

文部科学省次世代IT基盤構築のための研究開発
「イノベーション基盤シミュレーションソフトウェアの研究開発」

CISS フリーソフトウェア

マルチ力学シミュレータ REVOCAP

プレポスト処理プログラム

REVOCAP_PrePost Ver. 1.6

チュートリアルガイド

本ソフトウェアは文部科学省次世代IT基盤構築のための研究開発「イノベーション基盤シミュレーションソフトウェアの研究開発」プロジェクトによる成果物です。本ソフトウェアを無償でご使用になる場合「CISS フリーソフトウェア使用許諾条件」をご了承頂くことが前提となります。営利目的の場合には別途契約の締結が必要です。これらの契約で明示されていない事項に関して、或いは、これらの契約が存在しない状況においては、本ソフトウェアは著作権法など、関係法令により、保護されています。

お問い合わせ先

(契約窓口)

(財)生産技術研究奨励会

〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1

(ソフトウェア管理元) 東京大学生産技術研究所 革新的シミュレーション研究センター

〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1

Fax : 03-5452-6662

E-mail : software@ciss.iis.u-tokyo.ac.jp

目次

1	はじめに.....	8
1.1	この文書について	8
1.2	基本的な操作方法	8
2	FrontISTR 弾性静解析 (片持ち梁)	11
2.1	解析の概要	11
2.2	メッシュファイルの読み込み	11
2.3	材料物性値の設定	13
2.4	解析の種類の設定	15
2.5	境界条件の設定	16
2.6	ソルバーの設定	17
2.7	計算	19
2.8	ポスト処理	19
2.9	REVOCAP_PrePost の終了	21
3	FrontISTR 弾性静解析 (アルミ缶)	23
3.1	解析の概要	23
3.2	CAD データの読み込み	24
3.3	メッシュ生成.....	24
3.4	解析の種類、境界条件設定.....	26
3.5	材料物性値設定	28
3.6	計算条件の設定	29
3.7	出力設定	30
3.8	ファイル出力.....	31
3.9	FrontISTR の実行	32
3.10	ポスト処理	33
4	FrontISTR 弾性静解析 (キャップ)	35
4.1	解析の概要	35
4.2	CAD データの読み込み	36
4.3	メッシュ生成.....	36
4.4	解析の種類の設定	40
4.5	境界条件の設定	40
4.6	物性値設定	43
4.7	計算条件の設定	45
4.8	ファイル出力.....	45
4.9	FrontISTR の実行	46

1	はじめに		
	4.10	ポスト処理	47
	4.11	コンター表示	48
	4.12	断面表示	48
	4.13	変形	51
5	FrontISTR 弾塑性解析 (necking)		52
	5.1	解析の概要	52
	5.2	メッシュの読み込み	53
	5.3	解析の種類の設定	54
	5.4	拘束条件の設定	54
	5.5	ステップ解析の設定	56
	5.6	材料物性値の設定	57
	5.7	解析モデルの保存	59
	5.8	計算の実行	59
	5.9	計算結果の可視化	59
6	FrontISTR 弾塑性解析 (CT 試験片)		62
	6.1	解析の概要	62
	6.2	CAD 形状ファイルの読み込み、メッシュ生成	64
	6.3	材料物性値の設定 (弾性静解析)	67
	6.4	境界条件の設定 (弾性静解析)	69
	6.5	解析条件の設定 (弾性静解析)	70
	6.6	解析モデルの出力と実行 (PC 上)	70
	6.7	計算結果の可視化 (応力コンター)	71
	6.8	メッシュ生成パラメータ (粗密定義) の設定、メッシュ生成	72
	6.9	材料物性値の設定 (弾塑性解析)	74
	6.10	境界条件の設定 (弾塑性解析)	74
	6.11	解析条件の設定 (弾塑性解析)	76
	6.12	並列計算条件の設定	76
	6.13	解析モデルの出力	76
	6.14	計算サーバへの転送	76
	6.15	FrontISTR の並列計算の実行	78
	6.16	計算結果の転送	79
	6.17	計算結果の可視化	79
7	FrontISTR 超弾性解析 (Spring)		82
	7.1	解析の概要	82
	7.2	メッシュデータの読み込み	83
	7.3	解析の種類の設定	83

1	はじめに	
7.4	材料物性値の設定	84
7.5	境界条件の設定	86
7.6	ステップ解析の設定	86
7.7	計算条件の設定	87
7.8	ファイル出力	88
7.9	FrontISTR の実行	88
7.10	ポスト処理	89
8	FrontISTR 接触解析 (Hertz の問題)	91
8.1	解析の概要	91
8.2	メッシュの読み込み	92
8.3	解析の種類の設定	93
8.4	コンタクトペアの設定	94
8.5	コンタクトの設定	95
8.6	拘束条件の設定	96
8.7	全体の特定方向への拘束	98
8.8	ステップ解析の設定	99
8.9	材料物性値の設定	100
8.10	解析モデルの保存	102
8.11	計算の実行	102
8.12	計算結果の可視化	103
9	FrontISTR 並列弾性静解析 (ヒンジ)	105
9.1	解析の概要	105
9.2	メッシュファイルの読み込み	106
9.3	境界条件の設定	107
9.4	物性値の設定	109
9.5	解析条件の設定	111
9.6	並列計算条件の設定	112
9.7	解析モデルの計算サーバへの転送	114
9.8	FrontISTR の並列計算の実行と確認	115
9.9	計算結果の転送	116
9.10	計算結果の可視化	116
10	FrontISTR 固有値解析 (ハトメ)	119
10.1	解析の概要	119
10.2	CAD データの読み込み	120
10.3	メッシュ生成	121
10.4	解析の種類、境界条件設定	122

1	はじめに	
	10.5物性値設定	124
	10.6計算条件の設定	126
	10.7ファイル出力	126
	10.8FrontISTR の実行	127
	10.9ポスト処理	128
11	FrontISTR 熱伝導解析 (アルミ缶)	131
	11.1解析の概要	131
	11.2形状データの読み込み	132
	11.3メッシュ生成	133
	11.4境界条件の設定	134
	11.5物性値の設定	136
	11.6計算条件の設定	138
	11.7解析モデルの出力	139
	11.8FrontISTR の計算の実行	140
	11.9ポスト処理	140
12	FrontFlow/blue 流れ場解析 (円柱)	143
	12.1解析の概要	143
	12.2メッシュデータの読み込み	144
	12.3境界条件の設定	145
	12.4計算条件の設定	148
	12.5FrontFlow/blue 解析モデルの出力	149
	12.6FrontFlow/blue の計算の実行	150
	12.7FrontFlow/blue 計算結果の可視化	151
13	FrontFlow/blue 流れ場解析 (ドアミラー)	155
	13.1解析の概要	155
	13.2形状データの読み込み	156
	13.3メッシュ生成	156
	13.4境界条件の設定	160
	13.5FrontFlow/blue 用計算ファイル出力	164
	13.6FrontFlow/blue 計算結果ファイルの読み込み	165
	13.7コンター図作成	167
14	FrontFlow/blue 流れ場解析 (オーバーセット計算によるパイプ)	171
	14.1解析の概要	171
	14.2メッシュデータの読み込み	171
	14.3境界条件の設定	174
	14.4オーバーセット計算の設定	179

1	はじめに	
	14.5FrontFlow/blue 解析モデルの出力	183
	14.6FrontFlow/blue 解析結果ファイルの読み込み	183
	14.7解析結果の可視化	185
15	ADVENTURE_Solid 線形弾性静解析 (片持ち梁モデル)	188
	15.1解析の概要	188
	15.2メッシュファイルの読み込み	189
	15.3解析の種類の設定	189
	15.4ソルバーの設定	190
	15.5拘束条件の設定。	191
	15.6荷重条件の設定	192
	15.7材料物性値の設定	192
	15.8出力するデータの選択	193
	15.9解析モデルの保存	194
	15.10 解析計算の実行 (プレポストと同じ計算機で行う場合)	196
	15.11 計算の実行 (専用計算機で行う場合)	196
	15.12 計算結果の可視化 (カラーコンター)	197
	15.13 計算結果の可視化 (変形表示)	199
16	ADVENTURE_Solid 弾塑性解析 (円柱モデル)	200
	16.1解析の概要	200
	16.2メッシュファイルの読み込み	200
	16.3解析の種類の設定	201
	16.4ソルバーの設定	202
	16.5拘束条件の設定	203
	16.6変位条件の設定	204
	16.7材料の設定	204
	16.8出力するデータの選択	205
	16.9解析モデルの保存	205
	16.10 解析計算の実行 (PCで行う場合)	206
	16.11 解析計算の実行 (計算サーバで行う場合)	206
	16.12 計算結果の可視化 (カラーコンター)	207
	16.13 計算結果の可視化 (変形表示)	208
17	REVOCAP_Magnetic 時間調和渦電流問題 (ケーキモデル)	209
	17.1概略	209
	17.2CAD データの読み込み	210
	17.3メッシュ生成	211
	17.4解析の種類	215

1	はじめに	
17.5	境界条件設定	216
17.6	物性データ設定	217
17.7	形状定義	220
17.8	モデルの保存	222
17.9	計算の実行	222
17.10	計算結果ファイルの読み込み	222
17.11	解析結果のコンター表示	223
17.12	解析結果の断面表示	224
17.13	解析結果のベクトル表示	226
18	REVOCAP_Magnetic 非線形静磁場解析 (シャフトモデル)	227
18.1	解析の概要	227
18.2	CAD データの読み込み	228
18.3	メッシュ生成	229
18.4	解析の種類	232
18.5	境界条件設定	233
18.6	物性データ設定	234
18.7	形状定義	237
18.8	モデルの保存	239
18.9	計算の実行	239
18.10	計算結果ファイルの読み込み	239
18.11	解析結果のコンター表示	240
18.12	解析結果の断面表示	241
18.13	解析結果のベクトル表示	242
19	REVOCAP_Coupler 流体構造連成 (流れ場の中の円柱)	244
19.1	解析の概要	244
19.2	ウィザードを使った連成解析の設定方法	246
19.3	ウィザードによるマルチ力学解析モデルの初期設定	247
19.4	FrontISTR の解析モデルの作成	249
19.5	FrontFlow/blue の解析モデルの作成	252
19.6	連成インターフェイス界面の定義方法	254
19.7	連成解析のモデル出力	257

1 はじめに

1.1 この文書について

この文書は REVOCAP_PrePost を利用して FrontISTR 構造解析、FrontFlow/blue 流体解析、ADVENTURE_Solid 構造解析、REVOCAP_Magnetic 磁場解析、および REVOCAP_Coupler を用いたマルチ力学解析を行うためのチュートリアルガイドである。

全ての例題のための入力データは提供されている。ソルバーは Windows 版については FrontISTR、FrontFlow/blue、ADVENTURE_Solid の実行体を同梱している。その他の実行モジュールはソルバーのマニュアルを参考にして、利用者がインストールする必要があるので注意する。

REVOCAP_PrePost の Ver.1.6 に準拠しているが、いくつかの手順については画面が古いバージョンのままになっている場合があるので、その場合は適宜読み替えて利用していただきたい。

1.2 基本的な操作方法

はじめに全てのチュートリアルに共通の操作について説明する。

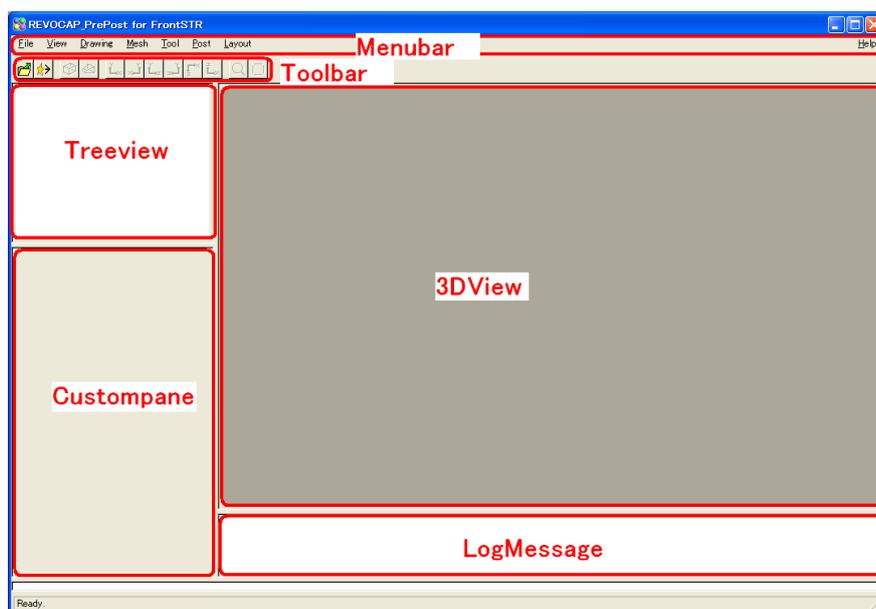
REVOCAP_PrePost を起動するには、Windows PC にインストーラーを使ってインストールした場合は、スタートメニューにプログラムが登録されているので、それを起動する。対象とする解析ごとに実行ファイルが異なるので注意する。Linux 環境または、Windows PC にソースファイルからインストールした場合は、次のコマンドをシェルまたはコマンドプロンプトの上で実行する。

```
$ ruby REVOCAP_PrePost.rb FrontISTR
```

これは FrontISTR のプリポスト処理を行う場合の例である。解析の対象によって引数は異なるので注意する。

起動すると次のような画面が表示される。

1 はじめに



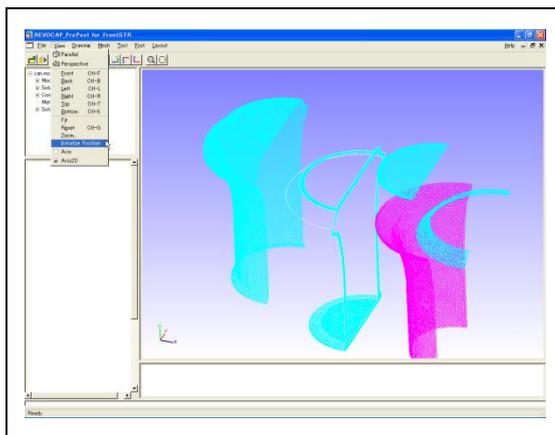
以下の説明では左上の Treeview(ツリービュー)、左下の Custompane(カスタムペイン、設定フォーム)、上部の Menubar (メニューバー)、および右側の 3DView (3D ビュー) での操作を主に説明する。

3D ビュー画面にはモデルが 3 次元表示される。マウスによるモデルの操作方法は以下の表のとおりである。

左ボタン	選択
右ボタン	ポップアップメニュー (場合に応じて)
左ボタンドラッグ	選択対象を移動
左ボタンを押しながらマウスを動かす	回転
右ボタンを押しながらマウスを動かす	移動
中央ボタンを押してマウスを動かす	拡大・縮小

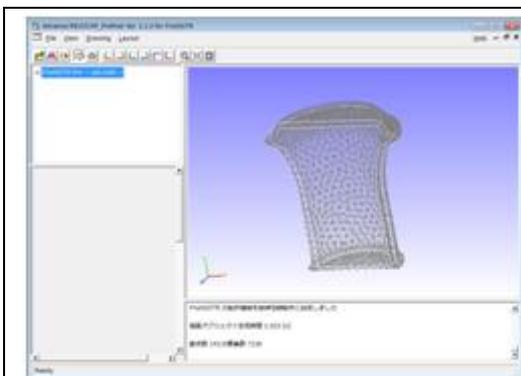
3D ビューではメッシュの面を選択して画面上で移動させることができる。マウスの左ボタンで面を選択すると色が変わる。その状態で左ボタンを押したままマウスを移動させると、3D ビューの中で面が移動する。

1 はじめに

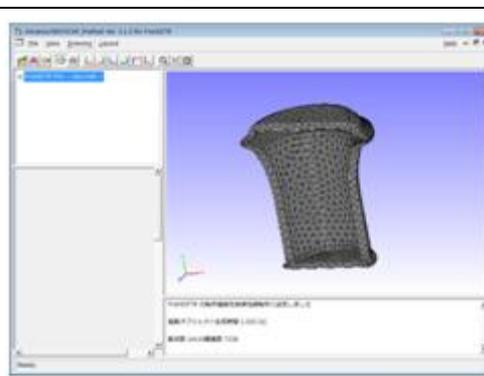


選択対象が移動した場合に元に戻すには、メニューの View の InitPos を選択する、または CTRL+I キーを押す。

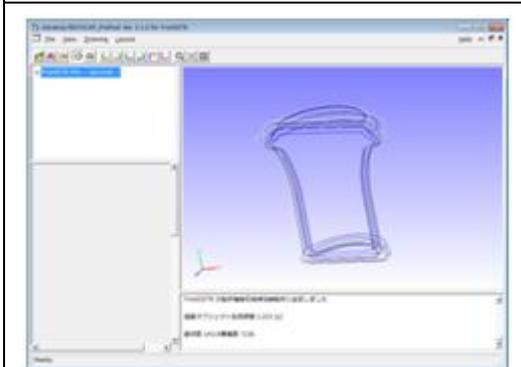
3D ビューでの表示の切り替えは、メニューバーの Drawing で行う。



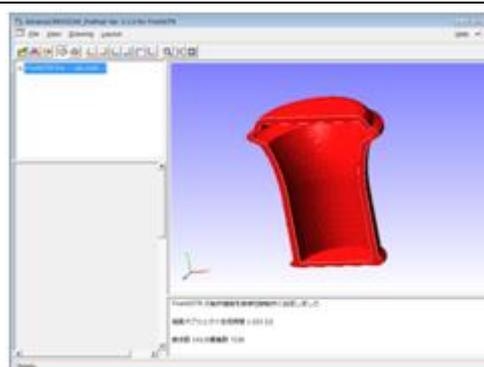
ワイヤーフレーム表示



グリッド表示



エッジ表示



サーフェス表示

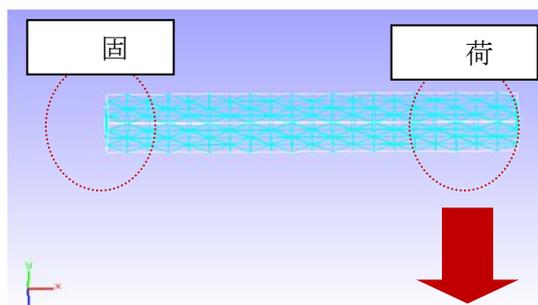
3D ビューではメッシュの面を選択して画面上で移動させることができる。

2 FrontISTR 弾性静解析（片持ち梁）

片持ちはりのたわみの計算を例にして、REVOCAP_PrePost の起動から終了までの一連の手順に従って使用方法を簡単に説明する。

2.1 解析の概要

解析の種類	弾性静解析
要素タイプ	四面体 1 次要素
節点数	525
要素数	1600
材料物性	アルミニウム
境界条件	左側を固定 右側に荷重を与える
ファイル	data/beam.msh
メッシュフォーマット	ADVENTURE_TetMesh

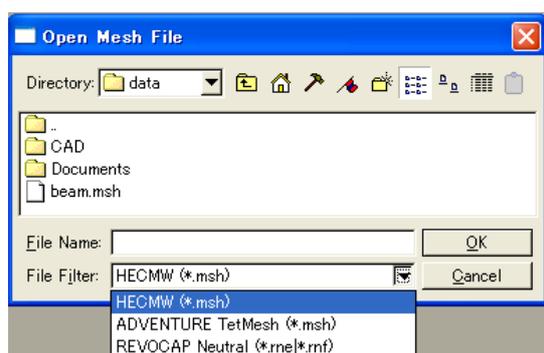


2.2 メッシュファイルの読み込み

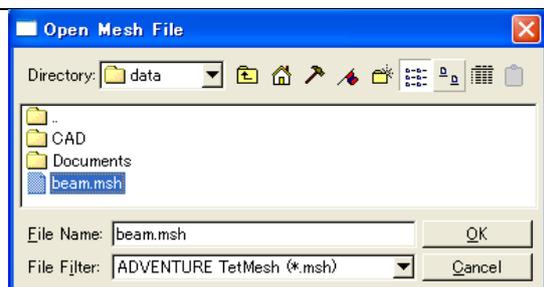
REVOCAP_PrePost では CAD ファイルからメッシュを生成する機能を備えているが、ここではこの操作は行なわない。作成済みのメッシュを利用して説明を進める。

2 FrontISTR 弾性静解析 (片持ち梁)

メッシュを読み込むには、File メニューから Open Mesh を選択する。するとファイルダイアログが表示されるので、希望のメッシュを選択する。このときファイルの種類指定のためにはダイアログの下部にある file filter のコンボボックスから適切なものを選択することに注意する。FrontISTR のメッシュファイルならば HECMW(*.msh) を選択する。ADVENTURE_TetMesh で作成されたメッシュを開くのであれば ADVENTURE TetMesh(*.msh) を選択する。REVOCAP_PrePost による中間ファイルを開くのであれば REVOCAP Neutral(*.rne|*.rnf)を選択する。適切なファイルを選択して OK ボタンを押せば 3DView にモデルが表示される。



ここでは ADVENTURE_TetMesh 形式のファイルである
Fstr\data\beam.msh を開く。



2.3 材料物性値の設定

次に、はりの材料の物性値を確認するために、TreeViewの「材料物性値」を選択すると、CustomPaneに図のような物性値が表示される。一番上のコンボボックスで登録済みの材料名の中から希望の材料名を選択すると、その材料の物性値が各項目に表示される。

もしこれらの値を変更し、新たな名前登録したい場合は、「材料物性値データベースへ追加」の「登録名」にその名前を記述し、「追加」ボタンを押す。

ここでは Aluminum の値をそのまま使うので確認するだけで構わない。

FrontISTR Pre -- beam.msh --

- ⊕ 計算格子
- ⊕ 解析の種類
- 材料物性値
- ⊕ 境界条件
- 時間変化
- ステップ解析
- ⊕ ソルバー
- ⊕ ツール

材料の名前

材料の名前を選択

材料物性値

モデル

降伏条件/タイプ

硬化則

	value
ポアソン比	0.345
ヤング率 [Pa]	7e+10
密度 [kg m ⁻³]	2690
線膨脹係数 [K ⁻¹]	2.5e-05

表示中のデータを更新します

材料物性値データベースへ追加

登録名

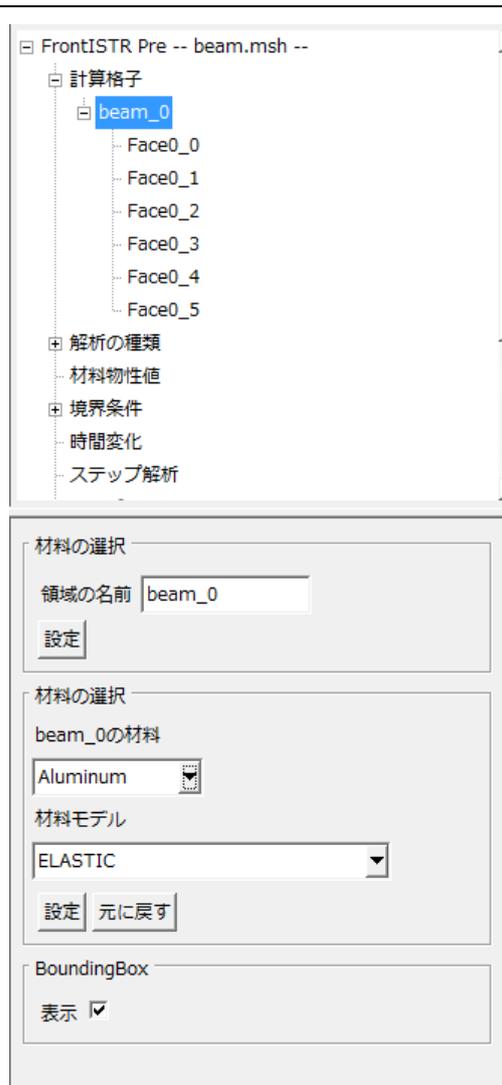
材料物性値データベースの保存

全データを CSV 形式で保存します

2 FrontISTR 弾性静解析（片持ち梁）

物性値をモデルに適用するには、図のように TreeView の「計算格子」から beam_0 を選択し、コンボボックスから材料の名前を選択し、「設定」ボタンを押す。物性値を新たに登録した場合はここの選択肢に追加されているので、選択することができる。非線形材料を使い場合は、材料モデルも適切なものを選択する。

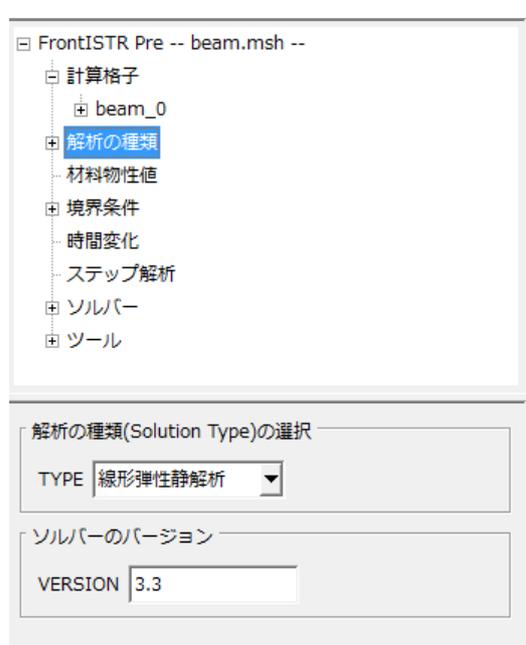
ここでは Aluminum を選択する。材料モデルは ELASTIC のままでよい。「設定」を押す。



2.4 解析の種類の設定

TreeView において解析の種類を選択すると、CustomPane に図のような項目が表示される。

ここではコンボボックスから解析の種類を選択する。FrontISTR には、線形弾性静解析、非線形静解析、固有値解析、熱伝導解析、動解析などの解析の種類がある。ここでは線形弾性静解析を選択する。



2.5 境界条件の設定

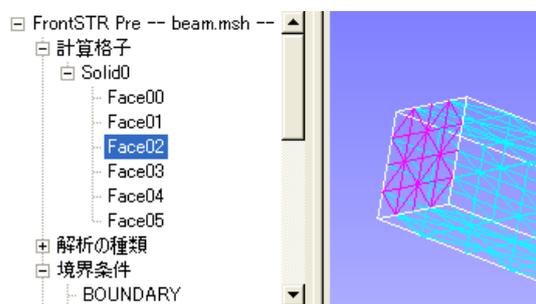
TreeView の境界条件の下位の項目を選択すると、CustomPane に境界条件設定用の画面が表示される。変位拘束条件や荷重条件などの境界条件を設定することができる。



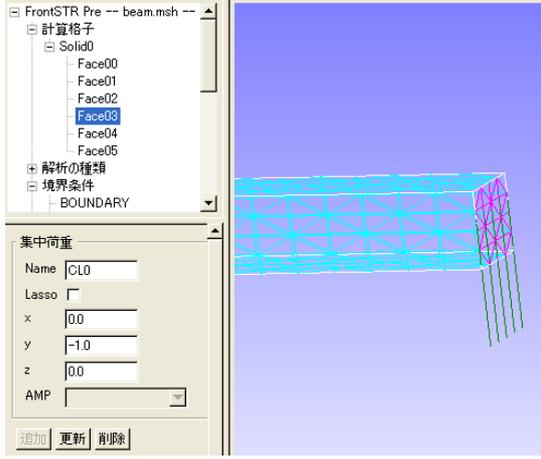
変位拘束条件の設定

TreeView における BOUNDARY を選択して、3DView において対象とする面を左クリックして選択する。選択されると面の色が変わると同時に図のように TreeView において面の名前の項目が表示される。

CustomPane において、必要なデータを入力し「追加」ボタンを押すと BOUNDARY の下に境界条件の名前が追加される。以上を繰り返すことにより、複数の条件を設定することができる。

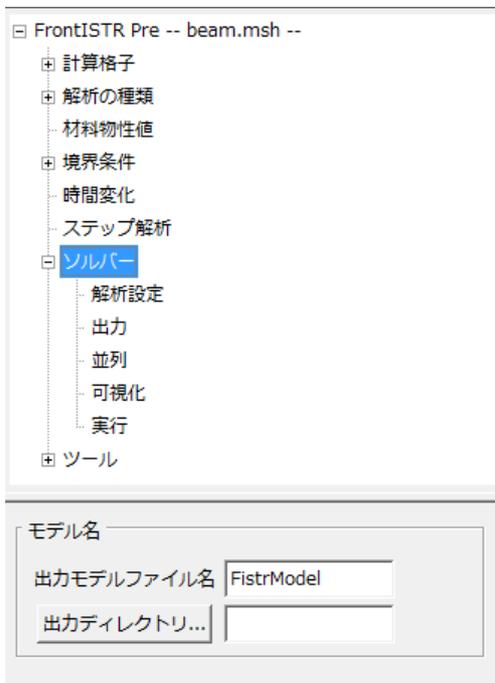


2 FrontISTR 弾性静解析 (片持ち梁)

<p>ここでは解析の概要に従って、左側の面 (x座標の小さい側の面) を拘束する。面を選択し、x、y、zを全て0.0として「追加」ボタンを押す。</p>	
<p>集中荷重の設定</p> <p>集中荷重の境界条件も同様の方法で設定する。TreeViewにおいてCLOADを選択するとCustomPaneに設定項目が表示される。数値を入力して「追加」ボタンを押すと、CLOADの下に集中荷重の名前が追加される。これを繰り返すことにより、複数の条件を設定することができる。</p> <p>ここでは、右側の面に集中荷重を与える。面を選択し、yの値を-1.0として「追加」ボタンを押す。</p>	

2.6 ソルバーの設定

出力ファイルの設定や線形ソルバーの条件などを設定する。

<p>まずは出力モデルファイル名を設定する。TreeViewにおいて「ソルバー」を選択する。出力モデルファイル名と出力ディレクトリを指定する。このファイル名はメッシュファイル、計算制御ファイル、計算結果ファイルの名前に使われる。</p> <p>ここでは規定値のFistrModelを使う。</p>	
--	--

2 FrontISTR 弾性静解析 (片持ち梁)

TreeView の「ソルバー」の下の「解析設定」を選択すると、図のようなパネルが表示される。ここで行列計算のソルバーの設定等を行う。

FrontISTR には反復法として CG 法、BiCGSTAB 法、GMRES 法、GPBiCG 法、さらに直接法が用意されている。

REVOCAP_PrePost では、これらとそれに対応する前処理法の設定をサポートしており、好みのものを選択することができる。

一般に、通常の計算では CG 法 (デフォルト) で十分であるため、ここでは規定値の設定のままとする。

FrontISTR Pre -- beam.msh --

- 計算格子
- 解析の種類
 - 材料物性値
- 境界条件
- 時間変化
- ステップ解析
- ソルバー
 - 解析設定**
 - 出力
 - 並列
 - 可視化
 - 実行
- ツール

線形ソルバ

線形ソルバ解法	CG
線形ソルバ(前処理)	(B)IC(0)
呼び出し	0
収束履歴出力	YES
計算時間出力	YES
反復回数	20000
Additive Schwartz 繰り返し数	2
クリロフ部分空間数	10
打ち切り誤差	1e-06
SIGMA_DIAG	1
SIGMA	0
THRESH	0.1
FILTER	0.1

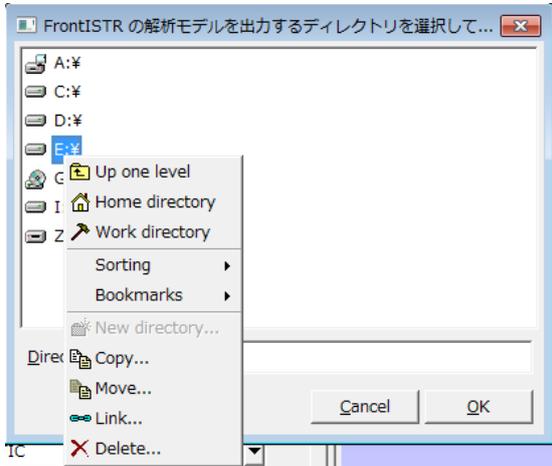
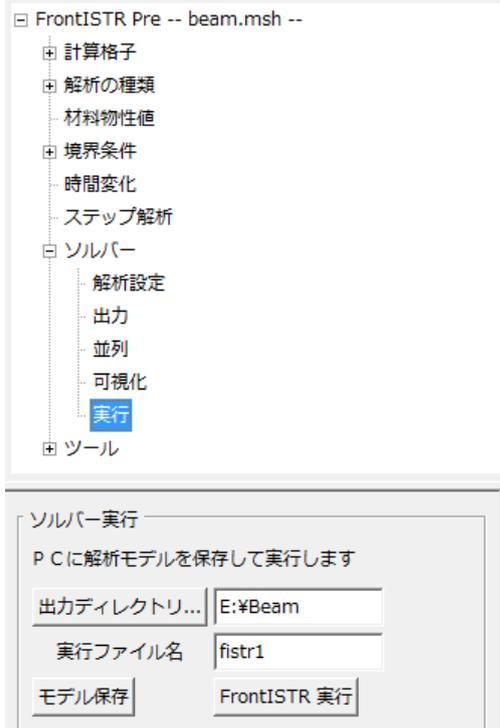
接触解析

アルゴリズム選択 拡張ラグランジュ乗数法

熱応力解析

熱伝導解析の結果ステップ数	
最初のステップ番号	
熱伝導解析の結果ファイル名	

2.7 計算

<p>これまでの設定内容を解析モデルとして保存する。</p> <p>Fileメニューから Save Model を選択すると、ダイアログが表示されるので、ファイルを保存するフォルダを選択する。新規にフォルダを作成したい場合は、希望のフォルダ上において右クリックをして、表示されたポップアップメニューから New Directory を選択する。</p> <p>OK ボタンを押すとそのフォルダにファイルが保存される。</p>	
<p>FrontISTR を実行するには TreeView の「ソルバー」の下の「実行」を選択し、CustomPane にある「FrontISTR 実行」ボタンを押す。計算が終われば「標準出力ログを開きますか」というメッセージが表示される。Yes ボタンを押すと、計算中の FrontISTR の標準出力を表示できる。</p>	

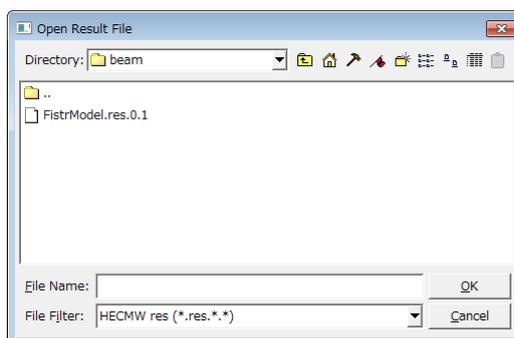
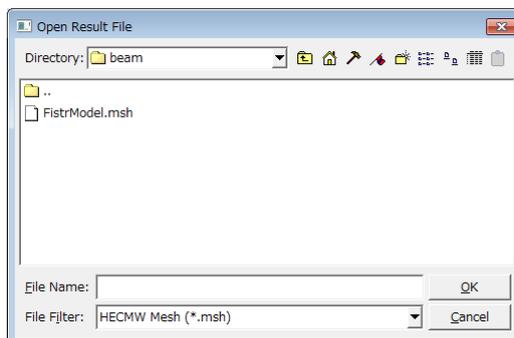
2.8 ポスト処理

ここでは REVOCAP_PrePost による可視化の方法を示します。

2 FrontISTR 弾性静解析 (片持ち梁)

File メニューから Open Result メニューを選択すると、ファイルダイアログが表示され、HECMW 形式のメッシュファイルを選択できる。これを選択した場合は引き続いて HECMW res 形式の計算結果ファイルを読み込む。MicroAVS の UCD 形式を選択することもできる。

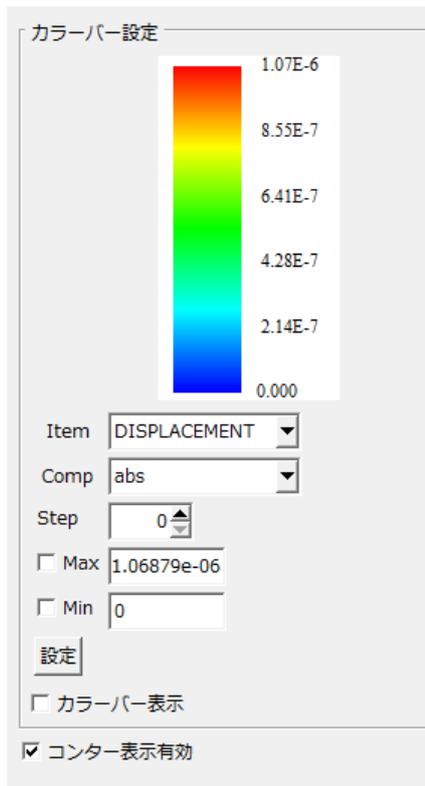
ここでは HECMW 形式のメッシュファイル FistrModel.msh と計算結果ファイル FistrModel.res.0.1 を読み込む。その後、TreeView にポスト処理用の項目が追加され、3DView にモデルが表示される。



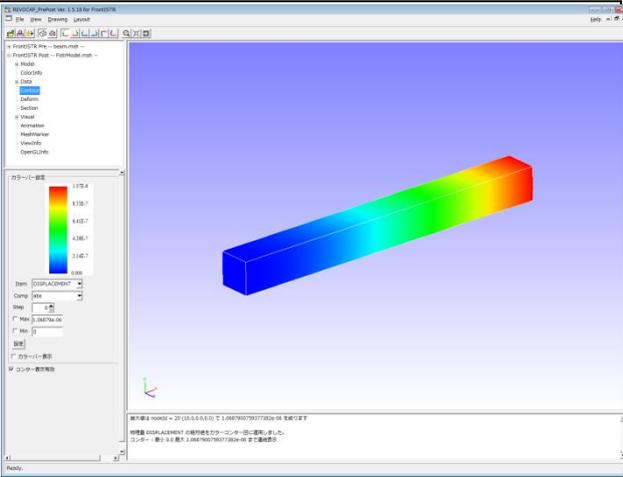
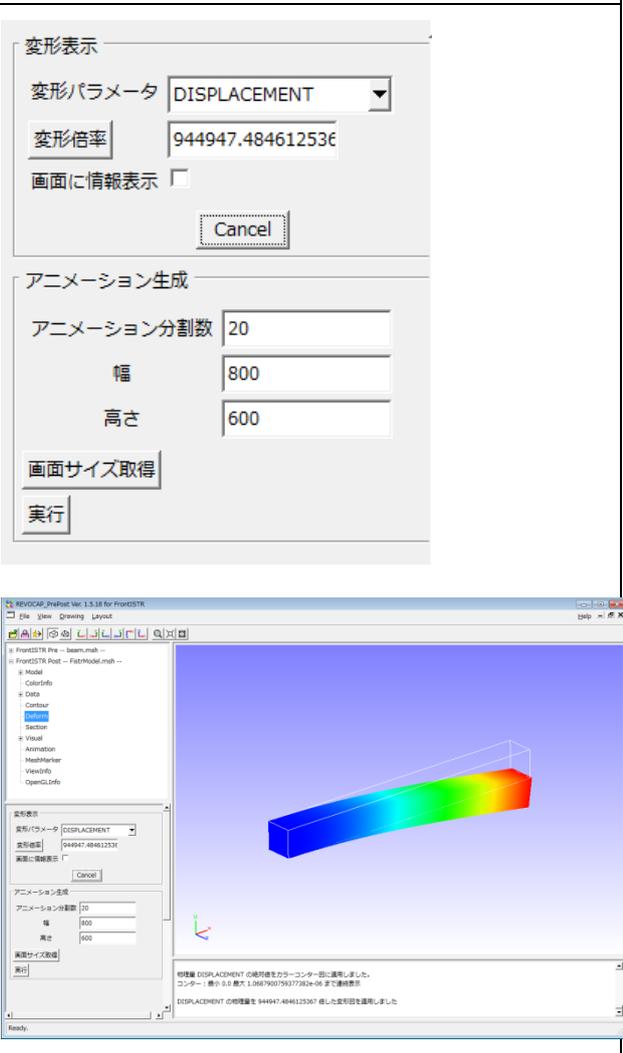
TreeView にある Contour を選択し、Item で DISPLACEMENT の項目を選び、「設定」ボタンを押すとカラーマップの最大最小値が自動的に計算される。「コンター表示有効」のチェックボックスを有効にすると、モデルの変形量（絶対値）がコンター表示される。

カラーマップの段階を変える場合は Step の数値を、最大最小を変える場合は Max および Min の数値を編集して「設定」ボタンを押す。

Comp によって、成分ごとのコンター表示も可能である。



2 FrontISTR 弾性静解析 (片持ち梁)

	
<p>モデルを変形表示するには、TreeView から Deform を選択する。「変形倍率」ボタンを押すと、適当な割合での変形倍率が計算される。</p> <p>「Apply」ボタンを押すと 3DView に変位を強調したモデルが表示される。同時に Apply ボタンは Cancel ボタンに変化する。</p>	

2.9 REVOCAP_PrePost の終了

以上で REVOCAP_PrePost を使用したシミュレーションの一連の手順が終了である。煩

2 FrontISTR 弾性静解析 (片持ち梁)

雑なファイルの管理、データ変換、その他コマンドプロンプトなどを使った操作等は不要で、ほとんどがボタン操作と必要最小限のデータ入力のみですむ。最後に File メニューから Quit を選択して REVOCAP_PrePost を終了する。

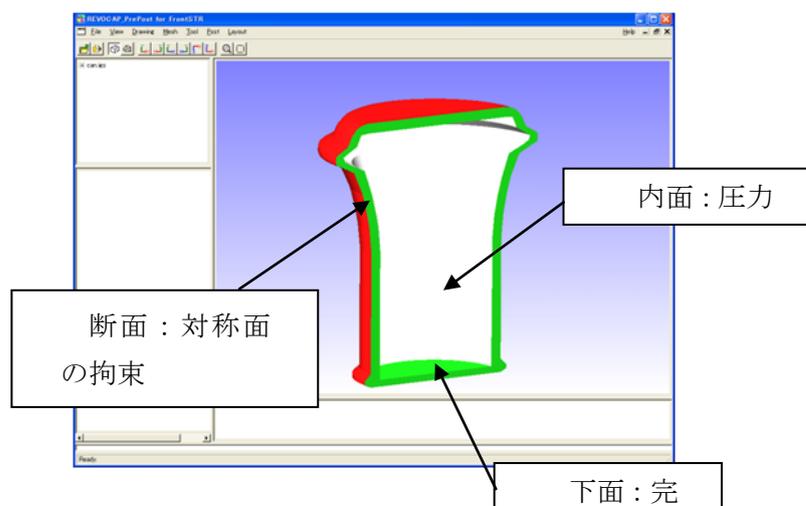
3 FrontISTR 弾性静解析 (アルミ缶)

3.1 解析の概要

空き缶に内圧をかけた場合の缶の挙動について解析を行う。

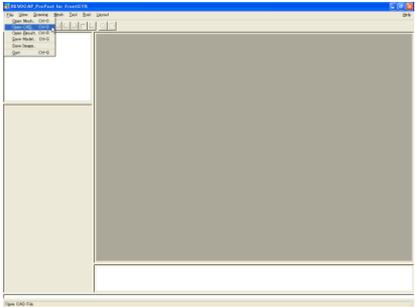
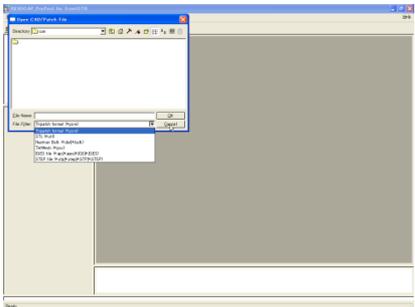
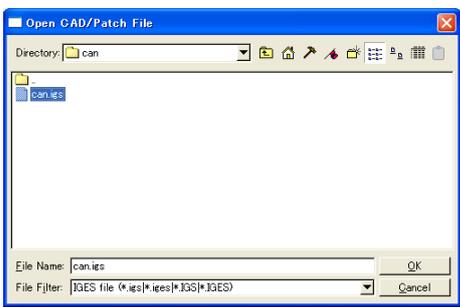
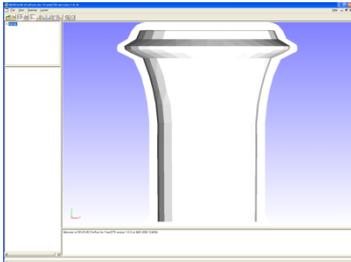
本解析では計算コストを考え対称モデルで行う。

解析の種類	弾性静解析
CAD モデル	data/CAD/can.igs
要素の種類	四面体 2 次要素 (REVOCAP_PrePost で生成)
材料物性値	アルミニウム
境界条件	下面完全固定 アルミ缶内部に圧力を与える



3-1 アルミ缶の解析概要

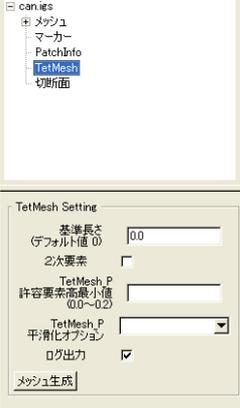
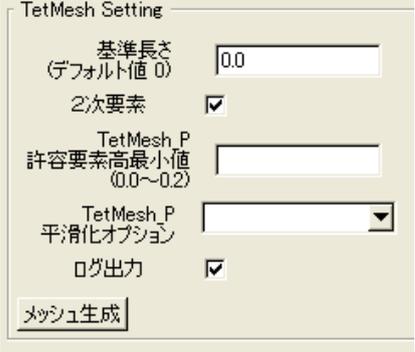
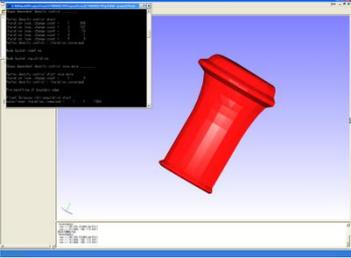
3.2 CAD データの読み込み

<p>CAD データを読み込む。 メニューの File から Import CAD を選択する。</p>	
<p>IGES ファイルはフォルダの data\CAD に保存されている。そのフォルダに移動し、ダイアログの File Filter を IGES file (*.igs *.iges *.IGS *.IGES) にする。</p>	
<p>can.igs を選択する。</p>	
<p>can.igs が REVOCAP_PrePost に読み込まれる。</p>	

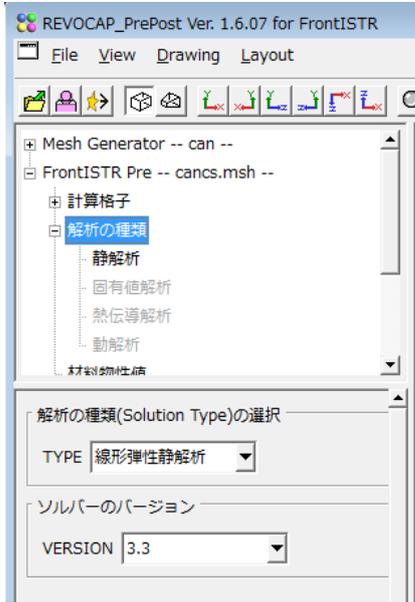
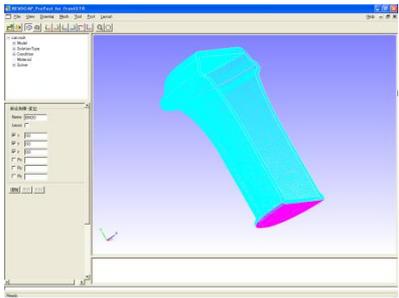
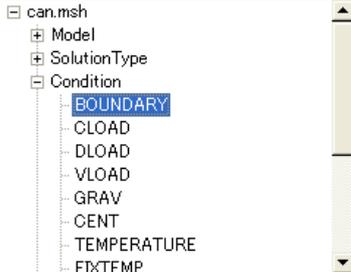
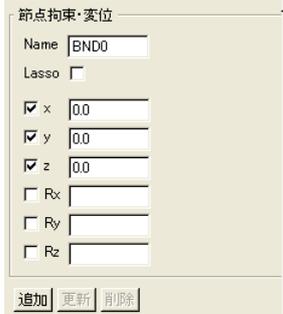
3.3 メッシュ生成

読み込んだ形状ファイルからメッシュを生成する手順を説明する。

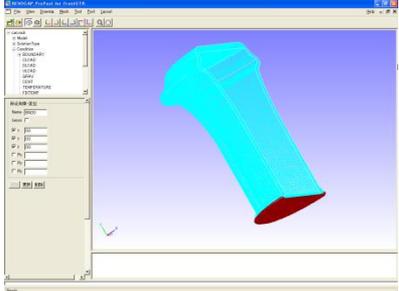
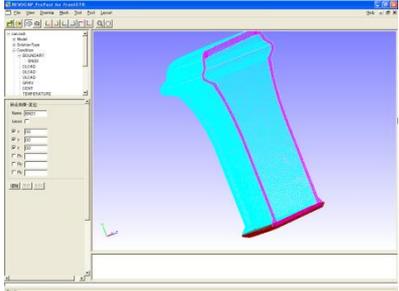
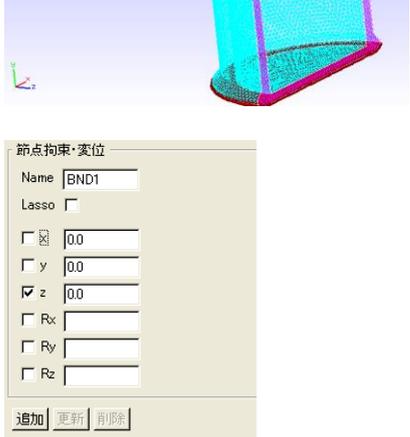
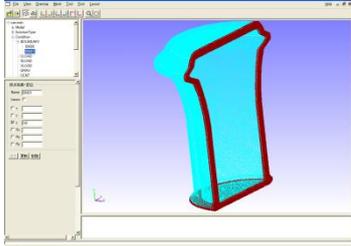
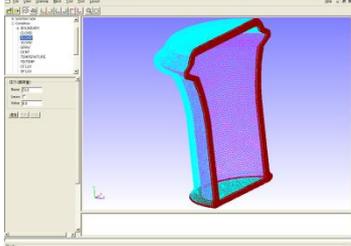
3 FrontISTR 弾性静解析 (アルミ缶)

<p>Treeview の TetMesh を選択する。</p>	 <p>The screenshot shows a treeview on the left with 'TetMesh' highlighted. To the right is the 'TetMesh Setting' dialog box. The settings are: '基準長さ (デフォルト値 0)' set to 0.0, '2次要素' checked, 'TetMesh_P 許容要素高最小値 (0.0~0.2)' empty, 'TetMesh_P 平滑化オプション' set to a dropdown menu, and 'ログ出力' checked. A 'メッシュ生成' button is at the bottom.</p>
<p>ここではメッシュの次数の選択、粗密制御などが行うことができる。今回は2次要素にチェックを入れてあとは規定値を使用する。</p> <p>メッシュ生成ボタンを押すと、メッシュ生成プロセスが開始する。</p>	 <p>This is a close-up of the 'TetMesh Setting' dialog box. The '2次要素' checkbox is checked. Other settings are: '基準長さ (デフォルト値 0)' is 0.0, 'TetMesh_P 許容要素高最小値 (0.0~0.2)' is empty, 'TetMesh_P 平滑化オプション' is a dropdown menu, and 'ログ出力' is checked. The 'メッシュ生成' button is visible at the bottom.</p>
<p>メッシャーが起動し、コマンドプロンプトが表示される。</p> <p>メッシュの生成に成功すると、自動的にメッシュを開いて、FrontISTR の境界条件設定用の画面に切り替わる。</p>	 <p>The screenshot shows a 3D model of a red aluminum can. In the background, a command prompt window is open, displaying text. The interface is in Japanese.</p>

3.4 解析の種類、境界条件設定

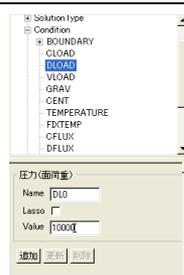
<p>はじめに解析の種類の設定を行う。 TreeView の「解析の種類」をクリックする。解析の種類の選択では「線形弾性静解析」とする。</p>	
<p>次に境界条件の設定を行う。 アルミ缶の下面を固定する境界条件を追加する。 3 DView の中で缶の下面を選択する(選択された面の色が変わる)。</p>	
<p>TreeView の「境界条件」をクリックし、「BOUNDARY」を選択する。 (FrontISTR では、拘束条件および強制変位は BOUNDARY 条件で与える。)</p>	
<p>ここでは全方向の拘束を与えるので規定値の状態を追加を押す。 (変位の値が0.0であることと拘束とは同義である。)</p>	

3 FrontISTR 弾性静解析 (アルミ缶)

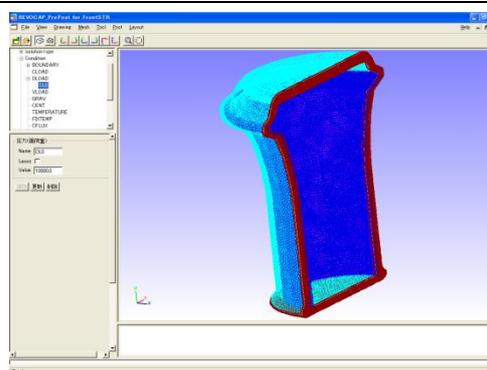
<p>拘束条件を与えた個所に茶色のアイコンが付き、拘束条件が与えられたことが確認できる。このとき、TreeView の境界条件「BOUNDARY」の下にも項目が追加されていることに注意する。</p>	
<p>続いて缶を半分にしていて断面にも対称境界条件を与える。 缶の対称面を選択し、TreeView の境界条件の「BOUNDARY」を選択する。</p>	
<p>設定フォームに新たな境界条件の設定画面が表示される。断面に対して面对称であるから、Z 方向だけを拘束します。XY のチェックボックスを外し Z のみ有効にして、追加ボタンを押す。</p>	
<p>缶の断面に対称条件が与えられる。</p>	
<p>最後に缶の内面に圧力を設定する。 内圧を与えるアルミ缶の内側の面を選択する。</p>	

3 FrontISTR 弾性静解析 (アルミ缶)

TreeView の境界条件の「DLOAD」を選択すると設定フォームに圧力(面荷重)の設定画面が表示される。値に 10000 を入力して追加ボタンを押す。



メッシュ選択箇所(赤線)に圧力が与えられる。



3.5 材料物性値設定

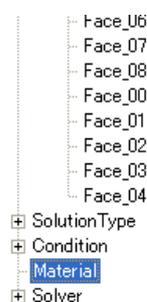
次にモデルの材料物性値を設定する。

REVOCAP_PrePost では材料物性値は

- ・ 同梱の材料データベースの値を用いる
- ・ ユーザーが任意に与える

2つの方法で与えることができる。手順としては、データベースに登録して、その材料物性値を領域に割り当てることになる。

TreeView の材料物性値を選択すると、設定フォームに設定画面が表示される。



3 FrontISTR 弾性静解析 (アルミ缶)

REVOCAP_PrePost では主要な材料についての材料物性値がデータベースに登録されている。ここではあらかじめ登録されている材料物性値の Aluminum を使うことにする。

材料の名前で Aluminum を選択する。弾性静解析を行うので材料モデルは ELASTIC にする。このとき、ポアソン比、ヤング率、密度、線膨脹係数が表示される。入力地として妥当なものかを確認する。

材料属性の名前
材料属性の名前 Aluminum

材料属性値
ヤング率[Pa] 7e+010
ポアソン比 0.345
密度[kg m⁻³] 2690
線膨脹係数[K⁻¹] 2.5e-005
熱伝導率[W m⁻² K⁻¹]
比熱[kg⁻¹ K⁻¹] 1e-006

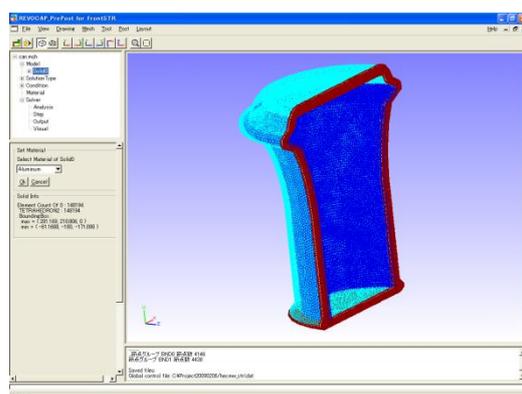
静解析・固有値解析・動解析ではヤング率、ポアソン比、密度、線膨脹係数が設定されている必要があります。
熱解析では熱伝導率と比熱が設定されている必要があります。

材料属性を別名でデータベースに追加 追加

材料属性データベースの保存
全データを CSV 形式で保存します 実行

物性値を領域に割り当てるには、TreeView の計算格子の下の項目の canc0 を選択する。設定フォームに材料の選択画面が表示されるので、材料名を Aluminum、材料モデルを ELASTIC にして設定ボタンを押す。

これで領域にメッシュに割り当てられた。



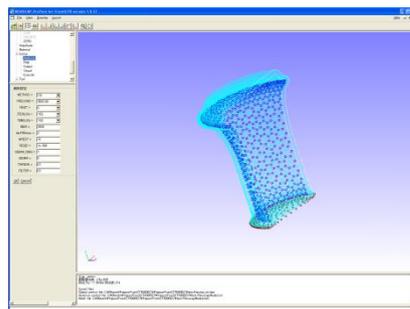
Set Material
Select Material of Solid0
Aluminum
Ok Cancel

3.6 計算条件の設定

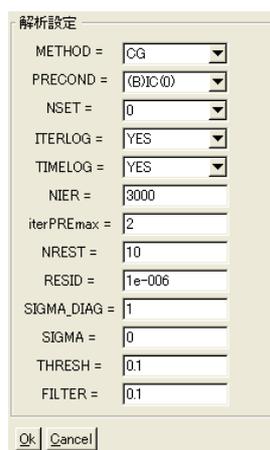
FrontISTR で使用する計算条件を設定する。ここでは反復法の収束回数などを定義する。

3 FrontISTR 弾性静解析 (アルミ缶)

TreeView のソルバーの下の「解析設定」を選択する。



今回の計算では規定値の数値で計算は可能なため、そのまま OK ボタンを押す。



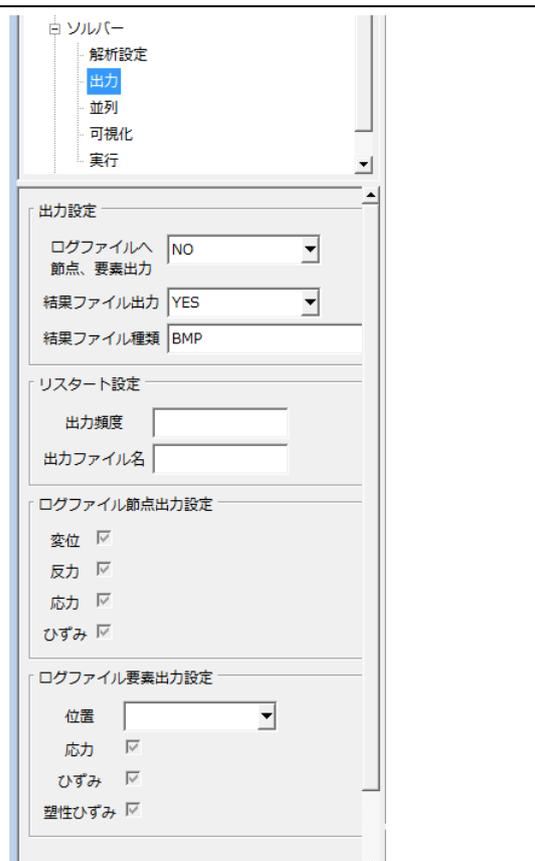
3.7 出力設定

ここでは解析結果を画像ファイルで出力する方法を行う。

3 FrontISTR 弾性静解析 (アルミ缶)

TreeView のソルバーの「出力」を選択すると、出力設定の画面が設定フォームに表示される。

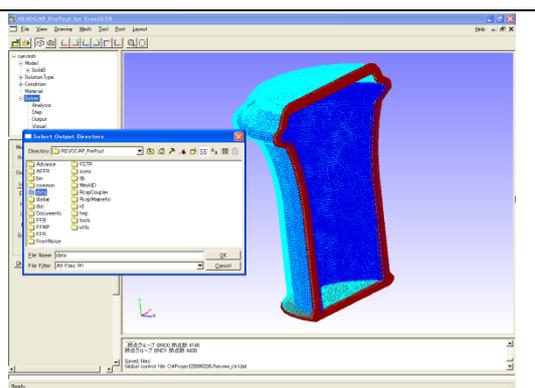
結果ファイルの種類を BMP とする。



3.8 ファイル出力

FrontISTR 用の解析モデルをファイルに出力する。

メニューの File の Save Model を選択します。



3 FrontISTR 弾性静解析 (アルミ缶)

ディレクトリ選択用のダイアログが表示されるのでフォルダを選択する。新しいフォルダを作成する場合は、右クリックでポップアップメニューを出す。

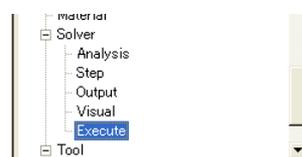
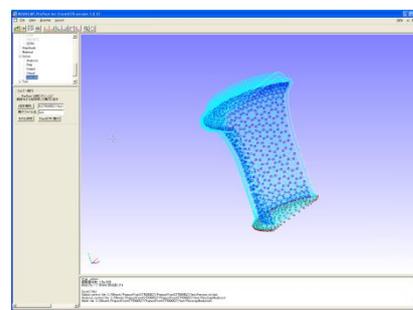
OK ボタンを押すと指定したフォルダに FrontISTR 用解析モデルが出力される。



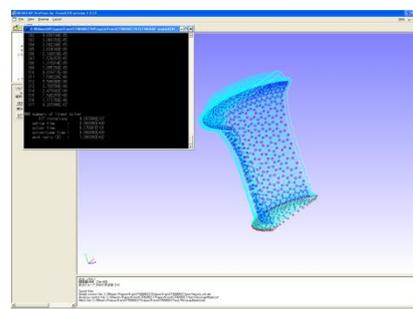
3.9 FrontISTR の実行

REVOCAP_PrePost から FrontISTR を実行する。

Treeview のソルバーの下での「実行」の項目を選択すると、設定フォームにソルバー実行のための画面が表示される。主都カディレクトリと実行ファイル名を確認して「FrontISTR 実行」ボタンを押す。

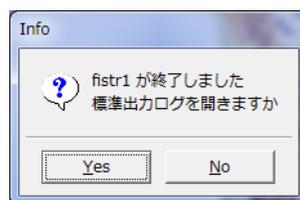


FrontISTR が起動する。FrontISTR の計算が終了するまで待つ。モデルの規模によって計算時間は異なる。



3 FrontISTR 弾性静解析 (アルミ缶)

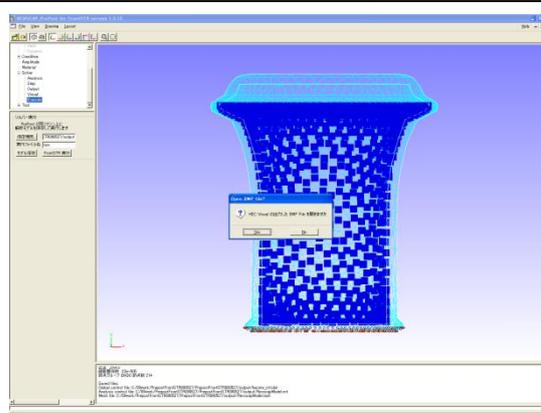
終了すると、ダイアログが表示される。



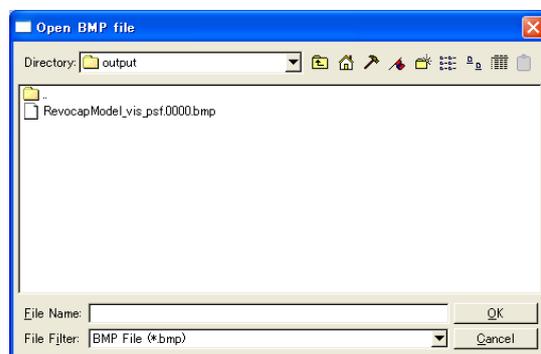
3.10 ポスト処理

解析を行った結果を FrontISTR から出力される BMP ファイルで確認する。

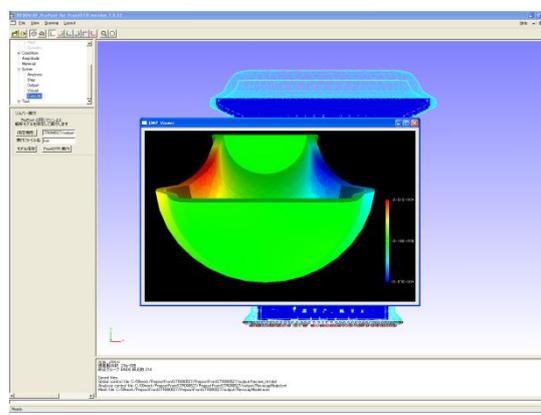
FrontISTR の実行後、Open BMP File のダイアログが表示されます。ここで YES を選択すると、Open BMP file のダイアログが現れる。



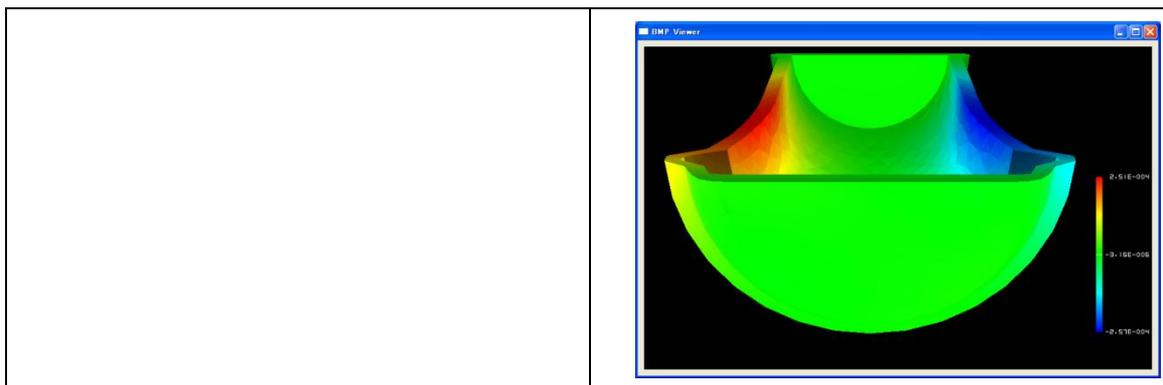
このダイアログで BMP ファイルを選択する。



FrontISTR の計算結果が表示される。
デフォルトでは X 方向変位のコンターが表示される。



3 FrontISTR 弾性静解析 (アルミ缶)

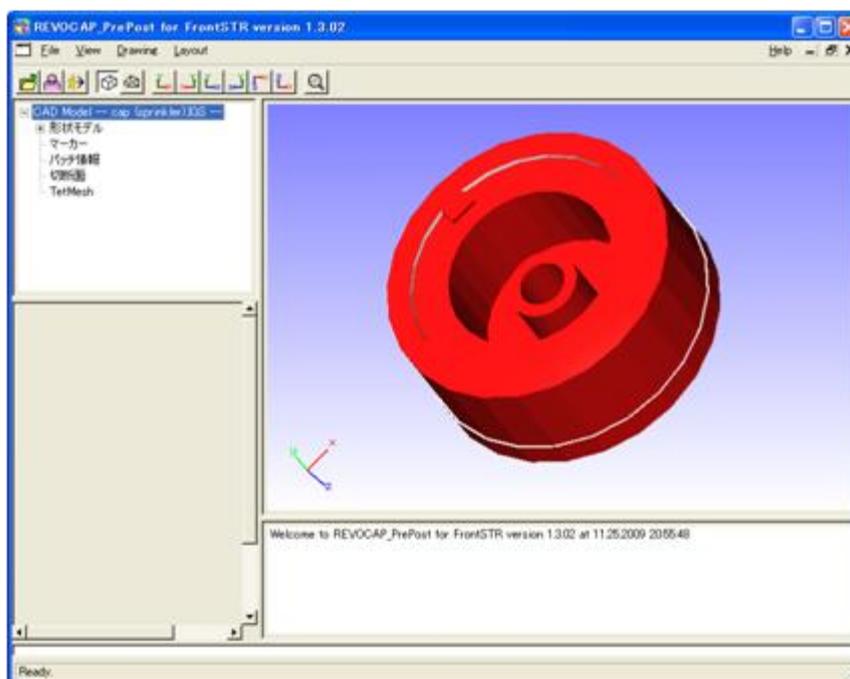


4 FrontISTR 弾性静解析 (キャップ)

4.1 解析の概要

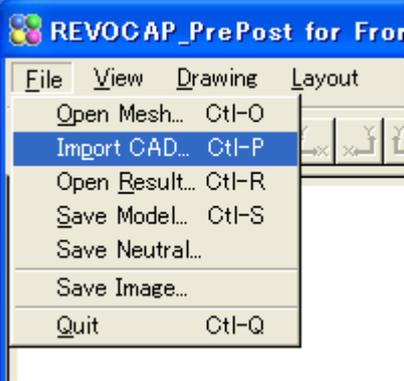
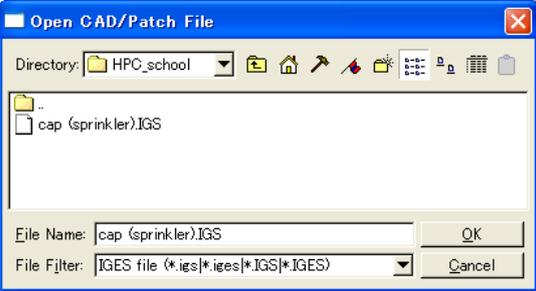
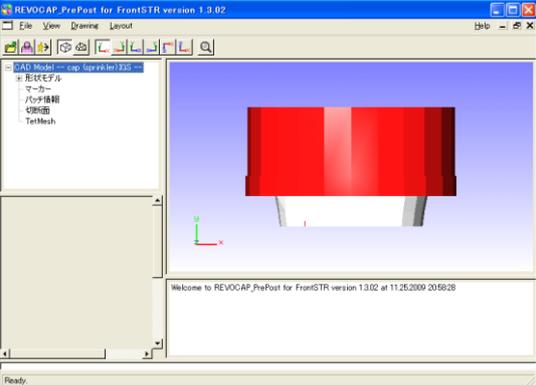
キャップ部品に圧力をかけた場合の挙動について解析を行ないます。

解析の種類	弾性静解析
CAD モデル	data/CAD/cap.igs
要素タイプ	四面体 2 次要素 (REVOCAP_PrePost で生成)
境界条件	完全固定 キャップ部品に圧力を与える
物性値	アルミニウム



4-1 キャップ部品

4.2 CAD データの読み込み

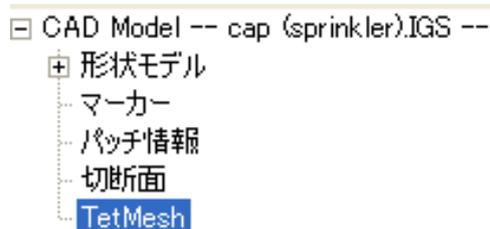
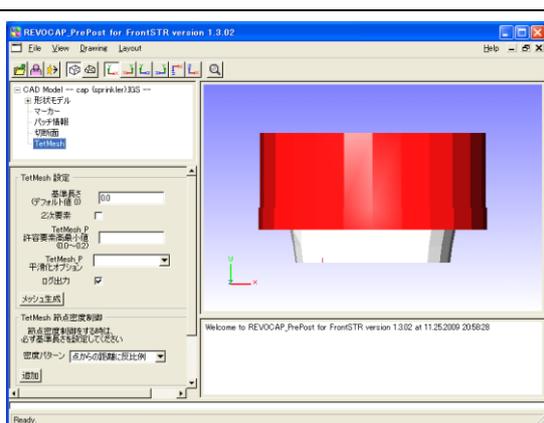
<p>CAD データを読み込みます。 メニューの File から Import CAD を選択します。</p>	
<p>IGES ファイルはフォルダの data¥CAD に保存されています。そのフォルダに移動します。ダイアログの File Filter を IGES file (*.igs *.iges *.IGS *.IGES) にします。 cap.IGS を選択し、OK ボタンを押します。するとファイルが REVOCAP_PrePost に読み込まれます。</p>	
<p>3DView にモデルが表示されます。</p>	

4.3 メッシュ生成

読み込んだ IGES ファイルからメッシュを生成します。

4 FrontISTR 弾性静解析 (キャップ)

ファイル名が表示されている TreeView において、その先頭のプラス記号をクリックするとツリーが展開します。逆にマイナスをクリックするとツリーは収縮します。それらの項目の中にある TetMesh 上で左クリックをします。すると CustomPane においてメッシュ生成のための設定画面が表示されます。

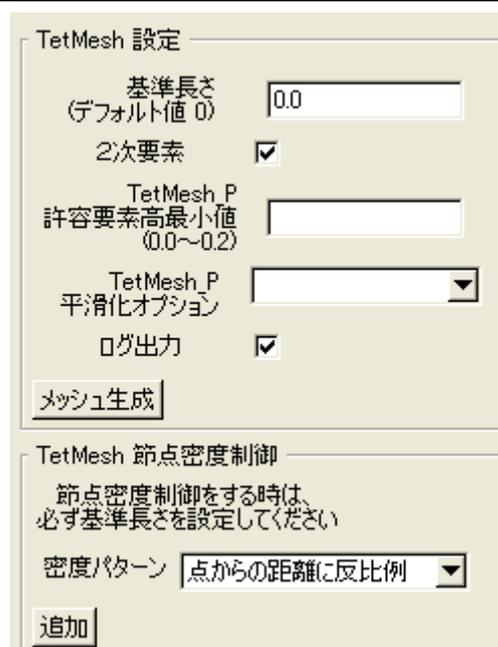


メッシュの粗密・一次要素二次要素の選択基準長さなどの設定がおこなえます。

二次要素にチェックを入れると二次要素のメッシュが生成されます。

基準長さの項目では、0 のままにするとデフォルト値が利用されます。設定する場合は値を入力してください。

節点密度制御をする場合は、TetMesh 節点密度制御の欄で、密度パターンを選択し、追加ボタンを押してください。この場合は基準長さの設定が必須となります。ここでは 1.0 にします。

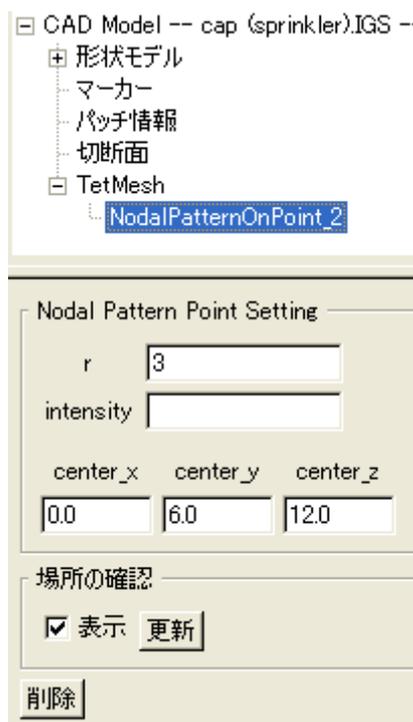


4 FrontISTR 弾性静解析 (キャップ)

節点密度制御の項目で追加ボタンを押すと、TreeView の TetMesh の項目の下に新たに項目が追加されます。同時に CustomPane にも設定画面が表示されます。

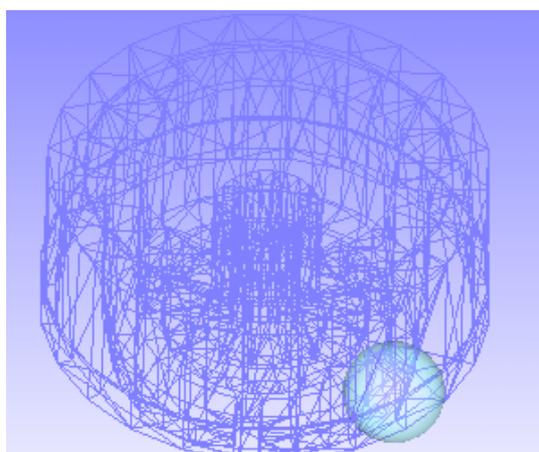
ここでは密度パターンに「点からの距離に反比例」を選択した場合の説明をします。

パラメータの値は右図のようにします。intensity の値は 5 程度にするとよいでしょう。



CustomPane では球の定義を行います。半径を r に、球の中心の点を x 、 y 、 z に入力してください。intensity には節点密度の倍率を入力します。

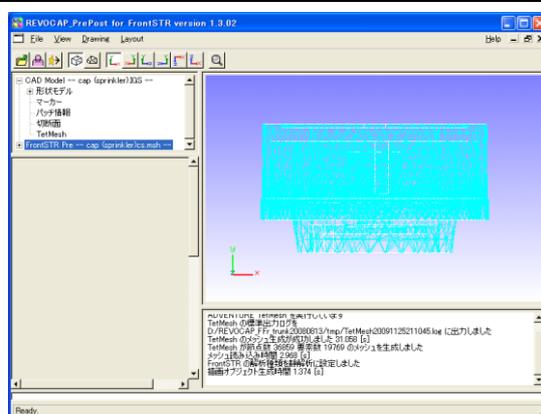
このとき、表示のチェックボックスをオンにすると、球の範囲が 3DView に表示されます。値を変更したときは更新ボタンを押してください。球が再描画されます。



設定が完了したら、メッシュ生成を実行するために、「メッシュ生成」ボタンを押します。

メッシャーが起動し、コマンドプロンプトが表示されます。

メッシュの生成に成功すると、自動的にメッシュを開いて、FrontISTR のための境界条件設定用の画面に切り替わります。

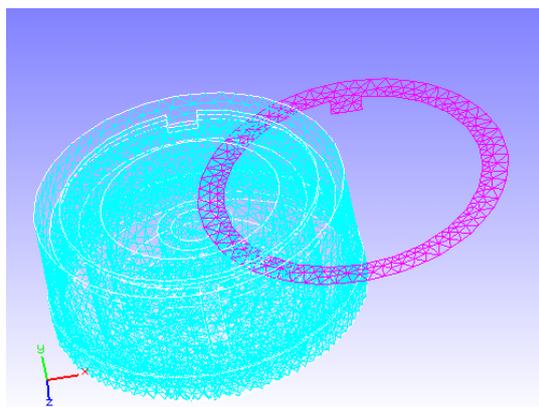


4 FrontISTR 弾性静解析 (キャップ)

メッシュの面は、面ごとに選択できます。このとき、画面上で動かすことができます。

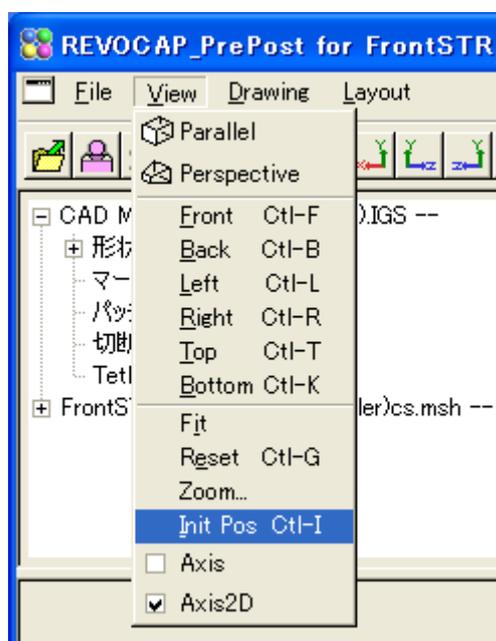
面は左クリックを押して選択します。この時選択面の色が変わります。

左クリックを押したままマウスを操作すると面が移動します。



元の位置にメッシュを戻すにはメニューの View から Init Pos を選択します。

移動した面が元の位置に戻ります。



4.4 解析の種類の設定

今回は静解析を行います。

TreeViewの「解析の種類」を選択します。

CustomPaneのTypeのTYPE= の▼をクリックして、Staticを選択します。

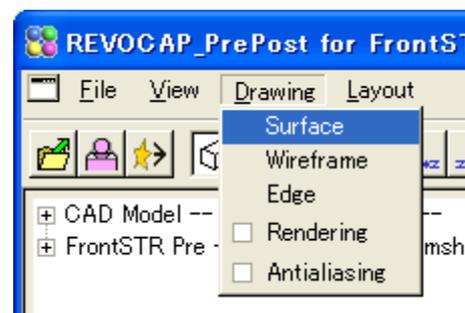


4.5 境界条件の設定

境界条件の設定を行います。3つの面を対象とします。

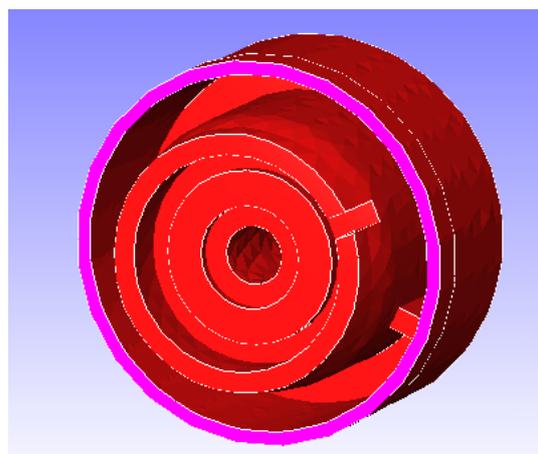
1つ目の面を固定します。

面の選択を容易にするために、メッシュの表示方法を見やすいように変更します。DrawingメニューからSurfaceを選択してください。これまでは網目上のWireframeでの表示でしたが、Surfaceにすると面が見やすいです。



4 FrontISTR 弾性静解析 (キャップ)

まずメッシュの下面を選択します。選択する方法は2つあります。1つは3DViewにおいてモデルの面を左クリックする方法です。もう1つはTreeViewの「計算格子」、「Solid0」、「Face06」と順に選択する方法です。選択すると面の色が変わります。

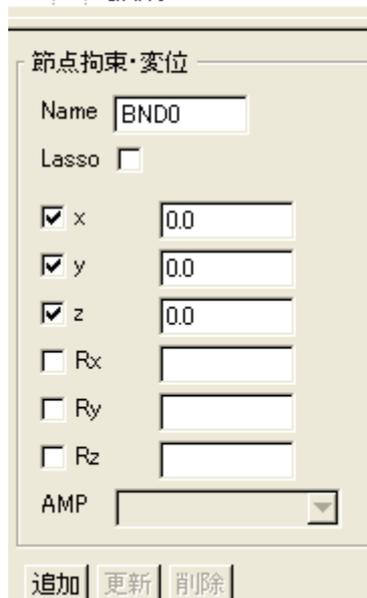
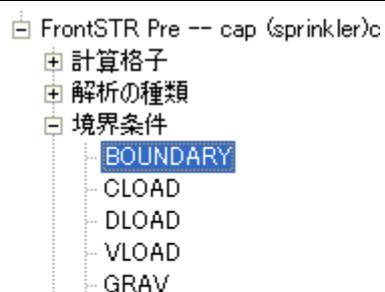


画面左側 TreeView の capc.msh の「境界条件」の BOUNDARY を選択します。

BOUNDARY は拘束条件のことになります。

0.0 となっていれば選択した箇所が動かないということになるので拘束と同義となります。

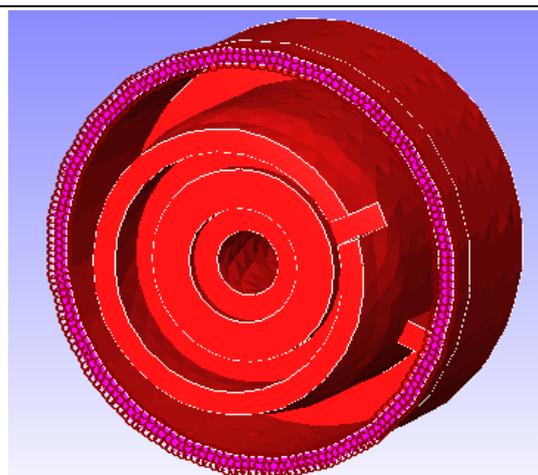
今は XYZ 方向に拘束を行うのでデフォルトの状態です。「追加」ボタンを押します。



4 FrontISTR 弾性静解析 (キャップ)

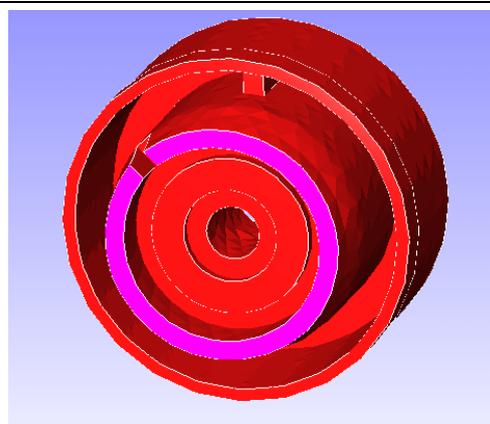
拘束条件を与えた面に小さな茶色のアイコンが無数に付き、拘束条件が与えられたことが確認できます。

また TreeView の BOUNDARY の下に新しい項目が追加されます。その項目の名前は Name の項目の文字列になります。



2つ目の面に圧力を設定します。

内圧を与える面を選択します。キャップ部品の内側の面を選択します。面の名前は Face09 です。



画面左の TreeView の DLOAD を選択します。

TreeView の下に圧力の設定画面が表示されます。

Value に数値を入力します。-1 MPa の設定なので、ここでは Value の項目に-1 を入力します。

追加ボタンを押します。

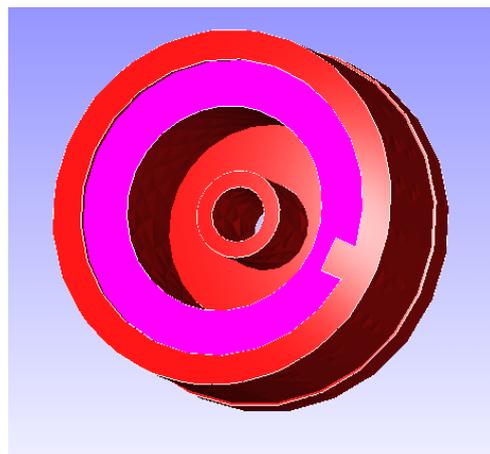
メッシュ選択箇所に圧力が与えられます。



4 FrontISTR 弾性静解析 (キャップ)

3つ目の面にも圧力を設定します。

Face07 の面を選択してください。ここでは 1 MPa の設定をします。Value の項目には 1 を入力します。その他の設定方法は前回と同様です。



4.6 物性値設定

物性値をモデルに与えます。物性値は、材料データベースから材料属性の名前を選択できます。このデータベースにユーザーが登録することも可能です。

4 FrontISTR 弾性静解析 (キャップ)

TreeView の「材料属性」を選択します。
TreeView の下に物性値の設定画面が表示されます。

ここではまず Aluminum を選択します。

材料属性の名前の▼を選択します。物性値の一覧が表示されるのでその中の Aluminum を選択します。選択すると

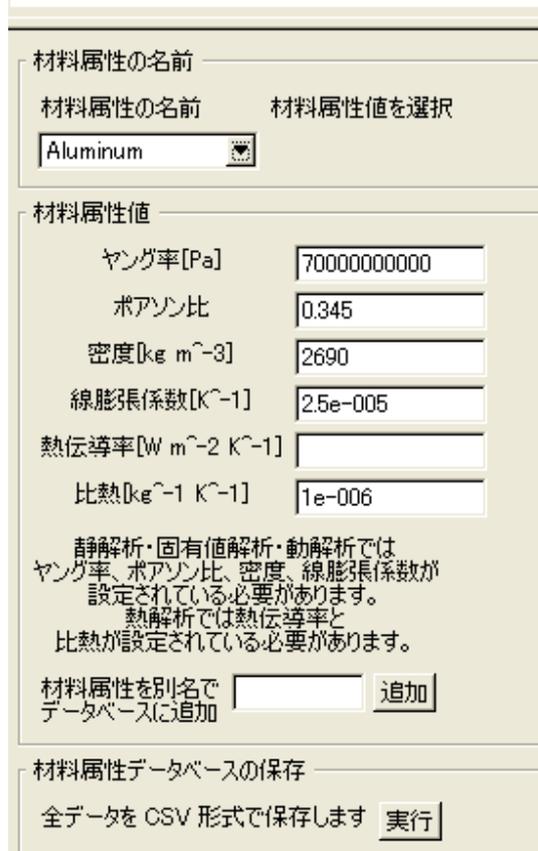
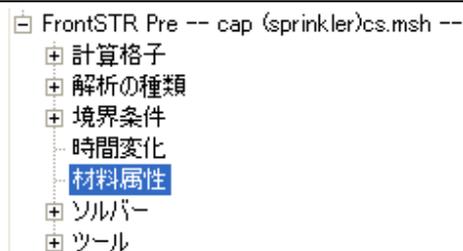
ヤング率から比熱まで数値が表示されます。

ここではこの値を元に新しいデータを登録します。現在のデータのヤング率の単位は[Pa]ですが、モデルが mm 単位であるため、[Mpa]単位にする必要があります。

ヤング率の値を 70000 にします。その他の値は利用しませんのでそのままでも結構です。

「材料属性を別名でデータベースに追加」の項目に AL と入力して「追加」ボタンを押します。

これでデータが登録されました。

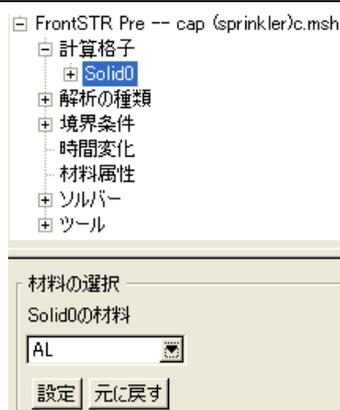


TreeView の「計算格子」の下の Solid0 を選択します。CustomPane に「材料の選択」が表示されます。

「Solid0 の材料」で AL を選択します。

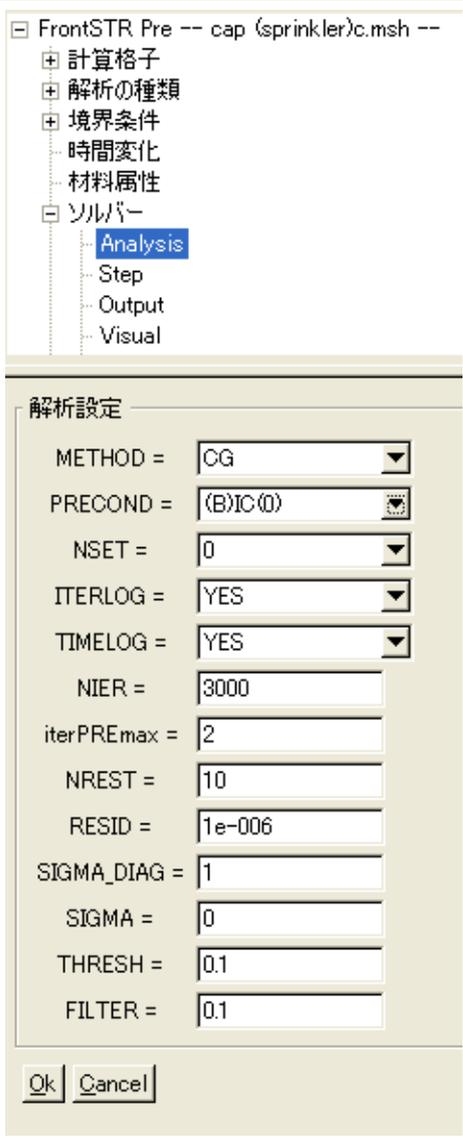
その後「設定」ボタンを押します。

これでメッシュに物性値が与えられました。



4.7 計算条件の設定

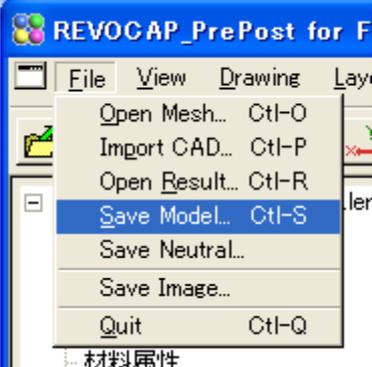
FrontISTR で使用する計算条件を設定します。ここでは反復法の収束回数などを定義します。

<p>TreeView の「ソルバー」の下の Analysis を選択します。</p> <p>今回の計算ではデフォルトの数値で計算は可能なため、そのまま OK ボタンを押します。</p> <p>その後 TreeView の「ソルバー」を選択し OK ボタンを選択します。</p>	 <p>FrontISTR Pre -- cap (sprinkler)c.msh --</p> <ul style="list-style-type: none">計算格子解析の種類境界条件時間変化材料属性ソルバー<ul style="list-style-type: none">AnalysisStepOutputVisual <p>解析設定</p> <p>METHOD = CG</p> <p>PRECOND = (B)IC(0)</p> <p>NSET = 0</p> <p>ITERLOG = YES</p> <p>TIMELOG = YES</p> <p>NIER = 3000</p> <p>iterPREmax = 2</p> <p>NREST = 10</p> <p>RESID = 1e-006</p> <p>SIGMA_DIAG = 1</p> <p>SIGMA = 0</p> <p>THRESH = 0.1</p> <p>FILTER = 0.1</p> <p>Ok Cancel</p>
---	---

4.8 ファイル出力

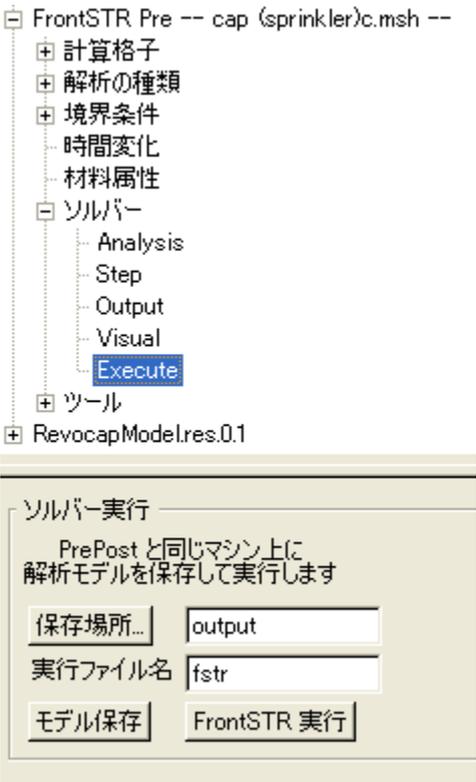
FrontISTR 用のファイルに出力します。ここではファイルを出力するフォルダの設定を目的とします。

4 FrontISTR 弾性静解析 (キャップ)

<p>メニューの File の Save Model を選択します。</p>	
<p>FrontISTR の解析モデルを出力するディレクトリを選択してくださいというダイアログが表示されるので保存したいフォルダを選択して OK を押して下さい。</p> <p>これで保存フォルダに FrontISTR 用ファイルが出力されました。</p>	

4.9 FrontISTR の実行

FrontISTR の実行は Windows 上、Linux 上で行なうことができます。ここでは Windows 上での実行方法の説明をします。

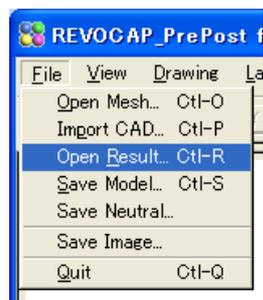
<p>TreeView から「ソルバー」、「Execute」と選択します。CustomPane に「ソルバー実行」が表示されます。</p> <p>ここで「FrontStr 実行」ボタンを押すと、FrontISTR が実行されます。</p>	
---	--

4.10 ポスト処理

FrontISTR の実行により作成したファイルが Windows 環境に存在するとします。ここで、計算結果のファイルを REVOCAP_PrePost で読み取り、3DView に表示します。

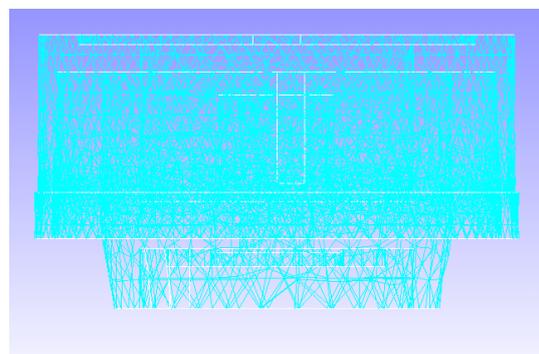
File メニューから Open Result メニューを開いてください。表示されるダイアログの File Filter から選択するファイルのタイプを選択します。選択肢は以下の 2 つです。

- HECMW Mesh (*.msh)
- Micro AVS UCD (*.inp)

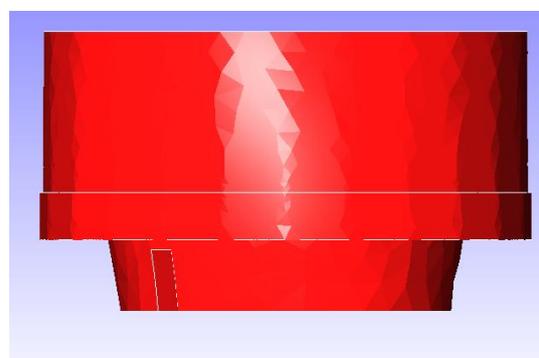
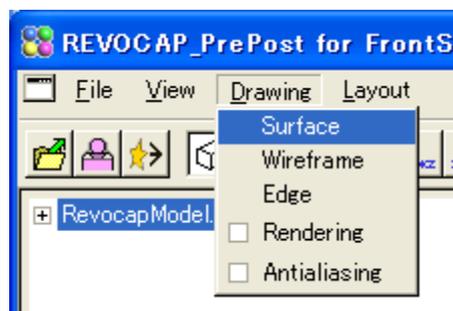


ファイルを選択して OK ボタンを押します。HECMW メッシュファイルの場合は、つづいて res 計算結果ファイルの選択をする必要があります。

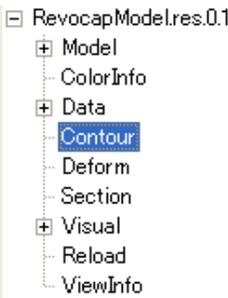
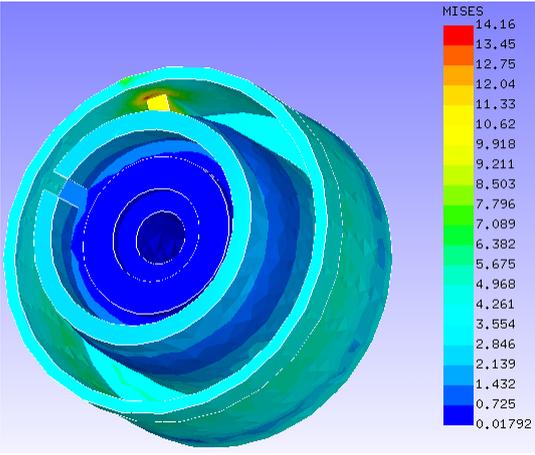
3DView にモデルが wireframe 表示されます。



Drawing メニューから Surface を選択すると、Surface 表示にすることができます。



4.11 コンター表示

<p>モデルが表示されたあとは、まずはコンターの表示をします。TreeView から Contour の項目を選択します。</p>	
<p>ここでは Item から MISES を選択します。 Step に 20 を入力します。Step の数の色を用いてコンターが表示されます。ここで Step の値を 0 とすると、連続した色で表示されず。 Max と Min には表示する物理量の最大値と最小値の範囲を入力します。ユーザーが入力した値を利用する場合はチェックボックスをオンにしてください。一方、これらのチェックボックスがオフのときは、のちほど値が自動的に設定されます。このときの最大値は、モデルの物理量の最大値となります。</p>	
<p>設定ボタンを押すと、入力した設定が有効になります。 最後にコンター表示のチェックボックスをオンにすると 3DView にコンター図が表示されます。カラーバー表示のチェックボックスをオンにするとカラーバーが表示されます。</p>	

4.12 断面表示

つぎに断面を表示します。ここではコンターは有効にしてください。

4 FrontISTR 弾性静解析 (キャップ)

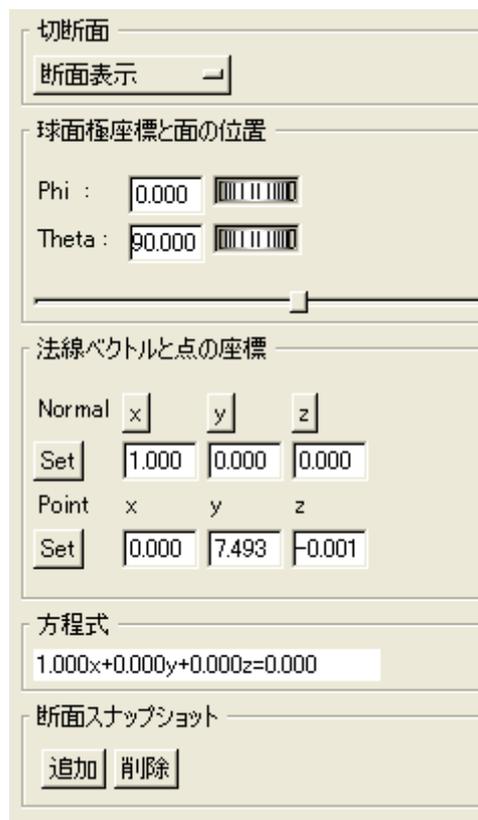
TreeView において Section を選択します。

「法線ベクトルと点の座標」の欄では

- 断面の向きの方線ベクトル(Normal)
 - 断面の位置を表わす点の座標(Point)
- を設定できます。法線ベクトルは x、y、z ボタンを押すと、それらの向きになります。

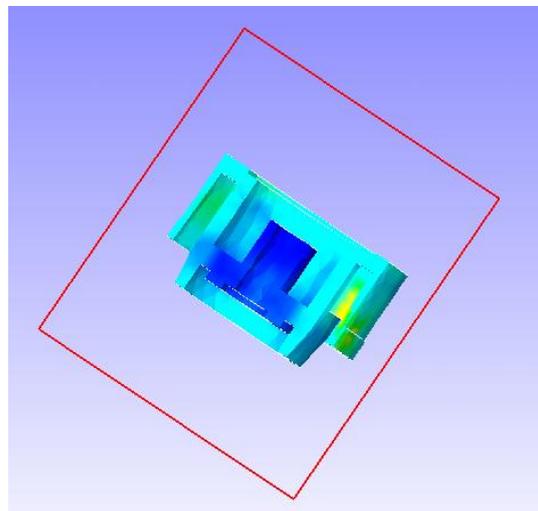
例えば x ボタンを押すと、断面の法線は x 軸と平行になります。

スライダのつまみをマウスでドラッグすると、切断面が移動します。このとき、Point の座標が変化します。

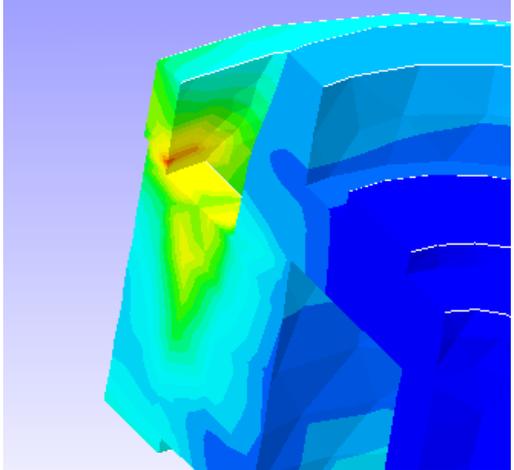
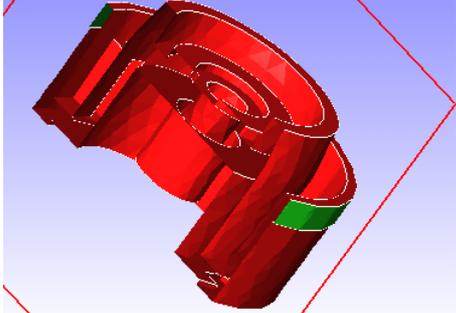
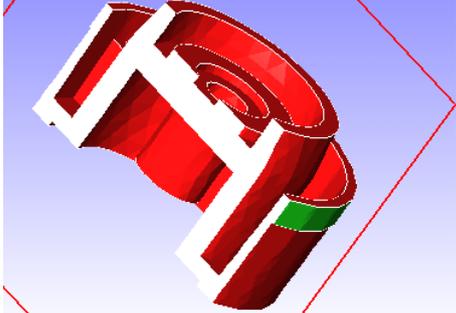
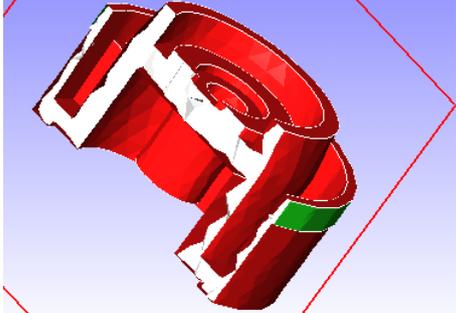


CustumPane の切断面の欄で「断面表示」を選択します。これにより、断面におけるモデルの物理量がコンター表示されます。

切断面は赤の枠で表示されます。



4 FrontISTR 弾性静解析 (キャップ)

<p>この図は応力の集中する点を拡大して断面を表示したものです。</p>	
<p>断面表示はコンターを無効にしても有効です。コンターを無効にするには、TreeViewの Contour を選択し、「コンター表示有効」のチェックボックスをオフにしてください。</p>	
<p>このとき、切断面の項目を変更した場合の描画について説明します。</p> <p>「有効」を選択すると、モデルがそのまま切断されます。</p>	
<p>「断面表示」を選択すると、断面が塗り潰されて表示されます。</p>	
<p>「断面要素表示」を選択すると、断面における要素が表示され、その結果断面に凹凸が表示されます。</p>	

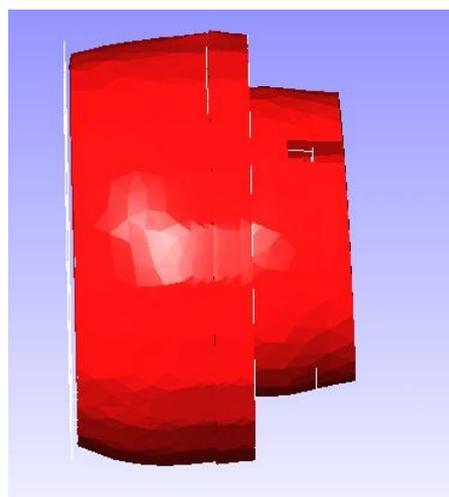
4.13 変形

3DView において、変位を強調して表示する方法を説明します。

TreeView の Deform を選択すると、CustomPane に「変形表示」が表示されます。ここで変形パラメータとして DISPLACEMENT を選択します。変形倍率を入力します。ここでは 1000 とします。

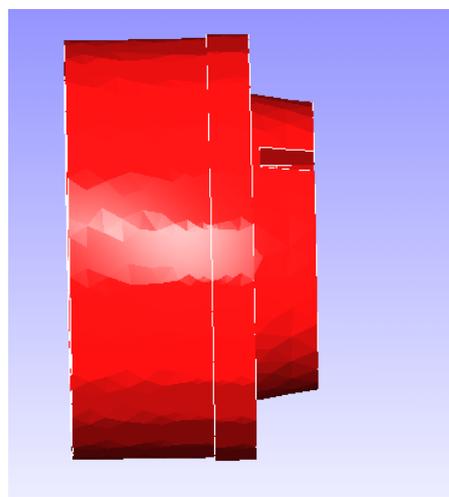


このとき、Apply ボタンを押すと、変形倍率の分、変位が強調されたモデルの表示がされます。また Apply ボタンは Cancel ボタンに変化します。



Cancel ボタンを押すと、変位の強調表示は無効になります。

なおこのとき、コンター表示は無効にしているかまいません。

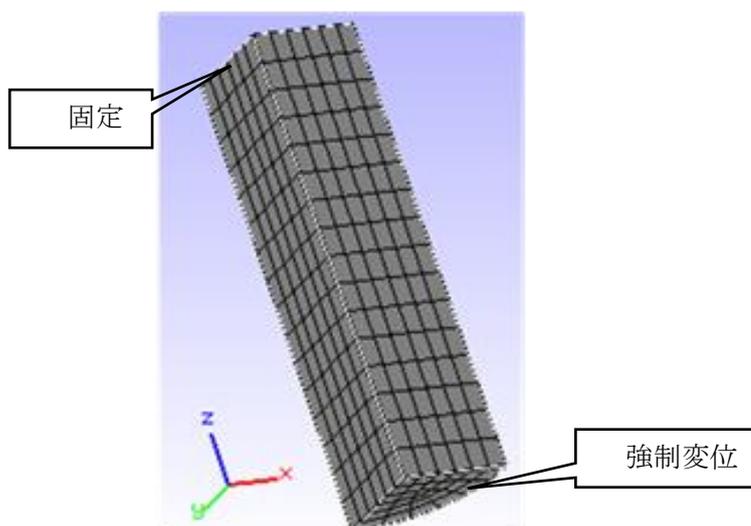


5 FrontISTR 弾塑性解析 (necking)

5.1 解析の概要

弾塑性解析の例題としてneckingの解析を行う。円柱の上面を固定し、下面に強制変位を与える。問題の対称性から4分の1モデルで解析を行う。

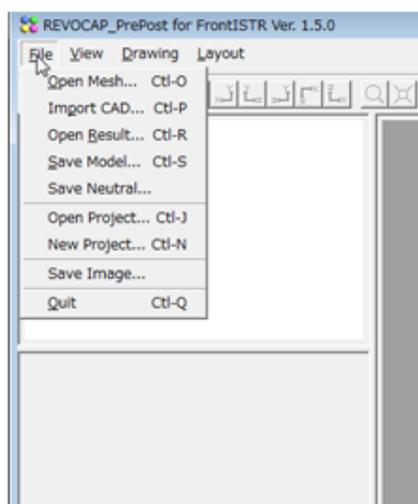
解析の種類	弾塑性静解析
要素タイプ	六面体1次要素
節点数	629
要素数	432
材料物性	スチール
境界条件	上面：固定 下面：変位 側面：対称境界条件
ファイル	FIstr/data/Necking/cylinder6.msh
メッシュフォーマット	ADVENTURE_TetMesh



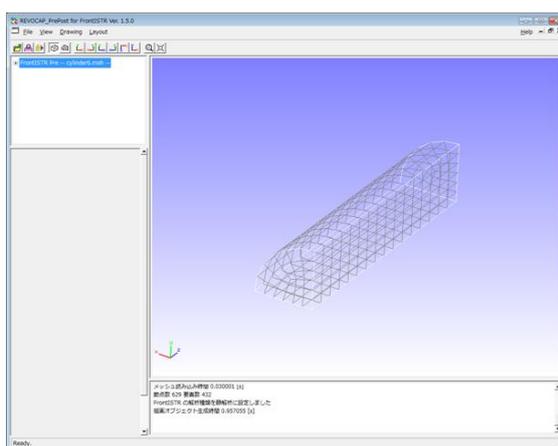
5 FrontISTR 弾塑性解析 (necking)

5.2 メッシュの読み込み

計算格子ファイルを読み込むには、File メニューから Open Mesh を選択する。するとファイルダイアログが表示されるので、目的のファイルを選択する。



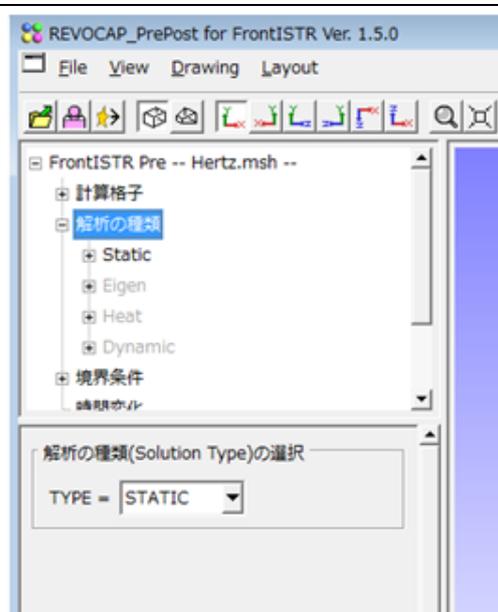
ここでは HECMW 形式の Fstr\data\Necking\cylinder6.msh を読み込む。この時、FileFilter で ADVENTURE_TetMesh (*.msh) を選択しておくことに注意する。正しく読み込まれると、3DView にモデルが表示される。



5.3 解析の種類の設定

「解析の種類」の項目を選択すると、左下の画面 (CustomPane) に解析の種類の設定用の画面が表示される。

規定値は線形弾性静解析である。ここでは弾塑性解析を行うので非線形性解析を選択する。



5.4 拘束条件の設定

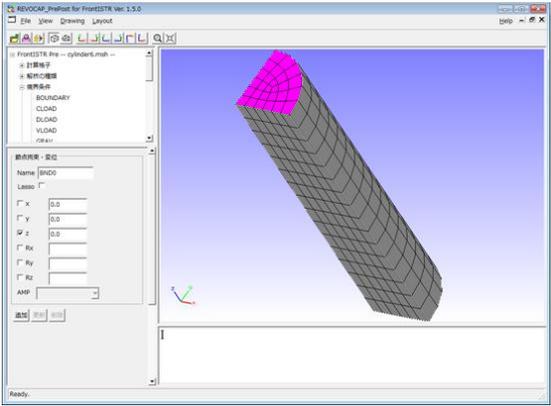
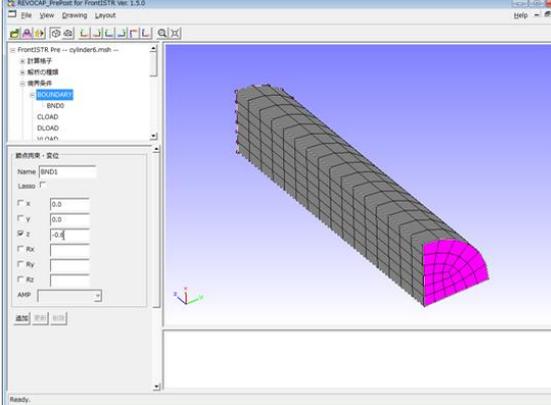
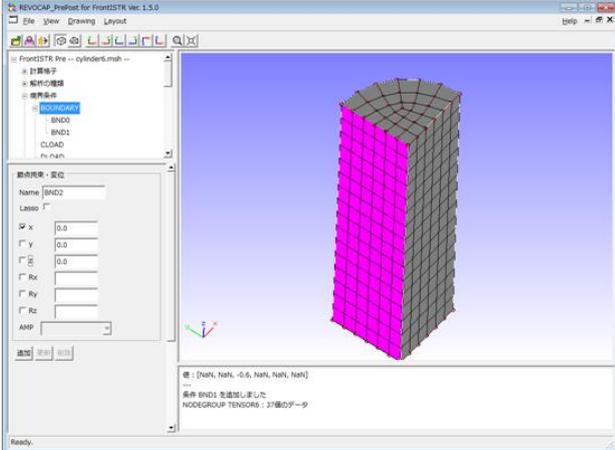
モデル上面の拘束と下面の強制変位、および側面について対称性から導かれる境界条件を与える。これらは FrontISTR では BOUNDARY 境界条件で与えることができる。

下面、上面、側面に与える拘束条件は以下の通り。

位置	方向	値
上面	z	0
x 軸に垂直な側面	x	0
y 軸に垂直な側面	y	0
下面	z	-6.0

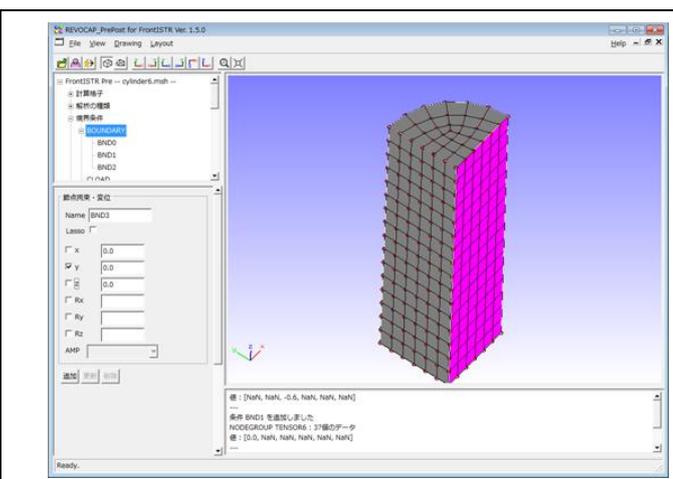
TreeView において、「境界条件」の項目を展開し、「BOUNDARY」の項目を選択する。このとき、設定フォームには拘束条件の設定画面が表示される。

5 FrontISTR 弾塑性解析 (necking)

<p>TreeView の「BOUNDARY」を選択して、拘束条件の設定画面を表示し、上面を 3DView で選択し、拘束条件の設定画面で z だけチェックを入れて値を 0 として「追加」ボタンを押す。</p>	
<p>下面についても同様に z の値を -6.0 として設定する。</p>	
<p>x 軸に垂直な面について、x 成分だけを拘束する境界条件を与えるため、「BOUNDARY」を選択し、3DView 画面で該当する面を選択し、設定画面で x だけにチェックを入れて、値を 0 として「追加」ボタンを押す。</p>	

5 FrontISTR 弾塑性解析 (necking)

y 軸に垂直な面についても同様に y だけを 0 とする拘束条件を追加する。

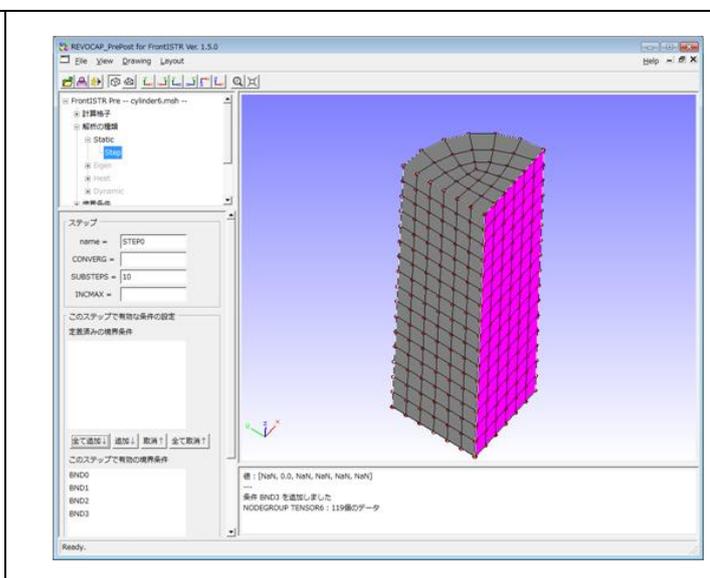


5.5 ステップ解析の設定

ステップ解析の設定でサブステップを与えると、境界条件を徐々にかけていくことができる。下面の強制変位を段階的に与えるためにこの機能を使う。ここでは以下のような設定を行う。

CONVERG (収束判定閾値)	1.0e-3
SUBSTEPS (ユーザー指定ステップ数)	10

TreeView の「ステップ解析」を選択すると、CustomPane に設定用の画面が表示されるので、上記の値を入力する。また、全ての境界条件を追加する。一番下の「追加」ボタンを押すと、このステップ解析が設定される。



(注: 厳密にはステップ解析の対象とする境界条件は z 方向に-6.0 の拘束条件だけで十分である)

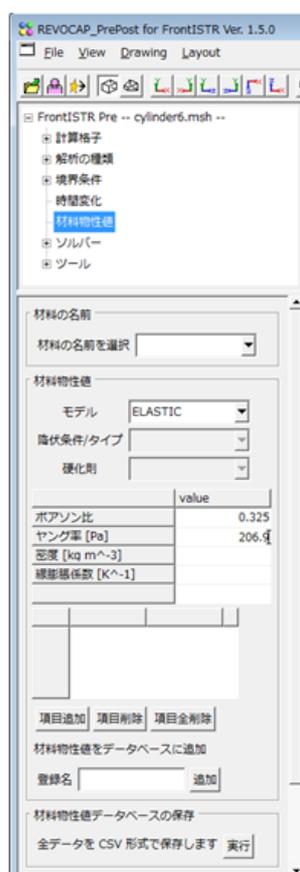
5.6 材料物性値の設定

材料物性値は物性値データベースで、属性値の値を与え、それに名前を与えておいて、メッシュの領域に対してその名前を対応させることで設定する。ここでは新たな材料物性値を追加して、それを領域の物性値に割り当てることにする。

追加する物性値の情報は以下のとおりである。

モデル	PLASTIC
降伏条件	MISES
硬化則	Bilinear
ポアソン比	0.325
ヤング率[Pa]	206.9
初期降伏応力	2
硬化係数	1

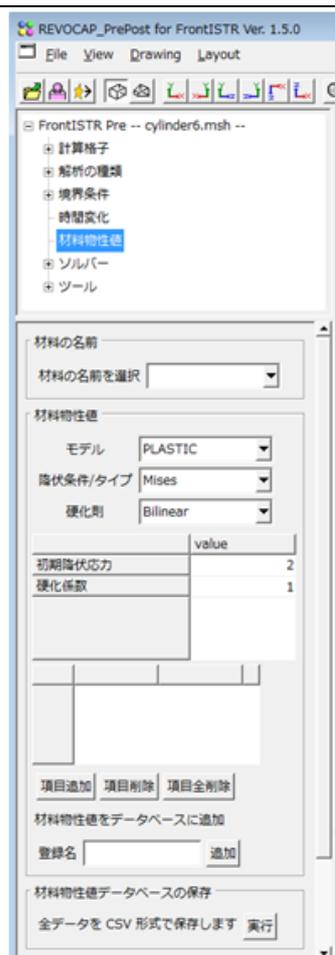
TreeView の「材料物性値」を選択して、設定用の画面を表示させる。



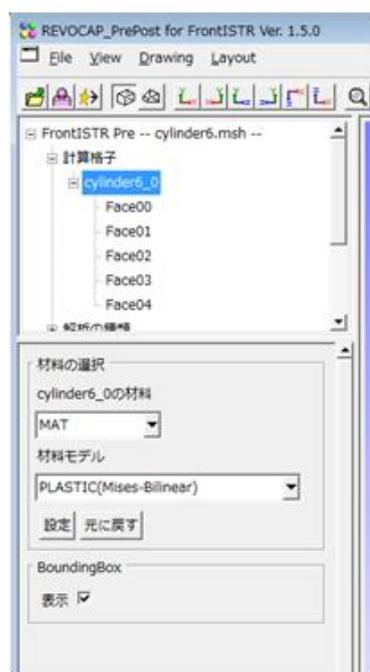
5 FrontISTR 弾塑性解析 (necking)

モデルを「PLASTIC」にして、ヤング率、ポアソン比、初期降伏応力と硬化係数の値を入力する。

この材料物性値を MAT という名前で登録する。登録名に MAT と記入して「追加」ボタンを押す。



物性値の値をメッシュの領域に割り当てるには、TreeView の「計算格子」から行う。「計算格子」の項目の1つ下の階層がメッシュの領域に対応する。ここでは「cylinder6_0」という1つの領域だけ存在する。この領域に対して、先ほど追加した MAT を割り当てる。この時、材料モデルは PLASTIC(Mises-Bilinear)を選択する。



5.7 解析モデルの保存

ここでは、ソルバーの設定はデフォルトのままとし、解析モデルを保存する。メニューの[File]⇒[SaveModel]を選択して、モデルを保存する。ディレクトリを選択すると、そこにメッシュファイル、解析制御ファイル、全体制御ファイルを出力する。ディレクトリの選択画面で新しいディレクトリを作成する場合には右クリックをするとよい。

5.8 計算の実行

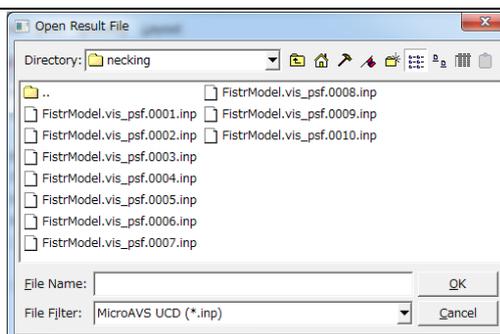
FrontISTR の実行は Windows 上、Linux 上で行なうことができるが、ここでは Windows 上での実行方法の説明をする。

TreeView のソルバーの項目の下に Execute という項目がある。それを選択すると、CustomPane に「FrontISTR 実行」ボタンが現れる。このボタンを押すと、保存したモデルを Windows 上で実行することができる (ここではすでに解析モデルの保存を行っているので、ここで改めてモデルの保存をする必要はない)。

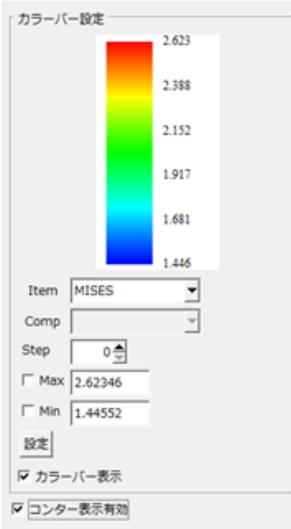
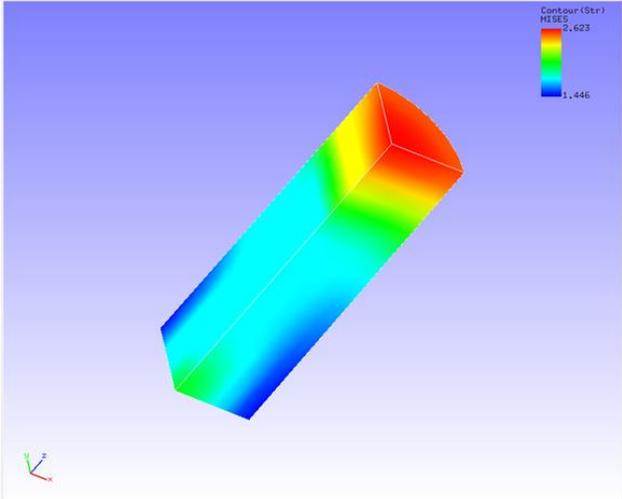
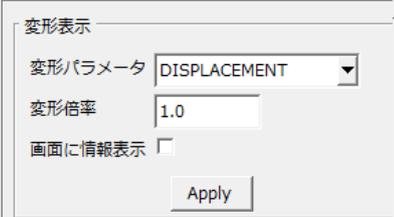
5.9 計算結果の可視化

ソルバーの計算結果ファイルを開いて可視化を行う。Linux 環境で実行した場合もレポートを実行している PC 上にあらかじめコピーしておく。

メニューから [File] ⇒ [OpenResult] を選択し、FileFilter で MicroAVS UCD (*.inp)を選択し、計算結果ファイルを読み込む。ここではステップ解析を行っているので、10 ステップ分の計算結果ファイルが出力されているはずである。最終ステップ (FistrModel.vis_psf.001..inp) の計算結果を読み込む。ここでは Mises 応力のコンター図と変形図を表示してみることにする。

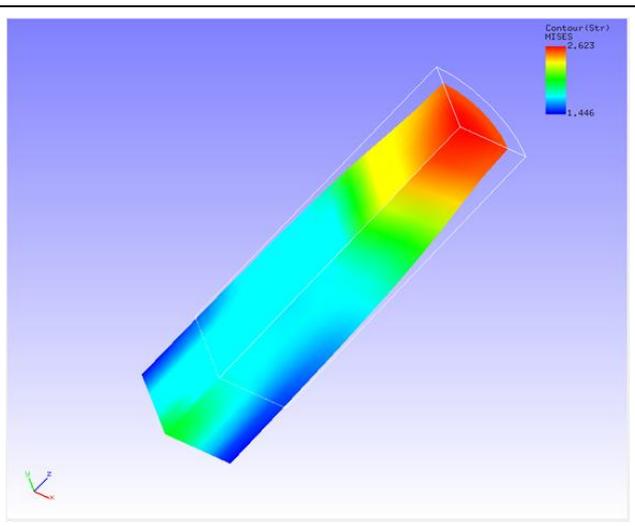


5 FrontISTR 弾塑性解析 (necking)

<p>TreeView から「コンター」を選択し、CustomPane に表示されたコンターの設定において、Item に MISES を選択し、「設定」ボタンを押してカラーコンターの最大値、最小値を与え (Max と Min を空白にして押せば自動的に計算結果の最大値、最小値を使う)、「カラーバー表示」と「コンター表示」を有効にする。</p>	
<p>3DView にコンター図が表示される。</p>	
<p>次に TreeView の「Deform」を選択すると、変形表示の設定画面が現れる。</p>	

5 FrontISTR 弾塑性解析 (necking)

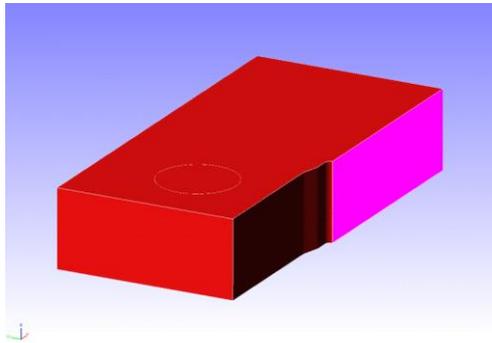
ここでは、等倍の変形を表示することとし、変形倍率は 1.0 のまま「Apply」ボタンを押せば、3DView にモデルが変形表示される。



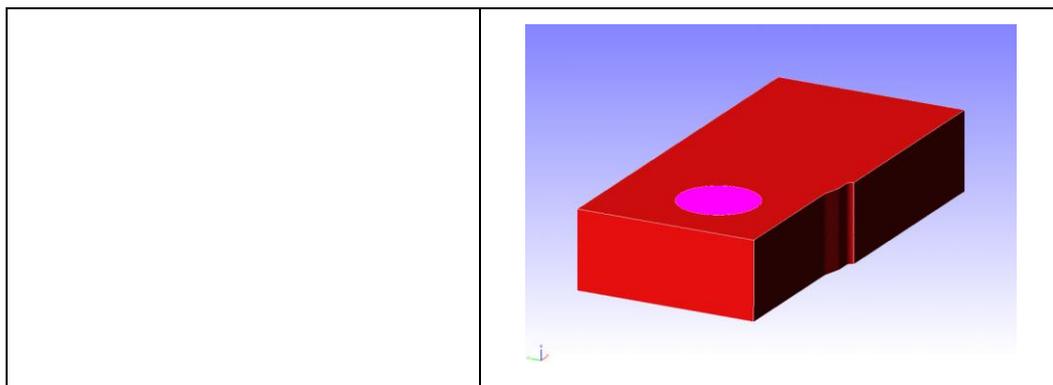
6 FrontISTR 弾塑性解析 (CT 試験片)

CT 試験片の応力集中問題を扱う。一般的な弾性静解析を行った後で、弾塑性解析を行う。ここではメッシュ生成の時に粗密を与える方法も説明する。

6.1 解析の概要

解析の種類	弾塑性解析
CAD モデル	Fstr/data/CTSpecimen/body.step Fstr/data/CTSpecimen/hole.step
要素の種類	四面体 2 次要素 (REVOCAP_PrePost で作成)
材料物性 (試験片)	スチール ヤング率 : $2.06 \times 10^{11} [\text{Pa}] = 206000 [\text{MPa}]$ ポアソン比 : 0.29 降伏関数 : MISES 硬化則 : 二直線近似 (bilinear) 降伏応力 : $4.0 \times 10^8 [\text{Pa}] = 400 [\text{MPa}]$ 加工硬化係数 : $2.5 \times 10^9 [\text{Pa}] = 2500 [\text{MPa}]$
材料物性 (ロッド)	ダイヤモンド ヤング率 : $1.05 \times 10^{12} [\text{Pa}] = 1050000 [\text{MPa}]$ ポアソン比 : 0.1
対称境界条件	対称面を固定する (面垂直方向変位が 0) 
荷重条件	ロッドへ体積荷重をかける

6 FrontISTR 弾塑性解析 (CT 試験片)



解析の手順の概略は、以下の通りです。ここでは規定の条件で弾性静解析を行って解析の概要を把握してから、メッシュに粗密を与えて弾塑性解析を行います。

1. CAD 形状ファイルの読み込み、メッシュ生成
2. 材料物性値の設定 (弾性静解析)
3. 境界条件の設定 (弾性静解析)
4. 解析条件の設定 (弾性静解析)
5. 解析モデルの出力と実行 (PC 上)
6. 計算結果の可視化 (応力コンター)
7. メッシュ生成パラメータ (粗密定義) の設定、メッシュ生成
8. 材料物性値の設定 (弾塑性解析)
9. 境界条件の設定 (弾塑性解析)
10. 解析条件の設定 (弾塑性解析)
11. 並列計算条件の設定
12. 解析モデルの出力
13. 計算サーバへの転送
14. FrontISTR の並列計算の実行
15. 計算結果の転送
16. 計算結果の可視化

となります。以下で順を追って説明します。

この例題を実行するためには計算サーバにあらかじめ FrontISTR を並列実行する環境を準備しておく必要があります。具体的には以下の通りです。

- MPI
- 並列版 FrontISTR
- FrontISTR の領域分割ツール `hecmw_part`
- FrontISTR の可視化データ作成ツール `hecms_vis`
- 計算サーバにファイルを転送するための `ssh` または `ftp`
- (必須ではない) ジョブ管理システム

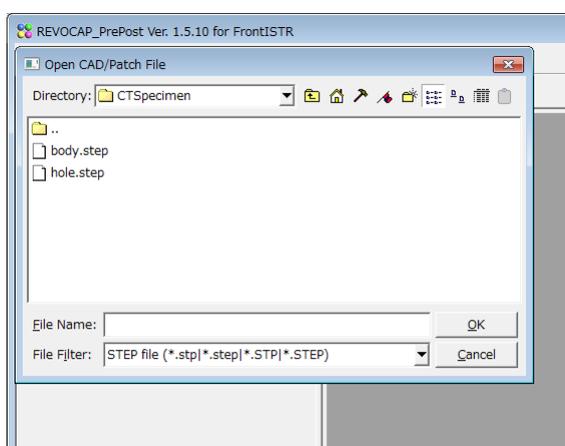
6 FrontISTR 弾塑性解析 (CT 試験片)

詳細は FrontISTR のマニュアルをご覧ください。共有の計算サーバを利用する場合は管理者の指示に従ってください。ここでは東京大学生産技術研究所の計算サーバ (CX1000) を利用する場合を例に説明します。

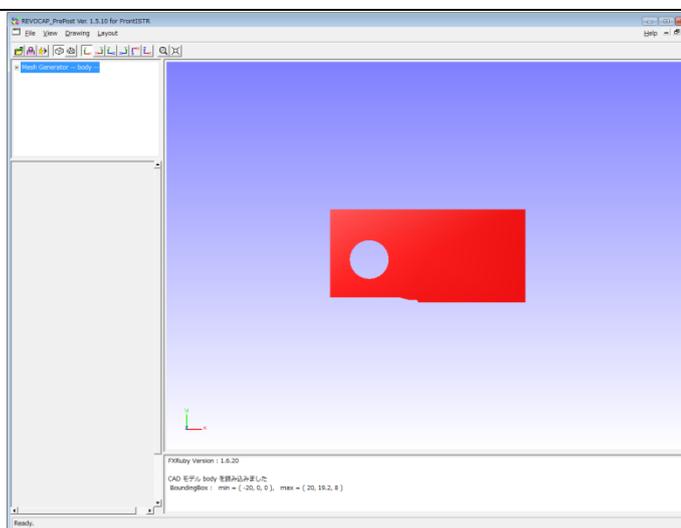
6.2 CAD 形状ファイルの読み込み、メッシュ生成

この例題では ADVENTURE_TetMesh を使って CAD 形状ファイルからメッシュを生成して、それを解析に使います。複数の部品からなるので、2つの形状ファイルを読み込みます。

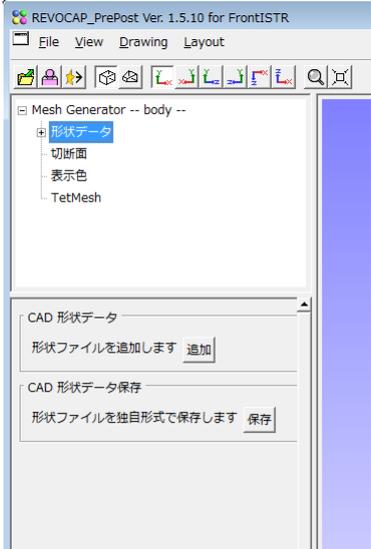
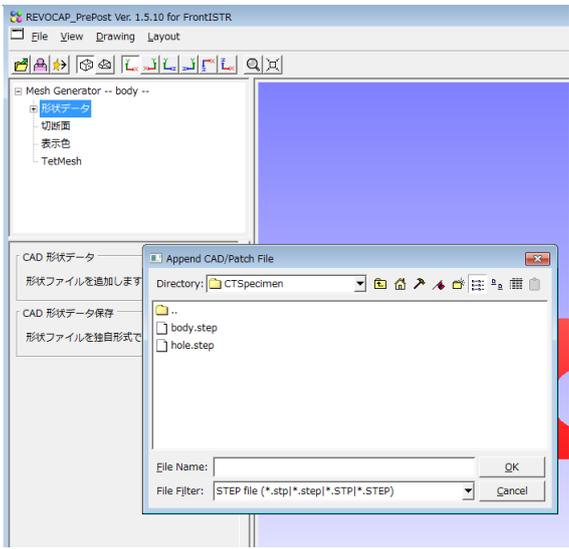
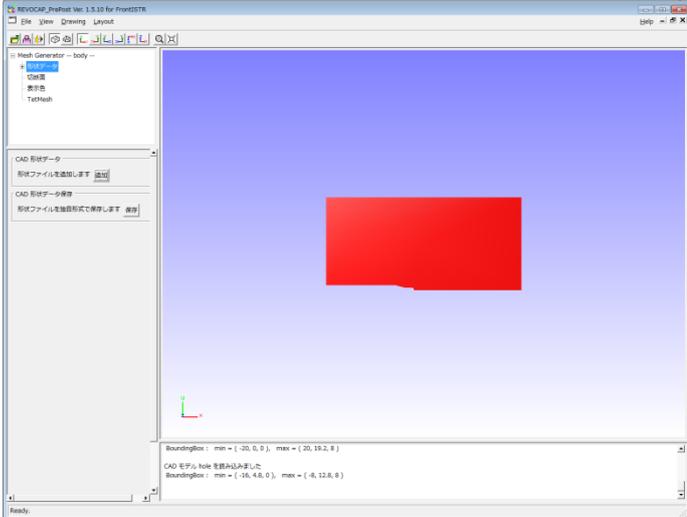
メニューの File から ImportCAD をクリックして、1つ目の CAD ファイルを選びます。Open CAD/Patch File ダイアログが現れたら File Filter から STEP File を選んでからファイル Fstr/data/CTSpecimen/body.step を選択します。



OK ボタンを押すと、3DView に試験片の形状が表示されます。



6 FrontISTR 弾塑性解析 (CT 試験片)

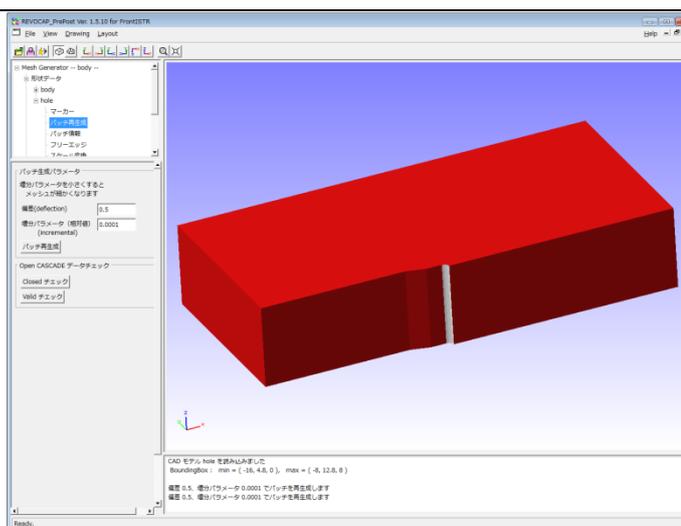
<p>TreeView を展開して「形状データ」を選択します。</p>	 <p>The screenshot shows the REVOCAP software interface. The 'Mesh Generator -- body --' tree is expanded to 'Shape Data'. Below the tree, there are buttons for 'Add CAD Shape Data' and 'Save CAD Shape Data'.</p>
<p>CustomPane の「CAD 形状データ」の追加ボタンを押して 2 つ目の CAD ファイルを選びます。1 つ目の時と同様に File Filter から STEP File を選んで、Fstr/data/hole.step を選択します。</p>	 <p>The screenshot shows the REVOCAP software interface with an 'Append CAD/Patch File' dialog box open. The dialog box displays the directory 'CTSpecimen' and lists files 'body.step' and 'hole.step'. The 'File Filter' is set to 'STEP file (*.stp)*.step)*.STP)*.STEP'. The 'File Name' field is empty, and the 'OK' button is highlighted.</p>
<p>OK ボタンを押すと、3DView に形状が追加して表示されます。 2 つの形状は TreeView の「形状データ」の下で確認できます。</p>	 <p>The screenshot shows the REVOCAP software interface with a 3D view of a red rectangular object. The 'Shape Data' tree is expanded to 'Shape Data'. The 3D view shows a red rectangular object with a hole. The status bar at the bottom indicates 'Ready' and provides bounding box information for the object.</p>

6 FrontISTR 弾塑性解析 (CT 試験片)

細かいメッシュを生成するために、形状の解像度を上げておきます。

TreeView から「形状データ」⇒「body」⇒「パッチ再生成」を選び、増分パラメータを 0.0001 にして「パッチ再生成」ボタンを押します。

同様に hole の形状についても TreeView から「形状データ」⇒「hole」⇒「パッチ再生成」を選んでパッチ再生成します。



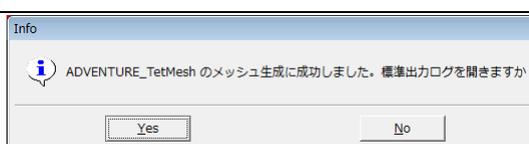
ADVENTURE_TetMesh を使ってメッシュを生成します。

ここではデフォルトのパラメータのままでメッシュを生成します。

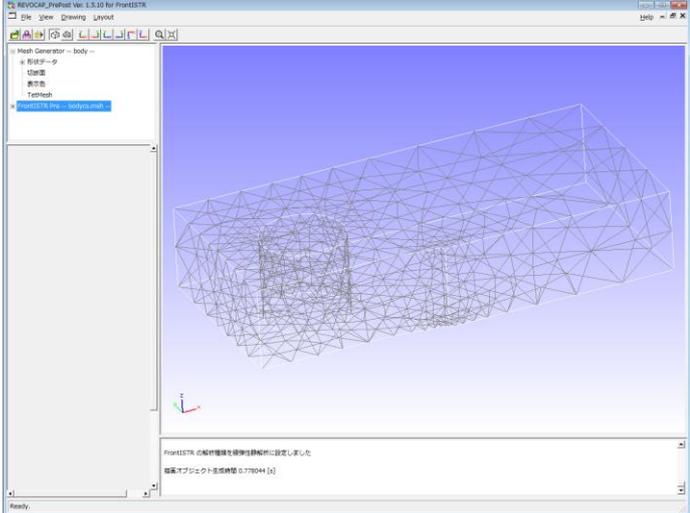
TreeView から TetMesh を選んで、「基準長さ」は 0.0 のままで「2次要素」を有効にして「メッシュ生成ボタン」を押します。



少し待つとメッシュ生成が成功しましたというメッセージが出ます。ここでは No を押して



6 FrontISTR 弾塑性解析 (CT 試験片)

<p>ADVENTURE_TetMesh の出力を確認せずに進みます。(出力ログは保存されているので後から確かめることもできます)</p>	
<p>FrontISTR で解析用のメッシュが表示されます。</p>	

6.3 材料物性値の設定 (弾性静解析)

試験片の材質は鋼鉄、ロッドはさらに硬い材質としてダイヤモンドの材料物性値を与えます。このモデルは寸法が mm で与えられているのでヤング率を与えるときに注意が必要です。

6 FrontISTR 弾塑性解析 (CT 試験片)

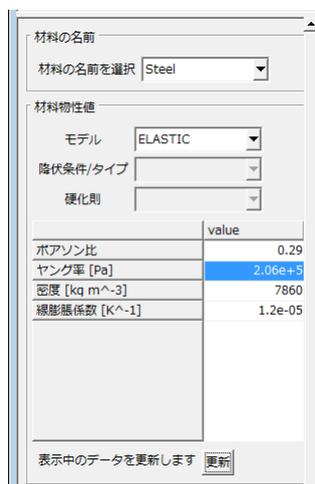
TreeView の FrontISTR Pre の下の材料物性値の項目を選択します。



Diamond と Steel があらかじめデータベースに登録されていますが、ヤング率の値をモデルの縮尺に合わせて変更します。ここではモデルの寸法が mm で与えられているためスケールを合わせて、MPa での値を記入します。

材料の名前を Diamond、モデルを ELASTIC にしたときのヤング率の値を $1.05e+6$ にして、更新ボタンを押します。

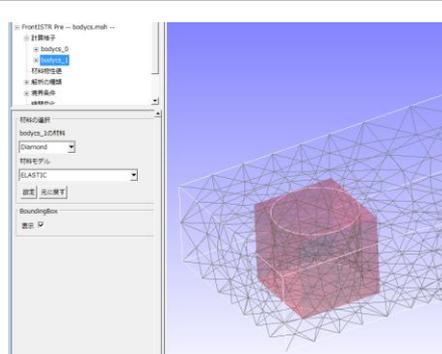
同様に材料の名前を Steel、モデルを ELASTIC にしたときのヤング率の値を $2.06e+5$ にして、更新ボタンを押します。



6 FrontISTR 弾塑性解析 (CT 試験片)

TreeView の計算格子の項目を展開して、bodycs_0およびbodycs_1のそれぞれの領域にSteel および Diamond を割り当てて、設定ボタンを押します。

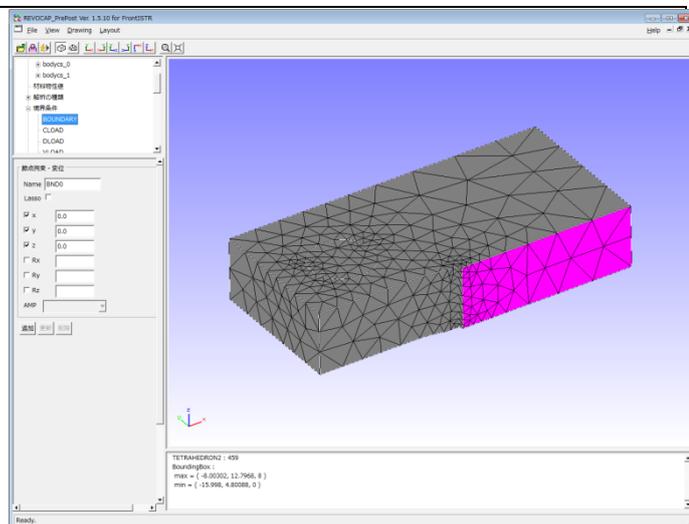
メッシュ生成の手順によっては、領域の名前が異なる場合がありますが、3DView で領域の位置を確認して設定します。



6.4 境界条件の設定 (弾性静解析)

弾性静解析の境界条件を設定します。対称な面を固定し、ロッドに荷重を与えます。

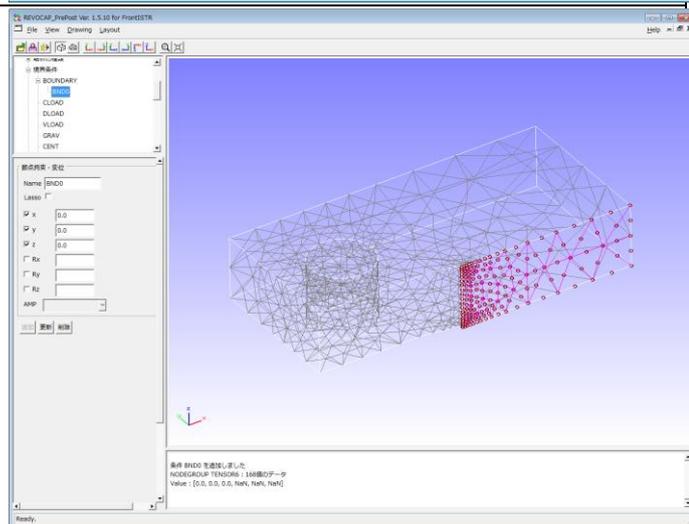
TreeView から境界条件のBOUNDARY を選択し、3DView で対象面を選択します。選択された面は色が変わって表示されます。



対称境界条件を与えるため CustomPane に表示された節点拘束の設定画面で、y 座標だけを 0 で拘束することを確認して、追加ボタンを押します。

境界条件が与えられた節点には 3DView の画面でマーカーが表示されます。

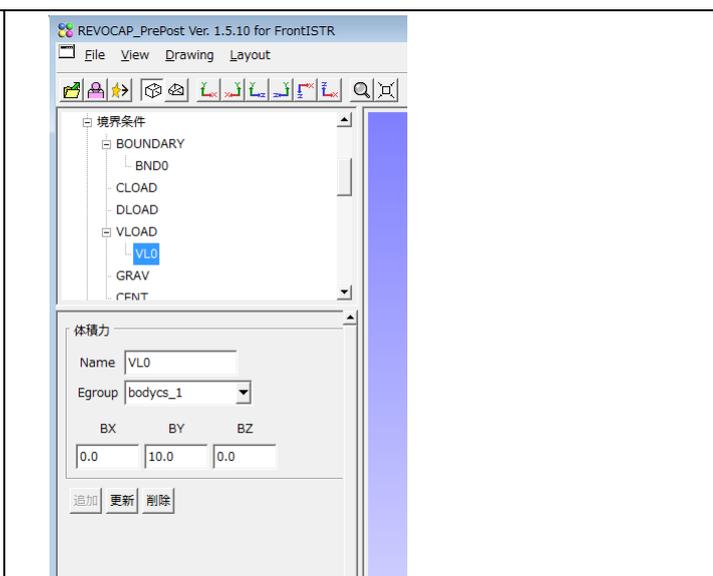
TreeView には作成した境界条件が BOUNDARY の下に追加されます。



6 FrontISTR 弾塑性解析 (CT 試験片)

ロッドに体積力を与えるには TreeView から VLOAD を選択して、Egroup に bodycs_1 を選び、(x,y,z)成分を(0,5,0)として追加ボタンを押します。

TreeView には作成した境界条件が VLOAD の下に追加されます。



6.5 解析条件の設定 (弾性静解析)

弾性静解析のためのソルバーの設定はここでは規定値のまま行います。

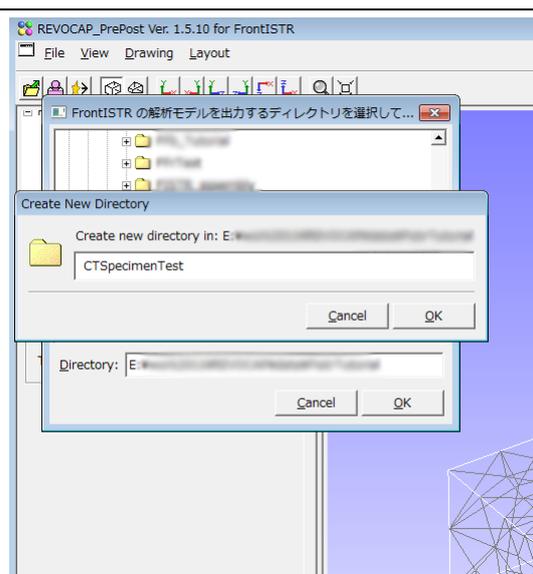
念のために TreeView で解析の種類を選んで「線形弾性静解析」が選択されていることを確認しておいてください。

6.6 解析モデルの出力と実行 (PC上)

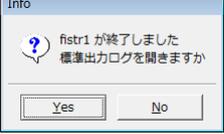
ここではプレポストがインストールされているマシン (Windows 等のデスクトップマシン) で FrontISTR を実行します。計算サーバを使った大規模並列解析の実行方法は後述します。

FrontISTR の解析モデルを出力します。File メニューから SaveModel を選択し、フォルダを選んで出力します。

新しくフォルダを作成したいときは、ディレクトリの選択ダイアログで右クリックをしてください。

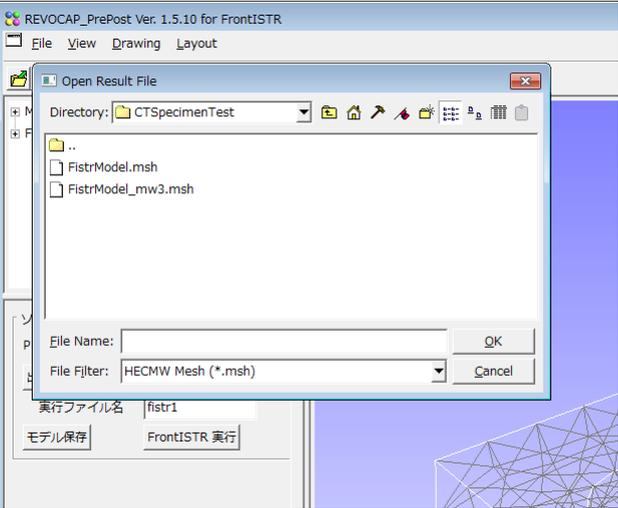
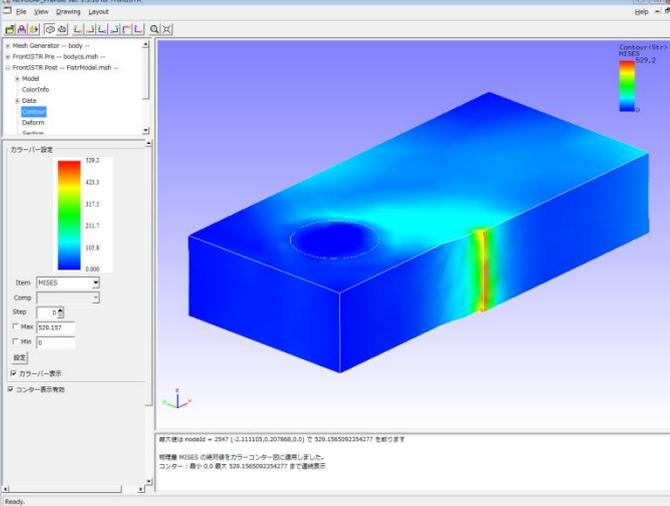


6 FrontISTR 弾塑性解析 (CT 試験片)

<p>正しく保存できれば、ダイアログで通知されます。</p>	 <p>File saved FrontISTR の解析モデルを保存しました OK</p>
<p>TreeView の「ソルバー」⇒「Execute」を選んで「FrontISTR 実行」ボタンを押します。 正常に終了すればダイアログで通知されます。必要ならば標準出力ログを確認してください (ログファイルは保存されているので後から確認することもできます)。</p>	 <p>Info fistr1 が終了しました 標準出力ログを開きますか Yes No</p>

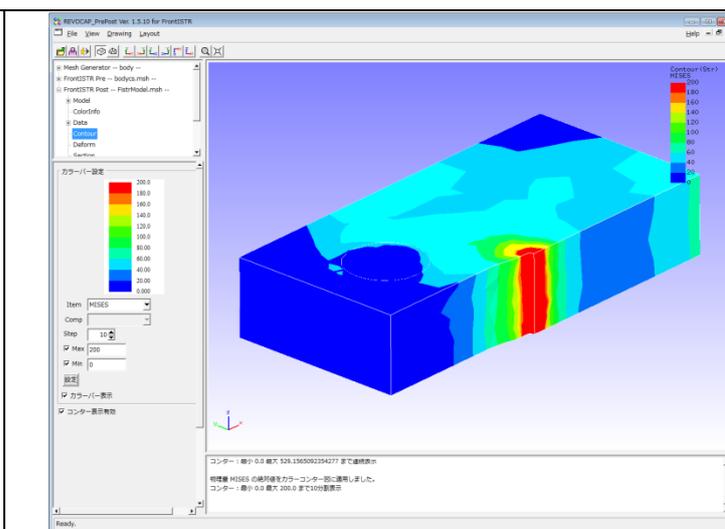
6.7 計算結果の可視化 (応力コンター)

弾性静解析の結果の応力コンター図を見て、応力集中が起こりそうな場所を確認します。

<p>メニューの File から OpenResult を選択し、メッシュファイル (拡張子 msh)、結果ファイル (拡張子 res) の順に選択します。 解析を実行したフォルダに移動してファイルを開いてください。</p>	
<p>TreeView の FrontISTR Post から Contour を選択してください。表示対象の物理量を Item で選択します。ここでは「MISES」を選択します。「設定」ボタンを押すと、色の範囲が自動的に最大値と最小値に割り当てられます。コンター表示有効のチェックを入れたら、3DView にコンター表示されます。</p>	

6 FrontISTR 弾塑性解析 (CT 試験片)

Contour 設定画面の Max と Min に値を入れて「設定」ボタンを押すと、与えられた値の範囲でコンター表示します。Step を変えるとコンターが与えられた段階での色表示になります。



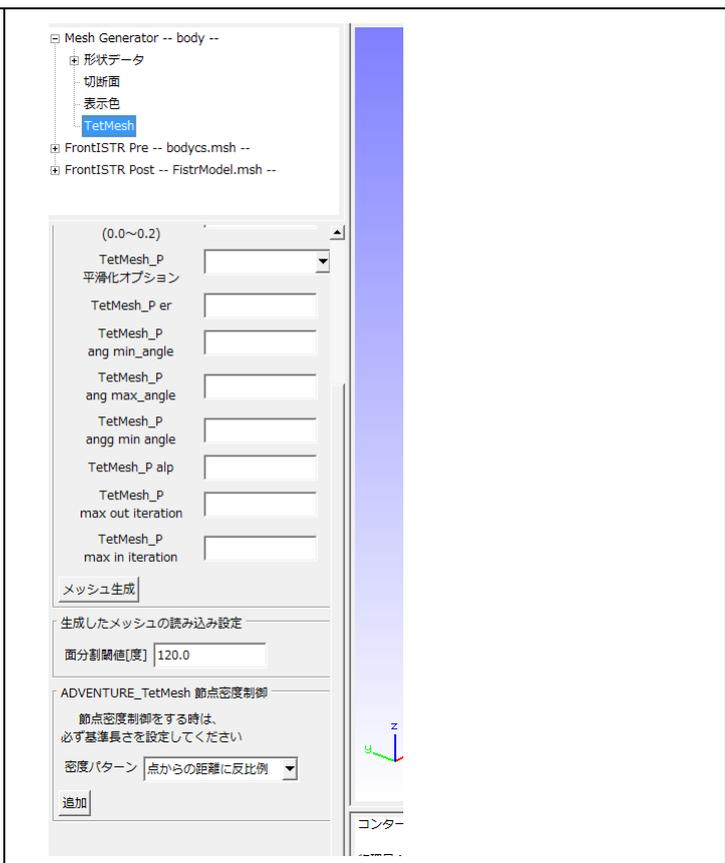
6.8 メッシュ生成パラメータ (粗密定義) の設定、メッシュ生成

弾性静解析で応力が発生する場所の見込みがたてられたので、次のその付近のメッシュを細かくしてみます。

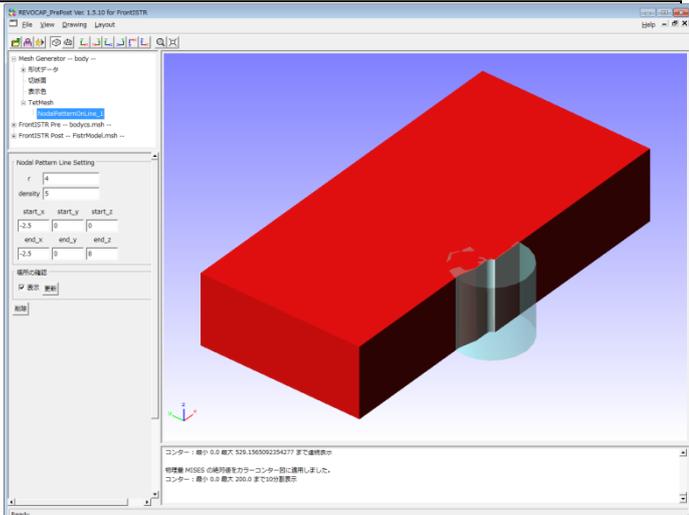
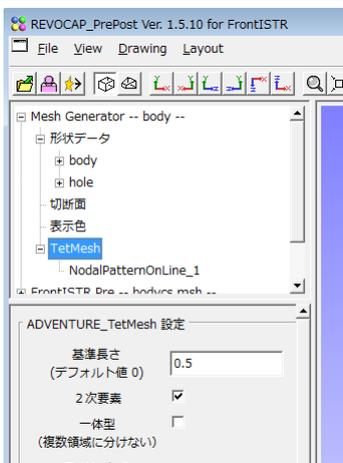
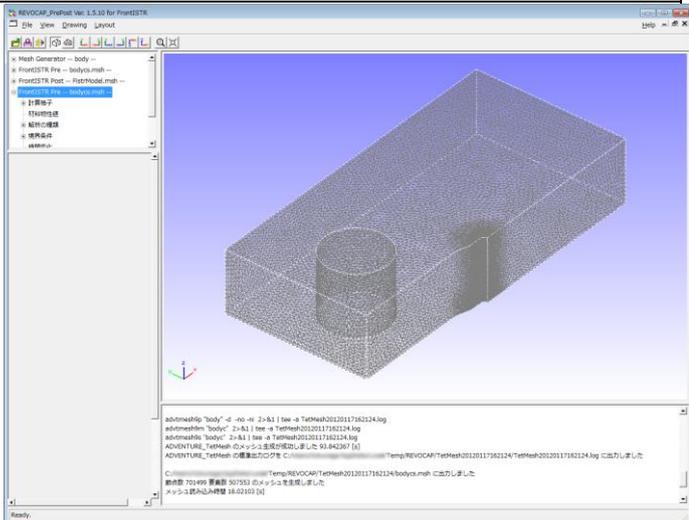
CAD ファイルを開いて (既に関いていればそれを利用してよい)、TetMesh の設定画面を開きます。

ADVENTURE_TetMesh 節点密度制御から線分からの距離に反比例を選んで「追加」ボタンを押します。

TreeView の TetMesh の下に NodalPatternOnLine_1 という項目が追加されます。



6 FrontISTR 弾塑性解析 (CT 試験片)

<p>メッシュを細かくする場所を (-2.5, 0.0, 0.0)と(-2.5, 0.0, 8.0)を結ぶ線分の周りとします。</p> <p>密度制御の半径と倍率を与えて表示ボタンを押すと、密度制御が与えられる場所が表示されます。</p> <p>半径と倍率は解析デザインに従って与えます。</p>	
<p>粗密定義を行う時には、必ず基準長さを与えなければなりません。この値はどれくらいの規模の解析を行うかによって変更してください。あまり小さな値にするとメッシュ生成に時間がかかりすぎることがあります。</p>	
<p>メッシュ生成に成功すると、確認のダイアログが出て、その後に 3DView に表示されます。メッシュの情報 (節点数、要素数、生成時間等) がログメッセージに記録されます。</p> <p>粗密が有効になっていることを確認してください。</p>	

メッシュ生成した結果は一時フォルダに保存されていますので、以前作成したメッシュを参照したい場合は一時フォルダをご覧ください。一時フォルダの場所もログメッセージに記録されています。

6.9 材料物性値の設定 (弾塑性解析)

CT 試験片の材料物性値を弾塑性に変更します。MISES 降伏関数と、二直線近似の硬化則を利用します。

TreeView の FrontISTR Pre から材料物性値の項目を選択し、材料の名前で Steel を選択してください。

モデルを PLASTIC、降伏条件を Mises、硬化則を bilinear にしてください。

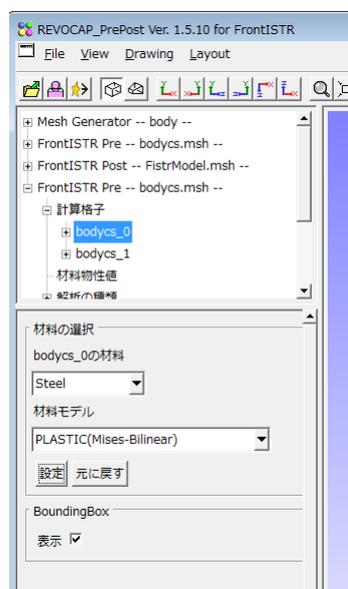
ヤング率は $2.06e+5$ 、初期降伏応力を 400、硬化係数を 2500 にします (弾性静解析の時と同様に、モデルの寸法が mm で与えられているためにスケールを合わせて、MPa での値を記入します)。「更新」ボタンを押します。

Diamond については弾性静解析の時と同様にヤング率のみ $1.05e+6$ に修正します。



TreeView の計算格子で bodycs_0 の領域の材料の名前を Steel で与えて、材料モデルを PLASTIC(Mises-Bilinear)とします。

bodycs_1 の領域は材料の名前を Diamond として、材料モデルを ELASTIC にします。



6.10 境界条件の設定 (弾塑性解析)

対象面の固定とロッドへの体積荷重の与え方は弾性静解析の時と同じです。ただし、体積荷重の値を変更します。弾塑性解析の場合にはさらにステップ解析の設定を行う必要があります。境界条件の設定が終わった後で、ステップ解析の設定を行います。

6 FrontISTR 弾塑性解析 (CT 試験片)

ロッドに与える体積力を変更するには、すでに与えてある境界条件を **TreeView** から選択して、数値を(0,10,0)として、更新ボタンを押します。

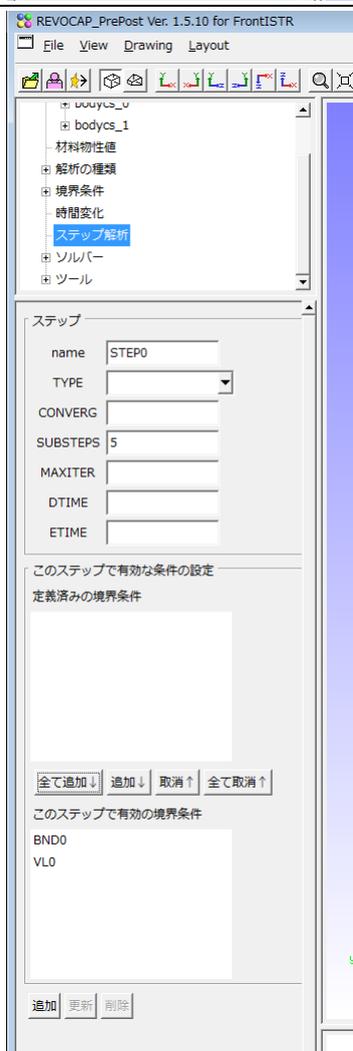


TreeView からステップ解析を選択し、新たなステップの設定を行います。

SUBSTEPS に 5 を与え、境界条件 (対象面の固定、ロッドの体積荷重) を全て有効にします。

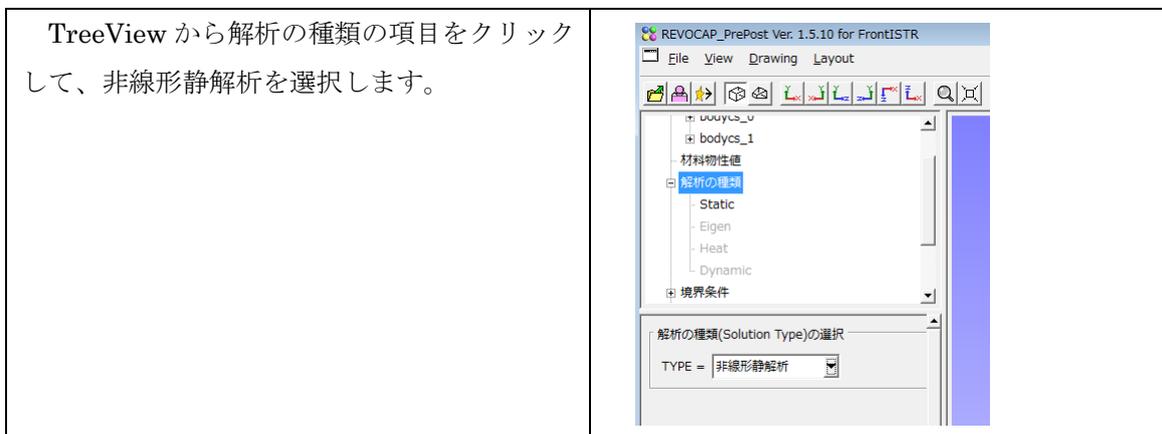
その他の項目は空欄 (規定値) で構いません。

設定が終了したら一番下の「追加」ボタンを押します。



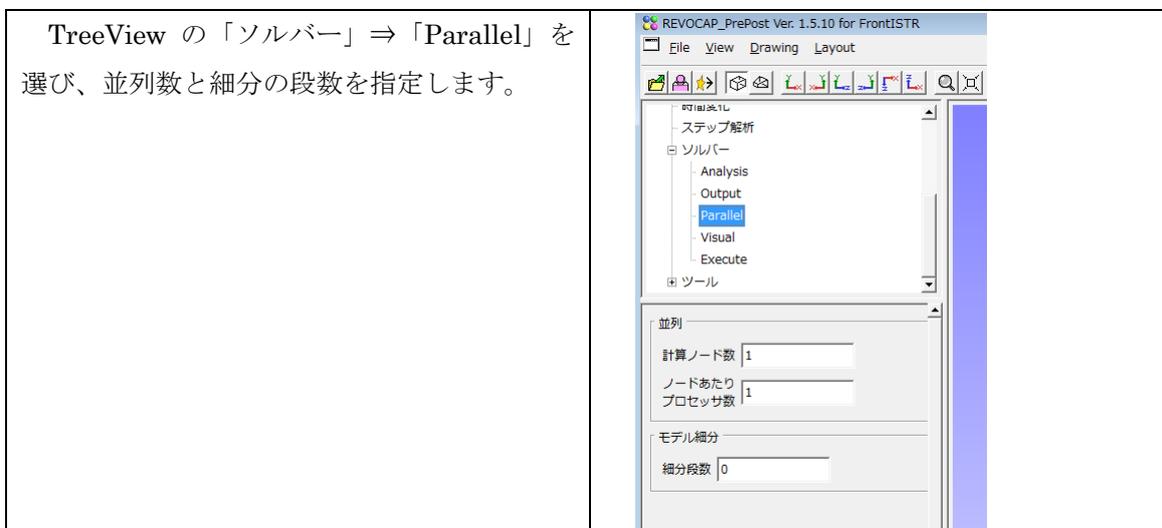
6.11 解析条件の設定 (弾塑性解析)

解析の種類を「非線形静解析」に変更します。その他のソルバーの設定は弾性静解析の時と同じものを使うので、ここでは設定不要です。



6.12 並列計算条件の設定

計算サーバで並列計算を行う場合、全体の節点数と並列数のバランスを考えて並列数を設定する必要があります。



6.13 解析モデルの出力

弾性静解析の時と同様にメニューから Save Model を選んでモデルを出力します。

6.14 計算サーバへの転送

出力した FrontISTR 用の解析モデルを計算サーバに転送します。一般のファイル転送ソフトを利用してもかまいませんが、ここでは REVOCAP_PrePost から行う方法を説明しま

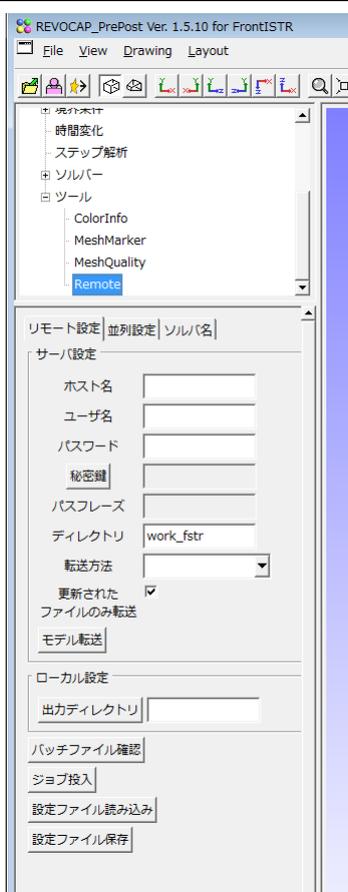
6 FrontISTR 弾塑性解析 (CT 試験片)

す。

TreeView の「ツール」⇒「Remote」で計算サーバへのモデルの転送を行うことができます。

ホスト名、ユーザ名、パスワードなどを設定すると ssh または ftp でファイルを計算サーバに転送します。

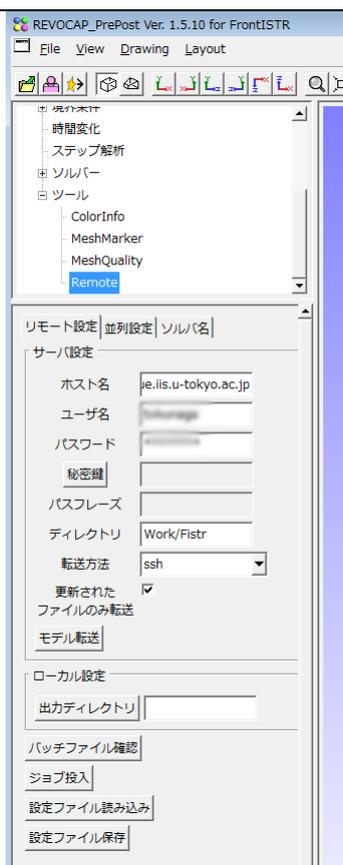
また、ジョブを投入するためのスクリプトの生成も行います。



6 FrontISTR 弾塑性解析 (CT 試験片)

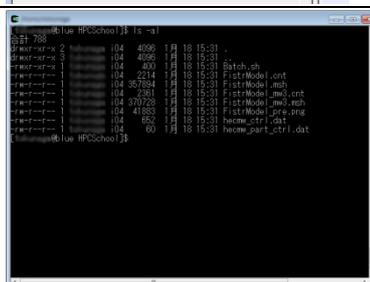
計算サーバの環境の情報 (ホスト名、転送方法、適切なバッチスクリプトなど) は個別の設定ファイルに記述しておいて、それを反映させることができます。ここでは東京大学生産技術研究所の計算サーバ CX1000 の情報を読み込んで利用します。

設定ファイル読み込みボタンを押して、計算サーバの設定ファイル `Fstr/Remote_Fistr_CX1000.ini` を読み込みます。



モデルの転送ボタンを押すと、PC上に保存されたモデルが計算サーバのディレクトリ上にコピーされます。

リモート端末を使ってコピーされたことを確認してください。

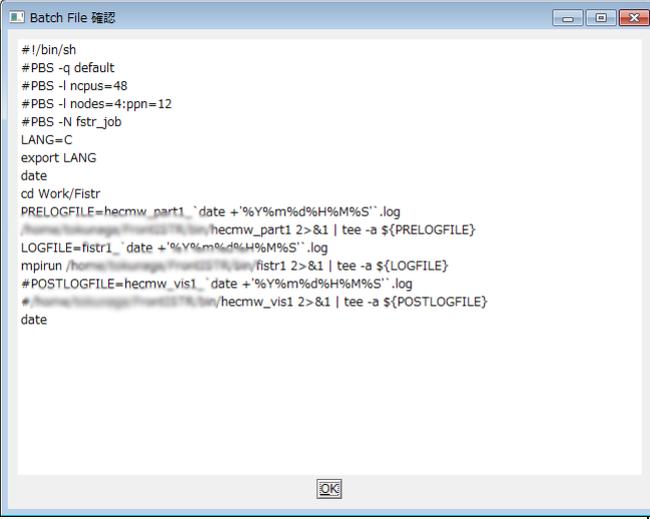


6.15 FrontISTR の並列計算の実行

適当なリモート端末ソフトを利用して計算サーバに接続して、シェルからジョブを投入します。UNIX のコマンド、および並列計算のためのジョブ管理システムについての基本的な知識が必要です。

ここでは REVOCAP_PrePost をつかってジョブを投入する方法を説明します。

6 FrontISTR 弾塑性解析 (CT 試験片)

<p>TreeView の [ツール] ⇒ 「Remote」を選択します。</p> <p>計算サーバでジョブを投入するためのスクリプトを確認するには「バッチファイル確認」ボタンをします。</p>	 <pre>#!/bin/sh #PBS -q default #PBS -l ncpus=48 #PBS -l nodes=4:ppn=12 #PBS -N fistr_job LANG=C export LANG date cd Work/Fistr PRELOGFILE=hecmw_part1 `date +%Y%m%d%H%M%S`.log hecmw_part1 2>&1 tee -a \${PRELOGFILE} LOGFILE=fistr1 `date +%Y%m%d%H%M%S`.log mpirun /.../fistr1 2>&1 tee -a \${LOGFILE} #POSTLOGFILE=hecmw_vis1 `date +%Y%m%d%H%M%S`.log hecmw_vis1 2>&1 tee -a \${POSTLOGFILE} date</pre>
<p>「ジョブ投入」ボタンを押すと、計算サーバのジョブ管理システムに、計算ジョブが投入されます。</p> <p>リモート端末で qstat コマンドを使うと、ジョブキューの状態を確認することができます。</p>	

6.16 計算結果の転送

計算が終了したら計算結果ファイルを、可視化を行う PC に転送します。一般のファイル転送ソフトを使って計算結果ファイル (*.res.*) を転送します。

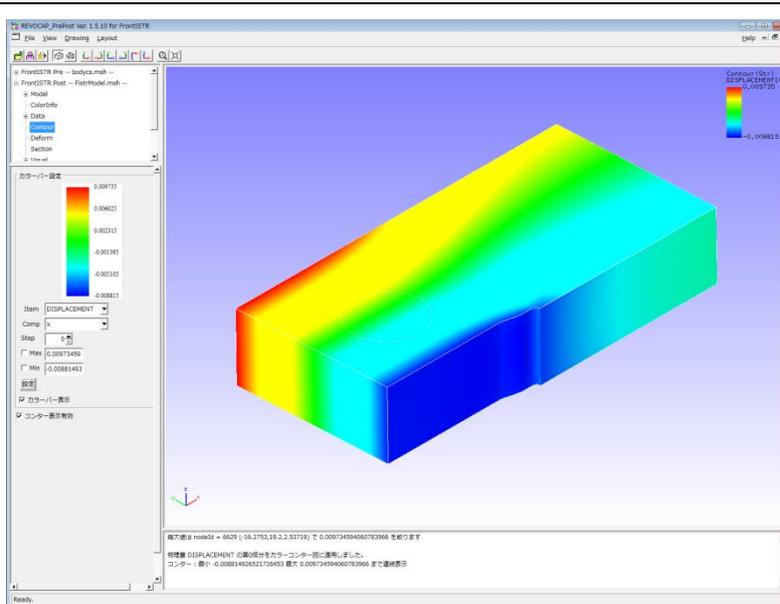
6.17 計算結果の可視化

可視化の手順は弾性静解析とのときと同様です。ここでは応力のコンター以外の可視化の方法を説明します。

6 FrontISTR 弾塑性解析 (CT 試験片)

コンター表示で DISPLACEMENT を選ぶと、変形量のコンター表示ができます。この時、Contour 設定画面の Comp の項目によって絶対値(abs)、x成分(x)、y成分(y)、z成分(z)のコンターを表示することができます。

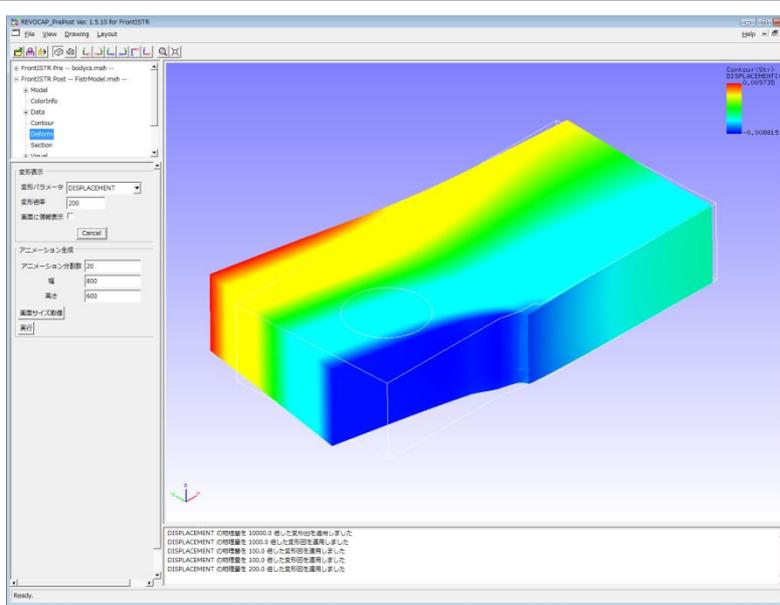
通常は陰影をつけて表示していますが、色を正確に見たい場合はメニューの Drawing ⇒ Rendering をオフにしてください。



コンター図で物理量を選択すると、ログメッセージ画面に最大最小値をどの節点で取るのかについての情報が表示されます。



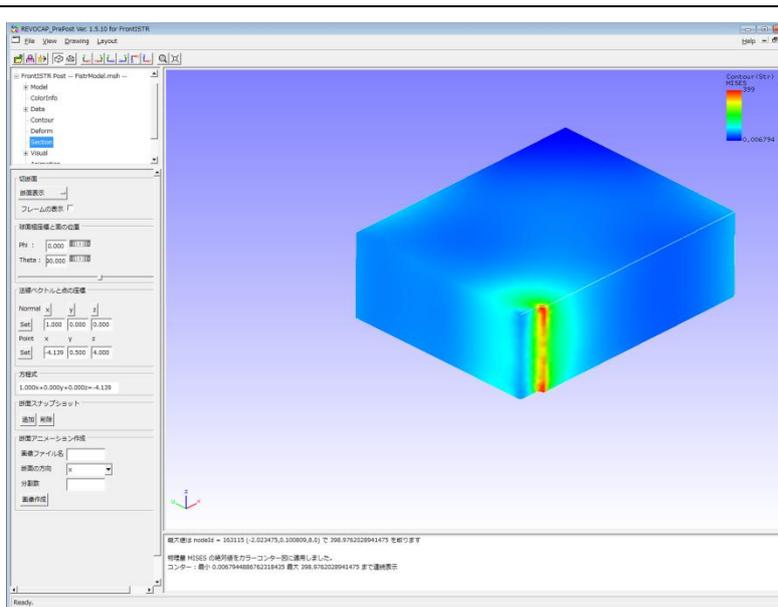
TreeView から Deform を選択すると変形量を表示することができます。適当に変形倍率を与えて「Apply」ボタンを押せば、3DView 中のモデルが変形して表示されます (Contour と同時に設定も有効です)。



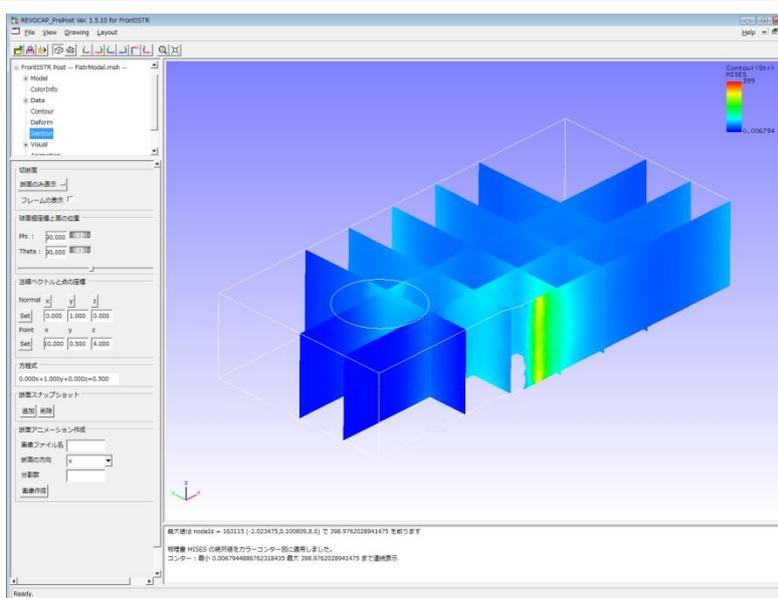
6 FrontISTR 弾塑性解析 (CT 試験片)

TreeView から Section を選択すると、断面を表示することができます。あらかじめ Contour でコンター図の設定をしている状態で、Section で切断面を「断面表示」にすると、断面のコンターが表示されます。

断面の位置や向きはマウスや数値で直接与えても設定できます。



断面スナップショット機能を使えば、表示している断面を残しておくことができるため、複数の断面を同時に表示することもできます。

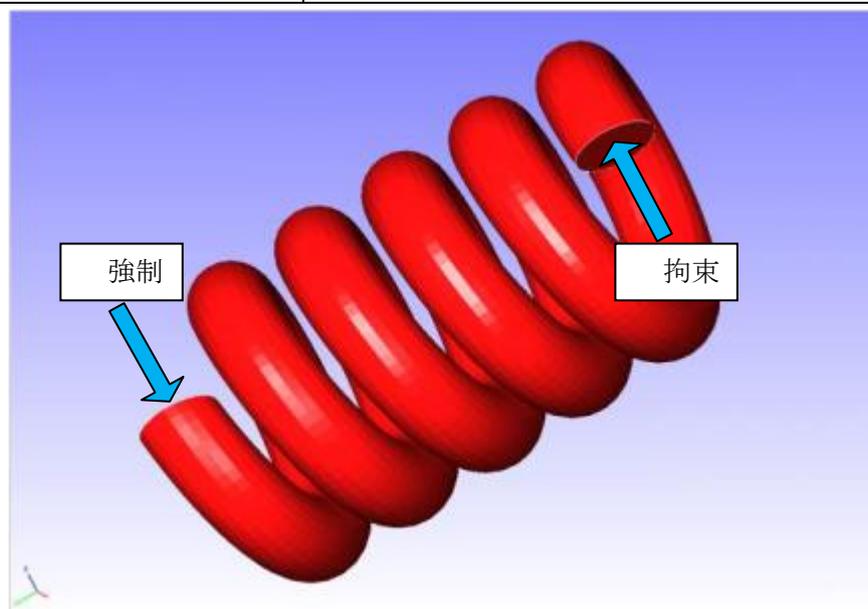


7 FrontISTR 超弾性解析 (Spring)

7.1 解析の概要

スプリングの超弾性解析を行う。片方を拘束し、もう片方に強制変位を与える。

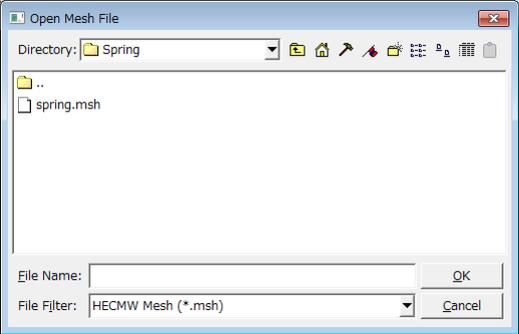
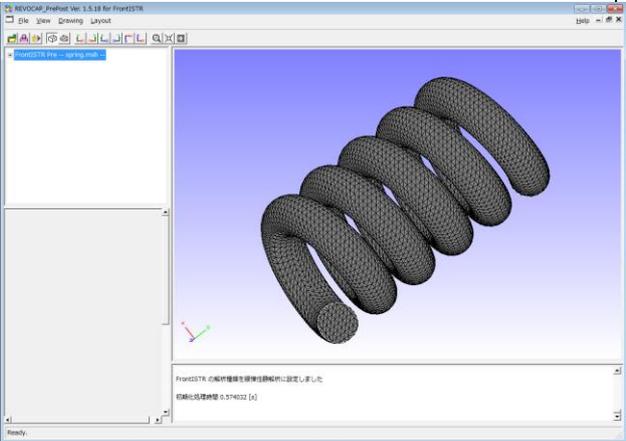
解析の種類	非線形静解析
要素タイプ	四面体2次要素
節点数	78771
要素数	46454
材料物性	超弾性材料 (Arruda-Boyce) μ : 0.71 λ_m : 1.7029 D : 0.1408
境界条件	y座標小さい方の面：固定 y座標大きい方の面：変位
ファイル	Fstr/data/Spring/spring.msh
メッシュフォーマット	HEC-MW 形式



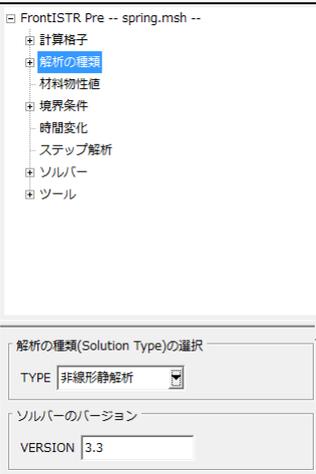
7-1 スプリングの解析

7 FrontISTR 超弾性解析 (Spring)

7.2 メッシュデータの読み込み

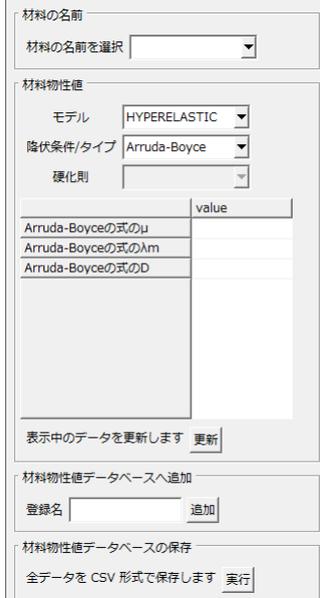
<p>この解析のためのメッシュファイルはあらかじめ用意されている。メニューの File から Open Mesh を選択するとファイルダイアログが表示される。ファイルの種類は HECMW Mesh 形式なので File Filter を HECMW Mesh にして、Fstr¥data¥Spring フォルダにある spring.msh ファイルを読み込む。</p>	
<p>ここでは計算制御ファイルは使わないので無視して読み込む。読み込まれると、3DView にモデルが表示される。</p>	

7.3 解析の種類の設定

<p>解析の種類の設定をする。TreeView の「解析の種類」を選んで TYPE を非線形静解析とする。</p>	
--	--

7.4 材料物性値の設定

ここではデータベースの値を使うのではなく、自分で物性値データを作成してそれを利用する。

<p>TreeView の「材料物性値」を選択して、物性値データベースの編集画面を表示させる。</p> <p>ここでは超弾性 (HYPERELASTIC) の材料物性値モデルを新たに作成する。</p>	
<p>モデルを「HYPERELASTIC」を、降伏条件を「Arruda-Boyce」とすると、入力すべきパラメータとして、Arruda-Boyce の式の μ、λ m、D が表示される、ここでは解析モデルの概要に従い、それぞれ 0.71、1.7029、0.1408 とする。</p>	

7 FrontISTR 超弾性解析 (Spring)

データベースへ追加するために登録名を「MAT」として、追加ボタンを押す。

材料の名前
材料の名前を選択

材料物性値
モデル HYPERSOLIDIC
降伏条件/タイプ Arruda-Boyce
硬化則

	value
Arruda-Boyceの式の μ	0.71
Arruda-Boyceの式の λm	1.7029
Arruda-Boyceの式のD	0.1408

表示中のデータを更新します

材料物性値データベースへ追加
登録名 MAT

材料物性値データベースの保存
全データを CSV 形式で保存します

計算格子に材料物性値を割り当てる。

TreeView の計算格子の ALL の領域を選択し、材料の選択で MAT を選び、材料モデルを HYPERSOLIDIC(Arruda-Boyce) を選択し、「設定」ボタンを押す。

FrontISTR Pre -- spring.msh --

- 計算格子
 - ALL
- 解析の種類
- 材料物性値
- 境界条件

材料の選択
領域の名前 ALL

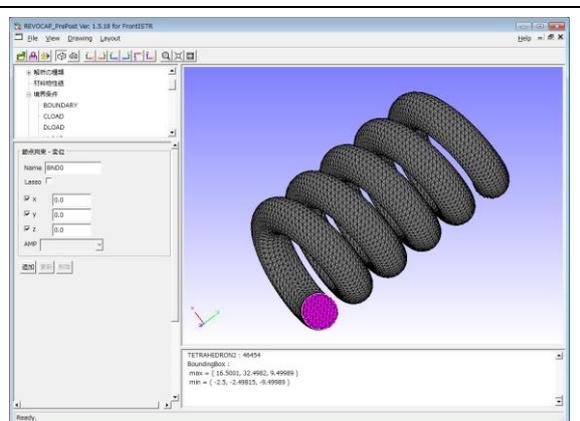
材料の選択
ALLの材料
MAT
材料モデル
HYPERSOLIDIC(Arruda-Boyce)

BoundingBox
表示

7.5 境界条件の設定

境界条件はスプリングの y 座標の小さい方の面を固定し、y 座標の大きい方の面を強制変位する。

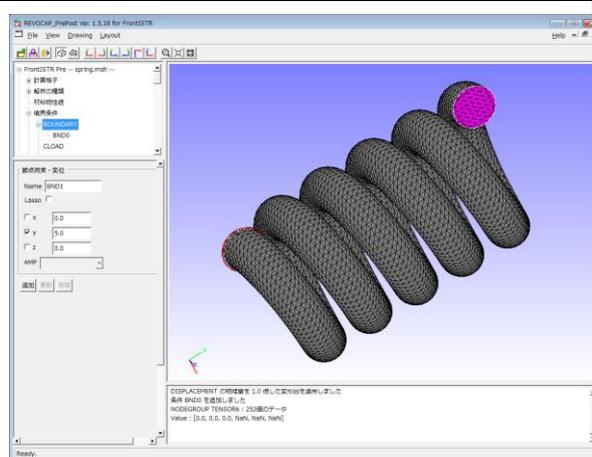
TreeView の「境界条件」の下の「BOUNDARY」を選ぶ。y 座標の小さい方の面を 3DView においてマウスで選択する。拘束するために x、y、z の値を 0 とし「追加」ボタンを押す。



強制変位を与えるために再び TreeView の「境界条件」の下の「BOUNDARY」を選ぶ。今度は y 成分だけチェックボックスをオンにして、5.0 とする。



3DView において y 座標の大きい方の面を 3DView においてマウスで選択して、「追加」ボタンを押す。



7.6 ステップ解析の設定

非線形解析の場合にはステップ解析の設定が必要である。

7 FrontISTR 超弾性解析 (Spring)

TreeView の「ステップ解析」を選択して、ステップ解析の設定を行う。SUBSTEPS を 1 とし、CONVERG を $1.0e-5$ とする。

このステップ条件で全ての境界条件を有効にする。

「追加」ボタンを押すと、TreeView のステップ解析の下に追加される。

ステップ

name	STEP0
TYPE	
CONVERG	1.0e-5
SUBSTEPS	1
MAXITER	
DTIME	
ETIME	

このステップで有効な条件の設定

定義済みの境界条件

全て追加↓ 追加↓ 取消↑ 全て取消↑

このステップで有効な境界条件

BND0
BND1

追加 更新 削除

7.7 計算条件の設定

ここでは線形ソルバーの設定内容は規定値の設定で構わない。TreeView の「ソルバー」の「解析設定」の内容を確認しておく。

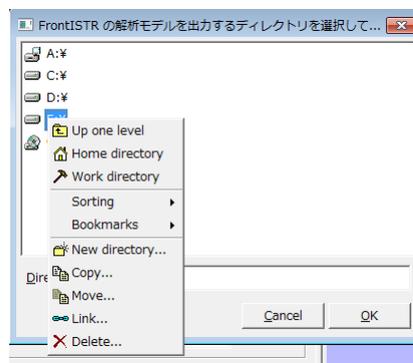
線形ソルバ

線形ソルバ(解法)	CG
線形ソルバ(前処理)	(B)IC(0)
呼び出し	0
収束履歴出力	YES
計算時間出力	YES
反復回数	20000
Additive Schwartz 繰り返し数	2
クリロフ部分空間数	10
打ち切り誤差	1e-06
SIGMA_DIAG	1
SIGMA	0
THRESH	0.1
FILTER	0.1

7 FrontISTR 超弾性解析 (Spring)

7.8 ファイル出力

メニューの File の Save Model を選択して、解析モデルを保存するディレクトリを指定して、FrontISTR の解析モデルを出力する。

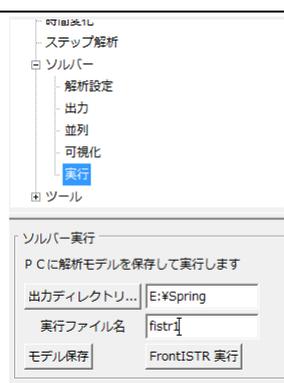


7.9 FrontISTR の実行

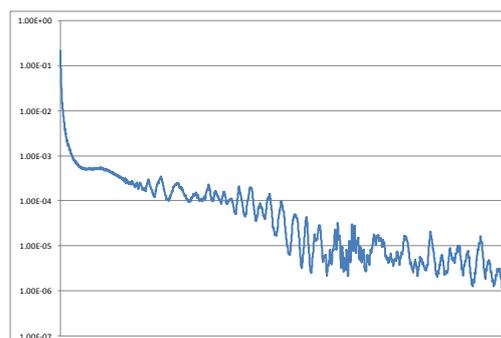
TreeView から「ソルバー」の下の「実行」を選んで、CustomPane の「FrontISTR 実行」のボタンを押す。

非線形解析の場合には計算に時間がかかることが多い。

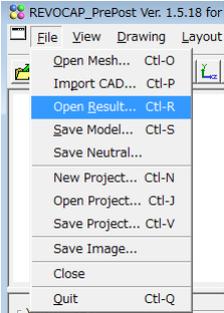
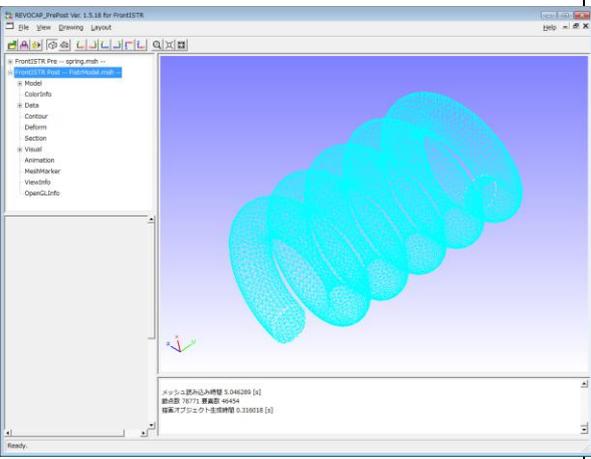
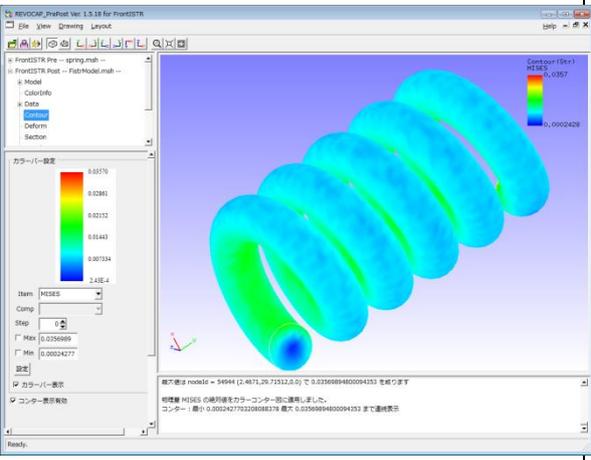
計算が終了したら「FrontISTR の計算が終了しました」というメッセージが表示される。



参考: この解析の反復法の残差履歴は右図のようになる。この場合 $1.0e-6$ より小さくなるまでに 6067 回の反復を要した。

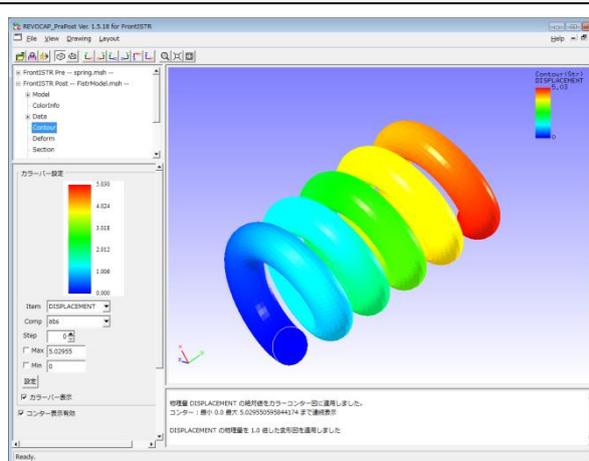


7.10 ポスト処理

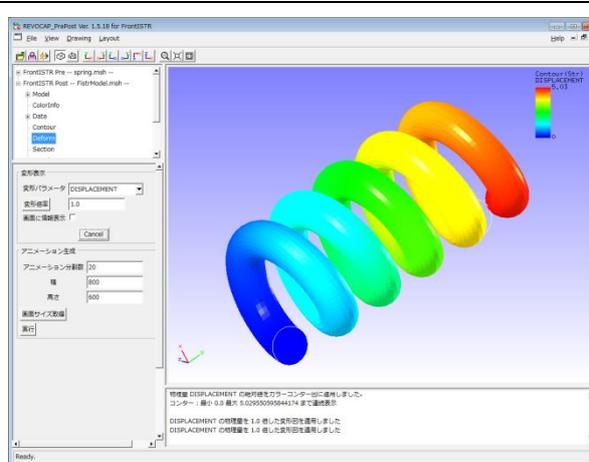
<p>メニューの File から Open Result を選択して、HECMW Mesh ファイルと HECMW res ファイルを読み込む。</p>	
<p>読み込まれると、TreeView にポスト処理用の項目が追加され、3DView にメッシュが表示される。</p>	
<p>TreeView から Contour を選択して、Item を MISES にして「設定」ボタンを押し、コンター表示有効のチェックボックスをオンにすると、MISES 応力のコンター図を描画する。</p>	

7 FrontISTR 超弾性解析 (Spring)

Item を DISPLACEMENT に変えて「設定」ボタンを押すと、変形量でコンター図を描く。



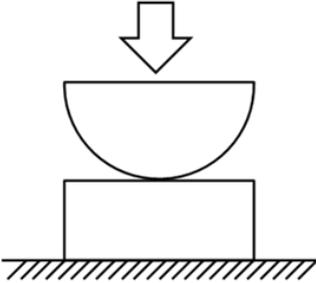
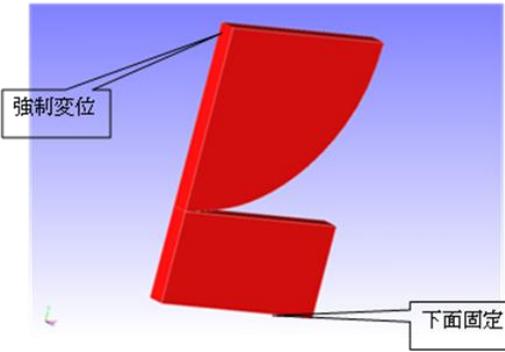
TreeView から Deform を選択して「Apply」ボタンを押すと、変形表示される。「Apply」ボタンは「Cancel」ボタンに切り替わる。



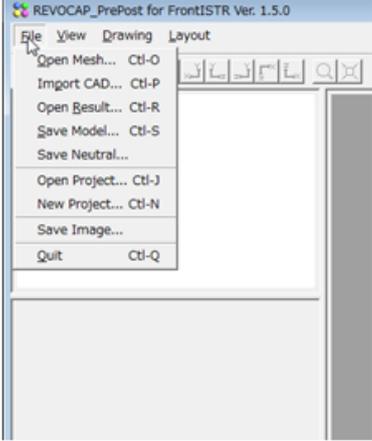
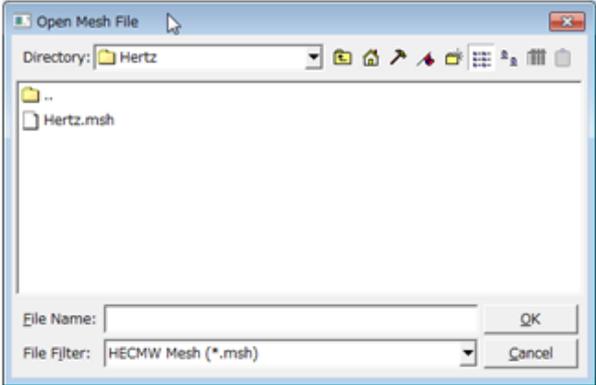
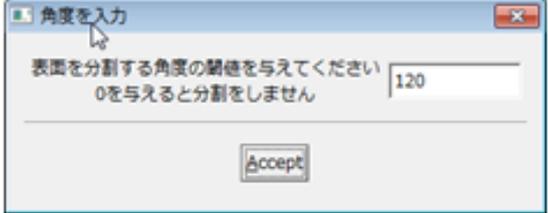
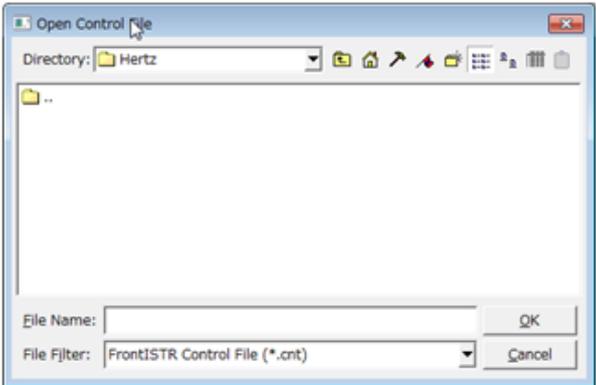
8 FrontISTR 接触解析 (Hertz の問題)

8.1 解析の概要

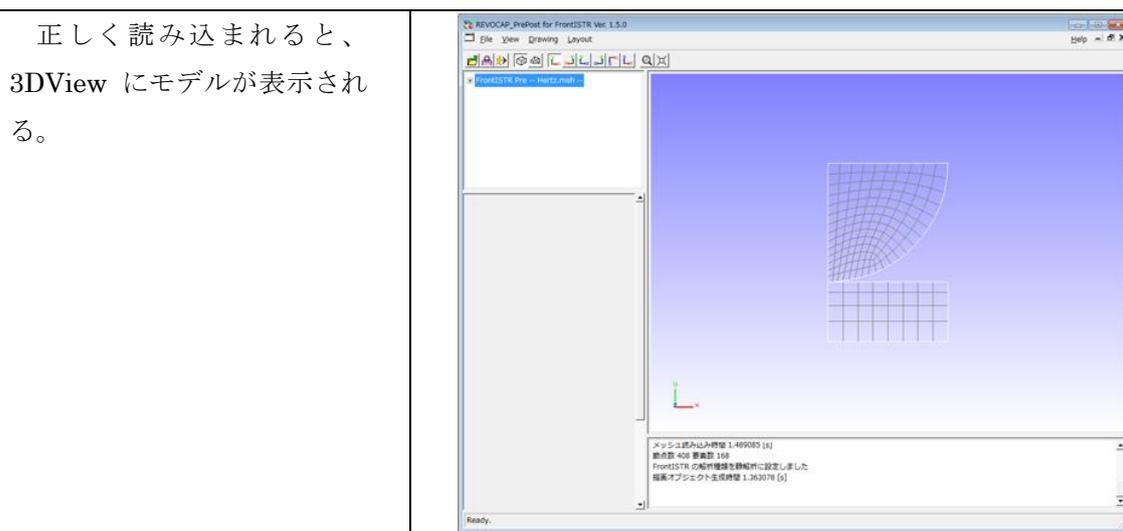
Hertz の接触問題を行う。半円柱を上から強制変位を与えた場合の解析である。対称性から半分の領域について解析する。

解析の種類	弾性静解析 (接触)
要素タイプ	六面体 1 次要素
節点数	408
要素数	168
材料物性	問題で与えられている (ヤング率 1100、ポアソン比 0.0)
境界条件	下部固定 上面変位 接触  対称条件 
ファイル	Flstr/data/Hertz/Hertz.msh
メッシュフォーマット	HEC_MW2

8.2 メッシュの読み込み

<p>計算格子ファイルを読み込むには、File メニューから Open Mesh を選択する。するとファイルダイアログが表示されるので、目的のファイルを選択する。</p>	
<p>ここでは HECMW 形式の <code>Fstr\data\Hertz\Hertz.msh</code> を読み込む。この時、FileFilter で HECMW(*.msh) を選択しておくことに注意する。</p>	
<p>次にモデルの表面を分割する角度の設定のダイアログが表示されるが、ここでは既定値を利用することにするため、Accept ボタンを押す。</p>	
<p>次に計算制御ファイルの選択のダイアログが表示されるが、ここではファイルを読み取らないため Cancel を押す。</p>	

8 FrontISTR 接触解析 (Hertz の問題)



8.3 解析の種類の設定

ウィンドウの左上の最上位の項目の前にプラスの記号がある。ここを左クリックするとツリーが展開される。このウィンドウのことを **TreeView** と呼ぶ。

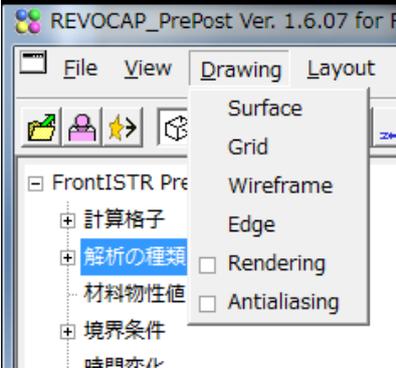
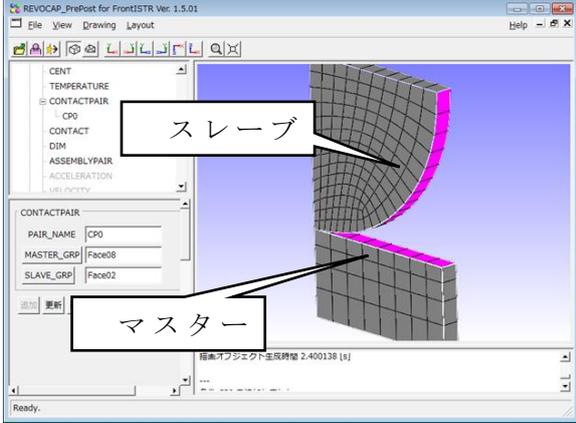
「解析の種類」の項目を選択すると、左下の画面 (CustomPane) に解析の種類の設定用の画面が表示される。

設定できる種類は以下のとおりである。

選択肢	解析の種類
STATIC	静解析
NLSTATIC	非線形静的解析
EIGEN	固有値解析
HEAT	熱伝導解析
DYNAMIC	動解析

規定値は **STATIC** (静解析) である。ここでは非線形静的解析を選択する。

8.4 コンタクトペアの設定

<p>まず面の選択と確認を容易にするために、3D ビューの描画方法を変更しておくといよい。メニューバーの Drawing メニューから Grid メニューを選択すると、モデルの表示が Grid 形式に変更する。</p>	
<p>ツリービューの「境界条件」の項目の下の階層にある「CONTACTPAIR」の項目を選択する。ここでは、接触境界条件の面のペアを定義することができる。3D ビューにおいてマスターの面を選択し、この状態で設定フォームの「MASTER_GRP」ボタンを押すと、その右の項目に面の名前が入力される。スレーブの面についても「SLAVE_GRP」ボタンを押すと、面の名前を入力することができる。</p>	
<p>ここでは下の図のように、マスターとスレーブの面を設定し、CONTACTPAIR を追加する(マスター面を設定するときはマスター面だけを選択状態にしてから「MASTER_GRP」ボタンを押すことに注意する)。</p>	

8 FrontISTR 接触解析 (Hertz の問題)

追加ボタンを押すと、ツリーに CP0 という新しい項目が追加される。この項目は後ほど接触条件の設定から参照される。これでコンタクトペアの設定が完了である。

3D ビューの描画方法を元に戻すには、メニューバーの Drawing メニューから Wireframe メニューを選択する。



8.5 コンタクトの設定

接触条件の設定を行う。「境界条件」の項目の下の階層にある「CONTACT」の項目を選択すると、CustomPane に設定用の画面が表示される。



PAIR_NAME の項目では先程設定したコンタクトペアの CP0 を選択する。fcoef は摩擦係数である。ここでは0を入力する。次にすぐ下にある追加ボタンを押すと、この接触境界条件にコンタクトペア CP0 が登録された。その他の値は規定値のままとするので、このまま一番下の「追加」ボタンを押す。以上でコンタクトの設定は完了である。

PAIR_NAM	fcoef	factor
CP0	0	

8.6 拘束条件の設定

次にモデル下面の拘束と上面の強制変位を与える。また、側面については対称境界条件を与える。

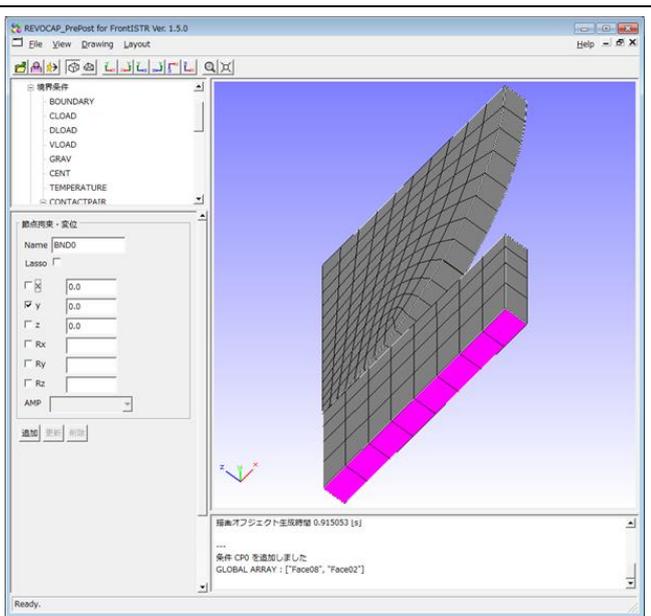
これらは FrontISTR では BOUNDARY 境界条件で与えることができる。TreeView において、「境界条件」の項目を展開し、「BOUNDARY」の項目を選択する。このとき、設定フォームには拘束条件の設定画面が表示される。下面、上面、側面に与える拘束条件は以下の通り。

位置	方向	値
下面	y	0.0
上面	y	-0.3
側面	x	0

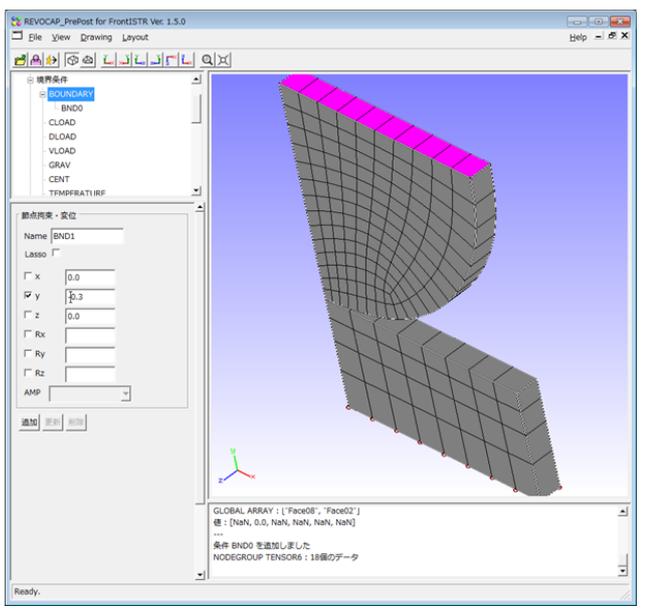
境界条件を以下の手順で設定する。

8 FrontISTR 接触解析 (Hertz の問題)

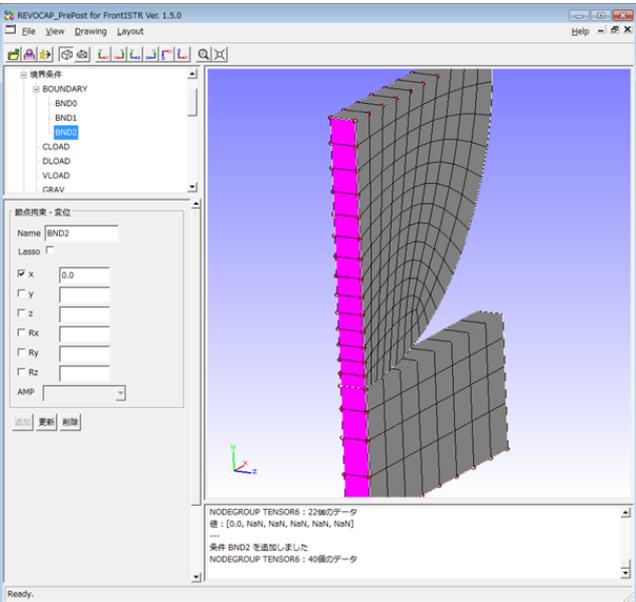
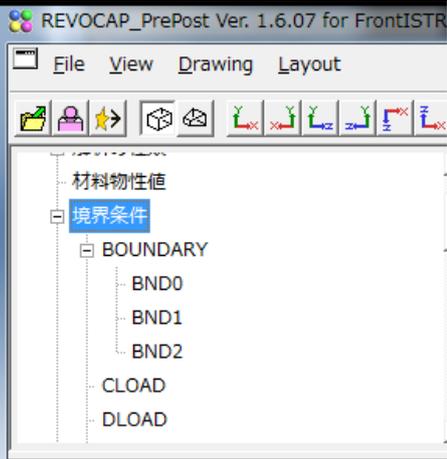
TreeView で「BOUNDARY」を選択し、3DView で下面を選択し、y だけチェックを入れて (x と z のチェックを外して)、値を 0 として追加ボタンを押す。



上面を 3DView で選択し、y だけチェックを入れて、値を -0.3 として追加ボタンを押す。



8 FrontISTR 接触解析 (Hertz の問題)

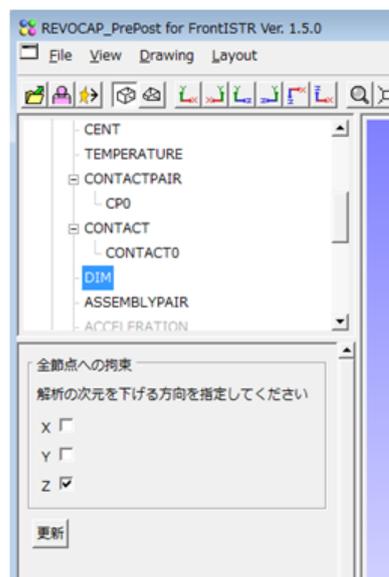
<p>側面を 3DView で選択して、 x だけを選択して、値を 0 として追加ボタンを押す。</p>	
<p>以上により境界条件の「BOUNDARY」の項目の下に、ここで設定した3つの拘束条件が表示されていればよい。</p>	

8.7 全体の特定方向への拘束

本解析では、z 軸方向の節点の移動はしないという仮定している。そこで全ての節点に対して、z 軸方向の次元を縮退させる。

8 FrontISTR 接触解析 (Hertz の問題)

TreeView の境界条件から「DIM」という項目を選択すると、CustomPane に全節点への拘束を与えるための設定画面が現れる。次元を下げる方向の z を選択して、更新ボタンを押す。



8.8 ステップ解析の設定

様々な境界条件の組み合わせによる計算を連続して実行するためには、ステップ解析を設定する必要がある。またサブステップの設定により境界条件を徐々にかけていくことができ、これにより比較的計算を安定して解くことができる。

ここでは後者の目的のために全ての境界条件について、以下のような

CONVERG (収束判定閾値)	1e-4
SUBSTEPS (ユーザー指定ステップ数)	5
MAXITER (最大ステップ数)	500

ステップ解析の設定を行なう。

TreeView の「ステップ解析」を選択すると、CustomPane に設定用の画面が表示されるので、上記の値を入力する。

また、全ての境界条件を追加する。一番下の「追加」ボタンを押すと、このステップ解析が設定される。

8.9 材料物性値の設定

材料物性値は物性値データベースで、属性値の値を与え、それに名前を与えておいて、メッシュの領域に対してその名前を対応させることで設定する。

8 FrontISTR 接触解析 (Hertz の問題)

TreeView の「材料物性値」を選択して、設定用の画面を表示させる。HECMW のメッシュファイルに記述されていた MAT1 という材料の名前を選択し、弾性解析「ELASTIC」に関する属性値が以下のように与えられていることを確認する。

ポアソン比	0
ヤング率 [Pa]	1100

材料物性値

境界条件
時間変化
ステップ解析
ソルバー
ソール...

材料の名前
材料の名前を選択 MAT1

材料物性値
モデル ELASTIC
降伏条件/タイプ
硬化則

	value
ポアソン比	0
ヤング率 [Pa]	1100
密度 [kg m ⁻³]	0
線膨脹係数 [K ⁻¹]	

表示中のデータを更新します 更新

材料物性値データベースへ追加
登録名 追加

材料物性値データベースの保存
全データを CSV 形式で保存します 実行

8 FrontISTR 接触解析 (Hertz の問題)

物性値の値をメッシュの領域に割り当てるには、TreeView の「計算格子」から行う。「計算格子」の項目の 1 つ下の階層がメッシュの領域に対応する。ここでは「E1」という領域だけが存在する。

この領域に「MAT1」という材料を割り当てる。TreeView から「E1」を選択すると、材料の選択画面が表示される。

E1 の材料は「MAT1」を選択し、材料モデルは「ELASTIC」とする。



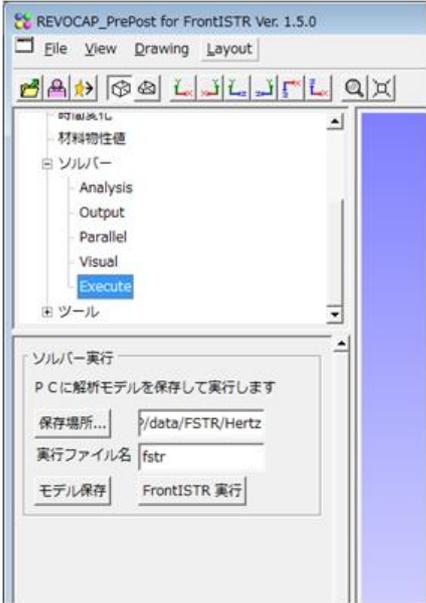
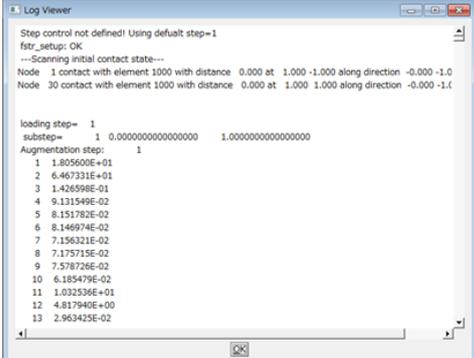
8.10 解析モデルの保存

ここでは、ソルバーの設定はデフォルトのままとし、解析モデルを保存する。メニューの[File]⇒[SaveModel]を選択して、モデルを保存する。ディレクトリを選択すると、そこにメッシュファイル、解析制御ファイル、全体制御ファイルを出力する。ディレクトリの選択画面で新しいディレクトリを作成する場合には右クリックをするとよい。

8.11 計算の実行

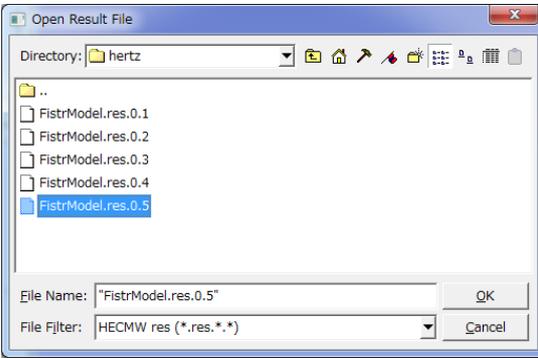
FrontISTR の実行は Windows 上、Linux 上で行なうことができるが、ここでは Windows 上での実行方法の説明をする。

8 FrontISTR 接触解析 (Hertz の問題)

<p>TreeView のソルバーの項目の下に Execute という項目がある。それを選択すると、CustomPane に「FrontISTR 実行」ボタンが現れる。このボタンを押すと、保存したモデルを Windows 上で実行することができる (ここではすでに解析モデルの保存を行っているので、ここで改めてモデルの保存をする必要はない)。</p>	
<p>「FrontISTR 実行」ボタンを押すと、計算を実行する。終了するとソルバーの標準出力ログを確認することができる。</p>	

8.12 計算結果の可視化

ソルバーの計算結果ファイルを開いて可視化を行う。Linux 環境で実行した場合もレポートを実行している PC 上にあらかじめコピーしておく。

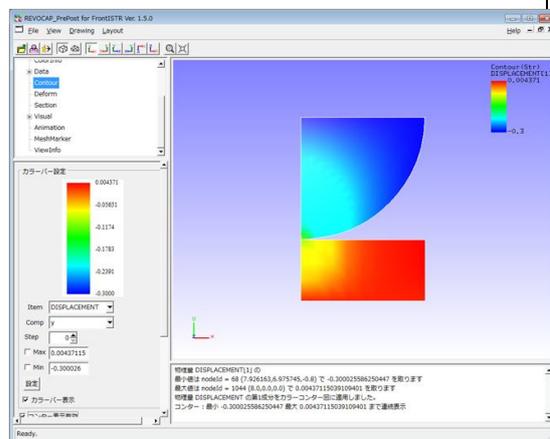
<p>メニューから [File]⇒[OpenResult] を選択し、FileFilter で HECMW Mesh (*.msh) を選択し、さらに続いて HECMW res ファイルを選択して読み込む。STEP 解析を行った場合は res ファイルが複数生成されている。ここではサブステップを 5 としたので 5 個の res ファイルが出力されているので、最後のサブステップの出力である *.res.0.5 の拡張子のファイルを選択する。これによって計算結果ファイルが</p>	
---	--

8 FrontISTR 接触解析 (Hertz の問題)

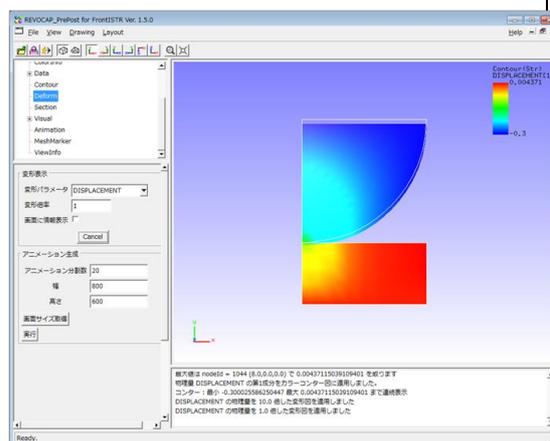
3D ビューに表示される。

ここでは計算結果の可視化処理として、変形量のコンター図とモデルの変形を表示してみる。

TreeView から「Contour」を選択すると、CustomPane にコンターの設定画面が表示される。ここでは y 方向の変位の量を見るため、Item を DISPLACEMENT とし、Comp を y として、「設定」ボタンを押す。ここで自動的に最大、最小が設定される。カラーバーの表示とコンター表示を有効にすると、3DView の中でコンター表示が有効になる。



変形表示を行うに、TreeView の「Deform」を選択すると、CustomPane に変形表示のための設定画面が表示される。ここでは変形量を等倍で表示することにする。変形倍率は 1.0 のままで、「Apply」ボタンを押すと、モデルが変形して表示される。



9 FrontISTR 並列弾性静解析（ヒンジ）

ヒンジの弾性静解析の計算を例に、REVOCAP_PrePost を使って FrontISTR の並列計算を行う手順を説明します。

9.1 解析の概要

解析の種類	弾性静解析
要素の種類	四面体 2 次要素
節点数	84056
要素数	49871
材料物性	スチール ヤング率： 2.1×10^5 [Pa] ポアソン比：0.3 密度：7850.0[kg/m ³]
境界条件	下面の穴を拘束し、側面の穴の強制面に集中荷重を与える。
メッシュファイル	Fstr/data/Hinge/hinge.msh
メッシュフォーマット	HECMW2

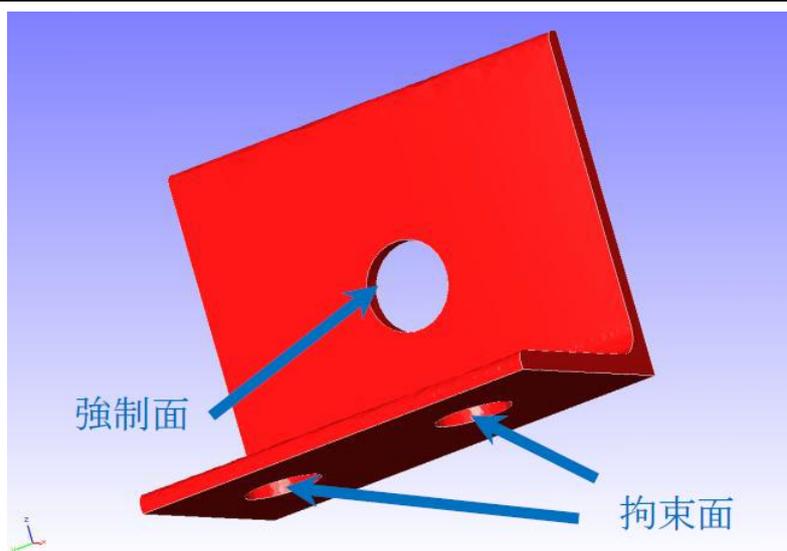


図 9-1 解析モデルの概要

解析の手順の概略は

1. メッシュファイルの読み込み

9 FrontISTR 並列弾性静解析（ヒンジ）

- 境界条件の設定
- 物性値の設定
- 解析条件の設定
- 並列計算条件の設定
- 解析モデルの計算サーバへの転送
- FrontISTR の並列計算の実行
- 計算結果の転送
- 計算結果の可視化

となります。以下で詳細を説明します。

この例題を実行するためには計算サーバにあらかじめ FrontISTR を並列実行する環境を準備しておく必要があります。具体的には以下の通りです。

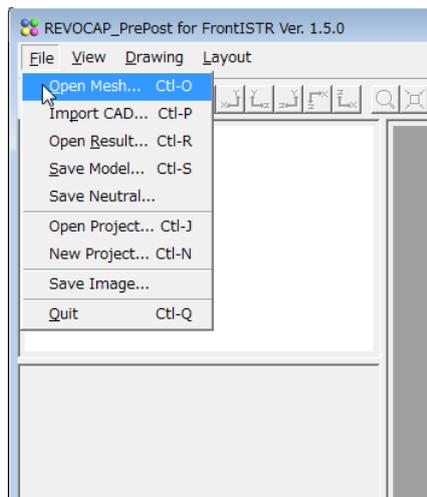
- MPI
- 並列版 FrontISTR
- FrontISTR の領域分割ツール hecmw_part
- FrontISTR の可視化データ作成ツール hecms_vis
- 計算サーバにファイルを転送するための ssh または ftp
- （必須ではない）ジョブ管理システム

詳細は FrontISTR のマニュアルをご覧ください。共有の計算サーバを利用する場合は管理者の指示に従ってください。

9.2 メッシュファイルの読み込み

REVOCAP_PrePost では形状データからメッシュを生成する機能も備えていますが、ここでは簡単のために作成済みのメッシュファイルを利用して説明を進めます。

メニューの File から OpenMesh を選択する。

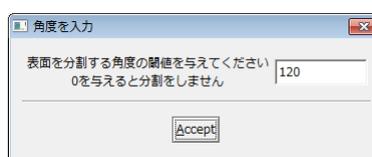
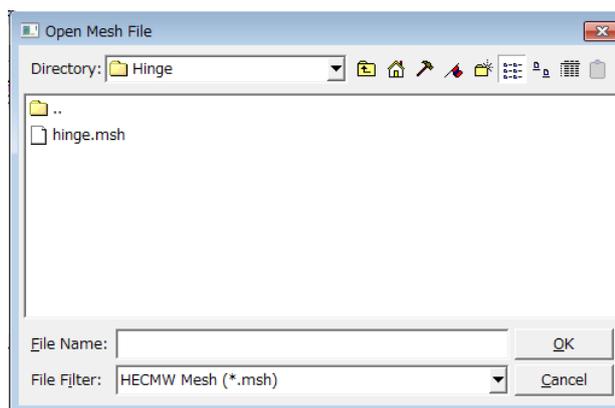


9 FrontISTR 並列弾性静解析（ヒンジ）

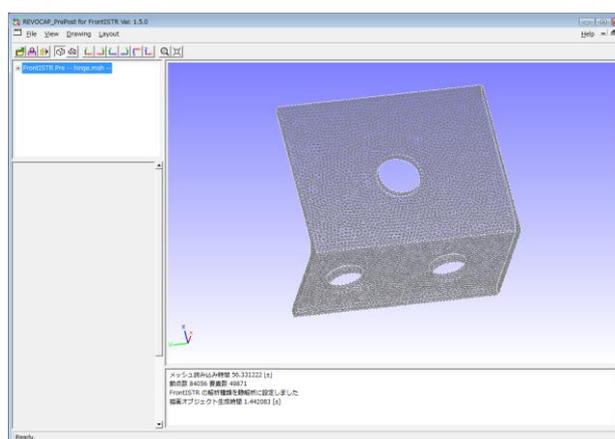
インストールしたディレクトリから Fstr\data\Hinge へ移動して、File Filter で HECMW Mesh を選んで、hinge.msh を開きます。

面を分割する角度を入力するダイアログが現れますが、規定値のまま Accept ボタンを押します。

続けて解析制御ファイルを選択するダイアログが表示されますが、ここでは使わないので Cancel ボタンを押します。



3DView にヒンジのモデルが表示され、TreeView に FrontISTR のプレ処理用の項目が表示されます。



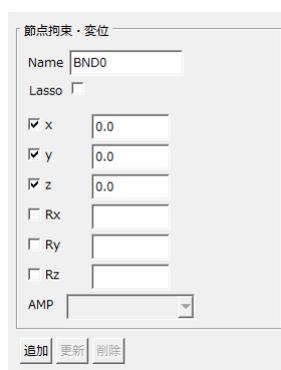
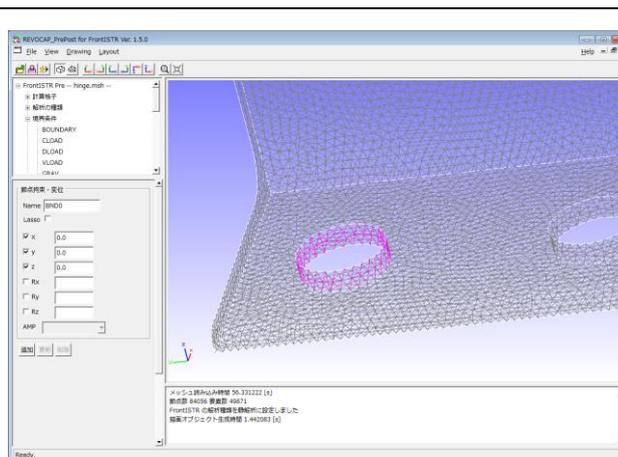
9.3 境界条件の設定

メッシュに境界条件を付与します。

9 FrontISTR 並列弾性静解析（ヒンジ）

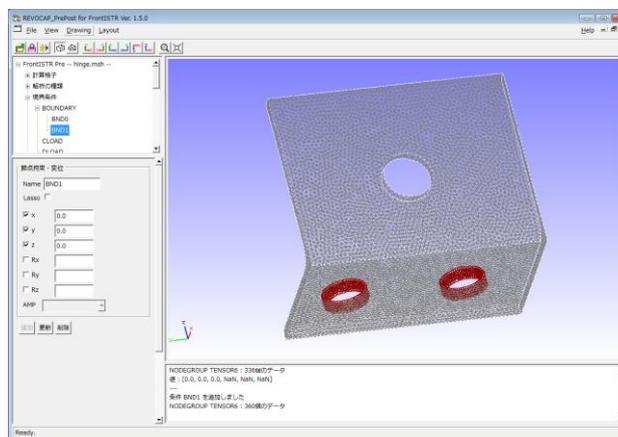
下部の穴を拘束します。TreeView で境界条件の BOUNDARY を選択し、3DView で拘束したい面を選択します。選択された面は色が変わって表示されます。

CustomPane に表示された節点拘束の設定画面で、x,y,z 座標を全て 0 で拘束することを確認して、追加ボタンを押します。



もう一方の穴にも同様に拘束条件を与えます。新たな拘束条件を追加する場合は、一旦 TreeView の BOUNDARY を選択してください。

正しく設定されると、3DView の中で拘束された節点にマーカーが表示され、TreeView では BOUNDARY の下に 2 つの拘束境界条件を表す項目が追加されます。

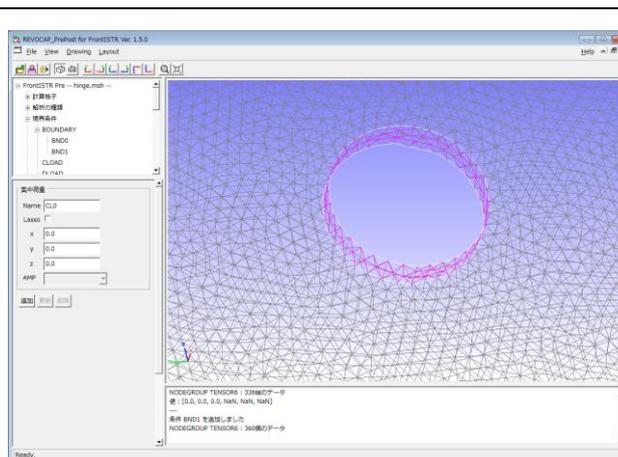


9 FrontISTR 並列弾性静解析（ヒンジ）

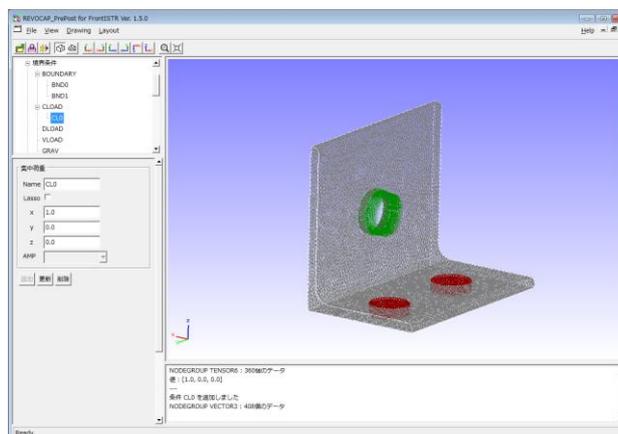
次に側面の穴に集中荷重を与えます。

TreeView の境界条件から CLOAD を選択し、3DView で荷重を与えたい面を選択します。選択された面は色が変わって表示されます。

CustomPane に表示された集中荷重の設定画面で、x 方向の値を 1.0 として、追加ボタンを押します。



正しく設定されると、3DView の中で集中荷重が与えられた節点にマーカーが表示され、TreeView では CLOAD の下に 1 つの荷重条件を表す項目が追加されます。



9.4 物性値の設定

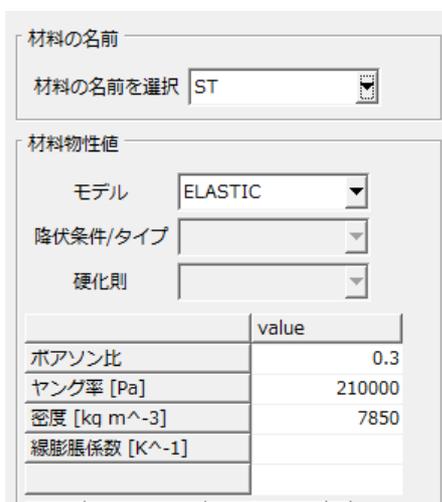
HECMW 形式のメッシュファイルには既に物性値のデータが記述されています。今回のメッシュファイルには ST という名前でスチールのデータが記述されているのでそれを利用します。ここではその値を確認します。

9 FrontISTR 並列弾性静解析（ヒンジ）

TreeView の材料物性値を選択します。
CustomPane に物性値の設定画面が表示されます。

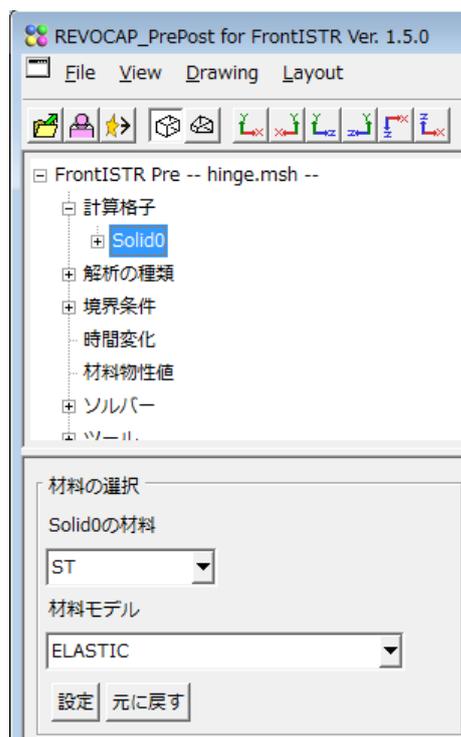


材料の名前で **ST** を選択します。モデルを **ELASTIC** にするときに、
ポアソン比 : 0.3
ヤング率 [Pa] : 210000
密度 [kg/m³] : 7850
であることを確認します。



9 FrontISTR 並列弾性静解析 (ヒンジ)

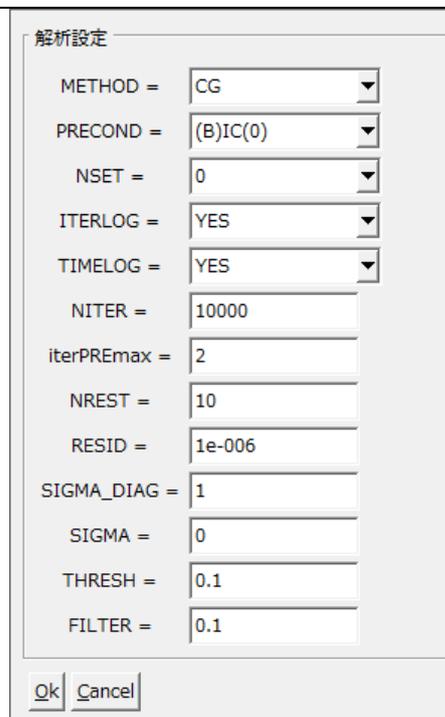
メッシュの領域に物性値が割り当てられていることを確認するため、計算格子の Solid0 を選択して、CustomPane に表示される材料の選択画面を確認します。ST が選択されていれば問題ありません。



9.5 解析条件の設定

FrontISTR の内部の計算における反復法の収束回数などの解析条件を設定します。

TreeView のソルバーの下の Analysis を選択し、反復回数(NITER)を 10000 に変更します。その他の値は規定値のままとします。



TreeView のソルバーでは出力モデルのファイルと解析ケース名を選択できます。この文字列は出力されるデータのファイル名とディレクトリ名に使われます。

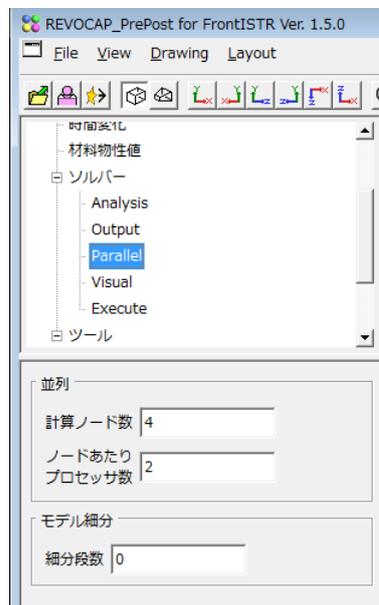
適当な名前に変更してもかまいません。



9.6 並列計算条件の設定

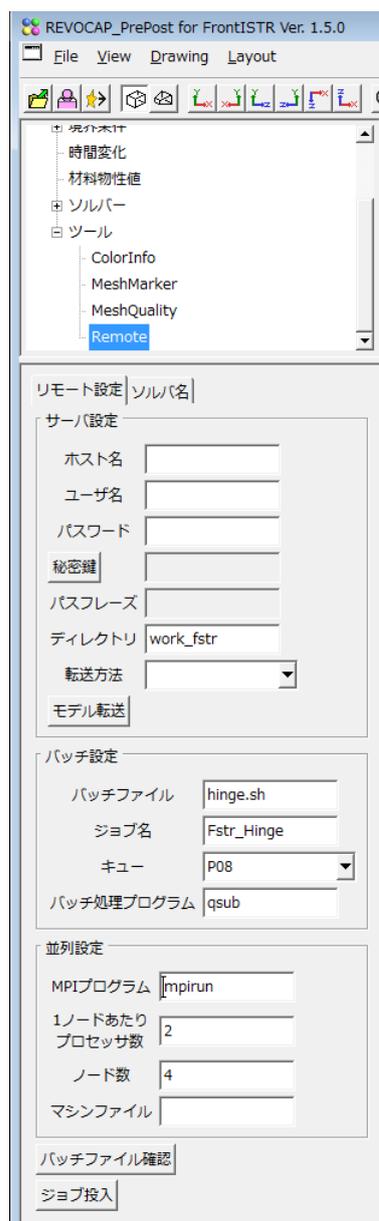
並列計算を行うためには、解析モデルを計算サーバに転送して、領域分割を行い、ソルバーを並列実行します。計算サーバにはあらかじめ FrontISTR が並列で実行できる環境が準備できているものとします。ここでは ssh でファイル転送し、PBS でジョブ管理を行うという前提で説明します。

TreeView のソルバーの下の Parallel を選択して、並列のための設定を行います。ここでは計算ノード数を 4 とし、ノードあたりのプロセッサ数を 2 とします。この値は計算サーバの設定に合わせてください。

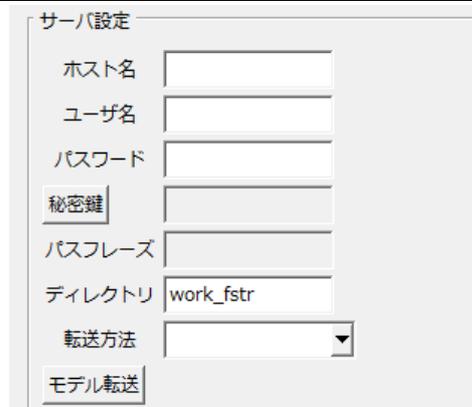


9 FrontISTR 並列弾性静解析（ヒンジ）

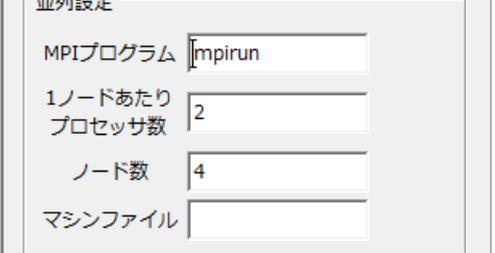
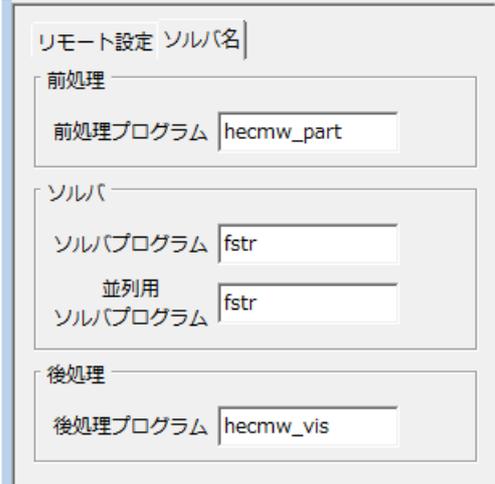
TreeView のツールの下の Remote を選択すると CustomPane にファイル転送とリモート実行のための設定画面が現れます。



サーバ設定では、計算サーバへの転送方法を ssh として、計算サーバのホスト名、ユーザ名、パスワードを設定してください。

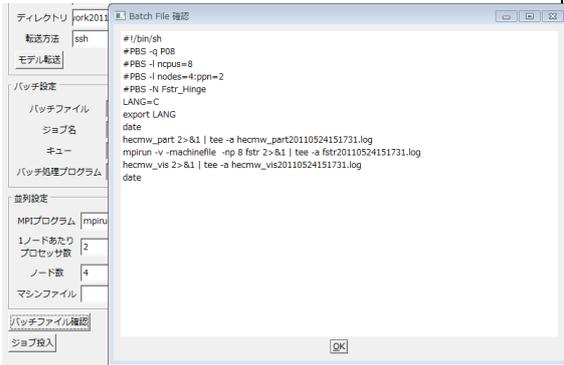


9 FrontISTR 並列弾性静解析（ヒンジ）

<p>バッチ設定では、バッチ処理システムで設定されているキューを設定してください。バッチファイル名、ジョブ名は適当な名前に変更してもかまいません。</p> <p>キューの名前が不明の時は計算機の管理者にお問い合わせください。</p> <p>また、バッチ処理プログラムの名前が <code>qsub</code> と異なるときは変更してください。</p>	
<p>並列処理では、MPI プログラムの名前ノードあたりのプロセッサ数、ノード数を設定します。ノード数×ノードあたりのプロセッサ数が並列数になります。並列数が1より大きいときに MPI プログラムを使って並列実行するようになります。</p>	
<p>前処理プログラム、ソルバプログラム、後処理プログラム、それぞれの実行体の名前を変更するときは、上部の「ソルバ名」タブを選択して、名前を編集してください。</p>	

9.7 解析モデルの計算サーバへの転送

引き続き、TreeView の「ツール」の下の Remote を選択して表示される設定画面で作業します。

<p>「リモート設定」タブを選択し、バッチファイル確認ボタンを押すと、バッチ処理プログラムに投入されるバッチファイルを確認できます。</p>	
<p>問題なければジョブ投入ボタンを押します。自動的に解析モデルを転送してジョブを開始します。</p>	

バッチファイルの内容を環境に応じて変更する場合は、バッチファイルのテンプレートファイル `Fstr/batch.template` を編集してください。詳しくはマニュアルをご覧ください。

9.8 FrontISTR の並列計算の実行と確認

ジョブ投入ボタンでファイルの転送と並列計算の実行が行われます（ファイル転送には時間がかかるため、ジョブの投入まで少し待たなければならぬことに注意してください）。ジョブが投入されたことを確認するには、計算サーバに `ssh` 等で接続して、ジョブ管理プログラムの機能（`qstat` など）を使って調べます。詳しくは計算サーバの管理者に問い合わせてください。

ジョブに投入されるスクリプトの例を挙げます。

<pre>#!/bin/sh #PBS -q P4 #PBS -l ncpus=4 #PBS -l nodes=1:ppn=4 #PBS -N fstr_job LANG=C export LANG date cd work_fstr hecmw_part 2>&1 tee -a hecmw_part.log mpirun -np 4 fstr 2>&1 tee -a fstr.log hecmw_vis 2>&1 tee -a hecmw_vis.log date</pre>	<p><code>sh</code> を呼び出して実行します</p> <p>PBS にキューの名前を指定します</p> <p>PBS に CPU 数を指定します</p> <p>PBS にノード数を指定します</p> <p>PBS にジョブ名を指定します</p> <p>言語の設定を C にします</p> <p>言語の設定を有効にします</p> <p>日時を出力します</p> <p>作業ディレクトリに移動します</p> <p>領域分割します</p> <p>ソルバを並列で実行します</p> <p>結果ファイルを作成します</p> <p>日時を出力します</p>
--	--

このようなファイルを出力するには、`batch.template` は以下のように記述します。

```

output.puts "#!/bin/sh"
output.puts "#PBS -q #{queue}"
output.puts "#PBS -l ncpus=#{ncpu}"
output.puts "#PBS -l nodes=#{nodes};ppn=#{ppn}"
output.puts "#PBS -N #{job}" if job
output.puts "LANG=C"
output.puts "export LANG"
output.puts "date"
output.puts "cd #{remotedir}"
if pre
  prelogfile = "#{pre}.log"
  output.puts "#{pre} 2>&1 | tee -a #{prelogfile}"
end
logfile = "#{solver_s}.log"
if ncpu == 1
  output.puts "#{solver_s} 2>&1 | tee -a #{logfile}"
else
  output.puts "#{mpirun} -np #{ncpu} #{solver_p} 2>&1 | tee -a #{logfile}"
end
postlogfile = "#{post}.log"
output.puts "#{post} 2>&1 | tee -a #{postlogfile}"
output.puts "date"

```

これは Ruby 言語の文法に従って書きます。

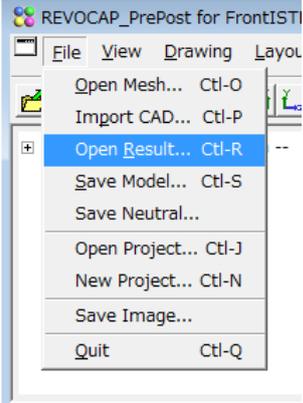
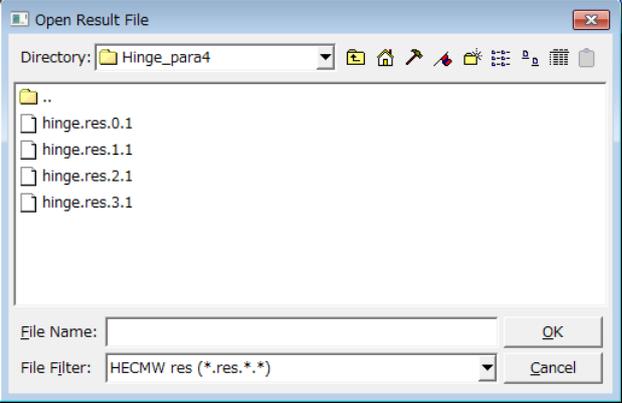
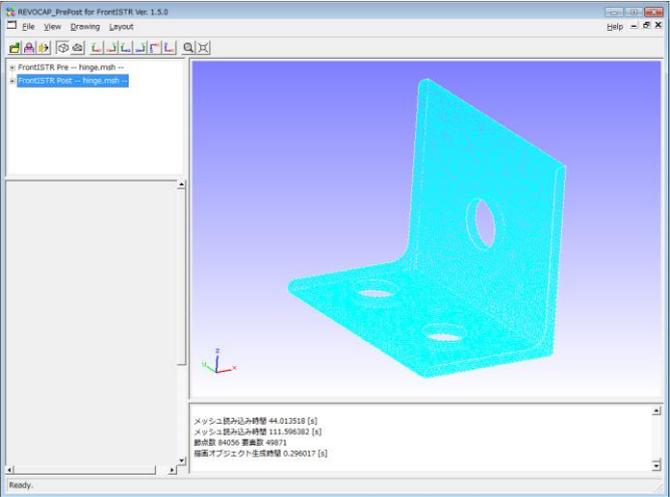
9.9 計算結果の転送

ジョブ管理プログラムの機能を使って、並列計算のジョブが終了したことが確認できれば、計算サーバに計算結果ファイルができています。結果ファイルは作業ディレクトリに `res` または `inp` の拡張子のファイルとして出力されます。ssh または ftp に対応したファイル転送プログラムなどを使って PC にファイルを転送します。

9.10 計算結果の可視化

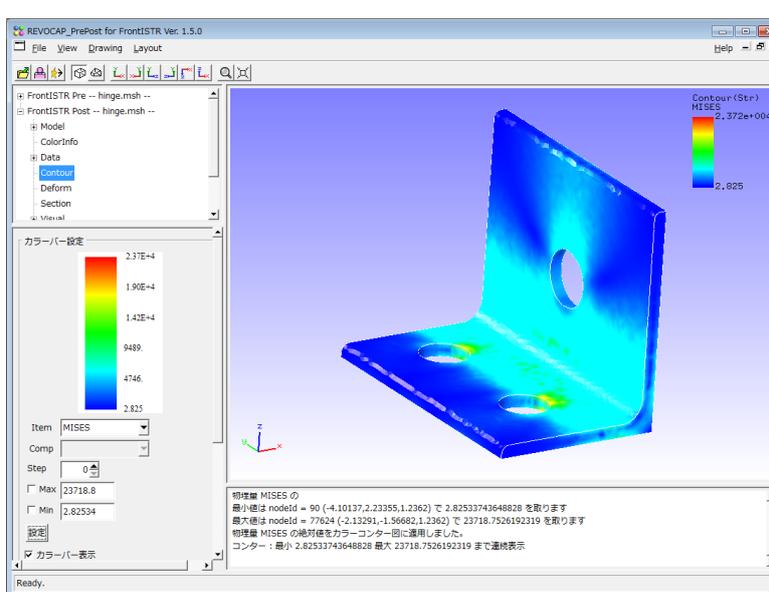
PC に計算結果を転送して、メッシュファイルと計算結果ファイルがあるとします。並列計算を実行した場合には、HECMW 形式の結果ファイルは並列数の分だけ生成されることに注意してください。

9 FrontISTR 並列弾性静解析 (ヒンジ)

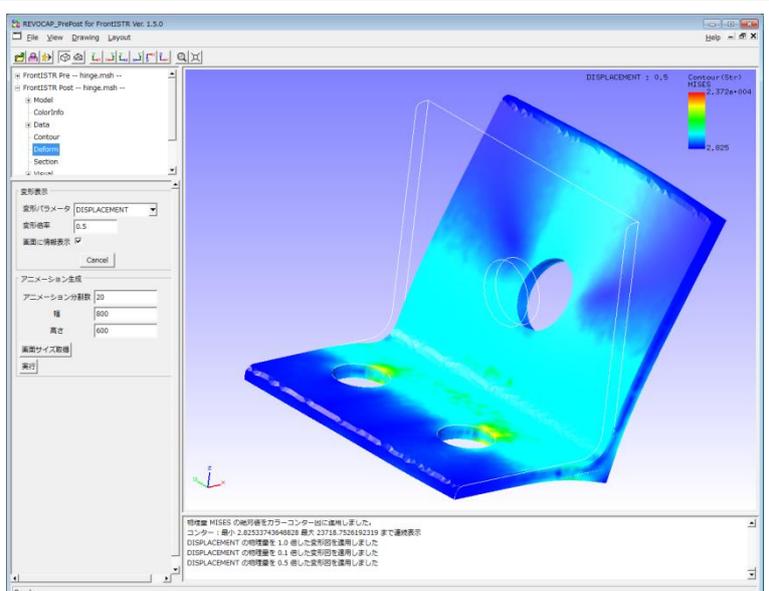
<p>File メニューから OpenResult を選択します。</p>	 <p>The screenshot shows the 'File' menu of the REVOCAP_PrePost for FrontISTR software. The 'Open Result...' option is highlighted in blue. Other visible options include 'Open Mesh...', 'Import CAD...', 'Save Model...', 'Save Neutral...', 'Open Project...', 'New Project...', 'Save Image...', and 'Quit'.</p>
<p>HECMW Mesh ファイル、HECMW Res ファイルの順に選択します。Res ファイルは複数まとめて選択することができます。</p>	 <p>The screenshot shows the 'Open Result File' dialog box. The 'Directory' field is set to 'Hinge_para4'. The file list contains four files: 'hinge.res.0.1', 'hinge.res.1.1', 'hinge.res.2.1', and 'hinge.res.3.1'. The 'File Name' field is empty, and the 'File Filter' is set to 'HECMW res (*.res.*.*)'.</p>
<p>計算結果のメッシュが表示されます。</p>	 <p>The screenshot shows the main window of the REVOCAP_PrePost for FrontISTR software. The 3D view displays a cyan-colored mesh of a bent metal part with two circular holes. The status bar at the bottom shows the following information: 'メッシュ読み込み時間 44.012518 [s]', 'メッシュ読み込み時間 111.596282 [s]', '節点数 84026 要素数 49871', and '総面アプレット生成時間 0.296017 [s]'. The status bar also indicates 'Ready'.</p>

9 FrontISTR 並列弾性静解析 (ヒンジ)

MISES の結果をコンター表示するには、TreeView の Contour を選択して、Item に MISES を選択して、設定ボタン、コンター表示有効ボタンを押します。



変形図を出すには、TreeView の Deform を選択して変形倍率を設定して Apply ボタンを押します。



10 FrontISTR 固有値解析 (ハトメ)

10.1 解析の概要

ハトメの固有値解析を行い、その固有値を求めます。モデルは計算コストを考え 1/4 モデルで行います。

解析の種類	固有値解析
CAD モデル	data/CAD/hatome.iges
要素タイプ	要素タイプ：四面体二次要素 (REVOCAP_PrePost で生成)
境界条件	下面完全拘束
物性値	アルミニウム

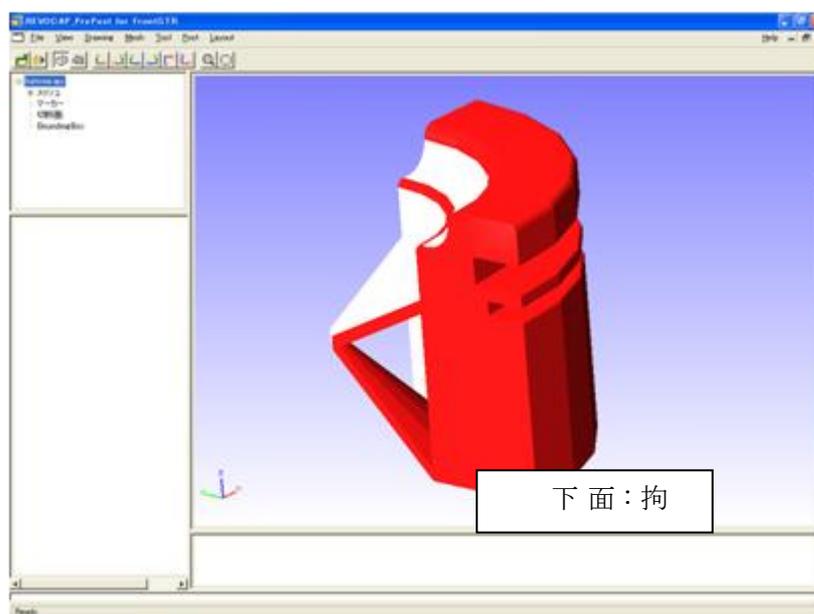
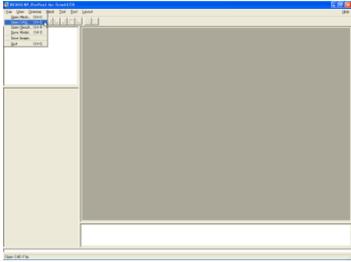
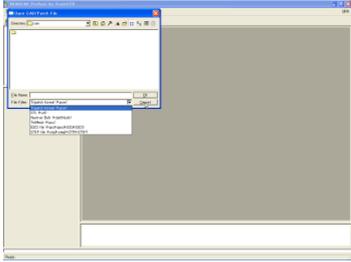
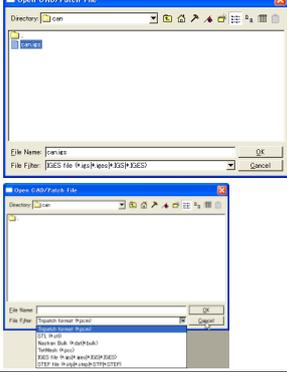
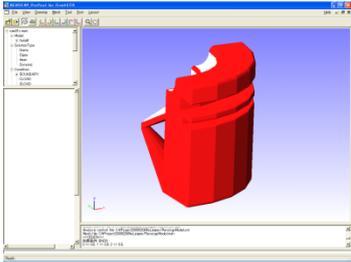
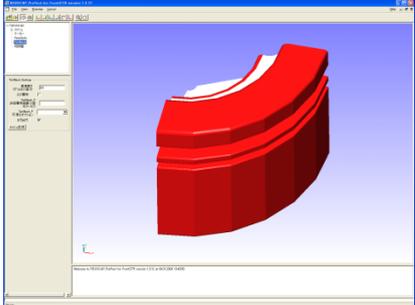
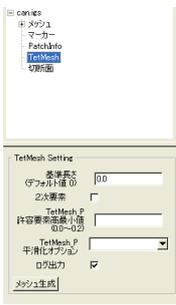
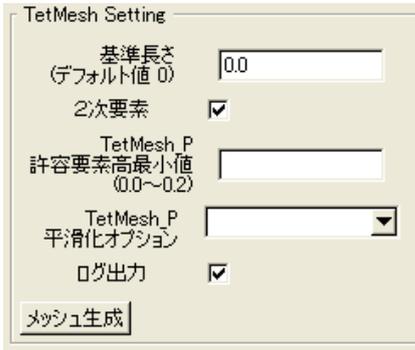
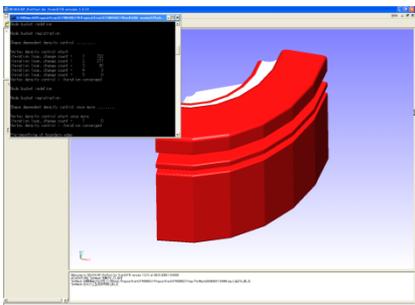


図 10-1 ハトメモデル

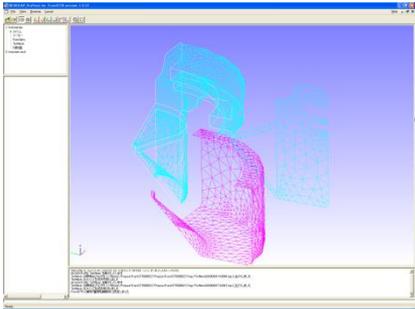
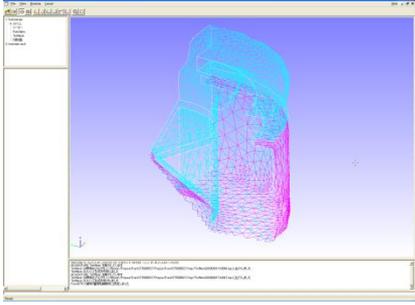
10.2 CAD データの読み込み

<p>CAD データを読み込みます。 メニューの File から Import CAD を選択します。</p>	
<p>IGES ファイルはフォルダの data\CAD に保存されています。そのフォルダに行きます。ダイアログの File Filter を IGES file (*.igs *.iges *.IGS *.IGES) にします。</p>	
<p>hatome.igs を選択します。</p>	
<p>hatome.igs が REVOCAP_PrePost に読み込まれます。</p>	

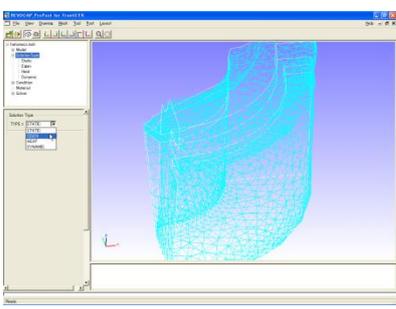
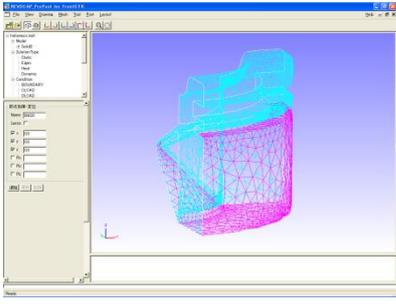
10.3 メッシュ生成

<p>読み込んだ IGES ファイルからメッシュを生成します。</p>	
<p>Treeview のメッシュの下にある TetMesh 上で左クリックをします。</p>	
<p>TetMesh Setting でメッシュの粗密・一次要素二次要素の選択などがおこなえます。 今回は二次要素にチェックを入れてあとはデフォルト値を使用します。 メッシュ生成を押します。</p>	
<p>メッシュャーが起動し、コマンドプロンプトが表示されます。</p>	
<p>メッシュの生成に成功すると、自動的にメッシュを開いて、FrontISTR の境界条件設定用の画面に切り替わります。</p>	

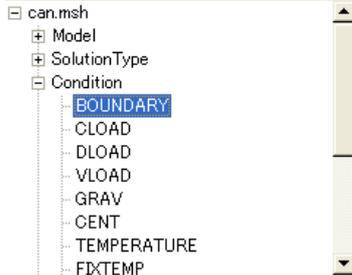
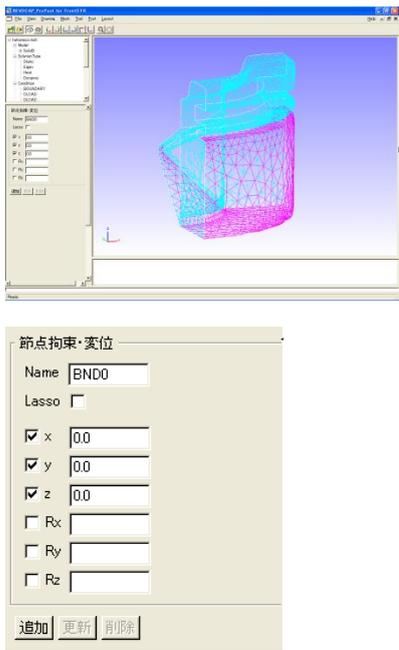
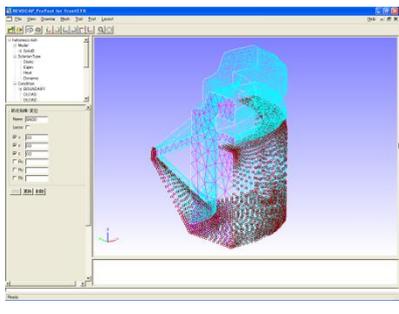
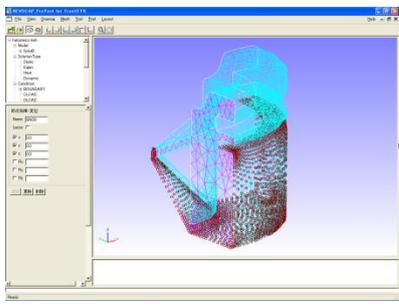
10 FrontISTR 固有値解析 (ハトメ)

<p>メッシュの面は、面ごとにユーザーが選択し、画面上で動かすことができます。</p> <p>面は左クリックを押して選択します。この時選択面の色が変わります。</p> <p>左クリックを押したままマウスを操作すると面が移動します。</p>	
<p>元の位置にメッシュを戻すにはメニューの View から Init Pos を選択します。</p> <p>移動した面が元の位置に戻ります。</p>	

10.4 解析の種類、境界条件設定

<p>今回は固有値解析を行います。</p> <p>Treeview の Solution Type を選択します。</p> <p>Treeview の下の Solution Type の TYPE= の▼から EIGEN を選択します。</p> <p>この時、Treeview 下の固有値解析の個所は変更する必要はありません。</p>	
<p>メッシュに境界条件を与えます。</p> <p>ハトメの下面を拘束します。</p> <p>メッシュのハトメの下面を選択します。</p> <p>* 選択された面の色が変わります。</p>	

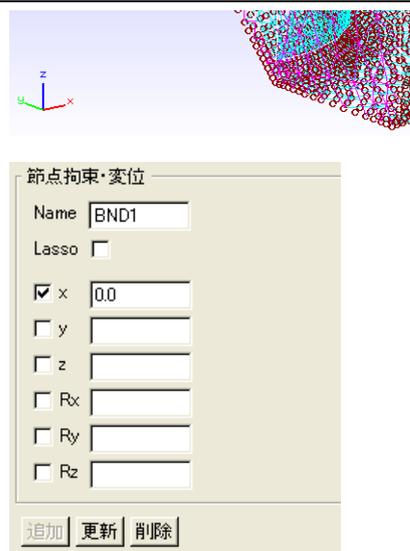
10 FrontISTR 固有値解析 (ハトメ)

<p>画面左側 Treeview の Condition の BOUNDARY を選択します。</p> <p>*BOUNDARY は拘束条件のことになります。</p>	
<p>今は XYZ 方向に拘束を行うのでデフォルトの状態を追加を押します。</p> <p>*0.0 となっていれば選択した箇所が動かないということになるので拘束と同義となります。</p>	
<p>拘束条件を与えた個所に茶色のアイコンが付き、拘束条件が与えられたことが確認できます。</p>	
<p>同様にハトメ対称にしている断面にも拘束条件を与えます。</p> <p>ハトメの対称面を選択します。</p>	

10 FrontISTR 固有値解析 (ハトメ)

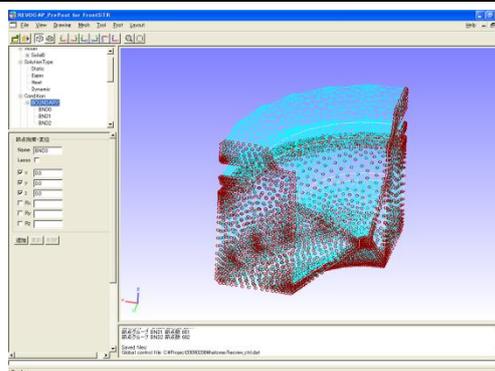
対称モデルのため X 方向だけを拘束します。
XY のチェックボックスを外し X のみチェック
します。追加を押します。

断面が拘束されます。



同じようにもう一面の対称面にも拘束条件
を与えます。この時方向は Y 方向の拘束にな
ります。

これで対称面への拘束条件が与えられまし
た。



10.5 物性値設定

物性値をモデルに与えます。

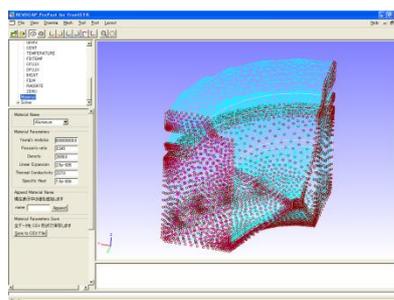
物性値は

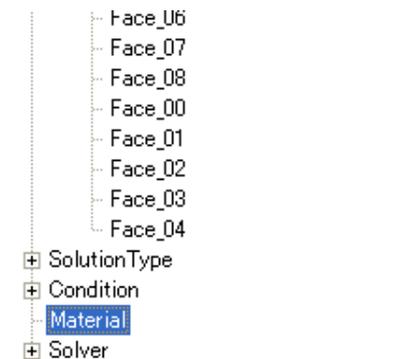
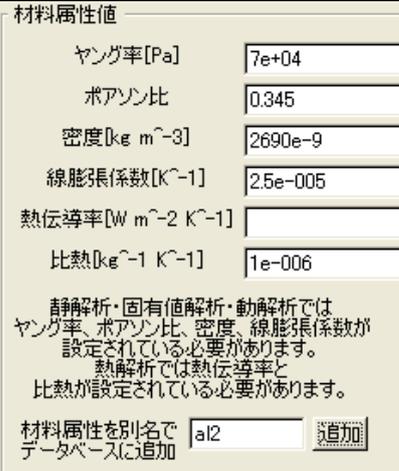
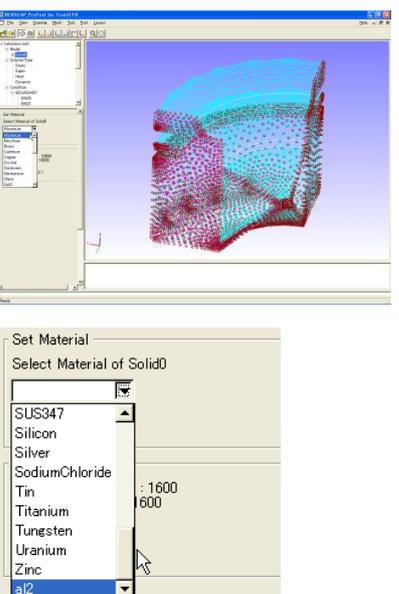
- 材料データベースの値を用いる
- ユーザーが任意に与える

2つの方法で与えることができます。

Treeview の Material を選択します。

Treeview の下に物性値の設定画面が表示さ
れます。



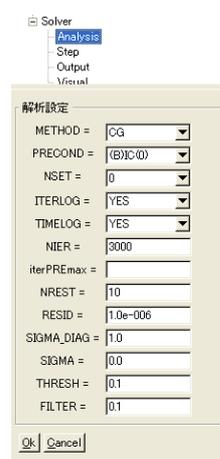
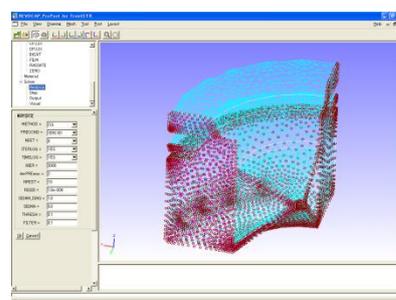
	
<p>今回はアルミのハトメの解析を行っています。よって使用する物性値は Aluminum を使用します。</p> <p>REVOCAP_PrePost ではアルミの物性値をあらかじめデータとして持っています。</p> <p>Material Name の▼を選択します。物性値の一覧が表示されるのでその中の Aluminum を選択します。単位は SI 単位ですが使用しているモデルは mm 単位ですので図の選択のように変更します。</p> <p>変更した材料をデータベースに追加します。『材料属性を別名でデータベースに追加』の箇所に変更した材料の名前を入力します。追加を押し材料属性のデータベースに登録します。</p>	
<p>Treeview の Model の下の Solid0 を選択します。Treeview の下に Set Material が表示されます。</p> <p>この Select Material of Solid0 で al2 を選択します。</p> <p>その後 OK のボタンを押します。</p> <p>これでメッシュに物性値が与えられました。</p>	

10.6 計算条件の設定

FrontISTR で使用する計算条件を設定します。ここでは反復法の収束回数などを定義します。

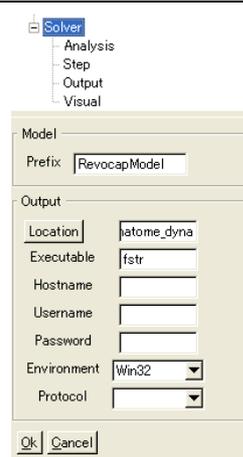
Treeview の Solver の下の Analysis を選択します。

今回の計算ではデフォルトの数値で計算は可能なため、そのまま OK ボタンを押します。



その後 Treeview の Solver 上を選択し OK を選択します。

これで計算条件の設定が完了しました。



10.7 ファイル出力

FrontISTR 用のファイルに出力します。

この計算では結果を BMP ファイルではなく AVS 形式で出力し、REVOCAP_PrePost で

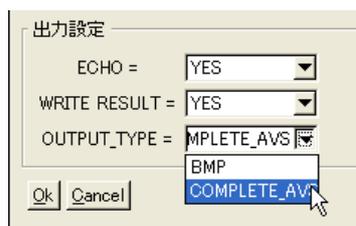
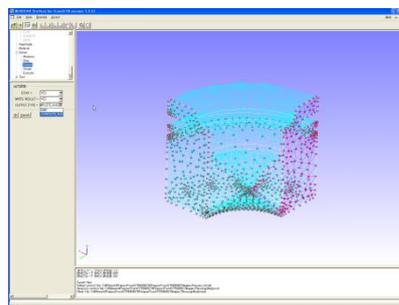
10 FrontISTR 固有値解析 (ハトメ)

ポスト処理を行います。

Treeview の Solver の下の OutPut を選択します。Treeview の下に出力設定が表示されます。この出力設定の OUTPUT_TYPE はデフォルトでは BMP となっていますがここを COMPLETE_AVS に変更します。その後 OK を押します。

これで FrontISTR 実行時結果ファイルは AVS 形式で出力されます。

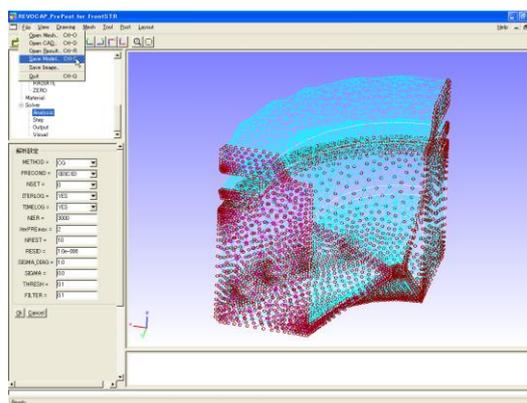
Treeview の Solver 上を選択し OK を選択します。



ファイルを出力するフォルダを設定します。メニューの File Save Model を選択します。

FrontISTR の解析モデルを出力するディレクトリを選択してくださいというダイアログが表示されるので保存したいフォルダを選択して OK を押して下さい。

これで保存フォルダに FrontISTR 用ファイルが出力されました。



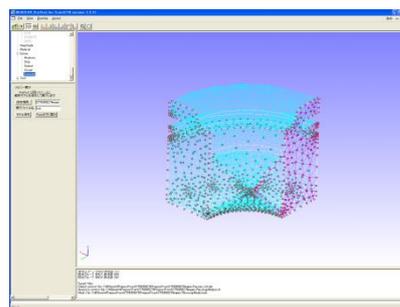
10.8 FrontISTR の実行

REVOCAP_PrePost から FrontISTR を実行します。

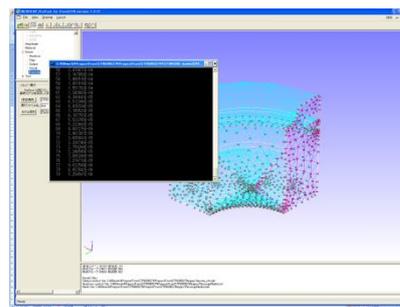
10 FrontISTR 固有値解析 (ハトメ)

Treeview の Solver の下の Execute を選択します。

ソルバー実行が表示されます。



FrontSTR の実行を選択すると FrontISTR が起動します。

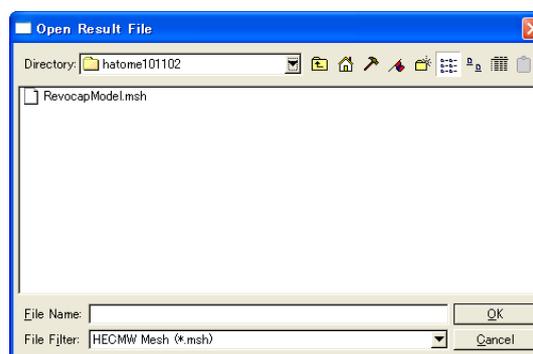


10.9 ポスト処理

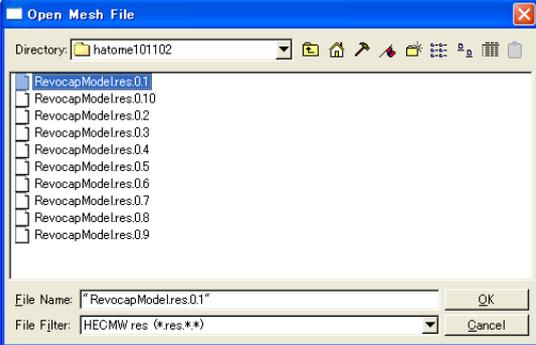
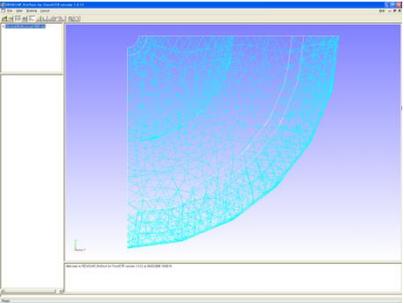
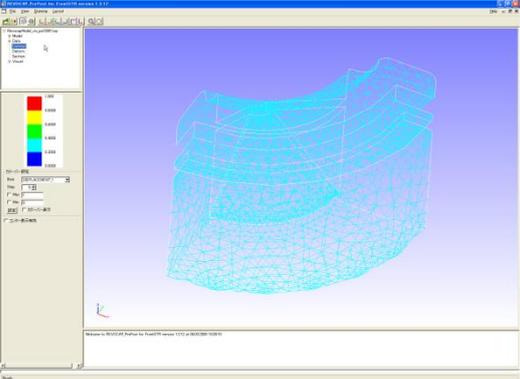
固有値解析を行った結果を REVOCAP_PrePost で確認します。

File メニューの Open Result を選択します。

Open Result File のダイアログが表示されます。FrontISTR を実行したフォルダに行き、まず RevocapModel.msh を選択し、ダイアログにおいて Accept ボタンを押したあと、RevocapModel.res.0.1 を選択します。



10 FrontISTR 固有値解析 (ハトメ)

	 
<p>ファイルが読み込まれるとモデルが表示されます。</p>	
<p>Treeview における Contour を選択すると Treeview の下にカラーバー設定が表示されます。</p>	

10 FrontISTR 固有値解析 (ハトメ)

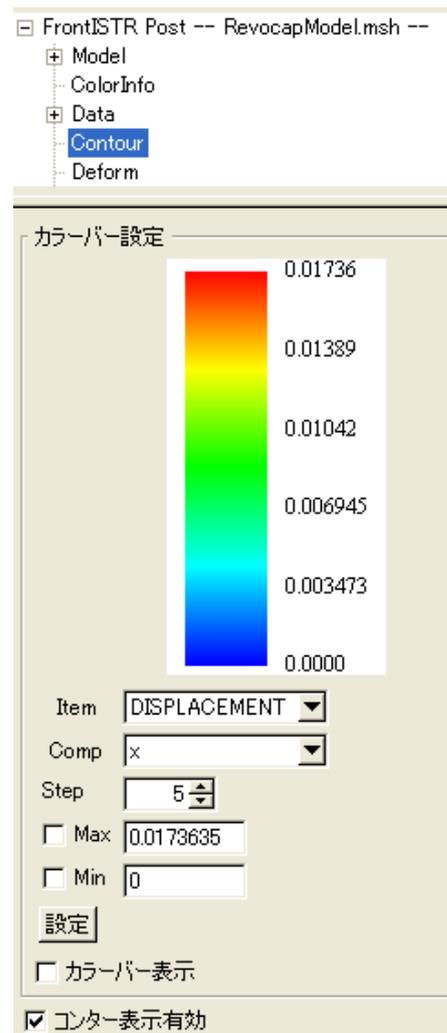
確認したい物理量を変更する場合はカラーバー設定の Item の▼を選択し各物理量を選択します。今回は Item から Displacement を選択します。

また x 方向の変位を表示するために、「Comp」では「x」を選択します。

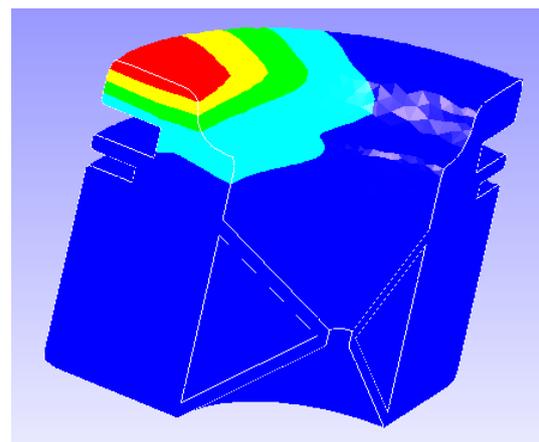
また 5 段階の色で表示するために「Step」は 5 を入力してください。

カラーバーを表示したい場合はカラーバー設定のカラーバー表示にチェックを入れます。

設定ボタンを押すと、対象とする物理量の範囲を自動的に設定できます。



コンター表示有効にチェックを入れるとコンター表示されます。



11 FrontISTR 熱伝導解析 (アルミ缶)

11.1 解析の概要

熱伝導解析として、空き缶の下面に高温の固定温度を与えた時の温度分布を求めます。

モデルは計算コストを考え対称モデルで行います。

解析の種類	熱伝導解析
要素タイプ	四面体 2 次要素
境界条件	下面温度 100℃ 側面は大気と熱伝達 雰囲気温度 25℃ 熱伝達係数 8 W/m ² ・K
材料物性	アルミニウム
形状モデル	data/CAD/can.iges

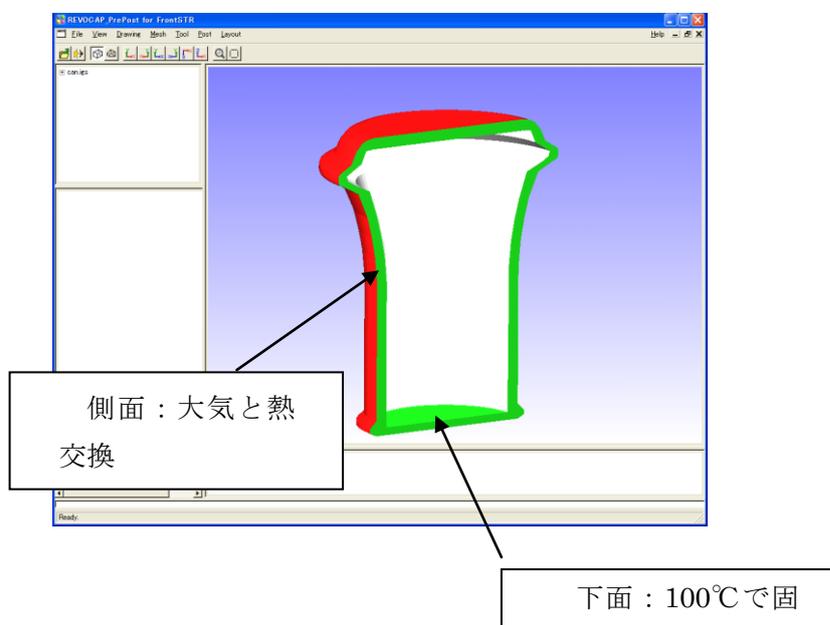


図 11-1 解析モデルの概要

解析の手順の概略は

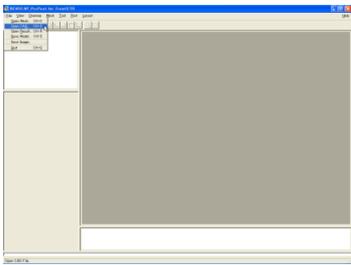
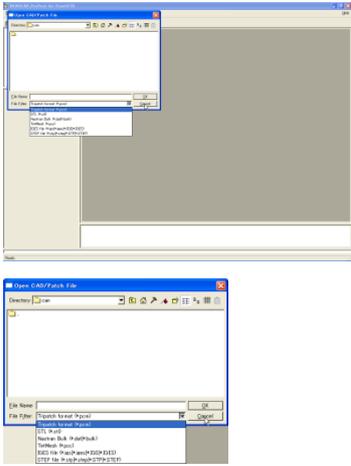
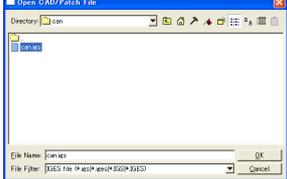
1. 形状データの読み込み

11 FrontISTR 熱伝導解析 (アルミ缶)

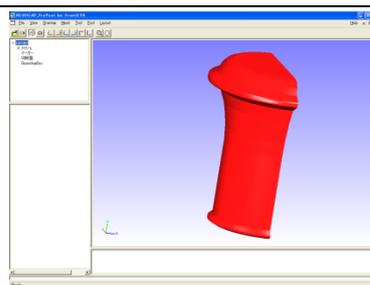
2. メッシュ生成
3. 境界条件の設定
4. 物性値の設定
5. 解析条件の設定
6. 解析モデルの出力
7. FrontISTR の計算の実行
8. 計算結果の可視化

となります。以下で詳細を説明します。

11.2 形状データの読み込み

<p>IGES 形式の形状データを読み込みます。メニューの File から Import CAD を選択します。</p>	
<p>IGES ファイルはフォルダの data\CAD に保存されています。そのフォルダに行きます。ダイアログの File Filter を IGES file (*.igs *.iges *.IGS *.IGES) にします。</p>	
<p>can.igs を選択します。</p>	

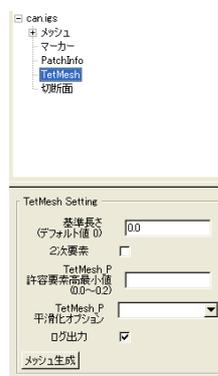
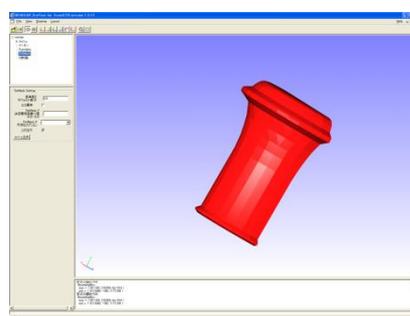
can.igs が REVOCAP_PrePost に読み込まれます。



11.3メッシュ生成

読み込んだ形状データからメッシュを生成します。

TreeView の TetMesh を選択します。

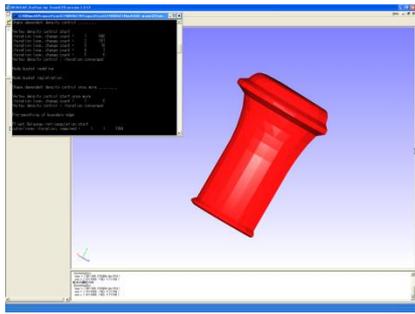
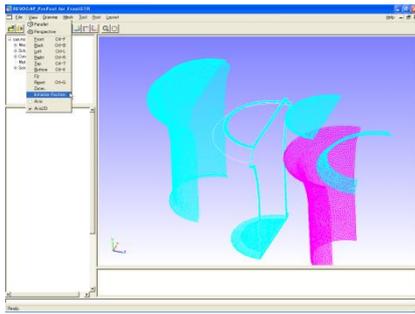
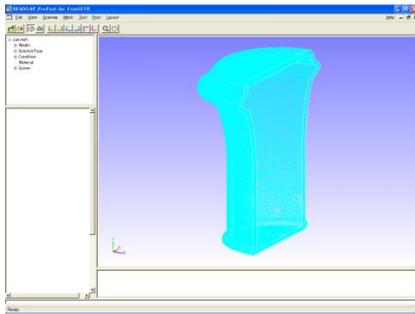


TetMesh Setting でメッシュの粗密・一次要素二次要素の選択などがおこなえます。

今回は二次要素にチェックを入れてあとはデフォルト値を使用します。

メッシュ生成を押します。



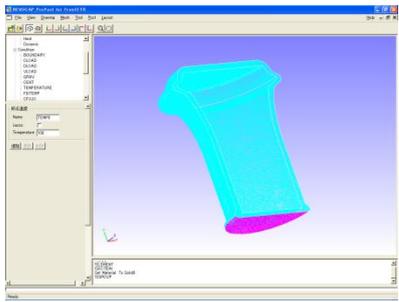
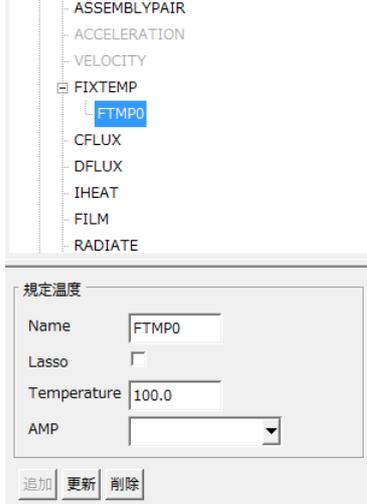
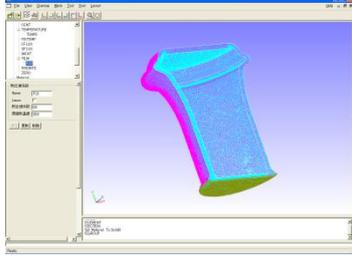
<p>メッシャーが起動し、コマンドプロンプトが表示されます。</p> <p>メッシュの生成に成功すると、自動的にメッシュを開いて、FrontISTR の境界条件設定用の画面に切り替わります。</p>	
<p>メッシュの面は、面ごとにユーザーが選択し、画面上で動かすことができます。</p> <p>面は左クリックを押して選択します。この時選択面の色が変わります。</p> <p>左クリックを押したままマウスを操作すると面が移動します。</p>	
<p>元の位置にメッシュを戻すにはメニューの View から Init Pos を選択します。</p> <p>移動した面が元の位置に戻ります。</p>	

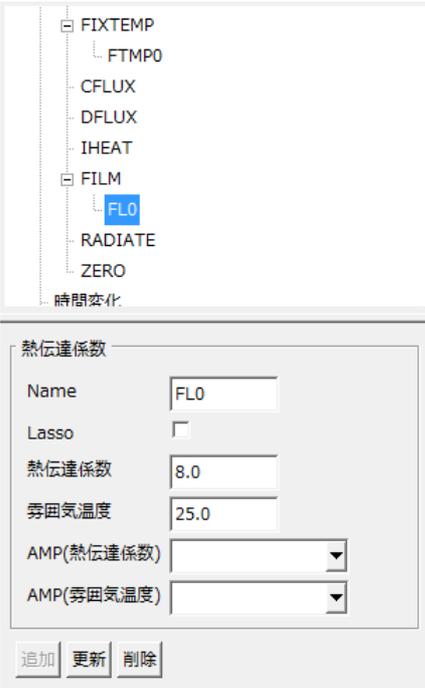
11.4境界条件の設定

解析の種類に熱伝導解析を選択し、下面に固定温度、側面に大気と熱伝達の境界条件を与えます。

<p>今回は熱伝導解析を行います。</p> <p>TreeView から解析の種類を選択します。</p> <p>TYPE から HEAT を選択します。</p>	
--	--

11 FrontISTR 熱伝導解析 (アルミ缶)

<p>メッシュに境界条件を与えます。</p> <p>アルミ缶の下面温度を固定します。 メッシュのアルミ缶の下面を選択します。 (選択された面の色が変わります)</p>	
<p>画面左側 Treeview の Condition の FIXTEMP (節点に与える温度) を選択します。</p> <p>Temperature に 100 を入力し、追加ボタンを押してください。</p>	
<p>温度が与えられたことは TreeView の FIXTEMP の下に FTMP0 があることで確認できます。</p> <p>この FTMP0 が今与えた規定温度の条件になります。</p>	
<p>大気との熱伝達について定義します。</p> <p>アルミ缶表面が大気と熱を交換しているとします。</p> <p>メッシュのアルミ缶の表面を選択します。 (選択された面の色が変わります)</p>	

<p>Treeview の FILM を選択します。Treeview の下の熱伝達係数の個所の熱伝達係数に 8 (W/m²・K) 雰囲気温度に 25 (°C) を入力します。</p>	
<p>追加のボタンを選択すると TreeView の FILM の個所に FLO が追加されます。 この FLO が今与えた熱伝達の条件になります。</p>	

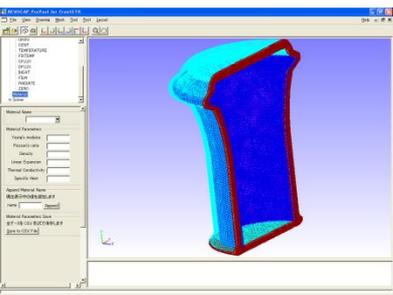
11.5 物性値の設定

物性値をモデルに与えます。

物性値は

- 材料データベースの値を用いる
- ユーザーが任意に与える

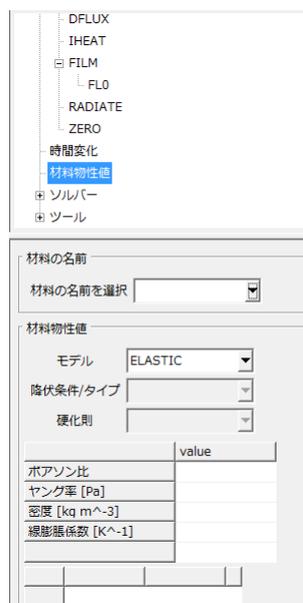
2つの方法で与えることができます。ここでは既にデータベースに登録してあるアルミの値を使います。

<p>TreeView の材料物性値を選択します。 CustomPane に物性値の設定画面が表示されます。</p>	
--	--

11 FrontISTR 熱伝導解析 (アルミ缶)

今回はアルミ缶の解析を行います。よって使用する物性値は Aluminum を使用します。

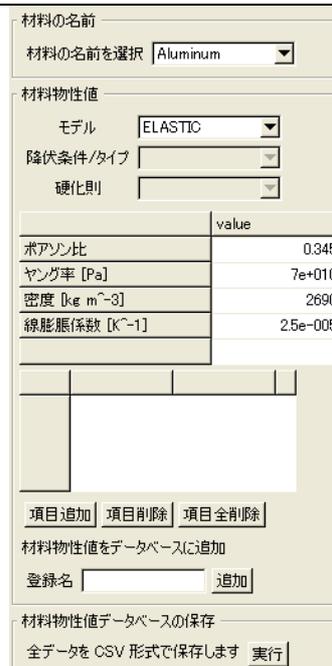
REVOCAP_PrePost ではアルミの物性値をあらかじめデータとして持っています。



材料の名前で Aluminum を選択します。

REVOCAP_PrePost ではアルミの物性値をあらかじめデータとして持っています。

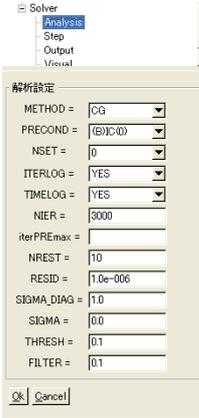
「モデル」の項目の選択を「ELASTIC」とするとポアソン比、ヤング率、密度、線膨張係数が表示されます。「HEAT」を選択すると熱伝導率、比熱が表示されます。



<p>次にこの材料物性値をメッシュの領域に割り当てます。</p> <p>TreeView の計算格子から領域の名前 (cancs_0) を選択します。CustomPane に材料の選択画面が表示されます。</p>	 <p>The screenshot shows a tree view on the left with 'FrontISTR Pre -- cancs.msh --' expanded to '計算格子' (Mesh) and 'cancs_0' selected. Below the tree is a '材料の選択' (Material Selection) dialog. It has a dropdown for 'cancs_0の材料' (Material of cancs_0) which is currently empty. Below it is a dropdown for '材料モデル' (Material Model) set to 'ELASTIC'. There are '設定' (Settings) and '元に戻す' (Reset) buttons. At the bottom, there is a 'BoundingBox' section with a '表示' (Show) checkbox checked.</p>
<p>材料の選択で Aluminum を、材料モデルは HEAT を選択して設定ボタンを押します。</p> <p>これで領域に物性値が設定されました。</p>	 <p>This screenshot is identical to the one above, but the 'cancs_0の材料' dropdown is now set to 'Aluminum' and the '材料モデル' dropdown is set to 'HEAT'. The '設定' button is now highlighted with a dashed border, indicating it is the active element.</p>

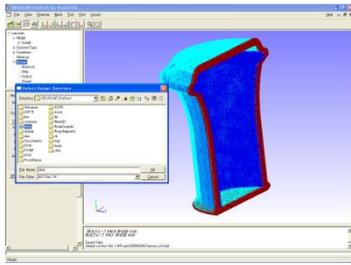
11.6 計算条件の設定

FrontISTR で使用する計算条件を設定します。ここでは反復法の収束回数などを定義します。

<p>TreeView のソルバーの下の Analysis を選択します。今回の計算ではデフォルトの数値で計算は可能なため、変更する必要はありません。</p>	
<p>TreeView のソルバーでは出力モデルのファイルと解析ケース名を選択できます。この文字列は出力されるデータのファイル名とディレクトリ名に使われます。</p>	

11.7 解析モデルの出力

FrontISTR 用の解析モデルを出力します。メッシュデータ、計算制御データ、全体制御データの 3 つのファイルを出力します。

<p>ファイルを出力するフォルダを設定します。</p>	
<p>メニューの File Save Model を選択します。</p> <p>FrontISTR の解析モデルを出力するディレクトリを選択してくださいというダイアログが表示されるので保存したいフォルダを選択して OK を押して下さい。</p>	



11.8 FrontISTR の計算の実行

REVOCAP_PrePost から FrontISTR を実行します。ここでは PC 上で計算します。

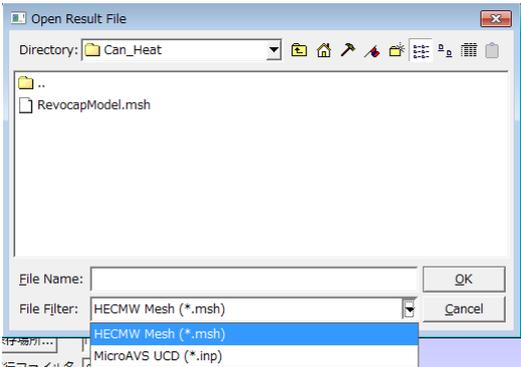
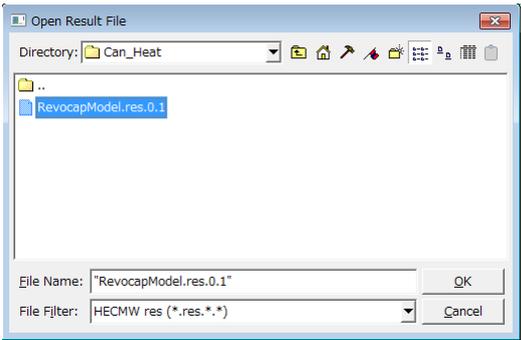
<p>TreeView のソルバーの下の Execute を選択します。</p> <p>ソルバー実行のための画面が CustomPane に表示されます。</p>	
<p>FrontISTR の実行ボタンを押すと FrontISTR が起動します。</p>	

11.9 ポスト処理

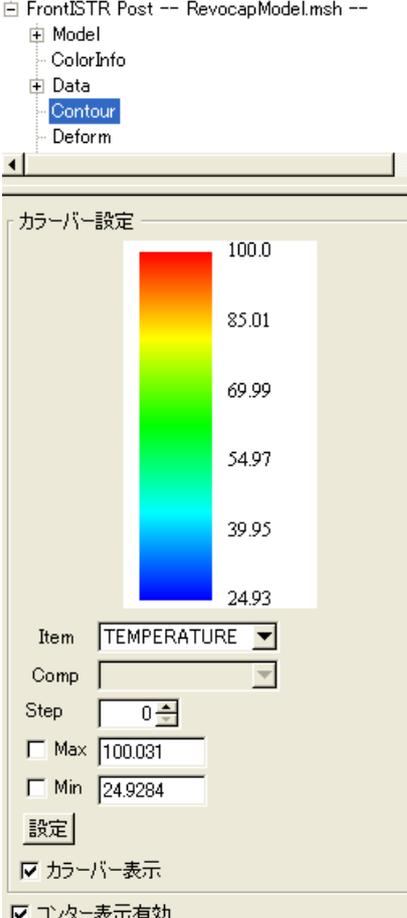
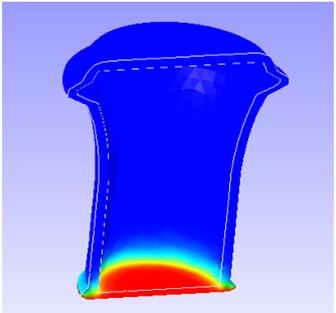
ソルバーの実行により作成したファイルが PC 上に存在するという前提で、計算結果のファイルを読み取り、3DView に表示します。

<p>Fileメニューから Open Resultメニューを開いてください。表示されるダイアログの File Filter から選択するファイルのタイプを選択します。選択肢は以下の2つです。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● HECMW Mesh (*.msh) ● Micro AVS UCD (*.inp) <p>前者の場合は計算結果ファイルをさらに読み込みことになります。</p>	
---	--

11 FrontISTR 熱伝導解析 (アルミ缶)

	
<p>メッシュファイルを選択した後、続けて計算結果ファイル(*.res.*)を選択します。</p>	 

11 FrontISTR 熱伝導解析 (アルミ缶)

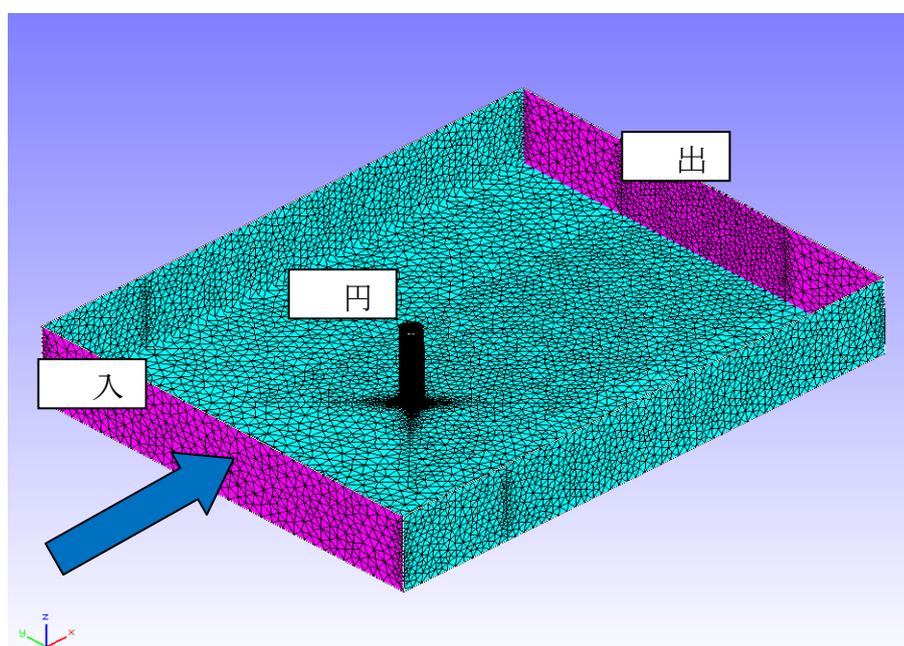
<p>計算結果をコンター表示するためにツリーで「Contour」を選択します。</p> <p>Item を TEMPERATURE として、設定ボタンを押します。設定ボタンを押すと Max と Min の値が自動で設定されます。</p> <p>カラーバー表示は必須ではないですが、オンにすると 3D ビューにカラーバーが表示されます。</p>	 <p>FrontISTR Post -- RevocapModel.msh --</p> <ul style="list-style-type: none">ModelColorInfoData<ul style="list-style-type: none">ContourDeform <p>カラーバー設定</p> <p>100.0 85.01 69.99 54.97 39.95 24.93</p> <p>Item: TEMPERATURE</p> <p>Comp: []</p> <p>Step: 0</p> <p>Max: 100.031</p> <p>Min: 24.9284</p> <p>設定</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> カラーバー表示</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> コンター表示有効</p>
<p>「コンター表示有効」をオンにすると 3D ビューに図のようにコンター表示されます。</p>	

12 FrontFlow/blue 流れ場解析（円柱）

12.1 解析の概要

流体解析の基本的な例題として、3次元の円柱の周りの流れ場の解析を行う。

解析の種類	流れ場の乱流計算
利用するソルバー	les3ct
要素タイプ	四面体 1 次要素
節点数	75420
要素数	370337
境界条件	入口から 10m/s の速度で流入
ファイル	FFb/data/Column/MESH
メッシュフォーマット	FrontFlow/blue GF1



解析の手順の概略は

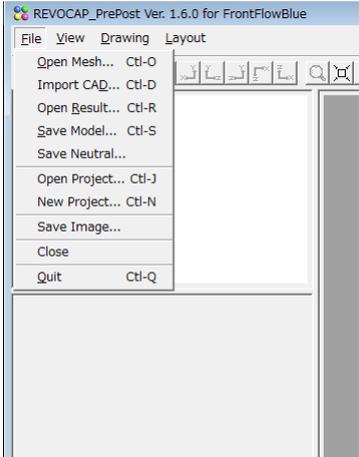
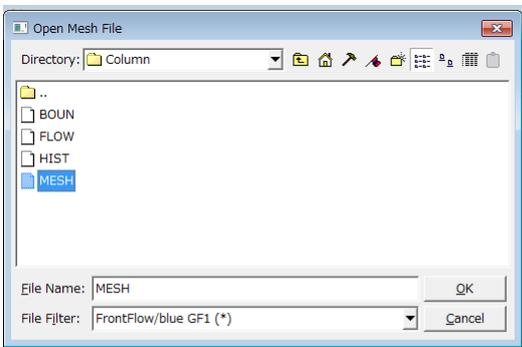
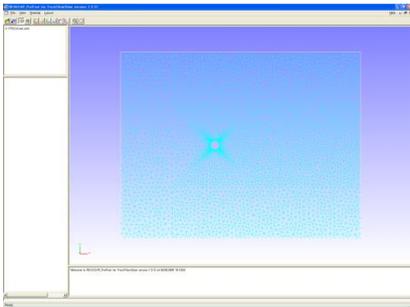
1. プログラムの起動
2. メッシュデータの読み込み
3. 境界条件の設定

12 FrontFlow/blue 流れ場解析 (円柱)

4. 計算条件の設定
5. 解析モデルの出力
6. FrontFlow/blue の計算の実行
7. 計算結果の可視化

となる。

12.2 メッシュデータの読み込み

<p>GF 形式のメッシュを読み込む。 メニューの File から Open Mesh を選択する。</p>	
<p>Open Mesh File のダイアログが開く。GF 形式のメッシュファイルを読み込むので File Filter が FrontFlow/blue GF1(*) となっているかを確認する。FFb\data\Column に移動して、ファイル名 MESH を選択して OK を押す。</p>	
<p>メッシュファイルが読み込まれる。</p>	

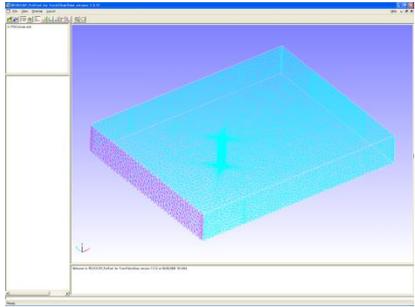
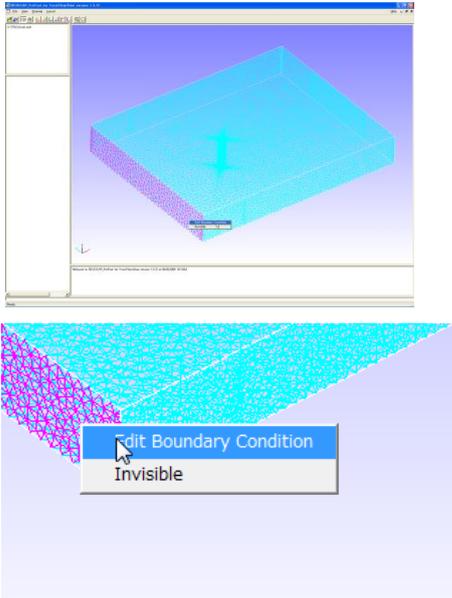
12.3 境界条件の設定

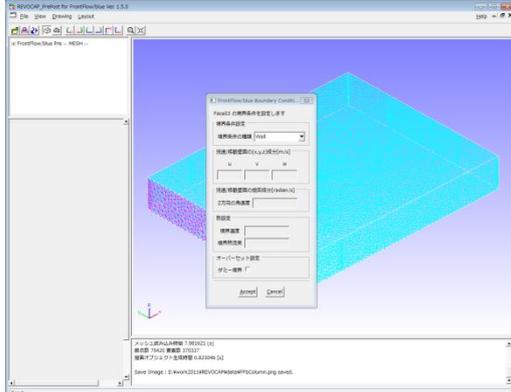
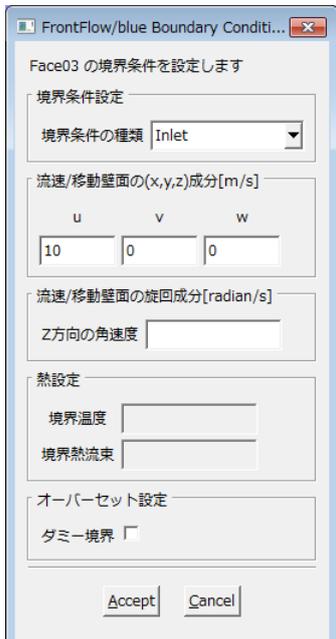
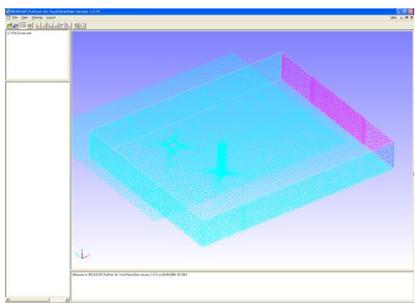
メッシュの境界面に境界条件を与える。

境界条件名は

- 入口は Inlet
- 出口は Free
- その他面は Wall

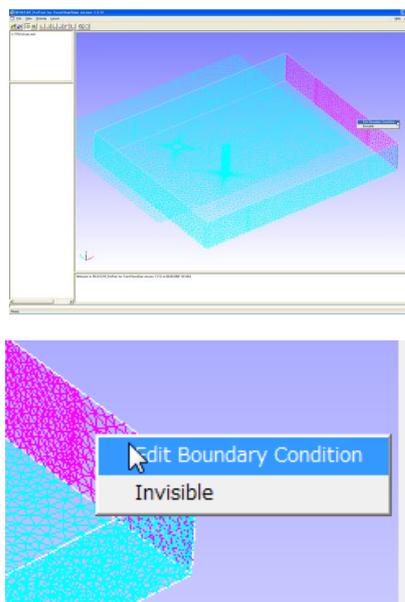
を与える。何も指定しない面は自動的に Wall となるので、ここでは Inlet と Free の条件を与える。

<p>入口に Inlet の境界条件を与える。入口の面を選択する。</p>	
<p>面を選択した状態で右クリックする。Edit Boundary Condition を選択する。</p>	

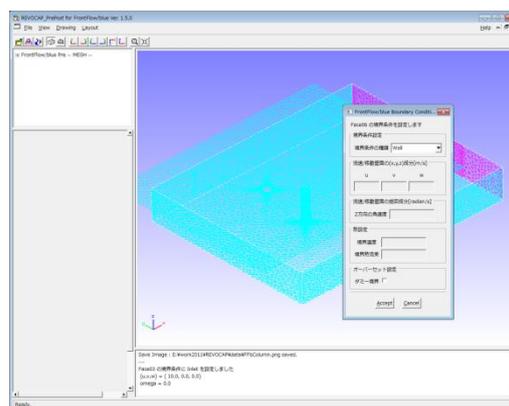
<p>FrontFlow/blue Boundary Condition Dialog が表示される。</p>	
<p>境界面の種類を Inlet にする。 また流速成分 (u,v,w) の u 方向に 10 (m/s) を入力し、Accept ボタンを押す。 これで入口の境界条件が設定された。</p>	
<p>出口の境界条件を設定する。出口の面を選択する。 選択しにくい場合はモデルを回転させたり、手前の面を移動させたりして出口の面が手前に来るようにする。</p>	

12 FrontFlow/blue 流れ場解析 (円柱)

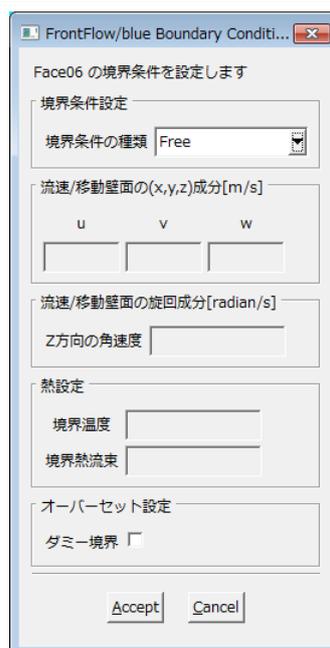
面を選択した状態で右クリックする。
 Edit Boundary Condition を選択する。



FrontFlow/blue Boundary Condition Dialog が表示される。



境界面の種類を Free にし、Accept ボタンを押す。
 これで出口の境界条件が設定された。

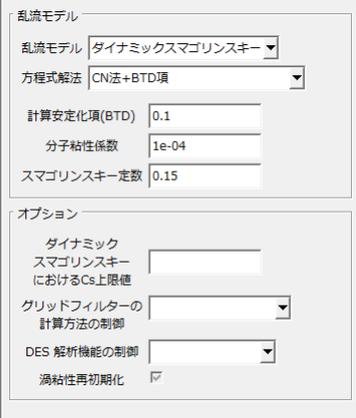
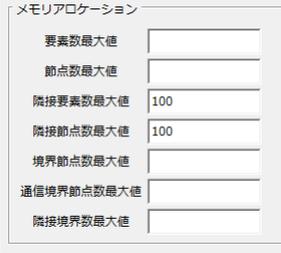




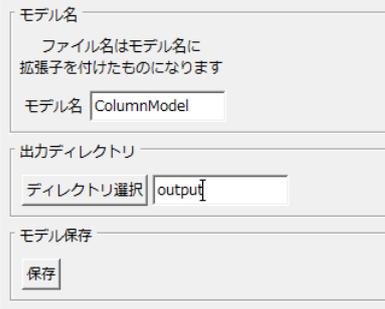
12.4 計算条件の設定

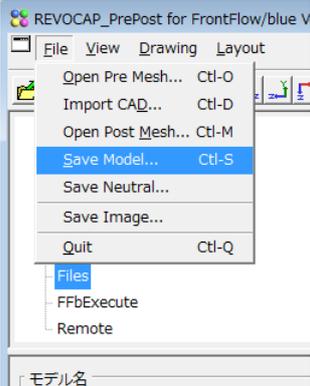
<p>FrontFlow/blue 用の計算条件を設定する。 TreeView から Solver を選択する。 CustomPane に計算条件の設定画面が表示される。</p>	<p>The screenshot shows the 'Model' section with 'Solver' set to 'les3x'. The 'Parameters' section includes: 時刻刻み (0.06), 収束判定値 (圧力) (1e-06), 最大反復回数 (圧力) (50), 収束判定値 (運動) (1e-06), 最大反復回数 (運動) (20), タイムステップ (50), and リスタートフラグ (0). The '無次元化' section has 代表長さ (1), 代表速度 (1), 代表温度変動 (1), and 参照温度 (300). The 'ボクセルメッシュ' section has 中間節点 (unchecked).</p>						
<p>ソルバーを les3ct に変更する。 その他の値は以下の表のとおり変更する。</p> <table border="1" data-bbox="225 1128 780 1279"> <tr> <td>時刻刻み</td> <td>0.01</td> </tr> <tr> <td>収束判定値 (圧力)</td> <td>1.0e-4</td> </tr> <tr> <td>収束判定値 (運動)</td> <td>1.0e-4</td> </tr> </table> <p>その他の値は規定値のままとする。</p>	時刻刻み	0.01	収束判定値 (圧力)	1.0e-4	収束判定値 (運動)	1.0e-4	<p>The screenshot shows the 'Model' section with 'Solver' set to 'les3ct'. The 'Parameters' section includes: 時刻刻み (0.01), 収束判定値 (圧力) (1e-04), 最大反復回数 (圧力) (50), 収束判定値 (運動) (1e-04), 最大反復回数 (運動) (20), タイムステップ (50), and リスタートフラグ (0). The '無次元化' section has 代表長さ (1), 代表速度 (1), 代表温度変動 (1), and 参照温度 (300). The 'ボクセルメッシュ' section has 中間節点 (unchecked).</p>
時刻刻み	0.01						
収束判定値 (圧力)	1.0e-4						
収束判定値 (運動)	1.0e-4						

12 FrontFlow/blue 流れ場解析 (円柱)

<p>TreeView の Solver の下の Turbulence の項目を選択して、乱流モデルの設定をする。</p> <p>乱流モデルをダイナミックスマゴリンスキーとする。その他の値は以下の表のとおり変更する。</p> <table border="1" data-bbox="228 506 780 607"> <tr> <td>分子粘性定数</td> <td>1.0e-4</td> </tr> <tr> <td>スマゴリンスキー定数</td> <td>0.15</td> </tr> </table> <p>その他の値は規定値のままとする。</p>	分子粘性定数	1.0e-4	スマゴリンスキー定数	0.15	
分子粘性定数	1.0e-4				
スマゴリンスキー定数	0.15				
<p>TreeView の Solver の下の Relax を選択して、時間緩和制御パラメータを設定します。</p> <table border="1" data-bbox="228 792 780 846"> <tr> <td>UFINAL</td> <td>1.0</td> </tr> </table> <p>その他の値は規定値のままとします。</p>	UFINAL	1.0			
UFINAL	1.0				
<p>参考 :</p> <p>les3x で解析を行う場合はメモリアロケーションの設定を行う。ここでは隣接要素数最大値、隣接節点数最大値をそれぞれ 100 にする。</p>					

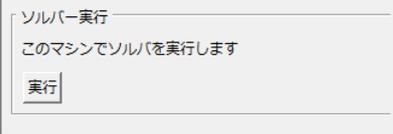
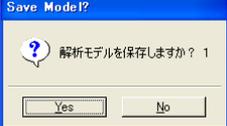
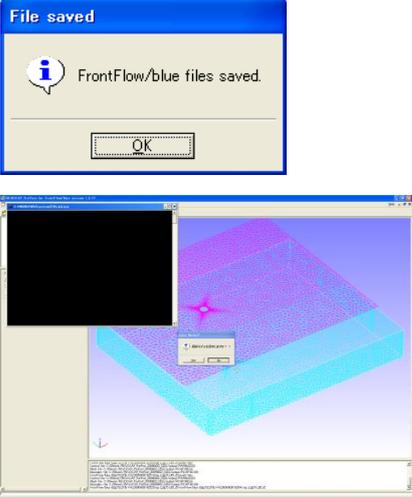
12.5 FrontFlow/blue 解析モデルの出力

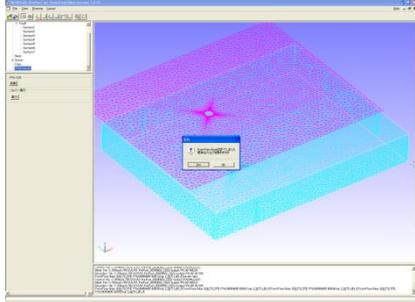
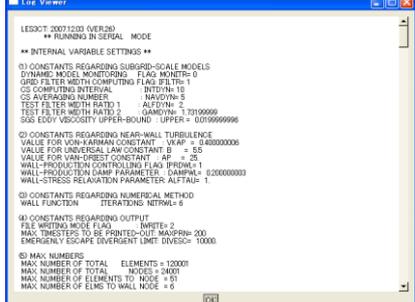
<p>FrontFlow/blue の解析モデルを出力します。TreeView の「Files」を選択します。モデル名を確認します (適当なものに変更してもかまいません)。「ディレクトリ選択」ボタンを押して、出力するディレクトリを設定します。「保存」ボタンを押すと、選択したディレクトリにモデルを保存します。</p>	
--	--

<p>メニューの「File」⇒「SaveModel」からでも保存することができます。ただしこの場合はモデル名を変更することはできません。</p>	
--	--

12.6 FrontFlow/blue の計算の実行

FrontFlow/blue は大規模並列計算に対応しています。計算サーバで並列計算を行う場合が多いと思われませんが、ここではデスクトップ PC 上で FrontFlow/blue を実行して計算を行います。

<p>Treeview の FFbExecute を選択して、ソルバ実行の設定画面を表示させます。「実行」ボタンを押すと計算を開始します。</p>	
<p>解析モデルの保存について確認されます。既に保存済みの場合は No で構いません。</p>	
<p>File Saved にて OK を押すとコマンドプロンプトが起動し FrontFlow/blue の計算が始まります。</p>	

<p>計算終了後 Info のダイアログが表示されます。ここでOKを押します。</p>	
<p>FrontFlow/blue の計算ログが表示されます。</p>	

今回、本チュートリアルでの計算は、計算時間を考慮し、タイムステップは小さくしてあります。実際の計算では、解析上の流れが落ち着くまで、適当なタイムステップを取る必要があります。REVOCAP_PrePost にて起動する FrontFlow/blue はシングルでの動作となります。よって流れが落ち着くまでのタイムステップを取ってしまうと計算時間が非常に多くかかってしまいます。時間効率等を考えて、クラスタ計算機などを用いての並列計算をお勧めします。

12.7 FrontFlow/blue 計算結果の可視化

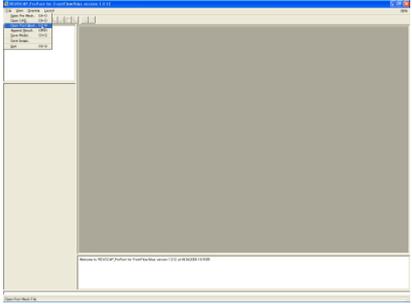
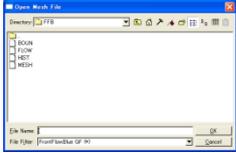
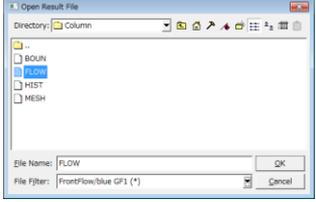
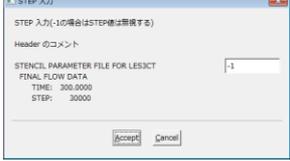
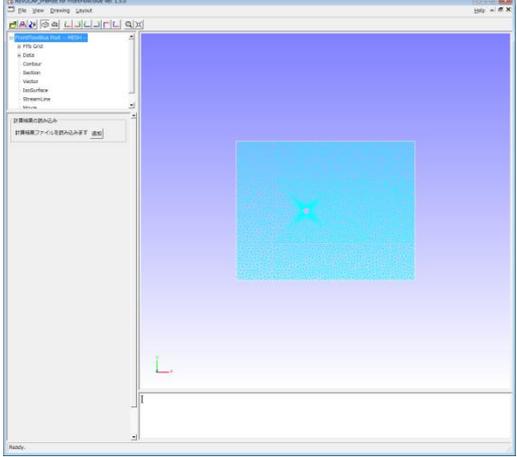
FrontFlow/blue のから出力された結果ファイルを読み込んで可視化処理を行います。REVOCAP_PrePost は FrontFlow/blue が出力した（並列で計算した場合は 1 つにまとめたもの）ファイルをそのまま読み込むことができます。データのコンバートは必要ありません。

解析モデルを出力したディレクトリの EXE の下の解析ケースのディレクトリの中に計算結果ファイルが保存されています。メッシュファイルは出力したディレクトリの DATA サブディレクトリにあるので注意してください。

FrontFlow/blue の結果ファイルは FFb/data/Column にも例として置いてあります。FrontFlow/blue で 20000 ステップ計算後、その結果からリスタートし、さらに 10000 ステップ計算した結果ファイルになります。そのフォルダ内のファイルを用いて、ポスト処理方法が確認できます。

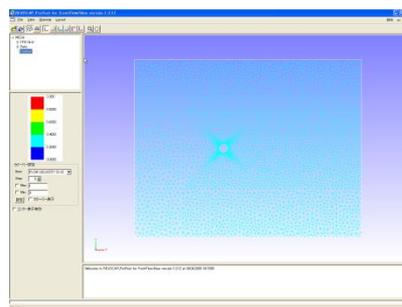
本チュートリアルでは FFb/data/Column にあるファイルを使つてのポスト処理について記載します。

12 FrontFlow/blue 流れ場解析 (円柱)

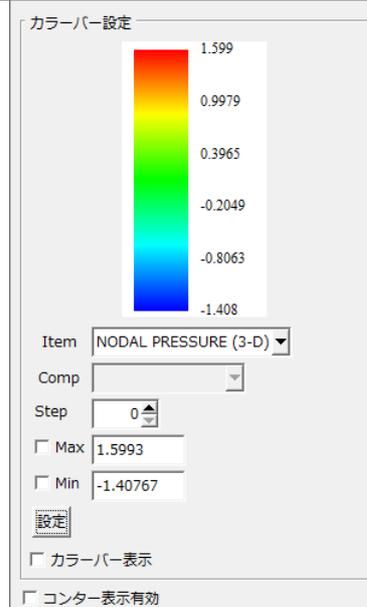
<p>メニューの File の Open Post Mesh を選択します。</p>	
<p>Open Mesh File のダイアログが開きます。 まず、GF 形式のメッシュファイルを読み込むので File Filter が FrontFlow/blue GF(*) となっているかを確認します。 FFb/data/Column に移動し、ファイル名 (MESH) を選択して OK を押します。</p>	
<p>Open Result File のダイアログが開きます。 GF 形式の流れ場ファイルを読み込みます。ここでは、FFb/data/Column の FLOW ファイルを選択して OK を押します。</p>	
<p>流れ場ファイルに複数の STEP の結果が含まれる場合のための STEP 入力ダイアログが開きます。ここでは -1 のまま「Accept」ボタンを押します。</p>	
<p>メッシュが読み込まれたら 3DView に表示されます。</p>	

12 FrontFlow/blue 流れ場解析 (円柱)

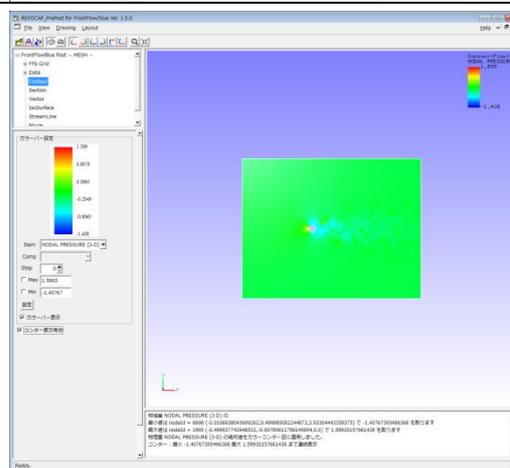
TreeView の Contour を選択します。



カラーバー設定画面で Item を NODAL PRESSURE(3-D)に変更し、「設定」ボタンを押します。ここではコンターの最大値、最小値を計算結果の物理量の最大値、最小値に自動的に割り当てます。

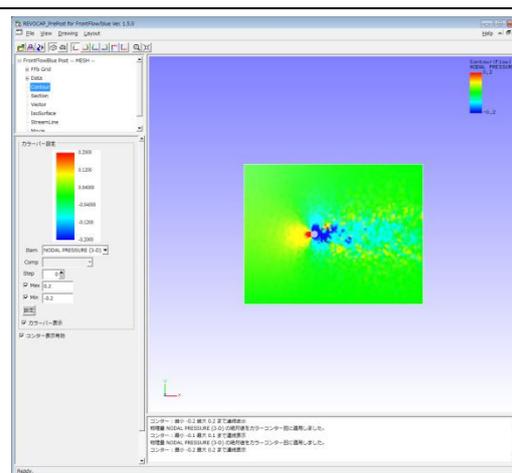


カラーバー表示とコンター表示を有効にすると、3DView にカラーバーが表示され、メッシュはコンター表示されます。

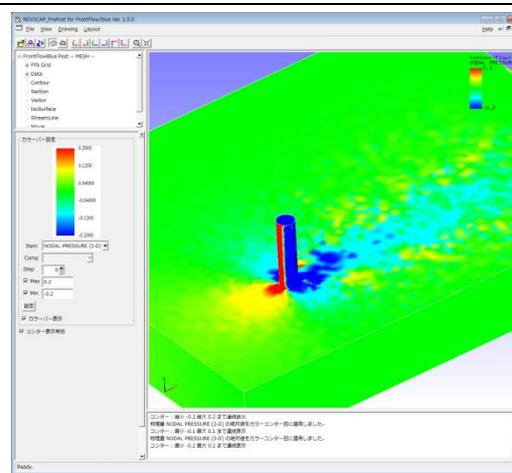


12 FrontFlow/blue 流れ場解析 (円柱)

ここでは変化がわかりにくいので、コンターの最大値と最小値を変えてみます。Max に 0.2、Min に-0.2 を入力して「設定」ボタンを押すと、コンター表示が更新されます。



モデルの内部を見るには、手前の面を選択してマウスで移動させて確認することができます。



13 FrontFlow/blue 流れ場解析 (ドアミラー)

13.1 解析の概要

三次元モデルによるドアミラー周りの流れ解析を行います。

解析の種類	流れ場の乱流計算
使用するソルバー	les3ct
形状モデル	FFb/data/DoorMirror/case1.pcm
要素タイプ	四面体 1 次要素 (REVOCAP_PrePost で生成)
境界条件	入口から 10m/s の速度で流入

解析モデルの形状とサイズを以下の図に示します。

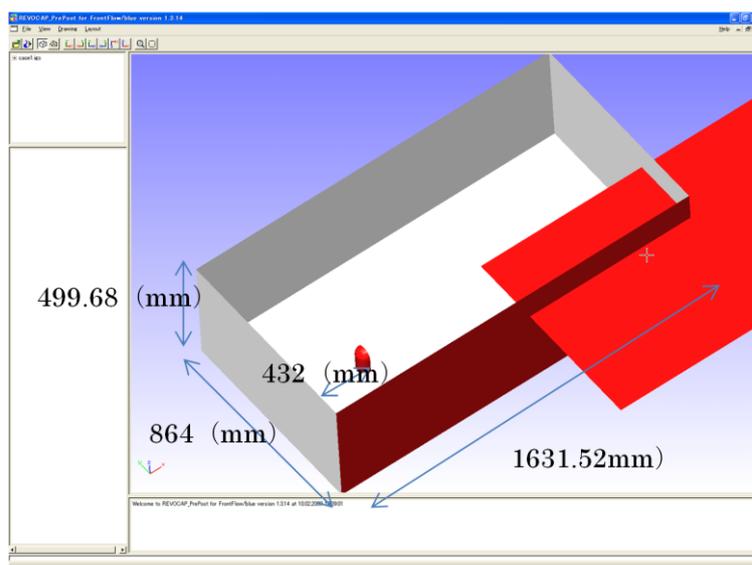
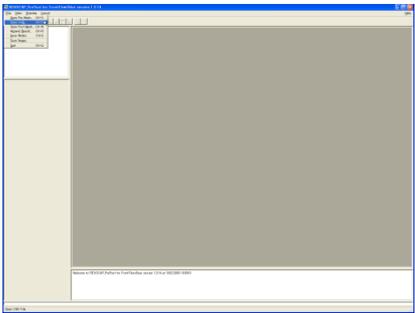
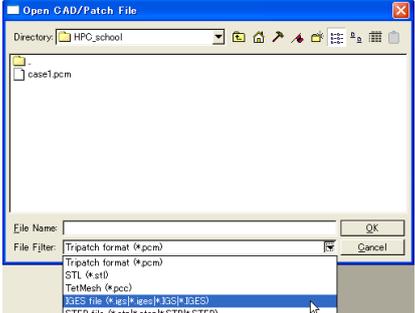
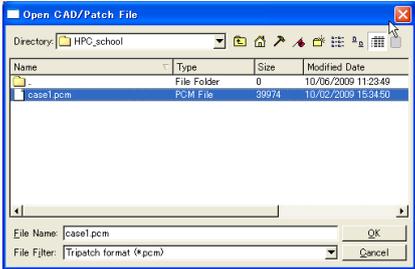
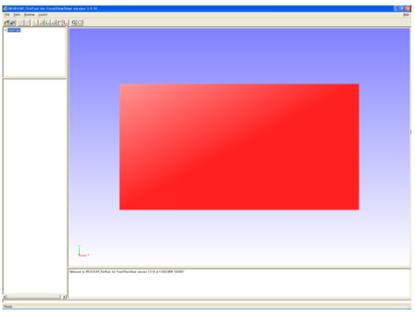


図 13-1 ドアミラー解析概要図

REVOCAP_PrePost で行うプレ処理は以下のとおりです。

- ① 形状データの読み込み
- ② メッシュ生成
- ③ 境界条件の設定
- ④ FrontFlow/blue 用計算ファイル出力

13.2 形状データの読み込み

<p>CAD ファイルまたはパッチファイルを読み込みます。</p> <p>メニューの File から Open CAD を選択します。</p>	
<p>Open CAD/Patch File のダイアログが開きます。</p> <p>今回はパッチファイルを読み込むため File Filter を Tripatch file (*.pcm) にします。</p>	
<p>ファイル名を選択して OK を押します。ここでは FFb\data\DoorMirror\case1.pcm を選択します。</p>	
<p>形状データファイルが読み込まれます。</p>	

13.3 メッシュ生成

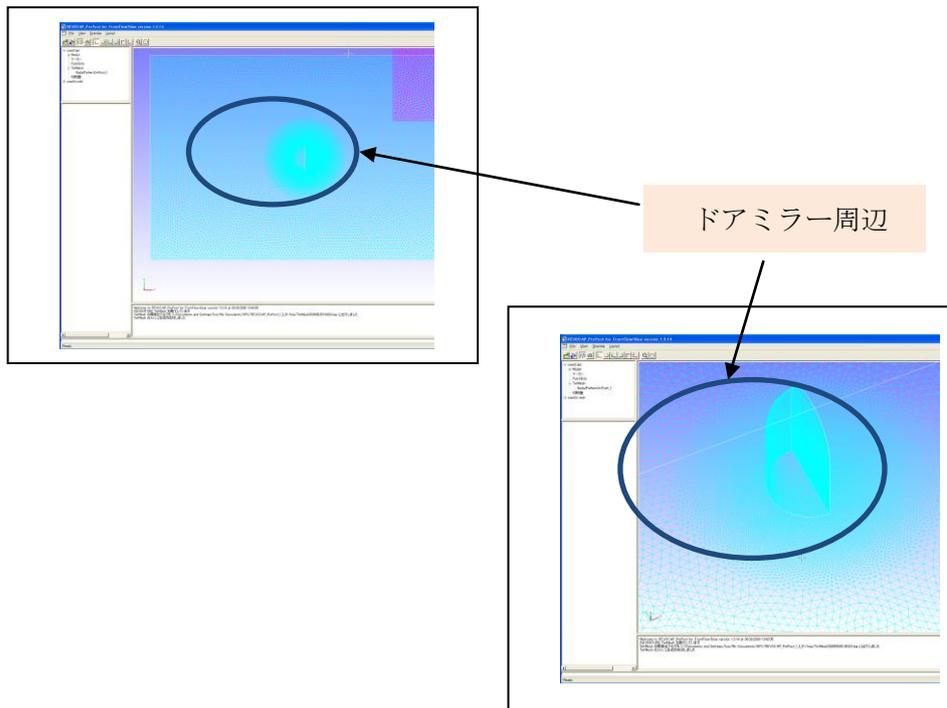
FrontFlow/blue を用いた流体解析では、ドアミラー周辺のメッシュを細かくした方が解の精度 (Cp 値など) が上がります。

よって、今回の解析でもドアミラー周辺のメッシュを細かくします。

ドアミラー周辺のメッシュを細かくするため、ADVENTURE_TetMesh のオプションを

13 FrontFlow/blue 流れ場解析 (ドアミラー)

用いて粗密のついたメッシュを生成します。



ツリーの形状ファイル (本チュートリアルでは case1) の下の TetMesh 設定を選択します。

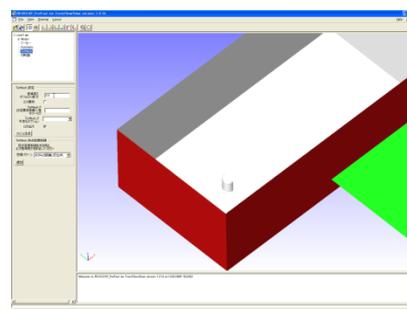
基準長さに値を入力します。

この基準長さはメッシュの基本となる稜線長の値になります。この長さに従うようにメッシュが作成されます。

この値がメッシュの節点数・要素数を決定します。

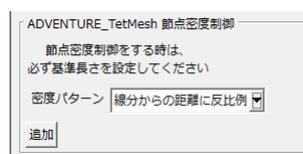
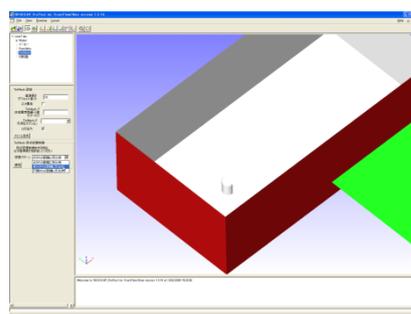
値が小さい=細かい (メッシュ数多い)

値が大きい=粗い (メッシュ数少ない)



メッシュの粗密をつける箇所・メッシュの密度を定義します。

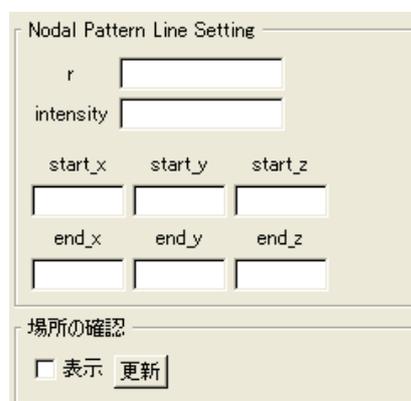
TetMesh 節点密度制御の密度パターンプルダウンメニューから“線分からの距離に反比例”を選択します。



Nodal Pattern Line Setting を設定します。

入力する項目は以下のとおりです。

- r : 線分からの範囲 (粗密をつける半径)
- intensity : 密度の強さ
- start_x start_y start_z : (x,y,z) の値で線分の開始点を定義します。
- end_x end_y end_z : (x,y,z) の値で線分の終点を定義します。

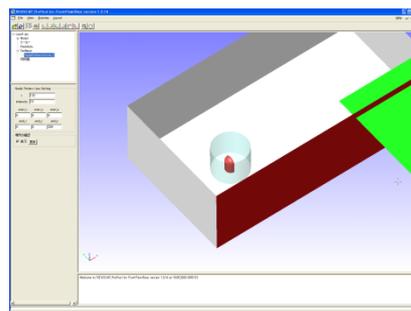


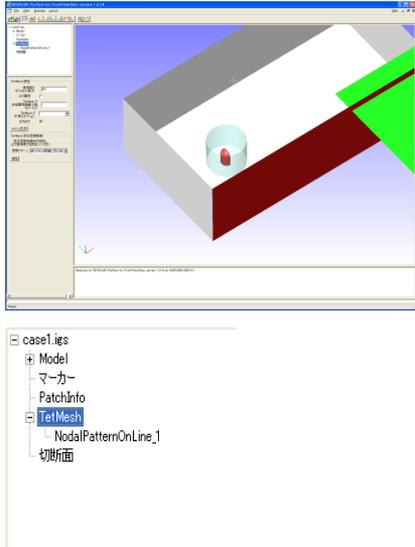
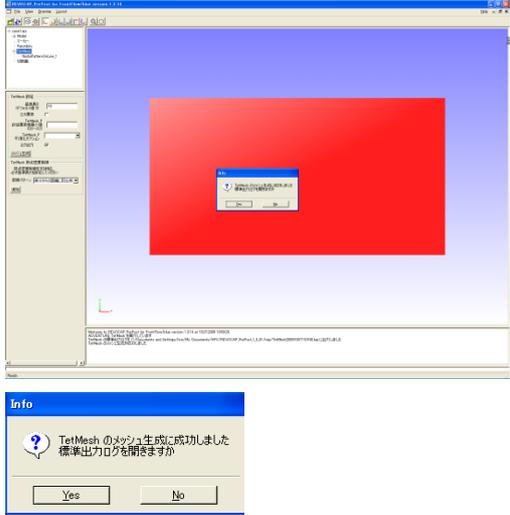
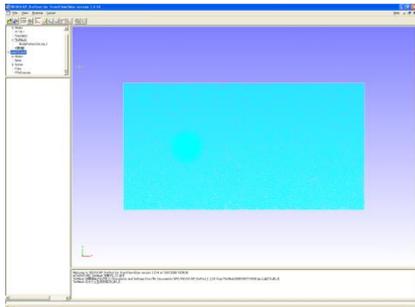
数値を入力後、場所の確認の表示チェックを入れて更新を押します。

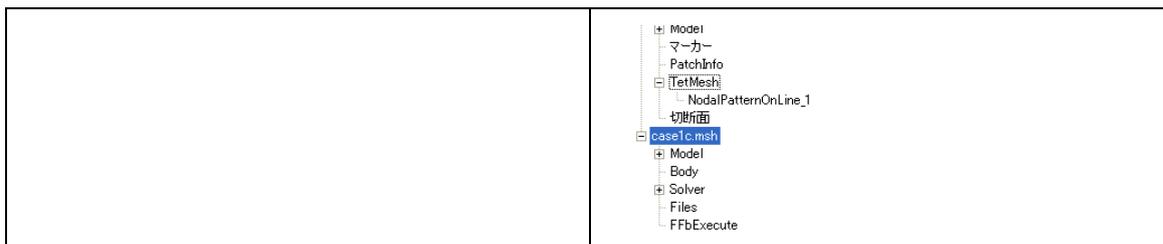
粗密をつける箇所が表示されます。

円柱の内部の領域に密度 (intensity) で定義した粗密をつけることができます。

ここでは start を (0,0,0) end を (0,0,200) 程度にすると、ドアミラーをちょうど覆うようにできます。

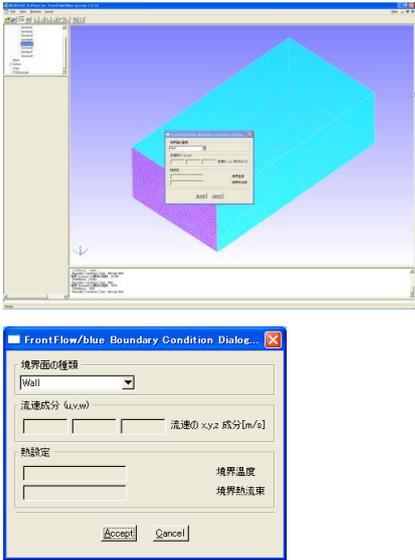
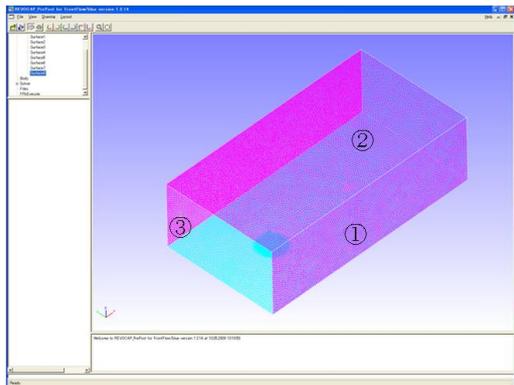


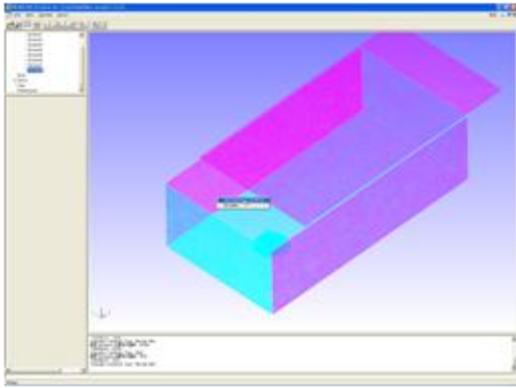
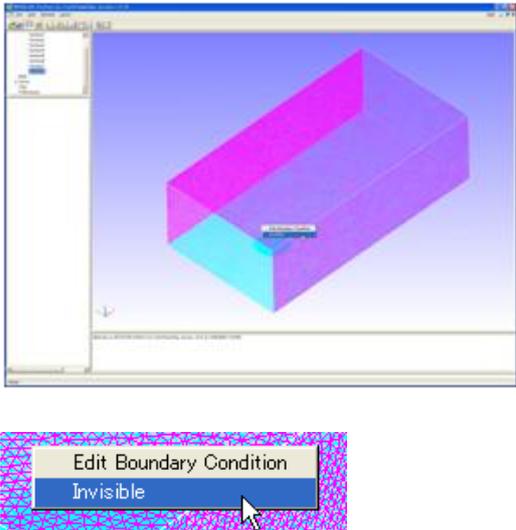
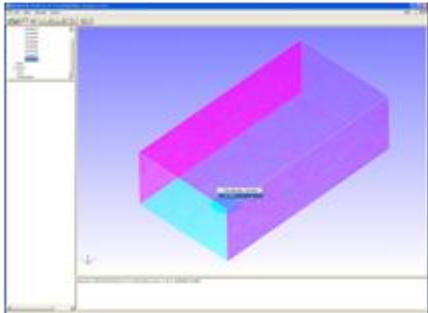
<p>メッシュを生成します。 TreeView の TetMesh を選択します。</p>	
<p>TetMesh 設定に戻り、基準長さに 0 以外の値を与えます (粗密設定を行う場合は必須)。メッシュ生成ボタンを押すと、ADVENTURE_TetMesh が起動し、メッシュ生成が開始されます。</p>	
<p>メッシュ生成終了後 Info ダイアログが表示されます。 ADVENTURE_TetMesh から出力される標準出力ログを確認する場合、Yes を押下します。 No とするとログは表示されずにメッシュが表示されます。 Yes とした場合、Log Viewer ダイアログに ADVENTURE_TetMesh から出力されるログが表示されます。</p>	
<p>メッシュ表示されたのちツリーに FrontFlow/blue 用の設定を行うための項目が表示されます。</p>	

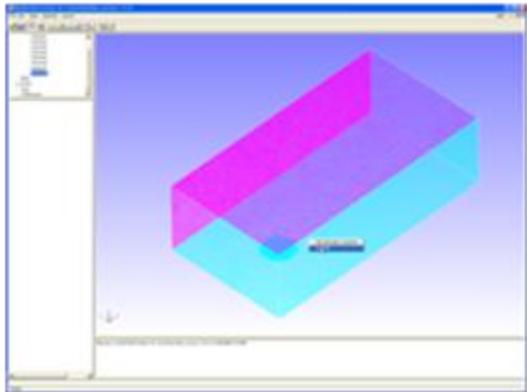
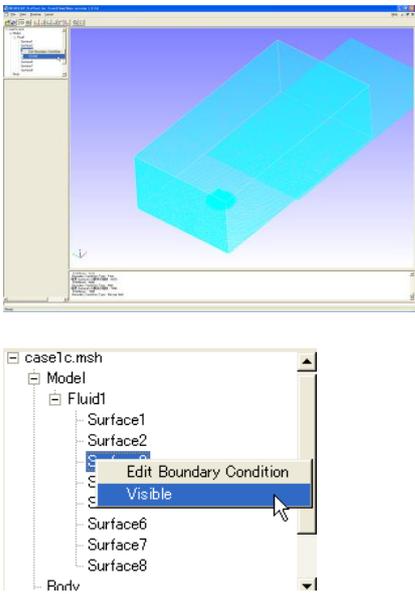
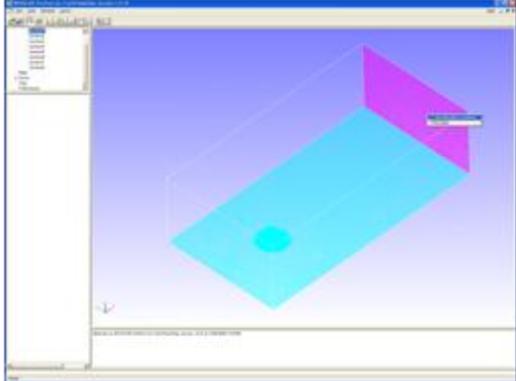


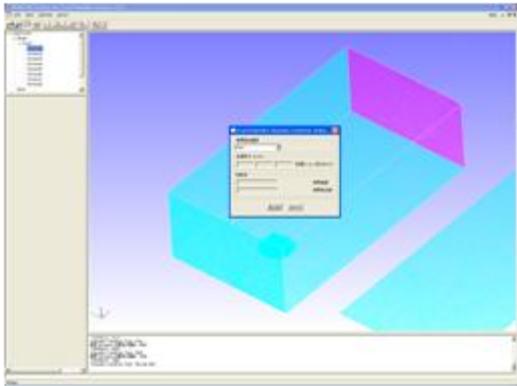
13.4境界条件の設定

<p>メッシュの各面に境界条件を与えます。 境界条件は 入口 : Inlet 出口 : Free 上面、側面 : Moving Wall 下面、ドアミラー面 : Wall とします。</p>	
<p>入口に Inlet の境界条件を与えます。 入口の面を選択します。</p>	
<p>面を選択した状態で右クリックを行います。 Edit Boundary Condition を選択します。</p>	

<p>FrontFlow/blue Boundary Condition Dialog が表示されます。</p>	
<p>境界面の種類を Inlet にします。 流速成分 (u,v,w) を入力します。 x 方向に 10[m/s]の流れを与える場合は図のように 10 と入力します。 Accept を選択します。 これで入口の境界条件が設定されました。</p>	
<p>モデルの上面・側面を MovingWall に設定します。 上面・側面の 3 つの面を選択します。 キーボードの Shift を押しながら面を順番に選択します。</p>	

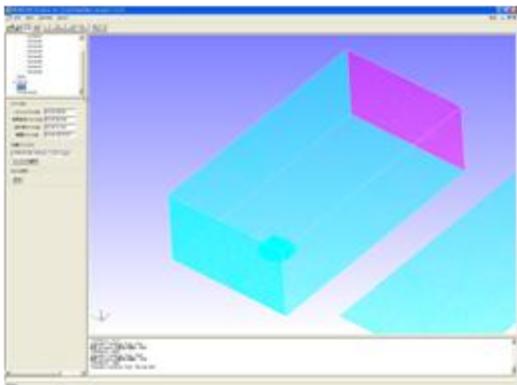
<p>面を選択した状態で右クリックを行います。 Edit Boundary Condition を選択します。</p>	
<p>境界面の種類を Moving Wall にします。 Accept を選択します。 この作業で面の境界条件が MovingWall に設定されました。</p>	
<p>境界条件をつけた面を非表示にします。 面を選択した状態で右クリックします。 Invisible を選択します。</p>	
<p>面が表示されている状態。</p>	

<p>面が非表示になった状態。</p>	
<p>面を表示する場合はツリーの Surface を選択して右クリックします。 Visible を選択すると非表示にした面が再度表示されます。</p>	
<p>出口の境界条件を設定します。 出口の面を選択します。 面を選択した状態で右クリックを行います。 Edit Boundary Condition を選択します。</p>	

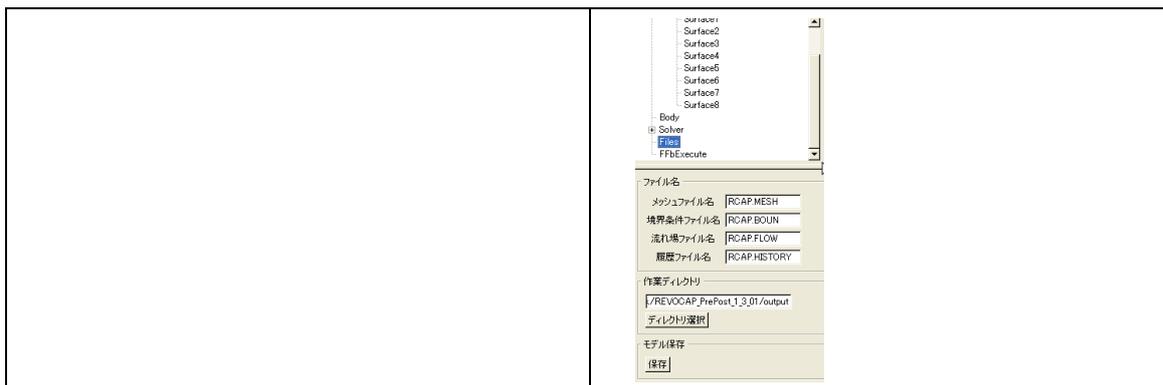
<p>FrontFlow/blue Boundary Condition Dialog が表示されます。</p>	
<p>境界面の種類を Free にします。 Accept を選択します。 これで出口の境界条件が設定されました。 その他の面は Wall の境界条件になります。 Wall はデフォルトで各面に設定されています。したがって、境界条件の設定を特に行う必要はありません。</p>	

13.5 FrontFlow/blue 用計算ファイル出力

FrontFlow/blue 用の計算ファイルを出力します。

<p>ツリーの Files を選択します。 ファイル名はデフォルトの名前を使用します。 モデル保存の保存ボタンを押します。 これで作業ディレクトリに MESH ファイル、BOUN ファイル、PARMLES3C ファイルが出力されます。 このファイルを計算機に移動し計算を行います。</p>	
--	--

13 FrontFlow/blue 流れ場解析 (ドアミラー)

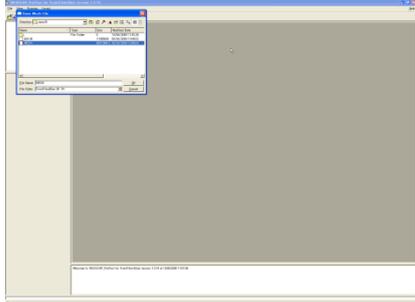
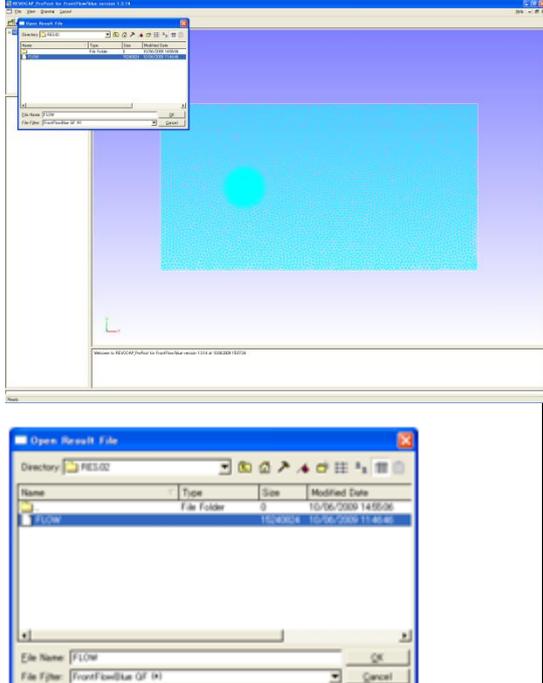
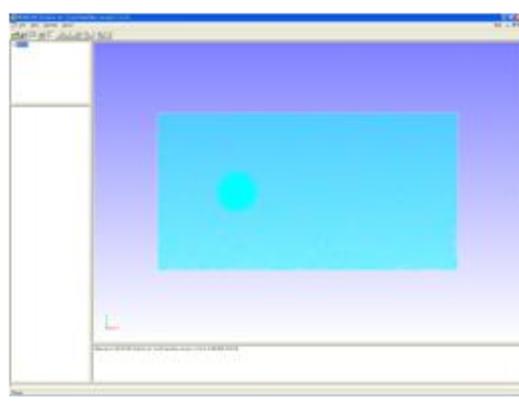


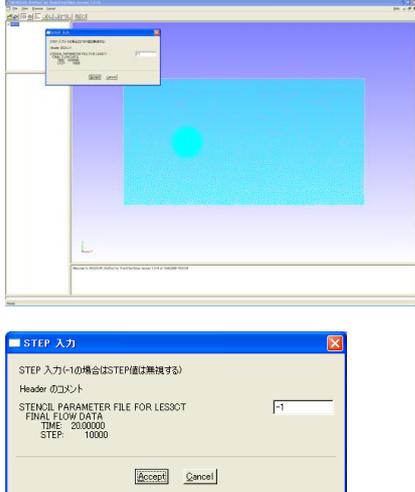
13.6 FrontFlow/blue 計算結果ファイルの読み込み

FrontFlow/blue から出力された結果ファイルを読み込みます。

<p>MESH ファイルと FLOW ファイルを読み込みます。</p> <p>MESH ファイルは FrontFlow/blue のメッシュファイル、FLOW ファイルは FrontFlow/blue の流れ場ファイルになります。</p> <p>メニューの File の Open Post Mesh を選択します。</p>	<p>The screenshot shows the software interface with the 'Open Post Mesh' dialog box open. The dialog box has a 'File Name' field and a 'File Filter' dropdown menu.</p>
<p>Open Mesh File のダイアログが表示されます。</p>	<p>The screenshot shows the software interface with the 'Open Mesh File' dialog box open. The dialog box displays a directory tree with 'BOUN' and 'MESH' folders. The 'File Name' field is empty, and the 'File Filter' is set to 'FrontFlowBlue GF (*.*)'. The 'Directory' is set to 'data15'.</p>

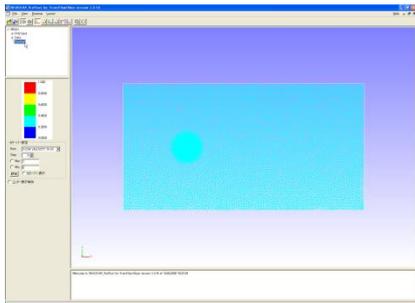
13 FrontFlow/blue 流れ場解析 (ドアミラー)

<p>メッシュファイルを選択して OK を押します。</p>	
<p>引き続き Open Result File のダイアログが表示されるので、流れ場ファイルを選択して OK を押します。</p>	
<p>メッシュが表示されます。</p>	

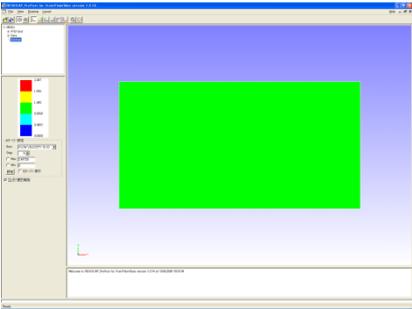
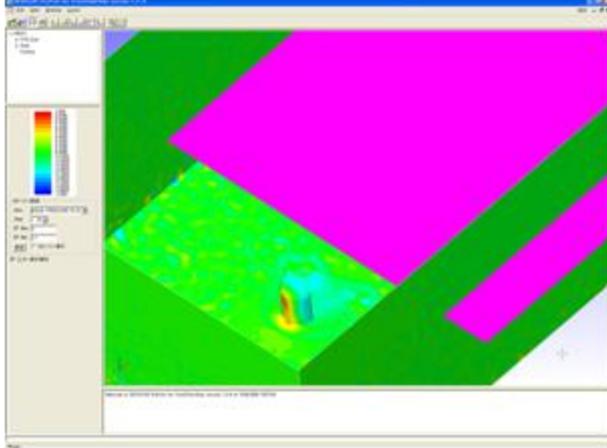
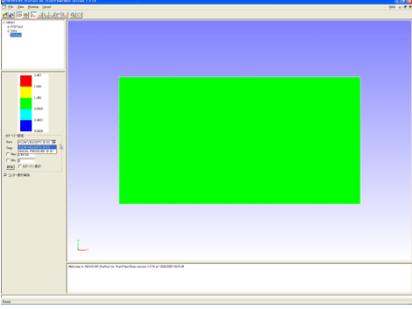
<p>STEP 入力のダイアログが表示されます。</p> <p>ヘッダーに計算した時間ステップが記述されている場合は、そこから読み込む時間ステップを選び、その STEP 数を入力すると、その時間ステップの計算結果のみを読み込みます。</p> <p>STEP 数に-1 を入力すれば、ファイルの中の最初の計算結果を読み込みます。</p> <p>Accept を選択します。</p>	
---	--

13.7 コンター図作成

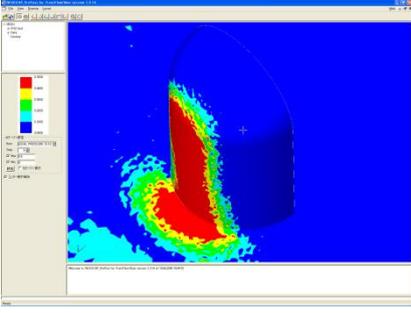
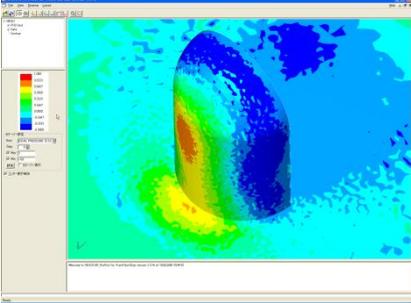
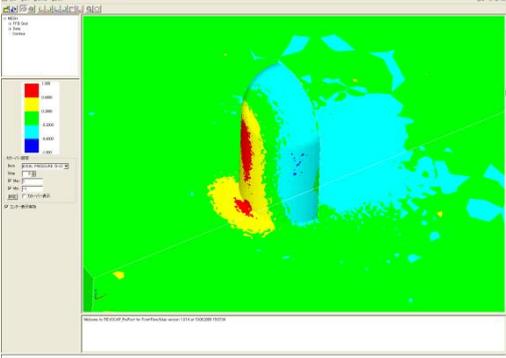
コンター図を作成します。

<p>ツリーの Contour を選択します。</p>	
<p>その後、ツリーの下のカラースタイル設定の設定ボタンを押下します。</p> <p>押下すると Max には Item で選択した物理量の最大値、Min には最小値がデフォルトで入ります。</p> <p>Max、Min の個所の数値を変更してチェックボックスにチェックを入れるとその最大・最小値でコンター図が表示されます。</p>	
<p>コンター表示有効にチェックを入れると Item に対応するコンターが表示されます。</p>	

13 FrontFlow/blue 流れ場解析 (ドアミラー)

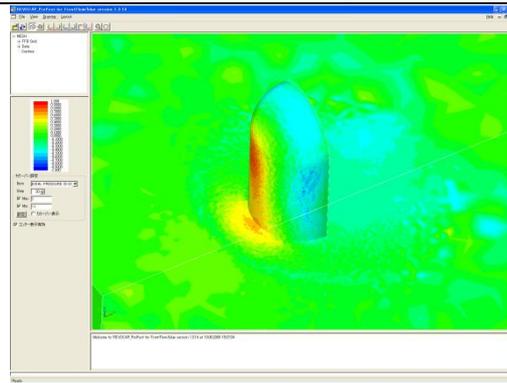
	
<p>モデルの全体が表示されているため、モデルの内部を表示します。</p> <p>モデルの上面を選択し、移動します。</p> <p>モデルの全体表示から、マウスを使ってドアミラー個所を拡大表示します。</p> <p>マウスを使ってモデルを回転させます。</p> <p>ドアミラー周辺の物理量を詳細に確認するため物理量の最大・最小値を変更します。</p> <p>Max・Min に値を入力し、チェックボックスにチェックを入れます。</p> <p>内部 (ドアミラー周辺) のコンター図を確認することができます。</p>	 
<p>デフォルトの状態では FLOW VELOCITY がコンター表示されています。NODAL PRESSURE を確認するため、Item を変更します。</p> <p>Item の▼を選択し、Item を Nodal Pressure に変更します。</p> <p>変更後、設定ボタンを押します。</p>	 

13 FrontFlow/blue 流れ場解析 (ドアミラー)

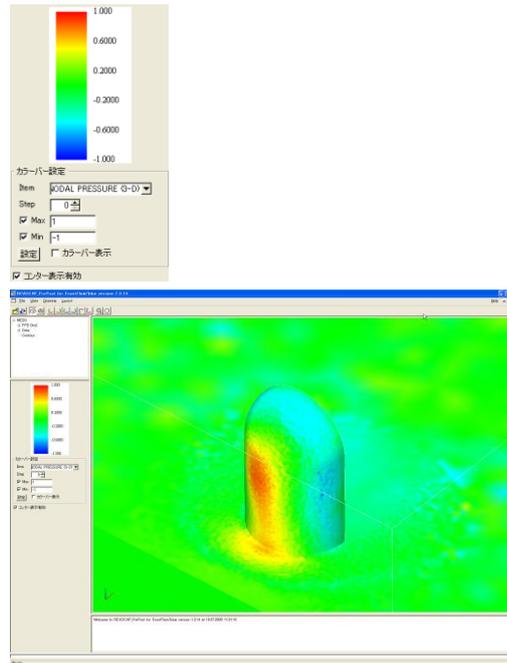
<p>コンター表示が Nodal Pressure に変更されます。</p> <p>マウスを使ってドアミラー周辺を拡大表示します。</p> <p>ドアミラー周辺の物理量を詳細に確認するため物理量の最大・最小値を変更します。</p> <p>Max・Min に値を入力し、チェックボックスにチェックを入れます。</p>	
<p>カラーバーのステップ数を変更します。</p> <p>デフォルトでは 5 になっているのでこの値を変更します。</p> <p>Step の▲▼を選択、もしくは数字を直接入力してステップ数を変更します。</p>	 <div data-bbox="778 1052 1037 1243" style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p>カラーバー設定</p> <p>Item: NODAL PRESSURE (3-D)</p> <p>Step: 9</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Max: 1</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Min: -0.5</p> <p>設定 <input type="checkbox"/> カラーバー表示</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> コンター表示有効</p> </div>
<p>ステップを変更するとコンター表示が変わります。</p> <p>Step=5 の場合の図です。</p>	

13 FrontFlow/blue 流れ場解析 (ドアミラー)

Step=20 の場合の図です。



Step の個所に 0 を与えた場合は、スムーズコンターになります。



14 FrontFlow/blue 流れ場解析(オーバーセット計算によるパイプ)

14.1 解析の概要

FrontFlow/blue のサンプルデータとして提供されているオーバーセット計算によるパイプの流れ解析の設定を行います。

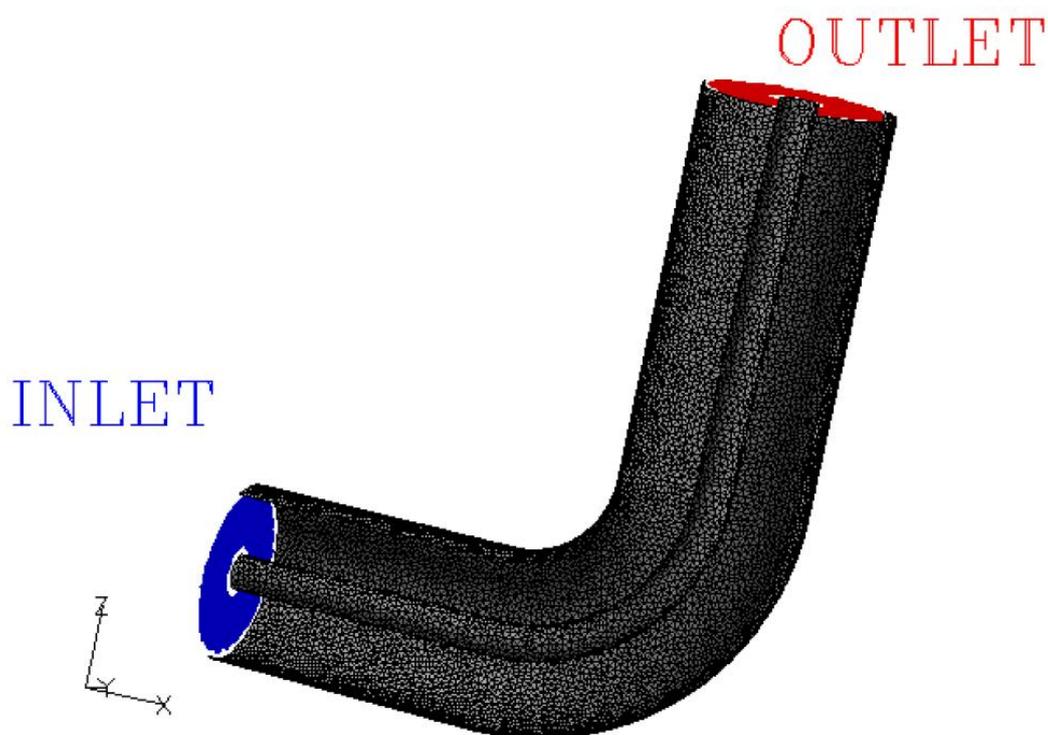


図 14-1 パイプモデル (FrontFlow/blueVer.6.1 マニュアルより)

14.2 メッシュデータの読み込み

ここでは、メッシュを読み込んで境界条件を設定するところから行います。メッシュデータは FFb/data/Pipe にある Pipe_A.msh Pipe_B.msh Pipe_C.msh を使います。これらは ADVENTURE_TetMesh 形式です (FrontFlow/blue の付属のデータを変換してあります)。

14 FrontFlow/blue 流れ場解析 (オーバーセット計算によるパイプ)

REVOCAP_PrePost を起動して、メニューの File ⇒ Open Pre Mesh から FFb/data/Pipe/Pipe_A.msh を ADVENTURE_TetMesh 形式で開きます。

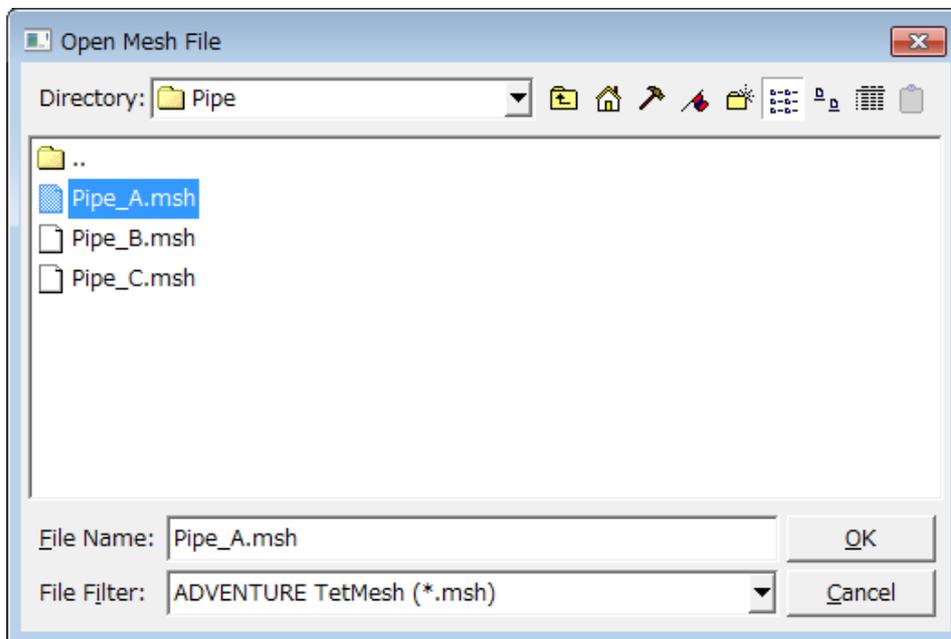


図 14-2 メッシュファイルを開く

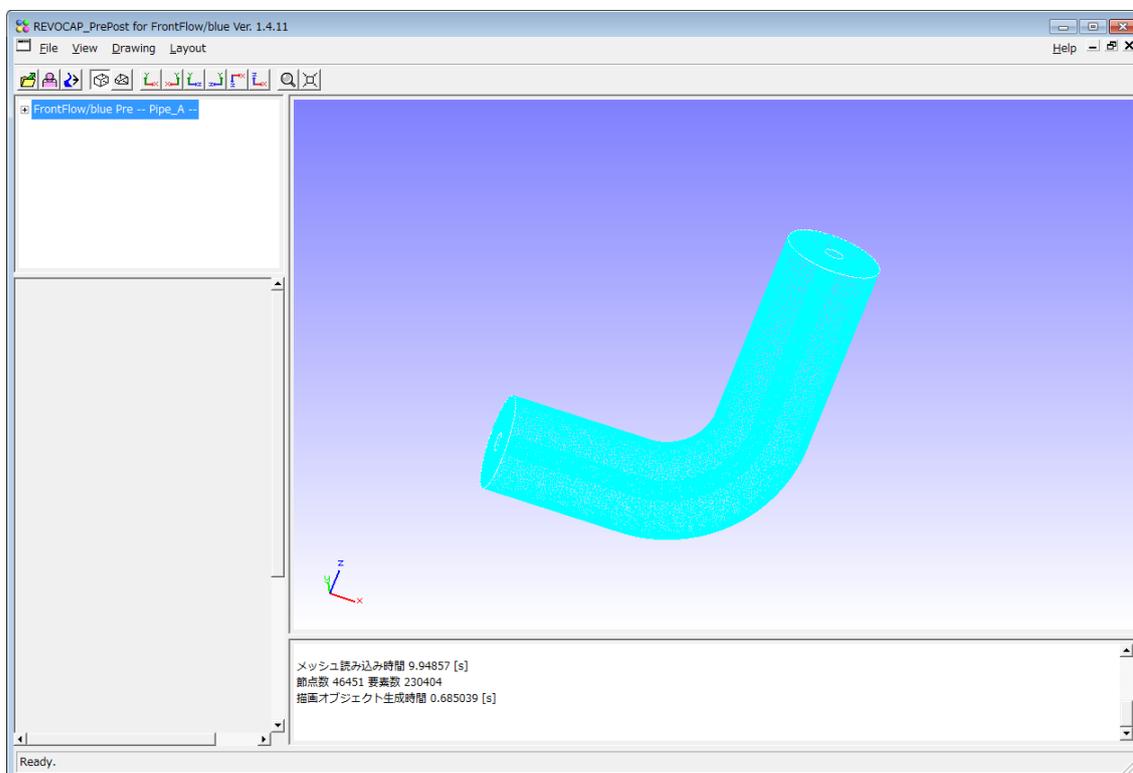
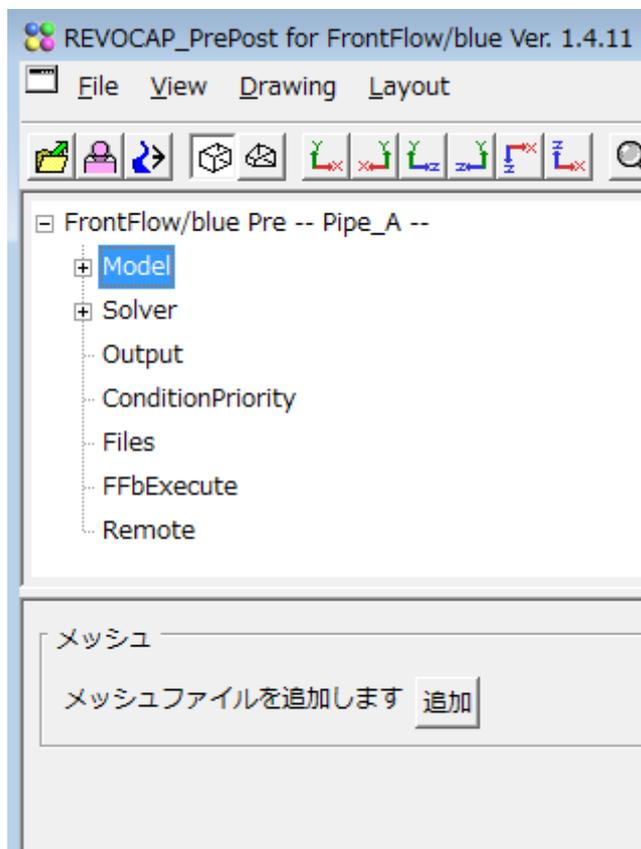


図 14-3 Pipe_A.msh ファイル

14 FrontFlow/blue 流れ場解析 (オーバーセット計算によるパイプ)

TreeView を開き、Model をクリックすると、メッシュファイルを追加するボタンが現れます。



追加ボタンを押して、同じディレクトリの中の Pipe_B.msh および Pipe_C.msh ファイルを開きます。TreeView の Model の下には Pipe_A、Pipe_B および Pipe_C が表示されます。

14 FrontFlow/blue 流れ場解析 (オーバーセット計算によるパイプ)

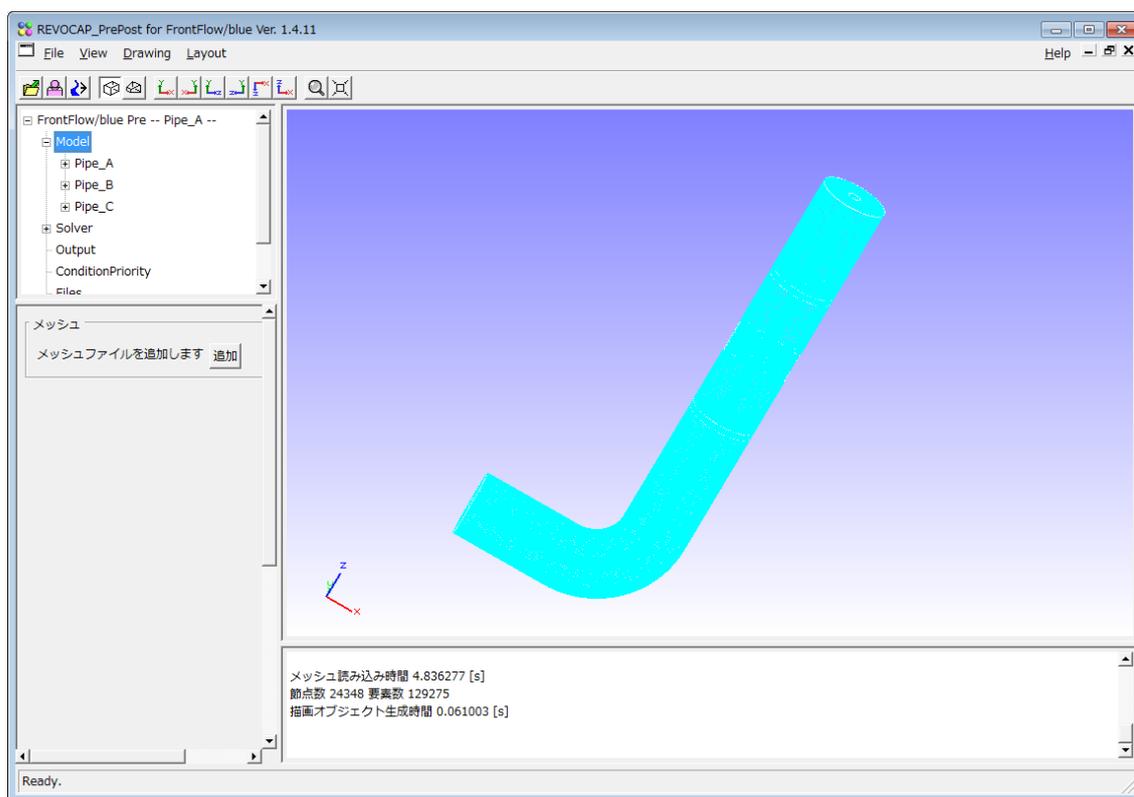


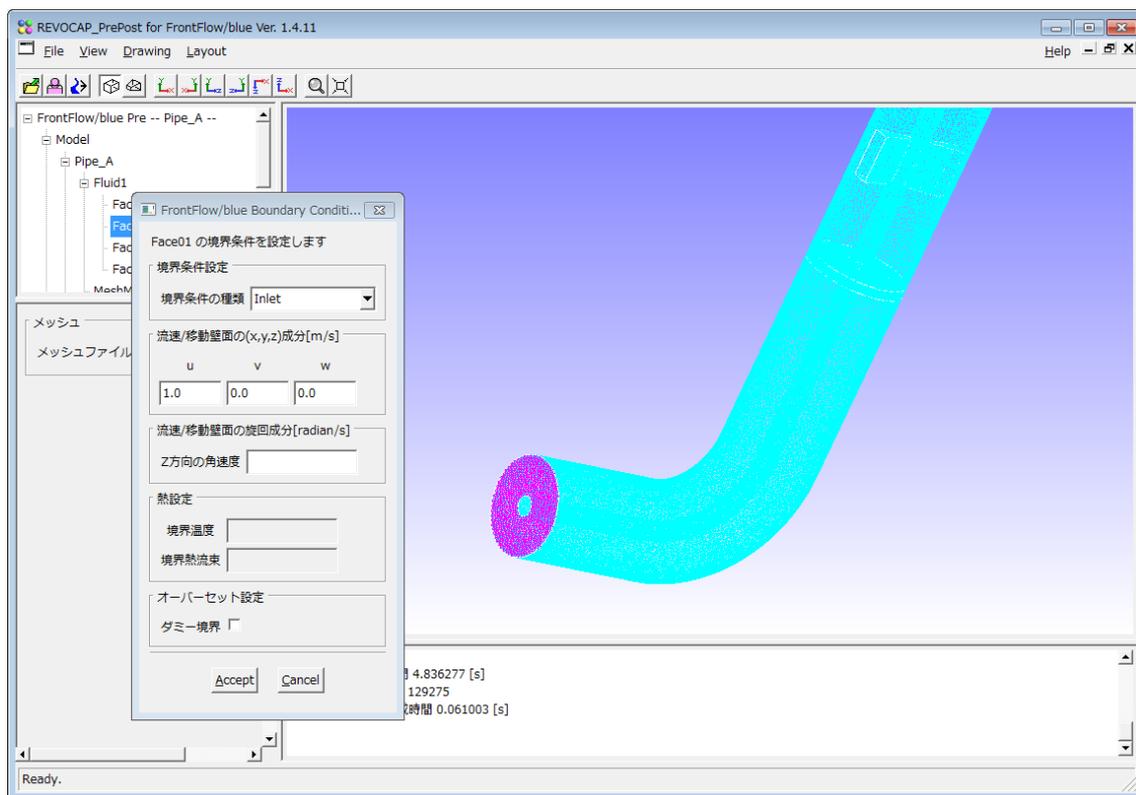
図 14-4 Pipe_A、Pipe_B、Pipe_C を読み込んだところ

14.3 境界条件の設定

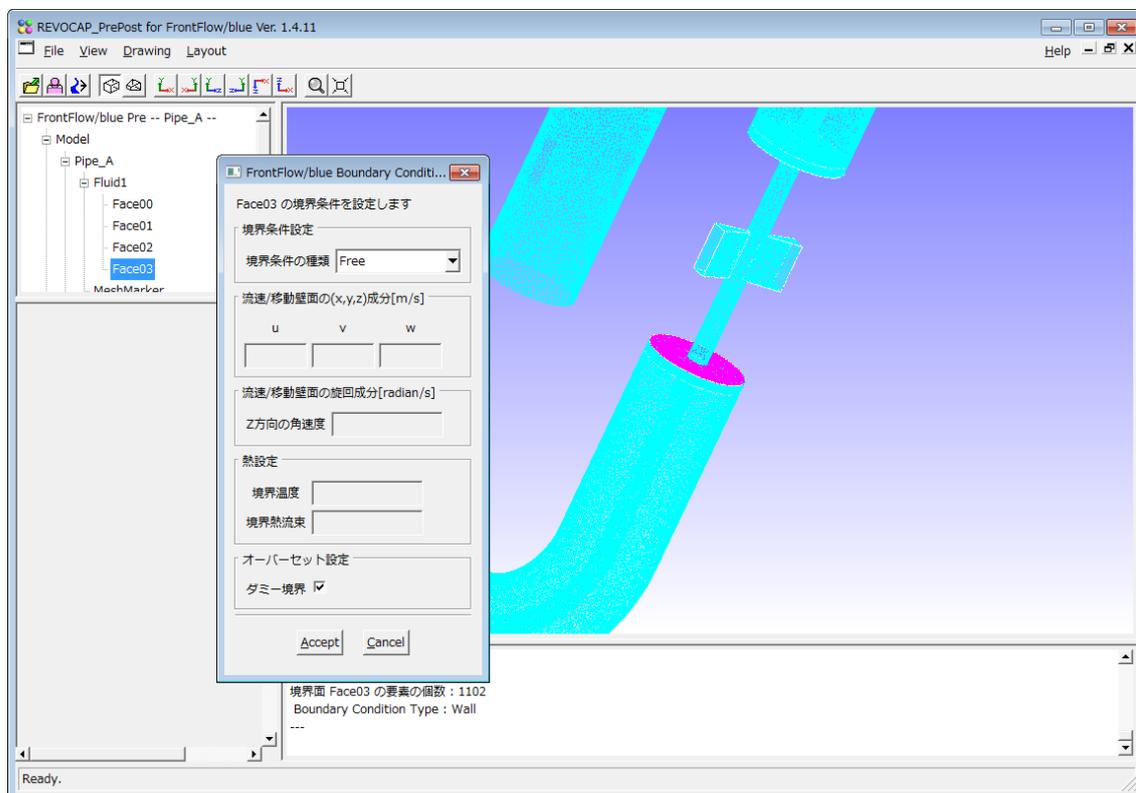
Pipe_A、Pipe_B、Pipe_C それぞれの領域の境界条件を設定します。

はじめに Pipe_A の境界条件について説明します。境界面は TreeView の Model⇒Pipe_A⇒Fluid1⇒Face00,...,Face03 に表示されます。TreeView から選択します。3DView 上でマウスを使って選択しても構いません。その場合は、手前の面を一時的に移動させると選択しやすくなります。

14 FrontFlow/blue 流れ場解析（オーバーセット計算によるパイプ）



流入面は境界条件の種類を **Inlet** として、 $(u,v,w)=(1.0,0.0,0.0)$ を与えます。

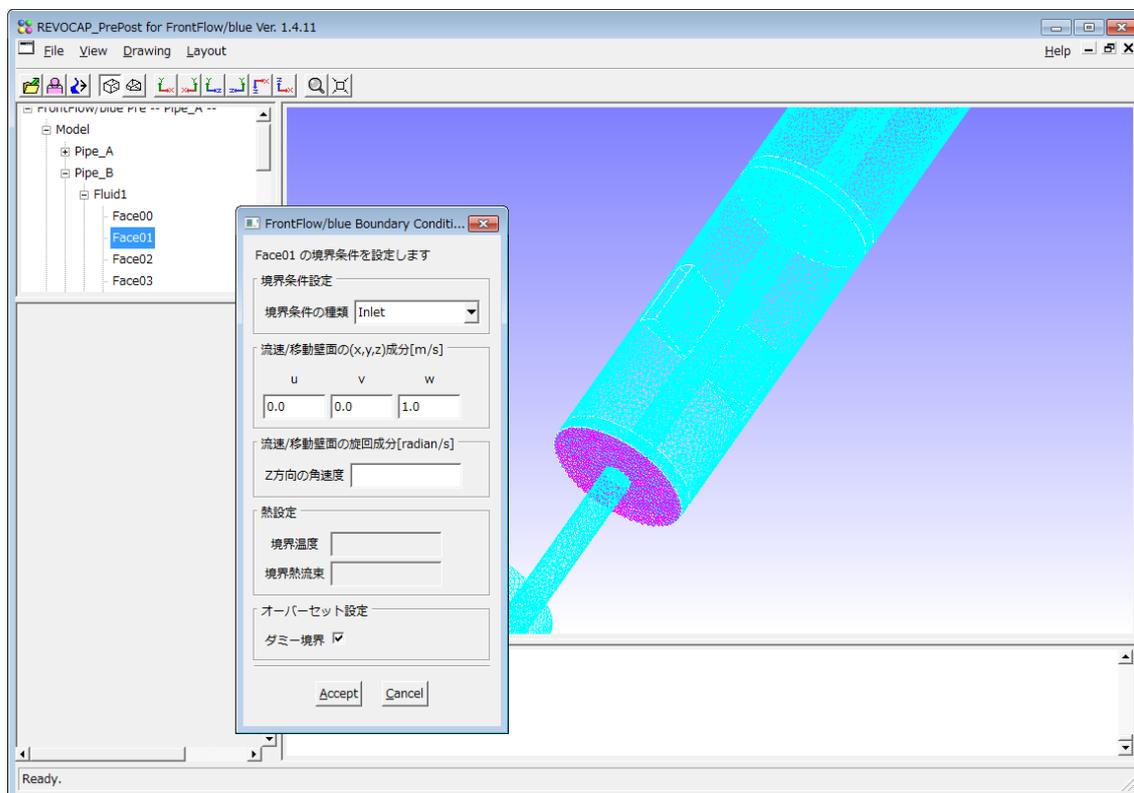


流出面は境界条件の種類を **Free** にします。この境界面は、オーバーセット境界となるた

14 FrontFlow/blue 流れ場解析（オーバーセット計算によるパイプ）

め、ダミー境界のチェックをオンにします。

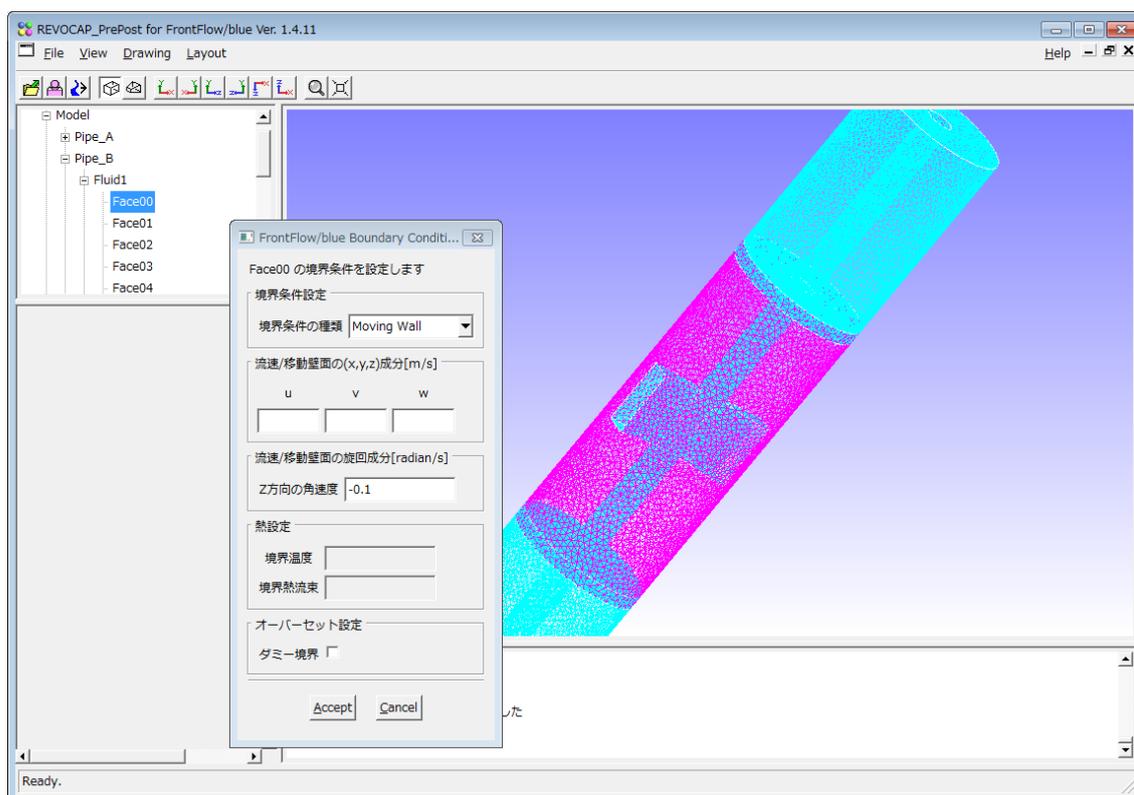
Pipe_B の境界条件も次のように与えます。



流入面は境界条件の種類を **Inlet** にし、ダミー境界のチェックをオンにします。ダミー境界の場合の流速は適当な値を入れて構いません。ここでは $(u,v,w)=(0.0,0.0,1.0)$ とします。

流出面は境界条件の種類を **Free** にし、ダミー境界のチェックをオンにします。

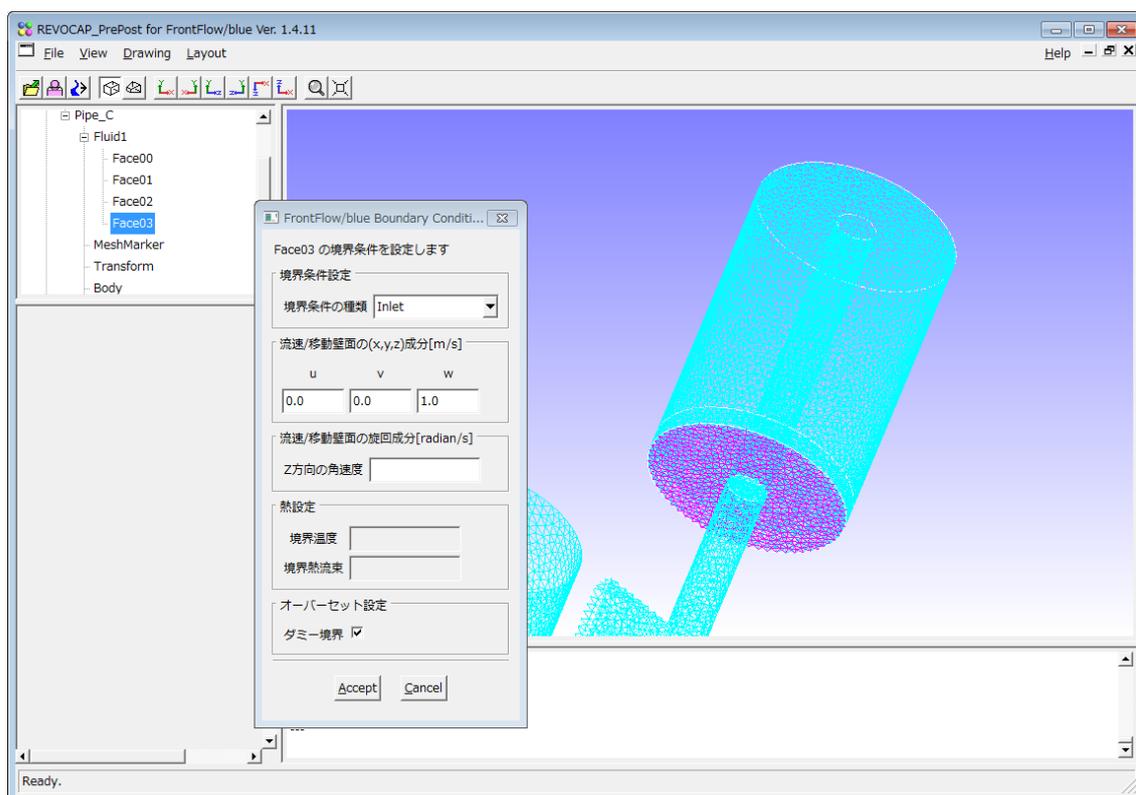
14 FrontFlow/blue 流れ場解析 (オーバーセット計算によるパイプ)



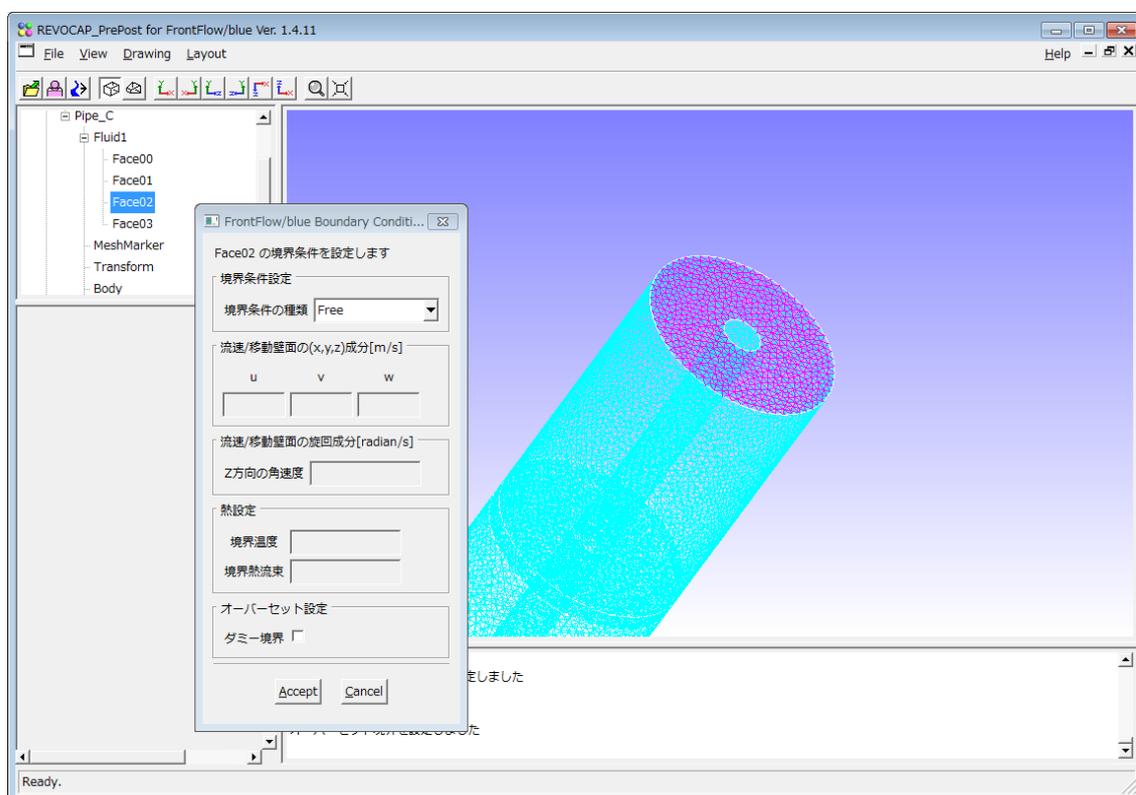
外壁は境界条件の種類を **Moving Wall** にして、角速度を-0.1 で与えます。本来は静止していますが、後で与えるように **Pipe_B** の領域自体を回転系として解くため、その回転系からの相対角速度の値を与えています。

最後に領域 **Pipe_C** の境界条件を与えます。

14 FrontFlow/blue 流れ場解析 (オーバーセット計算によるパイプ)



流入面は境界条件の種類を Inlet にし、ダミー境界のチェックをオンにします。流速は適当な値で構いませんが、 $(u,v,w)=(0.0,0.0,1.0)$ とします。

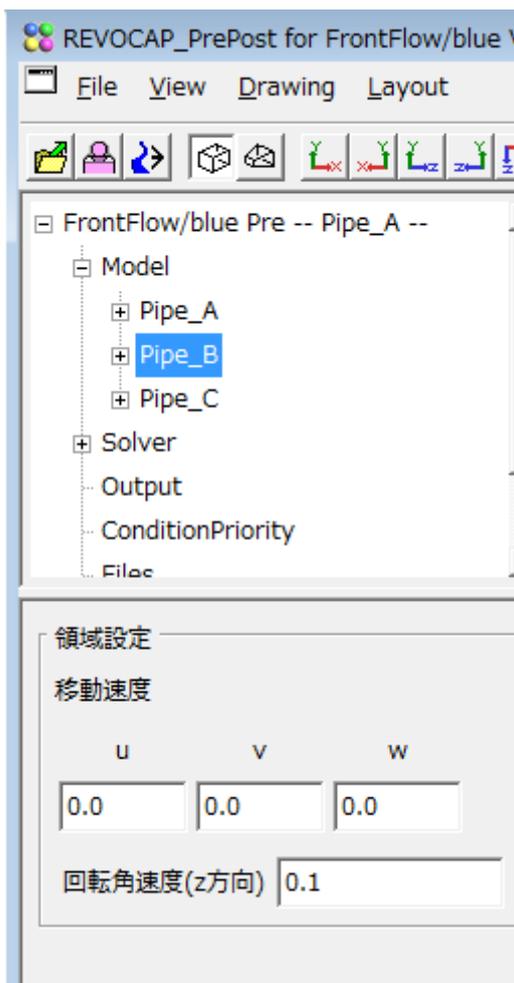


流出面は境界条件の種類を **Free** にします。

設定しなかった面は自動的に規定値（Wall）が与えられています。

14.4 オーバーセット計算の設定

動的オーバーセット計算をする場合は、各領域の移動速度を与えることができます。



前述したように **Pipe_B** の領域は回転系として解きます。ここでは回転角速度を **0.1** と与えます。

その他の設定は以下のように行います。規定値として既に同じ値が与えられている場合もあります。それぞれのパラメータの意味については **FrontFlow/blue** のマニュアルを参照してください。

TreeView の項目	パラメータ名	値	備考
Solver	ソルバー	les3x	
Solver	乱流モデル	標準スマゴリ	IMODEL

14 FrontFlow/blue 流れ場解析 (オーバーセット計算によるパイプ)

		ンスキー	
Solver	分子粘性係数	1.0e-5	VISCM
Solver	スマゴリンスキー定数	0.2	C
Solver	時刻刻み	3.141592e-2	DT
Solver	収束判定値 (圧力)	1.0e-4	EPS
Solver	最大反復回数 (圧力)	200	NMAX
Solver	収束判定値 (運動)	1.0e-4	EPST
Solver	最大反復回数 (運動)	20	NMAXT
Solver	タイムステップ	6000	NTIME
Solver	リスタートフラグ	0	ISTART
Solver/Relax	時間緩和制御パラメータ	10.0	TFINAL
Solver/Relax	UFINAL	0.0	UFINAL
Solver/Relax	VFINAL	0.0	VFINAL
Solver/Relax	WFINAL	0.0	WFINAL
Output	流れ場出力インターバル	0	INTFSV
Output	圧力場出力インターバル	0	INTPSV
Solver/Cyclic	周期境界条件に対する流量	1.0	QFCCL
Solver/Cyclic	周期境界条件に対する圧力差	0.0	DPCCL
Solver/Sampling	サンプリングデータ	1,-4.5,0.0,-6.5	LSMPL,XSMPL,YSMPL,ZMPL

14 FrontFlow/blue 流れ場解析 (オーバーセット計算によるパイプ)

		1,-3.5,0.0,-6.5	
		1,-2.5,0.0,-6.5	
		3,0.5,0.5,1.5	
		3,0.5,0.5,2.5	
		3,0.5,0.5,3.5	
		3,0.5,0.5,4.5	
		3,0.5,0.5,5.5	
		3,0.5,0.5,6.5	
Solver/Multiframe	マルチフレーム機能フラグ	静止系+回転系	NFRAME
Solver/Multiframe	角速度	0.1	OMEGA
Solver/Overset	オーバーセットデータ読み込みステップ間隔	10	JSET
Solver/Overset	Poisson 方程式でオーバーセット境界を更新する内部反復数	20	ITRP_IN
Solver/Overset	運動方程式でオーバーセット境界を更新する内部反復数	10	ITRT_IN
Solver/Overset	動的	ON	
Solver/Overset	総時間ステップ	2000	
Solver/Overset	初期時刻	0.0	
Solver/Overset	時間刻み	3.141592e-2	
Solver/Overset	オーバーセットデータ出力インターバル	10	

14 FrontFlow/blue 流れ場解析 (オーバーセット計算によるパイプ)

Solver/Press	低マッハ近似	ON	IPRESS
Solver/Press	圧力対流項	ガラーキン法	IPRESS
Solver/Press	マッハ数	0.05	FSMACH
Solver/Memory	要素数最大値	20000	SZ_GRID(1)
Solver/Memory	節点数最大値	70000	SZ_GRID(2)
Solver/Memory	境界節点数最大値	20000	SZ_BOUN(1)
Solver/Memory	通信境界節点数最大値	20000	SZ_BOUN(2)
Memory	隣接境界数最大値	8	SZ_BOUN(3)
Memory	隣接要素数最大値	50	SZ_CNCT(1)
Memory	隣接節点数最大値	30	SZ_CNCT(2)

並列計算を行う場合は、さらに次の設定を行うと、REVOCAP_PrePost の生成するスクリプトで並列計算を実行することができます。ここではノードあたり 1 プロセッサを 4 ノード使い、4 並列の場合を記載します。

TreeView の項目	パラメータ名	値	備考
Remote	ホスト名		計算サーバのホスト名
Remote	ユーザー名		計算サーバのユーザー名
Remote	パスワード		計算サーバのパスワード
Remote	ジョブ名	PIPE_PAR A4	並列実行時の JOB 名と、作業ディレクトリのケース名に使用します
Remote	キュー		計算サーバの管理者から与えられているバッチ処理システムのキューの名前
Remote	1 ノードあたりのプロセッサ数	1	
Remote	ノード数	4	

14.5 FrontFlow/blue 解析モデルの出力

境界条件と計算の設定が終了したら、解析モデルを出力します。メニューから **File⇒Save Model** を選択して、出力するディレクトリを選択すると、その下に解析モデルを標準的な構成で出力します。オーバーセット計算をするための行うスクリプト、並列計算を行うためのスクリプトも同時に出力されます。

REVOCAP_PrePost が出力したモデルについて、FrontFlow/blue を実行するには、計算サーバ上に解析モデルを転送し、EXE/PIPE_PARA4 に保存された runFFb.sh というシェルスクリプトを実行してください。計算サーバによっては、シェルスクリプトの内容を若干変更する必要がある場合もあります。なお、シェルスクリプトの内容は FFb/batch.template ファイルで定義されているので、必要に応じて変更することができます。詳しくはマニュアルを参照してください。

REVOCAP_PrePost から TreeView の Remote の「ジョブ投入」ボタンでバッチ処理システムにジョブを投入することもできます。

14.6 FrontFlow/blue 解析結果ファイルの読み込み

REVOCAP_PrePost は FrontFlow/blue の計算結果をそのまま読み込むことができます。ただし、並列計算を行った場合はあらかじめ周辺ツールで計算結果ファイルの一つにまとめておく必要があります。上記の手順で解析を行った場合は、並列計算の時には周辺ツールを自動的に呼び出しているため、ユーザーが実際に周辺ツールを呼び出す必要がありません。

ここでは REVOCAP_PrePost が出力したスクリプトを使って計算サーバ上で並列計算を実行し、その結果を REVOCAP_PrePost を実行する PC 上にコピーされているとします。

メニューの **File⇒OpenPostMesh** を選択し、初めに計算格子ファイルを選びます。作業ディレクトリの DATA の中にオーバーセットを 1 つにまとめた格子ファイル RevocapModel.mesh があるのでそれを選択します。

次に結果ファイルを選択するダイアログに移ります。ここでは、作業ディレクトリの EXE/PIPE_PARA4 の中の RevocapModel.flow があるのでそれを選択します。

STEP 入力のダイアログが開きますが、ここでは無視してかまわないのでそのまま **Accept** ボタンを押します。

14 FrontFlow/blue 流れ場解析 (オーバーセット計算によるパイプ)



図 14-5STEP 入力
計算結果の格子が表示されます。

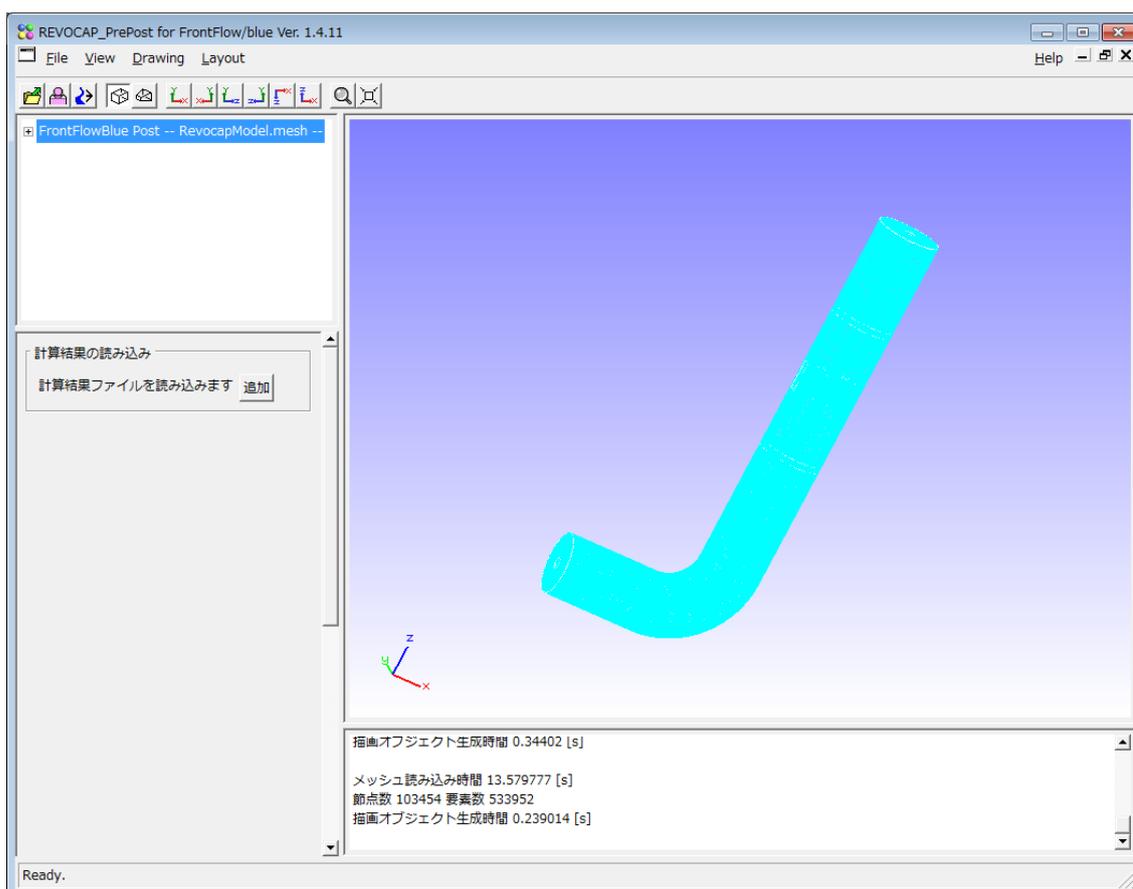


図 14-6 計算結果格子

14.7 解析結果の可視化

計算結果の可視化を行います。REVOCAP_PrePost では流体解析の結果の可視化は以下のものが可能です。

- カラーコンター
- ベクトル表示
- 断面表示
- 等値面表示
- 流線
- アニメーション

断面表示は他の可視化処理と組み合わせて使います。ここでは簡単なカラーコンターと断面表示で計算結果を確認することにします。

TreeView の Contour を選択します。CustomPane に設定用の項目が表示されます。Item には計算結果で可視化可能な物理量の名前が与えられています。ここでは NODE PRESSURE(3-D)を選択します。

設定ボタンを押すと、自動的に最大最小の値が Max と Min に与えられます。ここでの圧力は基準値からの相対値なので負の値があることに注意してください。

カラーバー表示とコンター表示有効を ON にすると 3DView でカラーコンター表示されます。

14 FrontFlow/blue 流れ場解析（オーバーセット計算によるパイプ）

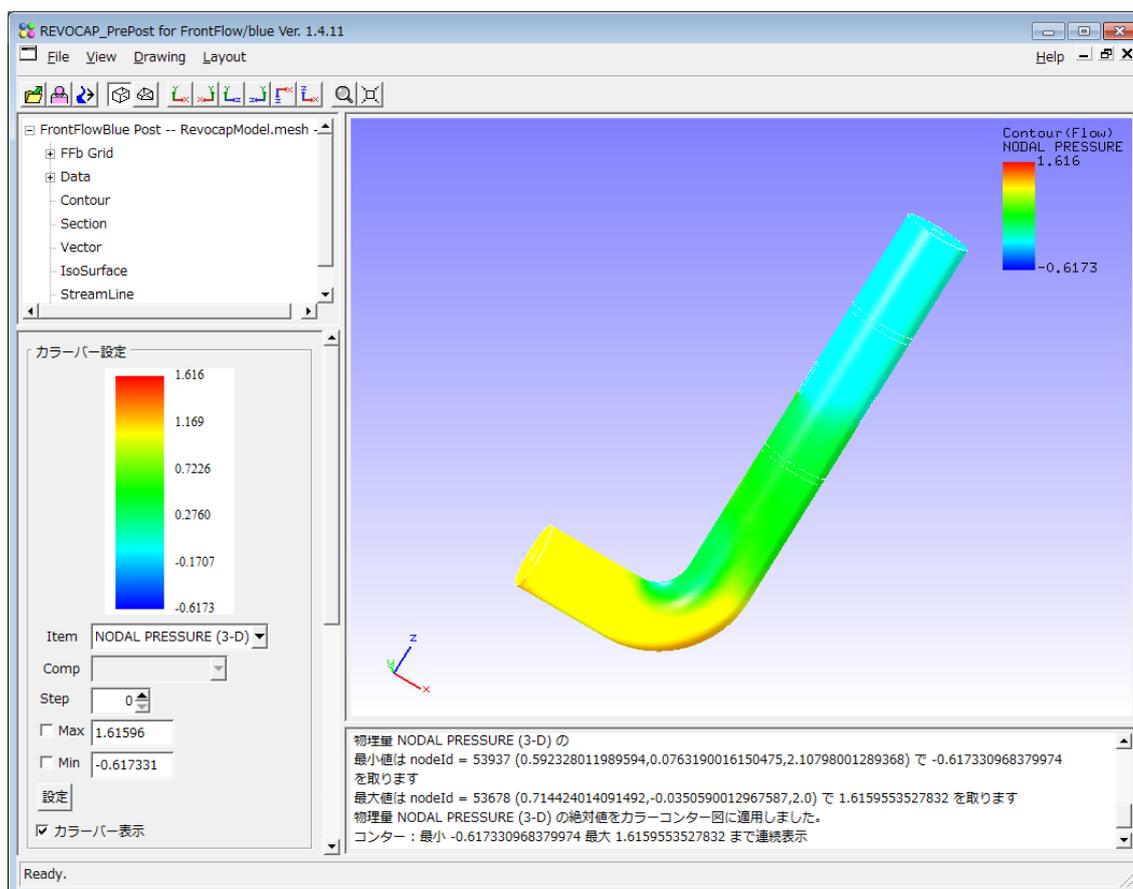


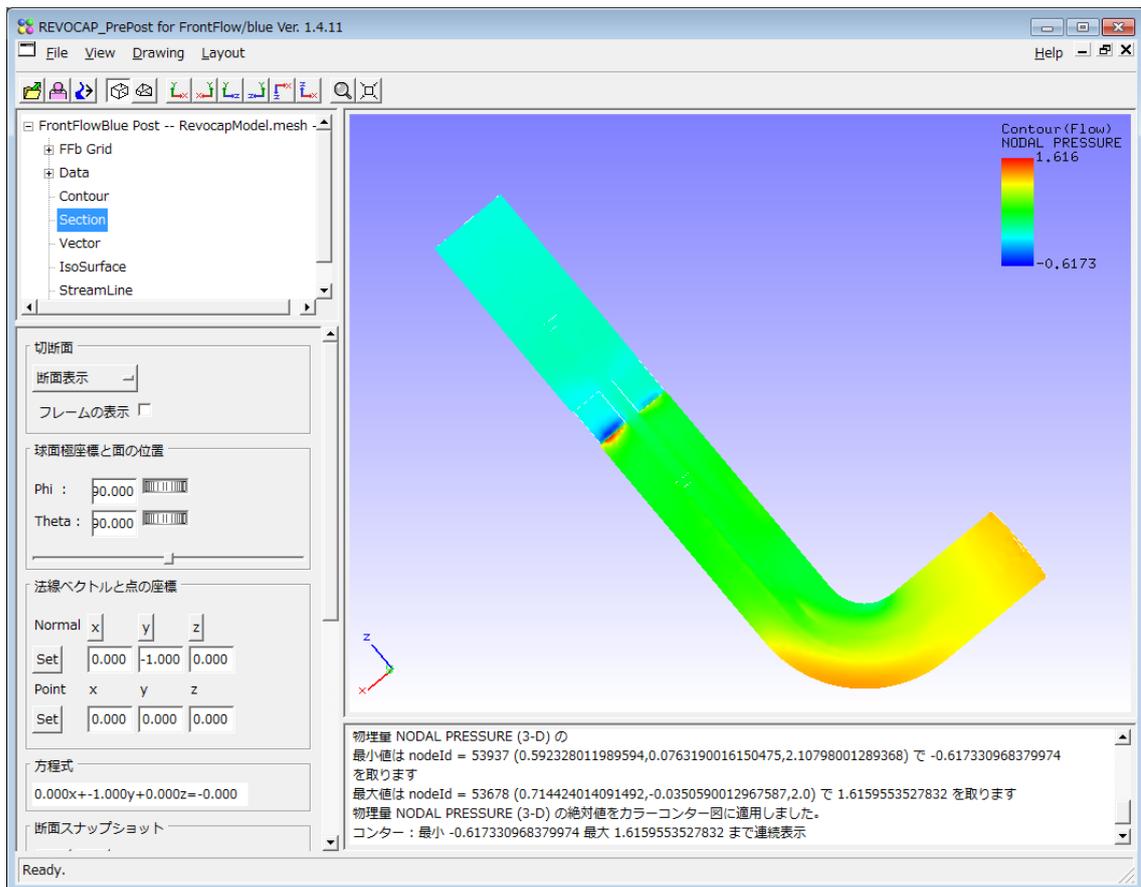
図 14-7 圧力コンターの値

メニューの **Drawing⇒Rendering** を ON にしていると、光の反射を有効にするので、立体的な陰影をつけることができますが、評価のために正しい色を表示させるためにはこれを **OFF** にしてください。

ここで表示されている値は表面の値なので、内部の圧力値をみるために、断面での可視化を行います。

TreeView から **Section** を選択して切断面の項目を「断面表示」にします。y 軸に垂直な面にするために、Normal の y ボタンを押します。断面表示されます。

14 FrontFlow/blue 流れ場解析 (オーバーセット計算によるパイプ)



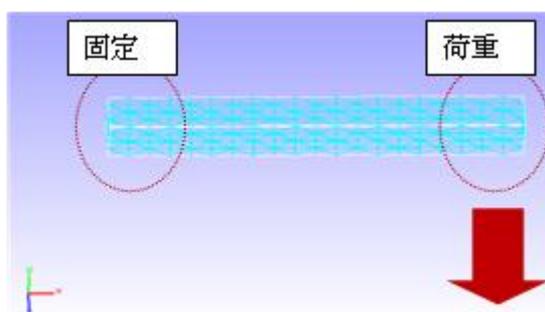
15 ADVENTURE_Solid 線形弾性静解析 (片持ち梁モデル)

15.1 解析の概要

梁の一端を壁に固定し、もう一端に荷重をかけた場合の変形の問題、いわゆる片持ち梁の解析を行なう。

解析の種類	線形弾性静解析
要素タイプ	四面体1次要素
節点数	1600
要素数	525
材料物性	アルミ
境界条件	左端固定 右端荷重
ファイル	data/beam.msh
メッシュフォーマット	ADVENTURE_TetMesh

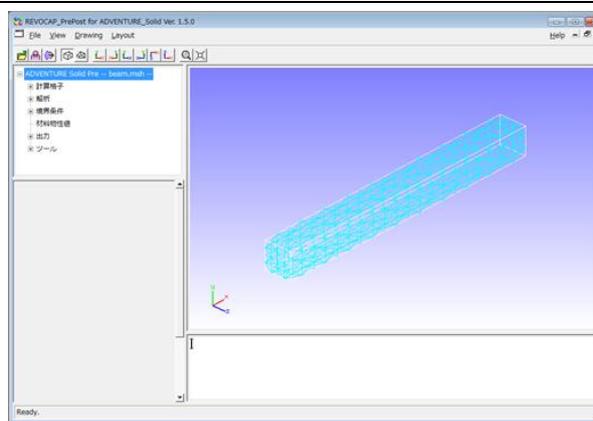
15-1 解析条件の一覧



15-2 解析概要

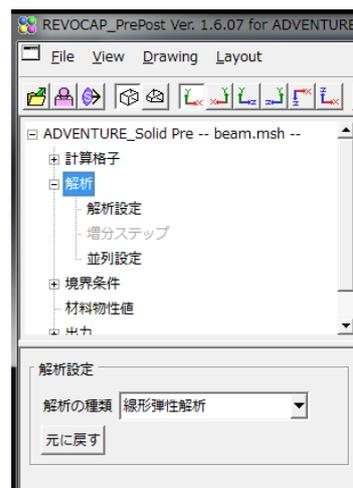
15.2 メッシュファイルの読み込み

メニューの[File]⇒[OpenMesh]からメッシュファイルを読み込む。ここでは File Filter を ADVENTURE_TetMesh (*.msh) として、REVOCAP_PrePost をインストールしたフォルダの下の data/beam.msh を読み込む。読み込みに成功すると 3DView にメッシュが表示される。



15.3 解析の種類の設定

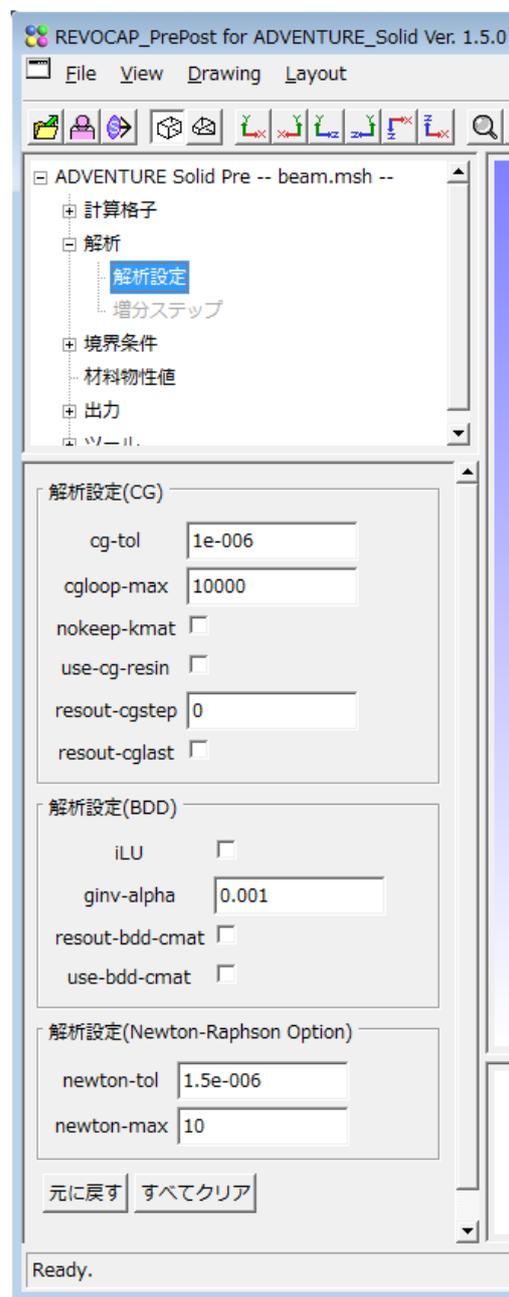
TreeView の「解析」を選んで、CustomPane に表示される解析の種類の設定の項目で「線形弾性解析」を選ぶ。



15.4 ソルバーの設定

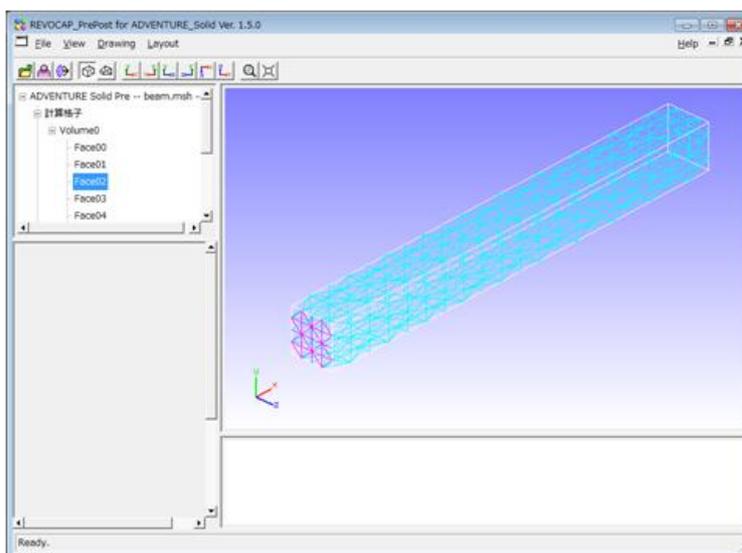
TreeViewの「解析」を展開して「解析設定」を選択する。下の表の値を用いる。今回の計算では既に入力されている既定値を用いるので変更する必要はない。

cg-tol	1.0e-6
cgloop-max	10000
resout-cgstep	0
ginv-alpha	0.001
newton-tol	1.5e-6
newton-max	10

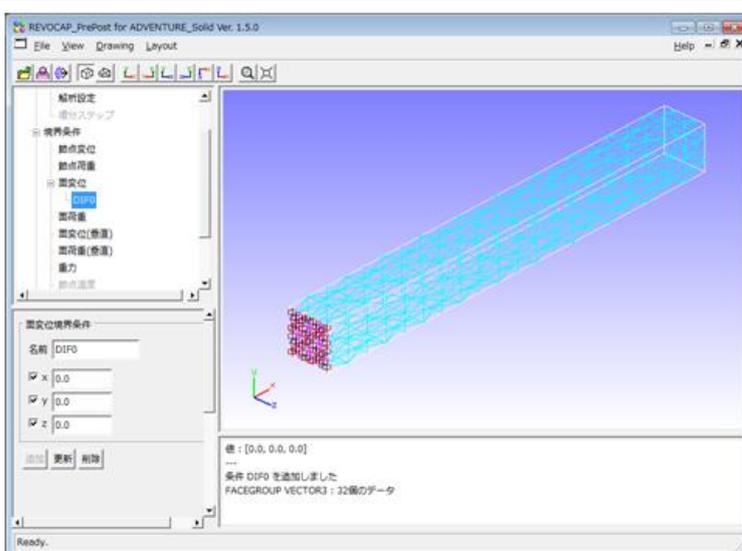


15.5 拘束条件の設定。

面に対してさまざまな境界条件を設定するには、面を選択状態にする必要がある。これは TreeView の「計算格子」から「Volume0」を展開し面を表すその下の階層（「Face02」など）を選択するか、3DView で直接面をクリックする。どちらも面の色が変わり、TreeView の該当する面の項目が選択状態になる。

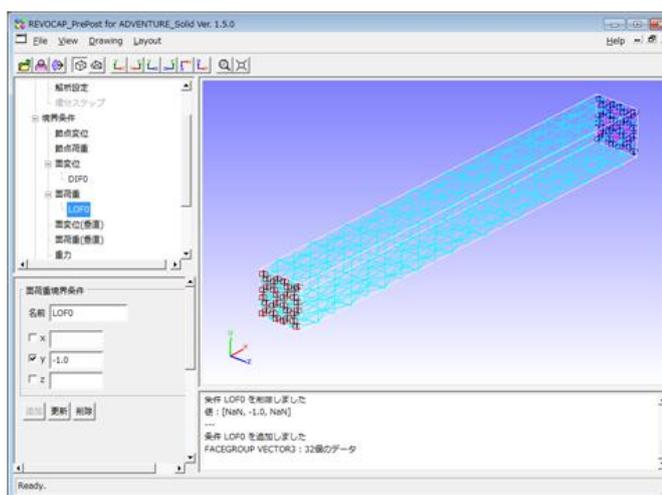


面を拘束する条件を設定するために、TreeView の「境界条件」の「面変位」を選択する。このとき設定フォームでは「面変位境界条件」の表示が変わる。ここで拘束する面（「Face02」）を選択状態にして、x、y、z それぞれのチェックボックスをオンにし、値は0とする。「追加」ボタンを押すと、この面に上記の条件が付与される。このとき 3DView では面に対して小さなマーカーが表示される。また、TreeView の「面変位」の下に新しく項目が追加される。これは設定した条件に対応する項目である。この項目を選択し、「削除」ボタンを押すとこの条件を削除することができる。



15.6 荷重条件の設定

前述した方法と同様に面を選択状態にして、その面に荷重条件を与える。拘束を与えた面と反対側の右端の面（「Face03」）を選択する。TreeView から「面荷重」を選択する。ここでは y 軸方向に荷重をかける条件を設定するため、設定フォームにおいて y についてのみチェックボックスをオンにし、値を-1にする。「追加」ボタンを押すと、この面に荷重の条件が設定される。



15.7 材料物性値の設定

REVOCAP_PrePost での材料物性値の設定は、物性値のデータベースに各種の属性をデータベース化して名前を付けておき、その名前を計算格子に割り当てることで物性値の設定をする。

ここではすでにデータベースに登録済みのアルミニウムの物性値を使うことにする。

TreeView の「計算格子」を展開して、Volume0 を選択すると、設定フォームに「材料の設定」が表示される。材料として Aluminum を選択して設定ボタンを押す。



15.8 出力するデータの選択

ADVENTURE_Solid の計算結果ファイルにどの物理量を出力するかを設定する。

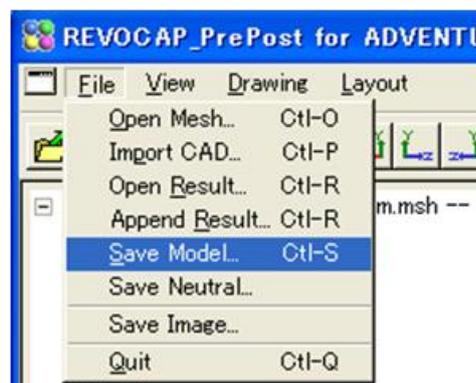
15 ADVENTURE_Solid 線形弾性静解析（片持ち梁モデル）

TreeViewにおいて「出力」の「最終結果ファイルへの出力」を選択する。設定フォームにおいて、適宜チェックボックスをオンにすることによって、出力するデータを選択できる。ここでは節点変位、節点応力テンソルを選択する。

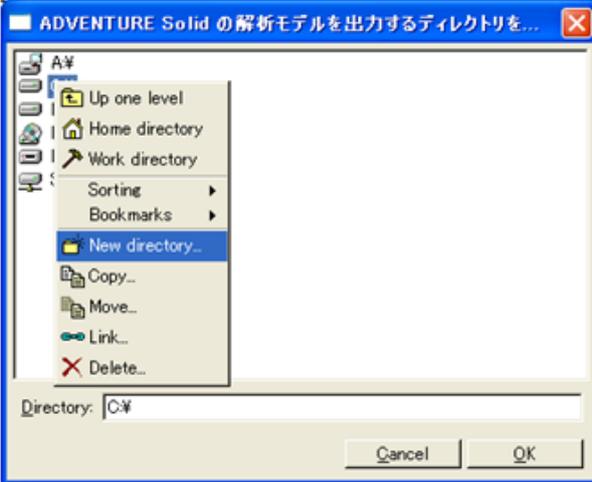


15.9 解析モデルの保存

ADVENTURE_Solid の解析モデルを保存する。「File」メニューから「Save Model」を選択すると、保存するフォルダを選択するためのダイアログが表示される。



15 ADVENTURE_Solid 線形弾性静解析 (片持ち梁モデル)

<p>フォルダを新しく作成する場合は、既存のフォルダを右クリックし、ポップアップメニューから「New directory」を選択する。フォルダの名前を入力するダイアログが表示されるので適宜名前を入力する。すると既存のフォルダの下に新しいフォルダが作成される。</p>	
<p>保存するためのフォルダを選択し、OK ボタンを押すと、そのフォルダに以下のファイルが保存される。</p> <ul style="list-style-type: none">解析条件ファイル(拡張子 <code>cmd</code>)物性値ファイル(拡張子 <code>dat</code>)メッシュ表面データファイル(拡張子 <code>fgr</code>)メッシュファイル(拡張子 <code>msh</code>)バッチファイル(拡張子 <code>bat</code>)	

15.10 解析計算の実行(プレポストと同じ計算機で行う場合)

<p>TreeView の「ツール」から「Execute」を選択し、設定フォームの「ADVENTURE_Solid の実行」を選択すると、ソルバーが実行される。</p>	
<p>計算が終了すると、ログを表示するかどうかを選択するダイアログが表示され、Yesを選択すると、ログがウィンドウに表示される。</p>	

15.11 計算の実行 (専用計算機で行う場合)

PC クラスタや Linux マシンなどプレポストとは異なる計算機で実行を行う場合の説明をする。あらかじめ makefem、adventure_methis、advsolid-s が実行可能でなければならない。

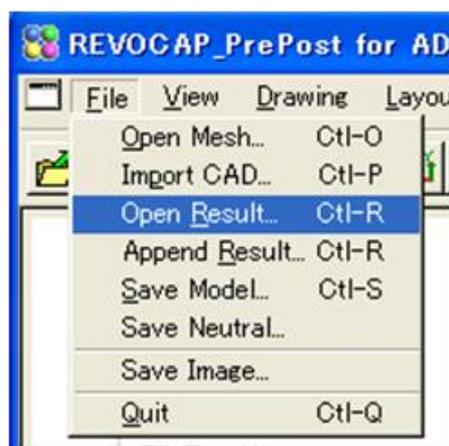
解析モデルを保存したディレクトリごと専用の計算機に転送する。一連の処理を実行する実行ファイル(run.bat)を実行する。

計算終了後は、計算結果のデータを、ディレクトリ構成を保持のままプレポストのマシンに転送する。

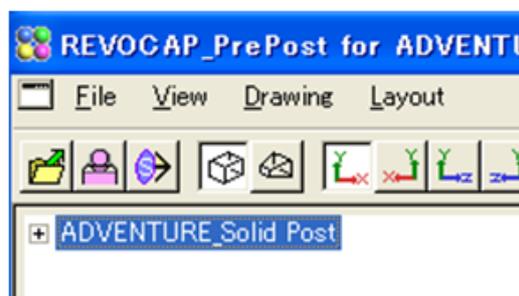
15.12 計算結果の可視化（カラーコンター）

ソルバーの実行が正常に終了すると、モデルを保存したディレクトリの result に結果ファイルが生成されている。ここではそれを直接読み込むことはせずに、アスキーファイルに変換されたものを読み込む。変換プログラムはプレポストから自動的に呼び出される。

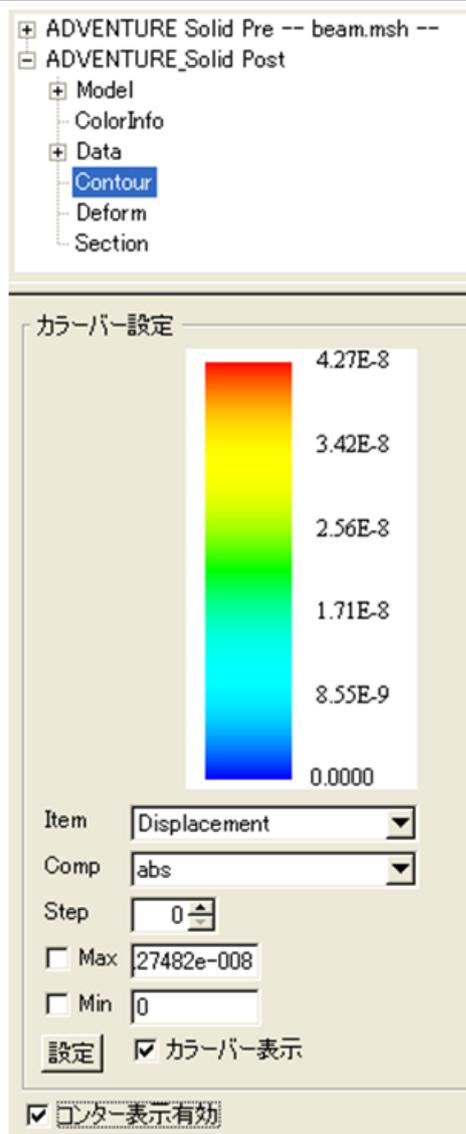
「File」メニューから「Open Result」を選択する。計算に利用したフォルダを開き、メッシュファイル(RevocapModel.msh)を選択する。次に可視化の対象とするデータが出力されているファイルを選択する。ここでは節点の変位が出力されている Displacement.dat を選択する。



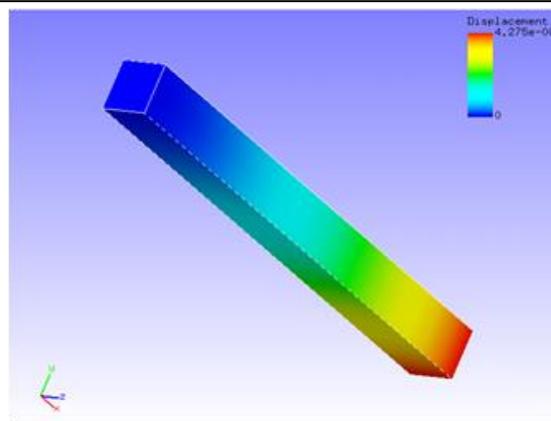
可視化のためのファイルを読み込むと、TreeViewにADVENTURE_Solid Postの項目が追加される。この項目を選択すると、結果ファイルが3DViewに表示される。ダブルクリックすると、可視化のための項目がその下の階層に展開される。



ここでは計算結果の可視化をコンター表示で行なうために「Contour」を選択する。Item に Displacement を選び、Comp に abs を選ぶと変形の絶対値のコンター表示を行うことになる。Max と Min は色のバンドの最大値、最小値で、空白のまま設定ボタンを押すと自動的に物理量の最大値、最小値が入力される。

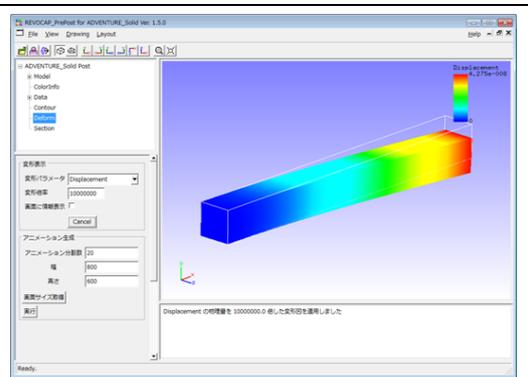


カラーバーのチェックボックスをオンにすると 3DView にカラーバーが表示される。最後に「コンター表示有効」のチェックボックスを押すと、3DView にコンター表示で変位の大きさが表示される。



15.13 計算結果の可視化（変形表示）

次に、モデルの変形を表示する。TreeViewで「Deform」を選択し、変形倍率を適宜設定して Apply ボタンを押すと、変形表示が有効になる。これを解除するには Cancel ボタンを押す。

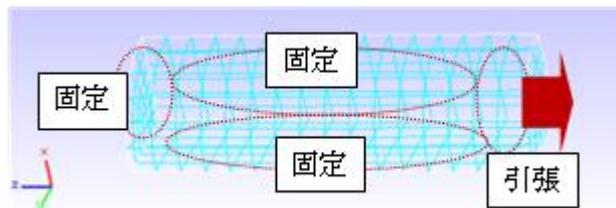


16 ADVENTURE_Solid 弾塑性解析（円柱モデル）

16.1 解析の概要

円柱の両端を引っ張った時の塑性を解析する計算を行う。計算量の節約のため、 x 、 y 、 z 軸のそれぞれの方向に半分に分割した 1/8 モデルを用いる。

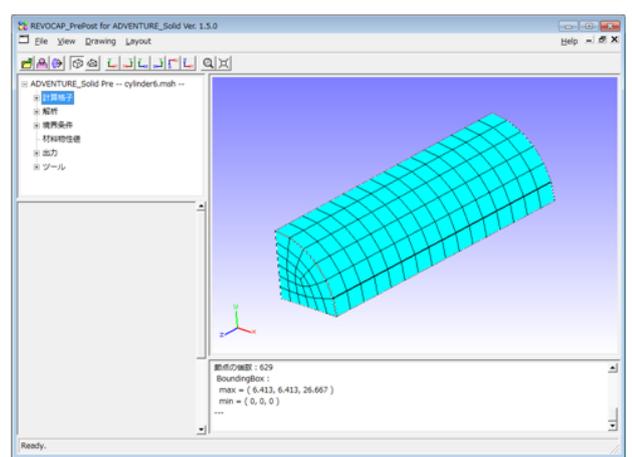
解析の種類	弾塑性解析
要素タイプ	六面体 1 次要素
節点数	629
要素数	432
材料物性	テスト用の値を定義する
境界条件	軸に沿って一端を延伸 対称性により、断面の法線方向を固定
ファイル	data/cylinder6.msh
メッシュフォーマット	ADVENTURE_TetMesh



16-1 解析概要

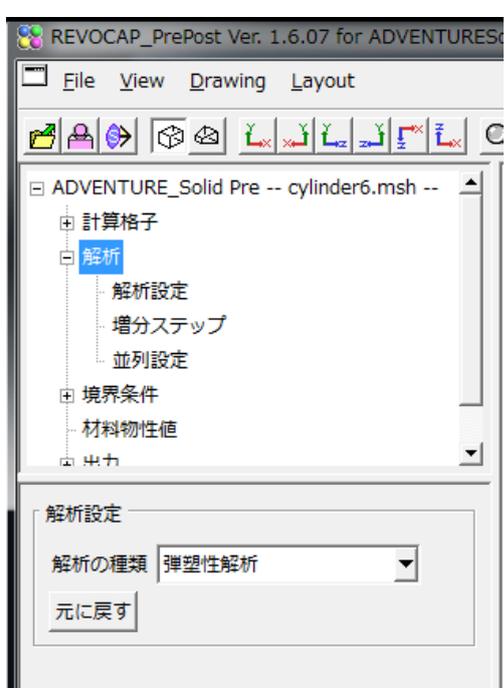
16.2 メッシュファイルの読み込み

メニューの[File]⇒[OpenMesh]からメッシュファイルを読み込む。ここでは File Filter を ADVENTURE_TetMesh (*.msh) として、REVOCAP_PrePost をインストールしたフォルダの下の data/cylinder6.msh を読み込む。読み込みに成功すると 3DView にメッシュが表示される。



16.3 解析の種類の設定

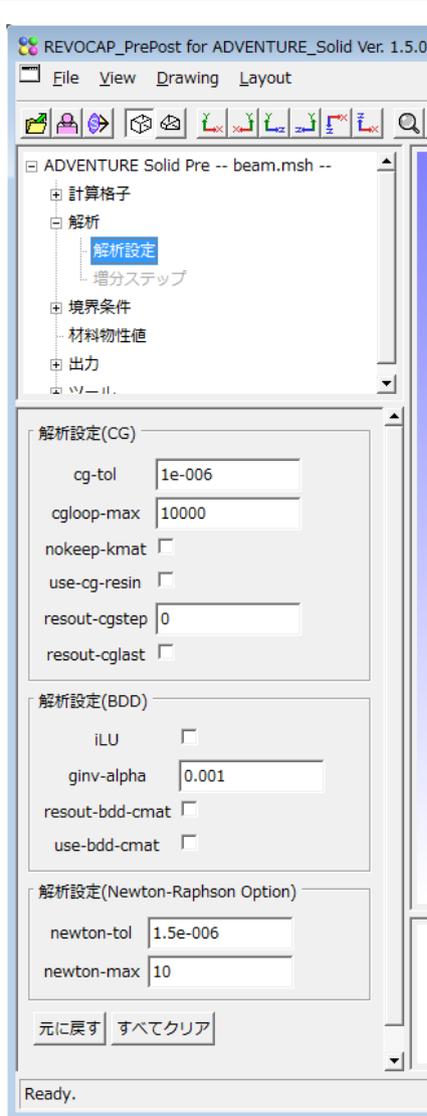
TreeView の「解析」を選んで、CustomPane に表示される解析の種類の設定の項目で「弾塑性解析」を選ぶ。



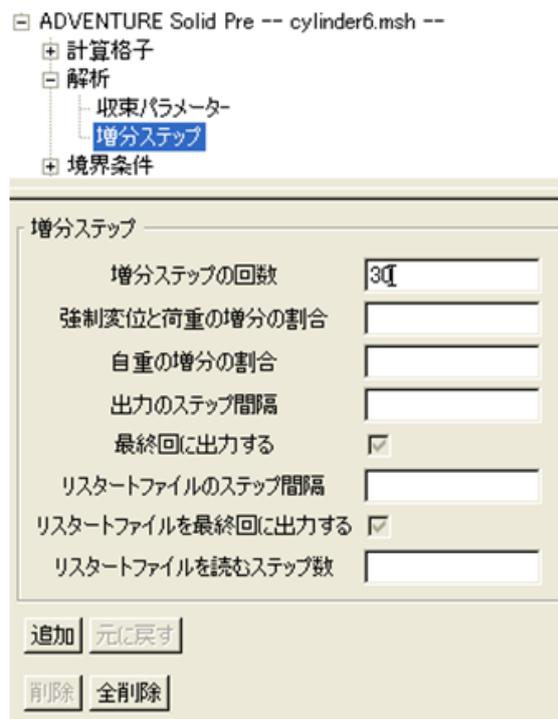
16.4 ソルバーの設定

TreeViewの「解析」を展開して「解析設定」を選択する。下の表の値を用いる。今回の計算では既に入力されている既定値を用いるので変更する必要はない。

cg-tol	1.0e-6
cgloop-max	10000
resout-cgstep	0
ginv-alpha	0.001
newton-tol	1.5e-6
newton-max	10



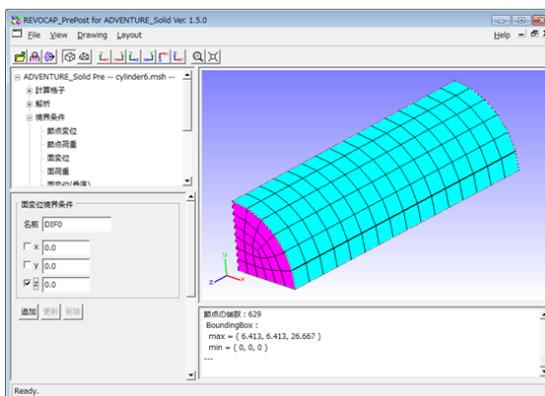
弾塑性解析は非線形解析であるため、増分ステップを設定する。ここでは「増分ステップの回数」を30に設定することにする。追加ボタンを押すと、増分ステップの設定が追加される。



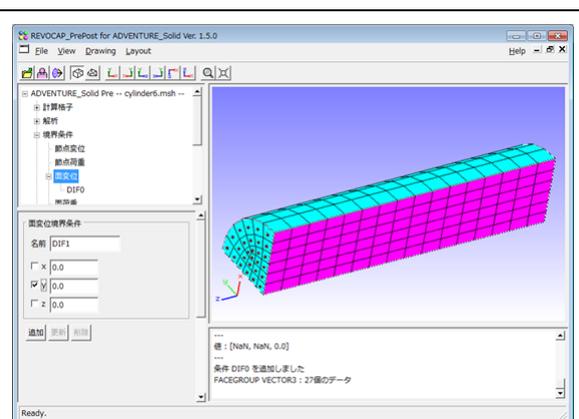
16.5 拘束条件の設定

ここでは、対称性から円柱の断面について法線方向の拘束を設定する。

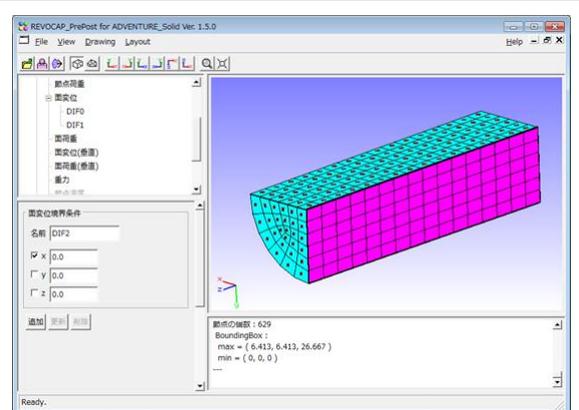
まず初めに、z軸に垂直な面（z座標の大きい方）を選択した状態で、TreeViewの「境界条件」の「面変位」を選択する。このとき設定フォームでは「面変位境界条件」の設定ができる。ここでは面をz軸方向について拘束するので、zのチェックボックスをオンにし、値は0とする。



このとき「追加」ボタンを押すと、この面に上記の条件が設定される。このとき 3DView では面に対して小さなマークが複数表示される。また、TreeView の「面変位」の下に新しく項目が追加される。これは設定した条件に対応する項目である。この項目を選択し、「削除」ボタンを押すとこの条件を削除できる

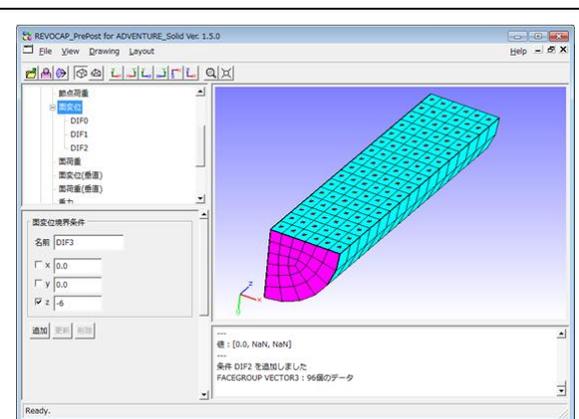


同様に、y 軸に垂直な面を y 軸方向に拘束し、x 軸に垂直な面を x 軸方向に拘束する。



16.6 変位条件の設定

z 軸に垂直な面で拘束条件を課した面ではない方 (z 座標の小さい方) には面変位条件を与える。該当する面を選択し、TreeView から「面変位」を選択する。ここでは z 軸方向に変位をかける条件を設定するため、設定フォームにおいて z についてのみチェックボックスをオンにし、値を-6 にする。「追加」ボタンを押すと、この面に変位の条件が設定される。

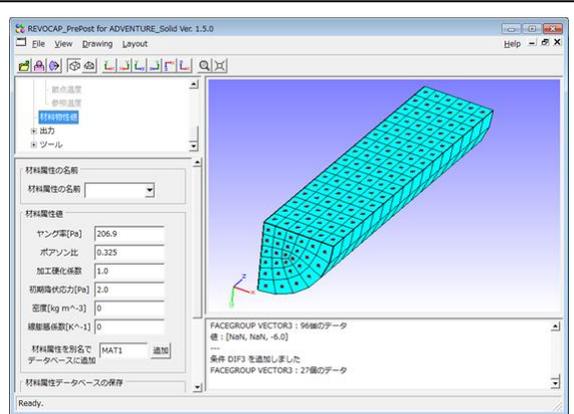


16.7 材料の設定

REVOCAP_PrePost での材料物性値の設定は、物性値のデータベースに各種の属性をデータベース化して名前を付けておき、その名前を計算格子に割り当てることで物性値の設定をする。ここでは新たに物性値のデータを追加して、それを用いることにする。

TreeViewの「材料物性値」を展開して、以下の表の値を入力し、それをMAT1として追加する。

ヤング率[Pa]	206.9
ポアソン比	0.325
加工硬化係数	1.0
初期降伏応力[Pa]	2.0
密度[kg/m ³]	0
線膨張係数[1/K]	0



次に、ここで定義した物性値をメッシュの領域に割り当てる。

TreeViewの「計算格子」を展開して、Volume0を選択すると、設定フォームに「材料の設定」が表示される。材料としてMAT1を選択して設定ボタンを押す。

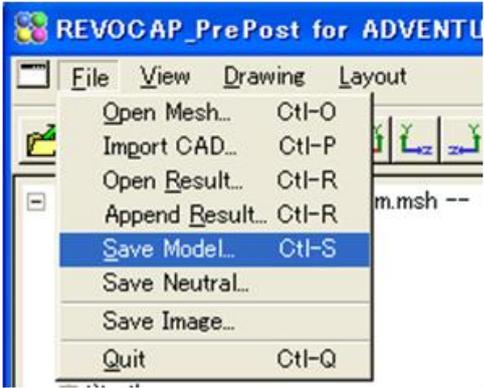


16.8 出力するデータの選択

ADVENTURE_Solid の計算結果ファイルにどの物理量を出力するかを設定する。TreeViewにおいて「出力」の「最終結果ファイルへの出力」を選択する。設定フォームにおいて、適宜チェックボックスをオンにすることによって、出力するデータを選択できる。ここでは節点変位、節点応力テンソルを選択する。

16.9 解析モデルの保存

ADVENTURE_Solid の解析モデルを保存する。

<p>「File」メニューから「Save Model」を選択すると、保存するフォルダを選択するためのダイアログが表示される。</p>	
<p>フォルダを新しく作成する場合は、既存のフォルダを右クリックし、ポップアップメニューから「New directory」を選択する。フォルダの名前を入力するダイアログが表示されるので適宜名前を入力する。すると既存のフォルダの下に新しいフォルダが作成される。</p>	
<p>保存するためのフォルダを選択し、OK ボタンを押すと、そのフォルダに以下のファイルが保存される。</p> <p>解析条件ファイル(拡張子 end) 物性値ファイル(拡張子 dat) メッシュ表面データファイル(拡張子 fgr) メッシュファイル(拡張子 msh) バッチファイル(拡張子 bat)</p>	

16.10 解析計算の実行（PC で行う場合）

TreeView の「ツール」から「Execute」を選択し、設定フォームの「ADVENTURE_Solid の実行」を選択すると、ソルバーが実行される。

計算が終了すると、ログを表示するかどうかを選択するダイアログが表示され、Yes を選択すると、ログがウィンドウに表示される。

16.11 解析計算の実行（計算サーバで行う場合）

PC クラスタや Linux マシンなどプレポストとは異なる計算機で実行を行う場合の説明をする。あらかじめ makefem、adventure_methis、advsolid-s が実行可能でなければなら

ない。

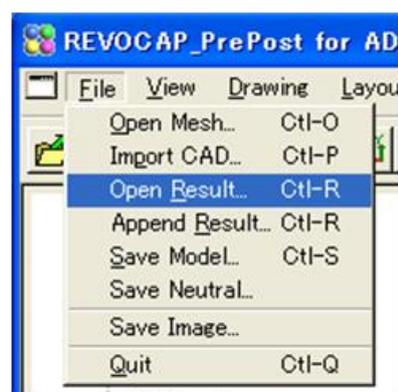
解析モデルを保存したディレクトリごと専用の計算機に転送する。一連の処理を実行する実行ファイル(run.bat)を実行する。

計算終了後は、計算結果のデータを、ディレクトリ構成を保持のままプレポストのマシンに転送する。

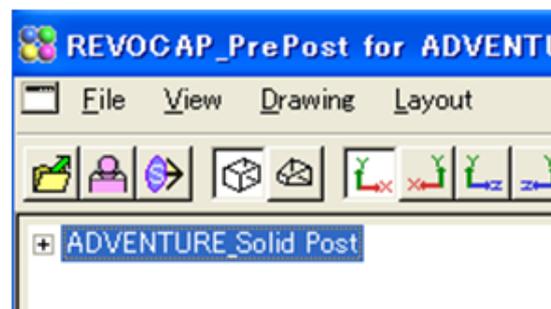
16.12 計算結果の可視化（カラーコンター）

ソルバーの実行が正常に終了すると、モデルを保存したディレクトリの **result** に結果ファイルが生成されている。ここではそれを直接読み込むことはせずに、アスキーファイルに変換されたものを読み込む。変換プログラムはプレポストから自動的に呼び出される。

「File」メニューから「Open Result」を選択する。計算に利用したフォルダを開き、メッシュファイル(RevocapModel.msh)を選択する。次に可視化の対象とするデータが出力されているファイルを選択する。ここでは節点の変位が出力されている **Displacement.dat** を選択する。

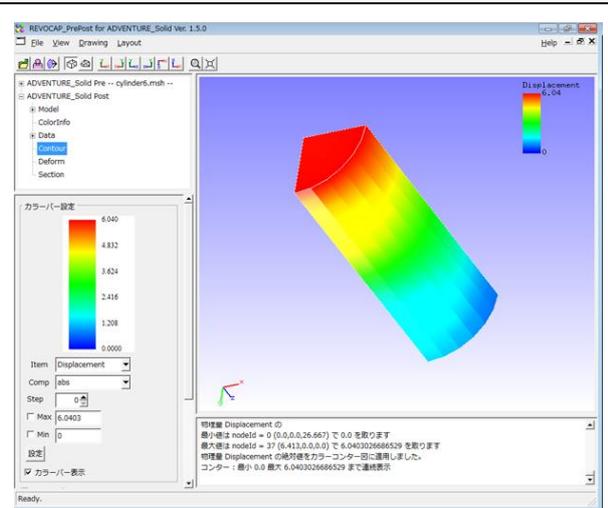


可視化のためのファイルを読み込むと、TreeView に **ADVENTURE_Solid Post** の項目が追加される。この項目を選択すると、結果ファイルが 3DView に表示される。ダブルクリックすると、可視化のための項目がその下の階層に展開される。



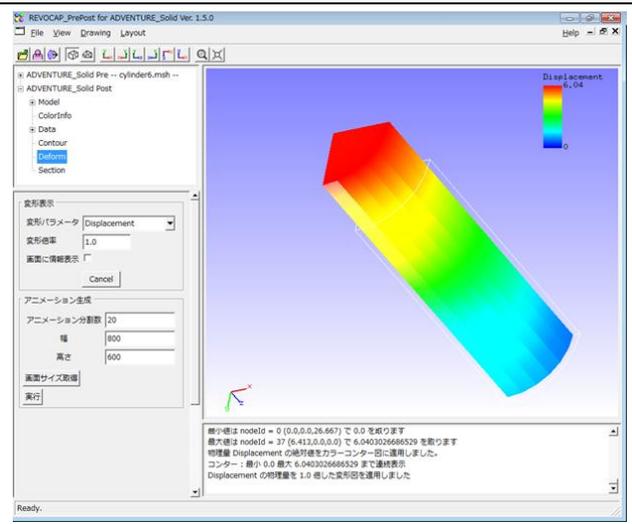
ここでは計算結果の可視化をコンター表示で行なうために「Contour」を選択する。ItemにDisplacementを選び、Compにabsを選ぶと変形の絶対値のコンター表示を行うことになる。MaxとMinは色のバンドの最大値、最小値で、空白のまま設定ボタンを押すと自動的に物理量の最大値、最小値が入力される。

カラーバーのチェックボックスをオンにすると3DViewにカラーバーが表示される。最後に「コンター表示有効」のチェックボックスを押すと、3DViewにコンター表示で変位の大きさが表示される。



16.13 計算結果の可視化（変形表示）

次に、モデルの変形を表示する。TreeViewで「Deform」を選択し、変形倍率を適宜設定してApplyボタンを押すと、変形表示が有効になる。これを解除するにはCancelボタンを押す。



17 REVOCAP_Magnetic 時間調和渦電流問題（ケーキモデル）

17.1 概略

無限長ソレノイドコイルを用いた渦電流解析の精度検証用モデルであるケーキモデルの計算の手順を説明する。対称性を考慮し、中心角 20° の領域を解析対象のモデルとする。

解析の種類	字管調和渦電流解析
計算対象	中心角 20° 、高さ 0.1[m]
形状ファイル	RcapMagnetic/data/cake
フォーマット	IGES
磁気抵抗率(空気、コイル)	$1/4\pi \times 10^7$ [m/H]
導体部の伝導率	7.7×10^6 [S/m]
角周波数	$2\pi \times 60$ [rad/s]
コイルの強制電流密度	(実部、虚部とも) 50.0 [A/m ²]

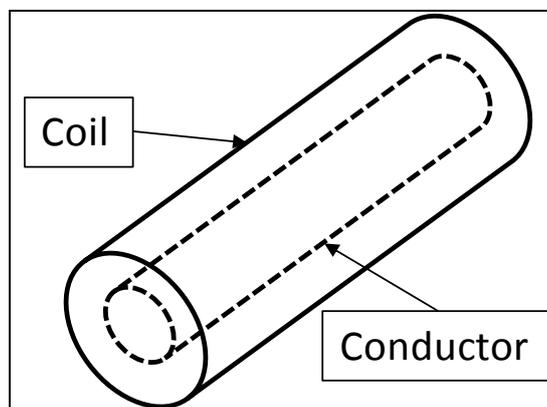
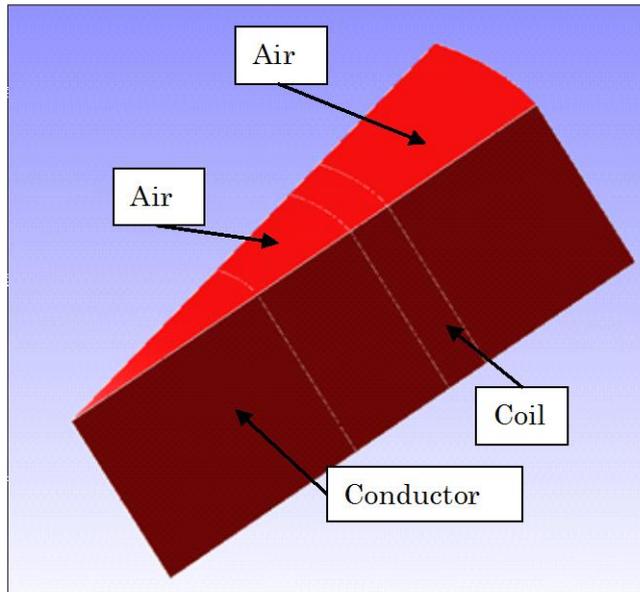


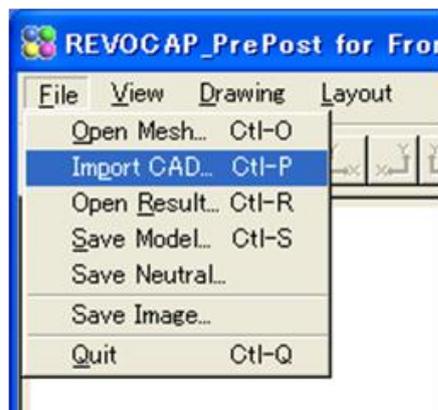
図 17-1



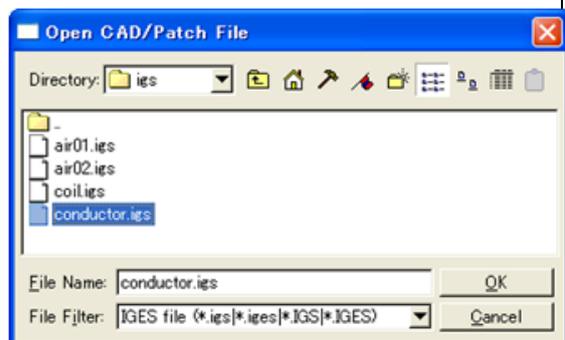
17-2 ケーキモデル

17.2 CAD データの読み込み

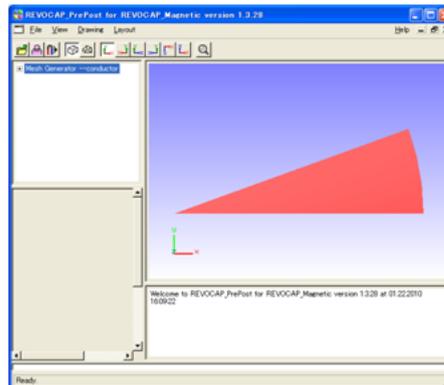
メニューの File から Import CAD を選択する。すると CAD データを選択するためのダイアログが表示される。



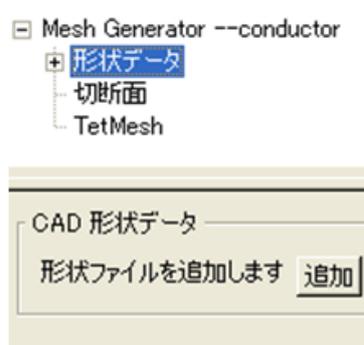
ダイアログの File Filter を IGES file (*.igs|*.iges|*.IGS|*.IGES) にし、インストール先のフォルダの RcapMagnetic\data\cake\iges フォルダに移動し、conductor.igs を選択し、OK ボタンを押す。



conductor.igs が REVOCAP_PrePost に読み込まれ、3DView にモデルが表示される。
つづけて他の領域の CAD データを読み込む。



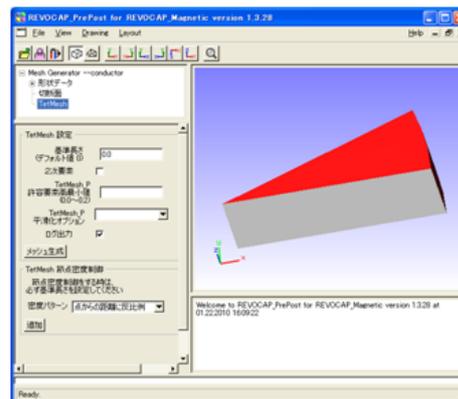
ツリービューにおける「形状データ」をクリックすると、設定フォームに追加ボタンが表示される。air01.igs、coil.igs、air02.igs を順にすべて読み込みます。



17.3 メッシュ生成

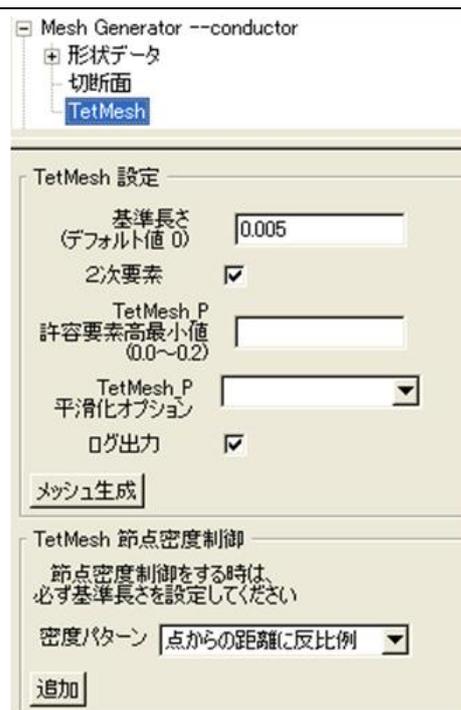
読み込んだ IGES ファイルからメッシュを生成します。

Mesh Generator の項目の中にある TetMesh を選択する。CustomPane においてメッシュ生成のための設定画面が表示される。

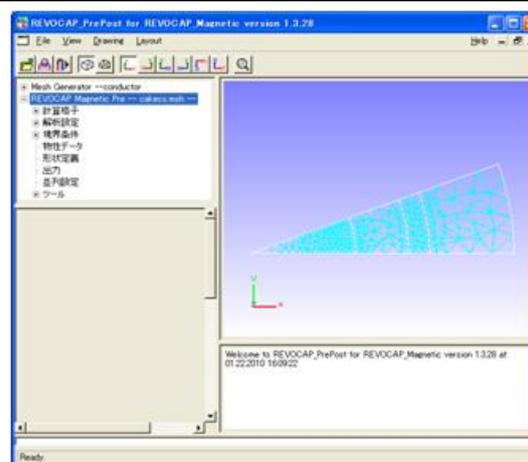


二次要素のメッシュを生成するために、二次要素にチェックを入れる。基準長さの項目はここでは、0.005 とする。

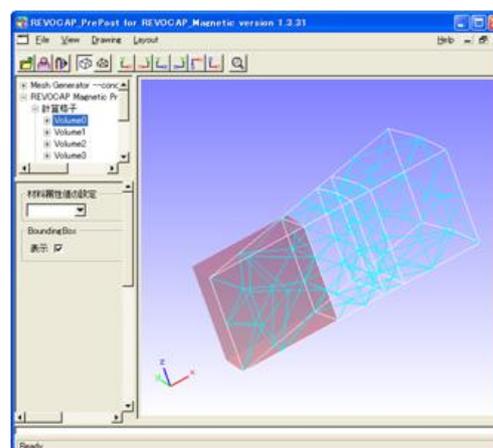
節点密度制御の機能はここでは利用しない。設定が完了したら、メッシュ生成を実行するために、「メッシュ生成」ボタンを押す。



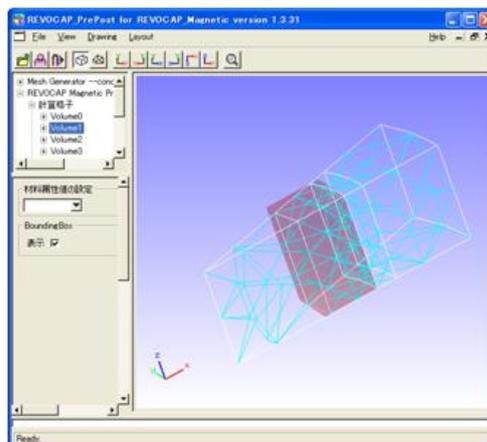
メッシュの生成に成功すると、自動的にメッシュを開いて、Magnetic のための境界条件設定用の画面に切り替わる。ツリービューの「計算格子」の下にはモデルの領域を表す項目が表示される。それぞれの領域の項目を選択すると、3DView において対応する領域の BoundingBox が表示され、位置を確認することができる。



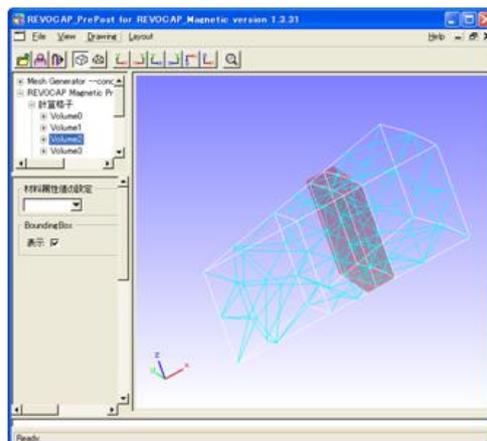
Volume0 (Conductor)



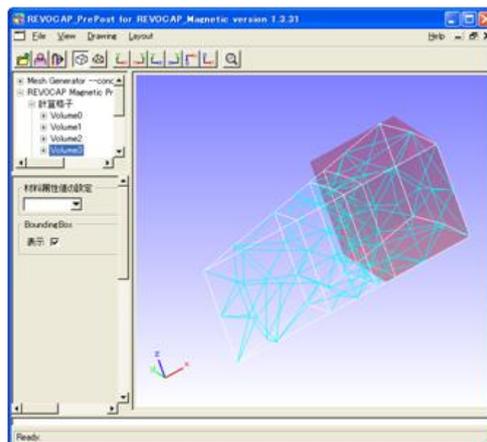
Volume1 (Air)



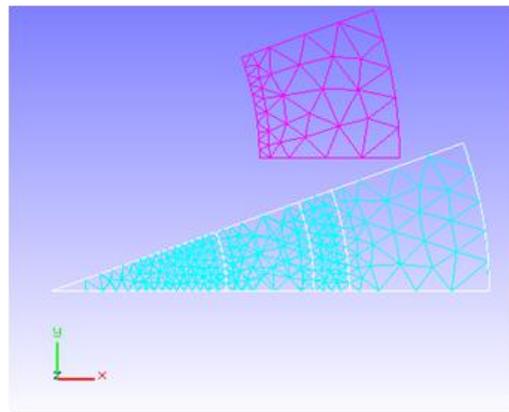
Volume2 (Coil)



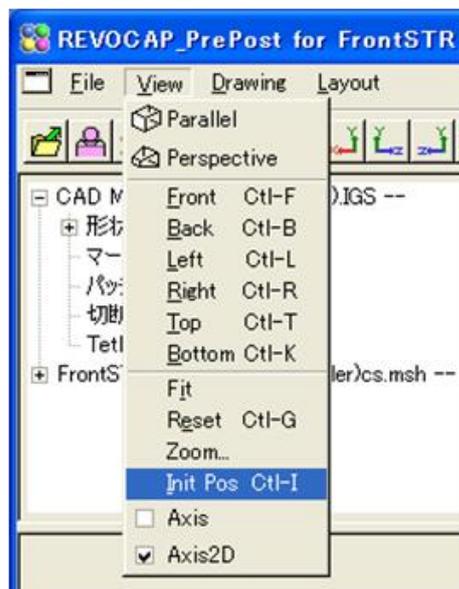
Volume3 (Air)



メッシュの面は、面ごとに選択できる。面は左クリックを押して選択する。この時選択面の色が変わり、左クリックを押したままマウスを操作すると画面上で動かすことができる。



元の位置にメッシュを戻すにはメニューの View から Init Pos を選択する。



17.4 解析の種類

ツリービューから「解析設定」を選択し、設定フォームにおける「解析の種類」から「時間調和過電流解析」を選択する。

「HDDM 設定」以下の設定はソルバーの反復計算の設定項目などだが、ここでは既定値をそのまま利用するため、説明は省略する。規定値は右図のようになっている。

REVOCAP Magnetic Pre -- air0100c.msh --

- 計算格子
- 解析設定
 - 非線形静磁場解析設定
 - 時間調和過電流解析設定

解析設定

解析の種類 時間調和過電流解析

HDDM設定

前処理 簡易対角スケーリング

収束判定値 0.001

発散判定値 1e+010

反復回数上限 4000

収束履歴出力

HDDM強制電流密度補正

前処理 簡易対角スケーリング

収束判定値 1e-010

発散判定値 1e+010

反復回数上限 4000

収束履歴出力

部分領域解法(線形ソルバ)

前処理 加速係数付き不完全Cholesky分解

Cholesky分解 加速係数 1.2

収束判定値 1e-009

発散判定値 1e+010

収束履歴出力

部分領域解法(強制電流密度補正)

前処理 加速係数付き不完全Cholesky分解

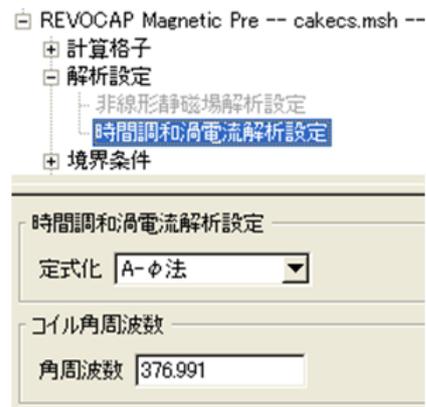
Cholesky分解 加速係数 1.2

収束判定値 1e-012

発散判定値 1e+010

収束履歴出力

つぎに、ツリービューの「時間調和過電流解析設定」を選択する。設定フォームに「定式化」、「角周波数」の項目が表示される。ここでは右図のような既定値を利用する。

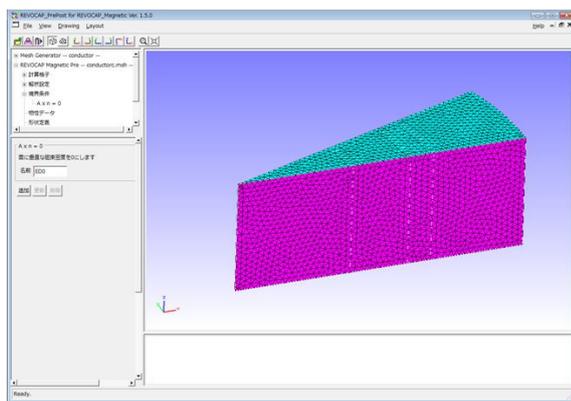


17.5 境界条件設定

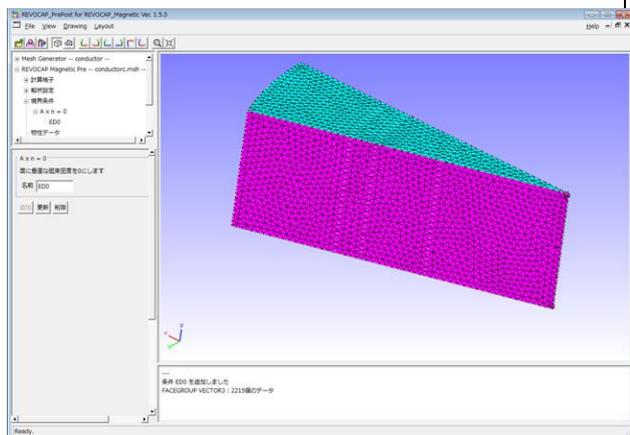
ケーキモデルの回転対称の面について、境界条件を与える。

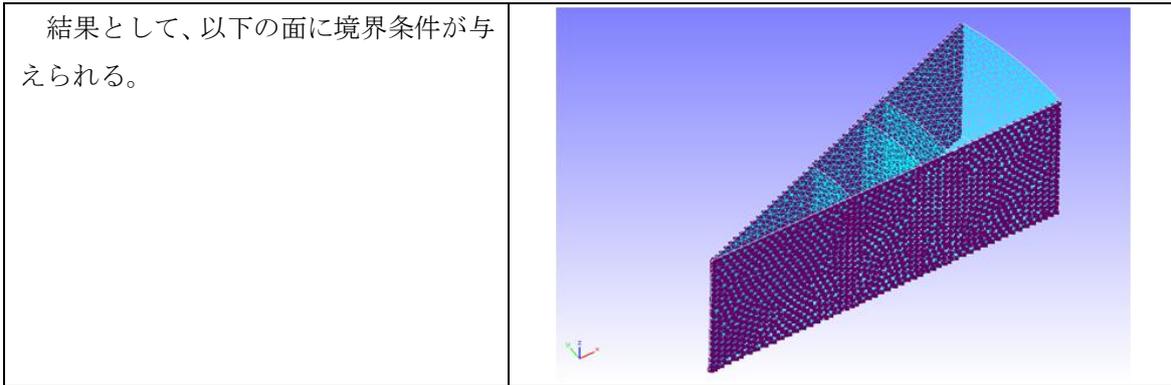
境界条件を設定するにはツリービューの「境界条件」の下の「 $A \times n = 0$ 」を選択する。

3DView などを利用して下の図の面を選択する。3DView ではシフトキーを押しながら左クリックすると、複数の面を同時に選択できる。追加ボタンを押すと、境界条件が設定できる。ツリーに境界条件の項目が追加されると同時に、3DView では面に対してマーカーが表示される。



同様の設定を回転対称のもう一方の面に対しても行う。



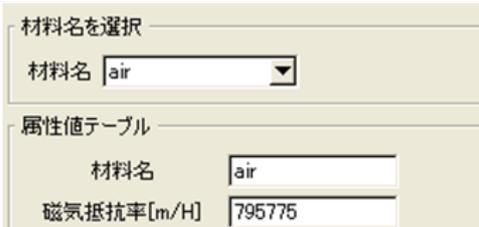


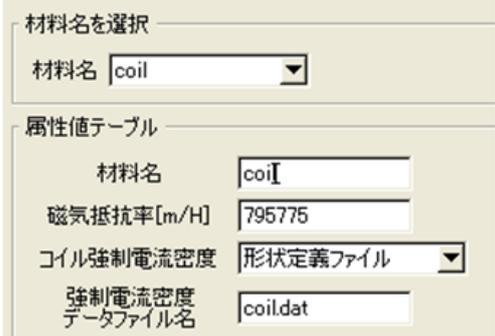
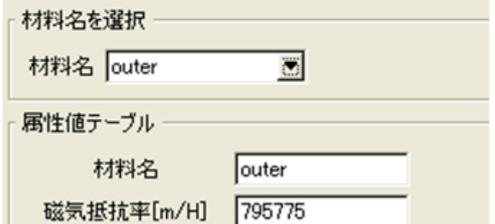
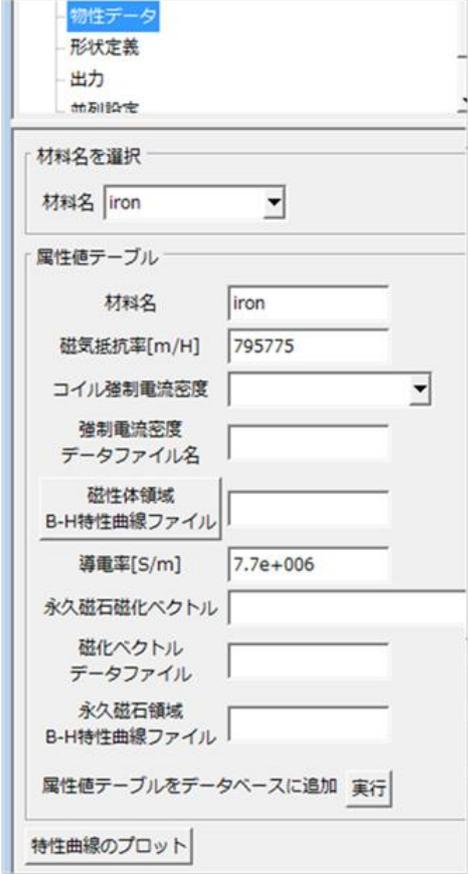
17.6 物性データ設定

REVOCAP_PrePost での物性データの設定は、「物性データ」の項目で物性値のデータに名前を付けてデータベース化して内部に追加し、メッシュの領域にはその名前を割り与えることで行う。

ツリービューの「物性データ」を選択する。「材料名」から材料名を選択すると、そのデータが設定フォームの下の「属性値テーブル」に表示される。物性データを新規に追加、または既存のものを編集する場合は「材料名」を入力し、値を編集したあと実行ボタンを押すと設定が保存される。ここでは以下のような設定を行い、保存する。すでに与えられている場合は変更する必要はない。

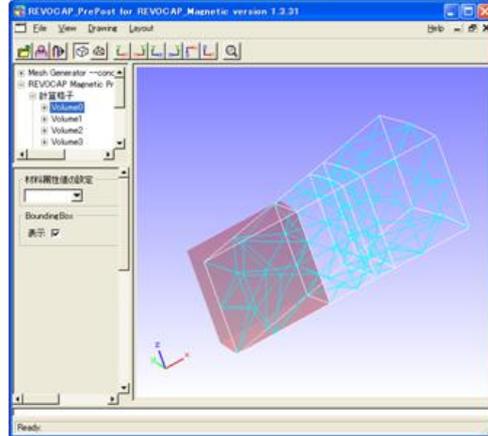
材料名	属性値設定内容	値
air, outer	磁気抵抗率[m/H]	795775
coil	磁気抵抗率[m/H]	795775
	コイル強制電流密度	形状定義ファイル
	強制電流密度データファイル	coil.dat
iron	磁気抵抗率[m/H]	795775
	導電率[S/m]	7.7e+6

<p>ツリービューの「物性データ」を選択する。「材料名」から材料名を選択すると、そのデータが設定フォームの下の「属性値テーブル」に表示される。</p> <p>air の設定を右図に示す。</p>	
---	--

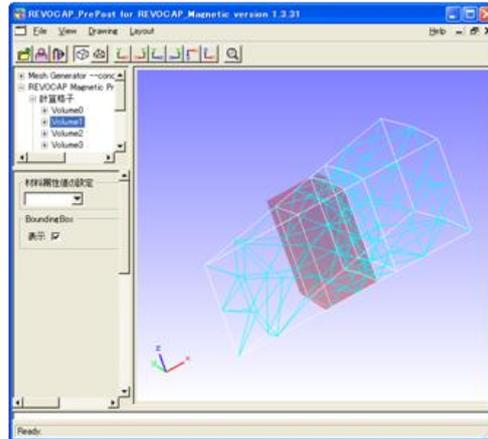
<p>coil の設定を右図に示す。</p>	
<p>outer の設定を右図に示す。</p>	
<p>ほとんどの既定値のままで変更は不要ですが、iron の場合は「強制電流密度データファイル名」を空白に変更し、磁気抵抗率の値も変更する必要があります。そのあと、材料名に iron と入力して実行ボタンを押して登録する（別の名前を付けてもよい、その場合はその名前をメッシュの領域に割り当てる）。</p> <p>iron の設定を右図に示す。</p>	
<p>設定した物性データをメッシュの各領域に割り当てる。ツリービューの「計算格子」の下に階層がメッシュの領域にある。ここでは、</p>	

Volume0 に iron、 Volume1 に air、 Volume2 に coil、 Volume3 に outer を割り当てる。

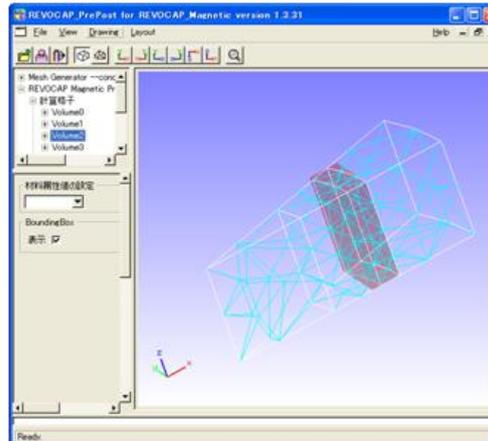
Volume0 (iron)



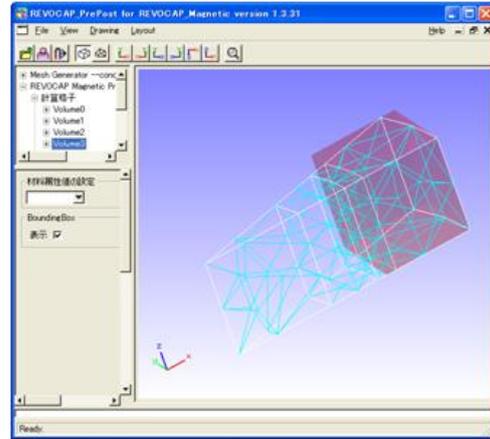
Volume1 (air)



Volume2 (coil)



Volume3 (outer)



17.7 形状定義

コイルの定義域を形状から与える。

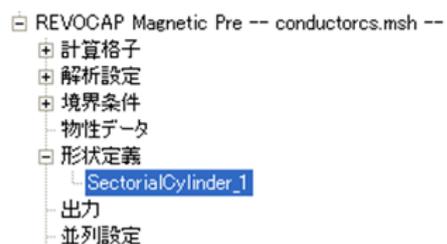
x	0
y	0
z	-0.05
高さ方向	z
高さ[m]	0.2
角度の単位	deg
始点角度	-10
終点角度	40
内径[m]	0.14
外径[m]	0.18
強制電流密度[A/m ²]	50.0
強制電流密度 (虚成分) [A/m ²]	0.0

以下に手順を説明する。

ツリービューから「形状定義」を選択し、「形状」の項目から「扇形円筒」を選択し、追加ボタンを押す。



ツリービューに「SectorialCylinder_1」という項目が追加される。この項目を選択し、設定フォームに以下の設定を行う。



扇形円筒定義

基点の座標

x	y	z
0	0	-0.05

高さ方向: z

高さ[m]: 0.2

角度の単位: deg

始点角度: -10

終点角度: 40

内径[m]: 0.14

外径[m]: 0.18

強制電流密度 [A/m²]: 50

強制電流密度 (虚成分)[A/m²]: 0

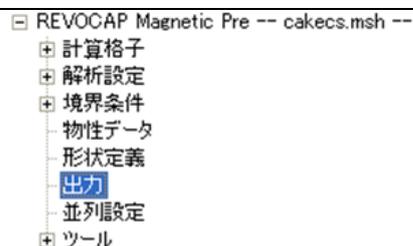
磁化ベクトルの大きさ[T]:

削除

17.8 モデルの保存

ツリービューの「出力」を選択し、設定フォームの「ディレクトリ名」をクリックすると、これまでの設定を保存するためのフォルダを選択できる。「モデル出力」ボタンを押すと選択したフォルダにファイルが保存される。

メニューの[File]⇒[SaveModel]からも行うことができる。



The screenshot shows the '出力' (Output) settings dialog box. It has a title bar '出力ディレクトリ' (Output Directory) and contains the following fields and controls:

- 'ディレクトリ名' (Directory Name): A text input field.
- '出力モデル名' (Output Model Name): A section header.
- 'ファイル名(basename)' (File Name (basename)): A text input field containing 'RMag'.
- '出力単位' (Output Unit): A section header.
- '磁束密度' (Magnetic Flux Density): A dropdown menu set to '[T]テスラ' (T Tesla).
- '渦電流密度' (Eddy Current Density): A dropdown menu set to '[A/m^2]'.
- 'モデル出力' (Model Output): A button at the bottom.

17.9 計算の実行

保存したフォルダを Linux などソルバーがインストールされている環境に手動でコピーする。既定の設定ではシェルスクリプト `runRMag.sh` を実行すると、ソルバーが実行され、可視化ファイルが出力される。環境によってうまく動かない場合は、REVOCAP_Magneticのマニュアルなどを参考に `runRMag.sh` ファイルを修正してください。

計算結果を可視化するために、これらの計算結果のファイルを REVOCAP_PrePost がインストールされている環境に手動でコピーする。

17.10 計算結果ファイルの読み込み

REVOCAP_Magnetic の計算結果のファイルを REVOCAP_PrePost で読み込む。

File メニューから Open Result メニューを開く。

表示されるダイアログの File Filter から選択するファイルのタイプを Micro AVS UCD (*.inp)として、計算結果の MicroAVS UCD 形式のファイルを開く。

以下のファイルが計算を実行した場所の result フォルダに出力されている。

avs_Jr.inp 渦電流密度(実部)

avs_Ji.inp 渦電流密度(虚部)

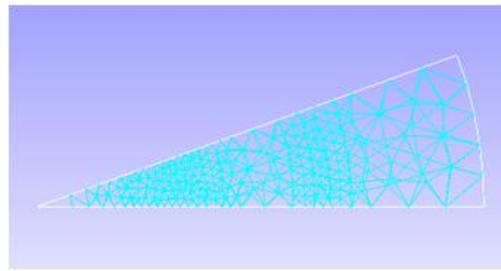
avs_Br.inp 磁場(実部)

avs_Bi.inp 磁場(虚部)

以下の説明では avs_Bi.inp を例とする。



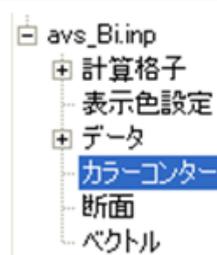
ファイルを選択して OK ボタンを押すと 3DView にモデルが表示される。



17.11 解析結果のコンター表示

ここでは解析結果をコンター表示してみる。

ツリービューから「カラーコンター」の項目を選択する。



Item を x とする。磁場解析では節点の自由度が 1 なので、これ以外は選択できない。

Step を 20 として、20 段階のコンターを表示する。ここで Step の値を 0 とすると、連続した色で表示される。

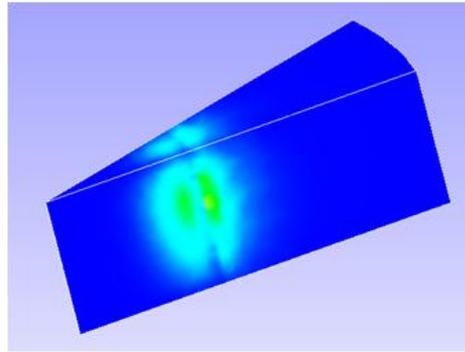
Max と Min には表示するカラーコンターの最大値と最小値の範囲を入力する。空欄にしておいた場合には、自動的に物理量の最大値と最小値をカラーコンターの最大値と最小値に使う。設定ボタンを押すと、入力した設定が有効になる。

カラーバー設定

Item	x
Comp	
Step	0
<input type="checkbox"/> Max	17657e-013
<input type="checkbox"/> Min	60108e-015
設定	<input type="checkbox"/> カラーバー表示

コンター表示有効

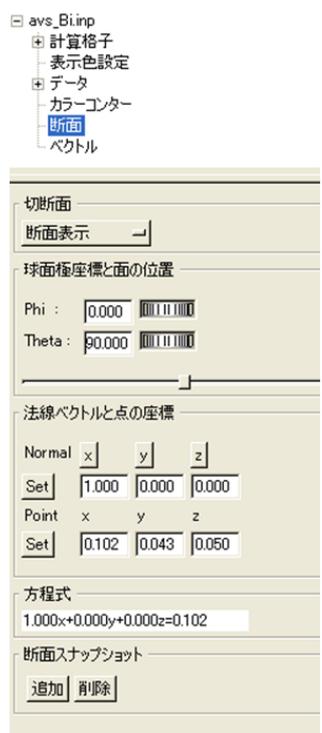
最後にコンター表示のチェックボックスを有効にすると 3DView にコンター図が表示される。カラーバー表示のチェックボックスをオンにするとカラーバーが表示される。



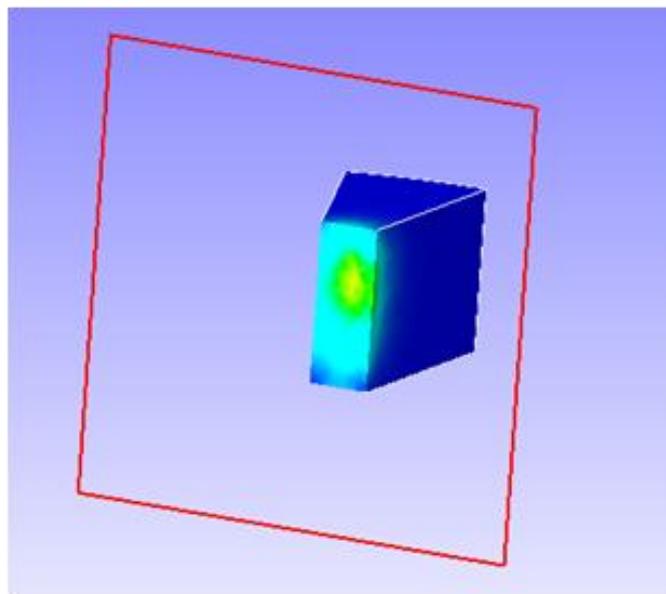
17.12 解析結果の断面表示

次に任意の断面についてのコンターを表示してみる。

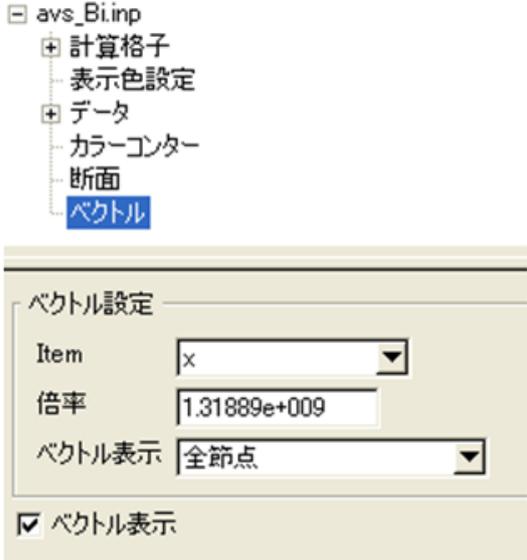
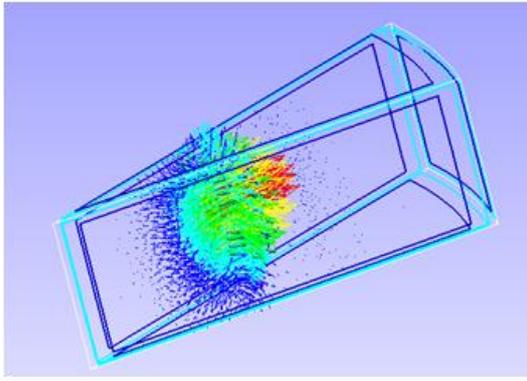
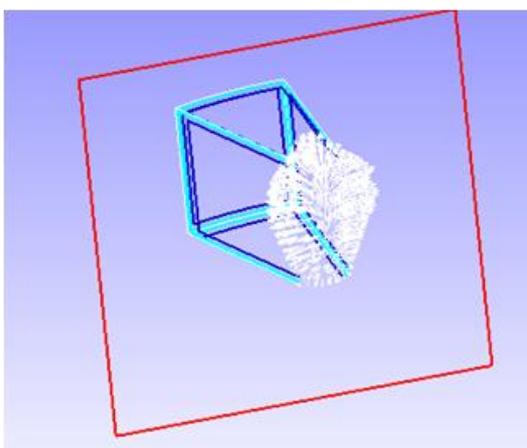
ツリービューから「断面」の項目を選択する。フォームにある切断面の項目から「断面表示」を選択する。



右図に断面のコンター表示の一例を示す。



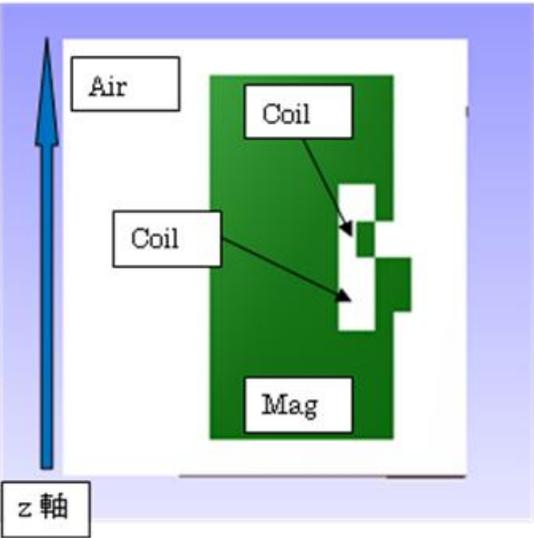
17.13 解析結果のベクトル表示

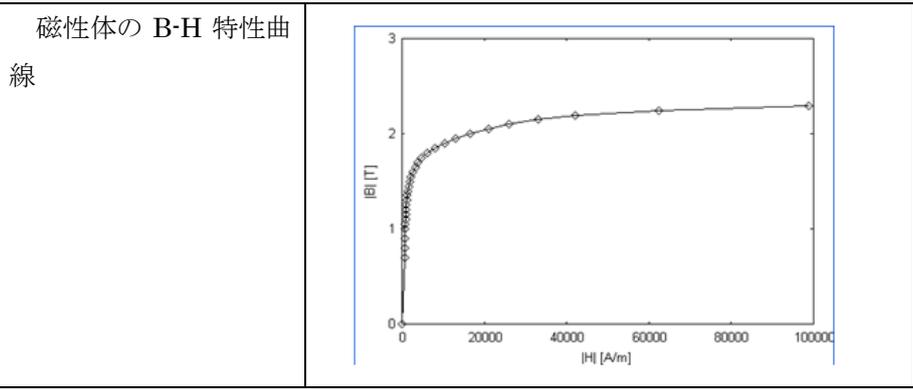
<p>ベクトル表示をするにはツリービューから「ベクトル」を選択し「ベクトル表示」のチェックボックスをオンにする。</p> <p>ベクトル表示の項目からは</p> <ul style="list-style-type: none">全節点表面節点断面のみ <p>を選択できる。</p>	 <p>The screenshot shows the software's tree view on the left with 'avs_Bi.inp' expanded to show '計算格子', '表示色設定', 'データ', 'カラーコンター', '断面', and 'ベクトル'. The 'ベクトル' item is highlighted in blue. Below the tree view is a 'ベクトル設定' (Vector Settings) panel. It contains three fields: 'Item' set to 'x', '倍率' (Scale) set to '1.31889e+009', and 'ベクトル表示' (Vector Display) set to '全節点'. At the bottom of the panel is a checked checkbox labeled 'ベクトル表示'.</p>
<p>右図では全節点の場合を表示している。</p>	 <p>The image shows a 3D perspective view of a rectangular prism. The prism is outlined in light blue. At every node on the surface and edges, there are small vector arrows. The arrows are colored according to a scale, with blue representing lower values and red representing higher values. The arrows are most prominent in the center of the prism.</p>
<p>例えば断面のみを選択し、ツリービューの「断面」の項目から断面の設定を行なうと、断面上のみを対象としたベクトル表示をする。その例を右図に示す</p>	 <p>The image shows a 3D perspective view of a rectangular prism. A red rectangular box highlights a cross-section of the prism. Only the nodes on this cross-section have vector arrows, which are colored in a gradient from blue to red. The rest of the prism is empty.</p>

18 REVOCAP_Magnetic 非線形静磁場解析（シャフトモデル）

18.1 解析の概要

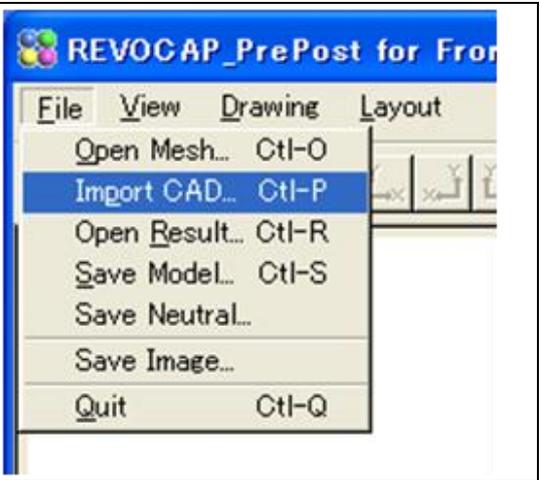
上下の形状が異なる鉄心が対向する空隙部を持つ吸引磁石についての計算を説明する。対称性を考慮し、z 軸周りの 10 度回転させた領域を解析対象のモデルとする。

解析の種類	非線形静磁場解析
計算対象	z 軸周りの 10 度回転させた領域
形状ファイル	RcapMagnetic/data/shaft
フォーマット	IGES
コイルの強制電流密度(断面に垂直な向き)	3×10^7 [A/m ²]
磁気抵抗率(空気、コイル)	$1/4\pi \times 10^7$ [m/H]
環状磁性体の材質	SS41P
磁性体の B-H 特性曲線	RcapMagnetic/data/shaft/bhcurve
形状	

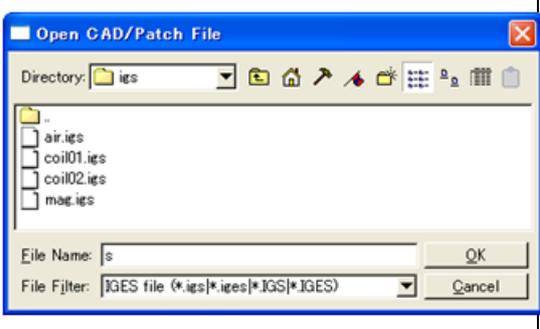


18.2 CAD データの読み込み

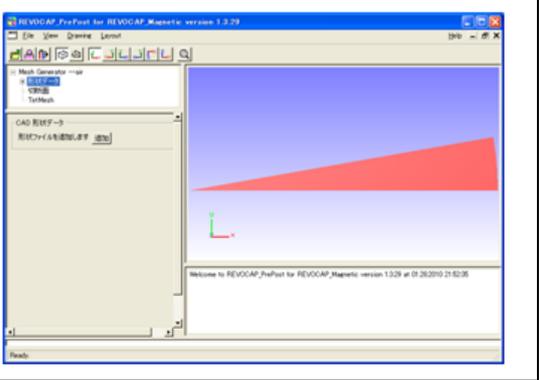
メニューの File から Import CAD を選択する。



すると CAD データを選択するためのダイアログが表示される。ダイアログの File Filter を IGES file (*.igs|*.iges|*.IGS|*.IGES) にし、インストール先のフォルダの RcapMagnetic\data\shaft\iges フォルダに移動し、air.igs を選択し、OK ボタンを押す。



air.igs が REVOCAP_PrePost に読み込まれ、3DView にモデルが表示される。



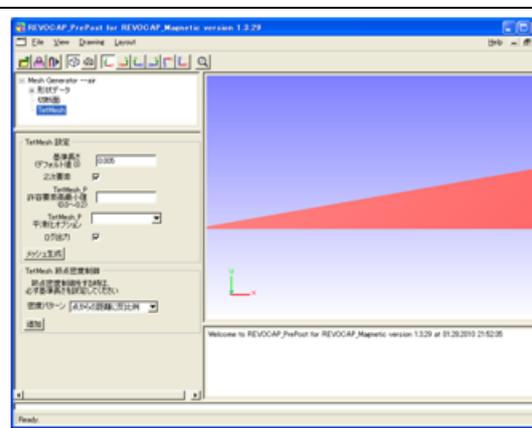
つづけて他の領域の CAD データを読み込む。ツリービューにおける「形状データ」をクリックすると、設定フォームに追加ボタンが表示される。coil01.igs、coil02.igs、mag.igs を順にすべて読み込む。



18.3 メッシュ生成

読み込んだ IGES ファイルからメッシュを生成する。

Mesh Generator の項目の中にある TetMesh を選択する。CustomPane においてメッシュ生成のための設定画面が表示される。



二次要素のメッシュを生成するために、二次要素にチェックを入れる。基準長さの項目はここでは、0.005 とする。

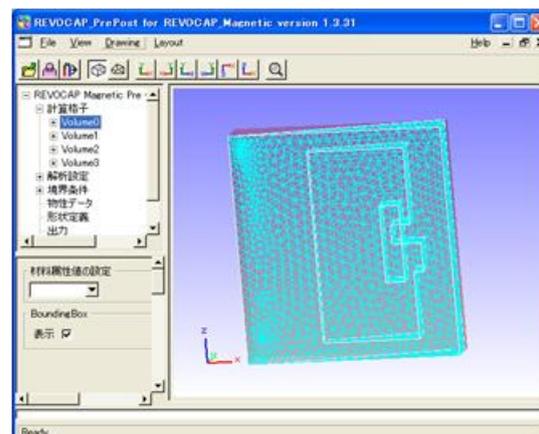
設定が完了したら、メッシュ生成を実行するために、「メッシュ生成」ボタンを押す。



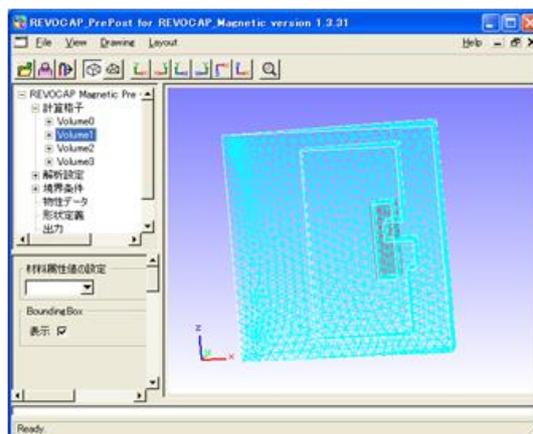
メッシュの生成に成功すると、自動的にメッシュを開いて、REVOCAP_Magnetic の境界条件設定用の画面に切り替わる。

ツリービューの「計算格子」の下にはモデルの領域を表わす項目が表示される。それぞれの領域の項目を選択すると、3DView において対応する領域の BoundingBox が表示され、位置を確認することができる。

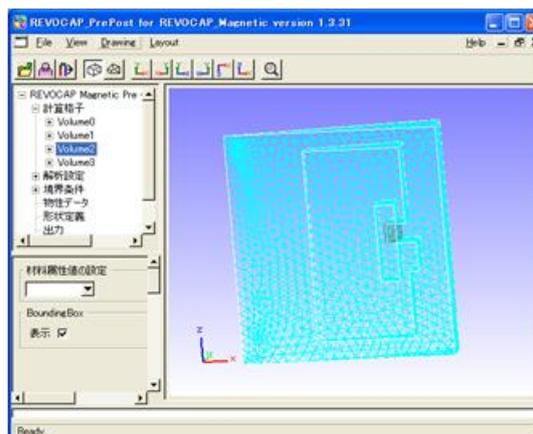
Volume0 (空気)



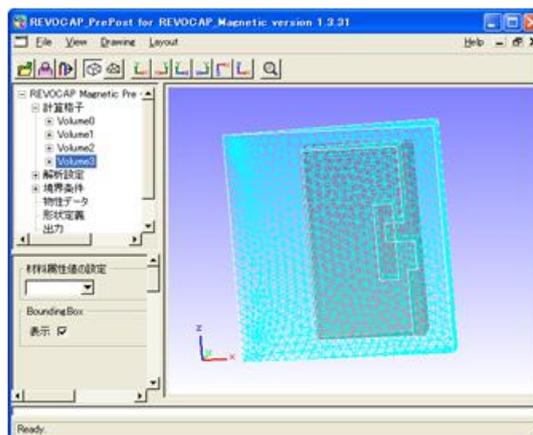
Volume1 (コイル)



Volume2 (コイル)



Volume3 (磁性体)



18.4 解析の種類

ツリービューから「解析設定」を選択し、設定フォームにおける「解析の種類」から「非線形静磁場解析」を選択する。

「HDDM 設定」以下の設定はソルバーの反復計算の設定項目などだが、ここでは既定値をそのまま利用するため、説明は省略する。既定値は右図のようになっている。

REVOCAP Magnetic Pre -- RCAP.msh --

- 計算格子
- 解析設定
 - 非線形静磁場解析設定
 - 時間調和渦電流解析設定

解析設定

解析の種類 非線形静磁場解析

HDDM設定

前処理 簡易対角スケーリング

収束判定値 0.001

発散判定値 1e+010

反復回数上限 4000

収束履歴出力

HDDM強制電流密度補正

前処理 簡易対角スケーリング

収束判定値 1e-010

発散判定値 1e+010

反復回数上限 4000

収束履歴出力

部分領域解法(線形ソルバ)

前処理 加速係数付き不完全Cholesky分解

Cholesky分解 加速係数 1.2

収束判定値 1e-009

発散判定値 1e+010

収束履歴出力

部分領域解法(強制電流密度補正)

前処理 加速係数付き不完全Cholesky分解

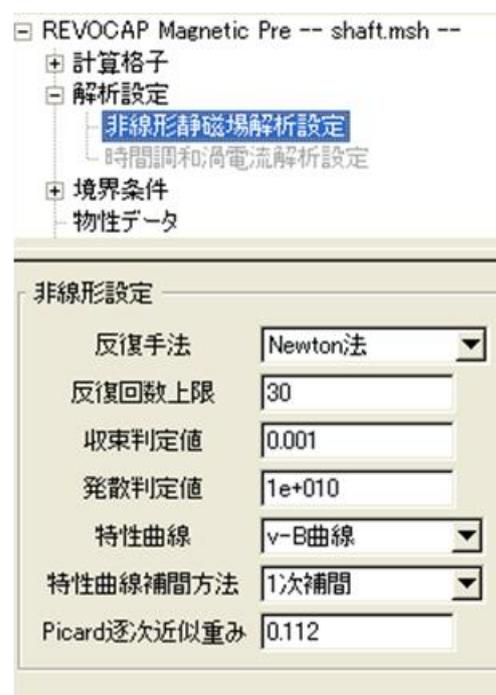
Cholesky分解 加速係数 1.2

収束判定値 1e-012

発散判定値 1e+010

収束履歴出力

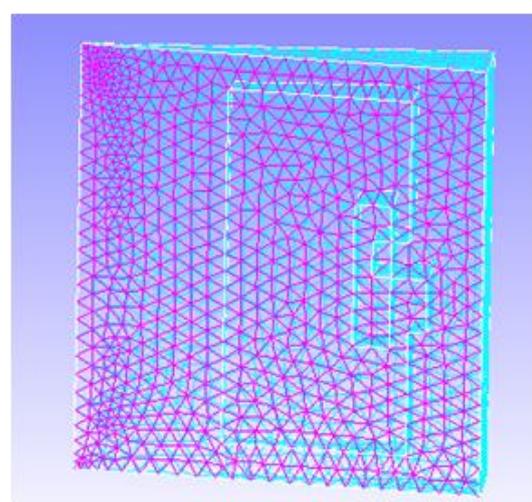
つぎに、ツリービューの「非線形静磁場解析設定」を選択する。設定フォームに各種の項目が表示される。ここでは既定値を利用する。既定値は右図のようになっている。



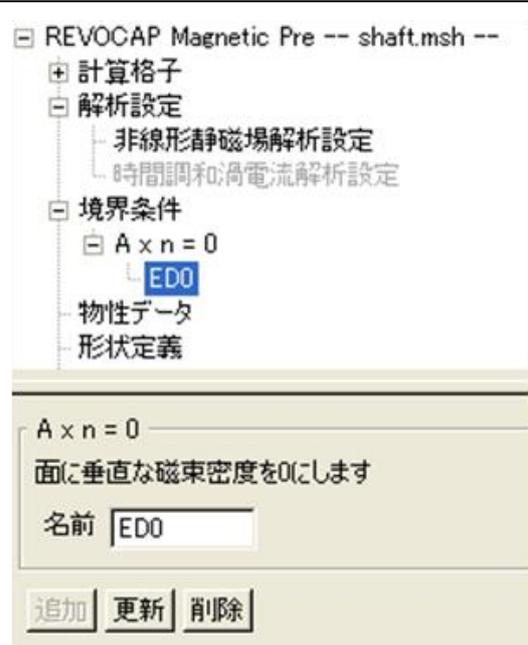
18.5 境界条件設定

境界条件を設定するにはツリービューの「境界条件」の下の「 $A \times n = 0$ 」を選択する。

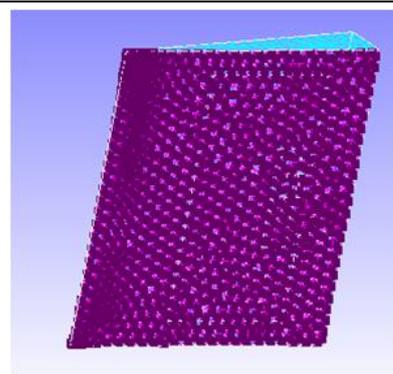
3DView などを利用して下の図の面を選択する。3DView ではシフトキーを押しながら左クリックすると、複数の面を同時に選択できる。



追加ボタンを押すと、境界条件が設定できる。ツリーに境界条件の項目が追加されると同時に、3DView では面に対してマーカーが表示される。



同様の作業をモデルの表面にあるすべての面に対して行う。



18.6 物性データ設定

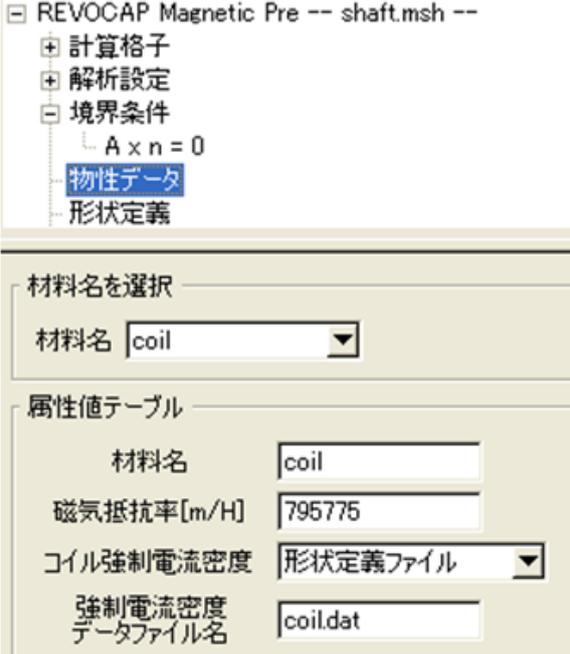
REVOCAP_PrePost での物性データの設定は、「物性データ」の項目で物性値のデータに名前を付けてデータベース化して内部に追加し、メッシュの領域にはその名前を割り与えることで行う。

ツリービューの「物性データ」を選択する。「材料名」から材料名を選択すると、そのデータが設定フォームの下の「属性値テーブル」に表示される。物性データを新規に追加、または既存のものを編集する場合は「材料名」を入力し、値を編集したあと実行ボタンを押すと設定が保存される。ここでは以下のような設定を行い、保存する。すでに与えられている場合は変更する必要はない。

材料名	属性値設定内容	値
air	磁気抵抗率[m/H]	795775
coil	磁気抵抗率[m/H]	795775

	コイル強制電流密度	形状定義ファイル
	強制電流密度データファイル	coil.dat
iron	磁気抵抗率[m/H]	757.1
	磁性体領域 B-H 特性曲線ファイル	bh_curve

iron に対しては特性曲線を設定する。ここでは、あらかじめデータを入力したテキストファイル(RcapMagnetic\data/shaft/bh_curve)を利用する。

<p>ツリービューの「物性データ」を選択する。「材料名」から材料名を選択すると、そのデータが設定フォームの下の「属性値テーブル」に表示される。</p>	
<p>物性データを新規に追加、または既存のものを編集する場合は「材料名」を入力し、値を編集したあと実行ボタンを押すと設定が保存される。</p>	

「磁性体領域 B-H 特性曲ファイル」の内容をプロットして確認するには、「特性曲線のプロット」ボタンを押す。

物性データ
形状定義
出力
並列設定

材料名を選択

材料名 iron

属性値テーブル

材料名 iron

磁気抵抗率[m/H] 757.1

コイル強制電流密度 強制電流密度ファイル

強制電流密度データファイル名

磁性体領域 B-H特性曲線ファイル ta%shaft%bh_curve

導電率[S/m] 7.7e+006

永久磁石磁化ベクトル

磁化ベクトルデータファイル

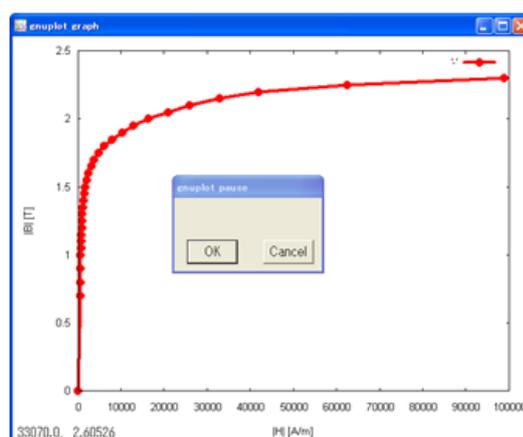
永久磁石領域 B-H特性曲線ファイル

属性値テーブルをデータベースに追加 実行

特性曲線のプロット

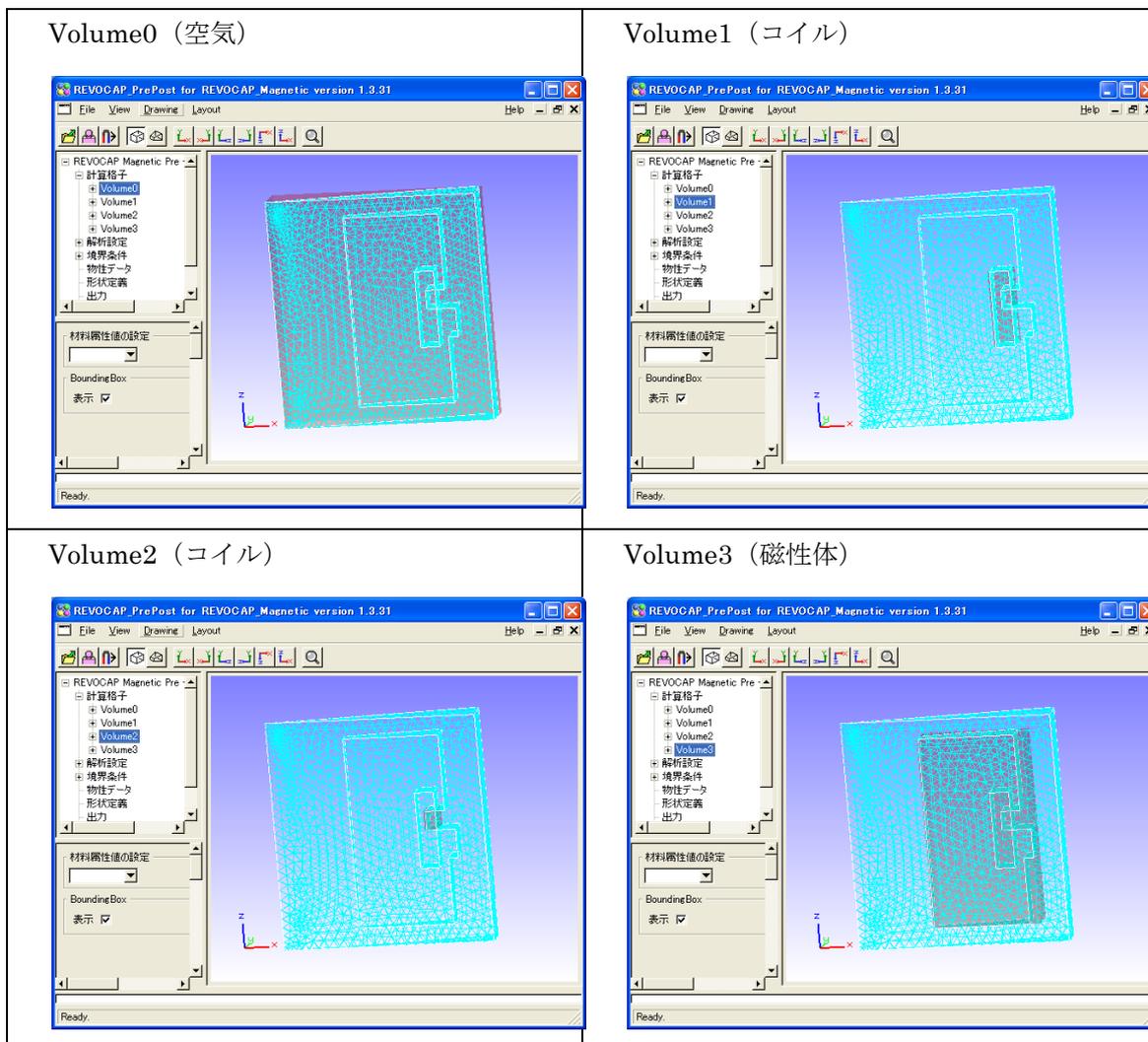
(GnuPlotがインストールされている必要があります)

gnuplot がインストールされている場合には、グラフが表示される。OK ボタンを押すとグラフのウィンドウは消える。



ここで定義した物性値データをメッシュに割り当てる。ツリービューの「計算格子」の下の階層がメッシュの領域になる。ここでは、Volume0 に air、Volume1 と Volume2 に coil、Volume3 に iron を割り当てる。ボリューム番号は iges ファイルを読み込む順番によって変

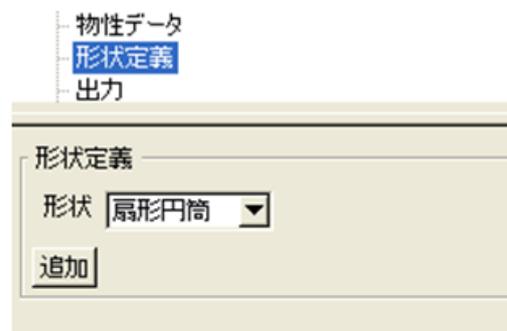
わる場合があるので下の図で確認すること。



18.7 形状定義

コイルの定義域を形状から与える。

ツリービューから「形状定義」を選択し、「形状」の項目から「扇形円筒」を選択し、追加ボタンを押す。



ツリービューに「SectorialCylinder_1」という項目が追加される。この項目を選択し、設定フォームに以下の設定を行う。

x	0
y	0
z	0.035
高さ方向	z
高さ[m]	0.05
角度の単位	deg
始点角度	-10
終点角度	30
内径[m]	0.07
外径[m]	0.09
磁化ベクトルの大きさ[T]	3e7

REVOCAP Magnetic Pre -- shaft.msh --

- 計算格子
- 解析設定
- 境界条件
- 物性データ
- 形状定義
 - SectorialCylinder_1
 - 出力
 - 並列設定

扇形円筒定義

基点の座標

x	y	z
0	0	0.035

高さ方向: z

高さ[m]: 0.05

角度の単位: deg

始点角度: -10

終点角度: 30

内径[m]: 0.07

外径[m]: 0.09

強制電流密度 [A/m²]:

強制電流密度 (虚成分)[A/m²]:

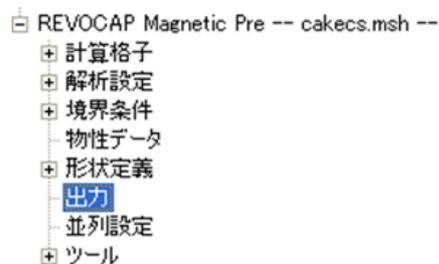
磁化ベクトルの大きさ[T]: 3e7

削除

18.8 モデルの保存

ツリービューの「出力」を選択し、設定フォームの「ディレクトリ名」をクリックすると、これまでの設定を保存するためのフォルダが選択できる。「モデル出力」ボタンを押すと選択したフォルダにファイルが保存される。

メニューの[File]⇒[SaveModel]からも行うことができる。



The screenshot shows the 'Output' settings dialog box. It has a title bar '出力ディレクトリ' (Output Directory) and a 'ディレクトリ名' (Directory Name) input field. Below that is the '出力モデル名' (Output Model Name) section with a 'ファイル名(basename)' (Filename) input field containing 'RCAP'. The '出力単位' (Output Unit) section has two dropdown menus: '磁束密度' (Magnetic Flux Density) set to '[T]テスラ' and '渦電流密度' (Eddy Current Density) set to '[A/m^2]'. At the bottom is a 'モデル出力' (Model Output) button.

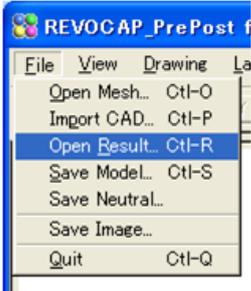
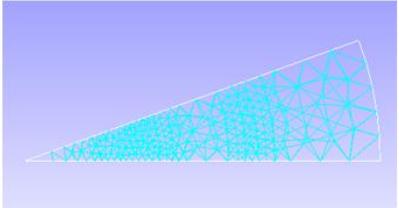
18.9 計算の実行

保存したフォルダを Linux などソルバーがインストールされている環境に手動でコピーする。既定の設定ではシェルスクリプト `runRMag.sh` を実行すると、ソルバーが実行され、可視化ファイルが出力される。環境によってうまく動かない場合は、REVOCAP_Magneticのマニュアルなどを参考に `runRMag.sh` ファイルを修正してください。

計算結果を可視化するために、これらの計算結果のファイルを REVOCAP_PrePost がインストールされている環境に手動でコピーする。

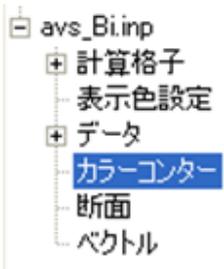
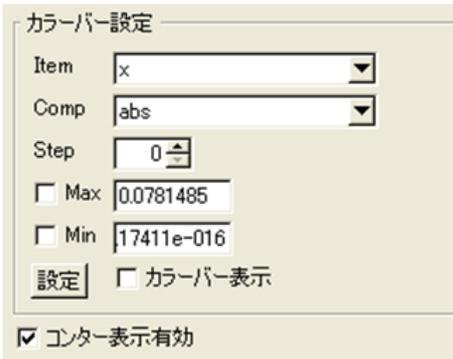
18.10 計算結果ファイルの読み込み

REVOCAP_Magnetic の計算結果のファイルを REVOCAP_PrePost で読み込む。

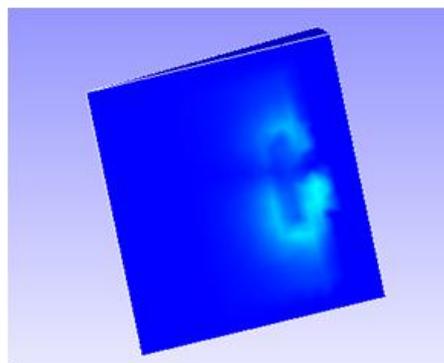
<p>File メニューから Open Result メニューを開く。</p> <p>表示されるダイアログの File Filter から選択するファイルのタイプを Micro AVS UCD (*.inp)として、計算結果の MicroAVS UCD 形式のファイルを開く。</p>	
<p>ファイルを選択して OK ボタンを押すと、3DView にモデルが表示される。</p>	

18.11 解析結果のコンター表示

ここでは解析結果をコンター表示してみる。

<p>ツリービューから「カラーコンター」の項目を選択する。</p>	
<p>Item を x とする。磁場解析では節点の自由度が 1 なので、これ以外は選択できない。</p> <p>Step を 20 とし、20 段階のコンターを表示する。ここで Step の値を 0 とすると、連続した色で表示される。</p> <p>Max と Min には表示するカラーコンターの最大値と最小値の範囲を入力する。空欄にしておいた場合には、自動的に物理量の最大値と最小値をカラーコンターの最大値と最小値に使う。設定ボタンを押すと、入力した設定が有効になる。</p>	

最後にコンター表示のチェックボックスを有効にすると 3DView にコンター図が表示される。カラーバー表示のチェックボックスをオンにするとカラーバーが表示される。



18.12 解析結果の断面表示

次に任意の断面についてのコンターを表示してみる。

ツリービューから「断面」の項目を選択する。フォームにある切断面の項目から「断面表示」を選択する。

avs_B.inp

- 計算格子
- 表示色設定
- データ
- カラーコンター
- 断面
- ベクトル

切断面

断面表示

球面極座標と面の位置

Phi : 0.000

Theta : 90.000

法線ベクトルと点の座標

Normal	x	y	z
Set	1.000	0.000	0.000

Point	x	y	z
Set	0.083	0.010	0.060

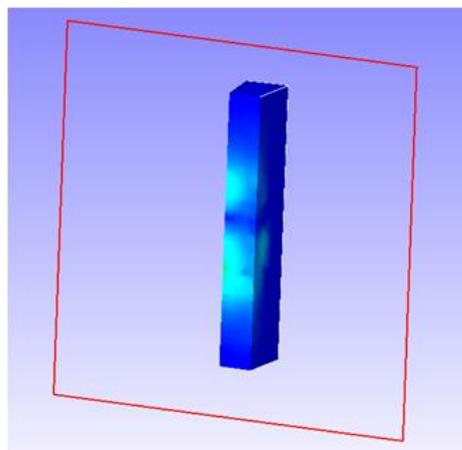
方程式

$1.000x+0.000y+0.000z=0.083$

断面スナップショット

追加 削除

右図に断面のコンター表示の一例を示す。



18.13 解析結果のベクトル表示

ベクトル表示をするにはツリービューから「ベクトル」を選択し「ベクトル表示」のチェックボックスをオンにする。

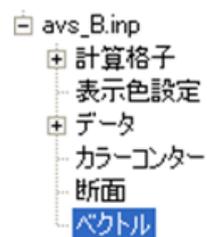
ベクトル表示の項目からは

全節点

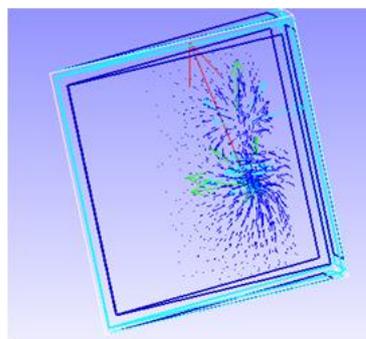
表面節点

断面のみ

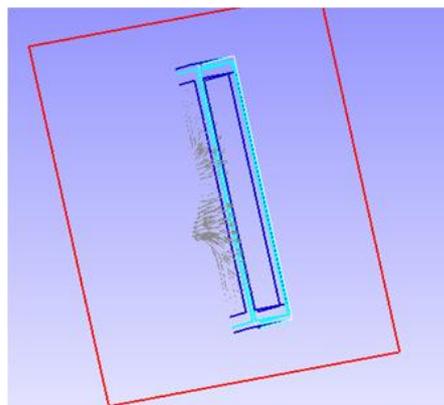
を選択できる。



右図では全節点の場合を表示している。



例えば断面のみを選択し、ツリービューの「断面」の項目から断面の設定を行なうと、断面上のみを対象としたベクトル表示をする。その例を右図に示す。



19 REVOCAP_Coupler 流体構造連成（流れ場の中の円柱）

19.1 解析の概要

ここでは、流れ場の中に円柱がある場合の流体構造連成解析について、インターフェースモデルの作成方法についての説明をします。

解析の概要については以下の通りです。

流体解析 (FrontFlow/blue)	モデル 2.8[m] × 2.2[m] × 0.4[m]
	非圧縮非定常 LES 解析
	節点数：75420
	要素数：3703337（四面体 1 次要素）
	境界条件：流入流速(1.0, 0.0, 0.0) [m/s]
	各時間ステップで、連成面でのトラクションを計算し、カップラへ渡す
構造解析 (FrontISTR)	直径 0.1[m] × 高さ 0.4[m]
	線形動解析
	節点数：50518
	要素数：35086（四面体 2 次要素）
	境界条件：下面固定
	材料物性値 ヤング率：1.444e+04[Pa] ポアソン比：0.3
	各時間ステップで、カップラから連成面での荷重条件を受け取る
マルチ力学エンジン (REVOCAP_Coupler)	連成面：円柱の側面
	流体ソルバーから受け取ったトラクションをマッピング
	マップしたデータを構造ソルバーへ渡す

構造物の材料物性値は流体のストローハル数と構造の固有振動数がほぼ一致するように逆算したものである（このような材料が実際にあるわけではない）。連成解析ができていれば、流体の圧力振動と構造物の振動が共振する、または数値誤差によるわずかなずれによって、うなりが発生するはずである。

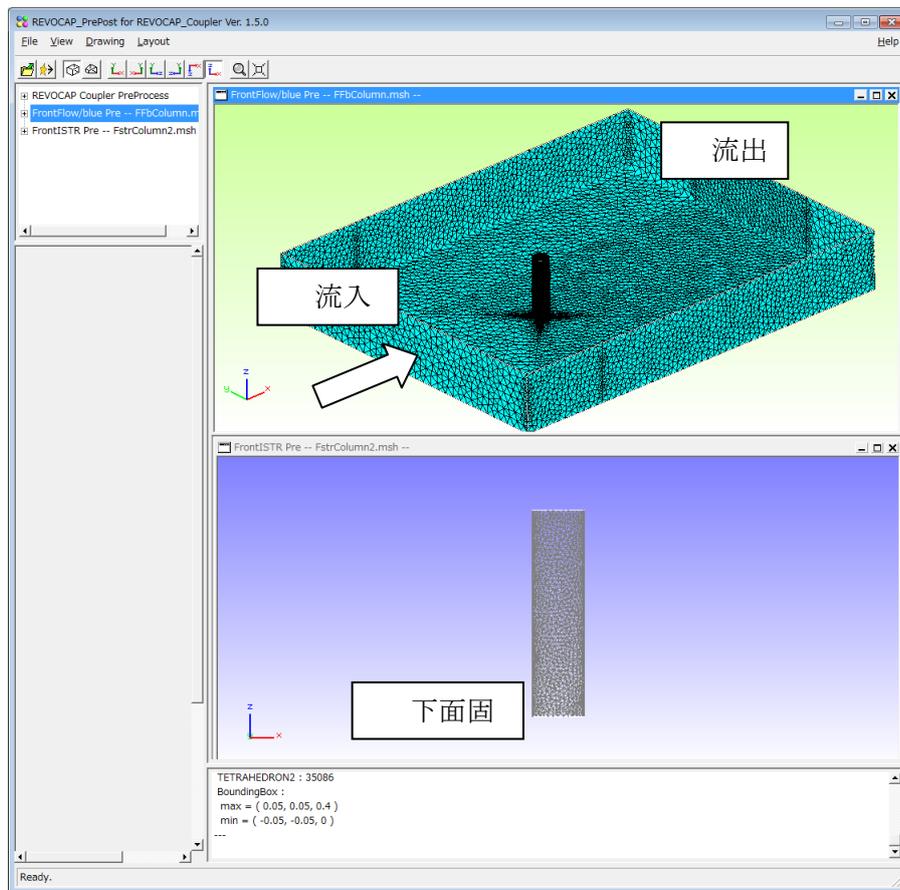


図 19-1 流体構造連成概要

連成解析を行うための手順は以下の通りである。

- 1) 流体解析の解析モデルの作成
 - CAD データの読み込み
 - メッシュ生成
 - 境界条件の設定、計算条件の設定
 - 解析モデルの出力
- 2) 構造解析の解析モデルの作成
 - CAD データの読み込み
 - メッシュ生成
 - 境界条件の設定、計算条件の設定、材料物性値の設定
 - 解析モデルの出力
- 3) 連成解析の入力データ（連成面の情報）の作成
 - 流体解析の面と構造解析の面の組から連成面の定義
 - 連成面情報の出力
- 4) 並列計算環境における連成解析の準備
 - 並列計算環境にモデルの転送

- 流体解析モデル、構造解析モデルについての領域分割
 - 連成解析で使う通信のポート番号の設定
- 5) 連成解析の実行
- 構造解析、流体解析、連成解析それぞれのモジュールを同時に実行する
 - 出力結果の後処理（可視化用ファイルへの変換）
- 6) ポスト処理（可視化）
- デスクトップ環境に計算結果ファイルを転送
 - 可視化処理

手順の詳細は以下で説明する。1)、2)、3)、6)は REVOCAP_PrePost で行う。5)、6)は並列計算機環境で行う。1)、2)、3)は REVOCAP_PrePost の中で同時に行う。ここでは CAD データからのメッシュ生成は省略し、流体解析用のメッシュと構造解析用のメッシュがすでにある状態から始めることにする。

19.2 ウィザードを使った連成解析の設定方法

連成解析では、流体解析、構造解析、カプラーと入力するファイルや設定する項目も増えて煩雑になるので、ウィザードを使って入力する項目を漏れなく指定できるようなメニューを提供している。通常はこのウィザードを使って連成解析の設定を行う。

新規のマルチ力学解析（界面間連成）を行う場合

REVOCAP_PrePost ではマルチ力学を行うのに最初に設定すべき内容を簡易的なウィザードで与えることができます。ウィザードで設定したのち、マルチ力学のための連成ペアの設定を行い、連成定義ファイルを出力します。

- (1) ウィザードを呼び出し、マルチ力学解析の種類、使う計算格子を選択する。
- (2) 構造解析、流体解析（または磁場解析）それぞれのための境界条件の設定、解析条件の設定を行う。
- (3) 構造解析の 3DView から連成面を選択し、インターフェイス面定義の 3DView にコピーする。
- (4) 流体解析の 3DView から連成面を選択し、インターフェイス面定義の 3DView にコピーする。
- (5) インターフェイス面定義画面で、コピーされた面のペアを定義する。
- (6) 全ての連成面について、繰り返す。
- (7) 連成定義ファイルを出力する。

既存のマルチ力学解析を修正する場合

上記の手順(1)の代わりにマルチ力学解析の種類、計算格子の情報が記録されているプロ

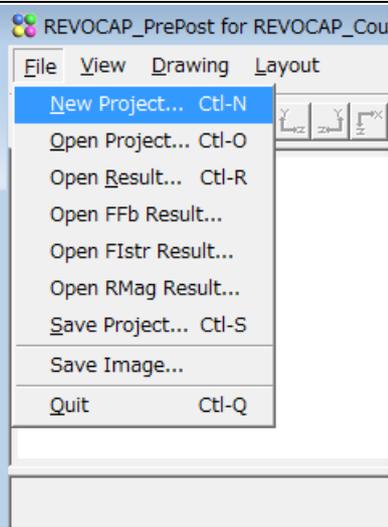
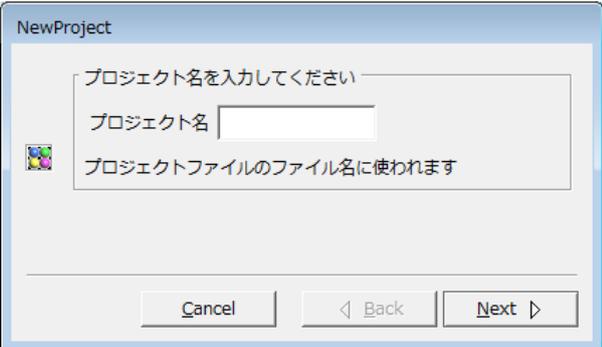
ジェクトファイルを開きます。

領域間連成を行う場合

上記の手順(3)(4)の代わりに それぞれの解析設定の **TreeView** における領域から選択する。上記の手順(5)においては、領域のペアを定義する。

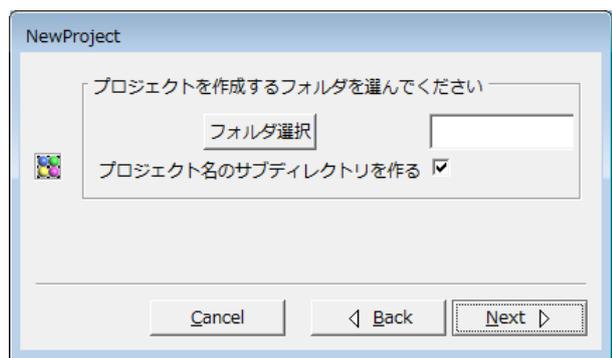
19.3 ウィザードによるマルチ力学解析モデルの初期設定

REVOCAP_PrePost のマルチ力学解析用の設定機能では、ウィザードに従ってマルチ力学を行うための設定を行うことができ、設定内容や解析モデルは 1 つのディレクトリに整理してまとめて出力することができる。

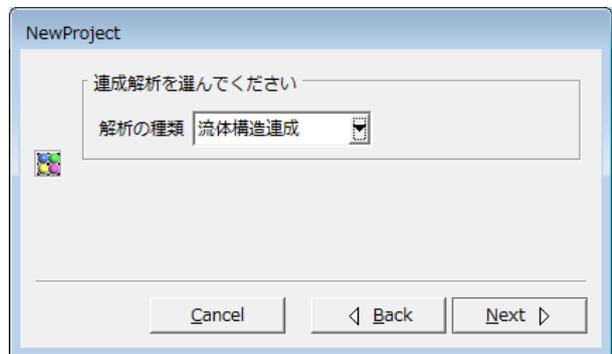
<p>マルチ力学用の REVOCAP_PrePost (Windows 版なら REVOCAP_PrePost_RcapCoupler.exe) を起動し、File メニューから [New Project] を選択し、ウィザードを呼び出す。</p>	
<p>ウィザードが開いたら、このマルチ力学解析を識別するプロジェクト名を付ける。日本語は使わずにファイル名やディレクトリ名に使用可能な英数字で与える。</p>	

プロジェクトを保存するディレクトリを選択します。この下の階層に、流体解析用のディレクトリ、構造解析用のディレクトリ、マルチ力学解析用のディレクトリができます。

「プロジェクト名のサブディレクトリを作る」を有効にした場合は、[出力ディレクトリ名]/[プロジェクト名]のディレクトリにプロジェクトファイルと解析モデルを保存する。



連成解析の種類を選択します。ここでは「流体構造連成」とします。



構造解析用のメッシュと流体解析用のメッシュを選択します。

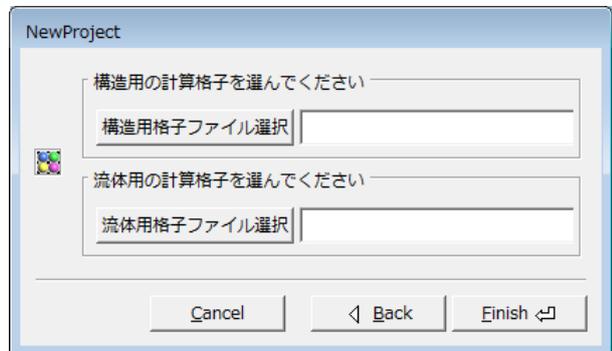
ここでは、構造解析用のメッシュは ADVENTURE_TetMesh 形式のものが

RcapCoupler/data/Column2/solid/FstrColumn2.msh にある。流体解析用のメッシュは ADVENTURE_TetMesh 形式のものが

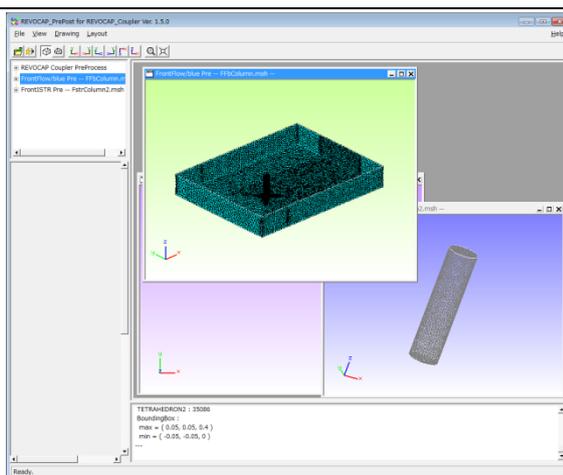
RcapCoupler/data/Column2/flow/FFbColumn.msh にある。

ここで選択したファイルは上記で設定したプロジェクトを作成するフォルダに一端コピーされてから使われる。

設定したら「Finish」ボタンを押します。



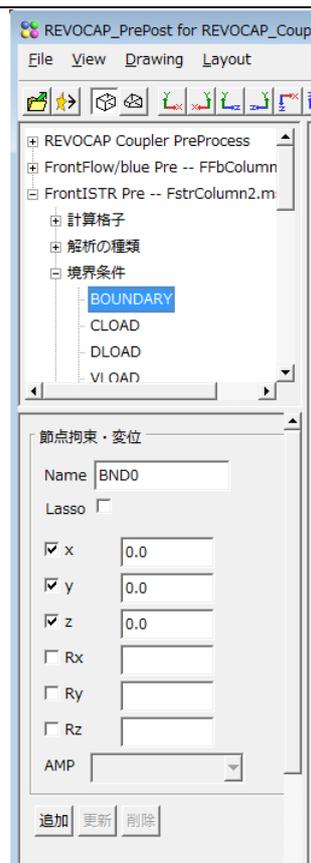
読み込みに成功したら、3つの3DViewが開いて、構造用のメッシュが表示されたもの、流体用のメッシュが表示されたもの、なにも表示していないもの（インターフェイス用）が表示される。



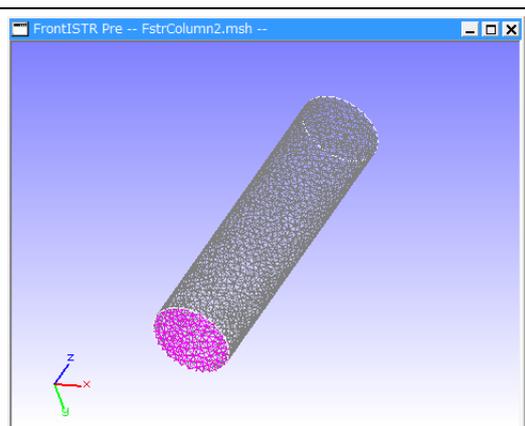
19.4 FrontISTR の解析モデルの作成

ここで行う作業は、円柱の下面に拘束条件を設定し、上記の材料物性値の設定を行うことである。

左上のツリーから構造解析用の設定項目（FrontISTR Pre）を選んで展開し、境界条件の「BOUNDARY」を選択します。



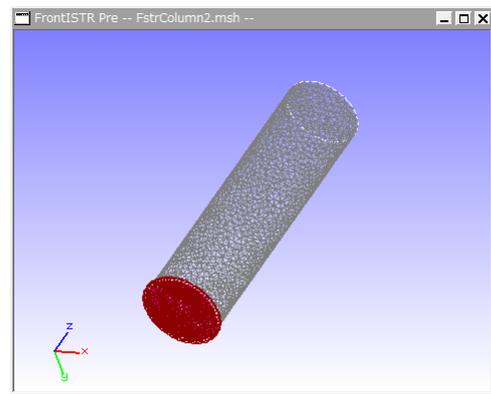
右側の 3 次元のモデル表示画面から、FrontISTR Pre のモデルの画面を選び、下面を選んで選択状態にします。



左側の BOUNDARY の設定画面で x、y、z が選択されていて、値が全て 0 であることを確認して「追加」を押すと、左上のツリーの BOUNDARY の下に、今設定した拘束条件が一つ追加されます。



3次元モデル表示画面では、先ほど選択した面に拘束条件を示すマーカーが表示されます。

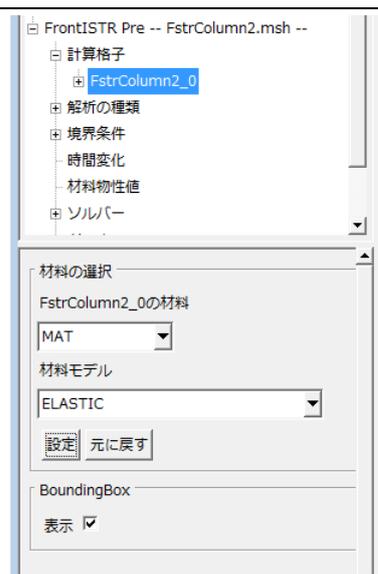


次に材料物性値を設定するために、左上のFrontISTR Pre から「材料物性値」を選択します。以下の物性値を MAT という名前で登録します。

ヤング率[Pa]	1.444e4
ポアソン比	0.3



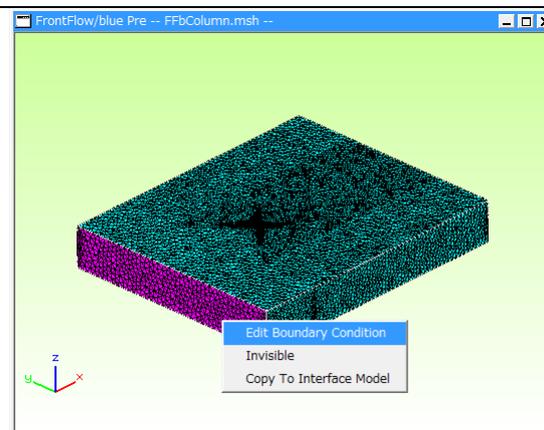
メッシュに今定義した物性値MATを割り当てます。左上の FrontISTR Pre の設定項目から「計算格子」を選択し、その下の階層の項目 (FstrColumn2_0) を選択してください。左下の設定画面で「材料の選択」で MAT を選び、材料モデルが「ELASTIC」であることを確認して「設定」ボタンを押します。



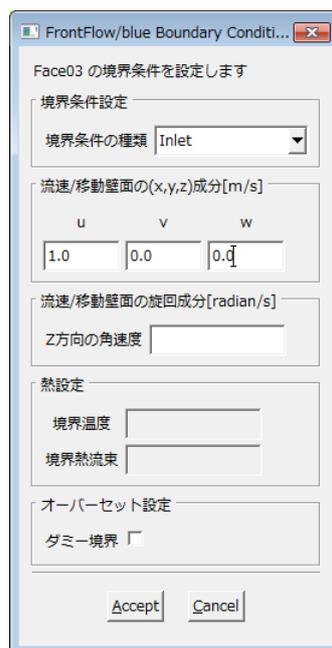
19.5 FrontFlow/blue の解析モデルの作成

ここでは FrontFlow/blue のため、流入境界条件、流出境界条件、乱流モデルの設定を行う。

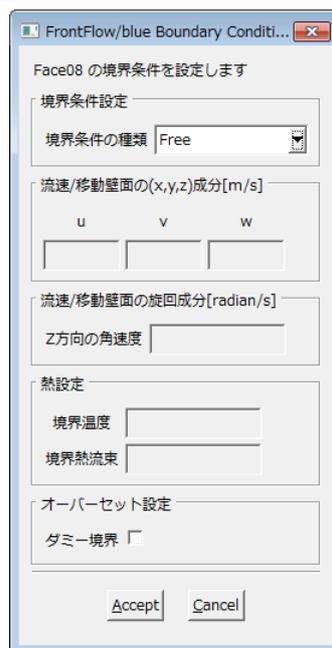
流入境界条件を与えます。流速は $(u,v,w) = (1.0, 0.0, 0.0)$ とする。FrontFlow/blue 用の 3次元モデル表示画面で、流入面を選択し右クリックすると、境界条件設定のためのメニューが現れる。「Edit Boundary Condition」を選ぶ。



境界条件設定用のダイアログでは、境界条件の種類に「Inlet」を選択し、 $(u,v,w) = (1,0,0)$ を入力し、「Accept」ボタンを押します。



反対側の面は流出条件を設定します。同様に面を選択し、右クリックして境界条件設定のダイアログを表示して境界条件の種類に「Free」を選択して「Accept」ボタンを押します。



ソルバーの設定を行います。左上の画面で FrontFlow/blue Pre を展開してできる項目の「Solver」を選択して、設定画面を表示させます。標準の設定から変更するところは以下の箇所です。

ソルバー	les3ct
乱流モデル	標準スマゴリンスキー
分子粘性係数	1.0e-4
時間刻み	0.01
圧力ソルバーの最大反復回数	500
運動方程式ソルバーの最大反復回数	10
タイムステップ	10000
リスタートフラグ	1

TreeView の Solver の下の階層にある Relax を選択し、設定画面を表示させます。

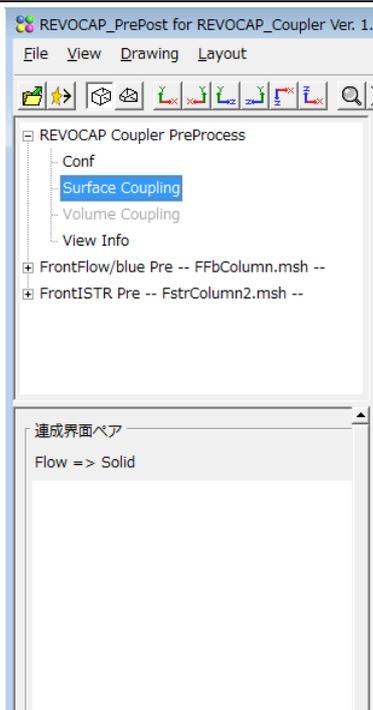
境界条件の時間緩和制御パラメータは標準の値から以下を変更します。

UFINAL	1.0
--------	-----

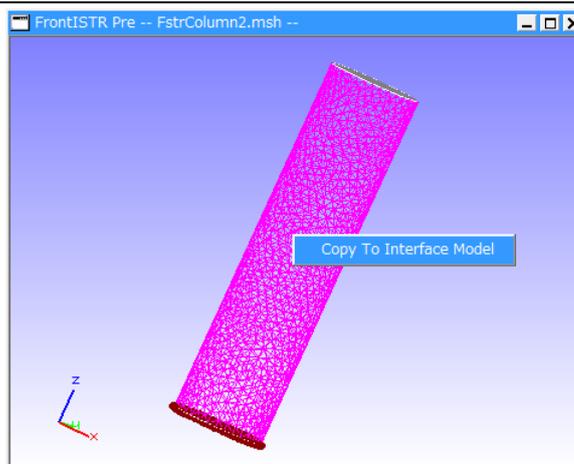
19.6 連成インターフェイス界面の定義方法

流体構造連成解析は界面を介した物理量の交換を行うため、カップラーには流体用のメッシュと構造用のメッシュの組の情報を与える必要があります。ここでは、面の組を定義する方法を説明します。

TreeView の
REVOCAP_Coupler PreProcess
の項目をダブルクリックして展
開し、SurfaceCoupling の項目を
選択します。

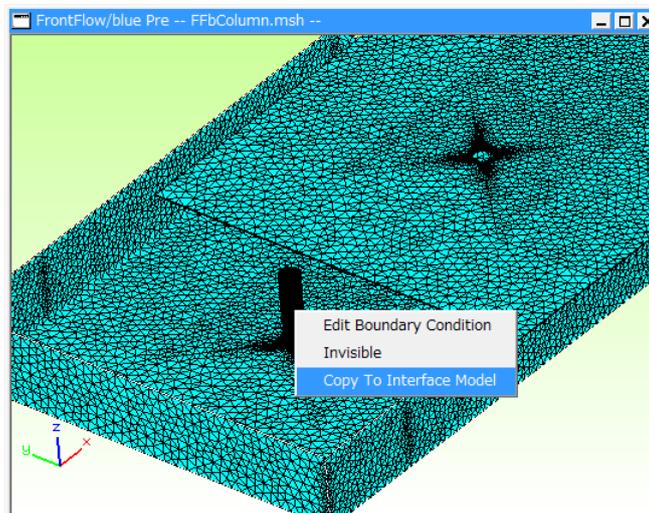


FrontISTR の 3DView 画面か
ら連成界面を選択し、右クリック
してメニューを開き、「Copy To
Interface Model」を選択します。
これで REVOCAP_Coupler の
PreProcess の 3DView にモデル
がコピーされます。



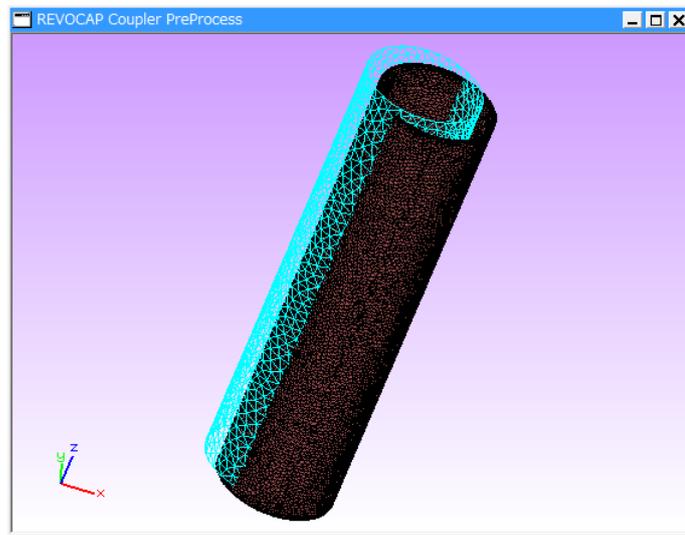
同様に FrontFlow/blue の
3DView 画面から連成界面を選
択し、右クリックしてメニューを
開き、「Copy To Interface
Model」を選択します。これで
REVOCAP_Coupler の
PreProcess の 3DView にモデル
がコピーされます。

中に隠れている面を選択する
には、手前の面をマウスでドラッ
グしてずらしてから行ってくだ

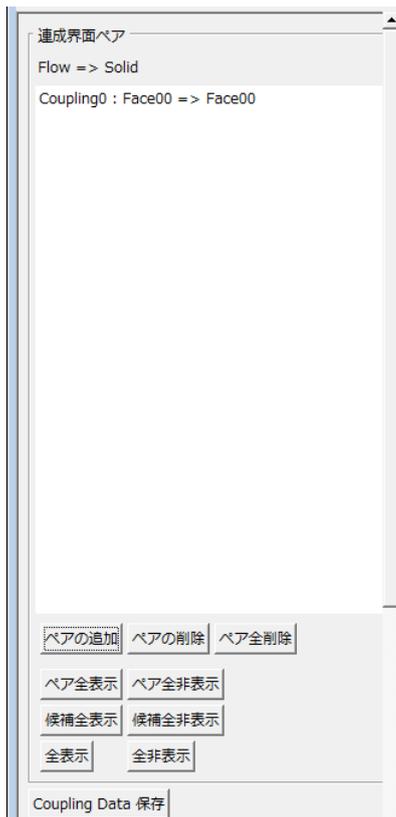


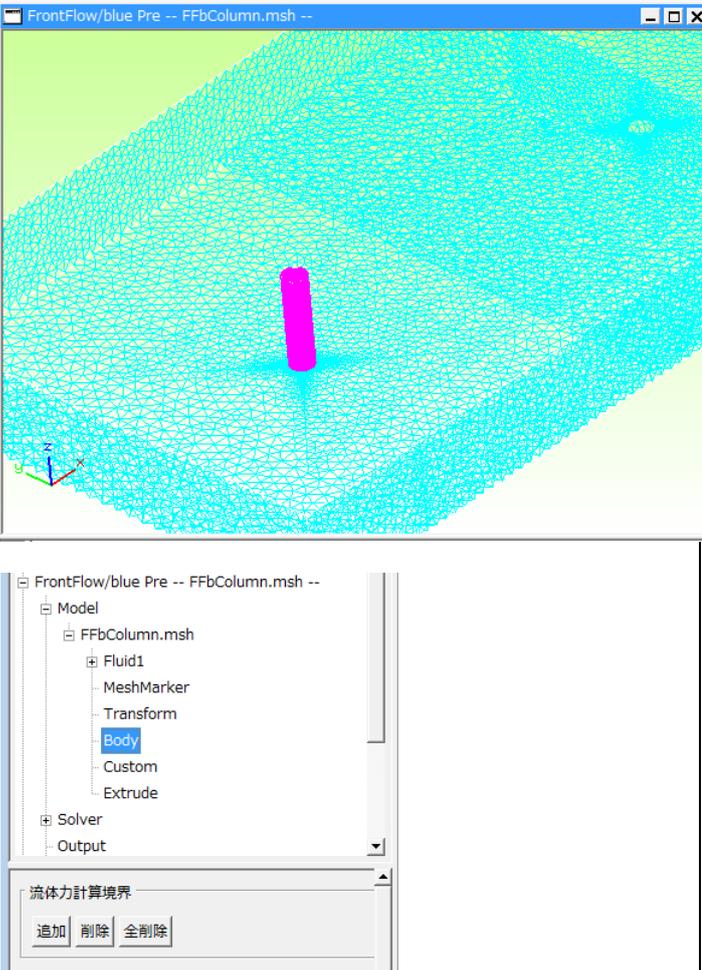
さい。

REVOCAP_Coupler の 3DView はインターフェイスモデル（界面の組）を作るための画面です。構造モデルの面と流体モデルの面が重なって見えていれば、正しく設定ができています。確認するには、重なっている面のどちらかを選択して少しずらしてみるとよいでしょう。



確認したらインターフェイスモデルの中で構造の面と流体の面の両方を選択して、SurfaceCoupling の設定画面で「ペアの追加」ボタンを押します。



<p>連成界面については、FrontISTR と FrontFlow/blue に対しても条件を与える必要があります。FrontISTR については、境界条件 SCOUPLE を連成の対象となる面に与えてください。</p>	
<p>FrontFlow/blue については BODY 境界条件を連成の対象となる面に与えてください。</p> <p>FrontFlow/blue の TreeView から Model の 2 つ下の階層の Body を選択して、設定画面を開きます。FrontFlow/blue の 3DView で該当する面を選択して「追加」ボタンを押します</p>	
<p>REVOCAP_Coupler の設定については、規定値のままで利用します。</p>	

19.7 連成解析のモデル出力

設定が終わったら、連成解析のモデルを出力する。

メニューから **File** ⇒ **Save Project** を選択する。

プロジェクトファイルを保存すると、同時に構造解析用、流体解析用、連成解析用のファイルがそれぞれフォルダごとに出力される。

