

アドバンスソフト株式会社の アドバンス/スーパーコンピューティング・サービス活用セミナー

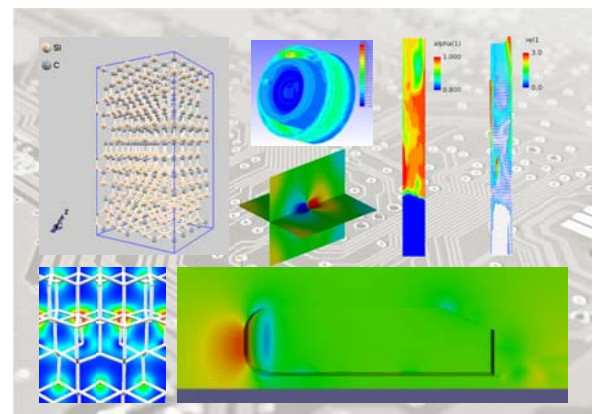
2015年8月27日(木)開催

プログラム

13:30~13:35 (5分)	ごあいさつ	3 代表取締役会長 小池 秀耀
13:35~13:55 (20分)	アドバンス/スーパーコンピューティング・サービスの概要	5 主任研究員 松澤 邦裕
13:55~14:15 (20分)	流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red の解析事例	17 研究員 田中 洋一
14:15~14:35 (20分)	気液二相流解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/MP の解析事例	25 主管研究員 杉中 隆史
14:35~14:55 (20分)	構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR の解析事例	31 研究員 尾川 慎介
14:55~15:10 (15分)	休憩	
15:10~15:30 (20分)	音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise の解析事例	41 研究員 尾川 慎介
15:30~15:50 (20分)	第一原理計算ソフトウェア Advance/PHASE の解析事例	51 主事研究員 加藤 信彦
15:50~16:10 (20分)	アドバンス/スーパーコンピューティング・サービスのプリポスの紹介	59 主任研究員 徳永 健一
16:10~16:25 (15分)	アドバンス/スーパーコンピューティング・サービスの具体的な利用方法	主査 河口 洋子

memo

AdvanceSoft



ごあいさつ

代表取締役会長 小池 秀耀

アドバンスソフト株式会社の
アドバンス／スーパーコンピューティング・サービス活用セミナー
2015年8月27日（木）開催
アドバンスソフト株式会社



お問い合わせ先:

TEL:03-6826-3970 FAX:03-5283-6580

E-mail:office@advancesoft.jp

「デジタルエンジニアリングのアドバンスソフト」

スーパーコンピューティング・サービスの概要

主任研究員 松澤 邦裕

アドバンスソフト株式会社のスーパーコンピューティング・サービス活用セミナー
2015年8月27日（木）開催
アドバンスソフト株式会社

スーパーコンピューティング・サービスの概要

アドバンスソフト株式会社のご紹介

アドバンスソフト株式会社 会社概要

アドバンスソフト株式会社はシミュレーションや関連ソフトウェア開発を中心とした計算科学技術の専門企業として、2002年4月に設立されました。当社は、産業の基盤技術である計算科学技術を中心としたデジタルエンジニアリング技術において、世界をリードする企業になることを目指しています。

名称 アドバンスソフト株式会社

英文名 AdvanceSoft Corporation

本社 〒101-0062

東京都千代田区神田駿河台四丁目3番地

新お茶の水ビルディング17階西

TEL:03-6826-3976 FAX:03-5283-6580

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

設立 2002年(平成14年)4月24日

資本金 3,724 万円

従業員数 76 名

役員

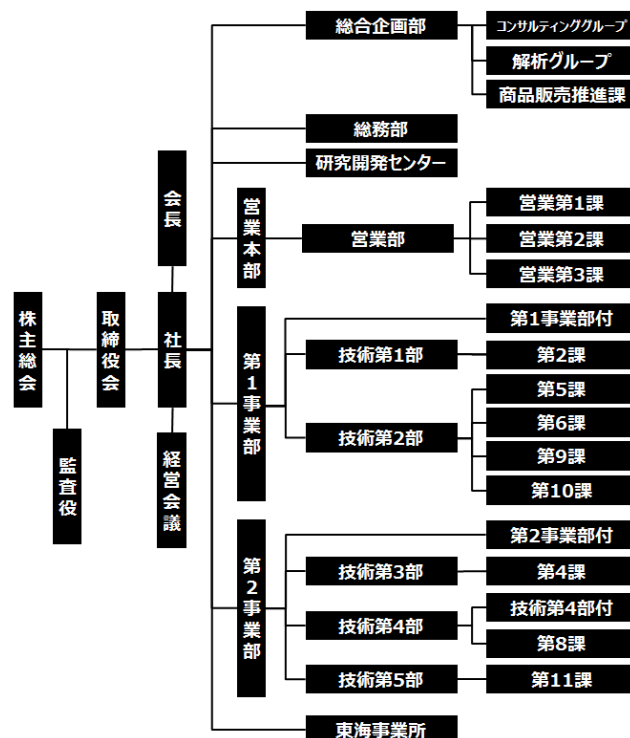
代表取締役会長 小池 秀耀

代表取締役社長 松原 聖

専務取締役 三橋 利玄

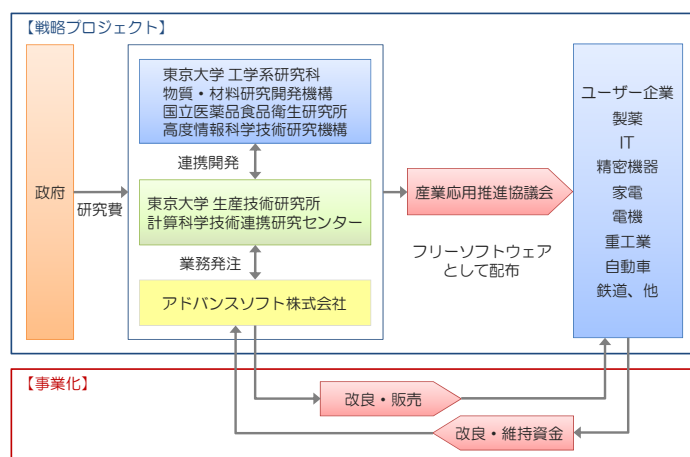
取締役 田崎 好重

監査役 平林 寛治

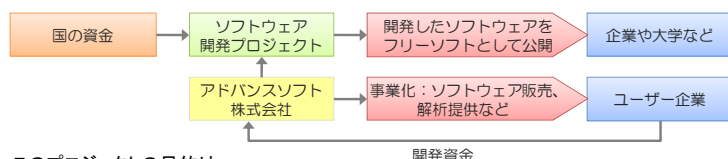


Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

国家プロジェクトとアドバンスソフトの設立



研究開発成果の事業化



このプロジェクトの目的は

- ①複雑・大規模な世界水準の戦略的基盤ソフトウェアを開発し公開する
- ②戦略ソフトを開発できるトップレベルの人材を世界最先端のソフトウェア開発を通じて育成する
- ③戦略的基盤ソフトウェア開発の大学と企業の連携による研究拠点の構築をする
- ④アドバンスソフトによる開発したソフトウェアの事業化と持続的な改良をする

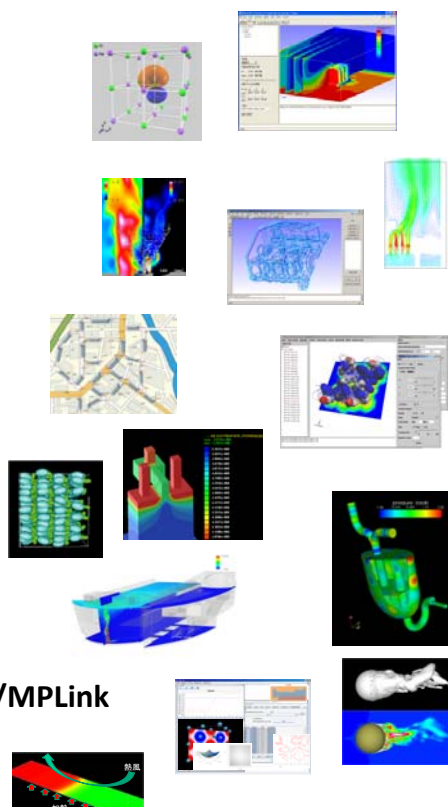
文部科学省はわが国の計算科学技術の振興目的として戦略的基盤ソフトウェア開発プロジェクトと革新的シミュレーション・ソフトウェア開発プロジェクトを2002年～2007年の6年間実施しました。このプロジェクトは、総額約70億円のわが国最大のソフトウェア開発プロジェクトであり、東京大学 生産技術研究所を中核とした「学」と「産」のアドバンスソフト(株)の強力な産学官連携により推進されました。

アドバンスソフト(株)はこのプロジェクトを推進し、世界最高水準のソフトウェアを開発するとともに、その成果を事業化することを目的として設立されました。

Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

アドバンスソフトが開発販売するソフトウェアパッケージ

第一原理計算ソフトウェア Advance/PHASE
汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAP
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
構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR
管路系解析ソフトウェア Advance/FrontNetシリーズ
フラグメント分子軌道法計算ソフトウェア ADBS
3次元デバイスシミュレータ Advance/DESSERT
音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise
都市安全・環境シミュレータ Advance/EVESAYFA
ソフトマテリアル統合シミュレータ Advance/OCTA
大規模固有値ソルバー Advance/NextNVH
非定常渦電流解析プログラム Advance/MAGNETIC
高速流解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/FOCUS
材料設計統合システム
塗布シミュレータ
シミュレーション連携(連成解析)ソフトウェア Advance/MPLink
2次電池CADシステム Advance/ABaS
LSI設計用CADシステム Advance/TCAD(開発中)



スーパーコンピューティング・サービスの概要

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と対応ソフトの一覧

● 日本を代表するフラッグシップのスーパーコンピュータ

- ・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研究機構様
- ・地球シミュレータ(大規模共有メモリスistem SGI UV2000)
※利用申請先: 国立研究開発法人海洋研究開発機構様

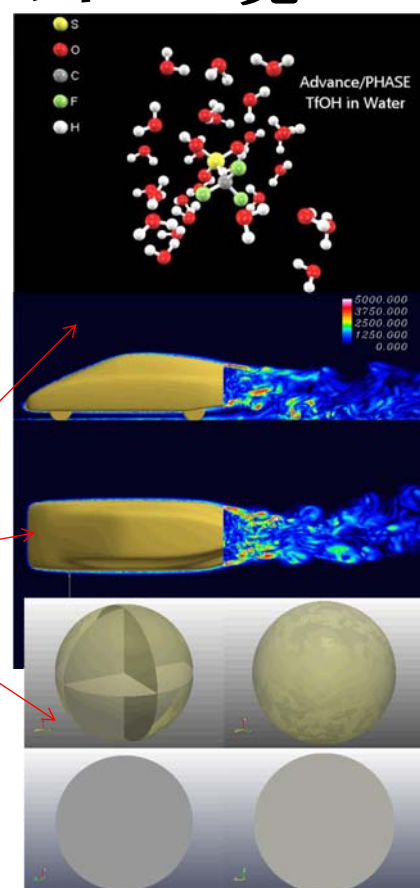
・スーパーコンピュータを最大限に活かせるソフトウェアを開発

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

※1: スーパーコンピュータ「京」のみ提供

※2: 地球シミュレータ(大規模共有メモリスistem SGI UV2000)のみ提供

Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.



7

スーパーコンピューティング・サービスの概要

対応するスーパーコンピュータのご紹介

スーパーコンピュータ「京」

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

「京」— プロセッサのスピード、
メモリ、通信のバランスがとれた
スーパーコンピュータ

地球シミュレータ (国立研究開発法人海洋研究開発機構様)

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



EARTH SIMULATOR

Top English お問い合わせ アクセス CEIST

Google カスタム検索

システムの概要

- ハードウェア
- ソフトウェア
- 施設
- 周辺システム
- 大規模共有メモリスистム (SGI UV 2000)
- 共用可視化サーバ (SGI UV 20)
- システム利用
- 公募課題による利用
- 文部科学省等の推進事業による利用
- 機構課題による利用
- 産業界等からの利用
- システム運用状況
- 計算資源配分
- アウトリーチ
- 研究成果
- 刊行物
- ギャラリー
- ユーザーサポート
- 以前のシステム
- 地球シミュレータ(初代)
- 地球シミュレータ(ES2)

ハードウェア

地球シミュレータは、NEC社製のスーパーコンピュータSX-ACEで構成される、世界最大規模の分散メモリ型ベクトル並列計算機です。総計5120ノードの計算ノードを有し、各計算ノードは1基のCPU(4コア)と64GBのメモリを搭載しています。

計算ノード	
CPU数	1
コア数	4
演算性能 (コア当たり)	64 GFLOPS
メモリ容量	64 GB
メモリバンド幅	256 GB/s
システム	
総ノード数	5120
総CPU数	5120
総コア数	20480
総合演算性能	1.3 PFLOPS
総メモリ容量	320 TB
総メモリバンド幅	1.3 PB/s

大規模共有メモリシステム SGI UV2000

- ご協力： 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システム
- スーパーコンピューティング・サービスの対象



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

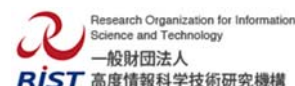


スーパーコンピューティング・サービスの概要

対応するソフトウェアのご紹介(概略)

⇒ 以後の動作検証と性能評価を行った環境

- 「京」と互換性をもつアーキテクチャ
- ご協力：一般財団法人高度情報科学研究機構 様
- 「産業利用推進のための「京」用シミュレーションソフトウェアの整備に関する共同研究」での動作検証と性能評価



FUJITSU PRIMEHPC FX10

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.

13

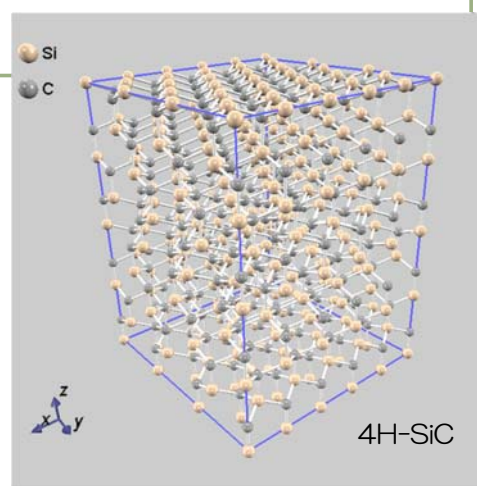
第一原理計算 Advance/PHASE

◎ 第一原理計算とは

実験結果などの経験的なパラメータを用いない第一原理 (first principles) による計算法。電子間、原子核間、および電子・原子核間のクーロン相互作用から、量子力学の基本法則である電子状態理論を使って電子分布を計算する。

◎ 事例①：半導体 4H-SiC のバンド計算

- ✓ 計算内容: SCF + Force + Stress
- ✓ 平面波数: 36237
- ✓ バンド数: 1442
- ✓ k点: 2 x 2 x 2 (monk), 計4点
- ✓ 原子数: 480
- ✓ 射影演算子数: 2880

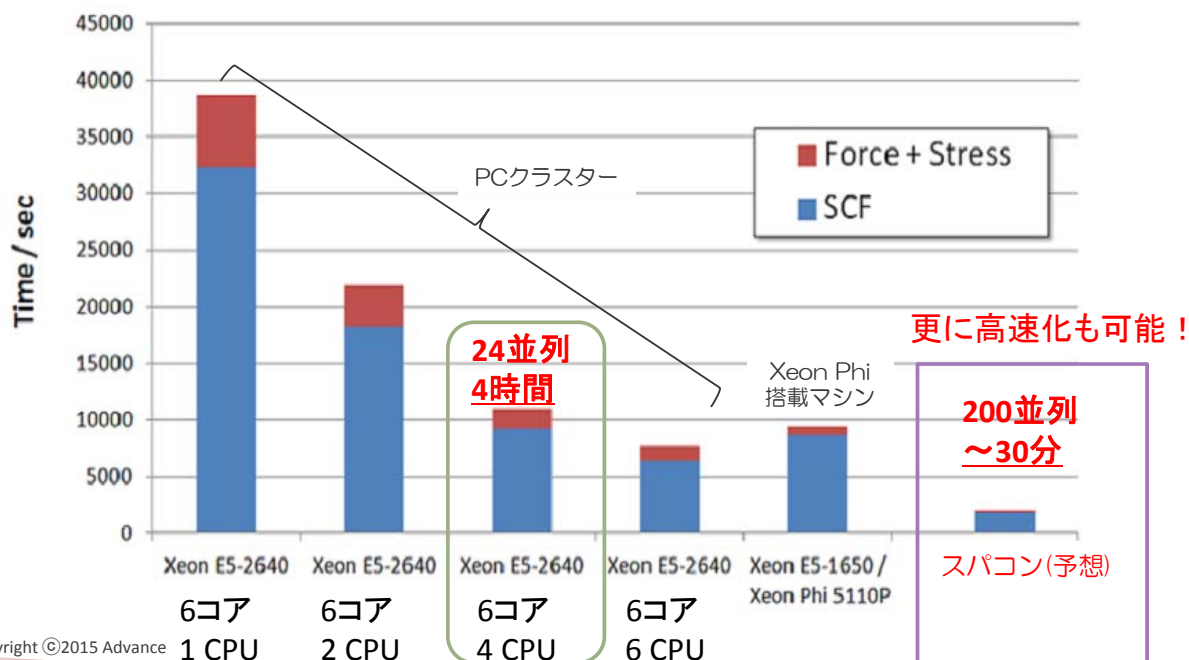


⇒ 計算時間 平均的なPCクラスタ(6コア × 4CPU) 約4時間

計算時間の短縮

マシン詳細

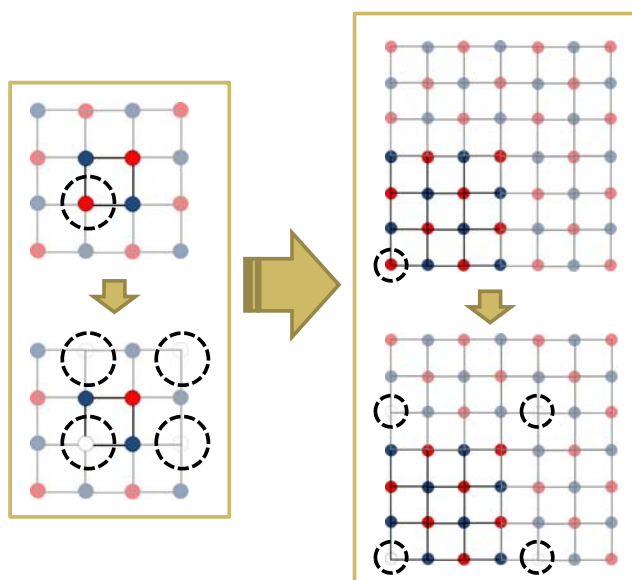
1. PCクラスター (Xeon E5-2640, 2.5GHz, **6 core**)
2. Xeon Phi搭載マシン (Xeon E5-1650, 3.2GHz, **6core** / Xeon Phi 5110P, 1.1GHz, **60 core**)
3. 海洋研究開発機構様 SGI UV2000 (Xeon E5-4650v2(2.4GHz, **10 core**)



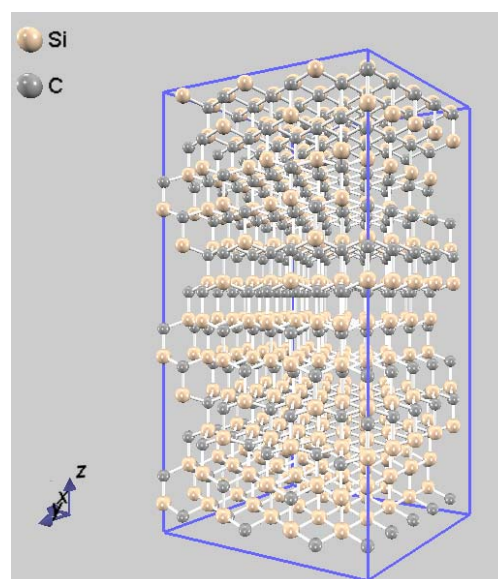
15

複雑な問題：結晶欠陥の第一原理計算

- 隣接セルの欠陥同士の影響を排除



- 原子数：480 ⇒ 720 (2.3~17倍)
- 第一原理計算： N^m ($m=2\sim7$) で計算量増加

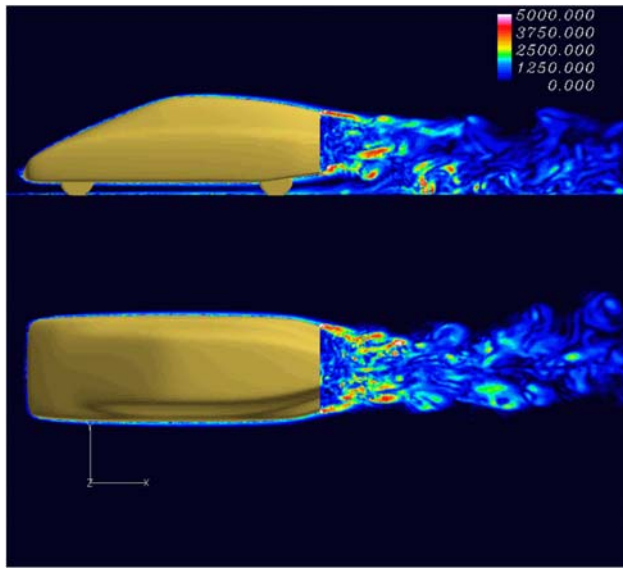


構造最適化を含めた全計算時間

- 一般的なPCクラスター : 1週間以上
- スーパーコンピュータ : 1日以内

流体解析 Advance/FrontFlow/red

車体(Ahmed Body)背後の壁面圧力の解析

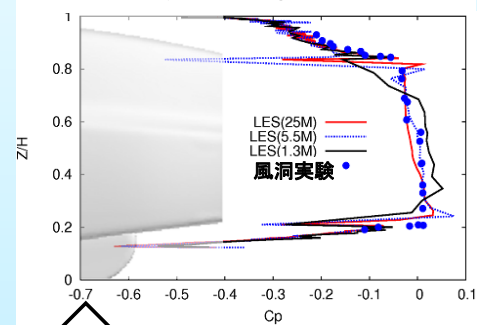


ご提供:
東京大学 生産技術研究所 様
革新的シミュレーションプロジェクト

モデル名	要素数	節点数
Ahmed Body	7,638,219	1,505,423
Refine1	75,448,584	11,771,974
Refine2	488,846,016	92,978,866

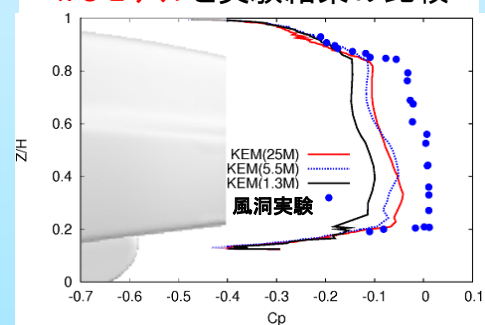
Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

LESと実験結果の比較



異なるモデルの結果

k-εモデルと実験結果の比較



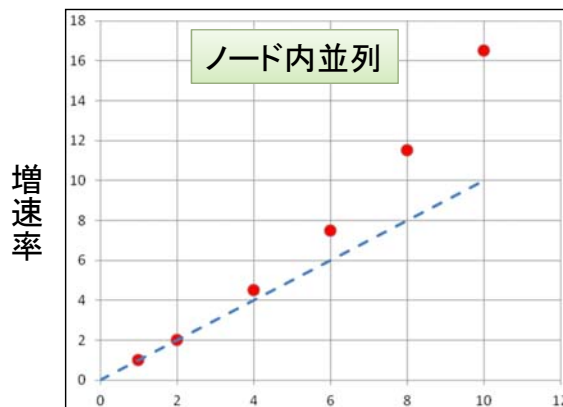
17

スーパーコンピュータでの性能評価

国立研究開発法人 海洋研究開発機構 様

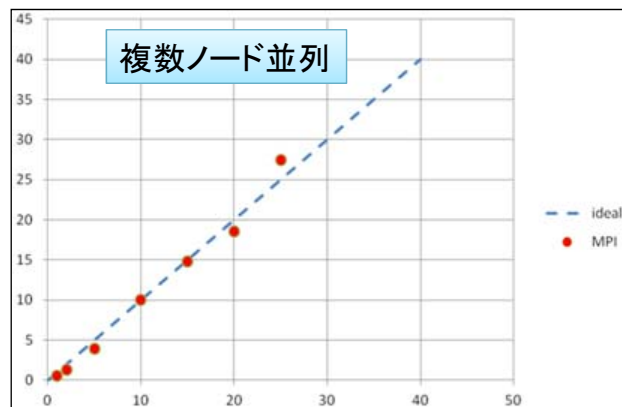
地球シミュレータ(大規模共有メモリシステム SGI UV2000)上で実証試験

Ahmedモデル 150万節点



コア数(最大10)

Refine1モデル 1177万節点



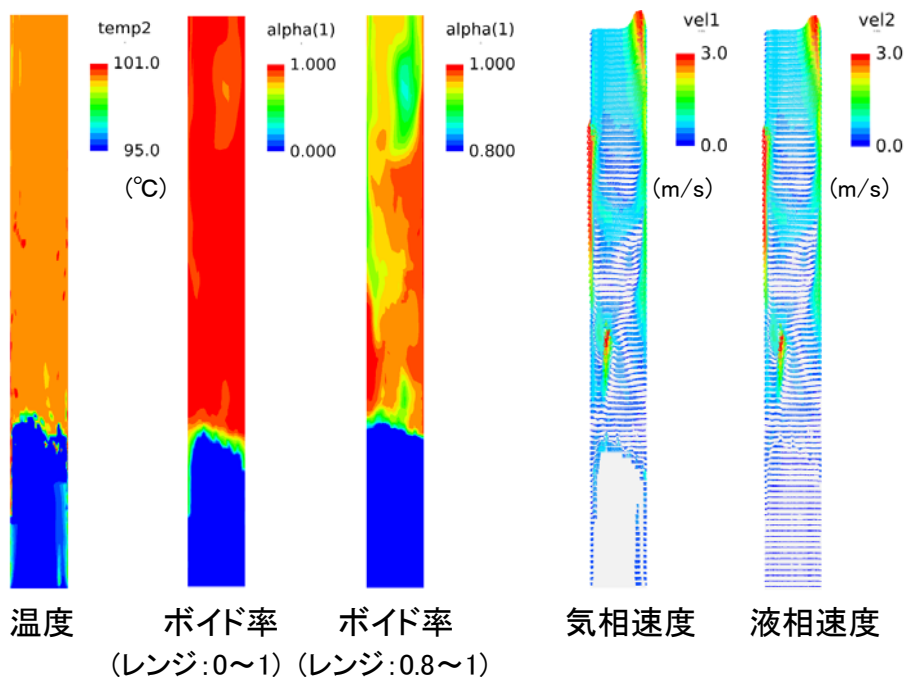
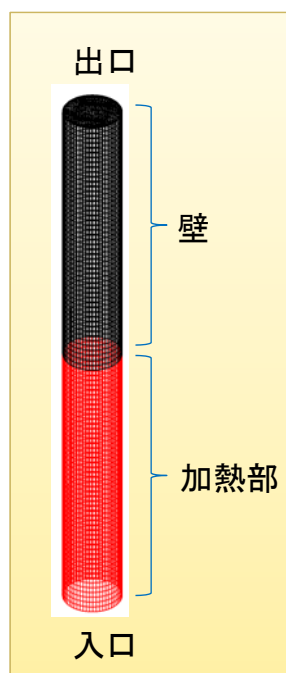
ノード数(10コア/ノード)

大規模問題の対し、並列性能を十分活用できることが期待できる。

気液二相流解析 Advance/FrontFlow/MP

事例③: 沸騰解析

(30秒後の瞬時値)



気相速度はボイド率が1E-5以上の場所で表示

構造音響連成解析

構造解析 Advance/ForntSTR

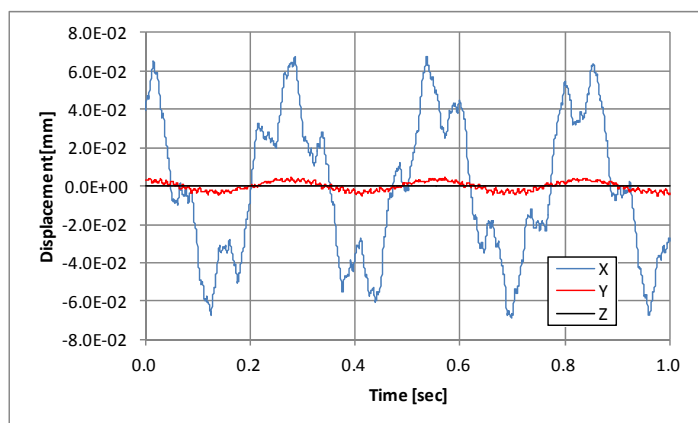
音叉を叩くモデル(構造音響連成解析)

節点数:10447 要素数:6030

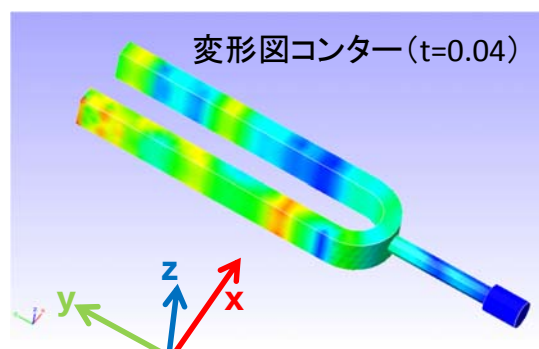
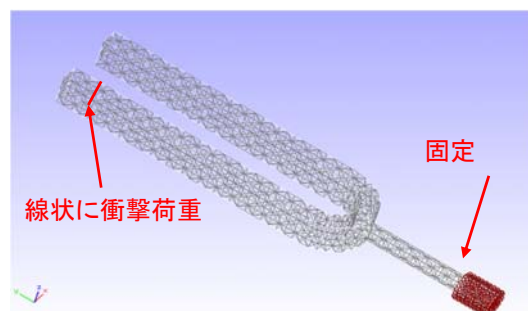
材質:鋼

Newmark-β法 $\Delta t=0.0004(s)$

0.0~5.0(s)間解析し、4.0~5.0(s)を利用



表面節点上の時刻歴応答

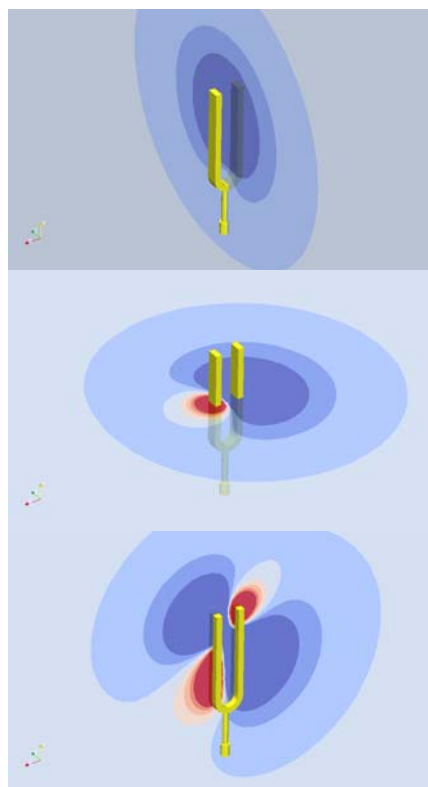
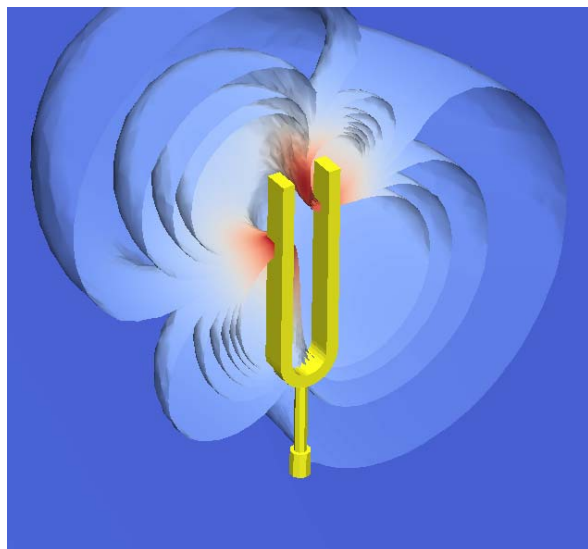


音響解析 Advance/FrontNoise

音叉を叩くモデル(構造音響連成解析)

- 100Hzの音伝播解析結果

音響速度ポテンシャル



X方向断面

Y方向断面

Z方向断面

Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

21

アドバンスソフト株式会社からの情報提供

facebook、YouTubeでも関連記事を掲載中

HP

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

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



22

謝辞

- 一般財団法人高度情報科学研究機構（以下、RIST）と「産業利用推進のための「京」用シミュレーションソフトウェアの整備に関する共同研究」を実施致しました。実施期間中は、RISTが所有する利用支援用スパコンFX10を利用させて頂き、また定例会議等において多くの有用なアドバイスを頂いたことを心より感謝致します。
- 国立研究開発法人海洋研究開発機構（以下、JAMSTEC）が実施した文部科学省先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業のもと、平成27年度地球シミュレータ産業戦略利用プログラムへの利用課題「大規模共有メモリシステムにおける大規模シミュレーションの可能性の検討」が申請受理され、地球シミュレータ（大規模共有メモリシステム UV2000）を利用させて頂き、多くの知見が得られたこと、また多くの有用なアドバイスを頂いたことを心より感謝致します。

備考

- Advance/PHASE、Advance/FrontFlow/red、Advance/FrontSTRI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、および、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」プロジェクトの成果（ソフトウェア）をアドバンスソフト株式会社が商品化したものです。アドバンスソフトはこれらのプロジェクトに参加し、ソフトウェアの開発を担当しましたが、その成果を独自に改良して商用パッケージソフトウェアとし、販売保守を行っております。
- Advance/FrontFlow/MPI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のソフトウェアの研究開発プロジェクトの成果である流体解析ソフトウェアFrontFlow/redを基に、アドバンスソフト株式会社が独自に研究開発した気液二相流ソフトウェアです。

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

研究員 田中 洋一

アドバンスソフト株式会社のスーパーコンピューティング・サービス活用セミナー
2015年8月27日（木）開催
アドバンスソフト株式会社

講演内容

- Advance/FrontFlow/redの概要
- スーパーコンピューティング・サービスのために行ったこと
 - Advance/FrontFlow/red の改良
 - 検証計算
 - 並列処理性能評価
- まとめ

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

LESによる解析例

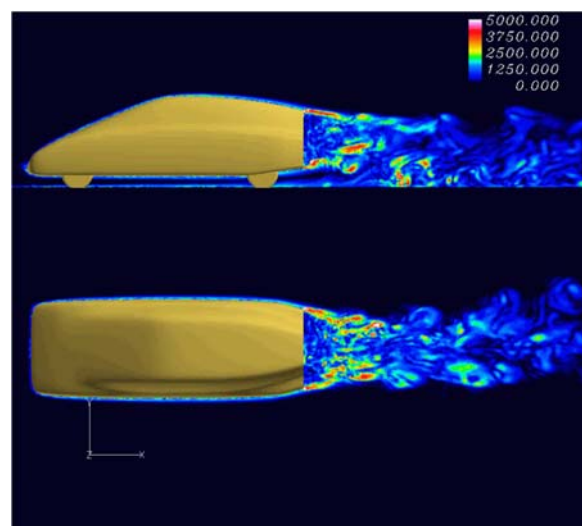
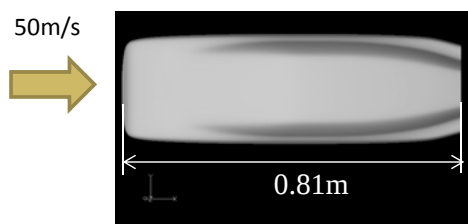
車両モデルASMO (Aerodynamics Studien Modell) の車両周りの空力解析

ご提供: 東京大学 生産技術研究所様 革新的シミュレーションPJ

[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 : Adams-Bashforth法
主流速度 : 50.0m/s
流体 : 非圧縮流体

車体周りの渦度分布

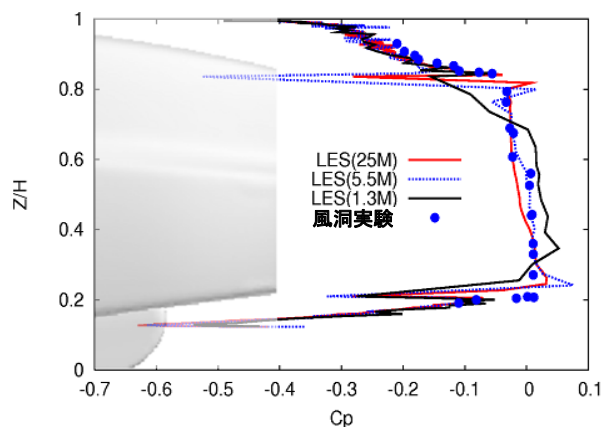


LESによる解析例

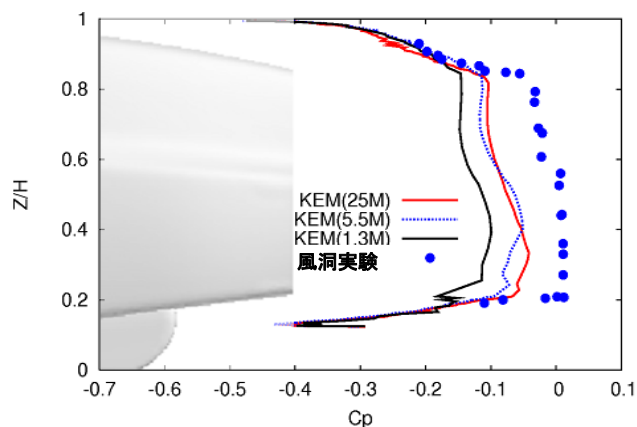
車両モデルASMO (Aerodynamics Studien Modell) の車両周りの空力解析

ご提供: 東京大学 生産技術研究所様 革新的シミュレーションPJ

車体背面の圧力分布



LESによる結果



RANS($k-\epsilon$ モデル)による結果

LESによりRANSで再現できない現象を高精度で解析可能

Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

スーパーコンピューティング・サービスの
ために行ったこと

Advance/FrontFlow/redの改良

- 格子数が1億規模のモデルでも解析可能なように改良
(これまでの上限は、格子数約3000万)
- 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
 - REVOCAP/refinerを適用して細分化したモデルにのみ有効
 - AFFrのポストffr2viz実行時に、以下のオプションを付加

例) ffr2viz -th 2 ...

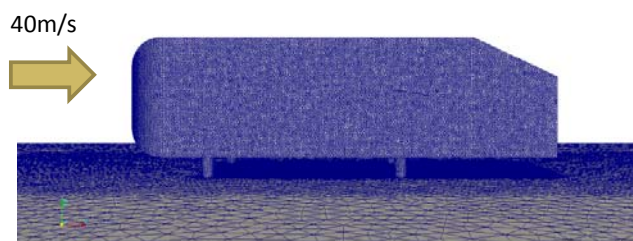


間引きの回数

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

リファイン	要素数	節点数
なし	7,638,219	1,505,423
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

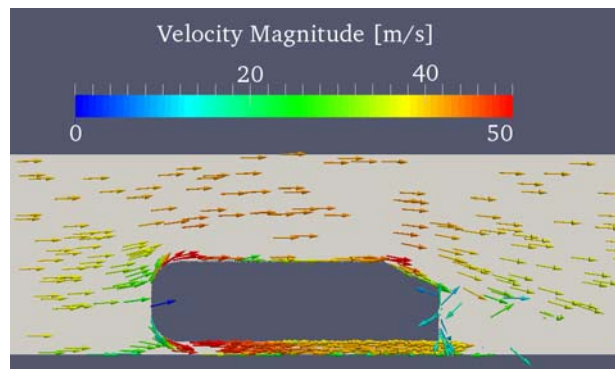
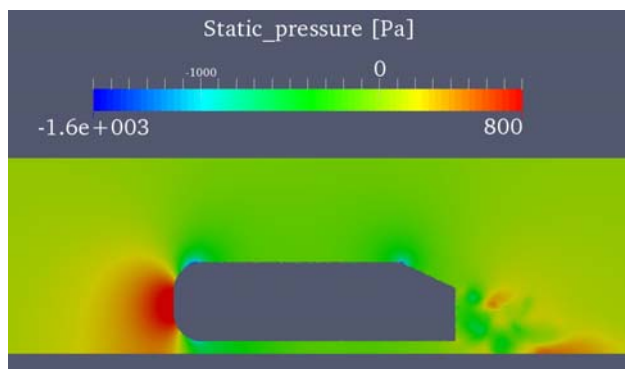
検証結果(1)

FX10で計算

一般財団法人 高度情報科学研究機構 様

車体周りの静圧分布&速度ベクトル図

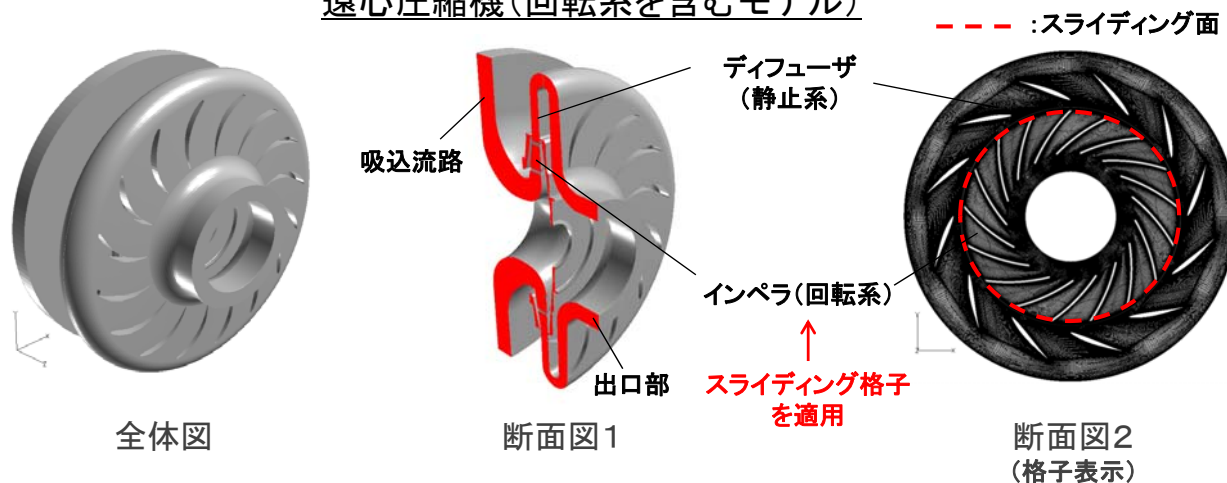
(リファイン2回、格子数約1億)



- ✓ 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。

検証モデル(2)

遠心圧縮機(回転系を含むモデル)



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

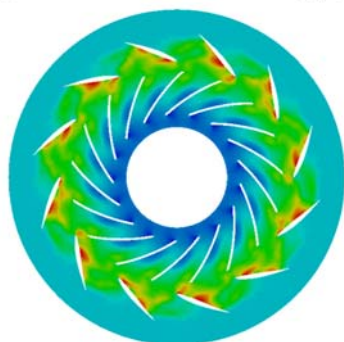
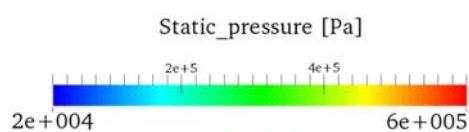
乱流モデル : LES (標準Smagorinsky)
 差分スキーム : 3次風上差分
 時間積分 : Adams-Molten法
 回転数 : 30,000[rpm]
 流体 : 圧縮流体

検証結果(2)

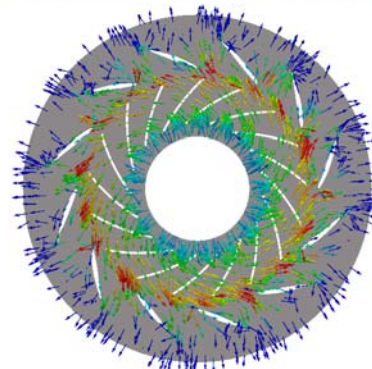
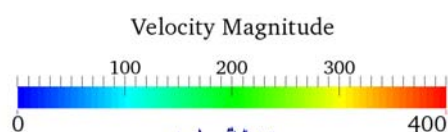
UV2000で計算

国立研究開発法人海洋研究開発機構 様

圧力分布



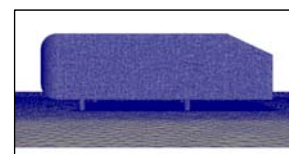
速度ベクトル分布



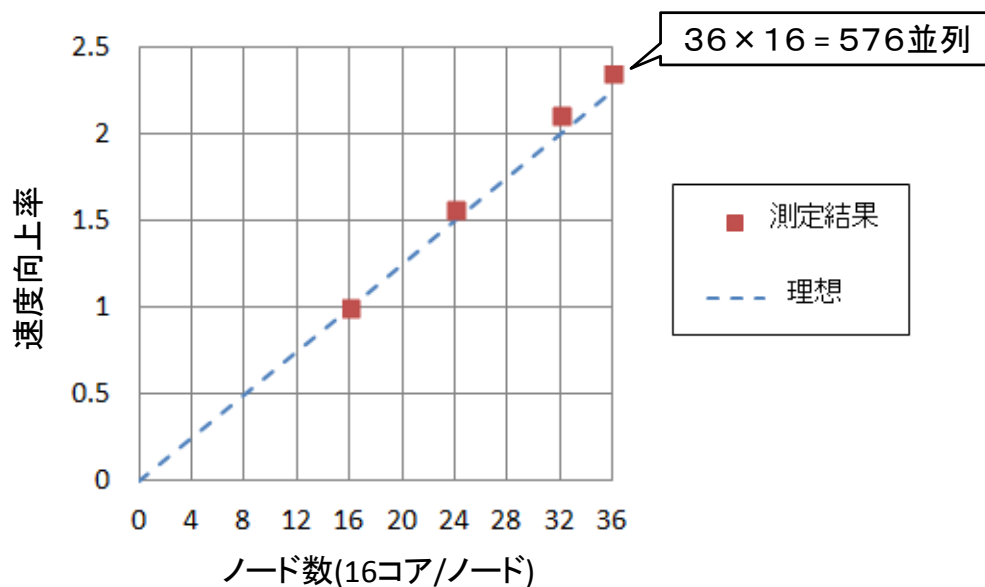
- ✓ 回転系(スライディング格子)を含んだモデルでも解析可能。
- ✓ FX10でも同様の結果が得られている。

並列処理の性能評価

並列処理性能(FX10)

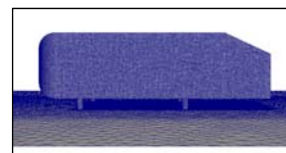


モデルAhmed body (リファイン2回、節点数約1億)

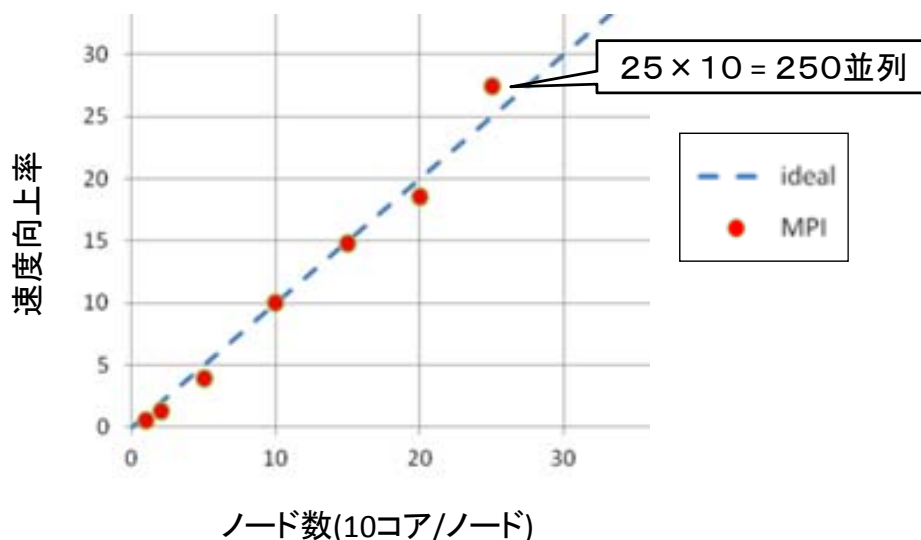


大規模モデルに対しても、並列性能を十分活用できることが期待できる

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

- 格子数が1億程度の大規模モデルでも解析可能。
- 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。
- 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。

気液二相流解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/MP の解析事例

主管研究員 杉中 隆史

アドバンスソフト株式会社の
アドバンス／スーパーコンピューティング・サービス活用セミナー
2015年8月27日（木）開催
アドバンスソフト株式会社

発表内容

- ・Advance/FrontFlow/MP とは
- ・特長
- ・機能
- ・スーパーコンピューターによる性能評価
- ・解析実績
- ・解析事例
- ・今後追加される機能

Advance/FrontFlow/MP とは

- ・アドバンスソフト(株)が開発したソフトウェア
- ・二流体モデル(Euler-Euler法)(*)を用いて、気液二相流の流動特性や伝熱特性を3次元で解析する非構造格子系のソフトウェア

(*)二流体モデル(Euler-Euler法) :

- ・気相と液相の各相について、質量・運動量・エネルギーの保存方程式を解く
- ・気液界面や壁面での質量・運動量・エネルギー輸送は構成方程式を使用する
- ・気泡や液滴よりも大きなメッシュサイズを使用できる**実用的な気液二相流解析モデル**

Advance/FrontFlow/MP の特長

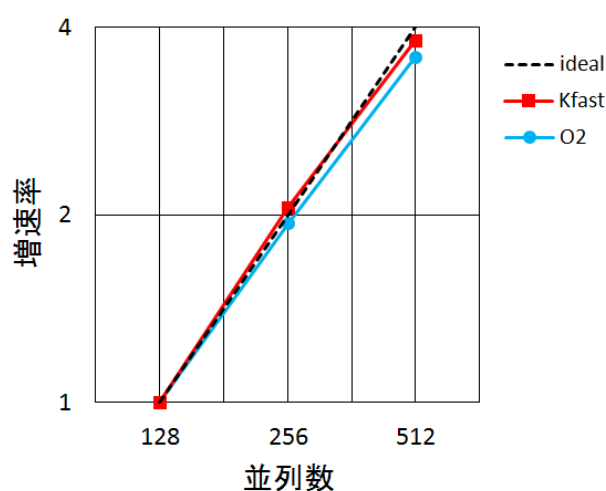
- ①沸騰・凝縮の計算が安定で、質量やエネルギーの保存性が高い
- ②壁面熱伝達モデルなどの構成方程式が組み込まれている
- ③カスタマイズに対応している

Advance/FrontFlow/MP の機能

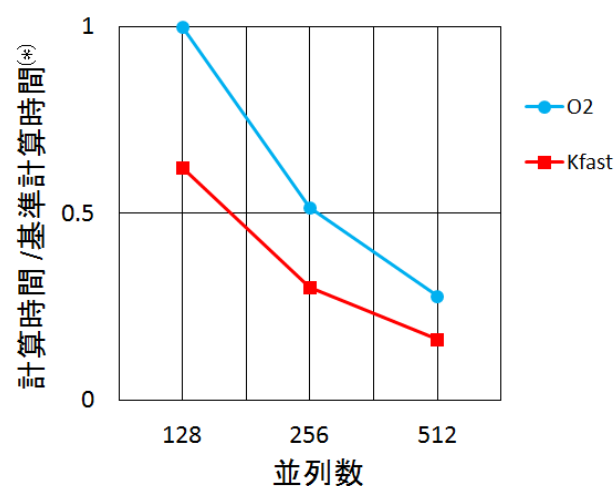
- ・沸騰解析
 - ・凝縮解析
 - ・固体熱伝導解析
 - ・自由表面解析
 - ・気泡流解析
 - ・蒸発解析(液滴、水蒸気、空気を扱う二相流)
- 同時に扱うことが可能

Advance/FrontFlow/MP の性能評価

一般財団法人 高度情報科学研究機構（RIST）様
 スーパーコンピュータ FUJITSU PRIMEHPC FX10 上で測定
 5,000万要素の結果(セル中心法を使用したため、要素数とコントロールボリューム数は同じ)



128並列基準



(*)基準計算時間：
 コンパイラオプションO2 & 128並列の計算時間

Advance/FrontFlow/MP の解析実績

➤ 自動車

- 焼入れ熱処理の解析
- 気泡除去装置の解析
- 熱交換器の沸騰凝縮解析
- 配管内の圧損解析
- 表面張力による液体挙動解析

➤ 原子力

- 燃料集合体の解析
- 気水分離器の解析
- 気流ジェット噴流装置の解析
- 垂直管と水平管の環状流解析
- プール水のスロッシング解析

➤ 化学

- 気泡塔内の解析
- T字合流配管部のサーマルストライピング現象の解析

➤ その他

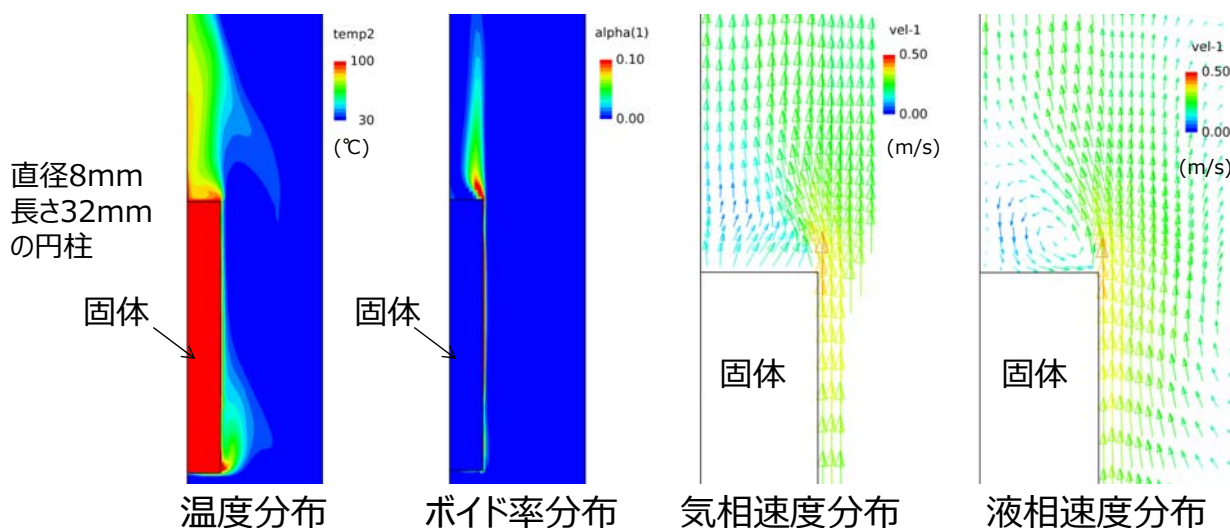
- 製鉄プロセスの解析
- 配管内の液滴の蒸発解析(拡散)
- 配管内の蒸気の凝縮解析
- 海中の気泡流解析
- 独立行政法人 科学技術振興機構 平成25年度採択課題「相変化を伴う3次元気液二相流解析プログラムの研究開発」
- 「京」のトライアル・ユース
- 「京」の個別利用

以下の事例はスーパーコンピュータを使用した大規模解析ではありません。

Advance/FrontFlow/MP の解析事例

・固体熱伝導と沸騰と凝縮を同時に扱った解析

固体の初期温度900℃、液体の初期温度30℃で1秒後の計算結果

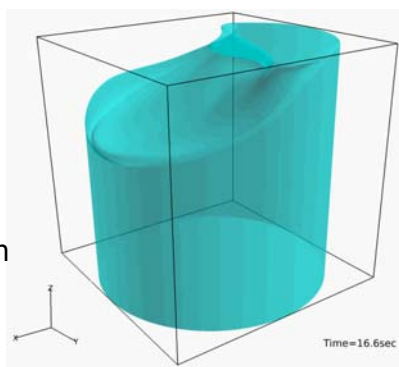


Advance/FrontFlow/MP の解析事例

・自由表面解析

1968 年十勝沖地震の強震記録(*)を2倍にした条件での円筒タンクのスロッシング解析

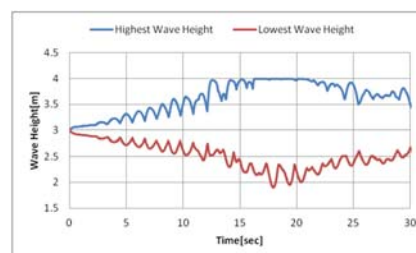
内径4m
高さ4m
初期液面高さ3m



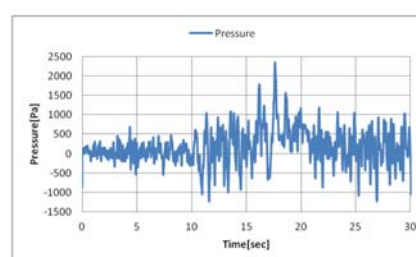
地震発生から16秒後の液体分布

(*)翠川三郎, 三浦弘之: 1968年十勝沖地震の八戸港湾での強震記録の再数値化, 日本地震工学会論文集, 第10巻, 第2号, pp.12-21, 2010.

Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.



最大波高と最小波高の時間変化



天板における最大圧力の時間変化

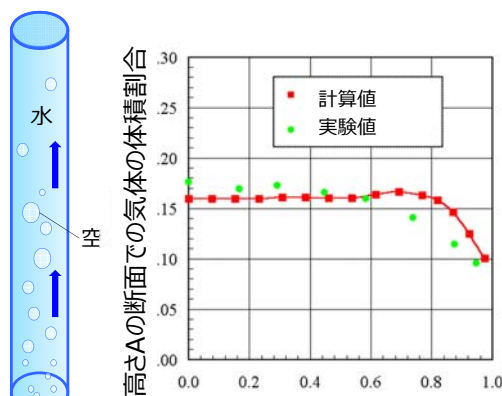
9

Advance/FrontFlow/MP の解析事例

・気泡流解析

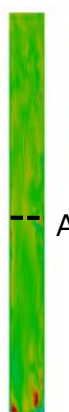
ボイド率：実験値(*)と計算値の比較

液相速度：実験値(*)と計算値の比較

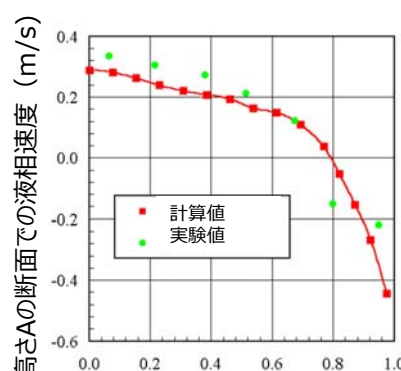


底面から
気泡を注入

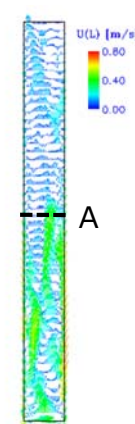
内径138mm
高さ1370mm



気泡塔の半径方向の距離



気泡塔の半径方向の距離



(*) J.H.Hills, Trans.Instrn.Chem.Engrs, Vol52,1971,pp1-9.

Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

10

10

Advance/FrontFlow/MP に 今後追加される機能

- ・AMGソルバー(*)の導入による高速化
- ・壁面までの距離計算の改良による高速化
- ・セル中心法の導入
- ・ラージ・エディ・シミュレーションの導入
- ・前処理の省メモリ化
- ・沸騰時の離脱気泡径と気泡離脱速度の相関式
- ・リスタート計算時の並列数の変更
- ・数値パラメーターの最適化
- ・その他

開発終了

(*) 九州大学情報基盤研究開発センター 西田 晃 先生が開発したAMGの線形ソルバーを利用できます。
利用をご希望の方は、以下のサイトからダウンロードしてください（アドバンスソフトがお手伝いいたします）。
<http://www.ssisc.org/> インターフェイスはAdvance/FrontFlow/MPに入れています。

構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR の解析事例

研究員 尾川 慎介

アドバンスソフト株式会社の
アドバンス／スーパーコンピューティング・サービス活用セミナー
2015年8月27日（木）開催
アドバンスソフト株式会社

本日の内容

- Advance/FrontSTR の紹介
- 大規模解析の事例紹介
 - ベンチマーク
 - 過去の計算実績

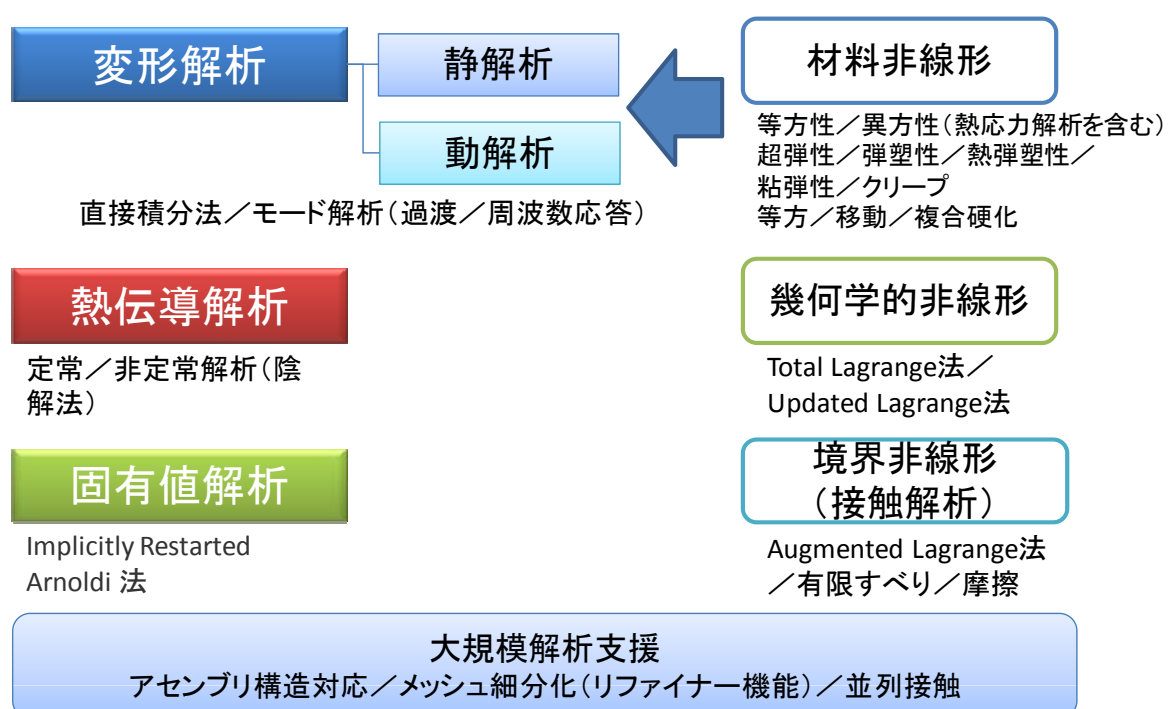
構造解析ソフトウェア

Advance/FrontSTR の紹介

Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

3

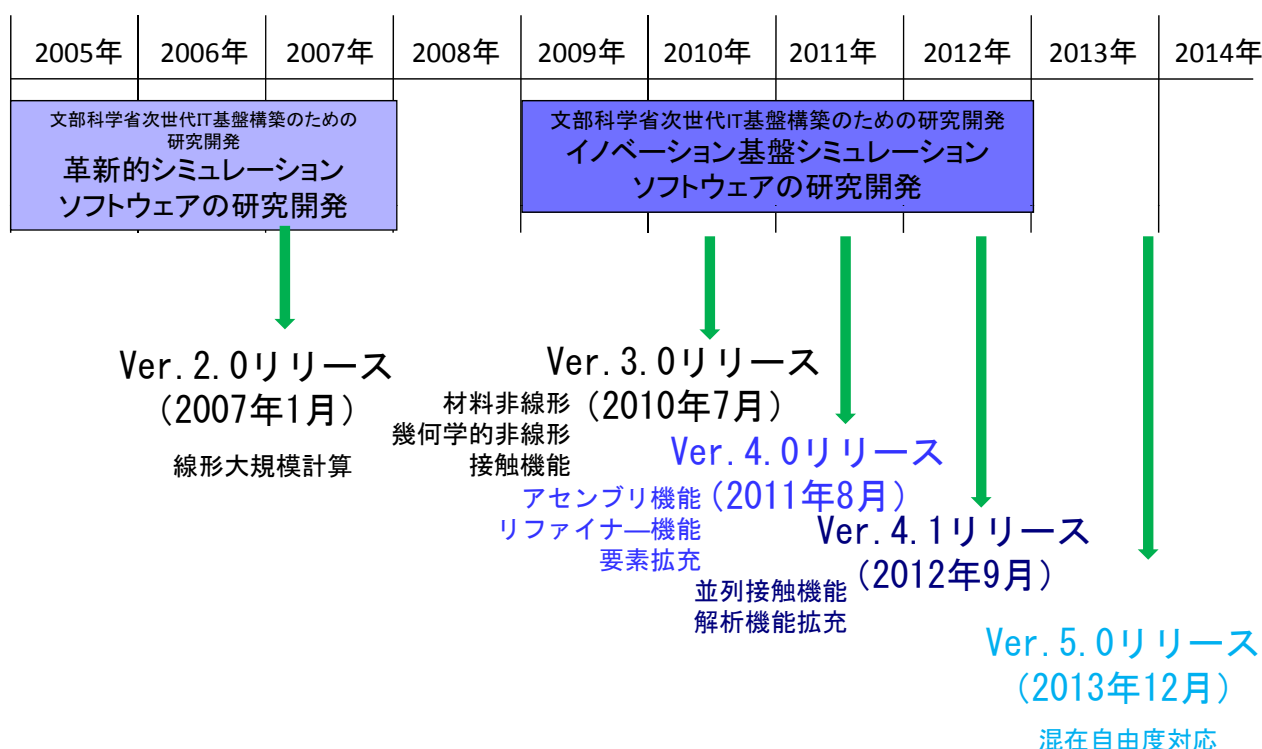
ソフトウェアの機能



Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

4

開発経緯



公開版からの発展状況

- 弊社技術者も参加して公開版 FrontISTRの開発を行っています。公開版の開発内容はすべて Advance/FrontSTRに反映されています。さらにAdvance/FrontSTRでは独自拡張や修正を加えています。

国プロで開発

公開版 FrontISTR



弊社で独自開発

国プロで開発

Advance/FrontSTR

項目	内容	Advance / FrontSTR	公開版FrontISTR
変形解析－動解析	直接積分法	中央差分法、Newmark-β法 HHT法	中央差分法、Newmark-β法
	モード解析	過渡/周波数応答解析	周波数応答解析, 並列不可
接触解析	並列接触解析	○	－
ソリッド要素	ピラミッド要素	○	－
	低減積分要素	○	－
	要素タイプ選択 (非適合要素、B-bar要素)	ユーザー指定	選択不可

(続く)

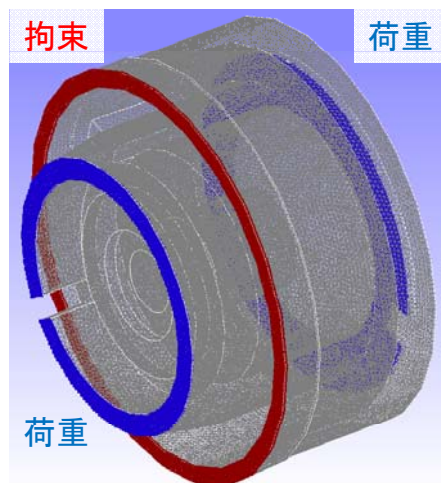
公開版からの発展状況(続き)

項目	内容	Advance / FrontSTR	公開版FrontSTR
構造要素	シェル要素	2次要素、非線形解析にも対応	1次要素、線形解析のみ対応
	梁要素	○	—
	トラス要素	○	—
特殊要素	質量要素	○	—
	慣性モーメント要素	○	—
材料	超弾性材料	Neo-Hookeモデル、Mooney-Rivlinモデル、Arruda-Boyceモデル、Yeohモデル、Ogdenモデル、Polynomialモデル、Reduced-Polynomialモデル、Hyperfoamモデル	Neo-Hookeモデル Mooney-Rivlinモデル Arruda-Boyceモデル
	温度依存性	弾性材料(弾性/超弾性/粘弾性)、非弾性材料(弾塑性、粘弾性、熱弾塑性)に対応	弾塑性材料のみ対応
	異方性材料	弾性材料、熱膨張係数	弾性材料
境界条件	AMPLITUDE(時系列データ)の設定	境界条件ごとに設定可能	STEPごとに設定(境界条件ごとには不可)
	DLOAD	+面グループの静水圧, 追従力	
減衰	モード減衰	○	—
	材料減衰	○	—
その他	局所座標	○	—
	外部計算結果の読み込み	○	—

大規模解析(ベンチマーク問題)

ベンチマーク問題

• 静解析

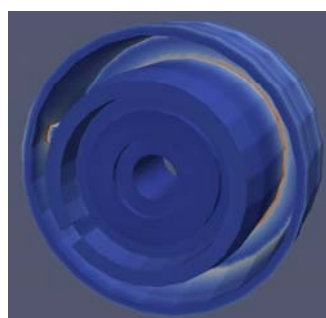


モデル(すべて四面体二次要素)

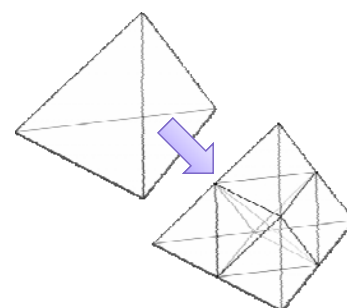
	要素数	節点数
オリジナル	684,807	1,008,911

メッシュ細分化機能 (REVOCAP/Refiner)

リファイン2回	43,827,648	60,089,084
リファイン3回	350,621,184	474,183,032



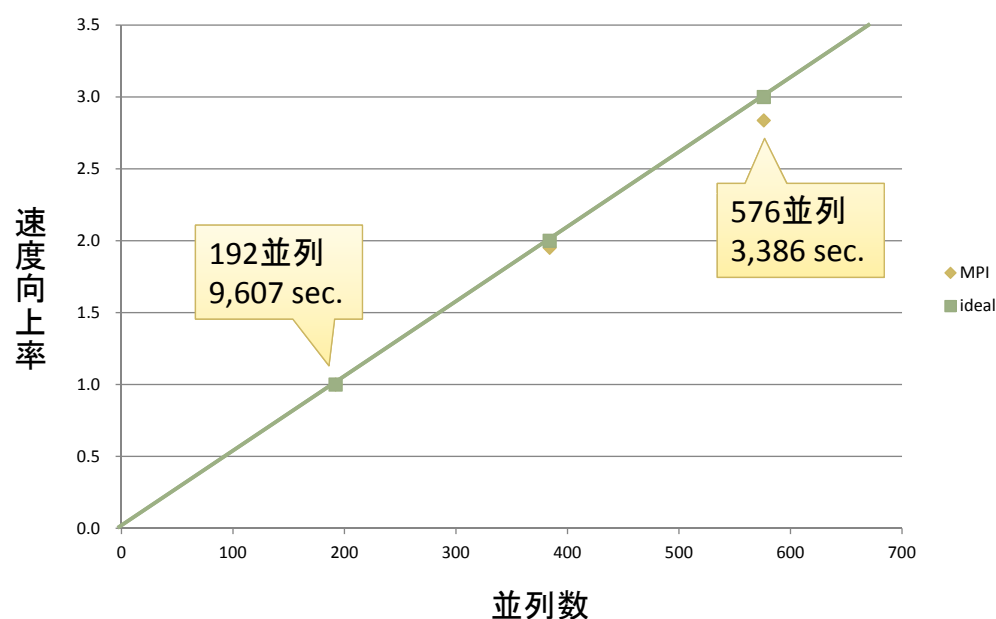
ミーゼス応力



メッシュの細分化

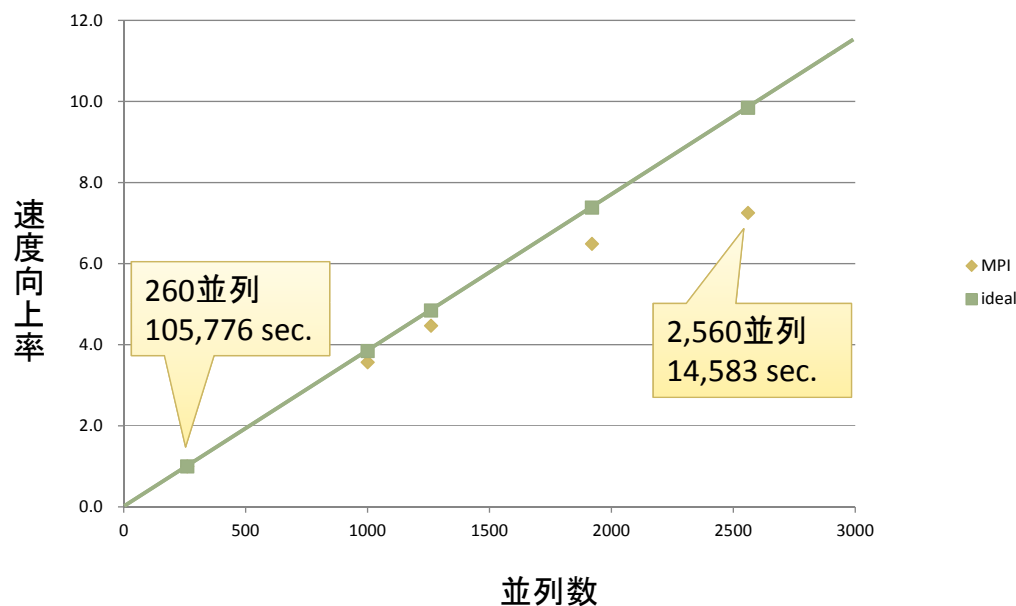
性能評価 (FX10)

4400万要素(リファイン2回)



性能評価 (UV2000)

3.5億要素(リファイン3回)



Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

11

大規模解析(過去の計算実績)

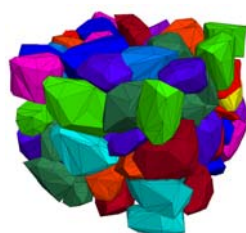
Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

12

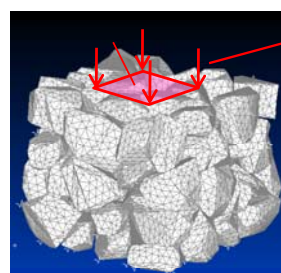
バラスト軌道の数値解析 (1)

- 目的
 - バラスト劣化の解明
- モデル作成
 - 3次元デジタイザで複数の碎石形状取得
 - DEMにより締め固めを行ったものをFEMモデル化

締め固め(DEM)



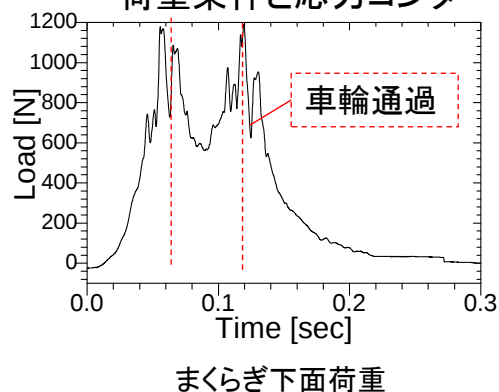
FEMモデル



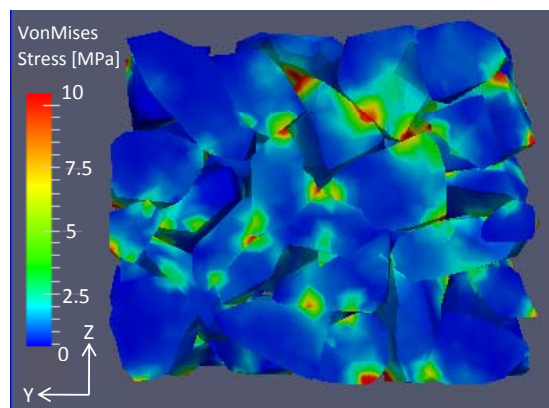
荷重点

バラスト軌道の数値解析 (2)

– 荷重条件と応力コンター



参考文献: A. Aikawa (鉄道総合技術研究所), Determination of Natural Modes of Ballast Layer, Proceeding of the Ninth International Conference on Engineering Computational Technology, Vol.9, paper No.19, pp.1-19, Civil-Comp Press, 2014.



ミーゼス応力コンター

応力解析により碎石稜角部に非常に大きな応力が作用する



モデルを大きくして検討

バラスト軌道の数値解析 (3)

非公開

リファイナーを利用した熱応力解析

- 『アドバンスシミュレーション』13号 51ページ (Oct. 2012)
- 軸対称問題として2次元モデルを使用していた
- 形状の複雑化に伴って3次元モデルに変更したいが、他社ソフトウェアではライセンス上、大規模解析が困難

モデル	節点数	要素数	並列数	処理時間	使用メモリ
オリジナル	4,281,602	3,147,621	12	2,174 sec.	<96GB
リファイン1回	26,314,949	25,180,968	48	8,842 sec.	<192GB

(反復法)

まとめ

- Advance/FrontSTR はスーパーコンピュータで利用できる
 - リファイナーなど、大規模解析を支援するツールも使用可能
- 大規模解析の有用性
 - モデルに対する工夫(細かいパーツの無視など)を減らせる
 - シミュレーションから得られる最良の解が得られる

音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise の解析事例

研究員 尾川 慎介

アドバンスソフト株式会社の
アドバンス／スーパーコンピューティング・サービス活用セミナー
2015年8月27日（木）開催
アドバンスソフト株式会社

本日の内容

- Advance/FrontNoise の紹介
- 大規模解析の事例紹介
 - ベンチマーク
 - 過去の計算実績

音響解析ソフトウェア

Advance/FrontNoise の紹介

Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

3

ソフトウェアの機能

項目		内容
基礎方程式		(1) 音響速度ポテンシャルに関する波の方程式を周波数空間に変換した方程式 (2) 空間的に分布する場の流れおよび空間的に分布する温度を考慮可能 (3) 空間的に分布する多孔質音響伝播媒体を考慮可能 (4) 構造物の固有値解析結果を利用した構造音響連成透過音解析が可能
解析領域		内部領域、および、外部領域(外部領域での外部境界は ρc 境界で与える)
物性値等	速度	場の速度を指定可能(デフォルト:速度0)
	温度	場の温度(音の伝播媒体)を要素毎に指定することが可能(デフォルトは均一媒体)
	多孔質	多孔質を模擬した場の材質を指定することが可能
境界条件	面での音源	面(壁境界)に対して、周波数毎に音圧または粒子速度を設定可能
	点音源	節点に対して、単極子、双極子、または、四重極子のパラメータを設定可能
	音響インピーダンス	面(壁境界)に対して、周波数毎に音響インピーダンスを設定可能
	外部境界	面(外部境界)に対して、 ρc 境界を設定可能(音響インピーダンスを与える機能の一部)
数値解法	離散化手法	有限要素法
	利用可能な要素	四面体一次要素
	並列計算	自動領域分割によりMPIで並列化
	行列解法	GMRES系列の反復法をデフォルトとし、各種反復手法および前処理手法が利用可能
	大規模計算実績	4億要素・8000万節点(四面体一次要素)
解析結果		周波数毎の音響ポテンシャル、音圧、音圧レベルを、バイナリ形式でファイル出力
プリポスト		Advance/REVOCAP for FrontNoise

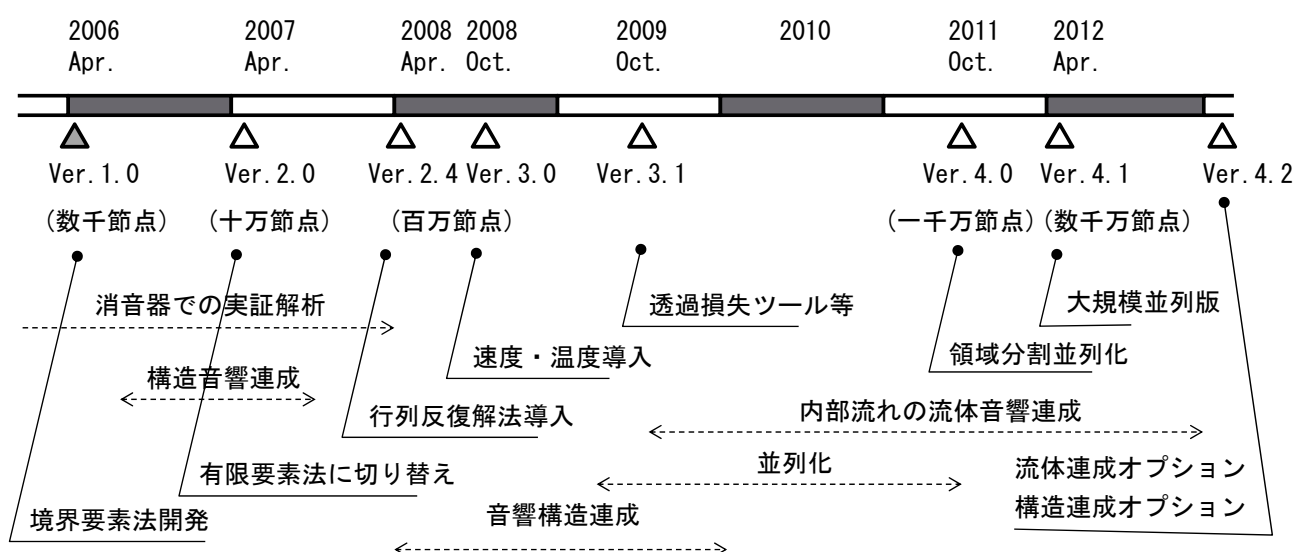
Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

4

適用可能な問題

- 音の伝播する領域、解析対象とする周波数を定め、周波数領域での解析を行います。
- その領域に有限要素のメッシュを作成します。境界条件として、解析領域内の**音源の周波数と強さを与えます**。また、壁等には適切な境界条件を与えます。
- 指定された周波数に対して、解析領域内すべての点における音響速度ポテンシャル(音圧、粒子速度)を求めることができます。
- 解析の後処理として、空間の音圧レベルや対象機器の透過損失等を求めることなどができます。
- これらの処理を必要とする周波数の数だけ解析を行います。
- **一般的に音源が不明な場合(音源を与えることができない場合)には音響解析はできません。**

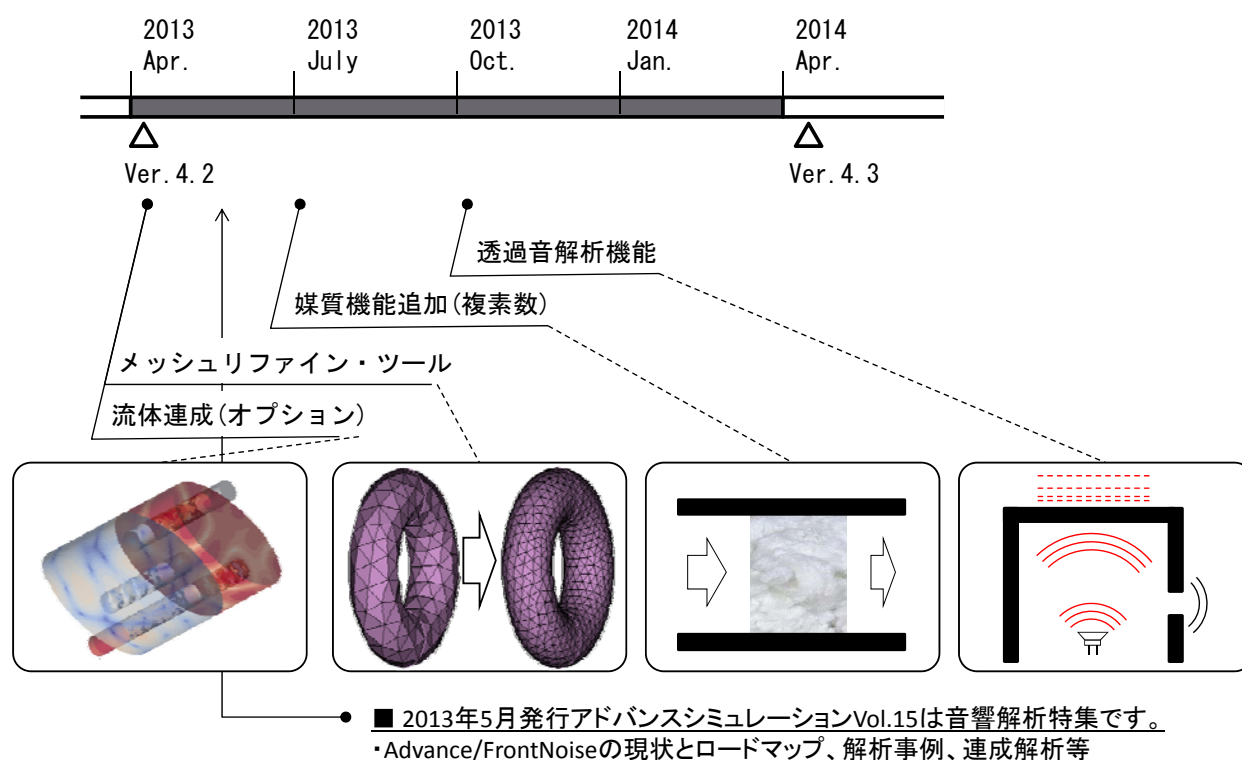
開発経緯 (1)



■ 技術雑誌: アドバンスシミュレーション

- [1] 桑原匠史, "Advance/FrontNoiseを用いた音響解析", Vol.2(2010.9)
- [2] 松原聖・桑原匠史, "Advance/FrontNoiseによる大規模解析", Vol.9(2011.10)
- [3] 松原聖, "Advance/FrontNoiseによる大規模解析一続報一", Vol.13(2012.10)
- [4] 松原聖・戸田則雄, "Advance/FrontNoiseによる構造音響および流体音響連成解析", Vol.14(2013.1)

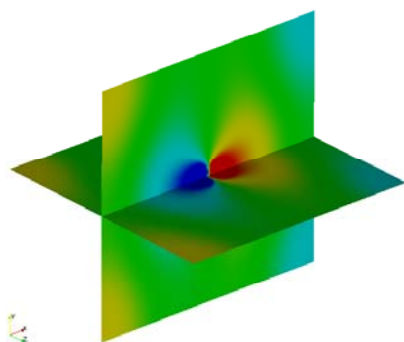
開発経緯 (2)



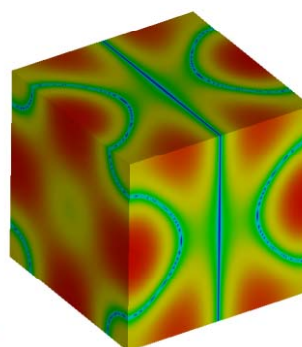
大規模解析 (ベンチマーク問題)

ベンチマーク問題

- 箱に閉じ込められた双極子音源の音場解析
(チュートリアル of B1モデルを1回リファインしたもの)
- 節点数: 約812万、要素数: 4800万 (すべて四面体)



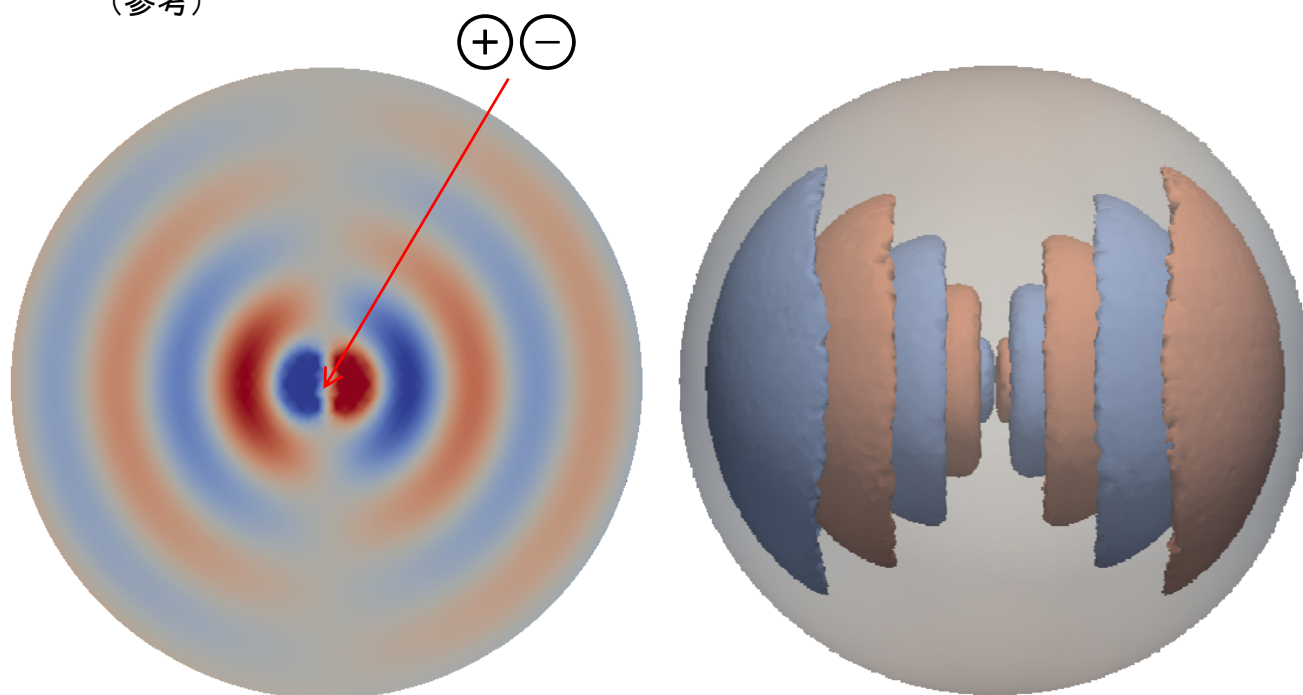
中央断面の音圧レベル



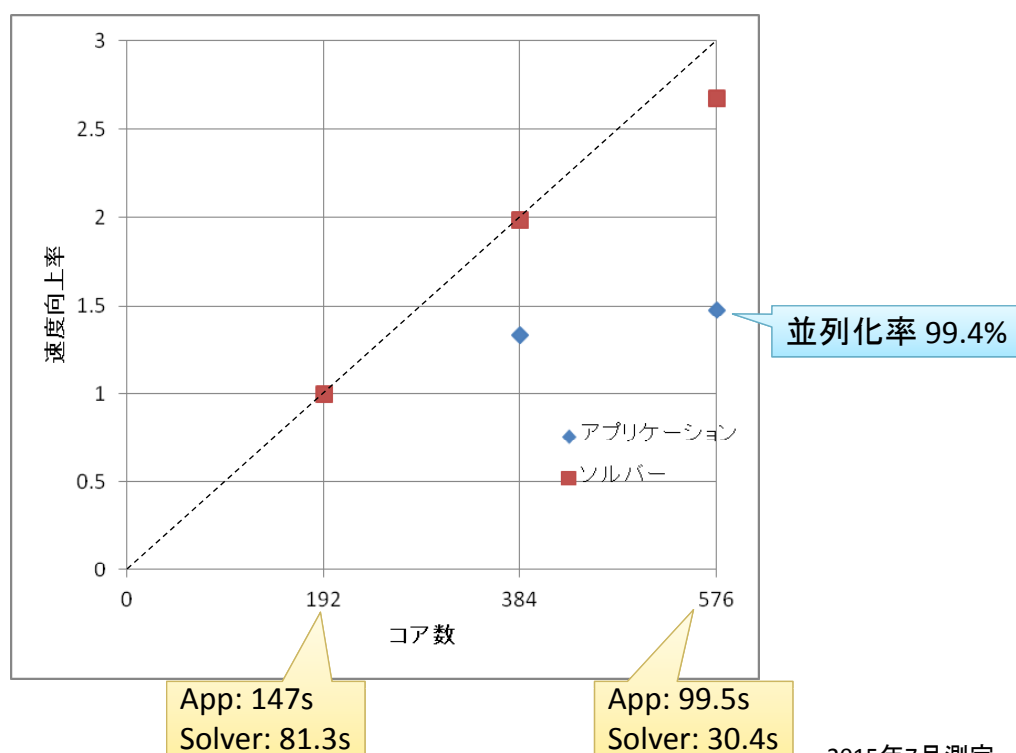
表面の速度ポテンシャル分布

無限に広い空間中のふたつの点音源

(参考)



性能評価 (FX10)

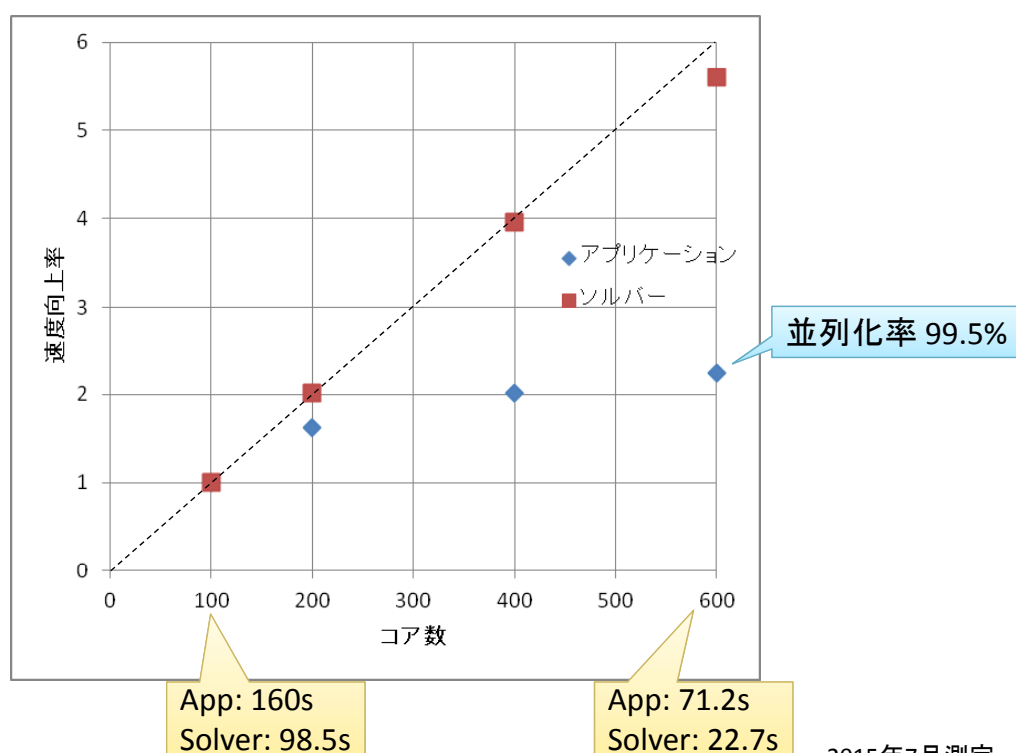


2015年7月測定

Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

11

性能評価 (UV2000)



2015年7月測定

Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

12

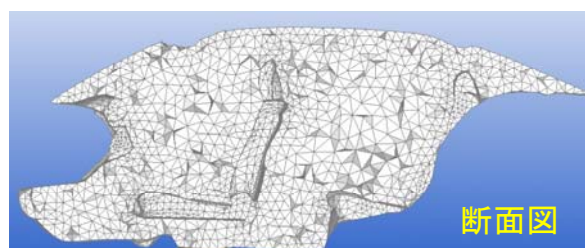
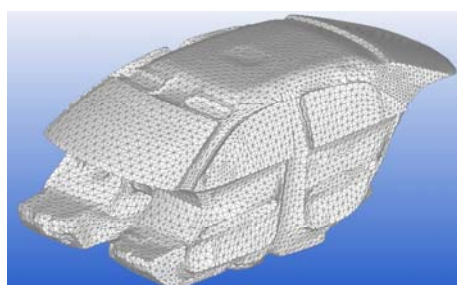
大規模解析(過去の計算実績)

車室内の音響シミュレーション (1)

資料提供: パイオニア株式会社 長谷川様

2015/7/30 開催『音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise 事例および基礎セミナー』資料より

- 解析モデル: 4面体1次要素



- 解析周波数ごとにメッシュ細分化ツールを利用してリファイン

細分化回数 (メッシュサイズ)	節点数	要素数	解析周波数[Hz]
ベース (50mm)	4万	20万	~1.25kHz
1回 (25mm)	30万	160万	~2.5kHz
2回 (12.5mm)	220万	1250万	~5kHz
3回 (6.25mm)	1720万	1億	~10kHz

材質ごとに境界条件
(音響インピーダンス)を付与
音源は車室前方のスピーカー

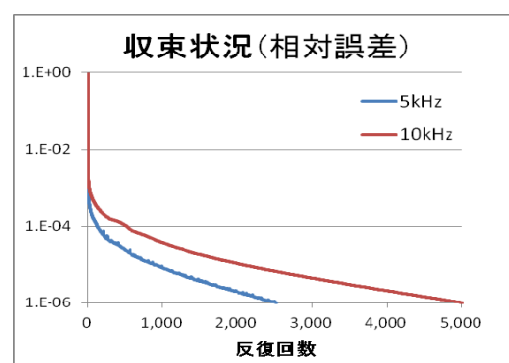
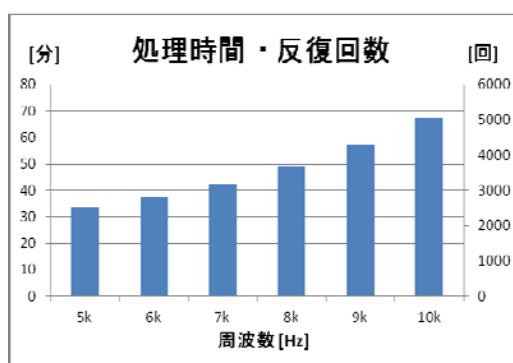
車室内の音響シミュレーション (2)

資料提供: パイオニア株式会社 長谷川様

2015/7/30 開催『音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise 事例および基礎セミナー』資料より

- 6.25mmモデルを使用して 5kHz – 10kHz (1kHz間隔) を解析

	処理時間	情報
Total Time	310分	6周波数計算 (FOCUSスパコンDシステム、6ノード120並列)
Input	3分	入力ファイルサイズ: 7GB
Solver	290分	性能: 0.80秒 / iter.
Output	17分	出力ファイルサイズ: 600MB/freq.



Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

15

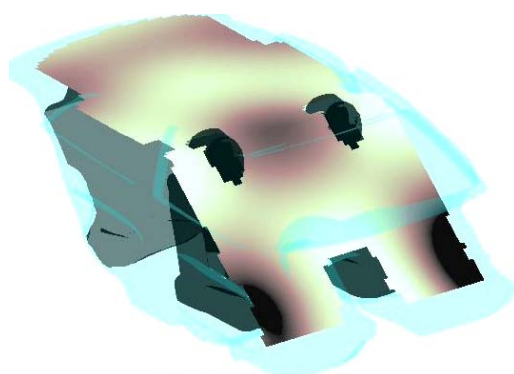
車室内の音響シミュレーション (3)

資料提供: パイオニア株式会社 長谷川様

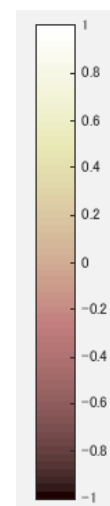
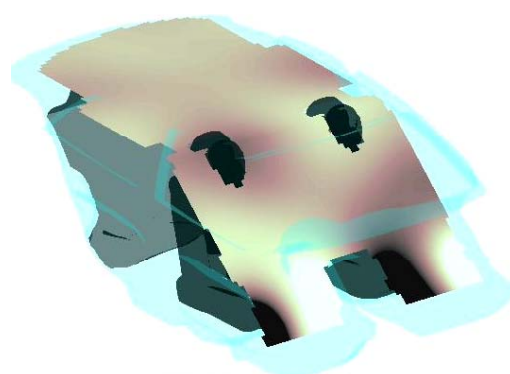
2015/7/30 開催『音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise 事例および基礎セミナー』資料より

- 音の伝播の様子を可視化
 - 車室内の状況にあった音空間を作るための検討に利用

左右のスピーカを同時に再生



運転席に同時に音が届くように再生



Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

16

まとめ

- Advance/FrontNoise はスーパーコンピュータで利用できる
 - 約4億要素を解析した実績がある
 - リファイナーなど、大規模解析を支援するツールも使用可能
- 音響解析では大規模解析は必須
 - 解析周波数に合わせてモデルを作る必要があるため

第一原理計算ソフトウェア Advance/PHASE の解析事例

主事研究員 加藤 信彦

アドバンスソフト株式会社の
アドバンス／スーパーコンピューティング・サービス活用セミナー
2015年8月27日（木）開催
アドバンスソフト株式会社

発表内容

- Advance/PHASEの概要
- Advance/PHASEの機能紹介
- スパコン対応状況
- ベンチマーク事例: Si_{512} 結晶の計算
- 計算事例の紹介: 4H-SiC中の結晶欠陥の計算

Advance/PHASE概要

実験結果などの**経験的なパラメータを用いず**に、物理学の第一原理に基づき、物質の性質を**電子・原子レベル**で精密に解析するためのソフトウェア

- ・ 密度汎関数理論 (Density Functional Theory)
- ・ 平面波基底 (Blochの定理、周期境界条件)
- ・ 擬ポテンシャル (ノルム保存、ウルトラソフト)

http://www.advancesoft.jp/product/advance_phase/

Advance/PHASE Ver. 3.3の機能(1)

- 基本機能
 - 全エネルギー計算、原子位置の最適化、計算ユニットセルの最適化
- 電子状態解析
 - 電子密度
 - 全価電子密度分布、部分電子密度分布
 - 状態密度
 - 全状態密度、原子分割局所状態密度、層分割局所状態密度、射影状態密度
 - 各原子あたりの電荷量、Born有効電荷
- 磁性解析
 - 電子スピン分極解析、スピン軌道相互作用による磁気異方性

Advance/PHASE Ver. 3.3の機能(2)

- 光学特性
 - 誘電関数(電子系および格子系)、非線形感受率、X線光電子分光、EELS(電子エネルギー損失分光)
- 分子動力学
 - NVEおよびNVT
- 反応経路探索
 - Nudged Elastic Band(NEB)法、メタ・ダイナミクス法
- 雰囲気制御
 - Effective Screening Medium(ESM)法、3D-RISM-SCF法
- Post SCF解析
 - ストレス・テンソル、仕事関数、圧電定数、STM・AFM像

スパコン対応状況

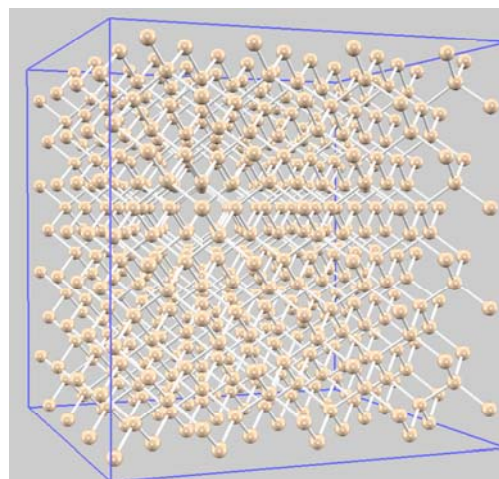
- k点並列
 - 大規模系に対しても、ほぼ理論値に近い高速化を達成
 - 多くのk点数を必要とする物性値の計算に有効
 - 状態密度、Fermi面、バンド分散の高精度計算
 - 磁性材料の電子状態
 - 誘電関数、有効質量
- バンド並列(高速化については改良中)
 - 1000原子程度の大規模系の計算は実行可能
 - 更なる高速化については今後のバージョンで改良を行う予定

ベンチマーク事例

計算モデル

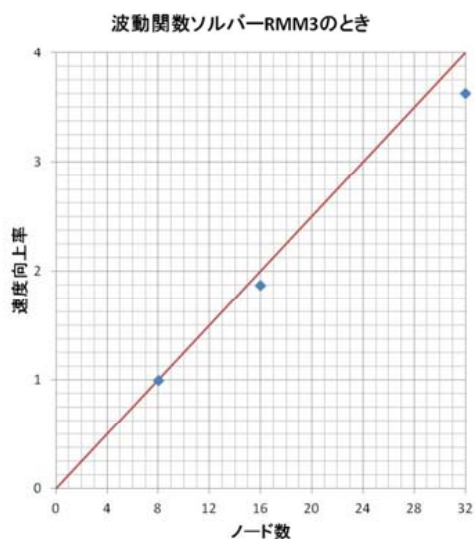
項目	説明
系	Si結晶
計算内容	SCF + Force
原子数	512
k点サンプリング	$2 \times 2 \times 2$
バンド数	1600
平面波数	146116
射影演算子数	2048

Si結晶モデルの計算セル

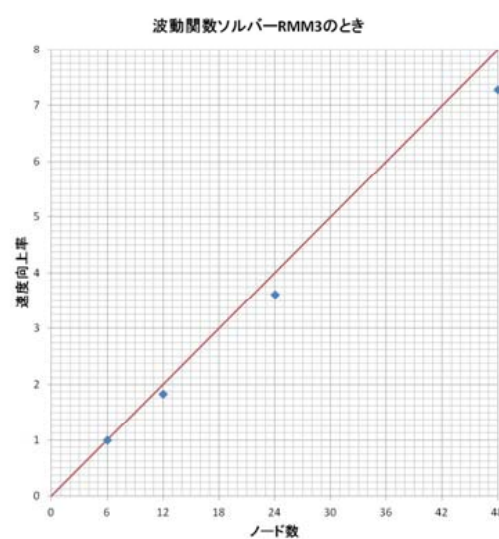


性能評価結果(k点並列時の速度向上率)

FX10

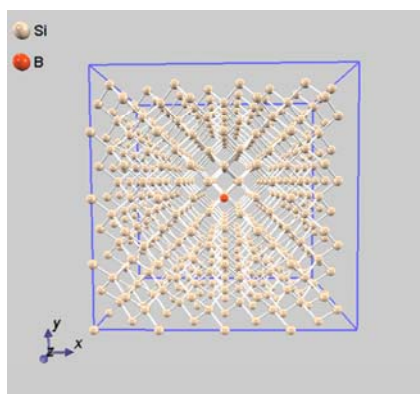


UV2000

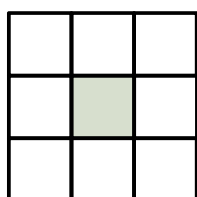


理論値(赤線)とほぼ一致する高速化を実現

スパコン使用に向いている計算例(1)



$\text{Si}_{511}\text{B} \rightarrow 0.2\%$ のドーピング



疑似アモルファス: 計算セル内はランダムだが、セルが周期をもつ

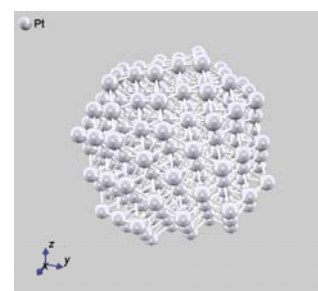
スパコン使用により、セルを大きく取ることができるので、よりランダム性の高い計算となる

スパコン使用に向いている計算例(2)

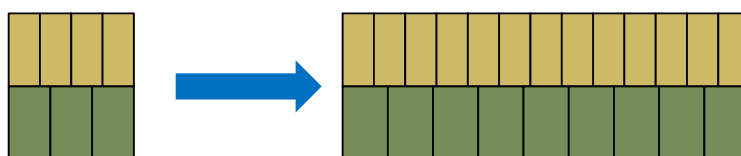
ナノクラスターでは、2nmから数nmのサイズで特性が変わることがいくつか報告されている。

スパコン使用により、そのサイズの計算が可能

Pt_{249} クラスタ



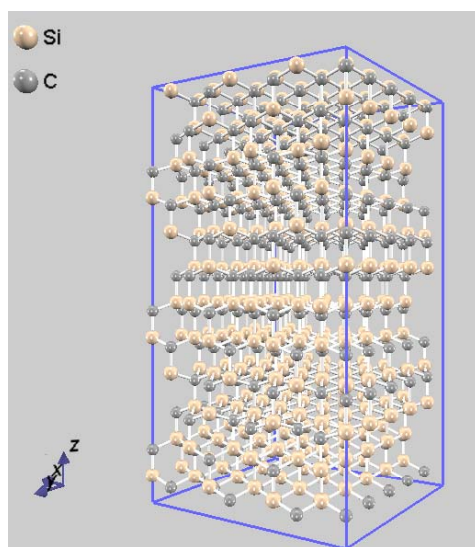
不整合界面: 疑似的に周期的な界面を作成



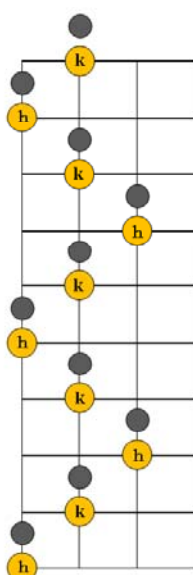
計算事例：4H-SiC中の結晶欠陥の計算

- 4H-SiCのユニットセルを $3 \times 5 \times 3$ 倍に拡張したスーパーセルを使用(720原子)

隣接セルの欠陥同士の影響を排除し、discreteな欠陥準位を得るために必要



Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.



計算する欠陥位置

✓単原子欠陥

- ① hサイトのC
- ② hサイトのSi
- ③ kサイトのC
- ④ kサイトのSi

✓2原子結合ペア欠陥

- ⑤ hサイト内のC-Si結合
- ⑥ kサイト内のC-Si結合
- ⑦ hサイトのCとkサイトのSiの結合
- ⑧ kサイトのCとhサイトのSiの結合

11

計算結果1 欠陥形成エネルギー

- 欠陥形成エネルギーの計算

$$\Delta E = E(\text{欠陥モデル}) - \{E(4\text{H-SiC}) + n_C E(\text{C}) + n_{\text{Si}} E(\text{Si})\}$$

$E(A)$ はモデルAの全エネルギー

n_C 、 n_{Si} は欠陥モデル中の欠陥C原子およびSi原子の数

※ $E(\text{C})$ と $E(\text{Si})$ は単体結晶の生成エネルギーより計算

1原子欠陥	形成エネルギー(eV)	2原子欠陥	形成エネルギー(eV)
hサイトC	4.376	h_C - h_Si	8.208
hサイトSi	8.051	k_C - k_Si	<u>8.197</u>
kサイトC	4.505	h_C - k_Si	8.285
<u>kサイトSi</u>	<u>7.987</u>	k_C - h_Si	8.254

hサイトのC原子の欠陥形成エネルギーが最も小さい
(実験結果*や他の第一原理計算結果**を支持)

* V.V.Konovalov et al., "240 GHz electron paramagnetic resonance studies of intrinsic defects in as-grown 4H-SiC", *Phys. Rev. B* 68 (2003), 012102
 ** M.Bockstedte et al., "Signature of intrinsic defect in SiC: *Ab initio* calculations of hyperfine tensor", *Phys. Rev. B* 67 (2003), 193102

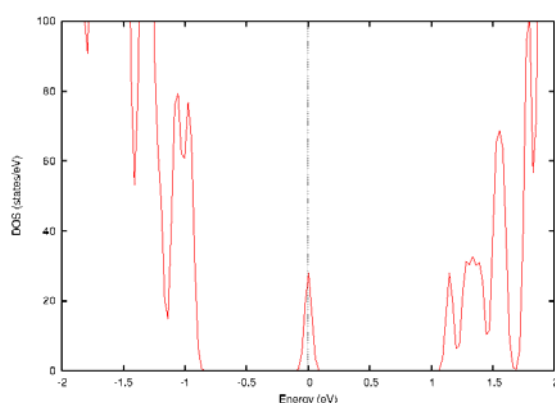
Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

12

計算結果2

状態密度解析による欠陥準位の評価

hサイトのC欠陥モデルの状態密度計算結果

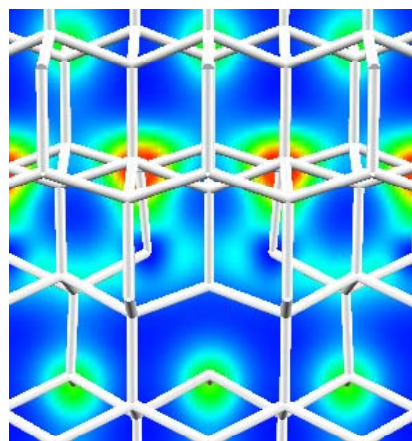


欠陥エネルギー位置:

・価電子帯Topから 0.78eV

・伝導帯bottomから 0.98eV
(バンドギャップの実測(3.2eV)
を用いると2.42eV)

欠陥周辺の電荷密度分布



欠陥周辺のSi---Si原子間に結合が生成

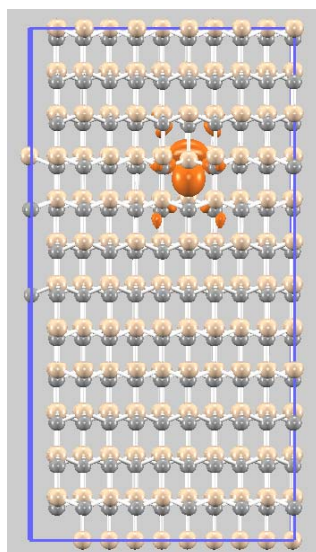
Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

13

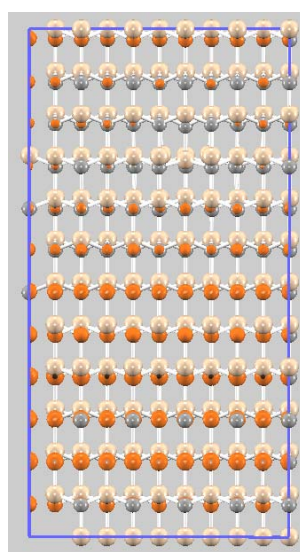
計算結果3

欠陥準位の状態密度分布(hサイトC欠陥の場合)

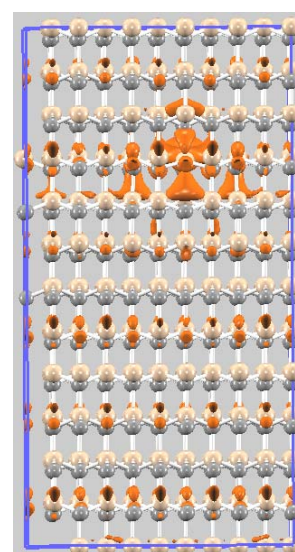
欠陥準位の状態密度



価電子帯topの状態密度



伝導帯bottomの状態密度



✓スーパーセルの使用により欠陥の状態密度は局在化している

✓伝導帯bottomは欠陥付近に分布

欠陥準位から伝導体への電子移動が起こりやすくなる

Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

14

まとめ

- 第一原理計算ソフトウェアAdvance/PHASEに対して、FX10およびUV2000における性能評価を行った
- k点並列については大規模系についても理論値に近い高速化を実現できた。(今後はバンド並列について改良を行い、より大規模な系に対しても高速化を実現可能にする予定)
- 計算事例として、4H-SiC中の結晶欠陥の計算を行った。大規模なスーパーセルを使用することでdiscreteな欠陥準位が得られた。

アドバンス／スーパーコンピューティング・サービスの プリポストの紹介

主任研究員 徳永 健一

アドバンスソフト株式会社の
アドバンス／スーパーコンピューティング・サービス活用セミナー
2015年8月27日（木）開催
アドバンスソフト株式会社

概要

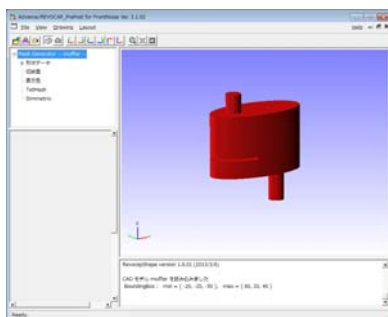
- はじめに
- プリ処理
 - 大規模メッシュの作成
 - 解析の解像度を上げる
 - 詳細な構造まで解析する
- ポスト処理
 - 大規模解析の結果を可視化する
 - 詳細可視化と概要可視化
 - スパコンでの可視化
 - ParaViewでの利用例
 - 可視化手法
 - まとめ
- 全体のまとめと補足

はじめに

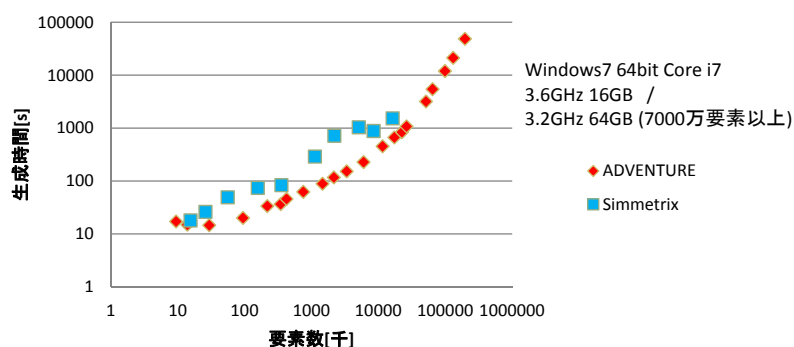
- スーパーコンピューティングサービスを利用する場合のプリポスの課題
 - 大規模なメッシュ生成をどのように作成するか
 - 数千万から数億要素のメッシュ
 - 計算リソースを活用して詳細な構造を解析するには
 - 均質化で近似していたもの、1次元の簡易モデルで計算していたものを3次元の詳細モデルで解析する
 - 計算結果を可視化するには
 - 数千万から数億要素のメッシュを可視化する
 - 計算結果の概要を評価するには
 - 数千万から数億要素の計算結果を扱いやすい形に加工する

大規模メッシュの作成方法

- メッシュ生成ツールで手作業で作成
 - スペック上は1億要素程度可能
 - 1000万要素程度が実用的
- 弊社のプリポストプロセッサ Advance/REVOCAPで四面体自動生成を行った場合
 - 数億要素までPC上で生成可能

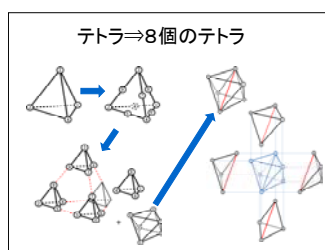


メッシュ生成パフォーマンス



解析の解像度を上げる(1)

- 流体解析、音響解析では、解の解像度を上げる(細かい乱流、高周波数を計算する)ために、メッシュを細かくする必要がある
- 1000万要素以上のメッシュ作成、手作業では困難
- REVOCAP_Refinerを用いると、解析モデルを細分化することができる
 - Advance/FrontSTRには内蔵(メモリ上で細分化可能)
 - Advance/FrontFlow/red、Advance/FrontFlow/MPには外部ツールで提供
 - Advance/FrontNoiseは同等の機能が含まれる



※2012年7月文部科学省次世代IT基盤構築のための研究開発
第4回「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」シンポジウム
「大規模アセンブリ構造マルチ力学シミュレータの研究開発と実証事例報告」より

解析の解像度を上げる(2)

- 一般に大規模メッシュを作成する場合、メッシュジェネレータで大規模メッシュを作成するよりも、中規模のメッシュを細分の方が高速、かつハンドリングも容易
- Advance/FrontSTRでは、領域分割の後に細分している

- 大規模解析を実施する場合、以下の2通りを比較
 - ADVENTURE_TetMeshで細かいメッシュを生成してから、FrontISTRで解析する。
 - ADVENTURE_TetMeshで粗いメッシュを生成してから、REVOCAP_Refinerが組み込まれたFrontISTRでオンメモリでモデルを細分して解析する。

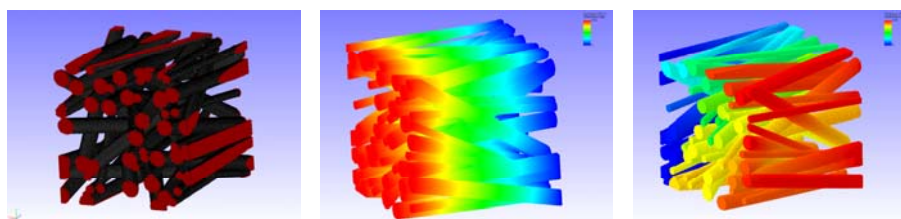
	要素数	節点数	メッシュ生成時間[s]	リファイン	リファイン後の要素数	リファイン後の節点数	FrontISTRのプレ処理時間[s]※	FrontISTRの解析時間[s]	トータル所要時間[s]
①	292820	446320	145	1回	2343120	3344152	24	7692	7861
②	2290824	3255492	4527	なし			27	7469	12023

※ソルバーのプレ処理には、ファイル読み込み時間、オンラインのリファインの時間が含まれます。

※2011年7月文部科学省次世代IT基盤構築のための研究開発
第3回「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」シンポジウム
「REVOCAPの開発状況と自動車車室内騒音のマルチ力学シミュレーションによる高精度予測への挑戦」より

詳細な構造まで解析する(1)

- 空間に粒子をランダムに一方向あたり10個詰めた領域を解析するには
 - 球をメッシュで表現するには20分割
 - 10個詰めるとすると1方向あたり200メッシュ必要
 - 3次元領域には800万要素必要になる⇒大規模解析が必要になる
- 細かい構造を表現するメッシュを作成するのが煩雑
- ⇒粒子や繊維が充填されたような構造を解析するためのモデリングツール(Advance/REVOCAP_PorousModeler)を開発している

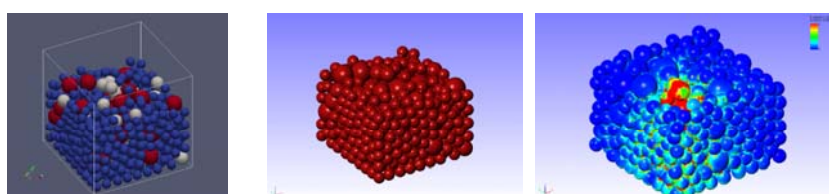
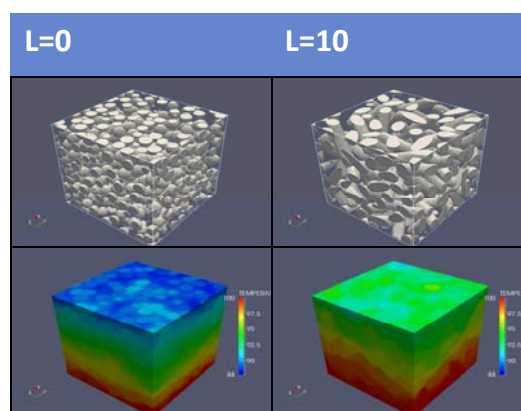


Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

7

詳細な構造まで解析する(2)

- Advance/REVOCAP_PorousModelerで作成した解析モデルによる解析事例
 - 充填材のアスペクト比を変化させた時の熱伝導の変化
 - DEMで粒子を充填した領域の応力分布



Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

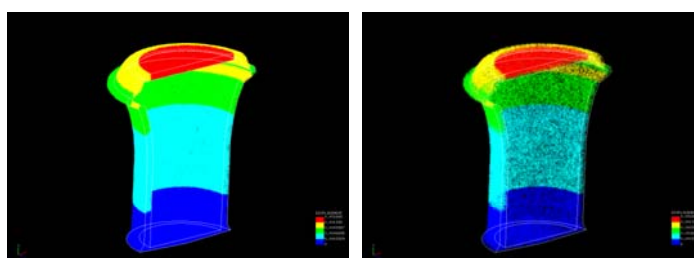
8

大規模解析の結果を可視化する

- 最近のWindowsPCでよいスペックのもの（CPUメモリ64GB、ビデオメモリ2GB）であれば非構造格子1億要素は可視化可能
- ただしいくつかの工夫が必要
 - ファイルサイズが大きくならないようにバイナリフォーマット推奨
- PCスペックを超える解析結果に対するポスト処理の方法
 - 粗いデータに変換して可視化する
 - 並列計算機のリソースを使って可視化する

詳細可視化と概要可視化

- REVOCAP_Refinerで解析モデルを細分化した場合には、可視化する場合に細分の逆を行って粗視化することができる
 - Advance/FrontSTR、Advance/FrontFlow/redが対応
 - Advance/FrontNoiseは独自の細分化ルーチンで対応
- PBVR（粒子ベースのボリュームレンダリング）
 - Advance/REVOCAPで実装済み
 - 自己発光する粒子で表現するため、レンダリングする粒子数を減らすことで粗視化することができる。

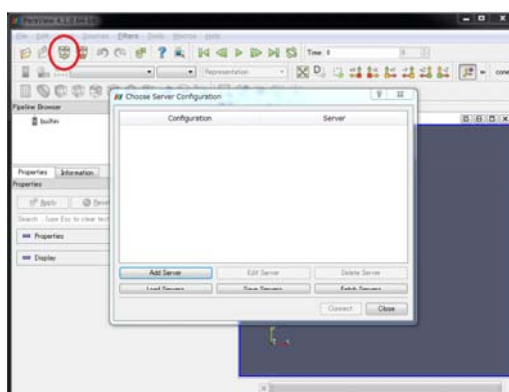


スパコンでの可視化

- 専用のプリポストサーバーがある場合はそれで行うのが良い
 - 占有は難しい
 - ネットワークアクセスできないこともある
 - 並列可視化に対応しているものもある
- 計算ノードで可視化用のプログラムを実行させる
 - GPUが利用できない場合がある⇒ソフトウェアレンダリングで行う
 - ソフトウェアレンダリングを並列で実行すれば大規模な非構造格子の可視化は可能
 - 画像ファイルとして出力する

ParaViewでの利用例

- 準備
 - 並列版のParaView をビルドする
 - ParaView の通信に使うポート番号を端末に転送する設定にしておく
- プリポストサーバーで ParaView をサーバモードで起動
 - `$ mpirun -np 16 pvserver`
- 端末で ParaViewを起動し、Connect メニューでサーバに接続



可視化手法(1)

- ポスト処理において並列計算機とPCをつなぐ方法

① クライアント・サーバモード

- 例: ParaView の pvserver
- 並列計算機でレンダリングして、その結果をネットワークを介してクライアントで表示する

② ソフトウェアレンダリング

- 画面ではなく画像ファイル等にレンダリングする方法。作成した画像ファイルをPCに転送する。
- HECMW: 独自のレンダラーを内蔵している。Advance/FrontSTRから利用可能。
- OSMesa: OpenGLのエミュレータ。GPUがない並列計算機で pvserver を動作させる時にはこれを利用している。
- GLEW: OpenGLの拡張機能。オフスクリーンレンダリングで画像ファイルに出力できる。

可視化手法(2)

③ リモートデスクトップ

- レンダリングは高性能の可視化マシンで行い、Windows画面そのものを転送する
- スパコンに専用のプリポストサーバがあり、かつ外部からアクセスできる場合は有用

④ WebGL

- 並列計算機では可視化用のデータの作成を行う
- http プロトコルで転送し、ブラウザで可視化する



Khronos Group によるデモ

まとめ

- ① 大規模計算機のプリポストサーバを利用できる
⇒それを利用する
- ② 高性能の可視化専用PCを準備できる
⇒PCにデータを転送して可視化する
- ③ 可視化専用PCを用意できない、または大量の計算結果を転送することが困難
⇒並列計算機でレンダリングを行い、クライアントサーバモードで通信してPC上で表示
- ④ 多数の計算事例を簡単に結果を確認したい
⇒計算結果を粗視化してPC上で可視化
⇒計算サーバでソフトウェアレンダリングで画像ファイルに出力して転送
⇒計算結果を粗視化してWebGL形式で転送

全体のまとめと補足

- 大規模並列解析をスパコンで実施するためのプリ処理(メッシュ作成)、ポスト処理(可視化)の技術を紹介
- CAE業界としての将来の方向
 - プリポストも含めたクラウド化
 - 端末では人間が評価できるサイズのデータを扱い、大規模なデータは専用の計算機で扱う
 - CADからのメッシュ作成がクラウド化の課題
- アドバンスソフトの取り組み
 - REVOCAP_Refinerを用いた大規模メッシュ作成
 - Advance/REVOCAP_PorousModelerを用いた詳細構造のメッシュ作成
 - Advance/REVOCAPのプリポスト環境の提供
 - (並列計算機のクライアントサーバモードを含めた)ParaView利用サポート
 - オフスクリーンレンダリング、WebGLなどを利用したポスト処理システム構築支援



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てる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。