

氏名	野中 俊宏
学位の種類	博士（理学）
学位記番号	博甲第 8458 号
学位授与年月日	平成 30年 3月 23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	

First measurement of the sixth order cumulant of net-proton multiplicity distributions in $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV Au+Au collisions at the STAR experiment
(STAR 実験 $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV 金・金衝突における陽子-反陽子数分布の 6 次キュムラントの初測定)

主査	筑波大学 教授	博士(理学)	小沢 顕
副査	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	理学博士	金谷 和至

論 文 の 要 旨

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)実験を行い、STAR 実験における 200GeV 金・金衝突における陽子-反陽子数分布の 6 次キュムラントの測定を行ったものである。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・高密度状態では、ハドロン物質はクォーク・グルーオン・プラズマ(QGP)に相転移すると考えられ、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予測される。しかし、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、相転移や臨界点からの明確で直接的な証拠はないため、これらの信号探索を行う事を目的としたものである。ネットな陽子数は保存するバリオン数の情報を引き継いでいるため、保存量の揺らぎを観測する事により、発展する系の揺らぎや相関長の変化を実験的に観測することが可能になる。特に、保存量揺らぎ分布の高次キュムラントは、相転移や臨界点からの信号や相関長の変化に対してより大きな感度があると期待され、低次キュムラントの測定において十分な信号が観測できない場合でも、高次キュムラントの

測定には新たな発見の可能性があるため、本研究においては陽子-反陽子数分布の6次キュムラントの測定を行ったものである。

この論文では、これまでの揺らぎ分布の高次形状測定における物理データ解析手法の様々な問題点、つまり粒子検出器効率の補正における単純化された仮定や、高次のキュムラントに対するより正確な補正における膨大な計算時間や、初期や後期の揺らぎの重ね合わせを含む観測データの取り扱いの難しさ等を明らかにし、それに対する補正法や解決策を示している。これらにより、揺らぎ分布の測定結果に関する物理的解釈を行うために、多彩な寄与を持つ揺らぎ観測手法の方法論を検証している。これらの実験データ補正や物理的解釈は、数年後から行われる予定の衝突ビームエネルギー第2期実験計画(BES2)における詳細な測定のために重要な基礎を与えることが期待できる。特に、新たに提案している逐次修正型 Unfolding 法による揺らぎ分布の解析手法によって、これまでの物理データ解析において仮定されてきた検出器効率の補正を、実際の実験的な粒子検出器の環境に基づいて、より厳密に仮定なく行う事を可能にし、相関長の発散等を含む複雑な構造を持ちうる揺らぎ分布形状を再構成、再構築し、視覚的に表示する事を可能にした事は、今後の揺らぎ物理研究の新たな展開が期待できる。

また、特に高次の揺らぎ形状の測定は、相関長の変化に対する観測感度が高いことにより、相転移や臨界点の探索に対する感度が高いとされるため、本研究ではさらに高次の揺らぎ形状の測定を行うために、200GeVの金・金衝突における陽子-反陽子数分布形状の6次キュムラントの中心衝突度依存性を世界に先駆けて測定したものである。統計的にランダムな揺らぎからの変化や、原子核衝突をハドロン相互作用によりシミュレーションするモデル計算結果からの変化を観測し、本測定ではRHICの最高衝突エネルギー領域200GeVで非中心衝突から中心衝突領域においてクォーク相へのクロスオーバー相転移を示唆する結果を示したものである。

審 査 の 要 旨

[批評]

ハドロン相からクォーク・グルーオン・プラズマ(QGP)相転移に関する研究において、特に量子色力学(QCD)相図の相転移現象と臨界点の直接探索を行うために、保存量を用いた揺らぎ測定の実験データ解析を行い、その物理解析に関する様々な問題点や解決策を明らかにした成果が顕著である。これらの改善を、実際にRHIC加速器のSTAR実験を用いて行われた200GeV金・金衝突実験におけるネットな陽子分布の測定に適用し、さらに高次(6次)の揺らぎを世界で初めて測定した内容である。

その結果、理論的な計算と比較することにより、クロスオーバー相転移を示唆する結果が見えるが、まだ、その結果を結論づけるには、この測定精度は不十分であると言わざるを得ない。しかしこの論文は、今後数年間に渡りRHIC加速器で実施される予定の第2期ビームエネルギー走査実験における、データ収集実験と物理解析のための重要な布石となる結果であることが認められる。

〔最終試験結果〕

平成30年2月9日、数理物質科学研究科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。