

【基盤研究(S)】

大区分B



研究課題名 高次ゆらぎと粒子相関による高密度クォーク核物質の1次相転移と臨界点観測への挑戦

筑波大学・数理物質系・准教授

えすみ しんいち
江角 晋一

研究課題番号：19H05598 研究者番号：10323263

キーワード：臨界点、1次相転移、QCD相構造、クォーク・グルーオン・プラズマ

【研究の背景・目的】

宇宙初期や中性子内部のような高温・高密度の物質状態であるクォーク・グルーオン・プラズマ(QGP)を、重イオン加速器による衝突実験で再現しその性質を調べる事により、量子色力学(QCD)で決まるクォーク核物質のQCD相図(図1)を明らかにする。これまでの研究により高温領域側では、滑らかな相転移であることが判明しつつあるが、高密度領域側ではこのクォーク・ハドロン相転移は境界面が不連続な1次相転移である事が予測される。その1次相転移の終点として臨界点があるとされるが、未だに実験的には確認されていない。クォーク・グルーオン・プラズマ物理にとって、究極の目標であるQCD相構造の解明、つまり1次相転移とQCD臨界点の実験的観測に挑む。

【研究の方法】

高エネルギー領域での原子核衝突実験により得られる高温領域の滑らかなクロスオーバー相転移から、高密度領域に予測されている豊富な相構造に注目し、

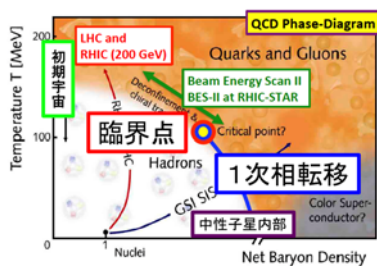


図1 QCD相図

特にRHIC加速器を用いた低エネルギー限界領域(数GeV～数10GeV)で、衝突のビームエネルギーを走査する事により、QCD相図の高密度領域に1次相転移が存在するのか、またその終点となる臨界点が存在するのかを調べる。複雑な高エネルギー原子核衝突環境下でQCD物質の相転移を鋭敏に見極めるために、相転移や臨界現象に対する感度が大きいとされる保存量分布の高次ゆらぎ形状と、低次(特に1次、指向型)の方位角異方性・2粒子(及び、多粒子)相関を衝突のビームエネルギーの関数として測定する。これにより高温・高密度クォーク核物質のQCD相構造と状態方程式を理解する。

【期待される成果と意義】

保存量を全領域で観測すればゆらぎは原理的に無くなるが、選択領域内で測定することにより保存量にゆらぎが観測され、その系の相関長の変化や臨界点を反映し、特に高次ゆらぎは臨界点に対する感度

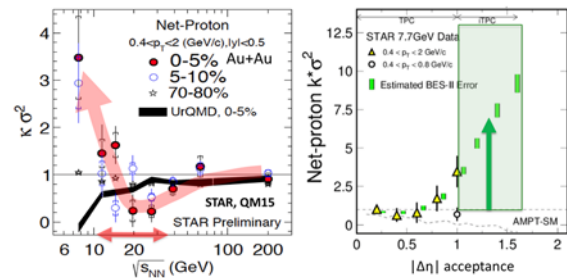


図2 ネット陽子数の4次ゆらぎのエネルギー依存性の現状結果(左)とeta領域依存性の予測(右)

が大きいと予測される。図2(左)は第1期エネルギー走査実験(BES1)による4次ゆらぎの結果を示し、低い衝突ビームエネルギー領域で非単調な変化をする兆候を表す。実験と理論のグループの協力体制を作り、実験的な臨界点観測・測定感度を向上し、理論的計算との比較によりゆらぎの起源・発展を導くための解析技術の開発を行う。図2(右)は第2期エネルギー走査実験(BES2)において予測される4次ゆらぎ観測の選択領域依存性を表す。これらにより臨界点や1次相転移の実験的直接的測定感度と、その理論的解釈の精度が格段に改善・向上することが期待できる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Energy dependence of moments of net-proton multiplicity distributions at RHIC, The STAR collaboration, L. Adamczyk, et al. Phys. Rev. Lett. 112 (2014) 32302
- A general procedure for detector-response correction of higher order cumulants, T. Nonaka, M. Kitazawa, S. Esumi, Nucl. Instr. Meth. A906 (2018) 10-17

【研究期間と研究経費】

令和元年度～令和5年度
79,500千円

【ホームページ等】

<http://www.star.bnl.gov>
<http://www.u.tsukuba.ac.jp/~esumi.shinichi.gn/welcome.html>
esumi.shinichi.gn@u.tsukuba.ac.jp