

FlowTetra／FEMAP を利用した3D熱流体解析チュートリアル(Ver.8.0.0)

FlowTetraでは、解析用モデルとして下記(1)(2)を事前に用意する必要があります。

(1): 解析対象となる3次元CADデータ

(2): (1) の3次元CADデータを用いて生成する 3次元メッシュモデル

(1), (2)ともに無償で利用できるオープンソースソフトを用いて実施することが可能ですが、(2)についてはFlowTetra Ver.6.0.0 において市販プリポストプロセッサFEMAPとのインターフェイス機能が実装されています(手引書 p.238～)。

そこで本資料①②では、既存3次元CADデータ用いて、FEMAPで3次元メッシュモデル作成を行うための運用方法を説明します。次に③④⑤では、FlowTetra を用いて3D熱流体解析を行うための基本運用方法について説明します。

本資料の構成

(FEMAP機能)

- | | |
|-------------------------------------|---------|
| ① FEMAPを利用した3次元メッシュモデルの作成 | :p.1～7 |
| ② FlowTetra へのFEMAP ニュートラルファイルインポート | :p.8～10 |

(FlowTetra機能)

- | | |
|--------------------------|----------|
| ③ 境界条件の設定 | :p.11～17 |
| ④ 解析条件設定～解析実行 | :p.18～22 |
| ⑤ 解析結果の確認／Postprocessing | :p.23～32 |

① FEMAPを利用した3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、解析対象となる流路形状の3DCAD情報(.igs, .x_t など)をFEMAPにインポートします。

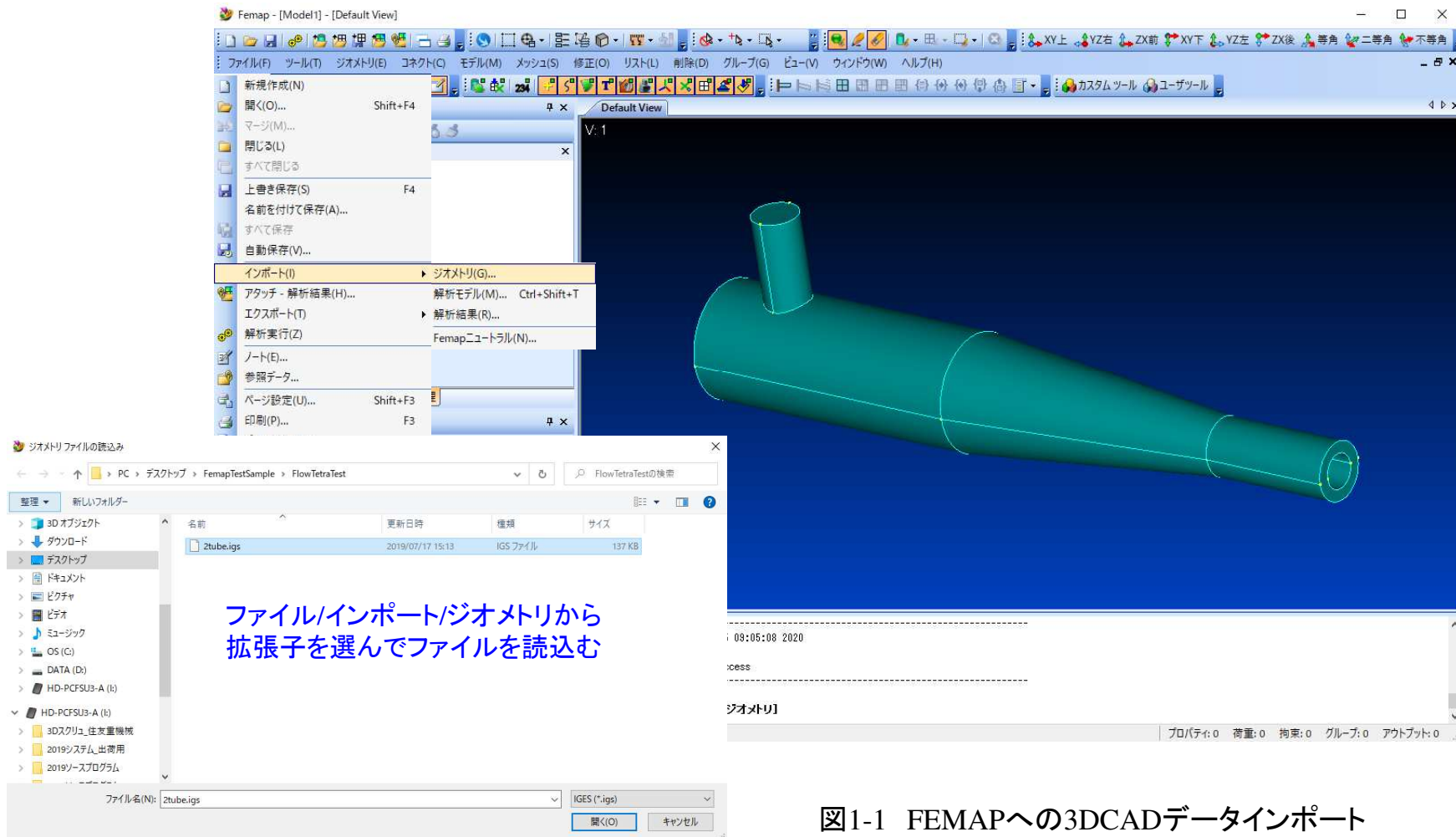


図1-1 FEMAPへの3DCADデータインポート

① FEMAPを利用した3次元メッシュモデルの作成

- (2) 画面左側のモデル情報タブをチェックし、ジオメトリで3次元CAD情報が1つのソリッドとして定義されているか確認します。
(ソリッドが複数存在する場合や、一部がサーフェスになっている場合、元の3次元CADを修正して再度インポートする)

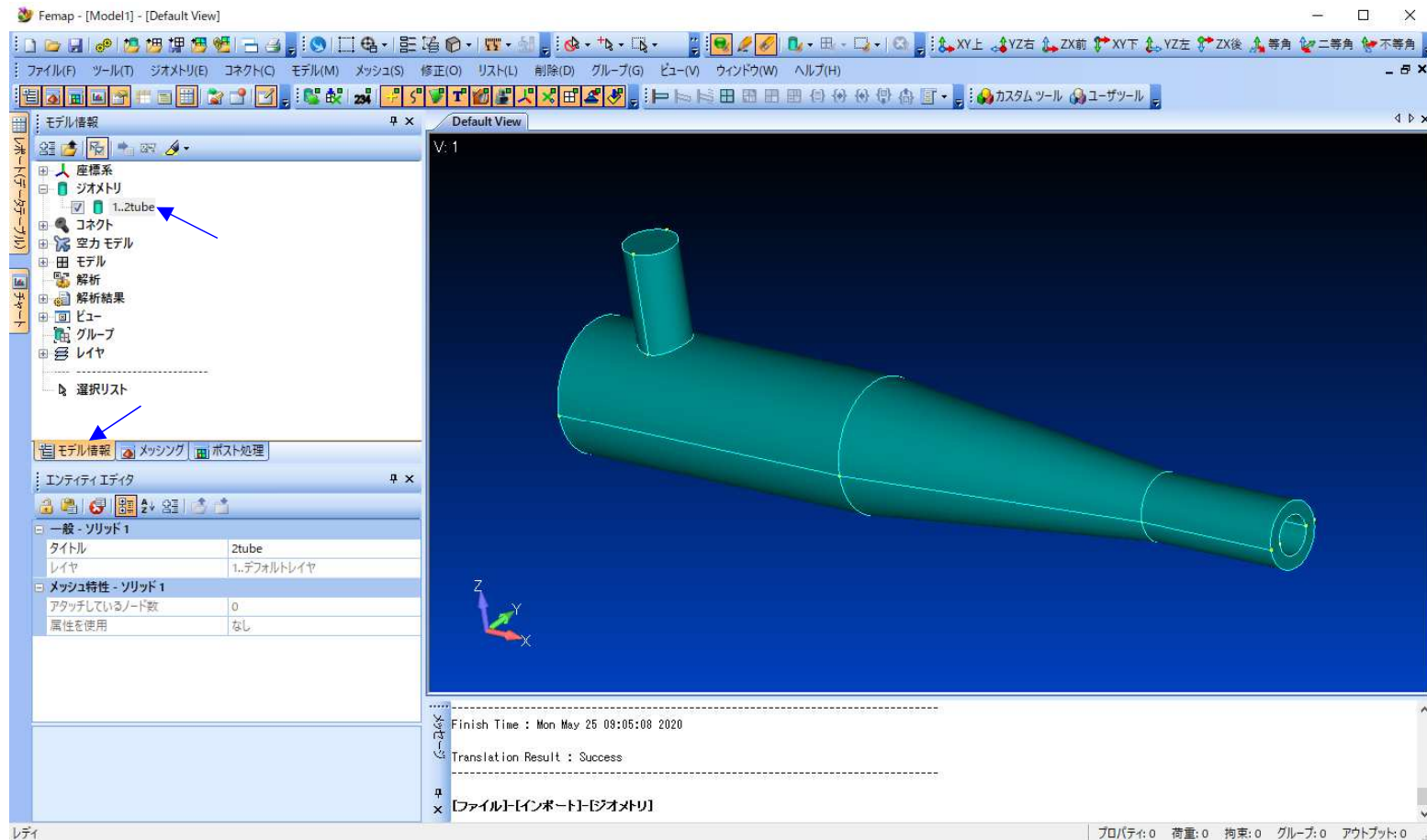
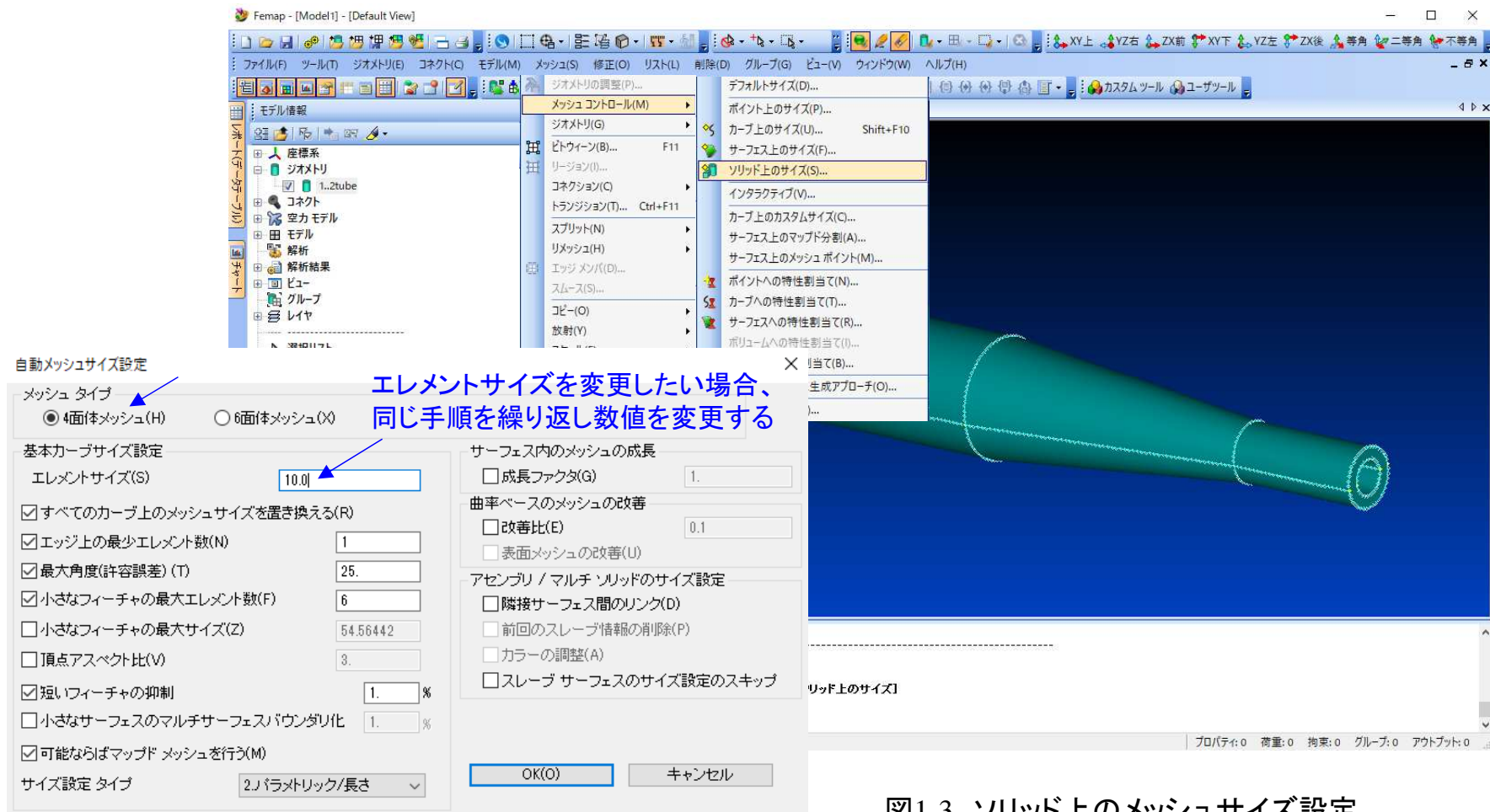


図1-2 モデル情報の確認

① FEMAPを利用した3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/ソリッド上のサイズ を選択し、4面体メッシュのの元素サイズを設定します。



① FEMAPを利用した3次元メッシュモデルの作成

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

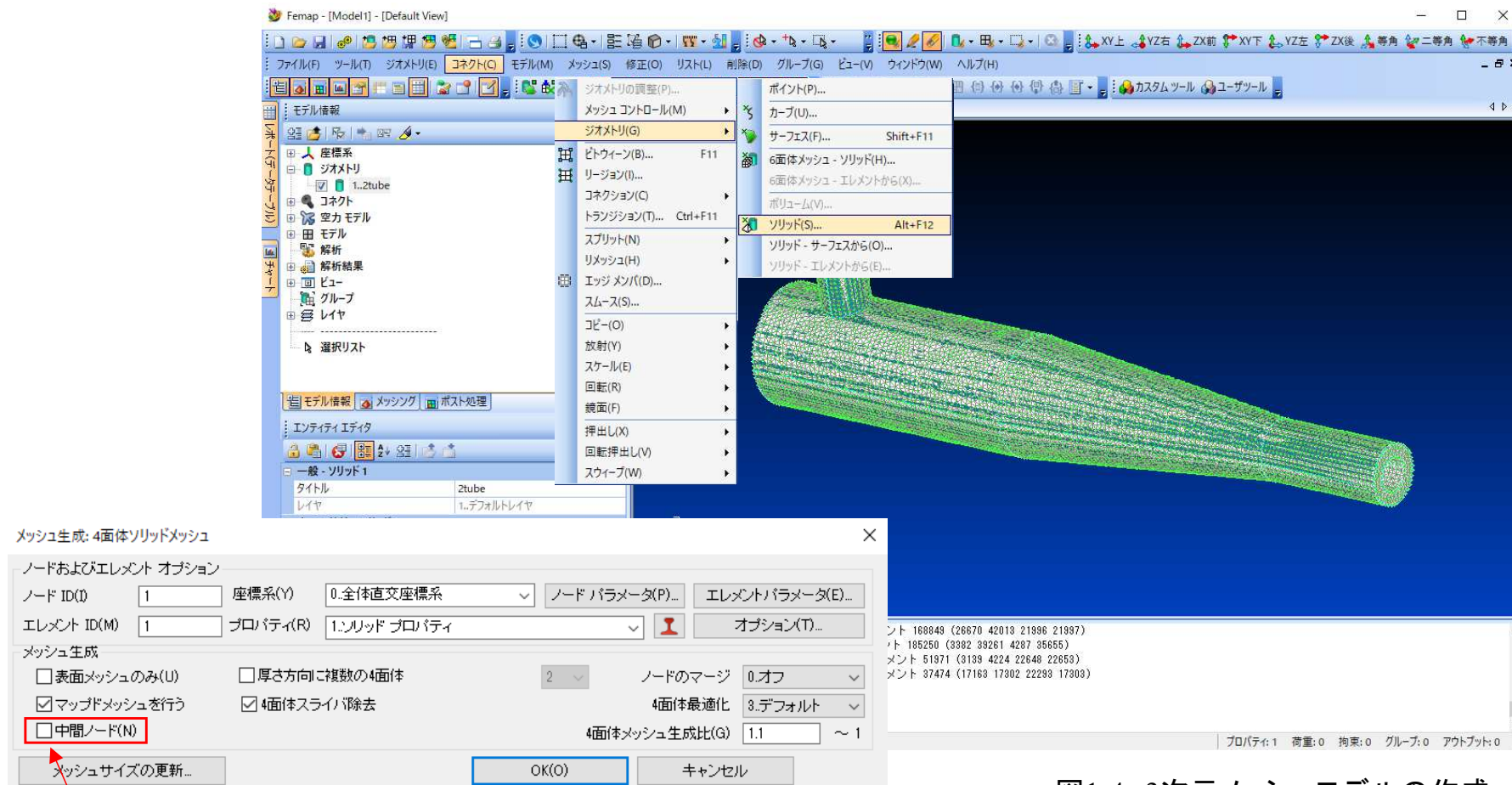
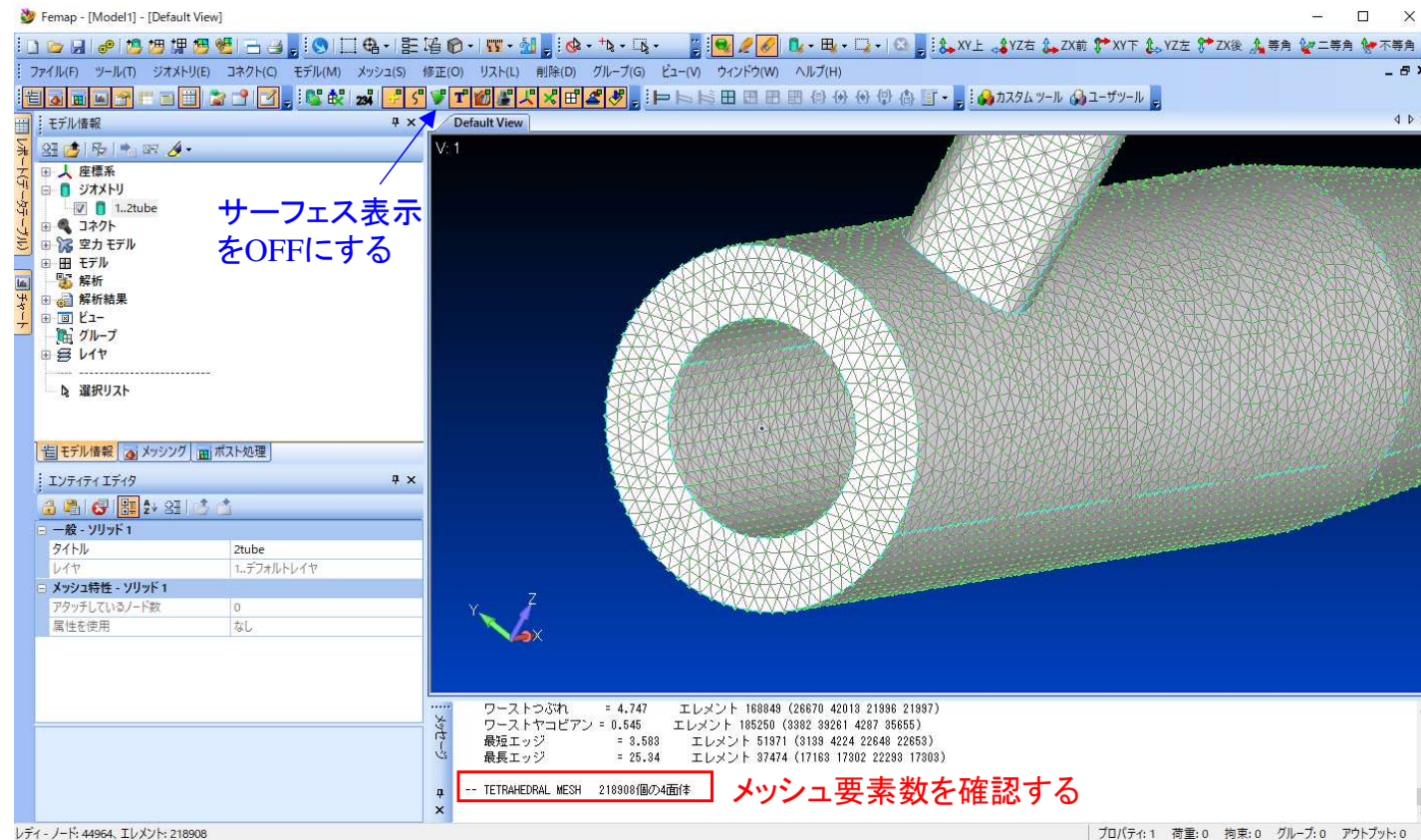


図1-4 3次元メッシュモデルの作成

- ・ソリッド選択後の、マテリアル定義フォームは何も変更せずOKをクリックする
- ・メッシュ生成フォームにて、中間ノードのチェックをOFFに変更してから(重要)、OKをクリックする

① FEMAPを利用した3次元メッシュモデルの作成

(5) メッシュの状態を確認します。問題がなければ次に進み、必要であればエレメントサイズを変更してメッシュを再作成します。



- ・流動解析モデルとして流路の肉厚方向に対して2分割以上(理想的には4分割以上)の要素分割が必要です。
- ・メッシュ要素数は、10万～150万程度が目安となります。

図1-5 3次元メッシュモデルの確認

① FEMAPを利用した3次元メッシュモデルの作成

- (6) 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、FlowTetraで正しくメッシュが読込まれません)

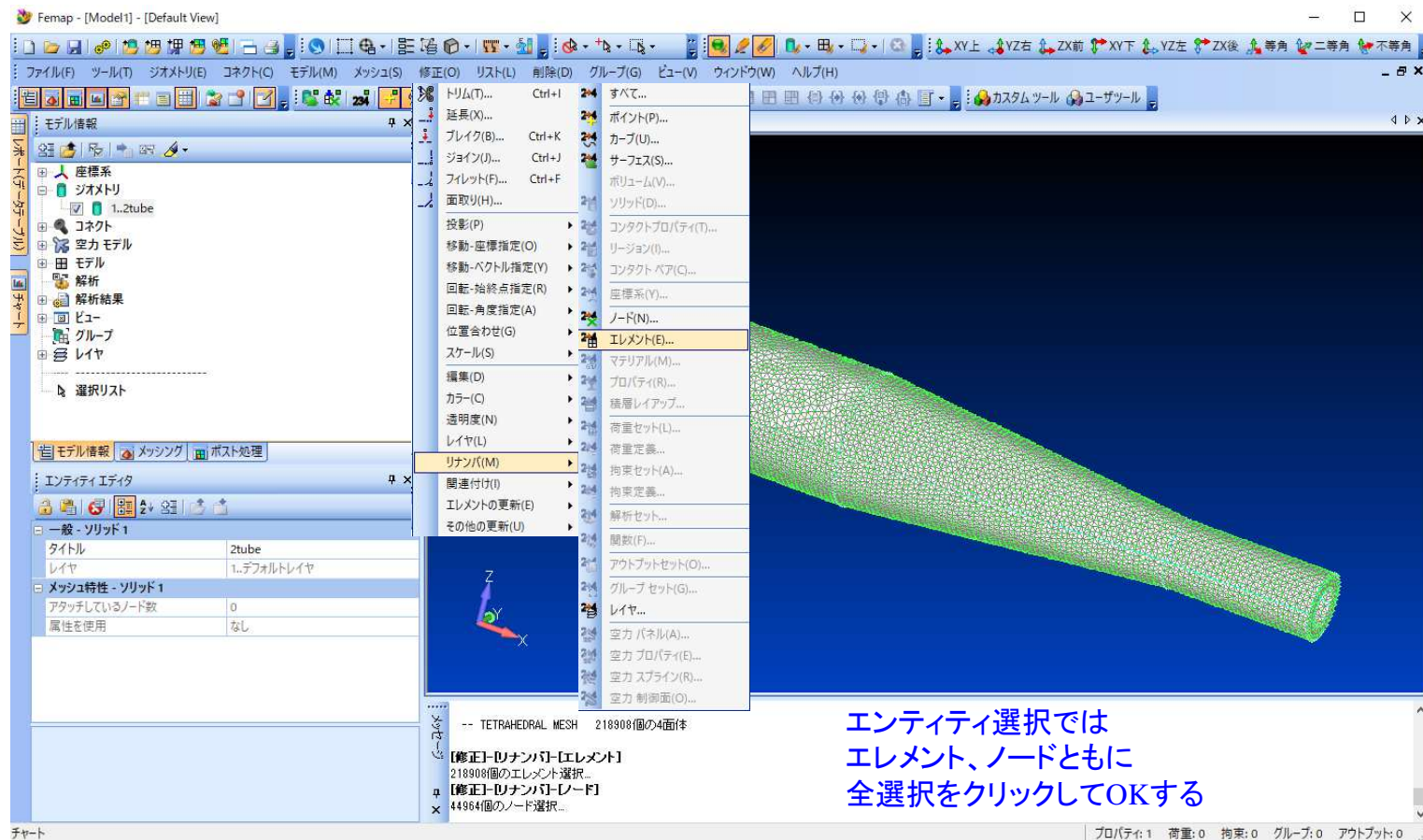


図1-6 エレメントおよびノードのリナンバ

① FEMAPを利用した3次元メッシュモデルの作成

- (7) リナンバ後、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))

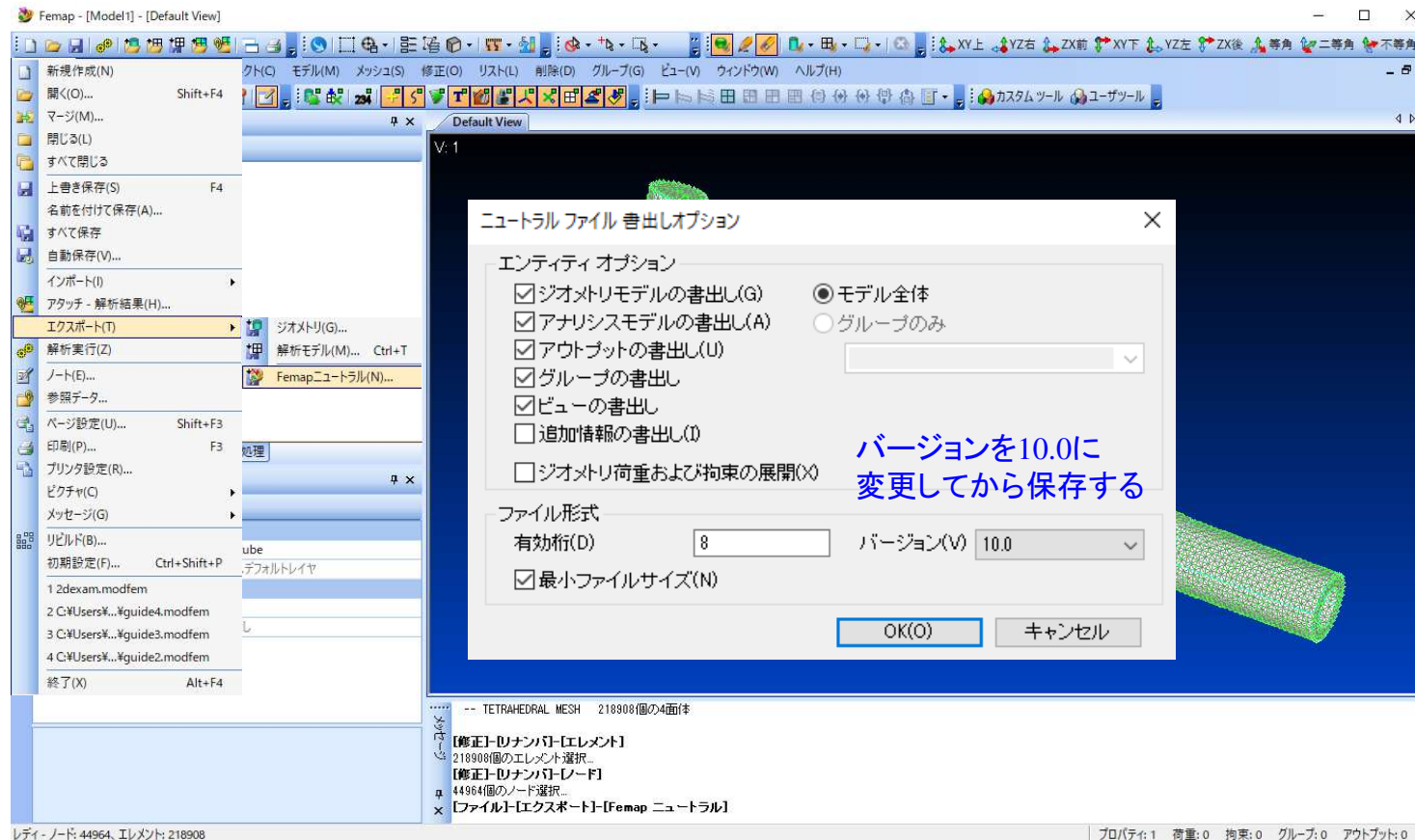


図1-7 3次元メッシュのエクスポート(.neuファイル)

② FlowTetra へのFEMAP ニュートラルファイルインポート

(1) FlowTetra を起動後、ファイル/Femap Neutralfile Import 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 FlowTetra へのFEMAP ニュートラルfile インポート

② FlowTetra へのFEMAP ニュートラルファイルインポート

(2). (1)で .neuファイルを読み込む際、要素数が100万以上の場合エラーが発生します(デフォルト最大要素数オーバー)。そのときは、オプションタブからOptionFormを開き、左下の最大要素数を増やしてから .neuファイル読み込みを再実施します。



図2-2 OptionFormから 最大要素数の変更

② FlowTetra へのFEMAP ニュートラルファイルインポート

(3) 表示された3次元メッシュデータに問題がなければ、ファイル/モデルエクスポート を選択し、FlowTetraの3Dメッシュファイル(.3msh) として保存します。

⇒ 以降は、別ソフトで3Dメッシュファイルデータを作成した場合と同様に、FlowTetraを利用した熱流動境界条件の設定に進みます(利用手引書(Ver.8.0.0) p.108～)

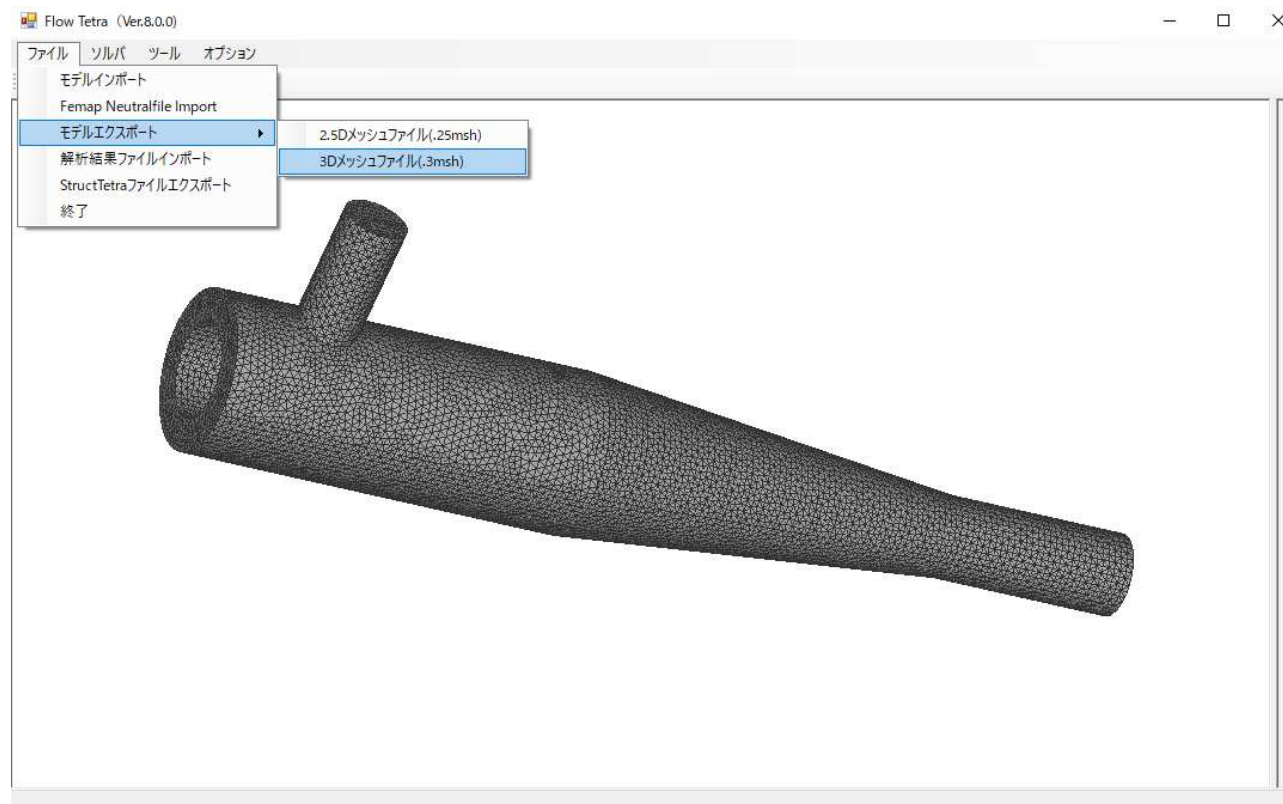


図2-3 FEMAP ニュートラルファイルから 3Dメッシュファイルデータ(.3dmsh)のエクスポート

③ 境界条件の設定

- (1) 3次元メッシュを表示させた状態で ツール/Boundary Condition Set をクリックすると、境界条件設定グラフィックアイコンが表示されます。

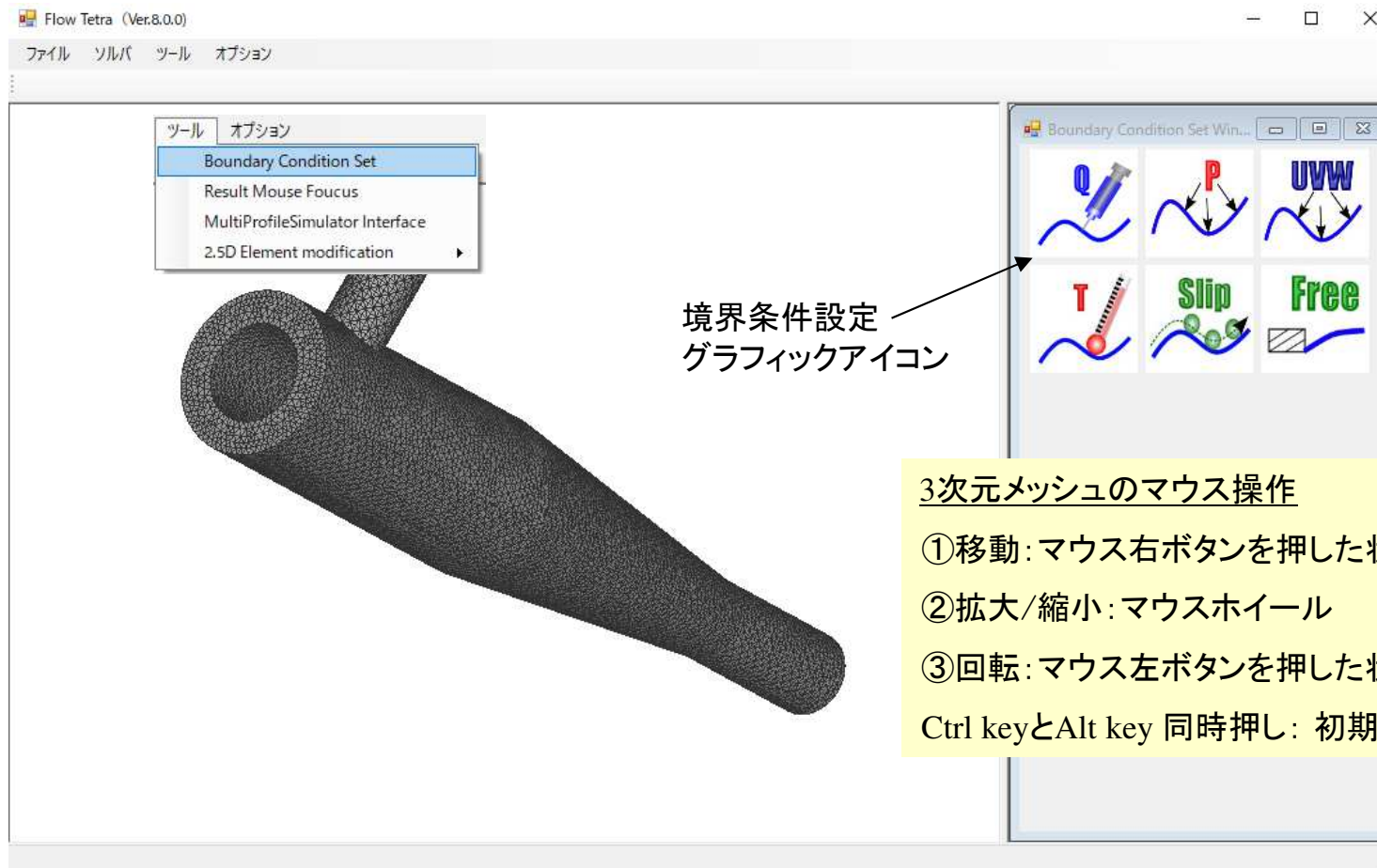


図3-1 境界条件設定グラフィックアイコンの表示

③ 境界条件の設定

- (2) FlowTetraの運用で利用するのは、流量境界条件(Q)、圧力境界条件(P)、温度境界条件(T)設定グラフィックアイコンです。FlowTetraでは、流入出口のみの境界条件を設定します。それ以外の壁面は、滑り無し境界と見なされます。

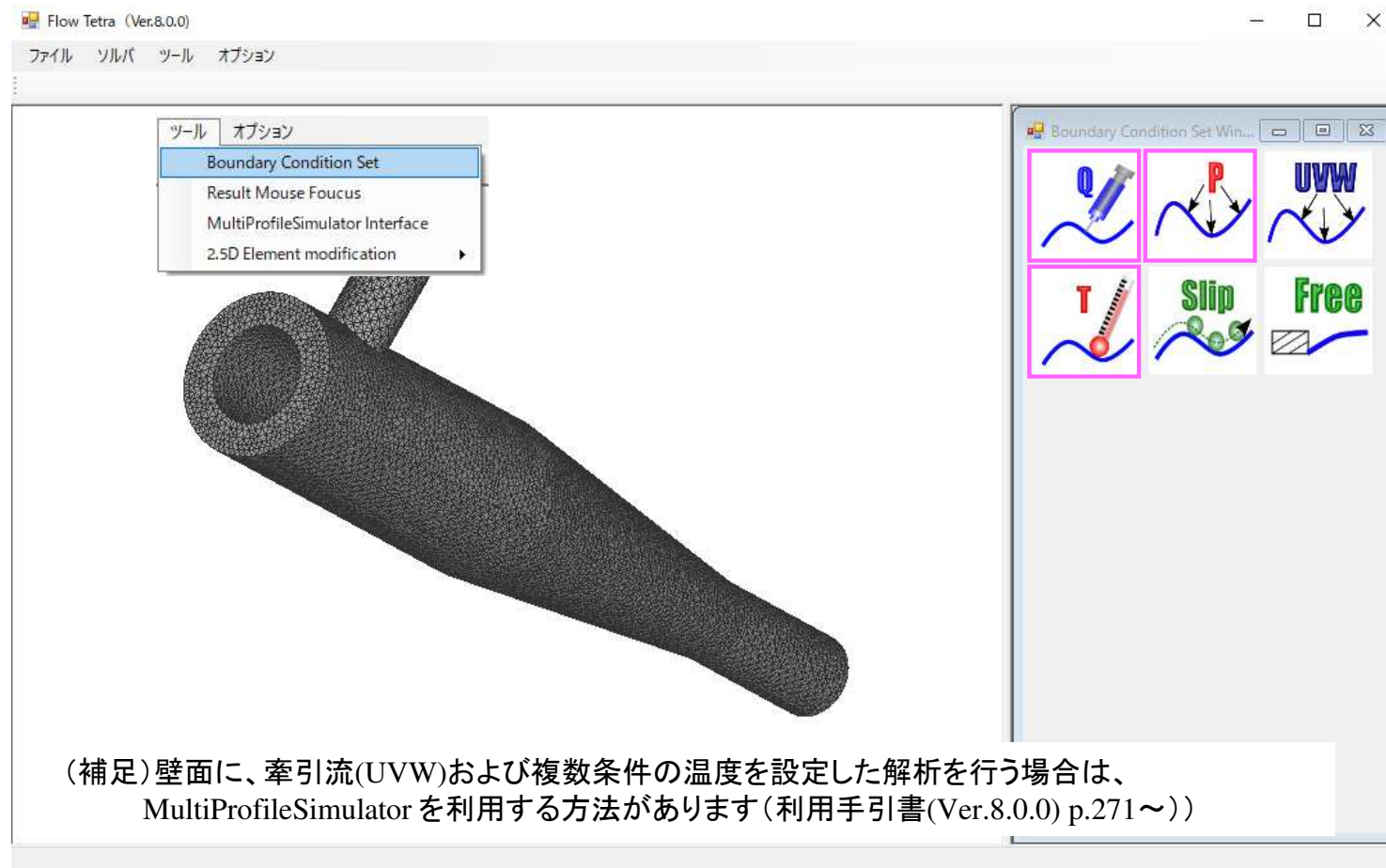


図3-2 FlowTetraで利用する境界条件設定グラフィックアイコン

③ 境界条件の設定

- (3) 流量境界条件(Q)設定グラフィックアイコンをクリックし、流入口となる要素節点を、ボックスピックなどで選択します。節点選択後、決定を押して流量値の設定に進みます。

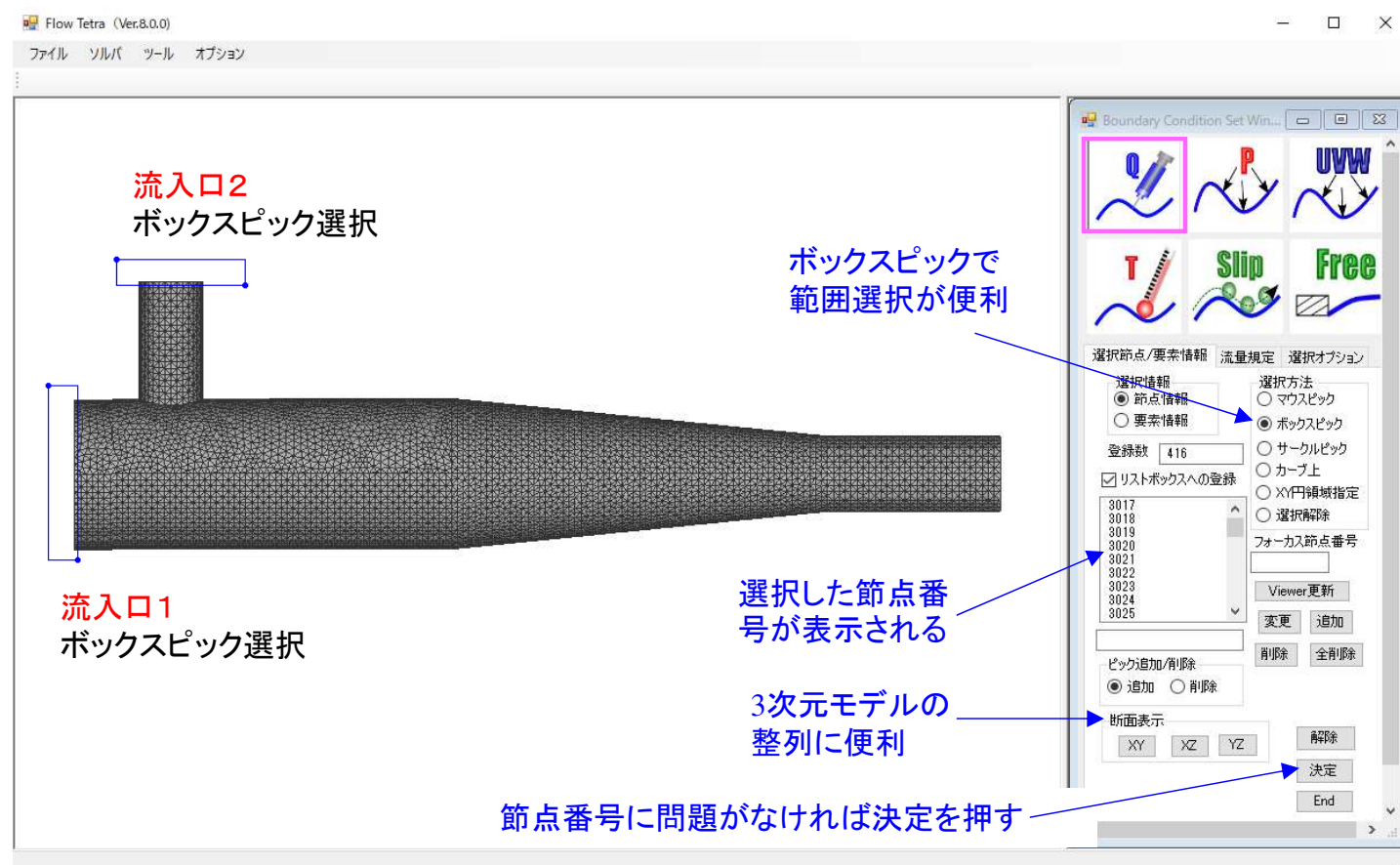


図3-3 流入口への流量境界条件設定1

③ 境界条件の設定

- (4) 流量規定タブにて流量値を設定します。流入口温度も同時に設定することが可能です。
入力完了後に設定ボタンをクリックすると、入力が確定され、設定箇所に目印が表示されます。

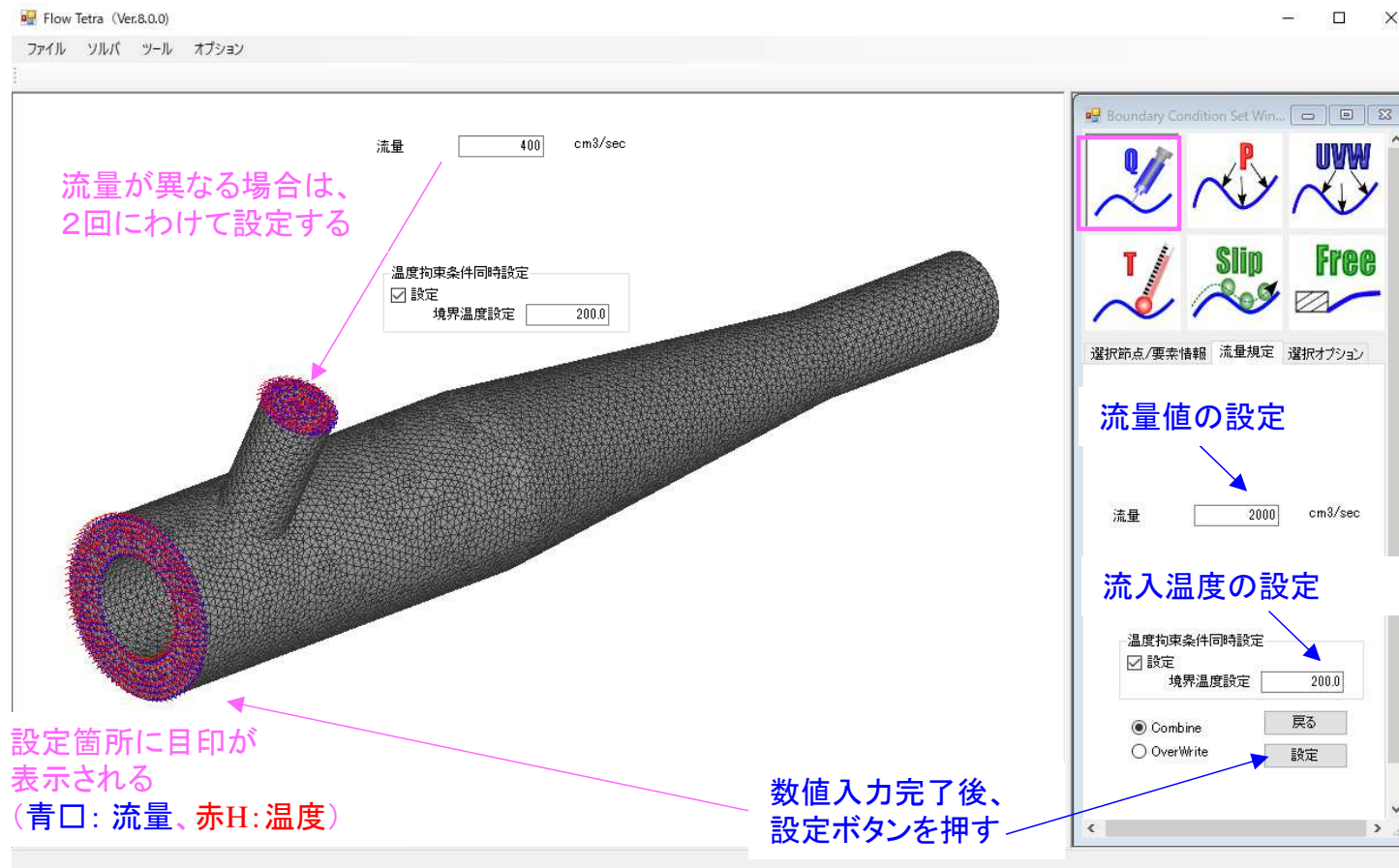


図3-4 流入口への流量境界条件設定2

③ 境界条件の設定

- (5) 圧力境界条件(P)設定グラフィックアイコンをクリックし、流出口となる要素節点を、ボックスピックなどで選択します。
節点選択後、決定を押して圧力規定値の設定に進みます。

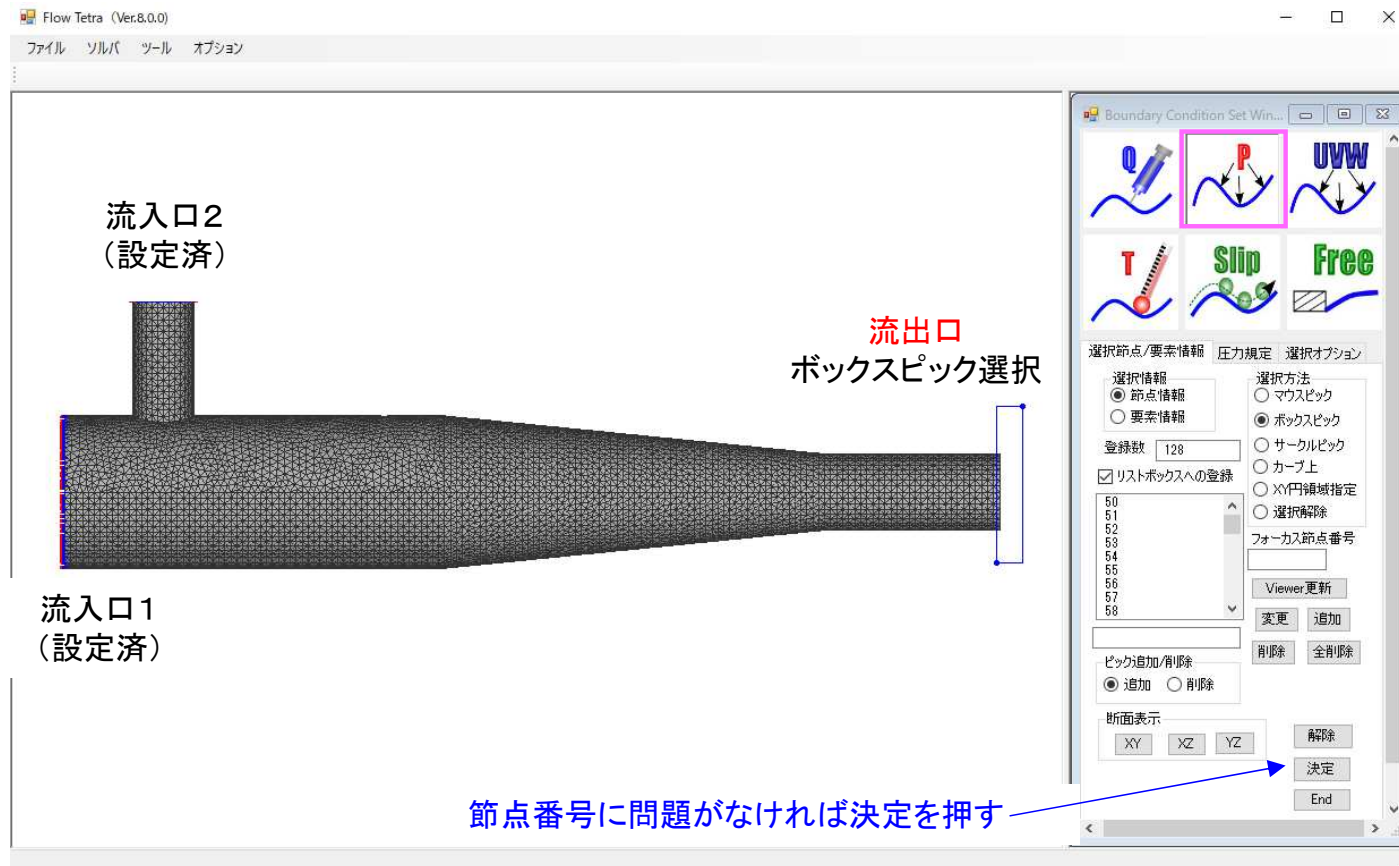


図3-5 流出口への圧力境界条件設定1

③ 境界条件の設定

- (6) 圧力規定タブにて圧力値を設定します。解放条件の場合、圧力規定値として0を入力します。
流出口の温度を解析で算出する場合、温度同時設定をOFF(非チェック)にします。
入力完了後に設定ボタンをクリックすると、入力確定され、設定箇所に目印が表示されます。

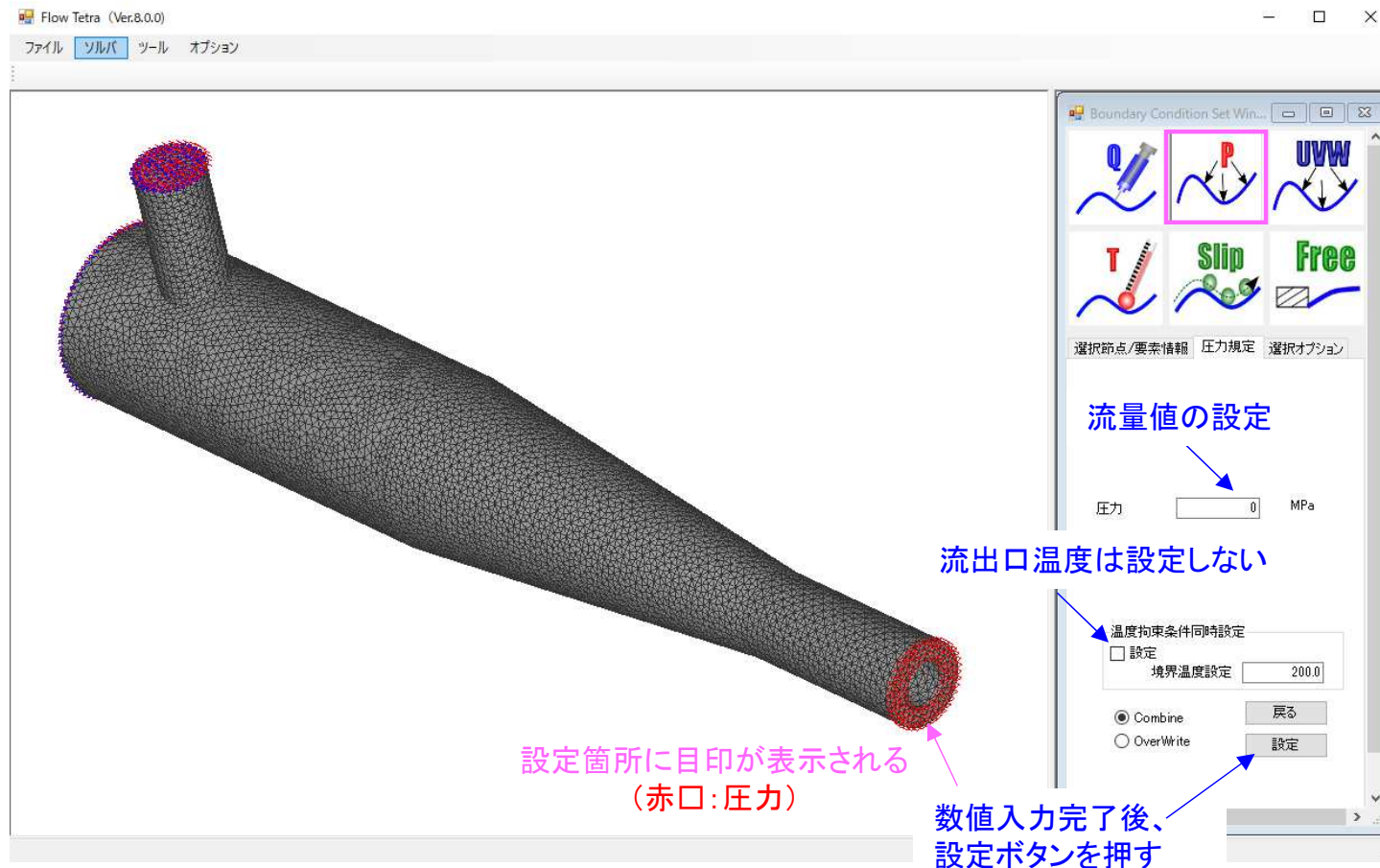


図3-6 流出口への圧力境界条件設定2

③ 境界条件の設定

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

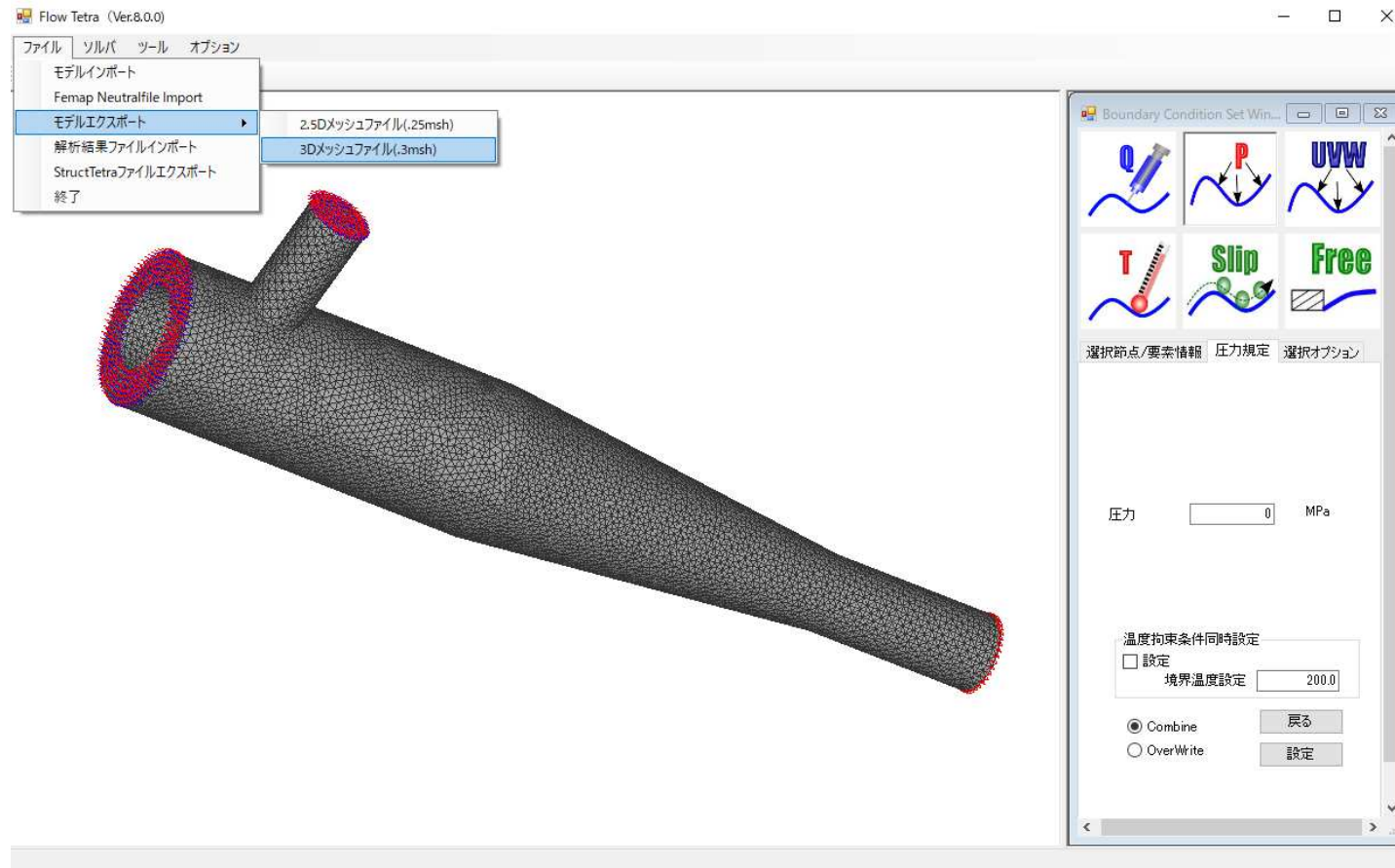


図3-7 3Dメッシュファイルのエクスポート

④ 解析条件設定～解析実行

- (1) ファイル/ソルバー/FlowTetra をクリックすると、右側に解析条件設定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。

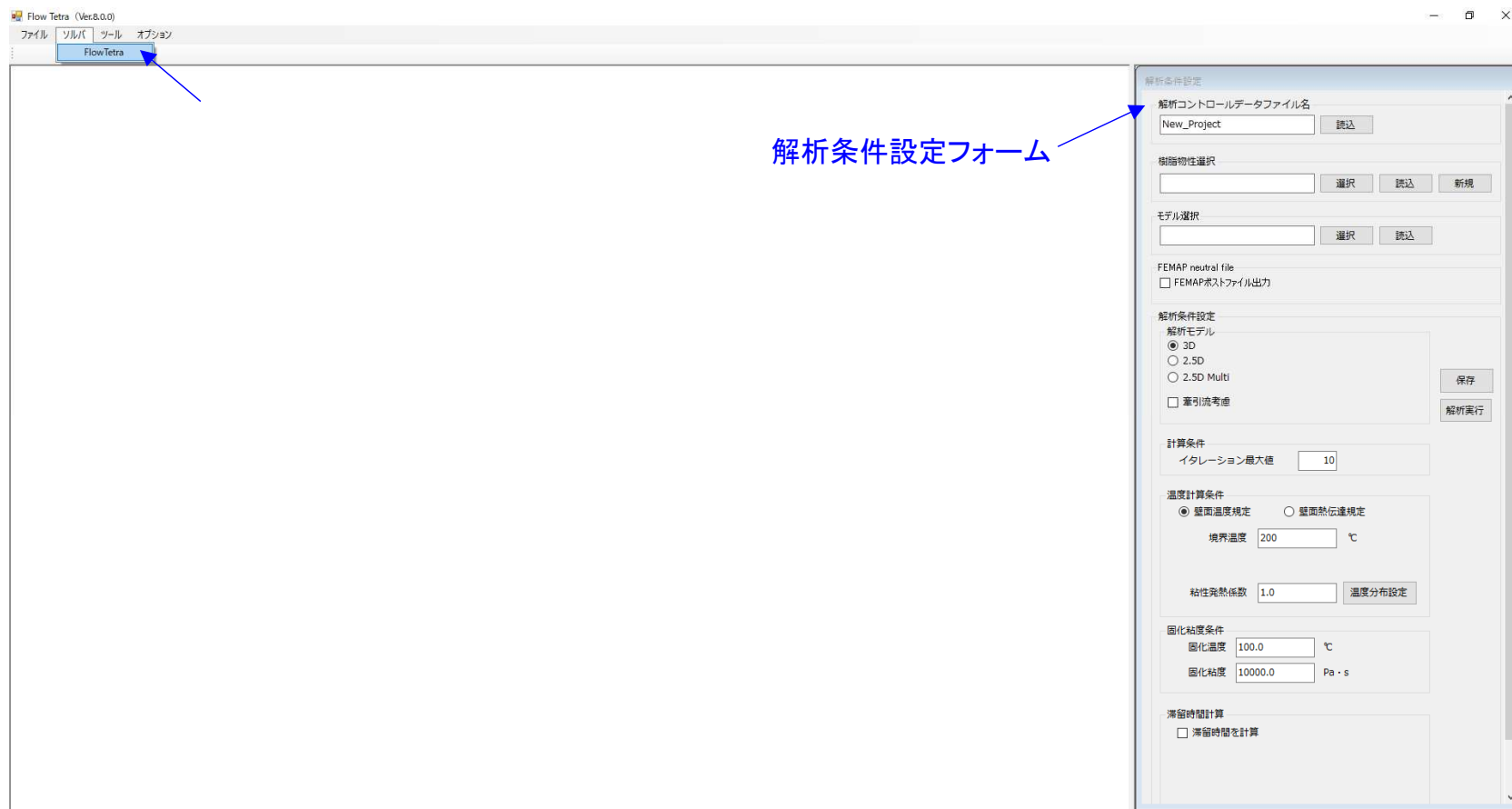
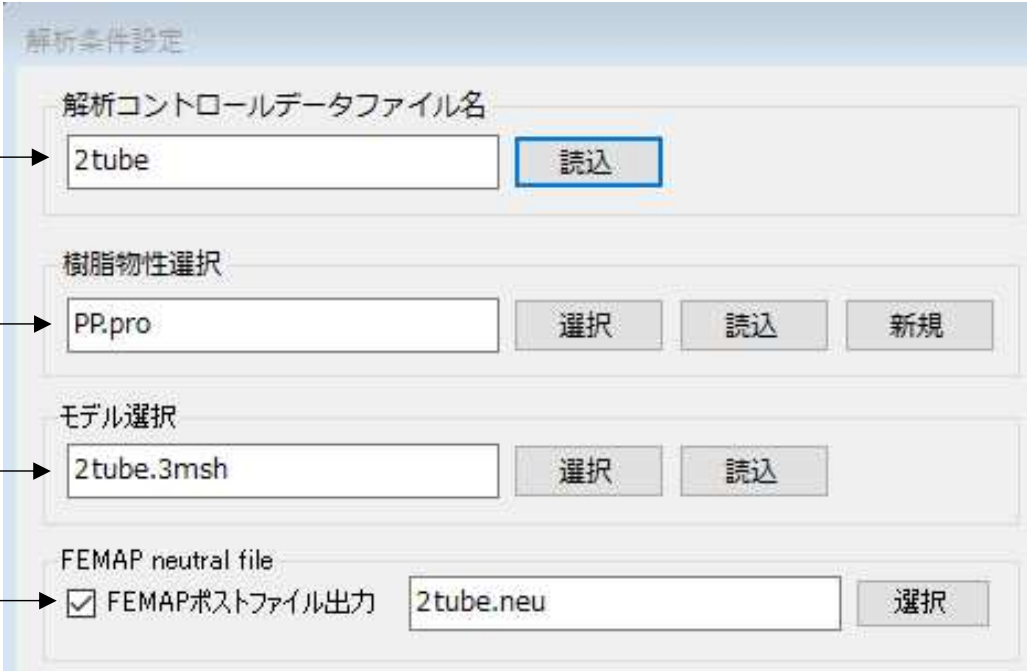


図4-1 解析条件の設定フォーム表示

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。



The screenshot shows the 'Analysis Condition Setting' dialog box with the following fields and buttons:

- 解析コントロールデータファイル名**: Text field containing '2tube', with a '読込' (Load) button.
- 樹脂物性選択**: Text field containing 'PP.pro', with '選択' (Select), '読込' (Load), and '新規' (New) buttons.
- モデル選択**: Text field containing '2tube.3msh', with '選択' (Select) and '読込' (Load) buttons.
- FEMAP neutral file**: A section containing a checked checkbox for 'FEMAPポストファイル出力' (FEMAP Post-File Output), a text field containing '2tube.neu', and a '選択' (Select) button.

Annotations on the left side of the dialog box:

- ◎解析条件を管理するファイル(.prj)の設定 → points to the '解析コントロールデータファイル名' field.
- ◎樹脂データファイル(.pro)の設定 → points to the '樹脂物性選択' field.
- ◎解析メッシュファイル(.3msh)の設定 → points to the 'モデル選択' field.
- チェックして.3mshの元となる.neuファイルを選択すると、解析終了時に“ファイル名+post.neuファイル”が自動生成される (任意項目、FEMAPでの結果確認用) (利用手引書(Ver.8.0.0) p.305～) → points to the 'FEMAPポストファイル出力' checkbox.

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)

◎非ニュートン粘度計算
の反復回数を設定

◎流入出口以外の壁面の
温度条件を設定

チェックを入れると
滞留時間計算を
実施する

The screenshot displays the 'Calculation Control Information Input Form' (計算コントロール情報入力フォーム) with the following sections and settings:

- 解析条件設定 (Analysis Condition Setting):**
 - 解析モデル (Analysis Model): ☒ 3D, ☐ 2.5D, ☐ 2.5D Multi
 - ☐ 牽引流考慮 (Consider Suction Flow)
 - Buttons: 保存 (Save), 解析実行 (Execute Analysis)
- 計算条件 (Calculation Condition):**
 - イタレーション最大値 (Maximum Iteration Value): 10
- 温度計算条件 (Temperature Calculation Condition):**
 - ☒ 壁面温度規定 (Specify Wall Temperature), ☐ 壁面熱伝達規定 (Specify Wall Heat Transfer Coefficient)
 - 境界温度 (Boundary Temperature): 180 °C
 - 粘性発熱係数 (Viscous Heating Coefficient): 1
 - Button: 温度分布設定 (Set Temperature Distribution)
- 固化粘度条件 (Curing Viscosity Condition):**
 - 固化温度 (Curing Temperature): 100 °C
 - 固化粘度 (Curing Viscosity): 10000 Pa · s
- 滞留時間計算 (Residence Time Calculation):**
 - ☒ 滞留時間を計算 (Calculate Residence Time)
 - 滞留時間計算パラメータ (Residence Time Calculation Parameters):
 - モデル分割数 (Model Division Count): 100
 - 計算サイクル数 (Calculation Cycle Count): 2000
 - 最大充填率 (Maximum Filling Rate): 99 %

クリックすると、壁面に温度分布
を設定することが可能
(利用手引書(Ver.8.0.0) p.236～)

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解析コントロールデータファイル(.prj)を保存します。
保存後に、解析実行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。

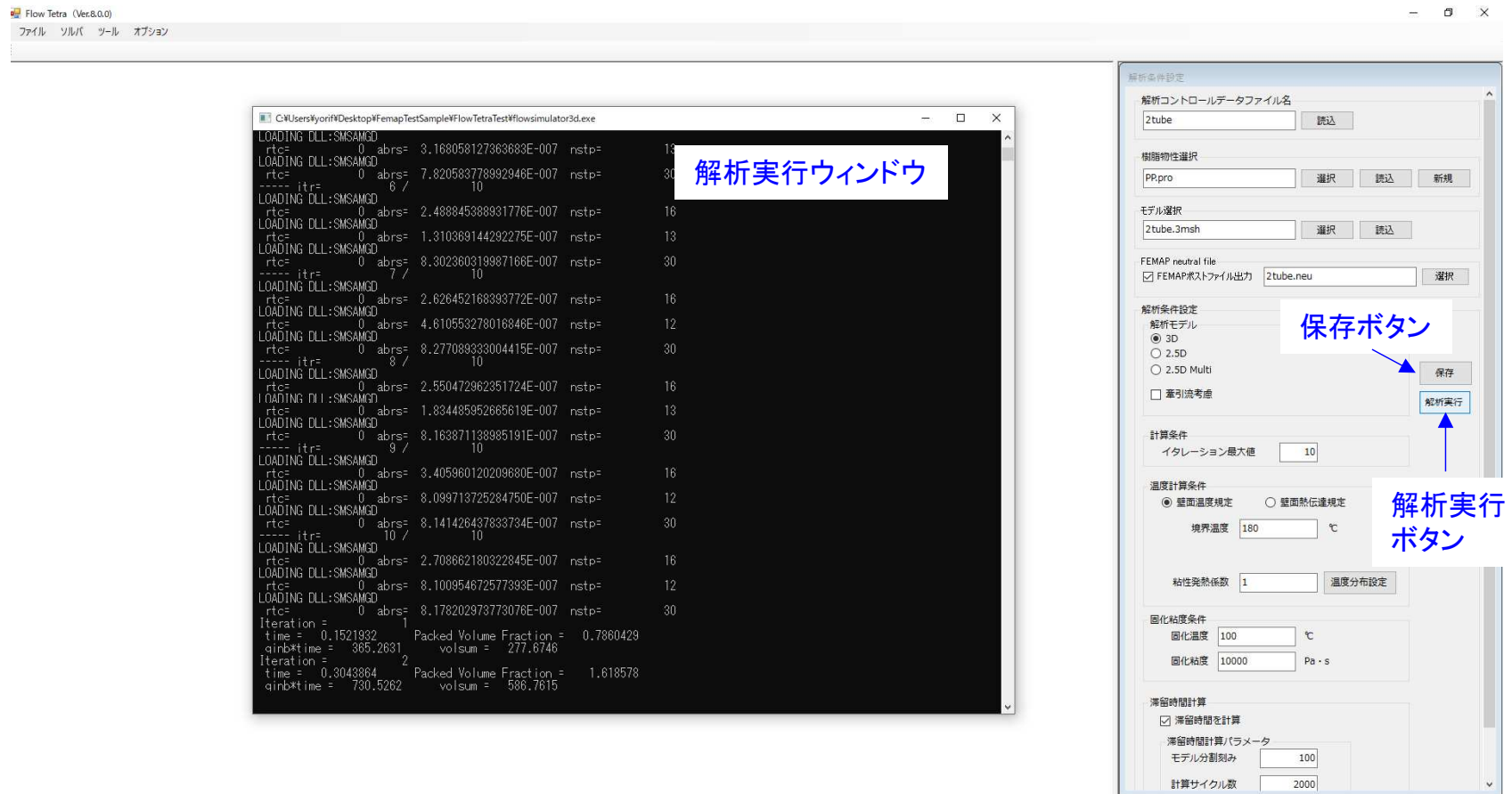
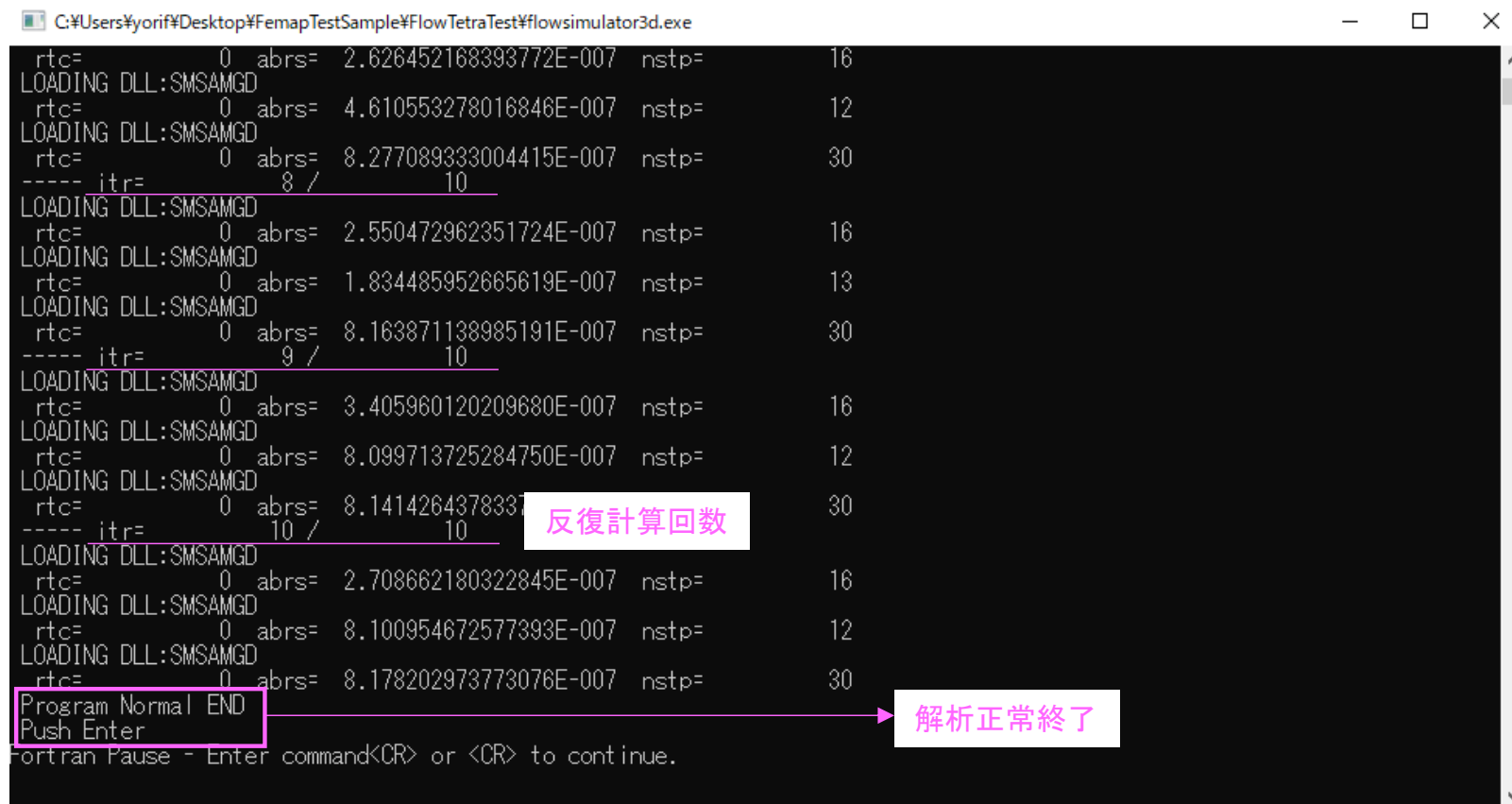


図4-4 解析実行ウィンドウ

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。
解析結果ファイルは、”解析コントロールデータファイル名.res3D” として自動保存されます。



```
C:\Users\yori\Desktop\FemapTestSample\FlowTetraTest\flowsimulator3d.exe
rtc=      0  abrs=  2.626452168393772E-007  nstp=      16
LOADING DLL:SMSAMGD
rtc=      0  abrs=  4.610553278016846E-007  nstp=      12
LOADING DLL:SMSAMGD
rtc=      0  abrs=  8.277089333004415E-007  nstp=      30
----- itr=      8 /      10
LOADING DLL:SMSAMGD
rtc=      0  abrs=  2.550472962351724E-007  nstp=      16
LOADING DLL:SMSAMGD
rtc=      0  abrs=  1.834485952665619E-007  nstp=      13
LOADING DLL:SMSAMGD
rtc=      0  abrs=  8.163871138985191E-007  nstp=      30
----- itr=      9 /      10
LOADING DLL:SMSAMGD
rtc=      0  abrs=  3.405960120209680E-007  nstp=      16
LOADING DLL:SMSAMGD
rtc=      0  abrs=  8.099713725284750E-007  nstp=      12
LOADING DLL:SMSAMGD
rtc=      0  abrs=  8.141426437833E-007  nstp=      30
----- itr=     10 /      10
LOADING DLL:SMSAMGD
rtc=      0  abrs=  2.708662180322845E-007  nstp=      16
LOADING DLL:SMSAMGD
rtc=      0  abrs=  8.100954672577393E-007  nstp=      12
LOADING DLL:SMSAMGD
rtc=      0  abrs=  8.178202973773076E-007  nstp=      30
Program Normal End
Push Enter
Fortran Pause - Enter command<CR> or <CR> to continue.
```

反復計算回数

解析正常終了

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 3D解析結果ファイル(.res3D) 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。

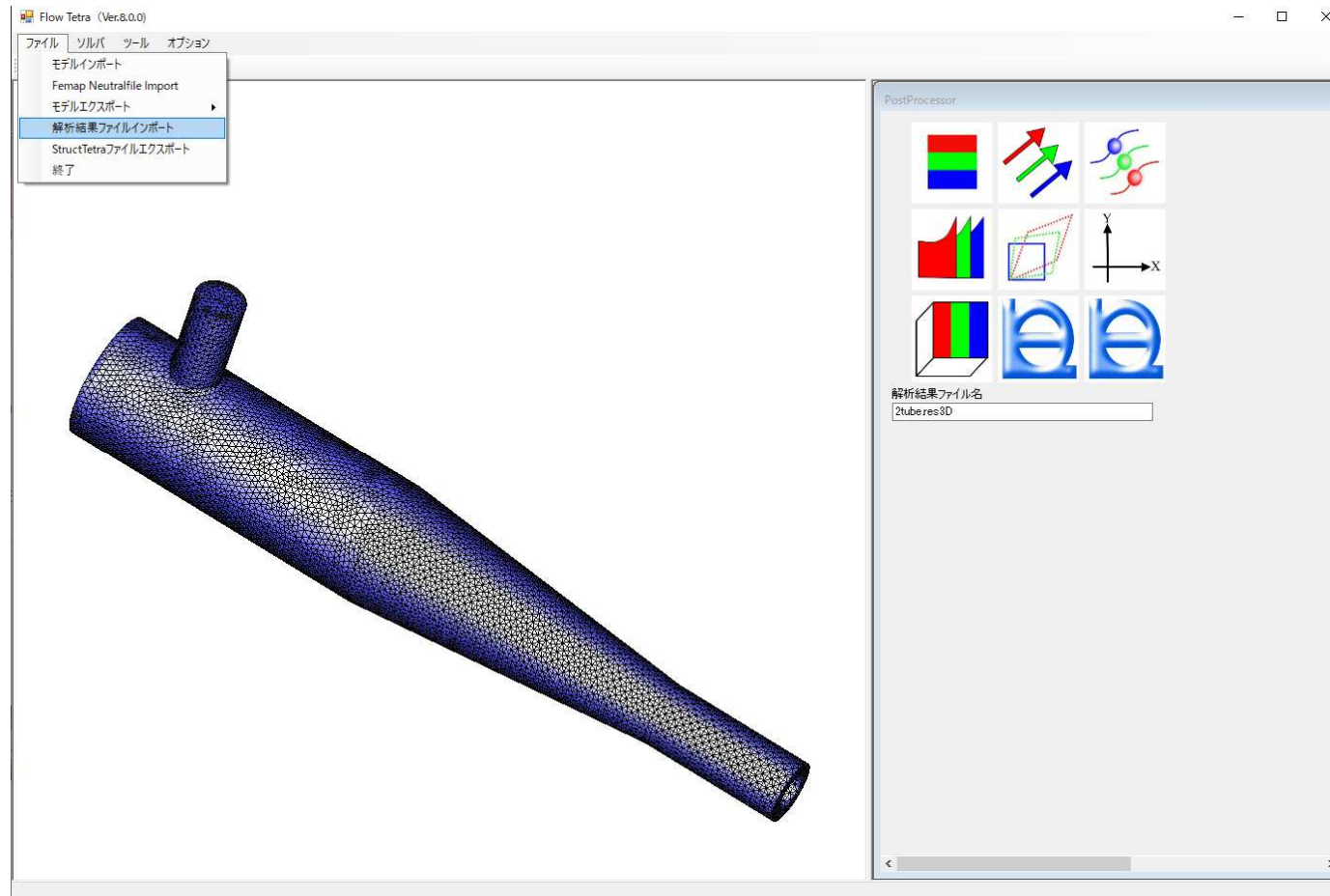


図5-1 3D解析結果ファイルのインポート

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。コンター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圧力、流速等の作画内容を選択します。内容選択後に描画ボタンをクリックすると、選択した物理量のコンタープロットが表示されます。

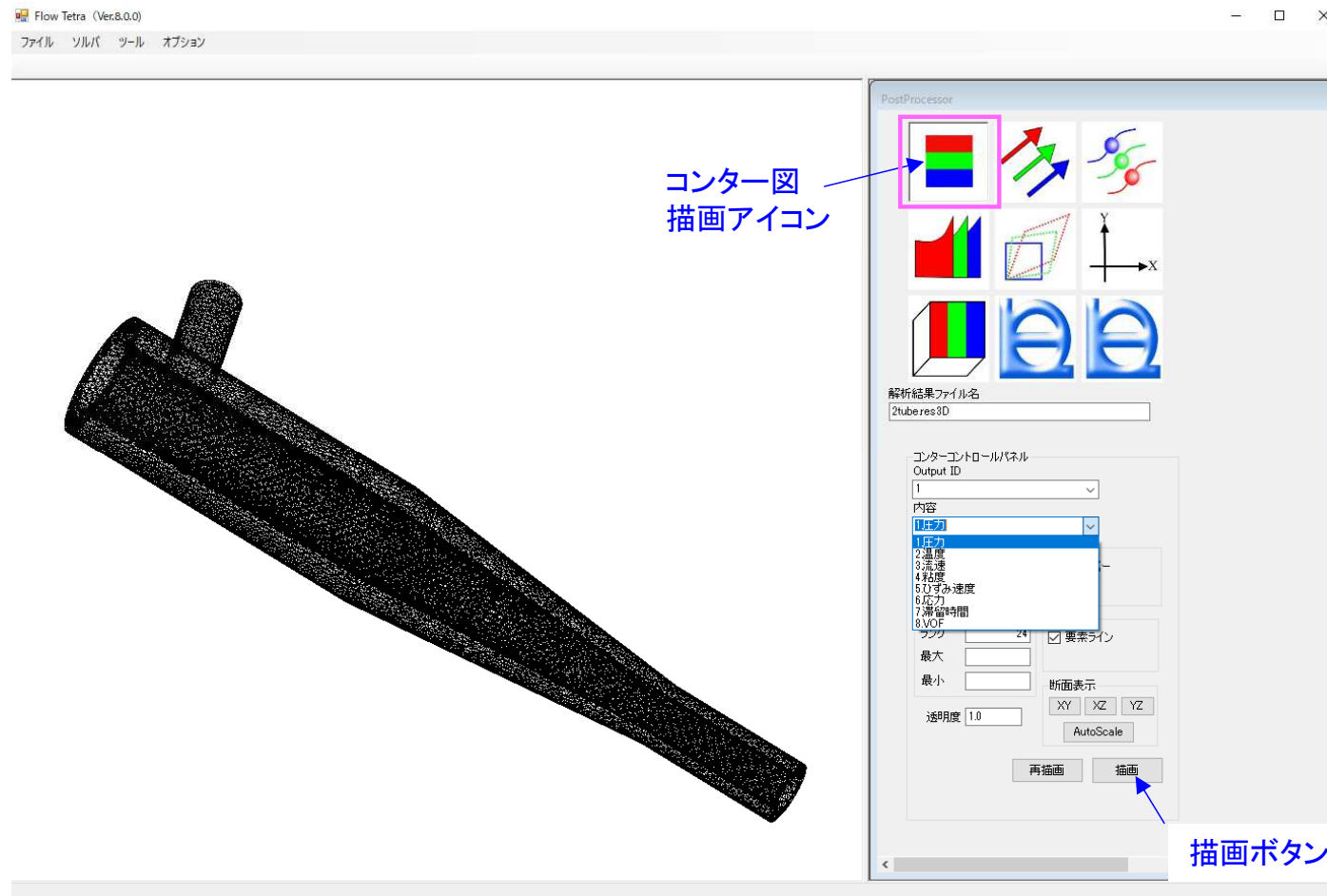
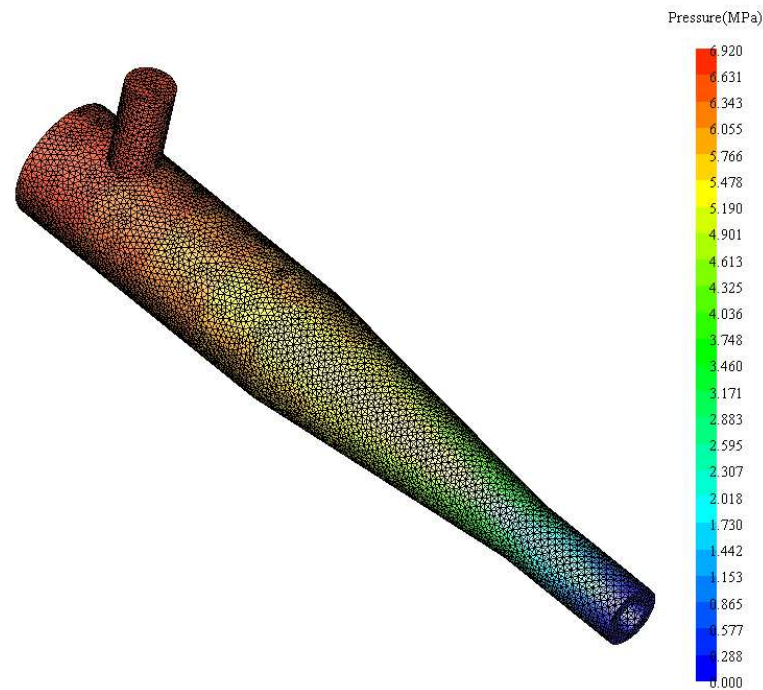


図5-2 コンター図描画アイコンの設定

⑤ 解析結果の確認／Postprocessing

- (3) コンタープロットではモデル表面の解析結果が描画されます。要素ラインのON/OFFや、オプションタブの反射光設定のON/OFFなどを切替えて、必要な情報を確認します。

圧力分布／要素ラインON, 反射光ON



圧力分布／要素ラインOFF, 反射光OFF

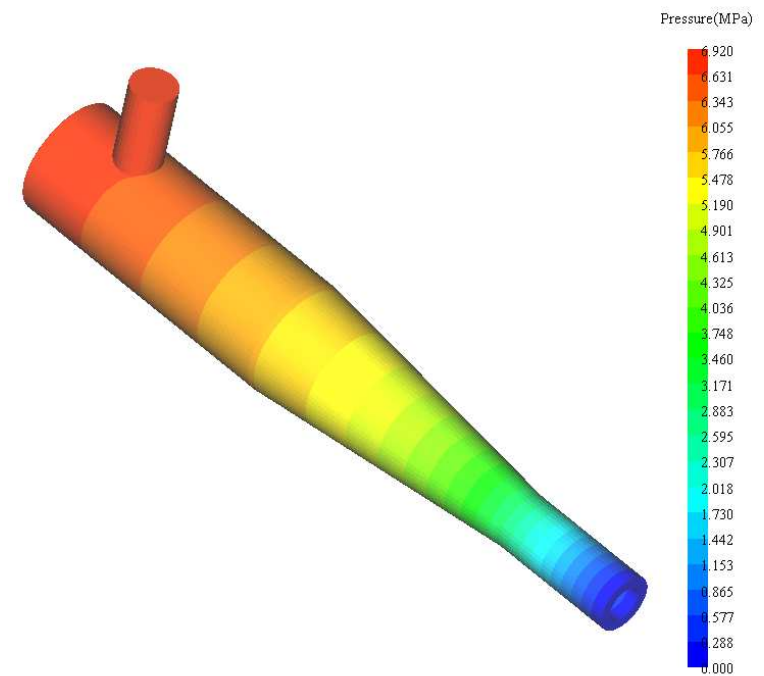


図5-3 コンター図(表面結果)の表示

⑤ 解析結果の確認／Postprocessing

- (4) 内部情報を確認するためには、フォーム左下のスライスコンター図描画アイコンをクリックします。
OutPut ID は1を選択し、内容選択のコンボボックスで圧力、流速等の作画内容を選択します。

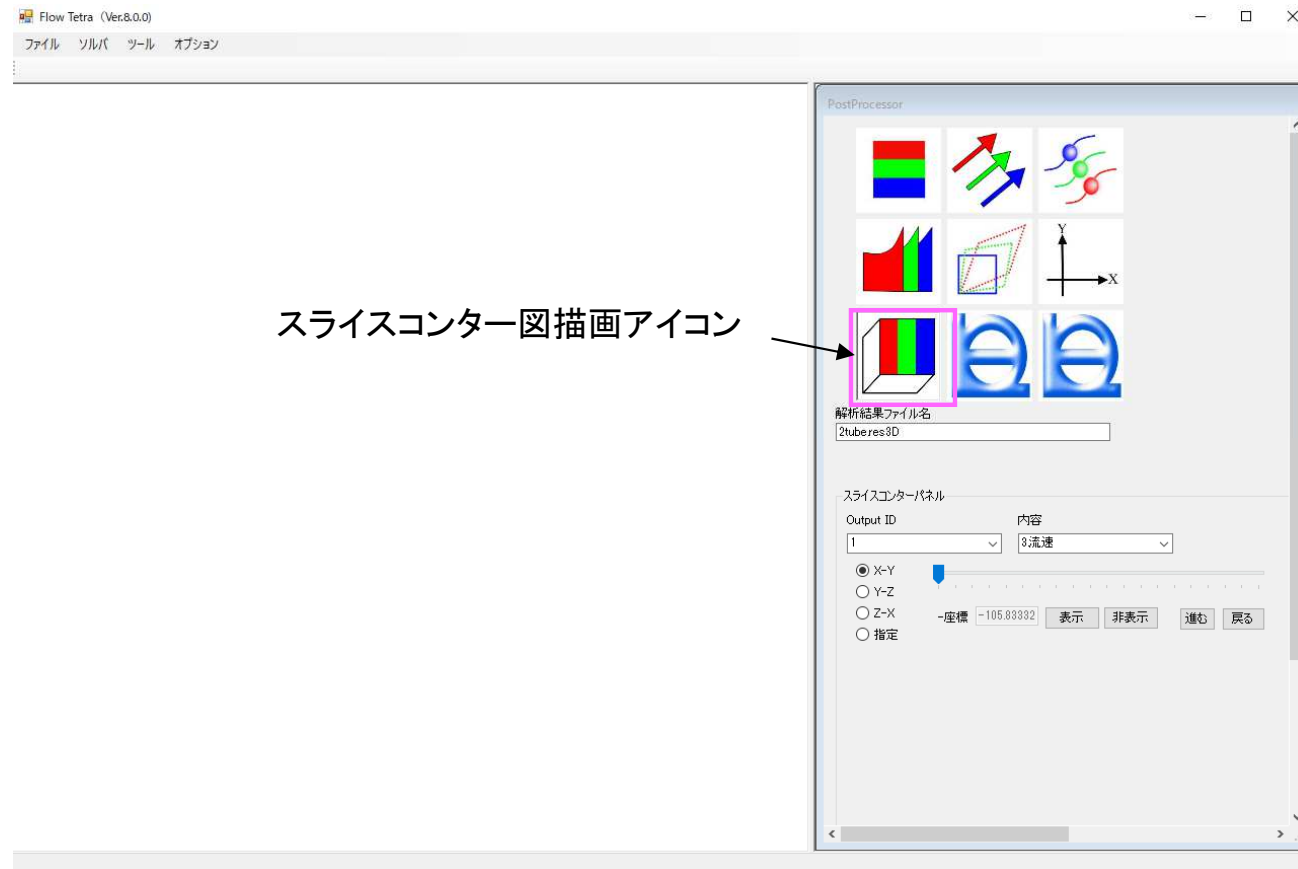


図5-4 スライスコンター図の表示

⑤ 解析結果の確認／Postprocessing

- (5) 描画内容を選択後、断面方向を選択し描画ボタンをクリックすると、指定した断面方向のスライスコンター図が表示されます。Track Barを移動させることで指定方向の様々な断面でスライスコンター図を描画することが可能です。

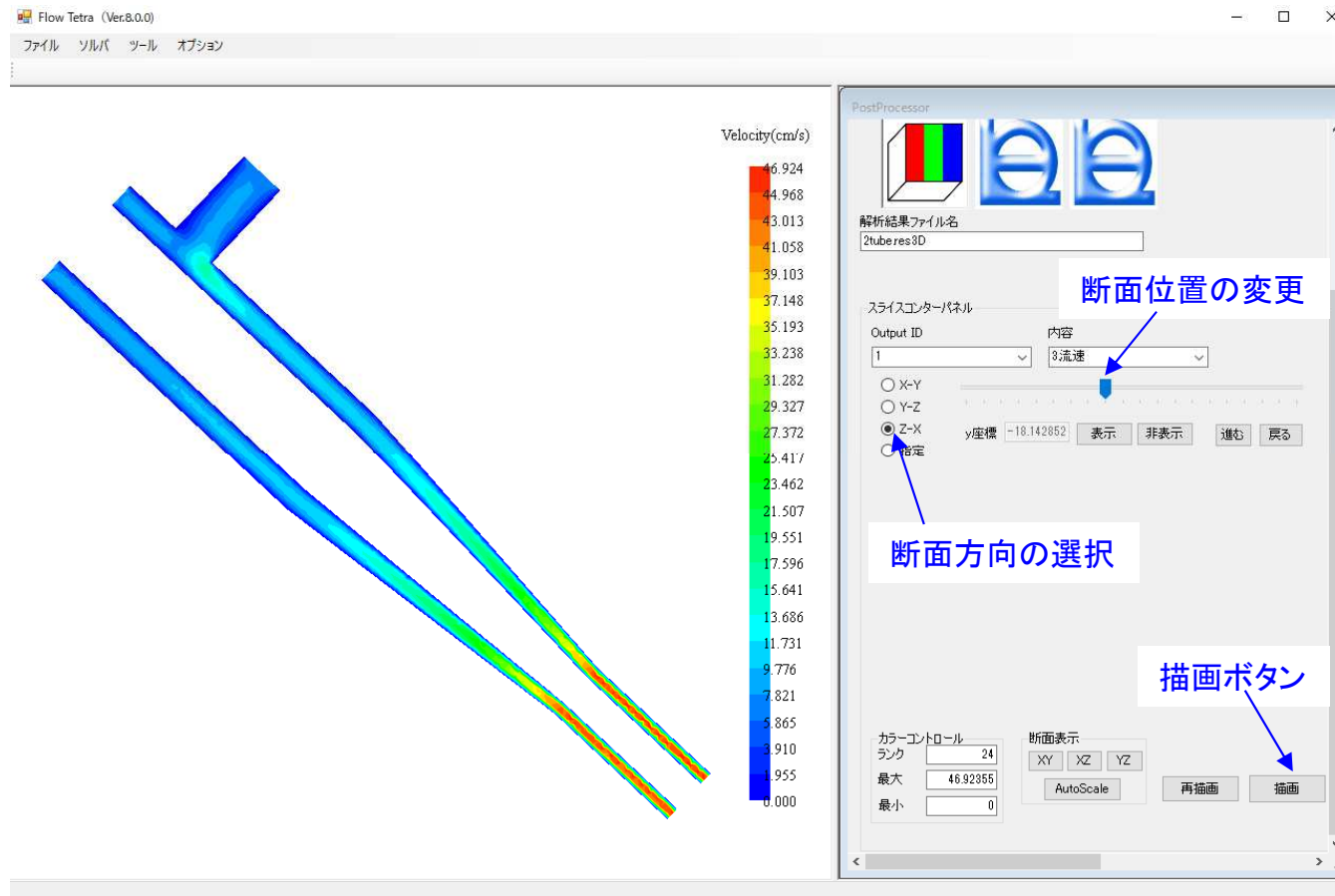


図5-5 スライスコンター図の表示(流速分布)

⑤ 解析結果の確認／Postprocessing

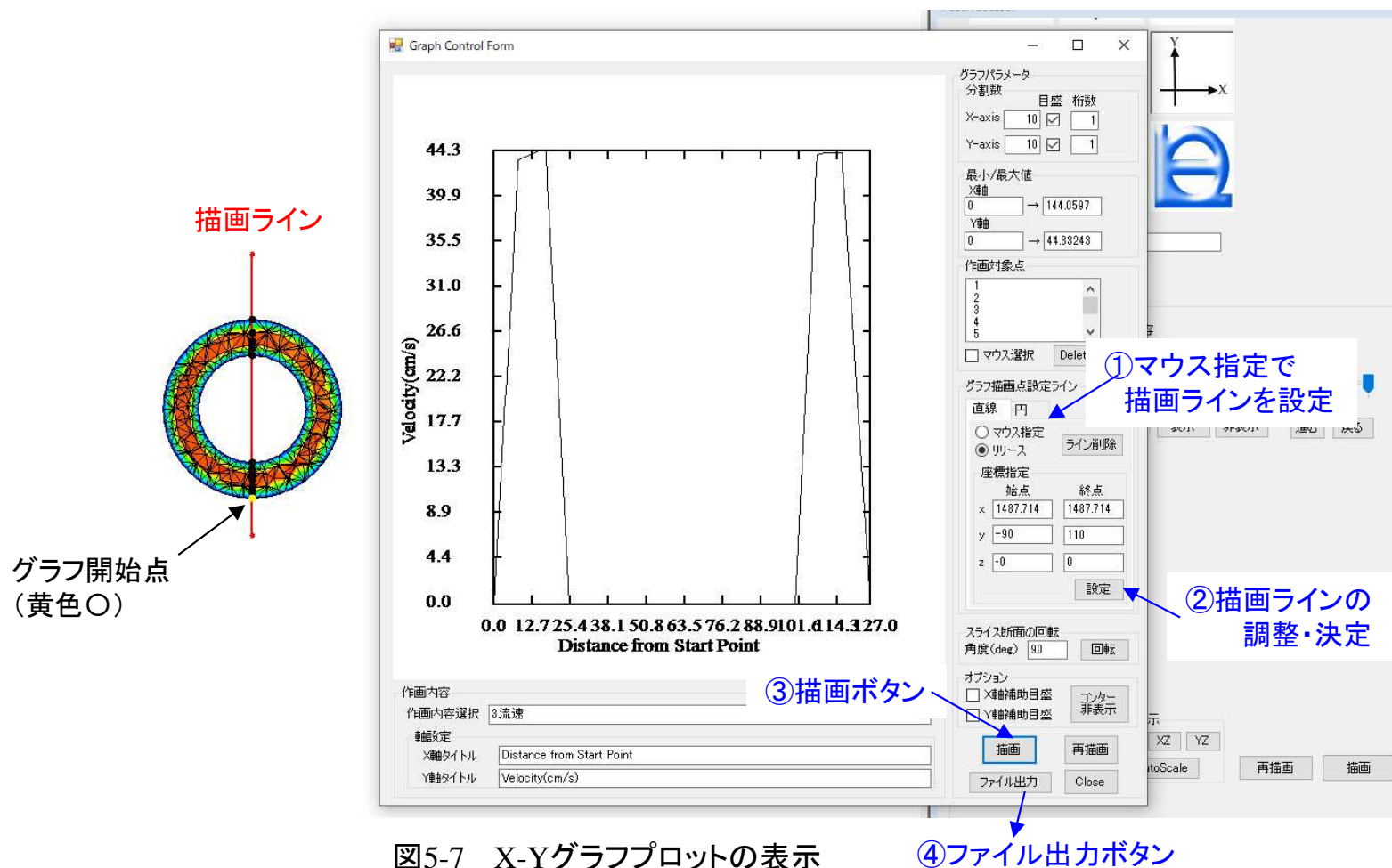
- (5) スライスコンター図の情報をグラフ化するには、断面情報を表示後にXYグラフ描画アイコンをクリックします。
グラフコントロールフォームが表示されるので、フォームを作業しやすい位置に移動します。



図5-6 X-Yグラフプロットの表示

⑤ 解析結果の確認／Postprocessing

- (7) グラフコントロールフォームにて、①マウス指定で描画ラインを設定し、②設定ボタンで位置を調整および決定します。
③描画ボタンをクリックすると、選択した描画内容がグラフプロット開始点からの距離をx軸として表示されます。
描画されたグラフ結果は、④ファイル出力ボタンをクリックするとテキスト形式で保存が可能です。



⑤ 解析結果の確認／Postprocessing

- (8) FlowTetraでは流線図描画アイコンから流線図を描画することができます。
最初にオプションタブから粒子半径とポリゴン分割数を設定します。

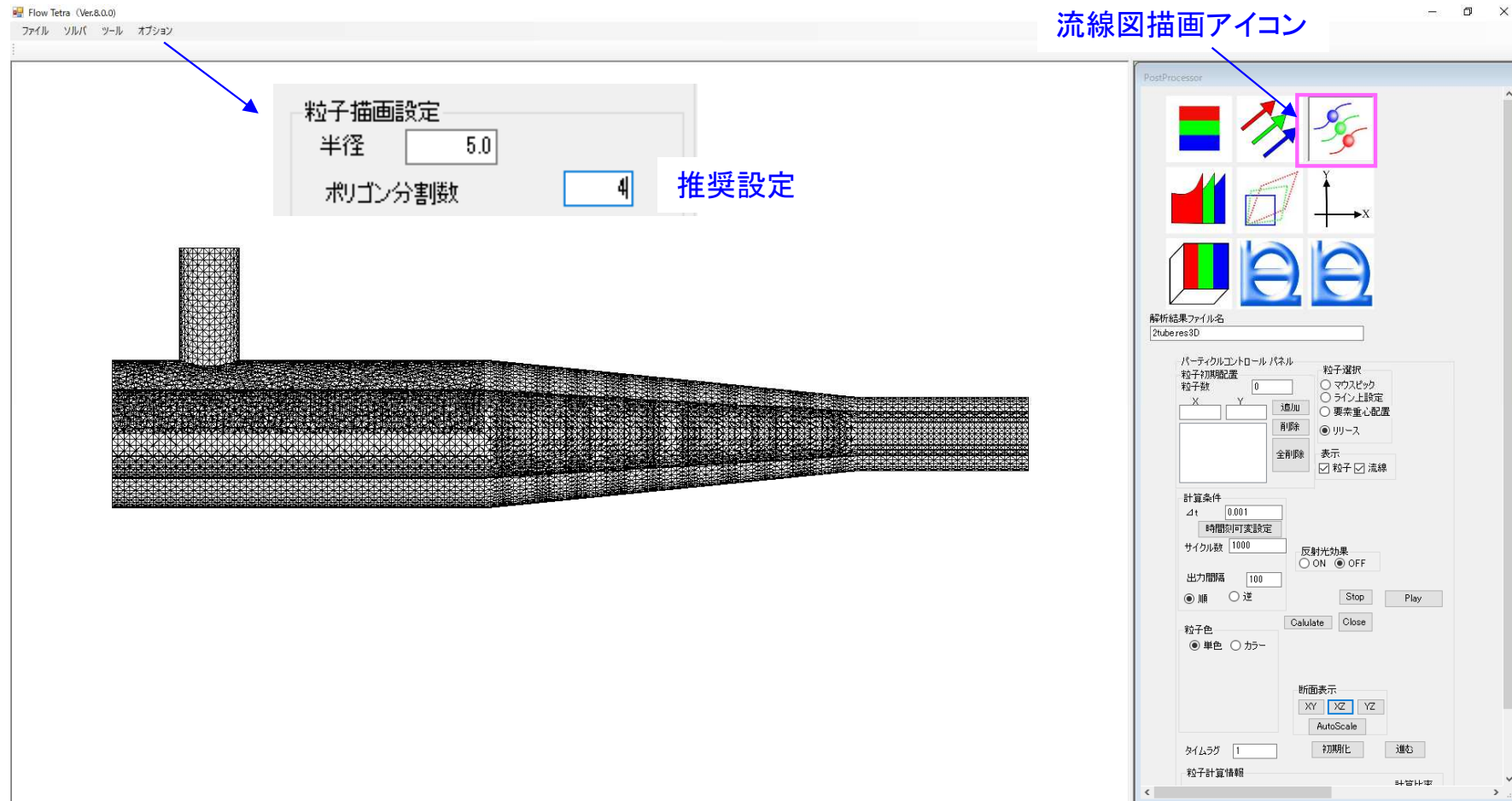


図5-8 流線図の表示

⑤ 解析結果の確認／Postprocessing

- (9) ①要素重心配置でトレーサ粒子を設定後、②描画内容を設定します。次に③計算サイクルを設定してから④粒子運動解析ボタンをクリックすると、解析がスタートし流線描画が進行します。
計算サイクルは流線の描画結果を確認しながら調整する必要があります。

トレーサ粒子の設定

要素重心配置で1000個以内が目安

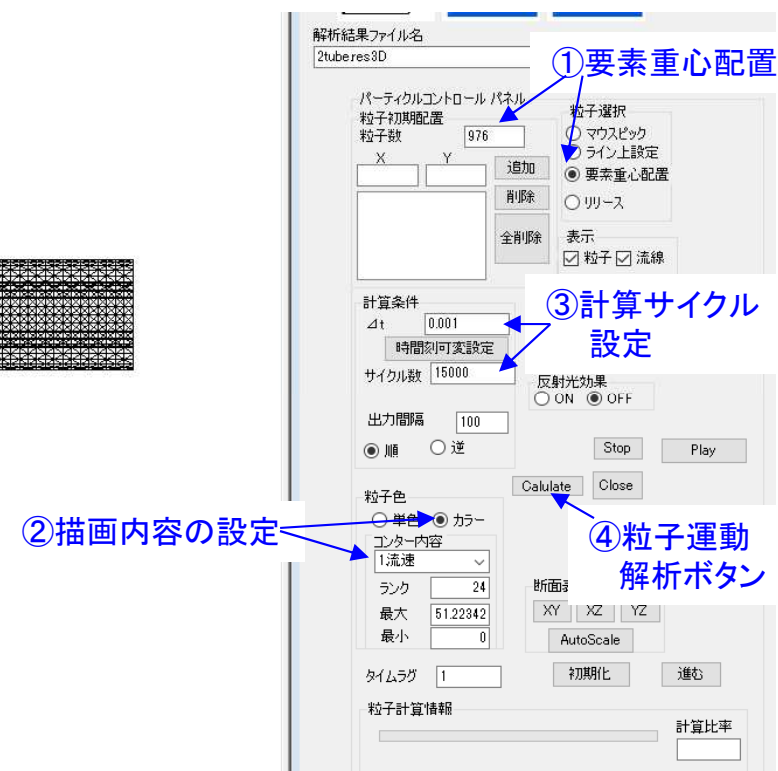
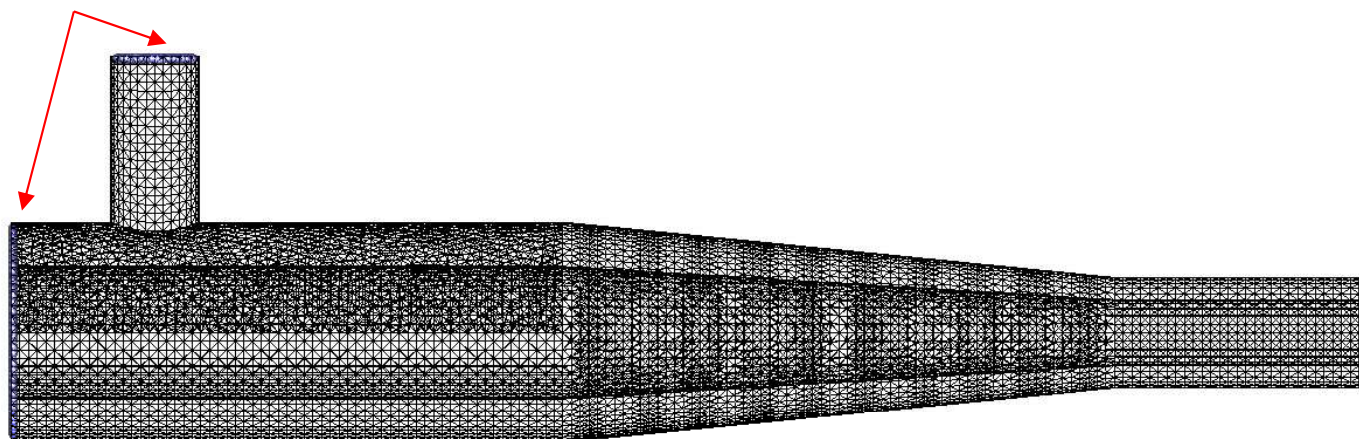


図5-9 流線図の描画設定

⑤ 解析結果の確認／Postprocessing

- (10) 粒子計算情報のTrack Barが最後まで到達すると解析終了になります。解析終了後はPlayボタンをクリックすると描画結果が再生されます。オプションタブで背景や表示方法を変更して必要な情報を確認します。

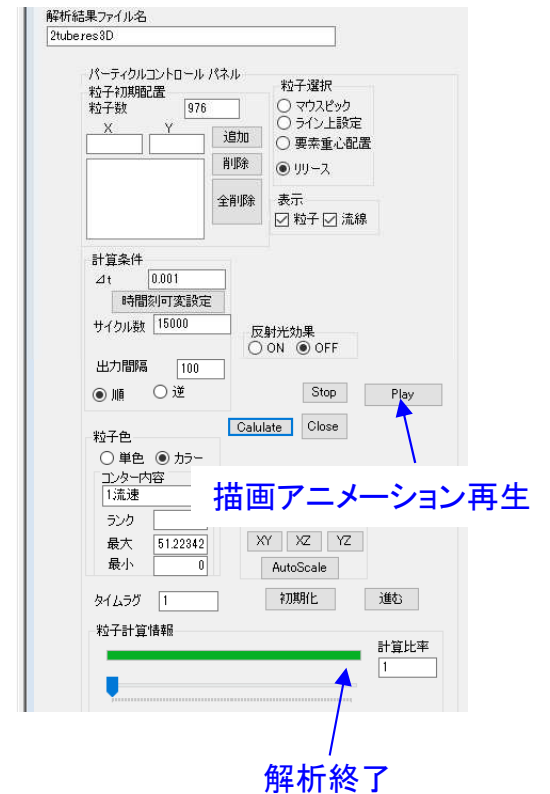
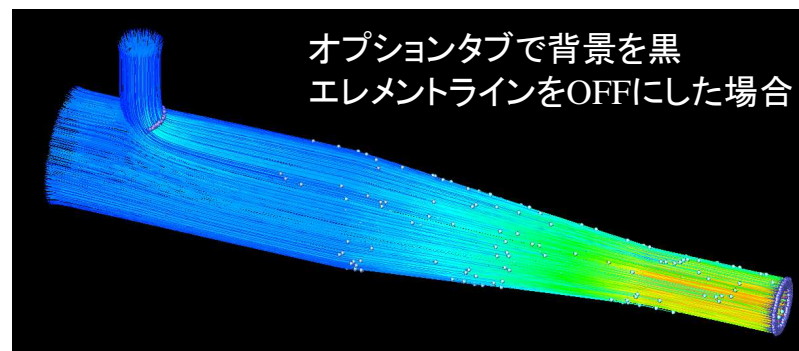
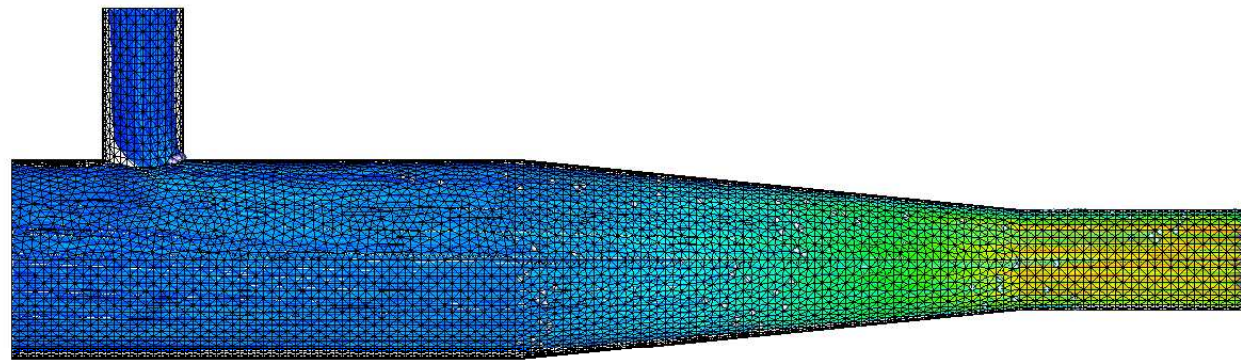


図5-10 流線図の表示(流速分布)