

パラメトリック励起されたマグノンの不規則振動とカオス

岡山大・理 山 嵯 比登志

マグノンをパラメトリック励起する方法の一つである。平行励起法 (Parallel Pumping) では、静磁場と共にマイクロ波磁場を磁気モーメントに平行方向に加える事によって、周波数がマイクロ波の半分で、波数が $+k$ と $-k$ のマグノン対、つまり定在波が励起される。マイクロ波電力がある臨界値より大きくなると、マグノン数は緩和により減少するよりも、励起される数の方が多くなり、熱平衡値を越えて増え始める。ある波数のマグノンが一旦増え始めると、マイクロ波との結合が強くなり、そのマグノンのみが益々効率よくエネルギーを吸収するので、雪崩現象的に増えていく。マイクロ波電力を強くして行くと、マグノン数が自励発振をするようになり、規則振動、さらにカオスが発生する。

強磁性体 YIG (イットリウム鉄ガーネット) と $(\text{CH}_3\text{NH}_3)_2\text{CuCl}_4$ について実験を行ったところ、静磁場などを変化させることにより様々な波形のマグノン振動が得られたが、それらの中からストレンジアトラクタが得られた二つのカオスを報告する。

YIG の実験は温度 4.2 K, 励起マイクロ波周波数 8.86 GHz, 磁場は結晶の磁化容易軸である $[111]$ 軸方向に加えて観測した。マグノン数の振動は強磁性体に吸収されるマイクロ波電力の検波出力の振動として観測される。振動は数 10 kHz の単一周期から周期 2, 次いでカオスと変化した。更にマイクロ波を強くすると周期 4 から周期 2 を経て強い単一周期発振となり、周期倍分岐の逆過程が観測された。時間間隔 $1\mu\text{sec}$ で取った時系列データ $V(t)$ を使って 3 次元位相空間に軌道を描いた。この基本振動数は 62.5 kHz である。座標値は $[V(t), V(t+\tau), V(t+2\tau)]$, $\tau = 3\mu\text{sec}$ と取った。その軌道の $V(t)$ vs. $V(t+\tau)$ 面への投影図が図 1 である。図 1 中の線分 A-J を通り紙面に垂直な面でとったポアンカレ断面図を図 2 に示す。軌道面は薄いシート状をしており、それが時間発展と共に折り畳まれ、次いで引き伸ばされて行く様子が良く分かる。このことからこれがフラクタル構造をしており、ストレンジアトラクタとなっている事が分かる。相関指数から求めたフラクタル次元は 2.0 である。

$(\text{CH}_3\text{NH}_3)_2\text{CuCl}_4$ の実験は温度 1.65 K, マイクロ波周波数 9.39 GHz, 磁場は第 2 容易軸である b 軸に加えて行った。そのストレンジアトラクタの投影図とポアンカレ断面図を図 3 と 4 に示す。この基本振動数は 8.5 kHz で, $\tau = 17.5\mu\text{sec}$ と取り, $\{V(t+2\tau)-V(t)\}$ vs. $V(t+\tau)$ 面に投影したのが図 3 であり, 図中の線分 1-8 を通り紙面に垂直な面で取ったポアンカレ断面図が図 4 である。データ点のバラつきはかなりあるが, この場合も折り畳

み, 引き伸ばし効果が良く分かる。相関指数から求めたフラクタル次元は2.3である。

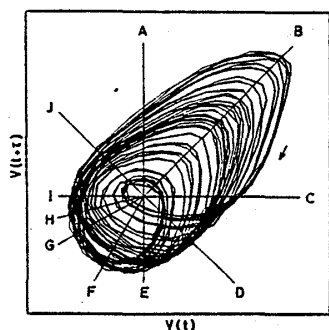


図1 YIGのストレンジアトラクタ

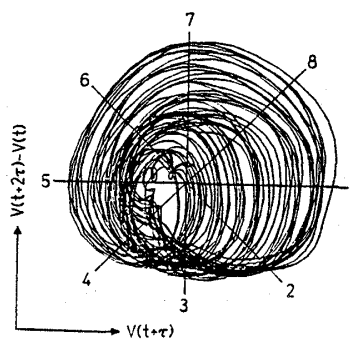


図3 $(\text{CH}_3\text{NH}_3)_2\text{CuCl}_4$ のストレンジアトラクタ

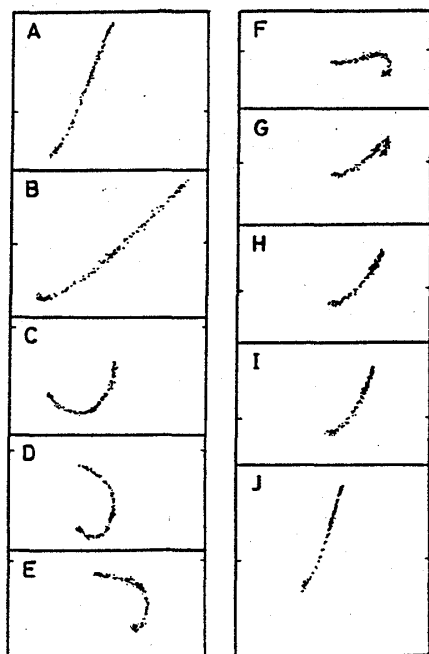


図2 YIGのポアンカレ断面

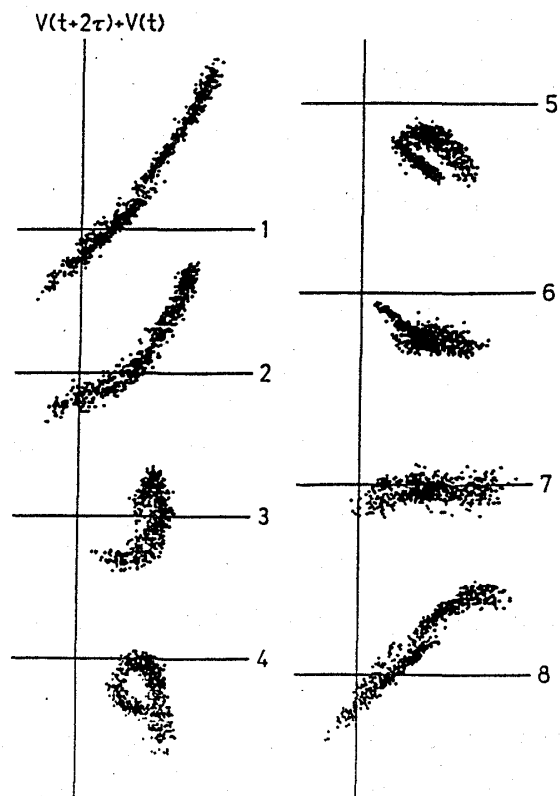


図4 $(\text{CH}_3\text{NH}_3)_2\text{CuCl}_4$ のポアンカレ断面

参考文献

- 1) M. Mino and H. Yamazaki: J. Phys. Soc. Jpn. 55 (1986) 4168.
- 2) H. Yamazaki and M. Warden: J. Phys. Soc. Jpn. 55 (1986) 4477.
- 3) H. Yamazaki, M. Mino, H. Nagashima and M. Warden: J. Phys. Soc. Jpn. 56 (1987) 742.