

研究課題代表者： 正 岐阜工業高等専門学校 柴田良一  
副 名古屋大学・情報基盤センター 片桐孝洋

共同研究者： 岐阜工業高等専門学校・専攻科 藤田耕平  
岐阜工業高等専門学校・専攻科 野村悦治  
岐阜工業高等専門学校・専攻科 藤井成樹

研究課題名： ものづくりにおける超大規模流体解析に対応した統合支援システムの開発

### 「研究概要」

広くサイエンスおよびエンジニアリングの問題解決手段として、多くの利用者が超大規模数値計算を効果的に活用するためには、スーパーコンピューターの計算能力と効果的に連携した統合支援システムが有用である。特に本研究では、ものづくりなどの実践的な課題に対して有効であるオープンソースの流体解析 OpenFOAM および構造解析 FrontISTR に注目して、プリポスト処理を統合したパソコン上から手軽に利用できるシステムの開発を目指す。

本システムでは、予備検証の小規模例題を手元のパソコンで確認したのちに、同様な計算手順でシームレスにスーパーコンピューターを活用することが可能となる。これまでバッチシステムやコマンドラインなどの知識がハードルとなっていた利用者に対して、超大規模数値計算を活用して研究開発を効果的に展開できる事が期待される。

### 「研究目的」

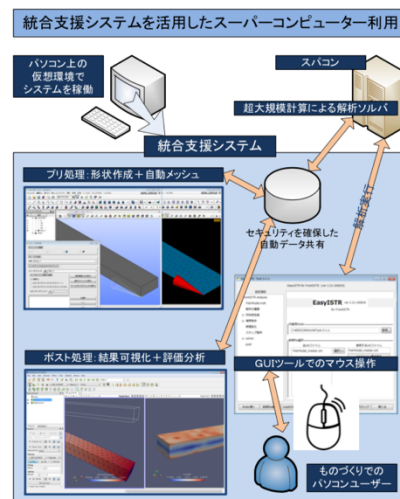
本研究開発では、スーパーコンピューターを効率的に活用するための、以下の特徴を持つ統合支援システムを実現する事を目的とする。

- ・統合支援システムは、仮想環境を用いて普段活用するパソコン上に容易に構築可能とする。
- ・小規模の解析をパソコンで行う場合と同様な手順で、超大規模計算を実現可能とする。
- ・数値計算のプリポスト処理をシステムが担当して、統合的な数値解析環境を実現する。
- ・超大規模数値計算の応用は、主に OpenFOAM による流体解析の統合支援を可能にする。
- ・システムはオープンソースツールをベースとして、開発成果は自由に活用配布できる。

### 「研究活動」

具体的には、Python 言語での開発を進め、PyGTK による GUI を実装して、流体解析ソルバー OpenFOAM に対応する統合支援システム「TreeFOAM 名大スパコン対応版」を、右図の利用形態を実現すべく開発した。対象となるスパコンは、CX400 と FX100 として、既に実装されている OpenFOAM ver.2.3 を活用する仕様として設計した。スパコンとローカル PC とのファイル共有は、広く Linux 系システムで利用可能な sshfs を用いることができた。なおバッチジョブへの投入スクリプトに関しては、CX400 と同様に FX100 も実装可能であった。

なお検証のネットワーク環境は、岐阜高専建築学科の構造解析学研究室の内部の標準的な Windows-PC を用いて行なった。



## 「研究結果」

まずパソコン上でのものづくり用アプリケーションの例として OpenFOAM のベンチマークテストを、開発した統合支援システムを行なった。解析例題としては、115万要素のモデルをチュートリアルケースを参考にして、ソルバーは pisoFoam(LES)を用いた。

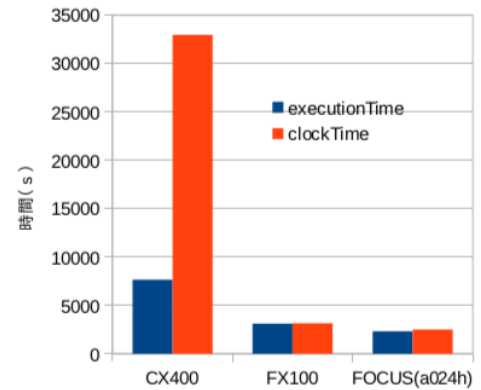
解析時間に注目して結果を右図のようにまとめた。参考として産業用パソコンの FOCUS での同様な解析の結果も追加した。この結果より、CX400・FX100 のいずれの場合も、本来のハードウェアの性能に比べて、FOCUS に比べると実行時間が大きすぎるということがわかった。特に CX400 は、executionTime と clockTime の差が大きく、余計な待ち時間があるように思える。

そこで、Job スクリプトを見なおした結果、CX400 は、ハイブリッド MPI 並列の書き方だった。これを修正して、フラット MPI 並列の書き方で再度実行して確認を行なった。

これより、以下の結果を得た。

CX400：node 間の通信速度が遅い様で、1node で収まる並列数（28 並列以下）であれば早いですが、2node 以上にまたがる様では、極端に遅くなる。実行時間は、executionTime の 2 倍以上掛かる。

FX100：3次元 MPI で mesh モードを使用すると、実行時間は殆ど executionTime に近い値がでる。node 間通信速度は、極めて速い結果。並列数を増やした場合効果がある。



## 「研究成果」

従来の研究開発における数値計算の重要性は大きく認識されているものの、現実には以下に挙げる課題があり、十分な展開が実現できていない。

- ・パソコンなどの手元の計算資源に制限されて、問題解決に必要な計算規模が実現できない。
- ・数値計算で効率的に処理できる課題であっても、従来の実験的手法の制限を突破できない。
- ・有用な計算ツールが提供されていても、プリポスト処理が対応せずに有効に活用できない。

これらの課題に対して、本研究で開発する統合支援システムを活用することによって、次に挙げる可能性を展開することができ、超大規模計算を活用した研究開発を大きく進展させることができる。

- ・特にものづくりにおいて汎用的に利用される流体解析 OpenFOAM を対象として、サイエンスからエンジニアリングまでの幅広い分野において、超並列計算を活用できる。
- ・活用する計算ソルバーはオープンソースで公開されており、研究開発の進展に対応して機能拡張や、解析効率の向上などに取り組むことが可能であり、研究開発の標準的基盤として利用できる。
- ・ツールの例題演習などをパソコン上で行い、そこで修得した操作方法を基本として、特別なスーパーコンピューターに関する知識を必要とせず、シームレスに超大規模計算へ問題規模を拡張できる。
- ・標準的なソルバーに対応して、実践的な機能を有するプリポスト処理機能を有しており、単純な例題レベルから現実の複雑な製品レベルまでの数値計算の形状作成や可視化に対応している。