

# 論文審査の結果の要旨

氏名 服部 恒一

本論文は5章と補遺A、B、Cからなる。

第1章は、イントロダクションであり、研究の背景と目的について述べられている。高温・高密度で実現されると予想されるクォーク・グルオンプラズマを生成し、その性質を探ろうとする実験がアメリカブルックヘブン国立研究所のRHICと呼ばれる重イオン衝突型加速器を用いて行われている。衝突実験によって生成される粒子源の大きさを推定する方法として、同種粒子の2粒子相関に現れる干渉効果を利用する Hanbury Brown-Twiss (HBT) 干渉法がある。流体模型によるシミュレーションは、中心衝突時の1粒子分布に加え、非中心衝突における楕円型粒子源から放出されるハドロンの運動量分布における異方性(楕円流)をよく説明することが知られている。しかし、2粒子相関を説明することができない。これをRHIC HBT パズルと言う。本論文の目的は、このRHIC HBT パズルの理論的な解明である。

第2章では、平均場相互作用による2粒子相関のゆがみが議論されている。まず、密度行列を用いて、HBT 干渉法が再定式化され、通常の設定においてどのような仮定がなされているかが吟味されている。特に、粒子源から放出された粒子が自由に伝搬することが仮定されていることが指摘されている。次に、通常の設定においては取り入れられていない効果の一つとして、終状態相互作用の作る平均場の効果について考察がなされている。1粒子及び2粒子分布は、粒子源分布の情報を与える密度行列と観測地点までの情報を与える確率振幅で書かれる。HBT 干渉法における平均場の効果は、この確率振幅の位相差と減衰として現れることが指摘されている。

第3章では、 $\pi$ 中間子に対する動的な平均場の現象論的模型が構築されている。粒子源分布の時間変化については、freeze-out 後に粒子が自由伝搬するとして、Gauss 型の空間分布を持つ粒子源から温度によって定まる分布に従って放出された粒子が広がっていくと仮定されている。また、2体の $\pi\pi$ 弾性散乱が終状態における平均場を作るとして、s波とp波の $\pi\pi$ 前方散乱振幅が取り入れられている。s波の寄与は弱い斥力であるが、p波では $\rho$ 中間子共鳴の寄与による強い引力により、全体では平均場は引力となること、また、 $\rho$ 中間子共鳴の効果は、平均場に吸収としても現れることが示されている。

第4章では、平均場によって見かけ上の粒子源の像が実際にどのようにゆがめられるかが考察されている。まず、静的なポテンシャルの模型を用いて平均場による効果の定性的な性質が調べられている。平均場が引力の場合、outward 方向へ縮め、sideward 方向へ伸ばす効果があるのに対して、斥力の場合には逆の効果となることが指摘されている。また、

吸収の効果は引力と同様な効果となることも指摘されている。次に、第3章で構築した動的な模型を用いて平均場の効果が調べられている。平均場が時間の経過とともに消失することで、効果は静的な場合より弱くなるが、引力の平均場によって **sideward** 方向へ伸ばされる結果が得られた。また、吸収の効果が、この変化をより大きくし、合わせて **sideward** 方向へ **20%**程度伸ばすと結論されている。この結果は、流体模型によるシミュレーションが **sideward** 方向への広がりを実験値より過小評価する問題に対して、有意な改善を与える。

第5章では、本論文のまとめと将来への展望が述べられている。本論文で指摘した終状態相互作用の効果を取り入れた包括的な理論的枠組みを構築し、実際に **freeze-out** の過程に適用することが重要な課題である。

補遺 A では、光学における **HBT** 干渉法の歴史と原理が概観されている。次に、補遺 B では、**HBT** 干渉法の衝突実験への応用が説明されている。補遺 C では、ブースト不変な 1次元の膨張に関する表式がまとめられている。

本論文において考察されている終状態相互作用による見かけ上の像の変化は、先行研究において既に指摘されているが、そこでは、古典的な粒子の軌道の変化による見かけ上の像の変化が議論されているのに対して、本論文においては、量子論的な位相のずれと減衰が本質的であることを指摘したことが新しい点である。また、本論文は定性的だけでなく定量的にも **RHIC HBT** パズルの解決に向けて一つの方向性を示した点に意義を認める。

なお、本論文の内容は、松井哲男との共同研究に基づいているが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

従って、博士（理学）の学位を授与できると認める。