

課題名(タイトル):

高エネルギー原子核物理学

利用者氏名: ○四日市 悟、 中井 恒、 渡辺 康、 延興 秀人

理研における所属研究室名: 仁科加速器科学研究センター 放射線研究室

1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

延興放射線研究室では国内外の高エネルギー粒子加速器を用いて、原子核物理学の実験的研究を行っている。研究の主目的は、強い相互作用をする素粒子であるクォークやグルーオン、およびそれらが構成するハドロン of 性質を理解し、強い相互作用の法則である量子色力学(QCD)を実験的に解明することである。具体的には、RHIC/PHENIX 実験での原子核衝突実験により生成される高温状態におけるクォーク・グルーオンプラズマの性質の研究、同じく PHENIX 実験での偏極陽子衝突実験による、陽子スピンの担い手としてのグルーオンやクォークの性質の研究、J-PARCでの陽子原子核反応実験による高密度状態での中間子の性質の研究などを遂行している。

このような高エネルギー原子核実験では、たとえば毎秒 100 万回におよぶ原子核反応から、400 万チャンネルの大型検出器を使用して毎秒 500 MB におよぶ大量のデータが記録される。年間での典型的データ量は、生データで 1PB、荒い解析後で 200 TB 程度となる。

このデータを取り扱うため、大規模ストレージおよび大量の CPU パワーは必須であるが、当研究室では 2000 年度より計算機センターである RIKEN-CCJ を運用し、国際共同実験 PHENIX の遂行に大きな役割を果たしてきた。増大するデータ量に対応するため、2004 年度からは情報基盤センターの運用する RSCC、その後 RICC で CPU を占有利用し、また大規模ストレージ HPSS を利用してきた。

2. 具体的な利用内容、計算方法

実験固有のデータ解析およびシミュレーションソフトウェアを使用している。また、業界共通の toolkit である GEANT、ROOT などのライブラリを使用している。国際共同実験のため、世界各地で同じデータをもとに解析を進めている。その際解析場所によって結果が変わることを防ぐことが重要な

課題になっており、共同実験全体で、OSなどのソフトウェア環境を統一することにした。その環境構築は、2017 年度までは CPU ノードの占有利用により行っていた。

HOKUSAI の IA サーバ運用開始ののち、占有利用ができなくなったため、コンテナテクノロジーを用いた上記環境の実現をめざし、テストをおこなっているところである。

また、HOKUSAI 移行により HPSS は廃止されたが、そこに保管されていた実験データ 1.7 PB のうち生データを除く 0.9 PB の実験データを HOKUSAI のストレージに移行して使用している。もちろん新規データのストレージとしても利用している。

3. 結果

研究成果リストに示すように、13 報の査読つき論文が出ている。研究の性格上、2018 年度以前の実験データおよび解析結果に基づく論文も含まれる。

4. まとめ

高エネルギー原子核実験の大規模データの解析のためには、HOKUSAI のストレージを使用することが必須である。ストレージ利用のほか、2018 年度はコンテナ技術のテストをおこなった。

5. 今後の計画・展望

簡易利用でコンテナ技術による運用可能性を実証した上で一般利用に申し込む予定である。いずれにせよインテルアーキテクチャの CPU が前提であり、2-3 年以内に GPU を利用することはないと考えている。

ペタバイト級ストレージについては PHENIX 実験、sPHENIX 実験、J-PARC 実験とも必須であるので、引き続き利用させていただかないと実験が成立しない。今後最低 5 年は利用したいという計画である。

6. 利用がなかった場合の理由

コンテナテスト用の専用ノードは使用したが、一般の計算ノードは使用していない。

平成 30 年度 利用研究成果リスト

【雑誌に受理された論文】

Pseudorapidity Dependence of Particle Production and Elliptic Flow in Asymmetric Nuclear Collisions of p+Al, p+Au, d+Au, and 3He+Au at $\sqrt{s_{NN}}=200\text{ GeV}$

PHENIX Collaboration (A. Adare (Colorado U.) et al.). Jul 31, 2018. 8 pp.

Published in Phys.Rev.Lett. 121 (2018) no.22, 222301, DOI: 10.1103/PhysRevLett.121.222301

Production of π^0 and η mesons in Cu+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}}=200\text{ GeV}$

PHENIX Collaboration (C. Aidala (Los Alamos & Michigan U.) et al.). May 11, 2018. 11 pp.

Published in Phys.Rev. C98 (2018) no.5, 054903, DOI: 10.1103/PhysRevC.98.054903

Low-momentum direct photon measurement in Cu+Cu collisions at $\sqrt{s_{NN}}=200\text{ GeV}$

PHENIX Collaboration (A. Adare (Colorado U.) et al.). May 10, 2018. 11 pp.

Published in Phys.Rev. C98 (2018) no.5, 054902, DOI: 10.1103/PhysRevC.98.054902

Creating small circular, elliptical, and triangular droplets of quark-gluon plasma

PHENIX Collaboration (C. Aidala (Michigan U.) et al.). May 8, 2018. 9 pp.

Nature Physics 2018, DOI: 10.1038/s41567-018-0360-0

Nonperturbative transverse-momentum-dependent effects in dihadron and direct photon-hadron angular correlations in p+p collisions at $\sqrt{s}=200\text{ GeV}$

PHENIX Collaboration (C. Aidala (Michigan U.) et al.). May 7, 2018. 13 pp.

Published in Phys.Rev. D98 (2018) no.7, 072004, DOI: 10.1103/PhysRevD.98.072004

Single-spin asymmetry of J/ψ production in p+p, p+Al, and p+Au collisions with transversely polarized proton beams at $\sqrt{s_{NN}}=200\text{ GeV}$

PHENIX Collaboration (C. Aidala (Michigan U.) et al.). May 3, 2018. 11 pp.

Published in Phys.Rev. D98 (2018) no.1, 012006, DOI: 10.1103/PhysRevD.98.012006

Cross section and longitudinal single-spin asymmetry A_L for forward $W^\pm \rightarrow \mu^\pm \nu$ production in polarized p+p collisions at $\sqrt{s}=510\text{ GeV}$

PHENIX Collaboration (A. Adare et al.). Apr 11, 2018. 14 pp.

Published in Phys.Rev. D98 (2018) no.3, 032007, DOI: 10.1103/PhysRevD.98.032007

Measurement of emission angle anisotropy via long-range angular correlations with high p_T hadrons in d+Au and p+p collisions at $\sqrt{s_{NN}}=200\text{ GeV}$

PHENIX Collaboration (A. Adare (Colorado U.) et al.). Nov 24, 2017. 16 pp.

Published in Phys.Rev. C98 (2018) no.1, 014912, DOI: 10.1103/PhysRevC.98.014912

Measurements of mass-dependent azimuthal anisotropy in central p+Au, d+Au, and 3He+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}}=200\text{ GeV}$

PHENIX Collaboration (A. Adare (Colorado U.) et al.). Oct 26, 2017. 11 pp.
Published in Phys.Rev. C97 (2018) 064904, DOI: 10.1103/PhysRevC.97.064904

Measurement of ϕ -meson production at forward rapidity in p+p collisions at $\sqrt{s}=510$ GeV and its energy dependence from $\sqrt{s}=200$ GeV to 7 TeV

PHENIX Collaboration (A. Adare et al.). Oct 4, 2017. 13 pp.
Published in Phys.Rev. D98 (2018) no.9, 092006, DOI: 10.1103/PhysRevD.98.092006

Lévy-stable two-pion Bose-Einstein correlations in $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV Au+ Au collisions

PHENIX Collaboration (A. Adare (Colorado U.) et al.). Sep 17, 2017. 22 pp.
Published in Phys.Rev. C97 (2018) no.6, 064911, DOI: 10.1103/PhysRevC.97.064911

Measurements of Multiparticle Correlations in d+Au Collisions at 200, 62.4, 39, and 19.6 GeV and p+Au Collisions at 200 GeV and Implications for Collective Behavior

PHENIX Collaboration (C. Aidala (Michigan U.) et al.). Jul 19, 2017. 8 pp.
Published in Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.6, 062302, DOI: 10.1103/PhysRevLett.120.062302

Nuclear Dependence of the Transverse-Single-Spin Asymmetry for Forward Neutron Production in Polarized p+A Collisions at $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV

PHENIX Collaboration (C. Aidala (Michigan U.) et al.). Mar 31, 2017. 9 pp.
Published in Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.2, 022001, DOI: 10.1103/PhysRevLett.120.022001

【会議の予稿集】

RHIC forward experiment to study \sqrt{s} dependence of forward particle production
T. Sako (Nagoya U., ISEE & KMI, Nagoya) et al.. 2017. 4 pp.
Published in EPJ Web Conf. 145 (2017) 10005, DOI: 10.1051/epjconf/201614510005

Measurement of very forward particle production at RHIC with $\sqrt{s}=510$ GeV proton-proton collisions

Takashi Sako (Nagoya U., ISEE & KMI, Nagoya & RIKEN BNL) et al.. 2018. 8 pp.
Published in PoS ICRC2017 (2018) 337, DOI: 10.22323/1.301.0337

【口頭発表】

M. Ichikawa, "Trigger Merging Module for the J-PARC E16 Experiment", RT2018 (21st IEEE Real Time Conference), 2018/6/12, Williamsburg, VA, USA

S. Ashikaga, "Measurement of vector meson mass in nuclear matter at J-PARC", QNP2018 (the 8th International Conference on Quarks and Nuclear Physics), 2018/11/11-12, Tsukuba, Japan