

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 星野 紘憲

論 文 題 目

Analysis of effective temperature of non-equilibrium dense matter  
in holography

(ホログラフィーによる非平衡有限密度物質の有効温度の解析)

### 論文審査担当者

主 査	名古屋大学大学院理学研究科	教 授	博士(理学)	原 田 正 康
委 員	名古屋大学大学院多元数理科学研究科	教 授		
			博士(理学)	白 水 徹 也
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教 授	博士(工学)	寺 崎 一 郎
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	准教授	博士(理学)	酒 井 忠 勝
委 員	中央大学大学院理工学研究科	教 授	博士(理学)	中 村 真

## 論文審査の結果の要旨

非平衡統計物理学の構成は現代物理学における未解決問題の一つである。非平衡状態を平衡からの外力による摂動で扱う線形応答理論は成功をおさめているものの、非線形・非摂動領域での扱いは依然として困難である。本論文は、超弦理論の枠組みで開発されたゲージ・重力対応（ホログラフィー）を、非線形領域における非平衡系の理論的解析に応用することで、非平衡統計物理学に対する新たなアプローチの確立を目指すものである。

非平衡統計物理学における基本的な問いとして、系を特徴づける有用な物理パラメータとしての温度が非平衡状態にも存在するのか、また存在するとしたらそれはどのような性質を有するのかという問題がある。本論文ではこの基本的問いに答えるため、非平衡定常状態における有効温度についてゲージ・重力対応を用いて詳細に調べている。

申請者は、非平衡定常状態の代表的な例として、媒質中を一定外力で牽引されるテスト粒子の系（ランジュバン系）と、外部電場に平行な定常電流が流れる導体の系を考察した。特に、最近のゲージ・重力対応による研究において、ランジュバン系と導体系の有効温度の外力依存性について異なる振る舞いが得られていることに着目し、両者の整合性を明らかにすることを目標とした。整合性の確認の方針としては、導体系には外部電場による正負電荷の対生成という、ランジュバン系には存在しないプロセスがあることに注目し、このプロセスの寄与を制御することで整合性を確認することを試みた。具体的手順としては、導体系に電荷をドーピングして対生成由来でない荷電粒子の寄与を増やした導体モデル、および、対生成そのものを抑制するために電荷の質量を大きくした導体モデルを構成し、両方のモデルにおける有効温度の計算手法を開発した。さらにこれらのモデルにおける有効温度の振る舞いを系統的に解析し、電荷のドーピングや荷電粒子の質量効果によって導体系の有効温度の振る舞いがランジュバン系での振る舞いに近づくかどうかの検証を行った。

本論文において申請者が得た結果は次の通りである。電荷密度が大きい極限、あるいは荷電粒子の質量が大きな極限では、導体系の有効温度がランジュバン系の有効温度と一致することが確認された。また荷電粒子の質量や電荷密度に対する有効温度の依存性から、ゲージ・重力対応における広い範囲のモデルにおいて、外部電場による正負電荷対の生成プロセスは非平衡定常状態の有効温度を高める効果を持つこと、および、ドーピングされた荷電粒子による電流は有効温度を下げる効果を持つことが明らかになった。

以上のように、本論文ではゲージ・重力対応を用いて非平衡定常系を解析し、ランジュバン系と導体系の有効温度の整合性を確認するとともに、微視的プロセスと有効温度の振る舞いの関係を提示しており、学術的成果と独自性を高く評価することができる。本論文における特に有効温度の解析は、ゲージ・重力対応を用いた非平衡統計物理学研究の今後の発展に重要な寄与を与えるものである。以上の理由により、申請者は博士(理学)の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。