東京大学 素粒子物理国際研究センター（ICEPP / International Center for Elementary Particle Physics）様

データ解析におけるスーパーコンピュータ活用の可能性をPRIMEHPC FX700で追求

素粒子の世界では新現象を発見し、標準モデルを書き換えることを目指して、世界中の研究者が邁進しています。そうした中で実験のデータ量、計算量は急激に増大しています。世界一のスーパーコンピュータ「富岳」と共通のCPUを搭載したPRIMEHPC FX700の導入はこれに対応するとともに、将来のコンピューティングを見すえた布石の一つでもあります。

東京大学 素粒子物理国際研究センター（ICEPP）教授　**田中 純一氏**

導入システム概要

- ハードウェア　FUJITSU Supercomputer PRIMEHPC FX700
- ソフトウェア　OS / Red Hat Enterprise Linux 8
  HPCミドルウェア /　FUJITSU Software Compiler Package

東京大学の素粒子物理国際研究センター（ICEPP）は、素粒子や宇宙の謎の解明を目指す数々の国際共同プロジェクトに取り組んできました。現在はATLAS実験、MEG実験、ILC（国際リニアコライダー）計画を中心に研究を進めています。これらのプロジェクトで扱う大量のデータを解析するためにはコンピュータ環境の充実が欠かせません。特にATLAS実験のデータは膨大であるうえ、検出器などのアップグレードによってさらにデータ量が増える予定。これに備え、ICEPPでは計算機資源の拡充に努め、加えて将来、「富岳」をはじめとするスーパーコンピュータでの利用の可能性を広げるため、PRIMEHPC FX700を導入しました。現在、解析ソフトウェアの動作検証を実施中です。

課題	選択のポイント
ATLAS実験のデータ解析のため、大量の計算ができる計算機資源が必要。さらにデータが増える将来にも備えたい	「富岳」と同系統のPRIMEHPC FX700で計算量に対応できる。今後、「富岳」、東京大学情報基盤センターのスーパーコンピュータなどの利用の可能性も開ける
従来、汎用CPUではインテル系のほかに選択肢がなかった。また、GPUを搭載したスーパーコンピュータは扱いが極めて困難で実用的ではない	「富岳」やPRIMEHPC FX700に搭載されているA64FXは、使いやすさとパワーを兼ね備えた汎用CPUなので選択肢となり得る

背景

膨大な計算を必要とする ATLAS 実験の解析

欧州合同原子核研究機構（CERN）は、スイスにある国際的な素粒子研究所です。ここでは地下 100m に設置された LHC（大型ハドロン衝突型加速器）によって陽子同士を衝突させる実験を行い、実験によって発生する粒子を ATLAS 検出器で測定しています。

これに基づいた研究を行うプロジェクト「ATLAS 実験」には世界中の研究者約 3,000 名が参加、日本からも大学や研究者が ATLAS 日本グループとして参加し、内、約 35 名が ICEPP のメンバーです。

その一人、教授の田中純一氏は「私たちは、実験とシミュレーションから得たデータを解析することで新しい現象の発見を目指しています」と語ります。

課題は膨大な計算量で、これまで蓄積したデータ量は 500 ペタバイトにおよびます。これを世界中の研究機関が分担し、ICEPP は 10 ペタバイトを扱っています。「2019 年から 2021 年にかけて LHC や ATLAS 検出器のアップグレードが進行中で、2022 年からはデータ量が今の 2、3 倍になります。2027 年からは高輝度 LHC の稼働などによってデータ量はさらに増加、エクサバイトのデータ量が普通になってきます。ですから現在の 100 倍くらいの規模の計算機資源を整備しておきたいところです」（田中氏）。

ICEPP は、ATLAS 実験の計算センターである ATLAS 地域解析センターを持ち、WLCG（世界 LHC 計算グリッド）に計算資源を提供しています（注1）。しかしそれでも増え続ける計算量を考えると十分とは言えません。

注1　ATLAS 地域解析センターでは 2007 年から計算機システムを稼働し、ATLAS 日本グループなら ICEPP 以外のメンバーも利用可能。また、WLCG は ATLAS 実験などで生成された大量のデータを解析するため、世界中の解析センターが参加して形成したコンピューティンググリッドである。

ポイント

スーパーコンピュータを活用し、研究の可能性を広げたい

「従来、ATLAS 実験の研究では、スーパーコンピュータの利用はほとんどありませんでした」と特任助教の岸本巴氏。他の研究分野では一つの問題に大きな計算機資源を投入し時間をかけて計算するのにスーパーコンピュータを使ってきましたが、ATLAS 実験のデータ解析では独立した計算を大量に行います。一つひとつの計算はメモリサイズで数ギガバイトあれば可能で、時間も 10 分くらいで済みますが、それを 1 億回、10 億回といった量で実行しなくてはなりません。

言い換えれば、この研究の計算には、一つの問題にはコア数もメモリ要求も少なくてすむがトータルとして大量のジョブを走らせるという特性があるため、従来のスーパーコンピュータはあまり相性が良くありませんでした。ICEPP はこれまでは ATLAS 地域解析センターに市販の標準的なサーバを大量に集結させ、効率的に利用してきました。

しかし一方で、田中氏や岸本氏には、今後、スーパーコンピュータを取り入れていくべきという考えも芽生えていました。その理由は大きく二つあります。一つは、現在のスーパーコンピュータが、AI やビッグデータの融合に注力し始めていること。例えば東京大学情報基盤センター（注2）ではそうした発想で、富士通の PRIMEHPC FX1000 によって構築された「Wisteria / BDEC-01（ウィステリア / ビーデックゼロワン）」を導入しています。もう一つは計算機資源の選択肢を増やしたいこと。世界のコンピューティングで今後どの技術が主流になるかはわからないからです。

こうした中で田中氏、岸本氏が注目したのが PRIMEHPC FX700 です。「システムインテグレーターの HPC システムズの広告で知ったのが最初で、市販の製品で購入するならこれしかない、と思いました」（岸本氏）。搭載されている A64FX はデータ解析にも適しているうえ、「富岳」のために設計された CPU だけに計算パワーも十分です。

東京大学 素粒子物理
国際研究センター（ICEPP）
教授 田中 純一氏

アーキテクチャが Arm であることも魅力でした。「ずっと以前から Arm アーキテクチャに関心がありました。それを搭載した「富岳」が登場、世界一になったのは幸運だったと思います。海外の研究者で「富岳」に関心を抱く人は多く、同系統の PRIMEHPC FX700 を使えることは、共同研究にとっての影響力もあると思います」（田中氏）。

注2 東京大学内外の教育・研究・社会貢献などに関係する情報処理の推進のための基盤研究を目的とした施設。情報メディア教育、データ科学、ネットワーク、スーパーコンピューティングの 4 研究部門からなる。

直近の目的はソフトウェアの動作検証

計算資源の拡充という長期的な視野のもと、PRIMEHPC FX700 を購入した目的は、ATLAS 実験で用いる解析ソフトウェアなどの動作検証です。そのため構成は、InfiniBand は不使用など、必要最小限にしました。「現在、PRIMEHPC FX700 を手元で動かし、解析ソフトウェアを、A64FX との相性を調べながら最適化し、コンパイルしています」（岸本氏）。

この作業で大変なのは、解析ソフトウェアには外部ライブラリに依存した部分が数十もあり、それらすべてを A64FX 用にコンパイルしなければならないことです。

それでも PRIMEHPC FX700 は A64FX という汎用 CPU だけで構成されているので、高速かつソフトウェアへの対応がしやすいなど、使い勝手は抜群。「GPU を大量搭載したスーパーコンピュータでは、構造が異なりソフトウェアを大きく変更する必要があり、現状の解析ソフトウェアなどのコンパイルは困難。しかし A64FX ならば可能。加えて A64FX ベースのスーパーコンピュータは今後、多くの大学に普及する可能性も高いと思います」（岸本氏）。

東京大学 素粒子物理
国際研究センター（ICEPP）
特任助教 岸本 巴氏

計算性能以外でも、田中氏、岸本氏は PRIMEHPC FX700 のメリットを感じていると語ります。「標準ラックにそのまま収められるコンパクトサイズで使い勝手がよく、価格的にも手頃でした」（岸本氏）。

中でも期待しているのが消費電力。世界中が持続可能な社会をめざす今、低消費電力は必須要件と言えます。岸本氏は現在、ソフトウェアの動作と同時に、消費電力も検証中です。

効果と将来の展望

A64FX 搭載のマシンが世界に普及し、存在感を示すことに期待

既に動作検証が完了したソフトウェアもあります。それが Geant4（ジアントフォー）（CERN などの世界の様々な研究所の研究者が共同で開発した放射線シミュレーションのソフトウェア）で、「そのパフォーマンスを数字として確認できる状態になりました。この情報は海外も含め、ATLAS 実験に参加している他の研究者と共有しました」（岸本氏）。

お二人は将来の「富岳」の利用も視野に入れています。「富岳」は世界一のスーパーコンピュータとして研究者の間でも関心が高いので、国際的なコンピューティンググリッドへ接続し、共同研究に使うことにも期待しています。

「富士通に対しては A64FX ベースの製品を世界に広げていただければと思っています」（田中氏）。物理学の世界に国境はありません。富士通が世界で普及し、利用される技術を育てることが、研究の世界での存在感にもつながると言えるでしょう。

プロフィール

東京大学 素粒子物理国際研究センター（ICEPP）様

設　　立	1974年（理学部附属高エネルギー物理学実験施設として設立。2004年から全学センターとして改組）
概　　要	ATLAS実験、MEG実験、ILC計画など国際共同研究プロジェクトの日本の拠点として活動
ホームページ	https//www.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/

HPCシステムズ株式会社

所 在 地	東京都港区海岸3-9-15 LOOP-X 8階
ホームページ	https//www.hpc.co.jp

● 本カタログ記載の会社名、製品名等は、各社の商標または登録商標です。
● 記載されている内容については、改善などのため予告なしに変更する場合がありますのでご了承ください。

2021年8月

お問い合わせ先

富士通コンタクトライン（総合窓口）　0120-933-200

受付時間　平日 9:00 ～ 12:00 および 13:00 ～ 17:30
（土・日・祝日・当社規定の休日を除く）

富士通株式会社　〒105-7123　東京都港区東新橋 1-5-2 汐留シティセンター

Copyright 2021 FUJITSU LIMITED