日本物理学会第６１回年次大会

30pXC-5

超伝導ウィークリンクネットワークの相転移

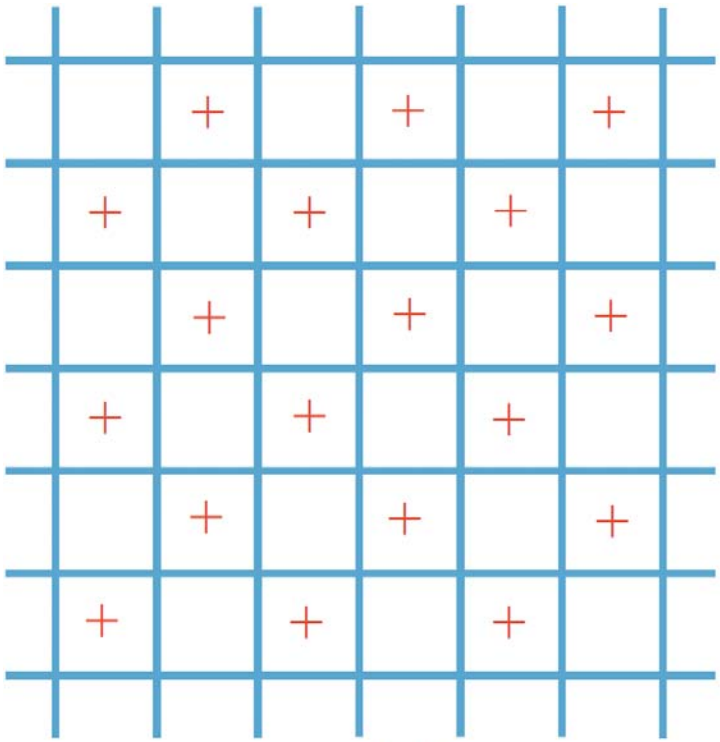
Phase Transition of Superconducting Weak Link Network

２００６　３･３０

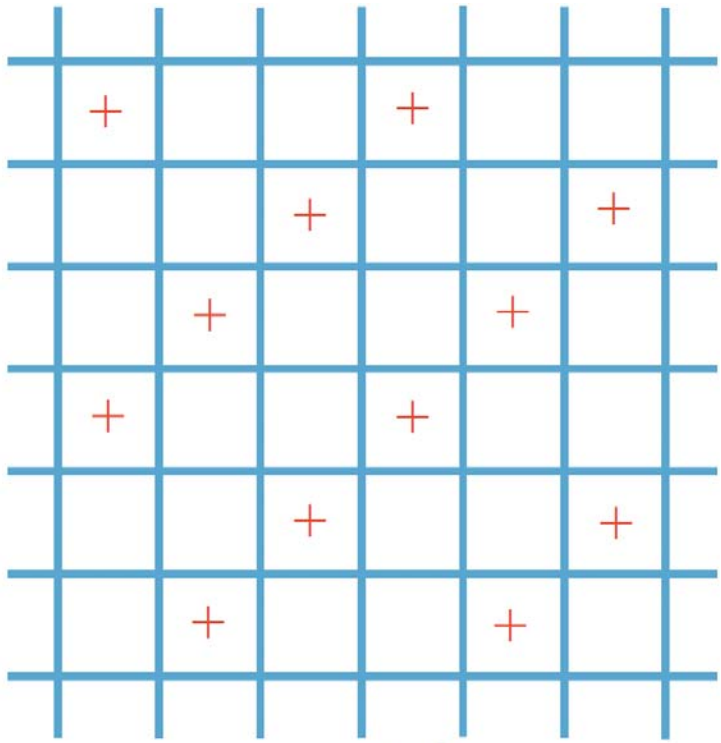
東京大学　物性研究所

佐野浩孝、遠藤彰、勝本信吾、家泰弘

フラストレーション



α =1/2



α= 1/3

フラストレーション α : 単位格子あたりの磁束量子の本数

磁束系の相転移のαによる変化・・・実験的研究は不十分

今回 : $\alpha = 0, 1/2$ について

$\alpha = 0$ での相転移

$T < T_{\mathrm{MF}}$: 超伝導ネットワーク→XY モデル

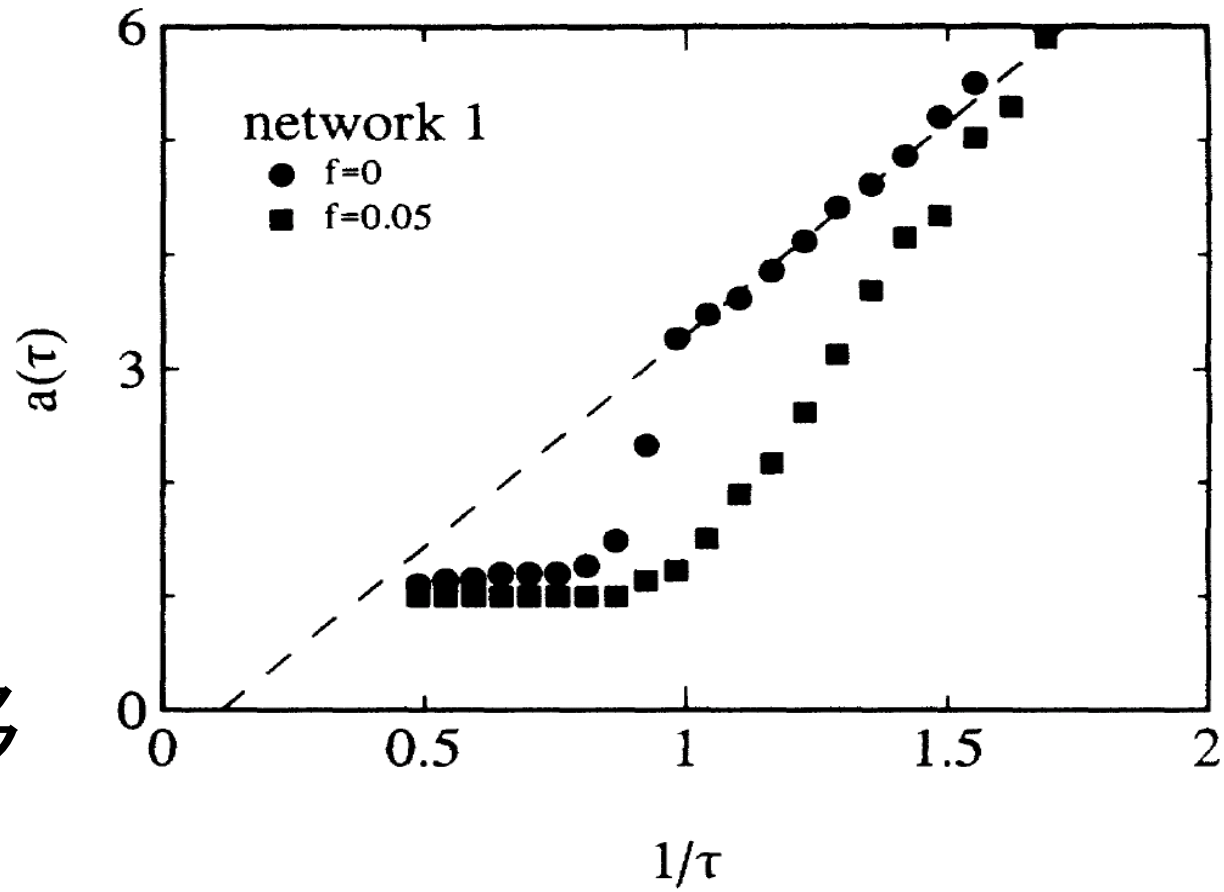
・・・Kosterlitz-Thouless (KT) 転移

$$T > T_{\mathrm{KT}} \cdots V \sim I$$

$$T < T_{\mathrm{KT}} \cdots V \sim I^{a(T)}$$

$$T = T_{\mathrm{KT}} \cdots a : 1 \leftrightarrow 3$$

ユニバーサルジャンプ

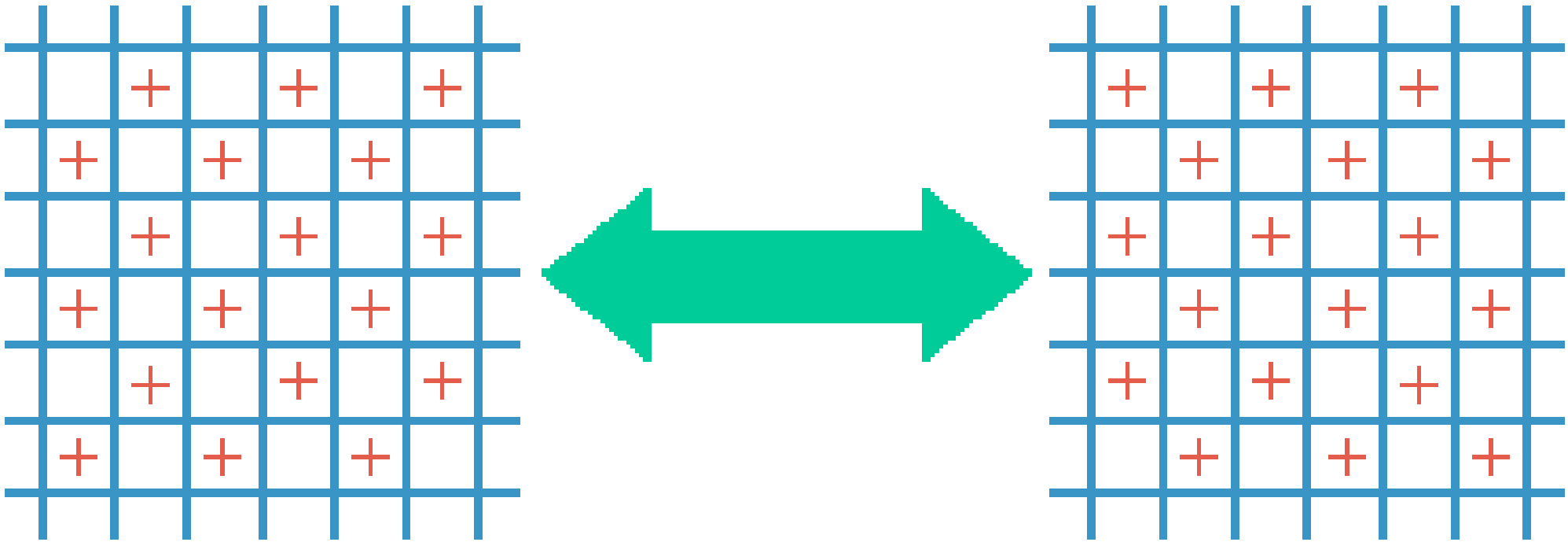


$\alpha = 0$ ・・・KT転移

H. S. J. van der Zant *et al*, *Phys. Rev. B* **50,** 340

$\alpha = 1/2$ での相転移

- 基本的にはXY model
- 磁束配置は2重に縮退・・・Ising model



$\alpha = 1/2$ ・・・XY spin + Ising spin

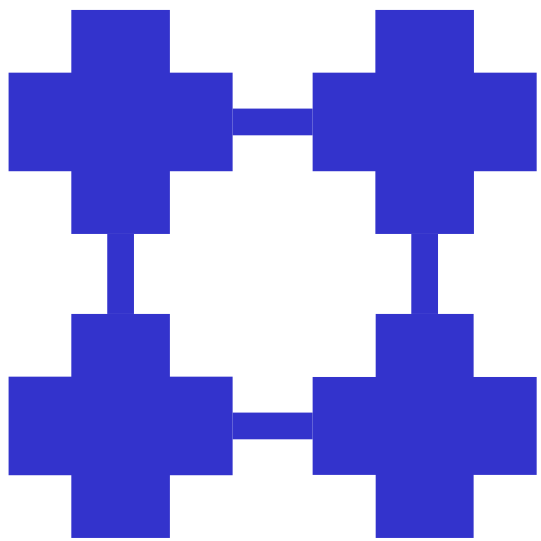
２つのシナリオ

1. ２つの相転移
   - それぞれ、通常のKT転移、Ising転移と同じ
   - $T_{\mathrm{KT}} < T_{\mathrm{Ising}}$
2. １つの相転移
   - KT 転移と Ising 転移が結合
   - 新しい相転移

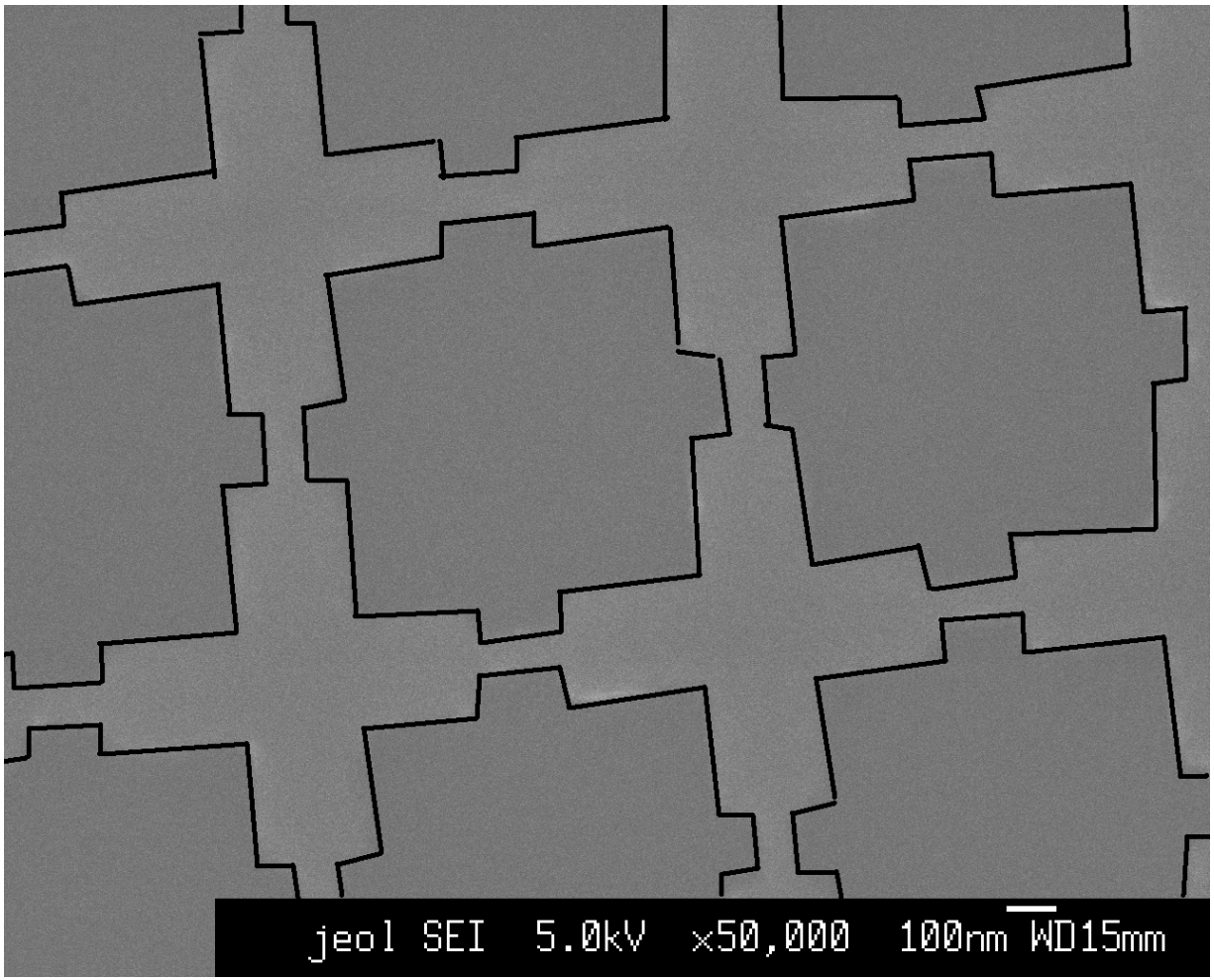
明確な結論は出ていない

超伝導ネットワーク

- ワイヤネットワーク (SWN)
  - 系の均一性が良い。
  - 平均場的相転移と磁束系の相転移が分離しにくい。
- ジョセフソンアレイ (JJA)
  - 平均場的相転移と磁束系の相転移が離れている。
  - 接合部の均一性を保つのが難しい。
- ウィークリンクネットワーク(WLN)
  - 接合部がない
  - 磁束系の相転移が分離できる

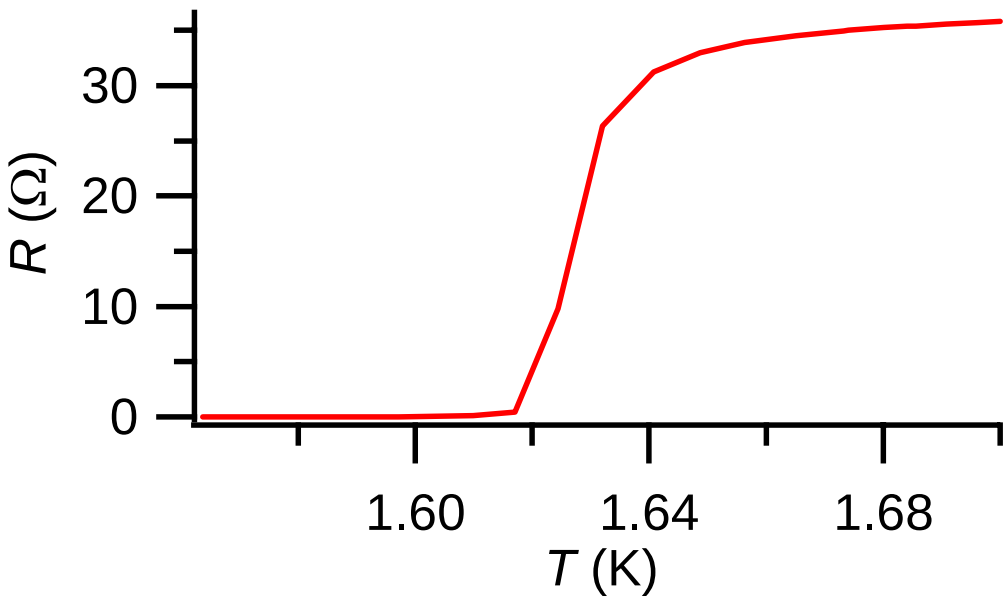


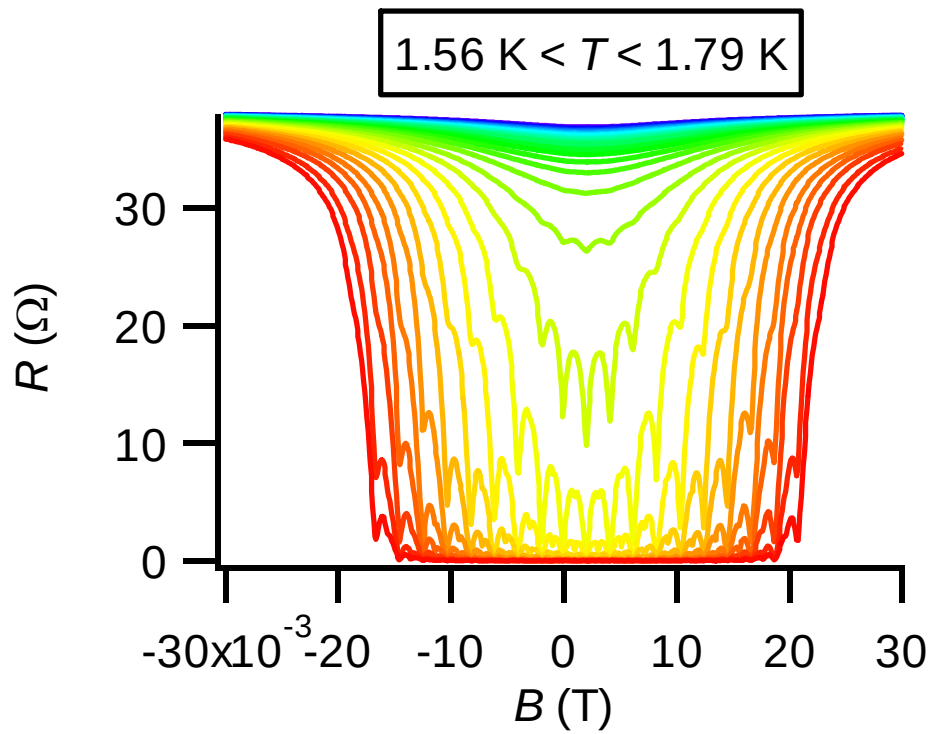
Sample



- ネットワーク
  - Al
  - 120×120
  - 周期　1 μm
  - 厚さ　30 nm
- アイランド
  - 幅　200 nm
  - 長さ 800 nm
- ワイヤ
  - 幅　60 nm

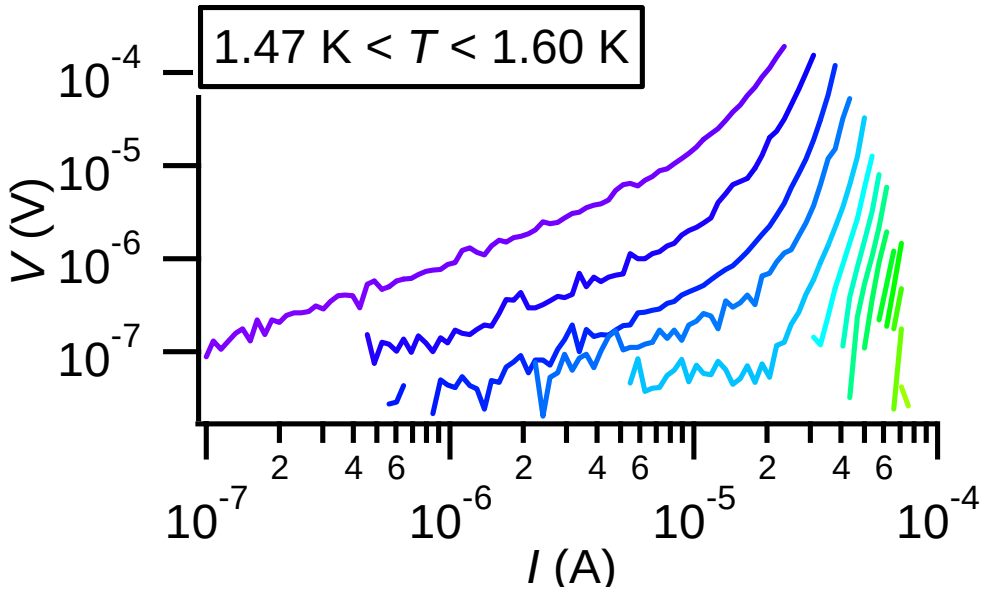
超伝導転移の様子

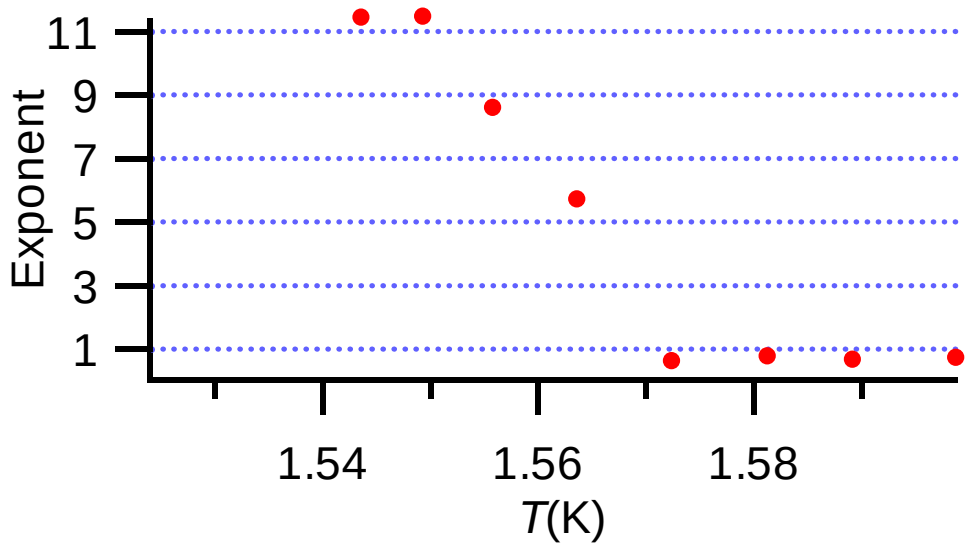




- 転移が１段・・・２つの相転移が分離できていない
  - アイランド部分がコヒーレンス長に比べて小さい・・・SWNになっている。

$\alpha = 0$での相転移





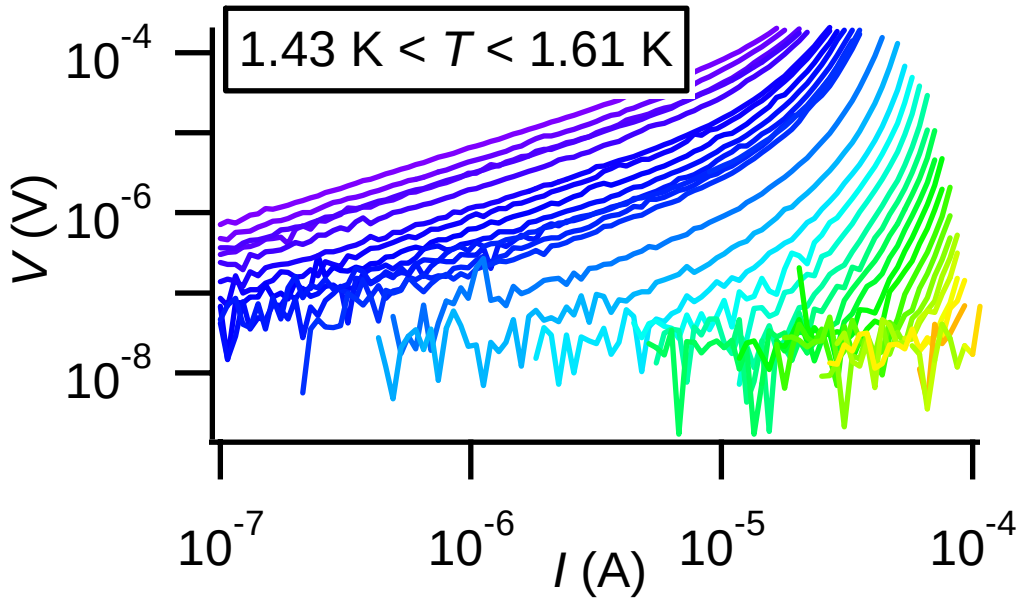
- 電流電圧特性
  - 高温：Ohmic
  - 低温：非線形
- 傾き＝べき指数
  - ある温度で有限の飛び

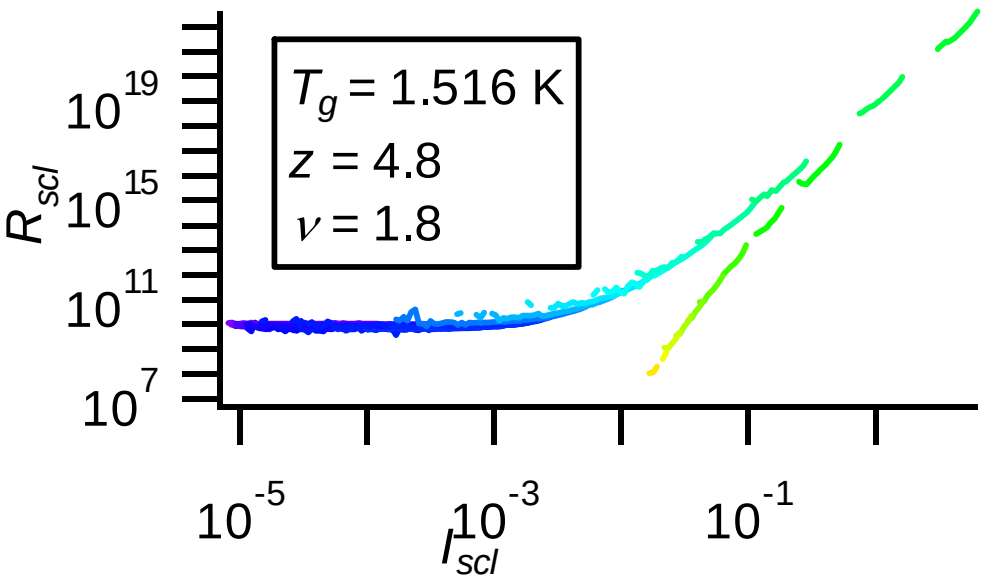
‖

ユニバーサルジャンプ

KT転移

α =1/2での相転移





- 電流電圧特性
  - 高温：Ohmic
  - 低温：非線形
  - 連続的に変化
- スケーリングプロット
  - 電流電圧特性を相関長でスケールしなおしたもの
  - 高温相、低温相それぞれひとつの曲線に乗る

２次相転移

臨界指数 ν について

- 今回の実験　　ν=1.8
- 先行研究（実験）　　ν=1.7~2.0
  - 超伝導ネットワークでおこる相転移
- Ising 転移単独　　ν=1
- Ising転移+KT転移　ν=0.8
- Vortex Glass (VG) 転移
  - 臨界指数 : z = 4.8, ν = 1.7 ・・・今回の結果に類似
  - ランダムピンニングに起因・・・系の不均一性？
  - しかし、２次元系ではT_g = 0

VG型転移

まとめ

- α =0
  - ユニバーサルジャンプ→KT 転移
- α =1/2
  - スケーリング解析→２次相転移
  - 臨界指数 : ν = 1.7
    - Ising転移 (ν = 1) とは異なる
    - Vortex Glass転移 (ν = 1.8) に近い

→VG型転移