

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第	号
------	-------	---

氏 名 石渡 龍輔

論 文 題 目 非対称散逸系における集団運動の
安定性評価

論文審査担当者

主 査 名古屋大学教授 杉山 雄規

委 員 名古屋大学教授 畔上 秀幸

委 員 名古屋大学教授 時田 恵一郎

論文審査の結果の要旨

石渡龍輔君提出の論文「非対称散逸系における集団運動の安定性評価」は、非対称散逸系という、作用反作用の法則を満たさず、運動量もエネルギーも保存しない相互作用による粒子集団の運動に関する研究である。第1章は序論であり、研究の背景および目的を述べている。自動車や生物個体などは物理学的には自己駆動粒子と呼ばれている。自己駆動粒子は、非対称相互作用により運動し、集団系ではエネルギーの流入と散逸による流出がバランスし、非自明な運動する巨視的形態が発現することを述べている。彼の研究は、この動的形態の安定性を評価することを目的としている。

第2章ではこのような現象の例を挙げ、第3章では自己駆動粒子集団の数理モデルの例を挙げている。第4章では、この論文で取り上げる2次元OVモデルについて説明し、2次元空間での粒子集団流の解析を行うことを述べている。

第5章では、空間で等方様な密度の粒子流の安定性を調べている。一様な粒子流はこの模型の自明な解として存在するが、臨界密度以上で不安定になることが知られている。彼は、種々の粒子配置に対して一様運動の安定性が異なることを、線形解析により調べた。1次元系で粒子の流れを不安定にするのは、縦波のモードのみである。2次元系では、これに加えて横波のモードが寄与し、さらに楕円偏向モードと呼ばれる非対称相互作用に特徴的なモードが重要な役割を果たすことを述べている。特に、粒子が運動する方向の正面に他の粒子が配置するパターンは、このモードにより常に不安定であることを示した。これは、大規模な鳥の群れの現象について、鳥の進行方向前方に近接する他の鳥がない、という観測結果と整合するものである。

第6章は、非対称相互作用による集団の適応的運動を解析したものである。迷路状に設定された空間におけるOV粒子集団は、自発的に迷路の最短ルートで流れる非平衡定常状態を形成する。彼はこの最適流動形態を詳細に解析し、その安定性を定量的に評価した。彼は、OV粒子集団の流動形態を粒子の分布関数として与え、その類似度の差違を Wasserstein 測度による距離として規定し、この測度空間内の点として形態を表現するという方法を適用している。形態の時間的変化は、この空間における軌道として表現され、安定な形態をこの空間で時間的に定在する点として識別し安定性を評価している。その結果、自発的に形成される最適形態は、この空間で力学系のアトラクターに類似した構造を持つことが見出された。さらに、相互作用する粒子の感応度に応じて安定性が大きくなることを見出している。

第7章は結びであり、本論文の総括、課題、展望について述べている。

以上のように本論文は、非対称散逸系の集団運動に対して新たな研究手法を提案し、群れ運動の特徴的性質と、この系の行動適応性と自発的に形成された動的形態の安定性を見出している。本研究の成果は学術上の意義があるのみならず、情報科学の応用上も極めて価値のあるものである。よって、本論文提出者の石渡龍輔君は、博士（情報科学）の学位を受ける十分な資格があるものと判断する。

