

研究タイトル:

共形場理論と相転移の普遍性クラス



氏名: 島田 悠彦 / SHIMADA Hirohiko E-mail: hshimada@tsuyama-ct.ac.jp

職名: 特命助教 学位: 博士(学術)

所属学会・協会: 日本物理学会

キーワード: 3次元共形場理論と臨界現象、場の量子論、トポロジカル磁性、乱流転移、スロー地震

技術相談

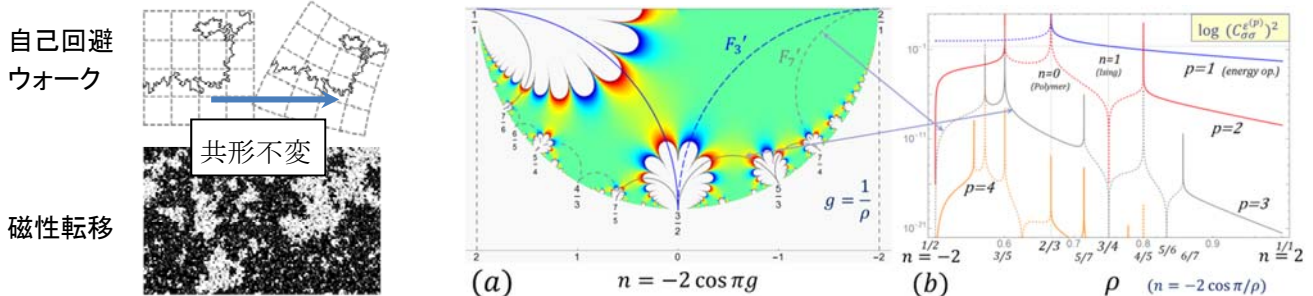
提供可能技術:

- ・ 数理物理一般 ・ 場の量子論
- ・ 非線形問題 ・ 中規模数値計算
- ・ 超幾何関数や Modular form 等の特殊関数と漸近解析、繰りこみ群の応用

研究内容:

分子が集まると気体や液体になります。統計物理では、このような多数の自由度からなる系が相互作用によって如何に振舞うかを明らかにして洞察を深め、やがて様々な形で役立っています。自由度や相互作用には様々なものが考えられるため系の振舞いはまことに多様ですが、ある種の相転移点の近傍では普遍的な振舞いをするのが分かっています。具体的には連続相転移で観測される相関長や比熱などの発散について、これを特徴づける冪乗則の普遍的臨界指数の組から、系を普遍性クラスに分類することができます。普遍性クラスは系の対称性や次元性によって決まり、相互作用の詳細な形には依存しないため、揺らぎの本質的な部分を抜き出していて重要です。

普遍性クラスはスケール不変性と密接な関係があり、相転移は場の理論を粗視化する繰りこみ群の固定点に対応します。特に平衡系では通常、局所スケール(共形)不変な共形場理論(Conformal Field Theory: CFT)に対応します。単純なモンテカルロ(MC)法のようなシミュレーションでは得られない本質的理解をもたらす点にCFTの意義があり、近年では3次元 Ising 模型(磁性転移モデル)の臨界指数についてMC法を数桁上回る精度が得られました。



我々も3次元CFTの方法を改良することで、自己回避ウォーク(良溶媒中高分子鎖の模型)のフラクタル次元を約1.7016と精密に決定しました。これは臨界指数 $\nu=0.5877(11)$ に対応し高分子の中性子散乱実験の結果 $\nu=0.586 \pm 0.004$ よりも高精度です。統計学の基礎をなす大数の法則に従う自由酔歩($\nu=0.5$)が高分子を構成するモノマーの相互作用のため異なる普遍性を獲得した例です。同様に3次元Ising模型のループ励起のフラクタル次元を1.7346(5)と決定し、MC法を含む従来の世界記録を大幅に更新しました。自己回避ウォーク等のフラクタル次元は、数学的にも興味深くSchramm-Loewner発展という枠組みが2次元の場合(左図上部)を解決して注目されましたが、これを3次元でも共形不変性から決定できることが示されました。

特に超流動転移($n=2$)、磁性転移($n=1$)、自己回避ウォーク($n=0$)、ループ除去ウォーク($n=-2$)を補間する $O(n)$ 模型のCFTを精密に調べることは大きな課題です。このCFTの整合性からポワンカレ円板のもつ階層的な構造を明らかにしました(右図a, b)。相転移理論の空間を俯瞰する際の普遍的かつ解析的な理解に役立てようとしています。

提供可能な設備・機器:

名称・型番(メーカー)

名称・型番(メーカー)