

これまでの研究成果のまとめ

乾 雅博

現在の物質世界はハドロンの相にある。通常クォークはハドロンの中に閉じ込められており、単体で観測にかかることはない。しかし初期宇宙のような高温・高密度下では、クォークの閉じ込め相から非閉じ込め相への相転移が起こっており、クォークとその相互作用を担う粒子であるグルーオンがプラズマ状態になっている、いわゆるクォーク・グルーオンプラズマ (QGP) 状態が実現していると考えられている。ブルックヘブン国立研究所では Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC) 実験で、高温高密度状態の核物質を作り、QGP 状態を実現する試みがなされている。このように、QGP の研究が理論、実験の両面から進められてきている。

QGP に関する特に重要な量として、グランドポテンシャル (圧力) がある。圧力の計算が現在、摂動の展開係数である結合定数 g の 6 次までなされている。計算は種々ある繰り込み処方の内、 \overline{MS} 処方を用いてなされているが、摂動の次数を上げていっても収束の兆しが見えず、むしろ不安定性が増幅しているように見える。また、非摂動的解析法をとった Lattice Monte Carlo Simulation の結果とも整合性が無い。これは摂動論の立場から見て、健全な結果とは言い難く、摂動展開で収束するような見通しの良い解決方法が確立されていないのが現状である。

一方、場の量子論は無数個の自由度を含むので、一般に種々の発散が現れる。発散した量をそのまま物理量として採用することは不可能なので、これらの発散はいわゆる繰り込みにより取り除かれ、物理的に意味のある計算が可能となる。ところが繰り込みの手続きの中で、発散量を物理量で置き換える段階において、任意性 (繰り込み処方の任意性) が存在し、物理量を摂動計算で、ある次数まで計算した結果は処方に依存する。勿論摂動の全次数が計算できれば、物理量は処方に依存しない。ここで、「与えられた物理量を摂動のある次数まで計算した場合、どのような繰り込み処方を用いるのが最も信頼性が高いか」という問題が生じる。この問題に関して 1981 年に P.M.Stevenson の提唱した Principle of Minimal Sensitivity (PMS 処方) という方法がよく用いられる。PMS 処方は、種々の繰り込み処方を特徴付けるパラメータに関して、本来物理量は独立であるということを自然な形で採り入れたものである。

今回の研究では、圧力の摂動展開の問題に対し、PMS 処方を適用して、計算結果の改善を試みた。現在 6 次までの計算結果において \overline{MS} 処方の結果と比較し、Lattice データとの整合性にかなりの改善が見られた。物理量が、採用した繰り込み処方に依存すべきでないということを盛り込んだ PMS に沿って計算を進め、このような改善が見られたことは大変興味深い。今後、PMS の適用により、収束性の改善、他の物理量での同様な問題点の改善が見られる可能性がある。