原子力施設の耐震評価のための組立構造解析結果の大規模分散並列可視化

Large-scaled parallel visualization for distributed simulation results of structure assembly for estimating a nuclear facility under seismic wave

*郭 智宏 [1]，西田 明美 [1]，崔 炳賢 [1]，中島 憲宏 [1]
[1] 日本原子力研究開発機構

原子力機構は原子力施設の耐震解析に取り組んでおり、その全容解析の結果生じたビッグデータの分析・評価が解析以上に困難な課題となっている。この課題を解決するため、並列可視化アプリケーションの研究開発を行っている。本稿はビッグデータの分散処理による可視化とその並列化効率について報告する。

キーワード：並列可視化、ビッグデータ、原子力設備、高温工学試験研究炉、組立構造物、有限要素解析

1. 緒言

当機構では、原子力施設という組立構造物の「あるがまま解析」を目指して、仮想振動台の研究開発を行ってきた。本研究で開発を進めている並列可視化アプリケーションは、仮想振動台の解析結果の分析と評価と共に、可視化による「新しい知見」を得ることに資するものである。

2. 分散並列可視化

2-1. 可視化結果

対象とする高温工学試験研究炉の機器構造は、圧力容器、主冷却設備と補助冷却設備から構成される。三次元有限要素モデルは、4000 万節点、6000 万要素で構成され、更に地震波に対する構造応答を詳細に捉えるために、時間刻み 0.01 秒で 500 ステップの計算を実施した。結果分析・評価のため、節点情報として変位・速度・加速度のそれぞれのベクトル 3 成分、要素情報として応力テンソルの 6 成分と Von-Mises 応力に限定した出力をし、その結果、1 ステップのデータ量が 40E6×9+60E6×7=780E6(7.8 億物理量)で、ファイルサイズの合計は約 2TB となった。並列解析は領域分割法で 1621 領域に分割されて行われたため、可視化も 1621 領域のままにして並列処理を行った。図 1 は可視化結果を示している。

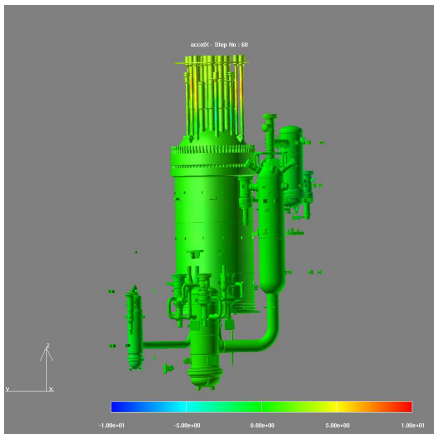

図 1. 可視化結果

2-2. 可視化処理効率

数値実験では当機構の SGI 社 ICE X 並列計算機を用い、96/72/48 の異なるコア数で実験した。96 コアの場合、1 ステップは 50 秒程度の処理時間を要し、500 ステップの動画を作成するには 7 時間弱を要した。また、96 コアに比べ、72 コアと 48 コアの最大処理データ量/コアは約 1.1 倍と 1.4 倍になっているが、処理時間/ステップは約 3.7 倍と 25 倍と著しく増加した。これは、データの分散化によって、I/O コストの増加とネットワークの帯域幅性能が低下したことによるものと考えられる。

3. まとめ

可視化アプリケーションを並列可視化ツール・AVS/Express_PCE を用いて開発し、ビッグデータの並列可視化を行った。今後の課題は可視化の並列化効率向上や可視化による新しい知見を得る研究等がある。

*Zhihong Guo[1], Akemi Nishida[1] ,Byunghyun Choi[1] and Norihiro Nakajima[1]
[1]Japan Atomic Energy Agency