

非構造格子系熱流体解析システム

SCRYU/Tetra[®]
Version 12

ユーザーズガイド
操作編

株式会社ソフトウェアクリエイドル

2015年6月
(2015年8月修正)

SCRYU/Tetra®は、株式会社ソフトウェアクリエイドルの商品名です。本書の一部または全部を無断で複製・転載・改編することを禁じます。

CRADLE 株式会社ソフトウェアクリエイドル
Software Cradle Co., Ltd.

本 社 : 大阪市北区梅田3丁目4番5号
毎日インテシオ
TEL : 06-6343-5641 FAX : 06-6343-5580

東京支社 : 東京都品川区大崎1-11-1
ゲートシティ大崎ウエストタワー
TEL : 03-5435-5641 FAX : 03-5435-5645

SCRYU/Tetra©2015 Software Cradle

本文で使用するシステム名・製品名は、それぞれの各社の商標、または登録商標です。

修正履歴

本書の修正履歴は下記のとおりです。

修正年月	ページ	修正内容
2015年6月		初版
2015年8月	2-45	解析データ作成手順 3. メッシュのマージと解析条件の設定 記述を修正しました。
	2-47	解析条件(S)ファイル 記述を修正しました。
	2-51~2-54	解析結果(z=0での断面図) 図を更新しました。

目 次

第1部 基本操作

第1章 概要

1.1 解析の流れ	1-2
(1) 入力データの作成	1-2
(2) 解析の実行	1-2
(3) 出力結果の確認	1-3
1.2 SCRYU/Tetra解析システムのファイル構成	1-4
1.3 操作例題紹介	1-5
(1) 倉庫内の流れ	1-5
解くべき方程式	1-6
解析方法	1-6
物性値	1-7
境界条件	1-7
初期条件	1-7
(2) 必要な知識	1-8
(3) 習得する内容	1-8
(4) 使用するデータファイルの場所	1-8

第2章 SCTpreによる入力データの作成

2.1 SCTpre操作手順	1-10
2.2 SCTpre関連ファイル	1-11
2.3 SCTpreの基本操作	1-12
(1) 起動	1-12
(2) 画面構成	1-12
(3) マウス操作	1-14
(4) キーボード操作	1-15
(5) 環境設定の確認	1-16
2.4 操作手順の具体例	1-17
(1) 解析モデル作成	1-17
a. モデルデータの読み込み	1-17
b. モデルの認識	1-19
c. モデルに領域の登録	1-21
c-1. MAT(物性)番号の変更	1-21
c-2. 物性値の設定	1-23
c-3. 面領域の登録	1-23
c-4. 体積領域の登録	1-26
(2) 解析条件の設定	1-28
a. [解析選択]での設定	1-29
b. [基本設定]での設定	1-30
c. [物性値・基準値]での設定	1-31
d. [初期条件]での設定	1-32

e.[デフォルト境界条件]での設定	1-34
f.[境界条件]での設定	1-35
f-1.流入口(inlet)の条件設定	1-35
f-2.流出口(outlet)の条件設定	1-38
f-3.対称面(symm_plane)の条件設定	1-39
f-4.領域(walls)の条件設定	1-40
f-5.領域(wall_heater1, wall_heater2)の条件設定	1-41
g.[発生条件]での設定	1-42
h.[計算条件]での設定	1-44
i.[出力条件]での設定	1-45
i-1.[チェック出力]の設定	1-46
i-2.[時系列]の設定(時系列データの出力)	1-47
i-3.[FLD(サイクル)]の設定	1-49
i-4.[FLD(表面データ)]の設定	1-50
i-5.[Rファイル]の設定(リストアートファイル)	1-51
j.[ファイル指定]での設定	1-52
(3) メッシュ生成	1-53
a.八分木の作成	1-56
b.実行(表面メッシュの作成からSCTsolverの実行まで)	1-66
b-1.必要なデータの設定	1-66
b-2.実行	1-70
b-3.作成されたデータの確認	1-72
(4) SCTPreの終了	1-76
2.5 解析条件(S)ファイルの内容	1-77

第3章 SCTpre(Primeモード)による入力データの作成

3.1 SCTpre(Primeモード)操作手順	1-80
3.2 操作手順の具体例	1-81
(1) 解析モデル作成	1-81
a.CADデータの読み込み	1-81
b.解析領域の認識	1-82
c.MDLの作成	1-84
(2) [部品]ウィンドウを用いた物性値等の設定	1-85
a.流体空間の設定	1-85
b.発熱体(heater1)の設定	1-87
c.発熱体(heater2)の設定	1-87
d.障害物の設定	1-88
(3) 面領域の登録	1-89
(4) 解析条件の設定	1-92
a.[解析選択]での設定	1-92
b.[基本設定]での設定	1-93
c.[物性値・基準値]での設定	1-93
d.[初期条件]での設定	1-94
e.[デフォルト境界条件]での設定	1-94
f.[境界条件]での設定	1-95
g.[発生条件]での設定	1-99
h.[計算条件]での設定	1-99
i.[出力条件]での設定	1-100
j.[ファイル指定]での設定	1-104

(5) メッシュ作成	1-105
a. 基本となる八分木の作成	1-105
b. 八分木の再分割	1-106
c. メッシュの作成	1-111
(6) SCTPreの終了	1-112

第4章 SCTsolverによる解析の実行

4.1 SCTsolver操作手順	1-114
4.2 SCTsolverの関連ファイル	1-115
4.3 SCTsolverの基本操作	1-117
(1) 起動	1-117
(2) 画面構成	1-117
4.4 操作手順の具体例	1-118
(1) Sファイルの読み込み	1-118
(2) 解析実行	1-118
(3) 進行状況確認	1-119
a. 収束状況を確認する	1-119
b. 最大最小値を確認する	1-120
c. 流量バランスを確認する	1-121
d. 時系列グラフを表示する	1-121
e. モニターの表示コントロールを行う	1-122
(4) 解析終了	1-123
a. 終了メッセージを確認する	1-123
b. SCTsolverの終了	1-123
c. Lファイルを確認する	1-123
(5) リスタート計算	1-125

第5章 SCTpostによる出力結果の確認

5.1 SCTpostの基本操作	1-128
(1) SCTpost関連ファイル	1-128
(2) SCTpostの起動	1-129
1.SCTpostを起動する	1-129
2.FLDファイルを読み込む	1-130
3.オブジェクトダイアログの表示	1-131
(3) 画面の表示切替	1-132
1.マウス操作	1-132
2.キーボード操作	1-133
3.オブジェクトの表示/非表示を行う	1-133
4.個別操作モードにする	1-133
5.再描画レベルを変更する	1-134
5.2 操作手順の具体例	1-136
(1) [設定]オブジェクト	1-136
オブジェクト名の表示の変更	1-136
(2) [全体]オブジェクト	1-138
a.表示サイクルの変更	1-139
b.変数登録の方法	1-140
c.座標軸の表示位置の変更	1-141
d.タイトル(Cycle等)の表示位置の変更	1-142

(3) [表面]オブジェクト	1-143
a. メッシュ図の表示	1-144
b. コンター図(塗りつぶし)の表示	1-146
(4) [カット面]オブジェクト	1-148
a. カット面の位置の設定	1-148
a-1. 座標軸方向平面	1-149
a-2. 任意平面	1-150
b. ベクトル図の表示	1-152
b-1. 節点上のベクトル図	1-153
b-2. 等間隔ベクトル図	1-153
b-3. 等間隔一定長ベクトル図	1-154
b-4. アニメベクトル図	1-154
c. コンター図(等高線)の表示	1-155
d. 圧力の積分値を求める	1-156
e. 点の値を求める	1-157
(5) [等価面]オブジェクト	1-158
a. 等価面の表示	1-159
(6) [流線]オブジェクト	1-160
a. 発生位置の設定	1-161
b. 管表示	1-162
c. アニメ飛行機表示	1-163
(7) [時系列]オブジェクト, [グラフ]オブジェクト	1-164
時系列グラフの表示	1-164
(8) [曲線]オブジェクト	1-166
a. 曲線上の変数グラフの表示	1-166
(9) 全領域オブジェクト	1-171
a. 解析領域全体の変数分布の表示	1-171
b. 表示する体積領域の設定	1-172
c. スカラーレベルの表示の設定	1-173
d. 積分値の算出	1-174
(10) その他の表示	1-175
a. 登録領域表面上の表示	1-175
b. カット面との切断表示	1-177
c. 要素と節点の位置の表示	1-179
d. 鏡面表示	1-180
e. テキストの表示	1-182
f. 背景色の反転表示	1-182
(11) [カラーバー]オブジェクト	1-183
a. 最大・最小値と分割数の変更	1-184
b. 向きと数値の個数の変更	1-184
c. 表示位置の変更	1-186
(12) [画像保存]オブジェクト	1-187
a. イメージの保存	1-187
b. アニメーションファイルの作成	1-188
(13) BMP2AVIIによるアニメーションファイルの作成	1-189
(14) 設定の保存	1-190
(15) Postの終了	1-190

第6章 モデルデータとその修正

6.1 モデル形状の用語説明	1-192
(1) 閉空間	1-192
(2) 辺の多重度	1-192
(3) 外形点・外形線	1-193
(4) パネル	1-194
(5) マージ	1-195
(6) スワップ	1-196
(7) スプリット	1-196
(8) 面の向き	1-196
(9) 干渉面	1-197
(10) ヒレ	1-198
6.2 修正手順	1-199
(1) よく使うマウス操作の説明	1-199
(2) 辺の多重度の修正	1-202
(3) 不必要な外形点・外形線の修正	1-208
1.スワップ	1-209
2.マージ	1-210
(4) 非外形線-外形線の変更	1-211
6.3 よくあるモデルデータの問題と修正の例	1-212
(1) 構造解析と流体解析の違い	1-212
(2) 3重辺以上の多重辺をもつモデルの問題	1-212
(3) モデルデータの不具合の端的な例	1-223
6.4 ラッピングを使用したモデル修正の例	1-226

第2部 トレーニング

目的	2-2
扱う例題	2-2

応用例 1 疑似 2 次元メッシュ

解析モデル	2-4
解くべき方程式	2-4
物性値	2-4
境界条件	2-5
初期条件	2-5
解析条件	2-5
解析データ作成手順	2-6
1.モデルデータの読み込み	2-7
2.領域の登録	2-7
3.解析条件の設定	2-14
4.八分木の作成	2-15
5.実行	2-15
解析条件(S)ファイル	2-19
解析結果	2-21

応用例 2 不連続接合と要素移動

解析モデル	2-23
解くべき方程式	2-25
物性値	2-25
境界条件	2-25
解析データ作成手順	2-25
1.回転領域メッシュ作成	2-26
2.静止領域メッシュ作成	2-32
3.メッシュのマージと解析条件の設定	2-38
解析条件(S)ファイル	2-47
円筒面への投影	2-49
圧力モーメントと粘性力モーメントのリスト出力	2-50
SCTpostでの相対速度について	2-50
解析結果(z=0での断面図)	2-51

応用例 3 伸縮メッシュと要素移動

解析モデル	2-56
解くべき方程式	2-59
物性値	2-59
領域に対する条件	2-59
初期条件	2-59
解析条件	2-59
解析データ作成手順	2-59
1.楕円球型車両側の車線のメッシュ生成	2-60
2.角柱型車両側の車線のメッシュ生成	2-66
3.メッシュのマージと解析条件の設定	2-72
解析条件(S)ファイル	2-74
解析結果	2-75
(補足)伸縮移動を用いた設定方法	2-77

応用例 4 解適合解析

解析モデル	2-84
解くべき方程式	2-84
物性値	2-84
境界条件	2-85
操作手順	2-85
1.MDLファイルの作成	2-86
2.Sファイルの作成	2-87
3.解適合解析の実行	2-88
解適合解析の処理内容	2-90
解適合解析時に生成されるファイル	2-91
解析条件(S)ファイル	2-92
解析結果	2-93

応用例 5 解適合解析（補足）

本例題で扱う解適合解析パラメータ	2-96
1.境界層要素挿入パラメータ	2-97
2.解析回数	2-99
3.解析終了条件の緩和	2-100
4.評価関数パラメータ	2-102
5.オクタントブロック、面領域の分割方法設定	2-105

マニュアルの構成について

SCRYU/Tetraのマニュアルは、下記の13分冊構成となっております。

- **基礎編**

熱流体解析の基本的な考え方だけでなく、**SCRYU/Tetra**の各機能の詳細説明を含んだ総合解説書です。熱流体に初めて触れられる方から、各機能の理論的背景を確認されたい方まで、**SCRYU/Tetra**を使用される全ての方々を対象としています。

- **操作編(本書)**

SCRYU/Tetraの基本的な操作を基本例題を通して学ぶことができるチュートリアルです。実際に**SCRYU/Tetra**の操作を始める際には、まずこのガイドを紐解いてください。基本例題で基礎体力が付いたら、例題編もお試しください。

- **リファレンス(プリ)編**

SCRYU/Tetraのプリプロセッサ(プリ)の詳細解説書です。

- **リファレンス(ソルバー)編**

SCRYU/Tetraのソルバーの詳細解説書です。ソルバーコマンドとユーザー関数のリファレンスを含みます。

- **リファレンス(ポスト)編**

SCRYU/Tetraのポストプロセッサ(ポスト)の詳細解説書です。

- **リファレンス(VBインターフェース)編**

SCRYU/Tetraのプリプロセッサ、ソルバー、ポストプロセッサに用意されているVBインターフェースのメソッドリファレンスです。

- **リファレンス(ツール)編**

SCRYU/Tetraに付随した各種ツールについての操作説明書です。

- **例題編**

SCRYU/Tetraの解析機能とその利用法を学ぶための例題編です。解析機能特有の考え方を学んだり条件設定のしかたを調べたりと、解析機能を使いこなす際の足がかりとして最適です。実際的な工業製品を模した解析事例も紹介しています。

- **構造解析編(オプション)**

SCRYU/Tetraのオプションである構造解析機能の詳細解説書です。プリプロセッサ(プリ)とソルバーのリファレンス、また、操作を学ぶための例題を含みます。

- **流体構造連成(Abaqus[®])編(オプション)**

SCRYU/TetraのオプションであるSCRYU/Tetra I/F Option for Abaqus[®]の詳細解説書です。プリプロセッサ(プリ)とソルバーのリファレンス、また、操作を学ぶための例題を含みます。

- **最適化編(オプション)**

SCRYU/Tetraのオプションである最適化機能の詳細解説書です。最適化についての概要、操作説明、また、**SCRYU/Tetra**と連携した例題を含みます。

- **1D/3Dカップリング(GT-SUITE)編 (オプション)**

SCRYU/TetraのオプションであるSCRYU/Tetra I/F Option for GT-SUITEの詳細解説書です。

- **ファンモデリング・解析ツール(SmartBlades[®])編(オプション)**

SmartBlades[®]についての操作説明書です。

本書をお読みになるまえに

1. 本書が対応しているソフトウェアのバージョン

- **SCRYU/Tetra V12**

なお、本書は開発中のリリースを用いていますので、リリースにより計算時間、結果などが異なることがあります。

2. 本書で使用しているドライブ名やフォルダ名は、実際と異なることがあります。
3. [ファイル] - [開く]等の記述は、メニューバーの[ファイル]を選択し、さらに[開く]を選択することを意味します。
4. 本書で使用するサンプルデータの利用方法については、**ユーザーズガイド リファレンス(ツール)編 第1部 アプリケーション起動ツール 1.5 (5) ユーザーフォルダ・ユーザーデータの設定**をご参照ください。
5. Samplesフォルダにインストールされているデータは英語OS環境でも正常に動作するように、領域名、物性値名などが英語表記(英語版のデータ)になっています。

UNICODE化について

本製品では、V12より、多言語対応を目的として、UNICODE化がなされております。その一環として、全てのファイル入出力をUTF-8にて行う形式に、動作仕様が変更されました。以下の点にご注意ください。

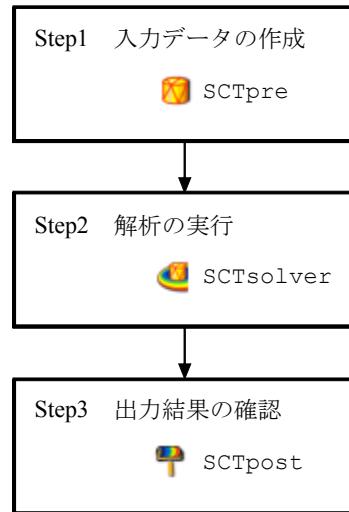
- V12では、V11のプログラムが output した全てのファイル群の入力に対応しております。
- V12のプログラムで output されたファイル群は、原則として、V11以前の製品では使用できません。
- 本書における「文字数」もしくは文字列の「バイト数」という記述は、UTF-8ではASCII文字（半角英数記号）は1文字=1バイト、それ以外は1文字=2～4バイトを意味しております。

第1部 基本操作

第1章 概要

1.1 解析の流れ

SCRYU/Tetraを用いた解析の大きな流れを確認しましょう。



SCRYU/TetraはSCTpre, SCTsolver, SCTpostという3つのアプリケーションから成り立っています。SCTpreで入力データ作成、SCTpreで作成したデータを元にSCTsolverで解析実行、SCTSsolverから出力された結果をSCTpostで読み込んで結果の確認、といった流れで解析を行います。

(1) 入力データの作成

操作は解析モデルを読み込むところから始まります。解析モデルは主にCADから出力された外部モデルデータを読み込むか、SCTpre(Primeモード)または**CADthru**(弊社製CADデータ修正・変換ソフト)を通して作成したmdlデータを読み込んで利用します。ジオメトリ作成機能を用いてデータを作成することもできます。解析モデルの読み込み後、物性値、境界条件などを設定し、モデルをメッシュに分割して、入力データを作成します。条件を設定したり、メッシュを分割したりする操作をプリプロセッシングと呼び、これを行うプログラムはプリプロセッサと呼ばれます。**SCRYU/Tetra**のプリプロセッサはSCTpreというプログラムで、通常"プリ"と呼ばれています。

(2) 解析の実行

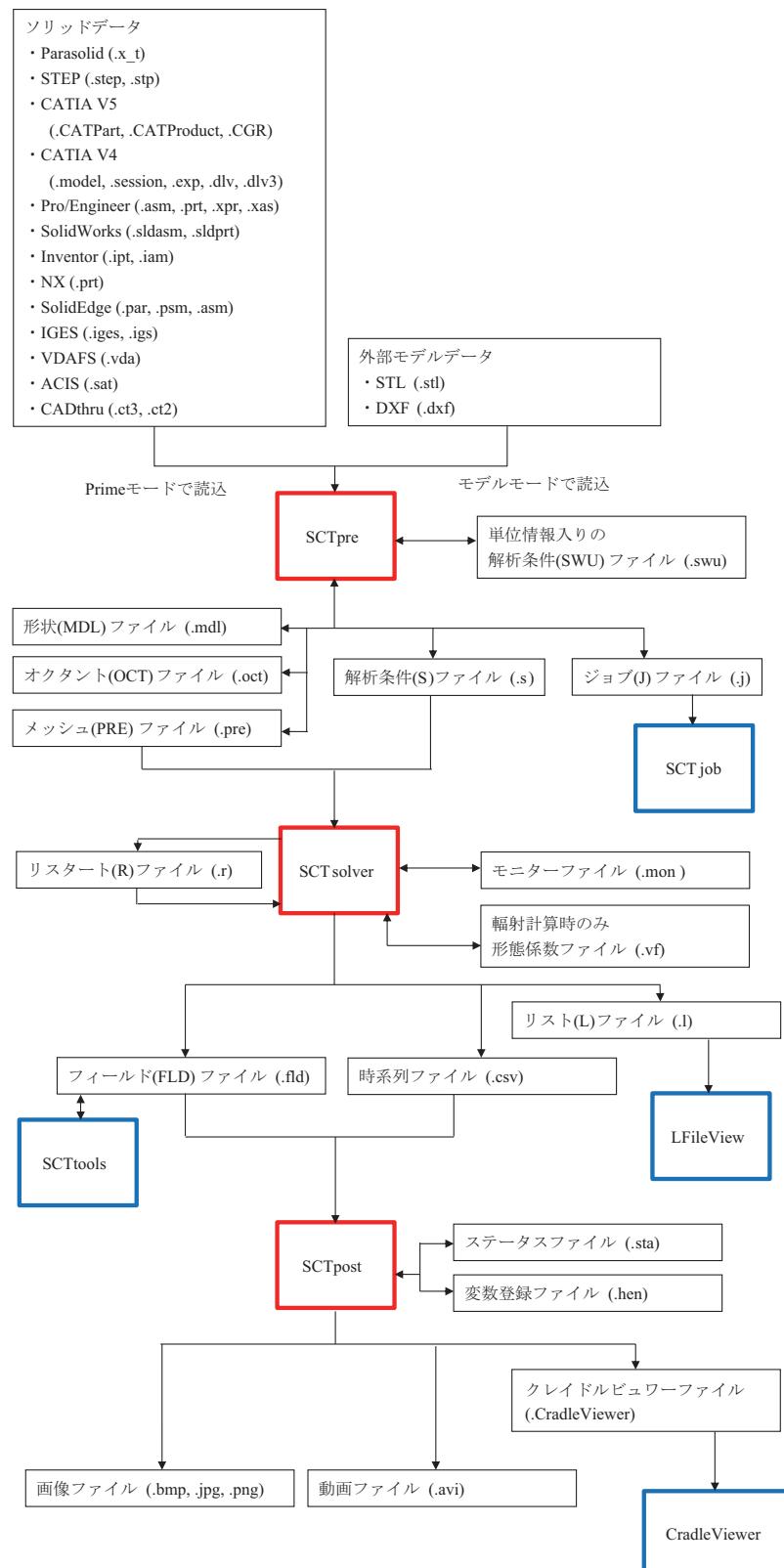
SCTpreで入力データを作成後、計算を実行します。計算を行うプログラムはSCTsolverというプログラムで、こちらは通常"ソルバー(解くもの)"と呼ばれています。また、特に計算のコントロールや状況の表示を行うアプリケーションを"モニター"と呼びます。

(3) 出力結果の確認

計算が終了すると、解析結果はデータとしてファイルに保存されます。このままでは、人間が理解しやすい形ではないため、単に数値の山に過ぎません。評価・吟味するためには、人間が目で見て理解しやすいような形、例えば、グラフや等高線を使った表現に変換する必要があります。この数値データからグラフや等高線などを描画して、視覚的にとらえられるようにすることを"可視化"と呼び、解析結果を可視化しながら評価する操作全般をポストプロセッシングと呼びます。可視化を行うプログラムはSCTpostというプログラムになります。通常"ポスト"と呼ばれています。

これら3つのプログラムを用いて、"解析の前処理" - "解析処理" - "結果処理"を行い、一連の解析操作が終了します。このことを前提にして、1.3からの本書の例題に取り組んでみましょう。

1.2 SCRYU/Tetra解析システムのファイル構成

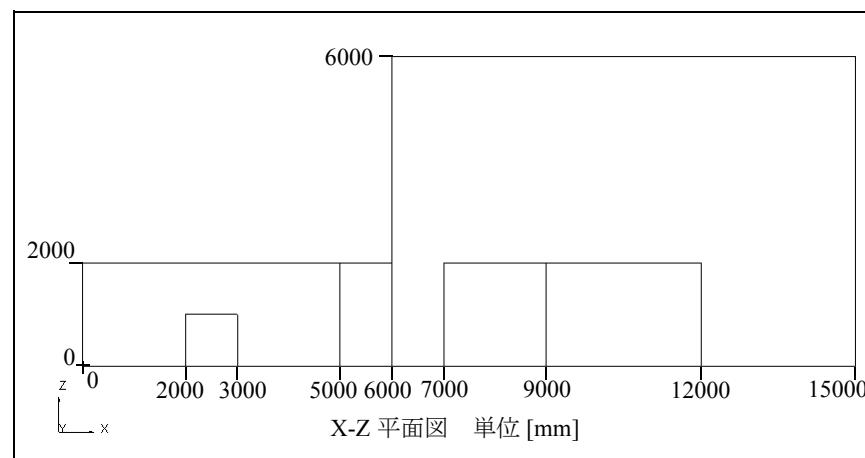
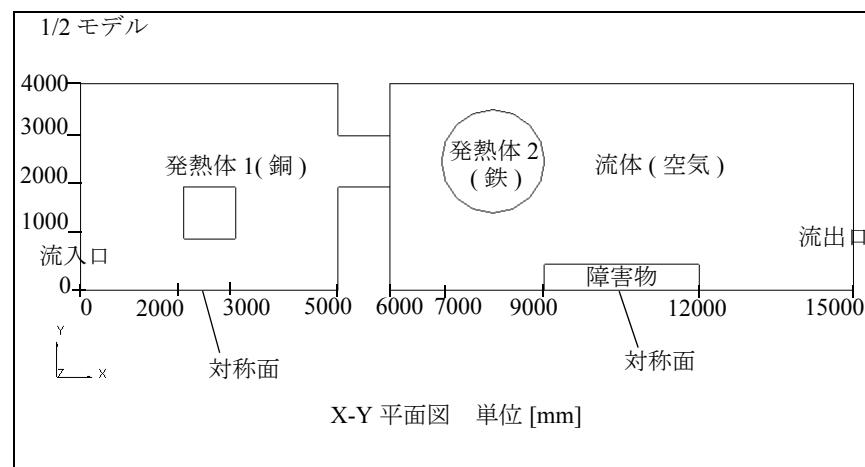
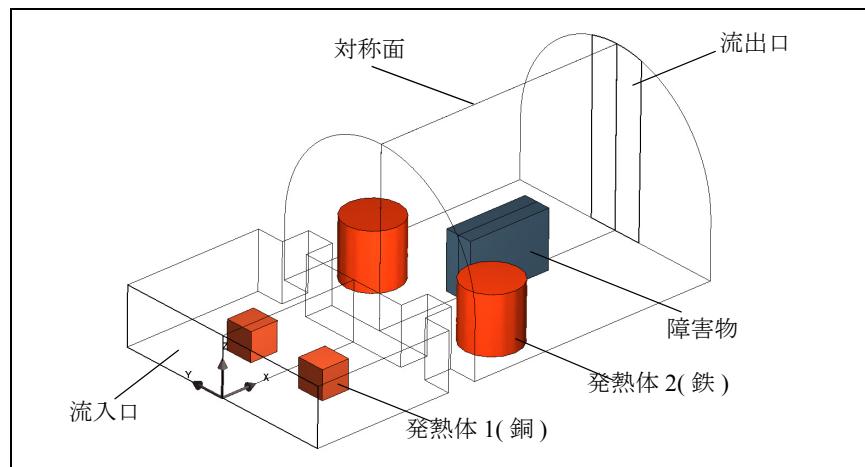


1.3 操作例題紹介

操作例題では、最も基本的な流れと温度の解析を行います。恐らく本例題で触れる内容は、全ての熱流体解析に必要となる内容です。まずはSCRYU/Tetraでの解析の手順を概観してみよう、という程度に、肩の力を抜いて取り組んでみましょう。

(1) 倉庫内の流れ

下図のように解析領域や境界条件が対称なモデルを1/2対称モデルとして流れと温度分布を調べます。



流体	:	空気
発熱体1	:	銅で総発熱量 1000 [W]
発熱体2	:	鉄で総発熱量 1500 [W]
流入口	:	流入流速 1.0 [m/s] 流入温度 20 [°C]
流出口	:	表面圧力規定 0.0 [Pa]

とします。

(補足) 対称モデル

解析対象の形状、解析条件がともに左右対称で、解析結果も左右対称であると期待される場合、或いは左右対称と見なしてよい場合には、対称モデルを使う方が、より効率のよい計算ができます。解析領域が単純に半分になるため、計算コストも半分にすることも可能ですし、半分の計算領域に倍のメッシュ要素を配置する事で、全体モデルを使った解析と同じ計算コストでより精度の高い計算も可能になります。また、全体モデルを使用しますと、本来は左右対称な解析結果となるべき解析でも、メッシュの非対称性や計算誤差により、必ずしも対称な結果となるとは限りません。

対称モデルを使っての計算は、SCTpostで鏡面コピーを使って、あたかも全体計算を行ったかのような描写も可能です。

また、対称モデルには、左右対称のほかに軸対称モデルもあります。

解くべき方程式

流れ → 運動量保存式
質量保存式(圧力補正式)

温度 → エネルギー保存式

乱流 → k-ε方程式

※ SCTpre上の設定画面では、条件ウィザードの[解析選択]に対応しています。

• レイノルズ数の計算

空気の密度	:	$\rho = 1.206$ [kg/m ³]
代表流速	:	$U = 1.0$ [m/s]
代表長さ	:	$L = 3.2$ [m](流入口の水力直径)
空気の粘性係数	:	$\mu = 1.83 \times 10^{-5}$ [Pa·s]=[kg/m·s]

$$\text{レイノルズ数の計算 ; } Re = \frac{\rho \times U \times L}{\mu} \\ = \frac{1.206(\text{kg}/\text{m}^3) \times 1.0(\text{m}/\text{s}) \times 3.2(\text{m})}{1.83 \times 10^{-5}(\text{Pa} \cdot \text{s})} \\ = 2.109 \times 10^5$$

レイノルズ数が明らかに乱流域ですので、乱流と判断し、k-ε方程式を解きます。

解析方法

定常解析

計算サイクル	:	200
定常判定	:	全ての変数で 10^4 (デフォルト)

物性値

	密度 [kg/m ³]	粘性係数 [Pa•s]	比熱 [J/kg•K]	熱伝導率 [W/m•K]
空気	1.206	1.83×10^{-5}	1007.00	0.0256
銅	8889.80	—	384.60	398.84
鉄	7871.40	—	439.20	81.168

境界条件

- 流入流出条件(流体と領域外との面に設定)

流入口

- 流入流速 : 1.0 [m/s]
- 流入温度 : 20 [°C]
- 流入乱流量 : k, ϵ 共に 10^{-4} (デフォルト)

出口

- 表面圧力規定 : 0.0 [Pa]

- 壁面応力条件(流体と流体以外との面に設定)

対称面 : Free Slip(デフォルト)

流体と銅との面 : 対数則

流体と鉄との面 : 対数則

流体と領域外との面 : 対数則

- 壁面熱移動条件(物性の異なる面に設定)

対称面 : 断熱(デフォルト)

流体と銅との面 : 温度の対数則

流体と鉄との面 : 温度の対数則

流体と領域外との面 : 断熱(デフォルト)

- 発熱条件

発熱体1(銅)に総発熱量を1000[W]

発熱体2(鉄)に総発熱量を1500[W]

初期条件

初期温度

空気 : 20[°C]

銅 : 20[°C]

鉄 : 20[°C]

を設定します。

初期条件として、あらかじめわかっていることが多いのは、一般的に温度と濃度です。

不明の場合は、初期条件のデフォルト値を使用します。

初期条件のデフォルトは、

- 乱流エネルギーと乱流消失率 : 10^{-9}
- その他 : 0.0

です。

(2) 必要な知識

- ユーザーズガイド 基礎編
- マウス操作を含めたWindowsの基本操作

(3) 習得する内容

- SCTpreでの様々な表示方法
- 解析モデルの作成
- 解析条件の設定
- メッシュの作成
- SCTsolverの実行
- 簡単なSCTpost処理

(4) 使用するデータファイルの場所

- ユーザーフォルダ^(*) ¥Samples¥Operation¥Tutorial

(*)ユーザーフォルダに関しては、ユーザーズガイド リファレンス(ツール)編 第1部 アプリケーション起動ツール1.5.2 ユーザーフォルダ・ユーザーデータの設定をご参照ください。

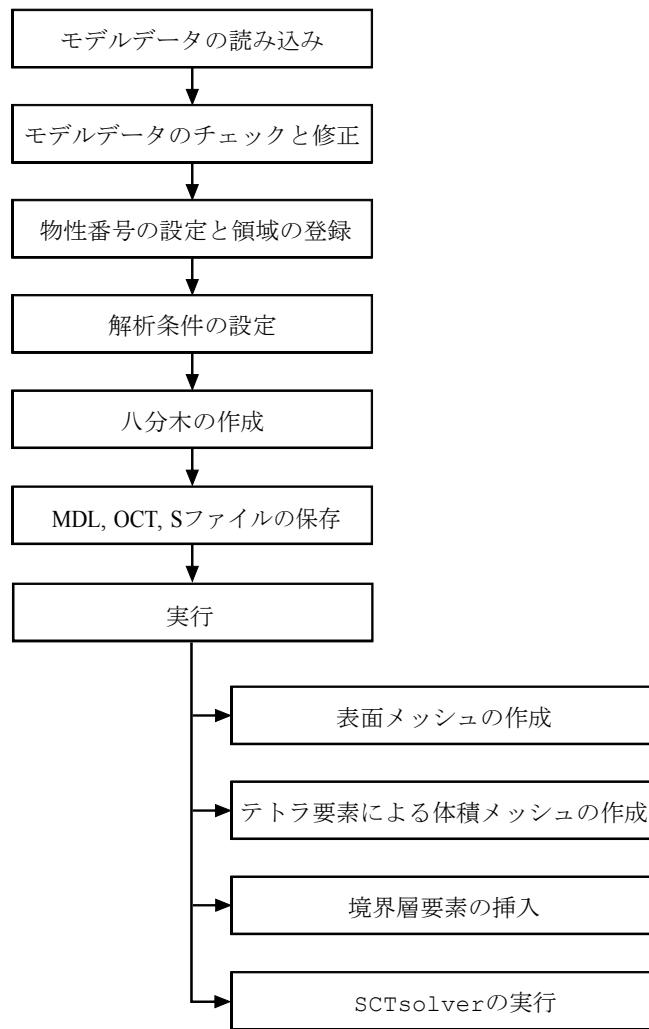
では、次章から本例題を通して**SCRYU/Tetra**での解析手順を学んでいきましょう。

第2章 SCTpreによる入力データの作成

2.1 SCTpre操作手順

SCTpreでは、解析領域の表面形状を構成するモデルデータを読み込み、境界条件を設定する領域や解析条件を設定します。

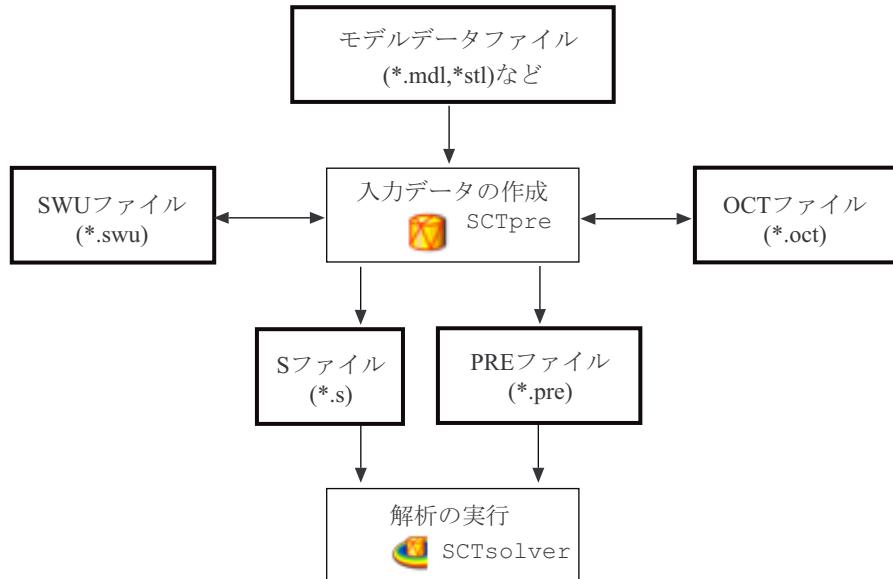
八分木によって、メッシュの大きさを指定し、アドバンシングフロント法によって四面体要素を設定します。その後、境界部分にプリズム要素を挿入します。外部メッシュを読み込むことも可能です。まとめると次のようになります。



実行では、ファイルの保存からSCTsolverの実行までを行うこともできますし、個々のステップ(例えば、表面メッシュの作成のみ)を行うこともできます。

2.2 SCTpre関連ファイル

SCTpreは、読み込んだモデルデータを基に作成したメッシュおよび解析条件をファイルに出力します。SCTpreに関する主なファイルを以下に示します。



- モデルデータファイル
SCTpreに読み込むモデルデータです。SCRYU/Tetraネイティブのファイル形式であるMDLファイルは、モデル面の幾何情報に加えて、モデルに登録された面、体積領域の情報が保存されています。STLファイルはCADから出力されたデータで、モデル面の幾何情報が保存されています。
- OCTファイル
SCTpreの入出力データで、八分木(特定のモデルデータについて、メッシュ作成時のメッシュの粗密を指定する立方格子データ)の情報が保存されています。
- Sファイル
SCTpreから出力する、解析条件データです。計算に使用するファイルおよび解析条件の情報が保存されていて、SCTsolver実行のための入力ファイルとなります。
- PREファイル
SCTpreから出力する、メッシュデータです。解析に必要なメッシュの幾何情報およびモデルに登録された面、体積領域の情報を含み、SファイルとともにSCTsolver実行のための入力ファイルとなります。
- SWUファイル
SCTpreの入出力データで、解析条件データです。Sファイルと異なり、設定した単位の情報も保存されています。一方でSCTsolverに入力することはできません。

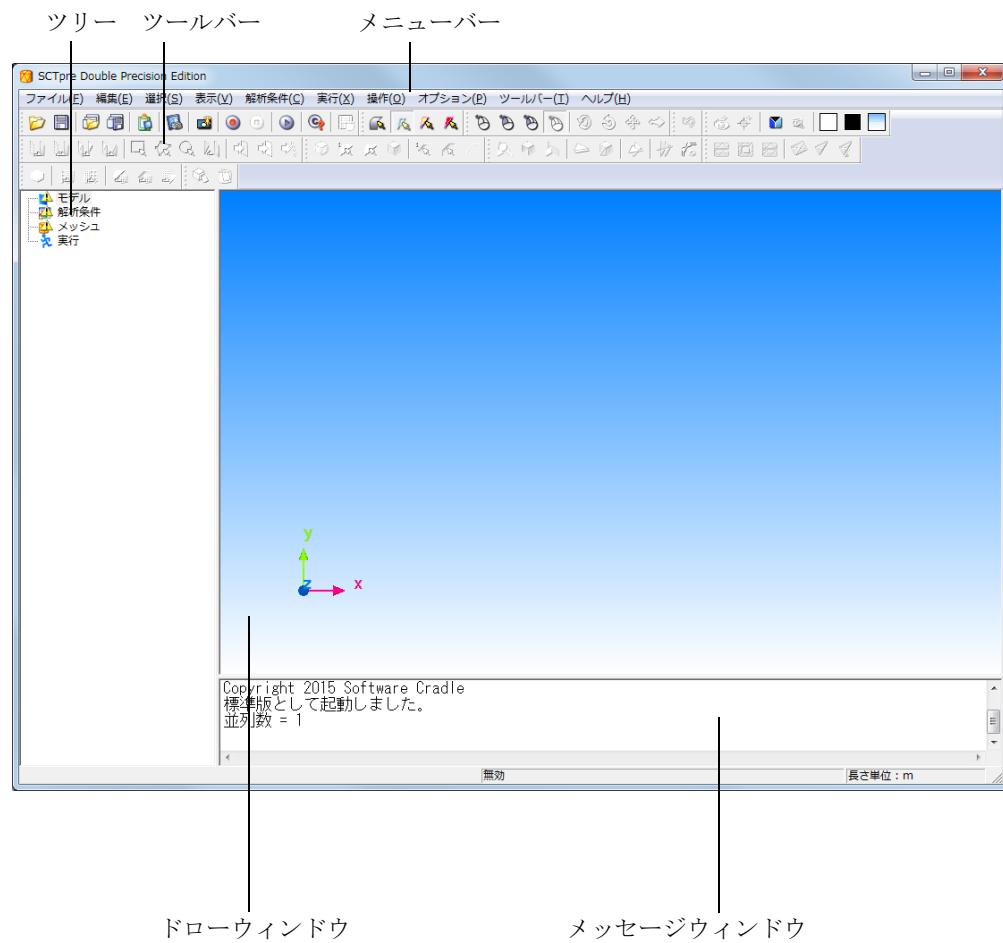
2.3 SCTpreの基本操作

(1) 起動

起動ツール^(*)より  を押すことで、起動することができます。

(*) 起動ツールについては、ユーザーズガイド リファレンス(ツール)編 第1部 アプリケーション起動ツールをご参照ください。

(2) 画面構成



- メニューバー
SCTpreのメニューが用意されています。
- ツールバー
使用頻度の比較的高いメニューのアイコンが用意されています。
[ツールバー]メニューで表示/非表示の設定が可能です。
- ドローウィンドウ
読み込んだモデルの形状やメッシュなどを表示します。

- メッセージウィンドウ
SCTpreの処理内容や、[表示]メニューから指定された内容などをテキスト表示します。
- ツリー



SCTpreの標準的操作の流れに沿って、上から順に設定項目とその内容を表示します。未設定の項目はアイコンの右肩に警告マークが表示されます。各項目をダブルクリックすると、その項目について設定を行うダイアログが表示されます。各項目を右クリックすると、その項目について行うことのできるその他の操作がポップアップメニューに表示されます。

各項目を未設定時にダブルクリックしたときの実行内容は、以下のようにメニューに対応しています。

モデル	[ファイル] - [インポート]
閉空間	[編集] - [閉空間/MAT番号の設定(モデル)]
解析条件	[解析条件] - [条件ウィザード]
八分木	[編集] - [八分木作成]
実行	[実行] - [表面メッシュ作成から] - [境界層要素挿入まで]

本書の例題では、上記各項目の未設定時の操作をこのツリーから行います。

(3) マウス操作

操作	2ボタンマウス		3ボタンマウス	
	1ボタン モード	2ボタン モード	3ボタン モード(Ctrl)	3ボタン モード
選択				
ポップアップメニュー				
回転	メニューから 選択	Ctrl +	Ctrl +	
拡大・縮小	メニューから 選択	Ctrl +	Ctrl +	
移動	メニューから 選択	Ctrl +	Ctrl +	
2D回転	メニューから 選択	Ctrl + Shift +	Ctrl + Shift +	Shift +
光源回転	メニューから 選択	Tab +	Tab +	Tab +

Ctrlキーが押されている間は外形線のみ描画されます。

(4) キーボード操作

キー	操作
X	 面に表示をセットします。
Y	 面に表示をセットします。
Z	 面に表示をセットします。
Shift+X	 面に表示をセットします。
Shift+Y	 面に表示をセットします。
Shift+Z	 面に表示をセットします。
A	現在の視点に一番近い軸に、表示をセットします。
Esc	マウスの操作状態を無効にします。
C + 頂点をクリック	表示の中心の移動
Ctrl+C	ドローウィンドウをクリップボードにコピー
Ctrl+D	表示状態の切り替え
Ctrl+L	シェーディングのON/OFF

(5) 環境設定の確認

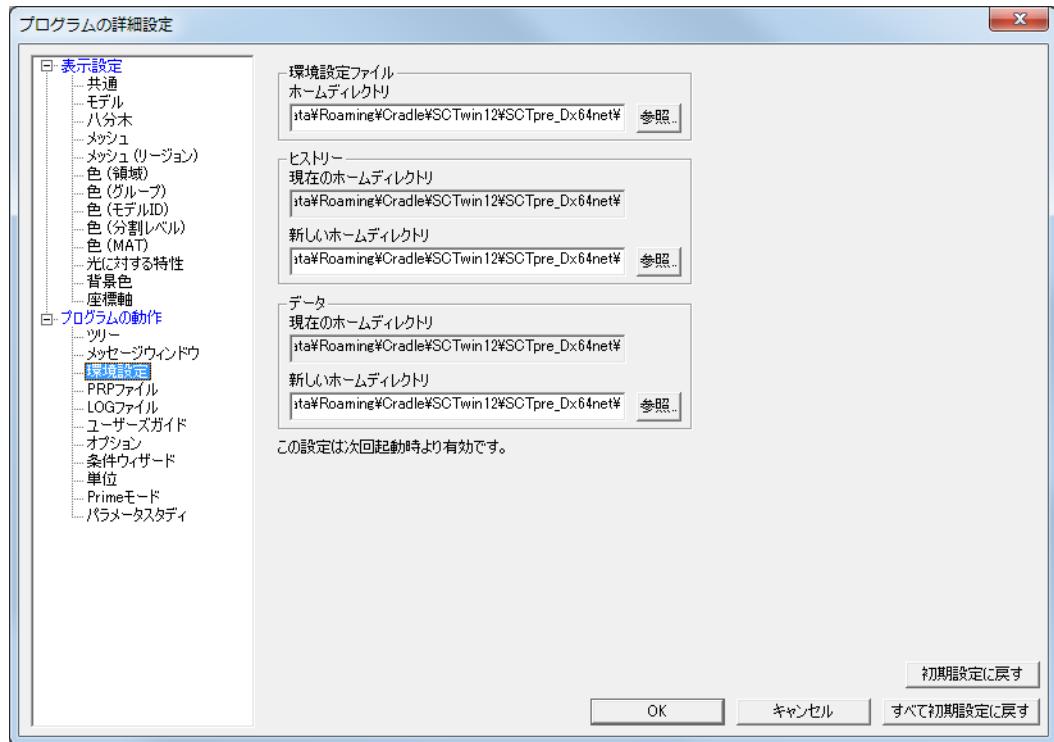
ヒストリーや各種データファイルが保存されるフォルダを確認します。

[オプション] - [プログラムの詳細設定]

を選択してプログラムの詳細設定ダイアログを開き、ダイアログ左のツリーから

[プログラムの動作] - [環境設定]

を選択してください。



注. 上記のドライブ名やフォルダ名は、実際とは異なることがあります。

必要に応じて、**参照**をクリックして、フォルダを変更してください。

設定は次回の起動時より有効になります。

OKをクリックしてください。

2.4 操作手順の具体例

(1) 解析モデル作成

a. モデルデータの読み込み

モデルデータとは、表面形状を表現する三,四角形による多面体のデータです。

SCTpreでは、このモデルデータを基にメッシュを作成します。

SCTpreにはモデラーとしての機能はありませんので、モデルデータは基本的に外部のCAD等で作成したデータを読み込みます。

読み込み可能な外部データとして、

STLファイル		(*.stl)
Nastranファイル(モデル)	(GRID, CTRIA3, CQUAD4等)	(*.nas)
DXFファイル	(3DFACE)	(*.dxf)
UNIVERSALファイル(モデル)	(2411;Nodes, 2412;Elements)	(*.unv)
ANSYSファイル(モデル)	(節点座標;NBLOCKレコード, 要素;EBLOCKレコード)	(*.inp)
Abaqusファイル(モデル)	(節点座標;NBLOCKレコード, 要素;EBLOCKレコード)	(*.inp)
DesignSpaceファイル(モデル)	(節点座標;NBLOCKレコード, 要素;EBLOCKレコード)	(*.agdb)

があり、これらはSCTpreの独自のフォーマットではありませんので、

[ファイル]-[インポート]

を選択して読み込みます。

また、SCTpreの独自のフォーマットとして、

MDLファイル

(*.mdl)

があり、MDLファイルは

[ファイル]-[開く]

を選択して読み込みます。

メッシュデータとは、四,五,六面体の要素の集合体です。SCTpreでメッシュデータを作成できますが、以下の形式については、外部で作成したメッシュデータを

[ファイル]-[インポート]

で読み込むことも可能です。

Nastranファイル(メッシュ)	(*.nas)
ANSYSファイル(メッシュ)	(*.cdb)
UNIVERSALファイル(メッシュ)	(*.unv)
Abaqusファイル(メッシュ)	(*.inp)
DesignSpaceファイル(メッシュ)	(*.dat)
SCRYU PREファイル ^(注)	(*.pre)

また、SCTpreの独自のフォーマットとして、

PREファイル (*.pre)

があり、

[ファイル]-[開く]

で読み込みます。

注. SCRYU PREファイルは、SCTpre(SCTpre)独自のPREファイルとは異なります。

なお、メッシュデータの表面からモデルデータを作成することもできます。

これは、ファイルを読み込むときに、**[メッシュからモデルを作成]**をONにしておくと、自動的に作られます。

また、

[編集]-[メッシュからモデル作成]

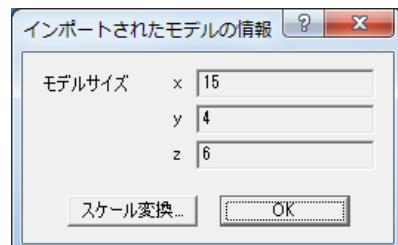
を選択することで、再度モデルデータを作成しなおすことが可能です。

SCTpreのPrimeモードでは、CADソフトで作成されたParasolidデータやSTEPデータなどのソリッドデータを読み込むことができます。詳しくは第3章 SCTpre(Primeモード)による入力データの作成をご参照ください。

本例題ではSTL形式の形状データを使用します。

ユーザーフォルダのSamples ¥Operation ¥Tutorialのフォルダを開き、tutorial.stlファイルをドラッグし、SCTpreのウィンドウ上にドロップしてください。

モデルデータを読み込むと単位系の定義ダイアログが表示されます。この例では、ミリメートル単位で作成されていますので、mmを選択し、OKをクリックしてください。



モデルサイズのダイアログのOKをクリックしてください。

SCTpreがモデルデータを解析し、外形点(画面上の黒い点)と、外形線(画面上の黒い線)を抽出し、モデルデータとともに表示します。

外形点・外形線に対しては、これらをつぶさないようにメッシュ生成されます。

そのため、これらの外形点や外形線の状態をコントロールすることによって、生成されるテトラメッシュの質を向上させることができます。

(補足) SCRYU/Tetraにおける単位系

SCRYU/Tetra内で使用される物理量の単位はすべて国際単位系(SI単位系)に基づいております。従って、ミリメートルのつもりで作成した形状でも、メートルとして解釈する為、そのままでは1000倍の長さとなってしまいますので、座標変換を行う必要があります。

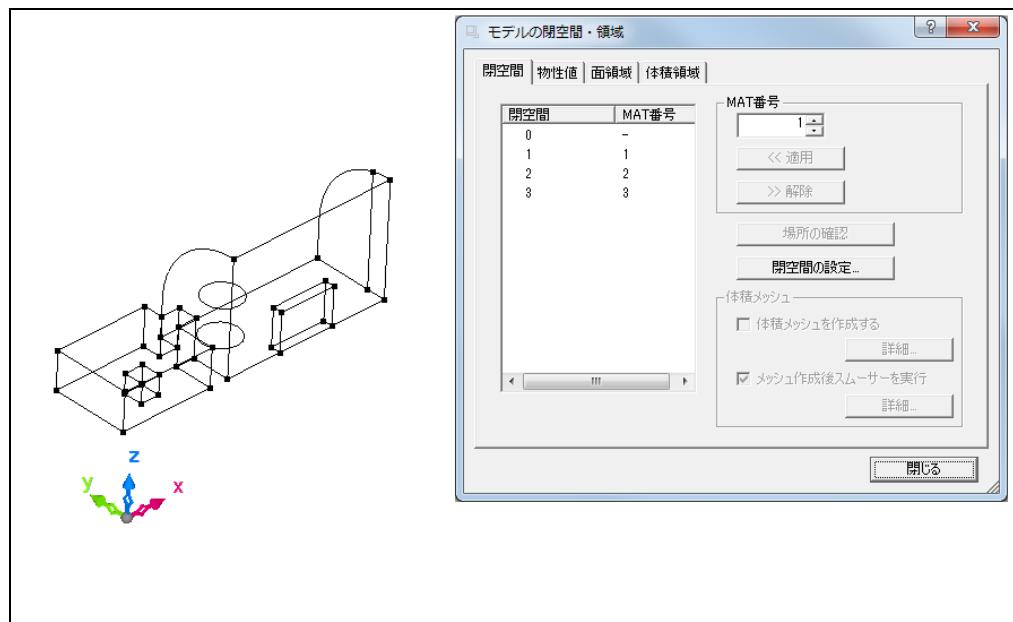
(補足) 座標変換

SCTpreの座標変換機能は、単位系の変換のほかに、形状を拡大、縮小したり、平行/回転移動などの用途にも使用できます。

b. モデルの認識

修正方法についての詳細は、第6章 モデルデータとその修正で記述します。

SCTpreの左のツリーの[モデル]をダブルクリックしますと、[モデルの閉空間・領域]ダイアログが立ち上がり、閉空間が自動的に抽出、認識されます。

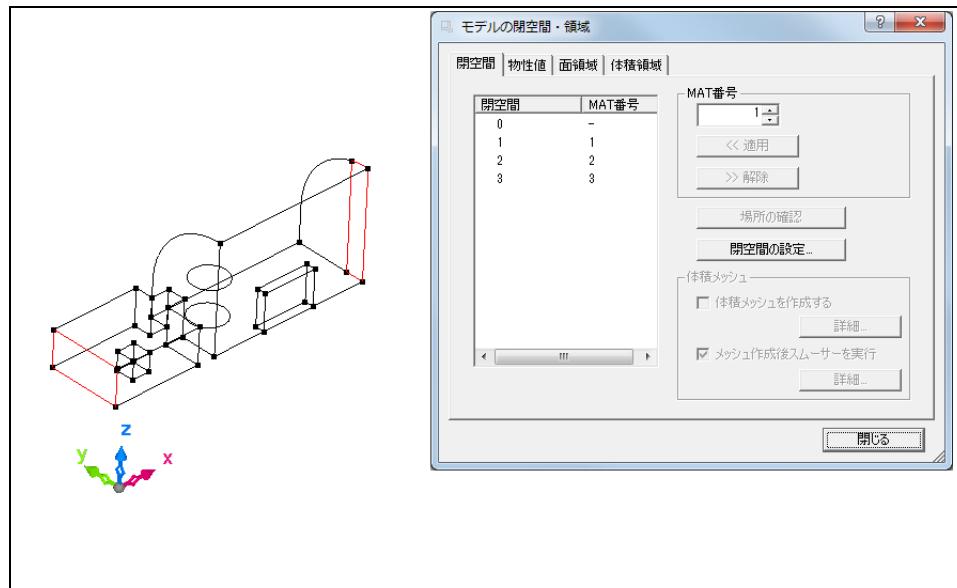


ここで、閉空間1は発熱体1(角柱)内部、閉空間2は発熱体2(円柱)内部、閉空間3は対称面に接する障害物内部です。ダイアログ内の閉空間リストの閉空間番号をダブルクリックしますと、ドローワインドウで対応する閉空間を確認することができます。

しかし、肝心の空気が通過する部分の閉空間が認識されておりません。原因は、流入口と流出口の面が存在しておらず、閉じた空間として成立していないためです。

[編集] - [モデルの孤立辺の検出]

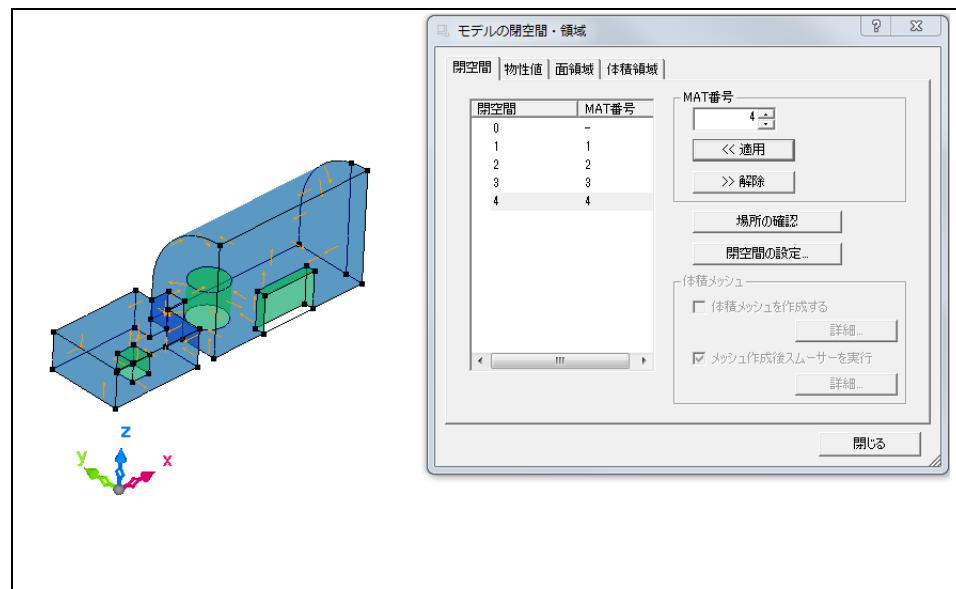
を選択しますと、次図のように、流入口と流出口を囲む辺が赤く色がつきます。



孤立辺は、パネルが存在しないのであれば、モデル面に穴が存在していることを意味します。このモデルではパネルは存在しておりませんので、モデルに穴が存在している、ということになります。

[編集] - [モデルの穴埋め]

を選択しますと、流入口、流出口の面がそれぞれ埋まります。自動的に閉空間が抽出しなおされ、今度は空気部の閉空間も認識されます。



閉空間リストから、閉空間番号をダブルクリックして、4つの閉空間が認識されていることを確認します。

C. モデルに領域の登録

モデルに領域の登録をすることは、面領域や体積領域に名前をつけることを指します。
境界条件や発生条件など解析の条件を与える領域は領域登録されていなければなりません。

モデルに領域の登録をするには、ツリーの

[閉空間]

をダブルクリックしてください。

- **閉空間**

閉空間ごとにMAT(物性)番号を変更

- **物性値**

MAT(物性)番号ごとに物性値を設定

- **面領域**

- 選択されている面

選択されている面を登録

- 指定したモデルIDの面

指定したモデルIDの面を登録

- 指定した閉空間の表面

指定した閉空間の表面を登録

- 2つの閉空間の間

2つの閉空間が接する面を登録

- 2つのMAT番号の間

異なるMAT(物性)番号が接する面を登録

- **体積領域**

指定した閉空間の内を登録

注. 体積的な発熱や圧力損失等は、条件を与える領域を体積領域として登録する必要があります。

(補足)閉空間 , MAT(物性) 番号 , 物性値

解析を行う領域は、全て面によって完全に閉じた空間、即ち閉空間でなければなりません。そして、それぞれの閉空間に対して、空気、銅、鉄などの物性を与えることになりますが、直接物性値を与えるのではなく、まずは番号を与えます。そして、それぞれの番号に対して、物性値を与える、という手順を踏みます。この、閉空間に適用する番号のことを物性番号、または、英訳Materialの頭三文字をとってMAT番号と呼んでいます。MAT番号=0は、解析領域外を意味します。

なお、メッシュファイルにおいては、閉空間はグループという名前で呼ばれています。

解析に使用するファイルにおいては、メッシュファイル(*.pre)が、閉空間(グループ)とMAT番号の関連付けの情報を保存しており、解析条件ファイル(*.s)が、MAT番号と密度などの物性値の関連付けの情報を保存しております。

C-1. MAT(物性)番号の変更

閉空間の確認はすでに行なっておりますので、ここでは[閉空間]タブで、それぞれの閉空間に対するMAT(物性)番号を変更します。

閉空間[1]を選択し、**場所の確認**をクリックしてください。

または、閉空間[1]をダブルクリックしてください。



半透明の部分と矢印の向きを参考にMAT番号を設定します。

閉空間[1]は、流体域ですので[MAT番号]を[1]のままにしておきます。

同様にして、閉空間[2], 閉空間[3]の場所の確認をします。

この2つの閉空間は固体であり、別の物性をもちますので、別々のMAT番号を割りあてます。

閉空間[2]は、立方体(銅)の領域でMAT = 2です。

閉空間[3]は、円柱(鉄)の領域でMAT = 3です。

続いて、閉空間[4]の場所の確認をします。

閉空間[4]は、内部を全く考慮しない障害物ですので、>>解除をクリックしてください。

注. 物性値の設定で

MAT番号1 → 流体(空気)

MAT番号2 → 銅

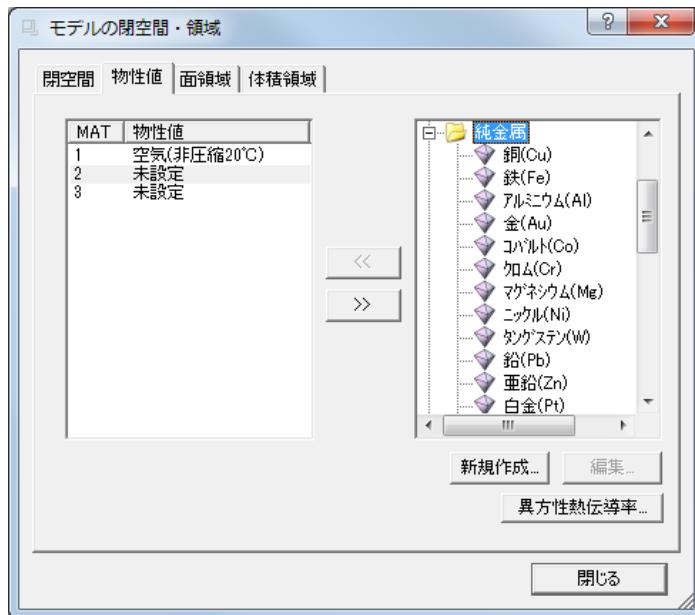
MAT番号3 → 鉄

の設定が必要になります。

SCTsolverでは、MAT番号だけで物性値は区別されます。すなわち、同じ物性を持つ流体は同じMAT番号にする必要があります。

c-2. 物性値の設定

[物性値]タブを選択してください。



MAT[1]には空気(空気(非圧縮性20[°C]))が割り当てられていますので、そのまま使用します。

MAT[2]には銅(銅(Cu))を、MAT[3]には鉄(鉄(Fe))を割りあてます。

左のリストからMAT[2]を選択してください。右のリストから物性値[純金属] - [銅(Cu)]を選択してください。<<をクリックして、物性値を適用してください。

同様にして、MAT[3]に物性値[純金属] - [鉄(Fe)]を設定してください。

注1. 新規作成をクリックすると、新規に物性値を作成できます。

注2. 編集をクリックすると、現在の登録名の物性値を編集できます。

注3. 形状ファイル(.mdl)やのちに作成するメッシュファイル(.pre)には、物性値は保存されません。

これらのファイルに保存されるのは、MAT(物性)番号です。物性値は解析条件ファイル(*.s)に保存されます((補足) 閉空間, MAT(物性)番号, 物性値 参照)。

c-3. 面領域の登録

[面領域]タブを選択してください。

表示をリセットするために

[表示] - [すべて表示]

を選択してください。

この例では、

流入口	"inlet"	(流入条件を与えるため)
出口	"outlet"	(流入流出条件を与えるため)
対称面	"symm_plane"	(対称面条件を与えるため)
倉庫と障害物の壁面	"walls"	(壁面応力条件を与えるため)
銅の発熱体壁面	"wall_heater1"	(壁面応力、熱移動条件を与えるため)
鉄の発熱体壁面	"wall_heater2"	(壁面応力、熱移動条件を与えるため)

を登録します。

外形線までの面を選択するために、

[選択] - [マウスピック(面)] - [マウスピック&スプレッド]
を選択してください。

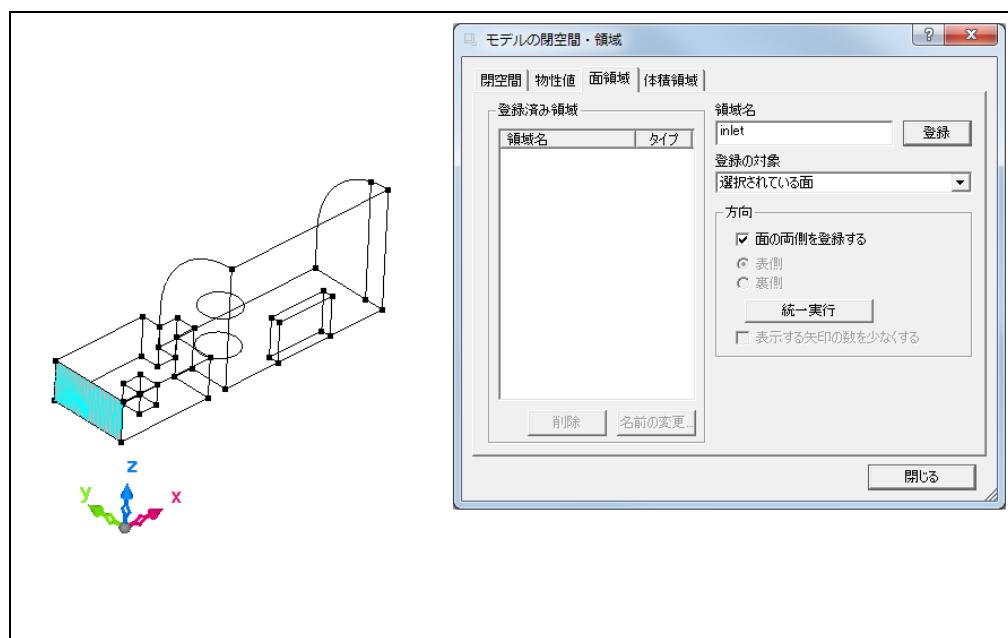
注1. [マウスピック(面)] - [マウスピック&スプレッド]は、選択された面につながる面を外形線まで選択状態の切り替えになります。

注2. [選択] - [選択解除(面)]

を選択すれば、選択状態の全ての面について選択が解除されます。

i) 流入口の登録

[マウスピック&スプレッド]を使って、流入口の1つの面をピックしてください。
[領域名]に[inlet]と入力します。



登録をクリックしてください。

\

領域名のなかには、スペース、', ¥等は使用できません。

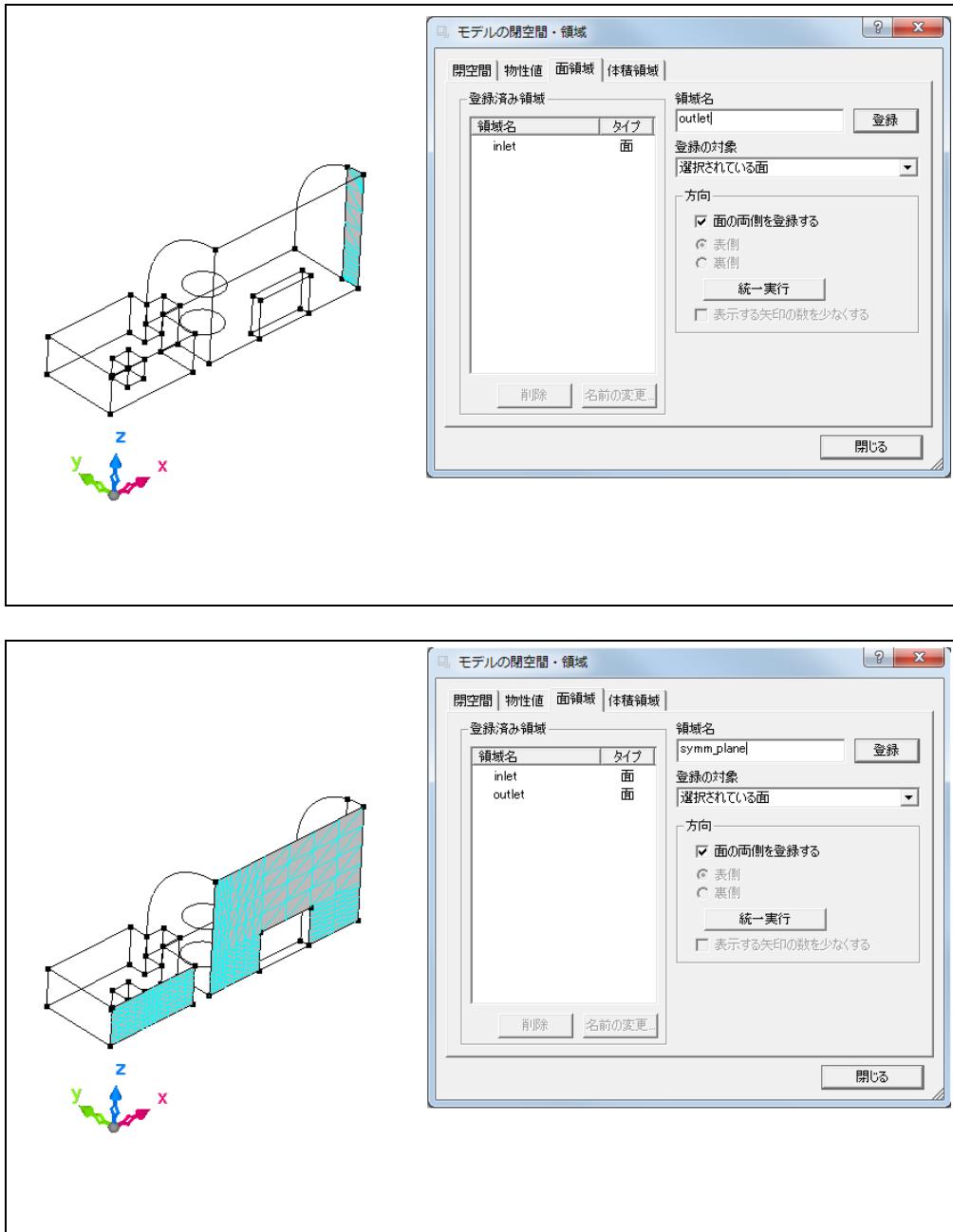
inlet 正

inlet-1 正

inlet 1 誤

同様に、流出口 "outlet" と対称面 "symm_plane" を登録します。

なお、この対称面のように複数に分かれても1つの領域として登録することができます。



ii) 壁面領域の登録

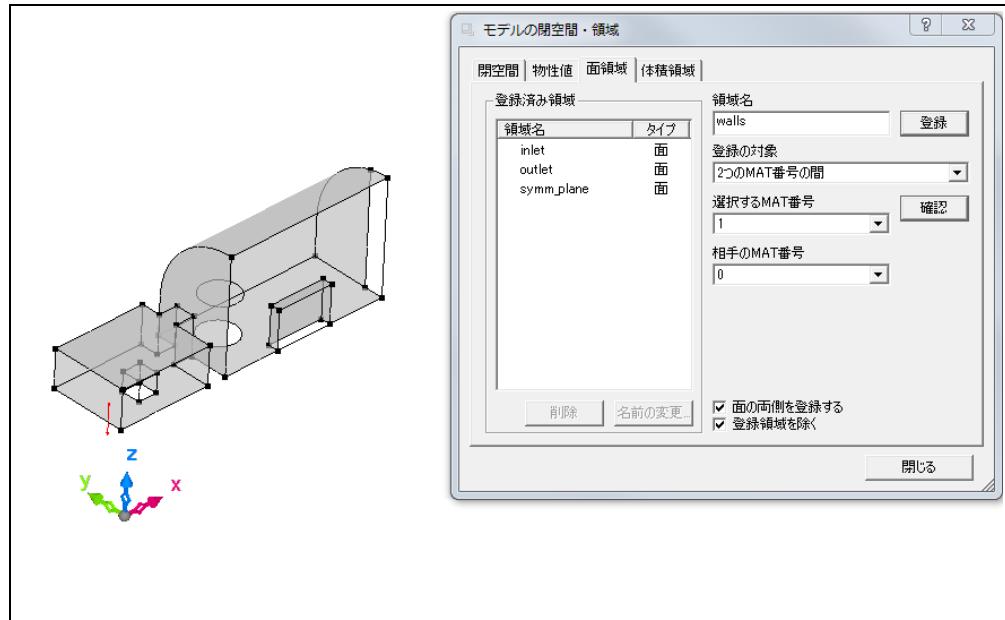
全ての面領域をこれまでと同様にマウスピック&スプレッドを使って選択状態にしておいて登録、というようにすることは可能ではありますが、特に形状が複雑になるにつれ、必要な面を選択し損ねたり、或いは逆に余分な面まで登録してしまうようなことも起こり得ます。そこで、SCTpreでは、ほかにも面領域登録の方法がありますので、利用してみます。ここでは、倉庫と障害物の壁面 walls を面領域登録します。

デフォルトでは、[登録の対象]に[選択されている面]が選択されています。これを変更します。

[2つのMAT番号の間]を選択してください。

[選択するMAT番号]に[1], [相手のMAT番号]に[0]と入力して確認をクリックしますと、inlet, outlet, symm_plane部分も含まれますので、[登録領域を除く]をONにして、確認をクリックしてください。

注. SCTpreでは、解析領域外はMAT番号0として扱われます。



矢印が2つ表示されますが、これは[面の両側を登録する]がONになっているためです。
モデルの面の向きと領域の関係につきましては、ユーザーズガイド リファレンス(プリ)編の[編集] - [閉空間/MAT番号の設定(モデル)]の補足 モデルの面の向きと領域の関係を参照してください。

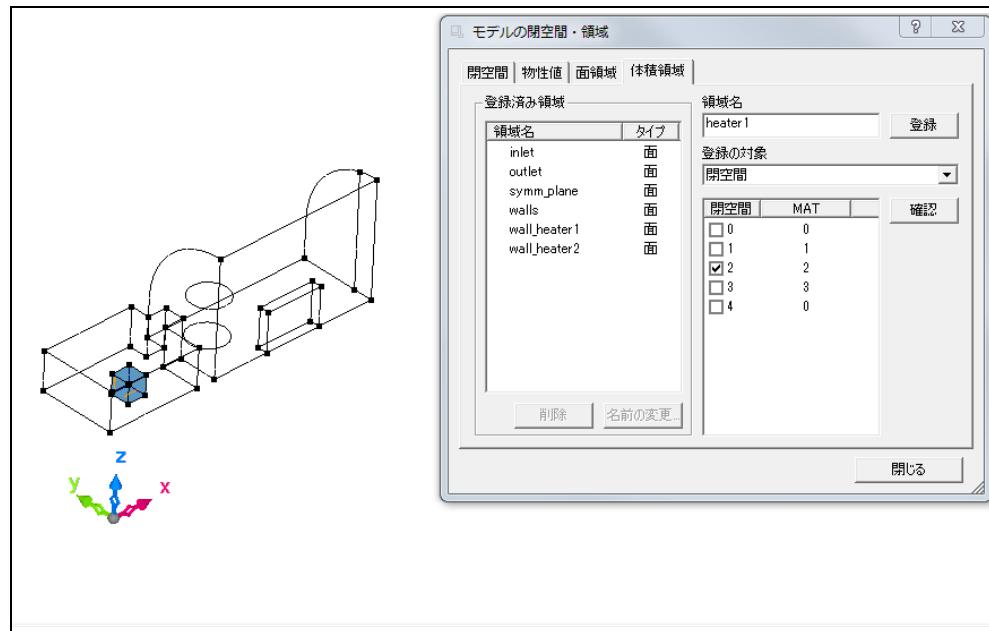
[領域名]を[walls]とし、登録をクリックしてください。

同様に、流体(MAT = 1)と銅(MAT = 2)が接する面を[wall_heater1], 流体(MAT = 1)と鉄(MAT = 3)が接する面を[wall_heater2]として登録してください。

C-4. 体積領域の登録

銅(閉空間[2])や鉄(閉空間[3])の領域に発熱条件を設定する必要がありますのでこれらの閉空間を体積領域として登録します。

[体積領域]タブを選択してください。



閉空間[2]をONにして、確認をクリックし、意図する閉空間が選択されていることを確認します。
[領域名]を[heater1]とし、登録をクリックしてください。

同様にして、閉空間[3]を[heater2]という名前で登録します。
閉じるをクリックしてください。

注. 登録済みの領域の場所の確認や削除・名前の変更は、

[表示] - [登録領域]

でも行うことができます。

ここで、作成したモデルデータをMDLファイルに保存します。メニューバーの

[ファイル] - [保存]

を選択して出てくるダイアログで、ファイル名を指定して保存します。

SCTpreの左のツリーで**[モデル]**を右クリックして出てくるメニューから**[保存]**を選択しても同じ
ファイル保存ダイアログが出てきます。

(補足)

閉空間、MAT(物性)番号、物性値にもありますとおり、ここで保存したMDLファイルには、
すでに設定した物性値は保存されません。

(2) 解析条件の設定

解析条件は条件ウィザードを開いて設定を行います。設定項目には以下のものがあります。

基本の設定項目

- 解析選択
- 基本設定
- 物性値・基準値
- 初期条件
- デフォルト境界条件
- 境界条件
- 発生条件
- 計算条件
- 出力条件
- ファイル指定
- 詳細設定

選択指定する設定項目

- 混相流
- 温度
- 輻射
- 拡散
- 化学反応
- 混合ガス
- 湿度
- キャビテーション
- CVD
- 要素移動
- 不連続接合
- 密度ベース
- 周期境界
- 粒子追跡
- 自由表面
- 多孔質体
- 空力音
- 電流
- 人体モデル
- パネル
- 重合格子
- 伝熱パネル
- 凝固融解
- 形状最適化

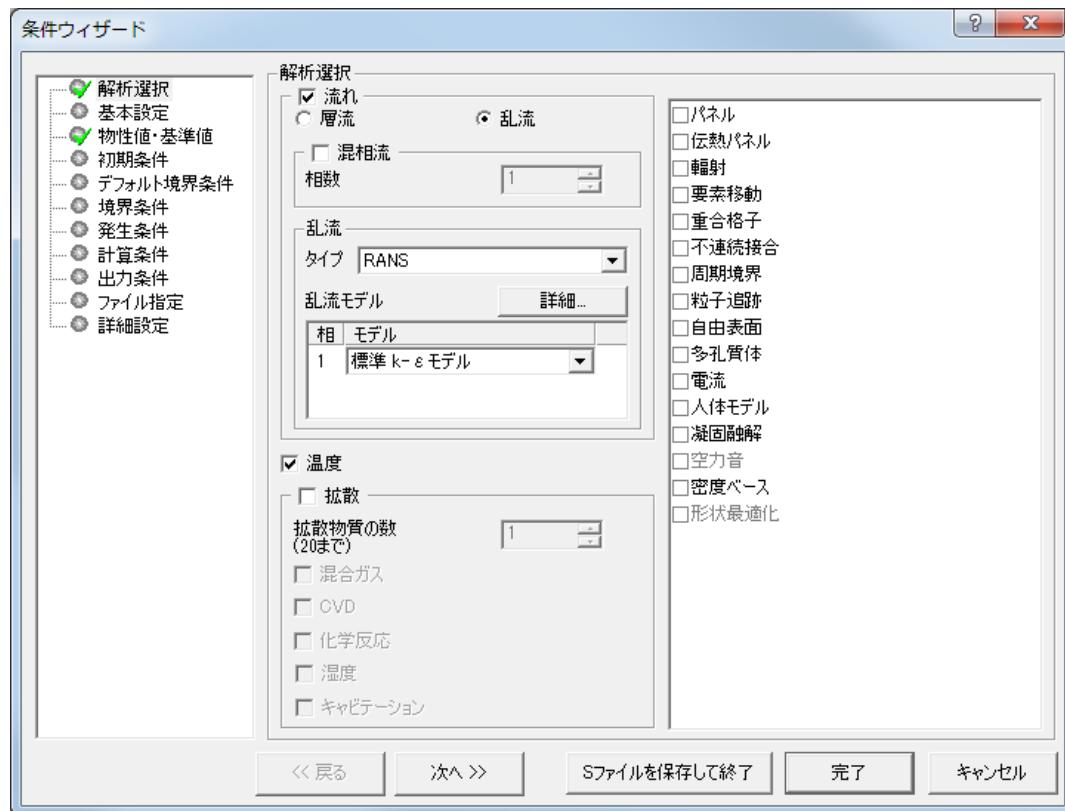
基本の設定項目は[条件ウィザード]ダイアログに項目が常に存在しますが選択指定する項目は[解析選択]で選択された場合に項目が表示されます(該当条件が設定されたSファイルを読み込んだ場合も表示されます)。

a. [解析選択]での設定

メニューから

[解析条件] - [条件ウィザード]

を選択するか、もしくは画面左のツリーから[解析条件]をダブルクリックすると[条件ウィザード]ダイアログが開きます。



最初に[解析選択]項目が表示されます。[温度]をONにしてください。それ以外はここでは設定する必要はありません。この解析は既に表示されている基本の設定項目だけで条件設定が済みます。そのまま次へ>>をクリックしてください。このとき、拡散やその他の追加機能による解析は行わない設定になります。

b. [基本設定]での設定



[定常解析]はデフォルトで選択されています。

[終了サイクル]に[200]と入力してください。

入力したら、次へ>>をクリックしてください。

(補足) 非定常解析・定常解析

非定常解析とは、時々刻々変化する解析対象の状態を逐次求めていく解析方法です。従って非定常解析の場合には1サイクルごとに現象が時間進行するということになります。このため、1サイクルで現象が進行する時間間隔を指定する必要があります。大きな時間間隔とすれば現象の進行は早くなりますが、あまりに大きな時間間隔とすると計算が不安定となるため、注意が必要です。

定常解析とは、一定条件下におかれた解析対象が、時間的に不变な状態(定常解)となるまで解析する方法です。定常解析の場合は時間的な変化を問題としませんので、時間間隔を設定する必要はありません。また、この例では200サイクルまで計算する設定としていますが、200サイクル以前に定常解が得られた場合にはそのサイクルで計算が終了します。

非定常解析、定常解析の詳細については[ユーザーズガイド 基礎編 第1部 第3章 3.10 非定常と定常の項](#)をご参照ください。

(補足) テスト計算

この例では、1から200サイクルまで設定していますが、実際の解析では、計算時間の検討と条件等のチェックを兼ねて、あらかじめ数サイクルのテスト計算を行うことをお勧めします。

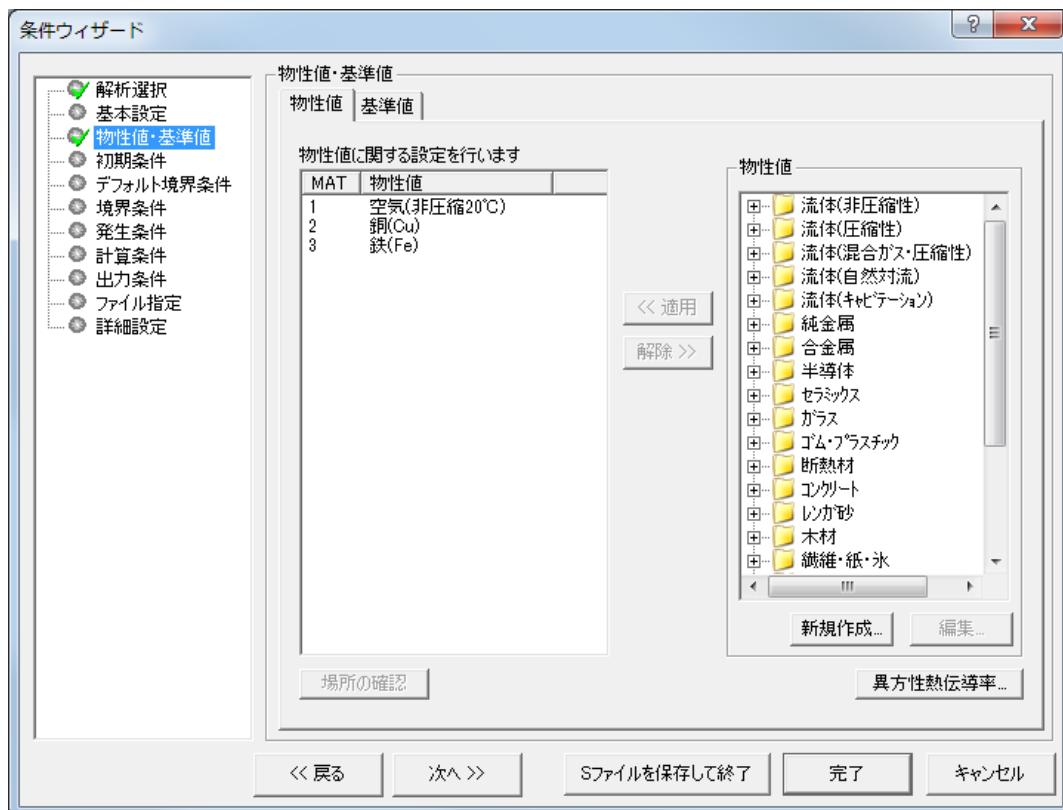
- 例. ステップ1 1から10サイクルまで→ 計算時間を調べる
 ステップ2 11から30サイクルまで→ 条件などのチェック
 ステップ3以降 計算時間に応じてサイクルを決定

(補足) 重力

流体の温度差(密度差)と重力によって自然に生じる対流現象(自然対流)を考慮した計算を行う場合には、重力を設定する必要があります。強制対流が支配的である場合や温度を解かない問題の場合には重力を設定する必要はありません。

c. [物性値・基準値]での設定

このページでの設定は、p2-15での設定と同じ内容になります。既に物性値が設定されている場合は確認のみ行ってください。



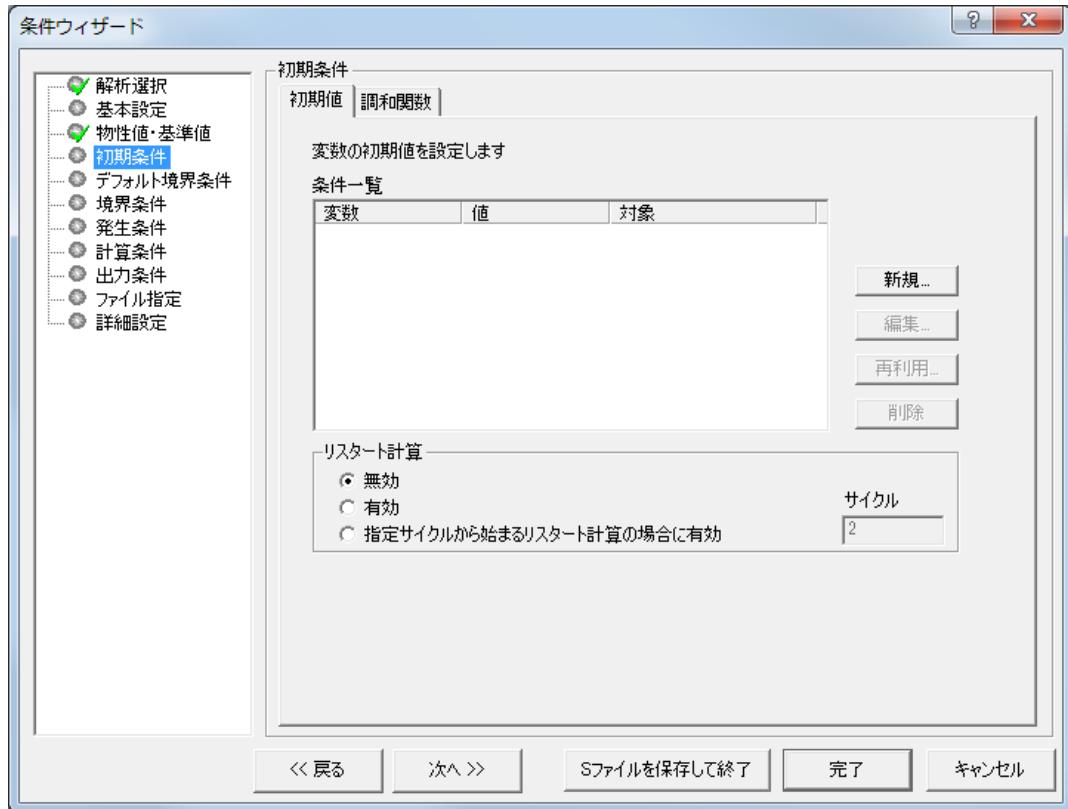
MAT(物性)1には空気(非圧縮20[°C])の物性値がデフォルトで割り当てられているので、そのまま使用します。続いて[MAT]の欄で[2]を選択し、[物性値]から[純金属] - [銅(Cu)]を選択して<<適用をクリックしてください。同様にして、[3]には[純金属] - [鉄(Fe)]を設定してください。ここでは銅(Cu)は20[°C]の銅、鉄(Fe)は20[°C]の鉄の物性値が登録されています。

以上の物性値が設定されたら次へ>>をクリックしてください。

注1. 新規作成をクリックすると、新規に物性値を登録できます。

注2. 編集をクリックすると、登録済みの物性値を修正できます。

d. [初期条件]での設定

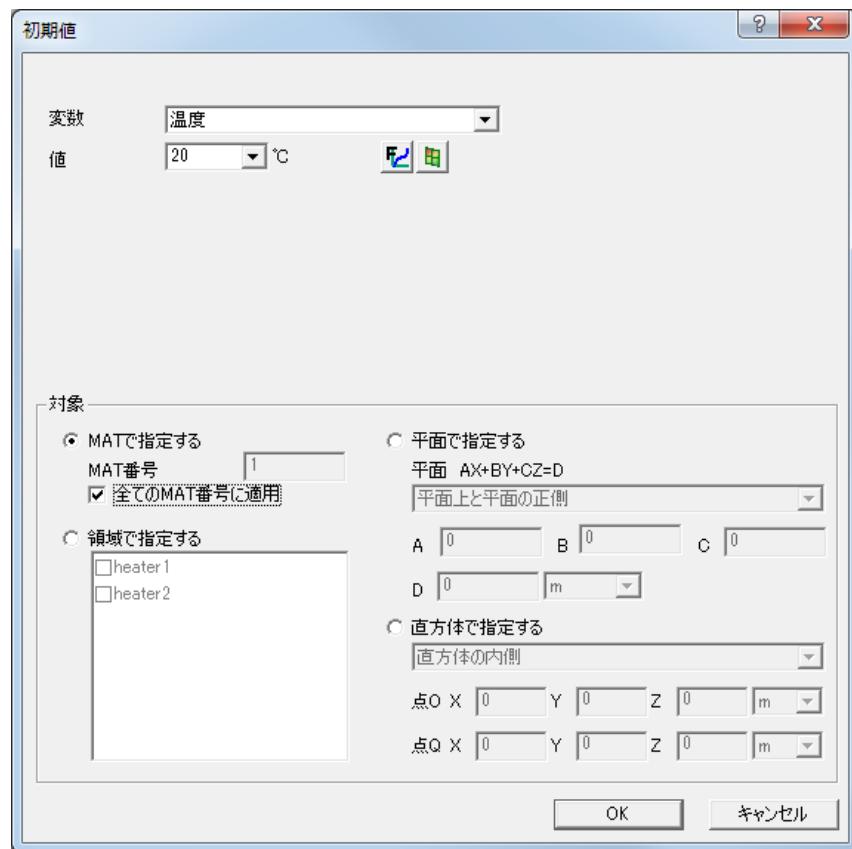


ここでは計算開始時の解析領域内部の温度を20[°C]に設定します。

新規をクリックしてください。

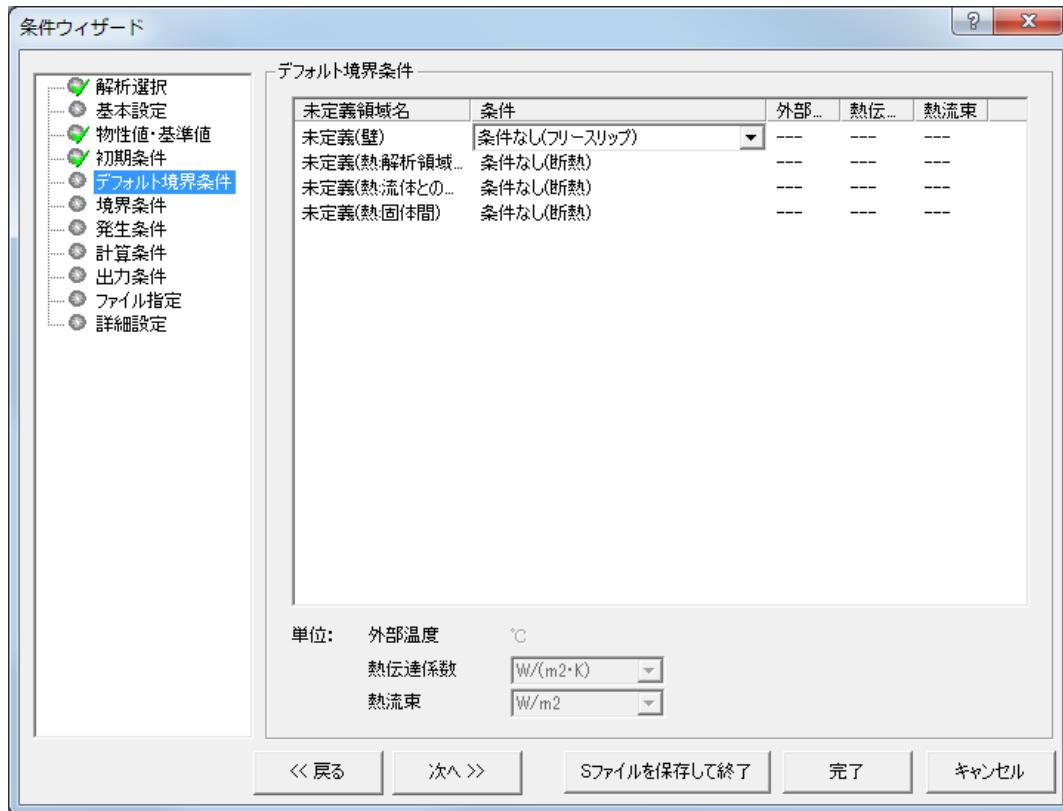
(補足) 初期条件

非定常解析の場合は、ここで設定する初期状態から次の時刻の状態を求めるため、適切な初期条件を設定する必要があります。定常解析の場合には、初期条件を設定しても設定しなくても得られる定常解は同じ解となります。初期条件を設定することによって定常収束を早める効果があります。また、計算初期における不安定化を避ける効果もあるため、定常解析の場合でも初期条件を設定することをお勧めします。



[変数]が[温度]になっていることを確認し、[値]に[20]と入力してください。[対象]では[MATで指定する]を選択し、[すべてのMAT番号に適用]をONにしてください。OKをクリックしてください。次へ>>をクリックしてください。

e. [デフォルト境界条件]での設定



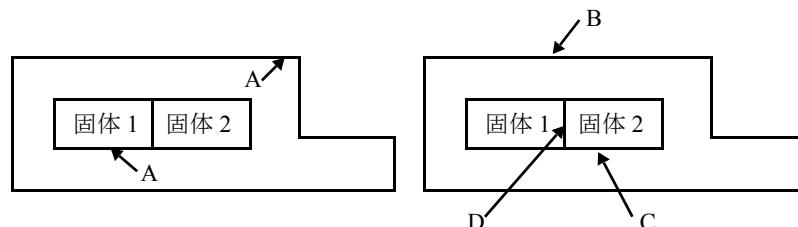
この項目ではデフォルト境界条件を設定することができます。デフォルト境界条件とは、未定義領域に対して適用される境界条件です。未定義領域とは、境界条件が設定されていない面を指します。未定義領域には4種類ありますので、それを模式的に示すと次の図のようになります。

壁面応力条件が未設定の面

A. 未定義(壁)

熱伝達(壁面の熱移動)条件が未設定の面

- B. 未定義(熱:解析領域外との境界)
- C. 未定義(熱:流体との境界)
- D. 未定義(熱:固体間)



ここでは設定を変更しません。すなわち、[未定義(壁)]に適用される条件は[フリースリップ]、[未定義(熱)]に適用される条件は[断熱]となっておることを確認し、そのまま次へ>>をクリックします。

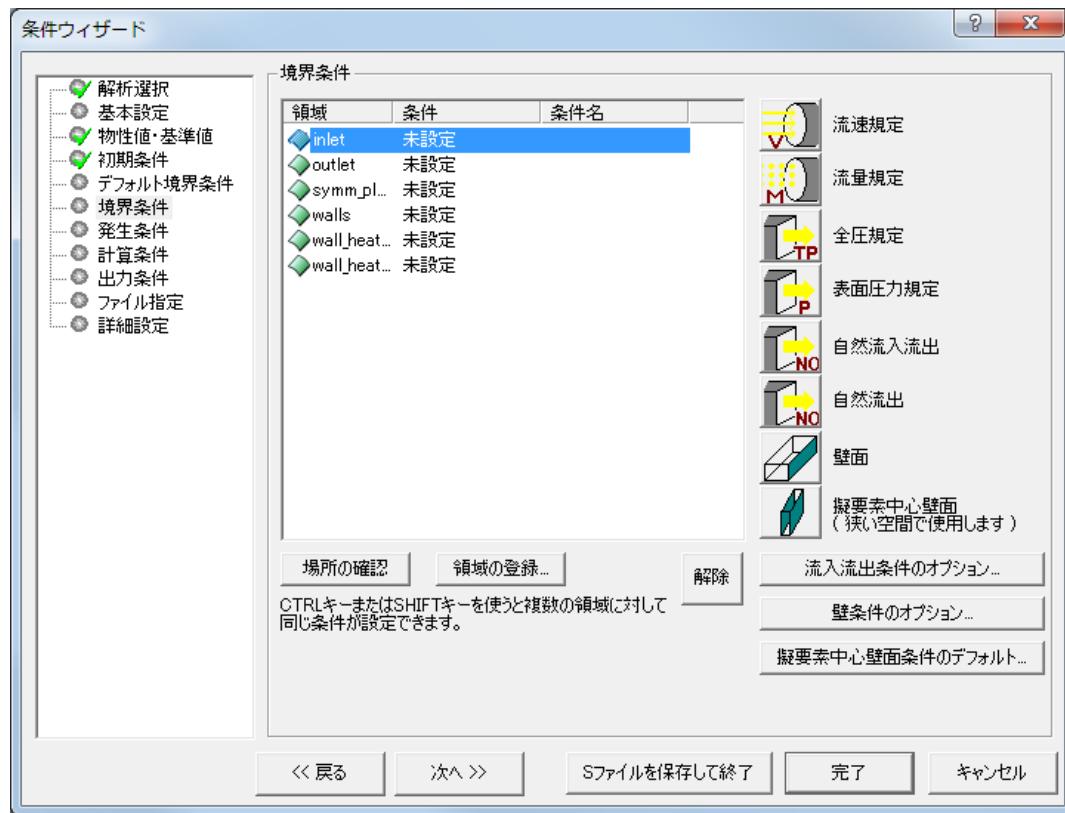
(補足)未定義領域に設定する条件

例えば、全ての壁面の応力条件が静止壁であるならば、ここで[未定義(壁)]に静止壁を設定しておけば、個別に静止壁を設定する手間を省くことができます。また、固体間では必ず熱伝導の条件としたいなら、ここで[未定義(熱:固体間)]を熱伝導に変更しておくことで、固体間の熱伝導条件を個別に設定する手間を省くことができます。このように、よく使う基本的な条件をここでデフォルト境界条件として設定しておけば、個別に設定する必要がなくなり、効率のいい条件設定が可能になります。

f. [境界条件]での設定

境界条件の項目では条件設定可能な領域のリストが表示されます。

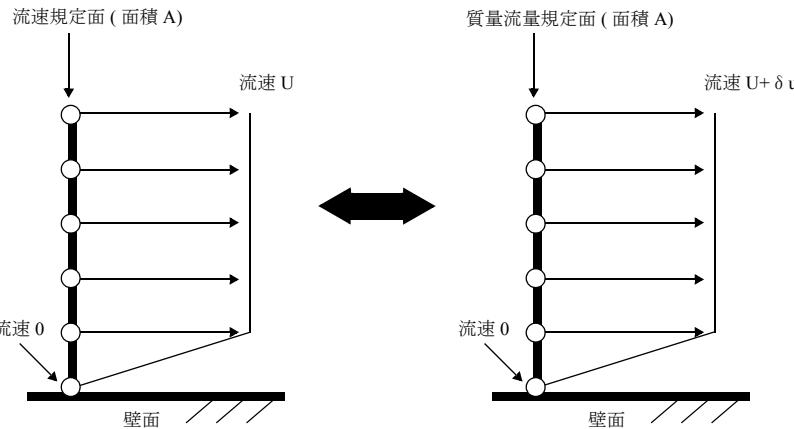
f-1. 流入口(inlet)の条件設定



[領域]から[inlet]を選択し、[流速規定]をクリックしてください。

(補足) 流速規定と流量規定

流速・密度・面積から計算される流量を用いて流量規定を設定する場合と、単に流速規定を設定する場合とでは、壁面での流速が $0[m/s]$ となる関係で全く同じとはなりませんのでご注意ください。



図のように、流速規定の場合は壁面と一致する点では流速が $0[m/s]$ 、それ以外で流速が規定値 $U[m/s]$ となります。流量規定の場合は壁面と一致する点では流速が $0[m/s]$ 、それ以外で流速は指定された質量流量を満たすように補正された値 $U + \delta u[m/s]$ となります。

(補足) 流量規定の複数設定

複数の流入口で流量規定を行う場合にまとめて一度に設定を行うと、流入口の面積で分配された質量流量が設定されます。たとえばinlet1, inlet2, inlet3という3領域で同じ質量流量規定でそれぞれの流量が $0.3[kg/s]$ の場合は、それぞれ個別に流量 $0.3[kg/s]$ を設定する必要があります。



[条件名]はこれ以降、デフォルトで入力されている名称のままとしますが、任意の名称としてもかまいません。

[境界面に垂直な流速を指定]を選択し、[流入流速]に[1]と入力してください。

[流入温度]をONにして、[T]に[20]と入力してください。

OKをクリックしてください。

注. 乱流解析時に流入乱流量を入力していない場合、SCTsolverでは[k], [ε]とともに[10^{-4}]として計算が実行されます。

f-2. 流出口(outlet)の条件設定

[領域]から[outlet]を選択し、[表面圧力規定]をクリックしてください。



[圧力指定]が選択され、[P]が[0]であることを確認します。

[流入温度]をONにして、[T]に[20]と入力してください。

OKをクリックしてください。

(補足) 流出の条件

非圧縮性解析では、その基礎式において圧力は圧力勾配(圧力差)という形でしか登場しないため、圧力の絶対値には意味がなくなり、相対的な値として意味を持つことになります。よって任意の位置で圧力が固定されていなければ、解析領域内の圧力が不定となり、計算が不安定化する可能性があります。

これを避ける目的から、流出条件(あるいは流入条件)に表面圧力規定を用いてその境界面の圧力を規定することが一般的です。設定する圧力の値は、一般に基準圧力として0[Pa]とします。なお、圧縮性解析の場合には圧力を絶対圧力として扱いますので、適切な値を設定する必要があります。

また、表面圧力規定では必ず流出となるというわけではありませんので、逆流に備えて流入温度を設定しておきます。明確に流出すると分かっている条件の場合には流出条件に流入温度を設定する必要はありません。

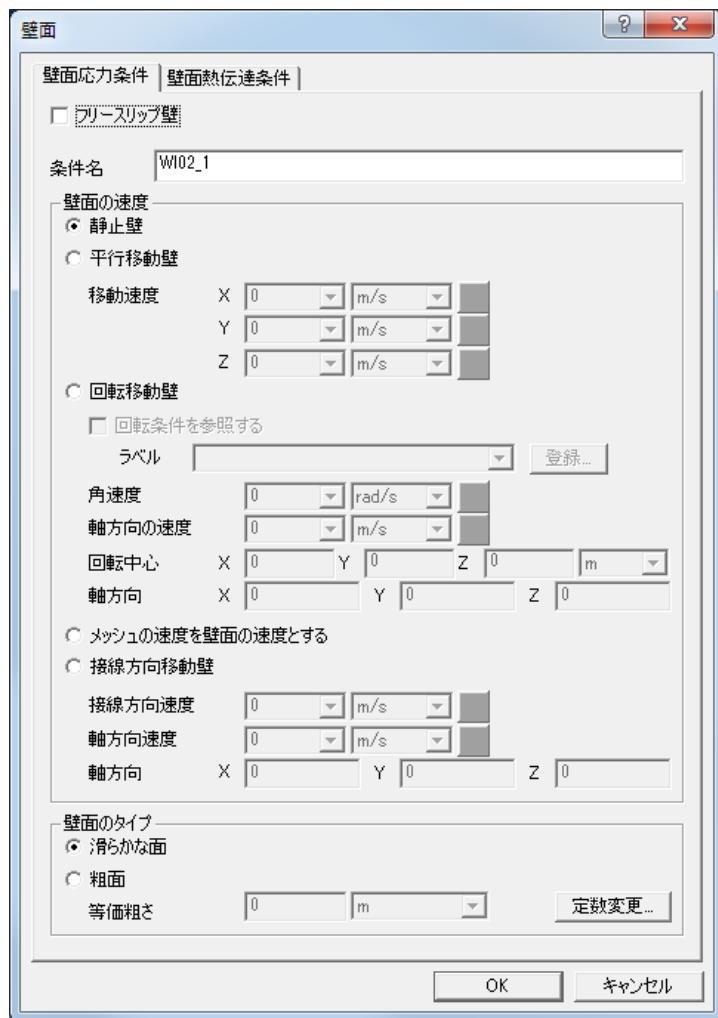
f-3. 対称面(symm_plane)の条件設定

対称面は、本来は壁が存在しない箇所に設ける仮想的な壁面と考えられます。仮想的な壁のため抵抗を持たず、流体との間の摩擦力を考えません。また、熱的にも対称であることから温度勾配が無いと考えられ、断熱となります。以上から、対称面に設定する壁面応力条件、壁面熱伝達条件はそれぞれ、フリースリップ壁、断熱が適切です。

この条件は、e.[デフォルト境界条件]での設定で説明したようにデフォルトで適用される境界条件となっていますので、設定を省略することができます。ここでは、この条件の設定を省略します。

f-4. 領域(walls)の条件設定

[領域]から[walls]を選択し、[壁面]をクリックしてください。



[フリースリップ壁]をOFFにして、[静止壁]が選択されているのを確認します。

以上でOKをクリックしてください。

壁面熱伝達条件はデフォルトの断熱のままでよいので、ここでは設定しません。

注. 乱流解析であれば、壁面応力条件にはデフォルトで対数則が適用されます。

(補足) 移動壁・粗面

座標系に対して移動する壁面の抵抗は、移動壁の条件で考慮することができます。

また、壁面が流体力学的に粗い面であると考えられる場合、その等価粗さを用いて壁面抵抗の増加を計算に考慮することができます。特に乱流の場合には壁面粗さが粘性低層を乱すことにより、壁面抵抗が増大します。等価粗さとは長さの単位を持つ壁面粗さを表現する指標の一つで、Nikuradseにより直径の等しい球形の砂が均一に分布した円管内流れの実験で、流量を変化させたときの流体抵抗から求められるものです。

ただし、粗面の条件は等価粗さが境界層厚さを超えない場合の計算手法ですので、境界層厚さを超える場合には、その粗さ形状をモデル形状に反映させた計算を行う必要があります。

f-5. 領域(wall_heater1, wall_heater2)の条件設定

この2つの領域は固体と流体の境界面であり、どちらも対数則の壁面応力条件と熱伝達条件(乱流熱伝達で熱抵抗なし)の設定を行います。

[領域]から[wall_heater1]と[wall_heater2]の両方を選択して[壁面]をクリックしてください。領域(walls)と同様に[フリースリップ]をOFFにして[静止壁]が選択されていることを確認して、[壁面熱伝達条件]タブをクリックしてください。



[断熱]をOFFにして、[ギャップ要素に熱抵抗なし]と[乱流熱伝達]が[考慮する]になっていることを確認してOKをクリックしてください。

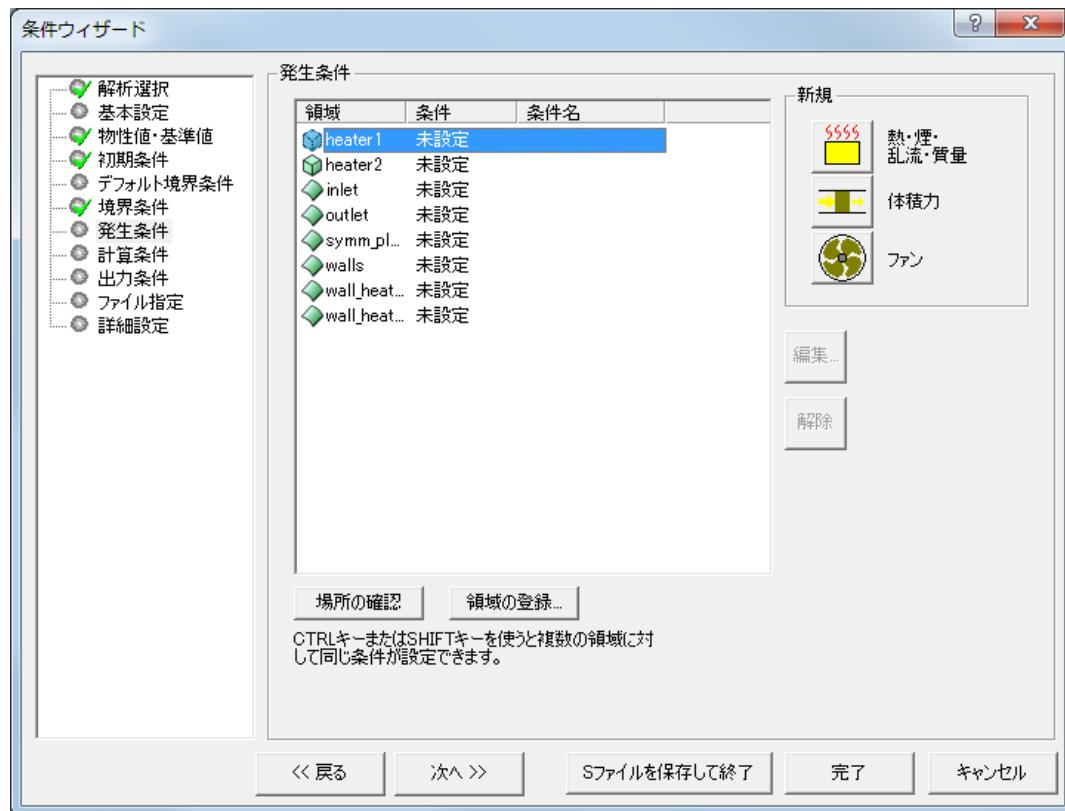
(補足) ギャップ要素

ギャップ要素とは、異なるMAT番号を持つ閉空間の境界面に定義される要素で、厚みを持ちません。ギャップ要素はSCTsolverで計算を実行した際に自動的に挿入されます。通常、このギャップ要素には熱抵抗がないものとして計算されます。ギャップ要素に熱抵抗を設定する例として、薄いコーティングなどをモデル化する場合が挙げられます。薄いコーティングは、形状をそのまま再現することが困難なため、ギャップ要素にそのコーティング分の熱抵抗を設定することでモデル化することができます。

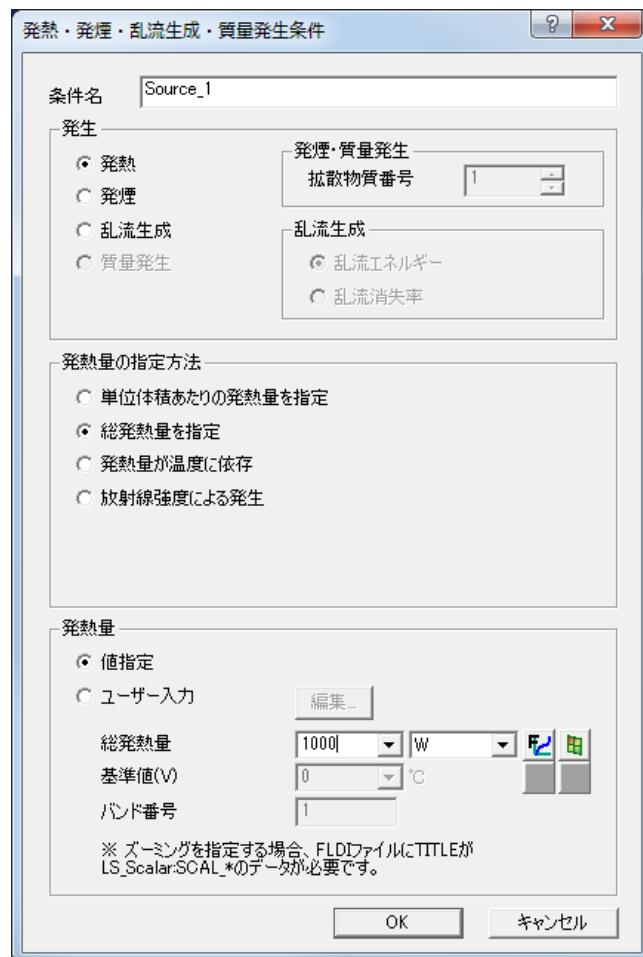
以上で境界条件の設定は終了し、次へ>>をクリックしてください。

g. [発生条件]での設定

発生条件の項目では条件設定可能な領域のリストが表示されます。ここでは体積領域[heater1], [heater2]に発熱条件を設定します。



[領域]から[heater1]を選択し、[発熱・発煙・乱流生成]をクリックしてください。

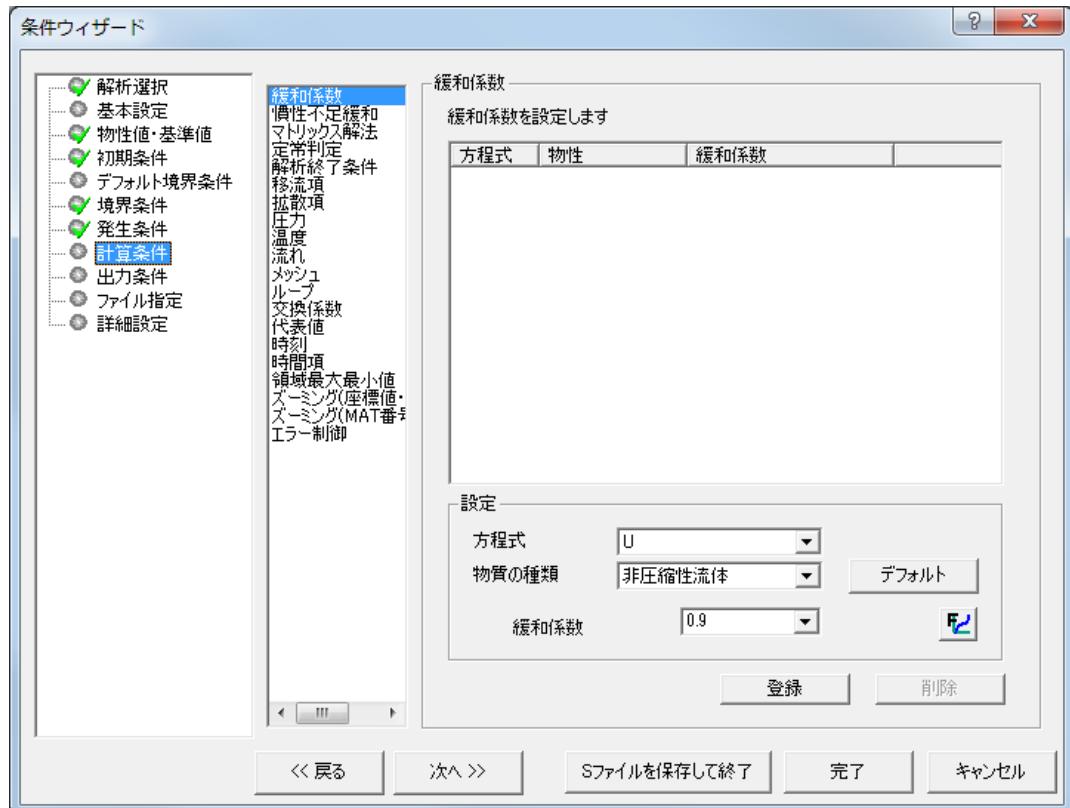


[発熱], [総発熱量を指定]が選択されていることを確認して、[総発熱量]に[1000]と入力しOKをクリックしてください。

同様にして、[heater2]にも[総発熱量]に[1500]を設定してください。

以上で発生条件での設定は完了し、次へ>>をクリックしてください。

h. [計算条件]での設定



この項目では[緩和係数], [慣性不足緩和], [定常判定]などの設定が行えます。
デフォルトの計算条件で解析を行う場合にはここで設定は不要です。

次へ>>をクリックしてください。

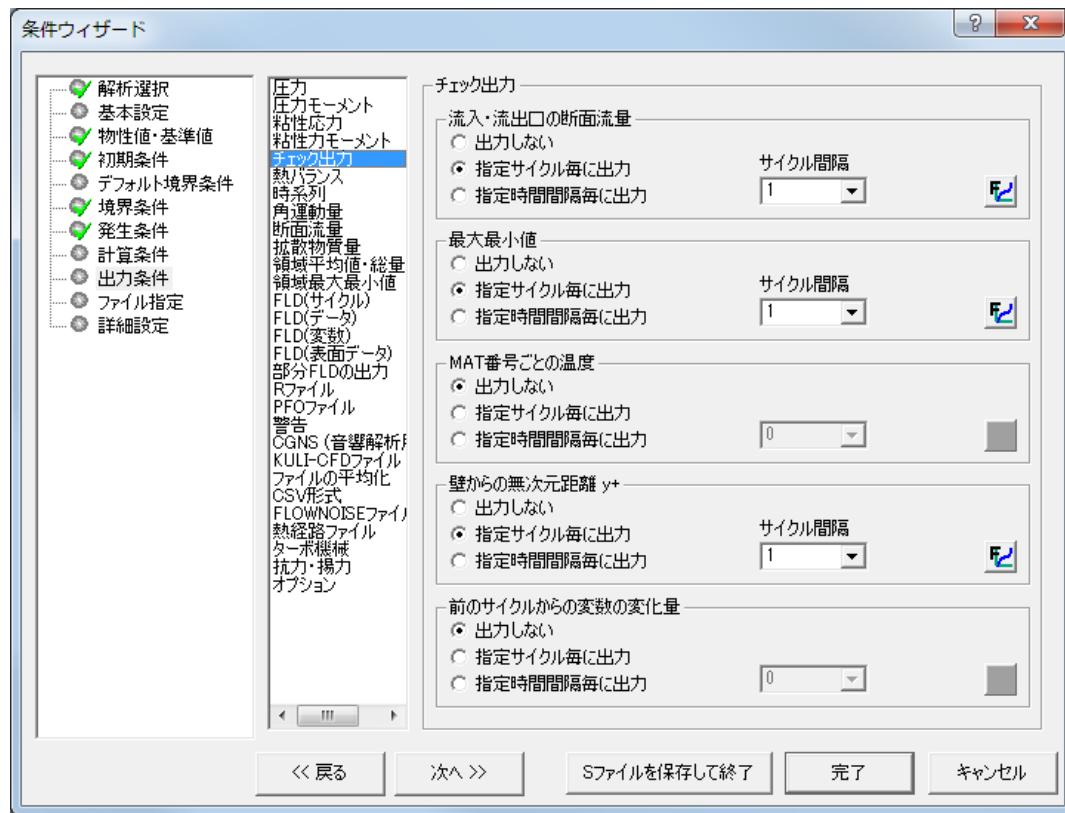
i. [出力条件]での設定

この項目では、解析結果として出力する情報を指定することができます。ここでは、以下の5つの出力条件を設定します。

- **[チェック出力]**
流入・流出口の断面流量や最大最小値などを出力する設定を行います。
- **[時系列]**
変数の時系列データを時系列ファイルに出力する設定を行います。
- **[FLD(サイクル)]**
FLDファイルを出力する頻度を設定します。通常、非定常解析の場合に設定する項目です。定常解析の場合には収束した定常解のみに物理的な意味がありますので、最終サイクルのみの出力でも問題ありません。しかし、定常解析においても結果の経過を図化して確認したいという場合には、この項目で出力頻度を指定することができます。
- **[FLD(表面データ)]**
乱流熱伝達係数など、FLDファイルに出力する表面データを設定します。
- **[Rファイル]**
Rファイルを出力(更新)する頻度を設定します。Rファイルは計算が終了した段階で自動的に出力されますが、任意の頻度で出力することも可能です。ある頻度でRファイルを出力しておけば、何らかの要因で計算が途中で強制終了したとしても、Rファイルがどこかのタイミングで出力されている可能性が高くなります。出力されておれば、その続きの計算をリスタートすることができます。

i-1. [チェック出力]の設定

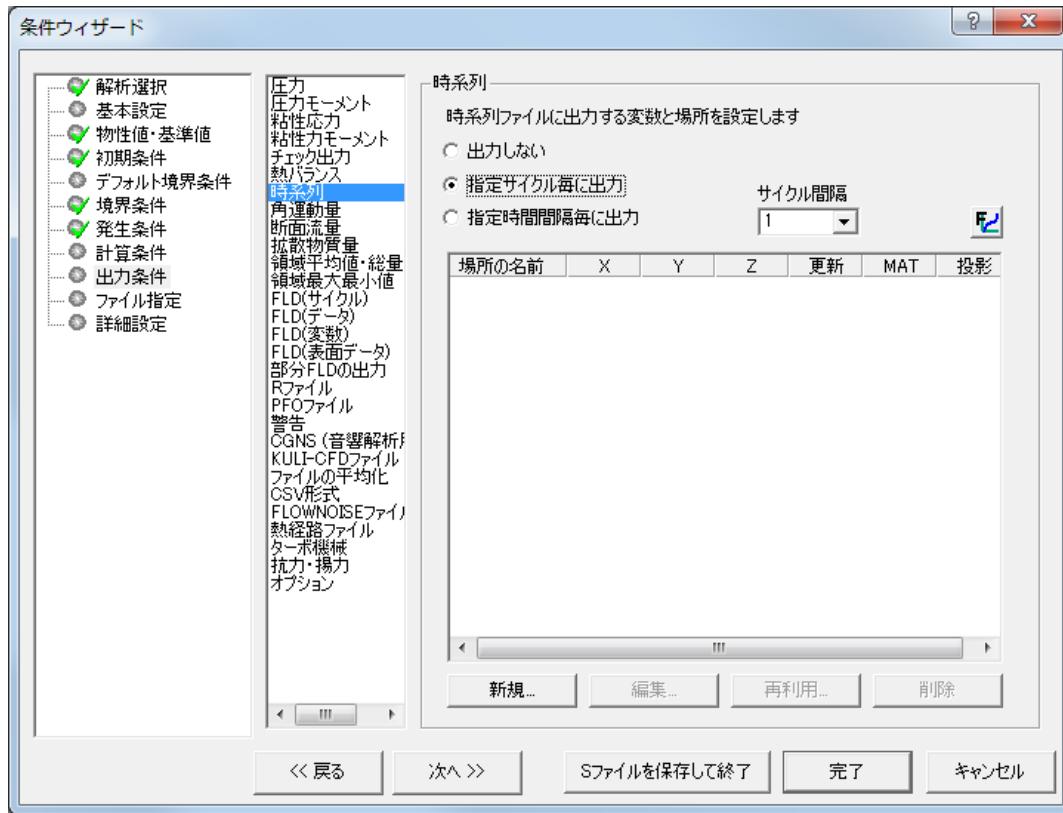
[チェック出力]をクリックしてください。



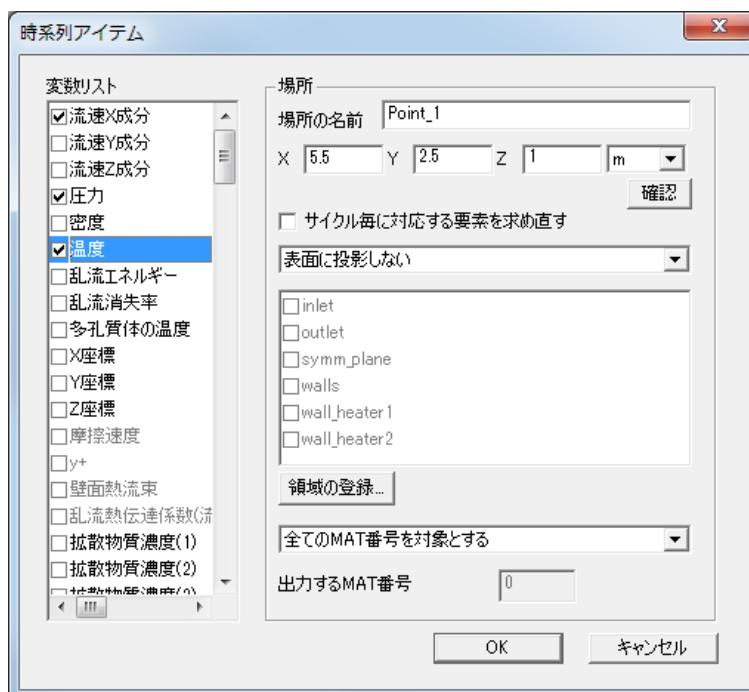
[流入・流出口の断面流量], [最大最小値], [壁からの無次元距離 y^+]が[指定サイクルごとに出力]になつていて、[サイクル間隔]が[1]となっていることを確認します(デフォルトのままの設定です)。

i-2. [時系列]の設定(時系列データの出力)

[時系列]をクリックしてください。



[指定サイクル毎に出力]をONにし、新規をクリックしてください。



[変数リスト]から[流速X成分], [圧力], [温度]を選択し、[場所]の[X], [Y], [Z]には[5.5], [2.5], [1]を順に入力してください。そしてOKをクリックしてください。

注. Tabキーを押すと、次のエディットボックスに移動できます。

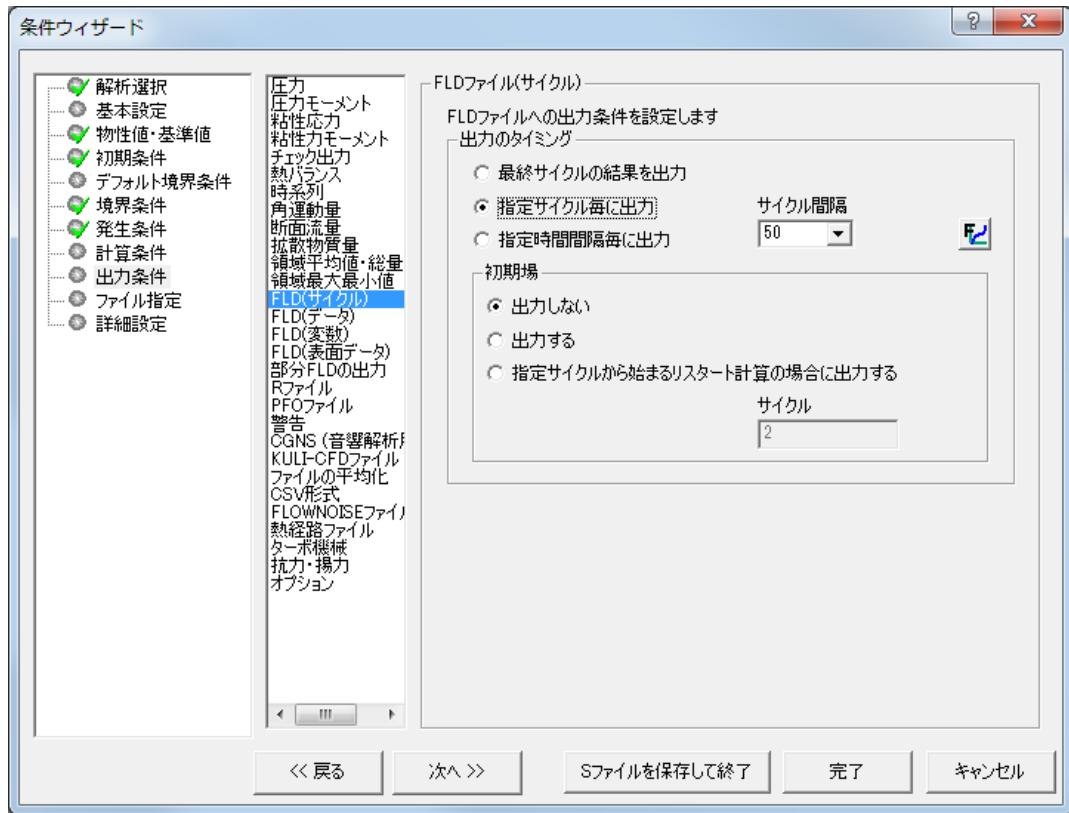
同様に、新規をクリックして[時系列アイテム]ダイアログを開き、[変数リスト]から[流速X成分], [温度]を選択し、[場所]の[X], [Y], [Z]に[14.5], [0.5], [3]と入力してOKをクリックしてください。

注1. 確認をクリックすると、ドローウィンドウで座標の位置を確認できます。

注2. メニューにおいて[表示] - [測定] - [2点間の距離]を選択して節点をピックすると、ピックした節点の座標がメッセージウィンドウに出力されます。

i-3. [FLD(サイクル)]の設定

[FLD(サイクル)]をクリックしてください。



[指定サイクル毎に出力]を選択し、[サイクル間隔]に[50]と入力してください。

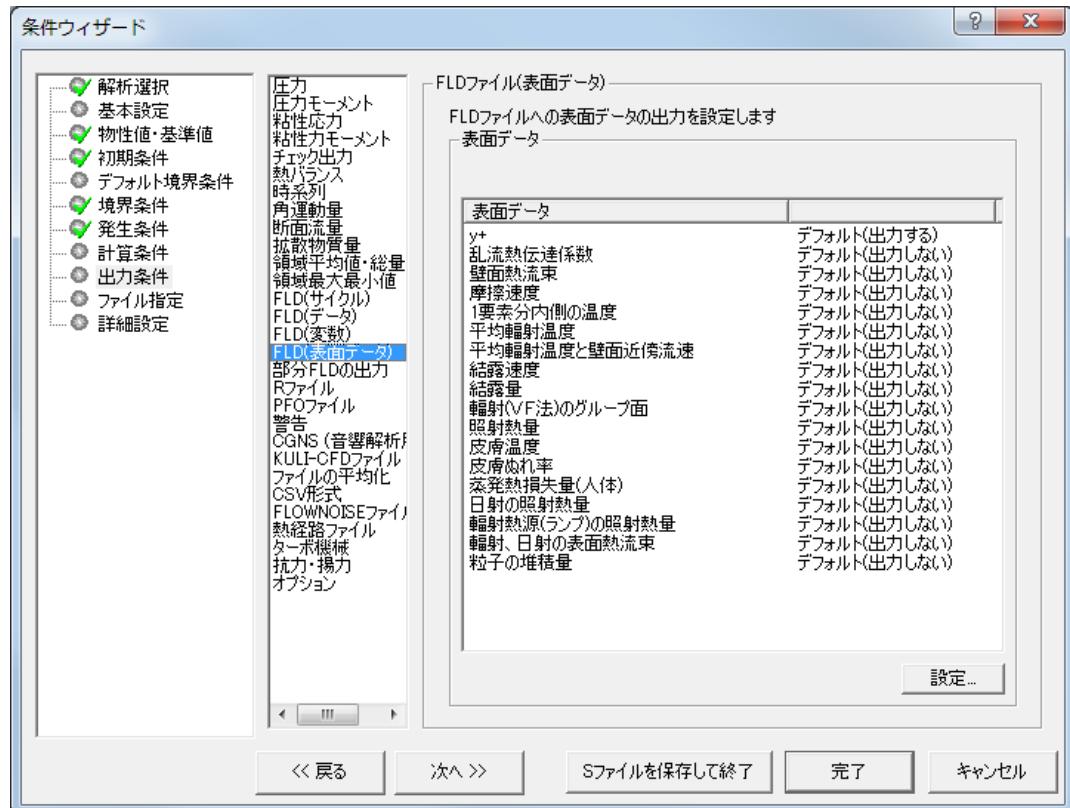
注. 上記のようにFLDファイルを50サイクル毎とすると、tutorial_50.fld, tutorial_100.fld, ..., tutorial_nnn.fldという名前でファイルが作成されます。

設定しない場合には、tutorial_nnn.fldという計算終了時のFLDファイルだけが作成されます。

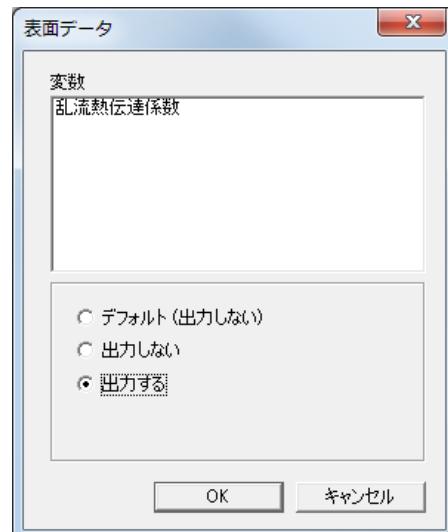
i-4. [FLD(表面データ)]の設定

[FLD(表面データ)]をクリックしてください。

ここでは、乱流熱伝達係数、摩擦速度をFLDファイルに出力するように設定します。



[表面データ]から[乱流熱伝達係数]を選択し、設定をクリックしてください。

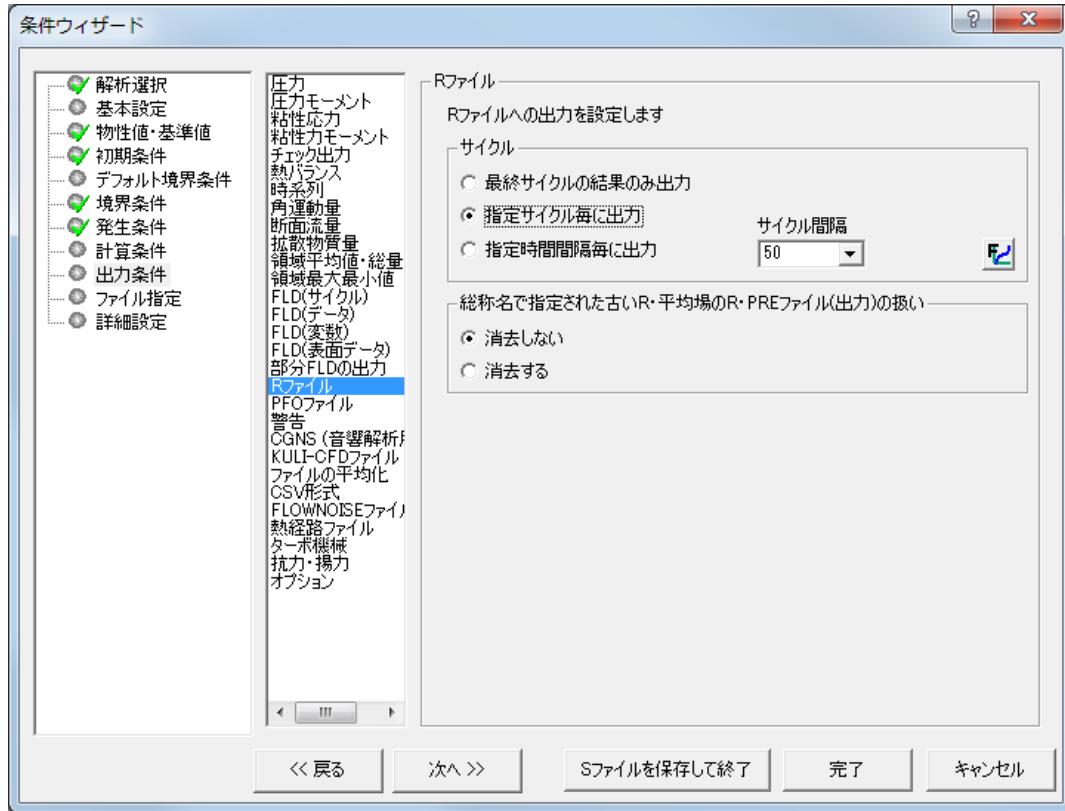


[出力する]を選択し、OKをクリックしてください。

同様にして、[摩擦速度]も設定してください。

i-5. [Rファイル]の設定(リストートファイル)

[Rファイル]をクリックしてください。



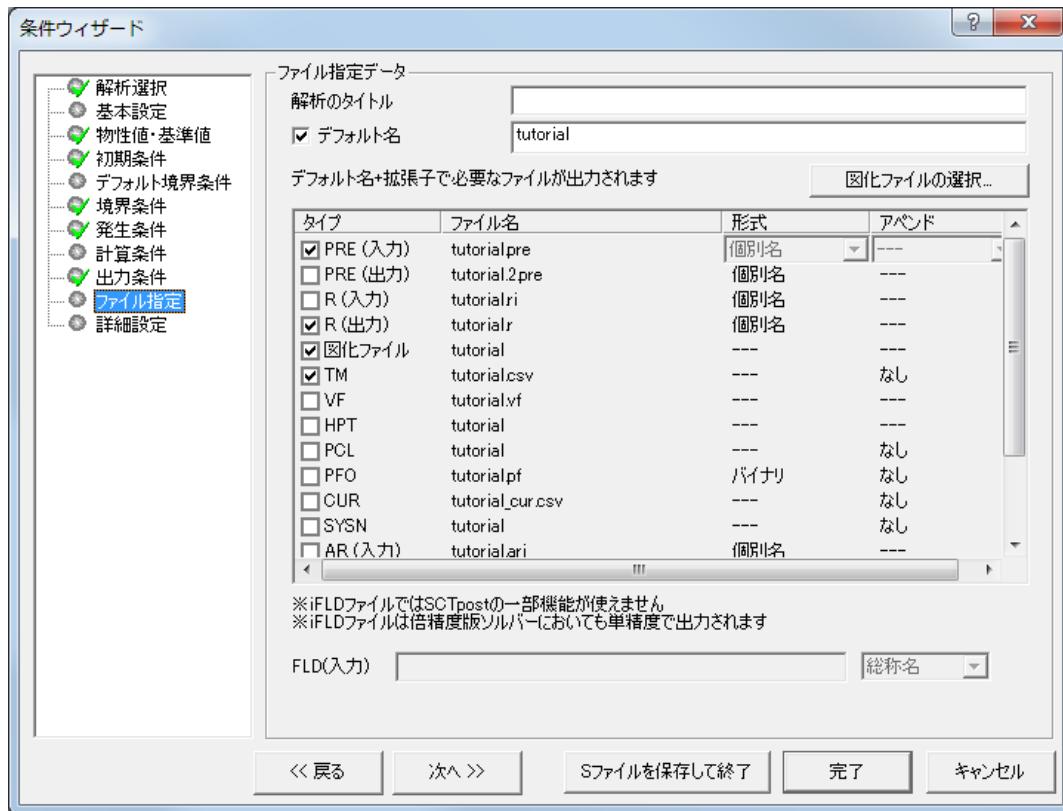
[指定サイクル毎に更新]を選択し、エディットボックスにサイクル間隔の[50]を入力してください。

注. 上記のようにリストートファイル(Rファイル)を50サイクルごととすると、50, 100, ..., nnnサイクルで更新されます。設定しない場合は計算終了時のnnnサイクルでのみ出力(または更新)されます。また、すでに指定されたファイル名のリストートファイルが存在していれば、そのファイルに上書きします。

以上で[出力条件]での設定は終了です。

次へ>>をクリックしてください。

j. [ファイル指定]での設定



[デフォルト名]を[tutorial]と入力します(任意の名称でもかまいませんが、入力用のPREファイルと一致するようにします)。

[PRE(入力)], [R(出力)], [図化ファイル], [TM]がONになっていることを確認して、次へ>>をクリックしてください。

注. Linux版のSCTsolverでは日本語のファイル名が使用できない場合があります。

引き続き次へ>>をクリックすると、[詳細設定]の項目が表示されますが、これらはここでは設定しません。Sファイルを保存して終了をクリックして[ファイル名]に[tutorial]と入力してください。保存をクリックします。

ここで設定を行った解析条件のSファイルは、2.5 解析条件(S)ファイルの内容に掲載しています。

(補足) Sファイルの保存

この後、ツリーから条件を変更した場合は、[ファイル]-[保存]からSファイルを保存しなおす必要があります。また、各種ファイルの保存はツリーからも行うことができ、Sファイルを保存するにはツリーの[解析条件]を右クリックし、[保存]を選択します。

(3) メッシュ生成

ここでは解析で使用するメッシュを生成します。精度の良い解析を行うには、例えば流速といった流れの運動を表す量の変化が大きい部分、つまり流れの変化の大きな部分で高精度を保つことが基本です。通常、この様な物理量の変化の激しい部分に対してはメッシュを細かくします。ただし、解析領域全域についてメッシュを細かくしていれば、計算機の必要メモリ容量、解析時間が増大しますので、変化の激しくない部分や着目する領域から離れた部分についてはメッシュを比較的粗くしておきます。

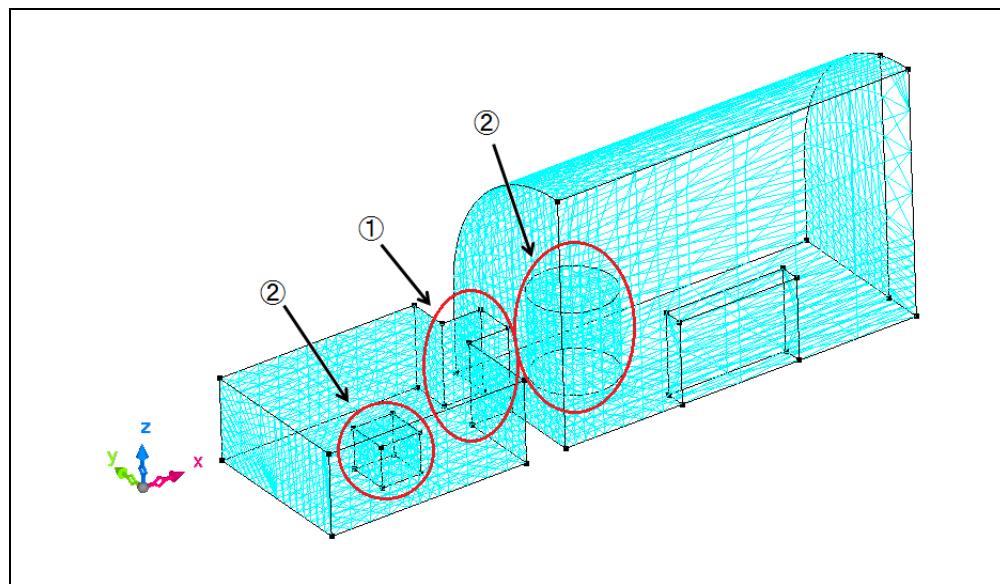
また、流体は壁面近傍での流速の変化が大きくなります。これは、流体と壁との間で摩擦が起こることに起因します。壁面上では流体の速度は0となり、壁から離れるに従って主流の速度に近づきます。この摩擦の大きさを正確に捉えることは、流路の抵抗の大きさを見積もる上で非常に重要です。また、熱解析を同時に行う場合には、乱流熱伝達の予測精度を向上させる意味からも壁面近傍の精度が重要となります。**SCRYU/Tetra**では壁面近傍での解析精度を向上させるため、境界層要素というプリズム形状のメッシュを配置します。

一般的に変化の激しい部分とは、以下のような例が挙げられます。

- 壁面近傍
- 流れが剥離するなど、渦流れを形成する空間
- 流路の断面積が急激に変化する空間
- 流れが合流する空間

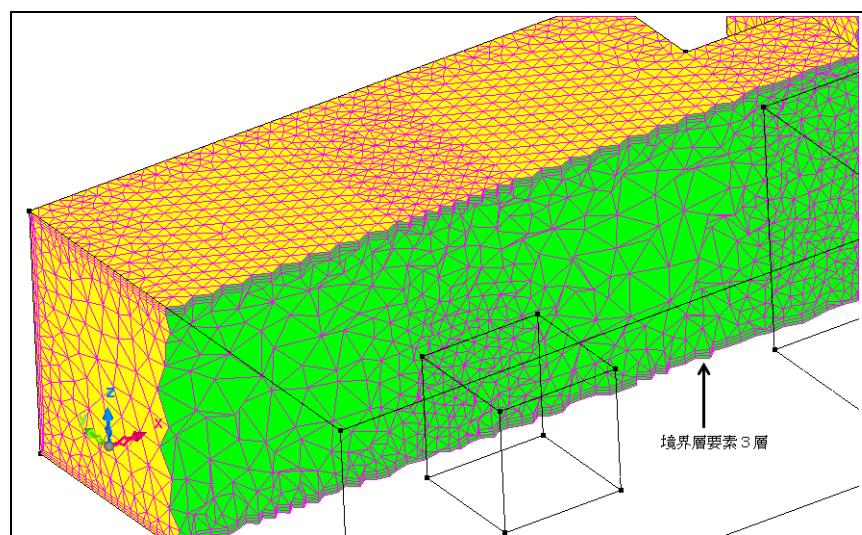
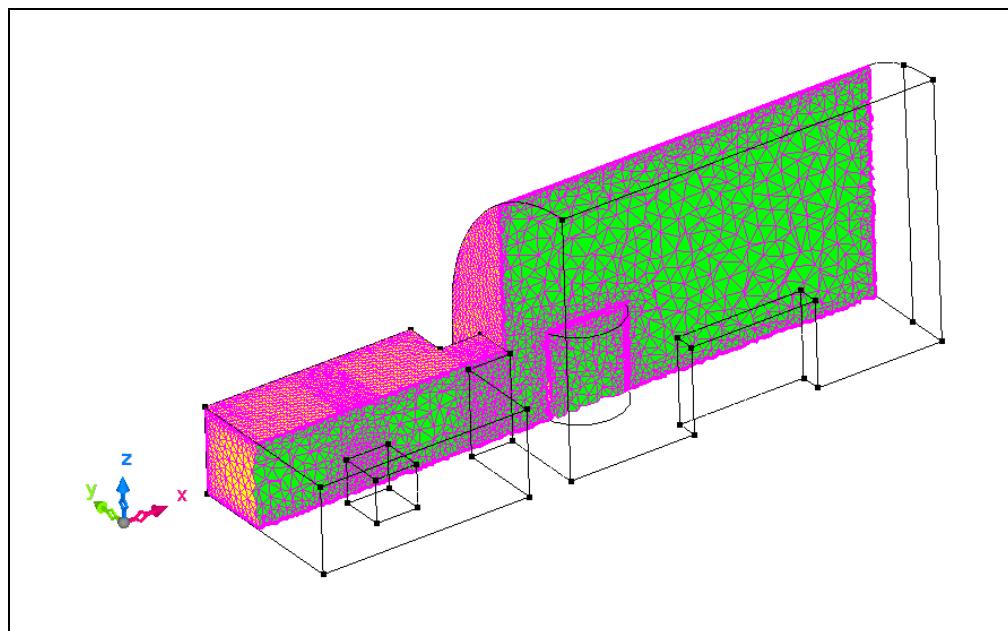
本例題では、以下の部分のメッシュを細かくする必要があります。

- ① 流路が狭くなる部分
- ② 発熱する固体の表面近傍

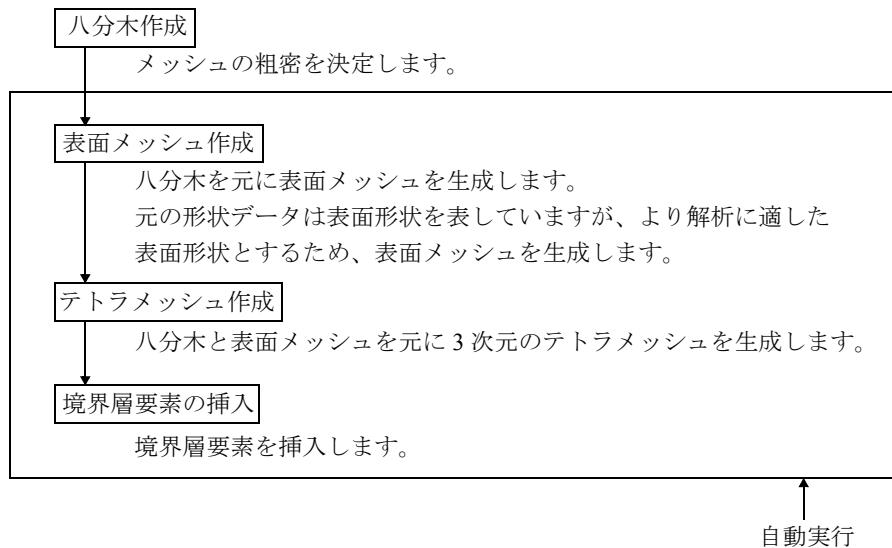


SCRYU/Tetraでは主なメッシュ形状にテトラ形状を採用しているため、図に示した①、②部分のメッシュを局部的に細かくするなどの自在なコントロールが可能です。

以下にこれから作成すべきメッシュの完成図(断面図)を示します。



メッシュ生成の手順を示します。



本例題では八分木を作成し、残りの工程は自動実行で行います。
これらの手順について説明します。

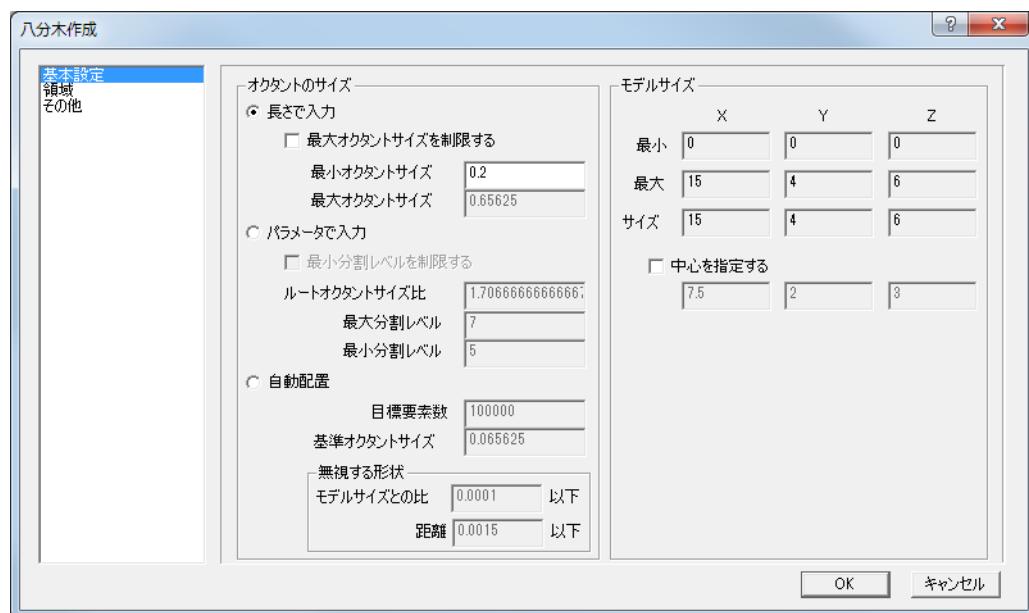
a. 八分木の作成

SCRYU/Tetraでは八分木により、メッシュの大きさを3次元的にコントロールします。八分木は、まず、モデルを完全に取り囲む立方体(ルートオクタント)を考えます。これを、8つの立方体に再帰的に分割し、モデルを取り囲む立方体を構成していきます。これを**八分木**と呼びます。またそれぞれの立方体を**オクタント**と呼びます。このオクタントの大きさを基準に表面メッシュおよびテトラメッシュが生成されます。八分木の分割の細かさを調整することで、生成される表面メッシュおよびテラメッシュの細かさを調整することができます。

ツリーの

[八分木]

をダブルクリックしてください。



ここで、基本となる全体の八分木を作成します。

入力方法として、[長さで入力], [パラメータで入力], [自動配置]と3通りあります。

- [長さで入力]の場合

[最小オクタントサイズ]

最も細かくなるオクタントの大きさを指定します。

- [パラメータで入力]の場合

[ルートオクタントサイズ比]

モデルを取り囲む最小の立方体と、ルートオクタントの大きさの比を指定します。このパラメータは、1.2~2.4の間で入力します。

[最大分割レベル]

ルートオクタントを8つのオクタントに分割して、できたオクタントがモデルを構成する面と干渉する場合、そのオクタントはさらに8つのオクタントに分割されます。この分割を再帰的に繰り返すことにより、八分木を作成しますが、その繰り返す最大回数を指定します。

ルートオクタントが8つのオクタントに分割された状態が分割レベル1です。このパラメータを組み合わせることにより、八分木の大きさを連続的に調整することができます。

長さで入力の場合も、指定した[最小オクタントサイズ]から、[ルートオクタントサイズ比]と[最大分割レベル]を算出し、[パラメータで入力]の場合と同じ手順で八分木を作成します。

- [自動配置]の場合

[目標要素数]

目標とする要素数を入力します。

[基準オクタントサイズ]

基準となるオクタントサイズを入力します。ここで入力したサイズの整数倍、あるいは整数分の1のサイズを持つオクタントが生成されます。

[モデルサイズとの比]

自動配置では、細かい形状の箇所ほど小さいオクタントを配置しようとしたが、解析では問題としないような微細な形状までその対象とすると、際限なく小さいオクタントを配置することになります。これは、解析規模が際限なく大きくなることを意味します。これを避ける目的から、ここで指定したサイズ以下の形状は無視します。ここに大きな値を入力するほど細かいオクタントが作成されにくくなります。[距離]を入力すると、連動して値が更新されます。

[距離]

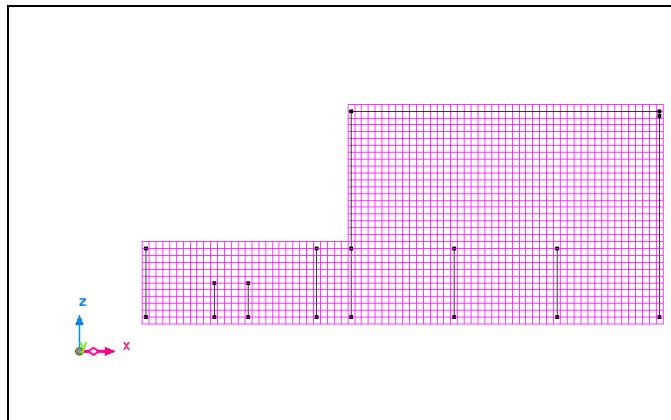
[モデルサイズとの比]と同様の考え方で、ここで入力した距離以下の形状を無視します。

[モデルサイズとの比]を入力すると、連動して値が更新されます。

ここでは、[長さで入力]を選び、[最小オクタントサイズ]に[0.2]と入力して、OKをクリックしてください。

(補足) オクタントサイズ

オクタントサイズによって作成されるテトラメッシュの大きさが決まります。このため、最小オクタントサイズの値は、解析対象のサイズと許容できる解析規模を考慮して決定します。できるだけ小さい値とする方が計算精度や形状の再現性が高くなりますが、余りに小さい値とすると計算時間や使用メモリが膨大となるため、注意が必要です。大まかな目安として、モデルサイズの最小値の1/10程度となります。余裕がありそうなら本例題の様に1/20などとします。モデルサイズの最小値は八分木作成ダイアログに[モデルサイズ]として示されています。



これで、基本となる八分木ができました。ここでは、さらに生成されるメッシュの大きさを調整するために、メッシュを細かくしたい所の八分木を再分割します。オクタントの再分割を行うには、まず、再分割を行いたいオクタントのみを表示します。

表示する領域を限定するメニューには、

- [表示] - [ラバーボックス表示]
- [表示] - [ラバーボックス非表示]
- [表示] - [分割レベル表示]
- [表示] - [領域/閉空間/MAT表示] - [領域の表面]
- [編集] - [選択領域の移動] - [面から八分木へ]
- [表示] - [近傍表示] - [表示領域に面でつながった近傍]

等があります。

- **[ラバーボックス表示]**
画面上でマウスのドラッグにより囲んだ領域のみ表示します。
- **[ラバーボックス非表示]**
画面上でマウスのドラッグにより囲んだ領域のみ非表示します。
- **[分割レベル表示]**
分割レベルごとに表示・非表示を設定します。
- **[表示] - [領域/閉空間/MAT表示] - [領域の表面]**
登録領域を指定し、その領域と干渉するオクタントのみを表示します。
- **[選択領域の移動] - [面から八分木へ]**
選択されているモデルの面と干渉するオクタントのみを表示します。
- **[近傍表示]**
表示されているオクタントと接するオクタントを表示します。

注. これらは、併用して使用することも可能です。

よく使用するのは、

- ラバーボックスを複数回使用し、より領域を限定する。
- ラバーボックスで領域を限定し、分割レベルを指定する。
- [領域/閉空間/MAT表示]と[近傍表示]

等です。

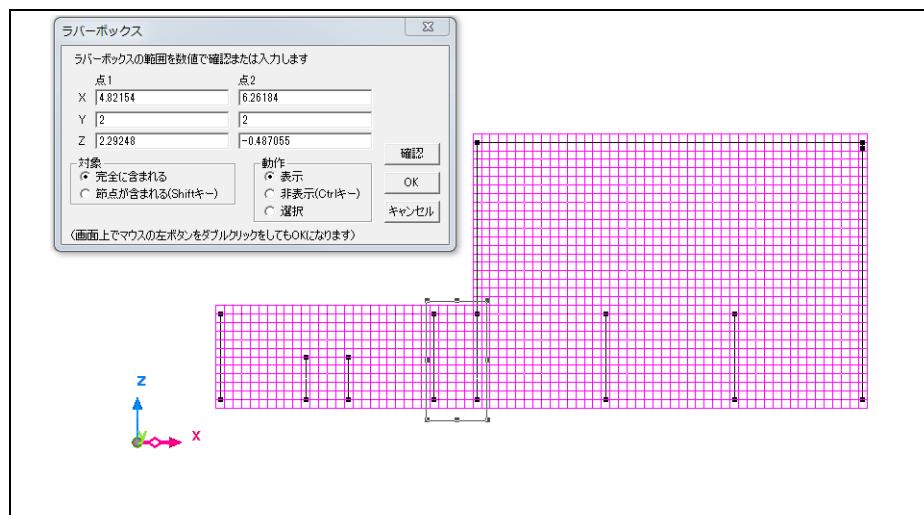
この例では、流路が狭くなる部分を[ラバーボックス表示]、固体(MAT = 2, MAT = 3)の近傍を[領域/閉空間/MAT表示]と[近傍表示]、外側の壁の近傍を[領域/閉空間/MAT表示]と[分割レベル表示]を選択して再分割します。

- 流路が狭くなる部分の再分割

Yキーを押して、表示をX-Z面にします。

[表示] - [ラバーボックス表示]

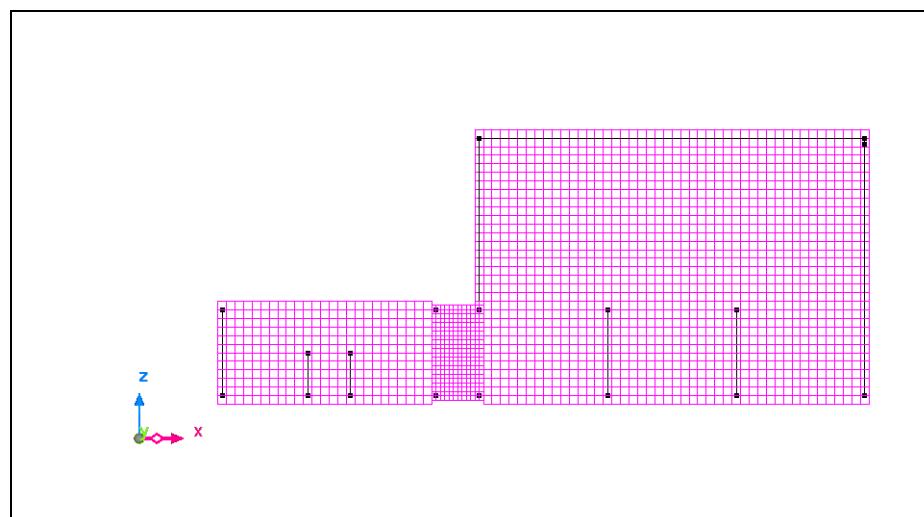
を選択してください。そして、流路が狭くなる部分をラバーボックスで囲んでください。最初、左ボタンを押して1つのコーナーを決め、押したままマウスを移動して囲み、左ボタンを放してください。



OKをクリックしてください。

[編集] - [オクタント再分割(1回)]

を選択してください。



流路が狭くなる部分が再分割されました。

注1. 再分割を1回だけでなく、複数回行う場合は、

[編集] - [オクタント再分割(繰り返し)]

を選択してください。

注2. 間違った場所や再分割がよくなかった場合は、

[編集] - [オクタント再分割のUNDO]

を選択してください。

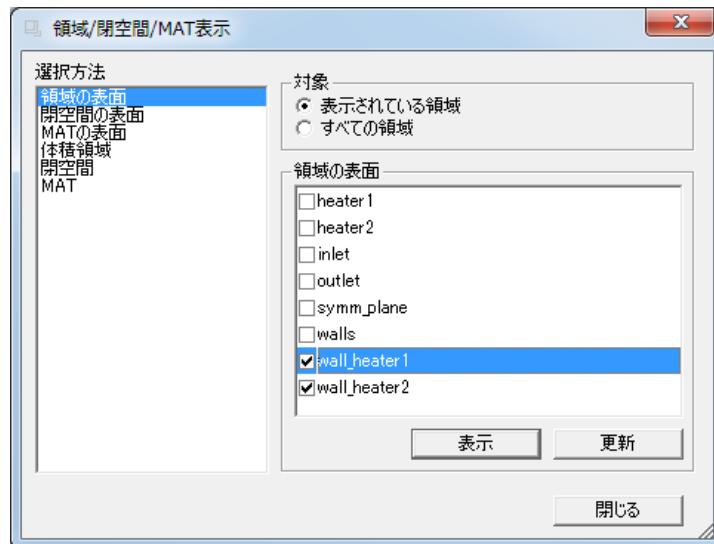
オクタント再分割のUNDOを繰り返せば、八分木作成の状態まで戻れます。

注3. ラバーボックスで選択した結果、余分な部分も選択された場合には、その状態から再度ラバーボックスで選択を繰り返すことで表示を限定することができます。

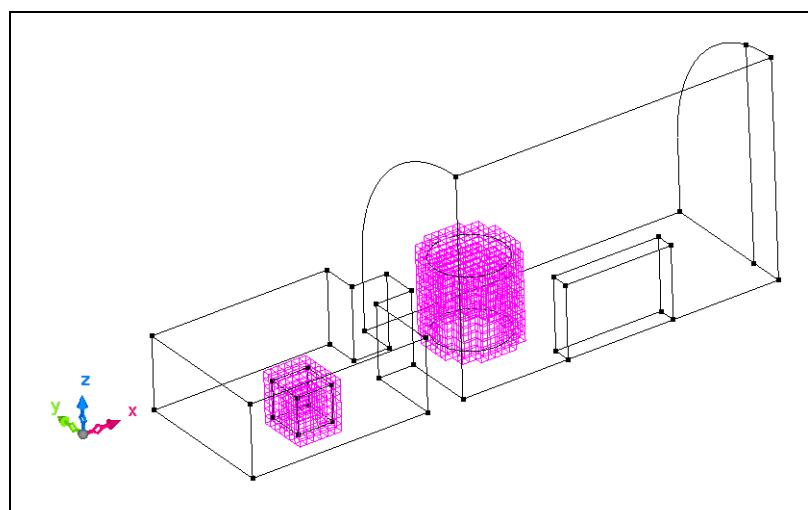
- 固体(MAT = 2, MAT = 3)の近傍の再分割

[表示] - [領域/閉空間/MAT表示]

を選択してください。



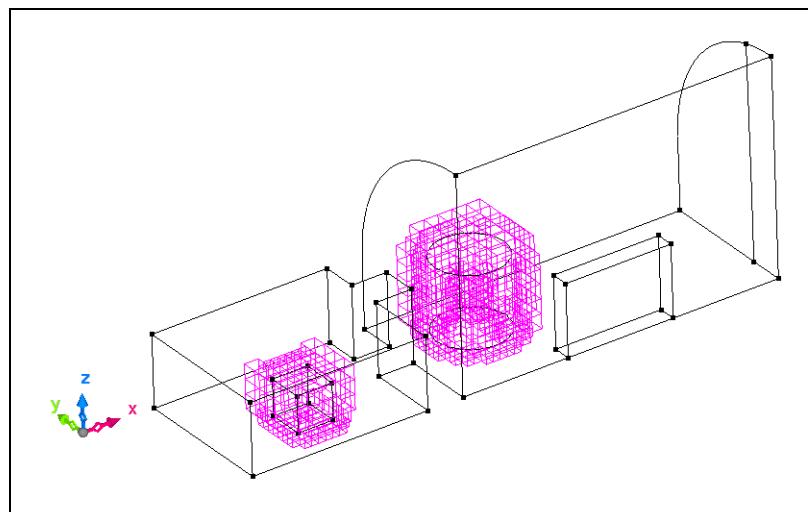
[wall_heater1]と[wall_heater2]をONにして、表示, 閉じるをクリックしてください。



そして次に

[表示] - [近傍表示] - [表示領域に面でつながった近傍]

を選択して再分割する部分を広げてください。



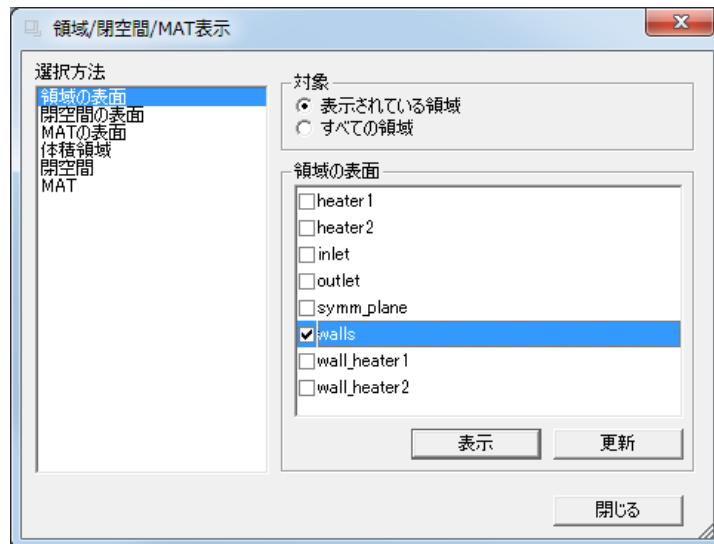
そして、

[編集] - [オクタント再分割(1回)]
を選択してください。

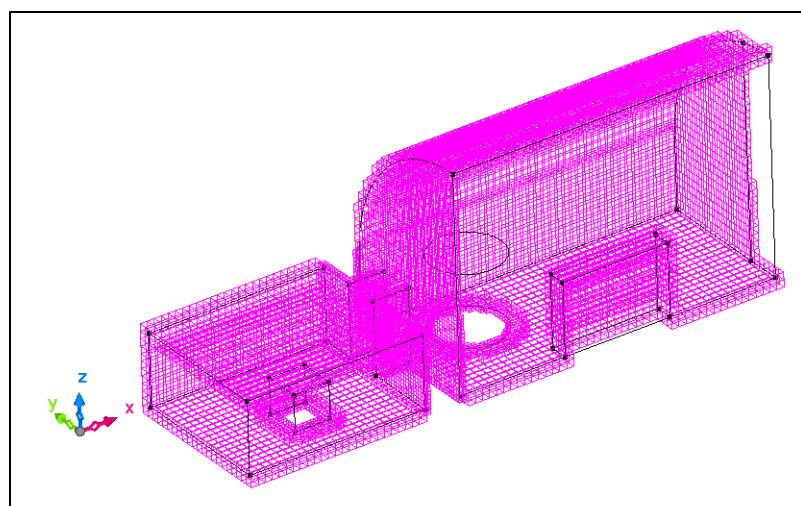
- 外側の壁の近傍の再分割

[表示] - [領域/閉空間/MAT表示]

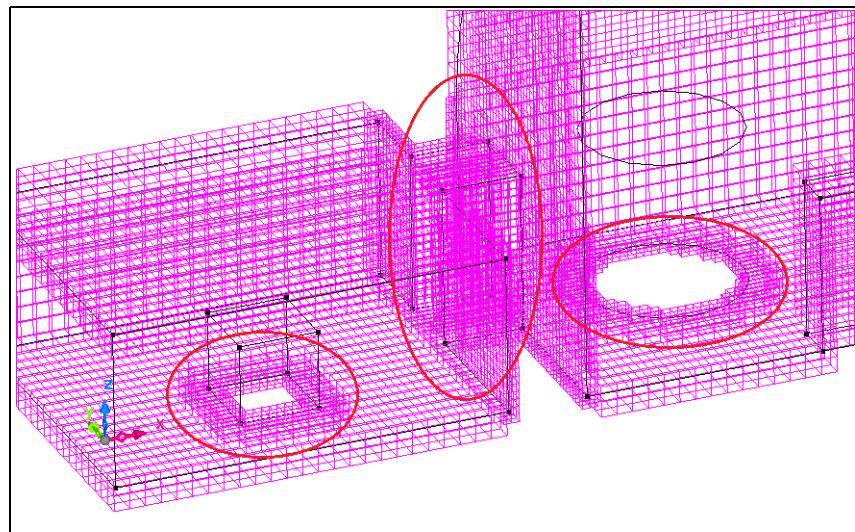
を選択してください。



[walls]をONにして、表示、閉じるをクリックしてください。



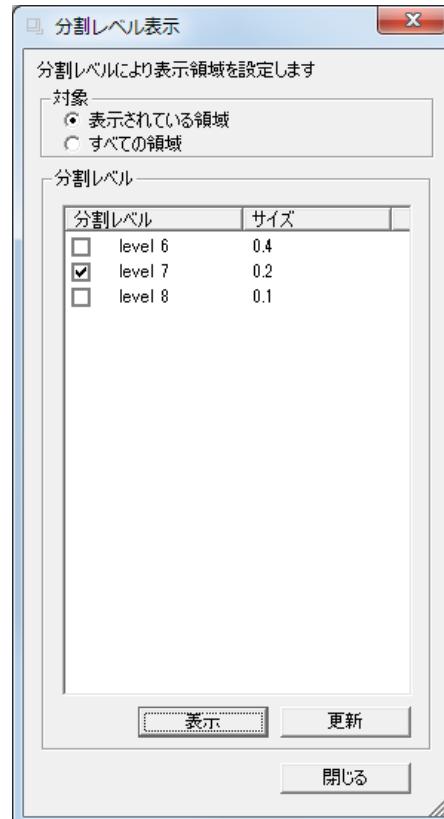
外側の壁の近傍のオクタントが表示されました。固体近傍に注目すると、次頁図に示すように既に再分割した細かいオクタントも表示されていることが分かります。

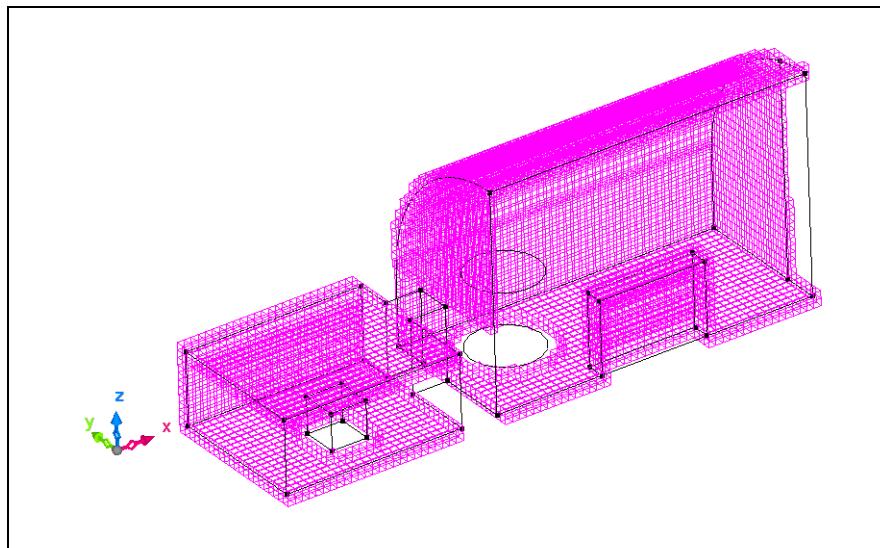


ここで固体近傍をさらに再分割する必要はありませんので、除外します。

[表示] - [分割レベル表示]
を選択してください。

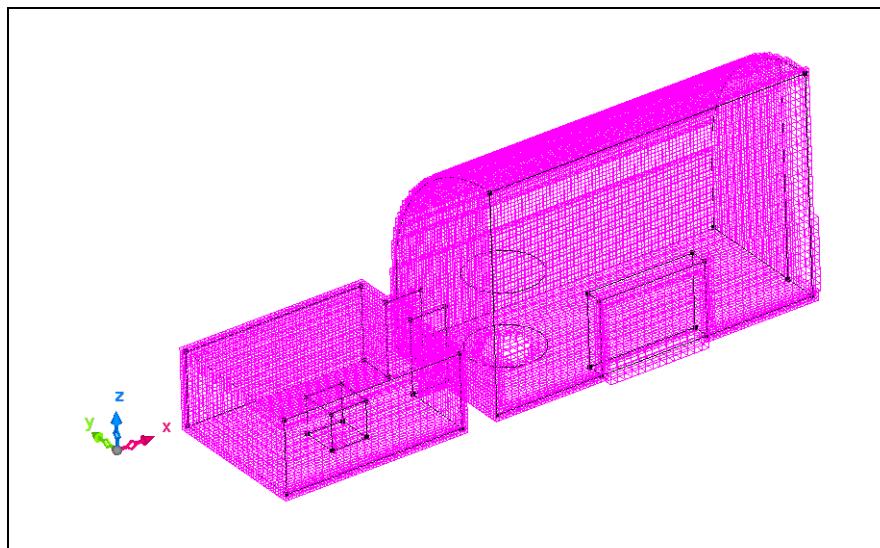
現在配置されているオクタントのサイズと分割レベルを確認することができます。先に再分割を行っている固体近傍のオクタントサイズは最も小さい[0.1]ですので、該当する[Level 8]をOFFにし、表示、閉じるをクリックします。





そして、

[編集] - [オクタント再分割(1回)]
を選択してください。



以上の作業で、メッシュの大きさを決める八分木が作成できました。

注. 八分木の作成では、隣合うオクタントのレベルの差が2以上にならないように自動的に分割されます。すなわち、レベル7のオクタントの隣は、レベル6, 7, 8のいずれかになります。

八分木をファイルに保存します。

[ファイル] - [保存]
を選択してください。

[ファイルの種類]が[OCTファイル(*.oct)]となっていることを確認し、[ファイル名]を[tutorial]と入力します。保存をクリックしてください。

(補足)八分木の右クリックメニュー

[分割レベル表示], [領域/閉空間/MAT表示]などのメニューは、ツリーの八分木の右クリックメニューからも選択することができます。また、八分木のファイル保存も行えます。

b. 実行(表面メッシュの作成からSCTsolverの実行まで)

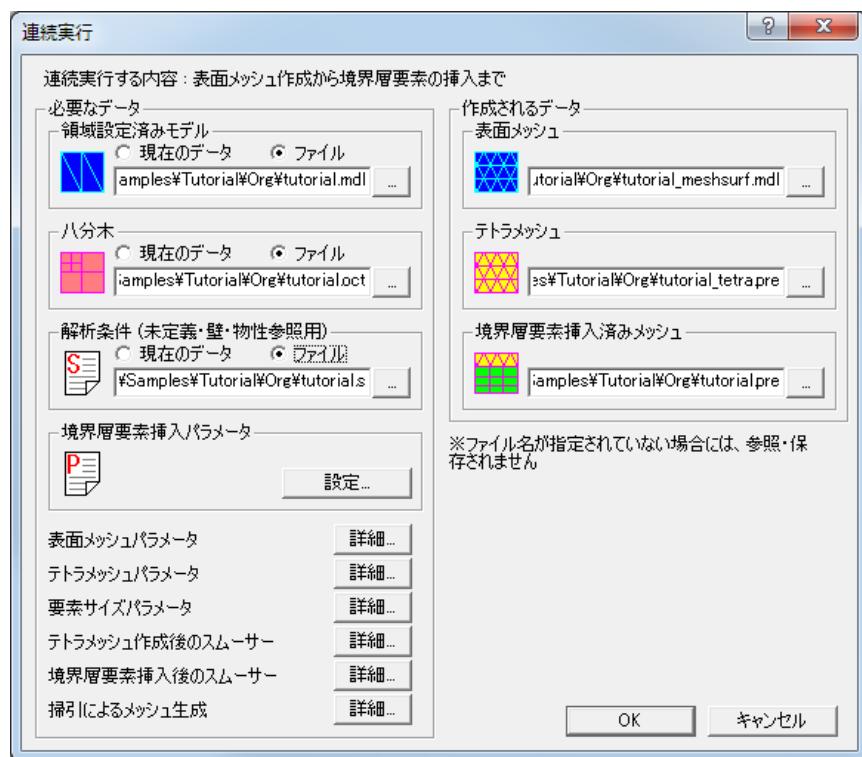
b-1. 必要なデータの設定

[実行]では、

表面メッシュの作成
テトラメッシュの作成
境界層要素の挿入
SCTsolverの実行

までを連続して実行したり、あるステップだけを実行できます。

ここでは、メッシュの質等の確認を行うためSCTsolverの実行は行わず、境界層要素の挿入までを連続実行することにします。ツリーの[実行]をダブルクリックしてください。



ダイアログの左側が連続実行に使用されるデータで、右側が連続実行の結果として得られるデータです。連続実行の内容をJファイルに保存する場合は、必要なデータに各種ファイルを指定する必要があります。Jファイルとは、連続実行の実行内容をテキスト形式で記述したファイルです。

Jファイルに連続実行の内容を保存しておけば、SCTpreで読み込むことによっていつでも連続実行の内容を再確認することができます。また、JファイルはSCTjobを使用して実行することができます。連続実行の内容をJファイルに保存せず、現在開いているデータを使用して実行する場合は[現在のデータ]のままでかまいません。今回は連続実行の内容をJファイルに保存し、SCTjobを用いてメッシュ生成を実行するためにファイルを指定することとします。

[必要なデータ]を設定します。[領域設定済みモデル]で、[ファイル]を選択し、保存したtutorial.mdlを指定します。[八分木]で、[ファイル]を選択し、保存したtutorial.octを指定します。[解析条件]で、[ファイル]を選択し、保存してあるtutorial.sを指定します。

[作成されるデータ]は、これまでに保存したファイル名から自動的に名前が決まります。

連続実行に関するファイル入出力についてまとめると以下のようになります。

	表面メッシュ の作成	テトラメッシュ の作成	境界層要素 の挿入	SCTsolver の実行
tutorial.mdl	(入力)			
tutorial.oct	(入力)	(入力)		
tutorial_meshsurf.mdl	出力	(入力)		
tutorial_tetra.pre		出力	(入力)	
tutorial.pre			出力	(入力)
tutorial.s				(入力)

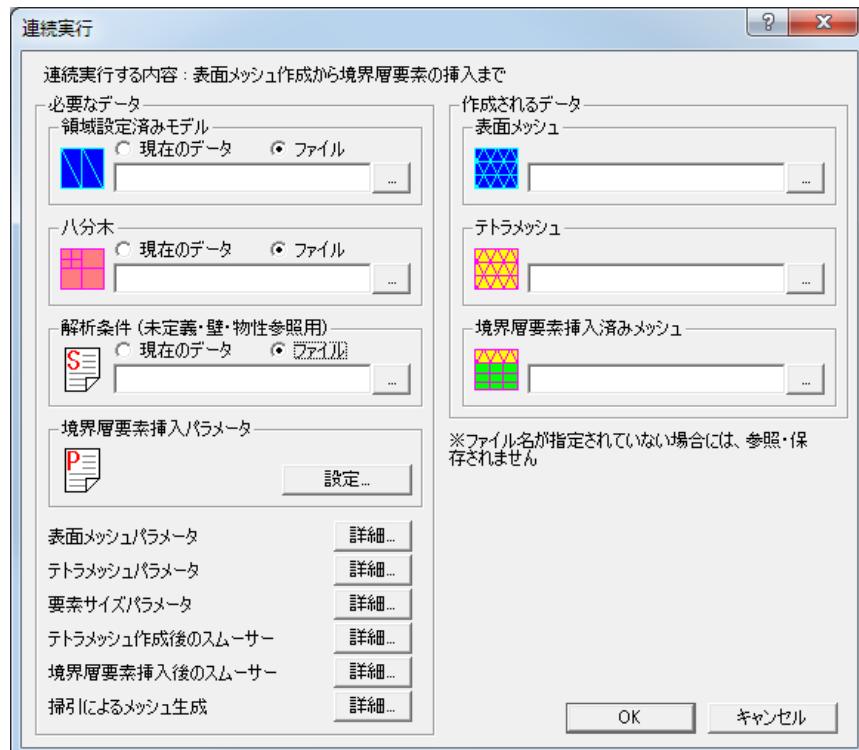
ファイルの拡張子が同じものは、同じ形式ですが、内容が異なります。

- tutorial.mdlファイルは、tutorial.stlにモデル修正、座標変換、MAT番号の設定、領域の登録を行った後の情報です。
- tutorial_meshsurf.mdlファイルは、tutorial.mdlのモデル情報をtutorial.octの八分木の情報で再構成したモデル(表面メッシュ)情報です。
- tutorial_tetra.preファイルは、テトラ要素と面・体積領域の位置情報です。
- tutorial.preファイルは、tutorial_tetra.preファイルに境界層要素を挿入したものです。tutorial.preが解析に使用されるメッシュファイルとなります。
- _meshsurf.mdlと_tetra.preは、後で再利用できるようにファイルに保存しています。

注. SCTpreを起動後、ファイルを読み込まずに

[実行] - [表面メッシュ作成から] - [境界層要素挿入まで]

を選択した場合、下図のダイアログが表示され、連続実行に必要なデータのファイル指定が必要となります。



[境界層要素挿入パラメータ]の設定をクリックしてください。



リストから、[walls], [wall_heater1], [wall_heater2]を選択し、[オクタントサイズ]の更新をクリックしてください。選択した面領域近傍のオクタントサイズが表示されます。このサイズに基づいて境界層要素のパラメータを設定します。

[パラメータ]で

[1層目の厚さ] [0.02]

[厚みの変化率] [1.1]

[層数] [3]

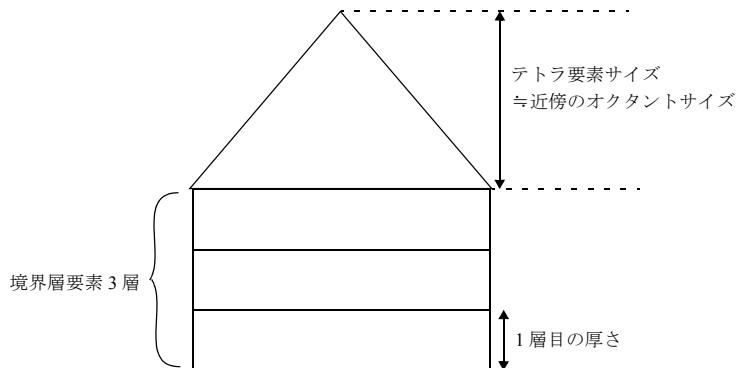
と入力してください。

<<適用をクリックし、OKをクリックしてください。

OKをクリックしてください。

(補足) 境界層要素挿入パラメータ

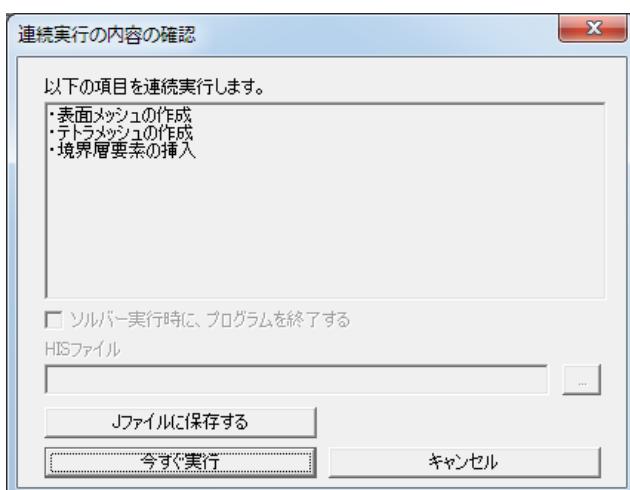
境界層要素の挿入パラメータは精度・安定性を確保するために、挿入する面領域近傍のオクタントサイズに比して極端に大きくなったり、あるいは小さくなったりしないようにバランスを考慮して決定します。目安としては、境界層要素の厚さが隣接するテトラ要素サイズのおよそ1/5～1/3程度となるように1層目の厚さ、変化率、層数を決定します。隣接するテトラ要素サイズは近傍のオクタントサイズとほぼ等しくなります。



1層目の厚さが壁面第1メッシュの大きさとなりますので、この1層目の厚さの入力値によって y^+ の値が変化します。 y^+ の適切な値は使用する解析タイプや乱流モデルによって異なり、高レイノルズ型乱流モデルを使用する場合は $30 \leq y^+ \leq 1000$ 、低レイノルズ型乱流モデルを使用する場合は $y^+ \leq 1$ となります。計算の結果として得られた y^+ の値が目標とする y^+ の値にならないとき、境界層要素挿入パラメータを変更してメッシュを作成しなおすことで対応します。取り扱う流体が常温空気の場合について、1層目の厚さと y^+ の予測値がユーザーズガイド基礎編 第1部 第5章 5.2 壁面境界条件の項に記載されていますので、こちらも参考にしてください。

また、層数についても解析タイプによって異なります。高レイノルズ型乱流モデルを使用する場合には2、3層程度とします。層流解析あるいは低レイノルズ型乱流モデルを使用する場合には10層程度を目標に、計算負荷や問題とする精度を考慮しながら層数を決定します。

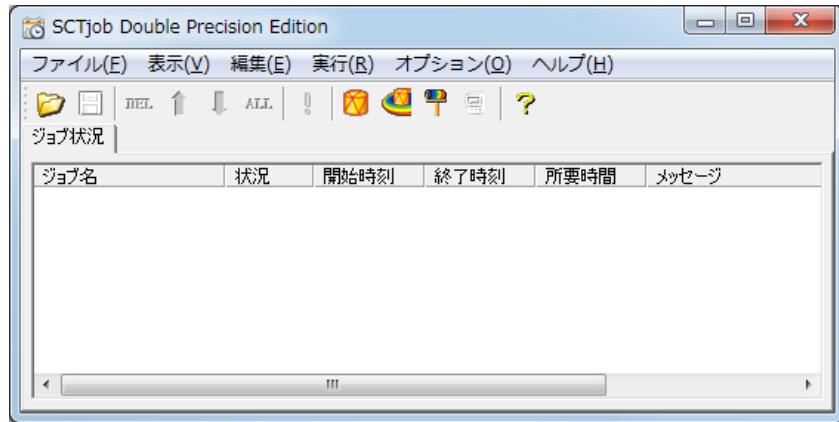
この例題では近傍のオクタントサイズがほぼ同じであることが分かっているため、[walls], [wall_heater1], [wall_heater2]の3面に同じパラメータを設定していますが、表面ごとに近傍のオクタントサイズが異なる場合には、境界層要素挿入パラメータも異なる値を設定します。



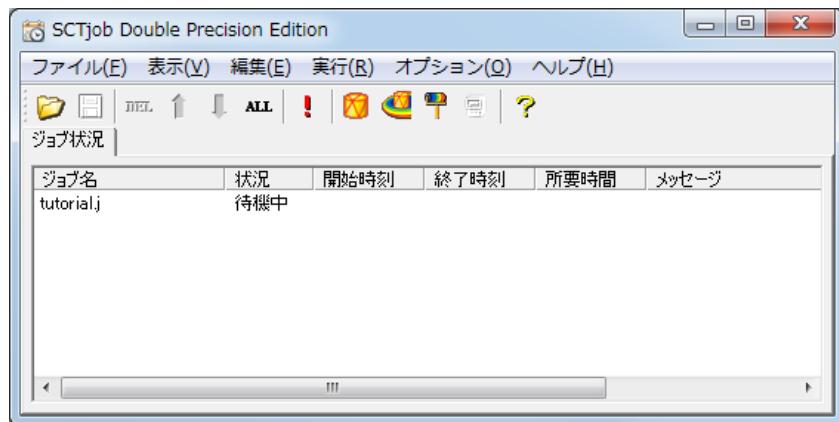
今回はSCTjobを用いて連続実行を行いますので、Jファイルに保存する、キャンセルをクリックしてください。さらに[連続実行]ダイアログでキャンセルをクリックします。あとで生成されたメッシュを確認するため、SCTpreはこのままにしておきます。

b-2. 実行

Jファイルを実行するため、SCTjobを起動します。
起動ツールより、を押してください。



b-1で保存したJファイルをSCTjobのウィンドウ上にドラッグ&ドロップしてください。
または、
[ファイル] - [ジョブ追加]
を選択して開くこともできます。



 またはF5キー、メニューからは、
[実行] - [実行開始]
を選択することで、Jファイルに保存された連続実行の内容が実行されます。
(AMD Opteron 6262HEで約1分程度です。)

正常に境界層要素の挿入まで終了しますと、状態が[正常終了]となり、tutorial.preが自動保存されます。正常終了を確認したらSCTjobを終了してください。

[ファイル] - [終了]

(補足) SCTjob のメリット

- 複数のjobを連続して行える

複数のJファイルを作成し、SCTjobにジョブを追加して実行すると、1つのジョブが終了すると自動的に次のジョブが実行されます。なお、マルチコアのWindowsマシンを利用されている場合、**!** を2度押すことで、2つのジョブを並列して実行することが可能ですが。ただし、ご契約ライセンスに応じたjob数を超えての実行は出来ませんのでご注意ください。

- 各所要時間や、ログが記録される

SCTjobのウインドウ上の[ジョブ状況]タブでは、それぞれのジョブごとの[開始時刻], [終了時刻], [所用時間]が記録されます。また、それぞれのJファイル名のタブを開くと、[表面メッシュ作成]に要した時間などの詳細を得ることができます。また、ジョブ名.logというログファイルが作成され、ファイル中にログが記録されています。

(補足) メッシュ作成の失敗

メッシュ作成中に何らかの問題が起きた場合、ジョブ名.logファイルを確認します。

- 表面メッシュ作成後、表面メッシュに干渉面がある場合の例

モデルに 2210 枚の干渉面が存在します。

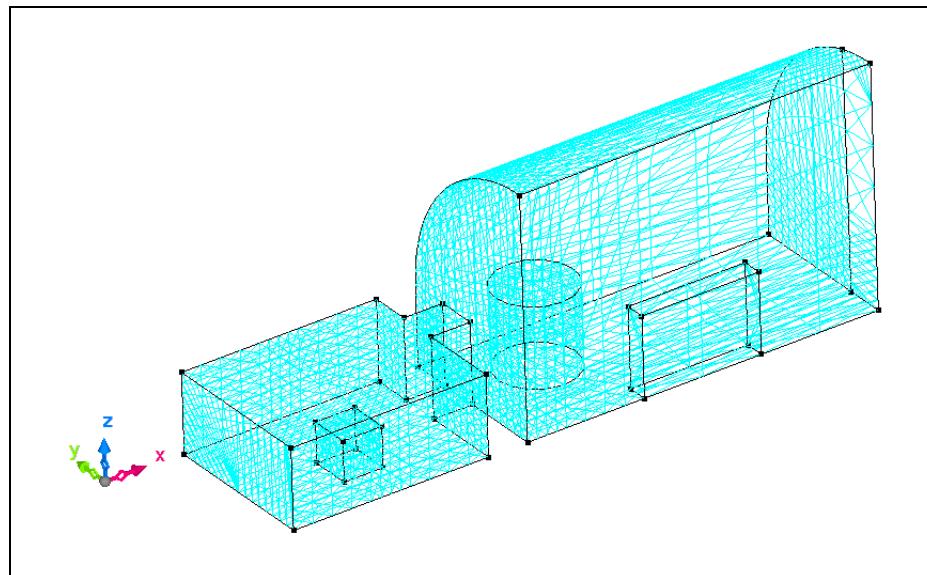
- 表面メッシュ作成後、重なった面がある場合の例

モデルに重なった面が存在します。

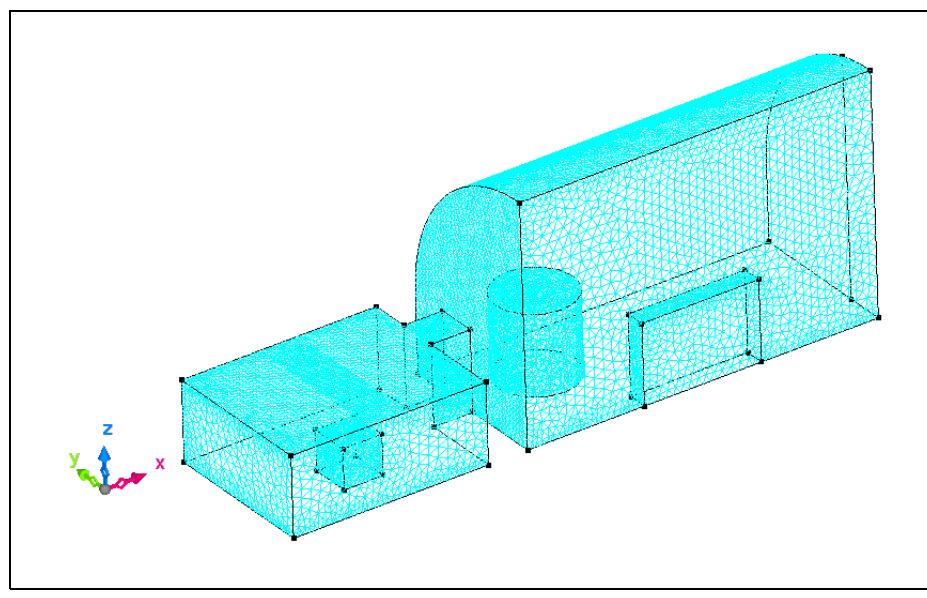
これらの場合、表面メッシュに問題がありますので、作成された表面メッシュをSCTpreに読み込み、干渉面や重なった面を検出します。メッシュ作成に失敗したオクタントをベースに、問題の表面近傍のオクタントサイズをより細かくし、オクタントファイルを更新します。メッシュ作成を再度実行します。

b-3. 作成されたデータの確認

- tutorial.mdlとtutorial_meshsurf.mdlの違い



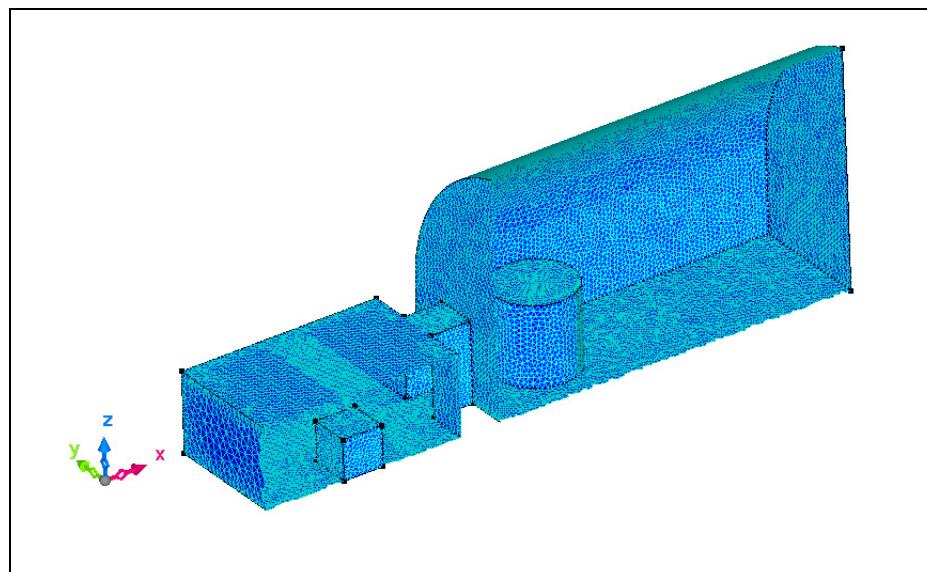
tutorial.mdl



tutorial_meshsurf.mdl

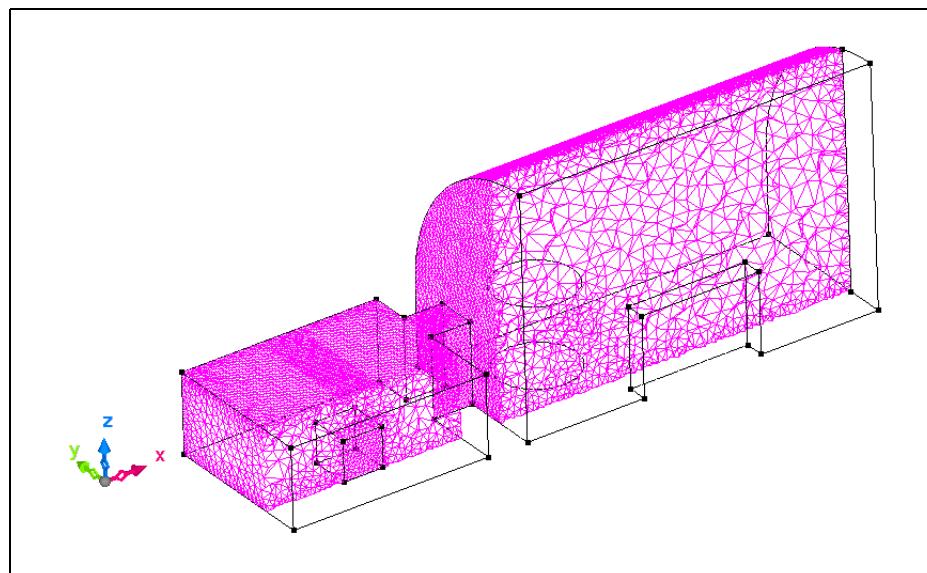
- tutorial_meshsurf.mdlとtutorial_tetra.preの違い

[表示] - [ラバーボックス表示]を使用



tutorial_meshsurf.mdl

[選択] - [メッシュモード]と[表示] - [ラバーボックス表示]を使用



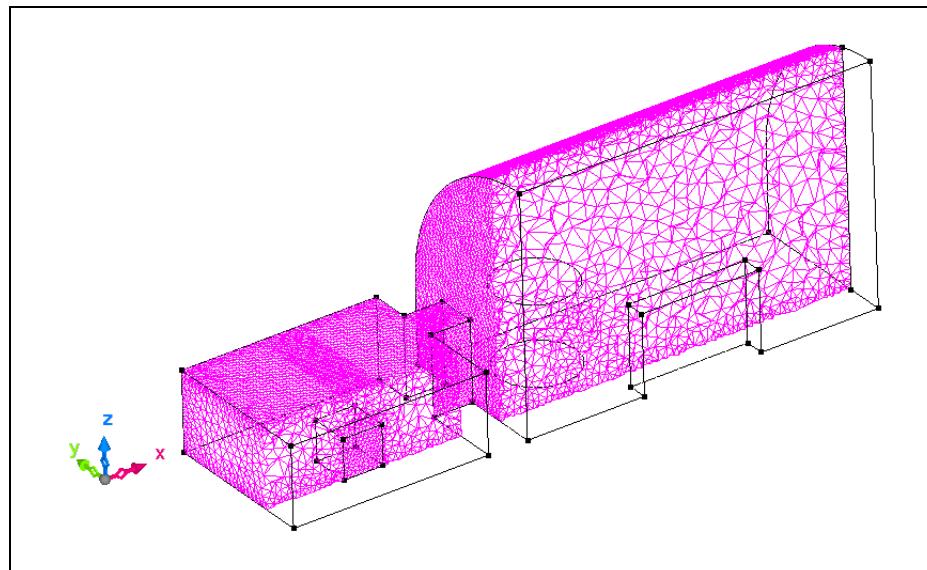
tutorial_tetra.pre

.mdlは、閉空間の表面のみで、閉空間内部は空洞です。

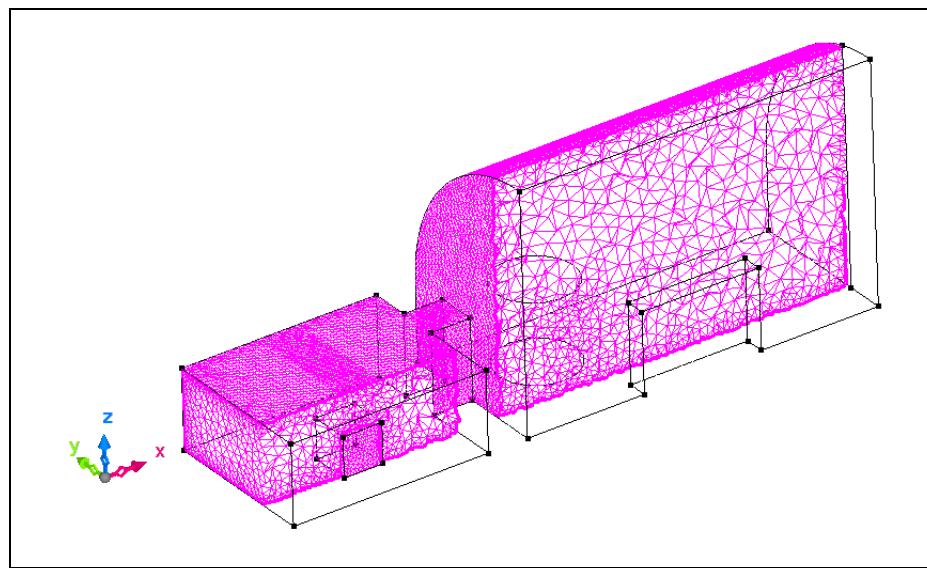
_tetra.preは、閉空間内部はテトラ要素で埋められています。

- tutorial_tetra.preとtutorial.preの違い

ともに[選択] - [メッシュモード]と[表示] - [ラバーボックス表示]を使用



tutorial_tetra.pre



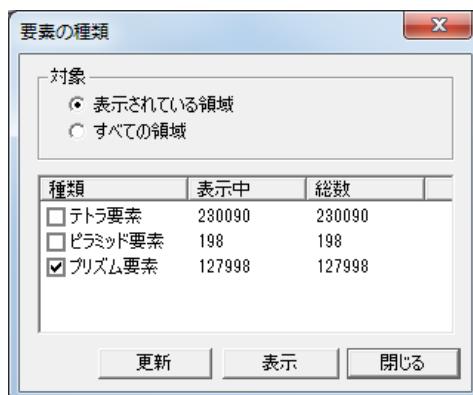
tutorial.pre

.preは、境界層要素が挿入されています。

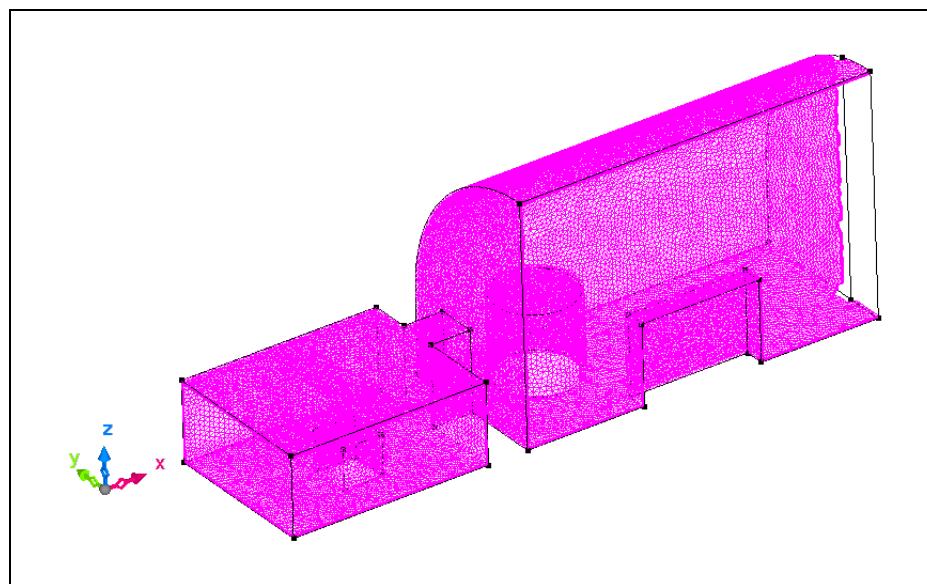
- 境界層要素の挿入の確認

tutorial.preをドラッグ&ドロップでSCTpreに読み込んでください。

[選択] - [メッシュモード]でメッシュモードに移行し[表示] - [要素の種類で表示]を選択してください。



[prisms]をONにして、OKをクリックしてください。



注. プリズム要素の場所を確認するために

[表示] - [表示設定] - [表示タイプの切り替え]

と

[表示] - [シェーディング]

を選択するとさらにわかりやすくなります。

- 要素形状のチェック

すべての種類の要素を表示するために、

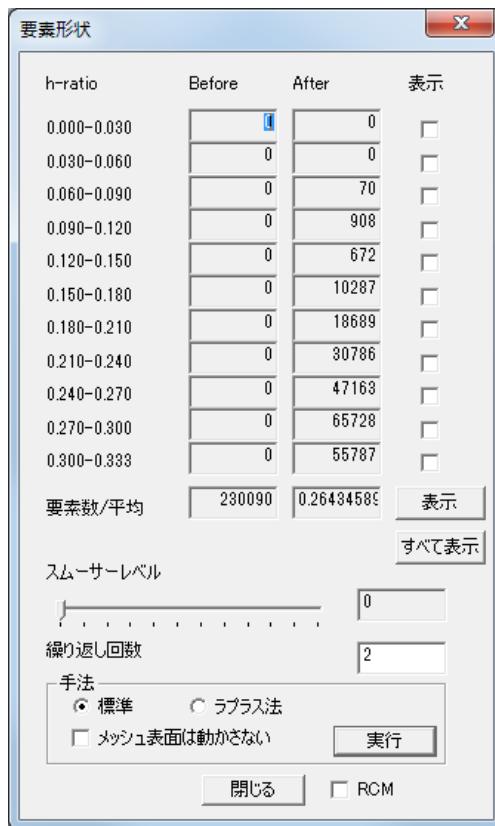
[表示] - [すべて表示]

を選択してください。

次に、メッシュモードで

[表示] - [要素形状チェック] - [要素形状チェック]

を選択してください。



[h-ratio]は、四面体要素の内接球と外接球の半径の比を表し、0.03以下の要素数が多いとSCT-solverでうまく計算できない可能性が高くなります。スムージングを行うと改善される場合もありますが、八分木の大きさが粗い場合は改善されません。

(4) SCTPreの終了

[ファイル] - [アプリケーションの終了]

を選択してください。

終了をクリックしてください。

2.5 解析条件(S)ファイルの内容

コマンド名は、EQUAやWL04のように左詰で4文字で大文字の英字で始まります。(PREI, PREOはコマンドではありません)

実際のデータにはブランク行はありません。

また、詳細についてはユーザーズガイド リファレンス(ソルバー)編を参照してください。

```

SDAT                                ← Sファイルを意味します
SC/Tetra                            ← SCRYU/Tetra
    12   0   0   UTF-8               ← バージョン12
PREI      tutorial.pre             ← 入力するPREファイルの設定
RO       tutorial.r              ← リスタート出力の設定
POST     tutorial                ← 図化用出力ファイルの設定
TM      tutorial.csv            ← 時系列出力ファイルの設定
/                                 ← ファイル設定の終わり
    1   1   0                     ← タイトル(この例ではブランク行)
    0   1                     ← 通過流量や最大・最小値のリスト出力
CHKL                               ← 定常解析(CYCLなら非定常解析)
    1       1       0           ← NCYC1 = 1; 初期計算(NCYC1 ≥ 2; リスタート解析)
CYCS      1       200             ← 方程式の選択
EQUA
1111
FLUX
%CNAME Flux_1
    0   2   0   1   0   0           ← 2; 流速規定, 1; 流入温度の設定
        1   0                   ← 流速(1.0[m/s])
        20                      ← 流入温度 20.0[°C]
inlet
/
%CNAME Flux_2
    -4   0   -1   1   0   0          ← -4; 表面圧力規定, 1; 流入温度の設定
        0                   ← 圧力規定値 0.0[Pa]
        20                      ← 流入温度 20.0[°C]
outlet
/
FOUT
HTRC      1                     ← 熱伝達係数
USTR      1                     ← 壁面摩擦速度
/
GFIL      50                    ← FLDファイルの出力の設定
    0
INIT
TEMP
    20   0                     ← 0; すべての物性に20.0[°C]
/
PROP
%CNAME 空気(非圧縮20°C)          ← 物性名(コメント行としての出力)
    1   1   1.206   1.83e-005  1007   0.0256   0           ← 物性番号1; 非圧縮性流体
%CNAME 銅(Cu)                      ← 物性名(コメント行としての出力)
    2   2   8889.8   384.6        398.84   398.84   398.84       ← 物性番号2; 固体
%CNAME 鉄(Fe)                      ← 物性名(コメント行としての出力)
    3   2   7871.4   439.2        81.168   81.168   81.168       ← 物性番号3; 固体
/
RFIL      50   0                  ← リスタート出力ファイルの更新の設定
SCAL
%CNAME Source_1
    1           1000           0   2           ← 1; 発熱を2; 総発熱量で1000[W]
heater1
/
%CNAME Source_2
    1           1500           0   2           ← 1; 発熱を2; 総発熱量で1500[W]
heater2

```

```

/
/
TMSR
Point_1      5.5      2.5   1   0   0      1   0 ← 1点目の出力座標
VELX
PRES
TEMP
/
Point_2      14.5     0.5   3   0   0      1   0 ← 2点目の出力座標
VELX
TEMP
/
/
WL02
%CNAME Wl02_1
  0   0
%CNAME Wl02_2
  0   0
/
  1
walls
/
  2
wall_heater1
wall_heater2
/
/
WL04
%CNAME Wl04_1
  0   0
walls
/
%CNAME Wl04_1
  -1   1
  0   0
wall_heater1
wall_heater2
/
/
GOGO

```

← 1つの条件の終わり
← 発熱、発煙量の設定の終わり
時系列の設定
← VELX ; X方向の流速成分
← PRES ; 圧力
← TEMP ; 温度
← 1点目の条件の終わり
← VELX ; X方向の流速成分
← TEMP ; 温度
← 2点目の条件の終わり
← 時系列の設定の終わり
← 壁面応力条件の設定
← 条件名(コメント行としての出力)
← 条件名(コメント行としての出力)
← 領域の名前wallsに対して
← 1つの条件の終わり
← 2番目の条件を与える
← 領域の名前wall_heater1に対して
← 領域の名前wall_heater2に対して
← 1つの条件の終わり
← 壁面応力条件の設定の終わり
← 壁面熱移動条件の設定
← 条件名(コメント行としての出力)
← 領域の名前wallsに対して
← 1つの条件の終わり
← 条件名(コメント行としての出力)
← 領域の名前wall_heater1に対して
← 領域の名前wall_heater2に対して
← 1つの条件の終わり
← 壁面熱移動条件の設定の終わり
← 上記の条件で計算する

第3章 SCTpre(Primeモード)による入力 データの作成

3.1 SCTpre(Primeモード)操作手順

SCTpreに新たに搭載されたprimeモードでは、従来の三角形パッチデータ(STLファイル)だけではなく、CADが出力するネイティブデータや中間フォーマットデータを直接読み込むことが可能となりました。

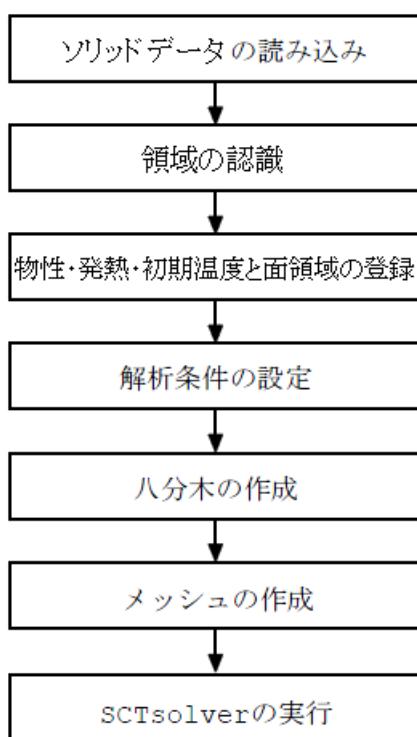
このモードでは従来のSCTpreと比較して、

- ・ 部品やアセンブリ構造の保存
- ・ CADライクな部品や面単位での条件設定
- ・ 三角形パッチ修正作業からの解放

といった利点をもっています。

そこで本章では、2章と同じ例題に対してPrimeモードを用いて設定を行います。

なおPrimeモードを利用した場合、従来のSCTpreの手順と比較して次のような形へと変化します。



3.2 操作手順の具体例

(1) 解析モデル作成

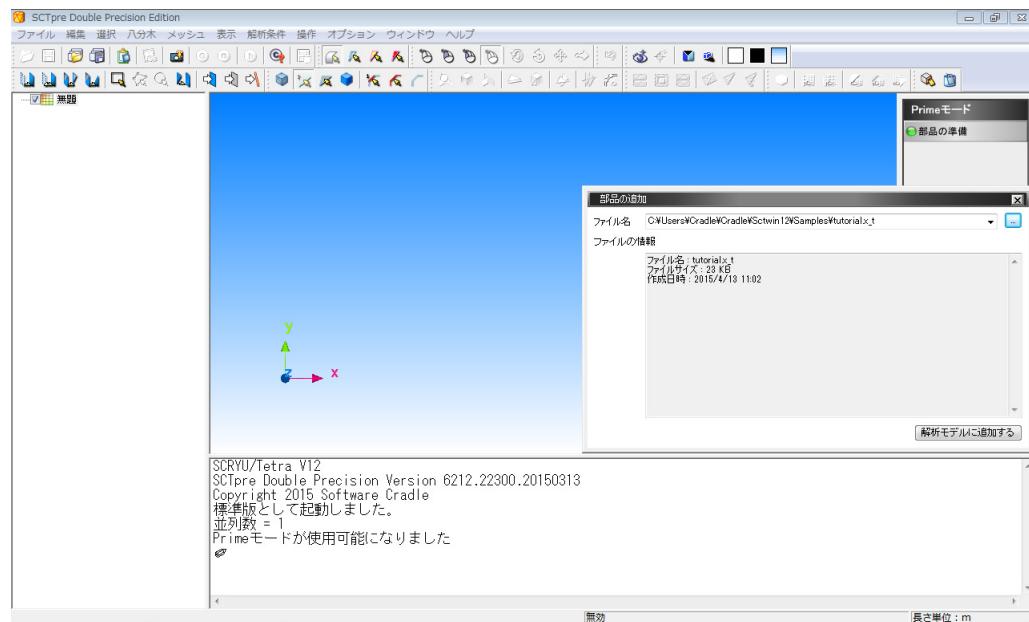
a. CADデータの読み込み

Primeモードでは従来のSTLファイルに加え、様々なCADが出力するネイティブファイルや中間ファイルを読み込むことが可能となりました。(具体的な対応フォーマットについては [ユーザーズガイド リファレンス\(プリ\)編 第1章 1.5 \(4\) Primeモード関連ファイル](#)をご参照ください。)

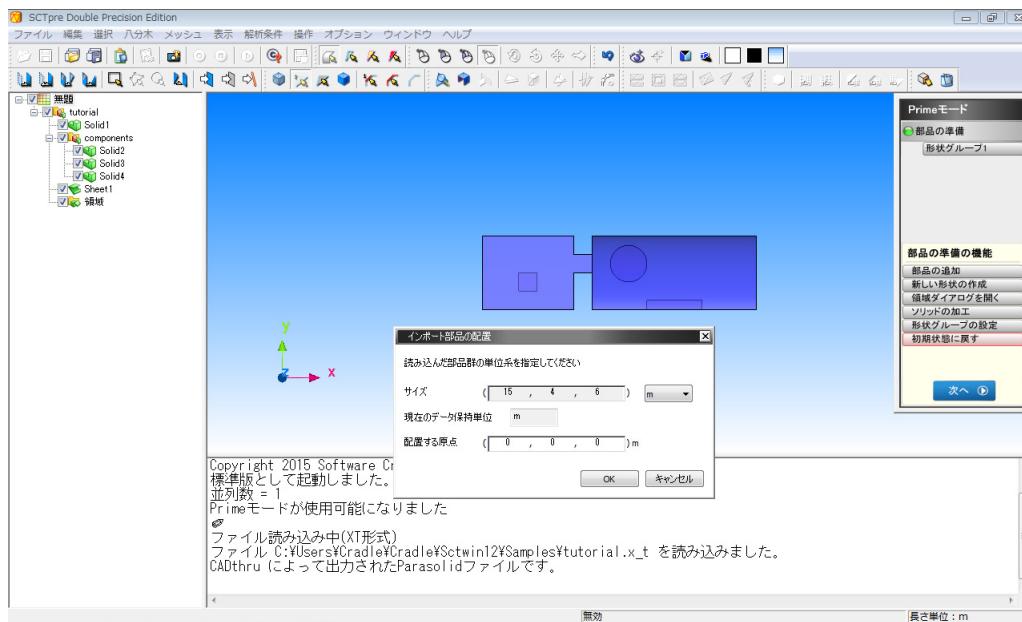
そこで、本例題ではParasolid(XT)形式の形状データを使用して解析を行います。

ユーザーフォルダのSamples¥Tutorialのフォルダを開き、tutorial.x_tファイルをドラッグし、SCTpreのウィンドウ上にドロップしてください。

または、[選択] - [Primeモード]でPrimeモードに移行してください。そして、ナビゲーションウィンドウ上で[部品の追加]を選び、[ファイル名]の欄の右側の [...] をクリックして、tutorial.x_tを指定してください。



解析モデルに追加するを選ぶとtutorial.x_tが読み込まれ、左のツリーにアセンブリ構造が表示され、[インポート部品の配置]ダイアログが表示されます。領域のサイズと単位に問題がないことを確認してOKをクリックします。



注. 誤ったファイルを読み込んだ場合は、以下のいずれかの方法でアセンブリを削除してやり直してください。

- ナビゲーションウィンドウで[初期状態に戻す]を選ぶ
- ツリーで[tutorial]を選んでDeleteキーで削除する
- メニューから[編集] - [元に戻す]を選ぶ

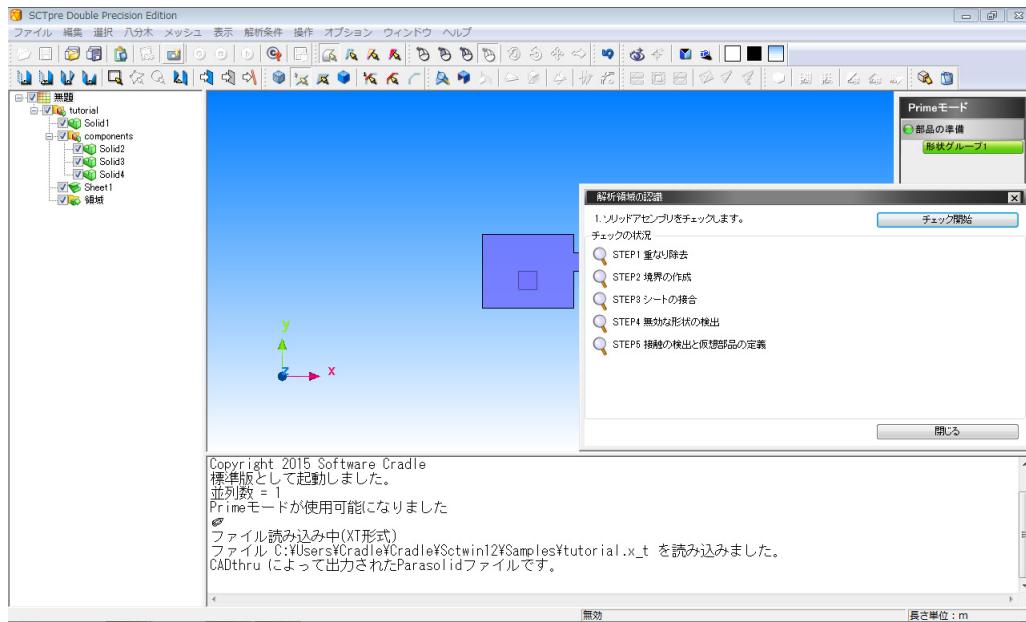
b. 解析領域の認識

ナビゲーションウィンドウで[次へ]を選ぶと、[部品の準備]は終了して[形状グループ1の作業]に切り替わります。

[領域の認識]を選ぶと、設定ウィンドウが開きます。

[チェック開始]を選ぶと領域認識の作業が行われ、ツリーのソリッドアセンブリは"Virtual Assembly"（仮想アセンブリ）に切り替わります。

注. 形状グループ機能を用いると、形状の一部をラッピングで簡略化するなどの作業を行うことが可能です。詳しくはユーザーズガイド リファレンス(プリ)編 第1章 1.5 (7) 形状グループとその編集を参照してください。



注. ソリッド形状に異常があるなどの理由で領域認識に失敗した場合は、赤色でメッセージが表示されます。
この場合はCADに戻って形状の異常を修正するか、領域認識の設定を変更して領域認識を成功させる必要があります。

詳しくは、リファレンス(プリ)編 第3章 3.1 (3) 領域認識が正しく行われないを参照してください。

正しく認識できている場合にはエラーは表示されませんので、閉じるを選びます。

c. MDLの作成

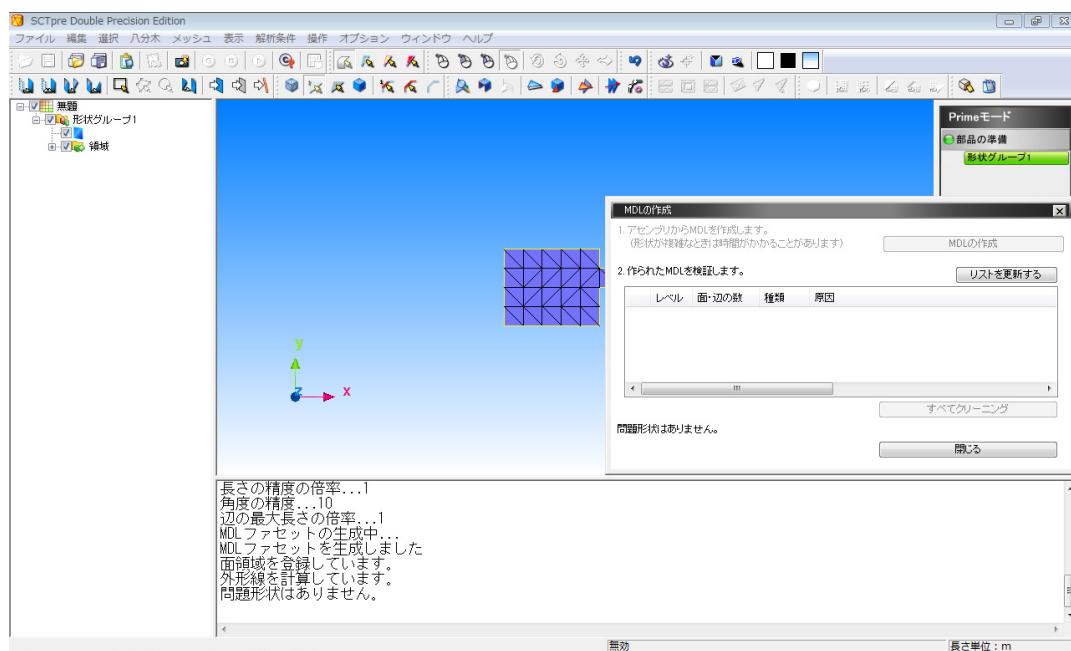
ナビゲーションウィンドウより[MDLの作成]をクリックすると、[MDLの作成]ダイアログが表示されます。

そこで、**MDLの作成**ボタンをクリックすると、読み込んだ形状が解析用のモデルへと変換されます。

注. 変換に失敗した場合には、ダイアログ内のリストボックスにエラー項目が列挙されます。失敗した項目についてはクリーニング機能を用いて修正したり、CADに戻って形状の修正を行ったりする必要があります。

詳細については **リファレンス(プリ)編 第3章 3.1 (4) MDL作成でエラーが表示される**をご参照ください。

正しく変換できている場合には、エラーが表示されませんので**閉じる**ボタンを押し、ナビゲーションウィンドウで**[次へ]**をクリックしてください。

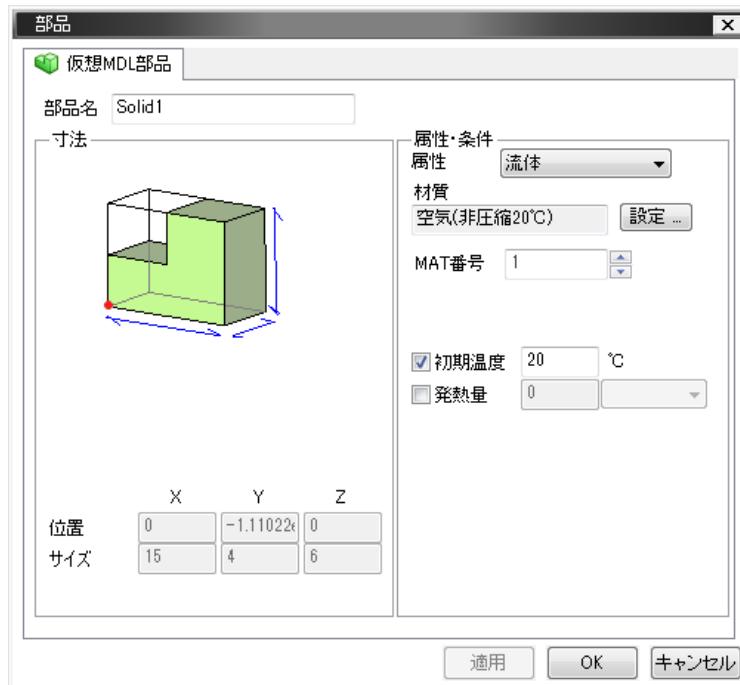


(2) [部品]ウィンドウを用いた物性値等の設定

a. 流体空間の設定

ツリーに登録された仮想部品を使って、物性値等を設定します。

ツリーでSolid1をダブルクリック、または、マウスを右クリックすると現れる[部品の参照]を選ぶと、部品ウィンドウが開きます。



最初の状態では、属性は[未定義]で材質は空欄になっています。

[属性]のコンボボックスで[流体]を選択すると物性値の一覧が開きますので[空気(非圧縮/20°C)]を選んでOKを選びます。

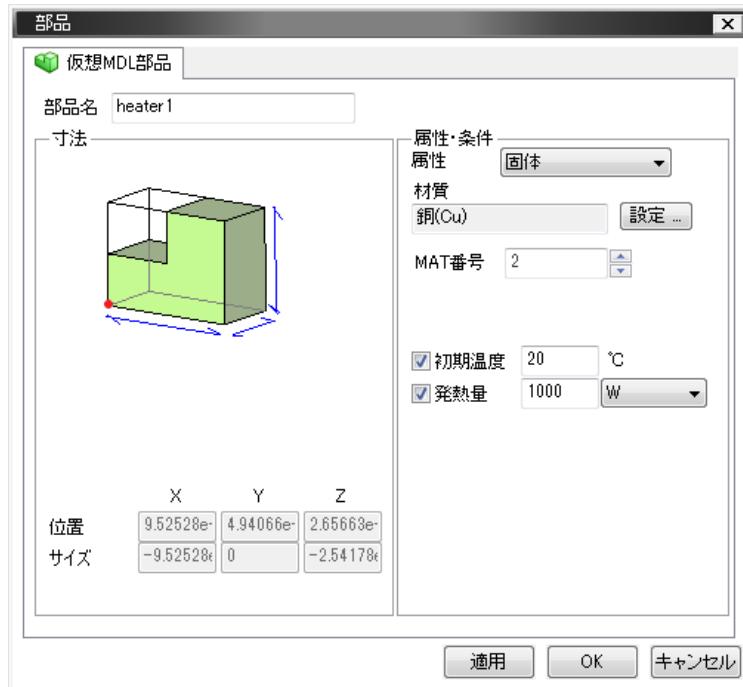


空気は初期温度が20°Cですので、[初期温度]にチェックを入れ[20]を入力します。

最後に、このSolid1に対する設定を確定するために[部品]ダイアログのOKを押します。

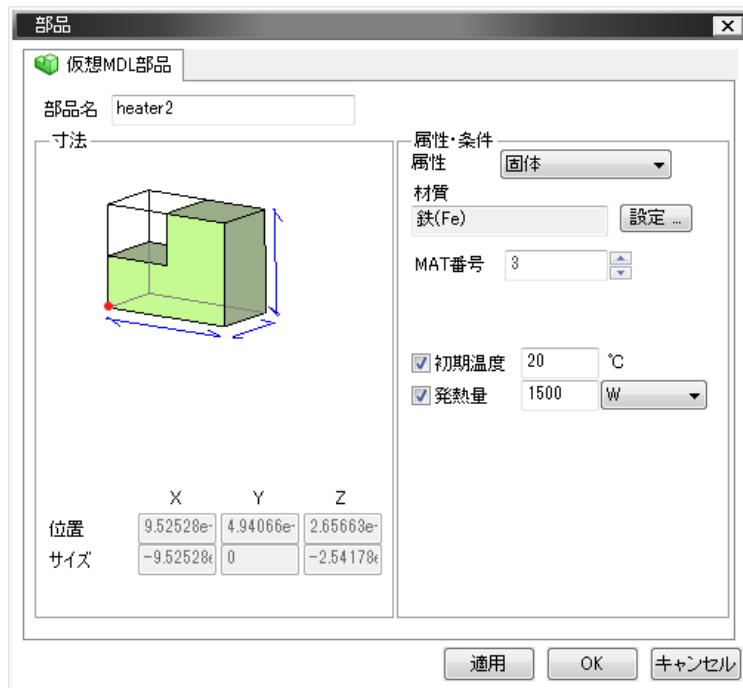
b. 発熱体(heater1)の設定

Solid2の[部品]ウィンドウを表示し、[部品名]をheater1、[属性]を[固体]とします。物性値の一覧から[純金属] - [鉄]を選択し、初期温度を[20][°C]、発熱量を[1000][W]とします。



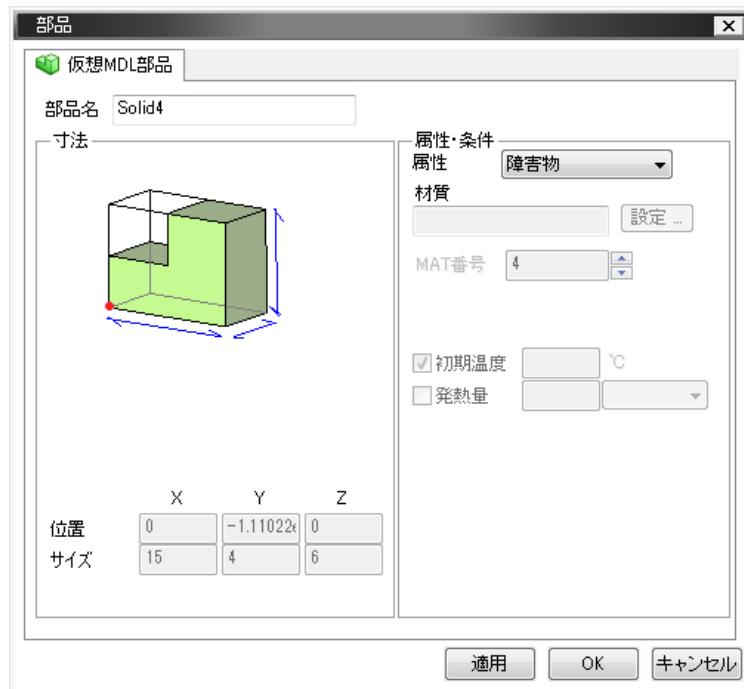
c. 発熱体(heater2)の設定

Solid3の[部品]ウィンドウを表示し、[部品名]をheater2、[属性]を[固体]とします。物性値の一覧から[純金属] - [鉄]を選択し、初期温度を[20][°C]、発熱量を[1500][W]とします。



d. 障害物の設定

Solid4の[部品]ウィンドウを表示し、[属性]を[障害物]とします。



(3) 面領域の登録

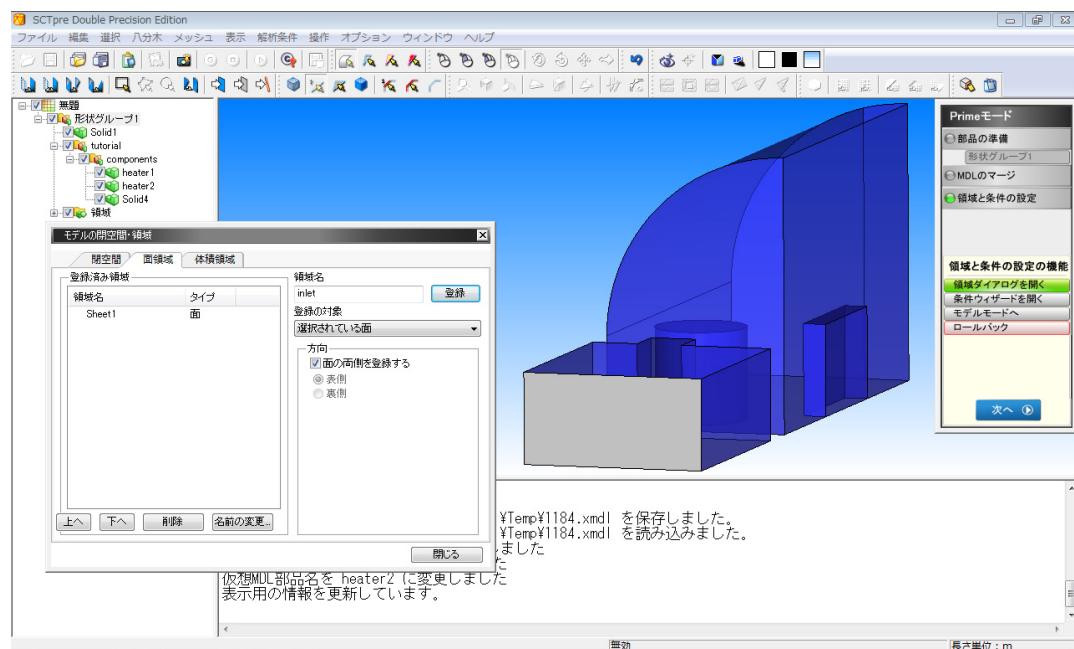
この解析では以下の6個の面領域を登録する必要があります。

- "inlet"(流入口)
- "outlet"(流出口)
- "symm_plane"(対称面)
- "walls"(倉庫と障害物の壁面)
- "wall_heater1"(銅の発熱体壁面)
- "wall_heater2"(鉄の発熱体壁面)

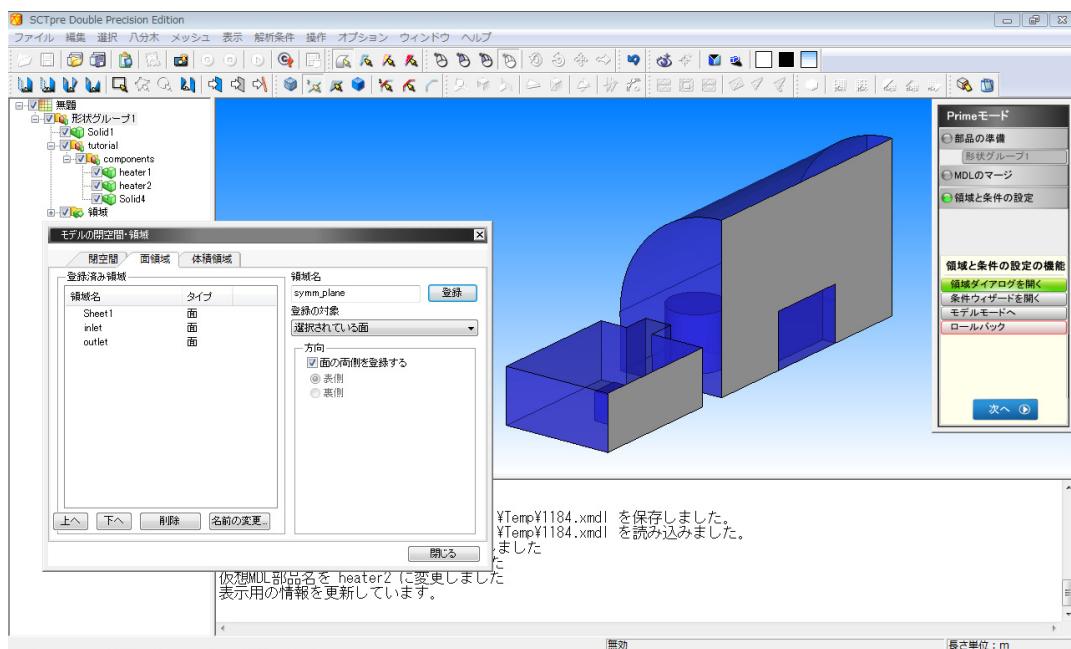
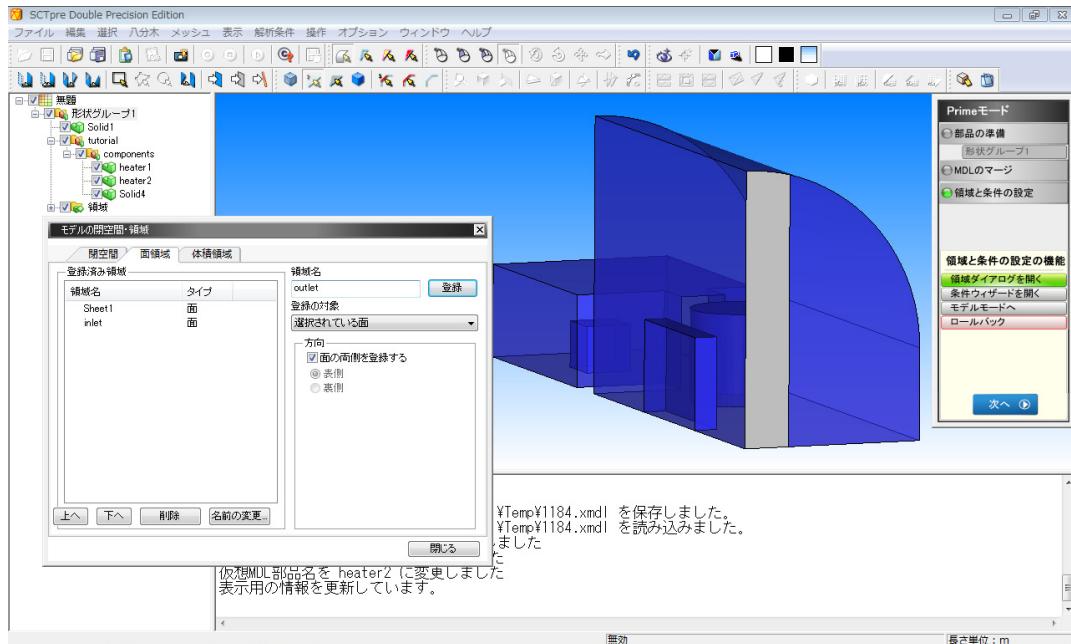
ナビゲーションウィンドウから[領域ダイアログを開く]を選び、表示された[モデルの閉空間・領域]ダイアログの[面領域]タブで順に面領域を登録していきます。

i) 流入出口と対称面の登録

流入口の面を選択し、その状態で[領域名]に[inlet]と入力、[登録の対象]を[選択されている面]として登録を押します。



同様に、流出口を[outlet]、対称面を[symm_plane]として登録します。



ii) 壁面の登録

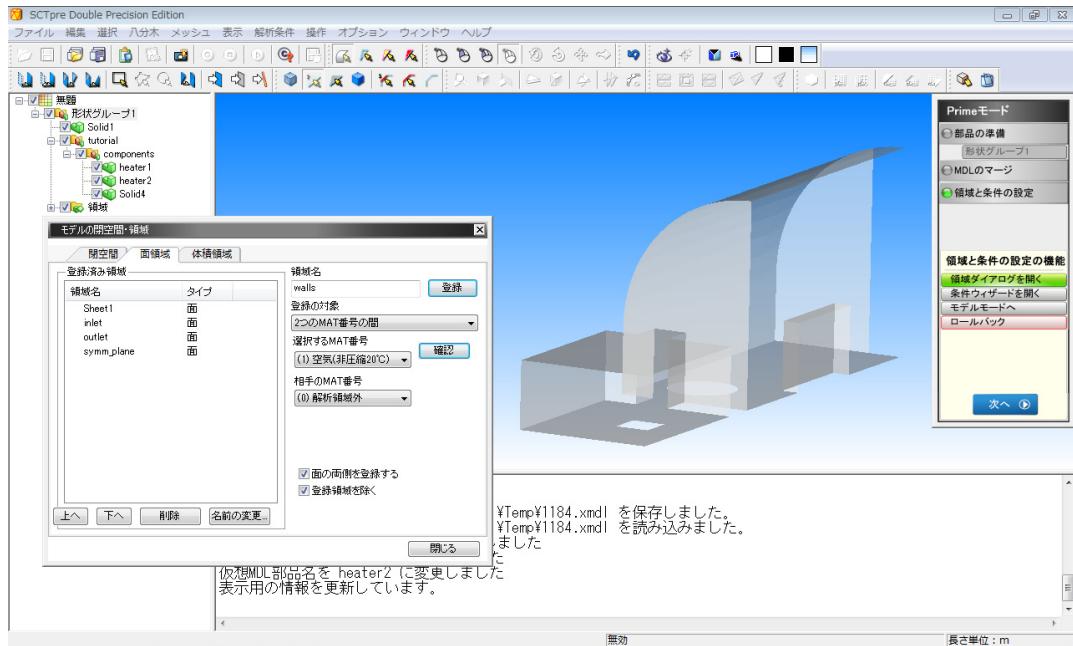
続いて、倉庫と障害物の壁面wallsを面領域登録します。

[登録の対象]を[2つのMAT番号の間]に変更してください。

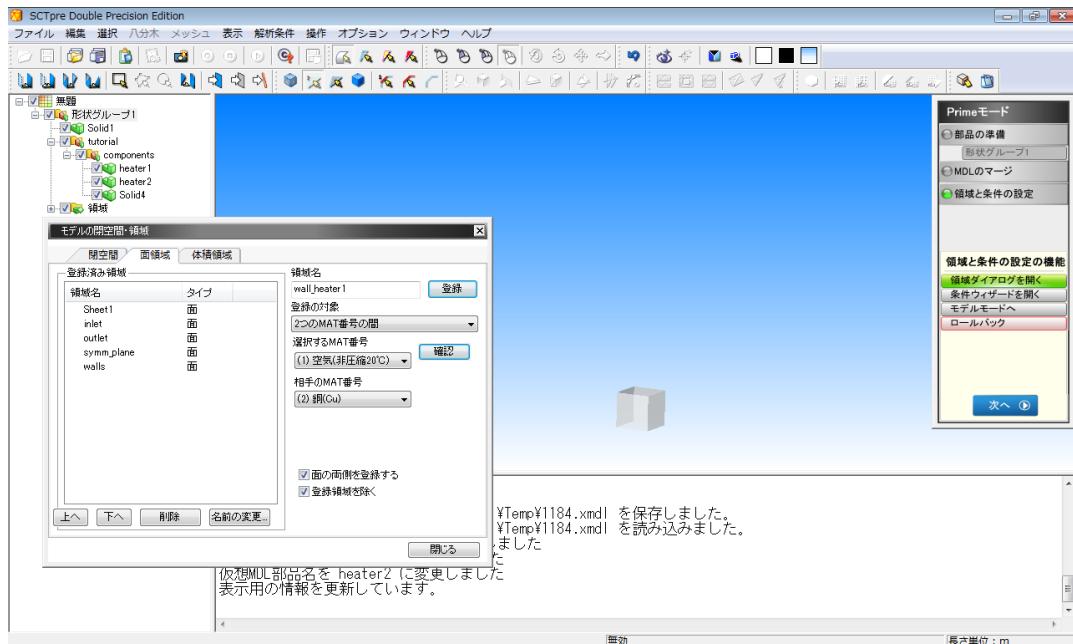
[選択するMAT番号]に1の空気, [相手のMAT番号]に0の解析領域外を選択し、確認をクリックします。

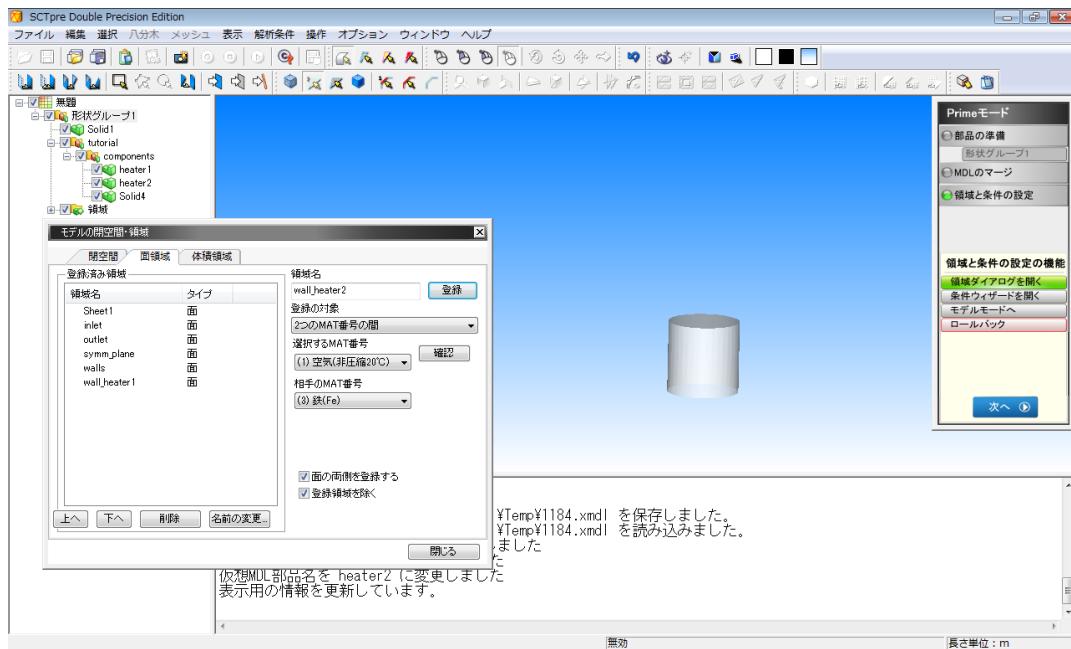
すると登録対象としてinlet, outlet, symm_plane部分も含まれてしまっていますので、[登録領域を除く]をONにして、再度確認をクリックしてください。

登録される面が問題ないことを確認したら、[領域名]に[walls]と入力して登録を選択してください。



同様に、空気と銅が接する面を[wall_heater1]、空気と鉄が接する面を[wall_heater2]として登録してください。





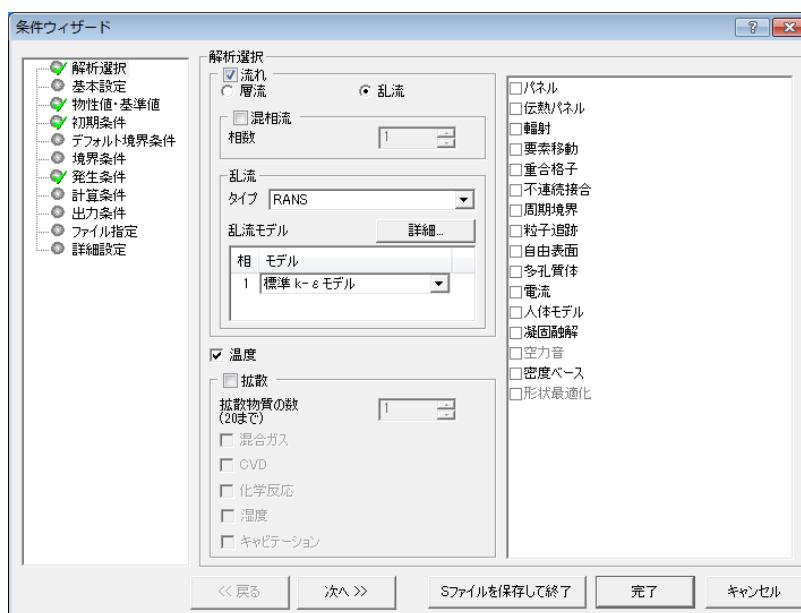
(4) 解析条件の設定

ナビゲーションから[条件ウィザードを開く]を選びます。

a. [解析選択]での設定

条件ウィザードを開くと[解析選択]項目が表示されます。

ここでは[温度]をONにしてください。それ以外はここでは設定する必要はありません。この解析は既に表示されている基本の設定項目だけで条件設定が済みます。そのまま次へ>>をクリックしてください。



b. [基本設定]での設定

[定常解析]はデフォルトで選択されています。

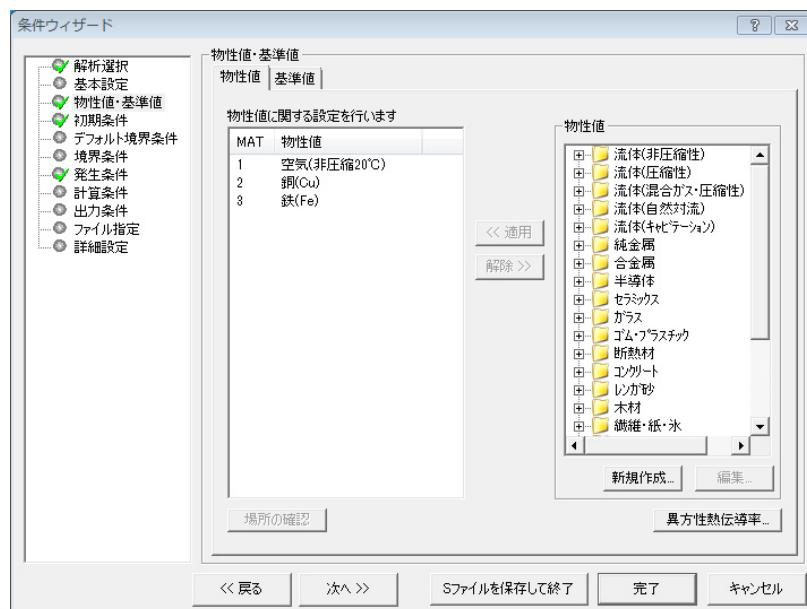
[終了サイクル]が[200]となっていることを確認してください。

入力したら、次へ>>をクリックしてください。



c. [物性値・基準値]での設定

[部品]で設定が終わっているので、設定の必要はありません。設定が問題ないことを確認したら、次へ>>をクリックしてください。



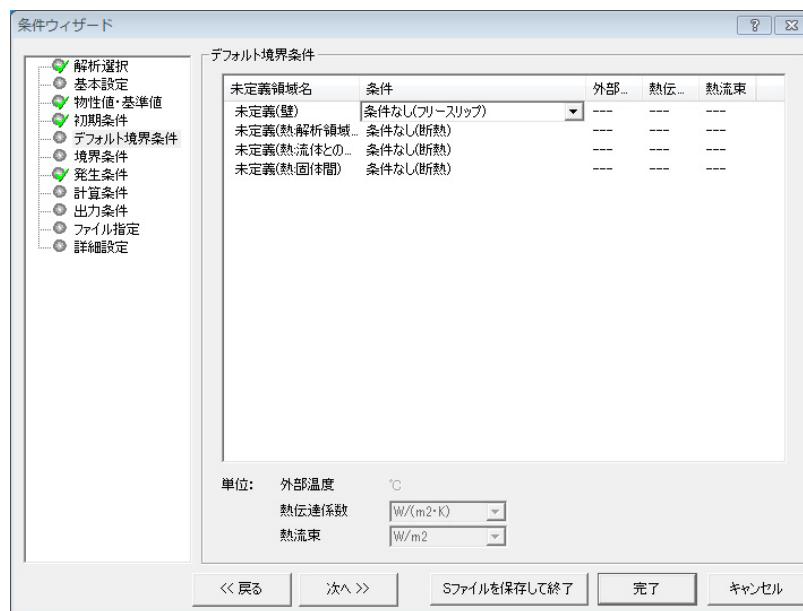
d. [初期条件]での設定

[部品]で設定が終わっているので、設定の必要はありません。設定が問題ないことを確認したら、次へ>>をクリックしてください。



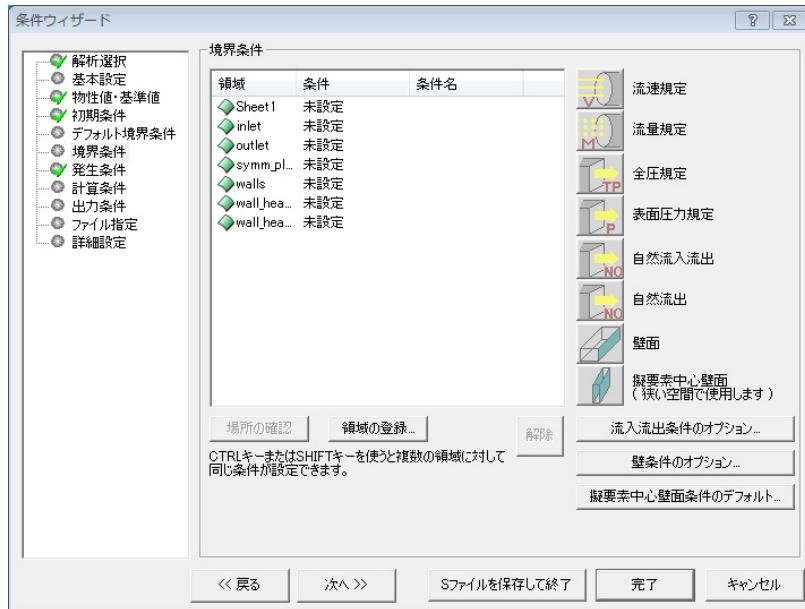
e. [デフォルト境界条件]での設定

特に設定は行いませんので、次へ>>をクリックしてください。



f. [境界条件]での設定

境界条件の項目では条件設定可能な領域のリストが表示されます。



f-1. 流入口(inlet)の条件設定

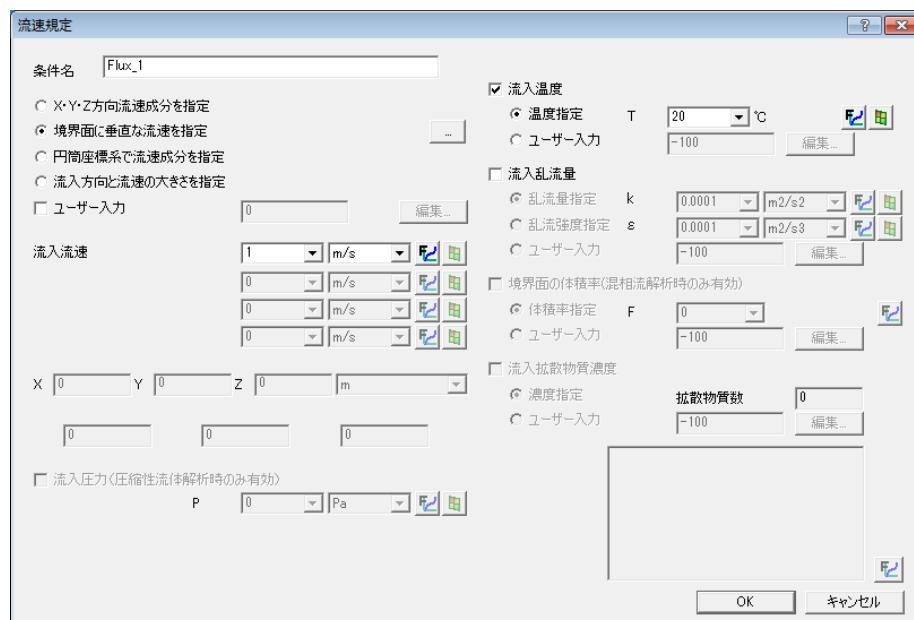
[領域]から[inlet]を選択し、[流速規定]をクリックしてください。

[条件名]はこれ以降、デフォルトで入力されている名称のままとしますが、任意の名称としてもかまいません。

[界面に垂直な流速を指定]を選択し、[流入流速]に[1]と入力してください。

[流入温度]をONにして、[T]に[20]と入力してください。

OKをクリックしてください。



f-2. 流出口(outlet)の条件設定

[領域]から[outlet]を選択し、[表面圧力規定]をクリックしてください。[圧力指定]が選択され、[P]が[0]であることを確認します。

[流入温度]をONにして、[T]に[20]と入力してください。

OKをクリックしてください。



f-3. 対称面(symm_plane)の条件設定

対称面はデフォルト境界条件が適用できるので特に設定は必要ありません。

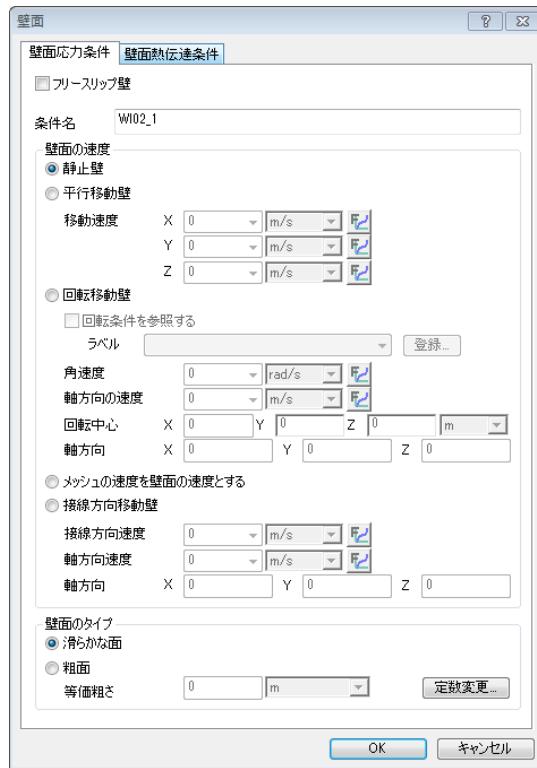
f-4. 領域(walls)の条件設定

[領域]から[walls]を選択し、[壁面]をクリックしてください。[フリースリップ壁]をOFFにして、

[静止壁]が選択されているのを確認します。

以上でOKをクリックしてください。

壁面熱伝達条件はデフォルトの断熱のままでよいので、ここでは設定しません。



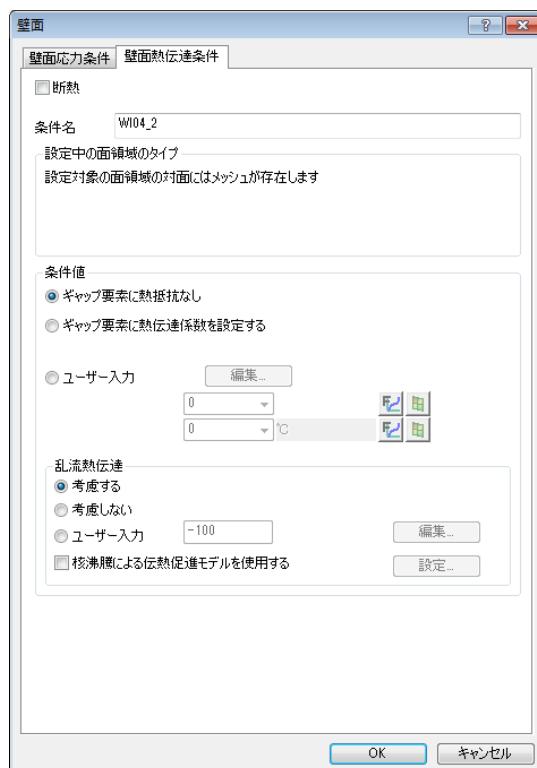
f-5. 領域(wall_heater1, wall_heater2)の条件設定

この2つの領域は固体と流体の境界面であり、どちらも対数則の壁面応力条件と熱伝達条件(乱流熱伝達で熱抵抗なし)の設定を行います。

[領域]から[wall_heater1]と[wall_heater2]の両方を選択して[壁面]をクリックしてください。

領域(walls)と同様に[フリースリップ]をOFFにして[静止壁]が選択されていることを確認して、[壁面熱伝達条件]タブをクリックしてください。

[断熱]をOFFにして、[ギャップ要素に熱抵抗なし]と[乱流熱伝達]が[考慮する]になっていることを確認してOKをクリックしてください。



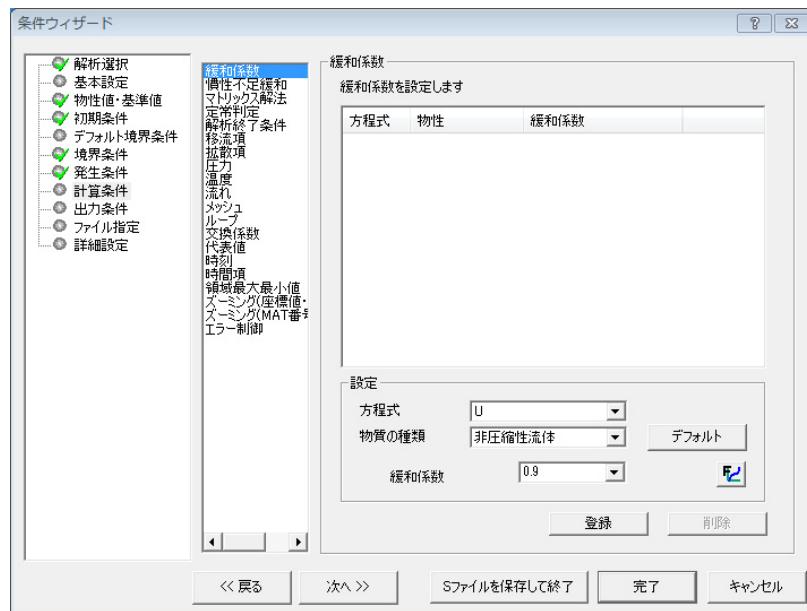
g. [発生条件]での設定

[部品]で設定が終わっているので、設定の必要はありません。設定が問題ないことを確認したら、次へ>>をクリックしてください。



h. [計算条件]での設定

特に設定は行いませんので、次へ>>をクリックしてください。

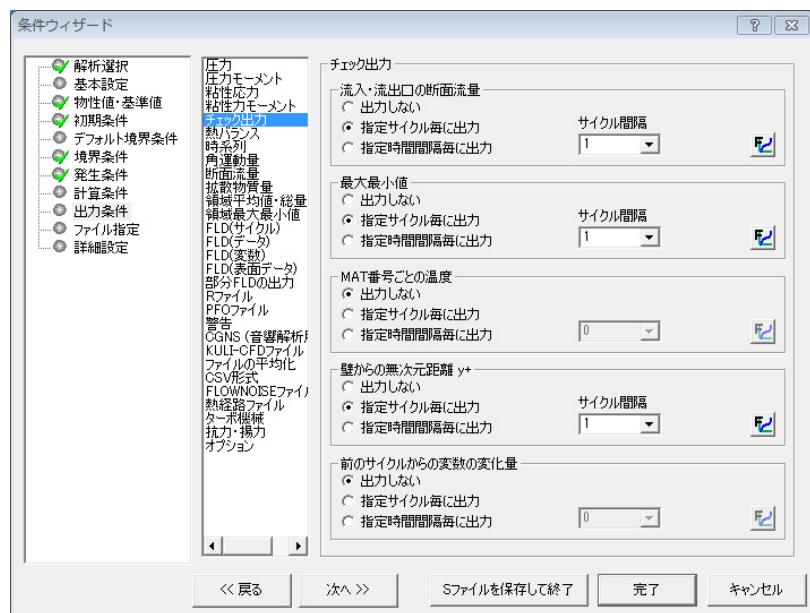


i. [出力条件]での設定

i-1. [チェック出力]の設定

[チェック出力]をクリックしてください。

[流入・流出口の断面流量], [最大最小値], [壁からの無次元距離y+]が[指定サイクル毎に出力]になっていて、[サイクル間隔]が[1]となっていることを確認します(デフォルトのままの設定です)。

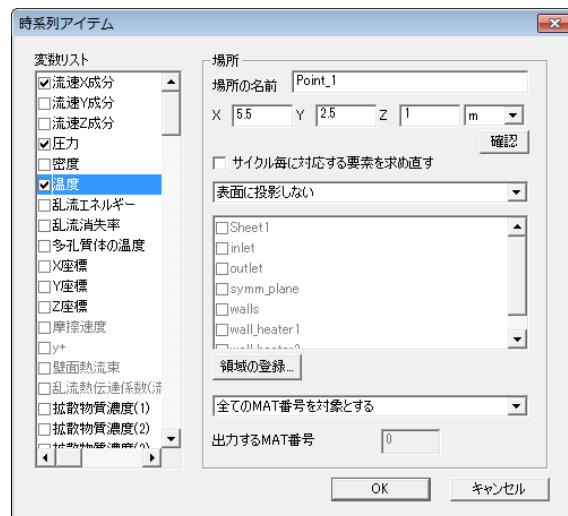
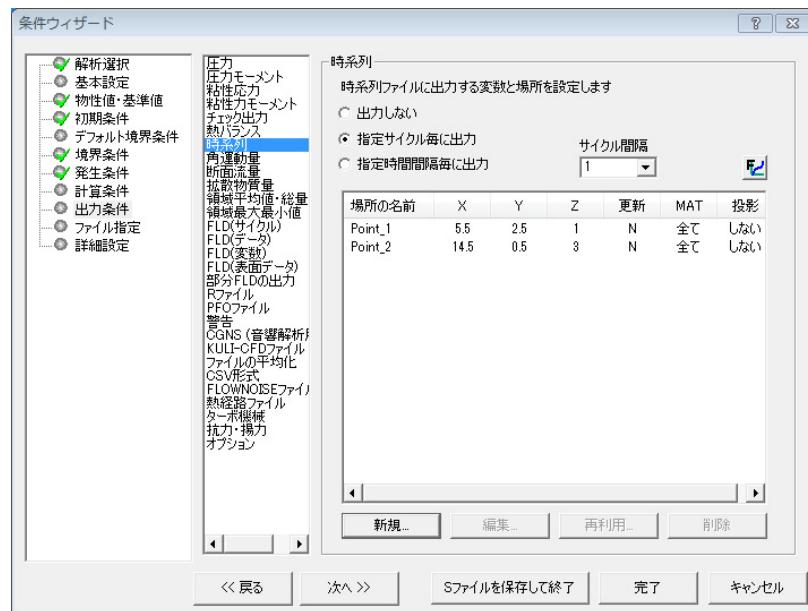


i-2. [時系列]の設定

[時系列]をクリックし[指定サイクル毎に出力]を選択後、新規ボタンをクリックしてください。

[時系列アイテム]ダイアログが立ち上がるるので、[変数]から[流速X成分], [圧力], [温度]を選択し、[場所]の[X], [Y], [Z]には[5.5], [2.5], [1]を順に入力してください。そしてOKをクリックしてください。

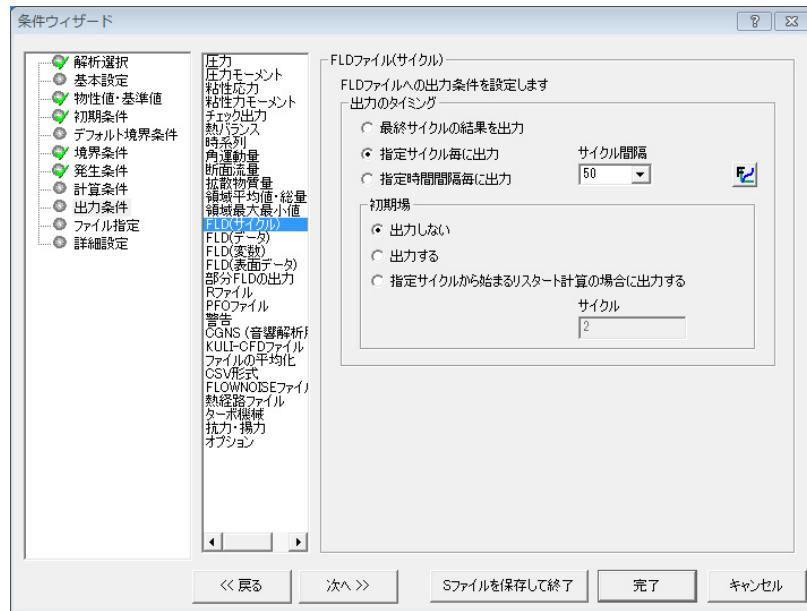
同様にして再度新規ボタンをクリックし、[変数]から[流速X成分], [温度]を選択し、[場所]の[X], [Y], [Z]に[14.5], [0.5], [3]と入力して、OKをクリックします。



i-3. [FLD(サイクル)]の設定

[FLD(サイクル)]をクリックしてください。

[指定サイクル毎に出力]を選択し、[サイクル間隔]に[50]と入力してください。



i-4. [FLD(表面データ)]の設定

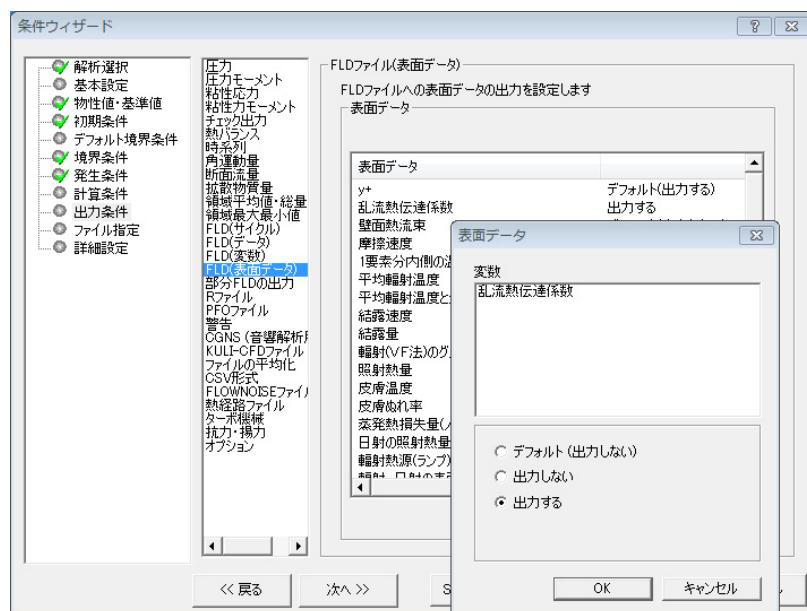
[FLD(表面データ)]をクリックしてください。

ここでは、乱流熱伝達係数、摩擦速度をFLDファイルに出力するように設定します。

[表面データ]から[乱流熱伝達係数]を選択し、設定をクリックしてください。

[出力する]を選択し、OKをクリックしてください。

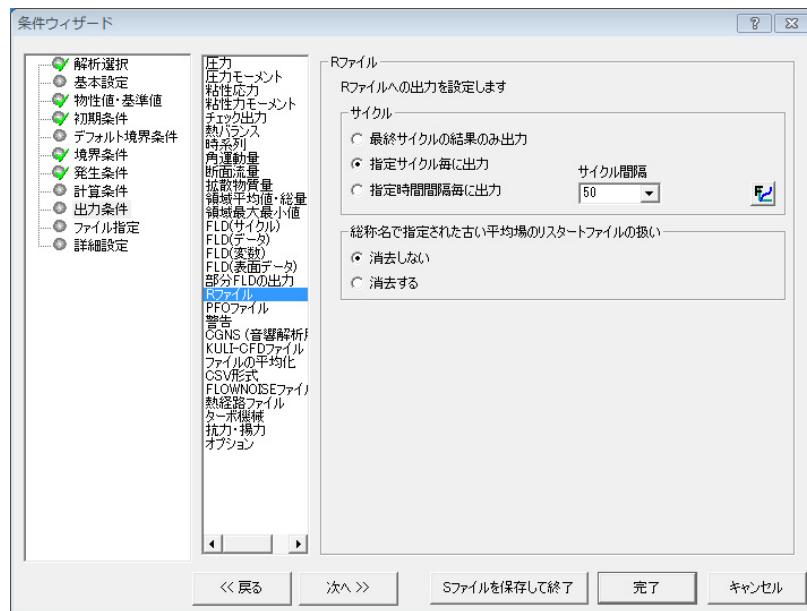
同様にして、[摩擦速度]も設定してください。



i-5. [Rファイル]の設定(リスタートファイル)

[Rファイル]をクリックしてください。

[指定サイクル毎に更新]を選択し、エディットボックスにサイクル間隔の[50]を入力してください。



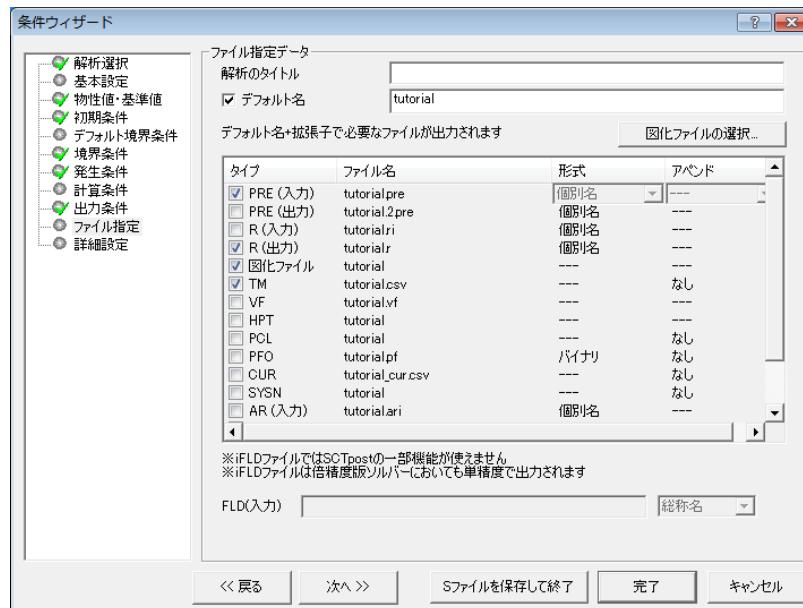
以上で[出力条件]での設定は終了です。

次へ>>をクリックしてください。

j. [ファイル指定]での設定

[デフォルト名]にチェックを入れ、名前に[tutorial]と入力します(任意の名称でもかまいませんが、入力用のPREファイルと一致するようにします)。

[PRE(入力)], [R(出力)], [FLD], [TM]がONになっていていることを確認して、次へ>>をクリックしてください。



最後に[詳細設定]の項目が表示されますが、これらはここでは設定しません。



すべての設定が終わったら、"完了"をクリックし、ナビゲーションウィンドウより[次へ]をクリックします。

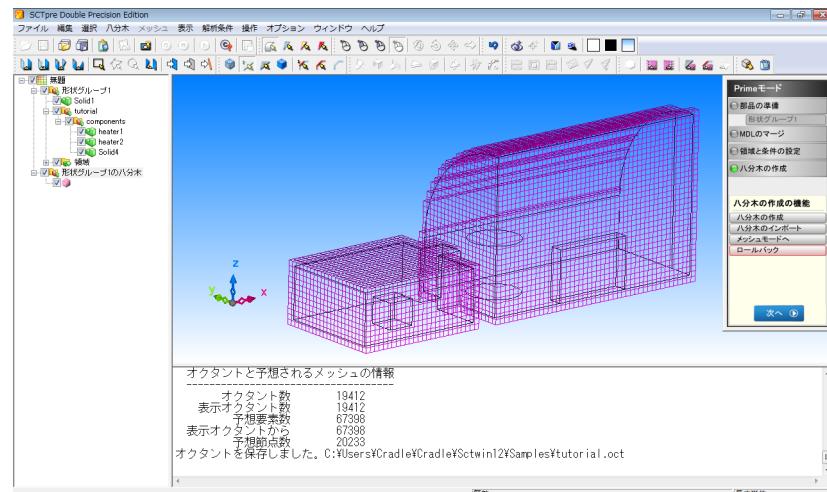
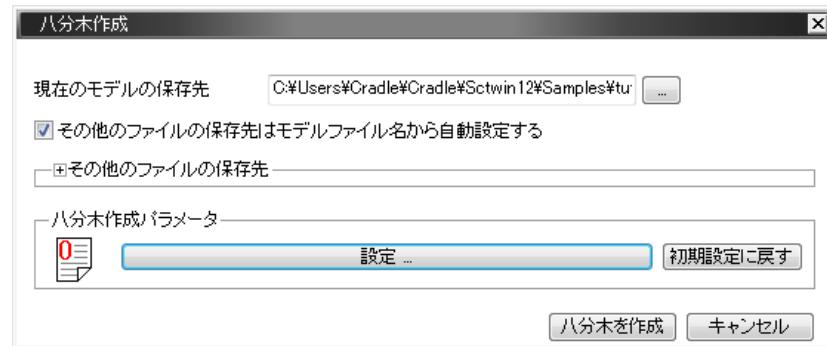
(5) メッシュ作成

a. 基本となる八分木の作成

ナビゲーションウィンドウより八分木の作成を選択し、八分木作成ダイアログの[八分木作成パラメータ]内、[設定]を実行します。

ここでは、[長さで入力]を選び、[最小オクタントサイズ]に[0.2]と入力して、OKをクリックし、[八分木作成]ボタンを実行します。

これで、一边の長さを0.2mとした基本となる八分木が作成されます。

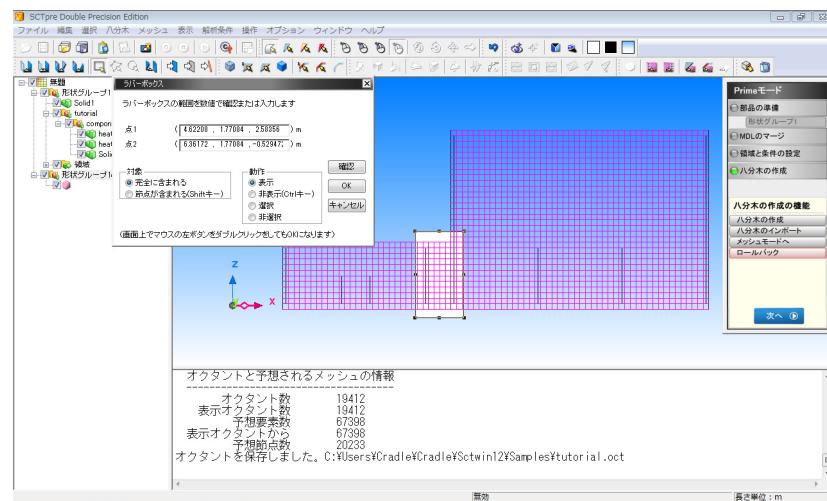


b. 八分木の再分割

- 流路が狭くなる部分の再分割
Yキーを押して、表示をX-Z面にします。

[表示] - [ラバーボックス表示]

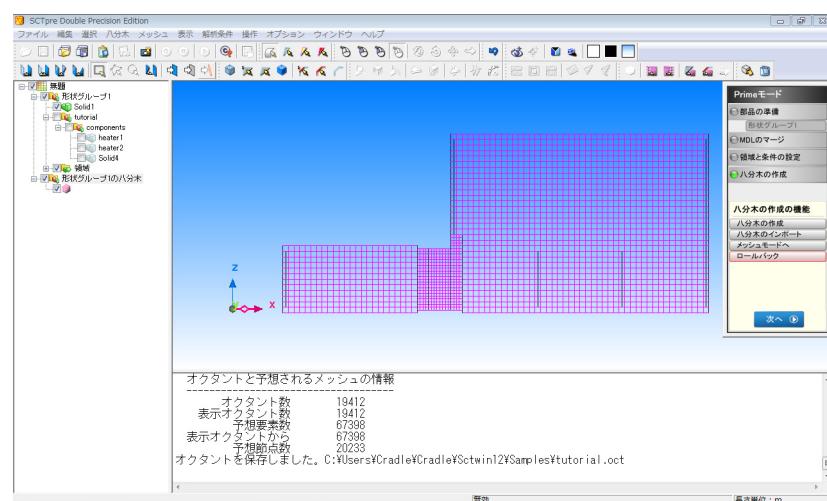
を選択してください。そして、流路が狭くなる部分をラバーボックスで囲んでください。最初、左ボタンを押して1つのコーナーを決め、押したままマウスを移動して囲み、左ボタンを放してください。



OKをクリックしてください。

[八分木] - [オクタント編集] - [再分割(1回)]

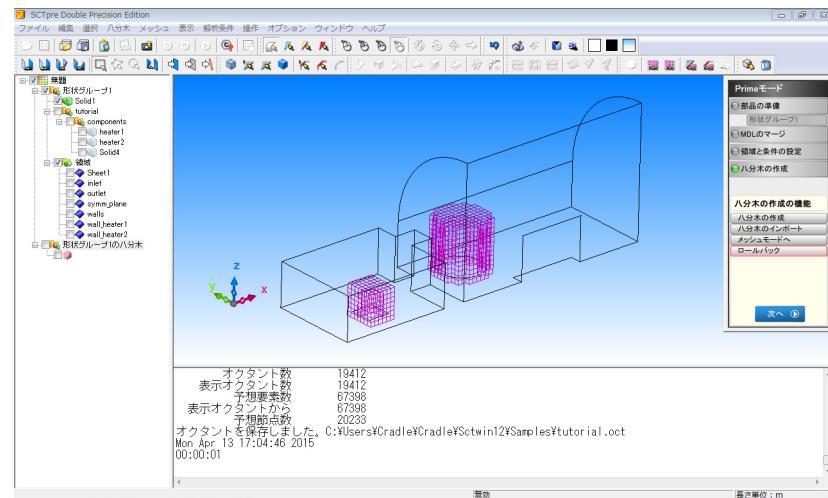
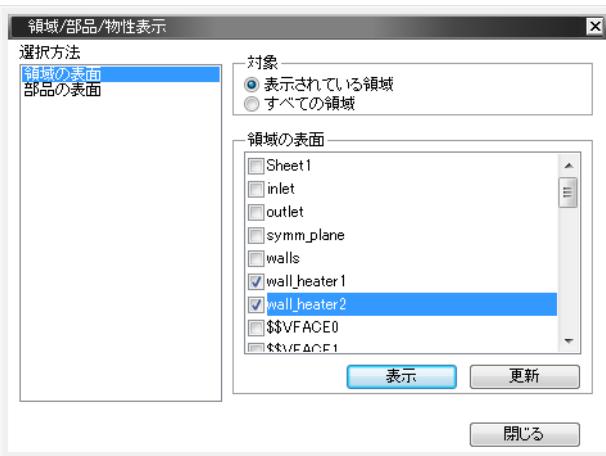
を選択してください。



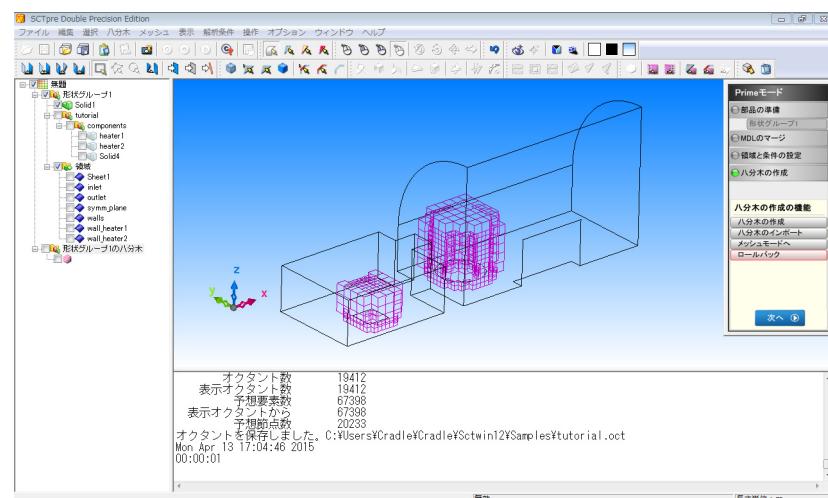
流路が狭くなる部分が再分割されました。

- 固体近傍の再分割

[八分木] - [オクタント表示] - [領域/部品から表示]を実行し、[領域の表面]から[wall_heater1]および[wall_heater2]にチェックを入れて表示を実行します。



次に[八分木] - [オクタント表示] - [近傍表示] - [表示領域に面でつながった近傍]を選択して再分割する部分を広げてください。



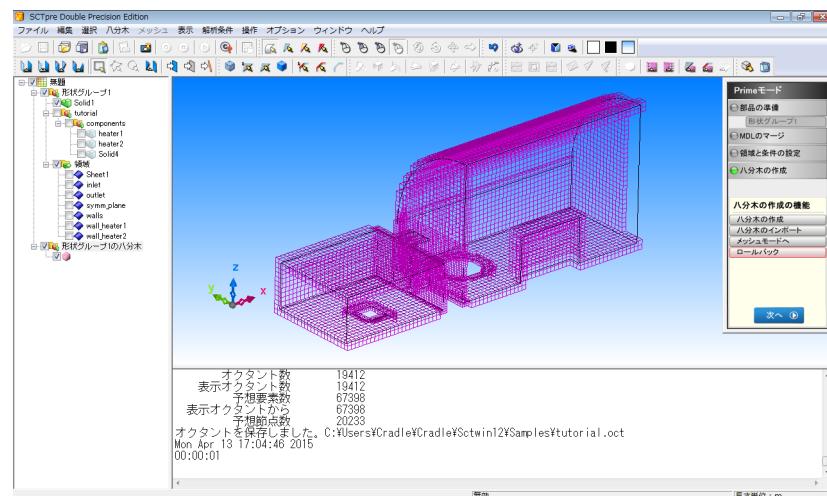
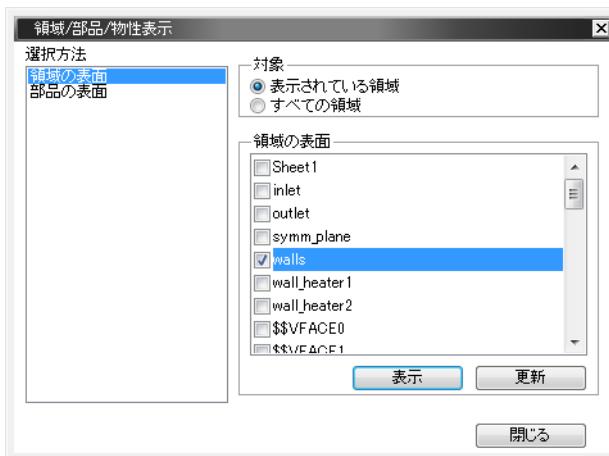
そして、

[八分木] - [オクタント編集] - [再分割(1回)]

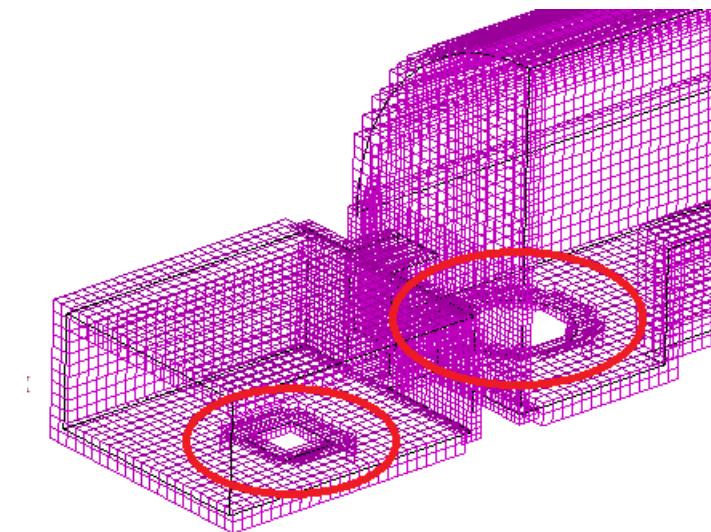
を選択してください。

- 外側の壁の近傍の再分割

[八分木] - [オクタント表示] - [領域/部品から表示]を実行し、[領域の表面]から[walls]にチェックを入れて表示を実行します。



外側の壁の近傍のオクタントが表示されました。固体近傍に注目すると、次頁図に示すように既に再分割した細かいオクタントも表示されていることが分かります。

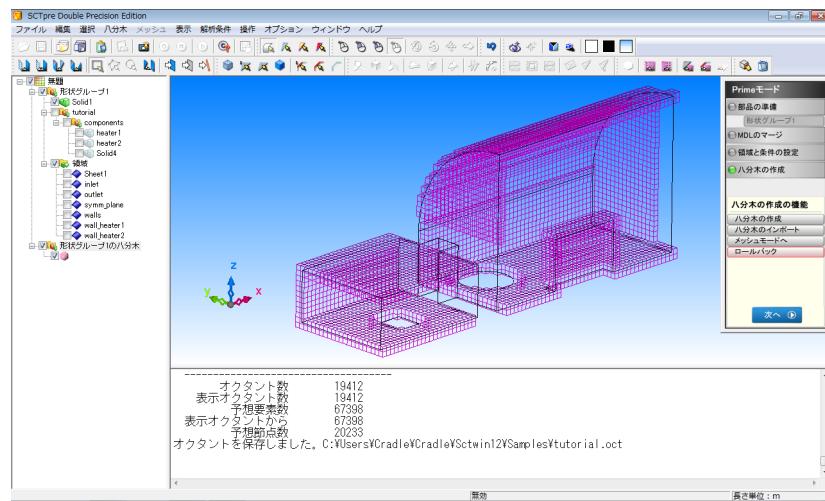


ここで固体近傍をさらに再分割する必要はありませんので、除外します。

[八分木] - [オクタント表示] - [分割レベル表示]
を選択してください。

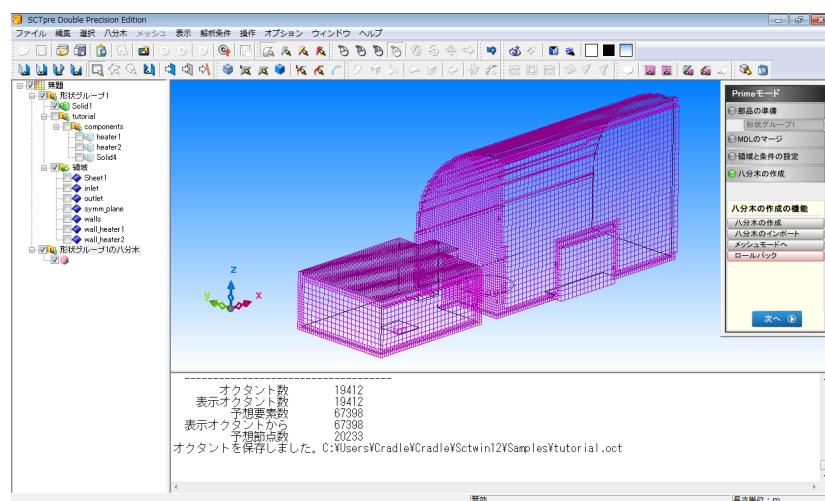


現在配置されているオクタントのサイズと分割レベルを確認することができます。先に再分割を行っている固体近傍のオクタントサイズは最も小さい[0.1]ですので、該当する[level 8]をOFFにし、表示、閉じるをクリックします。



そして、

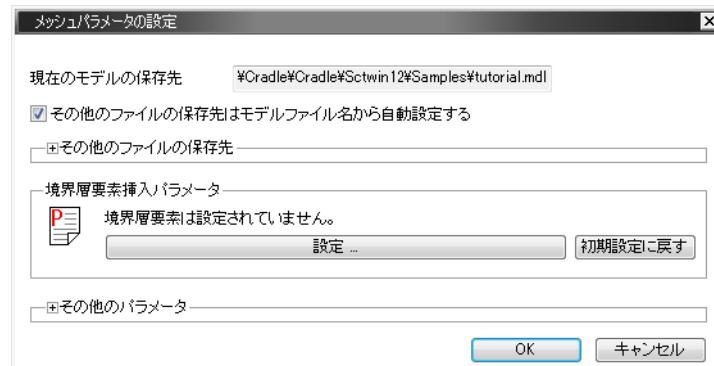
[八分木] - [オクタント編集] - [再分割(1回)]
を選択してください。



以上の作業で、メッシュの大きさを決める八分木が作成できましたので、ナビゲーションウィンドウの次へを押します。

c. メッシュの作成

ナビゲーションウィンドウのメッシュパラメータの設定を押して、メッシュ作成を行います。メッシュパラメータの設定ダイアログ内、[境界層要素挿入パラメータ]の設定をクリックしてください。



リストから、[walls], [wall_heater1], [wall_heater2]を選択し、[パラメータ]で

[1層目の厚さ] [0.02]

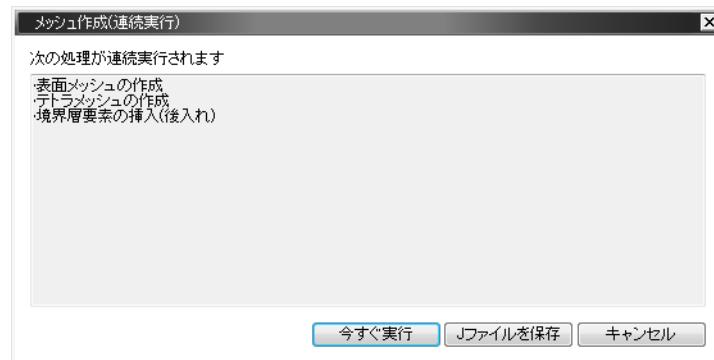
[厚みの変化率] [1.1]

[层数] [3]

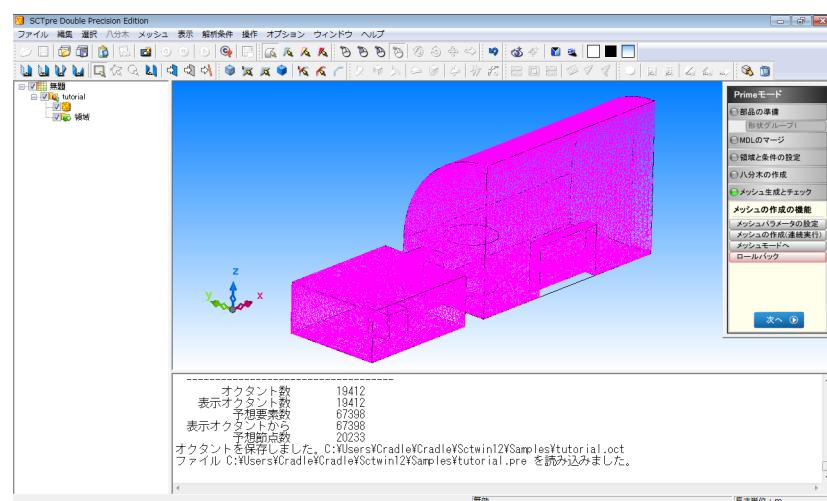
と入力してください。

<<適用をクリックし、OKをクリックし、続いてメッシュパラメータの設定ダイアログもOKをクリックしてください。

続いて、ナビゲーションウィンドウからメッシュの作成（連続実行）を押してください。



そして今すぐ実行を押すとメッシュが作成されます。



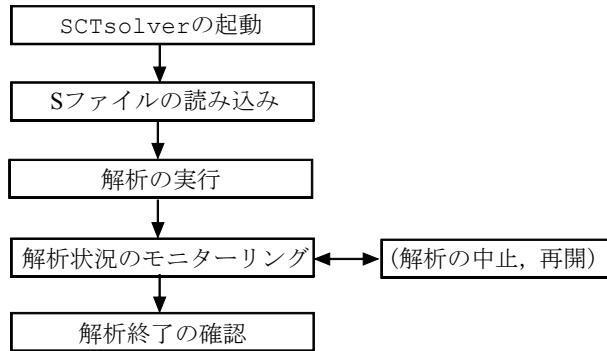
(6) SCTPreの終了

[ファイル] - [アプリケーションの終了]
を選択し、終了をクリックしてください。

第4章 SCTsolverによる解析の実行

4.1 SCTsolver操作手順

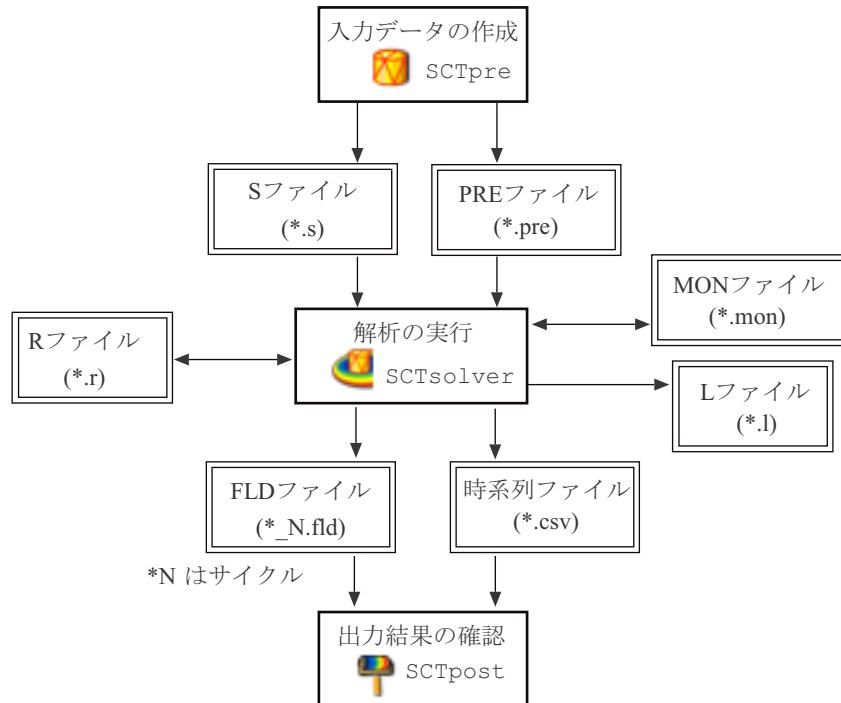
SCTsolverでは、SCTpreで作成、出力した解析条件(S)ファイル、メッシュ(PRE)ファイルをもとに解析の計算を実行します。SCTsolverでの操作の流れは、以下のようになります。



SCTsolverのインターフェースは、解析が正しく行われているかどうかチェックするモニターリング機能を備えているため、単に**モニター**と呼ばれることがあります。

4.2 SCTsolverの関連ファイル

SCTsolverは、SCTpreで出力したファイルを読み込み、計算結果をSCTpostで読み込むことのできる形式で出力します。SCTsolverに関する主なファイルを以下に示します。



- **Sファイル**

SCTsolver実行のための解析条件入力データです。計算に使用するファイルおよび解析条件の情報が保存されていて、SCTpreから出力されます。

- **PREファイル**

SCTsolver実行のためのメッシュ入力データです。解析に必要なメッシュの幾何情報およびモデルに登録された面、体積領域の情報を含み、SCTpreから出力されます。

- **Rファイル**

SCTsolverのリスタート入出力データです。計算終了時の情報が保存されており、リスタート計算を行う際に入力データとして使用されます。

- **MONファイル**

SCTsolverのモニター入出力データです。計算終了時のモニターの情報が保存されており、モニタリング状況を再現することができます。リスタート計算を行う場合は、MONファイルをSCTsolverに読み込み、計算終了時の状況に戻してから実行します。

- **Lファイル**

SCTsolverの出力リストです。解析の進行状況、その他リスト出力設定を行った項目の情報が、解析実行中に随時出力されます。Sファイルと同じ名前で自動出力されます。

- **FLDファイル**

フィールド図(ある瞬間の解析領域全体の状態を表す図。ベクトル図やコンター図など)を表示するためのデータが保存されています。SCTpostで読み込み、結果の可視化を行います。

- **時系列ファイル**

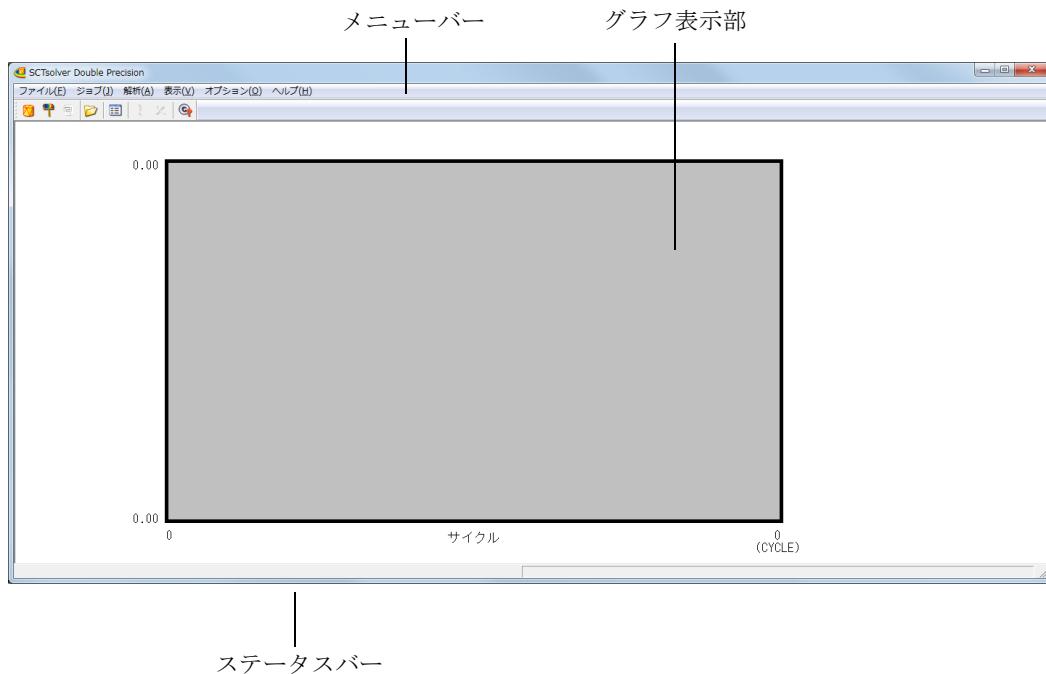
指定位置における指定変数の時系列データが保存されています。SCTpostで読み込み、変数の時系列グラフを表示することができます。

4.3 SCTsolverの基本操作

(1) 起動

起動ツールより、を押すことで、起動することができます。

(2) 画面構成



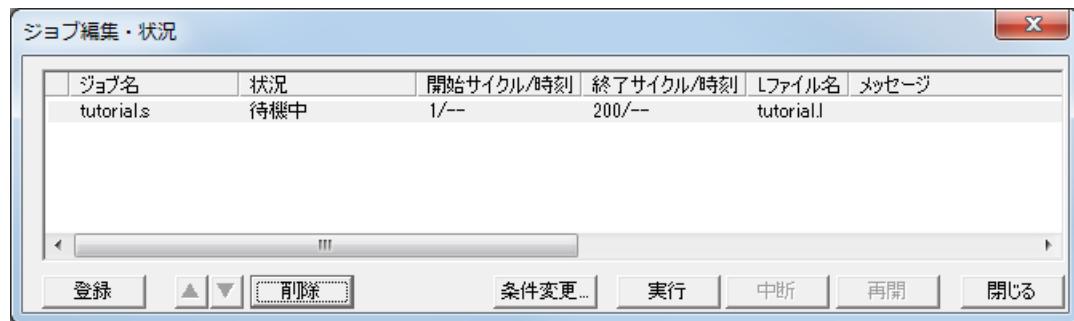
- グラフ表示部
解析途中経過の情報をグラフ表示します。
- ステータスバー
現在のサイクル、解析終了までの所要時間予測などを表示します。

4.4 操作手順の具体例

(1) Sファイルの読み込み

[ファイル] - [登録]を選択してください。SCTpreで保存した[tutorial.s]を選択し、開くをクリックしてください(Sファイルをモニターにドラッグ&ドロップすることでも読み込むことができます)。

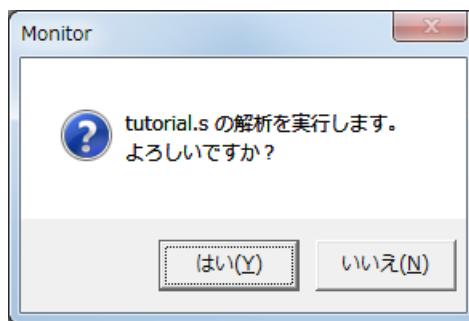
Sファイルを読み込むと、[ジョブ編集・状況]ダイアログが開きます。



(2) 解析実行

[ジョブ編集・状況]ダイアログで実行をクリックしてください。

"tutorial.sの解析を実行します。よろしいですか?"と聞かれます。
はいをクリックしてください。



SCTSsolverの計算がスタートします。

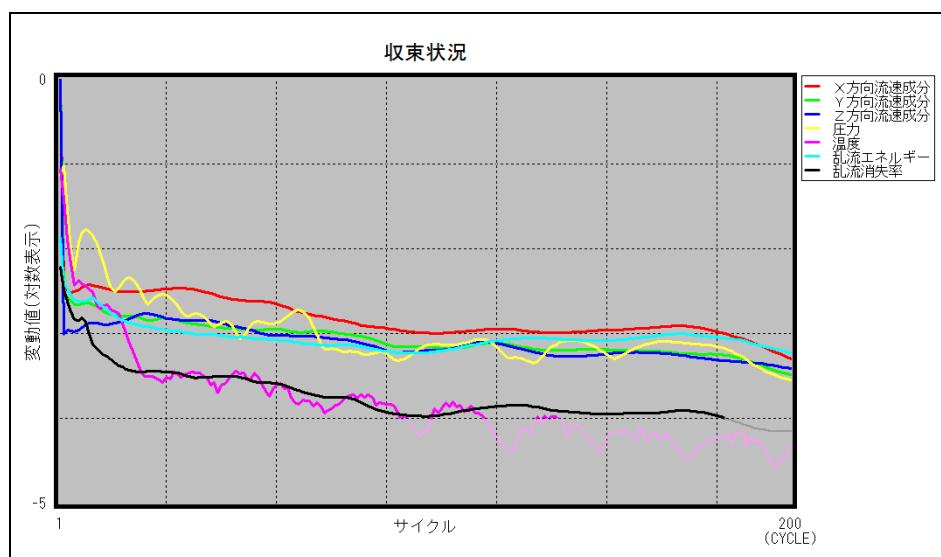
(3) 進行状況確認

正しく計算できているかどうか、計算の進行状況をみながら確認してみましょう。

入念にチェックしたつもりでも、入力ミスなど様々な要因で計算がうまくいかないことがあります。計算が終わってから、計算がうまくいっていないことがわかったとしたら、その間の計算実行時間は無駄になってしまいます。そのようなことがないように、なるべく早くミスを見つけるため、進行状況を確認しながら計算を進めるようにしましょう。計算の進行状況は、モニターで直接確認することができます。

a. 収束状況を確認する

定常解析の場合、モニターがデフォルトで表示するのが収束状況です。



収束状況は、計算の各変数(X方向流速、圧力、乱流エネルギーなど)の計算サイクル毎の相対変動量を対数表示します。各変数の相対変動量が右肩下がりのグラフを示していれば、解析が定常状態に向かって収束しつつあると判断することができます。定常解析は、全ての変数の相対変動量が判定基準以下になったときに自動終了します。また、定常解析では最終的な収束解のみが意味を持ち、計算の途中サイクル(特に計算初期)に出力される結果はあまり参考にならないということに注意が必要です。

(補足) 定常判定方法

サイクル毎の各変数の相対変動量以外でも以下のような方法で定常判定が可能です。収束状況はLファイルから確認できます。これらの定常判定方法を組み合わせて定常判定を行う事も可能です。

・ [出力条件]-[熱バランス]-[定常判定]

各物性ごとの熱の流入出と発熱吸熱量のバランスで定常判定を行います。熱解析では定常状態で各物性毎に熱エネルギーの收支がバランスしている必要があります、そのチェックのために用います。

・ [出力条件]-[領域平均値・総量]-[計算打ち切り判定]

任意の領域における様々な物理量の値で定常判定を行います。例えば「特定部品の平均温度が収束した場合」のような定常判定が可能です。

・ [出力条件]-[角運動量]-[定常判定]

任意の領域における角運動量の計算サイクル毎の変動量で定常判定を行います。旋回流等を評価対象としている場合に用います。

- [計算条件]-[定常判定]-[その他]([項目]-[質量流量])

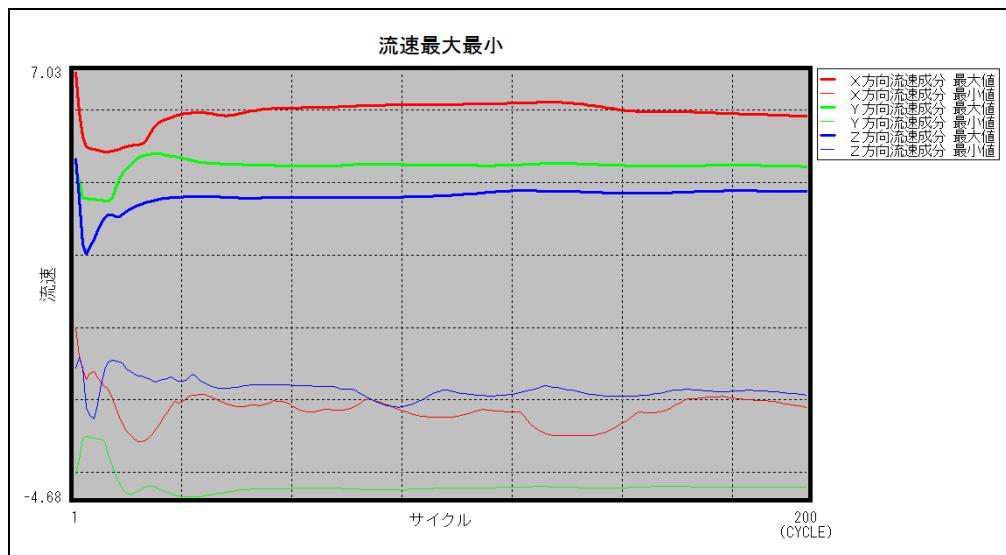
計算領域の質量流量の収支で定常判定を行います。圧縮性解析では定常状態で質量流量収支がバランスしている必要があります、そのチェックのために用います。
- [人体モデル]-[オプション]-[規格化した定常判定値]

温熱環境人体熱モデルで各人体における体温の平均変動量で定常判定を行います。流れ場だけでなく人体の体温が収束しているかどうかのチェックに用います。

b. 最大最小値を確認する

[表示] - [流速最大最小]

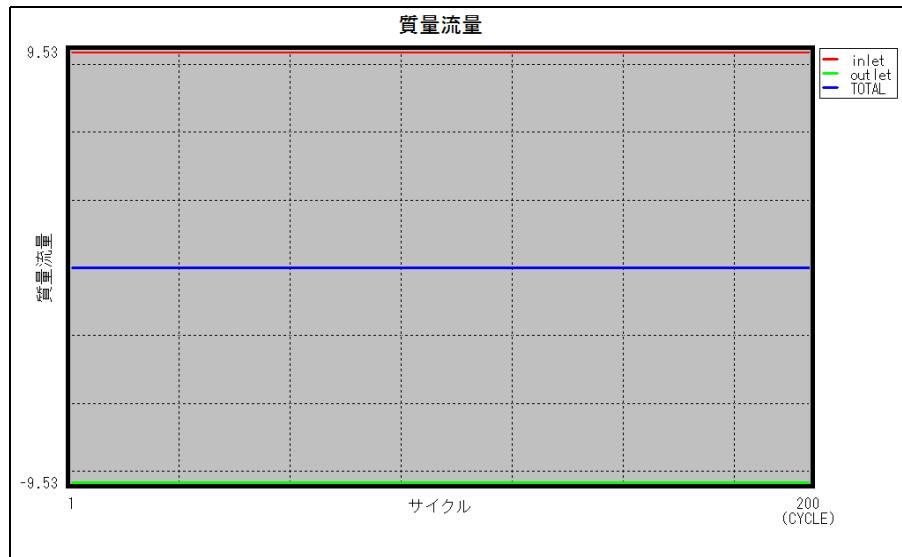
を選択してください。



流速の最大最小値の計算サイクル毎の変動がグラフ表示されます。流速のほかにも、解析中の各変数について領域内の最大値・最小値を表示することができます。各変数の値が妥当な値に落ち着いていれば、解析が正常に進んでいると判断することができます。

c. 流量バランスを確認する

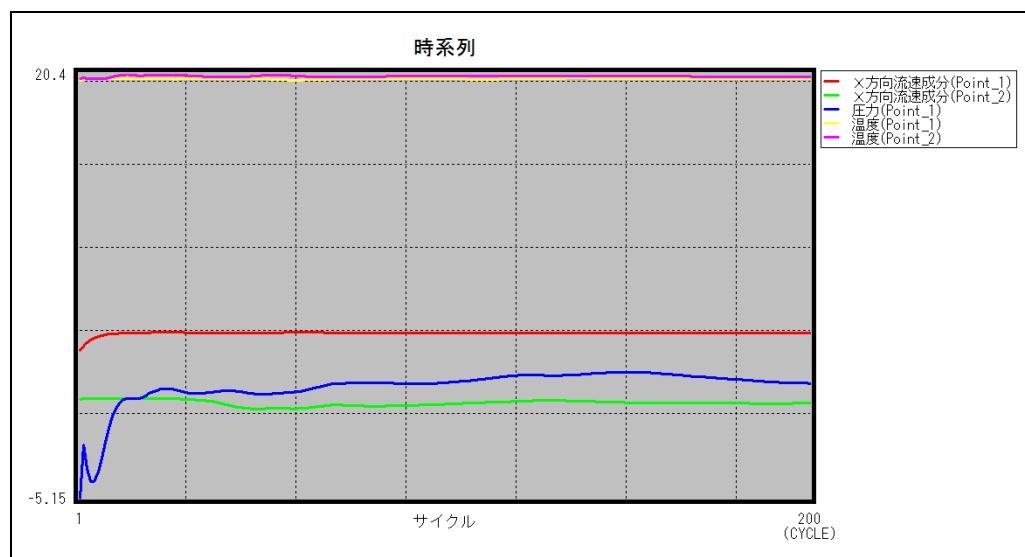
[表示] - [流量バランス]
を選択してください。



領域内の全開口部について、流入量、流出量のTOTALが表示されます。通常の解析では、質量流量の流入量=流出量が成り立ちます。よってここでは、流入と流出の差が0に近い値になっているかどうかを確認します。流入と流出の差が0付近で落ち着いていれば、計算が正常に進んでいると判断することができます。

d. 時系列グラフを表示する

[表示] - [時系列]
を選択してください。



時系列ファイルに出力されているデータがグラフ表示されます。計算進行中に随時読み込まれるので、指定した時系列データの様子をリアルタイムに表示させることができます。

(メモ) 時系列グラフは、指定点における変動地の変化の様子を追ったグラフになりますので、グラフが一定に落ち着いていれば、定常に達していると判断することができます。よって、定常解析のときには任意の場所に注目した定常判定にも用いることができます。

(メモ) 時系列グラフを表示するには、あらかじめSCTpreで出力設定を行う必要があります(i-2.[時系列]の設定(時系列データの出力)参照)。

(メモ) 時系列グラフは解析終了後、SCTpostで表示することもできます((7)[時系列]オブジェクト,[グラフ]オブジェクト参照)。

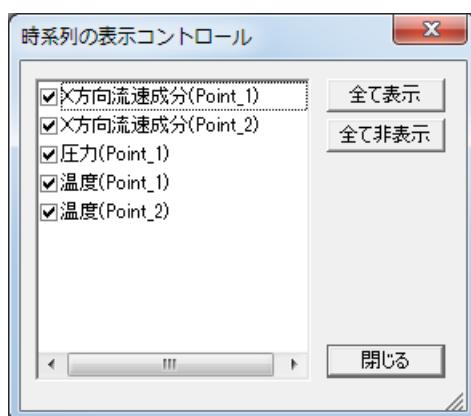
e. モニターの表示コントロールを行う

- 表示コントロール

[表示] - [表示コントロール]

を選択してください。

グラフ表示のON/OFFをコントロールすることができます。

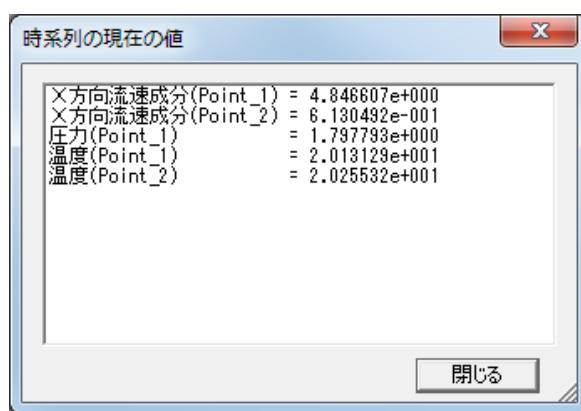


- 現在の値を表示

[表示] - [現在の値を表示]

を選択してください。

現在グラフに表示されている内容の最新の計算サイクルでの値が表示されます。



- 最近のサイクルのみ表示

[表示] - [最近のサイクルのみ表示]

を選択してください。

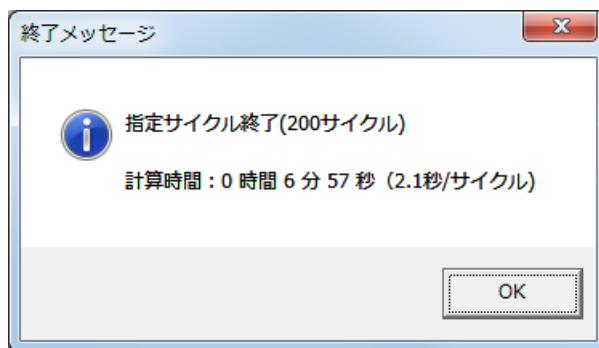
現在の計算サイクルから、指定された表示サイクル幅だけさかのぼってグラフを表示することができます。[表示] - [表示サイクル幅指定]で表示幅を変更できます。

(4) 解析終了

解析が正常に終了したことを確認します。

a. 終了メッセージを確認する

解析が正常に終了すると、終了メッセージが表示されます。ここで、計算時間、収束サイクル数を確認することができます。



また、[ジョブ編集・状況]ダイアログでも計算時間と収束サイクルを確認することができます。

計算終了時にMONファイル(*.mon)が自動的に出力されますが、MONファイルには計算終了時の情報が保存されているので、SCTsolverを終了した後でも再度MONファイルを読み込むことによって、計算時間、収束サイクルを確認することができます。

OKをクリックし、ダイアログを閉じてください。
解析が終了しましたので、SCTsolverを終了します。

注. "指定サイクル終了" の終了メッセージで定常解析が終了した場合、計算が定常に達してはいないということに注意が必要です。計算が定常に達すると"定常終了"とメッセージが表示されます。計算を続行し、定常に達するまで計算を行うには、次項に説明するリスタート計算を行ってください。

b. SCTsolverの終了

[ファイル] - [終了]
を選択してください。

c. Lファイルを確認する

Lファイルは解析中に出力されるファイルで、さまざまな情報が出力されています。モニターに表示されるグラフでも計算の進行状況を確認することはできますが、Lファイルを見ることによって数値的に確認することができます。出力メッセージについては、[ユーザーズガイド リファレンス\(ソルバー\)編 第3章 3.1 計算時メッセージ](#)を参照してください。

代表的な出力内容について以下に示します。

- サイクル数

```
### CYCLE      100 ### TIME =      1000.00
          ↑           ↑
          現サイクル       現時刻
```

これは非定常解析のときの例です。本例題のように定常解析のときは、

```
### CYCLE      200 ###
```

と現サイクルのみが出力されます。また、同様の内容はモニターのステータスバーにも表示されます。

- 流量バランス

解析領域に存在する流入口、流出口での流量を出力します。

```
==== BOUNDARY FLUX ====
  REGION          AREA        MASS FLUX      VOLUME FLUX
  inlet           8.00005     9.52930      7.90168
  outlet          6.02459    -9.52937     -7.90163
  TOTAL:         14.0246    -6.96182e-005  4.52995e-005
          ↑           ↑           ↑           ↑
          領域名       領域面積     質量流量      体積流量
```

TOTALの質量流量がゼロに近い値ではない場合、不自然な質量の発生が起こっているため、計算条件などが正しいかどうか確認する必要があります。モニターには[流量バランス]のグラフで表示されます。

- 領域最大値・最小値

解析領域内での各変数の最大値・最小値を出力します。

```
==== FIELD EXTREMA ====
  VAR      MAX/MIN          X          Y          Z (   NODE)
  U       5.53893     7.90390    3.52344    0.563174 ( 51551)
          -2.01029    11.0213     0.000424458   5.84166 ( 80533)
  V       4.11654     7.21561    3.14476    0.0296402 ( 38428)
          -4.03240    7.17325    1.89641    0.889463 ( 47454)
  W       3.38735     6.98374    2.50280    1.90963 ( 53060)
          -1.50708    8.87390    2.00660    1.05345 ( 80626)
  P       14.8756     2.00000    1.45510    0.386455 ( 4120)
          -10.1701    7.71963    3.44425    0.195394 ( 46229)
  T       81.4444     2.67099    1.51899    0.000000 ( 6674)
          19.9990     5.90853    2.00000    1.83505 ( 46940)
  TK      0.772692    7.98412    1.22504    1.71088 ( 72489)
          2.08254e-005  6.08000    0.163978   0.000000 ( 40721)
  TE      9.92275     5.46952    2.04179    0.350210 ( 35307)
          2.02757e-006  11.9375     3.64607    3.63626 ( 91208)
  EVS     0.107617    14.3797    0.000277182   4.50871 ( 110541)
          6.32921e-006  2.27529    2.27899    1.18557 ( 22177)
          ↑           ↑           ↑           ↑           ↑           ↑
          変数名       値           X座標       Y座標       Z座標       要素番号
```

値は、各変数の一行目が最大値、二行目が最小値を表示しています。モニターには各変数の[最大最小]グラフで表示されます。

(5) リスタート計算

リスタート計算とは、計算の"再開"のことです。初めに行った計算の結果を用いて、続きの計算を行いたいときにリスタート計算を行います。例えば、定常計算を100サイクルまで行い指定サイクル終了したもの、未収束状態なのでさらに続けて計算を行いたい場合や、初期計算として流れの定常解を求めて、その後非定常解析で熱と流れの計算を行いたい場合などに、リスタート計算を行います。このように、リスタート計算を行う場面はかなり頻繁に訪れると思いますので、ここでリスタート計算の方法を覚えておきましょう。

本例題では、初期計算が定常に達していないので、初期計算と全く同じ条件で続きの計算を行ってみましょう。

SCTsolverを再度起動し、tutorial.monをドロップしてください。または、

[ファイル] - [モニターファイルを開く]

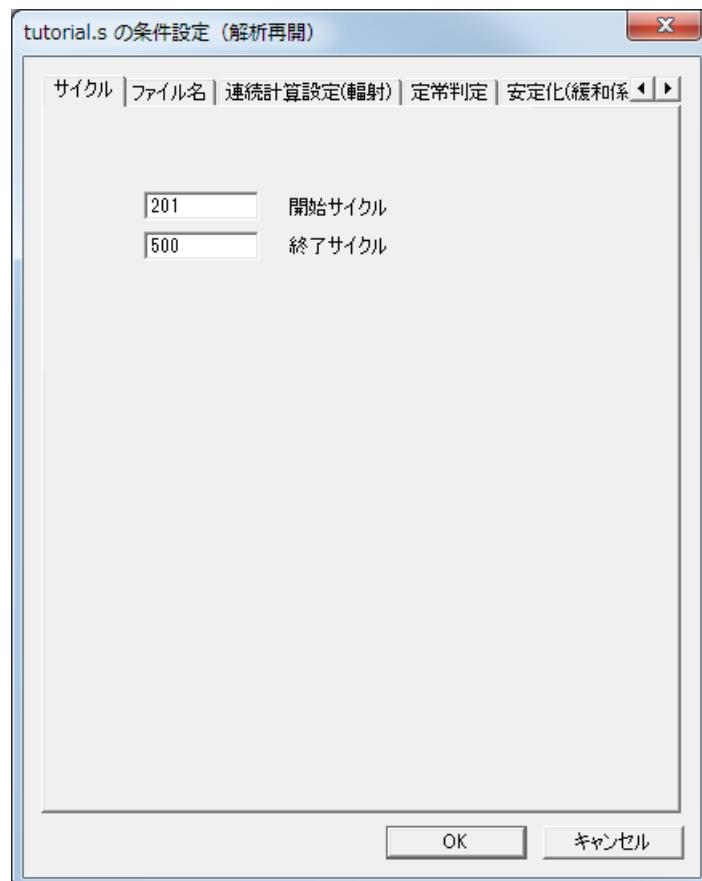
でMONファイル(tutorial.mon)を開いてください。

モニターが、前回解析終了時の状態になります。

- リスタート計算を実行する

- [解析] - [再開]を選択してください。

- [サイクル]タブで開始、終了サイクルを変更します。[開始サイクル]は初期計算の終了サイクルの続
きの数値[201]とし、[終了サイクル]は[500]としてください。

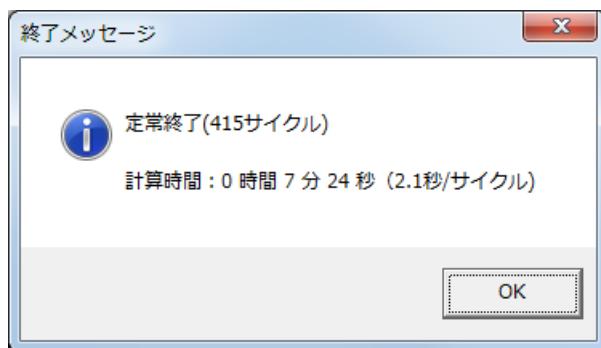


3. OKをクリックし、[tutorial.sの条件設定(解析再開)]ダイアログを閉じてください。

4. tutorial.sのバックアップファイルが作成され、リスタート計算が開始されます。

- 収束を確認する

計算が終了すると、再び終了メッセージが表示されます。ここで、終了サイクル、時間とともに、計算が正常に収束して完了したことが確認できます。



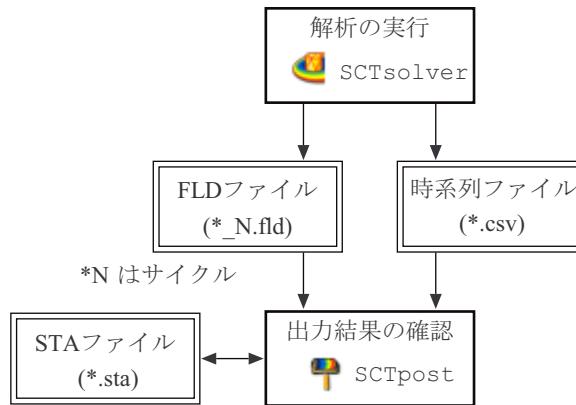
第5章 SCTpostによる出力結果の確認

5.1 SCTpostの基本操作

(1) SCTpost関連ファイル

SCTpostはSCTsolverで出力したFLDファイル、TMファイルを読み込み可視化します。

SCTpostに関連するファイルを以下に示します。



- FLDファイル(*_N.fld)**

フィールド図(ある瞬間の解析領域全体の状態を表す図。ベクトル図やコンター図など)を表示するためのデータが保存されています。SCTpostで読み込み、結果の可視化を行います。

- 時系列ファイル(*.csv)**

指定位置における指定変数の時系列データが保存されています。SCTpostで読み込み、変数の時系列グラフを表示することができます。

- STAファイル(*.sta)**

SCTpostの環境や描画内容が保存されています。保存したときの表示内容を再現することができます。異なるFLDファイルに同じ条件で描画させたいときなどにSCTpostで読み込みます。

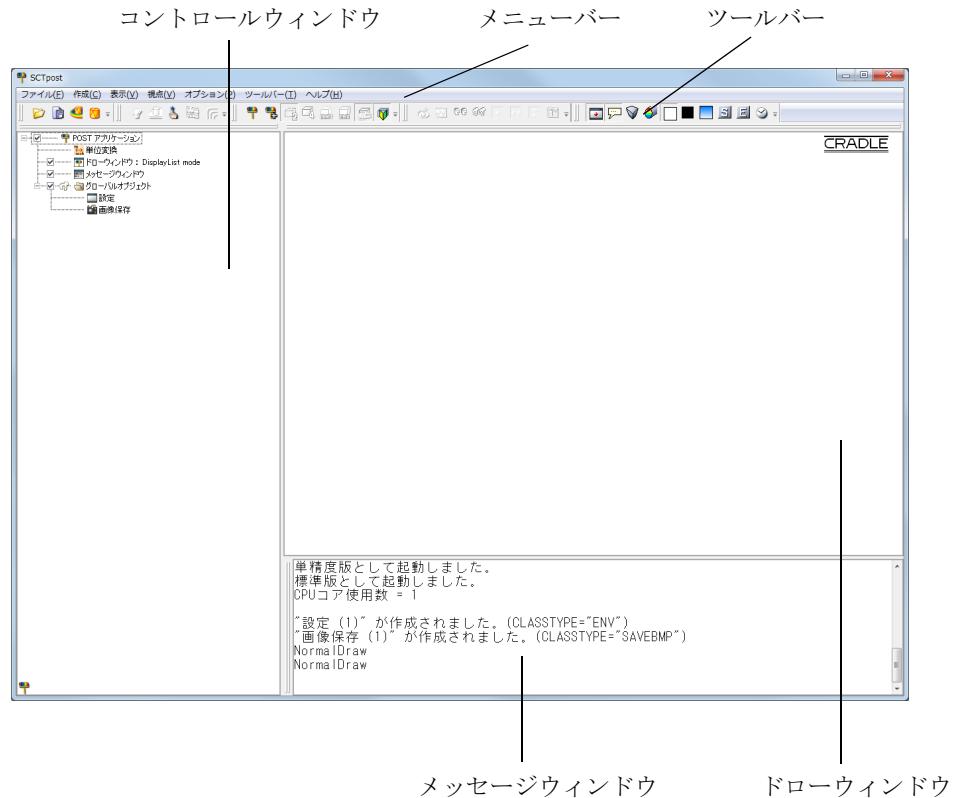
(2) SCTpostの起動

SCTpostの起動、およびFLDファイルの読み込みを行いましょう。

1. SCTpostを起動する

起動ツールより、 を押すことで起動することができます。

SCTpostの画面構成は、以下のようになっています。



- **ドローウィンドウ**
描画内容を表示します。
- **コントロールウィンドウ**
描画内容をコントロールします。
- **メッセージウィンドウ**
現在の処理内容や描画に関する情報を表示します。

それでは、早速FLDファイルを読み込んでみましょう。

2. FLDファイルを読み込む

1. ツールバーから <ファイルを開く>を選択してください。

2. [tutorial_415.fld]を選択し、開くをクリックしてください。

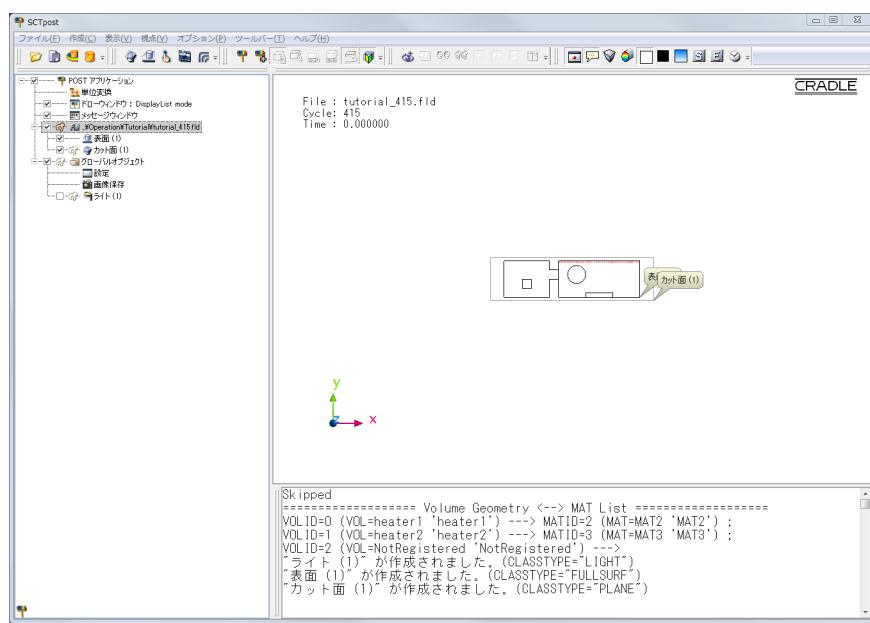
(メモ) SCTpostは、Windowsの基本的な操作であるドラッグ&ドロップにも対応しており、ほとんど全てのファイルをドラッグ&ドロップで読み込むことができます。

FLDファイルは、出力時のサイクル数がファイル名に含まれます。例えば、"tutorial_415.fld"は415サイクルの結果、"tutorial_200.fld"は200サイクルの結果が保存されています。

サイクル数の手前までのファイル名(例題では"tutorial")が同じであれば、同じ解析の結果とみなされますので、1つのファイルを読み込みますと、同じファイル名のファイルは全て読み込まれます。

注. 1回の解析で複数サイクルの結果を出力した場合、最初と最後に出力したファイルに形状などの情報が保存されています。ですので、途中で出力されたファイルは、最初または最後に出力されたファイルが同じフォルダに無いと、可視化することができません。例えば例題の場合、初期計算の最初に出力した"tutorial_50.fld"と最後に出力した"tutorial_200.fld"に形状などの情報が保存されており、"tutorial_100.fld"と"tutorial_150.fld"には"tutorial_50.fld"から変化した情報のみが保存されます。よって"tutorial_100.fld"、"tutorial_150.fld"のみを別のフォルダに移すと、情報が不足して可視化を行うことができませんのでご注意ください。

読み込みが終わると、ドローウィンドウにモデルが表示されます。



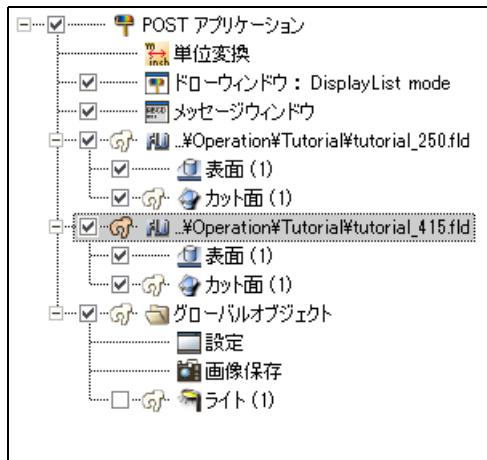
(メモ) SCTpostでは、複数のFLDファイルを同時に開くことができます。各FLDファイルに対し、カット面や等値面などの機能が独立に使用できます。SCTpostでは、これらの機能1つ1つをオブジェクトと呼びます。

カット面や等値面など、FLDファイルと関連付けられるオブジェクトはFLDオブジェクトと呼ばれます。これに対し、テキストなど、FLDファイルと無関係に作成されるオブジェクト、またはカラーバー等、複数のFLDファイルから同時に参照されるオブジェクトはグローバルオブジェクトと呼ばれます。

(メモ) 例題では前章までで作成した一連のFLDファイルしか読みませんが、異なる解析の結果を続けて読み込むと、それぞれのFLDファイルごとにオブジェクトが作成されます。

複数ケースの計算を行ったときには、その比較をSCTpost上で行うことができます。

また、コントロールウィンドウにFLDファイルに関するオブジェクトが表示されます。



3. オブジェクトダイアログの表示

コントロールウィンドウ上のオブジェクトをダブルクリックすると、そのオブジェクトに関する設定のダイアログが表示されます。

一度オブジェクトダイアログを表示しておくと、以降他のオブジェクトダイアログを表示するためには表示したいオブジェクトをシングルクリックするだけで結構です。

(3) 画面の表示切替

1. マウス操作

マウスの操作方法は以下の通りです。

操作	1ボタン モード	2ボタン モード	3ボタン モード(Ctrl)	3ボタン モード
選択				
回転	メニューから 選択	Ctrl +	Ctrl +	
拡大・縮小	メニューから 選択	Ctrl +	Ctrl +	
移動	メニューから 選択	Ctrl +	Ctrl +	
2D回転	メニューから 選択	Ctrl Shift +	Ctrl Shift +	Shift +

マウスのモードは、メニューの[マウス]またはツールバーより切り替えることができます。上記のほかに、状況に応じて下記のような操作をマウスで行うことができます。

- ドローウィンドウ上で中ボタンまたは右ボタンを押すと、ドローウィンドウが再描画されます。
- カット面オブジェクトが個別操作モードになっているときは、ドローウィンドウ上でShiftキーを押しながら右ボタンドラッグを行うことで、カット面の位置を視線に垂直になるように位置指定できます(ドラッグ指定)。
- コントロールウィンドウがフォーカスされているときに、マウスのホイールをまわすと、選択しているアイテムを上下に移動させることができます。
- あるオブジェクトが個別操作モードになっており、かつドローウィンドウがフォーカスされているときに、マウスのホイールをまわすと、視線方向にオブジェクトを動かすことができます。

2. キーボード操作

キーボードによる操作は以下の通りです。

キー	操作
X	X軸(Y-Z平面)に視点をリセット*
Y	Y軸(X-Z平面)に視点をリセット*
Z	Z軸(X-Y平面)に視点をリセット*
A	現在の視点に一番近い軸に視点をリセット*
P	アクティブなカット面に垂直な方向に視点をリセット*
I	アイソメトリック表示*
R	視点のリセット(読み込み時の状態にリセット)
S	回転中心の変更(モデル中心・ウィンドウ中心)
1~4	再描画レベルの変更(レベル1~レベル4)
Esc	アクティブなオブジェクトをEscキーを押している間個別操作モードにする
Ctrl+C	ドローウィンドウの表示をクリップボードにコピー
←→↑↓	モデルの移動
Ctrl	一時的にアニメーションを停止

注1. キーボード操作は、ドローウィンドウにフォーカスがあるとき(ドローウィンドウの周囲の枠がアクティブなタイトルバーと同じとき)のみ有効です。

注2. X, Y, Z, A, P, Iキーは続けて2回速く押すと、個別操作モードのオブジェクトがないときはモデル中心をウィンドウ中心に平行移動します。移動可能の個別操作モードのオブジェクトがあるときは、オブジェクトをモデル中心に合わせます。

注3. *のキーはShiftキーと一緒に押すことで逆の向きを指定できます。*のキーは個別操作モードのオブジェクトがあるとき、その向きを変えます。

注4. X, Y, Z, A, Iキーを押しながら3D回転を行うとその軸回りに回転させることができます。

3. オブジェクトの表示/非表示を行う

各オブジェクトの左側にあるチェックボックスをクリックしてください。
そのオブジェクトの表示/非表示が切り替わります。

4. 個別操作モードにする

各オブジェクトの左側にある  <個別操作モードにする>を選択してください。
各オブジェクトの個別操作モードのON/OFFを切り替えることができます。
個別操作モードになっている場合、マウスカーソルが  に変わります。

(メモ) 個別操作モードとは、各オブジェクトを独立で操作するモードです。個別操作モードをONにすると、マウス操作で位置の移動や拡大縮小など行うことが可能ですが、複数のオブジェクトを同時に個別操作モードにすると、複数のオブジェクトを同時に操作することができます。

注. 操作が終わったら個別操作モードはOFFにしておきましょう。

5. 再描画レベルを変更する

初期設定では  <自動モード>がONに設定されています。

再描画モードの変更は[自動モード]がOFFのときに可能となりますので、まずツールバーから  <自動モード>をクリックし、[自動モード]を解除します。

- **再描画レベル1**

ツールバーから  <再描画レベル1>を選択します。

再描画の程度がレベル1に設定されます。

[**再描画レベル1**]のときは、再描画しない限り描画は行われません。

また、マウス操作中は表面とカット面の交線を描画しません。

(メモ) 再描画するには  <再描画>を選択します。また、ドローウィンドウをマウスの右または中ボタンでクリックしても再描画されます。このときは、マウスをドラッグしないように注意します。

- **再描画レベル2**

ツールバーから  <再描画レベル2>を選択します。

再描画の程度がレベル2に設定されます。

[**再描画レベル2**]のときは、再描画しない限り描画は行われません。

(メモ) 読み込んだデータが大きい場合は、描画が重くなりますので、必要なときだけ描画できる、再描画レベル1や再描画レベル2が有効です。

- **再描画レベル3**

ツールバーから  <再描画レベル3>を選択します。

再描画の程度がレベル3に設定されます。

[**再描画レベル3**]のときは、マウスドラッグ終了時に強制的に再描画されます。

- **再描画レベル4**

ツールバーから  <再描画レベル4>を選択します。

再描画の程度がレベル4に設定されます。

[**再描画レベル4**]のときは、マウス操作中、常に再描画されます。

- **ドラフトモード**

ツールバーから  <DRAFT>を選択します。

再描画レベルはそのままで、ドラフトモードがONに設定されます。

[**ドラフトモード**]がONのときは、図形の表示の品質は下がりますが、かわりに描画の時間が短縮されます。

- **OpenGL Emulationモード**

ツールバーから  <EMU>を選択します。

再描画レベルはそのままで、OpenGL EmulationモードがONに設定されます。

通常の使用環境で[OpenGL Emulationモード]をONに設定すると、描画が遅くなりますが、リモートデスクトップや仮想環境の利用時は有効にすると逆に高速化する場合があります。なお、パラレル版利用時の描画処理は、OpenGL Emulationを有効にしないとパラレル描画処理が行われません。

- **ディスプレイリストモード**

ツールバーから  <DisplayList>を選択します。

再描画レベルはそのまま、ディスプレイリストモードがONに設定されます。

ディスプレイリストモードは、OpenGLによるポリゴンの表示においてDisplay Listを使用します。

その結果、表示速度が向上しますが、切断法使用時など形状が刻々と変化する状況では逆に遅くなります。また半透明表示や稜線においては表示の品質が少し低下します。

- 自動モード

ツールバーから  <自動モード>を選択します。

[自動モード]のときは、状況に合った再描画モードが自動的に選択されます。

以下の操作説明は、初期設定で選択されている[自動モード]での操作を対象としています。

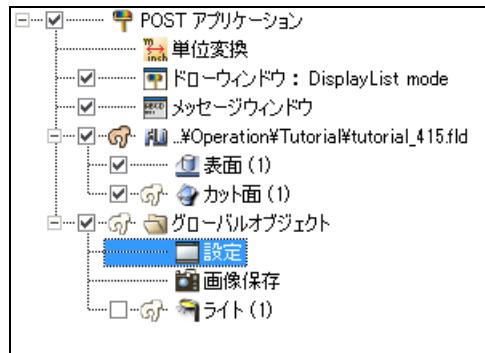
さあ、結果を確認しましょう

それでは、SCTpostで結果を確認していきましょう。

5.2 操作手順の具体例

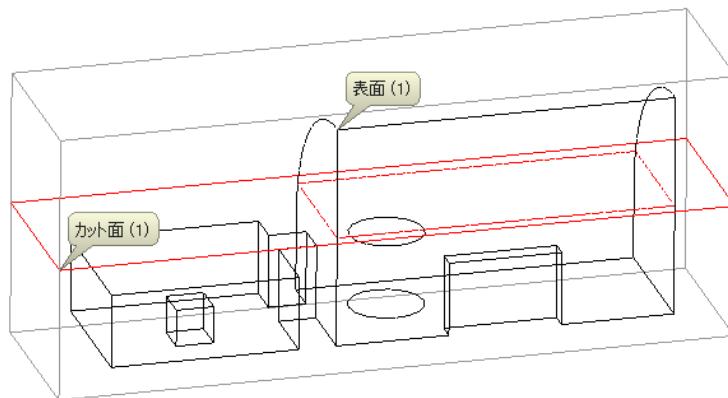
(1) [設定]オブジェクト

設定オブジェクトでは、ポスト全体に対する設定を行います。ここでは、ドローウィンドウ上のオブジェクト名の表示の変更を行ってみます。

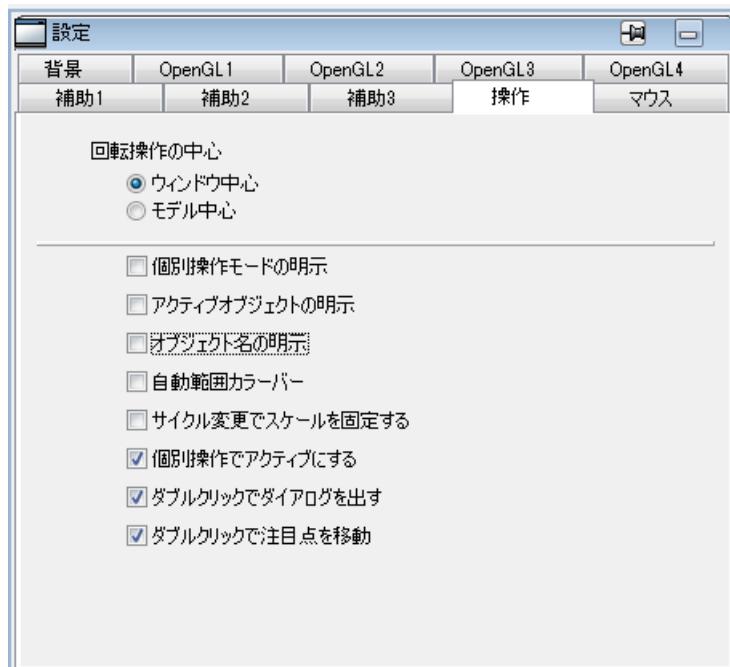


オブジェクト名の表示の変更

ドローウィンドウ上の各オブジェクトにオブジェクト名が表示されています。

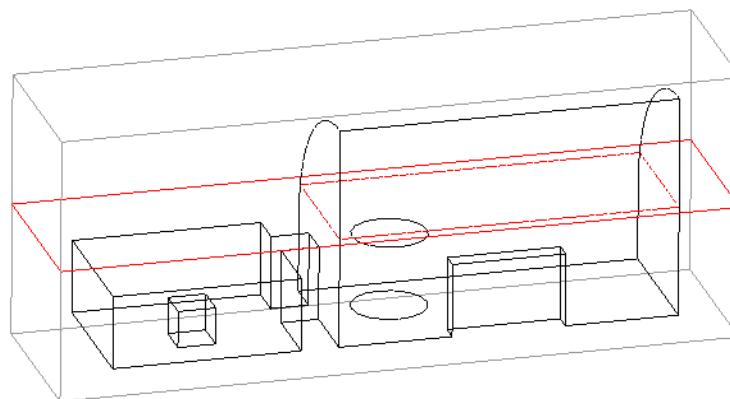


オブジェクト名を表示させないようにするには、[設定]オブジェクトをダブルクリックしてダイアログを開き、[操作]タブを選択してください。



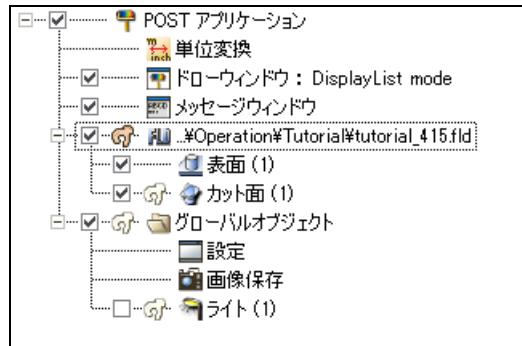
[オブジェクト名の明示]をOFFにしてください。

ドローウィンドウにオブジェクト名が表示されなくなります。



(2) [全体]オブジェクト

[全体]オブジェクトを選択してください。



[全体]オブジェクトでは、

- 表示サイクルの変更([サイクル]タブ)
- 視点の設定([視点]タブ)
- 変数登録([変数登録]タブ)
- 座標軸の表示位置の変更([座標軸]タブ)
- 基準ベクトルの表示の設定([基準ベクトル]タブ)
- タイトル(Cycle等)の表示位置の変更([タイトル]タブ)
- グリッドの表示([グリッド]タブ)
- 表示スケールの変更([スケール変換]タブ)

等が行えます。

ここでは、

- 表示サイクルの変更
- 変数登録の方法
- 座標軸の表示位置の変更
- タイトル(Cycle等)の表示位置の変更

を行ってみましょう。

a. 表示サイクルの変更

[サイクル]タブを選択してください。

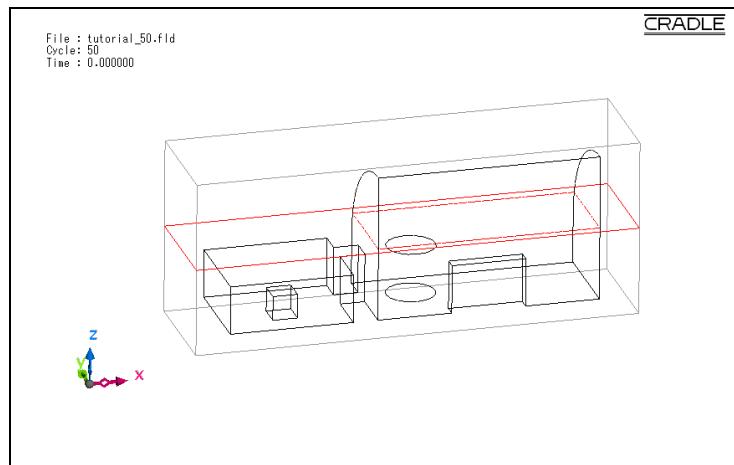


[サイクル]に[50], [100], [150], [200], [250], [300], [350], [400], [415]が登録されています。

SCTpostでは、同一フォルダにあるXXX_n.fldを連続したFLDファイルとして認識します。ここで、nはサイクル数を示す数字です。読み込んだサイクル数のFLDが初めに表示されます。

[サイクル]から[50]を選択し、セットをクリックしてください。

または[サイクル]から[50]をダブルクリックしてください。



[Cycle:50]になっていることを確認してください。

同様にして、[サイクル]を[415]に戻してください。

b. 変数登録の方法

[変数登録]タブを選択してください。



SCTsolverで扱う圧力(変数PRES)は、静圧ですので、ここでは全圧を登録してみましょう。

$$\text{全圧} = \text{静圧} + \text{動圧}$$

で、動圧は $0.5 \times \text{流体の密度} \times (\text{流速の}^2)$ です。

静圧は変数PRES、流体(空気)の密度は1.206、流速は変数VELVですので、使用可能な変数と使用できる演算子を用いて計算式に[PRES+0.5*1.206*VELV^2]と入力してください。

[変数名]を[TOTP]と入力してください。

登録をクリックしてください。

注. [変数名]を[HTFX]として登録すると、カラーバーに表面熱流束と表示されますが、これは SCTpost.iniファイルにすでに説明が登録されているためです。

計算式が正しく、変数が登録されると[情報]ダイアログが現れます。



了解をクリックしてください。

変数登録の情報を保存するには、履歴の保存をクリックしてください。

注. 表示サイクルを変更した場合は、再登録は不要ですが、異なったフィールドファイルを読み込んだ場合は、再登録、または履歴の読み込みが必要です。

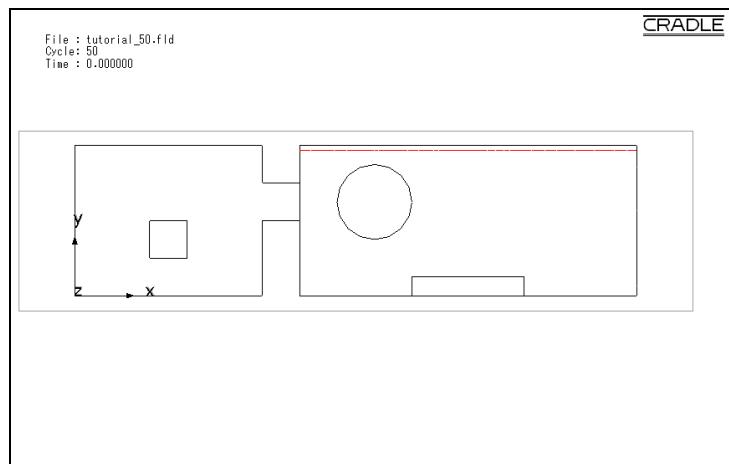
c. 座標軸の表示位置の変更

[座標軸]タブを選択してください。



[表示]で[黒]を、[位置]で[原点]を選択し、再描画してください。

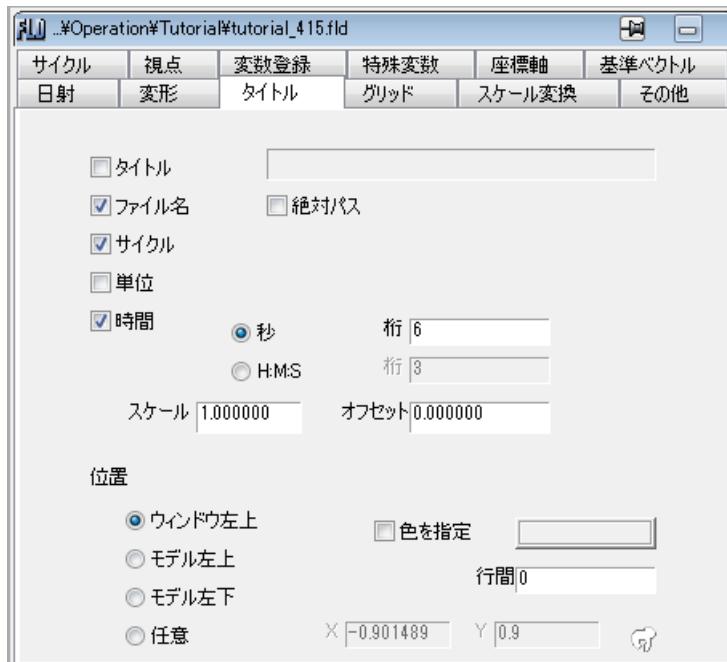
- 注1. 再描画はドローウィンドウ内でマウスの右ボタンをクリックする方法が便利です。
 注2. [表示]をOFFにすると、座標軸を非表示にできます。



[表示]を[ソリッド]に、[位置]を[ウィンドウ左下]に戻してください。

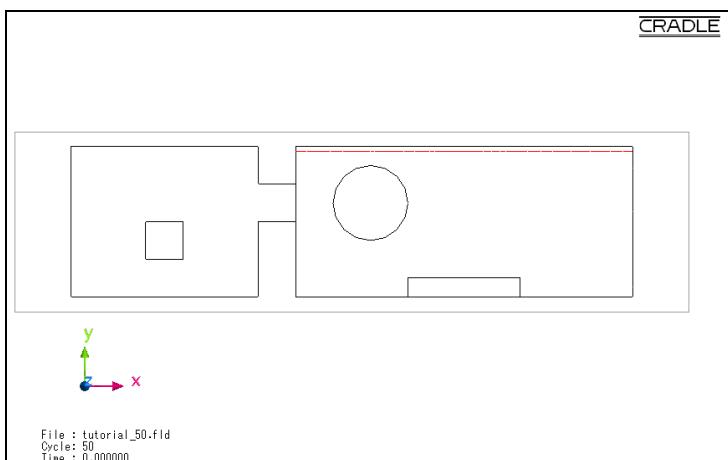
d. タイトル(Cycle等)の表示位置の変更

[タイトル]タブを選択してください。



[位置]で[モデル左下]を選択し、再描画してください。

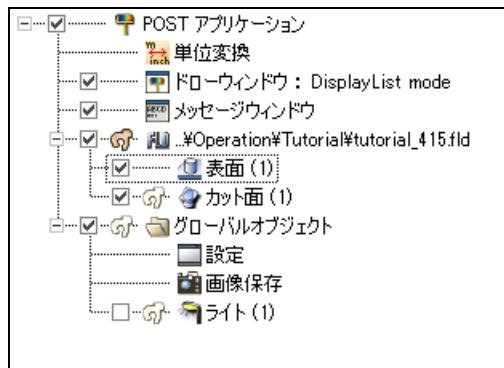
注. [ファイル名], [サイクル], [時間]をOFFにするとそれぞれ非表示にできます。



[位置]を[ウィンドウ左上]に戻してください。

(3) [表面]オブジェクト

[表面]オブジェクトを選択してください。



[表面]オブジェクトでは、

- 表示するMATの設定([MAT]タブ)
- コンター図の設定([コンター]タブ)
- ベクトル図の設定([ベクトル]タブ)
- メッシュ図の設定([メッシュ]タブ)
- 切断法の設定([切断法]タブ)
- 積分値を求める([スカラー積分], [ベクトル積分]タブ)
- ピックした点の値を求める([ピック]タブ)
- オイルフローの表示([オイルフロー]タブ)
- テクスチャ・マッピング([テクスチャ]タブ)
- 使用するカラーバーの設定等([その他]タブ)

が行えます。

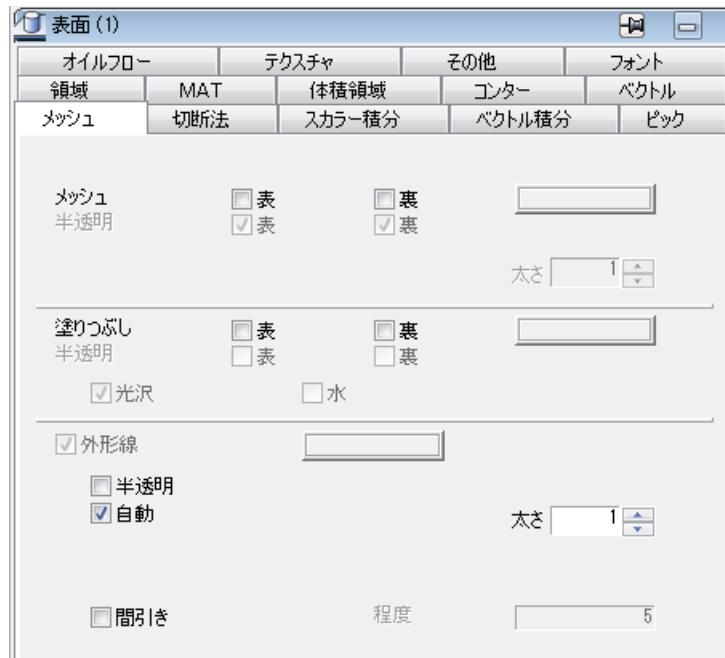
ここでは、

- メッシュ図の表示
- コンター図(塗りつぶし)の表示

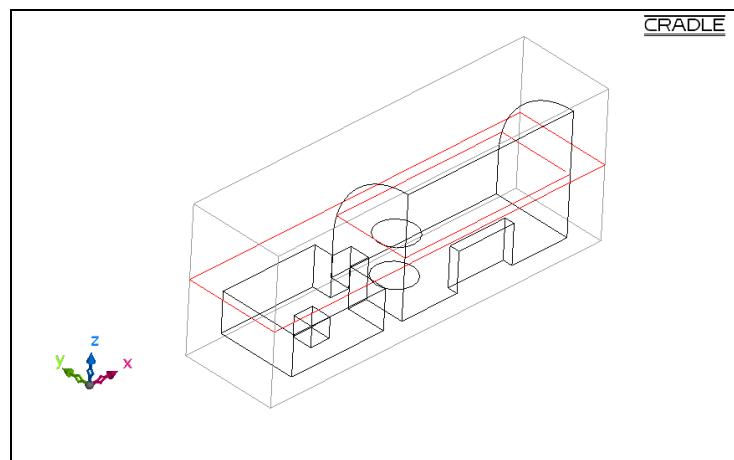
を行ってみましょう。

a. メッシュ図の表示

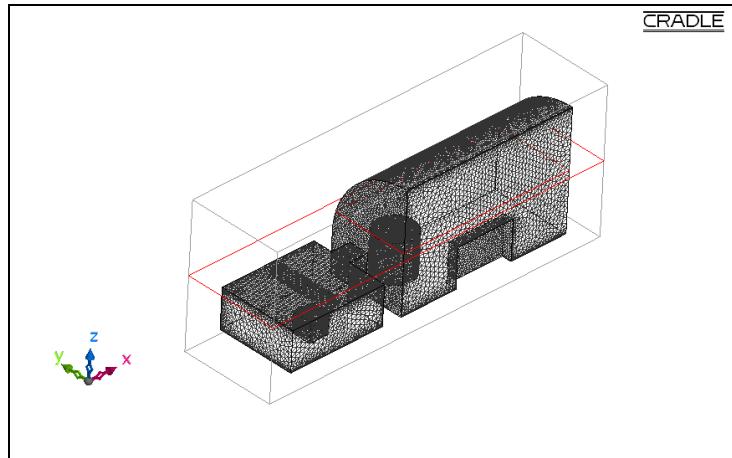
[メッシュ]タブを選択してください。



モデルをマウス操作(5.1 SCTpostの基本操作の(3)画面の表示切替 1. マウス操作を参照)でモデルを見やすいように回転、拡大・縮小してください。



[メッシュ]の[表]をONにして、[メッシュ]の下にある[半透明]の[表]をOFFにして、再描画してください。



以下、図は載せませんが、次の操作を行ってみてください。

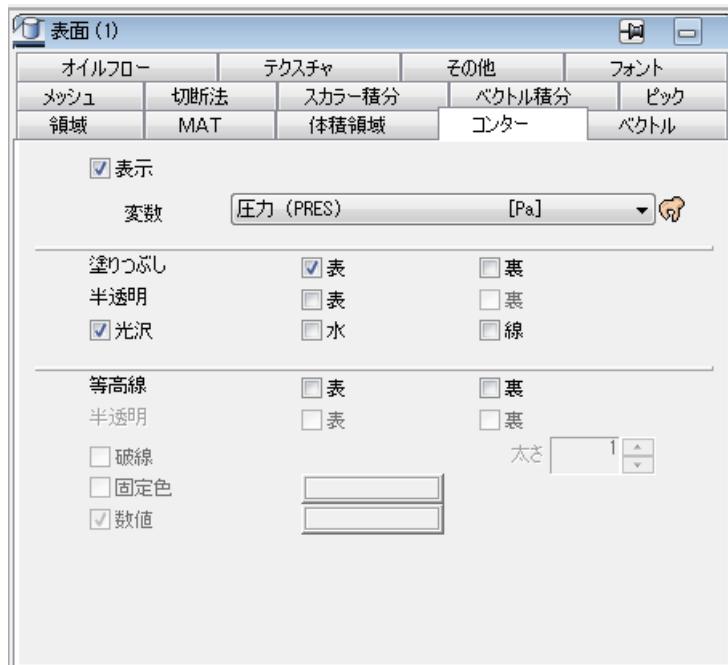
[塗りつぶし]の[表]をONにして、再描画してください。

[メッシュ]の[表]と[塗りつぶし]の[表]をOFFにして、[塗りつぶし]の[裏]をONにして、再描画してください。

[塗りつぶし]の[裏]をOFFにしてください。

b. コンター図(塗りつぶし)の表示

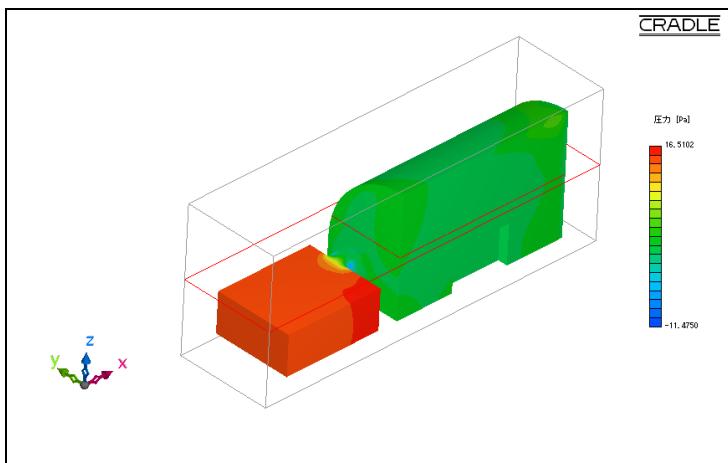
[コンター]タブを選択してください。



コンター図の表示形式には、[塗りつぶし]と[等高線]がありますが、ここでは塗りつぶし表示を行います。

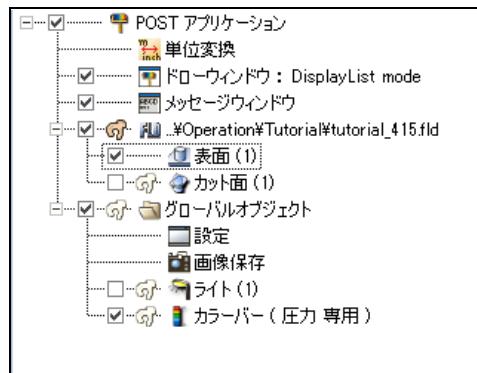
(等高線表示については、(4) [カット面]オブジェクトを参照)

[表示]をONにして、再描画してください。

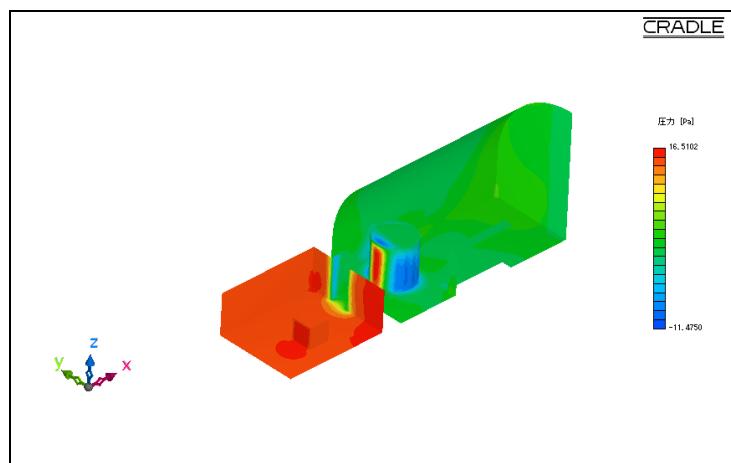


カット面の線が表示されていますので、[カット面]オブジェクトを非表示にします。

([カット面]オブジェクトの左にあるチェックボックスをOFFにしてください)

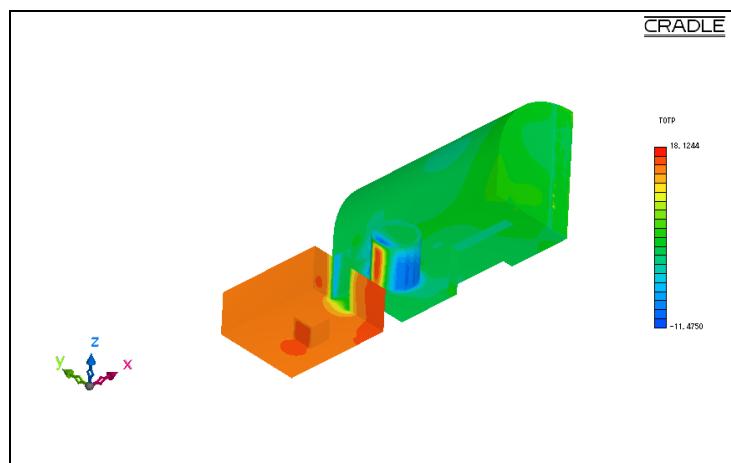


[塗りつぶし]の[表]をOFFにして、[塗りつぶし]の[裏]をONにして、再描画してください。



(2) [全体]オブジェクトのb. 変数登録の方法で登録した全圧(変数TOTP)のコンターを表示してみましょう。

変数から[TOTP]を選択して、再描画してください。

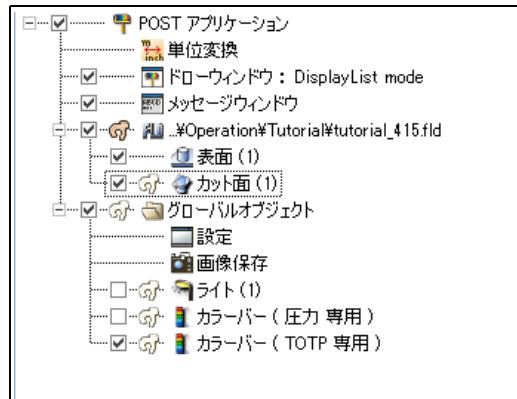


[表示]をOFFにしてください。

(4) [カット面]オブジェクト

[カット面]オブジェクトを選択してください。

[カット面]オブジェクトを表示(チェックボックスをON)にしてください。



[カット面]オブジェクトでは、カット面に対して

- カット面の位置の設定([位置]タブ)
- 表示するMATの設定([MAT]タブ)
- コンター図の設定([コンター]タブ)
- ベクトル図の設定([ベクトル]タブ)
- メッシュ図の設定([メッシュ]タブ)
- カット面の自動移動([自動移動]タブ)
- 切断法の設定([切断法]タブ)
- 積分値を求める([スカラーリンク], [ベクトルリンク]タブ)
- ピックした点の値を求める([ピック]タブ)
- テクスチャ・マッピング([テクスチャ]タブ)
- 使用するカラーバーの設定等([その他]タブ)

等が行えます。

ここでは、

- カット面の位置の設定
 - 座標軸方向平面
 - 任意平面
- ベクトル図の表示
 - 節点上のベクトル図
 - 等間隔ベクトル図
 - 等間隔一定長ベクトル図
 - アニメベクトル図
- コンター図(等高線)の表示
- 積分値を求める
- 点の値を求める

を行ってみましょう。

a. カット面の位置の設定

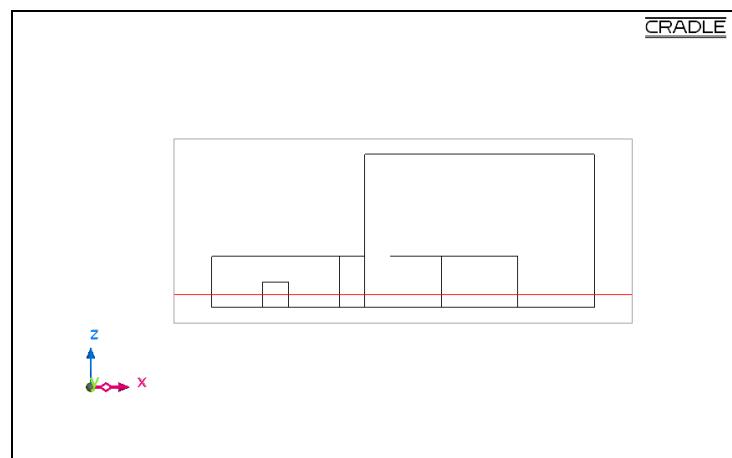
[位置]タブを選択してください。



Yキーを押して、X-Z面表示にしてください。

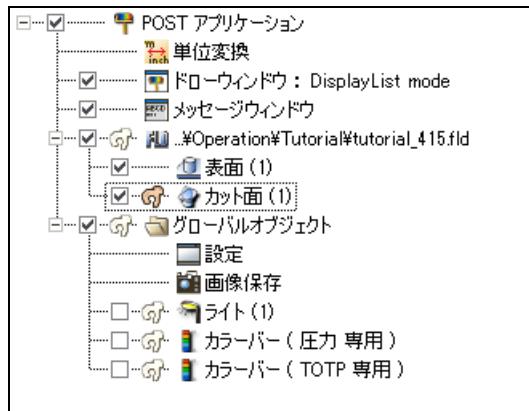
a-1. 座標軸方向平面

[軸に垂直]の[Z軸]を選択し、[座標]に[0.5]と入力し、再描画してください。



a-2. 任意平面

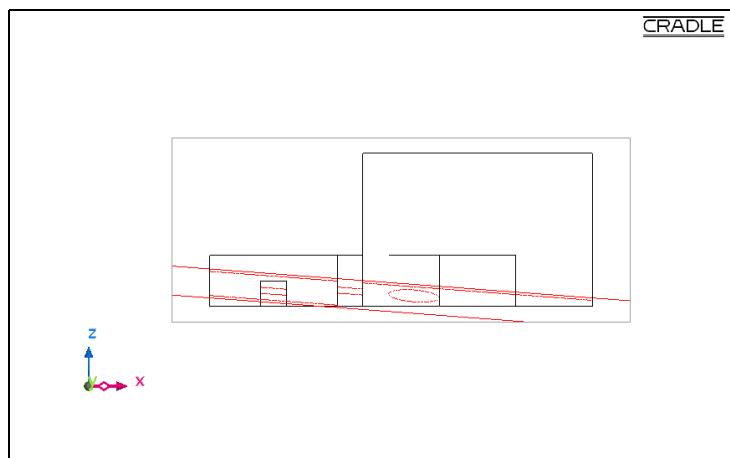
任意平面にするには、[カット面]オブジェクトの個別操作モードをON()にしてください。



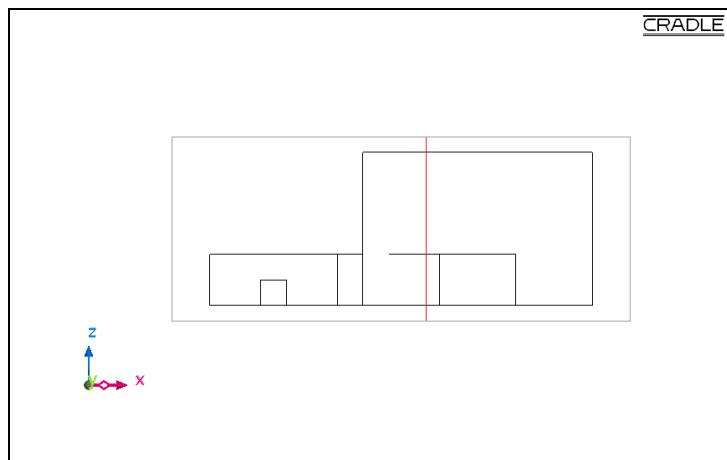
ドローウィンドウにマウスを移動すると、マウスピントが変化して個別操作モードであることがわかります。

注. 個別操作モードになっているオブジェクトを強調表示するには、(赤丸コーナーの)  または [設定]オブジェクトの[操作]タブの[個別操作モードの明示]で行えます。ONの場合は、強調表示されます。

マウス操作の回転や移動で、カット面を自由に動かせます。



また、**X, Y, Zキー**を使用することもできます。
例えば、**Xキー**を押しますと以下のようにになります。

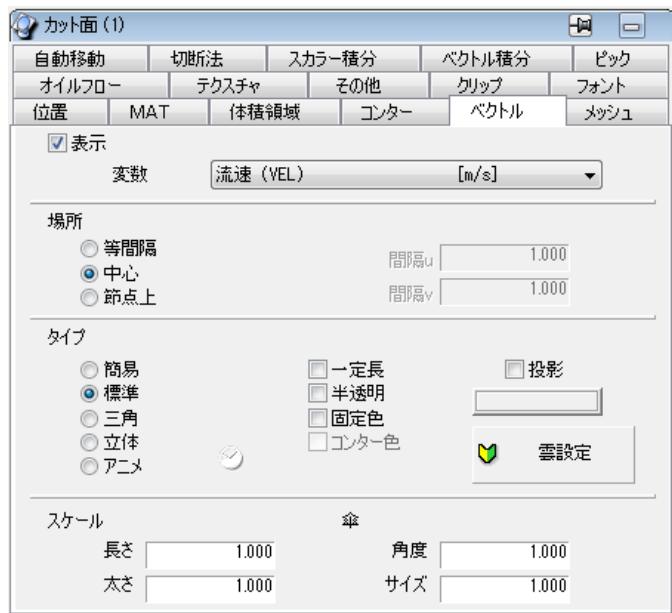


[カット面]オブジェクトの個別操作モードをOFF()にしてください。
[軸に垂直]の[Z軸]を選択し、再描画してください。

b. ベクトル図の表示

 またはZキーを押して、X-Y面表示にしておいてください。

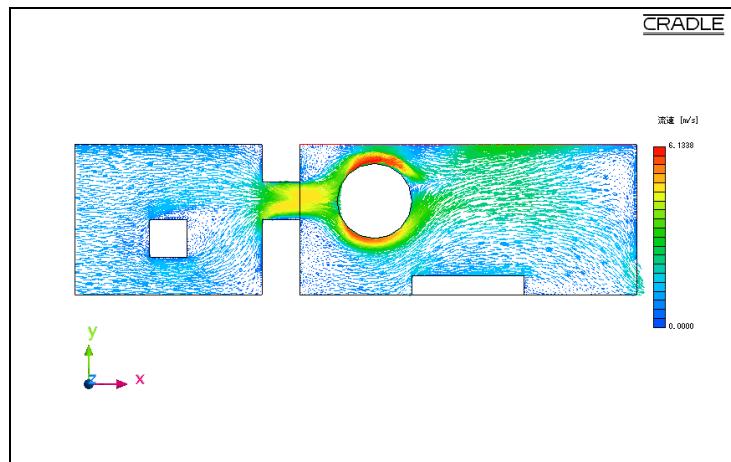
[ベクトル]タブを選択してください。



[表示]をONにしてください。

b-1. 節点上のベクトル図

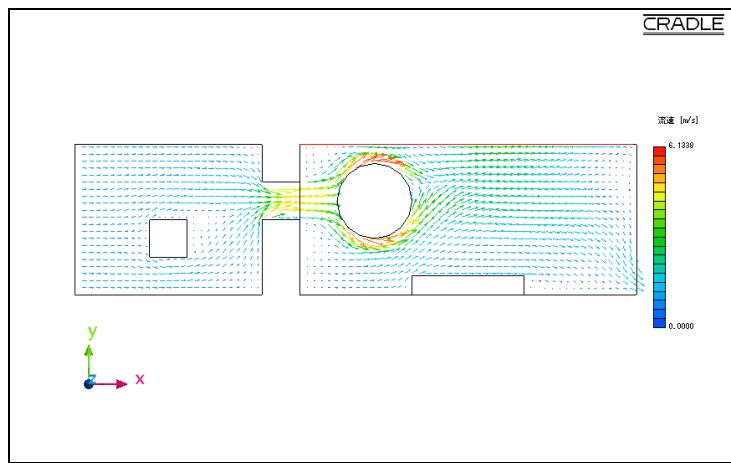
[場所]で[節点上]を選択し、再描画してください。



注. SCRYU/Tetraでの物理量(ベクトル成分や圧力・温度等のスカラー量)は、節点で定義されています。

b-2. 等間隔ベクトル図

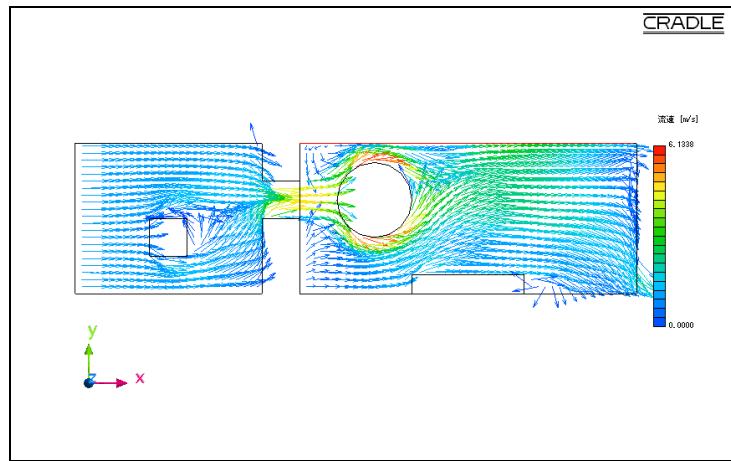
[場所]で[等間隔]を選択し、[間隔u], [間隔v]に[0.5]と入力し、再描画してください。



注. 等間隔ベクトル図にすると表示されるベクトルの数が、メッシュの粗密に依存しませんので、わかりやすくなります。間隔u, 間隔vをそれぞれ"1"としますと、モデルの最大幅の1/40の間隔でベクトルを表示します。

b-3. 等間隔一定長ベクトル図

[タイプ]で[一定長]をONにして、再描画してください。



注. 一定長ベクトル図にすると、渦を巻いているところがわかりやすくなります。

b-4. アニメベクトル図

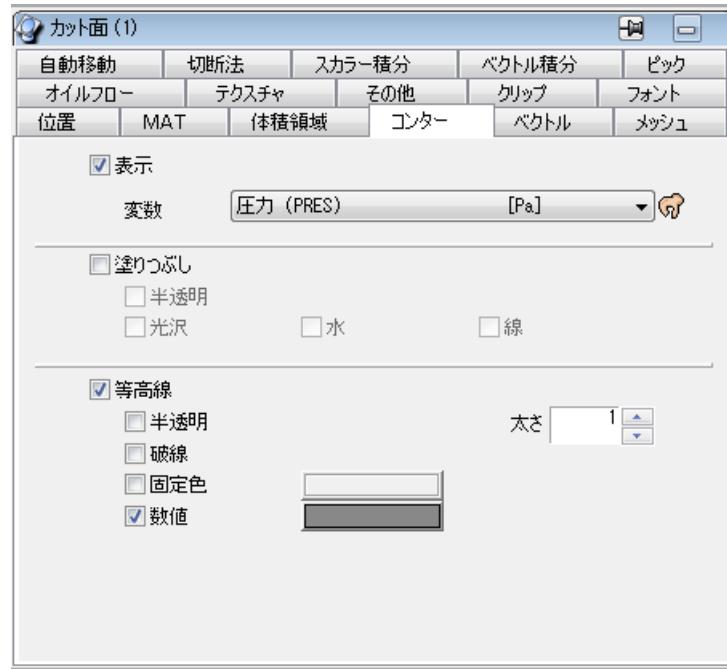
[タイプ]の[アニメ]を選択し、 をクリックしてください。
停止するにはもう一度、 をクリックしてください。

[表示]をOFFにしておいてください。

注. 一定長ベクトルのアニメベクトルでは、全てのベクトルが同じ速さに見えます。
それぞれのベクトルの速さを反映させるには、[一定長]をOFFにしてください。

c. コンター図(等高線)の表示

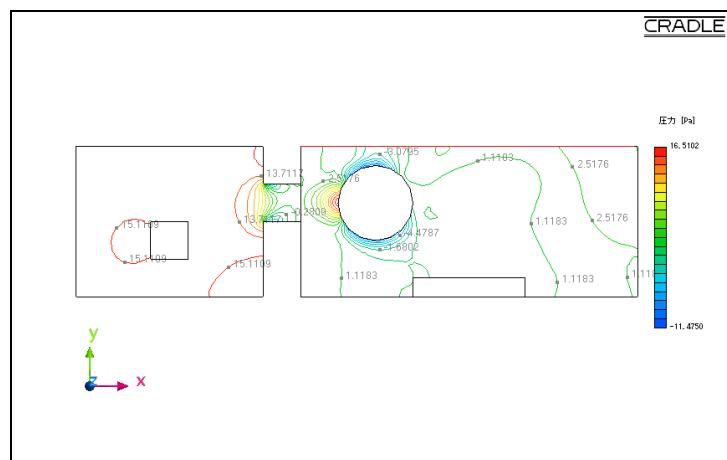
[コンター]タブを選択してください。



[表示]をONにしてください。

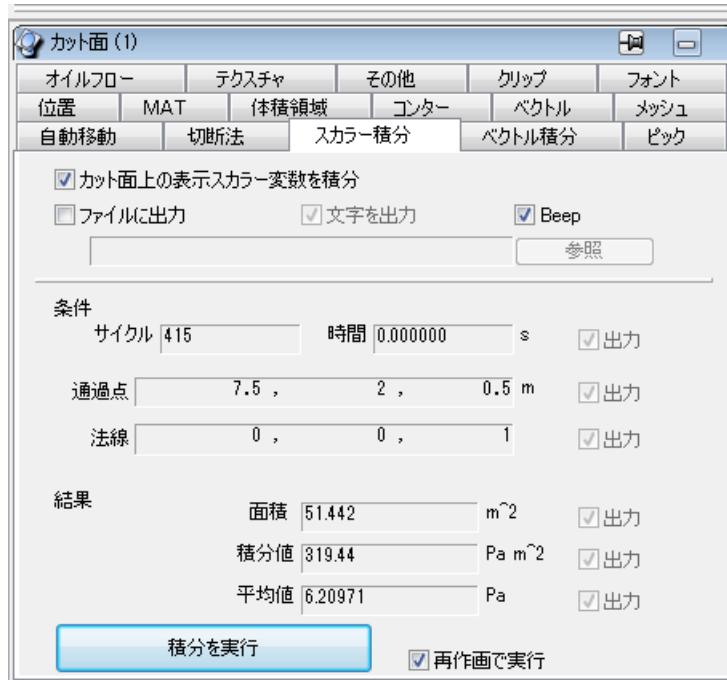
[塗りつぶし]をOFFにしてください。

[等高線]をONにして再描画してください。



d. 圧力の積分値を求める

[スカラー積分]タブを選択してください。



[カット面上の表示スカラー変数を積分]をONにして、再描画してください。

[スカラー積分]タブに[面積], [積分値], [平均値]の値が表示されます。

[カット面上の表示スカラー変数を積分]をOFFにしてください。

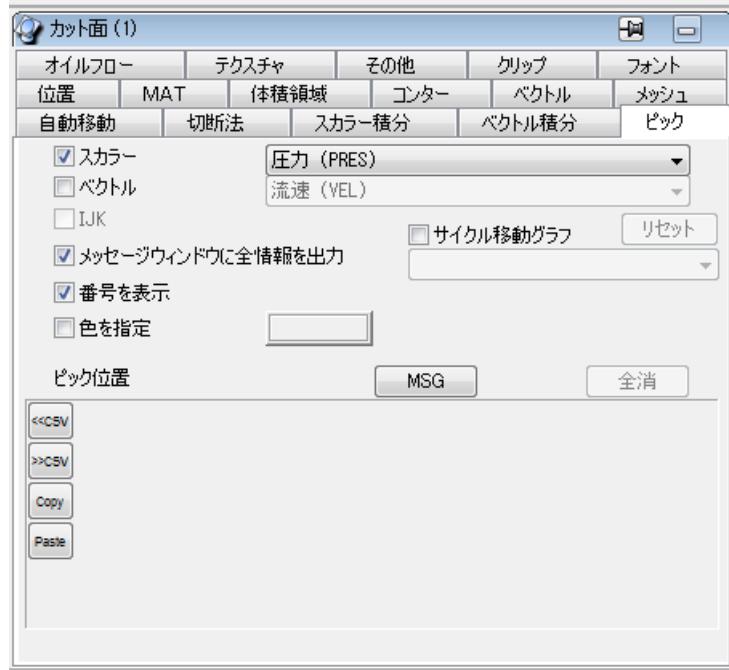
[コンター]タブの[表示]をOFFにしてください。

注. 積分値を求めるためには、コンターが表示されている必要があります。

積分は表示領域に対して行われますので、切断法を使用すればカット面の一部分だけの積分が行えます。

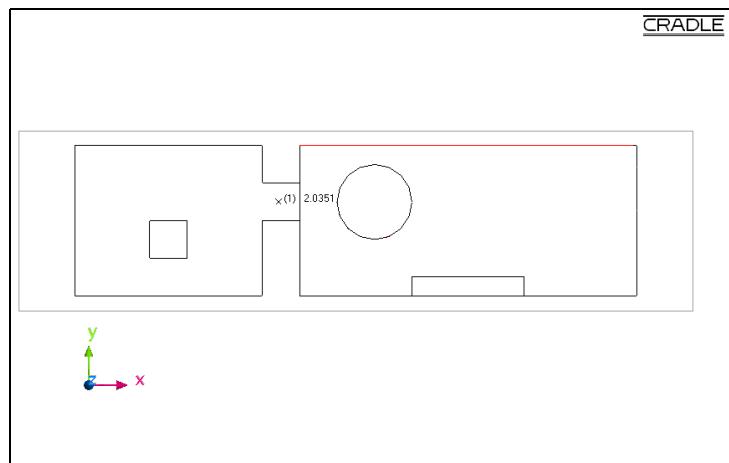
e. 点の値を求める

[ピック]タブを選択してください。



[スカラー]をONにしてください。

カット面上をピックしてください。



ピックされた点の圧力の値をドローウィンドウに表示します。

また、メッセージウィンドウにピックされた点の座標値とスカラー値を出力します。

[スカラー]をOFFにしてください。

[カット面]オブジェクトを非表示(チェックボックスをOFF)にしてください。

注. [設定]オブジェクトの[補助1]タブで[メッセージウィンドウを保存]をONにして、[参照]でファイル名を設定すると、メッセージウィンドウに出力される内容をファイルに保存できます。

(5) [等値面]オブジェクト

[等値面]オブジェクトはデフォルトでは作成されません。

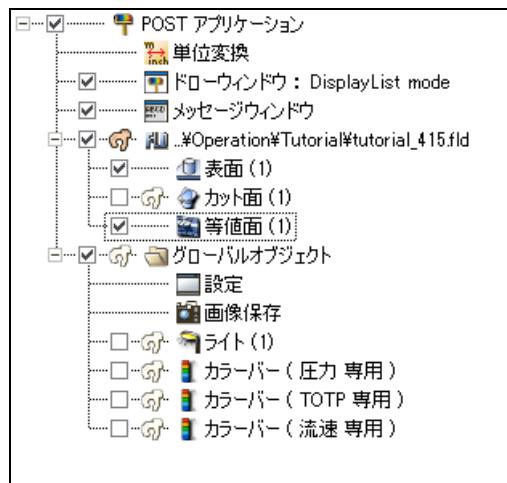
をクリック、または

[作成] - [等値面]

を選択してください。

FLDオブジェクトに[等値面]オブジェクトが追加されます。

追加したオブジェクトを削除する場合は、オブジェクトを右クリックして、ポップアップメニューから[削除]を選択してください。



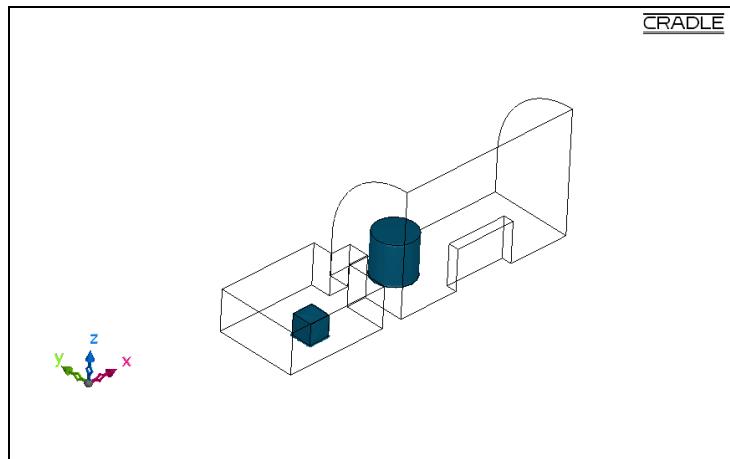
[等値面]オブジェクトでは、

- 等値面の位置の設定([位置]タブ)
- 設定された位置上のコンター図([コンター]タブ), ベクトル図([ベクトル]タブ), メッシュ図([メッシュ]タブ)の設定

等が行えます。

a. 等値面の表示

[等値面]オブジェクトの[位置]タブの[変数]から[温度]を選択してください。
[値を指定]を[25]と入力して再描画してください。



[等値面]オブジェクトを非表示にしてください。

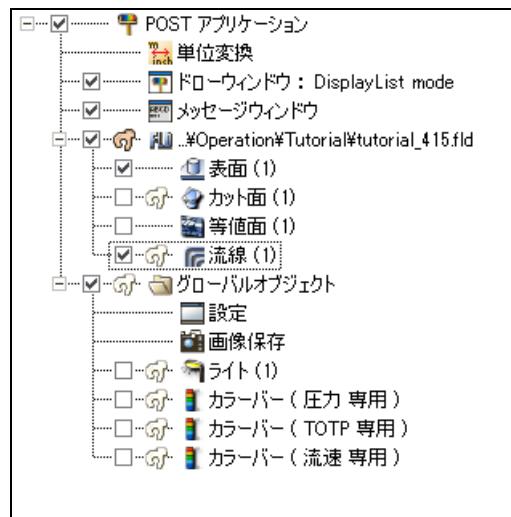
(6) [流線]オブジェクト

 をクリック、または

[作成] - [流線]

を選択してください。

FLDオブジェクトに[流線]オブジェクトが追加されます。



[流線]オブジェクトでは、

- 発生点(点, 線分, 四角だ円)の設定([発生点]タブ)
- 発生面(発生点の基準となる面)の設定と発生面の枠と発生点の表示/非表示の設定([発生面]タブ)
- 表示タイプ(線, リボン, 管, アニメ粒子等)の設定([表示]タブ)
- 追跡方向の設定([詳細]タブ)

等が行えます。

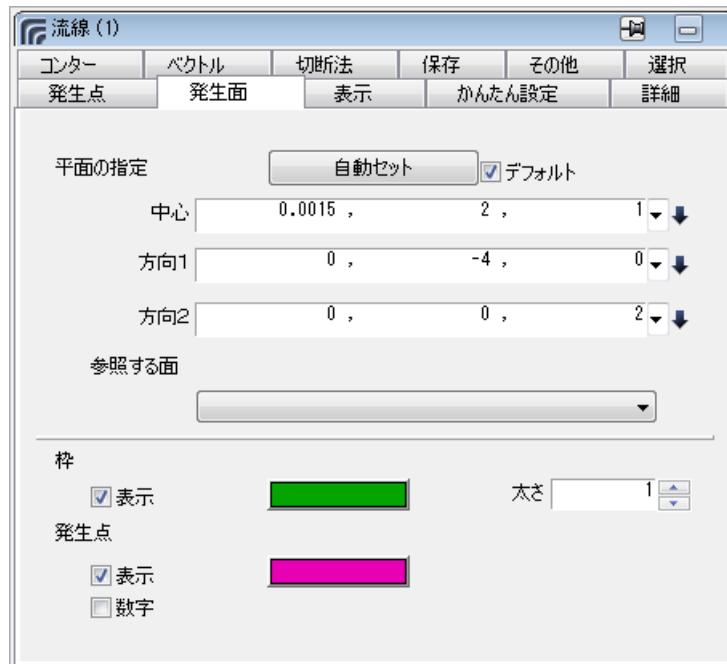
ここでは、

- 発生位置の設定
- 管表示
- アニメ飛行機表示

を行ってみましょう。

a. 発生位置の設定

発生位置は、流入口の面上の四角としてください。



[発生面]タブを選択してください。

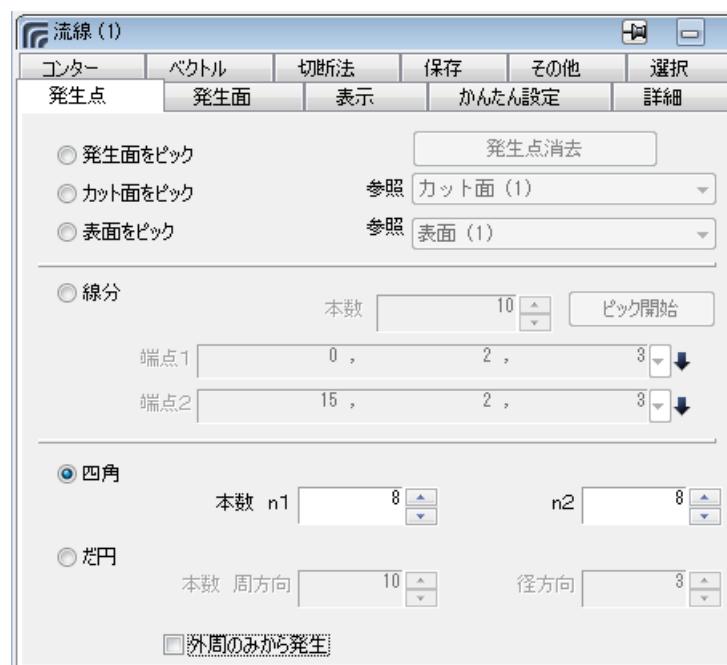
[参照する面]から[inlet]を選択してください。

[枠]と[発生点]の[表示]をOFFにしてください。

[発生点]タブの[四角]をONにしてください。

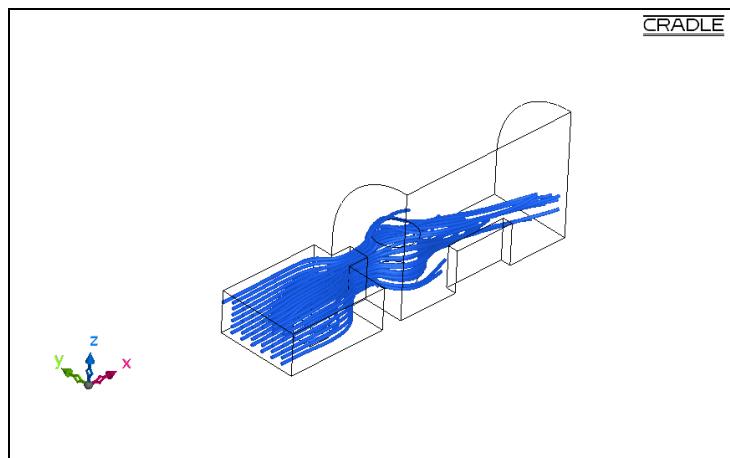
[n1]を[8], [n2]を[8]としてください。

また、[外周のみから発生]をOFFにしてください。



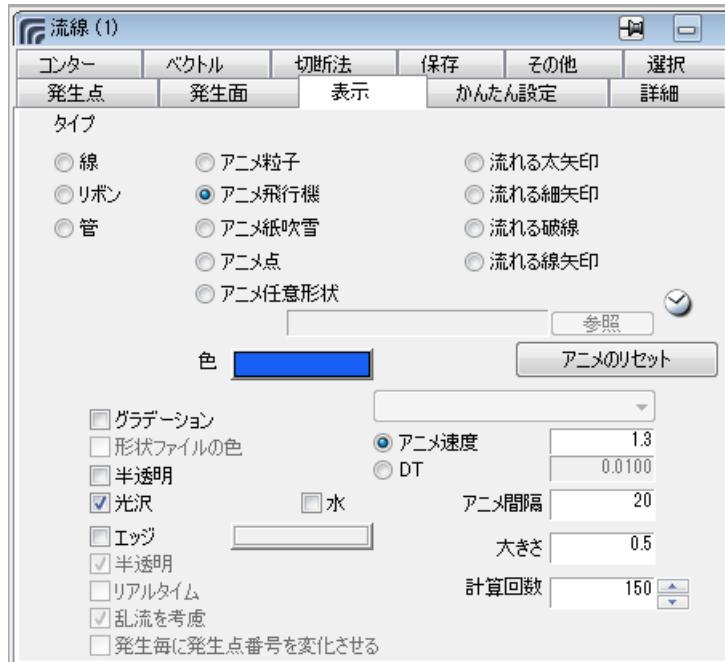
b. 管表示

[表示]タブの[タイプ]のデフォルトは[管]です。マウス操作で回転して、再描画してください。



c. アニメ飛行機表示

[表示]タブを選択してください。



[タイプ]から[アニメ飛行機]を選択してください。

[アニメ速度]を[1.3], [大きさ]を[0.5], [計算回数]を[150]と入力してください。

をクリックしてください。

紙飛行機が流れに乗って飛ぶアニメーションが表示されます。

注. アニメの停止, 開始は、 のクリックで行えます。

また、アニメのリセットを選択すると、初期発生位置にリセットされますので、マウス操作による回転等も行ってみてください。

[流線]オブジェクトを非表示にしてください。

(7) [時系列]オブジェクト, [グラフ]オブジェクト

時系列グラフの表示

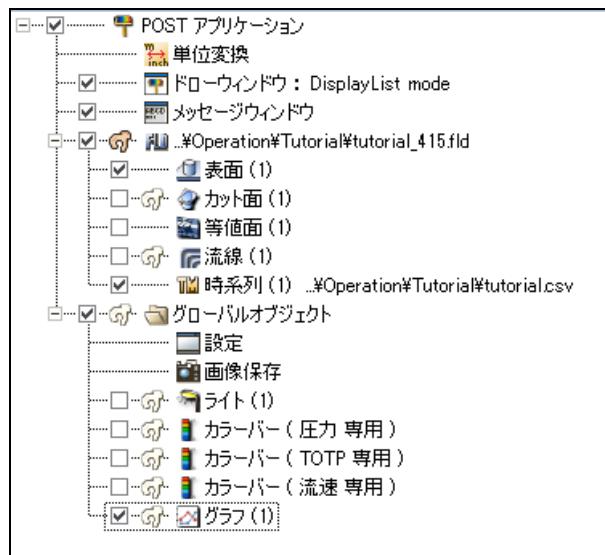
時系列グラフを表示するためには、tutorial.csvファイルを読み込む必要があります。tutorial.csvファイルをドラッグ&ドロップで読み込んでください。

注.  をクリック、または

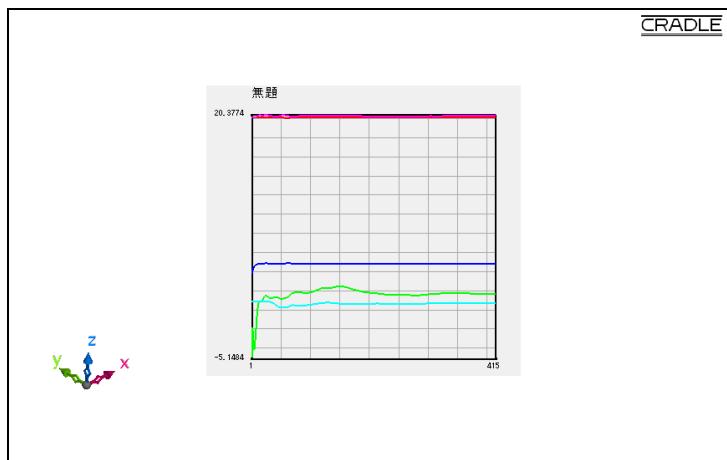
[ファイル] - [開く]

を選択して、ファイルの種類を[時系列ファイル]にし、tutorial.csvファイルを選択しても読み込めます。

時系列ファイルを読み込みますと、FLDオブジェクトに[時系列]、グローバルオブジェクトに[グラフ]オブジェクトが追加されます。



また、ドローウィンドウに時系列グラフが表示されます。



デフォルトでは、横軸はサイクルで、縦軸はSCTpreで設定されたすべての変数が1つのグラフに描画されています。

表示する変数を変えるには、[時系列]オブジェクトでは、複数の[グラフ]オブジェクトが作成されているときにどの変数のグラフをどの[グラフ]オブジェクトに設定するかを指定できます。

[グラフ]オブジェクトでは、

- グラフを点列または折線等の設定([データ]タブ)
- 横軸、縦軸の目盛りの設定([目盛り]タブ)
- 横軸、縦軸の範囲の設定([範囲]タブ)
- 最大値、最小値の表示([最大最小]タブ)
- 平均値の表示([平均]タブ)
- X、Y切片の表示([切片]タブ)
- データ同士の四則演算([演算]タブ)
- CSV(Excel)形式で保存([保存]タブ)
- グラフのタイトル、背景色の設定([その他]タブ)

が行えます。

注. グラフを拡大したときに邪魔になる、タイトル、座標軸を非表示にするには、[全体]オブジェクトの [タイトル], [座標軸]タブで行えます。

個別操作モードをON()にすれば、位置の移動や拡大・縮小が行えます。

[グラフ]オブジェクトを非表示にしてください。

(8) [曲線]オブジェクト

[曲線]オブジェクトの機能を使用して、平面上のいくつかの点を結ぶ曲線上の変数グラフを表示します。

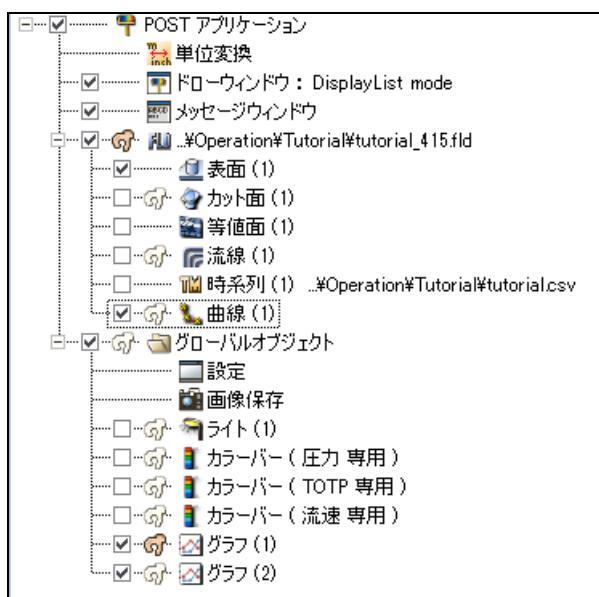
a. 曲線上の変数グラフの表示

 をクリック、または

[作成] - [変数グラフ]

を選択してください。

FLDオブジェクトに[曲線]オブジェクト、グローバルオブジェクトに[グラフ]オブジェクトが追加されます。



[曲線]オブジェクトでは、

- 参照平面の設定([参照平面]タブ)
- 通過点の変更・削除([通過点]タブ)
- 表示する変数及び[グラフ]オブジェクトの設定([変数]タブ)

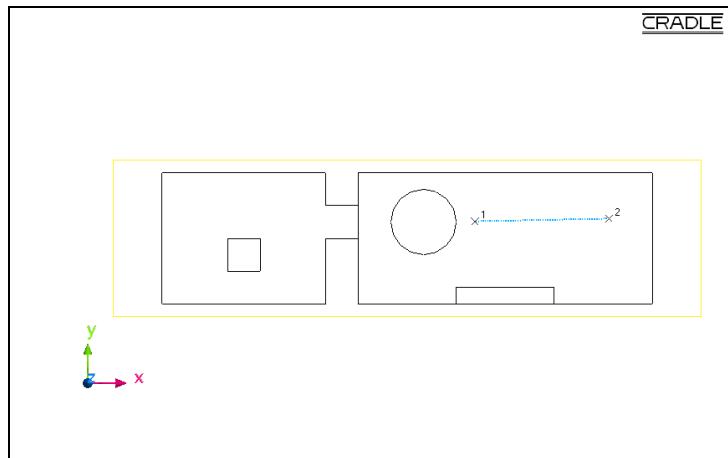
が行えます。また、曲線オブジェクトを使用して、他のオブジェクトを切断することも可能です。
ドローウィンドウにグラフが表示されますが、平面上の点をピックするために、
[グラフ]オブジェクト(2)を非表示にしてください。

[参照平面]タブを選択してください。



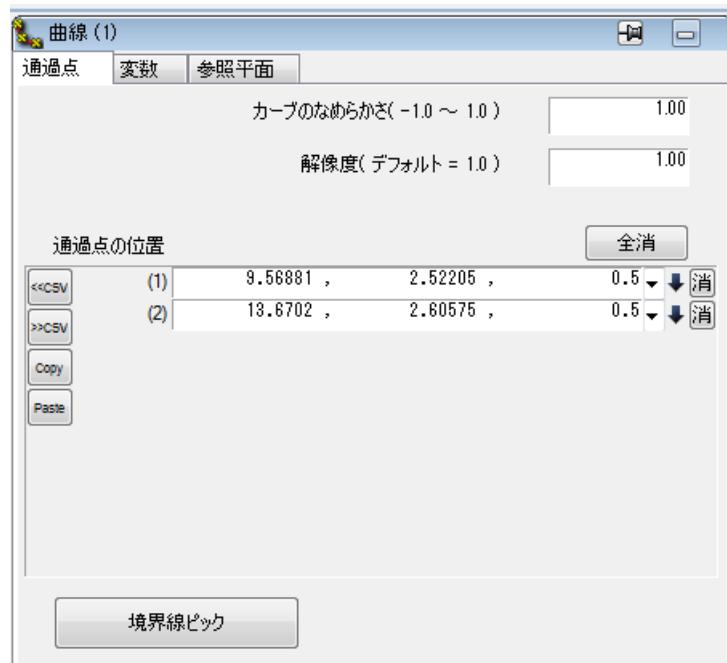
[Z軸]を選択し、[座標]に[0.5]と入力し、再描画してください(参照平面は、黄色の枠上に黒い線の平面で表されます。)。

Zキーを押してX-Y面表示にして、参照平面上を2点ピックしてください。



注. 上記は2点だけですが、最大100点までピックできます。

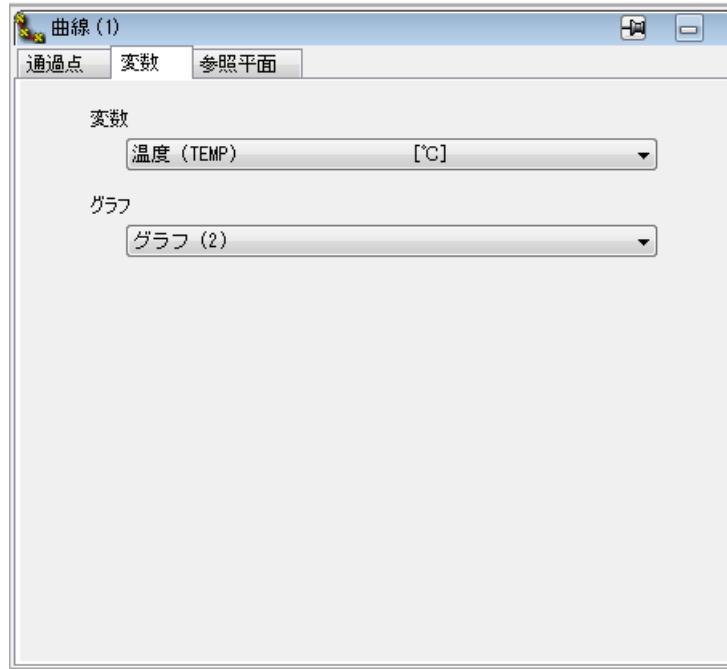
[通過点]タブを選択すると



ピックしたポイントは、[通過点の位置]に表示されています。

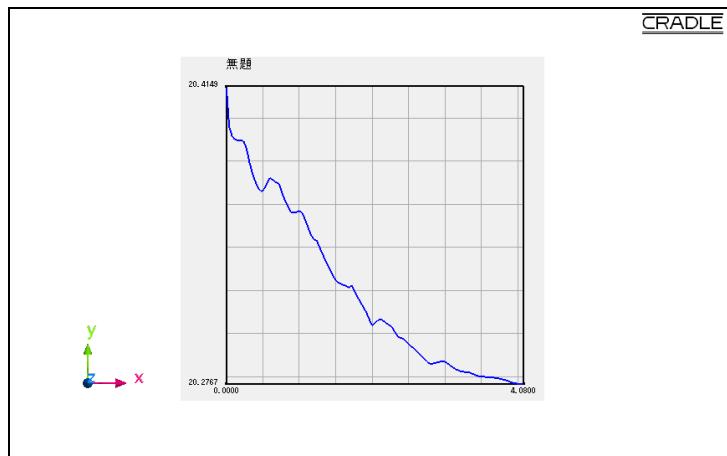
一部の通過点を消去したい場合は、消をクリックしてください。
全ての通過点を消去したい場合は、全消をクリックしてください。

[変数]タブを選択し、[変数]から[温度]を選択してください。



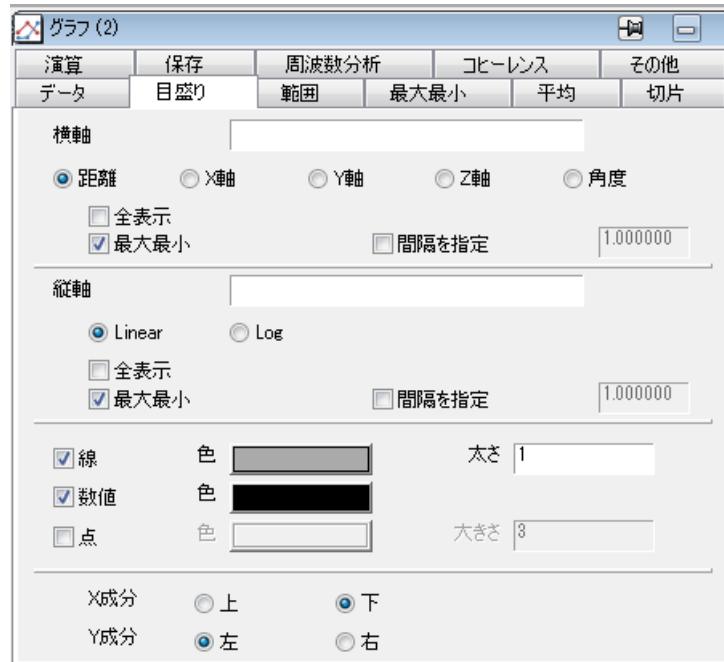
[グラフ]オブジェクト(2)を表示にしてください。

個別操作モードをON(にして、移動及び拡大を行う事ができます。



個別操作モードをOFF()にしてください。

横軸は、[グラフ]オブジェクト(2)の[目盛り]タブの[横軸]で[距離], [X軸], [Y軸], [Z軸]の選択が行えます。



またタイトルは、[グラフ]オブジェクト(2)の[その他]タブの[タイトル]で変更できます。



[曲線]オブジェクトと[グラフ]オブジェクト(2)を非表示にしてください。

(9) 全領域オブジェクト

全領域オブジェクトを使用して、解析領域全体や、一部の体積領域内の変数分布を表示し、変数値の体積平均値を求めます。

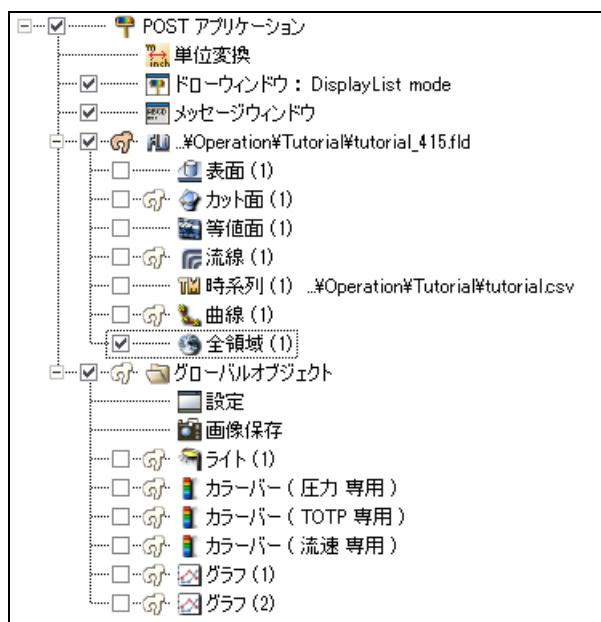
a. 解析領域全体の変数分布の表示

 をクリック、または

[作成] - [全領域]

を選択してください。

FLDオブジェクトに[全領域]オブジェクトが追加されます。



[全領域]オブジェクトでは、

- 表示する領域の範囲の設定([範囲]タブ)
- 表示するMATの設定([MAT]タブ)
- 表示する体積領域の設定([体積領域]タブ)
- スカラー変数の表示の設定([スカラー]タブ)
- ベクトル変数の表示の設定([ベクトル]タブ)
- 切断法の設定([切断法]タブ)
- 積分値の算出([スカラー積分], [ベクトル積分]タブ)
- 使用するカラーバーの設定等([その他]タブ)

等が行えます。

ここでは、

- 表示する体積領域の設定
- スカラー変数の表示の設定([スカラー]タブ)
- 積分値の算出(太字)

をおこなってみましょう。

b. 表示する体積領域の設定

[体積領域]タブを選択してください。

[heater1]以外を全てOFFにして、非表示にしてください。

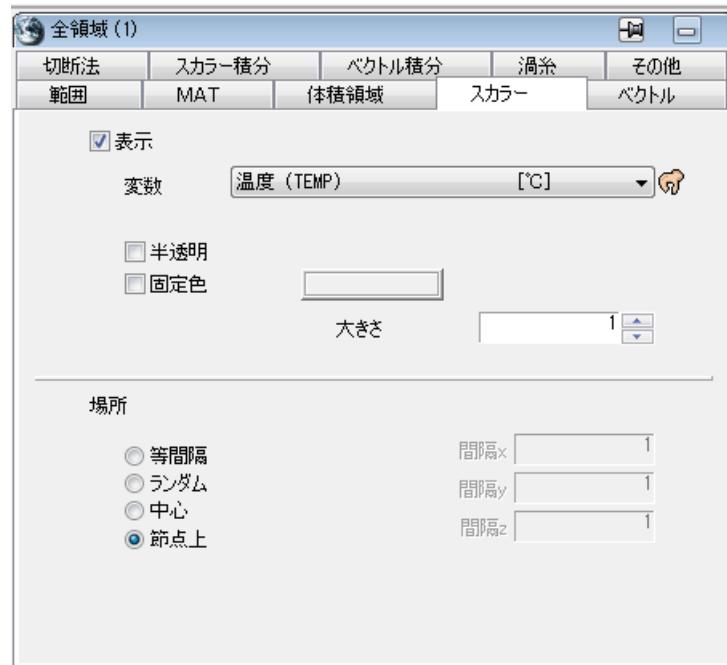


この状態では、全領域に変数が表示されていないので、ドローウィンドウの表示は変化しません。

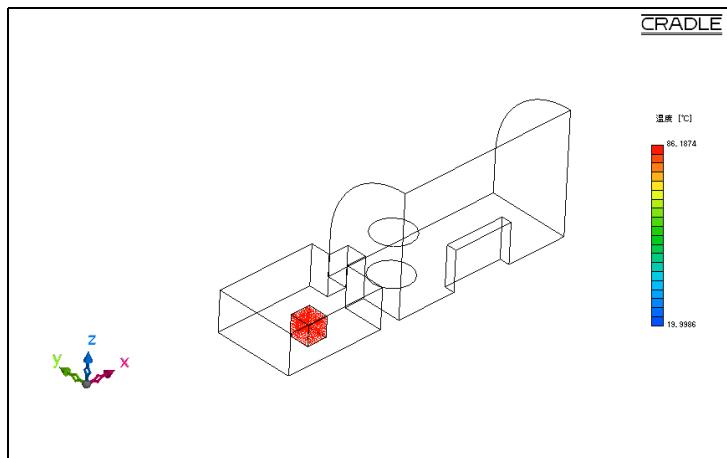
c. スカラー変数の表示の設定

[スカラー]タブを選択してください。

[表示]をONにし、[変数]に[温度(TEMP)]を選択してください。



再描画を行うと、体積領域[heater1]に温度が表示されます。

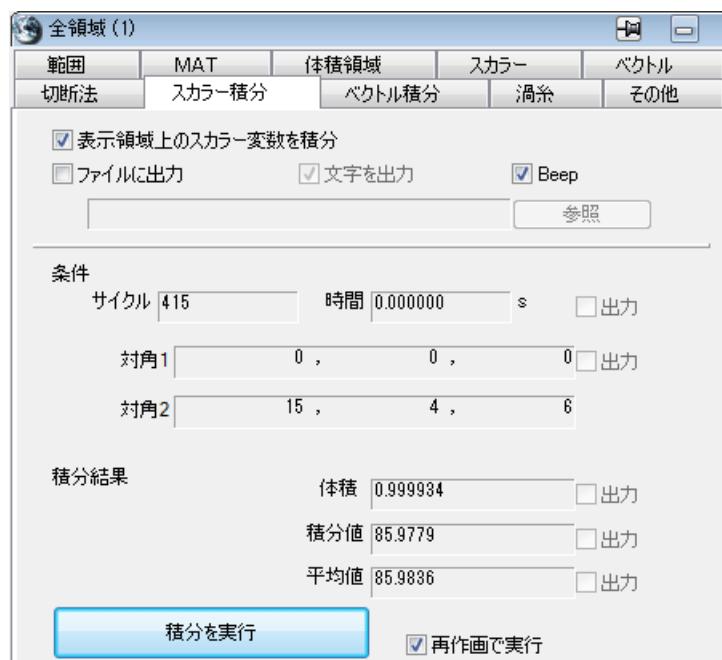


d. 積分値の算出

[スカラー積分]タブを選択してください。

[表示領域上のスカラー変数を積分]をONにし、積分を実行をクリックしてください。

体積領域[heater1]の温度の積分値および平均値が算出、表示されます。



(10) その他の表示

ここでは、

- 登録領域表面上の表示
- カット面との切断表示
- 要素と節点の位置の表示
- 鏡面表示
- テキストの表示
- 背景色の反転表示

の操作について説明します。

a. 登録領域表面上の表示

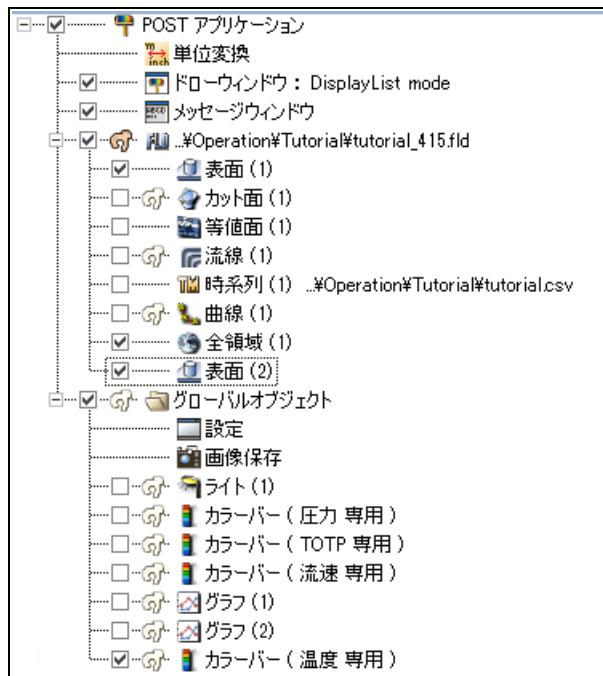
SCTpostでは、SCTpreで登録された個々の領域表面上にベクトル図、コンター図を表示することができます。登録された領域表面上に表示するには、[表面]オブジェクトを作成します。

 をクリック、または

[作成] - [表面]

を選択してください。

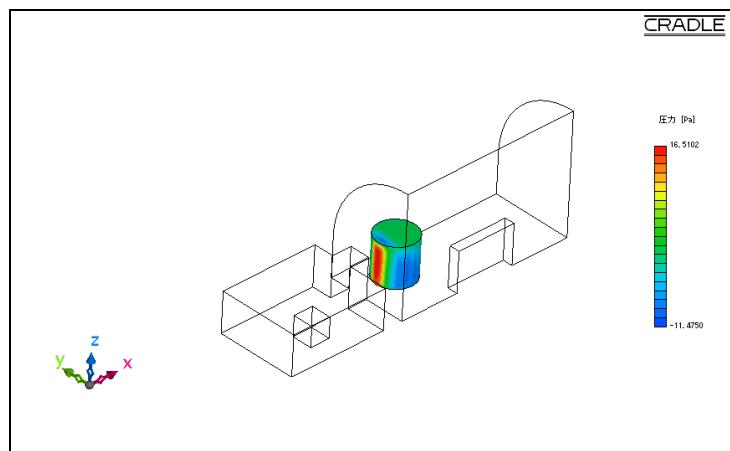
FLDオブジェクトに[表面]オブジェクトが追加されます。



[表面]オブジェクトの[領域]タブを選択し、[wall_heater2]をONにしてください。



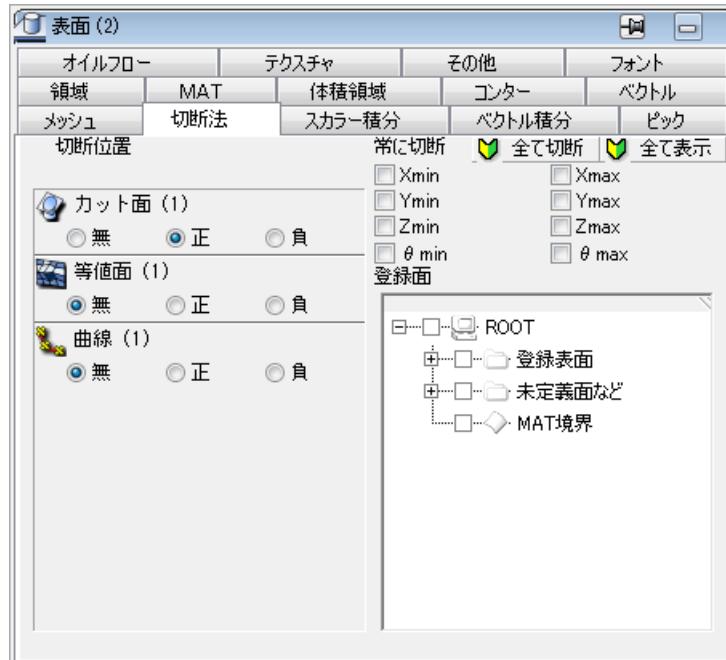
[表面]オブジェクトの[コンター]タブを選択し、[表示]をONにして、[塗りつぶし]の[表]をOFFにして、[裏]をONにして、再描画してください。



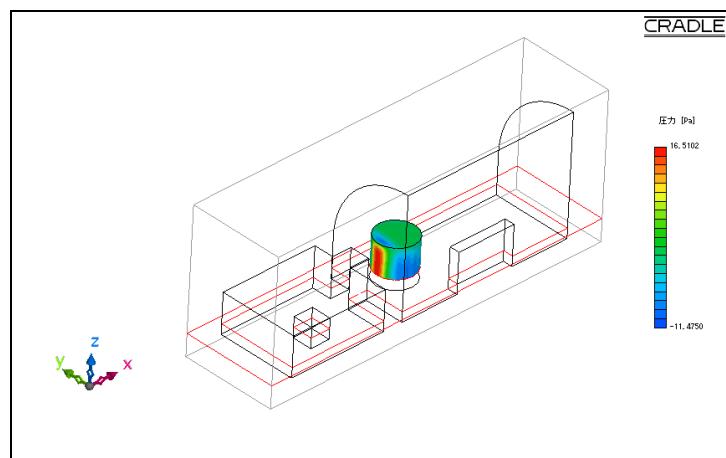
b. カット面との切断表示

[カット面]オブジェクトを表示にしてください。

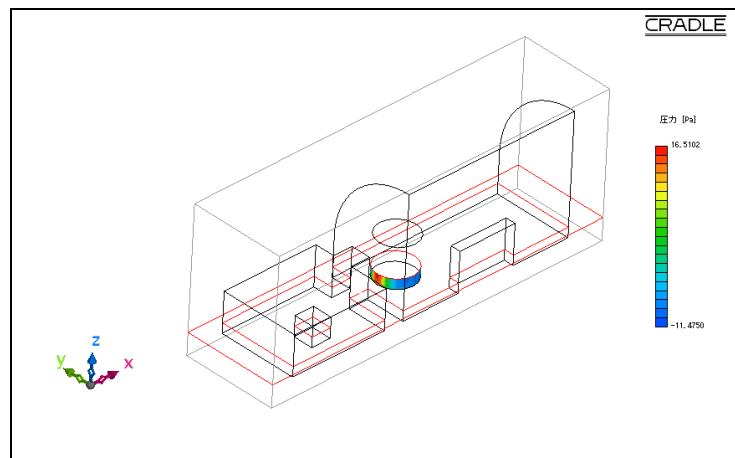
[切断法]タブを選択してください。



[切断位置]の[カット面(1)]の[正を表示]を選択し、再描画してください。



また、[カット面(1)]の[負を表示]を選択し、再描画してください。



c. 要素と節点の位置の表示

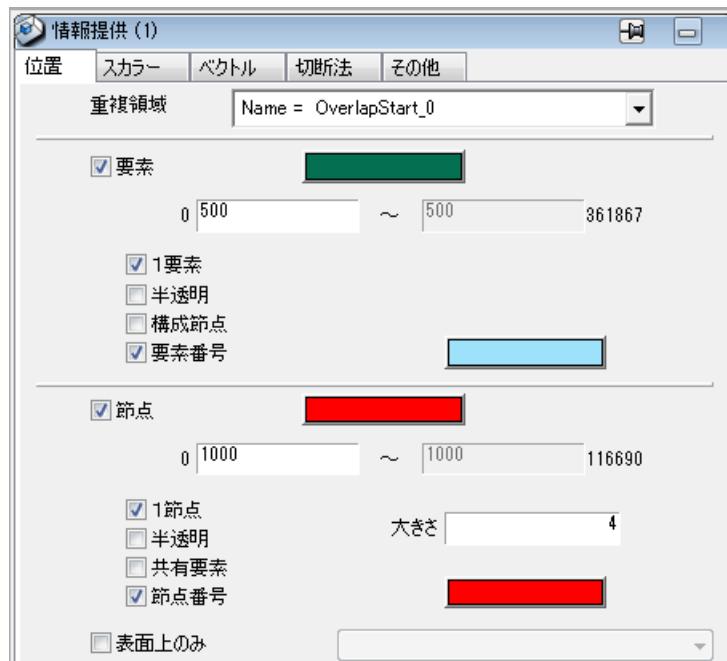
SCRYU/TetraではSCTsolverがギャップ要素を挿入するため、SCTpreで作成した要素番号、節点番号が必ずしも一致しません。

そこで、解析に用いた要素番号や節点番号の位置を知るには、 をクリック、または

[作成] - [情報提供]

を選択してください。

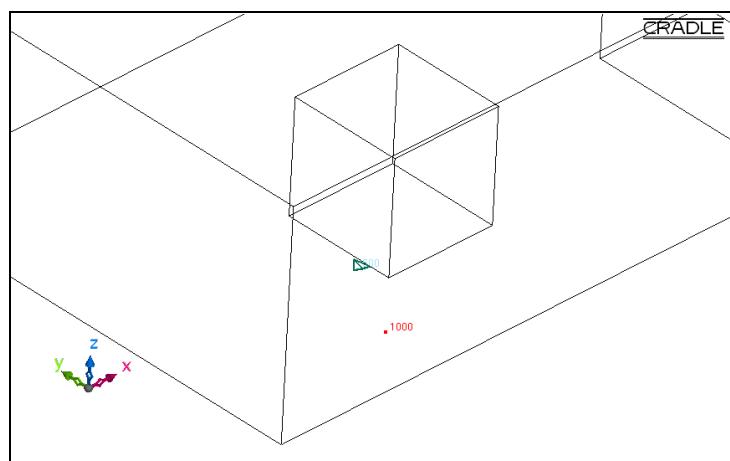
FLDオブジェクトに[情報提供]オブジェクトが追加されます。



ここでは、要素番号500と節点番号1,000の位置を表示してみましょう。

[要素]をONにして、エディットボックスに[500]を入力してください。

[節点]をONにして、エディットボックスに[1000]を入力し、再描画してください。



[情報提供]オブジェクトを非表示にしてください。

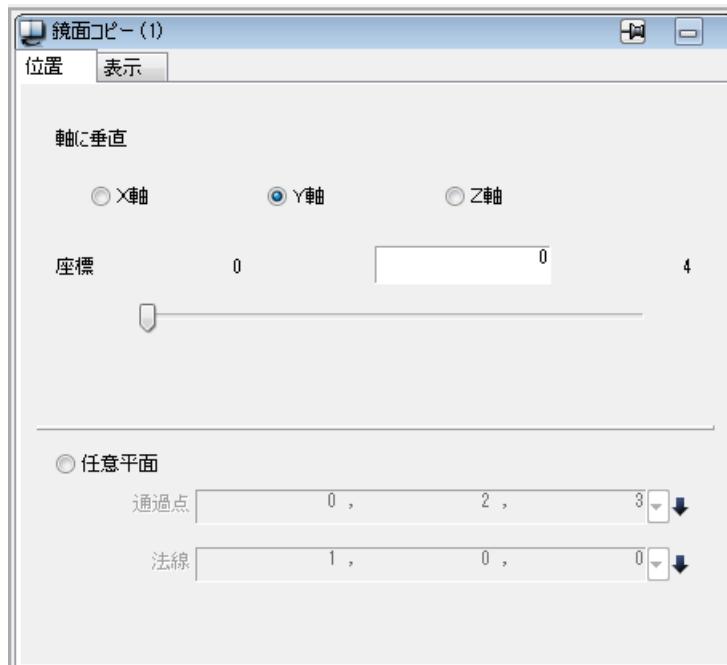
d. 鏡面表示

 をクリック、または

[作成] - [鏡面コピー]

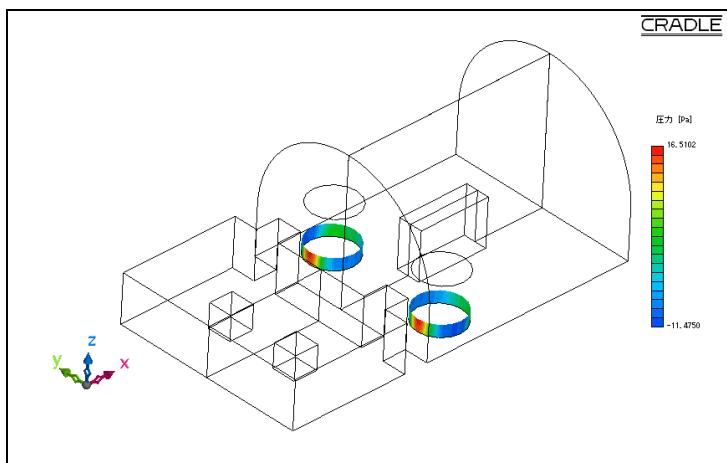
を選択してください。

FLDオブジェクトに[鏡面コピー]オブジェクトが追加されます。

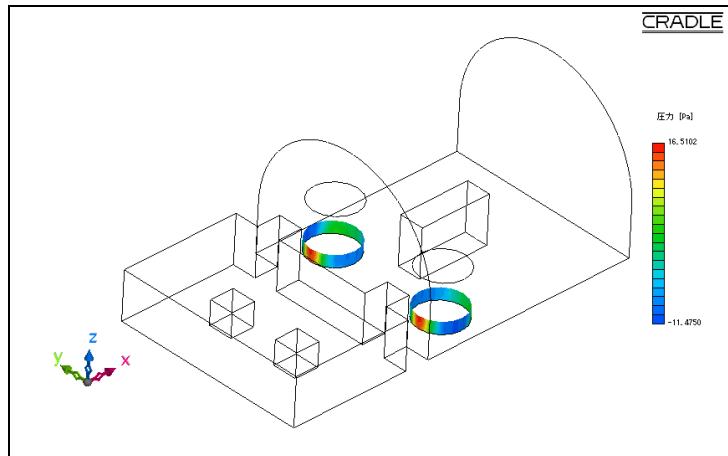
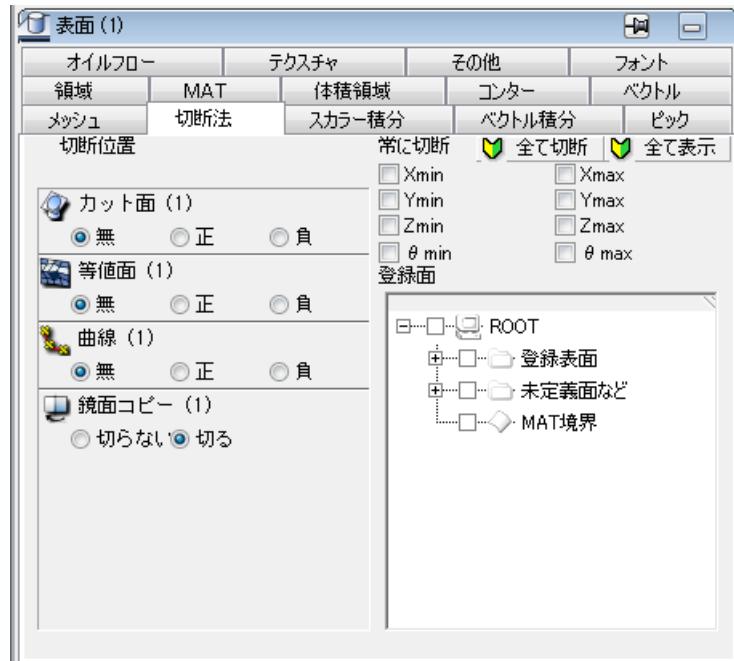


[軸に垂直]の[Y軸]を選択し、[座標]を[0]と入力してください。

[カット面]オブジェクトを非表示にして再描画してください。



対称面の線を表示しない様にするため、[表面]オブジェクト(1)を選択して、[切断法]タブを選択し、切断位置の[鏡面コピー]の[切る]を選択して、再描画してください。



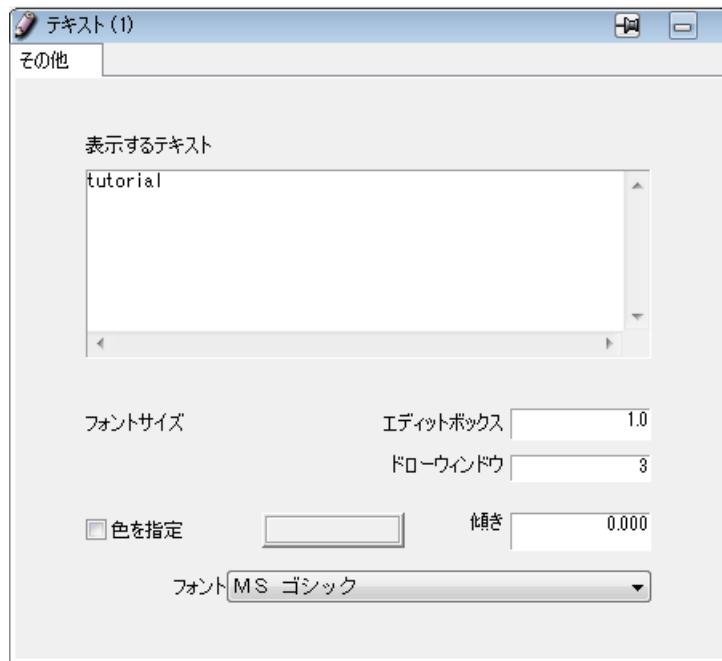
e. テキストの表示

をクリック、または

[作成] - [テキスト]

を選択してください。

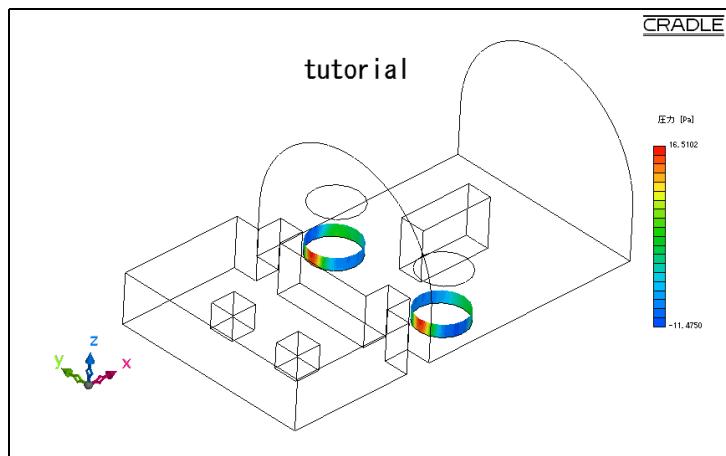
グローバルオブジェクトに[テキスト]オブジェクトが追加されます。



[表示するテキスト]のエディットボックスに[tutorial]と入力し、再描画してください。

注1. 表示するテキストは、日本語の使用も可能で最大100行まで入力できます。

注2. 個別操作モードをON()になると、他のオブジェクトと同様に自由に移動、拡大・縮小などができます。



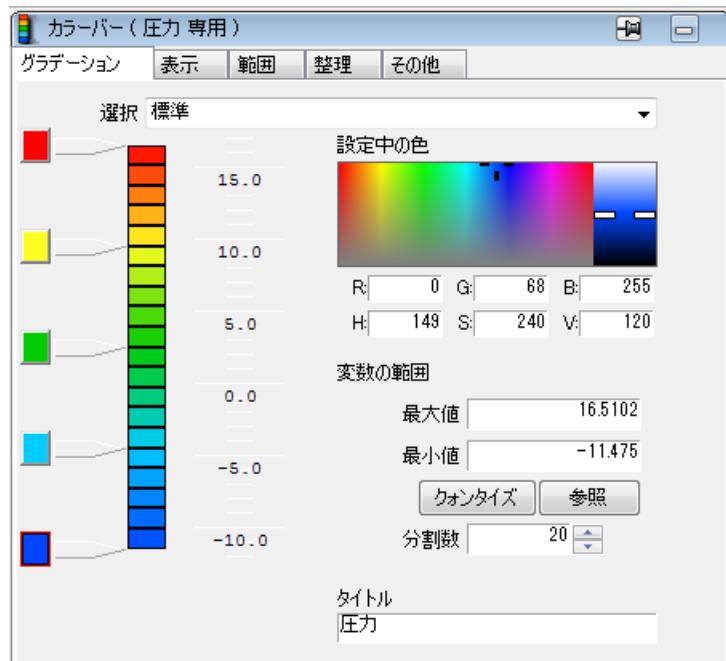
f. 背景色の反転表示

背景色を反転するには、 または をクリックします。

(11) [カラーバー]オブジェクト

[カラーバー]オブジェクトを選択してください。

[カラーバー]オブジェクトは[ベクトル]タブや[コンター]タブの[表示]にONをつけた変数の数だけ自動的に追加されます。



[カラーバー]オブジェクトでは、

- 変数の範囲やカラーバーの分割数等の設定([グラデーション]タブ)
- カラーバーの向きや数値の表示に関する等の設定([表示]タブ)
- 範囲外の処理等の設定([その他]タブ)

等が行えます。

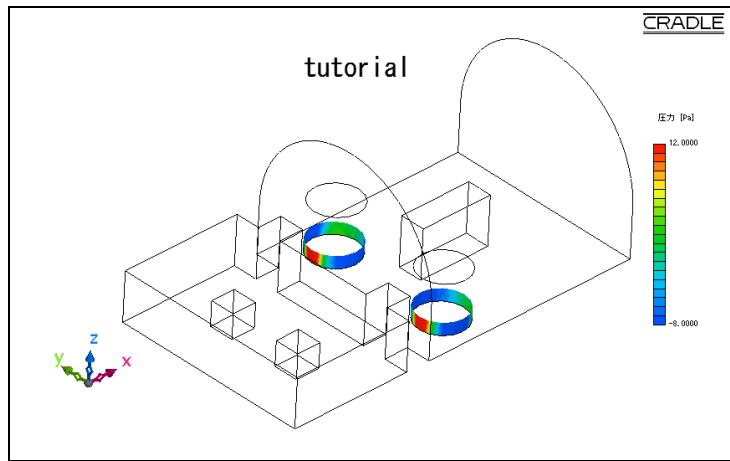
ここでは、

- 最大・最小値と分割数の変更
- 向きと数値の個数の変更
- 表示位置の変更

を行ってみましょう。

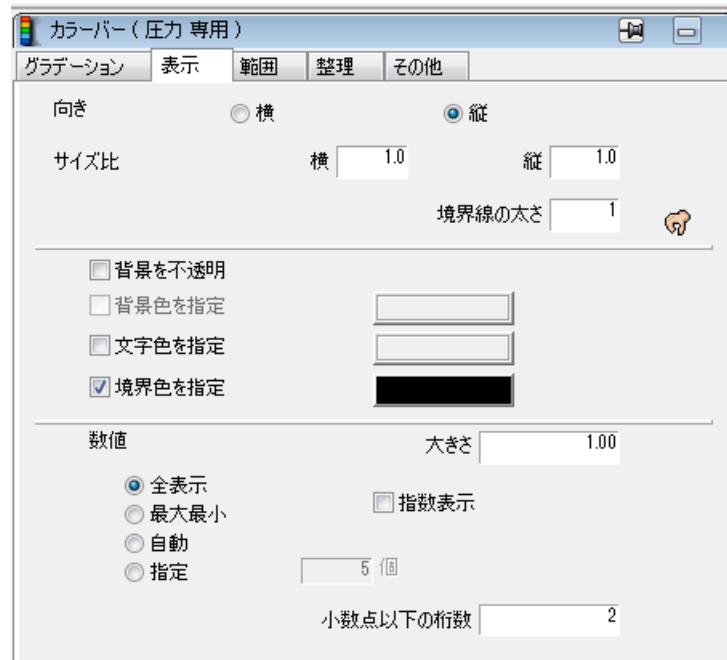
a. 最大・最小値と分割数の変更

[変数の範囲]の[最大値]を[12.0], [最小値]を[-8.0]と入力し、[分割数]を[20]と入力して、再描画してください。

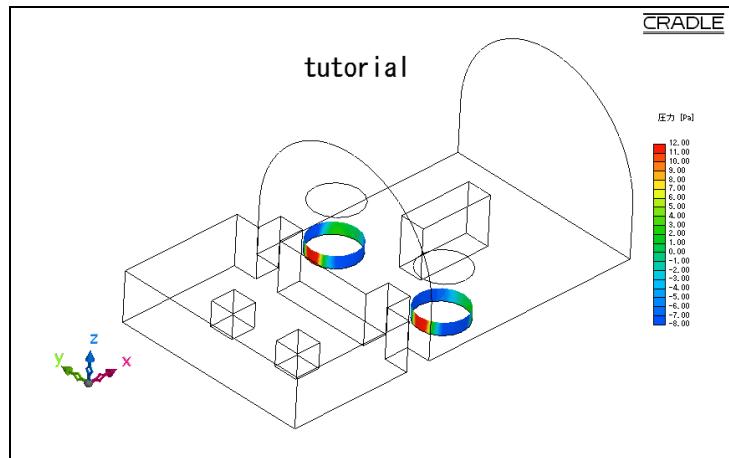


b. 向きと数値の個数の変更

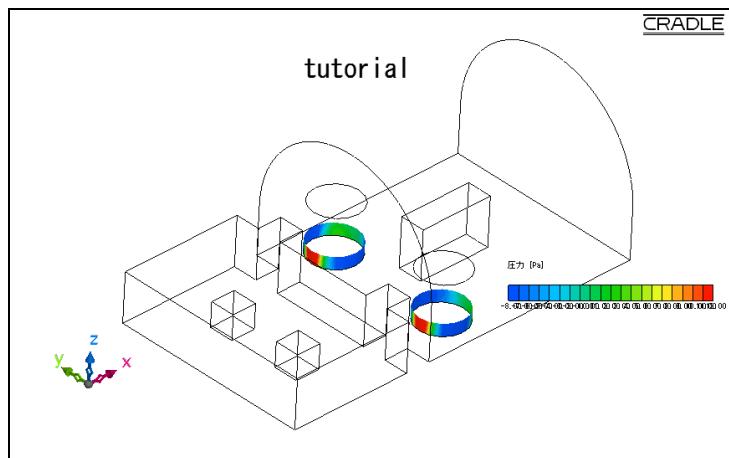
[表示]タブを選択してください。



[数値]の[全表示]を選択して、[少数点以下の桁数]を[2]と入力して、再描画してください。



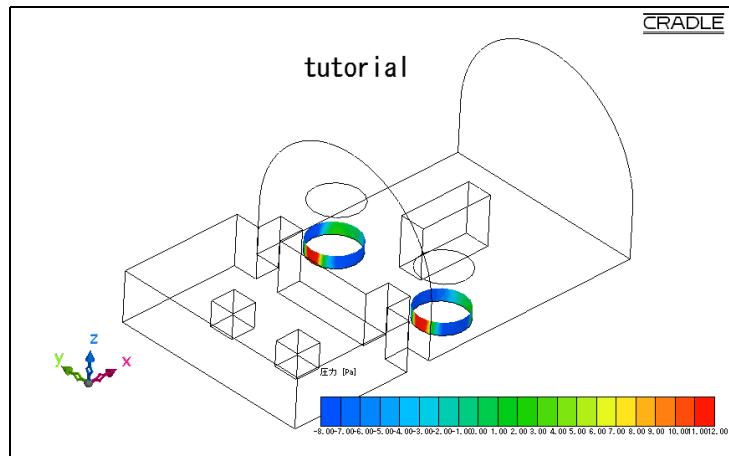
[向き]の[横]を選択して、再描画してください。



c. 表示位置の変更

カラーバーを好きな位置に表示するには、

[カラーバー]オブジェクトを個別操作モードをON()にして、マウス操作で移動させます。拡大・縮小もできます。



[カラーバー]オブジェクトの個別操作モードをOFF()にしてください。

(12) [画像保存]オブジェクト

a. イメージの保存

ドローウィンドウの画像をBMP形式(*.bmp)またはJPEG形式(*.jpg)、PNG形式(*.png)でファイルに保存します。

[画像保存]オブジェクトを選択してください。



- [ファイル名]

出力するファイルの名前を指定します。

参照をクリックすると、出力先のフォルダーを指定することができます。

ここでは、ユーザーフォルダのSamples\Operation\Tutorial\Orgを指定し、ファイル名は[sample001]と入力してください。

確定をクリックしてください。

- [自動保存]

ONにすると、ドローウィンドウの表示が更新されるたびに自動的に画像ファイルを出力します。

ここでは、OFFのままにしておいてください。

- [Beep]

画像ファイルが出力されたときの警告音ON/OFFを設定します。

特に[自動保存]を行う場合等、気付かないうちに大量の画像ファイルが出力されてしまうのを防ぎます。

ここでは、ONのままにしておいてください。

他の項目はすべて、デフォルトを使用します。

保存をクリックすると、ドローウィンドウの表示が指定したファイル名で保存されます。

注. [ファイル名]を設定せずに、**保存**をクリックしたときは前回指定された名前の末尾の番号に1ずつ足した番号をつけて保存します。ファイル名(拡張子の前の部分)の末尾が半角数字でない場合、1から順に番号がつきます。

例. ex1-1.bmpと指定した場合、次に保存されるファイルはex1-2.bmp
example.bmpと指定した場合、次に保存されるファイルはexample1.bmp

b. アニメーションファイルの作成

[画像保存]オブジェクトでは、SCTpost上で再生しているアニメーションのAVIファイルを作成することができます。すなわち、以下のようなアニメーションが作成できます。

- 非定常計算であるサイクルごとにFLDファイルがある場合
[全体]オブジェクトの[サイクル]タブで自動セットでサイクルを変更していく時間的なアニメーション
- [表面]または[カット面]オブジェクトの[ベクトル]タブで[タイプ]をアニメにしたベクトルのアニメーション
- [カット面]オブジェクトの[自動移動]タブによるカット面を移動させるアニメーション
- [流線]オブジェクトの[表示]タブで[タイプ]を[アニメ粒子]等のアニメーション
- 視点自動移動(または[作成] - [視点自動移動])によるアニメーション

注. 変換にはAVIファイルの圧縮コーデックがあらかじめインストールされている必要があります。

[フォーマット]タブのフォーマットとして、[AVI]を選択します。

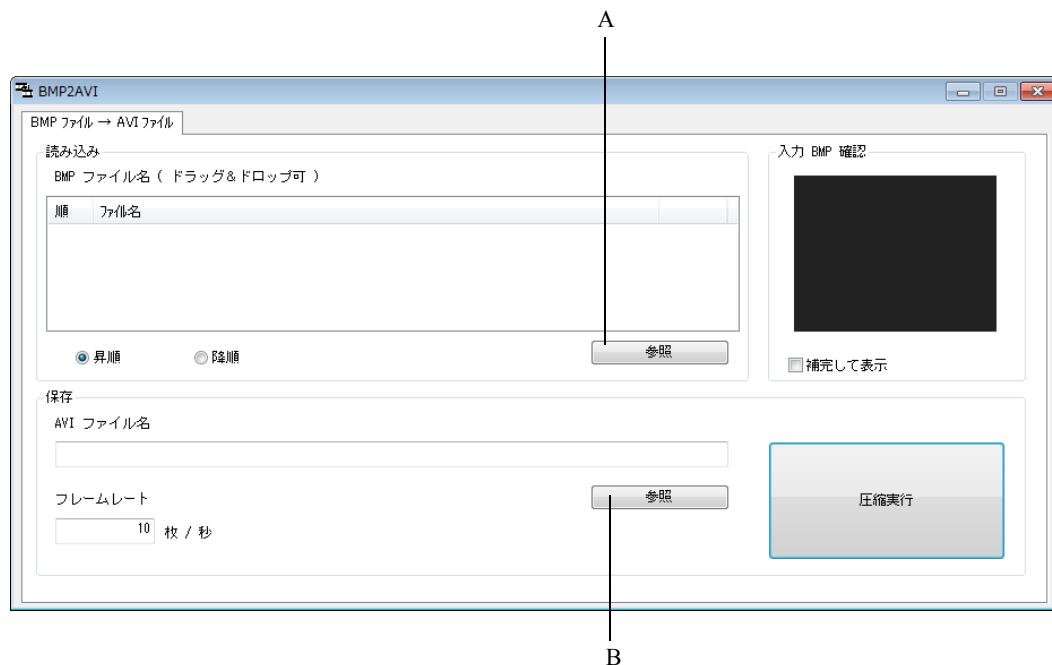


AVI記録開始を押してアニメーションを開始します。AVI記録終了を押すまでのドローウィンドウの内容が指定したAVIファイルに出力されます。

(13) BMP2AVIによるアニメーションファイルの作成

BMP2AVIを用いると、[画像保存]オブジェクトで保存したBMPファイルをAVIファイルに変換することができます。

起動ツールより  を押して BMP2AVIを起動しますと、下のようなダイアログが表示されます。



まず、Aの参照をクリックして、ファイルダイアログを表示し、変換したいBMPファイルを選択してください。このとき、変換する全てのBMPファイルを一度に複数選択してください。

ファイルダイアログを表示せずに、エクスプローラーなどからドラッグ&ドロップすることもできます。この場合も、変換する全てのBMPファイルを一度に複数同時にドラッグ&ドロップしてください。

読み込んだBMPファイルは[昇順]または[降順]を選択して、ファイル名でソートすることができます(連番のファイル名ですと、結果的に番号順に並びます)。

読み込んだBMPファイルをリストボックス上で選択すると、[入力BMP確認]で、画像を確認できます。[補完して表示]をONにすると、縮小表示を厳密に行います。

注. [補完して表示]のチェックは、生成されるAVIファイルの品質には無関係です。

Bの参照をクリックすると、出力するAVIファイルのファイル名をファイルダイアログで指定できます。

[フレームレート]には、生成される動画の1秒当りの画面数を指定します。

圧縮実行をクリックすると、圧縮コーデックを選択するダイアログが表示されます。ここで、圧縮コーデックを選択し、必要なパラメータを設定してOKをクリックすると、圧縮処理が開始されます。

圧縮中は、タイトルバーに状況が表示されます。

(14) 設定の保存

SCTpostでは、現在の表示に関する情報をステータスファイル(*.sta)に保存しておくことができます。ステータスファイルを保存しておくと、SCTpostを次回使用するときや、他のフィールドファイルを読み込んだときに、同じ表示を再現することができます。

 <現在の状態を保存>をクリックして、開いたダイアログのファイル名に保存するステータスファイルの名前を入力します。ここでは、[tutorial]と入力してください。

保存をクリックすると、現在の表示に関する情報が保存されます。



確認をクリックしてください。

保存したステータスファイルを読み込むには、tutorial.staをドラッグ&ドロップします。

(15) Postの終了

[ファイル]-[終了]
を選択してください。

[確認]ダイアログが表示されますので、はいをクリックしてください。

第6章 モデルデータとその修正

6.1 モデル形状の用語説明

SCRYU/Tetraでは、CADデータからスタートした場合であっても、最終的にはモデル形状の表面を三・四角形による多面体で構成したモデルデータを用いて、メッシュを作成し解析を行います。そこで本節ではモデルデータにおける用語説明を行います。

なお、STL形式等の形でCAD側で多面体形状出力を行った場合、修正を行わないと解析を行うことができるモデルデータとならない場合があります。その際に必要な修正手法については、6.2節以降で扱います。

(1) 閉空間

閉空間とは、"つながった面で構成されている閉じた空間"を指します。

SCTpreは閉空間ごとにメッシュを作成します。どこかに隙間や穴が空いている場合、これを閉空間とは認識できませんので、外部データに隙間や穴等の欠陥があるときは、これらを修正する必要があります。また、SCTpreでは物性や体積領域も閉空間ごとに設定します。

ここで、解析領域内に閉空間が複数できる場合、閉空間同士の境界は**1枚の面**で隔てられてはなりません。

(2) 辺の多重度

辺の多重度とは、その辺がいくつの面によって共有されているかを示すもので、下図のようになります。



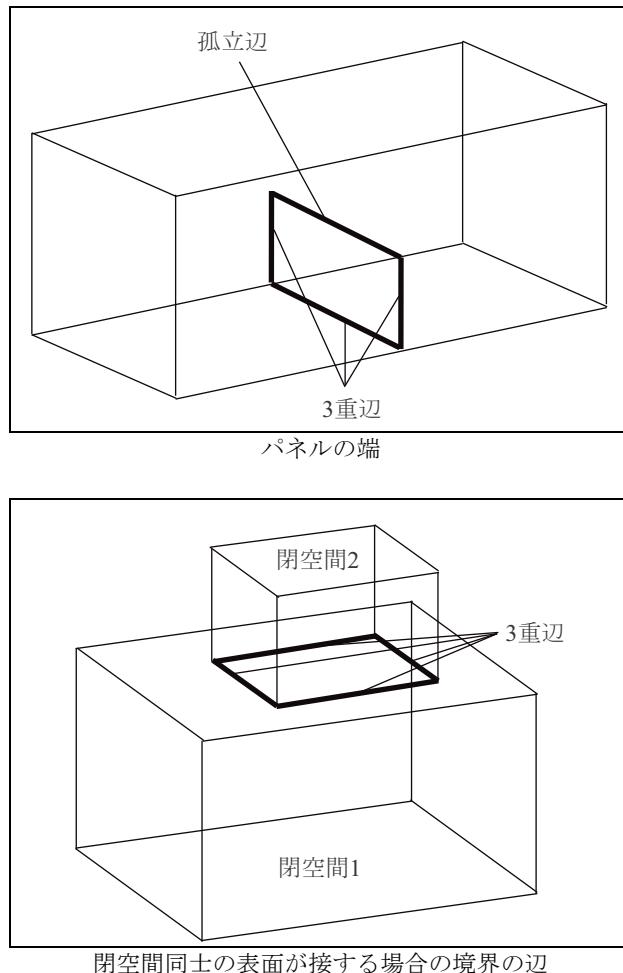
閉空間は、つながった面で構成されていなければならないと説明しましたが、隣り合う面同士がつながっているかを調べるには、この辺の多重度を調べます。

辺の多重度は、

[編集] - [モデル修正] - [辺の重なり診断]
を選択して確認できます。

ある辺を境に2つの隣り合う面がつながっていれば、その境界の辺は2重辺と定義されます。また、ある辺を境につながった面がなければ、その境界の辺は孤立辺と定義されます。さて、閉空間の定義は"つながった面で構成されている閉じた空間"と説明しましたが、もし、**モデルデータが単純な1つの閉空間(直方体をご想像ください)を構成するだけであれば、全ての辺が2重辺でなければならない**といえます。

このように、辺の多重度は基本的に全て2重辺であるべきですが、以下のような例外もあります。



図のように、パネルの端は孤立辺や3重辺以上の多重辺で構成され、閉空間同士が表面で接する場合、境界の辺は3重辺以上の多重辺で構成されている必要があります。

(3) 外形点・外形線

モデルの形状は、すべて細かい三角形や四角形の集合で表現されます。それぞれの三角形や四角形をパッチと呼ぶことがあります。また、その集まりをファセットと呼びます。よって、モデルの形状はファセットで表現されている、と言います。パッチとパッチの境界辺は、外形線と非外形線に分けられます。モデル形状を特徴的に表現する辺は外形線と呼ばれます。

モデルが表示されるとき、黒い線で表示される線を**外形線**、水色の線を**非外形線**です。同様に、黒い点で表示される頂点を**外形点**と呼び、何も表示されない頂点を**非外形点**と呼びます。モデルデータをインポートしたときに、SCTpreが自動的にデータを解析し、これらの外形線・外形点を抽出します。なお、MDLファイルにはこれらの情報も保存されるため、MDLファイルを読み込んだ場合は、自動的に外形点・外形線は抽出されません。

外形線になるのは、

- 2重辺以外の辺
- 2重辺でかつ隣り合う2つの面の角度がある一定値より小さい場合
- 面の向きが変わる境界の辺
- 登録した領域の境界の辺

です。

また、メニューから

[編集] - [モデルの外形点・外形線の抽出] - [弱(または強, 詳細)^(注)]
を選択すると実行できます。

注. [弱]と[強]の違いは、ユーザーズガイド リファレンス(プリ)編をご参照ください。

外形点となるのは、

- 外形線の両端の頂点
- 3本以上の外形線が共有する頂点
- 外形線はないが、鋭角な頂点(円錐の先端等)

です。

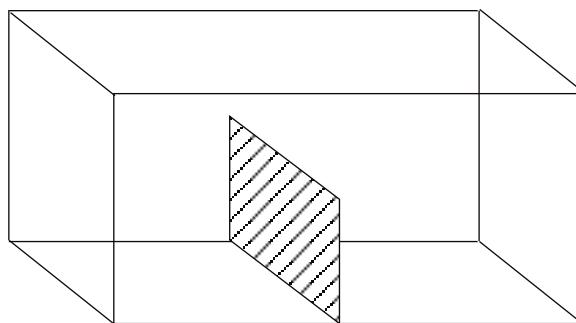
これらの外形線・外形点はメッシュ作成時に大きな役割を果たします。

SCTpreでは、基本的にモデルデータの面上にメッシュの頂点が生成されますが、**外形線がある場合は外形線上に、外形点がある場合は外形点上に必ずメッシュの頂点が配置されます**。これらをコントロールすることで、より質の良いメッシュを作成することが可能です。

(4) パネル

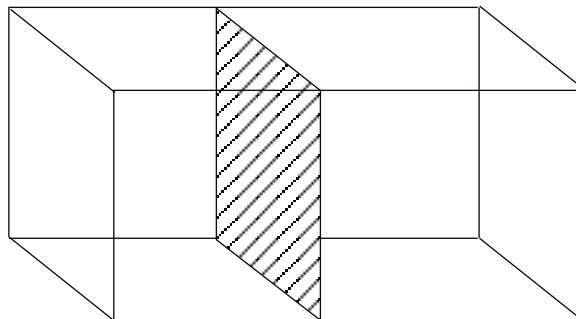
パネルとは、"流体を遮る厚みのない壁"です。

この、流体を遮る厚みのない壁が、モデルの閉空間を分割しない位置にある場合、SCTpreはこれをパネルと認識し、パネルを挟んだ両側のメッシュは不連続になります。メッシュが不連続になると、流体はこの面を通過できなくなります。



パネルの端の辺は、閉空間を分割しない事から、孤立辺となります。ただし、他の面と接する辺は、3重辺以上の多重辺となります。

同じように、厚みのない壁を表現していても、その面が2つの閉空間の境界である場合はSCTpreではパネルと呼びません。このような状態でメッシュを作成すると、この面を挟んだ両側のメッシュの節点は連続性を保ちます。従って、2つの閉空間が同じ物性番号であれば、流体はこれを通過することができます。なお、この面に解析条件としてパネル条件を与えると、パネルとして扱うことが可能ですが。このような部分では、図のように2重辺以外の辺で囲まますが、孤立辺は含みません。



注. 前述したように、ある面が空間を分割しない場合と分割する場合とでは、出来上がるメッシュが異なります。空間を分割しない面(即ちパネル)の場合も、空間を分割する面にパネル条件を与える場合でも、いずれの場合もデフォルトの条件は、

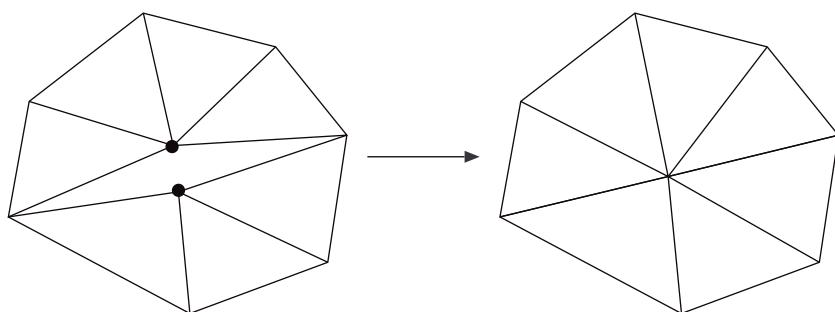
壁面応力条件 : フリースリップ
壁面熱伝達条件 : 断熱

となっていますので、必要な条件は別途与えなければいけません。

参考 リファレンス(ソルバー)編 PANLコマンド, WL02コマンド, WL04コマンド
リファレンス(プリ)編 [編集] - [メッシュの面のパネル化]

(5) マージ

2つの頂点を1つの頂点にする操作をマージと呼びます。



マージする方法として、自動で近い点を検出する

[編集] - [モデル修正] - [頂点のマージ]

と、マウスでマージする頂点をピックする

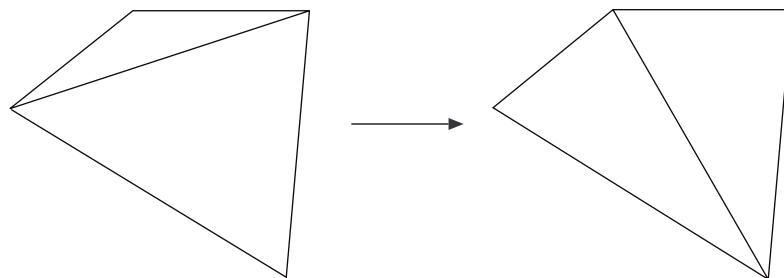
[編集] - [モデルの頂点のマージ(ピック)]

があります。

(6) スワップ

辺のつながりを入れ替える操作をスワップと呼びます。

入れ替えるとは、下図のように三角形2枚をまとめて四角形と見たときに、その対角線を入れ替えると考えます。



スワップする方法として、自動でスワップする辺を検出する

[編集] - [モデル修正] - [スワップ修正]

と、マウスでスワップする辺をピックする

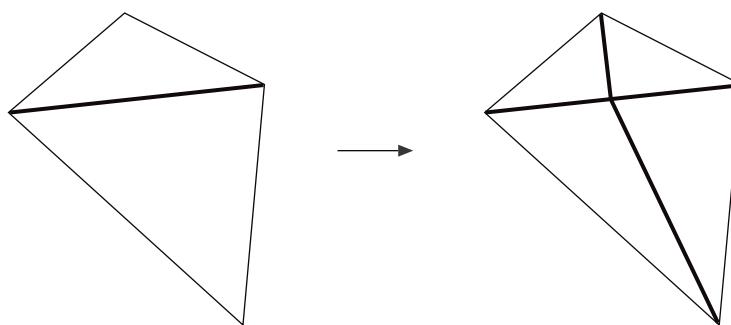
[編集] - [モデルエッジスワップ]

があります。

注. [スワップ修正]でどのような辺がスワップの対象になるかは、**ユーザーズガイド リファレンス(プリ)編**をご参照ください。

(7) スプリット

下図のように、辺の中点で面を分割する操作をスプリットと呼びます。



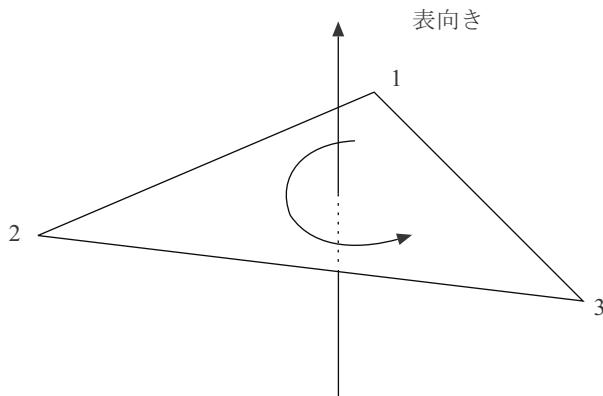
スプリットする方法としては、マウスでスプリットする辺をピックする

[編集] - [モデルエッジスプリット]

があります。

(8) 面の向き

1つの三角形は3つの頂点で構成されますが、3つの頂点の指定のされる順序によって、面の向きが決定します。モデルデータの中で、3つの頂点が指定されている順に右ねじの進行方向が表向きです。



[表示] - [面の向き] - [表(または裏, 両面)]
で、面の向きごとに表示させることができます。

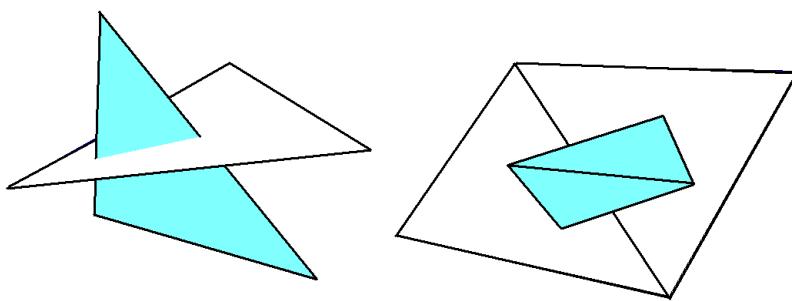
データによっては、面の向きが統一されていない場合もありますが、

[編集] - [モデルの面の向き] - [統一する]
を選択することによって統一できます。

注. 面の向きが統一されていないと、境界の辺が外形線となります。なお、3重辺以上の辺で面が隔てられている前後では、統一が行えない場合があります。

(9) 干渉面

干渉面とは、複数枚の面が干渉している状態を指します。



干渉面を検出するには、

[編集] - [モデル修正] - [干渉面の検出]
を選択します。

干渉面がある場合、体積メッシュを作成することができないので、これらを修正する必要があります。

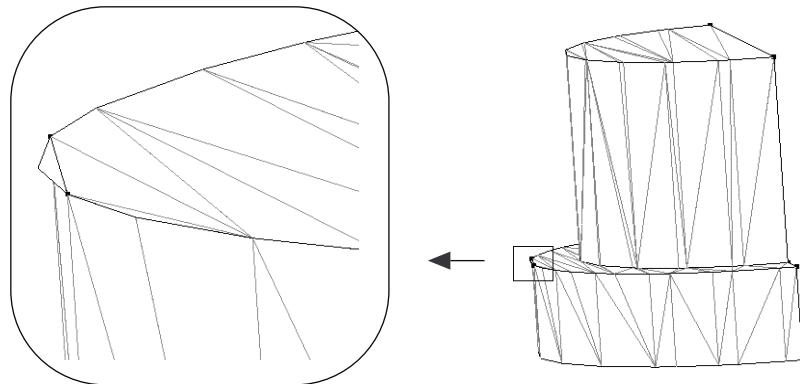
注. 本来は干渉が起きていないくとも、非常に細長い三角形の面などが検出される場合があります。この場合、そのまま表面メッシュの作成を行うことできれいな三角形となれば、体積メッシュの作成は問題なく行われます。

(10) ヒレ

ヒレとは次の条件を満たす部分を指します。

- ・ その部分が2重辺以外の辺で囲まれている
- ・ その1部分に孤立辺を含む

パネルもこの条件を満たしますが、ヒレとはパネルとは異なり、データの欠陥で意図せずにできた、このような形状を指します。



ヒレを検出するには、

[編集] - [モデル修正] - [ヒレの検出]

を選択します。

注. パネルが解析領域内にあり、そのパネルを検出したくないときは、このメニューを選択する前に、パネルを非表示にしておきます。

6.2 修正手順

本章では、基本的なモデルデータの修正手順を説明します。

以下の例では、モデルがパネルを含まない、単純な1つの閉空間を構成する場合、つまり、モデルの辺がすべて2重邊であるべき場合について説明します。

(1) よく使うマウス操作の説明

まず、SCTpreで主にモデルデータを修正する場合に使うマウス操作について説明します。

なお、モデルデータの修正でマウスを使う場合、

[表示] - [面の向き] - [両面]

を選択しておくことをお勧めします。

1. [表示] - [ラバーボックス表示]

このメニューを選択したあと、画面上をマウスの左ボタンでドラッグすると、四角形が表示されます。この四角形で囲まれた範囲の表示、または非表示を行うことができます。SCTpreで描画を行う際に、描画を行う対象(=要素数、面数)が多いほど時間がかかります。ラバーボックス表示を行い、描画を行う対象を減らすことで、描画にかかる時間は短縮できます。また、複雑な形状の場合、余分な面を非表示にしたいときなどにも有効です。

2. [選択] - [マウスピック(面)] - [マウスピック&スプレッド]

このメニューを選択したあと、モデルの面をピックすると

選択 ←→ 非選択

の状態が交互に入れ替わります。

このとき、非表示になつてない面のうち、一番手前にある面が選択されます。したがって、箱の中に箱があるようなモデルの場合、内側の箱の面を選ぶには、外側の箱のモデルを非表示にし、その後、内側のモデルを選択します。また、表示する面の向きを裏向きにしている場合、表向きの面は表示されていませんが、選択の対象になっていますので、ご注意ください。

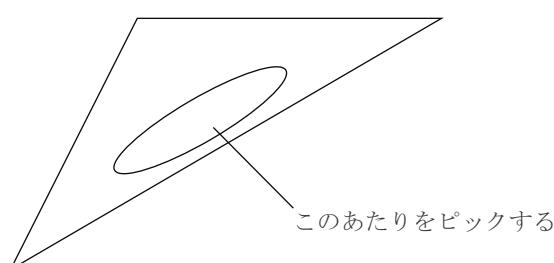
3. [選択] - [マウスピック(辺)] - [マウスピック&スプレッド]

このメニューを選択したあと、モデルの辺をピックすると

選択 ←→ 非選択

の状態が交互に入れ替わります。

辺の選択は、まず、ピックした点に対応する面を算出し、その後、どの辺に一番近いかで、決定されます。したがって、辺の少し内側を選んだ方が簡単に選択できます。



なお、ピックした点に対応する面の算出は、マウスピック(面)と同じ手法で行われます。

注. スプレッドのルールは、**ユーザーズガイド リファレンス(プリ)編**をご参照ください。

(補足) マウスピック

画面上をマウスでクリックすることを"マウスピック"もしくは"ピック"と言います。
"モデルのファセットをピックする"や、"ダイアログの項目をピックする"という使い方がされます。

(補足) スプレッド

モデルをピックすることで、その面や辺を選択できます。
選択されている面から、外形線や選択辺が作る閉じたループまで選択領域を拡大する機能が"
スプレッド(面)"です。
マウスピックとスプレッドを連続で行う機能が"マウスピック&スプレッド"です。

4. [編集] - [追加] - [三角形(3点ピック)]

このメニューを選択すると、モデルの頂点が強調表示されます。

この強調表示された頂点を3つ順番にピックします。

1つの頂点が選ばれる度に下のメッセージウィンドウに

1番目の節点(11)が選択されました。

といった形で、頂点が選択されたことが表示されます。

もし、ピックしてもメッセージが表示されない場合は、頂点が選択されていませんので、もう1度ピックし直してください。

この操作をやめ、頂点の強調表示を元の状態に戻すには、**Esc**キーを押します。

注. この操作を行った直後であれば、

[編集] - [元に戻す]

を選択して元に戻すことができます。

5. [編集] - [モデルの頂点のマージ(ピック)]

このメニューを選択し、モデルの頂点を2つ順番にピックします。

1つの頂点が選ばれる度に下のメッセージウィンドウに

1番目の節点(16)が選択されました。

といった形で、頂点が選択されたことが表示されます。

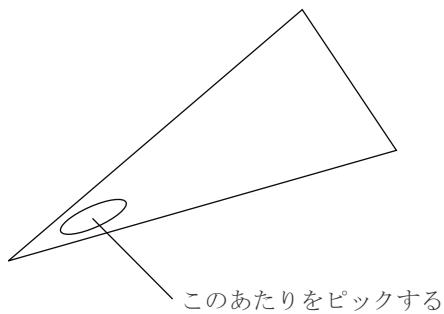
もし、ピックしてもメッセージが表示されない場合は、頂点が選択されていませんので、もう1度ピックし直してください。

2つの頂点を選択したあと、メッセージウィンドウに

マージする頂点は異なる必要があります。

と出力された場合、同じ頂点が選ばれ、マージが行われなかつたことを意味します。

頂点の選択は、まず、ピックした点に対応する面を算出し、その後、どの頂点に一番近いかで、決定されます。したがって、頂点の少し内側を選んだ方が簡単に選択できます。



なお、ピックした点に対応する面の算出は、マウスピック(面)と同じ手法で行われます。

注. この操作を行った直後であれば、

[編集] - [元に戻す]

を選択して元に戻すことができます。

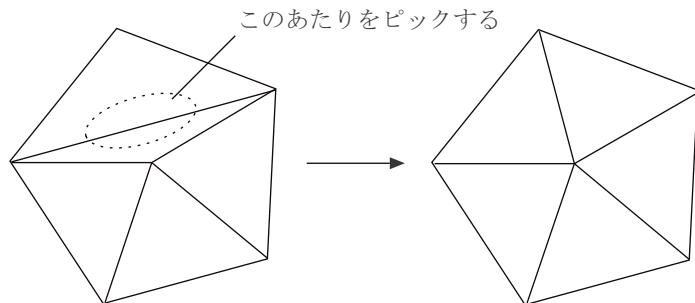
6. [編集] - [モデルエッジスワップ]

このメニューを選択したあと、モデルの辺を選ぶとスワップが行われます。

この辺の選択は、

[選択] - [マウスピック(辺)]

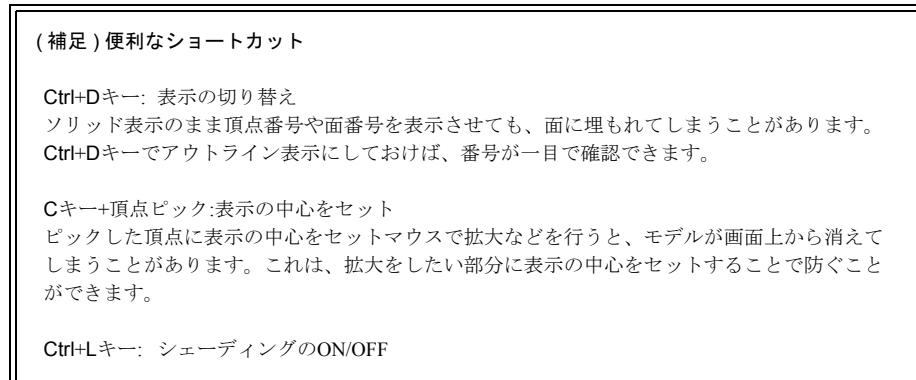
と同じ手法で行われますので、辺の少し内側をピックしてください。



注. この操作を行った直後であれば、

[編集] - [元に戻す]

を選択して元に戻すことができます。



(2) 辺の多重度の修正

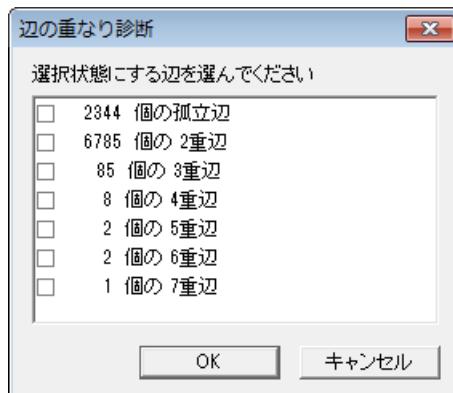
モデルデータを読み込んで初めに確認すべきことは、辺の多重度です。

これは、

[編集] - [モデル修正] - [辺の重なり診断]

を選択して行います。

このメニューを選択すると、以下のような[モデルの辺の重なり診断]ダイアログが現れます。ダイアログは一例です。



パネルを含まない単純な1つの閉空間のモデルでは、全ての辺が2重辺でなければいけません。もしここで2重辺しか検出されなかった場合には、モデルの修正は必要ありません。しかし、このダイアログのように孤立辺や3重辺以上の辺が検出された場合は、その部分を修正する必要があります。

ここで、チェックボックスにONをつけてOKをクリックすることによって、多重度ごとに辺を選択状態(赤く表示される)にすることができ、問題箇所を見つけやすくなります。

また、辺を選択した状態で、

[表示] - [頂点番号表示] - [選択辺の両端/分歧点の]

を選択すると、選択された辺の両端に紫色で頂点番号が表示されます。

これにより、該当する辺がどこにあるのか確認しやすくなります。

孤立辺が存在するのは、主に次の理由からです。

- 面と面の間に隙間が空いている。
- データの欠陥で、ヒレが存在している。
- データの1部が、欠落して穴が空いている。

3重辺以上の多重辺が存在するのは、主に次の理由からです。

- 面が重なっている。
- データの欠陥で、ヒレが存在している。

辺の多重度の修正は基本的に次の流れで行います。

1. 重なった面を削除します。
2. ヒレを削除します。
3. 孤立辺の縫い合わせを行います。
4. 頂点のマージを行います。
5. 1～4を繰り返します。もし改善されなくなったら、6に進みます。
6. 孤立辺を検出し、穴埋めを行います。
7. 孤立辺、多重辺の周りを調べ、状況に応じて、面の削除や、頂点のマージを行います。

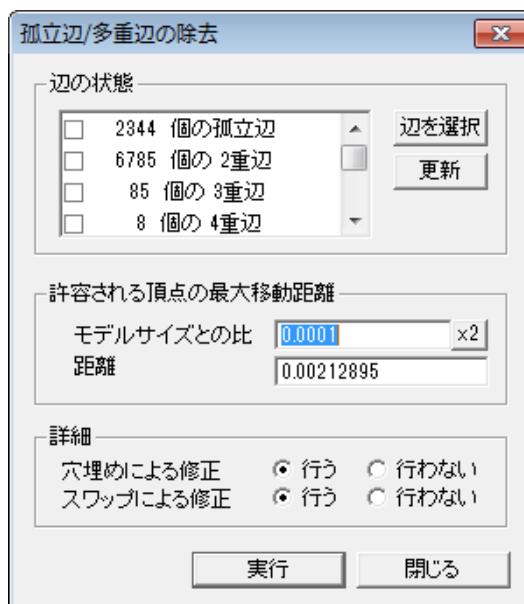
これらの処理は自動的に実行させることができます。

メニューから

[編集] - [モデル修正] - [孤立辺/多重辺の除去]

を選択します。

[孤立辺/多重辺の除去]ダイアログが現れます。



ダイアログ上部には[辺の状態]が表示されますが、これは[辺の重なり診断]ダイアログで表示されるものと同じ内容です。この辺の状態一覧で、モデルの辺の状態を確認しながら作業を行います。ここでは、モデルの辺はすべて2重辺であるものとしていますので、辺の状態一覧で辺が2重辺のみになれば作業は終了です。辺を選択をクリックすると辺の状態一覧のチェックをつけた多重度の辺が選択状態になります、画面で場所を確認出来ます(ただし、辺の選択状態は処理には影響しません)。

ダイアログ中央の[許容される頂点の最大移動距離]では、孤立辺の縫い合わせや頂点のマージを行う際の、頂点の最大の移動距離を設定します。

孤立辺の縫い合わせや頂点のマージでは頂点が移動しますので、これらの処理に伴ってわずかですがモデルの形状が変化します。ここで最大移動距離を制限することで、必要以上にモデルの形状が変化することを防ぎます。

最大移動距離は、モデルサイズとの比か、直接距離を入力して指定します。

x2をクリックすることで、距離を2倍にすることが出来ます。

ダイアログ下部の[詳細]では、[穴埋めによる修正]および[スワップによる修正]を行うか行わないかを選択します。[穴埋めによる修正]については後で説明します。[スワップによる修正]を行う場合、辺の多重度には影響ありませんが、スワップした方がモデルの表面が滑らかになると判断した場合、自動的にスワップを行います。通常は[行う]にしておきます。

このダイアログ上でのSTLの修正は、以下の手順で行います。

1. [穴埋めによる修正]を[行わない]にします。

[行う]になっている場合、穴埋めが可能な部分すべてについて穴埋めが実行されますが、縫い合わせで修正可能な部分は縫い合わせで修正した方が仕上がりが綺麗になります。穴埋めによる修正は、縫い合わせで修正出来ない大きな穴が残った後に行うようにしますので、初めは[行わない]にしておきます。

2. [許容される頂点の最大移動距離]を設定します。

デフォルトの値はモデルサイズとの比= 0.0001(モデルの大きさに対して1万分の1の距離であれば、頂点の移動を許可する)となっています。通常はこのままで良いと思いますが、必要があればもっと小さくします。

3. 実行をクリックします。

指定した頂点の最大移動距離の範囲で、前述の1から7までの処理を繰り返し実行します。処理が終了すると、画面が自動的に外形線のみ表示されるモードになり、ダイアログ上部の[辺の状態]が更新されます。また、画面では、孤立辺と多重辺が自動的に選択状態になります。

4. [辺の状態]で状況を確認し、2重辺のみになっていれば作業は終了です。辺の状態が2重辺のみにならなかった場合は、次の手順に進みます。

5. 画面で選択辺(孤立辺と多重辺)の様子を確認します。

選択辺の数が少なくなっています、それらがループ状になっている場合、それらは穴になっている可能性がありますので、ここで[穴埋めによる修正]を[行う]にして、3に戻ります。また、選択辺がループしていない場合は、x2をクリックして3に戻ります。ただし、最大移動距離をあまり大きくしますとモデル形状が変わってしまう危険性がありますので、ある程度最大移動距離を大きくしても辺の状態が変わらない場合は、各孤立辺、多重辺の周りの面の繋がりを目で確認しながら、手動で修正した方が安全です。

以上の操作でモデルデータの修正が終わりましたら、

[編集] - [モデルの外形点・外形線の抽出] - [強]

を選択して、モデルの外形線を確認します。

頂点がごくわずか移動しただけでも、周りの面との繋がり方によっては、面の法線が大きく変わって頂点の周りの辺が外形線になることがあります。画面で外形線を確認して、不必要な外形線がある場合には、エッジスワップや頂点のマージ等を用いて手動で修正を行っておくと、あとで良質なメッシュを生成出来ます。

このダイアログでモデルデータを完全に修正出来なかった場合は、手動で修正を行う必要があります。以下に、モデルデータの修正の基本的な流れ1～7を手動で行う場合について説明します。

- 重なった面を削除します。

多重辺が存在する場合、まず、重なった面を削除します。

[編集] - [モデル修正] - [重なった面の検出]

で選択します。これは、同じ3つの頂点で構成される面が複数枚あるとき、1枚だけ選択せず、残りを選択します。このとき、下のメッセージウィンドウに

2 個の重なった面が存在します。

といった形で、何枚の面が選択されたかが表示されます。このあと、

[編集] - [削除]

で、削除します。

この操作によって、モデルの多重辺が修正されます。

注. 重なった面を検出し削除すると、穴が空いてしまった様に表示される場合があります。これは、重なって面を検出し、面を選択するときに、面の向きは考慮されていないためです。そのため、重なった面を削除したあとは、

[編集] - [モデルの面の向き] - [統一する]

を行い、面の向きを統一し、そのあと、

[編集] - [モデルの外形点・外形線の抽出]

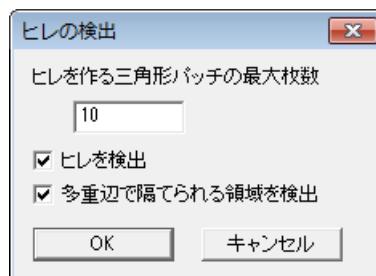
を行ってください。

- ヒレを削除します。

1.の重なった面の削除を行っても、3重辺以上の多重辺が存在する場合、ヒレの削除を行います。

[編集] - [モデル修正] - [ヒレの検出]

を選択すると、[ヒレの検出]ダイアログが表示されます。



- [ヒレを作る三角形パッチの最大枚数]

1つのヒレを構成する面の数が、このダイアログで指定する面の枚数以下の場合、そのヒレを構成する面が選択されます。

デフォルトは10で、最大は50となっており、1つのヒレの枚数が51以上の場合、この機能を用いてヒレを検出することはできません。

- [ヒレを検出]

このオプションをチェックしておくと、ヒレが検出されます。

注. パネルがあるデータの場合、パネルを構成する面の枚数が[ヒレを作る三角形パッチの最大枚数]以下の場合、パネルも選択されてしましますので、必要なパネルはあらかじめ非表示にしておきましょう。

- [多重辺で隔てられる領域を検出]

このオプションをチェックしておくと、ヒレでない3重辺以上の多重辺で囲まれた範囲の面を選択します。

注. ヒレとは、3重辺以上の多重辺と、孤立辺で囲まれた領域を指します。2つ以上の閉空間同士の表面が接するモデルデータの場合、閉空間同士の境界の面の枚数が[ヒレを作る三角形パッチの最大枚数]以下の場合、これも選択されてしましますので、あらかじめ非表示にしておきましょう。

ヒレが検出されると、メッセージウィンドウに

57: 面 10997 は、孤立した領域を構成しています。
96: 面 11027 は、ヒレを構成しています。

等といった形で出力され、最後に、

103 個のヒレが選択されています。
166 個の孤立した領域が選択されています。

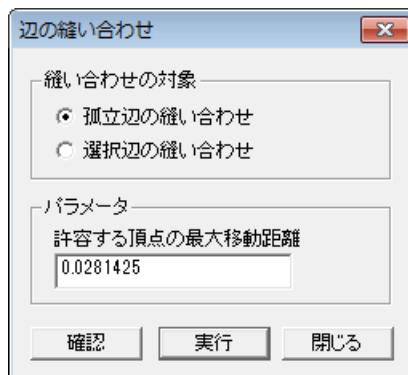
と、トータルで何枚の面が選択されたかが示されます。上記の場合、103個検出されたことを表します。この操作によって、モデルの孤立辺、多重辺が修正されます。

注. ヒレの検出を行う場合、先に重なった面を削除しておくことをおすすめします。重なった面がある状態で、ヒレの検出を行うと、重なった面すべてが選ばれ、そのまま削除すると、穴が空いてしまうことになります。

3. 孤立辺の縫い合わせを行います。

孤立辺が存在する場合は、孤立辺を縫い合わせて修正を行います。

[編集] - [モデル修正] - [辺の縫い合わせ]
を選択します。



- [縫い合わせの対象]

[孤立辺の縫い合わせ]

孤立辺同士のみを縫い合わせます

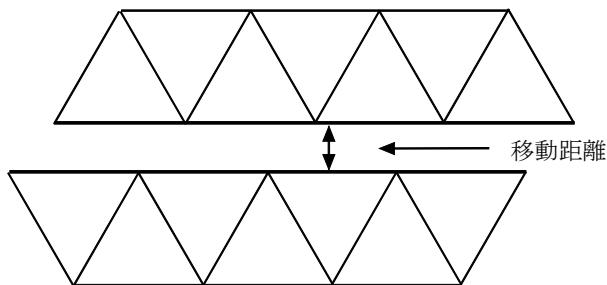
[選択辺の縫い合わせ]

選択辺同士を縫い合わせます。

- ・ [パラメータ]

[許容する頂点の最大移動距離]

縫い合わせの対象となる辺同士の距離がここで指定された距離より小さい場合、この辺の間を隙間と見なし、縫い合わせを行います。



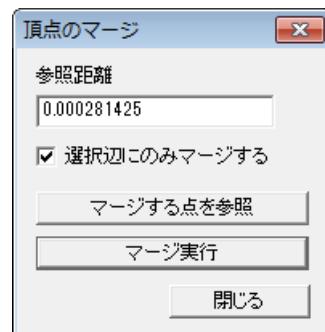
確認をクリックすると、どこで縫い合わせが行われるかを確認できます。赤い点が描かれる頂点に、緑の線でつながった辺が引きつけられます。この操作によって、モデルの孤立辺が修正されます。

4. 頂点のマージを行います。

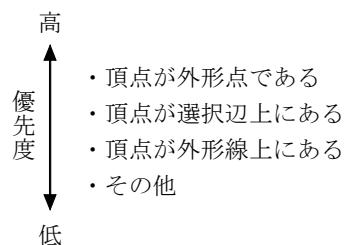
3の孤立辺の縫い合わせを行っても、孤立辺が存在する場合は、頂点のマージを行います。

[編集] - [モデル修正] - [頂点のマージ]

を選択します。



頂点のマージの判定は、一辺の長さが参照距離の立方体に入るかどうかで、行われます。このとき、頂点には優先度があり、以下の順となっています。



優先度が高い頂点に、優先度が低い頂点が引きつけられるようにマージされます。[選択辺にのみマージする]をONにすると、選択辺上の点にマージされるもののみ有効になりますので、不必要なマージを防ぐためには、孤立辺を選択しておいてからマージを行います。

マージする点を参照をクリックすると、どの頂点がマージされるか確認できます。ここで、赤い点が描かれる頂点に、緑の線でつながった頂点が引きつけられます。

マージ実行をクリックすると、マージが実行されます。このダイアログを開いたときに入っている参照距離は、モデルの大きさから算出された値です。あまり大きい値を入れると、形状が壊れることがありますので注意してください。

5. 1～4を繰り返します。もし改善されなくなったら、6に進みます。

6. 孤立辺を検出し、穴埋めを行います。

孤立辺の縫い合わせや頂点にマージでは孤立辺がなくならない場合、穴埋めを行います。

[編集] - [孤立辺の検出]

を選択すると、孤立辺が検出され、選択状態になります。続いて、

[編集] - [モデルの穴埋め]

を選択します。この機能では、円環状に選択された辺に対して、その内部に面を追加します。このとき、下のメッセージウィンドウに、

節点(40)でループが分岐しています。
分岐は辺(250,2)から検出されました。

といった形でメッセージが表示されることがあります。これは、選択された辺が途中で枝分かれをしていて、単純な円環状になっていないことを意味します。また、画面のその場所に赤い丸が描かれます。

同様に、

節点(7)でループが閉じていません。

といったメッセージが表示される場合があります。これは、選択辺が1つの閉じた円環になっていないことを意味します。この場合も同様に画面のその場所に赤い丸が描かれます。

上のような場合は、

[選択] - [選択解除(辺)]

で、一旦選択を解除しそのあと、

[選択] - [マウスピック(辺)] - [マウスピック(辺)]

で、辺を選択し、

[選択] - [スプレッド(辺)] - [孤立辺を伝わる]

等を使って、辺の選択を単純な円環状にしてから、穴埋めを行います。

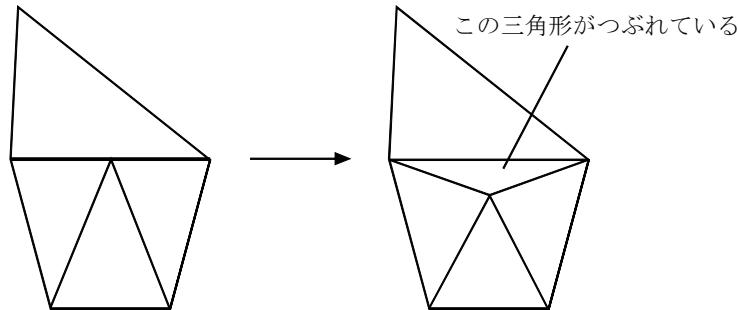
7. 孤立辺、多重辺の周りを調べ、状況に応じて、面の削除や頂点のマージを行います。

(3) 不必要な外形点・外形線の修正

辺の多密度を修正した段階で、メッシュの作成が可能になります。ただし、本来は外形点・外形線にならないところが、外形点・外形線になっている場合があります。この場合、非常につぶれた三角形が存在します。これらは、修正を行ったほうが質のいいメッシュを作成することができます。以下に、よくあるパターンと、その修正方法を示します。

1. スワップ

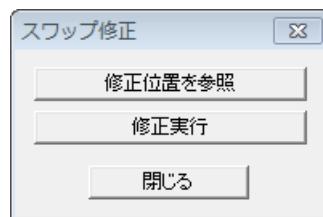
辺の多重度に問題がなく、下の図のような状態になっている場合、非常につぶれた三角形が存在します。



このような場合、スワップ修正を行います。

スワップ修正は、

[編集] - [モデル修正] - [スワップ修正]
で行います。



修正位置を参照をクリックすると、修正の候補点に赤い点が描かれ、メッセージウィンドウに、いくつの候補点が見つかったかが次のような形で出力されます。

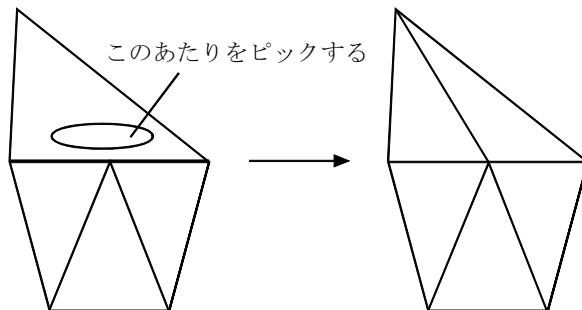
15 個の候補点があります。

修正実行をクリックすると、修正が実行されます。実行を繰り返すことによって、候補点の数は減りますが、0にならないこともありますので、候補点の数が減らなくなった場合、それ以上は修正されません。

上のスワップ修正では、修正しきれない場合、手動でスワップ修正します。

[編集] - [モデルエッジスワップ]

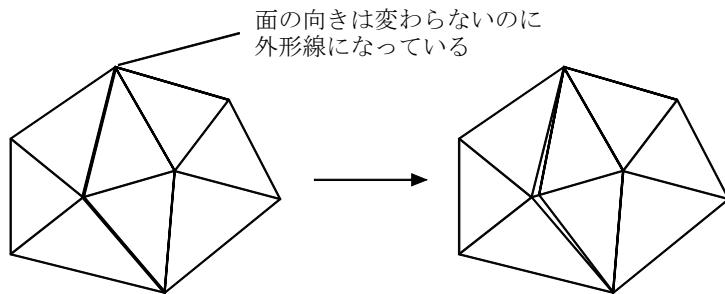
を選択し、次の図のようにスワップしたい辺を、マウスでピックします。



これで、スワップが行われます。

2. マージ

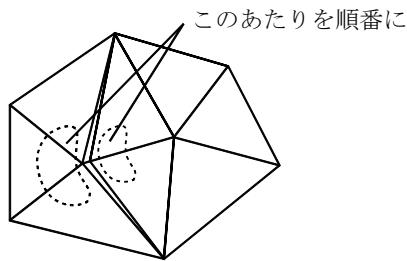
下の図のような状態になっている場合も、非常につぶれた三角形が存在します。



このような場合、マージを行います。辺の多重度の修正のところで説明したマージを行ってもかまいませんが、あまり大きい距離でマージを行うと、モデルの形状を壊してしまいますので、ここでは、手動で行います。

[編集] - [モデルの頂点のマージ(ピック)]

を選択し、下の図のように2つの頂点をピックします。



このとき、下のメッセージウィンドウに

1 番目の節点(38)が選択されました。
2 番目の節点(39)が選択されました。

と、出力されます。もし、

マージする頂点は異なる必要があります。

と出力されると、同じ頂点が選択されたということなので、その場合は、その頂点の周りの違う部分を選択します。

(4) 非外形線-外形線の変更

(2)までとは逆に、外形線になって欲しいところで、外形線にならない場合もあります。例えば、

- ・隣り合う面同士の角度からは明らかに外形線になるはずの辺
- ・隣り合う面同士の角度が鈍角であるため外形線にならない辺

等が挙げられます。

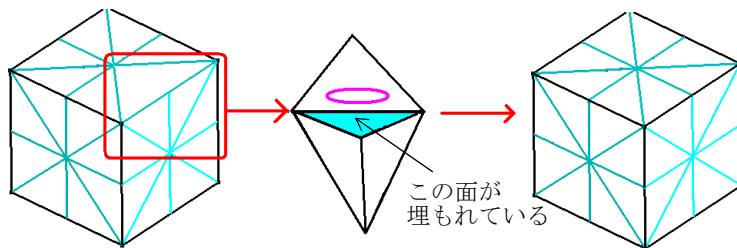
これらは、以下のように修正します。

1. 隣合う面の角度からは明らかに外形線になるはずの辺

SCTpreでは、隣り合う面同士の外角が135.01度より大きい辺が外形線として抽出されますが、ここに面積が0の面が埋もれていると、外形線として抽出しないようになっています。
従って、

[編集] - [モデル修正] - [スワップ修正]

を選択し、これを修正します。



注. [スワップ修正]では、このように面積が0になってしまった面を自動的に判断して、スワップの対象とします。

2. 隣り合う面同士の角度が鈍角であるため外形線にならない辺

この場合、外形線としたい辺を選択し、

[編集] - [モデルの辺(点)の状態変更] - [選択辺を外形線に]

を選択することで、外形線にすることが可能です。

注. ただし、本来は外形線(点)でない辺(頂点)に対し、[モデルの辺(点)の状態変更]を行った場合でも、[モデルの外形点・外形線の抽出]を行うと、元に戻ってしまいますので注意が必要です。

また、以下のモデル修正のメニューでは、実行後に自動で[モデルの外形点・外形線の抽出]が行われます。

- ・ [編集] - [モデル修正] - [スワップ修正]
- ・ [編集] - [モデル修正] - [頂点のマージ]
- ・ [編集] - [モデル修正] - [干渉する辺の抽出]
- ・ [編集] - [モデル修正] - [孤立辺/多重辺の除去]
- ・ [編集] - [モデル修正] - [領域の接合(モデル)]
- ・ [編集] - [モデル修正] - [選択辺を選択面に接合]

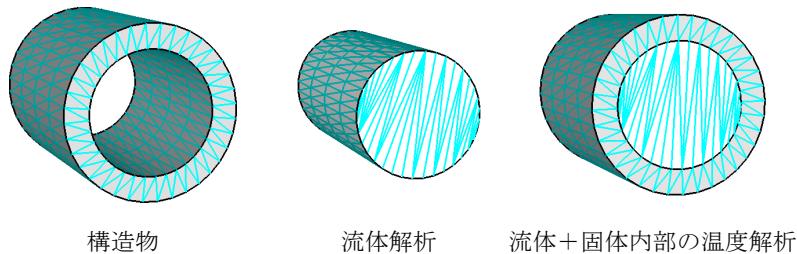
注. 領域を登録しておくと、[モデルの外形点・外形線の抽出]を行っても、領域の境界は外形線として抽出されます。

6.3 よくあるモデルデータの問題と修正の例

(1) 構造解析と流体解析の違い

構造解析では、構造物(実際の製品の形状)が解析の対象となりますが、流体解析では、構造物の周囲等の流体の通過する部分が解析対象となります。

ここでは、単純な円管を例にあげてみましょう。



構造解析では、円管自身が解析対象となり(左図)、円管内を通る流れの解析では円管の厚みは問題ではなく、円管の内側が解析対象となります(中央図)。

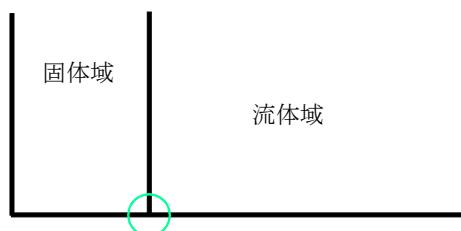
また、円管(固体)内部の温度も同時に計算する場合などは、流体と固体それぞれの内側が解析対象となります(右図)。

(2) 3重辺以上の多重辺をもつモデルの問題

3重辺とは、1つの辺を3枚の面が共有している状態で、以下のような場合に必要となります。

1. 物性の異なる固体同士が面で接触している場合
2. 解析領域内にパネルが必要で、そのパネルが他の面と接する場合
3. 上の右端の図のように、流体+固体モデルで固体表面が流体の境界の表面と接する場合
4. 体積領域のための閉空間の表面が、流体の境界の表面と接する場合

3番の状態を、分かりやすく2次元の図で考えてみましょう。



図の3つの線が合流している部分が、3重辺が必要な場所となります。

しかし、CADによっては3重辺以上の多重度を持ったモデルを作成できないものがあります。

CADから出力される不具合の例としては、下の図のように2つの辺は共有できて、もう1つの辺が離れているといったパターンが多く見られます。

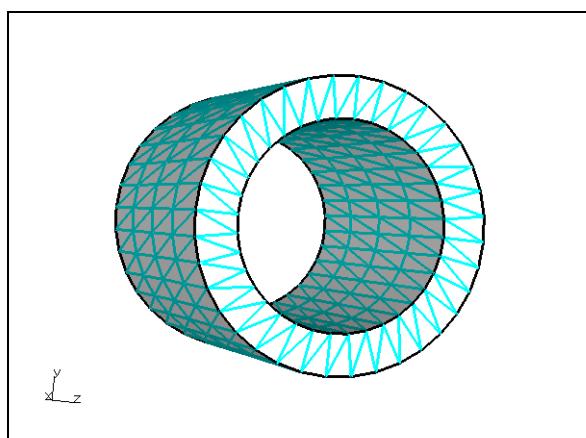


モデルデータの不具合例

このようなCADの場合、無理にモデルデータ全てをCADで作成しようとせずとも、以下のようなSCTpreの機能を用いれば、必要なモデルデータが作成できることがあります。

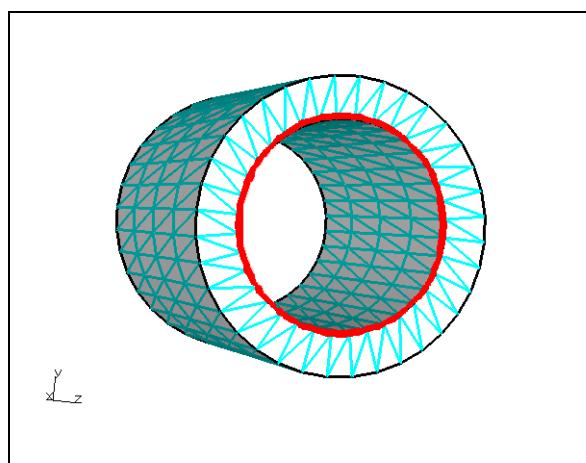
1. [モデルの穴埋め]を用いて3重辺を作成する手法

- model1 ; 流体+固体の境界の3重辺を作成する
samplesフォルダのmodel_dataを開き、model1.stlをインポートします。



この図のように、初めからCADで3重辺を作成しようとせずに、固体域のみをCADで作成しておきます。続いて、穴埋めを行う辺を選択します。

[選択] - [マウスピック(辺)] - [マウスピック&スプレッド]

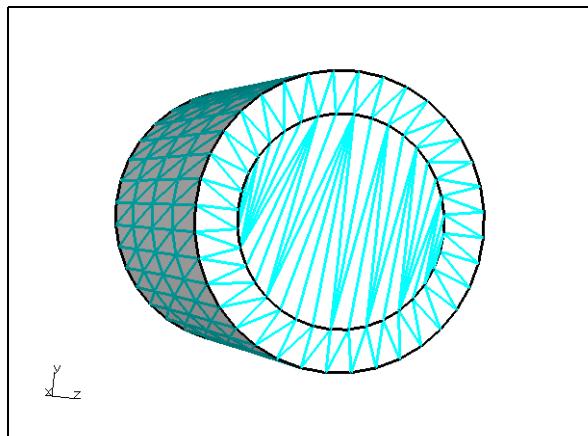


辺を選択したら、

[編集] - [モデルの穴埋め]

を選択し、流体域の境界の面を作成します。

反対側も同様の手順で行うと、SCTpreに必要なモデルが作成できます。



表示を行う面の向きによっては、作成した面が見えない場合がありますので、

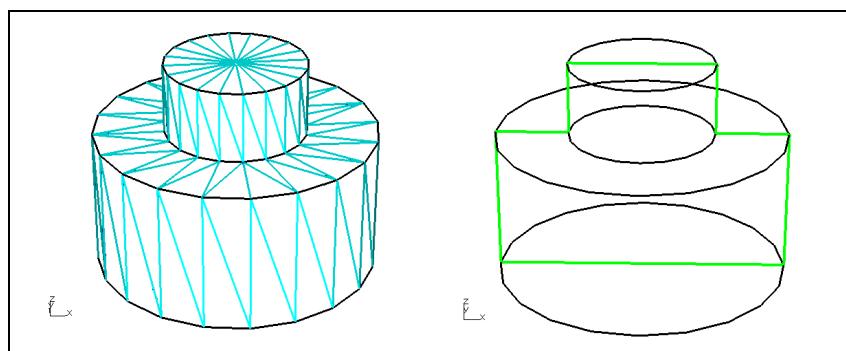
[表示] - [面の向き] - [両面]

を選択します。また、

[編集] - [モデル修正] - [辺の重なり診断]

を選択し、流体と固体の境界の辺が3重辺になっていることを確認しましょう。

- model2 ; 固体同士が面で接するモデルの境界の3重辺を作成する
model_data フォルダの、model2.stl をインポートします。



model2

model2 断面図

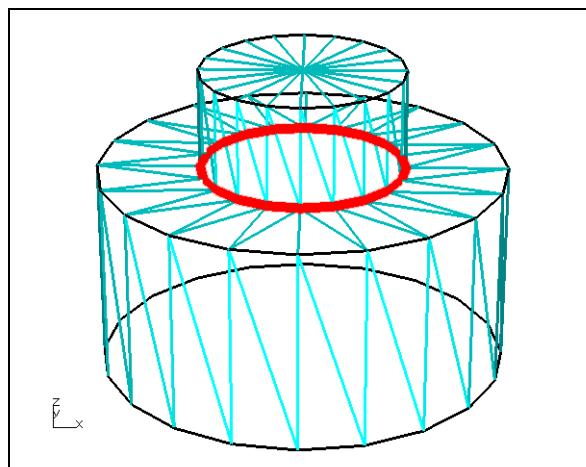
左の図のように、半径の異なる2つの円筒状の物体があり、それぞれの物性が異なる場合を想定しますと、2つの円筒の境界が1枚の面で隔てられ、境界の辺が3重辺になっていなければいけません。

model2では、CADでブーリアン演算(和)を行った場合の出力例で、2つの物体がひとつながりの閉空間を構成しています。

従って、この場合円筒の境界に閉空間を分ける面を作成する必要があります。

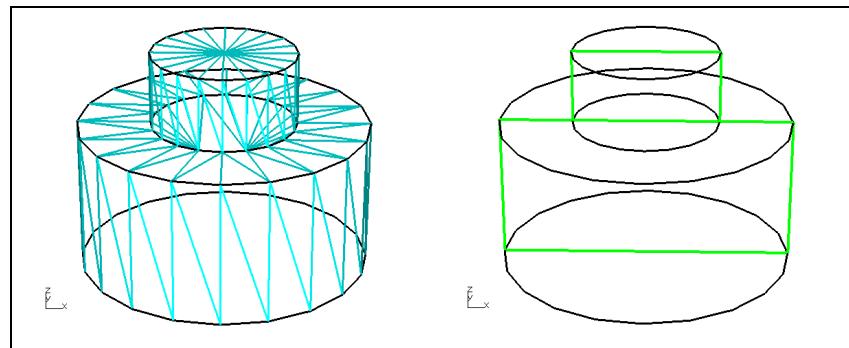
この場合も境界の辺を選択し、

[選択] - [マウスピック(辺)] - [マウスピック&スプレッド]



穴埋めを実行します。

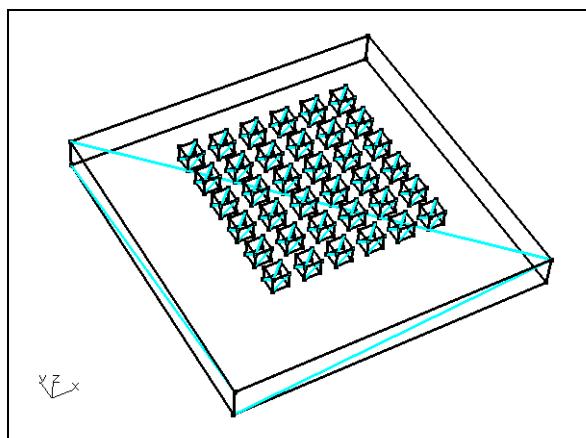
[編集] - [モデルの穴埋め]



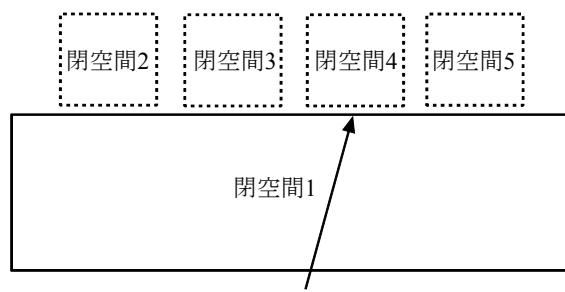
穴埋めとありますが、対象が穴である必要はなく、このように囲まれた辺さえあればその内側を平面で埋めることができます。

2. [干渉する辺の抽出]を用いて3重辺を作成する手法

- model3 ; 多数の固体同士が面で接するモデル
model_dataフォルダの、model3.stlをインポートします。



このモデルデータは、全ての部品が個別に閉じた空間を構成しており、境界の辺は共有していません。

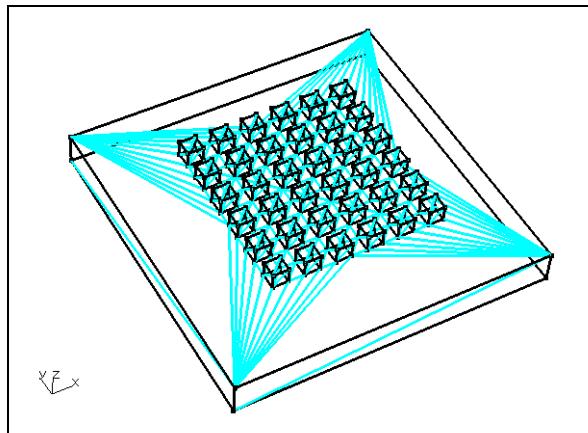


境界に2枚の面があり、それぞれの閉空間が個別に閉じているため全て2重辺となっている。

ここで、

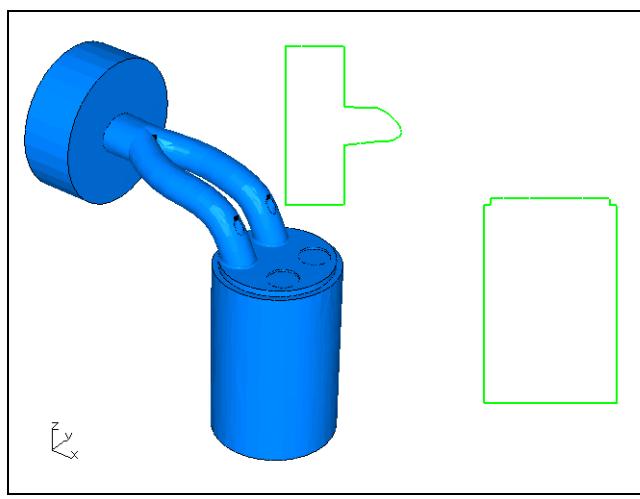
[編集] - [モデル修正] - [干渉する辺の抽出]

を選択すると、それぞれの空間同士が接する面が再構成され、空間同士が1枚の面で隔てられ、境界の辺が共有するようになります。



この例は、モデル2と同様に1つの空間として作成しておいて、境界の辺を選択して[モデルの穴埋め]を実行することでも作成できますが、多数の空間がある場合には、この手法が格段に楽なはずです。

- model4 ; 空間を平面で分割したい場合
model_dataフォルダの、model4.stlをインポートします。

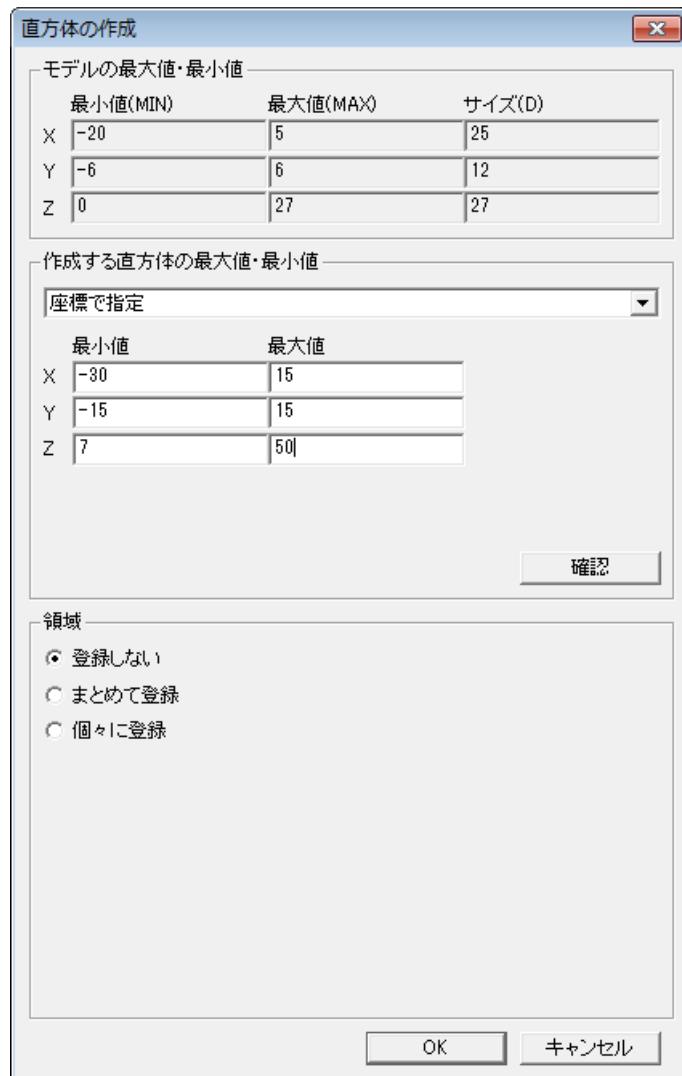


model4

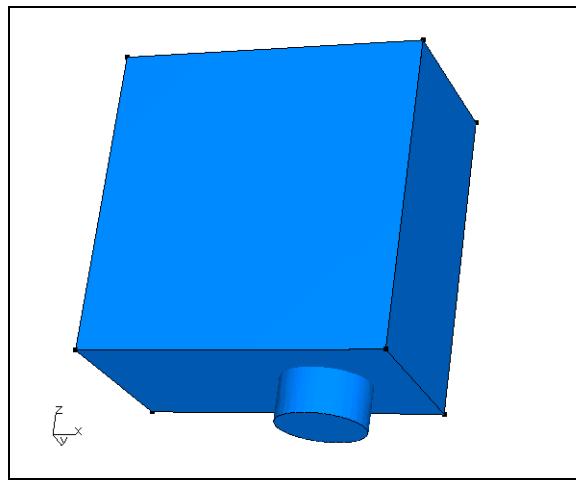
断面図

このモデルをある平面で分割したい場合、その平面を含む、モデルよりも一回り大きい直方体を作成します。

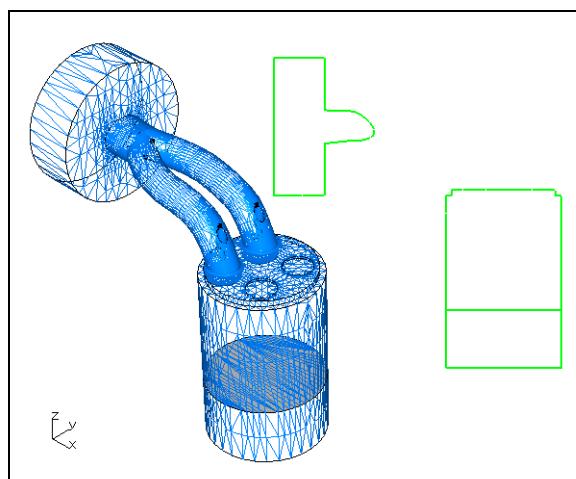
[編集] - [直方体の作成]



ここでは、 $z = 7$ 断面でモデルを2分割するため、前頁のように直方体の大きさを設定します。



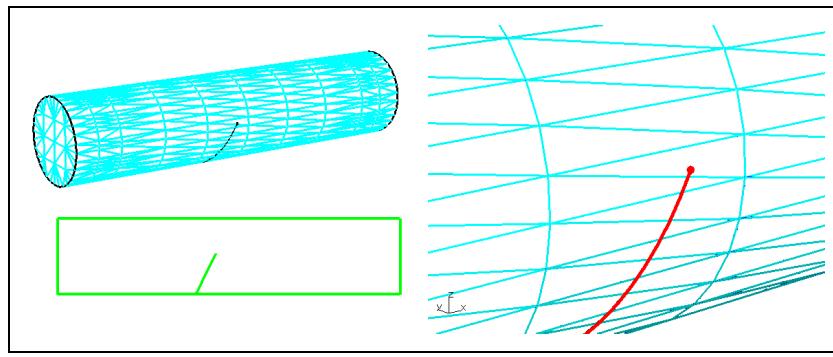
[編集] - [モデル修正] - [干渉する辺の抽出]
を選択し、不要な面を選択して削除を行います。



3. 閉空間の表面と接するパネル

- model5 ; パネルの接合

model_dataフォルダのmodel5.stlをインポートします。



パネル近傍の表面

[選択] - [マウスピック(面)] - [マウスピック&スプレッド]

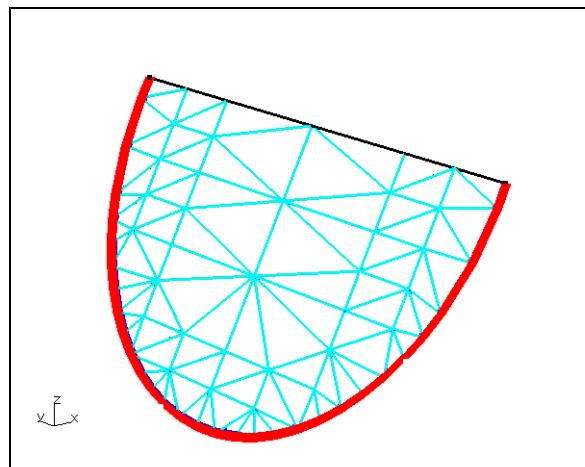
を選択し、円筒の側面をピックします。

[表示] - [選択領域の非表示]

を選択し、パネルのみの表示にし、パネルが外の閉空間と接する辺を

[編集] - [マウスピック(辺)] - [マウスピック&スプレッド]

を選択してピックします。

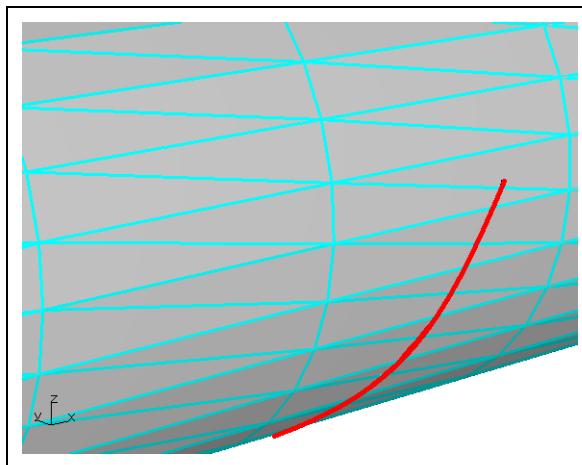


[表示] - [すべて表示]

を選択し、全ての面を表示させ、

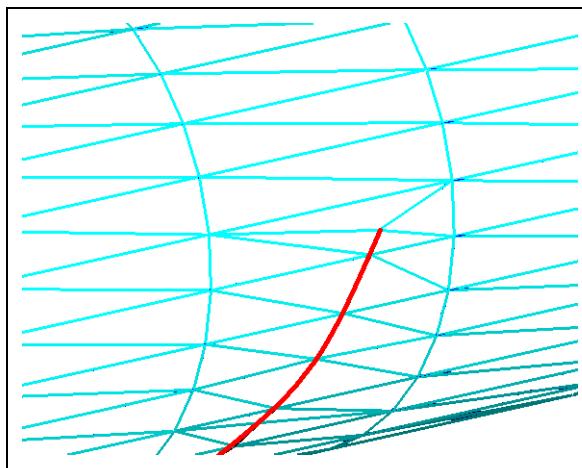
[選択] - [マウスピック(面)] - [マウスピック&スプレッド]

を選択し、円筒の側面をピックします。



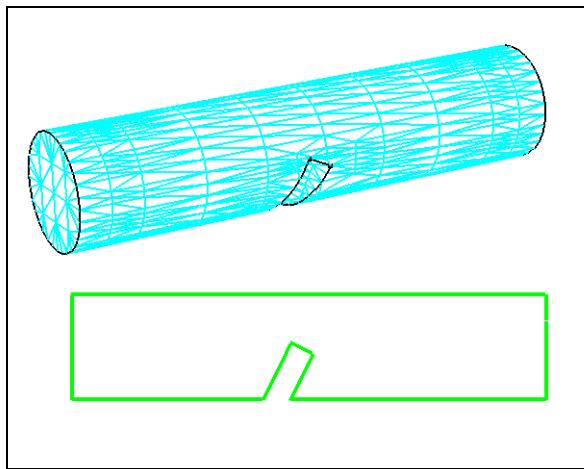
この状態で、

[編集] - [モデル修正] - [選択辺を選択面に接合]
を選択すると、パネルと閉空間表面が接合できます。

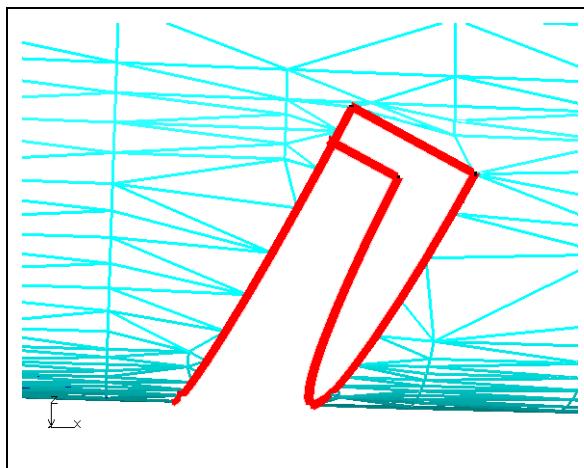


注. この機能は[干渉する辺の抽出]とよく似ていますが、[干渉する辺の抽出]では、完全に干渉している面だけが対象となり、[選択辺を選択面に接合]では、離れた辺と面でも対象となります。

- model6 ; 厚みのないモデルを作成できないCADの場合
model_dataフォルダの、model6.stlをインポートします。



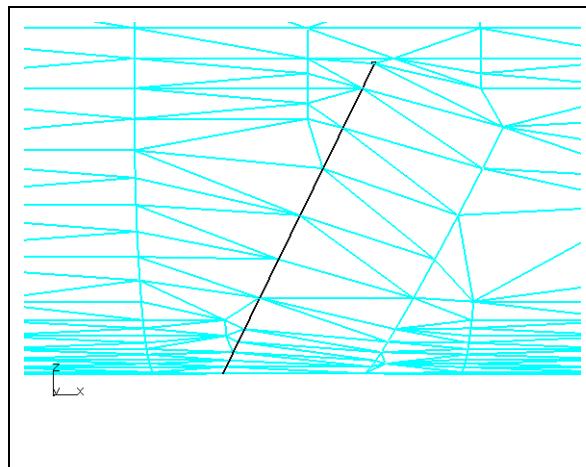
そもそも厚みを持たないモデルを作成できないCADでは、上の図のように厚みをつけてパネルを作成しておきます。ここで、不要な面を削除して、残りの穴を構成する辺を選択します。



[編集] - [モデル修正] - [モデルの穴埋め]
を選択すると、残りの穴が埋まりますが、余分な外形線が残っています。

ここで、

[編集] - [モデルの外形点・外形線の抽出] - [強]
を選択すると、以下の図のようになります。



以上で、3重辺を持つモデルを作成する手法の説明を終えます。

同じ機能ばかり用いるのではなく、"どの機能を利用すれば楽にモデルが作成できるか?"ということを意識すれば、作業工数も短くなるはずです。

(3) モデルデータの不具合の端的な例

(2)まででは、3重辺や孤立辺が必要なモデルの場合、修正が必要なことが多いことを説明してきました。ここでは、2重辺のみが必要な場合でも、様々な不具合を持ったモデルデータの修正について説明します。まずは不具合が生じる原因としては、以下が挙げられます。

- CAD同士でデータを受け渡す際などに生じるデータの欠陥
- 元々CFDで利用する事を意識していないCADデータ
- 単純にきれいなモデルデータで出力できないCAD

等が挙げられます。

これらの問題を持ったままモデルデータ(例えばSTL)を出力すると、当然モデルデータにも問題は受け継がれます。SCTpreが読み込む段階で、これらによって生じるモデルの不具合は、**5.1**で説明したような、

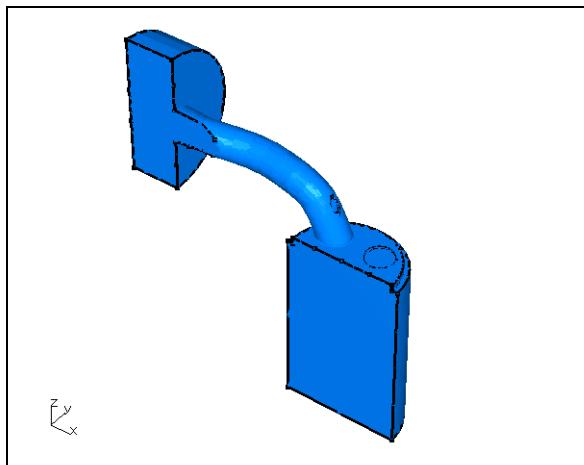
- 面の重なり
- ヒレ
- 辺同士の隙間
- 面の欠落による穴

等で現れます。

ここでは、**5.1**の手順を参考にしながら例題のデータを修正し、どの修正のメニューを利用すれば、どういった不具合が修正されるかを確認してみてください。

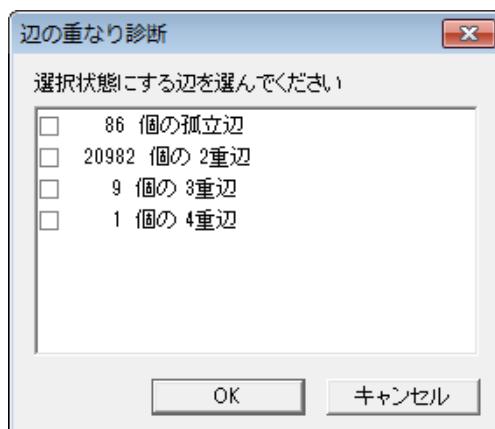
- model7 ; 破損したSTLの修正

model_dataフォルダの、model7.stlをインポートします。



辺の多重度を調べるため、

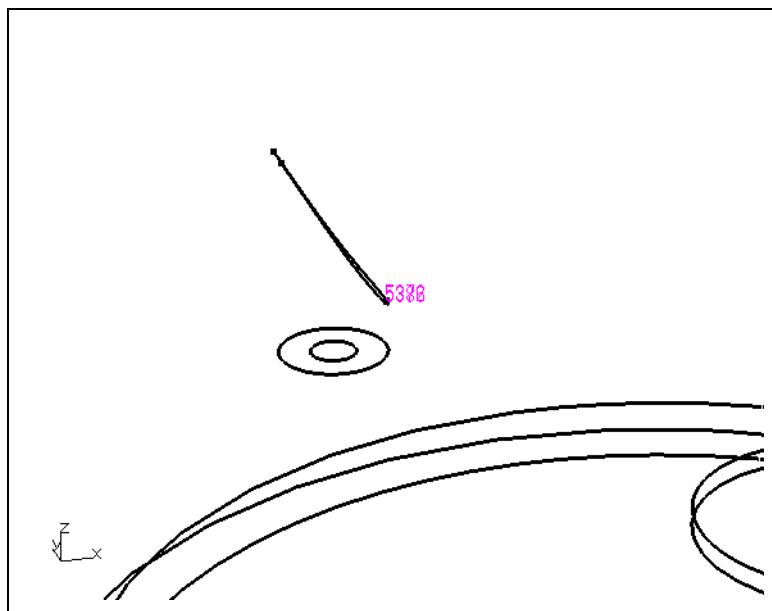
[編集] - [モデル修正] - [辺の重なり診断]
を選択します。



ここで、場所を確認したい多重度の辺のチェックボックスをONにして、OKをクリックし、

[表示] - [頂点番号表示] - [選択辺の端点/分岐点の]

を選択すると、該当する辺が選択されその両端に頂点番号が表示されます。



例. 4重辺を表示

注. 同様に、[重なった面の検出]や[ヒレの検出]等で面が選択された場合、

[表示] - [面番号表示] - [選択領域の]

を選択すると、該当する面の面番号が表示されます。これらは、選択された面や辺がどこにあるのかを見つける手がかりとなります。

さて、ここからは、5.2の手順を参考にトライしてみましょう。

最終的に辺の多重度が全て2重辺になり、適当な八分木でメッシュ作成が問題なく行えれば、修正はできていることになります。修正を行いながら、[辺の重なり診断]等でどういった部分が修正されているかを確認してみましょう。

6.4 ラッピングを使用したモデル修正の例

ラッピングとは、干渉面や多重辺、隙間などの問題形状を有する形状データについて、その形状を包み込むような大まかな表面形状を取り出すことで、問題形状を一括して自動修正する機能です。ラッピングを行うと以下の特徴を持つ形状データが得られます。

1. 干渉面が存在しない。
2. 2重辺のみで構成される。
3. 正確な形状から、若干の誤差を含んだ形状となる。
4. 残す指定をしていない外形線はなくなる。

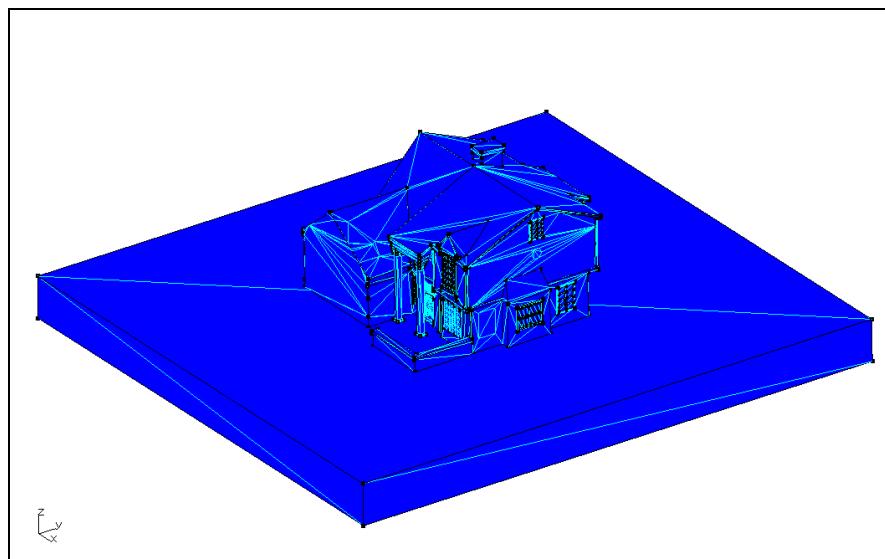
ラッピングは、干渉面や多重辺が多数あり、その全てを個別に修正することが困難である場合に特に有効です。ただし、形状の再現性が落ちる点にご注意ください。ラッピングを行う際には八分木を使用します。この八分木を利用して形状の再現性を調整することができ、密な八分木を配置することによって形状の再現性を高めることができます。

なおPrimeモードでは、CADで出力されたソリッドデータからのラッピングや、ラッピング領域と非ラッピング領域の融合が容易に行えるようになっております。

具体的な手法については、[ユーザーズガイド リファレンス\(プリ\)編 第1章 1.5 \(7\) 形状グループとその編集](#)を参照してください。

- ラッピングの適用例

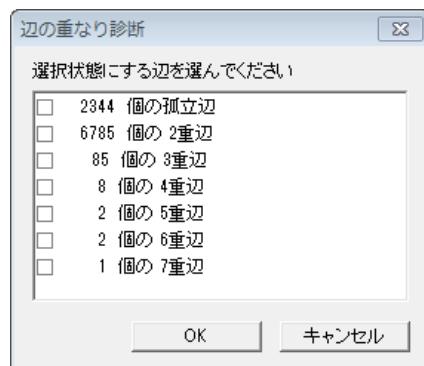
`samples`フォルダの`model_data`を開き、`model8.stl`をインポートします。その形状にラッピングを適用し、1つの閉空間を取り出します。



辺の多重度を調べるため、

[編集] - [モデル修正] - [辺の重なり診断]

を選択します。



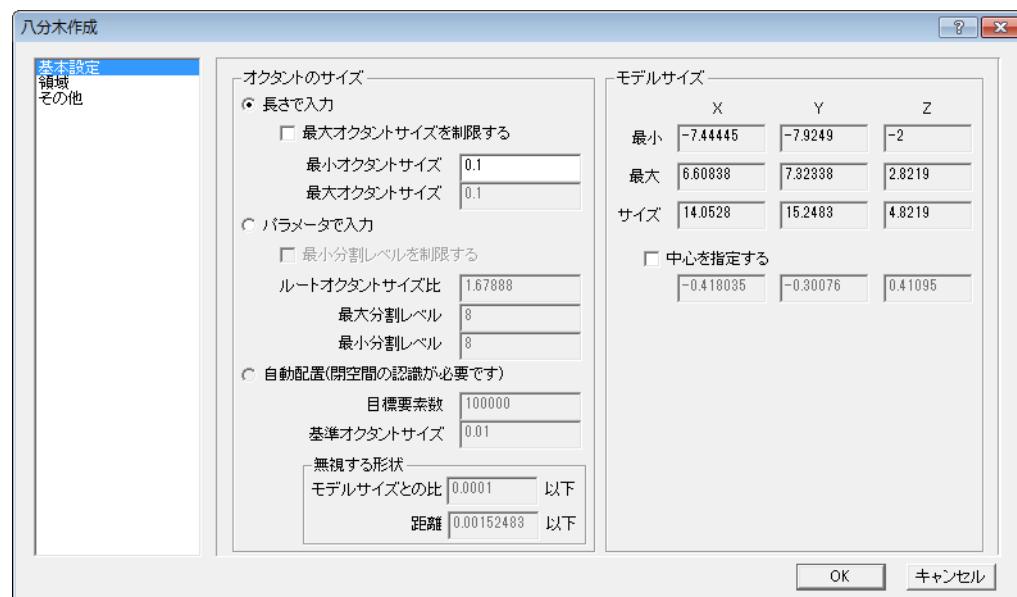
孤立辺、3重辺以上の多重辺が多数あることが確認できます。

これらを一括して修正するためにラッピングを行います。

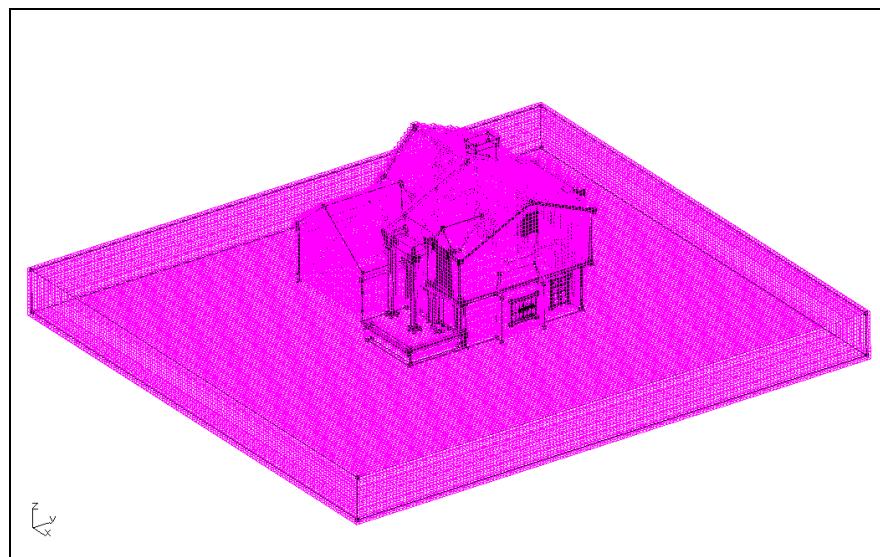
まず八分木を作成します。

[編集] - [八分木作成]

を選択します。



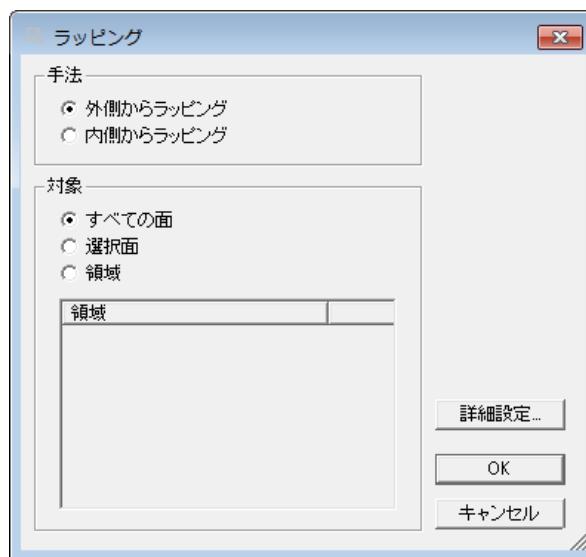
作成する八分木のサイズによってラッピングの精度(形状の再現性)が決まります。ここでは最小オクタントサイズを0.1[m]とします。これで0.1[m]より小さい隙間は全て埋められ、多重辺や干渉面も自動的に除去されます。



ラッピングを実行します。

[編集] - [ラッピング]

を選択します。



ラッピングの手法には、外側からのラッピングと内側からのラッピングがあり、目的に応じて使い分けます。それぞれの特徴を次に記します。

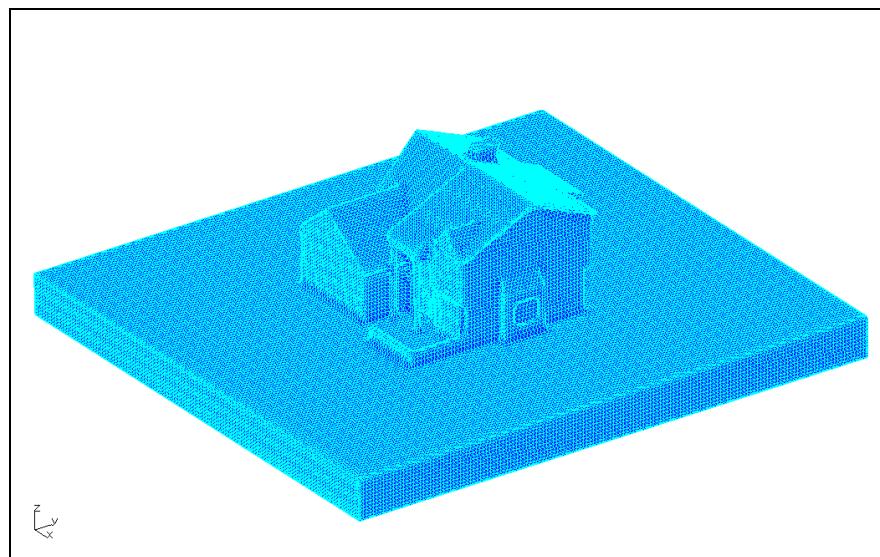
1. [外側からラッピング]

全体を包み込むような1個の閉空間を持つ表面形状が作成されます。

2. [内側からラッピング]

元々あった閉空間ごとの表面形状が作成されます。このため、閉空間を個別に取り出すことが可能です。

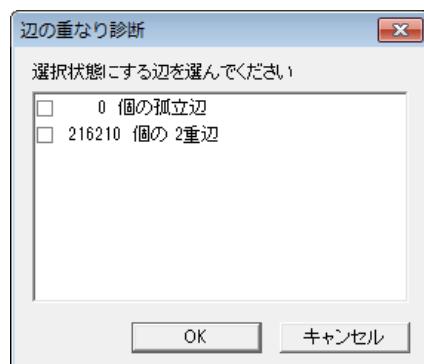
ここでは[外側からラッピング]を選択し、OKをクリックします。これで全体形状を包み込むような1個の閉空間が作成されます。



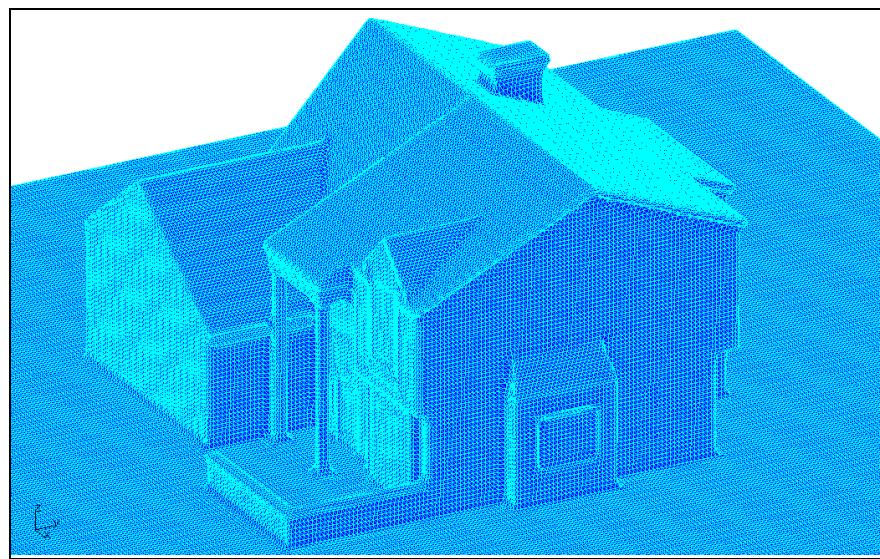
作成された形状について辺の多重度を調べるため、

[編集] - [モデル修正] - [辺の重なり診断]

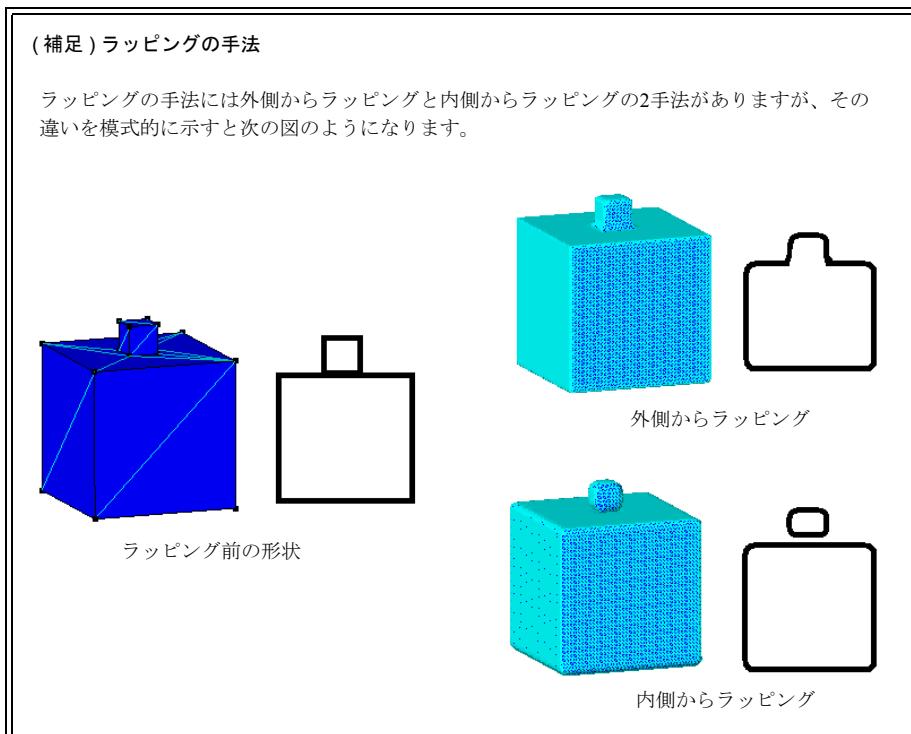
を選択します。



多重辺と孤立辺が全て除去されたことが確認できます。ラッピングの結果、表面形状の再現性が低いと考えられる場合には、八分木作成においてオクタントのサイズをさらに小さくすることで再現性を高めることが可能です。以下は最小オクタントサイズを0.05[m]とした場合のラッピング結果(拡大図)です。



注. オクタントサイズを小さくすると形状の再現性が高まりますが、ラッピングの実行時間が長くなります。



第2部 トレーニング

目的

第1部では、基本的な3次元モデルを用い、非圧縮性熱流体解析の設定、および操作を学習しました。以降では、様々な解析機能を利用するため、SCTpreの操作を主に学習していきましょう。

扱う例題

1. 疑似2次元メッシュ^(注)
2. 不連続接合と要素移動
3. 伸縮メッシュと要素移動
4. 解適合解析
5. 解適合解析(補足)

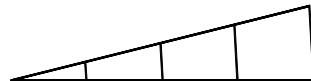
注. SCRYU/TetraのSCTsolverは完全な2次元メッシュには対応していません。

そのため、厚み方向に厚みが一定な板状のメッシュ(下図左)または、θ方向のクサビ角が一定の扇型メッシュ(下図右)を1層作成することにより、疑似的な2次元解析を行います。

本書では、以降このようなメッシュを**疑似2次元メッシュ**と呼びます。



板状のメッシュ

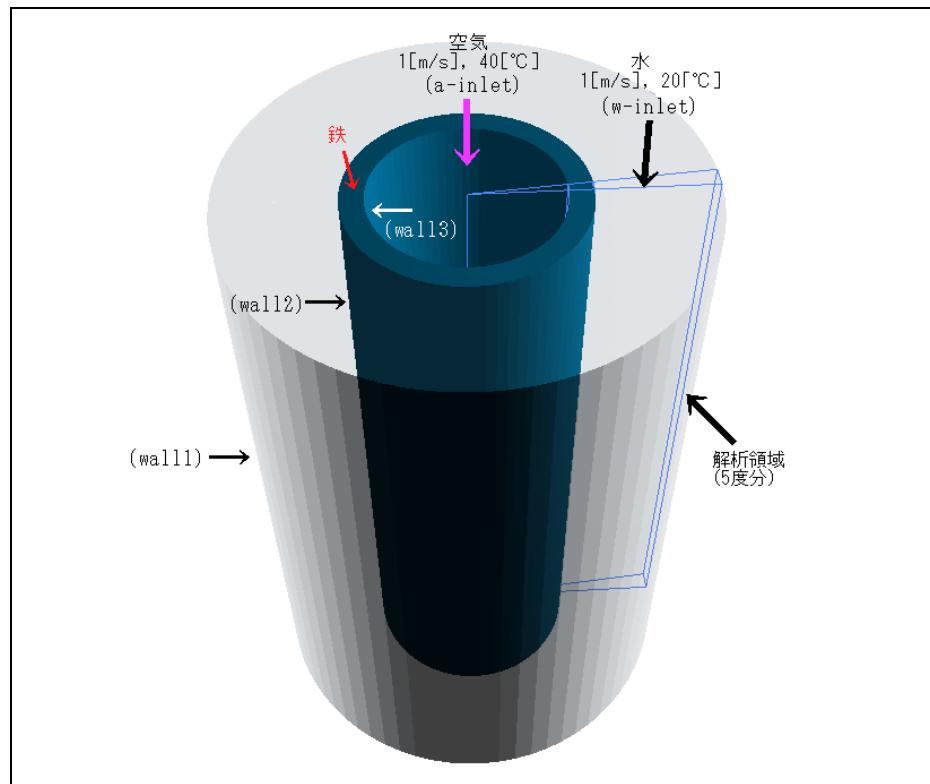


扇形のメッシュ

応用例1 疑似2次元メッシュ

図の様な円管の、流れと温度分布を計算します。この現象は軸対称であるため、計算も疑似2次元メッシュを用いた疑似2次元軸対称の解析を行います。

解析モデル



解くべき方程式

- 運動量保存式
- 質量保存式(圧力補正式)
- エネルギー保存式(温度方程式)
- k-ε方程式

物性値

- MAT1 : 空気 物性値ライブラリより [流体(非圧縮性)] - [空気(非圧縮20°C)] を使用
- MAT2 : 鉄 物性値ライブラリより [純金属] - [鉄(Fe)] を使用
- MAT3 : 水 物性値ライブラリより [流体(非圧縮性)] - [水(非圧縮20°C)] を使用

境界条件

流入口	(w-inlet)	:	流速規定	1[m/s], 20[°C]
	(a-inlet)	:	流速規定	1[m/s], 40[°C]
流出口	(w-outlet)	:	表面圧力規定	0[Pa]
	(a-outlet)	:	表面圧力規定	0[Pa]
壁面	(wall1)	:	静止壁条件, 断熱	
	(wall2)	:	静止壁条件, ギャップ要素に熱抵抗なし	
	(wall3)	:	静止壁条件, ギャップ要素に熱抵抗なし	
周期境界面	(w-perb1)	:	周期境界条件 ^(注)	
	(w-perb2)	:		
	(f-perb1)	:		
	(f-perb2)	:		
	(a-perb1)	:		
	(a-perb2)	:		

注. 軸対称形状の疑似 2 次元解析では疑似厚み方向の周期性を仮定して解析を行うため、疑似厚み方向のそれぞれの面に対して周期境界条件を設定します。

初期条件

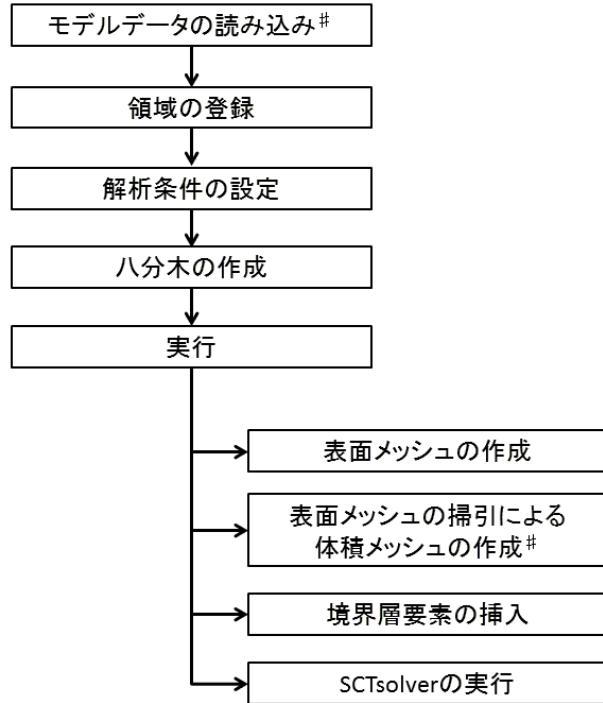
デフォルト(設定不要)

解析条件

流れモデル	:	疑似2次元非圧縮性乱流
解析の種類	:	定常解析
定常判定値	:	デフォルト(全量 10^{-4})

解析データ作成手順

本例題のような疑似2次元解析のデータを作成する場合、先に学習した基本例の手順とは若干異なります。まずは、下の全体の流れを確認しておきましょう。



疑似2次元解析とはいって、SCTsolverは1要素分の厚みを必要とします。モデルは、最終的に解析を行う際に用いる厚みをもった状態で用意します。ここで用意するモデルの厚みの目安ですが、これから作成する要素の1辺のサイズと同程度のもので用意します。メッシュの粗密が大きい場合、できれば細かい方のサイズに合わせた厚みをつけておいた方が、質の良い要素が作成されやすい傾向にあります。本例題のような軸対称形状の場合、クサビ角は通常5度程度で用意しましょう。

1. モデルデータの読み込み

モデルデータ(tr01.stl)を読み込んでください。

厚みを持たせずに一枚の板状の面データでSTLファイルを作成した場合、面を選択してから[編集] - [選択面を掃引して要素を生成]を選択し、SCTpre上で厚みをつけることも可能です。このとき、メッシュデータも作成されますが、後ほど八分木を作成するときにメッシュデータは削除されますので、そのまままでかまいません。

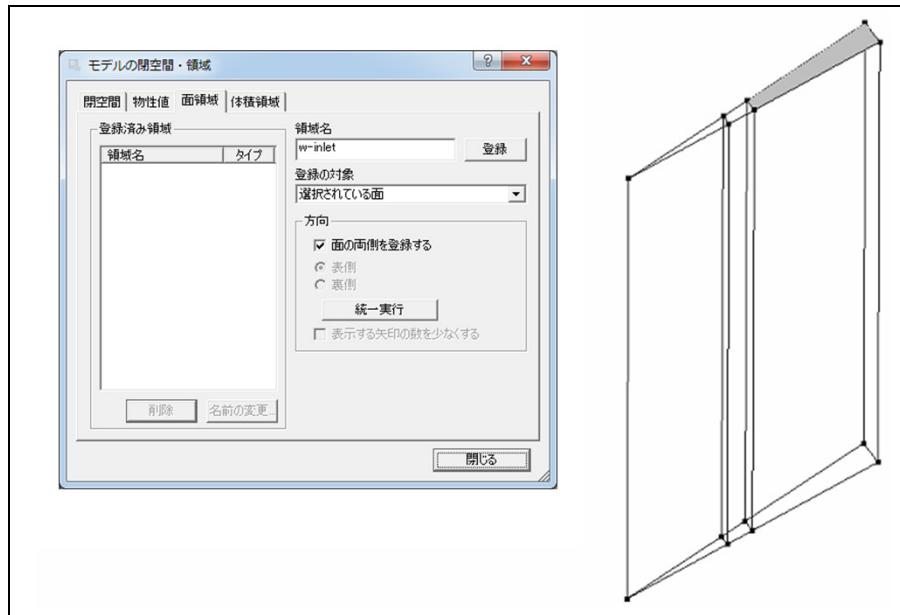
2. 領域の登録

- ツリーで[モデル]をダブルクリックし、[モデルの閉空間・領域]ダイアログの[閉空間]タブで以下のように設定してください。

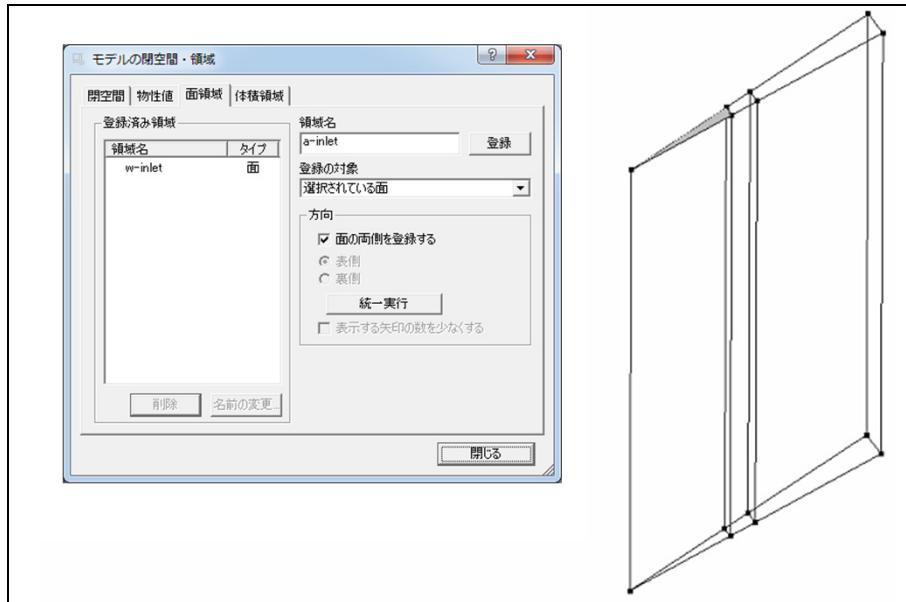
空気の閉空間 : MAT番号1
鉄の閉空間 : MAT番号2
水の閉空間 : MAT番号3

- [選択] - [マウスピック(モデルに領域の登録)]を選択し、次の13の面領域を登録してください。

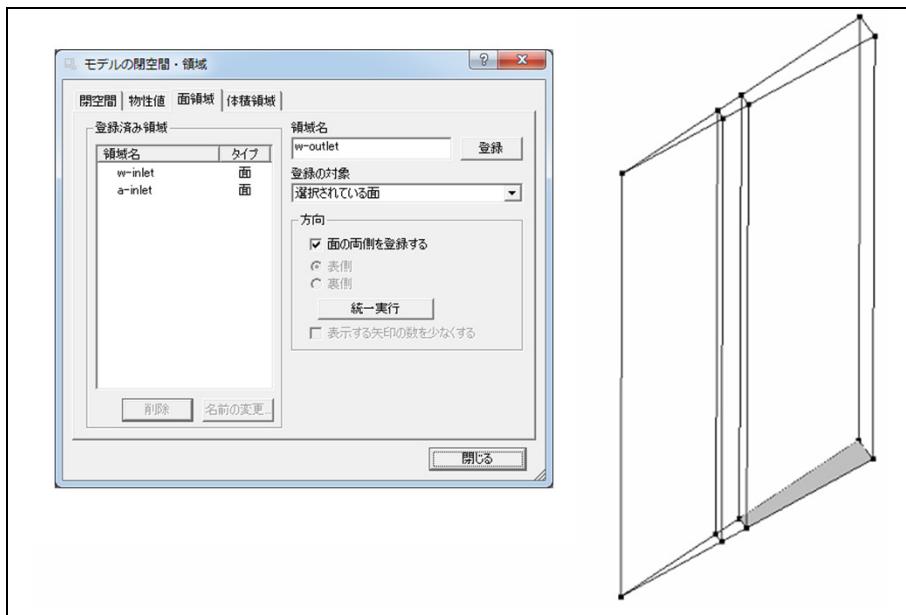
水の流入口を、[w-inlet]として登録してください。



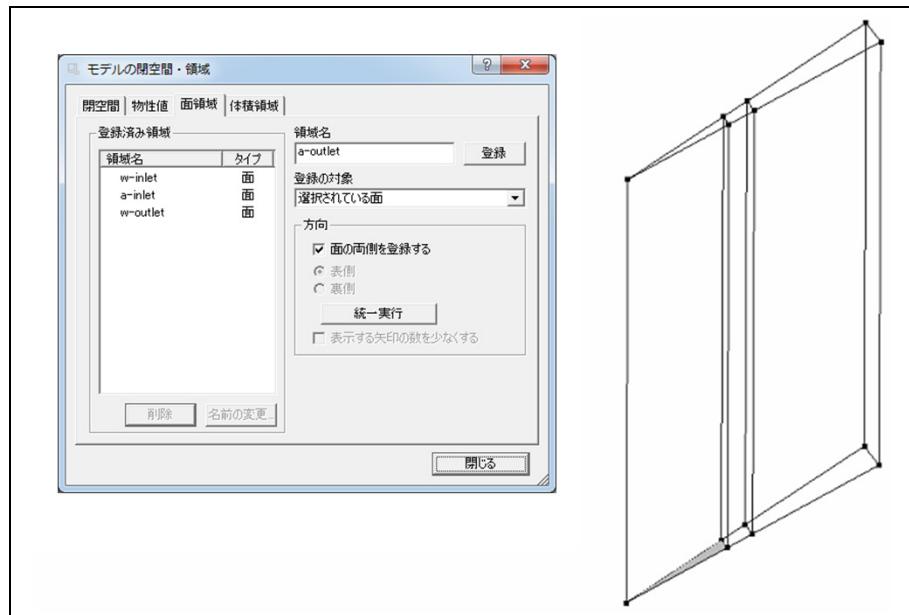
空気の流入口を、[a-inlet]として登録してください。



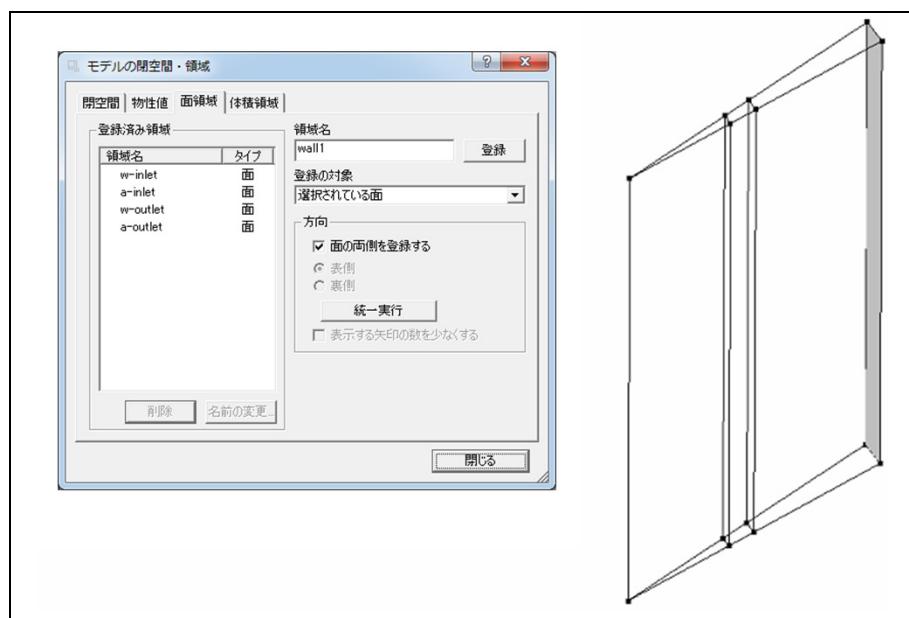
水の出口を、[w-outlet]として登録してください。



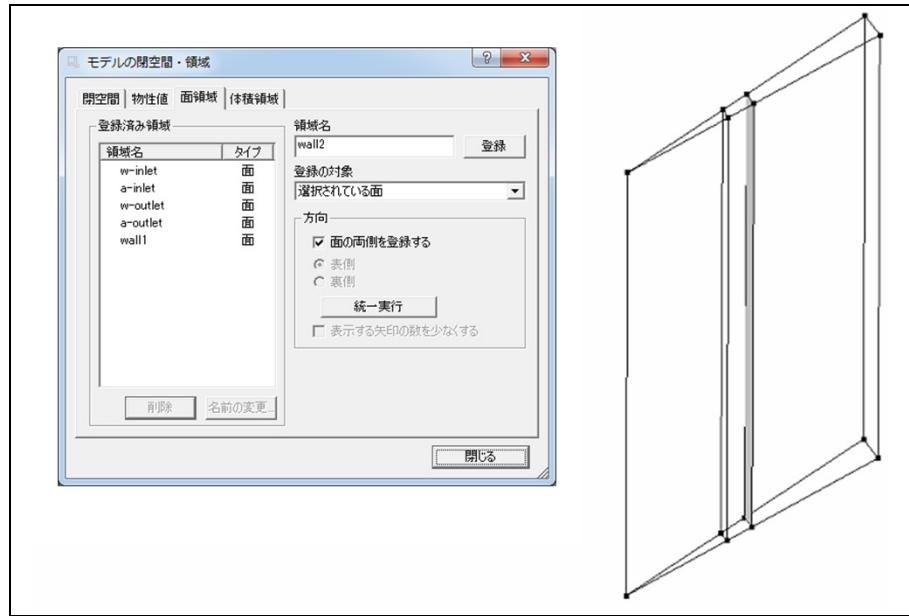
空気の流出口を、[a-outlet]として登録してください。



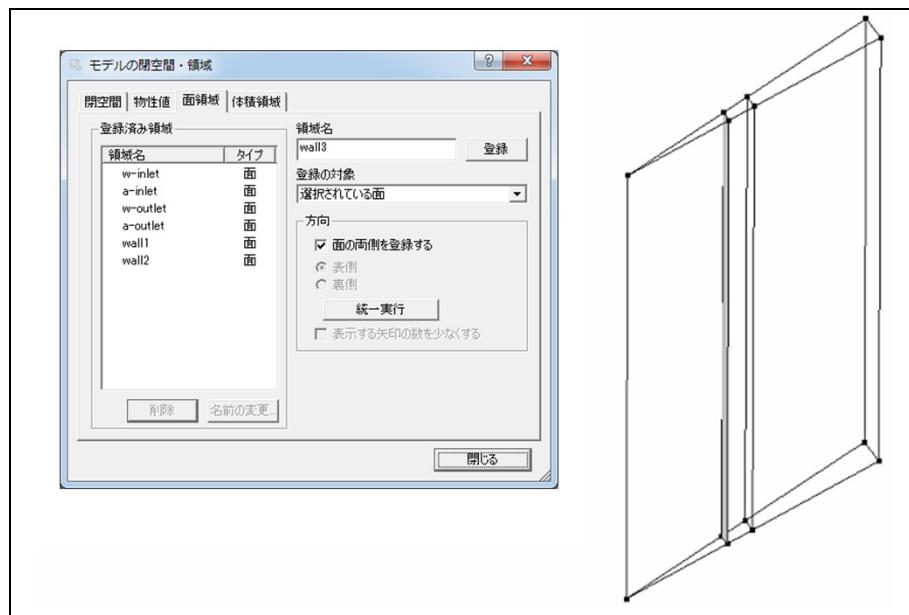
水と外壁との境界の面を、[wall1]として登録してください。



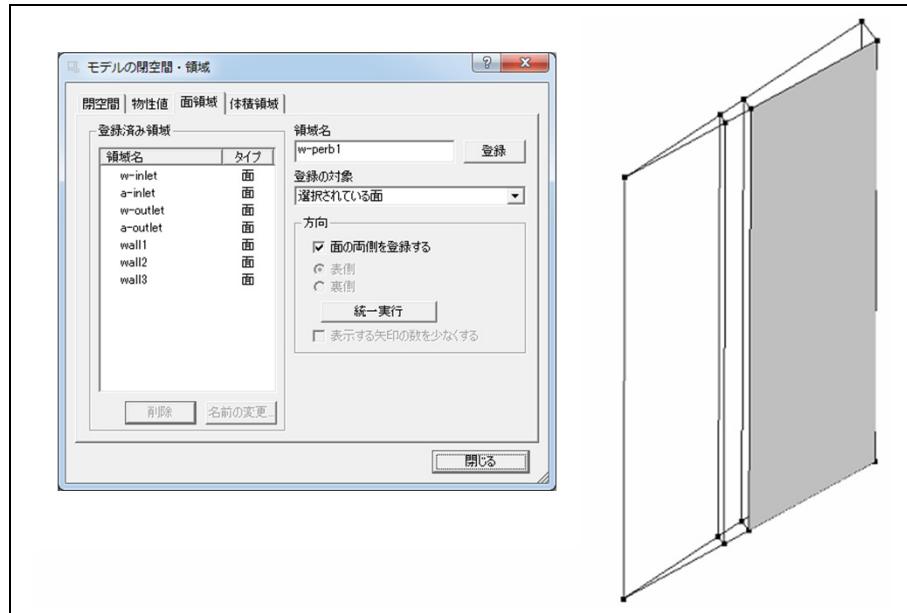
水と鉄との境界の面を、[wall2]として登録してください。



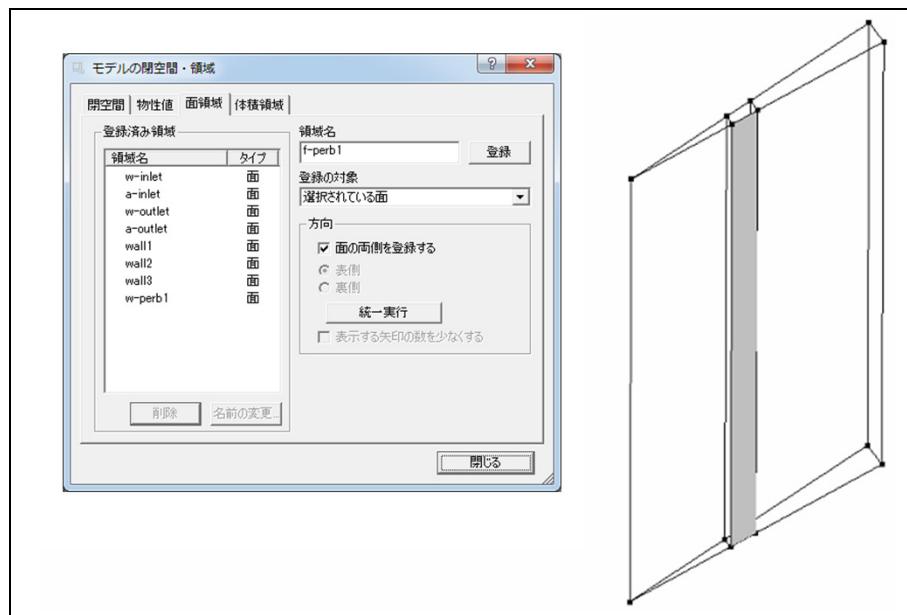
空気と鉄との境界の面を、[wall3]として登録してください。



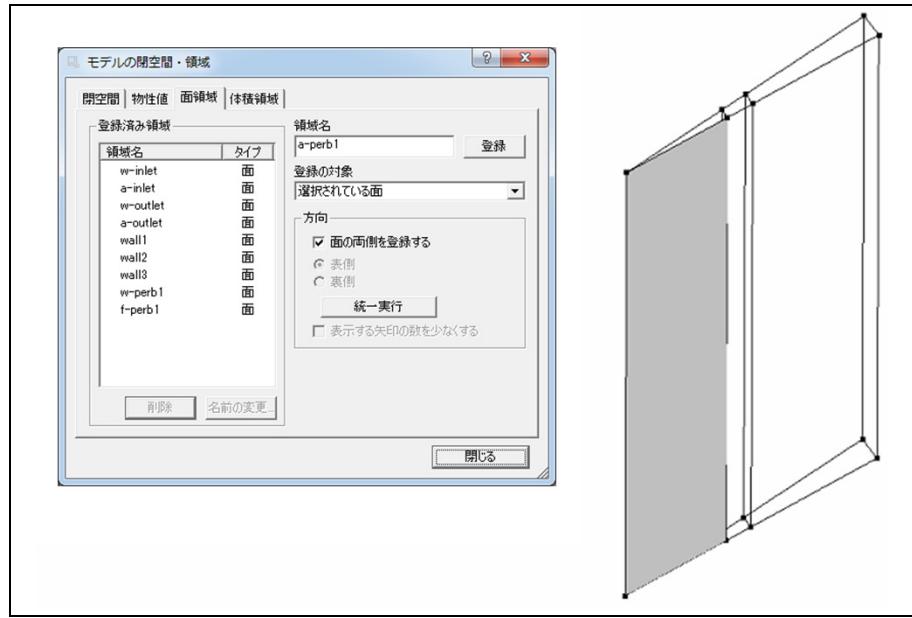
疑似厚み方向のY軸負側の水の面を、[w-perb1]として登録してください。



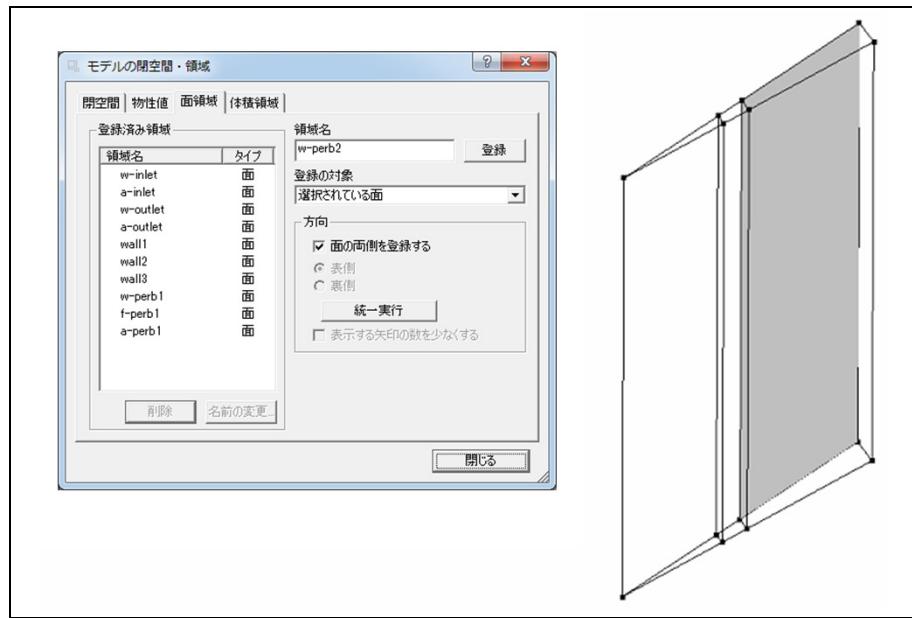
疑似厚み方向のY軸負側の鉄の面を、[f-perb1]として登録してください。



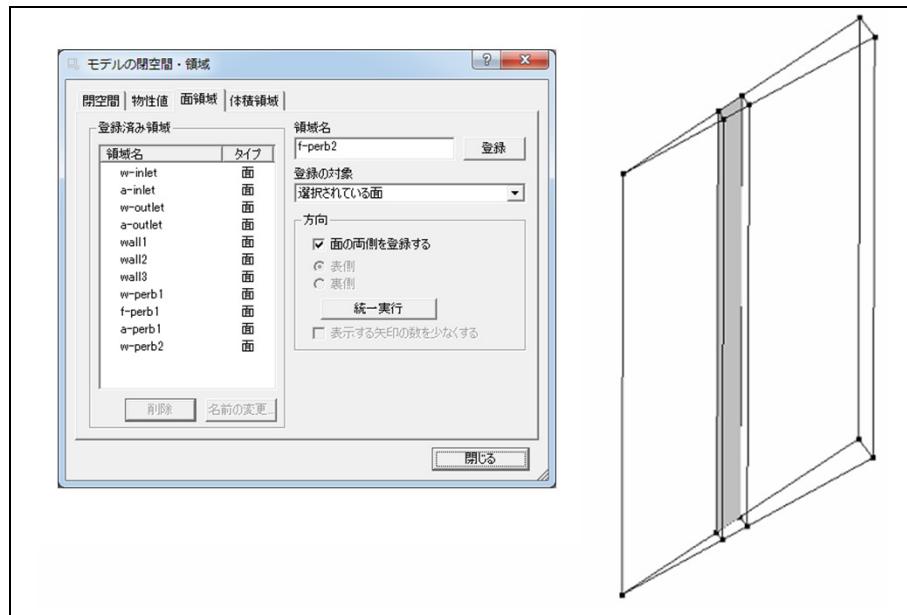
疑似厚み方向のY軸負側の空気の面を、[a-perb1]として登録してください。



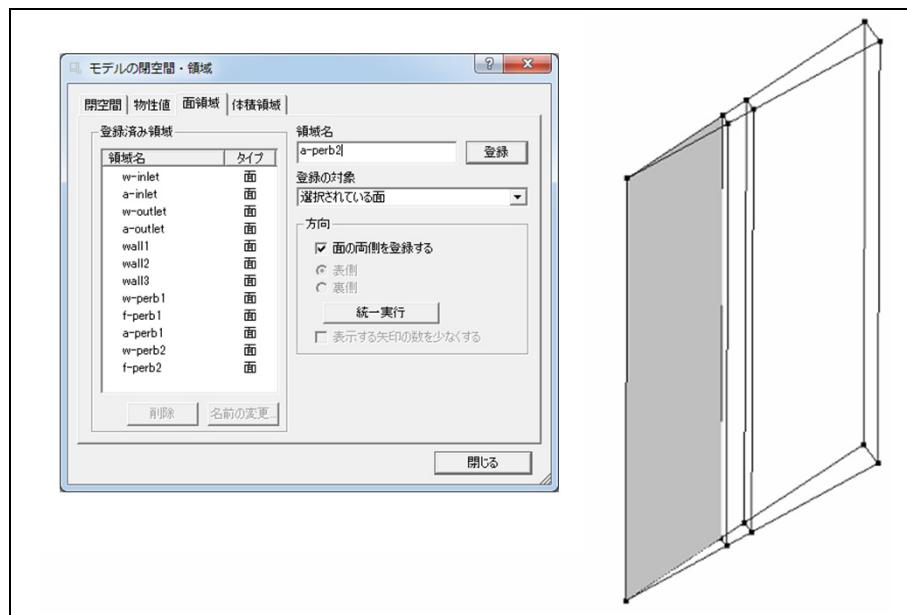
疑似厚み方向のY軸正側の水の面を、[w-perb2]として登録してください。



疑似厚み方向のY軸正側の鉄の面を、[f-perb2]として登録してください。



疑似厚み方向のY軸正側の空気の面を、[a-perb2]として登録してください。



以上で領域の登録は終了ですので、[ファイル] - [保存]を選択し、MDLファイルを[tr01.mdl]として保存してください。

3. 解析条件の設定

条件ウィザードを用いて、次の解析条件を設定します。

1. リストで[解析条件]をダブルクリックし、条件ウィザードを開いてください。
2. [解析選択]で、[流れ], [温度], [周期境界]をONにしてください。
3. [物性値・基準値]で、MAT[1]に[流体(非圧縮性)] - [空気(非圧縮20°C)], MAT[2]に[純金属] - [鉄(Fe)], MAT[3]に[流体(非圧縮性)] - [水(非圧縮20°C)]を登録してください。
4. [境界条件]で、各領域に以下の条件を設定してください。

[w-inlet]	:	流入流速 1[m/s]
		流入温度 20[°C]
[a-inlet]	:	流入流速 1[m/s]
		流入温度 40[°C]
[w-outlet]	:	静止壁条件
[a-outlet]	:	静止壁条件
[wall1]	:	表面圧力規定
		圧力指定 0[Pa]
[wall2]	:	表面圧力規定
		圧力指定 0[Pa]
[wall3]	:	壁面
		静止壁条件
		断熱条件
		ギャップ要素に熱抵抗なし
		静止壁条件
		ギャップ要素に熱抵抗なし

5. [周期境界]で次のように設定し、登録をクリックしてください。

[領域1]	:	w-perb1
[領域2]	:	w-perb2
[節点の検索手法]	:	デフォルト
[周期境界面のタイプ]	:	平面
[回転移動]		
[回転角度]	:	5[度]
[回転軸の中心座標]		
[X]	:	0.0[m]
[Y]	:	0.0[m]
[Z]	:	0.0[m]
[回転軸の方向成分]		
[PX]	:	0.0
[PY]	:	0.0
[PZ]	:	1.0
[平行移動]		
[DX]	:	0.0[m]
[DY]	:	0.0[m]
[DZ]	:	0.0[m]
[境界面間の圧力差]		
[DP]	:	0.0[Pa]

6. 同様に、[領域1]に[f-perb1], [領域2]に[f-perb2]を設定して登録をクリックし、[領域1]に[a-perb1], [領域2]に[a-perb2]を設定して登録をクリックしてください。

以上で解析条件の設定は終了ですので、完了をクリックして条件ウィザードを閉じてください。[ファイル] - [保存]を選択し、Sファイルを[tr01.s]として保存してください。

4. 八分木の作成

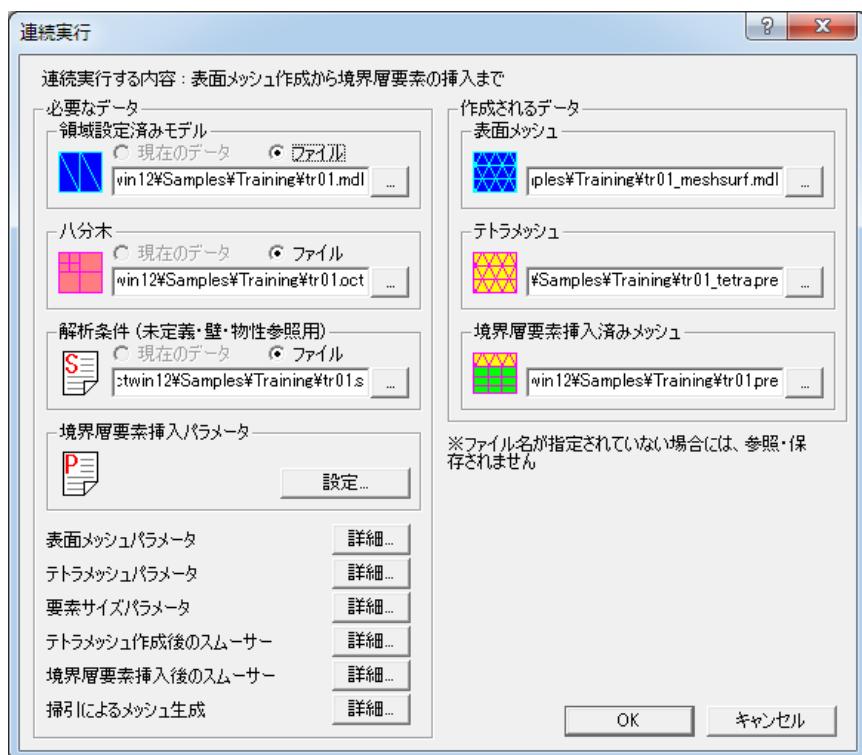
- ツリーで[八分木]をダブルクリックして[八分木作成]ダイアログを開いてください。[最大オクタントサイズを制御する]をONにし、[最小オクタントサイズ]と[最大オクタントサイズ]それぞれに[0.002]を入力してOKをクリックしてください。
本例題は、均一な大きさのオクタントで実行しますが、粗密をつけたい場合は基本例のような方法で、オクタントの再分割などを行います。

以上で八分木の作成は終了ですので、[ファイル] - [保存]を選択し、OCTファイルを[tr01.oct]として保存してください。

5. 実行

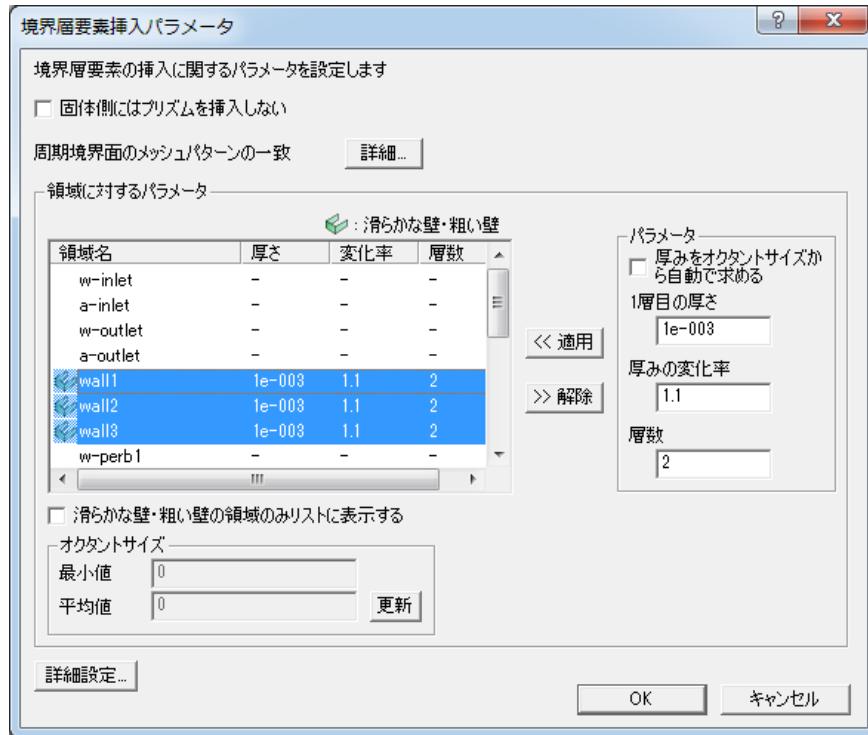
領域の登録、解析条件の設定、八分木の設定が終了しましたので、解析を実行します。また、今回はSCTjobを利用して実行を行います。

- ツリーで[実行]を右クリックし、
[表面メッシュ作成から] - [ソルバーの実行まで]
を選択してください。
注. 解析条件データを保存するか聞かれますが、既に保存している場合は[保存しない]で構いません。
- [連続実行]ダイアログで、ファイル名を指定してください。

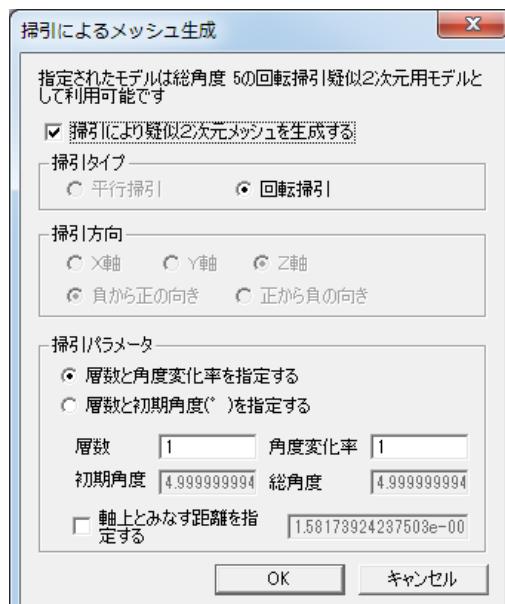


注. デフォルトでは、モデル、八分木は[現在のデータ]が選択されていますが、SCTjobを利用する場合には[ファイル]で指定しておく必要があります。

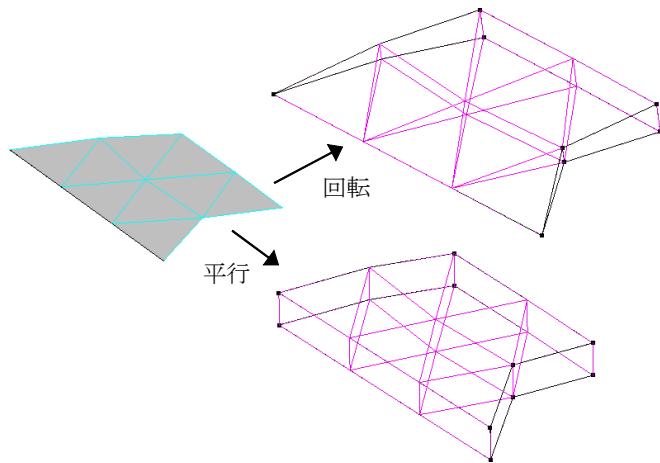
3. [境界層要素挿入パラメータ]の設定をクリックし、[境界層要素挿入パラメータ]ダイアログで領域一覧から[wall1]、[wall2]、[wall3]を選択して、[一層目の厚さ]に[1e-003]、[厚みの変化率]に[1.1]、[層数]に[2]を入力し、<<適用をクリックして設定してください。
設定したらOKをクリックしてください。



4. 疑似2次元メッシュを作成するための設定を行います。
[連続実行]ダイアログの[掃引によるメッシュ生成]の詳細をクリックし、[掃引によるメッシュ生成]ダイアログを開いてください。
[掃引により疑似2次元メッシュを生成する]をONにし、OKをクリックしてください。



注. 平行掃引, 回転掃引とは...?



平行掃引では、プリズム要素、またはヘキサ要素が作成され、回転掃引では、テトラ要素、ピラミッド要素、プリズム要素、ヘキサ要素が作成されます。

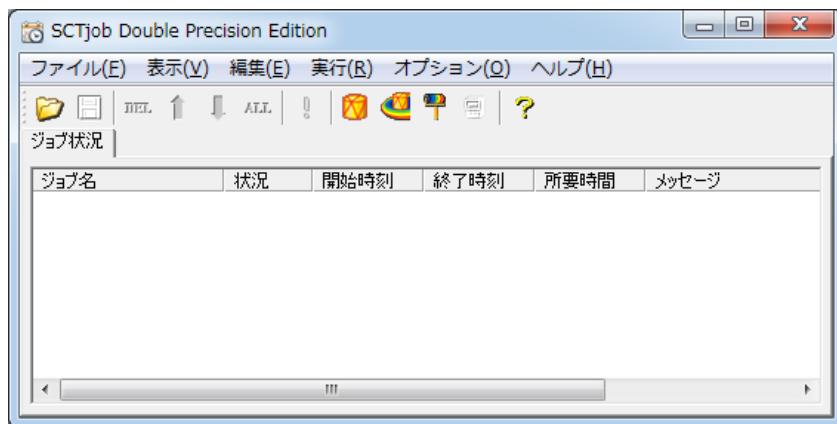
5. 実行する内容を、Jファイルに保存します。

[連続実行]ダイアログでOKをクリックすると、[連続実行の内容の確認]ダイアログが出てきますので、Jファイルに保存するをクリックし、[tr01.j]として保存してください。

保存ができましたら、SCTpreを終了してください。

6. SCTjobを起動します。

起動ツールからSCTjobを起動してください。

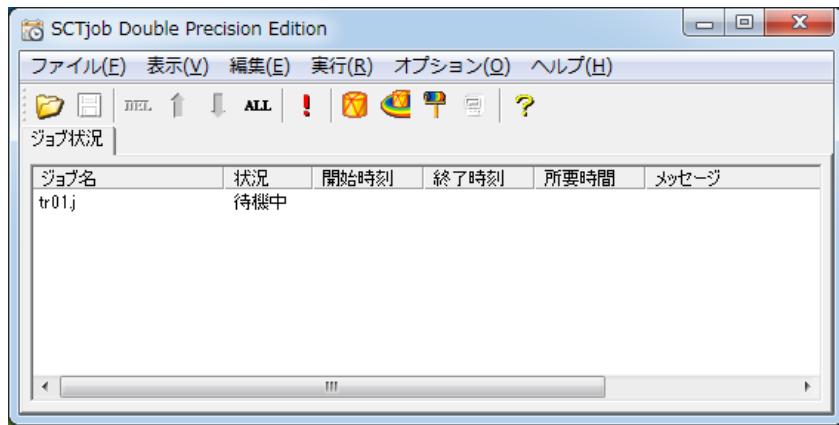


7. 5.で保存したJファイルをSCTjobのウィンドウ上にドラッグ&ドロップしてください。

または、

[ファイル] - [ジョブ追加]

を選択して開くことも可能です。



8. ! またはF5キー、メニューからは、

[実行] - [実行開始]

を選択することで、Jファイルに保存された連続実行の内容が実行されます。

注. SCTjobのメリットは...?

- 複数のjobを連続して行える

複数のJファイルを作成し、SCTjobにジョブを追加して実行すると、1つのジョブが終了すると自動で次のジョブが実行されます。

なお、マルチコア(デュアルコアやクワッドコア)のWindowsマシンを利用されている場合、
! を2度押すことで、2つのジョブを並列して実行することが可能ですが。ご契約ライセンスに応じたjob数を超えての実行は出来ません。

- 各所要時間が記録できる

SCTjobのウィンドウ上の[ジョブ状況]タブでは、それぞれのジョブごとの[開始時刻], [終了時刻], [所要時間]が記録されます。

また、それぞれのJファイル名のタブを開くと、[表面メッシュ作成]に要した時間などの詳細を得ることができます。

以上で、解析までの流れの説明を終了します。

参考

要素数	3,291
節点数	4,185
計算時間	約3秒/50サイクル(Intel Xeon E5-2630v2)

解析条件(S)ファイル

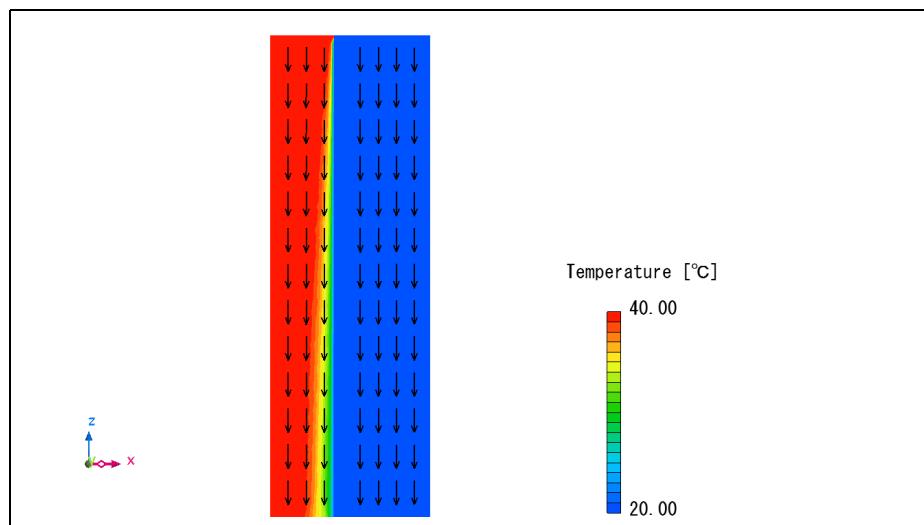
```
SDAT
SC/Tetra
 12 0 0      UTF-8
PREI  tr01.pre
RO   tr01.r
POST tr01
/
 1 1 0

 0 1
CHKL
 1           1           0
CYCS
 1       200
EQUA
1111
FLUX
%CNAME Flux_1
 0 2 0 1 0 0
 1 0
 20
w-inlet
/
%CNAME Flux_2
 0 2 0 1 0 0
 1 0
 40
a-inlet
/
%CNAME Flux_3
 -4 0 1 0 0 0
 0
w-outlet
/
%CNAME Flux_4
 -4 0 1 0 0 0
 0
a-outlet
/
/
PERB
 0.08726645
 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 1
 10
w-perb1 w-perb2
/
 0.08726645
 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 1
 10
f-perb1 f-perb2
/
 0.08726645
 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 1
 10
a-perb1 a-perb2
/
/
PROP
%CNAME air(incompressible/20C)
 1 1           1.206           1.83e-005           1007
 0.0256 0
%CNAME iron(Fe)
```

```
2 2          7871.4          439.2          81.168
81.168          81.168
%CNAME water(incompressible/20C)
3 1          998.2          0.001016        4183
0.5991 0
/
WL02
%CNAME WL02_1
0 0
%CNAME WL02_2
0 0
%CNAME WL02_3
0 0
/
1
wall1
/
2
wall2
/
3
wall3
/
/
WL04
%CNAME WL04_1
0 0          0 0
wall1
/
%CNAME WL04_2
-1 1          0 0
wall2
/
%CNAME WL04_3
-1 1          0 0
wall3
/
/
GOGO
```

解析結果

- 温度コンター図

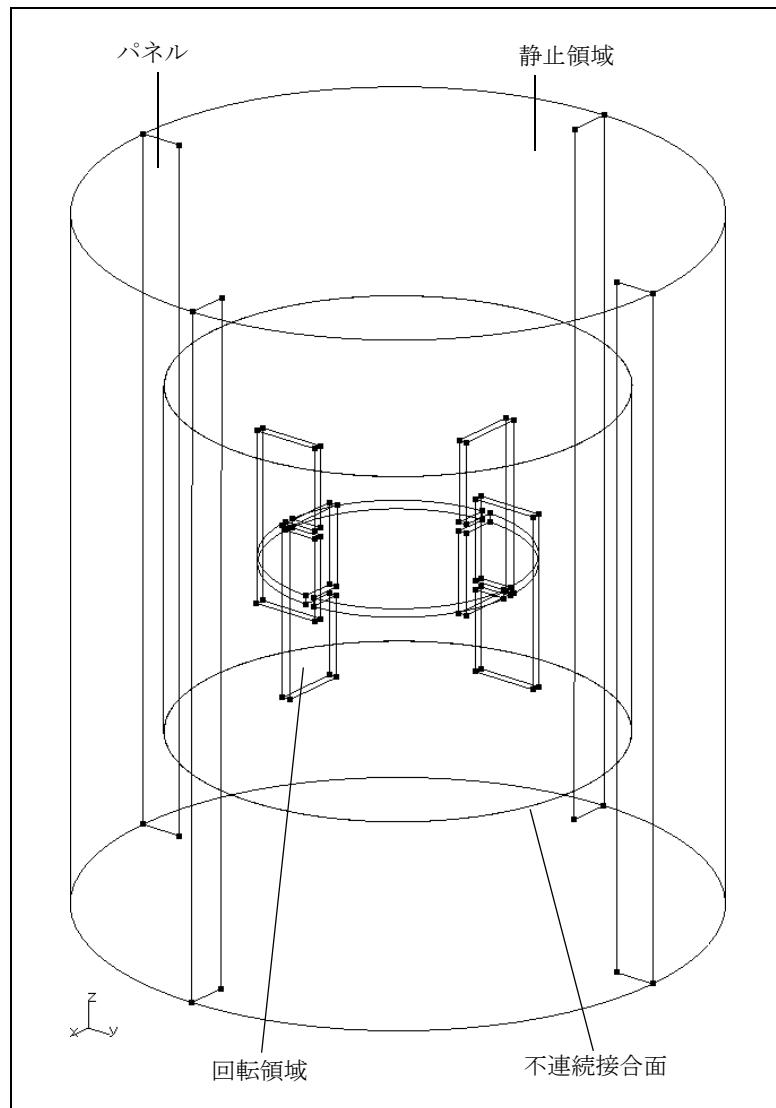


応用例2 不連續接合と要素移動

水で満たされた円筒内で回転する羽根の解析を行います。

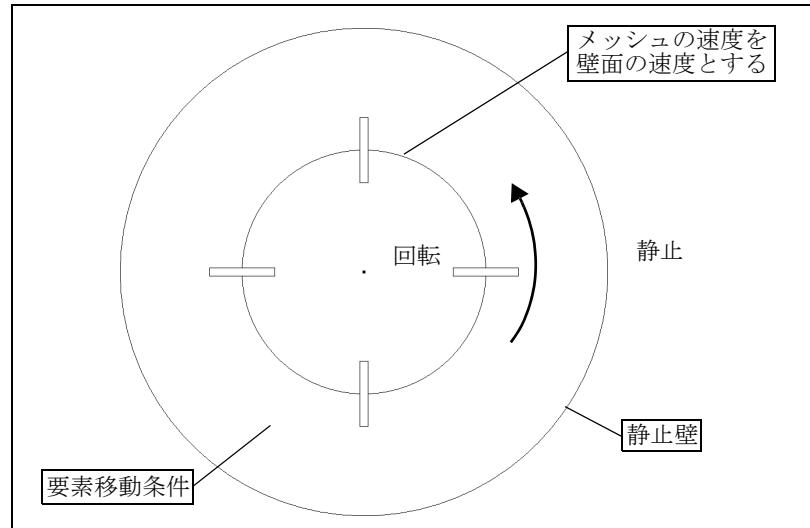
解析モデル

(高さ16[cm], 直径14[cm], 羽根1.6[cm]×4[cm])

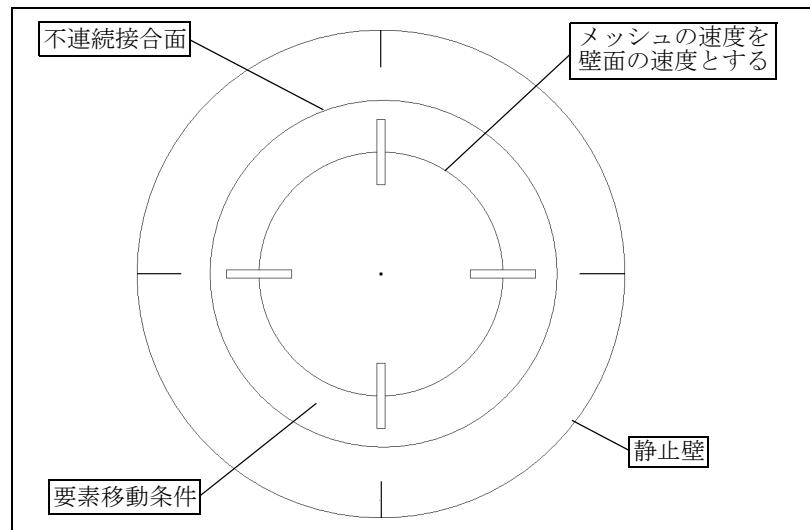


回転物体の解析を行うには、状況に応じて以下の2つの手法があります。

1. 静止物体が、円筒、円盤等のように、回転に対して不变な形状の場合、要素移動条件によってメッシュ全体を回転させ、回転物体にはメッシュの速度を壁面の速度とする条件を与える。静止物体には静止壁条件を与える。



2. 回転によって、回転物体と静止物体の位置関係が変わっていく場合、不連続接合を用いてメッシュを回転領域と静止領域に分ける。回転領域は要素移動条件によってメッシュ全体を回転させ、回転物体にはメッシュの速度を壁面の速度とする条件を与える。静止物体には静止壁条件を与える。



本例題では、羽根が回転すると羽根とパネルとの位置関係が変化しますので、2の手法を適用する必要があります。

不連続接合面として平面や円筒面等を指定することができます。このモデルでは羽根を取り囲む円筒面を考え、この円筒面でモデルを内側の回転領域と外側の静止領域の2つの領域に分けます。内側の領域に要素移動条件を設定します。

注. 不連続接合およびメッシュの回転に関しては、[ユーザーズガイド 基礎編 第2部 第2章 2.6.5 不連続接合](#)を参照してください。

解くべき方程式

運動量保存式
質量保存式(圧力補正式)
k-ε方程式

物性値

水(20[°C]) : 物性値ライブラリより[流体(非圧縮性)] - [水(非圧縮20°C)]を使用

境界条件

羽根 : 壁面応力条件 回転壁(メッシュの速度で移動)
上部の壁 : 壁面応力条件 フリースリップ壁
その他の壁 : 壁面応力条件 静止壁
不連続接合条件 : 回転領域と静止領域を円筒で分け、その境界の面に不連続接合条件を与える。
要素移動条件 : 回転領域に対し、要素移動条件を与える(400[rpm])。

注. この例には流入口、流出口がありませんが、流入・流出を含む回転不連続接合の解析も可能です。

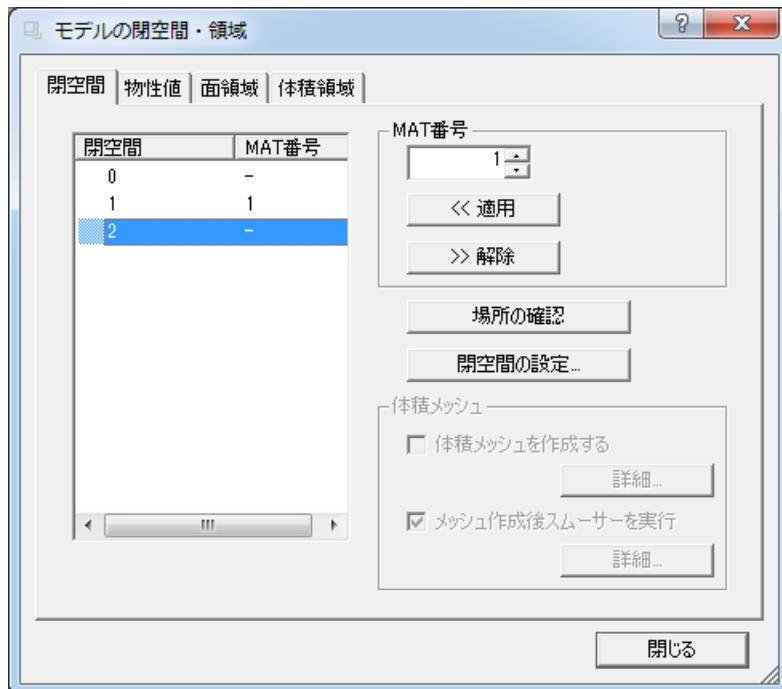
解析データ作成手順

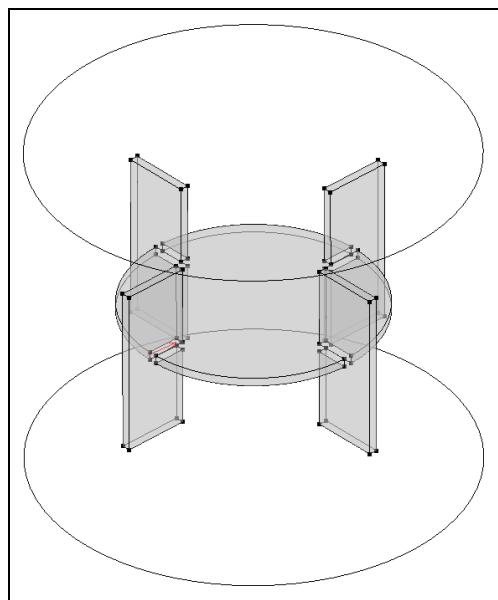
全体の流れ

1. 回転領域メッシュ作成
 - 形状データの読み込み
 - 閉空間・MAT番号の設定
 - 面領域の登録
 - 体積領域の登録
 - メッシュの作成
2. 静止領域メッシュ作成
 - 形状データの読み込み
 - 閉空間・MAT番号の設定
 - 面領域の登録
 - メッシュの作成
3. メッシュのマージと解析条件の設定
 - メッシュのマージ
 - 解析条件の設定
 - 解析データ(.pre, .s)の保存

1. 回転領域メッシュ作成

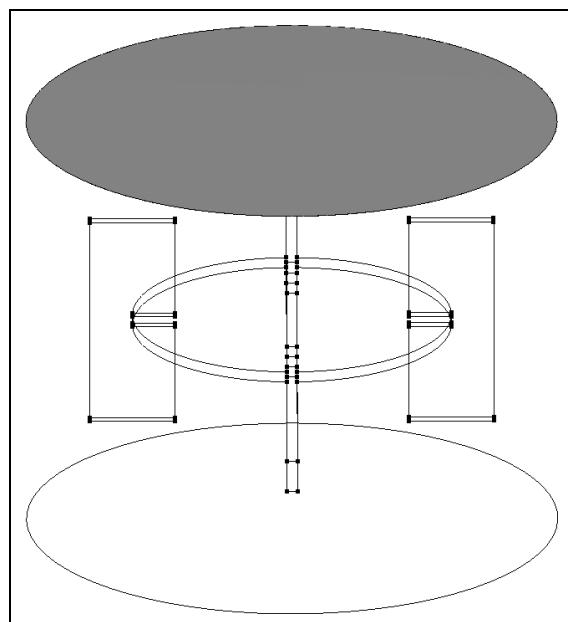
1. 回転領域部分のメッシュ作成を行います。
SCTpreを起動し、[tr02-inner.stl]をドラッグ&ドロップするか、または、
[ファイル]-[インポート]
を選択して読み込んでください。
注. ここではメッシュの作成だけを行い、条件の設定は行いません。
2. [インポートされたモデルの情報]ダイアログが現れ、モデルサイズが表示されます。このモデルはミリメートル単位で作成されておりますが、境界条件はMKS単位系を使用しますので、ここでメートル単位へのスケール変換を行います。ダイアログのスケール変換をクリックすると[座標変換]ダイアログの[拡大縮小]タブが開きますので、mm→mをクリックして各方向とも0.001倍とし、OKをクリックしてください。[インポートされたモデルの情報]に戻るとスケール変換後のモデルサイズが表示されていますので確認し、OKをクリックしてダイアログを閉じてください。
注. [インポートされたモデルの情報]ダイアログを閉じた後にスケール変換するには、
[編集]-[変換]-[座標変換]を選択し、[座標変換]ダイアログを開いてください。
3. モデルの閉空間の設定を行います。
ツリーから[閉空間]をダブルクリックすると、[モデルの閉空間・領域]ダイアログの[閉空間]タブが開きます。[閉空間]から[1]を選択して場所の確認をクリックし、閉空間[1]がモデルのどの閉空間に対応しているのか確認します。
同様に、閉空間[2]の位置を確認すると、閉空間[2]は羽根の内部空間に対応していることがわかりますので>>解除をクリックしてメッシュ作成領域から外してください。





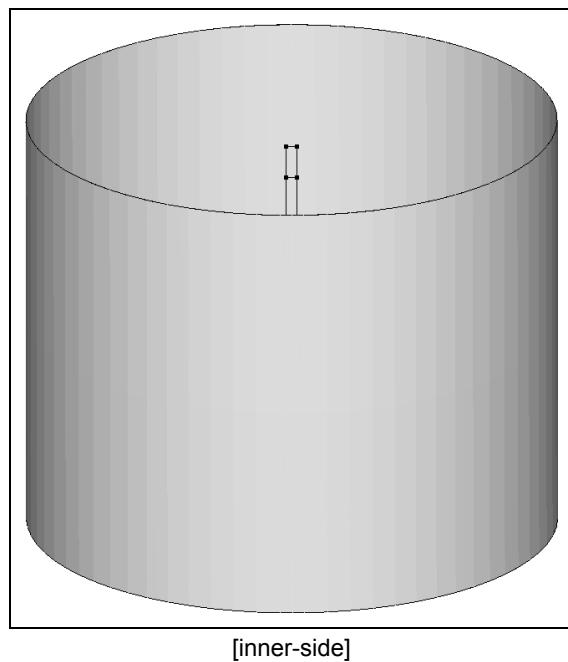
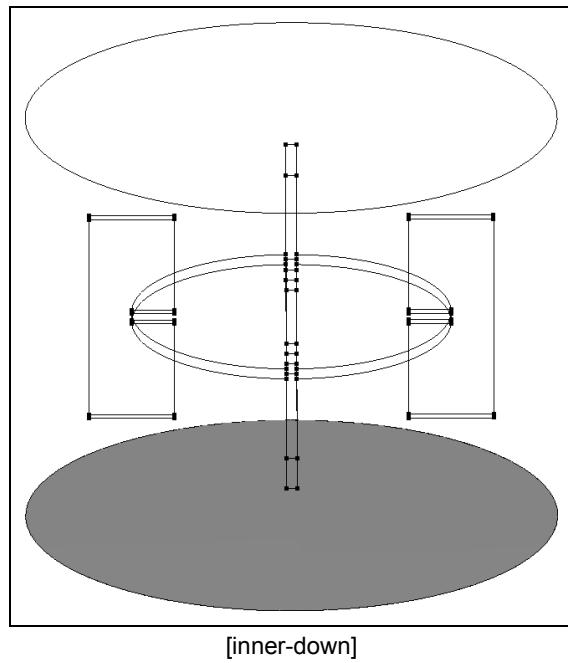
閉空間[2]

4. モデルに面領域を登録してください。
[面領域]タブをクリックし、[登録の対象]に[選択されている面]を選択してください。
5. [選択] - [マウスピック(面)] - [マウスピック&スプレッド]を選択してください。
円筒の上面をピックして選択し、[領域名]に[inner-up]と入力して登録をクリックしてください。



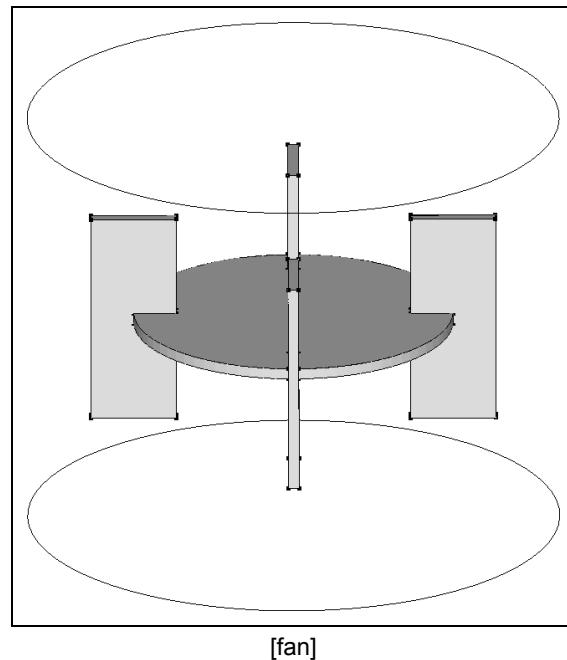
[inner-up]

6. 同様に、円筒の下底を[inner-down], 円筒の側面を[inner-side]として登録してください。



7. 円筒内の羽根の面領域を登録してください。

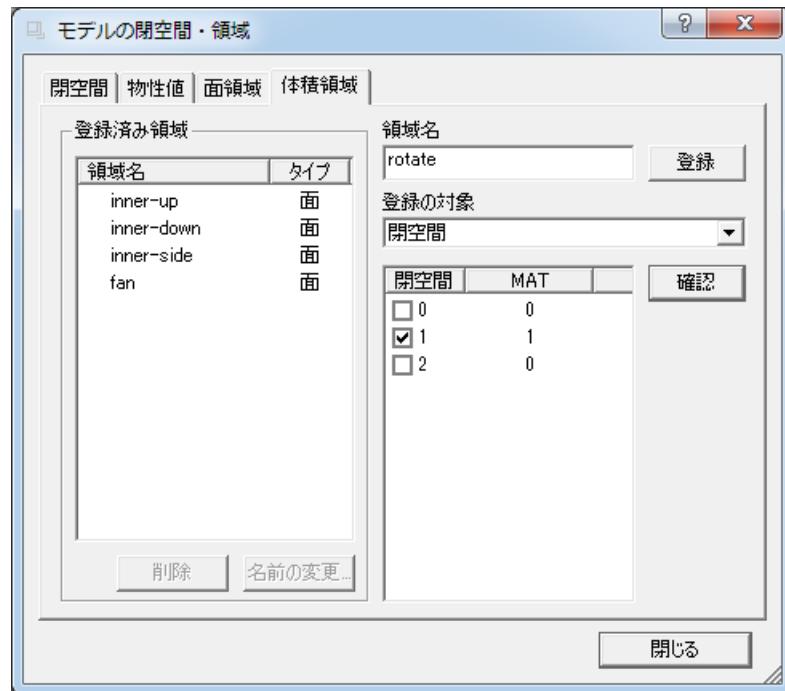
[面領域]タブの[登録の対象]で[2つの閉空間の間]を選択し、[選択する閉空間]に[1], [相手の閉空間]に[2]を入力してください。確認をクリックして場所を確認し、領域名を[fan]として登録をクリックしてください。

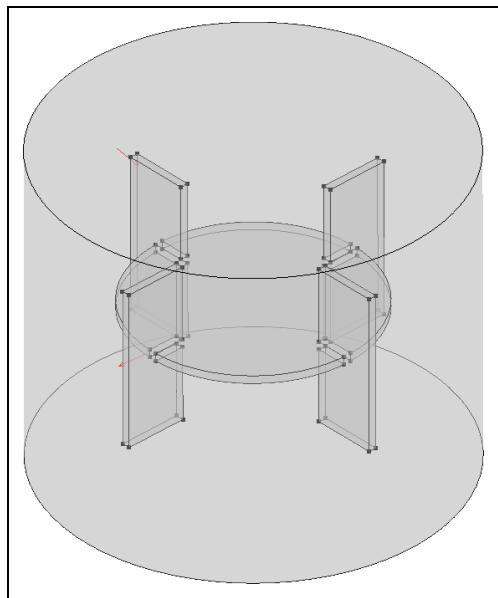


[fan]

8. モデルに体積領域を登録してください。

[体積領域]タブを選択してください。[登録の対象]で[閉空間]を選択し、[1]をONにして確認で場所を確認してください。領域名を[rotate]として、登録をクリックしてください。





閉空間[1]

9. 以上で、閉空間、面領域、体積領域の設定が終わりましたので、[モデルの閉空間・領域]ダイアログを閉じてください。
10. モデルをファイルに保存します。
[ファイル] - [保存]
を選択し、ファイル名を[tr02-inner.mdl]、ファイルの種類を[MDLファイル]として、保存をクリックしてください。
注. 次のステップで八分木を作成しますが、八分木を変えて異なるメッシュで解析を行いたい場合は、[tr02-inner.mdl]を読み込んで、八分木作成のステップから作業を始めることができます。
11. 八分木を作成します。
ツリーから[八分木]をダブルクリックしてください。
[八分木作成]ダイアログで、[長さで入力]を選択し、[最小オクタントサイズ]を[0.003]としてOKをクリックしてください。
12. 八分木をファイルに保存します。
[ファイル] - [保存]
を選択し、ファイル名を[tr02-inner.oct]、ファイルの種類を[OCTファイル]として、保存をクリックしてください。
13. メッシュを作成します。
ツリーから[実行]を選択してください。
14. [連続実行]ダイアログが現れます。
[必要なデータ]の[領域設定済みモデル]と[八分木]を[現在のデータ]としてください。[作成されるデータ]で[境界層要素挿入済みメッシュ]のファイル名が[tr02-inner.pre]になっていることを確認してください。
15. 境界層要素の挿入パラメータの設定を行います。
[境界層要素挿入パラメータ]の設定をクリックしてください。

-
16. [境界層要素挿入パラメータ]ダイアログが現れますので、領域一覧から[fan]を選択して、[一層目の厚さ]に[0.001], [厚みの変化率]に[1.1], [層数]に[2]を入力し、<<適用をクリックして設定してください。
設定したらOKをクリックしてください。
注. [fan]を選択したのち更新でfan領域近傍のオクタントサイズを確認出来ます。ここでは境界層要素の厚みを最少オクタントサイズの約3分の1としています。
 17. [連続実行]ダイアログに戻りますので、OKをクリックしてください。
 18. [連続実行の内容の確認]ダイアログが現れますので、実行内容を確認し、今すぐ実行をクリックしてください。
 19. 表面メッシュ, テトラメッシュ, 境界層要素挿入済みメッシュが作成され、それぞれがファイルに保存されます。実行が終わると、回転領域部分のメッシュ作成は終わりです(メッシュ作成時間は、Intel Xeon E5-2630v2で10秒程度です)。

2. 静止領域メッシュ作成

1. 続いて、静止領域のメッシュを作成します。

[ファイル] - [新規作成]

を選択し、モデル、メッシュ、解析条件を初期化したのち、[tr02-outer.stl]をドラッグ&ドロップするか、または、

[ファイル] - [インポート]

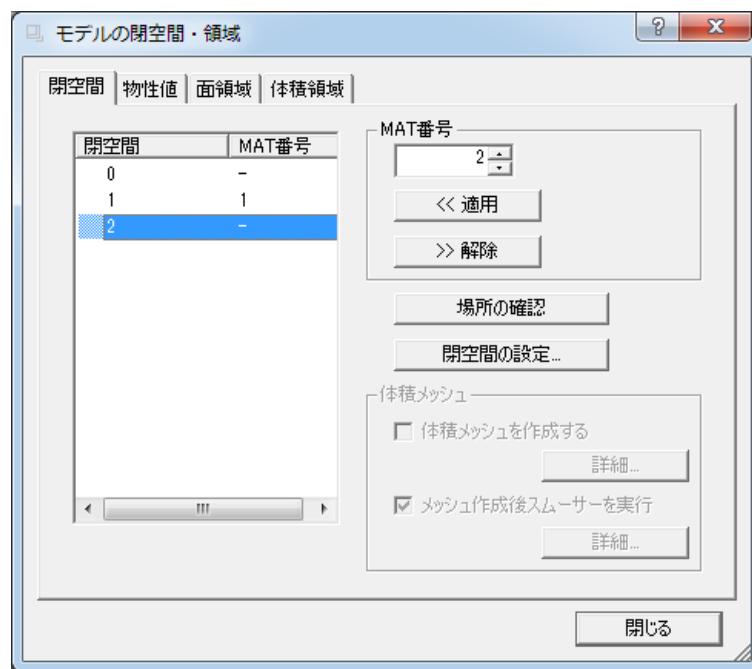
を選択して読み込んでください。

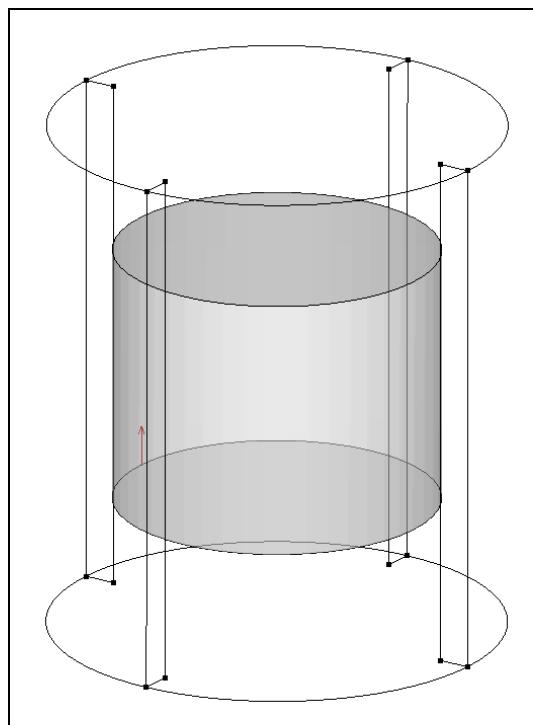
注. ここでもメッシュの作成だけを行い、条件の設定は行いません。

2. [インポートされたモデルの情報]ダイアログが現れます。モデルがミリメートル単位で作成されていますので、スケール変換をクリックし、[座標変換]ダイアログの[拡大縮小]タブで、mm → mをクリックして各方向とも0.001倍し、メートルの単位にしてください。OKをクリックしてダイアログを閉じてください。

3. モデルの閉空間の設定を行います。

ツリーの[閉空間]をダブルクリックしてください。[モデルの閉空間・領域]ダイアログの[閉空間]タブが開きます。閉空間[2]を選択して場所の確認をクリックし、閉空間[2]がモデルのどの閉空間に対応しているのか確認すると、閉空間[2]は回転領域部分に対応していることがわかるので、>>解除をクリックしてメッシュ作成領域から外してください。

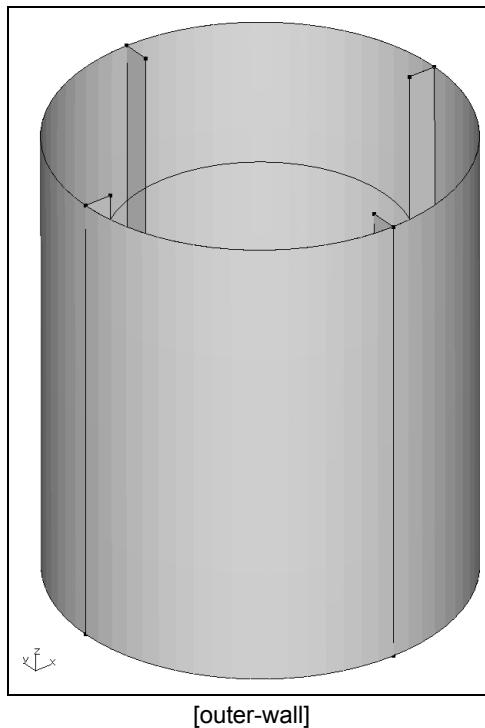




閉空間[2]

4. モデルに面領域を登録します。
[面領域]タブを選択し、[登録の対象]で[選択されている面]を選択してください。
5. 外側円筒の側面、下底、およびパネルが静止壁になりますので、これらをまとめて面領域として登録します。これらの面を選択するために、まず、
[選択] - [マウスピック(面)] - [マウスピック&スプレッド]
を選択し、外側の円筒の上底をピックして選択し、
[表示] - [選択領域の非表示]
を選択して表示を消してください。
次に、外側の円筒の側面のいずれかをピックして選択し、
[選択] - [スプレッド(面)] - [選択迄まで]
を選択すると、壁条件を設定する領域が選択されます。

-
6. [面領域]タブの[領域名]を[outer-wall]として、登録をクリックしてください。



7. 次に、内側の円筒に領域を設定します。

内側の円筒をピックで選択できるようにするため、外側の円筒の表示を消してください。また、外側の円筒のいずれかの部分をピックして選択してください。

次に、

[選択] - [スプレッド(面)] - [選択辺まで]

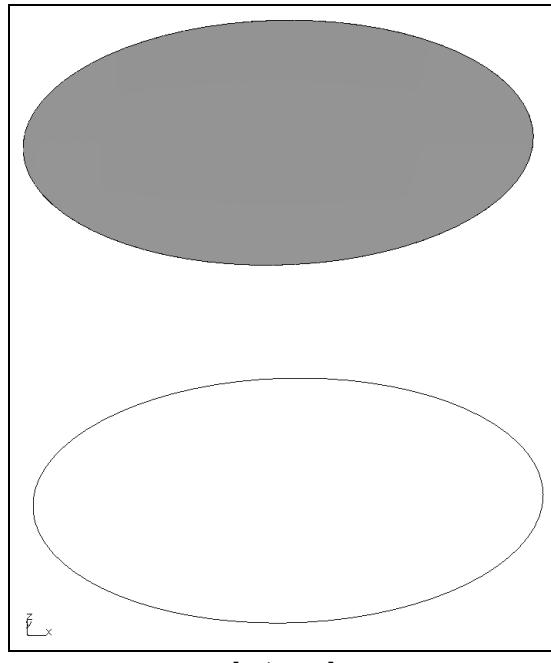
を選択すると、外側の円筒全体が選ばれますので、

[表示] - [選択領域の非表示]

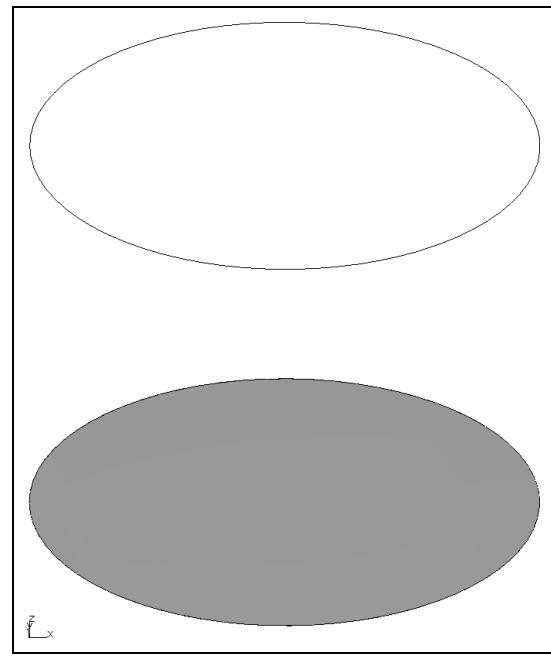
を選択してください。

これで、内側の円筒がマウスピックで選択できる状態になります。

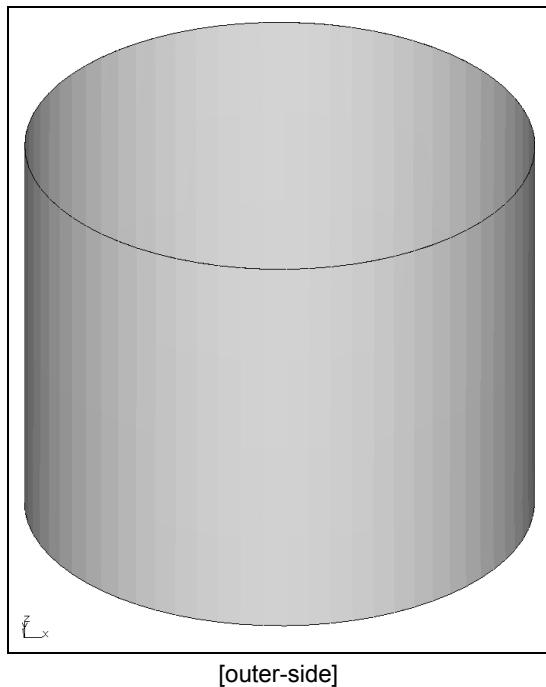
-
8. 内側の円筒の上底を[outer-up], 下底を[outer-down], 側面を[outer-side]という名前で領域に登録してください。



[outer-up]



[outer-down]



9. モデルをファイルに保存します。

[ファイル] - [保存]

を選択し、ファイル名を[tr02-outer.mdl], ファイルの種類を[MDLファイル]として、保存をクリックしてください。

10. 八分木を作成します。

ツリーから[八分木]をダブルクリックしてください。[八分木作成]ダイアログで、[長さで入力]を選択し、[最小オクタントサイズ]に[0.003]と入力してOKをクリックしてください。

11. 八分木をファイルに保存します。

[ファイル] - [保存]

を選択し、ファイル名を[tr02-outer.oct], ファイルの種類を[OCTファイル]として、保存をクリックしてください。

12. メッシュを作成します。

ツリーから[実行]をダブルクリックしてください。

13. [連続実行]ダイアログが現れますので、[必要なデータ]の[領域設定済みモデル]と[八分木]で[現在のデータ]を選択してください。

[作成されるデータ]で[境界層要素挿入済みメッシュ]のファイル名が[tr02-outer.pre]になっていることを確認してください。

-
14. [境界層要素挿入パラメータ]の設定をクリックしてください。[境界層要素挿入パラメータ]ダイアログが現れますので、領域一覧から[outer-wall]を選択して、[一層目の厚さ]に[0.001], [厚みの変化率]に[1.1], [層数]に[2]を入力し、<<適用をクリックして設定してください。設定したらOKをクリックしてください。
 15. [連続実行]ダイアログに戻りますので、OKをクリックしてください。
 16. [連続実行の内容の確認]ダイアログが現れますので実行内容を確認し、今すぐ実行をクリックして体積メッシュの作成を行ってください。
実行が終わると、静止領域のメッシュ作成は終わりです(メッシュ作成時間は、Intel Xeon E5-2630v2で26秒程度です)。

3. メッシュのマージと解析条件の設定

1. 作成した2つのメッシュをマージします。

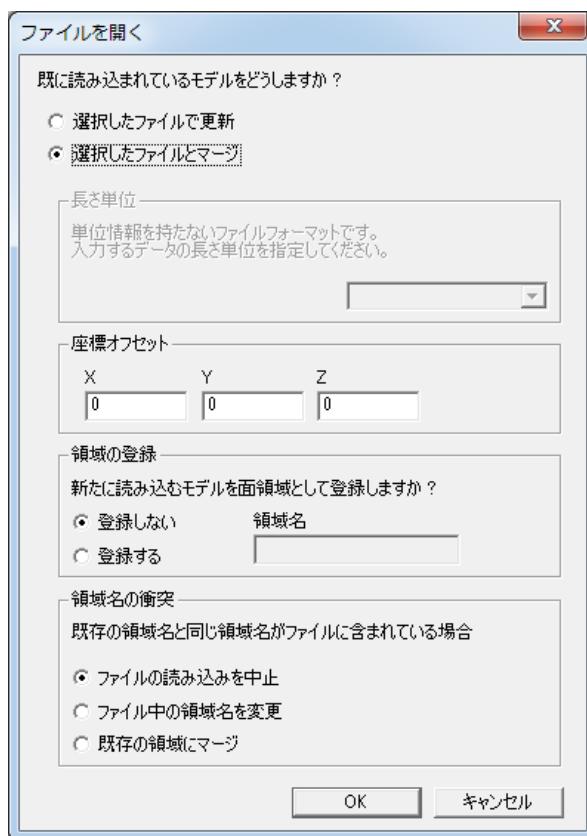
先程保存した[tr02-inner.pre]をドラッグ&ドロップ、または

[ファイル] - [開く]

で読み込んでください。

このとき、[ファイルを開く]ダイアログで[選択したファイルとマージ]を選択してください。

OKをクリックすると、すでに読み込まれている静止領域のメッシュ(tr02-outer.pre)に回転領域のメッシュ(tr02-inner.pre)が結合(マージ)されます。



2. 解析条件を設定します。

ツリーの[解析条件]をダブルクリックし、条件ウィザードを開いてください。

3. [解析選択]で[流れ]をONにし、[乱流]を選択してください。[タイプ]から[乱流モデル]を選択し、相[1]の[モデル]から、[標準k-ε]を選択してください。右のリストから[要素移動]、[不連続接合]、[粒子追跡]をONにしてください。

-
4. [基本設定]の[解析方法]で[非定常解析]を選択し、[開始サイクル]に[1], [終了サイクル]に[200]を入力してください。また、[時間間隔の設定]で[数値入力による]を選択し、[時間間隔]に[0.001][s]を入力してください。

注. 非定常解析時の時間間隔を決定する際には、時間間隔 \leq 要素の大きさ/流速を目安にします（詳細は、[ユーザーズガイド 基礎編 第1部 第3章 3.10 非定常と定常 \(2\) クーラン数](#)を参照してください）。本例題では、要素の大きさは0.003[m]、また、回転速度400[rpm]と回転軸から羽根端までの距離0.038[m]から羽根端の移動速度が1.6[m/s]となりますので、最大流速を2[m/s]程度と想定して、時間間隔 \leq 0.0015[s]となります。

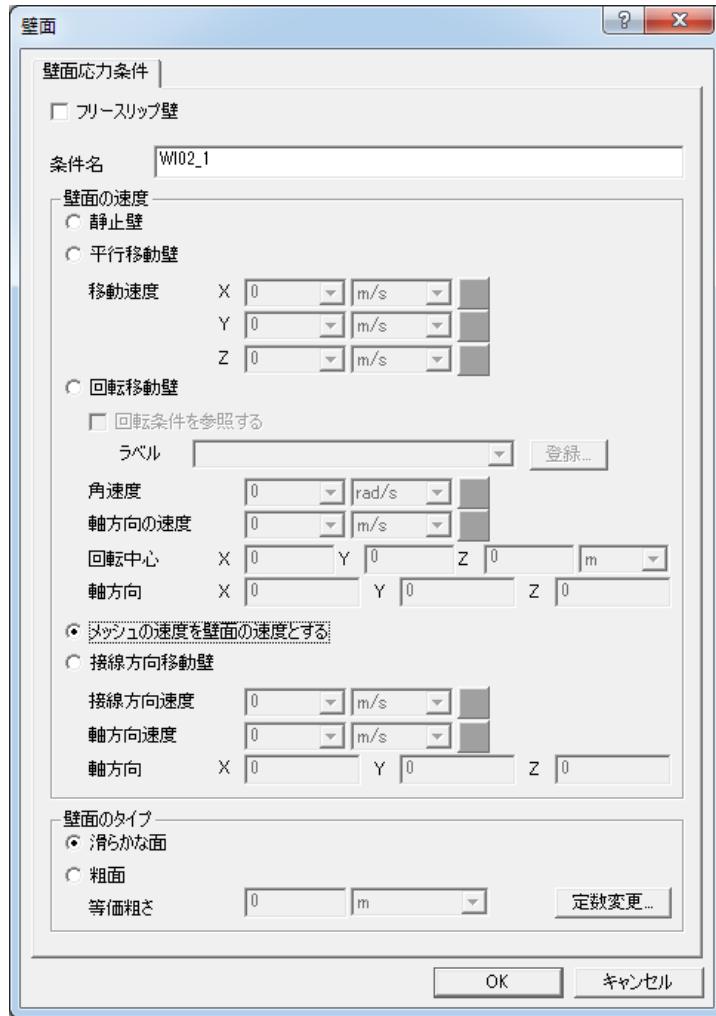
加えて、本例題のように要素の移動を行う場合は、1サイクルの要素の移動距離 \leq 要素の大きさとなるようにしなければいけません。回転物体の解析では、1サイクルの要素の移動距離=回転領域半径×角速度×時間間隔ですので、この条件は次のように表すことが出来ます。

$$\text{時間間隔} \leq \text{要素の大きさ} \div (\text{回転領域半径} \times \text{角速度})$$

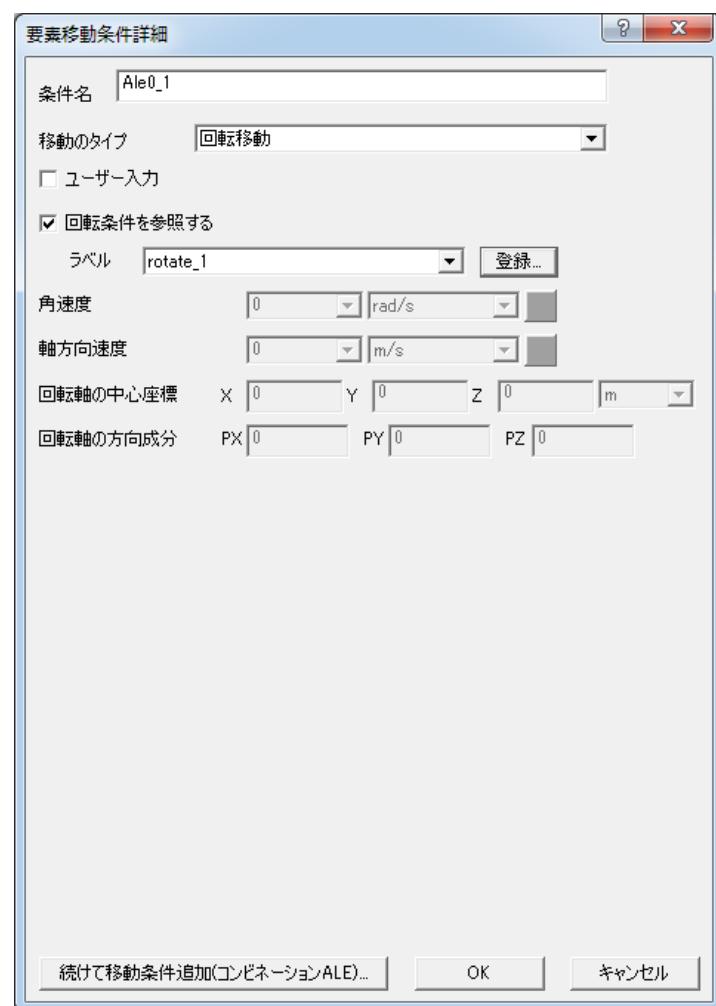
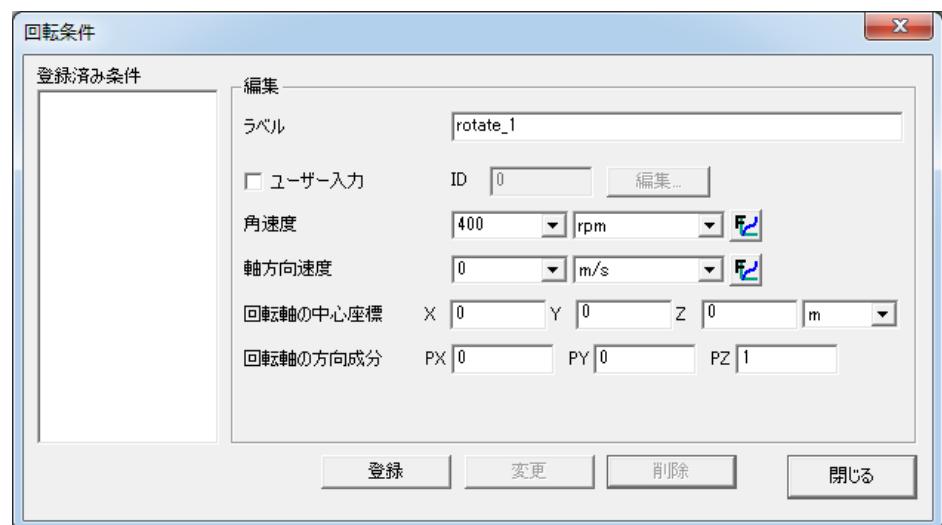
本例題では、要素の大きさ0.003[m]、回転領域半径0.05[m]、角速度は $2 \times \pi \times 400[\text{rpm}] / 60 = 41.9[\text{rad/s}]$ ですので、時間間隔 \leq 0.0014[s]となります。本例題ではこれらを考慮して、時間間隔を0.001[s]としています。なお、400[rpm]のとき0.15秒で1回転しますので、150サイクルの計算で羽根が1回転することになります。ただし、これらの時間間隔の算出方法はあくまで目安です。計算の安定性を重視する場合には、より小さい時間間隔を使用する必要があります。

5. [物性値・基準値]の[物性値]タブで、左のリストからMAT[1]を選択し、次に右の物性値から[流体(非圧縮性)] - [水(非圧縮20°C)]を選択してください。<<適用をクリックしてください。
6. [初期条件]、[デフォルト境界条件]ではそのまま次へを選択してください。
7. [境界条件]では[outer-wall]と[fan]に壁面応力条件を設定してください。領域リストから[outer-wall]を選択し、境界条件から壁面をクリックしてください。[壁面]ダイアログの[壁面応力条件]タブで、[フリースリップ壁]をOFFにし、[壁面の速度]を[静止壁]としてOKをクリックしてください。

8. 続いて、領域リストから[fan]を選択し、壁面をクリックしてください。[壁面]ダイアログの[壁面応力条件]タブで、[フリースリップ壁]をOFFにし、[壁面の速度]を[メッシュの速度を壁面の速度とする]として、OKをクリックしてください。



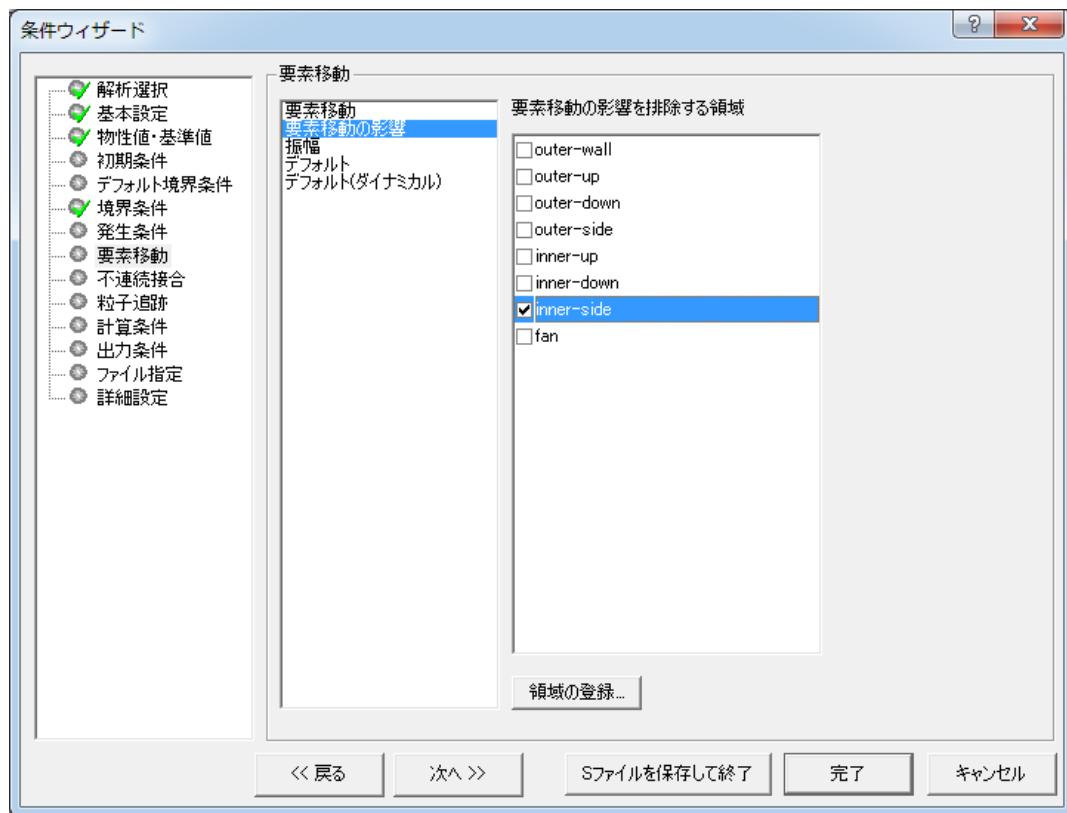
9. [発生条件]では、そのまま次へをクリックしてください。
10. [要素移動]では、要素移動条件を設定してください。リストから[要素移動]が選択されていることを確認してから、[要素移動条件一覧]の新規をクリックしてください。
11. [要素移動条件]ダイアログの[対象となる領域]から[rotate]をONにしてください。ダイアログの左の[条件]で、新規を選択してください。[要素移動条件詳細]ダイアログの[移動のタイプ]で[回転移動]を選択し、[回転条件を参照する]をONにし、登録をクリックしてください。
12. [回転条件]ダイアログで、[角速度]に[400 rpm]、[軸方向速度]に[0.0]、[回転軸の中心座標]に[0.0, 0.0, 0.0]、[回転軸の方向成分]に[0.0, 0.0, 1.0]として、登録をクリックしてください。
登録したら、閉じるでダイアログを閉じてください。



[要素移動条件詳細]ダイアログ、[要素移動条件]ダイアログでもOKをクリックしてください。
これで、[要素移動条件一覧]に[Ale0_1(回転移動)]という条件が追加されます。

13. 要素移動の影響を排除する設定を行います。

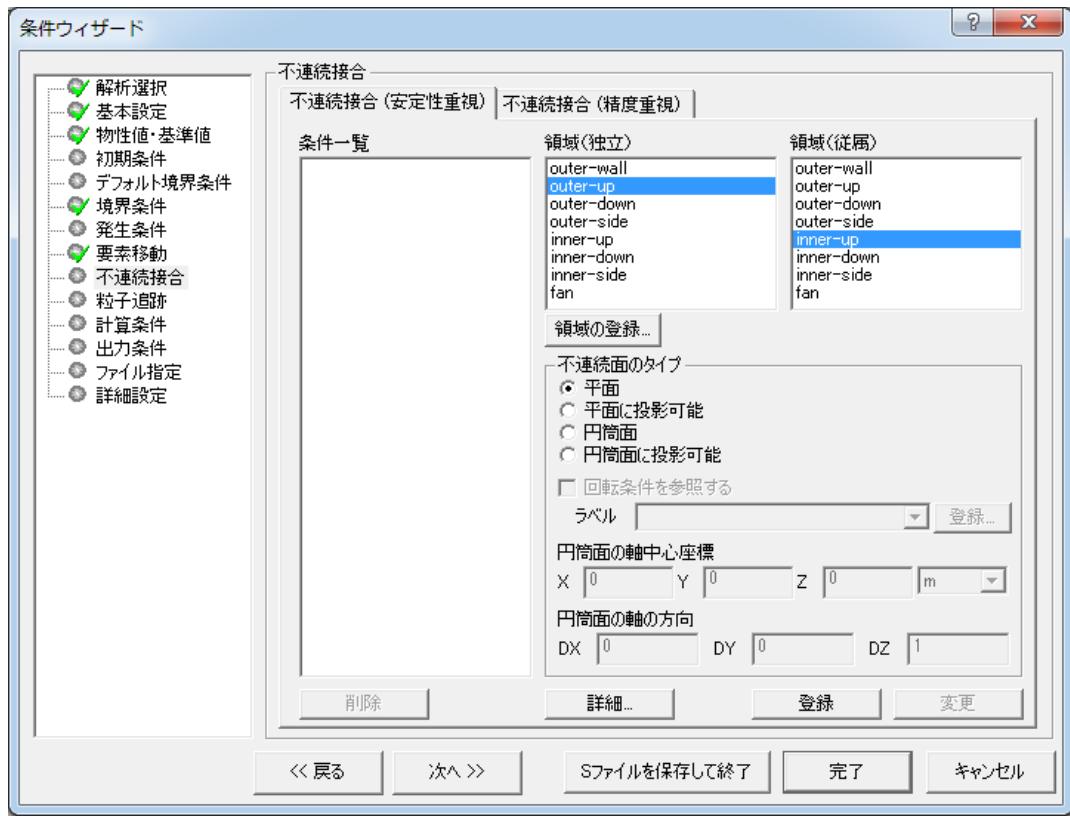
リストから[要素移動の影響]を選択してから、[要素移動の影響を排除する領域]で[inner_side]をONにしてください。



円筒領域に回転移動条件を設定した場合、円筒側面領域にこの条件を設定することで、解析の精度が向上することがあります(詳細は、ユーザーズガイド リファレンス(ソルバー)編 ALEBコマンドを参照してください)。

14. [不連続接合]で不連続接合の設定を行います。不連続接合面は、独立側の領域と従属側の領域を指定します。不連続接合となる対の面領域ではオクタントサイズを同等とし、同等のメッシュサイズとすることを推奨します。通常、独立側を静止領域と設定します。

15. [領域(独立)]を[outer-up]とし、[領域(従属)]で[inner_up]をONにして[不連続面のタイプ]で[平面]を選択し、登録をクリックしてください。

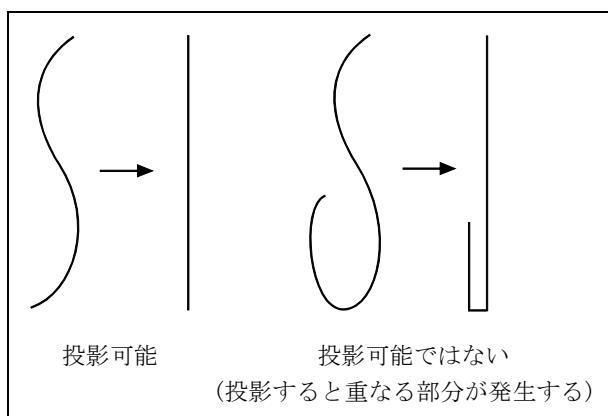


16. 続いて、[領域(独立)]を[outer-down]とし、[領域(従属)]で[inner_down]をONにして、[不連続面のタイプ]で[平面]を選択し、登録をクリックしてください。

17. 続いて、[領域(独立)]を[outer-side]とし、[領域(従属)]で[inner_side]をONにして、[不連続面のタイプ]で[円筒面]を選択します。

[回転条件を参照する]をONにして、[ラベル]で[rotate_1]を選択し、登録をクリックしてください。

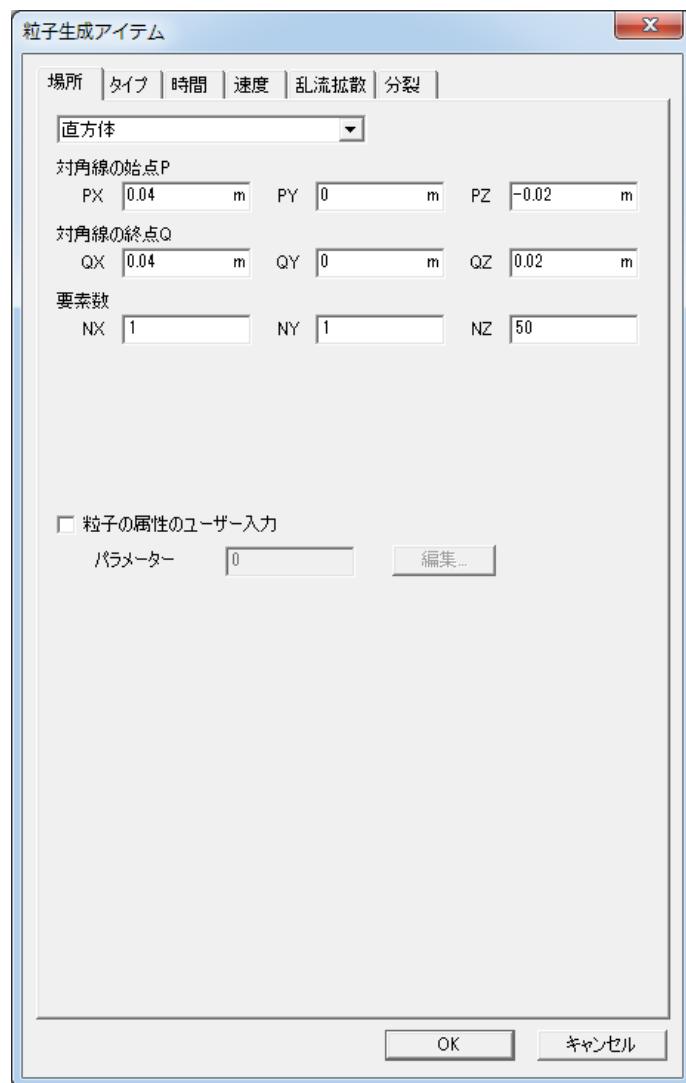
注. [不連続のタイプ]の[平面に投影可能]とは、平面に投影したときに重なる部分が発生しないことを意味します。同様に、[円筒面に投影可能]とは、円筒面に投影したときに重なる部分が発生しないことを意味します。



18. [粒子追跡]では、流体(水)の時々刻々の変化を追跡するために、マーカー粒子を使用した粒子追跡の設定を行います。マーカー粒子とは質量がなく流体と相互作用をせずに流れにのって移動する粒子です。粒子追跡の設定は、a.粒子を発生・消滅させる領域の登録, b.粒子追跡の設定の順で行います。

注. 定常解析で得られた流れ場中にマーカー粒子を飛ばすにはSCTpostの[流線]オブジェクトの[アニメ粒子]が利用出来ます。

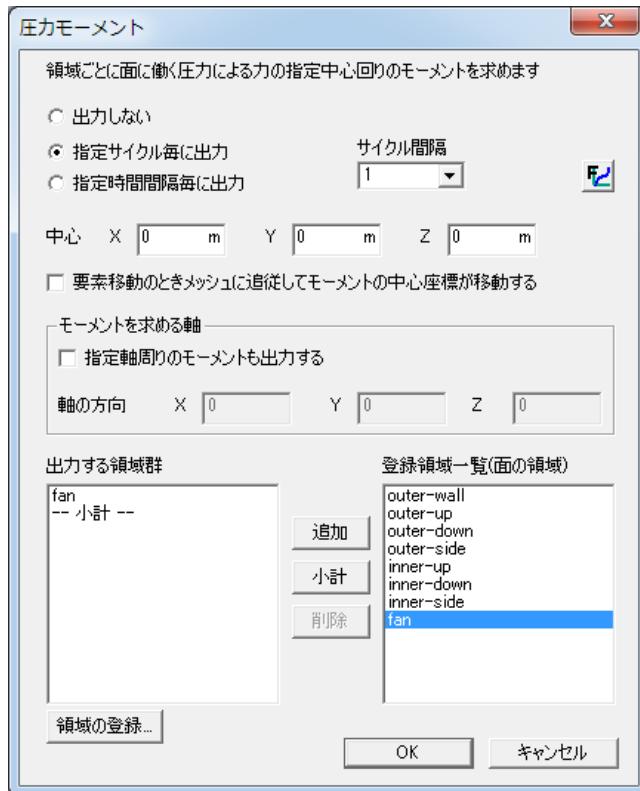
19. 粒子を生成する領域を指定します。粒子の発生領域には直方体、面領域、線分などの指定ができます。ここでは直方体を使用します。[生成]タブで[新規]をクリックします。[粒子生成アイテム]ダイアログの[場所]タブで直方体を選択してください。[対角線の始点P]に[0.04, 0, -0.02], [対角線の終点Q]に[0.04, 0, 0.02], [要素数]に[1, 1, 50]と入力してください。



注. あらかじめ面領域として流域を登録しておき、その領域に対して粒子を生成することもできます。

20. 次に、粒子のタイプを[タイプ]タブで指定します。[タイプ]タブで[マーカー粒子]を選択してください。

21. 生成時間を[時間]タブで指定します。[時間]タブで[サイクルで指定]を選択し、[一度だけ生成]をOFFにしてください。[生成開始サイクル]を[10], [生成サイクル間隔]を[10]としてください。OKをクリックして設定内容を登録してください。
22. [計算条件]では圧力固定と時間項の精度を設定します。
23. [圧力]をクリックしてください。
 [圧力固定]の[圧力]を[0], [場所]を[(0, 0, 0.079) m]として登録をクリックしてください。
 注. この解析では解析領域が壁で囲まれています。このような場合、圧力は任意定数だけの不定性を持つことになり、圧力の絶対値に意味はなく、圧力の差のみが意味をもつことになります。圧力差に対して圧力の絶対値が大きすぎると数値計算の精度が低下する可能性がありますので、解析領域内的一点(ここでは上面近傍)の圧力を0[Pa]に固定してこの不定性を排除します。
24. [時間項]をクリックしてください。[デフォルト]をOFFにし、[時間項に対する精度]で[2次精度の陰解法]を選択してください。
25. [出力条件]では羽根に働く力のモーメントを算出するために、羽根に働く圧力モーメントと粘性力モーメントの出力設定を行います。[圧力モーメント]をクリックし新規をクリックしてください。[圧力モーメント]ダイアログで、[指定サイクル毎に出力]を選択し、[サイクル間隔]を[1]にします。次に、[中心]を[(0, 0, 0) m]、[登録領域一覧(面の領域)]から[fan]を選択し、追加をクリックしてください。そうすると、[出力する領域群]に[fan]が追加されるので、OKをクリックしてください。[条件一覧]に[条件 No.1]が追加されます。
 続いて、粘性力モーメントも同様に設定してください。



注. 圧力モーメントと粘性力モーメントはリストファイルに出力されます。これらは点の周りのモーメントですので、回転軸方向の成分(本例題ではZ成分)が回転軸周りのモーメントと

なります。圧力モーメントと粘性力モーメントの回転軸方向成分の和は、回転軸周りの力のモーメントとなります。詳細は後述します。

26. FLDファイルの出力サイクルを指定します。[FLD(サイクル)]をクリックし、[指定サイクル毎に
出力]を選択し、エディットボックスに[50]と入力してください。また、[初期場]で[出力する]を選択してください。
27. [ファイル指定]では解析のタイトルや保存ファイル名を指定します。[解析のタイトル]に
[training2]と入力し、[デフォルト名]をONにし、[tr02]と入力してください。ファイル名がすべて
デフォルト名に統一されます。
28. 完了をクリックして[条件ウィザード]を閉じます。
29. これですべての作業が終わりましたので、
[ファイル] - [保存]
を選択し、ファイル名を[tr02.s]、ファイルの種類を[Sファイル]としてSファイルを保存して
ください。
このとき、[ファイルを保存]ダイアログで[PREファイルを保存]をONにして、Sファイルと同じ
フォルダにPREファイルも保存してください。
30. 以上でSCTpreでの作業は終わりです。
SCTpreを終了し、SCTSsolverで解析を行います。

参考

要素数	228,256
節点数	60,085
SCTSsolver実行時間	約6分(Intel Xeon E5-2630v2)

解析条件(S)ファイル

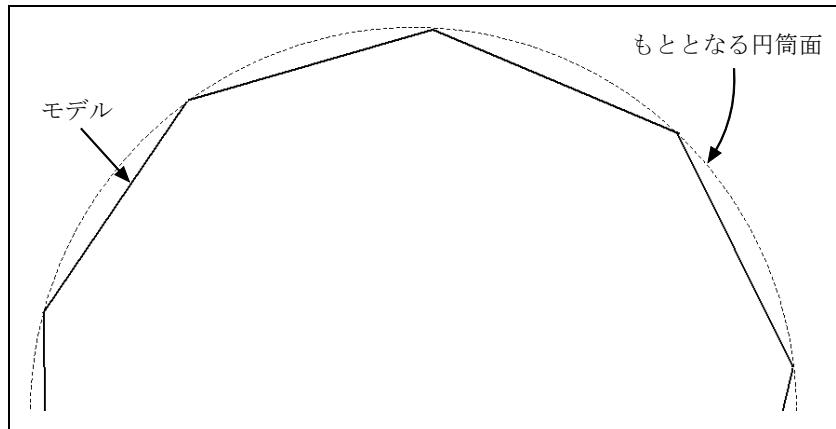
各コマンドの詳細は、[ユーザーズガイド リファレンス\(ソルバー\)](#)編を参照してください。

```
SDAT
SC/Tetra
 12 0 0      UTF-8
PREI  tr02.pre
PREO  tr02.2.pre
RO    tr02.r
POST  tr02
PCL   tr02
/
 1 1 0
training2
 0 1
ALE0
%CNAM Ale0_1
 22
rotate_1
rotate
/
/
ALEB
inner-side
/
CHKL
          1           1           0           1
 0
CYCL
 1     200           0.001           0           0
EQUA
1101
GFIL
          50           1
PCLE
 3 0
          0.04           0           -0.02
          0.04           0           0.02
 1 1 50
          -10           -10          0 0 0 0 0
/
PFIX
          0           0           0.079
 0 1
/
PMOM
          1           0           0           0
 0 0 0
fan
/
/
PROP
%CNAM water(incompressible/20C)
 1 1         998.2           0.001016           4183
0.5991  0
/
RROT
rotate_1  0
          41.887902047864
 0
 0           0           0           1           0
/
SMOM
          1           0           0           0
 0 0 0
fan
/
/
TECO
 10
outer-up    inner-up
/
 10
outer-down  inner-down
/
 211
rotate_1
outer-side  inner-side
/
/
TRAN
          1
WL02
%CNAM WL02_1
 0 0
%CNAM WL02_2
```

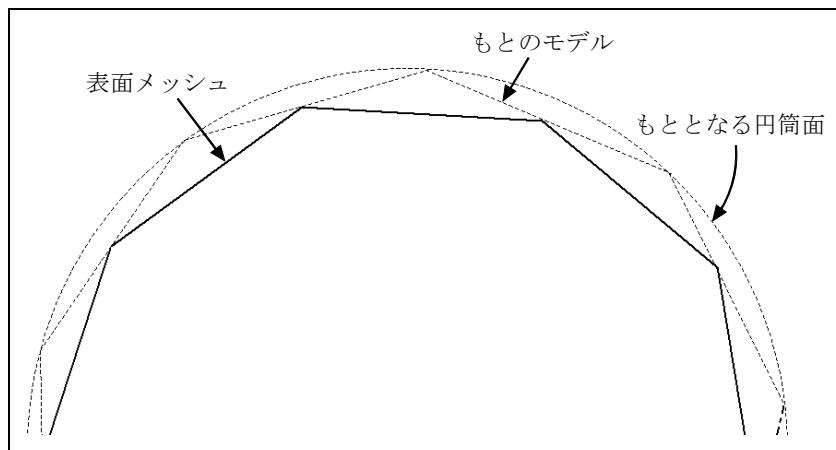
```
      3   0
/
  1
outer-wall
/
  2
fan
/
/
GOGO
```

円筒面への投影

モデルデータは平面の集まりです。そのため、モデルデータは厳密には曲面を表現していません。この応用例には円筒面がありますが、実際は"七十二角柱"であり、やはり平面の集まりです。以下、簡単のため、次の図で考えます。



モデルの節点(図では、線分の両端)は円筒面上にあります。ここで、このモデルに対して表面メッシュを作成した場合について考えます。表面メッシュの各節点は、もとになったモデルの面上にありますので、例えば、表面メッシュは次の図のようになります。



このように、表面メッシュの各節点は、円筒上に乗りません。

ここまで、極端な例で説明しましたが、実際には円筒面から節点へのずれは小さく、このことは通常は問題になりません。しかし、この応用例のように円筒面を不連続接合面に指定する場合で、もととなるモデルが粗くて円筒を表現できていない場合や、表面メッシュから表面メッシュを繰り返し作成して節点の円筒からのずれが大きくなった場合等は、不連続接合面での解析精度が充分に得られない場合があります。そのような場合は、SCTpre上で節点を円筒面に投影して、節点を円筒面上に乗せることが精度の向上が期待できます。

節点を円筒面に投影するには、表面メッシュを作成した後で、

[編集] - [投影]

を選択します(詳細はユーザーズガイド リファレンス(プリ)編を参照してください)。なお、この応用例では表面メッシュの円筒面からのずれは小さいので、投影を行わなくても問題ありません。

圧力モーメントと粘性力モーメントのリスト出力

本例題では圧力モーメントと粘性力モーメントの出力条件を設定しました。これらモーメントは、リストファイルに以下の形式で出力されます。

==== MOMENT OF PRESSURE FORCE WORKING ON SURFACES ===				
REGION	AREA	MOMNT-X	MOMNT-Y	MOMNT-Z
(ENTRY NO. = 1)				
fan	0.0117527	0.000106236	-4.27821e-005	-0.117389
TOTAL:	0.0117527	0.000106236	-4.27821e-005	-0.117389
==== MOMENT OF STRESS FORCE WORKING ON SURFACES ===				
REGION	AREA	MOMNT-X	MOMNT-Y	MOMNT-Z
(ENTRY NO. = 1)				
fan	0.0117527	8.23324e-007	-5.72446e-007	-0.000306676
TOTAL:	0.0117527	8.23324e-007	-5.72446e-007	-0.000306676

"MOMENT OF PRESSURE FORCE"は圧力による力のモーメント[N・m]を、"MOMENT OF STRESS FORCE"は粘性力による力のモーメント[N・m]を意味し、いずれも、ある原点からみた面領域に働く力のモーメントです。モーメントを出力する領域と、モーメントの原点は指定することができます。
"TOTAL:"を出力する位置は[圧力モーメント]ダイアログ、もしくは[粘性力モーメント]ダイアログにある[小計]で指定することができます。

MOMENT-X, MOMENT-Y, MOMENT-Zはそれぞれモーメントのx成分, y成分, z成分です。軸の周りのモーメントを得るには、出力されたモーメントと軸方向単位ベクトルとの内積を計算します。本例題では軸ベクトルは(0, 0, 1)ですので、モーメントのZ成分が回転軸周りのモーメントです。圧力による力のモーメントと、粘性力による力のモーメントの和が、実際に領域に働く力のモーメントとなります(ただし、解析では、流体の(静)圧力と粘性力(正確にはせん断応力)のみが働いているということを仮定しています。実際にはこれらの力以外にも軸の動力損失など、軸のモーメントに関係する力が働くことも考えられますが、この解析では、これらの影響は考慮していません)。

力のモーメントは時間と共に変化します。本例題では、回転軸周りの力のモーメントは解析開始直後(回転開始直後)は静止した水の抵抗のため大きく、計算が進み定常状態に近づくにつれて一定値に近づいていきます。

SCTpostでの相対速度について

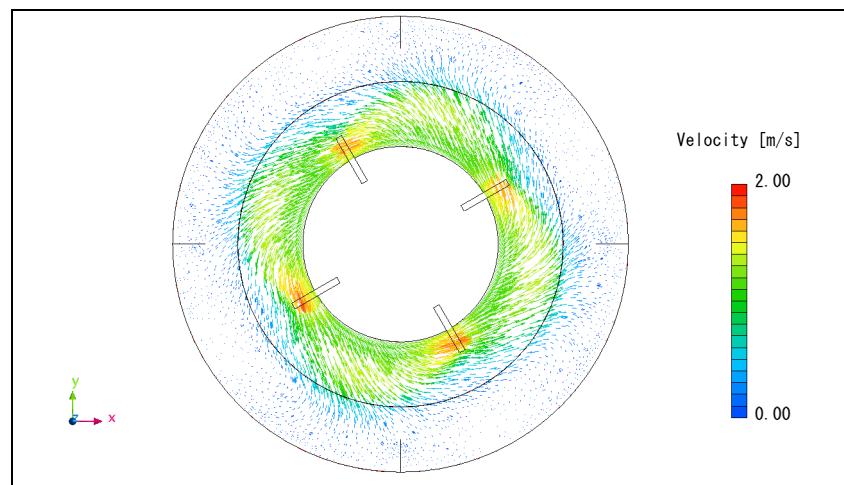
速度ベクトルから回転速度ベクトルを引くことで、回転座標系からみた速度ベクトルを得ることができます。回転軸が座標原点を通る場合、点Pでの回転座標系での速度ベクトル v_r は、速度ベクトルをv、点Pの位置ベクトルをR、角速度ベクトルを ω とすると、次式で表されます。

$$v_r = v - \omega \times R$$

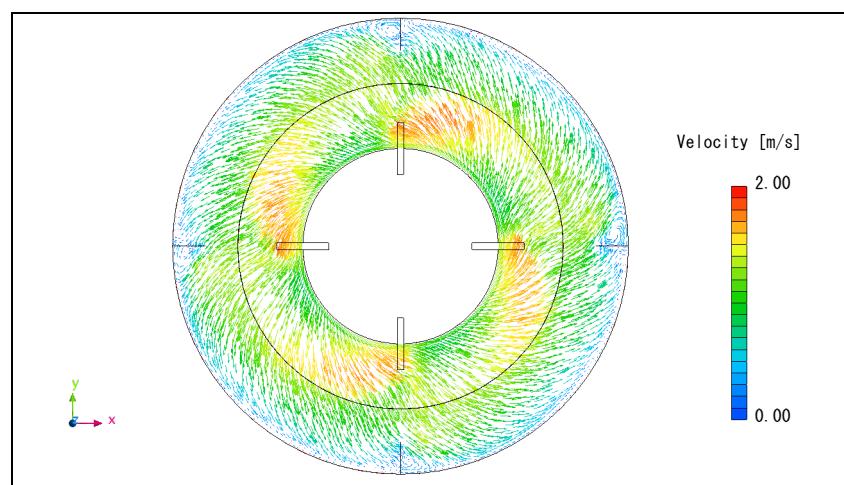
SCTpostでは、[カット面]オブジェクトなどで[変数]に[相対速度]を選択することで、相対速度を描画することができます。

解析結果($z=0$ での断面図)

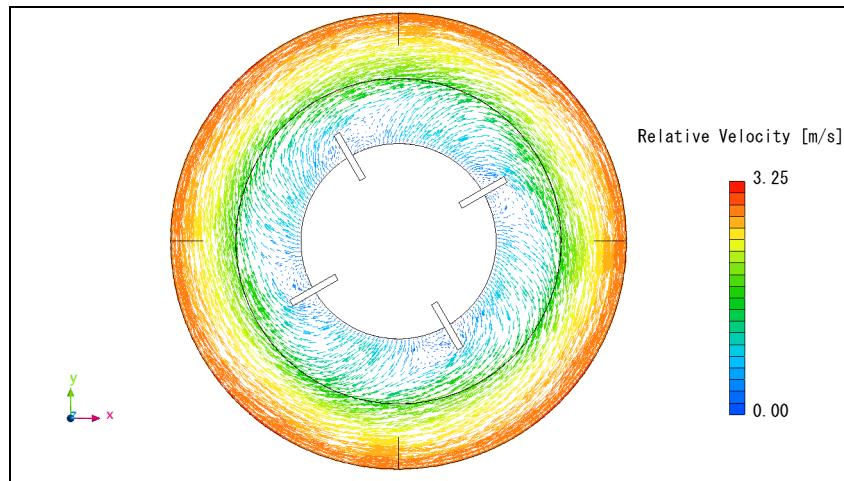
- ベクトル図(時刻0.05[s])



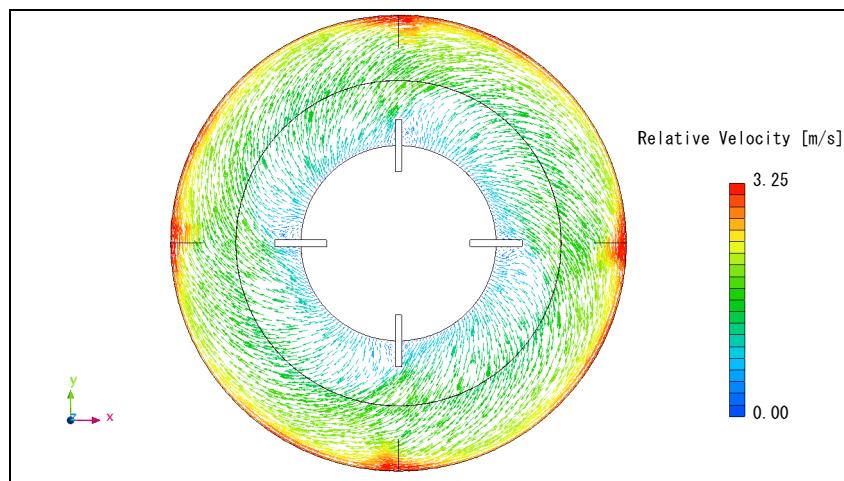
- ベクトル図(時刻0.15[s])



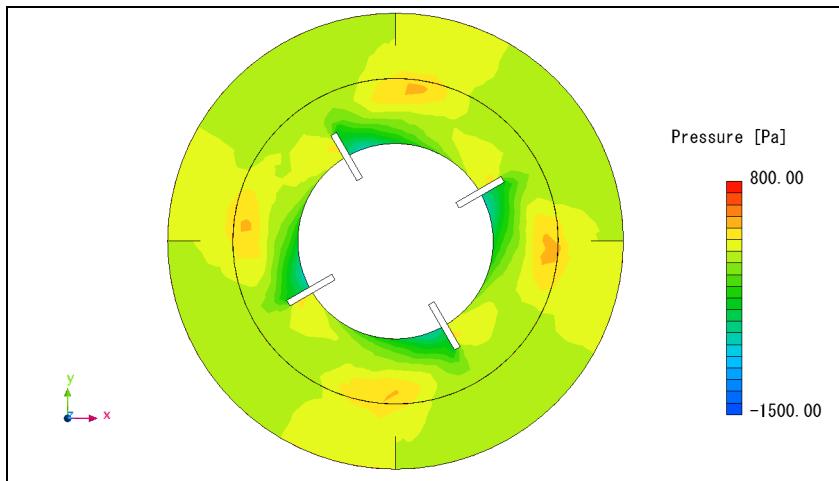
-
- 相対速度ベクトル図(時刻0.05[s])



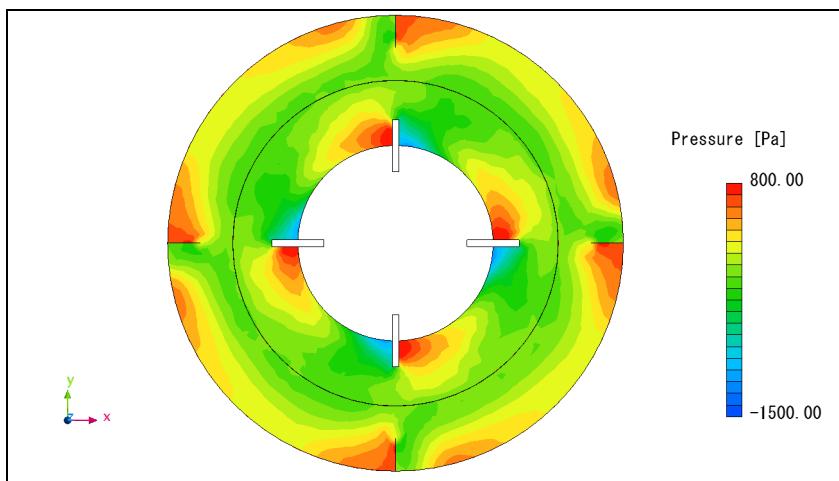
- 相対速度ベクトル図(時刻0.15[s])



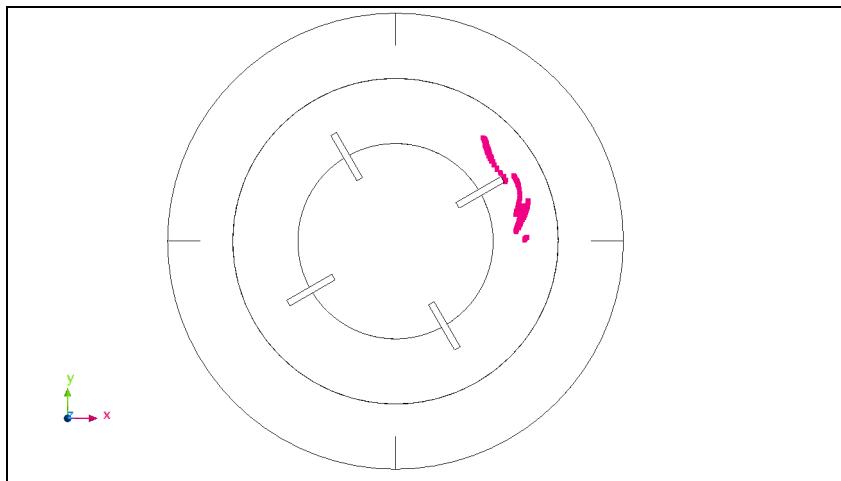
-
- 圧力コンター図(時刻0.05[s])



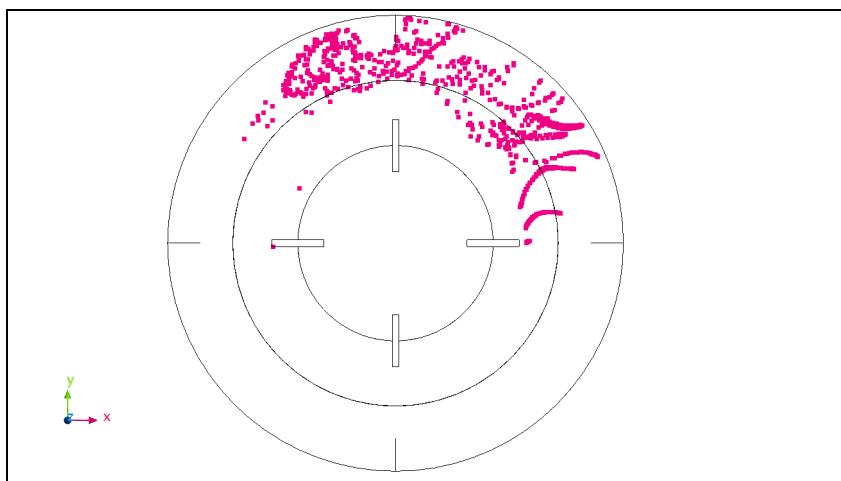
- 圧力コンター図(時刻0.15[s])



-
- マーカーパーティクル(時刻0.05[s])



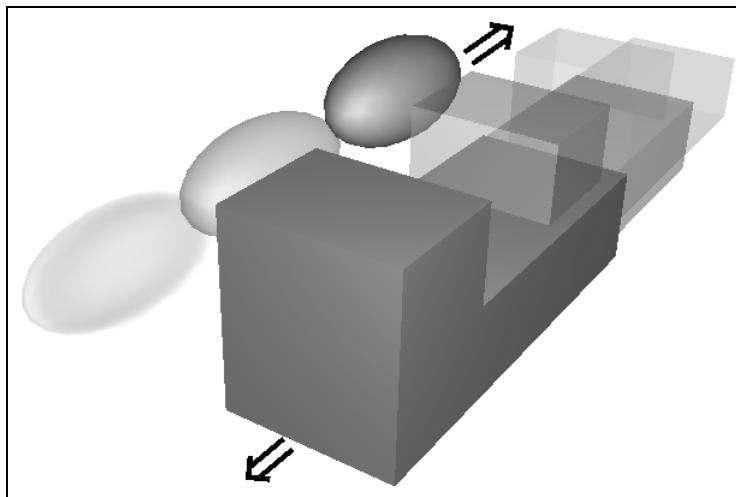
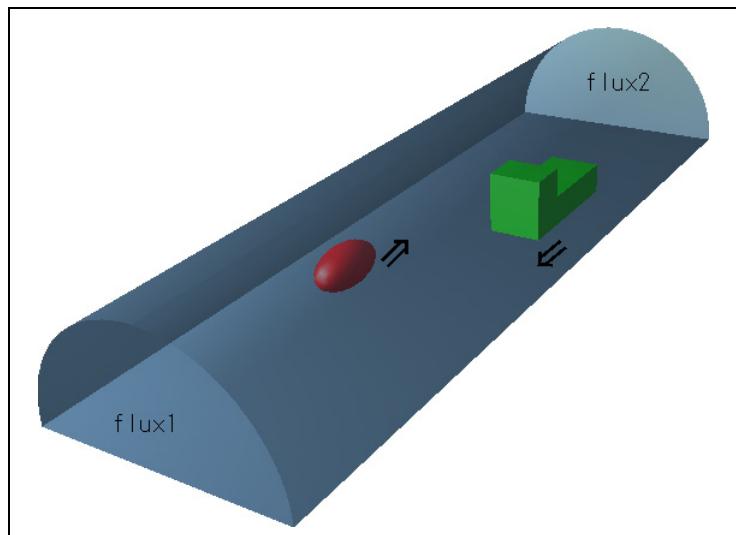
- マーカーパーティクル(時刻0.15[s])



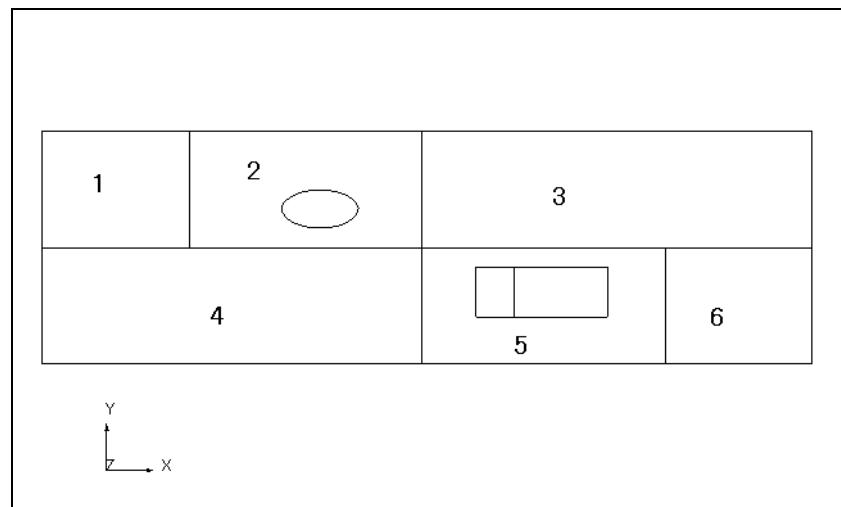
応用例3 伸縮メッシュと要素移動

トンネルの中を時速80[km/s](=22.2[m/s])で走る2台の車がすれ違う様子を解析します。2台の車のうち1台は橢円球状の形状、もう1台は角柱状の形状をしています。本例題では、前者を**橢円球型車両**、後者を**角柱型車両**と呼びます。

解析モデル



車がすれ違う様子を再現するには、不連続接合、車体周りの要素の移動、その前後の空間の伸縮を行う必要があるため、下の図のように空間を6つに分割します。それぞれの空間が担う役割は以下の通りです。



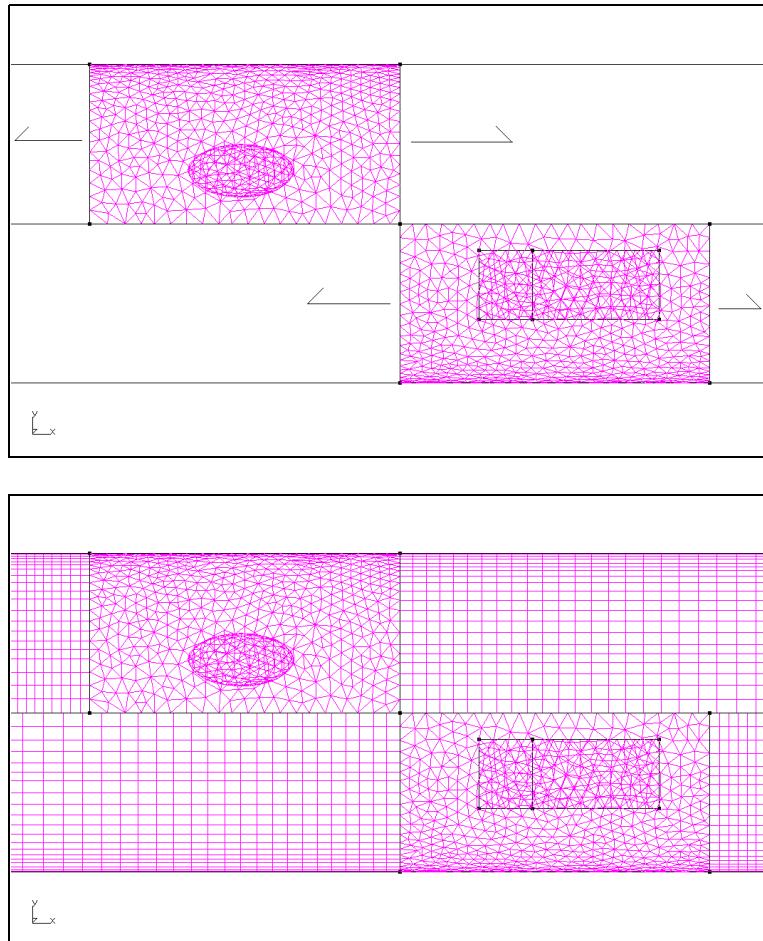
担う役割

- | | | |
|---|---|----------------|
| 1 | : | Xの正方向へ伸びる空間 |
| 2 | : | Xの正方向へ平行移動する空間 |
| 3 | : | Xの正方向へ縮む空間 |
| 4 | : | Xの負方向へ縮む空間 |
| 5 | : | Xの負方向へ平行移動する空間 |
| 6 | : | Xの負方向へ伸びる空間 |

登録する体積領域

- | | | |
|-------|---|----------|
| 1,2,3 | : | v-ale1 |
| 4,5,6 | : | v-ale2 |
| 2 | : | v-trans1 |
| 5 | : | v-trans2 |

伸縮する空間のメッシュは、テトラ要素で作成すると、伸縮した時の要素の質が悪化しやすくなり、計算に悪影響を与えます。これらの空間では、伸縮する方向に面を掃引する事によってメッシュを生成する事を推奨します。従って、この様なメッシュを生成する場合、平行移動する空間のモデル形状のみ必要となります。まずこの空間に体積メッシュを生成し、その端面を掃引する事により残りの空間のメッシュを生成します(下図 参照)。



空間1～3と、4～6の境界は、連続でないメッシュがずれ違いますので、不連続接合条件を与えます。

解くべき方程式

運動量保存式
質量保存式(圧力補正式)
k-ε方程式

物性値

空気(20[°C])
物性値ライブラリより[流体(非圧縮性)] - [空気(非圧縮20°C)]を使用

領域に対する条件

流入流出口(flux1, flux2) : 表面圧力規定0[Pa]
壁面車体表面(car-body) : 平行移動壁条件22.2[m/s]
地面, トンネル(wall) : 静止壁条件

初期条件

デフォルト(設定不要)

解析条件

- 流れモデル
3次元非圧縮性乱流
- 解析の種類
非定常解析
- 解析サイクルおよび時間間隔
20サイクル
0.020[s]
- 要素移動条件
すれ違う空間(v-ale1, v-ale2)
平行移動 22.2[m/s]
車体周りの空間(v-trans1, v-trans2)
振幅 1
- 流入流出口(flux1, flux2)
振幅 0

解析データ作成手順

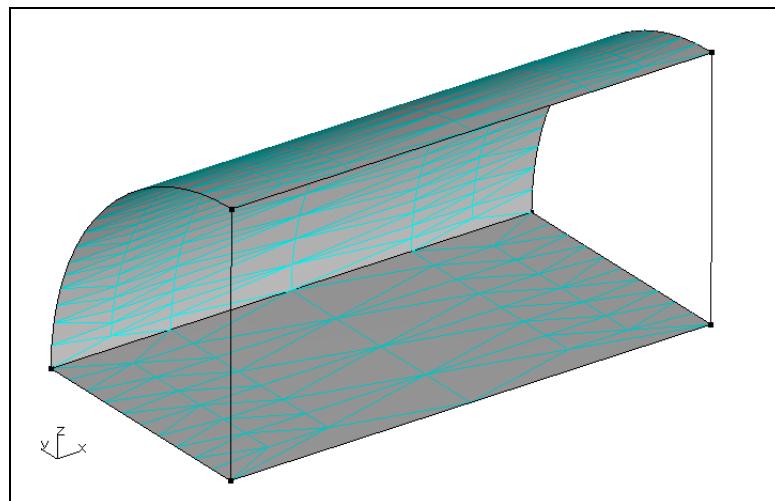
全体の流れ

1. 橋円球型車両側の車線のメッシュ生成
 - 領域の登録

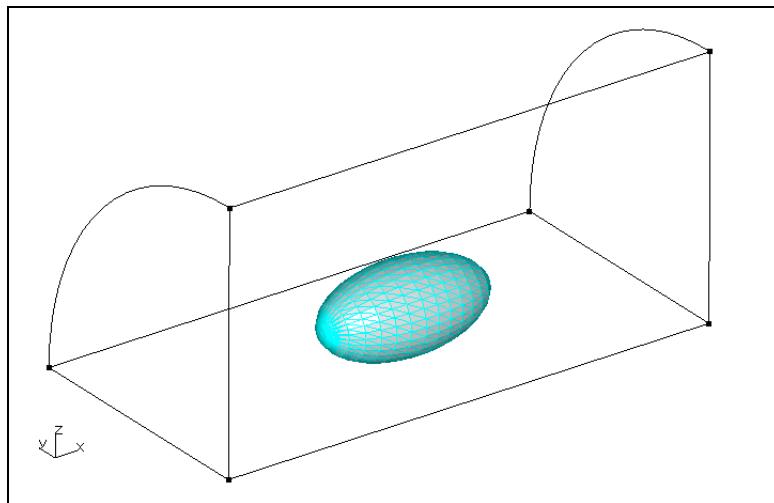
-
- 八分木の作成
 - 実行
 - 表面メッシュの作成
 - 体積メッシュの作成
 - 境界層要素の挿入
 - 車両前後の空間へ面を掃引
 - 掃引した空間の領域の登録
2. 角柱型車両側の車線のメッシュ作成
- 領域の登録
 - 八分木の作成
 - 実行
 - 表面メッシュの作成
 - 体積メッシュの作成
 - 境界層要素の挿入
 - 車両前後の空間へ面を掃引
 - 掃引した空間の領域の登録
3. メッシュのマージと解析条件の設定
- メッシュのマージ
 - 解析条件の設定

1. 楕円球型車両側の車線のメッシュ生成

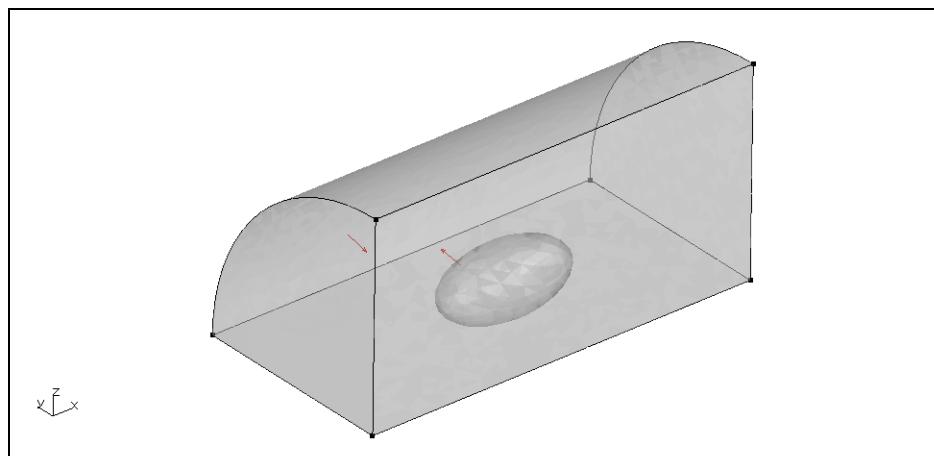
- 領域の登録
 1. SCTpreを起動して、[tr03-01.stl]を読み込んでください。
 2. ツリーの[閉空間]をダブルクリックしてください。
 3. 楕円球型車両の内側の閉空間のMAT番号を解除し、外側をMAT1になるように設定してください。
 4. [面領域]タブを開き、下図に示す領域を登録してください。
 - ◆ トンネル表面、地面を領域名[wall]として、面領域を登録。



-
- ◆ 車体表面を領域名[car-body]として、面領域を登録。

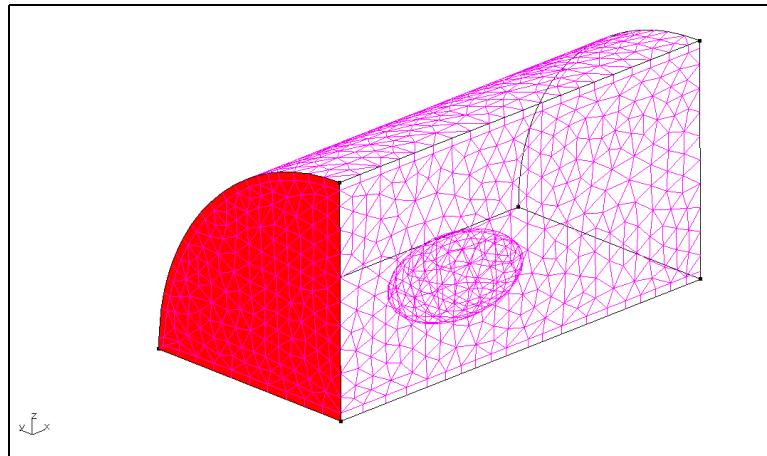


- 5. [体積領域]タブを開き、下図に示す領域を登録してください。
 - ◆ 車両周りの空間を領域名[v-ale1], [v-trans1]として、2つの名前でそれぞれ体積領域を登録。

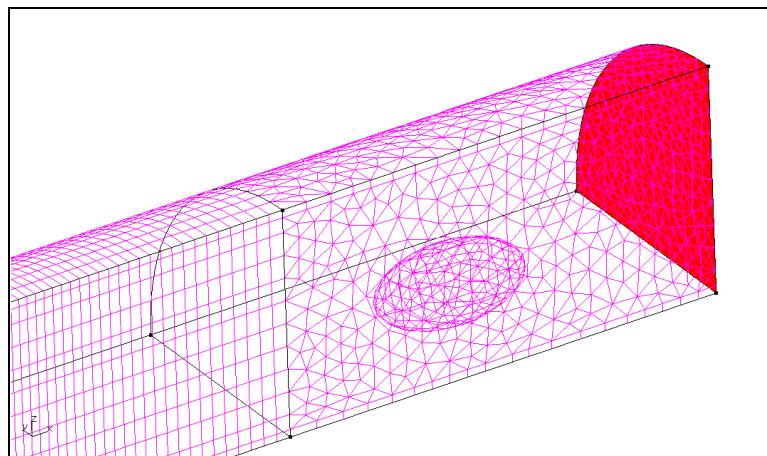


- 6. [ファイル] - [保存]を選択し、モデルデータのファイル名を[tr03-01.mdl]として保存してください。
- 八分木の作成
 - ツリーの[八分木]をダブルクリックし、[最小オクタントサイズ]を[0.4]としてOKをクリックしてください。
 - [ファイル] - [保存]を選択し、八分木データのファイル名を[tr03-01.oct]として保存してください。
- 実行
 - ツリーの[実行]をダブルクリックしてください。
 - [境界層要素挿入パラメータ]の設定をクリックしてください。
 - [1層目の厚さ]を[0.2], 層数を[1]として、[wall], [car-body]に適用してください。
 - [連続実行]ダイアログのOKをクリックし、今すぐ実行をクリックしてください。

-
- 車両前後の空間へ面を掃引
 - [選択] - [モデルモード]を選択し、モデルモードに変更してください。
 - [選択] - [マウスピック(面)] - [マウスピック&スプレッド&移動]を選択し、X軸負方向の端面を選択してください。名前の似た機能で[マウスピック&スプレッド]がありますが、[マウスピック&スプレッド]ではメッシュを編集することはできません。ここでは[マウスピック&スプレッド&移動]を用います。



- [編集] - [選択面を掃引して要素を生成]を選択し、ダイアログのnrmをクリックし、[全体の厚み]を[8.3], [厚みの変化率]を[0.98], [層数]を[30]としてOKをクリックしてください。
- [選択] - [モデルモード]を選択し、モデルモードに変更してください。
- [選択] - [マウスピック(面)] - [マウスピック&スプレッド&移動]を選択し、X軸正方向の端面を選択してください。

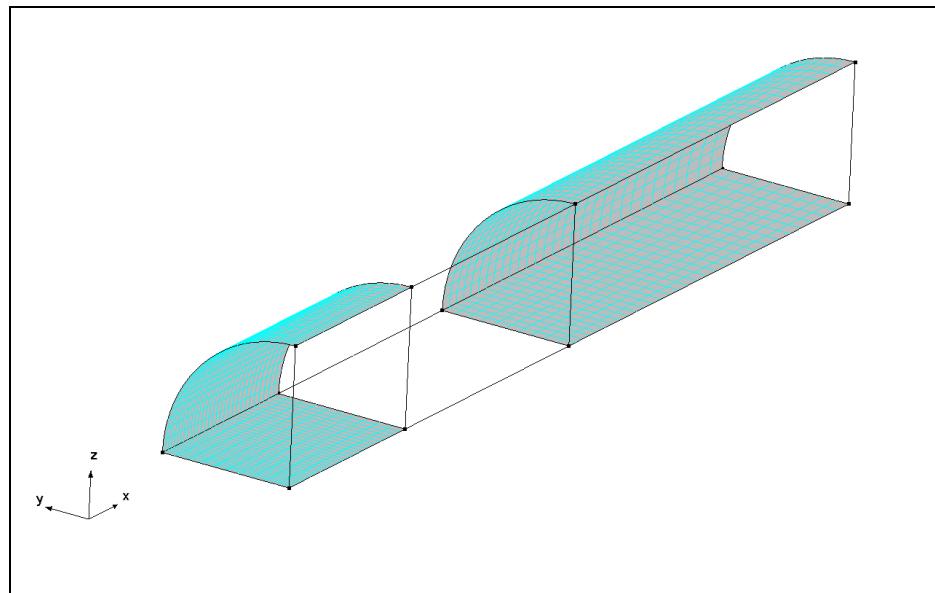


- [編集] - [選択面を掃引して要素を生成]を選択し、ダイアログのnrmをクリックし、[全体の厚み]を[20], [厚みの変化率]を[1.02], [層数]を[30]としてOKをクリックしてください。

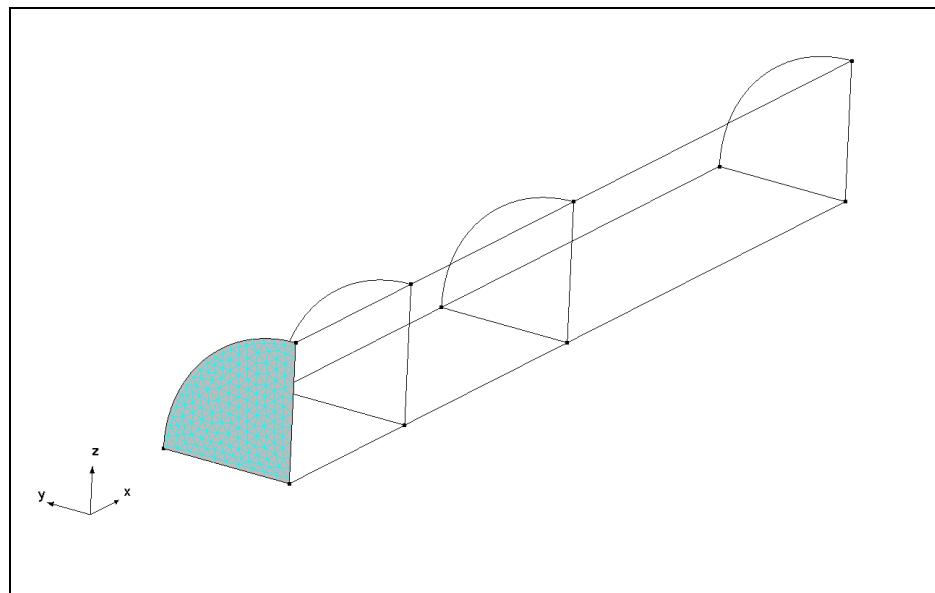
- 掃引した空間の領域の登録
 - [選択] - [モデルモード]を選択し、モデルモードに変更してください。
 - ツリーの[領域]をダブルクリックしてください。

3. 下図に示す領域を登録してください。

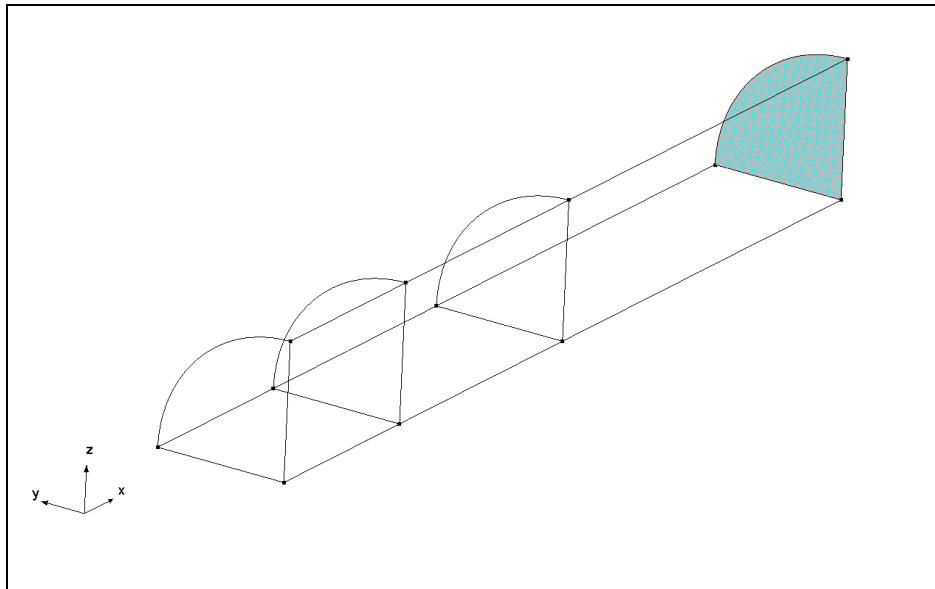
- ◆ 掃引によって作成された、トンネル表面、地面を領域名[wall]として、面領域を追加登録。



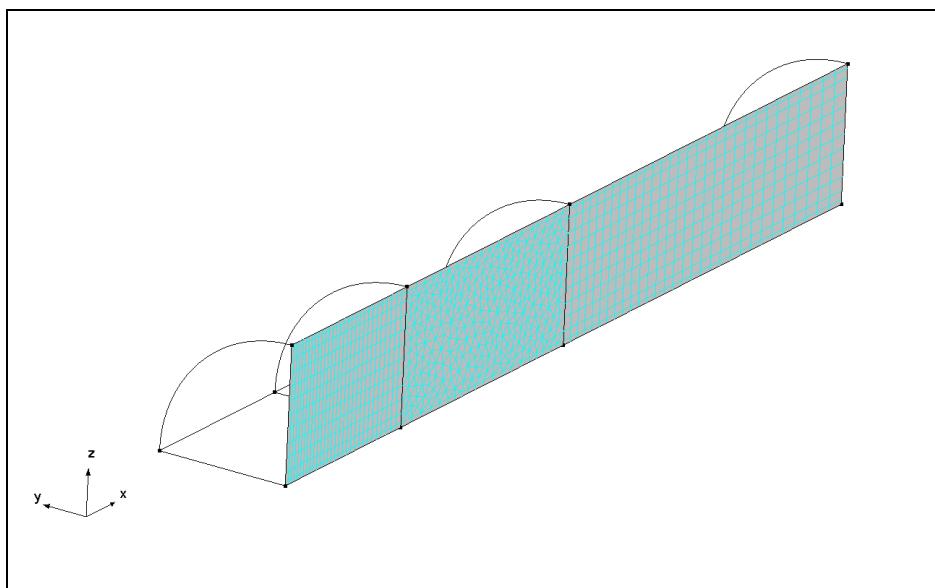
- ◆ X軸負方向の端面を領域名[flux1]として、面領域を登録。



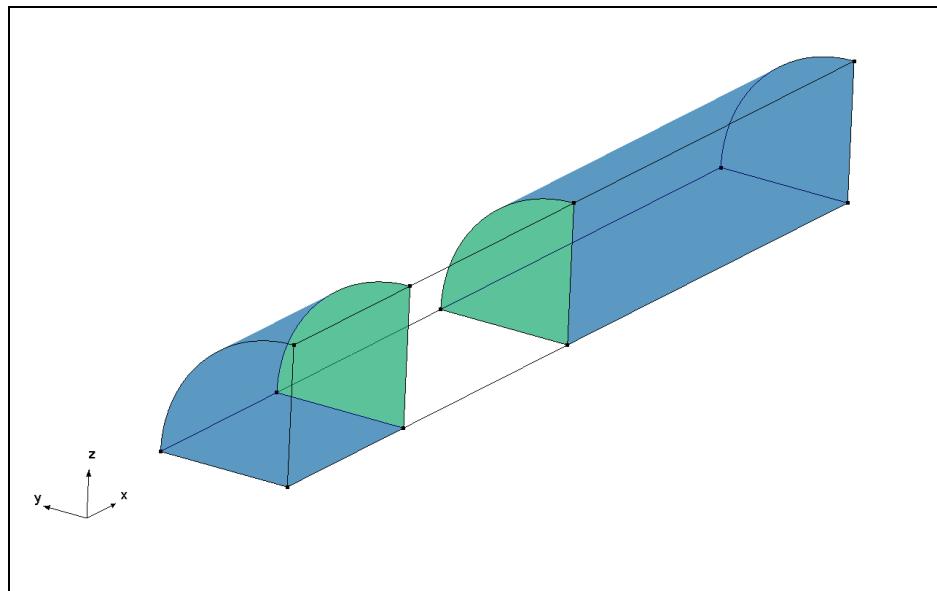
-
- ◆ X軸正方向の端面を領域名[flux2]として、面領域を登録。



- ◆ 角柱型車両との境界面を領域名[teco-01]として、面領域を登録。



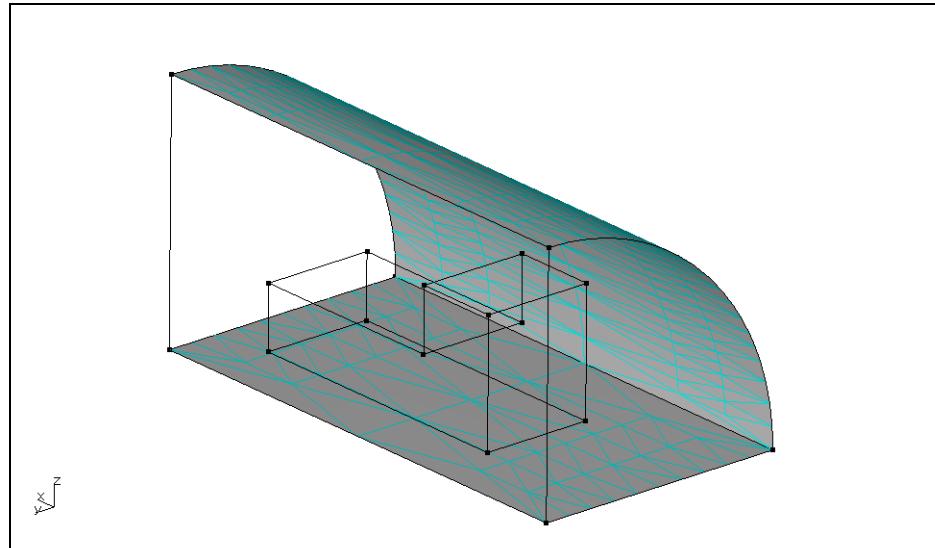
-
- ◆ 掃引して作成した2つの空間を領域名[v-ale1]として、体積領域を追加登録。



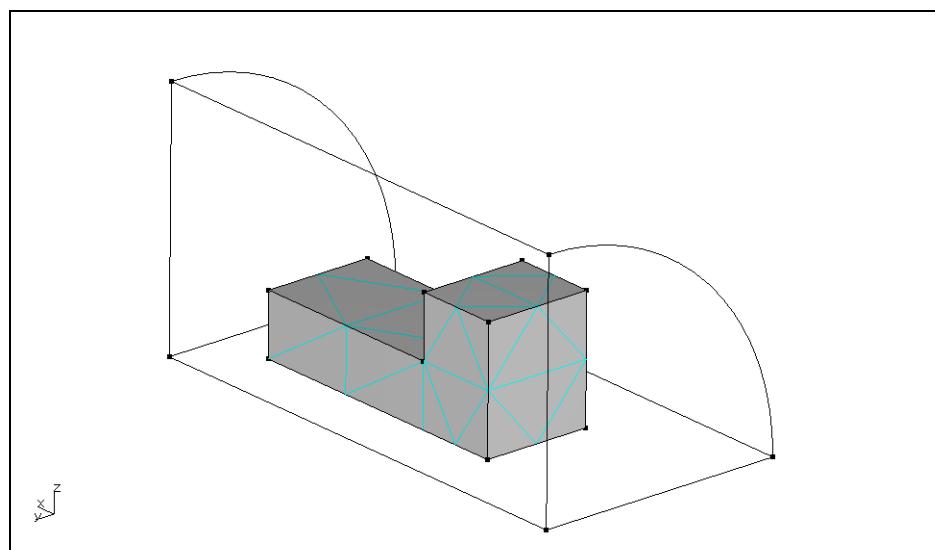
4. [ファイル] - [保存]を選択し、メッシュデータのファイル名を[tr03-01-sweep.pre]として保存してください。

2. 角柱型車両側の車線のメッシュ生成

- 領域の登録
 1. SCTpreを起動して、[tr03-02.stl]を読み込んでください。
 2. ツリーの[閉空間]をダブルクリックしてください。
 3. 角柱型車両の内側の閉空間のMAT番号を解除し、外側をMAT1になるように設定してください。
 4. [面領域]タブを開き、下図に示す領域を登録してください。
 - ◆ トンネル表面、地面を領域名[wall]として、面領域を登録。

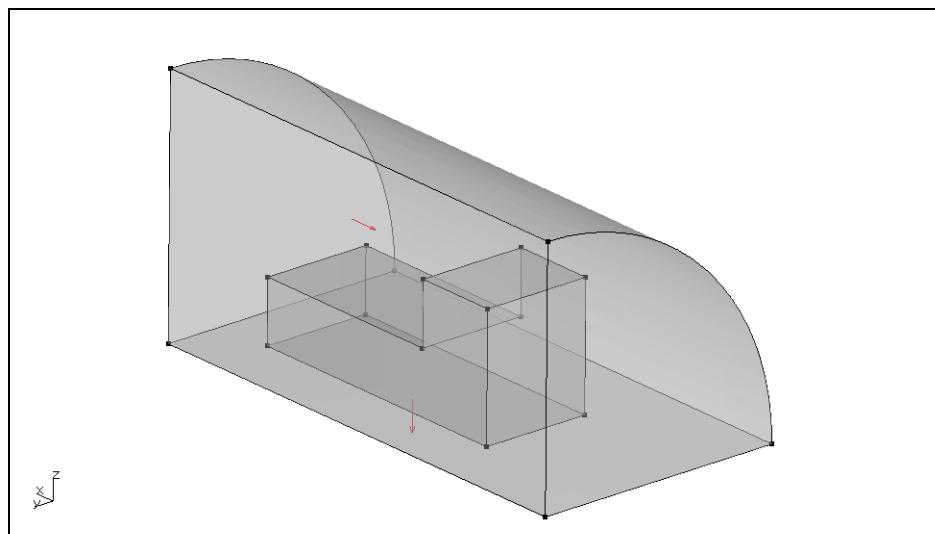


- ◆ 車体表面を領域名[car-body]として、面領域を登録。



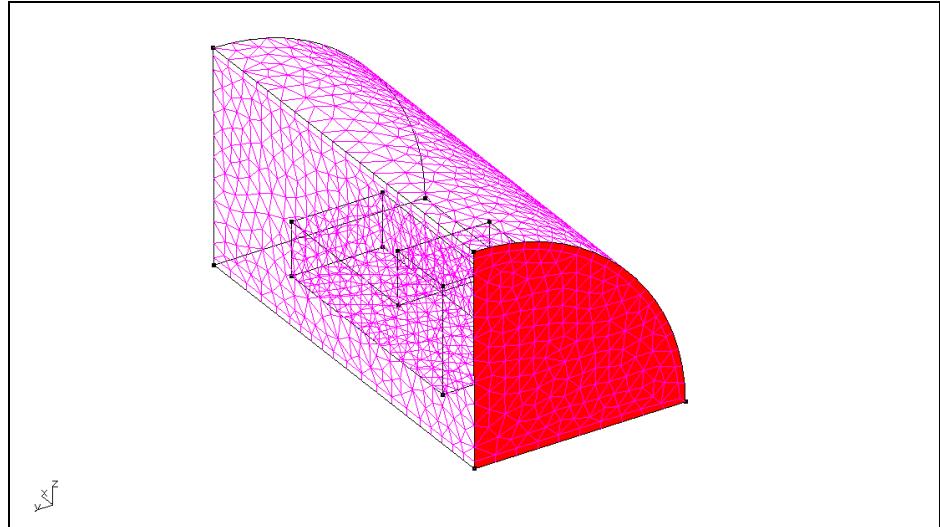
5. [体積領域]タブを開き、下図に示す領域を登録してください。

- 車両周りの空間を領域名[v-ale2], [v-trans2]として、2つの名前でそれぞれ体積領域を登録。

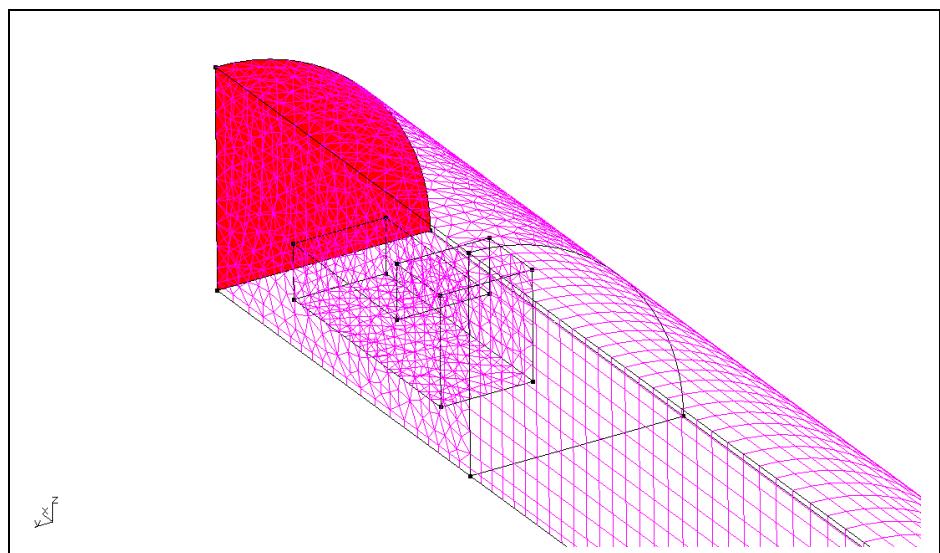


6. [ファイル] - [保存]を選択し、モデルデータのファイル名を[tr03-02.mdl]として保存してください。

- 八分木の作成
 - ツリーの[八分木]をダブルクリックし、[最小オクタントサイズ]を[0.4]としてOKクリックしてください。
 - [ファイル] - [保存]を選択し、八分木データのファイル名を[tr03-02.oct]として保存してください。
- 実行
 - ツリーの[実行]をダブルクリックしてください。
 - [境界層要素挿入パラメータ]の設定をクリックしてください。
 - [1層目の厚さ]を[0.2], 層数を[1]として、[wall], [car-body]に適用してください。
 - [連続実行]ダイアログのOKをクリックし、今すぐ実行をクリックしてください。
- 車両前後の空間へ面を掃引
 - [選択] - [モデルモード]を選択し、モデルモードに変更してください。
 - [選択] - [マウスピック(面)] - [マウスピック&スプレッド&移動]を選択し、X軸負方向の端面を選択してください。

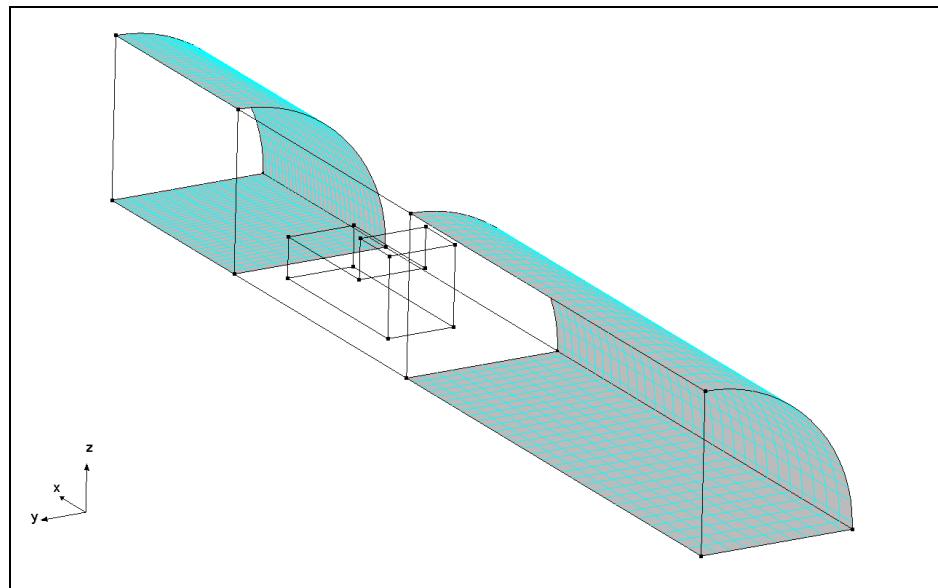


3. [編集] - [選択面を掃引して要素を生成]を選択し、ダイアログのnrmをクリックし、[全体の厚み]を[20], [厚みの変化率]を[1.02], [層数]を[30]としてOKをクリックしてください。
4. [選択] - [モデルモード]を選択し、モデルモードに変更してください。
5. [選択] - [マウスピック(面)] - [マウスピック&スプレッド&移動]を選択し、X軸正方向の端面を選択してください。

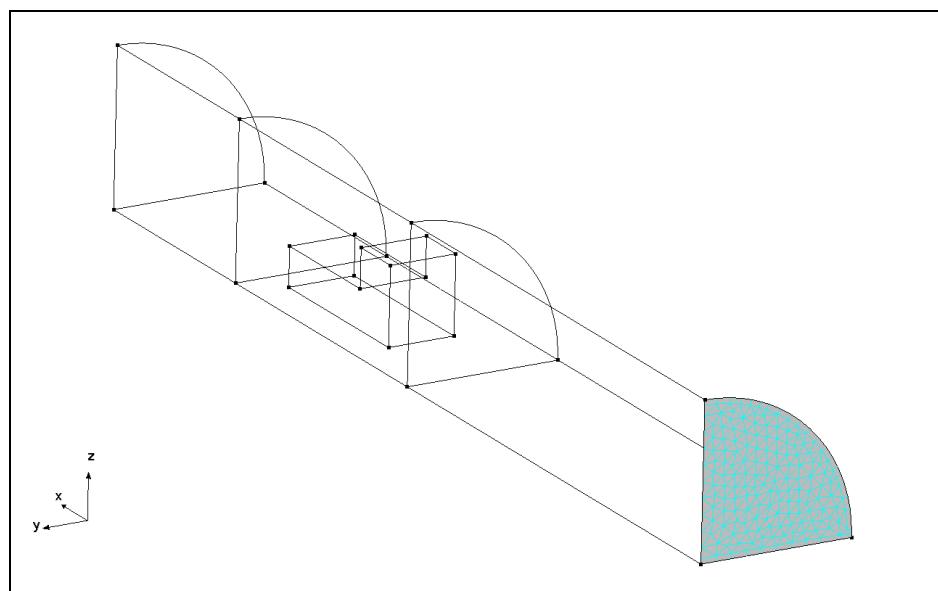


6. [編集] - [選択面を掃引して要素を生成]を選択し、ダイアログのnrmをクリックし、[全体の厚み]を[8.3], [厚みの変化率]を[0.98], [層数]を[30]としてOKをクリックしてください。

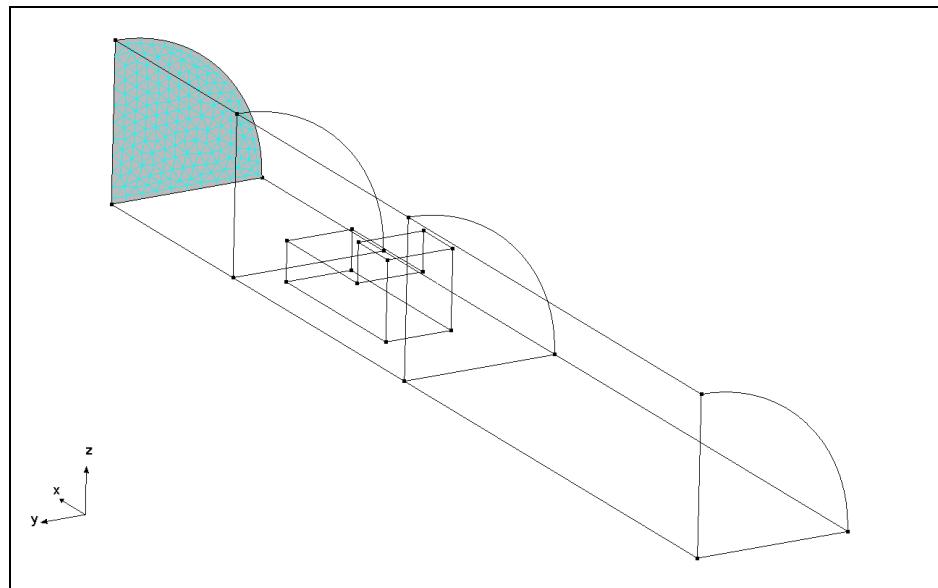
-
- 掃引した空間の領域の登録
 1. [選択] - [モデルモード]を選択し、モデルモードに変更してください。
 2. ツリーの[領域]をダブルクリックしてください。
 3. [面領域]タブを開き、次図に示す領域を登録してください。
 - ◆ 掃引によって作成された、トンネル表面、地面を領域名[wall]として、面領域を追加登録。



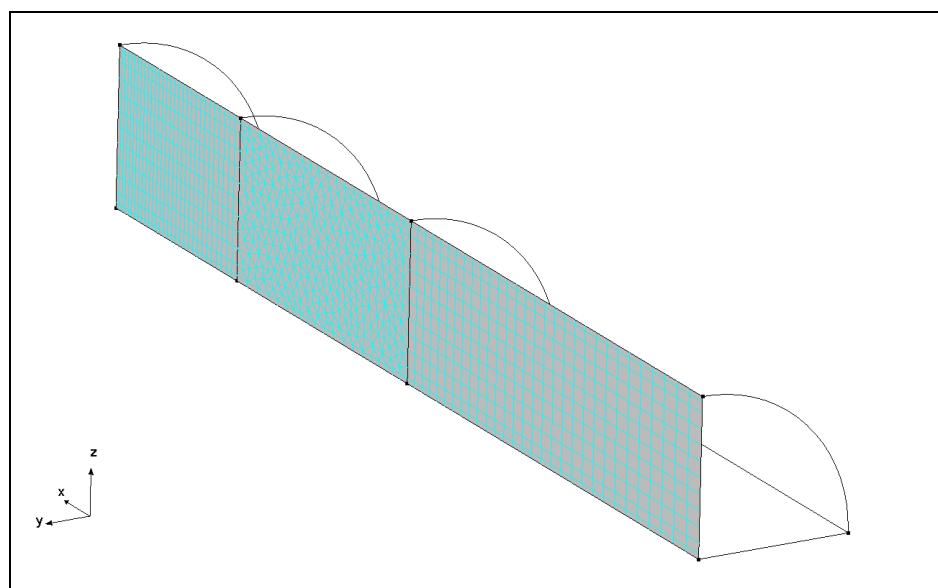
- ◆ X軸負方向の端面を領域名[flux1]として、面領域を登録。



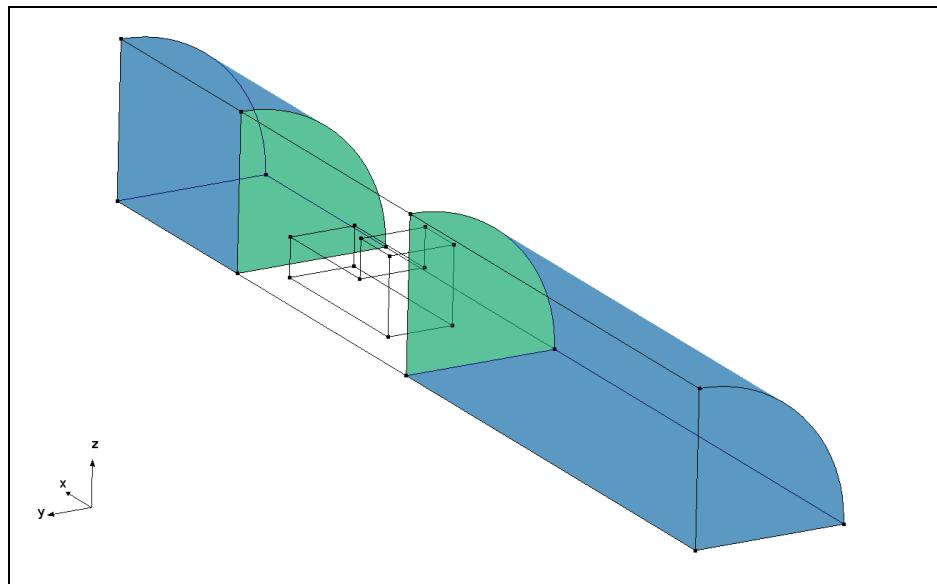
-
- ◆ X軸正方向の端面を領域名[flux2]として、面領域を登録。



- ◆ 角柱型車両との境界面を領域名[teco-02]として、面領域を登録。



-
- ◆ 掃引して作成した2つの空間を領域名[v-ale2]として、体積領域を追加登録。



- ◆ [ファイル] - [保存]を選択し、メッシュデータのファイル名を[tr03-02-sweep.pre]として保存してください。

3. メッシュのマージと解析条件の設定

- メッシュのマージ
 1. SCTpreを起動しなおし、[tr03-01-sweep.pre]を読み込んでください。
 2. [tr03-02-sweep.pre]を読み込んでください。この時現れるダイアログで、[選択したファイルとマージ], [既存の領域にマージ]をそれぞれ選択し、OKをクリックしてください。
 3. [ファイル] - [保存]を選択し、メッシュデータのファイル名を[tr03.pre]として保存してください。
- 解析条件の設定ツリーの[解析条件]をダブルクリックしてください。
 - ◆ [条件ウィザード] - [解析選択]
[要素移動], [不連続接合]をONにしてください。
 - ◆ [条件ウィザード] - [基本設定]
[非定常解析]を選択し、[終了サイクル]を[20]と入力してください。
[時間間隔の設定]-[数値入力による]を選択し、[時間間隔]を[0.02]と入力してください。
 - ◆ [条件ウィザード] - [物性値・基準値]
[MAT1]に[流体(非圧縮性)] - [空気(非圧縮20°C)]が設定されていることを確認してください。
 - ◆ [条件ウィザード] - [境界条件]
[flux1] : 表面圧力規定 壓力指定0[Pa]
[flux2] : 表面圧力規定 壓力指定0[Pa]
[wall] : 壁面静止壁条件
[car-body] : メッシュの速度を壁面の速度とする
 - ◆ [条件ウィザード] - [要素移動]
[要素移動条件一覧]から新規をクリックしてください。
 - ◆ [要素移動条件]ダイアログで[v-ale1]を選択し新規をクリックしてください。
 - ◆ [要素移動条件詳細]ダイアログで移動のタイプに[平行移動]を選択し, [VX]に[22.2]と入力しOKをクリックしてください。
 - ◆ OKをクリックし[要素移動条件]ダイアログを閉じて[v-ale1]への条件設定を完了してください。
 - ◆ 同様に領域[v-ale2]に対しても移動のタイプに[平行移動]を選択し、[VX]に[-22.2]と入力して下さい。[振幅]で[対象となる領域]に[v-trans1], [v-trans2]を選択し、[振幅]に[1]と入力して登録をクリックしてください。同様に領域[flux1], [flux2]に対して[振幅]に[0]と入力して登録をクリックしてください。
- 注. 振幅の利用法
振幅を設定する事により、要素移動で設定した移動量を増幅(または減衰)することが可能です。[v-trans1], [v-trans2]には振幅1を設定したため、要素移動で与えた速度で要素が移動し、[flux1], [flux2]には振幅0を設定したため移動速度が0となり移動しません。振幅1の運動領域と振幅0の静止領域の間では振幅の値は空間的に連続した分布をもち、その結果メッシュが伸縮します。詳細はユーザーズガイド ソルバー編 第1章 ALEAコマンドの技術メモを参照して下さい。
- ◆ [条件ウィザード] - [不連続接合]
[領域(独立)]に[teco-01]を, [領域(従属)]に[teco-02]を選択し、[不連続面のタイプ]は[平面]のままで登録をクリックしてください。
- ◆ [条件ウィザード] - [出力条件] - [FLD(サイクル)]
[指定サイクル毎に出力]を選択し、[5]を入力してください。
- ◆ [条件ウィザード] - [ファイル指定]
[デフォルト名]に[tr03]と入力してください。

完了をクリックして**[条件ウィザード]**を終了してください。

[ファイル] - [保存]を選択し、解析条件データのファイル名を**[tr03.s]**として保存してください。

以上でSCTpreでの作業は終了です。

SCTpreを終了し、SCTSsolverで解析を行います。

参考

要素数	67,577
節点数	31,522
SCTSsolver実行時間	23秒(Intel Xeon E5-2630v2)

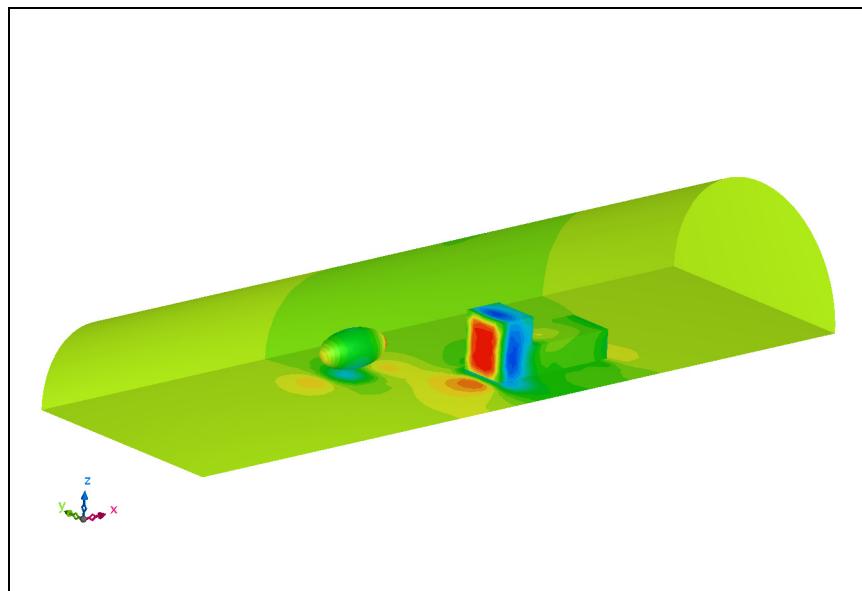
解析条件(S)ファイル

```
SDAT
SC/Tetra
 12   0   0      UTF-8
PREI    tr03.pre
PREO    tr03.2.pre
RO     tr03.r
POST   tr03
/
 1   1   0

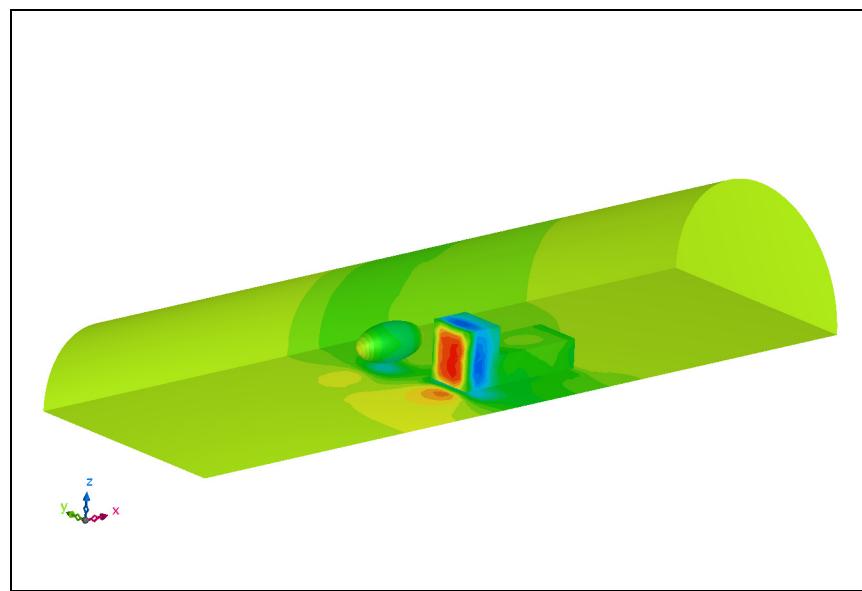
 0   1
ALEO
%CNAM Aleo_1
 1
          22.2           0           0
v-ale1
/
%CNAM Aleo_2
 1
          -22.2           0           0
v-ale2
/
/
ALEA
%CNAM Alea_1
 1
          1
v-trans1
v-trans2
/
%CNAM Alea_2
 0
flux1
flux2
/
/
CHKL
 0           1           1           0           1
CYCL
 1       20           0.02           0           0
EQUA
1101
FLUX
%CNAM Flux_1
 -4   0   1   0   0   0
 0
flux1
flux2
/
/
GFIL
 5   0
PROP
%CNAM air(incompressible/20C)
 1   1           1.206           1.83e-005           1007
0.0256   0
/
TECO
 10
teco-01      teco-02
/
/
WL02
%CNAM WL02_1
 0   0
%CNAM WL02_2
 3   0
/
 1
wall
/
 2
car-body
/
/
GOGO
```

解析結果

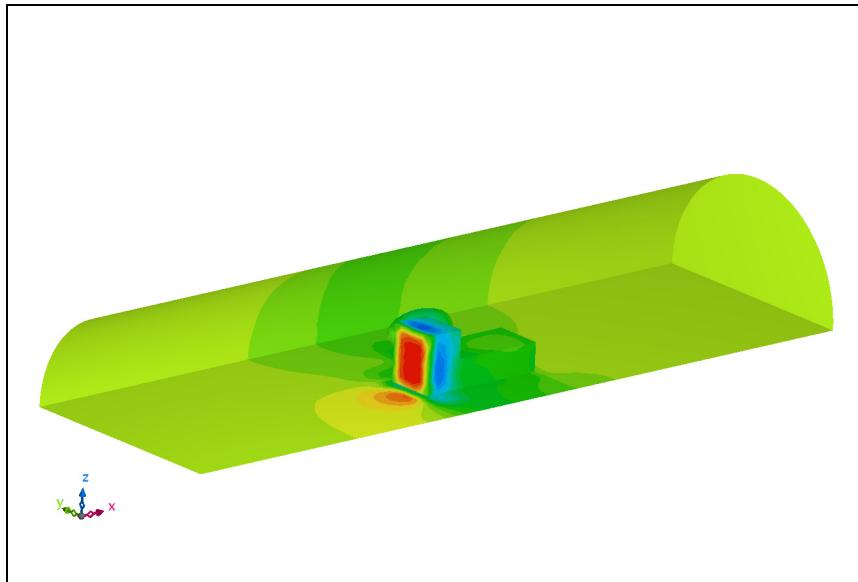
- 物体表面上の圧力コンター図(0.1秒後)



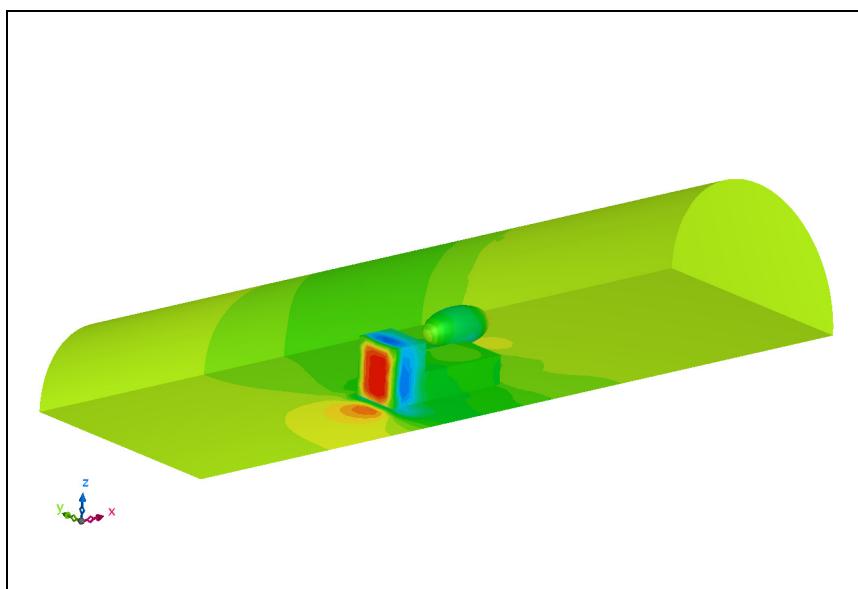
- 物体表面上の圧力コンター図(0.2秒後)



-
- 物体表面上の圧力コンター図(0.3秒後)



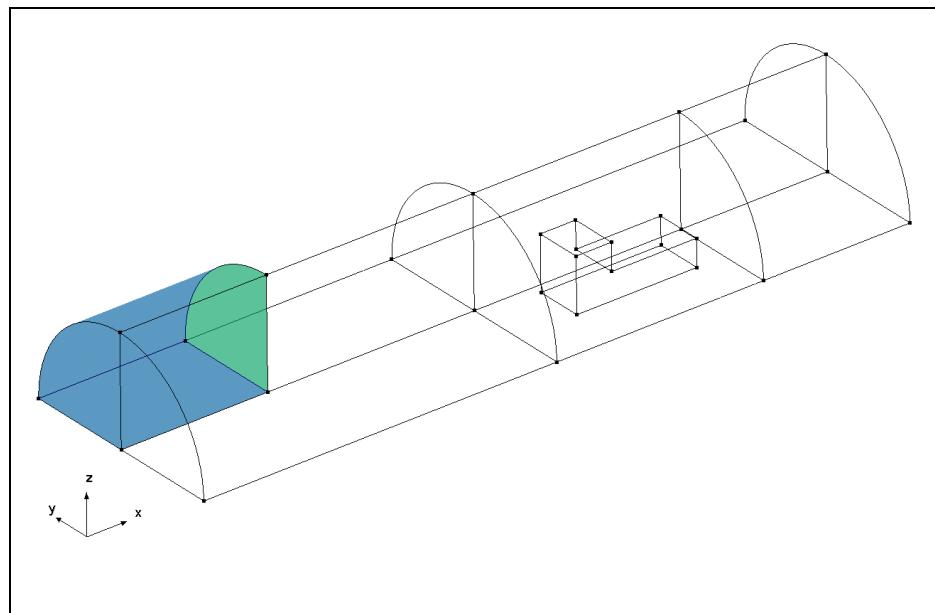
- 物体表面上の圧力コンター図(0.4秒後)



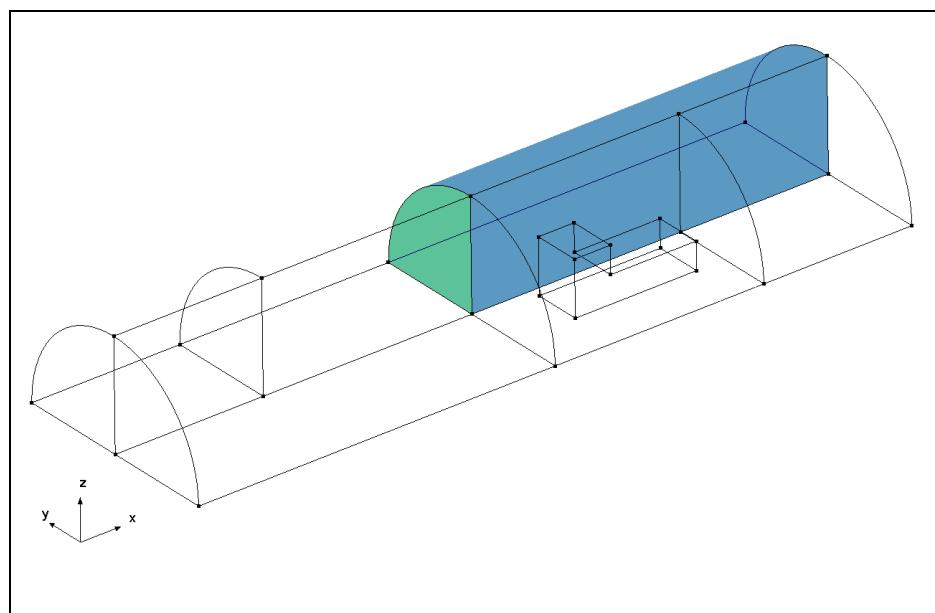
(補足)伸縮移動を用いた設定方法

本例題では要素移動の振幅機能を用いてメッシュの伸縮を実現しましたが、要素移動条件の移動のタイプに伸縮移動を選択してメッシュを伸縮させることも可能です。以下では振幅機能を用いた際のデータ[tr03.pre]と[tr03.s]に変更を加えて、伸縮移動を用いて解析を行うデータの作成を行います。

- 登録領域の追加
 1. SCTpreを起動して、[tr03.pre]を読み込んでください。
 2. ツリーの[閉空間]をダブルクリックしてください。
 - ◆ 楕円球型車輌前後の伸縮する領域を[v-stretch1], [v-stretch2]として体積領域を登録。

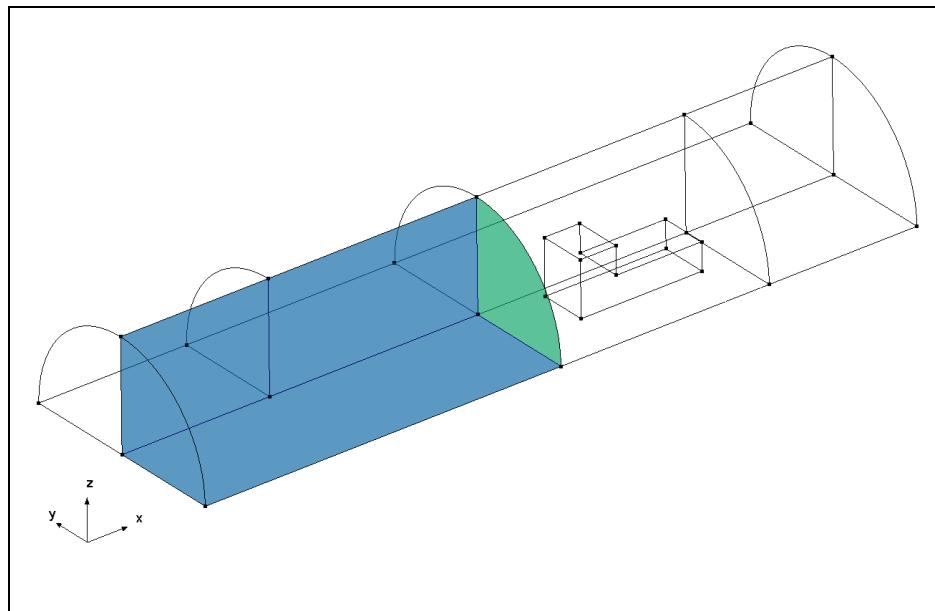


[v-stretch1]

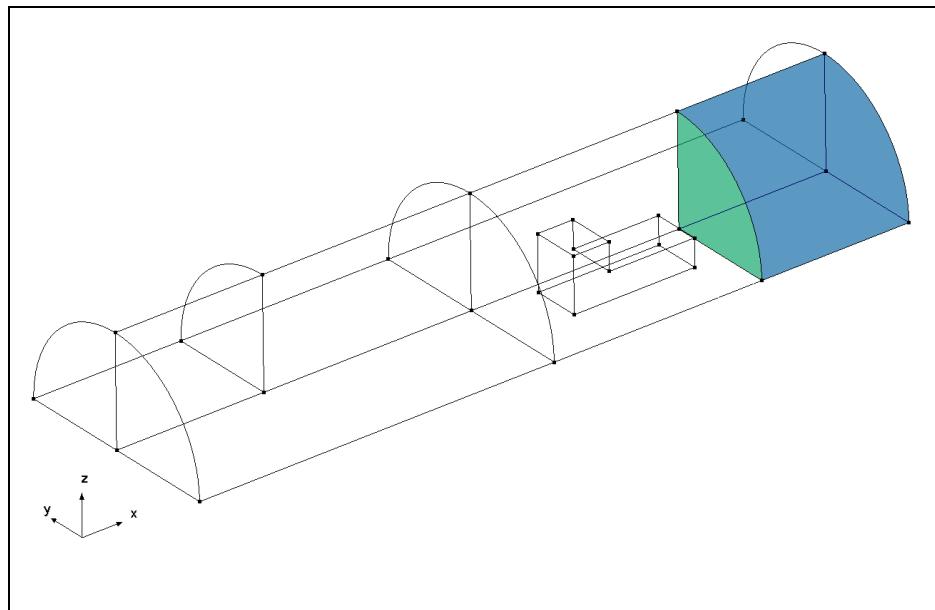


[v-stretch2]

-
- ◆ 角柱型車輌前後の伸縮する領域を[v-stretch3], [v-stretch4]として体積領域を登録。



[v-stretch3]

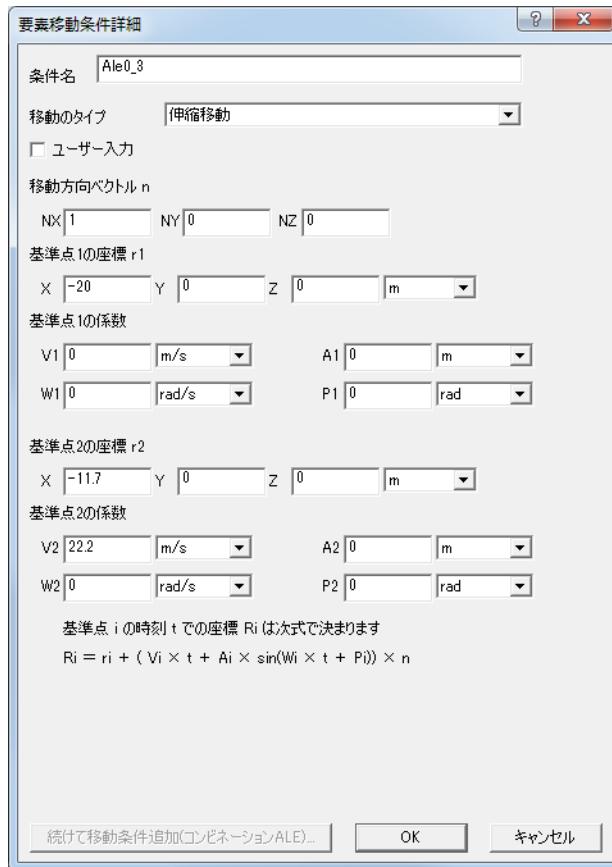


[v-stretch4]

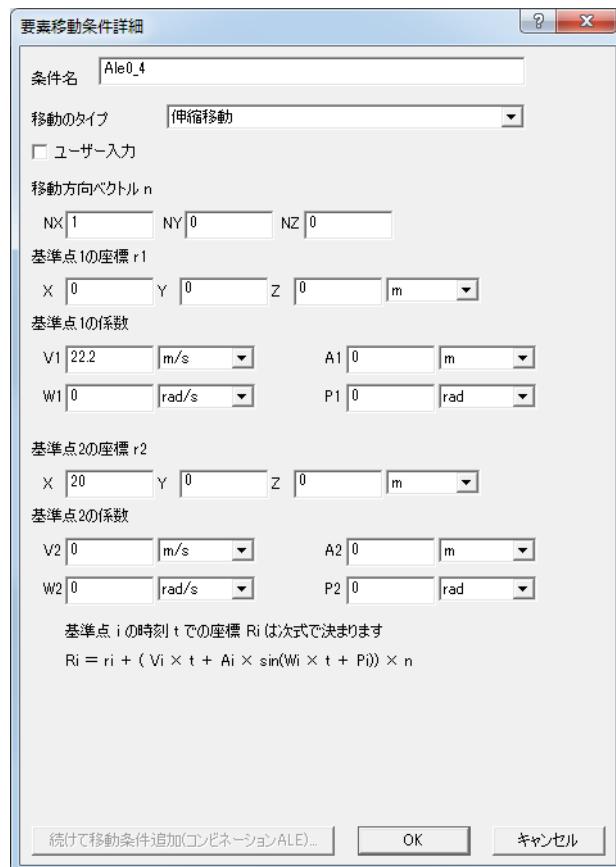
- ツリーの[メッシュ]を右クリックして[保存]を選択し、メッシュデータのファイル名を[tr03_stretch.pre]として保存してください。その際、「モデルに登録されている領域でメッシュに登録されていない領域があります。メッシュに登録してから保存しますか?」というダイアログがあるので、はいを選択します。

- 解析条件の変更
[tr03.s]を読み込み、ツリーの[解析条件]をダブルクリックしてください。
 - [条件ウィザード]-[要素移動]
 1. [要素移動条件一覧]から[Ale0_1(平行移動)]を選択して編集をクリックし、[対象となる領域]の[v_ale1]をOFFにし[v-trans1]をONにしてください。

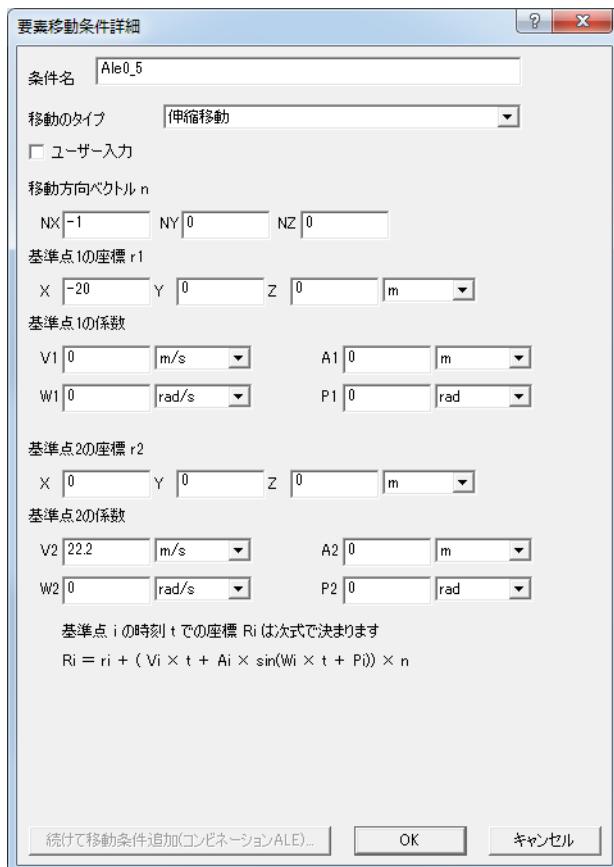
2. 同様に[Ale0_2(平行移動)]を選択して編集をクリックし、[対象となる領域]の[v-ale2]をOFFにし[v-trans2]をONにしてください。
3. [v-stretch1]～[v-stretch4]に対してそれぞれ以下の条件を新規に設定してください。



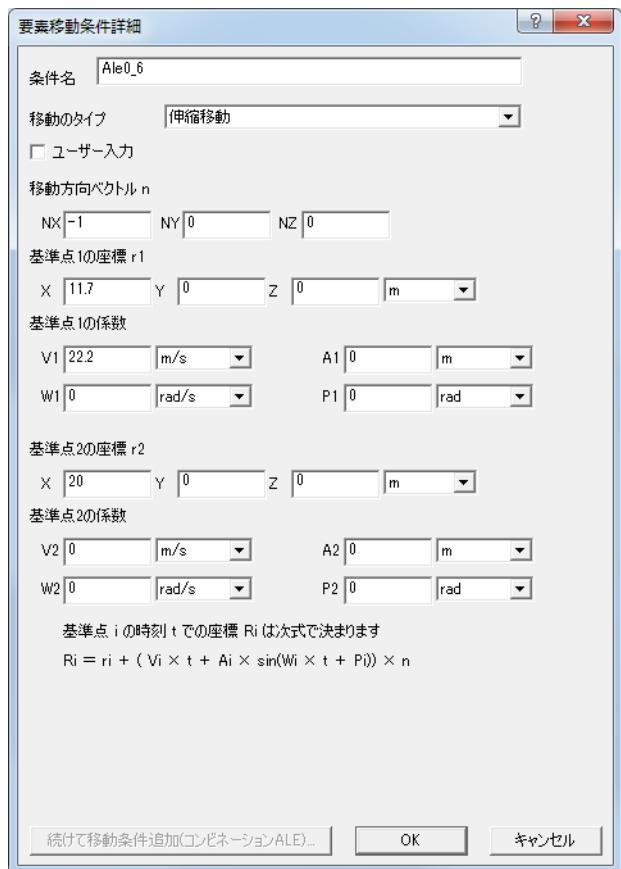
[v-stretch1]



[v-stretch2]



[v-stretch3]



[v-stretch4]

4. [振幅]に登録されている2つの条件を削除して下さい。

- [条件ウィザード]-[ファイル指定]
[デフォルト名]をONにして、[tr03_stretch]と入力します。

完了をクリックして[条件ウィザード]を終了してください。

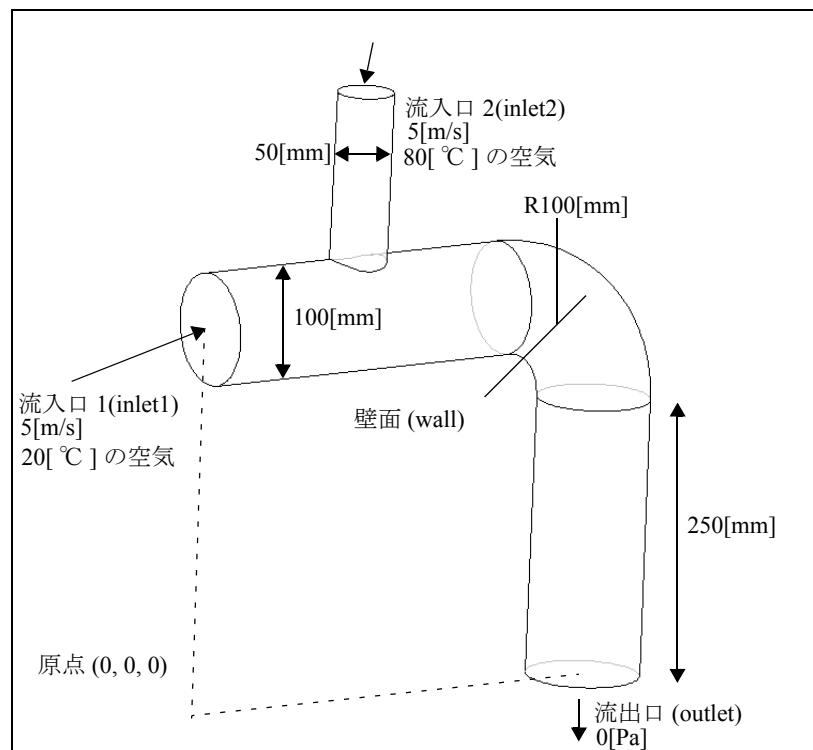
[ファイル]-[保存]を選択し、解析条件データのファイル名を[tr03_stretch.s]として保存してください。

以上で伸縮移動を用いて解析を行うデータの作成は終了です。
SCTpreを終了し、SCTsolverで[tr03_stretch.s]を実行します。

应用例4 解適合解析

図のように $20[^\circ\text{C}]$ の空気が流れる配管に $80[^\circ\text{C}]$ の空気が流入した場合の流れと温度の分布を解適合解析によって調べます。

解析モデル



解くべき方程式

- 運動量保存式
- 質量保存式(圧力補正式)
- エネルギー方程式
- k-ε方程式

物性値

空気 : 物性値ライブラリより [流体(非圧縮性)] - [空気(非圧縮 20°C)] を使用

境界条件

流入口1(inlet1)

流入流出条件： 流速規定

流入流速 5.0 [m/s] (境界面に垂直な流速)

流入温度 20.0 [°C]

流入口2(inlet2)

流入流出条件： 流速規定

流入流速 5.0 [m/s] (境界面に垂直な流速)

流入温度 80.0 [°C]

流出口(outlet)

流入流出条件： 表面圧力規定

圧力 0.0 [Pa]

壁面(wall)

壁面応力条件： 静止壁

操作手順

解適合解析を行うために必要な入力データは、MDLファイルとSファイル、および目標要素数です。これら以外にも必要に応じて様々なパラメータを設定することが出来ますが、本例題では、最小限の入力データで解適合解析の基本的な操作を学びます。操作手順は次のようになります。

1. MDLファイルの作成
2. Sファイルの作成
3. 解適合解析の実行

次頁に、詳細な操作手順を説明します。

1. MDLファイルの作成

境界条件の設定に必要な面領域をモデルに登録し、ファイルに保存するまでの手順を説明します。

1. SCTpreを起動し、[tr04.stl]をドラッグ&ドロップするか、または
[ファイル] - [インポート]
を選択して読み込んでください。
2. [単位系の定義]ダイアログが現れます。このモデルはメートル単位で作られておりますので、
[長さ単位]が[m]となっていることを確認して、OKをクリックしてください。
その後、[インポートされたモデルの情報]ダイアログが現れます。ここで表示されているサイズは、読み込んだモデルのサイズを、SCTpreで設定されている長さ単位に変換したものです。SCTpreのデフォルトの長さ単位はmです。サイズを確認してOKをクリックしてください。
3. [編集] - [閉空間/MAT番号の設定(モデル)]
を選択、またはツリーの[モデル] - [閉空間]をダブルクリックしてください。[モデルの閉空間・
領域]ダイアログの[閉空間]タブが現れますので、閉空間の確認を行います。
[閉空間No.1]を選択してから[場所の確認]をクリックして、赤い矢印がモデルの内側に向かって
表示されていることを確認してください。
4. ダイアログの[面領域]タブをクリックしてください。[登録の対象]が[選択されている面]になっ
ていることを確認してください。
5. [選択] - [マウスピック(面)] - [マウスピック&スプレッド]
を選択してください。モデル図を参考にして、[inlet1]となる面の領域を選択し、ダイアログの
[領域名]を[inlet1]として、登録をクリックしてください。
6. 同様に、[inlet2], [outlet], [wall]を面領域として登録してください。
7. 面領域の登録が終わりましたら、ダイアログを閉じてください。
[ファイル] - [保存]
を選択し、ファイル名を[tr04.mdl]、ファイルの種類を[MDLファイル]として、ファイルに保存し
てください。

2. Sファイルの作成

解析条件の設定を行い、Sファイルを保存するまでの手順を説明します。

1. [解析条件] - [条件ウィザード]

を選択、またはツリーの[解析条件]をダブルクリックして、条件ウィザードを起動してください。

2. [解析設定]

[流れ]がONになっていることを確認して[乱流]を選択してください。[乱流モデル]には[標準k-εモデル]を設定してください。また、[温度]もONにしてください。

3. [基本設定]

[定常解析]を選択して[開始サイクル]を[1], [終了サイクル]を[200]としてください。

4. [物性値・基準値]

MAT1の物性値に[流体(非圧縮性)] - [空気(非圧縮20°C)]を設定してください。

5. [初期条件]

新規をクリックし[変数]を[温度], [値]を[20], [MATで指定する]を選択してエディットボックスに[1]と入力してOKをクリックしてください。

6. [境界条件]

各面領域に対する条件の設定を行います。

- inlet1

流速規定、境界面に垂直な流速を指定
流入流速5[m/s], 流入温度20[°C]

- inlet2

流速規定、境界面に垂直な流速を指定
流入流速5[m/s], 流入温度80[°C]

- outlet

表面圧力規定, 0.0[Pa]

- wall

壁面, 静止壁

7. 以上で解析条件の設定が終わりましたので、完了をクリックしてウィザードを終了してください。

8. 解析条件をSファイルに保存してください。

[ファイル] - [保存]

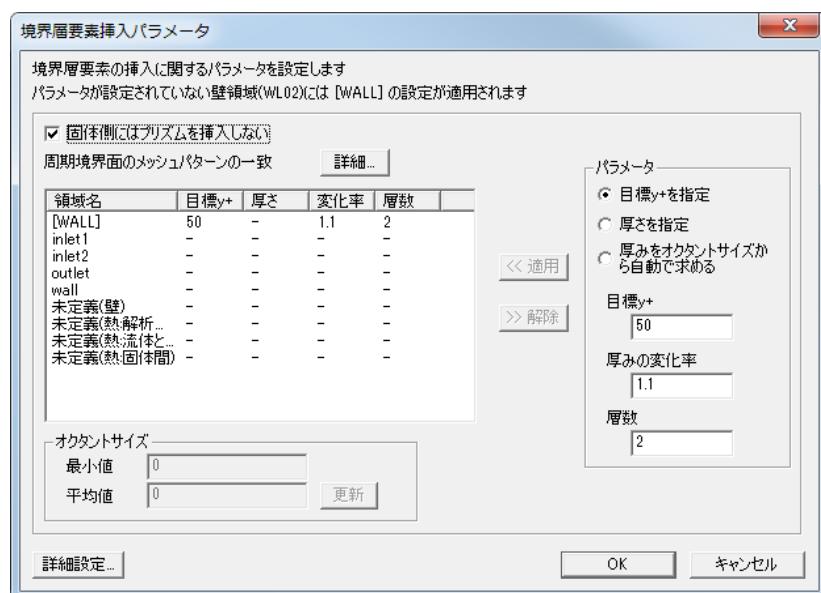
を選択して、[ファイル名]を[tr04.s], [ファイルの種類]を[Sファイル]として保存をクリックしてください。

3. 解適合解析の実行

解析に使用するMDLファイルとSファイル、および目標要素数を設定して解適合解析を実行する手順を説明します。

解適合解析では、通常、自動的に計3回の解析を行います。それぞれの解析で八分木、表面メッシュ、テトラメッシュ等が保存されますので、解適合解析では合計で30個程度のファイルが作成されることになります。ここまで手順で作成したモデルファイルとSファイルは再利用可能な資源となりますので、これらの解適合解析で作成されるファイルに埋もれてしまわないよう、モデルファイルとSファイルを別フォルダにコピーし、そのフォルダ内で解析を実施することをお勧めします。ここでは、[Adaptive]というフォルダを作成して、このフォルダ内で解適合解析を実行することにします。

1. [Adaptive]というフォルダを作成し、[tr04.mdl]と[tr04.s]を[Adaptive]フォルダ内にコピーしてください。
2. [ファイル] - [新規作成]
を選択し、データを初期化してください(SCTpreは最後にファイルを保存したフォルダ、ファイル名を覚えています。今、ファイルを別のフォルダにコピーしましたので、この操作によりこれらの情報を初期化します)。
3. [実行] - [解適合解析] - [MDL、Sファイルから]
を選択してください。[連続実行]ダイアログが現れます。
4. [Adaptive]フォルダ内の[tr04.mdl]と[tr04.s]をダイアログにドラッグ&ドロップしてください(2つのファイルをまとめてドロップすることが出来ます)。
ダイアログにファイル名が入力されます。
5. [境界層要素挿入パラメータ]を設定します。[境界層要素挿入パラメータ]の設定をクリックし、[境界層要素挿入パラメータ]ダイアログで設定を行います。



解適合解析では、境界層要素の厚さとして、直接厚さを指定する方法と、壁からの無次元距離 y^+ の目標値を設定する方法があります。[目標 y^+]を指定した場合は、解析結果から、 y^+ が目標値となるように境界層要素の厚さを自動的に計算します。

今回はデフォルトの設定を用いますので、そのままOKボタンを押します。

- 注. デフォルトでは、[WALL]という領域名の項目に、[目標 y^+]に[50]、[厚みの変化率]に[1.1]、[層数]に[2]が設定されています。[WALL]とは、壁面応力条件(WL02コマンド)が設定されているすべての領域です。壁領域が複数の領域に分かれている場合で、領域ごとに境界層要素の厚さを変えたい場合は、各領域に対して設定を行います([WALL]の設定よりも個別に設定した内容が優先されます)。
- 標準k- ϵ モデルなどの高レイノルズ数型乱流モデルを用いている場合は、 y^+ が30～1000程度に分布するように、2～5層程度設定します。境界層要素挿入パラメータの詳細な内容については、応用例5 解適合解析(補足)の1.境界層要素挿入パラメータをご参照ください。

6. [解適合パラメータ]の[目標要素数]を[100000]としてください。
7. OKをクリックしてください。[連続実行の内容の確認]ダイアログが現れます。
8. Jファイルに保存するをクリックし、[Adaptive]フォルダ内にジョブファイルを保存してください。ファイル名はデフォルトの[tr04.j]としてください。
注. ジョブファイルを保存せずに今すぐ実行を選択しても構いませんが、解適合解析では目標要素数等の設定を行うため、後で解析に用いたパラメータを確認することが出来るよう、ジョブファイルを保存しておくことをお勧めします。
9. [連続実行の内容の確認]ダイアログで今すぐ実行をクリックしてください。解適合解析が始まります。
注. ジョブファイルはSCTjobを用いて実行することも出来ます。複数のジョブファイルを連続して実行するにはSCTjobを使用します。

解適合解析の処理内容

解適合解析で実行される処理を簡単に説明します。

- **解析1回目**

モデル形状をもとにして1回目の解析メッシュを自動的に生成します。モデルの狭くなっているところや面のなす角度の大きなところに細かい要素を配置します。境界層要素は、およそ要素サイズの3分の1程度の厚みで1層挿入します。このメッシュによって1回目の解析を行い、大雑把な流れの様子を調べます。

- **解析2回目**

1回目の解析結果をもとにして、メッシュを再構築します。オリジナルのモデルからメッシュを作成しますので、モデル形状に忠実なメッシュが生成されます。主に、圧力、流速、温度の変化が激しい部分に細かい要素を配置し、解像度を高めて解析精度を向上します。境界層要素は、壁面からの無次元距離 y^+ が目標値(デフォルトは50)となるような厚みを求め、挿入します。解析は1回目の解析結果からリスタート計算を行い、計算時間を短縮しています。

- **解析3回目**

2回目の解析結果をもとにして、メッシュを再構築します。再構築する手法は2回目と同じです。このメッシュが最終的な解析メッシュとなります。解析は2回目の解析結果からリスタート計算を行い、計算時間を短縮しています。3回目の解析結果が解適合解析の最終的な結果となります。

解適合解析時に生成されるファイル

解適合解析を行うと、以下のファイルが生成されます。

- **_#.oct, _meshsurf_#.mdl, _tetra_#.pre, _#.pre, _#.s**
#には解適合サイクル番号が入ります。それぞれ、八分木, 表面メッシュ, テトラメッシュ, 境界層要素挿入済み解析メッシュ, 解析条件ファイルです。
- **_#.l, _#.r, _#.fld, _#.mon他**
SCTsolverが出力するファイルです。
- **.log**
ログファイルです。SCTpreのメッセージウィンドウに出力された内容が保存されます。
- **util_#.his, pre_#.his**
#には解適合サイクル番号が入ります。解適合メッシュを生成するためのヒストリーファイルです。自動的に実行されます。
- **restart_adaptive.his**
解適合再開用ヒストリーファイルです。解適合解析の再開を行うためのヒストリーファイルです。

いずれのファイルも、解適合解析中に参照される可能性がありますので、解適合解析が終了するまで削除しないでください。解適合解析終了後は、不要なファイルを削除しても構いません。

本例題の最終的な解析は、tr04_3.preとtr04_3.sの2つのファイルを用いて行われ、解析結果はtr04_3_n.fldとなります(nにはサイクル番号が入ります)。

解析条件(S)ファイル

各コマンドの詳細は、[ユーザーズガイド リファレンス\(ソルバー\)](#)編を参照してください。

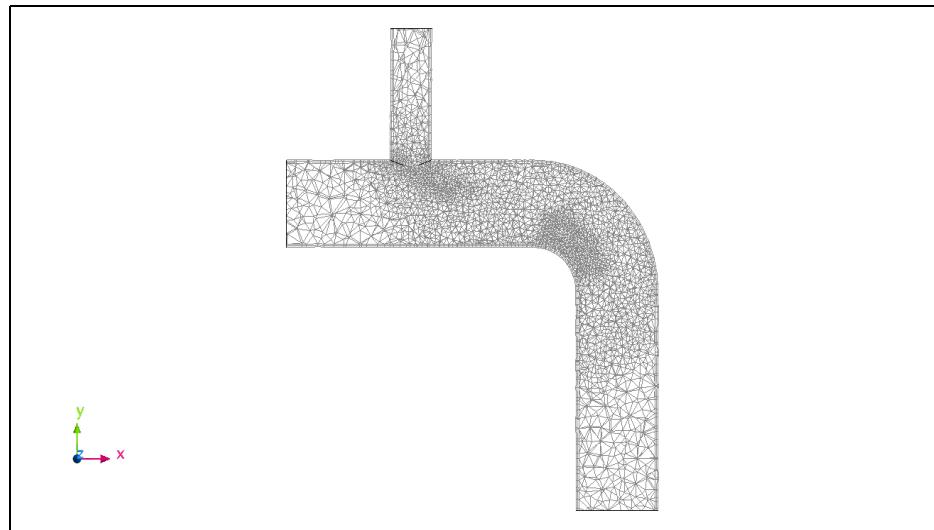
```
SDAT
SC/Tetra
 12 0 0      UTF-8
PREI   tr04.pre
RO     tr04.r
POST   tr04
/
 1 1 0

 0 1
CHKL
 1           1           1           0
CYCS
 1       200
EQUA
1111
FLUX
%CNAME flux-inlet1
 0 2 0 1 0 0
                5 0
               20
inlet1
/
%CNAME flux-inlet2
 0 2 0 1 0 0
                5 0
               80
inlet2
/
%CNAME flux-outlet
 -4 0 1 0 0 0
               0
outlet
/
/
INIT
TEMP
 20 1
/
PROP
%CNAME air(incompressible/20C)
 1 1           1.206           1.83e-005           1007
 0.0256 0
/
WL02
%CNAME noslip
 0 0
/
 1
wall
/
/
WL04
%CNAME noslip
 0 0           0 0           0 0
wall
/
/
GOGO
```

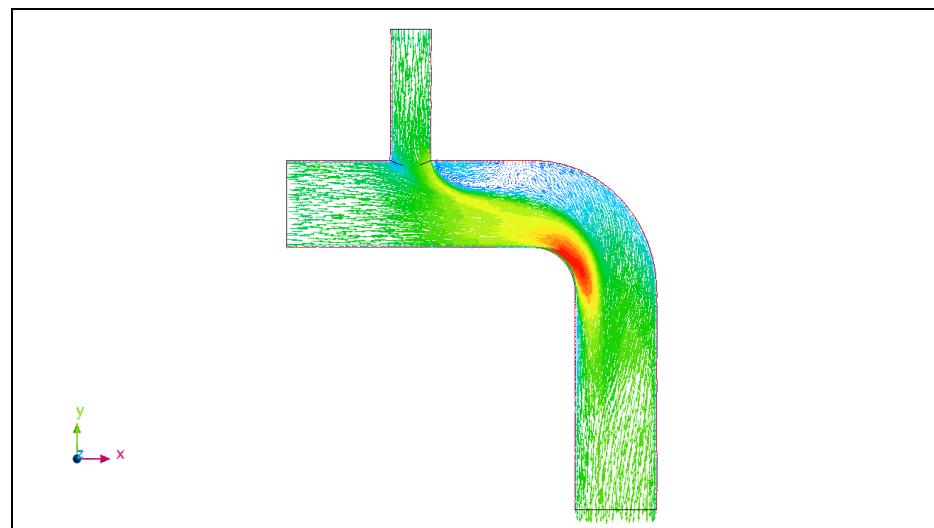
解析結果

解析結果としてメッシュ図、速度センター図、圧力センター図、温度センター図を示します(いずれも、Z=0断面の図です)。メッシュ図から、合流部の剥離箇所や、温度・流速が大きく変わる境界部分、曲管部内周側の剥離部分等、この解析で重要だと考えられる部分には細かい要素が配置され、あまり変化のない部分には粗い要素が配置されていることが分かります(計算時間は、Intel Xeon E5-2630v2で約3分40秒です)。

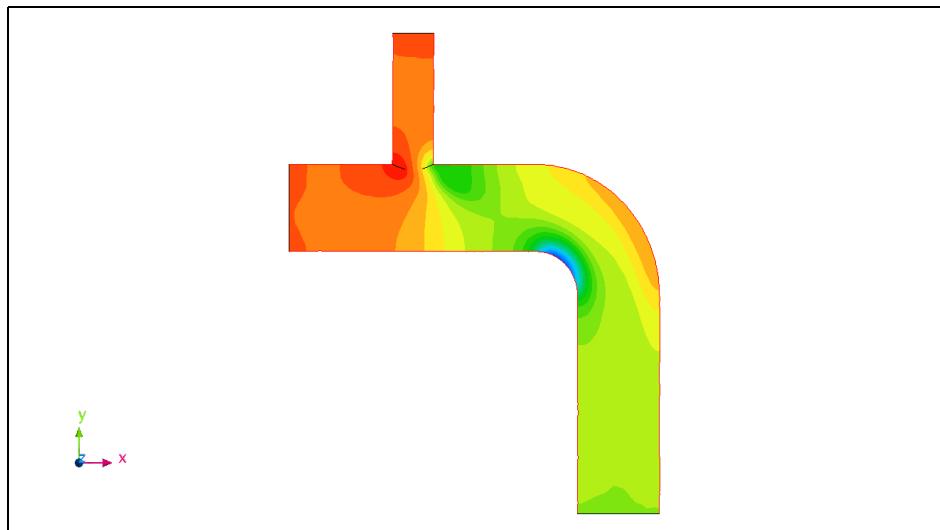
- メッシュ図



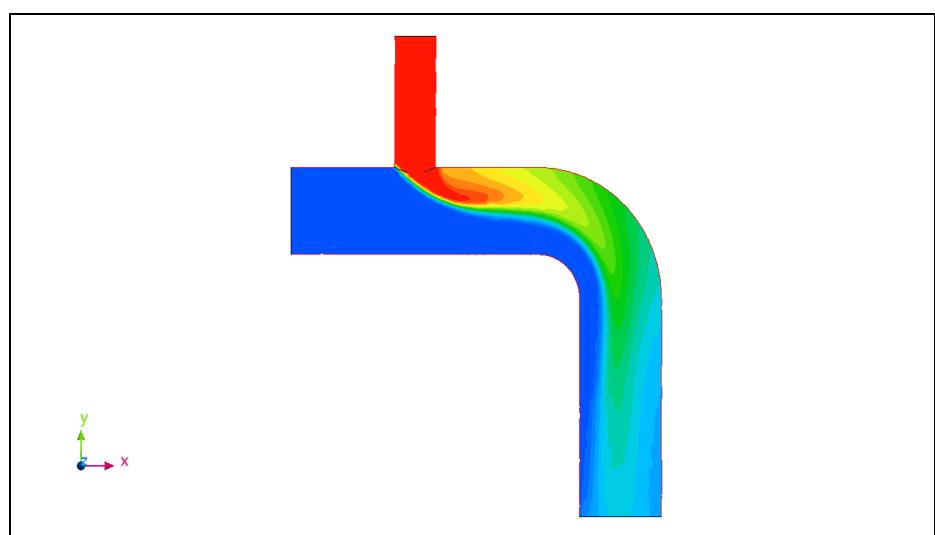
- ベクトル図



- 圧力コンター図



- 温度コンター図



应用例5 解適合解析(補足)

応用例4で解適合解析の基本的な操作を学びました。本例題では、**応用例4**と同じ解析モデルを用いて、解適合解析時に利用可能なパラメータの役割について補足します。**応用例4**で作成したMDLファイル, Sファイルを使用します。

本例題で扱う解適合解析パラメータ

解適合解析では解適合解析をコントロールするいくつかのパラメータを設定出来ます。

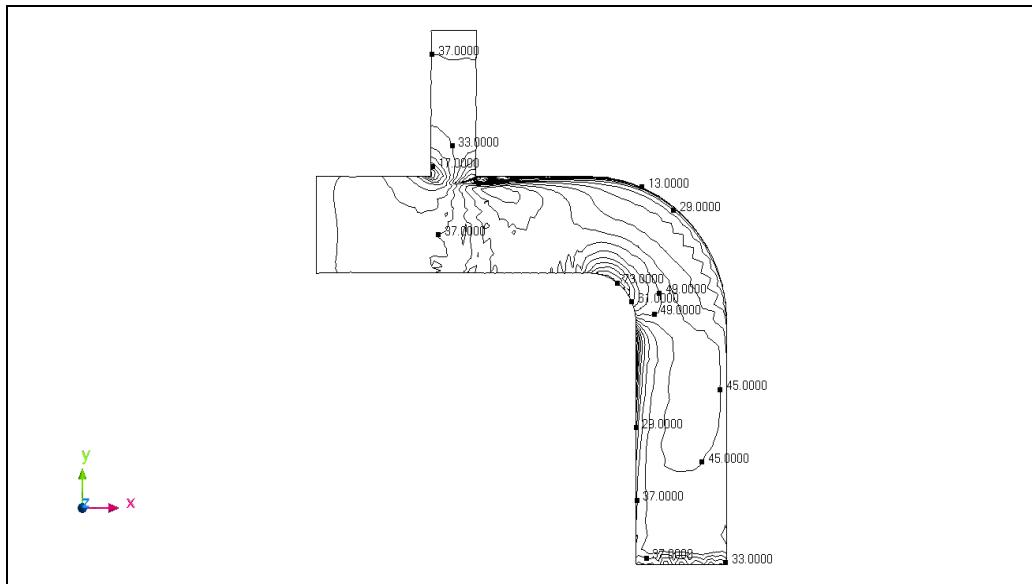
- 境界層要素挿入パラメータ
- 解析回数
- 解析終了条件緩和パラメータ
- 評価関数パラメータ
- オクタントブロック, 面領域の分割方法設定

これらのパラメータを設定することで、より適切な解適合メッシュを生成することが出来ます。以下に、各パラメータの意味と、設定時の効果について説明します。

注. 本例題では解適合パラメータを様々に変化させ、合計5回の解析を行います。このように複数の解適合解析を行う場合は、先にそれぞれのジョブファイルを用意しておき、SCTjobにて複数のジョブを直列に実行しますと、夜間、休日等を利用した効率的な計算を行うことが出来ます。なお、その場合は、1つのフォルダで複数の解適合解析を同時に実行することは出来ませんので注意してください。

1. 境界層要素挿入パラメータ

本項目では、境界層要素挿入パラメータについて補足します。解適合解析では、目標 y^+ から境界層要素の厚さを決定する際、その面領域内で流速が一番大きな部分について y^+ が目標値となるように境界層要素の厚さを採用します。従いまして、同じ面領域内で流速の異なる部分は y^+ の値が異なります。**応用例4**の解析結果から、壁面の y^+ をSCTpost上で図化してみます。

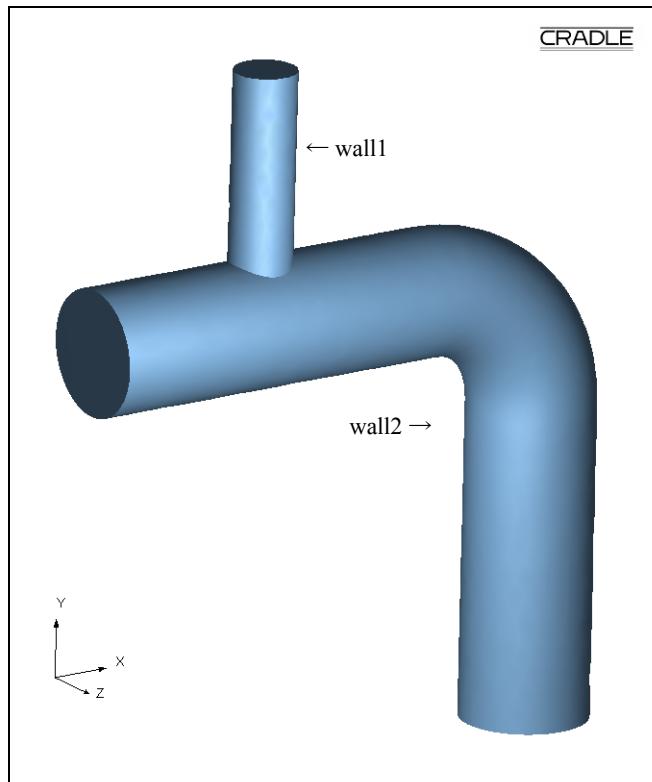


この解析では目標 y^+ はデフォルトの50です。流速最大となるのは曲管部分の内周側ですので、この部分で y^+ が目標値50程度になっています。一方、同じ厚さで他の部分にも境界層要素が挿入された結果、他の部分では y^+ が目標値50よりも小さくなっています。

y^+ は小さくなり過ぎると精度が低下することがあり、 y^+ が10程度以下になると特に注意が必要となります^(注)。通常は y^+ が小さくなる領域は流速も小さく、たとえ誤差が発生しても解析結果に対する影響は大きくありませんが、解析の目的の見地から重要だと考えられる部分の y^+ が小さ過ぎる場合は、解析結果への悪影響も考えられます。この問題を回避するには、壁となる領域を複数の面領域に分けて登録するようにします。各面領域で異なる厚みの境界層要素が挿入されますので、より適切なメッシュが生成出来ます。

注. 標準 k-εモデルなどの高レイノルズ数型乱流モデルを使用している場合。

ここでは、下図のように、壁領域を[wall1]と[wall2]の2つの領域に分けて登録し、挿入される境界層要素の厚さの変化を確認してみましょう。

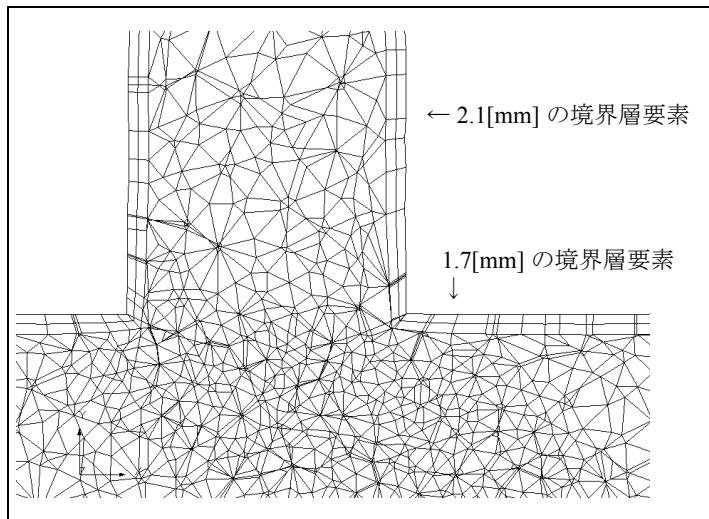


・ 実習

1. [tr04.mdl]を読み込んでください。
面領域[wall1]と[wall2]を新たに登録してください。
ファイル名を[tr05_twowalls.mdl]としてモデルファイルを保存してください。
2. [tr04.s]を読み込んでください。
左のツリー上の[解析条件]をダブルクリックし、[条件ウィザード]ダイアログを立ち上げてください。[境界条件]を選択し、[WALL]に対する壁面応力条件を削除してください。
[wall1]と[wall2]に壁面応力条件(静止壁)を設定してください。
ファイル名を[tr05_twowalls.s]としてSファイルを保存してください。
3. [tr05_twowalls.mdl]と[tr05_twowalls.s]を使用し、目標要素数100000として解適合解析を実行してください。

• 結果

生成されたメッシュの合流部分は、以下のようにになります。



[wall1]と[wall2]で異なる厚さの境界層要素が挿入されました。この解析では面領域を分けることによる厚さの変化は大きくありませんでしたので、解析結果への影響はほとんどありませんでしたが、このように壁を複数の領域に分けることでより適切なメッシュを生成することができます。

なお、圧損体を含む解析を解適合解析で実施する場合、圧損体界面のプリズム要素は自動的には挿入されませんので注意してください。圧損体界面のプリズム要素は、手動にて厚さを入力して設定する必要があります(圧損体界面に対して目標 y^+ の設定は意味を持ちません)。圧損体界面のプリズム要素については、ユーザーズガイド リファレンス(ソルバー)編 FORCコマンドの技術メモを参照してください。

ここから、[連続実行]ダイアログの解適合パラメータの詳細をクリックすると現れる、[解適合パラメータ]ダイアログで設定するパラメータについて説明します。

2. 解析回数

[基本設定]タブで設定します。目標要素数となるまでに、メッシュ生成～解析のサイクルを何回繰り返すかを設定します。デフォルトは3回となっており、この場合は3回の解析を行って最終結果を得ることになります。

解析回数は通常3回とすることをお勧めします。解析回数を2回にすると解析精度が低下することがあり、解析回数を4回以上にすると計算時間が増大してしまいます。

解析回数設定の利用方法としては、初めての解析モデル等で適切な目標要素数の見当がつかない場合に、目標要素数および解析回数を大きめに設定することが考えられます。このようにしますと、要素数の異なる、指定した個数の解析結果が得られますので、これら要素数の異なる解析結果を比較し、目的とする精度が得られる適切な要素数を調べることができます。

注. 同じ目的に、

[実行] - [解適合解析] - [解適合の再開/続行]

も利用出来ます。解析が終了している解適合解析に対して、要素数を増やして解適合解析を続行することが出来ます。

応用例4では、目標要素数100000、解析回数3回の設定で解析を行いました。この場合要素数はおよそ次のようにになります。

1回目解析メッシュ : 15000要素
2回目解析メッシュ : 50000要素
3回目解析メッシュ : 100000要素

ここでは、目標要素数を150000、解析回数を5回として解析を行い、各解析結果から適切な目標要素数を見積もってみましょう。

- **実習**

[tr04.mdl]と[tr04.s]を使用し、目標要素数150000、解析回数を5回として解適合解析を実行してください。

- **結果**

5回の解析のそれぞれの要素数は次のようになります。

1回目解析 : 13000要素
2回目解析 : 30000要素
3回目解析 : 60000要素
4回目解析 : 90000要素
5回目解析 : 150000要素

それぞれの解析結果を比較しますと、要素数の増加に従って流れ場に変化が認められます。これらの結果をもとに、目標とする解析精度と許容される計算時間を考慮して、適切な要素数を見積もることができます。適切な目標要素数が分かれば、以降、同種の解析を行う際に参考となります。

なお、各解析の収束サイクルと計算時間は次のようになります。括弧内はリスタート計算を行わずに計算した場合で、参考のために記載しています。リスタート計算により計算時間が大幅に短縮されていることが分かります。

3回目解析 : 93サイクル、40秒(154サイクル、60秒)
4回目解析 : 94サイクル、60秒(161サイクル、93秒)
5回目解析 : 117サイクル、111秒(256サイクル、224秒)

注. 計算時間はIntel Xeon E5-2630v2の場合です。

以降、同様です。

3. 解析終了条件の緩和

[基本設定]タブで設定します。計算時間を短縮するために、1回目および2回目の解析の計算サイクル、および定常判定基準値を変更することができます。

解適合解析では通常3回の解析を行いますが、1回目および2回目の解析は3回目解析メッシュを作成するための準備ですので、必ずしも完全に収束するまで計算を行う必要はありません。そこで、これらの解析の終了条件を緩和することで計算時間を短縮することができます。特に1回目の解析は要素数の少ないメッシュにて大雑把な流れを知ることが目的であることから、デフォルトで計算サイクル100、定常判定値 10^{-4} となっています。また、2回目解析については、デフォルトで定常判定値が 10^{-4} となっています。

応用例4ではデフォルトの状態で解析を行いました。この場合のメッシュ生成時間を含んだ計算時間は次のようになります。

1回目解析 : 29秒(52サイクルで収束)
2回目解析 : 32秒(73サイクルで収束)
3回目解析 : 159秒(113サイクルで収束)
(合計)約3分40秒

なお、3回目の解析メッシュでリスタート計算を行わずに解析を実行した場合の計算時間は2分となります。

ここでは、1,2回目の解析の定常判定値を 5×10^{-4} として解析を行い、計算時間短縮の効果を確認してみましょう。

- **実習**

[tr04.mdl]と[tr04.s]を使用し、目標要素数100000、1回目と2回目の定常判定値を[0.0005]として解適合解析を実行してください。

- **結果**

計算時間と収束サイクルは次のようになります。

1回目解析 : 21秒(50サイクルで収束)
2回目解析 : 57秒(50サイクルで収束)
3回目解析 : 116秒(112サイクルで収束)
(合計)194秒

計算時間が10%程度短縮されました。解析結果は定常判定をデフォルトのままとしたものと比べてほぼ同じであり、精度を保持したまま計算時間の短縮に成功したことになります。

本例題では定常判定値を変更しましたが、収束に500サイクルかかる解析などの場合、2回目解析の計算サイクルを100とすることで2回目の計算時間を5分の1に短縮出来ます。

このように解析終了条件を緩和することで計算時間を短縮出来ます。ただし、2回目の解析を充分に収束させずに終了した場合、3回目のリスタート計算の効果が薄れて3回目の解析に要する計算時間が増加します。また、2回目の解析で正しい流れ場が求まっていない場合、3回目の解析メッシュに悪影響を与える可能性もあります。解析終了条件の緩和は、緩和しない場合と、緩和した場合とで解析精度が変化しない範囲を検証したうえで利用するようにしてください。

4. 評価関数パラメータ

[評価関数]タブで設定します。

$$\left(A \cdot \frac{|\nabla P|^{Ar}}{\sum |\nabla P|^{Ar}} + B \cdot \frac{|\nabla V^2|^{Br}}{\sum |\nabla V^2|^{Br}} + C \cdot \frac{|\nabla T|^{Cr}}{\sum |\nabla T|^{Cr}} \right) \cdot \Delta x^R$$

ここで、

Δx : オクタントサイズ

解適合解析では、この評価関数を用いてメッシュを再構築しています。評価関数はメッシュのエラーの大きさを見積もる関数で、関数值が大きなところほどエラーが大きい(メッシュが粗い)と考え、再分割して細かくしていきます。評価関数は7つのパラメータを含んでおり、これらのパラメータを調整することで、メッシュ全体の疎密をコントロールすることが出来ます。各パラメータは次のような意味をもっています。

	圧力勾配	速度勾配	温度勾配
重み	A	B	C
分割集中指数	Ar	Br	Cr

分割広がり指数Rは、大きいほど分割がメッシュ全体に広がり、メッシュ内の要素サイズの差をなくす働きをします。通常、3次元解析では3、疑似2次元解析では2を指定します。

重みは、どの変数を重視するかを表しています。例えば、圧力損失を求める解析では圧力勾配の重みを、温度分布を求める解析では温度勾配の重みを大きくすることで、より解析の目的に適した解析メッシュを生成することが出来ます。

分割集中指数は、主に速度勾配のために、注目している物体以外のところが細かくなり過ぎてしまう場合に大きくします。後でメッシュ例を示します。

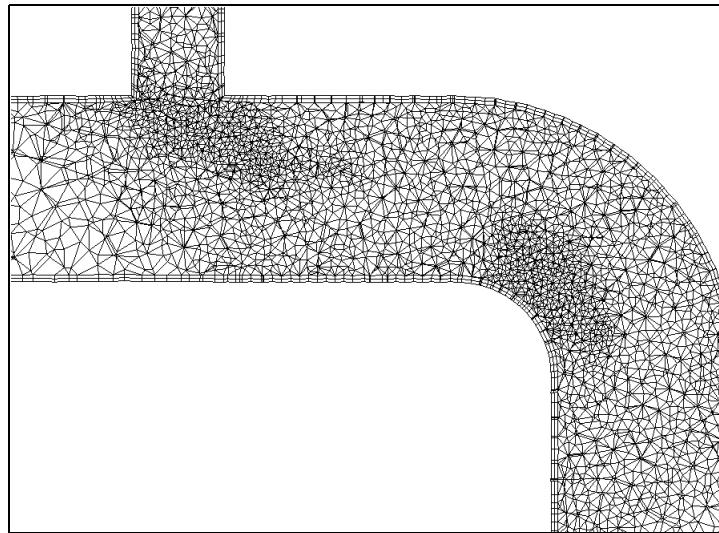
ここでは、解析の目的が温度の分布を求めることがあるとして、温度勾配に対する重みを大きくし、解析結果から生成されるメッシュの変化を確認してみましょう。

- 実習

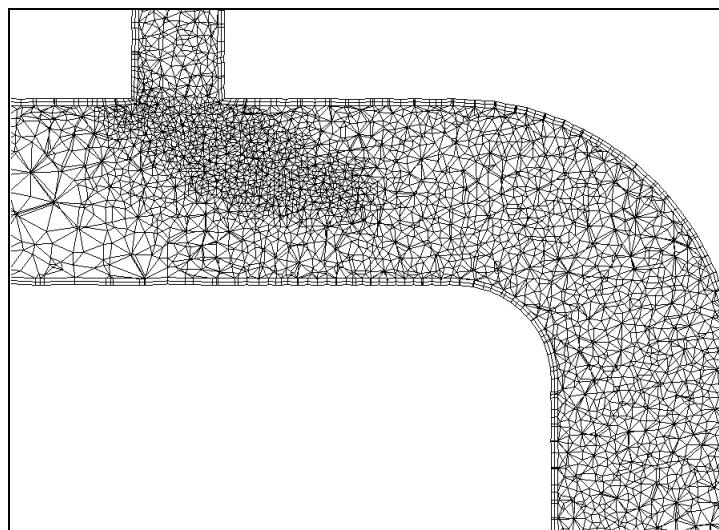
[tr04.mdl]と[tr04.s]を使用し、目標要素数100000、評価関数の圧力勾配重みと速度勾配重みを1、温度勾配重みを5として解適合解析を実行してください。

- 結果

生成されたメッシュを比較します。



温度勾配重み 1.0



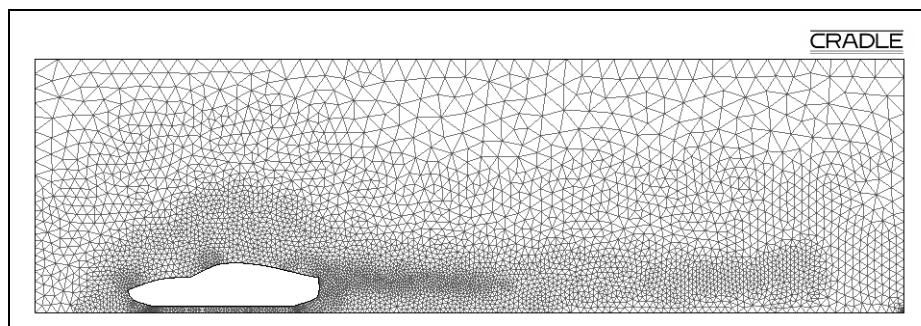
温度勾配重み 5.0

温度勾配の重みを大きくすることで、細かい要素が合流部分に集中しました。合流部分では80[°C]の空気と20[°C]の空気が衝突し温度が激しく変化しますので、ここに細かい要素が集中したことでの温度に関しての解像度が上がっています。目標要素数を大きくするとこの違いはより顕著に表れます。

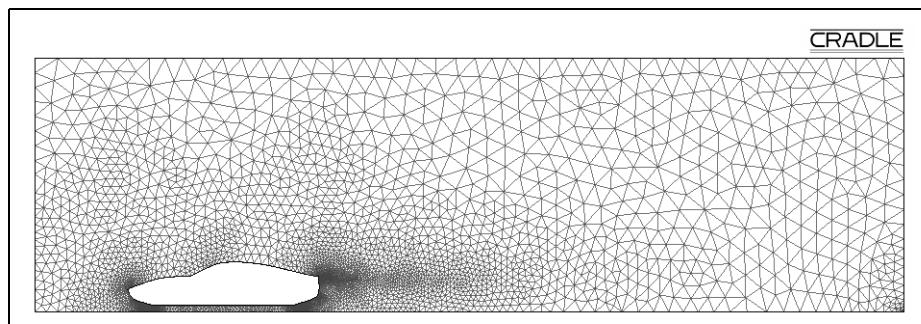
このように、注目している変数の重みを大きくすることで、より解析に適したメッシュを生成することが出来ます。

ただし、特定の変数の重みを大きくし過ぎると、他の変数に関して解像度が低下してしまう可能性がありますので、全体として要求される精度を保てる範囲を検証したうえで利用するようしてください。

分割集中指数は本例題では扱いませんが、次にメッシュ例を示しますので参考にしてください。



分割集中指数 1.0



分割集中指数 3.0

5. オクタントブロック、面領域の分割方法設定

[領域に対する分割方法]タブで設定します。

解適合解析では、解析領域全域を同等に考えてメッシュ分割を行います。一方、実際の解析では、解析領域内のある特定の部分に注目していることが多いものです。このような場合に、この機能を用いて、どの部分に注目しているのかということを指定することにより、より少ない要素数でより精度の高い解析結果を得ることが出来ます。

この機能を用いると、重要である領域をより細かくすることも、重要でない領域をより粗くすることも出来ます。疎密をコントロールする領域を指定するには、面領域、またはオクタントブロックを使用します。

面領域に対して指定出来る分割方法とその働きは以下の通りです。

- **デフォルト**
何も設定しないときと同じです。
- **一様に細かく分割**
その面領域近傍で要素が細かく、一様になるようにします。
特に、壁に沿った流体の流れに注目している場合に有効です。

オクタントブロックに対して指定出来る分割方法とその働きは以下の通りです。

- **デフォルト**
何も設定しないときと同じです。
- **全体を2レベル細かく**
- **全体を1レベル細かく**
- **全体を1レベル粗く**
- **全体を2レベル粗く**
指定された領域をデフォルトのときよりも指定したレベルだけ細かく(粗く)します。レベルとはオクタントレベルを表し、1レベル細かくするとオクタントサイズが半分に、1レベル粗くすると倍になります。
- **粗い所を2レベル細かく**
- **粗い所を1レベル細かく**
指定された領域内の粗い部分をデフォルト時よりも細かくします。
もともと細かい部分はそれ以上に細かくしません。
- **細かい所を1レベル粗く**
- **細かい所を2レベル粗く**
指定された領域内の細かい部分をデフォルト時よりも粗くします。
もともと粗い部分はそれ以上に粗くしません。
- **分割しない**
[MDL、Sファイルから]を選択して解適合解析を行う場合は、指定された領域を極力粗くします。
[MDL、Sファイル、初回八分木から]および[既存の解析結果を初期条件として]を選択して解適合解析を行う場合は、指定された領域のオクタントサイズは変化しません。

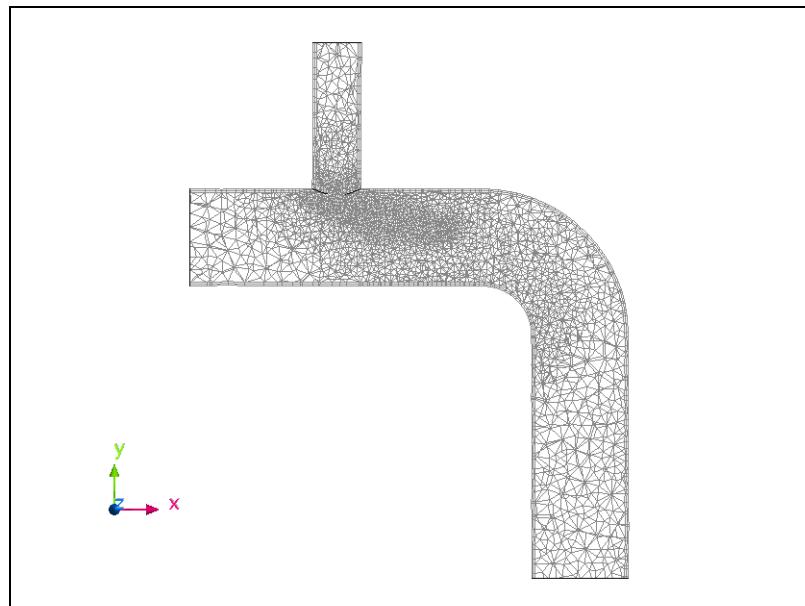
本例題では、合流部分に注目しているとして、オクタントブロックを用いて合流部分をより細かくする設定を行い、生成されるメッシュを確認してみましょう。

- **実習**
 1. [tr04.mdl]を読み込んでください。
 2. 左のツリー上の[八分木]をダブルクリックして八分木を作成してください。

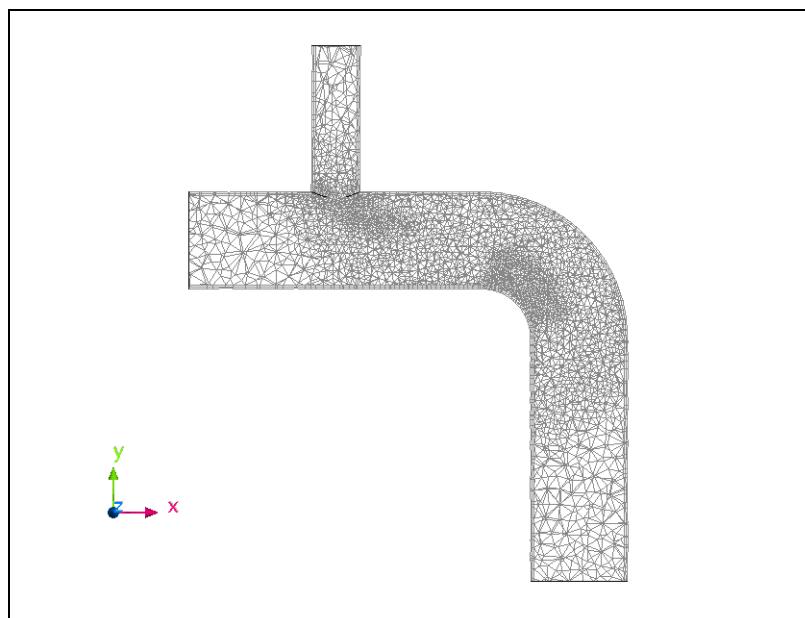
-
3. 指定したい領域を表現するために充分な細かさになるように、必要に応じてオクタントの再分割を行ってください。
 4. [表示] - [ラバーボックス表示]を選択して、合流部分(メッシュを細かくする部分)のオクタントを囲み、合流部分のオクタントのみ表示してください。
 5. [編集] - [オクタントブロック]を選択してください。[ブロック名]を[mix]として登録をクリックしてください。表示されているオクタントが1つの[mix]というブロックとして登録されます。
 6. ファイル名を[tr04_block.oct]として八分木ファイルを保存してください。
 7. [ファイル] - [新規作成]を選択して初期化したのち、[実行] - [解適合解析] - [MDL、Sファイルから]を選択してください。
[連続実行]ダイアログで、入力ファイルに[tr04.mdl], [tr04.s]および[tr04_block.oct]を指定し、目標要素数を[100000]してください。解適合パラメータの詳細をクリックして、[領域に対する分割方法]タブで[mix]に対して[全体を1レベル細かく]の設定を行ってください。以上の設定で、解適合解析を実行してください。

- 結果

メッシュ図を示します。



合流部を細かく(オクタントブロック使用)



デフォルト(疎密コントロールなし)

オクタントブロックで指定した合流部分が細かくなり、解像度が向上しています。このように、解析領域内のある特定の領域に注目した解析では、オクタントブロックを用いたメッシュコントロールを行うことで、より良いメッシュを生成することが出来ます。

以上で解適合解析時のパラメータについて一通り説明致しました。ここで説明されていない機能、また、解適合解析の注意点等に関しましては[ユーザーズガイド リファレンス\(プリ\)](#)編を参照してください。