

論文審査の結果の要旨

氏名 本郷 優

相対論的な非平衡系の解析は、例えば高エネルギー重イオン衝突実験などで実現されるクォークグルーオンプラズマの研究において重要な役割を果たすが、その流体方程式としてはこれまで対称性などに基づいた現象論的な表式が用いられ、そこに現れる輸送係数は非相対論的な場合に有名な久保公式を当てはめることで解析されていた。これに対して本論文における目標は、基礎となる場の理論から出発してできるだけ系統的にその基礎づけを与えようと試みるものである。

まず、大前提として局所平衡にある系を考える。すなわち空間の部分部分においては平衡系と見なせ、局所温度や局所粒子密度などが定義できるとする。この系に対し、平衡系における自由エネルギーを拡張した概念である、マシュー・プランク関数を定義する。これは局所温度や局所粒子密度などの汎関数である。申請者は共同研究者と共に、これを経路積分表示することで、誘導計量の下での曲がった時空上の場の理論の形式に持ち込んだ。この誘導計量は、局所温度や局所粒子密度に依存しておりその情報を担っている。平衡極限ではよく知られた有限温度の虚時間形式に帰着する。この形式は、背景計量に対する一般座標変換の下での不変性（より正確には共変性）や、カルツァ・クライン対称性などが明白になり、物理量の外部変数依存性を制限することができるなど、今後線形近似を超えた解析にまで踏み込む際に有用であると思われる。

次に申請者は、この曲がった時空上の場の理論の経路積分表式を出発点に取り、微分展開を用いながら、エネルギー運動量テンソルや粒子数カレントなどの時間発展を記述する方程式を導き、現象論的に予想されていた表式を基礎付けることに成功した。ここでは輸送係数の表式も同じ枠組みの中で同時に決定される。この近似の範囲内で得られた結果自体はそれまでに知られていたものであるが、今回の導出は、先に述べた

場の理論的定式化から系統的に導かれたものであり、例えば、線形近似を超えて、さらに高次補正を決定していくことや非摂動的な解析が原理的には可能な枠組みを与えた点に大きな意義があると言える。

本論文では、上記のメインな議論のほか、応用例としてこの枠組みで、カイラル磁気効果及びカイラル渦効果に対して知られていたカレント表式の導出も行い、この方法の汎用性を示している。

なお、本論文の第2章及び第3章は、早田智也氏、日高義将氏、野海俊文氏との共同研究、また第4章は日高義将氏との共同研究に基づいているが、いずれの部分も本申請者が主体となって解析したものであると認められる。

以上により、本審査委員会は、申請者に対し博士（理学）の学位を授与できると認める。