

## 自己評価報告書

平成23年5月12日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008年度～2012年度

課題番号：20540376

研究課題名（和文） 大偏差統計解析の新たな展開

研究課題名（英文） New developments in large deviation statistics

研究代表者

宮崎 修次 (MIYAZAKI SYUJI)

京都大学・大学院情報学研究科・講師

研究者番号：50284170

研究分野：非線形物理学・非平衡統計力学

科研費の分科・細目：物理学・数理物理・物性基礎

キーワード：非平衡・非線形物理学，物性基礎論，統計力学

## 1. 研究計画の概要

本研究では、大偏差統計解析や統計熱力学形式に基づいて、複雑なグラフ・ネットワークを対象とする非線形・非平衡統計力学の新たな展開を目指す。大偏差統計解析や統計熱力学形式は、対象とする系の観測量の時間的あるいは空間的ゆらぎの統計的性質を明らかにしてきた。本研究では、このような解析手法を基に、複雑なグラフ・ネットワーク上の運動や関連する拡散運動の現象解析と統計的性質の解明を目標とする。

## 2. 研究の進捗状況

(1) 拡散現象に関しては、時間遅れ座標を用いて状態空間を拡張して系統的に、状態変数の二時間相関関数を求める手法を応用して、フラクタル拡散係数と呼ばれる拡散係数の複雑な制御変数依存性や保存系カオスの代表モデルである標準写像の拡散係数の制御変数依存性を精度よく、かつ、先行研究より簡易なアルゴリズムを用いて求めた。

(2) 複雑ネットワークに関しては、スモールワールド性を説明するワッツ・ストロガッツモデルの遷移行列の固有値に関する解析的な結果を導出した。また、実在するソーシャル・ネットワーク・サービスから得られた人間関係のネットワーク上で酔歩を考え、その大偏差統計解析を行うことで、従来のネットワーク分割やクラスタ解析では得られない特徴的なグラフの局所構造を抽出することに成功した。

(3) カオス振動子結合系、特に、カオス位相同期を呈する系の解析を行った。リャプノフスペクトル、リターンマップ、マルチベイスン構造、位相差の大偏差統計解析など、周期性の強いカオス素子の結合系に現れる様々

な特性を解明した。

(4) 時空カオスのように時間的にも空間的にも揺らぎが現れる系の大偏差統計解析に関心があるが、その準備的な研究として、時間的に周期的に変動する磁場中に置かれた磁区構造のモデルである周期外場を加えたスイフト・ホーエンベルグモデルの緩和現象を解析した。周期外場がない場合はストライプ状の空間パターンしか現れないが、周期外場を加えるとストライプ状パターンのほか、水玉状パターンも現れ、それぞれ異なる緩和スケールリングを呈することを見出した。

## 3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

カオス位相同期が僅かに破れたときに現れる間欠性、実在するソーシャル・ネットワーク・サービス上の酔歩などを対象とし、大偏差統計解析を中心とした統計的な解析を扱う査読のある論文6編のうち5編が公開され、1編が掲載決定となっていることからおおむね順調と自己評価している。

## 4. 今後の研究の推進方策

(1) 直鎖拡散結合系のカオス位相同期の統計解析

周期性の強いカオス素子を結合させるとカオス位相同期と呼ばれる同期現象が生じる。このようなカオス素子を直鎖状に結合し、素子の自然振動数が一端から他端まで等間隔で増大する場合、隣接素子の自然振動数差が大きいと、結合強度の増大に従って、部分的なカオス位相同期を呈するクラスタ状態を経て、全体がカオス位相同期するハード転移という現象がみられる。自然振動数差が小さいとクラスタが形成されることなく全同期

状態が実現する。これはソフト転移といわれる。直鎖結合系は小腸の蠕動運動を説明するモデルでもあり、このような系の特性を解明することは重要である。自然振動数差と全振動子数で張られる平面で、ハード転移やソフト転移がどこに現れるかを示す相図を求め、ソフト転移での位相差の大偏差統計にどのような特徴が現れるかを解明する。

(2) 拡大率スペクトルと特異性スペクトルの関係

ヤコビ行列が一定である特別なカオス力学系では、局所軌道拡大率のレート関数と特異性スペクトル  $f(\alpha)$  の間に関係式が成り立つ。ヤコビ行列は一定ではないが、そのトレースが一定であるローレンツ系など、ヤコビ行列が一定でない一般の系でこの関係式がどのようなようになるのかを解明する。

スーパー・サイエンス・ハイスクール (SSH) 対象校の高校生向けに研究成果をわかりやすく解説する場を設ける予定である。

#### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 14 件)

(1) Relaxation and hysteresis in a periodically forced Swift-Hohenberg system, Kai Morino, Katsuya Ouchi and Syuji Miyazaki, Progress of Theoretical Physics Vol.125, 掲載決定 (2011), 査読有

(2) Network Analysis Based on Statistical-Thermodynamics Formalism, Taro Takaguchi, Kei Ejima and Syuji Miyazaki, Progress of Theoretical Physics Vol.124, pp.27-52 (2010), 査読有

(3) Various Synchronization Phenomena in Discrete-Time Coupled Chaotic Rotors, Kai Morino, Takehiko Horita and Syuji Miyazaki, Progress of Theoretical Physics Vol.123, pp.923-939 (2010), 査読有

(4) Complex Basin Structure and Parameter-Mismatch Induced Intermittency in Discrete-Time Coupled Chaotic Rotors, Kai Morino and Syuji Miyazaki, Forma, Vol.25, pp.1-10, (2010), 査読有

(5) Time correlation calculation method based on delayed coordinates, Morino K, Kobayashi M U, Miyazaki S, Progress of Theoretical Physics Vol.121, pp.1143-1156 (2009), 査読有

(6) Spectra statistics of the transition matrices on Watts-Strogatz model, Takaguchi T and Miyazaki S, FORMA Vol. 24, p.p.37-40 (2009), 査読有

[学会発表] (計 31 件)

(1) Relaxation scaling laws in a periodically forced Swift-Hohenberg system, Syuji Miyazaki, Kai Morino and Katsuya Ouchi, Far-From-Equilibrium Dynamics 2011 (FFED11), January 4-8, 2011, Shiran-Kaikan, Kyoto, Japan

(2) Network Analysis Based on Large-Deviation Formalism, Syuji Miyazaki, Japan-Slovenia Seminar on Nonlinear Science (Kansai 2010), November 8-9, 2010, Osaka Prefecture University, Osaka, Japan

(3) Level dynamics and large deviation analyses, Syuji Miyazaki, Dynamics Days Asia Pacific 5 (DDAP5), September 9-12, 2008, Nara Prefectural New Public Hall, Nara, Japan

[図書] (計 1 件)

神が采を投げずとも一コイン投げ・カオス・大きな揺らぎ一, 数理工学のすすめ 改訂 3 版, 編集 京都大学工学部情報学科 数理工学コース (共著) ISBN 978-7687-0260-4, pp.69-72 (2011)

[その他] アウトリーチ活動情報  
成果発表の学会会合を催した。研究成果を高校生向けに解説する会合を設けたり、その会合に関する記事を寄稿した。

(1) 非線形科学セミナー「大偏差統計とその周辺」(高校生セッションを含む), 2011 年 4 月 30 日, 九州大学西新プラザ

(2) 分野横断型学会における高校生参加型企画の試み—形の科学会の場合—, 宮崎 修次, 秦 浩起, 大学の物理教育 15, (2009) pp.94-97, 査読無

(3) 第 66 回 形の科学シンポジウム, 「非平衡統計力学・非線形物理学と形の科学」, 2008 年 10 月 31 日~11 月 3 日, 京大会館・芝蘭会館別館 (国際交流会館)

(4) 非線形物理学・非平衡統計力学に関する連続講演会, 2008 年 8 月 30 日, 九州大学箱崎キャンパス