

特集： PHENIX での物理, 発見の 15 年

本特集では、RHIC 加速器で行われている PHENIX 実験の研究成果に関わるレビュー論文をまとめた。RHIC は米国ブルックヘブン国立研究所(Brookhaven National Laboratory BNL)にある衝突型加速器で、金原子核などの重い原子核同士や偏極陽子ビーム同士が高エネルギーで衝突する。PHENIX は RHIC の 2 大実験の一つで、参加者が 500 人を超える国際共同実験である。

格子 QCD 計算によれば、約 160MeV の転移温度以上の高温では、クォークやグルーオンの閉じ込めが破れる。この QCD の高温相をクォーク・グルーオン・プラズマ (QGP) と呼ぶ。RHIC は QGP を人工的に作り出し、その性質を研究するために建設された。RHIC は 2000 年に完成し、実験を開始した。2005 年には、RHIC の金原子核衝突で QGP が生み出されていることが確立し、2010 年には、RHIC で生み出された QGP の初期温度は、予想された転移温度の約 2 倍に達することが分かった。一方、2010 年には CERN の LHC 加速器で鉛原子核衝突実験が開始され、RHIC より高温の QGP が作られ、研究されるようになった。現在、RHIC と LHC で精力的に QGP の性質の研究が行われている。

RHIC での物理研究のもう一つの柱は、陽子のスピン構造の研究である。陽子のスピン $1/2$ のうち、クォークが担っているのは、その 25%程度にすぎない。RHIC では、スピンの向きを揃えた偏極陽子ビーム同士を衝突させることにより、残る 75%のスピンを何が担っているかを解明している。

多くの日本人研究者が、PHENIX 実験にその建設段階から参加し、実験装置の建設と運用、そして QGP 研究と陽子スピン構造研究に大きな役割を果たして来た。PHENIX 実験装置の約 3 割は日本の貢献によって建設されている。また、RHIC の偏極陽子加速は理化学研究所のイニシアチブにより実現した。様々な国際協力実験において「ホスト国でない 1 参加国の果たした割合の大きさ」という観点で見ると、RHIC と PHENIX 実験において日本が果たした役割が最大であろう。

2000 年の実験開始以来の 15 年間で、RHIC では多くの発見があった。本特集はその 15 年の成果と今後の展望を、以下の 8 編のレビューでまとめている。

最初の論文では、永宮正治氏(理化学研究所、KEK)が、QGP と PHENIX 実験創成期の経緯をレビューしている。永宮氏は重イオン衝突物理のパイオニアで、PHENIX 実験の初代実験代表者である。1980 年初頭の RHIC 計画の提案、その「準備研究」となる AGS 加速器と SPS 加速器での QGP 探索、1990 年代の PHENIX 実験グループの発足と測定器建設の歴史などを解説している。次に、RHIC 加速器の建設と完成後のアップグレードについて、RHIC 加速器建設の総責任者である尾崎敏氏 (BNL) と、完成後の RHIC 加速器の責任者となった Thomas Roser 氏(BNL)がレビューしている。次の 3 論文は、RHIC での QGP 研究の成果をまとめている。まず、QGP 分野の理論研究の大家であり、現在 BNL の素粒子原子核部門副所長である Berndt Müller 氏 (BNL、Duke 大学) が、PHENIX が QGP

研究に果たした役割を理論家の立場からレビューしている。PHENIX 実験の成果については、江角晋一氏(筑波大学)がソフト・プローブを用いての研究成果を、秋葉康之氏(理化学研究所)がハード・プローブを用いての研究成果をまとめている。次の2論文では、陽子スピン構造研究について、Jian Wei Qiu 氏(BNL)が理論面を、Abhay Deshpande 氏(Stony Brook 大学、理研 BNL 研究センター)が、PHENIX 実験の成果をレビューしている。最後に PHENIX 実験の今後の展望を、現在の PHENIX 実験代表者である David Morrison 氏(BNL)と Jamie Nagle 氏(Colorado 大学)がまとめている。



図 PHENIX 国際共同実験チームと PHENIX 測定器

原論文

(2015年3月27日公開済み)

- “Scientific endeavors towards RHIC and the PHENIX experiment”
Shoji Nagamiya: Prog. Theor. Exp. Phys. (2015) 03A101. doi:10.1093/ptep/ptu068
- “Relativistic Heavy Ion Collider, its construction and upgarde”
Satoshi Ozaki and Thomas Roser: Prog. Theor. Exp. Phys. (2015) 03A102.
doi:10.1093/ptep/ptu093
- “PHENIX and the quest for the quark-gluon plasma”

Berndt Müller: Prog. Theor. Exp. Phys. (2015) 03A103. doi:10.1093/ptep/ptu137

- “Soft physics results from the PHENIX experiment”

ShinIchi Esumi: Prog. Theor. Exp. Phys. (2015) 03A104. doi:10.1093/ptep/ptu069

- “Quest for the quark-gluon plasma – hard and electromagnetic probes”

Yasuyuki Akiba: Prog. Theor. Exp. Phys. (2015) 03A105. doi:10.1093/ptep/ptu080

- “Proton Structure and PHENIX Experiment”

Jian-Wei Qiu: Prog. Theor. Exp. Phys. (2015) 03A106. doi:10.1093/ptep/ptv016

- “Understanding the Composition of Nucleon Spin with the PHENIX detector at RHIC”

Abhay Deshpande: Prog. Theor. Exp. Phys. (2015) 03A107. doi:10.1093/ptep/ptv019

- “PHENIX: Beyond 15 years of discovery”

David Morrison and Jamie L. Nagle: Prog. Theor. Exp. Phys. (2015) 03A108.
doi:10.1093/ptep/ptu098

<情報提供 :

延與秀人 (理化学研究所 仁科加速器研究センター センター長)

秋葉康之 (理化学研究所 仁科加速器研究センター 理研 BNL 研究センター) >