

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, 荒巻 陽紀,
山口 頼人, Seidl Ralf, 秋元 亮二

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間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 15 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 の重要性はより高くなっている。

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。今年度はハドロン崩壊からの電子対、チャーム・ボトムクォークを含む中間子崩壊からの電子、W ボゾン測定におけるバックグラウンドの推定などをおこなっている。

また 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 10 報、口頭発表 9 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ーの導入により、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、是非ともRICCは引き続き利用させてもらいたい。

5. 今後の計画・展望

RHIC/PHENIX実験は今後9年間継続する計画となっており、データの貯蔵及び解析、シミュレーションなどあらゆる点においてRICCの利用は不可欠である。

現在でも約 1.7 ペタバイトという大量なデータを貯蔵しその処理を行っているが、今後も多くのデータを処理する必要に迫られることは確実である。

平成 25 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): "Transverse-Momentum Dependence of the J/ψ Nuclear Modification in d+Au Collisions at $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV", Phys. Rev. C 87, 034904(2013), 2013-3-14
<http://journals.aps.org/prc/pdf/10.1103/PhysRevC.87.034904>

A. Adare et al. (PHENIX Collaboration): "Neutral pion production with respect to centrality and reaction plane in Au+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV", Phys. Rev. C 87, 034911(2013), 2013-03-28
<http://journals.aps.org/prc/pdf/10.1103/PhysRevC.87.034911>

A. Adare et al. (PHENIX Collaboration): "Upsilon ($1S+2S+3S$) production in d+Au and p+p collisions at $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV and cold-nuclear matter effects", Phys. Rev. C 87, 044909(2013), 2013-04-25
<http://journals.aps.org/prc/pdf/10.1103/PhysRevC.87.044909>

A. Adare et al. (PHENIX Collaboration): "Direct photon production in d+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV", Phys. Rev. C 87, 054907(2013), 2013-05-17,
<http://journals.aps.org/prc/pdf/10.1103/PhysRevC.87.054907>

A. Adare et al. (PHENIX Collaboration): "Medium modification of jet fragmentation in Au+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV measured in direct photon-hadron correlations", Phys. Rev. Lett. 111, 32301(2013), 2013-07-16
<http://journals.aps.org/prl/pdf/10.1103/PhysRevLett.111.032301>

A. Adare et al. (PHENIX Collaboration): "Inclusive cross section and single transverse spin asymmetry for very forward neutron production in polarized p+p collision at $\sqrt{s} = 200$ GeV", Phys. Rev. D 88, 032006(2013), 2013-08-08
<http://journals.aps.org/prd/pdf/10.1103/PhysRevD.88.032006>

A. Adare et al. (PHENIX Collaboration): "Spectra and ratios of identified particles in Au+Au and d+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV", Phys. Rev. C 88, 024906(2013), 2013-08-22
<http://prc.aps.org/pdf/PRC/v88/i2/e024906>

A. Adare et al. (PHENIX Collaboration): "Nuclear modification of ψ' , χ_c and J/ψ production in d+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV", Phys. Rev. Lett. 111, 202301(2013), 2013-11-12
<http://prl.aps.org/pdf/PRL/v111/i20/e202301>

A. Adare et al. (PHENIX Collaboration): "Quadrupole Anisotropy in Dihadron Azimuthal Correlations in Central d+Au Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV", Phys. Rev. Lett. 111, 212301(2013), 2013-11-20
<http://prl.aps.org/pdf/PRL/v111/i20/e212301>

A. Adare et al. (PHENIX Collaboration): "Azimuthal anisotropy of π^0 and eta mesons in Au+Au

collisions at $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV", Phys. Rev. C 88, 064910(2013), 2013/12/20

<http://journals.aps.org/prc/pdf/10.1103/PhysRevC.88.064910>

【国際会議、学会などでの口頭発表】

Yoshimasa Ikeda: "Measurement of azimuthal anisotropy of hadron in AuAu $\sqrt{s_{NN}}=39$ GeV at RHIC-PHENIX", JPS 2013, Hiroshima University, Japan, March 26-29, 2013

Sanghwa Park: "W Physics Result of PHENIX", Deep Inelastic Scattering, Marseilles, France, April 22-26, 2013, Marseilles, France

Yuji Goto: "PHENIX detector upgrades for enhanced physics programs", Marseilles, France, April 22-26, 2013

Chong Kim: "Status of W Physics at PHENIX", 12th Asia Pacific Physics Conference, Chiba, Japan, July 14-19, 2013

Yoshimasa Ikeda: "Measurement of Azimuthal Anisotropy of hadron in Au+Au collision at $\sqrt{s_{NN}}=200$, 62 and 39 GeV in PHENIX experiment at RHIC ", 12th Asia Pacific Physics Conference, Chiba, Japan, July 14-19, 2013

Yoshimasa Ikeda: "Measurement of azimuthal anisotropy of hadrons in Au+Au collisions from a beam energy scan by the PHENIX experiment at RHIC.", Int. Conf. on Strangeness in Quark Matter, Birmingham, UK, July 22-27, 2013

Yorito Yamaguchi: "A Search for Beyond the Standard Model Particles with the PHENIX detector at RHIC", APS Division of Nuclear Physics, Fall Meeting, Newport News, VA, October 23-26, 2013

Yuji Goto: "Polarized nucleon-structure physics at RHIC-PHENIX", International Conference on Hadron Spectroscopy, Nara, Japan, November 04-08, 2013

Itaru Nakagawa: "Latest results of nucleon spin structure measurements from PHENIX", International Workshop on High Energy Physics in the LHC Era, Valparaiso, Chile, December 16-20, 2013