

課題名 (タイトル) :

高エネルギー原子核物理学

利用者氏名 :

市原 卓, ○延與 秀人, 四日市 聡, 中村 智明, 渡邊 康, 荒巻 陽紀, 庄司 幸平, 大樂 誠司, 山口 頼人

所属 : 和光研究所 仁科加速器研究センター
素粒子物性研究部門 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。実際、我々が利用している加速器RHICでは1秒間に1~100万回の頻度で高エネルギー粒子同士が正面衝突し、その度20万チャンネルに及ぶ検出器(PHENIX)から信号が出力される。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、20万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11年前より計算機センター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頂いている。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

昨年度に引き続き、RHIC加速器のある米国 New York 州 Brookhaven 国立研究所(BNL)から大量の実験データを理研和光に転送した。その状況は図1に示したように最大6TB/day(=80MB/s)、総データ転送量は90TBであった。これは情報基盤センターの協力に

よりBNL-RIKEN-CCJ間がすべて10Gbpsという超高速ネットワークによって結ばれたおかげである。また、転送量が比較的少ないのは、今年度の転送データがすべてBNLで一次解析を経たデータだからである。

これらのデータはRICCの管理するHPSSに貯蔵している。図2はHPSSが格納するデータ量の推移である。格納総データ量は今年度1.5ペタバイトに達している。

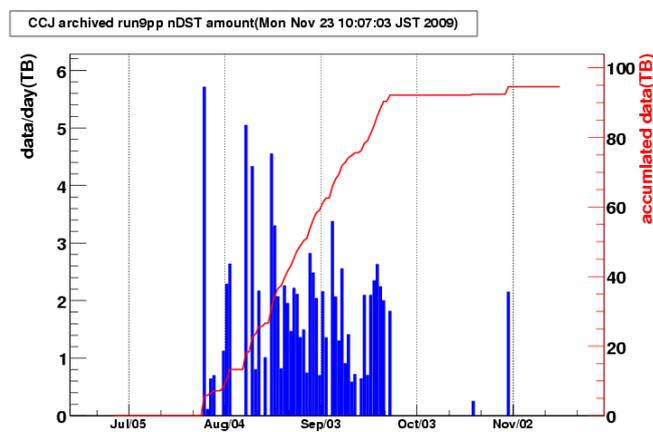


図 1

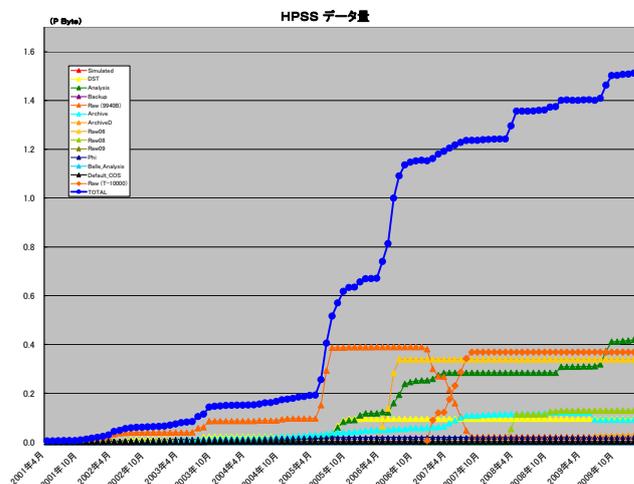


図 2

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 8 報、プロシーディングス 1 報、口頭発表 13 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。

また今年度は、金の原子核同士の衝突によって作り出した超高温状態の温度測定に成功し、それが相転移温度と考えられる 2 兆度をはるかに越えて 4 兆度に達していたことをプレスリリースしている。

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特に推し進めている”陽子スピン研究”のための大量データ解析を迅速に行うことが可能となっている。この大量データ解析の結果があつて初めて、個別の物理現象の探求を目指した解析に進むことが出来る。

特に今年度は RICC への更新に伴い、我々の占有領域に対してバッチジョブシステム Condor 及び仮想 OS の導入など、特別な作業を行ってもらった。これは我々のアプリケーションを動かすために必要なもので、この作業を行ってくれたスタッフに大変感謝している。一方、利用率が低いのは問題であると認識している。

5. 今後の計画・展望

RHIC 実験は少なくとも今後 5 年間は継続することになっており、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 1.5 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、年々より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。

6. RICC の継続利用を希望の場合は、これまで

利用した状況（どの程度研究が進んだか、研究においてどこまで計算出来て、何が出来ていないか）

や、継続して利用する際に行う具体的な内容

まとめにも記したが、我々の事情により仮想 OS を占有領域に導入してもらっている。これを解消する準備はほぼ整いつつあるので、来年度はまず仮想 OS の解消からお願いすることになると思う。

利用率の低さを解消するためには占有ノード数の柔軟な増減法を確立することが急務であり、RICC スタッフと協力しながら実現を目指したい。

平成 21 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】

"Double Helicity Dependence of Jet Properties from Dihadrons in Longitudinally Polarized p+p Collisions at $\sqrt{s} = 200$ GeV", Phys. Rev. D 81, 012002 (2010) , 2010-01-15

<http://prd.aps.org/pdf/PRD/v81/i1/e012002>

"High-pT π^0 Production with Respect to the Reaction Plane in Au + Au Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV", Phys. Rev. C 80, 054907 (2009) , 2009-11-13

<http://prc.aps.org/pdf/PRC/v80/i5/e054907>

"Charged kaon interferometric probes of space-time evolution in Au+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV", Phys. Rev. Lett. 103, 142301 (2009) , 2009-09-30

<http://prl.aps.org/pdf/PRL/v103/i14/e142301>

"Photon-Hadron Jet Correlations in p+p and Au+Au Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV", Phys. Rev. C 80, 024908 (2009) , 2009-08-31

<http://prc.aps.org/pdf/PRC/v80/i2/e024908>

"Systematic Studies of Elliptic Flow Measurements in Au+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV", Phys. Rev. C 80, 024909 (2009) , 2009-08-31

<http://prc.aps.org/pdf/PRC/v80/i2/e024909>

"Measurement of Bottom versus Charm as a Function of Transverse Momentum with Electron-Hadron Correlations in p+p Collisions at $\sqrt{s}=200$ GeV", Phys. Rev. Lett. 103, 082002 (2009) , 2009-08-18

<http://prl.aps.org/pdf/PRL/v103/i8/e082002>

"Photoproduction of J/psi and of high mass e^+e^- in ultra-peripheral Au+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV", Physics Letters B 679, 321 (2009) , 2009-08-13

http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6TVN-4WXBM5P-9-9&_cdi=5539&_user=107951&_pii=S0370269309008983&_orig=search&_coverDate=08%2F31%2F2009&_sk=993209995&_view=c&_wchp=dGLbVtb-zSkWA&_md5=6c2dabfa5a954499d4e66444747fda29&_ie=/sdarticle.pdf

"Gluon-Spin Contribution to the Proton Spin from the Double-Helicity Asymmetry in Inclusive π^0 Production in Polarized p+p Collisions at $\sqrt{s} = 200$ GeV", Phys. Rev. Lett. 103, 012003 (2009) , 2009-07-01

<http://prl.aps.org/pdf/PRL/v103/i1/e012003>

【国際会議などの予稿集、proceeding】

"Heavy Ion Physics at RHIC", Yasuyuki Akiba, Proceedings of the 6th Japan-Italy symposium on Heavy-Ion Physics 157-162, 2009

【国際会議、学会などでの口頭発表】

[Rencontres de Moriond](#), La Thuile, Italy, March 7-14, 2009

- **Yoki Aramaki**: "Electromagnetic Particle Production at PHENIX"

[Quark Matter, Int. Conf. Ultra-Rel. Nucl.-Nucl. Coll.](#), Knoxville, Tennessee, March 29-April 4, 2009

- **Yasuyuki Akiba**: "Dilepton Radiation Measured in PHENIX probing the Strongly Interacting Matter Created at RHIC",
- **Yoki Aramaki**: "Neutral pion production with respect to reaction plane at $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV Au+Au collisions at RHIC-PHENIX (poster)"

[Deep Inelastic Scattering](#), Madrid, Spain, April 26-30, 2009

- **Yoshinori Fukao**: "Forward upgrade for W physics at RHIC-PHENIX experiment"
- **Manabu Togawa**: "Leading neutrons in polarized pp collision at RHIC-PHENIX"

[International Symposium on Multiparticle Dynamics](#), "Gold Sands", Gomel Region, Belarus, September 4-9, 2009

- **Tomoaki Nakamura**: "Critical behavior at the QGP phase transition probed by fluctuation observables"

[Electromagnetic Interactions with Nucleons and Nuclei](#), Milos Island, Greece, September 27-October 2, 2009

- **Christine Aidala**: "Single-Spin-Asymmetries and Transverse-Momentum-Dependent Distributions at RHIC"

[DNP/JPS Joint Fall Meeting](#), Waikoloa, Hawaii, October 13-17, 2009

- **Yoki Aramaki**: "Neutral pion production with respect to the reaction plane in $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV Au+Au collisions at PHENIX", abs: [txt](#), talk: [ppt](#), [pdf](#)
- **Seishi Dairaku**: "The measurement of transverse single spin asymmetries in heavy flavor production in transversely polarized p+p collisions at RHIC-PHENIX", abs: [txt](#), talk: [pdf](#)
- **Kensuke Okada**: "RHIC-spin program for the next several years", abs: [txt](#), talk: [pdf](#), [pptx](#)
- **Kohei Shoji**: "Study of J/ψ spin alignment in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 200$ GeV in the PHENIX experiment at RHIC"

[American Physical Society, Spring Meeting](#), Washington, DC, February 13-17, 2010

- **Yasuyuki Akiba**: "Enhanced production of direct photons in Au+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV and implication for the initial temperature"

[Lake Louise Winter Institute](#), Lake Louise, Alberta, Canada, February 14-20, 2010

- **Kensuke Okada**: "Observation of W decay in 500 GeV p+p collisions at PHENIX"

【その他】

プレスリリース: 「米・重イオン衝突型加速器「RHIC」で、4兆度の超高温状態を実現」

<http://www.riken.jp/r-world/info/release/press/2010/100216/index.html>