

閉じた排他過程周りの摂動論に関して

渡邊真隆

名古屋大学 情報学研究科 複雑系科学専攻

概要

閉じた排他過程に脱吸着が付与されたモデルに関して、定常状態の一般的な表式を摂動論で導出する。この公式は[Phys. Rev. E **97**, 032135]で予想された空間一様な脱吸着付き ASEP の定常状態に関する予想を一般化して解決するものである。この手法を用いて一様脱吸着付きの開放端非対称単純排他過程の定常状態に関する相図を描き、平均場近似を用いて導出された結果を再現する。

On perturbation around closed exclusion processes

Masataka Watanabe

Graduate School of Informatics, Nagoya University, Nagoya 464-8601, Japan

Abstract

We derive the formula for the stationary states of particle-number conserving exclusion processes infinitesimally perturbed by inhomogeneous adsorption and desorption. The formula not only proves but also generalises the conjecture proposed in [Phys. Rev. E **97**, 032135] to account for inhomogeneous adsorption and desorption. As an application of the formula, we draw part of the phase diagrams of the open asymmetric simple exclusion process with and without Langmuir kinetics, correctly reproducing known results.

本文

非対称単純排除過程 (ASEP) は非平衡系の重要な可解モデルであり、物理学だけではなく生物学や社会現象との関連からも注目されている。ASEP は 1 次元格子を非対称に飛び移る粒子を記述する連続時間マルコフ過程であり、例えばその定常状態を調べることは興味深い。ASEP はその可積分性から定常状態が厳密に求まる利点がある一方、可積分性のない排他過程の定常状態はその重要性に反して調べるのが難しい。

我々は、そのような系のうち、閉じた排他過程が空間依存性のある脱吸着で摂動を受けたものを考え、その定常状態を一般的に導出した。なお、このうち特に重要な具体例が Langmuir kinetics (空間一様な脱吸着) 付きの ASEP (ASEP-LK) であり、モータータンパク質の運動を記述すると考えられている [1]。ASEP-LK の定常状態の摂動論による表式は [2] で予想されたが、これまで証明が与えられていなかった。我々の結果は、この予想を解決してさらに脱吸着に空間依存性を持たせる拡張を行ったものとなる。

我々の結果はこれまで平均場近似によって導出されてきた ASEP の相図の (摂動的部分の) 再現も可能で

ある。例えば、開放端 ASEP は端のサイトだけに脱吸着がある閉じた ASEP だと考えることもできるため、我々の公式が適用可能である。さらに、開放端 ASEP-LK の相図の一部も再現した。これらの結果は正当化が難しい可能性がある平均場近似を回避して相図を書き下す新たな手段として重要だと考えている。

詳細は [3] に出版済み。

参考文献

- [1] A. Parmeggiani, T. Franosch and E. Frey, “Phase coexistence in driven one-dimensional transport”, *Phys. Rev. Lett.* **90**, 086601 (2003)
- [2] J. Sato and K. Nishinari, “Relaxation dynamics of closed diffusive systems with infinitesimal Langmuir kinetics”, *Phys. Rev. E* **97**, 032135 (2018)
- [3] M. Watanabe, “On perturbation around closed exclusion processes,” *SciPost Phys.* **17** (2024), 092