

氏 名	とく だ ひで かず 得 田 英 和
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 3113 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	Dynamics of Nonlinear Dissipative Traveling Waves under Feedback and External Forcing (フィードバックと外力下での非線形散逸伝播波のダイナミクス)
論文調査委員	(主 査) 教 授 太 田 隆 夫 教 授 小 貫 明 助教授 篠 本 滋

論 文 内 容 の 要 旨

非線形非平衡系での秩序構造形成とその安定性やダイナミクスに関しては、熱平衡系と比較して、そのメカニズムや法則の解明は十分進んでいない。数理的興味のみならず、近年、材料科学におけるナノ構造の制御や非線形光学のパターン制御などと関連して、重要性が注目されている研究課題である。

本研究では相分離と化学反応が競合するモデル系を導入し、その解として自己組織的に伝播する波の諸性質を数値シミュレーションと非線形動力学理論で研究を行った。新しく得られた結果は以下のとおりである。

- (1) 時間空間的に周期的に変化する外力における伝播波のダイナミクスの数値シミュレーションを行い、動的相図を作整した。
 - (2) 伝播波の波長と外力が等しいときの伝播波の引き込みと周期的変調に対する振幅方程式を繰り込み群の方法で導出した。
 - (3) 外力が大きい極限での波のピン留めから、外力を弱めていったときの拘束的振動への分岐を理解するための位相方程式の導出と解析を行った。
 - (4) 伝播波の波長と外力が等しくないときの伝播波の多彩なダイナミクスと、外力が存在しないときのパターン選択との関係を解明した。この研究は未完成ではあるが、今後の発展が大いに期待できる斬新なアイデアを含んでいる。
 - (5) ある瞬間の伝播波のプロファイルを一定の距離並進させて、発展方程式にフィードバックすることによる波の安定性と数値的に調べた。非平衡パターンのフィードバックの研究は光照射によるペロゾフ・ジャボチンスキー反応や、吸着分子気体圧力をフィードバックすることによる金属表面での吸着反応の制御などが知られているが、伝播する波に対するフィードバックの研究は本研究が、おそらく、世界最初である。
 - (6) フィードバックによる伝播波の速度の決定を位相方程式を導出することによって詳細に解析した。
 - (7) フィードバックにおける並進の大きさがある範囲にあるとき、波の伝播する方向が逆転するという興味深い現象を数値シミュレーションで発見した。これを理論的に理解するため、位相変数に着目する自由度の縮約を行い、速度反転を定量的に再現する理論を構成した。
- (1)―(3)は Physical Review 誌に掲載されており、(4)は Journal of Physical Society of Japan に掲載されている。(5)―(7)は Physical Review に投稿中である。

学位論文ではこれらすべてを詳細に記載しており、その内容は学位論文としての価値を十分にもっている。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

非線形散逸系の研究は、過去30年ほど着実に進歩してきている。非平衡系で自己組織的に発現するさまざまな静的、動的構造の理解のみならず、それらに外力を働かせたときの応答に関しても研究が行われてきた。たとえば、非線形ダイナミク

スの典型であるリミットサイクル振動の外力による引き込み現象や相互作用するリミットサイクル系の同調現象については、大規模数値シミュレーションや位相ダイナミクスによる理論的研究が行われている。

審査の結果、本学位論文は以下の諸点において新規性と独自性があり、非線形非平衡系の研究に寄与するものであることが認められた。

- (1) 本研究の対象である非線形散逸伝播波は有限波数でのホップ分岐で生じるものである。非平衡系のこのような波は、位相波やトリガー波と比べて、その重要性にもかかわらず十分な研究が行われていない。
- (2) 外力による引き込みなどのこれまでの研究のほとんどは、空間的な構造をもたない一様振動系に対するものである。それに対して本研究では時空間的に周期的に変動するパターンに時空間的変調を与えたときの振る舞いを系統的に研究したものである。
- (3) 単なる外力ではなく、自己組織的に生成されたパターンを注目する系にフィードバックしたときのダイナミクスを、おそらく世界で最初に扱った研究である。数値計算によって、フィードバックで波の伝播方向を逆転させることができるなど、注目すべき発見をしている。
- (3) 数値シミュレーションのみならず、それで得たさまざまな新しい結果を理解するために、これまで研究されていない2変数位相方程式を導入し、数値結果のほぼすべてを定量的に再現する理論を発展させた。
- (4) これらの研究は非線形ダイナミクスの数理的側面に寄与するのみならず、ナノ材料科学での構造制御や生体系での機能制御に対する基本的知見を与えることにも有効である。

学位公聴会の質疑応答において、申請者が上記新しい分野を開拓していく能力をもっており、非線形非平衡系の、少なくとも必要最低限の専門的知識を獲得していることが認められた。

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。