

クラウドコンピューティングを用いた効率的な 構造解析支援システムの開発 (第1報)

Development of support system for efficient structural analysis using cloud computing

●井原遊¹⁾ 橋本学¹⁾奥田洋司¹⁾

1) 東京大学大学院新領域創成科学研究科 人間環境学専攻

背景

- スーパーコンピュータの浮動小数点演算性能が20年前と比較し30万倍となるなど**コンピュータ技術の進歩**が進み、様々な製品の設計・開発においてCAEが用いられるようになっている。
- **課題**
- 計算時間が高速化したことで、データの管理などにかかる時間の顕在化
→ 研究者の負担となり解析の**ボトルネック**になっている
- オープンソースのCAEソフトウェアには研究開発とは直接関係ない**コンピュータスキルが必要**
→ プログラミングをしたことがない、シェルを使ったことがない、GUIしか使ったことのないユーザは少なくない。大きいハードルである。
- 市販のCAEソフトウェアの場合には**高額なライセンス費用(10-100万~)**が必要
→ 特に中小企業においてはCAEのニーズはあるものの、導入を躊躇せざるを得ない。
この費用を払うことが出来るユーザは限られる。

背景

クラウドコンピューティングという新しい利用形態がCAEの分野にも広がっている。

(e.g. TCクラウド(富士通), Autodesk Simulation 360, PLEXUS CAE((株)電通国際情報サービス)

課題

- 計算機をネットワーク上から使えるサービスであることが多く、**CAE全体を通した支援は不十分**。
- IaaSクラウド（Amazon EC2など）に近いものである。
- ソルバ部分のサービス化は広がっているが、**プリ部分**は不十分。
- オープンソースソフトウェアと連携した安価なサービスは無いようである。
- 費用がかかる。

CAEのワークフロー

- 構造データとしてCADファイルを用いて、メッシュジェネレータで計算用メッシュを生成する。
- 生成した計算用メッシュに境界条件を設定し、ソルバの入力ファイルを生成する。
- ソルバの入力ファイルを計算機へ転送しジョブを作成し計算を行う。
- 結果データを図などにして、結果を理解する。

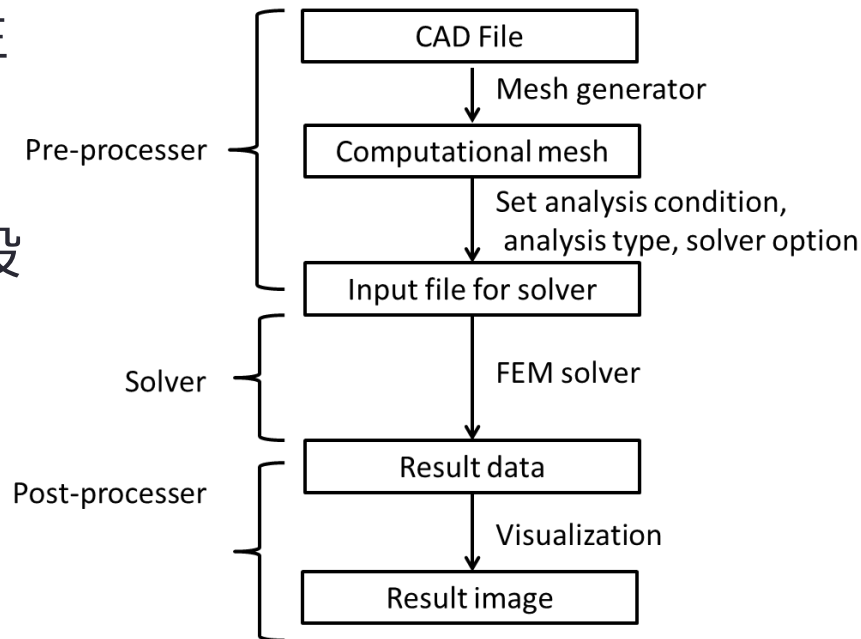


Fig1. CAEのワークフロー

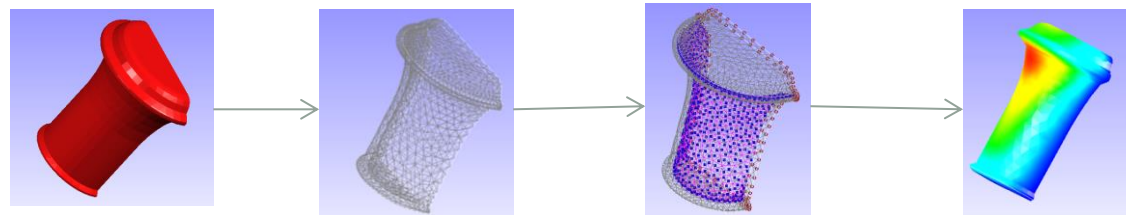


Fig2. CAEワークフローの可視化図

CAEを支援する研究例

クラウドCAEシステムを用いた効率的な有限要素モデリング（奥田ら,2013）

（第18回計算工学講演会）

構造解析シミュレーションの 実行を自動化・簡略化するため，エンジニアリングデータ管理システム『ASNARO』を用いて，構造解析ソフトウェア『FrontISTR』をクラウドサービス化した事例

課題

境界条件の設定など、CAEにおけるプリ処理を支援する仕組みがない商用ソフトウェアとの連携が必要となる

目的

- CADの出力した構造データから、プリ・ポスト処理を含めたCAE全体をWebブラウザだけで利用できるシステムの開発をし、ユーザ評価を実施する。
- ユーザの作業、データ管理を自動化簡略化することで、ユーザの負担を軽減し、CAEの普及を促進されることが期待できる。

本研究で提案したクラウドCAEのコンセプト

- プリポストを含めてWebサービス化
→ 関連研究における課題の解消
- 解析データ管理の自動化
→ データ管理に費やす時間を削減し技術者負担の軽減
- クライアントはWebブラウザで利用
→ クライアントにハイスペックなPCは不要
- クラウドCAEサーバーと対話的に解析条件などを設定
→ GUIを利用したわかりやすい操作

使用するソフトウェアと計算機環境



Fig2. Raspberry pi

ハードウェア

- クライアント : 通常のPC, **超小型PC**(e.g. raspberry pi)でも利用可能
- クラウドCAEサーバ : 本研究で作成するソフトウェアをインストールしたサーバ
- 計算機 :
 - ①研究室のPCクラスタ
 - ②東大情報基盤センターのOakleaf-FX
 - ③Amazon EC2 その他各種計算機への対応

ソフトウェア

- CADソフトウェア : STL出力が出来るソフトウェアをユーザが用意
(e.g. 無料で利用可能なSketchup)
- ソルバ : 並列有限要素解析アプリケーション **FrontISTR**
- プリポスト : 大規模アセンブリ構造・マルチ力学対応プレポスト
Revocap_prepost (組み込み)

CAE解析の実行手順と システムでの支援内容

0. 準備

FrontISTRのインストール

→ソースコードの用意・コンパイラの確認

今回作成システムでは作成済み

1. CADモデルを用意する

2. 構造解析用にメッシュ分割する

→自動メッシュ分割プログラム(Adventure_tetmesh)を用いて自動分割を行う。

3. 解析条件を設定

→Webで対話的に境界条件やソルバ収束条件などの設定を行う。

CAE解析の実行手順と システムでの支援内容

4. 解析用ファイルの転送

→自動的に圧縮転送を行う

5. 領域分割並びにFrontISTRの実行

→シェルでバッチ処理の投入をするところを自動化

6. 結果の可視化

→コンター図, 変形図の作成

データ保存管理機能

1 解析ごとにデータを整理して保存する。

解析条件と結果を保存しておき、以前の結果の散逸を防ぐ。
過去の結果を容易に呼び出せる。

パラメータスタディなど大量の結果が出るものの管理に有効

クライアントの負荷を軽減するモデル表示手法

OpenGLでモデルを可視化させ、
その画像をキャプチャする手法

クライアントのグラフィック負荷を低
減

複数枚の画像を組み合わせることで立
体視

予め画像を一括生成し、ユーザの
操作に応じて表示

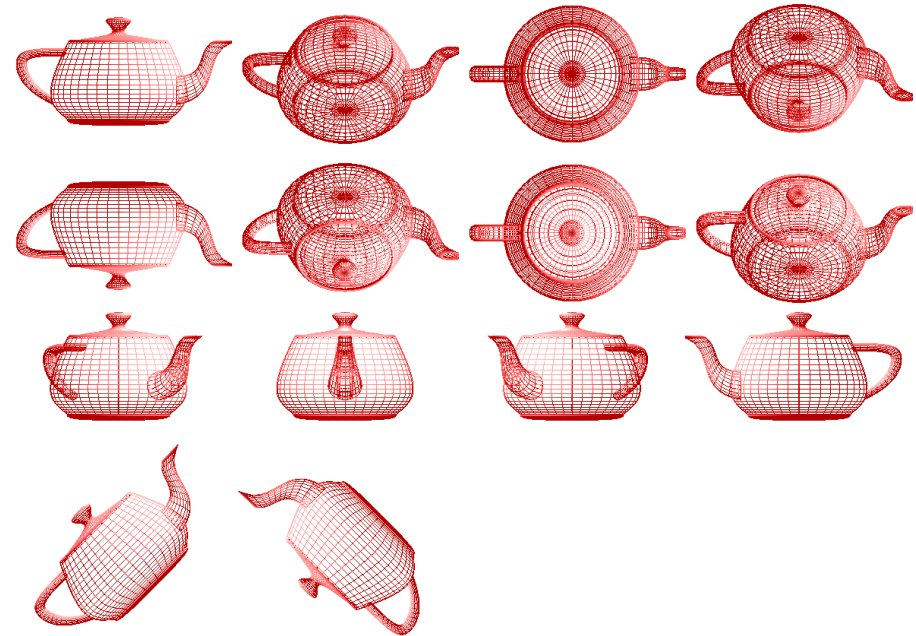


Fig5. Teapotをxyz軸をそれぞれ基準に
回転させている例

他のCAEソフトウェアとの比較

Revocap_prepost/FrontISTRを使用して解析を行う場合を異なる点

- ・大きなモデルでPCが重くならない
- ・サーバー側でFrontISTRソースをコンパイルする必要がない
- ・解析モデルを保存し、サーバーにコピーする必要がない
- ・サーバーでジョブ投入を行う必要がない。
- ・CADデータ・メッシュデータ・結果データの管理が自動で行える。
- ・現在の実装では使える機能の豊富さに欠ける。

計算の実例

- 逐次解析用に、V6engineモデルを使用し、気筒内部に圧力が働く条件で弾性静解析（CG法反復）

並列解析用にConrodモデルを使用し16並列計算で3つの固有値を求めるために固有値解析

以上のモデルを用いて、計算機として、当研究室のPCクラスタ（TCクラスタ）、Amazon EC2, Oakleaf-FXを用いて実行時間の比較を行った。

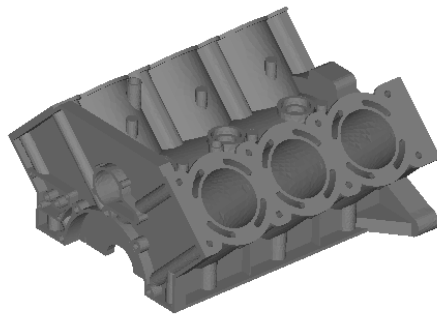


Fig6. V6engineモデル
(四面体一次要素, 要素数282128,
節点数68170, 自由度数204510)



Fig7 . Conrodモデル
(四面体二次要素, 要素数56115,
節点数94047, 自由度数282141)

計算の実例と実行時間の比較

・逐次性能，並列性能ともに理論性能とは比例していないが，AmazonEC2の計算性能も劣らない。

表-3 実行時間

計算機	逐次計算	16 並列計算
	V6engine (秒)	conrod (秒)
TC クラスタ	87.07	302.54
EC2 (C3 タイプ)	57.90	435.66
Oakleaf-FX	183.74	410.97

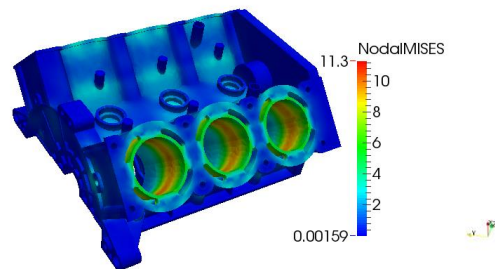


Fig.8 V6 engineの静解析結果
(ミゼス応力)

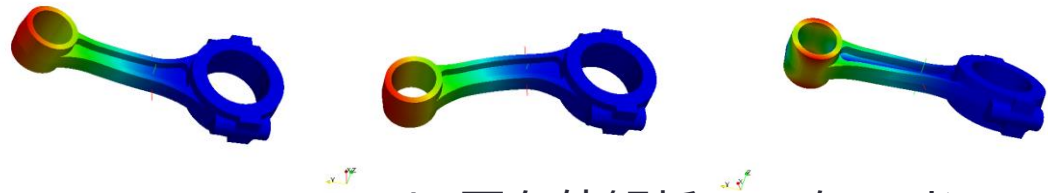


Fig.9 Conrodの固有値解析 1-3次モード

デモ

結論

- 本システムを用いることでCAEにかかる技術的障壁を低減した。
- 構造解析のユーザー操作の時間の節約が可能となる。
- 計算機の仕様の差異を吸収し、どの計算機の種類を意識する必要がない。
- モデル表示が全体を通して軽量であるので、超小型PCといったデバイスの利用も可能となる。
- 一部だけの利用も可能であり、今までCAEを用いてきたユーザにも便利な設計である。
- 今まで利用されていなかった現場にCAEを用いられる可能性、研究活動の効率化が期待される。

将来の展望と今後の改良点

- 計算機の利用時間に応じた課金システムを作成すれば商業ベースのシステムに発展できる。
- 強力なGPUを本システムに導入することによる**ポスト機能**の高機能化を行う。
- AmazonEC2のようなIaaSクラウドのインスタンスを起動するなど、フレキシブルなシステムの構築をする。
- プリ機能，解析種類の多様化を行う。
- メッシュ生成エンジンの複数化を行う。

表-1 計算サーバの性能比較

	ノード当たりの 理論性能 (GFlops)	ノード数
EC2 (C3.large)	22.4	1
EC2 (C3.8xlarge)	358.4	1
TC クラスタ	85.1	12
Oakleaf-FX	236.5	4800