

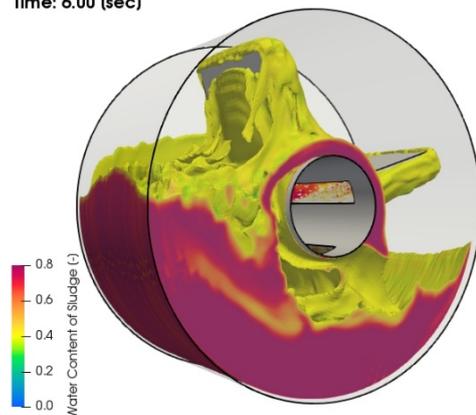
# オンラインセミナー 流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red Ver. 5.6 バージョンアップセミナー

2021年1月14日(木)開催

## プログラム

1.	流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red の概要 .....	1
	第3事業部 大西 陽一	
2.	バージョンアップ内容および現在の取り組み .....	13
	第3事業部 大野 修平	
3.	ベクトル計算機における高速化に関する最近の取り組み .....	19
	第3事業部 國嶋 雄一	
4.	価格および関連サービスについて .....	27
	営業部 鈴木 照久	

Time: 6.00 (sec)





# 流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red のご紹介

第3事業部 大西 陽一

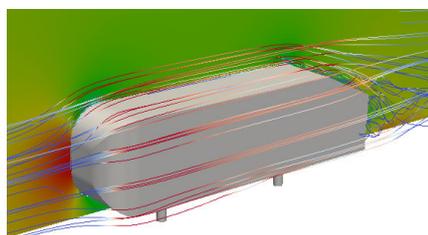
流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red Ver. 5.6  
バージョンアップセミナー2021年1月14日（木）  
アドバンスソフト株式会社

Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

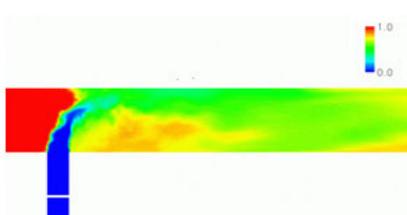
## Advance/FrontFlow/red とは

速度、圧力、温度、燃焼、物質拡散、回転系、騒音、キャビテーション、  
微粒子などの変動や平均分布を予測・解析する汎用熱流体解析ソフトウェア

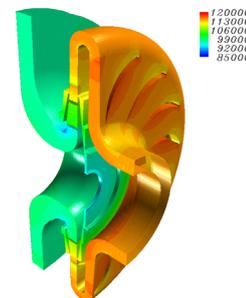
空力



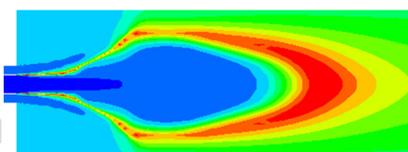
温度



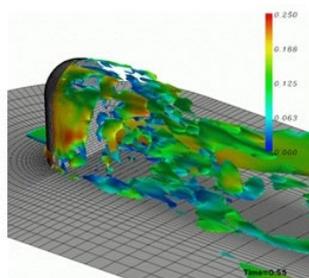
回転系



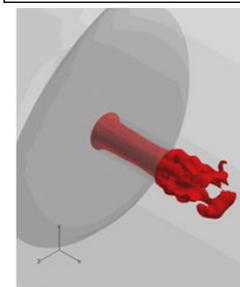
燃焼



騒音



キャビテーション



Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

# ソフトウェアの特徴

- 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



Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

## Advance/FrontFlow/red Ver5.6の機能①

項目	機能詳細
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>非ニュートン流体</b> / 熱拡散 (Soret 効果)
	<b>乱流モデル</b> : LES (標準 Smagorinskyモデル、Dynamic Smagorinskyモデル、 <b>WALEモデル</b> ) / 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 $k-\epsilon$ モデル / 高レイノルズ数型 $k-\epsilon$ モデル / RNG $k-\epsilon$ モデル / Chen $k-\epsilon$ 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>標準壁関数</b>
	<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</b> (Euler-Lagrangian 2way): 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

Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

## Advance/FrontFlow/red Ver5.6の機能②

項目	機能詳細
物理モデル	騒音(乱流音): Lighthill-Curlモデル / Ffowcs Williams and Hawkingモデル
	キャビテーション: 均質流モデル
	多孔質体モデル: ダルシー則 / べき乗則
	自由表面: 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 / ポリヘドラルメッシュ / 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(機能制限あり)
離散化	有限体積法 / 節点中心法 / セル中心法
アルゴリズム	SIMPLEC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 / 優対角化処理による流体・固体間の熱連成計算の安定性向上
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

Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

## Advance/FrontFlow/red Ver5.6の機能③

項目	機能詳細
素反応計算ソルバー	Operator Splitting Method / ODE(常微分方程式)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 / 非散逸スキーム
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
前処理	マルチレベルグラフ理論に基づく領域分割
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 / 熱伝達係数 / 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

Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

# Advance/FrontFlow/red Ver5.6の動作環境

OS	① Linux: Red Hat Enterprise Linux 7.x, 6.x, 5.x ② Linux: CentOS 7.x, 6.x, 5.x ③ Windows 10 ④ Windows 2016 server 他の OS についても対応実績がありますので、ご相談ください
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	① Intel MPI (Ver. 2.0 以上) ② MPICH1 (Ver. 1.2.7p1) ③ MPICH2 (Ver. 1.0 以上) ※ Windows は Microsoft-MPI (MS-MPI) を利用します ④ OpenMPI (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® Parallel Studio XE [C/C++/Fortran コンパイラ、デバッガ、MKL/DAAL/IPP/IBBライブラリ、 MPIライブラリ、Trace Analyzer & Collector などが付属、Intel プロセッサには最適] <a href="https://www.xlsoft.com/jp/products/intel/studio_xe/index.html">https://www.xlsoft.com/jp/products/intel/studio_xe/index.html</a> ② Window 版インテル Visual Fortran 導入時にお客様の環境にて動作確認させていただきます ③Linux、Windows版gnuコンパイラ ④ 他の Fortran コンパイラ(スーパーコンピュータの利用を含む)についても対応実績が ありますので、ご相談ください

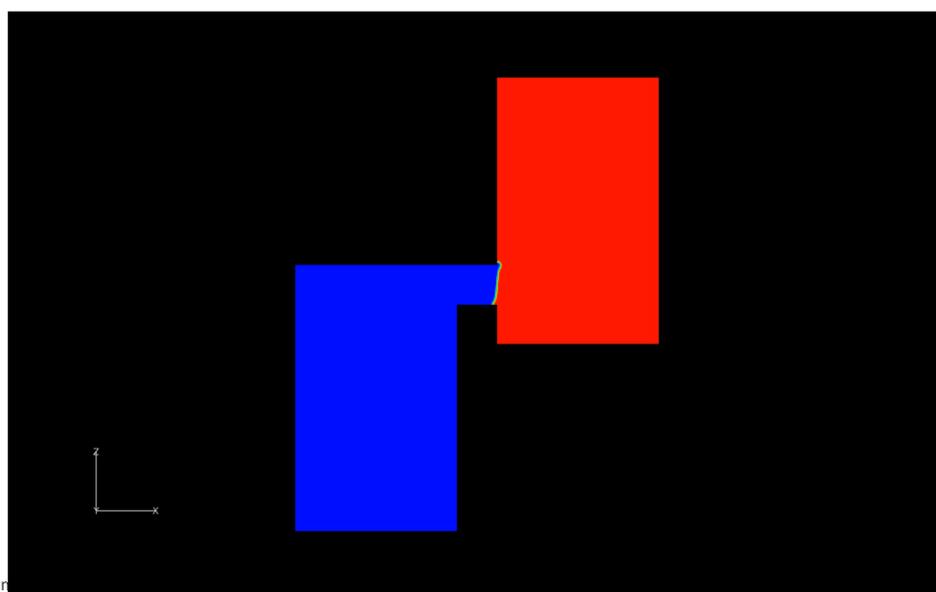
Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

## 解析事例(1)

### 自由表面解析

#### 特徴

- ✓ 界面捕獲精度を保つ機能の追加
- ✓ 体積保存性の高度化



Copyright ©2021 Advan

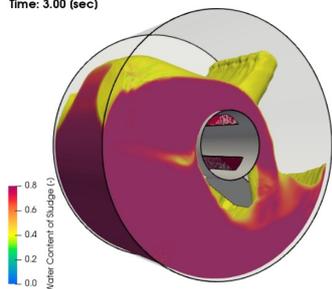
# 解析事例(2)

## 汚泥乾燥 (混相流+相変化)

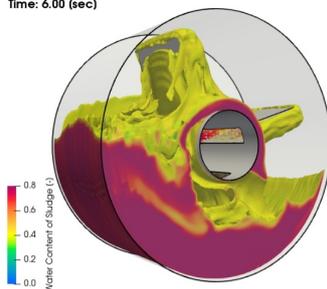
### 特徴

- ✓ 気相 汚泥 含水 の3流体を考慮可能
- ✓ 相変化を考慮可能
- ✓ 非ニュートン流体モデルなど自由に組み合わせ可能

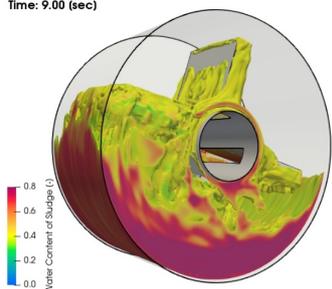
Time: 3.00 (sec)



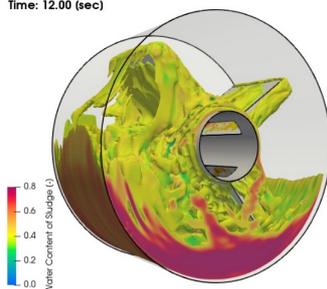
Time: 6.00 (sec)



Time: 9.00 (sec)



Time: 12.00 (sec)



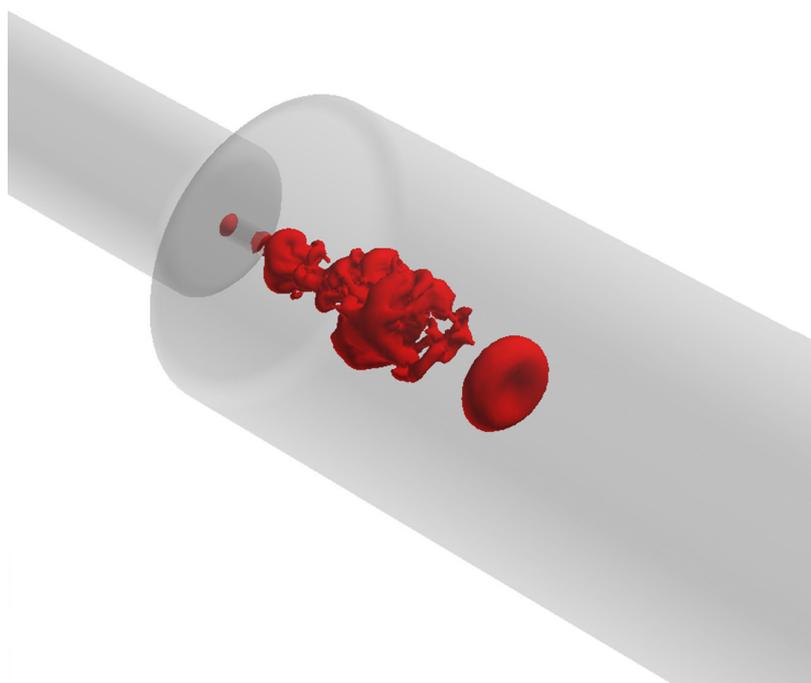
Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

# 解析事例(3)

## キャビテーション解析

### 特徴

- ✓ 気相と液相の圧縮性を考慮
- ✓ 気相ボイド率の高精度捕獲
- ✓ エロージョンの予測



Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

# 解析事例(4)

## アンモニア燃焼解析

**(1)環境保全を目指した新エネルギー利用技術の開発**

理想的なエネルギー源は、自然エネルギー（太陽光、風、波力等）で間違いありませんが、これらのエネルギー密度は低く、かつ供給の変動が激しいという問題点があります。この点において、水素エネルギーはインフラが確立済み、かつ分散型で利用すれば、供給変動の少ない基盤型の安定エネルギー源になります。トヨタ自動車は水素を燃料とする燃料電池車（ミライ）を販売するとともに、それらの特許を無償提供しました。本研究室では、バイオマスや廃棄物から水素を効率よく、大規模に製造できる手法を研究しています。加えて、H<sub>2</sub>運搬キャリアとして注目されているアンモニア（NH<sub>3</sub>）の直接燃焼利用についても研究をしています。

液体状態での水素貯蔵量は、 $AP60$  204.8kg/L、 $CH_4$ の約1/3となる。水素エネルギーキャリアの燃焼熱効率は、 $AP60$  2.4e+00、 $CH_4$ の約1/3となる。

CO<sub>2</sub>排出ゼロの燃焼（NH<sub>3</sub>）  
（スリコンによるバーナー設計）

温度 [K]

【 成果発表(最近の書籍・奥村) 】

- (1) NO<sub>x</sub>低減と高負荷燃焼の同時機能を目指したアンモニアバーナーの開発, 科学研究費補助金「基礎研究(C)」、代表 (19K04219) (2019).
- (2) 【解説】「環境保全を目指した石炭/バイオマスのガス化利用」日本機械学会誌 (特集号), 19巻3号, pp.167-174, (2019)
- (3) Pyrolysis and gasification experiments of biomass under elevated pressure condition, Journal of Environment and Engineering (2009), Vol.4, No.1, pp.24-35
- (4) 加圧下におけるバイオマスの熱分解・ガス化, 日本機械学会論文誌「技術移転を目指す熱・燃焼工学の最前線」(特集号) (2007), 73巻, 731号, pp.1434-1441.
- (5) 本質および基本系バイオマスの熱分解過程に及ぼす組成成分の影響, 高温学会誌「特集号:バイオマス利活用への取組みと革新的バイオエネルギーの導入に向けて」(2008), 34巻, 第4号, pp.160-165.
- (6) CFDモデルによる本質系および基本系バイオマス熱分解のモデリング, 日本エネルギー学会誌 (2008), 第57巻, No.10, pp.852-861.
- (7) 本質系バイオマスの熱分解におけるガス種別放出特性, 日本エネルギー学会誌 (2009), 第58巻, No.4, pp.301-309

Kagawa University, Area of Mechanical Systems Engineering

### 特徴

- ✓ 乱流燃焼モデル
- ✓ 輻射考慮可能
- ✓ 京、富岳での稼働実績

香川大学 奥村研究室より

<http://www.eng.kagawa-u.ac.jp/~okumura/study/Study-1.pdf>

Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

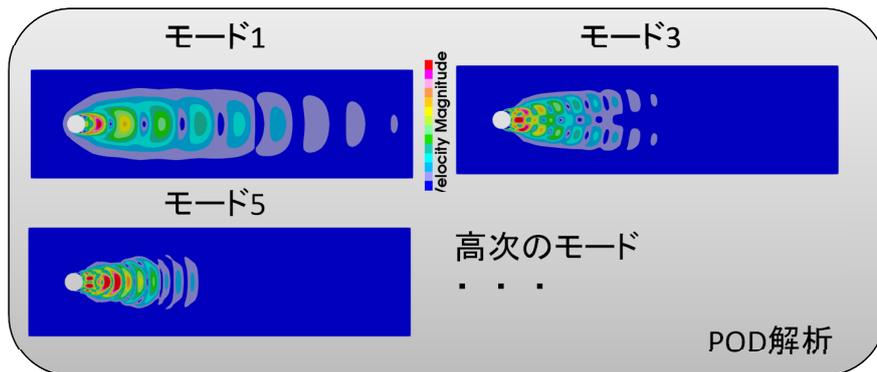
# 解析事例(5) モード分解による流れ場の理解

瞬時場



モード分解  
低次元化  
データ量低減化  
(数桁オーダー)

再構成  
+ 時間平均場



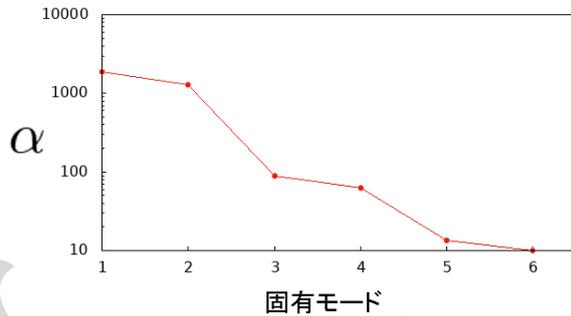
Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

# 解析事例(5) 2次元円柱流れのPOD解析

速度場 非圧縮、Re数 360



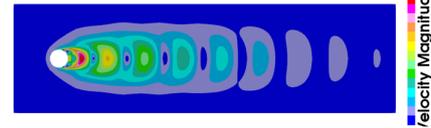
POD 時系列点数:2000  
Incremental POD (r=5)で解析  
流れ場データは速度(u,v)



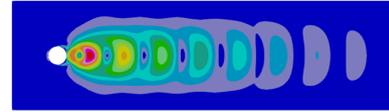
Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

POD基底 速度分布

モード1



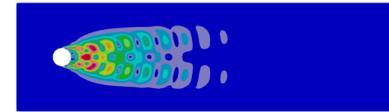
モード2



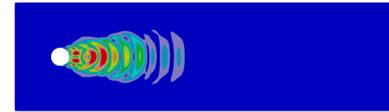
モード3



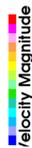
モード4



モード5



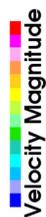
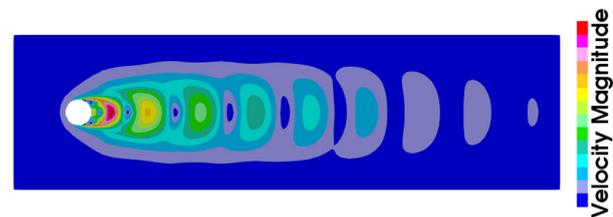
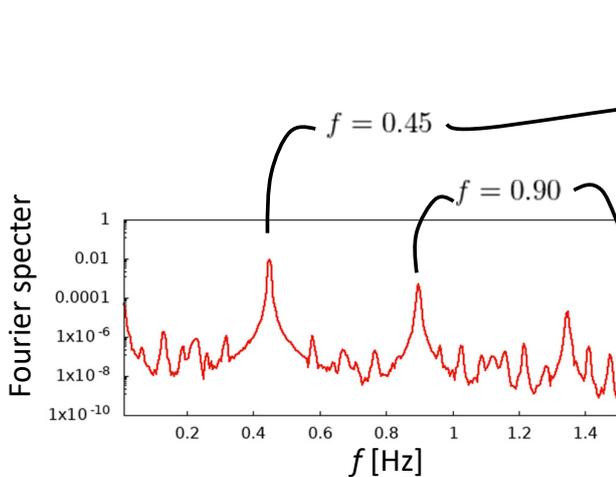
モード6



# 解析事例(5) 2次元円柱流れのPOD解析

POD基底によるDMD解析

- 時間変化をPOD基底の中で表し時間発展行列Aを構成
- Aの固有値分解により、固有振動数、固有モードが得られる

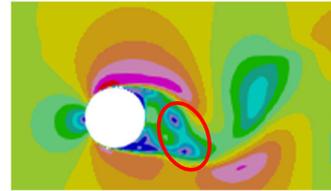
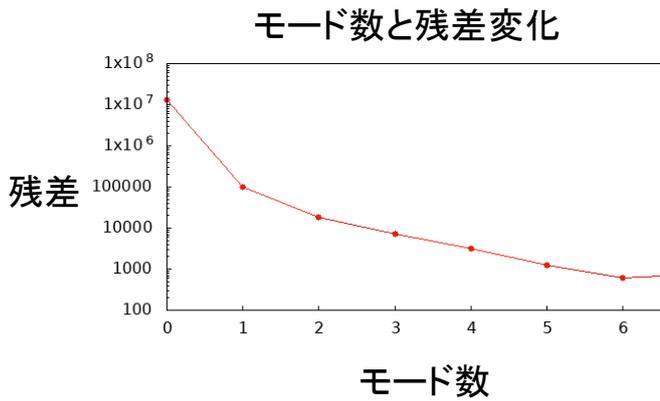


Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

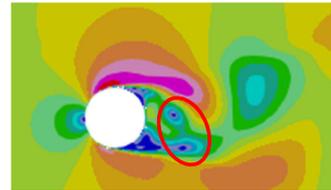
# 解析事例(5) 2次元円柱流れのPOD解析

モードの重ね合わせによる  
流れ場の復元

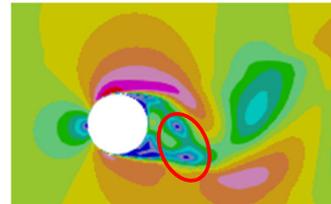
元の流体の瞬時分布(速度)



モード2つによる復元



モード4つによる復元



残差の定義

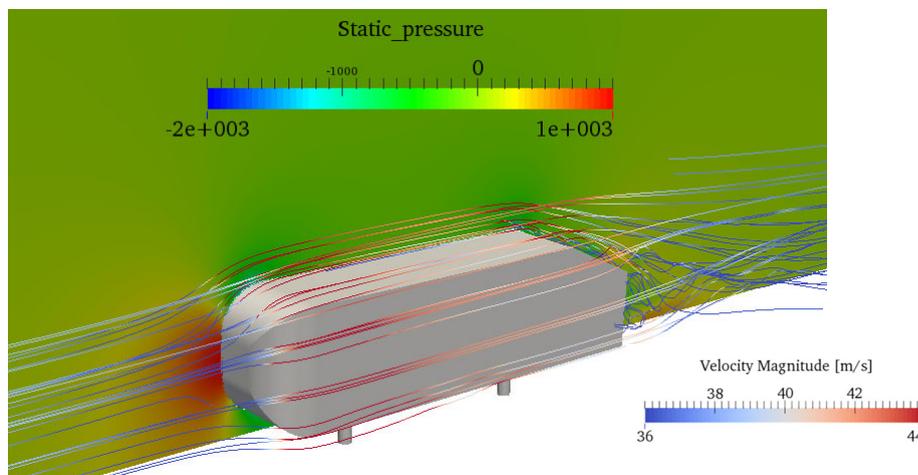
$$\text{残差} = \left| \sum_i \left[ (u_i - u_{i,\text{rec}})^2 + (v_i - v_{i,\text{rec}})^2 \right] \right|$$

格子点

# 解析事例(6)

車体周りの静圧分布&流線  
(リファイン2回、節点数約1億)

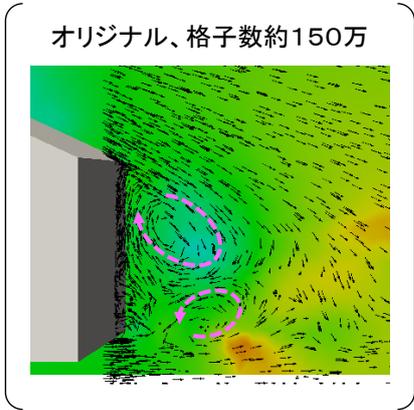
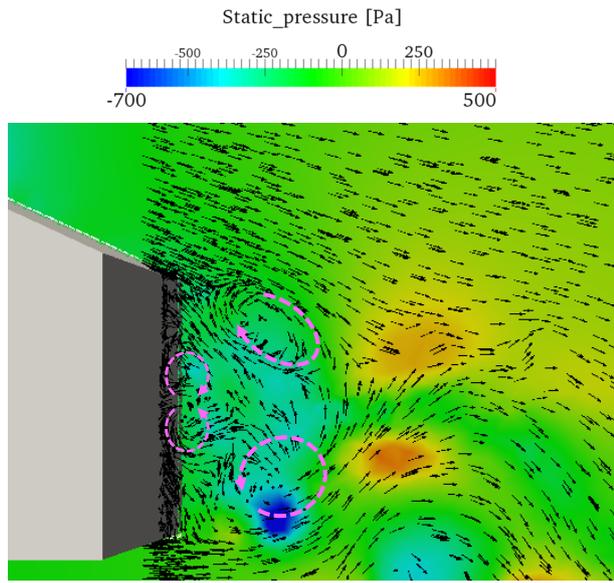
FX10で計算



- 節点数約1億のモデルでも解析可能。
- 可視化はリファイン前のモデルで軽量化。

## 車体後方の静圧分布 & 速度ベクトル (リファイン2回、節点数約1億、可視化はオリジナル)

FX10で計算

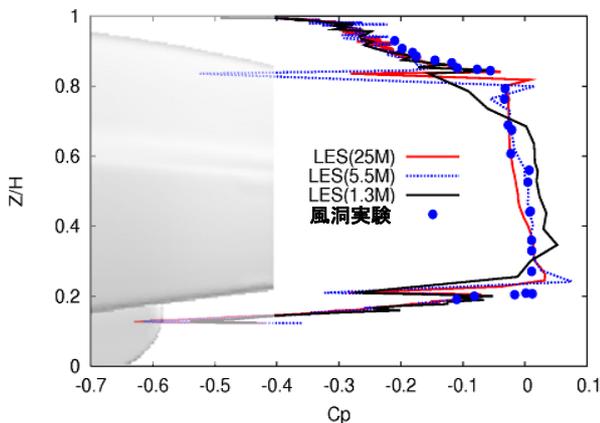


粗い可視化でも非定常渦をより明確にとらえることができる

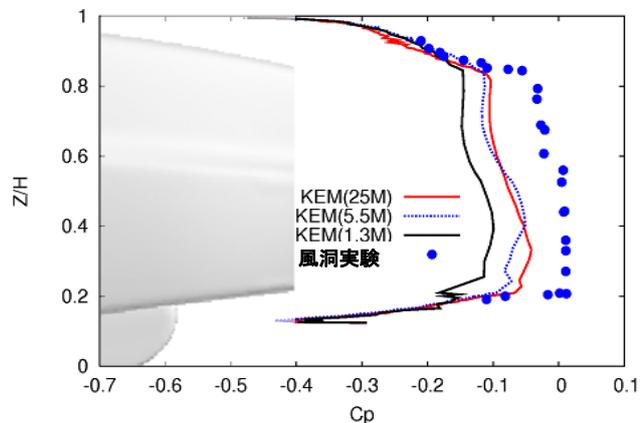
## 解析事例(6) (参考) 車体背面の圧力係数の分布

[解析結果]

$$C_p = \frac{p - p_0}{\frac{1}{2} \rho U^2}$$



LES (標準Smagorinsky)

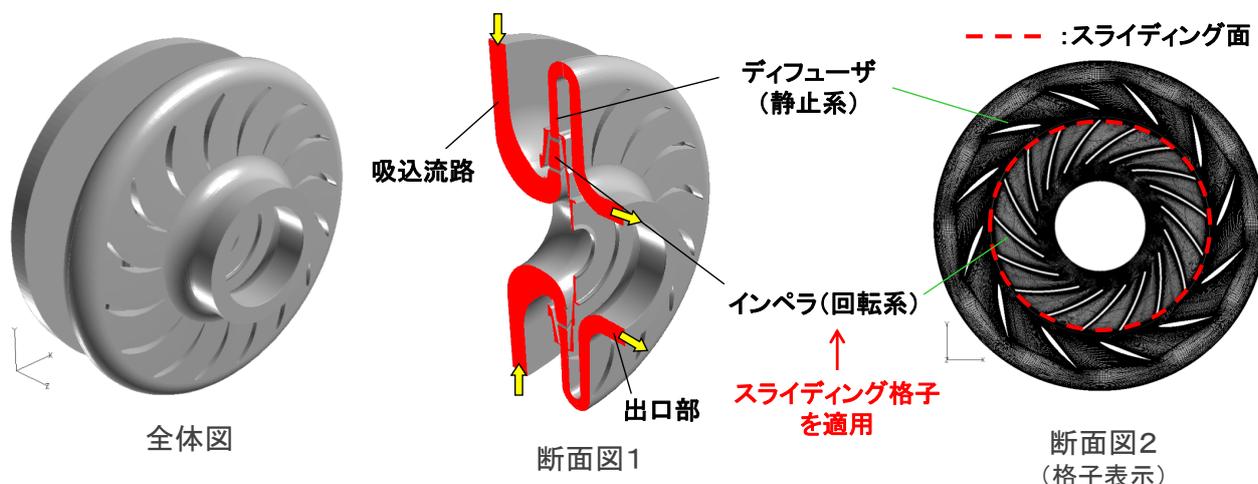


RANS (k-ε) モデル

- 要素数 550 万以上で風洞実験と良い一致
- RANS では圧力係数を過小評価する傾向が見られる

# 解析事例(7) 遠心圧縮機(回転系を含むモデル)

[検証モデル、検証内容] (国研)開発法人海洋研究開発機構 地球シミュレータ産業戦略利用プログラム 利用成果より



### モデルの節点数、要素数

要素数	節点数
895,825	1,008,196

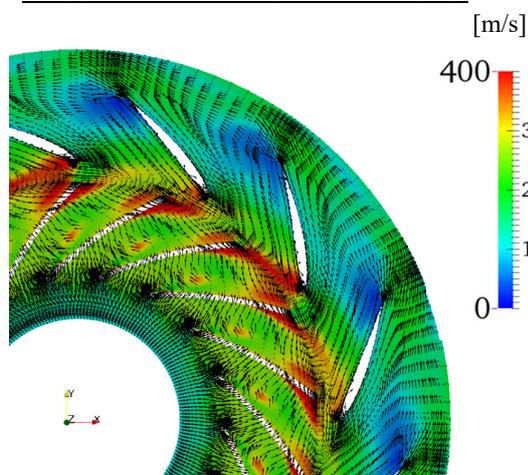
### 解析条件

乱流モデル : LES (標準Smagorinsky)  
 差分スキーム : 3次風上差分  
 時間積分 : Adams-Molten法  
 回転数 : 30,000[rpm]  
 流体 : 圧縮流体

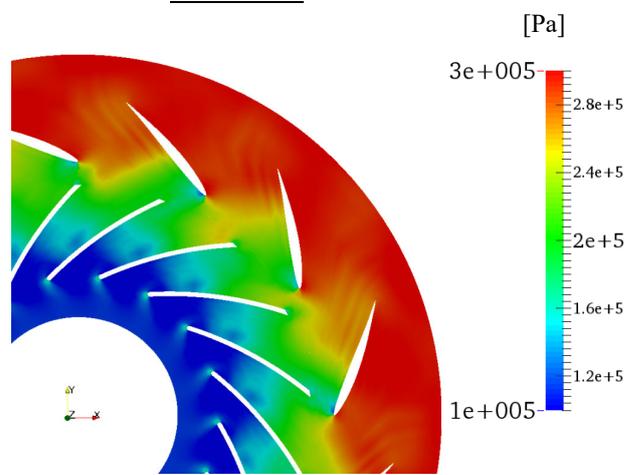
# 解析事例(7) 遠心圧縮機(回転系を含むモデル)

UV2000で計算

### 速度ベクトル&速度絶対値分布



### 圧力分布

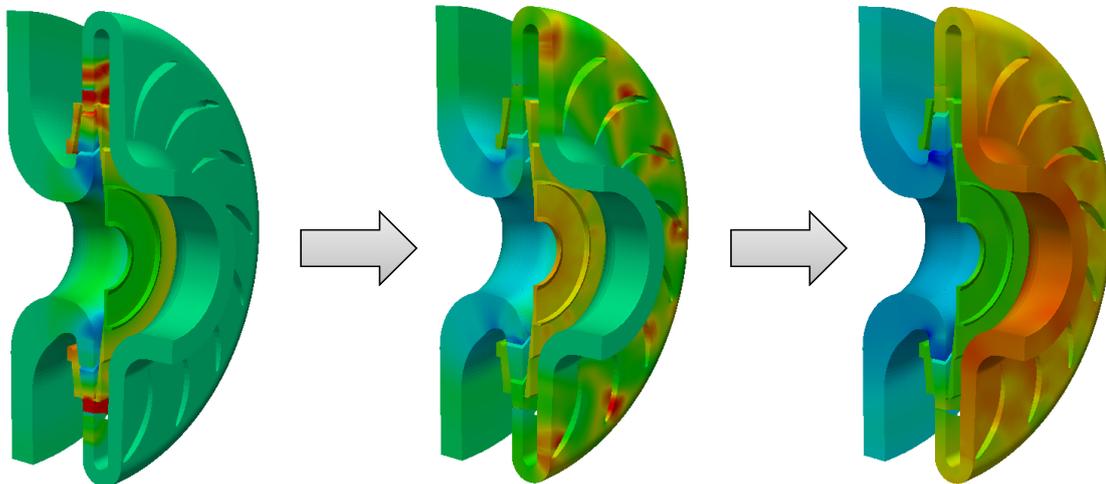
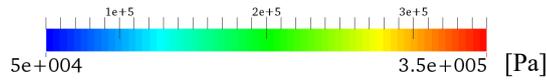


- 回転系を含んだモデルでも高速に実行できる。
- 共有メモリ型・分散メモリ型どちらの計算機でも高並列処理が可能。

# 解析事例(7) 遠心圧縮機(回転系を含むモデル)

UV2000で計算

圧力分布

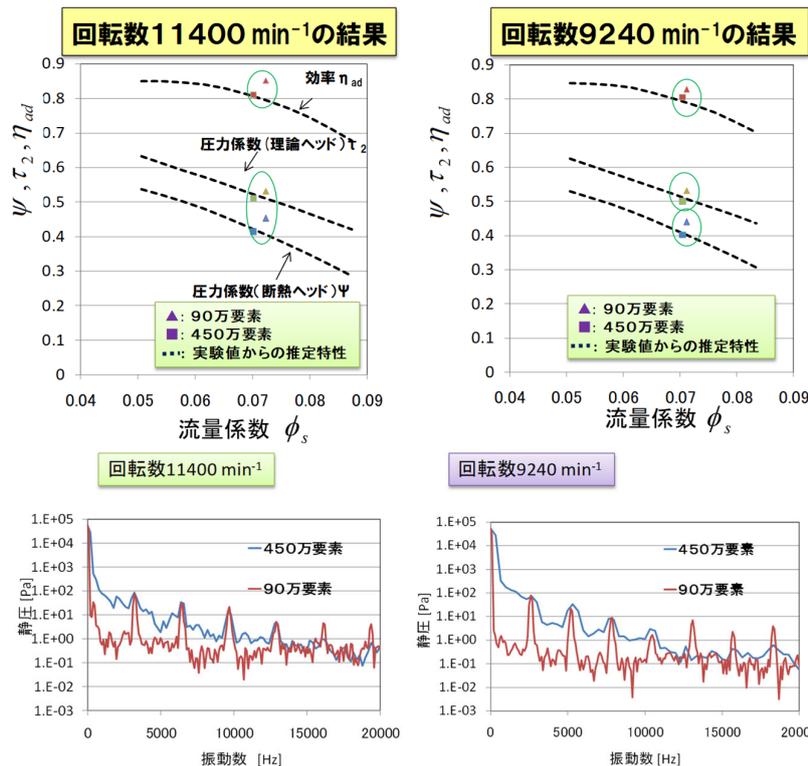


圧縮された空気が排出されることで圧力が変化



# 解析事例(7) 遠心圧縮機(回転系を含むモデル) (参考)実験値からの推定特性との比較

## [解析結果]



# Advance/FrotFlow/red 解析実績(一部抜粋)

分野	解析事例の概要	顧客
エネルギー・原子力	加圧熱衝撃時荷重条件評価のための熱流動解析	国研・財団等
エネルギー・原子力	フィルターバンド解析	国研・財団等
エネルギー・原子力	原子炉容器上部プレナム過渡熱流動解析	民間企業
エネルギー・原子力	都市ガス拡散解析	民間企業
エネルギー・原子力	液体リチウムターゲットの流体解析	独法・財団等
機械・電機	ボイラー蒸発管二相流解析	民間企業
機械・電機	スピンドーター上薄膜解析	民間企業
機械・電機	ヒーター熱解析	民間企業
機械・電機	冷却装置の気流解析	民間企業
機械・電機	流体構造連成による試験体振動シミュレーション	民間企業
機械・電機	蒸気タービンの流れ解析	民間企業
機械・電機	粉体溶解流れ解析	民間企業
環境・防災	コンテナホールド内の熱気流解析	民間企業
自動車	燃料噴射ノズル孔内キャビテーション解析	民間企業

# バージョンアップ内容および現在の 取り組み

第3事業部 研究員 大野 修平

流体解析ソフトウェアAdvance/FrontFlow/red Ver5.6  
バージョンアップセミナー  
2021年1月14日（木曜日）  
アドバンスソフト株式会社

Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

## 講演内容

---

1. Ver5.6 バージョンアップ内容
2. 現在の取り組み
  - AFFrGUIの開発について
  - 今後の予定

Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

## ver5.6 更新機能

- 境界条件設定におけるデフォルト値セットを用意  
流出境界の場合

設定ファイルの内容

```
&boundary
  no = 1
  kind = 'outlet'
  name = 'outletBC'
  default_set_type = 'yes'
/
```

デフォルト値

```
temp = conc = rans = 'Neumann'
aks(:) = 0.0
t = 0.0
open_air = 0
u = v = w = 0.0
p = 101325.0
ys(1) = 1.0, ys(2:) = 0.0
```

- 結果ファイル(result.frontflow)への出力物理量の削減機能

```
&output
  out_set = 'enable'
  var_name = 'den tem'
/
```

密度・温度のみを出力

Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

## ver5.6 更新機能

- LESモデルにWALE(Wall-adaptive LES)を追加
  - 壁面近傍で乱流粘性の $y^3$  則を満たす
  - 層流-乱流転移が再現可能
- その他の主な更新機能
  - ✓ 線型ソルバーにおけるAMG法の更新(LISの更新に伴い)
  - ✓ Windows版におけるgnuコンパイラ(無償)への対応
  - ✓ POD/DMD解析プログラム(外部プログラム)の追加※

※個別対応要相談

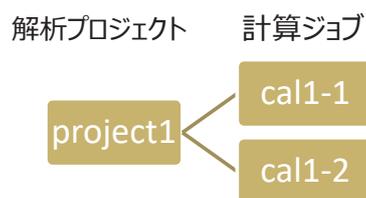
Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

# 現在の取り組み – AFFrGUIの開発

21年春限定リリース予定※

## ジョブ管理GUI

※既存ユーザー様へ導入、次期バージョン以降は同梱

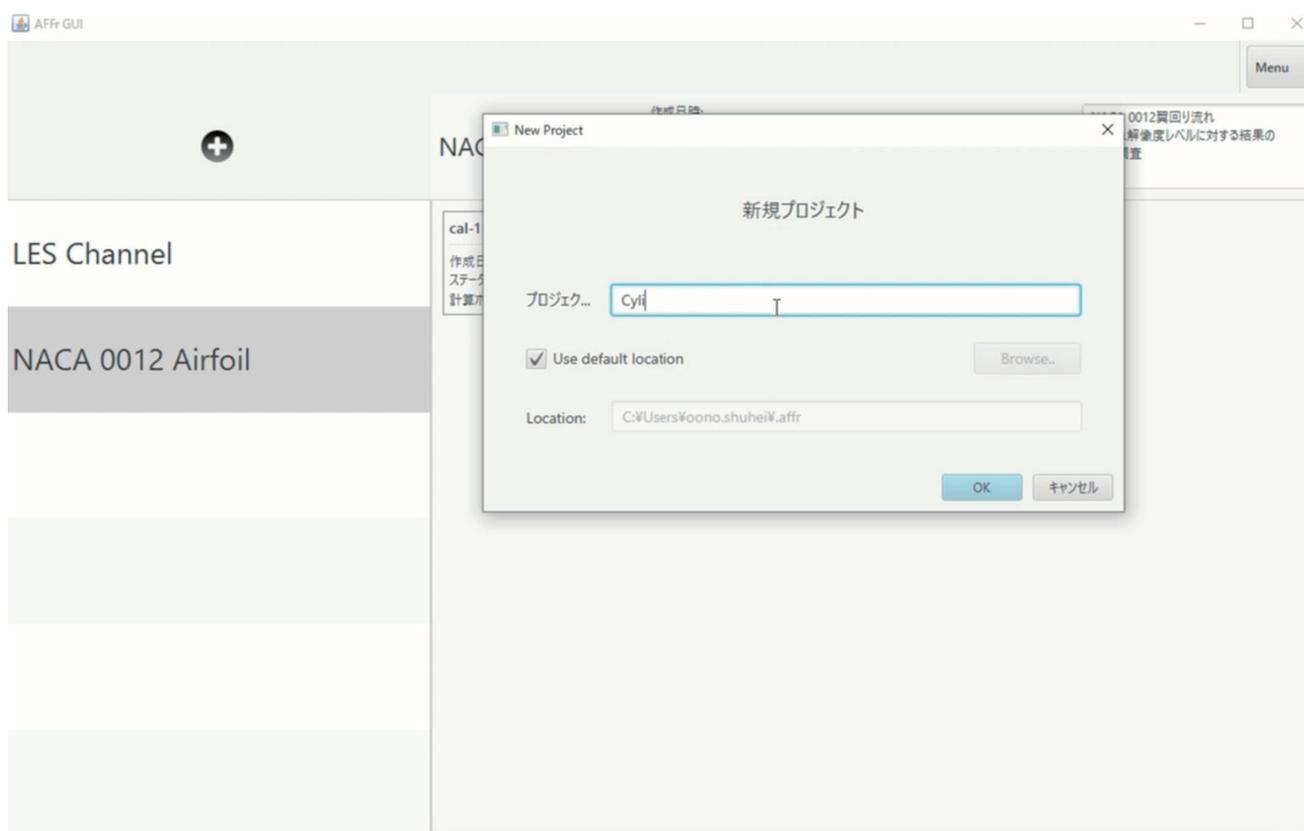


一つの解析プロジェクトに複数の計算ジョブを紐づけて管理する。  
モデルパラメーターサーベイ、メッシュ解像度、…etc

- 解析ジョブ管理機能
  - ✓ 前処理~計算実行・管理までの一連の作業
  - ✓ ローカルおよびリモートホストでの計算実行
  - ✓ 計算ステータスの表示、計算ログの視覚化、計算機使用状況等の表示による進捗管理

大野1

## GUI使用イメージ トップ画面~計算ジョブ作成



## GUI使用イメージ メッシュ読み込み 形状表示



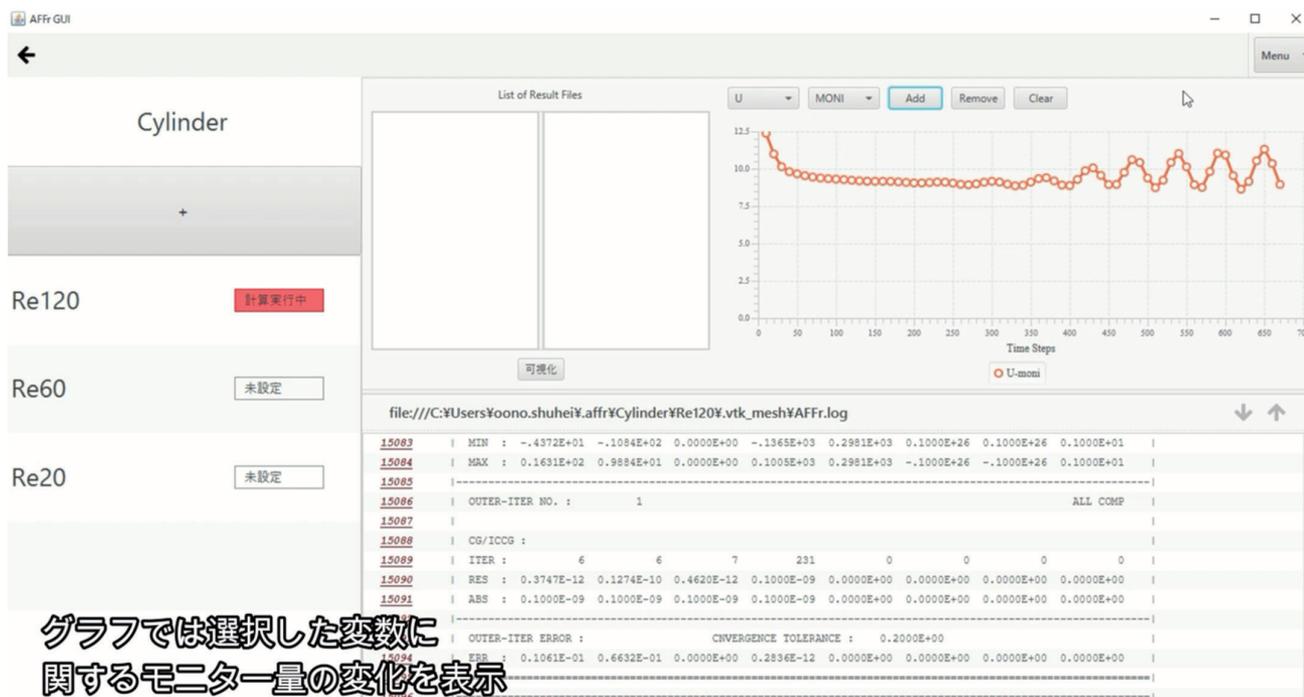
Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

## GUI使用イメージ 設定、fflow.ctlの作成



Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

## GUI使用イメージ 計算実行管理



The screenshot displays the AFFr GUI interface. On the left, a cylinder model is shown with three Reynolds number (Re) settings: Re120 (currently active and marked '計算実行中'), Re60, and Re20 (both marked '未設定'). The main area is divided into a 'List of Result Files' section, a graph, and a log window. The graph plots 'U-moni' (velocity) against 'Time Steps' (0 to 700), showing a decaying oscillatory signal. The log window displays numerical data for iterations 15083 to 15091, including convergence metrics like RES and ABS, and iteration counts.

グラフでは選択した変数に関するモニター量の変化を表示

Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

## 今後の開発計画

### 今後の予定

'21年夏

- AFFr Ver6.x ヘメジャーアップデート

### Ver6.x のテーマ

- 流体解析の大規模化への対応
  - ✓ ソルバー高速化のためのアルゴリズム改良
  - ✓ GPGPU計算
  - ✓ 大規模解析結果データ処理への対応
    - 可視化並列処理形式への対応、結果出力の領域指定、データ粗視化、etc
- GUIの活用
  - ✓ 外部ツールとの連携機能 (v6.1以降随時)
    - Cantera(詳細化学反応解析ツール)
    - DAKOTA(汎用最適化ツール)

Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.



# ベクトル計算機における高速化に関する最近の取り組み

第3事業部 研究員 國嶋 雄一

流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red Ver. 5.6  
バージョンアップセミナー2021年1月14日（木）  
アドバンスソフト株式会社



Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

## 講演内容

1. ベクトル計算機 (NEC SX-Aurora TSUBASA) におけるAFFrの高速化
2. Advance/FrontFlow/red (AFFr) による建物解像の高精度津波予測



Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

# 1.ベクトル計算機 (NEC SX-Aurora TSUBASA) におけるAFFrの高速化

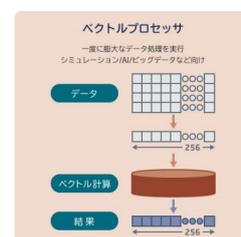
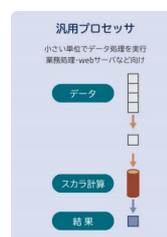
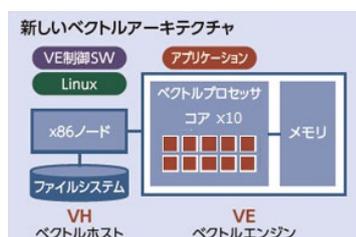
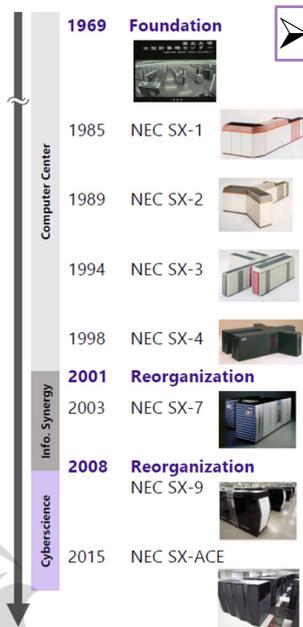


Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

## NEC SX-Aurora TSUBASAとは

- PCIeカード型ベクトルエンジン

▶ ベクトルプロセッサを活用した高速化 (ベクトル化)

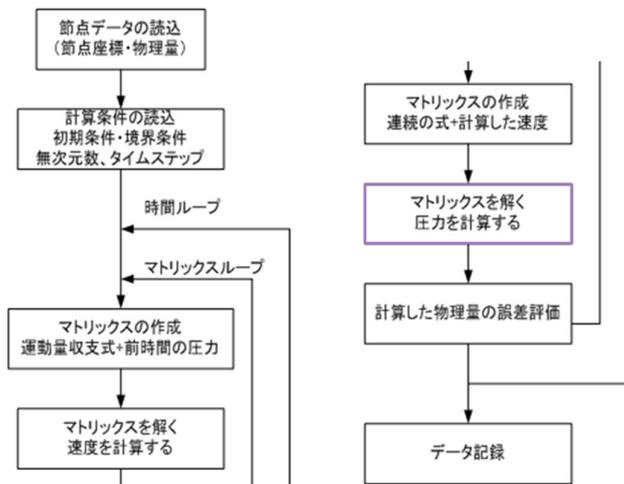


<https://jpn.nec.com/hpc/sxauroratsubasa/>

Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

# AFFrの計算アルゴリズム

- Semi-Implicit Method for Pressure Linked Equations algorithm (SIMPLE法)



➤ 計算時間の大半を占める圧カソルバのベクトル化が必須

## 圧カソルバ前処理法のベクトル化

- Incomplete Cholesky (IC) 分解

$$(UAU^{-1})Ux = Ub$$

- $U := D^{1/2}L^T$ ,  $D^{1/2} := \sqrt{d_{ii}}$ ,  $L$ : 上三角行列
- $L$  に完全Cholesky分解の近似解を採用

- Orthogonal scaling (OS) 法 [1]

$$(D^{-1/2}AD^{1/2})D^{-1/2}x = D^{-1/2}b$$

- IC法において  $L = I$

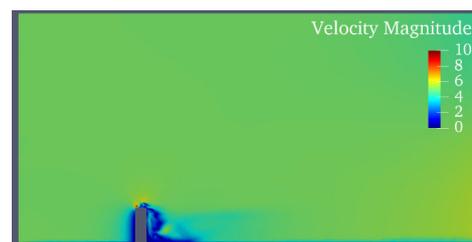
➤ 前処理にIC分解を用いると、共役勾配法内における  $L^{-1}$  の計算において前進・後退代入が必要となり、ベクトル化が困難

➤ Multi colour (MC) 法 によりベクトル演算可能な  $L^{-1}$  を作る

[1] Hayami et al. *ISPI Journal* 30-11 (1989)

# Benchmark Test

- 単体単純形状建築物モデル
  - 四面体要素
  - 節点数 1,014,773, 要素数 5,278,479
- 1VE (8並列) により実施



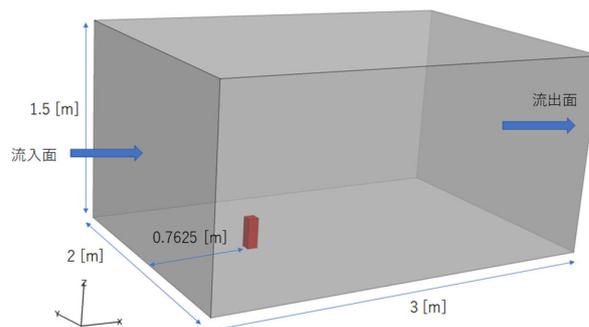
スパン中央断面における流速分布

### 解析手法

項目	設定
支配方程式	非圧縮性 Navier-Stokes 方程式
乱流モデル	Large Eddy Simulation (LES) 標準Smagorinskyモデル
離散化法	セル中心有限体積法
差分スキーム	2次精度中心差分
時間積分法	Crank-Nicolson法

### 境界条件

境界	設定
流入境界面	適切な風速の鉛直分布と乱れの強さの流入変動風
流出境界面	自然流出境界
側面・上面	壁境界, 流速 フリースリップ条件
地面	壁境界, 流速 ノースリップ条件
建物	壁境界, 流速 ノースリップ条件



解析領域

# Vectorise Performance

- パフォーマンス測定

### ベクトル化前後の比較

100 steps	MFLOPS per core	ベクトル化率	平均反復回数	計算時間 (秒)
Before (IC法 × 8)	1707	58.97	722	7860
After (MC法 × 8)	3761	98.19	798	808
After (OS法 × 8)	3921	98.67	1,785	858

### スカラー計算機および他の流体ソルバとの比較

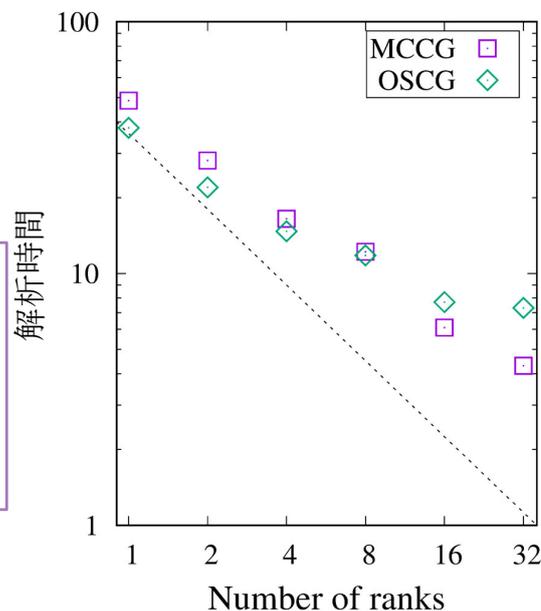
100 steps	計算時間 (Real Time) (秒)
Advance/FrontFlow/red	688
ベクトル計算機 (NEC SX-Aurora TSUBASA 1VE) (8並列)	688
Advance/FrontFlow/red	1521
スカラー計算機 (Intel Xeon Gold 5218 CPU × 2) (32並列)	1521
OpenFOAM	1241
スカラー計算機 (Intel Xeon Gold 5218 CPU × 2) (32並列)	1241

- MC法およびOS法はベクトル機において高い計算効率を発揮
- スカラー計算機および他の流体ソルバと比較し高速
  - 1VEの計算速度は一般的なXeonの2CPUワークステーションの 2.2 倍

# Parallel Performance

- 並列解析における強スケーリング性
  - 1VE = 8 ranks, 最大4VEを使用
  - flat-MPI

- 32 並列で 10 倍程度の並列化効率
  - 複数VEを用いた並列計算が可能
  - MC法, OS法の使い分けにより, さまざまな条件においてより高い解析性能を発揮

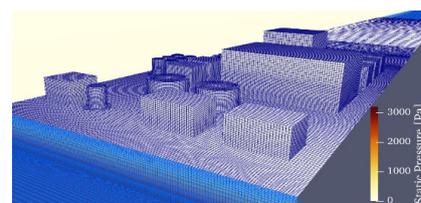


## 2. Advance/FrontFlow/red (AFFr) による建物解像の高精度津波予測

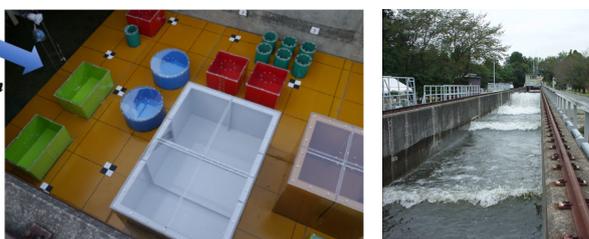


# 計算モデル

- 実験モデルと同一縮尺の3次元解析
- 節点数 3,548,951, 要素数 3,421,114
  - 水面近傍の鉛直方向解像度は 1 cm
  - 建物領域は水平方向解像度 2.5 cm の六面体格子
- Case A/B
  - 穏やかな/激しい浸水条件
- 1VE (8並列) により実施

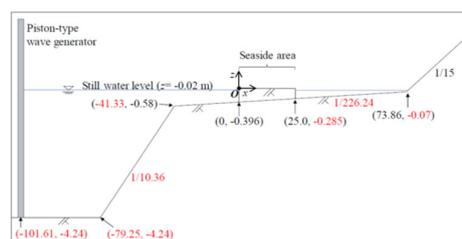


Tsunami propagation direction



<https://sites.google.com/view/copy-of-wcee>

Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

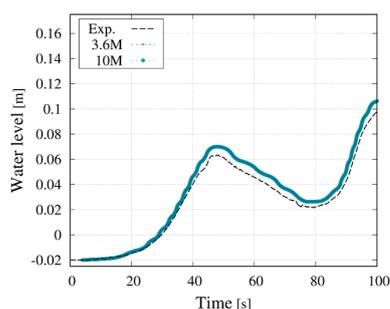


解析領域

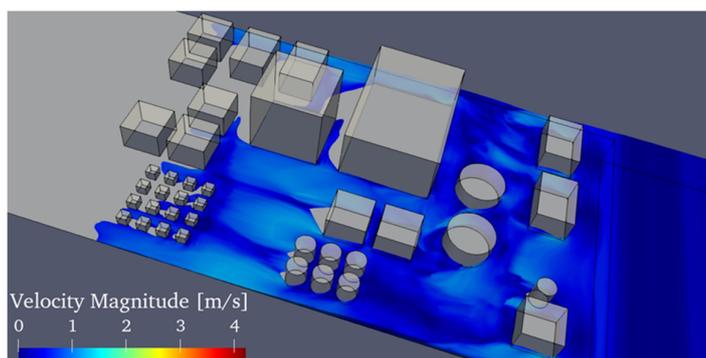
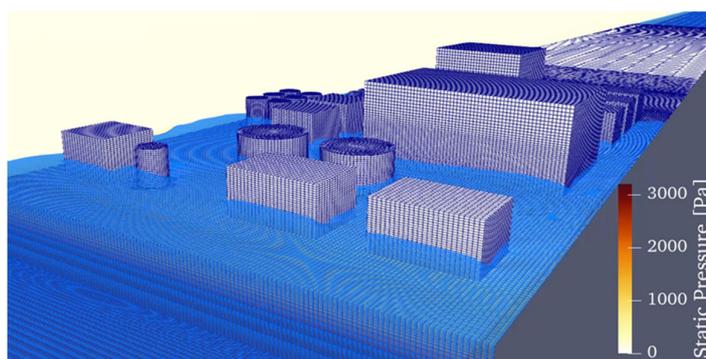
# 解析結果 (1/2)

- Case A
  - 穏やかな浸水条件

▶ 100 s の水槽実験に相当する  
およそ 5 万ステップの解析を  
およそ 1 週間で実施できた



上流水位の時間履歴

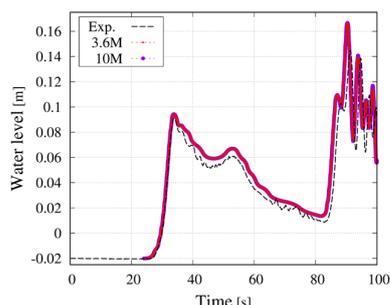
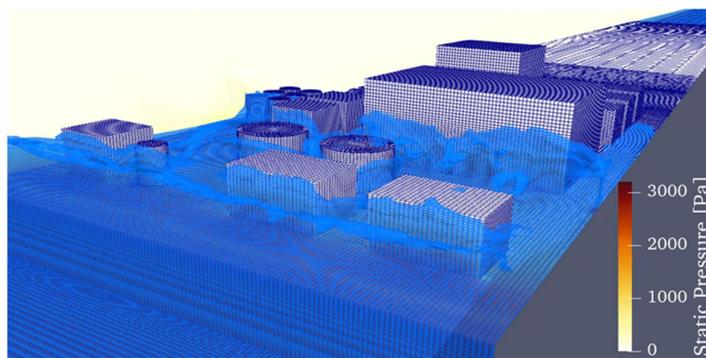


Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

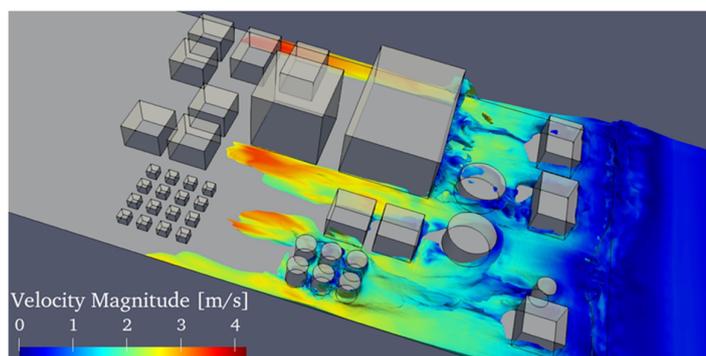
# 解析結果 (2/2)

- Case B
  - 激しい浸水条件

▶ 100 s の水槽実験に相当する  
 およそ 5 万ステップの解析を  
 およそ 1 週間で実施できた



上流水位の時間履歴



Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

# まとめ

- AFFrはベクトル計算機において高い計算効率を発揮
- 複数VEを用いた並列解析が可能

▶ 1VEの計算速度は一般的なXeonの2CPUワークステーションの2.2倍

## 今後の取り組み

- A64FX (Fugaku), GPGPUといった様々なアーキテクチャへの最適化も、積極的に進めている

▶ 「令和2年度『富岳』試行的利用課題」[1]に採択されました!



Raysonho @ Open Grid Scheduler / Scalable Grid



CSIRO; GPGPU server

[1] [https://www.hpci-office.jp/pages/fugaku\\_prelim](https://www.hpci-office.jp/pages/fugaku_prelim)

Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.



# 価格および関連サービスについて

営業部 鈴木 照久

流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red Ver. 5.6  
バージョンアップセミナー2021年1月14日（木）  
アドバンスソフト株式会社

Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

## アドバンスソフトの開発・解析サービス

お客さまのご要望に応じて科学技術計算ソフトウェアの  
新規開発、機能追加、受託解析等のサービスをおこないます。



1. 流体・構造・ナノ関連など幅広い分野のソフトウェアを開発し、解析経験がある技術者がお客様のご要望をお伺いいたします。

2. 最適な解析方法をご提案いたします。

3. お客様のご了解が得られましたら、モデリングを行い、解析を実施いたします。

4. 解析結果を可視化し、解析結果の評価や考察を行なって報告書を作成いたします。



Copyright ©2021 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

# 終わりに

アドバンスソフトは、高度な技術力、開発力、人材を武器に、最先端理論を応用した解析シミュレーションソフトウェアを開発・販売しています。受託解析、受託開発、パッケージソフトウェア、コンサルティング等多様なソリューションを通じて、お客様の問題解決に即戦力として貢献します。

お問い合わせ先：鈴木またはご担当営業まで  
TEL:03-6826-3971 FAX:03-5283-6580  
E-mail:office@advancesoft.jp





Advance/FrontFlow/red は、東京大学生産技術研究所計算科学技術連携研究センターが実施した文部科学省 IT プログラム「戦略的基盤ソフトウェアの開発」プロジェクト、および、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」プロジェクトの成果（ソフトウェア）をアドバンスソフト株式会社が商品化したものです。アドバンスソフトはこれらのプロジェクトに参加し、ソフトウェアの開発を担当しましたが、その成果を独自に改良して商用パッケージソフトウェアとし、販売保守を行っております。

#### 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。