



Title	Study on Energy Transport Phenomena in Classical and Quantum Systems
Author(s)	齋藤, 圭司
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41581
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	齋 藤 圭 司 さい とう けいじ
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 3 6 7 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 11 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科物理学専攻
学 位 論 文 名	Study on Energy Transport Phenomena in Classical and Quantum Systems (古典系, 量子系におけるエネルギー輸送現象の研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 宮下 精二
	(副査) 教 授 佐々木 節 教 授 阿久津泰弘 教 授 木下 修一 助教授 Keith Slevin

論 文 内 容 の 要 旨

この論文では主に 2 つのことを考える。1 つ目は Fourier 則で表されるノーマルな熱伝導現象がどのような条件下で実現されるかという問題であり、2 つ目は 2 次転移直上で熱流がどのような振舞いを示すかという問題である。

1 つ目の問題は古くから古典系に対する議論が活発にされてきた。それらの結果によれば系が持つカオス的力学的側面が Fourier 則実現のために非常に重要な役割を果たしている。また Lepri らは β モデルといわれる系で 1 次元系、2 次元系ではノーマルな熱伝導現象が成立しないが、3 次元ではノーマルな熱伝導現象を示す可能性があることを推測している。それゆえ系が持つ次元性も大事な要素である。この論文で我々が考える古典系は一種の kinetic Ising model である Creutz Cellular Automaton (CCA) である。CCA は 2 次元であり相転移を示すので Fourier 則実現に関する次元性の効果、相転移の効果を見ることができる。我々は CCA で相転移点をはさむ広範囲の温度領域で Fourier 則が満たされているということを証明した。また CCA の特別な場合である Q2R に対しては 1 次元系では ballistic な熱輸送だが、2 次元系では Fourier 則が満たされることを見い出した。Q2R は次元性による熱輸送の振舞いの違いを直接確認できる初めての最も単純な系である。こうして CCA は非常に単純な系であるため Fourier 則実現の起源を調べる上での大変な足掛かりになり得ることが分かった。一方量子系においては古典系における初期値敏感性という意味でのカオスは存在しない。それゆえ量子系ではどのようなメカニズムが Fourier 則の実現に重要なになってくるかを古典系とは別に考えねばならない。我々はこの問題を考えるのに横磁場 Ising モデルを使い、準位間隔分布と温度 profile の関係を調べた。その結果我々は、準位間隔分布が Poisson 分布に近いときは温度 profile が flat になってしまうが、Wigner-Dyson タイプのときには有限な温度勾配が形成されていることを見い出し、Level 間の反発が非平衡系の Universal な熱的振舞いに欠かせないことを示した。

次に Critical Point 上での熱流の振舞いを詳細に調べた。古典系においては前の Creutz Cellular Automaton (CCA) を使い、熱的な相転移上の熱伝導係数がどのように振舞うか調べた。熱的な相転移上では Hohenberg と Halperin の分類の Model C における Critical Slowing Down の効果により熱伝導係数が消えるということが一般に信じられてきた。我々は CCA を使い Kubo 公式を精度良く数値的に求め、熱伝導係数は転移上でも有限であるということを示した。温度に関する高次の微分の可能性については将来の問題に残された。次に横磁場 1 次元 XY chain を考え量子転移上の熱流の振舞いの特異性についても調べた。横磁場 1 次元 XY chain は横磁場を調節することにより、絶対 0 度において秩序無秩序転移したり、第一励起 energy と基底 energy との間の energy gap が生じ

たりする量子転移を示す。これは大きな量子揺らぎのために起きる効果である。我々はこのように量子揺らぎが大きい時に熱の流れがどのように影響を受けるかを調べた。一方の熱浴の温度を絶対0度、もう一方の熱浴の温度を任意にとり熱流を横磁場と温度の関数としてみた時の振舞いを解析的に調べた。その結果、量子転移上では横磁場に関する熱流の高次の微分が発散していることが分かった。

論文審査の結果の要旨

熱伝導現象における熱勾配の発生機構を詳しく調べ、いわゆるフーリエ則の成立と、系の保存則の有無、次元性、相転移現象の影響などとの関係を明らかにした。その解析において量子系での非平衡現象の機構についても詳しい研究を進めている。

これらの研究は輸送現象に関する統計力学的基礎づけに重要な知見を与えるもので、博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。