

文部科学省次世代 I T 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 (P C 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
10.8	FrontISTR 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
11.8	FrontISTR 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
12.5	FrontFlow/blue 解析モデルの出力	149
12.6	FrontFlow/blue の計算の実行	150
12.7	FrontFlow/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
13.5	FrontFlow/blue 用計算ファイル出力	164
13.6	FrontFlow/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	
14.5	FrontFlow/blue 解析モデルの出力	183
14.6	FrontFlow/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
17.2	CAD 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
18.2CAD 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
19.4FrontISTR の解析モデルの作成.....	249
19.5FrontFlow/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。

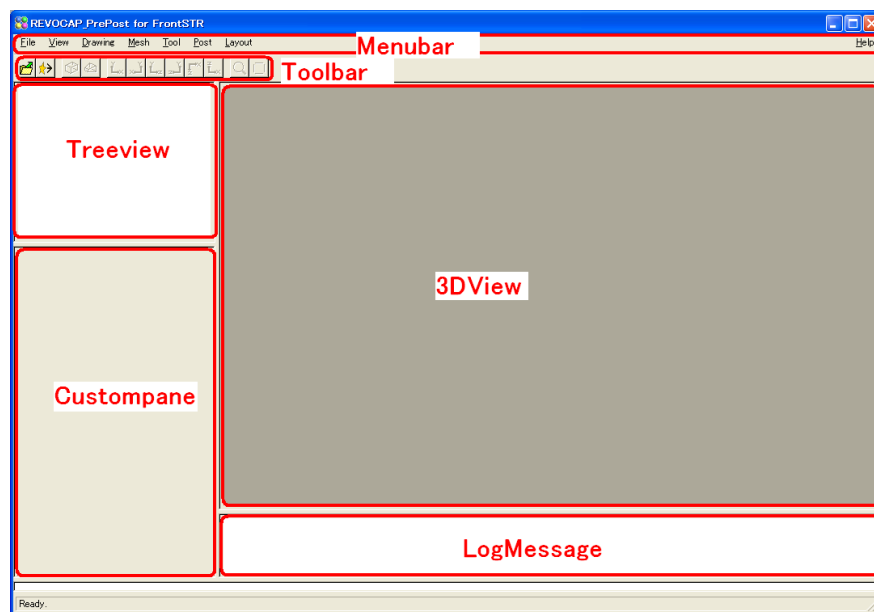
REVOCAP_PrePost を起動するには、Windows PC にインストーラーを使ってインストールした場合は、スタートメニューにプログラムが登録されているので、それを起動する。対象とする解析ごとに実行ファイルが異なるので注意する。Linux 環境または、Windows PC にソースファイルからインストールした場合は、次のコマンドをシェルまたはコマンドプロンプトの上で実行する。

```
$ 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



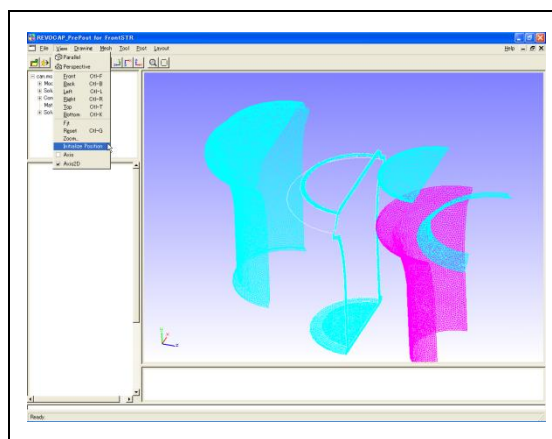
以下の説明では左上の Treeview(ツリービュー)、左下の Custompane(カスタムペイン、設定フォーム)、上部の Menubar (メニューバー)、および右側の 3DView (3D ビュー) での操作を主に説明する。

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

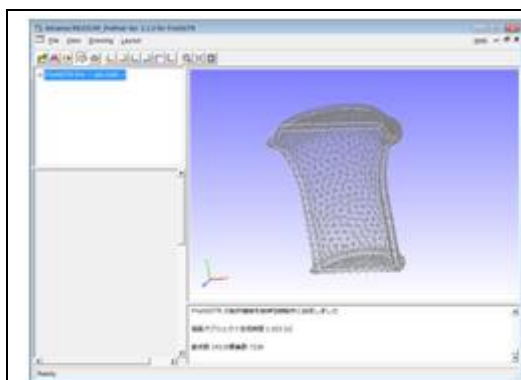
3D ビューではメッシュの面を選択して画面上で移動させることができる。マウスの左ボタンで面を選択すると色が変わる。その状態で左ボタンを押したままマウスを移動させると、3D ビューの中で面が移動する。

1 はじめに

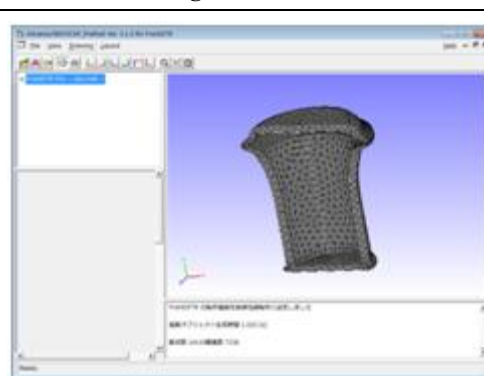


選択対象が移動した場合に元に戻すには、メニューの View の InitPos を選択する、または CTRL+I キーを押す。

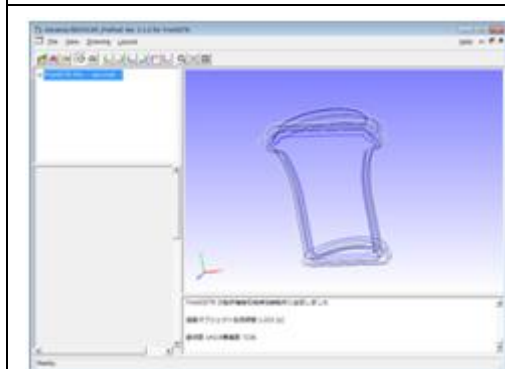
3D ビューでの表示の切り替えは、メニューバーの Drawing で行う。



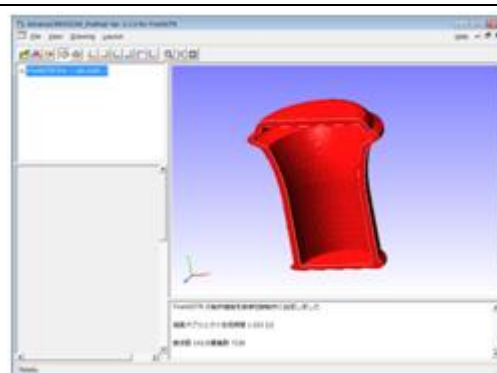
ワイヤーフレーム表示



グリッド表示



エッジ表示



サーフェス表示

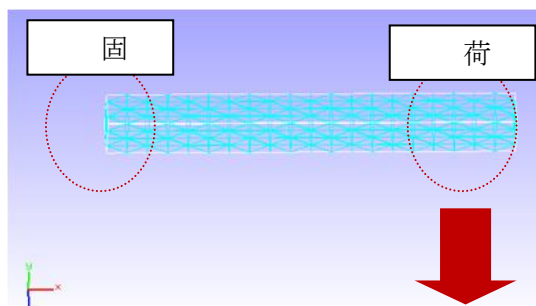
3D ビューではメッシュの面を選択して画面上で移動させることができる。

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

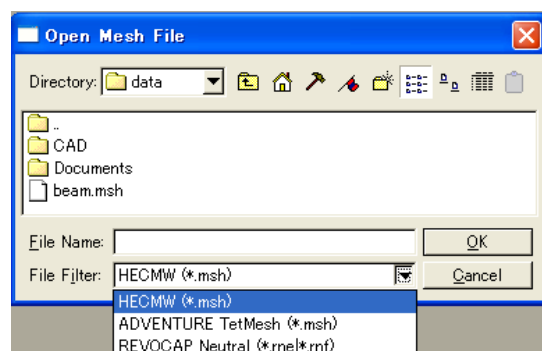


2.2 メッシュファイルの読み込み

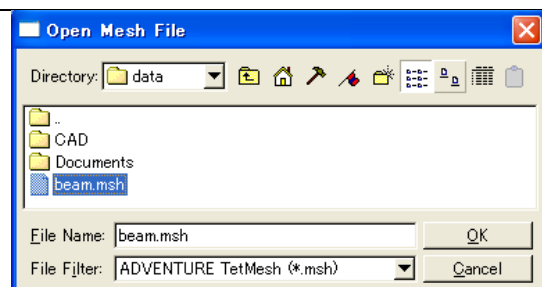
REVOCAP_PrePost では CAD ファイルからメッシュを生成する機能を備えているが、ここではこの操作は行なわない。作成済みのメッシュを利用して説明を進める。

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、新たな名前で登録したい場合は、「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 Aluminum

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	0.345
ヤング率 [Pa]	7e+10
密度 [kg m ⁻³]	2690
線膨張係数 [K ⁻¹]	2.5e-05

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

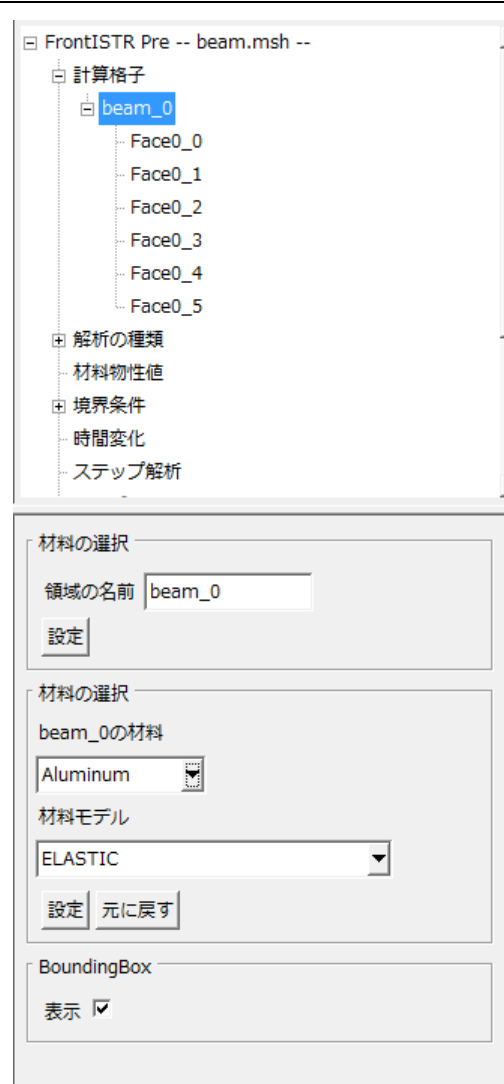
材料物性値データベースの保存

全データを CSV 形式で保存します 実行

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。

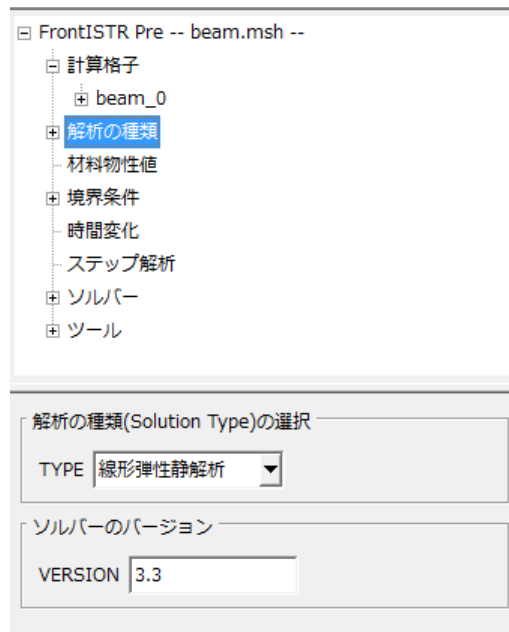
ここでは **Aluminum** を選択する。材料モデルは **ELASTIC** のままでよい。「設定」を押す。



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

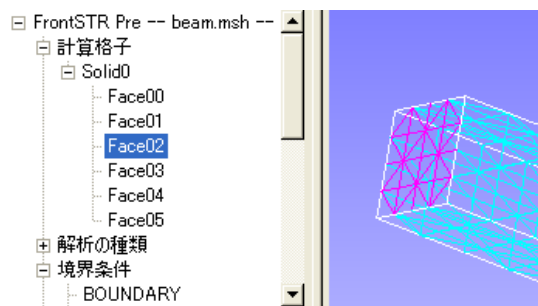
TreeView の境界条件の下位の項目を選択すると、CustomPane に境界条件設定用の画面が表示される。変位拘束条件や荷重条件などの境界条件を設定することができる。



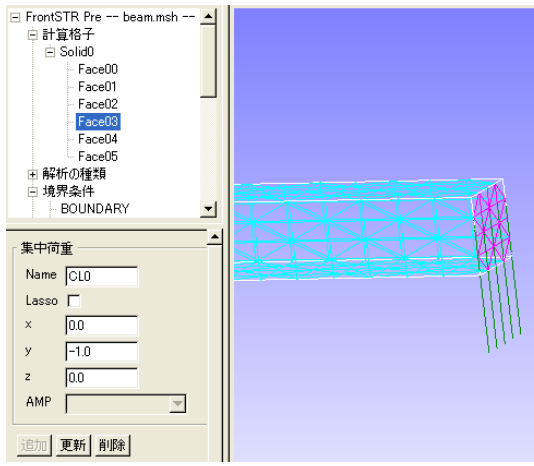
変位拘束条件の設定

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。

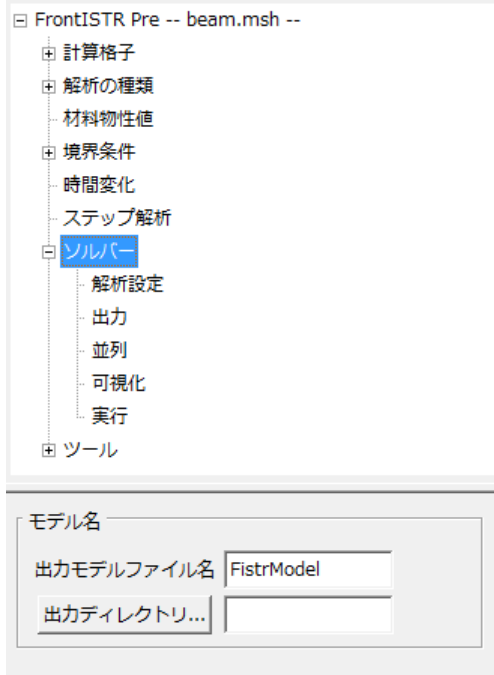


2 FrontISTR 弾性静解析（片持ち梁）

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。	
集中荷重の設定 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。 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。	

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。

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。 ここでは規定値の FistrModel を使う。	
--	--

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

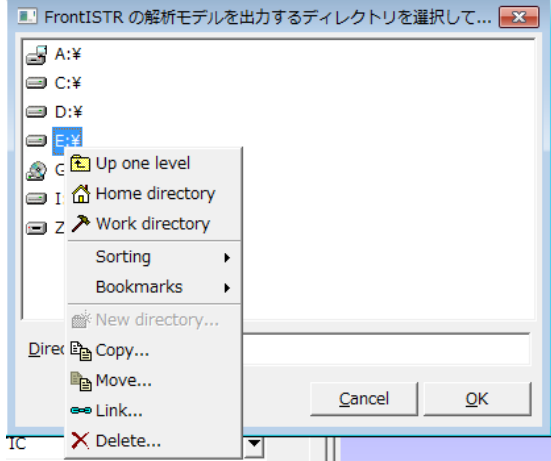
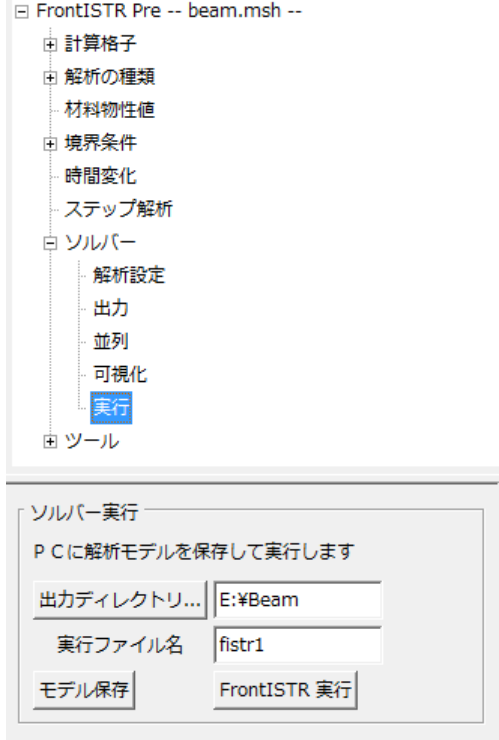
接触解析

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

これまでの設定内容を解析モデルとして保存する。 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。 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。	
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。	

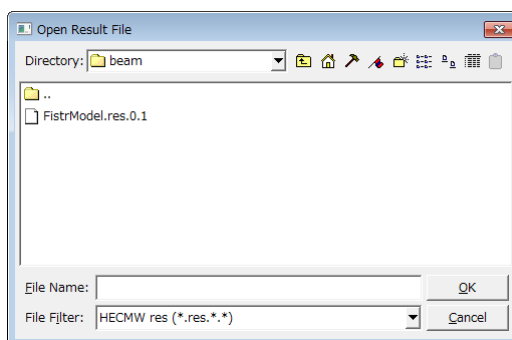
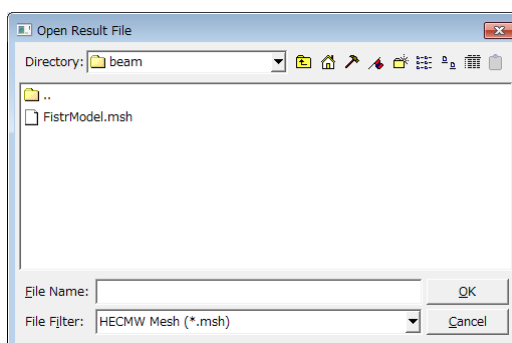
2.8 ポスト処理

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。

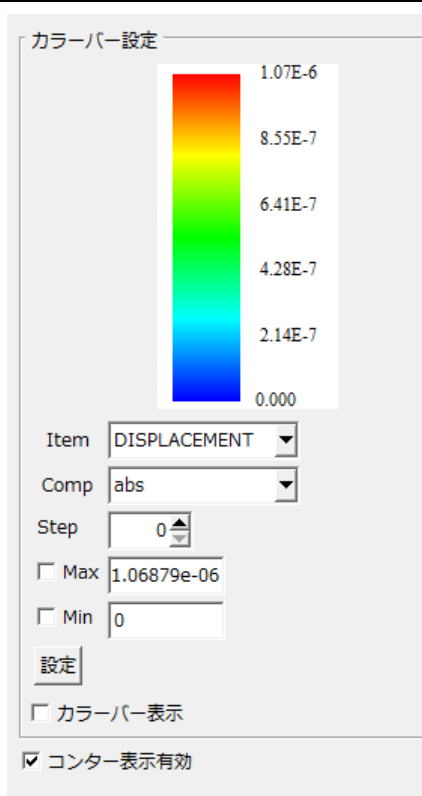
ここでは HECMW 形式のメッシュファイル FistrModel.msh と計算結果ファイル FistrModel.res.0.1 を読み込む。その後、TreeView にポスト処理用の項目が追加され、3DView にモデルが表示される。



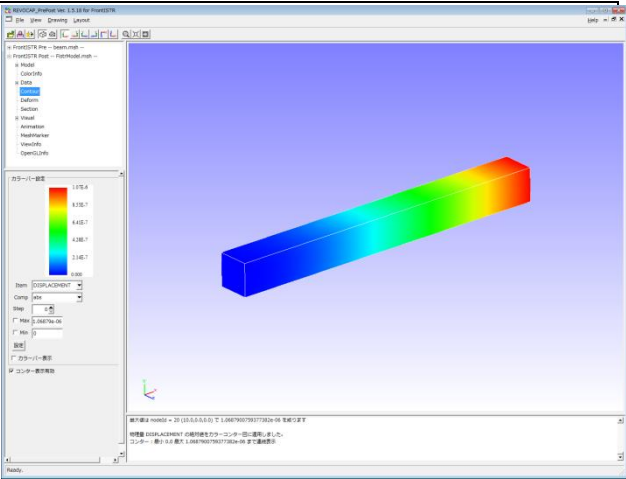
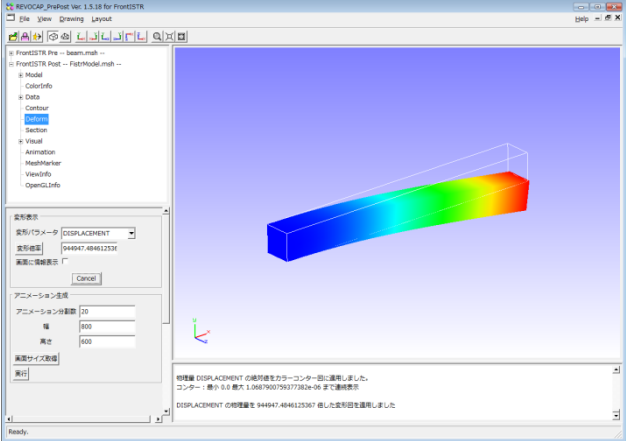
TreeView にある Contour を選択し、Item で DISPLACEMENT の項目を選び、「設定」ボタンを押すとカラーマップの最大最小値が自動的に計算される。「コンター表示有効」のチェックボックスを有効にすると、モデルの変形量（絶対値）がコンター表示される。

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）

	
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。 「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。	 

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。

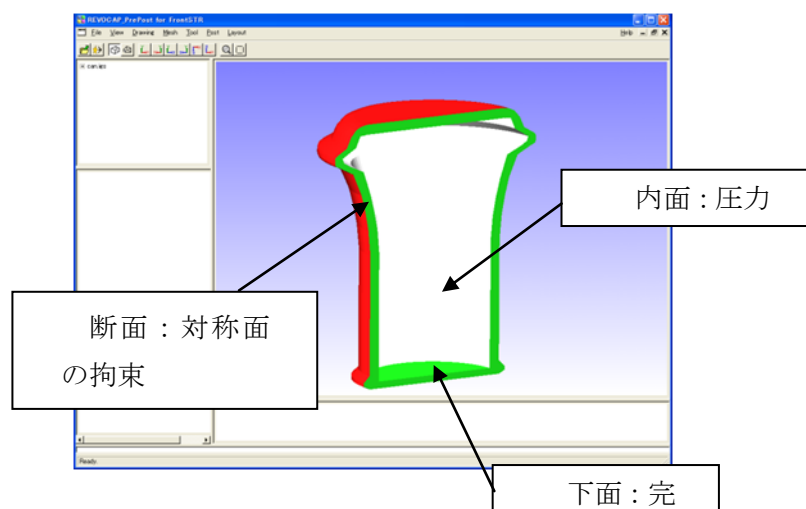
3 FrontISTR 弾性静解析（アルミ缶）

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。

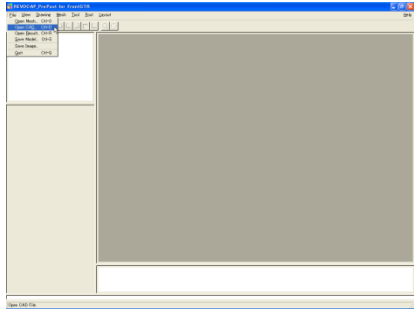
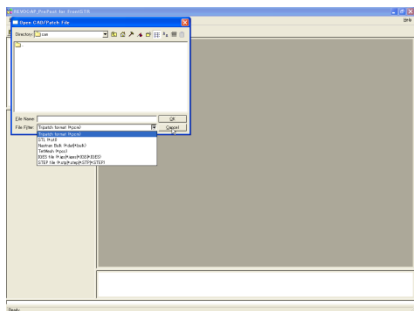
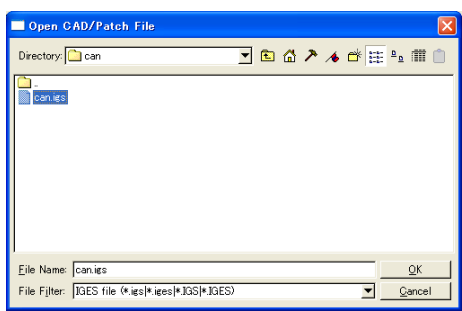
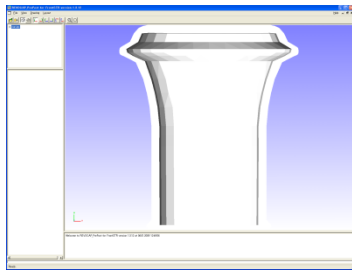
本解析では計算コストを考え対称モデルで行う。

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

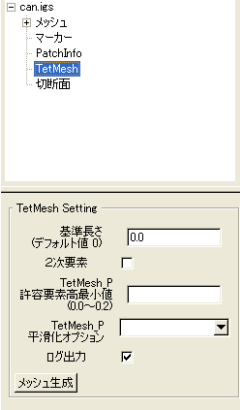
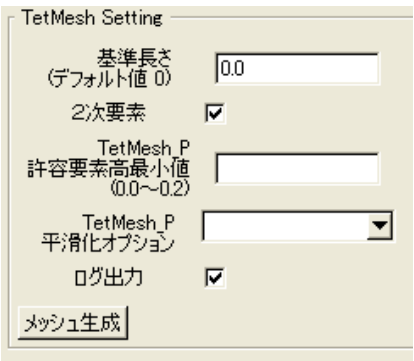
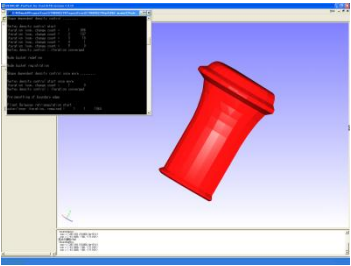
3.2 CAD データの読み込み

CAD データを読み込む。 メニューの File から Import CAD を選択する。	
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。	
can.igs を選択する。	
can.igs が REVOCAP_PrePost に読み込まれる。	

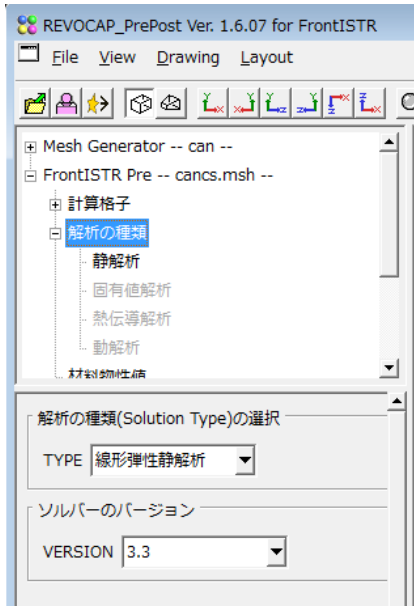
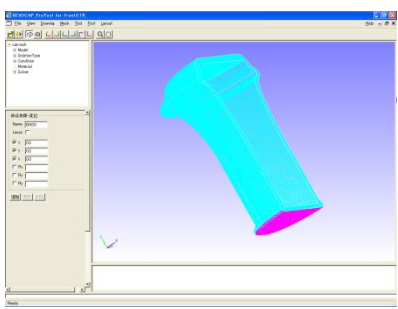
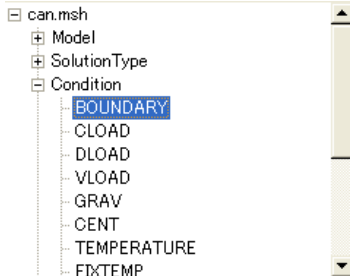
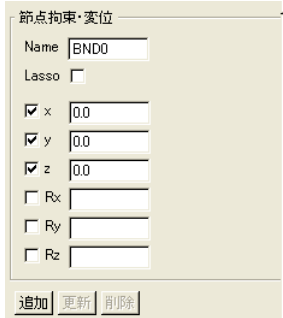
3.3 メッシュ生成

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。

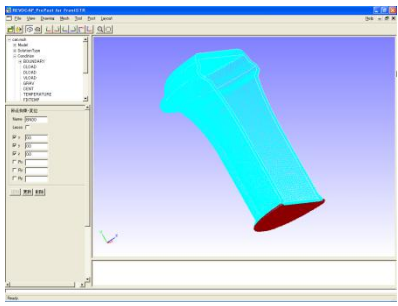
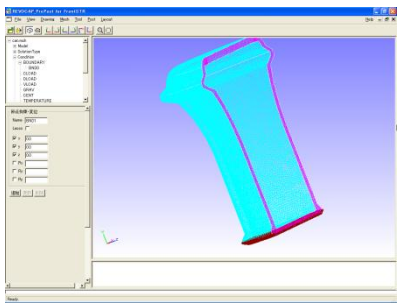
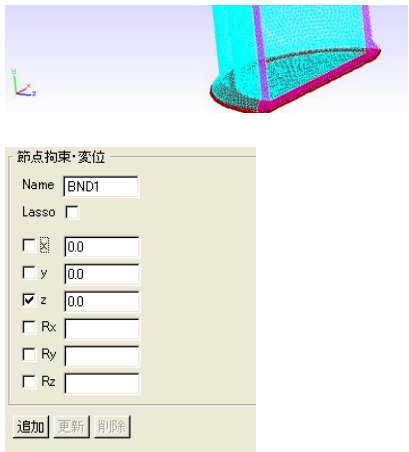
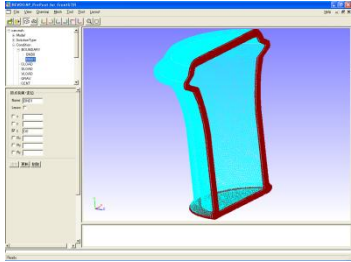
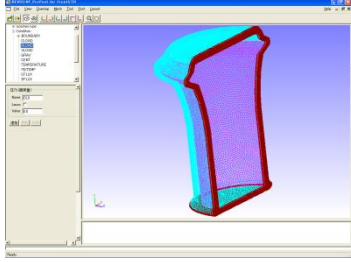
3 FrontISTR 弾性静解析（アルミ缶）

Treeview の TetMesh を選択する。	
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。 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。	
メッシャーが起動し、コマンドプロンプトが表示される。 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。	

3.4 解析の種類、境界条件設定

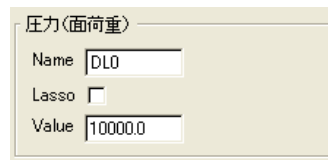
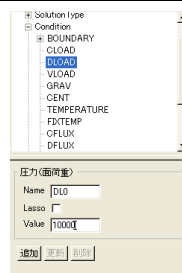
はじめに解析の種類の設定を行う。 TreeView の「解析の種類」をクリックする。解析の種類の選択では「線形弾性静解析」とする。	
次に境界条件の設定を行う。 アルミ缶の下面を固定する境界条件を追加する。 3 DView の中で缶の下面を選択する（選択された面の色が変わる）。	
TreeView の「境界条件」をクリックし、「BOUNDARY」を選択する。 （FrontISTR では、拘束条件および強制変位は BOUNDARY 条件で与える。）	
ここでは全方向の拘束を与えるので規定値の状態を追加を押す。 （変位の値が 0.0 であることと拘束とは同義である。）	

3 FrontISTR 弾性静解析（アルミ缶）

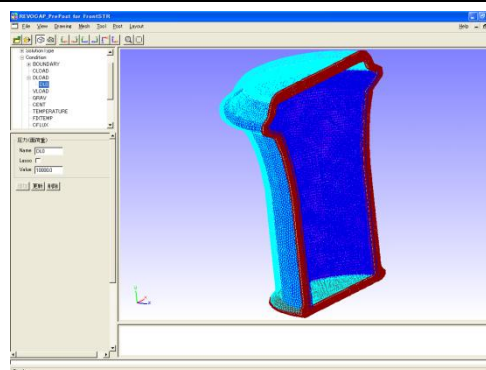
拘束条件を与えた個所に茶色のアイコンが付き、拘束条件が与えられたことが確認できる。このとき、TreeView の境界条件「BOUNDARY」の下にも項目が追加されていることに注意する。	
続いて缶を半分になっている断面にも対称境界条件を与える。 缶の対称面を選択し、TreeView の境界条件の「BOUNDARY」を選択する。	
設定フォームに新たな境界条件の設定画面が表示される。断面に対して面对称であるから、Z 方向だけを拘束します。XY のチェックボックスを外し Z のみ有効にして、追加ボタンを押す。	
缶の断面に対称条件が与えられる。	
最後に缶の内面に圧力を設定する。 内圧を与えるアル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

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。



メッシュ選択箇所には圧力が与えられる。



3.5 材料物性値設定

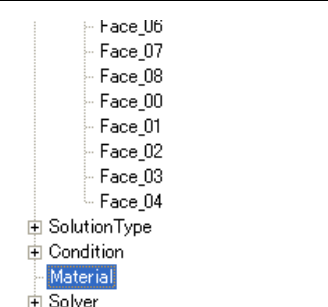
次にモデルの材料物性値を設定する。

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、線膨張係数が表示される。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
線膨張係数[K ⁻¹]	2.5e-005
熱伝導率[W m ⁻² K ⁻¹]	
比熱[kg ⁻¹ K ⁻¹]	1e-006

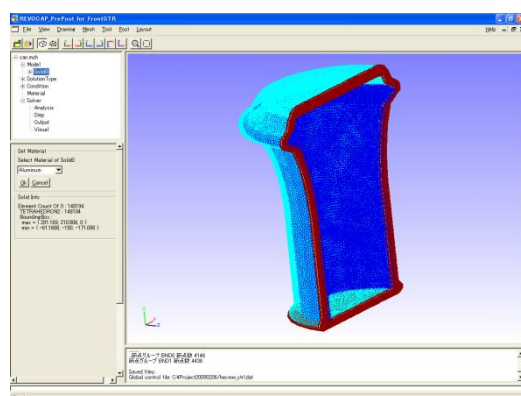
静解析・固有値解析・動解析ではヤング率、ポアソン比、密度、線膨張係数が設定されている必要があります。
熱解析では熱伝導率と比熱が設定されている必要があります。

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 の計算格子の下の子項目の cancs_0 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。



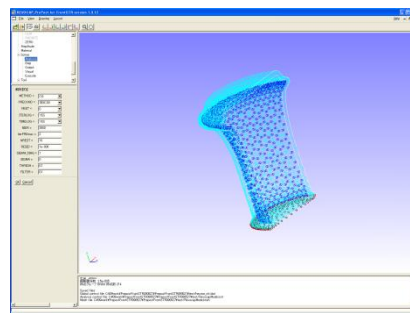
Set Material
Select Material of Solid0
Aluminum
Ok Cancel

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。

解析設定

METHOD =	CG
PRECOND =	(B)IC(0)
NSET =	0
ITERLOG =	YES
TIMELOG =	YES
NIER =	3000
iterPREmax =	2
NREST =	10
RESID =	1e-006
SIGMA_DIAG =	1
SIGMA =	0
THRESH =	0.1
FILTER =	0.1

Ok Cancel

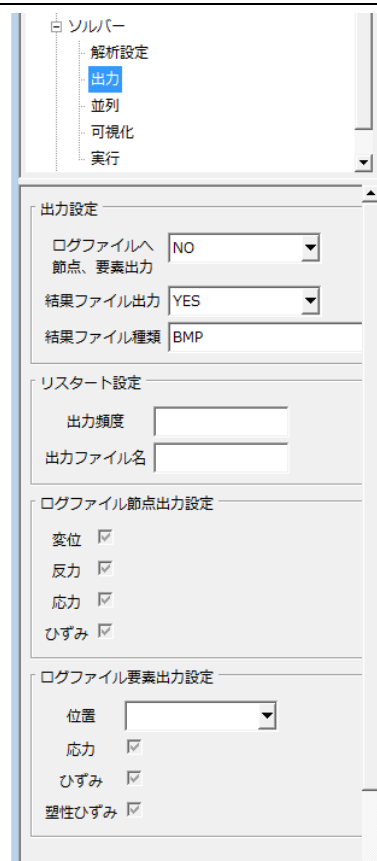
3.7 出力設定

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。

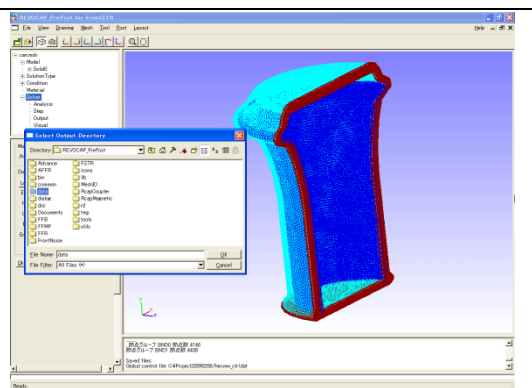
結果ファイルの種類を BMP とする。



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。

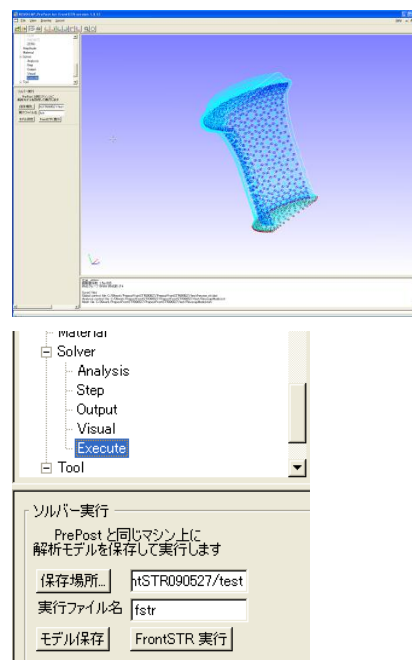
OK ボタンを押すと指定したフォルダに FrontISTR 用解析モデルが出力される。



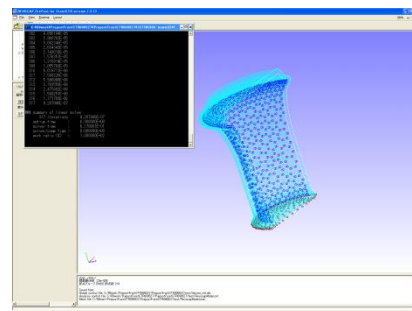
3.9 FrontISTR の実行

REVOCAP_PrePost から FrontISTR を実行する。

Treeview のソルバーの下に「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。主都力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。

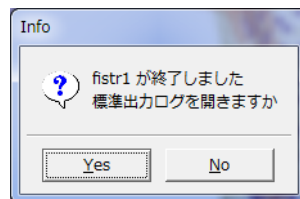


FrontISTR が起動する。FrontISTR の計算が終了するまで待つ。モデルの規模によって計算時間は異なる。



3 FrontISTR 弾性静解析（アルミ缶）

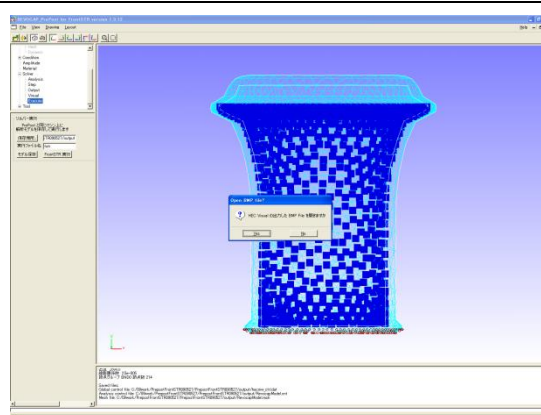
終了すると、ダイアログが表示される。



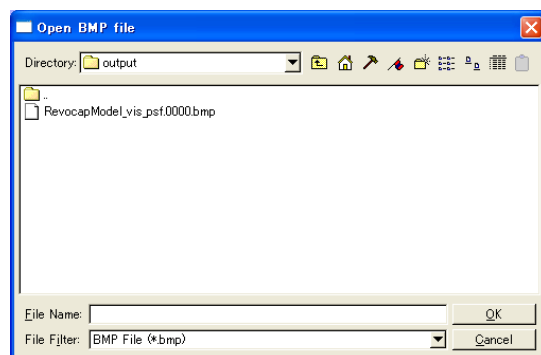
3.10 ポスト処理

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。

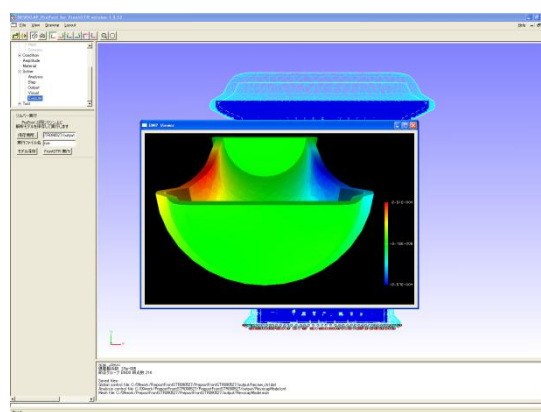
FrontISTR の実行後、Open BMP File のダイアログが表示されます。ここで YES を選択すると、Open BMP file のダイアログが現れる。



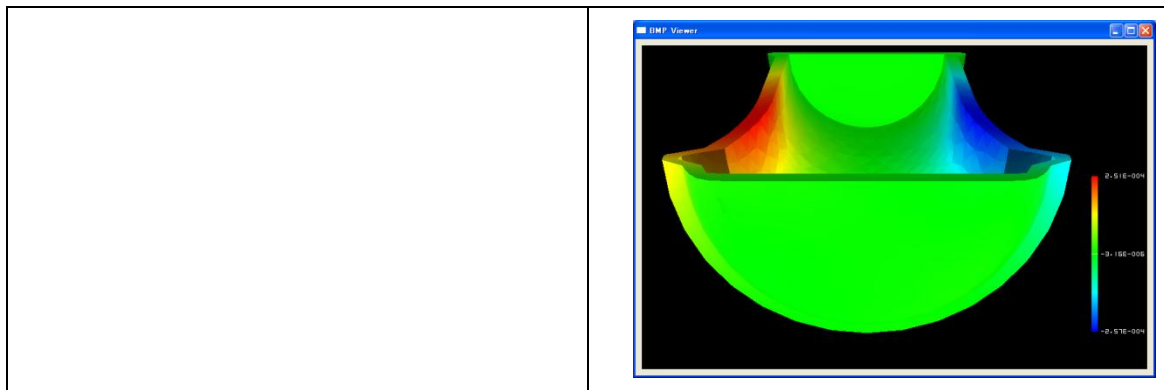
このダイアログで BMP ファイルを選択する。



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)

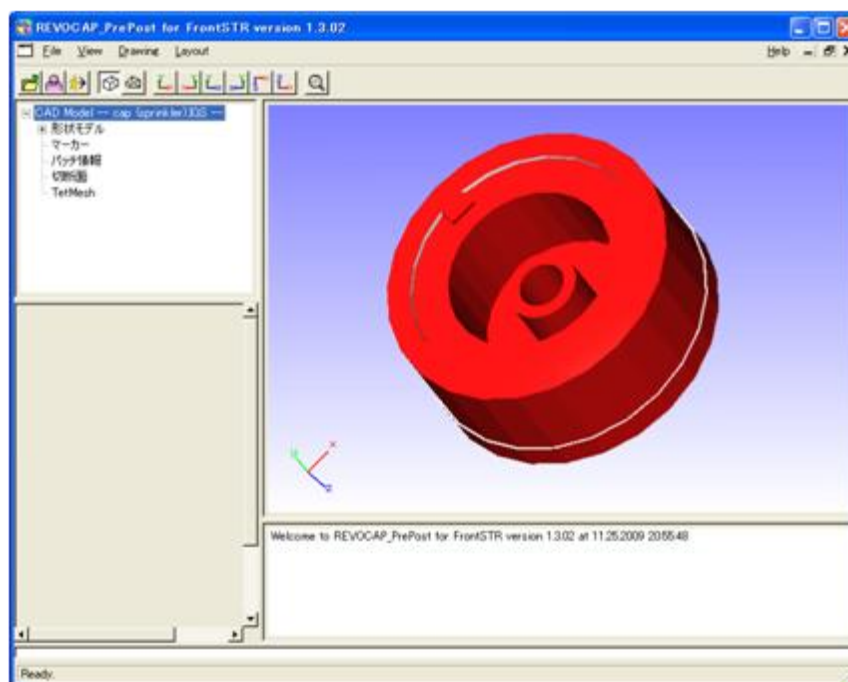


4 FrontISTR 弾性静解析（キャップ）

4.1 解析の概要

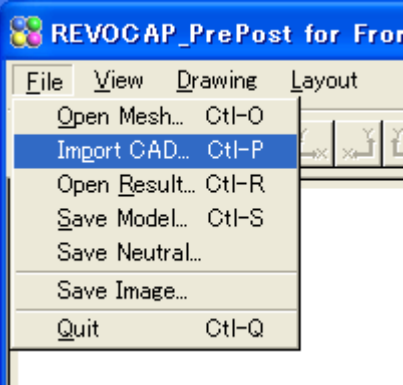
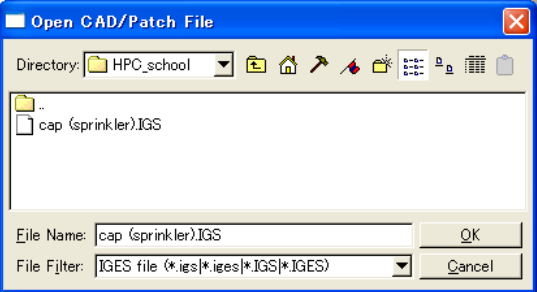
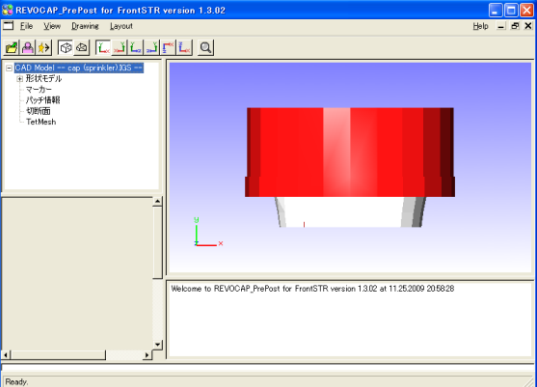
キャップ部品に圧力をかけた場合の挙動について解析を行ないます。

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

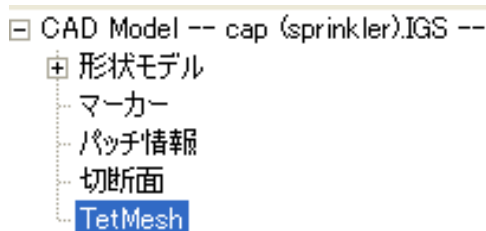
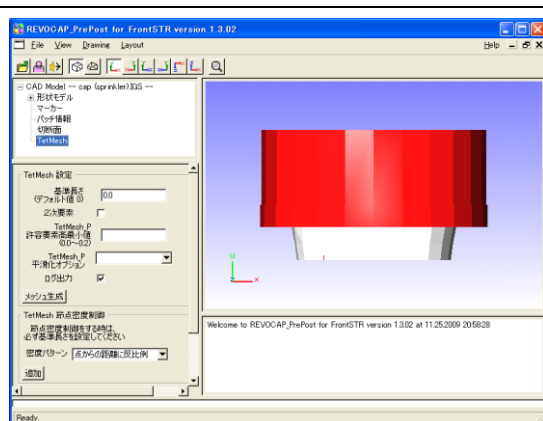
CAD データを読み込みます。 メニューの File から Import CAD を選択します。	
IGES ファイルはフォルダの data¥CAD に保存されています。そのフォルダに移動します。ダイアログの File Filter を IGES file (*.igs *.iges *.IGS *.IGES) にします。 cap.IGS を選択し、OK ボタンを押します。するとファイルが REVOCAP_PrePost に読み込まれます。	
3DView にモデルが表示されます。	

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。

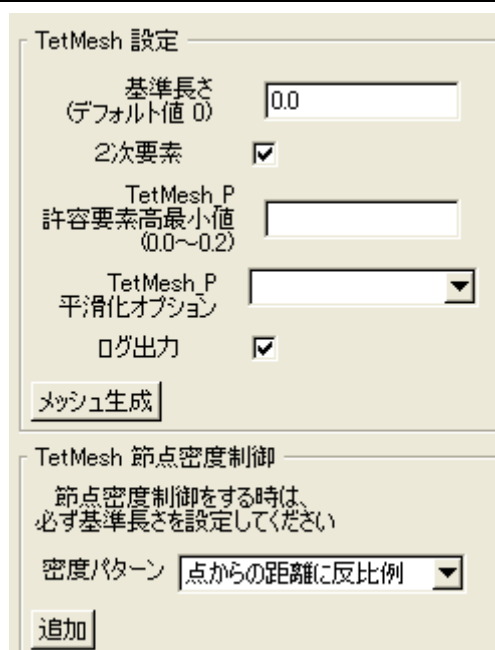


メッシュの粗密・一次要素二次要素の選択基準長さなどの設定がおこなえます。

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。

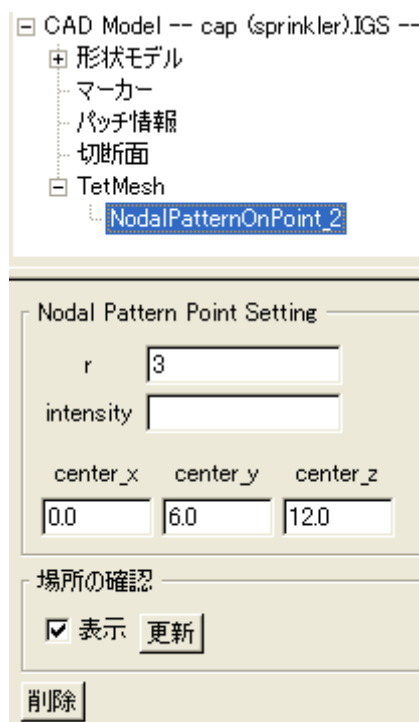


4 FrontISTR 弾性静解析（キャップ）

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。

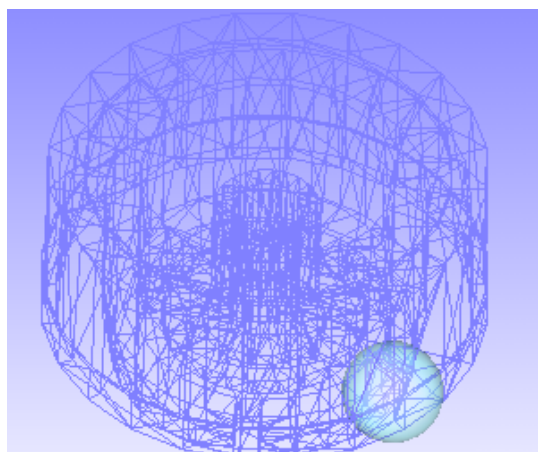
ここでは密度パターンに「点からの距離に反比例」を選択した場合の説明をします。

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。

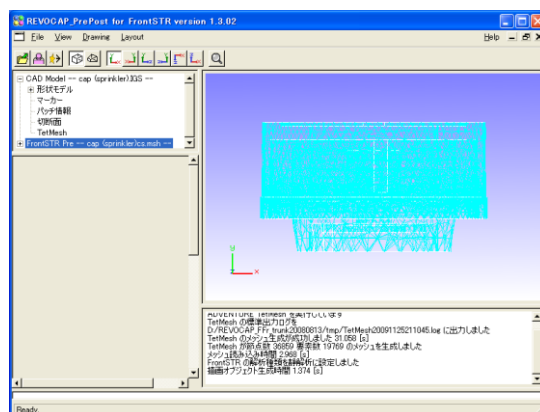
このとき、表示のチェックボックスをオンにすると、球の範囲が 3DView に表示されます。値を変更したときは更新ボタンを押してください。球が再描画されます。



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。

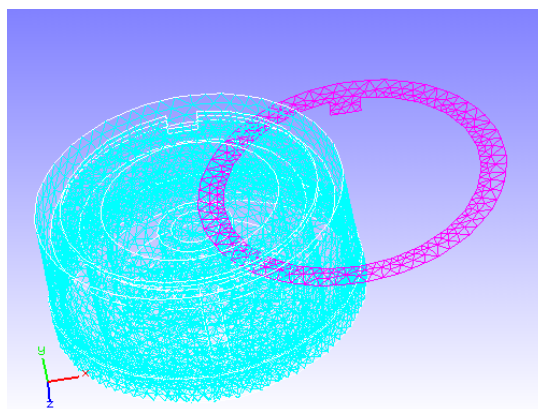


4 FrontISTR 弾性静解析（キャップ）

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。

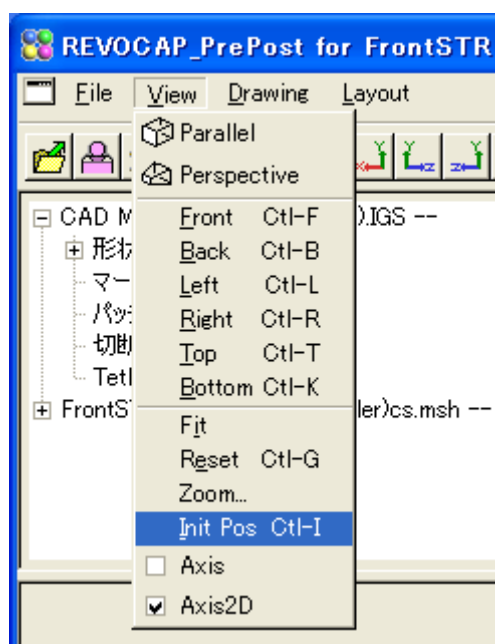
面は左クリックを押して選択します。この時選択面の色が変わります。

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。

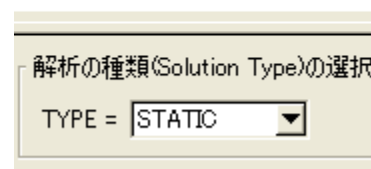


4.4 解析の種類の設定

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。

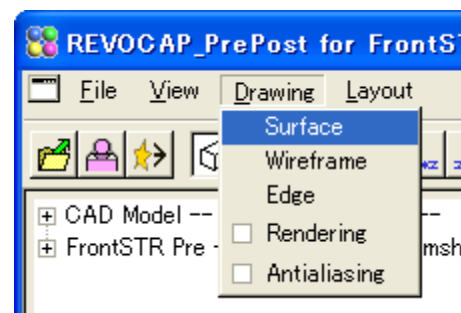


4.5 境界条件の設定

境界条件の設定を行います。3つの面を対象とします。

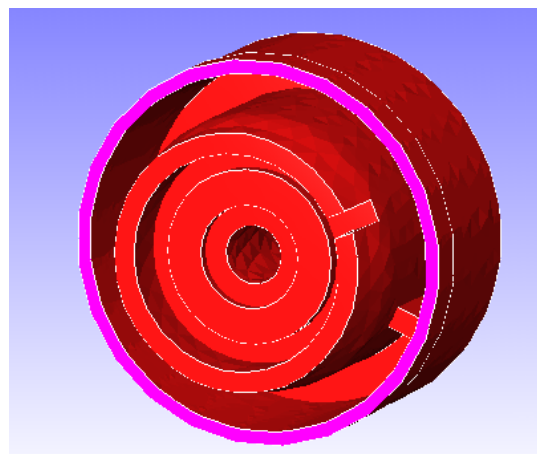
1つ目の面を固定します。

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。

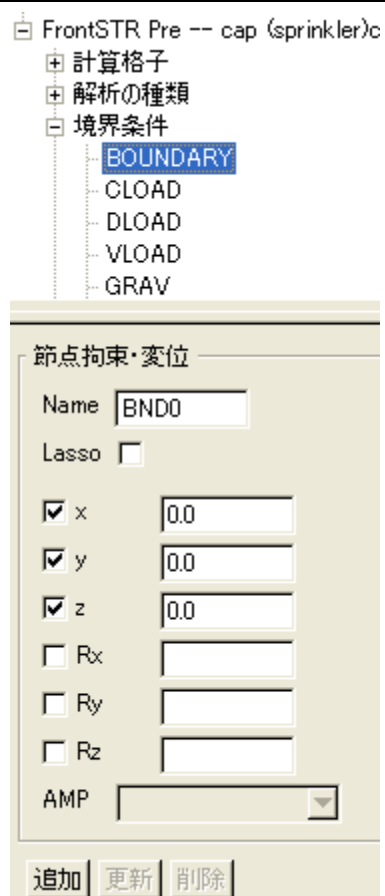


画面左側 TreeView の cap.msh の「境界条件」の BOUNDARY を選択します。

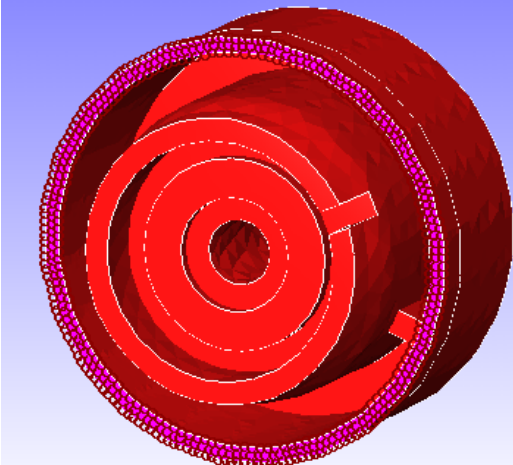
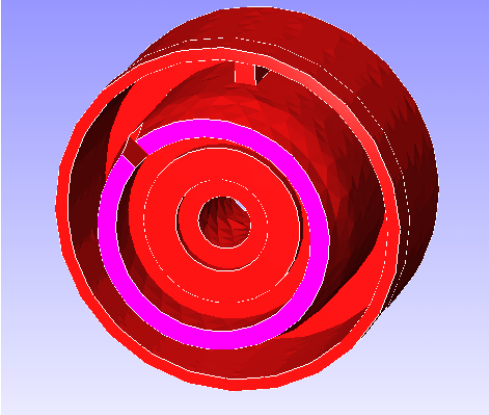
BOUNDARY は拘束条件のことになります。

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「追加」ボタンを押します。



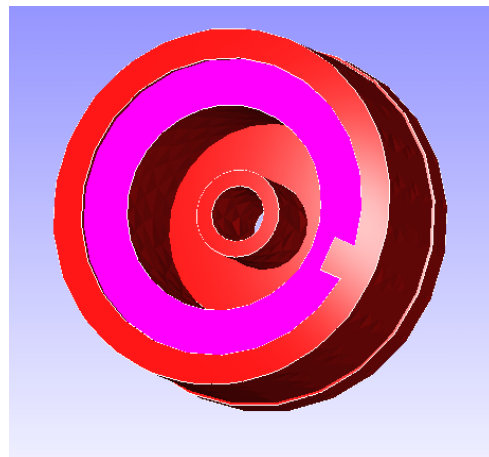
4 FrontISTR 弾性静解析（キャップ）

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は圧力が与えられます。	FrontSTR Pre -- cap (sprinkler)c.msh -- - 計算格子 - 解析の種類 - 境界条件 - BOUNDARY - CLOAD - DLOAD DLO - VLOAD - GRAV - CENT 圧力(面荷重) Name DLO Lasso ☐ Value -2.0 AMP 追加 更新 削除

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。

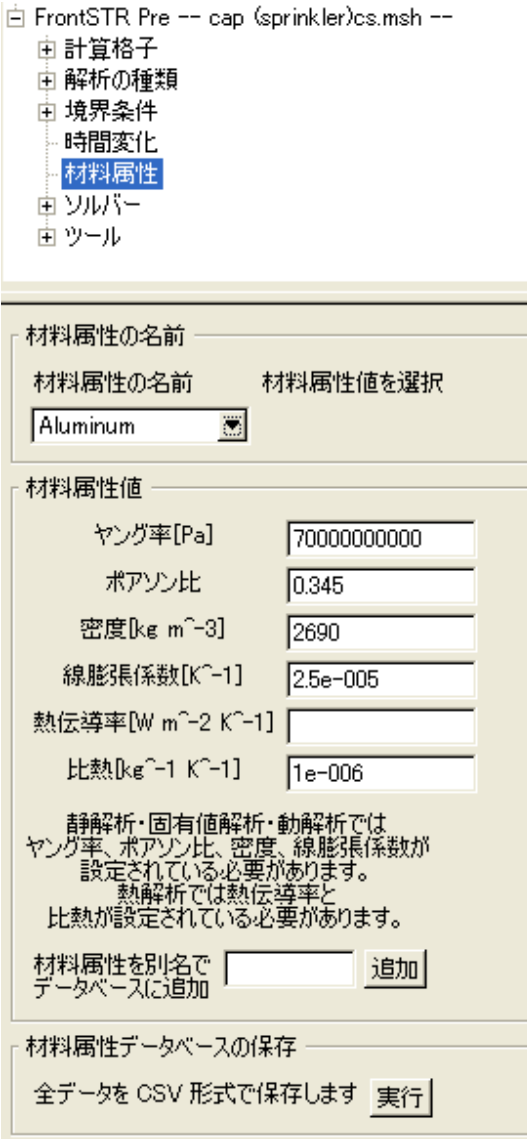
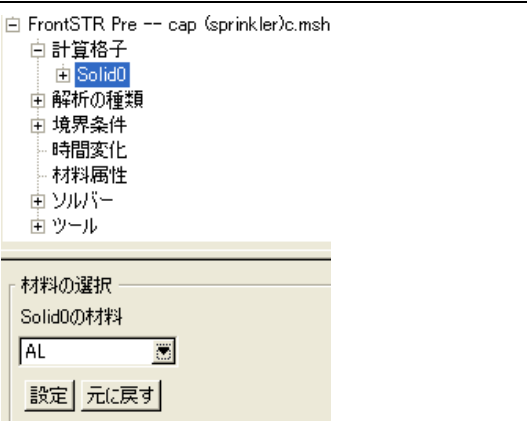
Face07 の面を選択してください。ここでは 1 MPa の設定をします。Value の項目には 1 を入力します。その他の設定方法は前回と同様です。



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 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。	

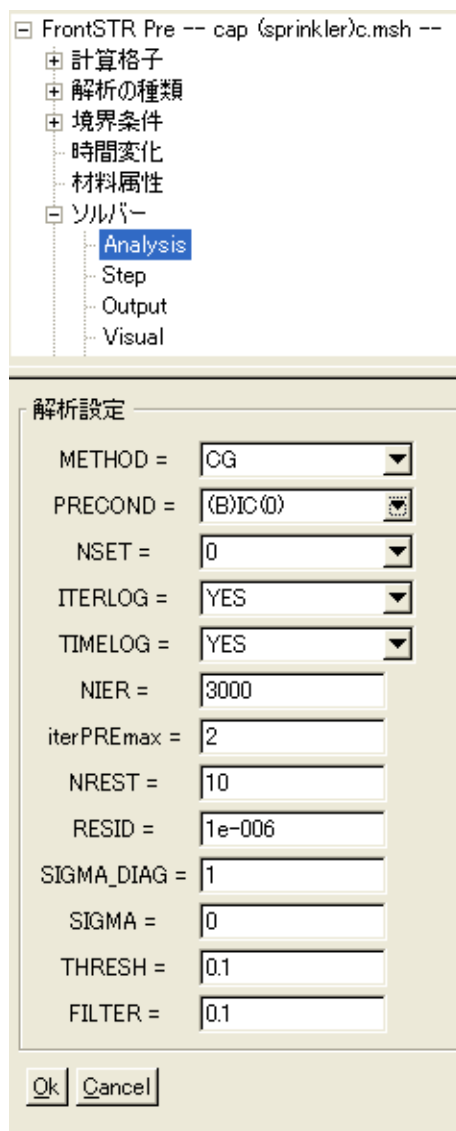
4.7 計算条件の設定

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。

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、そのまま OK ボタンを押します。

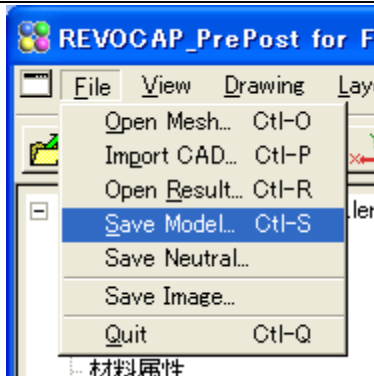
その後 TreeView の「ソルバー」を選択し OK ボタンを選択します。



4.8 ファイル出力

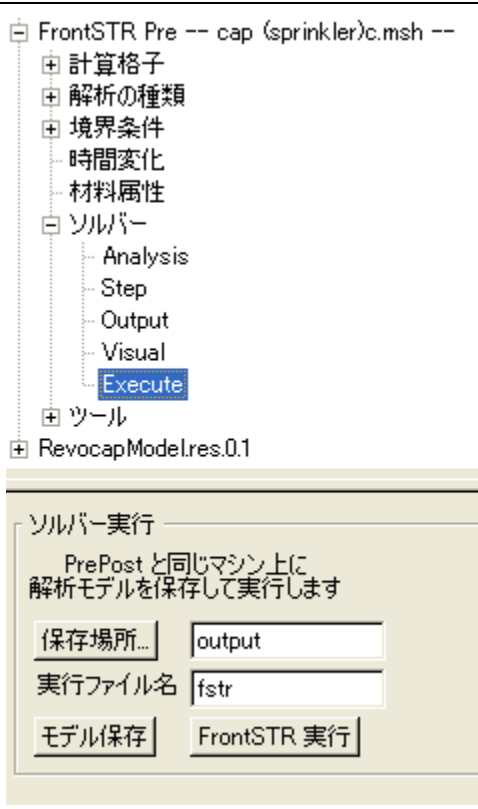
FrontISTR 用のファイルに出力します。ここではファイルを出力するフォルダの設定を目的とします。

4 FrontISTR 弾性静解析 (キャップ)

メニューの File の Save Model を選択します。	 材料属性
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。	

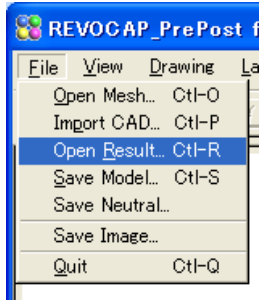
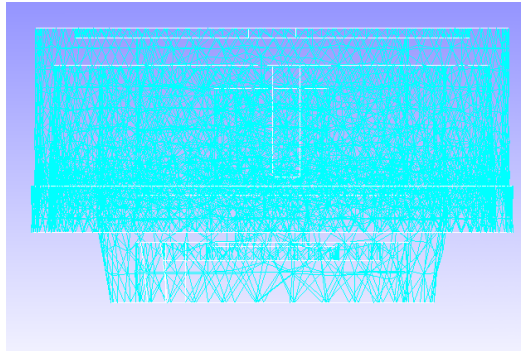
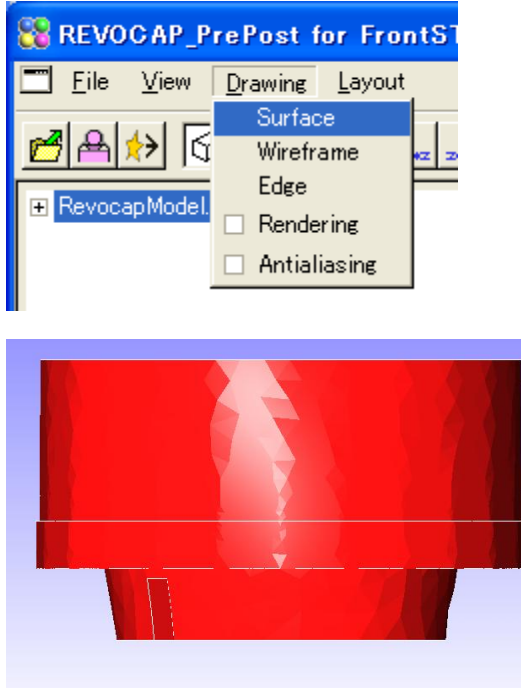
4.9 FrontISTR の実行

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。

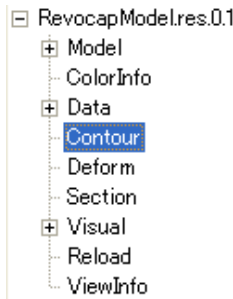
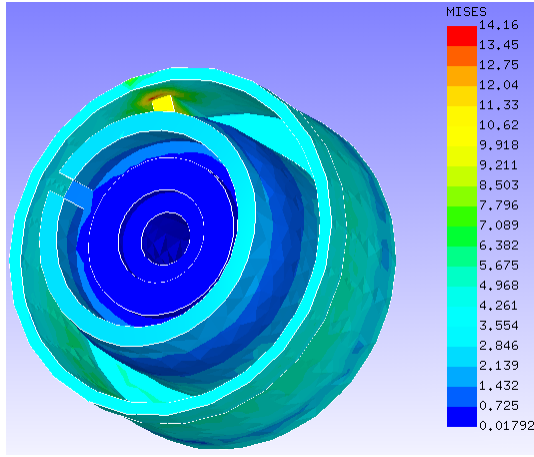
TreeView から「ソルバー」、「Execute」と選択します。CustomPane に「ソルバー実行」が表示されます。 ここで「FrontStr 実行」ボタンを押すと、FrontISTR が実行されます。	 FrontSTR Pre -- cap (sprinkler)c.msh -- - 計算格子 - 解析の種類 - 境界条件 - 時間変化 - 材料属性 - ソルバー - Analysis - Step - Output - Visual - Execute - ツール - RevocapModel.res.0.1 ソルバー実行 PrePost と同じマシン上に 解析モデルを保存して実行します 保存場所... output 実行ファイル名 fstr モデル保存 FrontSTR 実行
---	---

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

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。	
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ます。 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。	
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。	

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

- 断面の向きの法線ベクトル(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。

切断面

断面表示 

球面極座標と面の位置

Phi : 

Theta : 

法線ベクトルと点の座標

Normal

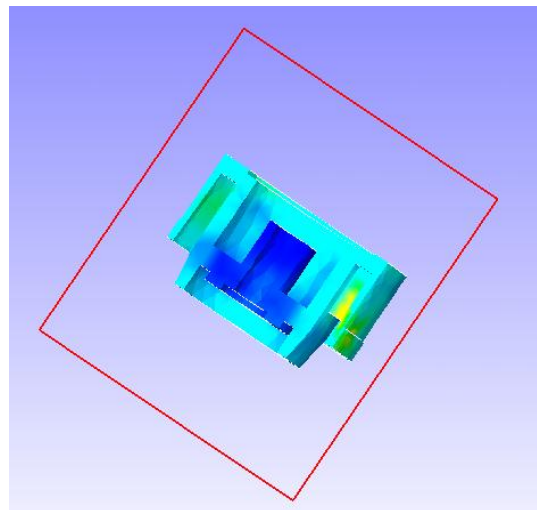
Point x y z

方程式

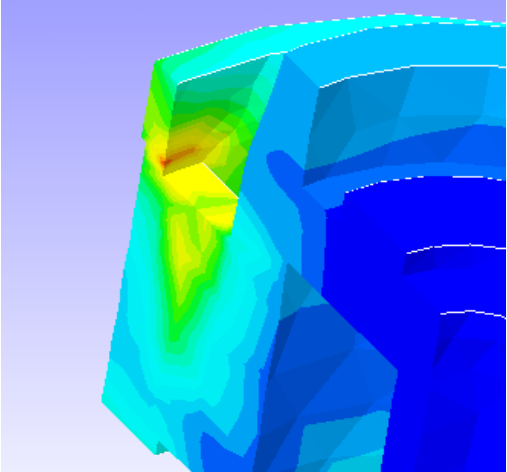
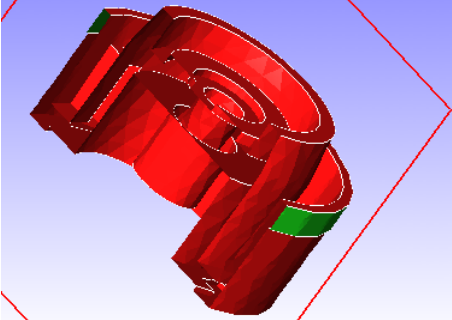
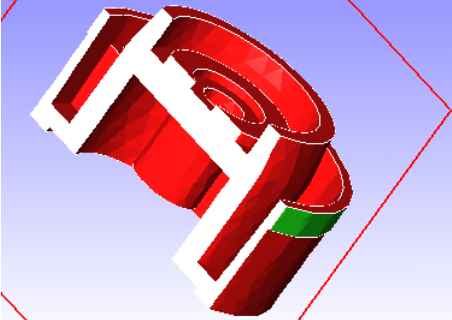
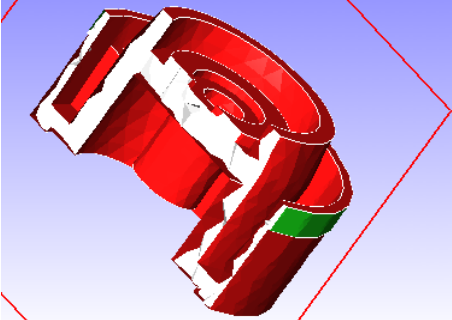
断面スナップショット

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。

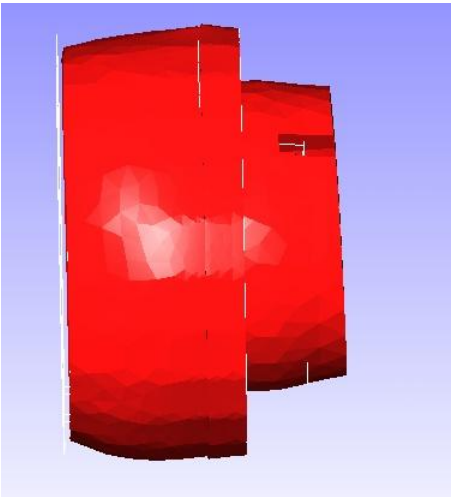
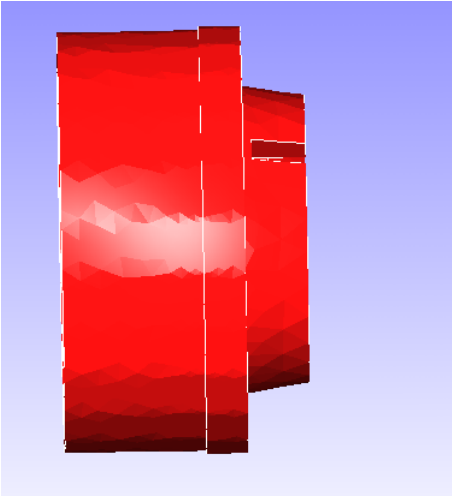


4 FrontISTR 弾性静解析 (キャップ)

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。	
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。	
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。 「有効」を選択すると、モデルがそのまま切断されます。	
「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。	
「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。	

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。	

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

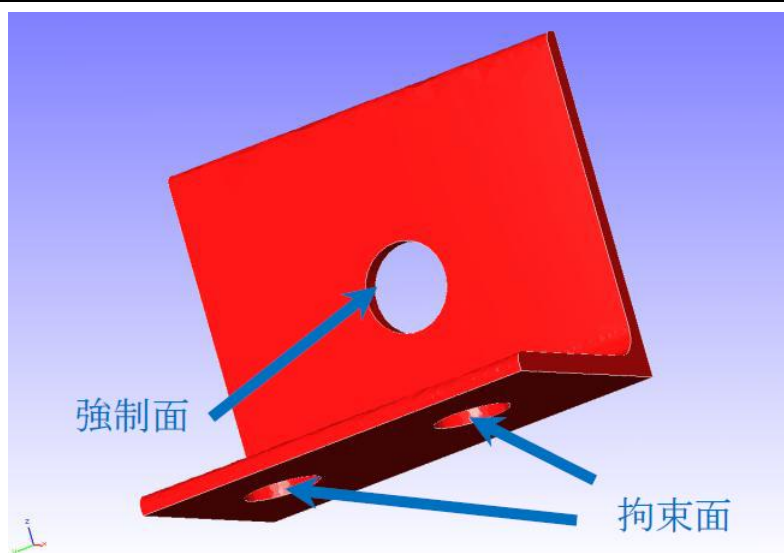


図 9-1 解析モデルの概要

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）

2. 境界条件の設定
3. 物性値の設定
4. 解析条件の設定
5. 並列計算条件の設定
6. 解析モデルの計算サーバへの転送
7. FrontISTR の並列計算の実行
8. 計算結果の転送
9. 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。

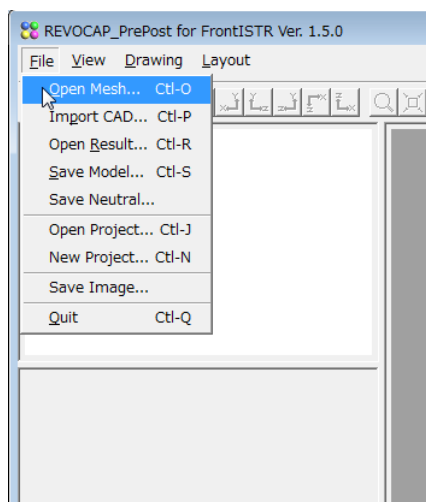
- MPI
- 並列版 FrontISTR
- FrontISTR の領域分割ツール hecmw_part
- FrontISTR の可視化データ作成ツール hecms_vis
- 計算サーバにファイルを転送するための ssh または ftp
- （必須ではない）ジョブ管理システム

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。

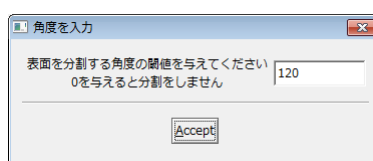
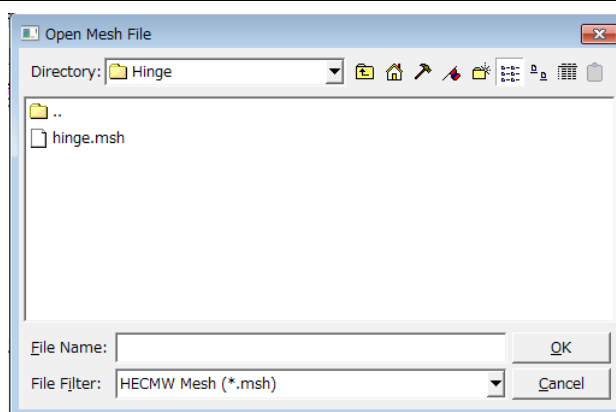


9 FrontISTR 並列弾性静解析（ヒンジ）

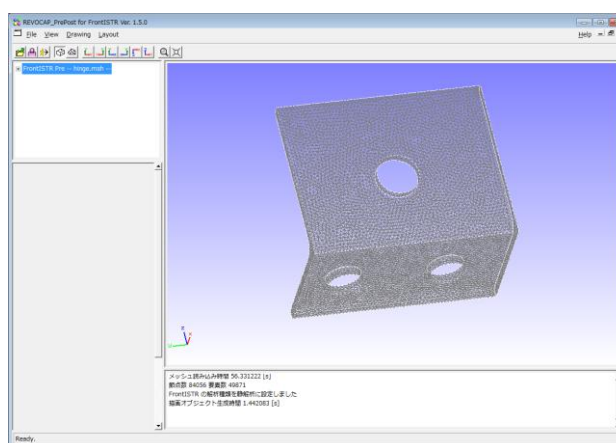
インストールしたディレクトリから Fstr\data\Hinge へ移動して、File Filter で HECMW Mesh を選んで、hinge.msh を開きます。

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。



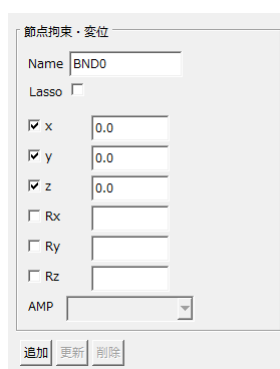
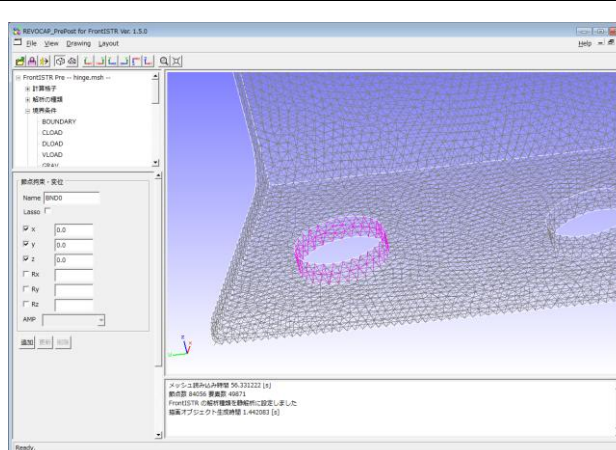
9.3 境界条件の設定

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）

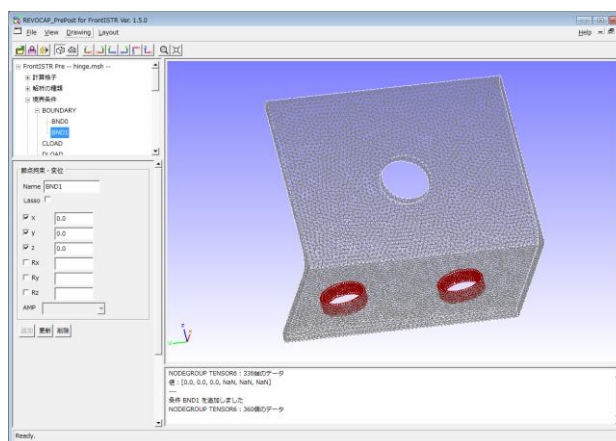
下部の穴を拘束します。TreeView で境界条件の BOUNDARY を選択し、3DView で拘束したい面を選択します。選択された面は色が変わって表示されます。

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。

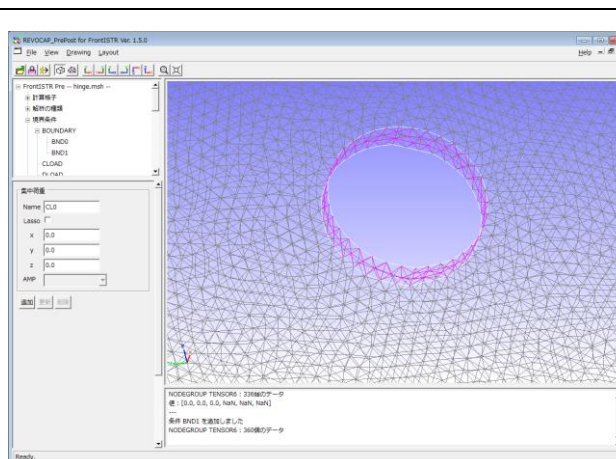
正しく設定されると、3DView の中で拘束された節点にマーカーが表示され、TreeView では BOUNDARY の下に 2 つの拘束境界条件を表す項目が追加されます。



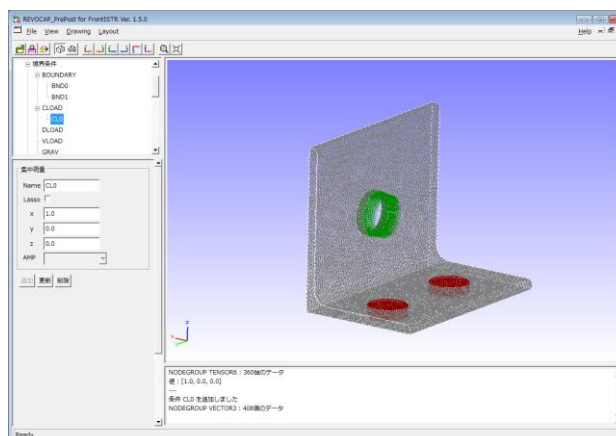
9 FrontISTR 並列弾性静解析（ヒンジ）

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。

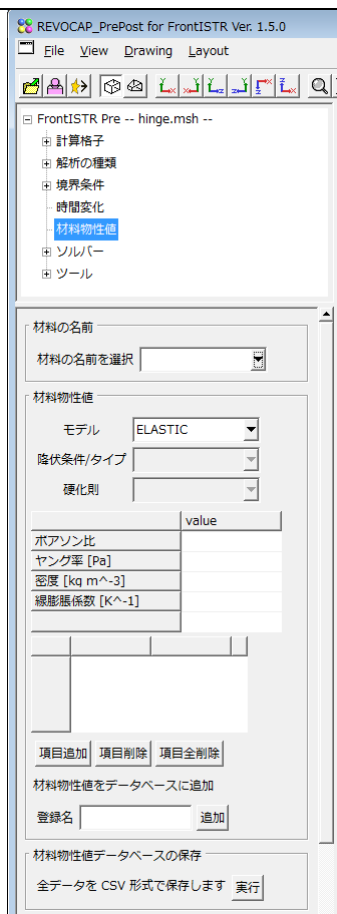


9.4 物性値の設定

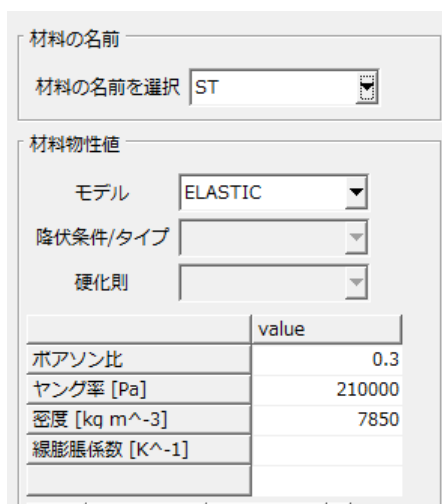
HECMW 形式のメッシュファイルには既に物性値のデータが記述されています。今回のメッシュファイルには ST という名前でスチールのデータが記述されているのでそれを利用します。ここではその値を確認します。

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。

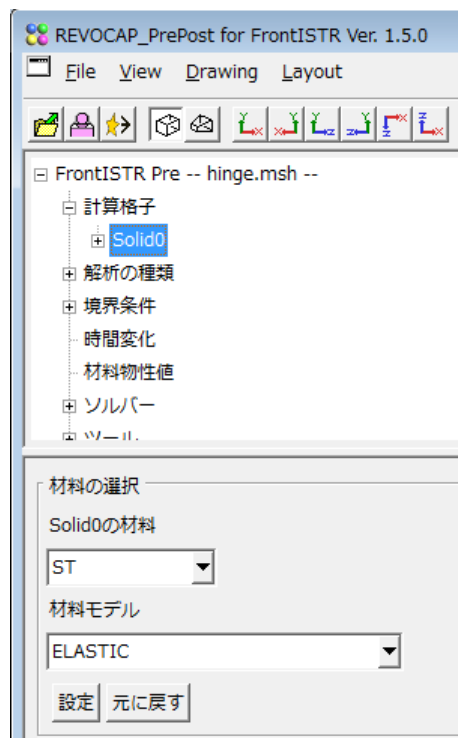


材料の名前で **ST** を選択します。モデルを **ELASTIC** にするときに、
ポアソン比 : 0.3
ヤング率[Pa] : 210000
密度[kg/m³] : 7850
であることを確認します。



9 FrontISTR 並列弾性静解析（ヒンジ）

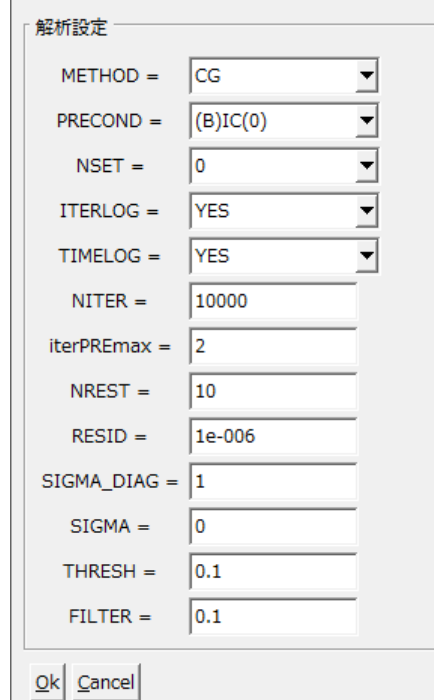
メッシュの領域に物性値が割り当てられていることを確認するため、計算格子の Solid0 を選択して、CustomPane に表示される材料の選択画面を確認します。ST が選択されていれば問題ありません。



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 のソルバーの下で 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。

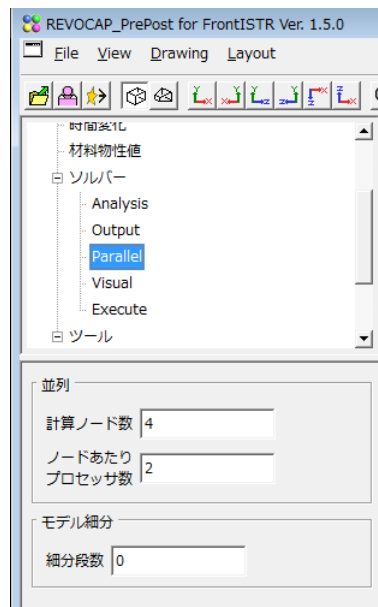
適当な名前に変更してもかまいません。



9.6 並列計算条件の設定

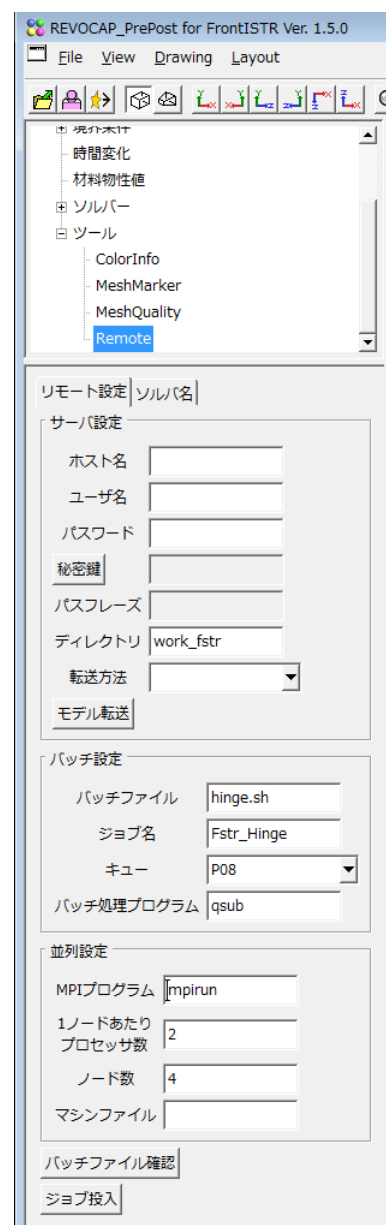
並列計算を行うためには、解析モデルを計算サーバに転送して、領域分割を行い、ソルバーを並列実行します。計算サーバにはあらかじめ FrontISTR が並列で実行できる環境が準備できているものとします。ここでは ssh でファイル転送し、PBS でジョブ管理を行うという前提で説明します。

TreeView のソルバーの下に 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。

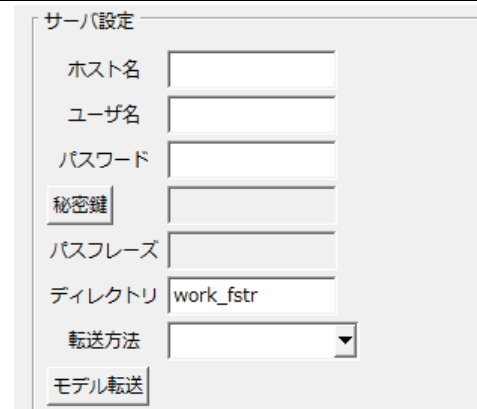


9 FrontISTR 並列弾性静解析（ヒンジ）

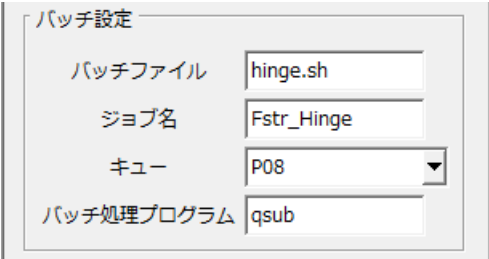
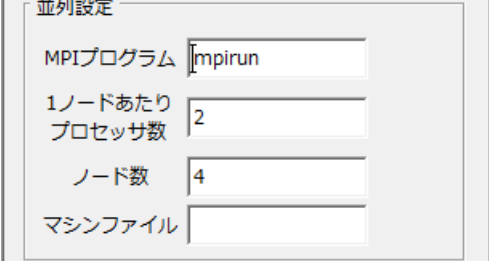
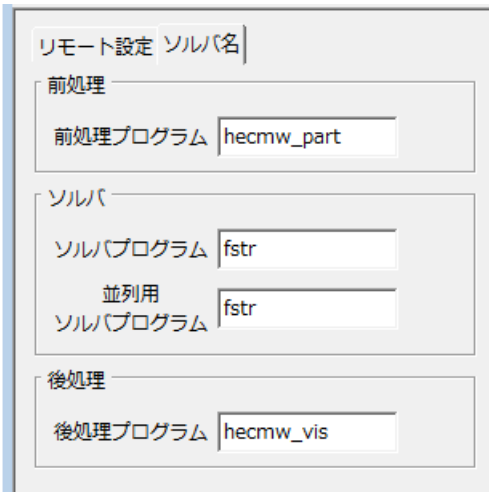
TreeView のツールの下の Remote を選択すると CustomPane にファイル転送とリモート実行のための設定画面が現れます。



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。

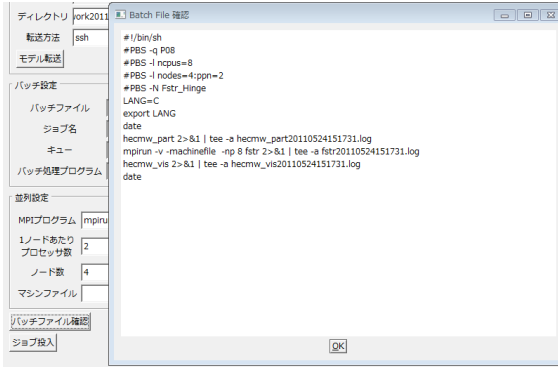


9 FrontISTR 並列弾性静解析（ヒンジ）

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。 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。 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。	
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。	
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。	

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」の下で Remote を選択して表示される設定画面で作業します。

「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。	
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。	

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ない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>	<code>sh</code> を呼び出して実行します PBS にキューの名前を指定します PBS に CPU 数を指定します PBS にノード数を指定します PBS にジョブ名を指定します 言語の設定を <code>C</code> にします 言語の設定を有効にします 日時を出力します 作業ディレクトリに移動します 領域分割します ソルバを並列で実行します 結果ファイルを作成します 日時を出力します
--	---

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。

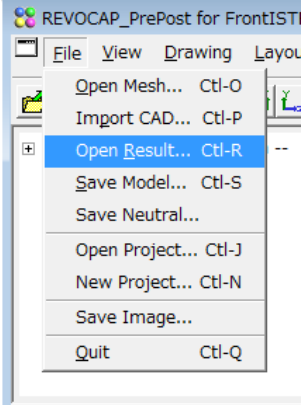
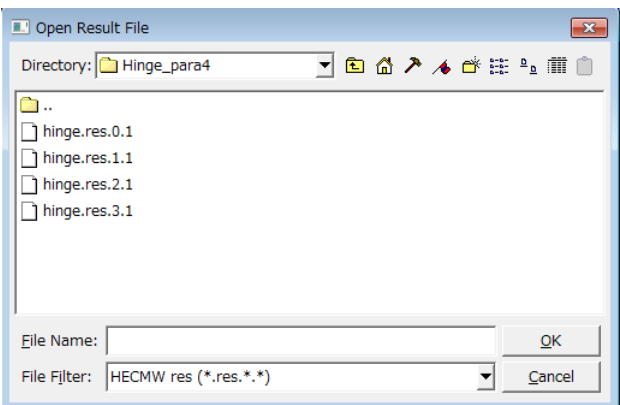
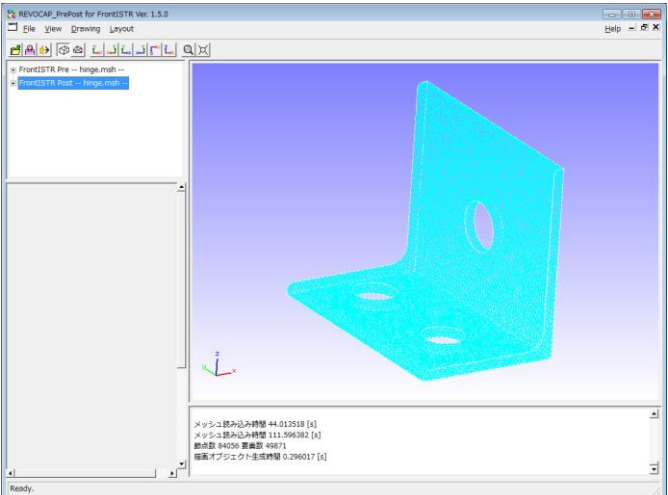
9.9 計算結果の転送

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

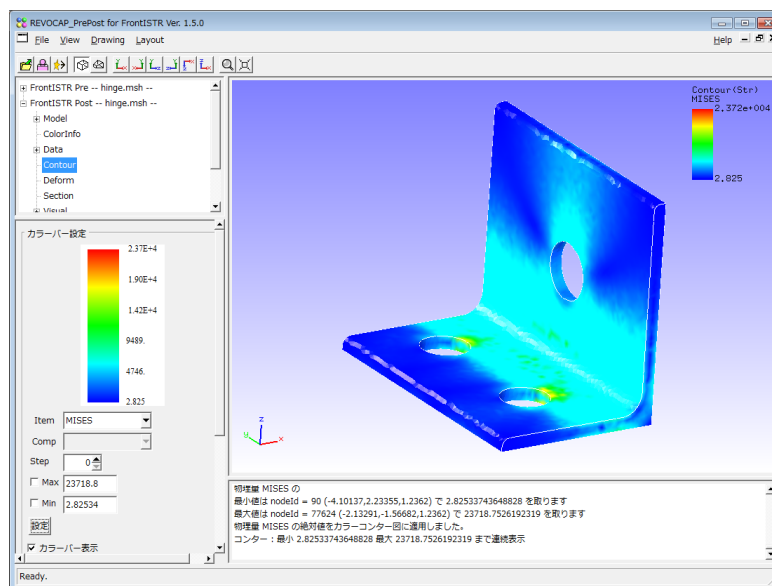
PC に計算結果を転送して、メッシュファイルと計算結果ファイルがあるとします。並列計算を実行した場合には、HECMW 形式の結果ファイルは並列数の分だけ生成されることに注意してください。

9 FrontISTR 並列弾性静解析（ヒンジ）

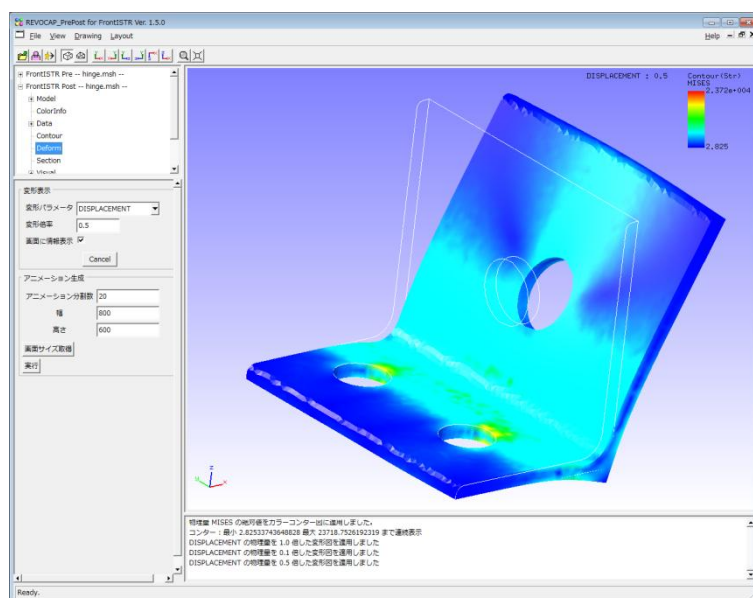
File メニューから OpenResult を選択します。	
HECMW Mesh ファイル、HECMW Res ファイルの順に選択します。Res ファイルは複数まとめて選択することができます。	
計算結果のメッシュが表示されます。	

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

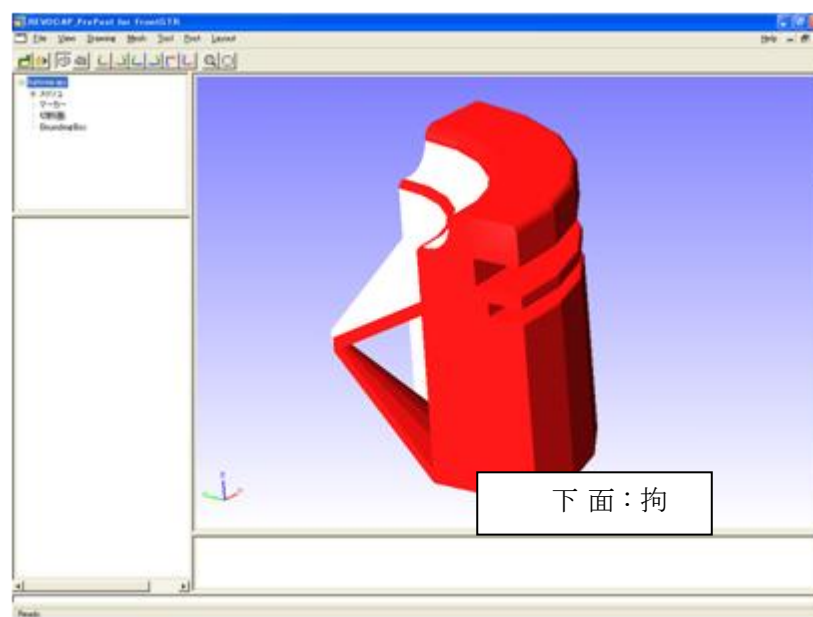
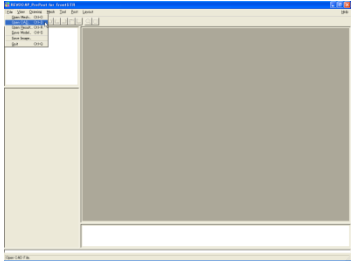
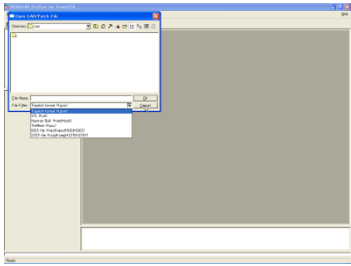
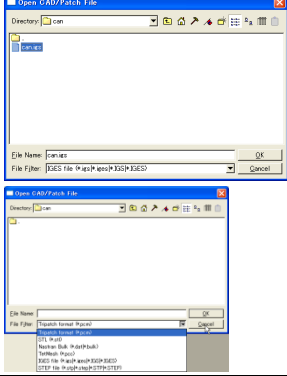
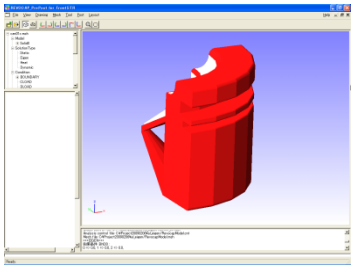
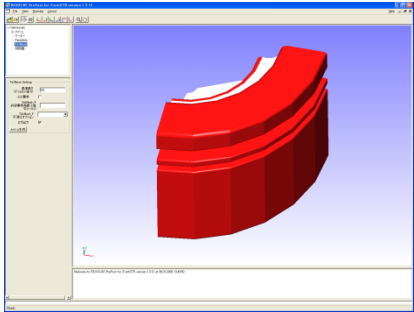
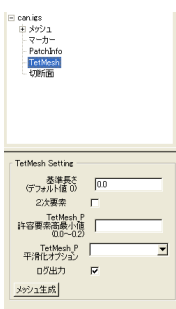
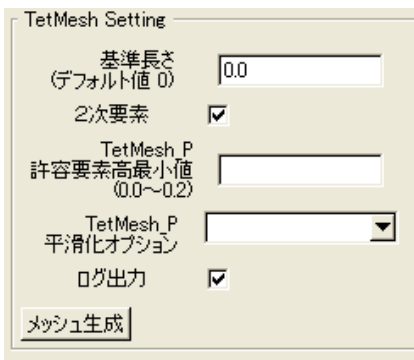
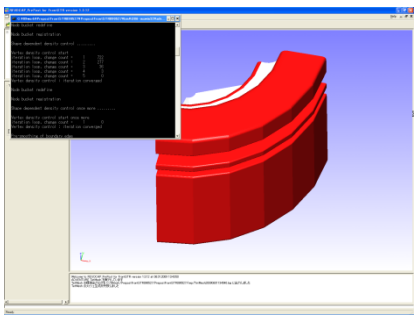


図 10-1 ハトメモデル

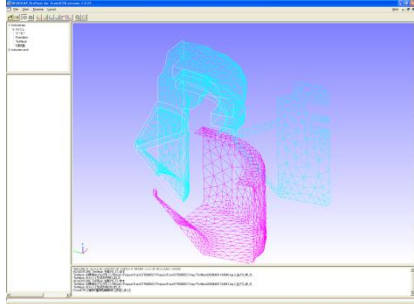
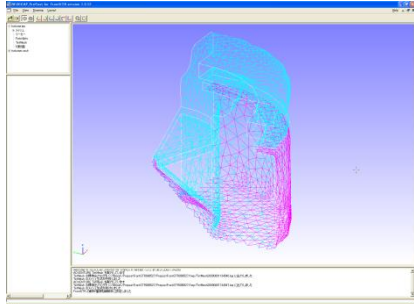
10.2 CAD データの読み込み

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。	
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。	
hatome.igs を選択します。	
hatome.igs が REVOCAP_PrePost に読み込まれます。	

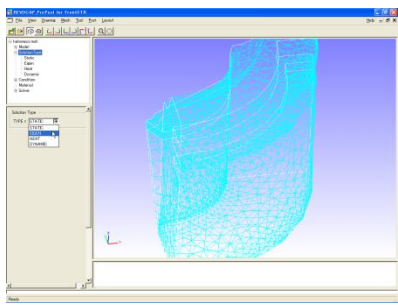
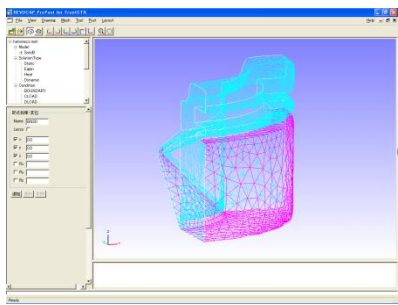
10.3 メッシュ生成

読み込んだ IGES ファイルからメッシュを生成します。	
Treeview のメッシュの下にある TetMesh 上で左クリックをします。	
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。	
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。	
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。	

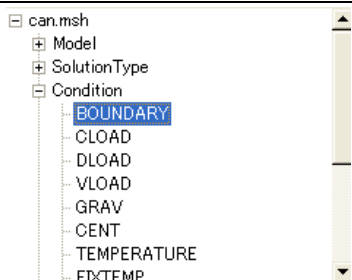
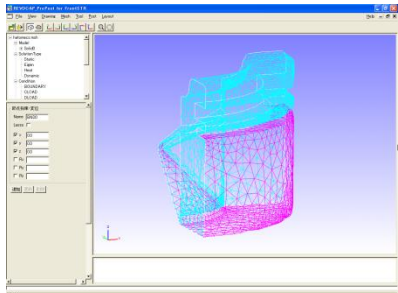
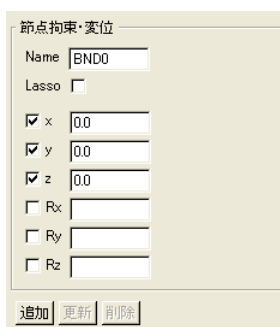
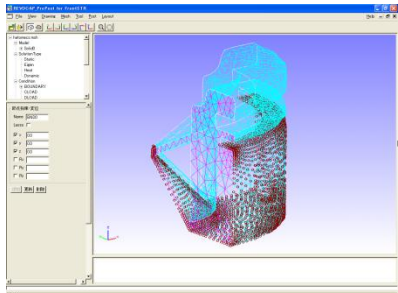
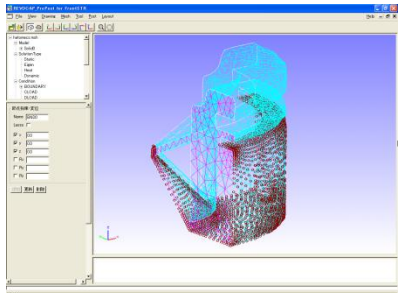
10 FrontISTR 固有値解析 (ハトメ)

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。 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。	

10.4 解析の種類、境界条件設定

今回は固有値解析を行います。 Treeview の Solution Type を選択します。 Treeview の下の Solution Type の TYPE= の▼から EIGEN を選択します。 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。	
メッシュに境界条件を与えます。 ハトメの下面を拘束します。 メッシュのハトメの下面を選択します。 *選択された面の色が変わります。	

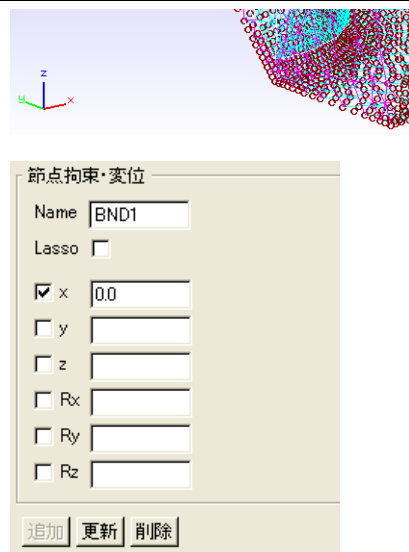
10 FrontISTR 固有値解析 (ハトメ)

画面左側 Treeview の Condition の BOUNDARY を選択します。 *BOUNDARY は拘束条件のことになります。	
今は XYZ 方向に拘束を行うのでデフォルトの状態を追加を押します。 *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。	 
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。	
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。 ハトメの対称面を選択します。	

10 FrontISTR 固有値解析 (ハトメ)

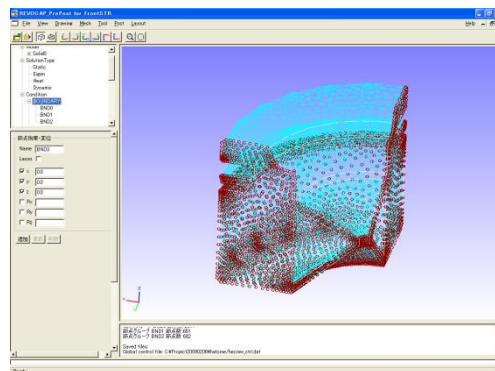
対称モデルのため X 方向だけを拘束します。
XY のチェックボックスを外し X のみチェック
します。追加を押します。

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。

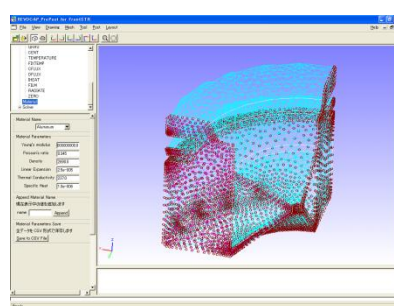
物性値は

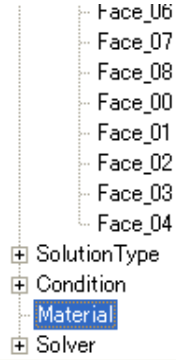
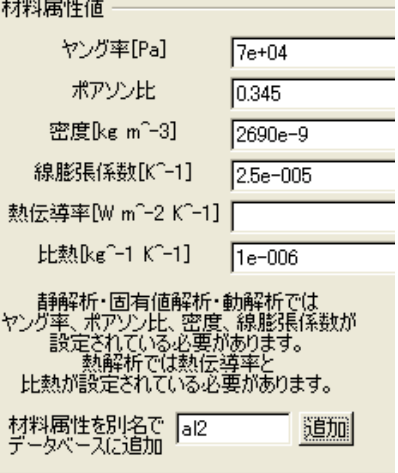
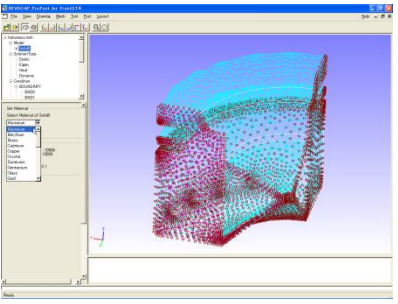
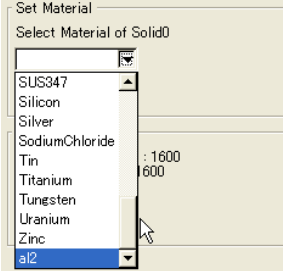
- 材料データベースの値を用いる
- ユーザーが任意に与える

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。

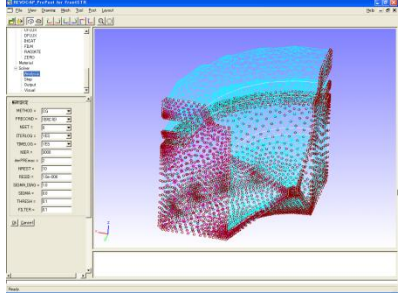
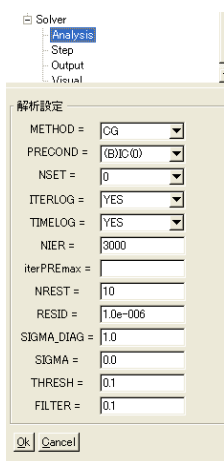
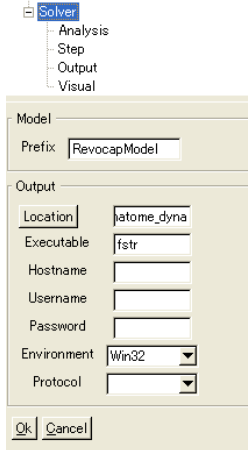
Treeview の下に物性値の設定画面が表示さ
れます。



	
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。 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。 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。 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』の個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。	
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。 この Select Material of Solid0 で al2 を選択します。 その後 OK のボタンを押します。 これでメッシュに物性値が与えられました。	 

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

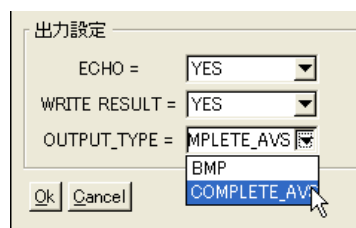
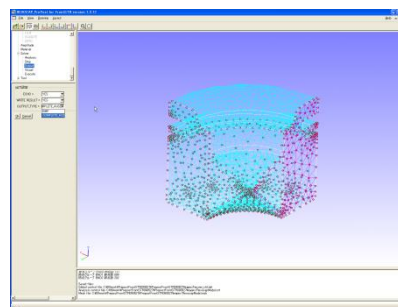
10 FrontISTR 固有値解析 (ハトメ)

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。

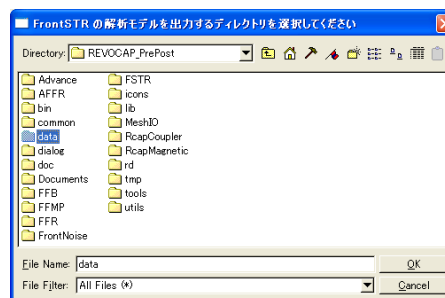
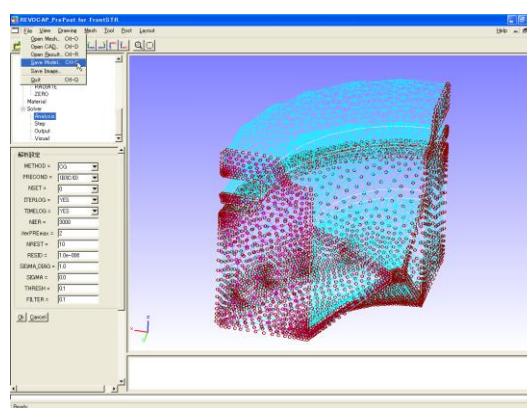
Treeview の Solver 上を選択し OK を選択します。



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。



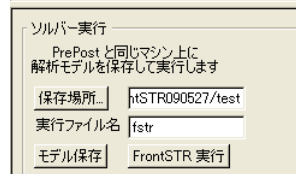
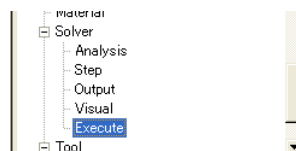
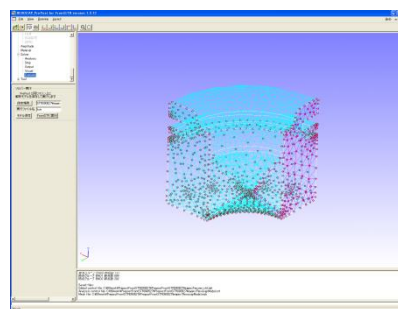
10.8 FrontISTR の実行

REVOCAP_PrePost から FrontISTR を実行します。

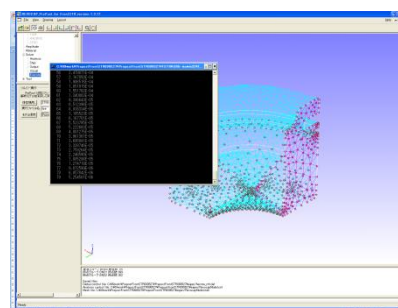
10 FrontISTR 固有値解析 (ハトメ)

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。

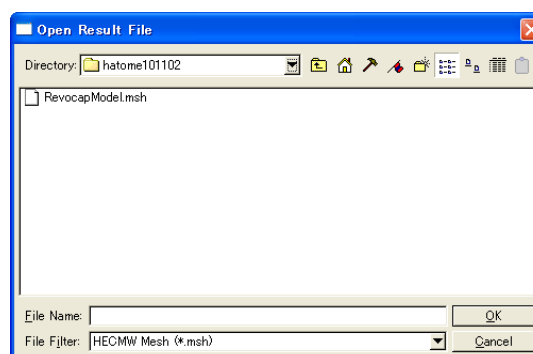


10.9 ポスト処理

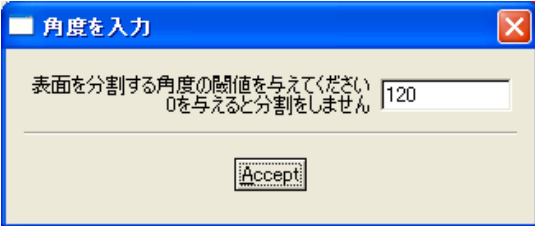
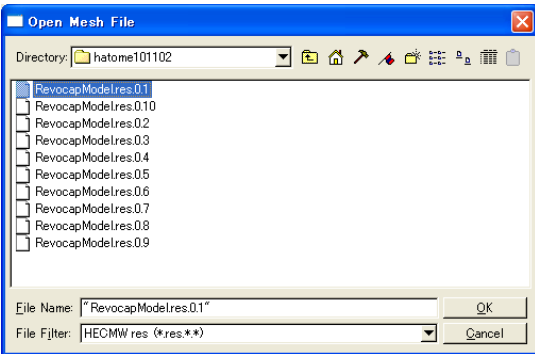
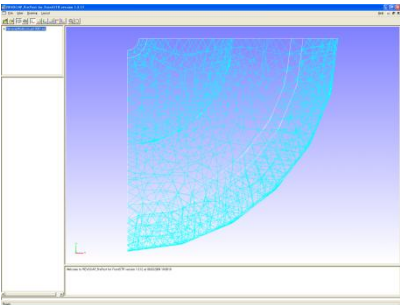
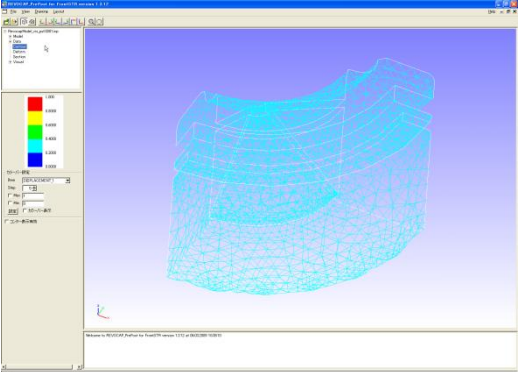
固有値解析を行った結果を REVOCAP_PrePost で確認します。

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)

	 
ファイルが読み込まれるとモデルが表示されます。	
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。	

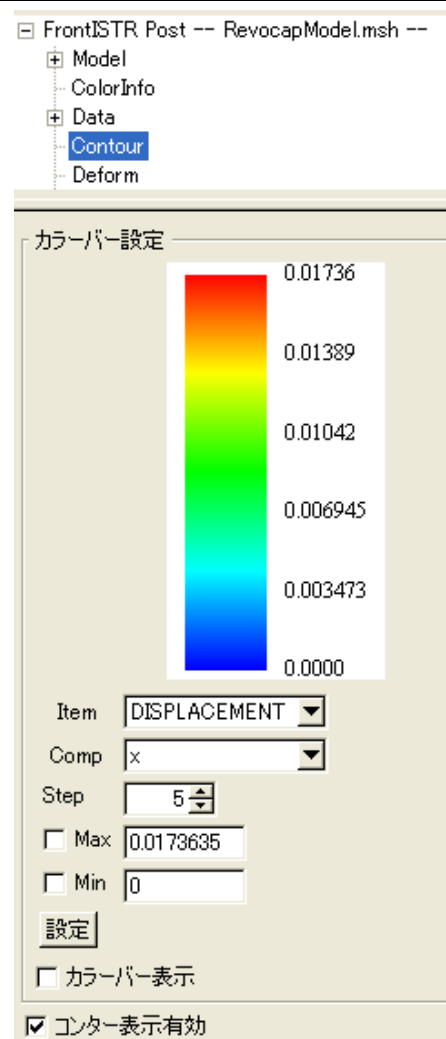
確認したい物理量を変更する場合はカラーバー設定の Item の▼を選択し各物理量を選択します。今回は Item から Displacement を選択します。

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。

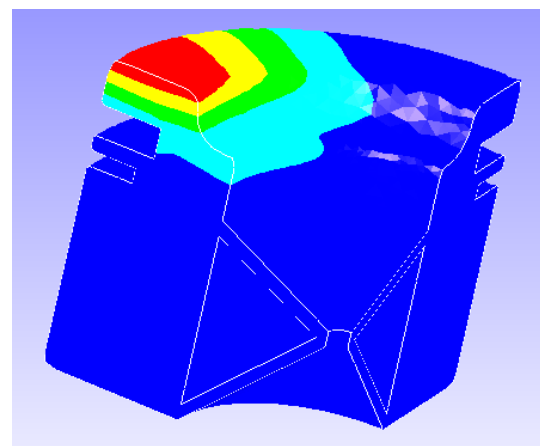
また 5 段階の色で表示するために「Step」は 5 を入力してください。

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

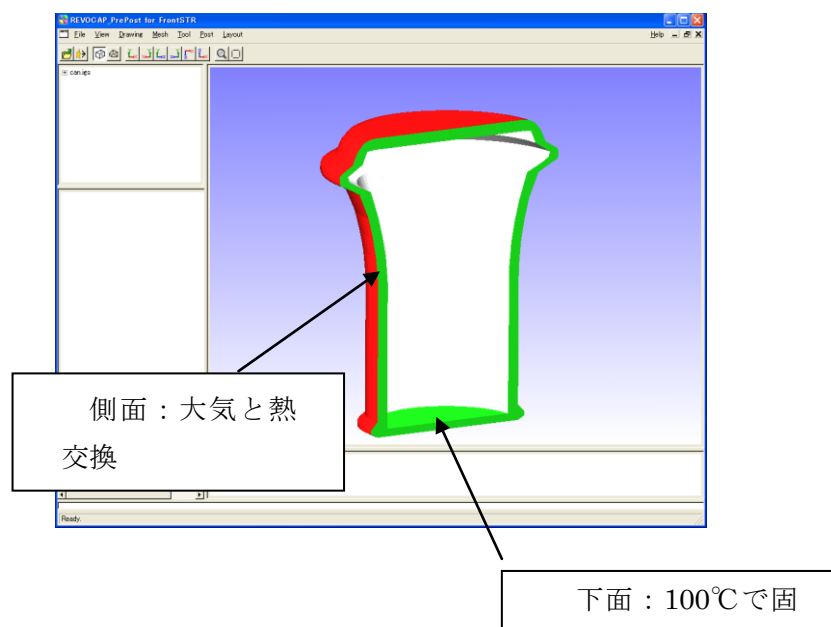


図 11-1 解析モデルの概要

解析の手順の概略は

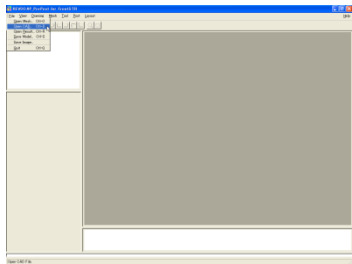
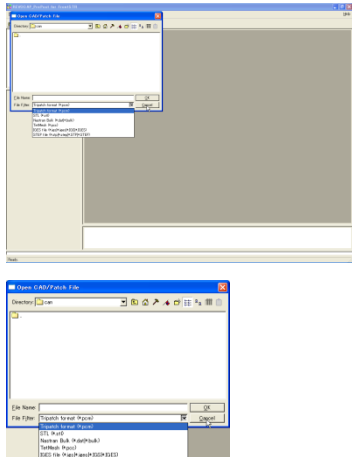
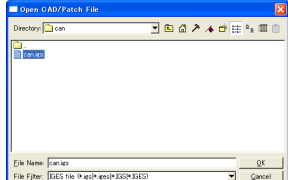
1. 形状データの読み込み

11 FrontISTR 熱伝導解析 (アルミ缶)

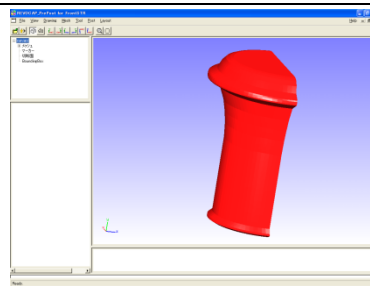
2. メッシュ生成
3. 境界条件の設定
4. 物性値の設定
5. 解析条件の設定
6. 解析モデルの出力
7. FrontISTR の計算の実行
8. 計算結果の可視化

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

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。	
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。	
can.igs を選択します。	

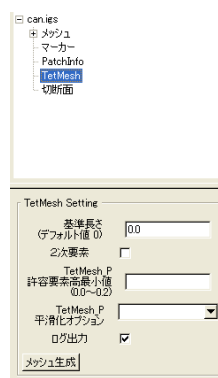
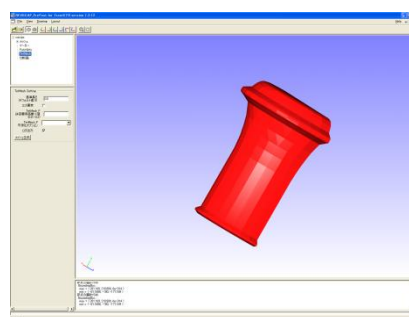
can.igs が REVOCAP_PrePost に読み込まれます。



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。



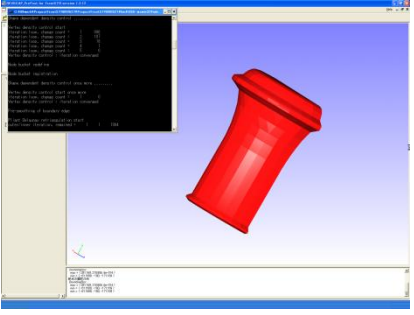
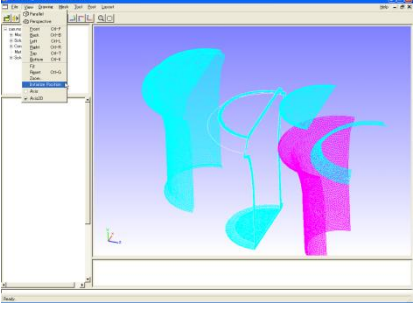
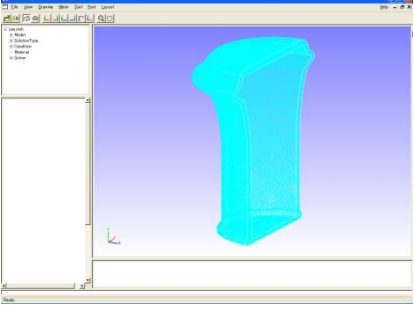
TetMesh Setting でメッシュの粗密・一次要素二次要素の選択などがおこなえます。

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。



11 FrontISTR 熱伝導解析 (アルミ缶)

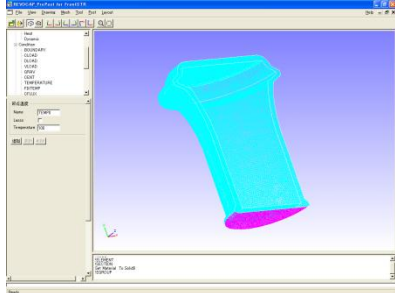
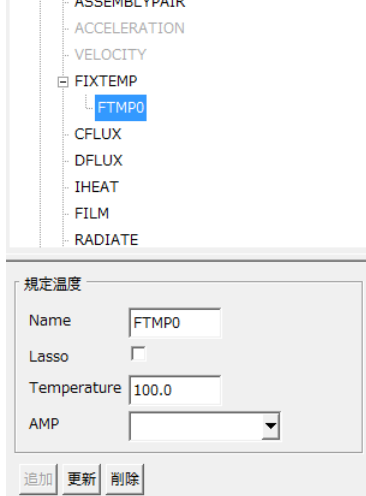
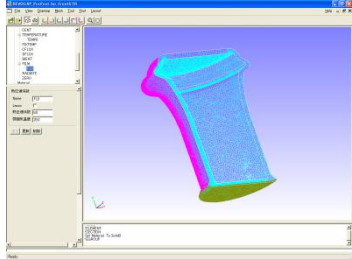
メッシャーが起動し、コマンドプロンプトが表示されます。 メッシュの生成に成功すると、自動的にメッシュを開いて、FrontISTR の境界条件設定用の画面に切り替わります。	
メッシュの面は、面ごとにユーザーが選択し、画面上で動かすことができます。 面は左クリックを押して選択します。この時選択面の色が変わります。 左クリックを押したままマウスを操作すると面が移動します。	
元の位置にメッシュを戻すにはメニューの View から Init Pos を選択します。 移動した面が元の位置に戻ります。	

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。

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

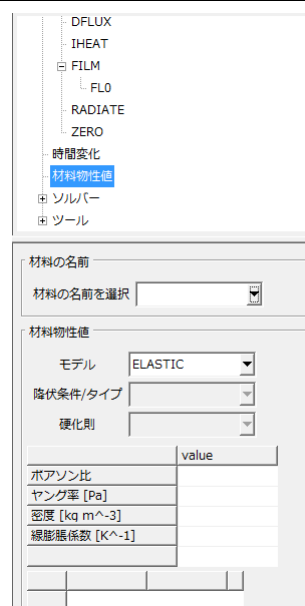
11 FrontISTR 熱伝導解析 (アルミ缶)

メッシュに境界条件を与えます。 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)	
画面左側 Treeview の Condition の FIXTEMP (節点に与える温度) を選択します。 Temperature に 100 を入力し、追加ボタンを押してください。	
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。 この FTMP0 が今与えた規定温度の条件になります。	
大気との熱伝達について定義します。 アルミ缶表面が大気と熱を交換しているとします。 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)	

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。

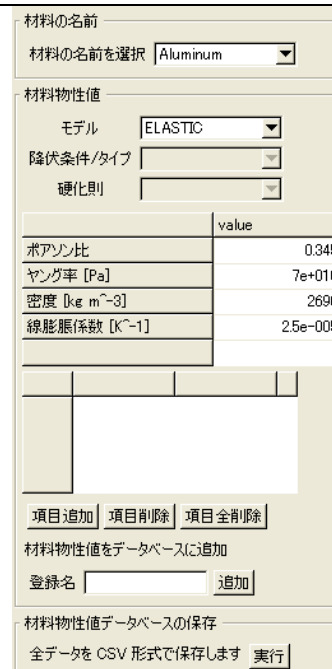
REVOCAP_PrePost ではアルミの物性値をあらかじめデータとして持っています。



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。



次にこの材料物性値をメッシュの領域に割り当てます。

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。



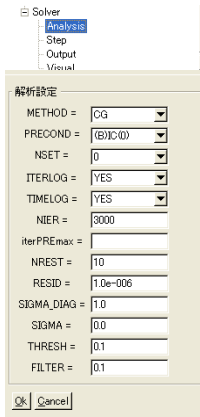
材料の選択で Aluminum を、材料モデルは HEAT を選択して設定ボタンを押します。

これで領域に物性値が設定されました。



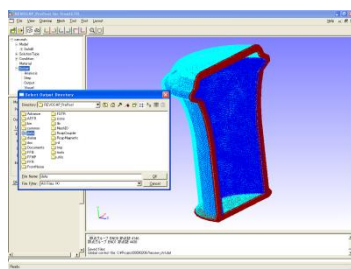
11.6 計算条件の設定

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。

TreeView のソルバーの下に 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。	
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。	

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。

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。	



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。

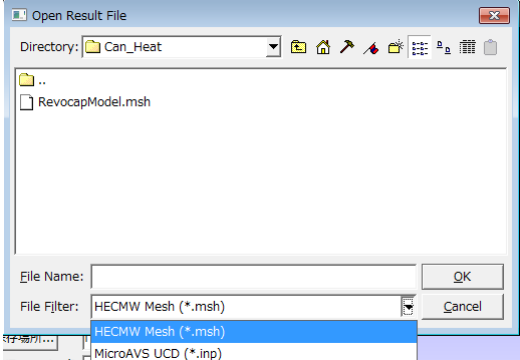
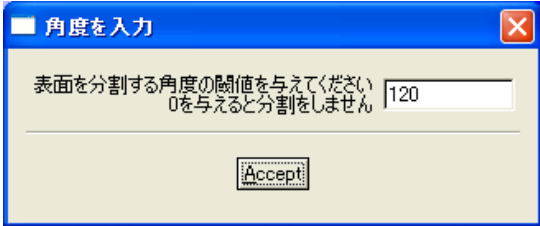
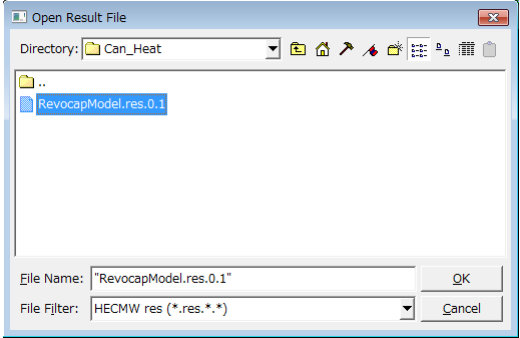
TreeView のソルバーの下に Execute を選択します。 ソルバー 実行 のための画面が CustomPane に表示されます。	
FrontSTR の 実行 ボタンを押すと FrontISTR が起動します。	

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。

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) 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。	
---	--

11 FrontISTR 熱伝導解析 (アルミ缶)

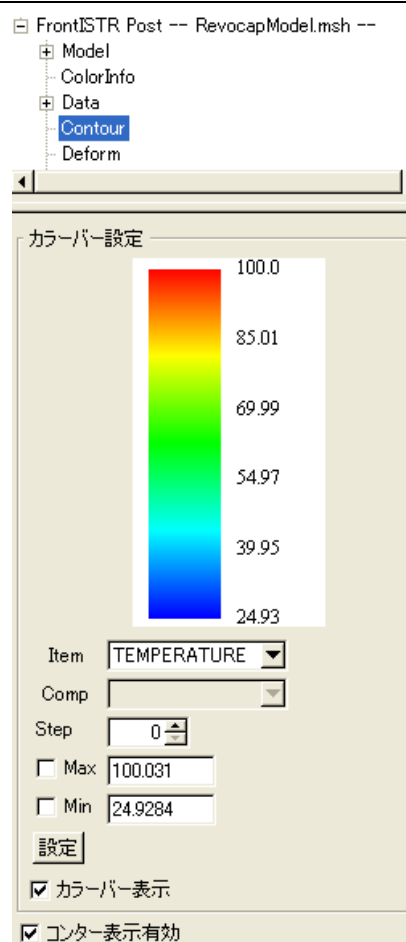
	
メッシュファイルを選択した後、続けて計算結果ファイル(*.res.*)を選択します。	 

11 FrontISTR 熱伝導解析 (アルミ缶)

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。

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。

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。



「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。

