

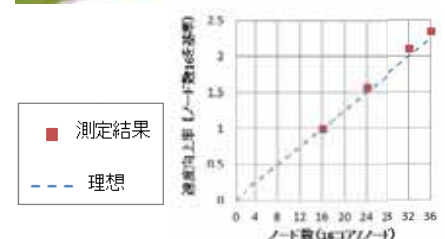
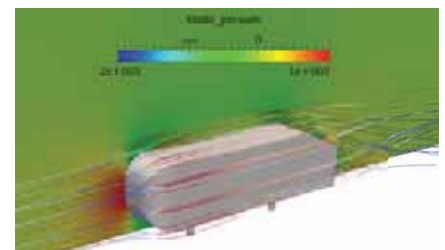
流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red最新動向セミナー

2015年12月15日(火) 開催

プログラム

13:30~13:40 (10分)	主催者あいさつ アドバンスソフト株式会社のご紹介.....	3
	主任研究員 大西 陽一	
13:40~14:10 (30分)	ユーザー様ご講演 「低圧タービン翼のLES解析」	7
	株式会社 IHI 基盤技術研究所 (非公開)	
	熱・流体研究部 流体グループ 長尾 隆央 様	
14:10~14:30 (20分)	流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red 新バージョンのご紹介	9
	主任研究員 富塚 孝之	
14:30~14:45 (15分)	休憩	
14:45~15:15 (30分)	スーパーコンピュータを利用した大規模計算の取り組み.....	23
	研究員 田中 洋一	
15:15~15:45 (30分)	流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red の解析事例のご紹介	37
	主任研究員 富塚 孝之	
	研究員 田中 洋一	
15:45~16:05 (20分)	汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAP のご紹介	57
	主任研究員 徳永 健一	
16:05~16:20 (15分)	価格および関連サービスのご紹介、質疑応答	(非公開)
	営業部 鈴木 照久	

memo



モデル Ahmed body 周りの空力解析と並列処理における速度向上率

AdvanceSoft



アドバンスソフト株式会社のご紹介

主任研究員 大西陽一

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

会社概要

名称 アドバンスソフト株式会社
(英文社名 AdvanceSoft Corporation)

本社 〒101-0062
東京都千代田区神田駿河台4-3
新お茶の水ビル17階
TEL: 03-6826-3970
FAX: 03-5283-6580

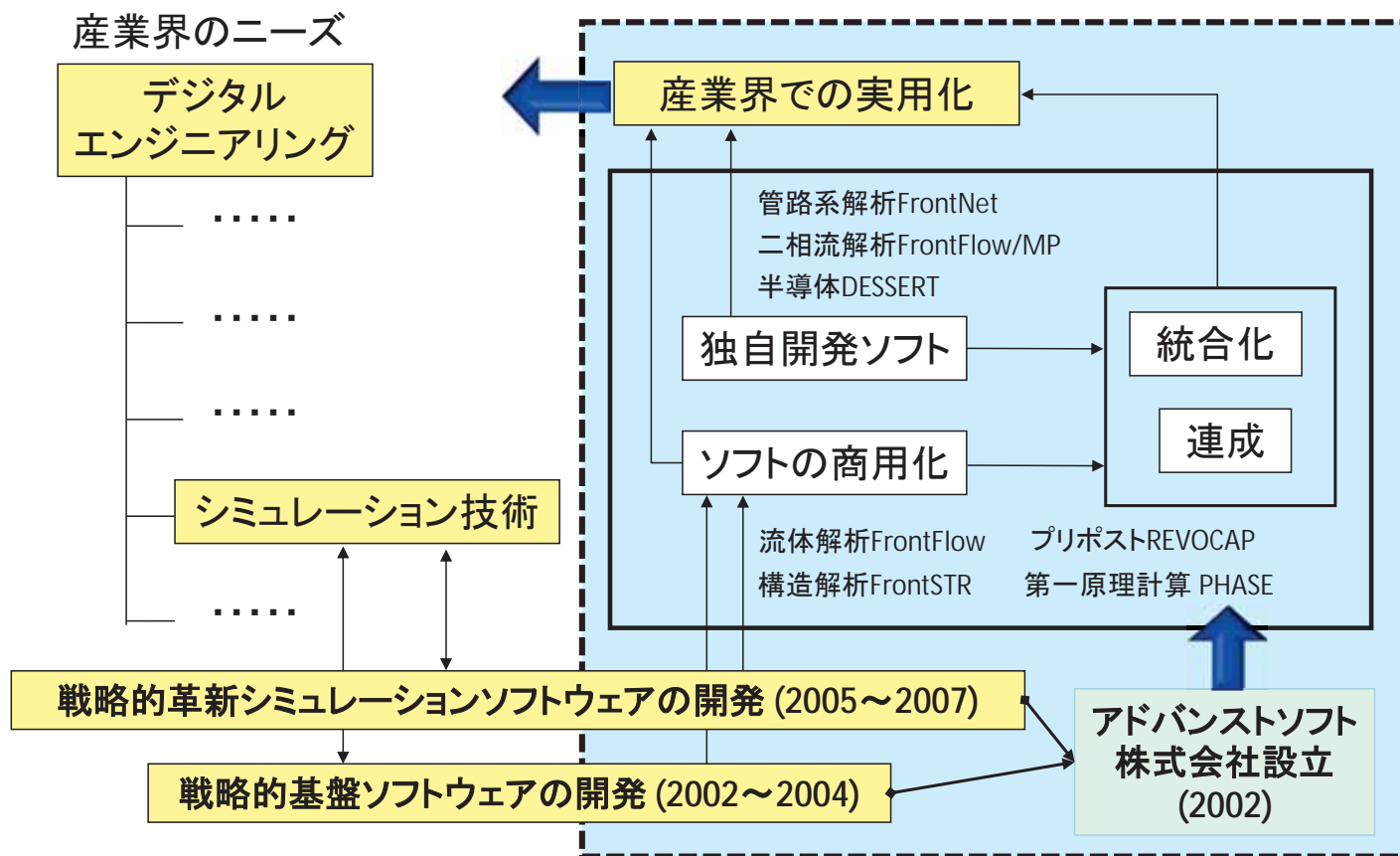
設立 2002年(平成14年)4月24日

資本金 3,724万円

社員数 77名(2015年10月1日現在)

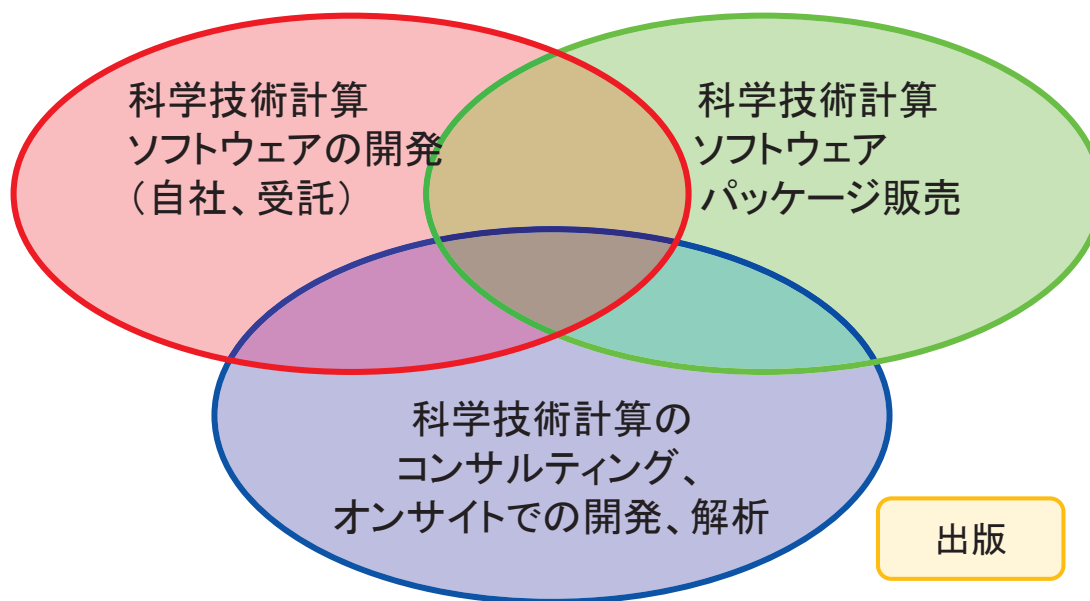
事業部	部	業務概要
第1事業部	技術第1部	・ナノ材料の第一原理計算、量子化学計算やメソ領域の開発など
	技術第2部	・プリポスト・可視化システム・連成システム開発、構造解析エンジニアリングなど
	技術第6部	・次世代TCADシステムの開発 ・環境関連の開発、解析業務
第2事業部	技術第4部	・混相流に係わる次世代流体システム開発など
	技術第5部	・原子力・エネルギー利用に係る安全性解析など
第3事業部	技術第3部	・乱流、燃焼、化学反応等に係わる次世代流体システム開発など
	技術第7部	・J-PARCに係わるプロジェクトの実施等 ・発電・化学プラントやライフライン等の管路系流体解析エンジニアリング業務、次世代流体解析システム保守・販売サポート
—	総合企画部	・スーパーコンピューティングサービス ・防災シミュレーション ・コンサルティングサービスの提供 ・解析サービスの提供
営業本部	営業部	・お客様窓口
東海事業所		・お客様窓口

アドバンスソフトとは



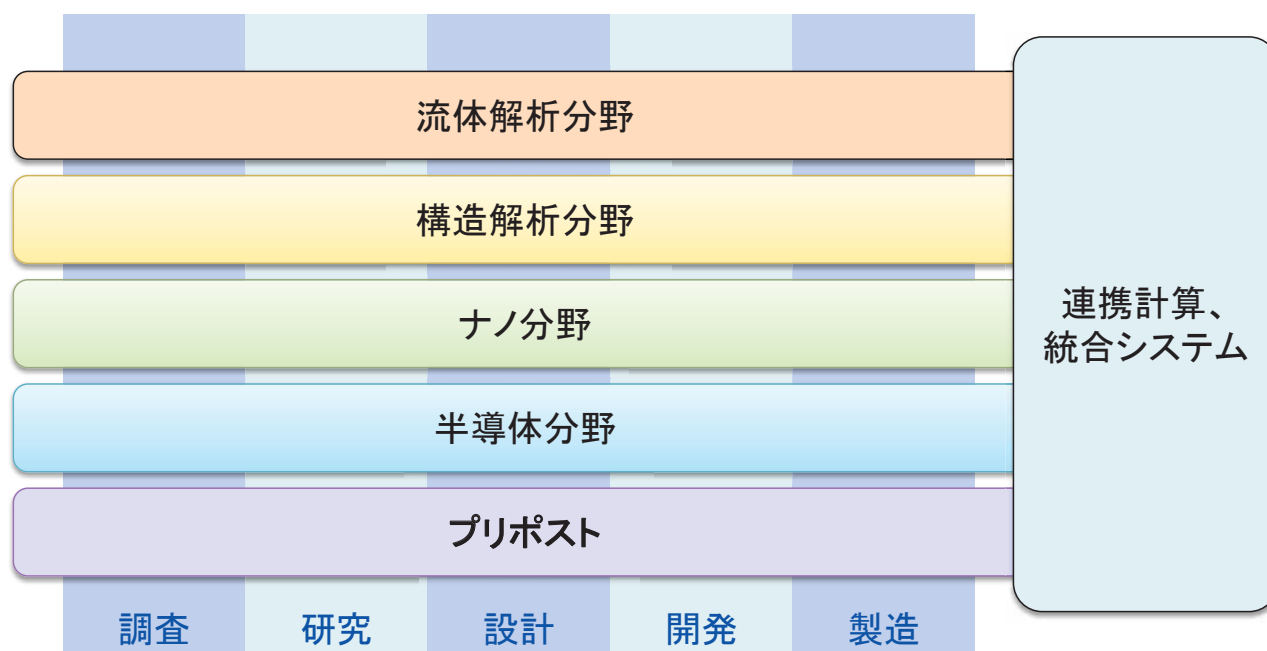
事業内容

アドバンスソフトがご提供するサービス



科学技術計算ソフトウェアの開発を基礎とした、科学技術計算に関する様々なソリューションをご提供します。

事業分野



産業の主要な分野のあらゆるフェーズで直面する課題に対し、
科学技術計算によるソリューションをご提供します。

アドバンスソフトのパッケージソフトウェア

ソフトウェア名称	解析内容
Advance/PHASE	第一原理計算ソフトウェア
Advance/FrontSTR	構造解析ソフトウェア
Advance/FrontNoise	音響解析ソフトウェア
Advance/DESSERT	半導体デバイスシミュレータ
Advance/REVOCAP	構造解析・流体解析プリポストプロセス
Advance/FrontFlow/red	流体解析ソフトウェア
Advance/FrontFlow/MP	気液二相流解析ソフトウェア
Advance/FrontFlow/FOCUS	高速流・爆発解析ソフトウェア
Advance/FrontNet	管路系1次元流体解析ソフトウェア群

※上記は主要パッケージを掲載しています。詳細は弊社HP(www.advancesoft.jp)をご参照ください。

アドバンスソフトのパッケージソフトウェア

ナノ
Advance/PHASE

構造
Advance/FrontSTR

流体
Advance/FrontFlow/red

Advance/FrontFlow/FOCUS

半導体
Advance/DESSERT

プリポスト
Advance/REVOCAP

Advance/FrontNetシリーズ

Advance/FrontFlow/MP

※上記は主要パッケージを掲載しています。詳細は弊社HP(www.advancesoft.jp)をご参照ください。

facebook、YouTubeでも関連記事を掲載中

<http://www.facebook.com/advancesoft.jp>

<http://www.youtube.com/user/advancesoft>



低圧タービン翼の LES解析

株式会社IHI 基礎技術研究所 熱・流体研究部
長尾 隆央 様

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

1

• 非公開

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

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	騒音(乱流音) : Lighthill-Curlモデル／Ffowcs Williams and Hawkingモデル
	キャビテーション : 均質流モデル
	多孔質体モデル : ダルシー則／べき乗則
	自由表面 : VOF法(RANSと併用)／表面張力／壁の濡れ性
対応メッシュ	6面体(ヘキサ)／4面体(テトラ)／3角柱(プリズム)／4角錐(ピラミッド)／これらメッシュの混合／不連続接合格子／厚みのない壁
メッシュ関連	スライディングメッシュ機能(不連続接合格子)／移動格子／重合格子(現バージョンは1CPUのみに対応)
離散化	有限体積法／節点中心法／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、デバグ、Math Kernel Library、MPIライブラリ、 レースアナライザ/コレクタ付属、Intel プロセッサには最適] http://www.intel.co.jp/software/products/ ②PGI WorkStation [C/C++/Fortran コンパイラ、デバグ、プロファイラ、AMD Core Math Library、 MPICH1.2.7付属、AMD64/Intel64 の両方で優れている] http://www.softtek.co.jp/SPG/Pgi/pgi-price.html

Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

8

8

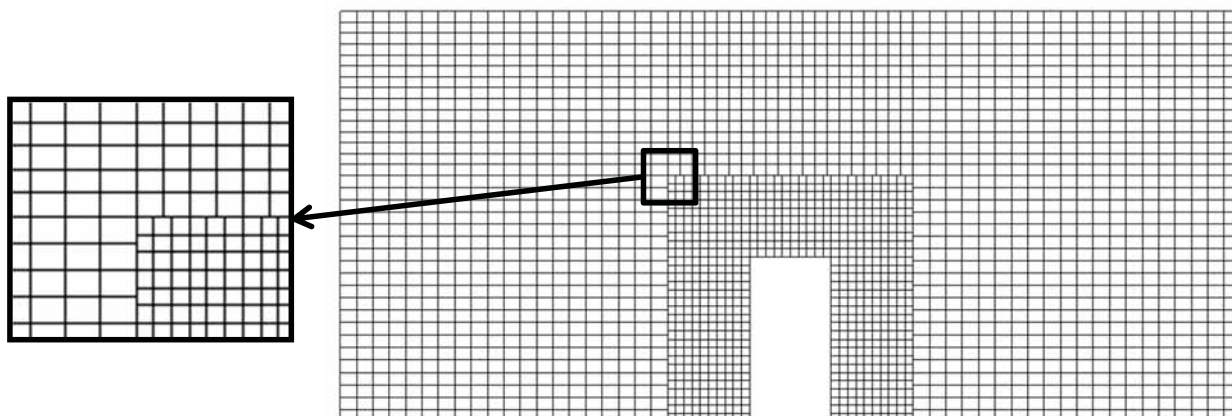
Ver5.2における改良項目

- 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

節点不一致な格子の接合面で物理量の補間を行い解析する機能

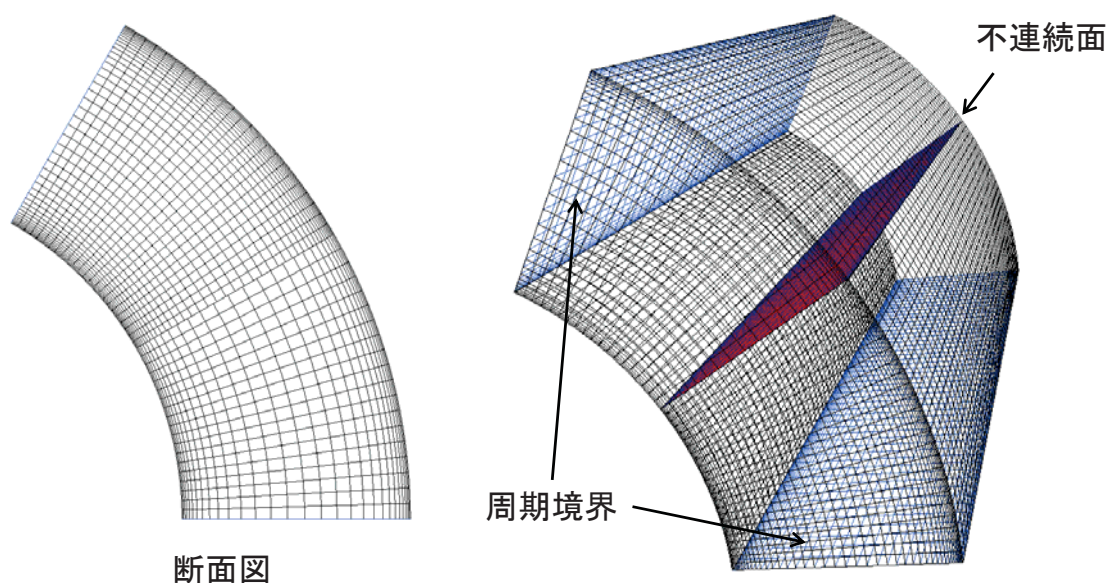


不連続格子機能の強化

- 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

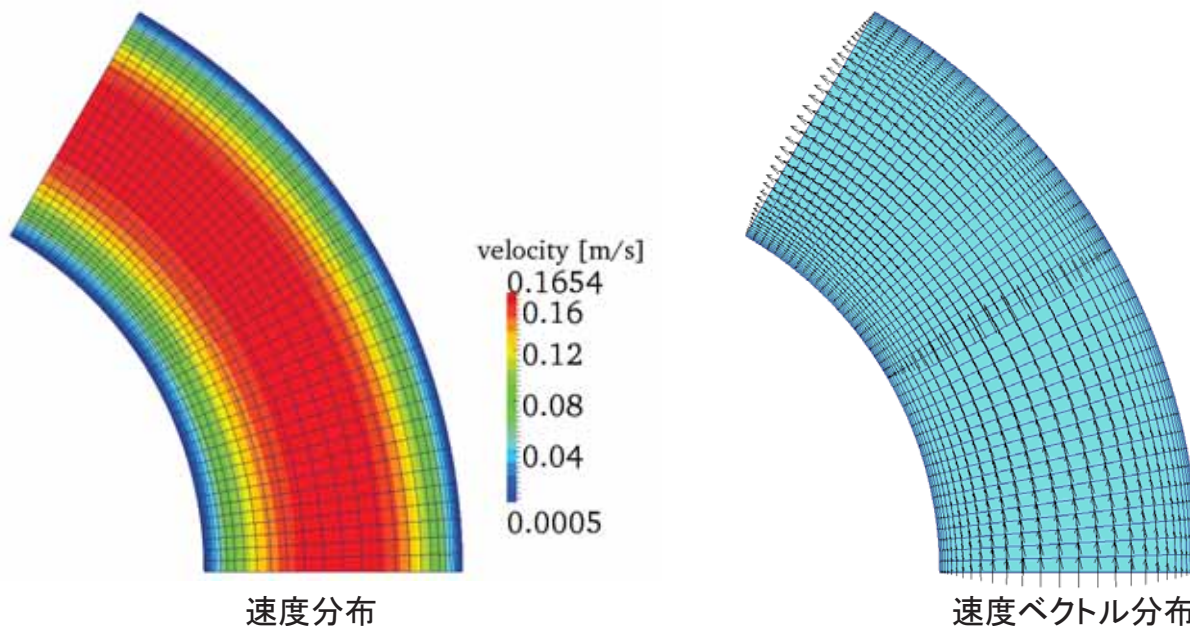
不連続格子機能の強化

検証モデル



不連続格子機能の強化

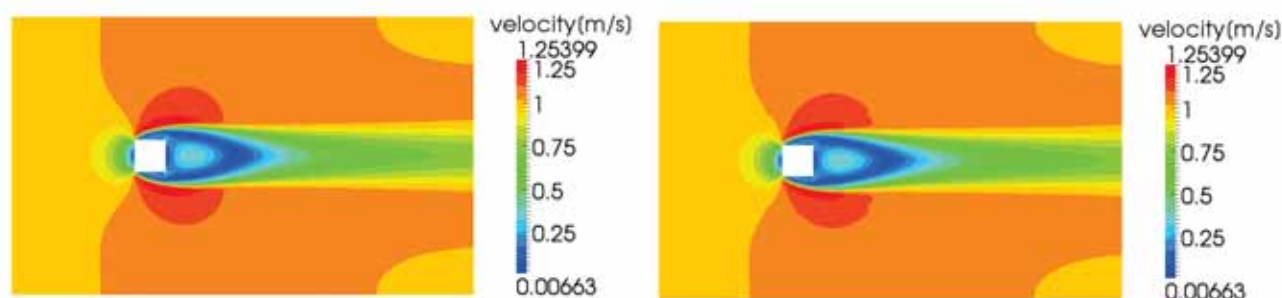
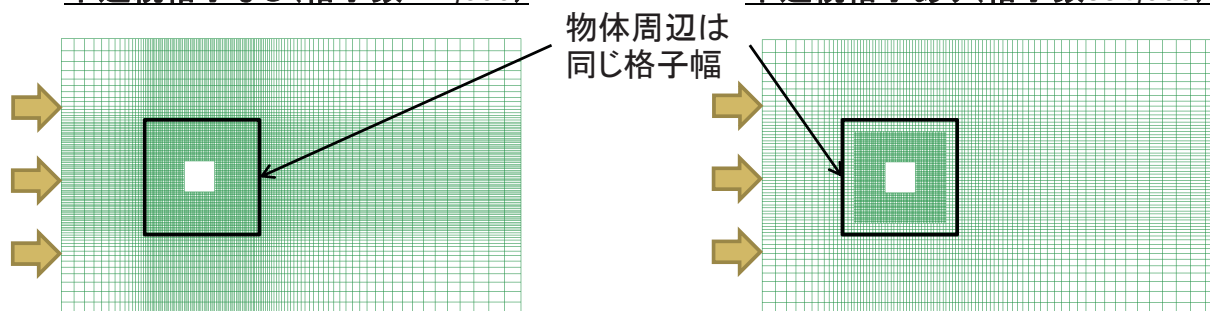
軸方向0.1[m/s]、周方向0.1[m/s]の流速を与えた結果



不連続格子機能の強化

不連続格子なし(格子数772,000)

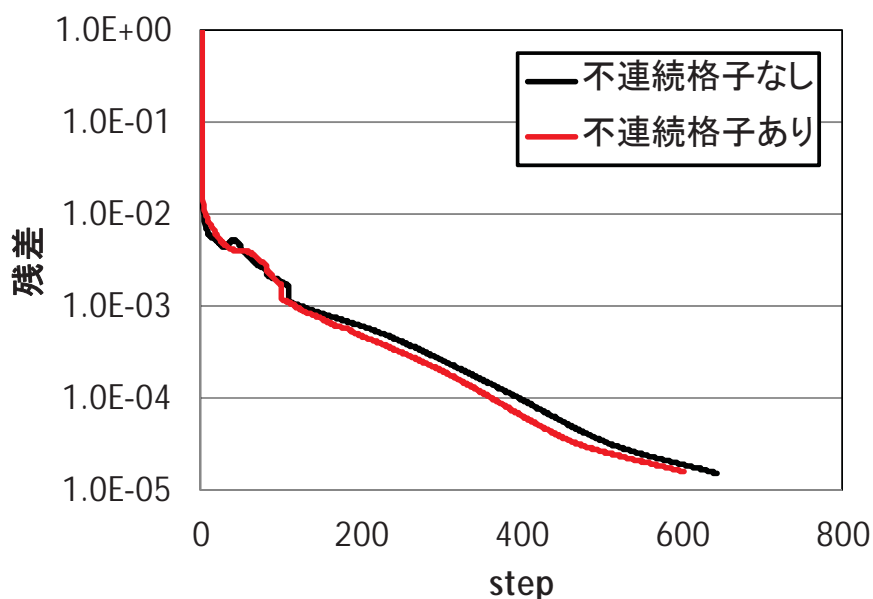
不連続格子あり(格子数334,000)



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

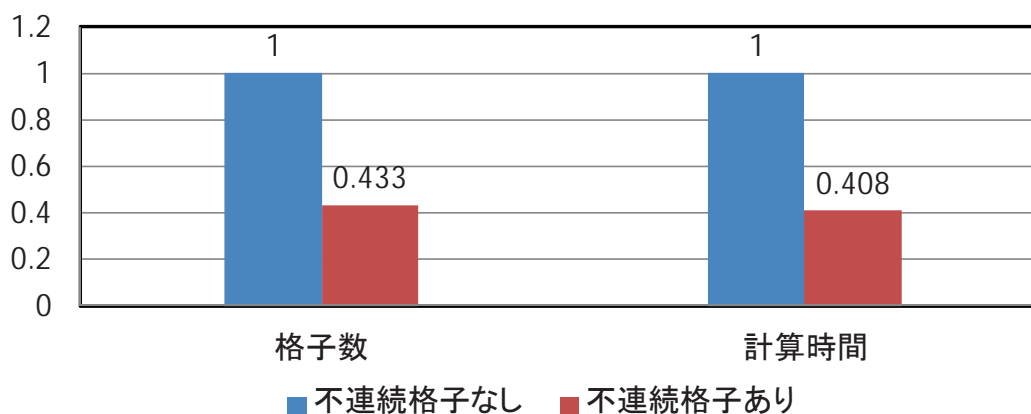


不連続格子を用いても収束性は変わらない

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

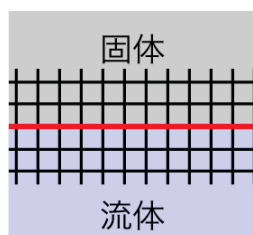
AMGソルバーの複数材料対応

- 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。

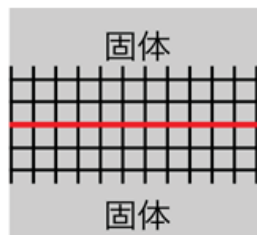
→ 複数材料の並列計算対応へ

AMGソルバーの複数材料対応

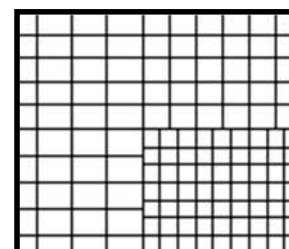
- 複数材料の例



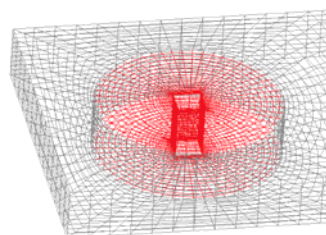
流体と固体



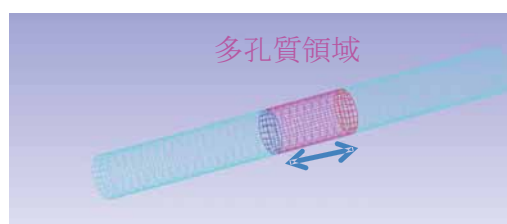
固体と固体(異なる材質)



不連続格子



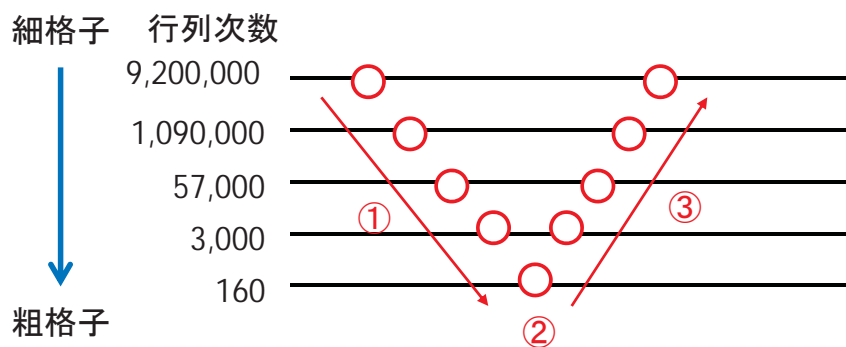
スライディング格子(回転系)



多孔質モデル

AMGソルバーの複数マテリアル対応

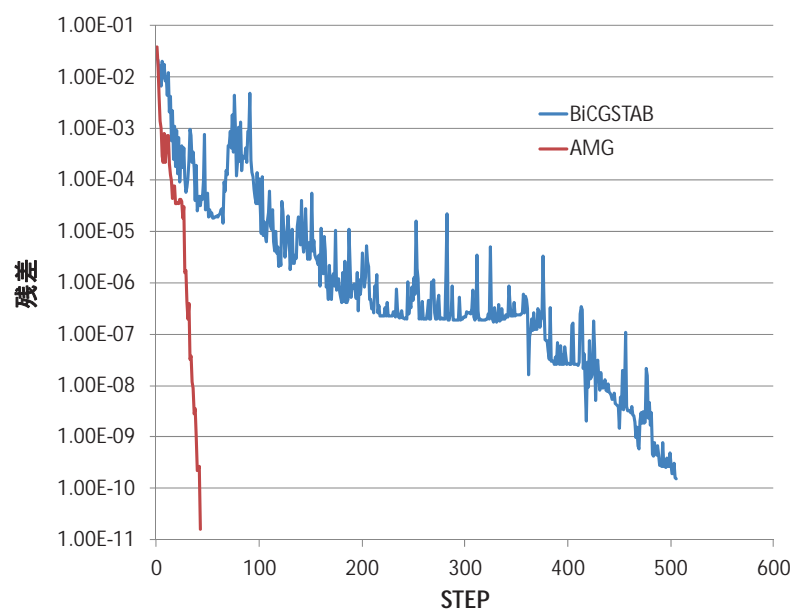
- 不連続格子 (節点数 920万)



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ソルバーの複数マテリアル対応

残差履歴



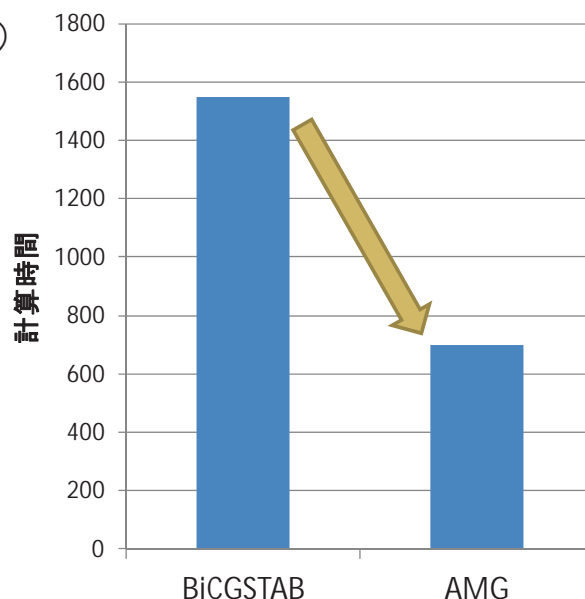
AMGは少ない反復数で収束

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

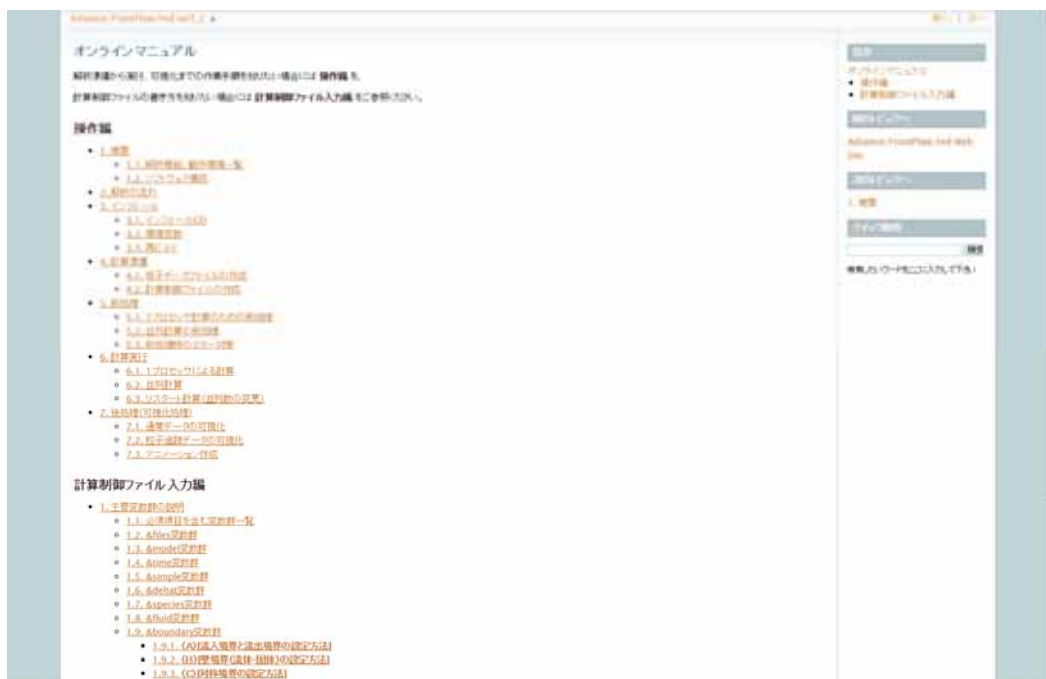
マニュアル、チュートリアルをオンライン化し、テクニカルサイトに掲載
Advance/FrontFlow/redに関する情報を集約

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

スーパーコンピュータを利用した 大規模計算の取り組み

研究員 田中 洋一

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

内容

- 大規模計算について
- アドバンス／スーパーコンピューティングサービス
- Advance/FrontFlow/redにおけるアドバンス／スーパーコンピューティングサービス
 - Advance/FrontFlow/red の改良
 - 検証計算
 - 並列処理性能評価

大規模計算の必要性

- ▶より複雑な or 微細な解析モデルでの計算
- ▶高精度の計算(シミュレーションから得られる最良の解)

流体解析に焦点を当てると、

- 乱流流れの高精度計算(DNS or LES)
- 大都市、地球規模(気象現象など)を対象とした流れ
- 微粒液体(噴霧等)の再現
- 乱流火炎の詳細計算

など

大規模計算とスーパーコンピュータの必要性

大規模モデル

- ▶より複雑な or 微細な解析モデル
- ▶高精度にするためのモデル

メッシュ数増
(数億規模)



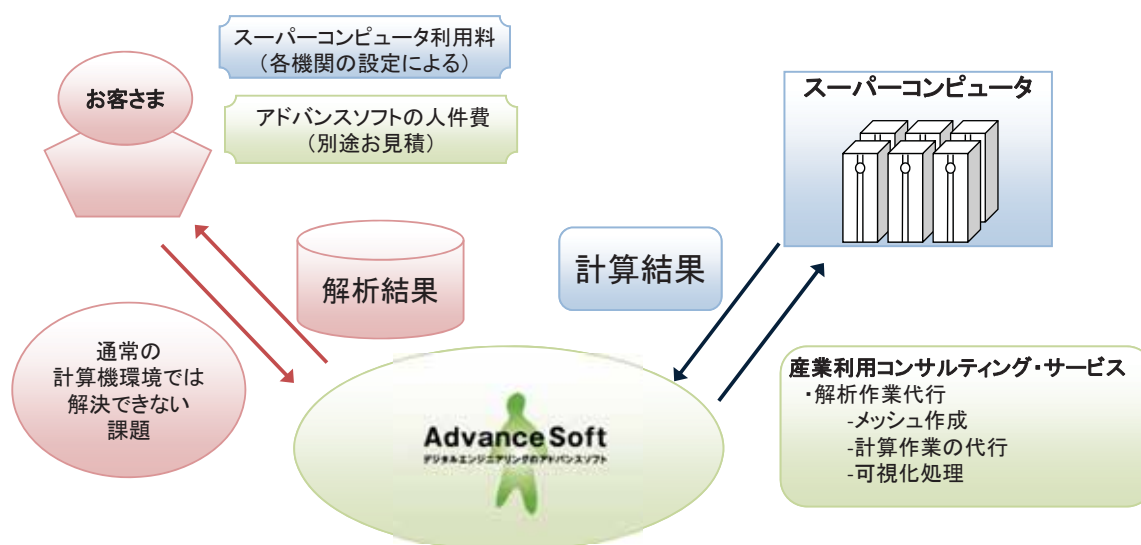
スーパーコンピュータを用いることで大規模なモデルも
高速に計算することが可能

アドバンス／スーパーコンピューティングサービス
(2015年10月より)

アドバンス／スーパーコンピューティング・サービス

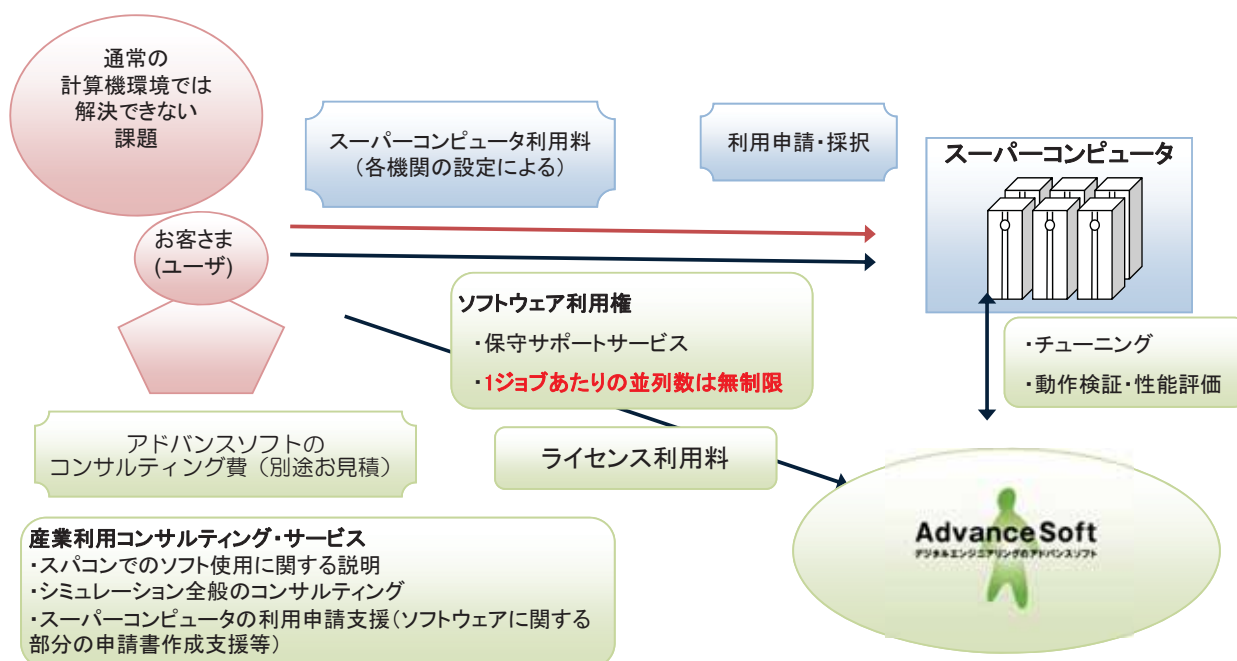
スーパーコンピュータでの利用形態(1)

○利用申請～解析までトータルでアドバンスソフトがサービスを提供する場合



スーパーコンピュータでの利用形態(2)

○お客さまご自身がスーパーコンピュータを利用される場合



スーパーコンピューティング・サービス

◆ 対象ソフトウェア

- 流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red
- 気液二相流解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/MP * ①のみ
- 構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR
- 音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise
- 第一原理計算ソフトウェア Advance/PHASE
- 3次元デバイスシミュレータ Advance/DESSERT * ②のみ

◆ 稼働環境

①スーパーコンピュータ「京」

利用申請先: 一般財団法人高度情報科学技術研究機構様
ヘルプデスク E-mail: helpdesk@hpci-office.jp

②大規模共有メモリシステムUV2000

利用申請先: 国立研究開発法人海洋研究開発機構様
有償利用担当 E-mail: es_apply@jamstec.go.jp

その他のスーパーコンピュータ利用について

◆ 対象ソフトウェア

- 流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red
- 気液二相流解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/MP
- 高速流解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/FOCUS
- 構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR
- 音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise
- 第一原理計算ソフトウェア Advance/PHASE
- 3次元デバイスシミュレータ Advance/DESSERT

◆ 稼働環境

① FOCUSスパコン

利用申請先: 公益財団法人計算科学振興財団様
業務運用グループ E-mail: unyo@j-focus.or.jp

② TSUBAME

利用申請先: 国立大学法人 東京工業大学様
共同利用推進室 E-mail: kyoyo@gsic.titech.ac.jp

動作確認済みのスパコンシステム

- 地球シミュレータ 大規模共有メモリシステム (UV2000)
- スーパーコンピュータ「京」
 - 検証は互換性のある計算機 (FX10) で実施
- FOCUSスパコン (Dシステム)

SGI UV2000



- 運営： 国立研究開発法人海洋研究開発機構 様
- 地球シミュレータに付属する大規模共有メモリスステム
移植及び性能検証を地球シミュレータ産業戦略利用プログラムで実施

ハードウェア	SGI UV2000
CPU	Intel Xeon E5-4650 v2
ノード数	1
CPU数	256
コア数	10 cores/CPU
メモリ容量	32 TB
演算性能	49.152 TFLOPS



画像提供：国立研究開発法人海洋研究開発機構 様

スーパーコンピュータ「京」



- 開発・システム運用： 国立研究開発法人理化学研究所
計算科学研究機構 様

計算ノード	CPU	SPARC64™ VIIIfx 2GHz
	CPU性能	128 GF (16 GF x 8 cores)
	メモリ容量	16 GB
筐体の数	864	
ノードの数	82,944	
ネットワーク	Tofu インターコネクト (6D Mesh/Torus)	
ピーク性能	10.62 PF	
メモリ容量	1.26 PB	
ファイルシステム	Fujitsu Exabyte File System (FEFS)	
ストレージ	30 PB	



- Top500** 2011年6月と11月に世界1位
- Graph500** 2014年6月と2015年7月に世界1位
- HPCG** 2014年11月と2015年7月に世界2位

FUJITSU PRIMEHPC FX10



- FX10(「京」と互換性をもつアーキテクチャ)への移植及び性能検証を一般財団法人高度情報科学技術研究機構様との共同研究で実施。

ハードウェア	FUJITSU PRIMEHPC FX10
CPU	SPARC64 IXfx
ノード数	48
CPU数	1 CPU/node
コア数	16 cores/CPU
メモリ容量	32 GB/node
演算性能	211.2 GFLOPS/node



FUJITSU PRIMEHPC FX10

画像は <http://www.fujitsu.com/jp/products/computing/servers/supercomputer/primehpc-fx10/> より

Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

FOCUSスパコン



- 運営： 公益財団法人計算科学振興財団 様
- 産業界専用の公的スーパーコンピュータ

ハードウェア	Cray H2312
CPU	Intel Xeon E5-2670 v2
ノード数	80
CPU数	2 CPU/node
コア数	10 cores/CPU
メモリ容量	64 GB/node
演算性能	400 GFLOPS/node



FOCUSスパコン

※ Dシステムの仕様

画像は <http://www.j-focus.or.jp/focus/> より

Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

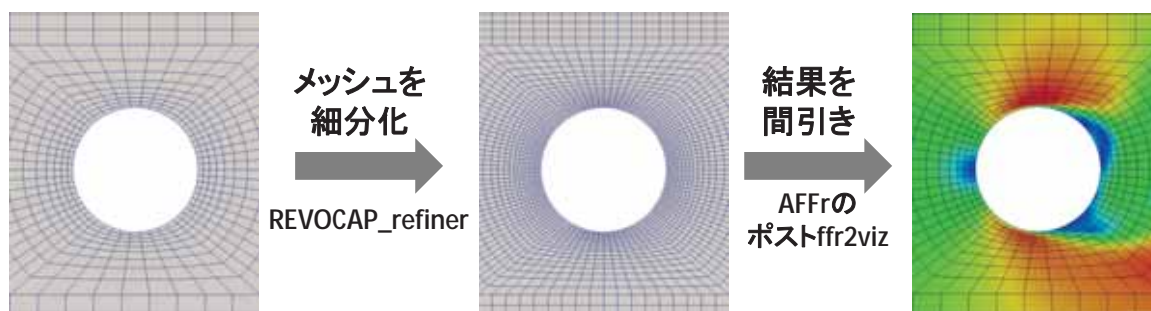
Advance/FrontFlow/redにおける アドバンス/スーパーコンピューティング・ サービス

Advance/FrontFlow/redの改良点

Ver5.2で追加された機能

- 格子数が数億規模のモデルでも解析可能なように改良
- 可視化ファイルの格子点を間引く機能を追加

メリット: 可視化ファイルのサイズ軽減



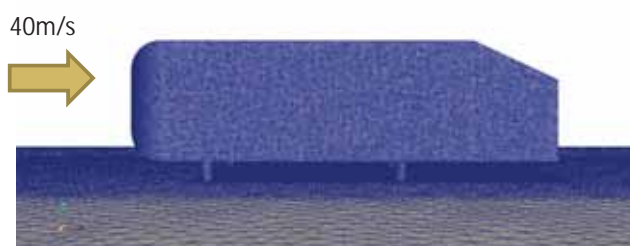
メッシュを密にして
高精度に計算

高精度かつ軽量な可視化
ファイルが得られる！

検証計算

検証モデル(1)

車体 (Ahmed body) 周りの空力解析



モデルの節点数、要素数

	要素数	節点数
なし	7,638,219	1,505,423
メッシュ細分化 (REVOCAP_Refiner)		
1回	75,448,584	11,771,974
2回	488,846,016	92,978,866

格子数約1億

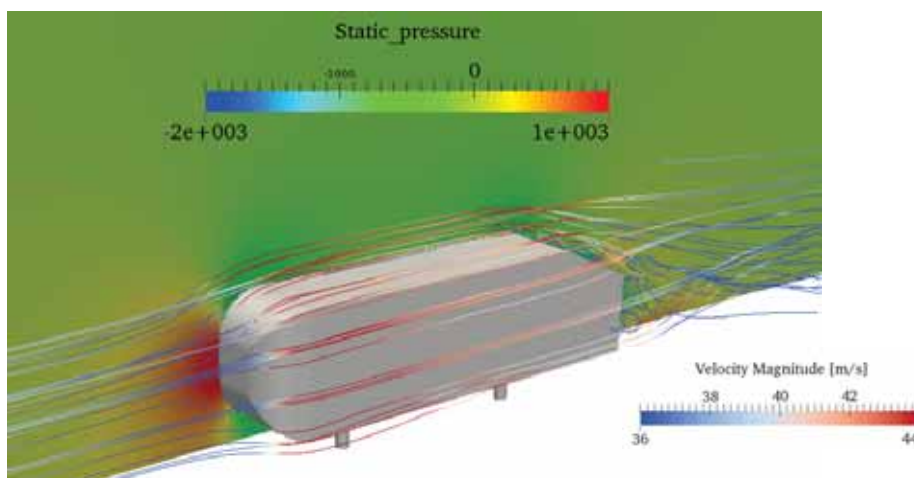
解析条件

乱流モデル : LES (標準Smagorinsky)
 差分スキーム : 2次中心差分
 時間積分 : Euler陰解法
 主流速度 : 40.0m/s
 流体 : 非圧縮流体

検証結果(1)

車体周りの静圧分布&流線
(リファイン2回、格子数約1億)

FX10で計算

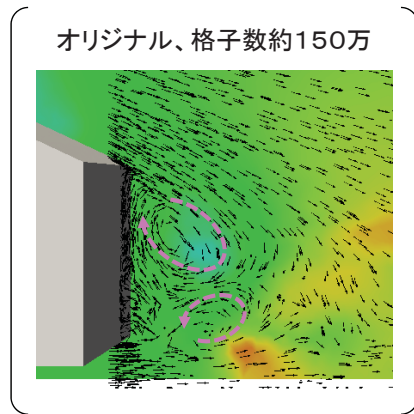
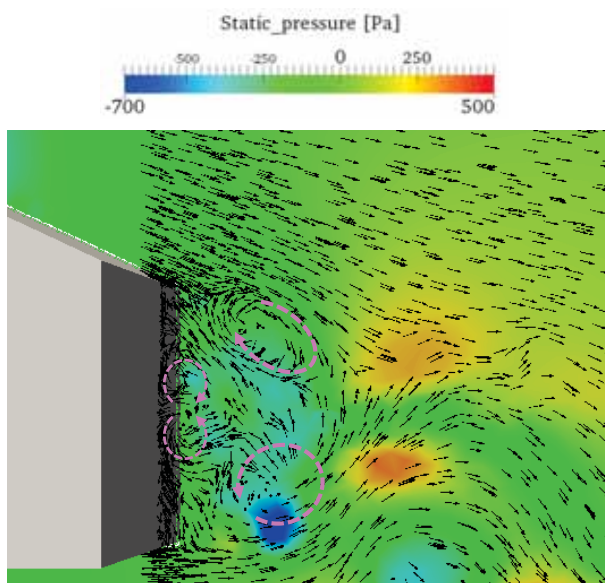


- 格子数約1億のモデルでも解析可能。
- UV2000でも同様の結果が得られている。

検証結果(1)

車体後方の静圧分布&速度ベクトル
(リファイン2回、格子数約1億)

FX10で計算

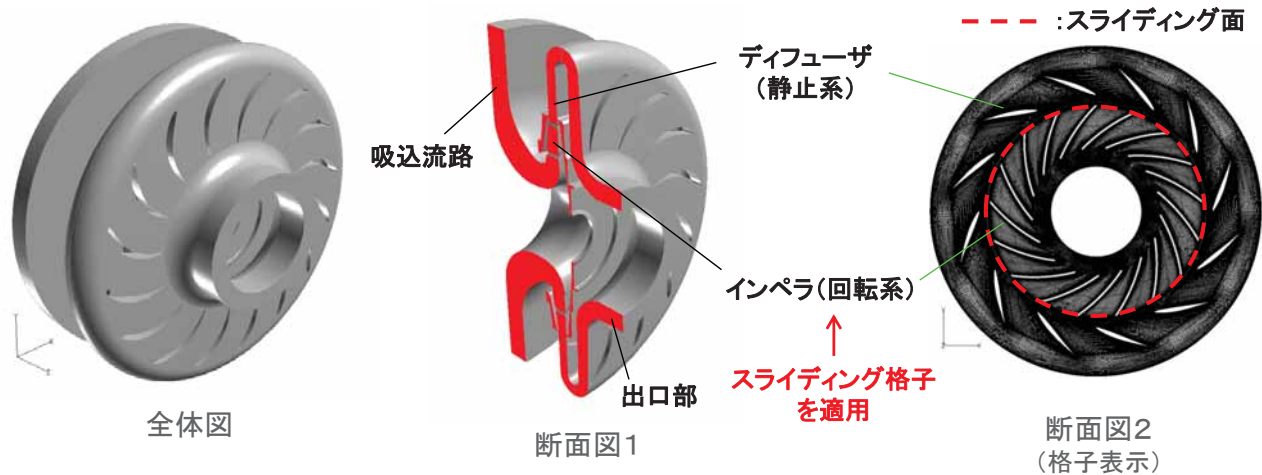


車体後方に発生する非定常渦もより明確にとらえることができる

検証モデル(2)

遠心圧縮機(回転系を含むモデル)

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



モデルの節点数、要素数

要素数	節点数
895,825	1,008,196

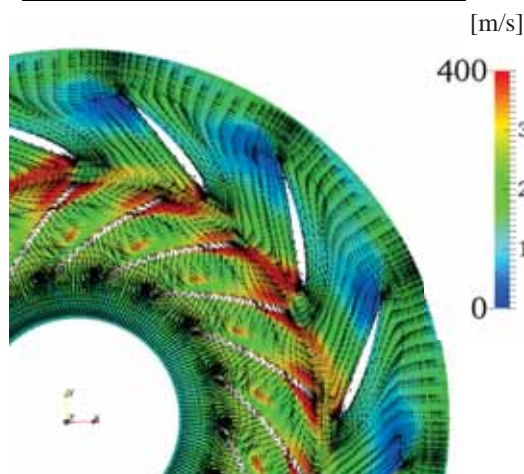
解析条件

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

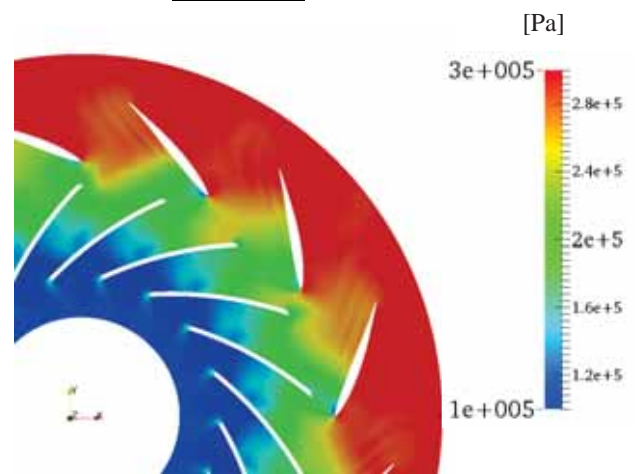
検証結果(2)

UV2000で計算

速度ベクトル&速度絶対値分布



圧力分布

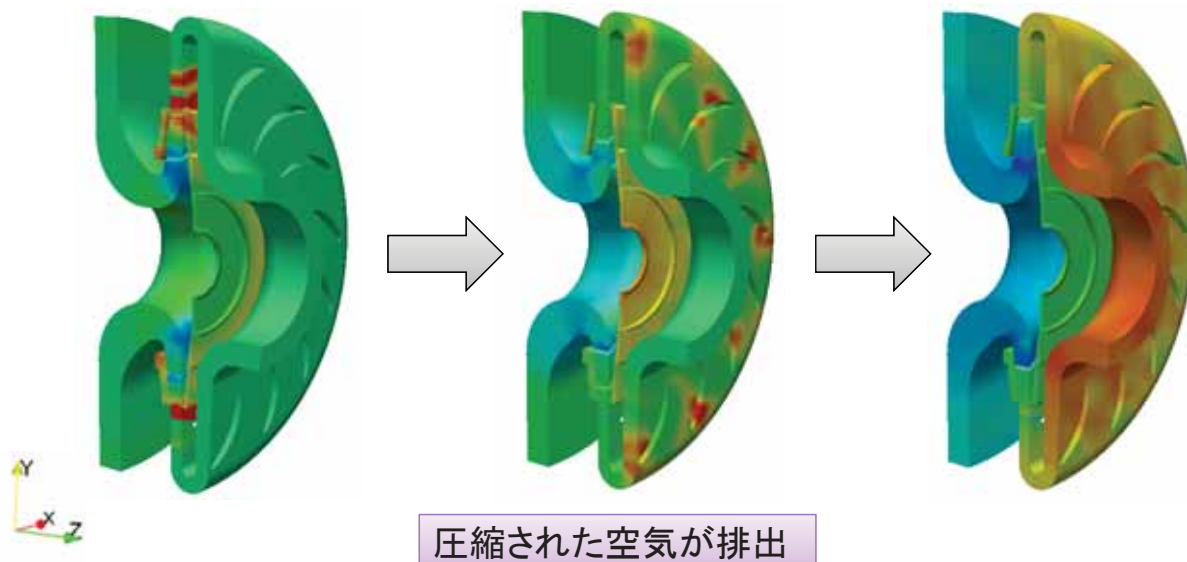
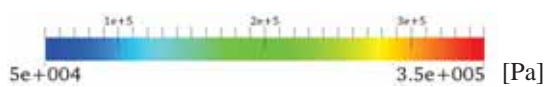


- 回転系(スライディング格子)を含んだモデルでも解析可能。
- FX10でも同様の結果が得られている。

検証結果(2)

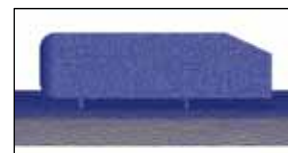
UV2000で計算

圧力分布

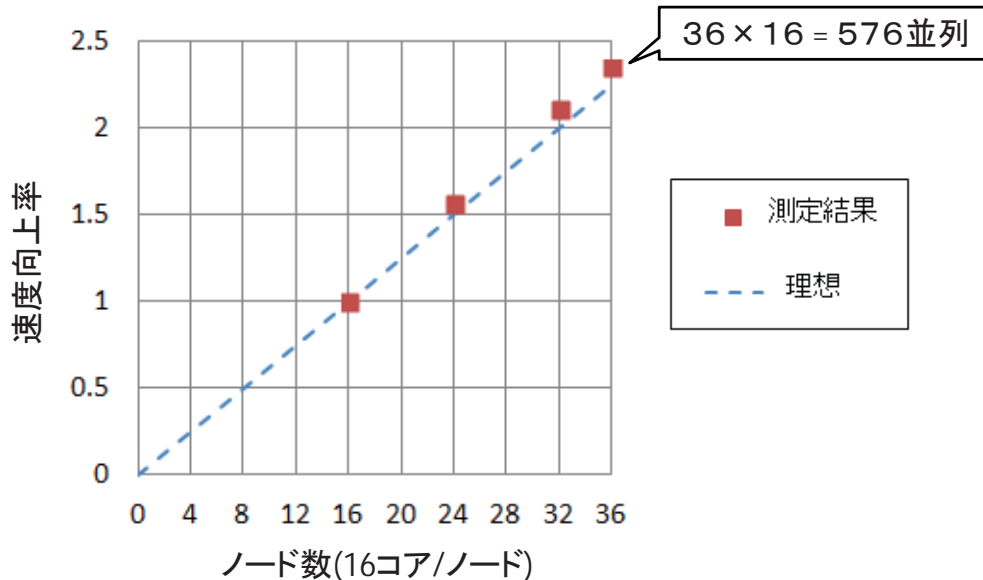


並列処理の性能評価

並列処理性能 (FX10)



モデルAhmed body (リファイン2回、節点数約1億)

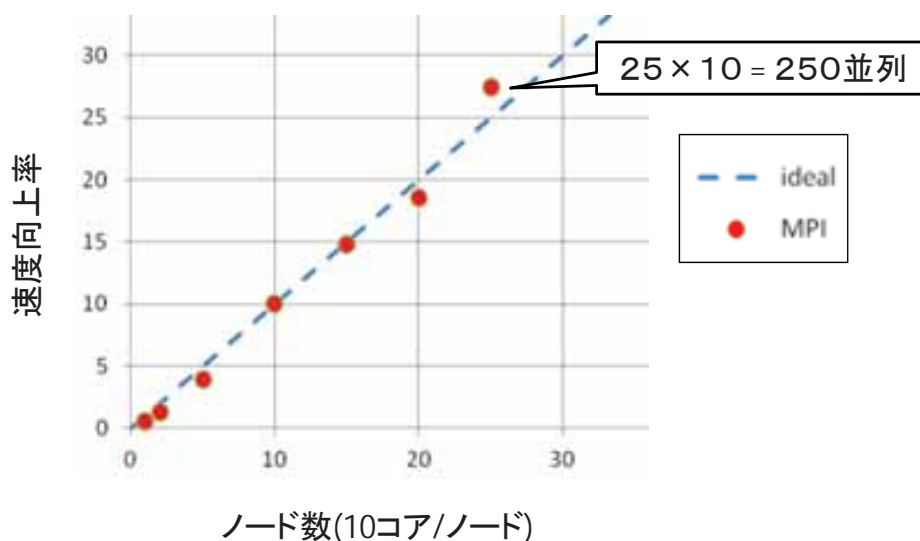


大規模モデルに対しても、並列性能を十分活用できることが期待できる

並列処理性能 (UV2000)



モデルAhmed body (リファイン1回、節点数約1千万)



大規模モデルに対しても、並列性能を十分活用できることが期待できる

まとめ

Advance/FrontFlow/red は

- 格子数が数億規模の大規模モデルでも解析可能。
- 並列処理における速度向上率は、FX10、UV2000ともにほぼ理想に近い値が得られている。
- 間引き機能により、大規模モデルでも従来通りの可視化が可能。

流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red の解析事例のご紹介

研究員 田中 洋一
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

紹介事例一覧

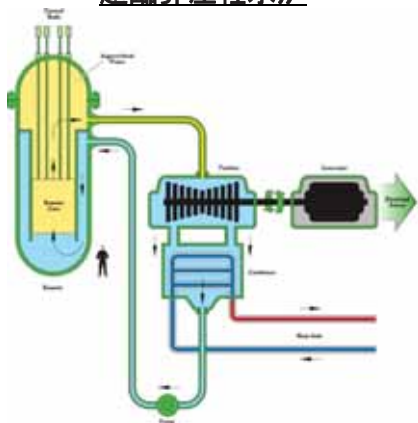
- 超臨界圧流体のクロスフロー量への影響評価
（国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構様）
- IFMIF リチウムターゲット施設の工学設計のための熱流動解析
（国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構様）
- ドラム缶に係る可燃性蒸気対流シミュレーション分析
（消防庁危険物保安室様）

超臨界圧流体のクロスフロー量への影響評価

目的

超臨界圧軽水炉の炉心燃料集合体内サブチャンネルを単純流路形状で簡略模擬した体系で評価解析を行い、サブチャンネルに発生するクロスフロー現象の発生機構、クロスフロー量に及ぼす流量の影響、並びにクロスフロー発生時のサブチャンネル内乱流構造を数値的に明らかにする。

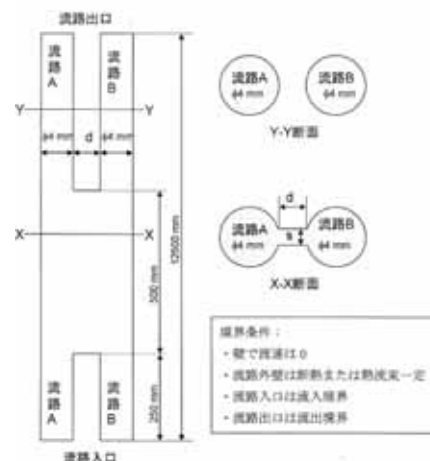
超臨界圧軽水炉



ウィキペディア

<https://ja.wikipedia.org/wiki/超臨界圧軽水冷却炉> より

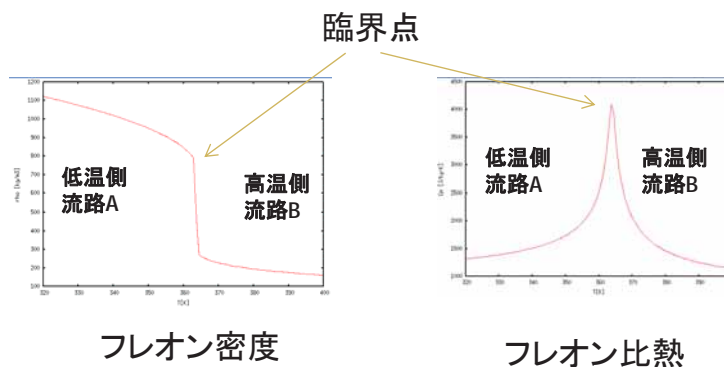
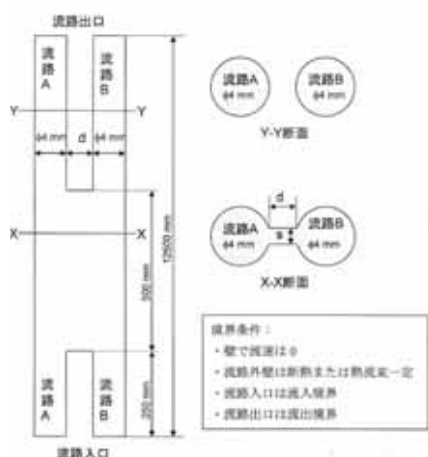
超臨界圧 (230気圧以上) まで加圧した水を冷却材として使用



解析体系の概略

[解析モデル]

ケース番号	s [mm]	d [mm]	入口流量 [kg/m ² s]	流路A 入口温度 [°C]	流路B 入口温度 [°C]	作動流体
1	1	2	1000	85(358.15K)	115(388.15K)	フロン
2	1	4	1000	85(358.15K)	115(388.15K)	フロン
3	0.5	2	1000	85(358.15K)	115(388.15K)	フロン

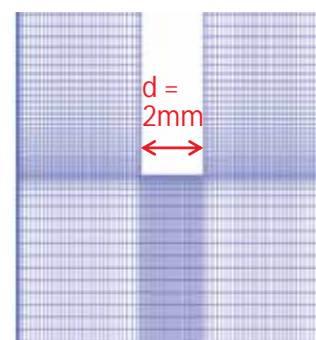
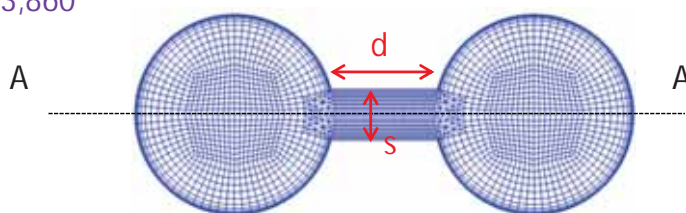


[格子分割仕様]

ケース1:
(s,d) = (1, 2)
格子数: 3,860

分岐部分

A-A断面

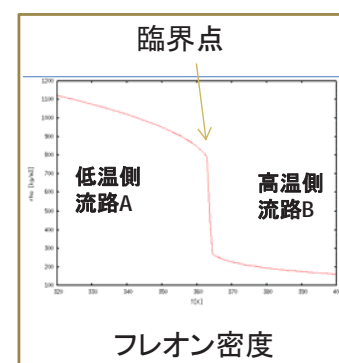
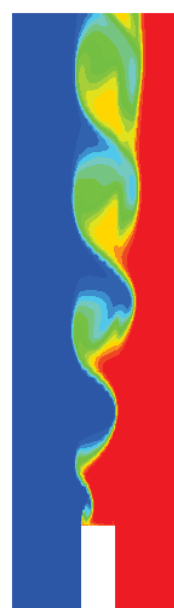
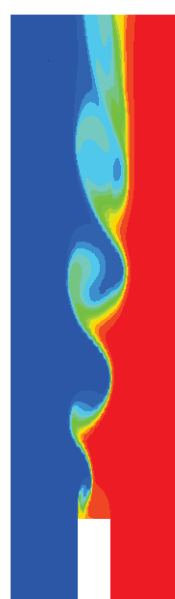
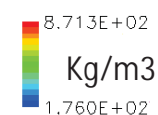


鉛直方向領域	鉛直方向長さ[mm]	鉛直方向分割数	格子数		
			ケース 1	ケース 2	ケース 3
入口側の円筒領域	400	200	660,000	660,000	654,400
矩形領域	500	1259	4,859,740	5,564,780	4,522,328
出口側の円筒領域	100	100	330,000	330,000	327,200
全体	1000	1559	5,849,740	6,554,780	5,503,928

[解析手法]

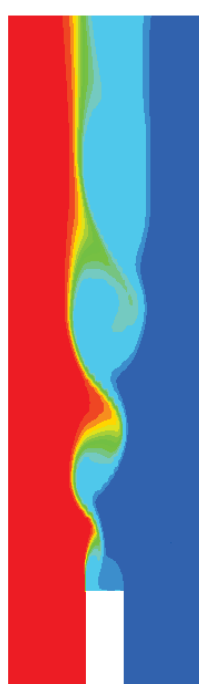
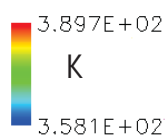
ソルバー	Advance/FrontFlow/Red
支配方程式	非定常圧縮性NS方程式
乱流モデル	SST k- ω
運動方程式、エネルギー方程式及び質量保存方程式の時間積分法	オイラー陰解法
運動方程式、エネルギー方程式及び質量保存方程式の移流項スキーム	2次精度風上差分法
速度-カップリング	SIMPLEC法
時間刻み[sec.]	2e-5
状態方程式	ユーザー定義関数でフレオンの密度、比熱、輸送係数等熱物性を表現した。

計算結果 密度

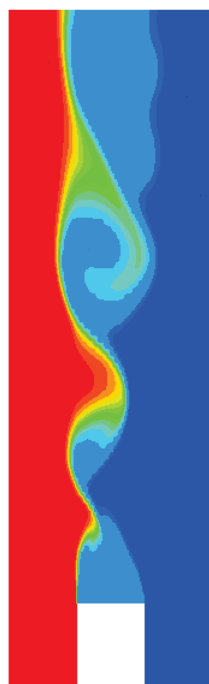


S,dの違いで周期の異なるクロスフロー状態が形成される。

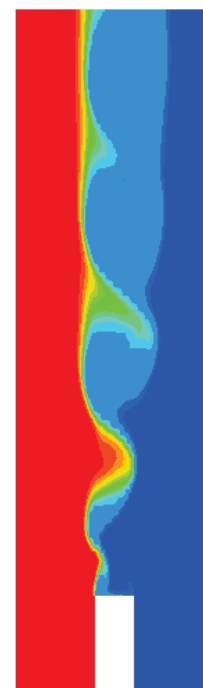
計算結果 温度



Case1

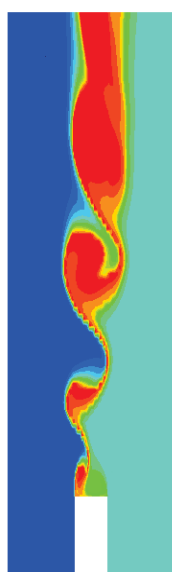


Case2

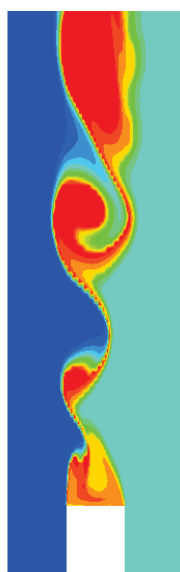


Case3

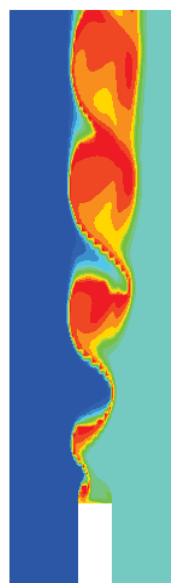
計算結果 比熱



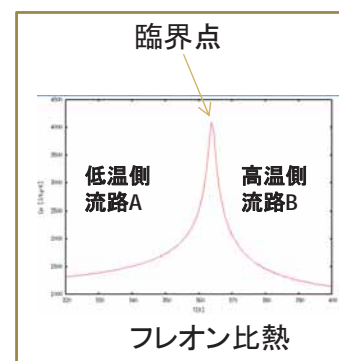
Case1



Case2

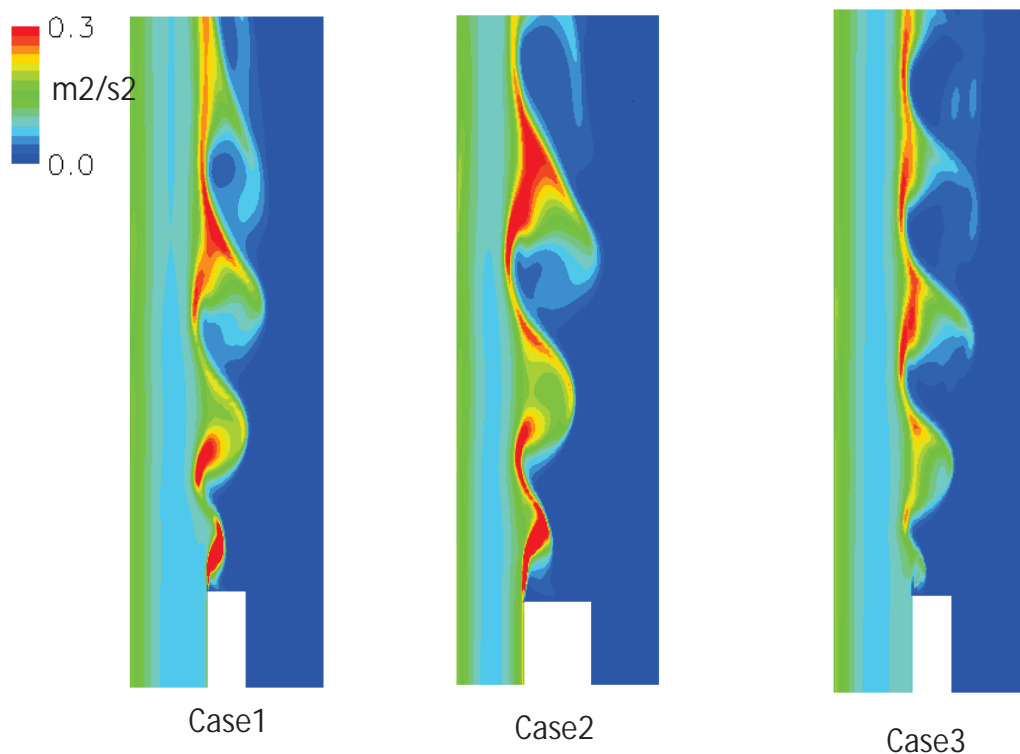


Case3

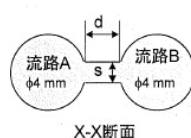
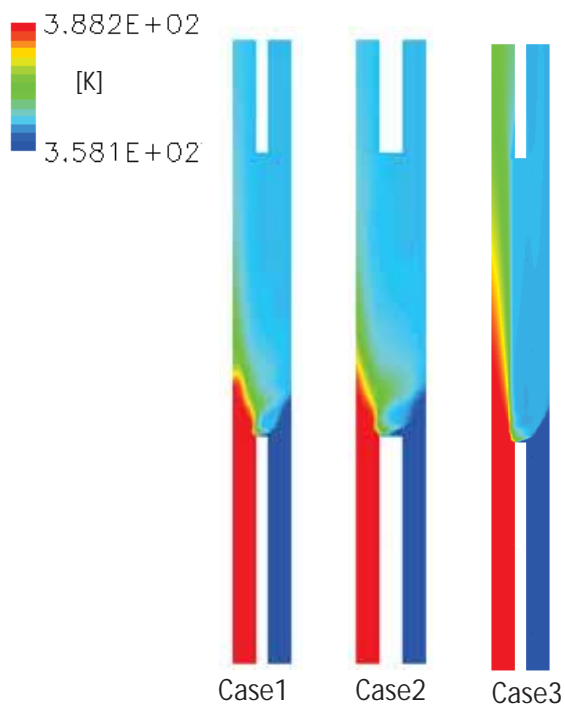


臨界点をまたいだ混合のため
流路中心付近で比熱が極大値をとる。

計算結果 乱流エネルギー



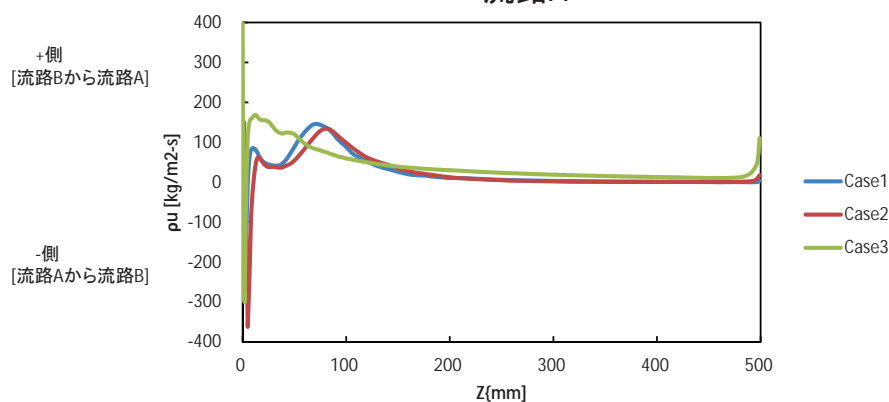
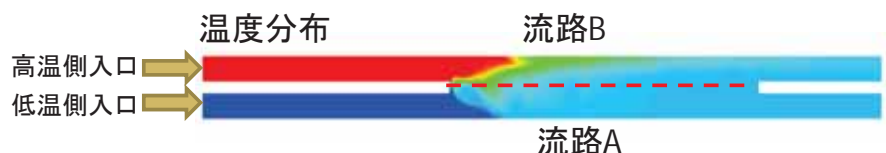
温度 統計平均 水平断面 全体図



ケース番号	s [mm]	d [mm]
1	1	2
2	1	4
3	0.5	2

Sの値が小さいケース3は
温度の混合が他のケースに比べて
遅れている。

流量配分 3ケース比較



流路	ケース1	ケース2	ケース3
流路A出口	1065.4kg/m ² ·s	1046.3kg/m ² ·s	1145.3kg/m ² ·s
流路B出口	934.6kg/m ² ·s	953.7kg/m ² ·s	854.7kg/m ² ·s

まとめ

Advance/FrontFlow/redの圧縮性スキームを使用することで臨界点をまたいだ温度混合現象が解析できる。

流路形状の違いにより異なるクロスフロー現象を捉える事ができ、流路幅sの違いが流量に大きく影響することが分かった。

謝辞

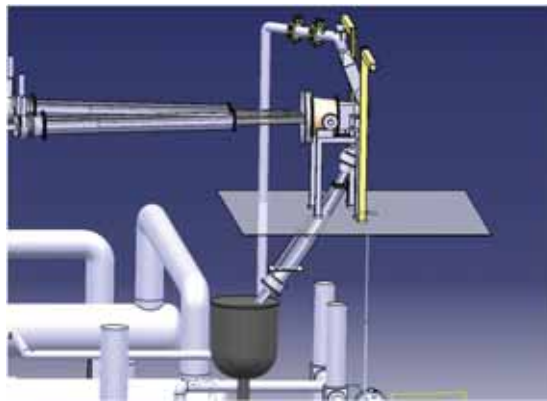
事例紹介に関連して
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構様に
多大なるご協力をいただきました。
この場をお借りして、改めてお礼申し上げます。

IFMIF リチウムターゲット施設の工学設計 のための熱流動解析

目的

独立行政法人 日本原子力研究開発機構
ナトリウム機器構造第一試験室
IFMIF照射・試験施設開発グループ殿ご提供

国際核融合材料照射施設 (IFMIF) の工学実証・工学設計活動 (EVEDA) で実施される IFMIF 実機のリチウム (Li) ターゲット施設の工学設計では熱、流体、真空等、種々の挙動を予測することが必要である。ターゲット施設と他の施設とのインターフェイスとなるために早急に解明しておくべき挙動を Advance/FrontFlow/red の VOF 法を用いて計算評価した。

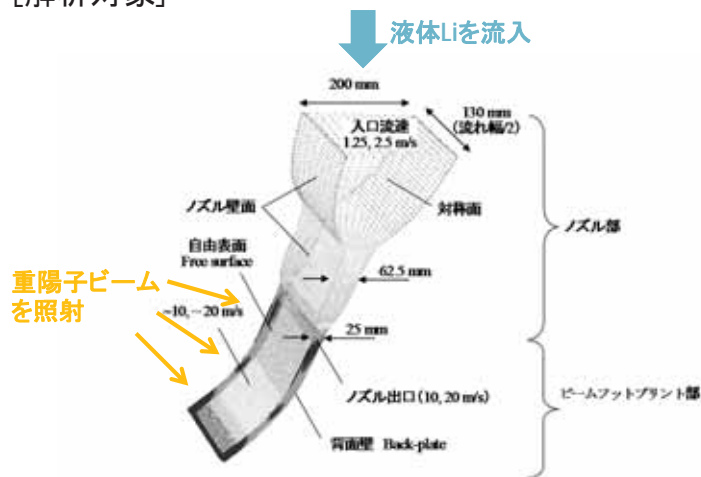


IFMIF概略図



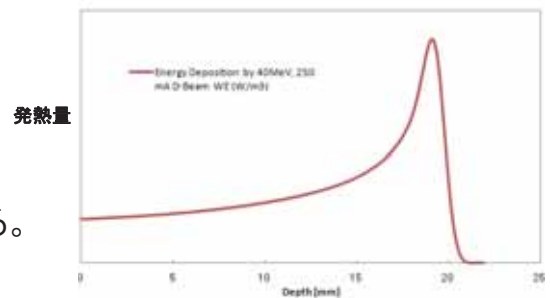
解析モデル

[解析対象]



独立行政法人 日本原子力研究開発機構
ナトリウム機器構造第一試験室
IFMIF照射・試験施設開発グループ殿ご提供

重陽子ビーム照射によるLi発熱は Li自由表面からの深さに応じて右図のように与えられる。



VOF法で求めた自由表面位置からの距離関数を解くレベルセット法を協調的に使用することで発熱量を与えた。

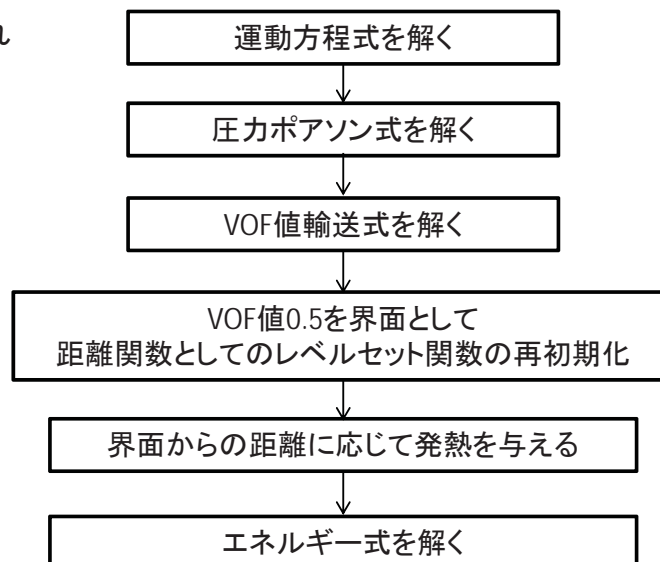
[解析手法 1]

ソルバー	Advance/FrontFlow/Red
支配方程式	非定常非圧縮性NS方程式
乱流モデル	RNG k-ε
運動方程式、エネルギー方程式及び質量保存方程式の時間積分法	オイラー陽解法
運動方程式、エネルギー方程式及び質量保存方程式の移流項スキーム	1次精度風上差分法
速度-カップリング	SIMPLEC法
時間刻み[sec.]	1e-4
状態方程式	ユーザー定義関数でLiの密度、比熱、輸送係数等熱物性を表現した。

[解析手法 2]

VOF値輸送式の移流項スキーム	CICSAM法
VOF値輸送式の時間積分法	オイラー陽解法

計算流れ

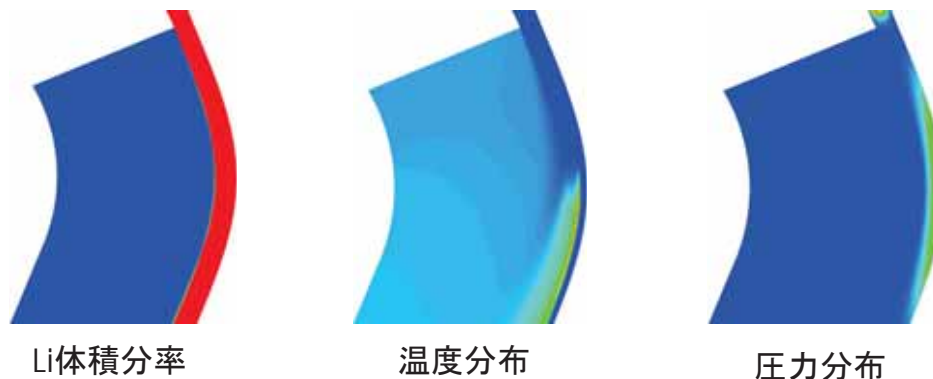


[解析結果]

VOF法とLevel Set法を協調的に利用することで
Li自由表面と温度場のふるまいを把握することに成功

独立行政法人 日本原子力研究開発機構
ナトリウム機器構造第一試験室
IFMIF照射・試験施設開発グループ殿ご提供

湾曲部(重陽子ビーム照射部)のLi流動結果



成果 変動する自由表面からの深さに応じた発熱分布を有する液体リチウム流内での温度と圧力の分布を計算でき、リチウムが沸騰しないことを明らかにした。

謝辞

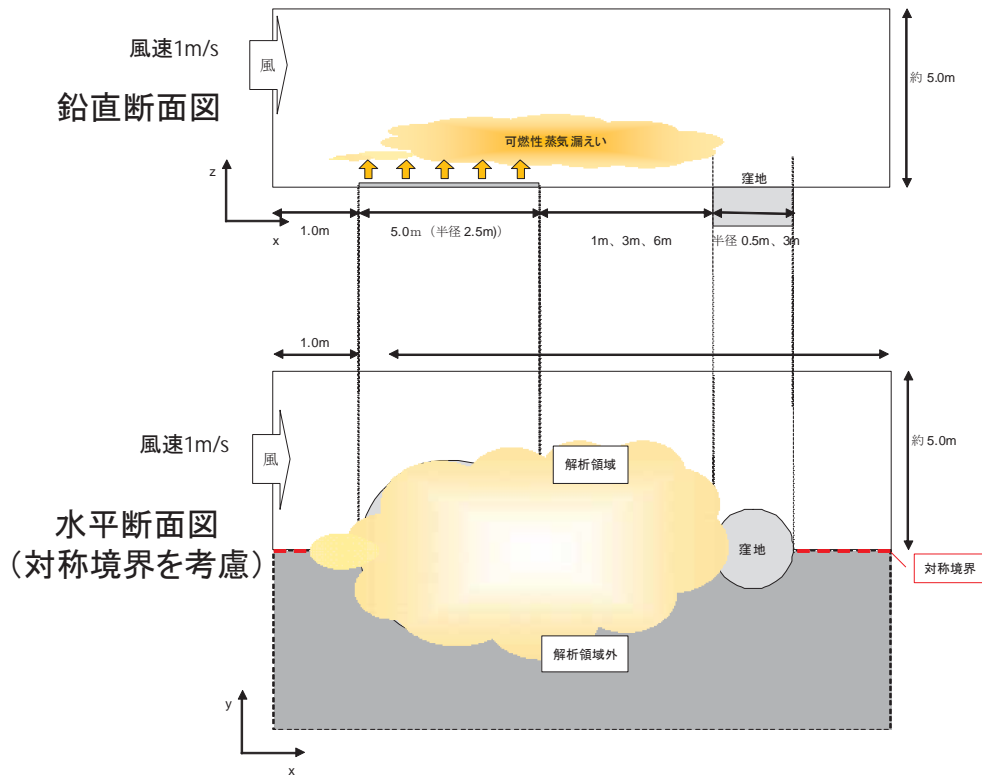
事例紹介に関連して
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構様に
多大なるご協力をいただきました。
この場をお借りして、改めてお礼申し上げます。

ドラム缶に係る 可燃性蒸気対流シミュレーション分析

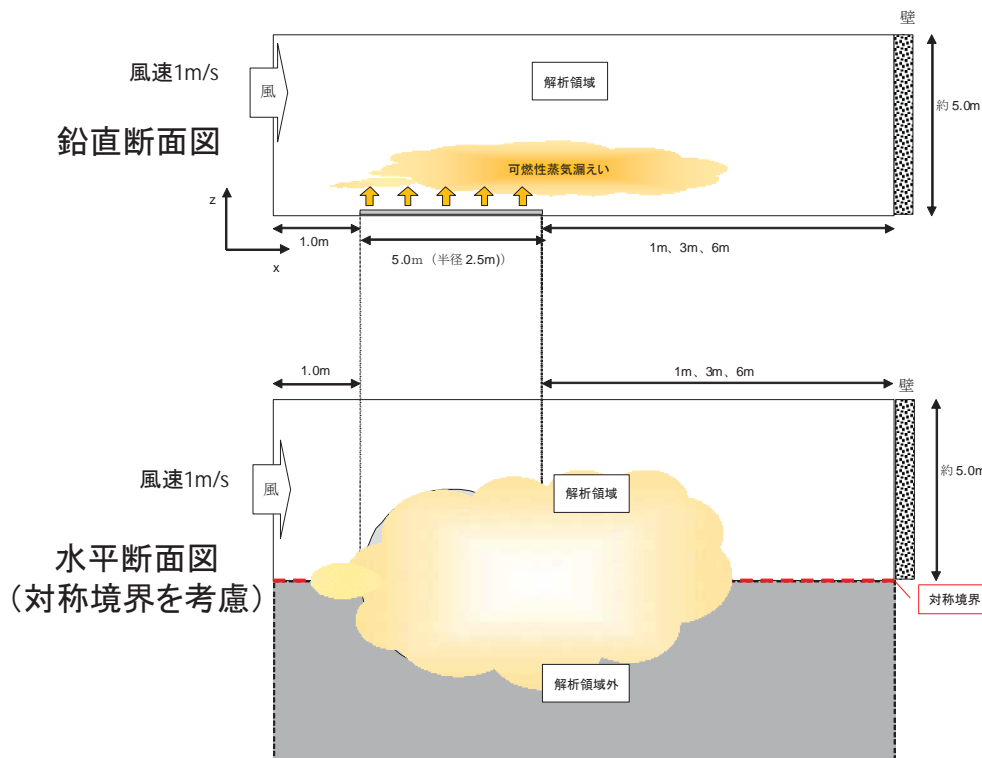
背景

- 東日本大震災の際、被災地における燃料の不足等から、臨時的に車両・重機等へのドラム缶からの供給や貯蔵が多く行われた。これらについての統一的な安全対策として、ドラム缶の集積・貯蔵に係る保有空地、数量、環境等の目安及びドラム缶からの給油に係る保有空地、換気環境、静電気対策等の目安等を検討するため、ドラム缶によるガソリン及び軽油の貯蔵、取扱いに係る可燃性蒸気の滞留範囲について明らかにすることを目的とする。

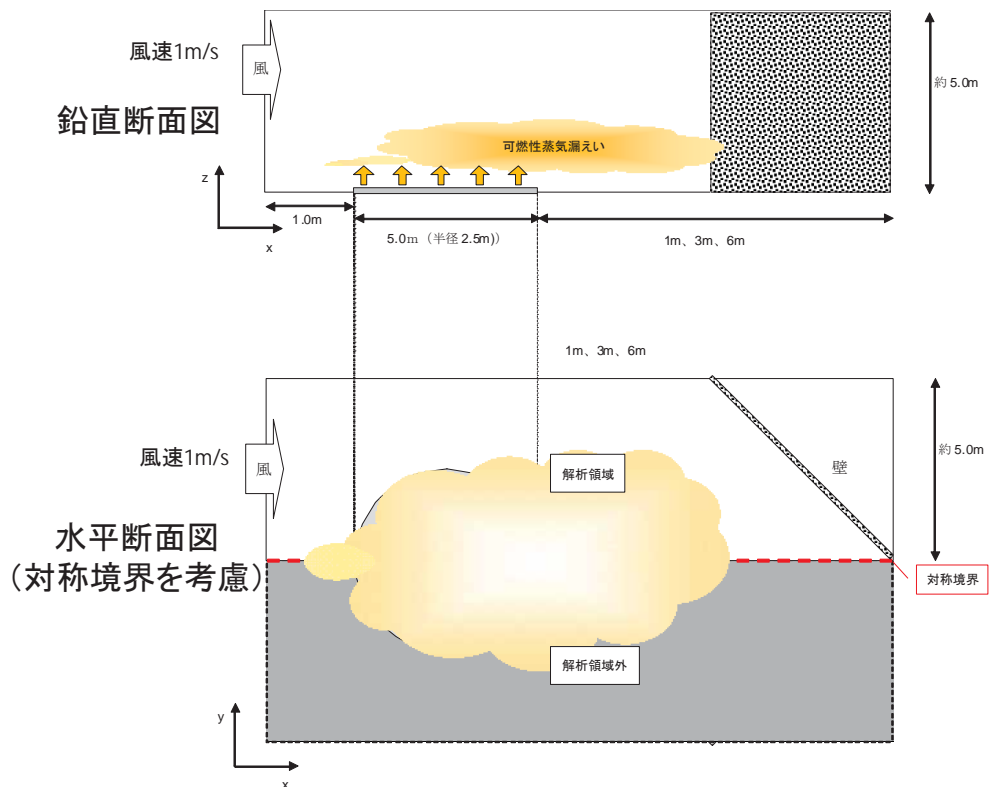
解析モデル(窪地)



解析モデル1(下流に壁が1枚)



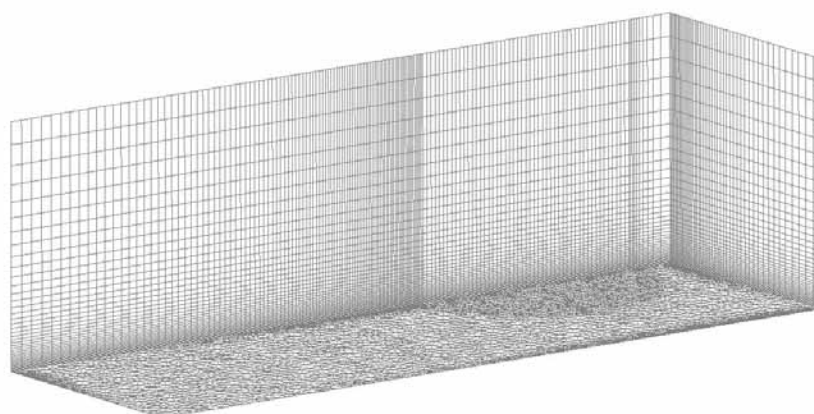
解析モデル(下流に壁が2枚)



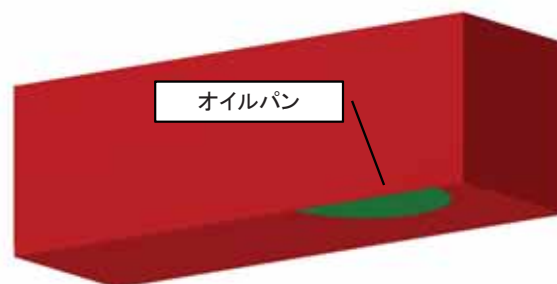
解析モデル(壁2枚に窪地)



基本的な計算格子

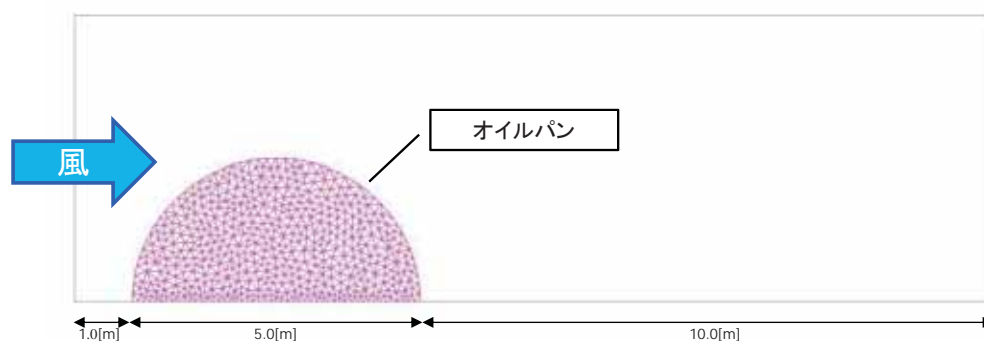


計算格子図(格子点数: 205720)



解析モデル図

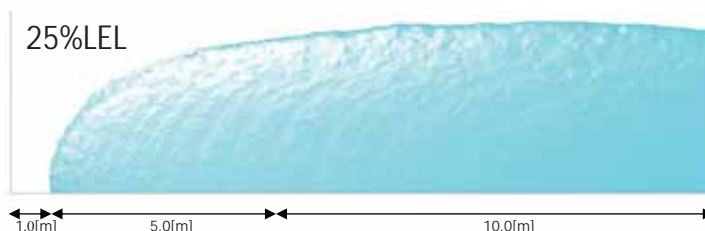
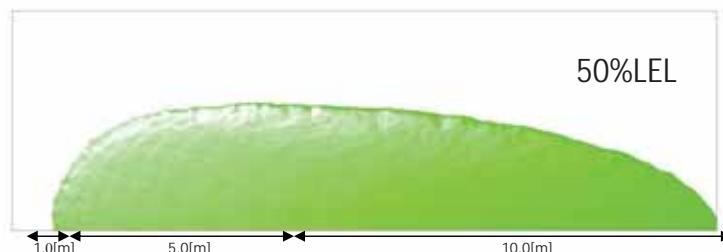
解析結果



解析結果出力断面(水平)

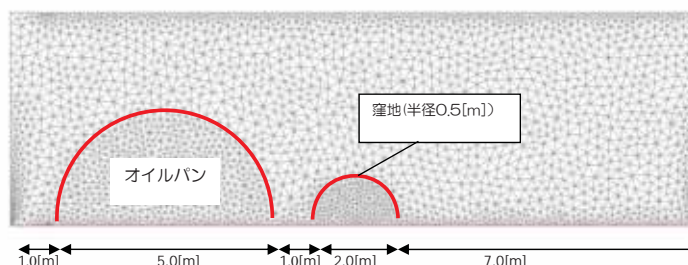
解析結果(平地で壁無し)

風速1.0[m/s]、気温32[°C]



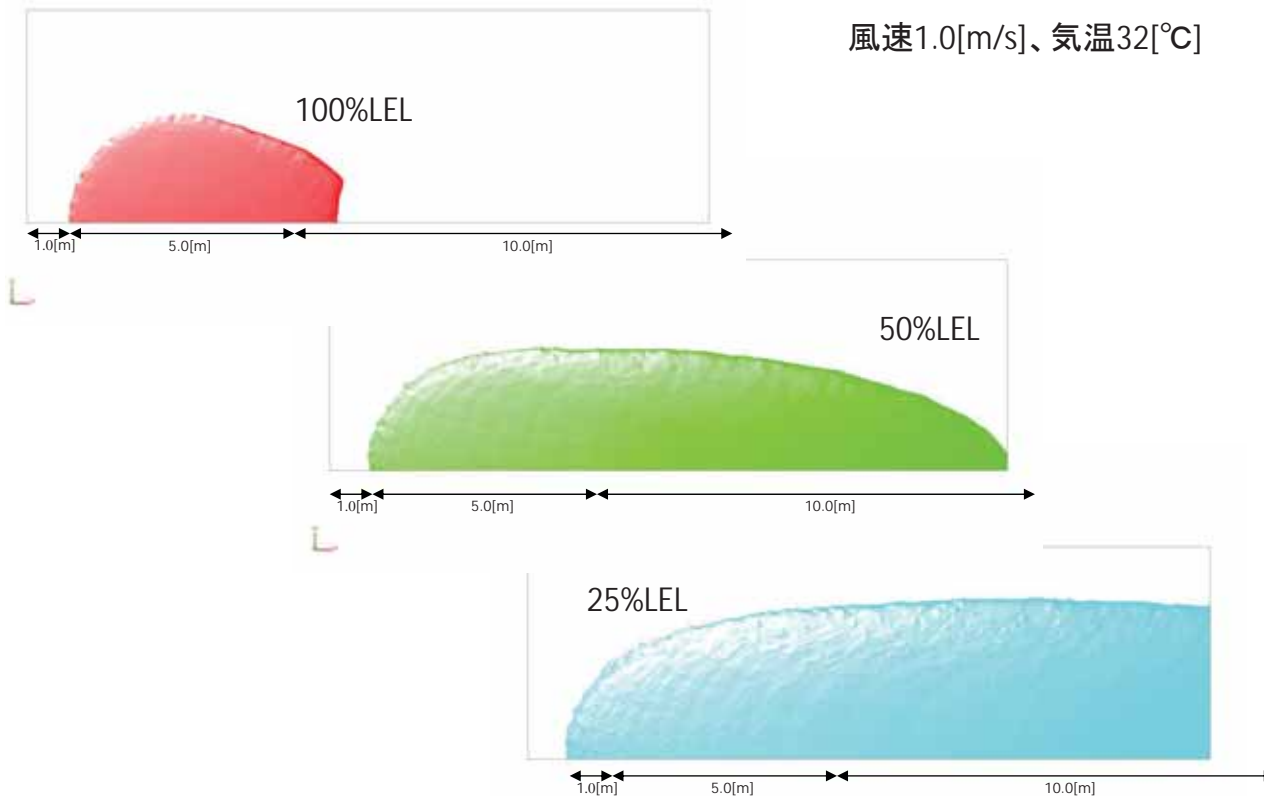
解析結果(窪地)

風速1.0[m/s]、気温32[°C]



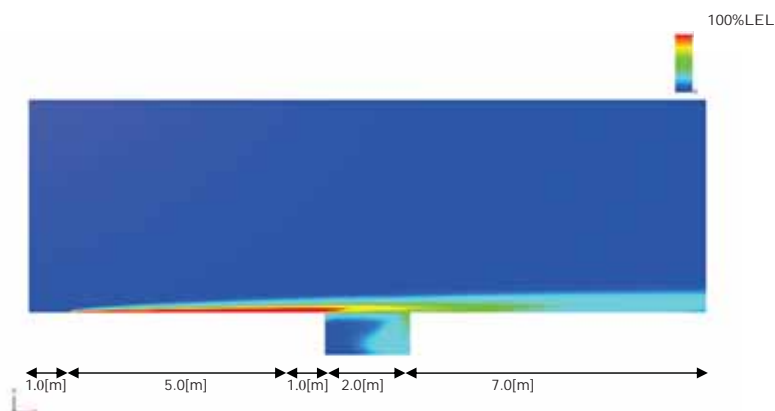
解析結果(窪地)

風速1.0[m/s]、気温32[°C]



解析結果(窪地)

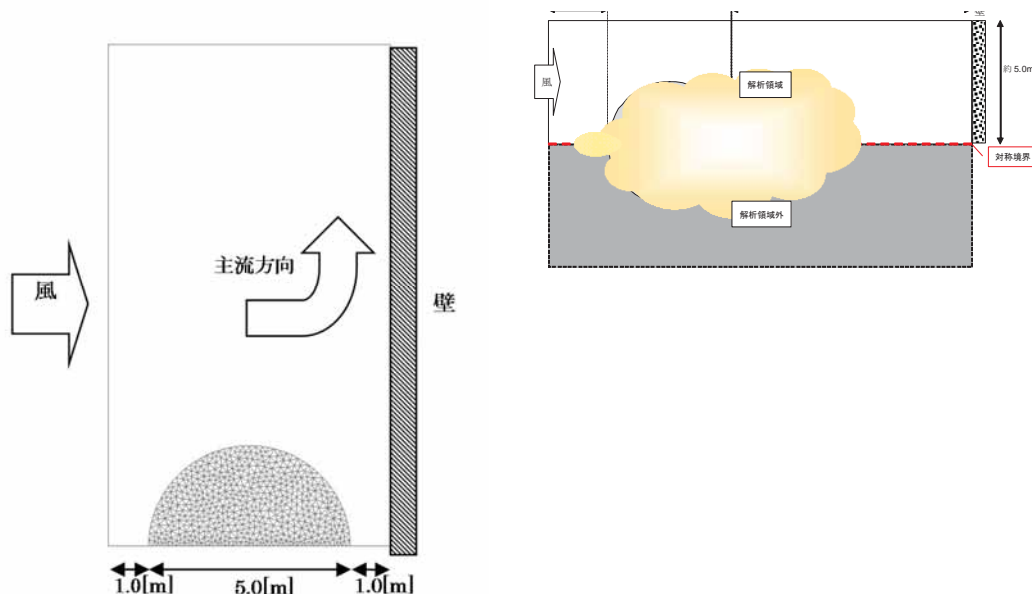
風速1.0[m/s]、気温32[°C]



中央鉛直断面濃度分布図

解析結果(下流に壁1枚)

風速1.0[m/s]、気温32[°C]



解析結果(下流に壁1枚)

100%LEL

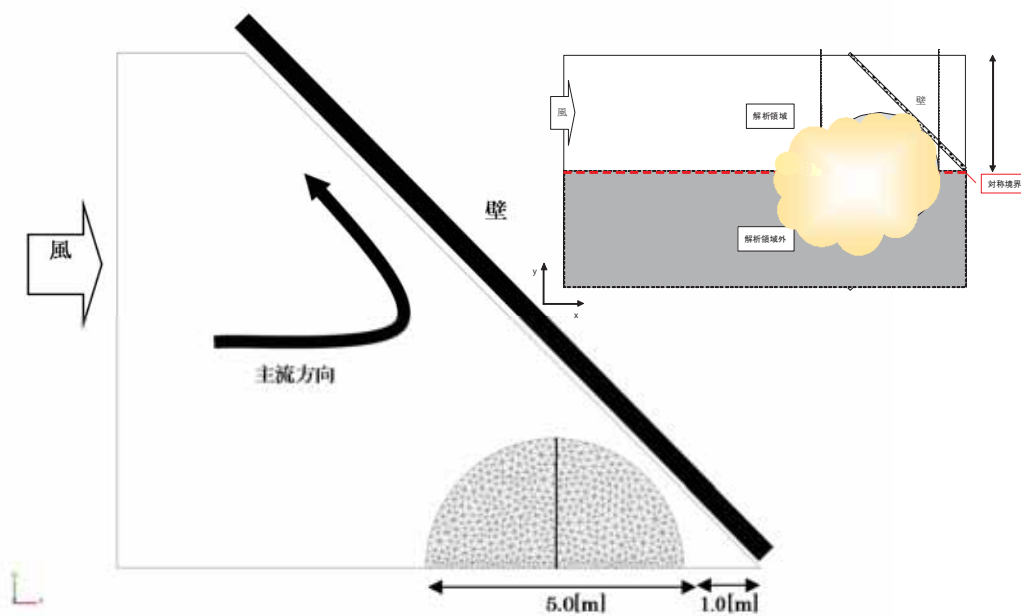
50%LEL

25%LEL

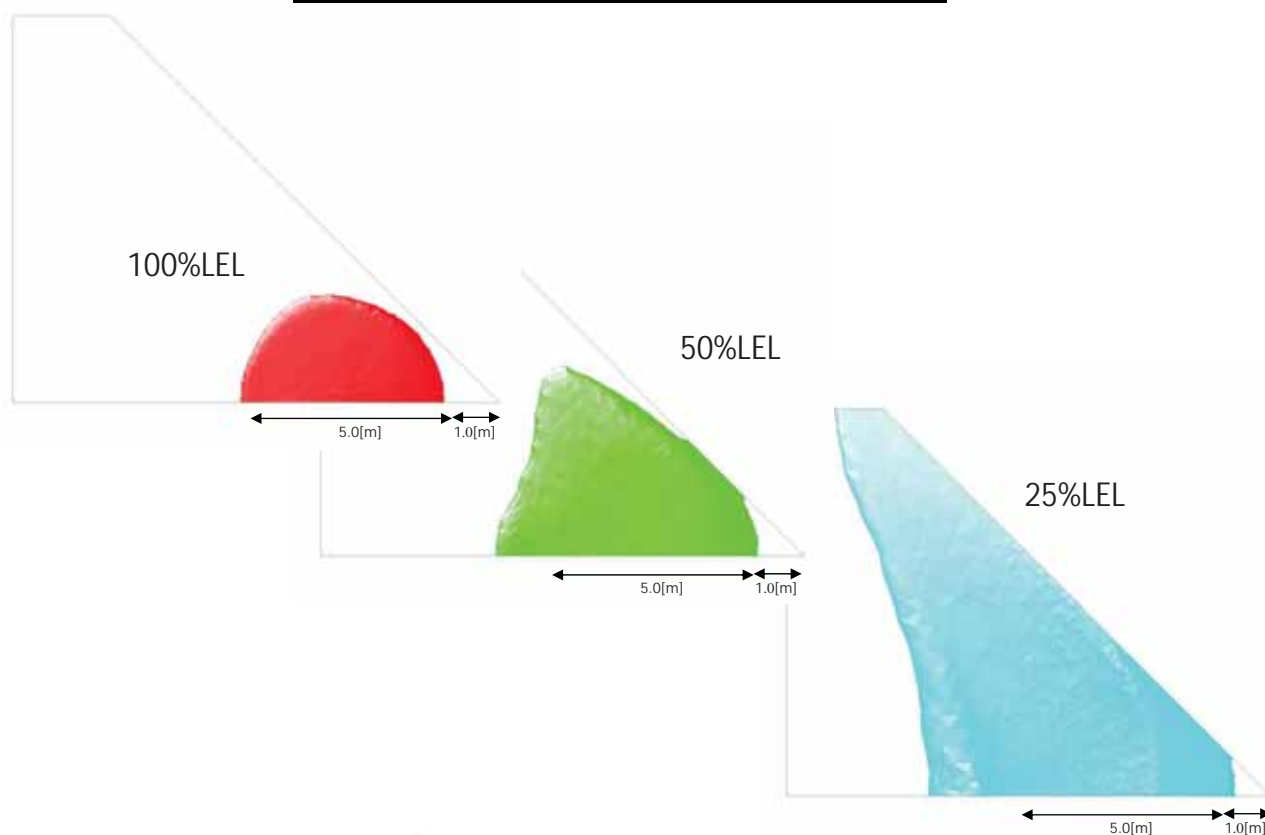


解析結果(下流に壁2枚)

風速1.0[m/s]、気温32[°C]



解析結果(下流に壁2枚)



まとめ

- ドラム缶からガソリン及び軽油が流出したことを想定し、地表面に円形(直径5m)のオイルパンを設置した場合について可燃性蒸気の挙動をシミュレーションし、可燃性範囲について検討・評価した。さらにオイルパンの下流側に窪地や壁がある場合についても検討をおこなった。

謝辞

事例紹介に関連して
消防庁危険物保安室様に
多大なるご協力をいただきました。
この場をお借りして、改めてお礼申し上げます。

汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAPのご紹介

主任研究員 徳永 健一

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

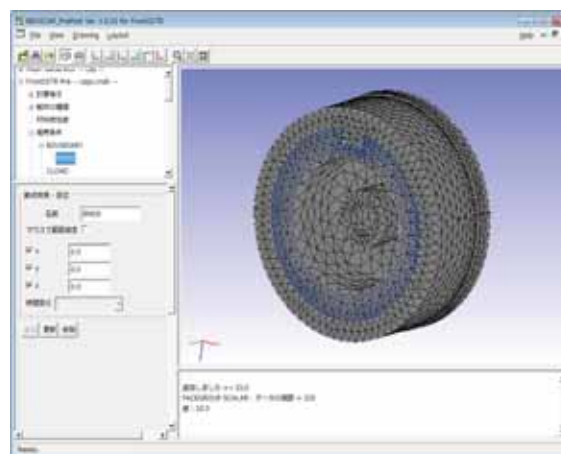
Advance/REVOCAP とは

有限要素法、有限体積法を用いた構造解析ソフト及び流体解析ソフトのための汎用プリポストプロセッサです。

特にAdvance/FrontFlow/redとAdvance/FrontSTRの専用の入力GUIを備え、解析者の手間を削減します。

その他、Advance/FrontFlow/MP、Advance/FrontFlow/FOCUSおよびAdvance/FrontNoise に対応しています。

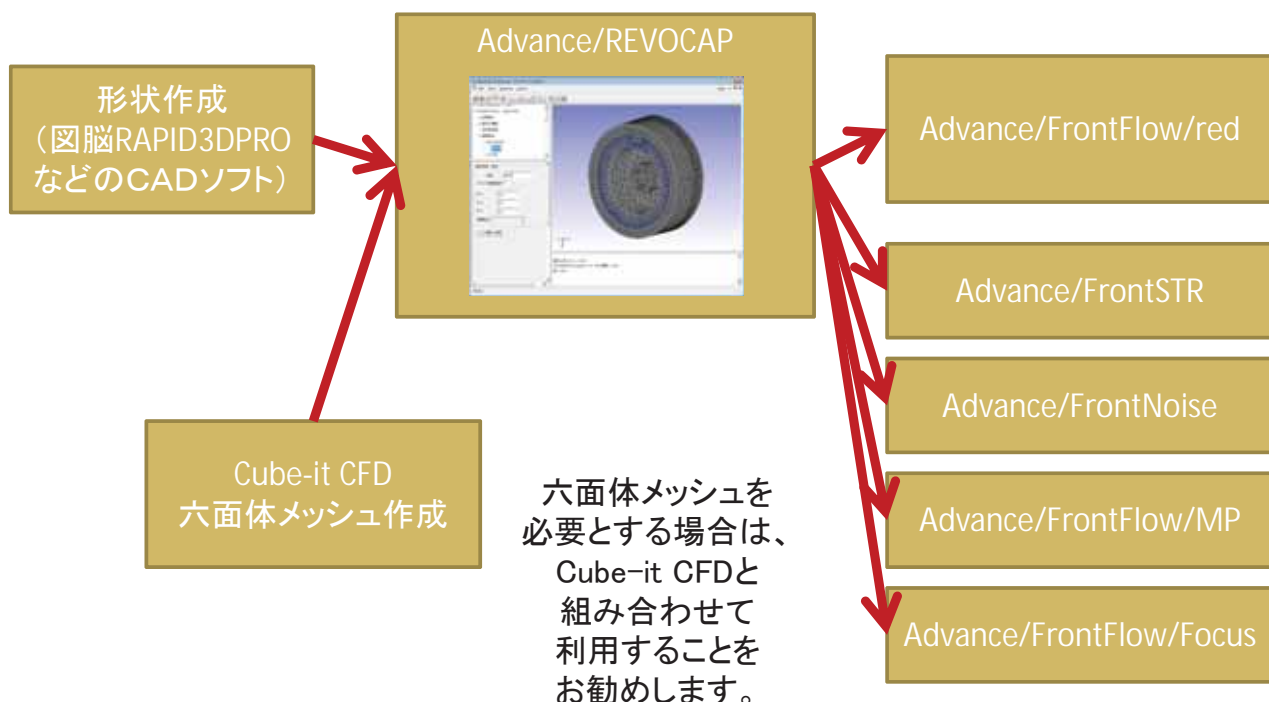
文部科学省次世代IT基盤構築のための研究開発「革新的シミュレーションソフトウェアの研究開発」プロジェクトで開発された、連成解析用のプリポストプロセッサ REVOCAP_Visual、および文部科学省次世代IT基盤構築のための研究開発「イノベーション基盤シミュレーションソフトウェアの研究開発」で開発されたREVOCAP_PrePostをアドバンスソフトが機能を拡張して商品化したものです。



Advance/REVOCAPの開発経緯

	2005-2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
革新PJ REVOCAP_Mesh REVOCAP_Visual	→ 連成解析用 プレポストプロセッサ								
イノベーション PJ REVOCAP_PrePost		→ 大規模アセンブリ構造対応 プレポストプロセッサ							
アドバンス版 Advance/REVOCAP		▲ 7月 v2.0 FFr	▲ 7月 v2.2 FSTR	▲ 8月 v2.3 FFr FSTR	▲▲ 7月 V3.0 FFr FSTR	▲▲ 12月 V3.1 FSTR シェル	▲ 2月 V3.2 FFr FOCUS Noise	▲ 9月 V4.0 FFr MP FSTR	

弊社のソルバー、他のツールとの関係



Advance/REVOCAP for FFr の基本機能

メッシュ生成機能

STL、IGES、STEP形式の形状データファイルから四面体要素自動生成
局所細分機能

境界条件設定機能

壁、流入、流出、周期、スライディング、流れ内部など

計算モデルの設定

K- ϵ 、k- ω 、LESなど

物性値の編集と設定

流体物性、固体物性、化学種、化学反応など
データベースから入力可能

解析条件設定機能

出力オプション、時間積分、リスタートなど

ポスト処理

カラーコンター、変形、断面
アニメーション作成支援

Advance/REVOCAP Ver.4.0 の新機能

最新バージョンのソルバーに対応

Advance/FrontFlow/red Ver.5.2

Advance/FrontSTR Ver.5.1

その他、Advance/FrontNoise、Advance/FrontFlow/MP、
Advance/FrontFlow/FOCUSの最新版へ対応予定

距離関数によるメッシュ生成機能

二相流解析の結果の固相分布、フェーズフィールド法の結果の秩序変数を用いた
メッシュ生成も可能

局所メッシュ細分機能

領域指定、解析結果適合

カラーマップの追加

可視化結果の色合いが均等になるように自動的に割り当て

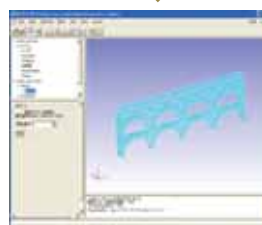
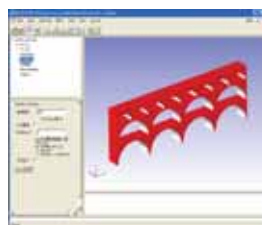
外部シェーダープログラムが利用可能

描画の高速化

描画のカスタマイズが容易に

Advance/REVOCAPのメッシュ生成機能(1)

- 形状データ(IGES、STEP、STL)から自動的に四面体メッシュを生成します。
- 手順
 1. モデルデータの読み込み
 2. モデルの修正
 3. メッシュ生成パラメータの設定
 4. メッシュ生成
- メッシュ生成エンジン
 - ADVENTURE_TetMesh
 - Simmetrix

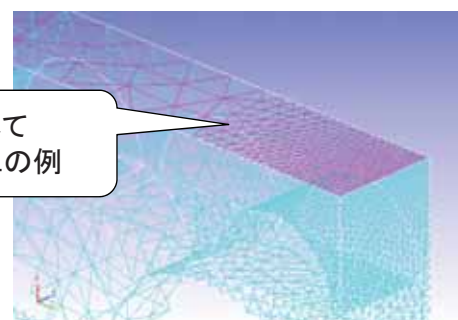


Advance/REVOCAPのメッシュ生成機能(2)

- 粗密制御機能
 - 四面体自動生成の場合に利用可能
 - 要素の大きさの粗密を与える
 - 形状の近傍を細かくする
 - 物理量の変化が大きいところを細かくする
- 粗密制御の方法
 - 場所の指定
 - ある点の周り(球の内部)
 - ある線分の周り(円柱の内部)
 - 倍率の指定
 - 周りの要素に対する倍率

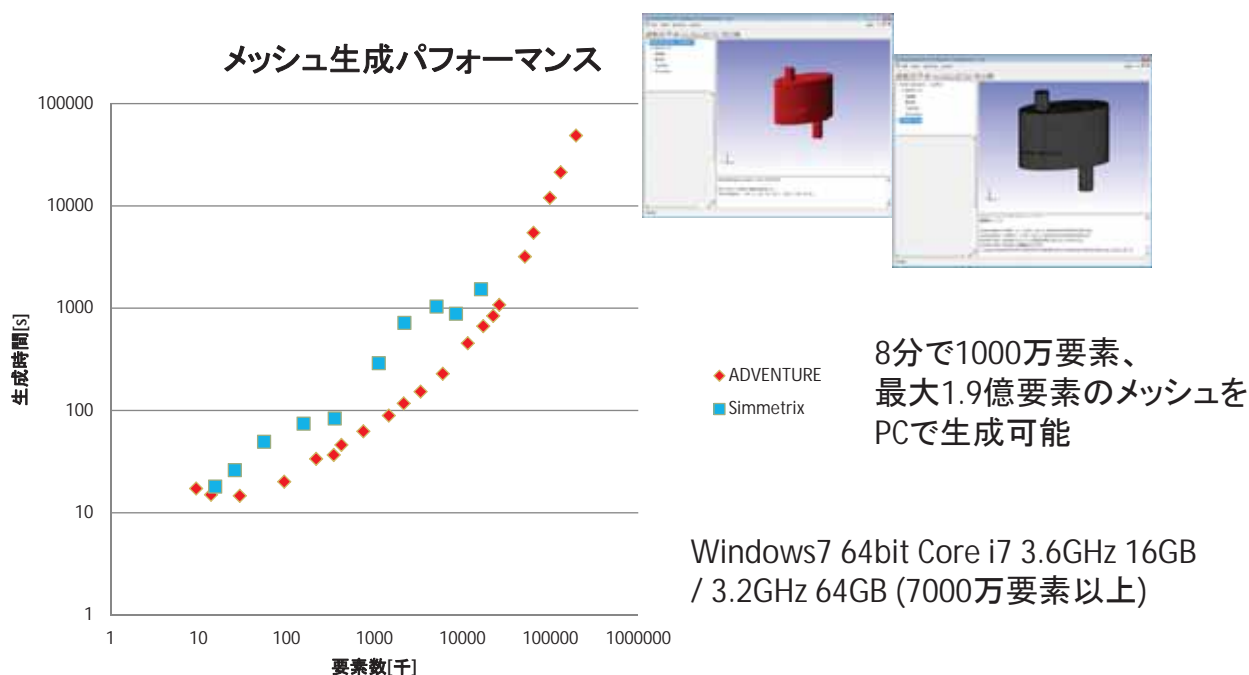


メッシュ生成時の粗密範囲の確認画面



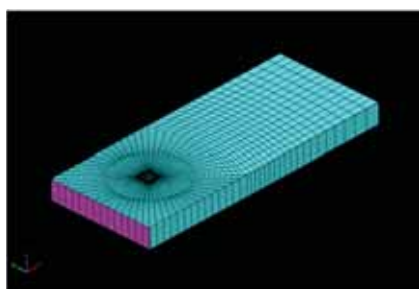
粗密を定義して生成したメッシュの例

Advance/REVOCAPのメッシュ生成機能(3)

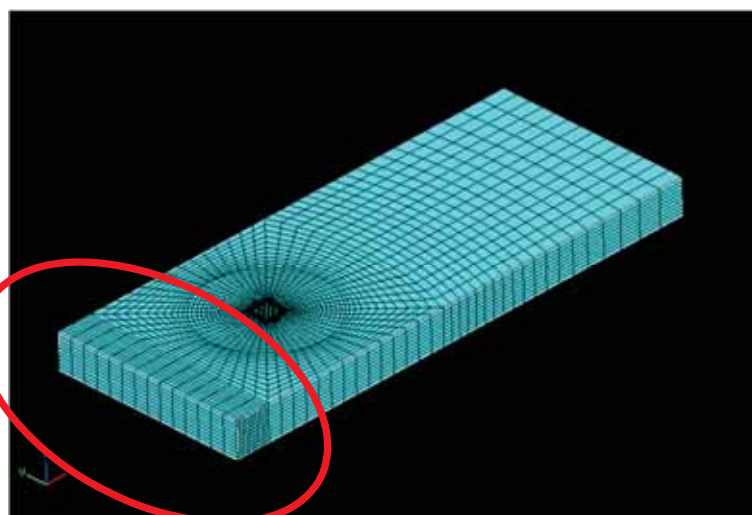


Advance/REVOCAPのメッシュ生成機能(4)

- 押し出しメッシュ生成機能
 - メッシュの特定の面に押し出しメッシュを追加する
 - 既存のメッシュに対しても適用できる



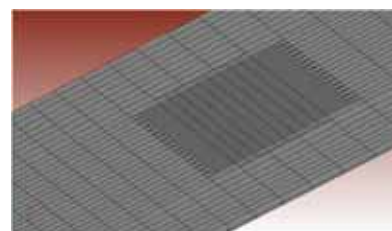
追加したい面を選択し、
層の個数と厚さを与えて実行する



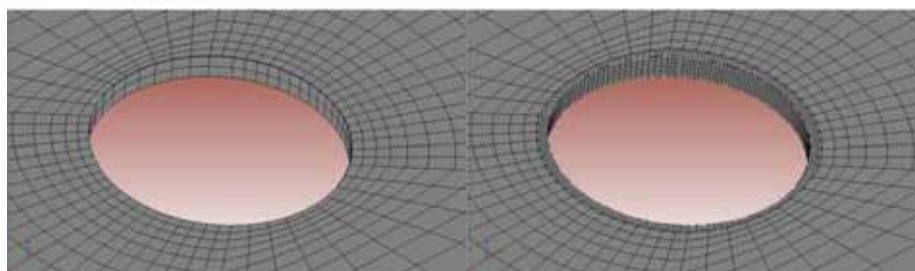
Advance/REVOCAPのメッシュ生成機能(5)

- 部分的メッシュ細分機能

- 領域を指定して部分的にメッシュを細かくする

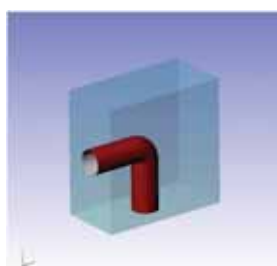


細かくしたい場所を座標、または境界面の名前で指定する



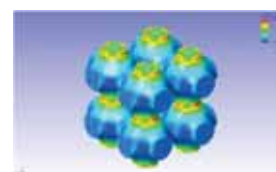
Advance/REVOCAPのメッシュ生成機能(6)

- 距離分布からのメッシュ作成機能



- 特徴

- 従来のCADからメッシュを作る方法よりもrobust
- メッシュの品質はそこそこだが、失敗はほとんどない
- 固相分布、フェーズフィールド法の秩序変数、数式で与えられる図形、結晶構造などを入力とする
- 距離の符号を反転することで、構造物の外側のメッシュも作ることができる



SchwarzP曲面

Advance/FrontFlow/redの解析モデル作成(プリ処理1)

- 主な機能
 - 四面体、六面体、三角柱、四角錐およびそれらの混合要素に対応
 - 境界条件設定機能
 - 解析条件設定機能
 - 乱流モデル設定機能
 - 流体物性値設定機能
 - 化学種設定機能
 - 化学反応設定機能
 - 出力オプション設定機能
 - VOF法設定機能



境界条件設定画面

Advance/FrontFlow/redの解析モデル作成(プリ処理2)

- ソルバー開発者の設計思想を反映した入力用のGUI
 - ツリー構造で整理された設定項目
 - 必須項目とオプション項目が整理されている
 - 複雑な設定は別画面で行う



設定用の別画面の例(流体物性)

- 解析設定
 - 境界条件一覧
 - 必須設定
 - 解析方法 (圧縮性、乱流、温度)
 - 入出力ファイル名
 - 計算開始、終了/定常・非定常
 - SIMPLE法
 - 化学種
 - 時間積分法
 - 流体物性/移流スキーム
 - 初期条件
 - 出力
 - モニター

必須設定項目の一覧

- 出力オプション
 - アニメーション
 - 乱流音解析 (計算有無、壁面名)
 - 乱流音解析 (観測点、計算式)
 - 流体力
 - プローブ
 - 粒子投入口
 - 粒子投入条件
 - 質量収支
 - エネルギー収支
- 計算モデルオプション
 - k-εモデル
 - L E S/統計量
 - 1次元/2次元計算
 - 重力・浮力
 - 固体物性
 - 輻射
 - キャビテーション
 - 化学反応計算
 - 化学反応モデル
 - VOF法
 - オーバーセット
- 計算機能オプション
 - 行列解法
- ユーザー設定
 - ユーザーサブルーチン
 - ユーザー定義変数
 - ソース項
 - 移動格子

オプション設定項目の一覧

Advance/FrontFlow/redの解析モデル作成(プリ処理3)

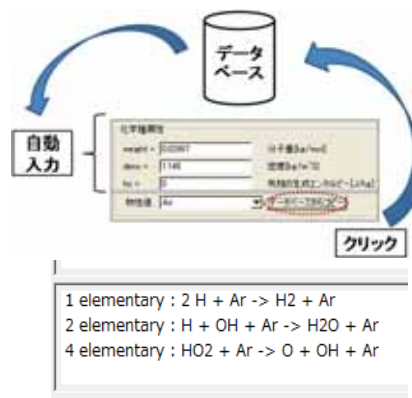
• その他のプリ処理の特徴

- 複雑な形状の境界面をマウスでピクク&ドラッグすることで、直観的な選択ができます。外からは見えにくい内部の面も容易に選択できます。

内部に埋もれている境界面を確認しながら選択

内側の境界面を選択するために、外側の境界面を移動

- 化学種の値は物性値データベースから入力可能です。

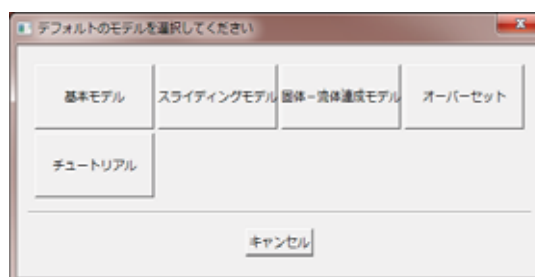


- ログ画面に設定内容の確認や付随する情報を表示(右図: 設定した化学反応式の内容の確認)

Advance/FrontFlow/red解析支援

• 基本モデル選択機能

- アドバンスソフト社で行ってきた多数の解析の知見より得られた適切な規定値が与えられたモデルから選択することができます。



• 豊富なチュートリアル

- そのまま流すことのできるチュートリアルデータとその設定方法を詳細に解説



• 計算サーバ実行支援

- 計算サーバで並列計算をする場合のスクリプトのひな形の作成機能

チュートリアル

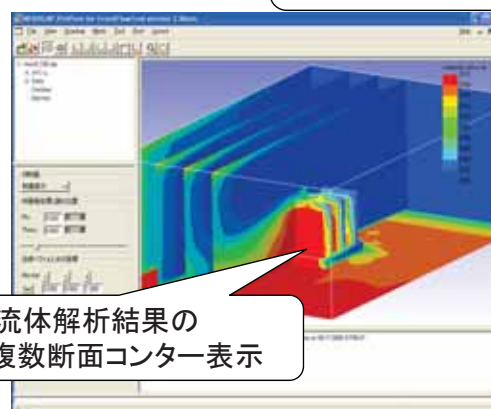
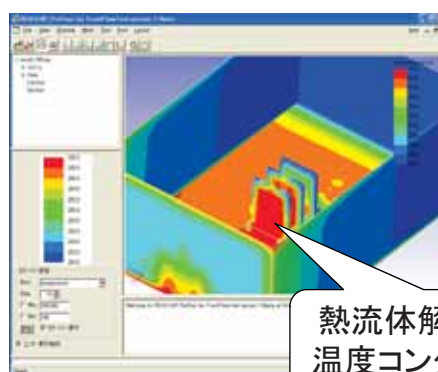
Web に移行し、閲覧性および情報の更新頻度が向上しました。



Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

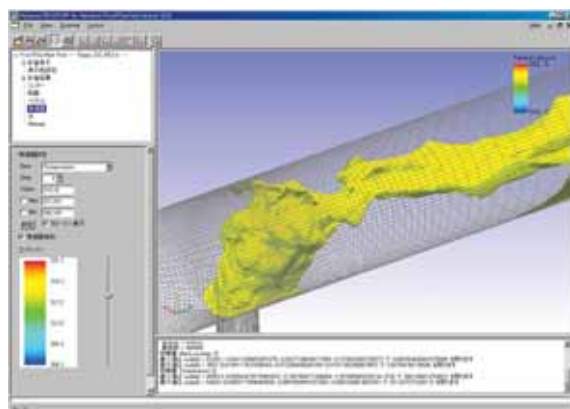
Advance/REVOCAP ポスト処理機能(1)

- 基本的なポスト処理機能
 - コンター図
 - 任意平面での断面表示
 - ベクトル図
 - 等値面
 - ポイントプローブ
 - ライン上の物理値プロファイル
 - パーティクル
 - ストリームライン
 - ボリュームレンダリング
 - 等間隔分布のベクトル図
- 特徴
 - プリ処理と同様に選択した面だけを移動可能
 - 複数の断面同時表示

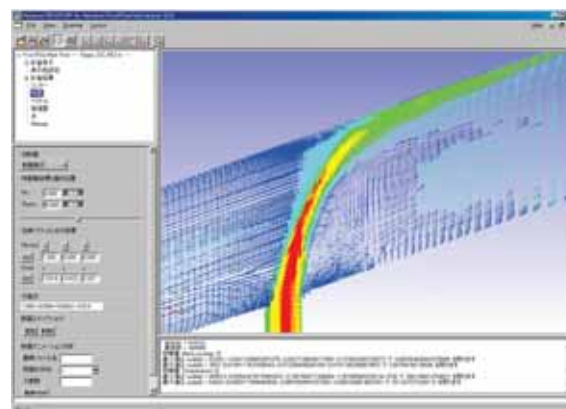


Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

Advance/REVOCAP ポスト処理機能(2)

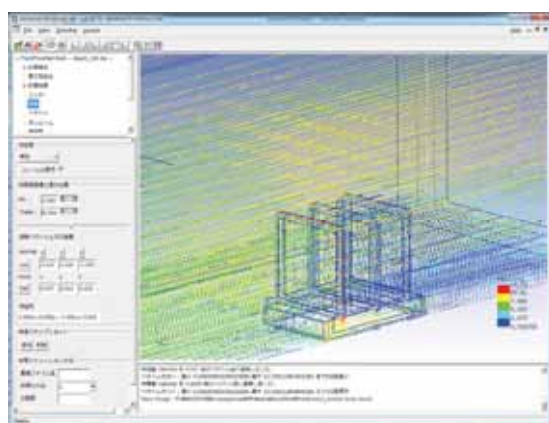


T字管の熱流体解析温度等値面

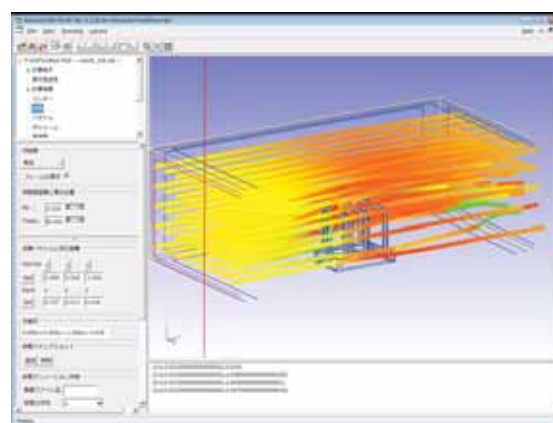


T字管の熱流体解析断面上の速度ベクトル分布

Advance/REVOCAP ポスト処理機能(3)



ヒートシンクの熱流体解析
速度ベクトル表示
(方向を矢印で、大きさを色で表す)

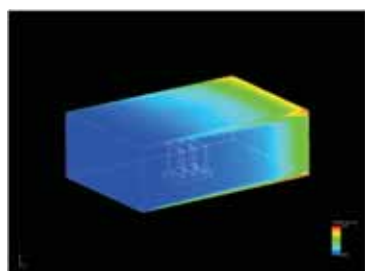


ヒートシンクの熱流体解析
流線表示

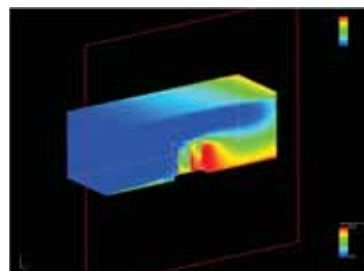
その他:アニメーション用非定常解析画像ファイル生成 など

Advance/REVOCAP ポスト処理機能(4)

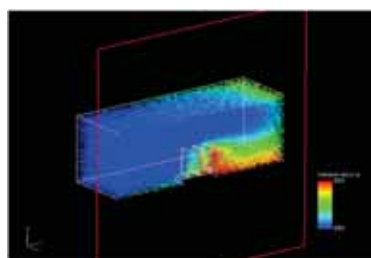
連続体を不透明で自己発光する粒子群で表現する PBVR法を用いたボリュームレンダリング



全体表示
通常のコンター表示と同等の結果が得られる



断面表示
断面のポリゴンを生成することなく
高速に可視化可能



描画粒子数を減らして、大規模なモデルの
結果の概要を高速に確認することもできる

Advance/REVOCAP ポスト処理機能(5)

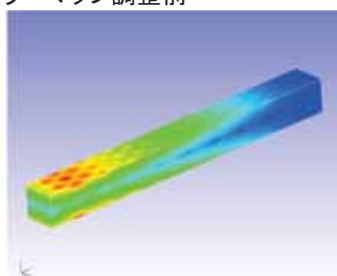
カラーマップ調整機能

通常のカラーマップは物理量に対して色を割り当てるため、解析結果によっては、詳細にみたい値のレンジが同じ色でつぶれてしまったり、ほとんどが中間の値の色の冗長な可視化になる場合がある。

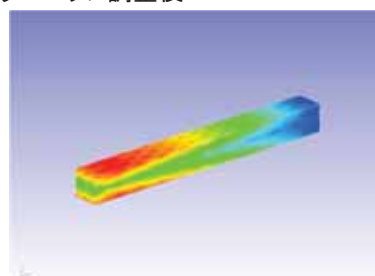


物理量の値分布に従って色を割り当てる。
色の変化と物理量の変化は比例しないが、全ての色を同程度使って可視化する。

カラーマップ調整前



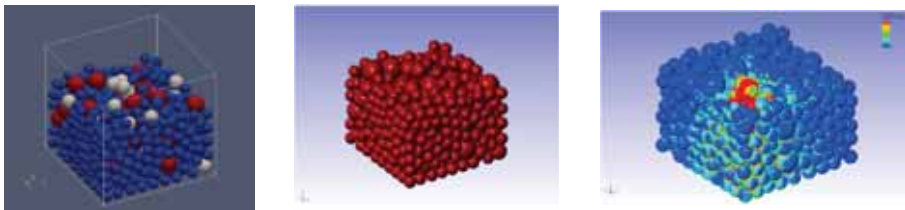
カラーマップ調整後



プログラマブルシェーダへの対応

- Advance/REVOCAPの可視化手法として、プログラマブルシェーダへの対応を進めています。
- Ver.4.0以降では、お客様ご自身で記述したシェーダ、特殊な可視化のために弊社でカスタマイズ開発したシェーダを使った可視化を行うことができます。
- カラーマップ調整機能は外部プログラマブルシェーダで提供される機能の一例です。

その他のREVOCAP関連ソフトウェア

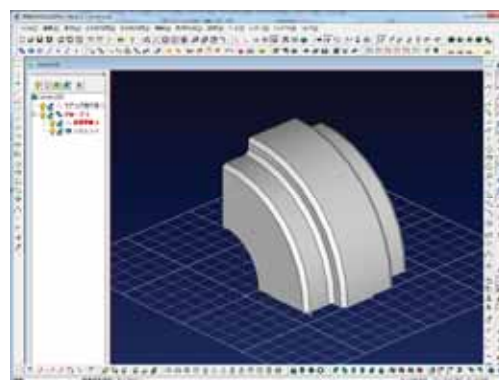
- 微細構造モデリングツール
Advance/REVOCAP_PorousModeler
 - 通常メッシュ生成で作成することが難しい解析モデルを作成する
- 
- メッシュ細分割ツールAdvance/REVOCAP_Refiner
 - Advance/FrontFlow/redに同梱されているメッシュ細分割ツール
 - 双方向連成解析ライブラリAdvance/REVOCAP_Legato
 - 構造格子系と非構造格子系の連成解析を実現する
 - Advance/FrontFlow/FOCUSとAdvance/FrontSTRの双方向連成を実現

外部CADとの連携

- 株式会社フォトロン様の3DCAD「図脳RAPID3DPRO」「図脳RAPID3D」との連携を強化してまいります。
- バンドル版の販売を予定しています。
 - Advance/FrontSTR
 - Advance/REVOCAP
 - 図脳RAPID3D



<http://www.photron.co.jp/>



図脳RAPID3DPRO

Advance/REVOCAPの基本情報

動作環境	Windows7 (32bit, 64bit)、Windows8.1 (64bit) (その他のOSについてはお問い合わせください)
形状モデル読み込み	IGES(5.3)、STEP、STL、距離分布
メッシュ生成	四面体自動メッシュ生成、押し出しメッシュ生成、2次要素対応、粗密制御対応、距離関数からのメッシュ作成
計算格子読み込み	FrontFlowGF形式、HECMW形式、ADVENTURE_TetMesh形式(その他各種のフォーマットに対応いたします。詳細はお問い合わせください。) 四面体、六面体、三角柱、四角錐
プリ処理	境界条件設定機能、解析条件設定機能、物性値簡易データベース機能、メッシュ品質チェック機能
ポスト処理	カラーコンター、等値面、流れ場ベクトル、切断面、変形、ボリュームレンダリング、アニメーション作成
推奨PCスペック	メインメモリ2GB以上(1千万要素以上の大規模モデルを扱う場合は16GB以上を推奨します) 空きHDD500MB以上 ビデオメモリ256MB以上(大規模モデルを扱う場合は1GB以上)



警告

このレポートに収録されている文章および内容については、ご自身のために役立つ用途に限定して無料配布しています。このレポートを、販売、オークション、その他の目的で利用するには、著作権者の許諾が必要になります。このレポートに含まれている内容を、その一部でも著作権者の許諾なしに、複製、改変、配布を行うことおよびインターネット上で提供する等により、一般へ送ることは法律によって固く禁止されています。