

「量子散逸ダイナミクスに基づくクォーク・グルーオン・プラズマ中の重いクォークの束縛状態の研究」

名古屋大学素粒子宇宙起源研究機構

赤松 幸尚

自然界の相互作用は4つの相互作用からなる。重力相互作用、電磁相互作用、弱い相互作用、強い相互作用である。これらのうち電磁相互作用、弱い相互作用、強い相互作用の量子論は素粒子の標準模型としてまとめられ、近年その最後の構成要素であるヒッグス粒子が欧州の Large Hadron Collider (LHC) において発見され、大きな注目を浴びている。本発表では、LHC で行われているもうひとつの実験であるクォーク・グルーオン・プラズマ (QGP) 探索についての研究を紹介する。

強い相互作用 (QCD) は、原子核の中で起こっている物理現象を記述する理論である。QCD の著しい特徴は、理論を構成する自由度 (クォーク、グルーオン) が実験で直接的に観測されていないという点である。湯川秀樹博士による  $\pi$  中間子を用いた核子 (陽子、中性子) 間の相互作用の理論にも、クォークやグルーオンの自由度は登場しない。このことはクォークの閉じ込めと呼ばれ、実際に格子 QCD の数値計算により低エネルギーの励起状態はクォークやグルーオンの束縛状態であるということは示されている。しかし、数学的に厳密に証明することは理論物理学の最大の難問の一つである。

クォーク・グルーオン・プラズマ (QGP) とは強い相互作用 (QCD) する自由度が物質を構成したときの形態 (相) のひとつであり、宇宙初期の超高温状態において実現されていたとされている。QGP 中ではその名の通り、クォークやグルーオンが閉じ込めから解放され (非閉じ込め相)、プラズマ状態のように比較的自由に動き回っていると考えられている。このような物質を地上の実験で作るプロジェクトとして相対論的重イオン衝突がある。相対論的重イオン衝突実験では、重い原子核 (金や鉛の原子核) を光速近くまで加速し衝突させることで得られる極めて高いエネルギー密度により QGP を作る。QGP がはじめて地上で作られたとされるのは、約 10 年前から本格稼働している Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC) であり、現在ではより高エネルギーの原子核衝突

が LHC においても行われている。

本研究では、量子開放系の観点から QGP の本質である非閉じ込めに関する研究を行った。非閉じ込めは、QGP 中に置いた試験的なカラー荷（クォークやグルーオンが持つ一般化された電荷のようなもの）がクォークやグルーオンによってデバイ遮蔽されて束縛力が弱くなることで起こる。物理的にこのような試験的な状況を実現するには重いクォーク（チャームやボトム）を QGP 中に導入すればよい。本研究ではこのような状況を量子論的に、すなわち量子開放系として記述するための理論的枠組みを Feynman-Vernon によって開発された影響汎関数の方法を応用することで導出した。本発表においては、本研究の背景や結果を可能な限り分かりやすく説明したい。