

論文審査の結果の要旨

氏名 緒方芳子

本論文は非平衡統計力学の一つのアプローチとして、「非平衡定常状態」の存在とその性質を議論している。平衡統計力学と異なり、非平衡状態を厳密に議論することは難しい。本論文は C^* 代数という厳密な手法を使って、非平衡状態の問題に真正面から取り組んだ成果である。対象は相互作用のない1次元模型という簡単な場合ではあるが、統計力学上も数理物理的観点からも高く評価できる業績である。博士（理学）の学位を授与するに十分であると認める。

本論文は全部で7章から成る。第1章は、本論文の背景と構成を述べたイントロダクションである。

第2章では、まず対象となる模型（1次元自由フェルミオン模型と1次元XXスピン模型）を厳密に定義している。その上で、それらの模型における「非平衡定常状態」を構成している。具体的には、初期状態で系の右半分と左半分をそれぞれ異なる温度と化学ポテンシャルの平衡状態にとり、その後で十分に時間発展させた状態を非平衡定常状態とする。厳密な構成と共に、直観的な説明として、右向きの粒子は左側の温度と化学ポテンシャルを受け継ぎ、左向きの粒子は右側の温度と化学ポテンシャルを受け継ぐという状況が述べられる。

第3章では、非平衡定常状態における熱伝導が、様々な場合について計算されている。多くの1次元系ではフーリエの熱伝導則（エネルギー流が温度勾配に比例する）が成立せず、特徴的な異常熱伝導が観察される。非平衡定常状態でもそのような熱伝導が起こることが、具体的に厳密に示される。

続いて第4章では、非平衡定常状態における磁化プロファイルの時間発展が議論されている。長時間極限では、（空間／時間）という変数で磁化プロファイルがスケールされることが示される。そして、そのスケーリング関数が様々な場合について計算されている。

第5章では、問題となっている非平衡定常状態を平衡統計力学の変分原理の観点から眺める。非平衡定常状態が、ある長距離相互作用のあるスピン模型の平衡状態（自由エネルギー最小の状態）として記述できることが示される。直

観的には、粒子の流れにより離れた場所のスピン間に相互作用が生じると説明される。

第6章では、非平衡定常状態の安定性が数学的に議論される。第2章で述べられたように、非平衡定常状態では右向きの粒子は左側の温度と化学ポテンシャルを受け継ぎ、左向きの粒子は右側の温度と化学ポテンシャルを受け継いでいる。そのため、左向きの粒子流か右向きの粒子流のどちらか一方だけに別の熱浴が付加されても、非平衡定常状態は破壊されない。ところが、両方の粒子流にまたがるように熱浴が付加されると、独立だった粒子流の間に粒子のやり取りが発生するため、非平衡定常状態は破壊されてしまう。この直観的な描像を、 C^* 代数を使って厳密に証明している。数学的には、 $\varepsilon(k) = |k|$ という直線的な分散関係ではなく、 $\varepsilon(k) = -\cos k$ という分散関係において C^* 代数を使ったことが極めてオリジナルな成果である。

最後に第7章で全体のまとめが述べられる。本論文で得られた新しい成果が改めて強調されている。以上のように、本論文では統計力学の難問に取り組み、独自で、かつインパクトのある成果を得ており、高く評価できる。

なお本論文は、そのほとんどが論文提出者単独の研究に基づいている。第5章のみは松井卓氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析を進めたものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上より、論文提出者に博士（理学）の学位を授与できると認める。