

氏 名	宗 像 豊 哲
	むな かた とよ のり
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工 博 第 380 号
学位授与の日付	昭 和 49 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 数 理 工 学 専 攻
学位論文題目	Studies on Statistical Dynamical Properties of Systems of Coupled Harmonic Oscillators (調和格子系の動的性質に関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 上 田 顕 教 授 伊 原 千 秋 教 授 池 田 峰 夫

論 文 内 容 の 要 旨

この論文はブラウン運動の微視的モデルとして、調和格子系よりなる熱浴内での重い粒子のブラウン運動、熱浴としての調和格子系の動的性質についての研究をまとめたもので、緒論を含めて6章、3付録よりなっている。

緒論では、調和格子系の熱浴に用いられている理由を述べたのち、不可逆過程の原型としてのブラウン運動の現象論および統計力学の立場からの最近の研究を著者の研究と対比しながら論じ、以下の各章の内容を概説している。

第2章では、調和格子系を構成する質点系中、一粒子だけ他の粒子より重い場合、この重い粒子に対する、残りの粒子系の熱浴としての性質を、森による一般化ランジュバン方程式の理論を用いて記憶効果の観点から論じている。記憶効果は重い粒子に働く不規則力の時間相関函数、すなわち記憶函数によって表現される。この記憶函数を、調和格子系の次元によらず求める方法を定式化し、1次元格子系では解析的に、2、3次元格子系では数値的に求めている。この結果、2次元系は1、3次元系と著しく異なって、記憶函数がいつまでも消失せず、したがって重い粒子はブラウン運動を行ない得ないこと、他方1次元系は自由ブラウン運動、3次元系ではフックの力の束縛のもとでのブラウン運動となることを示している。さらに、3次元系の一方向のバネ定数を零に近づけて、系が層構造をもつ2次元系の集合に近づくとき、記憶効果が急激に増大することを示している。

第3章では、重い粒子にさらに非線型の外場が作用する場合を考察し、得られた非線型ランジュバン方程式から、重い粒子の平均運動を支配する方程式を求めると、外場のない場合に現われる粘性係数に加えて、非線型外場によるくりこまれる非マルコフ的粘性が現われることを示している。

第2、3章の結果において、重い粒子と熱浴粒子との質量比をある条件のもとに無限大にすると、1、3次元系の一般化ランジュバン方程式は現象論で用いられる通常のランジュバン方程式となる。このとき、ブラウン粒子の運動はフォッカ・プランクの分布函数に対する方程式でも記述される。

第4章では、上記質量比が有限、したがって有限の記憶時間をもつ場合について、記憶函数が指数函数で与えられると仮定し、森らの質量比の逆数展開の方法を用いて、マスター方程式から一般化されたフォッカ・プランクの方程式を導き出している。しかし導出した方程式は彼らの式とその構造が異なっており、彼らの採用した直観的仮定の誤りを明らかにしている。

第5章では、従来熱伝導を調べるモデルに用いられている、両端で熱浴に接する一次元格子系に対し、熱浴として温度の異なる1, 2, 3次元調和格子系を採用し、この熱浴が1次元格子系の両端に及ぼす効果を、森理論を用いて論じている。はじめに1, 3次元調和格子系の及ぼす効果として、従来現象論的に仮定されていたランジュバン型の方程式が導かれ、したがってそれが熱浴としての性質をもちうることを示して、現象論の基礎付けを与えている。つぎに2次元格子系に対しては、1, 3次元の場合とは記憶効果が著しく異なり、熱浴とはなり得ないことを示している。

第6章では、以上の結果をまとめると同時に、他の関連した研究の最近の発展に簡単に触れている。

付録Aは森理論の紹介、付録Bは第1章の1次元格子系のブラウン粒子の記憶函数の解析的導出、付録Cは第5章の2次元調和格子系において、その面が1次元格子系に直交する場合の記憶函数の解析的導出にあてられている。

論文審査の結果の要旨

調和格子系を熱浴とする重い粒子の熱運動はブラウン運動の微視的モデルとして統計力学的観点から多くの人々の興味を引いている。他方不可逆過程の統計理論として森により定式化された一般化ランジュバン方程式の方法およびその後の発展は多くの注目を集めているが、結果が何らの近似なしに得られているのは一次元格子系の場合に限られていた。

本論文は一般化ランジュバン方程式および射影演算子を多体問題に応用した統計理論を用いて、調和格子系の線型性に注目した次元によらぬ定式化を行い、1, 2, 3次元調和格子系よりなる熱浴内での不可逆現象、とくにブラウン運動と熱伝導における調和格子系の動的性質を記憶効果に着目して調べたものであって、得られた主な成果は次の通りである。

(1) 格子系に重い粒子が1個ある場合、この粒子に働く不規則力の記憶函数を解析的、ないし数値的に求め、その結果1, 3次元系はブラウン運動を行いうるが、2次元系は記憶がいつまでも消失せずブラウン運動にはなり得ないことを示し、マルコフ過程の観点から論じたラビンの結果を検証した。

(2) 3次元系の一方向のバネ定数を零に近づけ、系が層構造をもつ2次元系の集合に近づいていった場合、記憶効果が急激に増大することを示した。

(3) 上述の系で、重い粒子にさらに非線型の外場が作用する場合を考察し、得られた非線型ランジュバン方程式から、重い粒子の平均運動を支配する方程式を求めると、外場のない場合に現われる粘性係数に加えて、非線型の外場によりくりこまれる非マルコフ的粘性が現われることを具体的に示した。これは最近注目されているモード・モード結合理論による“裸”の輸送係数のくりこみの一例である。

(4) (1)における重い粒子を1次元格子系でおきかえ、その両端に温度の異なる1, 2, 3次元調和格子系を熱浴として採用し、この熱浴が1次元格子系の両端に及ぼす効果を調べている。このモデルは系全体

としての初期アンサンブルに非平衡分布を用いることにより、(1)の方法の定常平衡問題（1次元格子系の熱伝導）への拡張になっている。著者はまず1次元，3次元調和格子系の1次元系の両端に及ぼす効果として，従来現象論的に仮定されていたランジュバン型の方程式が導き出され，それが熱浴としての性質をもちうることを示して，現象論の理論的基礎付けを与えた。つぎに，2次元調和格子系においては，1，3次元の場合とは記憶効果が著しく異なり，熱浴とはなり得ないことを示している。

以上要するに，本論文は一般化ランジュバン方程式の方法を調和格子系に応用し，なんら近似を用いることなく，その動的性質に関する注目すべき結果を得たものであって，理論上，応用上寄与するところが少くない。よって，本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。