

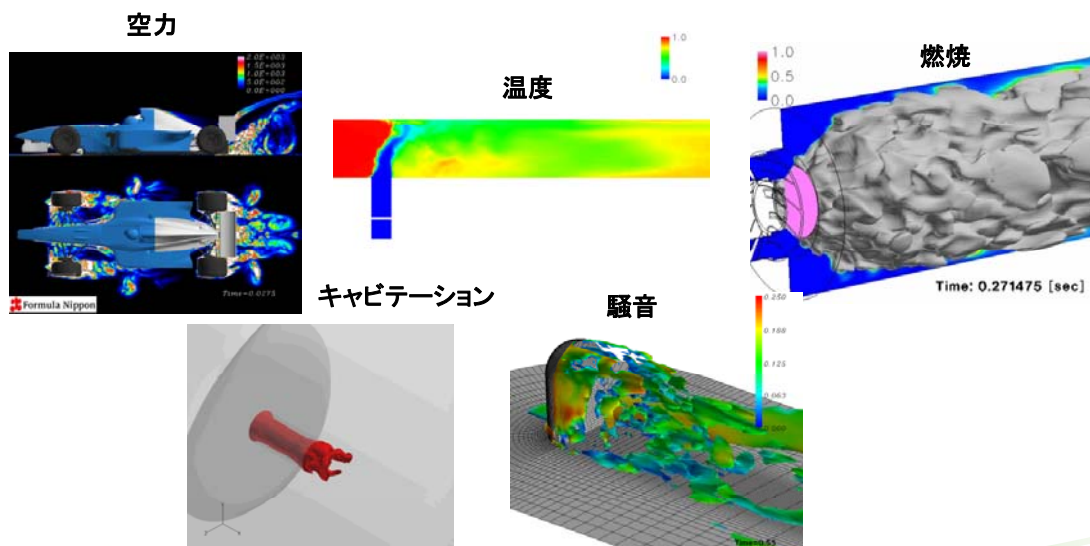
流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red + Advance/REVOCAP と Cube-it・ParaView の利用

第2事業部 技術第3部 清野 多美子

アドバンスソフトのプリ・ポストプロセッサご紹介セミナー
2013年8月27日(火)
アドバンスソフト株式会社

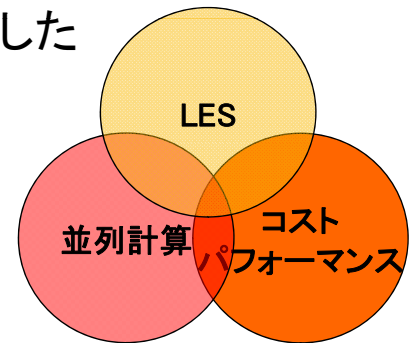
流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/redとは

速度、圧力、温度、物質拡散、燃焼、騒音、キャビテーション、
微粒子などの分布を予測・解析するソフトウェア



流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/redの特長

- ① 文部科学省による6年間のプロジェクトで開発したFrontFlow/redを改良・実用化した**国産ソフトウェア**
- ② お客様が業務に活用できるよう**開発技術者がサポート**
- ③ お客様のニーズに合わせた**改変性**
- ④ **ラージ・エディ・シミュレーション (LES)** の解析実績
- ⑤ **コストパフォーマンス** ……並列数によらない価格設定



※Advance/FrontFlow/redの詳細な説明をご希望の方は、営業担当までご連絡ください

流体解析の流れ

- ① 計算格子の作成 ←Cube-it
- ② 計算条件の設定 ←Advance/REVOCAP
- ③ 計算実行 ←Advance/FrontFlow/red
- ④ 可視化 ←ParaView



例題を用いて実行手順を説明します

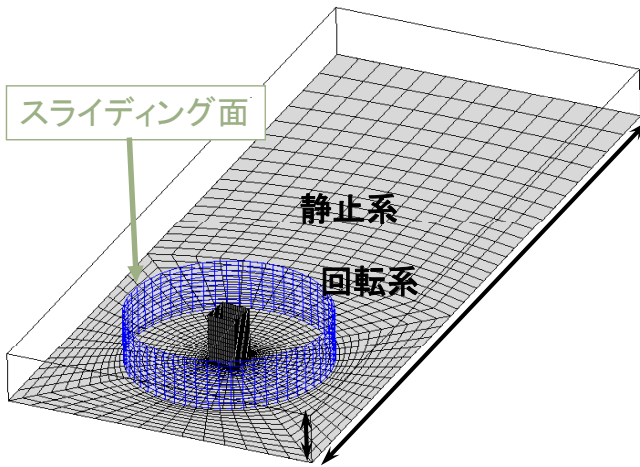
回転角柱周りの流れ解析の例

[解析目的]

一様流中で回転する角柱の後流中の渦放出周波数と回転数の関係を、計算で再現できるかどうかを調べる

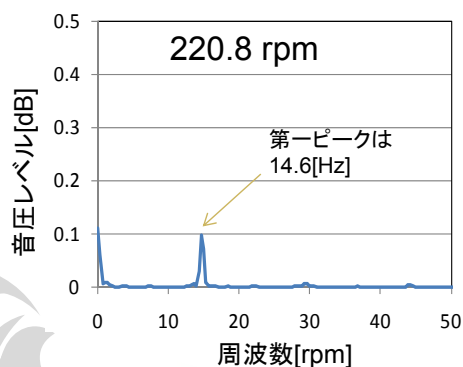
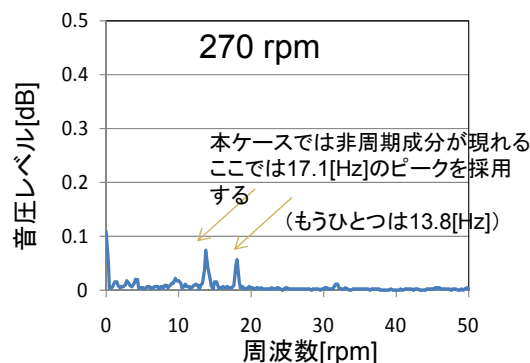
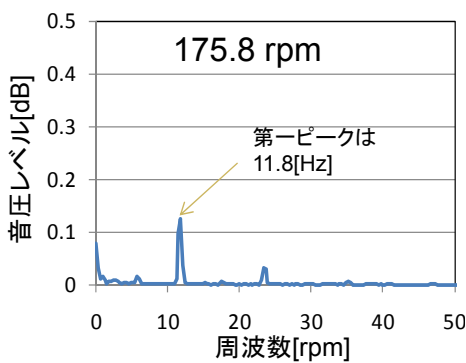
[解析条件]

流入速度 : 2.47[m/s]
レイノルズ数 : 7100
回転数 : 175.8、220.8、270[rpm]
乱流モデル : LES (標準Smagorinsky)
差分スキーム : 2次中心差分
時間積分 : Euler陰解法
流体 : 非圧縮流体
回転の扱い : スライディング格子機能

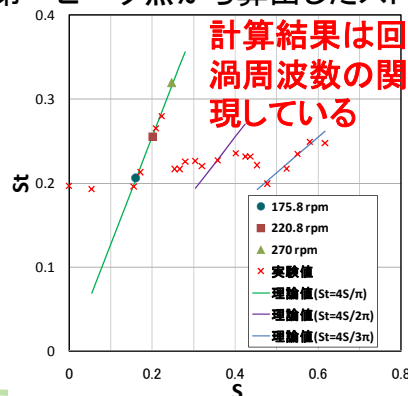


[解析結果]

周波数スペクトルの位置(x,y,z)=(0.0305m,0.122m,0m)



第一ピーク点から算出したストローハル数



$$St = \frac{Df}{U}$$

$$S = \frac{\pi D f'}{U}$$

f : 観測する周波数
D : 典型的な長さ
f' : 角柱の回転周波数
U : 典型的な速度

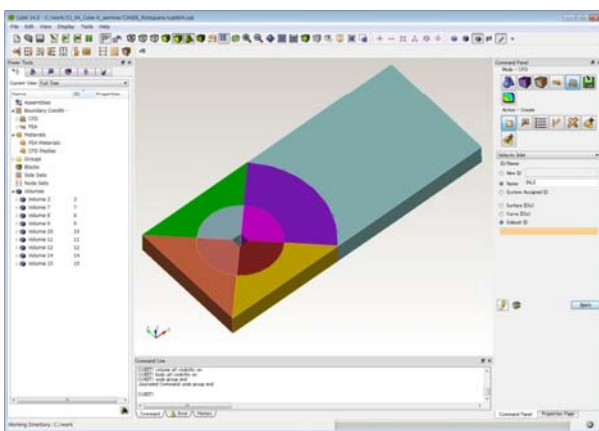
参考文献: 黒田ら、日本機械学会論文集B編 62巻597号(1996) p1709

流体解析の流れ

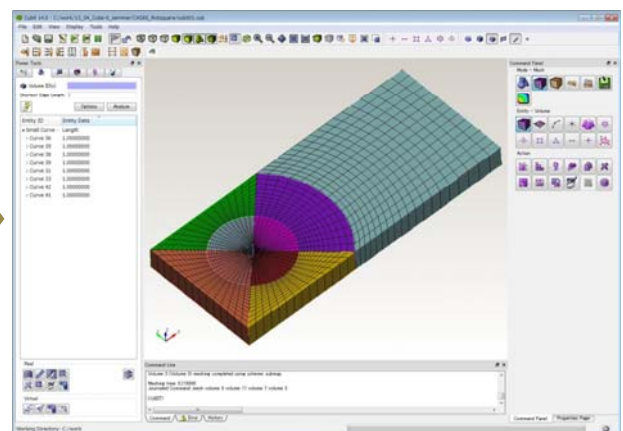
- ① 計算格子の作成 ←Cube-it
- ② 計算条件の設定 ←Advance/REVOCAP
- ③ 計算実行 ←Advance/FrontFlow/red
- ④ 可視化 ←ParaView

①Cube-itによる計算格子の作成

形状と計算格子の作成



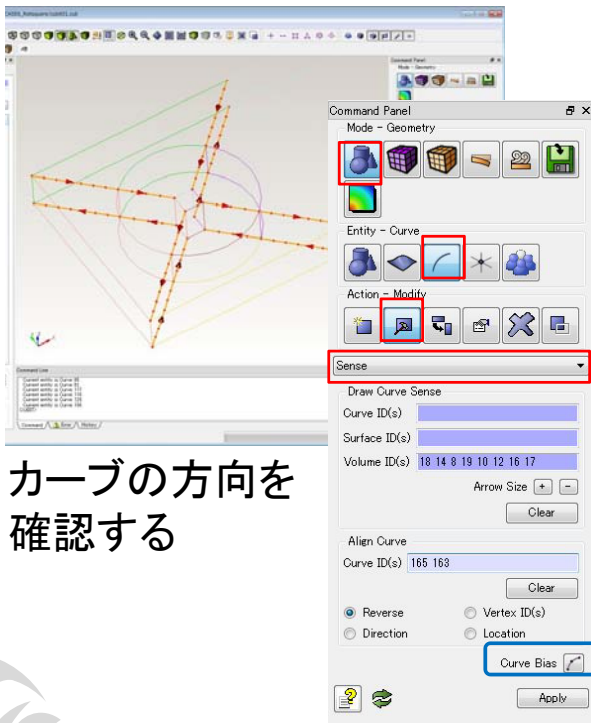
Cube-itで作成した形状



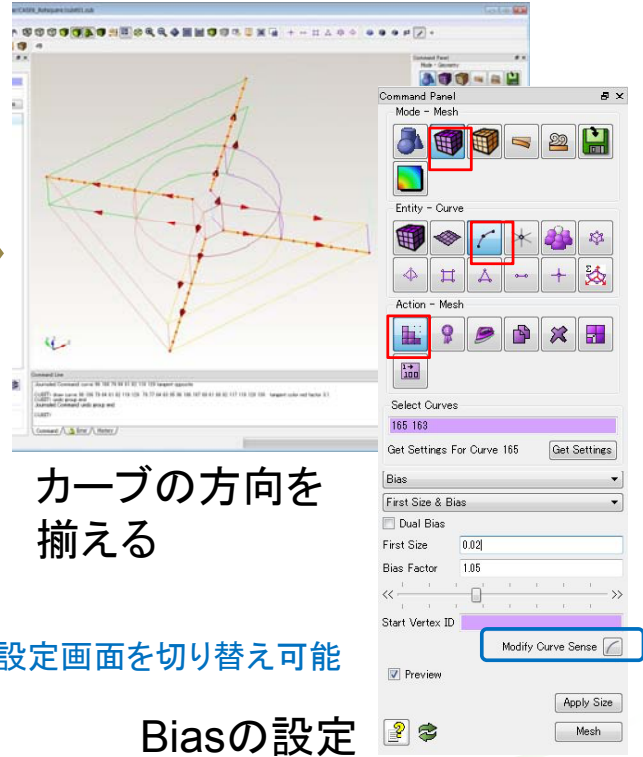
Cube-itで作成した計算格子



メッシュの粗密の定義



カーブの方向を確認する

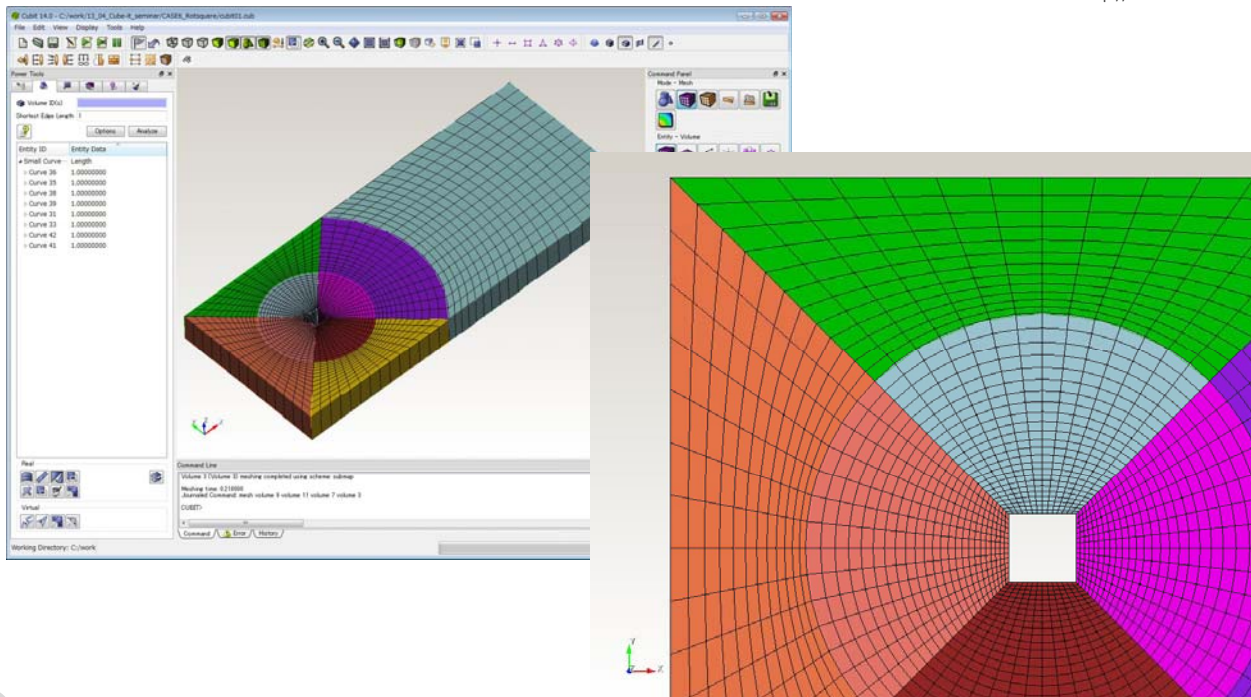


カーブの方向を揃える

設定画面を切り替え可能

Biasの設定

Biasを設定したメッシュ

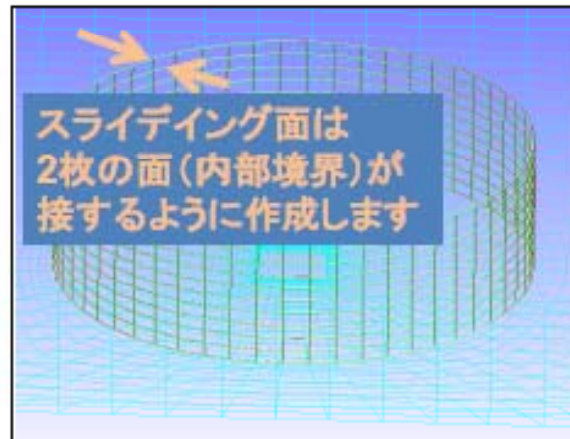


複数材料の定義

スライディング以外の領域: 属性番号1



スライディング領域: 属性番号2

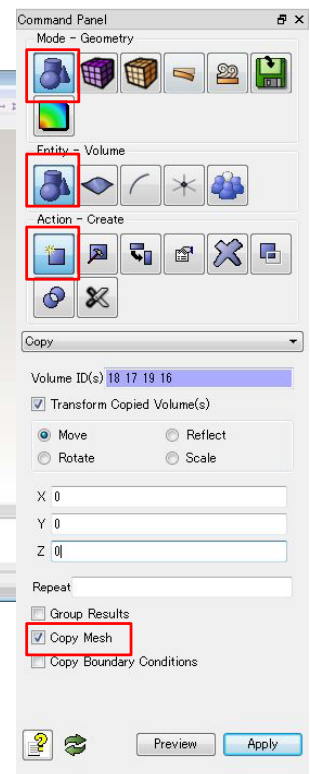
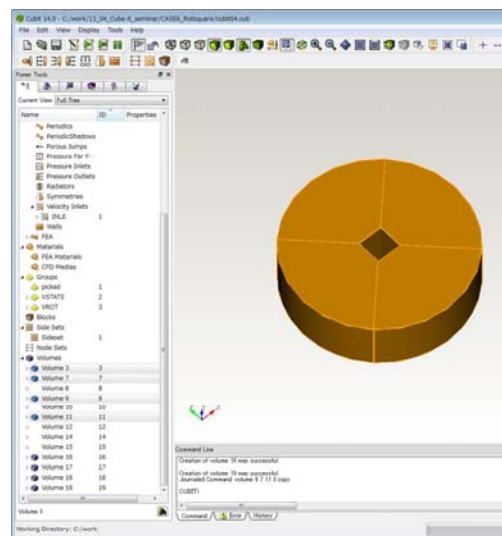


※複数材料の定義には
インターフェース境界が
2枚必要です

スライディング領域とその他領域の分割

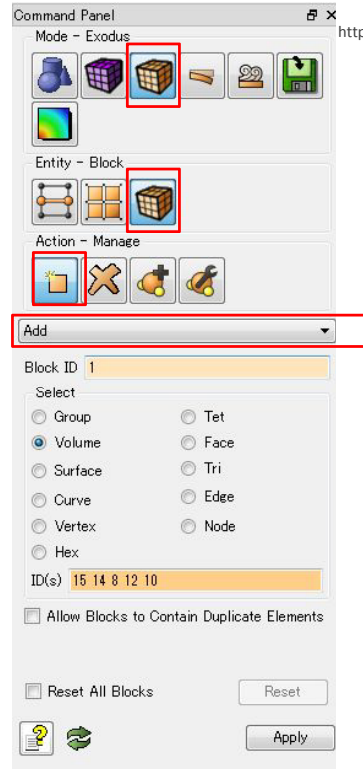
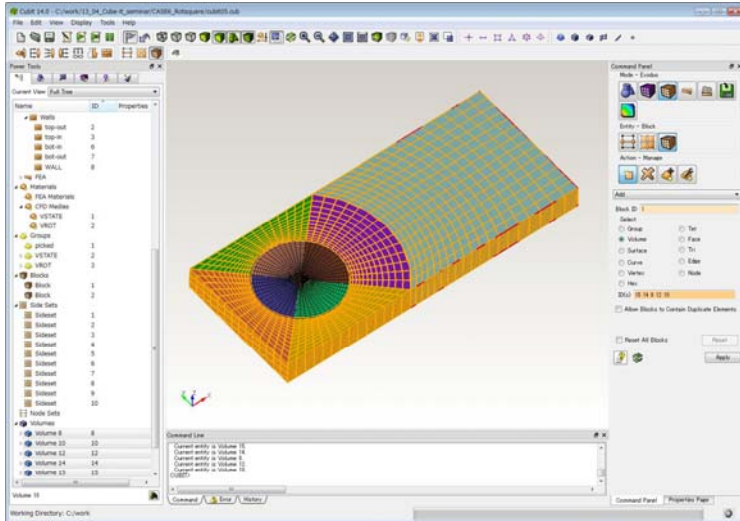
①スライディング領域の
形状とメッシュを同位置
にコピーする

②コピー前の形状を
削除する



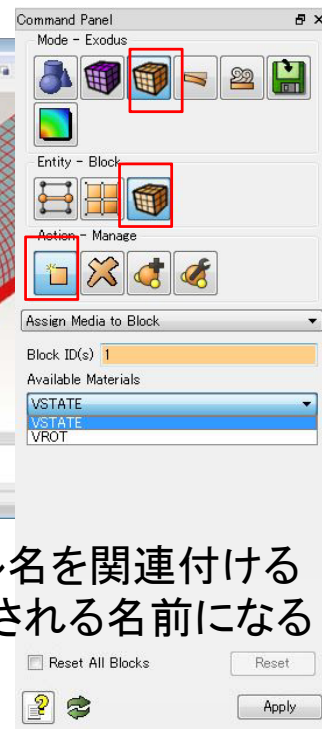
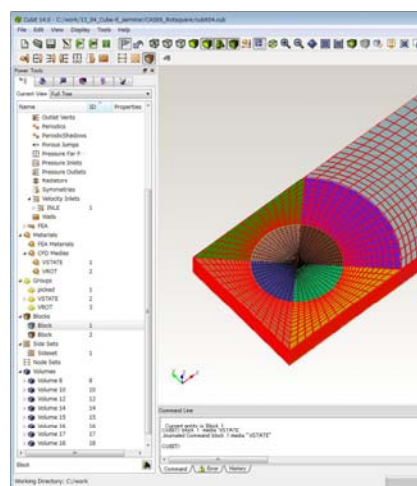
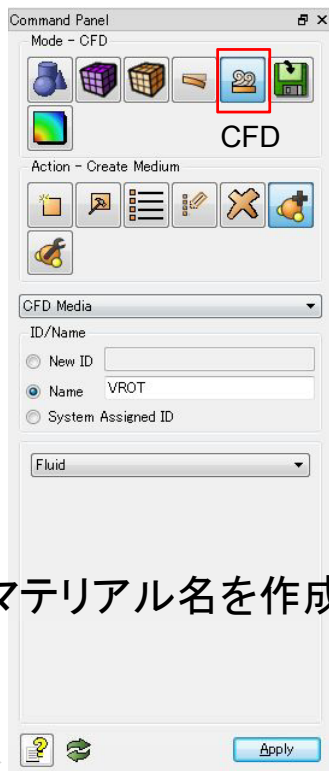
※Copy Meshにチェックを入れると、
形状とメッシュが同時にコピーされます

Block IDの定義



材料毎にBlock IDを定義する
※デフォルトでは1になります

Blockに材料名を定義



材料名を作成

Block IDと材料名を関連付ける
→プリ処理時に使用される名前になる

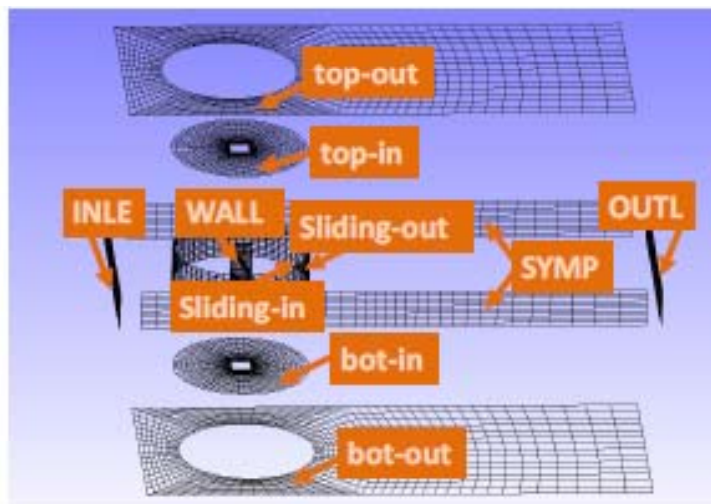
境界名の設定

境界の種類

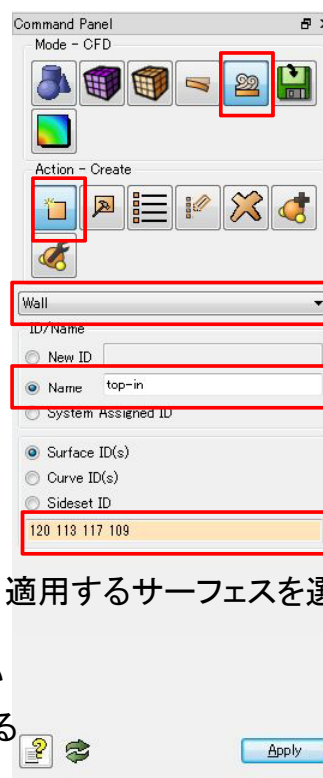
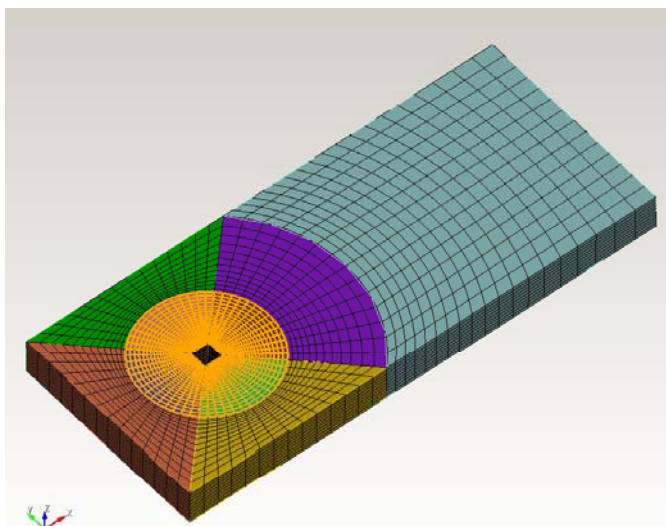
→REVOGAPまたはAdvance/FlontFlow/redの設定ファイル(fflow.ctl)で設定



境界名→Cube-it で設定



境界名の定義



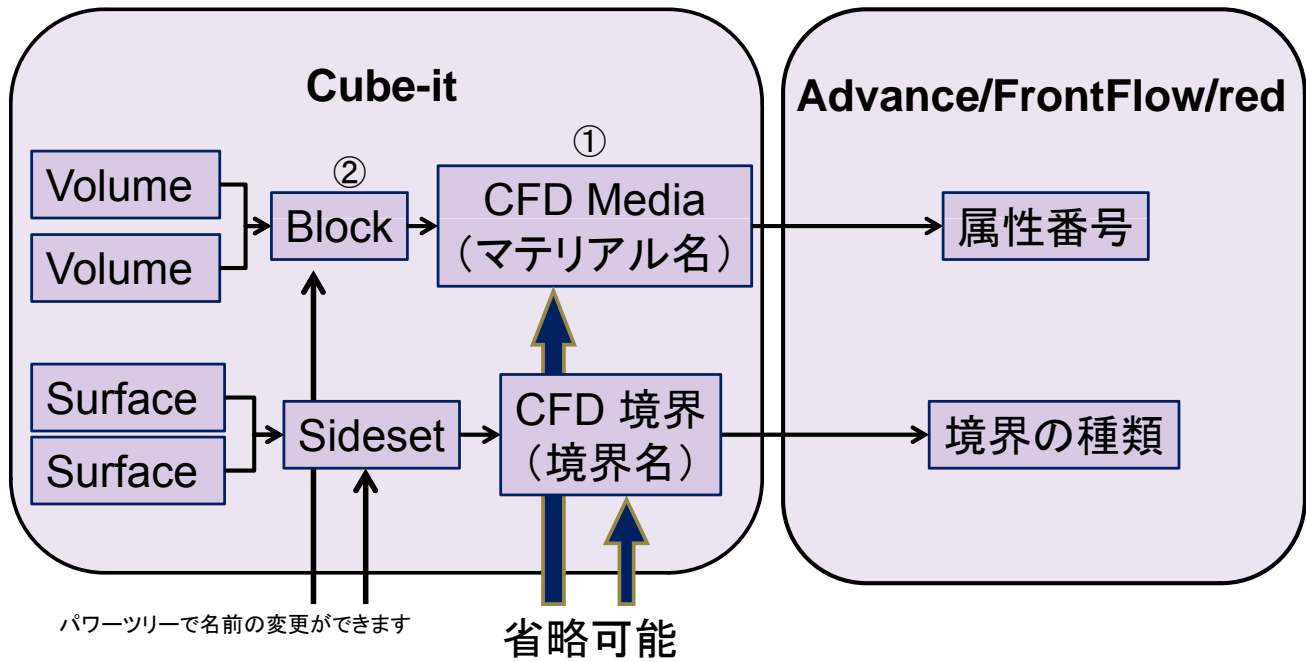
何でも良い

名前を入力

適用するサーフェスを選択

※メッシュ上で設定された境界の種類は使用されない
境界を作成すると同時にCube-itのSidesetが作成される

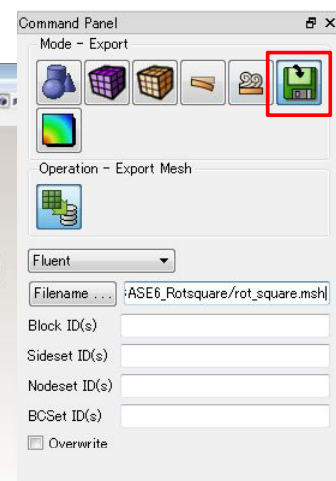
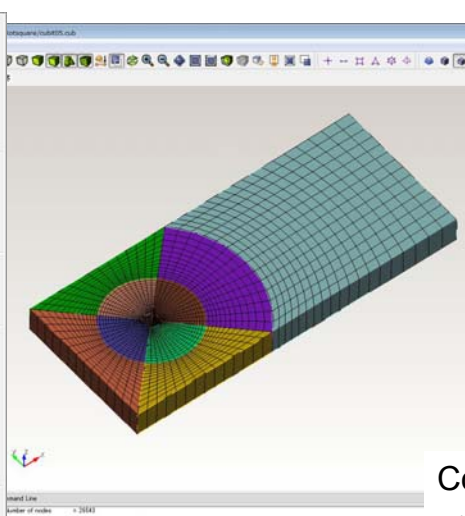
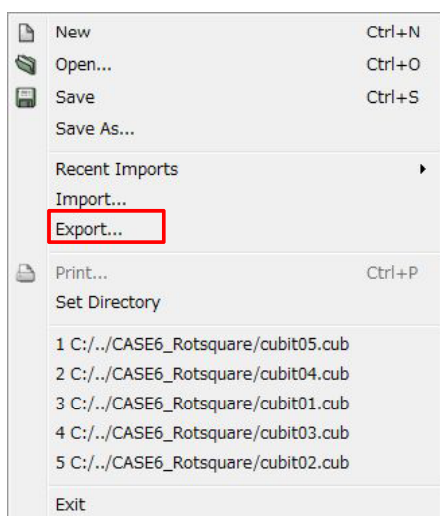
設定の関係図(3Dモデルの場合)



設定名の出力優先順位①→②→デフォルト名

格子ファイルの出力

Fluent形式を選択してメッシュを出力する



Command Panel
→Analysis Setupから出力

メニューから出力
Fileメニュー→Export

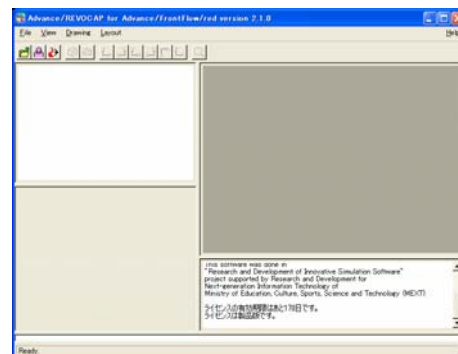
流体解析の流れ

- ① 計算格子の作成 ←Cube-it
- ② 計算条件の設定 ←Advance/REVOCAP
- ③ 計算実行 ←Advance/FrontFlow/red
- ④ 可視化 ←ParaView



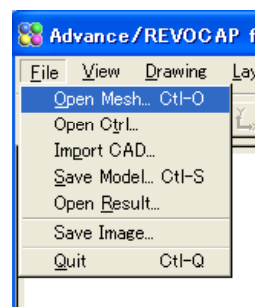
②Advance/REVOCAPによる 計算条件の設定

Advance/REVOCAPの起動

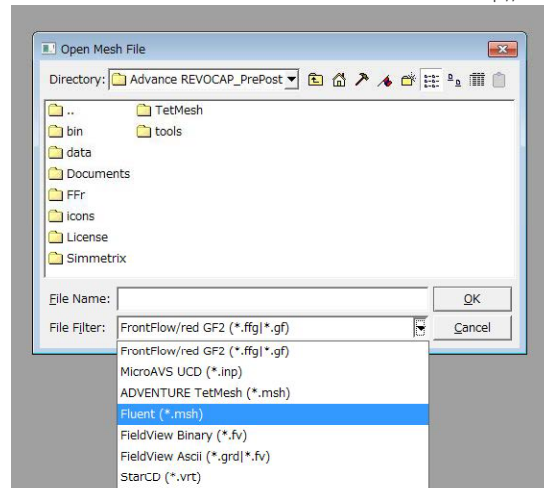


計算格子の読み込み

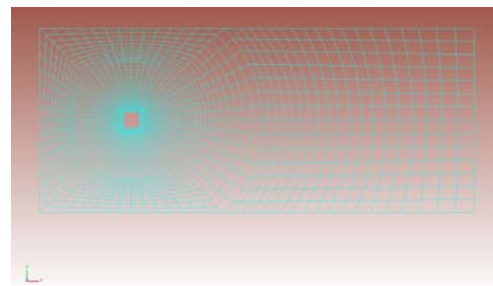
[File]-[Open Mesh]を選択する



- ① 計算格子データがあるフォルダまで移動する
- ② Fluent (*.msh)を選択する
- ③ 格子データを選択し、OKボタンを押す

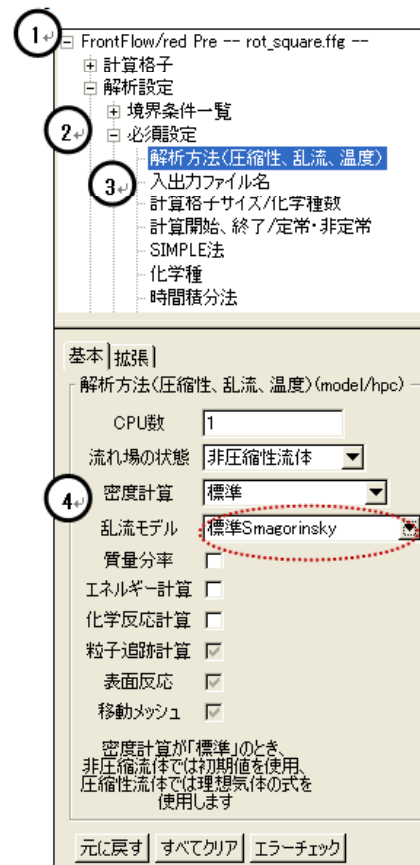


格子ファイルの読み込みが完了すると右図のような画面が表示される



解析方法(圧縮性、乱流、温度計算)の設定

- ① [Step1] で読み込んだ格子ファイル名を選択する
- ② [解析設定]-[必須設定] を展開する
- ③ [解析方法(圧縮性、乱流、温度)] を選択する
- ④ [乱流モデル] に [標準Smagorinsky] を選択する



計算開始、終了 / 定常・非定常の設定

①[解析設定]- [必須設定]-
[計算開始、終了/定常・非定常]を
選択する

②[計算終了ステップ]を1000に変更
する

FrontFlow/red Pre -- rot_square.fgg --

- 計算格子
- 解析設定
 - 境界条件一覧
 - 必須設定
 - 解析方法(圧縮性、乱流、温度)
 - 入出力ファイル名
 - 計算格子サイズ/化学種数
 - 計算開始、終了/定常・非定常
 - SIMPLE法
 - 化学種
 - 時間積分法

計算開始、終了/定常・非定常(time)

計算開始ステップ 0

計算終了ステップ 1000

計算終了時刻

定常・非定常 非定常計算

収束基準値 0.2

計算終了ステップと計算終了時刻が
両方設定された場合はいずれか早い方で
計算が終了します

時間刻み(deltat)

時間刻み設定 固定時間刻み

時間刻み 0.0001

クーラン数

元に戻す すべてクリア エラーチェック

SIMPLE法の内部反復回数と 収束判定基準値の設定

①[解析設定]- [必須設定]-
[SIMPLE法]を選択する

②[内部反復回数]に30を
入力する

FrontFlow/red Pre -- rot_square.fgg --

- 計算格子
- 解析設定
 - 境界条件一覧
 - 必須設定
 - 解析方法(圧縮性、乱流、温度)
 - 入出力ファイル名
 - 計算格子サイズ/化学種数
 - 計算開始、終了/定常・非定常
 - SIMPLE法
 - 化学種
 - 時間積分法

SIMPLE法(simple)

内部反復回数 30

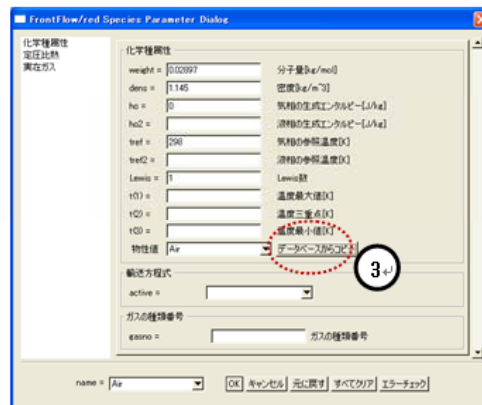
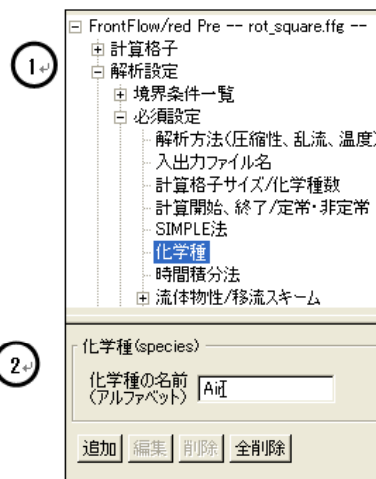
収束基準値 0.2

元に戻す すべてクリア エラーチェック

化学種の設定

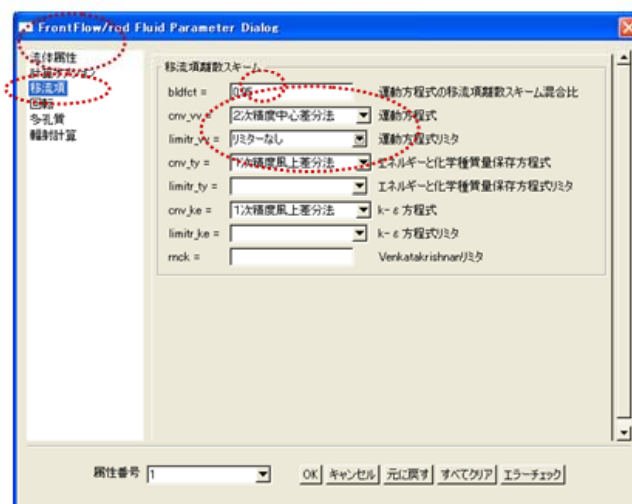
- ① [解析設定]- [必須設定]- [化学種]を選択する
- ② 「化学種の名前」の項目に「Air」と入力し、編集ボタンを押す
- ③ ダイアログが開いたら [物性値]の欄で[Air]を選択し [データベースからコピー] ボタンを押す
物性値が必要な項目に自動的に入力される

OKボタンを押してダイアログを閉じる



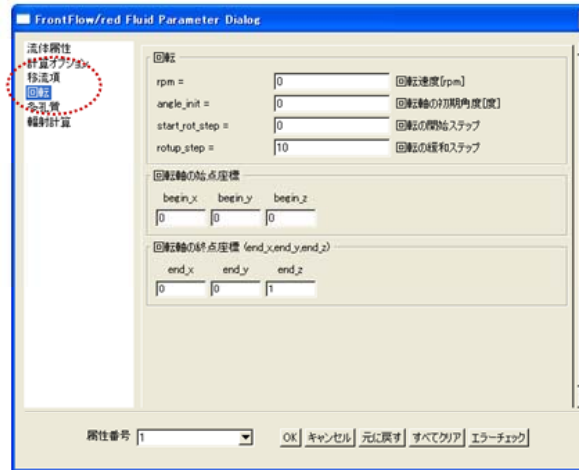
移流項離散スキームの設定

[運動方程式の移流項離散スキーム混合比]には0.95,
[運動方程式]には
[2次精度中心差分法]を選択する



静止座標系の設定

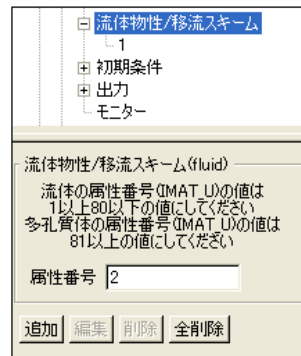
[回転速度]には0rpm,
 [回転軸の初期角度]には0,
 [回転の開始ステップ]には0
 [回転の緩和ステップ]には10
 を入力する
 [回転軸の始点]を(0,0,0),
 [回転軸の終点]には(0,0,1)を
 入力する
 OKボタンを押してダイアログ
 を閉じる



ncsoft.jp/

回転座標系の設定

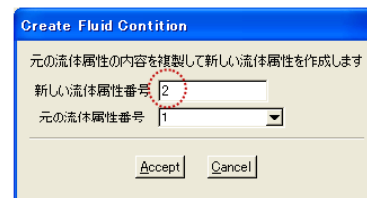
属性番号に2を入力して追加
 ボタンを押す



属性番号の項目から
 「create new condition」を選択
 する

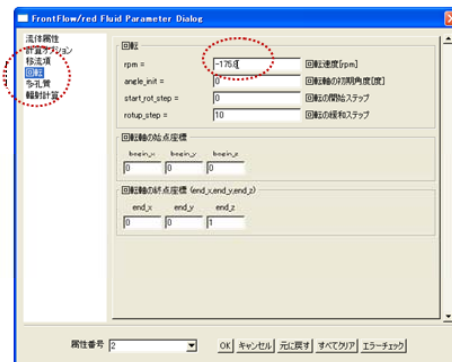


「新しい流体属性番号」に2を
 入力してAcceptボタンを押す



ダイアログには流体属性番号
 1の設定がコピーされる

[回転]を選択する
 [回転速度]に-175.8を入力する
 OKボタンを押してダイアログを
 閉じる

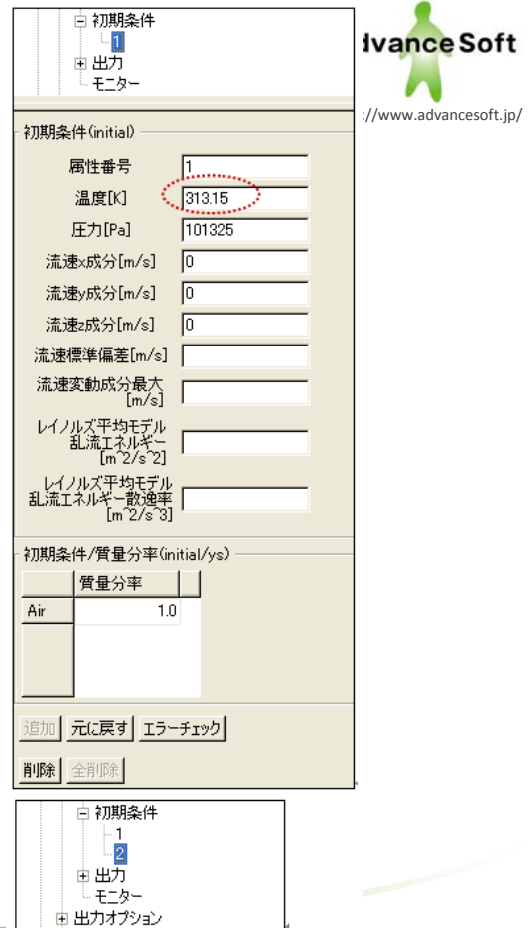


初期条件の設定

- ① [格子ファイル名]-[解析設定]-[必須設定]-[初期条件]-[1]を選択する
- ② 該当項目を入力する(右図参照)

同様にもう一つの属性番号が2の流体についての設定を追加する
 まずツリーにおける「初期設定」の項目をクリックし、設定フォームにおいて、属性番号を2にする以外は、右図のように設定する

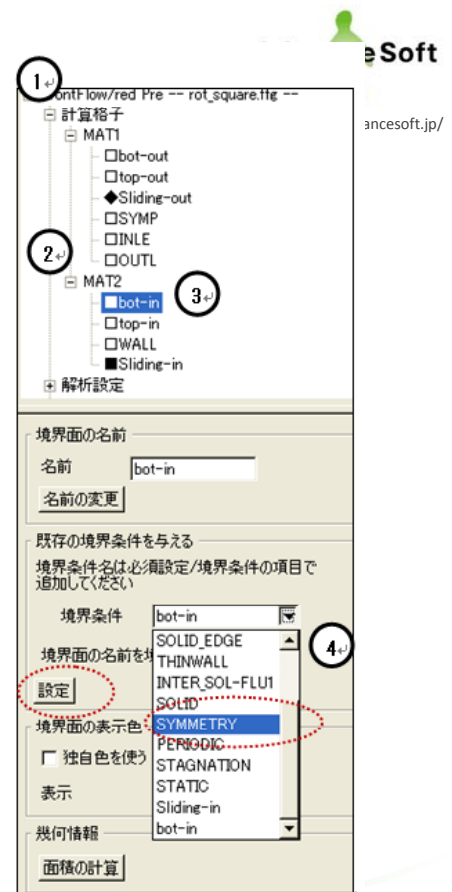
追加ボタンを押す
 図のようにツリーに「2」という項目が追加される



対称境界条件の設定

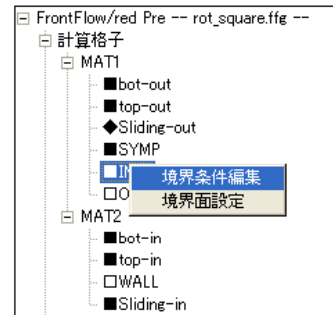
境界面に対して、既存の境界条件を適用する
 [格子ファイル名]-[計算格子]を展開する
 [MAT2]を展開する
 境界名(ここではbot-in)を右クリックする
 [境界条件]からSYMMETRYを選択し、設定ボタンを押す
 境界面の名前前の記号が黒く塗り潰され、境界条件が設定されたことを示す

top-in, bot-out, top-out, SYMPに対しても同様の設定を行う



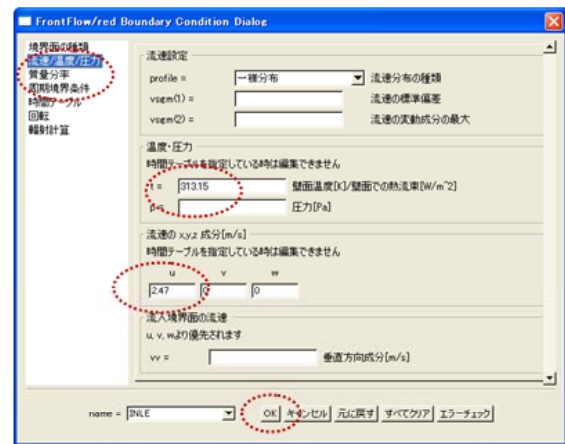
流入境界条件の設定

まずINLEという境界面に対して、INLETという境界条件を適用する次に、ツリーのINLE上で右クリックするとポップアップメニューが表示されるので、「境界条件編集」を選択する



以下の作業で適用された値を修正する

ダイアログが表示されるので、左の覧から「流速/温度/圧力」を選択する



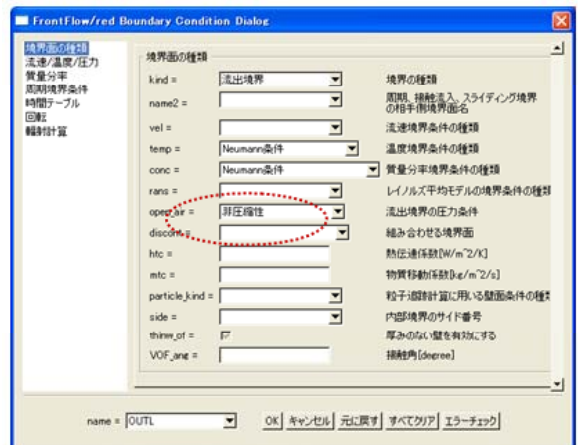
画面が切り替わり、ここでtの欄に313.15を入力し、uの欄に2.47を入力する

OKボタンを押すと変更が完了する

流出境界条件の設定

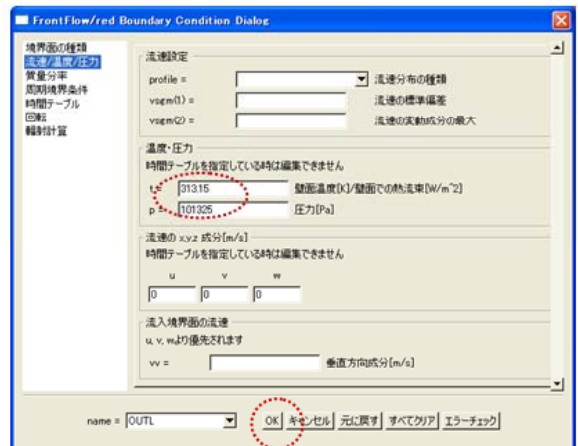
OUTLという境界面に対して、OUTLETという境界条件を適用する

ツリーのOUTLET上で右クリックするとポップアップメニューが表示されるので、「境界条件編集」を選択する



ダイアログにおいて図のように設定する

OKボタンを押すと変更が完了する



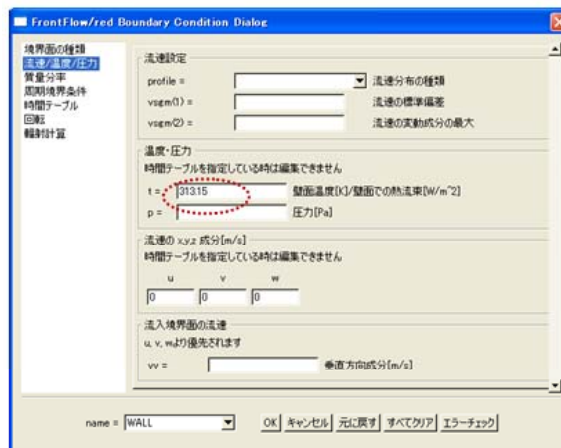
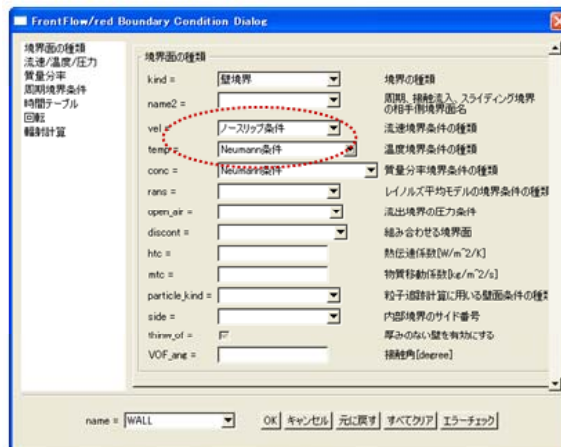
壁面境界条件の設定

WALLという境界面に対して、
WALL_NO-SLIPという境界条件
を適用する

ツリーのWALL上で右クリックする
とポップアップメニューが表示され
るので、「境界条件編集」を選択
する

ダイアログにおいて図のように
設定する

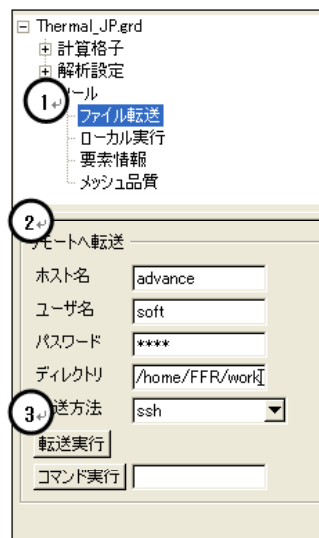
OKボタンを押すと変更が完了する



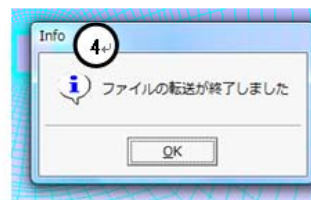
コントロールファイルとモデルファイルの転送



- ① [格子ファイル名]-[ツール]-
[ファイル転送]を選択する
- ② 転送先の情報を入力し、転送方法
を選択する
- ③ 転送実行ボタンを押す



- ④ 問題なく転送されると
「ファイルの転送が終了しました」と
メッセージが出る



流体解析の流れ

- ① 計算格子の作成 ←Cube-it
- ② 計算条件の設定 ←Advance/REVOCAP
- ③ 計算実行 ←Advance/FrontFlow/red
- ④ 可視化 ←ParaView

③Advance/FrontFlow/redによる 計算実行

処理の種類	実行モジュール	処理内容
前処理	prefflow	格子のチェック CV(コントロールボリューム)の作成 各CVについて壁面までの距離計算 並列計算時にCVを各CPUに割り当て 並列計算時に通信に必要な情報の抽出
計算実行	fflowS fflowHPC	fflowSは1CPUで計算を実行 fflowHPCは並列で計算を実行
後処理 (可視化)	ffr2viz ffrmovie .vtkファイル に変換	ffr2vizは最終ステップにおける結果ファイルを可視ソフトで入力できる形式に変換 ffrmovieはアニメーション用の結果ファイルを可視ソフトで入力できる形式に変換

流体解析の流れ

- ① 計算格子の作成 ←Cube-it
- ② 計算条件の設定 ←Advance/REVOCAP
- ③ 計算実行 ←Advance/FrontFlow/red
- ④ 可視化 ←ParaView

④ParaViewによる可視化

インターフェース

メニューバー

ツールバー

Pipeline Browser
※作成した図の表示・非表示は👁️で切換え

Object Inspector

3D ビュー

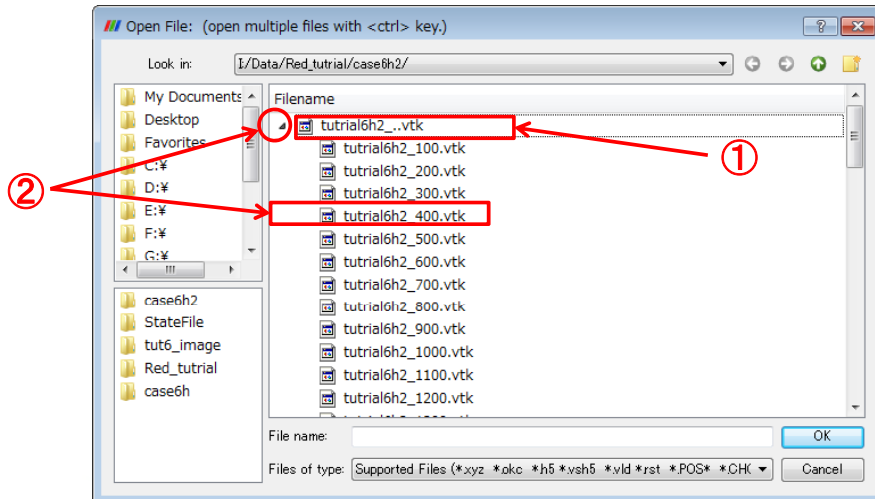
マウス操作
左ボタン : 回転
中央ボタン : 移動
右ボタン : 拡大・縮小

結果ファイル読み込み後、Object InspectorのPropertiesタブで、Applyを押すと、3Dビューが表示される

ファイルの読み込み

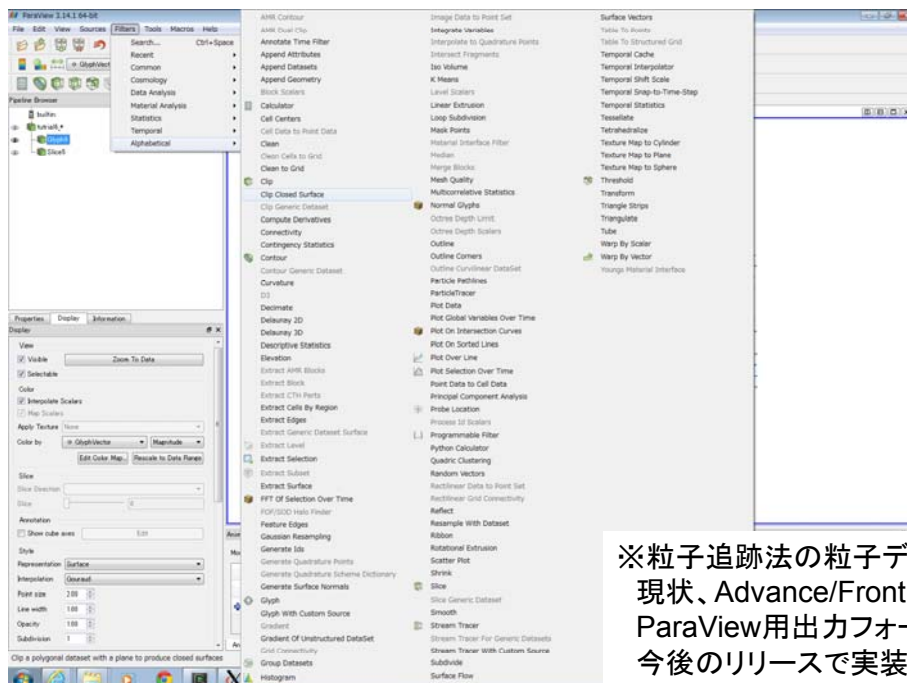
メニューバーFile - Openから、vtkファイルを選択する。

- ①時系列データ全てを読み込む場合
一番上の"ファイル名" "_..vtk"を選択する。
- ②特定の時間ステップのデータを読み込む場合(例:400step目を読み込む)
ファイル名の左にある▲をクリックすると、含まれる時系列データが表示されるので、読み込みたいvtkファイルを選択する。



フィルター

解析処理で使用できるツールの全ては、メニューバー内Filtersにまとめられている






※粒子追跡法の粒子データ出力については現状、Advance/FrontFlow/redからのParaView用出力フォーマットを開発中です。今後のリリースで実装予定です。

フィルター

よく使用するフィルタ

<カット関連>

- Clip : 任意断面や、境界・パラメータ値で領域を切断
- Slice : 任意断面の取り出し
- Contour : 任意パラメータ等値面の取り出し
- Threshold: 任意パラメータによる閾値カット

<表示関連>

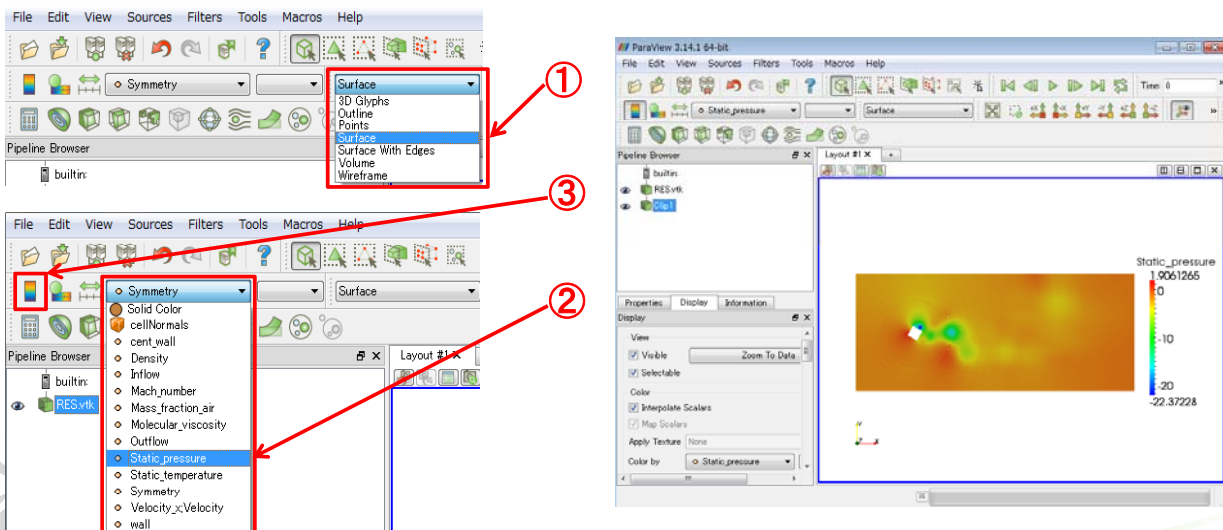
- Stream Tracer : 流線表示
- Glyph : ベクトル表示

<プロット関連>


- Plot Over Line: 任意線におけるパラメータプロット
- Plot Over Time: 時系列プロット
- Histogram: ヒストグラム作成

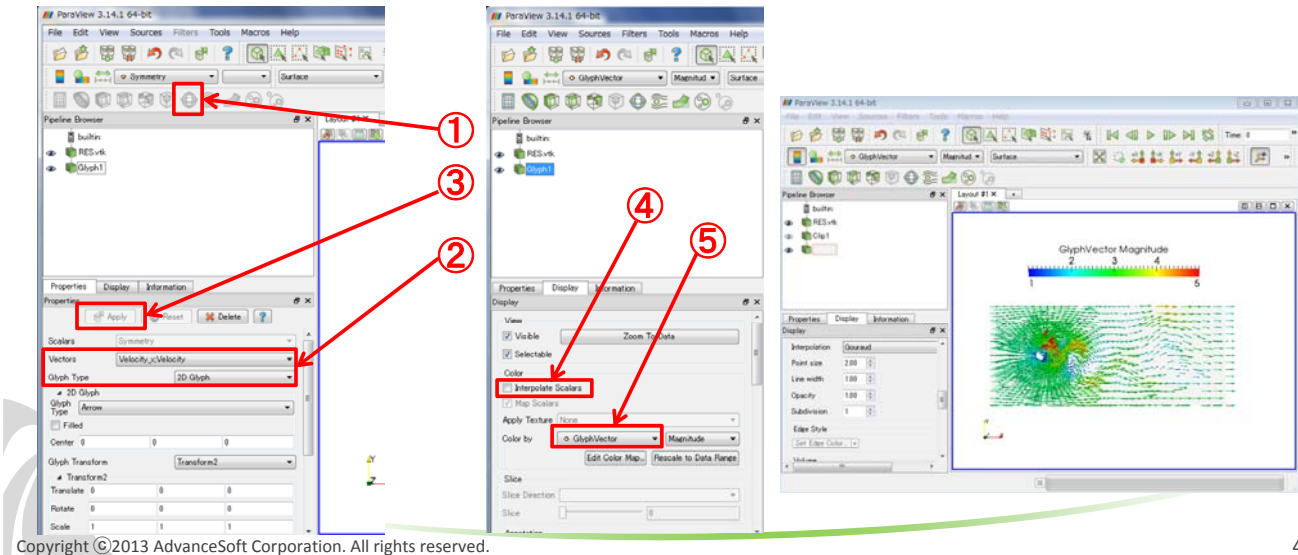
圧力分布の表示

- ①Surfaceを選択する
 - ②Static_pressureを選択する
 - ③凡例アイコン(ツールバー左端)を押す
- ※Object Inspector – Display – Edit Color Mapから、レンジや凡例フォーマットが調整できます



速度ベクトルの表示

- ① ツールバーのGlyphアイコン をクリックする
- ② Object Inspector:Propertiesタブ内で設定する
Vector:Velocity、Glyph Type:2D Glyph、Scale mode:off
- ③ Applyボタンを押す
- ④ Object Inspector:Displayタブを選択し、Interpolate Scalarsのチェックを外す
- ⑤ Color byでGlyph Vectorを選択する

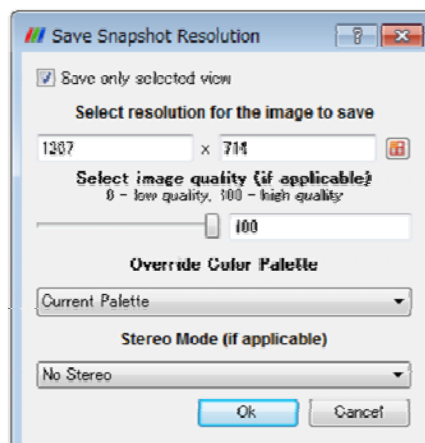


43

画像出力

作成した図は、画像ファイルとして、保存できる

- ① メニューバーFile - Save ScreenShotを選択すると、
下図ウィンドウが表示される
- ② 画像サイズを指定して、Okを押す
- ③ 画像ファイル名、形式を指定して、保存する

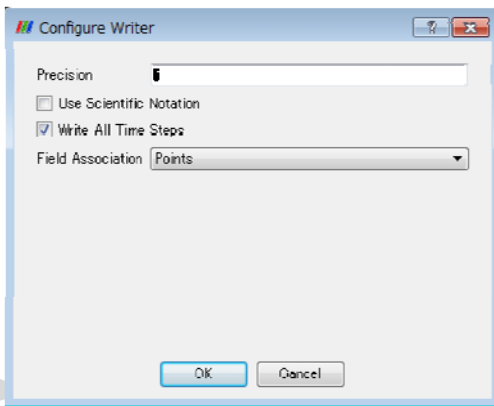


44

数値データ出力

出力結果を数値データとして出力し、CSV形式で保存できる

- ①メニューバーFile - Save Dataを選択し、ファイル名、CSV形式を選択する
- ②下図ウィンドウが表示されるので、時系列データ全てに対して出力するときは、Write All Time Stepsにチェックを入れる
- ③Okを押すと、"ファイル名_*.csv"ファイルが複数作成される



出力CSVファイルをExcelで表示

	P	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
1	WALL	Sliding-in	Sliding-out	INLE	topout	Static_press	Mach_num	Density	Static_tang	Turbulent_v	Velocity_x	Velocity_y	Velocity_z	Mass_fract	HPC	Points O	
2	0	0	0	0	1	0	24506	2.4829	1145	313.15	0.001292	2.4827	-0.00477	-0.00056	1	4	-5.5
3	0	0	0	0	0	0	24492	2.6529	1145	313.15	0.002787	2.6427	0.23153	0.002614	1	4	-5.1312
4	0	0	0	0	1	0	24495	2.2208	1145	313.15	0.00404	2.1915	0.41582	-0.00047	1	4	-5.5
5	0	0	0	0	0	0	24445	1.8964	1145	313.15	0.001373	1.8819	0.2345	0.002394	1	4	-5.0963
6	0	0	0	0	1	0	24555	2.483	1145	313.15	0.003287	2.4873	0.18915	-0.00066	1	4	-5.5
7	0	0	0	0	0	0	24547	2.3752	1145	313.15	0.001896	2.3713	0.13455	0.001946	1	4	-5.1615
8	0	0	0	0	1	0	24633	2.5479	1145	313.15	0.003254	2.6409	0.14663	-0.00065	1	4	-5.5
9	0	0	0	0	0	0	24629	2.3428	1145	313.15	0.001478	2.3406	-0.10274	0.001433	1	4	-5.1869
10	0	0	0	0	1	0	24712	2.6079	1145	313.15	0.003902	2.6034	0.15311	-0.001	1	4	-5.5
11	0	0	0	0	0	0	24706	2.2209	1145	313.15	0.001351	2.2193	-0.08533	0.001175	1	4	-5.2069
12	0	0	0	0	1	0	24786	2.6382	1145	313.15	0.003978	2.6367	0.11532	-0.00074	1	4	-5.5
13	0	0	0	0	0	0	24776	2.1592	1145	313.15	0.001241	2.1564	-0.11049	-0.00164	1	4	-5.214
14	0	0	0	0	1	0	24830	2.6556	1145	313.15	0.003918	2.6552	0.049266	-0.00117	1	4	-5.5
15	0	0	0	0	0	0	24818	2.1264	1145	313.15	0.001165	2.1251	-0.07252	-0.00097	1	4	-5.2302
16	0	0	0	0	1	0	24847	2.6602	1145	313.15	0.004056	2.66	-0.0427	-0.001	1	4	-5.5
17	0	0	0	0	0	0	24834	2.1186	1145	313.15	0.001087	2.1182	-0.03989	0.000524	1	4	-5.2331
18	0	0	0	0	1	0	24831	2.6379	1145	313.15	0.00424	2.635	-0.12397	-0.00091	1	4	-5.5
19	0	0	0	0	0	0	24819	2.1695	1145	313.15	0.001182	2.1695	-0.01351	-0.00075	1	4	-5.2302
20	0	0	0	0	1	0	24735	2.5448	1145	313.15	0.005061	2.5332	-0.24258	-0.00049	1	4	-5.5

アニメーション作成

- ①任意の時間ステップにおける、速度分布図を作成する
- ②レンジや、凡例のフォーマットを整える→図1
- ③メニューバーFile - Save Animationを選択すると、図2のウィンドウが表示されるので、フレームレートや、画像サイズを指定し、SaveAnimationをクリックする
- ④ファイル名、動画ファイル形式を指定し、Okを押すと動画が作成される

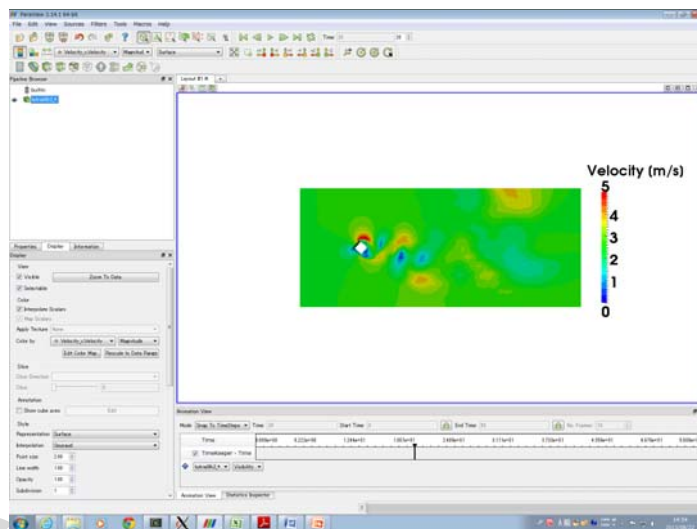


図1

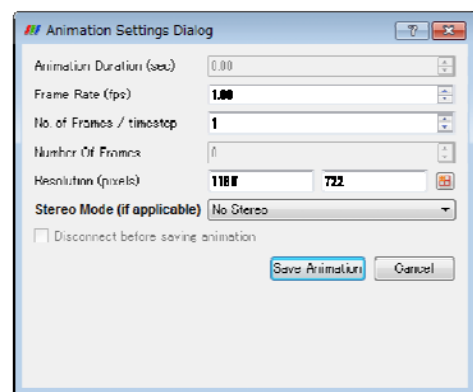
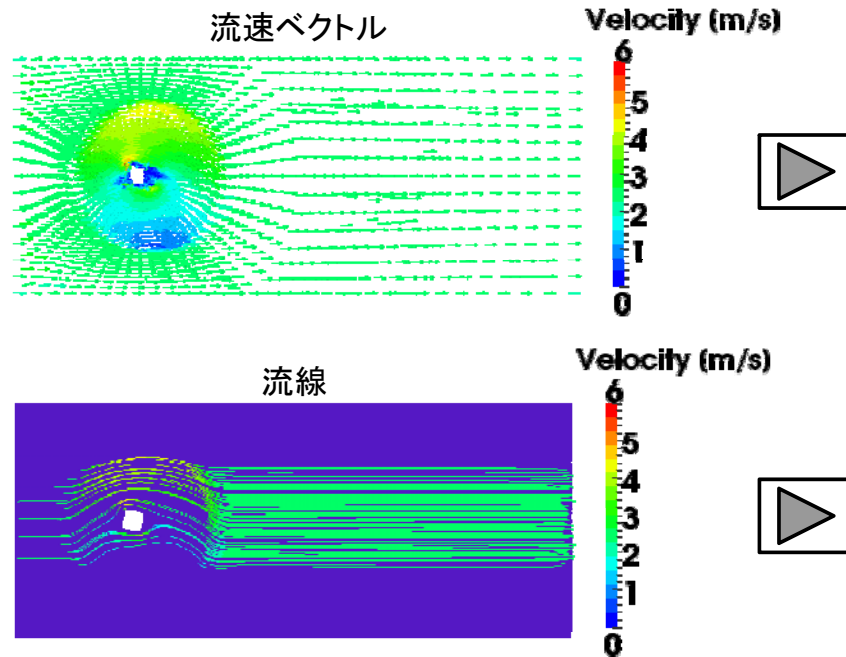


図2



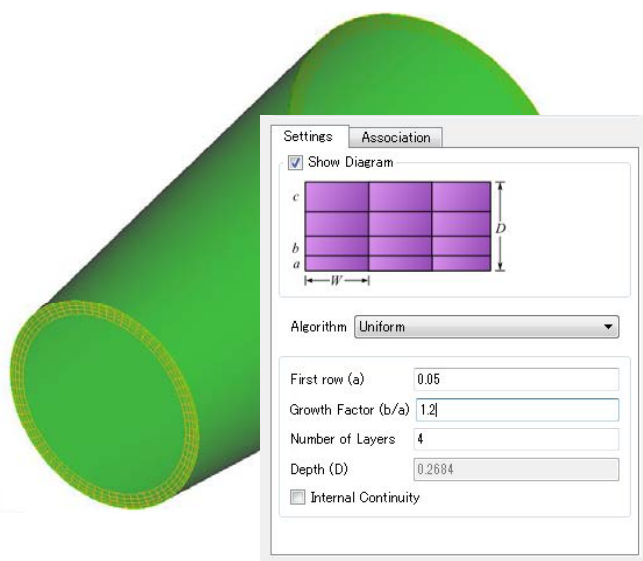
アニメーション作成

同様の方法で、流速ベクトルのアニメーションや、流線のアニメーションも作成できる

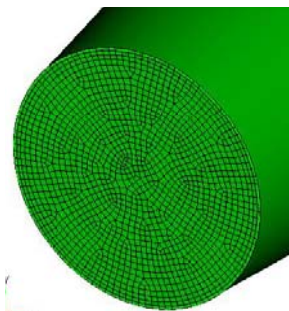


Cube-itを用いたメッシュ作成例(1)

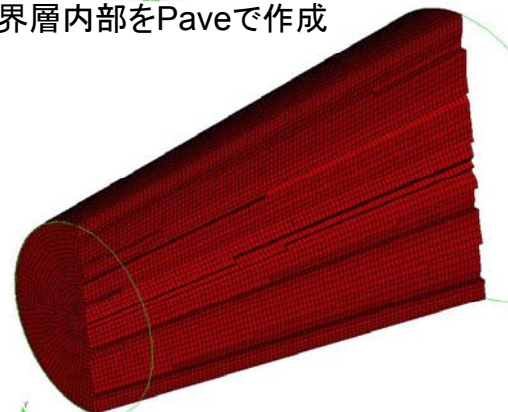
境界層機能を使用したメッシュ作成例



①境界層を作成



②境界層内部をPaveで作成

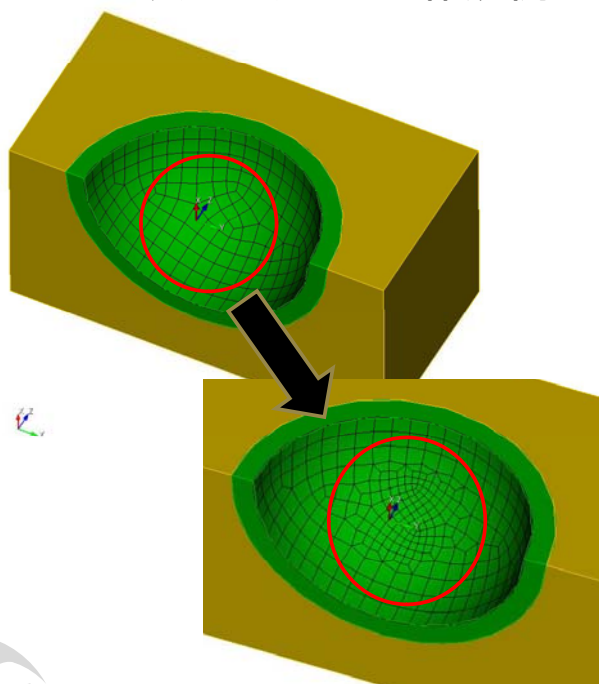


③SweepでVolumeメッシュを作成

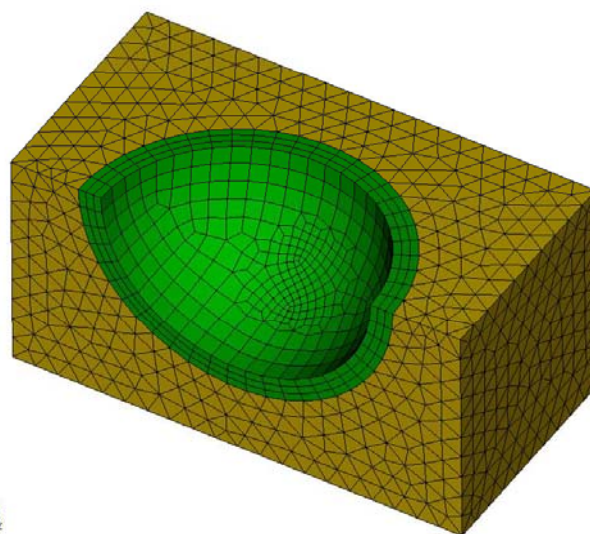
※境界層機能はCube-it CFD Ver14.1より搭載予定です

Cube-itを用いたメッシュ作成例(2)

ハイブリッドメッシュの作成例



General Refinement



ハイブリッドメッシュ

※Prizm, Pyramid要素の表示には
コマンド入力が必要です

ご清聴 ありがとうございます

