

# プラズマシミュレータの更新について

堀 内 利 得

核融合プラズマ中には、構成粒子である電子やイオンの運動に起因したミクروسケールの現象からそれらが集団として動くことによって生まれる装置サイズのマクروسケールの流体现象や輸送現象までの多数の異なる時間・空間スケールをもつ現象が混在しています。さらに、これらのスケールの異なる多数の物理過程がお互い絡み合いながら時間発展しているために、実際の核融合プラズマ現象は非常に複雑となっています。シミュレーション研究では、このような複雑な現象をスーパーコンピュータの中に再現し、核融合プラズマ現象を支配する物理法則の理解、さらには装置規模でのプラズマ挙動を予測することを目指した研究を進めています。

このようなシミュレーション研究を支える大型計算機システムである「プラズマシミュレータ」を、本年6月に、従来システム比で8倍以上の2.62PFLOPS(ペタフロップス)の演算性能を有する富士通株式会社のスーパーコンピュータ「PRIMEHPC FX100」を中心とするシステムへと更新しました(図1)。ここで、計算機の演算性能を示す単位であるペタフロップスとは、1秒間に1,000兆回の浮動小数点演算(浮動小数点形式の加減乗除の計算)を実行する能力のことを意味します。この数値は、最新の「TOP500 Supercomputer Sites」(平成27年6月発表)に



図1. 更新されたプラズマシミュレータの外観

よると、日本で設置されているスーパーコンピュータの中で3番目の演算性能であることを示しています。

今回更新したシステムは、表1に示したように、ノード<sup>(1)</sup>と呼ばれる計算機単位2,592個を高速ネットワークでつないだ並列計算機で、2,592台のノード全てを使った大規模シミュレーションが可能となっています。計算に使うことのできる記憶領域としては全体で81テラバイト<sup>(2)</sup>(=81兆バイト)を具備しています。この数値は、例えば、約800億個のプラズマ粒子を計算機上で表すのに必要となるメモリ容量に対応します。また、大規模シミュレーションでは膨大な数値データが生成されますが、この数値データを保存するため、10ペタバイト(1京バイト=1兆バイトの1万倍)の大容量の「外部記憶装置」と接続されています。その他に、得られたシミュレーション結果に対し様々な物理解析するための「データ解析サーバ<sup>(3)</sup>」、可視化データへの変換を行う「可視化処理サーバ」等の周辺装置が整備されています(図2)。このように、今回のプラズマシミュレータの更新により、核融合プラズマの複雑な挙動の物理メカニズムの解明、実験結果の解析や予測、核融合炉材料の物性シミュレーション等を、これまで以上に大規模かつ短期間に行うことが可能となりました。

ここで、<sup>(1)</sup>ノードとは1つのオペレーションシステムで管理されている演算ユニットと主記憶の集合を、<sup>(2)</sup>バイトとは計算機が扱うことのできる情報の大きさの単位を、<sup>(3)</sup>サーバとは自身の持っている計算処理の機能やデータを提供するコンピュータを示しています。

共同研究を通じて全国の多くの共同研究者にこれらのシステムを利用いただくための様々な研究者支援体制も整備されています。研究者で構成された計算機作業班は、利用者から寄せられた意見を基に、コンピュータシステムの特徴を生かした計算機運用計画の策定・改良を行い、計算機会社

の支援員と協力しながら、運用に当たっています。計算機システムを利用するにあたって必要となる様々な情報を利用者に提供するため、5月と6月の延べ6日間に亘って「計算機利用者講習会」を開催しました。この講習会では、システムの概要、システムの利用方法、並列計算機を利用するにあたって必要となる「並列化言語」の解説、さらには、本システムで利用できる可視化ソフトの実習を含む講義が行われました。さらに、今回導入したコンピュータの特性に熟知した計算機の専門家が常駐する「プログラム開発支援室」を設け、日常的に利用者が直面する問題の解決や計算機プログラム<sup>(4)</sup>の開発支援に当たっています。<sup>(4)</sup> プログラム：コ

ンピュータが計算するための演算・動作・通信等の処理の手順を計算機言語を用いて示したもの。)

近い将来、今回導入したベタスケールのスーパーコンピュータの1,000倍の能力を持つエクサスケールのスーパーコンピュータの時代が来ることが予想されており、今後、益々、科学におけるシミュレーション研究の重要性が増していきます。この新プラズマシミュレータが核融合科学研究所と共同研究者の皆さんのシミュレーション研究の進展の一助になることを期待しています。

(数値実験炉研究プロジェクト 研究総主幹)

機種	FX100
運用期間	2015.6-2019.5
ノード数	2,592
主記憶	81TB(32GB/ノード)
演算性能	2.62PF
CPU コア数	82,944
インターコネクト性能	ノードあたり 50GB/s × 2(双方向)
外部記憶装置容量	10 PB

表 1. システムの概要

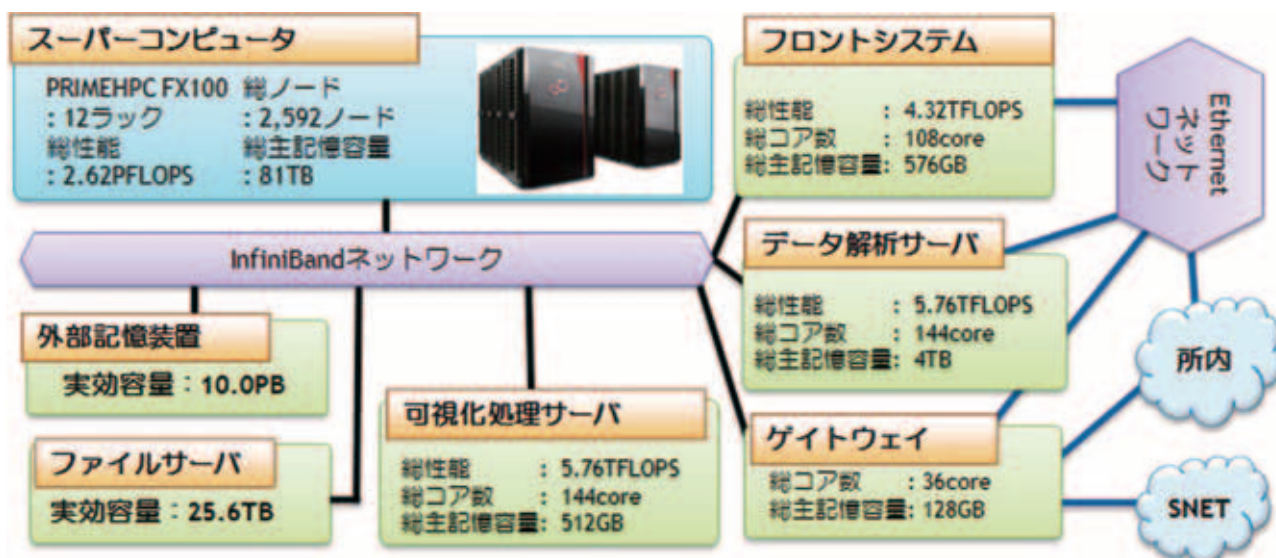


図 2. システムの全体構成図