

Title	Nonequilibrium Flow in Classical and Quantum Dynamical Systems
Author(s)	Yukawa, Satoshi
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.11501/3155673
DOI	10.11501/3155673
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	湯川 さとし
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 14785 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2項該当
学位論文名	Nonequilibrium Flow in Classical and Quantum Dynamical Systems (古典及び量子系における非平衡流れ)
論文審査委員	(主査) 教授 阿久津泰弘
	(副査) 教授 赤井 久純 教授 齋藤 基彦 教授 宮下 精二 助教授 菊池 誠

論文内容の要旨

この論文では、古典系および量子系における非平衡定常流、特に平衡状態から非常に離れた状況下で存在するものを取り扱う。そのような流れが存在する系として、一次元の交通流と、散逸とエネルギーの注入を伴う量子系という二つの系を取り上げ、交通流においては、系に存在している非平衡定常流の性質を、また量子系では、その非平衡定常状態に存在する定常流の発生の機構について調べている。両者の系は古典的、量子的という違いはあるものの、非平衡定常流が存在すると言う意味で共通である。

前半部で取り扱われる交通流とはマクロな世界に存在する定常な車の流れであり、物理的には非線形な相互作用をもつ粒子系がしめす非平衡定常流とみなすことができる。そのような事情のため、交通流を対象として研究することは、工学的な応用の観点から重要になることはもちろん、物理的に見ても非線形相互作用をもつ粒子系の流れという普遍的な現象を調べる足掛かりになる。特に、その前半では隘路による渋滞の発生における物理現象を、セルオートマトンモデルを用いた計算機シミュレーションを行うことによって調べた。その結果、隘路による渋滞発生は車の密度によって制御され、渋滞発生の臨界密度では有限サイズ効果をともなう揺らぎが発生することが発見された。有限サイズスケールリングの手法で調べた結果、その揺らぎはランダム揺らぎの特徴を持つことが見出された。また、その後半では、結合写像格子の概念をもちいた新たな交通流モデルを提案し、そのモデルに基づきシミュレーションを行った。その成果として実際に一次元交通流で観測されている密度揺らぎの冪乗則、密度-流量図の定性的な振る舞いの再現、また、シャノンエントロピーを用いた交通流の特徴づけをおこない、渋滞転移点直上が情報量最大である点であることが分かった。

後半部は、エネルギーの散逸と外界からの注入をともなう量子系における非平衡定常状態におけるカレントの発生機構に注目する。対象となる系は非対称周期ポテンシャルをもつ「ラチェット」系と呼ばれる粒子系であり、古典的な状況下では、エネルギーの散逸と注入を伴うとカレントが発生することが知られている。そのような系の量子力学的な領域での性質を、エネルギーの散逸の効果を表す熱浴と、時間に依存した外場をきちんと取り扱うことにより調べた。その結果、本質的に量子効果によるカレントの発生原理が解明され、古典的なラチェット系とは非常に異なる性質を持つことが明らかにされた。この成果は量子ラチェット系に関する研究では、先駆的なものであり基礎物理的な理解はもちろん将来の工学的な応用をも可能にする成果である。

論文審査の結果の要旨

湯川諭氏は、流れのある場合の非平衡状態に関し、計算物理学的手法を用い古典系及び量子系の両者の場合に対して研究した。前者の場合としては、都市交通系における交通流の渋滞・非渋滞相転移をとりあげ、結合写像系を用いた新しい解析手法を導入し流量-密度関係の統一的説明を行った。後者の場合としては、熱浴に接し非対称周期ポテンシャル中に置かれた量子力学的粒子系をとりあげ、時間変動する外場によって粒子流が誘起されることを見出した。これらは非平衡統計物理学における斬新で重要な成果であって、博士（理学）の学位論文として十分価値のあるものと認める。