

平成 22 年 3 月 31 日現在

研究種目： 基盤研究 (C)

研究期間： 2007~2010

課題番号： 19540392

研究課題名 (和文) 生体分子における記憶機能の重要性と非平衡現象論

研究課題名 (英文) Nonequilibrium thermodynamics for fluctuations of biopolymers

研究代表者

中川 尚子 (NAKAGAWA NAOKO)

茨城大学・理学部・准教授

研究者番号： 60311586

研究代表者の専門分野： 数物系科学

科研費の分科・細目： 物理学・数理物理・物性基礎

キーワード： 統計物理学、非平衡・非線形物理学

1. 研究計画の概要

非平衡下での熱力学的安定性を議論する枠組みを提案する。生体分子などの遅い揺らぎや記憶効果について非平衡の観点からの整理を行う。

2. 研究の進捗状況

熱力学関係式の非平衡定常系への拡張を行った。まず、過剰熱を観測量にすることにより、平衡のごく近傍では熱力学関係式の素直な拡張が可能であることを示した。これによって、同時にエントロピーの非平衡系への拡張に成功した。次に、もう少し離れた非平衡系に適応可能な形に理論を拡張した結果、熱力学関係式を閉じさせるためには、観測量に非自明な相関項を加えなければならないことを見出した。

上記の熱力学関係式の研究を進める一方で、さまざまな熱力学関数や熱力学第二法則を非平衡系に拡張する試みを行った。その結果、熱力学関係式が素直に拡張できても、第二法則や安定性の議論は決して素直に拡張できるわけではないことがわかり、その安定性の難しさを「ルシャトリエ=ブラウン原理の非平衡への拡張に伴う制限」という形で明快に例示することができた。この結果は、残念ながら、非平衡系への熱力学形式の拡張の難しさを如実に表すことになったが、同時に、多くのマクロ系では第二法則や安定性を含めて拡張できることも示すことになった。

理論的枠組みを追究する一方で、生体高分子を例にとり、非平衡状態からの遅い緩和について研究を行った。すでに申請者たちによって提案されていた遅い揺らぎを引き出すための枠組みを洗い直して問題点を明らかにすることができた。また、多点相関で生体分

子の遅い揺らぎを特徴づける試みも行い、粉粒体系などの他種の系との比較検討ができる条件が整ってきた状況にある。

3. 現在までの達成度

③やや遅れている。

理由：非平衡系の安定性を議論する方法については計画開始当初からアイデアを持っていたが、平衡系から非平衡系への拡張に込み入った非自明な効果があることが明らかになり、制限の付き方などの難しい議論が必要になった。そのため、見通しのいい議論の形にまとめるために予想以上の時間がかかった。

4. 今後の研究の推進方策

来年度が研究計画の最終年度にあたるため、進捗状況に記載した内容をはじめとするすべての未発表内容を研究論文としてまとめあげ、公表することを最優先事項とする。

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 6 件)

1. Teruhisa S. Komatsu, Naoko Nakagawa, Shin-ichi Sasa and Hal Tasaki, Representation of nonequilibrium steady states in large mechanical systems, Journal of Statistical Physics, 査読有, vol.134 (2009), p. 401-423
2. Teruhisa S. Komatsu, Naoko Nakagawa, Shin-ichi Sasa, Hal Tasaki, Steady-State Thermodynamics for Heat Conduction: Microscopic Derivation,

- Physical Review Letters, 査読有, vol. 100 (2008), 230602
3. Teruhisa S. Komatsu, Naoko Nakagawa, Expression for the Stationary Distribution in Nonequilibrium Steady States, Physical Review Letters, 査読有, vol.100 (2008), 030601,
 4. Takahiro Harada, Naoko Nakagawa, A Reversibility Parameter for a Markovian Stepper, Europhysics Letters, 査読有, vol.78 (2007), 50002.
 5. Naoko Nakagawa, Confomational Temperature Characterizing the Folding of a Protein, Physical Review Letters, 査読有, vol.98 (2007), 128104

〔学会発表〕 (計 7 件)

1. 中川尚子、「非線形非平衡」の拡張クラウジウス関係式、日本物理学会、2009年9月26日、熊本大学
2. 中川尚子、On the Second law of Steady State Thermodynamics、Frontiers in Nonequilibrium Physics、2009年8月3日、京都大学
3. 中川尚子、Comformational temperature characterizing the folding of a protein、Frontier of Glassy Physics、2008年11月20日、京都大学
4. 中川尚子、非平衡定常系における熱力学関係式とその応用 1、日本物理学会、2008年3月24日、近畿大学
5. 中川尚子、仕事分布に現れる記憶効果と非平衡度の影響、日本物理学会、2007年9月24日、北海道大学