

平成19年度利用報告会 平成20年1月11日(金)～12日(土)

先進・創出分野

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

九州大学 塩谷隆二

プロジェクトの目的

- 汎用並列有限要素法解析システム
ADVENTUREの地球シミュレータ上への実装
- 数億自由度モデルを用いた
大規模非定常非線形解析の実現
- 実験, 解析不可能であった問題規模での
現象解明, 産業界への貢献

昨年度の成果

- 2億自由度沸騰水型圧力容器モデルの耐震解析:
 - 物性値, 境界条件, モデル化の見直し
 - 地震応答解析を継続実施
- 炭素繊維強化高圧水素タンクモデルの耐圧解析:
 - 材料異方性を考慮した解析システム, モデルの準備
- 地球シミュレータ上におけるADVENTUREの利用を補助するシステムの構築:
 - 変形, 応力コンター画像生成向けのポリゴンレンダリングアルゴリズムのベクトル化, 並列化

今年度当初の計画

- 2億自由度沸騰水型圧力容器(BWR)モデルの耐震解析:
 - 実験データを用いた地震応答解析を行い,
多質点系モデルとの結果, 検証
- 炭素繊維強化(CFRP)高圧水素タンクモデルの耐圧解析:
 - 実機に基づくCFRP高圧水素タンクのモデリングを行い,
異方性材料を考慮した非線形解析の実施
- 地球シミュレータ上におけるADVENTUREの利用を
補助するシステムの構築:
 - 遠隔利用CAEシステムの実装

今年度の達成度

- 2億自由度BWRモデルの耐震解析: 達成度90%
 - 模擬地震波による地震応答解析に成功
 - 継続時間10秒(時間ステップ数1,000回)を約26時間
 - 多質点系モデルとの比較や設計者を交えた結果の検証中
- CFRP高圧水素タンクモデルの耐圧解析: 達成度60%
 - 斜交積層板複合材料を考慮した解析システムを開発
 - 簡略化したCFRP高圧水素タンクモデルの解析に成功
- ADVENTURE利用補助システムの構築: 達成度80%
 - 並列サーバサイド可視化システムを移植し, ベクトル化
 - 2億自由度BWRモデル解析結果の可視化に成功

2億自由度BWRモデルの耐震解析

• 有限要素モデル

- 要素数: 39,746,750 (4面体2次要素)
- 節点数: 67,910,224
- 総自由度数: 203,614,437

• 解析手法

- 動弾性問題

時間積分: Newmark's beta法 (陰解法)

線形ソルバ: IBDD-DIAG法

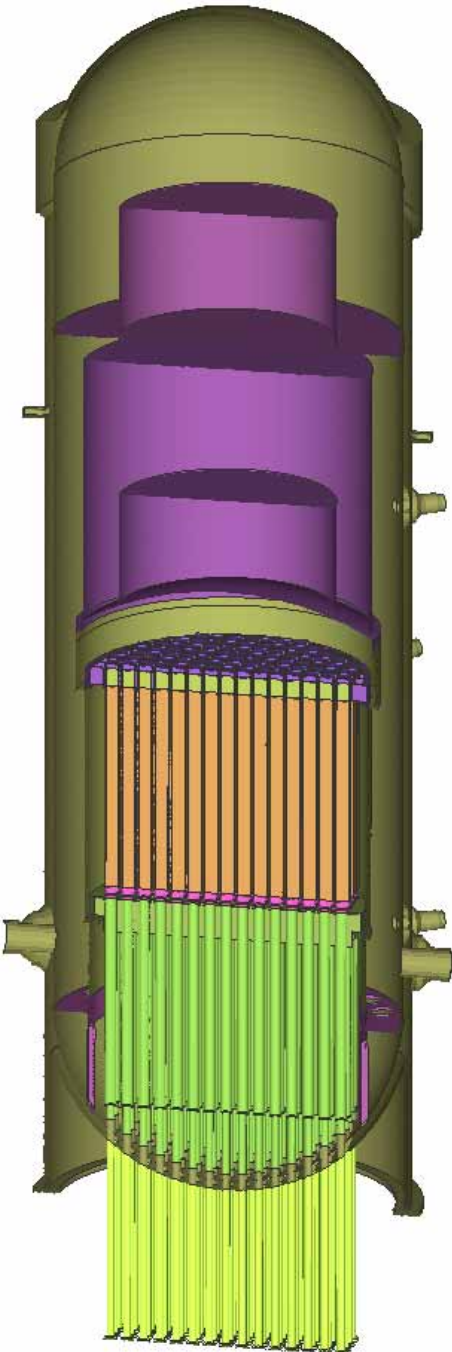
相対残差 $< 10^{-3}$

- 入力地震動(模擬地震波)

継続時間: 10 sec.

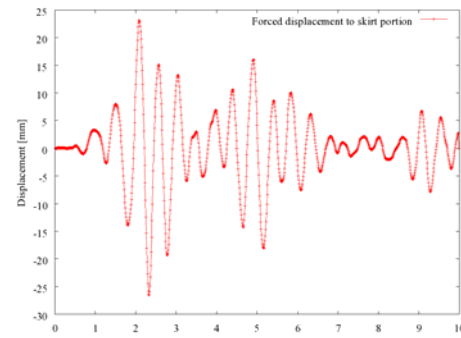
時間刻み幅: 0.01 sec.

解析モデル作成協力: 東京大学吉村研究室,
(株)アライドエンジニアリング, 伊藤忠テクノソリューションズ(株),
(株)東京電力, (株)日立製作所



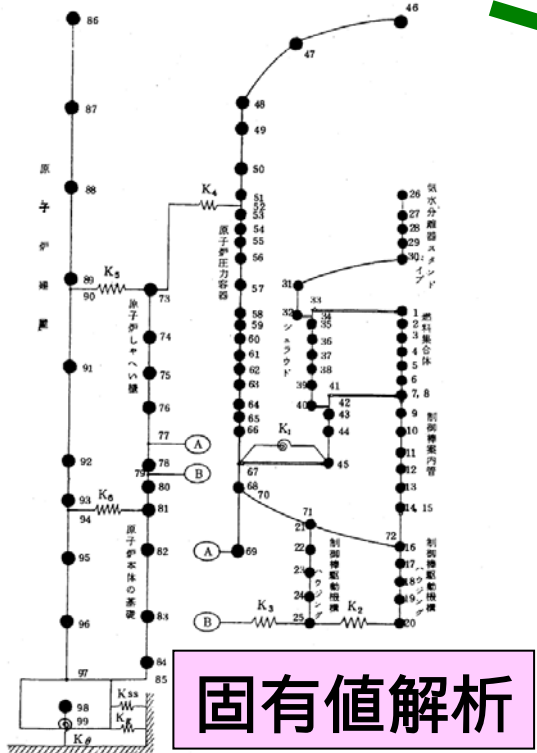
多質点系モデルとの連携

建屋に模擬地震波,
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

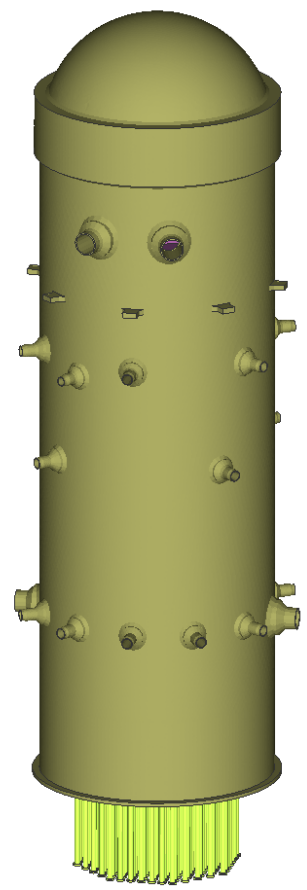


固有値解析

固有値情報

物性値
(減衰係数)

物性値や境界条件設定に
産業界が持つ技術を活用



FEMモデル

多質点系モデル

2億自由度BWRモデルの耐震解析, 1,000ステップ動弾性解析 on 2,048APs

Performances of total analysis				
Number of batch jobs		Amount analysis time		Amount output data
25		26 hr.		2.3 TB
Performances of one batch job				
Time steps	Time	Memory	FLOPS	V.OP.Ratio
40	45.5 min.	3.8 TB	3.0 T	97.93 %
Average performances of one time step analysis				
Ave. iterations of linear solver			Ave. computation time	
156			67.5 sec.	

CFRP高压水素タンクの耐圧解析

- 目的:

水素利用社会実現に向けて、燃料電池自動車の安全性を高め、燃費を改善するために、車載用高压水素タンクの耐圧解析を行う。

- モデルの特徴:

金属ライナをヘリカル巻きCFRPとフープ巻きCFRPで強化。

- 構成材料:

- 金属ライナ:

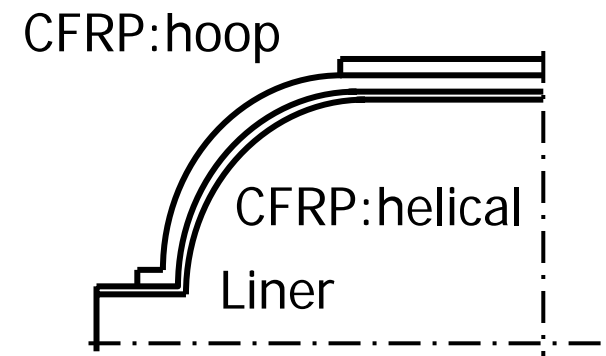
等方性

- フープ巻きCFRP:

直交異方性, 一方向強化板

- ヘリカル巻きCFRP:

直交異方性, 等角斜交積層板



CFRP高压水素タンク

CFRP高圧水素タンクの耐圧解析

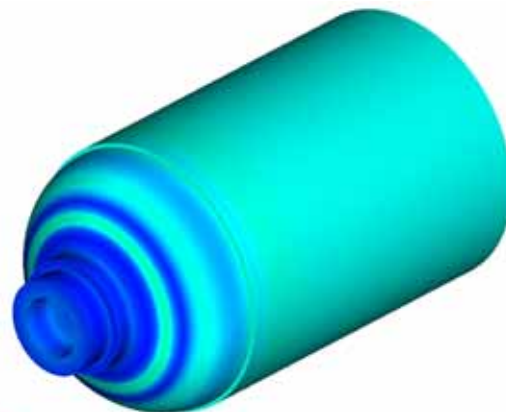
- 簡略化したCFRP高圧水素タンクモデルの解析
 - 約73万自由度
- 弾性問題のテストに成功



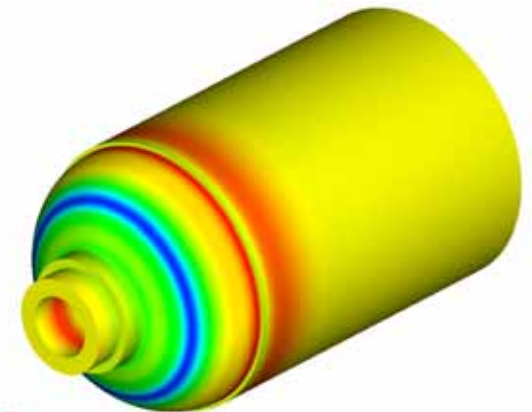
- 詳細モデルは1,800万自由度以上
- 弾塑性問題, き裂解析

Computation performances

# APs	8
Time [s]	103
Mem. [GB]	8.4
GFLOPS	11.2
V.Op.Ratio [%]	96.3



相当応力分布

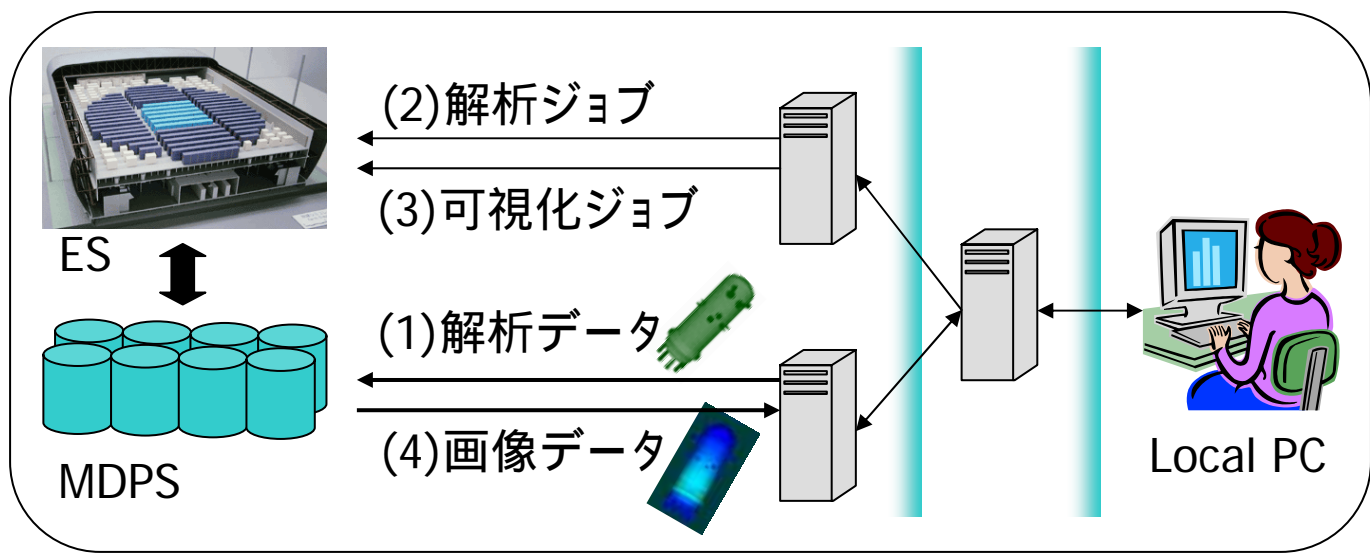


軸方向ひずみ分布

ソフトウェアベースポリゴンレンダリング によるサーバサイド並列可視化

- サーバサイド可視化の必要性:
 - 解析結果をいち早く確認することが可能
 - リモート利用におけるデータ転送速度の課題解決
解析 1時間 vs. データ転送(to Fukuoka): 16時間
- 並列ポリゴンレンダリングシステム:
 - 構造解析結果の表面三角形ポリゴン描画向け
 - ソフトウェアベース
 - ベクトル化, MPI並列化
 - **参照テーブルによるスキャン変換の高速化**
 - 並列描画されたイメージをZ値情報により重畳

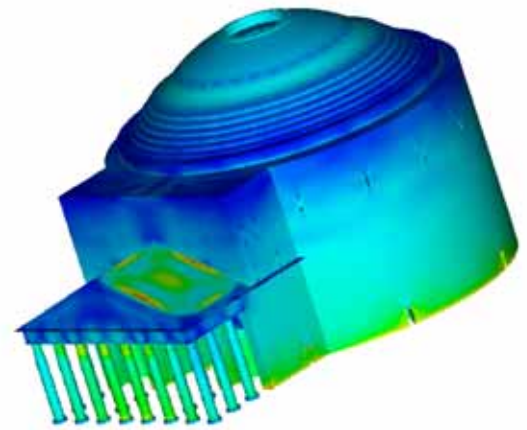
地球シミュレータの計算ノードを利用した リモート操作によるサーバサイド可視化の流れ



- ローカルPCで決定した視点情報を利用し、移動、回転、拡大縮小された画像も生成可能
- ベクトル化による加速率: 4.5倍

Visualization performances

# triangles	0.65M	15M
# APs	8	32
# images	100	100
Time [m]	3.6	7.5



65万三角形のモデル

今年度のまとめ

- **2億自由度沸騰水型圧力容器モデルの耐震解析:**
 - 継続時間10秒の地震動の解析に25回ジョブ, 計26時間で成功
- **炭素繊維強化高圧水素タンクモデルの耐圧解析:**
 - 等角斜交積層板を含むCFRPモデル解析システムを開発し, テストモデルの解析に成功
- **地球シミュレータ上におけるADVENTUREの利用を補助するシステムの構築:**
 - ES計算ノードを利用した並列ポリゴンレンダリングシステムを開発し, 1,500万ポリゴンの画像データ100枚生成に7.5分で成功

来年度の計画

- **バーチャル実証試験の実践を継続**
 - BWRモデル解析結果を検証し、異なる地震動に対する応答解析を実施
 - CFRP高圧水素タンクの詳細モデルを作成し、繰り返し荷重下の疲労強度解析やき裂解析を実施
- **並列サーバサイド可視化システムの機能拡張と実用化**
 - 任意断面や等値面の抽出
 - スカラー処理部分や画像重畳の高速化
- **構造解析の線形ソルバを高速化・省メモリ化**
 - 解析時間ステップ数の増加を実現
 - さらなる大規模モデルの解析を実現
- **熱流体解析・電磁場解析及び連成解析機能の移植**