2019 年度冬学期 第 3 回 駒場物性セミナー

超伝導渦糸系における新規非平衡相転移と量子臨界現象

講師　大熊　哲 氏 (東工大 理学院 物理学系)

日時 2019 年 11 月 29 日(金) 午後 4 時 50 分

場所 16 号館 827

世話人：加藤、塩見、福島、前田、簑口

第２種超伝導体の渦糸は, (I) 混合状態の超伝導特性を支配すると共に, (II) 電流駆動により，ランダム基板上を運動する多粒子系とみなすことができる。我々は“普遍的な物理現象解明のためのモデル実験系” [1]として渦糸系を利用するという視点に立った研究を展開している。これまでに厚いアモルファス膜において，渦糸固体の量子融解[2]，異方格子の熱融解[3]，速度増大に伴う格子方位の回転[4]などの新規現象を見出した。一方, 2 次元超薄膜では，クーパー対が局在した Bose-Glass 絶縁体相を含む，超伝導絶縁体転移の磁場と乱れに関する絶対零度の渦糸相図を作成した。ところが近年，結晶性のいい極薄膜において，ピン止めの弱いアモルファス Mo_xGe_{1-x} 薄膜の低温域で見られたような広い磁場中金属相が高温から観測され，量子渦糸液体を仮定した新奇相図が提案されている[5]。しかし測定は抵抗のみで，渦糸状態の直接的実験検証はされていない。そこで我々は，アモルファス Mo_xGe_{1-x} 薄膜に対して 0.1 K の極低温域迄のネルンスト測定を初めて試み，位相ゆらぎに相当する渦糸液体と振幅ゆらぎに相当する超伝導ゆらぎの領域を広い温度-磁場域で決定した。

一方 (II)については，ピン止めが効いた低速域の駆動実験を行い，交流による可逆不可逆転移(RIT) [6]をコロイド系[7]に次いで見出し RIT の普遍性を示し，また直流による Depinning 転移[6,8]と Clogging 転移を初めて実証した。これら 3 つの非平衡相転移は，吸収状態転移の 2 次元 Directed Percolation 普遍クラスに属する可能性を指摘した[6,9]。さらに，これらの相転移の素過程ともいえる，運動による秩序化[10]と無秩序化の解明に向けた研究も進め，直流による無秩序化過程では系は常に一様だが，交流による動的秩序化過程では秩序・無秩序領域が 2 相分離するという新奇現象を見出した[11]。また，交流による動的秩序化と直流による動的無秩序化の競合現象も観測した[12]。一方，交流でも非平衡 Depinning 転移が起こることを見出し，その臨界現象は直流の場合と一致することを示した[13]。RIT のこれまでの実験はすべて人工的な巨視的せん断力がかかる回転系で行われた[6,7]が，自然界でより普遍的に見られるランダムなピンに起因する局所的せん断力でも，同様の RIT が起こることを明らかにした[14]。講演ではこれらの非平衡現象の普遍性や他の系への波及性[14]についても紹介する。

[1] A. Maeda *et al.*, Phys. Rev. Lett. **94** (2005) 077001.

[2] S. Okuma *et al.*, Phys. Rev. Lett. **86** (2001) 3136: **91** (2003) 067001: Phys. Rev. B **83** (2011) 064520.

[3] A. Ochi *et al.,* J. Phys. Soc. Jpn. **85** (2016) 034712.

[4] S. Okuma, D. Shimamoto, N. Kokubo, Phys. Rev. B **85** (2012) 064508.

[5] Y. Saito, T. Nojima, Y. Iwasa, Nat. Commun. **9** (2018) 778.

[6] S. Okuma, Y. Tsugawa, A. Motohashi, Phys. Rev. B **83** (2011) 012503.

[7] L. Corte *et al.*, Nat. Phys. **4** (2008) 420: D.J. Pine *et al.,* Nature **438** (2005) 997.

[8] S. Okuma, A. Motohashi, New J. Phys. **14** (2012) 123021: 大熊哲， 固体物理 **51** (2016) 547.

[9] C. Reichhardt et al., Phys. Rev. Lett **103** (2009) 168301:　Rep. Prog. Phys. **80** (2017) 026501.

[10] Y. Togawa, R. Abiru K. Iwaya H. Kitano, A. Maeda, Phys. Rev. Lett. **85** (2000) 3716.

[11] M. Dobroka, Y. Kawamura, K. Ienaga, S. Kaneko, S. Okuma, New J. Phys. **19** (2017) 053023.

[12] M. Dobroka, K. Ienaga, Y. Kawamura, S. Kaneko, S. Okuma, New J. Phys. **21** (2019) 043007.

[13] Y. Kawamura, S. Moriya, K. Ienaga, S. Kaneko, S. Okuma, New J. Phys. **19** (2017) 093001.

[14] S. Maegochi, K. Ienaga, S. Kaneko, S. Okuma, Sci. Rep. **9** (2019) 16447.