

Advance/FrontFlow/redの 現状及びロードマップ

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1月30日（木）
アドバンスソフト株式会社



Copyright ©2014 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

1

Advance/FrontFlow/redとは

- ・我が国の産業力強化を目的として開発された
非構造熱流体解析ソフトウェア
- ・圧力、速度、温度（固体熱伝導を含む）、物質拡散、
燃焼、騒音、混相流現象を解析するための
ソフトウェア



Copyright ©2014 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

2

Advance/FrontFlow/red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

世界トップ水準のシミュレーションソフトウェアを作る国家プロジェクト

「戦略的基盤ソフトウェアの開発」プロジェクト (2002～2004年度)

「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(2005～2007年度)

東大生産技術研究所が中核拠点

FrontFlow/red Ver3.0(フリー版)

← アドバンスソフトが
主要な開発を担当

Advance/FrontFlow/red Ver5.1 (現在)

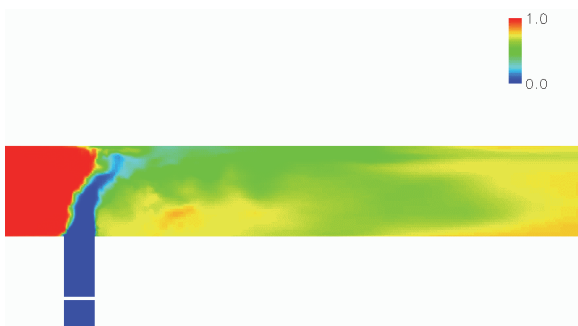
← アドバンスソフトが
改良・実用化

- ② ラージ・エディ・シミュレーション (LES) による流体解析
③ 開発技術者によるお客様のサポート
④ 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

Advance/FrontFlow/redによって得られる解析結果～温度解析

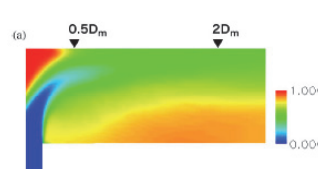
(例) 配管合流部における温度の混合解析

温度(計算結果)

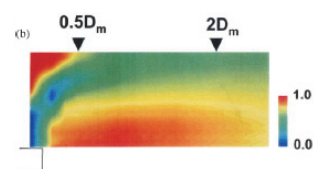


温度の時間平均値

(計算結果)

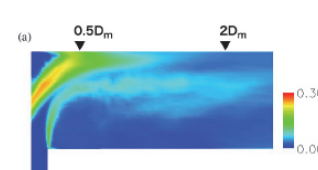


(実験結果)

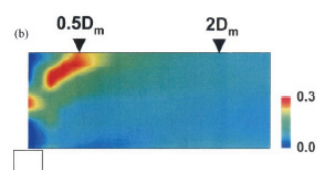


温度の変動強度

(計算結果)



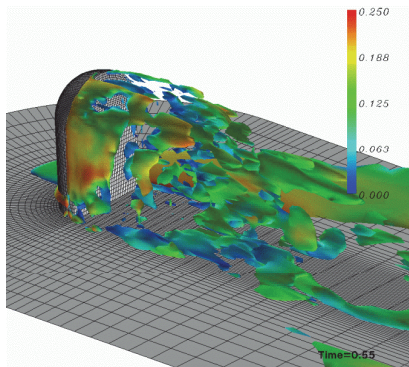
(実験結果)



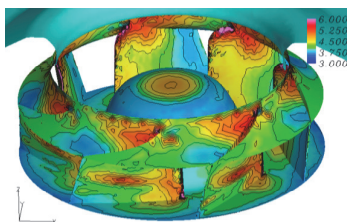
出典: 畝村他, "FrontFlow/Red によるT字形配管合流部における温度変動のラージ・エディ・シミュレーション", 第18 回数値流体力学シンポジウム (2004)

(例1)ドアミラーの騒音解析 (例2)ファンの騒音解析

ヘリシティ(計算結果)

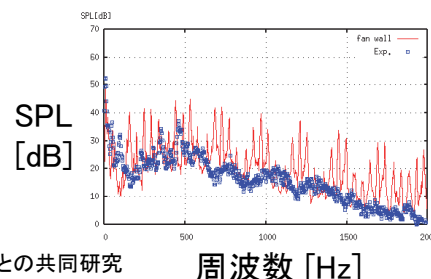


変動圧力(計算結果)



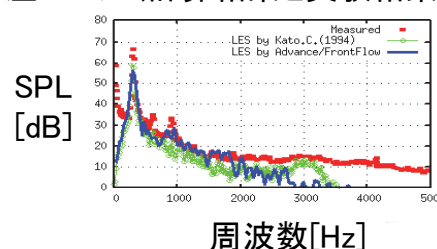
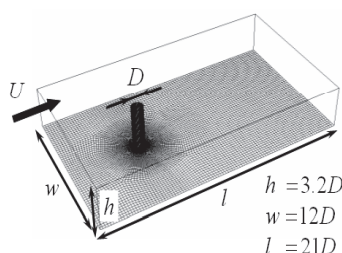
東プレ株式会社様との共同研究

音圧レベル(計算結果と実験結果)

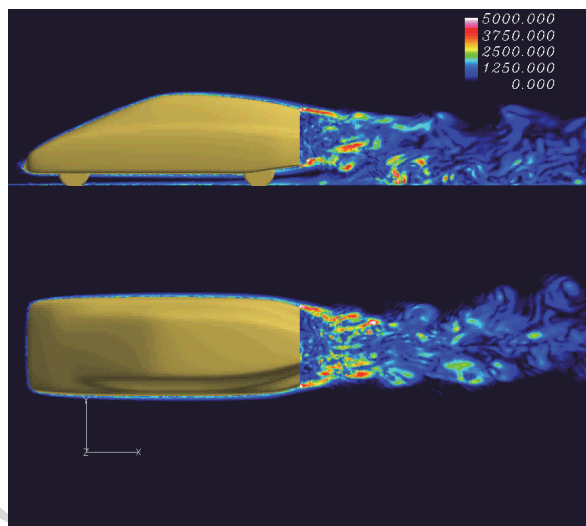


(例3)円柱周りの騒音解析

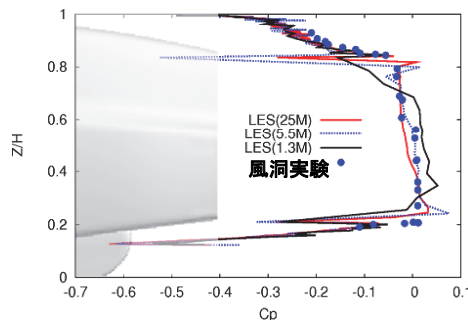
音圧レベル(計算結果と実験結果)



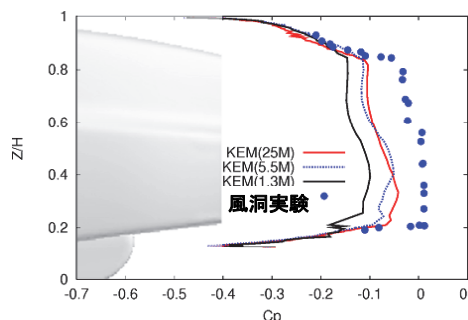
(例)車体背後の壁面圧力の解析



ラージ・エディ・シミュレーション
と実験結果の比較

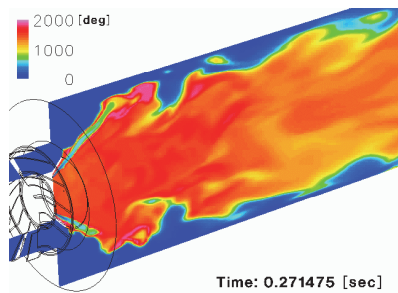


k-ε モデルと実験結果の比較

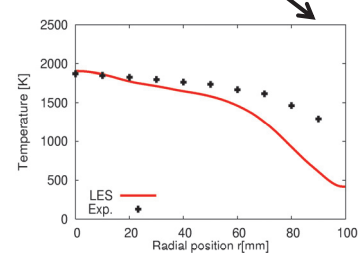
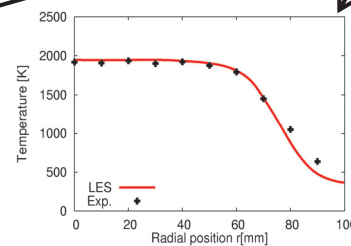
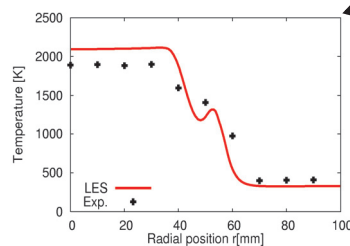
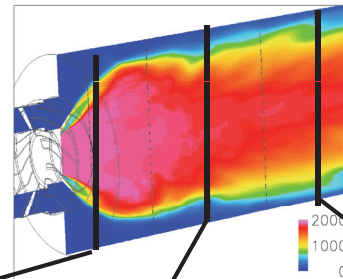


(例)ガスタービンの燃焼解析

温度(計算結果)



時間平均温度(計算結果)

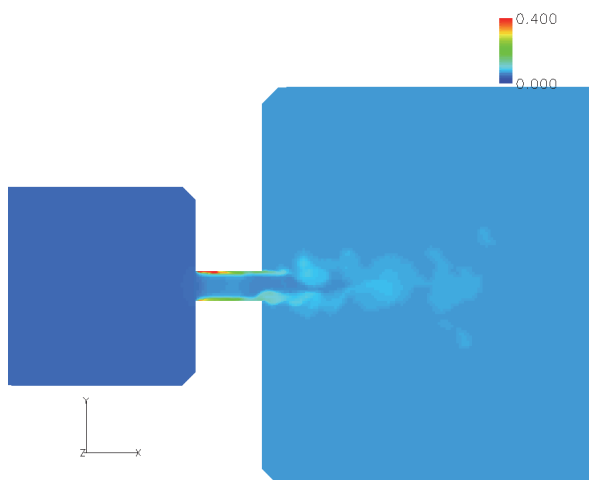


時間平均温度(計算結果と実験結果)

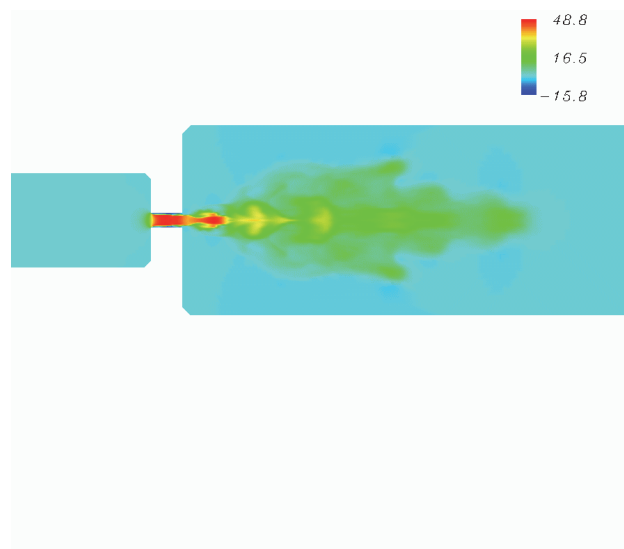
ご協力:三菱重工業株式会社、北大工 大島先生

(例)オリフィス出口のキャビテーション解析

ボイド率(計算結果)



速度(計算結果)



Advance/FrontFlow/redと公開版FrontFlow/redの違い

ロバスト性

- ・バグフィックス、離散化の見直し

使い勝手向上

- ・Advance/Revocapとの連成

新機能

- ・セル中心法
- ・ALE機能、多重格子機能、構造連成解析
- ・多相流機能
- ・物性値テーブル参照機能

Advance/FrontFlow/redと公開版FrontFlow/redの違い

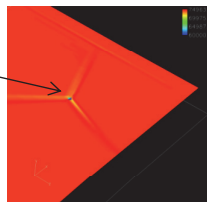
ロバスト性

- ・バグフィックス、離散化の見直し
- ・セル中心法

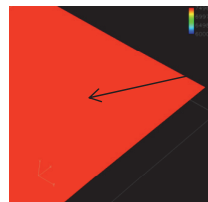
FrontFlow/red Ver3.0(フリー版)からの改良点

- ・勾配計算方法の改良→ 歪みが大きい格子での勾配の計算が正確

歪んだ格子の
影響がでる



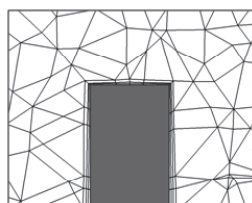
アドバンス版Ver4.0



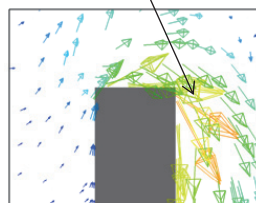
アドバンス版Ver4.1以降

歪んだ格子の
影響がでない

- ・低品質メッシュ対応



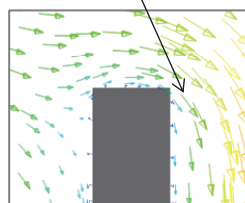
不自然な速度
が発生する



アドバンス版Ver4.1

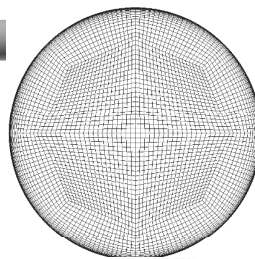


不自然な速度
が発生しない

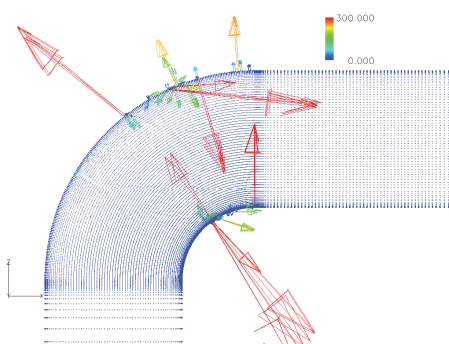


アドバンス版Ver5.0以降

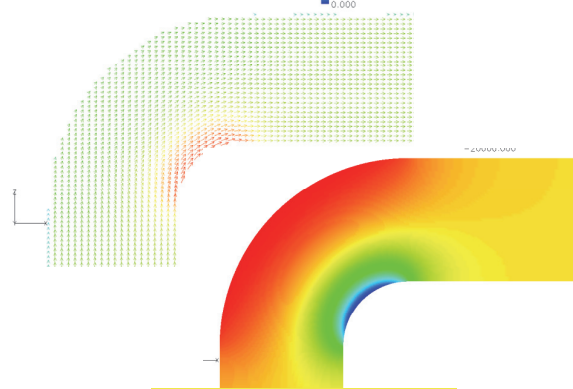
FrontFlow/red Ver3.0(フリー版)からの改良点



曲がり管断面
壁面近傍に
メッシュが密集している。



節点中心法では
曲がり部で発散



セル中心法では
安定解が得られる。

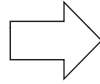
FrontFlow/red Ver3.0(フリー版)からの改良点

前処理はメインソルバーより多くのメモリを必要

前処理で使用するメモリ

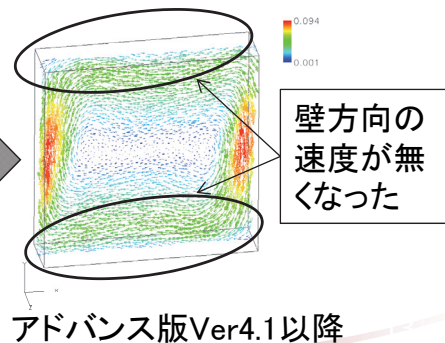
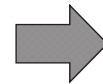
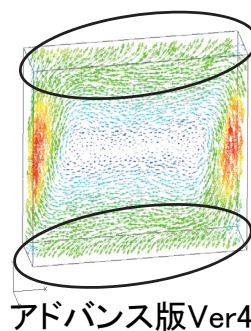
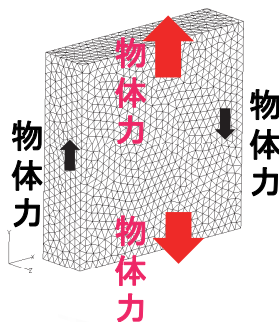
・省メモリ化(アドバンス版Ver5.0以降)

計算モデル
約325万 節点
約320万 要素



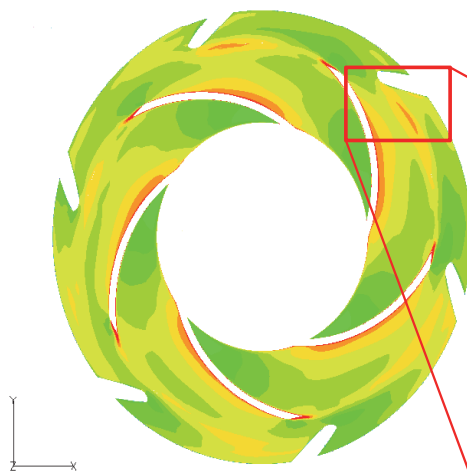
並列数	Ver 4.1	Ver 5.0
1	約 6.1 GB	約 2.0 GB
8	約 6.4 GB	約 0.79 GB
32	約 6.4 GB	約 0.79 GB

・壁方向に大きい物体力がある計算が可能

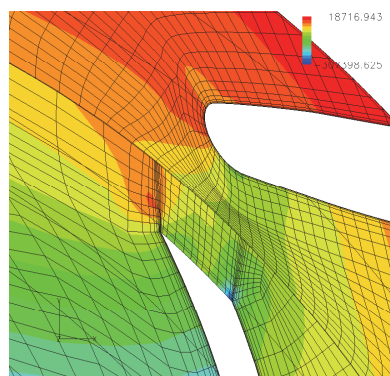


FrontFlow/red Ver3.0(フリー版)からの改良点

Sliding 格子を用いた回転計算



1. スライディング境界面における圧力勾配補間法の改善
2. スライディング境界面で回転系、静止系への速度変換の不具合をなくす



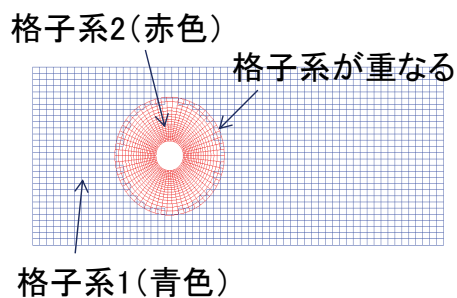
新機能

- ・セル中心法
- ・新規乱流モデル
- ・ALE機能、多重格子機能、構造連成解析
- ・多相流機能
- ・物性値テーブル参照機能

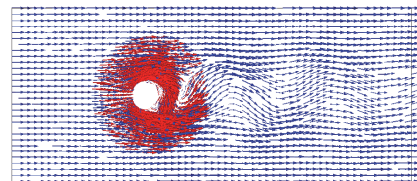
新機能

FrontFlow/red Ver3.0(フリー版)からの改良点

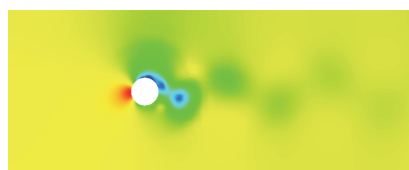
- ・重合格子法(異なる格子系を重ねる計算手法)の追加(アドバンス版Ver5.0以



速度分布



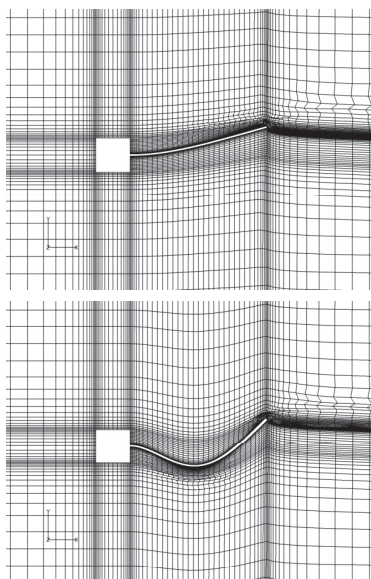
圧力分布



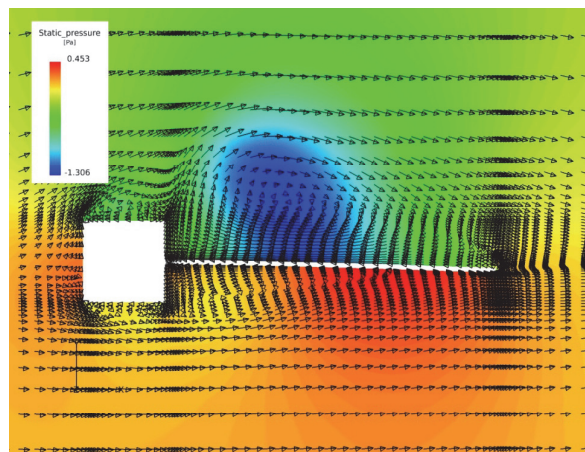
FrontFlow/red Ver3.0(フリー版)からの改良点

・構造連成解析

構造解析による振動モード



圧力、速度ベクトルのスナップショット



FrontFlow/red Ver3.0(フリー版)からの改良点

- ・低レイノルズ数効果を考慮した温度壁関数の追加(アドバンス版Ver4.0以降)
- ・噴霧二相流における液滴蒸発モデルの追加(アドバンス版Ver4.0以降)
- ・DESモデル(LESとRANSのハイブリッドモデル)の追加(アドバンス版Ver5.0以降)
- ・SST $k-\omega$ モデルの追加(アドバンス版Ver4.1以降)
 - 境界層の剥離計算の精度が向上

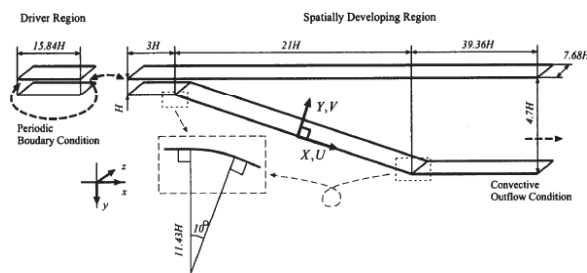
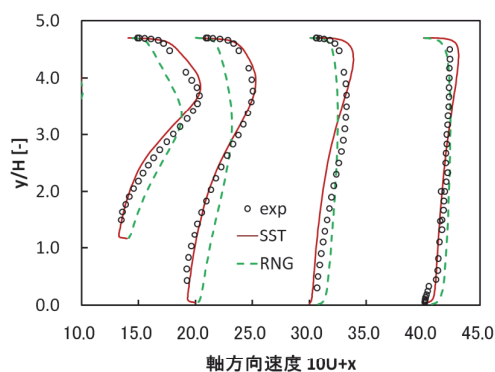


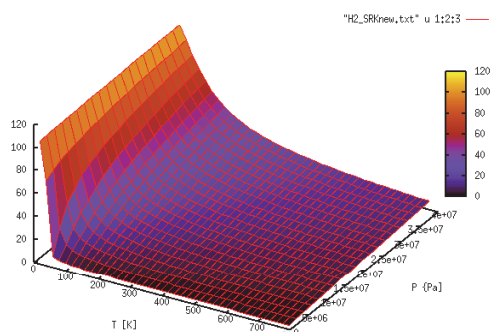
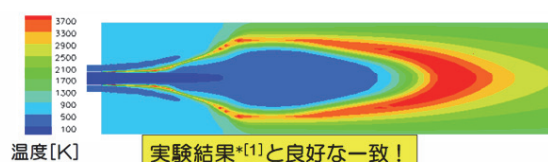
Fig. 1 Computational domains and boundary conditions

アドバンス版FFrによる非対称ディフューザー解析(SST $k-\omega$ とRNG $k-\varepsilon$)

FrontFlow/red Ver3.0(フリー版)からの改良点

・物性値テーブル参照機能

例 H2密度分布


 ・実在流体方程式の追加(アドバンス版Ver4.0以降)
 → 超臨界圧燃焼解析に対応


*[1] Proceedings of the 2nd International Workshop
on Rocket Combustion Modeling, DLR, 2001.

ご提供: 宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 様

FrontFlow/red Ver3.0(フリー版)からの改良点

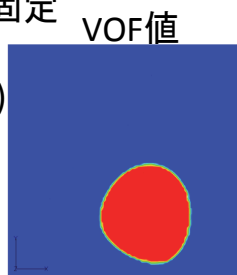
LEVEL SET法の計算例

速度は以下で固定

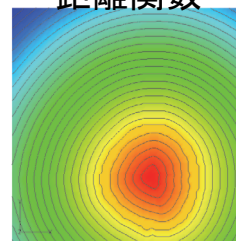
$$U = \sin(x) * \cos(y)$$

$$V = -\cos(x) * \sin(y)$$

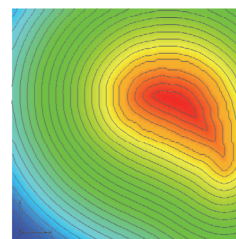
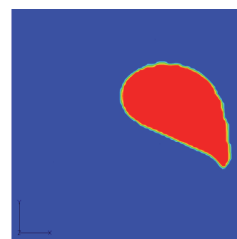
100step



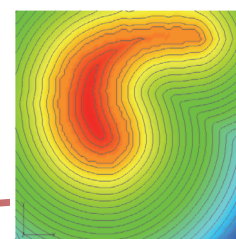
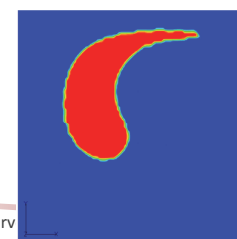
距離関数



500step



1000step



液滴 液膜モデル

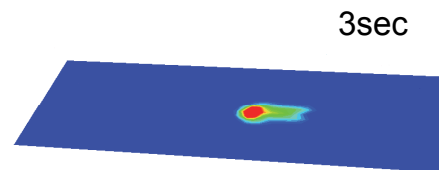
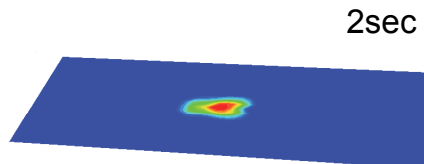
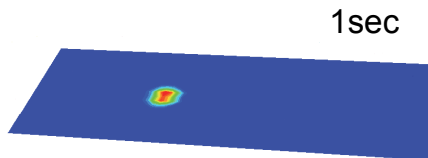
液滴を壁面に噴霧する

ガス流れ

AdvanceSoft
<http://www.advancesoft.jp/>



0.5秒間 壁面に液滴を噴霧する



ガスに引きずられて液膜は移動する。

- ・液膜冷却解析
- ・スラスター冷却解析

Copyright ©2014 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

21

計算速度が向上

FrontFlow/red Ver3.0(フリー版)からの改良点

AdvanceSoft
<http://www.advancesoft.jp/>

- ・AMGソルバー^(*1)の導入(アドバンス版Ver4.1以降)
 - 圧力ポアソン方程式がアドバンス版Ver4.0より数倍向上
- ・時間項を使用しないSIMPLE法の導入(アドバンス版Ver4.1以降)
 - 定常計算がVer4.0より数倍、乱流平板の計算ではVer4.0より12.6倍向上
- ・壁面距離計算方法の変更(アドバンス版Ver4.1以降)
 - 前処理が500万要素でVer4.0より100倍以上向上
- ・CPU内マルチコアの並列化効率の向上(アドバンス版Ver4.1以降)
- ・素反応計算の高速化 → Operator Splitting Methods、ODEソルバーの導入(アドバンス版Ver4.1以降)
- ・不連続接合格子の追加(アドバンス版Ver4.1以降)
 - 格子数を減らして計算時間の短縮

(*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に入っています。

Copyright ©2014 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

22

Advance/FrontFlow/red 開発ロードマップ

機能開発 1

● 混相流

➤ Ghost Fluid法、Level set法などによる自由界面を含む流れの強化

➤ オイラー多相流モデル

ガス相圧縮性を考慮した気液、固気二流体モデル
蒸発、凝縮、沸騰を考慮したモデルの導入

● 最適化設計ツール

➤ 格子移動機能へ新規にAdjointソルバーを実装しβ版を作成

- 既存機能の強化
 - Online Manual の整備
 - 出力項目の強化
 - ユーザーサブルーチン機能の強化
 - チュートリアル の充実
 - ロバスト性、計算精度、高速化のさらなる向上

今後の展開

- 流体-構造連成
Advance/FrontSTRとの連成解析機能
- 流体-音響連成
Advance/FrontNoiseとの連成機能
- 最適化設計ツール
格子変形機能を強化しβ版作成
- プリポスト
Advance/REVOCAPを利用したサービスの提供
- 大規模解析サービス
スパコン等での大規模検証解析を実施

リリーススケジュール

2014
1月

2015

2016



次期バージョン
・混相流
・複数マテリアルAMG
・既存機能強化

・最適化設計ツールβ版

ユーザー様のニーズをくみ取りながら
年一回のバージョンアップを予定

Advance/FrontFlow/redの機能

項目	Advance/FrontFlow/red Ver5.1の機能
物理モデル	基本機能 : 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)
	乱流モデル : 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)
	放射 : 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
	ガス燃焼・化学反応モデル : 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
	表面反応モデル : 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
	物性値 : 一定値／Sutherlandモデル／簡略化モデル／kinetic theory／実在ガスモデル
	粒子追跡機能(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

Advance/FrontFlow/redの機能

項目	Advance/FrontFlow/red Ver5.1の機能
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 / 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
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 Ver5.1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 / 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、デバッガ、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] http://www.intel.co.jp/jp/software/products/ ②PGI WorkStation [C/C++/Fortran コンパイラ、デバッガ、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] http://www.softek.co.jp/SPG/Pgi/pgi-price.html