

アドバンスソフト技術セミナー ～流体ソフトウェアのご紹介～

2009 1/14

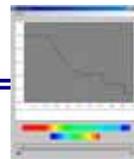
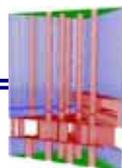
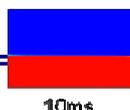
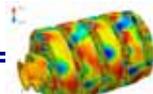
セミナー資料

開催要領

開催日時	2009年1月14日(水) 13:30～16:30
開催場所	山王健保会館 / トスラブ山王 (港区赤坂) A+B 会議室
テーマ	アドバンスソフト株式会社の流体関連技術のご紹介

プログラム

13:30～13:35 (5分)	「主催者あいさつ アドバンスソフト株式会社について」 アドバンスソフト株式会社 代表取締役社長	小池 秀耀
13:35～13:50 (15分)	「アドバンスソフト株式会社の流体解析サービスについて」 アドバンスソフト株式会社 取締役 第2 事業部長	三橋 利玄
13:50～14:30 (40分)	「Advance/FrontFlow/red」 アドバンスソフト株式会社 主事研究員	畝村 毅
14:30～14:45 (15分)	「Advance/FrontFlow/blue」 アドバンスソフト株式会社 主事研究員	西村 香純
14:45～15:00 (15分)	「Advance/FrontFlow/FS」 アドバンスソフト株式会社 主任研究員	杉中 隆史
15:00～15:10 (10分)	*** 休憩 ***	
15:10～15:20 (10分)	「Advance/FrontFlow/MP」 アドバンスソフト株式会社 主事研究員	小笠原 章
15:20～15:40 (20分)	「Advance/FrontFlow/Focus (F ³)」 アドバンスソフト株式会社 主任研究員	中森 一郎
15:40～16:00 (20分)	「Advance/FrontNet/Q Advance/FrontNet/I Advance/FrontNet/TP」 アドバンスソフト株式会社 研究員	秋村 友香
16:00～16:20 (20分)	「ADAP」 アドバンスソフト株式会社 主任研究員	石川 賢一
16:20～16:30 (10分)	質疑応答	





流体ソフトウェアのご紹介

アドバンスソフト技術セミナー

アドバンスソフト株式会社の流体解析サービスについて

アドバンスソフト株式会社 取締役第2事業部長

三橋 利玄

X.

アドバンスソフトの流体解析サービス

流体解析用ソフトウェアの受託開発

お客様のニーズにあわせて、開発仕様の検討からプログラミング、検査検証を行い開発致します。

流体解析サービス

ご要望に応じて、当社の流体解析用ソフトウェアパッケージまたはお客様お持ちのソフトウェアを用いて、条件設定・解析・評価・検討を行い、報告書にまとめます。

流体解析用ソフトウェアのカスタマイズ

当社のソフトウェアパッケージを、お客様のニーズにあわせてカスタマイズ致します。

また、お客様お持ちのソフトウェアに対してもカスタマイズ致します。

流体解析ソフトウェアパッケージの販売

当社のソフトウェアパッケージを販売いたします。

流体解析コンサルタント

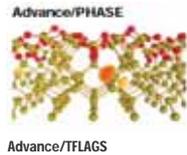
流体解析に関する各種コンサルタントを承ります。

例：解析ノウハウの提供、物性データの調査検討、試験方法の調査提案など

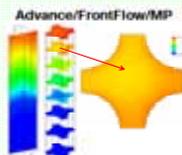


アドバンスソフトのソフトウェアパッケージ一覧

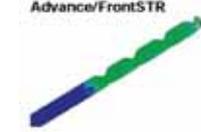
ナノ



流体



構造



Advance/TFLAGS

Advance/FrontFlow/blue

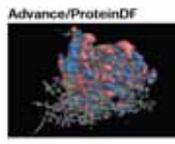
Advance/EVE SAYFA

統合プラットフォーム

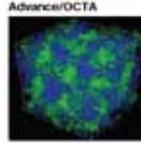
Advance/PSE Workbench



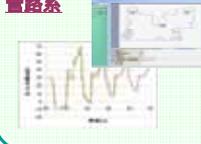
バイオ



メソ



管路系



3

アドバンスソフト流体解析サービス におけるソフトウェア一覧

アドバンスソフトの流体解析ソフトウェア

汎用流体解析ソフトウェア

Advance/FrontFlow/red
Advance/FrontFlow/blue
Advance/FrontFlow/MP(気液二相流)
Advance/FrontFlow/FS(自由表面流)

管路系流体解析ソフトウェア

Advance/FrontNet/ (液体)
Advance/FrontNet/ (気体)
Advance/FrontNet/TP(気液二相流)

新概念流体解析ソフトウェア

Advance/FrontFlow/FOCUS

目的専用流体解析ソフトウェア

Advance/EVE SAYFA (都市安全・環境)
M-SphyR(生体)
超音速二相流解析ソフトウェア(開発中)

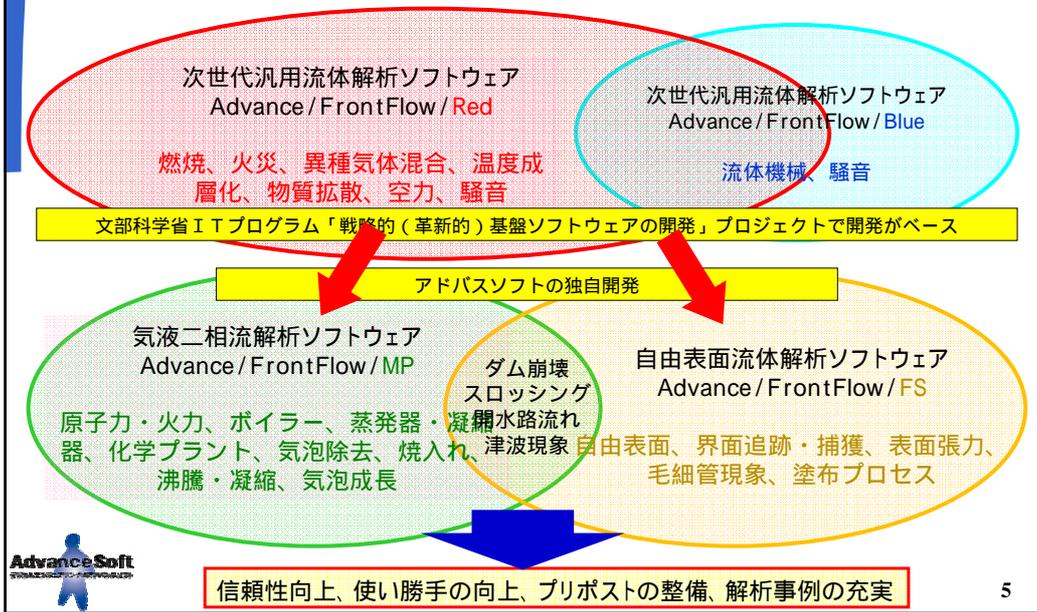
他機関で開発され利用している流体解析ソフトウェア

原子力安全解析 RELAP5,TRAC,TRACE,COBRA
火災解析 FDS,CFAST
気象・大気拡散解析 RAMS,HYPACT



4

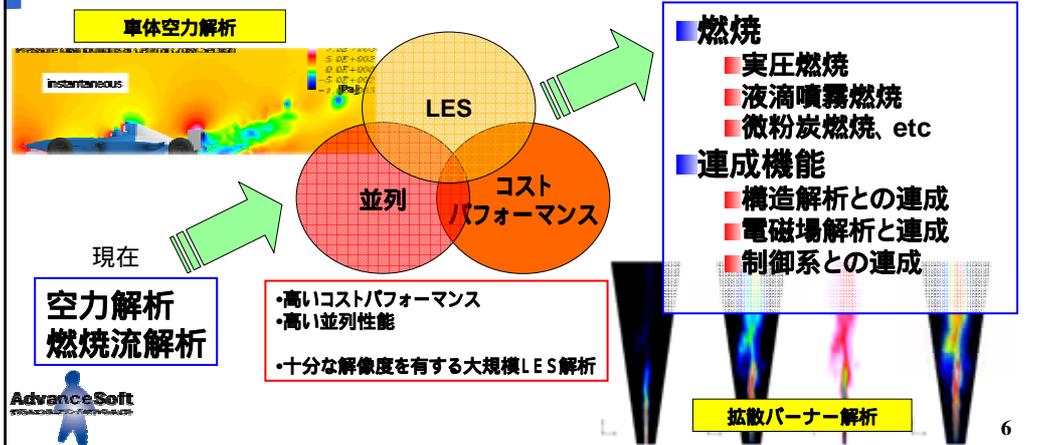
アドバンスソフトの汎用流体解析ソフトウェア



汎用流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red

LESによる非定常現象の高精度予測の追及を目指した 汎用流体解析ソフトウェア

燃焼、火災、異種気体混合、物質拡散、空力などの非定常大規模解析
構造、電磁場、音響などとの大規模連成解析 将来

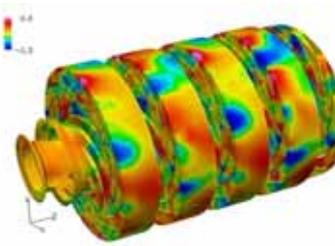


汎用流体解析ソフトウェア
Advance/FrontFlow/blue

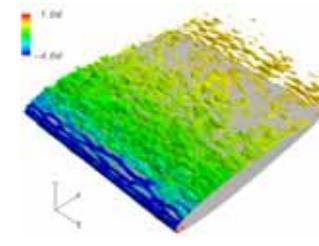
**LESによる非定常現象の高精度予測の追及を目指した
 汎用流体解析ソフトウェア**

回転機械、流体騒音、キャビテーションなどの非定常大規模解析
 構造、音響などとの大規模連成解析

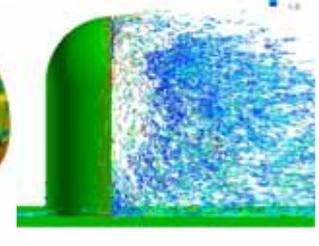
多段遠心ポンプの内部流れ解析



翼周りのキャビテーション解析

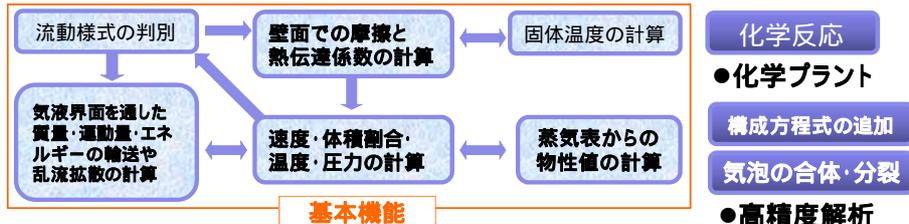


ドアミラーから発生する流体音解析



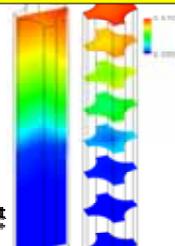
AdvanceSoft

非構造物系三次元気液二相流解析ソフトウェア
Advance/FrontFlow/MP

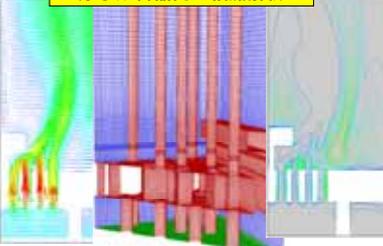


- 流動様式線図の追加
- 水以外の物質
石油・LNG・冷媒
(代替フロン)・etc.
- 固体の応力・ひずみ
- 固体の取扱い
熔融鉄・装置の腐食
- 水・蒸気以外の蒸気表
- 高精度解析
- 固体粒子の凝集

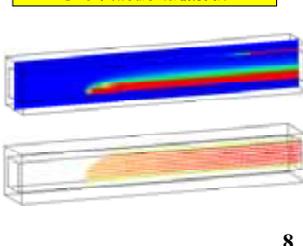
原子炉燃料集合体沸騰解析



原子炉容器内二相流解析



水平管沸騰凝縮解析



AdvanceSoft

アドバンスソフトの管路系流体解析ソフトウェア

Advance/FrontNet/
液体管路系非定常解析ソフトウェア

- ・LNGローリー出荷場水撃解析
- ・LNGパイプライン最適制御解析
- ・情報伝送システム解析

Advance/FrontNet/
ガス管路系非定常解析ソフトウェア

- ・実在物性パイプライン解析
- ・液体燃料エンジンシステム解析
- ・熱交換器による相変化解析

Advance/FrontNet/TP
気液2相流管路系非定常解析ソフトウェア

- ・冷熱機器の性能解析
- ・LNG戻り配管の凝縮解析

AdvanceSoft

火災 都市安全・環境シミュレータ Advance/EVE SAYFA

三次元モデル
EVE SAYFA/3D

LESによる火災延焼・
煙流動と
ガス拡散モデル

↔

一次元マクロモデル
EVE SAYFA/1D

換気・空気移動
ネットワーク

連成

大規模空間を対象とした
火災シミュレーション

ドーム状展示室の煙層降下
シミュレーション

二階建ての建物でのサリン拡散シミュレーション

部屋RM4でサリンが散布されたケースでの
各部屋のサリン濃度変化

時間 (秒)	RM1 (ppm)	RM2 (ppm)	RM3 (ppm)	RM4 (ppm)	RM5 (ppm)	RM6 (ppm)
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
900	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1900	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

AdvanceSoft

他機関で開発された流体解析ソフトウェアを 利用した流体解析サービス例

原子力安全解析

- ・ RELAP5とTRACEの改良整備
- ・ RELAP5とTRACEによる原子炉配管破断時の熱流動挙動試験(OECD/ROSA試験)の解析
- ・ RELAP5とTRACEによる加圧水型原子炉プラント配管破断時の安全性解析

火災解析

- ・ FDS(3D)とCFAST(1D)の統合化
- ・ 統合コードによる原子炉建屋マルチルーム火災伝播解析

気象・大気拡散解析

- ・ RAMS/HYPACTによる放出放射能の拡散解析
- ・ RAMS/HYPACTによる火山ガス大気拡散解析



11

当社の流体解析ソフトウェアの 信頼性・使い勝手の向上

使い勝手の向上
信頼性の向上

- ◆ 組織化された保守体制の確立
- ◆ トレーニングサービスの充実
- ◆ バージョン管理の徹底
- ◆ 前バージョンとの両立性
- ◆ 修正履歴の完全な記録
- ◆ 解析事例の充実
- ◆ 標準解析データの充実
- ◆ プリポストの整備(ADAPの開発)
- ◆ 計算速度・安定性のさらなる向上



12



Advance/FrontFlow/red

～ 主要機能と事例のご紹介～

アドバンスソフト株式会社

1

目次



ソフトウェアの概要

FrontFlowの概要

Advance/FrontFlow/redの主要機能

基本検証解析例

各種機能の基本検証

実用問題解析例

エンジンポートの非定常解析

配管合流部のLES解析

ASMO車体まわりの空力解析

フォーミュラカーの大規模解析

都市部の汚染物質拡散予測

回転機械における流体音解析

自動車ドアミラーの流体音解析

ガスタービンのFlamelet燃焼解析

案内羽根つき曲がり管の流体構造連成解析

2



Advance/FrontFlow/red
ソフトウェアの概要



FrontFlowの概要

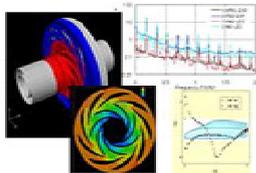


文部科学省次世代IT基盤構築のための研究開発
「革新的シミュレーションソフトウェアの研究開発」

アドバンスソフト(株)

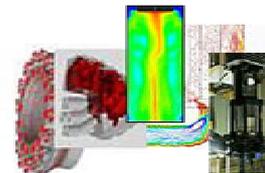
東京大学生産技術研究所

流体機械と騒音の解析
東京大学生産技術研究所 加藤千幸研究室



FrontFlow/red
FrontFlow/blue

燃焼の解析
北海道大学院工学研究科 大島研究室



大学等の先端研究機関
との技術的連携を
広く実施

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」プロジェクトの成果(ソフトウェア)をアドバンスソフト(株)が独自に改良したものです。アドバンスソフト(株)は「戦略的基盤ソフトウェアの開発」プロジェクトに参加し、ソフトウェアの開発を行いました。

FrontFlowの概要

AdvanceSoft



ベースソフトウェア:革新PJ版FrontFlow/red

- ・有限体積法に基づく乱流解析
- ・節点中心法による高精度な解析
- ・LESによる大規模な非定常乱流解析
- ・燃焼、化学反応などを乱流と連成したマルチフィジックス解析
- ・東京大学とアドバンスソフトで連携して開発
- ・革新PJ、産業応用協議会などで精度や実用性の評価

Advance/FrontFlow/redでの拡張

- ・乱流騒音解析機能、スライディングメッシュによる回転機械の解析機能、多孔質体もでる、各種プリポストへの対応など
- ・FrontFlow/red開発者による技術サポート

5

Advance/FrontFlow/redの主要機能

AdvanceSoft



ラージ・エディ・シミュレーション(LES)による非定常乱流解析機能

- ・標準Smagorinskyモデル
- ・Dynamic SGSモデル(開発中)
- ・S-A-DESモデル(開発中)
- ・乱流ドライバー(LES非定常乱流流入条件)機能
- ・直接数値シミュレーションやRANSも可能(標準k- ϵ 、低Reynolds数、CHENモデル、RNGモデル)

大規模解析への対応

- ・領域分割法による並列化により、PCクラスタで大規模乱流解析が可能
- ・ベクトル/パラレル計算機用に高速化(地球シミュレータで実証)し、大型計算機ならさらに大規模の解析が可能
- ・mpichのほか、OpenMPI、HP-MPIならより高速な並列計算が可能

6



燃焼解析

- ・LESによる燃焼解析が可能。温度・濃度・火炎の時間変動を解析可能
- ・化学反応モデルには総括反応モデル、素反応(詳細反応)モデル、渦消散モデル(k- 計算時に可)を装備
- ・予混合燃焼ではG方程式により既燃側から未燃側への火炎面伝播を計算。拡散燃焼ではflameletモデル(混合分率方程式 + G方程式)で火炎面追跡
- ・熱物性値にはJANAFテーブルあるいはCHEMKINデータベースを使用可能
- ・粘性係数、熱伝導率および拡散係数の近似モデルはSmookeのsimplified transport modelを採用

乱流音解析

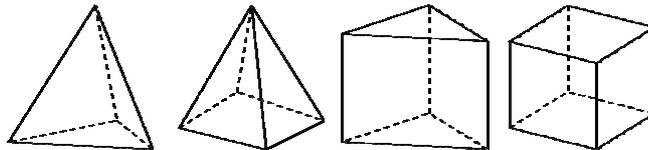
- ・乱流渦から発生する流体音を分離解法により予測。実形状での流体音解析が可能。
- ・音圧の評価にはCurleの式またはFW-Hの式を採用。回転機械からの流体音にも対応。
- ・物体から無限空間に放射される音(反射、吸収を考慮しない)に適応可能。音響解析にはAdvance/FrontNoiseを。

7

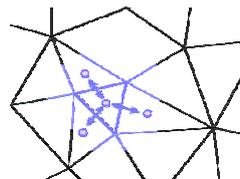


計算手法

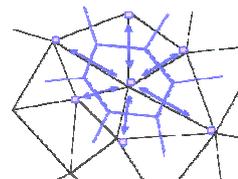
- ・メッシュには四面体、四角錐、三角柱、六面体が使用可能。これらの混合も可能。



- ・節点中心法を採用。
- ・節点周りにコントロールボリュームを作成し、その中心に変数を配置。セル中心法に比べてコントロールボリューム界面が増えるため、隣接CVとの情報伝達量が増加し、計算精度の向上が望める。



セル中心法



節点中心法

8

Advance/FrontFlow/redの主要機能

AdvanceSoft



- ・離散化：有限体積法
- ・圧力・速度カップリング：
 - SMAC法 (Fractional Step法) (陽解法)、SIMPLE法 (陰解法)
- ・時間積分法：
 - Euler陽解法、Euler陰解法、2次精度クランク・ニコルソン法、2次精度Adams-Bashforth陽解法、3次精度Adams-Moulton陰解法、4次精度ルンゲクッタ陽解法
- ・対流項のスキーム：
 - 1次精度風上差分、2次精度風上差分、2次精度風上差分+limiter (TVD法)、2次精度中心差分、3次精度風上差分+limiter (TVD法)
- ・数値振動の防止：
 - Rhie-Chow法による圧力振動の抑制、緩和修正法 (Deferrd-Correction法) による各物理量の振動抑制
- ・ソルバー：
 - 圧力のPoisson方程式はICCGとBi-CGSTAB、移流拡散方程式はBi-CGSTABソルバー、対角線スケールリング、IC/LU分解前処理による収束速度の向上

9

Advance/FrontFlow/redの主要機能

AdvanceSoft



	FrontFlow/red 機能詳細	Advance/FrontFlow/red 追加機能
基本機能	<p>基本解析機能： 定常解析 / 非定常解析 / 非圧縮性流体 / 圧縮性流体 (疑似圧縮性) / 低Mach数近似 / 複数流体間の熱伝導</p> <p>乱流モデル： 標準Smagorinskyモデル / DNS / 高レイノルズ数標準k-εモデル / 低レイノルズ数k-εモデル / 高レイノルズRNG k-εモデル / 高レイノルズCHEN k-εモデル</p> <p>ガス燃焼・化学反応モデル： 素反応(逆反応、圧力依存性、第3体、非整数化学量論係数、任意反応指標) / 炭素燃焼 / 縮結反応(スス生成含む) / Flameletモデル</p> <p>輻射性： 定圧比熱、エンタルピー、エントロピーと自由ギフトエネルギーの多項式表現 (JANAFテーブルあるいはChemkinデータベースの係数入力と一致) 輸送物性： SmookeとSutherlandモデル</p>	<p>固体-流体間の熱伝達 (固体内部の熱導率も考慮) / ポーラスメディア</p> <p>Dynamic SGSモデル※ / Lagrangian Dynamic SGSモデル※ / DESモデル※ / 応力方程式モデル (RSN)※ / 非線形渦粘性モデル※</p> <p>表面反応モデル： 素反応 / 非整数化学量論係数 / 任意反応指標 / Sticking係数モデル / 表面荷電反応モデル / プラズマモデル※ / マルチサイト※ / マルチサブストレツト※ / マルチ反応※ / マルチバルク成長※ / エッチング・デポジション※</p>

※開発中機能

10

Advance/FrontFlow/redの主要機能

AdvanceSoft



	FrontFlow/red 機能詳細	Advance/FrontFlow/red 追加機能
メッシュ	メッシュ形状： 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 その他の機能： マルチフレーム(固定、連続のみ)、内部界面(流体-固体、固体-固体)	スライディングメッシュ機能/不連続マルチフレーム/内部界面(流体-流体系)/移動メッシュ系/メッシュ追加削除※
離散化法	有限体積法/節点中心法	
数値スキーム	SMAC法(Fractional-Step法)/SIMPLE法/Rhie-Chow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 時間積分スキーム： Euler陽解法/Euler陰解法/2次精度クランク-ニコルソン法/2次精度Adams-Bashforth法/3次精度Adams-Moulton法/4次精度ルンゲ-クッタ陽解法 移動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+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)/ブレンド法(2次中心差分+1次風上)	2次上流補間差分法(LJS)※
行列解法	ICCG法(圧カポアソン方程式)/Bi-CGSTAB法(圧カポアソン方程式以外)/ベクトル化ソルバー(ES用)	
結果出力	瞬時分布(全ての物理量)/アニメーション(選択可能)/非定常統計量(時間平均、変動強度)/流体力6成分の時系列/任意点任意物理量の時系列	

※開発中機能

11

Advance/FrontFlow/redの主要機能

AdvanceSoft

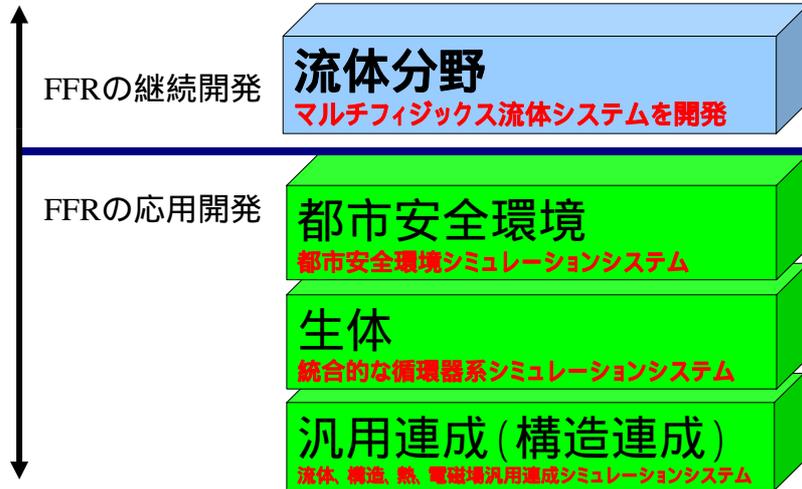


	FrontFlow/red 機能詳細	Advance/FrontFlow/red 追加機能
境界条件	流入条件/ドライバーつき流入条件/自由流出条件/大気開放条件/静圧条件/全圧条件/対称条件/輻射条件/壁面条件(スリップなし、スポルディング壁法則、スリップ)/接触界面(流体-固体、固体-固体)	スライディング条件/表面反応壁条件/接触界面(流体-流体)※
流体騒音		流体音源モデル： Lighthill-Curleモデル/Ffowcs Williams and Hawkingsモデル 任意数マイク位置/マルチフレーム、回転座標系 解析対応/音圧スペクトル解析/A修正
入出力	メッシュ： Gridgen(FV_UNG2.4/3.0形式) 可視化： FIELDVIEW(UNG2.4形式)/AVS/MicroAVS/Paraview	他の市販メッシュャーにも開発対応 他の市販可視化ソフトにも開発対応
高効率化	MPI並列計算/自動領域分割/ベクトル化(ES用)	
ユーザーサブルーチン	初期条件/流入境界条件/壁面条件/質量・運動量・エネルギー・化学量・任意スカラー量のソース項/結果出力	ガスフェーズ反応速度/表面反応速度/表面積分算と表面発熱モデル
その他	粒子追跡、ふく射(Flameletとの組合せ可)	構造連成系/騒音BEM連成系、キャピテーションモデル※
稼働環境	Linux/SCHRIX/AIX/HP-UX/その他大型計算機(SR)1000、地球シミュレーターなど	WindowsXP/Windows2000(並列計算には未対応)

※開発中機能

12

革新PJ FrontFlow/Redについて

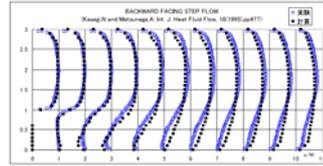
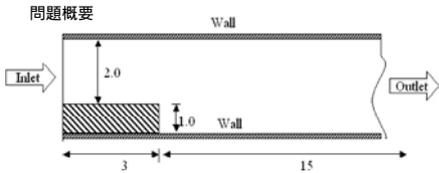


Advance/FrontFlow/red 基本検証解析例

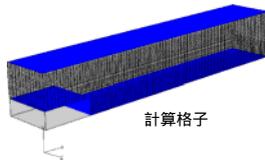
RANS基本検証:標準k-モデル

バックステップ流のRANS解析

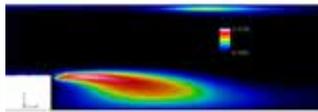
実験と他の数値解析結果



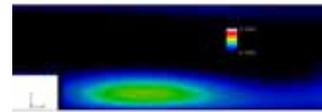
Re=5500、再付着距離: 6.51 (Kasagi, 1995)
節点34800要素30982



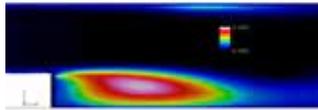
計算格子



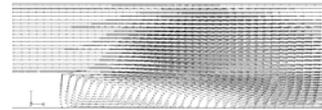
乱流エネルギーK



乱流渦粘性μ_t



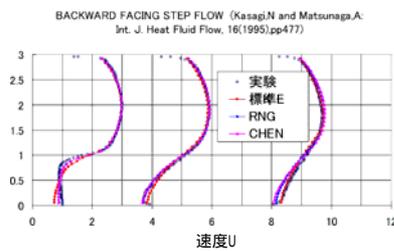
乱流散逸率ε



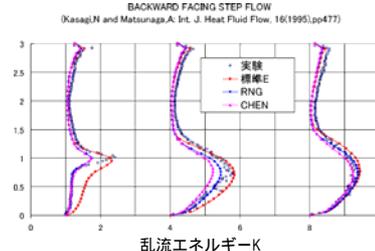
速度ベクトル

RANS基本検証:各モデル比較

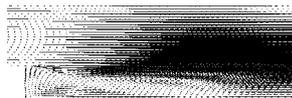
FFR実装RANSモデル(標準KEモデル、RNG-KEモデル、CHEN-KEモデル)の比較



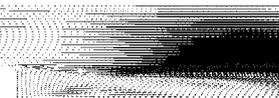
速度U



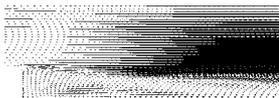
乱流エネルギーK



標準KEモデル



RNG-KEモデル



CHEN-KEモデル

LES基本検証:チャンネル乱流(Ret=180)

AdvanceSoft



解析条件

標準解析領域サイズ(各方向流れ×高さ×スパン)	6.28 × 2 × 3.14
メッシュ数	32 × 64 × 32 (64 × 128 × 64)
時間刻み	0.0005
助走時間(ステップ数)	170000
統計時間(ステップ数)	80000
速度差分スキーム	2次中心差分
乱流粘性スキーム	2次風上差分
速度時間積分	2次Adms-Bashforth法
乱流粘性 ν_t の時間積分	オイラ陰解法

LES(標準Smagorinskyモデル)による解析:メッシュサイズの影響を検討

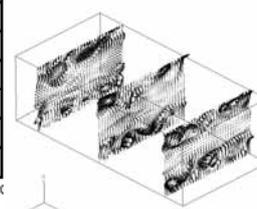
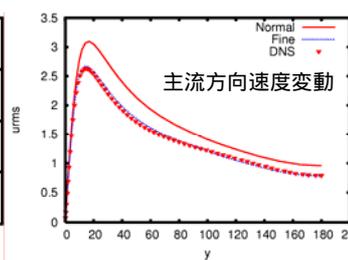
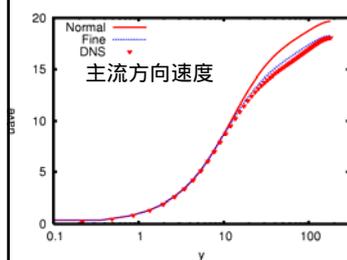
Normal: 32x64x32 Fine: 64x128x64

DNSの結果と比較

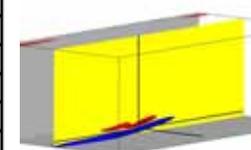
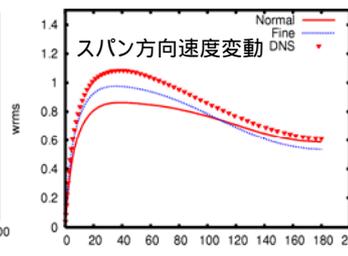
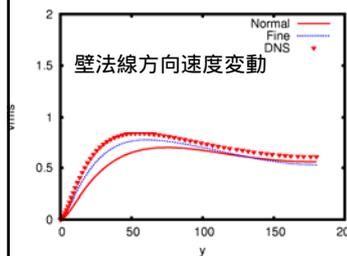
17

LES基本検証:チャンネル乱流(Ret=180)

AdvanceSoft



横断面における2次流れ



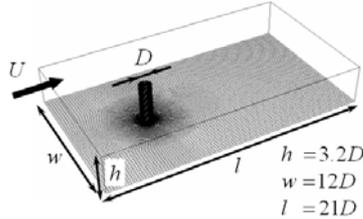
境界層乱流遷移

18

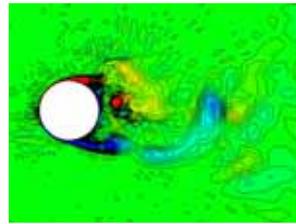
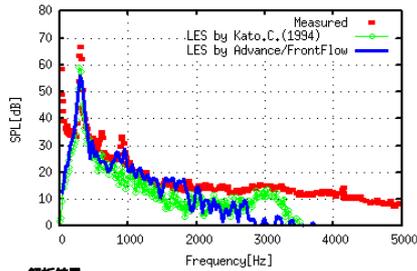
流体音解析基本検証:円柱まわり

AdvanceSoft

- 検証項目
- 1) FWH, Cuirの予測値へ
 - 2) 境界層乱流
 - 3) SPLのポスト処理



節点数	159,040
要素数	146,025
計算領域	21D × 12D × 3.2D
壁面近傍格子幅	0.005D
スパン方向分割	15層



解析結果
 総解析時間 : 3.5E+02 [s] (70,000ステップ)
 最大Courant数(瞬時値) : 0.2720

計算機表
 ハードOS : IA32 PC (Linux)
 CPU数 : 1 (Pentium4 2.4GHz)
 計算時間 : 70,000ステップで 約162h

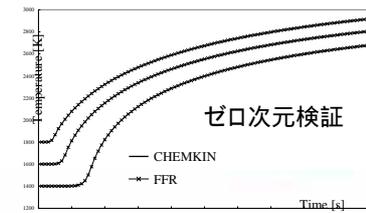
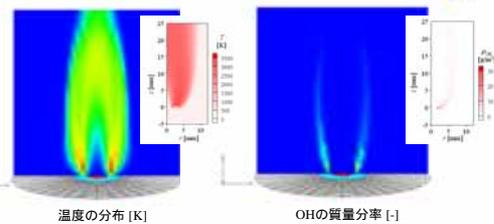
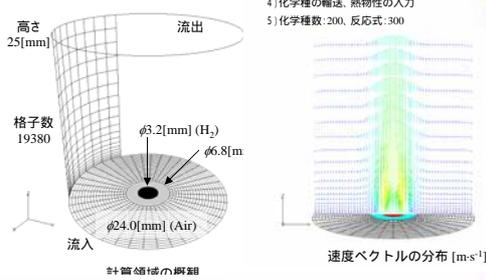
素反応モデル基本検証:水素バーナー

AdvanceSoft

- 検証項目
- 1) 層流、複雑反応系の設定
 - 2) 反応ルーチン、詳細反応
 - 3) エンタルピー、比熱比のA7式
 - 4) 化学種の輸送、熱物性の入力
 - 5) 化学種数: 200、反応式: 300

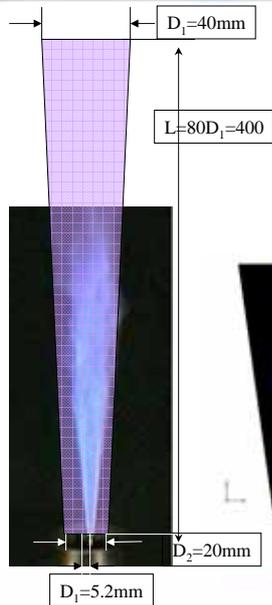
21個素反応式、9個化学種、逆反応、第3体参加

反応	平衡定数	平衡定数	平衡定数
1. H+O ₂ ↔ OH+O	2.00×10 ⁻⁴	0.0	70.30
2. H ₂ +O ↔ OH+H	1.80×10 ⁻²	1.0	36.93
3. H ₂ +O ↔ OH+OH	5.90×10 ⁻²	1.3	71.25
4. H ₂ +OH ↔ H ₂ O+H	1.17×10 ²	1.3	15.17
5. H+O ₂ +M ↔ HO ₂ +M	2.30×10 ⁻²	-0.8	0.00
6. H+HO ₂ ↔ OH+OH	1.50×10 ⁻⁴	0.0	4.20
7. H+HO ₂ ↔ H ₂ +O ₂	2.50×10 ⁻²	0.0	2.93
8. OH+HO ₂ ↔ H ₂ O+O ₂	2.00×10 ⁻²	0.0	4.18
9. H+H+M ↔ H ₂ +M	1.80×10 ⁻²	-1.0	0.00
10. H+OH+M ↔ H ₂ O+M	2.20×10 ⁻²	-2.0	0.00
11. HO ₂ +HO ₂ ↔ H ₂ O ₂ +O ₂	2.00×10 ⁻²	0.0	0.00
12. H ₂ O ₂ +M ↔ OH+OH+M	1.30×10 ⁻²	0.0	190.38
13. H ₂ O ₂ +OH ↔ H ₂ O+HO ₂	1.00×10 ⁻²	0.0	7.53
14. O+HO ₂ ↔ OH+O ₂	2.00×10 ⁻²	0.0	0.00
15. H+HO ₂ ↔ O+H ₂ O	5.00×10 ⁻²	0.0	5.90
16. H+O+M ↔ OH+M	6.20×10 ⁻⁴	-0.6	0.00
17. O+O+M ↔ O ₂ +M	6.17×10 ⁻²	-0.5	0.00
18. H ₂ O ₂ +H ↔ H ₂ O+OH	1.00×10 ⁻²	0.0	15.02
19. H ₂ O ₂ +H ↔ HO ₂ +H ₂	4.79×10 ⁻²	0.0	33.26
20. O+OH+M ↔ HO ₂ +M	1.00×10 ⁻⁴	0.0	0.00
21. H ₂ +O ₂ ↔ OH+OH	1.70×10 ⁻²	0.0	200.00



総括反応モデル:拡散バーナー

AdvanceSoft

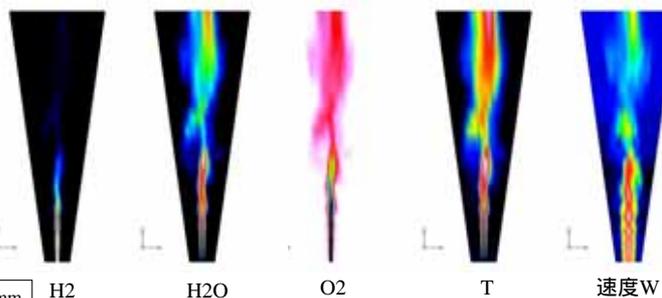


Fuel	H ₂ :N ₂ =50:50 (vol.)
co-flow	Air
Diameter of fuel nozzle	8mm
Bulk velocity at fuel nozzle	34.5m/s
co-flow velocity	0.2m/s
Reynolds number	10000

Hydrogen Jet flame
M. M. Tacke⁵, H3
Flame Database (1998)

節点: 62160

要素: 59826



21

総括反応モデル:拡散バーナー

AdvanceSoft

NASA熱物性値の計算: 7係数多項式

(NASA Polynomial, Gordon and McBride 1976)

NASAのwebサイト: <http://cea.grc.nasa.gov/>

定圧比熱

$$\frac{C_{pk}^0}{R} = a_{1k} + a_{2k}T + a_{3k}T^2 + a_{4k}T^3 + a_{5k}T^4$$

エンタルピー

$$\frac{H_k^0}{RT} = a_{1k} + \frac{a_{2k}T}{2} + \frac{a_{3k}T^2}{3} + \frac{a_{4k}T^3}{4} + \frac{a_{5k}T^4}{5} + \frac{a_{6k}}{T}$$

エントロピー

$$\frac{S_k^0}{R} = a_{1k} \ln T + a_{2k}T + \frac{a_{3k}T^2}{2} + \frac{a_{4k}T^3}{3} + \frac{a_{5k}T^4}{4} + a_{7k}$$

標準ギブス自由エネルギー

$$\frac{G_k^0}{RT} = \frac{H_k^0}{RT} + \frac{S_k^0}{R} = a_{1k}(1 - \ln T) - \frac{a_{2k}}{2}T - \frac{a_{3k}}{6}T^2 - \frac{a_{4k}}{12}T^3 - \frac{a_{5k}}{20}T^4 + \frac{a_{6k}}{T} - a_{7k}$$

表 Thermal.datの構造(NASA熱物性ファイルフォーマットの利用)

H	L 6/94H 1 0 0 0G 200.000 6000.000 1000. 1
	0.25000000E+01 0.00000000E+00 0.00000000E+00 0.00000000E+00 0.00000000E+00 2
	0.25473660E+05 -0.44668285E+00 0.25000000E+01 0.00000000E+00 0.00000000E+00 3
	0.00000000E+00 0.00000000E+00 0.25473660E+05 -0.44668285E+00 0.26219035E+05 4

22

スライディング機能:回転角柱

AdvanceSoft

□ 回転角柱同期周波数騒音

黒田 5、日本機械学会論文集B編 62巻597号(昭1996) p1709

解析パターン	回転数 n rps (rpm)	スピンパラメータs
(a)	0.0	0.0
(d)	2.93 (175.8 rpm)	0.161
(e)	3.68 (220.8 rpm)	0.202
(f)	4.50 (270.0 rpm)	0.247
(g)	6.22 (373.2 rpm)	0.341

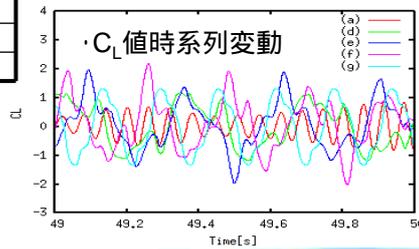
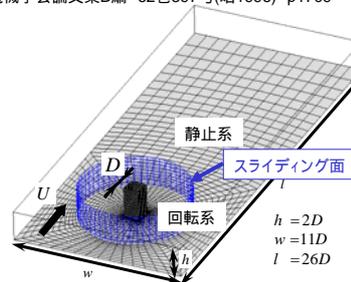
節点数	25,919
要素数	22,260
計算領域	26D × 11D × 2D
壁面近傍格子幅	0.02D
スパン方向分割	10層

解析条件

対流項離散スキーム : 2次精度中心差分
 時間積分法 : Euler陰解法
 渦粘性 : 標準Smagorinskyモデル
 時間刻み(t) : 1.0E-03(固定)
 流入条件 : 流量規定、一様流入
 Re数 : 7,100

解析結果

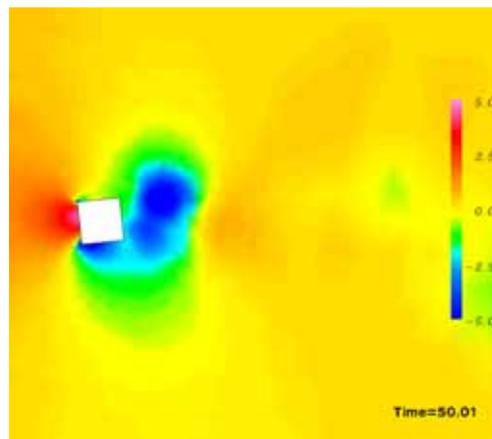
総解析時間 : 5.0E+01 [s] (50,000ステップ)
 146 - 311回転に相当
 最大Courant数(瞬時値) : 5.312



23

スライディング機能:回転角柱

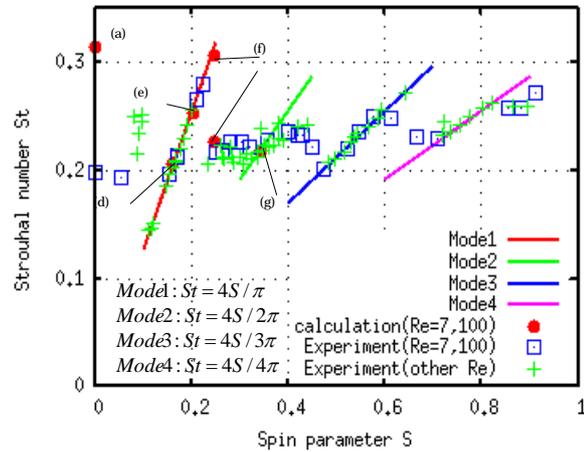
AdvanceSoft



相対圧力の時間変動

24

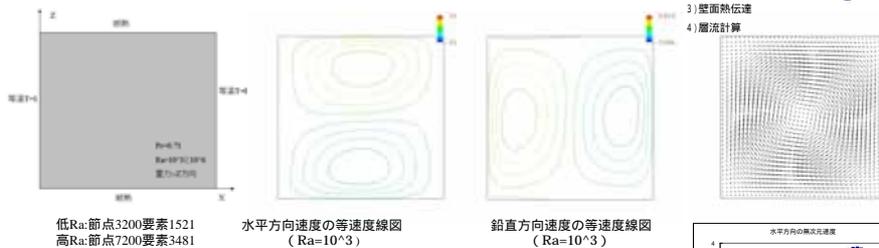
スライディング機能:回転角柱



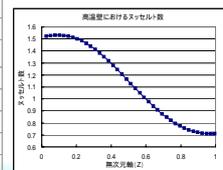
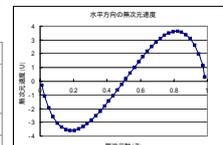
$St = 4S/\pi$ (Mode 1)
 $St = 4S/2\pi$ (Mode 2)
 $St = 4S/3\pi$ (Mode 3)
 $St = 4S/4\pi$ (Mode 4)

$S = \frac{nD^* \pi}{U}$ $St = 4 \cdot S / (k\pi) \quad (k = 1, 2, 3, 4)$
 $St = \frac{D^* f}{U}$

熱連成基本検証:自然対流(キャピティ)



解析結果					
		レイリー数Ra=10 ³	文献1)	レイリー数Ra=10 ⁶	文献1)
水平方向の速度最大値と位置 (鉛直中央断面X=0.5)	Umax	3.641	3.649	67.68	64.63
	Zmax	0.8205	0.813	0.8644	0.850
鉛直方向の速度最大値と位置 (水平中央断面Z=0.5)	Wmax	3.693	3.697	222.17	219.36
	Xmax	0.1794	0.178	0.0338	0.0379
最大ヌセルト数と位置	Numax	1.531	1.505	18.733	17.925
	Zmax=	0.1025	0.092	0.0339	0.0378
最小ヌセルト数と位置	Numin=	0.711	0.692	1.214	0.989
	Zmin=	1.0	1.0	0.983	1.0
高温壁の平均ヌセルト数	1.1372	1.118	9.14	8.8



26
高温壁における局所ヌセルト数 (Ra=10³)

熱連成の基本検証:固体流体間の伝熱

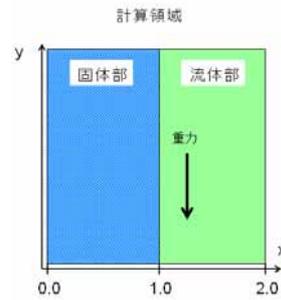
AdvanceSoft

FrontFlow/Redを用いて固体の熱伝導を考慮した自然対流の計算を行う。固体の温度変化と流体の伝熱流動を同時に解析することは、実用計算ではしばしば必要となると考えられる。この比較的簡単な系において、FrontFlow/Redの熱連成機能のテストを行い、理論解と結果を比較した。

計算領域は図1に示したように2次元であるが、この問題の解はx方向の依存性のみをもつ1次元問題である。左端と右端の温度をそれぞれT1、T2に固定する。流体部の伝熱流動と固体部の熱伝導を連成させて計算する。

計算条件:

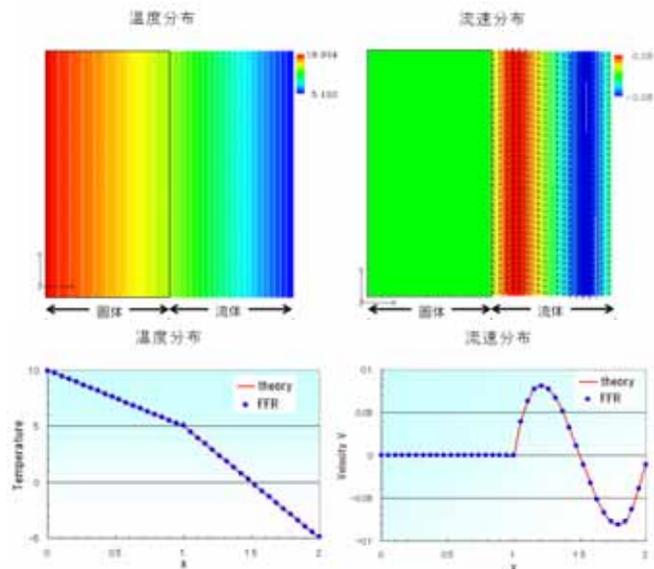
- | | |
|-----------------|-------------------|
| (1) 物性値 | (4) 外力 |
| 熱伝導率 固体0.02 | 重力加速度 -10 |
| 流体0.01 | (5) 計算格子 |
| 体膨張率 0.001 | ヘキサメッシュ (約5000節点) |
| (2) 初期条件 | |
| 流速 $u=0, v=0$ | |
| 温度 固体部10, 流体部-5 | |
| 圧力 0 | |
| (3) 境界条件 | |
| 固体部左端 温度固定10 | |
| 流体部右端 流速 ノースリップ | |
| 温度固定 -5 | |
| 固体流体間 流速 ノースリップ | |
| y方向は周期境界条件とする。 | |



27

熱連成の基本検証:固体流体間の伝熱

AdvanceSoft



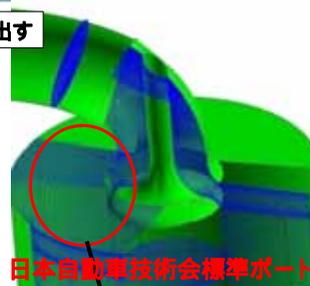
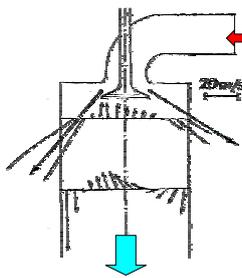
28

Advance/FrontFlow/red 実用問題解析例

Formula Nippon

エンジンポートの非定常解析(ドライバー有り)

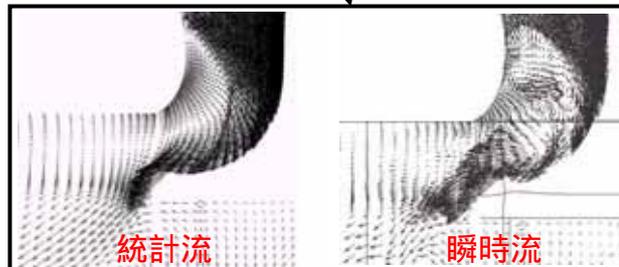
ドライバー: 周期条件の円管は十分発達した乱流を作り出す



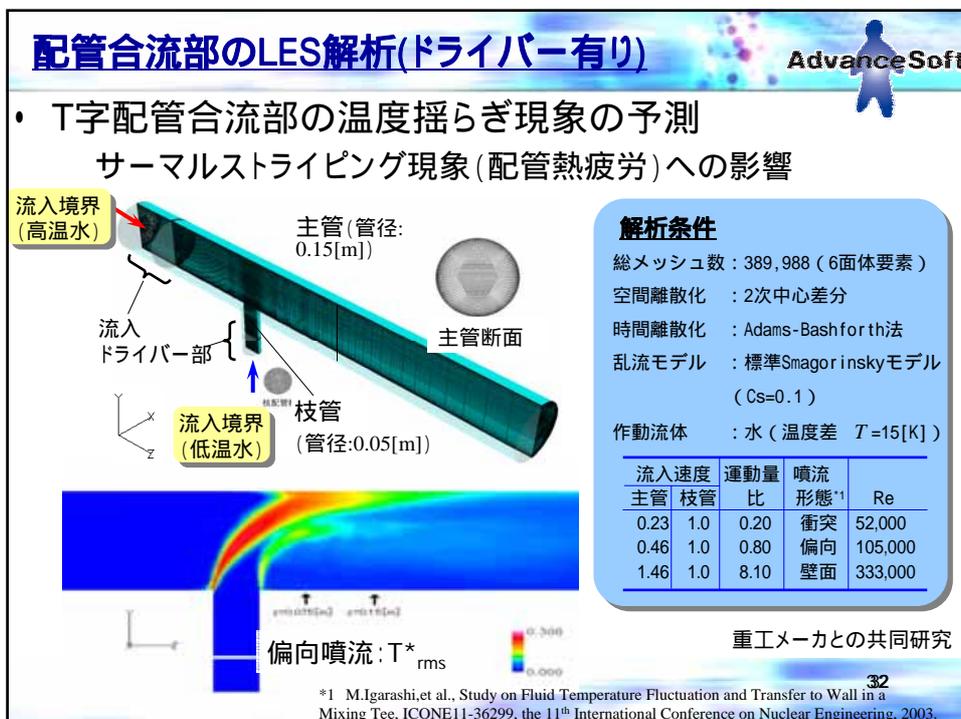
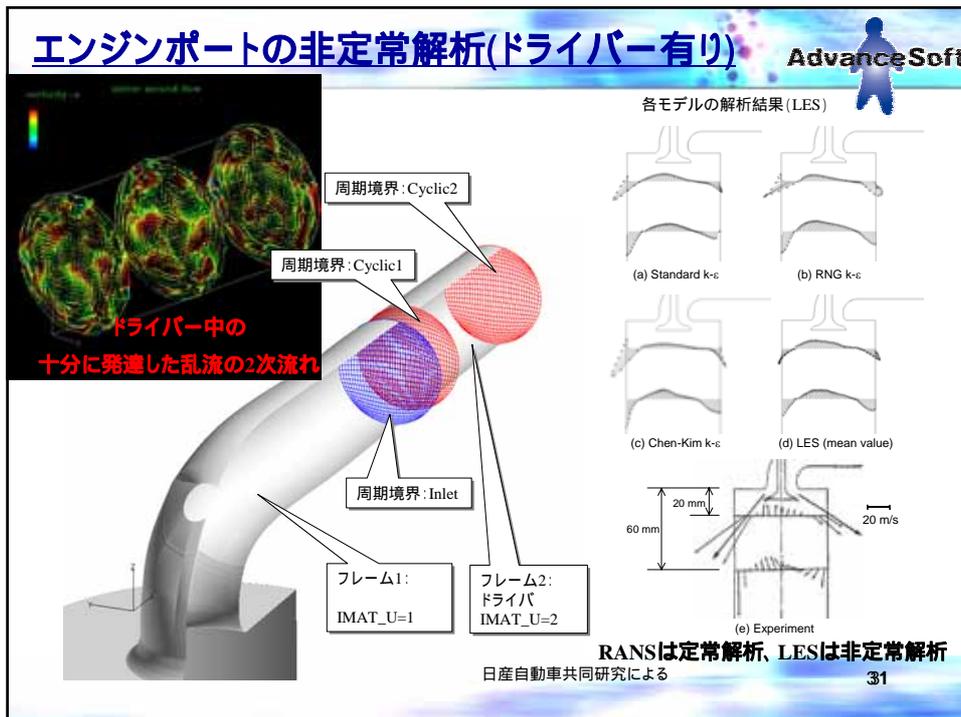
日本自動車技術会標準ポート

計算条件:

- 1) $Re=78,000$;
- 3) Flow flux: $Q=25.4g/s$
- 4) Grid number: 900,000
- 5) Time step interval: 0.0005
- 6) 統計時間: 20,000step



日産自動車共同研究による

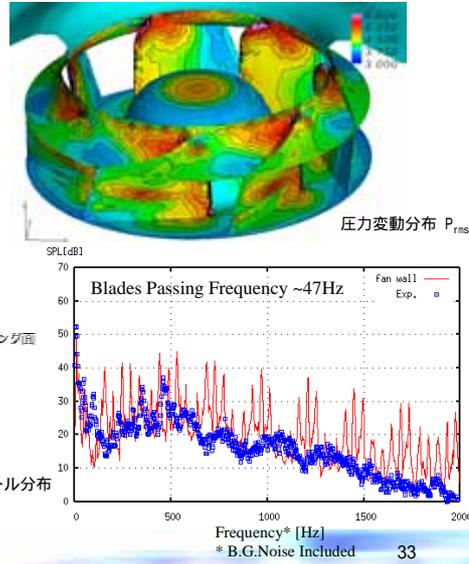
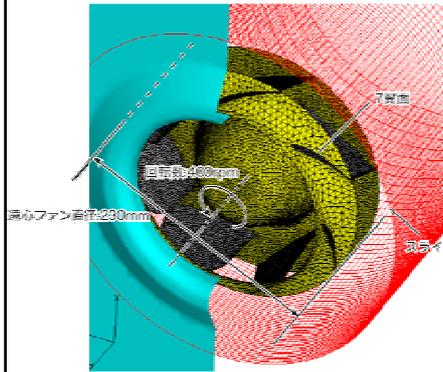


回転機械における流体音解析

東プレ(株)様との共同研究による

AdvanceSoft

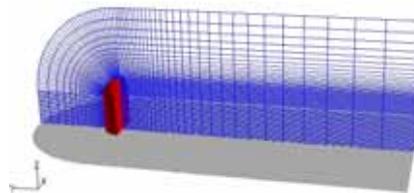
圧力脈動に起因するファン騒音の予測
非定常流体力解析
BPF圧力変動、翼列干渉音、乱流音



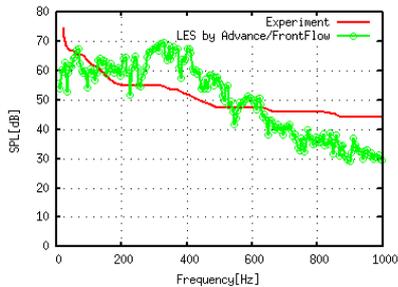
流体音解析:自動車ドアミラー

AdvanceSoft

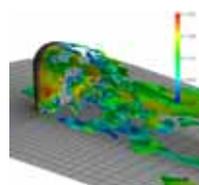
解析条件
計算領域: 10.5D × 5D × 3.5D
Re数: 7.4E+05
乱流モデル: 標準Smagorinskyモデル
計算格子
節点数: 202,050 / 要素数: 191,520
壁面近傍格子幅: 0.03D



音圧スペクトル

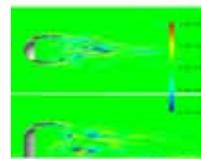


Siebert *et al.*, 5th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, Seattle WA, May 10-12, AIAA paper, 99, 1895 (1999)



Helicity密度等値面

$$H' = (\nabla \times \vec{u}) \cdot \frac{\vec{u}}{|\vec{u}|}$$



Power II 音源項の強度



流体ソフトウェアのご紹介

アドバンスソフト技術セミナー

Advance/FrontFlow/blue

アドバンスソフト株式会社
主事研究員

西村 香純

2.

内容

- FrontFlow/blue開発の動機
- FrontFlow/blueの特徴
- 製品開発への適用事例
- FrontFlow/blue操作デモ

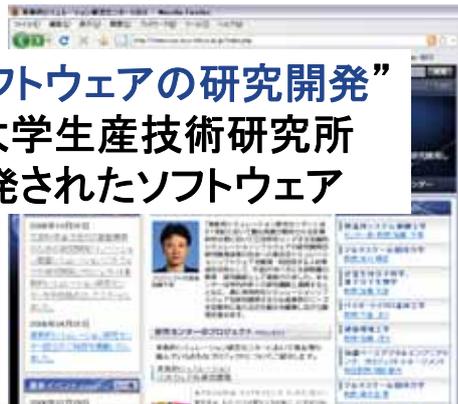


FrontFlow/blueとは

FrontFlow/blue : 3次元汎用流体解析ソフトウェア

“革新的シミュレーションソフトウェアの研究開発”
プロジェクトにおいて東京大学生産技術研究所
加藤千幸教授を中心に開発されたソフトウェア

※次期プロジェクトにおいても継続して開発
<http://www.ciss.iis.u-tokyo.ac.jp/index.php>



FrontFlow/blue開発の動機

複数の問題を同時に解決する設計技術
複雑現象を精度良くかつ高速に予測する技術

従来の手法の限界

- 時間平均に基づくRANSが乱流解析手法の主流
- 複雑現象の大規模解析が困難

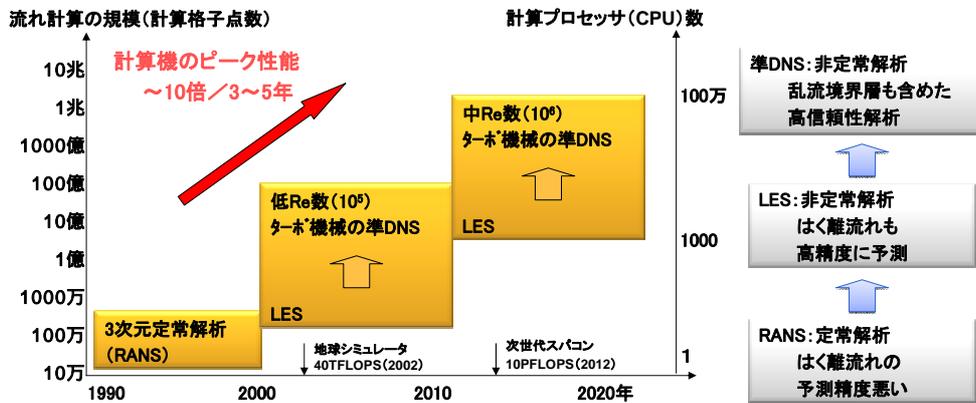
本研究開発の革新性

- [予測精度] LESによる高精度な乱流解析
- [高速な大規模解析] スカラー/ベクトルマシンにおいて高速に動作
- [マルチフィジックス解析] 騒音・振動・反応・混相流等の解析機能



乱流の数値解析の動向と将来展望

- 5~10年後には予測精度が飛躍的に向上



- 燃焼/混相流/構造振動などの本格的マルチフィジクス連成解析も実現
- 並列計算のパラダイムシフト



FrontFlow/blueの特徴

特徴	非定常流れ場のLESによる高精度解像
解析対象	ターボ機械内部流れ、空力騒音 他
解析手法 および機能	空間離散化:有限要素法(六面体、四面体)
	乱流モデル:LES、DES
	圧力解法:Fractional-Step法
	運動方程式:陽解法/陰解法(2次精度)
	オーバーセット法によるマルチフレーム機能 並列計算機能



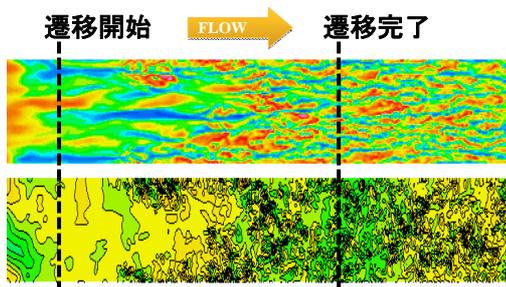
従来の市販コードとの差別化

1. 乱流現象の高精度予測
2. 乱流騒音の高精度予測
3. 非定常キャビテーション流れ解析
4. 高速・大規模計算の実現

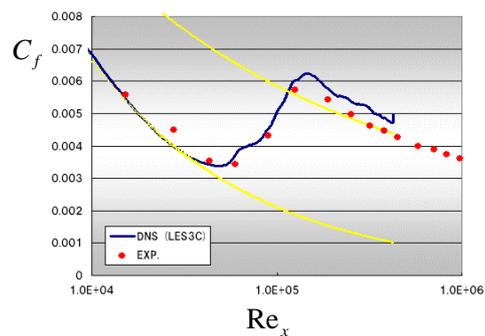


乱流現象の高精度予測

■ 平板境界層のバイパス遷移の予測



壁面近傍の主流方向速度(上)および圧力(下)



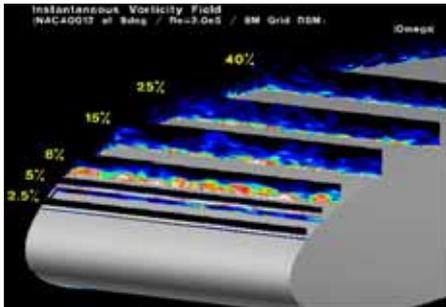
摩擦係数の比較

($Re_x = 1.0 \times 10^4 \sim 5.0 \times 10^5$, 流入乱流強度6%)

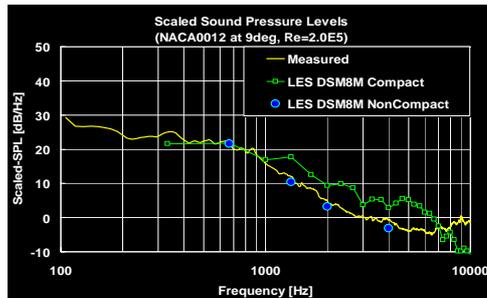


乱流騒音の高精度予測

■乱流境界層騒音の定量的予測を実現



翼前縁近傍における渦の変動



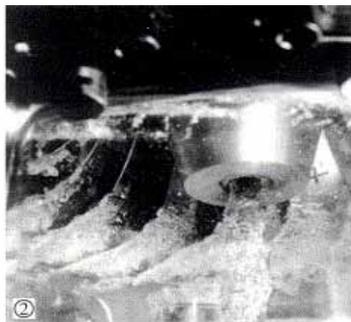
音圧レベルの比較

(NACA0012, 迎角9度, $R_e=2.0 \times 10^5$)

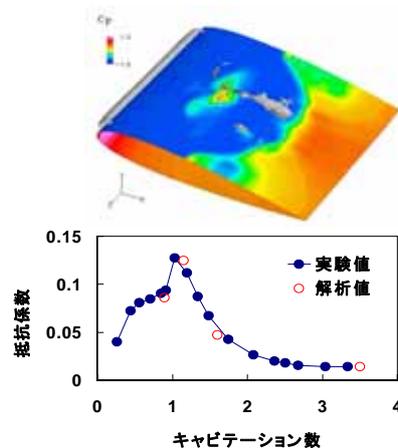


非定常キャビテーション流れ解析

■ターボ機械内部の非定常キャビテーション現象の高精度な予測を実現



ターボ機械内部のキャビテーションの例
Processing, Volume 20, Issue 4, May 2006,
Pages 983-1007



非定常キャビテーション流れの解析例



高速・大規模計算の実現

- ロード／ストアアルゴリズムの改良(スカラー機)
- バンク競合の低減(ベクトル機)

以前のコード

↓

改良コード

ストア発生回数を半減

以前のコード

バンク番号 1 2 3 4 5

↓

改良コード

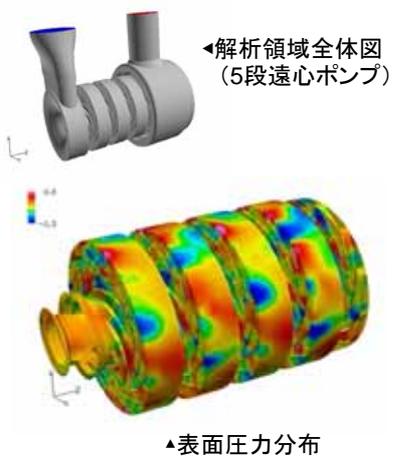
バンク番号 1 2 3 4 5

配列宣言の最適化によりバンク競合を回避

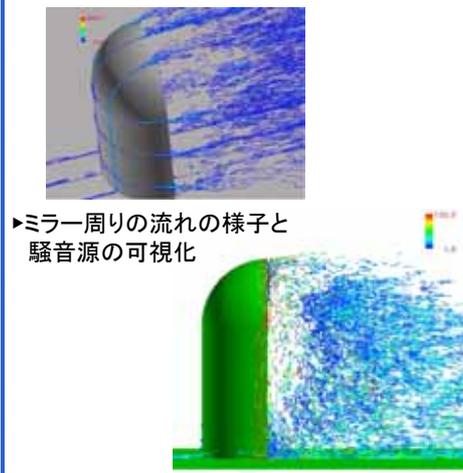
AdvanceSoft

製品開発への適用事例1

多段遠心ポンプの内部流れ解析



ドアミラーから発生する流体音

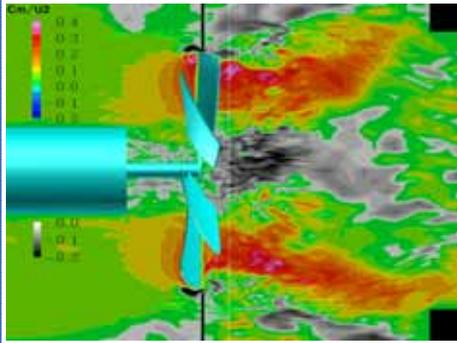


AdvanceSoft
東京大学生産技術研究所:加藤千幸研究室
株式会社日立プラントテクノロジーご提供

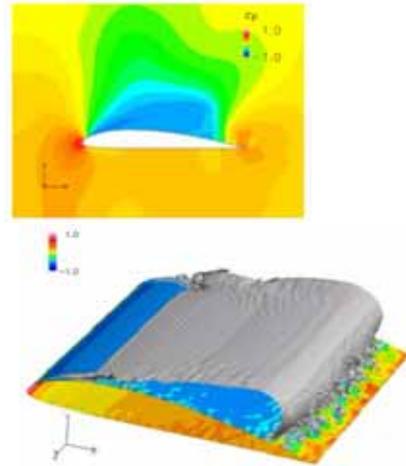
東京大学生産技術研究所:加藤千幸研究室ご提供

製品開発への適用事例2

プロペラファンの騒音解析



翼周りのキャビテーション流れ

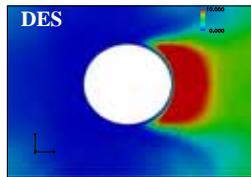
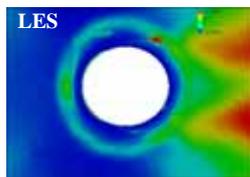


東京大学生産技術研究所・加藤千幸研究室ご提供

その他の機能

■ DES (Detached Eddy Simulation)

○RANS/LESハイブリッドに基づく乱流解析手法

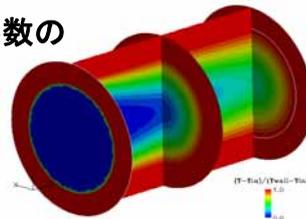


◀渦粘性係数の比較

■ 熱輸送解析機能

○乱流境界層を解像した熱伝達係数の直接的予測

○多機能性
(固体熱伝導、自由対流等)





流体ソフトウェアのご紹介

アドバンスソフト技術セミナー

Advance/FrontFlow/FS

アドバンスソフト株式会社
主任研究員

杉中 隆史

3.

1

内容

- Advance/FrontFlow/FSとは？
- Advance/FrontFlow/FSの開発経緯
- Advance/FrontFlow/FSの特徴
- Advance/FrontFlow/FSの解析事例
 - ・塗布
 - ・スロッシング
 - ・漏水
 - ・液柱崩壊
 - ・液滴飛翔
 - ・液滴や気泡に作用する表面張力
 - ・毛細管現象
- 補足
 - ・いろいろな二相流解析手法の比較
 - ・HRIC法とCICSAM法について

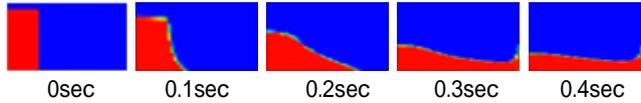


2

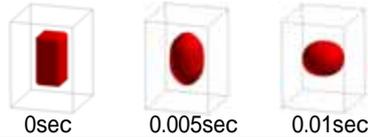
Advance/FrontFlow/FSとは？

- 水と空気、水と油など混ざり合わない2種類の流体が自由表面(Free Surface)を有して流れる挙動を解析するソフトウェア
2流体の体積割合、速度、圧力、温度、乱流量などの分布を解析できる
- 表面張力や壁の濡れ性(接触角)を考慮できる
- 非構造格子や並列計算を使用できる

(例1) 液柱崩壊過程 (液体を赤色、気体を青色として表示)



(例2) 無重力中に直方体状に置いた水が、表面張力の作用で球状に変化する挙動(自由表面を赤色で表示)



3

Advance/FrontFlow/FSの開発経緯

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(2002年度～2004年度)
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(2005年度～2007年度)

アドバンスソフト(株)はソフトの開発、商用化、普及、メンテナンスを担当

FrontFlow/Red

東京大学生産技術研究所がプロジェクトの中核拠点

大学等の先端研究機関との技術的連携を広く実施

バグフィックス改良

アドバンスソフト(株)が独自に開発したソフト

Advance/FrontFlow/Red

アドバンスソフト(株)が独自に開発したソフト

VOF法

二流体モデル

Advance/FrontFlow/FS

Advance/FrontFlow/MP

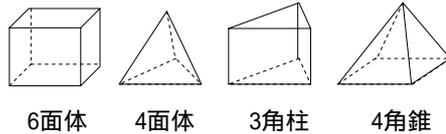


現在Advance/FrontFlow/FSおよびAdvance/FrontFlow/MPはAdvance/FrontFlow/Redの全ての機能を含んでいません。

Advance/ FrontFlow/ FSの特徴

- Advance/ FrontFlow/ Redをベースに開発

- 非構造格子を使用



数値計算方法が原因で
自由表面形状が変形しない

- 自由表面をシャープに捕獲し、自由表面形状を保持する方法としてVOF法の枠組みで、HRIC法およびCICSAM法を導入(最近の研究結果であるM-CICSAM法やSTACS法も性能評価のために導入)

HRIC法 : High Resolution Interface Capturing scheme
CICSAM法 : Interface Capturing Scheme for Arbitrary Meshes
M-CICSAM法 : Modified version of CICSAM
STACS法 : Switching Technique for Advection and Capturing of Surfaces



5

Advance/ FrontFlow/ FSの特徴

- 並列計算による大規模解析が低コスト(CPU数に関係なく定額)でできる
- 国産(アドバンスソフト開発)のソフトウェアである



ユーザーサポート、カスタマイズ、改良
を迅速、柔軟、深いレベルで実施いたします



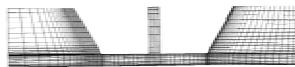
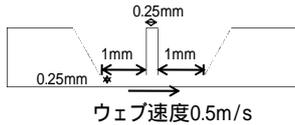
6

Advance/FrontFlow/FSの解析事例～塗布

解析目的

ウェブ速度、ビート後部減圧度、形状などの条件による 濡れ上がり、 正常塗布、 空気巻き込みの予測精度を検証する。

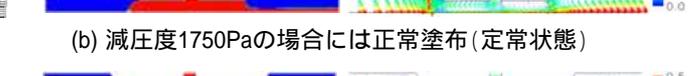
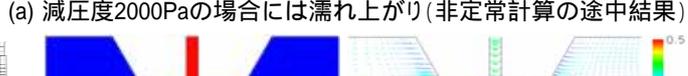
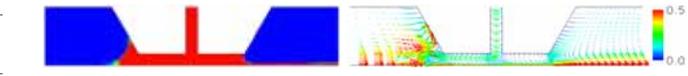
解析条件



スリット流入速度: 0.17m/s
 ビート後部減圧度: パラメータ
 静的接触角: ダイ~液: 60°
 ウェブ~液: 40°

解析結果

塗布液の分布 (赤色が塗布液、青色が空気) と速度分布



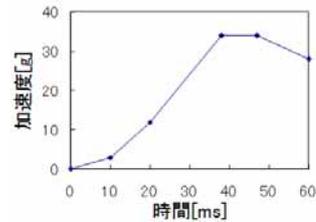
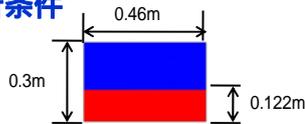
ビート後部減圧度をパラメータとして解析した結果、250Pa ~ 1750Paで正常塗布になり、文献(*)の実験結果をほぼ再現できた。
 (*)安原ら,化学工学会第36会秋季大会,E2P08(2003). 7

Advance/FrontFlow/FSの解析事例～スロッシング

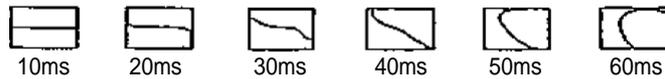
解析目的

液体のスロッシング挙動の予測精度を検証する。

解析条件



解析結果



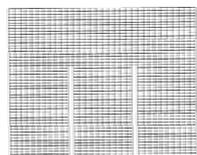
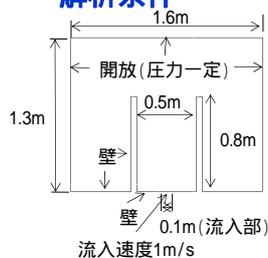
10msから60msまでの液面挙動を解析し、実験と良好に一致した。

Advance/FrontFlow/FSの解析事例～漏水

解析目的

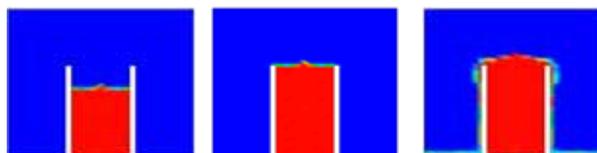
溢水解析における質量保存性を検証する。

解析条件



メッシュ

解析結果



3sec

4sec

5sec

水の分布(赤色が水、青色が空気)

解析条件から、液面を水平と仮定すると4秒後に水が壁上端に達することになる(理論値).
解析結果は、液面は中央がわずかに凸形で4秒後に壁上端に達し、質量保存性は良好である。

9

Advance/FrontFlow/FSの解析事例～液柱崩壊(6面体メッシュ)

解析目的

6面体メッシュを使用して、液柱崩壊時の液面挙動の予測精度を検証する。

解析条件



メッシュ



液柱の初期分布(赤色が水、青色が空気)

解析結果

液面挙動の
実験結果(*)



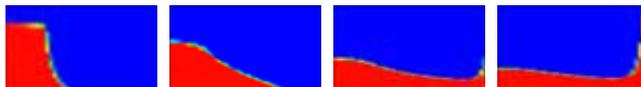
0.1sec

0.2sec

0.3sec

0.4sec

液面挙動の
解析結果



0.1sec

0.2sec

0.3sec

0.4sec

6面体メッシュで
実験結果を再現
できた。

(*)Koshizuka and Oka, Nuclear Science and Engineering,123(1996),pp.421-434.

10

Advance/FrontFlow/FSの解析事例～液柱崩壊(4面体メッシュ)

解析目的

4面体メッシュを使用して、液柱崩壊時の液面挙動の予測精度を検証する。

解析条件



メッシュ



液柱の初期分布 (赤色が水、青色が空気)

解析結果

液面挙動の
実験結果(*)



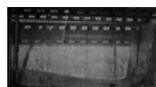
0.1sec



0.2sec

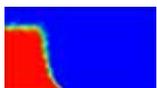


0.3sec

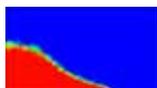


0.4sec

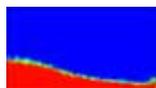
液面挙動の
解析結果



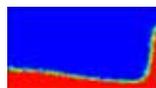
0.1sec



0.2sec



0.3sec



0.4sec

4面体メッシュで
実験結果を再現
できた。

(*)Koshizuka and Oka, Nuclear Science and Engineering,123(1996),pp.421-434.

11

Advance/FrontFlow/FSの解析事例～液滴飛翔

解析目的

インクジェット液滴飛翔解析の予測精度を検証する。

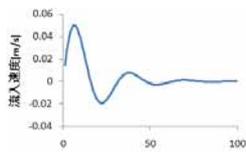
解析条件



解析領域全体のメッシュ



ノズル付近のメッシュ (拡大図)



流入速度

密度: 1000kg/m³

粘性係数: 0.01PaS

表面張力係数: 0.029N/m

解析結果



液滴の分布 (赤色が液、青色が空気)

実験値との比較検証は今後実施する予定。

12

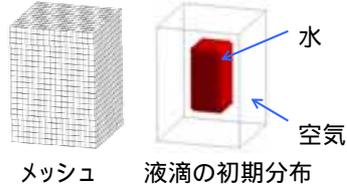
Advance/FrontFlow/FSの解析事例～液滴に作用する表面張力

解析目的

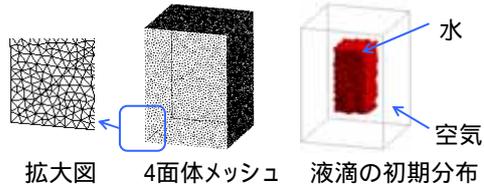
表面張力が液滴に対して正しく作用することを検証する。

解析条件

(1) 6面体メッシュ

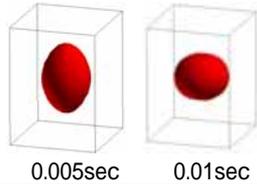


(2) 4面体メッシュ

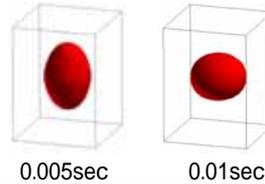


解析結果

(1) 6面体メッシュ



(2) 4面体メッシュ



直方体状に置いた水が表面張力の作用で球状になる妥当な結果が得られた。

13

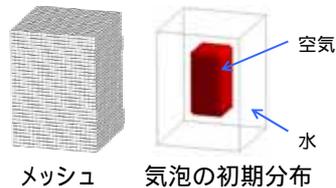
Advance/FrontFlow/FSの解析事例～気泡に作用する表面張力

解析目的

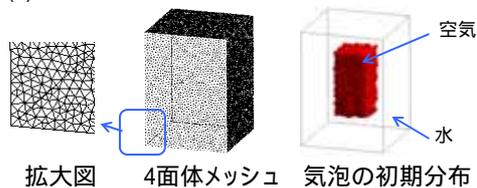
表面張力が気泡に対して正しく作用することを検証する。

解析条件

(1) 6面体メッシュ

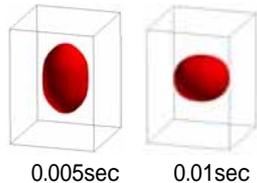


(2) 4面体メッシュ

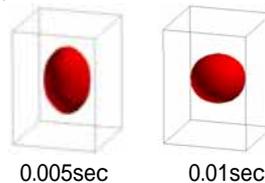


解析結果

(1) 6面体メッシュ



(2) 4面体メッシュ



直方体状に置いた気泡が表面張力の作用で球状になる妥当な結果が得られた。

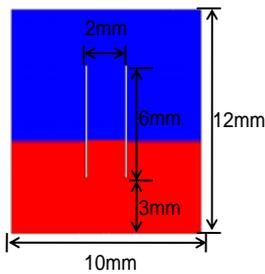
14

Advance/FrontFlow/FSの解析事例～毛細管現象

解析目的

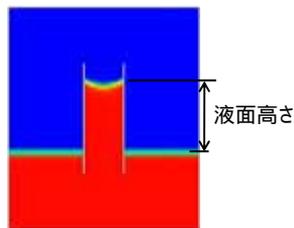
毛細管現象の予測精度を検証する。

解析条件



メッシュ(1/2モデル)

解析結果



定常時の液面形状

水の初期分布 (赤色が水、青色が空気)

垂直板の内表面の接触角: 60°
 水の密度: 998.2kg/m^3
 表面張力係数: 0.0725N/m

液面高さの理論値 3.7mm
 をほぼ再現できた。

15

いろいろな二相流解析手法の比較

解析方法	特徴	対象スケール
分子動力学法	気泡や液滴の分子レベルの挙動を計算、非連続体に適用可能	マイクロ
二相系格子ボルツマン法	統計力学に基づいてマクロな量を計算	メソ
境界適合法による界面追跡法	移動格子で自由表面を直接追跡	マクロ(自由表面の詳細解析)
体積追跡法に基づく界面追跡法 {VOF法、 改良VOF法 (アドバンスソフト・漢)、MARS法(京大・功刀)、レベルセット法、CIP法(東工大・矢部)、CIP-LSM(東大・姫野)、Ghost-Fluid-Methodなど}	Advance/FrontFlow/FS 固定格子で自由表面を直接追跡	マクロ(自由表面の詳細解析)
Advance/FrontFlow/red 気泡追跡法、液滴追跡法	個々の気泡や液滴をラグランジュ的に追跡	マクロ
Advance/FrontFlow/MP 二流体モデル	メッシュ内の詳細挙動は構成方程式でモデル化	マクロ(大規模解析)



超音速流計算が可能な**拡張二流体モデル**(アドバンスソフト・漢)、粒子法(東大・越塚)、ハイブリッド法、界面積濃度輸送方程式、代数スリップモデル、均質流モデル、溶媒蒸発やポリマー溶液の二相流解析モデルなどは上の表に入れていない、**Advance/OCTA**

16

HRIC法とCICSAM法について

VOF法の基礎方程式

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{\nabla}(\rho \vec{v}) = 0 \quad \text{非圧縮流体の場合} \quad \Rightarrow \quad \vec{\nabla}(\rho \vec{v}) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial(\rho \vec{v})}{\partial t} + \vec{\nabla}(\rho \vec{v} \vec{v}) = \nabla \tau - \nabla P + \vec{F} \quad \text{重力、遠心力、表面張力の体積力 (CSFモデル) 等} \quad (2)$$

$$\frac{\partial \phi_i}{\partial t} + \vec{v} \vec{\nabla} \phi_i = 0 \quad (i=1, 2, \dots, n-1) \quad \text{2流体の場合} \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial \phi}{\partial t} + \vec{v} \vec{\nabla} \phi = 0 \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n \phi_i = 1 \quad \text{流体}i\text{の体積割合} \quad n\text{は流体の数} \quad (4)$$

$$\rho = \sum_{i=1}^n \phi_i \rho_i \quad (5)$$

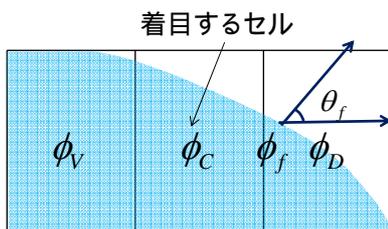
$$\mu = \sum_{i=1}^n \phi_i \mu_i \quad (6)$$



17

HRIC法とCICSAM法について

自由表面を正確に捕える手法



自由表面をシャープに計算できること
自由表面形状を保持できること
質量を保存できること

数値計算方法が原因で
自由表面形状が変形しない

$$\frac{\partial \phi_i}{\partial t} + \vec{v} \vec{\nabla} \phi_i = 0$$

$$\text{無次元変数} \quad \tilde{\alpha} = \frac{\phi - \phi_V}{\phi_D - \phi_V} \quad \text{を定義する}$$

$$\text{セル面の値は} \quad \tilde{\alpha}_f = \frac{\phi_f - \phi_V}{\phi_D - \phi_V} \quad \text{となる}$$

自由表面を正確に捕えられるように ϕ_f すなわち $\tilde{\alpha}_f$ を求めることが目的

$$\tilde{\alpha}_f = \tilde{\alpha}_{f,compressive} f(\theta_f) + \tilde{\alpha}_{f,high-resolution} [1 - (f(\theta_f))]]$$



自由表面をシャープに計算する項

自由表面形状を保持する項

18

HRIC法とCICSAM法について

HRIC法

$$\tilde{\alpha}_{f,compressive} = \begin{cases} 2\tilde{\alpha}_c & 0 < \tilde{\alpha}_c < 0.5 \\ 1 & 0.5 < \tilde{\alpha}_c < 1 \\ \tilde{\alpha}_c & \text{その他} \end{cases}$$

$\tilde{\alpha}_{f,high-resolution}$: 風上差分で計算

$$f(\theta_f) = \sqrt{\cos \theta_f}$$

さらに、局所クーラン数Cを使用して、以下のように修正する

$$\tilde{\alpha}' = \begin{cases} \tilde{\alpha}_f & C < 0.3 \\ \tilde{\alpha}_{f,high-resolution} + (\tilde{\alpha}_f - \tilde{\alpha}_{f,high-resolution}) \frac{0.7 - C}{0.7 - 0.3} & 0.3 < C < 0.7 \\ \tilde{\alpha}_D & C > 0.7 \end{cases}$$



19

HRIC法とCICSAM法について

CICSAM法

$\tilde{\alpha}_{f,compressive}$: Hyper-C スキームを使用

$\tilde{\alpha}_{f,high-resolution}$: Ultimate-Quickestスキームを使用

$$f(\theta_f) = \min \left\{ \frac{\cos(2\theta_f) + 1}{2}, 1 \right\}$$



20

流体ソフトウェアのご紹介

- アドバンスソフト技術セミナー

Advance/FrontFlow/MP

アドバンスソフト株式会社
主事研究員

小笠原 章 4.



Advance/FrontFlow/MPとは

MP=Multi-Phase

気液二相流など混相流のための流体解析ソフトウェア

MPの解析機能

沸騰/凝縮を伴う気液二相流解析
気泡成長を伴う二相流解析
膜沸騰や核沸騰を考慮した固体との連成解析
複雑形状システムにおける大規模計算
固体粒子の挙動を含む二相流解析
スロッシング等の界面挙動解析

➡ Advance/FrontFlow/MPは、このような解析を可能にするために Advance/FrontFlow/redをベースに開発された 二流体モデルによる混相流(多相流)解析ソフトウェアです。



Advance/FrontFlow/MPで何が解析できる？

- 素材・化学
 - 焼き入れ処理プロセス
 - プラント内流動
- 機械・自動車
 - 空調・冷凍機器
 - 蒸発器・凝縮器
 - 壁面成分との熱連成
 - 気泡成長解析
 - 気泡除去装置
- 発電プラント（原子力・火力）
 - 蒸気タービン
 - 気泡塔
 - 壁面成分との熱連成
 - 気泡成長解析
- エネルギー・建設
 - 気液界面解析
 - スロッシング
 - ダム・液柱解析

→ など、気体・液体・固体の複数の相が関与する
流体现象全般が解析でき...

→ 重工、機械、自動車、化学、素材、エンジニアリング
などの分野に適用されています。



3

MPの特長の例 1：構成方程式の最適設定

気液二相流の状態によって気液界面における質量・運動量・エネルギーの輸送機構が異なるため、流動様式で分類して、それぞれ異なる構成方程式を使用する。
以下の2方式への対応が可能。

流動様式

ボイド率(気相体積割合)で分類する方法(標準採用)

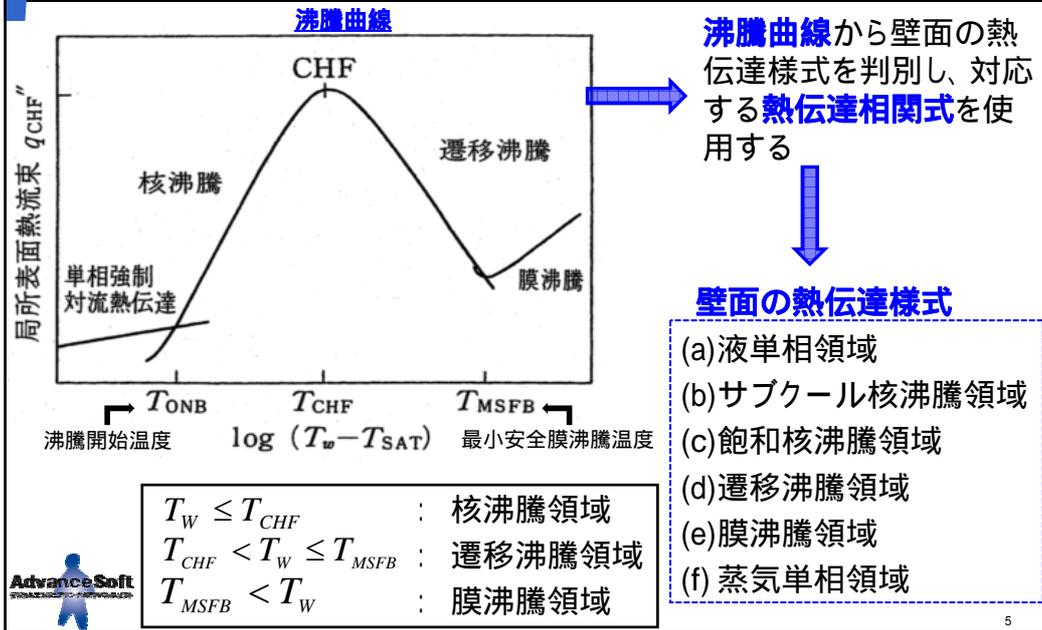


ボイド率(気相体積割合)と質量速度で分類する方法



4

MPの特長の例 2 : 壁面熱伝達の最適設定



5

沸騰/凝縮を伴う気液二相流解析

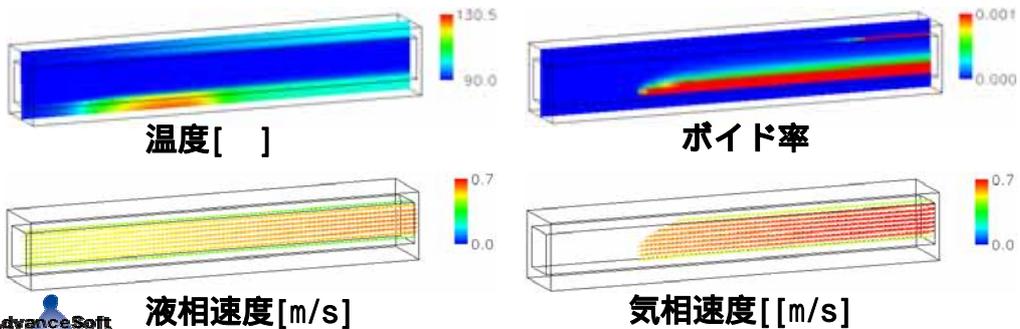
沸騰や凝縮を伴う気液二相流を、高精度・安定的に解析できる

- ・各相の質量とエネルギーの保存精度を高める数値アルゴリズムを開発
- ・沸騰や凝縮を伴う場合でも質量誤差0.1%以下、熱収支誤差1%以下に抑制

当社実績ケースでの結果

例: 水平管の沸騰凝縮解析

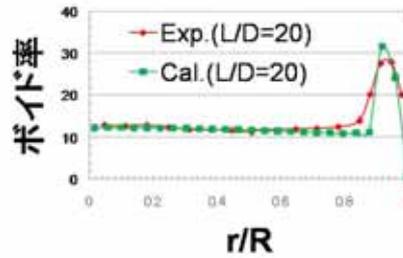
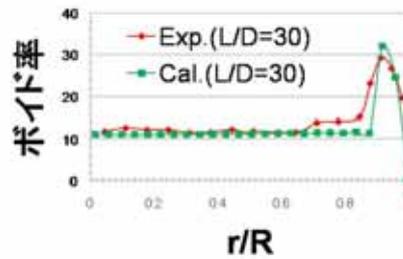
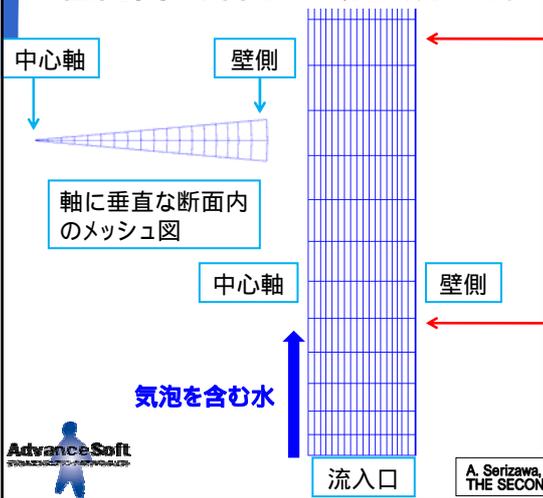
沸騰凝縮を伴う固体と流体の伝熱連成解析



6

気泡成長を伴う二相流解析

例: 原子力発電プラントにおける
冷却水中の気泡成長解析
管内高さ方向の気泡成長過程



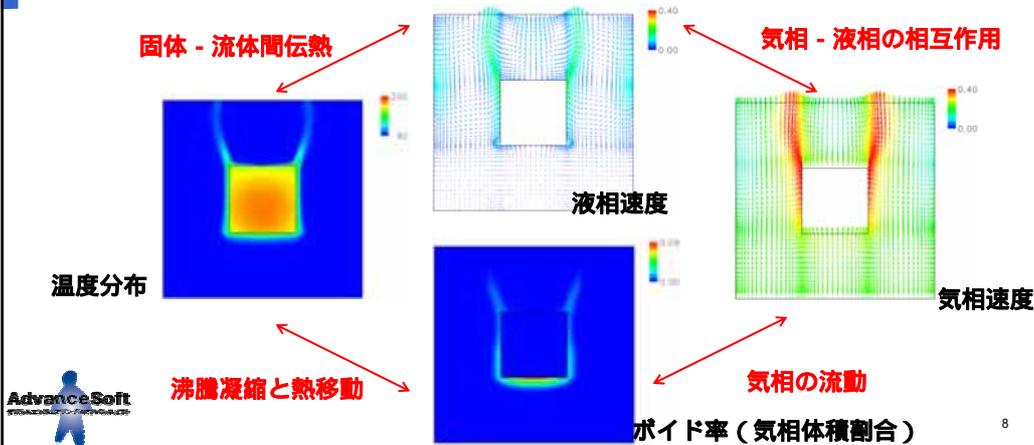
A. Serizawa, I. Kataoka and I. Michiyoshi,
THE SECOND INTERNATIONAL WORKSHOP ON TWO-PHASE FLOW FUNDAMENTALS

膜沸騰や核沸騰を考慮した固体との連成解析

例: 焼き入れ処理プロセス

液体中に設置した高温物体表面からの蒸気発生

- ・固体表面の温度変化
- ・蒸気(ガス相)の流動に駆動される液相の流動



複雑形状システムにおける大規模計算

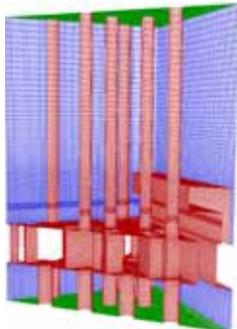
例: 原子炉内における気液二相流解析

燃料集合体ノズル部における気泡滞留領域の特定

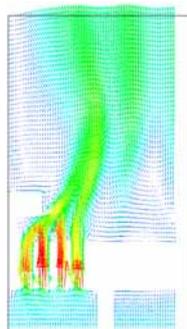
・並列計算対応による大規模解析

(CPU数フリーのライセンス料)

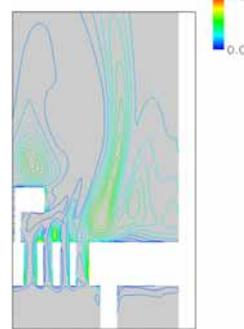
・非構造格子の採用による複雑形状のメッシュへの対応



プリズム(三角柱)及びテトラ(四面体)メッシュの併用による計算格子



気相速度



ボイド率(気相体積割合)

出典: 革新的実用原子力技術開発費 補助事業平成18年度成果報告書概要版
「高温高圧二相自然循環炉の熱流動システム評価手法の開発」

9

固体粒子の挙動を含む二相流解析

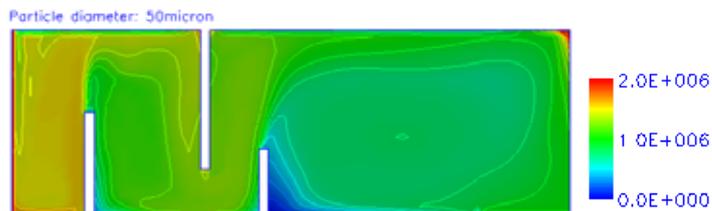
例: 気液二相流中の固体粒子の凝集解析

固体粒子滞留領域の特定

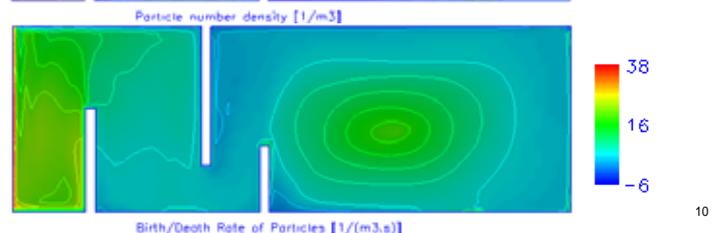
・粒径グループ毎に個数・個数濃度保存方程式を解く

・個数濃度保存方程式に速度差と乱流による凝集効果を考慮

径50 μm 粒子の
個数濃度 [m^{-3}]



径50 μm 粒子の
生成・消滅速度 [s^{-1}]

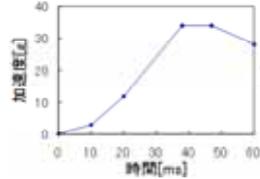
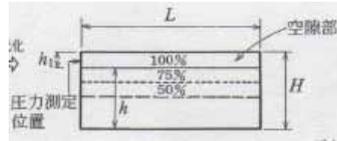


10

スロッシング等の**界面挙動**解析

例: 水平加速時の液面挙動の動的解析

解析条件

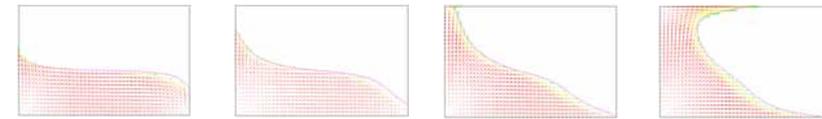


水平方向
加速度
(解析条件)

実験結果



MPによる
計算結果



30ms

40ms

50ms

60ms

11

Advance/FrontFlow/MPの**解析機能**一覧

項目	機能
物理モデル	基本機能：定常 / 非定常 / 非圧縮性 / 強制対流 / 自然対流 / 固体の熱伝導 (固体内部の複数材質含む) 乱流モデル：k-εモデル / 渦粘性一定 / 層流 気液二相流：二流体モデル 気泡合体：ポピュレーションバランス / Princea&Blanchモデル 固体粒子の凝集：粒径グループ毎の質量・運動量方程式(1way) 流動様式：流動様式線図 蒸気表：水-蒸気系、空気の物性値 構成方程式：抗力 / 揚力 / 壁面潤滑力 / 乱流拡散力 / 相間熱伝達 / 壁面熱伝達 (液单相、サブクール核沸騰、飽和核沸騰、遷移沸騰、膜沸騰、蒸気单相)
メッシュ形状	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
離散化	有限体積法 / 節点中心法
アルゴリズム	SIMPLE法 / Rhie-Chow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	Euler陰解法
離散化スキーム	1次精度風上差分 / 3次精度風上差分 + リミタ(TVD法) / 上流補間法 (USI法)
行列解法	ICCG法 / Bi-CGSTAB法
並列計算	自動領域分割による並列計算



12

Advance/FrontFlow/MPのロードマップ

現在の機能

基本機能: 定常 / 非定常 / 非圧縮性 / 固体の熱伝導 (複数材質含む)
乱流モデル: 分散性k-モデル / 気液混合k-モデル / 渦粘性一定
気液二相流: 二流体モデル
流動様式線図: ボイド率による分類 / ボイド率と質量速度による分類
蒸気表
構成方程式: 気泡流 / 噴霧流 / 壁面熱伝達係数 (核沸騰、膜沸騰等) / 抗力 / 揚力 / 壁面潤滑力 / 乱流拡散力
気泡合体: ボビュレーションバランス / Princea&Blanchモデル
固体粒子の凝集: 粒径グループ毎の質量・運動量方程式(1way)
メッシュ形状: ヘキサ / テトラ / プリズム / ピラミッド / これらの混合
離散化: 有限体積法 / 節点中心法
アルゴリズム: SIMPLE法 / Rhie-Chow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
移流項の離散化スキーム: 1次精度風上差分 / 3次精度風上差分 + リミタ(TVD法) / 上流補間法(USI法)
並列計算: 自動領域分割による並列計算

パラメータ設定を容易にする機能 (例えばRe, Pr, Gr, Nu等の無次元数を与えれば、自動的に推奨パラメータ値が設定されるような機能)を組み込む: ユーザー自身が設定することも可能

2009年

非凝縮性ガスと凝縮性ガスを同時に扱う機能

ユーザー一チン適用範囲の拡張

計算高速化

気泡分裂モデルの導入

汎用プリポストとの連携

化学反応

構造解析ソフト Advance/FrontSTRとの連携

デフォルト推奨値の設定

沸騰・凝縮計算の高度化

気泡合体モデルの高度化

固体粒子の凝集機能の高度化

高圧縮性対応 (チョーキング、衝撃波)

溶媒濃度輸送 (液中の揮発成分の飛散など)

13

詳細についてのお問い合わせは...

- ・ Advance/FrontFlow/MP紹介ページ : http://www.advancesoft.jp/product/advance_frontflow_mp_fs/advance_mp_01.html
 (資料ダウンロード・お問い合わせ窓口)
- ・ その他の当社ソフトウェア紹介ページ : <http://www.advancesoft.jp/product>
- ・ 当社HP : <http://www.advancesoft.jp>
- ・ e-mail: office@advancesoft.jp
- ・ tel : 03-5570-1681
- ・ fax: 03-5570-1684



14

当社ソフトウェア紹介ページ

アドバンスソフト株式会社 - Windows Internet Explorer

http://www.advancesoft.jp/

AdvansSoft
アドバンスソフト株式会社

お問い合わせ | 個人情報保護について | サイトマップ | トップページ | 検索キーワード | 検索

製品サービス案内

- パッケージソフトウェア
- 受託解析サービス
- 受託開発サービス
- コンサルティング
- 国のプロジェクトへの参加
- 書籍出版・販売
- セミナー

サポート

- 解析・開発事例

問題解決に即戦力として貢献します。

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。

トピックス

- 2009/01/08 アドバンスソフト技術セミナー ～国プロジェクトと産学連携～
2009年3月4日(水)開催のご案内

2009年1月14日(水)

Advance/FrontFlow/FOCUSのご紹介

アドバンスソフト株式会社

「デジタルエンジニアリングのアドバンスソフト」



〒107-0052 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル南館7階 TEL:03-5570-1681 FAX:03-5570-1684 E-Mail:office@advancesoft.jp

ご紹介内容

1. 基本方針のご説明
2. 解析例と既存機能のご紹介
3. 重点開発項目
4. 開発ロードマップ



2

〒107-0052 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル南館7階 TEL:03-5570-1681 FAX:03-5570-1684 E-Mail:office@advancesoft.jp

1. 基本設計、既存機能のご紹介

1. 高速流への対応
2. 複雑形状周りの流れ場の迅速な再現

基礎方程式: 質量、運動量、エネルギー、化学種の保存式、ならびに状態方程式
離散化: セル中心型の有限体積法
格子: 一般曲線座標系(構造格子系)、および直交格子+カットセル
乱流モデル: LES(スマゴリンスキーモデル)
RANS (Spalart-Allmarasモデル、Baldwin-Lomaxモデル)
DES (Detached-Eddy Simulation)



3

〒107-0052 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル南館7階 TEL:03-5570-1681 FAX:03-5570-1684 E-Mail:office@advancesoft.jp

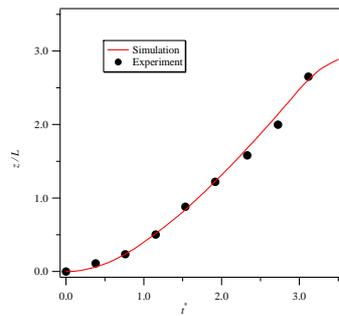
解析例; 既存機能のご紹介



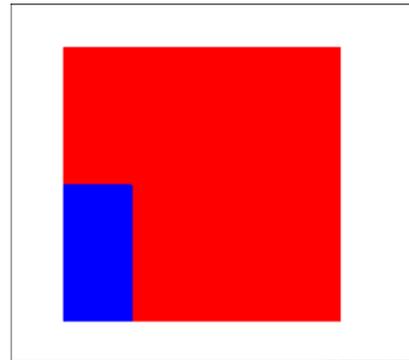
〒107-0052 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル南館7階 TEL:03-5570-1681 FAX:03-5570-1684 E-Mail:office@advancesoft.jp

解析例-1: 気液二相流 (ダム崩壊問題の検証計算)

水波の先端位置の比較



アニメーション



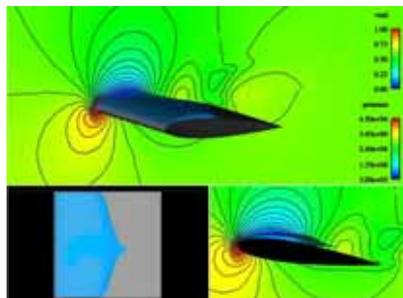
AdvanceSoft
有限会社

〒107-0052 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル南館7階 TEL:03-5570-1681 FAX:03-5570-1684 E-Mail:office@advancesoft.jp

解析例-2: キャビテーションクラウド 放出のシミュレーション

翼面上のキャビテーション放出と圧力分布の様子

- 🔄 周期的なクラウド放出の再現
- 🌊 クラウド崩壊に伴う水撃圧の予測



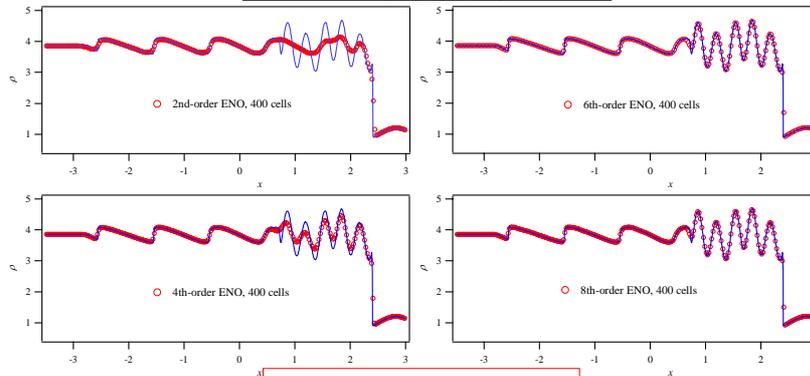
参考文献: Computational Mechanics, Vol. 40, No. 1, (2007), pp. 85-96.

AdvanceSoft
有限会社

〒107-0052 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル南館7階 TEL:03-5570-1681 FAX:03-5570-1684 E-Mail:office@advancesoft.jp

解析例-3 : 高精度化の検証

Shu-Osherの衝撃波管流れのテスト



空間精度を上げることは大切

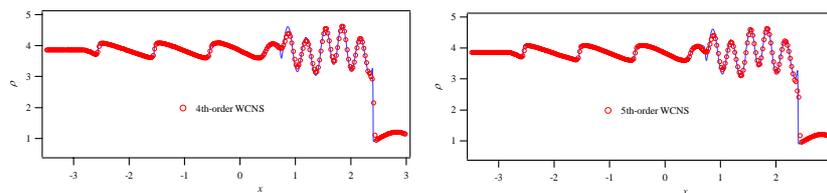
如何にして実装するか



〒107-0052 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル南館7階 TEL:03-5570-1681 FAX:03-5570-1684 E-Mail:office@advancesoft.jp

解析例-3 : 高精度化の検証

Shu-Osherの衝撃波管流れのテスト



- 構造格子のメリットを活用
- 少ない参照点で高精度化



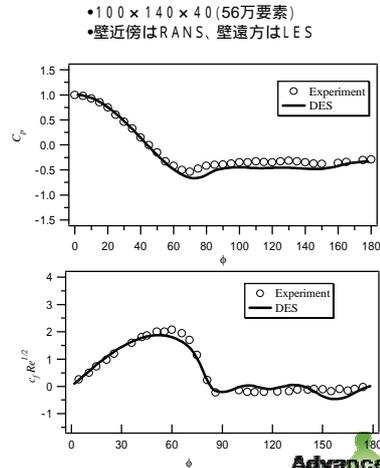
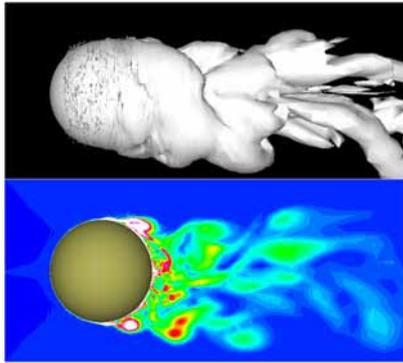
コンパクトスキームの導入



〒107-0052 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル南館7階 TEL:03-5570-1681 FAX:03-5570-1684 E-Mail:office@advancesoft.jp

解析例-4 : DESによる非定常乱流場のシミュレーションの検証

層流剥離の場合 ($Re = 1.6 \times 10^5$)

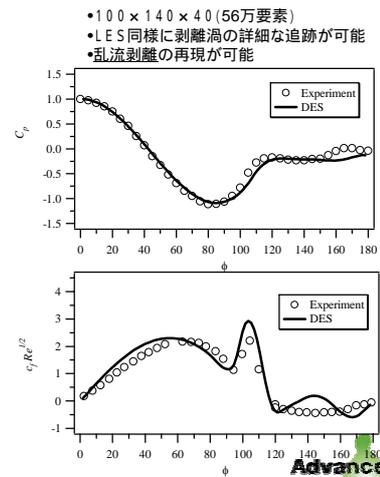
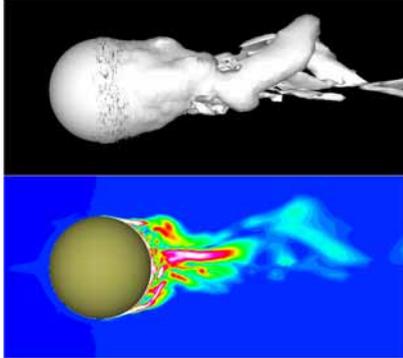


AdvanceSoft
アドバンスソフト株式会社

〒107-0052 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル南館7階 TEL:03-5570-1681 FAX:03-5570-1684 E-Mail:office@advancesoft.jp

解析例-4 : DESによる非定常乱流場のシミュレーションの検証

乱流剥離の場合 ($Re = 1.1 \times 10^6$)



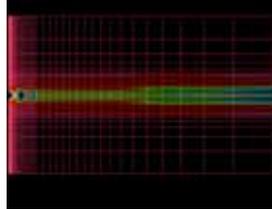
AdvanceSoft
アドバンスソフト株式会社

〒107-0052 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル南館7階 TEL:03-5570-1681 FAX:03-5570-1684 E-Mail:office@advancesoft.jp

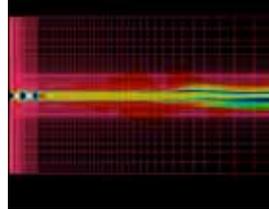
解析例-5 : AMRとの併用

超音速ジェットの流れの例 (噴出マッハ数 $M=1.6$)

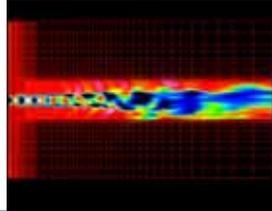
細分化レベル1 (細分化なし)



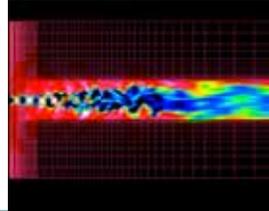
細分化レベル2: 全ブロック数171



細分化レベル3: 全ブロック数555



細分化レベル4: 全ブロック数2,621

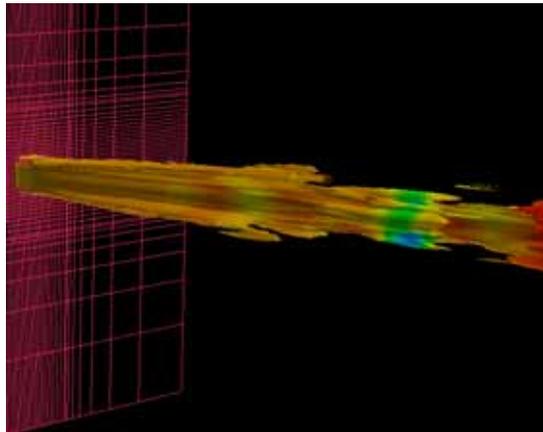


〒107-0052 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル南館7階 TEL:03-5570-1681 FAX:03-5570-1684 E-Mail:office@advancesoft.jp

解析例-5 : AMRとの併用

超音速ジェットの流れの例 (噴出マッハ数 $M=1.6$)

渦度絶対値の等値面の可視化 (色は圧力分布)



〒107-0052 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル南館7階 TEL:03-5570-1681 FAX:03-5570-1684 E-Mail:office@advancesoft.jp

重点開発項目 (直交格子法の導入)

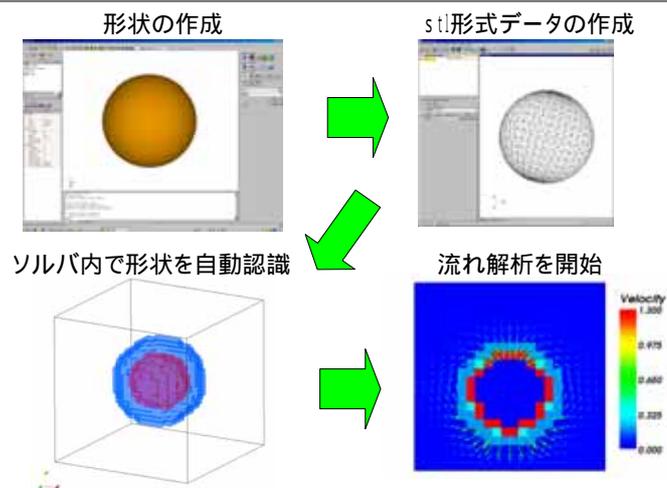
- 直交格子ソルバーでは形状データのみ必要
- 計算格子は形状データから自動的に生成
- 粗い格子でも大まかな流れの傾向を掴むことが可能
- 格子数を増やすほど精密な計算が可能
- MPIによる並列化を実装



13

〒107-0052 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル南館7階 TEL:03-5570-1681 FAX:03-5570-1684 E-Mail:office@advancesoft.jp

重点開発項目 (直交格子法の導入)



14

〒107-0052 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル南館7階 TEL:03-5570-1681 FAX:03-5570-1684 E-Mail:office@advancesoft.jp

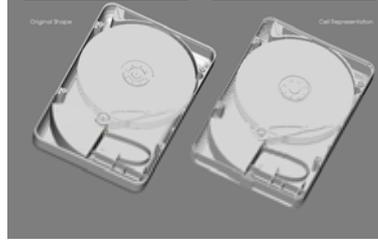
形状情報の抽出例

HDDの例(<http://www.turbosquid.com/>)



STL形式に変換

形状情報抽出 → 流体セル情報

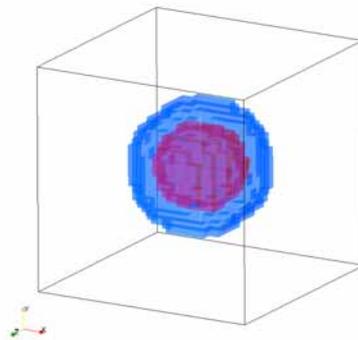


15

〒107-0052 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル南館7階 TEL:03-5570-1681 FAX:03-5570-1684 E-Mail:office@advancesoft.jp

重点開発項目(直交格子法の導入)

アニメーション例; 沈降する球周りの流れ



16

〒107-0052 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル南館7階 TEL:03-5570-1681 FAX:03-5570-1684 E-Mail:office@advancesoft.jp

Advance/FrontFlow/FOCUS の機能概要

基本機能

- 時間積分
 - LU-SGS陰解法
 - LU-ADI陰解法
 - Matrix-Free Gauss-Seidel陰解法
 - 3次精度Runge-Kutta陽解法
 - 4次精度Runge-Kutta陽解法
- 移流項
 - AUSM系数値流束構成法
 - Roeの数値流束
 - 2次 / 3次精度MUSCL-TVD補間
 - WENO系による高精度流束の構築 (一部開発中)
 - 4次 / 5次精度COMPACT系スキームによる非振動型高精度流束の構築
- RANS
 - Baldwin-Lomaxモデル
 - Baldwin-Lomax with Degani-Schiff修正モデル
 - Spalart-Allmarasモデル
- LES
 - Smagorinskyモデル
 - Dynamic Smagorinskyモデル
 - スケール相似則モデル
 - DES



17

〒107-0052 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル南館7階 TEL:03-5570-1681 FAX:03-5570-1684 E-Mail:office@advancesoft.jp

Advance/FrontFlow/FOCUSの 機能概要

拡張機能

- 直交格子ソルバー
 - カットセル
 - 移動壁境界
 - 既存の構造解析ソフトとの連成
- 二相流 (水蒸気-水系、又は空気-水系)
 - キャピテーションモデル
 - 界面追跡法 (一部開発中)
- メッシュ機能
 - Adaptive Mesh Refinement (AMR)法との併用
 - マルチブロック法 (一般曲線座標系で使用)
 - マルチグリッド法 (一部開発済み)



18

〒107-0052 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル南館7階 TEL:03-5570-1681 FAX:03-5570-1684 E-Mail:office@advancesoft.jp

Advance/FrontFlow/FOCUSの 新規機能開発ロードマップ

大項目	中項目	2008年度	2009年度	2010年度
LESモデル	DES(SAベース)	済		
	LES-RANS ハイブリッドモデル		→	
RANSモデル	SST		→	
	Near-wall Stressモデル			→
直交格子ソルバーの 機能強化	流体との熱伝達モデル		→	→
	発熱モデルの追加		→	
	カットセルと速度境界 条件の高度化		→	
低速流体との統一解法	Preconditioningの導入			→
	低マッハ近似の導入			→
高速化	FAS-MG		→	
	ノード内自動並列化			→





管路系流体ソフトウェアのご紹介

アドバンスソフト技術セミナー



Advance/FrontNet/ Ω
Advance/FrontNet/ Γ
Advance/FrontNet/TP

アドバンスソフト株式会社 研究員 秋村 友香

6.

1

管路系流体解析とは～長所、短所

管路系流体解析とは？

流体の流れ方向の取り扱いを**主流のみの一方向**と限定する近似を用いることにより
計算負荷の軽減を実現する。

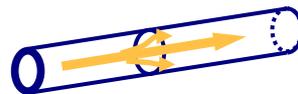
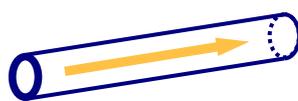
このような近似がよく成り立つ系(管路系など)においてはよい近似である。
また、現実的な時間で解析可能であるため、設計などでは有用である。

長所

- ・システム全体の現象をとらえることができる。
- ・計算負荷が小さいため、長時間・大規模な系を対象として扱うことができる。
- ・計算負荷が小さいため、さまざまなモデルの組み込みが可能である。
(物性高精度化、腐食モデル、機器モデル・・・など)

短所

- ・乱流が主である現象、細部に着目した現象をとらえることができない



管路に沿った一方向の流れ(1次元解析)

管路の主流以外の流れも考慮(3次元解析)

管路系流体解析とは～ニーズから見る

- ・ポンプ・タービン
- ・弁、制御系
- ・配管
- ・燃料インジェクタ
- ・蒸発器・凝縮器
- ・熱交換器

流体機器別

物理現象別

- ・水撃、サージ
- ・衝撃波
- ・キャビテーション
- ・流量分配
- ・熱移動、物質拡散
- ・蒸発、凝縮
- ・腐食、詰まり

業種別

目的別

- ・プラント, エネルギー
(化学・ガス・水道・原子力)
- ・エンジン
- ・流体機器メーカー
- ・鉄鋼メーカー
- ・空調・衛生、換気系

- ・安全評価
- ・危険予測
- ・コスト削減
- ・最適条件検討
- ・実験の代替
- ・スケールアップ



3

管路系流体解析の応用例

ご紹介事例コンテンツ

当日ご紹介します



4

ソフトウェアご紹介～目的に応じて

解析の目的に合わせてソフトウェアを選んでいただくのがベストです

ソフトウェア	特徴	計算コスト	安定性
液体	水撃などの過渡現象を安定に解くことができる。 状態方程式がよくわかっていない液体用のソフトウェア。 代わりに温度変化を考慮しない。	低	高
ガス	状態方程式が既知であるガスと液体などを取り扱うことができる。 解法が陽解法であるため、メンテナンスやモデル追加が容易である。 簡易版の2相モデルも実装している。	低～中	高～中
2相TP	2相流解析に特化したソフトウェア。 完全陰解法のため、メンテナンスやモデル追加が難しいが 2相流の解析精度が優れている。	中	中



5

ソフトウェアご紹介～主な特徴

- ・過渡解析が可能(、 、 TP)
- ・過渡解析を利用した定常解析が可能(、 、 TP)
- ・圧縮性(密度変化)の考慮(、 TP)
- ・相変化(ガス 液体)の考慮(、 TP)
- ・実流体物性(理想気体の状態方程式でない)の考慮(、 TP)

流体の基礎方程式を忠実に解くことに
力を注いで開発しています。



6

ソフトウェアご紹介～適用実績例

**Advance/FrontNet/
液体管路系非常解析ソフトウェア**

- ・LNGローリー出荷場水撃解析
- ・LNGパイプライン最適制御解析
- ・情報伝送システム解析

**Advance/FrontNet/
ガス管路系非常解析ソフトウェア**

- ・実物性パイプライン解析
- ・液体エンジンの定常解析
- ・熱交換器による相変化解析

**Advance/FrontNet/TP
気液2相流管路系非常解析ソフトウェア**

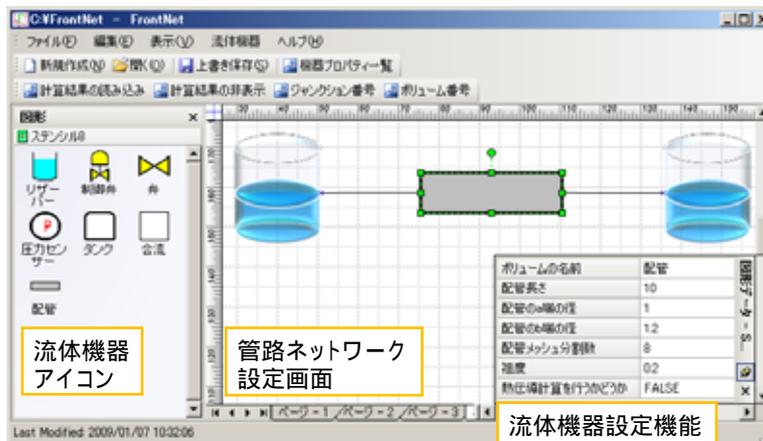
- ・冷熱機器の性能解析
- ・LNG戻り配管の巻き込み・凝縮解析



7

GUIご紹介(1)

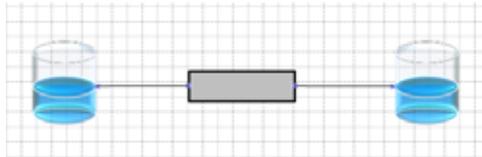
3つのソフトウェアそれぞれに自社開発の専用GUIをご利用いただけます。
また、お客様保有ソフトウェアとの接続もカスタマイズにより可能です。



8

GUIご紹介(2)

1. 管路ネットワークの構築

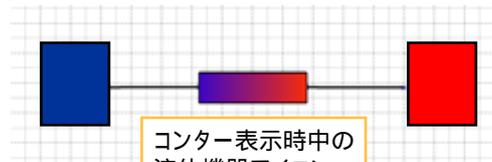


流体機器アイコンを
接続して分かりやすく管路網を構築

デモをご覧ください

2. コンター表示機能(開発中)

圧力や温度等の高低をコンターで表示
異常な値を瞬時に判別可能



コンター表示時中の
流体機器アイコン

■ 低温を表す
■ 高温を表す

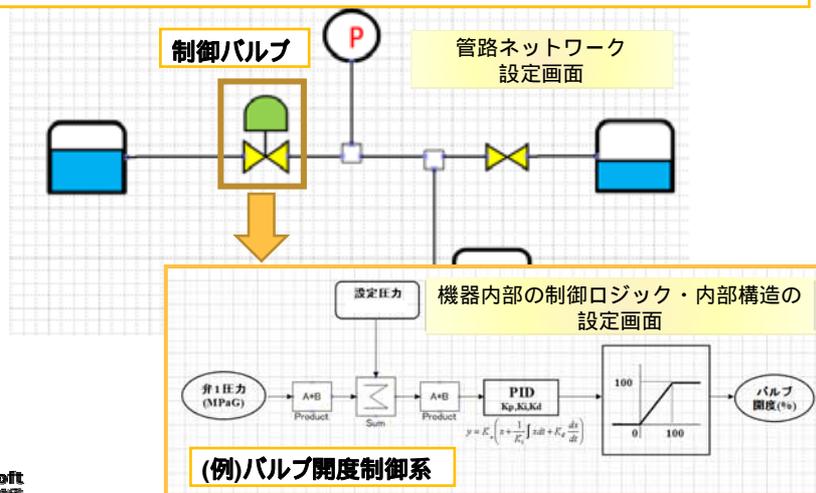


9

GUIご紹介(3)

3. 流体機器制御ロジック・内部構造の設定機能

流体機器の制御ロジックの表示・機器内部の流体機器ネットワークの設定が可能



10

今後の管路系ロードマップとサービス

ソフトウェアの開発

- ・流体機器モデル、腐食・浸食モデル、多成分混合流体モデル、最適化機能の追加
- ・データベースの充実(流体物性、配管物性、配管規格、圧力損失など)
- ・GUIの充実

技術経験を活かした新規モデル開発 ぜひご相談ください

- ・原子力分野での安全解析経験を活かしたモデル
- ・2相流解析経験を活かしたモデルなど

ソフトウェア開発経験を活かしたカスタマイズ

- ・お客様保有ソフトウェアの整備改良
- ・お客様保有ソフトウェアを使った解析サービス



管路系解析グループではお客様がどのようなサービスが役立つのか模索中です。
こんなサービスがあったらよい、こんな解析できないか、もっとこうしてほしいなど
ご意見ありましたらぜひお寄せください。お待ちしております。



流体ソフトウェアのご紹介

アドバンスソフト技術セミナー

ADAP

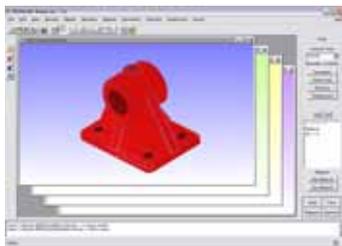
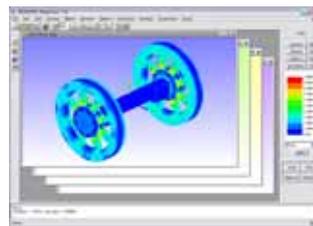
アドバンスソフト株式会社
主任研究員

石川 賢一 7.

1. ADAP とは

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をベースとしてアドバンスソフトが現在開発を進めているプログラムの総称です。汎用シミュレーションシステムのプリ・ポストプロセッサとして、以下のプログラムに対応しています。

構造解析 (FrontSTR)
流体解析 (FrontFlow/red, FrontFlow/blue)
電磁場解析 (REVOCAP_Magnetic)
連成解析 (REVOCAP_Coupler) に対応しています。



REVOCAP_Visualの主な機能

- ・CADデータの読み込み (IGES ファイル)
- ・メッシュ生成 (四面体自動生成)
- ・境界条件、解析条件設定
- ・ポスト機能
カラーコンタ・変形・等値面・切断面など

メッシュ表示、境界条件設定、ポスト処理は六面体、三角柱、四角錐にも対応しています

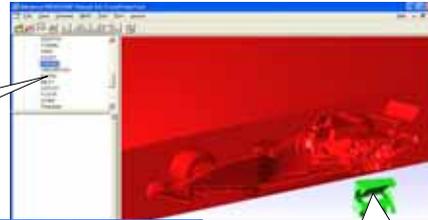


〒107-0052 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル南館7階 TEL:03-5570-1689 FAX:03-5570-1684 E-Mail:office@advancesoft.jp

2. FrontFlow/red プリ処理機能の特徴

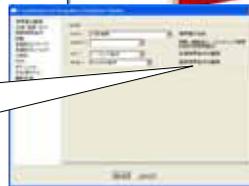
- モデルの表示機能(4面体、6面体、3角柱、4角錐、3角形、4角形)
- 境界面のマウスピック選択、移動機能
- ツリービューによる、ソリッド、境界面およびソルバー設定のデータ一覧

fflow.ctl の内容をツリーで参照しながら GUI で設定できます



- 境界条件設定の日本語ダイアログ

特に設定項目の多い境界条件は、パラメータの説明も日本語で記載された GUI が利用できます(詳細は次のスライド)



マウスですらしてエンジンルームの境界条件を設定することが可能

- FrontFlow/red のカーネルを組み込んだ、設定ガイド機能

FrontFlow/red の prefflow の一部に相当する部分をプリ処理中にチェックします

(注) 現在開発中の次期バージョンの機能も含みます

4面体のオートメッシュも利用可能です



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ー様
提供: 北海道大学大学院工学研究科 坪倉誠准教授

3. 境界条件設定画面

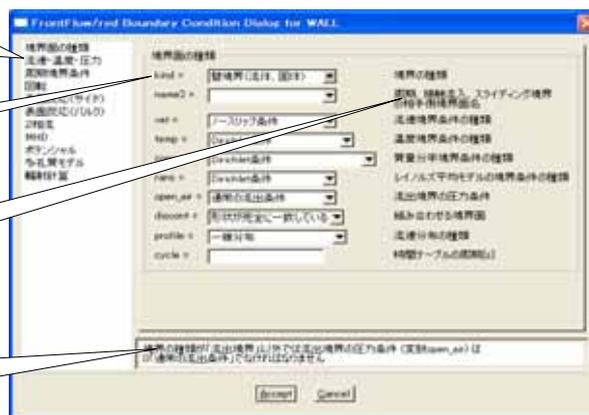
- 解析制御ファイル fflow.ctl の編集を GUI で行うことが可能です

境界条件の設定項目をツリー表示で階層的に分類

マニュアルに記載された変数名の記述

わかりやすい日本語での設定項目の説明

項目間の依存関係など、設定内容のガイドを表示



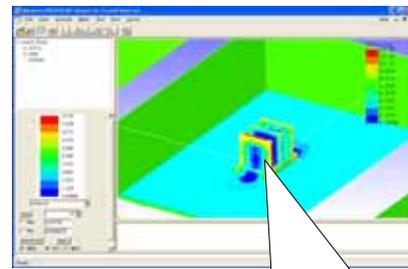
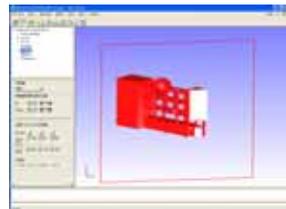
(注) 画面は現在開発中のものです



〒107-0052 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル南館7階 TEL:03-5570-1689 FAX:03-5570-1684
E-Mail:office@advancesoft.jp

4. その他の特徴

- 1000万 自由度程度のモデルまで処理可能(メモリ2GBのPCにおいて)
- Windows / Linux の両方で実行可能
- コンター、変形、等値面などのポスト処理
- 任意平面での断面表示



ヒートシンクのコンター表示

- メッシュの品質チェック機能(ある閾値以上のアスペクト比の要素のみ表示)
- 境界条件の設定内容を可視化して確認可能
- クラスタへのデータ転送、解析プロセス起動機能

設計上自由度の制限は設けていないため、搭載されたメモリの量に依存します



〒107-0052 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル南館7階 TEL:03-5570-1689 FAX:03-5570-1684 E-Mail:office@advancesoft.jp

5. 基本情報

動作するOS	WindowsXP・Vista 32bit / Linux (Ubuntu推奨)
メモリ、HDD、ビデオメモリ	2GB推奨、400MB以上、256MB以上
対応ソルバー	Advance/FrontFlow/red、Advance/FrontSTR
モデル入力	IGES、STEP、STL
メッシュ生成	4面体
入力可能モデル	FrontFlow GF 形式、HEC-MW ^(注) 形式など(各種フォーマットに対応可能です、詳細はお問い合わせください)
プリ処理	境界条件設定、属性値データベース、範囲指定節点・要素選択、メッシュ品質チェックなど
ポスト処理	コンター、変形、等値面、切断面表示、時系列グラフ、画像ファイル出力、HEC-Visual による可視化サポートなど

既に他社ソルバでの解析モデルをお持ちの場合、Advance/FrontFlow/red で解析を行うための各種コンバーターをオプションとして用意しております。

2009年春 次期ADAP(新バージョン)としてリリース予定

(注) HEC-MW 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」で推進された、FEM解析においてPCからベクトル並列計算機まで、それぞれのハードウェアに対して最適化されたコードを生成する機能を持つミドルウェア。



〒107-0052 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル南館7階 TEL:03-5570-1689 FAX:03-5570-1684 E-Mail:office@advancesoft.jp