

氏名	こ ばやし みき 小 林 幹
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学位記番号	情 博 第 299 号
学位授与の日付	平 成 20 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	情 報 学 研 究 科 複 雑 系 科 学 専 攻
学位論文題目	Determination of Dynamical Correlation Functions in Chaotic Systems (カオス力学系における動的相関関数の決定)

論文調査委員 (主査) 教授 船越満明 教授 西村直志 教授 木上 淳

論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、カオス解を持つ方程式（以下、カオス力学系と呼ぶ）に従う力学量から、時間的に変動する力学量の異なる時間での値の間の相関の強さを表す時間相関関数、および力学量の局所平均値（有限の時間にわたる平均値）の分布を表す大偏差統計関数を近似的に決定する方法が述べられている。以下では、時間相関関数と大偏差統計関数をまとめて動的相関関数と呼ぶ。

第1章では、力学量の動的相関関数の導出法として従来からよく知られている、時間発展演算子の固有値問題に帰着する方法とMoriの射影演算子法について、その概要を説明するとともに、これらの方法を用いてカオス解の動的相関関数を求めることが困難である理由を述べている。

第2章では、カオス力学系において力学量の動的相関関数を決定する新しい方法として、Moriの射影演算子法を拡張しカオスのランダム過程をマルコフ近似する方法を提案している。以下ではこの方法をマルコフ法と呼ぶ。そして、この方法をさまざまなカオス力学系に適用し、マルコフ法を用いて得た近似的な時間相関関数が、定義式に基づく直接数値計算から求めた時間相関関数とよく一致することを示している。また、マルコフ法は大偏差統計関数の決定のために使うことも同様に可能であることを示している。

第3章では、マルコフ法と、カオスのアトラクターに埋め込まれた不安定周期軌道を用いることによって、時間相関関数が不安定周期軌道に関する情報から近似的に決定可能であることを示している。すなわち、マルコフ法を用いて時間相関関数を決定するために必要な静的な統計量を、不安定周期軌道に関する情報から決定できることを示している。そして、この方法をさまざまなカオス力学系に適用し、不安定周期軌道に関する情報からこの方法を用いて得られた時間相関関数が、数値的に得られた時間相関関数のよい近似になっているという結果を得ている。

第4章では、任意の有限状態離散時間マルコフ過程に対する、それと等価な写像の構成について調べている。ここで等価とは、不変密度、時間相関関数、大偏差統計関数がそれぞれ等しいことを意味する。Kalman写像と呼ばれるカオス解を持つ写像の不変密度と時間相関関数が、有限状態離散時間マルコフ過程の不変密度、時間相関関数と等しいことは既に先行研究で示されているが、本論文では、有限状態離散時間マルコフ過程とKalman写像での大偏差統計関数が等しいことを示すことによって、有限状態離散時間マルコフ過程とこの写像の等価性の証明に貢献している。さらに、第3章で提案した方法を用いて、有限状態離散時間マルコフ過程の時間相関関数を、それに対応したKalman写像に埋め込まれた不安定周期軌道の情報から近似的に決定することにも成功している。

第5章では、得られた結果をまとめている。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、カオス力学系に従う力学量から動的相関関数（すなわち時間相関関数と大偏差統計関数）を近似的に決定する

新しい方法を提案し、その方法の有効性をいくつかのカオス力学系において具体的に示したものである。

第2章では、第1章で説明された、これまでの方法（時間発展演算子の固有値問題に帰着する方法とMoriの射影演算子法）に基づくカオス解の動的相関関数の計算の困難さをふまえて、カオス力学系における力学量の動的相関関数を決定する新しい方法として、Moriの射影演算子法を拡張しカオスのランダム過程をマルコフ近似する方法であるマルコフ法を提案している。この方法は、力学量の動的相関関数が時間に依存しないある静的な統計量のみで決定されるという利点をもっている。また、この方法を用いた場合、射影演算子法において用いる変数の数を適切に増やすことによって精度のよい動的相関関数の近似が実現されることが、本論文のさまざまなカオス力学系に対する具体的な検証によって示されている。したがって、マルコフ法はカオス力学系での動的相関関数の新しい近似計算法として価値が高いと判断される。

第3章では、マルコフ法を用いる際に必要な静的な統計量を、カオスのアトラクターに埋め込まれた不安定周期軌道に関する情報から決定することによって、時間相関関数が不安定周期軌道に関する情報から近似的に決定可能であることを示している。この方法は、適切な不安定周期軌道を選ぶことができれば、この軌道に関する情報だけから時間相関関数が求まるという点で価値があると認められる。なお、時間差の増加に伴う時間相関関数の減衰を特徴付ける減衰定数は、不安定周期軌道の情報だけから決定可能であることが従来から知られているが、本論文の方法では、減衰定数だけでなく時間相関関数そのものを決定出来ることが大きな特徴である。また、この方法をさまざまなカオス力学系に適用した場合に、適切な不安定周期軌道を選ぶことによって時間相関関数のよい近似となる結果が得られることが具体的に示されているので、この方法は有用であると評価される。

第4章では、任意の有限状態離散時間マルコフ過程に対して、その大偏差統計関数とそれに対応するKalman写像での大偏差統計関数が等しいことを示すことによって、有限状態離散時間マルコフ過程とこの写像の等価性の証明に貢献している。また、第3章で提案した方法を用いて、有限状態離散時間マルコフ過程の時間相関関数を、それに対応したKalman写像に埋め込まれた不安定周期軌道の情報から近似的に決定することにも成功しており、このこともマルコフ法および不安定周期軌道の使用の有効性を示していると言える。

以上のように本論文のいずれの研究においても非線形力学、統計力学における重要な問題に取り組み、高い成果が得られているといえる。

よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成20年2月22日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。