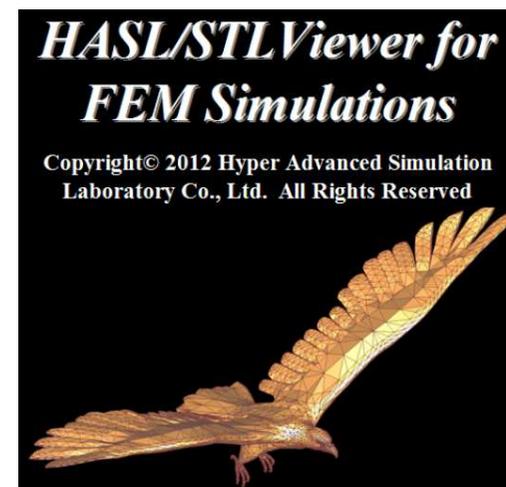
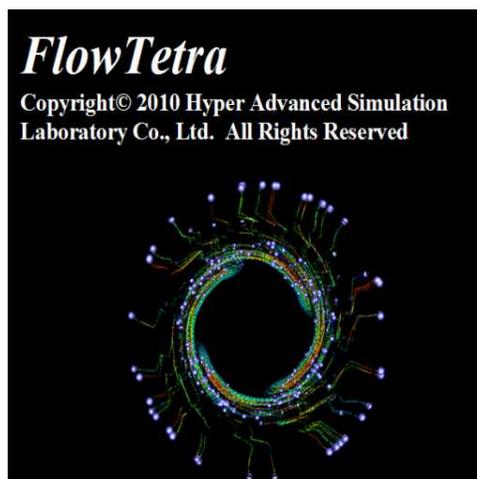
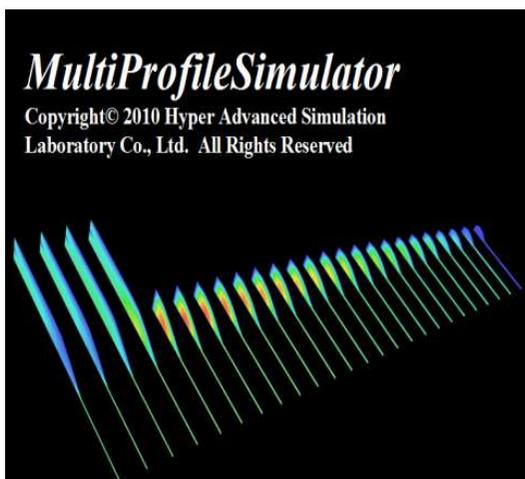


---

# Flow Simulator3D(Ver.2.0.0)

## 改良成果資料



2013/11/15  
株式会社HASL

---

本資料では、Flow Simulator3D(Ver.2.0.0)の各構成要素に対する下記改良成果についてご報告します。

- ① 3Dモデリング機能の実装(Multi Profile Simulator)
- ② パーティクルトレース可変時間刻み設定機能の実装  
(Flow Tetra)
- ③ VTKファイル出力機能(ParaViewへの対応)の実装  
(Multi Profile Simulator & Flow Tetra)
- ④ STL情報の問題点分析機能とその修正編集機能の実装  
(STL Viewer for FEM)

---

## ① 3Dモデリング機能の実装(Multi Profile Simulator)

Ver.1.0.0システム3Dソリッド要素生成機能:

2Dメッシュの節点肉厚分布を考慮した押出生成

Ver.2.0.0システム3Dソリッド要素生成機能:

上記生成機能に加え、

任意形状3Dヘキサブロックをダイレクトに3Dソリッド  
分割する機能を追加

---

## 3Dモデルリング & 解析 & ポスト処理の手順

- 1) 3Dポイントの作成
- 2) 3Dライン、スプライン曲線の作成
- 3) 構成ブロック内3Dヘキサソリッド要素の作成
- 4) 3Dヘキサソリッド節点のマージ
- 5) 熱流動境界条件の設定
- 6) 熱流動解析の実施
- 7) 解析結果のポスト処理

---

今回実装した多層解析用3Dモデリング/メッシング機能は、従来の肉厚情報を利用した簡便なモデリング機能と比較すると運用が難しくなりますが、分岐や流路断面の任意形状に柔軟に対応可能な利点を有します。以下に上流側で分岐を伴い、且つ上層の流入口断面が非矩形断面のケースに対する3D多層コートハンガーダイのモデリング例を示します。

## 基本3Dポイントの定義 (新機能、従来は2Dポイントに限定)

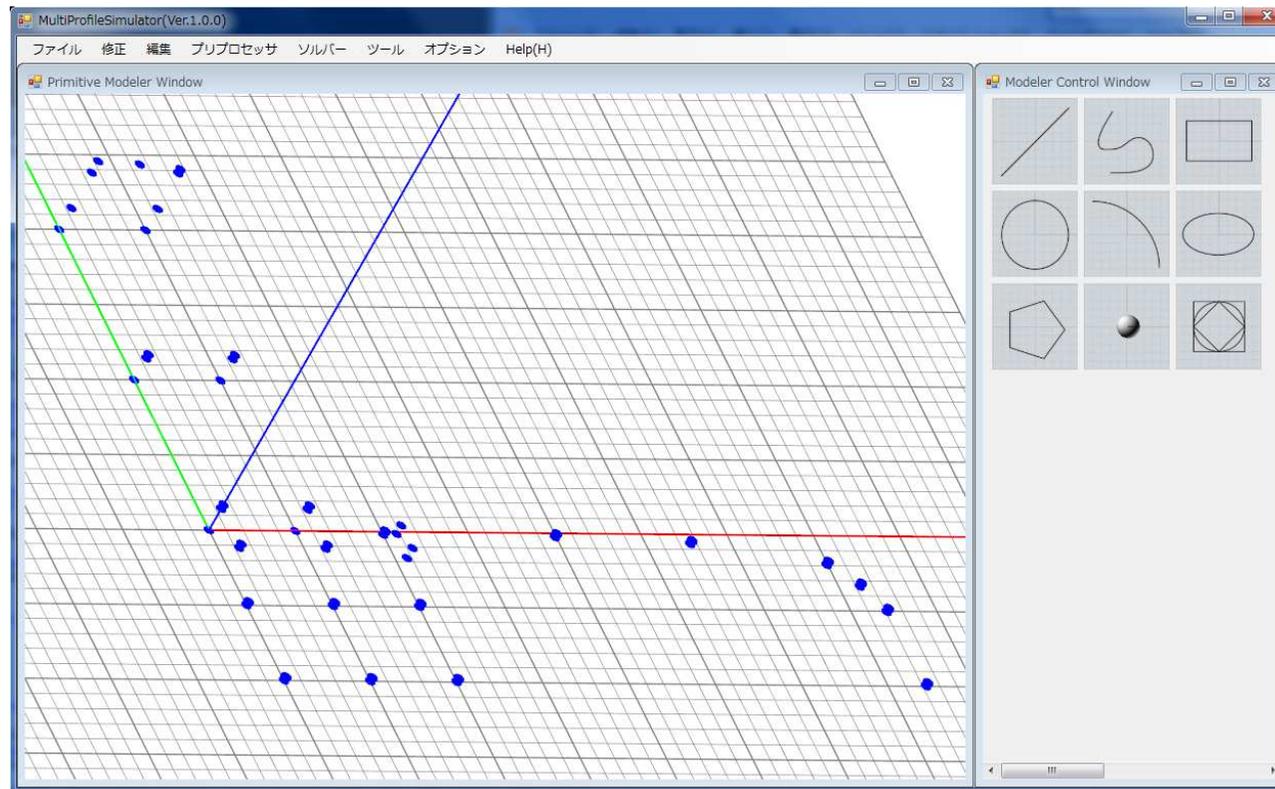


図1. 3D多層解析用コートハンガーダイの基本ポイントの定義例

## 3Dライン/カーブの定義(新機能、従来は2Dライン/カーブに限定)

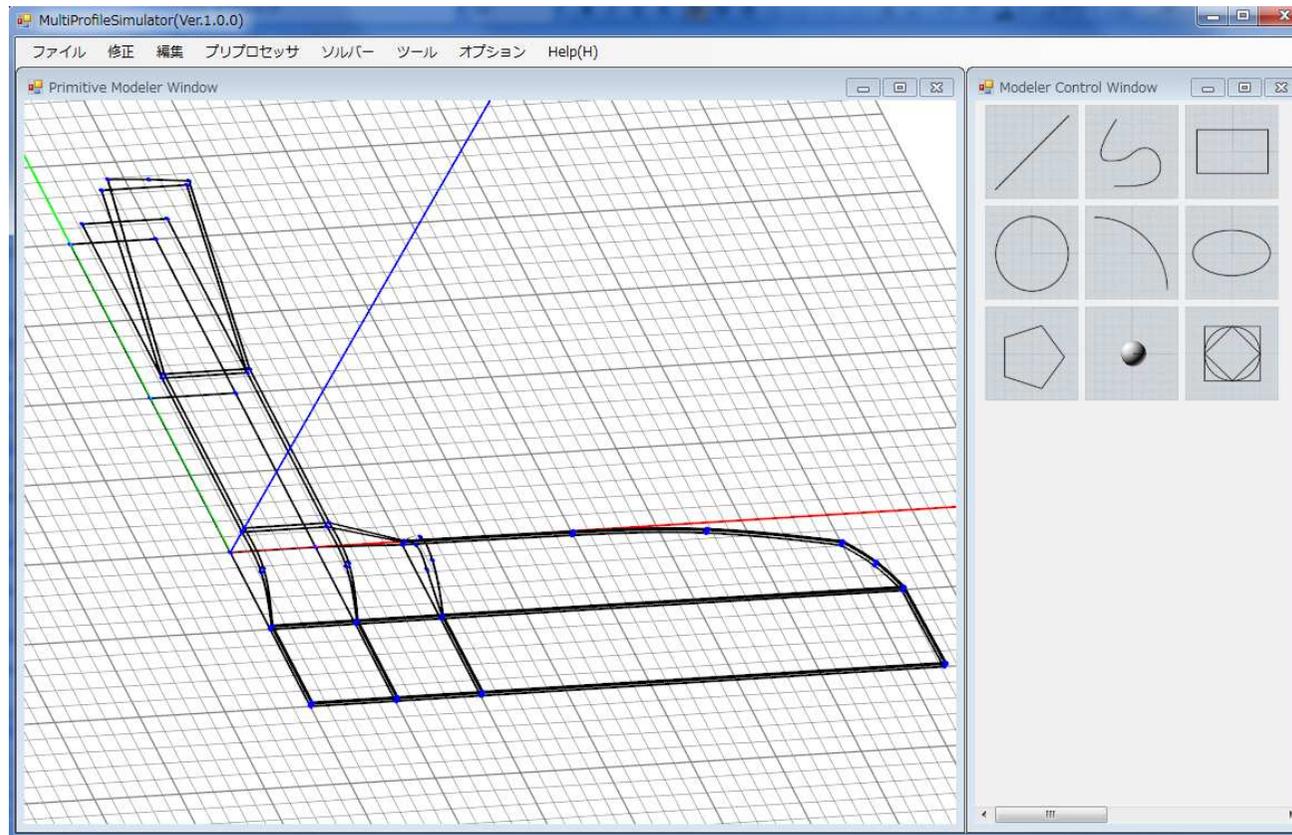


図2. 3D多層解析用コートハンガーダイの輪郭(カーブ/ライン)定義例

## 多層解析用ヘキサソリッドメッシュの作成 (新機能: 各ヘキサブロックをダイレクトに3Dソリッド要素に分割)

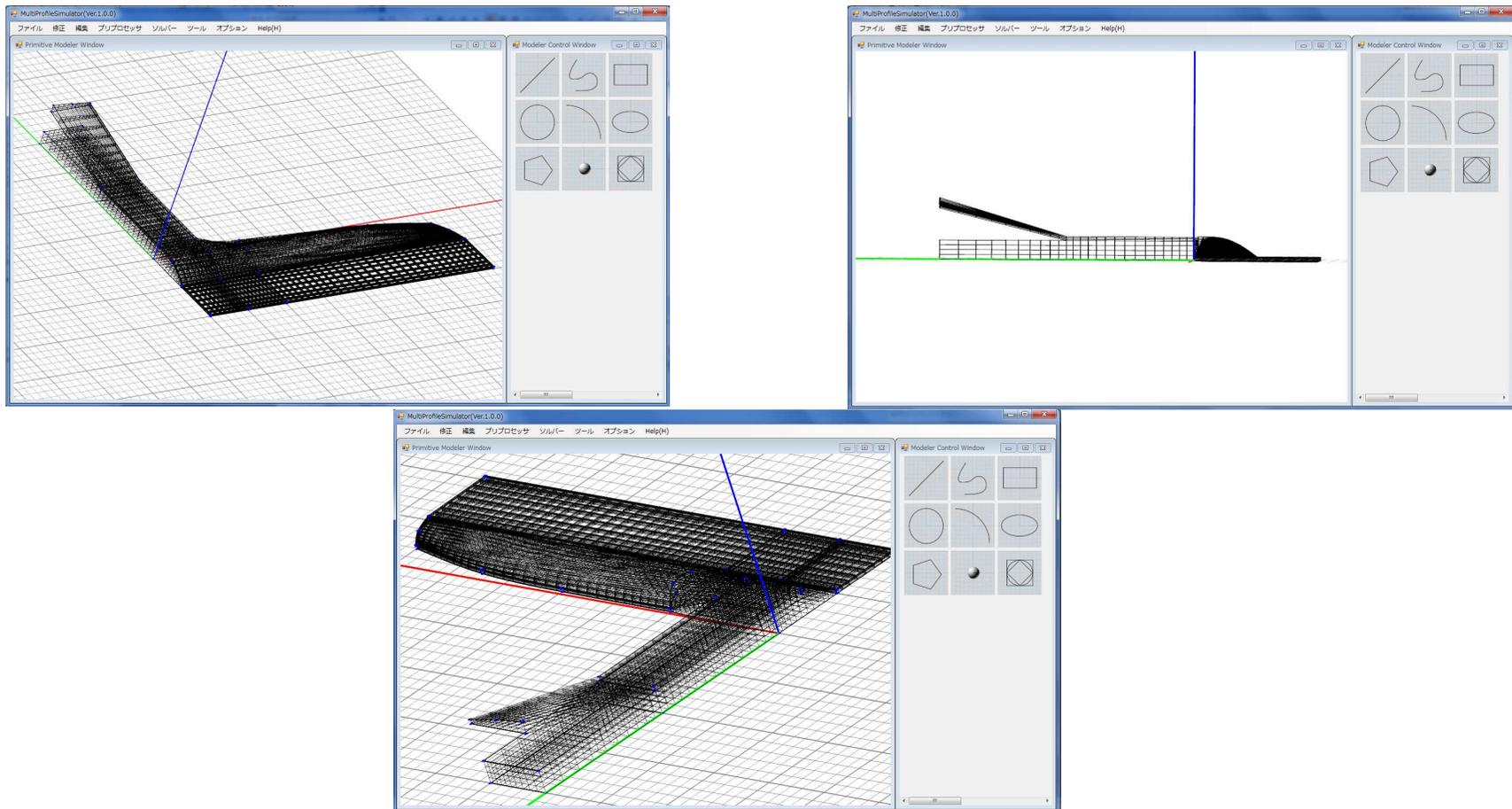


図3. 3D多層解析用コートハンガーダイのヘキサソリッドメッシュ生成例

## 解析結果のポスト処理 (新機能:ブロック毎にスライス面を任意指定可能)

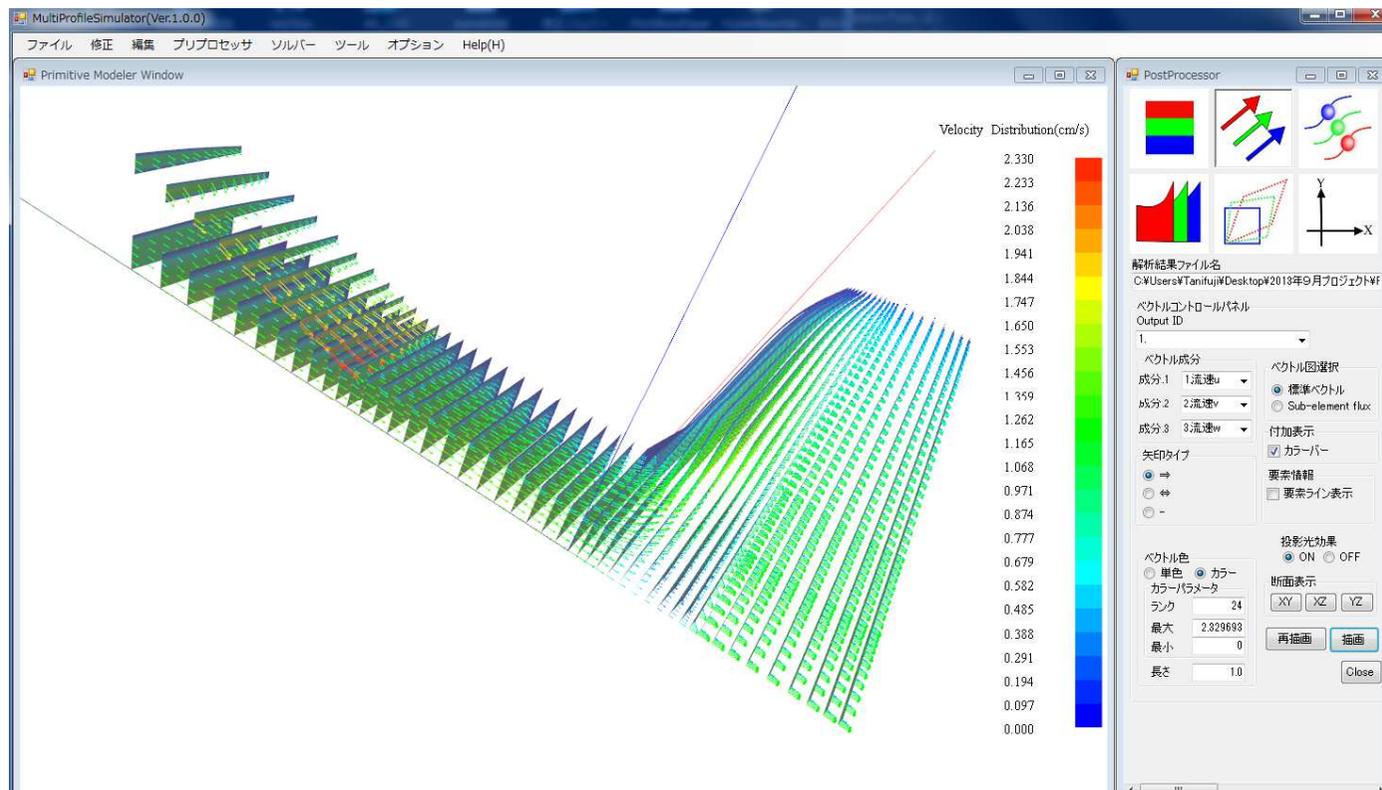


図4. 流速分布MD垂直断面スライスコンター図とベクトル図

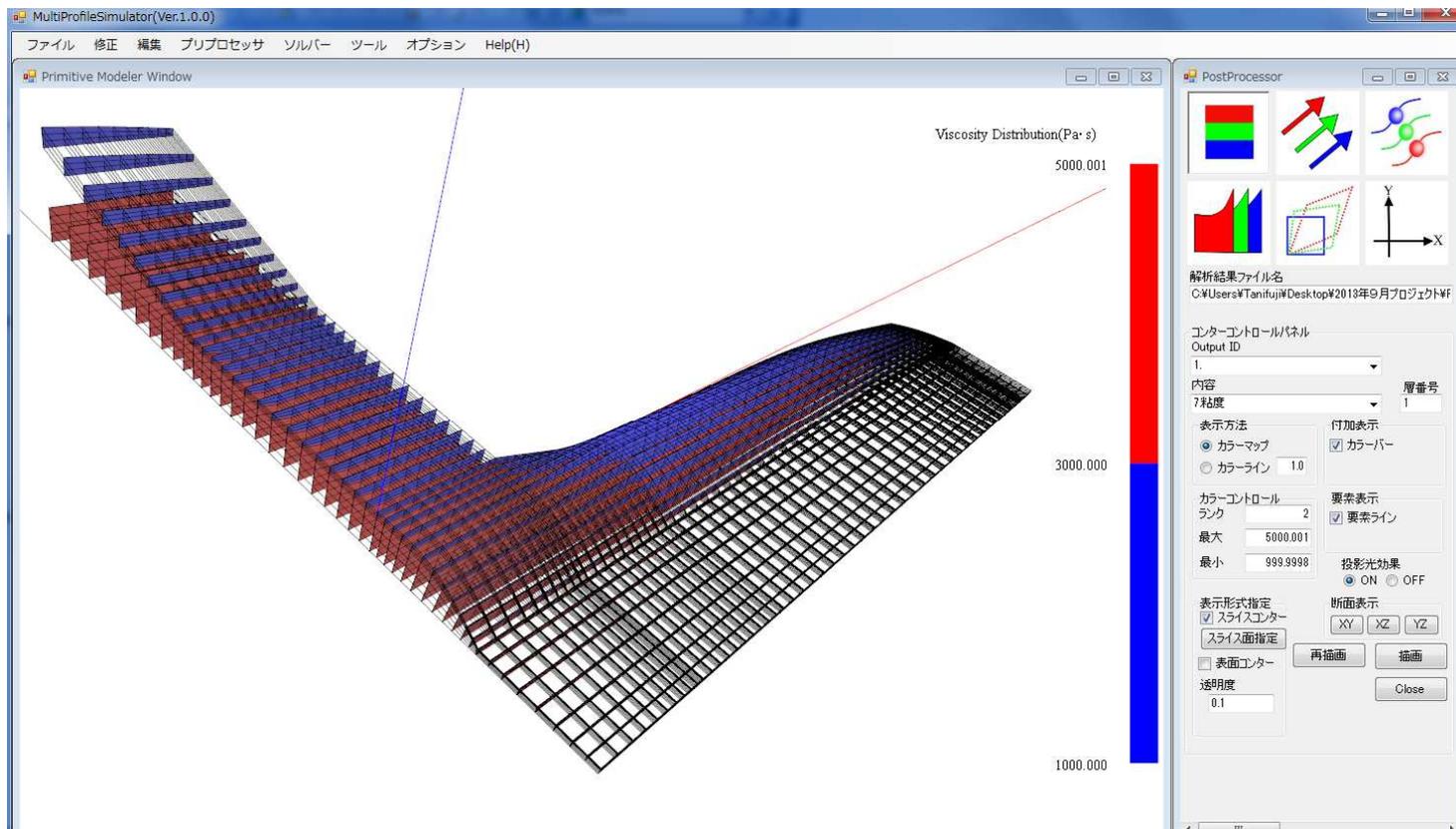


図5. 粘度分布MD垂直断面スライスコンター図とメッシュ分割図

## ②パーティクルトレース可変時間刻み設定機能の実装(Flow Tetra)

Flow Tetraを利用したパーティクルトレースシミュレーションにおいて、従来、トレーサ粒子の運動計算時間刻みは、一定値としていました。トレーサ粒子の非定常挙動と各トレーサ粒子に付随する流線を非定常的に同時表示する際、グラフィックメモリーを節約するために、粒子計算時間刻みよりも大きな時間刻みでこれらの情報を描画していました。トレーサーの挙動を妥当に評価しても、描画のタイミングを間引きすると、流線がモデル外に、はみ出して描画される問題<sup>\*</sup>がありました。

**\*)この問題は、当ソフトのユーザ様よりご指摘いただきました。**

この問題点の一例として、クロスヘッドダイ内のパーティクルトレースシミュレーション結果を下図に示します。このポスト処理例では、粒子運動計算時間刻みを一定値(0.005sec)、間引き間隔を100としています。

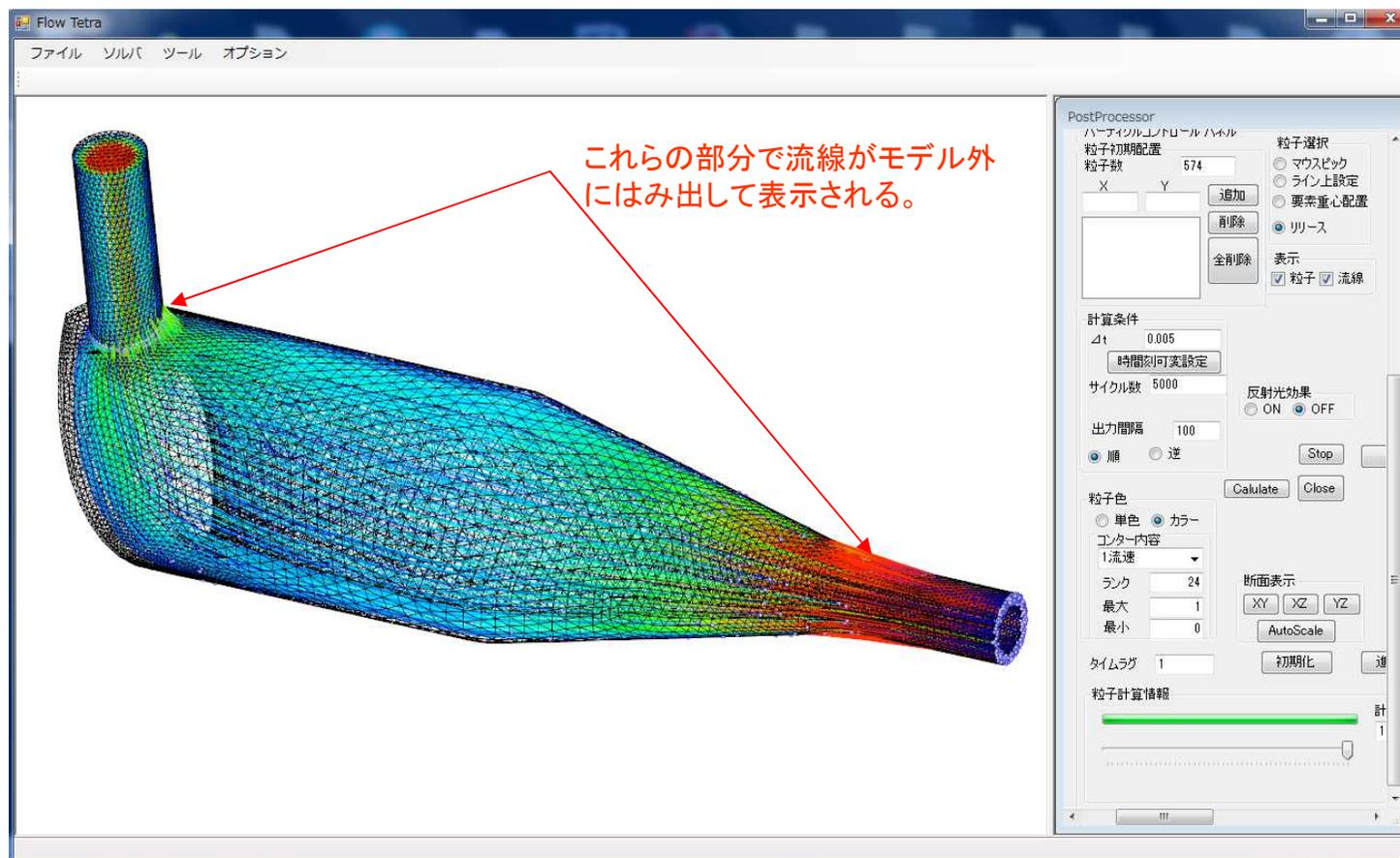


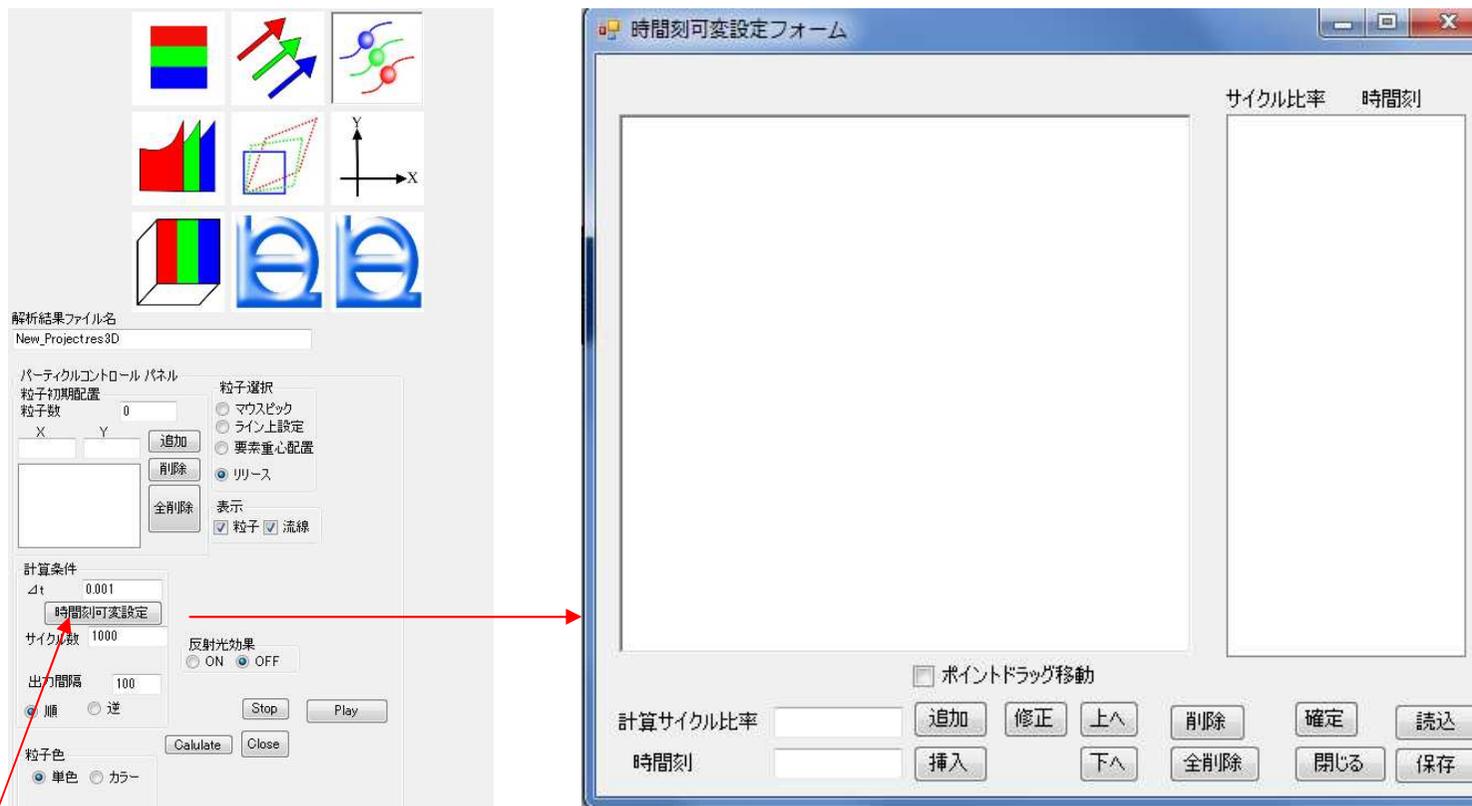
図6. 流線のモデル外へのはみ出し

---

この例では、トレーサの挙動は妥当に評価されていますが、間引き間隔を100としたために、流線が100サイクル (0.5sec) 毎のトレーサ粒子の位置を結線して表現され、軌道の変化が激しい部分で上述の問題が生じています。この問題は、計算時間刻みや間引きサイクル数を減少されることで自然に解消可能ですが、トータル計算サイクル数やグラフィックメモリーを過度に消費することになるので、別の対策が好ましいと言えます。

今回、上述の問題点を解消するために、トレーサ粒子の運動計算時間刻みを可変的に設定する機能を新たに実装しました。

Flow Tetraのポスト処理のパーティクルコントロールパネル内に新しく設けられた時刻可変設定ボタンを押すと時刻可変設定入力フォームが、下図に示すように表示されます。



時刻可変設定ボタン

図7. 時刻可変設定フォーム

---

トレーサ粒子の運動計算時間刻みは、計算サイクル比率と時間刻みに対応するテキストボックスに入力し、追加ボタンを押すことで、リストボックスに登録して定義します。計算サイクル比率とは、0が計算開始時、1が計算終了時(トレーサ運動計算サイクル数の最大値に相当)を意味します。リストボックスに登録された項目が2行以上になると、グラフィック画面に入力情報がグラフ表示されます。リストボックス内の入力項目をマウスクリック選択し、挿入、削除、上へ、下へ、修正等のボタンを押すことで、各種編集が可能です。また、ポイントドラッグ移動チェックボックスをONとすると、グラフプロットされた入力情報を、マウスドラッグ操作により、任意に変更可能です。ここで、作成された情報を保存したファイルには、拡張子dltが自動的に付帯されます。一度、保存したファイルは、当設定フォーム内の読込ボタンを押すことで、当設定フォームに読み込まれます。閉じるボタンを押すことで、当設定フォームは閉じられます。

Flow Tetraのポスト処理のパーティクルコントロールパネル内Progress Barの右横に計算比率を表すテキストボックスを新たに設けました。下部のTrack Barをスライドさせることで、任意のタイミングで、粒子と流線情報のスナップショット図を得ることができます。Track Barのスライドに応じて、計算比率が表示されます。この機能を利用することで、改善(時間刻みを小さく)するべき計算比率情報が抽出できます。

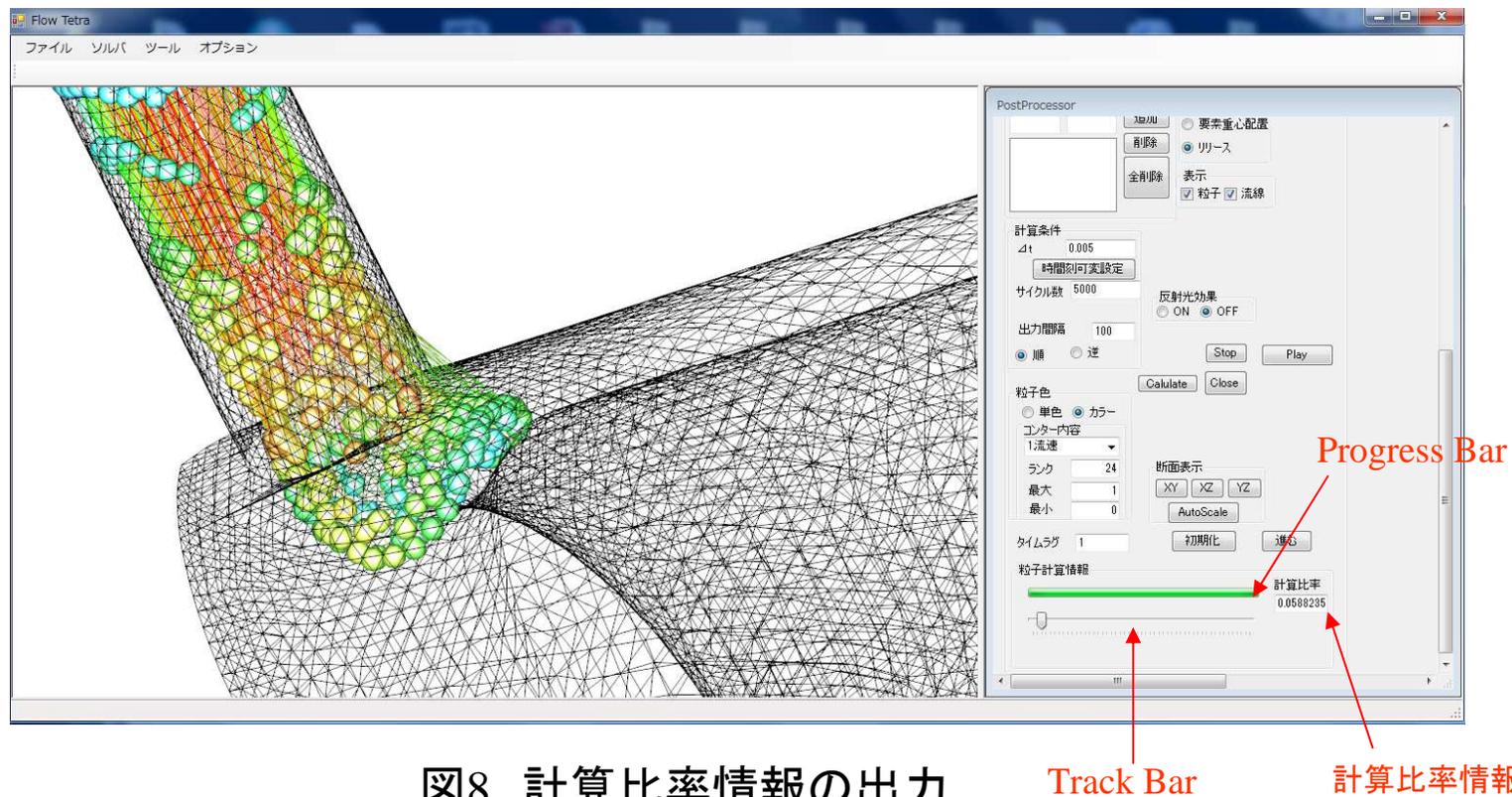


図8. 計算比率情報の出力

クロスヘッドダイのサンプルモデルでは、上流側ランナーとダイの結合部及び先端テーパ部の末端の2箇所で流線がモデル外にはみ出して表現されています。各該当箇所に相当する計算比率情報を上述の操作に従って抽出し、下図に示すように各該当箇所に対応する部分の計算時間刻みを小さく設定しました。

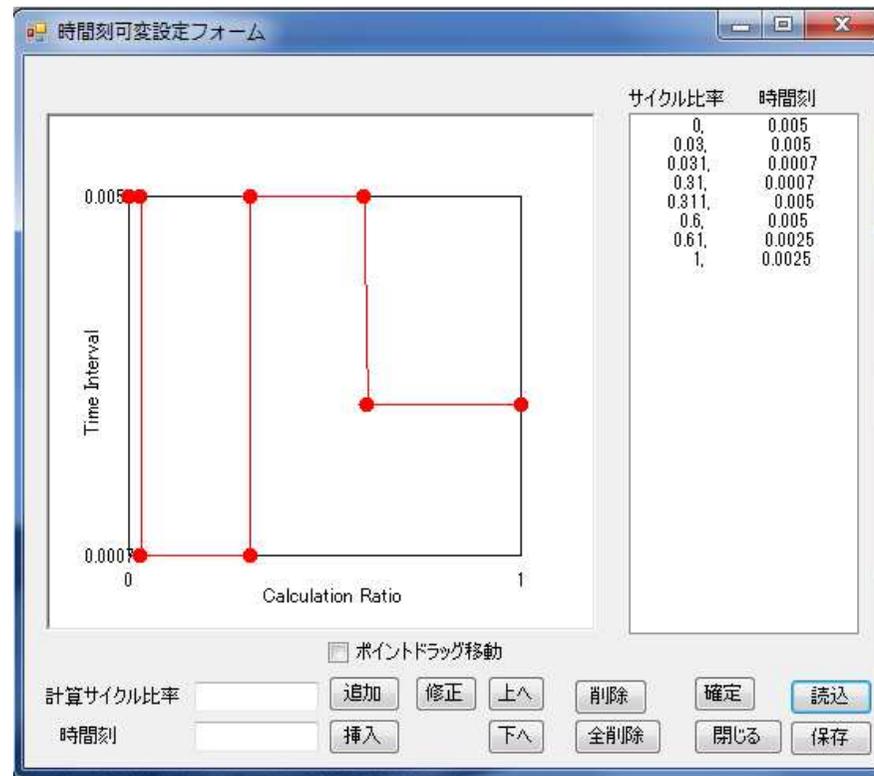


図9. 時間刻可変設定例

時間刻みの妥当な設定には、何回かの試行錯誤が必要になりますが、この方法に従って、下図に示すように確実に問題点を解消することができます。

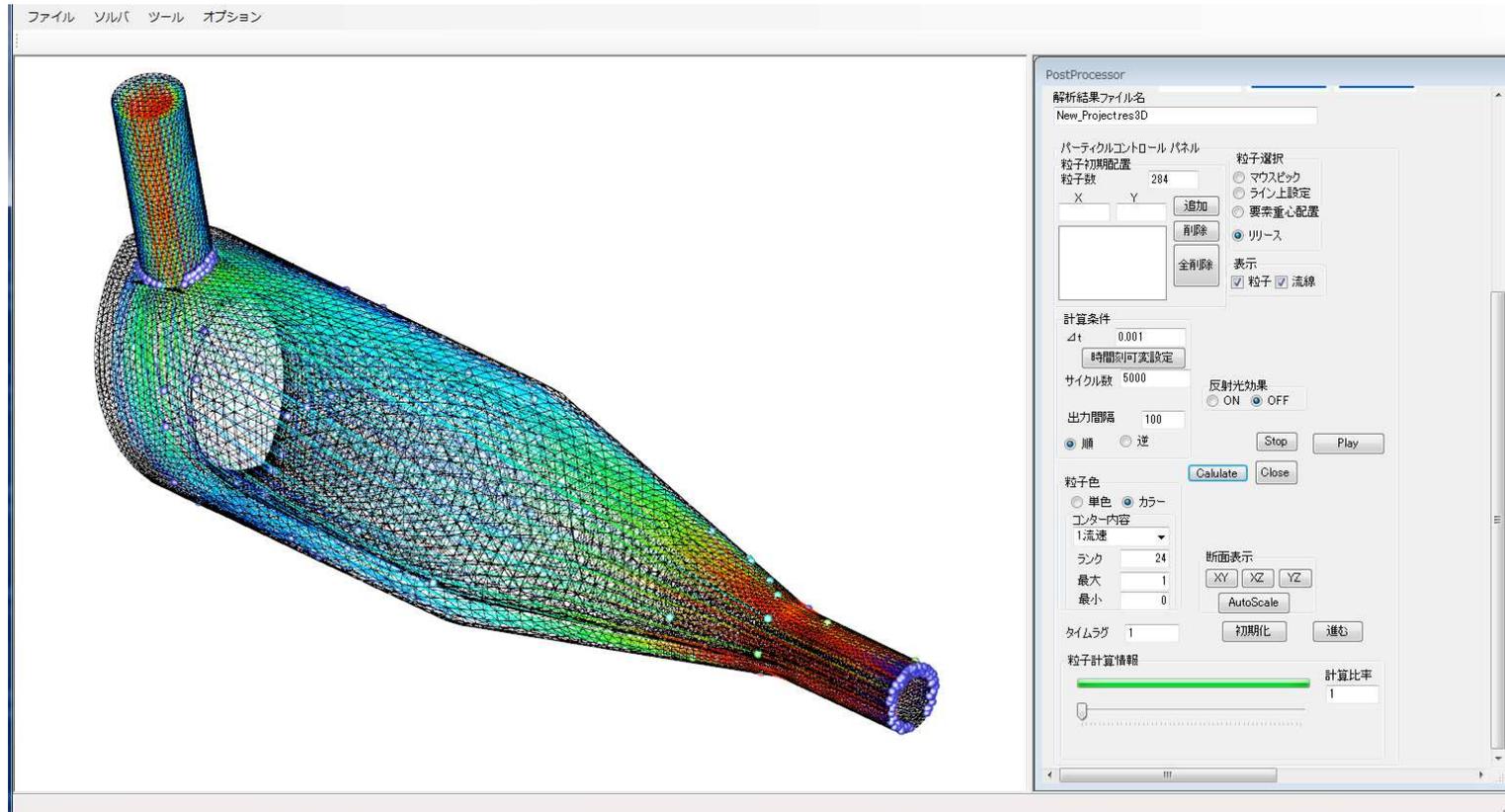


図10. 時刻刻可変設定により正常に表示された流線情報

---

### ③VTKファイル出力機能(ParaViewへの対応)の実装 (Multi Profile Simulator & Flow Tetra)

PC用無料可視化ソフトParaViewによる作画情報の作成が可能なVTKファイル出力機能を新たに実装しました。当ファイルとPara Viewを利用することで、誰もが無制限にFlow TetraとMulti Profile Simulatorの解析結果を閲覧できます。

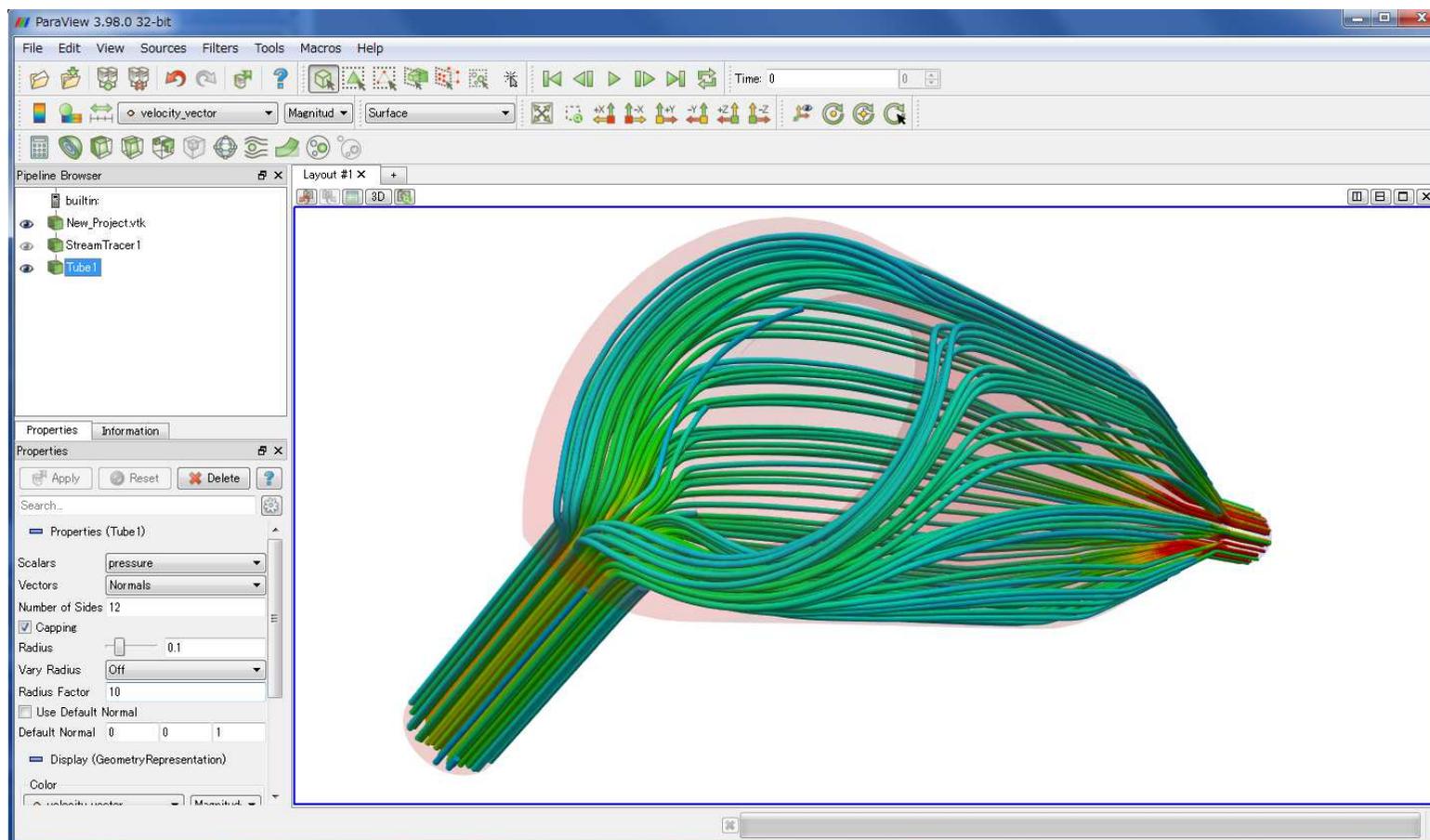


図11. Para Viewを利用した解析結果の可視化例(流線のポリゴン表示)

---

#### ④ STL情報の問題点分析機能とその修正編集機能の実装 (STL Viewer for FEM)

Ver.1.0.0システム:

- ・STL情報のグラフィック表示
- ・Netgen自動分割テトラ生成用STL情報のBinary->Ascii変換

Ver.2.0.0システム:

上記機能に加え、

- ・STL情報問題点(1)フリーエッジ、2)リブ、3)非三角形)自動検出機能
- ・STL情報編集機能(削除/作成、法線方向反転)

従来の運用方法に従って、メッシュ分割の対象となるSTL情報(Binary)を当ソフトにインポートします。その際に下図に示すようなメッセージボックスが表示されます。



図12. STL情報インポート時のメッセージボックス

フリーエッジ数、イレギュラ接合要素数、及び非三角形要素数とは、それぞれ問題点1),2)及び3)に対応します。これらの数が全て0の場合、Netugenを利用し、高い確度で正常にメッシュ分割が可能です。この例では、テストサンプルとして意図的にフリーエッジ(37個)を設けた分岐管モデルを題材としています。下図に示すように、このサンプルモデルは、形状は正しく作成されていますが、モデルの一部で接合していない箇所があります。

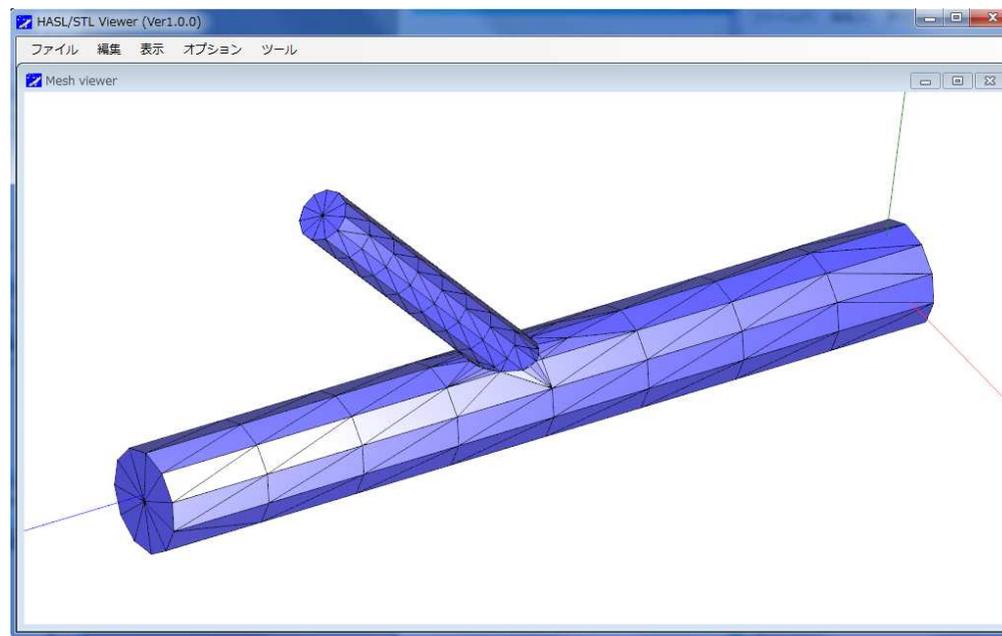


図13. フリーエッジを含むサンプルモデル

この情報を従来通り、Ascii形式に変換し、Netgenに読み込むと、下図に示すようなエラーメッセージが出力され、メッシュが正常に生成されません。NetgenでもSTL情報を読み込む際に分析を行い、様々なエラーメッセージを出力しますが、その内容を把握することは難しいです。

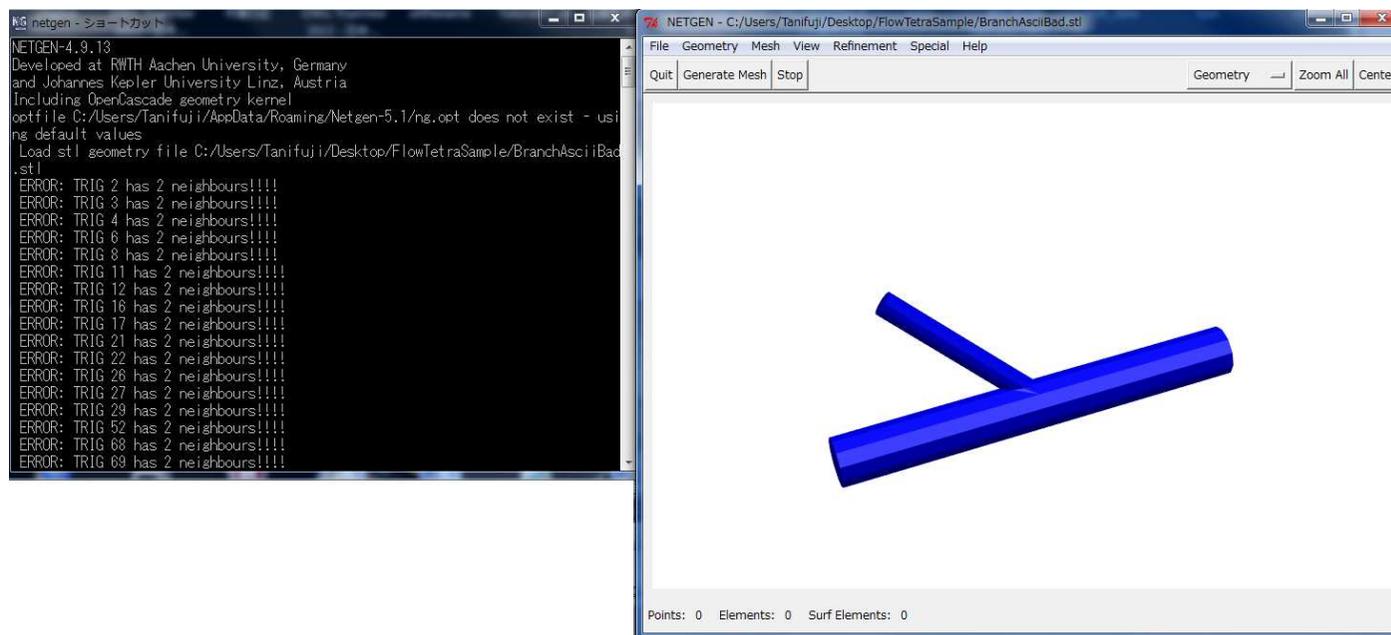


図14. フリーエッジを含むサンプルモデルインポート時のNetgenエラーメッセージ

問題となる箇所をSTL Viewerで確認することは極めて容易です。モデルをインポートした後、メニューで編集/要素編集をプルダウン選択してポップアップ表示される編集フォームでフリーエッジ要素のラジオボタンを選択します。フリーエッジ要素が一括選択され、その情報がグラフィックウインドウに赤色の三角形として表示されます。この情報より、分岐管の接合部でフリーエッジが発生していることが特定できます。他の問題点についても同様に表示可能です。

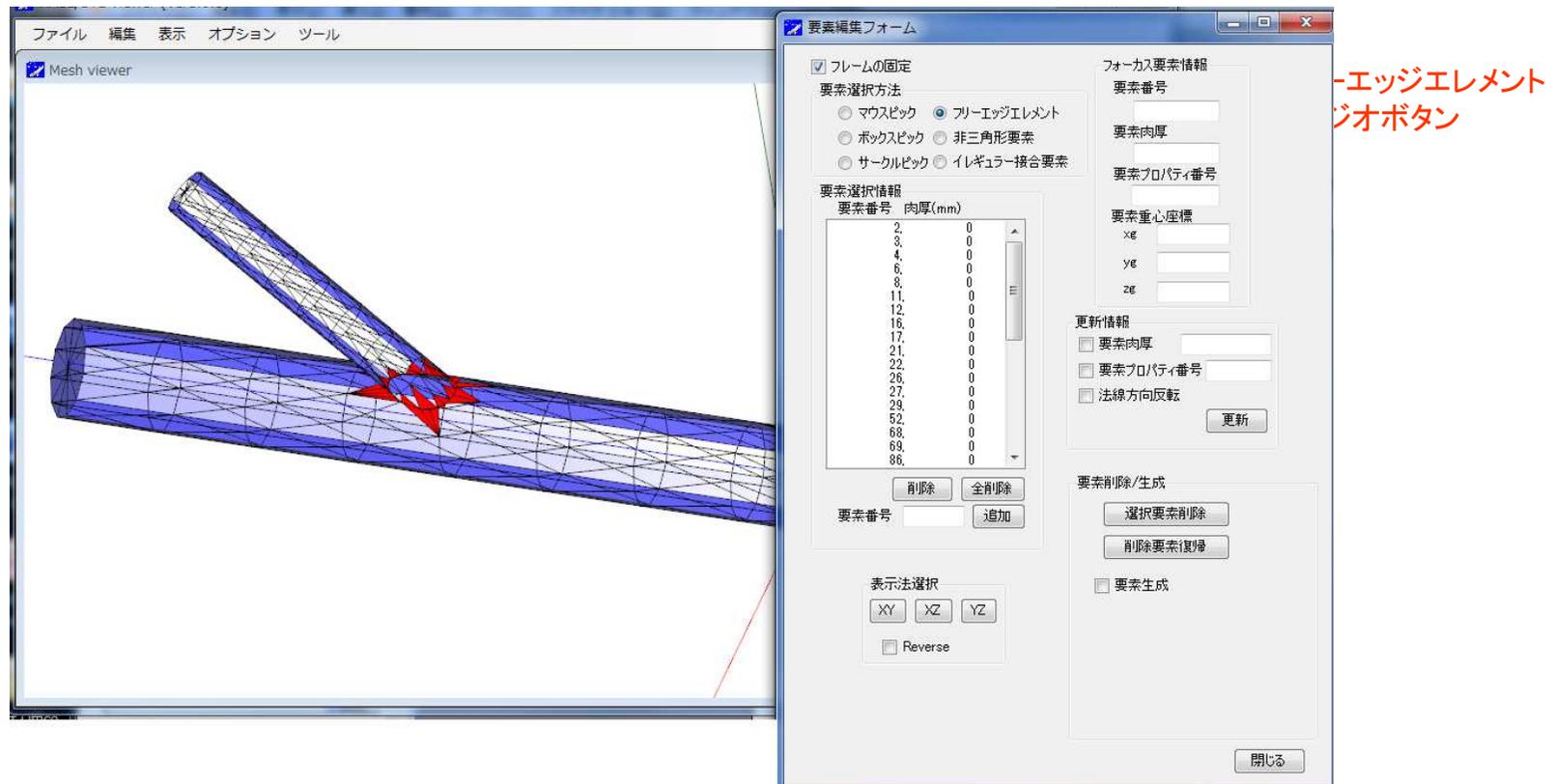


図15. フリーエッジ要素の一括選択

本サンプルは、フリーエッジを含むことに加えて、STL情報の表裏が逆転しています(陰線消去が正常に行われていない要素は表裏が逆に定義されています)。本サンプルデータでは、全ての要素の表裏が逆転しているため、全要素をボックスピックで一括選択し、更新情報パネルの法線方向反転チェックボックスをON状態とし、更新ボタンを押します。

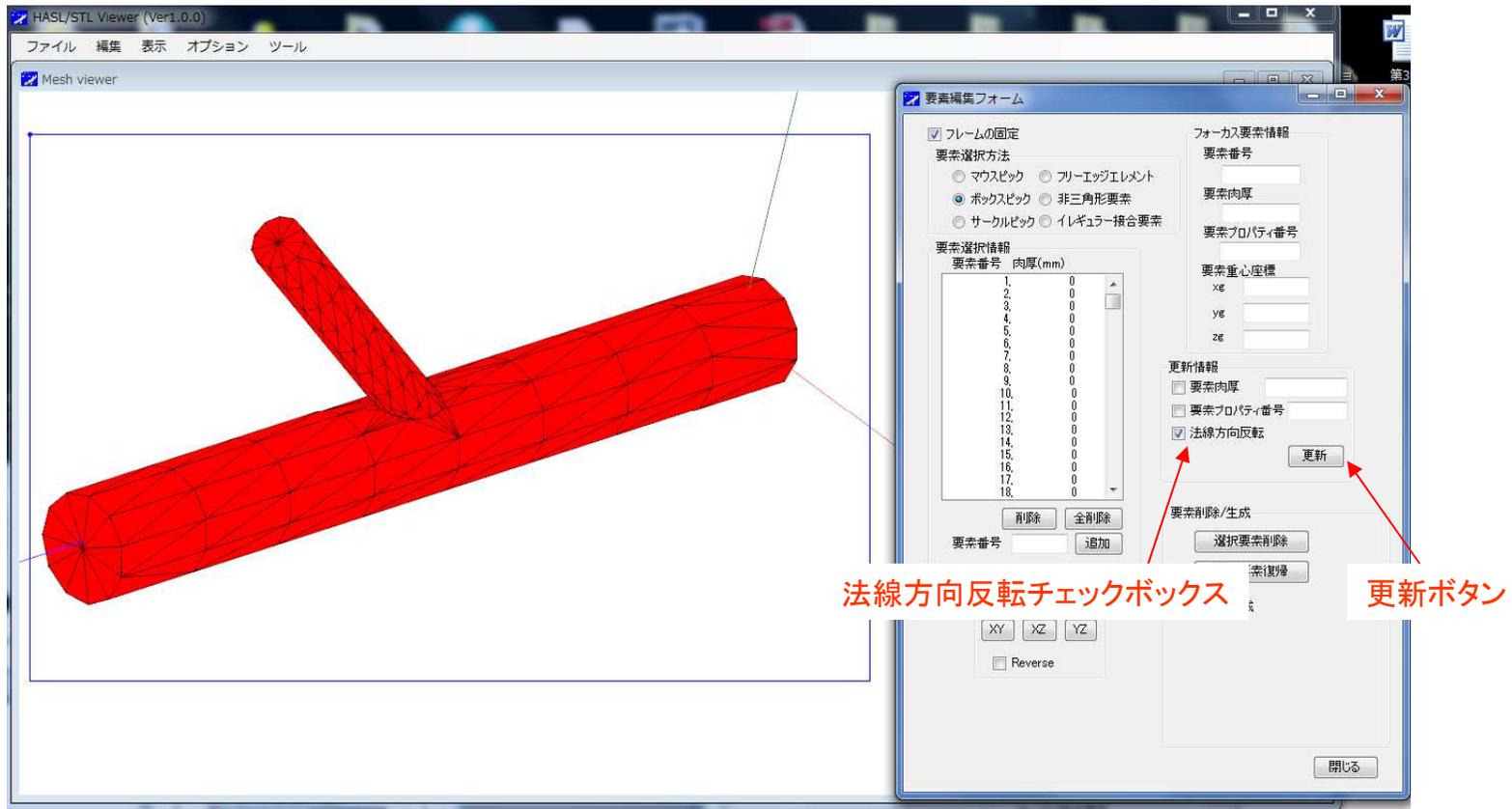


図16. STL情報の表裏(法線方向)の反転

法線方向反転後、STL情報の法線方向が規定の方向に揃い、下図に示すように陰線消去も正常表示されます。

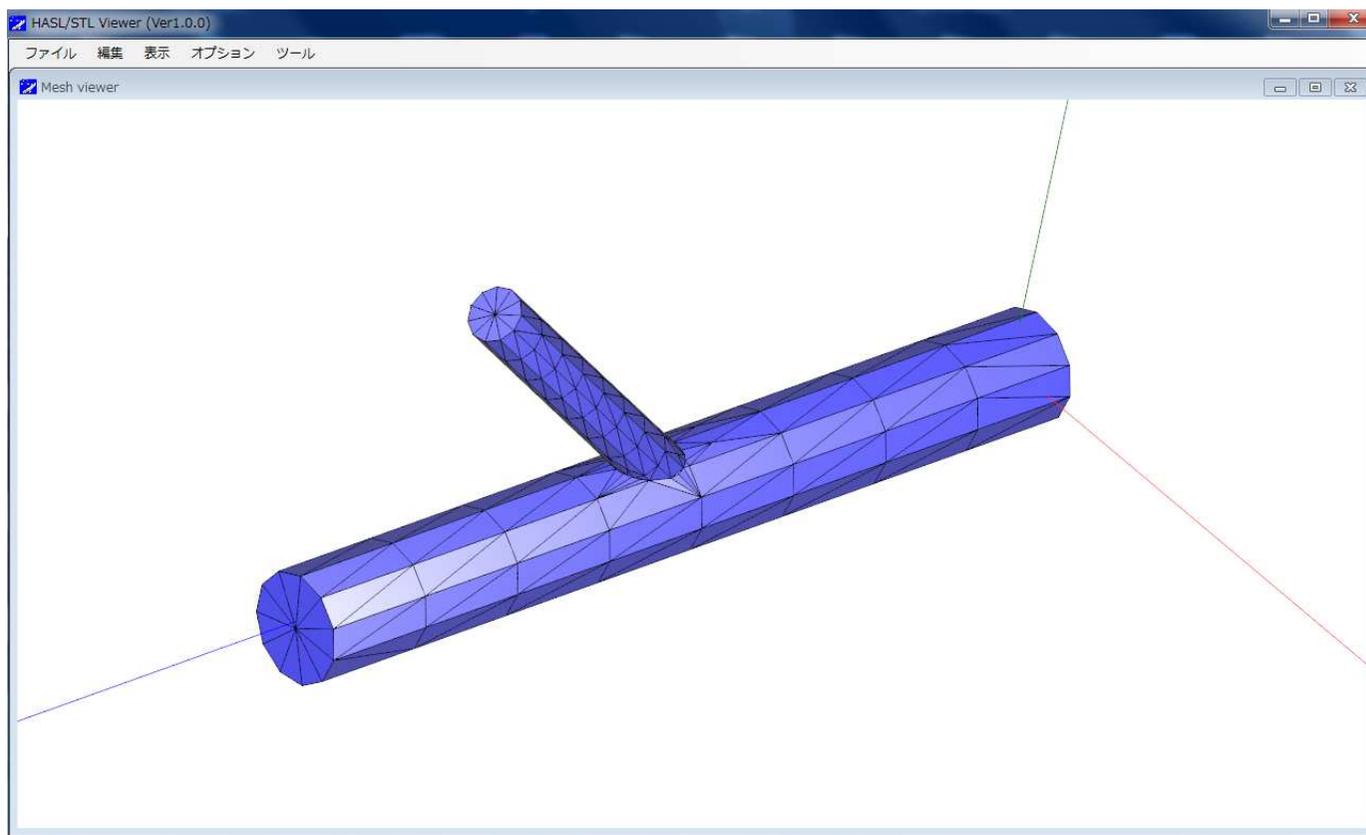


図17. 法線方向逆転後の表面の表示

フリーエッジは、問題となる要素を削除し、再縫合することで解消します。例えば、下図に示す箇所(3つの要素でフリーエッジが発生している箇所)を修正するには、図内2)、3)の要素を削除し、削除した部分に一つの三角形要素を生成します。

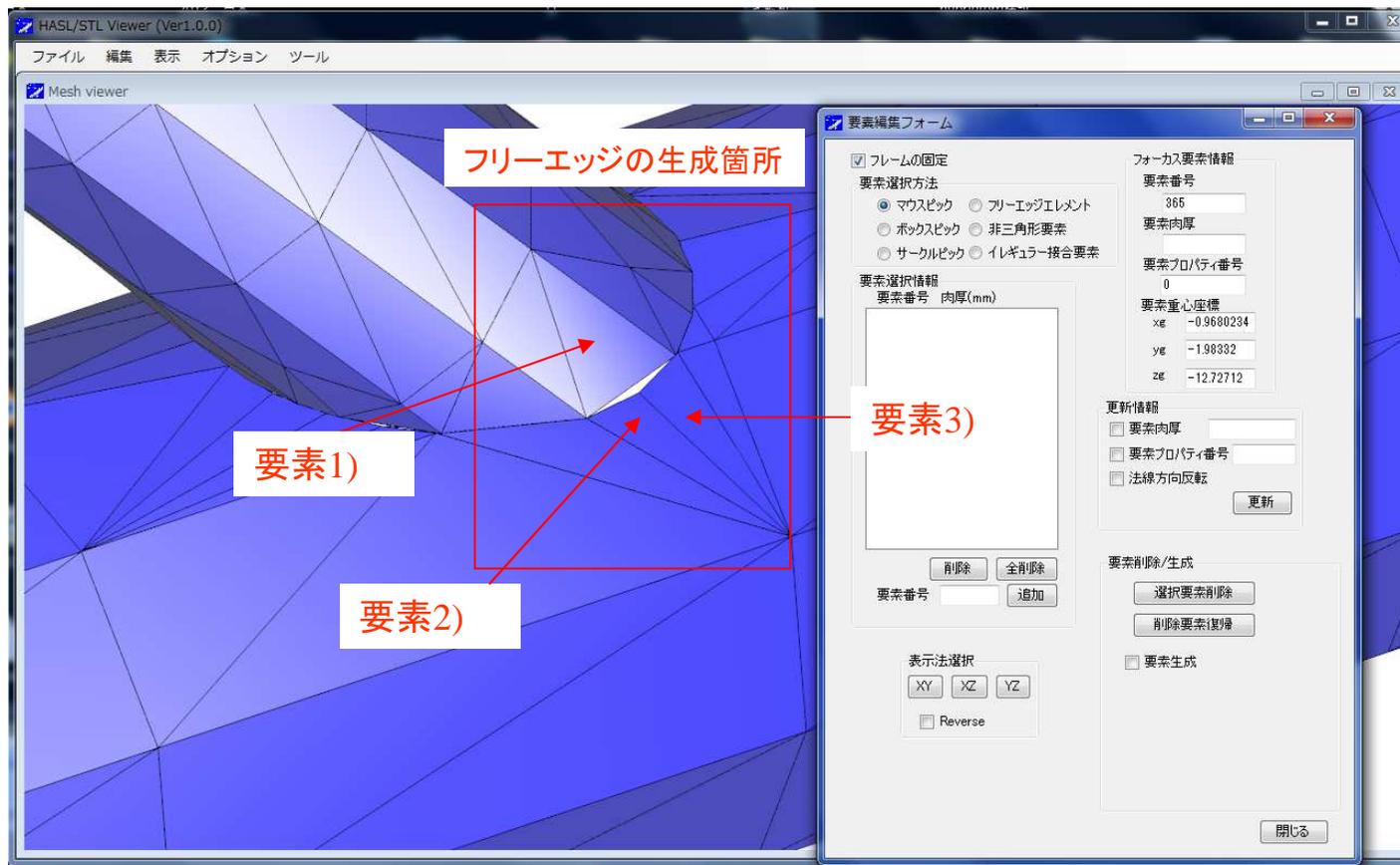


図18. フリーエッジ発生箇所

削除対象する要素をマウスクリック選択し、選択要素削除ボタンを押すことで、要素の削除が可能です。

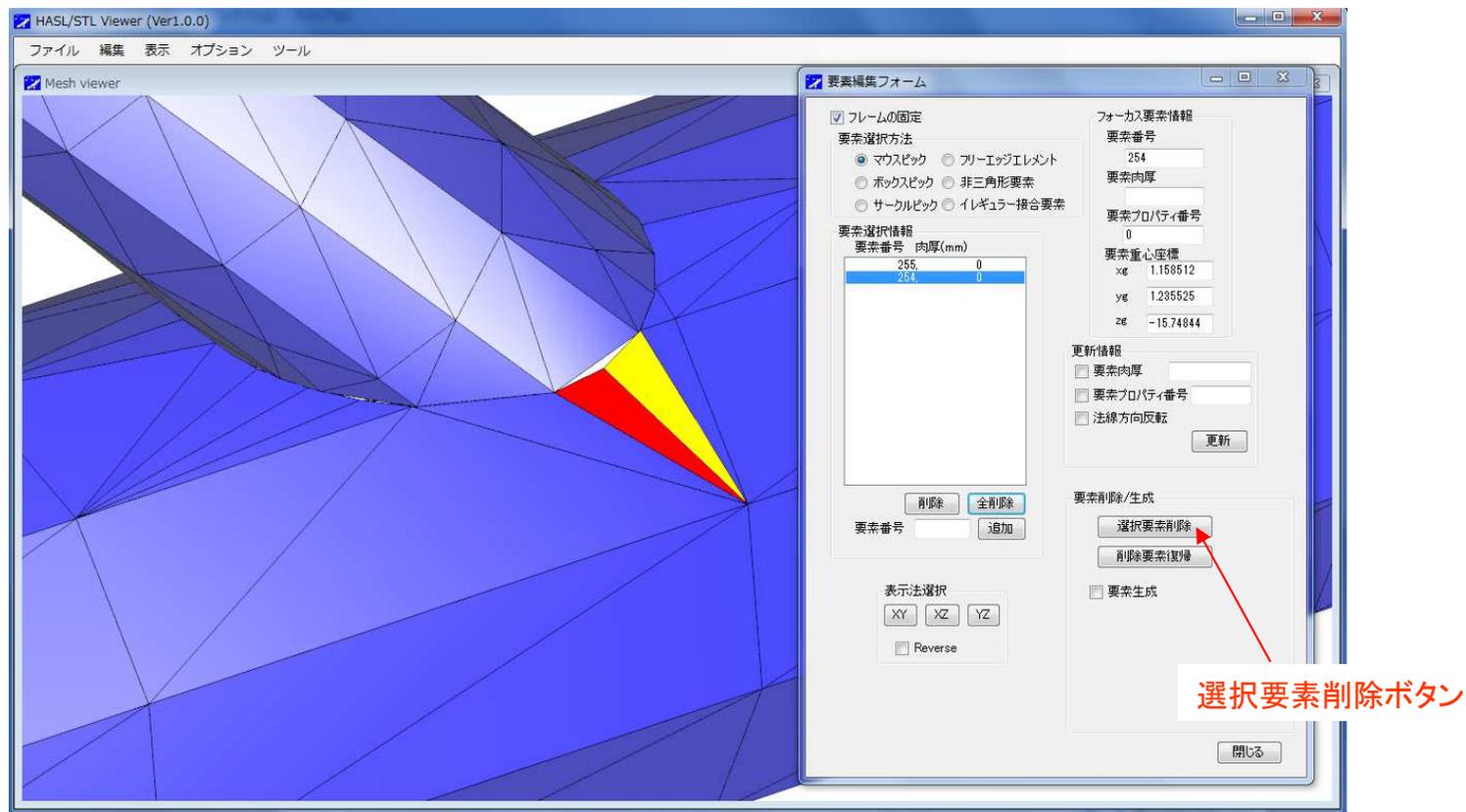


図19. 要素の削除

次に、要素生成チェックボックスをON状態とします。このモードでは、作成する三角形の3頂点がマウスクリック選択可能な状況となります。マウスポインターでフォーカスされる頂点(節点)が黄色にハイライト表示されます。頂点とすべき節点位置でマウスクリックすると、その節点が赤色の確定状態となり、その番号がテキストボックス1,2,及び3に設定されます。3回のマウスクリック操作に応じて、設定状況が巡回します。3頂点が選択された状態で、生成ボタンを押すと、該当位置に三角形要素が生成されます。

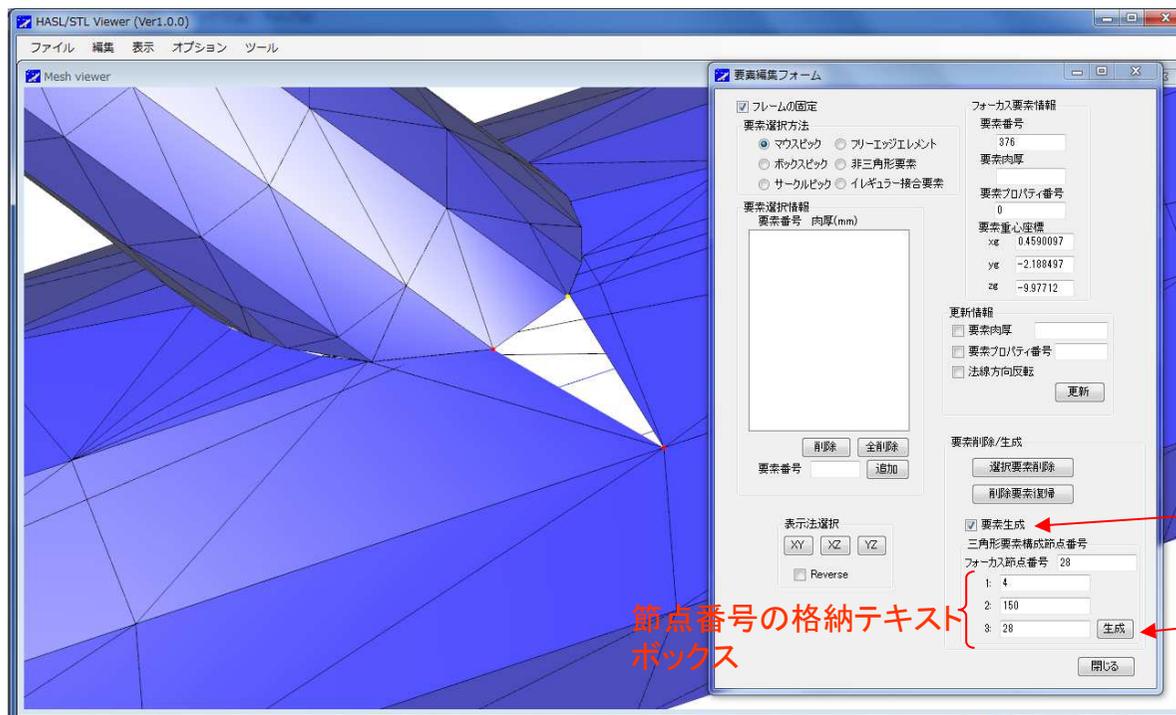


図20. 三角形要素の生成手順

以下同様の操作を繰り返し、全てのフリーエッジを縫合します。

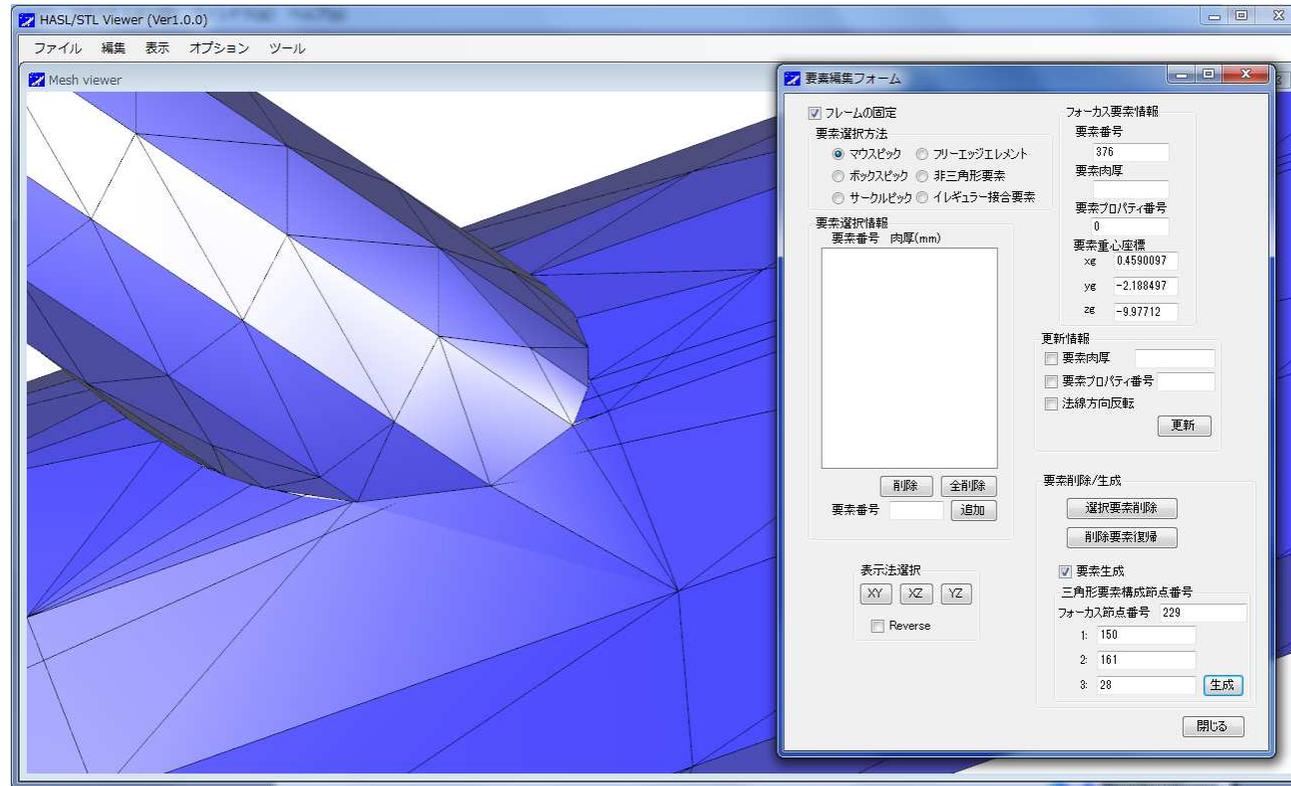


図21. 部分的に解消されたフリーエッジの状況

従来の操作に従って、STL情報をAscii形式に変換し、Netgenにインポートします。フリーエッジを解消したモデルでは、エラーメッセージが表示されることなく、正常にメッシュが生成されます。

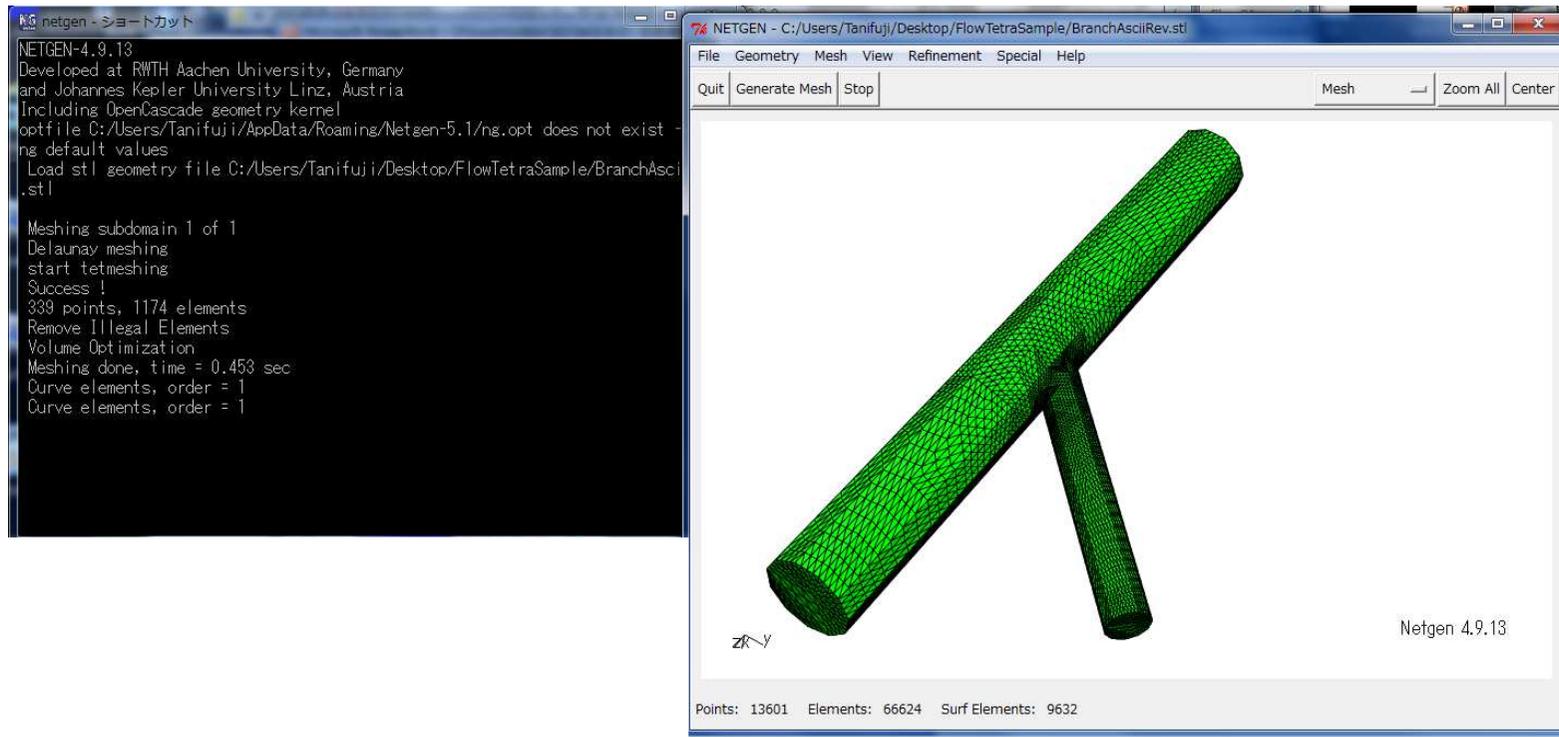


図22. 正常に自動分割されたテトラソリッド要素