21aYE-5

2008・9・21@岩手大学
日本物理学会2008年秋季大会

多端子Hall Crossを用いたメゾスコピック超伝導体における渦糸状態の観測

東大物性研
佐野浩孝、遠藤彰、勝本信吾、家泰弘

超伝導体における渦糸配置

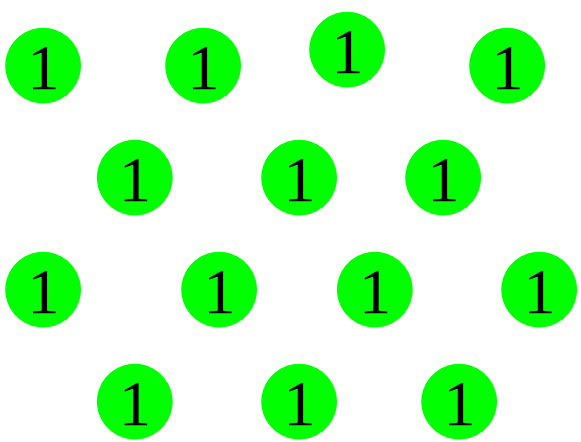
- <u>十分大きいとき</u>

  渦糸同士の反発力➔三角格子

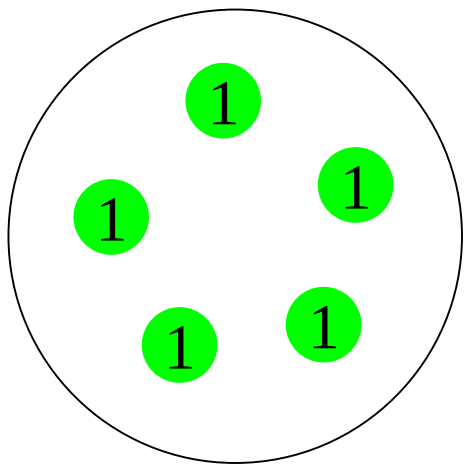
- <u>ξと同程度</u>･･･メゾスコピック超伝導体

  渦糸同士の反発力＋試料端からの反発力

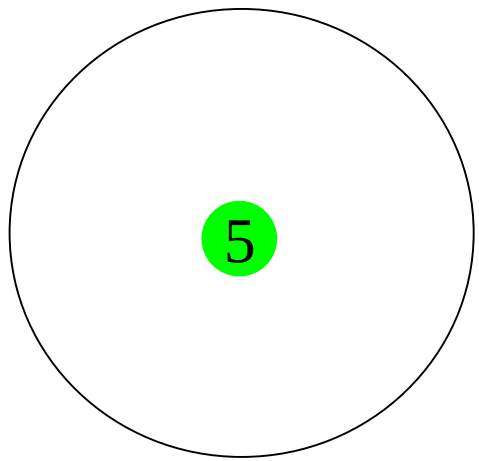
  ➔三角格子は壊れ様々な渦糸状態が実現



Abrikosov格子



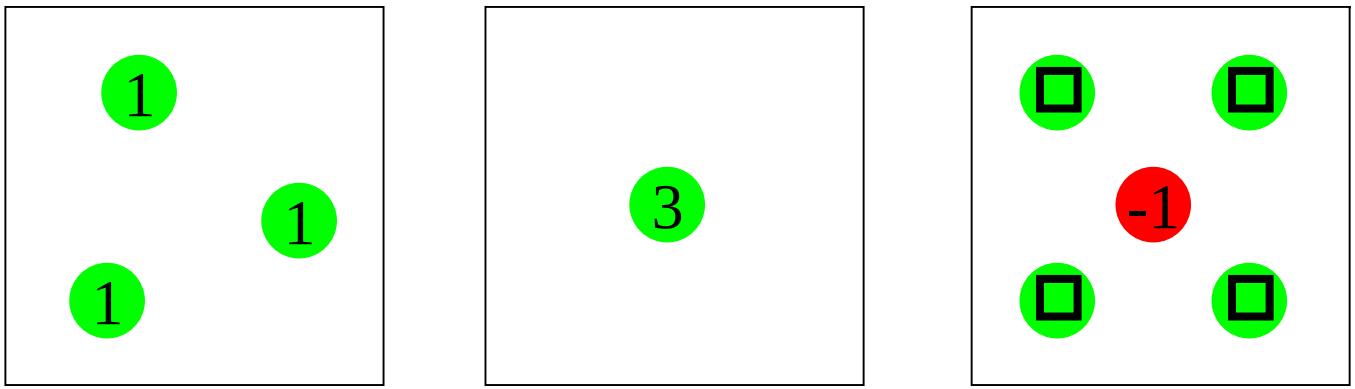
MVS



GVS

$L = 3$ @正方形試料

形状に対称性がある・・・渦糸も同じ対称性を持って分布
➔ 正方形（4回回転対称）に渦糸を3本入れると？



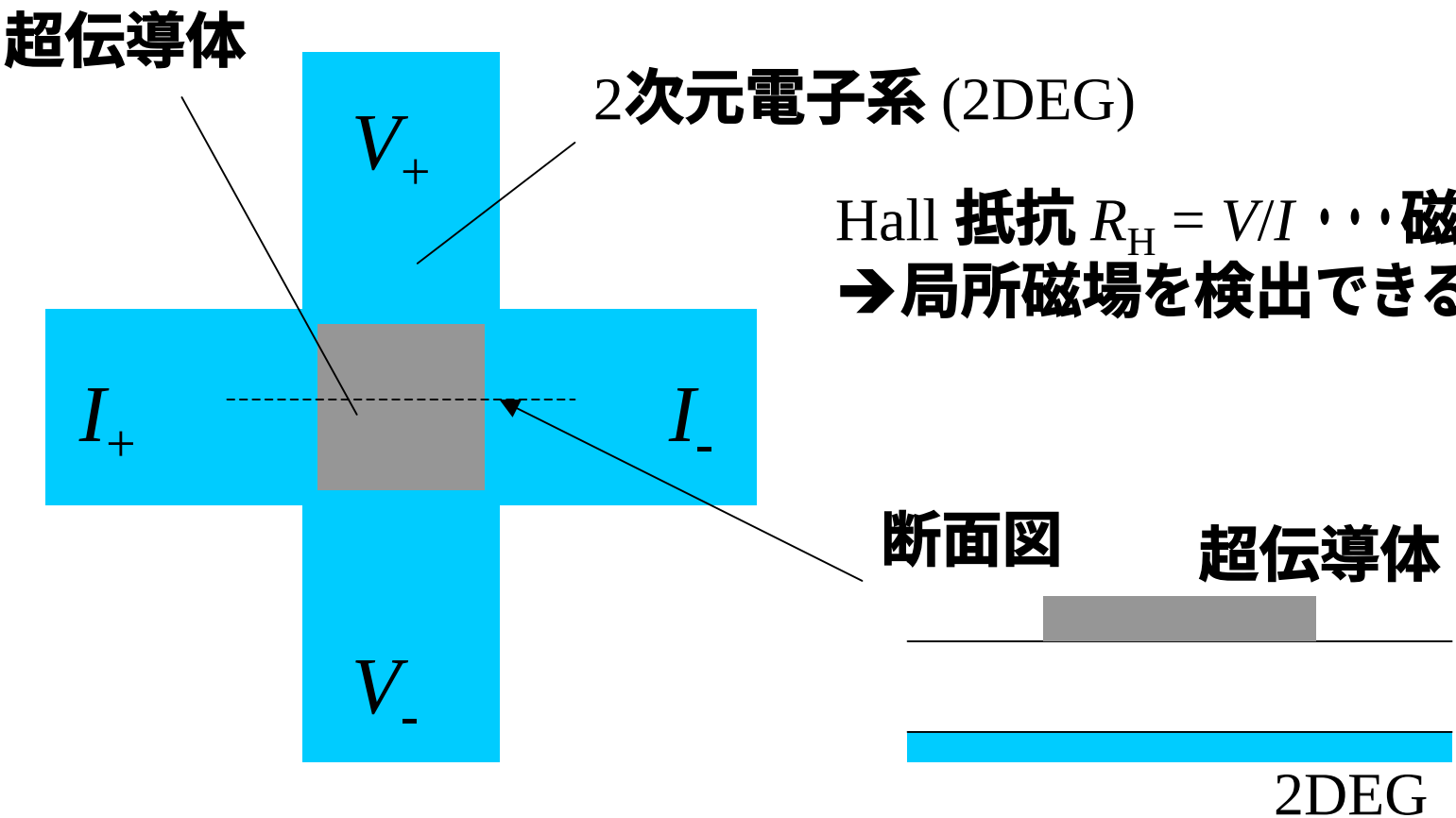
MVS　　GVS　　V-AV pair

実験的には観測されていない ➔どうすれば観測できる？

四隅に孔を開ける

- **渦糸と反渦糸を分離**
- **反渦糸の安定化**

Hall magnetometry

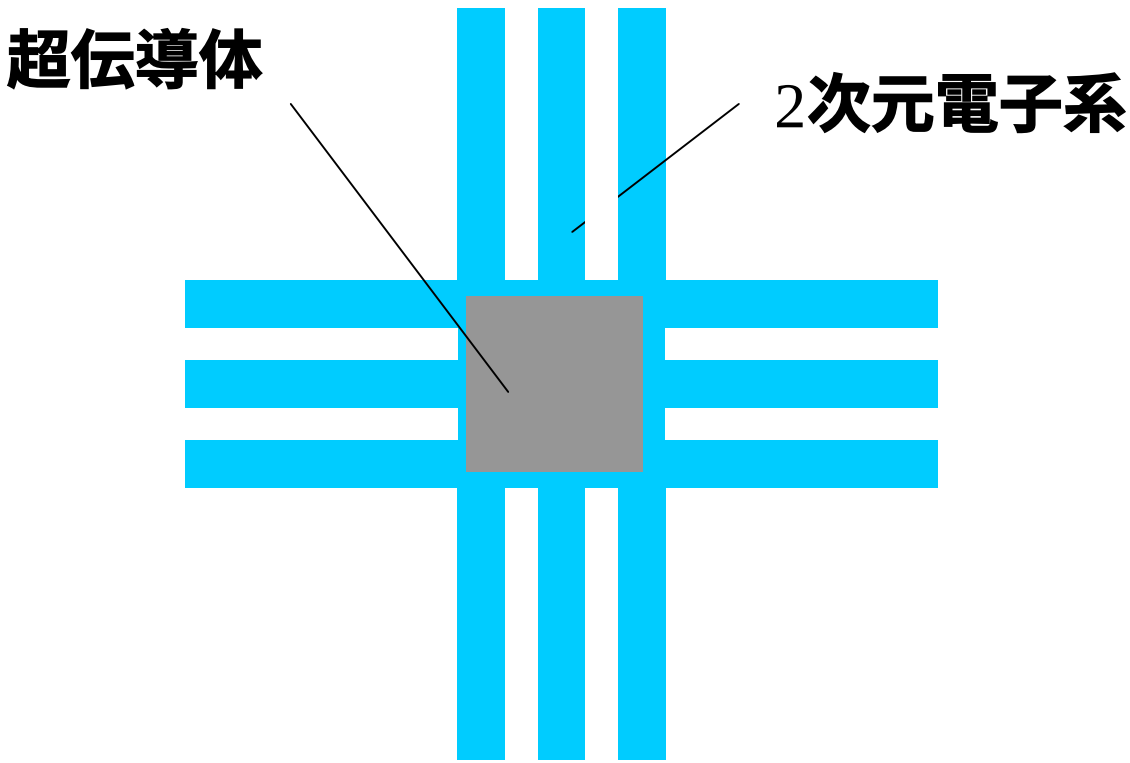


Hall 抵抗 $R_H = V/I$ ・・・磁場に敏感
➔局所磁場を検出できる

超伝導体における渦糸状態の変化
➔ 2DEG にかかる磁場の変化 ➔ R_H の変化 として測定

多端子Hall cross

端子が全体を覆っている ➔ 試料全体についてしか測定できない

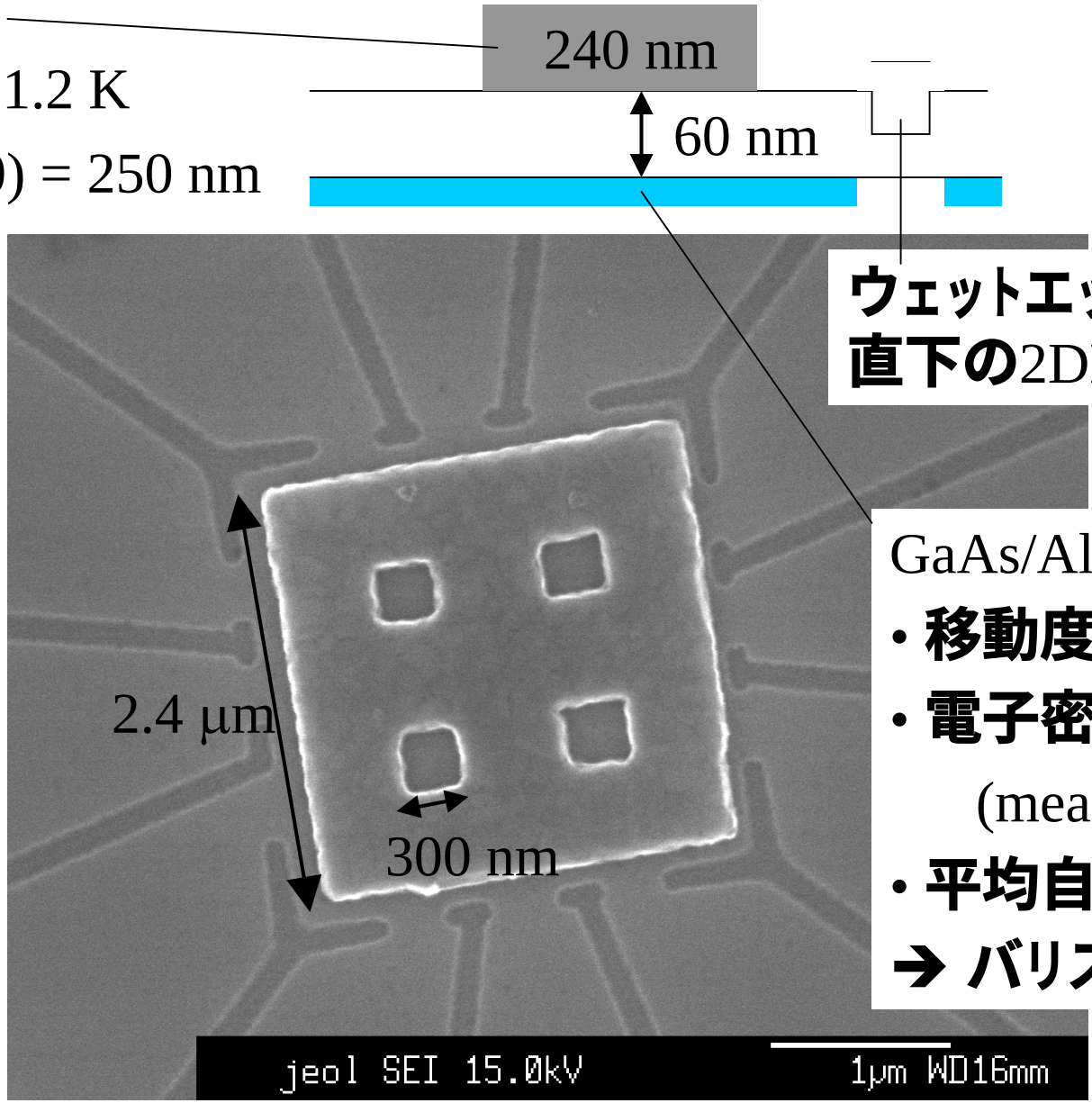


端子を3分割➔より局所的な磁場測定が可能に

試料

Al

- T_{c0}=1.2 K
- $\xi(0)$ = 250 nm



ウェットエッチング (40 nm)
直下の2DEG**を空乏化**

GaAs/AlGaAs 2DEG

- **移動度** 64 m^2/Vs
- **電子密度** 3.8・10^{15} m^{-2}
  (measured @ 1.6 K)
- **平均自由行程** 6.5 μm

➔ **バリスティック領域**

Hall 測定

電流端子：T, M, B

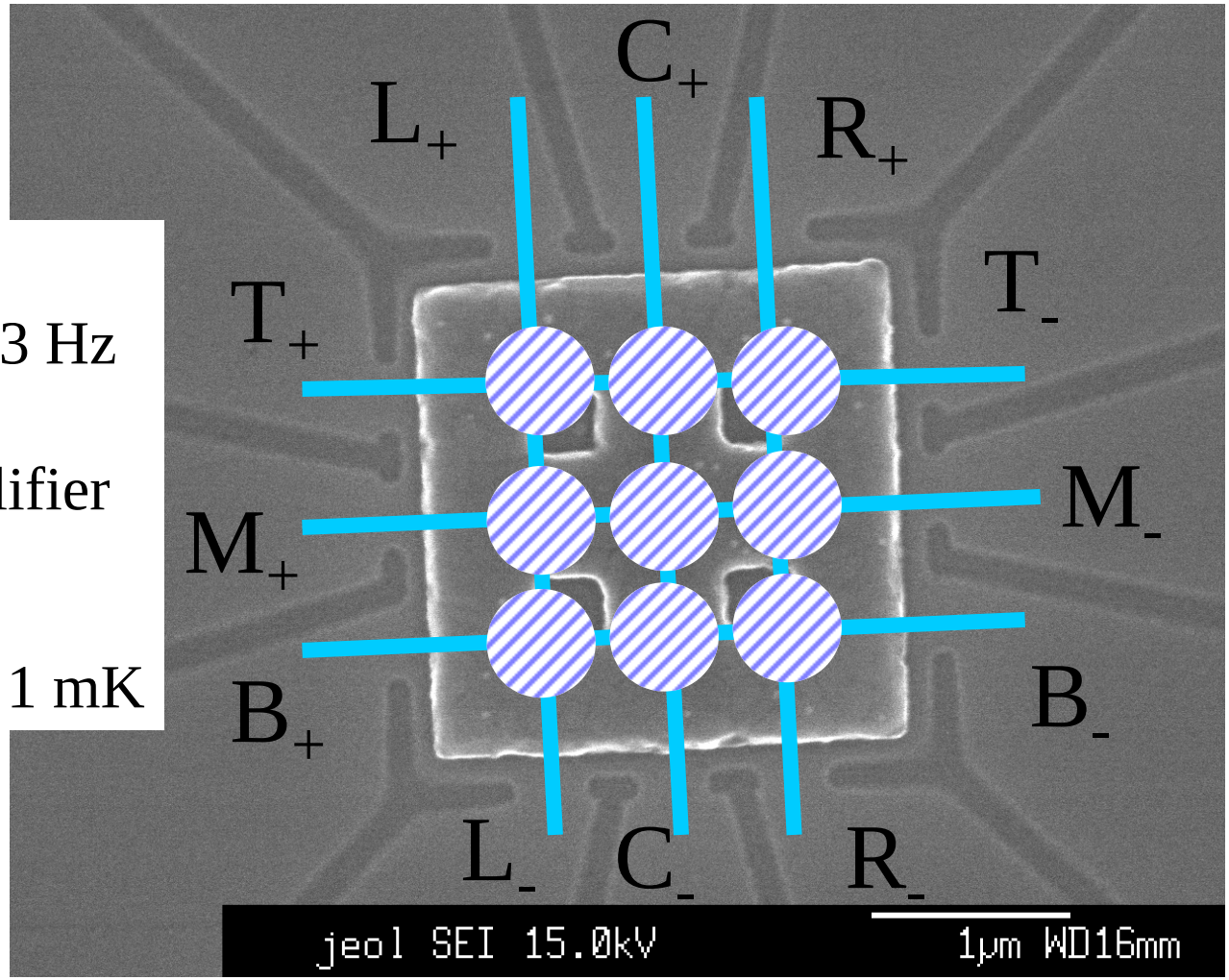
I_{ext} = 1 μA 23 Hz

電圧端子：L, C, R

Lock-in amplifier

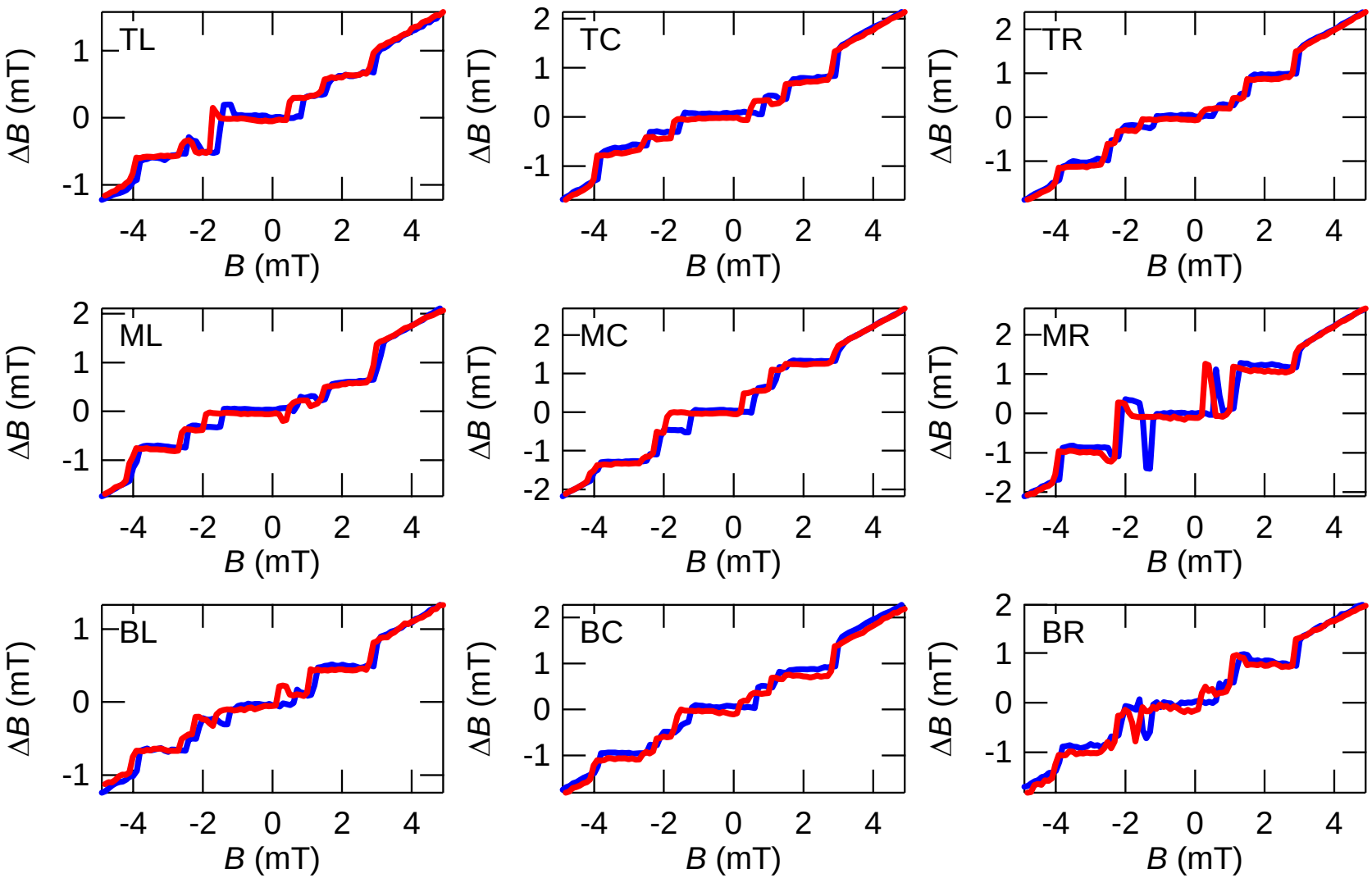
^{3}He + Pumping

T_{min}= 350 mK, ΔT < 1 mK



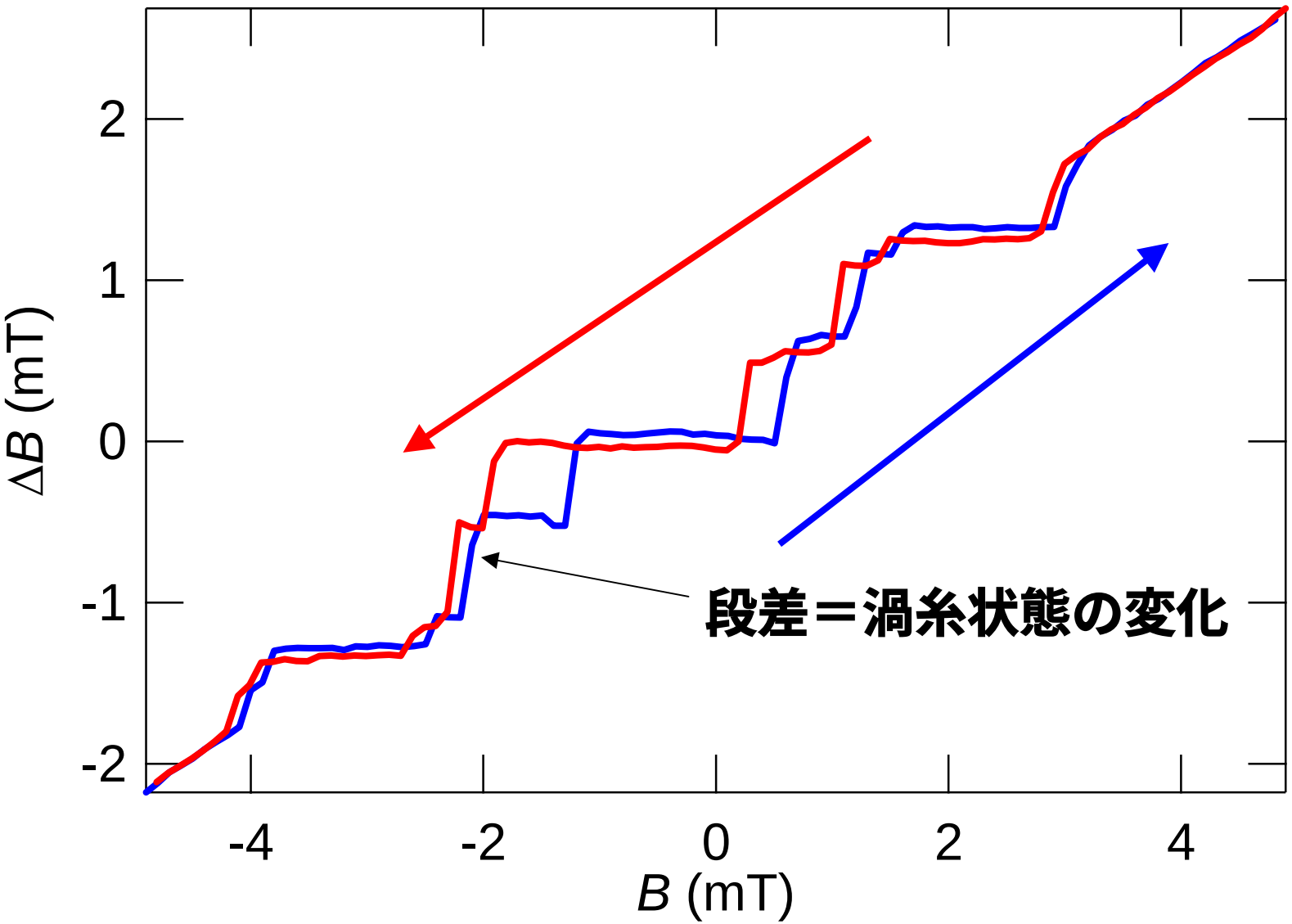
3ヶ所の電圧を同時測定×電流を流す端子が3組＝9ヶ所のデータ

測定結果

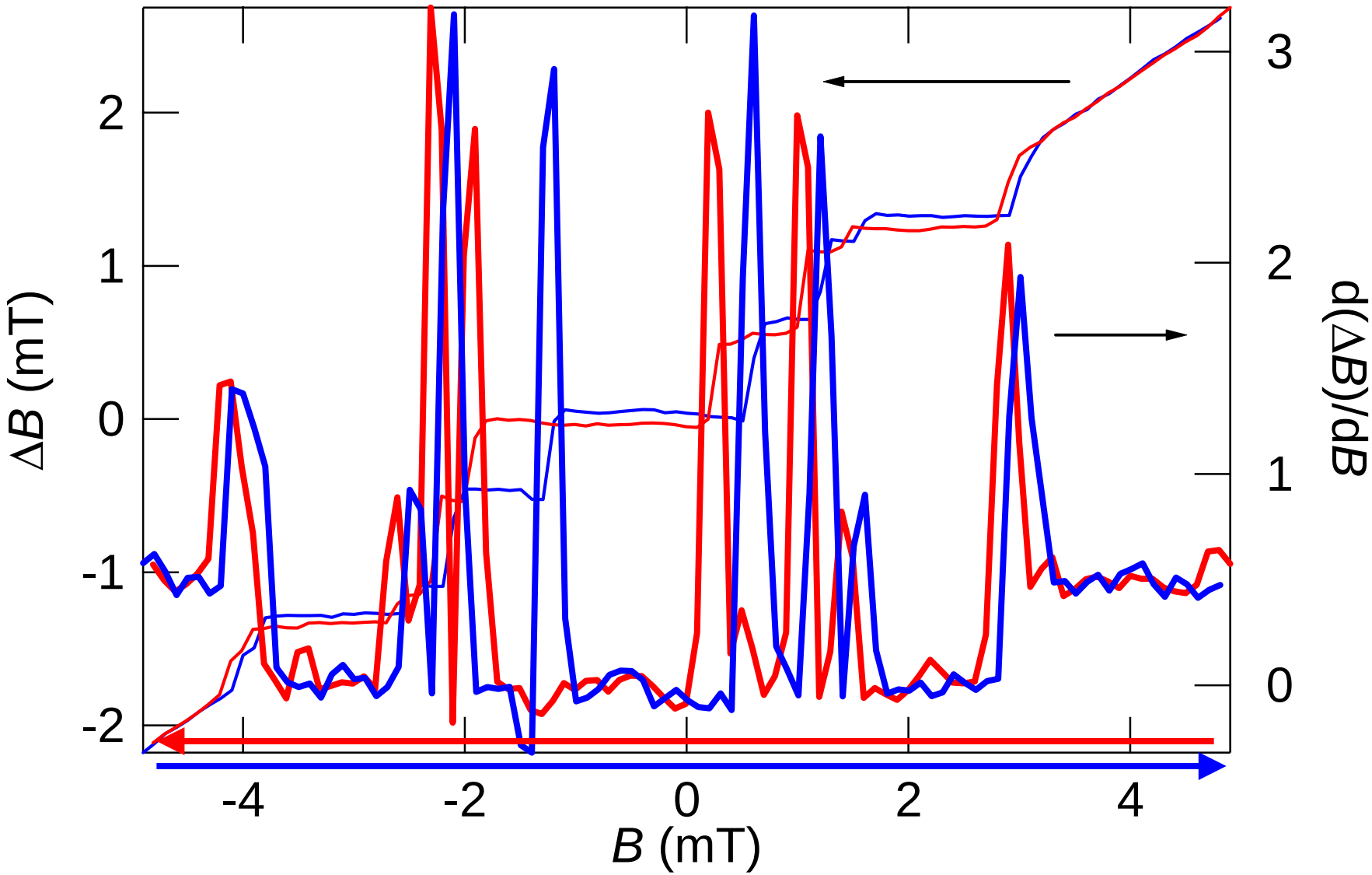


隣り合うグラフにある程度の共通性➔ 測定領域が重なっている

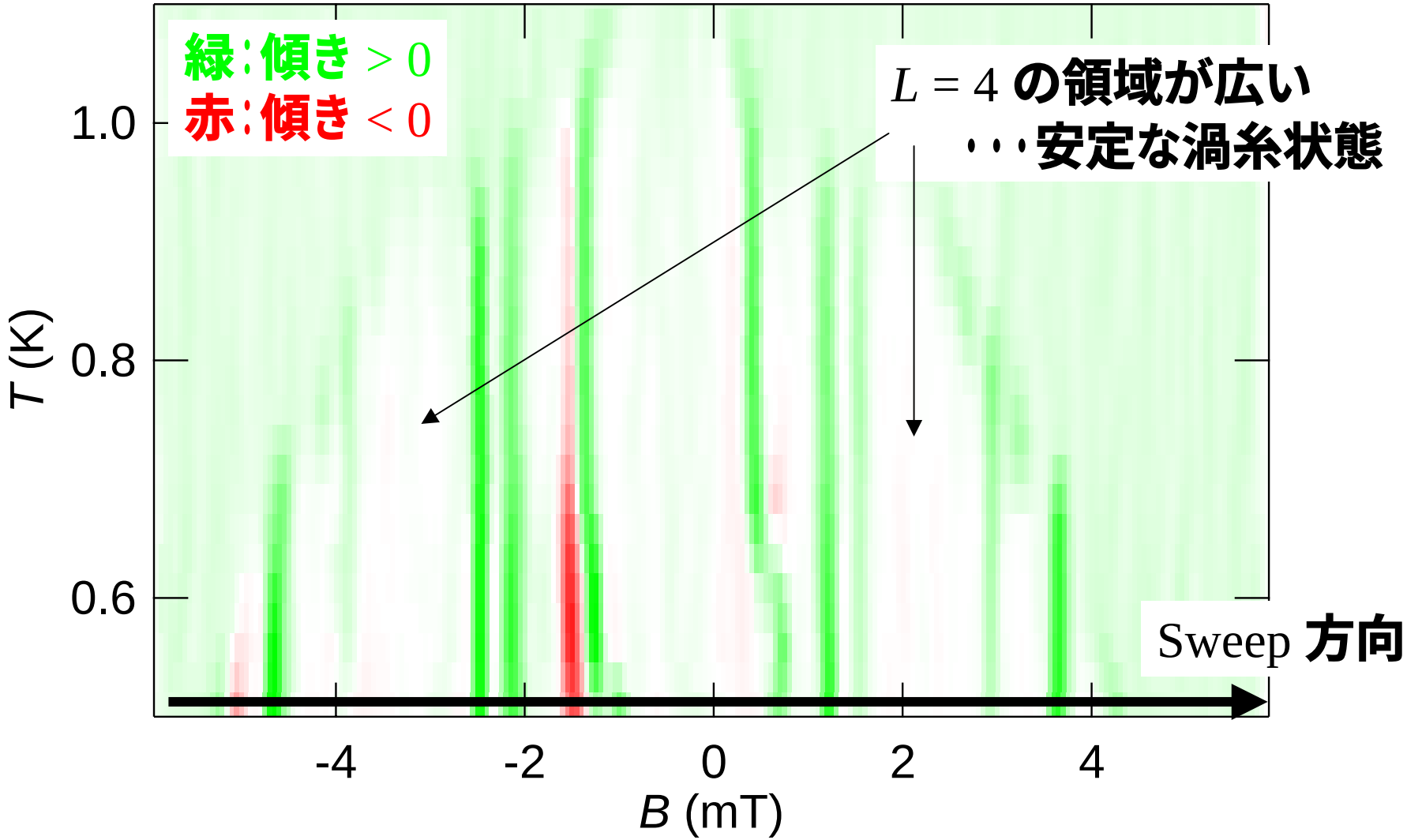
測定結果



測定結果

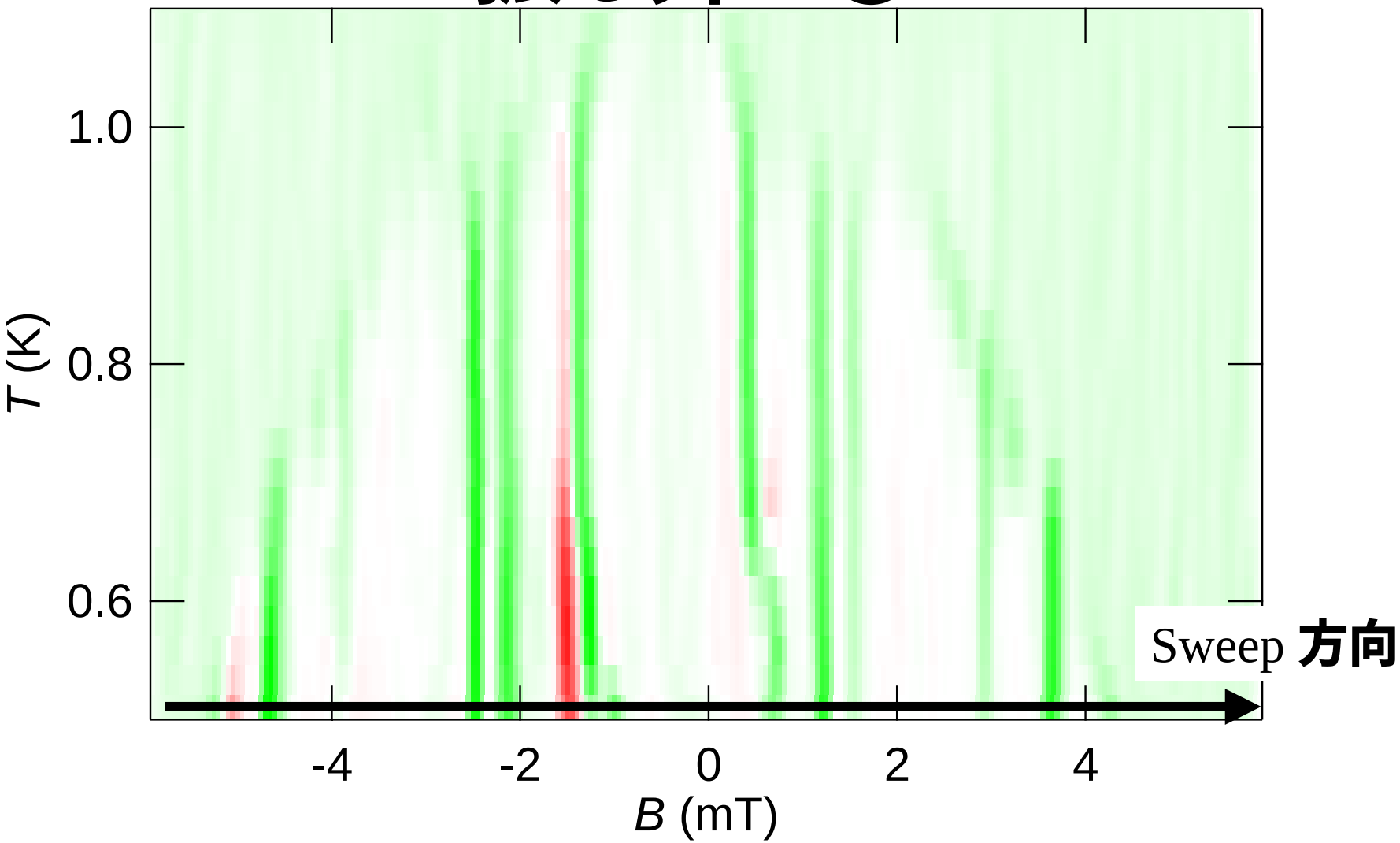


渦糸の排出/侵入磁場



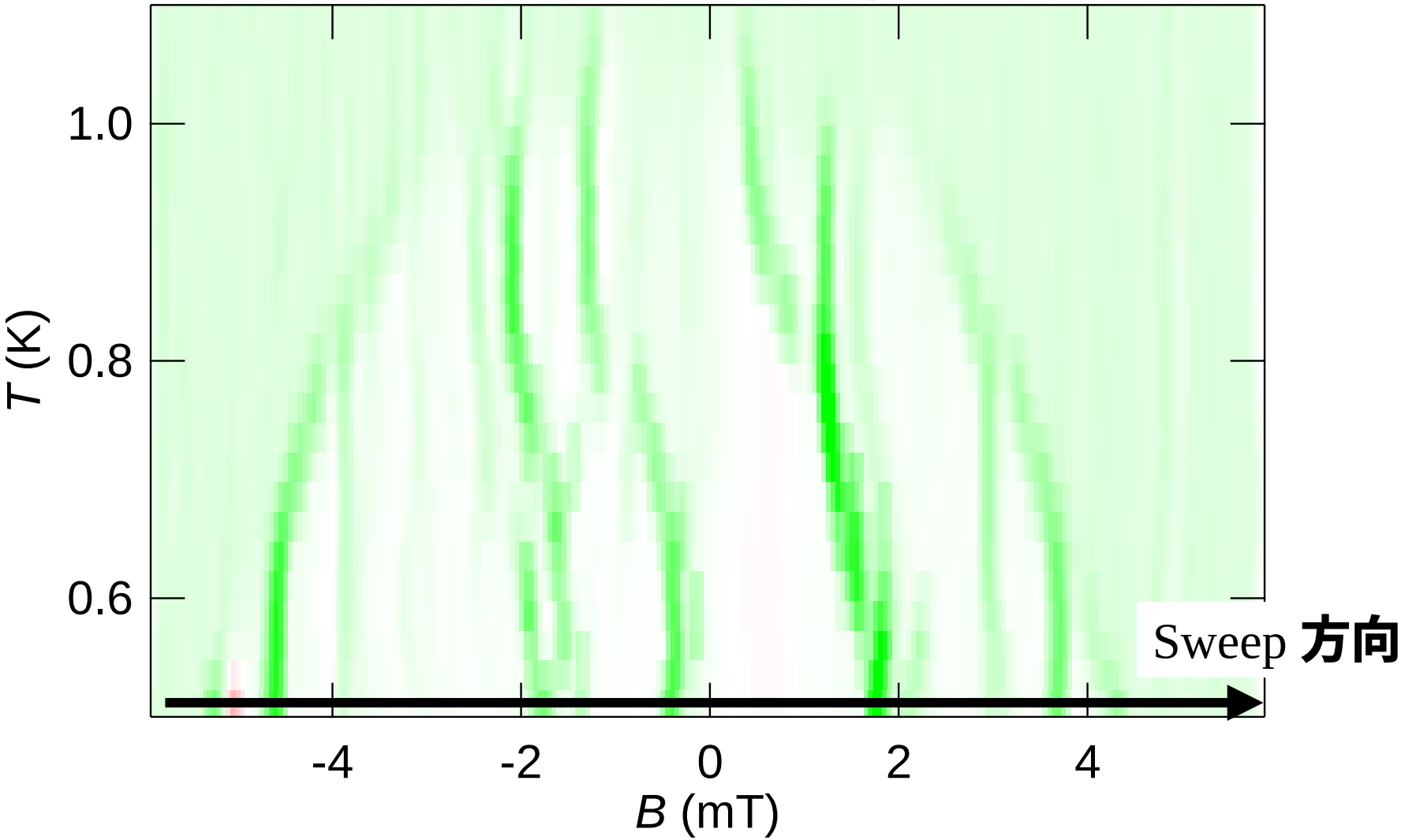
同じ条件での測定 ➔ 2通りの振る舞いを観測

振る舞い①



- Sweep方向依存性、温度依存性ともにほとんどない
- 特に高温域 (T ~ 1.0 K) の測定ではこの振る舞いがほとんど

振る舞い②

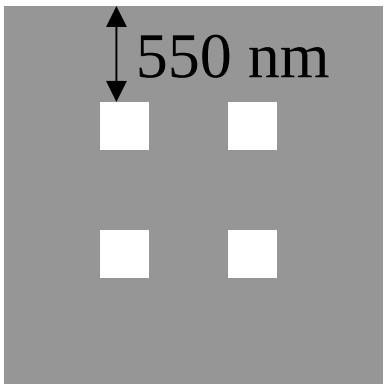


- ヒステリシスがあり、低温ほど顕著になる
- 低温域 (T < 800 mK) での測定でよく見られた

2つの振る舞いの起源

振る舞い① (温度依存性・ヒステリシスなし)

・超伝導細線ネットワーク (SWN)の振る舞いに近い
・自由に渦糸が出入りできる場合に見られる



ξ(1K) = 600 nm
ξ(400 mK) = 300 nm
・・・特に高温域では、十分実現しうる

振る舞い② (温度依存性・ヒステリシスあり)

・メゾスコピック超伝導体に一般に見られる振る舞い
・渦糸の出入りに際して障壁がある場合に見られる

今回は臨界磁場から磁場 (の絶対値) を小さくして測定している
・・・渦糸の残る位置の違いによって振る舞いが変わる？

まとめ

- メゾスコピック超伝導体（孔の開いた正方形）における渦糸状態について、多端子Hall crossによる局所的な磁場測定を通して調べた。

- 渦糸の侵入・排出磁場の温度依存性に関して、2通りの振る舞いが観測された。
  - 渦糸の残る位置によって決まる？
  - 検証・・・渦糸の分布の観測

  ➔試料形状を改良することで空間分解能を向上させ、渦糸の分布との関連を調べる