

三角格子反強磁性体CuFeO₂の 中性子準弾性散乱

林 慶¹, 野崎友大¹, 深津遼平¹, 梶谷 剛^{1,2}
¹東北大、²IRT

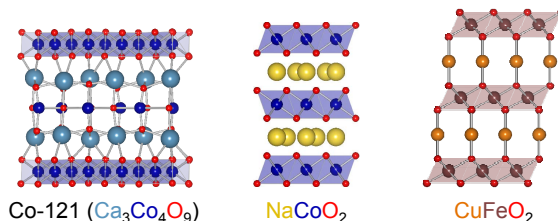
研究プロジェクト

➤熱電半導体の開発研究

熱エネルギーと電気エネルギーを効率よく相互に変換

- ・高い熱起電力
- ・高い電気伝導率
- ・低い熱伝導率

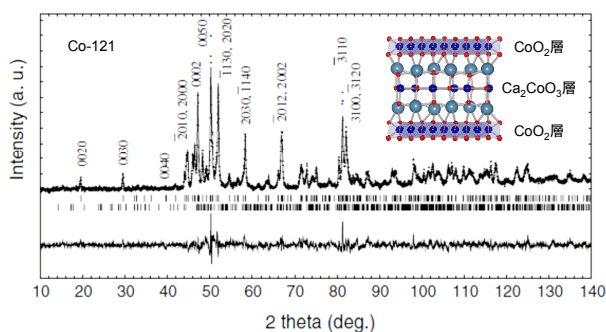
縮退半導体
層状酸化物の
結晶構造と熱電特性



研究例①

➤中性子回折 (HERMES、HRPD)

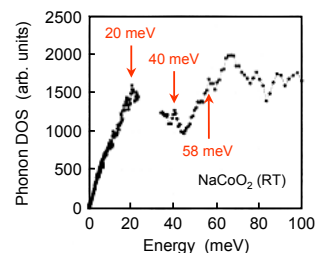
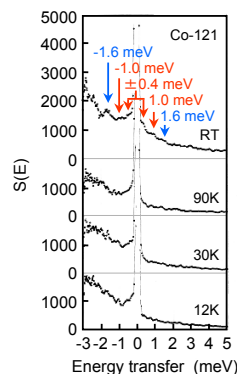
Y. Miyazaki et al., J. Phys. Soc. Jpn. 71, 491 (2002).



研究例②

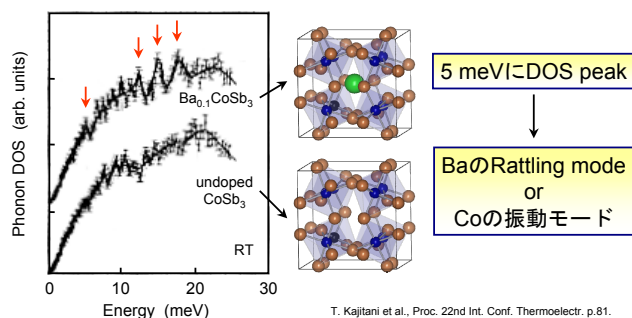
➤中性子非弾性散乱 (AGNES)

T. Kajitani et al., Trans. Mater. Res. Soc. Jpn. 30, 507 (2005);
 Trans. Mater. Res. Soc. Jpn. 31, 363 (2006);
 Key Eng. Mater. 336-338, 826 (2007).



研究例③

➤中性子非弾性散乱 (AGNES)

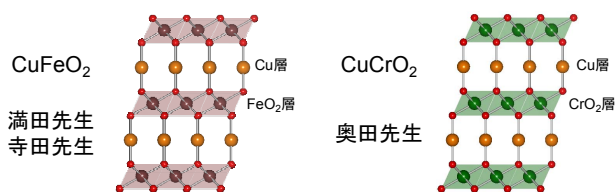


T. Kajitani et al., Proc. 22nd Int. Conf. Thermoelectr. p.81.

CuFeO₂の中性子非弾性散乱

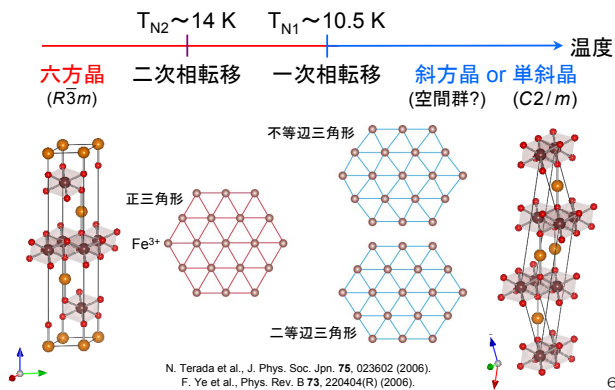
結晶構造と磁気構造
 Cu⁺→3d¹⁰
 Fe³⁺→3d⁵ (S=5/2, L=0)

マルチフェロイクス
 反強磁性と強誘電性



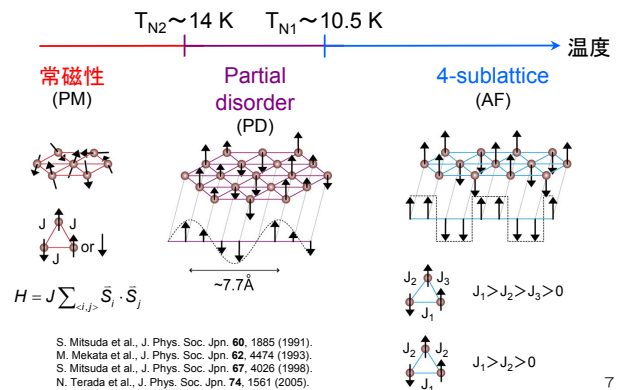
➤非弾性散乱→フォノン、マグノン
 ➤準弾性散乱→常磁性散乱、スピン液体

CuFeO₂の結晶構造



6

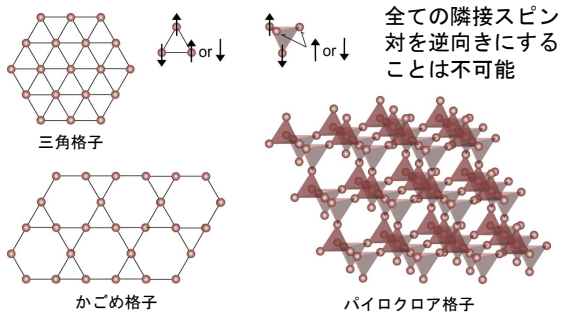
CuFeO₂の磁気構造



7

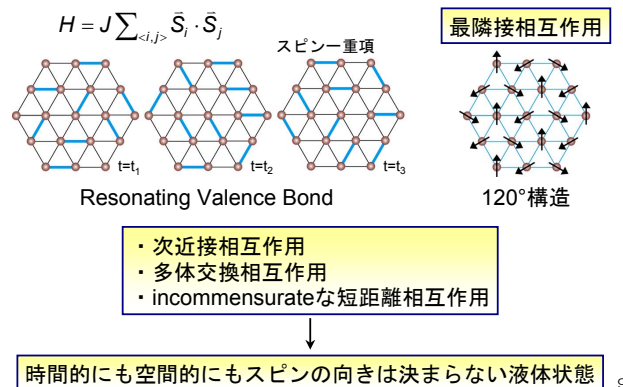
幾何学的フラストレーション

格子の幾何学形状によりスピンの反強磁性秩序が抑制



8

量子スピン液体



9

スピン液体の古典的描像

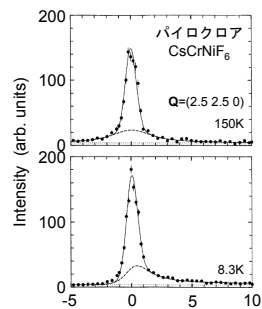
スピンの拡散 (cooperativeな常磁性状態)

R. Moessner and J. T. Chalker, Phys. Rev. Lett. **80**, 2929 (1998).

$$\langle S_i(0) \cdot S_i(t) \rangle = \exp(-cTt)$$

準弾性散乱ピーク
ローレンツ関数

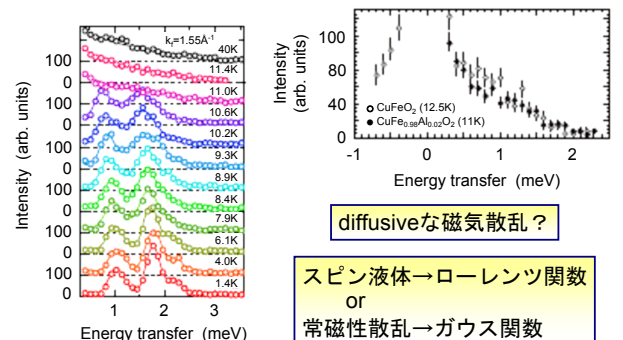
$$S(Q, E) = \frac{1}{2\pi\hbar} \int dt e^{-iEt} \int dr e^{-iQr} \langle S_i(r, 0) \cdot S_i(r, t) \rangle$$



M. J. Harris et al., Phys. Rev. B **52**, R707 (1995).

10

CuFeO₂の中性子非弾性散乱



N. Terada et al., J. Magn. Magn. Mater. **272-276**, e997 (2004);
J. Phys.: Condens. Matter **19**, 145241 (2007).

11

実験方法

CuFeO₂ 多結晶試料の作製
原料 Cu₂O、Fe₂O₃
↓
秤量、混合、ペレット成型
↓
1050°C、Ar雰囲気、12h焼成
↓
粉末10gアルミニウム容器

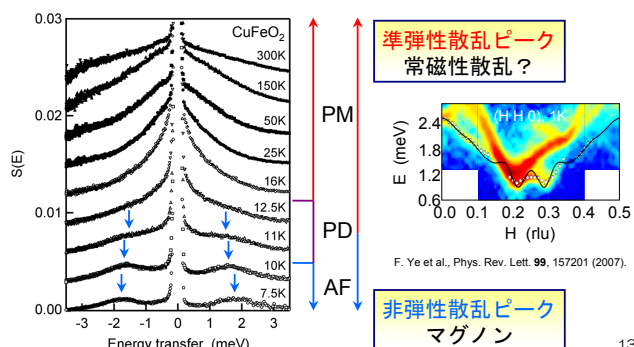
中性子非弾性散乱・準弾性散乱
AGNES
パルス中性子の波長→4.22Å
測定温度→7.5K~300K
測定時間→24h



12

実験結果

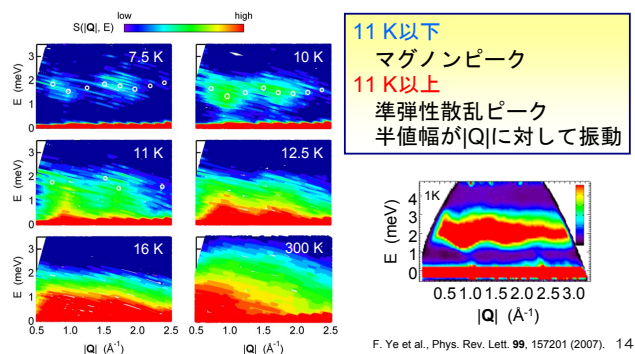
➤CuFeO₂の中性子非弾性・準弾性散乱



13

実験結果

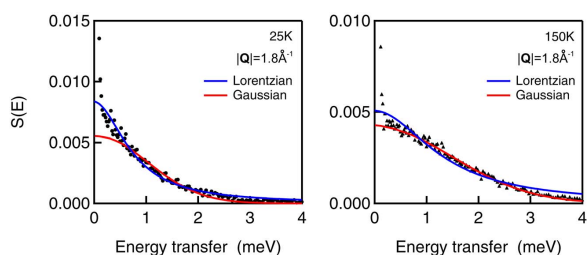
➤CuFeO₂の中性子非弾性・準弾性散乱



F. Ye et al., Phys. Rev. Lett. 99, 157201 (2007). 14

解析

➤準弾性散乱ピークの形状

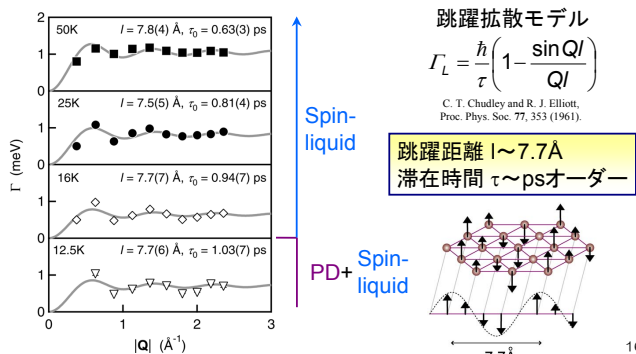


異なるスピンダイナミクス

15

考察

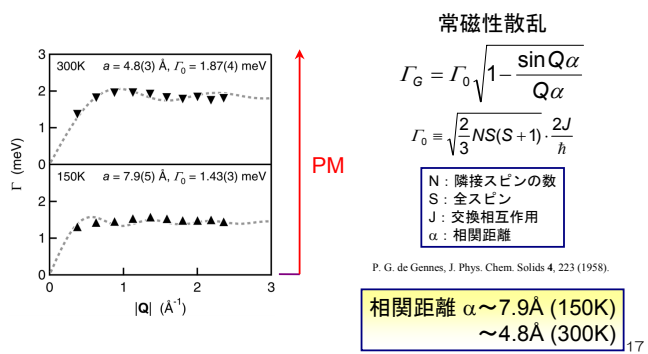
➤準弾性散乱ピークの|Q|依存性 (50 K以下)



16

考察

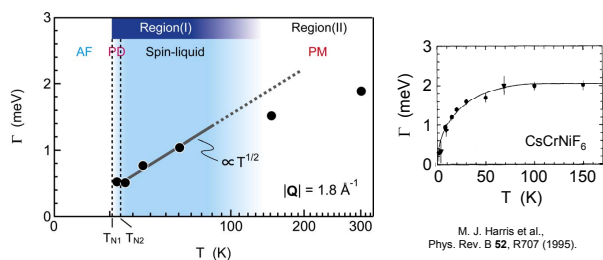
➤準弾性散乱ピークの|Q|依存性 (150 K以上)



17

考察

➤ 準弾性散乱ピークの温度依存性



$$\langle S_i(0) \cdot S_i(t) \rangle = \exp(-cTt)$$

$$\Gamma \propto T$$

$$\Gamma \propto T^{1/2}$$

18

総括と今後の展望

- AGNESを用いたハードマターの研究
→ フォノン、マグノン、スピンダイナミクス
(研究対象の適切な選択)
- フラストレーション系 → スピン液体、常磁性
- $|\mathbf{Q}|$ 依存性を見る上では三軸より有利
(最終的には三軸での測定が望まれる)
- 冷却システムの改善
- ハードマターユーザーの増加

19