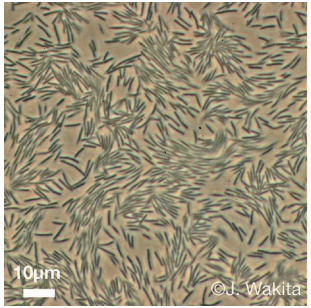
39 自走する粒子系としての細胞や生物集団のふるまい

混雑した駅の通路や交差点を歩いているうちに，行き交う人の流れに自然と「レーン」が形成されていることに気づくことがある．こうしたヒトの群集に限らず，動物の群れや微生物の集団を観察してみると，なにかに命令されることなく，運動の様子や配置・配列に，ある種のパターンや構造が自発的に現れる例がいくつも見つかる（写真左はバクテリア（枯草菌）が集団運動している様子）．

互いに影響し合いながら運動する同種の粒子や要素が呈する巨視的なふるまいを知り，その背後にある数理的な共通性や差異を明らかにするのは，統計物理の重要なテーマの1つである．細胞や動物，人工的な移動物体である自動車など，自ら運動する粒子や物体を「同種の粒子」とみなし，自己駆動粒子系やアクティブマターとよんで，その多体的・統計的なふるまいを明らかにしようという試みが広がっている．自己駆動粒子系は複雑でその例は多岐にわたるため，それらをすっきりと分類することは難しい．一般に，粒子自体が異方的で，エネルギー散逸と注入をともない，粒子間の実効的な相互作用に作用・反作用の法則が成り立たない．また，局所的なゆらぎが緩和せず系全体におよび，疎密や対流，渦などが自己組織される（写真右は竜巻状の鳥（ムクドリ）の渦巻き）などの点において，アクティブではない粒子の系とはふるまいが大きく異なる．



ゆらぎをともないながら自走する粒子を単純化した数理モデルとして，ビチェックモデル（Vicsek model）がよく調べられている．周囲と進行方向をそろえようとする効果とゆらぎとの競合によって，運動方向の秩序が不連続的に相転移することが知られている．はじめはランダムに歩行していた昆虫の集団が，ある密度をこえると1方向に行進をはじめる現象などが，このモデルでよく説明できるという報告もある．こうした研究によって，生物や人工物の「群れ」の数理的な理解が進みつつある．

早川美徳（東北大教情セ），会誌編集委員会

©2016 日本物理学会