

氏名	光 藤 誠太郎		
授与した学位	博	士	
専攻分野の名称	理	学	
学位授与番号	博 甲 第 1232 号		
学位授与の日付	平成 6 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	自然科学研究科物質科学専攻 (学位規則第 4 条第 1 項該当)		
学位論文題目	磁性体における非平衡・非線形現象の研究		
論文審査委員	教授 山寄比登志	教授 田中 基之	教授 大嶋 孝吉
	教授 山本 恭二	教授 永原 賢	

### 学 位 論 文 内 容 の 要 旨

強磁性体であるイットリウム鉄ガーネット (YIG) のマグノンを用いて、大電力マイクロ波によって励起し、そこで観測される非平衡・非線形状態の性質について研究を行った。実験は二種類の物理的過程の異なる励起により行われる。スールの第一次不安定性過程による実験で、周期倍カスケードによるカオスが観測された。この周期倍カスケードについてパワースペクトル、相空間に再構成された軌道の様子、アトラクター、ポアンカレ断面、相関次元、 $f(\alpha)$  スペクトル、ローレンツプロット、リアプノフ指数などの定性的または定量的性質を明らかにした。このことよりこの状態は平行励起による不安定化の過程、またそのモデルによるシミュレーションで現れた状態とほとんど同じ状態であることが明らかになった。さらに平行励起による不安定化の過程による実験で、準周期性、間欠性による現象を観測した。準周期性については、振動数の変化、相空間に再構成された軌道の様子、アトラクター、ポアンカレ断面、方位角リターンマップ、引き込み現象などの性質を明らかにした。間欠性については、リターンマップ、ラミナー長の分布、ラミナー長の平均の制御パラメータ依存性などの性質を明らかにした。このことにより一見、実験上の不安定（多自由度による不安定）要素に起因するように思える状態が、系本来がその構造の中にもつ不安定（カオス）によるものであることを明らかにした。また、周期倍カスケード、準周期性、間欠性、という 3 つの性質は非平衡・非線形状態の示す特徴の代表例であり、その代表的状態がマグノン系ですべて観測されたことになる。

## 論文審査の結果の要旨

最近非線形現象の研究が盛んになされているが、それはカオス、フラクタル、ソリトン、自己組織化といったキーワードで表され、非線形性に起因して現れる特異な現象を対象とする分野である。物理的にとどまらず気象、化学、生物学その他広い分野において、これまで不規則現象と見られていたものの中に決定論的不規則現象すなわちカオスが、多く存在することが分かった。

本論文では、磁性体のイットリウム・鉄・ガーネットに大電力のマイクロ波を加え、パラメトリック励起法によって特定の波数を持ったスピンのみを大量に励起して、熱平衡状態から大きく外れた非平衡状態を実現している。このスピンの非平衡・非線形状態である自励発振状態を示す性質として周期倍カスケード、準周期性、間欠性、という特徴的な3つの性質を見いだしている。周期倍カスケードによるカオスについてはパワースペクトル、アトラクタ、 $f(\alpha)$ スペクトル、リアプノフ指数その他の詳細を定量的に明らかにした。それらはスピン波間の非線形相互作用に基づくモデルハミルトニアンの数値計算シミュレーションによるカオスと定性的に良い一致を示している。準周期性については2つの周波数成分からなり、位相空間の軌道はトーラス構造をしていることを明らかにした。また自励発振の周波数変化において位相ロッキング強さがいわゆる「悪魔の階段」構造をしていることを明らかにした。間欠性については自励発振が起こりかけた初期状態で、一見、実験上の多自由度不安定性に起因すると予想されていた状態を解析し、ラミナー長分布の解析からこれが間欠性カオスであることを見事に解明した。以上の3つの性質は非平衡・非線形系すべてに普遍的にみられる現象であり、非平衡スピン波系が非線形科学のモデルシステムとしての位置を揺るぎないものにしたとすることが出来る。

本論文の内容、論文発表会、参考論文を総合的に審査した結果、本論文は博士学位論文に値するものと認定する。