

## 地震耐力予測シミュレーションのデータ連携とグリッド化実装

西田 明美, 新谷 文将, 鈴木 喜雄, 武宮 博, 中島 憲宏

日本原子力研究開発機構・システム計算科学センター

〒110-0015 東京都台東区東上野 6-9-3

[nishida.akemi, araya.fumimasa, suzuki.yoshio, takemiya.hiroshi, nakajima.norihito](mailto:{nishida.akemi, araya.fumimasa, suzuki.yoshio, takemiya.hiroshi, nakajima.norihito}@jaea.go.jp)@jaea.go.jp

日本原子力研究開発機構(原子力機構)システム計算科学センターはITBLと称されるグリッド基盤システムの開発に関わり、アプリケーションのグリッド化についてもノウハウを蓄積してきた。さらに、原子力分野における大規模シミュレーションの向上のために、ITBLで培った技術を基に原子力グリッド基盤技術(AEGIS)によるネットワーク・コンピューティング技術の研究開発を展開している。現在までに、グリッド・コンピューティングによる情報共有基盤システムを原子力機構内外に提供し、その取り組みの成果として遠隔データ操作や大規模データの可視化、データ共用などの有効性を確認している。また、AEGISにおける取り組みの一つとして、複数のサイトをまたがり複数の計算機でシミュレーションする仕組みの研究開発に取り組んでいる。本技術のアプリケーション事例として、原子力プラントの耐震シミュレーションを実現している。

本研究開発ではこれらの技術をもとに、巨大地震力を受ける原子力プラントの機能限界をマルチスケール・マルチフィジックス統合シミュレーションにより定量的に見極めることを可能とするシミュレーションシステムを、グリッド上に実装する。この統合シミュレーションシステムは、地盤・建屋・機器間及び構造・熱流動・炉特性における時空間スケール及び物理現象の異なる領域の解析を、全体を通して統合的に行うものである。本システムの開発の目的は、複数のサイトをまたがり複数の計算機でシミュレーションする仕組みを構築し、地盤から建屋、機器から機器内部の炉特性までの一連の解析作業を実現することにある。

統合シミュレーションの第一歩として、まずは地盤解析、建屋・機器解析、機器内解析の一方連携を実現するためのシステムのプロトタイプを開発する。研究開発の進捗に合わせて本システムの改良を重ね、最終的には「原子力プラントの地震耐力予測シミュレーション」のグリッド化を実現する。

具体的には、以下の項目を実施する予定である。

### 1) 耐力解析システム用グリッド環境の構築

ITBL および AEGIS を用いて、東京大学地震研究所、東京大学吉村研究室、原子力機構システム計算科学センターの3サイト連携を実現し、グリッド対応耐力解析システム用テストベッドを整備する。

### 2) 要素コードの統合

地盤解析、建屋・機器解析、機器内解析の各コードを連携実行可能とする。そのために、以下の項目を実施する。

#### i) データ連携機能の実現

各コードの入出力データを統合し、ファイルベースの疎な連携を可能とする。

#### ii) 各コードの実行制御機能の実現

各サイトに分散配置された計算機上での各コードの起動・終了を制御する。

# 地震耐力予測シミュレーションの データ連携とグリッド化実装

平成20年12月3日

日本原子力研究開発機構  
システム計算科学センター  
西田 明美



本CREST研究への貢献の技術基盤となるJAEAの耐震計算科学研究  
—3次元仮想振動台の研究開発—



## 背景

### 原子カプラント

部品集積の巨大な複雑構造物  
部品点数1000万点超



現状：部品単位に強度解析

- ・プラント全体挙動の把握へのニーズ
- ・部品集合体を一体構造物として扱う限界

### 原子カプラントシミュレーションの課題

- ・データ量が膨大
- ・計算量が膨大
- ・計算が長大



- ・実大実験不可
- ・機器間接続問題
- ・実測との関係



グリッド計算基盤



組立構造物解析

圧力容器

### 説明がつかない建物倒壊や

### 原子カプラントの不具合

部分的な解析では  
発現しない現象の報告

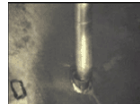
複数部品の集合  
で生じる不具合



座屈現象<sup>1)</sup>



き裂<sup>1)</sup>



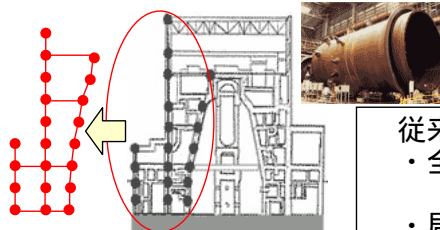
セラフィールド<sup>2)</sup>  
再処理施設(英)

1) 兵庫県南部地震鉄骨造建物被害調査報告書

2) <http://www.bellona.no/en/energy/renewable/38990.html>

### 特大地震に備えた解析要件

プラント全体の詳細解析  
実物のように観察できる分解能向上



従来

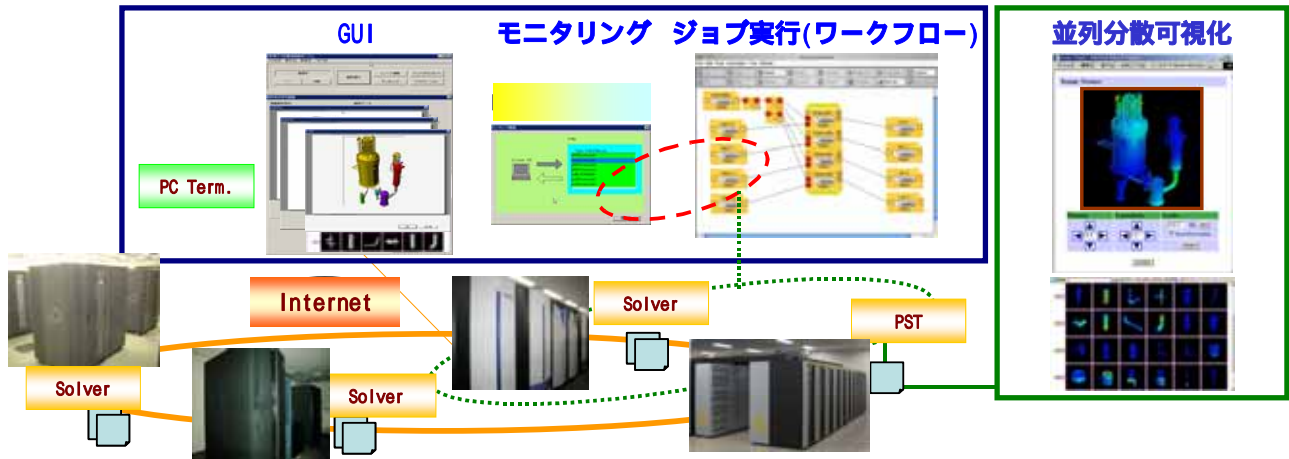
- ・全体簡易解析  
(1次元解析)
- ・局所詳細解析

## 目的

原子力発電施設の経年化・健全性確認への貢献、運転状態の科学的認知支援

## 手法

部品間相互作用を考慮しつつ部品の集合体として全体解析(組立構造解析)  
複数台のスーパーコンピュータを統合利用可能な計算機環境を利用(グリッド)

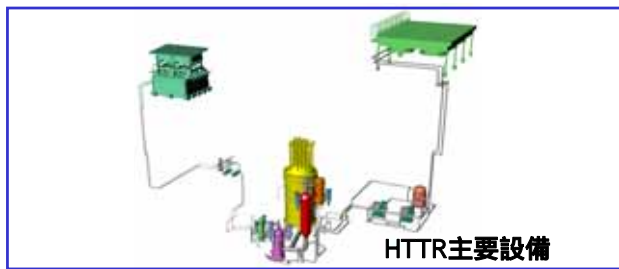


ITBLの機能を用いて構築した3次元仮想振動台プロトタイプ  
データセット、シミュレーション、可視化を統合的に実行可能

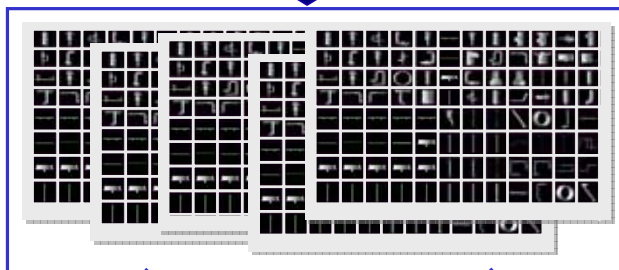
3次元仮想振動台に必要な  
基盤としてAEGISを整備

# 高温工学試験研究炉 (HTTR) 動解析例

目的: プラント全体規模におけるFIESTAの動弾性解析機能の動作確認



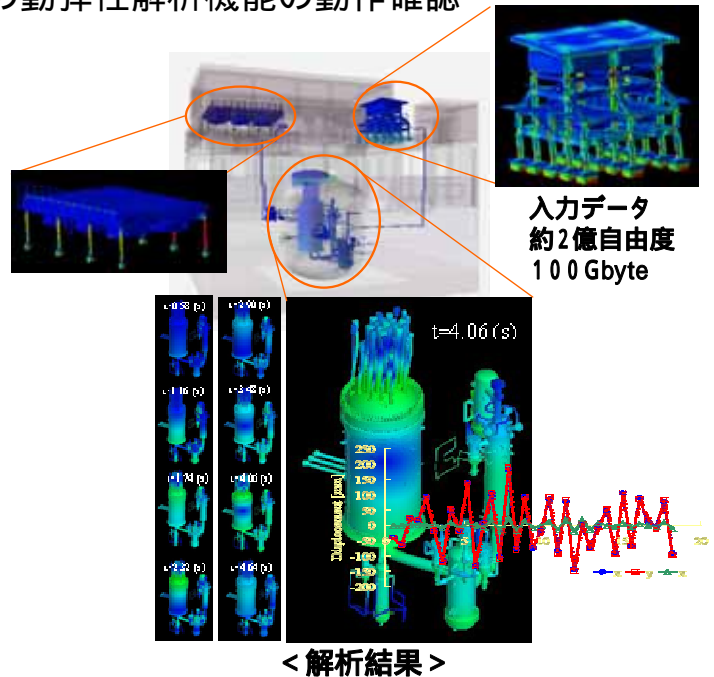
部品展開



2000部品のグリッド展開



機構内計算機を使用



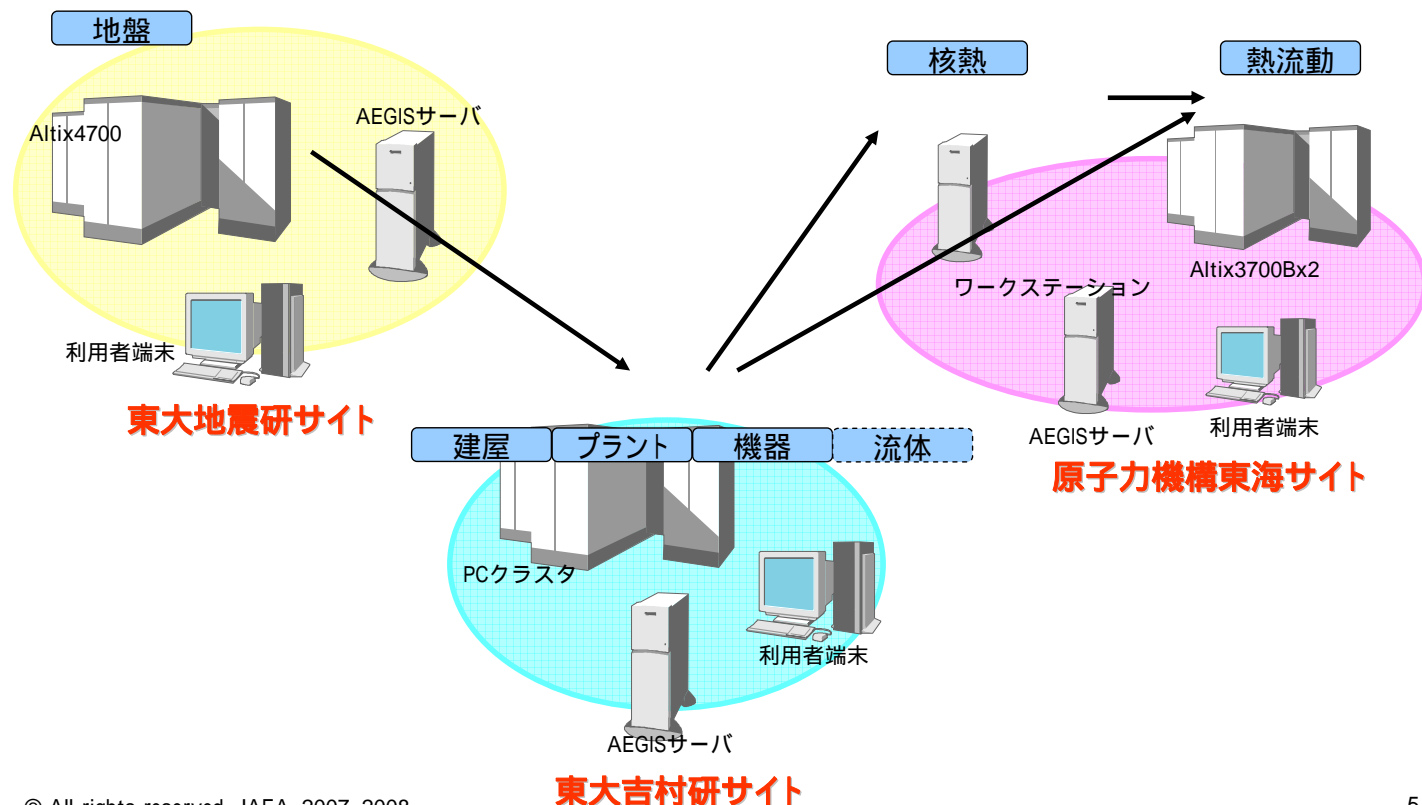
HTTR主要設備の動弾性解析を実現  
地震時応答の全容解明への貢献が期待

## データ連携とグリッド化実装の目的

連携サイトで実施する解析全体の制御を行い、解析間のスムーズな連携を実現する。

## 実現すべき機能

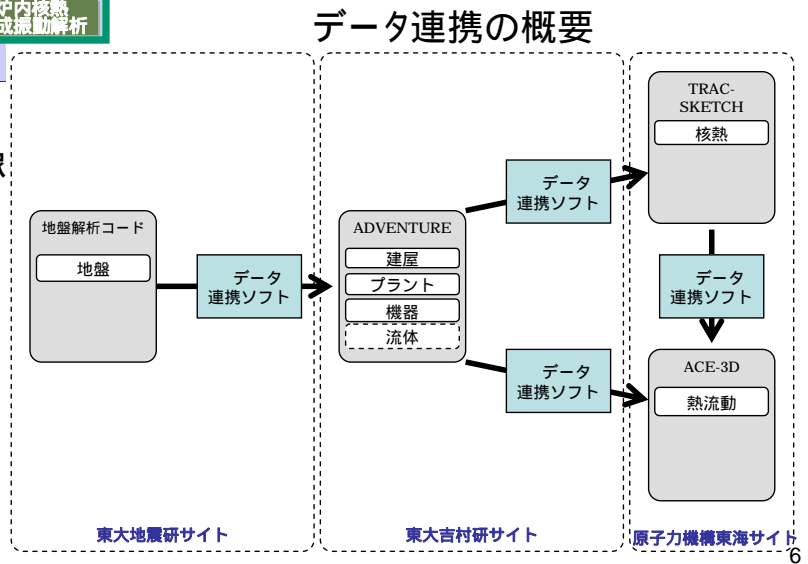
- 1) 耐力解析システム用グリッド環境の構築  
グリッド対応耐力解析システム用テストベッドを整備
- 2) 要素コードの統合  
地盤解析、建屋・機器解析、機器内解析の各コードを連携実行
  - i) データ連携機能の実現  
各コードの入出力データを統合し、ファイルベースの連携を実現
  - ii) 各コードの実行制御機能の実現  
各サイトに分散配置された計算機上での各コードの起動・終了を制御





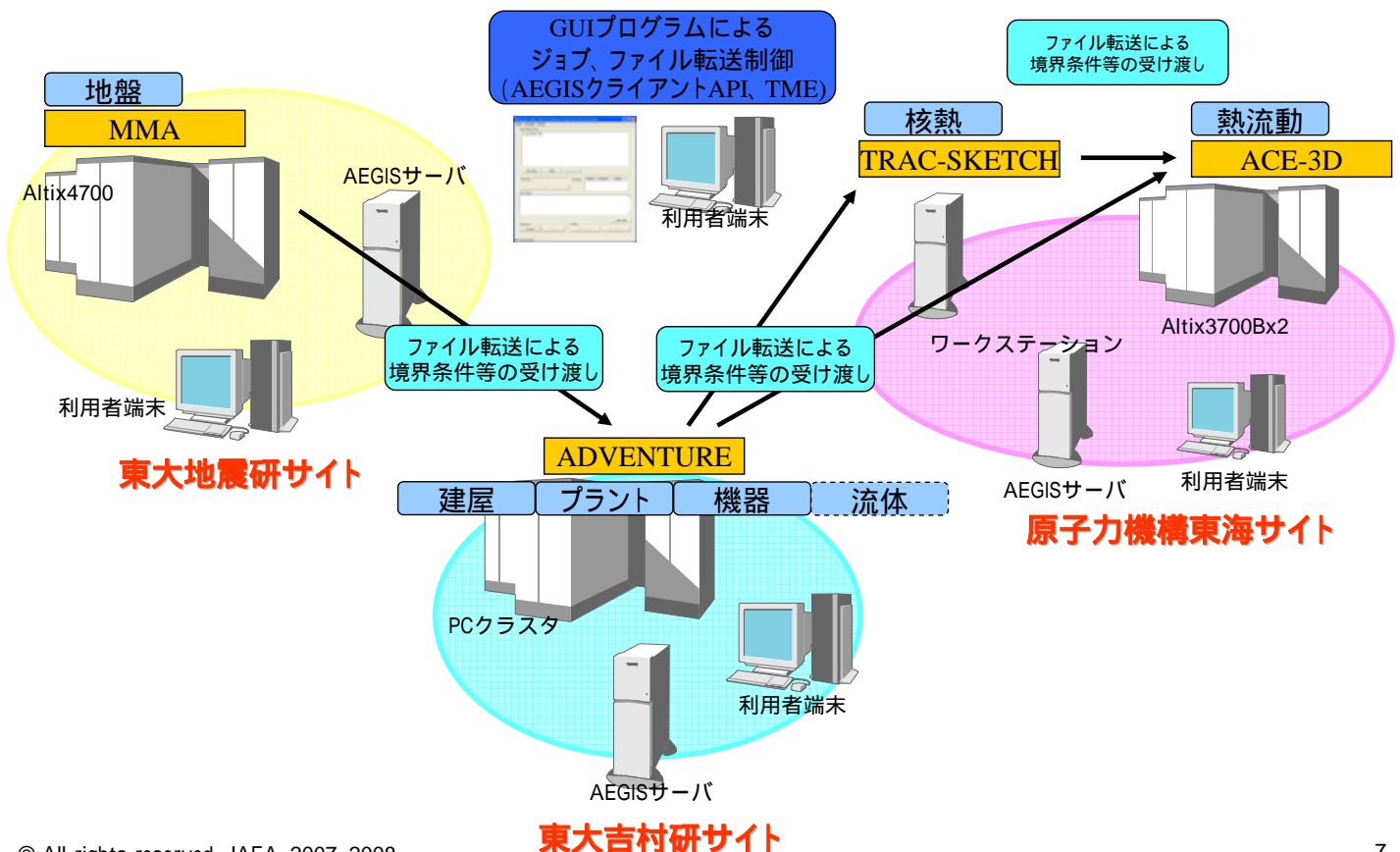
原子力発電プラントの地震耐力予測シミュレーション

### 地震耐力予測シミュレーションの全体像



© All rights reserved, JAEA, 2007, 2008

6

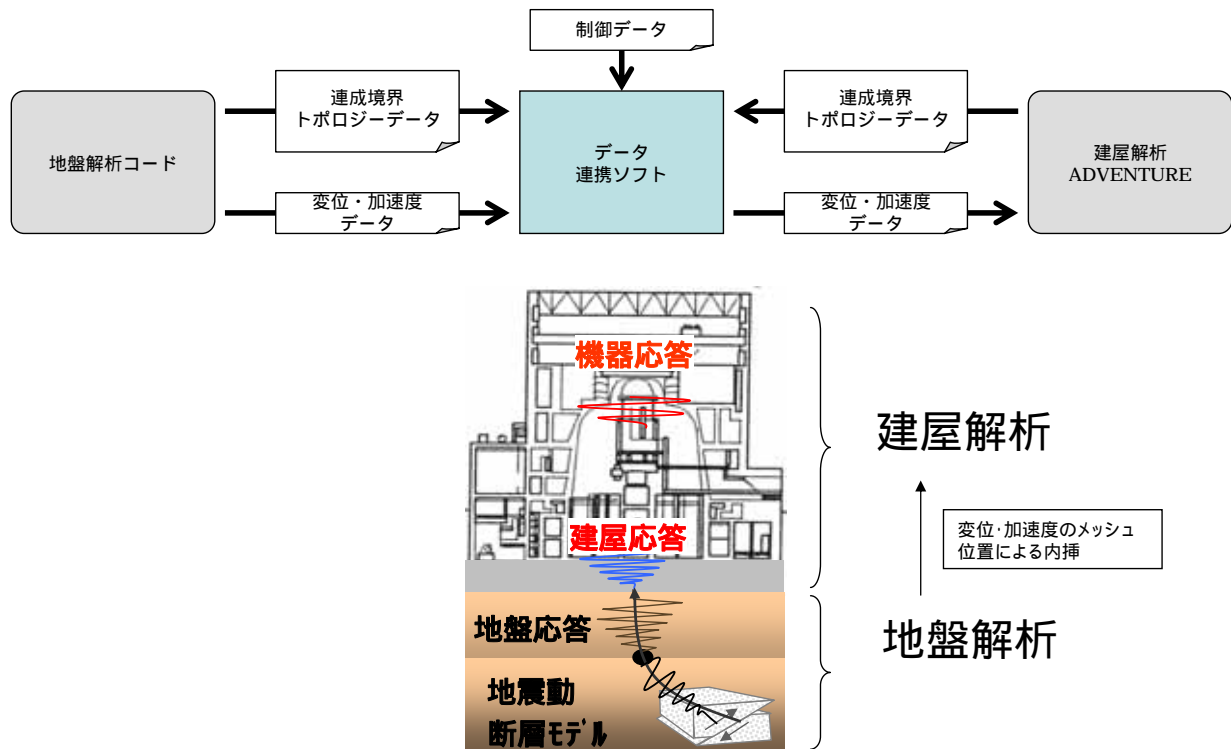


© All rights reserved, JAEA, 2007, 2008

7

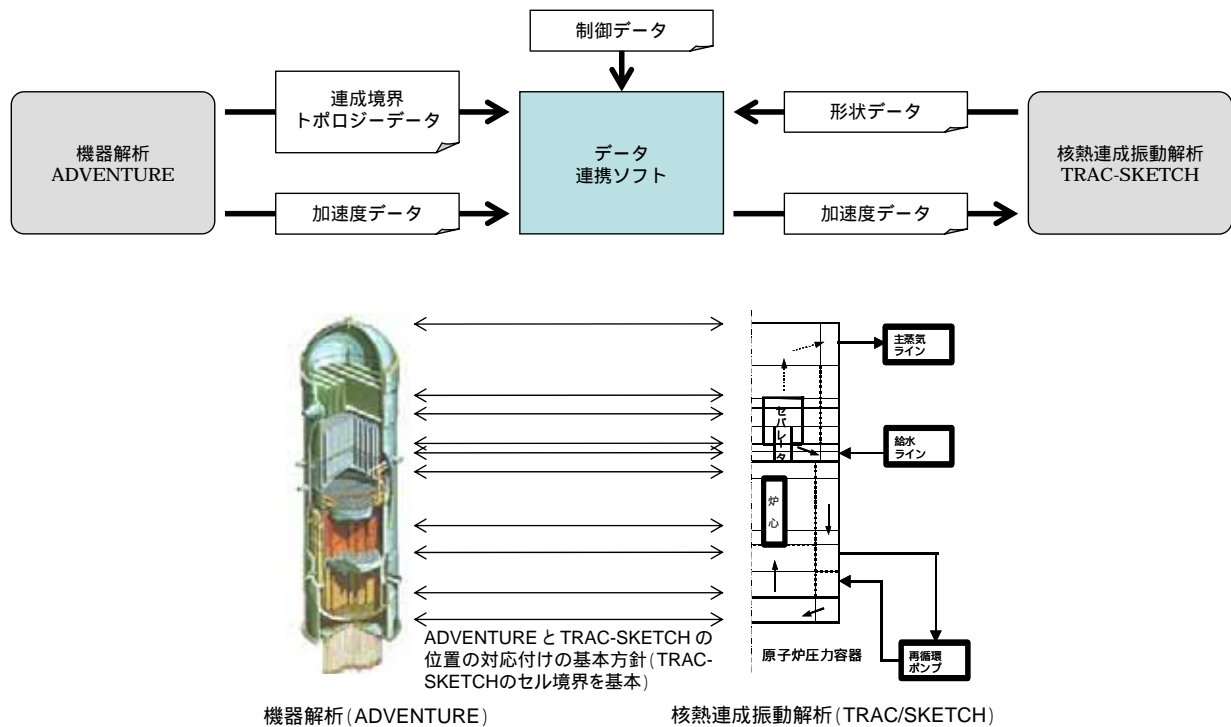
### i) データ連携機能の実現

## 解析間データ連携(1):地盤解析 - 建屋解析

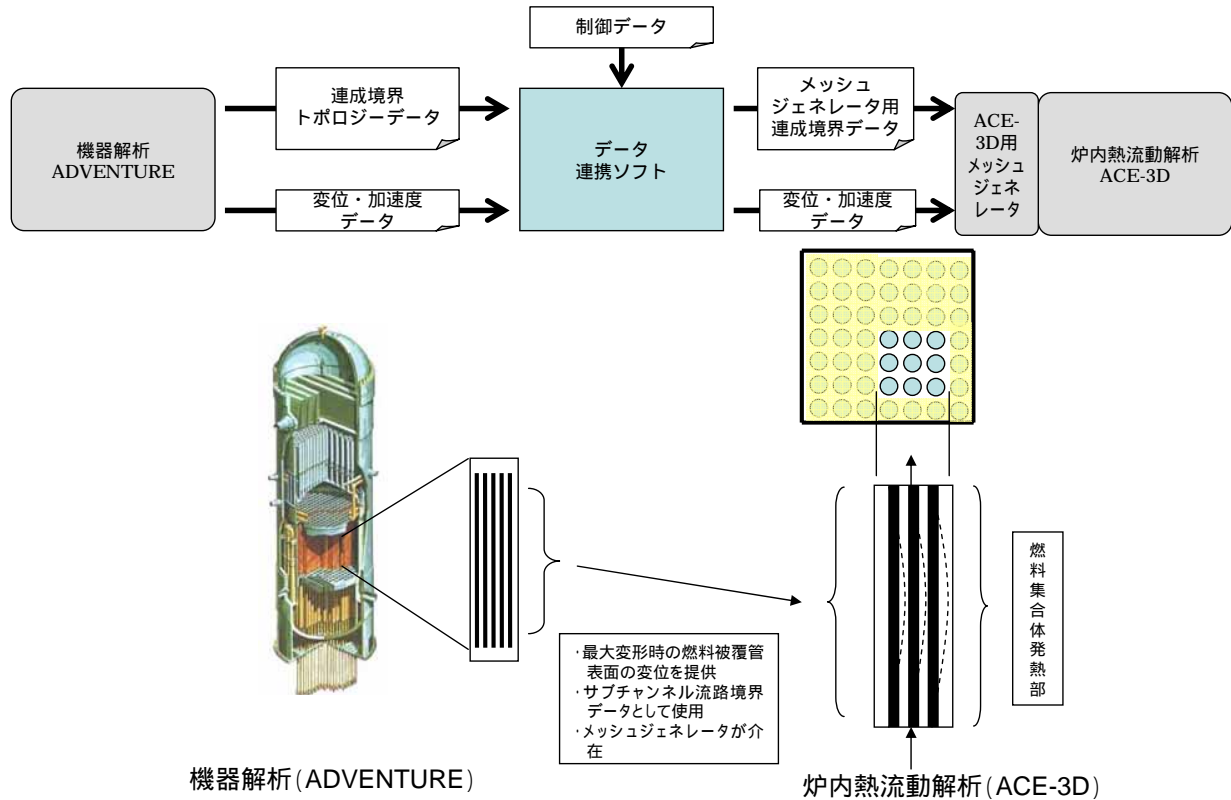


### i) データ連携機能の実現

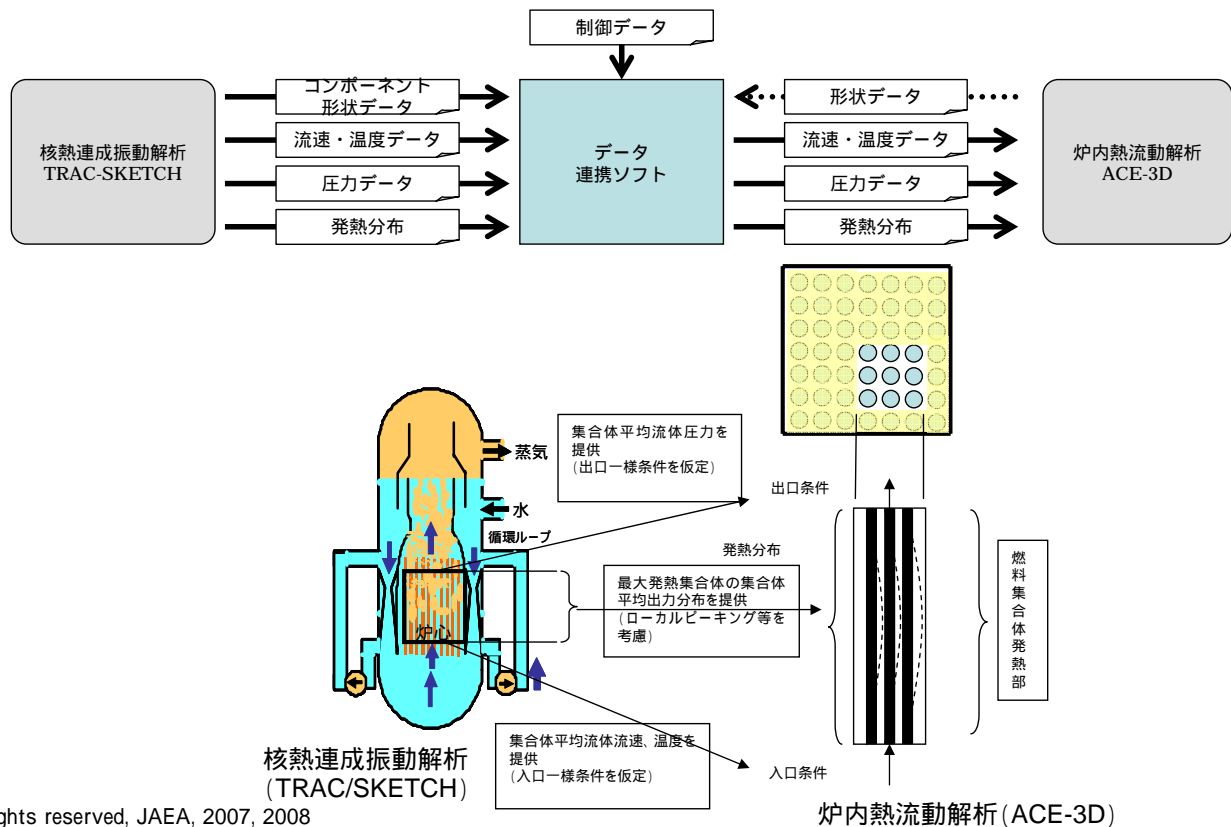
## 解析間データ連携(2):機器解析 - 核熱連成振動解析



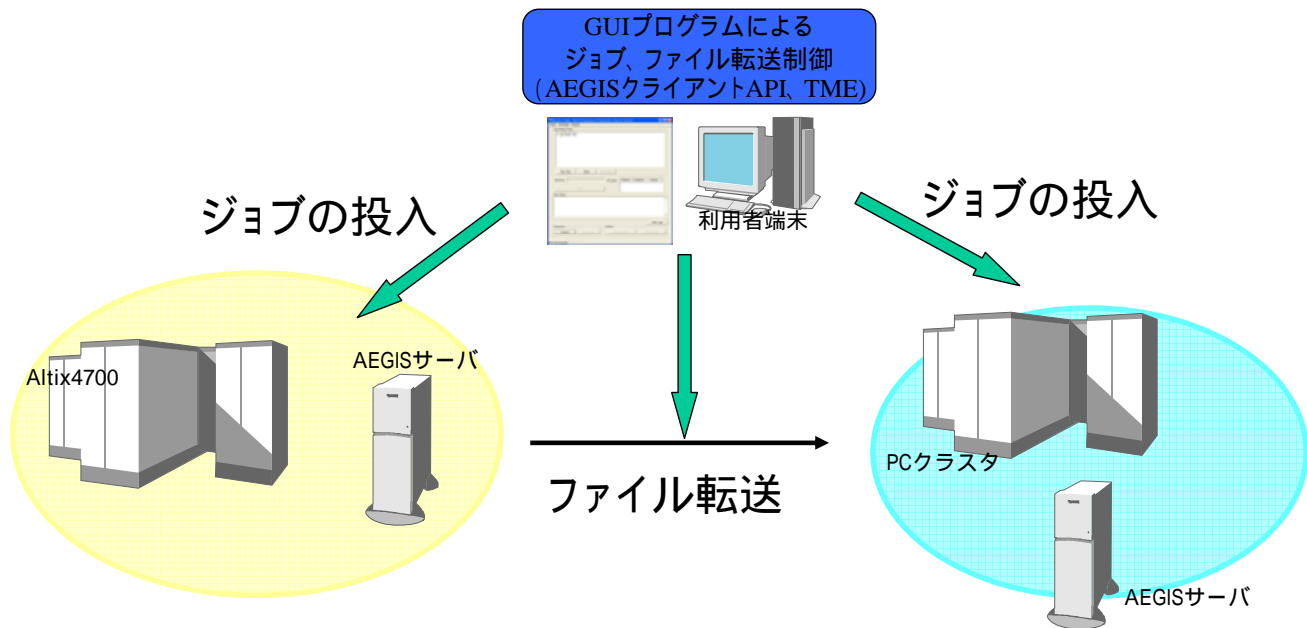
解析間データ連携(3): 機器解析 - 炉内熱流動解析



解析間データ連携(4): 核熱連成振動解析 - 炉内熱流動解析



各プログラムのジョブ実行、ファイル転送をクライアントから制御する



1) 耐力解析システム用グリッド環境の構築

現在、システム構成の検討を終了し、ネットワーク、実行計算機（スパコン等）の環境調査中の段階

（HW, OS, バッチJobシステム等）

（地震研、吉村研、JAEAワークステーション）

今後、以下を実施予定

- サーバ設置（地震研、吉村研）
- 実行計算機（スパコン）への基盤ソフトのインストール（地震研、吉村研、JAEAワークステーション）
- 動作実験の実施

2) 要素コードの統合

i) データ連携機能の実現

現在、データ連携法の検討を終了した段階

今後、プログラミングと動作確認を実施予定

ii) 各コードの実行制御機能の実現

現在、解析コードの制御法の検討を終了した段階

今後、プログラミングと動作確認を実施予定