

課題名 (タイトル) :

高エネルギー原子核物理学

利用者氏名 : ○延與秀人, 渡邊康, 四日市悟, 池田義雅, 辻智也, 橋本公瑛, 山口頼人, Seidl Ralf

所属 : 仁科加速器研究センター 延與放射線研究室

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

延與放射線研究室では内外の高エネルギー粒子加速器を用いた原子核の実験的研究を行っている。

研究の主目的として、RHIC/PHENIX 実験では超高温高密度状態化でのクォーク・グルーオンの振る舞いを明らかにするとともに、陽子スピンの担い手としてのグルーオンの分担を明らかにすることである。

高エネルギー粒子加速器を用いた実験と計算機の関わりは多岐にわたるが、実験で生成するデータが大量であることが大きな特徴である。もちろんリアルタイムでデータの取捨選択を行うが、それでもデータ収集速度は年を追うごとに増大し、今や 200MB/s 以上でデータが出力され、それを記録している。またそのデータ量だけでなく、400 万チャンネルにも及ぶ大規模で複雑な検出器の性能を評価するためのシミュレーションなど計算機を大量に利用することが不可欠である。そこで我々は 16 年前より計算機センターである RIKEN-CCJ を独自に運営していたが、増大するデータ量、要求計算能力などに対応するため、2004 年度から RSCC の一部を占有利用させて頂き、RICC においても同様に利用させてもらっている。必要とする大量のディスクについては、約 100TB のディスクを我々が独自に用意し RICC と接続している。

2. 具体的な利用内容、計算方法

今年度は BNL 側からの大量データ転送は行われなかったためテープアーカイブ装置 (HPSS) のデータ貯蔵量は微増で、引き続き 1.7PB 程度となっている。HPSS 内に貯蔵されたデータは適宜引き出され、計算ノードのローカルハードディスクにコピーされた上で解析される。一度に解析するファイル数は 1 万ファイル以上に達し、それらすべての解析結果を一つの統計情報としてまとめることにより物理現象を明らかにする。昨年度に

引き続き、RIKEN-CCJ が独自に開発した大量データ処理専用クラスタの持つ大量ローカルディスク (380TB) にデータを常駐させたため、データの出し入れは必ずしも多くはない。しかしローカルディスクを大量に利用しているだけに度々故障し、バックアップである HPSS の重要性は変わらずに高い。

シミュレーションについて : 陽子、又は原子核同士の衝突によって発生する多数の粒子を PYTHIA などイベントジェネレーターと呼ばれるプログラムを用い計算機内で大量に発生させ、実験データと同様の統計処理を加えたいうえで実験結果と比較する。比較する際には検出器の効率なども勘案する必要があり、GEANT と呼ばれるシミュレーションツールに検出器の構造、材質などを予め設定した上で用いる。今年度は特に偏極陽子同士の衝突により生成されるグルーオン及び W ボソンを介した、海クォークスピン測定に伴うシミュレーションを行った。なお、GEANT は結果の導出ばかりでなく、検出器を設計する際にも用いられる。

3. 結果

別添の利用研究成果リストに記したように、原著論文 14 報、口頭発表 2 報という成果が出ている。なお、これらには研究の性格上、以前の実験データや解析に基づいた結果も含まれる。

4. まとめ

RICC を利用することによって、我々放射線研究室が押し進めている”高エネルギー原子核物理学”のための大量データ解析及び大量シミュレーションを迅速に行うことが可能となっている。特に 1.7PB ものデータを安定して保持し、随時出し入れ出来るテープアーカイブ装置の存在は大きい。大量データ解析については、RIKEN-CCJ が独自に開発した大量データ処理専用クラスタの導入により、多くのジョブがそちらに移っているが、大量シミュレーションは精力的に RICC で行われており要求度は高い。実験データ解析と

シミュレーション、それら双方の結果があつて初めて、物理現象の探求を目指した解析に進むことが出来るため、R I C C の後継である H O K U S A I も是非利用させてもらいたい。

5. 今後の計画・展望

R H I C 加速器に設置した大型検出器 P H E N I X を用いた実験はあと 2 年で終了の予定であるが、その後、現行 P H E N I X を改造した s P H E N I X 検出器を導入し、さらに実験を進める計画となっている。R I C C の後継となる H O K U S A I においても、ペタバイト級のデータ貯蔵装置及び解析、シミュレーションなどあらゆる点において利用させてもらいたいと考えている。なお、VM 技術などに用いることにより、占有利用を止め、一般利用にシフトしていく計画を情報基盤センターとともに進めている。

平成 26 年度 RICC 利用研究成果リスト

【論文、学会報告・雑誌などの論文発表】

A. Adare et al. (PHENIX Collaboration), "Charged-pion cross sections and double-helicity asymmetries in polarized p+p collisions at $\sqrt{s} = 200$ GeV", Phys. Rev. D 91, 032001, 2015-02-02, <http://journals.aps.org/prd/pdf/10.1103/PhysRevD.91.032001>

A. Adare et al. (PHENIX Collaboration), "Cross-section for $b\bar{b}$ production via dielectrons in d+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV", Phys. Rev. C 91, 014907, 2015-01-26, <http://journals.aps.org/prc/pdf/10.1103/PhysRevC.91.014907>

A. Adare et al. (PHENIX Collaboration), "Nuclear matter effects on J/psi production in asymmetric Cu+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV", Phys. Rev. C 90, 064908, 2014-12-18, <http://journals.aps.org/prc/pdf/10.1103/PhysRevC.90.064908>

A. Adare et al. (PHENIX Collaboration), "Measurement of K^0_S and K^*0 in p+p, d+Au and Cu+Cu collisions at $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV", Phys. Rev. C 90, 054905, 2014-11-07, <http://journals.aps.org/prc/pdf/10.1103/PhysRevC.90.054905>

A. Adare et al. (PHENIX Collaboration), "Cross Section and Transverse Single Spin Asymmetry of η Mesons in $p^{\uparrow}+p$ collisions at $\sqrt{s}=200\sim$ GeV at Forward Rapidity", Phys. Rev. D 90, 072008, 2014-10-20, <http://journals.aps.org/prd/pdf/10.1103/PhysRevD.90.072008>

A. Adare et al. (PHENIX Collaboration), "Low Mass Vector Mesons Production at forward rapidity in p+p Collisions at $\sqrt{s} = 200$ GeV", Phys. Rev. D 90, 052002, 2014-09-08, <http://journals.aps.org/prd/pdf/10.1103/PhysRevD.90.052002>

A. Adare et al. (PHENIX Collaboration), "Centrality categorization for $R_{p(d)+A}$ in high-energy Collisions", Phys. Rev. C 90, 034902, 2014-09-05, <http://journals.aps.org/prc/pdf/10.1103/PhysRevC.90.034902>

A. Adare et al. (PHENIX Collaboration), "System-size dependence of open-heavy-flavor production in nucleus-nucleus collisions at $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV", Phys. Rev. C 90, 034903, 2014-09-05, <http://journals.aps.org/prc/pdf/10.1103/PhysRevC.90.034903>

A. Adare et al. (PHENIX Collaboration), "Inclusive Double-Helicity Asymmetries in neutral-pion and eta-meson production in p+p Collisions at $\sqrt{s} = 200$ GeV", Phys. Rev. D 90, 012007, 2014-07-17, <http://journals.aps.org/prd/pdf/10.1103/PhysRevD.90.012007>

A. Adare et al. (PHENIX Collaboration), "Measurement of transverse-single-spin asymmetries for midrapidity and forward-rapidity production of hadrons in polarized p+p collisions at $\sqrt{s} = 200$ and 62 GeV", Phys. Rev. D 90, 012006, <http://journals.aps.org/prd/pdf/10.1103/PhysRevD.90.012006>

A. Adare et al. (PHENIX Collaboration), "Cold-nuclear-matter effects on heavy-quark production at forward and backward rapidities in d+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV", Phys. Rev. Lett. 112, 252301, 2014-06-25, <http://journals.aps.org/prl/pdf/10.1103/PhysRevLett.112.252301>

A. Adare et al. (PHENIX Collaboration), "Azimuthal-angle dependence of charged-pion-interferometry measurements with respect to 2nd and 3rd-order event planes in Au+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV", Phys. Rev. Lett. 112, 222301, 2014-06-03, <http://journals.aps.org/prl/pdf/10.1103/PhysRevLett.112.222301>

A. Adare et al. (PHENIX Collaboration), "Transverse-energy distributions at midrapidity in p+p, d+Au, and Au+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}}=62.4 - 200$ GeV and implications for particle-production models", Phys. Rev. C 89, 044905, 2014-04-09, <http://journals.aps.org/prc/pdf/10.1103/PhysRevC.89.044905>

A. Adare et al. (PHENIX Collaboration), "Heavy-flavor electron-muon correlations in p+p and d+Au collisions at $\sqrt{s} = 200$ GeV", Phys. Rev. C 89, 034915, 2014-03-31, <http://journals.aps.org/prc/pdf/10.1103/PhysRevC.89.034915>

【国際会議、学会などでの口頭発表】

Yorito Yamaguchi: "PHENIX Searches for Low Mass Dark Photons", Dark Interactions, June 11-13, 2014, BNL

Ralf Seidl: "PHENIX W Results using Forward Muons", DIS2014: XXII. International Workshop on Deep-Inelastic Scattering and Related Subjects, April 28-May 02, 2014, Warsaw, Poland