825	0.0002	0	23	41	0.01
4	1.79584	0.0003	0	23	41	0.01
5	2.3833	0.0004	0	23	41	0.01
6	2.97052	0.0005	0	23	41	0.01
7	3.55738	0.0006	0	23	41	0.01
8	4.14376	0.0007	0	23	41	0.01
9	4.7295	0.0008	0	23	41	0.01
10	5.31443	0.0009	0	23	41	0.01
11	5.89838	0.001	0	23	41	0.01
12	6.48117	0.0011	0	23	41	0.01
13	7.06262	0.0012	0	23	41	0.01

データをプロット....

テスト情報の表示...

Ramberg-Osgood (引張)

	シグマ ゼロ MPa	n	Alpha	Beta	固有	マトリックス弾性率 MPa	マトリックスのポワソン比	ファイバー弾性率 MPa	ファイバーのポアソン比	破壊時の最大フォニミーゼス	マトリックス応力 MPa	A1 1/MPa^2	A2 1/MPa^2	1/I
1	43.8339	5.24506	2.14073	1.28405	0.85	2757.03	0.286558	39987.4	0.18872		54.9339	0.00206156	0.000381253	0.000
2	53.28	4.6259	1.99871	1.0767	0.85	2958.7	0.201424	45032.2	0.224659		65.3379	0.00112261	0.000131491	0.000
3	76.9176	9.00485	1.97848	1.37433	0.85	3230.63	0.200949	54661.4	0.235556		82.4436	0.000580312	0.00011902	0.000
4	57.2656	3.57138	6.86552	1.96216	0.85	1758.29	0.394806	52551.6	0.181877		87.8096	0.0071699	0.000221044	-0.000
5	49.1578	5.6204	3.40803	1.47068	0.85	1960.56	0.367385	48131	0.194003		62.6634	0.00377878	0.000332899	6.126
6	171.067	5.59276	9.72775	5.09011	0.85	2023.91	0.443916	58500.2	0.161998		212.716	0.00232469	0.000101007	1.120
7	20.5427	10.2592	1.98631	1.41194	0.85	1319.47	0.266105	31496.3	0.233554		24.1661	0.00961693	0.00220716	0.00
8	35.452	8.52512	3.20275	1.29725	0.85	1369.55	0.374704	32303.8	0.198597		42.392	0.00764544	0.000364778	2.087
9	30.9022	7.16143	2.18633	1.02805	0.85	1518.06	0.43014	33004.4	0.191193		37.639	0.00503669	7.88157e-06	0.00

機械的モデルを計算...

テスト情報の表示...

名前Extron 3019 HS : Polypacific

OKヘルプ

熱可塑性樹脂

説明推奨条件レオロジー プロパティ熱特性pvT プロパティ機械的特性収縮特性ファイバー/繊維マイクロセルラー プロパティ光学プロパティ環境影響品質インジケータ

結晶形態応力-ひずみ(張力)応力-ひずみ(圧縮)粉末プロパティ

応力-ひずみ(圧縮)

	応力 MPa	ひずみ	角度 deg	温度 C	相対湿度 %	ひずみ速度 1/s
1	0	0	0	23	45	0.528541
2	-0.552209	-0.0001	0	23	45	0.528541
3	-1.17489	-0.0002	0	23	45	0.528541
4	-1.79755	-0.0003	0	23	45	0.528541
5	-2.42018	-0.0004	0	23	45	0.528541
6	-3.04274	-0.0005	0	23	45	0.528541
7	-3.66522	-0.0006	0	23	45	0.528541
8	-4.28756	-0.0007	0	23	45	0.528541
9	-4.90972	-0.0008	0	23	45	0.528541
10	-5.53166	-0.0009	0	23	45	0.528541
11	-6.15332	-0.001	0	23	45	0.528541
12	-6.77463	-0.0011	0	23	45	0.528541
13	-7.39554	-0.0012	0	23	45	0.528541

データをプロット....

テスト情報の表示...

Ramberg-Osgood (圧縮)

	シグマ ゼロ MPa	n	Alpha	Beta	固有	マトリックス弾性率 MPa	マトリックスのポワソン比	ファイバー弾性率 MPa	ファイバーのポアソン比	破壊時の最大フォニミーゼス	マトリックス応力 MPa	A1 1/MPa^2	A2 1/MPa^2	1/MPa
1	130.073	6.03213	6.36958	2.4403	0.85	2286.9	0.406572	52956.1	0.212791		155.83	0.00190763	8.24705e-05	1.07256e

機械的モデルを計算...

テスト情報の表示...

名前Extron 3019 HS : Polypacific

OKヘルプ

Moldflow Insight 解析モデル準備

- 解析設定

(冷却+)充填+保圧(+そり)

ウェルドサーフェスを出力する場合には、

アドバンスオプション→ソルバーパラメータ編集→インターフェースタブ

→☒ウェルドサーフェスの強度解析

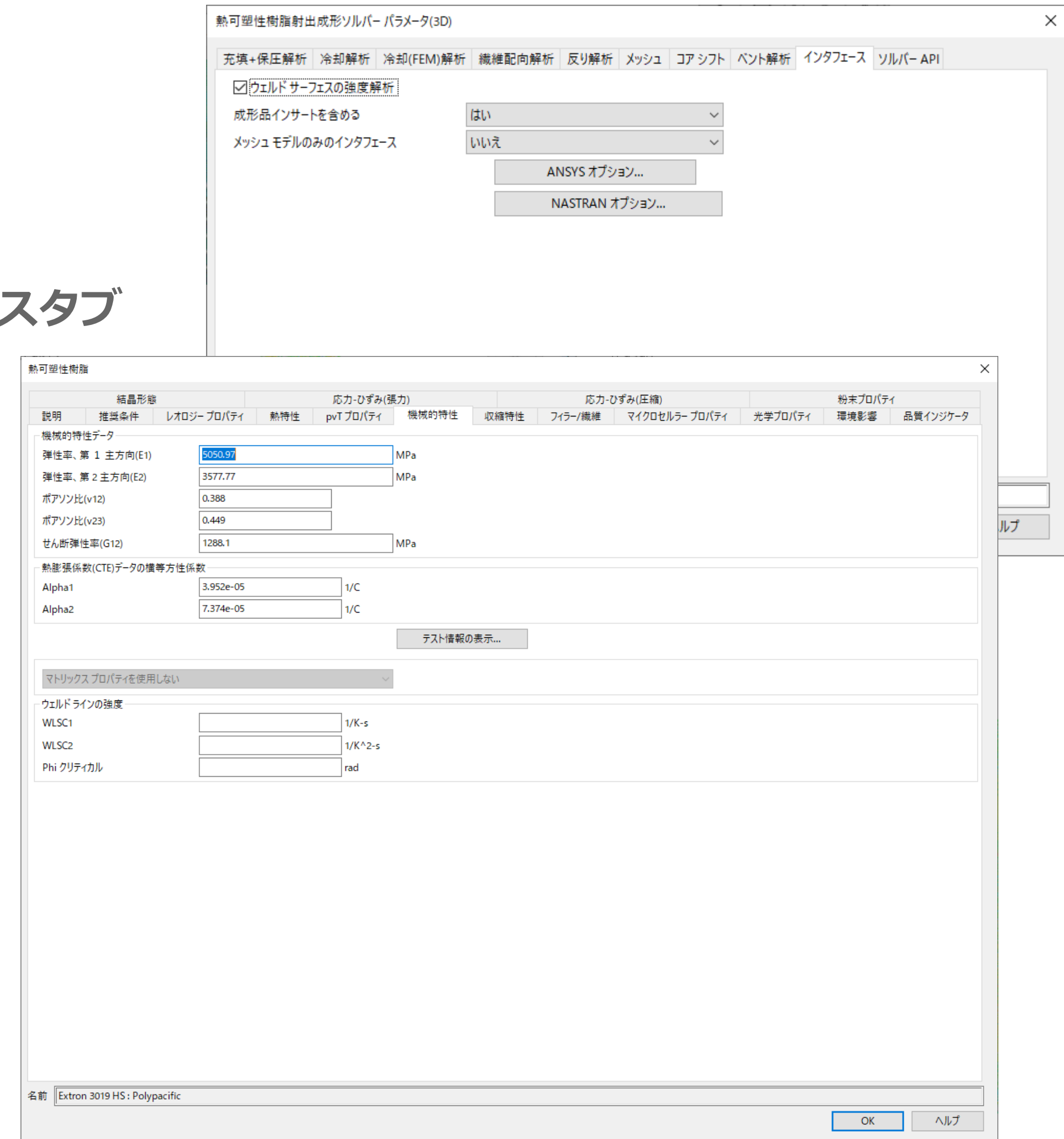
※解析実行前に設定する。

※材料データにウェルドラインの強度パラメータがあると

ウェルド部の強度低減が自動計算されます。

※現在、このパラメータ測定は

Moldflowの樹脂測定では行われておりません。



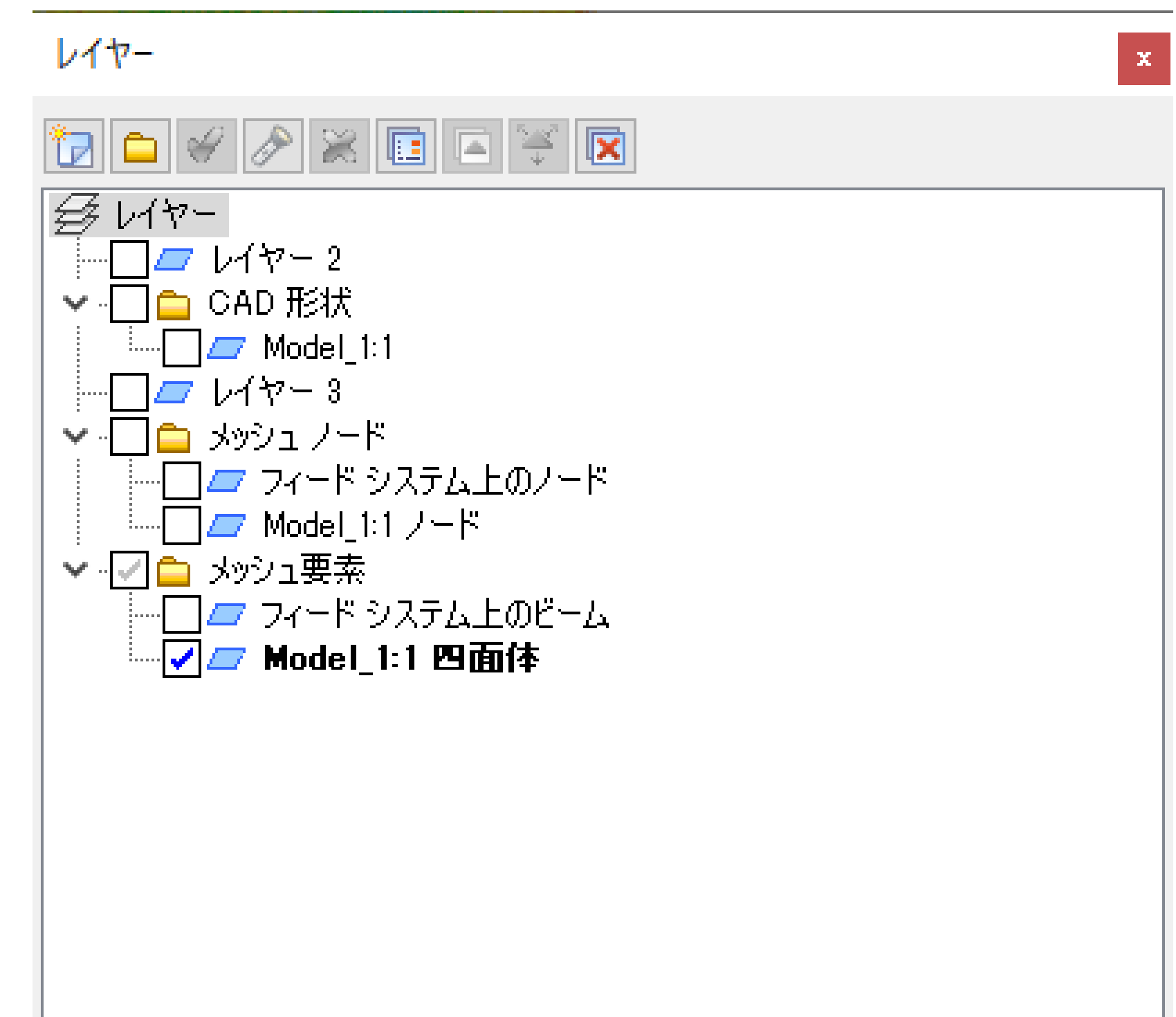
Moldflow Insight 解析モデル準備

- レイヤー表示

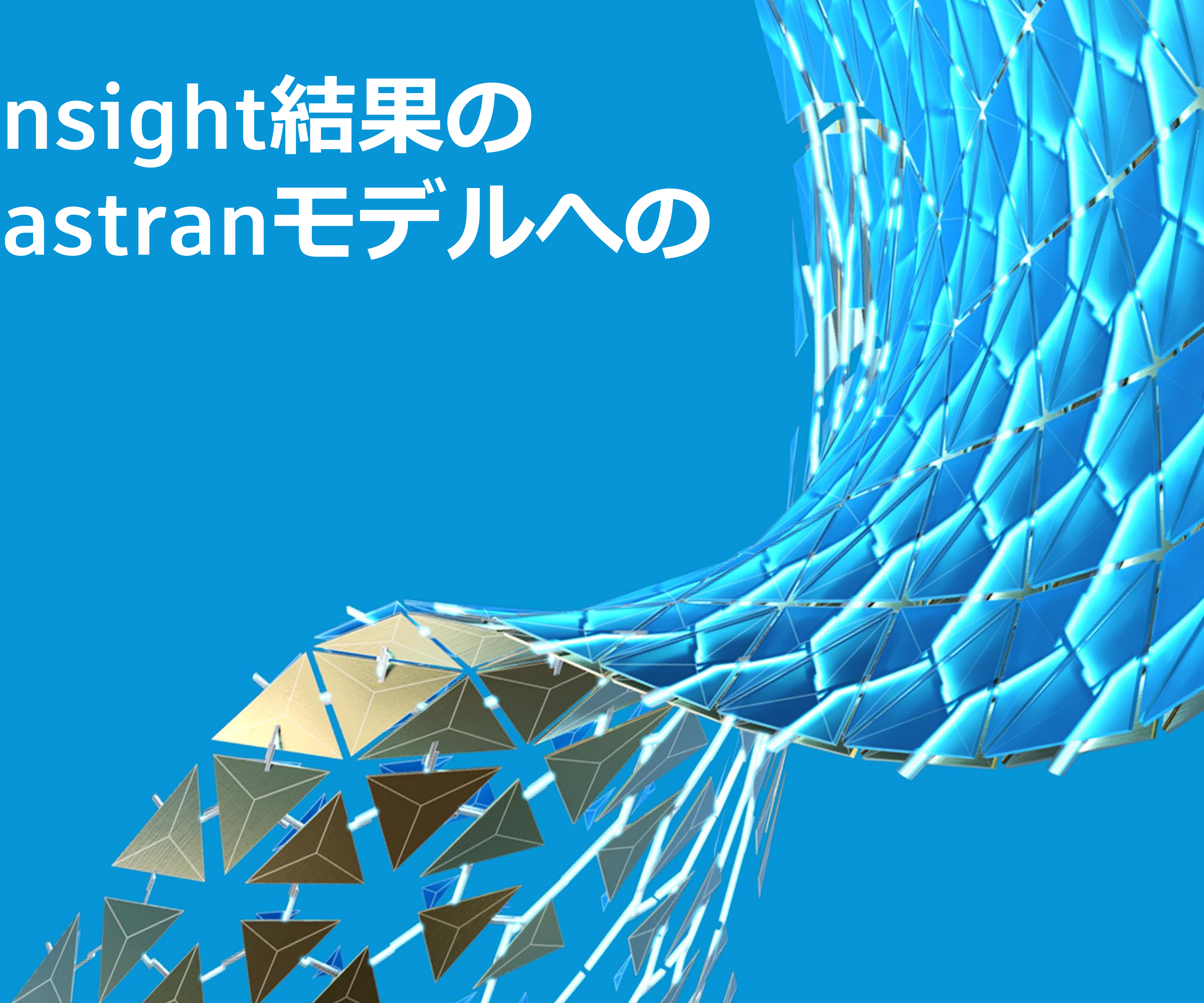
マッピングに使用されるのは、レイヤーで表示されている要素のみになります。

必要な要素を別レイヤーに割り当て、不要なレイヤー表示をオフにしたうえでスタディを保存します。

※特に複数のキャビティを持つスタディの場合は、重要な作業です。



Moldflow Insight結果の Inventor Nastranモデルへの マッピング



Advanced Material Exchangeによるマッピング

- 前提条件

Moldflow Insightの解析終了したスタディファイルおよび結果ファイル (プロジェクトフォルダ)

Inventor Nastranから出力された解析設定済みのnasファイル

※Advanced Material ExchangeはHelius PFAと共にインストールされるマッピング用モジュールです。

※Advanced Material ExchangeはHelius PFAのライセンスを消費しません。

※Moldflow InsightとInventor Nastranがインストールされている必要はありません。

Advanced Material Exchangeによるマッピング

- マッピング作業開始

Advanced Material Exchangeを起動し、[学習と開始]タブ：[情報のペアリング]：[パーツマッピング]を選択

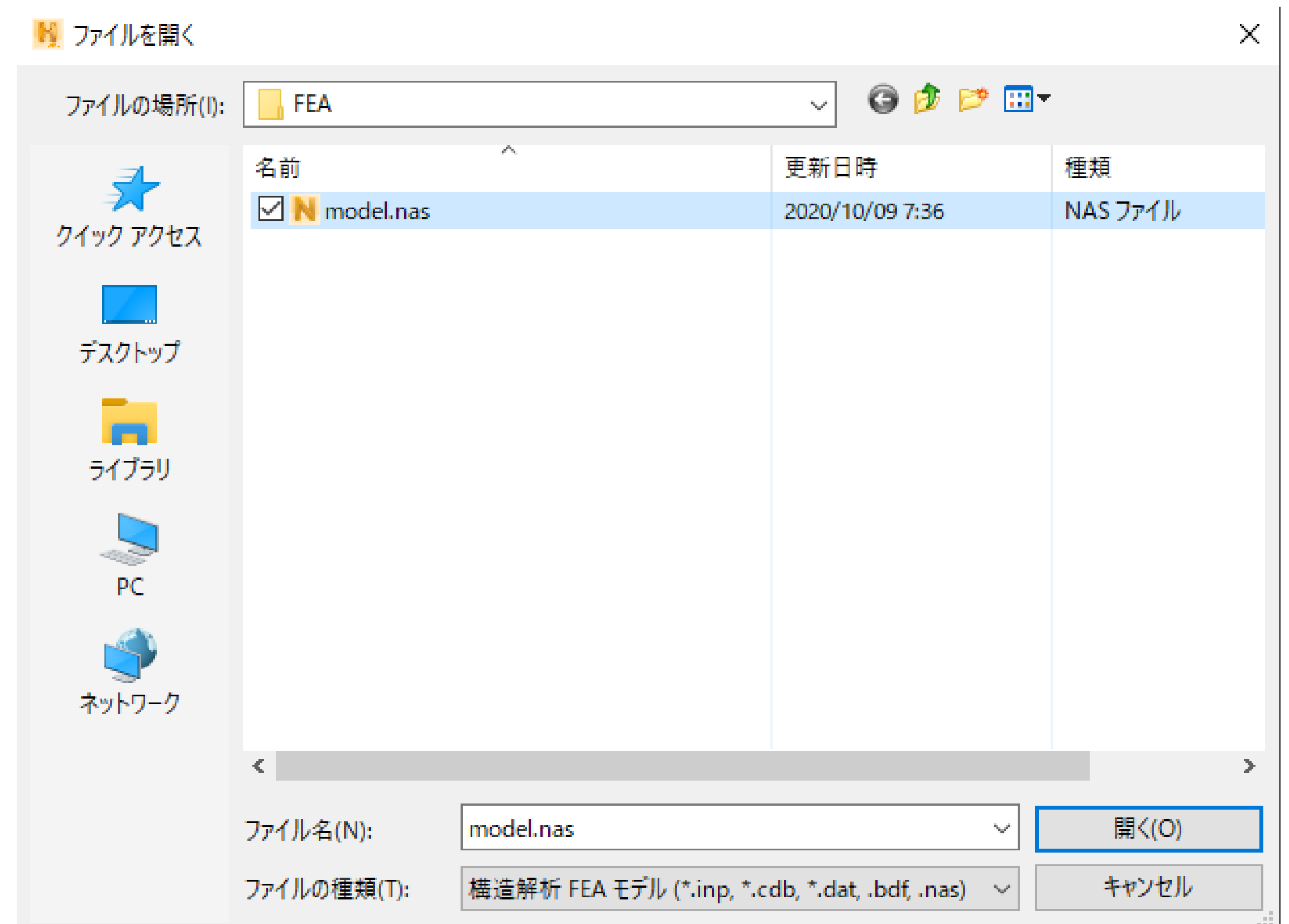


Advanced Material Exchangeによるマッピング

- パーツマッピング用モデルの選択

Inventor Nastranから出力したnasファイルを[構造解析を選択]で開きます。

※スタディを選択から始めても問題ありません。

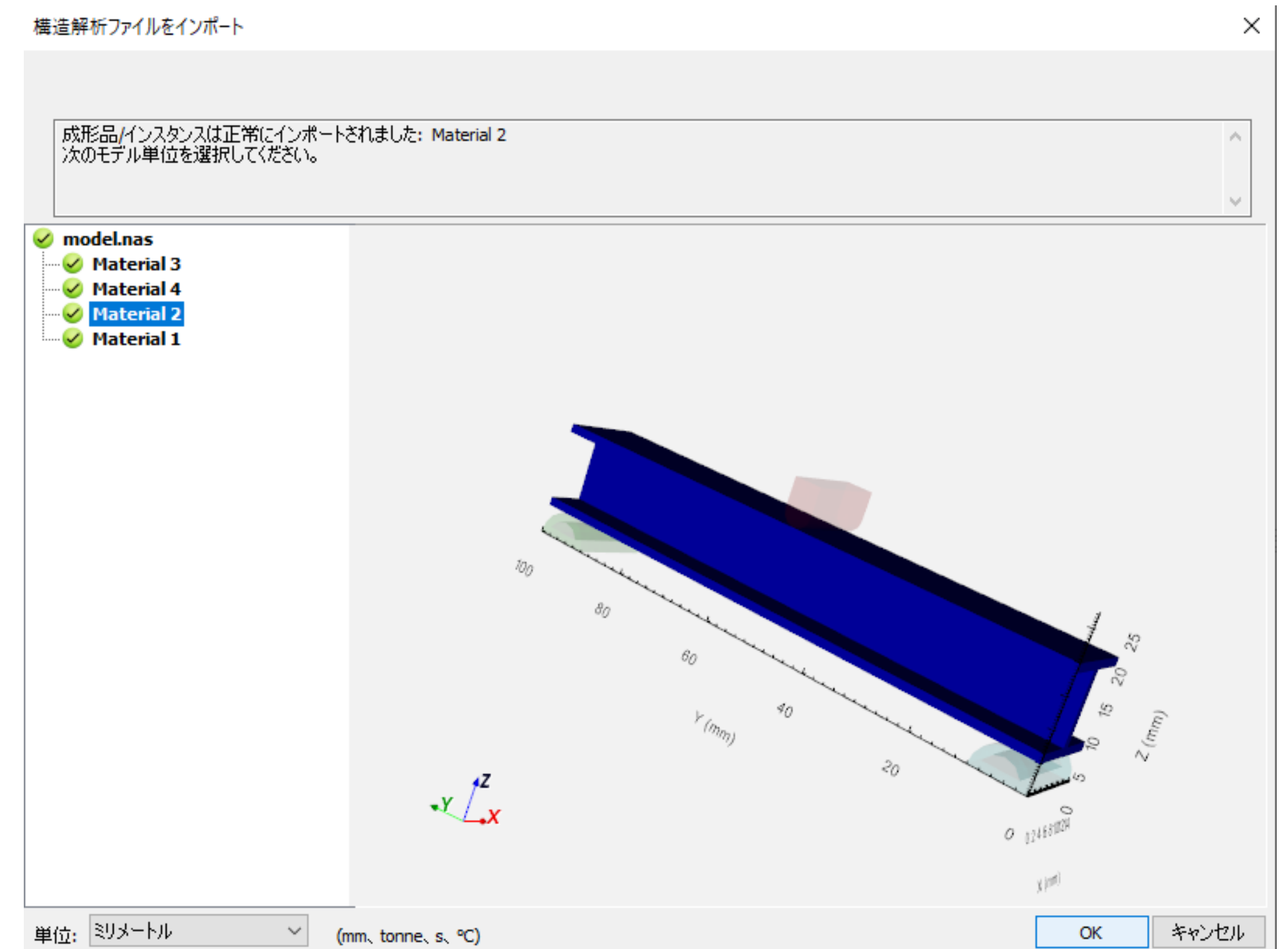
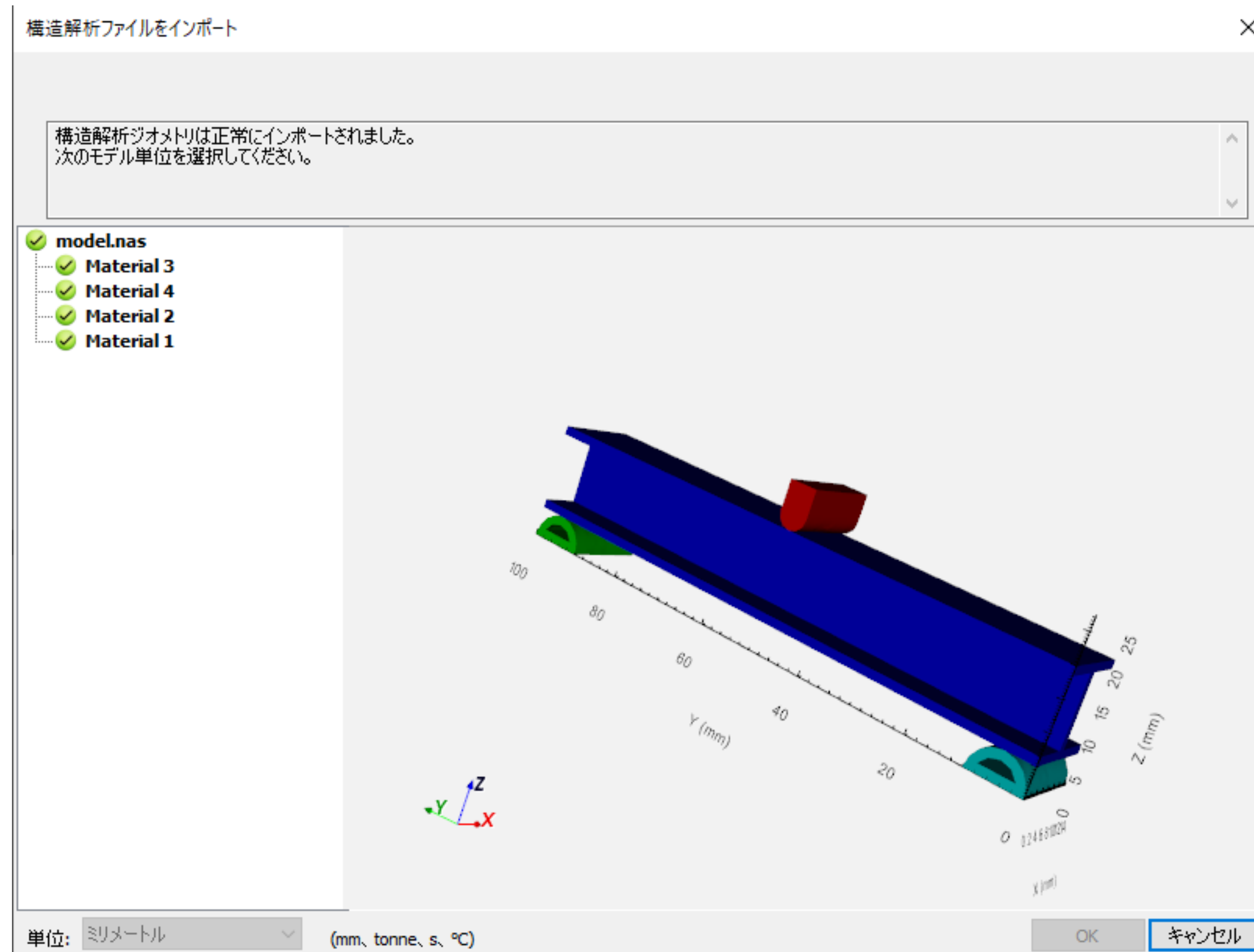


Advanced Material Exchangeによるマッピング

- パーツマッピング用モデルの選択

Inventor Nastranの解析モデルからマッピングしたい部品を選択します。

単位系を確認し、Material 2を選択します。※ツリー表示は材料ID毎になります。

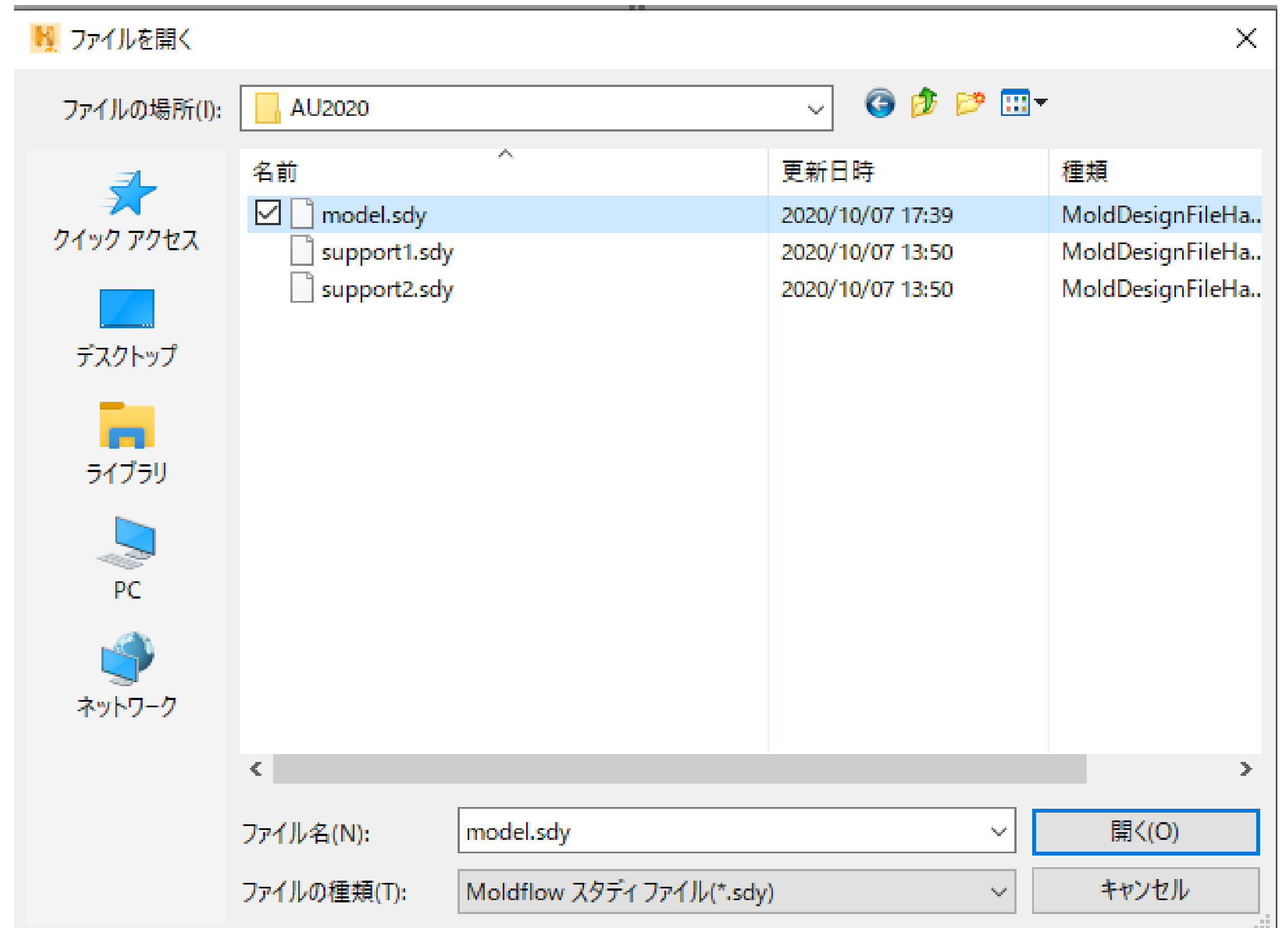
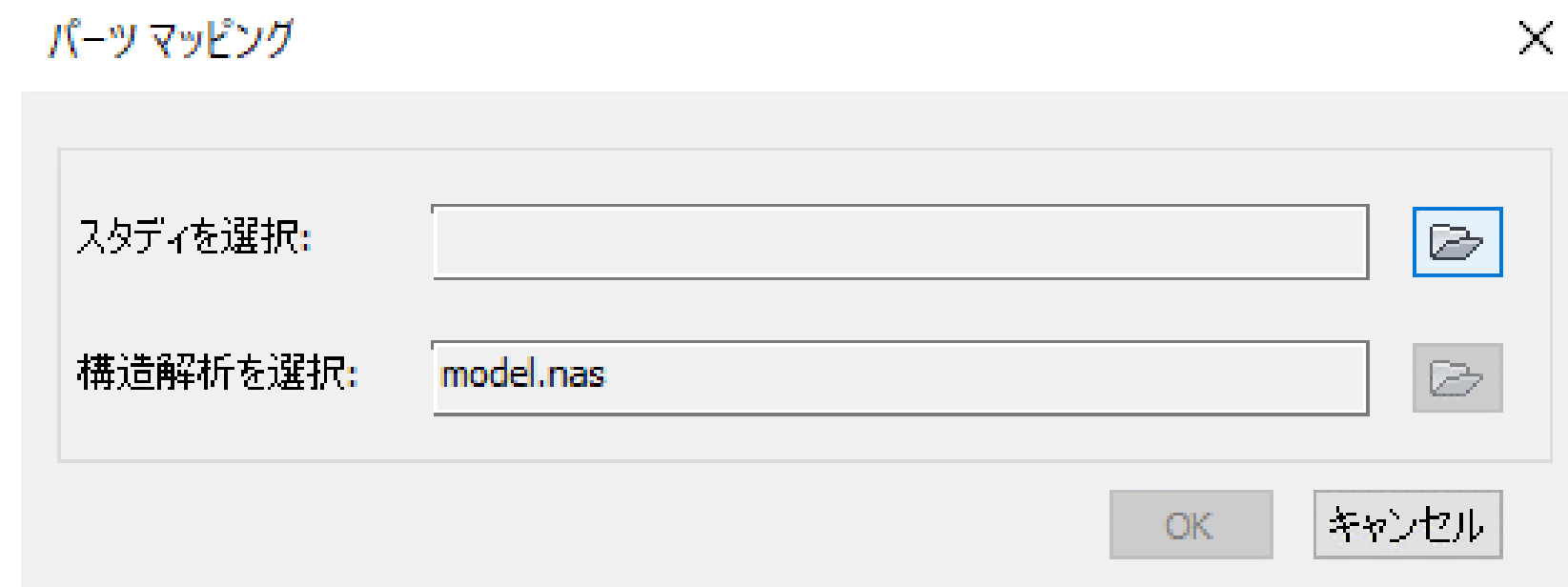


Advanced Material Exchangeによるマッピング

- パーツマッピング用モデルの選択

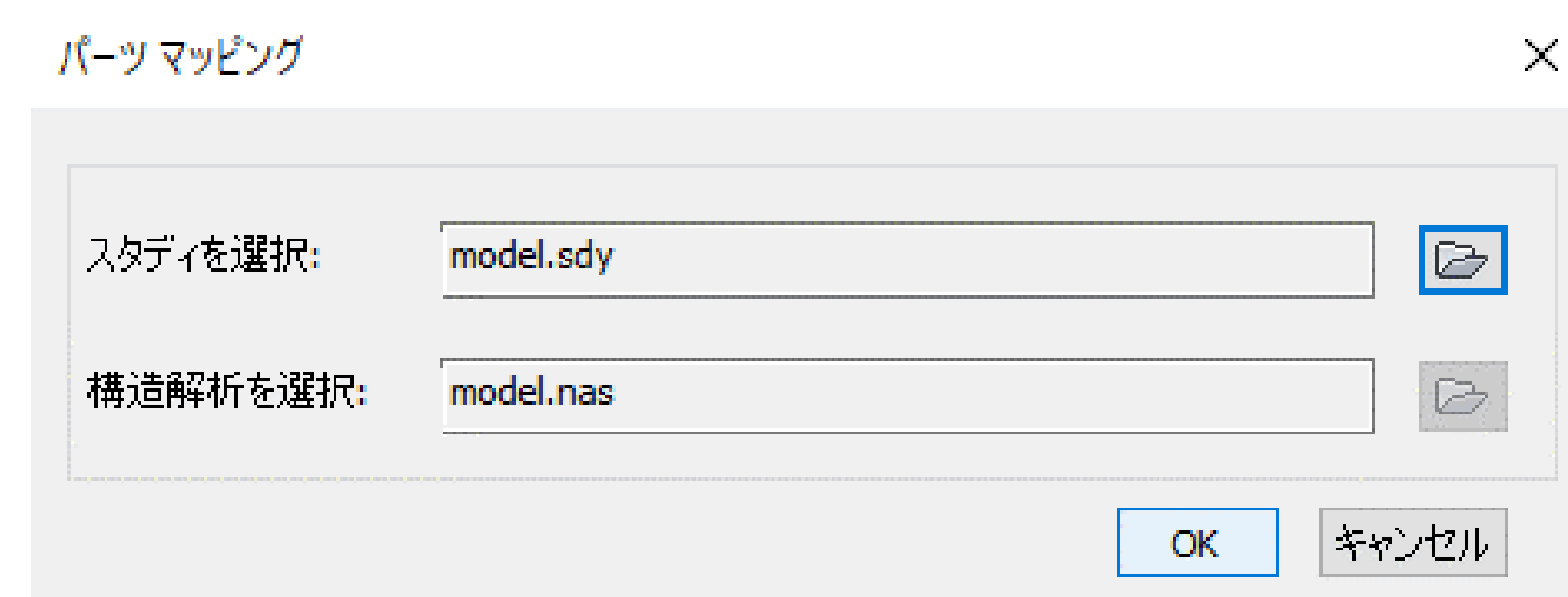
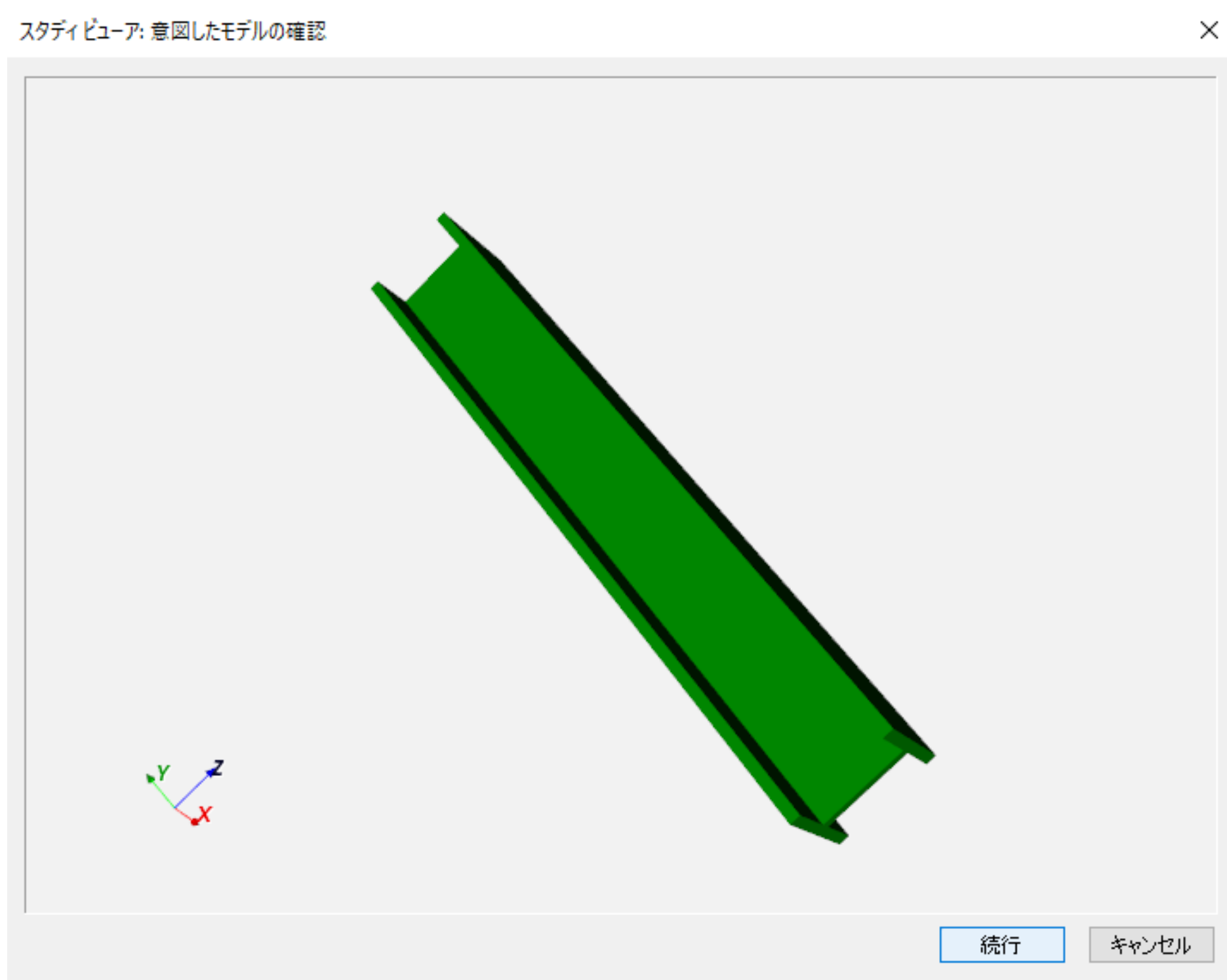
Moldflow Insightのスタディファイルを[スタディを選択]で開きます。

Nastranモデルに対応するスタディを開きます。



Advanced Material Exchangeによるマッピング

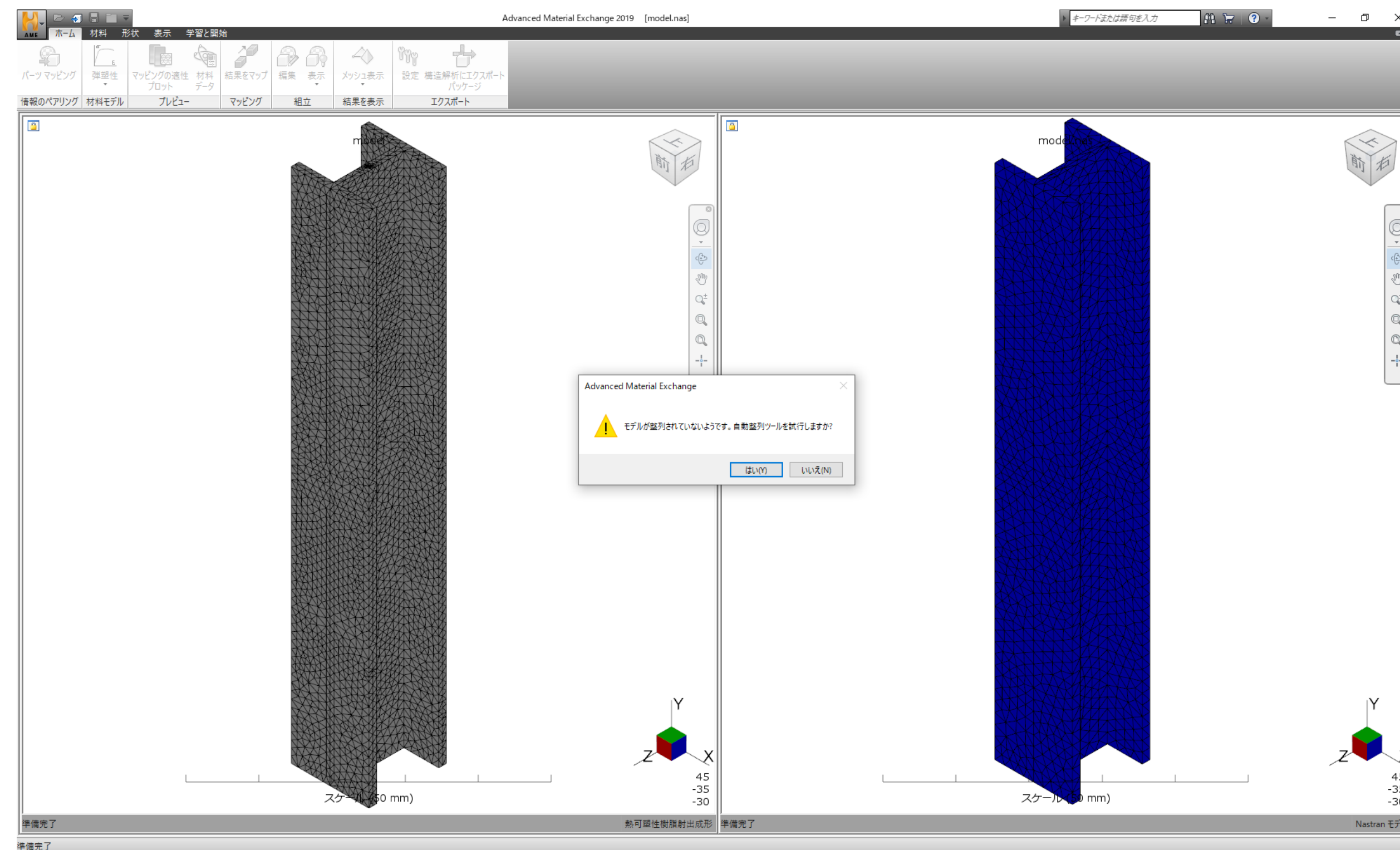
- パーツマッピング用モデルの選択
選択したスタディが問題ないと確認後、[続行]します。
[パーツマッピング]ダイアログで[OK]をクリックします。



Advanced Material Exchangeによるマッピング

- モデルの整列

Nastranモデルとスタディファイルの位置が異なっている場合、自動整列ツールで位置合わせを行います。
※形状が異なる場合や成形品の向きが重要な場合、自動整列できませんので手動で位置合わせを行います。

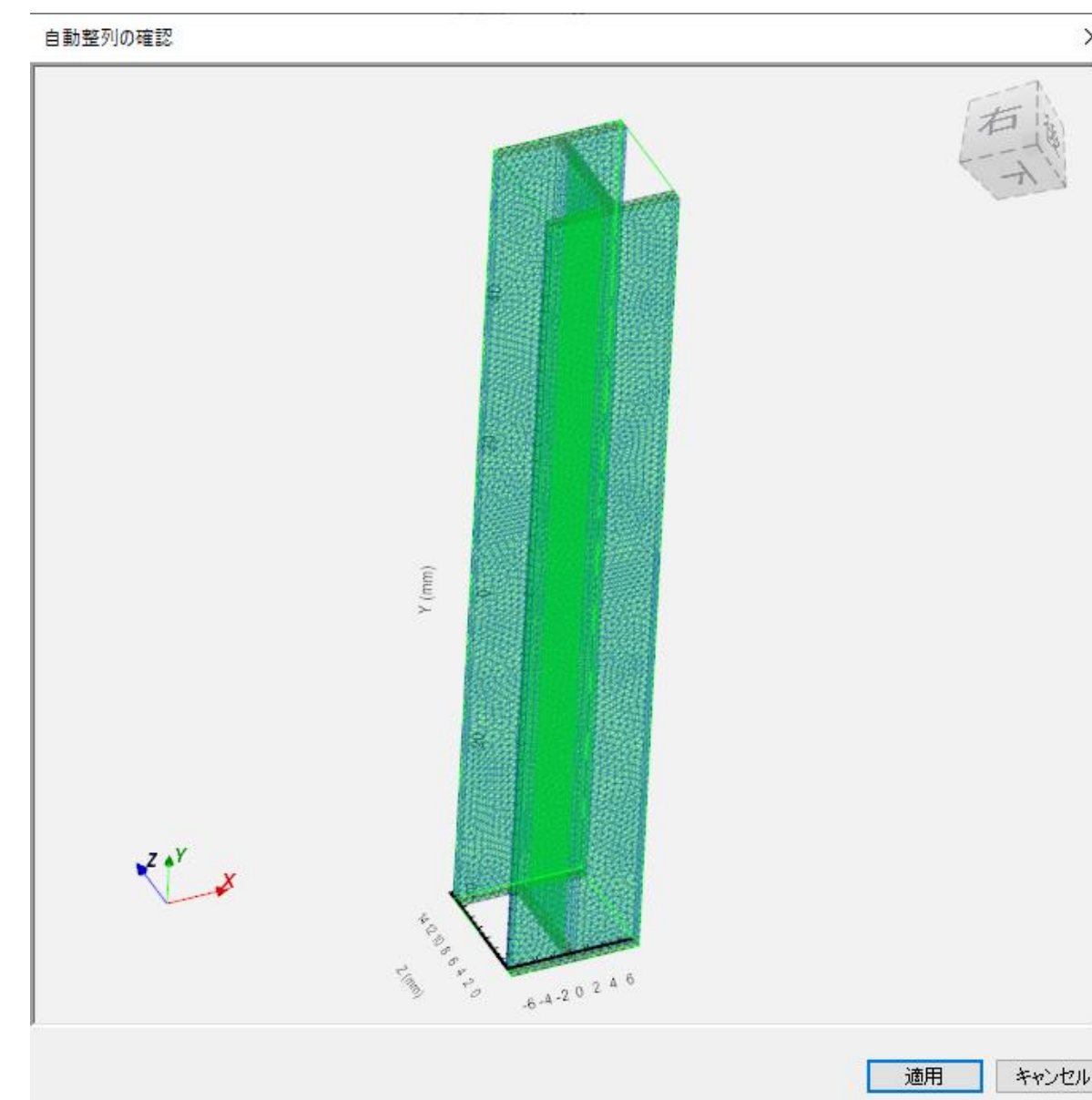
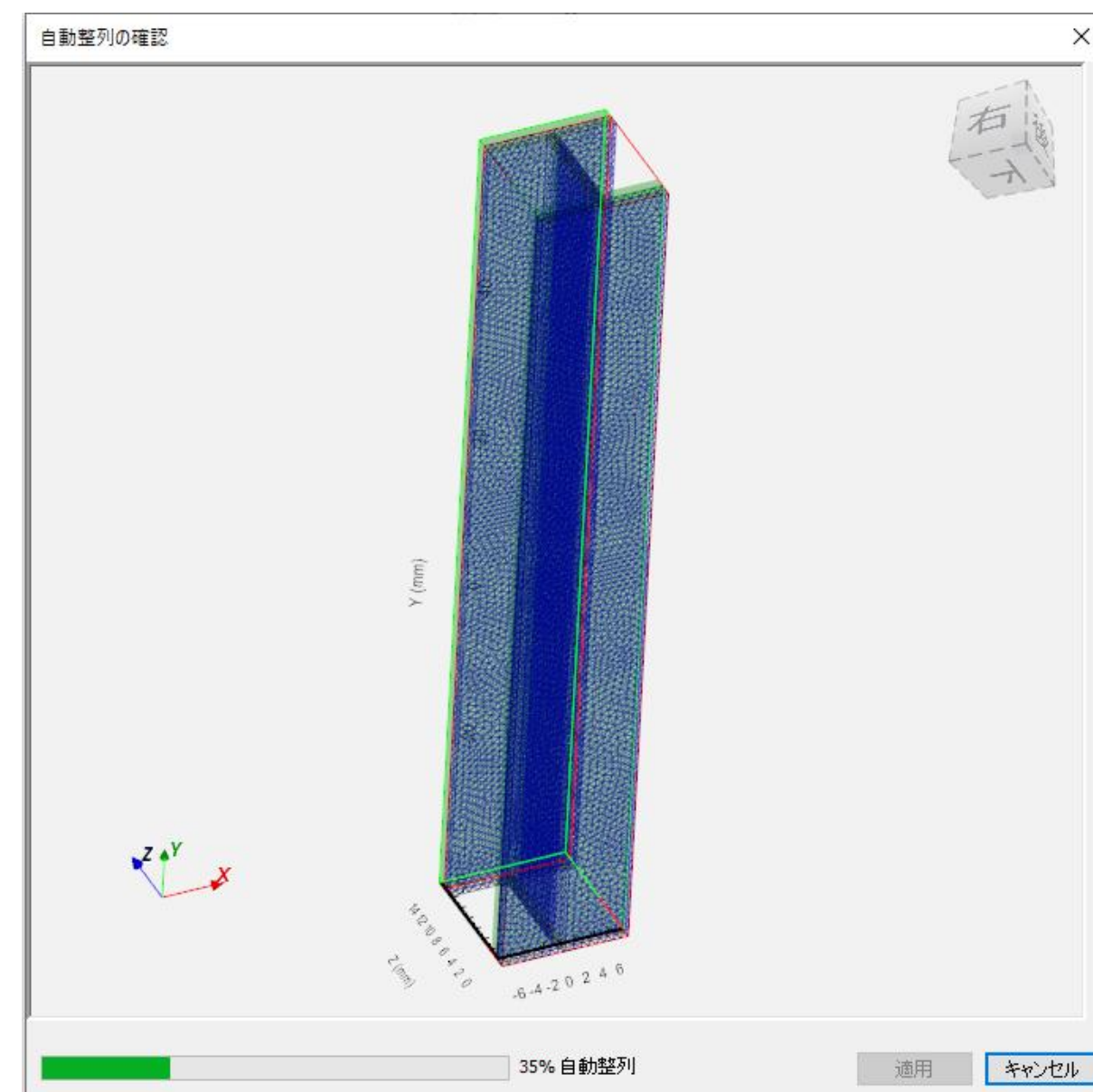


Advanced Material Exchangeによるマッピング

- モデルの整列

自動整列が終了後、[適用]します。

※大規模モデルの場合、整列に時間がかかります。

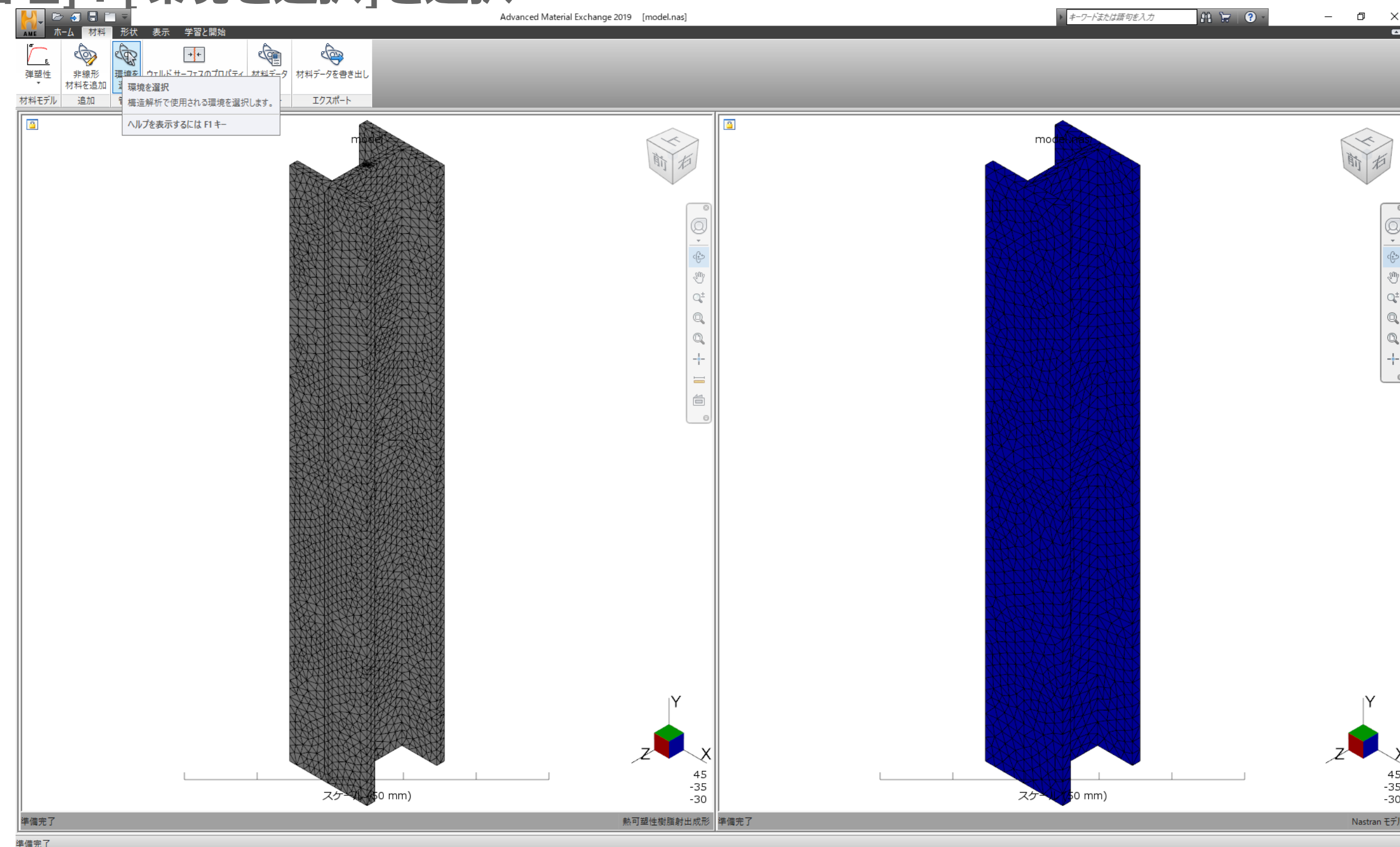


Advanced Material Exchangeによるマッピング

- 材料環境選択

今回の材料はすでに応力-ひずみ情報があり、
引張には複数の温度での情報を持つため、出力する環境を選択します。

[材料]タブ：[管理]：[環境を選択]を選択



Advanced Material Exchangeによるマッピング

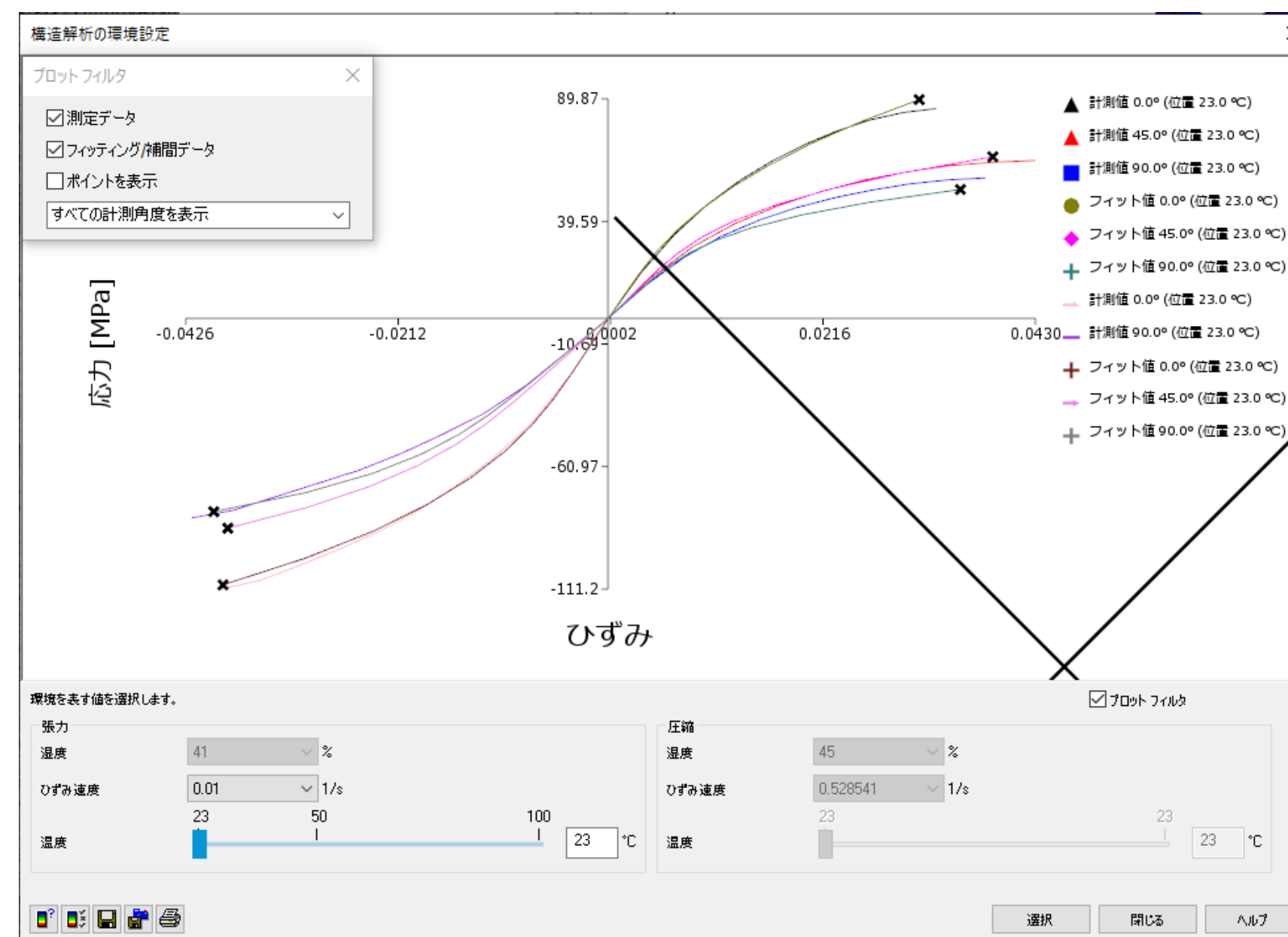
- 材料環境選択

湿度およびひずみ速度はデータが存在している値から選択。今回は23度の温度データを[選択]します。

複数の測定温度データが存在する場合、内挿で任意の温度での応力-ひずみ曲線を出力可能です。

※構造解析側で熱伝導解析を行っても、ここで設定した温度での応力-ひずみ曲線が使用されます。

※右下に見える二本の黒い線は、表示上だけの問題です。



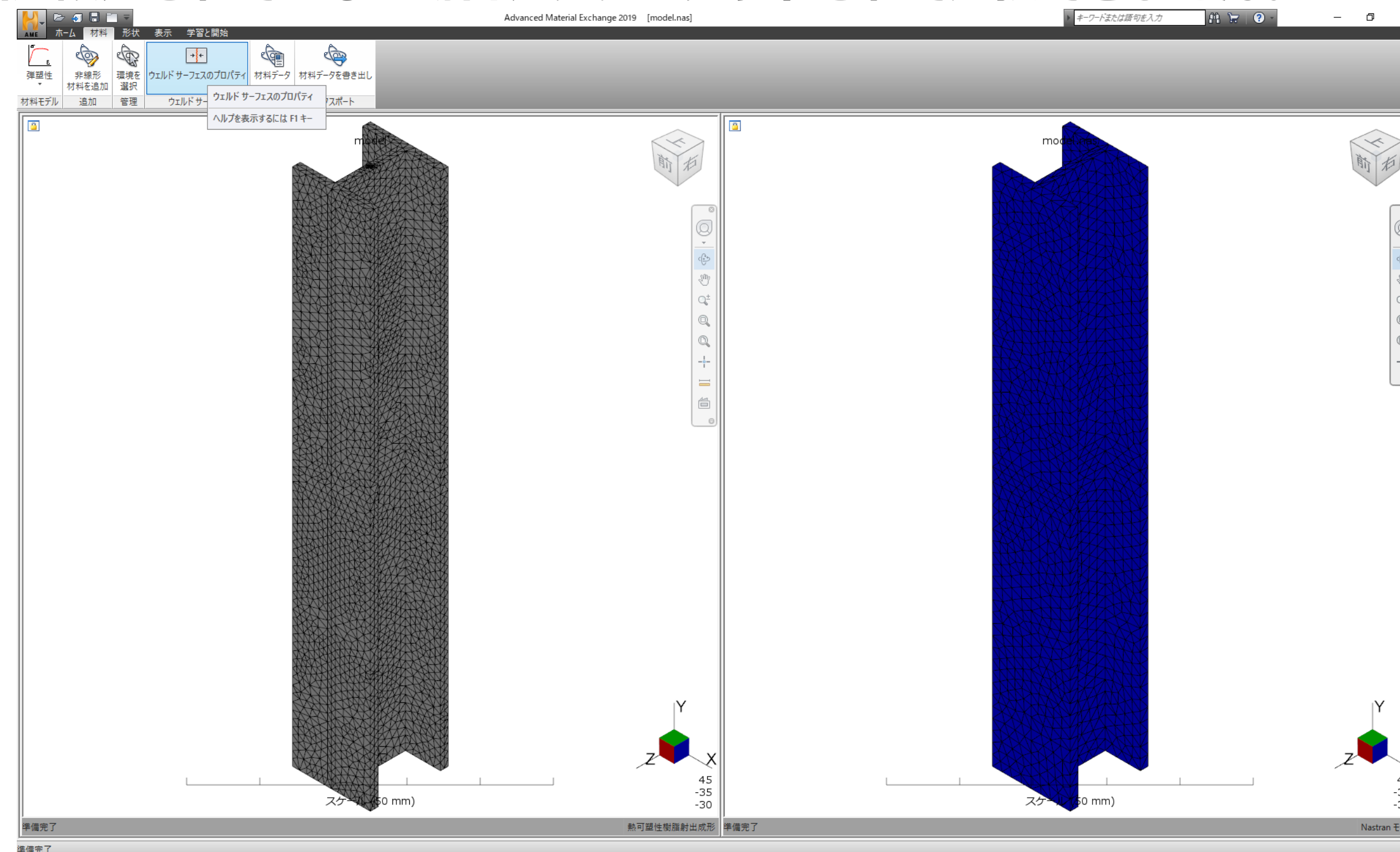
Advanced Material Exchangeによるマッピング

- ウェルドサーフェスのプロパティ

Moldflowでウェルドサーフェスを出力設定した場合、ウェルドサーフェスのプロパティを設定可能です。

[材料]タブ：[ウェルドサーフェス]：[ウェルドサーフェスのプロパティ]を選択

※Moldflowで出力設定されていない場合、グレースアウトされて選択できません。



Advanced Material Exchangeによるマッピング

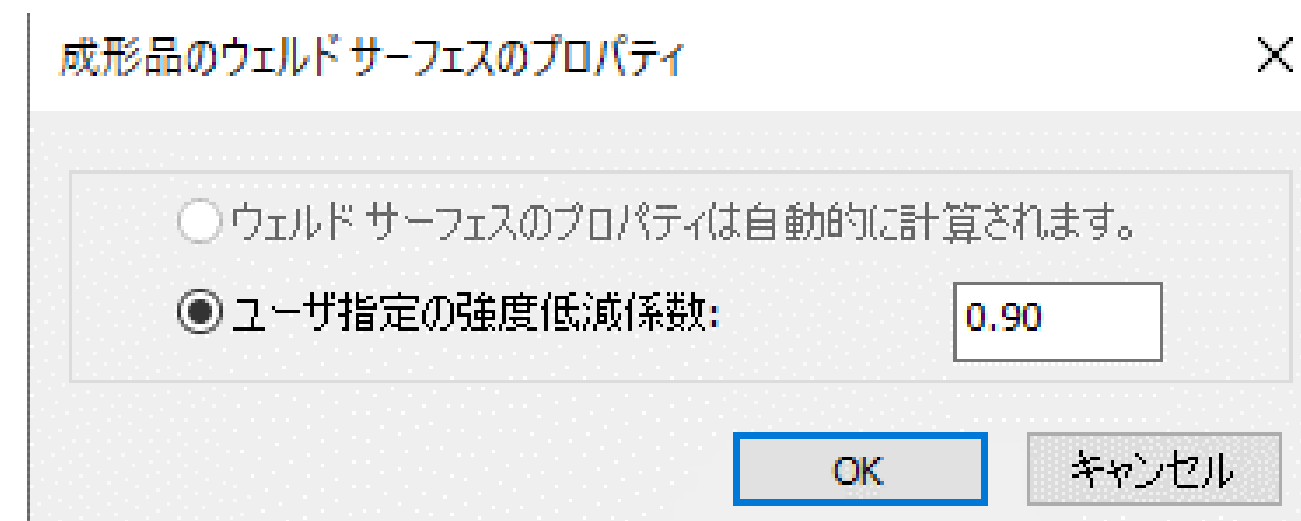
- ウェルドサーフェスのプロパティ

Moldflowの材料データにウェルドラインの強度パラメータがあると、

ウェルドサーフェスプロパティの自動計算が利用可能です。

通常、一律のウェルドサーフェスの強度低下の割合を指定します。

[OK]を選択するとマッピングが開始されます。



Advanced Material Exchangeによるマッピング

- マッピング結果

ワールドサーフェスプロパティ設定を行わない場合、

[ホーム]タブ : [マッピング] : [結果をマップ]でマッピングを行います。

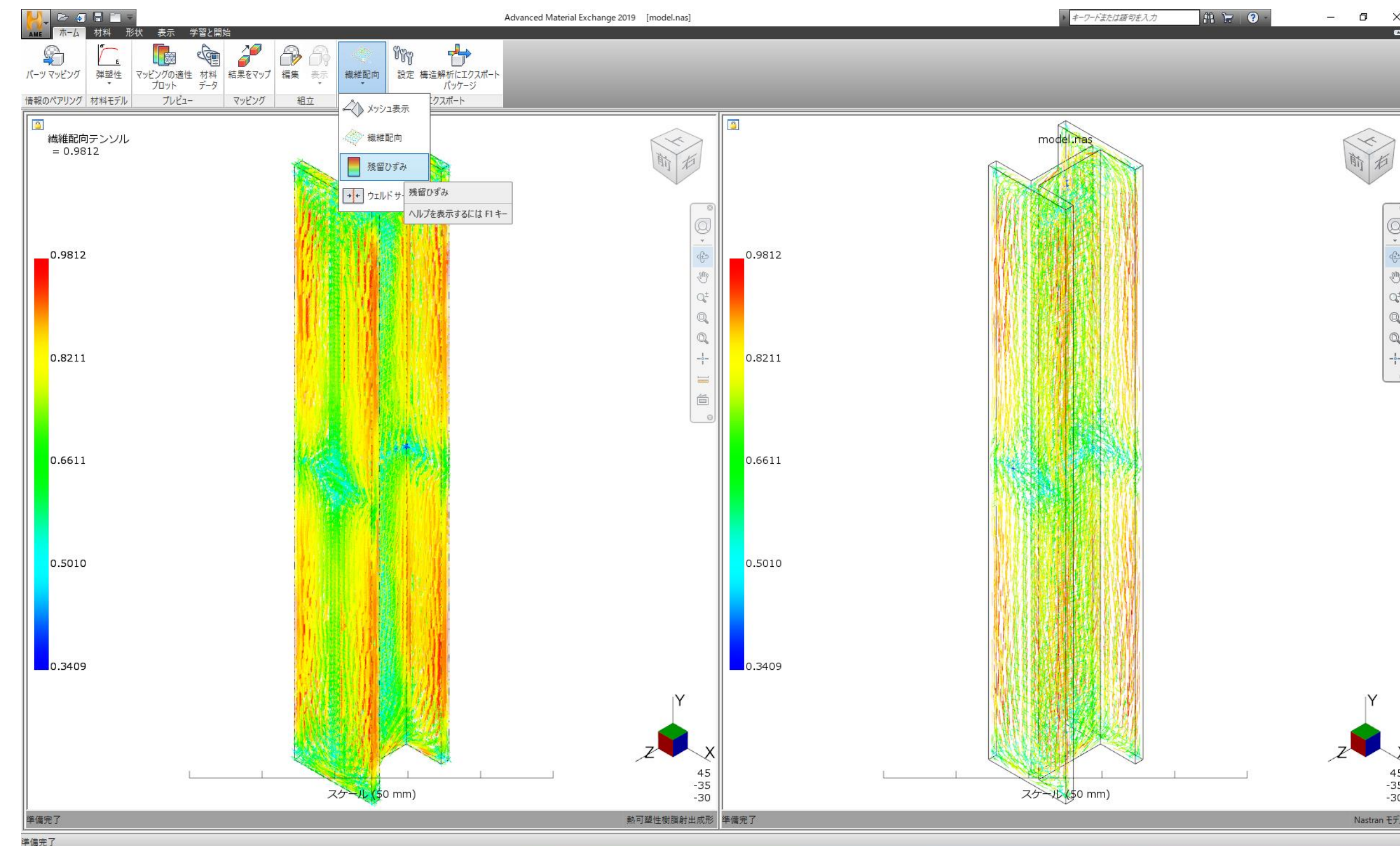
Moldflowの結果と構造解析モデルにマッピングした結果が並べて表示されます。

-メツシユ

一 絨維配向

-残留ひずみ

-ワールドサーフェス



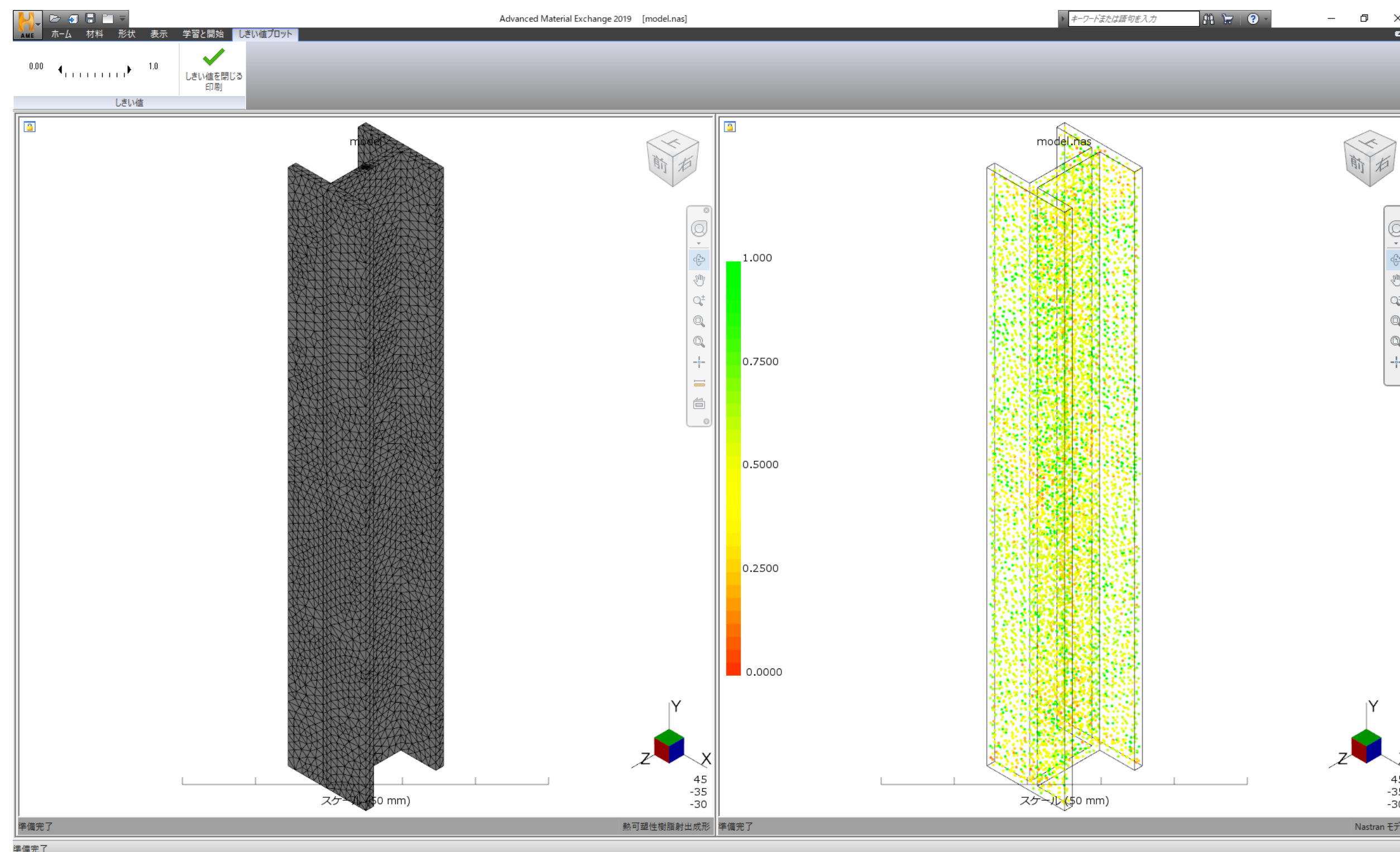
Advanced Material Exchangeによるマッピング

- マッピングの適性プロット

繊維強化材料では、繊維配向による異方性物性が重要です。

構造解析メッシュが粗すぎる場合、必要な情報がマッピングできていない可能性があります。

マッピング、解析実行前に、メッシュの適性を確認可能です。



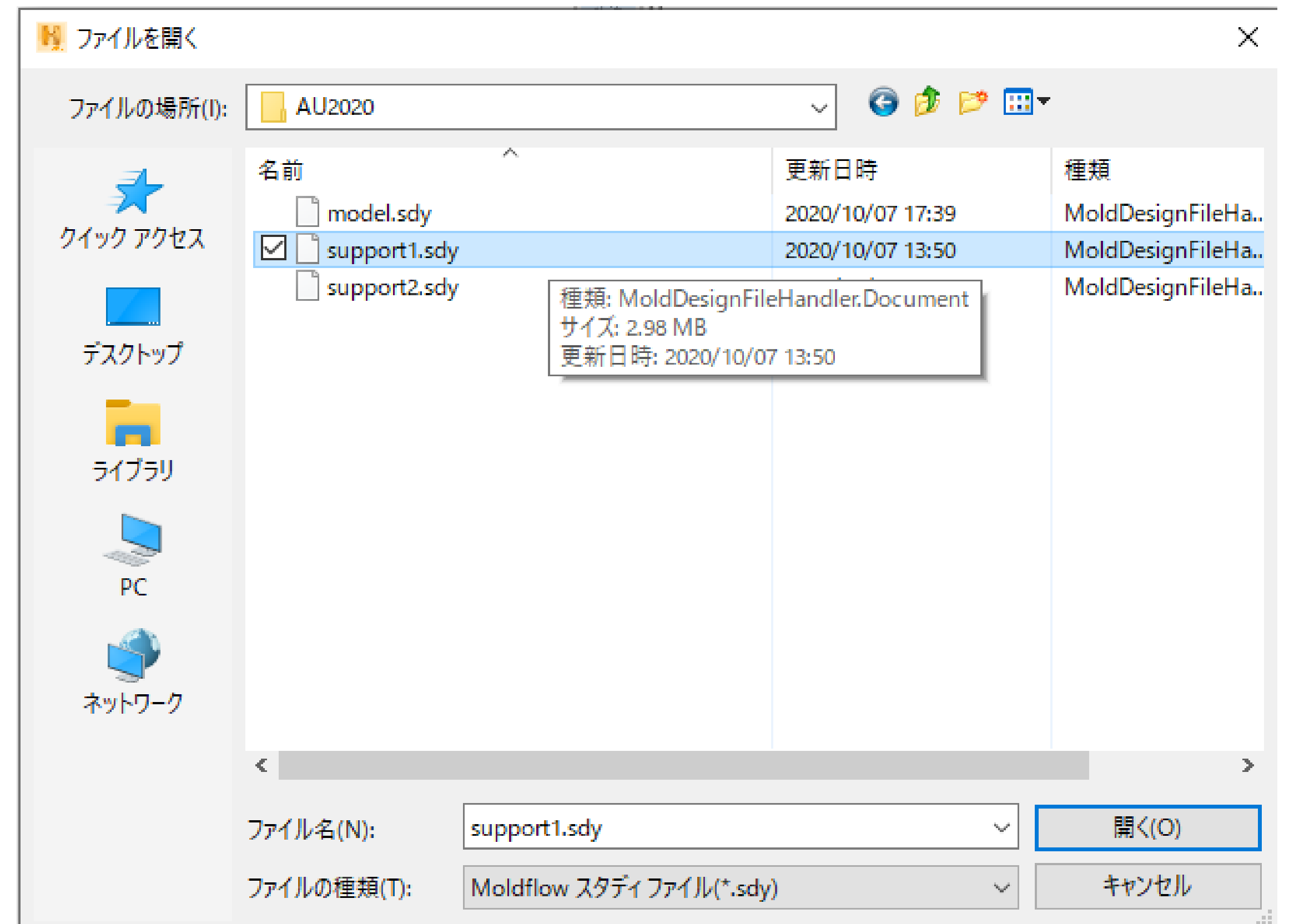
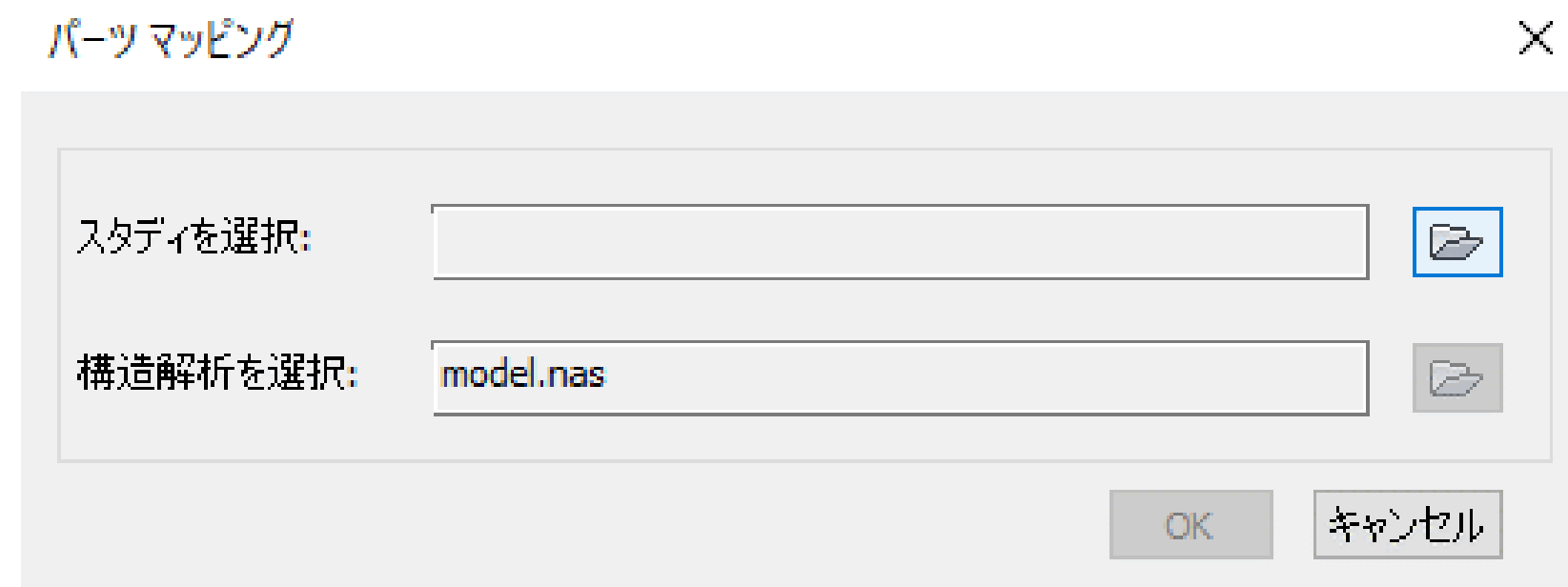
Advanced Material Exchangeによるマッピング

- 複数の構造解析モデルへのマッピング

複数の樹脂材料を含むアセンブリモデルの構造解析モデルの場合、

引き続き、Moldflow Insightのスタディファイルを[スタディを選択]で開きます。

※一連の作業で同じスタディは選択できません。



Advanced Material Exchangeによるマッピング

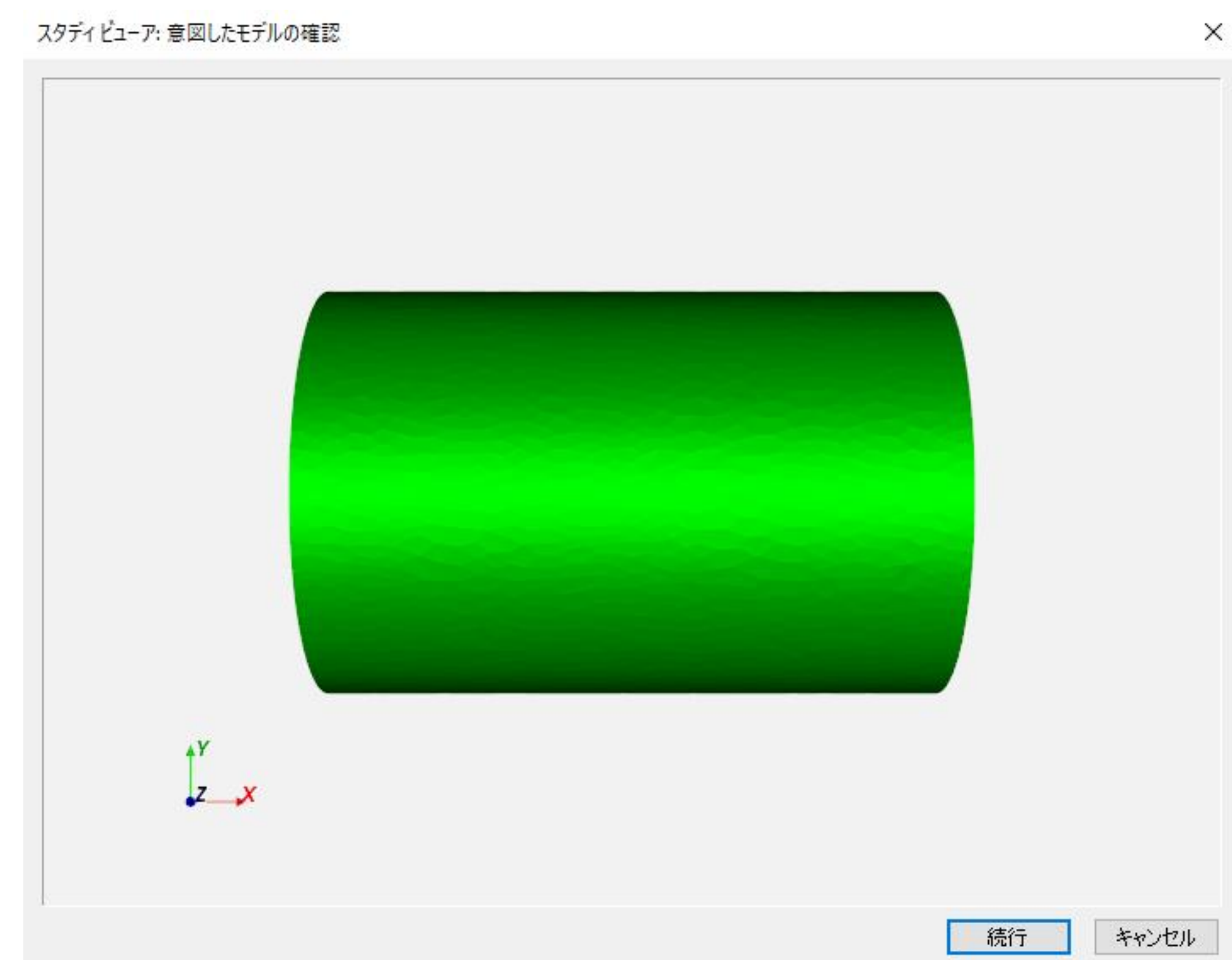
- 複数の構造解析モデルへのマッピング

複数の樹脂材料を含むアセンブリモデルの構造解析モデルの場合、

引き続き、Moldflow Insightのスタディファイルを[スタディを選択]で開きます。

※一連の作業で同じスタディは選択できません。

モデルを確認し、[続行]します。



Advanced Material Exchangeによるマッピング

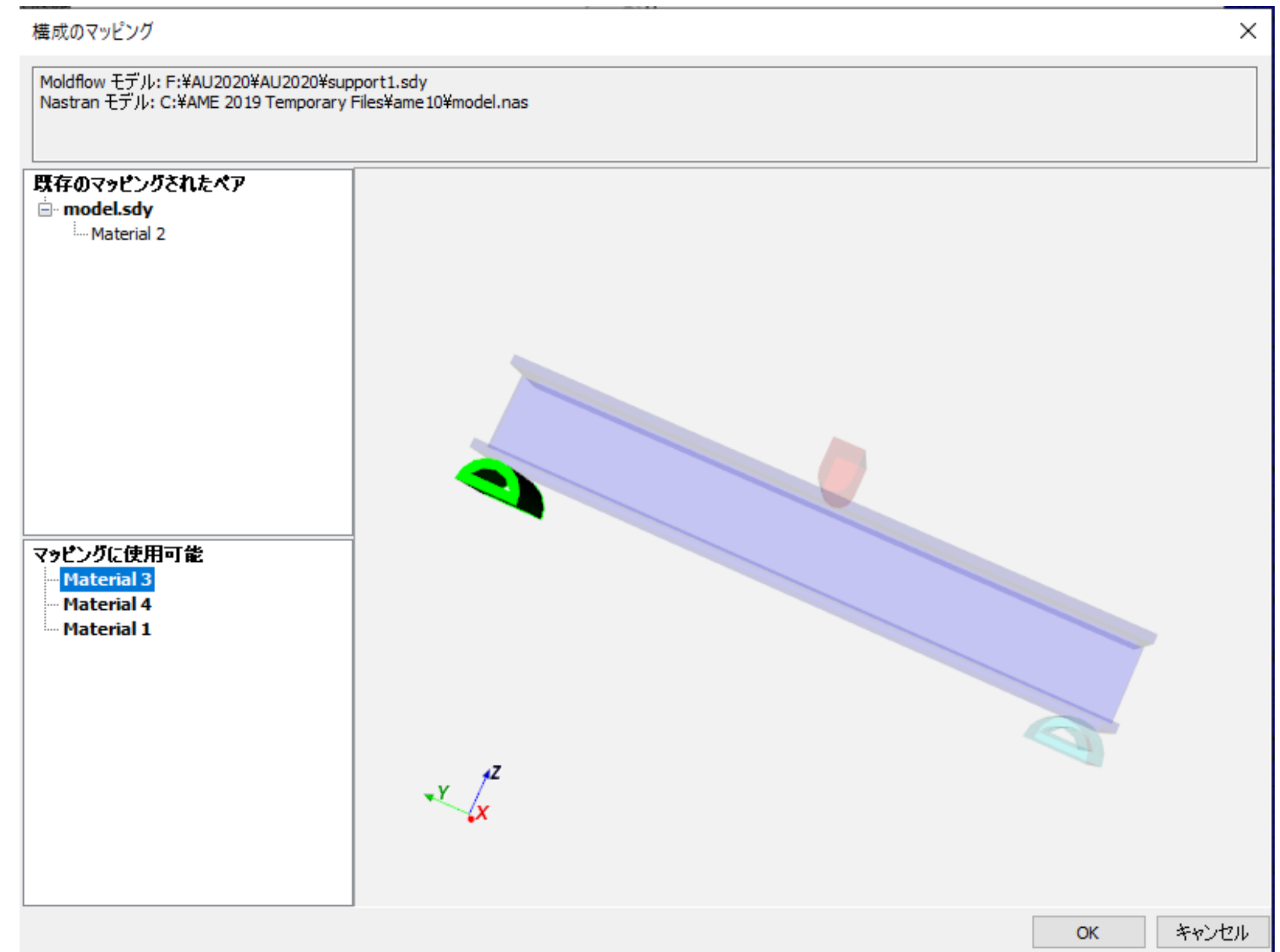
- 複数の構造解析モデルへのマッピング

Inventor Nastranの解析モデルからマッピングしたい部品を選択します。

一度選択された構造解析モデルは選択できなくなっています。

※同じ材料IDを持つ部品も選択できなくなるため、

別材料IDを作成する必要があります。



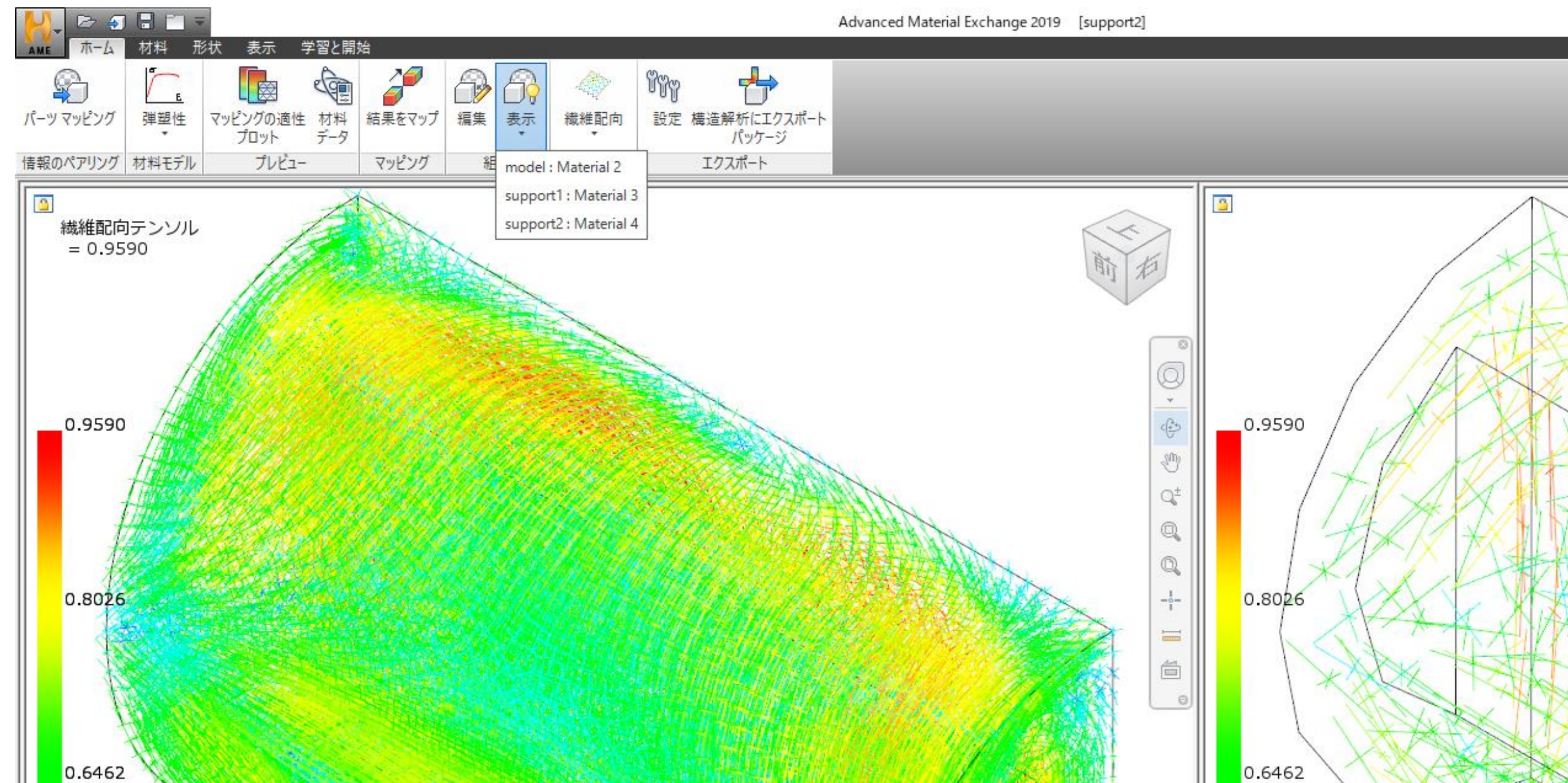
Advanced Material Exchangeによるマッピング

- 複数の構造解析モデルへのマッピング

モデルの整列～材料～マッピングを必要な回数繰り返します。

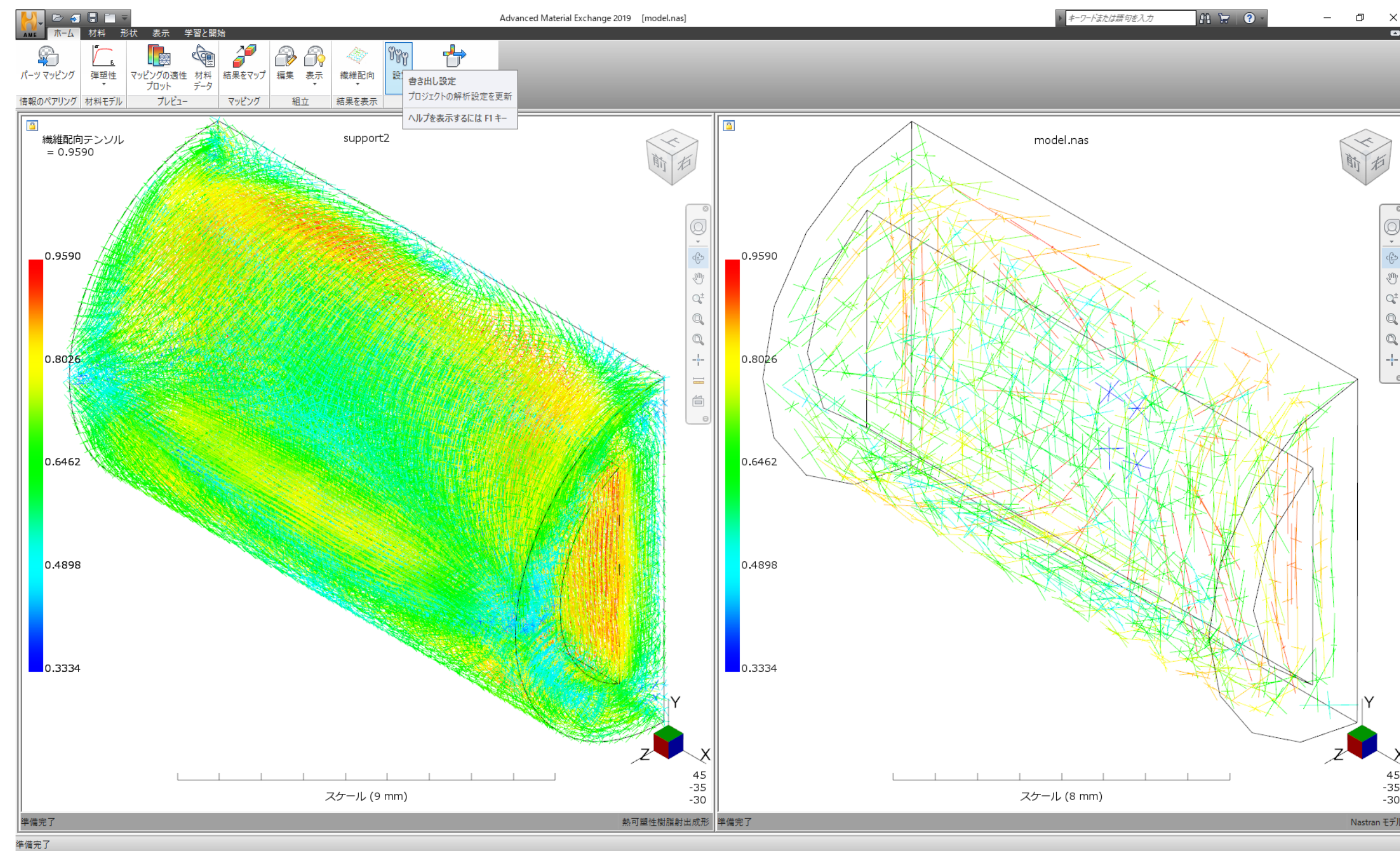
一度マッピングした部品を再度表示するには、[ホーム]タブ：[組み立て]：[表示]で表示を変更します。

マッピングに利用されなかった構造モデルは構造解析で設定された材料物性がそのまま利用されます。



Advanced Material Exchangeによるマッピング

- Helius PFA解析設定
[ホーム]タブ : [エクスポート] : [設定]を選択



Advanced Material Exchangeによるマッピング

- Helius PFA解析設定

[ホーム]タブ : [エクスポート] : [設定]を選択

[一般]タブ

反りを出力

残留ひずみ結果を構造解析で利用します。

ウェルドサーフェスを出力

Moldflowでウェルドサーフェス出力設定時に選択可能

ウェルドサーフェス部とその強度低下を出力します。

[破断]タブ

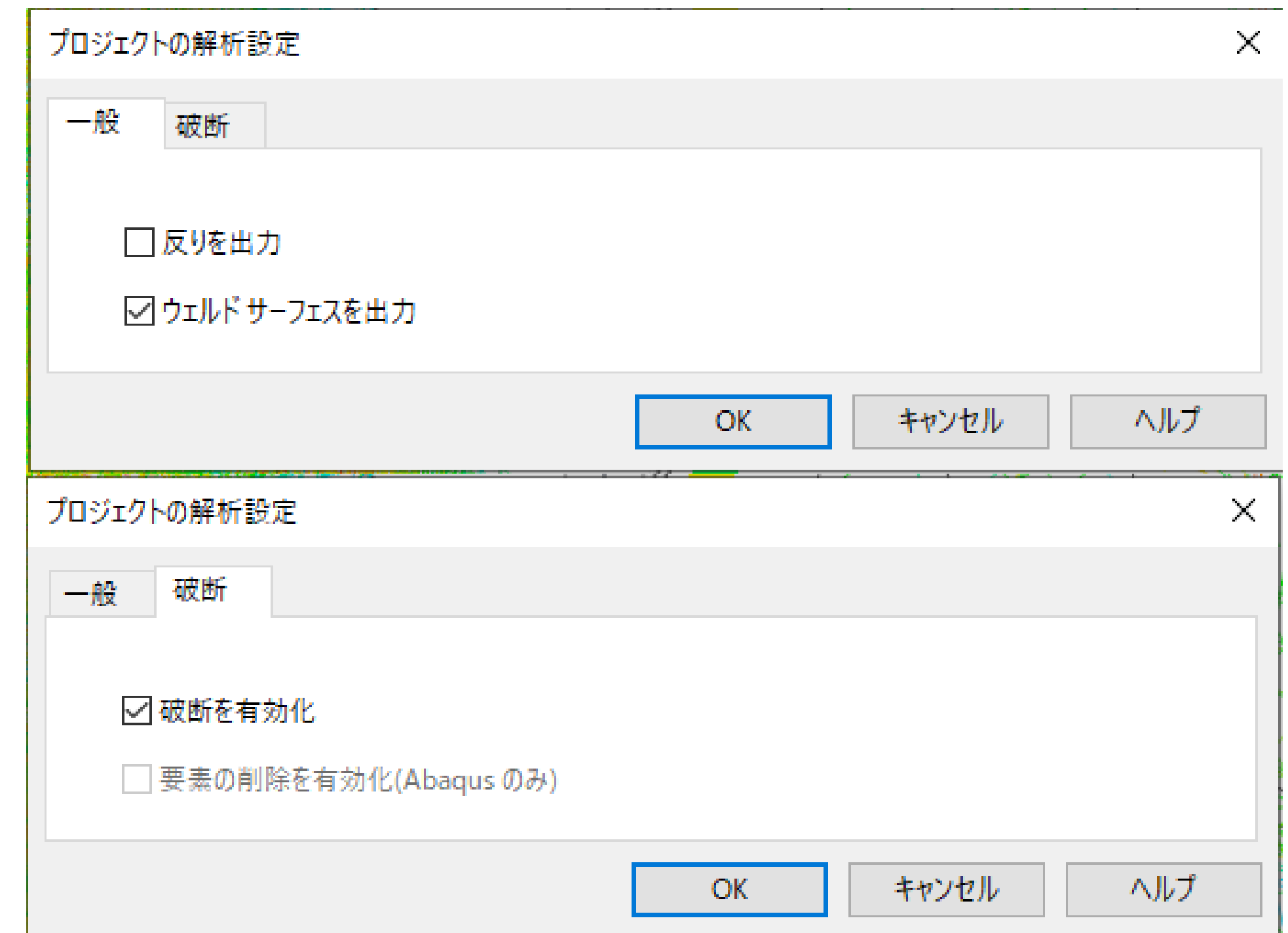
破断を有効化

弾塑性材料モデルを選択時に選択可能

構造解析で破断を評価します。

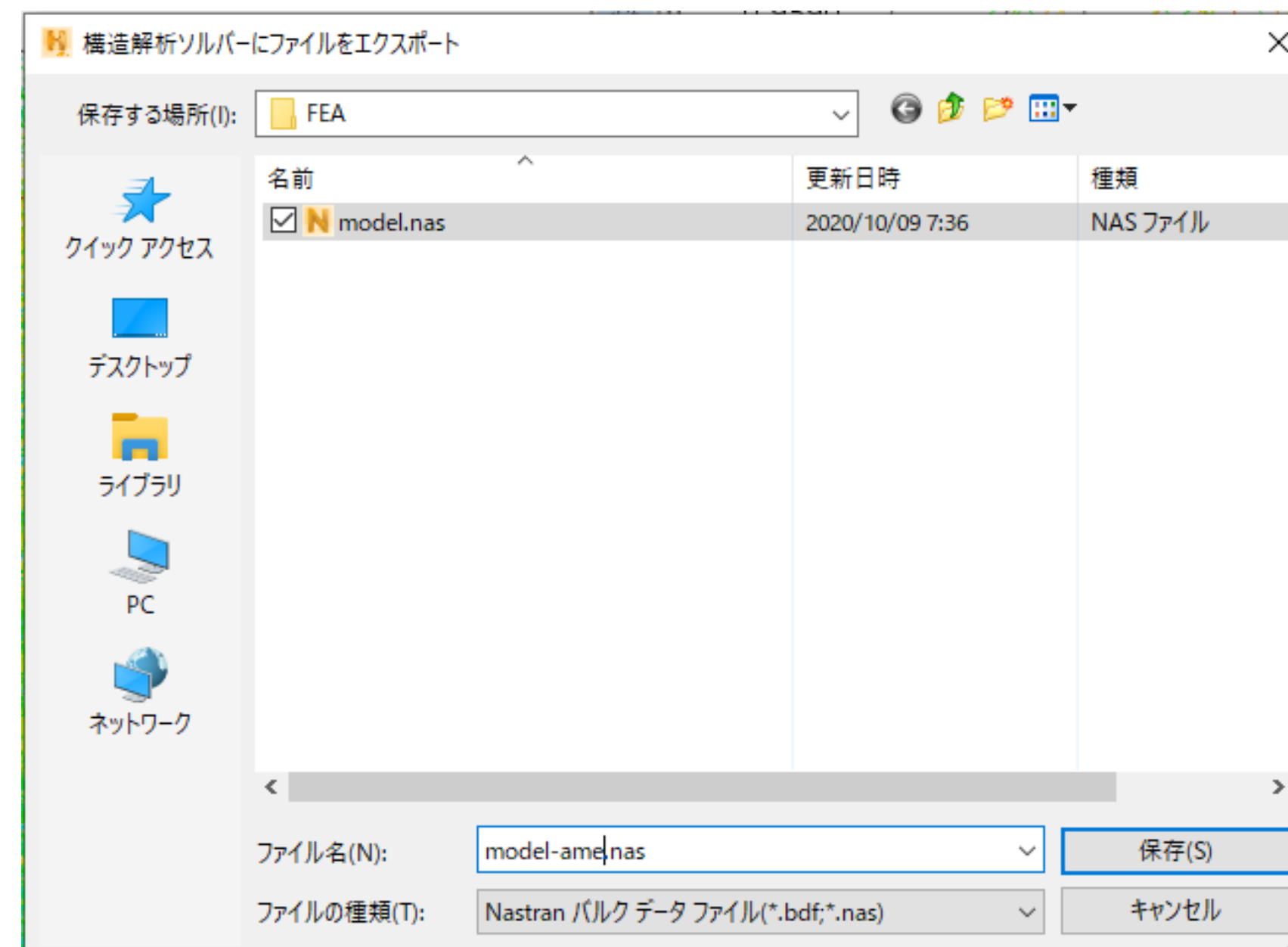
今回のモデル : ☒ウェルドサーフェスを出力

☒破断を有効化



Advanced Material Exchangeによるマッピング

- Helius PFA用Nastranファイルのエクスポート
[ホーム]タブ : [エクスポート] : [構造解析にエクスポート]を選択
分かり易い名前で保存します。
※大規模モデルでは出力に時間がかかります。



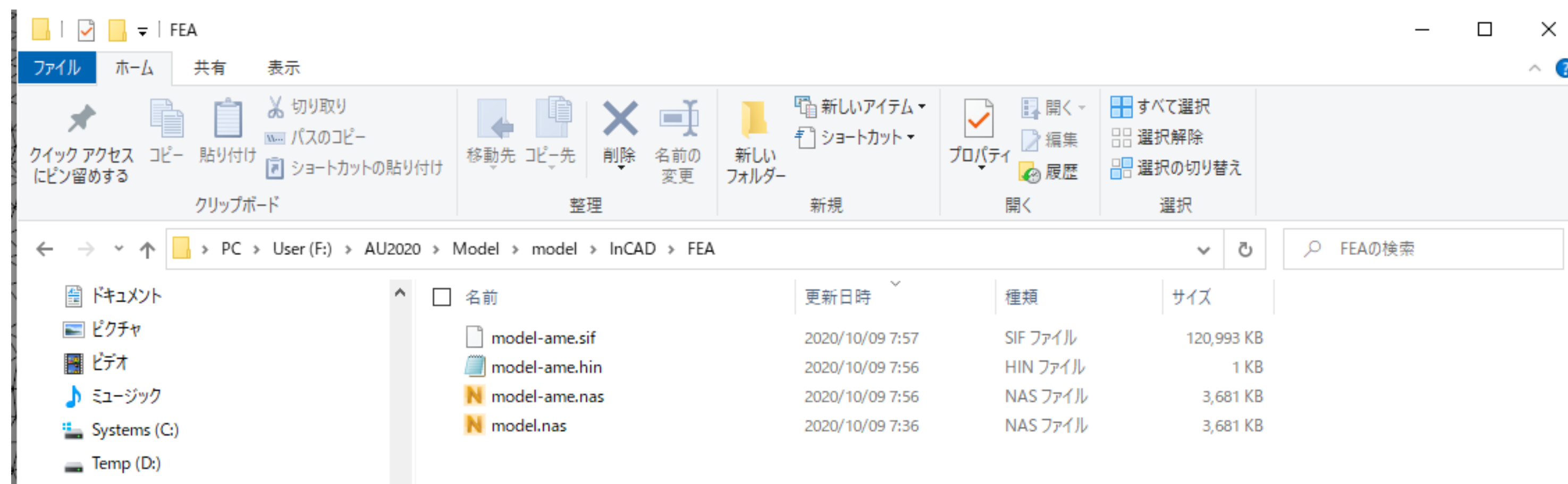
Advanced Material Exchangeによるマッピング

- Helius PFA用Nastranファイルのエクスポート

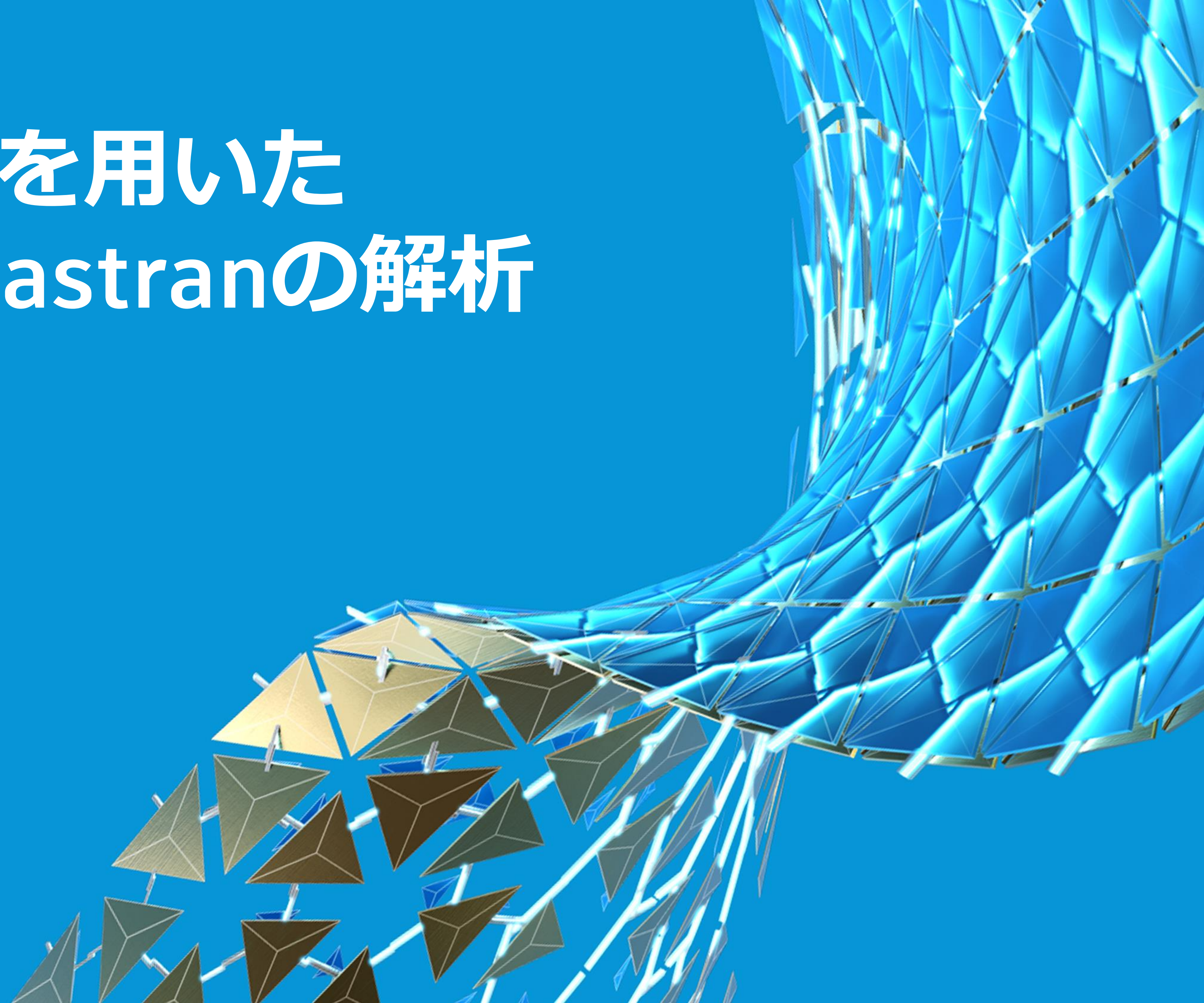
出力されるファイル

Nastranファイル	Helius PFAで解析するための設定が追加されたNastran形式のファイル(テキストデータ)
.sifファイル	材料物性、マッピング情報が記録されたファイル(バイナリデータ)
.hinファイル	Helius PFA制御用インプットファイル(テキストデータ)

※別PCで解析する場合、これらのファイルをコピーする。

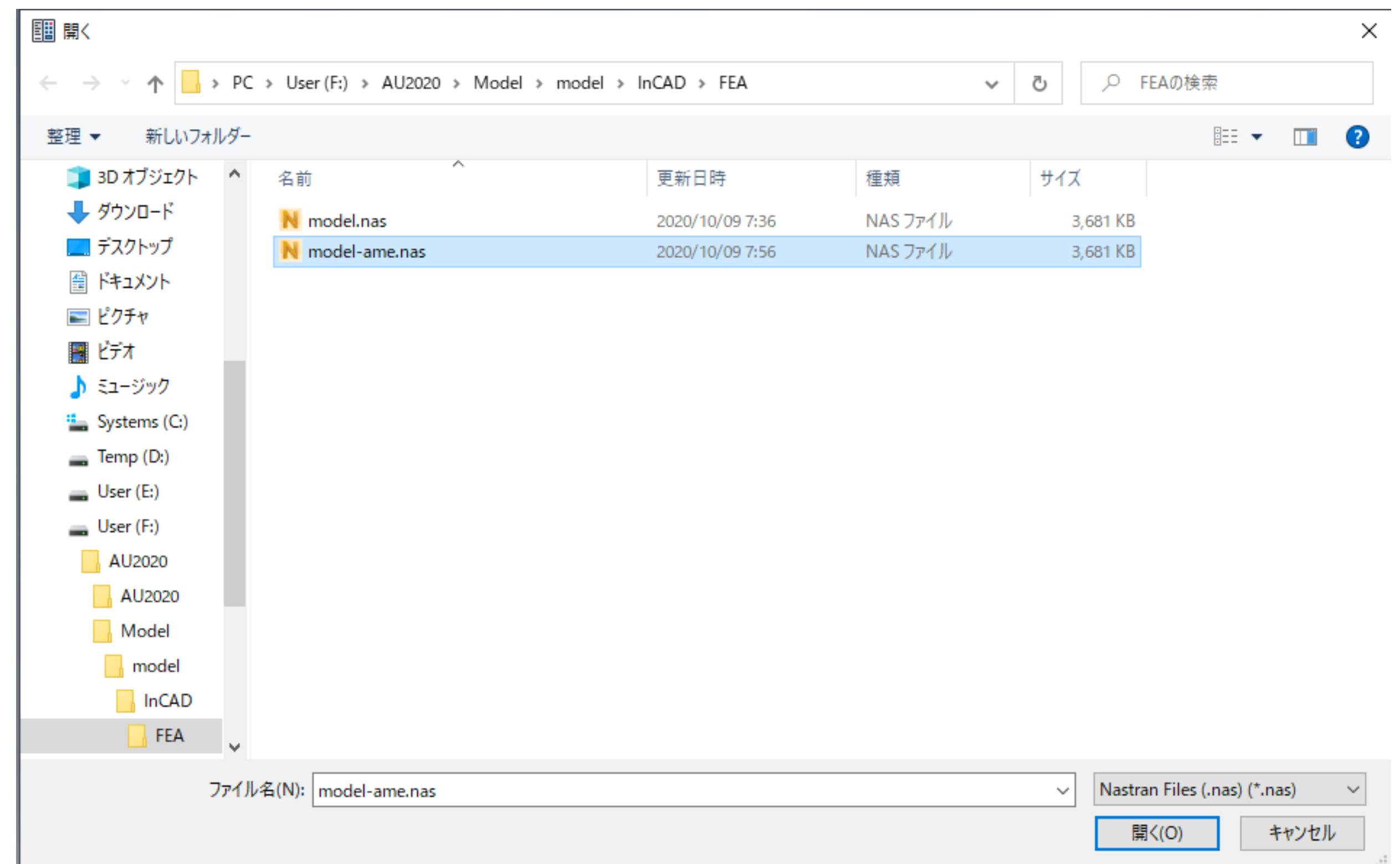
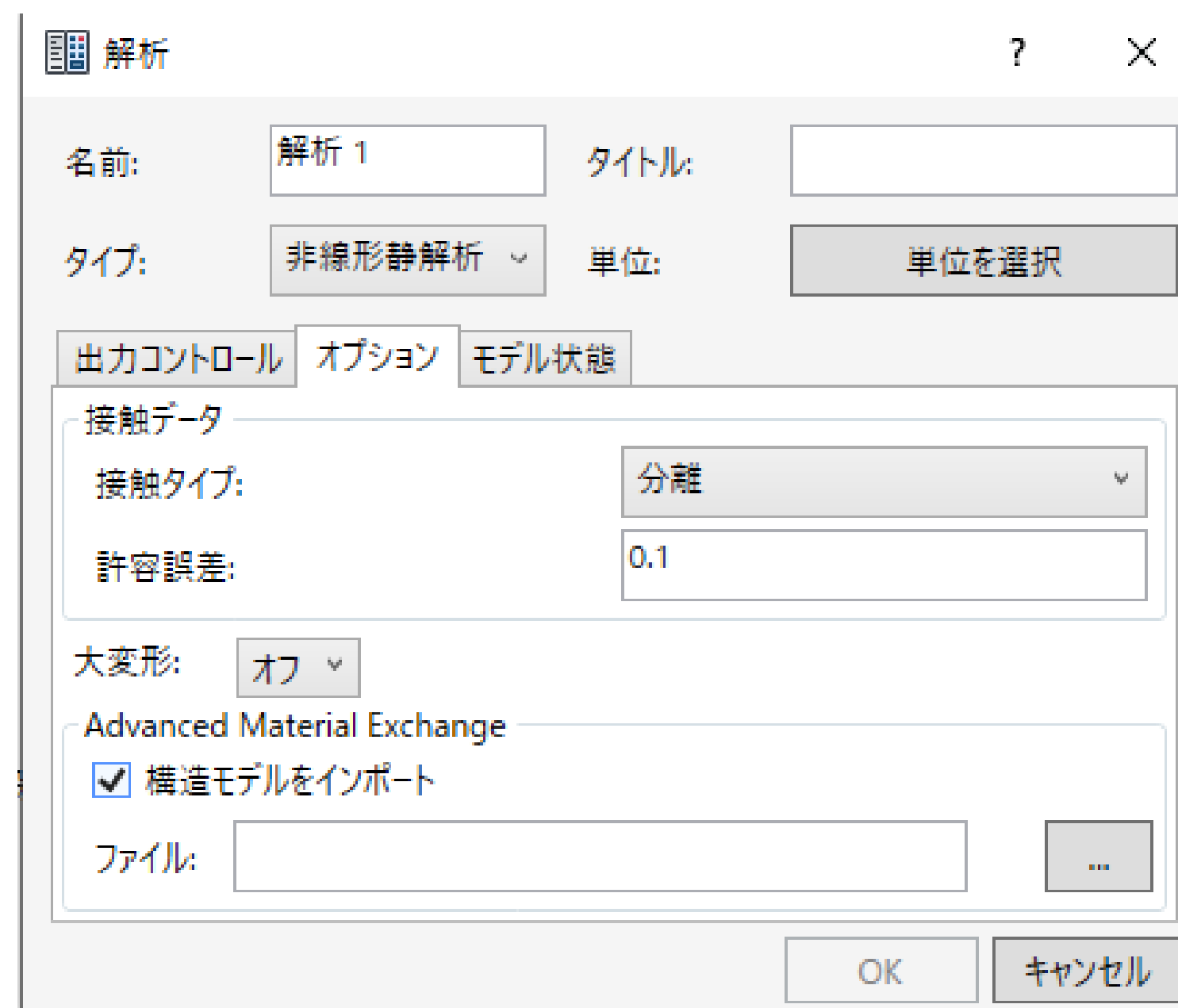


Helius PFAを用いた Inventor Nastranの解析



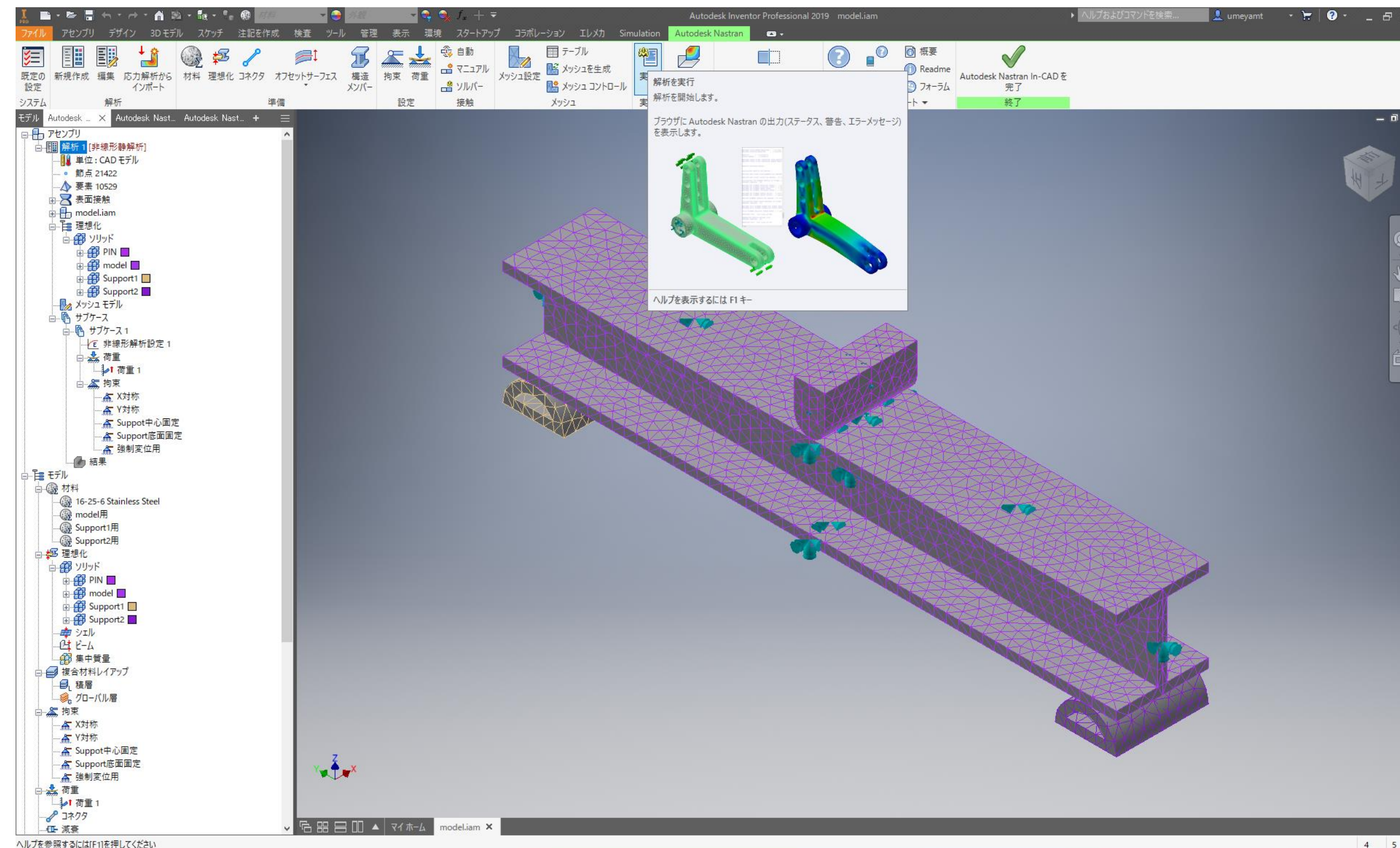
Helius PFAを用いたInventor Nastranの解析

- Helius PFAを利用するためのInventor Nastranの設定
解析編集の[オプション]タブにて
☒構造モデルをインポート、Advanced Material Exchangeより出力されたNastranファイルを指定します。

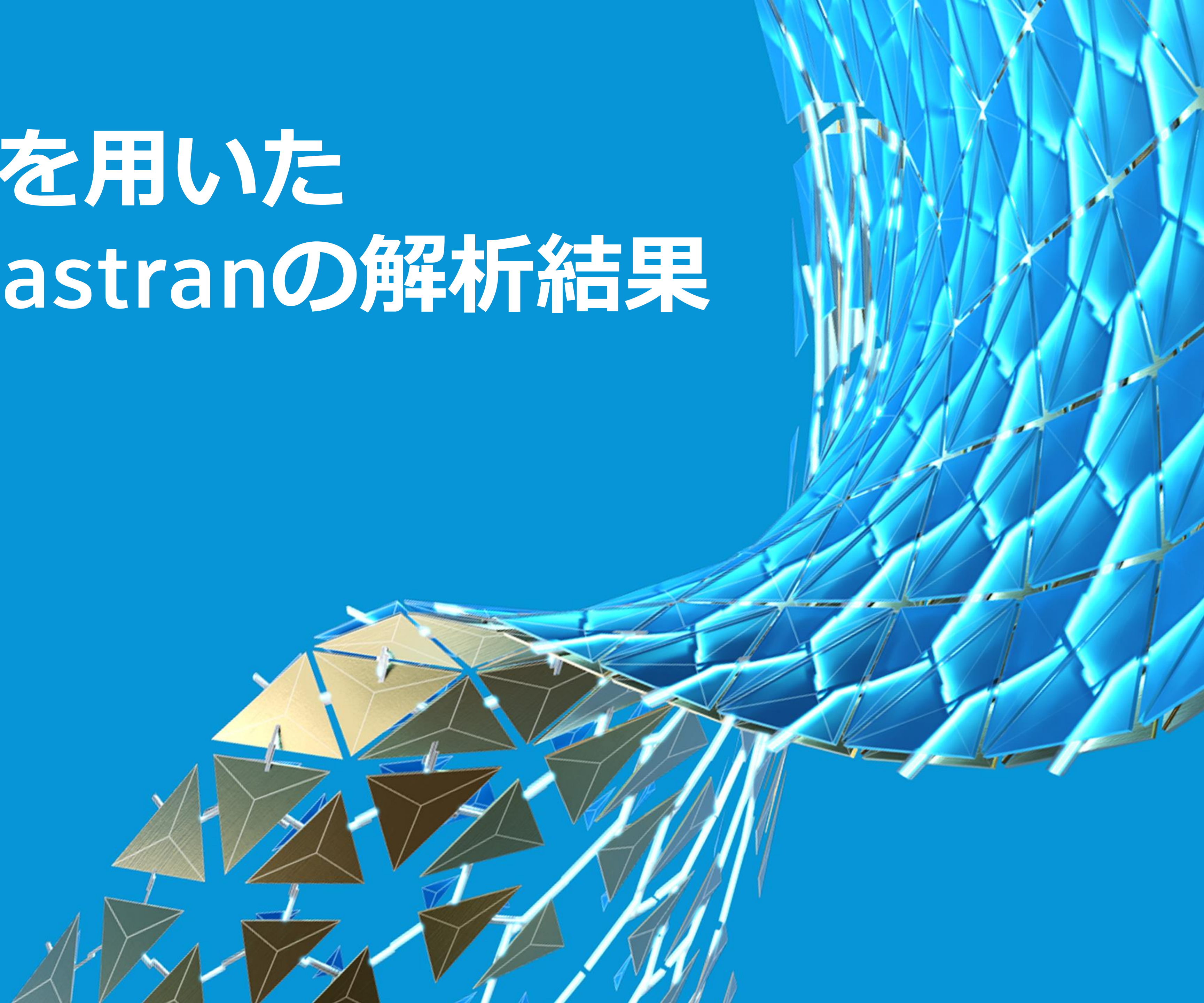


Helius PFAを用いたInventor Nastranの解析

- 解析実行
解析実行します。

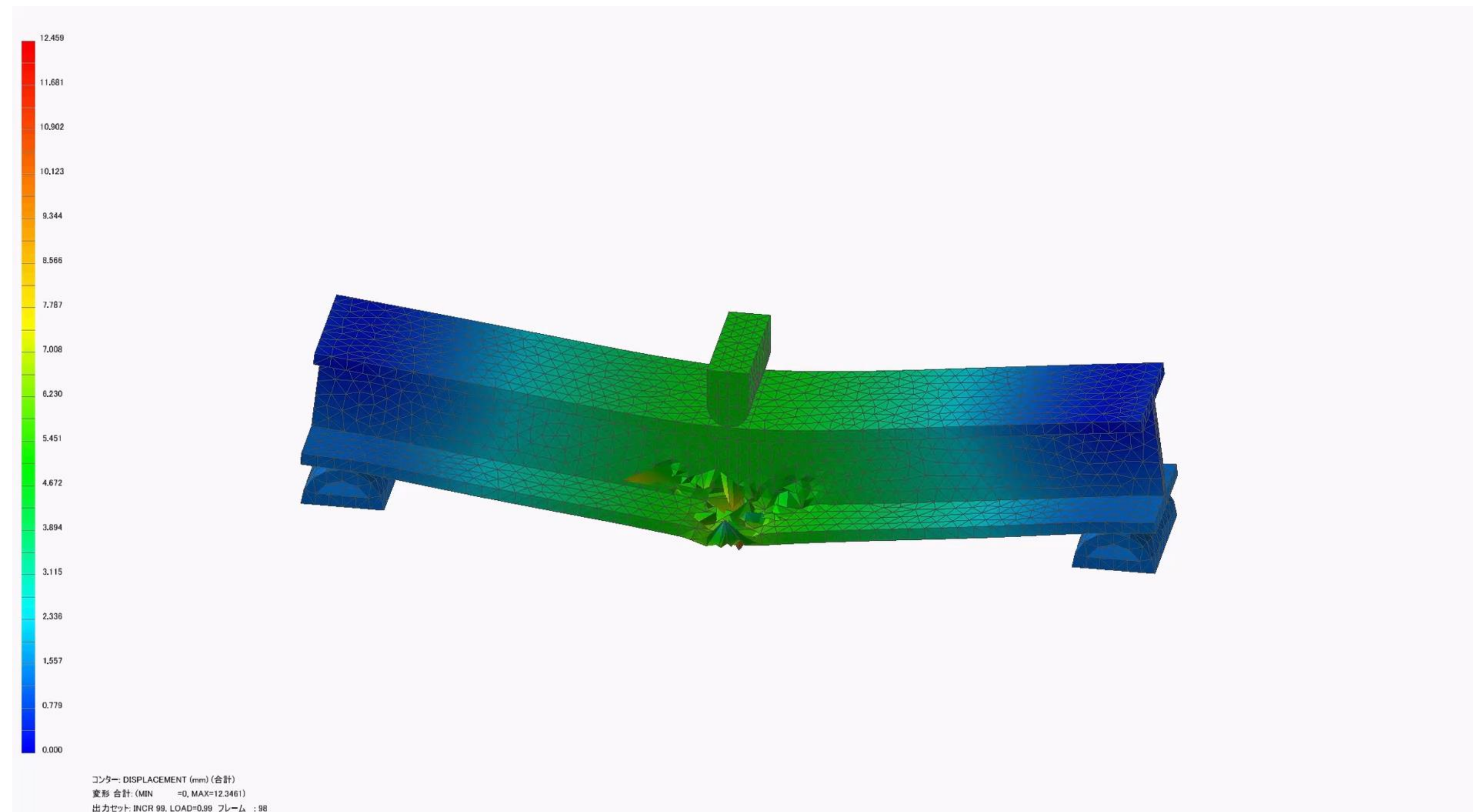


Helius PFAを用いた Inventor Nastranの解析結果



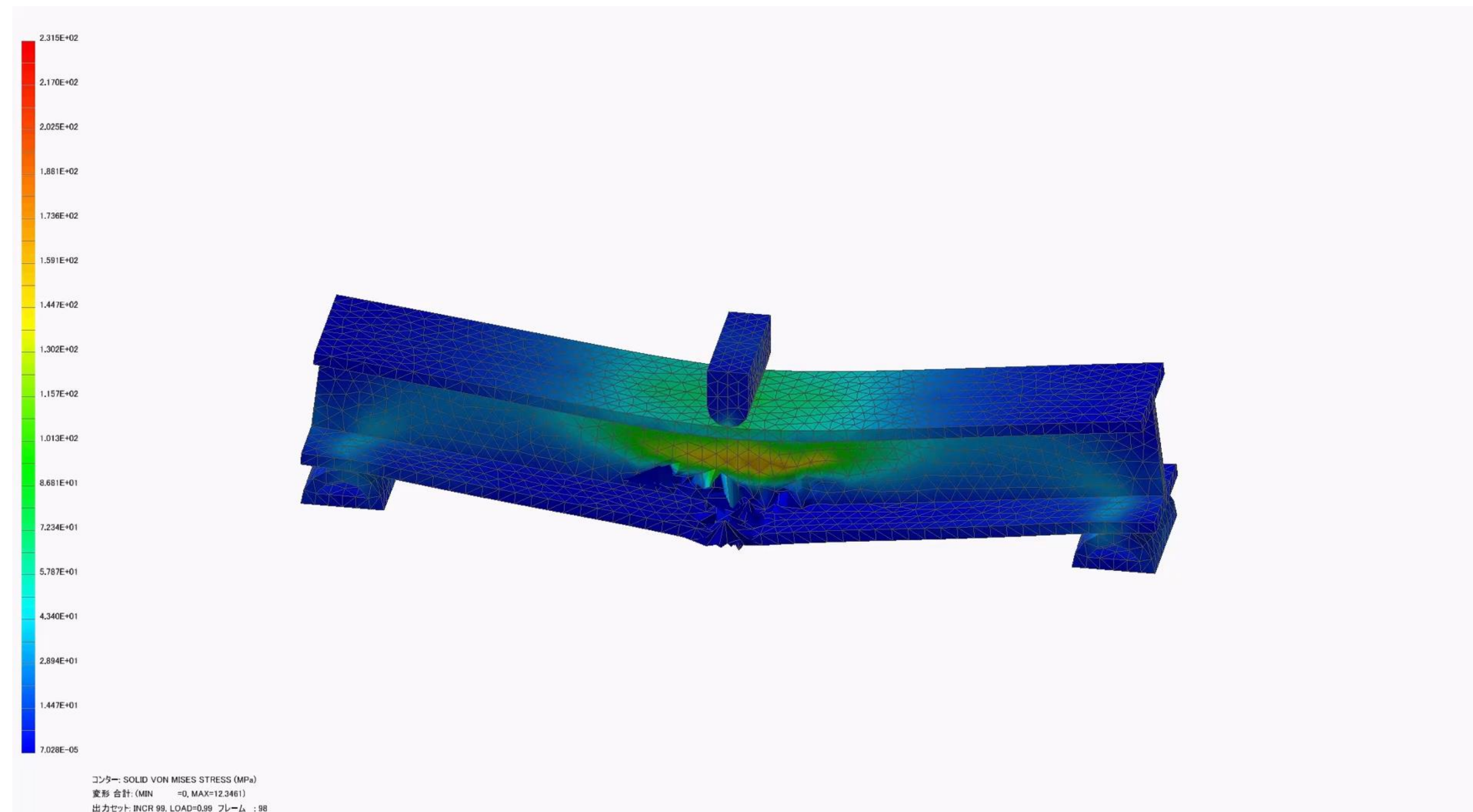
Helius PFAを用いたInventor Nastranの解析結果

- 変位結果



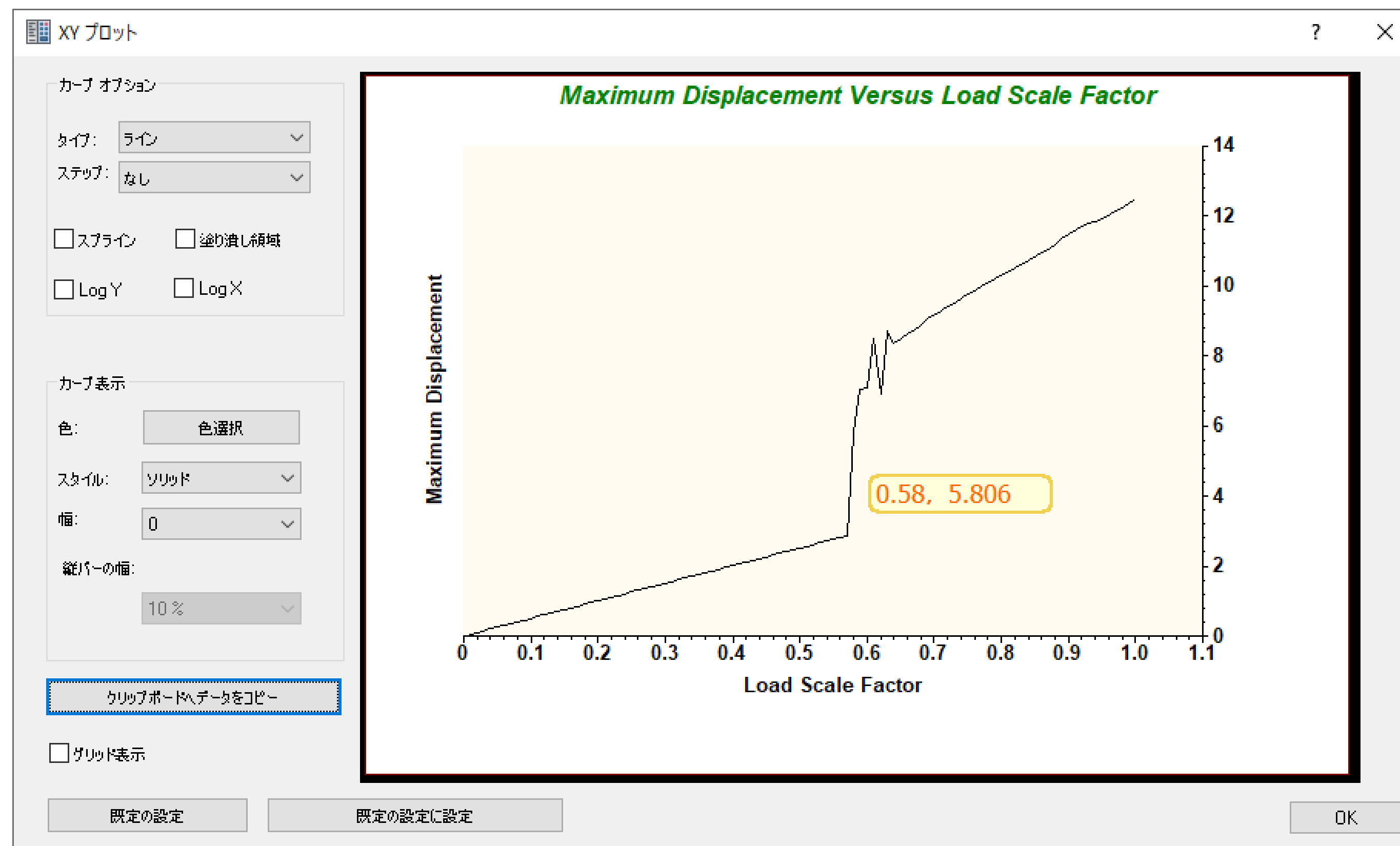
Helius PFAを用いたInventor Nastranの解析結果

- ミゼス応力結果



Helius PFAを用いたInventor Nastranの解析結果

- XYプロット：最大変位量vs荷重スケール
荷重スケール：0.58⇒強制変位2.9mmで破断発生



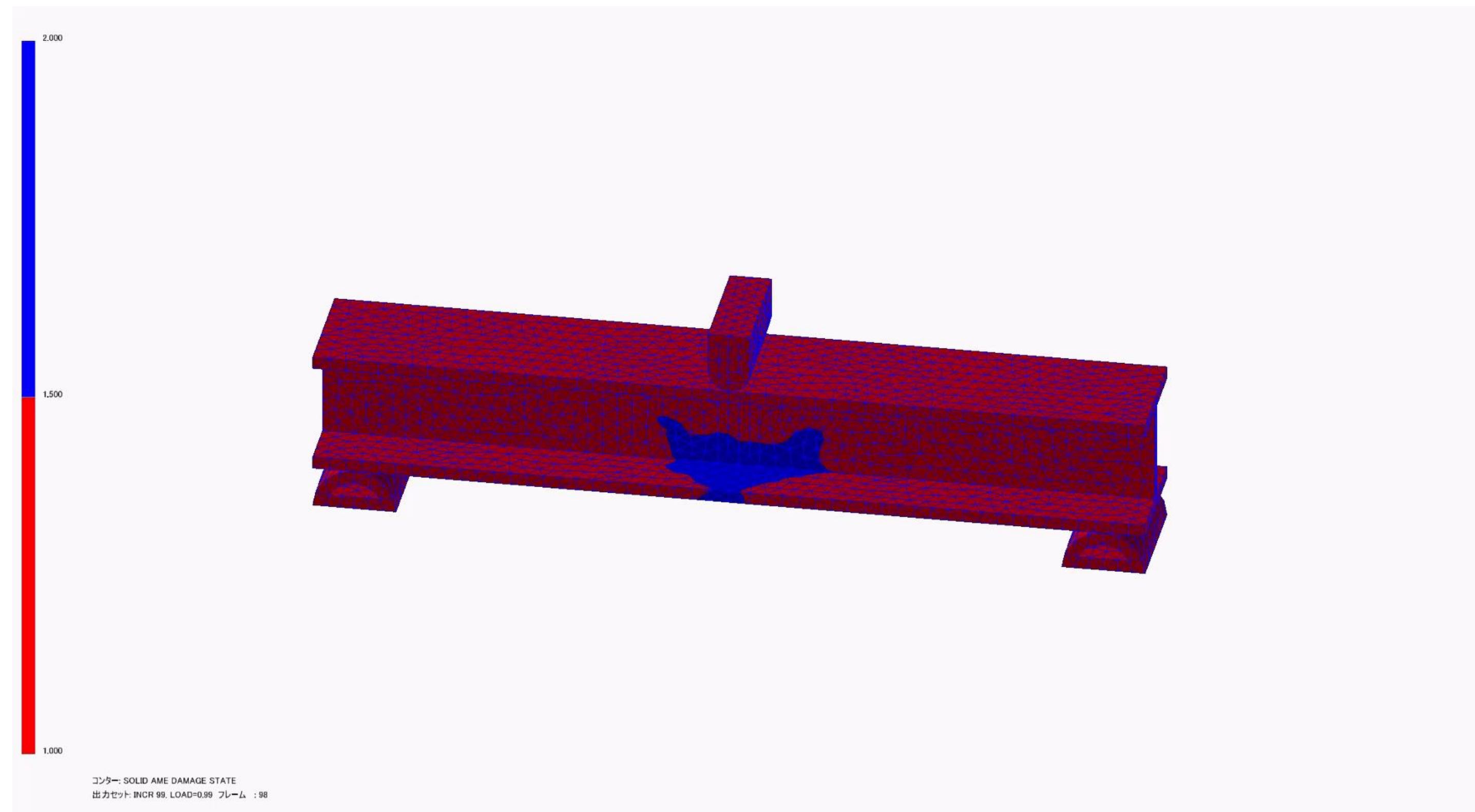
Helius PFAを用いたInventor Nastranの解析結果

- Helius PFA特有の解析結果

解析結果	内容
AME / SOLID MATRIX EFFECTIVE STRESS	構成母材の有効応力
AME / SOLID MATRIX EFFECTIVE PLASTIC STRAIN	構成母材の有効塑性ひずみ
AME / SOLID MATRIX TANGENT MODULUS	構成母材の接線弾性率 ひずみによって母材が軟化している状態を示す
AME / SOLID WELD SURFACE STRENGTH FACTOR	ウェルドサーフェスの強度低減係数
AME / SOLID FAILURE INDEX	母材の破壊インデックス (0:母材の応力状態が0 ~ 1:破壊)
AME / SOLID FAILURE MODE	破壊の発生した状況 0:破壊せず 1:引張による破壊 2:圧縮による破壊(圧縮の応力ひずみデータがある場合)
AME / SOLID AME DAMAGE STATE	ガウス点における劣化状態 (1:破壊せず 2 : 破壊状態)

Helius PFAを用いたInventor Nastranの解析結果

- AME / SOLID AME DAMAGE STATE
破断したと判断された位置を表示

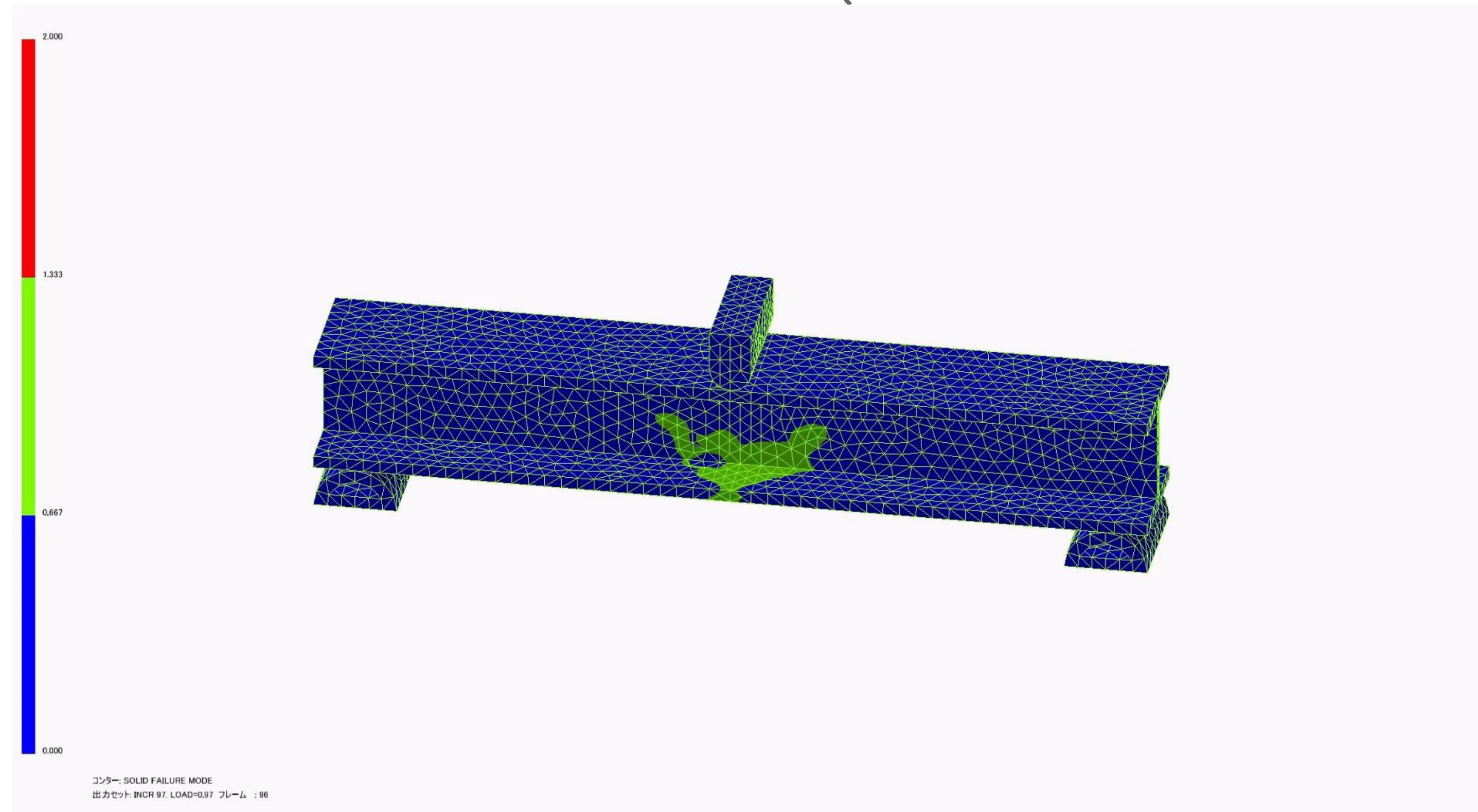


Helius PFAを用いたInventor Nastranの解析結果

- AME / SOLID FAILURE MODE

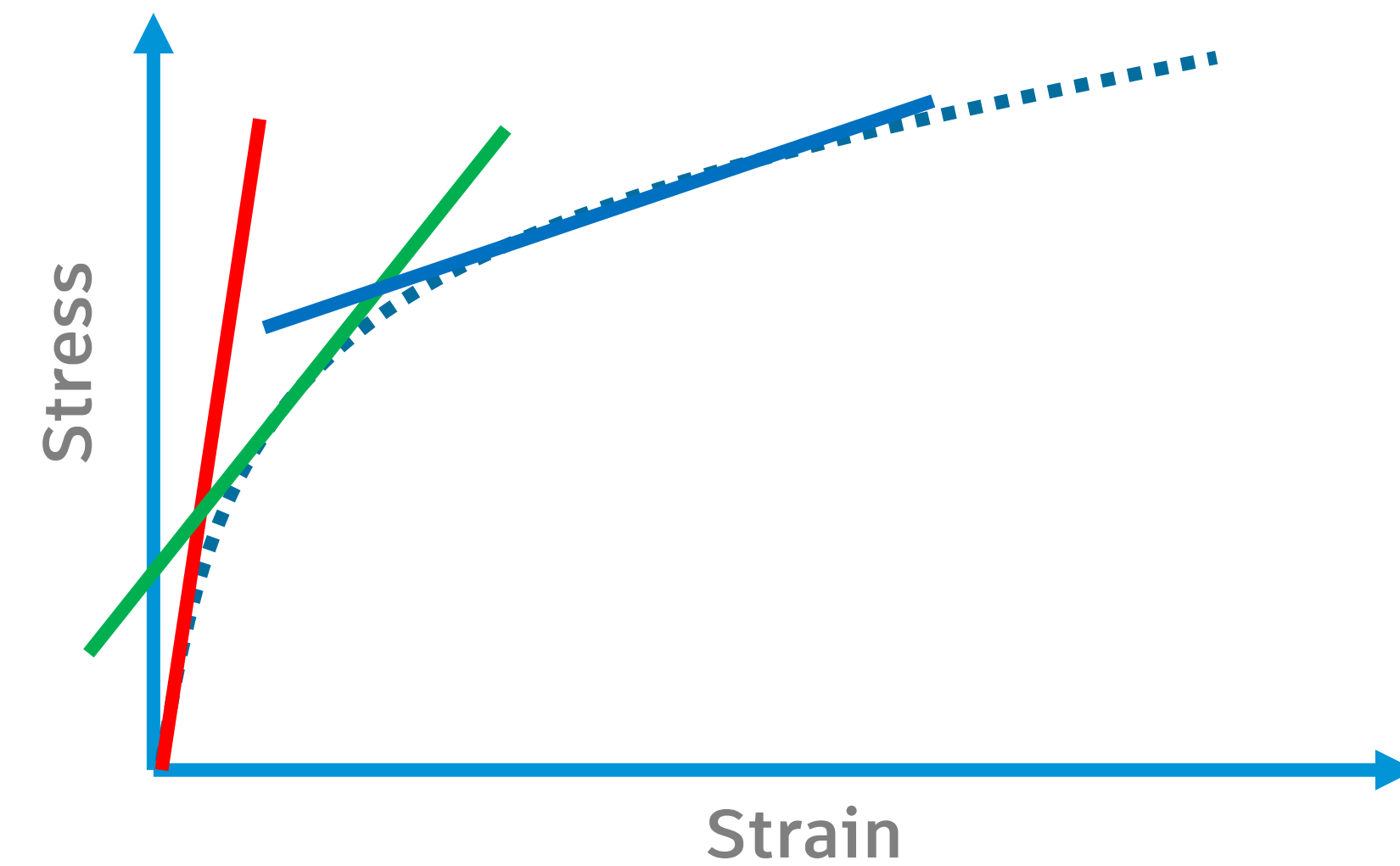
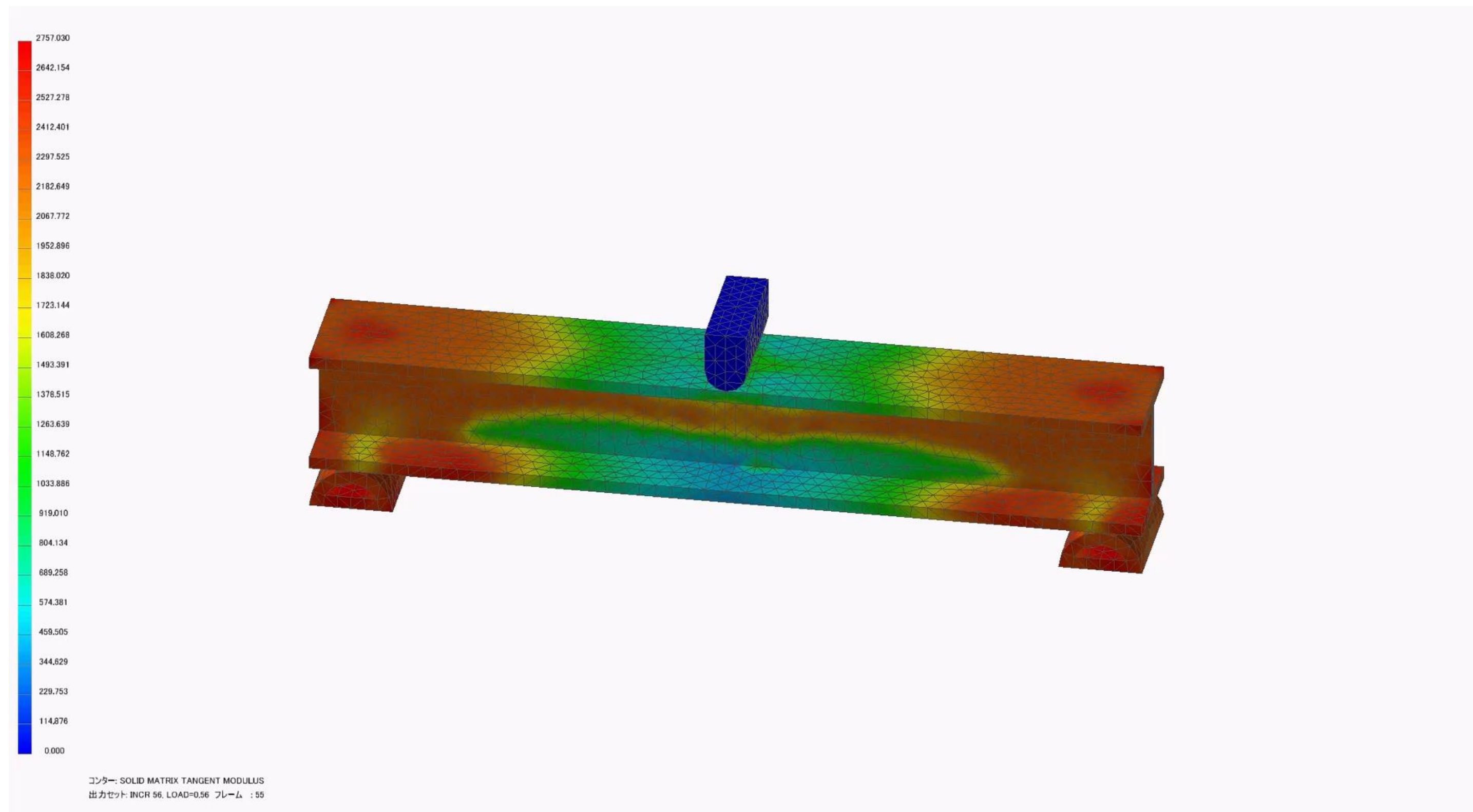
引張による破壊(1)か、圧縮による破壊(2)かの評価

※圧縮の応力ひずみデータがない場合、評価されません。(すべて引張による破壊と表示される)



Helius PFAを用いたInventor Nastranの解析結果

- AME / SOLID MATRIX TANGENT MODULUS
母材の軟化状態を評価



Helius PFAを用いたInventor Nastranの解析結果

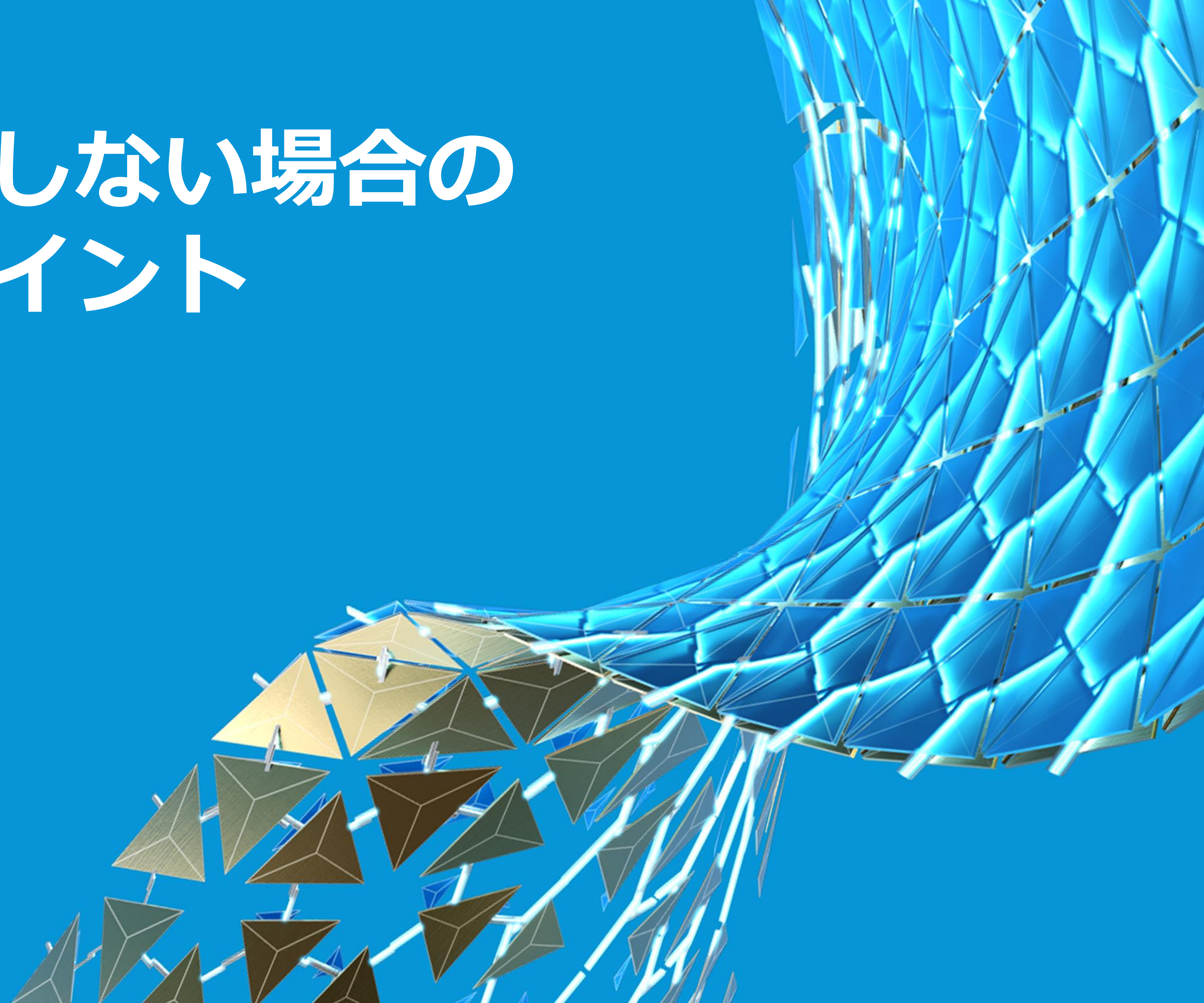
- 解析結果の評価

破断した後の結果は、基本的に評価する必要はありません。

破断直前の結果分布をみて、モデルの修正すべき箇所を評価します。

破断する力、強制変位量で再度境界条件を設定して解析してもよいでしょう。

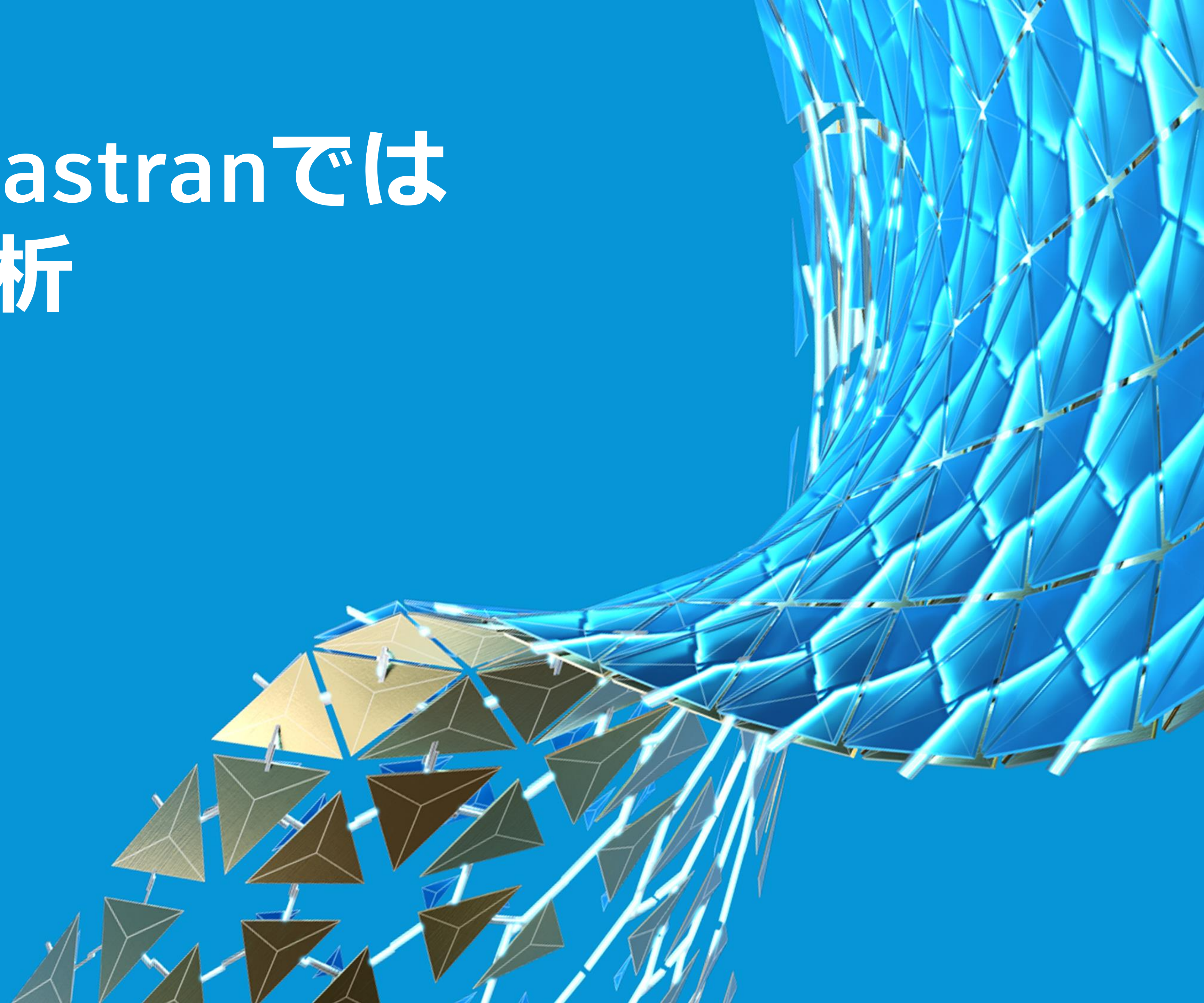
解析が収束しない場合の チェックポイント



解析が収束しない場合のチェックポイント

- Helius PFAを用いない解析が収束するかを確認
通常の解析が収束しない場合、Helius PFAの解析も収束しません。
- 接触条件をより安定な条件で解析
金属との接触で金属の変形を無視してよい場合には、拘束条件で代替する
分離をスライド/分離無しに変更 等
- 線形弾性モデルで解析
境界条件の問題かHelius PFA関連の設定の問題かの切り分け
- 破断後も剛体運動を抑える境界条件(力や圧力ではなく、強制変位で試してみる)
ダンベルの引張試験など破断した後に拘束されない状態になる場合、計算は収束しません。
- 破断を無効化して解析(再マッピングせずに.hinファイルの編集のみで再解析可能)
破断による解析の不安定性が原因かの切り分け
※HINファイルについての詳細はHELPを参照のこと
<http://help.autodesk.com/view/ACMPAN/2019/JPN/?guid=GUID-7154C470-26A5-4B5B-A8F4-07C7FDC179EF>

Inventor Nastranでは できない解析



Inventor Nastranでは現在できない解析

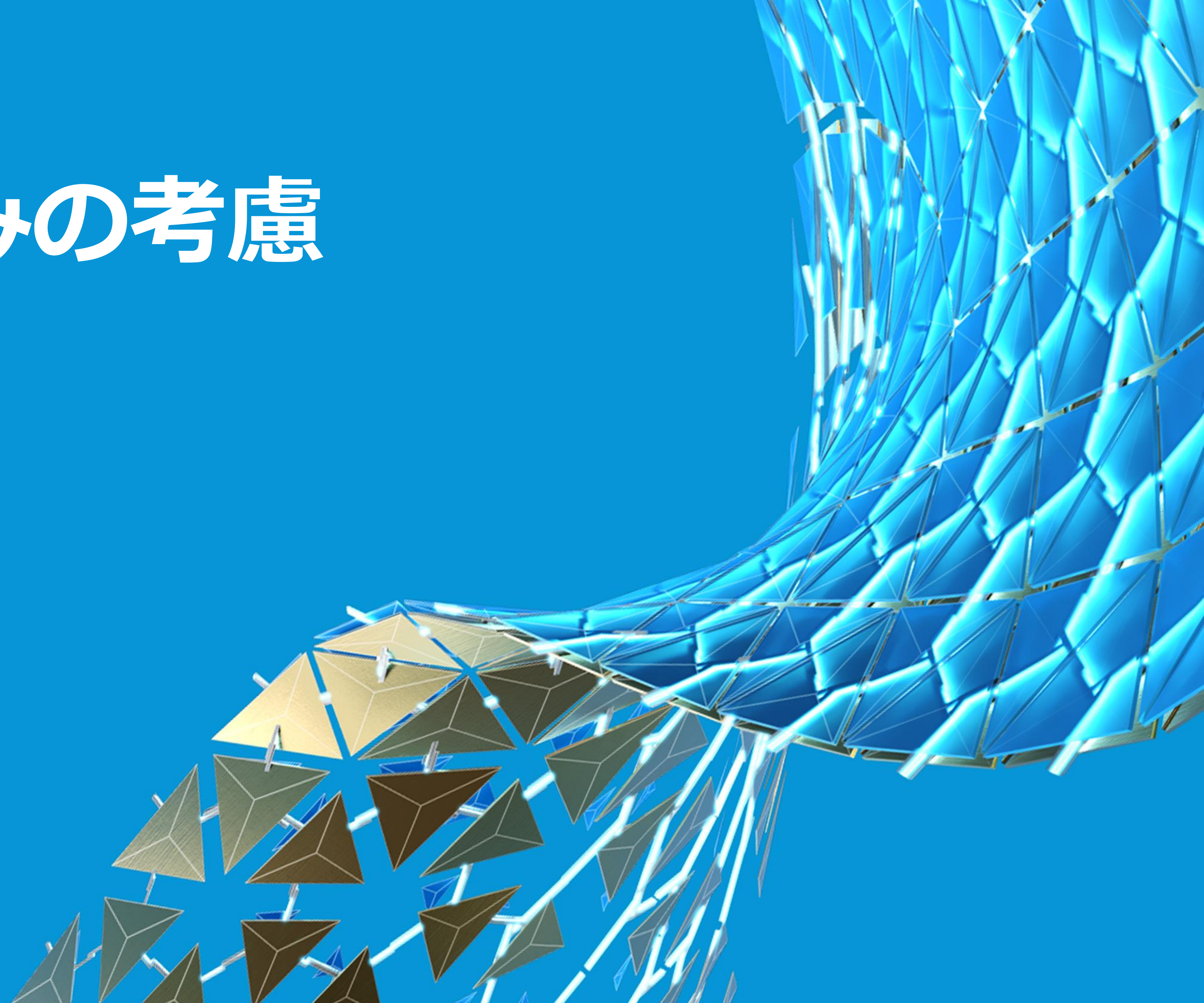
- 熱応力の影響

熱膨張係数がInventor Nastranにわたっていない

- 重力、慣性力の考慮

密度情報がInventor Nastranにわたっていない

残留ひずみの考慮



残留ひずみを考慮した構造解析設定

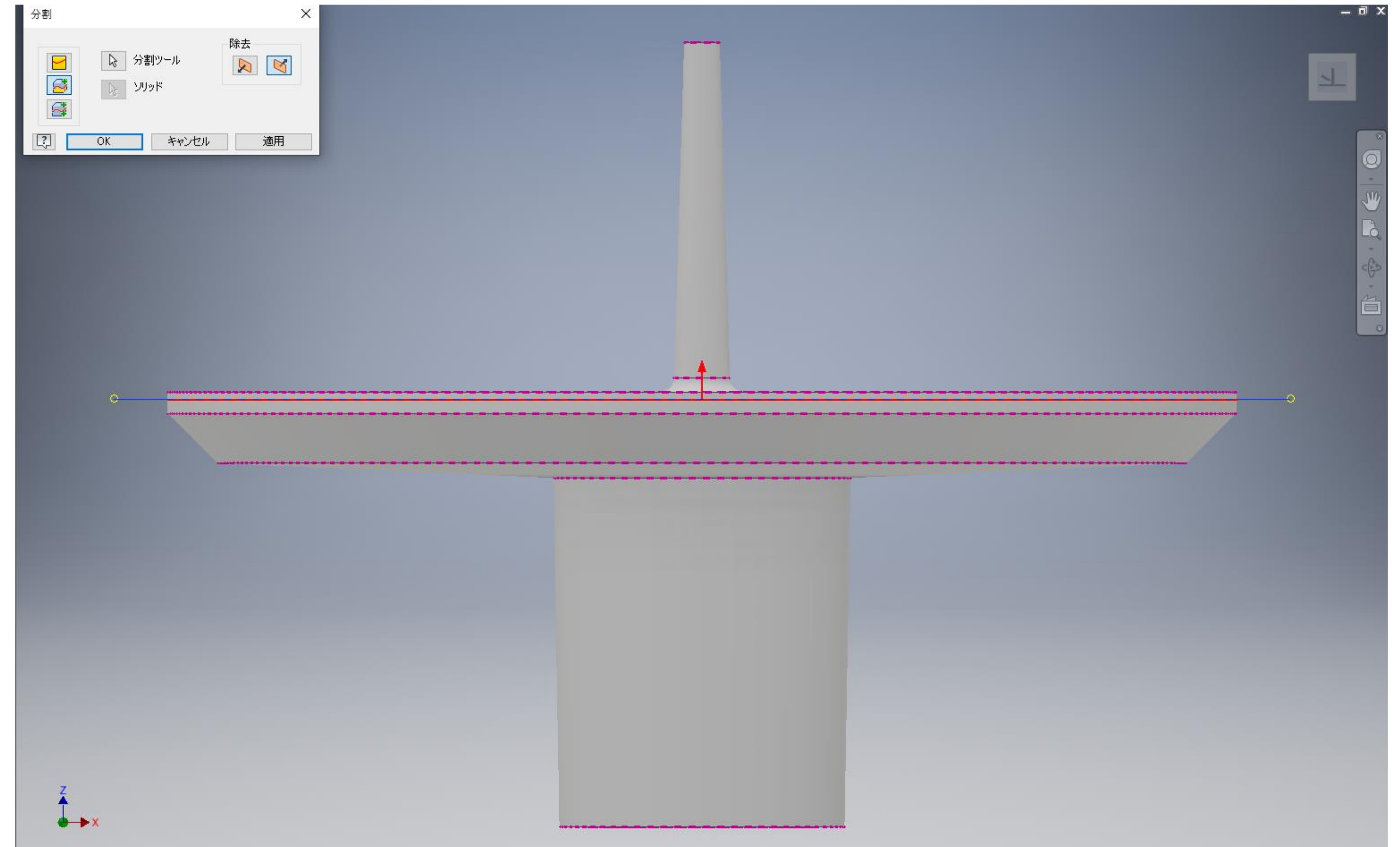
- Moldflowの残留ひずみ結果は変形が発生する前の状態であるため、
構造解析で残留ひずみが解放されるサブステップが必要となる。
つまり、サブステップ1で残留ひずみを解放する解析、サブステップ2以降に必要な荷重条件での解析を実施する。
- 解放後に構造解析にて設定する拘束条件と同じ拘束条件を、残留ひずみを解放するサブステップで設定する。
- Inventor Nastranでは、荷重条件がない解析はできないため、解析上重要ではない部位に極微小な荷重を設定する。
- 残留ひずみの解放サブステップの非線形解析設定
単体の解析の場合、線形の範囲内で収まると考えられるため、増分数が少なくとも問題ない。
アセンブリモデルでの解析の場合、接触状態が大きく変化することが考えられるため、増分数を調整する必要がある。

射出成形品の後加工による変形

- 射出成形品のスキン層を加工によって取り除くと変形が発生する。
この現象をHelius PFAとInventor Nastranで確認してみる。
この現象は、線形範囲での変形であると考えられるため、
材料モデルは線形弾性(Moldflowの機械物性)を利用し、ウェルドサーフェスの強度低下は考慮しない。

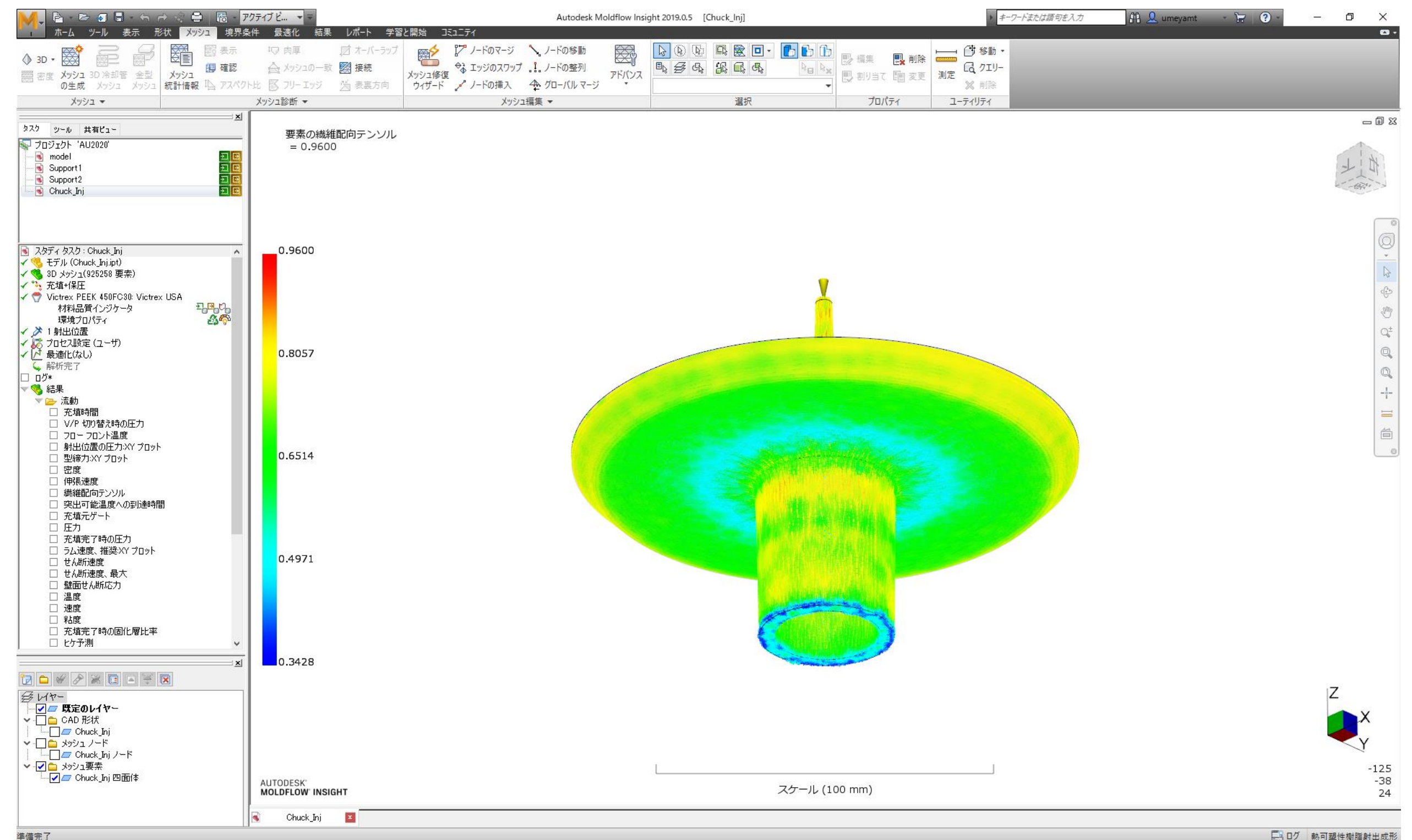
射出成形品の後加工による変形

- 射出成形品形状
ダイレクトゲート
モデル天面から1mmの面で切削



射出成形品の後加工による変形

- Moldflow Insight解析結果
樹脂：Victrex PEEK 450CF30
※応力ひずみデータなし



射出成形品の後加工による変形

- Nastran解析設定

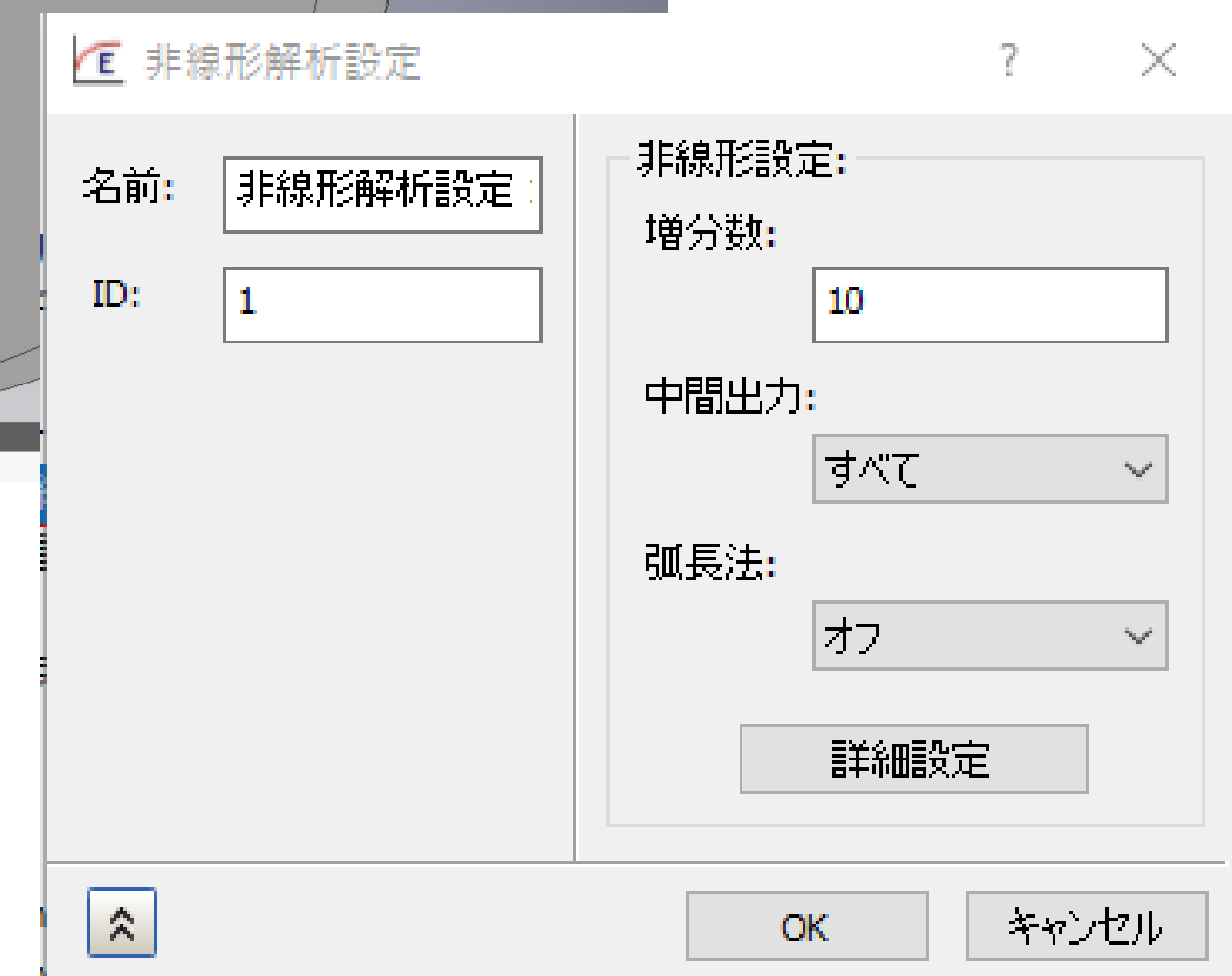
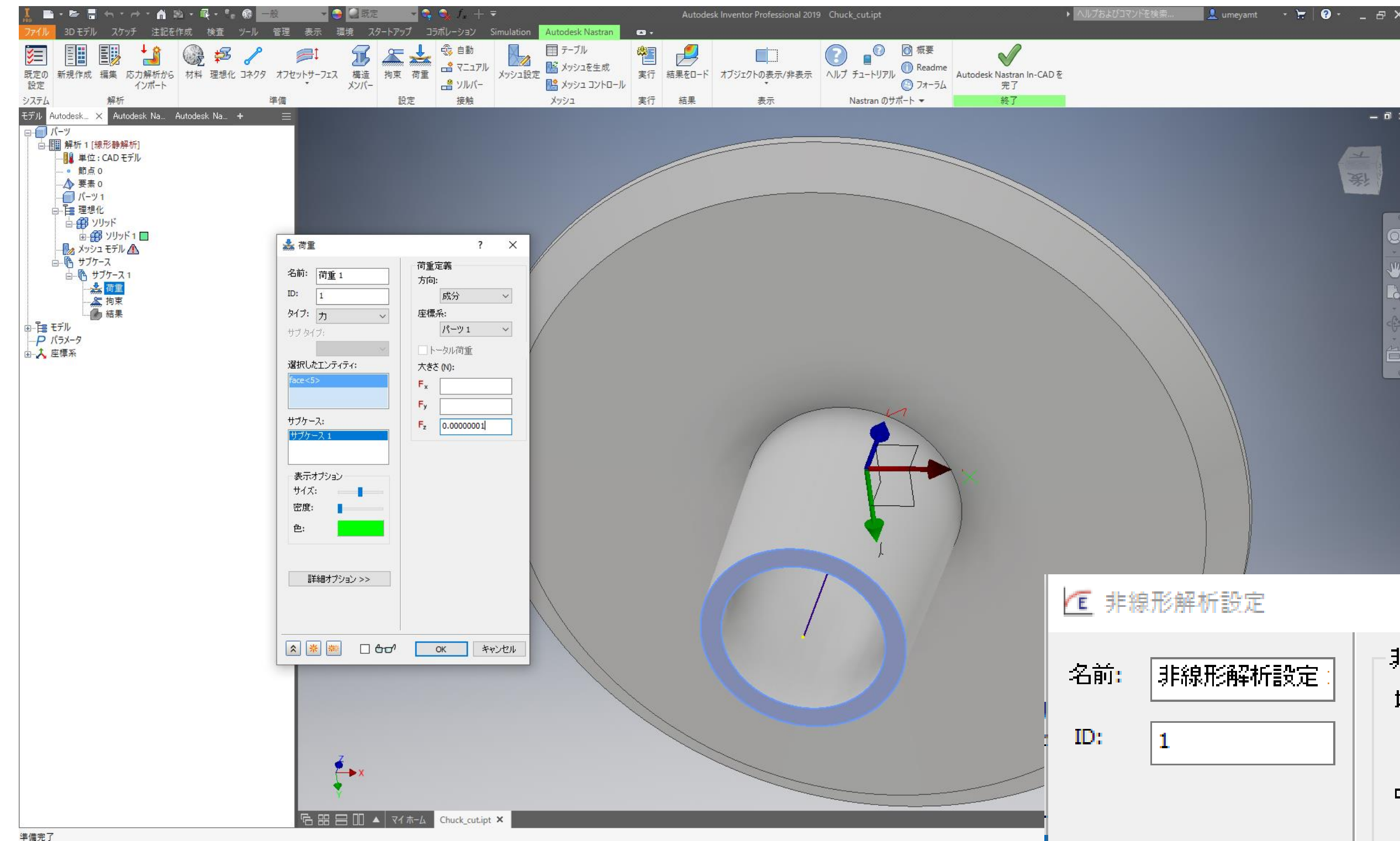
底面に小さい荷重条件

軸内面を固定

非線形設定：増分数=10

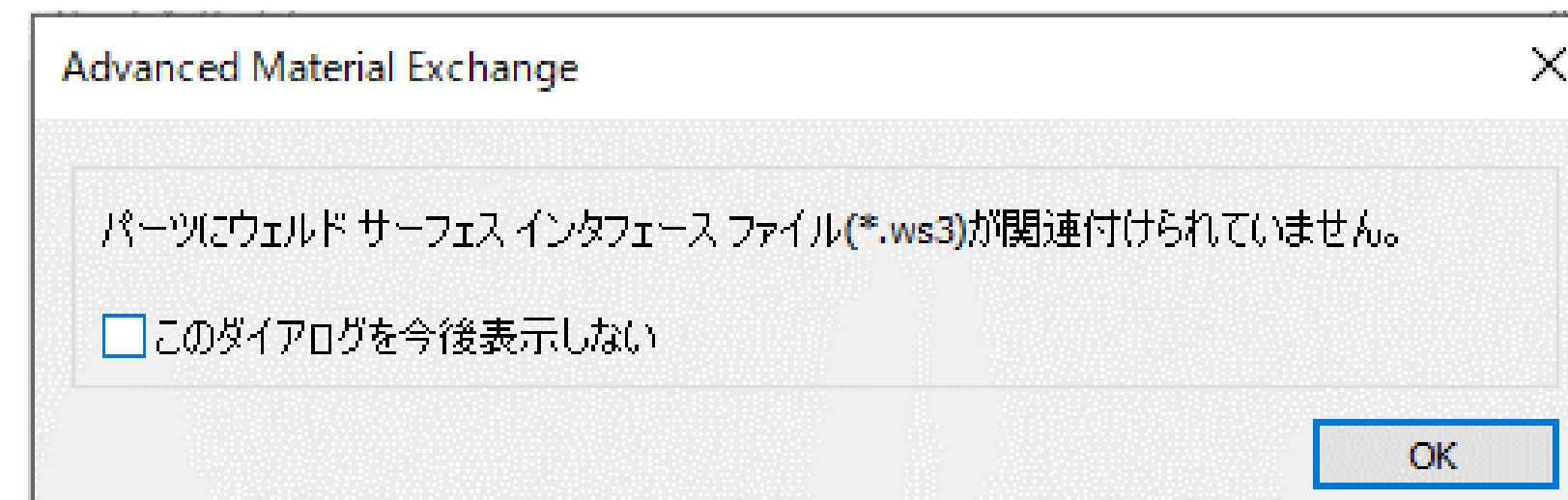
他の解析設定は

先のHelius PFAの解析設定と同じ



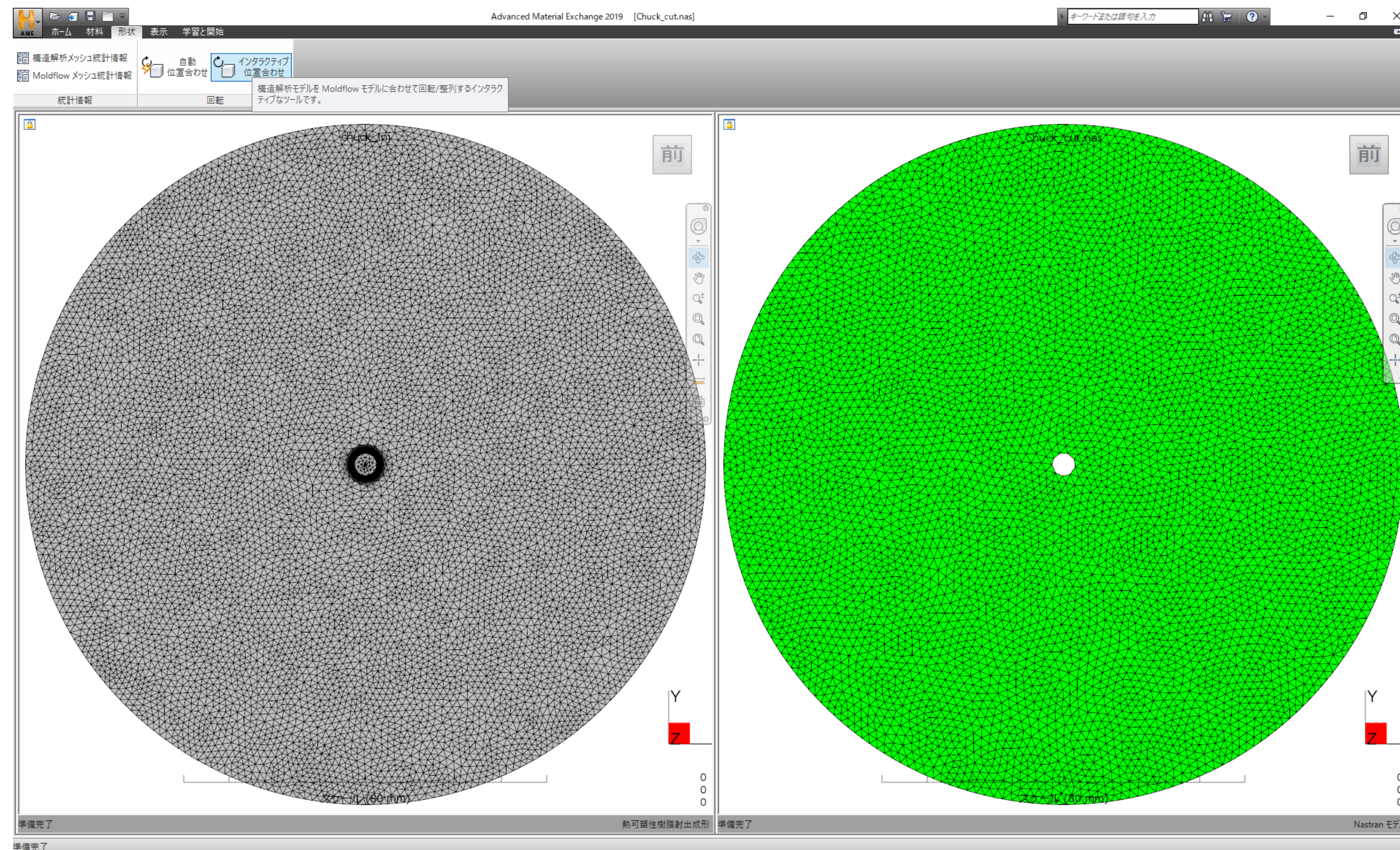
射出成形品の後加工による変形

- Advanced Material ExchangeによるMoldflow結果マッピング
Moldflowでウェルドラインの強度低下出力設定を行っていない場合、
警告が出てくるが、無視して構いません。



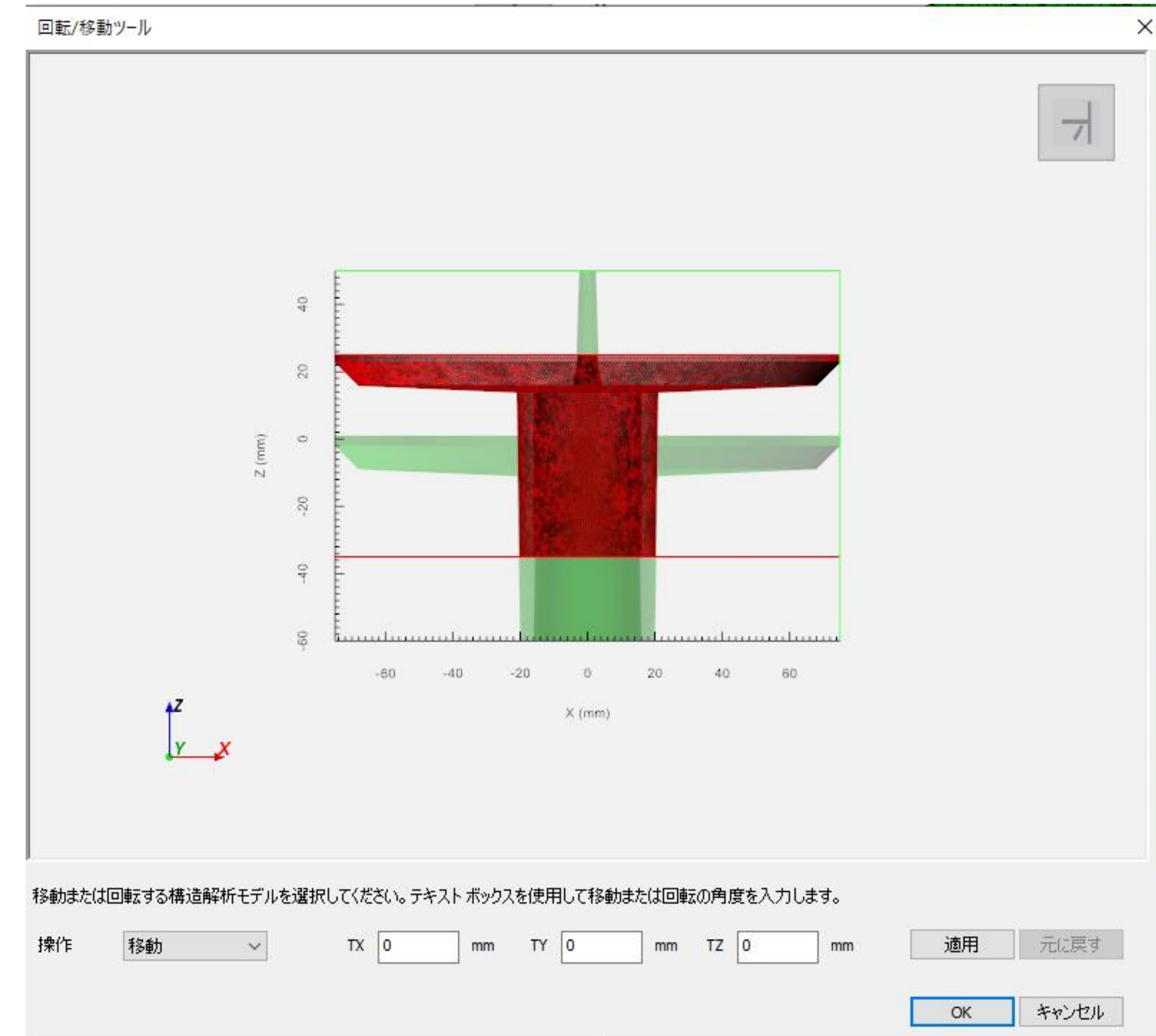
射出成形品の後加工による変形

- Advanced Material ExchangeによるMoldflow結果マッピング
位置合わせを自動でできないため、手動で位置合わせを行います。
[形状]タブ：[回転]：[インタラクティブ位置合わせ]を選択



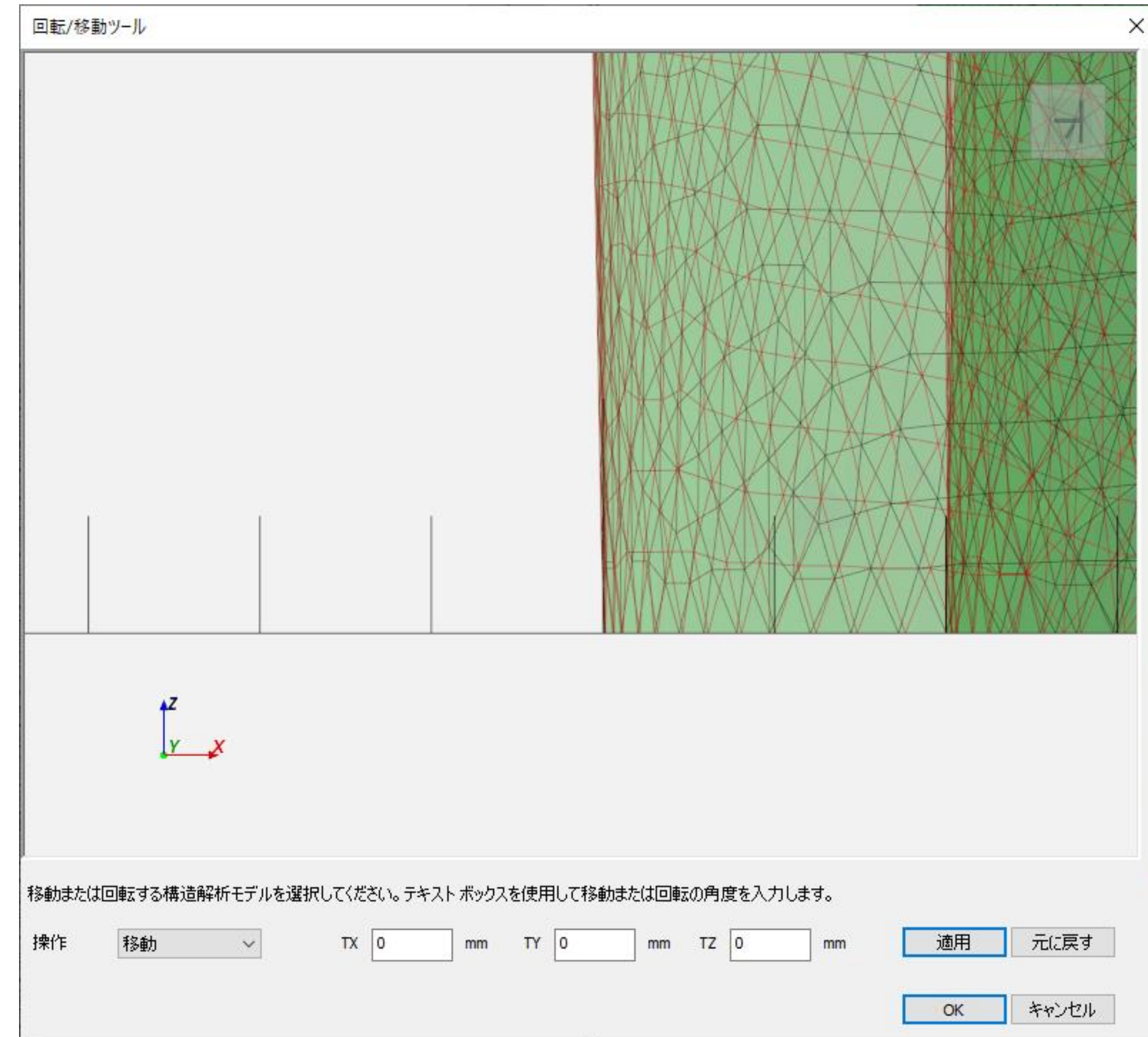
射出成形品の後加工による変形

- Advanced Material ExchangeによるMoldflow結果マッピング
回転/移動ツール
操作で移動、回転を選択
移動：平行移動 TX、TY、TZ
回転：軸を選択 X、Y、Z：角度
に数値を入力し、適用する
※適用しても、各項目に入力数値は保存されている



射出成形品の後加工による変形

- Advanced Material ExchangeによるMoldflow結果マッピング
回転/移動ツール
エッジ部分を拡大して、位置合わせします。

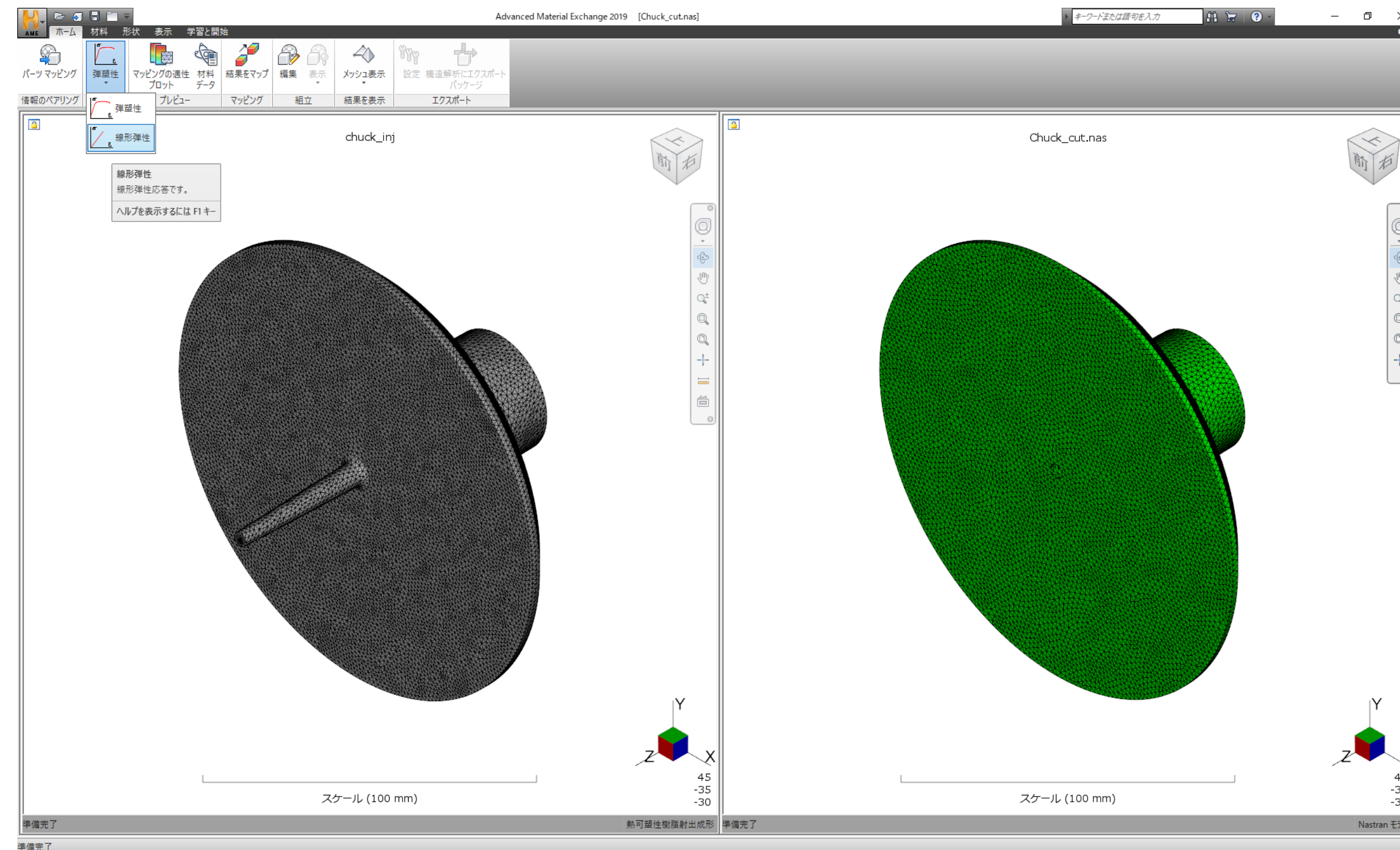


射出成形品の後加工による変形

- Advanced Material ExchangeによるMoldflow結果マッピング
材料モデルを線形弾性に変更します。

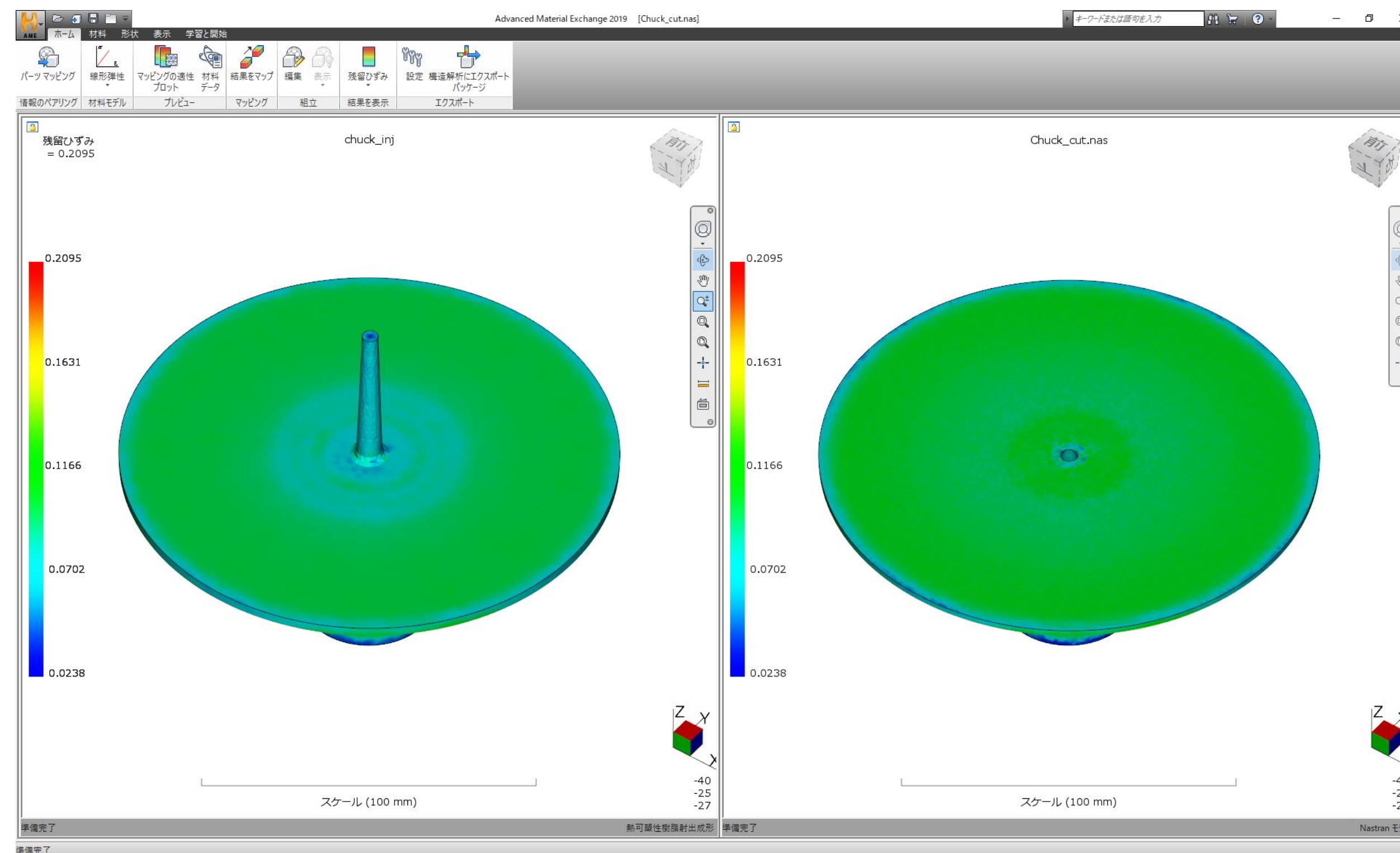
[ホーム]タブ：[材料モデル]：[線形弾性]を選択

※線形弾性を選択した場合、環境選択は行う必要はありません。



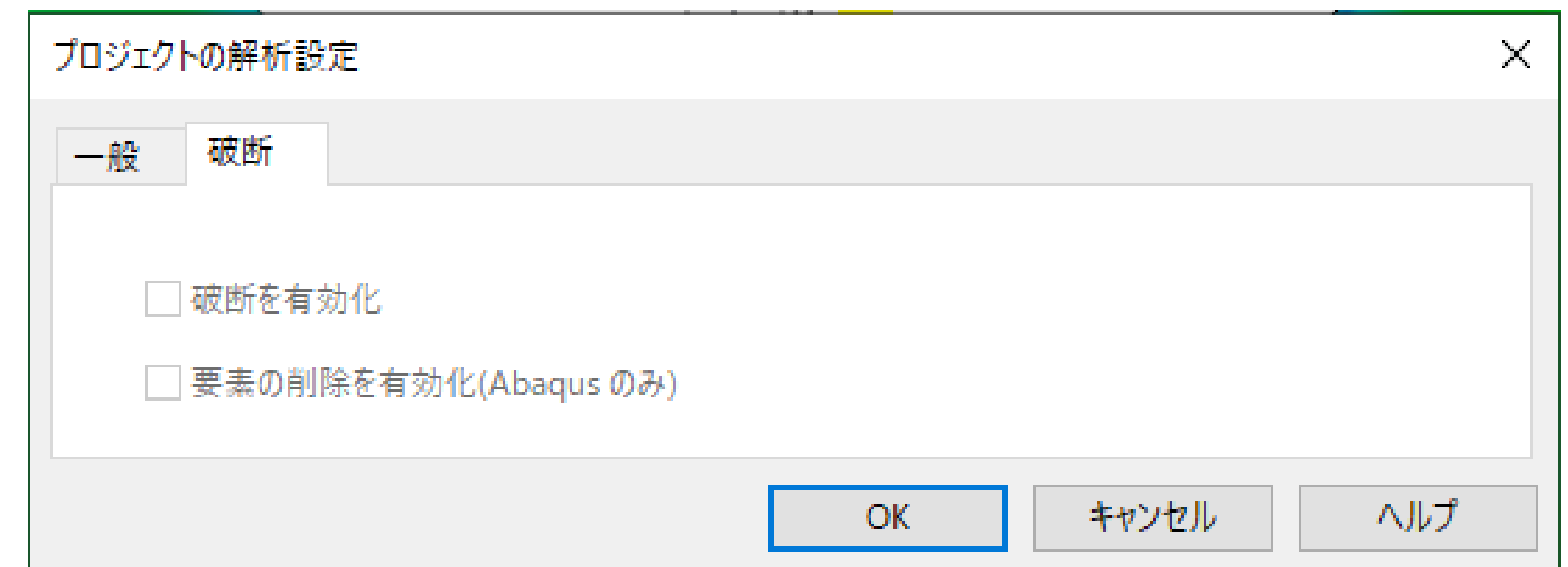
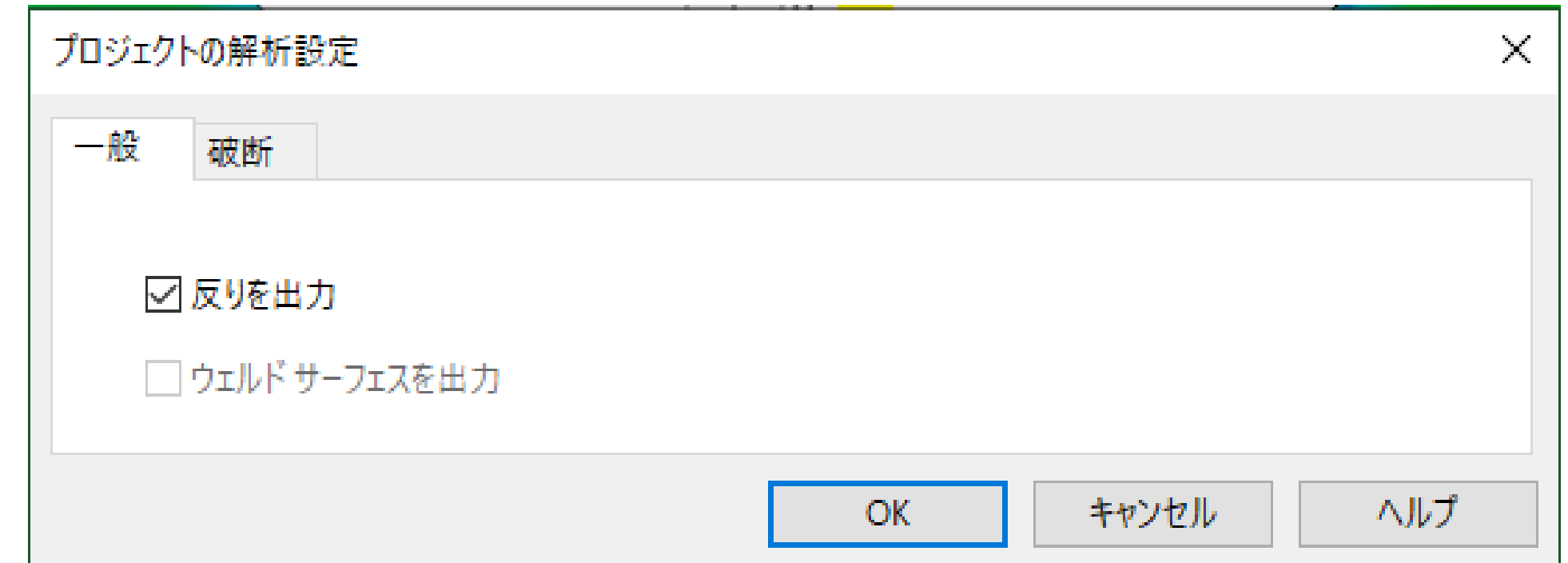
射出成形品の後加工による変形

- Advanced Material ExchangeによるMoldflow結果マッピング
マッピングを行った結果、変形を考慮するために必要な残留ひずみが構造解析モデルに割り当てられます。



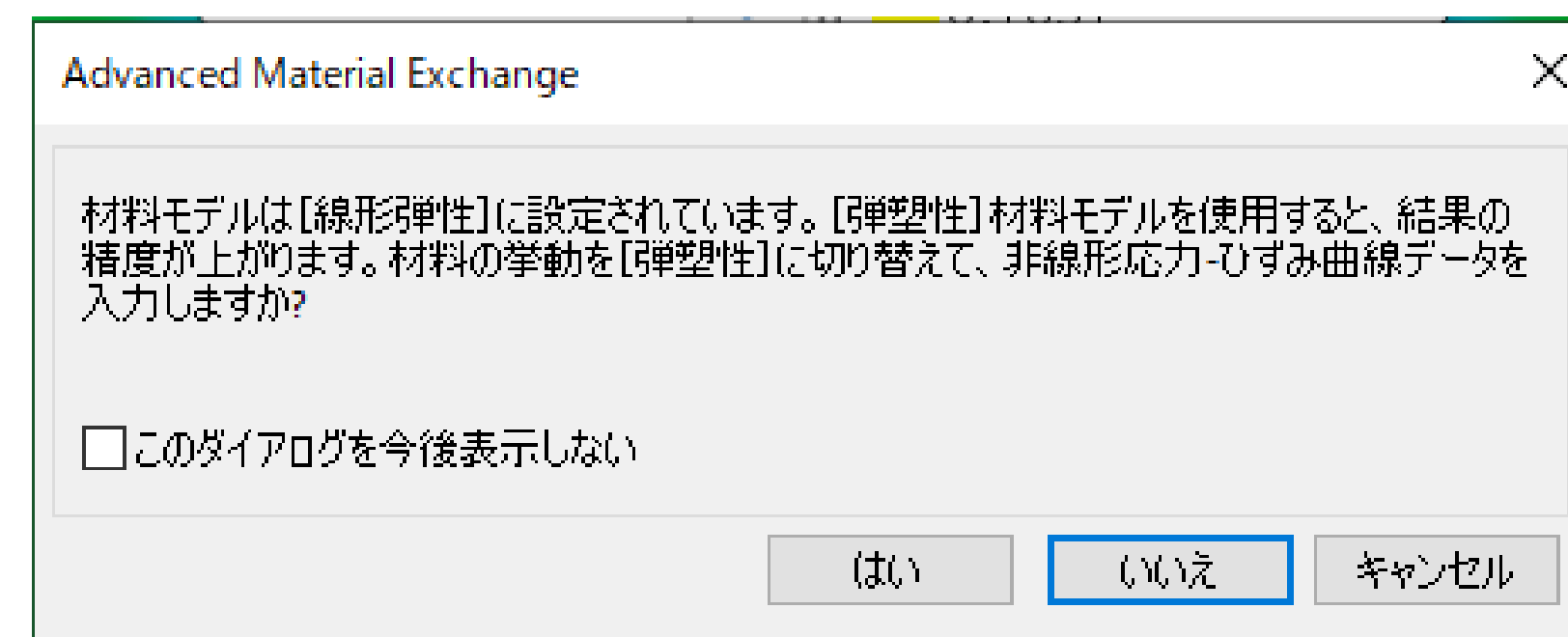
射出成形品の後加工による変形

- Advanced Material ExchangeによるMoldflow結果マッピング
解析設定にて ☒ 反りを出力 とします。
線形弾性モデルの場合、破断は有効化できません。



射出成形品の後加工による変形

- Advanced Material ExchangeによるMoldflow結果マッピング
Nastranモデルを出力する際に、弾塑性モデルへの変更を促すダイアログが表示されますが、[いいえ]を選択し、Nastranファイルを保存します。



射出成形品の後加工による変形

- Inventor Nastran解析実行

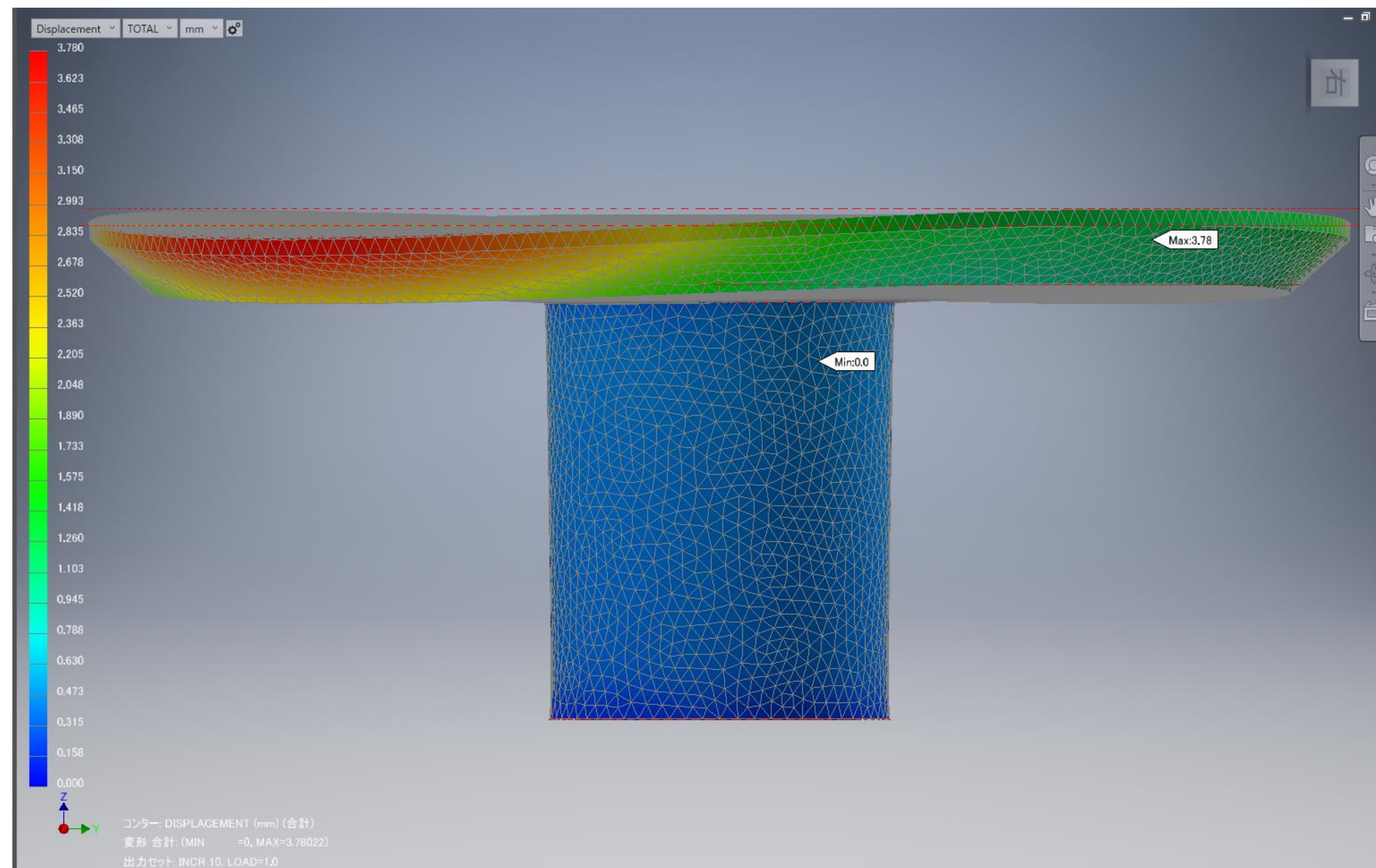
Advanced Material Exchangeから出力された構造モデルを指定して解析実行します。

The screenshot shows the 'Analysis' (解析) dialog box in Inventor Nastran. The 'Name' (名前) field is set to '解析 1' and the 'Title' (タイトル) field is empty. The 'Type' (タイプ) is set to 'Nonlinear Static Analysis' (非線形静解析) and the 'Unit' (単位) button is labeled 'Select Unit' (単位を選択). The 'Output Control' (出力コントロール) tab is active, showing 'Contact Data' (接触データ) with 'Contact Type' (接触タイプ) set to 'Bond' (結合) and 'Tolerance' (許容誤差) set to 0.1. The 'Large Deformation' (大変形) option is set to 'Off' (オフ). Under the 'Advanced Material Exchange' section, the 'Import Structural Model' (構造モデルをインポート) checkbox is checked. The 'File' (ファイル) field contains the path 'model¥Chuck_cut¥InCAD¥FEA¥Chuck_cut-ame.nas' and a file selection button is visible.

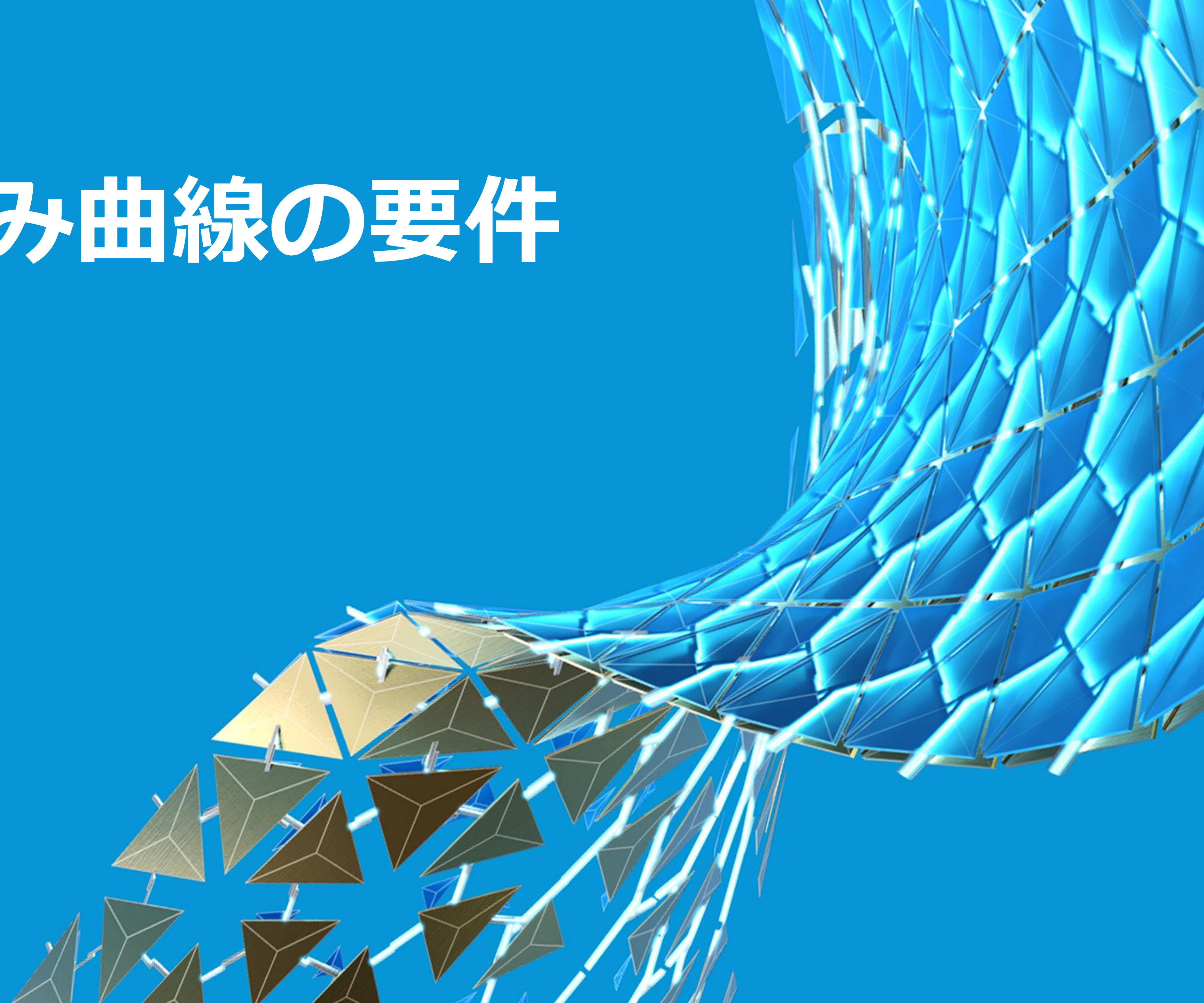
名前:	解析 1	タイトル:	
タイプ:	非線形静解析	単位:	単位を選択
出力コントロール オプション			
接触データ			
接触タイプ:	結合		
許容誤差:	0.1		
大変形:	オフ		
Advanced Material Exchange			
<input checked="" type="checkbox"/> 構造モデルをインポート			
ファイル:	model¥Chuck_cut¥InCAD¥FEA¥Chuck_cut-ame.nas		
OK		キャンセル	

射出成形品の後加工による変形

- 変位量解析結果

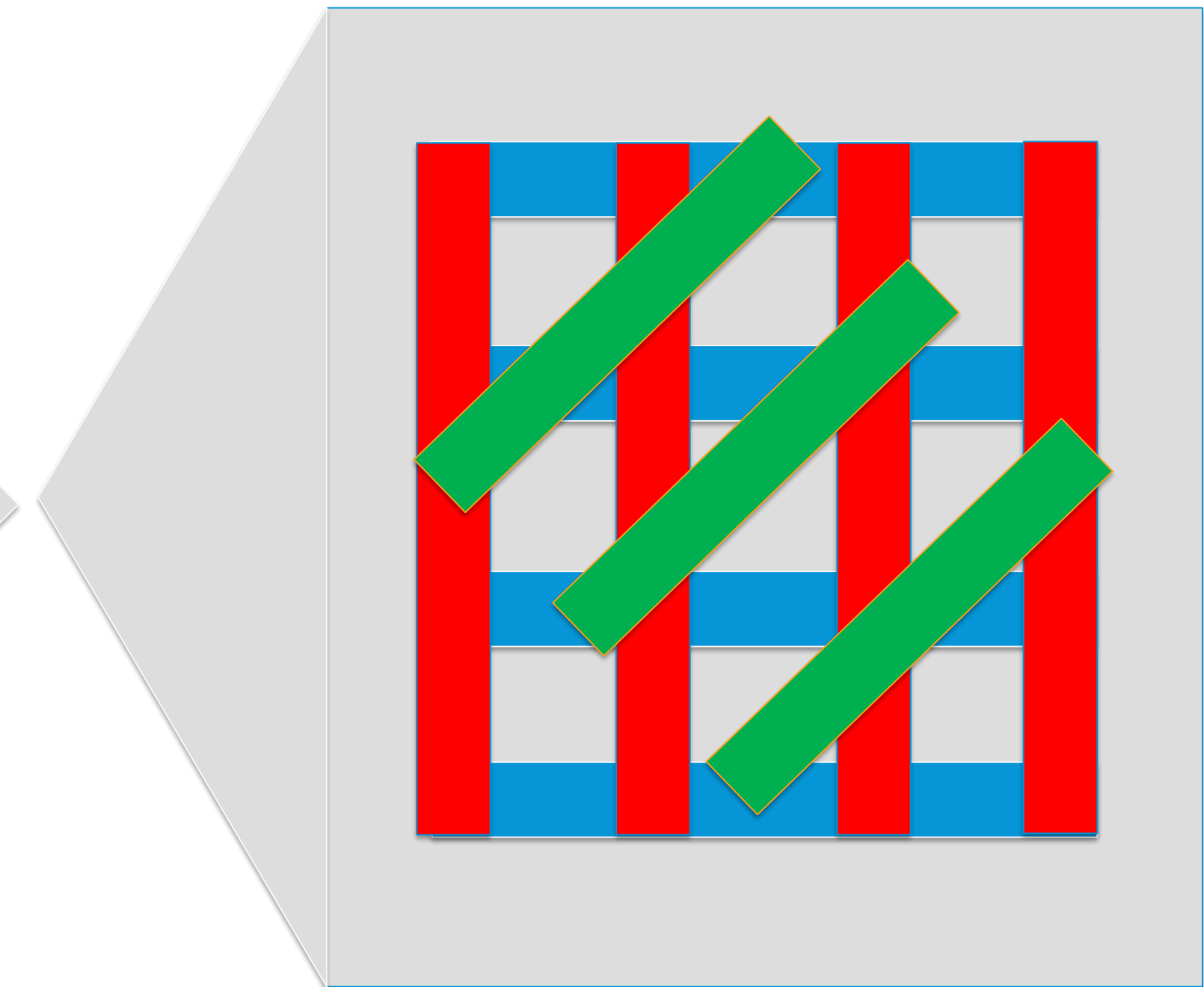
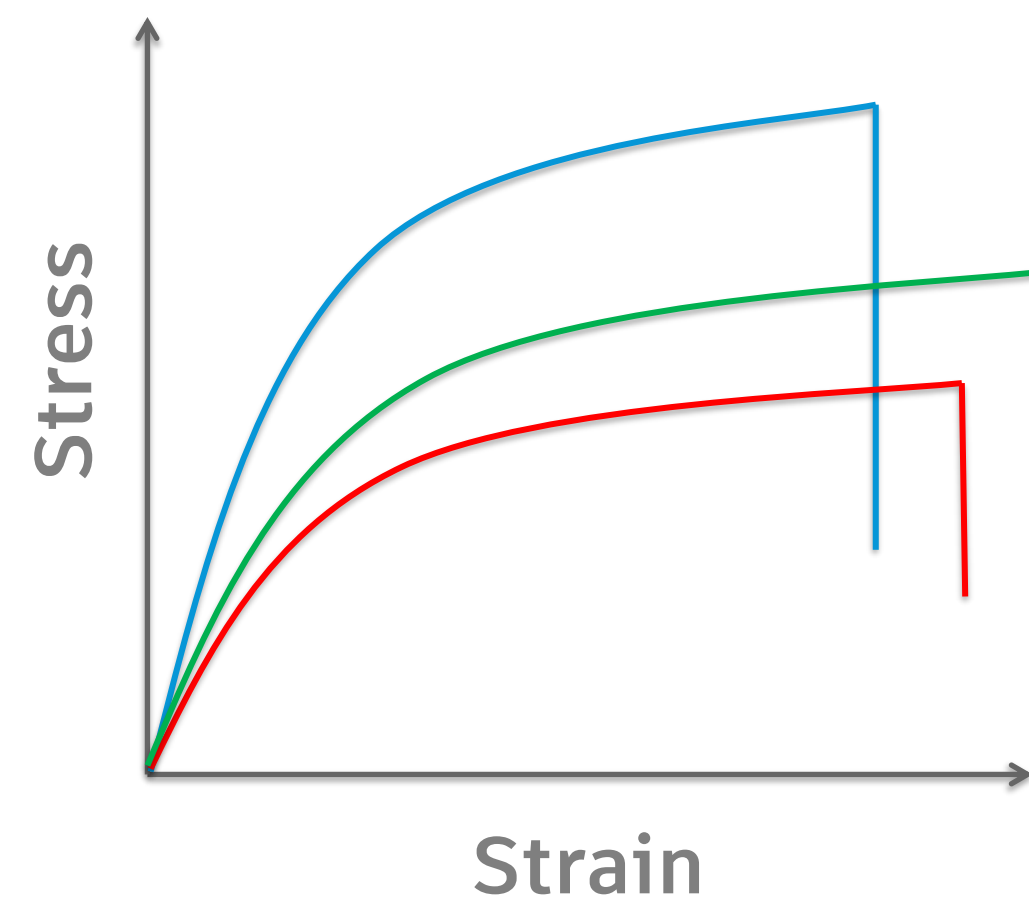


応力-ひずみ曲線の要件



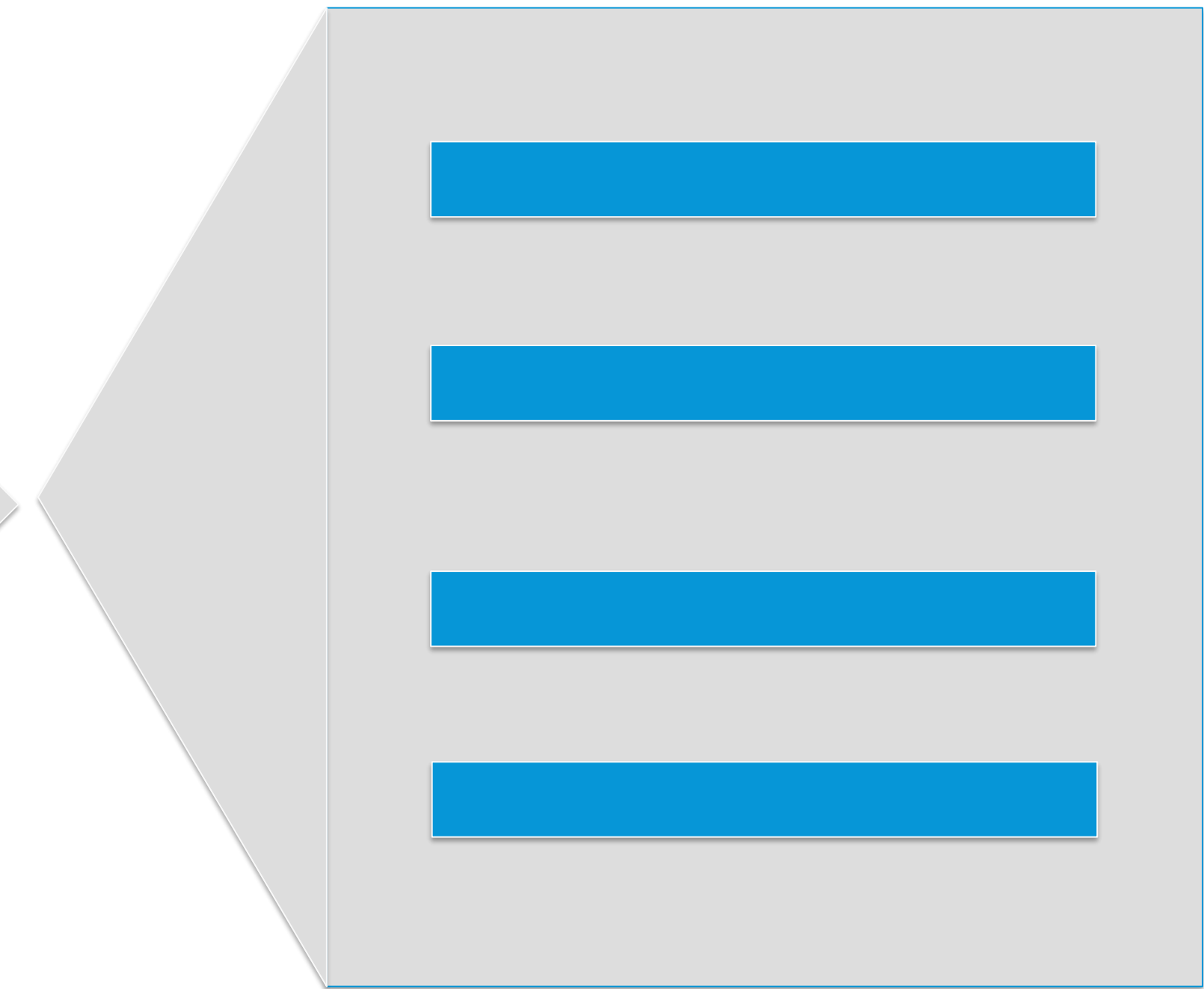
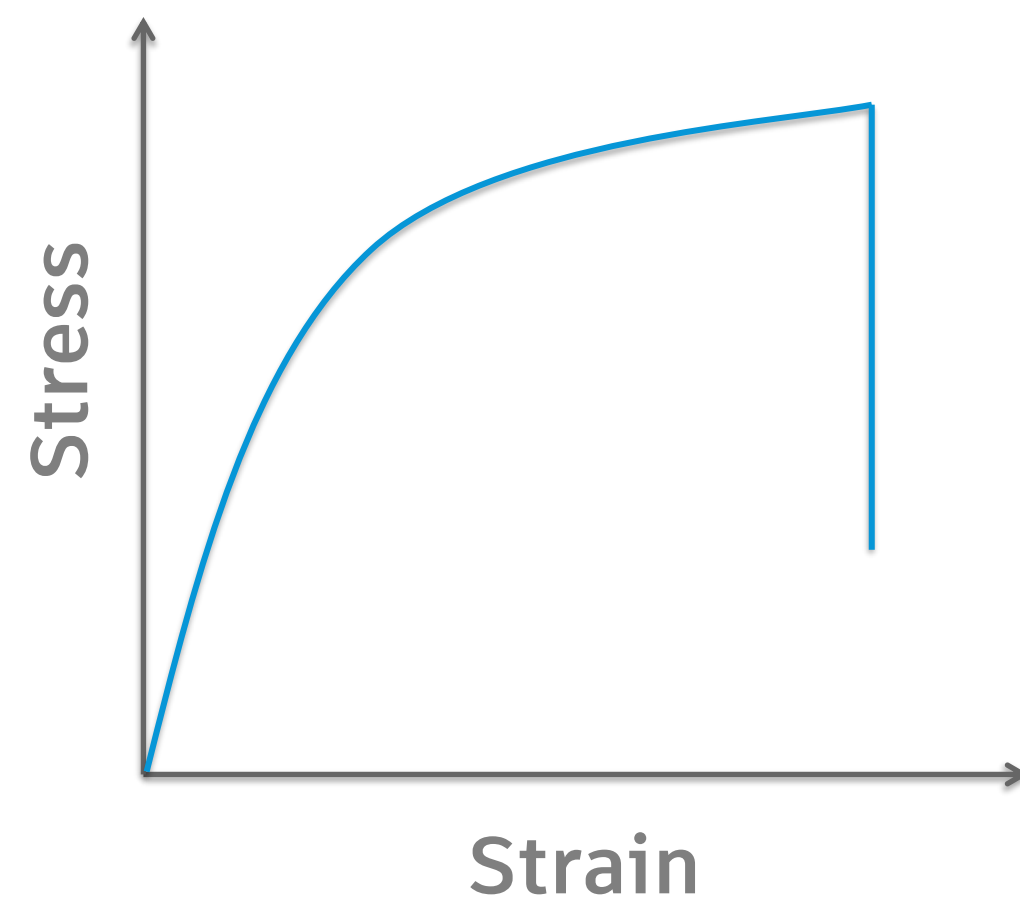
繊維強化材料

- 線形弾性モデル
Moldflowの機械物性データを利用
- 弾塑性モデル
破壊までの非線形応力-ひずみ曲線
充填方向に対して 0° 、 45° 、 90°



非強化材料

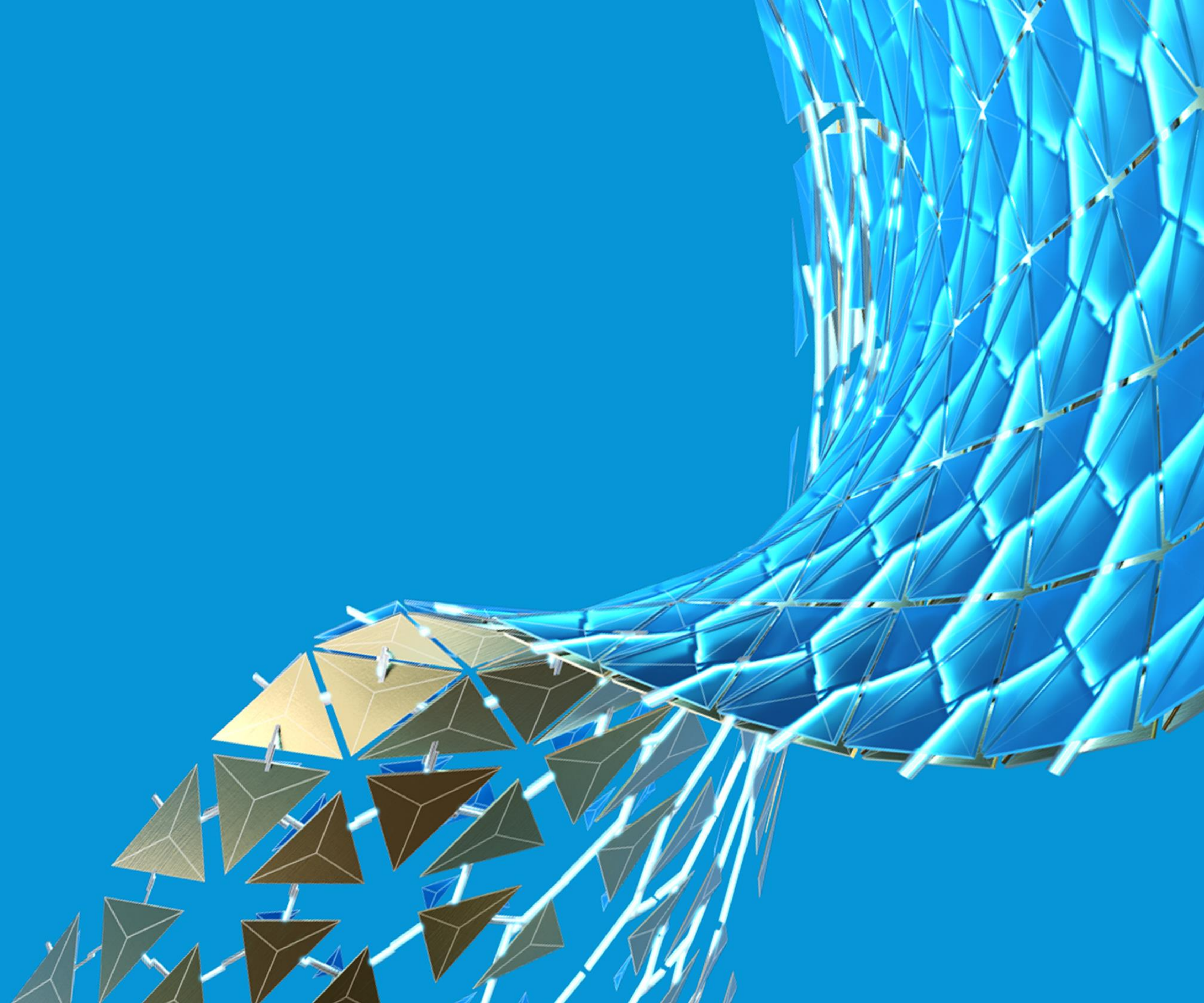
- 線形弾性モデル
Moldflowの機械物性データを利用
- 弾塑性モデル
破壊までの非線形応力-ひずみ曲線
充填方向に対して0°



応力-ひずみ測定データの要件

- 角度 0°、45°、90°
45°のデータはオプション、非強化材料は角度情報は無視される。
- データ順序
応力、ひずみ、角度、温度、相対湿度、ひずみ速度
- データ点数
15点以上 かつ 1点以上が材料の弾性範囲内
- 材料データフィッティング時の注意
単位を間違えると、フィッティング時間が長くなり、フィッティングに失敗します。
※ひずみ単位を間違えることが多いです。

サマリー



サマリー

- 射出成形による樹脂、特に繊維強化樹脂の構造解析
- Moldflow Insightの結果をInventor Nastranで利用する方法
 - Moldflow Insightの設定
 - Inventor Nastranの設定
 - Advanced Material Exchangeの操作
 - Inventor Nastran メッシュへのMoldflow Insight結果のマッピング方法
- Inventor Nastranで出力されるHelius PFAの結果
- 解析が収束しない場合のチェックポイント
- 残留ひずみを考慮した解析方法
- 弾塑性材料モデル用の応力-ひずみデータ

について説明しました。



Autodesk およびオートデスクのロゴは、米国およびその他の国々における Autodesk, Inc. およびその子会社または関連会社の登録商標または商標です。その他のすべてのブランド名、製品名、または商標は、それぞれの所有者に帰属します。オートデスクは、通知を行うことなくいつでも該当製品およびサービスの提供、機能および価格を変更する権利を留保し、本書中の誤植または図表の誤りについて責任を負いません。

© 2020 Autodesk. All rights reserved.

