

氏 名	かわ 河 村 洋 史
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 3108 号
学位授与の日付	平 成 19 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	Spatiotemporal Chaos in Coupled Oscillator Systems with Global Feedback or External Noise (大域的フィードバックあるいは外部ノイズを受けた結合振動子系における時空カオス)
論 文 調 査 委 員	(主 査) 助教授 篠 本 滋 教 授 太 田 隆 夫 教 授 小 貫 明

論 文 内 容 の 要 旨

フィードバックあるいは外力が結合振動子系の示す振る舞いに与える影響を知ることは、物理学的に重要であるのみならず、工学的な応用という側面からも強く望まれている。本論文では、大域的フィードバックあるいは外部ノイズを受けた結合振動子系について考察している。

振動性反応拡散系は適切な条件下で化学乱流と呼ばれる時空カオス状態となる。近年、その化学乱流の制御の問題が重要視されている。注目すべき事実として、振動性反応拡散系の化学乱流は大域的フィードバックを通して完全に抑制できることが知られていた。本論文では、大域的フィードバックによって化学乱流が完全に抑制されるよりも前に、化学乱流状態における集団振動の発生として特徴付けられる相転移が存在することを示した。また、大域的フィードバックに誘起されたこの相転移は、平均場の Hopf 分岐として理解され、それを記述する実効的な Langevin 方程式を現象論的に導出し、相転移の性質を明らかにした。

力学系に外部ノイズを加える時、一般に系の実効的ダイナミクスは変化する。ノイズがその系の時空間的構造を壊すため、通常、実効的ダイナミクスはより単純化されると言われて来た。本論文では、その直観に反する例を提示した。特に、空間的に非局所結合したリミットサイクル振動子系は、時空間的に白色なガウシアンノイズを加えることで、一様振動状態から時空カオス状態に転移し得ることを示した。縮約理論を駆使することで、系を時空カオス状態へと導く実効的な力学的不安定性の正体を明らかにし、系がノイズに誘起された時空カオス状態となるパラメタ領域を理論的に決定した。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

申請論文は、結合振動子系の集団振動のダイナミクスに関する研究のなかで、大域的フィードバックを受けた振動性反応拡散系の示す集団振動のダイナミクスと、外部ノイズを受けた非局所結合振動子系の示す集団振動のダイナミクスという、二つの問題を取り上げた。

化学乱流の制御の問題は、工学的な応用において非常に重要な課題であり、理論的にも実験的にも現在盛んに研究されている。特に、白金触媒下における一酸化炭素の酸化反応を用いた、大域的フィードバックによる化学乱流の抑制に関する研究は注目に値する。しかしながら、それらの研究の多くは、どのパラメタ領域で化学乱流が抑制されるかを示す相図を見出すことにのみ費され、大域的フィードバックが化学乱流の統計性や集団運動のダイナミクスに与える影響については調べられて来なかった。そのような中で、大域的フィードバックによって化学乱流が抑制されるよりも前に、化学乱流状態における集団振動の発生として特徴付けられる相転移を見出し、それを記述する実効的な Langevin 方程式を導出したことは大変意義深い。また、上述の実験系に対応する現実的な理論モデルにおいても、この相転移の存在を確かめており、近い将来、実験的にも観測されると期待される大変優れた研究である。

申請者はまた、近年盛んに研究されてきた非局所結合振動子系において外部ノイズの与える影響を調べるため、縮約理論

を用いて研究を行った。非局所結合振動子系においては、外部ノイズによって一様振動状態から時空カオス状態への転移が存在することを示し、その不安定性の正体を明らかにした。特に、代表的な縮約法の一つである位相縮約法を二段階で用いることにより、個々の振動子のダイナミクスの記述と集団振動のダイナミクスの記述を結びつけることに成功した。

また、物理現象の記述の階層性とその連結は、統計物理学的な観点からも非常に興味深い。古くから、気体分子運動論の研究において、物理現象の階層性の存在とその重要性が認知されていたが、近年における計算機能力の著しい発展に伴い、複数の階層を持った様々な系の研究が行われ始め、特に階層を連結する試みが数多くなされている。申請論文で用いられた手法は、この分野に新しい概念と技術をもたらし得るだけの豊富な内容を含んでおり、今後の進展が強く期待される。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。