

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：12601

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2018～2019

課題番号：18H05860・19K21045

研究課題名（和文）GPGPUを用いた素粒子物理実験計算環境の構築

研究課題名（英文）Construction of the computing environment using GPGPU for particle physics experiments

研究代表者

兼田 充（KANEDA, Michiru）

東京大学・素粒子物理国際研究センター・特任助教

研究者番号：10822033

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：東京大学の地域解析センターではスイスのCERN研究所で行われている陽子陽子衝突型加速器LHCで生成されるデータを解析するための計算機資源を供給している。本センターではCERNから送られてくるジョブに加え、日本グループが直接利用できる資源も運営している。本研究ではこのシステムの中に新たにGPUを導入し、今後シミュレーションや物理解析の中での利用を広げていくことができるよう、使いやすいシステムを構築することである。研究期間の中で実際に本センターのシステム内にGPUを用いたシステムを導入し、実際の実験データ等をこれまでのCPU環境と同様に扱えるシステムを構築しGPUを用いた新たな開発を可能にした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

計算機資源としてCPUは性能増加度合いが鈍化してきており、GPU以外のリソースによる計算速度の増加が待ち望まれている。GPUは近年盛り上がりを見せている深層機械学習に適していることもあり非常に速い速度で性能が上がってきている。LHCの実験データはエクサバイトに届くほどの膨大なデータ量であり、またシミュレーションや物理解析で非常に複雑なデータ処理を行っており世界中の大量の計算機リソースを利用してこれを処理している。この中でGPUを用いた新たな計算方法を確立することでさらなるGPUの利用の促進を促し、計算機システムの大きな改善をもたらすことにつながる。

研究成果の概要（英文）：Tokyo regional analysis center at the University of Tokyo is a computing center for the Large Hadron Collider (LHC) at CERN. The center provides computing resources for LHC jobs and local resources to the ATLAS Japan members, too. In this research, GPU resources were newly installed in the center and constructed new system using GPU in the production system for the LHC. The system allows to use the data of experiments as same as previous CPU system and makes it possible to develop new softwares using GPU.

研究分野：素粒子物理学（実験）

キーワード：加速器 素粒子（実験） 大規模計算機

1.1 研究開始当初の背景

スイス郊外の CERN 研究所で行われている陽子陽子衝突型加速器 LHC を用いた実験データを処理するため、世界規模の分散コンピューティングシステム the Worldwide LHC Computing Grid (WLCG) を構築し大量のデータ処理を行っている。現在のシステムでは大量の CPU を用いたハイスループットなシステムになっているが、今後の LHC のアップグレードなどにより計算機資源の枯渇が予期されており、何らかの革新が必要とされている。

2. 研究の目的

本研究では LHC の実験データを処理するためのコンピューティングシステムに GPU を導入し、GPU を用いた新たなソフトウェア開発をできる環境を実現し、将来的に GPU を用いたシステムにより現システムのデータ処理量を大幅に上回るシステムを構築することが目的である。

LHC の実験データを処理するため、世界中の計算機センターを統合して the Worldwide LHC Computing Grid (WLCG) を構築しデータ処理を行っている。WLCG は 2012 年のヒッグス粒子の発見を可能にするなど、実験に対して大きく貢献してきた。一方で、CERN は 2026 年に LHC のアップグレードを予定しており、これにより取得データ量が 5 倍から 10 倍ほどに大きく増える可能性がある。図 1 は今後必要な計算資源の予測のグラフである。実線が今後 10% もしくは 20% の資源増加があった場合に得られる資源量を表す。丸点のグラフは現在のシステム、ソフトウェアをそのまま使った場合に必要な資源量である。今後得られる資源量に比べ大幅に高くなっており、データ処理が追いつかないことが示されている。3 つの三角のグラフはソフトウェア

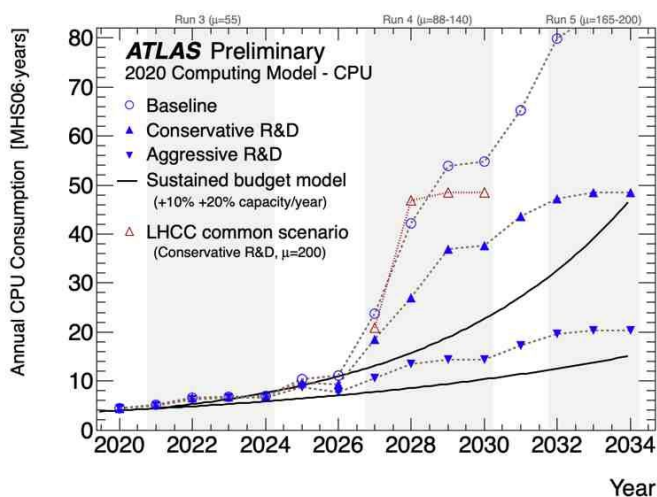


図 1 CPU 資源必要量と得られる資源の予測

の改善などにより計算量を減らすことができた場合の予想であるが、かなり強気な予測でも十分とは言えない状況にある。ソフトウェアの改善などはこれまでも非常に多くの力を注いで行ってきたことであり、今後さらなる改善を行っていくことは容易ではない。従って計算機資源、システムそのものに何らかの改革が必要である。

本研究では GPU を導入することで計算量の増加を目的とするが、そのために GPU を用いたソフトウェアの開発環境が必要である。従って、まずは研究者が直接使えるような GPU 環境を構築することを目的とする。さらには GPU を使った分散システムを作るにあたり、

全てをオンプレミスで行うことはコスト的にはあまり良くない。現状 GPU は性能が非常に早く上がっており、1 年で新しい高性能な GPU が出ることも多く、また様々な特徴を持ったものもあり、それらを購入してもすぐに価値が下がる可能性が高い。そこで、商用クラウドや HPC などの外部資源を使うようにすることも本研究の目的とする。

3. 研究の方法

東京大学の素粒子物理国際研究センターで運営している地域解析センターは WLCG に参加する計算機センターの一つである。現在 1 万 CPU コアほどの資源を所持し、WLCG に資源提供すると同時に、日本の実験メンバーに対して直接使えるローカル計算機資源としても資源を提供している。このセンターの中に新たに GPU を搭載できる計算機筐体を導入し、CPU で行っているデータ解析と同じ様にデータを扱えるシステムを構築し、GPU によるソフトウェア開発、及びそれを用いた解析をできる様にする。

また、外部資源として、Google Cloud Platform を本センターのシステムと統合しジョブを実行できる様にする。さらに東京大学情報基盤センターが所持する HPC、Reedbush も外部資源として扱える様なシステムを構築する。

4. 研究成果

1 年目の予算において、GPU を搭載できる計算機筐体を購入し実際に地域解析センター内にサーバーとして設置した。この際、予算的に導入できた GPU は NVIDIA Quadro P4000 という処理速度的にはあまり高くはないものであったが、まずはこれを用いて実際に GPU を扱える環境の構築を行った。導入したサーバーは日本の実験メンバーが使っている CPU サーバーと同様のデータが扱える様にシステムを構築した。さらに GPU を扱うためのライブラリなどの環境を

整えた上で実験メンバーに公開した。この際、さらに Tensorflow などを用いた例などのチュートリアルも充実させ利用を促すことができた。

2年目の予算において NVIDIA Tesla T4 という単精度計算のコストパフォーマンスが最も高い GPU を同じサーバーに導入した。また別予算で現状最大の計算能力を持つ NVIDIA Tesla V100 も購入しサーバーに導入した。これにより、一つのサーバーの中で複数の GPU を扱える環境が実現でき、GPU による違いを見ることもできる様になった。

また、通常の ssh によるサーバーにログインして利用する形態の他、JupyterNotebook を使った利用環境も構築し、より利用の幅を広げる事ができた。

外部リソースに関しては、現在本センターで LHC から来るジョブを HTCondor というバッチシステムを用いて処理しているが、この子ノード用の計算機として Google Cloud Platform のインスタンスを用いるシステムを構築した。必要な量だけを起動し、ジョブが終了したらインスタンスも終了させる、ということを実現するソフトウェアを開発し、コスト的にも現在のオンプレミスだけのシステムよりも安価にできる可能性を示した。これを用い実際に LHC から来るジョブを Google Cloud Platform 上で処理することに成功した。この際は GPU は用いなかったが、GPU を扱うジョブが来る様になった場合にはインスタンスの設定を変更するだけで容易に好きな GPU を選びシステムを作ることが可能である。

HPC の利用に関しても東京大学情報基盤センターが所持する Reedbush において LHC から来るジョブを処理するシステムを構築した。Reedbush は計算機ノードが外部ネットワークに接続できないなど特殊な環境下であるが、これをコンテナ技術を使った環境整備により解決し実際に LHC のジョブを処理することに成功した。こちらも現状 CPU を使ったジョブのみであるが、情報基盤センターでは同様のシステムで GPU を用いた計算機ノードも所持しており、同様の仕組みで GPU を利用するジョブの処理も可能である。

従って、本研究の目的である、GPU を用いた開発環境の構築は完了し、GPU を用いたジョブの処理システムに関してはシステム自体は準備でき来、実際に GPU を用いたジョブが来る様になれば処理が可能な体制が整えられた。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件)

1 . 発表者名 Michiru Kaneda
2 . 発表標題 Deployment of grid worker node in cloud based on Google Cloud Platform
3 . 学会等名 Asian Forum for Accelerators and Detectors (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Michiru Kaneda
2 . 発表標題 R&D for the expansion of the Tokyo regional analysis center using Google Cloud Platform
3 . 学会等名 International Symposium on Grids & Clouds 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Michiru Kaneda
2 . 発表標題 HTCondor with Google Cloud Platform
3 . 学会等名 HTCondor Week 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Michiru Kaneda
2 . 発表標題 External Resources: Clouds and HPCs for the expansion of the ATLAS production system at the Tokyo regional analysis center
3 . 学会等名 24th International Conference on Computing in High Energy & Nuclear Physics (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 兼田 充
2. 発表標題 Google Cloud Platformを用いた東京ATLAS地域解析センター拡張のためのR&D
3. 学会等名 日本物理学会 第74回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 兼田 充
2. 発表標題 東京ATLAS地域解析センターにおけるHPCリソースの活用
3. 学会等名 日本物理学会 2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

HTCondor pool manager for Google Cloud Platform: https://github.com/rcmdnk/gcpm
--

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考