

# 革新的シミュレーションソフトウェアの研究開発

## 革新的汎用連成シミュレーション・システム REVOCAP

REVOlutionary Coupled Analysis Platform

講演日: 2007年1月24日

サブテーマ・リーダー: 東京大学 吉村 忍

The logo features the text "RSS 21" in a large, blue, sans-serif font. The "21" is a smaller, purple font. Below it, the text "Revolutionary Simulation Software" is written in a smaller, black, sans-serif font. The background is a stylized globe showing the Americas.

**RSS** 21  
Revolutionary Simulation Software

# 発表概要

---

1. 研究開発のねらい
2. 連成解析グループの活動概要
3. 開発コンポーネント
  - (1) REVOCAP\_Meshとインターフェースモデル
  - (2) REVOCAP\_Couplerと並列連成メカニズム
  - (3) REVOCAP\_Visual
  - (4) REVOCAP\_Magnetic … 別途発表
4. 実証計算問題
5. まとめと今後の計画

# 研究開発のねらい

## 1. ターゲットの特徴

- ・既存CAEシステムでは解析が困難な産業界の実用連成問題
- ・HPC環境が必須となる大規模かつ複雑な連成問題
- ・ポスト事故解析より、設計段階での日常的活用

## 2. アプローチの特徴

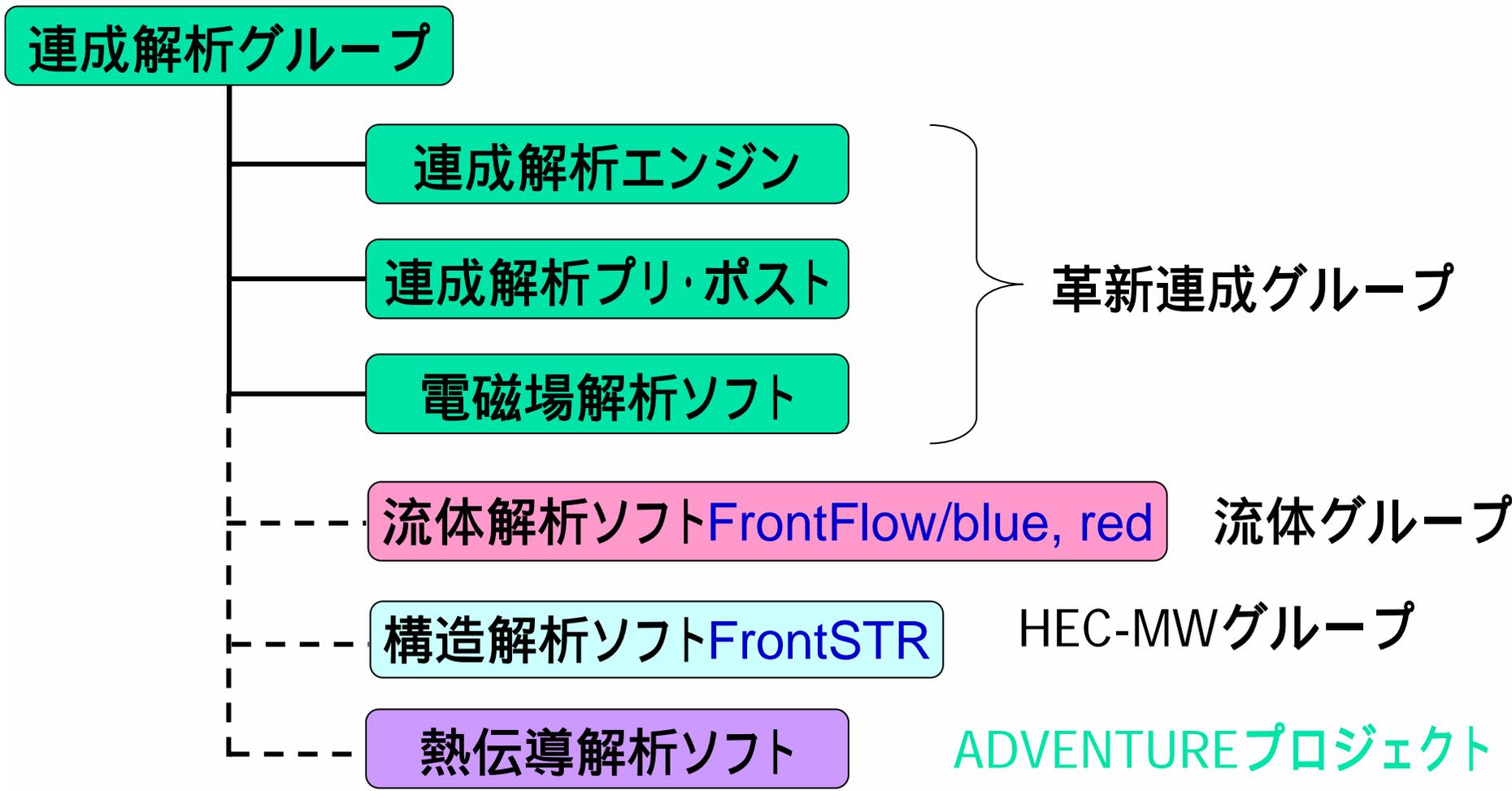
- (1) 連成解析モデル作成、連成境界条件設定など、  
一連の入力データ作成が容易 … 優れたプレポストシステム
- (2) マルチクラスタ、MPPなど多様な並列環境で効率的に稼動
- (3) 多様な連成解析モード(on line/off line片連成、双方向連成)に対応
- (4) 多様な連成現象(構造・流体・熱・電磁場)に対応
- (5) 戦略・革新PJのソルバー(FrontFlow, FrontSTR等)にnativeに対応

# 連成解析グループの活動概要(1)

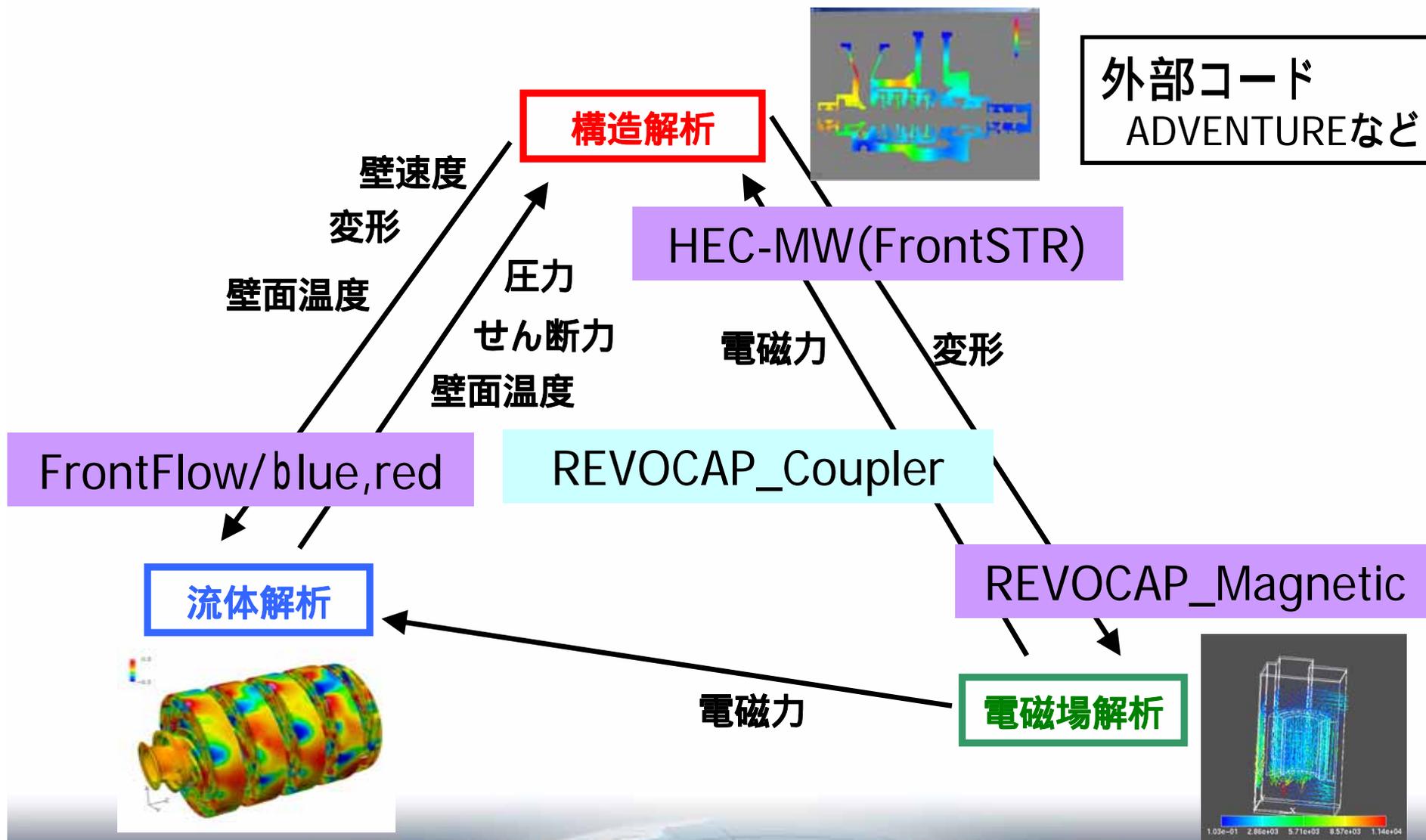
- 連成解析エンジン REVOCAP\_Couplerの開発
  - 連成インターフェースモデル(異なるメッシュ間の物理量内外挿)
  - マッパ(ソケット通信による連成物理量の高速並列送受信)
  - カップリングマネージャー(ソルバ、マッパの起動制御)
  
- 連成解析プリ・ポスト REVOCAP\_Mesh, Visualの開発
  - 連成解析で取り扱うすべての革新PJソルバに対応
  - 単独解析のプリ・ポストとしても機能
  
- 電磁場解析コード REVOCAP\_Magneticの開発
  - 並列計算、非線形静磁場、時間調和渦電流解析機能
  - 高速・大規模解析機能

2007年6月公開に向けて、開発を進めている

# 連成解析グループの活動概要(2)

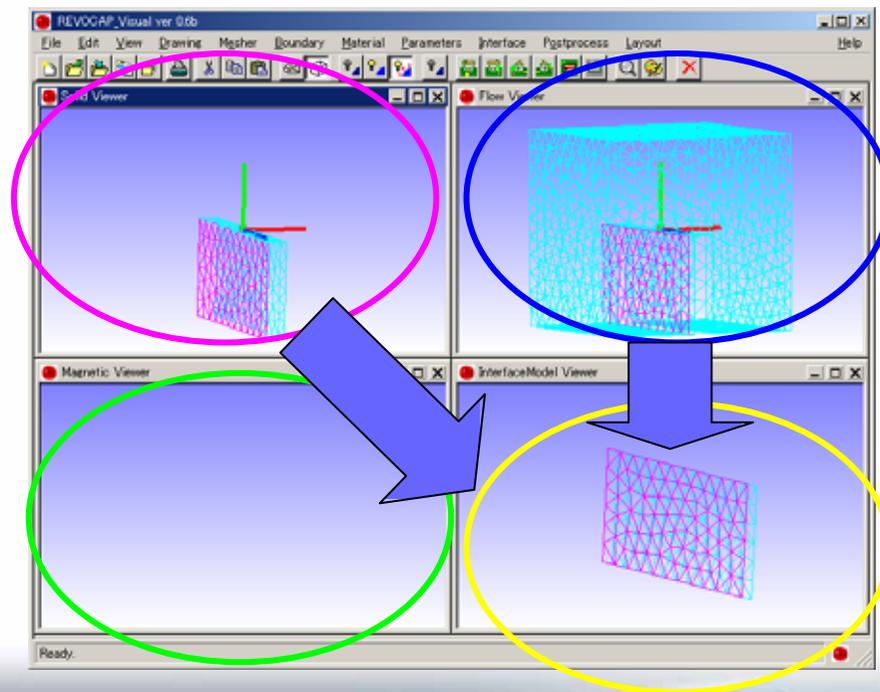


# REVOCAP\_Couplerが対応する連成解析



# REVOCAP\_Mesh

- 各ソルバ用メッシュの自動生成
- 各ソルバ固有のViewから連成界面をマウス選択  
 InterfaceModel Viewへ転送することで**プレ・インター  
 フェース・モデル**を構築



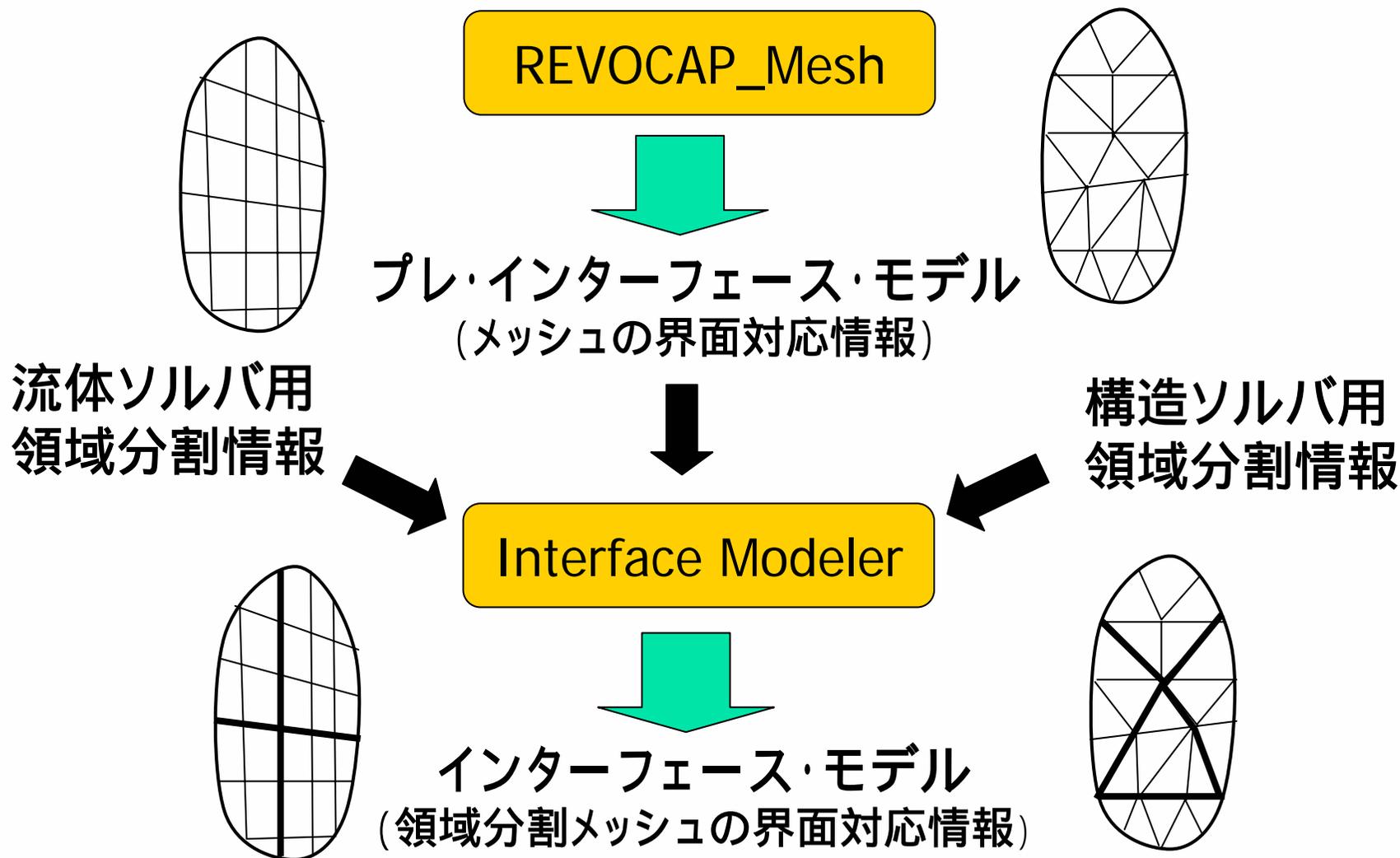
構造

流体

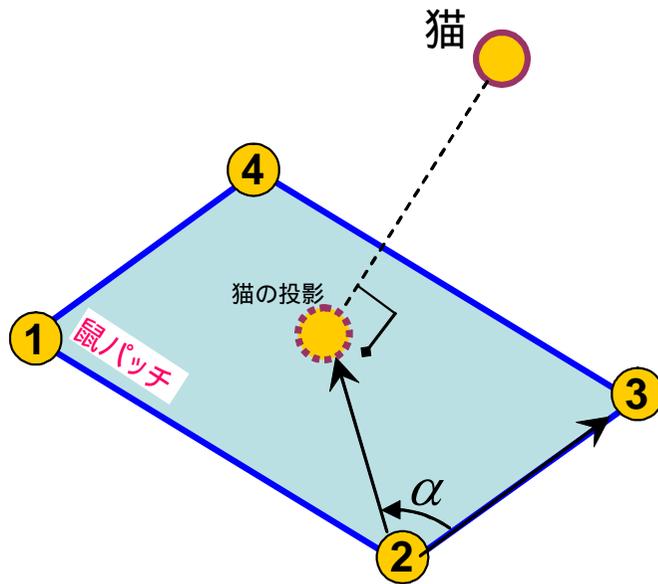
電磁場

連成

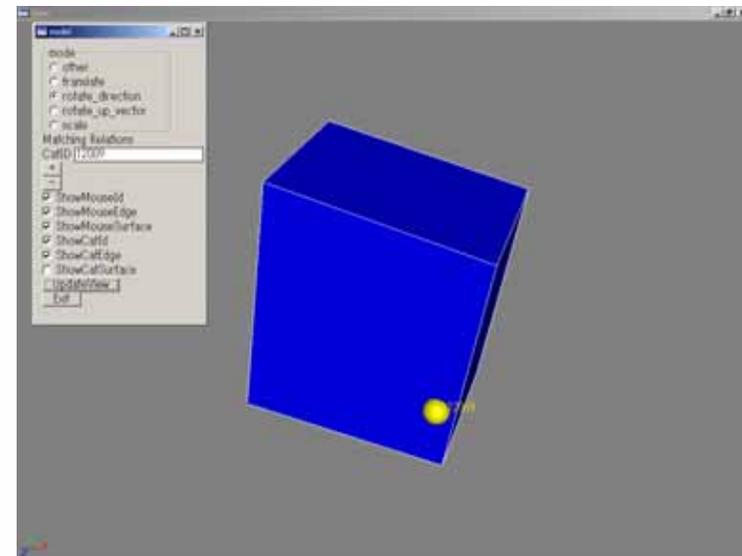
# Interface Modelerとインターフェースモデル



# REVOCAP\_Couplerの空間補間



パッチの頂点毎、その頂点 から次の頂点に向けるベクトル及びその頂点から猫の投影に向けるベクトルとの角  $\alpha$  の正接  $\sin \alpha$  を計算する



異なるメッシュのトポロジに対応

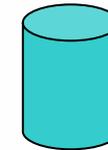
境界面および場の  
カップリング処理が可能

# REVOCAP\_Couplerの概念図

REVOCAP\_Mesh, Visual (連成面の定義)

Domain Decomposer

Interface Modeler



I/F Table

カップリングマネジャー

起動確認

起動確認

起動確認

流体インターフェイス情報

マップ(流体)

1対1ポート

流体ソルバ

1対他ポート通信

構造ソルバ

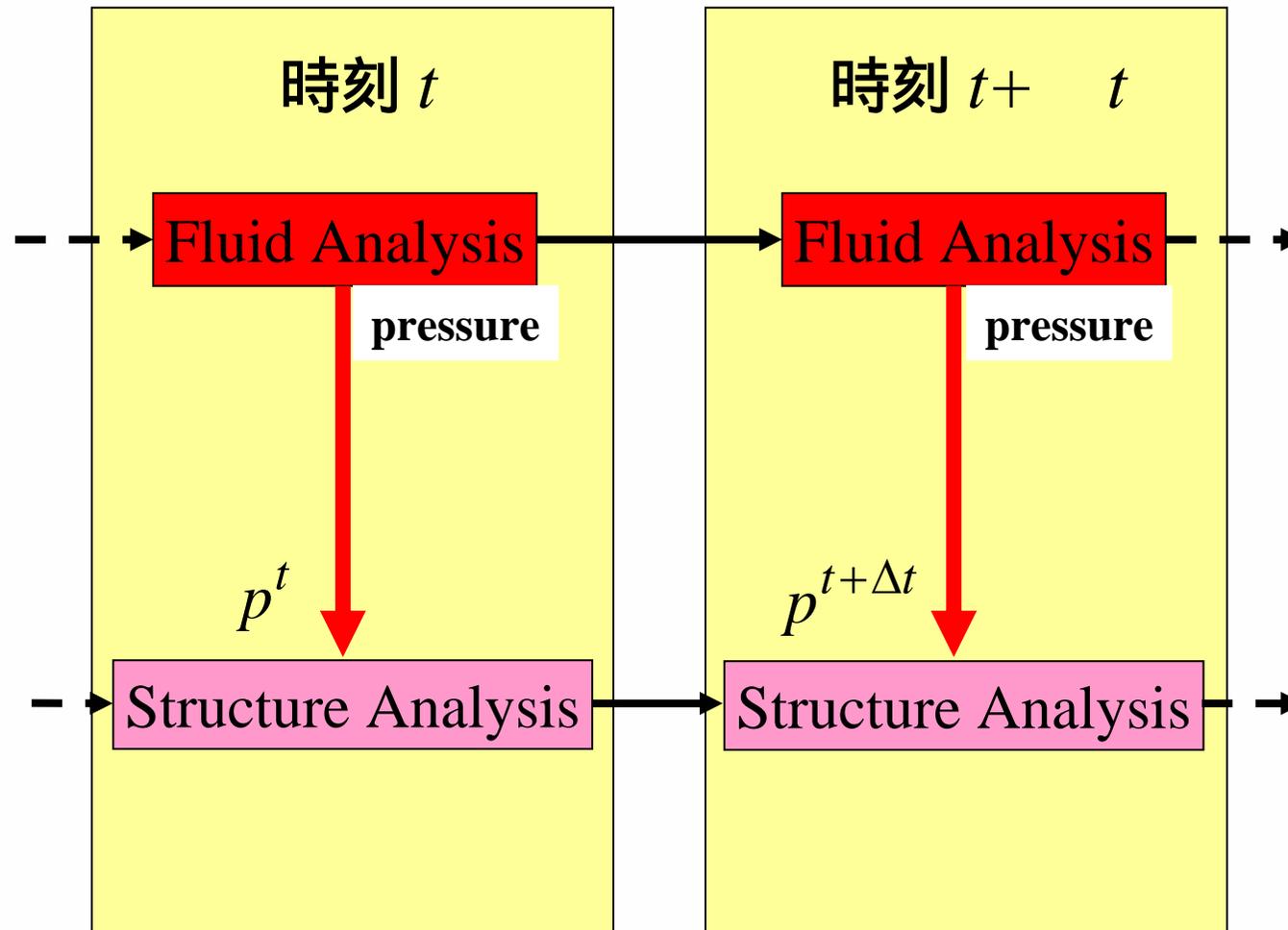
マップ(構造)

Interface交換  
(Interfaceモデルの参照)

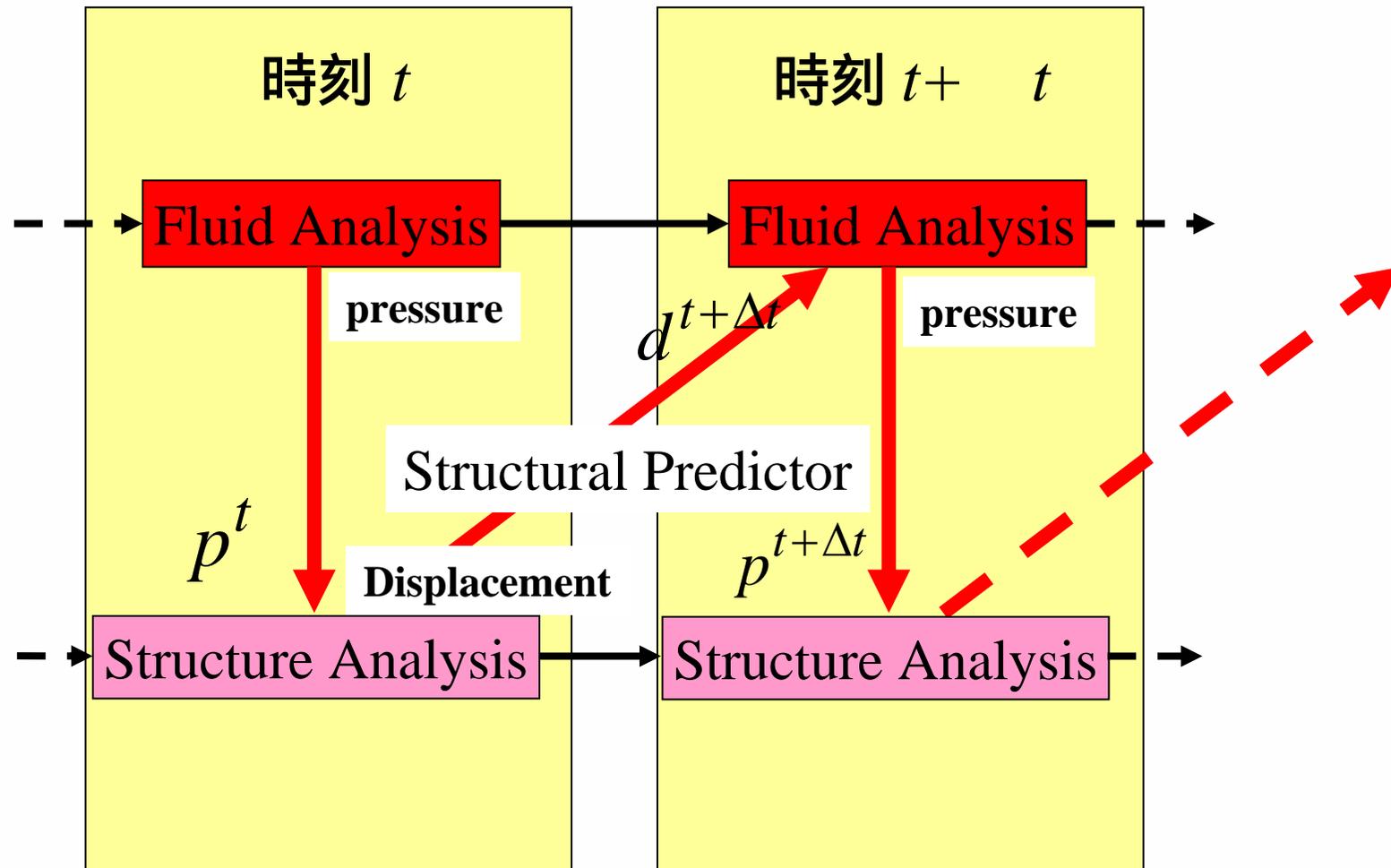
構造インターフェイス情報

1対1ポート通信

# 片方向連成 (流体 構造)



# 双方向連成 単純互い違い法



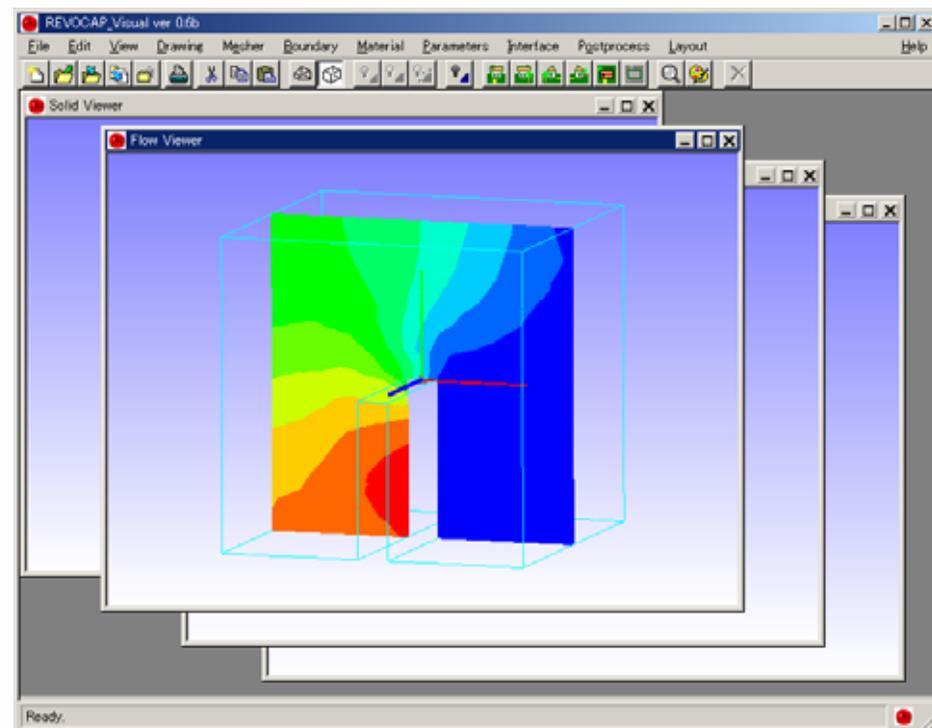
Structural Predictor

$$d^{t+\Delta t} = d^t + \Delta t \dot{d}^t + \frac{1}{2} (\Delta t)^2 \ddot{d}^t$$

# REVOCAP\_Visual

- 各ソルバーの解析結果の可視化
- 各ソルバーの解析結果の同時可視化

- FrontFlowポスト処理例  
(圧力コンター)



# REVOCAP\_Magnetic

- 永久磁石機能の追加
- 磁場 - 熱、構造連成解析
  - 変圧器を対象に熱との連成問題を実証
  - 磁場中の磁性体に働く電磁力を節点法で計算し、構造解析の境界条件(節点力)として与える機能を開発中
- 大規模解析への対応

# 実証例題

## 1. 基本例題

簡易モデルによる様々な規模・環境での連成解析

## 2. 流体－構造片連成解析

ロケットのFTPポンプの流体構造連成振動

(JAXAとの共同研究)

ファンの流体構造連成振動(三菱電機との共同研究)

## 3. 流体－熱－構造双方向連成解析

ガスタービン翼フィルム冷却(三菱重工との共同研究)

## 4. 電磁－構造双方向連成解析

MRI装置の電磁構造連成振動

# 実証例題

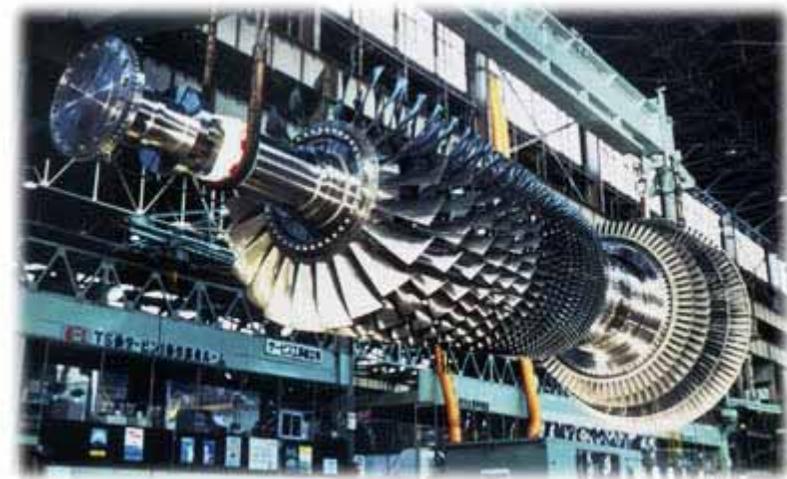
## ガスタービン翼フィルム冷却解析

### 従来の課題

1. 超高温・高圧のため、実験困難
2. RANSの限界(はく離流れ)
3. 連成解析までできていない

### 実証の目標(1段目静翼)

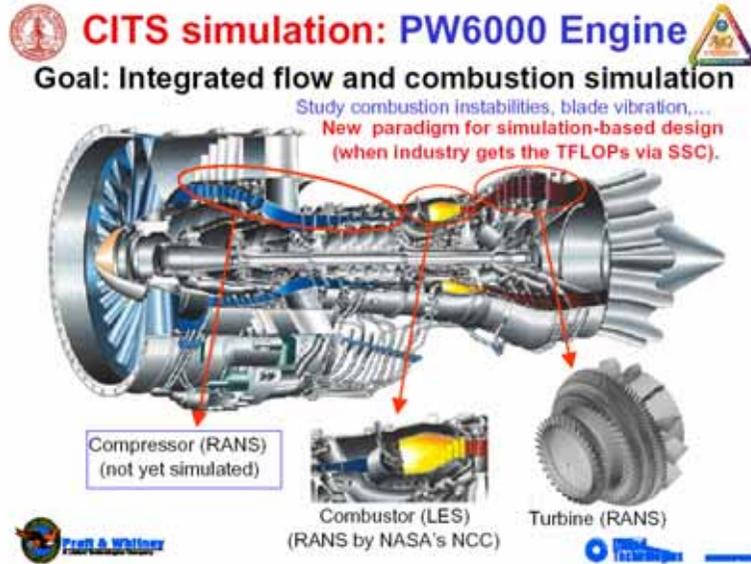
1. LES or DESによる流体解析
2. 静翼周りフィルム冷却流可視化
3. 静翼冷却状態の高精度評価
4. 静翼の熱変形、耐熱



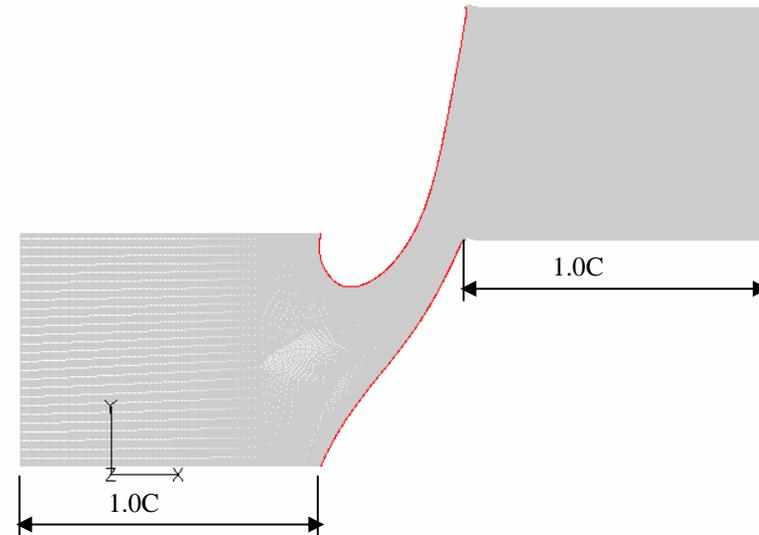
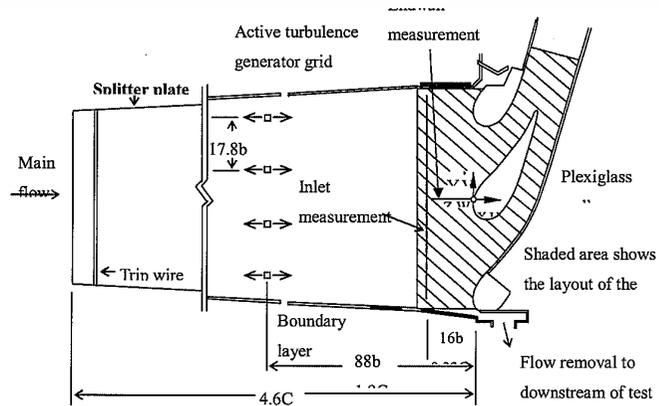
三菱重工業HPより  
F型ガスタービン

**三菱重工業(株) 高砂研究所と共同で実証を進める予定**

# ベンチマーク対象



## ガスタービン翼 フィルム冷却解析



Kang, et al. ASME-J. Turbo, 121, 558-, 1999

# 実証例題

## ロケットのFTPポンプの流体構造連成振動

---

### 課題

燃料流の圧力脈動による振動(流体 - 構造連成)

### 実証の目標

流体 - 構造連成による振動解析の実施

**JAXAと共同で実証を進める予定**

## まとめと今後の予定

- 戦略ソフト、革新ソフトPJで開発された並列ソルバー (FrontFlow/blue, FrontFlow/red, FrontSTR, REVOCAP\_Magnetic) を活用し、実機レベルの様々な連成現象を解析可能なREVOCAPシステム (Coupler, Mesh, Visual) を開発している。
- 現在、各ソルバーへの通信ライブラリの組込みをほぼ完了。
- 2007年2月から、基本例題によるFrontFlow, FrontSTR, REVOCAP\_Couplerの結合テストを開始する。
- 2007年3月から上記と並行して、実機の実証計算を開始。
- 各コンポーネントは2007年6月に公開される。
- 実証計算の結果を2007年7月のシンポジウムで報告。