
ADVENTUREの最近の動向

2009/11/07

三好昭生

ADVENTUREプロジェクトメンバー
株式会社インサイト

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

<http://adventure.sys.t.u-tokyo.ac.jp>

e-mail: adv-info@save.sys.t.u-tokyo.ac.jp

Copyright (C) 2009 ADVENTURE
project

目次

- 開発背景
- プロジェクトの経緯
- システムの特徴
- モジュール構造
- 原子炉容器の3次元地震応答シミュレーション
- Windows版(0.3b)の開発
- 大規模並列CAEの次なるR&Dターゲット
- 分離解法による連成解析とカプラーの開発
- Solid他機能拡張計画
- おわりに

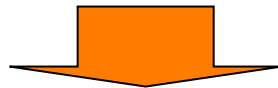
ADVENTUREプロジェクト開発背景



- 1997年に設定した目標 -

次世代の汎用計算力学システムが解決すべき課題

- 丸ごと詳細解析機能 ($10^7 - 10^8$ 自由度以上)
- 数百～数千、数万の超並列環境で高い並列処理性能
- 多様な並列分散環境への移植性の容易さ
- 単一現象の解析ばかりでなく、構造－流体などの各種連成解析や、設計解析を並列分散環境で自由自在に行えること



ADVENTURE システムの開発

(先進計算科学の汎用化)

Copyright (C) 2009 ADVENTURE
project

ADVENTUREプロジェクトの経緯(1)

1997.8-2002.3

日本学術振興会 未来開拓学術研究推進事業「計算科学」分野
「設計用大規模計算力学システムの開発」プロジェクト

2002.4-現在

オープンソースCAEソフトウェア開発プロジェクト(ADVENTUREシステム)

2002.7-現在

日本原子力研究所 計算科学技術推進センター
(現 原子力機構 システム計算科学センター)との協力研究
「ADVENTUREシステムのITBLシステムのコミュニティソフトウェア化」

2002.12-2008.9

地球シミュレータへの展開

「バーチャル実証試験のための次世代計算固体力学シミュレータの開発」

⇒ 原子炉の丸ごと地震応答シミュレーション

2009.4-現在 地球シミュレータ2への展開

「安全・安心な持続可能社会のための次世代計算破壊力学シミュレータの開発」

ADVENTUREプロジェクトの経緯(2)

2005.7-2008.3

文科省革新的シミュレーションソフト開発プロジェクト
「**革新的連成シミュレーションシステム**」への展開

2008.10-2013.3

文科省イノベーション基盤シミュレーションソフトウェア開発プロジェクト
「**マルチ力学解析システム**」への展開

⇒ REVOCAPファミリー(Coupler, Mesh, Visual, Magnetic)

2007.10-2013.3

JST-CRESTマルチスケール・マルチフィジクス統合シミュレーション
「**原子力発電プラントの地震耐力シミュレーション**」

2002.4-現在

様々な産業界(自動車、電力、鉄鋼、重工、情報機器など)の実用問題への
応用研究

2003.4-現在

日本機械学会計算力学技術者認定事業・付帯講習用ソフト

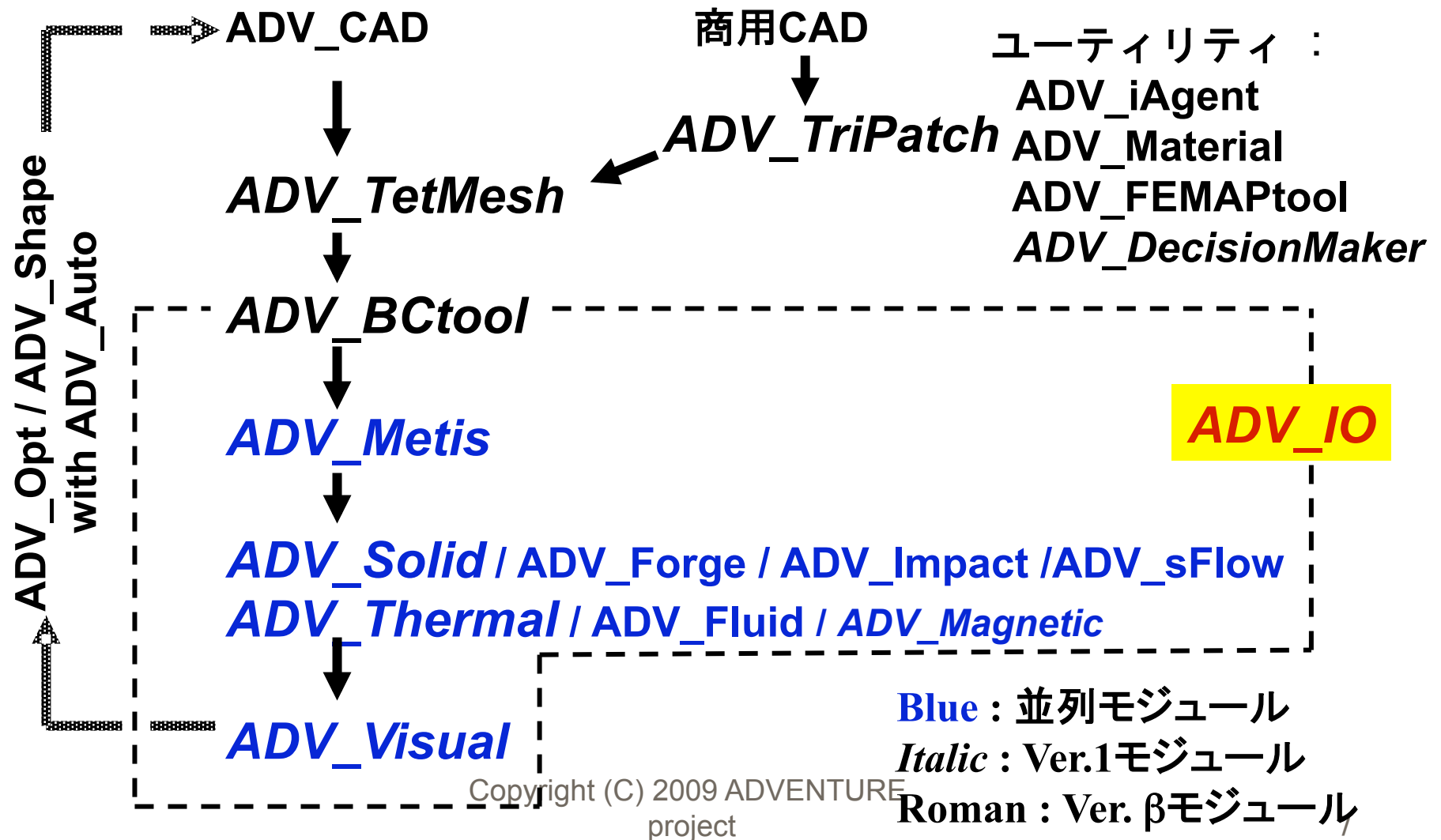
ADVENTUREシステムの特徴



- (1) 数百～数億自由度メッシュによる丸ごと解析
- (2) 1000プロセッサの超並列計算機環境でも90%を超える高い並列効率
- (3) 優れた移植性：単一プロセッサ, PCクラスター, 超並列計算機(ESなど),
非均質計算機環境(ITBLなど)
2005.3.10 Windows版公開(登録ユーザー数2,474人)
- (4) ライセンスフリー / オープンソース：登録ユーザー数5,650人
ダウンロードされたモジュール数30,323本
商用バージョン ADVENTUREcluster(アライドエンジニアリング)
⇒ IEEE/ACM SC2006 Gordon Bell Award finalist
2008年日本機械学会賞(技術)
2009年科学技術分野の文部科学大臣表彰・科学技術賞
国産商用プレポストKSWAD(Kubota)へのメッシュ技術導入
国産商用解析コードFINASTR(CTC)への並列ソルバー(BDD)技術導入
- (5) 拡張性と保守性：モジュール構造とIOの標準化、Commodity技術

ADVENTUREシステムのモジュール構造

(21 モジュール) <http://adventure.sys.t.u-tokyo.ac.jp>

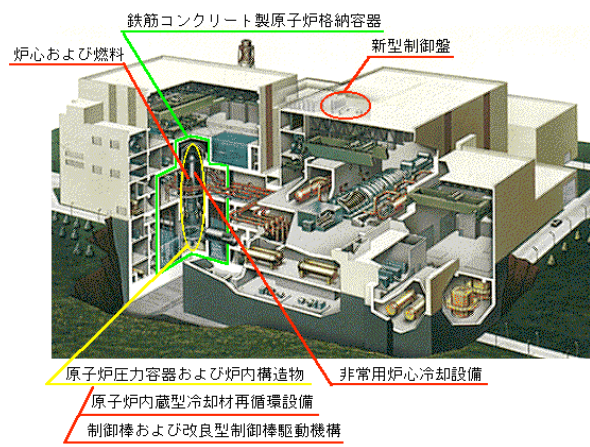


原子炉容器の3次元地震応答シミュレーション

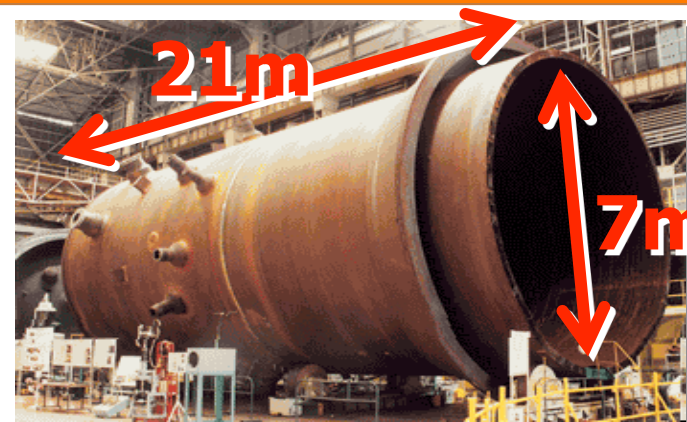
共同研究：東京電力・日立製作所・アライドエンジニアリング

- (1) Seismic Response Analysis of Full Scale Nuclear Vessel Model with ADVENTURE System on the Earth Simulator, Journal of the Earth Simulator, Vol.2, pp.41-54, (2005)
(Masao Ogino, Ryuji Shioya, Hiroshi Kawai, S. Yoshimura,)
- (2) 階層型領域分割データ構造を用いた大規模構造静解析のウォークスルー可視化、
日本計算工学会論文集、No.20070017, (2007)
(山室弥生、吉村忍、河合浩志)

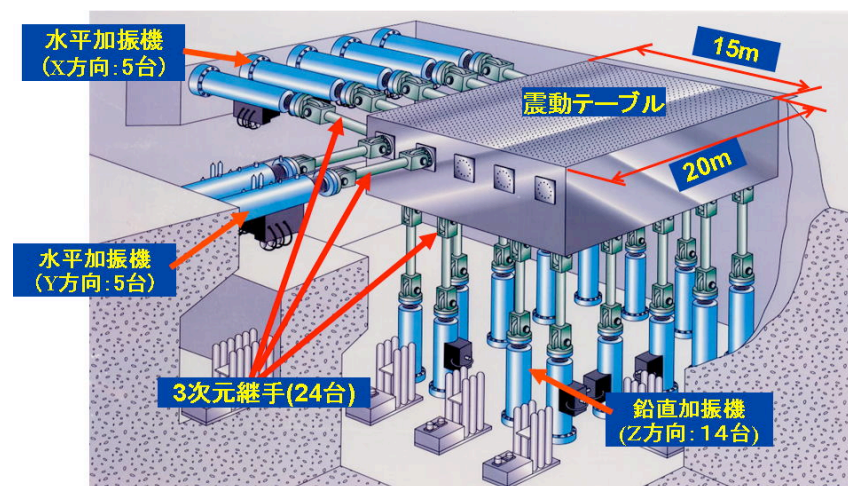
大規模モデルによる地震応答解析の背景



原子力発電所



ABWR容器

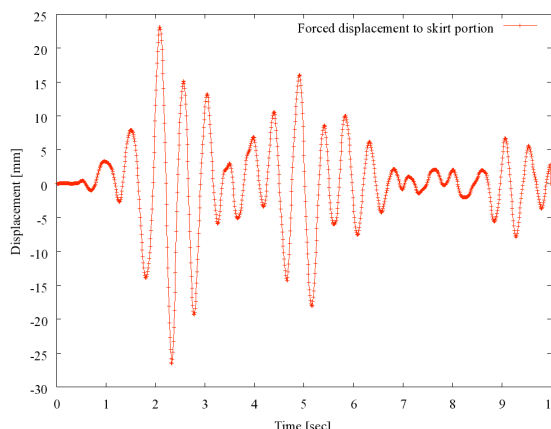


巨大地震に対する原子力発電所の真の安全裕度はどの程度あるか？

大型振動台を用いても実証は困難

多質点系モデルと3D FEMモデルの連携

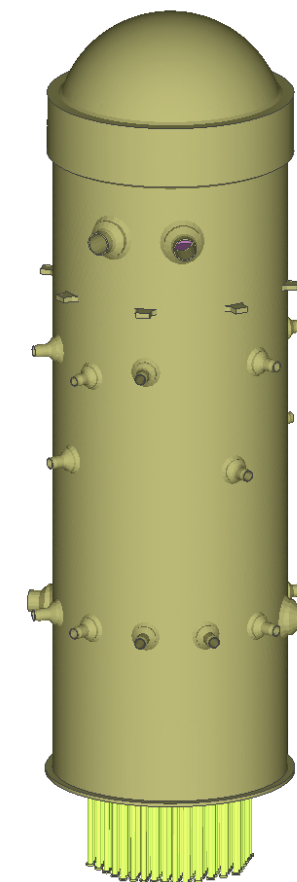
建屋に地震波,
地震応答解析



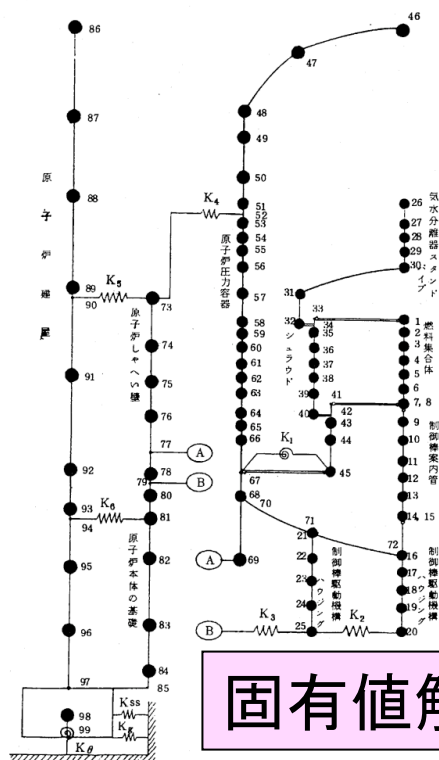
境界条件



FEMモデル境界条件部
の変位時刻歴



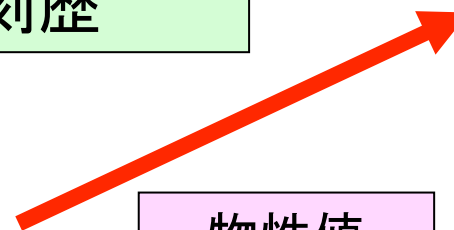
FEMモデル



固有値解析



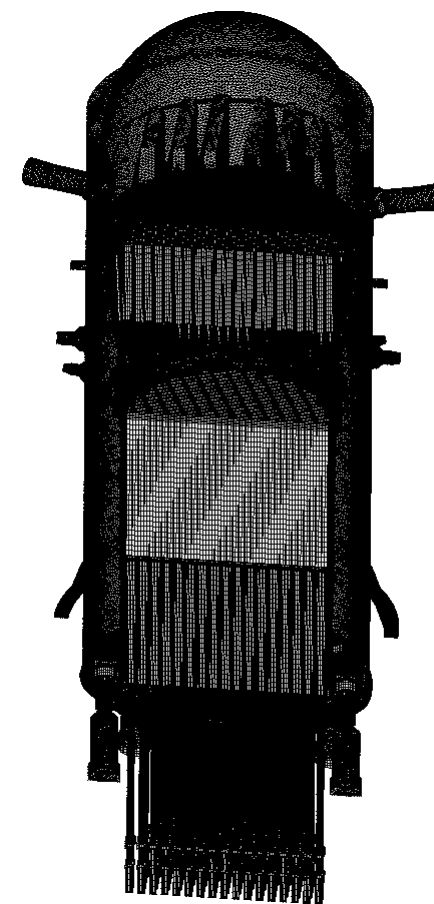
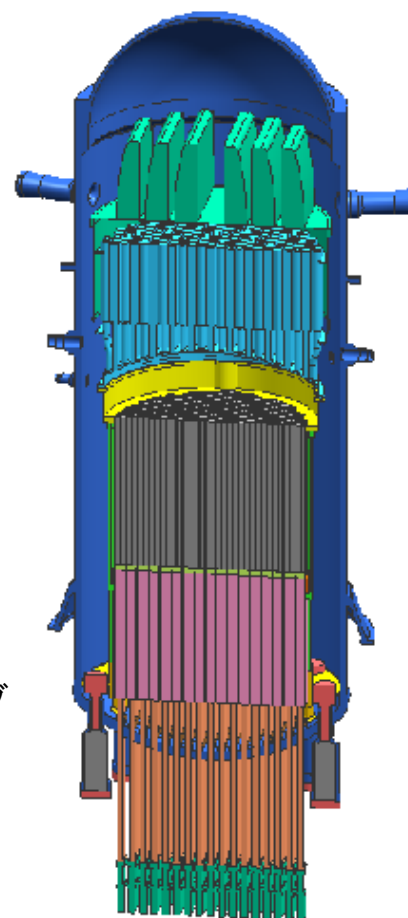
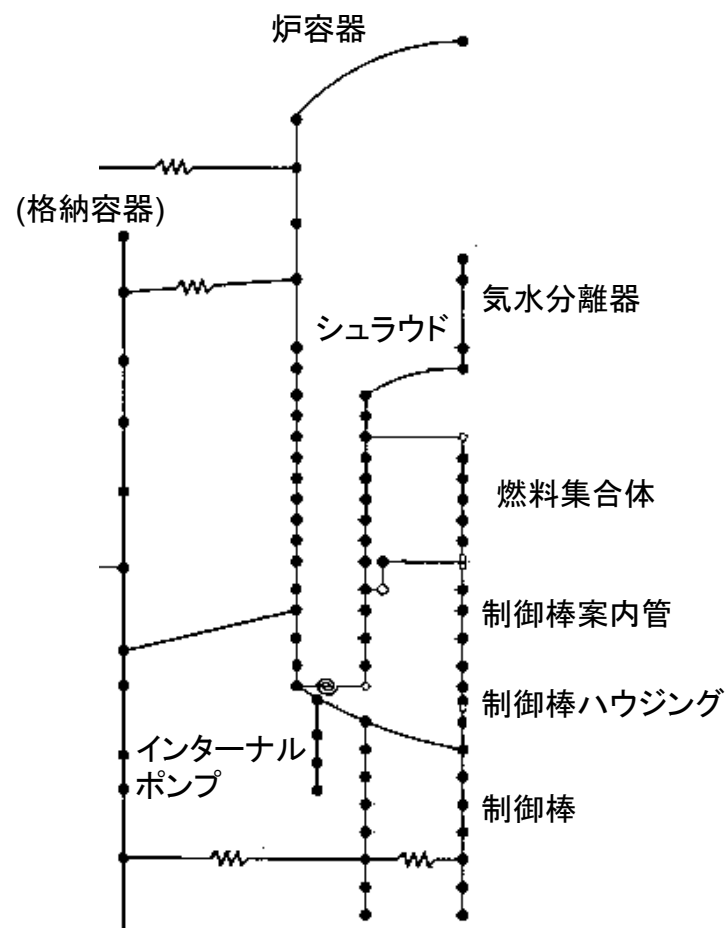
固有値情報



物性値
(減衰係数)

多質点系モデル

CADモデルと3次元有限要素モデル

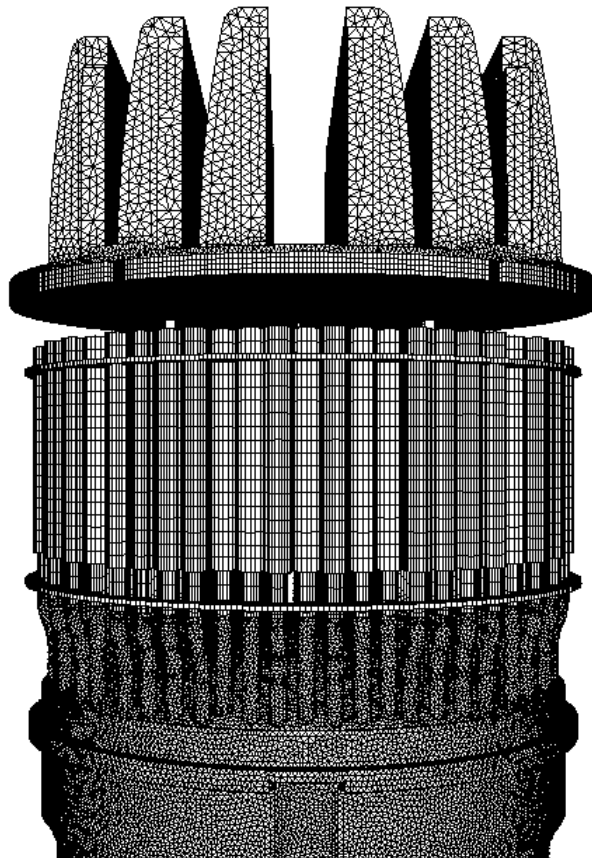


現状：多質点系モデル

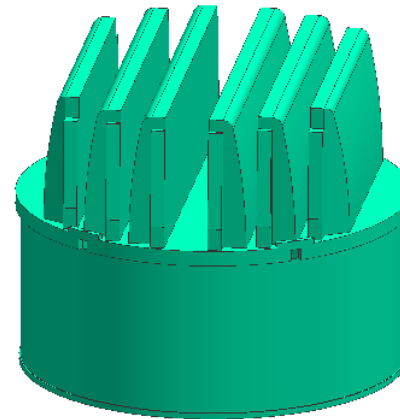
CADモデル
Copyright (C) 2009 ADVENTURE project

3次元FEMモデル

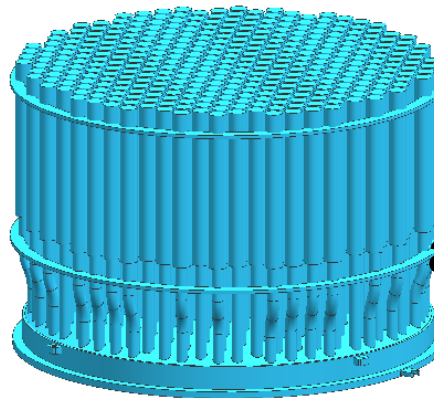
Internals-1: Dryer-Separator- Shroud



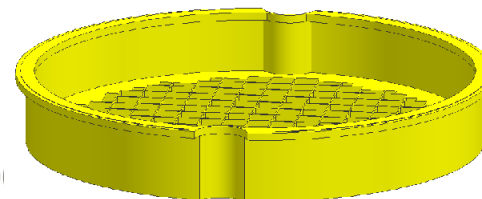
(side view)



Dryer



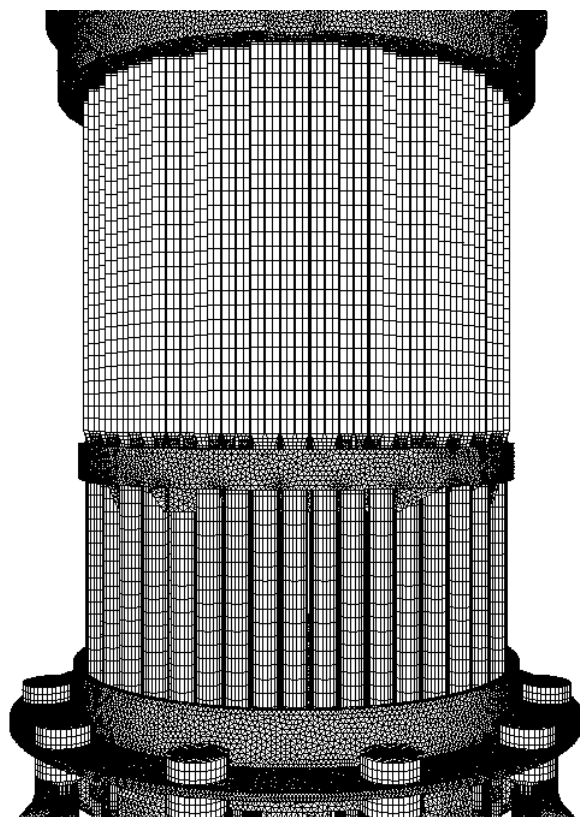
Separator
and Stand pipe



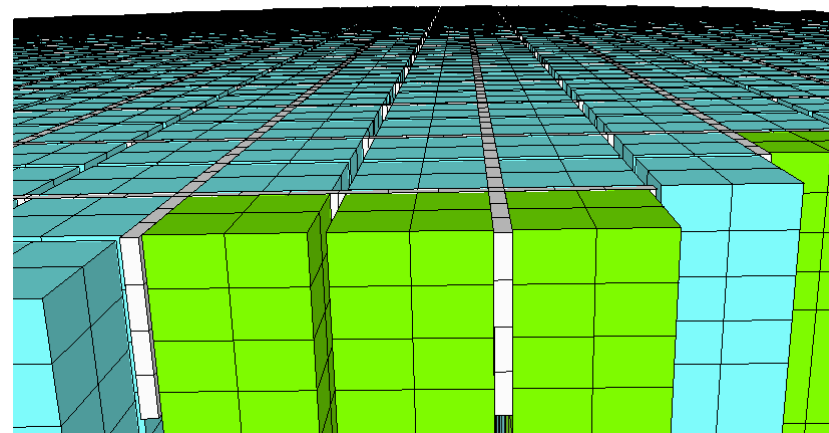
Upper Grid

Copyright (C) 20
project

Internals-2: Fuel Rod



(side view)



(isometric view)



Fuel rod

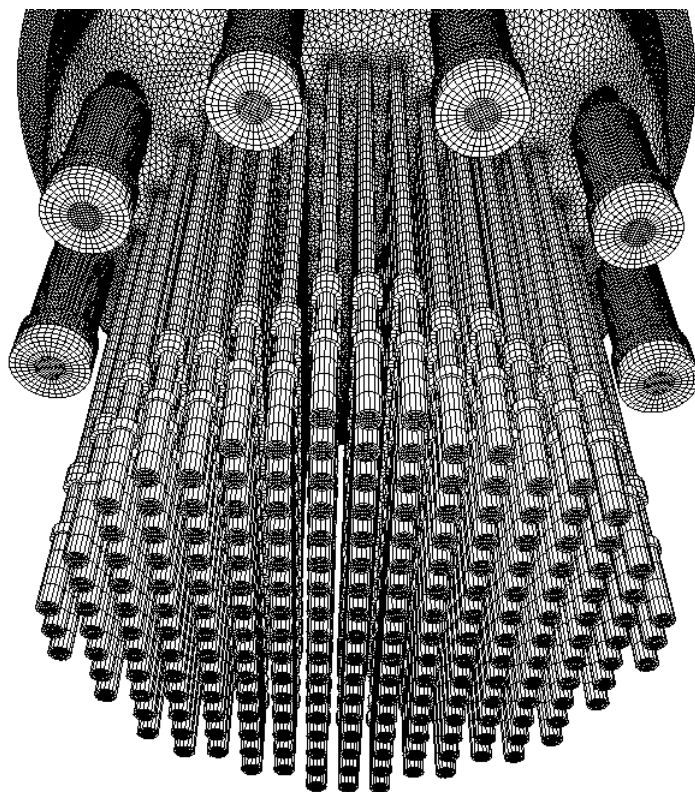
Fuel support

CRD Guide tube

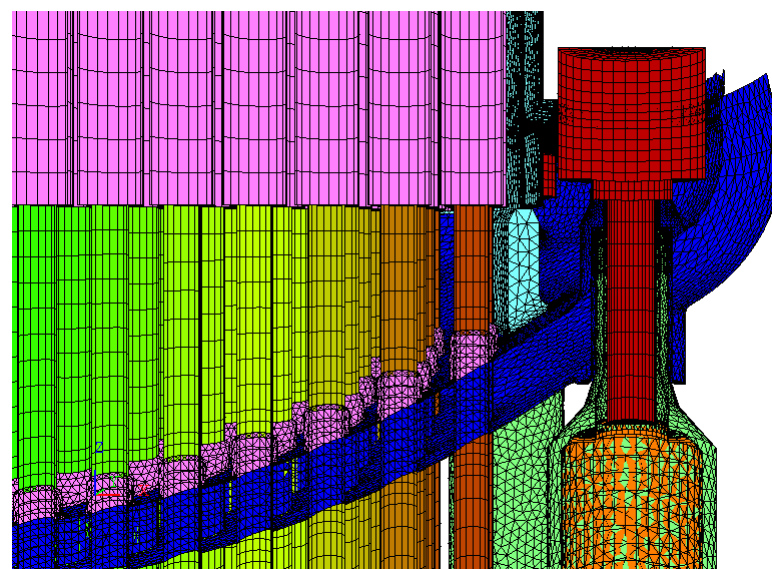
CRD stab tube

CRD housing

Bottom of RPV



(bottom view)

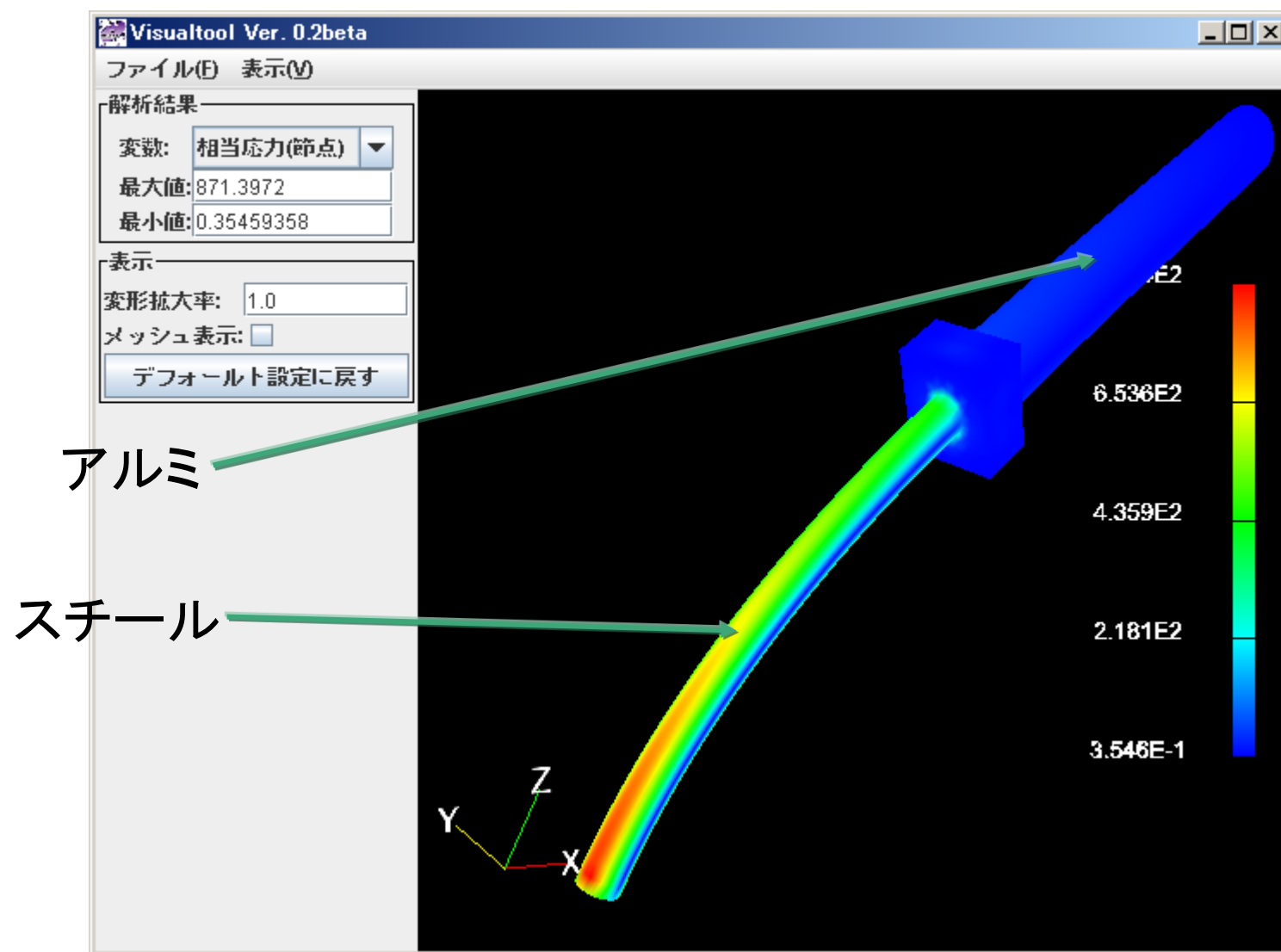


(side view)

Windows版(0.3b)の開発

1. 最新のSolid Ver. 1.2を採用
2. 複数材料に対応
IGES、ADVENTURE_CAD(gm3d)のいずれも
3. 粗いメッシュを作成可能にした(TetMesh_P
のスキップ)
4. Linuxでも動作するように開発(非並列)
5. 今年度中ぐらいにはリリースしたい

Windows版(0.3b)の開発



大規模並列CAEの次なるR&Dターゲット

1. より一層の精度向上

⇒ 大規模解析・連成解析

2. 設計段階で活用できる詳細シミュレーション

⇒ 解析自動化・解析支援技術
結果の可視化

3. 設計段階での探索型活用

⇒ 設計解探索技術

4. 先進計算力学を使いこなす人材の育成

⇒ JSME計算力学技術者認定事業

連成解析法の分類1

マルチフィジクス(Multi-physics)連成

比較的同一の時空間スケール

異なる物理現象(構造、流体、熱、電磁場、...)

... 流体－構造連成現象

マルチスケール(Multi-scale)連成

異なる時空間スケール

比較的同種類の現象

... 破壊現象

連成解析法の分類2

一括型解法 (Monolithic Approach)

連成系全体を一括して解く

○ 安定である (境界面での条件を陰に満たす)

× 解析の大規模化が困難

強連成

Strong Coupling

分離型解法 (Partitioned Approach)

各物理現象を独立に解く

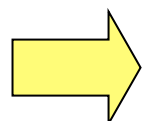
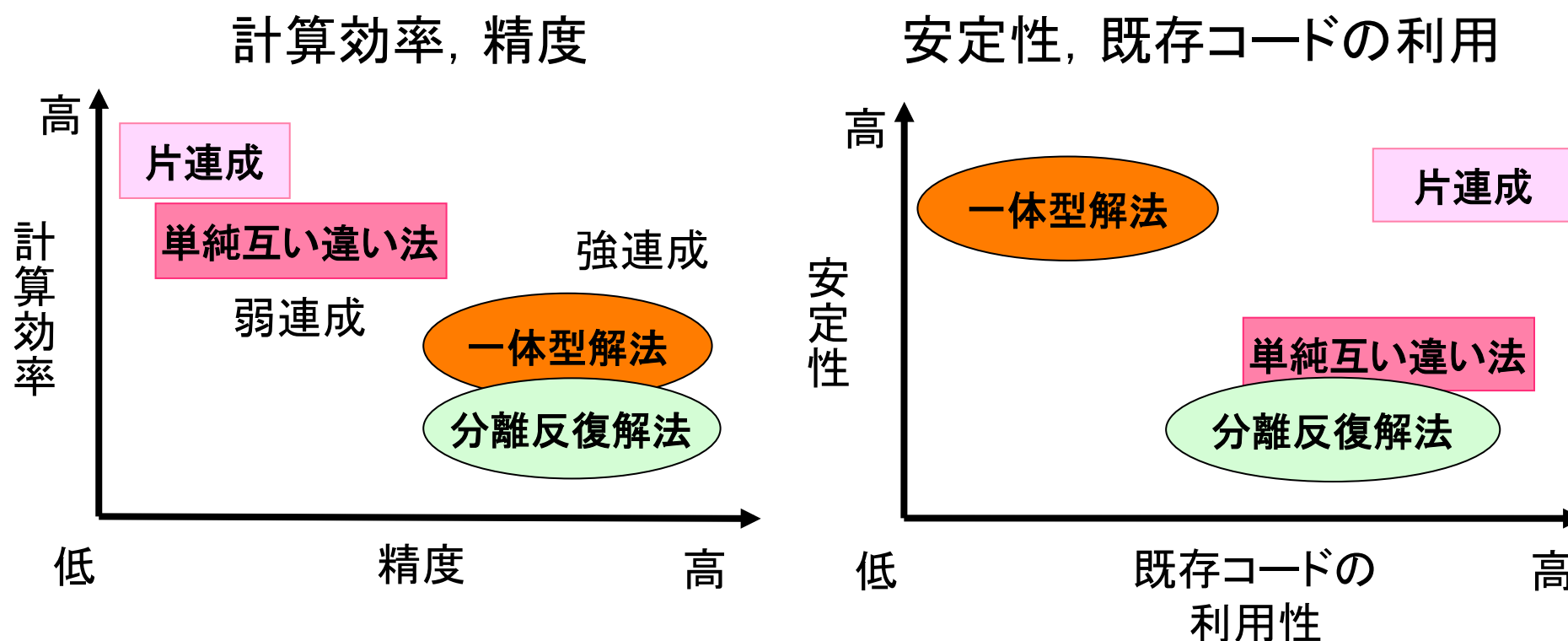
境界面での条件を満たすよう工夫

○ 既存コード、ノウハウを利用しやすい

× 解が求まらない場合がある

➡ 反復計算により、境界面の条件をほぼ陰的に満たす ⇒ (準)強連成
反復計算を行わず、境界面の条件を陽にしか満たさない ⇒ 弱連成

強連成、弱連成、双方向連成、片連成



分離反復解法の活用

Copyright (c) 2004 ADVENTURE
project

分離解法におけるカプラーの役割(1)

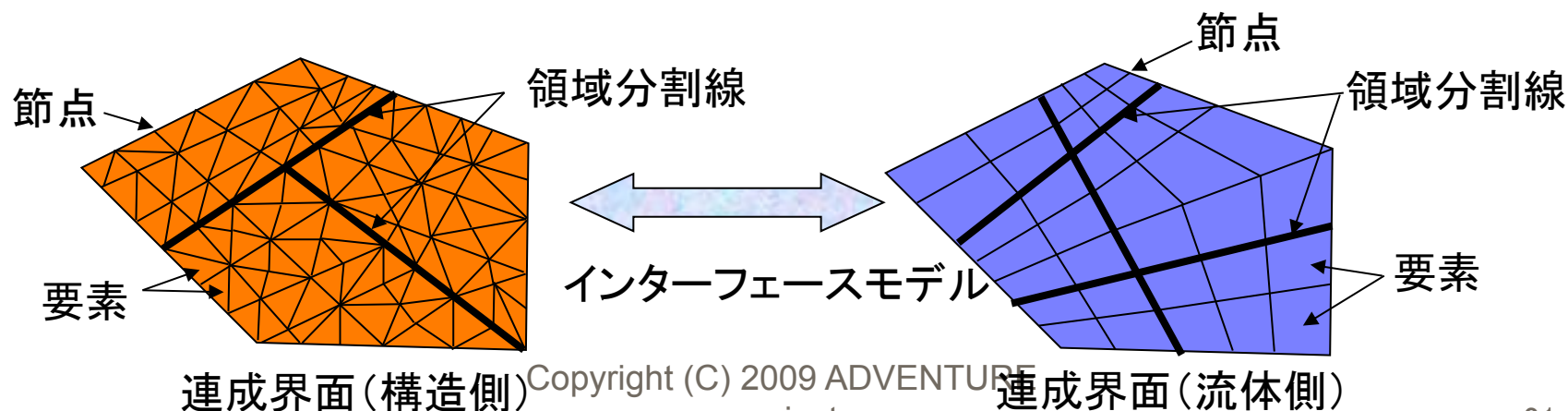
インターフェースモデル構築プロセス

■ 第一段階:

- ①構造解析用メッシュ、②流体解析用メッシュ等を入力データとして、
連成界面ペアを特定する . . . マニュアル指定

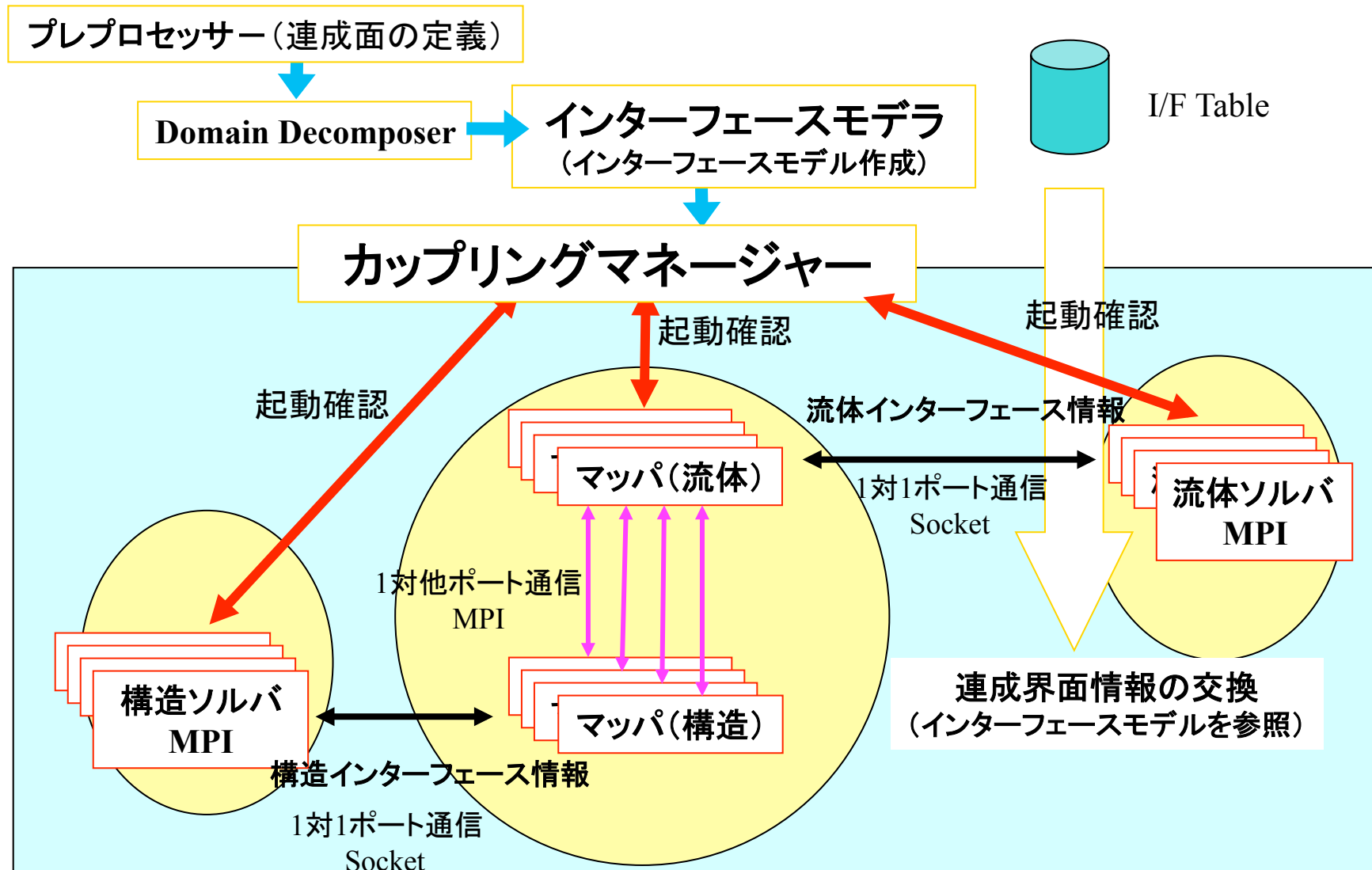
■ 第二段階:

- ③構造解析用の領域分割メッシュ、④流体解析用の領域分割メッシュファイル、
⑤第一段階で作成した**連成界面ペア**を入力データとして、領域分割を考慮した要素、
要素内節点の対応関係(**インターフェースモデル**)を構築 . . . 自動処理

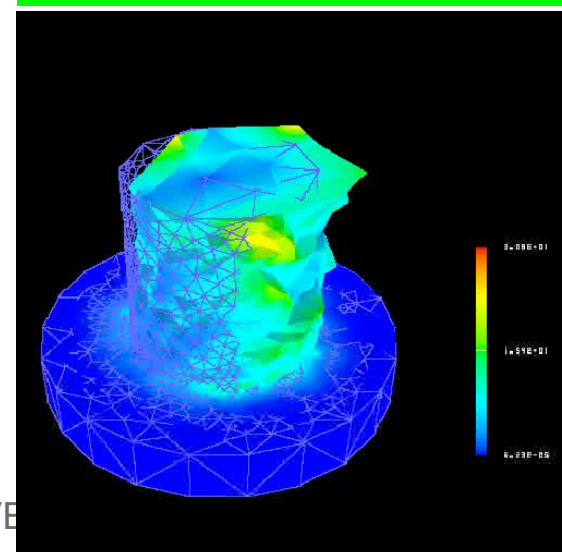
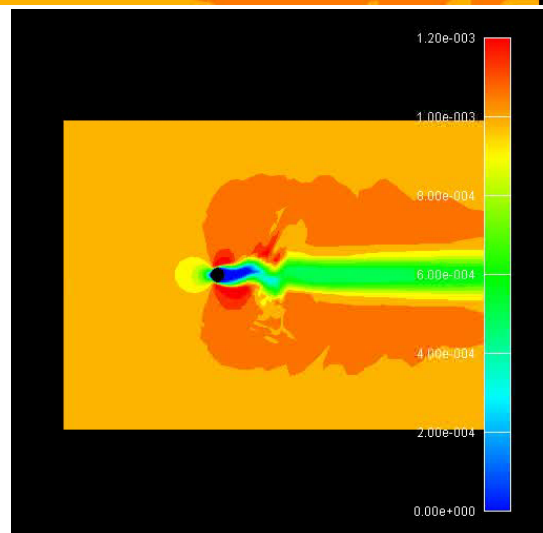
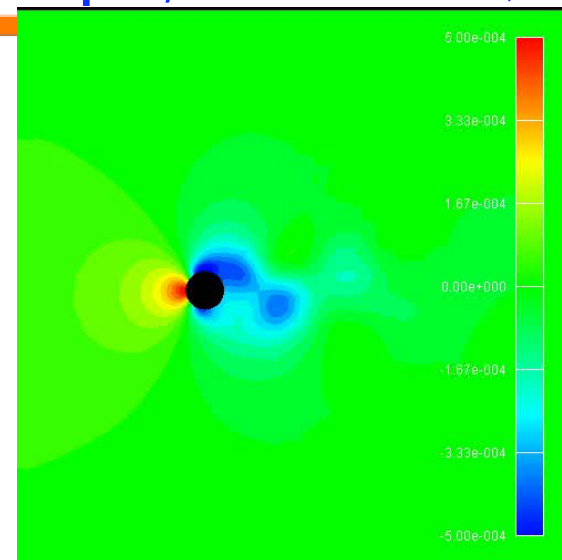
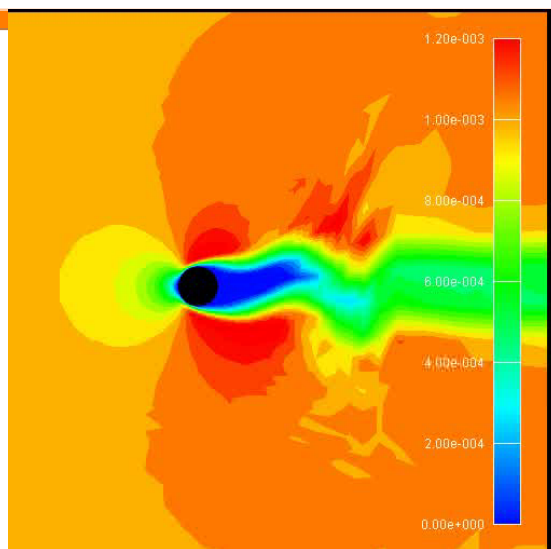


分離解法におけるカプラーの役割(2)

並列環境における各ソルバーとカプラーの通信



チャンネル流れ中の円柱の流力振動の 片連成解析結果 (5000steps, 1000sec)



ADVENTURE_Solid機能拡張計画

- (1) 大規模PCクラスタ(T2K)および次世代スパコン対応
マルチコア向け性能チューニング
- (2) 金属材料向け弾塑性解析機能の強化
繰り返し弾塑性解析(等方硬化＋移動硬化)
- (3) コンクリート材料・地盤向け塑性構成則
ドラッガー・プラグガー則から
- (4) MPC(多点拘束)対応・複数要素タイプの混在
六面体＋四面体(アセンブリ構造のモデル化及び解析)

ADVENTURE機能拡張計画

- (5) 大規模可視化
サーバサイド・オフラインレンダリング
ウォークスルー可視化
- (6) 大規模メッシュ生成(数百億～1千億自由度まで)
拘束Delaunayの導入(アセンブリモデル対応)
- (7) 領域分割における複数要素タイプ混在への対応
- (8) 流体効果(付加質量・付加粘性)の導入
流体構造連成

おわりに

- 新規プロジェクトと連携しながら、ADVENTUREの機能向上が図られる予定。非弾性解析機能、MPC機能、連成解析機能、次世代スパコン対応などが主な改良点。