

氏 名	たなか だん 田 中 ダ ン
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 2859 号
学位授与の日付	平 成 17 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 ・ 宇 宙 物 理 学 専 攻
学位論文題目	Chemical turbulence equivalent to Nikolaevskii turbulence (Nikolaevskii 乱流と同一の化学乱流)
論文調査委員	(主 査) 助教授 篠 本 滋 教 授 小 貫 明 助教授 早 川 尚 男

論 文 内 容 の 要 旨

この研究では、振動性反応拡散系の多重臨界点近傍で中心多様体縮約を行い、非局所結合 Complex Ginzburg-Landau 方程式(NLCGL)を導いた。また、その一様解の線形安定性を網羅的に調べた。この式の一様振動解は、Benjamin-Feir 不安定性のみならず、Turing 不安定性をも示す。NLCGL は結合振動子系の研究の未開拓領域を拓く一つの標準形であって、その解析は数理科学に新しい概念をもたらし得る。本論文はそのための足場を固める布石でもある。

地震波のモデル (Nikolaevskii 方程式) で近年発見され、液晶対流系での実験(soft-mode 乱流)との対応も議論されている乱流状態が、反応拡散系でも生じる事を示した。具体的には、NLCGL を位相縮約し、その得られた位相方程式が、Turing, Benjamin-Feir 両不安定性の codimension-two point 近傍で Nikolaevskii 方程式と等価になることを示している。NLCGL の数値計算で、このカオス状態や, Kuramoto-Sivashinsky 乱流を出し、これらの空間的パワースペクトルが、縮約方程式から得られたものと酷似していることを示した。また、縮約に用いたスケーリングが、理論的に保証の無いパラメータ領域でも有効であることを示し、このカオス状態の robust 性を主張した。

地震波のモデル・反応拡散系・液晶対流系・熱対流系と、様々な物理系で議論されていて、普遍的なクラスを成す時空カオス状態を解析した。このカオスは、一様状態から超臨界的に生じ、長波長の弱安定モードと短波長の不安定モードの非線形相互作用が本質的である。このため、両モードで閉じた方程式系を他のグループが提案していた。しかし、その妥当性には議論の余地があり、本論文ではこの検証を行った。また、多くの先行研究におけるパラメーター設定が不適切であることを指摘するなど、先行研究群の錯綜を收拾する意義もある。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

申請者は、ある種の自発的対称性の破れを経た系において、Turing 機構がどのような影響を受けるかを議論した。自発的対称性の破れは、多くの系で観られる重要な物理現象である。Turing 機構がどのような影響を受けるかを議論した。自発的対称性の破れは、多くの系で観られる重要な物理現象である。また、Turing の空間構造形成機構は学際的に認知され、基礎科学で議論されているばかりか、工学的応用への期待も高まっている。従って、申請者の研究は、広く適用可能で重要な物理概念を構築した。

拡散結合が実効的に非局所結合となり得ることに着目した研究は少ない。申請者の扱う非局所結合振動子系は、既にその性質がよく知られている局所結合、および大域結合振動子系を極限として含み、時空非局所性を独立にコントロールできるパラメータのおかげで、両極限の中間に質的に新しい第三の特性領域を見出せる。この未開拓領域の研究は、散逸系物理学に新しい概念を生み出し得る。実際、多くの新しい挙動や性質の発見がなされつつあり、今後の進展も強く期待されている。

申請者は、自らの見出した化学乱流が、液晶対流系や熱対流系、地震波の伝播モデルなど、一見異なる各種の物理系と深く関連することを明らかにしている。従って、申請者の研究は、現象の個別理論ではなく、自然界に遍在する普遍的機構を解

明したと言える。

申請者は、あるクラスの反応拡散系から、前述の地震波の伝播モデルと同一の方程式系を導出した。この方程式系は、ここ数年来国際的に注目を集め、その数理的性質が議論されている。申請者は先行研究群を総整理し、システマティックな数値解析により、先行研究群の矛盾点を解決し、また、その問題点を提起した。この系の解析について、申請者は今や国際的な第一人者であり、申請者の研究成果は国際的に注目されている。

本論文で導出される方程式系の一つは、申請者によって、その重要性が広く再認識され、応用数学者の注視をも集めることとなった。このような学際的な啓蒙も、申請者の顕著な業績と言える。

論文内容とそれに関連した口述試問をおこなった結果、十分学位の価値があるとして論文は合格と認めた。