

まえがき

本書は、宇宙初期に存在していた超高温物質であるクォーク・グルーオン・プラズマ（QGP）について、理工系の大学生一般を対象とした解説書である。クォークとグルーオンとは何かから始めて、QGPとは何か、高エネルギー原子核衝突実験による QGP の生成、そして QGP 研究の最新の成果にいたるまでを解説する。

私たちの周りの物質は原子からできていて、その中心には原子核がある。原子核は核子が集まってできている。クォークとグルーオンは、その核子を作っている素粒子である。現在の宇宙では、クォークもグルーオンも核子の中に閉じ込められている。しかし、約 2 兆°C 以上の超高温では、核子が溶けてクォークとグルーオンが解放される。その結果、クォークとグルーオンからなる熱いスープである QGP ができる。今から約 138 億年前に宇宙ができた直後、宇宙の温度が 2 兆°C 以上だったとき、宇宙は QGP で満たされていた。

最近になって、その QGP を実験室で作れるようになった。金や鉛などの重い原子核を超高エネルギーで正面衝突させ、超高温状態を作りだすことによって、ほんの一瞬だが QGP を生み出せるようになったのだ。実験室で宇宙の初期状態を再現し、その性質が調べられるようになったのである。

私は「QGP を作って、その性質を調べる」という実験研究に従事してきた。この研究を始めたのはまだ大学院生の時で、30 年近く前のことになる。当時、「原子核同士を超高エネルギーで衝突で衝突させれば、QGP が作れるのではないか」という予想に基づいて、米国のブルックヘブン国立研究所 (BNL) の AGS 加速器とヨーロッパのセルン (CERN) の SPS 加速器で高エネルギー原子核衝突実験が開始されようとしていた。「QGP という新物質を生み出す」という可能性に魅せられて AGS での実験に参加したのだが、そこでは QGP を見つけることはできなかった。もっと強力な加速器と測定装置が必要だったのである。

米国はその後、QGP を生み出すために、RHIC という衝突型重イオン加速器を BNL に建設する。私は、RHIC での 2 大実験の一つである PHENIX 実験に、

その立案段階から参加した。RHIC は 2000 年にその運転を開始し、RHIC での金+金衝突で高密度の新物質が生み出されていることが 2005 年までに確立した。2010 年には、この物質の温度が約 4 兆°C に達していることがわかった。ついに、QGP を人工的に生み出すことができるようになったのだ。

QGP の物理は非常に新しい、急速に発展している研究分野だ。2000 年の RHIC の運転開始以来精力的な研究が続けられ、ほとんど毎年のように新しく画期的な研究成果が実験と理論の両面で生み出されている。読者にこの急速に発展する分野の研究成果を伝えたいと考えている。

記述にあたっては、理工系の大学生が予備知識なしで理解できるように努めたつもりだが、それが成功しているかどうかは心もとない。読者諸兄姉のご批判を待つ次第である。

筆者が PHENIX 実験に参加しているため、RHIC での実験結果の多くは、PHENIX 実験からとられている。PHENIX 実験には日本から 10 以上の研究機関が参加している。これらの実験結果は、非常に多くの方々の長期間にわたる膨大な努力と巨額の投資の成果である。

最後に、私が QGP の研究ができたのは、家族の協力があつてのことである。この場を借りて感謝したい。

2014 年 3 月

秋葉康之