

磁場中第2種超伝導体の渦糸グラス相の安定性

阪大理 川村 光

磁場中の第2種超伝導体の渦糸（ボルテックス）相図の問題は、熱揺らぎの効果が顕著となる高温超伝導体の発見以来、極めて活発な研究が展開されてきた。しかしながら、どのような熱力学的相が安定なのかという基本的問いに関してすら、未だ完全な理解には至っていない。特に点状欠陥を持ったランダムな超伝導体では、ランダムに分布する点欠陥にボルテックスがピン止めされ超伝導位相が空間的にランダムに凍結した、スピングラスと類似のボルテックスグラス相が存在するのではないかという理論的指摘が M.P.A. Fisher らによってなされ（文献 1）、大変注目されてきた。高温超伝導体は磁場侵入長がコヒーレンス長より遙かに長い典型的な第2種超伝導体である。磁場侵入長が無限に長くスクリーニングの効果が無視できる極限では、磁場の揺らぎが無視できるため問題が単純になる。しかしながらこの極限においてすら、提唱されたボルテックスグラス相が熱力学的な安定相かどうかについて研究者間で意見の一致が得られていない。例えば、ゲージグラスモデルと呼ばれる単純化された統計モデルに基づいた数値シミュレーションからはボルテックスグラス相は安定という結果が得られ転移に伴う臨界指数についてもほぼ確定した値が得られているものの（文献 2-5）、より現実的なモデルに基づいた最近のシミュレーションからは、互いに相異なった結果が報告されており（文献 6-8）、状況は混沌としている。

ゲージグラスモデルはランダムフラックスモデルともいえるべきモデルで、一様磁束が系を貫いているという現実の系に必ず存在する空間的異方性を無視しており、またランダムネスの起源に関しても非現実的なものを仮定している等の制限がある。これに対し、筆者はランダムネスの起源についても物理的にかつ一様磁束が系を貫く異方的モデルに基づいた数値シミュレーションを行い、スクリーニングの効果が無視できる極限ではボルテックスグラス相は安定という結果を得た（文献 6）。これに対し、Olsson & Teitel はスクリーニングの効果が無視できる極限ですらボルテックスグラス相は不安定と主張した（文献 7）。また、Vestergren らは別のモデルに基づいた数値シミュレーションにより、ボルテックスグラス相は安定という結果を得たが、得られた臨界指数は他のシミュレーションや実験の値と大きく異なるものであった（文献 8）。またその際、Olsson & Teitel あるいは Vestergren らは、筆者の文献 8 計算で仮定された自由境界条件が大きな有限サイズ効果を与えている可能性があるという批判を行っている。そこで今回新たに、文献 8 と同一のモデルに対し 周期境界を課した計算を行った。

その結果、文献 6 の計算結果と同様に、スクリーニングの効果が無視できる極限ではボルテックスガラス相は安定という結果を再び得た。得られた臨界指数は、実験の値と比較的近く、これは文献 8 での Vestergren らの得た値とは大きく異なる。またゲージガラスモデルの値（文献 2-5）ともやや異なっているように見える。このことから、ゲージガラスモデルが磁場中のボルテックスガラス転移のユニバーサリティの正しいモデルになっているのかどうか、さらに詳しい検討が必要のように思われる。数値シミュレーションの詳細は文献 9 を参照されたい。

文献

1. M.P.A. Fisher, Phys. Rev. Lett. **62** (1989) 1415; D.S. Fisher, M.P.A. Fisher and D.A. Huse, Phys. Rev. B **43** (1991) 130.
2. D.A. Huse and H.S. Seung, Phys. Rev. B **42** (1990) R1059.
3. J.D. Reger, T.A. Tokuyasu, A.P. Young and M.P.A. Fihser, Phys. Rev. B **44** (1991) 7147.
4. C. Wengel and A.P. Young, Phys. Rev. B **56** (1997) 5918.
5. T. Olson and A.P. Young, Phys. Rev. B **61** (2000) 12467.
6. H. Kawamura, J. Phys. Soc. Jpn. **69** (2000) 29.
7. P. Olsson and S. Teitel, Phys. Rev. Letters **87** (2001) 137001.
8. A. Vestergren, J. Lidmar and M. Wallin, Phys. Rev. Letters **88** (2002) 117004.
9. H. Kawamura, in preparation.