

T2K オープンスパコン東大版 システム運用開始

- 東大、筑波大、京大（T2K）オープンスパコン基盤による計算科学・工学分野連携推進始動 -

- 国内最高性能 (Linpack 性能 82.9842TFlops) T2K オープンスパコン東大版運用開始
- 東大、筑波大、京大の 3 大学による計算科学・工学分野におけるネットワーク型研究推進、人材育成、アプリケーション高度化支援体制が始動
- 大規模並列計算によるイノベーション創出支援のための基盤として大学、研究機関のみならず、企業にも開放、さらに、大規模計算シミュレーション研究会を発足し、イノベーション創出支援をソフト面でも支援

概要

1. 2006 年春より進めてきた、東京大学情報基盤センター、筑波大学計算科学研究センター、京都大学学術情報メディアセンターの 3 機関による共同研究の成果である T2K オープンスパコン仕様を基に、3 機関が、それぞれ、スパコンを調達しました。

東京大学情報基盤センターでは、2008 年 6 月から、新しいスーパーコンピュータ（スパコン）の運用を開始します。このスパコンは、総理論演算性能 140TFlops であり、国内最大規模のスパコンとなります。本スパコンの一部(113TFlops 分)を使用しての Linpack ベンチマークプログラムにおいて、82.9842TFlops の性能を達成しました。最新の TOP500 リスト(2007 年 11 月発表)と比較すると世界第 10 位となります。

なお、筑波大学には総理論演算性能 95.3856TFlops のスパコンが、京都大学には総理論演算性能 61.2352TFlops のスパコンが導入されます。

2. 3 機関の共同研究では、各機関に所属する計算機科学研究者がそれぞれの専門分野で仕様策定に貢献することにより、CPU アーキテクチャ、相互結合網、システムソフトウェア、コンパイラといった幅広い要素技術を検討し、センターのニーズに合致するスパコンの仕様を策定することができました。これは 1 機関の限られた研究者だけでは達成できないことです。T2K オープンスパコン仕様では、スパコンの構成要素である CPU アーキテクチャと性能、メモリ容量と性能、ネットワーク性能、基本ソフトウェアであるオペレーティングシステムの要求事項を共通化しました。このような仕様策定の方式は従来類のない画期的な取り組みです。

3. 東京大学情報基盤センターでは、新スパコンおよび 2005 年より稼働している SR11000 スパコンとともに、計算科学、計算工学分野の様々な計算需要に応えていくとともに、計算科学・計算工学分野の研究支援、人材育成支援、社会貢献を行ってまいります。このため、平成 20 年 4 月 1 日に東京大学、筑波大学、京都大学の各センターは 3 大学間での連携協力（T2K オープンスパコンアライアンス）の推進に関する協定書に調印し、以下の連携活動を開始しました。

- 1) 計算科学・工学及びその推進のための計算機科学・工学に関する共同研究等の研究協力
- 2) 計算科学・工学及びその基盤技術としての計算機科学に関する講義（遠隔を含む）・教材の開発・活用
- 3) グリッド技術によるスパコンシステムの相互利用と運用
- 4) 3 センター並びに関連する部門の教職員の相互啓発及び人材交流

本協定による研究・教育・運用に関する密接な連携関係は、スパコンに関する大学間連携として過去

に類例を見ないものであり、文部科学省が進める次世代スパコンを中心とする全国的な高性能計算基盤の連携構築にとっても大きな足掛かりになると考えています。

- 4 . 東京大学では、全学レベルで計算科学・工学及びその基盤技術としての計算機科学・工学に関するカリキュラムを開発中です。本協定のもと、新カリキュラムに沿ったスパコン実習の教材、遠隔講義システムを3大学と連携して開発していきます。

また、東京大学においては社会貢献の一環として、工学系研究者および民間企業によるイノベーション創出を支援すべく、ASP と連携して工学系研究者および民間企業に対する支援を行ってまいります。このために、大規模計算シミュレーションサービス研究会を設立します。

1. T2K オープンスパコン導入の経緯

2006 年春より、筑波大学計算科学研究センター、東京大学情報基盤センター、京都大学学術情報メディアセンターの 3 機関が共同でスーパーコンピュータの共通基本仕様を策定してきました。本仕様に基づくスパコンを T2K オープンスパコンと呼びます。仕様策定に当たっては、

- (1) 市販スパコン製品にとらわれず、コンピュータ市場を牽引している高性能プロセッサおよび通信技術および先端的オープンソースソフトウェアによって構成されるスパコンの検討を行い、
- (2) 大規模計算科学研究者がグランドチャレンジできる基盤、かつ、
- (3) 従来のスパコン応用分野にとどまらず、大規模ゲノム情報処理、大規模データマイニングなど幅広く適応可能なスパコン仕様を目指しました。

調達に当たっては、3 大学が共同歩調をとり、平成 19 年 10 月 1 日の官報広告、同年 11 月 29 日の入札締切、同年 12 月 25 日の開札を、それぞれ同時に実施しました。東京大学には日立製作所提案のスパコン(総理論演算性能 140.1344TFlops)が導入されることになりました。

2. T2K オープンスパコンの特徴

(1) PC クラスタとの親和性の高さ

小・中規模の科学技術計算では、ユーザ自身が設置した PC クラスタを利用することが増えています。一方で、ユーザは PC クラスタの保守に疲弊しています。T2K オープンスパコンは PC クラスタとの親和性が高く、ユーザニーズに合致しています。東京大学で利用説明会を開催すると半分以上の人が新規利用を検討している参加者であることからその期待の大きさが伺えます。

(2) 大規模並列計算支援のための基盤

512 ノード(8192CPU)75TFlops をユーザの要望に応じて利用できる状況にあります。この資源を提供してもなお 436 ノード(6976CPU)64TFlops の計算資源を有しています。

(3) オープン性

1 企業固有技術によるスパコンと違い、コモディティ CPU とオープンソースソフトウェアを基本としていることにより、先端技術の導入が容易です。たとえば、数値計算ライブラリや通信ライブラリなどの最先端技術により開発されたオープンソースソフトウェアを導入することが可能となります。

3. T2K オープンスパコンの概要

表 3.1 に 3 大学の T2K オープンスパコンの概略を示します。

表 3.1 T2K オープンスパコンの概略

	東京大学	筑波大学	京都大学
総理論演算性能 (TFlops)	140.1344	95.3856	61.2352
ノード数	952	648	416
総主記憶容量(GByte)	32000	20736	13312
ノード単体理論演算性能 (GFlops)	147.2	147.2	147.2
主記憶容量 (GByte)	32	32	32

	(16 ノードは128GByte)		
ファイルシステム ディスク容量(TByte)	1500	960	883

T2K オープンスパコン東大版は、147.2 GFlops の理論演算性能を有する計算機（日立製作所製 HA8000-tc/RS425）を 952 台つなげたクラスタシステムで、総理論演算性能 140.1344 TFlops の処理能力を有するスパコンです。添付資料に示す通り、952 台の計算機は、512, 128, 256, 36, 16 台の塊(クラスタ)と 4 台のログインノードに分けられます。512 ノードクラスタおよび 128 ノードクラスタのノード間ネットワーク性能は片方高 5GByte/sec を有します。これらの総理論演算性能は、それぞれ、75.366 TFlops、18.841 TFlops です。256 ノードクラスタ、36 ノードクラスタ、16 ノードクラスタのノード間ネットワーク性能は片方高 2.5GByte/sec を有し、それぞれの総理論演算性能は、37.6831 TFlops, 5.299 TFlops, 2.355 TFlops です。

4. T2K オープンスパコン東大版：Linpack 性能で 82.9842 TFlops を達成

T2K オープンスパコン東大版の一部である、512 ノードクラスタと 256 ノードクラスタを用いた Linpack ベンチマークの測定結果は、82.9842TFlops でした。これは、現在公表されている第 30 回 TOP500 リスト(2007 年 11 月時点)に換算すると世界第 10 位となります(詳細は添付資料をご覧ください)。本年 6 月 18 日に公表予定の第 31 回 TOP500 リストでは、この順位は下がりますが、国内では 1 位の性能となると予想しています。T2K オープンスパコン東大版の写真は 6 月 7 日まで以下の URL から入手可能です。

<http://www.cc.u-tokyo.ac.jp/tmp/pic4press.html>

5. ユーザからのコメント

- 東京大学大学院新領域創成科学研究科 情報生命科学専攻 森下真一教授のコメントです。
「生物医学分野では国際競争が激しく、短時間に情報解析して報告することが肝心です。解析ソフトウェアは、自製するだけでは間に合わず、既存のオープンソースを組み合わせ、作業をパイプライン化することが高速処理のポイントになります。オープンソースを動作できる T2K システムは最適な計算機資源といえます。」
- 東京大学生産技術研究所革新的シミュレーション研究センター 佐藤文俊教授のコメントです。
「ここ数年、大学では研究費による自前の計算機サーバの増強が難しくなっており、研究室の計算機システムと国プロのハイエンド機との間で、性能・CPU 数ともに実に 4～5 桁ものギャップが生じるといふ、激しい二極化が起こっています。このような状況において、これらの間を架橋する T2K オープンスパコンの登場は、我々のような大規模シミュレーションのプログラマやユーザにとって大いなる福音です。先駆的でありながら質実剛健なサービスを提供してきた情報基盤センターの新システムに大いに期待しております。」

6. T2K オープンスパコンアライアンス

計算科学・工学の急速な進歩にともない、研究室レベルでの PC クラスタが様々な研究分野で多用され、研究者はさらに規模の大きい計算ができることを強く求めていることは既にご紹介しました。本年には 1Peta Flops スパコンが登場すると予測され、また、国の科学技術最重点施策として「次期スーパーコン

ピュータ」が開発されています。さらに、2019 年頃には 1 Exa Flops の性能を有するスパコンが登場するという予想もあります。しかしながら、大規模スパコンを駆使する技術（並列プログラミング、スパコンアーキテクチャ、ネットワーク技術等）は、多くの研究者にとっては未修得のままであり、大学においても十分な取り組みが行われてきていなかったといっても過言ではないでしょう。共通仕様に基づくスパコン基盤を利用して、わが国の計算科学・工学の飛躍的な発展を促すために、筑波大学、東京大学、京都大学の 3 センターは、2008 年 4 月 1 日に「3 センターの間における連携・協力の推進に関する協定書」（T2K 連携協定）を締結しました。この協定書に基づき、以下の連携活動を進めています。

(1) 学際研究推進連携

筑波大学では、計算科学・工学者と計算機科学・工学者の共同研究による学際研究推進を進めています。このためのインフラに 3 大学のスパコンが使用される予定です。

(2) 人材育成のための連携

東京大学では、全学レベルで計算科学・工学及びその基盤技術としての計算機科学・工学に関するカリキュラムを開発中です。計算モデル、アルゴリズム、並列プログラミング言語、並列コンピュータアーキテクチャを体系的に学べるカリキュラムとなります。本カリキュラムが想定している人材は以下の通りです。1) 計算シミュレーションアプリケーションを駆使して研究やものづくりを行っていただける人材、2) 計算シミュレーションアプリケーションを開発していただける人材、3) 将来のスパコンおよびプログラミング環境、新しい計算モデルやアルゴリズムを開発していただける人材。スパコン実習の教材開発で筑波大学と京都大学と連携します。

(3) プログラム高度化支援連携

京都大学では、公募・選定したユーザプログラムの高度化支援を新たな業務として今夏より開始します。具体的には、プログラムの中で性能に大きな影響を及ぼす部分を改造するチューニング、スパコンの構造・特徴を生かすように計算方法を改良するマシン適合化、新しい計算方法を導入するプログラム再設計など、様々な高性能化・高度化を外部委託も活用しつつ実施します。またアーキテクチャの共通性を生かした 3 大学全てのユーザを対象とした支援、さらには次世代スパコンに向けた高度化支援も計画しています。

(4) グリッド連携

現在、3 大学によるグリッド運用テストを進めています。7 月には NAREGI を部分的に用いたグリッド環境の実運用システムでの実験を行い、秋には NAREGI のバージョンアップ工程に合わせて主要機能を順次導入する予定です。グリッド運用で問題とされるアーキテクチャや基本ソフトウェアの違いによるユーザプログラムの動作保障、負担金体系などの運用方針の違いなどは、T2K オープンスパコンと 3 大学の協調体制により解決されます。

7. 大規模計算シミュレーション研究会発足

工学系研究者や産業界において大規模計算シミュレーションに対する期待が高まっている一方で、その利用が進まず、また、企業におけるスパコン導入の動きは必ずしも旺盛ではありません。一つには、大規模計算シミュレーションといっても、PC レベルでの小規模計算シミュレーションを大量に処理したいというユースケースが多いということ。また、小規模計算シミュレーションを行っているユースケースが、大規模計算シミュレーションを行うような機会がないために、費用対効果を検討できない、ということもあげられます。さらに、話題だけが先行していますが、多くの現場では、計算シミュレーションの方法論が浸透していないということもあります。

このよう背景の下、工学系研究者や産業界に対して大規模計算シミュレーションを支援する体制が望まれています。大規模計算シミュレーションの支援では、単なるスパコンの時間貸しではなく、シミュレーションプログラム、スパコン資源、ユザ支援の三身一体でのサービスが重要です。これは、ビジネス界で既に取り組みされている ASP(Application Service Provider)や SaaS(Software as a Service)のようなサービス形態を大規模計算シミュレーション分野に適応するものであります。

大規模計算シミュレーション分野において、シミュレーションプログラム、スパコン資源、ユザ支援の三身一体でのサービスをどのように構築していけば良いのかは自明ではありません。そこで、本格的な大規模計算シミュレーション時代に向けての一助になるべく、アプリケーションサービス提供者、計算機資源提供者、利用者間の意見/情報交換の場として、

大規模計算シミュレーションサービス研究会

を発足します。

本研究会は、アプリケーションサービス提供者、計算機資源提供者、利用者から構成され、会費は無料とします。研究会メンバは、それぞれの立場で、積極的に本研究会が開催する会合に参加して意見交換されることが期待されます。

用語解説：

- T2K(ティーツーケー) オープンスパコン

T2K は、北から順番に筑波大学、東京大学、京都大学の頭文字、T, T, K を並べたもの。3 大学が策定した仕様に基づくスパコンを T2K オープンスパコンと呼んでいる。

- GFlops(ギガフロップス)、TFlops (テラフロップス)、PetaFlops(ペタフロップス)、ExaFlops(エキサフロップス)
スーパーコンピュータの性能を表現する単位。フロップスは 1 秒間に行なうことのできる浮動小数点演算 (加減乗算) の回数を表し、1 ギガフロップは 10 億回、1 テラフロップスは 1 兆回、1 ペタフロップスは 1000 兆回、1 エキサフロップスは 1000 ペタフロップスの演算ができることを意味する。T2K オープンスパコン東大版は 140 テラフロップスであるので、最大で毎秒 140 兆回の演算が可能である。また国家プロジェクトとして開発が進行している次世代スーパーコンピュータは、10 ペタフロップス (毎秒 1 京回) 以上の演算性能を達成すると期待されている。

- GByte(ギガバイト)、TByte(テラバイト)、PByte(ペタバイト)

コンピュータのメモリやディスクの容量を表現する単位。1 ギガバイトは 2^{30} バイト (約 10 億バイト)、1 テラバイトは 2^{40} バイト (約 1 兆バイト)、1 ペタバイトは 2^{50} バイト (約 1000 兆バイト) である。

- ASP (Application Service Provider)、SaaS(Software as a Service)

ASP は、もともと、アプリケーションおよびその使い方などのコンサルテーションも含めてサービスを提供する組織の総称であったが、そのようなサービスを提供するビジネスモデルを指すようになる。SaaS もサービスを提供するビジネスモデルという意味では同じである。東京大学における ASP との連携では、アプリケーション実行に必要な計算機および付帯支援を東京大学情報基盤センターが提供する。

- CPU アーキテクチャ

CPU の基本設計。計算機アーキテクチャは、機械語などのプログラムを開発するときに必要な情報情報を定義する。市販 PC コンピュータで最も使われている CPU アーキテクチャは、Intel 社の 86 アーキテクチャ。

- 相互結合網

並列計算機を構成する CPU やメモリ間でのデータ転送のためのネットワークを指す。

- システムソフトウェア

計算機ハードウェアを管理するオペレーティングシステムやミドルウェア、ライブラリ、コンパイラなどを指す。

- クラスタシステム

本来単体で利用されることを想定して開発されたコンピュータを多数使い、ネットワークでつなげて並列コンピュータとして組み上げたシステムのこと。

- PC クラスタシステム

多数のパソコンをネットワークで繋いだ並列コンピュータ。比較的安価に高性能システムを構築する手段として、大学の研究室や企業で普及している。ラックマウントサーバやブレードサーバなども、一種の PC クラスタと考えることができる。

- Linpack と TOP500 リスト

多元連立一次方程式を解くプログラム。毎年 6 月と 11 月に発表される、世界中のスパコンの性能番付 TOP500 (<http://www.top500.org/>) の順位は Linpack の性能で定められ、上位のマシンでは未

知数の数が百万を超える巨大な方程式を数時間かけて解いたときの性能が報告されている。

- 計算科学・工学と計算機科学・工学

計算科学 (Computational Science)・計算工学 (Computational Engineering) は、自然科学や社会科学の様々な分野の問題を、コンピュータを用いて解くための学問分野、たとえば計算物理学、計算化学、計算生物学、計算流体力学、計算構造力学、計算経済学などの総称であり、スーパーコンピュータを用いたシミュレーションが主要な技術として用いられている。計算機科学 (Computer Science)・計算機工学 (Computer Engineering) は、大まかにいってコンピュータやソフトウェアを作るための学問分野であり、日本では情報科学や情報工学に近い意味で用いられることが多い。

- グリッドと NAREGI

管理組織の異なるスパコンなどの計算資源を統合し、理想的には1つのシステムとして使えるようにしたものを(計算)グリッドという。NAREGI は文部科学省が推進する CSI (Cyber Science Infrastructure) 事業の一環として、国立情報学研究所を中心に開発された国産グリッドソフトウェアのパッケージであり、計算の分配、計算資源の状態把握、ユーザの統一的認証、計算の流れや実行を指示するためウェブインタフェースなど、様々なコンポーネントから構成されている。

- 通信性能

1秒間に転送可能なビット数やバイト数で表現されることが多い。一般的な光ブロードバンド通信の性能は毎秒100メガビット程度、またLANの主流であるギガビットイーサネットの性能は毎秒1ギガビットであるので、バイト(8ビット)で表現するとそれぞれ毎秒12.5メガバイト、125メガバイトとなる。

問合せ先：東京大学 情報基盤センター 総務係