

研究開発への実利用を重視したスーパーコンピュータ JSS

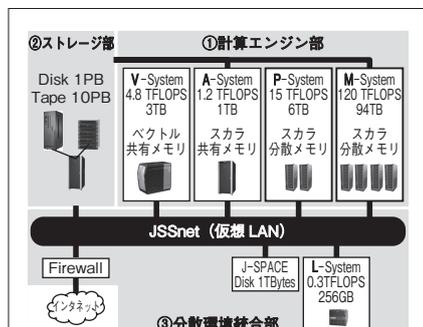


図1 JSSシステム構成

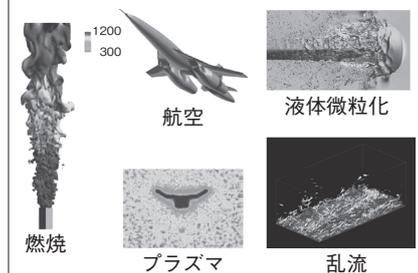


図2 JAXAの代表的なアプリケーション

1. はじめに

(独)宇宙航空研究開発機構(JAXA)では、2009年4月からJAXA統合スーパーコンピュータシステム(JSS)の全システム稼働を開始した。JSSは、スパコンによる数値シミュレーション技術を宇宙開発等のJAXA事業に本格的に活用することを目指すとともに、広い利用分野での高い性能を実現し、将来のハイパフォーマンスコンピューティングの姿を示すべく導入されたものである。

JSSは、今後普及が加速すると考えられるマルチコアスカラプロセッサの高効率利用を可能とする計算機技術を採用した。また、地理的に3カ所に分散して存在したスパコンが1カ所に統合され運用が行われることを考慮し、遠隔地からの利用の利便性を確保した。さらに、多様な計算需要を扱えるように、スカラ計算機、ベクトル計算機、共有メモリ計算機、分散メモリ計算機と大規模ストレージシステムという、いくつかの代表的なサブシステムが統合された構成をとっている。

2. システムの構成と特徴

JSSは、①計算エンジン部、②ストレージ部、③分散環境統合部から構成

される(図1)。

計算エンジン部には、M, P, V, Aの各システムがある。Mシステムは、富士通(株)製FX1で構成され、3008ノード(1ノード1CPU構成、12032コア)を持つ分散メモリ計算機であり、1ノード当たり32GB、システム全体で94TBのメモリ容量を持つ。VISIMPACT⁽¹⁾と呼ばれるマルチコアを有効に利用する技術(コア間L2キャッシュ共有、コア間ハードウェアバリア機構、細粒度自動並列化コンパイラ)、ノード間のハードウェア同期機構、OSによる割込み動作を同期させるOSジッタ対策を用い、LINPACKで91.19%の実行効率をマークした。Pシステムは、Mシステムと基本的に同じ構成であるが、ノード総数が384個であること、1ノード当たりのメモリ容量が16GBであるところが異なる。Mシステムと独立の運用をするために、独立したファイルシステムを持つ。Aシステムは、主記憶メモリを1TB持つ32CPUの共有メモリ計算機で、前後処理や市販ソフトウェア等で使用する。Mシステムとファイル共有をしているため、Mシステム上の自作研究コードでの計算結果ファイルを、Aシステムの市販ソフトウェアで読み込み可視化等の解析ができる。Vシステムは、日本電気(株)製SX-9であり、3個の演算ノードを持つ。CPUは1台0.1TFLOPSのベクトルプロセッサである。1ノード当たり16個のベクトルプロセッサと1TBの主記憶メモリを持つ共有メモリ計算機である。

分散環境統合部は、SINET3上に仮想専用線ネットワーク(VPN)技術を用いて作成したバックボーンを持つJSSnetに、JAXA事業所内外からJSSを利用するためのシステム(Lシステム、J-SPACE等)を接続し、地理的に離れた場所からのJSSの利便性向上を目指している。

ストレージ部は、実効容量1PB、総実効転送性能25GB/sのRAID5装置と、総容量10PB、LTO4ドライブ40台、LTO3ドライブ8台のLTOラ

イブラリ装置から構成される。ネットワークファイルシステムのインタフェースとしてInfiniBandとEthernetを持ち、Mシステム、Aシステム、およびLシステムでファイル共有できる。

3. アプリケーション

スパコン利用におけるJAXAアプリケーションの特徴を表すプログラムの実行結果例を図2に示す。航空宇宙を中心に多くの分野での利用が始まっている。複数のCPUで大きな一つの問題を分担して計算するには並列化という作業が必要であるが、JSSでは並列プログラミング用ライブラリMPI(Message Passing Interface)または、データ並列型プログラミング言語XPFortranによる並列化を主として使用している。1CPU内に四つあるコアの利用はVISIMPACTにより自動並列化される。液体燃料微粒化解析では、JSSのCPU/メモリ/ファイルシステムの高速度大容量という特徴により、格子点60億点、出力ファイル容量150TBの計算を行い、液体燃料の微細化過程の解明が進んでいる⁽²⁾。

4. おわりに

今後の数値シミュレーションは、非定常計算が加速していくと考えられる。スパコンシステムには計算能力のみならず、I/O能力やファイル管理能力の強化が望まれるようになるであろう。大規模システムにおける故障発生時の分析や保守の効率的実施方法等運用面の分析も進めつつ、非定常現象のシミュレーションデータ生成ツールとして、また、解析ツールとして、スパコンシステムは今後も重要な役割を果たし続けると考えている。

(原稿受付 2009年8月21日)

〔藤田直行(独)宇宙航空研究開発機構〕

●文献

- (1) Fujitsu Limited, "ホワイトペーパー: 富士通 SPARC64™VII プロセッサ", <http://img.jp.fujitsu.com/downloads/jp/jhpc/sparc64vii-wpj.pdf>, 2008
- (2) 新城淳史・ほか, 液体燃料微粒化初期過程の数値解析, 第41回流体力学講演会/航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム2009, (2009-6).