

MultiProfileSimulator／FEMAPを利用した異形押出解析チュートリアル(Ver.8.0.0)

MultiProfileSimulator Ver.8.0.0では、FEMAP とのモデルインターフェース機能が強化されました。
本資料①②では、FEMAP上にインポートした既存2次元形状データ(図面情報など)用いて、
2次元メッシュモデルの作成を行うための運用方法を説明します。
次に③④⑤では、MultiProfileSimulator を用いて異形押出解析を行うための基本運用方法について説明し、
⑥ではVer.8.0.0で機能追加された滑り解析の運用方法を説明します。

本資料の構成 (FEMAP機能)

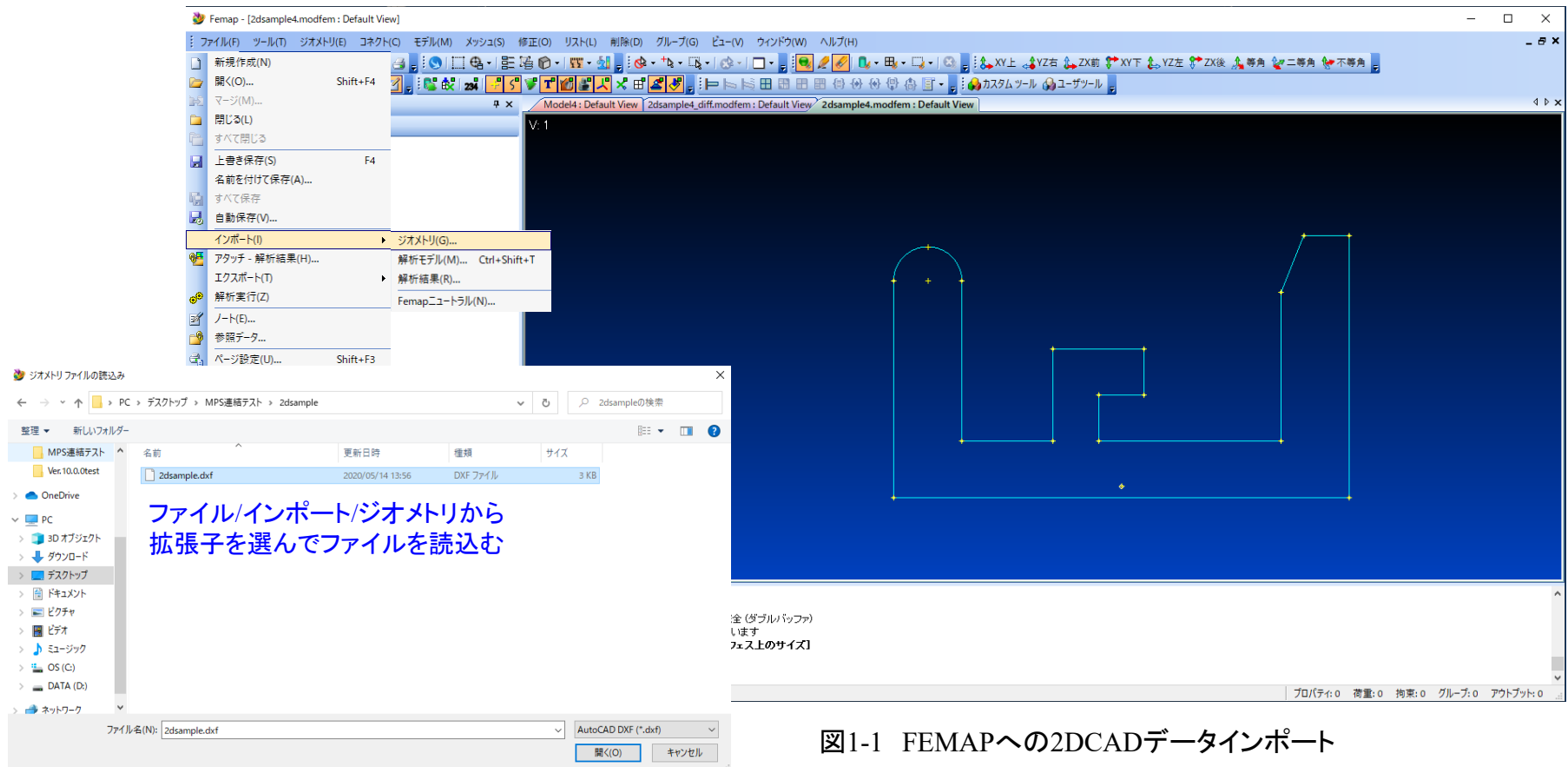
- ① FEMAPを利用した2次元メッシュモデルの作成 :p.1～6
- ② MultiProfileSimulator へのFEMAP ニュートラルファイルインポート :p.7～8

(MultiProfileSimulator機能)

- ③ 3D Mesher/Z方向押出による3Dメッシュの作成 :p.9～11
- ④ 解析条件設定～解析実行 :p.12～16
- ⑤ 解析結果の確認／Postprocessing :p.17～22
- ⑥ 解析条件の設定／滑り解析 (Ver.8.0.0新機能) :p.23～28

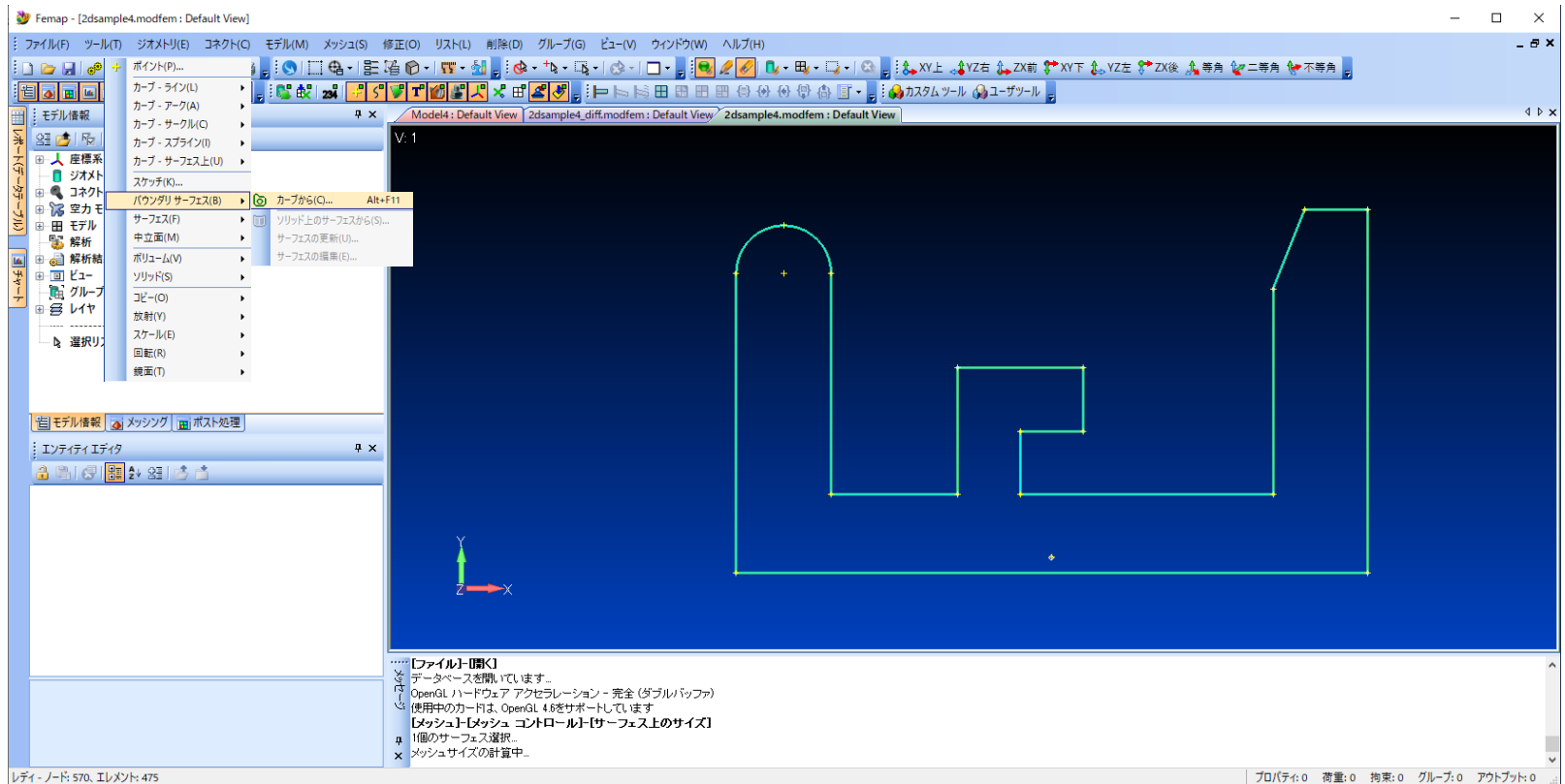
① FEMAPを利用した2次元メッシュモデルの作成

(1) ファイル/インポート/ジオメトリ を選択し、FEMAPに2DCAD情報(.dxf, .igs など)をインポートします。



① FEMAPを利用した2次元メッシュモデルの作成

(2) ジオメトリ/バウンダリサーフェス/カーブから を選択し、一筆書で定義される閉曲線を作成します。

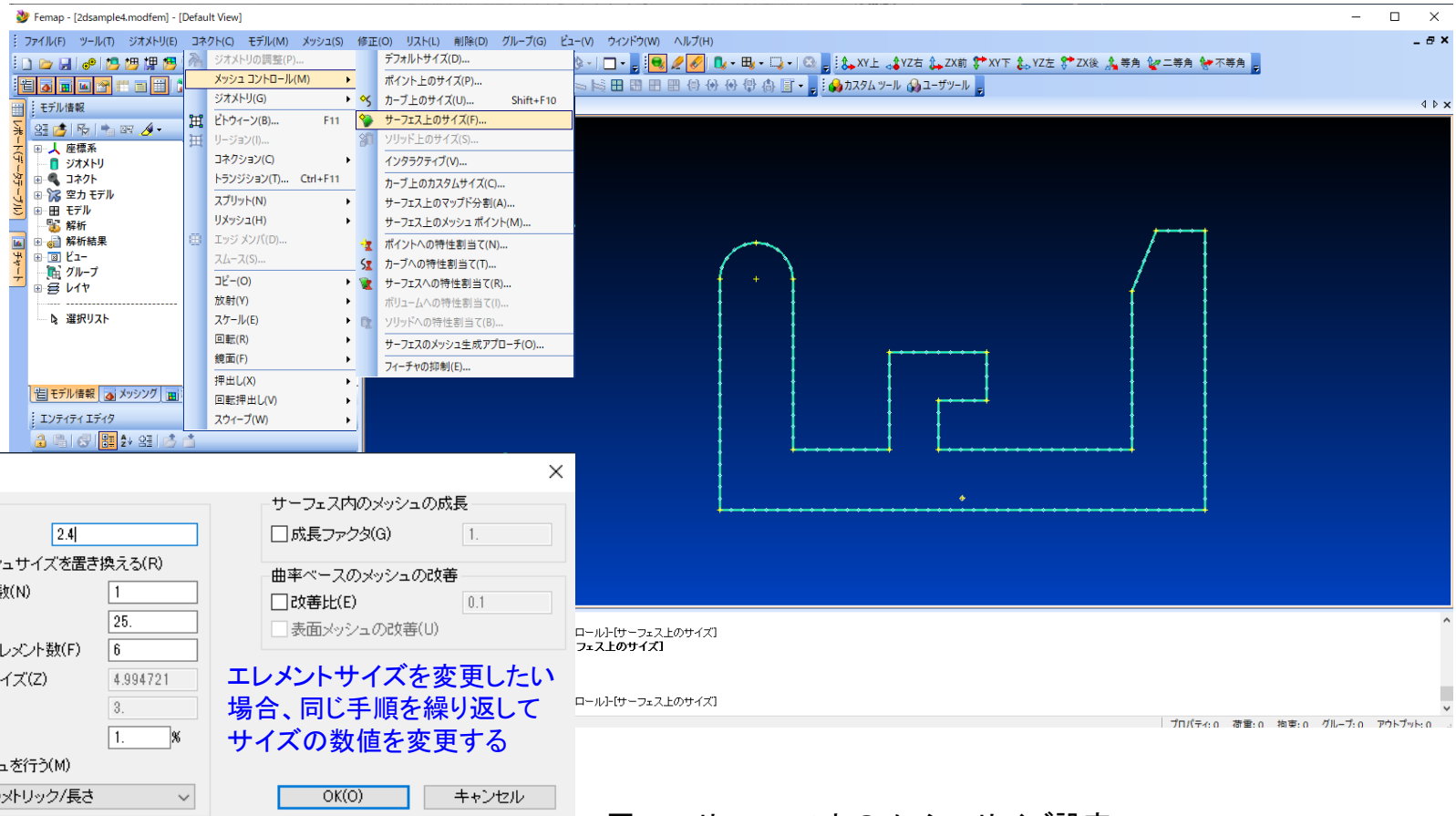


エンティティ選択にて必要なカーブをクリックで選択、または全選択をクリック後、OKをクリックする

図1-2 バウンダリサーフェスの作成

① FEMAPを利用した2次元メッシュモデルの作成

(3) メッシュ/メッシュコントロール/サーフェス上のサイズ を選択し、サーフェス上のエレメントサイズを設定します。



① FEMAPを利用した2次元メッシュモデルの作成

(4) メッシュ/ジオメトリ/サーフェス を選択し、(3)で設定したエレメントサイズを基準とする2次元メッシュを作成します。

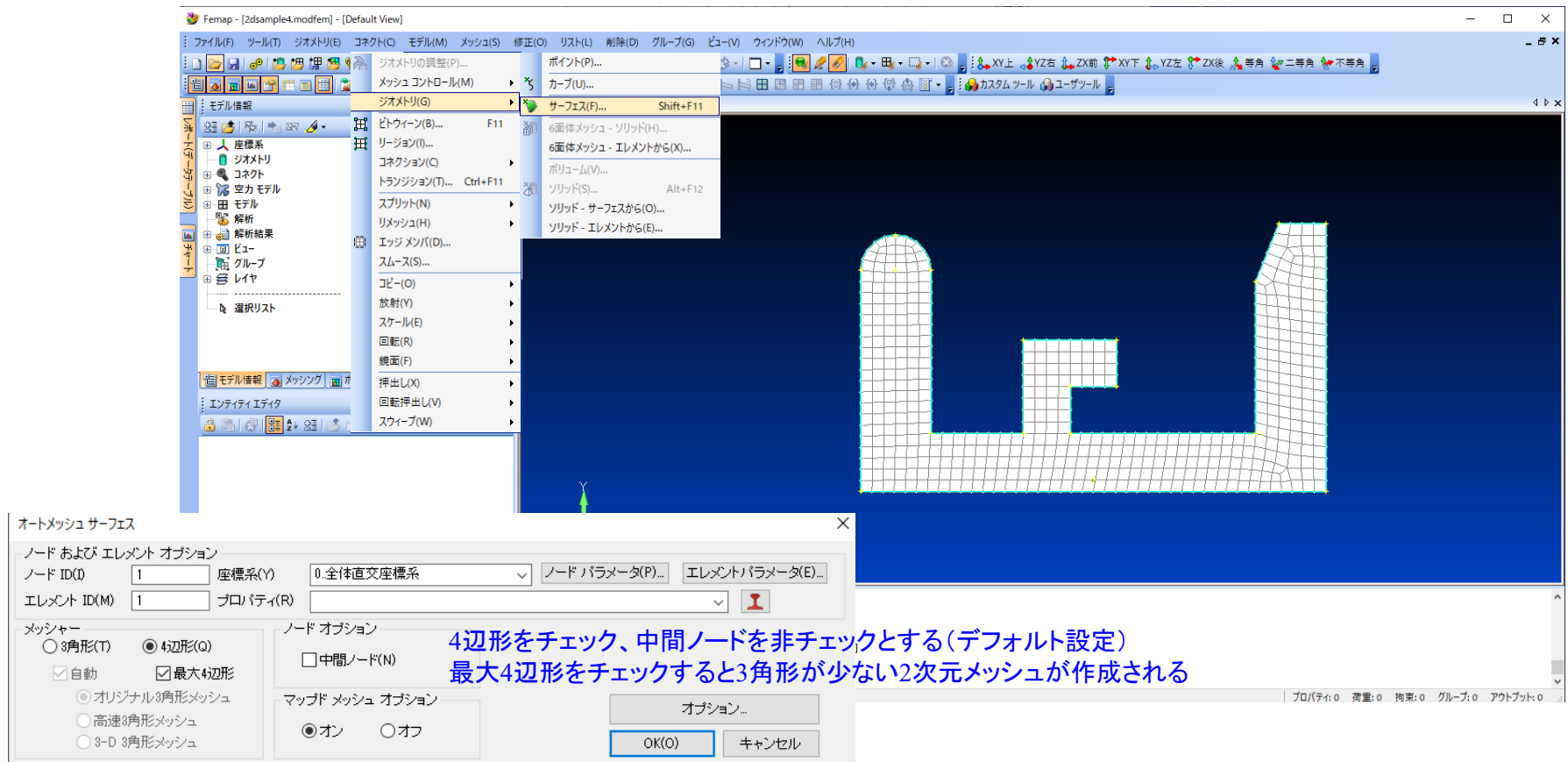


図1-4 2次元メッシュモデルの作成

① FEMAPを利用した2次元メッシュモデルの作成

- (5) メッシュ生成後、エレメントとノードに対し、修正/リナンバー/エレメント or ノードを選択し、リナンバを実施します。
(本作業を行っていないと、MultiProfileSimulatorで正しくメッシュが読み込まれない場合があります)

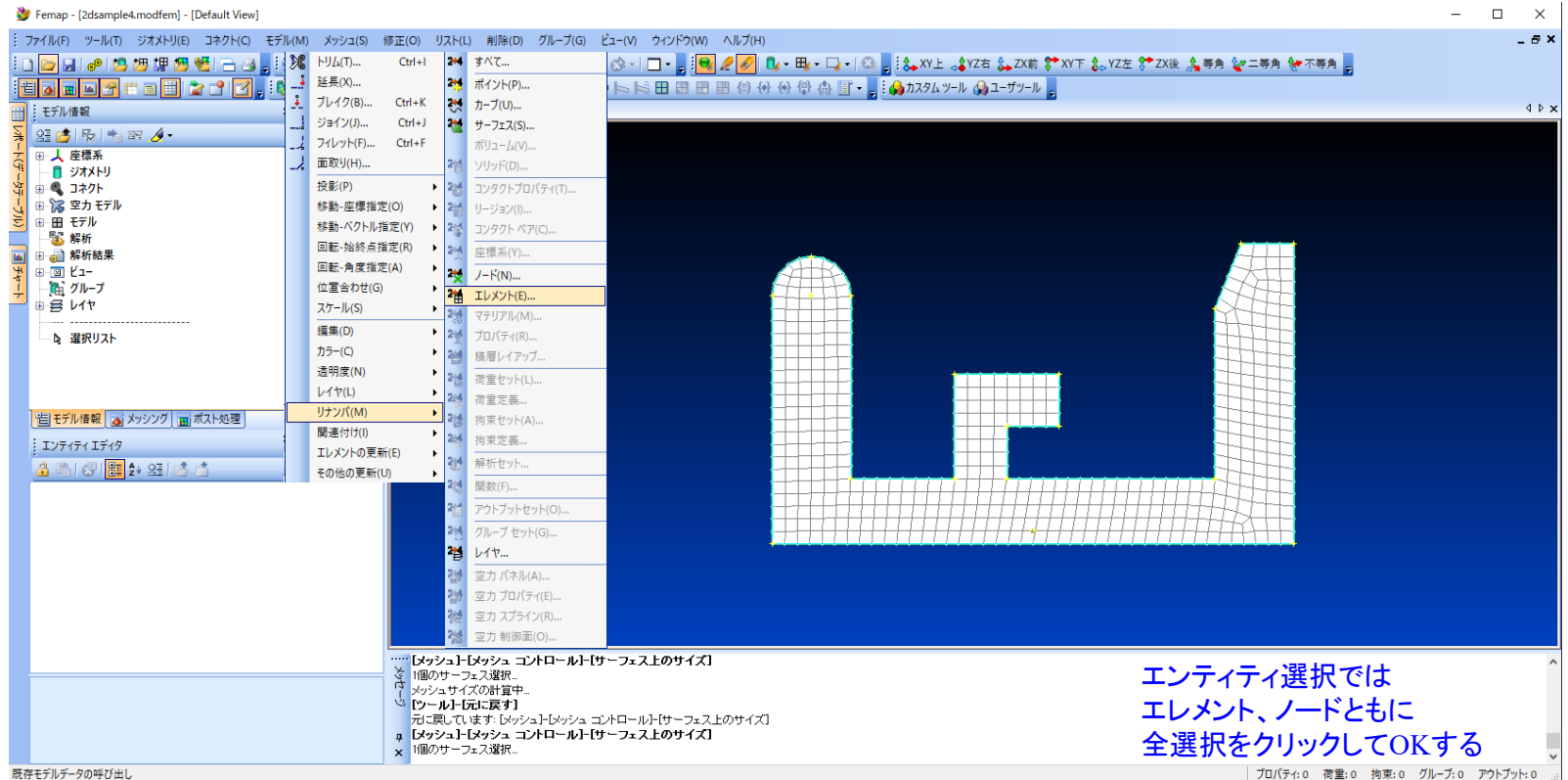


図1-5 エレメントおよびノードのリナンバ

① FEMAPを利用した2次元メッシュモデルの作成

- (6) リナランバ後、ファイル/エクスポート/Femapニュートラル 選択し、ファイル名.neu として保存します。
(書出しオプションでバージョンを10.0に変更してから保存する(下図参照))

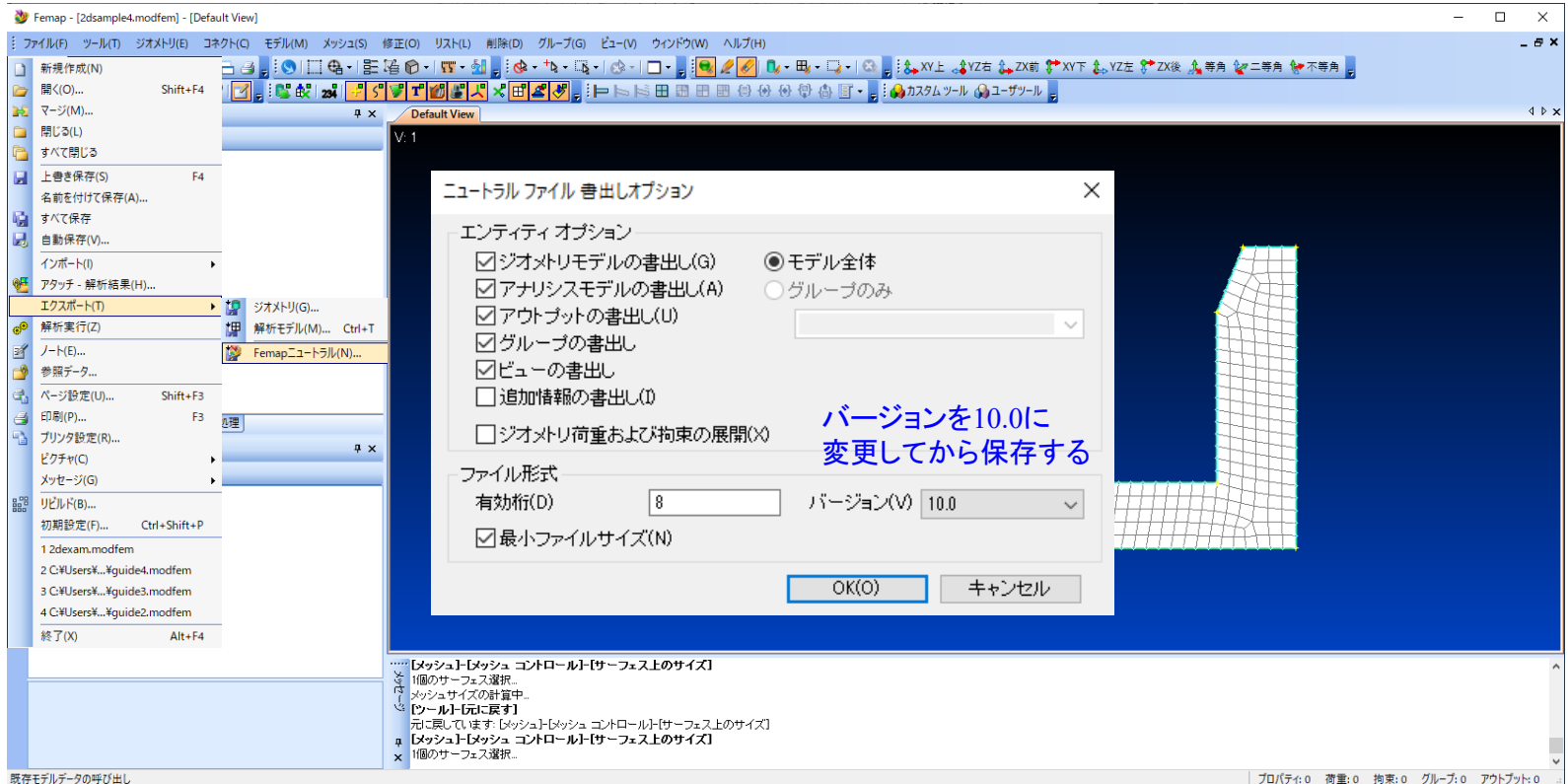


図1-6 2次元メッシュのエクスポート(.neuファイル)

② MultiProfileSimulator へのFEMAP ニュートラルファイルインポート

(1) MultiProfileSimulator を起動後、ファイル/メッシュファイルインポート を選択し、①で作成した.neuファイルを読み込みます。

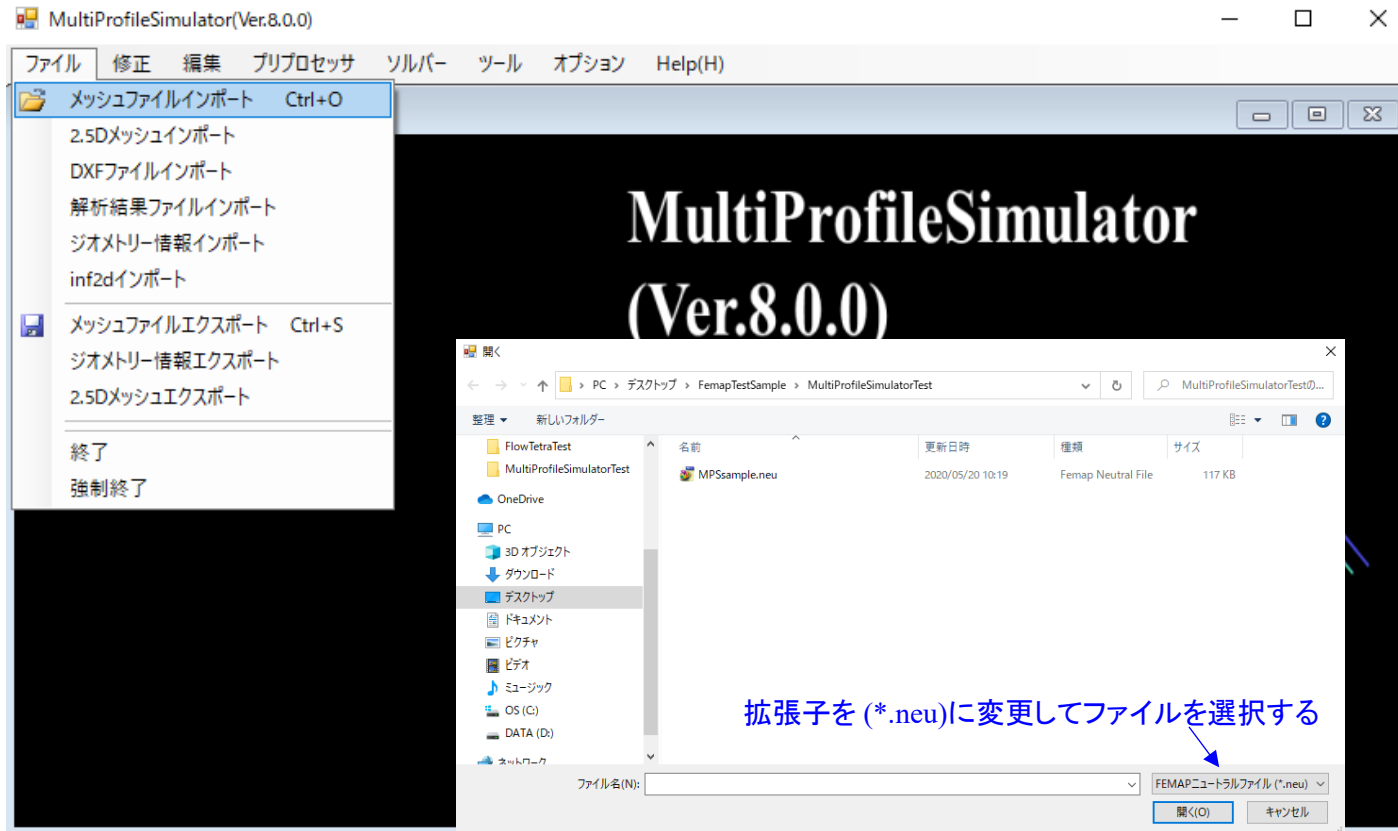


図2-1 MultiProfileSimulator へのFEMAP ニュートラルfile インポート

② MultiProfileSimulator へのFEMAP ニュートラルファイルインポート

- (2) 表示された2次元メッシュデータに問題がなければ、ファイル/メッシュエクスポート を選択し、MultiProfileSimulatorの2Dメッシュファイルデータ(.2dmsh) として保存します。

⇒ 以降は、MultiProfileSimulator上で2Dメッシュファイルデータを作成した場合と同様に、プリプロセッサ/3D Mesher を選択し、3次元メッシュの作成に進みます(利用手引書(Ver.8.0.0) p.51～)

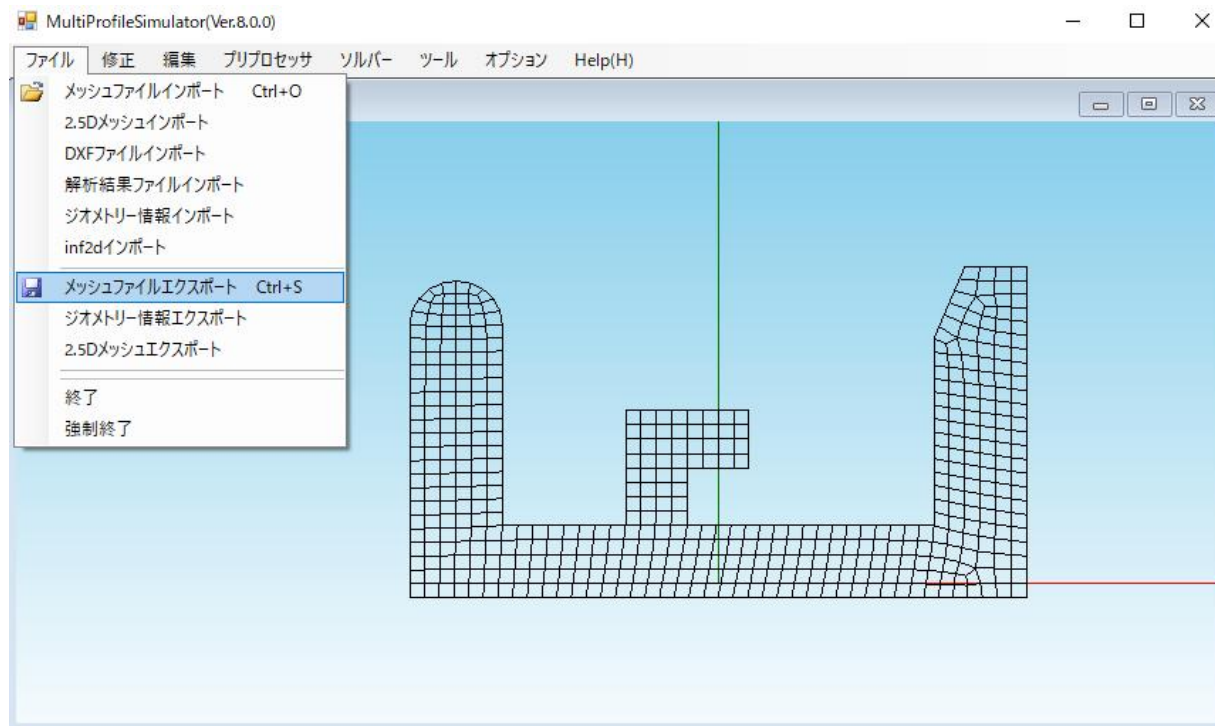


図2-2 FEMAP ニュートラルファイルから 2Dメッシュファイルデータ(.2dmsh)のエクスポート

③ 3D Mesher/Z方向押出による3Dメッシュの作成

- (1) 2次元メッシュを表示させた状態でプリプロセッサ/3D Mesher をクリックすると、3Dメッシュ作成フォームが表示されます。フォーム上側 6つのアイコンの内、左下の領域押出メッシュ生成グラフィックアイコンをクリックすると、領域押出メッシュ生成用のパラメータ入力欄が表示されます。

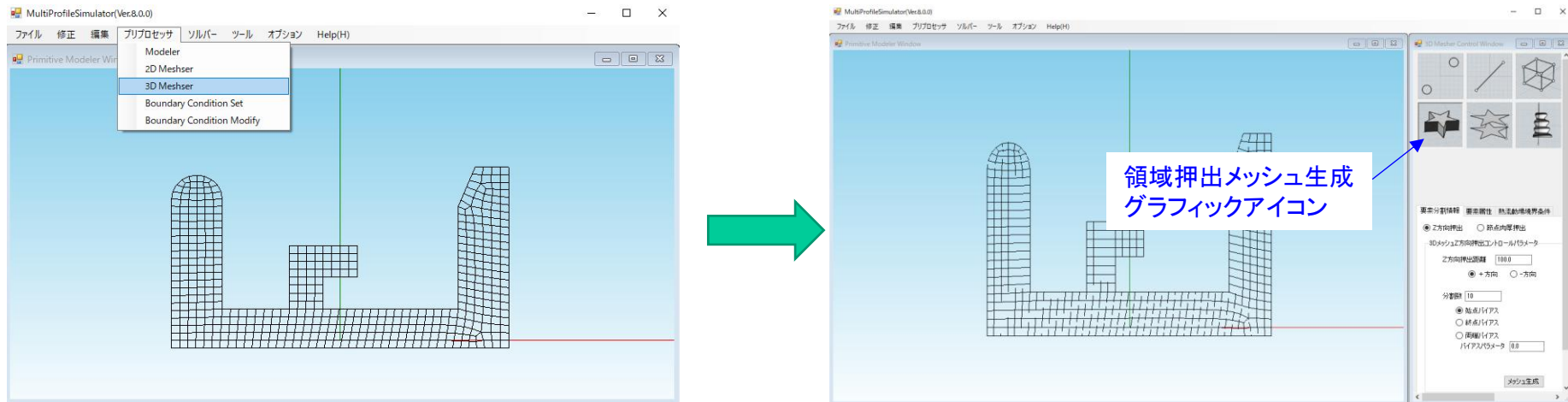


図3-1 3D Mesher/Z方向押出フォームの表示

③ 3D Mesher/Z方向押出による3Dメッシュの作成

- (2) Z方向押出ボタンがチェックされた状態で、パラメータ入力欄にZ方向押出距離およびZ方向分割数を設定します。分割オプションの始点バイアスがチェックされた状態で、バイアスパラメータに1.0を入力してメッシュ生成をクリックすると、ダイ側のZ方向メッシュ間隔が小さな3Dメッシュが作成されます(推奨オプション設定)。

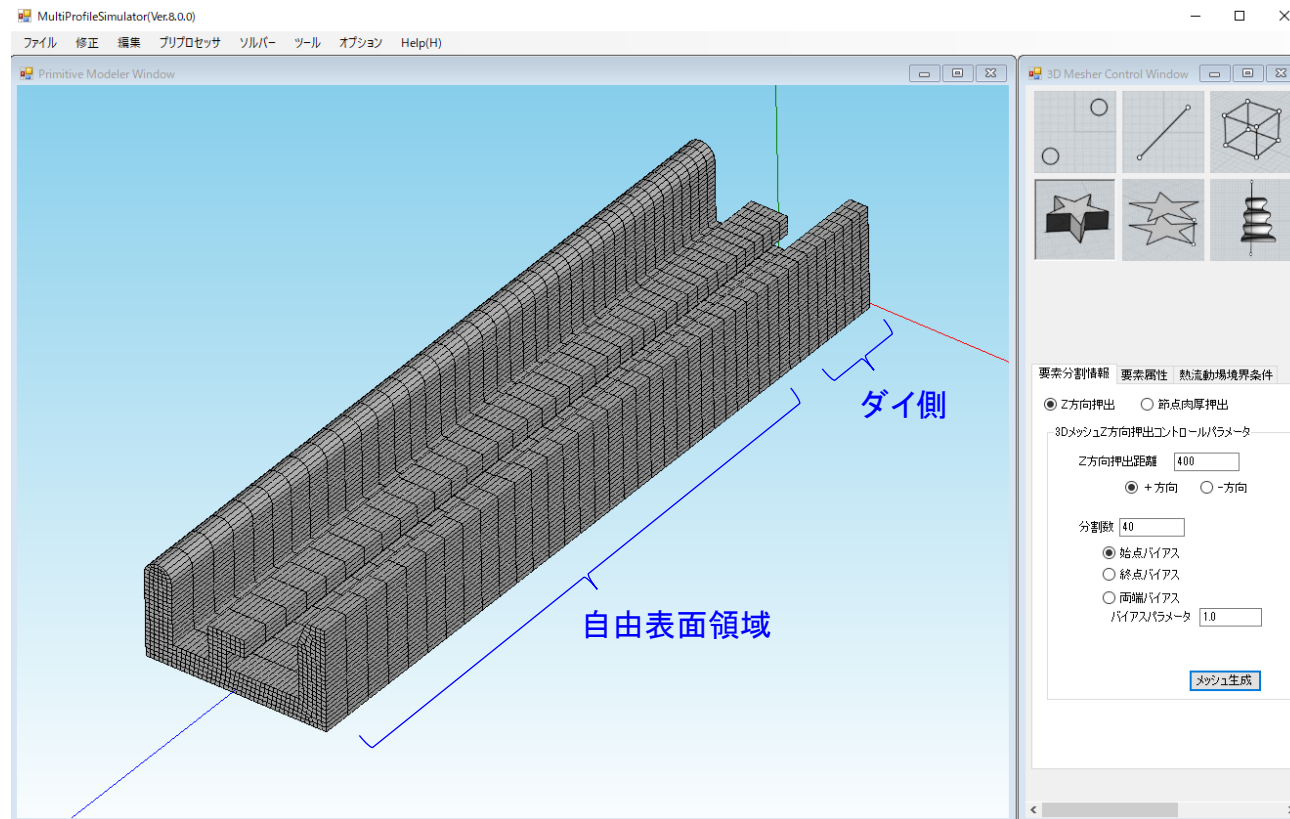


図3-2 3D Mesherによる3次元メッシュ生成

③ 3D Mesher/Z方向押出による3Dメッシュの作成

- (3) ファイル/メッシュファイルエクスポート を選択し、ファイル名.3dmsh として保存します。
⇒ 本3Dメッシュデータファイル(.3dmsh) を解析に使用します。

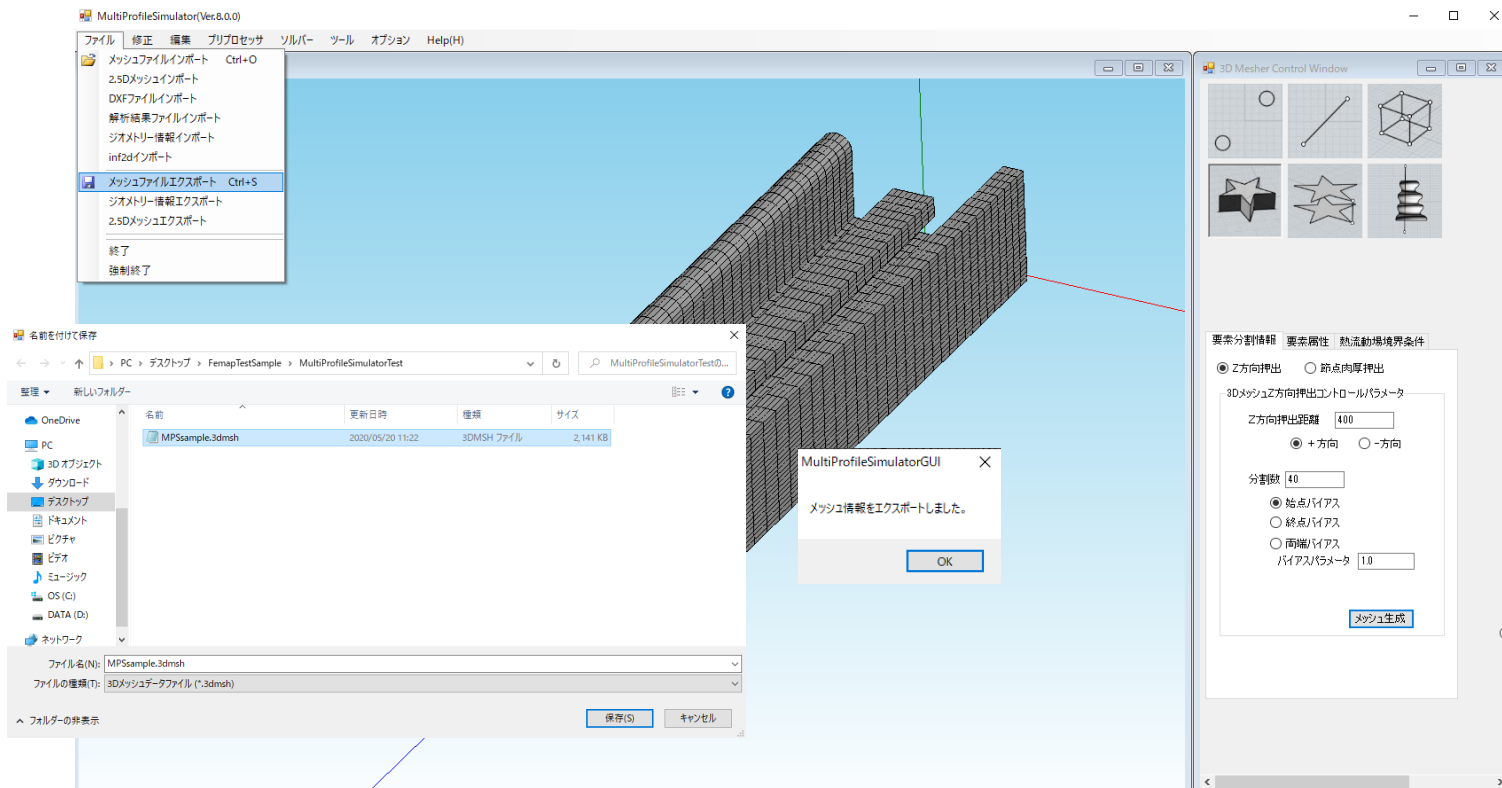


図3-3 解析用 3次元メッシュのエクスポート

④ 解析条件設定～解析実行

- (1) ファイル/ソルバー/MultiProfileSimulator をクリックすると、右側に計算コントロール情報入力フォームが表示されます。
このフォーム内に解析で必要になるデーター式を設定します。

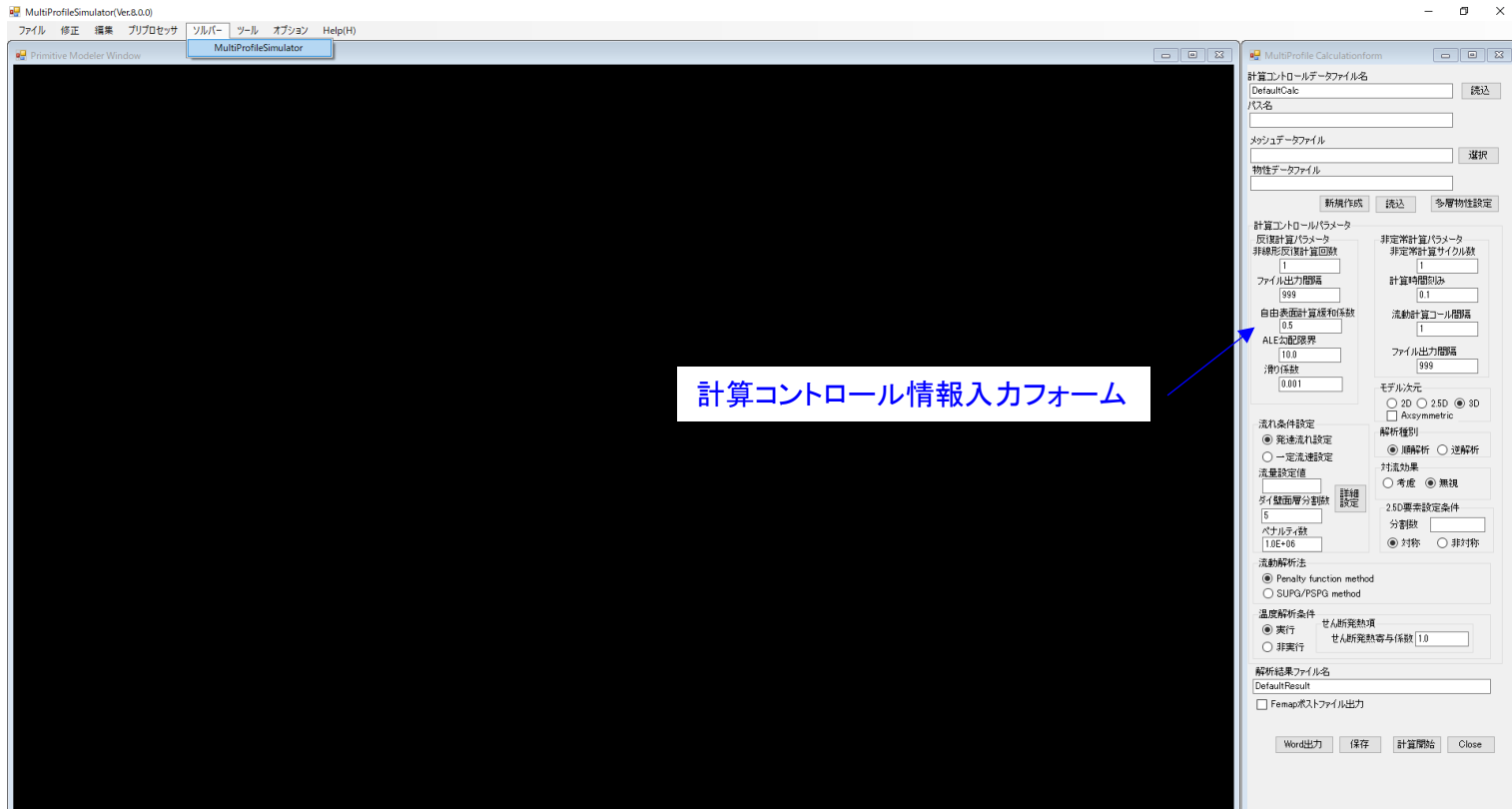


図4-1 解析条件の設定フォーム表示

④ 解析条件設定～解析実行

(2) 計算コントロール情報入力フォーム内に解析で必要になるデーター式を設定します。

MultiProfile Calculationform

計算コントロールデータファイル名
MPSsample 読込

パス名
C:\Users\yori\Desktop\FemapTestSample\Mult

メッシュデータファイル
MPSsample 選択

物性データファイル
HDPE_B1

新規作成 読込 多層物性設定

計算コントロールパラメータ

反復計算/パラメータ
非線形反復計算回数
10
999
自由表面計算緩和係数
0.15
ALE勾配限界
10
滑り係数
0.0001

非定常計算パラメータ
非定常計算サイクル数
1
計算時間刻み
0.1
流動計算コール間隔
0
ファイル出力間隔
999

モデル次元
2D 2.5D 3D

解析条件を管理
するファイル(.pcal)

解析メッシュファイル
(.3dmsh)の設定

樹脂データ(.pro)
の設定

非ニュートン粘度計算、
自由表面計算、
の反復回数

数値が小さい程
解析が緩やかに
進行する(⑥で後述)

ダミーパラメータ
MultiProfileSimulatorは
定常解析が前提のため

図4-2 計算コントロール情報入力フォームへの入力1

④ 解析条件設定～解析実行

(3) 計算コントロール情報入力フォーム内に解析で必要になるデーター式を設定します。((2)の続き)

MultiProfile Calculationform

計算コントロールデータファイル名
MPSsample

パス名
C:\Users\Myorif\Desktop\FemapTestSample\Mult

メッシュデータファイル
MPSsample

物性データファイル
HDPE_B1

新規作成 読み込み 多層物性設定

計算コントロールパラメータ
反復計算パラメータ
非線形反復計算回数
10
ファイル出力間隔
999
自由表面計算緩和係数
0.15
ALE分配境界
10
滑り係数
0.0001

非定常計算パラメータ
計算時間間隔
0.1
流動計算コントロール間隔
0
ファイル出力間隔
999
モデル次元
2D 2.5D 3D
Axisymmetric

流れ条件設定
● 発達流れ設定
○ 一定流速設定
流量設定値
20
ダイ壁面層分割数
5
ペナルティ数
1.000E+006
流動解析法
● Penalty function method
○ SUPG/PSPG method
温度解析条件
● 実行
○ 非実行
せん断発熱項
せん断発熱寄与係数 1

解析種別
● 順解析 ○ 逆解析
対流効果
○ 考慮 ● 無視
2.5D要素設定条件
分割数
● 対称 ○ 非対称

解析結果ファイル名
MPSsample_nonslip
Femapポストファイル出力

Word出力 保存 計算開始 Close

ダイ側流量 (cm³/sec) → 20

押出(Z)方向の何層分をダイ領域とするか(残りは自由表面領域) → 5

結果保存用ファイル(.prst) → MPSsample_nonslip

樹脂流入温度の設定 → 200 °C

ダイ壁面温度の設定 → 200 °C

自由表面温度の設定 → 30 °C

異型押出用詳細設定

先端流れ条件
○ 自由条件
○ 流速規定条件
● 延伸率規定条件(平均流速比)
設定値 1.25
滑り解析
ダイ壁面での滑りを考慮する場合はチェック

温度条件
流入温度 200 °C
壁面境界条件
● 温度規定 温度規定値 200 °C
○ 熱伝達規定
自由表面境界条件
○ 温度規定 温度規定値 30 °C
● 熱伝達規定 熱伝達係数 30 W/m²/K

延伸比設定 → 1.25

ダイ壁面での滑りを考慮する場合はチェック

図4-3 計算コントロール情報入力フォームへの入力2

④ 解析条件設定～解析実行

- (4) 解析条件設定の終了後、保存ボタンをクリックして計算コントロールデータファイル(.pcal)を保存します。
保存後に、計算開始ボタンをクリックすると解析実行ウィンドウが表示され解析がスタートします。



図4-4 解析実行ウィンドウ

保存ボタン 計算開始ボタン

④ 解析条件設定～解析実行

- (5) 設定した非線形反復計算回数に応じて繰返し計算が実施され、解析実行ウィンドウに経過情報が表示されます。
最後に“program normal end !!!”と表示されたら、Enterキーを押して解析実行ウィンドを終了します。

```
C:\Users\Yori\Desktop\FemapTestSample\MultiProfileSimulatorTest\MultiProfileSimulator.exe
RTC= 0 isw= 2
ret temp
call velgra
ret velgra
call viscal
ret viscal
freecal ireverse= 0
hfluxcal
areacal
areai = 28.05660 areao = 25.64013 areai/areao= 1.094246
qin= 20.00002 qout= 22.84681
Cycle = 1 iteration no. = 14
call lhs
islipnodenumber= 0
ret lhs
call rhs
ret rhs
call solve
LOADING DLL:SMSMFD
<<< call smsmfd all >>> neq : 63870
non0s= 2219019 mtype= 1
RTC= 0 isw= 0
ret solve
call temp
LOADING DLL:SMSMFD
<<< call smsmfd all >>> neq : 63870
non0s= 492026 mtype= 0
RTC= 0 isw= 2
ret temp
call velgra
ret velgra
call viscal
ret viscal
freecal ireverse= 0
hfluxcal
areacal
areai = 28.05660 areao = 25.60875 areai/areao= 1.095587
qin= 20.00002 qout= 22.81881
Cycle = 1 iteration no. = 15
call lhs
islipnodenumber= 0
ret lhs
call rhs
ret rhs
call solve
LOADING DLL:SMSMFD
<<< call smsmfd all >>> neq : 63870
non0s= 2219019 mtype= 1
RTC= 0 isw= 0
ret solve
call temp
LOADING DLL:SMSMFD
<<< call smsmfd all >>> neq : 63870
non0s= 492026 mtype= 0
RTC= 0 isw= 2
ret temp
call velgra
ret velgra
call viscal
ret viscal
program normal end !!!
press enter key to terminate program
```

延伸比

反復計算回数

解析終了

図4-5 解析実行ウィンドウの経過表示

⑤ 解析結果の確認／Postprocessing

- (1) ファイル/解析結果ファイルインポート をクリックし、解析終了後に自動保存される Multiprofilesimulator3Dファイル(.prst) をインポートします。中央に解析後の3Dモデル、右側にPostprocessorフォームが表示されます。

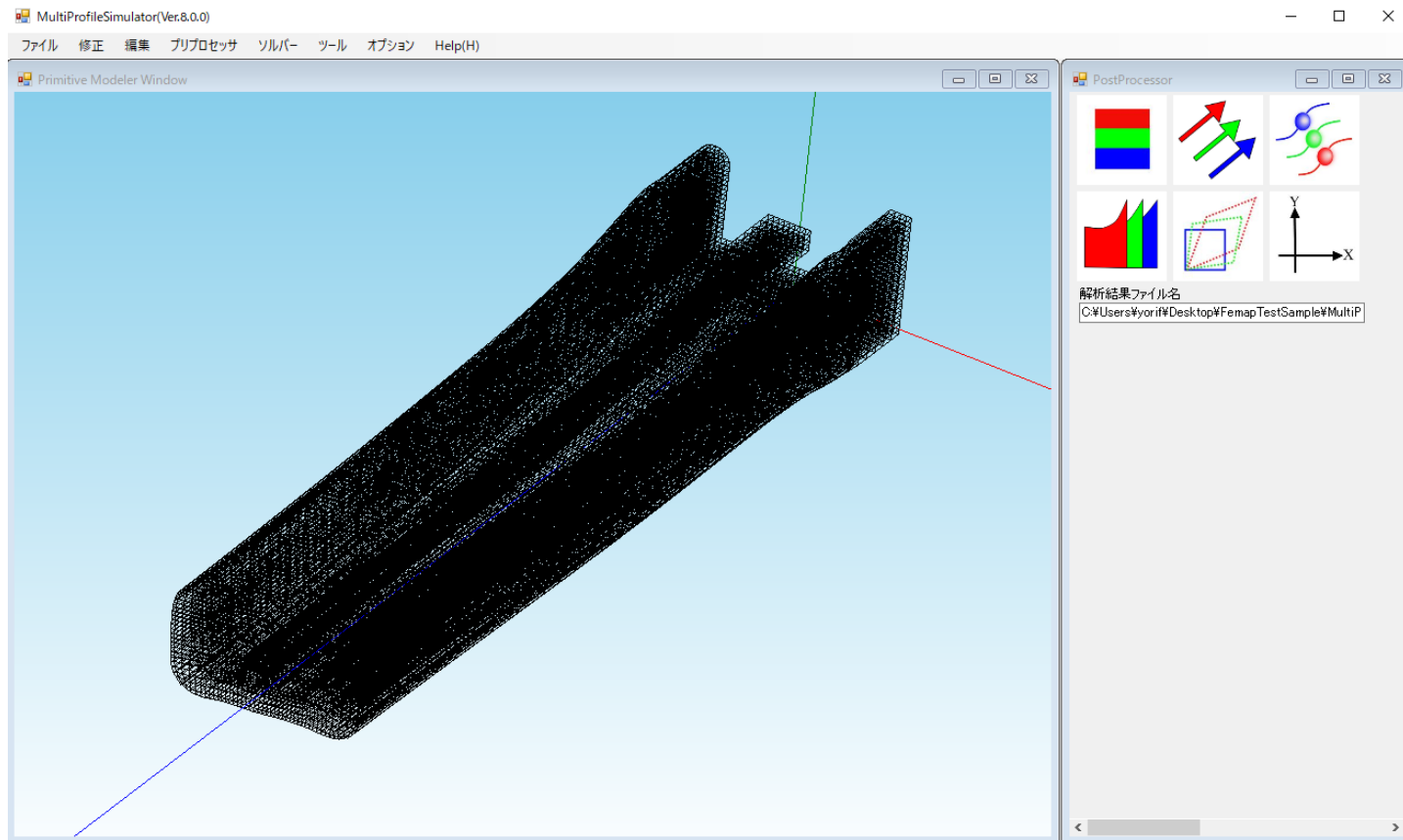


図5-1 3D解析結果ファイルのインポート

⑤ 解析結果の確認／Postprocessing

- (2) Postprocessorフォーム左上のコンター図描画アイコンをクリックします。コントロールパネル内のOutPut ID は1を選択し、内容選択のコンボボックスで流速、粘度等の作画内容を選択します。
次に、表示形式指定を選択して描画をクリックすると、選択した物理量のコンタープロットが表示されます。

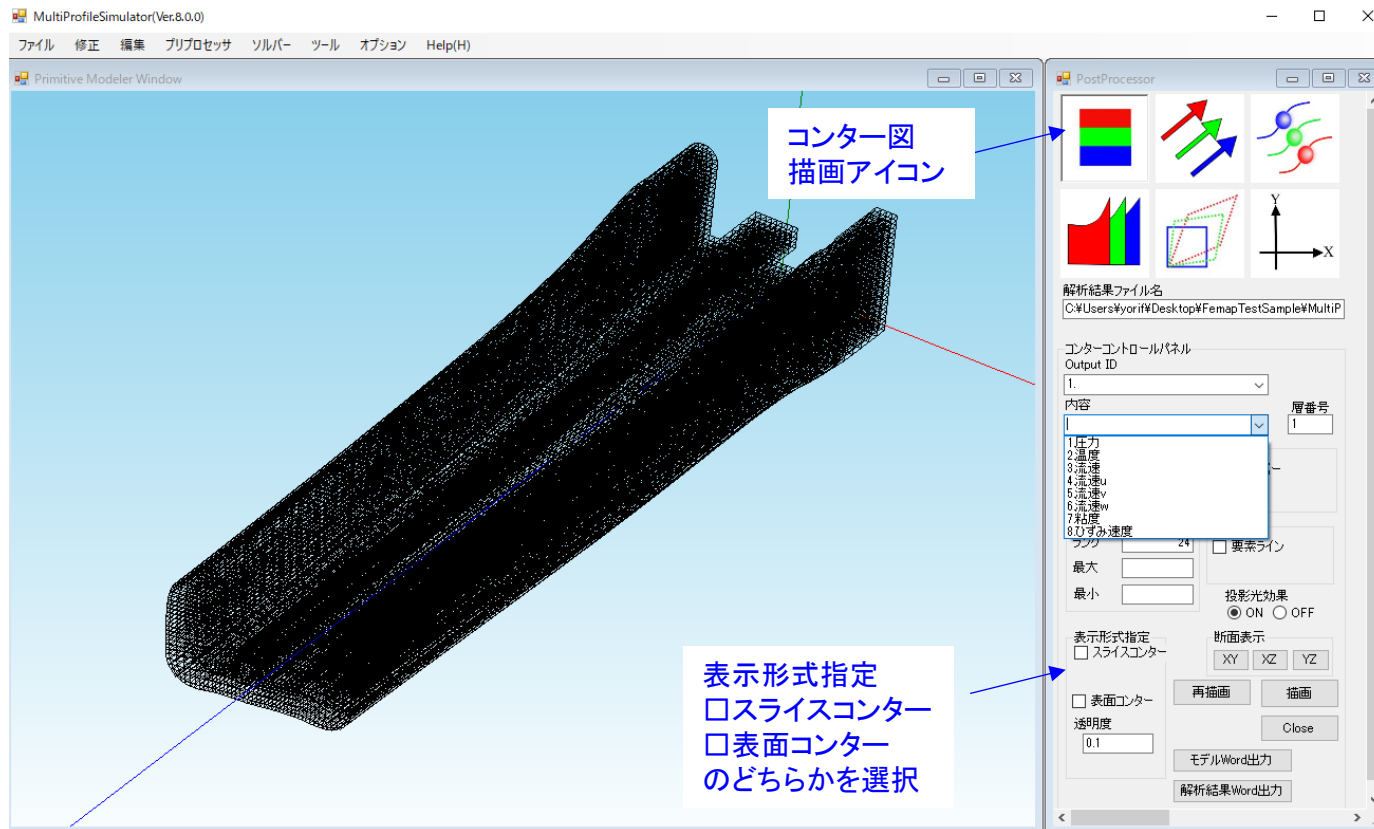
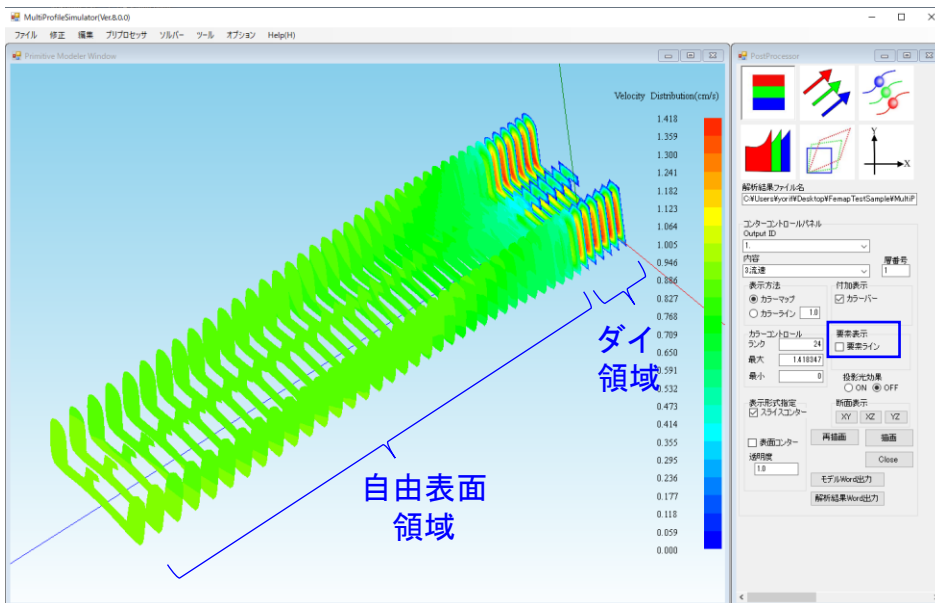


図5-2 コンター図描画アイコンの設定

⑤ 解析結果の確認／Postprocessing

- (3) 表示形式でスライスコンターを選択した場合、押出(Z)方向に対して垂直な断面のスライスコンター図が表示されます。要素ラインのON/OFFなどを切替えて、必要な情報を確認します。

流速分布／要素ラインOFF



流速分布／要素ラインON

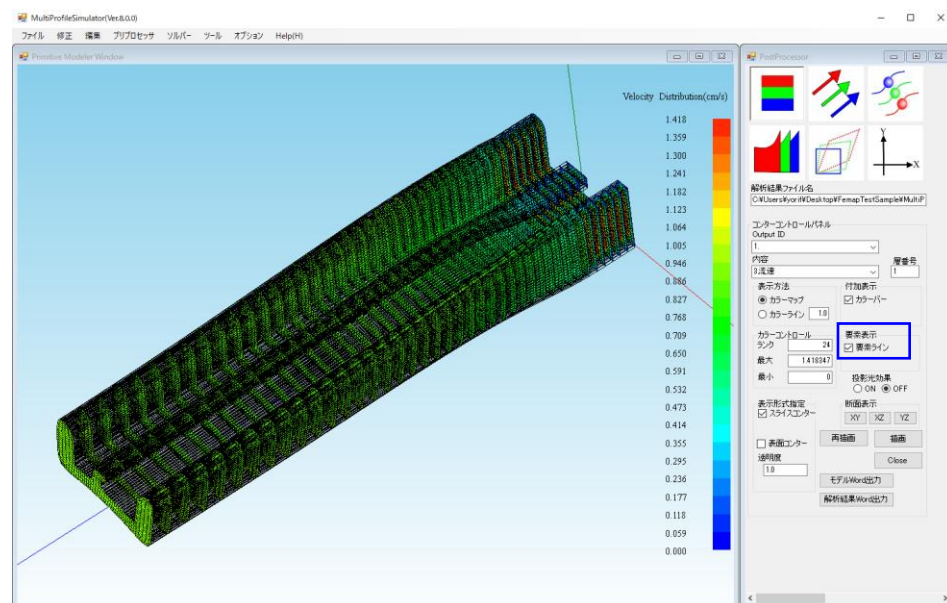
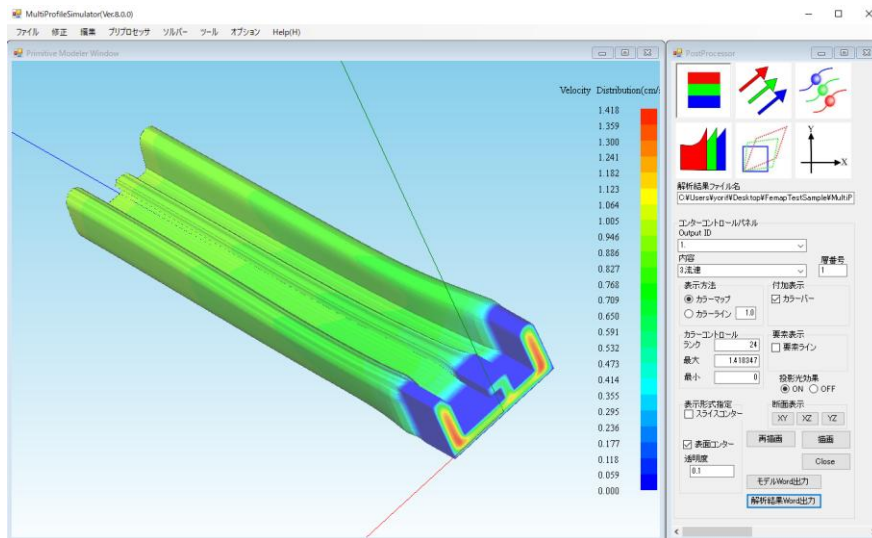


図5-3 コンター図／スライスコンターの表示

⑤ 解析結果の確認／Postprocessing

- (4) 表示形式で表面コンターを選択した場合、押出(Z)方向に連続な表面情報が表示されます。
必要に応じてスライスコンターと表面コンターを切替えて、必要な情報を確認します。

流速分布



温度分布

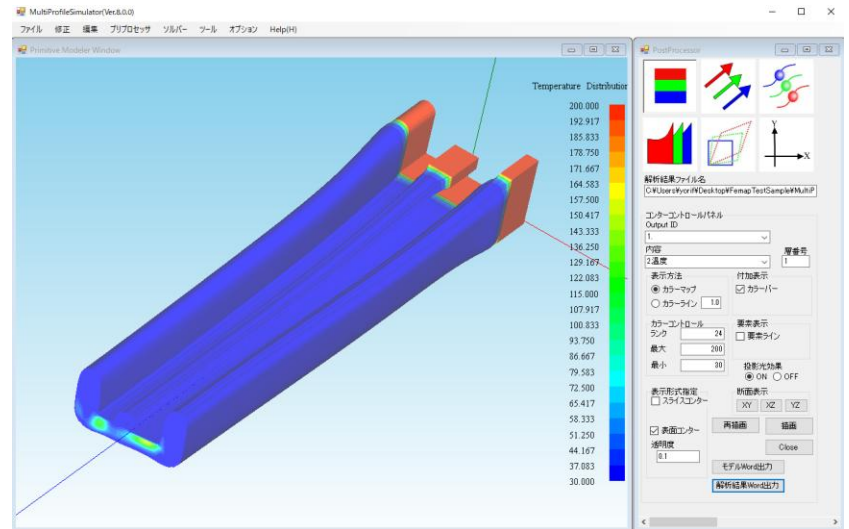


図5-4 コンター図／表面コンターの表示

⑤ 解析結果の確認／Postprocessing

- (5) ファイル/DXFファイルインポートを選択し、解析終了後に自動作成されているDXF CADデータファイル(.dxf)をインポートすると、入口元形状と押出物先端の最終形状を比較することができます。

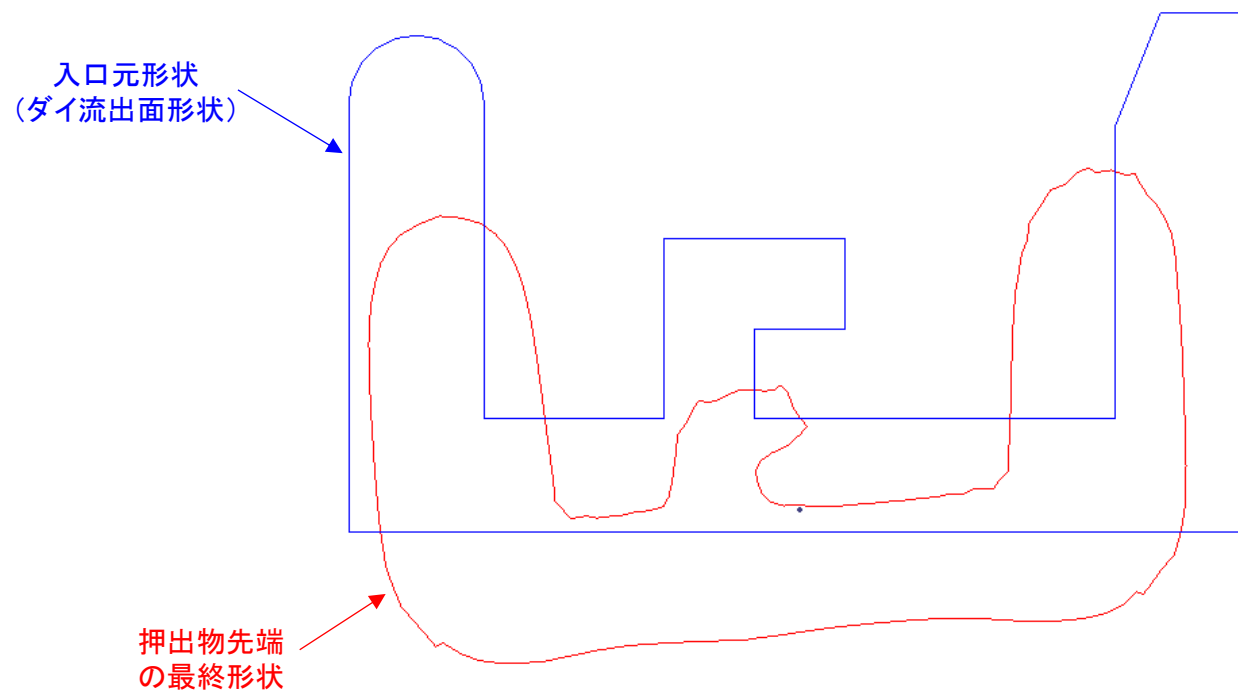


図5-5 断面形状の確認(順解析)

⑤ 解析結果の確認／Postprocessing

- (6) 解析終了後、計算コントロール情報入力フォーム内の解析種別を逆解析にチェックして再度解析を実行すると、押出物先端の最終形状がダイ流出面形状となるための最適ダイ流出面形状の推定結果を確認することができます。

流れ条件設定

☒ 発達流れ設定
☐ 一定流速設定

流量設定値
20

ダイ壁面層分割数
5

ペナルティ数
1.000E+006

詳細設定

☐ Axisymmetric

解析種別
☐ 順解析 ☒ 逆解析

対流効果
☐ 考慮 ☒ 無視

2.5D要素設定条件
分割数

☒ 対称 ☐ 非対称

流動解析法
☒ Penalty function method
☐ SUPG/PSPG method

温度解析条件
☒ 実行 ☐ 非実行
せん断発熱項
せん断発熱寄与係数 1

解析結果ファイル名
MPSSsample_nonslip_inv

☐ Femapポストファイル出力

名前を変えて保存してから解析実行

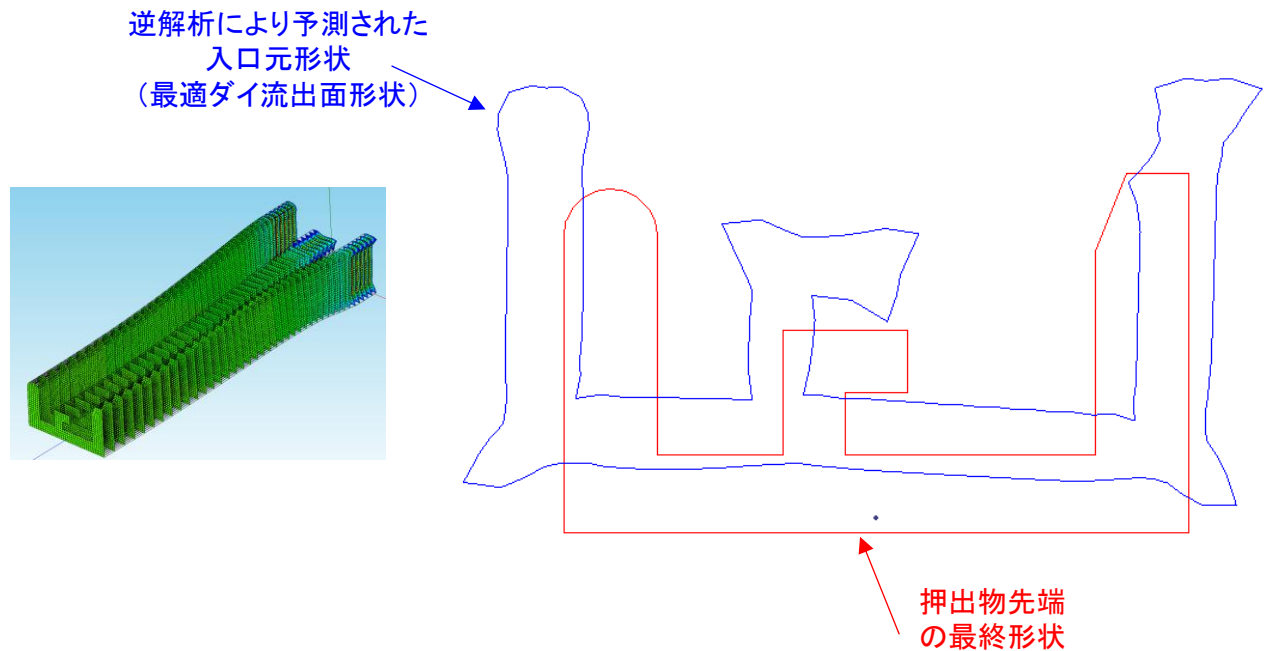


図5-6 逆解析による最適ダイ形状の推定

⑥ 解析条件の設定／滑り解析 (Ver.8.0.0新機能)

MultiProfileSimulatorを用いた異形押出解析では、ダイ出口以降の押出物の挙動を、自由表面領域のメッシュを変形移動させて解析を行ないます(界面追跡法)。本解法では、異形押出物の断面形状が複雑かつ形状変化が激しい場合、自由表面近傍のメッシュに大きなひずみが生じ解析が途中で中断する場合があります(図6-1参照)。本節では、その際の改善手法として以下の2点について説明します。

(1) 自由表面計算緩和係数の設定

(2) 滑り係数の設定

(1) 自由表面計算緩和係数の設定

解析実行ウィンドウ画面でヤコビアンエラーが発生する場合、変形移動によるメッシュのひずみが大きいことが原因です。この場合、自由表面緩和係数を小さくすることでメッシュのひずみが緩和され解析が改善する方向に働きます。またメッシュ再作成を行ないメッシュ品質を向上させる(メッシュをできるだけ均等に配置する)ことも改善効果があります。



延伸比の解析経過
を確認しながら調整する

自由表面計算
緩和係数を小さくして
緩やかに収束させる

(2) 滑り係数の設定 (後述)

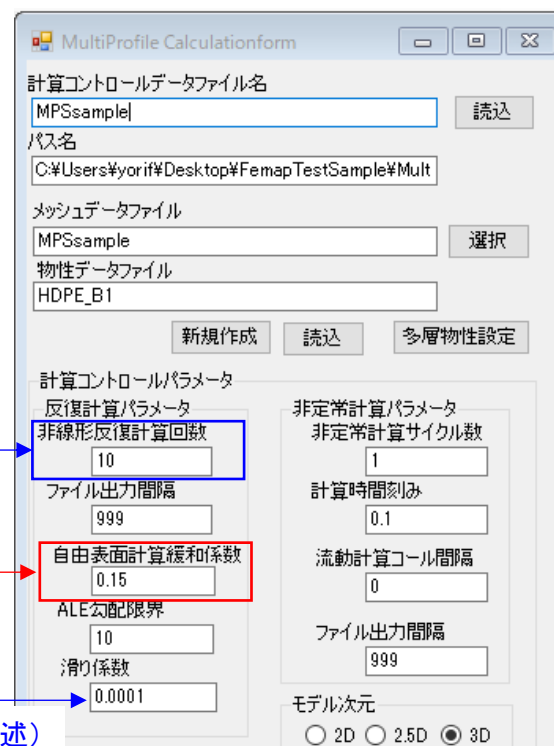


図6-1 自由表面計算緩和係数の設定

(1) 自由表面計算緩和係数の設定

自由表面計算緩和係数を小さくした場合、解析の安定性は向上しますが、解析条件で設定した延伸比に到達するまでの非線形計算反復回数を多くする必要があります。また異形押出物の断面形状が複雑な場合、非線形計算反復回数を増やしても延伸比が設定値に到達しないことがあります。

そのため、解析実行ウィンドウの解析経過状況を確認しながら、適切な自由表面計算緩和係数（解析が中断しない）および非線形計算反復回数（できる限り設定した延伸比に近づける）の設定値を探索する必要があります。

(2) 滑り係数の設定

デフォルトの解析条件では、ダイ壁面の流速は0（滑り無し条件）に設定されていますが、Ver.8.0.0 で追加された滑り解析機能を利用して、ダイ壁面での滑りを考慮することができるようになりました。滑りを考慮した解析を行う場合は、解析条件にて滑り解析をチェックし、滑り係数値を設定します。滑り条件として 以下の数式で示す Navier slip model を採用しており、滑り係数が大きいほど滑り速度は大きくなります。

Navier slip model :

$$V_{slip} = \beta \tau_{shear}$$

V_{slip} : 滑り速度

β : 滑り係数

τ_{shear} : 壁面せん断応力

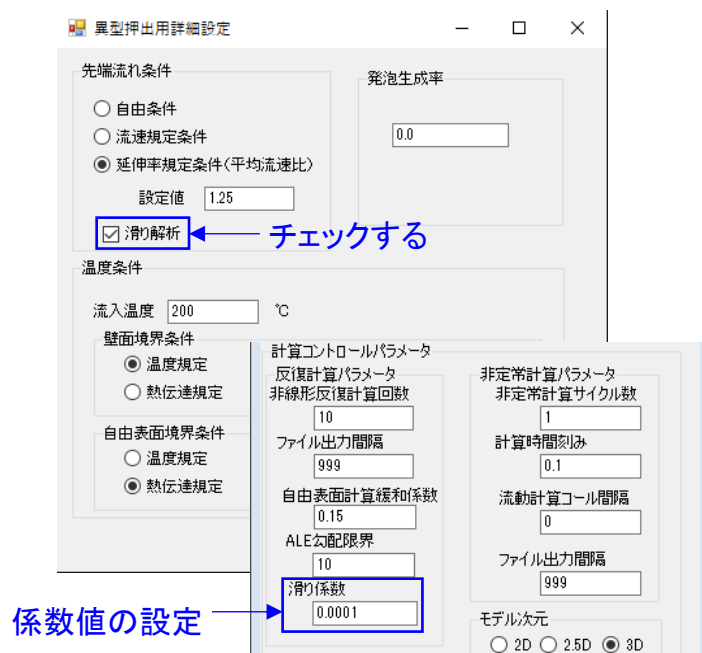
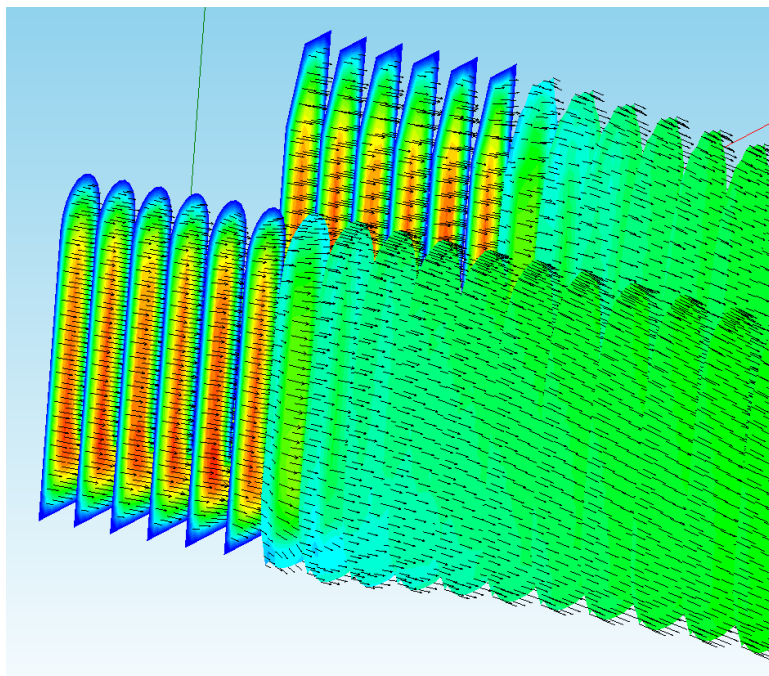


図6-2 滑り解析の設定

解析例1: 滑り解析OFF(デフォルト)



解析例2: 滑り解析ON(滑り係数 1.0×10^{-4})

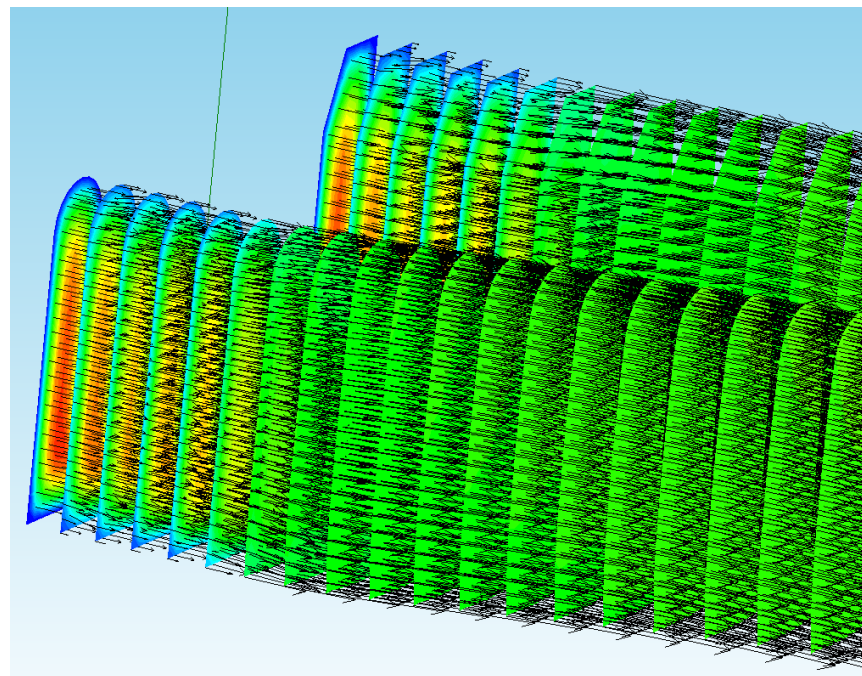


図6-3 滑り係数の設定による流速分布および流線ベクトルの変化

(2) 滑り係数の設定

滑りの考慮により、ダイ領域と自由表面領域の境界での流速変化が緩やかになり、解析の安定性が向上する傾向を示します。一方、滑り係数を大きくしすぎると押出物の形状変化が抑制される方向に作用するため、実成形で得られた押出物と解析結果を比較して適切な設定値を探索する必要があります。

解析例1: 滑り解析OFF(デフォルト)

解析例2: 滑り解析ON(滑り係数 1.0×10^{-5})

解析例3: 滑り解析ON(滑り係数 1.0×10^{-4})

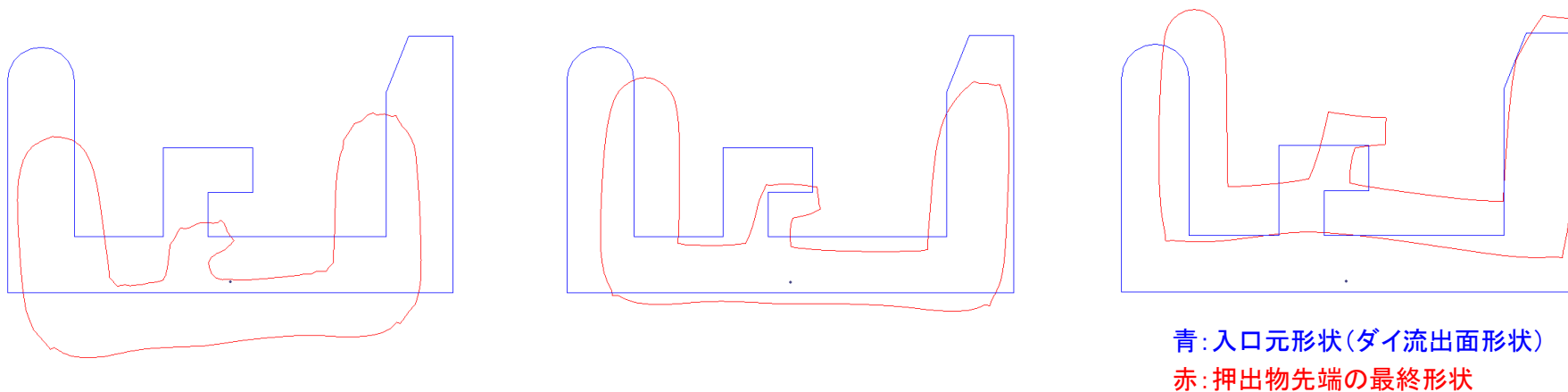


図6-4 滑り係数の設定による断面形状の変化(順解析)