

TR472912

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

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グループ

学習の目的

- 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。

説明

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できます。

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。

スピーカーについて

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

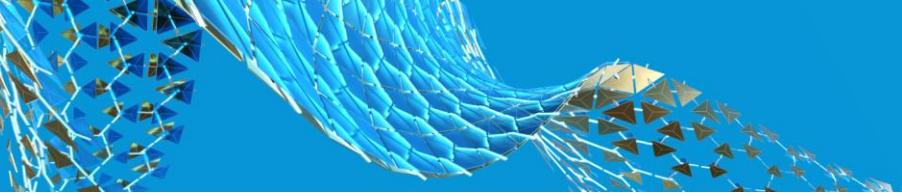
2004 年 モールドフロージャパン株式会社にアプリケーションエンジニアとして入社

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、スーパーエンプラ、
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

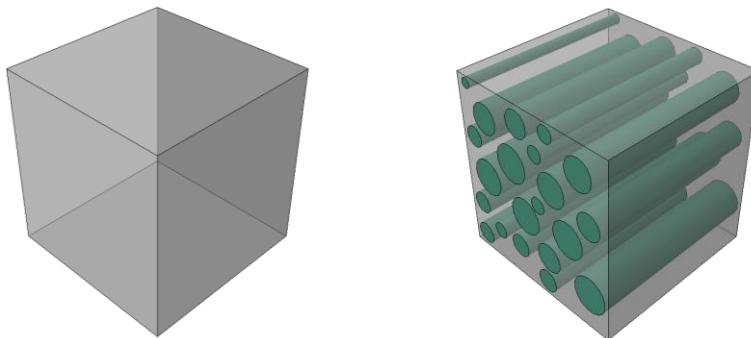


繊維強化射出成形品の機械物性における特徴

繊維強化射出成形品は、繊維と母材の複合材料として取り扱うことが必要です。その特性は以下になります。

異方性材料物性

機械物性は等方性材料物性でとしては表現できず、繊維によって異方性の物性を持ちます。

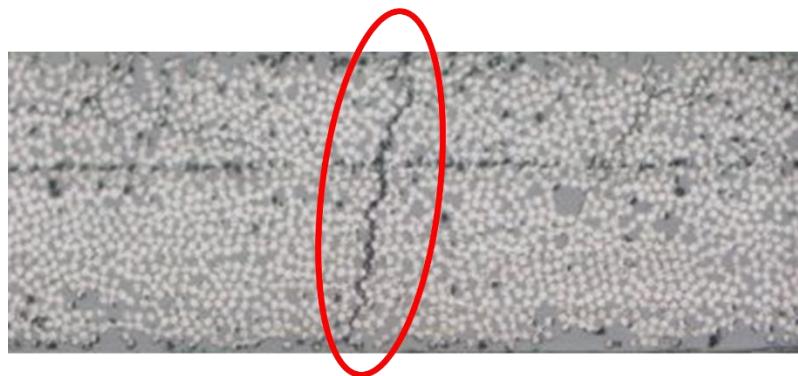


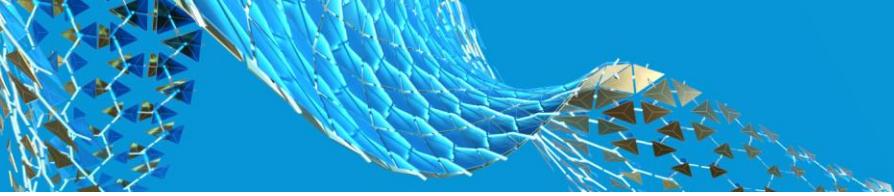
母材と繊維間の複雑な相互作用

母材と繊維の接着強度など、複雑な相互作用があります。

複雑な損傷メカニズム

破断する際には母材と繊維の強度の差から、母材から破損が開始します。



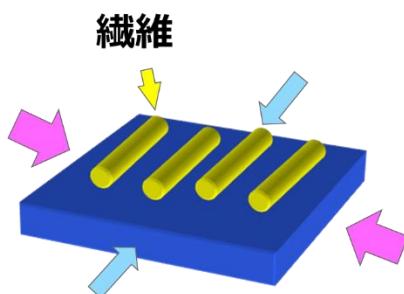


繊維強化射出成形品の構造解析上の課題

繊維強化射出成形品は、複合材としての機械特性の特徴と共に、射出成形品ならではの構造解析上の課題があります。

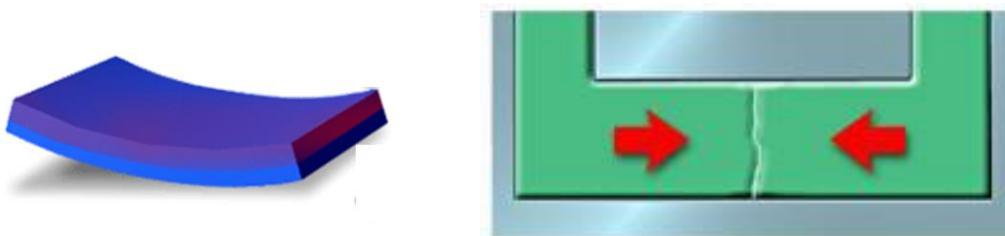
繊維配向による機械物性の異方性の考慮

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の位置により異なります。そのため、構造解析の材料物性の設定として、定量的にも定性的にも物性値の設定が困難なものとなります。



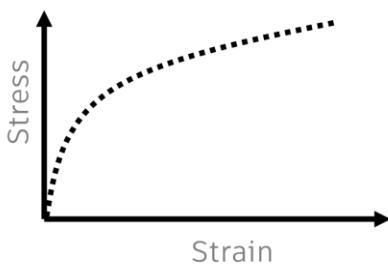
射出成形特有の現象の考慮

充填時の剪断速度や圧力、固化の影響によって変化する繊維配向、変形、残留応力・歪、ウェルドラインなど、射出成形で発生する現象を構造解析で評価することは困難です。また、変形、残留応力・歪、ウェルドラインなどは非強化材での射出成形品においても課題となります。



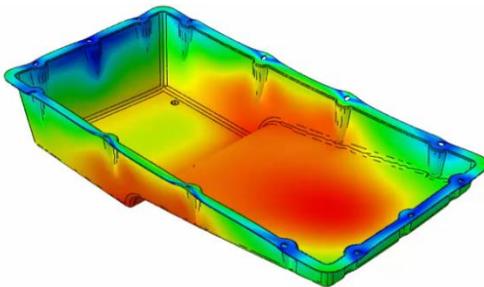
非線形材料物性

応力ひずみ曲線から、樹脂材料は金属よりも強い非線形性を持つことがわかります。また、複合材の破損は母材部分から発生することも挙動が強い非線形性を持つ原因となります。

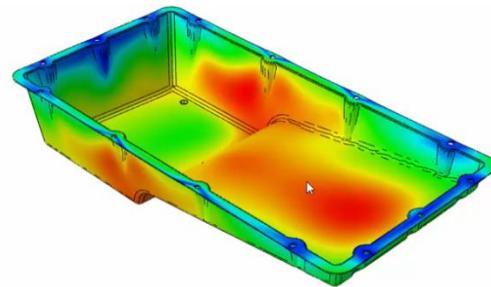


非線形異方性材料物性を考慮すべき理由

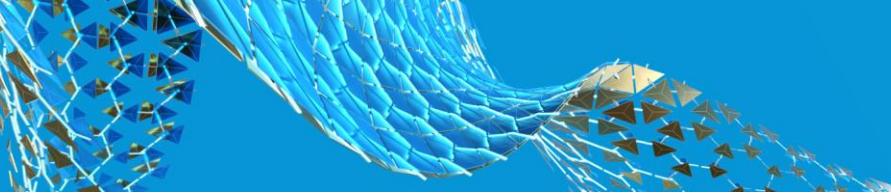
射出成形品の構造解析を行う上で、非線形異方性材料物性を考慮すべき大きな理由は、解析精度になります。解析結果の一例として最大変位が線形等方性材料物性を用いた解析では、15.2mmに対し、非線形異方性材料物性を用いた解析では 4.06mm と 3 倍以上の差が発生していました。



線形等方性材料物性による結果
最大変位量: 15.2mm

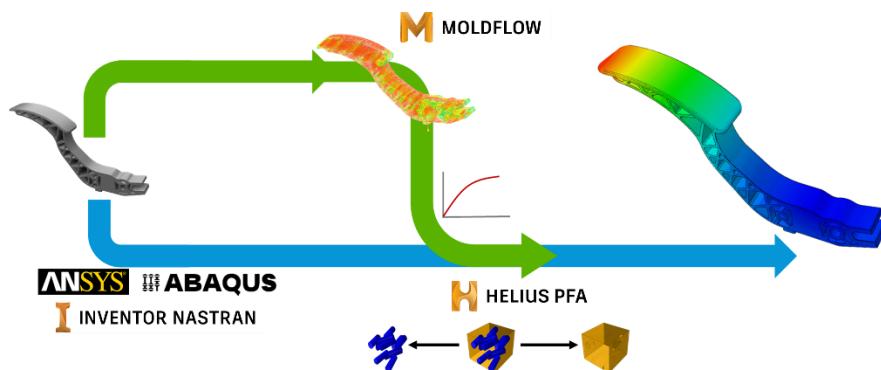


非線形異方性材料物性による結果
最大変位量: 4.06mm



Helius PFA の特徴

Helius PFA は主に、複合材の解析を行うソルバーと Moldflow Insight の解析結果を構造解析メッシュにマッピングする GUI である Advanced Material Exchange が含まれています。Moldflow Insight の解析結果を利用することにより、射出成形の影響を考慮した構造解析を行うことができるようになります。

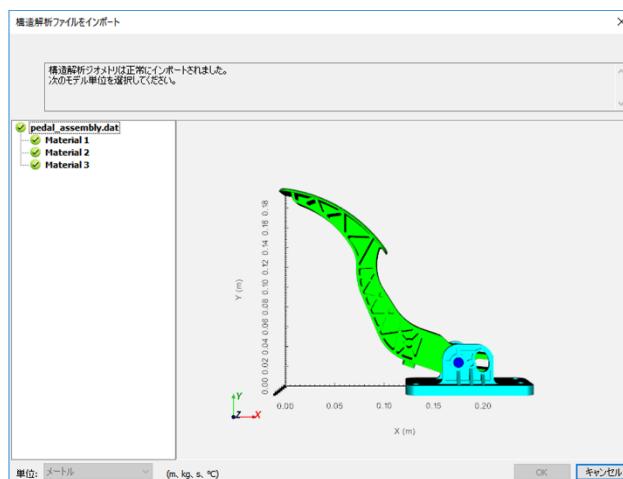


主な特徴は以下になります。

構造解析のアセンブリモデルへの対応

Advanced Material Exchange の GUI を利用して構造解析のモデルに含まれる部品毎に Moldflow の解析結果を割り当てることが可能です。

また、Moldflow の解析モデル形状と、構造解析のモデル形状、メッシュ、座標系が異なっていても Moldflow 結果をマッピングすることが可能です。

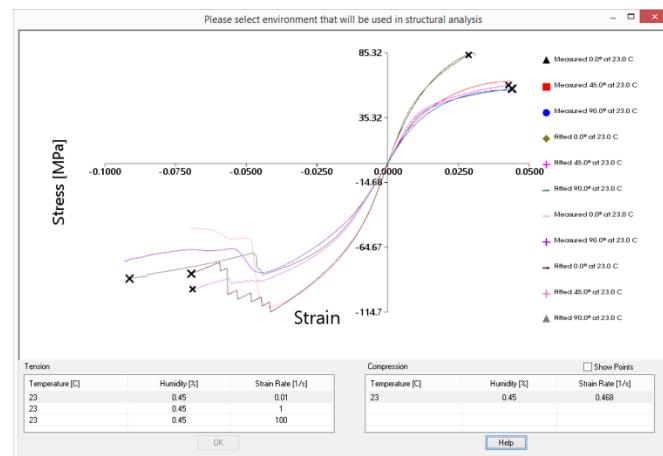
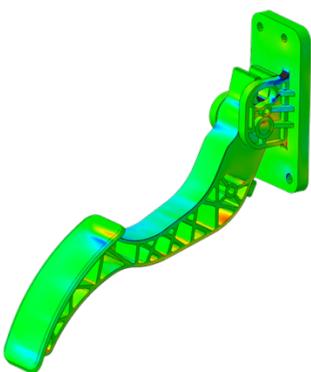


引張及び圧縮の応力ひずみ曲線の利用

破断までの応力ひずみ曲線を追加することで高精度の樹脂の構造解析が可能となります。

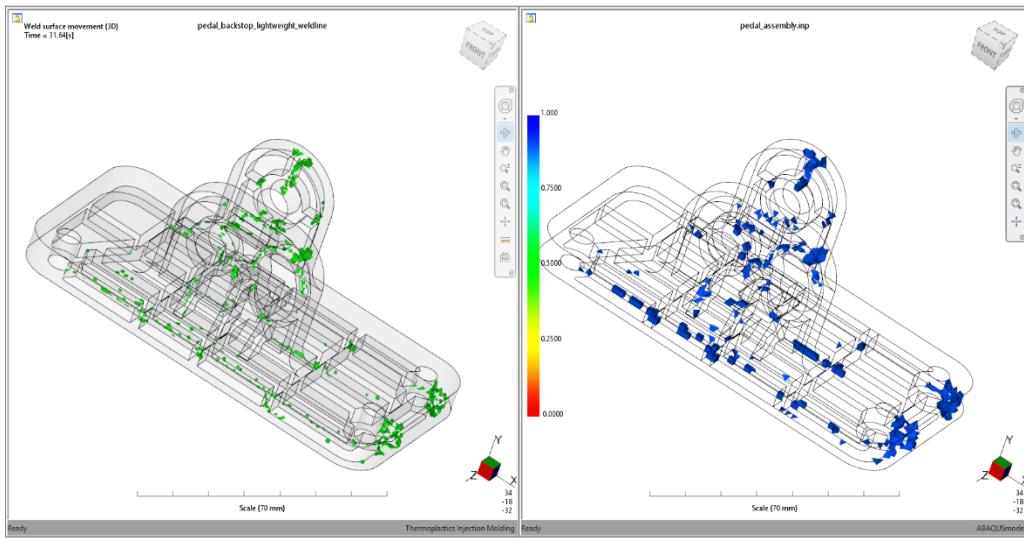
圧縮特性データがない場合でも引張特性を利用して解析可能です。

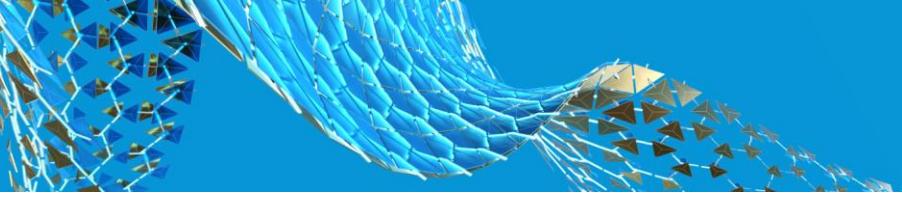
応力ひずみ特性データがない場合には Moldflow の標準樹脂データベースに登録されている線形弾性の機械特性を利用して解析可能です。



ウェルドライン強度低下の考慮

3D メッシュを利用した場合、Moldflow Insight 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し、その部位の強度低下を定義可能です。





Inventor Nastran と Moldflow Insight の連携方法

ここからは実際のモデルを利用して Moldflow Insight の解析結果を Inventor Nastran で手順を示します。

Moldflow Insight と Inventor Nastran の連携ワークフロー

まずは Helius PFA を用いて Moldflow Insight の解析結果を Inventor Nastran で利用するためのワークフローを以下に示します。

1. 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)
Nastran モデル(Nastran ファイル)を出力
2. Moldflow Insight で解析モデルを準備、充填 + 保圧解析を解析実行
3. Helius PFA に Moldflow スタディ及び Nastran モデルをインポート
4. 材料非線形データをインポート (オプション)
5. マッピング実行
6. 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)
7. 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)
8. Nastran モデルをエクスポート
9. Inventor Nastran で解析

この中で、手順 3～8 を Advanced Material Exchange で実施し、手順 9 で Nastran ソルバーと合わせて Helius PFA ソルバーが動作します。

今回使用する一連のモデルは TR472912.zip として提供いたします。
必要に応じてご利用ください。

Inventor Nastran の解析モデル準備(手順 1)

まず最初に Inventor Nastran を用い、構造解析モデルの準備を行います。

Inventor Nastran の前提条件

この記事を作成している時点(2010年10月中旬)での Helius PFA の最新版は 2019 となっています。Helius PFA 2019 が対応する Inventor Nastran のバージョンは 2018~2019(アップデート含む)になります。(当時の名称は Nastran InCAD ですが、この資料中の呼称は Inventor Nastran とします。)

Inventor Nastran と Helius PFA を同じ PC にインストールする必要があります。

Inventor Nastran をインストール後に Helius PFA をインストールすると、Nastran のパラメータ設定として、Program Control Directives \ HPFAFILESPEC に C:\Program Files\Autodesk\Helius PFA 2019\bin\nastran\2018 が設定されていますが、設定されていない場合には GUI にてパラメータを設定するか、Nastran のインストールフォルダ C:\Program Files\Autodesk\Nastran 2019\Nastran\にある nastran.ini ファイルをメモ帳等で以下のように HPFAFILESPEC に Helius PFA のパスを追記します。(要管理者権限)

[Program Control Directives]

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



もし、Helius PFA との連携がうまくいかない場合には、一度 Helius PFA をアンインストールし、再インストールするとよいでしょう。

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、マルチボディパーティではなく、アセンブリモデルとして用意します。

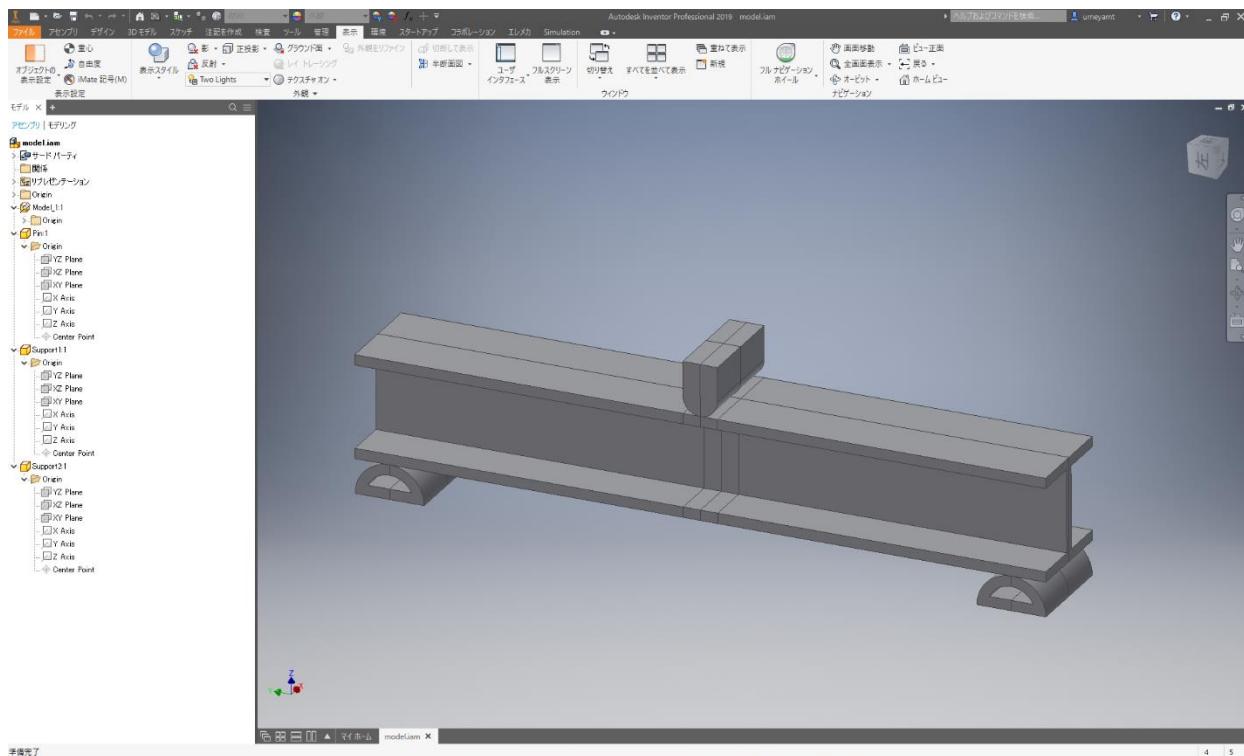
通常、構造解析では解析の安定性やメッシュ数を削減するために形状が対称形の場合には 1/2 モデル等を利用しますが、射出成形品の場合には、ゲート位置によって纖維配向や残留ひずみの分布が対称にならないため、フルモデルで準備する方が良いでしょう。

説明に使用するモデルは model.stp として用意しています。まずは Inventor で開いてみましょう。

モデルは 4 つの部品(Model、PIN、Support1、Support2)からなり、拘束条件や接触面の設定のために面を分割しています。アセンブリモデルとしてモデルが開かれていると思いますので、まずはモデルを Inventor 形式で保存します。今回、名前は model.iam として保存しています。

Model、Support1、Support2 に Moldflow の解析結果をマッピングします。

Support モデルは複数の Moldflow 結果をマッピングするために用意したモデルであり、解析上重要な部品ではありません。



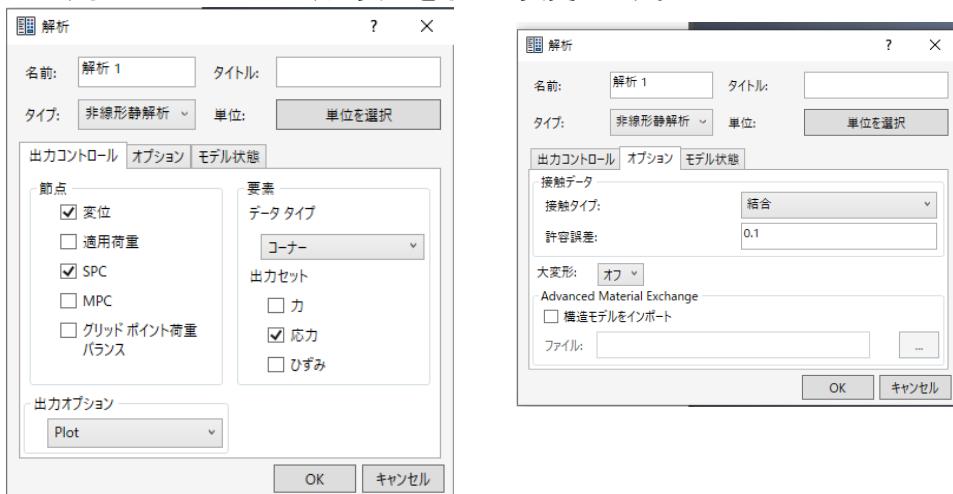
Inventor Nastran 解析モデルの準備

Inventor Nastran 環境に入り作業します。

解析タイプの変更

Helius PFA との連携は、非線形静解析のみであるため、まず、解析タイプを非線形静解析変更します。

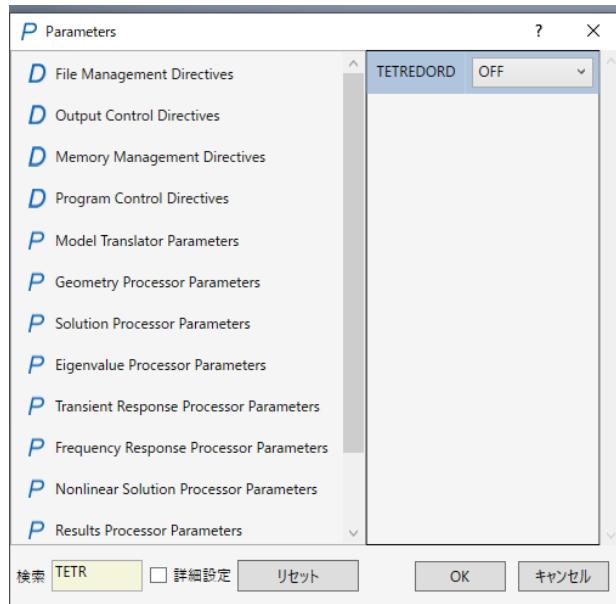
要素の出力セットとしてひずみを選択したい場合には、データタイプを図心に変更します。
また、オプションタブにて、大変形をオフに変更します。



パラメータ変更

TETREDORD(四面体要素低減積分)を OFF に変更します。

先の大変形オフと四面体要素提言積分オフは Helius PFA を利用するための設定となります。検索窓に入力してパラメータを見つけるとよいでしょう。



材料作成

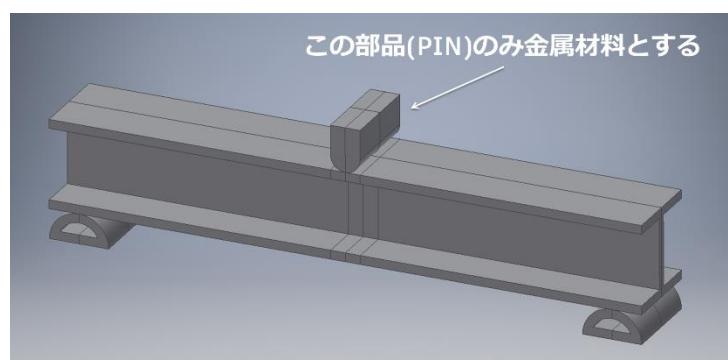
Moldflow の材料物性をマッピングする際には、Moldflow のスタディファイルと Inventor Nastran モデルの材料 ID の対で割り当てるモデルを設定していきます。

そのため、Moldflow の結果を割り当てる Nastran モデルの部品に対しては同じ材料、同じ形状であっても、部品毎に異なる材料 ID を割り当てる必要があります。

Moldflow の解析結果をマッピングする部品の材料物性は上書きされて利用されませんので、適当な値(例えばデフォルト値)でも問題ありません。

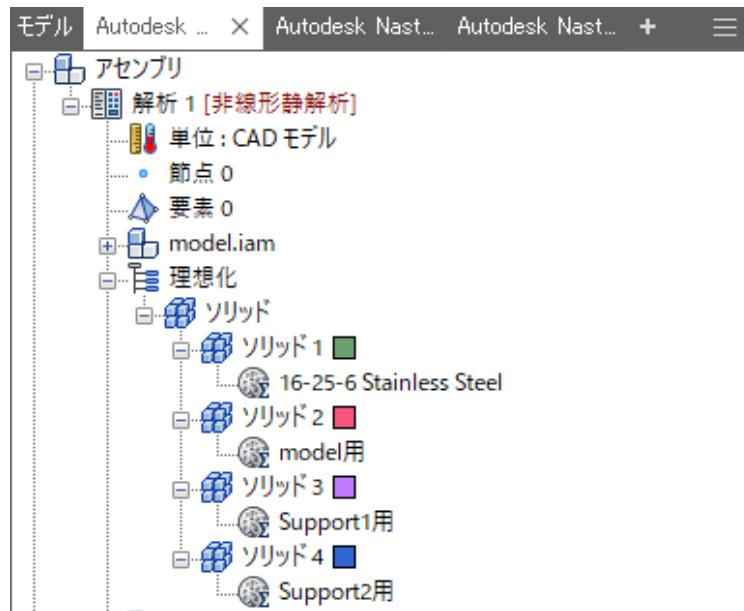
ただし、Moldflow の結果をマッピングしない部品には解析に使用したい材料物性を設定しておく必要があります。

今回のモデルでは部品名 PIN のみ、金属材料として指定し、他の部品は Moldflow の結果をマッピングすることとします。

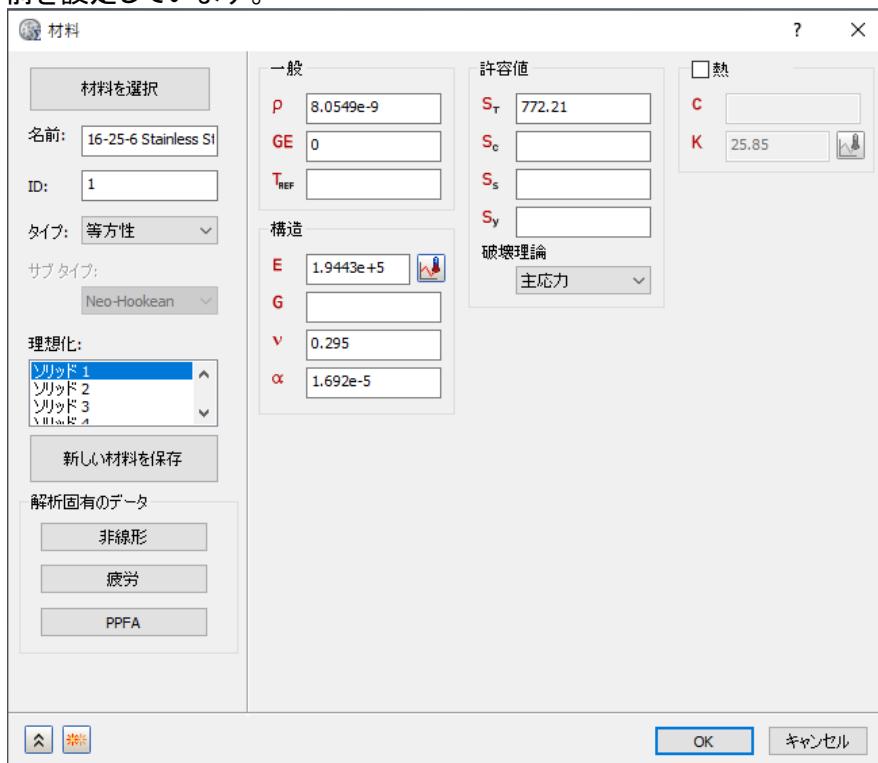


理想化

それぞれの Moldflow の材料物性をマッピングする部品毎に理想化でソリッド要素を作成し、対応する材料と部品を割り当てます。



一例として材料設定を示します。分かり易いように Moldflow の結果を割り当てる材料にも名前を設定しています。



材料

材料を選択

名前: model用

ID: 2

タイプ: 等方性

サブタイプ: Neo-Hookean

理想化:

- シリッド 1
- シリッド 2
- シリッド 3
- シリッド 4

新しい材料を保存

解析固有のデータ

- 非線形
- 疲労
- PPFA

▲ ■

一般

ρ : 8.027e-9

GE : 0

T_{REF}

構造

E : 1.93e+5

G

ν : 0.32

α

許容値

S_T

S_c

S_s

S_y

破壊理論

なし

熱

C : 5e+8

K : 16.3

?

X

材料

材料を選択

名前: Support1用

ID: 3

タイプ: 等方性

サブタイプ: Neo-Hookean

理想化:

- シリッド 1
- シリッド 2
- シリッド 3
- シリッド 4

新しい材料を保存

解析固有のデータ

- 非線形
- 疲労
- PPFA

▲ ■

一般

ρ : 8.027e-9

GE : 0

T_{REF}

構造

E : 1.93e+5

G

ν : 0.32

α

許容値

S_T

S_c

S_s

S_y

破壊理論

なし

熱

C : 5e+8

K : 16.3

?

X

材料

材料を選択

名前: Support2用

ID: 4

タイプ: 等方性

サブタイプ: Neo-Hookean

理想化:

- シリッド 1
- シリッド 2
- シリッド 3
- シリッド 4

新しい材料を保存

解析固有のデータ

- 非線形
- 疲労
- PPFA

▲ ■

一般

ρ : 8.027e-9

GE : 0

T_{REF}

構造

E : 1.93e+5

G

ν : 0.32

α

許容値

S_T

S_c

S_s

S_y

破壊理論

なし

熱

C : 5e+8

K : 16.3

?

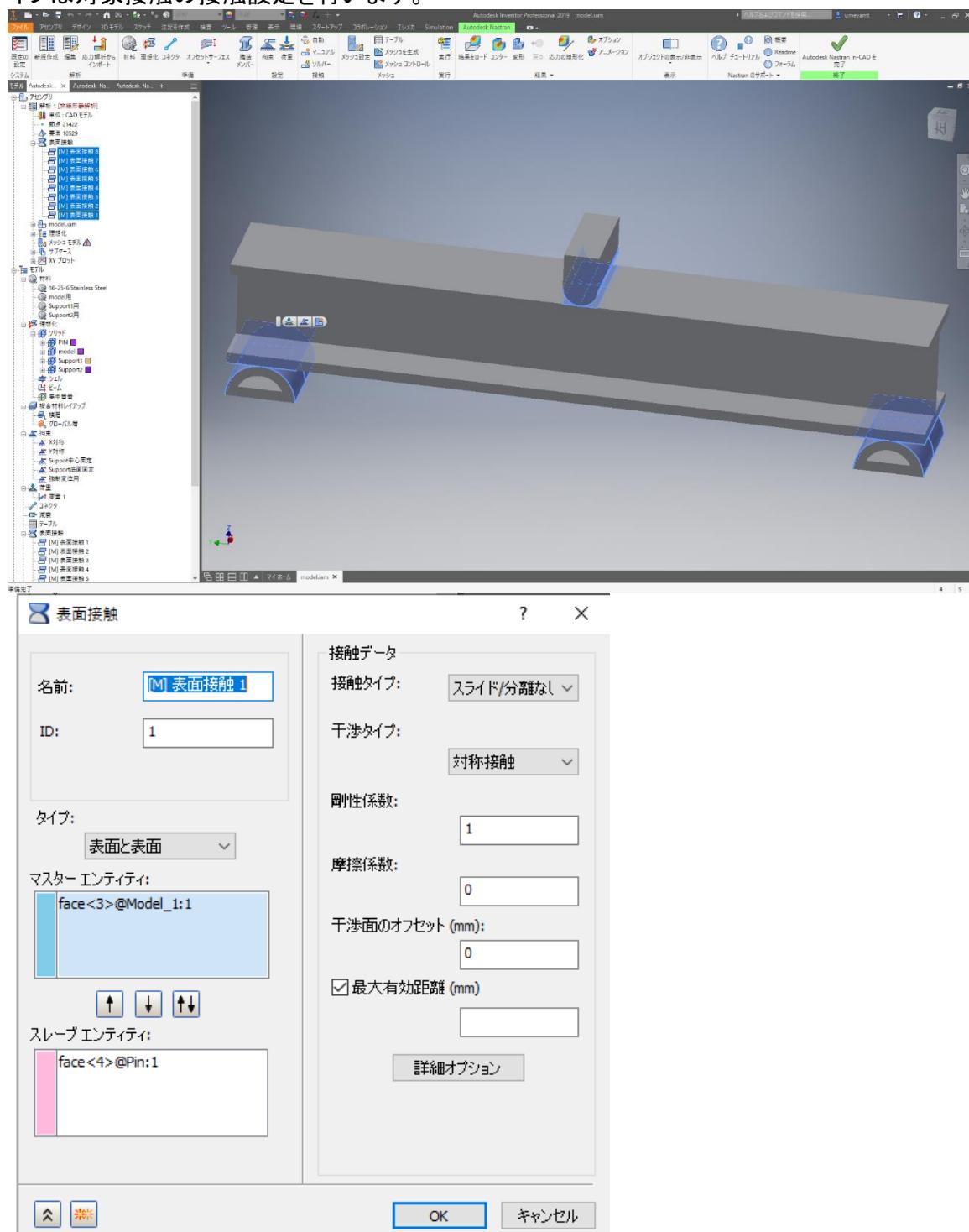
X

OK キャンセル

接触設定

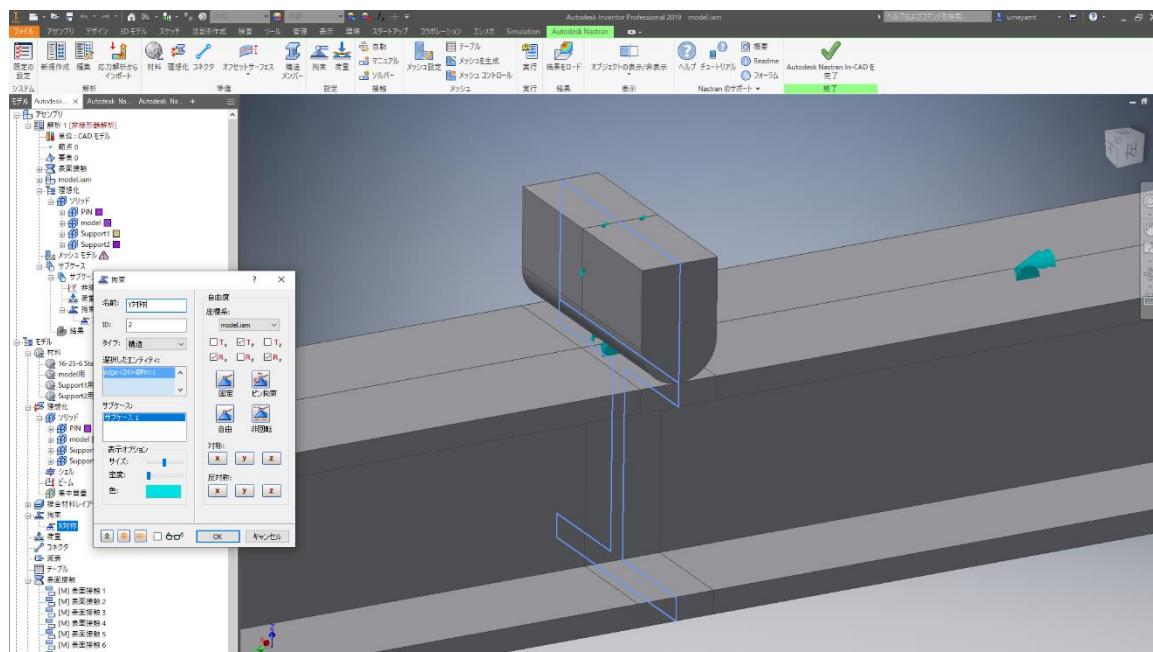
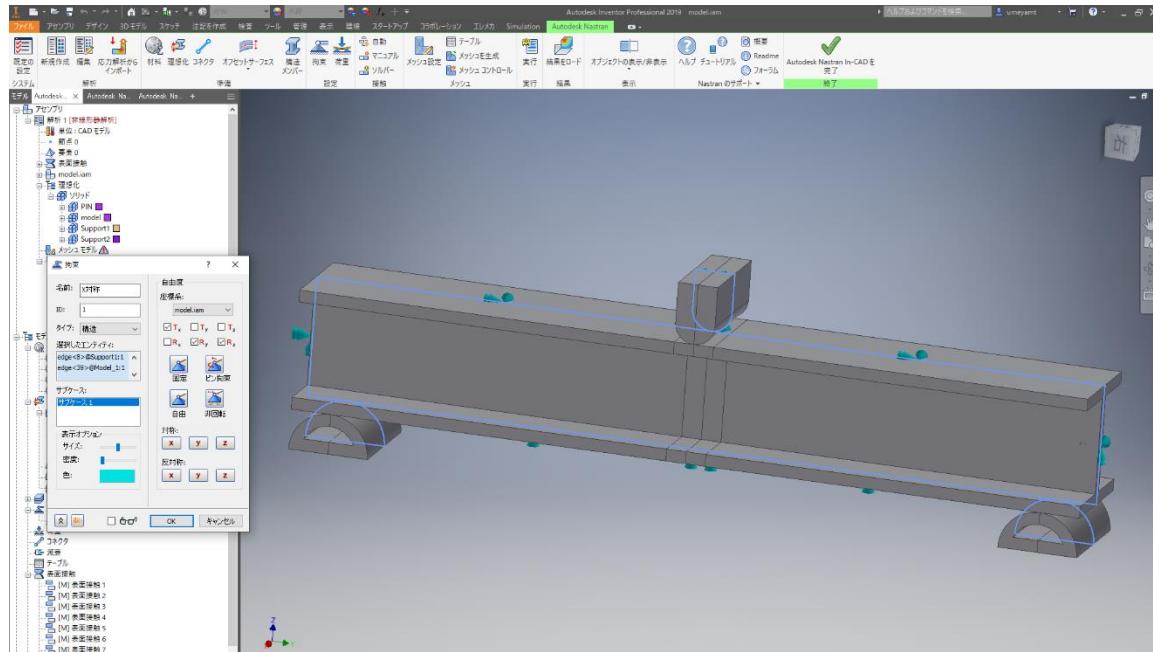
自動接触もしくはマニュアルで必要とされる接触設定を行います。

今回のモデルではマニュアルで接している面に対して接触タイプはスライド/分離無し、干渉タイプは対象接触の接触設定を行います。



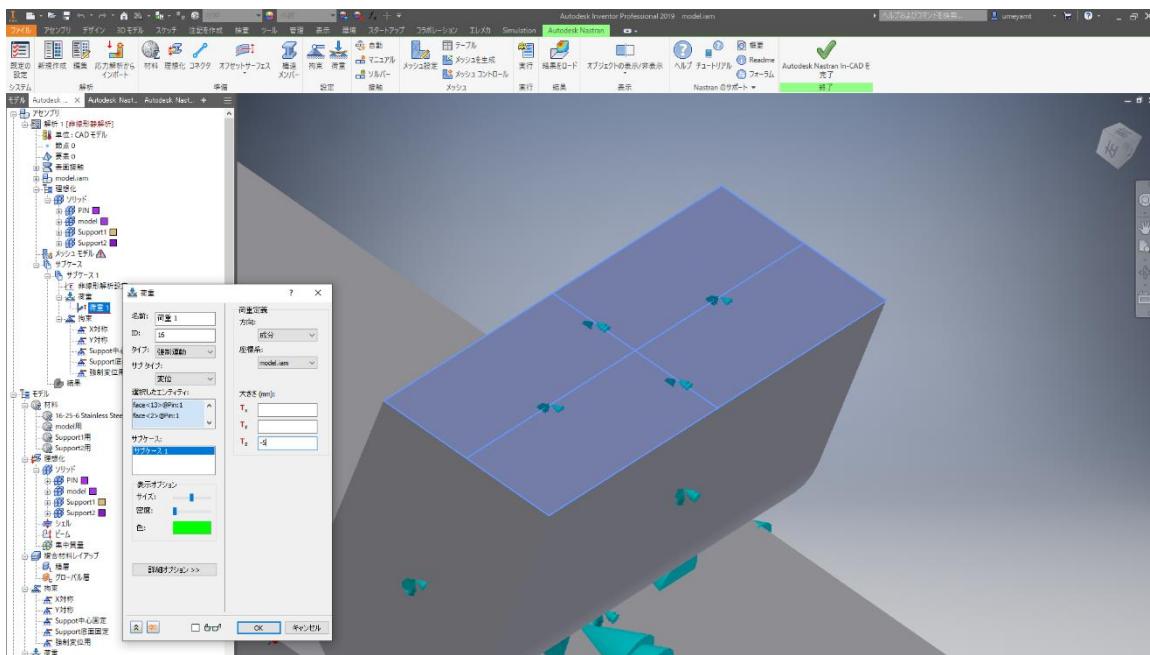
境界条件設定

今回のモデルでは解析の安定性のためにモデルの対称エッジに対称条件を設定しています。



PIIN の上面に $z=-5\text{mm}$ の強制変位を設定します。合わせて Nastran のお約束として、強制変位は一種の拘束条件であるということから強制変位を設定する面に Z 方向を拘束する条件を設定しておきます。

サポート部品の下面を完全拘束します。



実際に、Moldflow の解析結果を用いて解析を行う前に、材料を Moldflow の解析に使用する樹脂の機械物性に近い材料を利用して、設定した境界条件、接触条件で解析が問題なく収束するかを確認することをお勧めいたします。

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、特に、破断を考慮する場合には、非常に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。

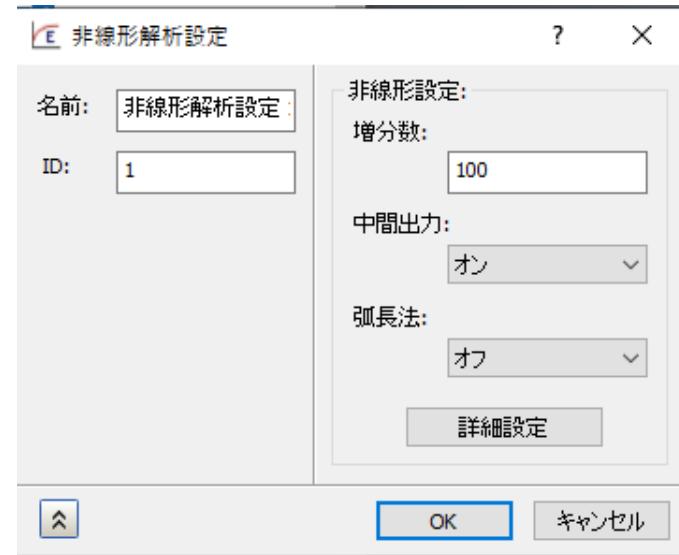
まずは、増分数を 100 から始めて、収束状況に応じて増減します。変形や破断の状況をキャプチャするために、中間出力を保存します。

もし、モデルのメッシュサイズ、増分数が多い場合、中間出力をすべて保存すると膨大な結果ファイルサイズになりますので、モデルサイズ、増分数に応じて保存タイミングを調整するとよいでしょう。

その他の非線形解析の設定は、Advanced Material Exchange での Moldflow 結果マッピング時に自動的に追加されます。

追加される内容についての詳しい説明は HELP をご参照ください。

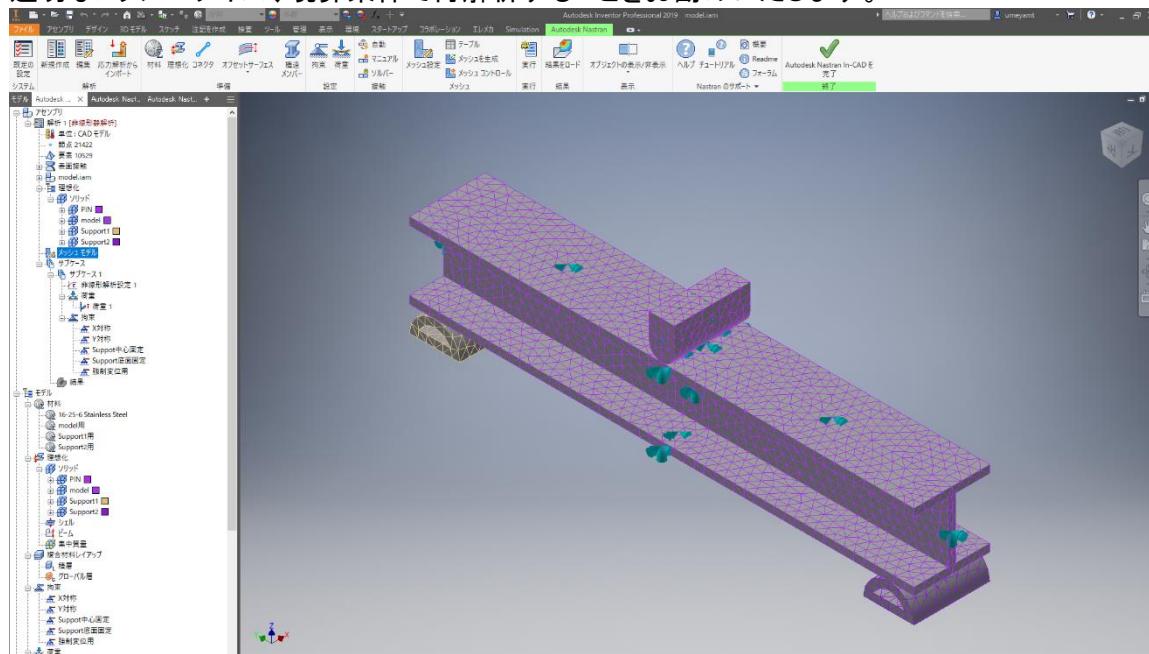
<http://help.autodesk.com/view/ACMPAN/2019/JPN/?guid=GUID-A91573AE-36B0-4B44-8151-6E156892E4C6>



メッシュ作成

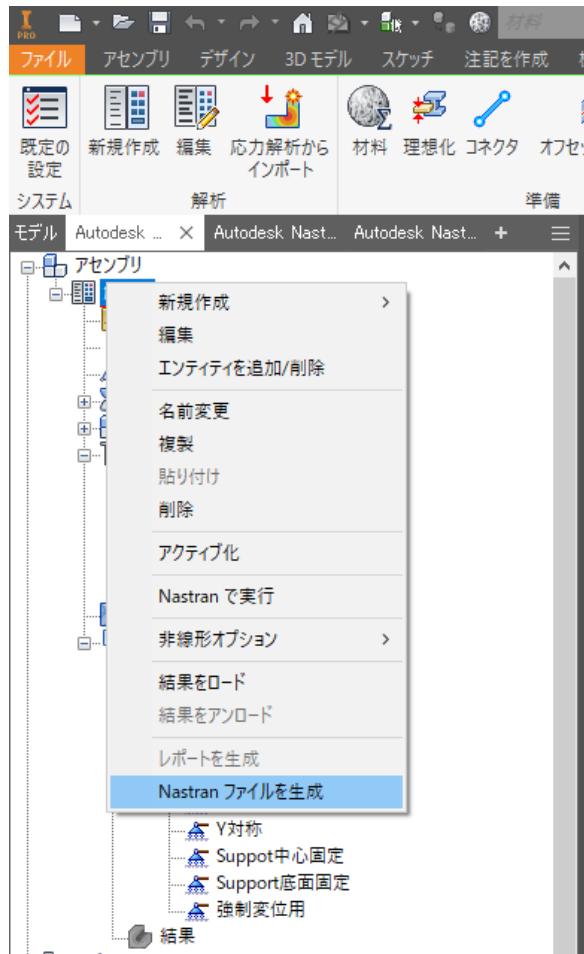
今回のモデルではメッシュサイズ 2mm、二次要素でメッシュを作成します。

Moldflow 結果を利用した解析は、時間がかかりますので、結果が予想できない解析を行う際には、まず、粗めのメッシュサイズでモデルを作成し、不具合の発生状況等を確認したうえで、適切なメッシュサイズ、境界条件で再解析することをお勧めいたします。



Nastran ファイル生成

すべての設定が終了したら、ツリー上から Nastran ファイルを生成します。

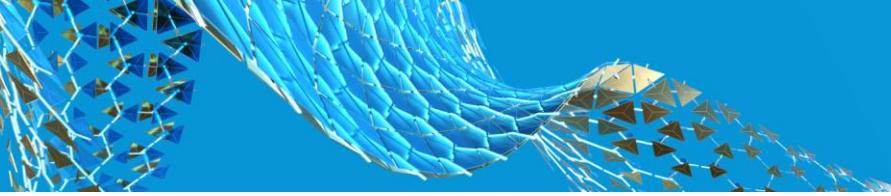


Inventor モデルの保存フォルダ￥モデル名のフォルダ￥InCAD￥FEA￥に nas 形式ファイルが作成されています。一意の英数字でファイル名が作成されていますので、分かり易いファイル名に変更しておきます。

今回のモデルでは model.nas としておきます。

モデルの保存

解析モデルは Moldflow の結果を利用した解析時にも再利用しますので、Inventor の保存コマンドで、ファイルを保存しておきます。



Moldflow Insight の解析設定と実行(手順 2)

Moldflow Insight を用い、流動解析モデルの準備と解析を行います。

Moldflow Insight の前提条件

この記事を作成している時点(2010 年 10 月中旬)での Helius PFA の最新版は 2019 となっています。Helius PFA 2019 が対応する Moldflow Insight のバージョンは 2016~2019(アップデート含む)になります。

対応するメッシュタイプは Midplane および 3D となっており、DualDomain メッシュは利用できません。

対応する樹脂は熱可塑性樹脂のみとなります。

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。

ビーム要素はマッピングには使用できません。

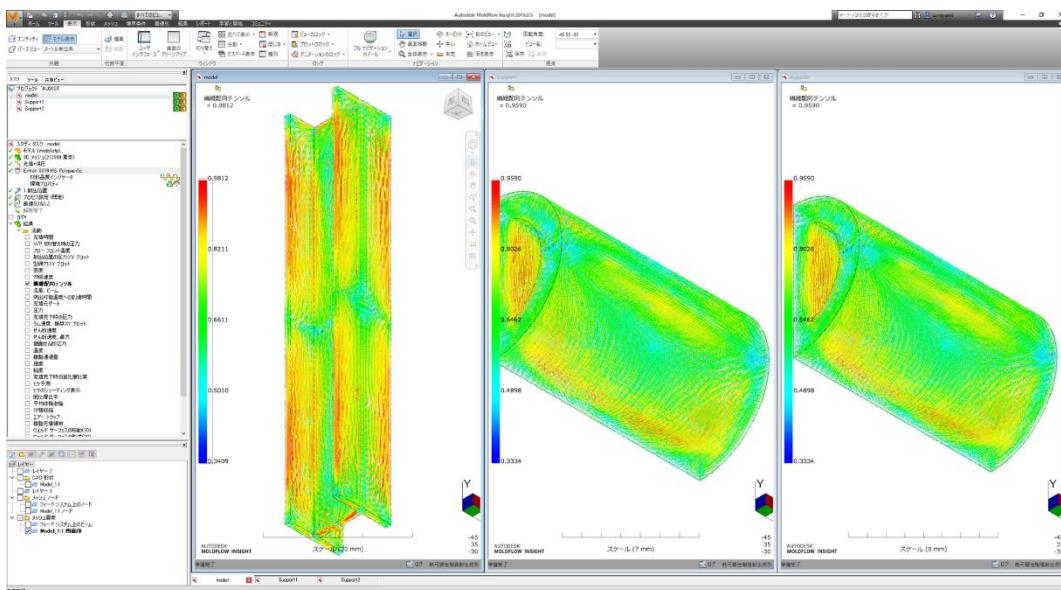
Moldflow 解析モデル準備のポイント

Moldflow の解析結果をマッピングしたい構造解析の部品毎にスタディファイルを用意する必要があります。構造解析モデルに複数の同形状のモデルがある場合でも、対応するスタディを複数用意する必要があります。ただし、同形状へのマッピングを行う際には一つのみ解析を行い、解析終了後にスタディを必要な分だけ複製すれば問題ありません。

多数個取りで解析を行っている場合、その各キャビティの解析結果を構造解析のモデルに割り当てたい場合にも、割り当てたい構造解析モデルの分だけスタディを複製しておきます。

今回のモデルの場合には構造解析モデルの部品名 Support1 と Support2 に相当します。

Moldflow の解析上、重力を考慮する必要がなければ、型開き方向を気にせず、構造解析に使用したモデルと同じ座標系で解析を行うと、Advanced Material Exchange でのモデル位置合わせが楽になります。

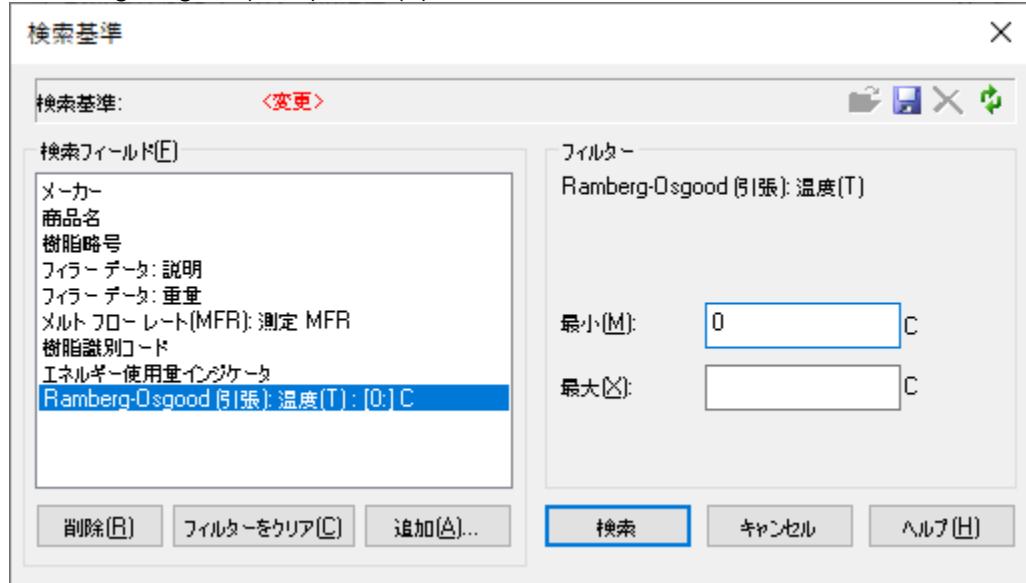


Moldflow 解析モデル解析設定

Moldflow の解析については、構造解析と連携する際に必要な設定のみ記述します。
その他の設定は通常の Moldflow の解析と同じです。

材料設定

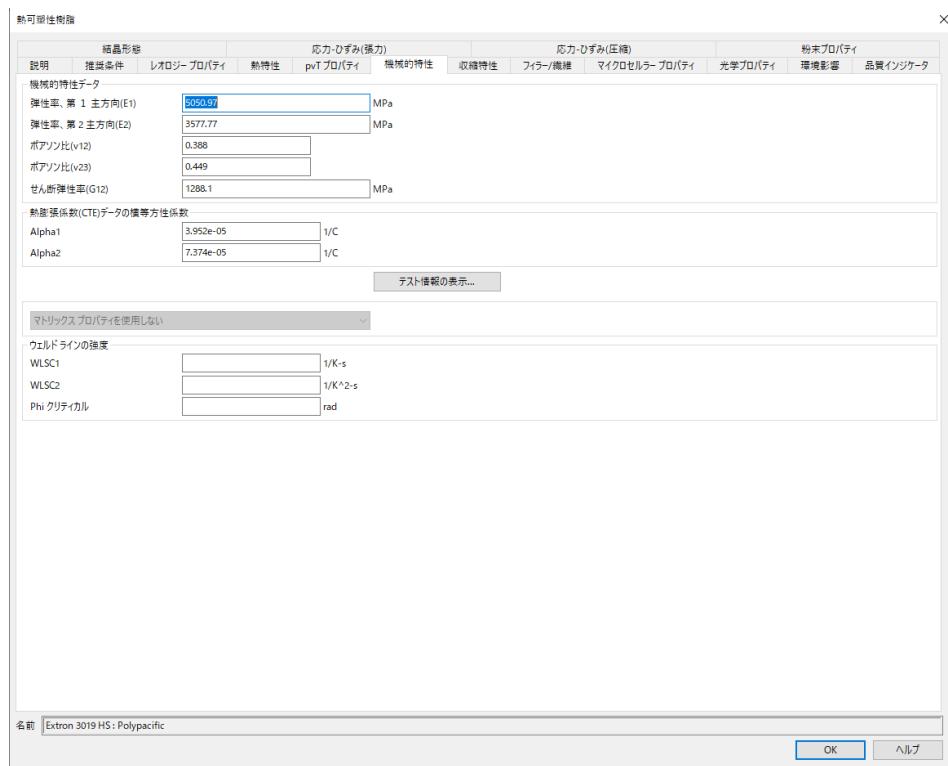
今回のモデルでは標準材料データベースより、Extron 3019 HS : Polypacific を選択します。
この材料データには引張及び圧縮の応力ひずみ特性がすでに登録されています。(バージョン
2019R5 で確認) 応力ひずみ曲線が登録されている材料を検索するには、検索基準として
Ramberg-Osgood(引張) : 温度(T)を追加し、最小値として 0°Cを設定するとよいでしょう。



バージョン 2019R5 では 246 種類の樹脂データが引張の応力ひずみ特性を持ち、うち 2 種類
の樹脂データが圧縮の応力ひずみ特性を持っています。

| 熱可塑性樹脂 データベースの検索 | | | |
|--|----------------------------------|--------|-------------------------------|
| すべての 热可塑性樹脂 (システム) | | | |
| メーカー | 商品名 | 樹脂略号 | Ramberg-Osgood (引張) 温度(T) (C) |
| EMS-Givon | Givon HTV-5H1 | PART/G | 23 |
| Celanese | Celstan PP-GF40-0453 | PP | 23 |
| Asahi Kasei Plastics North America Inc | Thermylene P7-45FG-4791 71100 | PP | 22 |
| Lotte Chemical | Supron PA1320CF | PA6 | 23 |
| Asahi Kasei Corporation | LEONA FL195 | PA | 23 |
| Victrex USA | Victrex PEEK 30HMF40 | PEEK | 23 |
| Celanese | Medical Technology Vectra MT2310 | LCP | 23 |
| Celanese | Medical Technology Vectra MT4310 | LCP | 23 |
| Celanese | Medical Technology Vectra MT1335 | LCP | 23 |
| Sumitomo Chemical Company | SUMIKASUPER SR2506 | LCP | 23 |
| Sumitomo Chemical Company | SUMIKASUPER SV6808THF | LCP | 23 |
| Sumitomo Chemical Company | SUMIKASUPER E6910LHF-Z | LCP | 23 |
| Sam Yang Company | Tripel LV2550GN30-BK | PET | 23 |
| Celanese | Medical Technology Vectra MT1310 | LCP | 23 |
| LG Chemical | LUPODY GRP300 | PC-ABS | 23 |
| Asahi Kasei Corporation | XYRON X424V | PPE+PS | 23 |
| Asahi Kasei Corporation | XYRON Z703V | PPE+PS | 23 |
| LG Chemical | LUCON PA6110EM | PA6 | 23 |
| Polypacific | Extron 3019 HS | PP | 23 |
| Sam Yang Company | Triplex 3025PG20.BK.46498 | PC | 23 |
| Celanese | Celstan PP-GF40-0414 | PP | 23 |
| Asahi Kasei Corporation | XYRON-X1745 | PPE | 23 |
| Celanese | Celstan PP-GF30103 | PP | 23 |

材料物性にはウェルドラインの強度パラメータがあります。しかし、バージョン 2019R5 現在、このパラメータを所持している材料はありません。



また、このパラメータは、現在オートデスクの樹脂測定サービスでの提供も行われておりません。

参考情報

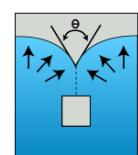
ウェルドラインの強度パラメータ例

| ウェルドラインの強度 | |
|------------|--|
| WLS1 | C _{T1} <input type="text" value="-0.000318"/> 1/K-s |
| WLS2 | C _{T2} <input type="text" value="-2.31e-06"/> 1/K ² -s |
| Phi クリティカル | θ _c <input type="text" value="0.349"/> rad |

$$\eta = 1 - \beta$$

$$d\beta = \beta_{(t)} (c_{T1}(T_{(t)} - T_s) + c_{T2}(T_{(t)} - T_s)^2)$$

$$\beta_0 = \frac{\theta_c - \theta}{\theta_c}$$



- η : ウェルドサーフェスの各ポイントで計算された強度低減係数
 T_s : 固化温度
 $T_{(t)}$: ws3 ファイルで定義された温度履歴
 C_{T1}, C_{T2} : 実験値から求められるウェルドラインの強度係数
 θ_c : クリティカル角度(Moldflow では Phi クリティカルとして表記)
 θ : ウェルドラインの会合角

解析設定

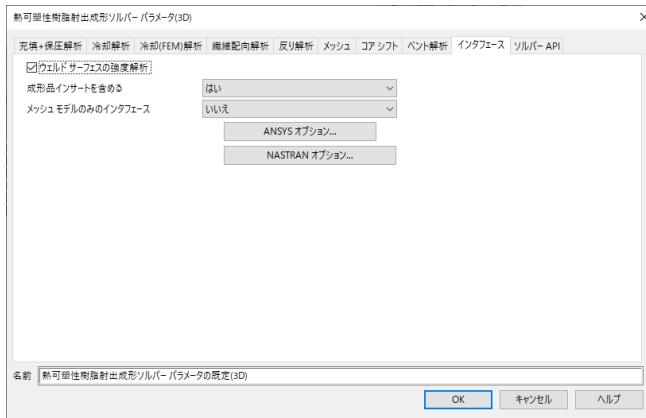
充填+保圧の解析が必須となります。オプションで冷却解析、反り解析を追加します。

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

とします。この設定を行うと結果が消えるため、解析実行前に行う必要があります。



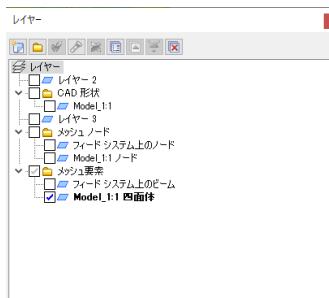
レイヤー表示

マッピングに使用される Moldflow のモデルはレイヤーで表示されているモデルのみになります。マッピングに利用されないビーム要素などもレイヤー表示をオフにすることをお勧めいたします。

Advanced Material Exchange にモデルをインポートする際に、表示されているすべてモデルの中心で初期位置が決定するため、構造解析モデルと Moldflow モデルが同じ座標位置の CAD モデルを利用していたとしても、不要なモデルがレイヤー表示されると、初期位置がずれることになります。

特に、多数個取りのような複数のキャビティを持つスタディをマッピングに利用する場合には、マッピングに必要なモデルだけを表示することは重要な作業となります。

レイヤーの表示設定後、スタディを必ず保存します。



解析実行

すべての設定が終了したら、解析を実行します。

Moldflow Insight 結果の Inventor Nastran モデルへのマッピング(手順 3~8)

Advanced Material Exchange を用い、Inventor Nastran モデルに Moldflow Insight の解析結果をマッピングする作業を行います。

Advanced Material Exchange によるマッピングの前提条件

マッピングを行うには以下のファイルが必要です。

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 Nastran 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。

Advanced Material Exchange によりマッピング作業を行う PC に 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

構造解析のアセンブリモデルを題材として一連の作業を行っていきます。

Advanced Material Exchange の起動とマッピングの作業の開始

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]を選択します。



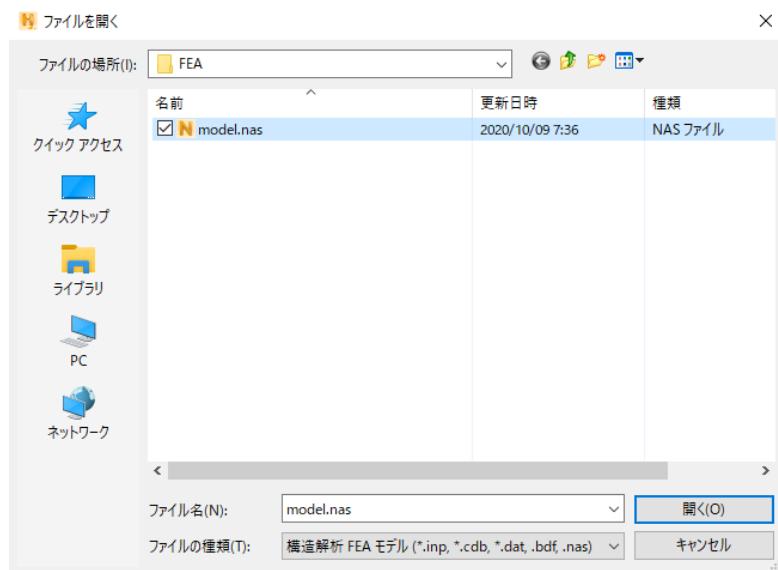
マッピング用モデルの選択

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

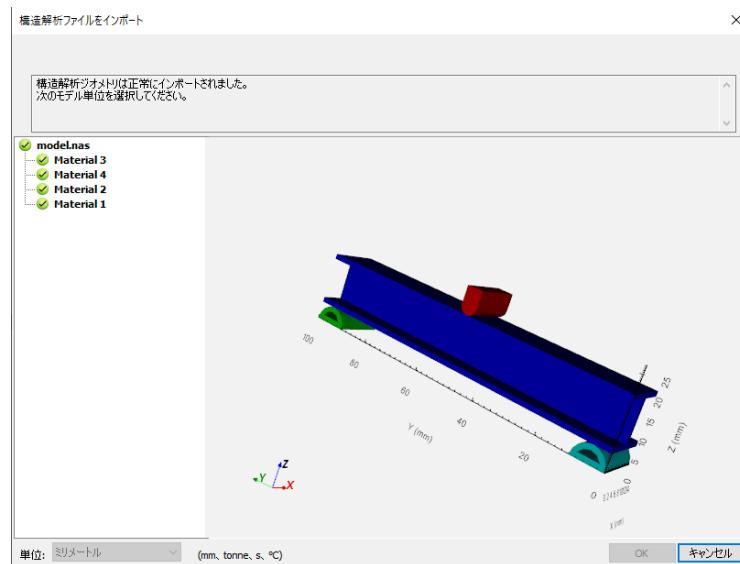


[スタディを選択]から始めて問題ありません。

今回は model.nas を指定し開きます。



Inventor Nastran の解析モデルが表示されます。

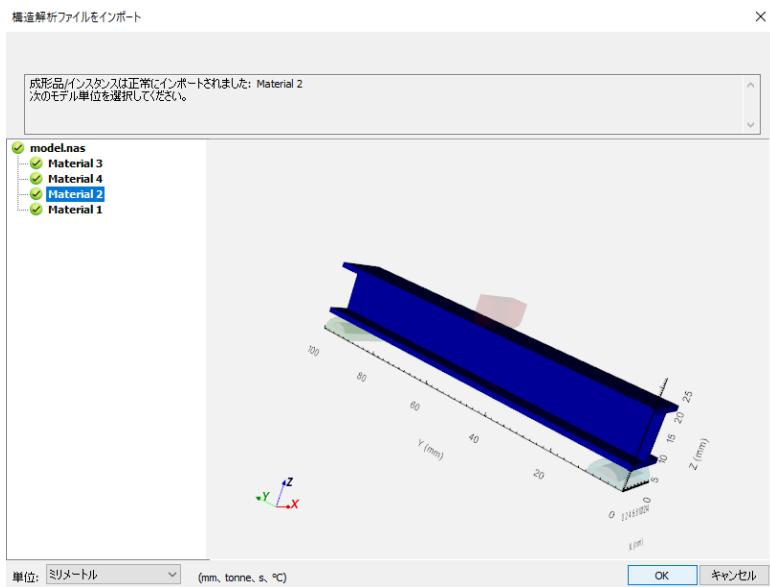
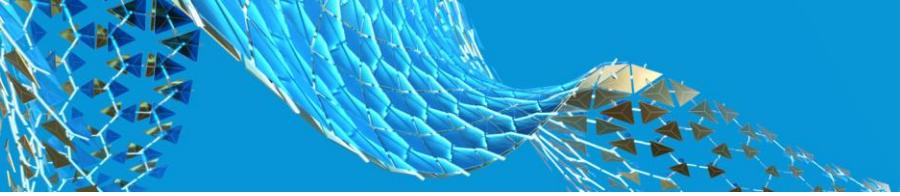


画面左側に材料 ID に基づいて部品のツリーが表示されます。

材料 ID を選択すると、対応するモデルがハイライト表示されます。

今回のモデルでは、まず、Material2(材料 ID2 の部品)を選択します。

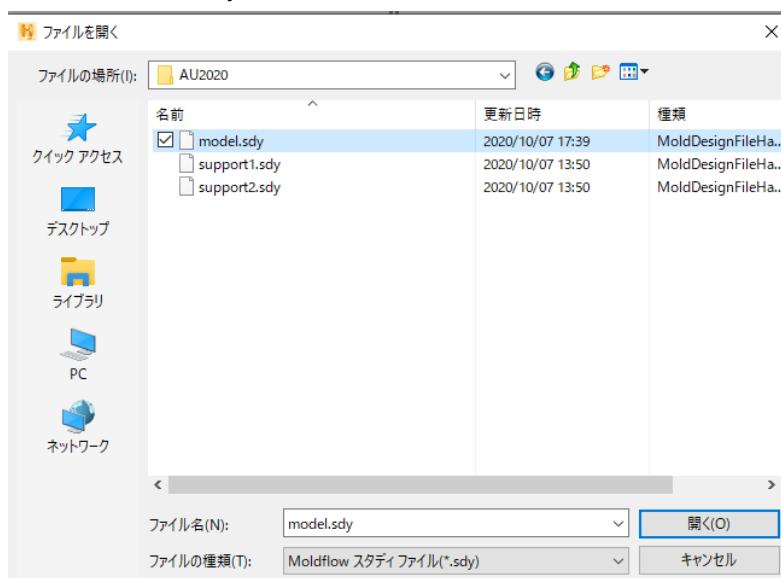
選択したら、単位系を確認します。今回のモデルではミリメートルであることを確認し[OK]をクリックします。



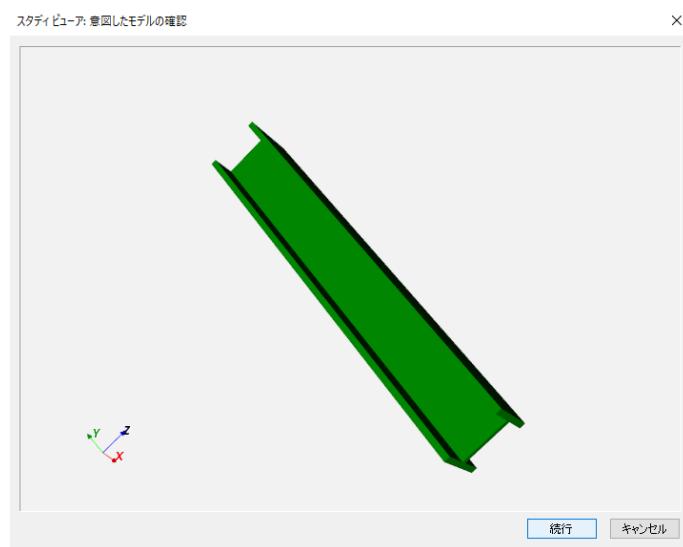
パーティマッピングダイアログが再度表示されるので、[スタディを選択]にて、マッピングに使用したい Moldflow スタディを選択します。



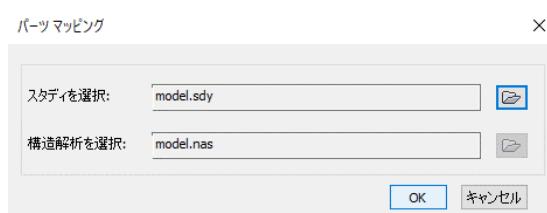
今回のモデルでは model.sdy を開きます。



モデルを開くと、モデル形状が表示されますので、問題ないか確認後、[続行]をクリックします。

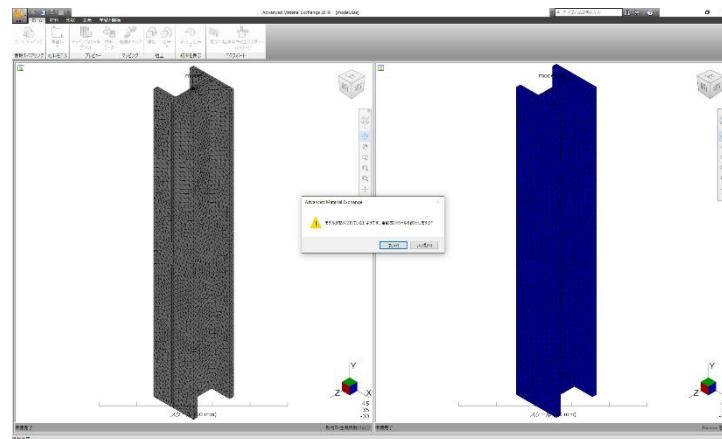


パーティマッピングダイアログが表示されますので、[OK]をクリックします。

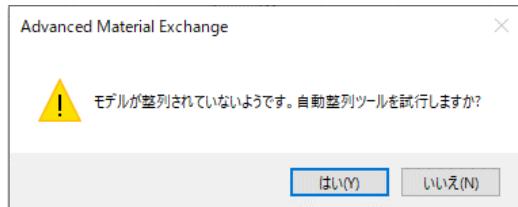


モデルの整列

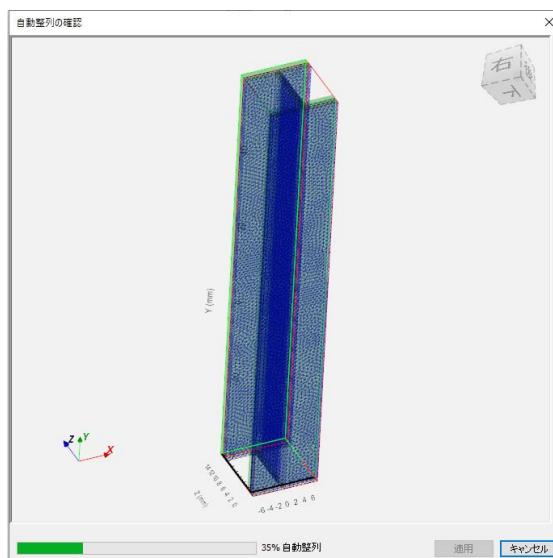
Nastran モデルと Moldflow モデルの位置が異なっている場合、自動整列ツールで位置合わせを行います。形状が異なる場合や、成形品の向きが重要な場合には自動整列を使用せずに手動で位置合わせを行います。



今回のモデルでは自動整列ツールを利用しますので、ダイアログで[OK]をクリックします。



大規模モデルでは、整列に時間がかかります。



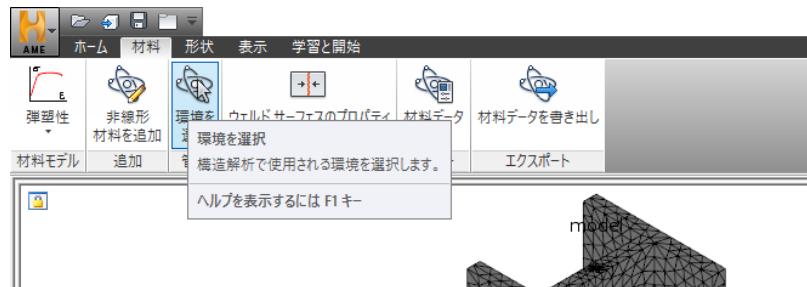
自動整列終了後、[適用]をクリックします。



材料の設定

解析に使用する材料モデルの設定、非線形材料物性の入力、環境の選択、ウェルドサーフェスのプロパティ設定を行います。

今回のモデルでは Moldflow の材料物性に応力ひずみ特性がありますので、材料モデルとして弾塑性を選択し、非線形材料の追加はスキップ可能です。そこで、出力する環境を選択するため、[材料]タブ:[管理]:[環境を選択]を選択します。



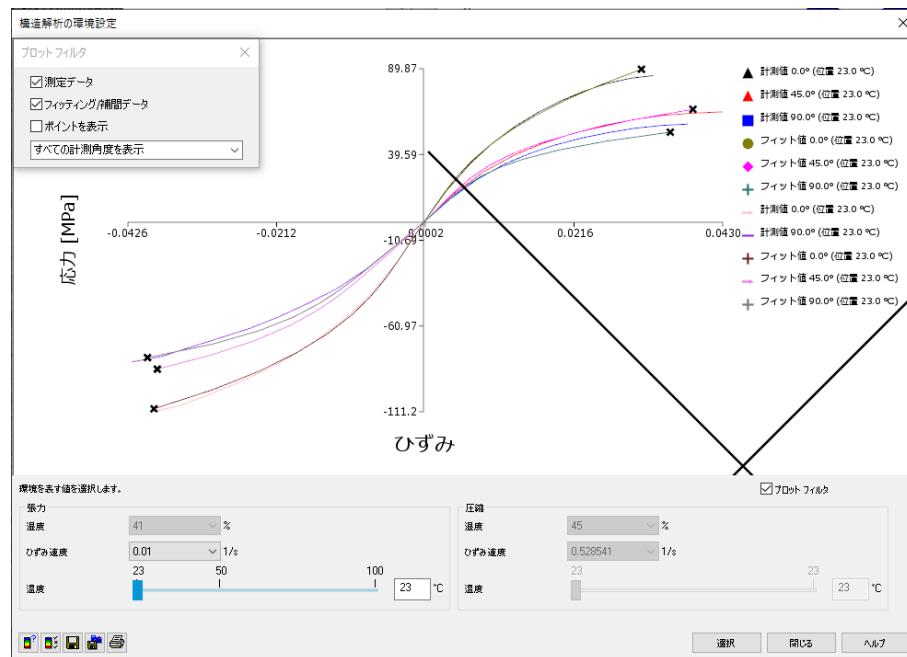
複数の湿度およびひずみ速度が存在している場合、データが存在している値から選択します。もし、一つの測定条件のみのデータの場合には、選択する必要はありません。

複数の温度での応力ひずみ測定データが存在する場合、測定温度間は内挿により任意の温度での応力・ひずみ特性を構造解析用に出力可能です。

現在の仕様として、構造解析側で熱伝導解析を行い、部品の温度が変化したとしても、Advanced Material Exchange にて出力設定した温度における応力・ひずみ特性が使用されます。

今回のモデルにおいては 23°C の温度データを[選択]し、[閉じる]をクリックします。

右下に見える二本の黒い線は、表示上だけの問題です。フィッティング/補間データの表示をオフにすると消えます。

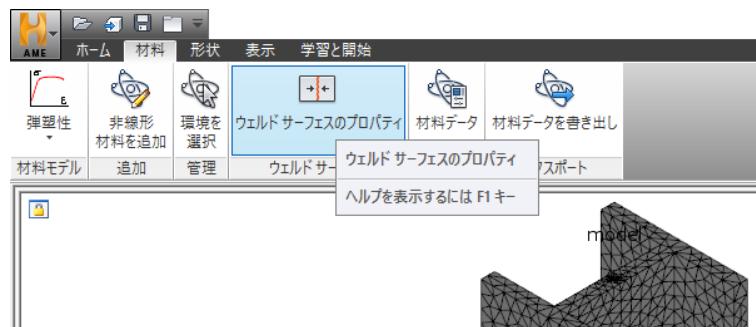


ウェルドサーフェスのプロパティ設定

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できます。

[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]を選択します。

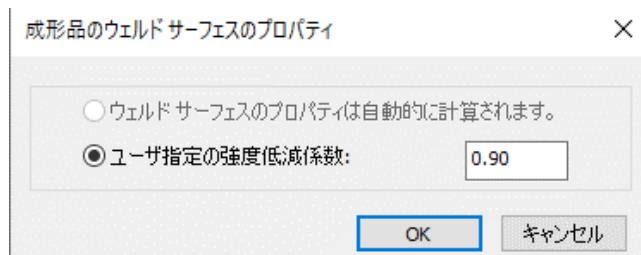
もし、Moldflow で出力設定を行っていない場合、グレーアウトされて選択できません。



ウェルドサーフェスのプロパティダイアログにて、ウェルドサーフェスの設定を行います。

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。

Moldflow の標準データベースには現在、ウェルドラインの強度パラメータは登録されていませんので、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。



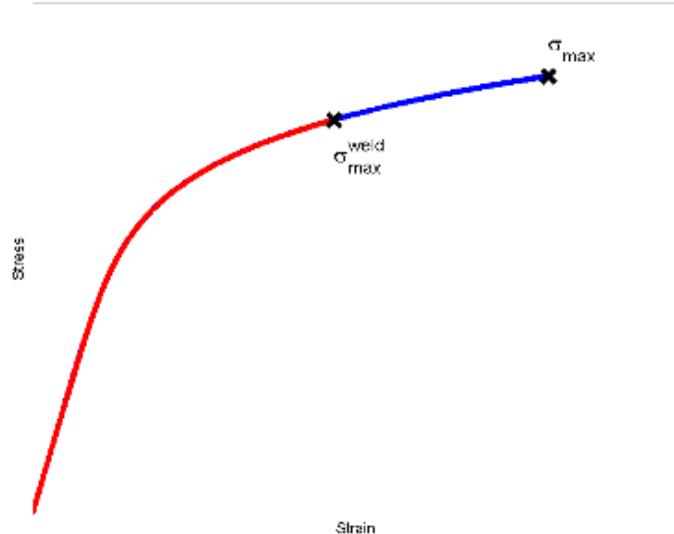
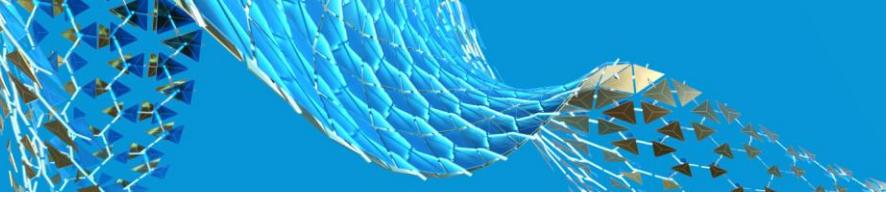
今回のモデルでは、ユーザ指定の強度低減係数として 0.9 を入力します。[OK]をクリックすると、マッピングが開始されます。強度低減係数の入力範囲は 0 より多く、1 以下になります。

参考情報

強度低減係数は、材料の強度の尺度を変更するための乗数として適用されます。具体的には材料の最大有効応力 $\sigma_{eff,max}$ の尺度を変更します。

$$\sigma_{max}^{weld} = \eta \sigma_{eff,max}$$

ここで、 η は強度低減係数であり、 $0 < \eta \leq 1$ の範囲に収める必要があります。こうして最大有効応力の尺度を変更することで、ウェルドサーフェスがない場合よりも早く、ウェルドサーフェス上の材料が破損します。



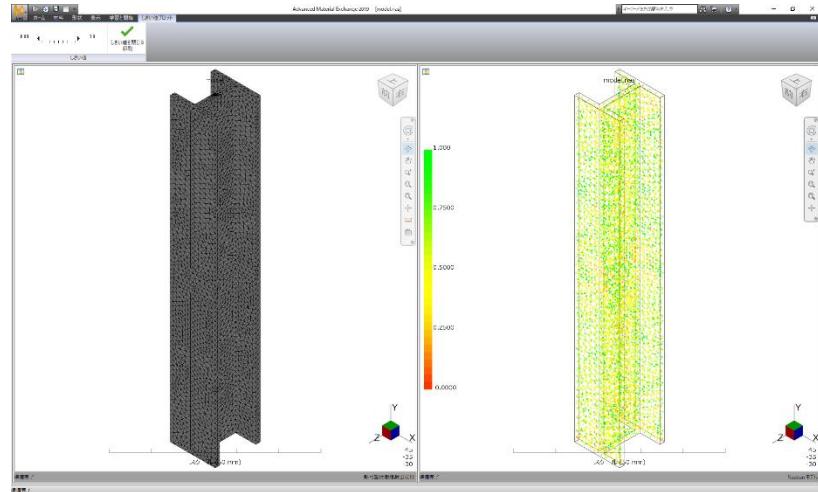
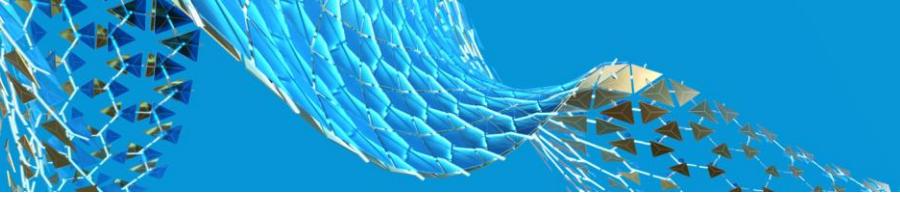
マッピングの適性プロット

Nastran モデルと Moldflow モデルのメッシュは異なるため、すべての Moldflow 結果の情報が構造解析モデルに渡されるわけではありません。マッピングの適性プロットは構造解析モデルのメッシュの細かさが充分かを、解析実行前に確認することができます。

特に、破断など、大きな応力が加わる場所や、ウェルドラインの位置など充分に適性があるかを確認します。解析上あまり重要ではない位置では、適性が低くても無視可能な場合があります。

[ホーム]タブ:[プレビュー]:[マッピングの適性プロット]をクリックします。





しきい値をスライダで動かすことによって任意の適性値のみ表示可能です。
確認が終了したら、[しきい値プロットを閉じる]をクリックし適性プロット閉じます。([印刷]は Plot の誤訳)



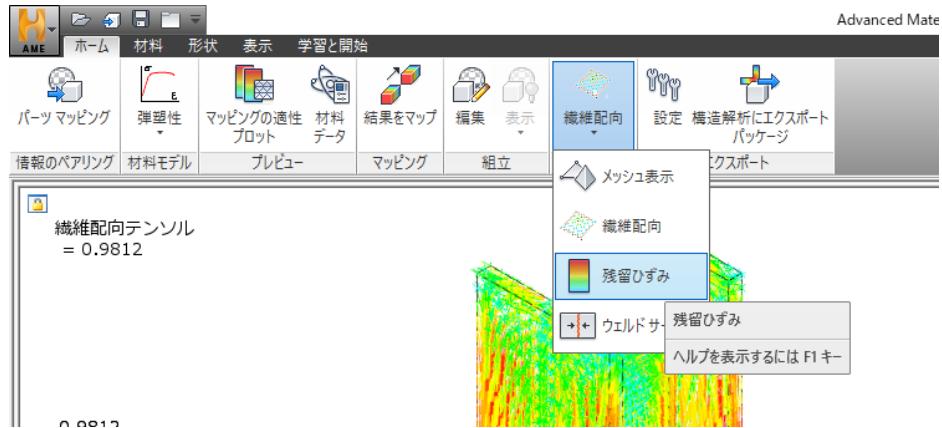
マッピング及びマッピング結果の確認

ウェ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。



大規模モデルではマッピングに時間がかかります。

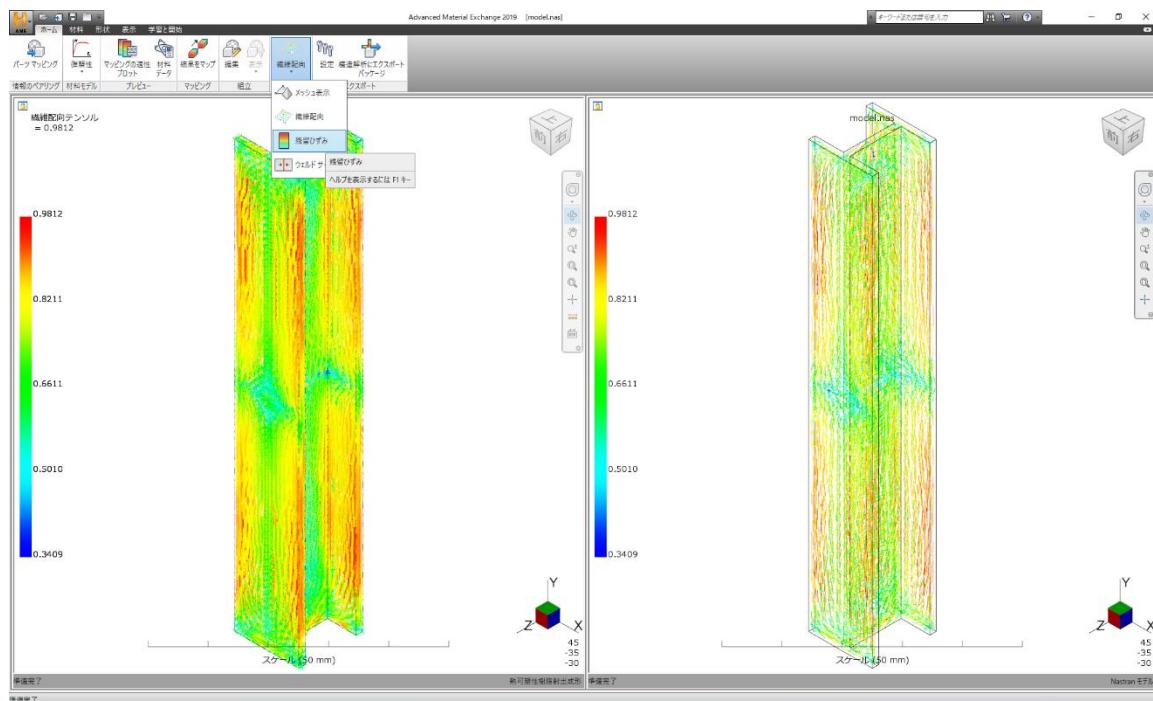
マッピングが終了すると、Moldflow の結果と構造解析モデルにマッピングされた結果が並んで表示されます。



表示可能なマッピング結果は纖維配向、残留ひずみ、ウェルドサーフェス(Moldflow の設定時)および、メッシュとなります。

今回のモデルにおけるマッピング結果、纖維配向表示を確認してみましょう。

モデルの操作方法や、断面表示方法は Moldflow Synergy と同様になっています。



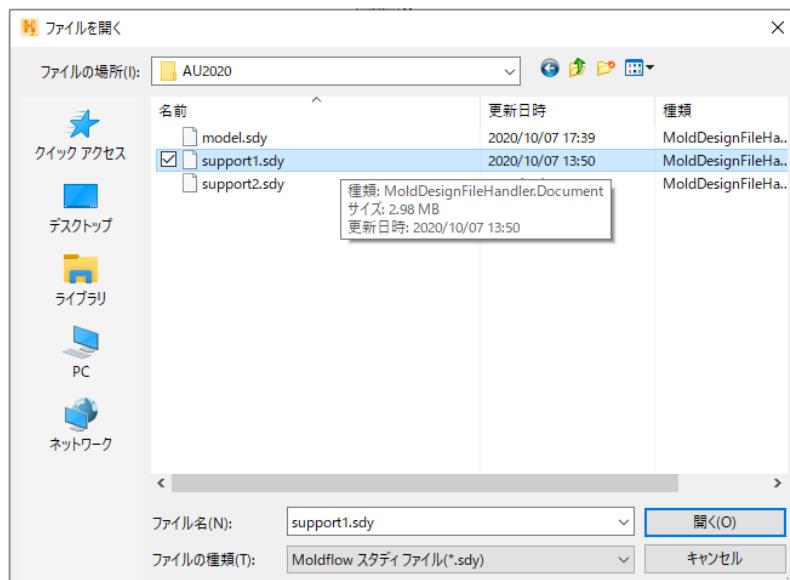
複数の構造解析モデルへのマッピング

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。同じ形状へのマッピングにおいても、一連のマッピング作業では同じスタディを選択できないため、事前に Moldflow にてスタディの複製をしておく必要があります。

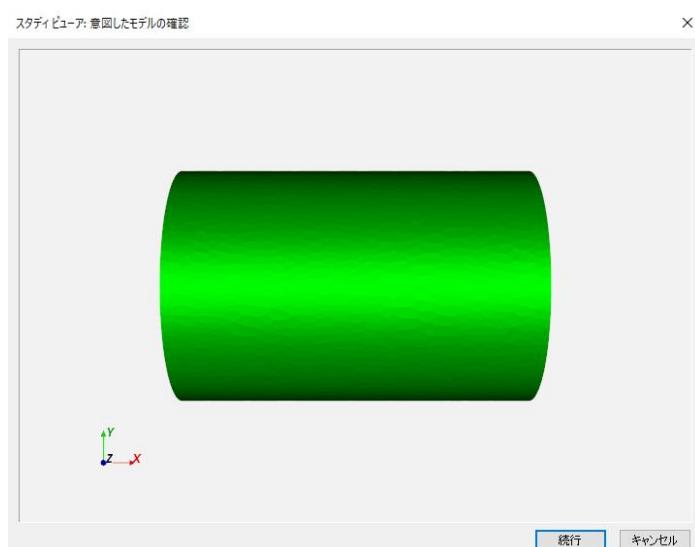
構造解析モデルはすでに選択状態になっていますので、新たにマッピングに使用するスタディを選択します。



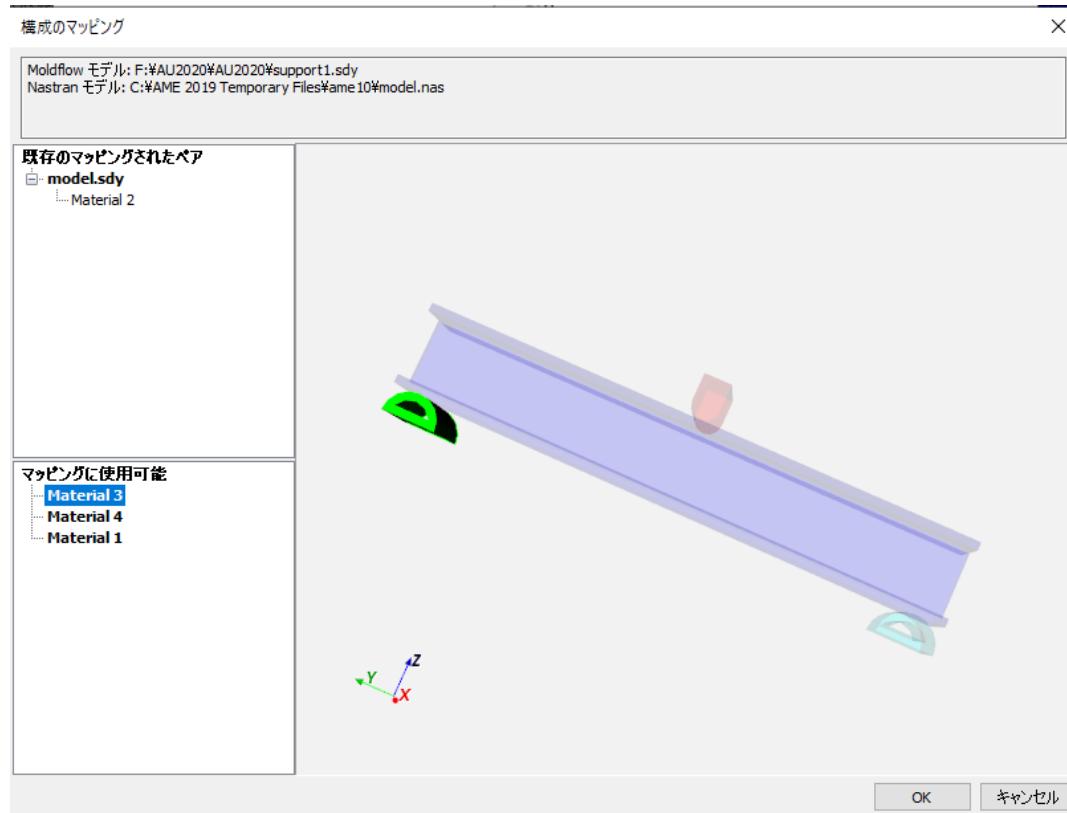
今回のモデルでは、二番目のモデルとして support1.sdy を開きます。



モデルを確認し、[続行]をクリックします。



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既存のマッピングされたペアとして認識されており、選択できなくなっています。そのため、構造解析モデルの部品毎に異なる材料 ID を作成する必要があります。今回のモデルでは材料 ID3 の Material3 を選択し、[OK]をクリックします。

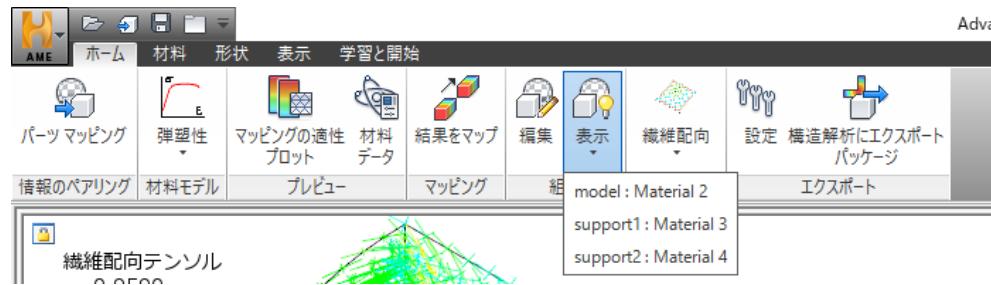


モデルの整列、材料の設定、マッピング作業を同様に行います。

今回のモデルでは、材料モデルとして弾塑性、材料の環境として 23°Cを選択、ウェルドサーフェスのプロパティとして、強度低減係数を 0.9 とします。

最後に Moldflow のスタディファイル support2.sdy を Material4 に割り当て、材料モデルとして弾塑性、材料の環境として 23°Cを選択、ウェルドサーフェスのプロパティとして、強度低減係数を 0.9 と設定し、必要なマッピング作業をすべて終了します。

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。

Helius PFA 解析設定

Inventor Nastran での解析で考慮する現象を設定します。

[ホーム]タブ:[エクスポート]:[設定]を選択します。



設定内容

[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

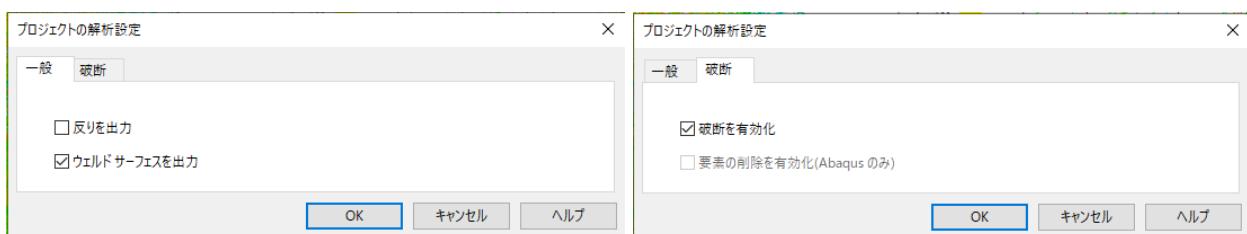
Moldflow でウェルドサーフェス出力設定時に選択
ウェルドサーフェス部とその強度低下を出力します。

[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。

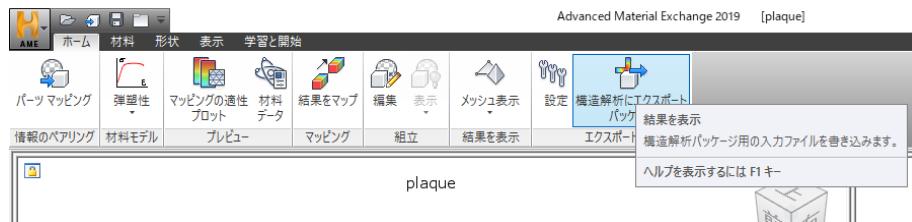
今回のモデルでは、 ウェルドサーフェスを出力と破断を有効化に□を入れます。



Helius PFA 用 Nastran ファイルのエクスポート

Helius PFA の解析設定が含まれた Nastran を出力します。

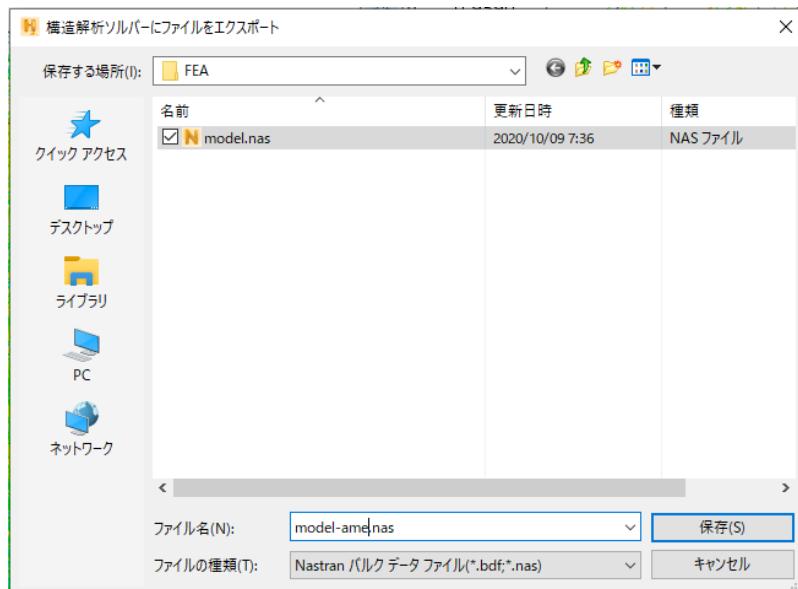
[ホーム]タブ:[エクスポート]:[構造解析にエクスポート]を選択します。



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。

今回のモデルでは、最初に Nastran ファイルを出力したフォルダに model-ame.nas として保存します。



一連のマッピング作業によって、3 つのファイルが出力されます。

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 で構造解析を実行する場合には、これらのファイルをすべて実行する PC にコピーします。



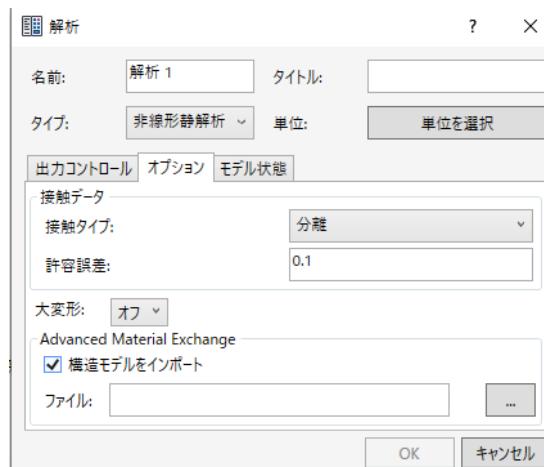
HeliusPFA を用いた Inventor Nastran の解析(手順 9)

Advanced Material Exchange によって出力された Nastran ファイルを用い、Inventor Nastran で Moldflow Insight の解析結果をマッピングした解析を実行します。

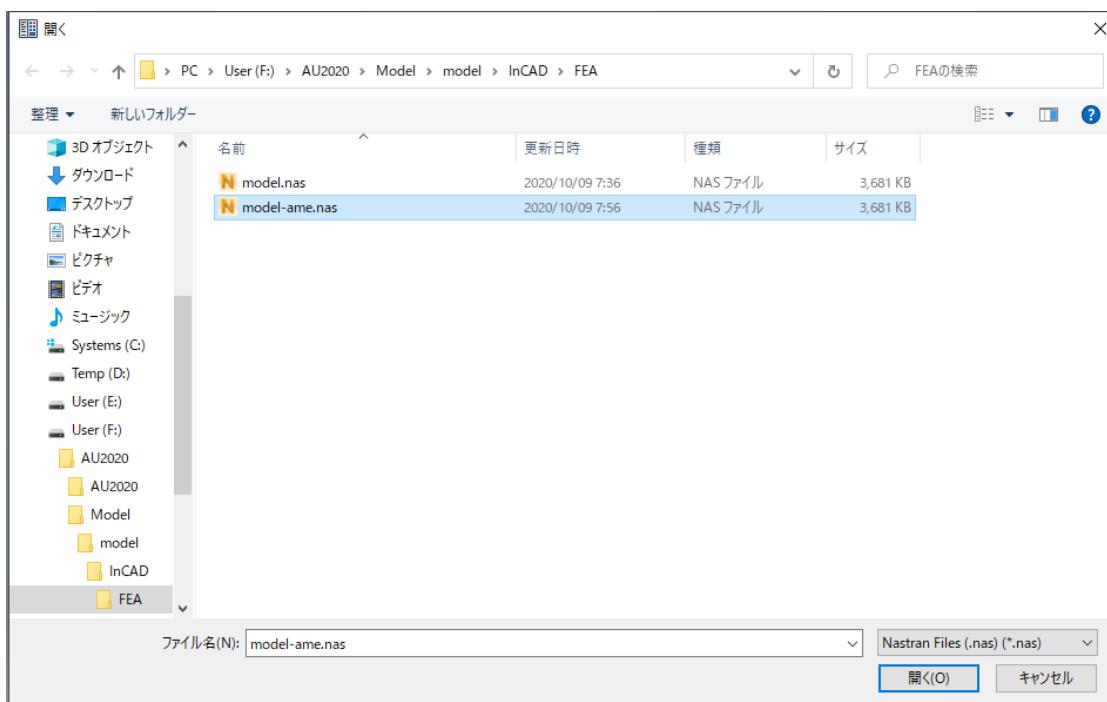
Helius PFA を利用するための Inventor Nastran の設定

最初に設定した Inventor Nastran のモデルを開きます。

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に☑し、Advanced Material Exchange より出力された Nastran ファイルを指定します。



今回のモデルでは、model-ame.nas を指定します。

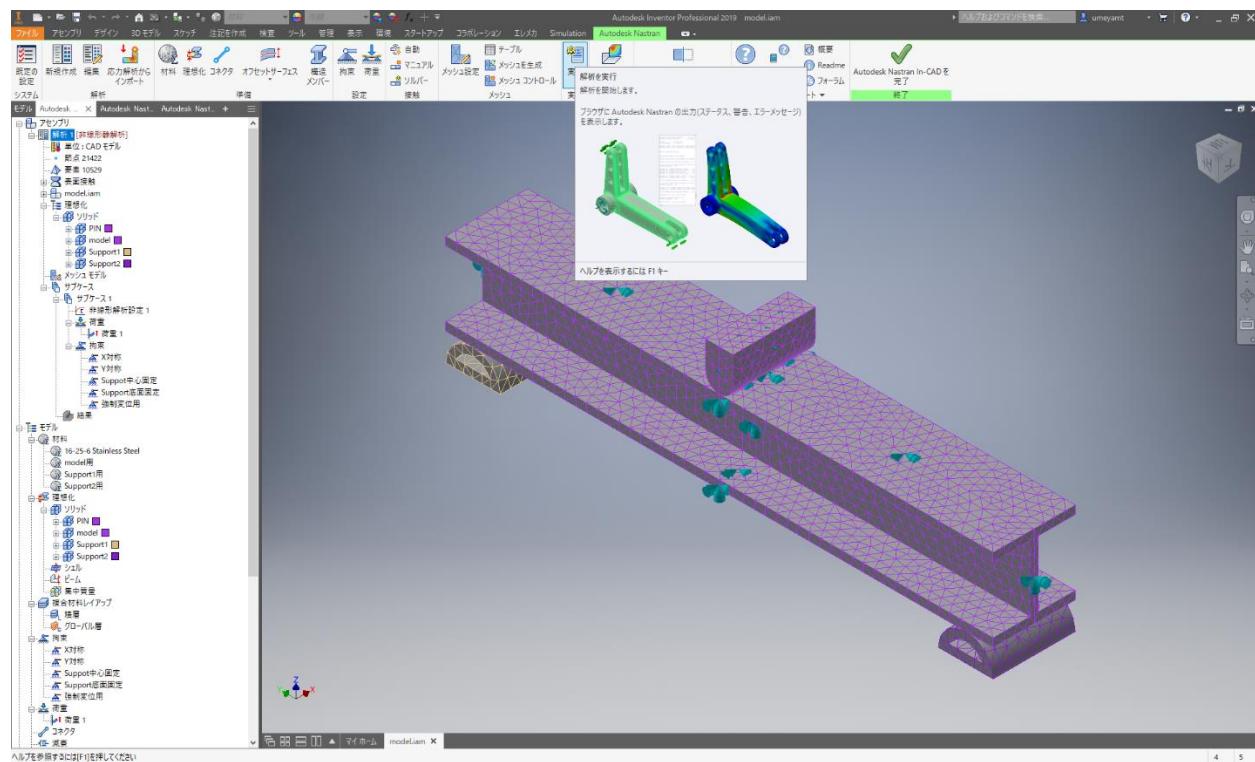


Advanced Material Exchange から出力された Nastran ファイル、.sif ファイル、.hin ファイルが同じ フォルダに存在している必要があります。

解析実行

解析実行します。

解析実行する際には Inventor Nastran のライセンスと共に Helius PFA のライセンス、または Insight Ultimate のサブスクリプションライセンスが必要となります。



Helius を用いた Inventor Nastran の解析結果

Inventor Nastran で Moldflow Insight の解析結果をマッピングした解析の結果を紹介します。

Nastran の標準の解析結果

まずは Nastran の標準的な解析結果を確認してみましょう。

複数結果のアニメーションはモデルツリーの結果を右クリックし作成します。

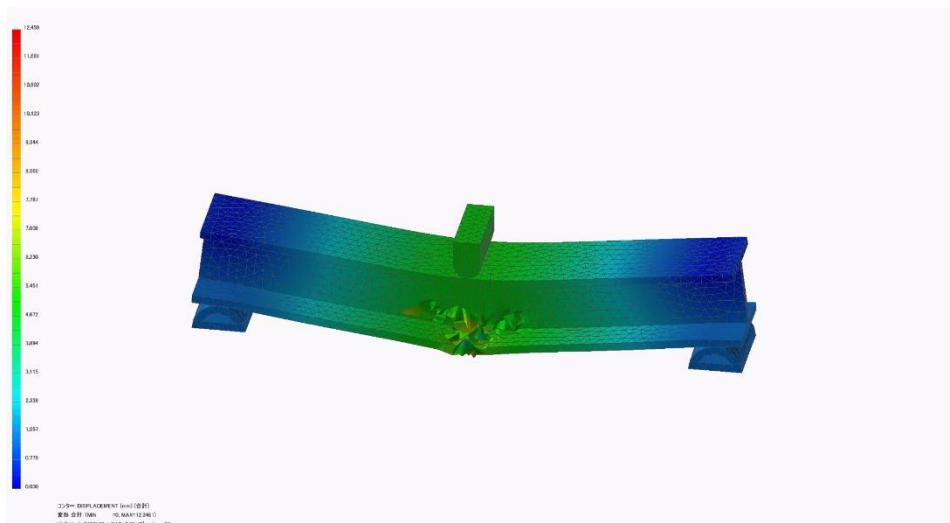
詳しくは Help を参照してください。

<http://help.autodesk.com/view/NINCAD/2021/JPN/?guid=GUID-87375AFD-1BF4-487A-BEC9-94B5A7B45CA7>

Inventor Nastran 2019 で増分数が多い複数結果のアニメーションを作成すると、Inventor が異常終了することがあります。最新版の Inventor Nastran でポスト処理を行った方が安定して複数結果のアニメーションを作成できます。

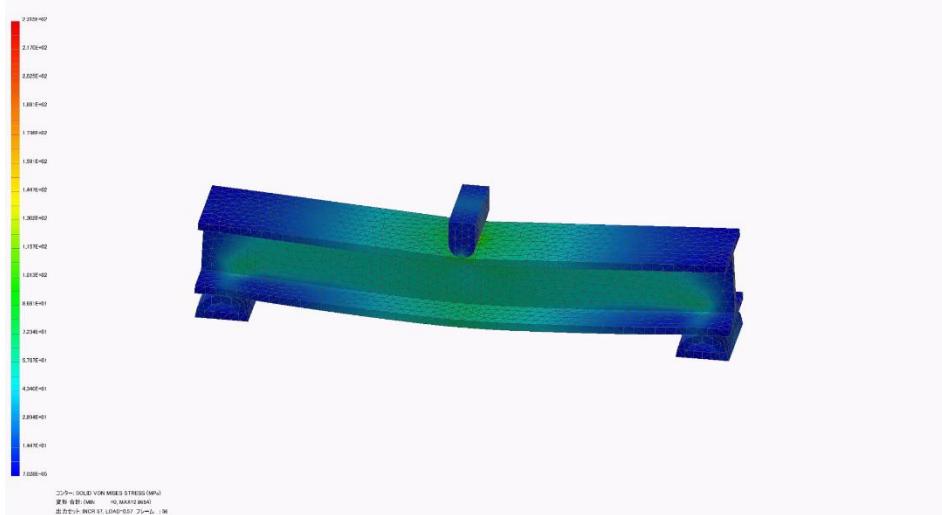
変位結果

PIN が押下されていくと、model の下部が破断することがわかります。

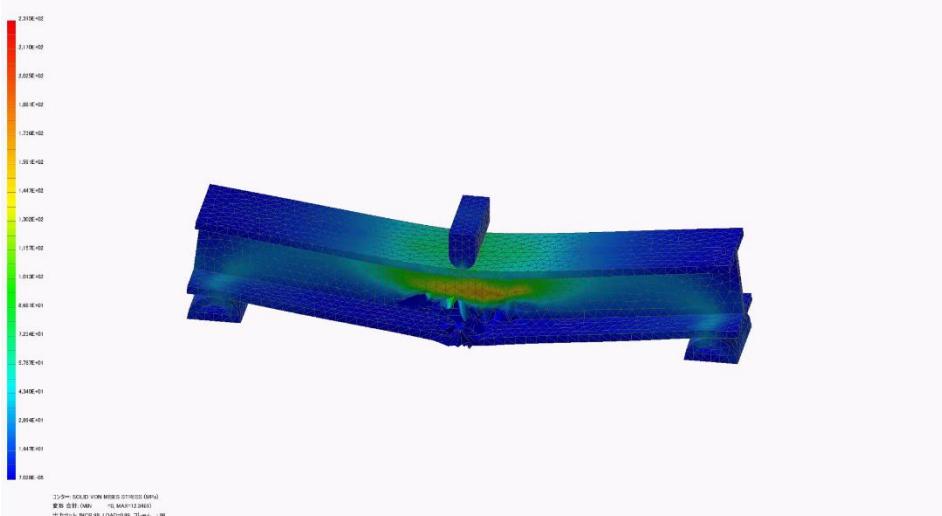


ミゼス応力結果

PIN が押下されていくと、model の下部の応力値が上昇することがわかります。

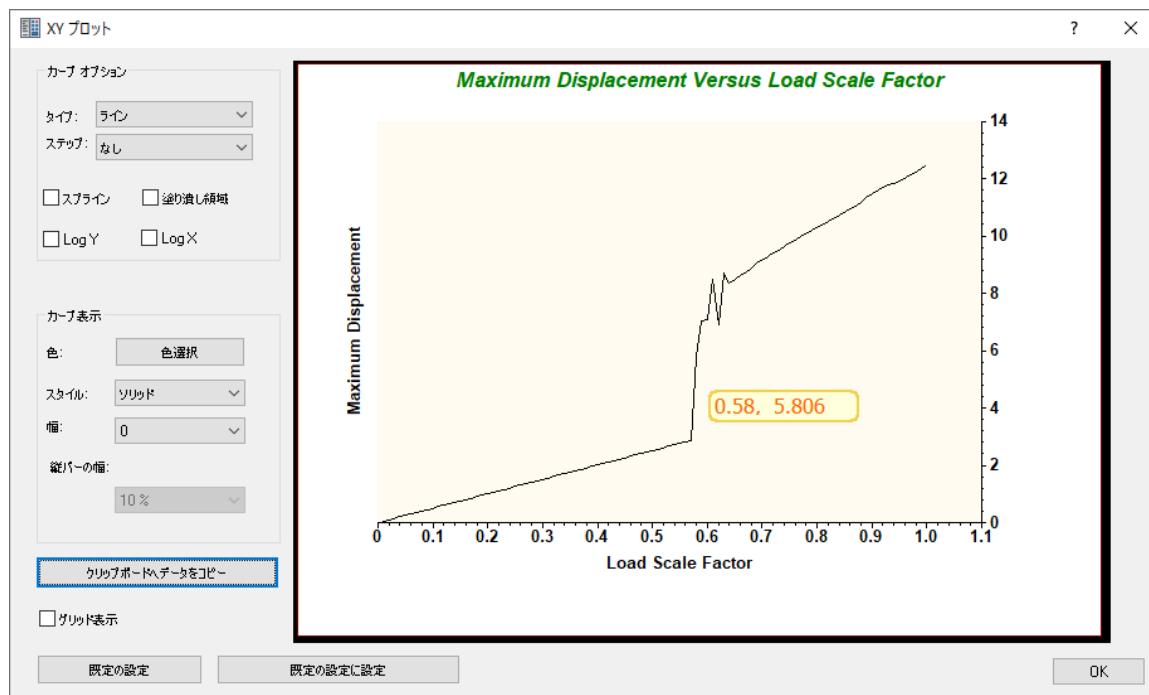


モデルが破断すると、破断した部分の応力は解放されます。



XY プロット:最大変位量 vs 荷重スケール

最大変位量 vs 荷重スケールの XY プロットを確認することにより、破断開始点がわかります。このモデルでは荷重スケール 0.58 つまり、強制変位 2.9mm で破断発生しています。

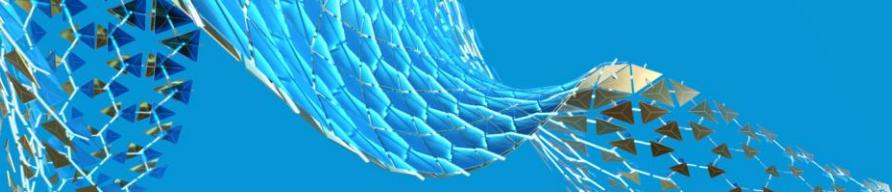


Helius PFA の解析結果

Helius PFA 特有の解析結果を紹介します。

| 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) |

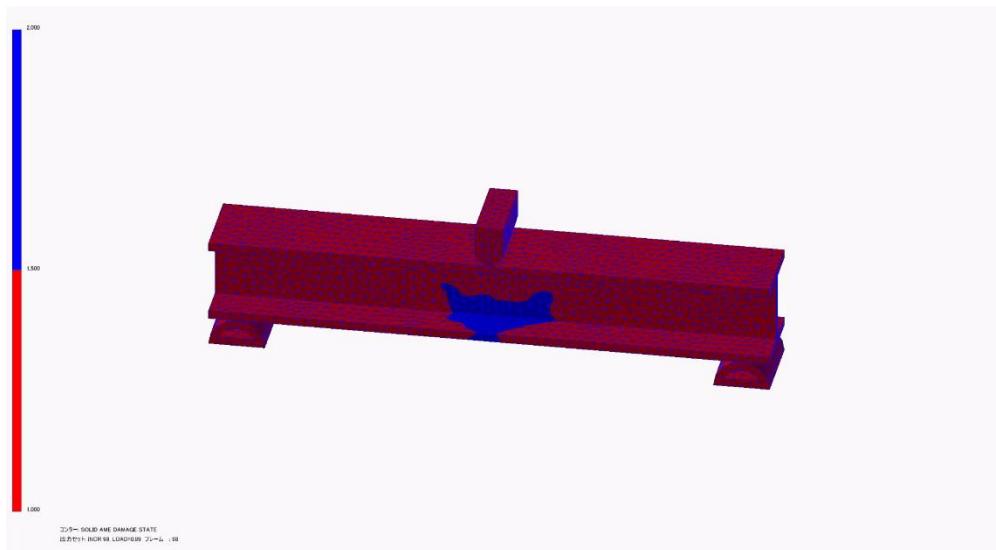
これら解析の内、よく利用する解析結果を説明します。



AME / SOLID AME DAMAGE STATE

破断したと判断された位置を表示

非破壊部位は 1、破壊部位は 2 となりますので、フリンジ表示が分かり易くなります。



AME / SOLID FAILURE MODE

非破壊部位は 0、引張による破壊部位は 1、圧縮による破壊部位は 2 と表示されます。

ただし、圧縮の応力ひずみデータがない場合、すべて引張による破壊と表示されます。

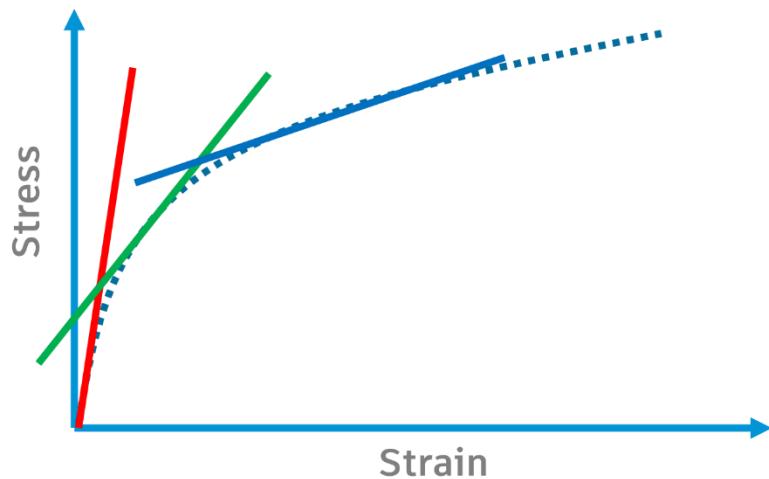
SOLID AME DAMAGE STATE と同様に、フリンジ表示が分かり易くなります。

今回のモデルでは引張による破壊が発生しているとわかります。



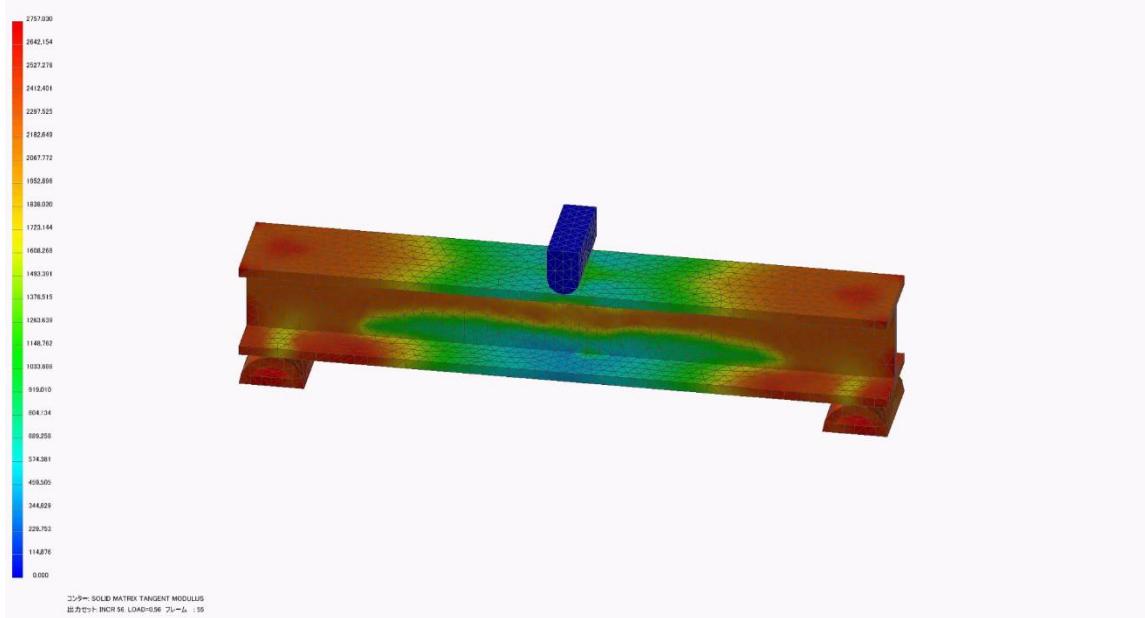
AME / SOLID MATRIX TANGENT MODULUS

母材の接線弾性率を表示します。母材軟化状態を示す結果となります。
ひずみが大きくなるにつれ、接線弾性率、つまり曲線の傾きは小さくなります。
つまり、より変形しやすくなっていることを示します。



この結果を利用すると、形状的に強度を上げる必要がある場所が明確になります。

今回のモデルでは model の上下面の母材の軟化が発生していることがわかります。



Helius PFA を用いた解析結果の評価

通常、解析する理由は破壊など不具合がないことを確認するために行いますので、重要なのは破断する部位とその時の荷重条件であり、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しょう。
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

Helius PFA を用いた解析は基本的に非線形性が高い解析になりますので、解析設定によってはうまく収束しないことがあります。その時の確認事項を以下に示します。

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。

マッピングに使用する材料 ID の物性を Moldflow 解析で使用する材料物性に近しい物性に設定して、Inventor Nastran 単体での解析を実行し、解析が収束するかを確認します。

通常の解析で問題なく収束する境界条件、解析条件を見つけてから Helius PFA を用いた解析を進めましょう。

接触条件をより安定な条件で解析

通常の解析でも、非線形接触解析は難易度が高い解析になります。そのため、接触条件をより安定な条件で解析しましょう。

例えば、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、より安定して解析できる条件に変更します。

線形弾性モデルで解析

線形弾性モデルで解析することにより、境界条件の問題か、Helius PFA 関連の設定や、非線形材料物性の問題かの切り分けがしやすくなります。

破断後も剛体運動を抑える境界条件に変更する

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。力や圧力ではなく、強制変位で試してみることで、剛体運動を抑えることが可能です。

破断を無効化して解析

破断の発生は、非常に大きな物性の変化が発生していることを意味します。

破断による解析の不安定性が原因かの切り分けができます。

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です。

.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

以下に 2020 年 9 月末時点での最新バージョン(Helius PFA 2019 と Inventor Nastran 2019 の組み合わせ)での制限を記述します。

非線形静解析で可能な解析以外の解析

Helius PFA との連携ができる機能は、現在非線形静解析のみになります。

熱応力の影響

熱膨張係数が Inventor Nastran にわたらないため、熱荷重を設定しての解析ができません。

重力、慣性力の考慮

密度情報が Inventor Nastran にわたらないため、解析できません。

現状の代替策

ANSYS もしくは ABAQUS を利用します。

残留ひずみを考慮した解析

ここからは、Moldflow で計算された残留ひずみを構造解析で利用する方法を述べます。

現在、Help のチュートリアルにも詳細な設定方法についての記述がありませんので、参考いただければと思います。

ここまで説明に含まれない設定などを利用して、実際のモデルでの設定方法を説明いたします。
射出成形品を後加工した結果、変形が発生する現象を題材とします。

残留ひずみを考慮した解析の基本的な考え方

Moldflow からマッピング用に出力される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ります。

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 以降で必要な荷重条件での解析を実施することになります。

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します。

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します。

残留ひずみの解放サブステップの非線形解析設定は、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ありません。

しかし、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、増分数を多めに調整する必要があります。

題材の説明および仮定、前提条件

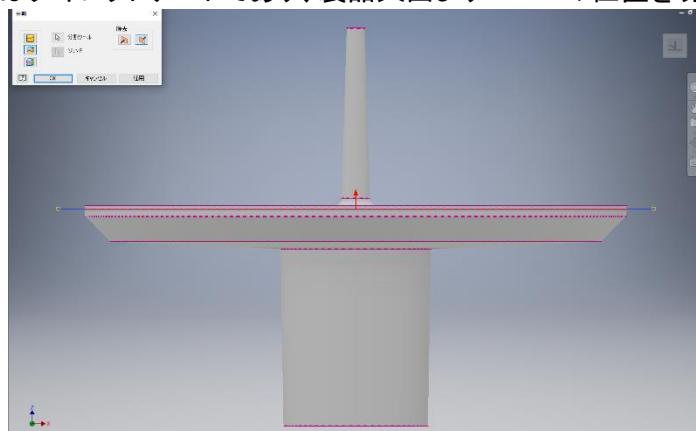
射出成形品のスキン層を加工によって取り除くと変形が発生します。この現象を、残留ひずみが考慮できる Helius PFA と Inventor Nastran の連携で確認してみます。

今回のモデルでは、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ません。

この内容により、残留ひずみを考慮した解析方法、Moldflow モデルと構造解析モデル形状が異なる場合の位置合わせ方法、材料モデルの変更が学習できます。

解析モデルファイル名 : Chuck_inj.stp、Chuck_cut.stp

射出成形品形状はダイレクトゲートであり、製品天面より 1mm の位置を切削加工が入ります。



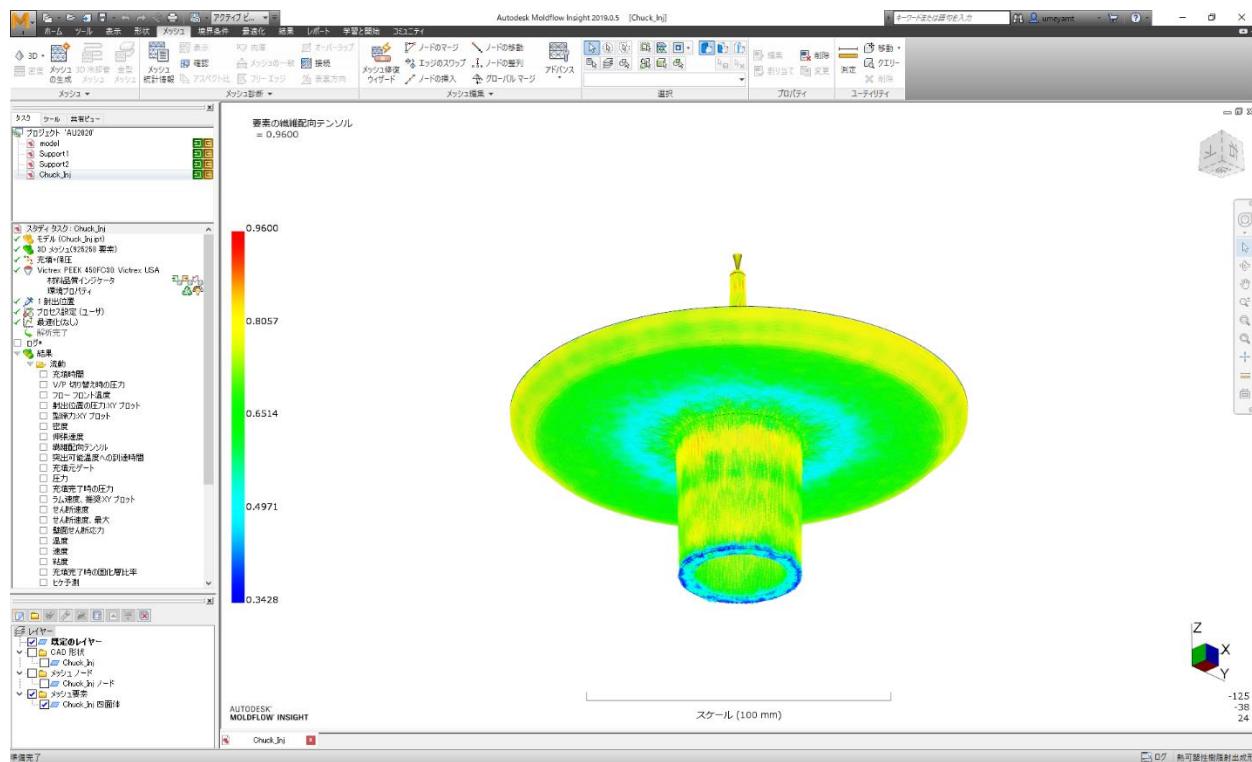
Moldflow Insight の解析

今回のモデルでは、樹脂として Victrex PEEK 450CF30 を使用します。

この樹脂データには応力ひずみ特性は含まれていません。

Chuck_inj.stp ファイルを用いて、充填+保圧解析を行います。

ウェルドサーフェスの強度解析設定を行う必要はありません。



Inventor Nastran の解析設定

残留ひずみを考慮した解析用の Inventor Nastran の解析設定を説明します。

使用するモデルは加工後の形状である Chuck_cut.stp になります。

基本的な Inventor Nastran の解析設定

まず、通常の Helius PFA を利用した構造解析と同じ設定について簡単に説明します。

先に説明した解析設定と同様に設定する項目は以下になります。

パラメータ TETREDORD をオフに変更します。

解析タイプを非線形静解析に変更します。

必要に応じ、要素の出力セットとしてひずみを選択、合わせてデータセットを図心に変更します。

大変形をオフに変更します。

適当な材料を作成し、ソリッド要素にモデルと材料を割り当てます。

メッシュは、サイズ 2mm、二次要素で作成します。

残留ひずみを考慮する場合の Inventor Nastran の解析設定

拘束条件は残留ひずみを考慮した後に荷重をかけて計算する場合の拘束条件と同じ拘束条件を設定します。

荷重を設定する位置は、解析上重要でない位置にします。

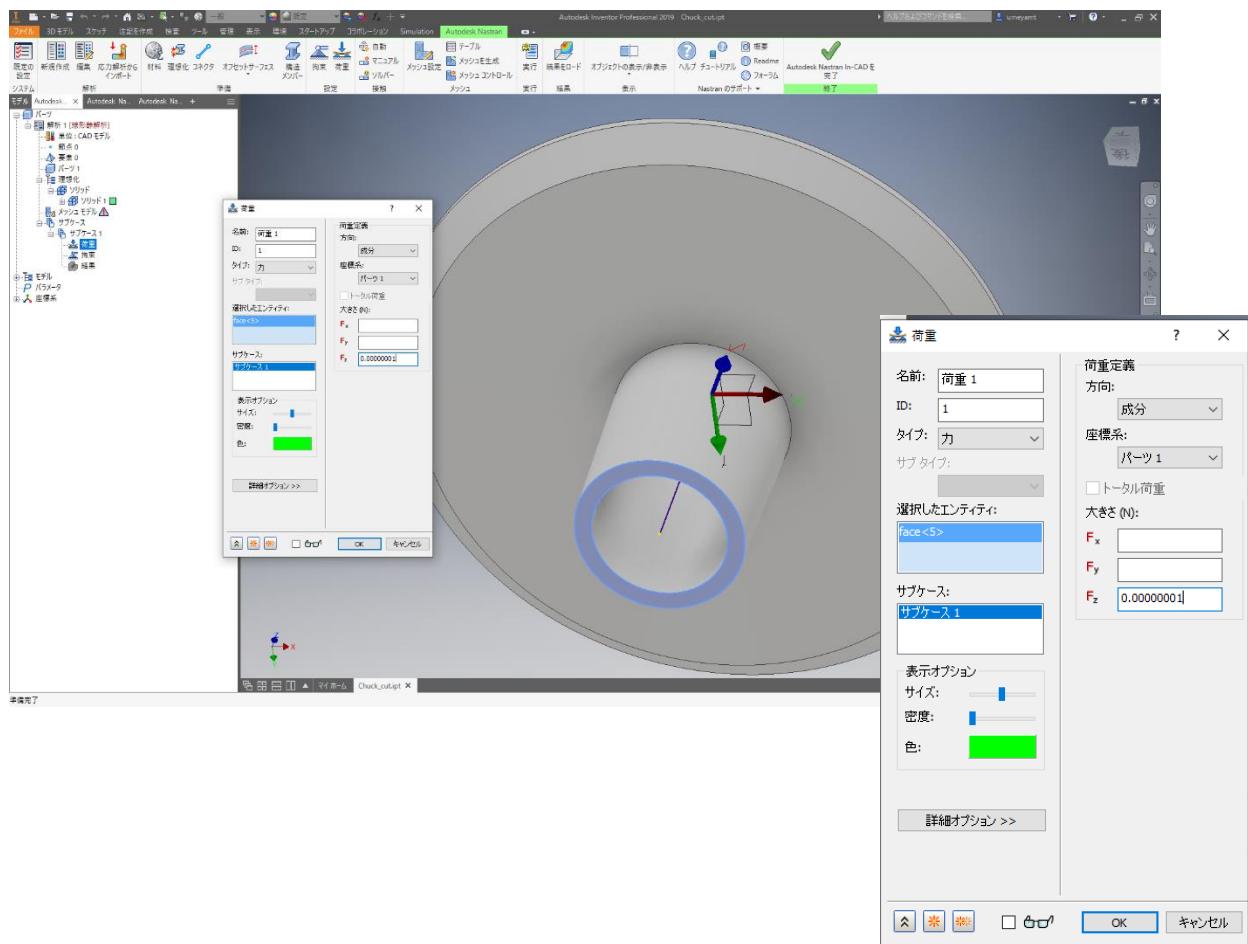
負荷する力は極微小の値とします。

残留ひずみの考慮で微小な荷重を作成する理由は、Nastran の制限として、計算上必ず荷重条件が必要なためです。

今回のモデルでは、残留ひずみのみを考慮します。

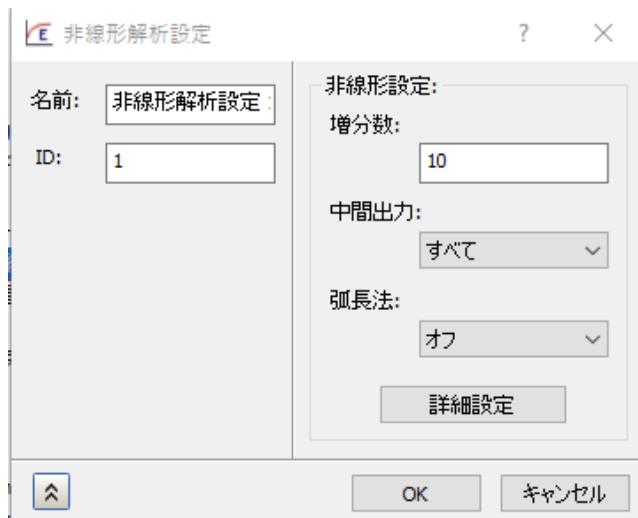
完全拘束条件を軸内面に設定します。

軸底面に荷重として力を設定します。 $(F_z=0.00000001)$



非線形解析設定の増分数は少なくとも問題ありません。また、中間出力は保存しなくともよいでしょう。

今回のモデルでは増分数 10 としています。



すべて設定したら、Nastran ファイルを生成します。

分かり易くするため、ファイル名として Chuck_cut.nas と変更します。
解析モデルは保存しておきます。

Advanced Material Exchange による Moldflow の結果マッピング

残留ひずみを考慮した解析用の Advanced Material Exchange の設定を説明します。
また、今まで説明していなかった材料モデルの変更方法等も合わせて紹介します。

Moldflow 解析モデルと Inventor Nastran 解析モデルのインポート

Moldflow の設定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、スタディのインポート時に警告ダイアログが出てきますので、[OK]をクリックします。



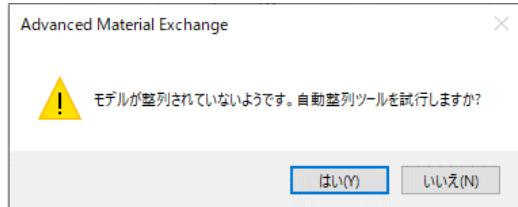
また、Helius PFA のバージョンよりも古い Moldflow のスタディファイルをインポートすると、Moldflow の解析を新しいバージョンで行うことを促すダイアログが表示されます。

これは新しいバージョンでは、応力ひずみ曲線のフィッティング方法等が改善されているため、新しいバージョンでの解析結果を用いる方が、精度が向上すると考えられるからです。

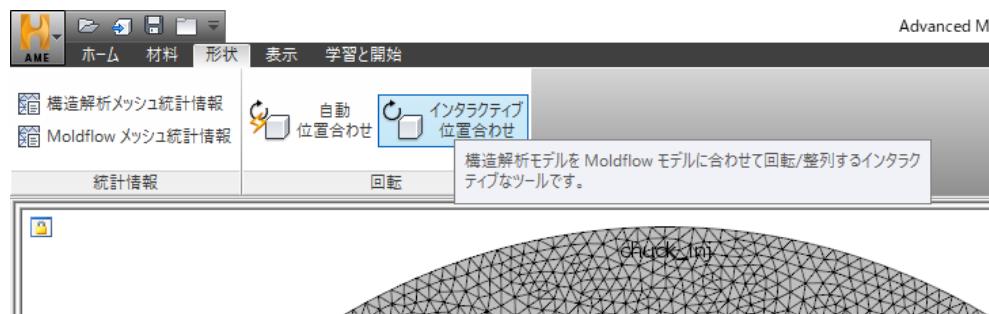
今回使用する Moldflow スタディ名は chck_inj.sdy になります。

Moldflow 解析モデルと Inventor Nastran 解析モデルの位置合わせ

今回のモデルでは、Moldflow の解析モデルと、Inventor Nastran の解析モデル形状が異なるため、自動位置合わせが利用できません。そのため、自動整列ツールの利用を促すダイアログでは[いいえ]をクリックします。



自動整列ツールを利用しませんので、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]を選択します。



回転/移動ツールが起動します。

操作方法概略

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]をクリックします。

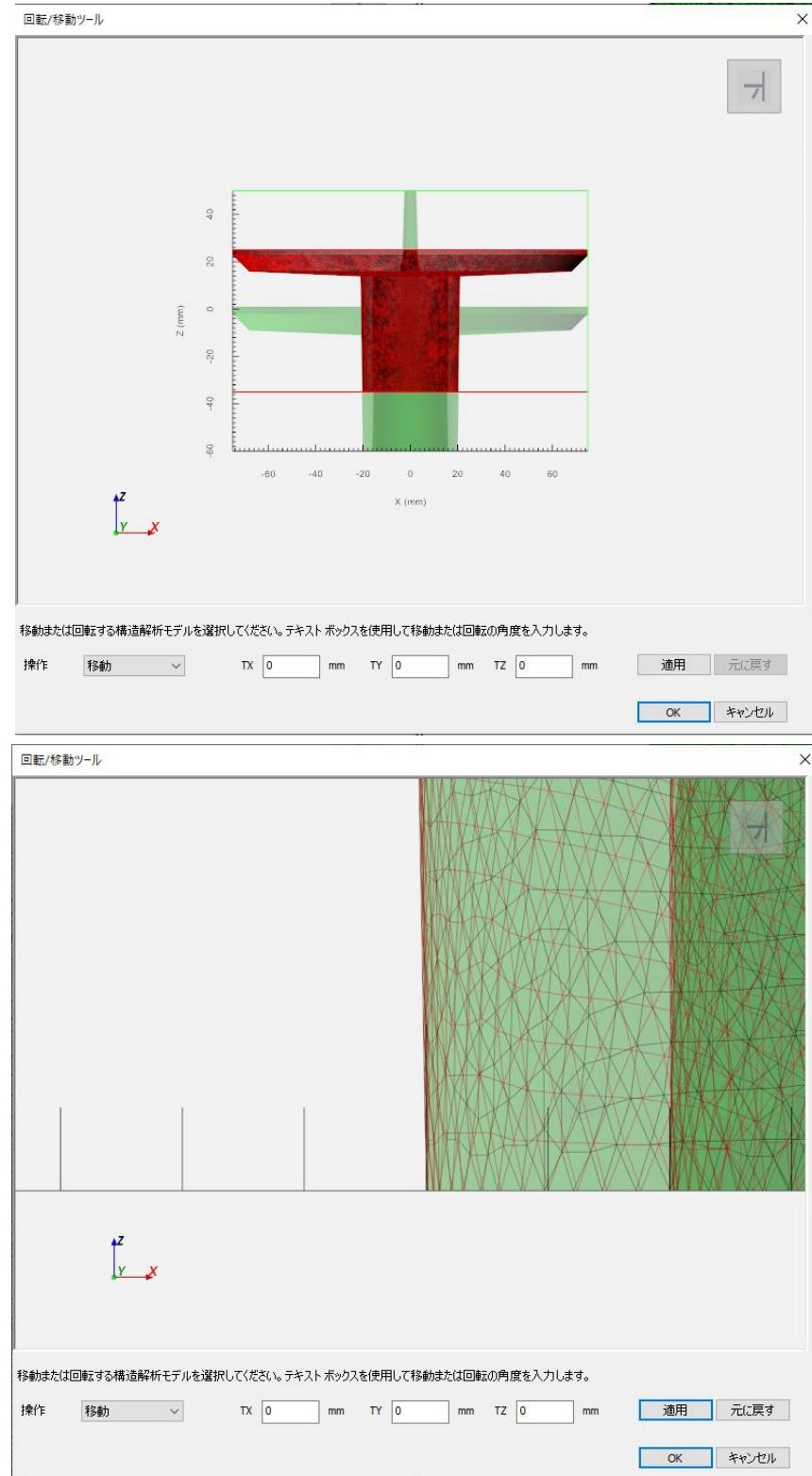
[適用]をクリックしても、各項目に入力数値は保存されています。

[元に戻す]で[適用]クリック前の位置に戻ります。

今回のモデルでは、TZ に-25 を入力し、[適用]をクリックし、位置があったことを確認し、[OK]をクリックします。

Moldflow のレイヤー表示によって、最初の位置が変わることがあります。

位置合わせが確認できるエッジ部分を拡大して、問題なく位置合わせができているかを確認します。



材料モデルの変更

今回のモデルでは、応力ひずみ特性を用いず Moldflow 標準データベースに登録されている機械物性を用いて構造解析を行います。

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]を選択します。

材料モデルとして線形弾性モデルを選択した場合、環境選択は行う必要はありません。



また、Moldflow の解析設定でウェルドサーフェスの強度解析を出力しておりませんので、ウェルドサーフェスプロパティのメニューはグレーアウトされて、選択できません。

マッピングの実行

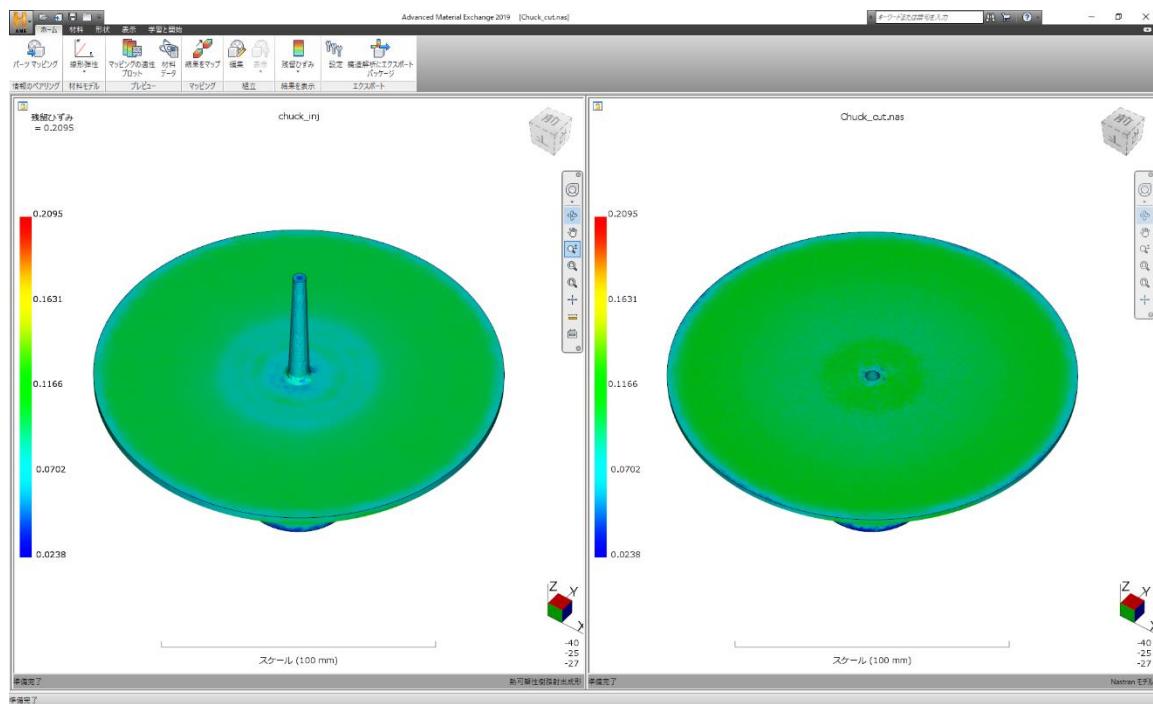
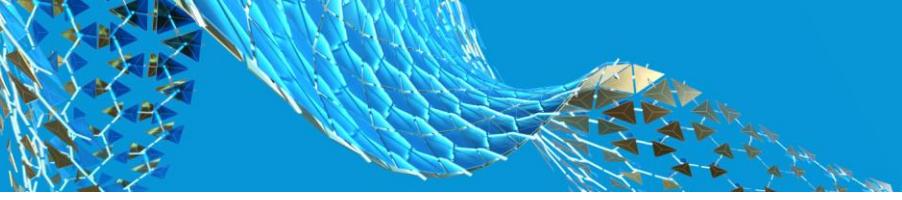
マッピングを実行します。

[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。



マッピングの結果確認

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。



Helius PFA 用の解析設定

Helius PFA 用の解析設定を行います。

今回のモデルでは、材料モデルとして線形弾性モデルを使用し、ウェルドサーフェスプロパティが存在しないことから、ウェルドサーフェスの出力と破断の有効化はグレーアウトされて選択できません。

残留ひずみを考慮するために反りを出力にを入れ、[OK]をクリックします。

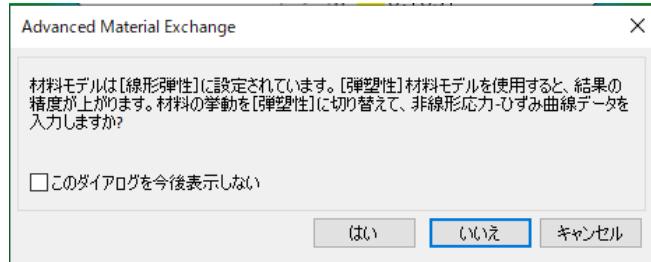


Helius PFA 用 Nastran ファイルのエクスポート

Helius PFA 用の Nastran ファイルおよび解析用の追加ファイルを出力します。

[ホーム]タブ : [エクスポート] : [構造解析にエクスポート]を選択します。

材料モデルを線形弾性にしている場合、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]をクリックして、Nastran ファイルを保存します。

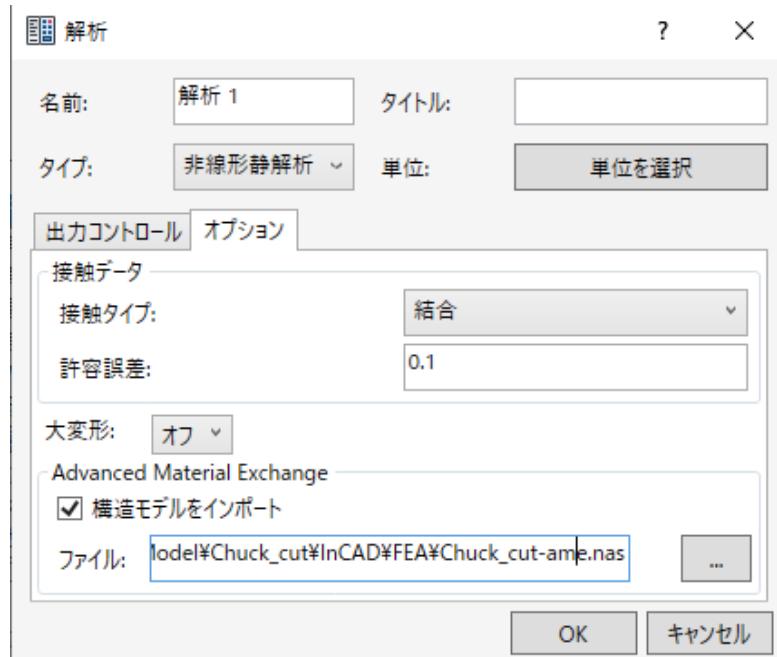


ファイル名は chuck_cut-ame.nas とします。

HeliusPFA を用いた Inventor Nastran の解析

Advanced Material Exchange によって出力された Nastran ファイルを用い、Inventor Nastran で Moldflow Insight の解析結果をマッピングした解析を実行します。

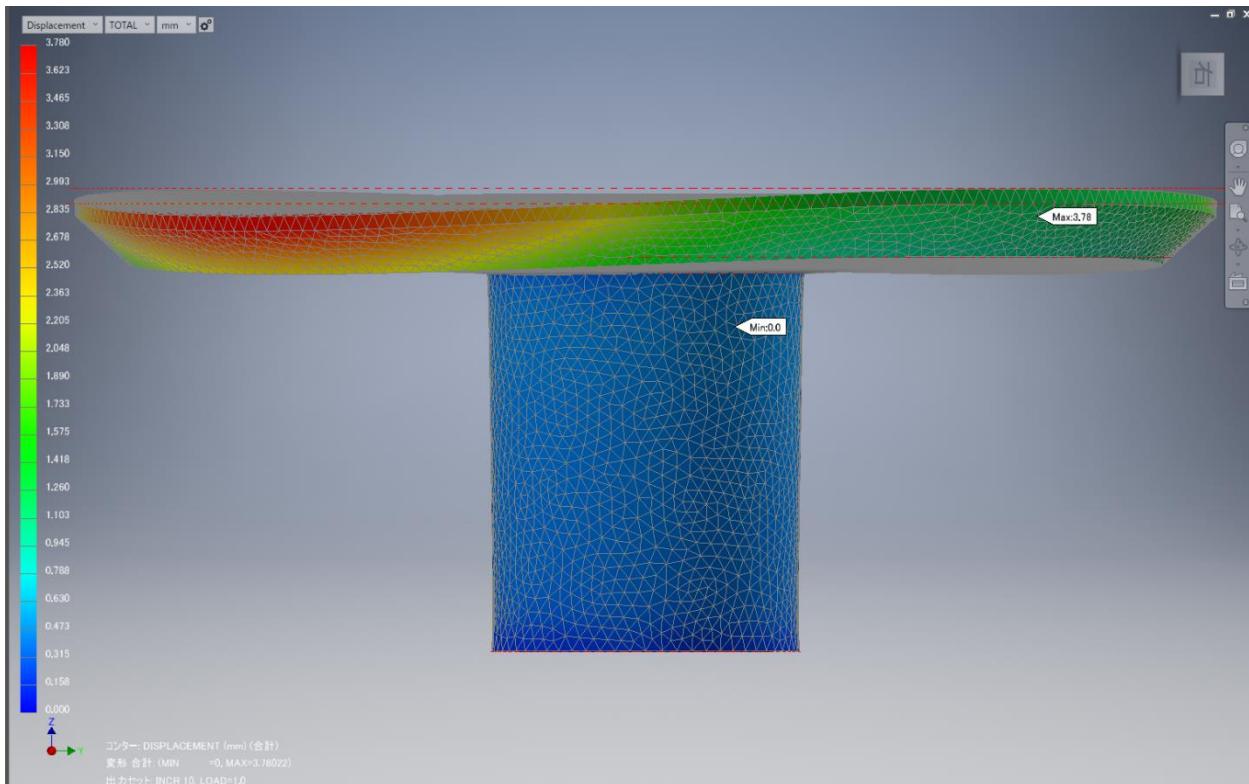
解析設定で構造モデルをインポートに☑を入れ、chuck_cut-ame.nas を指定しま、解析を実行します。



Helius PFA を用いた Inventor Nastran の解析結果

変位結果を確認します。

スキン層が除去された結果、変形した結果が得られます。



弾塑性モデルに利用可能な応力-ひずみ曲線の要件

ここでは、非線形材料物性として入力する応力ひずみ曲線の要件について説明します。

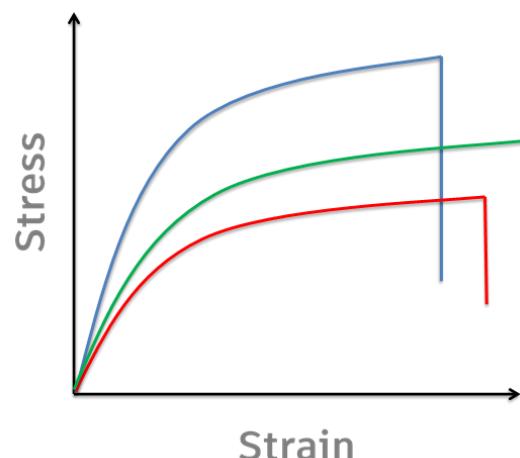
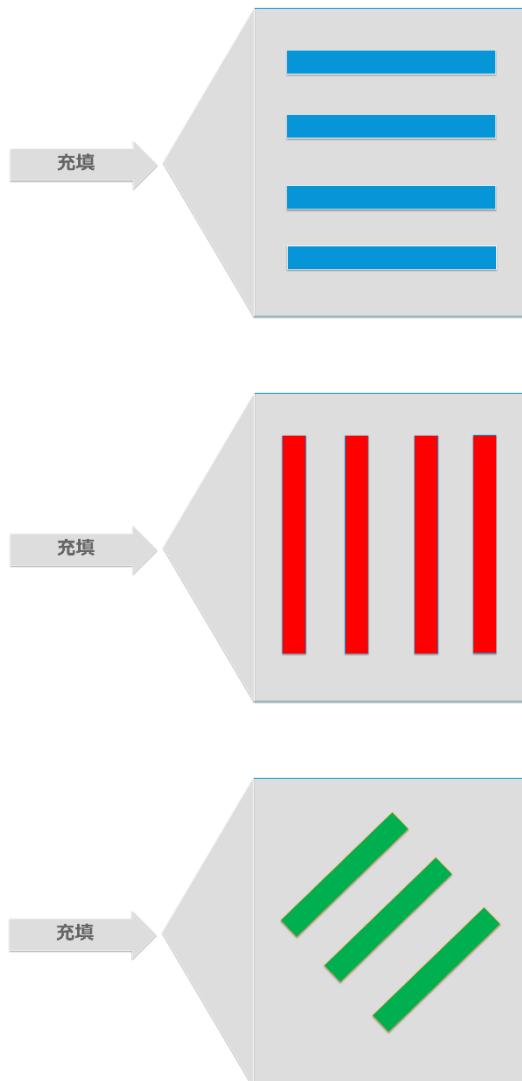
繊維強化材料の応力ひずみ曲線の要件

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°



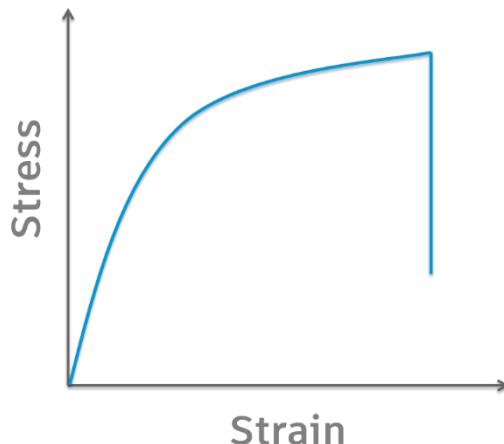
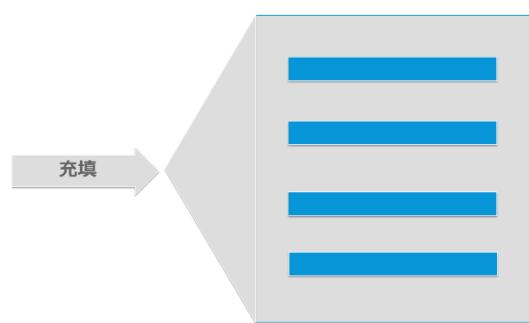
非強化材料の応力ひずみ曲線の要件

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°



応力ひずみ曲線データの要件

必要なデータ

応力、ひずみ、角度、温度、相対湿度、ひずみ速度
指数表示は使用できません。

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、ひずみ速度の順序

各データは、カンマ、セミコロン、コロン、またはタブで区切れます。

入力データがない場合、連続した区切り文字でデータなしを表現します。

データ点数

15 点以上 かつ 1 点以上が材料の弾性範囲内に存在することが必要です。

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かかり、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。

非線形材料物性を追加した Moldflow 材料データベースファイル(ldb ファイル)をエクスポート可能です。その材料を使用して Moldflow 解析を行えば、非線形材料物性を追加する手順が省略可能です。

サマリー

今回のこの資料では、

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 モデルへの 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-ひずみデータの要件

についての説明をさせていただきました。

ソフトウェアバージョン

今回の資料で説明に使用したソフトウェアバージョンは

Inventor Professional 2019.4.9

Autodesk Nastran InCAD 2019.2.0.288

Autodesk Nastran 2019 ver.13.2.0.168

Helius PFA 2019 FCS

Moldflow Insight 2019.0.5

になります。