

非局所結合素子系の時空カオスと特異性 - マルチフラクタルな時空間欠性 -

京大理 中尾裕也

リミットサイクル振動子やカオス素子など、自律的な内部状態のダイナミクスを持つ素子の集団に「非局所的な結合」や「時間的にランダムに変動する空間的にゆるやかな外場」を導入した系の示す時空カオス・時空乱流状態について発表する予定です。素子のダイナミクスがマップで表される場合、系の従う方程式として次のようなものを考えます。

$$X_{n+1}(j) = (1 - K)F(X_n(j)) + Kh_n(j), \quad j = 1, 2, \dots, N$$

ここで $X_n(j)$ は時刻 n での素子 j の内部状態、 $F(X)$ は単一の素子の内部状態のダイナミクスで、 $h_n(j)$ が素子の受ける場です。非局所的な結合としては、素子間の距離とともに指数関数的に減衰するようなものを考え、 $h_n(j)$ として

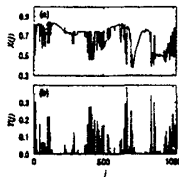
$$h_n(j) \propto \sum_i \exp(-\gamma|i-j|)F(X_n(i))$$

のような形をとります。一方、時間変動するゆるやかな外場としては、次のような $h_n(j)$ を使います。

$$h_n(j) = \frac{1}{2} \left(1 + \cos[2\pi \left\{ \frac{j}{N} + \psi_n \right\}] \right), \quad \psi_n \text{ は } (0, 1] \text{ の一様乱数}$$

素子として例えば logistic map $F(X) = cX(1 - X)$ を採用し、これを非局所的に結合した系を数値計算すると、適当なパラメータの範囲で系は下の図のような時空カオス状態になります。この状態では「小数自由度カオスと大自由度カオスの転移」「フラクタル」「空間相関・パワースペクトルのべき則」「べきの指数の連続的な変化」「オンオフ間欠性」「空間間欠性」「マルチフラクタル」などいかにも興味深そうな数多くの性質を示します。重要なのは、このような状態が結合や外場の形、時間の連続・離散性や素子の性質などのモデルの詳細にあまりよらずに、いくつかの条件のもとで非常に一般的に見られ、ある種のユニバーサリティを持つことです。

これらの性質のいくつかは簡単な理論モデルで統一的に説明できているのですが、そのようなことについては既に学会や論文 [PRL 78 4039(1997)] などで発表しましたので、今回はまだよくわかっていない「2次元系での局所的な構造と大域的な構造の関係」と「マルチフラクタルな空間間欠性とカスケード過程の関係」について調べ、発表する予定です。



磁気共鳴映像法によるヘリウム3-4混合液体の相分離の観察

京都大学大学院理学研究科 低温物理研究室 上野智弘

核磁気共鳴法 (NMR) は、物質の化学的、磁気的情報を得るための方法として、様々な分野で採用されている。そのNMRの応用の1つである磁気共鳴映像法 (MRI) は、物質の空間分布の情報を分離して、映像化するものである。このMRIを、超低温の条件下で、使用可能なものとする定常磁場勾配を用いた手法を開発した。そして、この開発したMRIを用いて、1mK以下の超低温におけるヘリウム3が持つ磁気的性質の空間分布を調べている。その第1段階として、ヘリウム3-4混合液体の相分離を観察することにした。ヘリウムの同位体であるヘリウム3とヘリウム4の混合液体は、870mK以下において、ヘリウム3の豊富な相とヘリウム4の豊富な相とに、相分離を起こす。前回の実験において、その相分離面の表面張力 $\alpha = 21.0 \pm 1.5$ mdyne/cm (250mK) と接触角 $\theta = 0^\circ \sim 30^\circ$ (250mK) を、得られた画像より求めることができた。また、磁化を飽和させた後の回復 (縦緩和) の様子を観察した。しかし、前回の実験では、手違いにより、混合液体の相図の全域を、実験対象としてカバーすることができなかった。そこで、今回の実験では、上記の不備を直し、混合液体の臨界点を画像化し、また、温度による表面張力と接触角の変化を求められるよう準備中である。

