

# 流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red最新動向セミナー

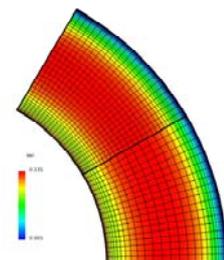
2014年12月2日(火)開催

## プログラム

13:30~13:40 (10分)	アドバンスソフト株式会社のご紹介 主催者あいさつ 主任研究員 大西 陽一
13:40~14:25 (45分)	ユーザー様ご講演「樹脂混練機設計における CFD 活用」(※資料は非公開です) 株式会社 神戸製鋼所 機械事業部門 開発センター 技術開発部 課長 山口 和郎 様
14:25~14:55 (30分)	流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red 新バージョンと今後のロードマップのご紹介 主任研究員 富塚 孝之
14:55~15:10 (15分)	休憩
15:10~15:40 (30分)	流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red の解析事例のご紹介 研究員 伊藤 豪
15:40~16:00 (20分)	汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAP の概要と特長のご紹介 主任研究員 徳永 健一
16:00~16:25 (25分)	メッシュ作成ツールキット Cube-it の使用方法 主事研究員 土田 健一
16:25~16:45 (20分)	価格および関連サービスのご紹介、質疑応答 営業部 田口 浩一
17:00~	懇親会 (無料)

memo

 AdvanceSoft



不連続周期境界条件を含む  
解析例 (速度分布)



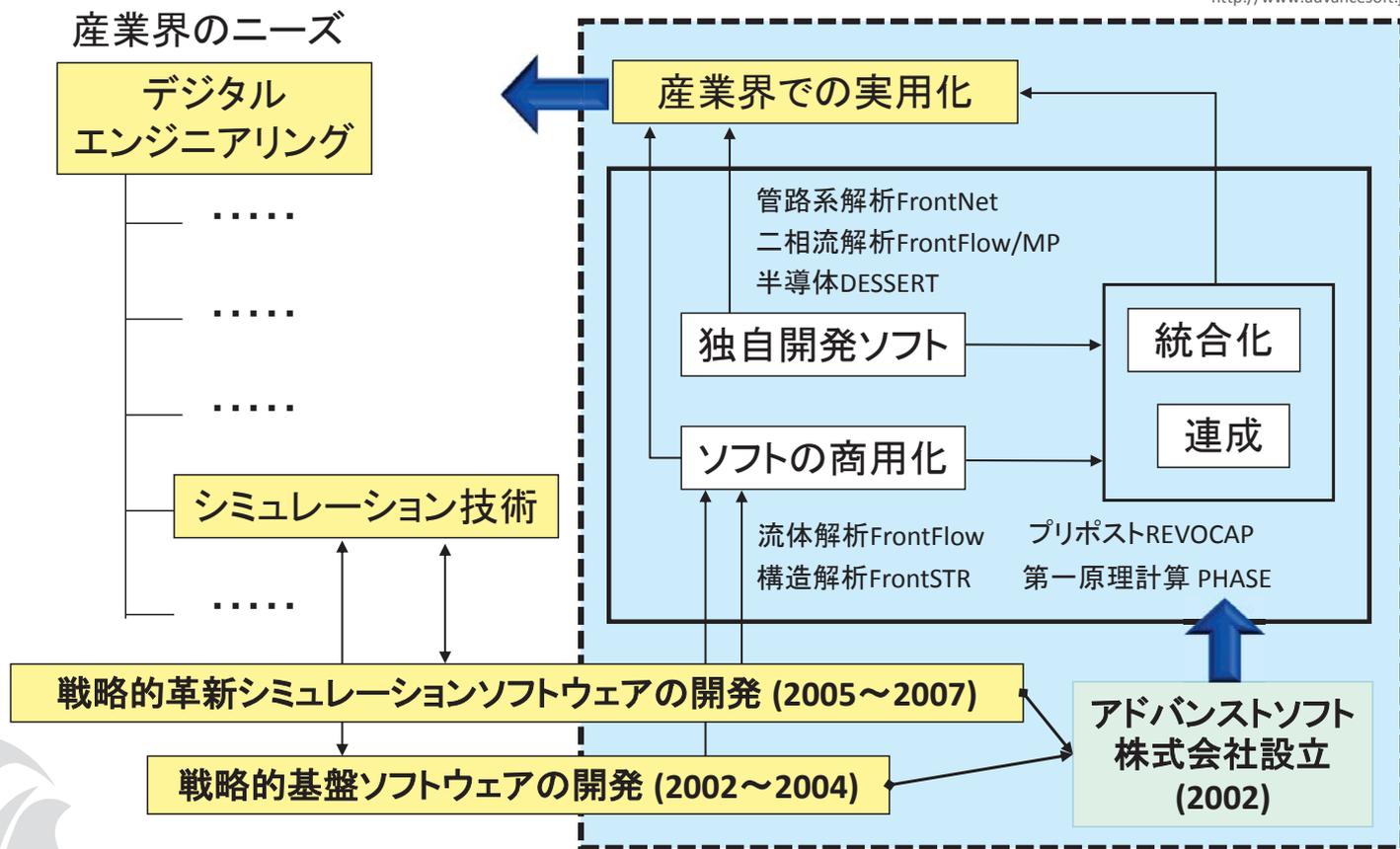
# アドバンスソフト株式会社のご紹介

第2事業部 技術第3部  
大西 陽一

流体解析ソフトウェアAdvance/FrontFlow/red 最新動向セミナー  
2014年12月2日（火）  
アドバンスソフト株式会社

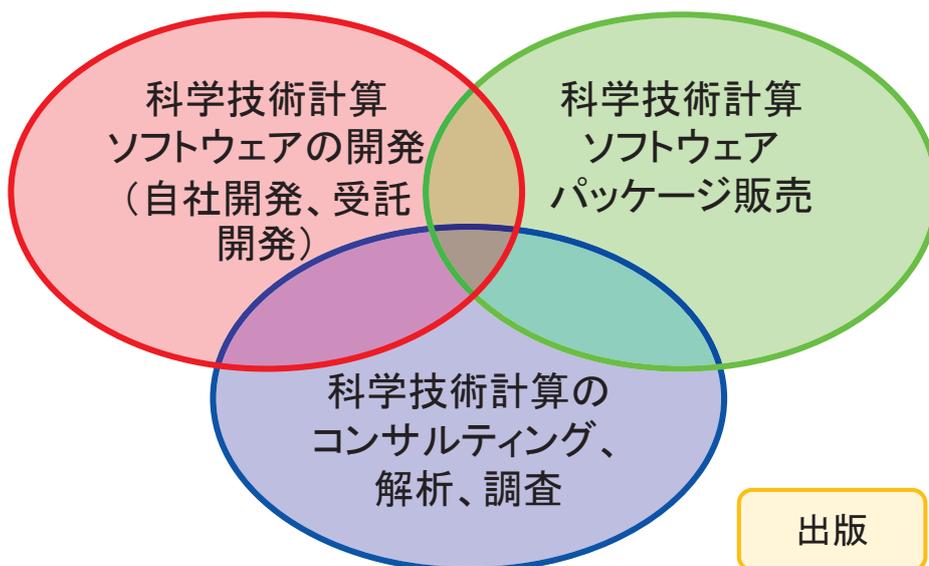
## 会社概要

<b>名 称</b> アドバンスソフト株式会社 (英文社名 AdvanceSoft Corporation)  <b>本 社</b> 〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台4-3 新お茶の水ビル17階 TEL: 03-6826-3970 FAX:03-5283-6580  <b>設 立</b> 2002年(平成14年)4月24日  <b>資本金</b> 3,724万円  <b>社員数</b> 74名(2014年5月12日現在)	事業部	部	業務概要
	第一事業部	事業部付	防災シミュレーション・連成システム開発など
		技術第1部	ナノ材料の第一原理計算、量子化学計算やメソ領域、半導体・T-CAD等に係る解析・開発など
		技術第2部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プリポスト、可視化システム、連成システム開発など</li> <li>・J-PARCIに係わるプロジェクトの実施など</li> <li>・構造解析エンジニアリングなど</li> <li>・次世代TCADシステムの開発など</li> </ul>
第二事業部	事業部付	二相流解析および原子力安全解析など	
	技術第3部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・混相流に係わる次世代流体システム開発など</li> <li>・乱流、燃焼、化学反応等に係わる次世代流体システム開発など</li> </ul>	
	技術第4部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガス、液体パイプライン、農業用パイプライン、液体ロケットエンジン等の管路系流体解析・開発</li> <li>・火災・爆発に係わる防災リスク解析・開発など</li> </ul>	
	技術第5部	原子力・エネルギー利用に係る安全性解析など	
—	総合企画部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンサルティングサービスの提供など</li> <li>・解析サービスの提供など</li> </ul>	
営業本部	営業部	お客様窓口	
東海事業所		お客様窓口	

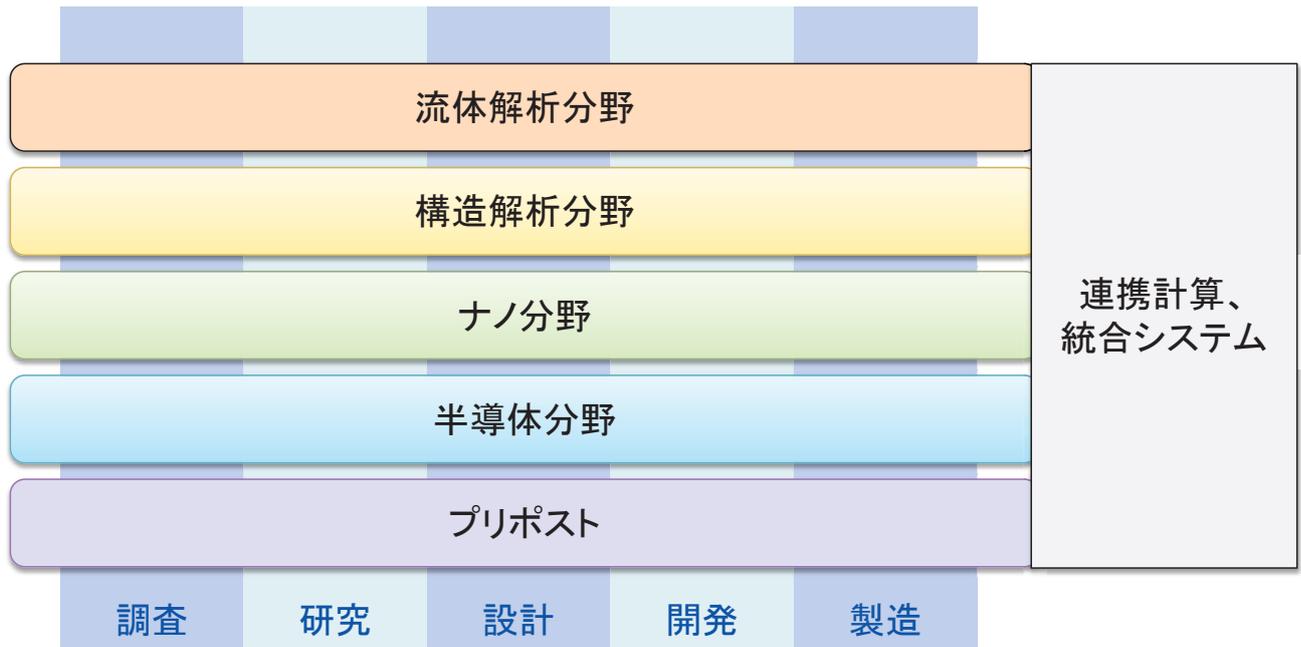


## 事業内容

### アドバンスソフトがご提供するサービス

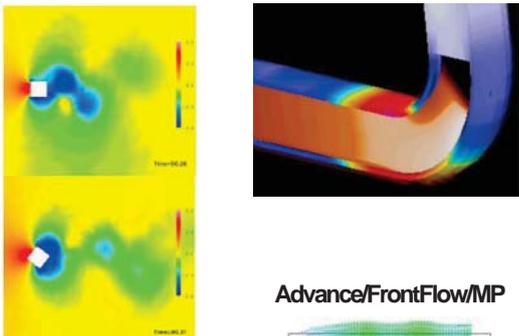
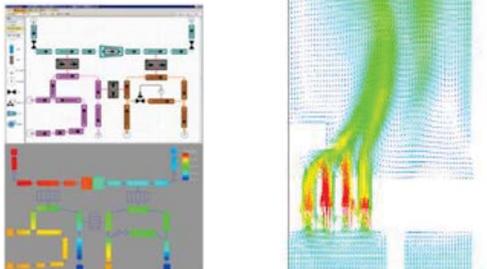
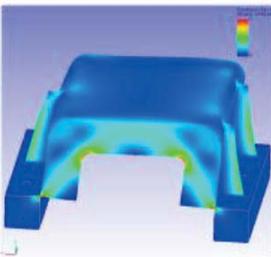
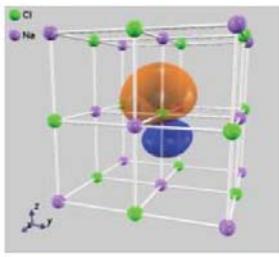
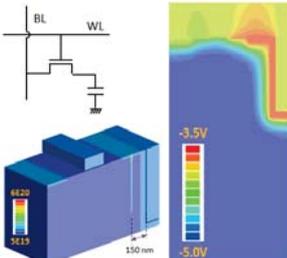
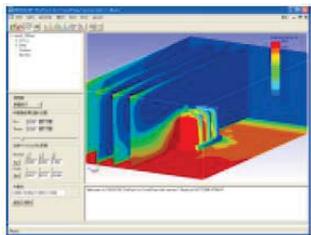


科学技術計算ソフトウェアの開発を基礎とした、  
科学技術計算に関する様々なソリューションをご提供します。



産業の主要な分野のあらゆるフェーズで直面する課題に対し、  
科学技術計算によるソリューションをご提供します。

## アドバンスソフトのパッケージソフトウェア

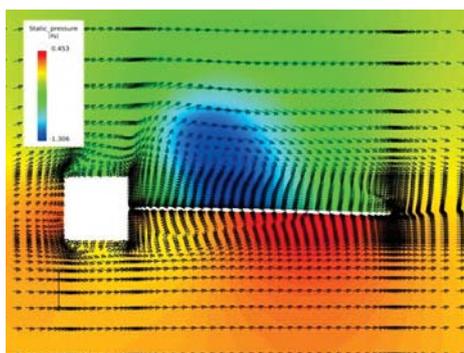
<p><b>流体</b></p> <p>Advance/FrontFlow/red    Advance/FrontFlow/FOCUS</p>  <p>Advance/FrontFlow/MP</p> <p>Advance/FrontNetシリーズ</p> 	<p><b>構造</b></p> <p>Advance/FrontSTR</p> 	<p><b>ナノ</b></p> <p>Advance/PHASE</p> 
<p><b>半導体</b></p> <p>Advance/DESSERT</p> 	<p><b>プリポスト</b></p> <p>Advance/REVOCAP</p> 	

※上記は主要パッケージを掲載しています。詳細は弊社HP ([www.advancesoft.jp](http://www.advancesoft.jp/)) をご参照ください。

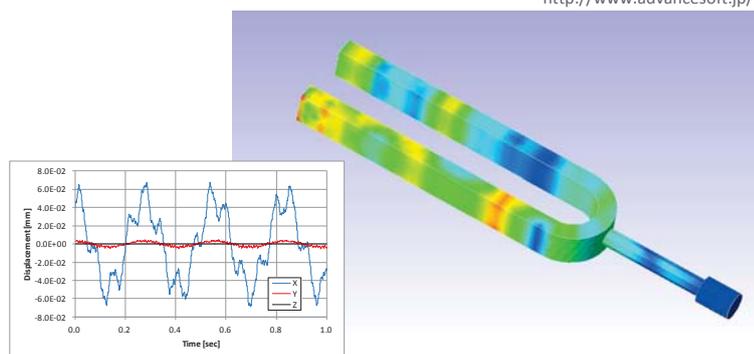
ソフトウェア名称	解析内容
Advance/FrontFlow/red	流体解析ソフトウェア
Advance/FrontFlow/MP	気液二相流解析ソフトウェア
Advance/FrontFlow/FOCUS	高速流・爆発解析ソフトウェア
Advance/FrontNet	管路系1次元流体解析ソフトウェア群
Advance/FrontSTR	構造解析ソフトウェア
Advance/FrontNoise	音響解析ソフトウェア
Advance/PHASE	第一原理計算ソフトウェア
Advance/DESSERT	半導体デバイスシミュレータ
Advance/REVOCAP	構造解析・流体解析プリポストプロセッサ

※上記は主要パッケージを掲載しています。詳細は弊社HP ([www.advancesoft.jp](http://www.advancesoft.jp/)) をご参照ください。

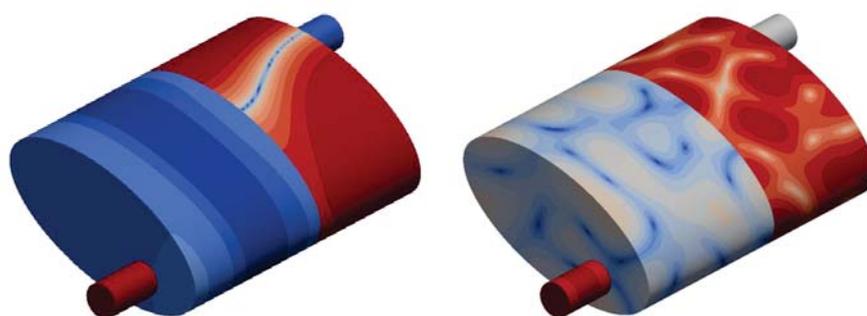
## 多分野にわたる連成解析



流体-構造連成解析



音響-構造連成解析



流体-音響連成解析





# 流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red 新バージョンと今後のロードマップの御紹介

第2事業部 技術第4部  
富塚 孝之

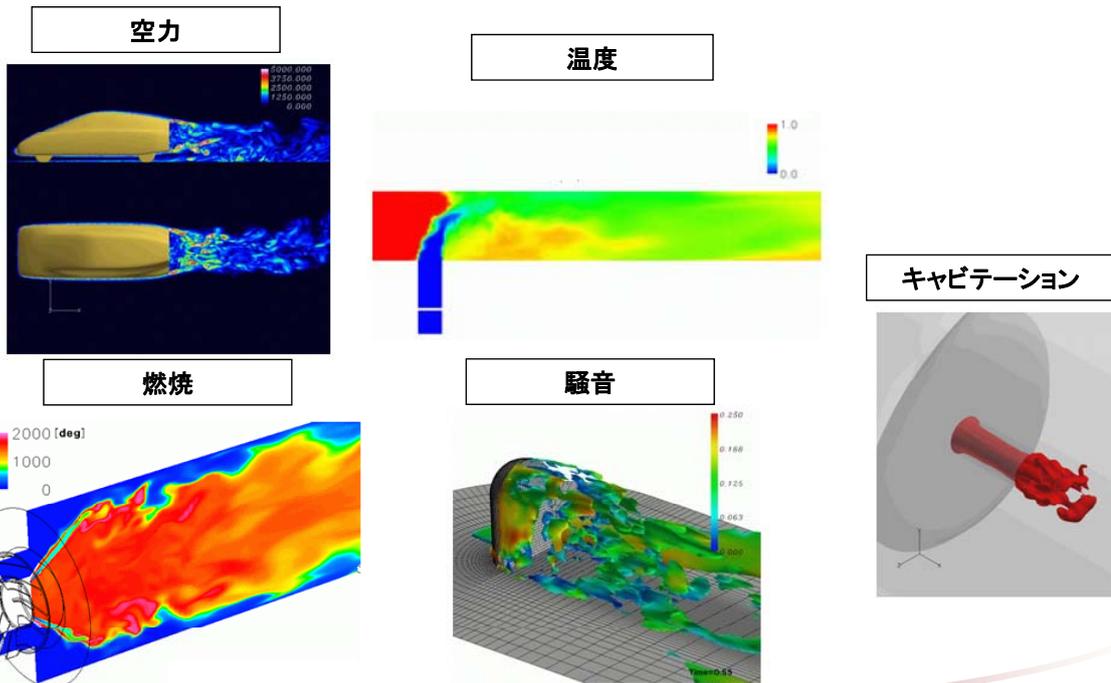
流体解析ソフトウェアAdvance/FrontFlow/red 最新動向セミナー  
2014年12月2日（火）  
アドバンスソフト株式会社

## 講演内容

- Advance/FrontFlow/redの概要
- 新バージョン(Ver5.2)における改良項目
- 新サービスの御紹介
- 今後開発計画とロードマップ

# Advance/FrontFlow/redについて

多成分系、反応系を考慮した国産の汎用熱流体解析ソフトウェア

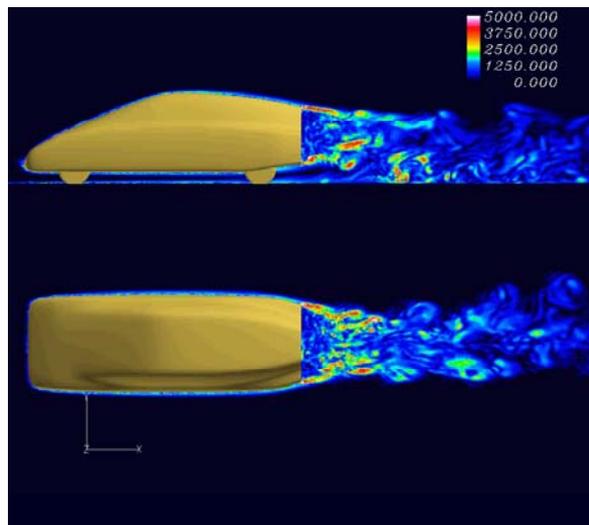


## ソフトウェアの特長

- ① 文部科学省のプロジェクトで開発したFrontFlow/redをアドバンスソフトが改良・実用化したソフトウェア → 国産のソフトウェア
- ② ラージ・エディ・シミュレーション (LES) による流体解析
- ③ 並列化による大規模解析 → 並列計算のパフォーマンスを最大限に引き出すアルゴリズムを適用し、高い並列化効率を達成
- ④ 開発技術者によるお客様のサポート
- ⑤ 柔軟なカスタマイズ対応 → お客様が必要とする機能の追加

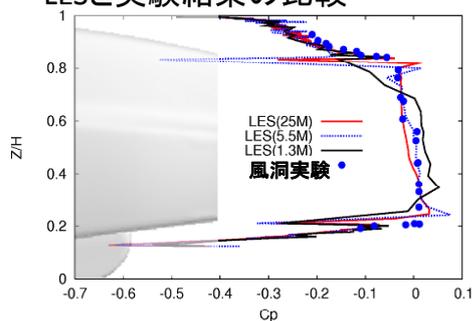
# LESによる解析例

## (例)車体背後の壁面圧力の解析

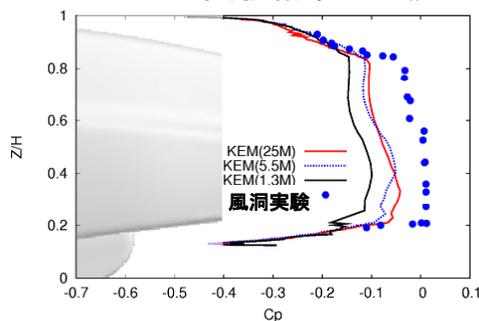


ご提供: 東京大学 生産技術研究所様 革新的シミュレーションP

## LESと実験結果の比較

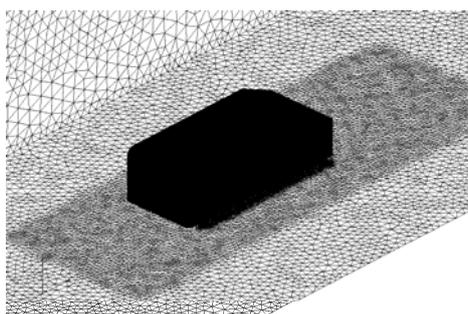


## k-εモデルと実験結果の比較

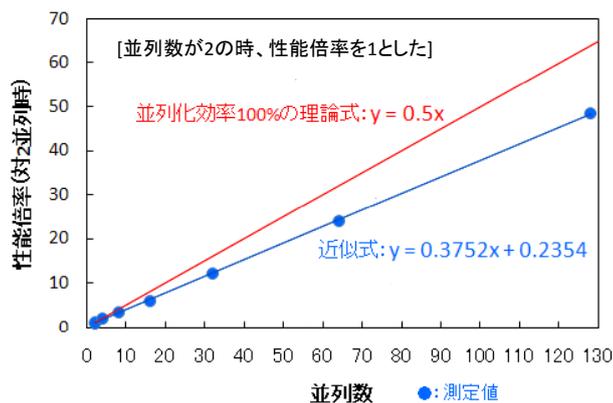


**LESによりRANSで再現できない現象を高精度で解析可能**

# 並列性能



評価モデルの計算格子



2並列に対する性能倍率

- 計算機: 富士通製BX922S6 1ノードあたり12コア
- (財団法人計算科学振興財団FOCUSのスーパーコンピューターを使用)
- 評価モデル: 車体周り流れ解析の標準モデル(Ahmed車体モデル)
- 計算格子: テトラ、プリズムの混合要素
- 節点数: 1,505,423
- 要素数: 7,638,219
- 使用した並列数: 2、4、8、16、32、64、128

# 高速化に向けた主な取り組み

## メッシュ関連

- 壁面距離計算方法の改良  
→500万要素のモデルで処理速度100倍以上
- **不連続格子機能の開発**  
→メッシュ数削減による計算時間の短縮

## ソルバ関連

- 時間項を使用しないSIMPLE法の導入  
→定常計算で最大12.6倍の高速化
- **AMGソルバー<sup>(\*1)</sup>の導入**  
→圧力poisson方程式の計算速度が数倍向上
- 燃焼計算(素反応計算)の高速化  
→輸送方程式と化学反応の時間刻みを分離し、計算を高速化

(\*1) 九州大学情報基盤研究開発センター 西田 晃 先生が開発したAMGの線形ソルバーを利用できます。  
利用をご希望の方は、以下のサイトからダウンロードしてください(アドバンスソフトがお手伝いいたします)。  
<http://www.ssisc.org/>  
インターフェイスはAdvance/FrontFlow/redに入れています。

# ロバスト性向上に向けた主な取り組み

## メッシュ関連

- セル中心法の導入  
→格子品質を確保しやすく計算が安定

## ソルバ関連

- 拡散項の改良  
→格子依存性の減少
- 勾配計算の改良  
→歪みが大きい格子の勾配計算精度の向上
- 離散化の見直し  
→低品質な格子での計算安定性向上

# Ver5.2における改良項目

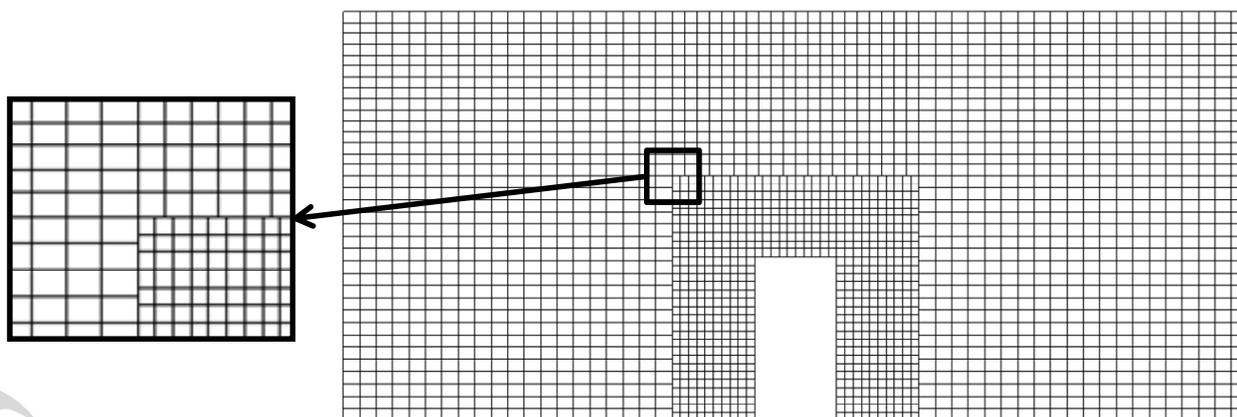
- 不連続格子機能の強化
- AMGソルバーの複数マテリアル対応
- デフォルト値の修正
- 空間離散化の不具合修正



## 不連続格子機能の強化

### 不連続格子機能

節点不一致な格子の接合面で物理量の補間を行い解析する機能

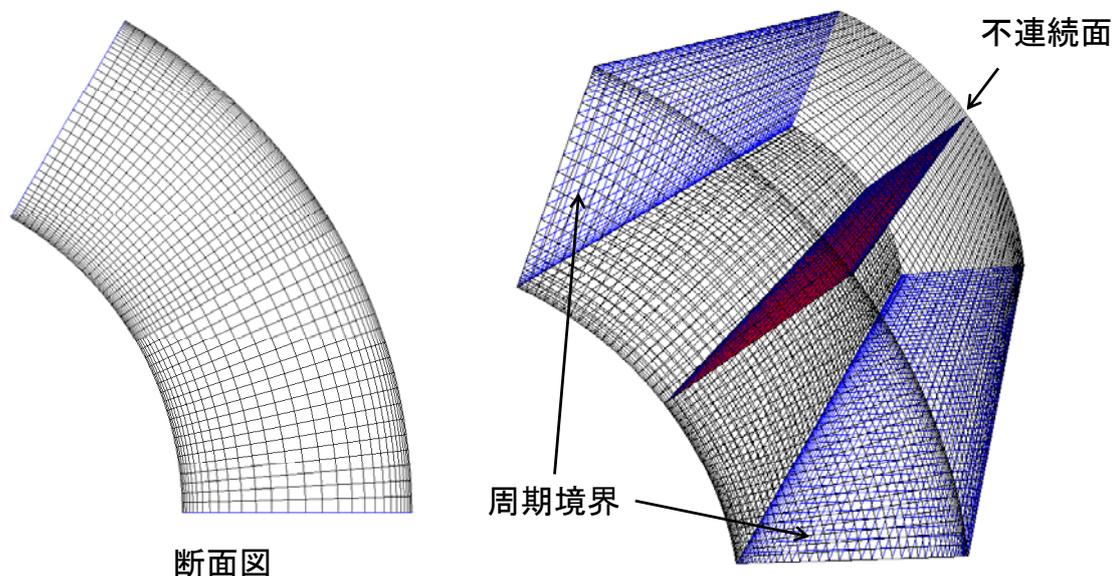


# 不連続格子機能の強化

- 不連続格子用の境界条件'interior'を追加
- 並列計算における計算法の改良  
→不連続面でのデータ通信を改良し処理時間を短縮
- 形状不一致な面での周期境界条件の適用

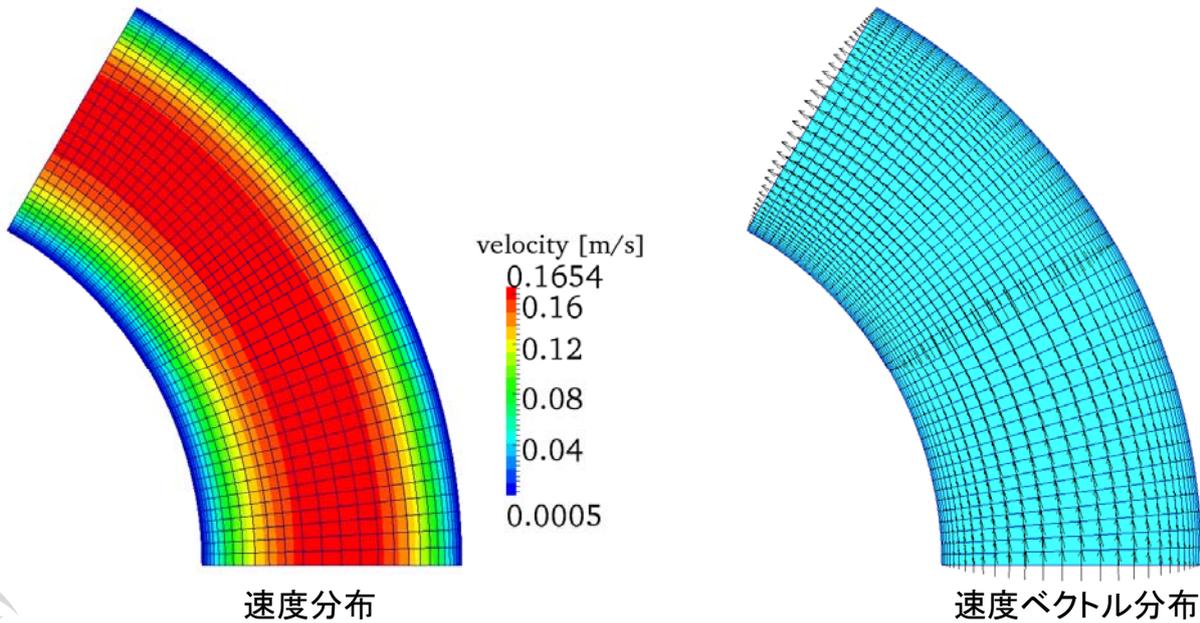
# 不連続格子機能の強化

## 検証モデル



# 不連続格子機能の強化

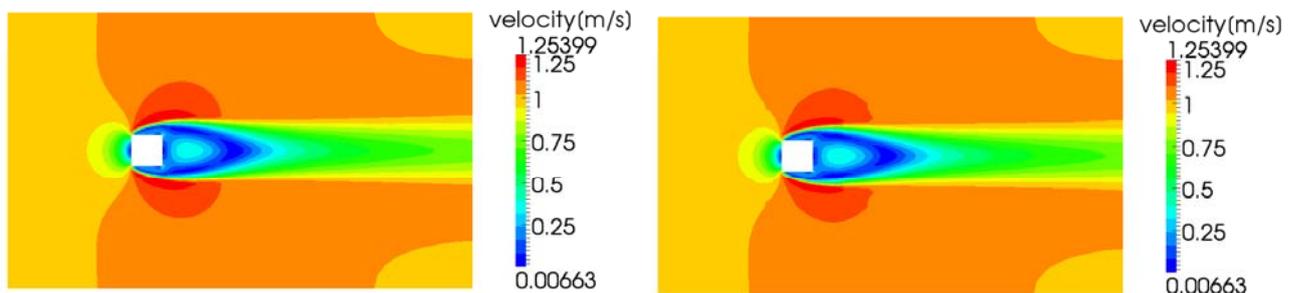
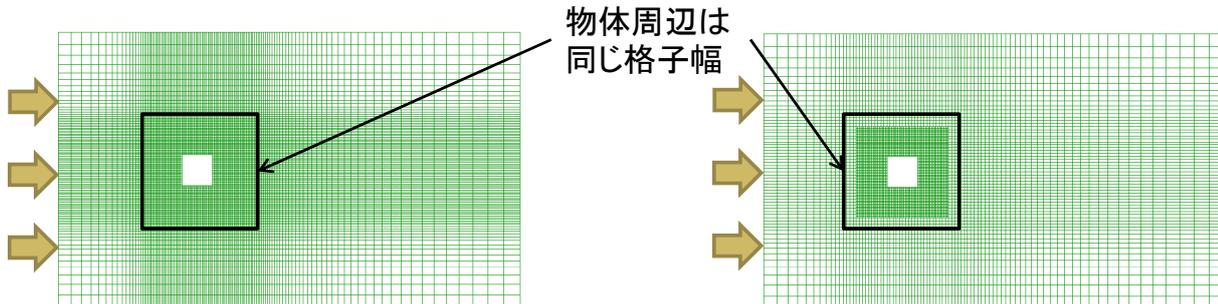
軸方向0.1[m/s]、周方向0.1[m/s]の流速を与えた結果



# 不連続格子機能の強化

不連続格子なし(格子数772,000)

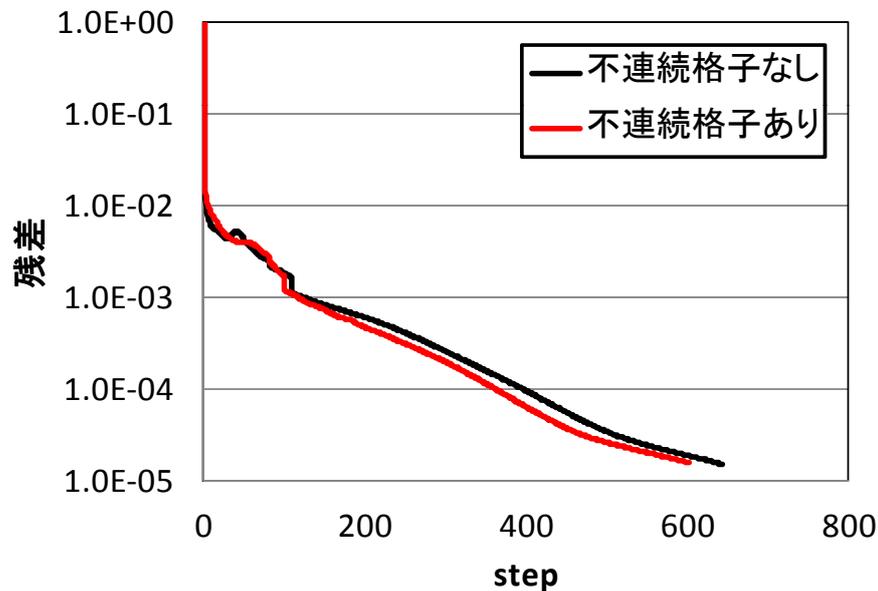
不連続格子あり(格子数334,000)



不連続格子ありとなしで同等の結果が得られることを確認

# 不連続格子機能の強化

## 残差履歴

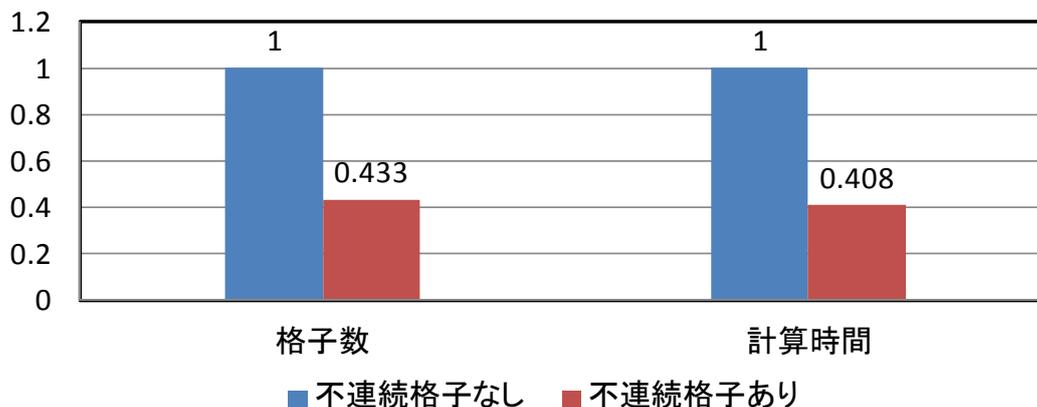


不連続格子を用いても収束性は変わらない

# 不連続格子機能の強化

## 計算時間

	格子数	収束までの計算時間
不連続格子なし	772,000	8,279
不連続格子あり	334,000	3,378



格子数の削減率に相当する計算時間の短縮を達成

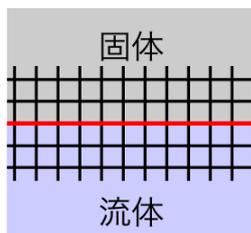
# AMGソルバーの複数材料対応

- Algebraic MultiGrid (AMG)ソルバ
  - 連立一次方程式ソルバの一つ
  - 複数材料があるときの並列計算など、対応できないケースがあった。

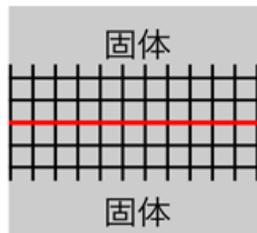
→ 複数材料の並列計算対応へ

# AMGソルバーの複数材料対応

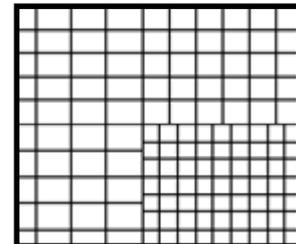
- 複数材料の例



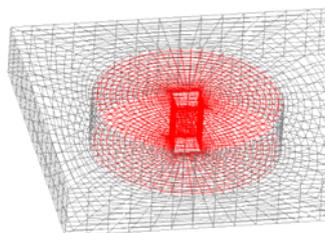
流体と固体



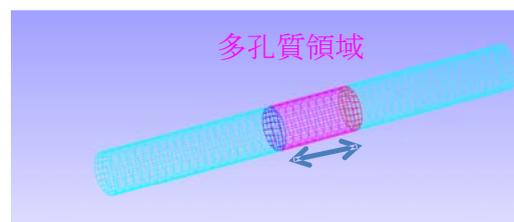
固体と固体(異なる材質)



不連続格子(\*)



スライディング格子(回転系)

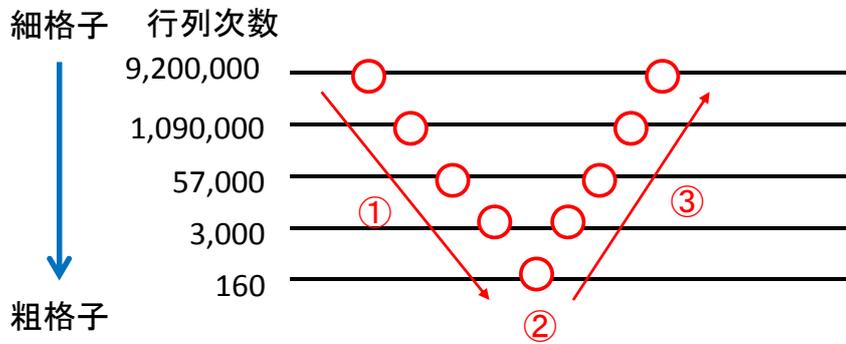


多孔質モデル

(\*)不連続格子はVer5.2からは単一材料として扱います

# AMGソルバーの複数マテリアル対応

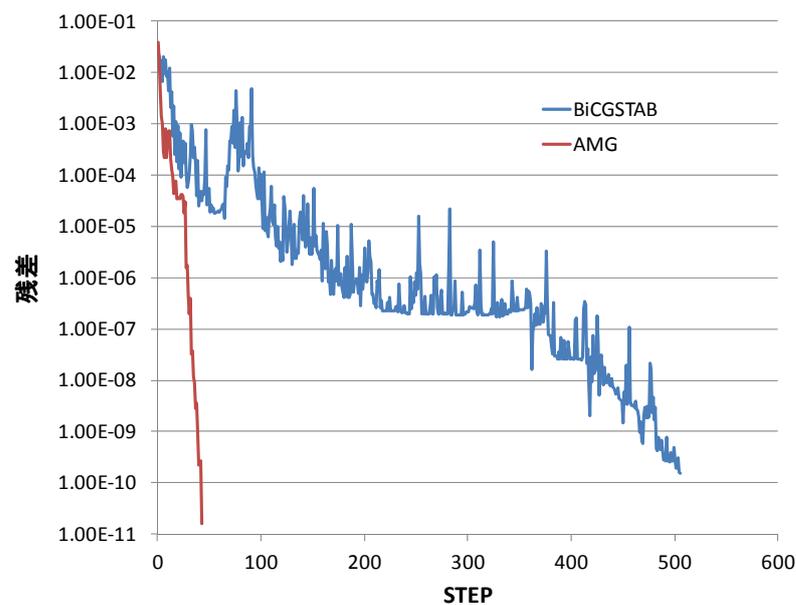
- 不連続格子（節点数 920万）



1. 細格子を粗格子へ近似
2. 粗格子で長波長誤差成分を除去
3. 細格子へ補間して解ベクトルを更新

# AMGソルバーの複数マテリアル対応

残差履歴



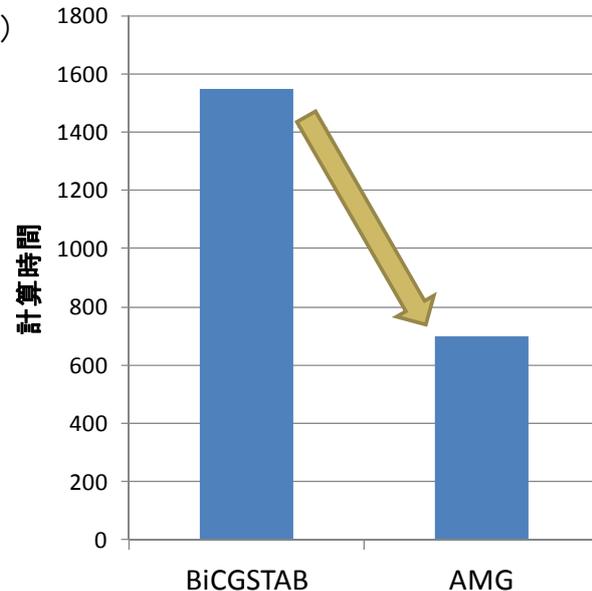
AMGは少ない反復数で収束

# AMGソルバーの複数マテリアル対応

## 計算時間

不連続格子(解析領域を4領域に分割)  
 節点数920万  
 12並列計算  
 10 time step にかかる時間の比較

AMG を用いると2倍以上の高速化



# その他の改善点

- prefflowで初期条件、物性値等の入力変数のチェックができていなかった点を修正
- デフォルト値の修正→エネルギー保存式を解かない場合の温度の条件設定、化学種保存式を解かない場合の化学種濃度の条件設定が不要になるように修正
- 2次中心差分+3次精度風上差分のバグ修正

# 新サービスの御紹介

- テクニカルサイトの開設
- サポートサービス
- 技術ノートが発行
- スーパーコンピュータでの利用サービス

# テクニカルサイトの開設

マニュアル、チュートリアルをオンライン化し、テクニカルサイトに掲載  
今後、Advance/FrontFlow/redに関する情報を集約する予定

テクニカルサイト  
へのバナー



# オンラインマニュアル

内容を大幅に改訂し、オンライン化

Advance/FrontFlow/red ver5.1 »

## オンラインマニュアル

解析準備から実行、可視化までの作業手順を知りたい場合には **操作編** を、  
計算制御ファイルの書き方を知りたい場合には **計算制御ファイル入力編** をご参照ください。

### 操作編

- [1. 概要](#)
  - [1.1. 解析機能、動作環境一覧](#)
  - [1.2. ソフトウェア構成](#)
- [2. 解析の流れ](#)
- [3. インストール](#)
  - [3.1. インストールCD](#)
  - [3.2. 環境変数](#)
  - [3.3. 再ビルド](#)
- [4. 計算準備](#)
  - [4.1. 格子データファイルの作成](#)
  - [4.2. 計算制御ファイルの作成](#)
- [5. 前処理](#)

# サポートサービス

## コースA 導入前トレーニング(無料)

新規導入をご検討中の方を対象にソフトウェアの概要紹介と体験セミナーを実施

## コースB ユーザートレーニング(有料)

導入後、操作や設定の方法が分からないユーザー様を対象に計算条件の設定から計算実行までを実習(既定の例題を使用)

## コースC コンサルティング(有料)

お客様が抱える課題に対して、計算モデルの提案、解析作業の支援等を実施

いずれのコースも通常は弊社が会場となります。

# 技術ノートの発行

Advance/FrontFlow/redの次期バージョンに向けた開発状況や新機能を用いた解析事例、その他最新の情報を定期的に発信

Vol.1 不連続格子機能の強化(2014年10月発行)

## 今後の予定

- AMGの複数マテリアル対応
- スパコンへの対応と並列性能評価
- Advance/FrontFlow/red新バージョンの御紹介など

※既存機能についての紹介についても別途検討中



# スーパーコンピュータでの利用サービス

スーパーコンピュータでの利用サービスを**2015年2月**より開始予定

御利用いただける環境

- ・京
- ・地球シミュレータ(大規模共有メモリシステム UV2000)
- ・FOCUS

ソフトウェア利用料金

- ・ユーザーとアドバンスソフトとの契約
- ・月単位でのライセンス利用料金設定(お問い合わせください)  
並列数は無制限

産業利用コンサルティング/サポートサービス

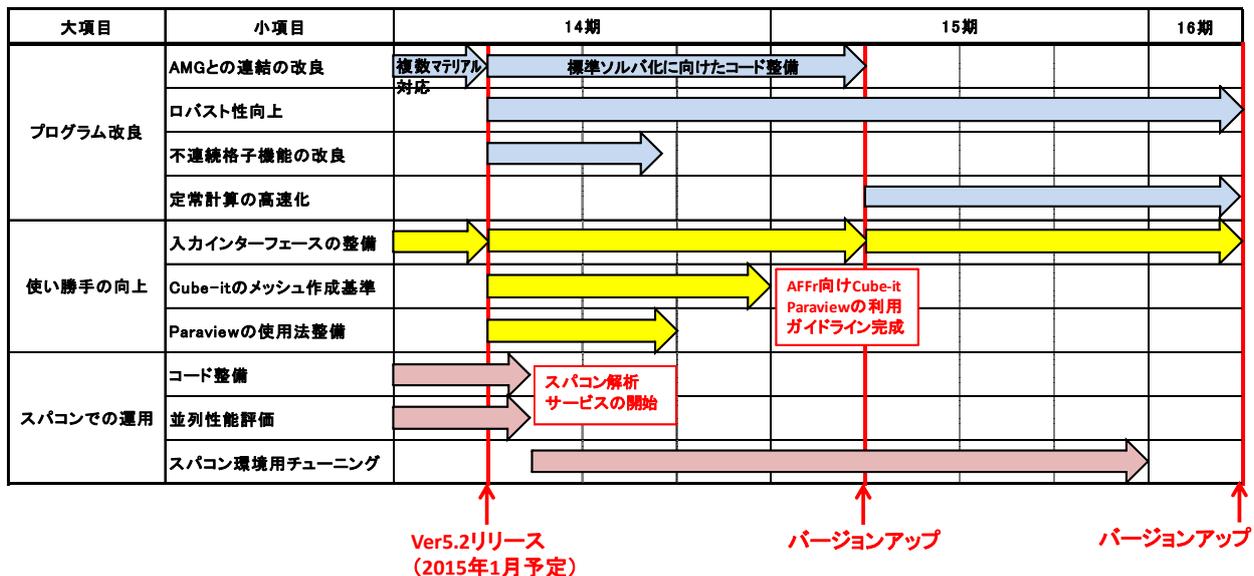
- ・ソフト使用説明及びシミュレーション全般のコンサルティング
- ・計算作業の代行  
※料金は別途御相談



# 今後の開発計画

- 計算高速化  
AMGの効果が解析モデルに依存する点を改良する
- 不連続格子機能  
境界面の定義を不要にし、より使いやすくする
- 大規模解析に向けたチューニング  
スーパーコンピュータでのパフォーマンスを向上させる

# ロードマップ



## Advance/FrontFlow/redの機能

項目	Advance/FrontFlow/red Ver5.2の機能
物理モデル	<b>基本機能</b> : 定常／非定常／非圧縮性／圧縮性／低Mach数近似／強制対流／自然対流／固体-流体間の熱伝導(固体内部の複数材質を含む)
	<b>乱流モデル</b> : LES(標準Smagorinskyモデル、Dynamic Smagorinskyモデル)／DES(RANSはSSTモデルあるいはSpalart-Allmarasモデル)／DNS／低レイノルズ数型k-εモデル／高レイノルズ数型k-εモデル／RNG k-εモデル／CHEN k-εモデル／SSTモデル／渦粘性一定／低レイノルズ数効果を考慮した2層ゾーンモデル(Enhanced Wall Treatment)
	<b>放射</b> : 有限体積法(壁面放射の波長依存)／モンテカルロ法／ゾーン法
	<b>ガス燃焼・化学反応モデル</b> : 素反応(逆反応、三体反応、圧力依存、ユーザー定義)／渦消散／総括反応(スス生成含む)／flameletモデル
	<b>表面反応モデル</b> : 素反応／Sticking吸着モデル／LHER表面総括反応モデル／Bohmプラズマモデル／マルチサイト(保存・非保存則アルゴリズム)／マルチ反応メカニズム／マルチバルク成長
	<b>物性値</b> : 一定値／Sutherlandモデル／簡略化モデル／kinetic theory／実在ガスモデル／物性値テーブル参照機能
	<b>粒子追跡機能(Euler-Lagrangian 2way)</b> : 固体粒子と流体(気体でも液体でも可)の二相流／液滴と気体の二相流／液滴蒸発モデル

## Advance/FrontFlow/redの機能

項目	Advance/FrontFlow/red Ver5.2の機能
物理モデル	<b>騒音(乱流音)</b> : Lighthill-Curlモデル／Ffowcs Williams and Hawkingモデル
	<b>キャビテーション</b> : 均質流モデル
	<b>多孔質体モデル</b> : ダルシー則／ベキ乗則
	<b>自由表面</b> : VOF法(RANSと併用)／表面張力／壁の濡れ性
対応メッシュ	6面体(ヘキサ)／4面体(テトラ)／3角柱(プリズム)／4角錐(ピラミッド)／これらメッシュの混合／不連続接合格子／厚みのない壁
メッシュ関連	スライディングメッシュ機能(不連続接合格子)／移動格子／重合格子(現バージョンは1CPUのみに対応)
離散化	有限体積法／節点中心法／セル中心法
アルゴリズム	SIMPLE法／Rhie-Chow補間法による圧力振動の抑制／Muzaferijaの手法による拡散項の精度向上
時間積分法	Euler陽解法／Euler陰解法／2次精度Crank-Nicolson法／2次精度Adams-Bashforth法／3次精度Adams-Moulton法／4次精度Runge-Kutta陽解法

## Advance/FrontFlow/redの機能

項目	Advance/FrontFlow/red Ver5.2の機能
素反応計算ソルバー	Operator Splitting Method/ODEソルバー
移流項の離散化スキーム	1次精度風上差分/2次精度風上差分/2次精度風上差分+リミタ(TVD法)/ 2次精度中心差分/3次精度風上差分+リミタ(TVD法)/ 2次精度中心差分および3次精度風上と1次精度風上のブレンド
並列計算	領域分割法による並列計算/並列数を変えたリスタート(省メモリ化)
前処理	省メモリ化
メッシュ生成	Advance/REVOCAP/Cube-it/その他市販メッシャーとの連携についてはお気軽にご相談ください。
可視化ツール	Advance/REVOCAP/ParaView/市販可視化ソフトとの連携についてはお気軽にご相談ください。
ユーザーサブルーチン	初期値(流体と粒子)/境界条件/質量のソース項/運動量のソース項/エネルギーのソース項/蒸発速度/気相反応/表面反応/移動格子/輸送係数/実在ガスモデルのパラメータ設定/輻射特性/ポスト処理
OS	Linux/*Windows/等 (*Windows 版はシングル計算のみ対応しております。

## Advance/FrontFlow/redの動作環境

OS	①Red Hat Enterprise Linux 5.x ②Red Hat Enterprise Linux 4.x ③CentOS 5.x (フリー) ④CentOS 4.x (フリー)
メモリ	100万~400万節点の解析では16GBのメモリが必要
ハードディスク	計算規模や計算結果の保管の状況によって異なる。250GB以上を推奨 インストール時には800MB程度が必要
MPIライブラリ	①Intel MPI(ver 2.0以上) ②MPICH1(ver 1.2.7p1) (フリー) ③MPICH2(ver 1.0以上) (フリー) ④OpemMPI (ver 1.4以上) *HP-MPIに対応していません。
Fortran90/95 コンパイラ (ユーザーサブ ルーチン使用 時に必要)	①インテル® Cluster Studio Linux 版 [C/C++/Fortran コンパイラ、デバugg、Math Kernel Library、MPIライブラリ、 レースアナライザ/コレクタ付属、Intel プロセッサには最適] <a href="http://www.intel.co.jp/jp/software/products/">http://www.intel.co.jp/jp/software/products/</a> ②PGI WorkStation [C/C++/Fortran コンパイラ、デバugg、プロファイラ、AMD Core Math Library、 MPICH1.2.7付属、AMD64/Intel64 の両方で優れている] <a href="http://www.softtek.co.jp/SPG/Pgi/pgi-price.html">http://www.softtek.co.jp/SPG/Pgi/pgi-price.html</a>



# 流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red 解析事例の御紹介

第2事業部 技術第3部  
伊藤 豪

流体解析ソフトウェアAdvance/FrontFlow/red 最新動向セミナー  
2014年12月2日（火）  
アドバンスソフト株式会社

## 講演内容

- 解析事例
  - 単独翼周りの2次元圧縮性計算
  - 圧力容器構造解析用詳細熱流動解析
- スーパーコンピュータ上での利用サービスご紹介

解析事例1:

# 単独翼周りの2次元圧縮性計算

## 背景

- キャビテーション: 液体高速流の内部で生じる気液二相流
- 本質的に多重スケール現象であり、物理モデルの構築が難しく、単独翼周りでも、実験と乖離

# 概要

- 支配方程式は、2次元圧縮性NS方程式
- キャビテーションモデル: 井小萩モデル
- 気液二相状態方程式

$$\rho = \frac{p(p + p_c)}{K_l(1 - Y)p(T + T_0) + R_g Y(p + p_c)T}$$

$$\rho Y = \rho_g \alpha, \quad \rho(1 - Y) = \rho_l(1 - \alpha)$$

- 相変化量  $\propto$  飽和蒸気圧との圧力差

$$\dot{m} = \begin{cases} \dot{m}^+ & \text{if } p < p_v^* \\ \dot{m}^- & \text{if } p > p_v^* \end{cases}$$

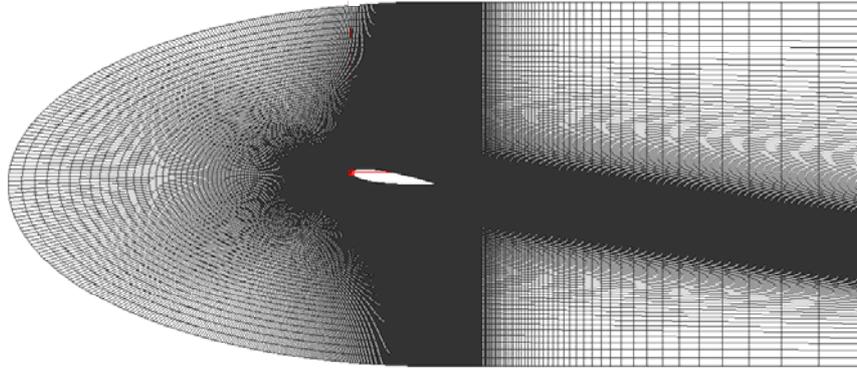
$$\dot{m}^+ = C_e A \alpha (1 - \alpha) \left( \frac{\rho_l}{\rho_g} \right) \frac{p_v^* - p}{\sqrt{2\pi R_g T_s}}$$

$$\dot{m}^- = C_e A \alpha (1 - \alpha) \frac{p - p_v^*}{\sqrt{2\pi R_g T_s}}$$

# 解析手法・解析条件

項目	設定	備考
支配方程式	2次元圧縮性NS方程式	
空間離散化	3次精度風上差分	
乱流モデル	RNG k-εモデル	RANSでは剥離○
初期状態	u=8.0m/s, p=49kPa, Y=10 <sup>-6</sup>	void率~0.3%
流入境界	u=8.0m/s, Y=10 <sup>-10</sup>	
流出境界	圧力固定p=49kPa	<u>σ=1.4相当</u>
物性値	水300Kの物性値を使用	

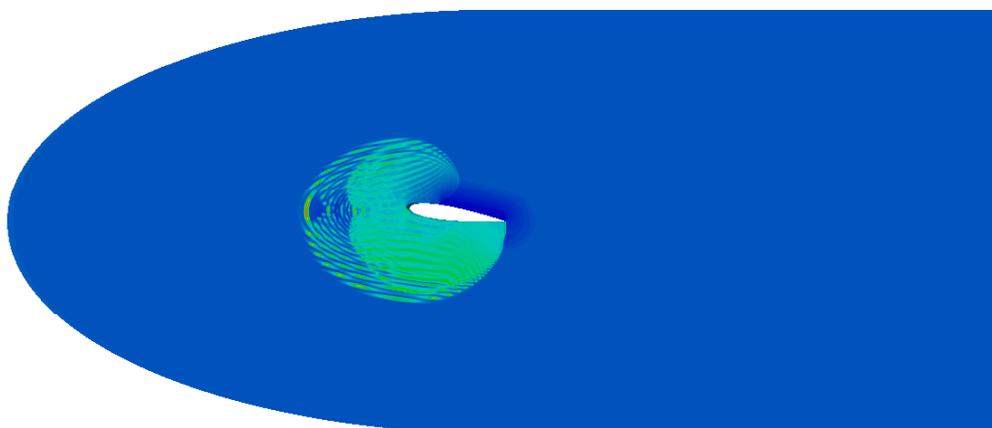
# 計算格子



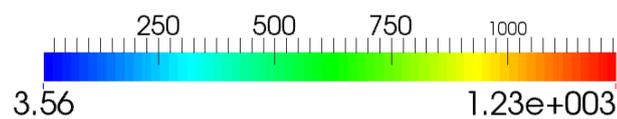
NACA0015 AOA=8°  
上流4C,下流5C,翼上下2C  
翼弦長:15cm  
節点数:515,850  
セル数:342,000



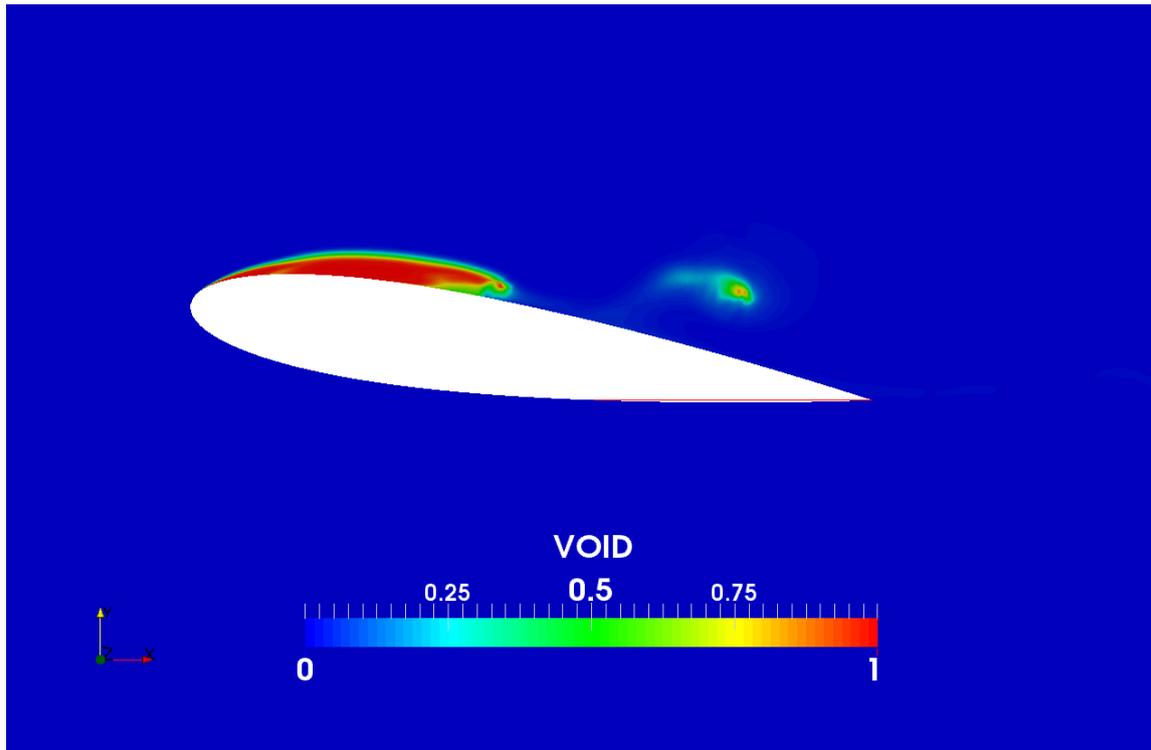
# 計算開始～キャビテーション生成



Sound\_Speed (m/s)



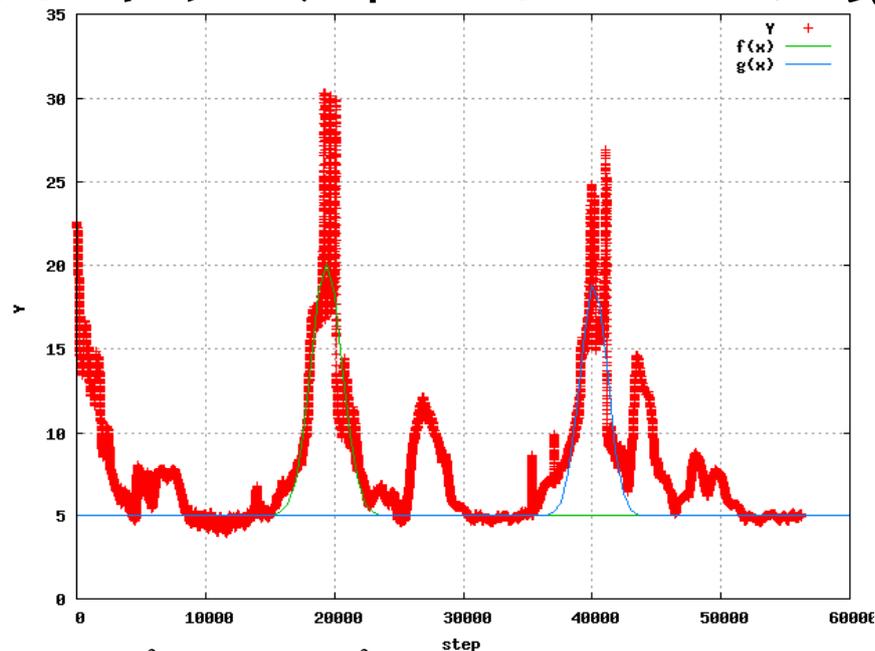
# シートキャビティ→クラウドキャビティの放出



Copyright ©2014 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

9

# クラウドキャビティ ストローハル数



$$\Delta t = 2.0739 \times 10^{-2} \pm 0.0009 \times 10^{-2} \text{ sec}$$

$$St = \frac{fD}{U^*} = \frac{48.22 \times 0.15 \times 0.5}{8 \times \sqrt{1+1.4}} = 0.292$$

D: maximum sheet cavitation length

U\*: velocity at the cavity surface

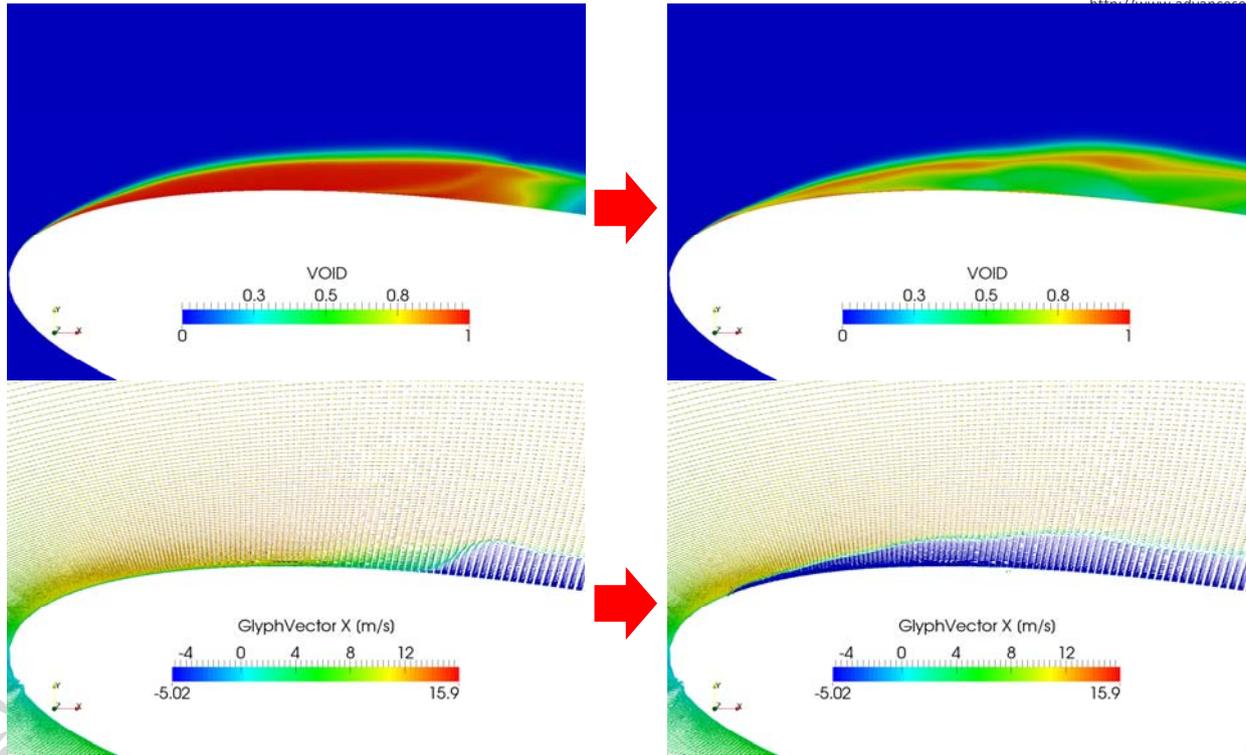
approximated by Jakobsen(1964)

文献値~0.3 とほぼ一致。

Copyright ©2014 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

10

# 流速ベクトル

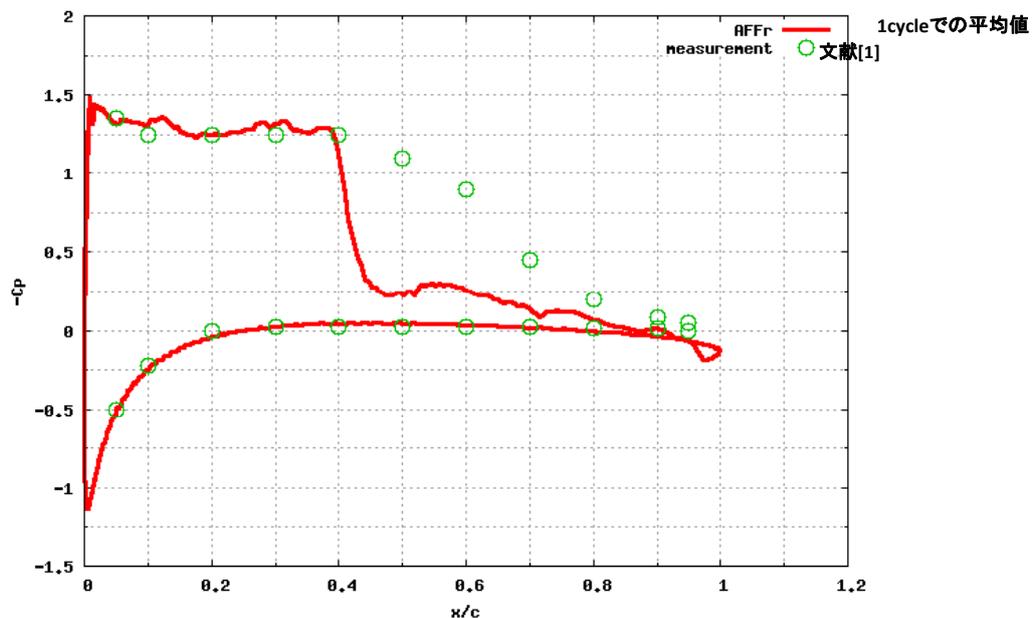


リエントラントジェットの再現はできている。

# 圧力係数

NACA0015, AOA=8°

Surface Pressure Coefficient

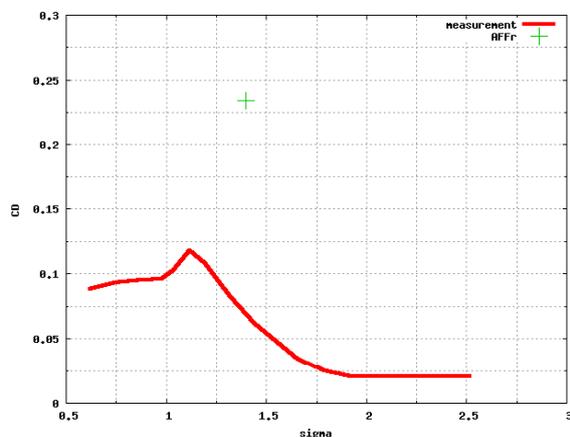


[1]S.Tsuda and M.Noumi, "Proposition of a Cavitation Model on the Basis of a Reduced Moment Method", J.S.of Fluid Mec.(2012)

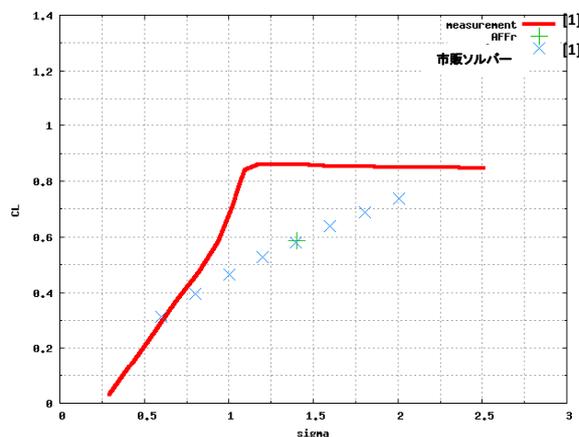
翼背面側シートキャビテーション域では、 $-C_p \sim \sigma$

# 抗力係数・揚力係数

## 抗力係数



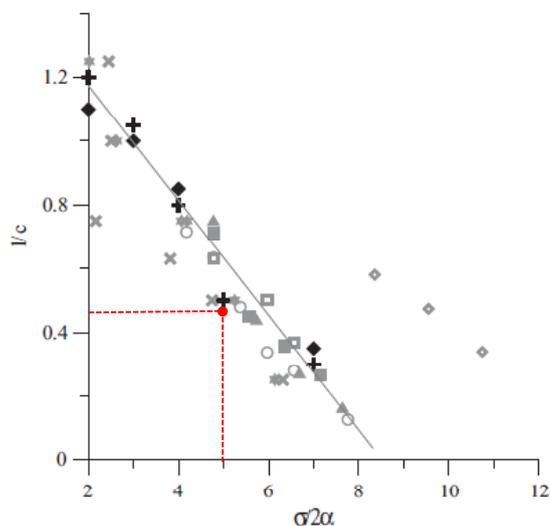
## 揚力係数



[1] T.Suzuki et al., "Essential Problems Associated with Numerical Simulation of Cavitating Flows Based on Homogeneous Models", J.S.M.E. 79, 2743(2013)

CL値は実験値より小さく、CD値は実験値より大きい結果となった。

# キャビテーション長



文献[2]

Solver1 2D

- + 8 deg
- ◆ 6 deg

Solver2 2D

- ◇ 2 deg
- 4 deg
- 6 deg
- × 10 deg

Solver2 3D

- 4 deg
- ▲ 6 deg
- \* 8 deg

● 本計算結果

[2] Berntsen et al., "Numerical modeling of sheet and tip vortex cavitation with fluent 5", 4<sup>th</sup> Inter. Symposium on Cavitation, California Inst. of Tec.(2001)

キャビテーション長も、別ソルバーとconsistentな結果

# まとめ

- NACA0015(AoA=8deg.)翼周り2次元圧縮計算を実施
  - 井小萩モデルを使用
  - シートキャビティの成長→リエントラントジェット生成→クラウドキャビティの放出: 定性的な現象の一部を再現
  - 揚力係数など各種パラメータは、一部、実験値とずれ
  - 同じ均質媒体モデルを用いたソルバーと近い結果になっており、本モデルの計算結果としては妥当と考えられる。



## 解析事例2

# 圧力容器構造解析用詳細熱流動解析



# Advance/FrontFlow/redを利用した压力容器 構造解析用詳細熱流動解析

本事例は、以下の論文の成果をもとに構成されています。

J. Katsuyama, G. Katsumata, K. Onizawa, T. Watanabe .and Y. Nishiyama.

“STUDY ON STRUCTURAL INTEGRITY ASSESSMENT OF REACTOR PRESSURE VESSEL BASED ON  
THREE-DIMENSIONAL THERMAL-HYDRAULICS AND STRUCTURAL ANALYSES”

Proceedings of the ASME 2014 pressure Vessels & Piping Conference PVP2014



※印刷不可

当日会場でのみご紹介いたします。



## スーパーコンピュータ上での利用サービスのご紹介

## スーパーコンピュータ上での利用サービス AdvanceSoft <http://www.advancesoft.jp/>

スーパーコンピュータでの利用サービスを**2015年2月**より開始予定  
以下の環境での利用に向けて移植作業中

- 京
- FOCUS
- 地球シミュレータ大規模共有メモリシステム  
( SGI UV2000 )

# 汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAPの 概要と特徴のご紹介

第1事業部 徳永健一

流体解析ソフトウェアAdvance/FrontFlow/red最新動向セミナー  
2014年12月2日（火曜日）  
アドバンスソフト株式会社

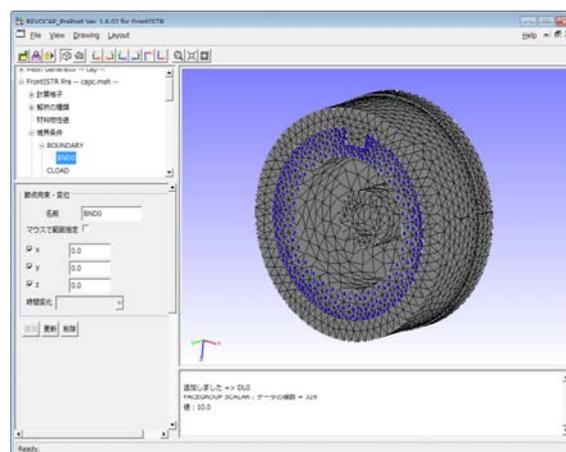
## Advance/REVOCAP とは

有限要素法、有限体積法を用いた構造解析ソフト及び流体解析ソフトのための汎用プリポストプロセッサです。

特にAdvance/FrontFlow/redとAdvance/FrontSTRの専用の入力GUIを備え、解析者の手間を削減します。

その他、Advance/FrontFlow/MP、Advance/FrontFlow/FOCUSおよびAdvance/FrontNoise に対応しています。

文部科学省次世代IT基盤構築のための研究開発「革新的シミュレーションソフトウェアの研究開発」プロジェクトで開発された、連成解析用のプリポストプロセッサ REVOCAP\_Visual、および文部科学省次世代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」で開発されたREVOCAP\_PrePostをアドバンスソフトが機能を拡張して商品化したものです。



# Advance/REVOCAPの開発経緯

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
革新PJ REVOCAP_Mesh REVOCAP_Visual	→			→			→				
イノベーションPJ REVOCAP_PrePost	→			→			→			→	
アドバンス版 Advance/REVOCAP				▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
				7月 v2.0 FFr	7月 v2.2 FSTR	8月 v2.3 FFr FSTR	7月 V3.0 FFr FSTR	12月 V3.1 FSTR シェル	2月 V3.2 FFr FOCUS Noise	4月 V4.0 FFr MP FSTR	

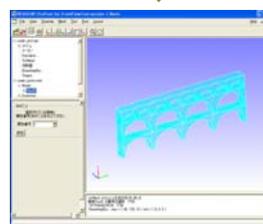
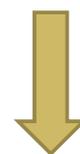
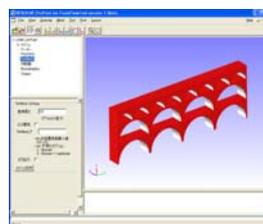
V.4.0リリースは予定です。

# 弊社のソルバー、他のツールとの関係



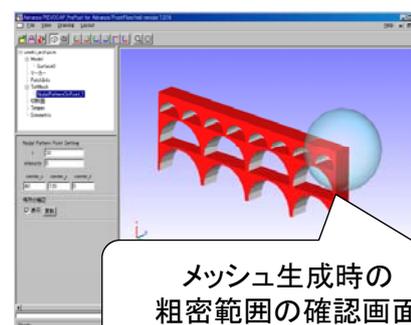
## Advance/REVOCAPのメッシュ生成機能(1)

- 形状データ(IGES、STEP、STL)から自動的に四面体メッシュを生成します。
- 手順
  1. モデルデータの読み込み
  2. モデルの修正
  3. メッシュ生成パラメータの設定
  4. メッシュ生成
- メッシュ生成エンジン
  - ADVENTURE\_TetMesh
  - Simmetrix

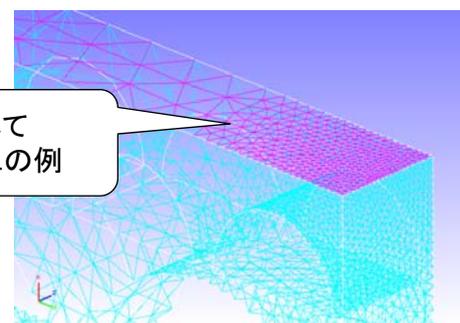


## Advance/REVOCAPのメッシュ生成機能(2)

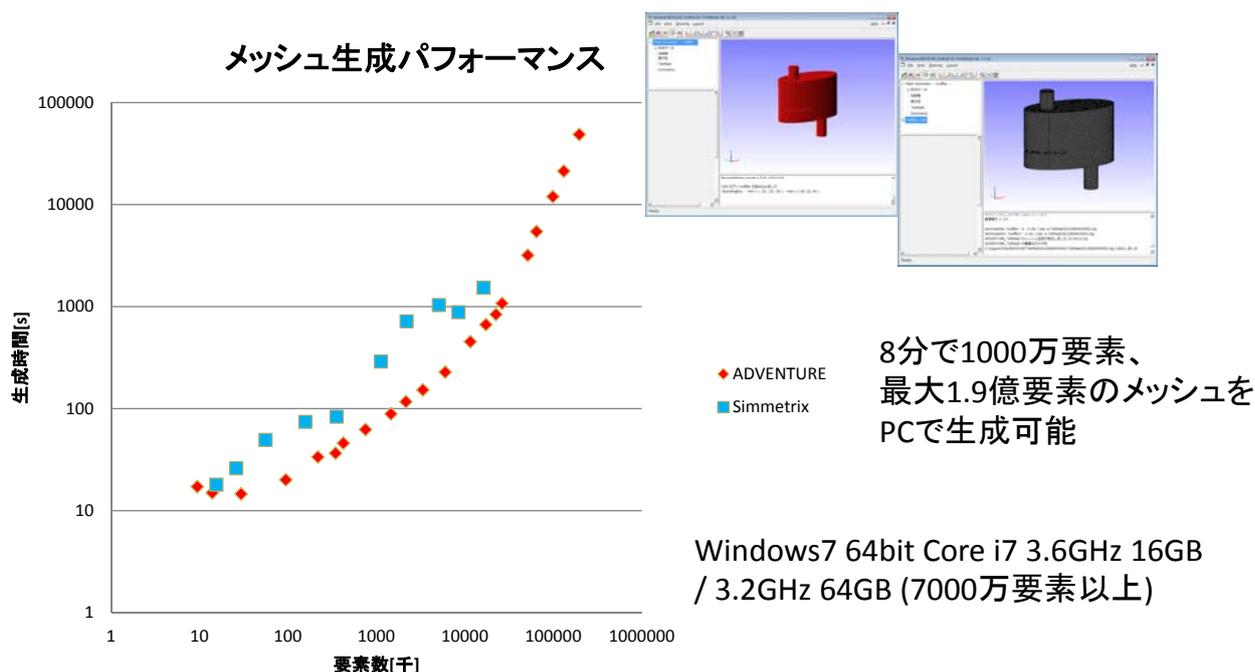
- 粗密制御機能
  - 四面体自動生成の場合に利用可能
  - 要素の大きさの粗密を与える
  - 形状の近傍を細かくする
  - 物理量の変化が大きいところを細かくする
- 粗密制御の方法
  - 場所の指定
    - ある点の周り(球の内部)
    - ある線分の周り(円柱の内部)
  - 倍率の指定
    - 周りの要素に対する倍率



粗密を定義して生成したメッシュの例

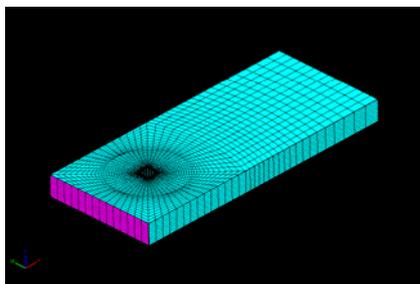


# Advance/REVOCAPのメッシュ生成機能(3)

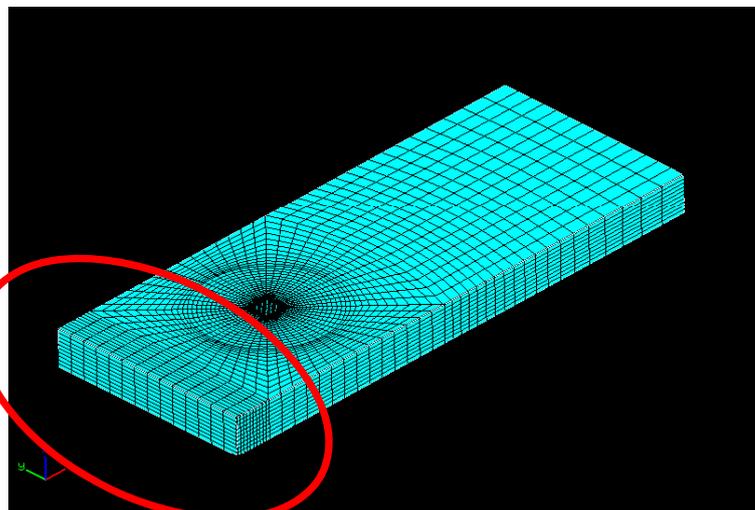


# Advance/REVOCAPのメッシュ生成機能(4)

- 押し出しメッシュ生成機能
  - メッシュの特定の面に押し出しメッシュを追加する
  - 既存のメッシュに対しても適用できる

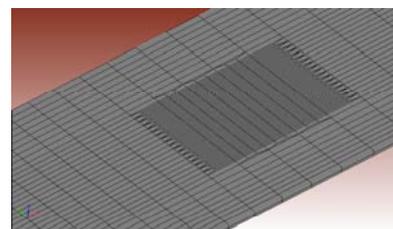
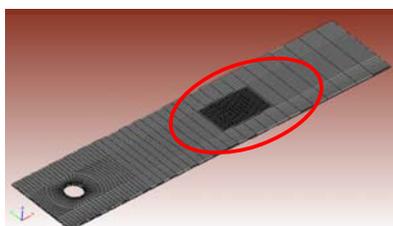
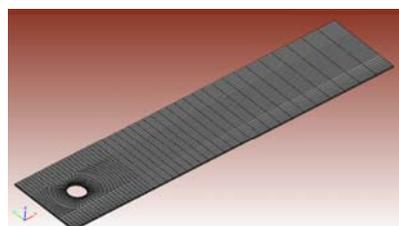


追加したい面を選択し、  
層の個数と厚さを与えて実行する

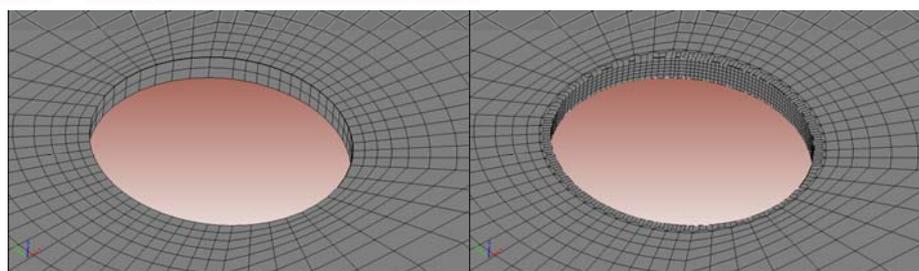


# Advance/REVOCAPのメッシュ生成機能(5)

- 部分的メッシュ細分機能
  - 領域を指定して部分的にメッシュを細かくする



細かくしたい場所を座標、または境界面の名前で指定する

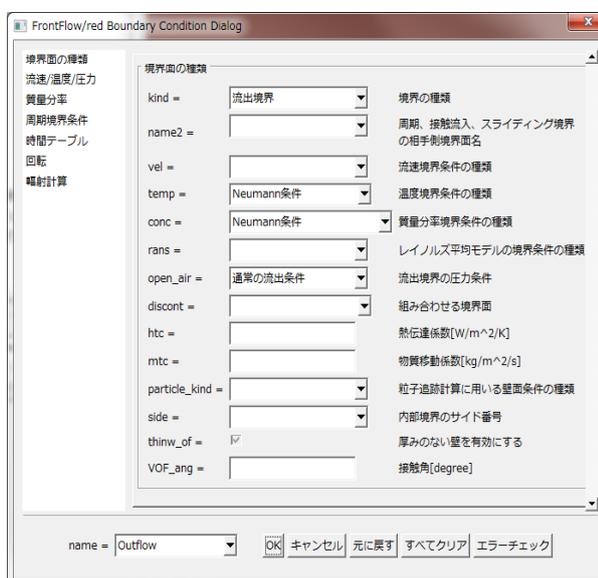


※Ver.4.0 で利用予定になる機能です。

# Advance/FrontFlow/redの解析モデル作成(プリ処理1)

- 主な機能
  - 四面体、六面体、三角柱、四角錐およびそれらの混合要素に対応
  - 境界条件設定機能
  - 解析条件設定機能
  - 乱流モデル設定機能
  - 流体物性値設定機能
  - 化学種設定機能
  - 化学反応設定機能
  - 出力オプション設定機能
  - VOF法設定機能

境界条件設定画面

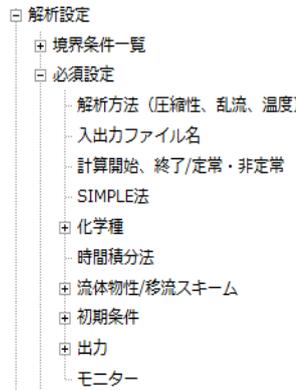


# Advance/FrontFlow/redの解析モデル作成(プリ処理2)

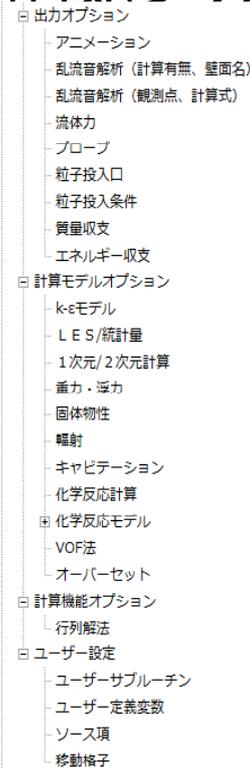
- ソルバー開発者の設計思想を反映した入力用のGUI
  - ツリー構造で整理された設定項目
  - 必須項目とオプション項目が整理されている
  - 複雑な設定は別画面で行う



設定用の別画面の例 (流体物性)



必須設定項目の一覧

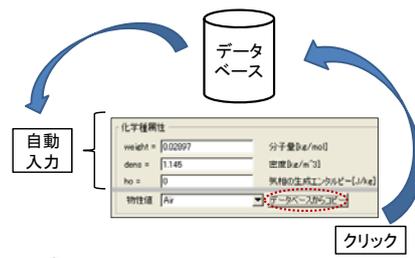


オプション設定項目の一覧

協力: 株式会社日本レースプロモーション様、Lola Cars International Ltd.(英LOLA社)様、株式会社ルマン様、株式会社エムワイジ様  
提供: 北海道大学大学院工学研究科 坪倉誠教授

# Advance/FrontFlow/redの解析モデル作成(プリ処理3)

- その他のプリ処理の特徴
  - 複雑な形状の境界面をマウスでピック&ドラッグすることで、直観的な選択ができます。外からは見えにくい内部の面も容易に選択できます。
  - 化学種の値は物性値データベースから入力可能です。
  - ログ画面に設定内容の確認や付随する情報を表示(右図: 設定した化学反応式の内容の確認)

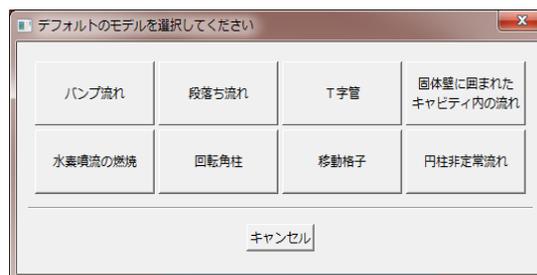
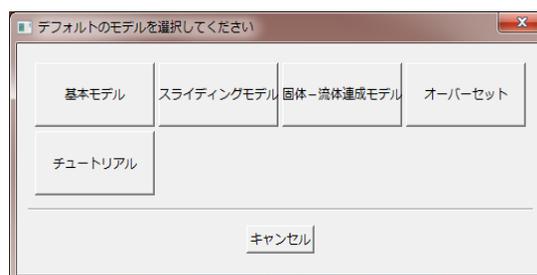


```

1 elementary : 2 H + Ar -> H2 + Ar
2 elementary : H + OH + Ar -> H2O + Ar
4 elementary : HO2 + Ar -> O + OH + Ar
    
```

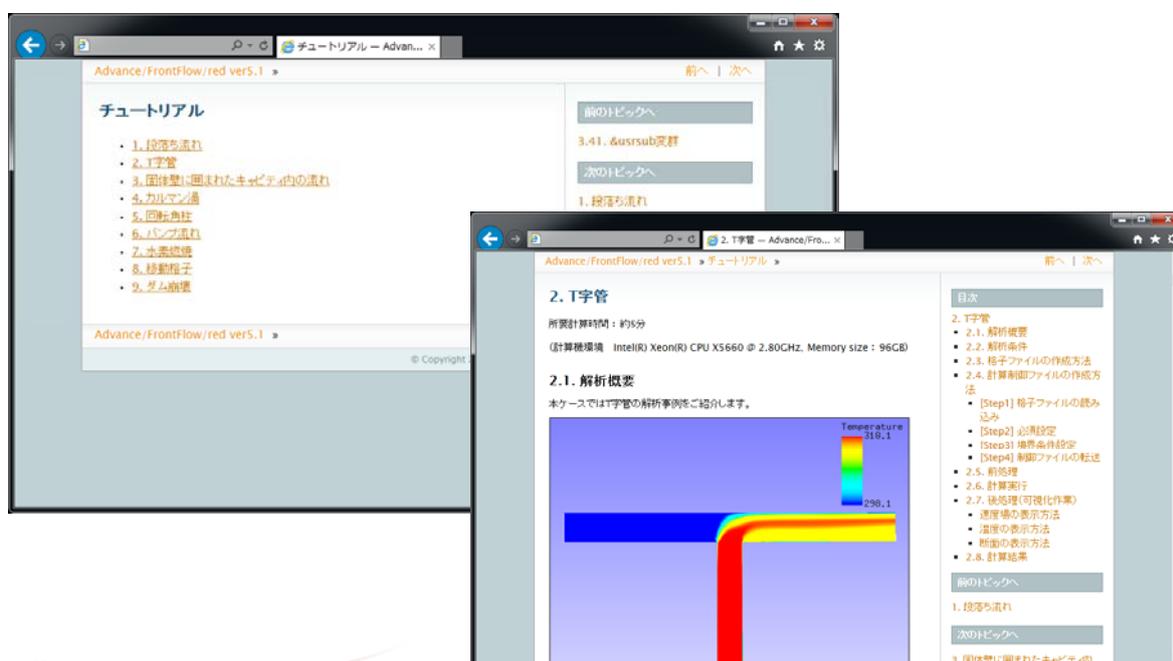
## Advance/FrontFlow/red解析支援

- 基本モデル選択機能
  - アドバンスソフト社で行ってきた多数の解析の知見より得られた適切な規定値が与えられたモデルから選択することができます。
- 豊富なチュートリアル
  - そのまま流すことのできるチュートリアルデータとその設定方法を詳細に解説
- 計算サーバ実行支援
  - 計算サーバで並列計算をする場合のスキプトのひな形の作成機能



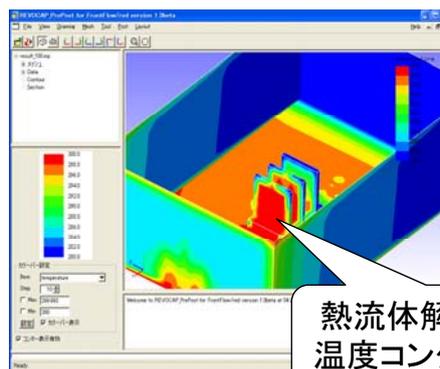
## チュートリアル

Web に移行し、閲覧性および情報の更新頻度が向上しました。

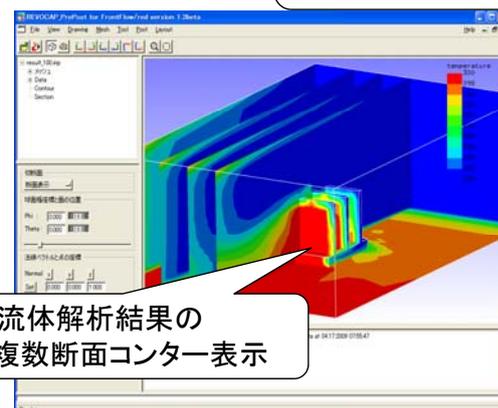


# Advance/REVOCAP ポスト処理機能(1)

- 基本的なポスト処理機能
  - コンター図
  - 任意平面での断面表示
  - ベクトル図
  - 等値面
  - ポイントプローブ
  - ライン上の物理値プロファイル
  - パーティクル
  - ストリームライン
  - ボリュームレンダリング
  - 等間隔分布のベクトル図
- 特徴
  - プリ処理と同様に選択した面だけをも移動可能
  - 複数の断面同時表示

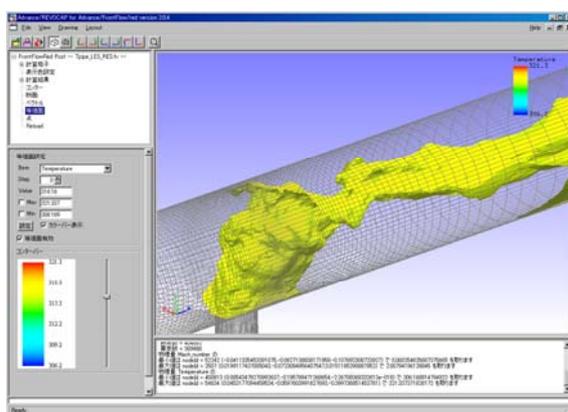


熱流体解析結果の温度コンター表示例

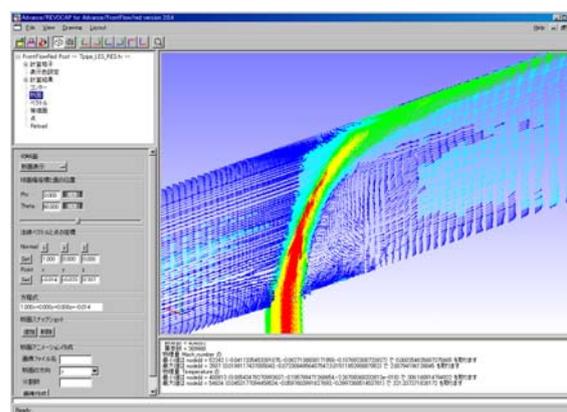


熱流体解析結果の温度の複数断面コンター表示

# Advance/REVOCAP ポスト処理機能(2)

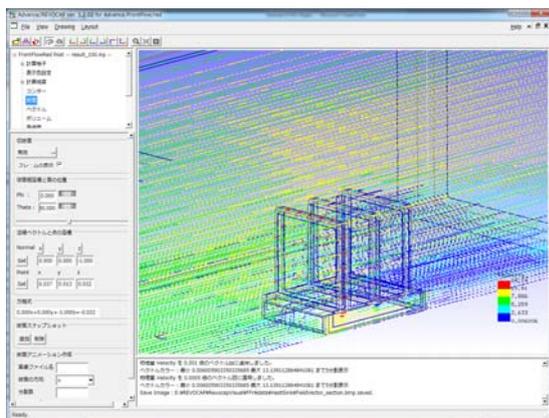


T字管の熱流体解析温度等値面

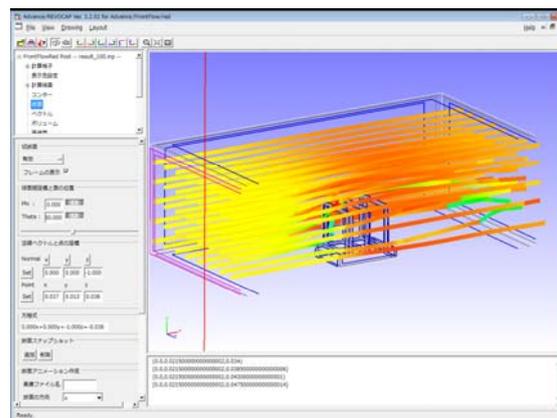


T字管の熱流体解析断面上の速度ベクトル分布

# Advance/REVOCAP ポスト処理機能(3)



ヒートシンクの熱流体解析  
速度ベクトル表示  
(方向を矢印で、大きさを色で表す)

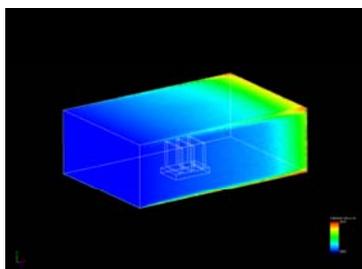


ヒートシンクの熱流体解析  
流線表示

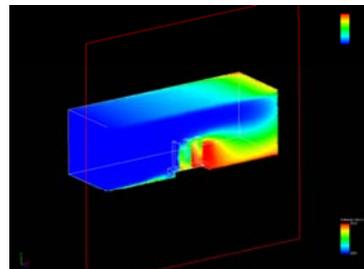
その他:アニメーション用非定常解析画像ファイル生成 など

# Advance/REVOCAP ポスト処理機能(4)

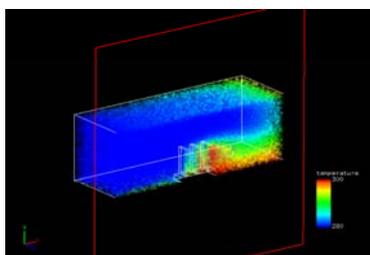
連続体を不透明で自己発光する粒子群で表現する  
PBVR法を用いたボリュームレンダリング



全体表示  
通常のコンター表示と同等の結果が得られる



断面表示  
断面のポリゴンを生成することなく  
高速に可視化可能



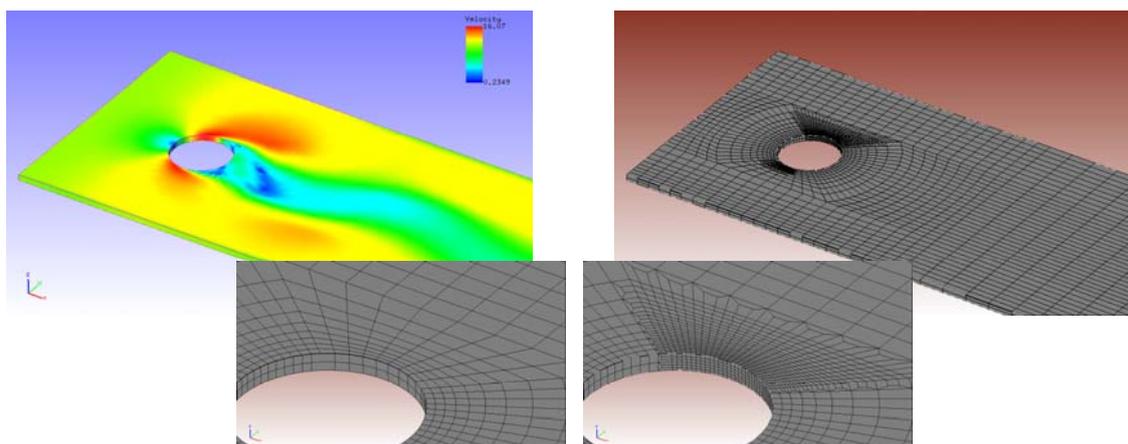
描画粒子数を減らして、大規模なモデルの  
結果の概要を高速に確認することもできる

# Advance/REVOCAPの基本情報

動作環境	Windows7 (32bit, 64bit)、Windows Vista、Linux(CentOSなど、詳細はお問い合わせください)
形状モデル読み込み	IGES(5.3)、STEP、STL
メッシュ生成	四面体自動メッシュ生成、押し出しメッシュ生成、2次要素対応、粗密制御対応
計算格子読み込み	FrontFlowGF形式、HECMW形式、ADVENTURE_TetMesh形式(その他各種のフォーマットに対応いたします。詳細はお問い合わせください。) 四面体、六面体、三角柱、四角錐
プリ処理	境界条件設定機能、解析条件設定機能、物性値簡易データベース機能、メッシュ品質チェック機能
ポスト処理	カラーコンター、等値面、流れ場ベクトル、切断面、変形、ボリウムレンダリング、アニメーション作成
推奨PCスペック	メインメモリ2GB以上(1千万要素以上の大規模モデルを扱う場合は16GB以上を推奨します) 空きHDD500MB以上 ビデオメモリ256MB以上(大規模モデルを扱う場合は1GB以上)

## Advance/REVOCAP Ver.4.0 の新機能紹介

- 部分的メッシュ細分機能(既に紹介済み)
  - 範囲、または面の名前を指定して、その近傍のメッシュを細かくする
- 計算結果適合メッシュ細分機能
  - 計算結果に応じてメッシュを細かくする
  - 例:流速の大きいところのメッシュを細かくする



# 関連ツール紹介：微細構造モデリング

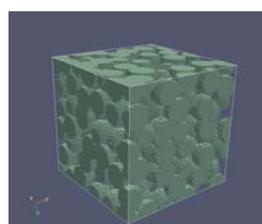
- 大規模並列解析が一般的に利用できるようになってきた
- 産業界のニーズ
  - 燃料電池
  - コンクリート
  - 繊維強化プラスチック(FRP)
- 今まで計算コストの問題から均質化、平均化して解析してきた問題を直接解析する要望が増えている
- 微細構造そのものの物理現象を解析したい
  - 焼結
  - 粉体の溶融
  - セメントの中和反応

これらの背景、要望に応えるためのモデリングツールを開発

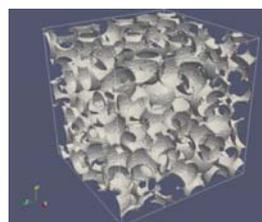
※Advance/REVOCAP の標準パッケージには含まれません

## モデリングツールを使った解析の一般例

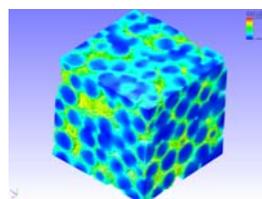
1. マクロ的な情報(粒径、体積比、アスペクト比等)から自動的に微細構造を作成する



2. 微細構造から幾何的な情報を使って形状パラメータを求める(屈曲度、細孔分布、接続情報、三相界面長等)

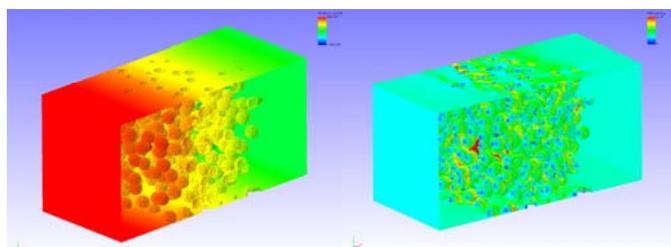
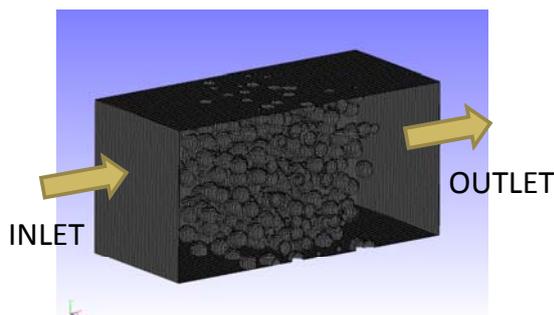


3. 構造解析、流体解析の結果から、マクロ的な量を計算する(熱伝導率、電子導電率等)



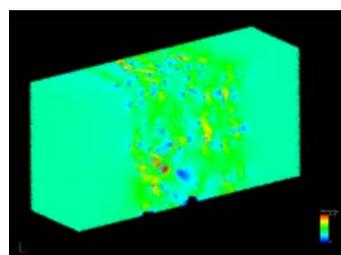
# Advance/FrontFlow/red計算例

- 微細構造をFrontFlow/red用のモデルとして出力して解析を行った
- 計算例(微小粒子が充填されている)



圧力値

速度

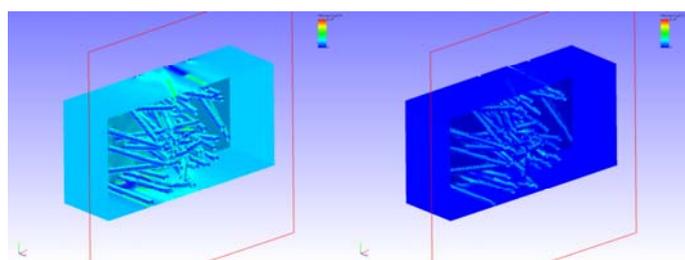
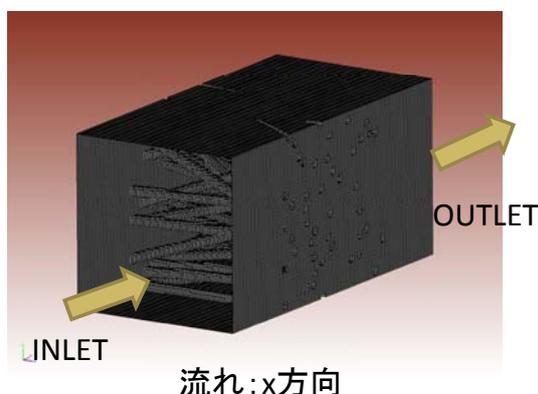


断面の速度(ボリュームレンダリング)

描画ポリゴン数が増加する場合も、ボリュームレンダリングを用いれば高速に描画可能

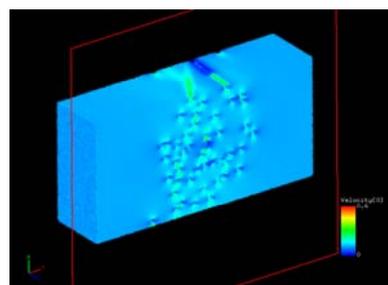
# Advance/FrontFlow/red計算例

- 計算例(微細繊維)



速度(x成分)

速度(y成分)



速度(x成分)ボリュームレンダリング

ご清聴ありがとうございました。

Advance/REVOCAP を利用して、  
Advance/FrontFlow/red による流体解析を  
みなさまの業務、研究にお役立てください。



# メッシュ作成ツールキットCube-it の使用方法

第2事業部 技術第3部  
土田 健一

流体解析ソフトウェアAdvance/FrontFlow/red 最新動向セミナー  
2014年12月2日（火）  
アドバンスソフト株式会社

## Cube-itとは

Cube-it は全自動ヘキサメッシュ生成を目標として日々進化し続ける、  
形状作成からメッシュ生成までをサポートしたフル装備のメッシュ作成ツールキットです。

流体解析ソフトウェアAdvance/FrontFlow/red は  
Cube-it で作成されたメッシュに対応しております。



Advance/FrontFlow/redで使用するメッシュを作成する為の  
Cube-it使用方法を基本的な作成フローをもとに紹介します。

## CFD

### 1.メッシュタイプ

- ・2次元要素・・・三角形, 四角形
- ・3次元・・・四面体, 六面体, 三角柱, 四角錐

### 2.機能

- ・上記のHybridメッシュ
- ・境界層機能

### 3.入力ファイルフォーマット

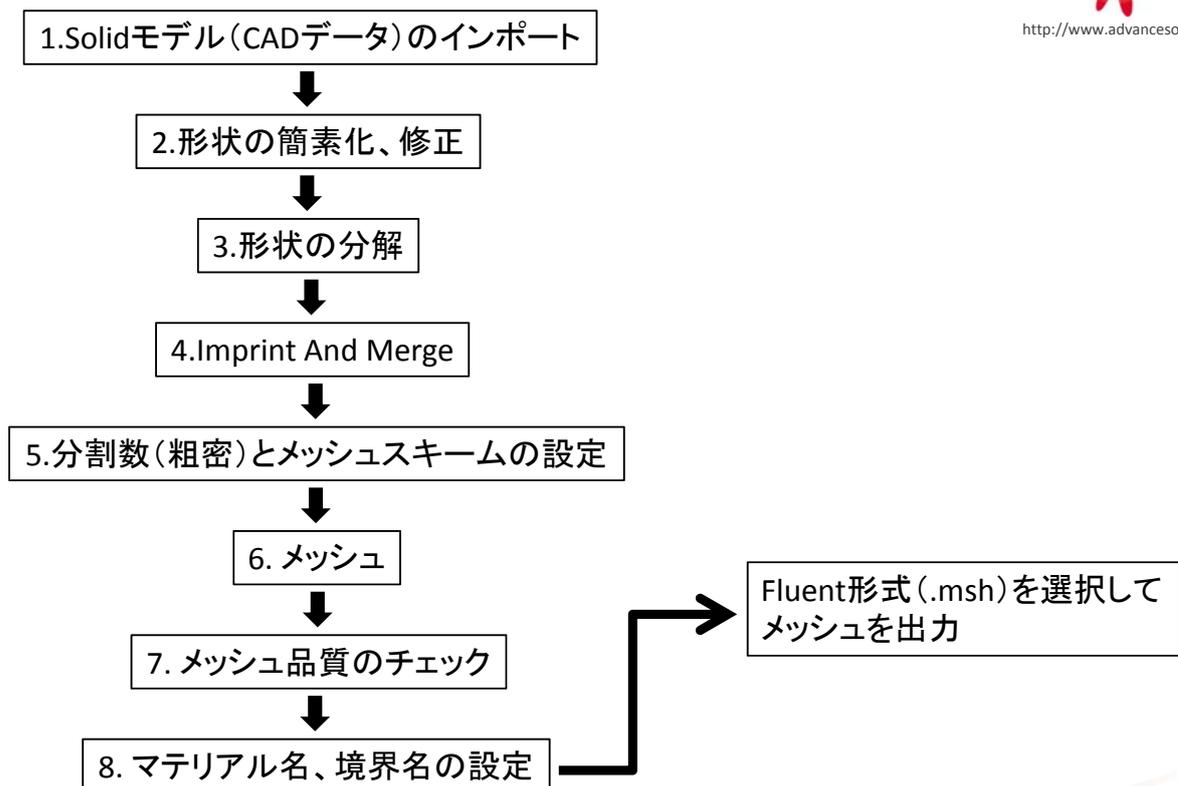
- ・CADファイルフォーマット: ACIS, IGES, STEP
- ・Facetファイルフォーマット: Facets, AVS, STL
- ・メッシュフォーマット: Exdous, Patran, Ideas, Abaqus, Nastran, Fluent

### 4.出力ファイルフォーマット

- ・CADファイルフォーマット: ACIS, IGES, STEP
- ・Facetファイルフォーマット: Facets, AVS, STL
- ・メッシュフォーマット: Exdous, **Fluent**

Advance/FrontFlow/redでは  
Fluent形式(.msh)で  
メッシュを出力して使用。

## 基本的なCube-itのメッシュ作成フロー

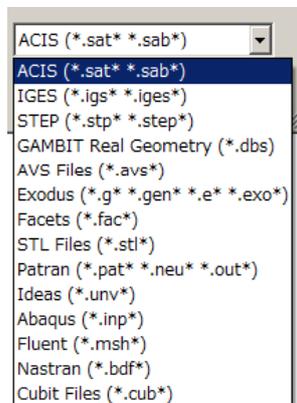


# 基本的なCube-itのメッシュ作成工程

## 1.Solidモデル(CADデータ)のインポート

解析形状の準備としてCADデータをインポートするかCube-it上で直接形状を作成する。

- ・CADデータをIGES,STEP等の形式にしてインポート。



- ・簡単な形状であればCube-itで直接形状作成も可能。  
(Boolean演算、Sweep、Webcutting、コピー、移動等の機能あり)

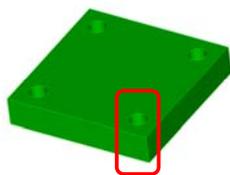
# 基本的なCube-itのメッシュ作成工程

## 2.形状の簡素化、修正

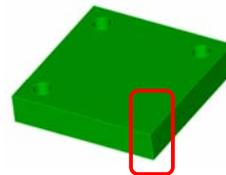
解析目的に応じた形状の簡素化及び修正を行う。

例1) 対称性を考慮して1/2、1/4モデルを作成。

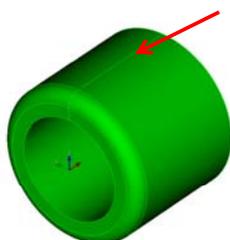
例2) 簡略化する形状の除去。



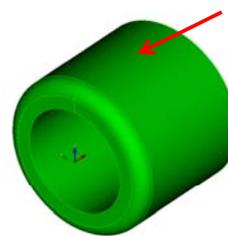
Geometry → Surface → Modify  
→ Remove  
で不要なSurface を選択



例3) 簡略化する Surface 上の Curve の除去。



(コマンド例)  
Geometry → Surface → Modify  
→ Regularize  
で不要なCurve から構成されている  
Surface を選択

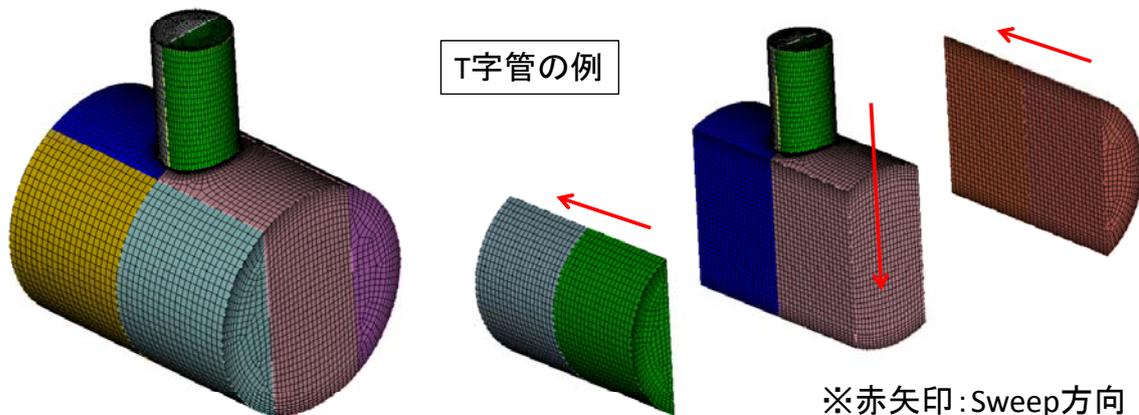


# 基本的なCube-itのメッシュ作成工程

## 3.形状の分解

6面体でのメッシュ生成はSurfaceにメッシュを貼りSweepして3次元にしていくケースが多く、  
だいたいの場合品質の良いメッシュの生成には形状の細かい分割が必要。

例1) SweepできるVolumeになるようにモデルをカット。



例2) メッシュの粗密を制御したい場合。  
分割した領域ごとに分割数や粗密を定義できるので細かな調整が容易となる。

# 基本的なCube-itのメッシュ作成工程

## 4.Imprint And Merge

連続的なメッシュを生成する為に必要な工程。  
(分割した形状の隣接しているSurfaceを共有させる。)

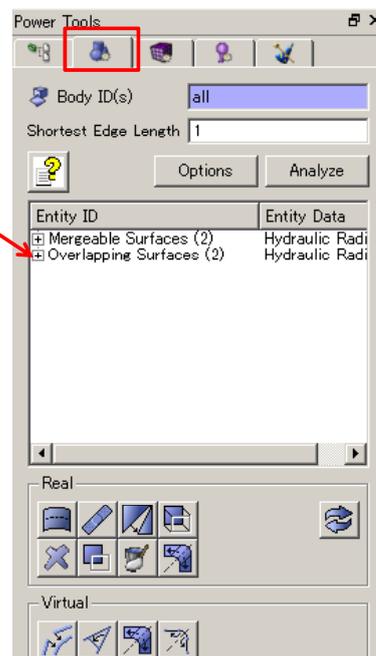
・パワーツールで「Overlapping Surfaces」が無い確認。

ここに「Overlapping Surfaces」と表示されたら  
Surfaceが共有されていない  
部分があるということ。  
→Imprint And Mergeの実行要。

・またはCommand Lineで「find overlap」の入力で確認可能。

・不連続接続として作成していく部分では  
Imprint And Mergeは必要無し。

(Volume選択の操作が煩雑になる場合は  
全てImprint And Mergeしてしまうことを推奨。  
→詳細はP.18の太赤枠内)



# 基本的なCube-itのメッシュ作成工程

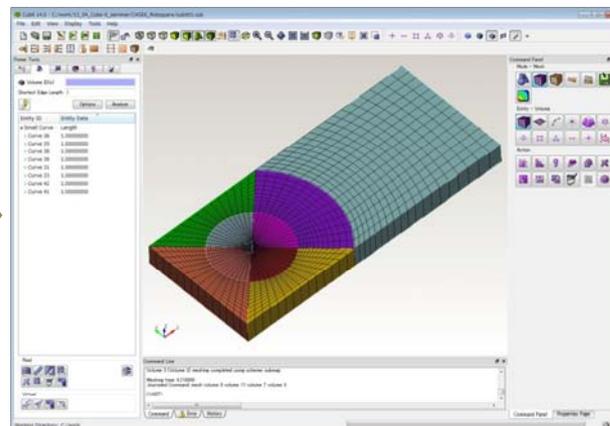
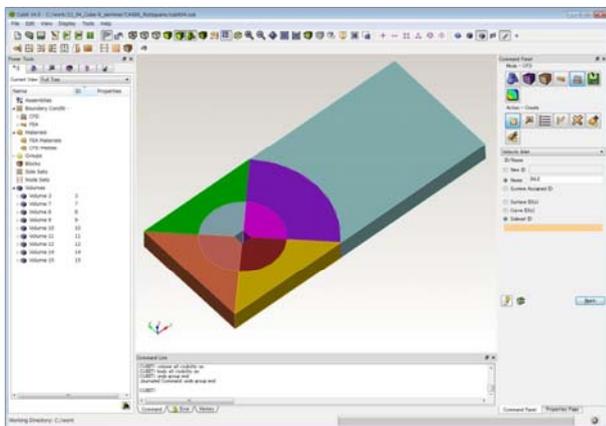


http://www.advancesoft.jp/

5. 分割数(粗密)とメッシュスキームの設定

6. メッシュ

Surfaceを構成するCurveに分割数(粗密)を定義しSurfaceにメッシュを作成。  
→メッシングしたSurfaceをSweepさせてVolumeにメッシュを作成。



Copyright ©2014 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

9

# 基本的なCube-itのメッシュ作成工程

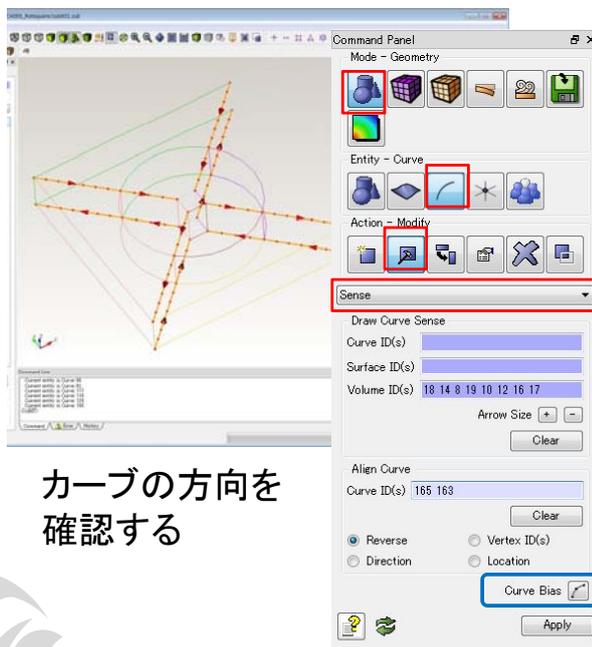


http://www.advancesoft.jp/

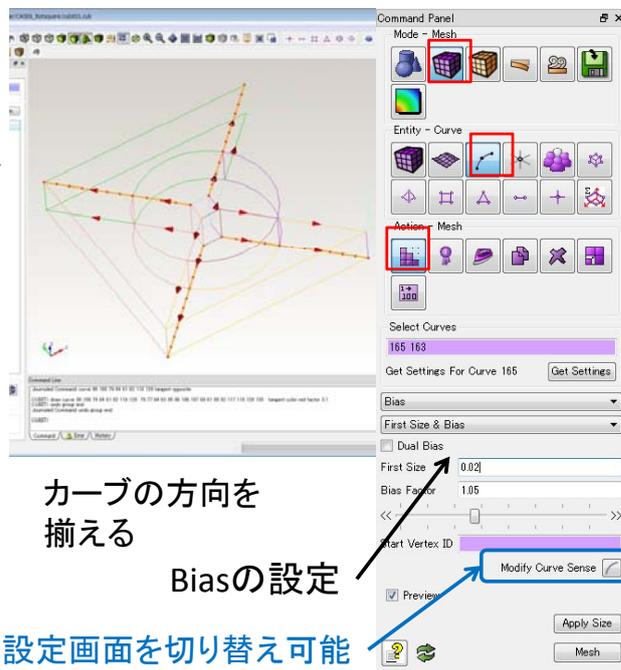
5. 分割数(粗密)とメッシュスキームの設定

6. メッシュ

Surfaceを構成するCurveに分割数(粗密)を定義しSurfaceにメッシュを作成。



カーブの方向を確認する



カーブの方向を揃える

Biasの設定

設定画面を切り替え可能



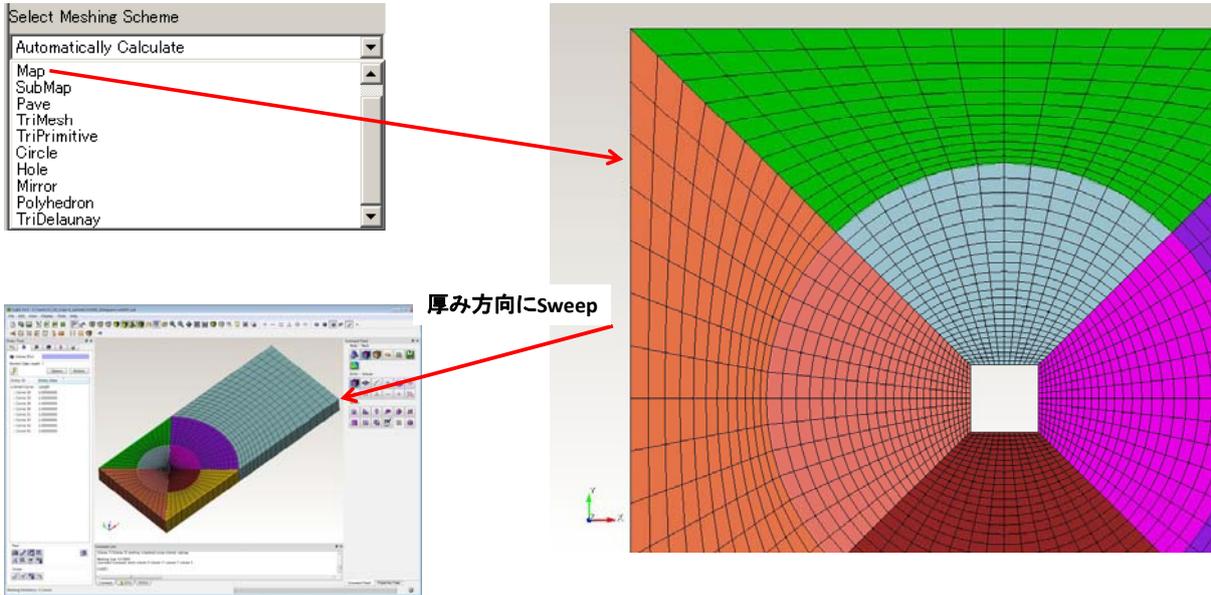
Copyright ©2014 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

10

# 基本的なCube-itのメッシュ作成工程

- 5. 分割数(粗密)とメッシュスキームの設定
- 6. メッシュ

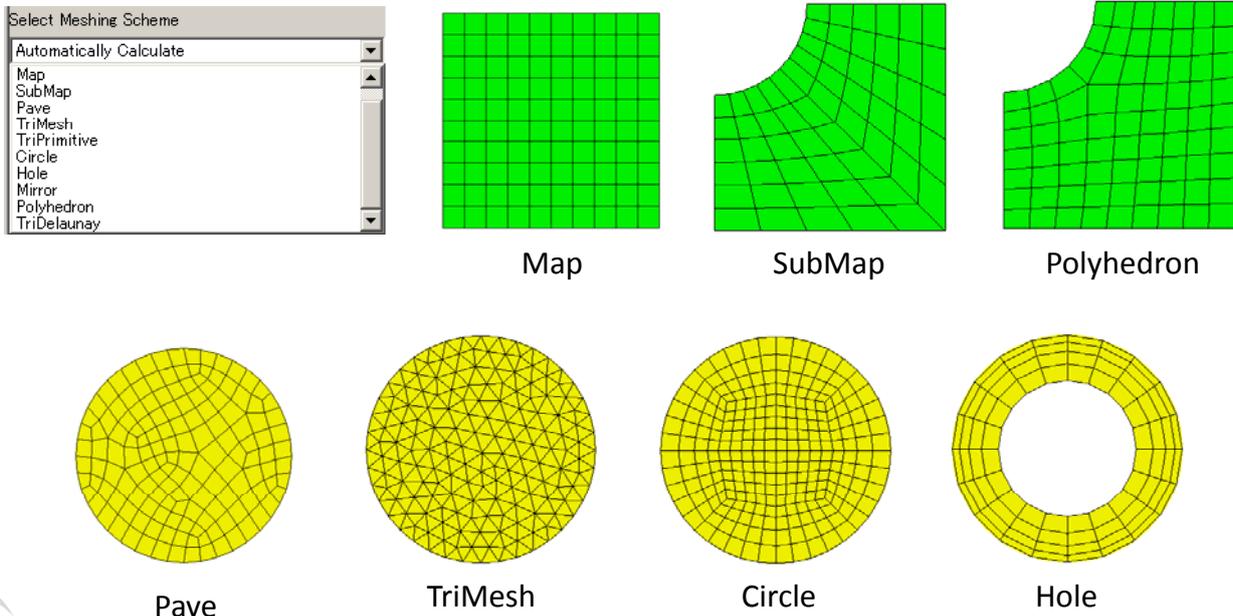
メッシュスキームを設定しSurfaceメッシュを作成後Sweepさせる。



# 基本的なCube-itのメッシュ作成工程

- 5. 分割数(粗密)とメッシュスキームの設定
- 6. メッシュ

代表的なSurfaceメッシュスキーム。



# 基本的なCube-itのメッシュ作成工程

## 7. メッシュ品質のチェック

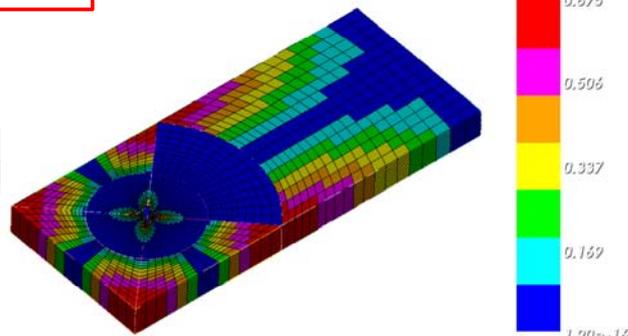
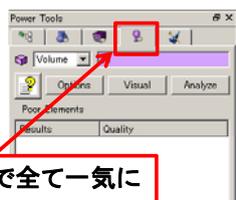
メッシュ品質の目安

- ・アスペクト比 : 5~10
- ・ヤコビアン : 全て正

・要素ごとの品質目安(下表)

要素	Metric	Min	Max
Hex	Skew	0.00	0.85
Quad	Maximum Angle	90	166.5
	Minimum Angle	13.5	90
Tet	Shape	0.2	1
Tri	Maximum Angle	60	162
	Minimum Angle	9	60

パワーツールで全て一気に確認が可能



Skewでのチェック結果例

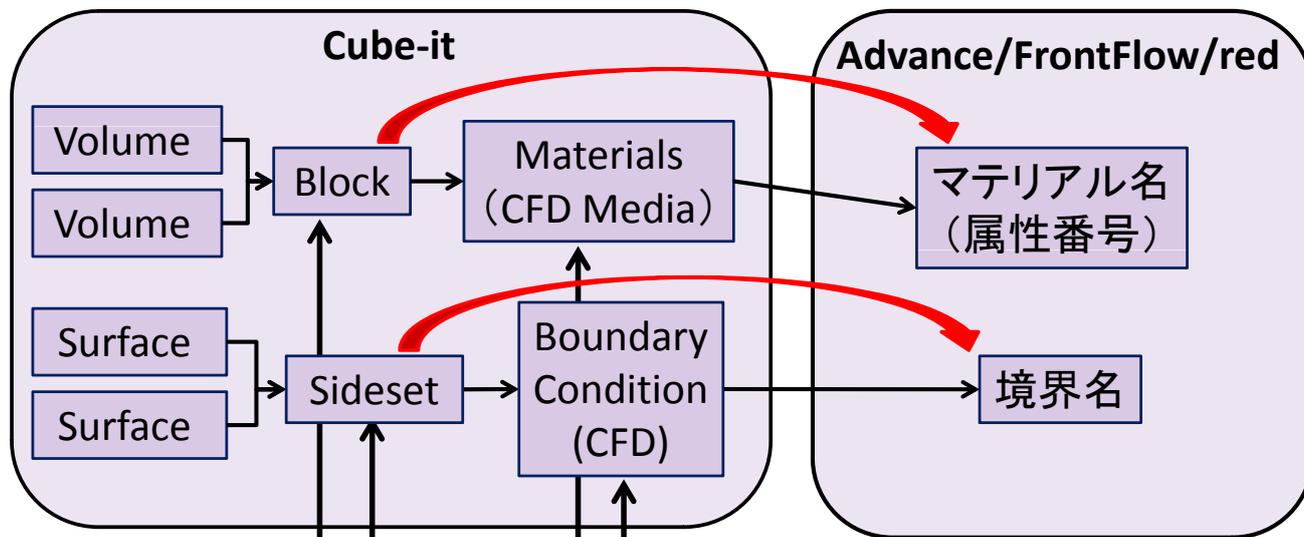
<品質の低下を確認した場合>

- ・Cube-itは様々なスムージング機能を有しており、スムージング機能の使用により、品質を改善できる場合がある。
- ・形状分割、Surfaceメッシュの見直しで改善を図る。

# 基本的なCube-itのメッシュ作成工程

## 8. マテリアル名、境界名の設定

設定の関係図(3Dモデルの場合)



BlockとSidesetはデフォルト名  
→パワーツールで  
名前の変更作業は容易

Advance/FrontFlow/redでの使用の場合は  
割り当てる必要はありません(上図赤矢印の関係)

## 8. マテリアル名、境界名の設定

Advance/FrontFlow/redでマテリアル属性番号を分ける必要がある場合。

- ・流体と固体を扱う場合。
- ・不連続接合を用いる場合。
- ・sliding格子機能を用いる場合。
- ・多孔質モデル機能を用いる場合。
- ・厚みの無い壁機能を用いる場合。

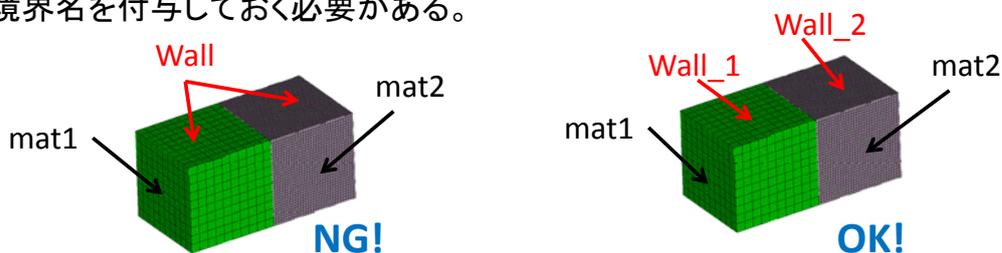
複数マテリアルの設定が必要。



## 8. マテリアル名、境界名の設定

複数マテリアル設定時の注意点。

1. 同じ境界条件を設定するとしても、マテリアル属性番号ごとに異なる境界名を付与しておく必要がある。



2. 複数マテリアルの定義にはインターフェース境界の設定が必要。  
異なるマテリアルの隣接面には別々に境界名を付与する。

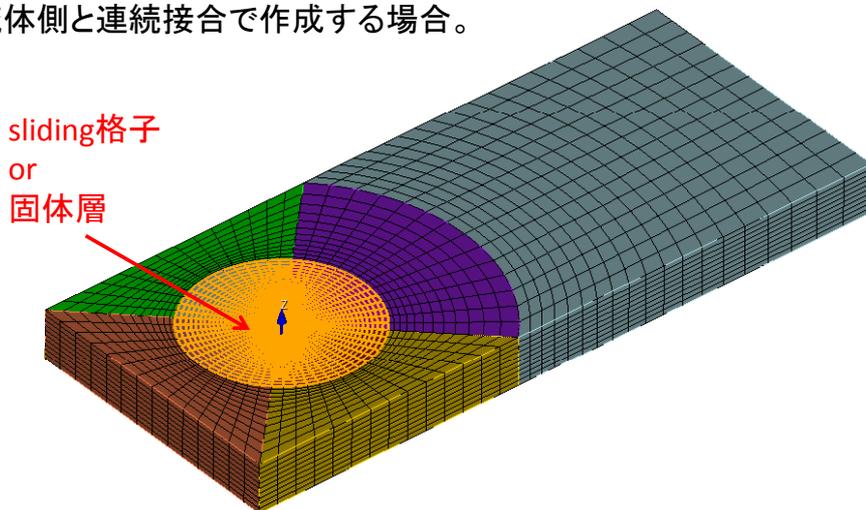


# 基本的なCube-itのメッシュ作成工程

## 8. マテリアル名、境界名の設定

複数マテリアルの設定が必要な時のCube-itの操作。

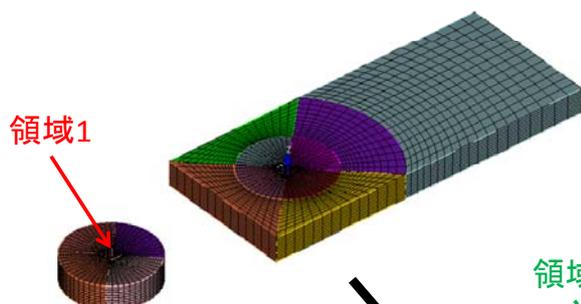
- 例1) 下図のメッシュの円筒形部分をsliding格子とし、静止側と連続接合(静止状態)で作成する場合。
- 例2) 下図のメッシュの円筒形部分を固体層とし、流体側と連続接合で作成する場合。



# 基本的なCube-itのメッシュ作成工程

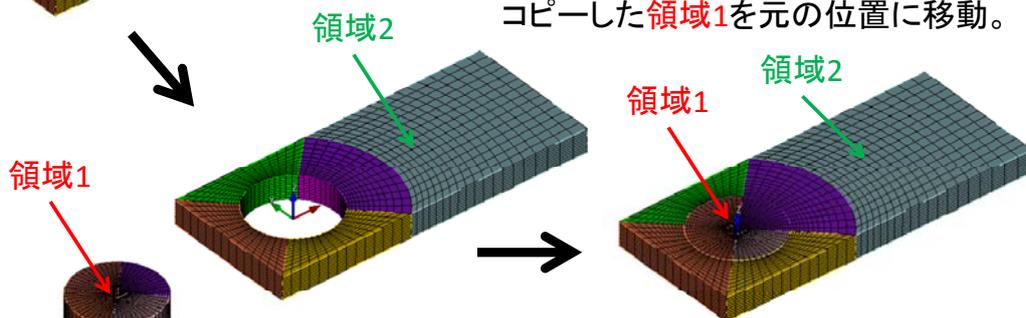
## 8. マテリアル名、境界名の設定

1. 形状をImprint And Mergeして全てのVolumeにメッシュを作成した後、マテリアル属性番号を分ける必要があるVolumeをメッシュごとコピーし、コピーした領域1にマテリアル名と境界名を付与する。



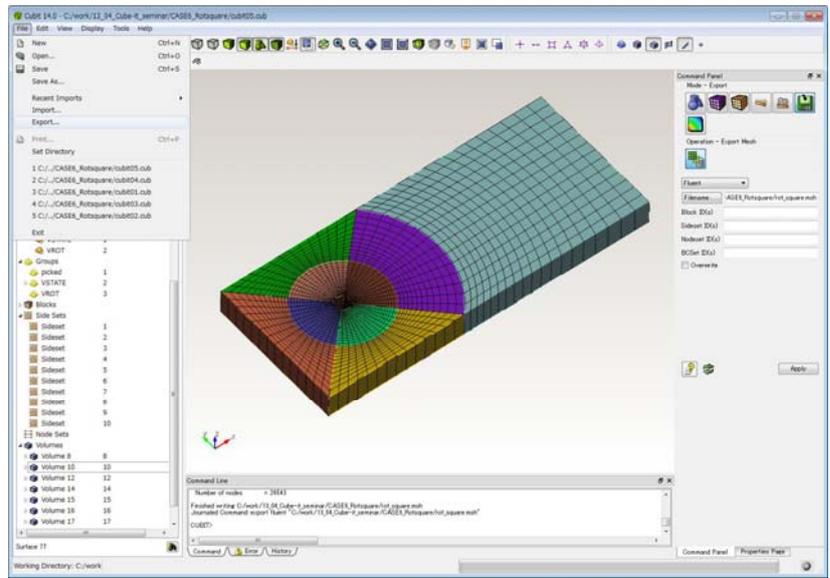
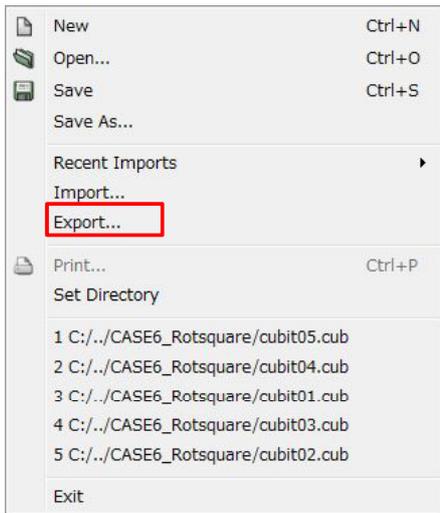
※領域1と領域2を不連続接合する場合は領域1を形状だけコピーし、メッシュを切ってから元の位置に移動。

2. 元の形状を削除し、残りの領域2にマテリアル名と境界名を付与した後、コピーした領域1を元の位置に移動。



# 基本的なCube-itのメッシュ作成工程

Fluent形式を選択してメッシュを出力する

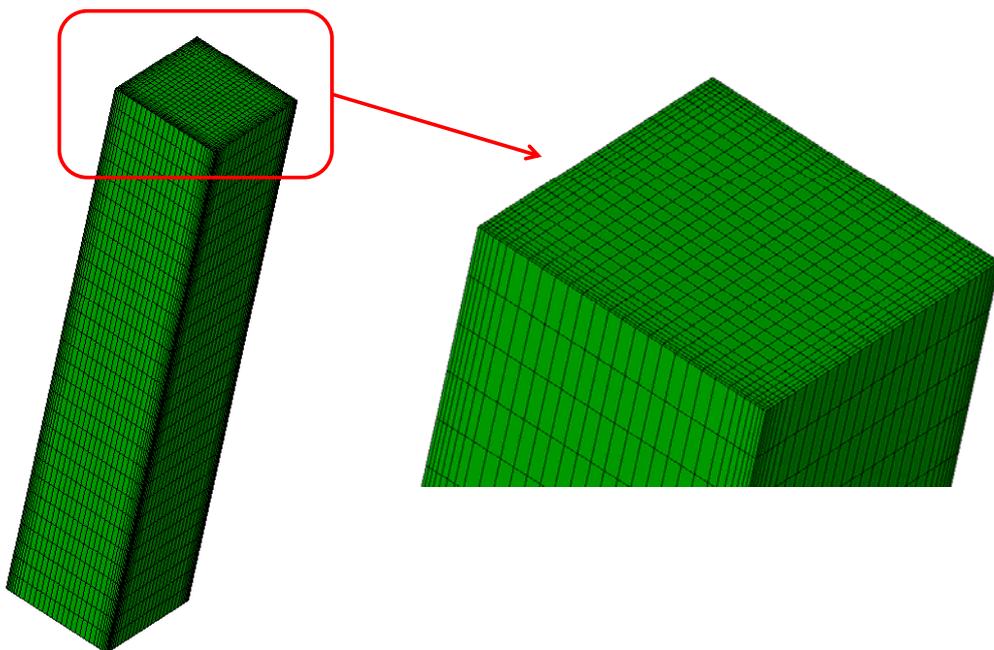


メニューから出力  
Fileメニュー→Export

メッシュ作成終了、解析設定へ

# 境界層機能の紹介

容易な手順で作成が可能。



# 境界層機能の紹介

Volumeに境界層を定義。

Surface ID(s)でVolumeの側面を全て選択  
→対象のVolumeを選択  
→Add  
→Create

First row: 第1層目の幅  
Growth Factor: 拡大率  
Number of Layers: 層数

Surface	Volume
5	1
3	1
6	1
4	1

# 境界層機能の紹介

Curveに分割数を定義。

VolumeをMapスキームでメッシュ。

- Cube -itのメッシュ標準作成フローをもとにメッシュ作成でのポイントを示した。
- 境界層機能の紹介。



# ご清聴 ありがとうございました





**警告**

このレポートに収録されている文章および内容については、ご自身のために役立つ用途に限定して無料配布しています。このレポートを、販売、オークション、その他の目的で利用するには、著作権者の許諾が必要になります。このレポートに含まれている内容を、その一部でも著作権者の許諾なしに、複製、改変、配布を行うことおよびインターネット上で提供する等により、一般へ送ることは法律によって固く禁止されています。