

氏名	杉浦 哲郎
学位の種類	博士（理学）
学位記番号	博甲第 8939 号
学位授与年月日	平成 31年 3月 25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	数理物質科学研究科
学位論文題目	

Exploring the QCD phase diagram measured by cumulants of net-charge distributions in Au+Au collisions at the STAR experiment

(STAR 実験金+金衝突における net-charge 揺らぎを用いた QCD 相図の探索)

主査	筑波大学 教授	理学博士	三明 康郎
副査	筑波大学 准教授	博士（理学）	江角 晋一
副査	筑波大学 講師	博士（理学）	中條 達也
副査	筑波大学 教授	博士（理学）	受川 史彦

論 文 の 要 旨

審査対象論文は、アメリカ・ブルックヘブン国立研究所(BNL)の相対論的重イオン加速器(RHIC)において衝突ビームエネルギー走査(BES)実験プログラムとして行なわれた STAR 実験における金・金衝突における正味の電荷数分布の高次キュムラントの測定を行ったものである。これまでの RHIC 加速器及び LHC 加速器における高エネルギー原子核衝突実験により、宇宙初期や中性子星内部のようなクォークが閉じ込めから解放された高温・高密度状態を表すクォーク・グルーオン・プラズマ(QGP)を再現し、その状態の性質の解明が徐々に進んでいると述べられている。特に高温領域の QCD 相図は滑らかな相転移を示すクロスオーバー相転移であることが明らかになりつつあるが、高密度領域の QCD 相図は不連続な境界面を示す一次相転移であり、さらにその終点には QCD 臨界点が存在すると理論的に予測されるが、それらを検証する事を目的としたものである。特に高密度領域の QCD 相図の構造はあまり良く分かっておらず、臨界点や一相転移からの明確で直接的な証拠が無い事に関して、この研究テーマである正味の電荷数の分布測定は保存量に対する揺らぎの観測を意味し、相転移や臨界点からの直接の信号として感受率や相関長の変化に敏感な測定であることが期待されると述べられている。

本論文では、QCD 相転移や臨界点の探索のために、正味の電荷数分布の高次形状測定を行い、また、揺らぎ分布の実験結果に対する物理的解釈を行うために、初期状態や終状態における揺らぎの寄与を調べ、それらの検討を行ったものである。特に、原子核衝突ビーム軸に対する縦方向の

立体角に対する依存性に注目した実験データ解析を行い、初期揺らぎと終状態からの揺らぎの寄与を調べることにより、その揺らぎの起源を探ったものである。さらに、高次の揺らぎ形状の測定は、感受率や相関長の変化に対する感度が低次の揺らぎ測定より格段に高いために、クロスオーバーの相転移に対しても感度が期待できるので、高統計の実験データサンプルを用いてより高次（6次）までの分布形状の測定を行ったものである。本研究の結果として、現在までの実験データ量では、統計的に優位な揺らぎ信号の変化は観測されなかったが、この測定結果は今後のRHIC-STAR 実験での BES2 計画における詳細な測定のための重要な基礎を与えている。初期の体積ゆらぎに関しては、原子核衝突モデル計算を用いて、実験的に取り除くべき補正項と生成粒子間の物理的相関の関係を明らかにしたものである。

審 査 の 要 旨

〔批評〕

審査対象論文は、RHIC 加速器を用いた衝突ビームエネルギー走査実験において、保存量である正味の電荷数分布を測定し、高次の揺らぎ形状とそのラピディティー幅依存性や、中心衝突度依存性、衝突エネルギー依存性を測定し、QCD 相転移や臨界点からの信号を探索したものである。特にそのラピディティー幅依存性から、初期から終状態への揺らぎの寄与を明らかにし、特に6次揺らぎの中心衝突度依存性からクロスオーバー相転移の徴候を見出だしている。さらに、揺らぎの物理解析・測定に密接に関わる衝突初期の体積揺らぎの寄与、また異なる領域にまたがる生成粒子間の相関を、実験的に、あるいはデータの解析・解釈時にどのように取り扱うかを詳細に議論し、今後の第2期衝突ビームエネルギー走査実験における揺らぎ解析に対する重要な指針を与えている。

〔最終試験結果〕

平成31年2月8日、数理物質科学研究科学学位論文審査委員会において審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって、合格と判定された。

〔結論〕

上記の論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士(理学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。