

双極子間相互作用を含む時間依存 Ginzburg-Landau 方程式による パターン形成における相分類の提案と解析的な相予測



Analytical prediction method of phases in the pattern formation
via the time-dependent Ginzburg-Landau equation
based on a new classification of phases

東大地震研¹, 東大院情理², 高輝度セ³, 東大院新領域⁴, 熊大産ナノ研⁵ ^{○(PC)}安崎 遼路¹,
伊藤 伸一^{1,2}, 長尾 広道^{1,2}, 水牧 仁一朗³, 岡田 真人⁴, 赤井 一郎⁵

^{○(PC)} ERI/UTokyo¹, IST/UTokyo², JASRI³, GSFS/UTokyo⁴, IINa, Kumamoto Univ.⁵

Ryoji Anzaki¹, Shin-ichi Ito^{1,2}, Hiromichi Nagao^{1,2}, Masaichiro Mizumaki³, Masato Okada⁴,
Ichiro Akai⁵

E-mail: anzaki@eri.u-tokyo.ac.jp

本研究では磁性体薄膜のモデルとして 2 次元古典スピン系の磁化ダイナミクスを双極子間相互作用を含む時間依存 Ginzburg-Landau (TDGL) 方程式によって実現し、平衡状態で見られるドメインの空間パターンをスピン $\mathbf{Z}_2$ 対称性と空間的な対称性 (T) の両面から下図 1 のように分類した。それぞれのパターン (相) は、適当な初期配置から空間的に一様な外場のもとでのダイナミクスを経て外部磁場を消去した後の平衡状態で数値的に得られたものである。

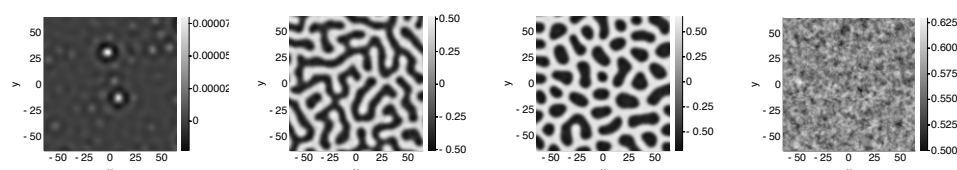


図 1. 数値計算の結果得られた磁化の空間パターン。左から対称相, T 相, TZ 相, Z 相の一例。

双極子間相互作用を含むケースでは正規化された TDGL のパラメータ空間は外部磁場のパラメータを固定すると 2 次元になり、その空間での相図を図に書くことができる。平衡状態での TDGL 方程式から得られる関係式から RPSA [R. Anzaki *et al.*, *Ann. Phys.* **353** 107 (2015)] と呼ばれる近似手法を用いて 3 次のモーメントを消去し、先に定義した相のそれぞれがどのようなパラメータで見られるかを判定することができる。結果は図 2 に示すようになり、数値計算の結果と整合する。

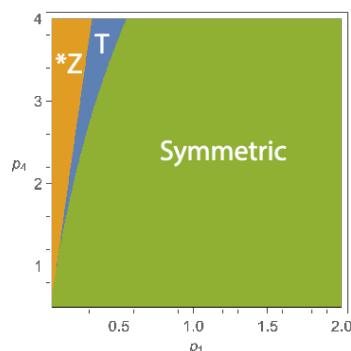


図 2. スピン系を磁化の空間パターンで分類した相図。

対称相 (Symmetric), T 相, *Z 相 (TZ 相または Z 相) が見られる。パラメータ p_1 は双極子間相互作用の強度、 p_4 は膜の厚さを示す。ただし、これらの量は、異方性・交換相互作用・飽和磁化それぞれが 1 になる単位で表示されている。