

2010
5/31



流体解析ソフトウェアAdvance/FrontFlow/red バージョンアップセミナー

Advance/FrontFlow/red Ver4.1の概要と特徴

アドバンスソフト株式会社
技術第3部 主任研究員
杉中 隆史

2.

ご紹介する内容

- Ver4.1の新機能
- Advance/FrontFlow/red の特長
- Advance/FrontFlow/red の機能
- 開発/検討中の機能



Ver4.1の新機能

計算スピードがアップ

① 壁面距離計算方法の変更 ⇒ 前処理が500万要素でVer4.0より**100倍以上**

② AMGソルバーの導入 ⇒ 圧力ポアソン方程式がVer4.0より**数倍**

・AMGソルバーの利用(*1)

(*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。

<http://www.ssisc.org/>

インターフェイスはAdvance/FrontFlow/redに入れています。

③ 定常計算のSIMPLE法の導入 ⇒ 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**

④ CPU内マルチコアの並列化効率の向上

詳細は『**飛躍的に向上した高速化技術**』の中でご説明します

使いやすさがアップ

① 汎用プリポストプロセッサの改良

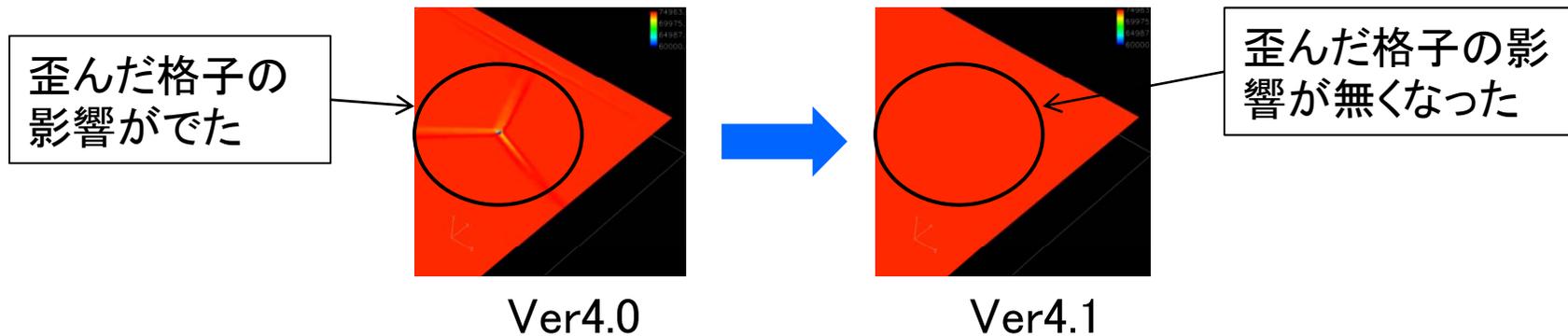
詳細は『**使いやすさを向上させる汎用プリポストプロセッサ**』の中でご説明します



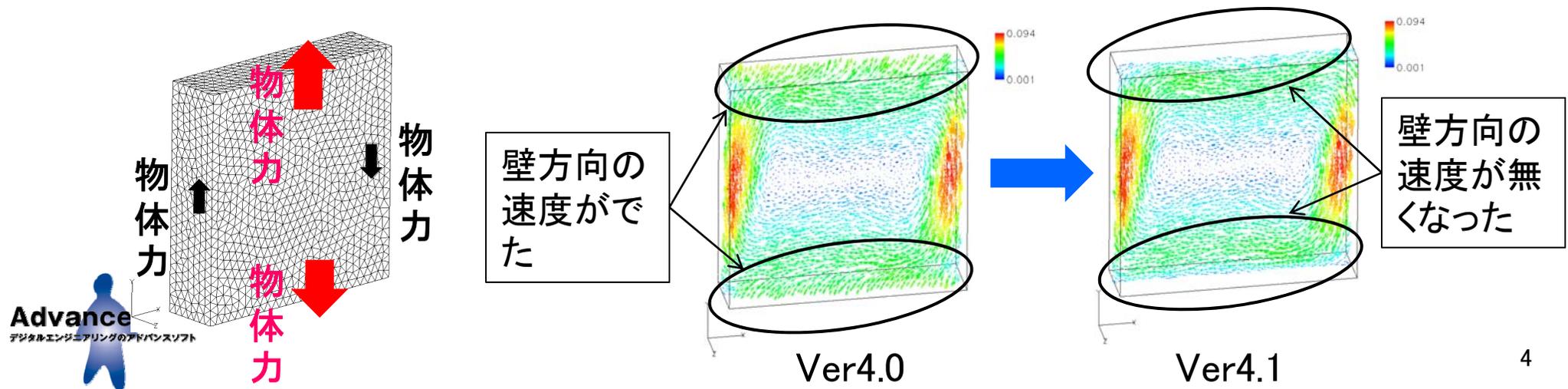
Ver4.1の新機能

計算安定性がアップ

①重みつき最小二乗法の導入 ⇒ 歪みが大きい格子で勾配の計算が正確に



②境界の取り扱いを改良 ⇒ 壁方向に大きい物体力がある計算が可能に



Ver4.1の新機能

その他の機能

- ① SST k- ω モデルの導入 ⇒ 境界層の剥離計算の精度が向上
SST k- ω モデルの計算結果は『[基礎検証事例のご紹介](#)』の中でご説明します
- ② リスタート計算時に並列数を変える機能の導入 ⇒ 空いているCPUを有効活用
- ③ 厚みのない壁を扱う機能の導入 (使用するメッシュジェネレータに限定)
- ④ 可視化用ファイル作成時に、スケール変換機能の導入



Advance/FrontFlow/red の特長

ラージ・エディ・シミュレーション (LES) による高精度乱流解析	<ul style="list-style-type: none">①非定常な流動現象の高精度予測を追求②燃焼、物質拡散、空力など非定常大規模解析に適用可能③構造、電磁場、音響などと大規模連成解析に適用可能
超並列化・ベクトル化による大規模解析	開発の設計段階から並列計算のパフォーマンスを最大限に引き出すためのアルゴリズムを適用 ⇒ 高い並列化効率を実現
高速性	<ul style="list-style-type: none">①前処理の高速化②AMGソルバーの導入③定常計算の高速化④高速化のための細部にわたるチューニング

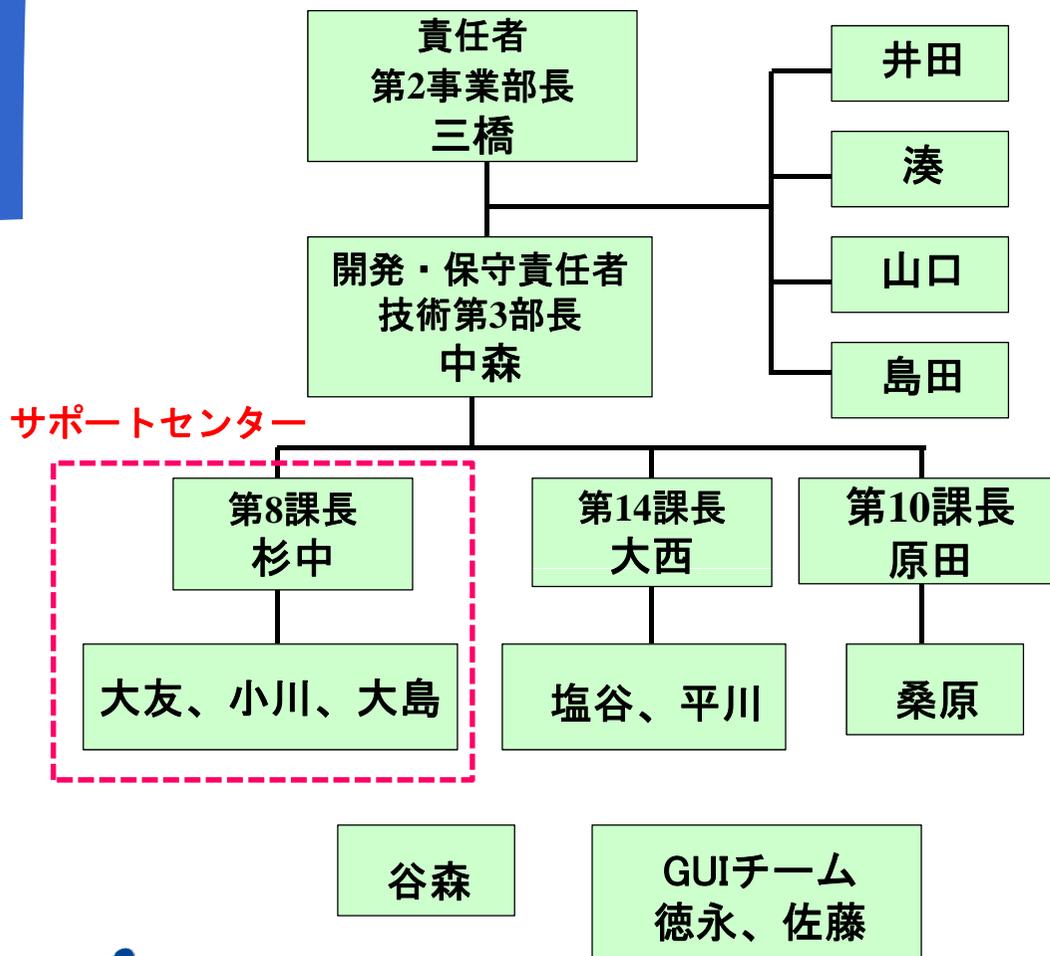


Advance/FrontFlow/red の特長

高いコストパフォーマンス	<p>①国のプロジェクトで開発されたため、低価格でご提供</p> <p>②CPU数に依存しない価格設定</p> <p>⇒お客様の計算機資源を有効活用し、定額で大規模な計算を実現</p>
使い勝手の向上	汎用プリポストプロセッサADAPにより、飛躍的に向上
多様な解析対象	乱流、化学反応、輻射、粒子追跡、騒音、キャビテーション、圧縮性、固体-流体熱連成、多孔質体、自由表面、等 多くの解析対象に対応
柔軟なカスタマイズ性、 開発者による技術サポート	<p>①お客様の課題に対応したカスタマイズ性</p> <p>②開発者が直接技術サポートをご提供</p> <p>③お客様のご要望に素早く対応できる開発体制</p>

Advance/FrontFlow/red の特長

■ 開発・サポート体制



■ 開発者の役割 ■

井田	地球環境
湊	気液二相流、腐食
山口	半導体デバイス、CVD
島田	高速化
中森	高速化、LES、キャビテーション、圧縮性
杉中	計算安定性、RANS、VOF
大西	高速化、キャビテーション、燃焼、圧縮性、乱流
原田	各種機能、解析技術
大友	移動格子、アルゴリズム、LES、各種機能
小川	プリ高速化、プリ省メモリ化、並列計算
大島	使いやすさ、解析技術
塩谷	重合格子、燃焼、粒子追跡、輻射
平川	使いやすさ、解析技術
桑原	乱流音
谷森	システム、インストール
徳永	GUI (ADAP)
佐藤	GUI (ADAP)

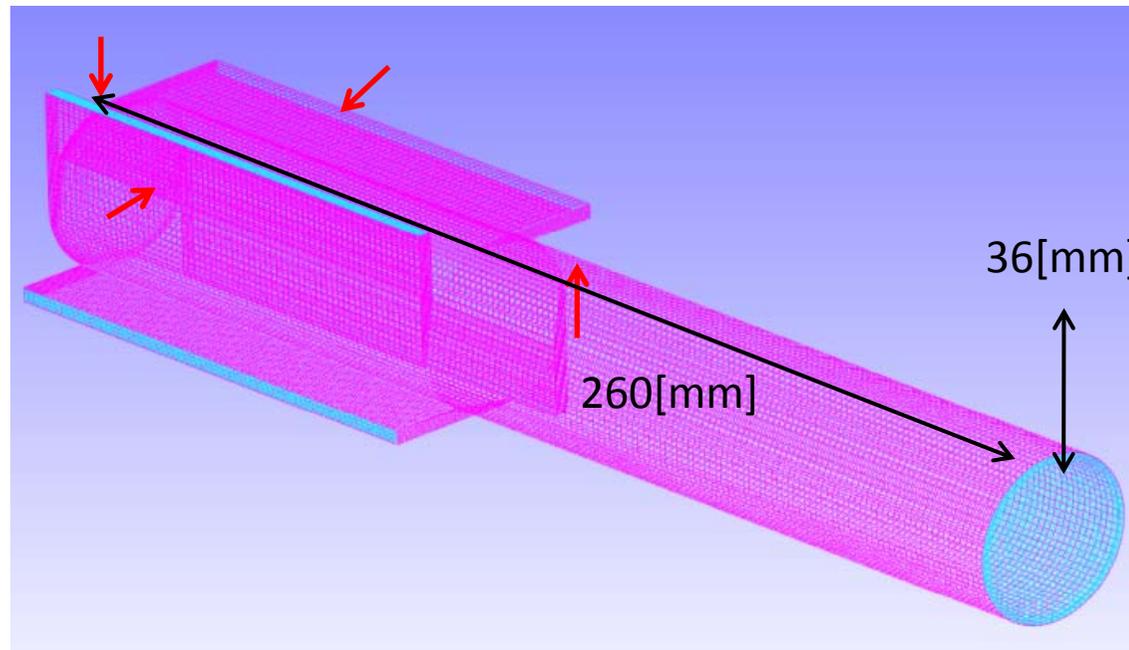
Advance/FrontFlow/red の機能

■ ラージ・エディ・シミュレーションが効力を発揮する例1

旋回流の解析例

旋回流の場合には乱流の非等方性が強いため、 $k-\varepsilon$ モデルよりLESの方が実験値を再現できる

入口流速	1.12[m/s]
流入口	3*100[mm]



節点数	240,640
要素数	254,888

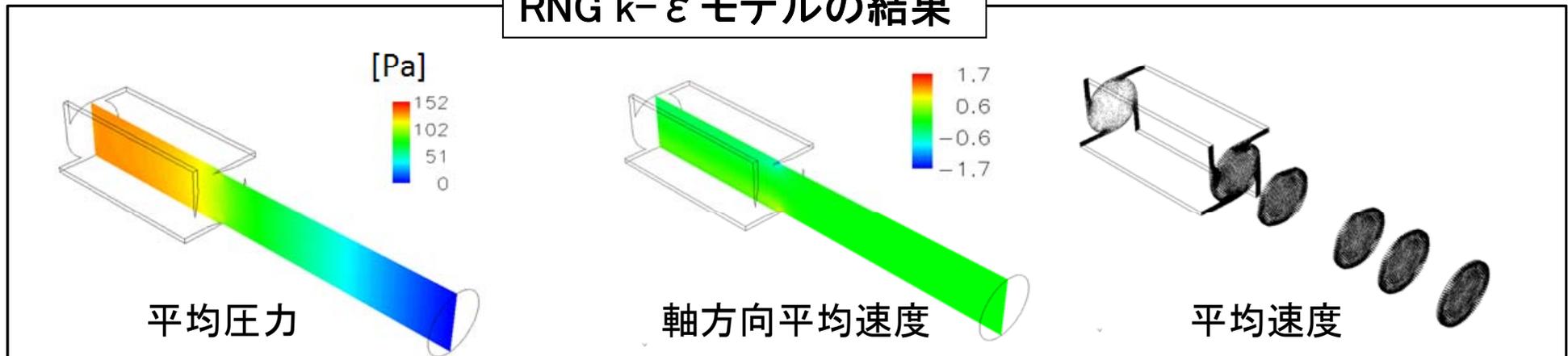
Advance/FrontFlow/red の機能

■ ラージ・エディ・シミュレーションが効力を発揮する例1

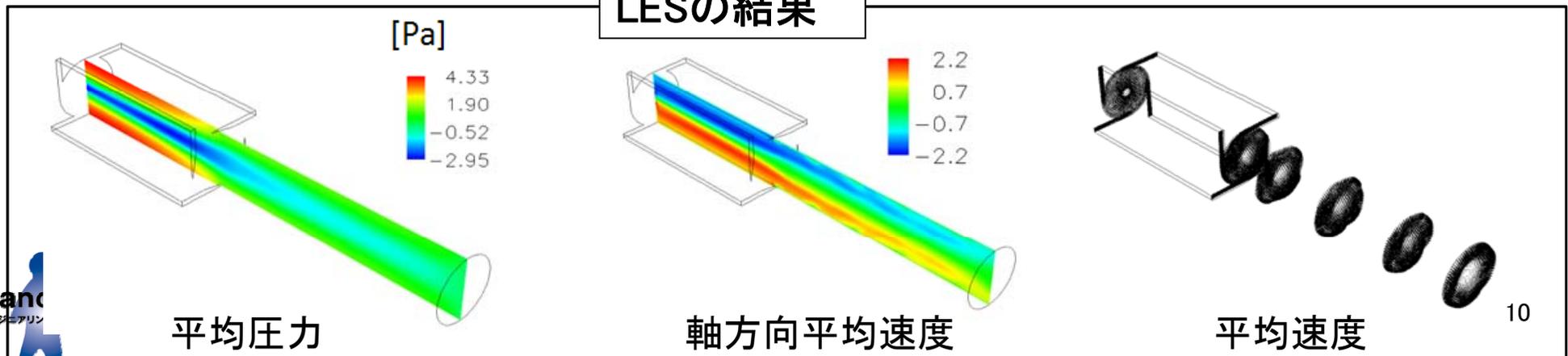
旋回流の解析例

LESでは旋回流の特徴を再現可能

RNG k-ε モデルの結果



LESの結果



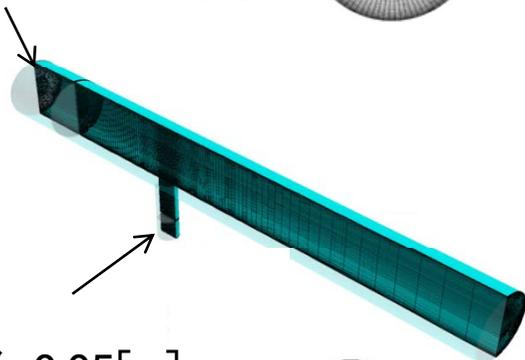
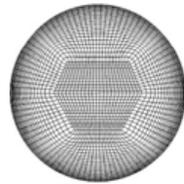
Advance/FrontFlow/red の機能

■ラージ・エディシ・ミュレーションが効力を発揮する例2

T字管の温度混合の解析例

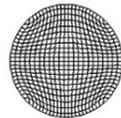
主管

- ・内径:0.15[m]
- ・流速:0.23[m/s]
- ・温度:321.15[K]



枝管

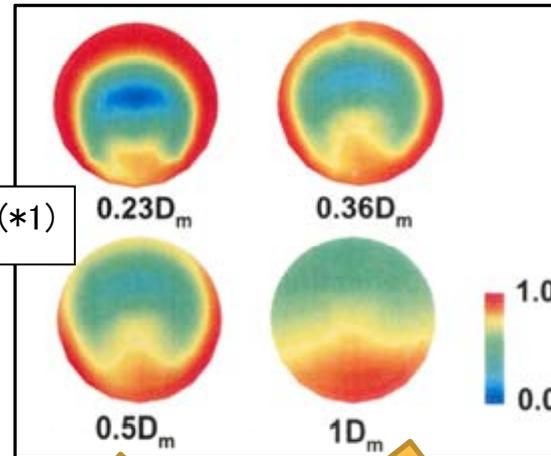
- ・内径:0.05[m]
- ・流速:1[m/s]
- ・温度:306.15[K]



節点数	404,892
要素数	389,988



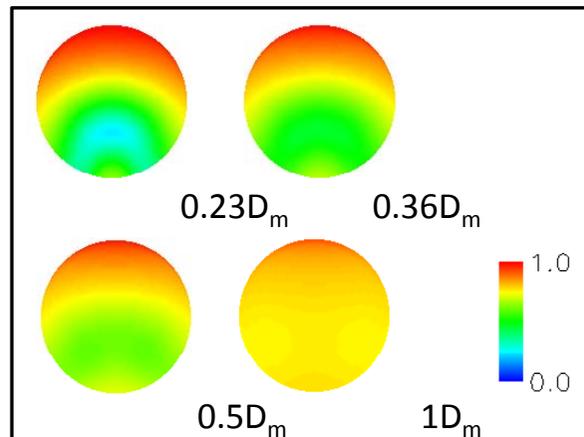
実験値(*1)



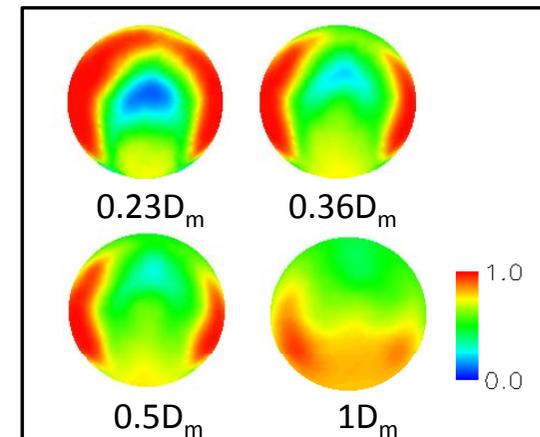
(*1)五十嵐ら,配管合流部の混合現象に関する研究,2003年11月,JNC TN9400 2003-092.

実験値を再現できない

実験値の傾向を再現できる



RNG k-ε モデルの無次元平均温度



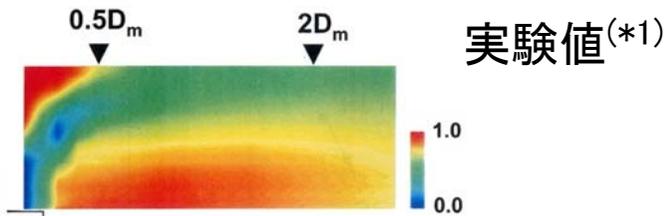
LESの無次元平均温度

Advance/FrontFlow/red の機能

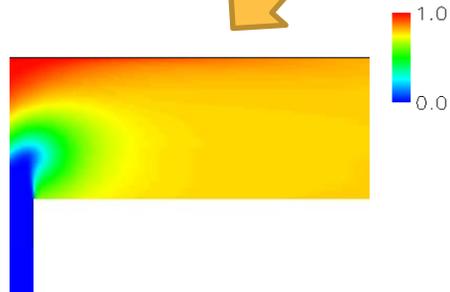
■ラージ・エディ・シミュレーションが効力を発揮する例2

T字管の温度混合の解析例

乱流の非等方性が大きい流れでは
k-εモデルよりLESの方が実験値
を再現できる

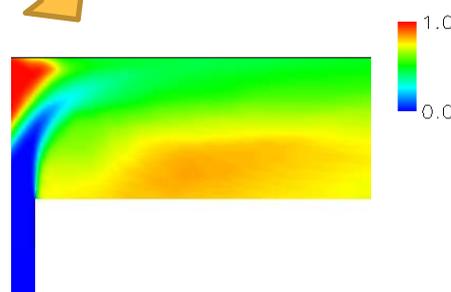


実験値を再現できない

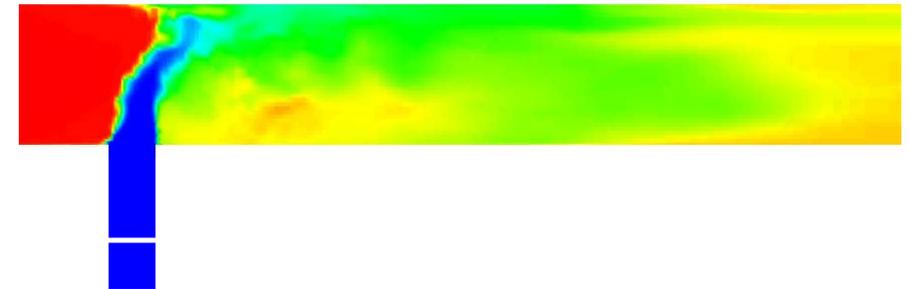


RNG k-εモデルの
無次元平均温度

実験値の傾向を再現できる



LESの
無次元平均温度



LESの無次元平均温度

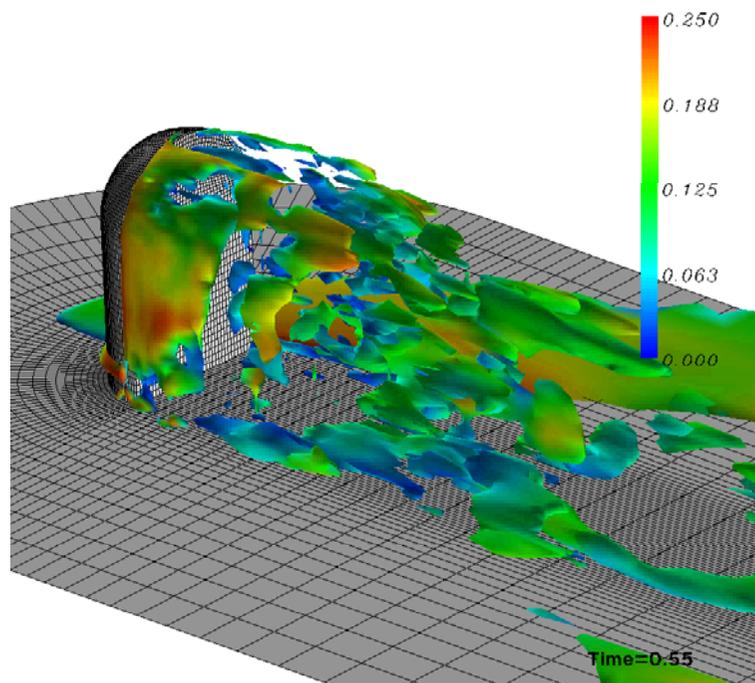


Advance/FrontFlow/red の機能

■ラージ・エディ・シミュレーションが効力を発揮する例3

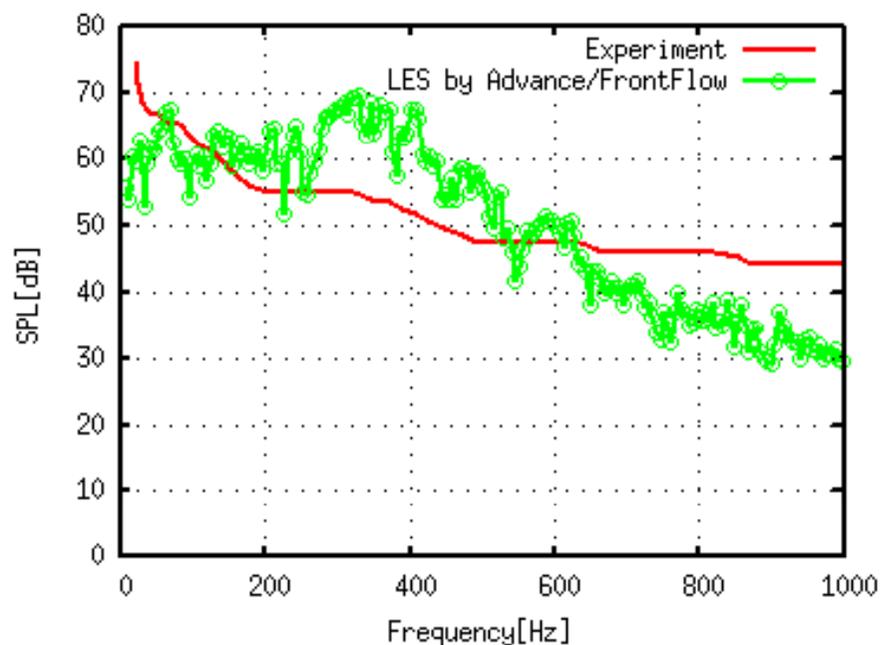
物体から発生する騒音の解析例

・レイノルズ数: 7.4E+05



騒音の周波数解析を行うために、LESを使用して圧力変動を計算

・音圧スペクトル(FFT変換結果)



Siegert et al., , 5th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, Seattle WA, May 10-12, AIAA paper, No99-1895(1999)



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

Helicity密度等値面 + Mach数マップ

Advance/FrontFlow/red の機能

項目	Advance/FrontFlow/redの機能
<p style="text-align: center;">物理 モデル</p>	<p>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)</p> <p>乱流モデル: LES(標準Smagorinskyモデル、Dynamic Smagorinsky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／k-ωモデル／SST k-ωモデル／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)</p> <p>輻射: モンテカルロ法／ゾーン法／有限体積法</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>粒子追跡機能(Euler-Lagrangian 2way): 固体粒子と流体(気体あるいは液体)の二相流／液滴と気体の二相流／液滴蒸発モデル</p>



Advance/FrontFlow/red の機能

項目	Advance/FrontFlow/redの機能
物理モデル	<p>騒音(乱流音): Lighthill-Curlモデル / Ffowcs Williams and Hawkingモデル</p> <p>キャビテーション: 圧縮性均質流モデル</p> <p>多孔質体モデル: ダルシー則 / べき乗則 / 異方性の式</p> <p>自由表面: VOF法 / 表面張力 / 壁の濡れ性</p>
対応格子	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) / これら格子の混合 / 不連続接合格子 / 厚みのない壁(メッシュジェネレーター限定)
移動格子	スライディングメッシュ機能 / 移動格子
離散化	有限体積法 / 節点中心法
アルゴリズム	SMAC法 / SIMPLEC法 / SIMPLE法 / PISO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
素反応計算ソルバー	Operator Splitting Method / ODEソルバー

Advance/FrontFlow/red の機能

項目	Advance/FrontFlow/redの機能
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
格子生成	ADAP／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。
可視化用 ファイル出力	回転／並進／スケール変換
可視化 ツール	ADAP／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
動作環境	OS: Linux／(*1)Windows／等 (*1)Windows 版は並列計算に対応していません。詳細やその他の環境につきましてはお問い合わせください。



開発/検討中の機能

■ 使いやすさの改良

- ・プリ処理の省メモリ化
- ・プリ・ポストADAPの機能拡張
- ・出力機能の拡充
- ・ノウハウ集

■ 計算安定性の改良

- ・VOF法の表面張力強化
- ・有界中心差分法の導入 (LESの強化)

■ 高速性の改良

- ・圧力ベースカップル法の導入
- ・無反復法の導入
- ・燃焼計算にISATの導入
- ・GPUによる計算

■ 新機能

- ・重合格子機能の導入
- ・輻射機能の拡充 (壁の放射特性やガス放射の波長依存)

