

アクティブ XY モデルにおけるトポロジカル欠陥の効果

井上 駿, 湯川 諭

大阪大学大学院 理学研究科 宇宙地球科学専攻

要旨

本研究では格子点上に固定された古典的な XY モデルと自由空間を動き回れる Vicsek モデルとの中間的モデルとしてスピンの向きに自らを駆動して格子点を動き回れるようにした「アクティブ XY モデル」について考える。古典 XY モデルではスピンの向きがトポロジカル欠陥を示すが、本研究ではアクティブ XY モデルを用いてトポロジカル欠陥と自己駆動力との関係性について調べる。その結果、自己駆動力を大きくすると粒子は +1 渦欠陥に凝集し、-1 渦欠陥は系に存在しにくいことが明らかとなった。

Effect of Topological Defects in Active-XY Model

Shun Inoue, Satoshi Yukawa

Department of Earth and Space Science, Graduate School of Science, Osaka University

Abstract

In this study, we introduce the active-XY model which is an intermediate model between the classical XY model with spins fixed on lattice points and the Vicsek model with spins traversing freely through space. This model allows spins to self-propel and navigate across lattice points according to their orientations. While the classical XY model is known for the emergence of topological defects, our research investigates the relations between topological defects and the self-propulsion mechanisms within the framework of the active-XY model. Our results show that as self-propulsion intensifies, particles increasingly aggregate at +1 vortex defects, while -1 vortex defects become less common in the system.

1 はじめに

自らを駆動する要素の集団はアクティブマターと呼ばれ、多様な協同現象を示す。近年では細胞集団がトポロジカル欠陥に集積する例 [1] など、アクティブマターの協同現象にはトポロジカル欠陥が重要な役割を果たしていることがわかっている。

本研究では格子点上に固定された古典的な XY モデル [2] と自由空間を動き回れる Vicsek モデル [3] の中間モデルとしてスピンの向きに自らを駆動して格子点を動き回れるようにしたアクティブ XY モ

デルについて考える。古典 XY モデルではトポロジカル欠陥が現れるが、Vicsek モデルではトポロジカル欠陥が与える影響が明らかではない。以上を踏まえ、アクティブ XY モデルでは排他性を仮定し、自己駆動力とトポロジカル欠陥の関係性を調べる。

2 アクティブ XY モデル

スピン系のモデルとして知られる古典 XY モデルをアクティブ系に拡張する事を考える。周囲と向きを揃える相互作用を反映したアクティブマターモデルとしては Vicsek モデルが有名であるが、古典 XY

