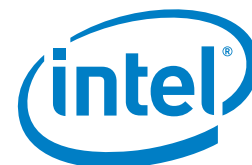


導入事例

インテル® Xeon® プロセッサー・ファミリー、インテル® Cluster Studio XE

インテル® Xeon® プロセッサー・ファミリーを搭載したスーパーコンピューター・システムの導入



マルチコア対応のインテル® Xeon® プロセッサー・ファミリーを採用し 1202 ソケットの大規模クラスター型スーパーコンピューターを構築

京都大学および全国の研究機関に高度情報サービスを提供



京都大学学術情報メディアセンター

所在地: 京都府京都市左京区吉田本町

設立: 1969 年 4 月

事業内容:

情報基盤および情報メディアの

高度利用に関する研究開発、

学内の情報環境整備・運用・管理

<http://www.media.kyoto-u.ac.jp/>

課 題

- 学内・学外の研究者・研究機関に対する高速スーパーコンピューター・サービスの提供
- ノード性能およびネットワーク性能に優れたクラスター型スーパーコンピューターの導入
- 発熱量の削減と電力効率の向上

ソリューション

- インテル® Xeon® プロセッサー E5 ファミリーを搭載したクラスター型スーパーコンピューター
- MPI 開発者向け総合ツール「インテル® Cluster Studio XE」

あらゆる研究用途に対応する 汎用性の高いスーパーコンピューター

京都大学学術情報メディアセンター（以下、ACCMS）では、情報基盤と情報メディアの高度利用に関する研究開発を進め、研究成果を教育環境の高度化にフィードバックしています。その一方で、全国共同利用情報基盤センターの 1 つとして、学内利用者だけでなく、全国の大学や研究機関の研究者などに対しても高度な計算サービスを提供中です。京都大学学術情報メディアセンター センター長教授 工学博士 中島浩氏は ACCMS について、「京都大学全体の情報基盤の整備と将来の高度情報基盤構築に向けた学術的なりサチの 2 つが主な役割です。共同研究についても、主要国立大学の 8 つの情報基盤系センターが連携したネットワーク型拠点の 1 つとして、重要なミッションを担っています」と語ります。現在、センターの研究開発は、「ネットワーク研究部門」「コンピューティング研究部門」「教育支援システム研究部門」「デジタルコンテンツ研究部門」の 4 部門に、新たな情報基盤・サービスの創出を模索する「連携研究部門」を加えた 5 部門体制で推進し、民間企業や他の研究機関との共同研究やコラボレーションも積極的に行っています。

スーパーコンピューターに関しては、中島氏が所属する「コンピューティング研究部門」がハードウェアおよびソフトウェアに関する研究開発に取り組んでいるほか、情報部情報基盤課の技術スタッフがシステムの運用や

利用者支援にあたっています。共同利用サービスでは、京都大学の研究者だけでなく、全国の学術研究者や民間企業に対しても大規模な科学技術計算、計算化学、構造解析、統計処理、可視化などの計算サービスを提供しています。「ACCMS で提供するスーパーコンピューターは、あらゆる学部・学科、あらゆる研究機関の利用が可能です。そのため、ミッション・オリエンテッドではない汎用性の高さを維持しなければなりません。利用の中心は理学系・工学系の研究分野で、当センターがコラボレーションした大型事例としては、巨大地震発生サイクル・シミュレーション（図 1）や、宇宙プラズマ環境における大規模粒子シミュレーション（図 2）などがあります」と中島氏は語ります。

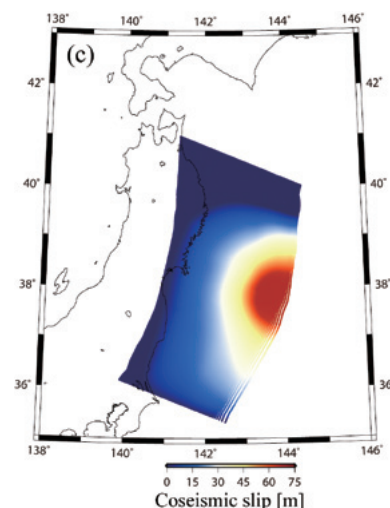
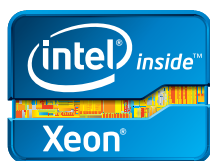


図 1. 巨大地震のシミュレーション計算画像

大規模なクラスター型スーパーコンピュータの性能をフルに引き出す インテル® Xeon® プロセッサー・ファミリー



「インテル® Xeon® プロセッサー・ファミリーの採用で、ノード性能と比例してネットワーク性能も高まり、ユーザーに高速な計算環境が提供できるようになりました。合わせて消費電力の削減が実現し、情報サービスの品質も飛躍的に高まっています」

京都大学 学術情報メディアセンター
センター長 教授
工学博士
中島 浩氏



京都大学 学術情報メディアセンター
センター長 教授
工学博士
中島 浩氏

ACCMS がスーパーコンピュータを初めて導入したのは 1985 年のことでした。当初はベクトル型を採用していましたが、2004 年から汎用性が高いスカラー型に移行しています。スーパーコンピュータの導入・運用ポリシーについて中島氏は、「世界の学術機関と伍していくためには、世界で活発に利用されている Linux* ベースのクラスターでシステムを構築し、時代に合わせて進化させていくことが重要です。汎用性が高いほど、性能面やコスト面、アプリケーションの開発効率などで得られるメリットは大きくなります」と語っています。

PCI Express 3.0 対応の高速 I/O バスを評価し、インテル® Xeon® プロセッサー E5 ファミリーを採用。コンパイラを含む開発者向けツールも合わせて導入

ACCMS では、学内・学外のユーザーに高度な計算環境を提供するため、数年間隔でスーパーコンピュータを更改してきました。そして 2012 年、2008 年に導入した HPC サーバーが更新時期を迎えるにあたり、最新スーパーコンピュータ・システムの導入を検討。複数のベンダー製品を比較・検証した中から、インテル® Xeon® プロセッサー E5 ファミリーを搭載した HPC サーバーを採用し、大規模なクラスターシステムを構築しました。インテルの CPU を採用した理由を、中島氏は次のように語ります。「プロセッサー選定における絶対要件は、汎用性の高い x86 64bit のアーキテクチャーを採用していることでした。その中で、ネットワーク I/O のバスが PCI Express 3.0 に対応し、ノード間でデータを高速にやり取りできるインテル® Xeon® プロセッサー E5 ファミリーに注目しました」。

PCI Express 3.0 は、1 レーン当たり実行転送速度が最大 8GT/s (giga transfers per second) に対応する高速バス転送規格で、現時点 (2012 年 5 月) で PCI Express 3.0 に対応するプロセッサーは、インテル® Xeon® プロセッサー E5 ファミリーのみです。従来まで主流だった PCI Express 2.1 (最大転送速度 5GT/s) と比べてより高速にネットワークにアクセスできることから、得られるメリットは計り知れません。

さらに今回のシステム更改では、インテルの MPI 開発者向け総合開発ツール「インテル® Cluster Studio XE」も合わせて導入しまし

た。インテル® Cluster Studio XE は、HPC クラスター向けのツールをパッケージ化したもので、C/C++ コンパイラ、Fortran コンパイラ、パフォーマンス分析ツール、MPI ライブラリー、MPI アプリケーション・パフォーマンス解析ツールなどを同梱しています。中島氏は「インテル・プロセッサーとの親和性が高く、他の x86 系プロセッサーとの相性のよさを評価しました。各ツールの性能をベンチマークした結果も良好で、十分に満足できるレベルに達しています。さらにソフトウェア・スタックのラインナップも豊富で、ユーザビリティの高さも魅力でした」とインテル® Cluster Studio XE を採用した理由を語っています。

1202 ソケットで構成されるサブシステムと 1 ノード 1.5TB の大容量メモリーを搭載したサブシステム

新スーパーコンピュータ・システムは、2012 年 5 月から本稼動を開始しています。システムは、インテル® Xeon® プロセッサー E5 ファミリーを搭載した HPC サーバーと InfiniBand ネットワークで構成されたクラスターシステム 2 系統と、MPP (Massively Parallel Processor) システム 1 系統の 3 システムで構成され、全体のピーク演算性能は 553.9TFlops を確保しています。インテル製プロセッサーを採用した 2 つのクラスターシステムの主な特長は次のとおりです。

サブシステム Laurel は、1 ノードあたり 16 コア、64KB のメモリーを有する 601 台のノードで構成され、PC クラスターとの高い互換性を確保しています。ピーク値の演算性能は 242.5TFlops で、総メモリー容量は 38TB です (図 3)。サブシステム Cinnamon は、1 ノードあたり 32 コア、1.5TB のメモリーを搭載した 16 台のノードで構成されています。

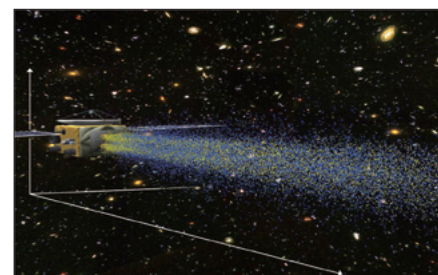
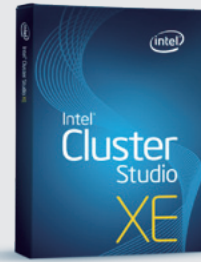


図 2. イオンエンジンとプラズマの相互作用に関する、大規模粒子シミュレーション

インテル® Cluster Studio XE



インテル® Cluster Studio XE は、MPI アプリケーションの開発を支援する総合開発ツールです。信頼性の高いインテルのクラスターツールと、高度なスレッド化 / メモリー正当性検出ツール、パフォーマンス・プロファイリング・ツールなどを組み合わせることで、クラスター・アプリケーションのパフォーマンスとスケーラビリティを大幅に向上させます。

インテル® Cluster Studio XE が同梱する製品一覧

■ インテル® Composer XE

C/C++ および Fortran に対応するコンパイラーに加え、パフォーマンス・ライブラリー（数値演算（インテル® MKL）/ 画像処理（インテル® IPP）/ マルチスレッド・ライブラリー（インテル® TBB））を同梱します。

■ インテル® VTune™ Amplifier XE

パフォーマンスの問題となる原因を素早く特定する分析ツール。テンプレートを使うことにより、数回のクリックで必要な情報が取得できます。分かりやすいユーザー・インターフェイスで操作も簡単です。

■ インテル® Inspector XE

高度な機能を備えたメモリー / スレッドエラー検出ツールです。メモリーリーク、メモリー破壊などのメモリーエラーと、データ競合やデッドロックなどのマルチスレッド・エラーを動的に検出します。

■ インテル® MPI ライブラリー

9 万プロセスを超えてもスケール可能な MPI ライブラリー。インテル® プラットフォームのクラスターでアプリケーションの動作を向上させます。

■ インテル® Trace Analyzer/Collector

MPI アプリケーション・パフォーマンス解析ツールです。並列アプリケーションの実行をイベントベースでトレースします。収集したトレースデータはグラフィカルに表示し、パフォーマンスのボトルネックの特定を容易にします。

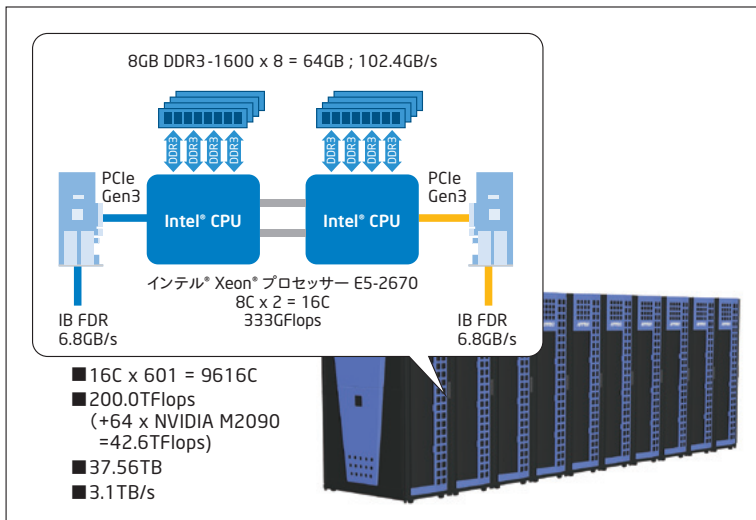


図 3. 601 台のノードで構成されたサブシステム Laurel の構成

ノード数こそ多くはないものの、1 ノードあたりのメモリー容量は格段に大きく、大容量メモリーを必要とするユーザーに利用されています。理論ピーク値の演算性能は 10.6TFlops で、総メモリー容量は 24TB です（図 4）。

ノード性能と消費電力効率の向上を実現し 高速分析ができる環境を低価格で提供

新システムは従来タイプと比較して、総演算性能で 7.9 倍、総メモリー容量で 6.1 倍、総物理容量で 5.7 倍となり、システム全体のスケールは格段に向上しました。インテル® Xeon® プロセッサ E5 ファミリーを搭載した 2 つのクラスターシステムも、大幅な性能向上と消費電力の削減を実現してい

ます。601 台のノードを有するサブシステム Laurel は、ノード性能が従来比で 2 倍以上アップし、消費電力は半分に以下に低減。その結果、電力効率は約 6 倍に向上しました。さらに大きな成果として中島氏は「PCI Express 3.0 の効果によってネットワーク性能がノード性能とほぼ比例して上がっていることが画期的です」と語っています。

一方、大容量メモリーを搭載したサブシステム Cinnamon は、ノード性能こそ 20 ~ 30% の向上に留まっていますが、消費電力は従来比で 10 分の 1 以下になりました。全システムが 1 ラックに収まっていることから、設置スペースも 10 分の 1 になり、導入コストも従来と比べて大幅に削減されています。

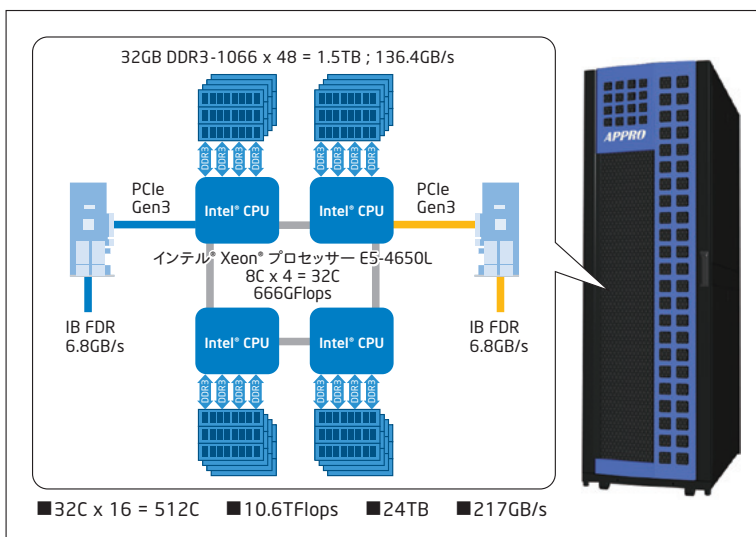


図 4. 1.5TB のメモリーを搭載した 16 台のノードで構成されたサブシステム Cinnamon の構成

最新のスーパーコンピューター・システムは、研究面にも効果をもたらしています。基本性能の向上により、ユーザーは大規模で複雑な計算内容でも、短時間かつ低価格で結果が取得できるようになりました。高速化したことで限られた時間内により多くのパラメーターを指定して計算ができるようになり、学術面における成果が期待されています。また、サービスを提供する ACCMS 側にもメリットが生まれています。中島氏は、「ユーザーが使用する電力量によって利用料金が決まる現在の運用体制の中、電力効率が従来比で 6 倍近く向上することで、ACCMS が割り

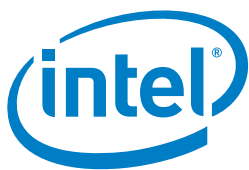
当てられる予算内で約 6 倍のものの計算能力がユーザーに提供できるようになったことは大きな成果です」と強調します。

今後の計画については、2014 年に次世代の Intel® Xeon® プロセッサを搭載したスーパーコンピューターを追加導入することが決定しています。新しいサブシステムは、ピーク演算性能が 400TFlops になる見込みで、既存システムと合わせると 1PFlops (ペタ) に迫るスーパーコンピューターが完成します。そして現在、さらなる先を見据えて Intel 製プロセッサの採用を念頭に入れ

ながら、次世代技術の検証を進めている段階です。「今回採用した Intel® Xeon® プロセッサ E5 ファミリーと Intel® Cluster Studio XE をはじめ、Intel 製品には満足しています。今後も Intel にはさらなる技術革新と、魅力あふれる製品開発をお願いします」と中島氏は期待を語りました。

Intel は今後も Intel® Xeon® プロセッサと開発ツールのさらなる技術革新を進め、ACCMS が目指す情報基盤の高度化に貢献していきます。

Intel® Xeon® プロセッサ ファミリーに関する詳しい情報は、下記のサイトをご覧ください。
<http://www.intel.co.jp/xeonE5/>



性能に関するテストや評価は、特定のコンピューター・システム、コンポーネント、またはそれらを組み合わせて行ったものであり、このテストによる Intel 製品の性能の概算の値を表しているものです。システム・ハードウェア、ソフトウェアの設計、構成などの違いにより、実際の性能は掲載された性能テストや評価とは異なる場合があります。システムやコンポーネントの購入を検討される場合は、ほかの情報も参考にして、パフォーマンスを総合的に評価することをお勧めします。Intel 製品の性能評価についてさらに詳しい情報をお知りになりたい場合は、「Intel・パフォーマンス・ベンチマークの限界」を参照してください。Intel は、本資料で参照している第三者のベンチマーク・データまたは Web サイトの設計や実装について管理や監査を行っていません。本資料で参照している Web サイトまたは類似の性能ベンチマーク・データが報告されているほかの Web サイトも参照して、本資料で参照しているベンチマーク・データが購入可能なシステムの性能を正確に表しているかを確認されるようお勧めします。

Intel® コンパイラーは、互換マイクロプロセッサ向けには、Intel 製マイクロプロセッサ向けと同等レベルの最適化が行われない可能性があります。これには、Intel® ストリーミング SIMD 拡張命令 2 (Intel® SSE2)、Intel® ストリーミング SIMD 拡張命令 3 (Intel® SSE3)、ストリーミング SIMD 拡張命令 3 補足命令 (SSSE3) 命令セットに関連する最適化およびその他の最適化が含まれます。Intel では、Intel 製ではないマイクロプロセッサに対して、最適化の提供、機能、効果を保証していません。本製品のマイクロプロセッサ固有の最適化は、Intel 製マイクロプロセッサでの使用を目的としています。Intel® マイクロアーキテクチャーに非固有の特定の最適化は、Intel 製マイクロプロセッサ向けに予約されています。この注意事項の適用対象である特定の命令セットの詳細は、該当する製品のユーザー・リファレンス・ガイドを参照してください。

この文書は情報提供のみを目的としています。この文書は現状のまま提供され、いかなる保証もいたしません。ここにいう保証には、商品適格性、他者の権利の非侵害性、特定目的への適合性、また、あらゆる提案書、仕様書、見本から生じる保証を含みますが、これらに限定されるものではありません。Intel はこの仕様の情報の使用に関する財産権の侵害を含む、いかなる責任も負いません。また、明示されているか否かにかかわらず、また禁反言によるとらずにかかわらず、いかなる知的財産権のライセンスも許諾するものではありません。

Intel、Intel、Intel ロゴ、Xeon、Xeon Inside は、アメリカ合衆国および / またはその他の国における Intel Corporation の商標です。

Microsoft、Windows は、米国 Microsoft Corporation および / またはその関連会社の商標です。

* その他の社名、製品名などは、一般に各社の表示、商標または登録商標です。

インテル株式会社

〒100-0005 東京都千代田区丸の内 3-1-1
<http://www.intel.co.jp/>

©2012 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。
2012 年 6 月

327412-001JA
JPN/1206/PDF/SE/ESS/FN