

# 流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red 新バージョンのご紹介

主任研究員 富塚 孝之

流体解析ソフトウェアAdvance/FrontFlow/red最新動向セミナー  
2015年12月15日（火）開催  
アドバンスソフト株式会社

## 講演内容

- Advance/FrontFlow/redの概要
- バージョン5.2における改良項目
- サービスの御紹介

# Advance/FrontFlow/redについて

- 多成分系、反応系を考慮した国産の汎用熱流体解析ソフトウェア
- 広範囲な適用分野と複雑な流れに対応
  - 非圧縮性流れ
  - 圧縮性流れ
  - 自由表面流れ
  - 燃焼
  - キャビテーション
  - 騒音

# ソフトウェアの特長

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

## Advance/FrontFlow/redの機能

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

Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

5

## Advance/FrontFlow/redの機能

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

Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

6

6

## Advance/FrontFlow/redの機能

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

Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

7

## Advance/FrontFlow/redの動作環境

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

Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

8

8

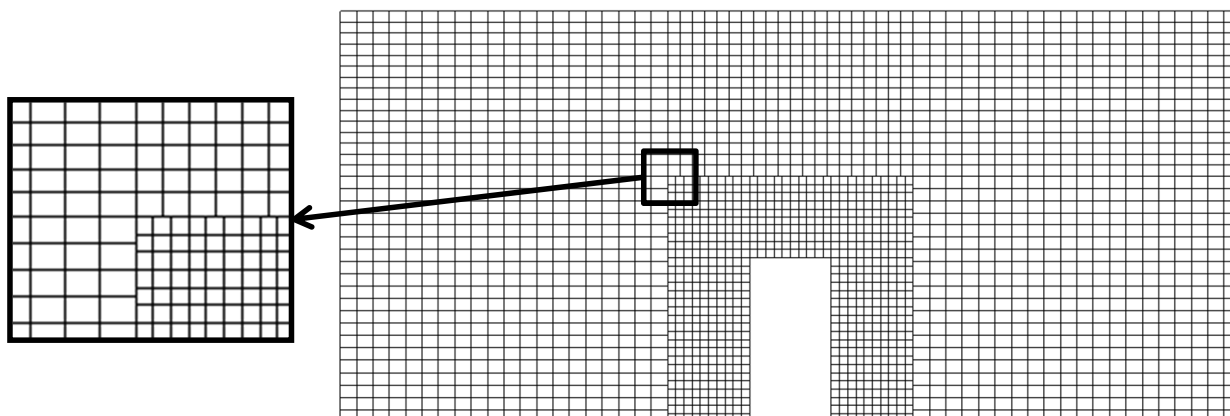
# Ver5.2における改良項目

- 不連続格子機能の強化
- AMGソルバーの複数マテリアル対応
- 大規模モデルに対する機能強化
- その他

# 不連続格子機能の強化

## 不連続格子機能

節点が一致しない格子の接合面で物理量の補間を行い解析する機能

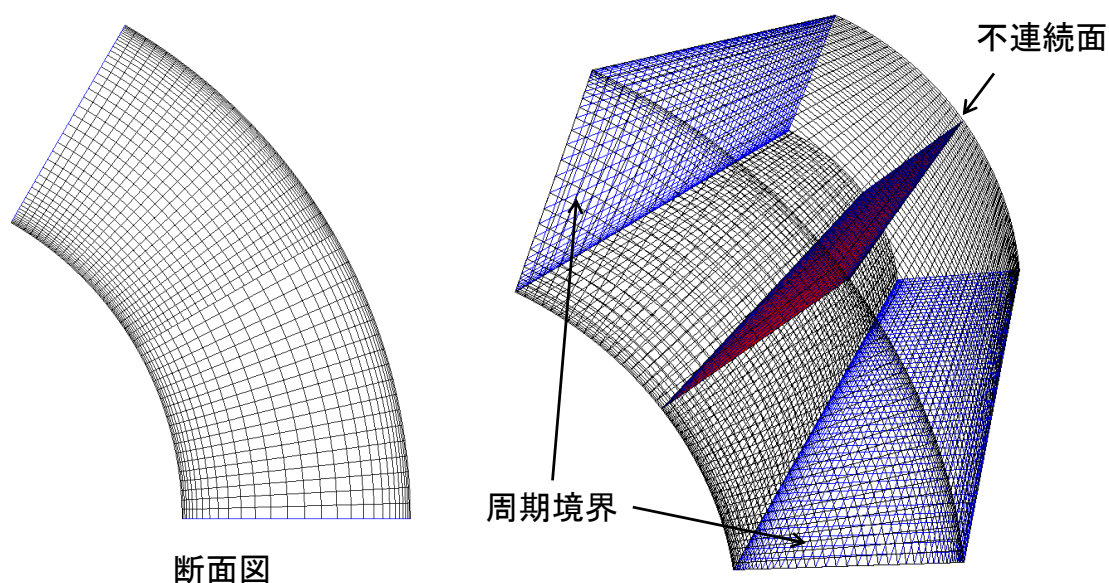


# 不連続格子機能の強化

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

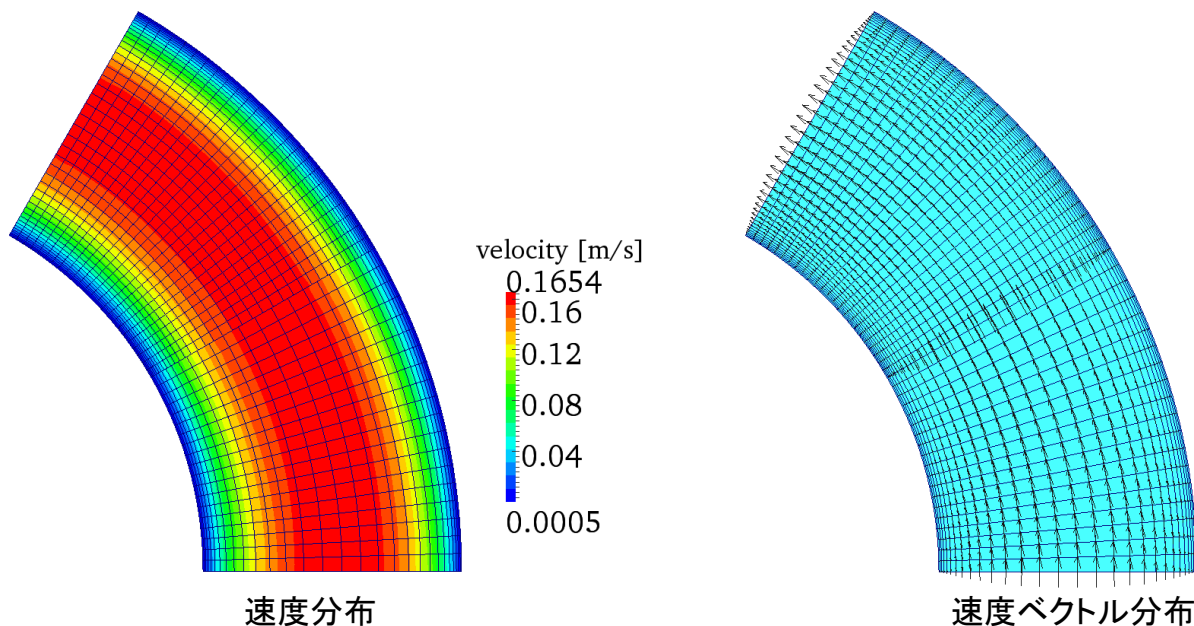
# 不連続格子機能の強化

## 検証モデル



# 不連続格子機能の強化

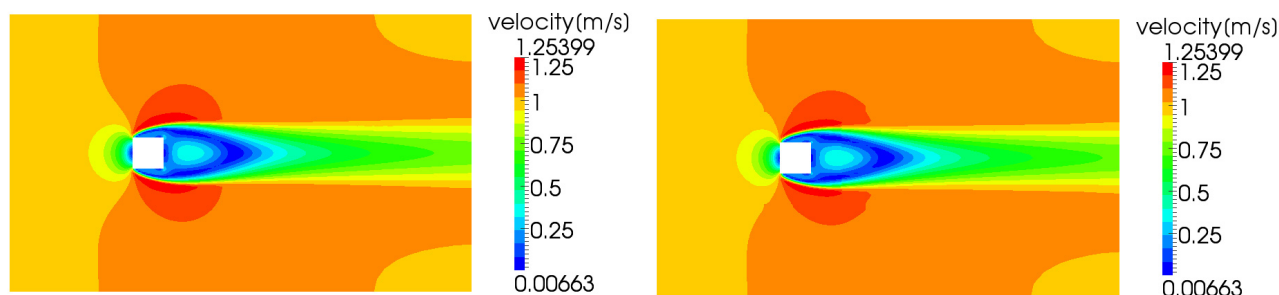
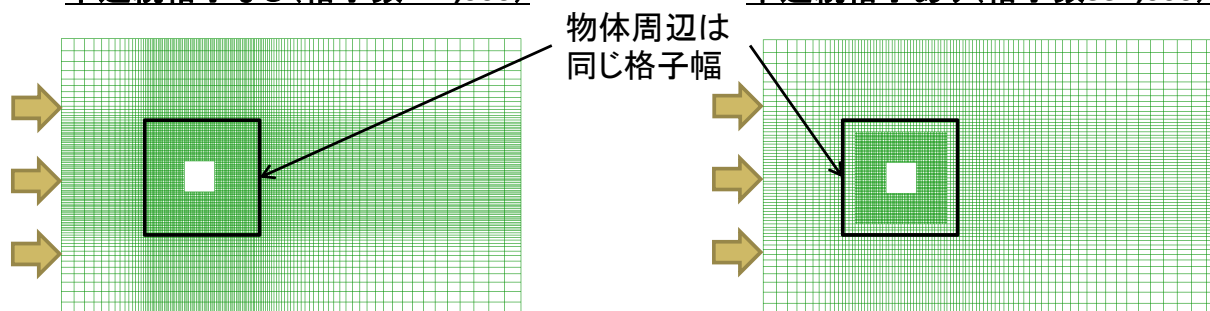
軸方向0.1[m/s]、周方向0.1[m/s]の流速を与えた結果



# 不連続格子機能の強化

不連続格子なし(格子数772,000)

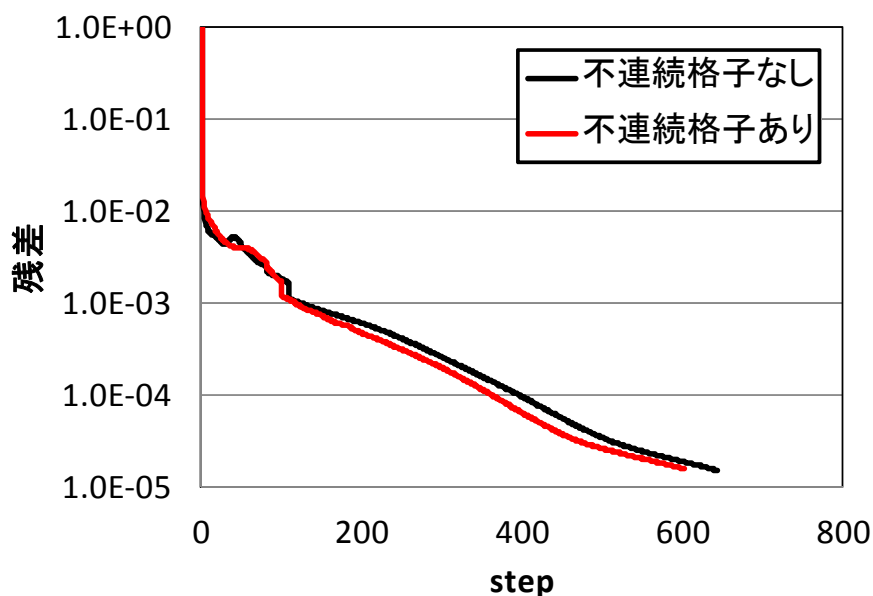
不連続格子あり(格子数334,000)



不連続格子ありとなしで同等の結果が得られることを確認

# 不連続格子機能の強化

## 残差履歴

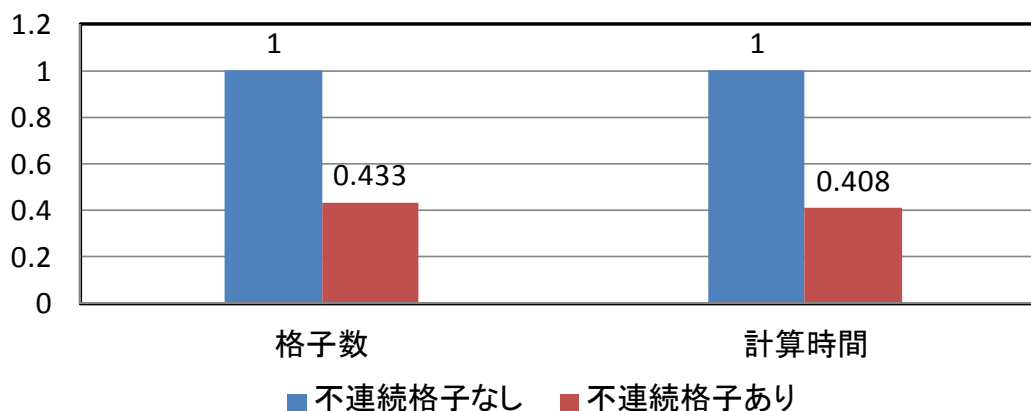


不連続格子を用いても収束性は変わらない

# 不連続格子機能の強化

## 計算時間

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



格子数の削減率に相当する計算時間の短縮を達成

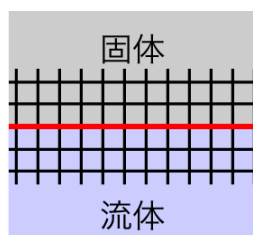
# AMGソルバーの複数材料対応

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

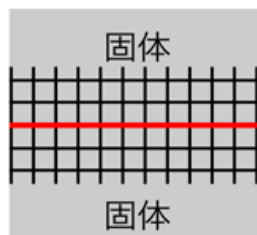
→ 複数材料の並列計算対応へ

# AMGソルバーの複数材料対応

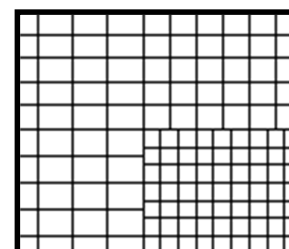
- 複数材料の例



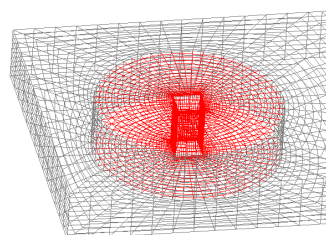
流体と固体



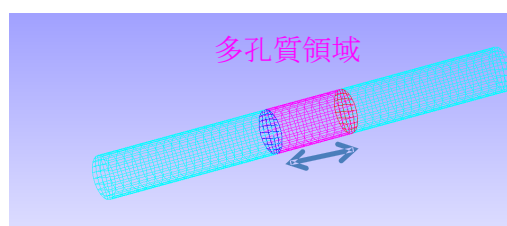
固体と固体(異なる材質)



不連続格子



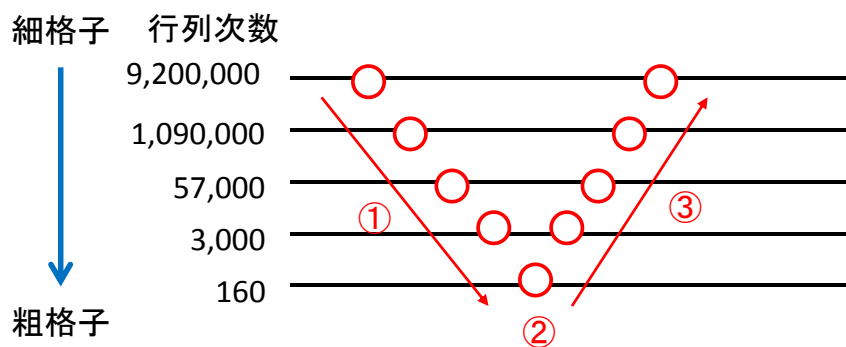
スライディング格子(回転系)



多孔質モデル

# AMGソルバーの複数材料対応

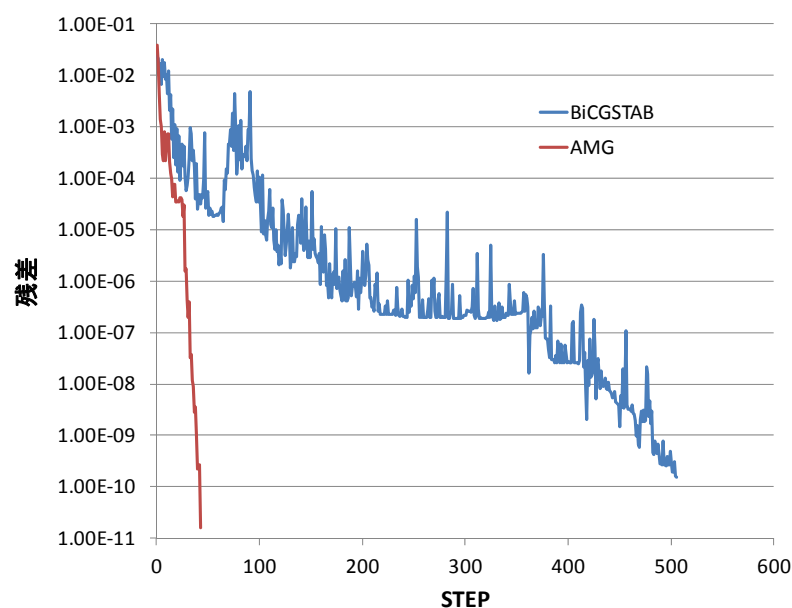
- 不連続格子（節点数 920万）



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

# AMGソルバーの複数材料対応

残差履歴



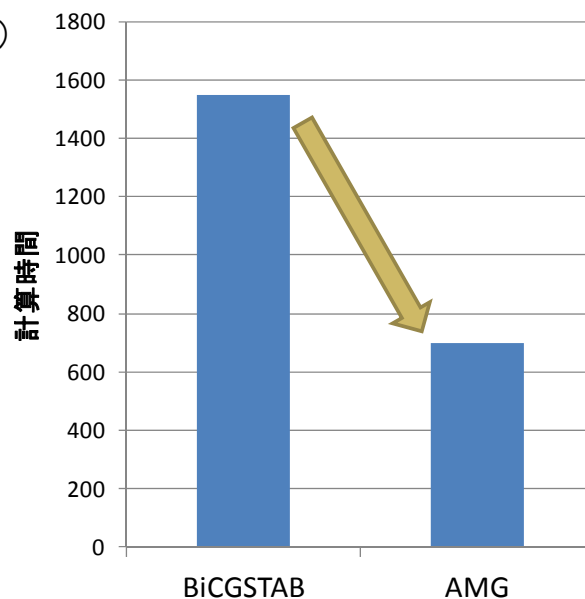
AMGは少ない反復数で収束

# AMGソルバーの複数マテリアル対応

## 計算時間

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

AMG を用いると2倍以上の高速化



# サービスの御紹介

- テクニカルサイト
- サポートサービス
- スーパーコンピュータでの利用サービス

# テクニカルサイト

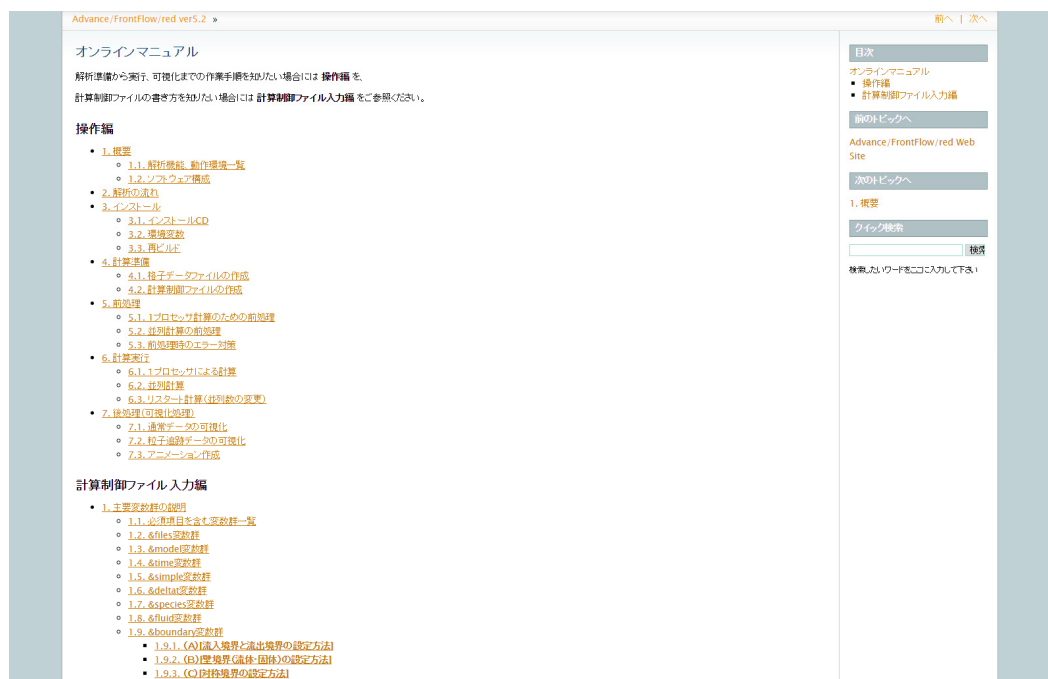
マニュアル、チュートリアルをオンライン化し、テクニカルサイトに掲載  
Advance/FrontFlow/redに関する情報を集約

テクニカルサイト  
へのバナー



# オンラインマニュアル

内容を大幅に改訂し、オンライン化



# サポートサービス

## コースA 導入前トレーニング(無料)

新規導入をご検討中の方を対象にソフトウェアの概要紹介と体験セミナーを実施

## コースB ユーザートレーニング(有料)

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

## コースC コンサルティング(有料)

お客様が抱える課題に対して、計算モデルの提案、解析作業の支援等を実施

いずれのコースも通常は弊社が会場となります。

# スーパーコンピュータでの利用サービス

御利用いただける環境

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

産業利用コンサルティング/サポートサービス

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