

強相関電子系の強磁場X線分光

東京大学物性研究所

松田康弘

東大物性研
原子力機構
JASRI/SPring-8

中村俊幸、何金龍*
道村真司、稲見俊哉
水牧仁一郎、河村直己、鈴木基寛

京大院理
東大物性研

吉村一良
山浦淳一、廣井善二

YbXCu_4 (X=In, Ag)
 $\text{Cd}_2\text{Os}_2\text{O}_7$

(*) 現 Chang Gung University

Outline

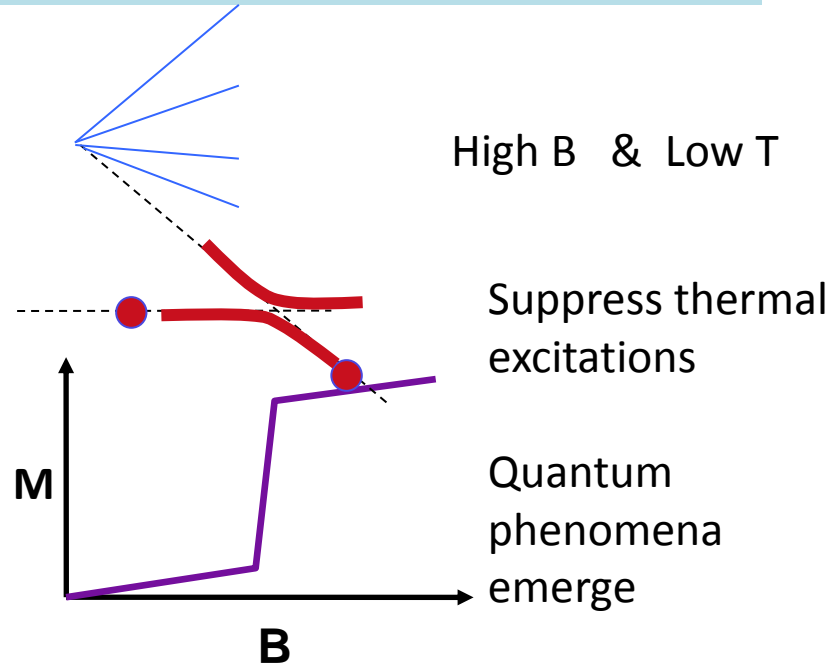
- Introduction
 - 強磁場下でのX線実験(意義と現状)
- YbXCu_4 ($X=\text{In, Ag}$)のXASとXMCD
 - f電子と伝導電子 局在-遍歴転移
- $\text{Cd}_2\text{Os}_2\text{O}_7$ のXMCD
 - 5d電子 ($\text{Os}^{5+} 5d^3$)磁性
- Summary

強磁場下でのX線実験

Strong Magnetic Fields

極低温下で電子状態を制御できる
→ 量子相転移の研究

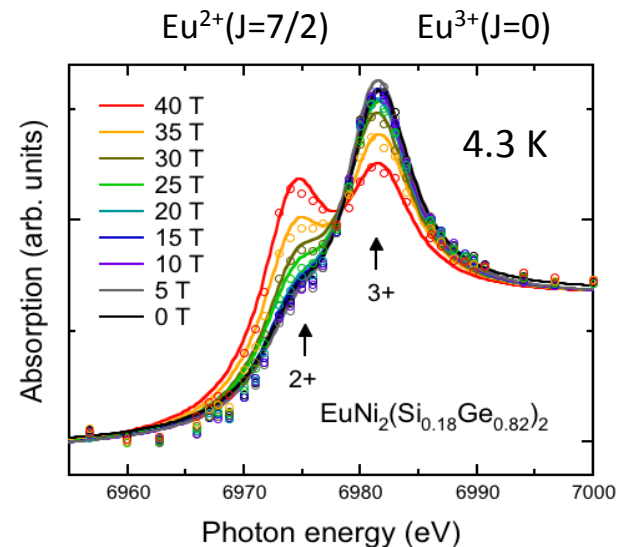
e.g., 重い電子系 (近藤結合、非磁性)
反強磁性体 磁気秩序—【電子状態、格子】



Synchrotron X-rays

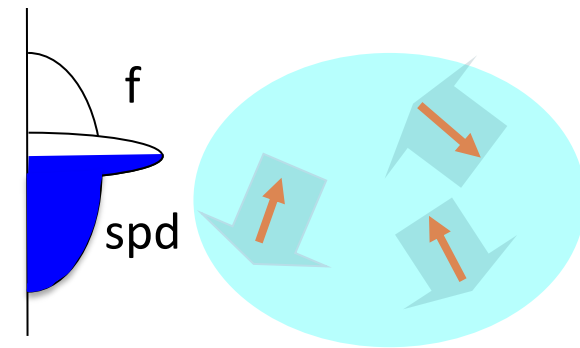
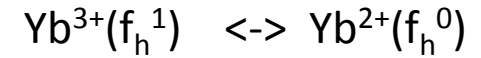
回折実験 格子、秩序(電荷、軌道)、スピン
分光 電子状態、磁気状態(MCD)

20 Tを超える強磁場下でのマイクロ測定として、
磁場誘起現象の解明に威力

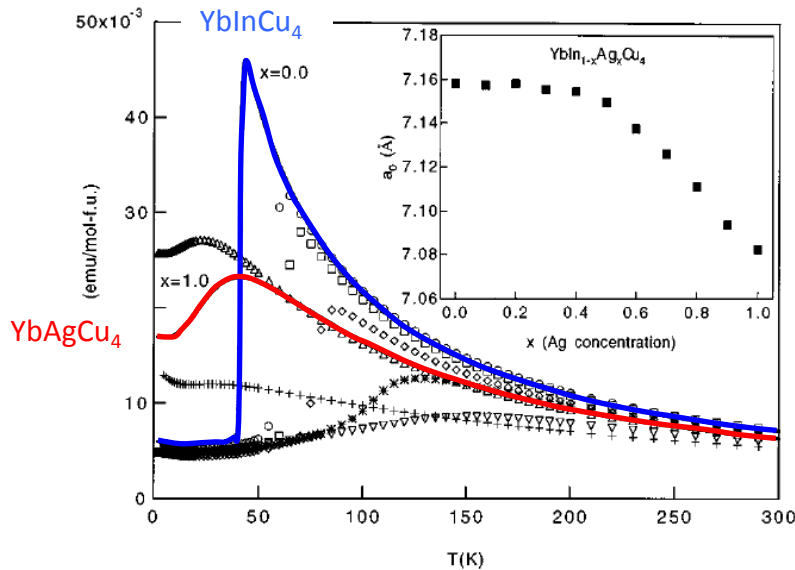


YbXCu₄ (X=In, Ag)

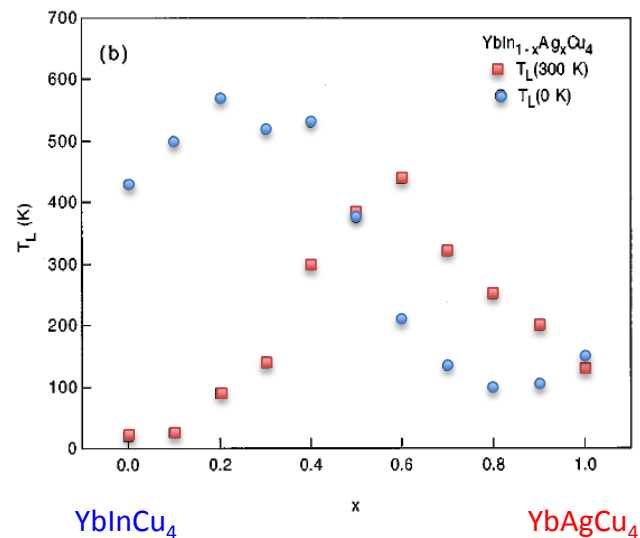
- 価数揺動物質、C15b型結晶構造(立方晶)
- YbInCu₄ 1次価数転移(c.f. Ce γ — α 転移)
- YbAgCu₄ 重い電子系、連続的な価数転移
- 基底状態はパウリ常磁性(近藤束縛状態)



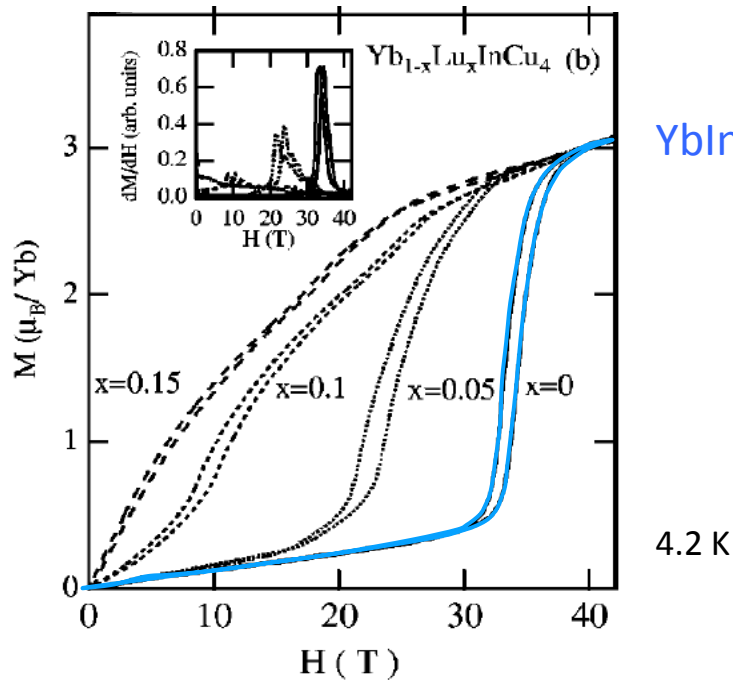
Magnetic susceptibility



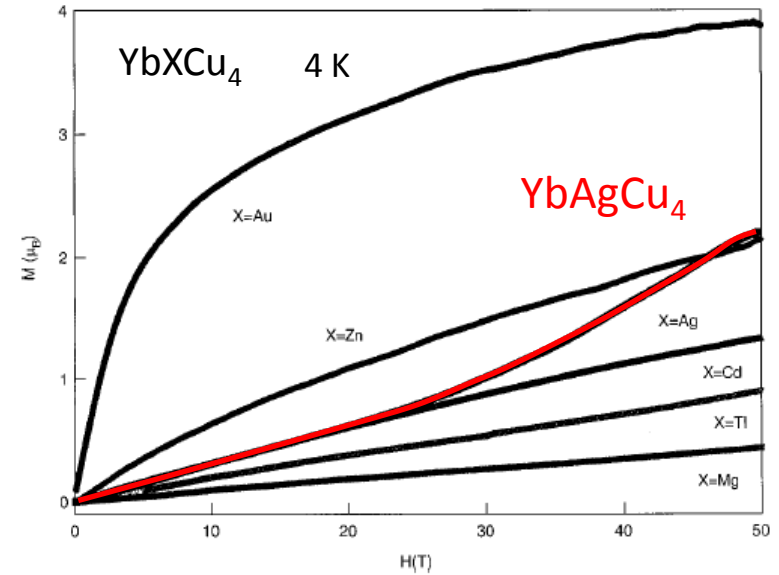
Kondo Temperature



In High Magnetic Fields



W. Zhang et al., Phys. Rev. B **66**
(2002) 024112

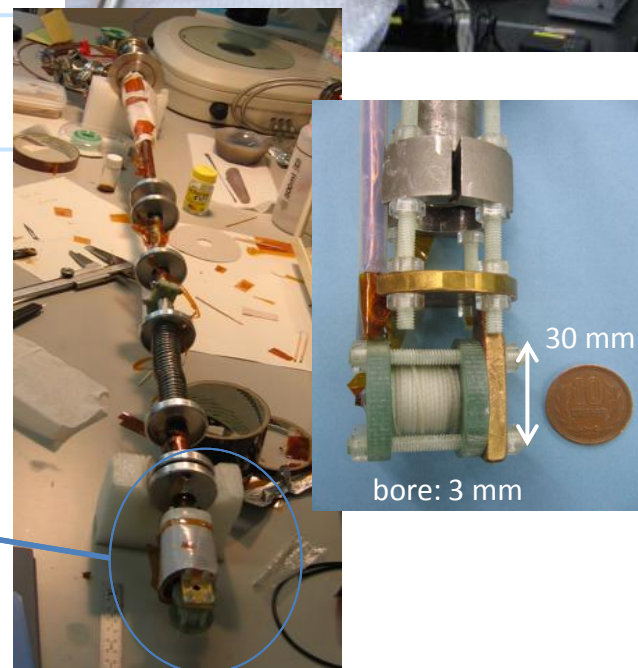
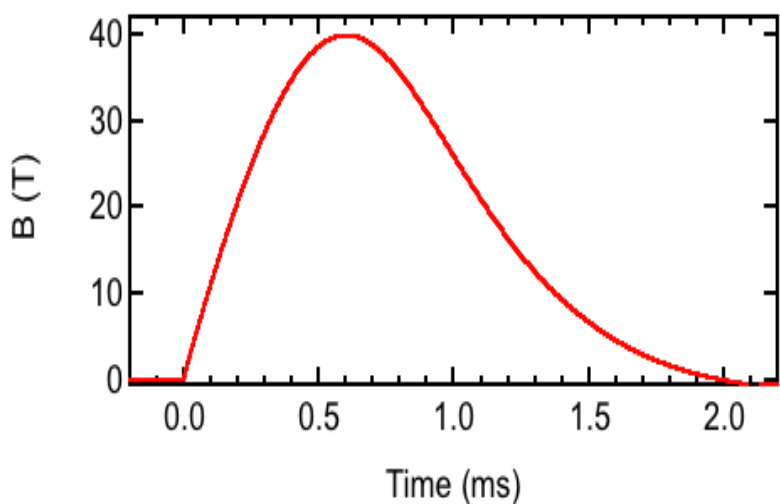
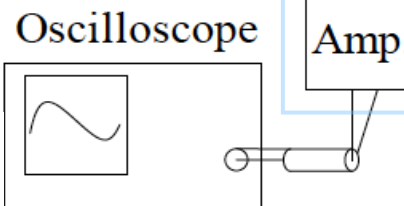
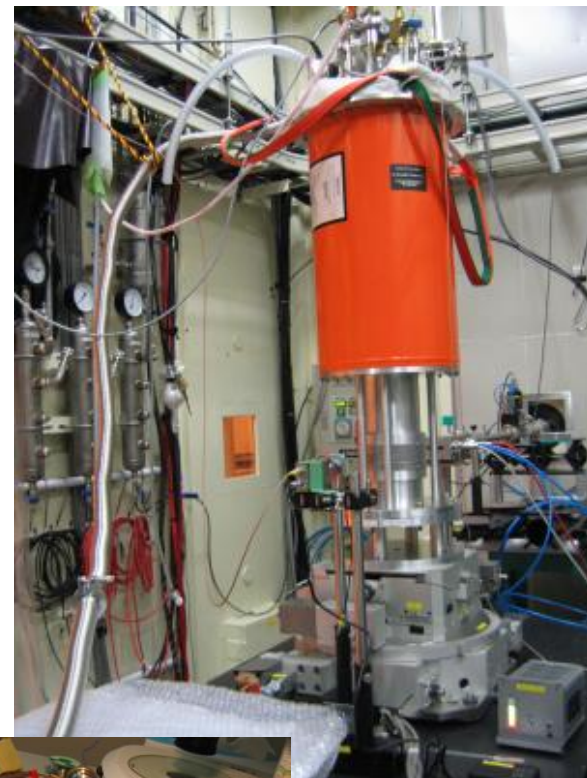
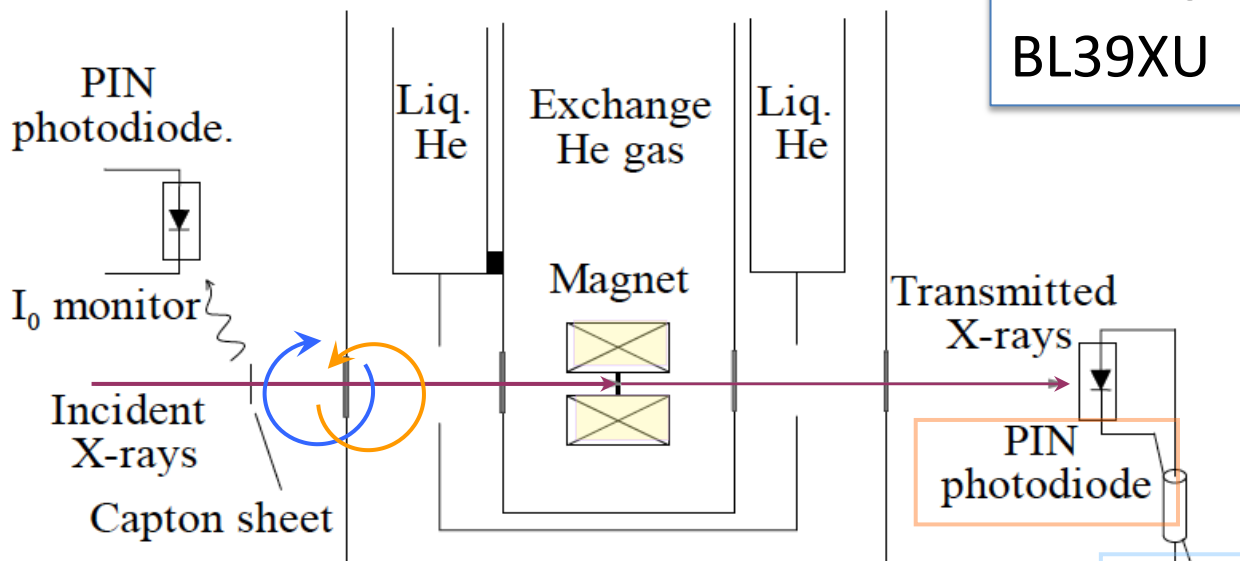


J. L. Sarrao et al., Phys. Rev. B **59**
(1999) 6855

メタ磁性とYb価数の関係を明らかにする
→ パルス強磁場におけるXAS

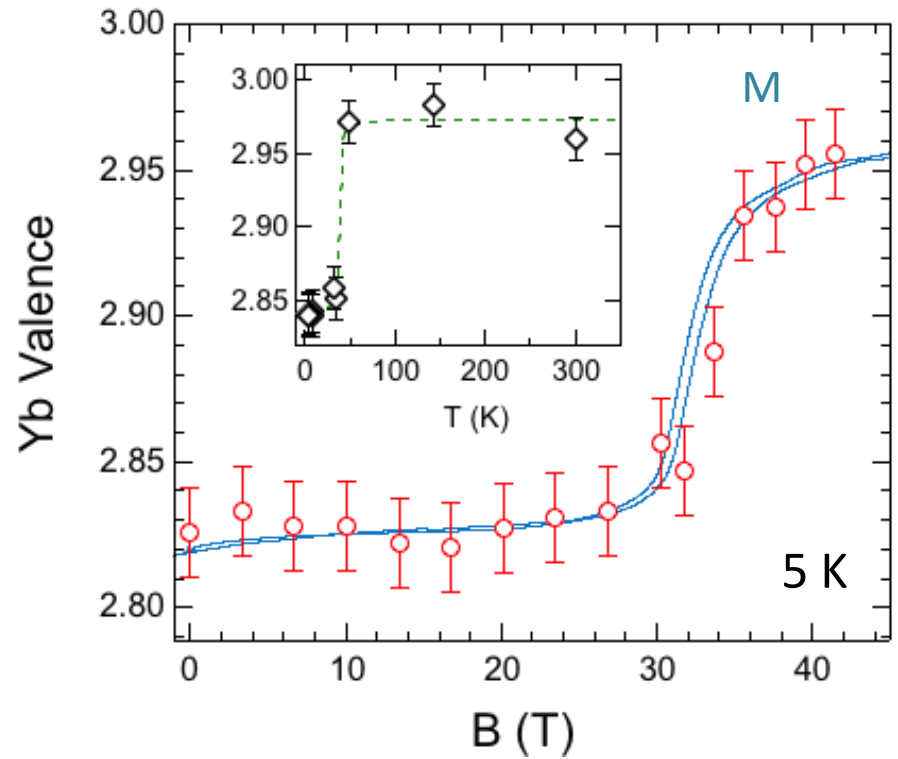
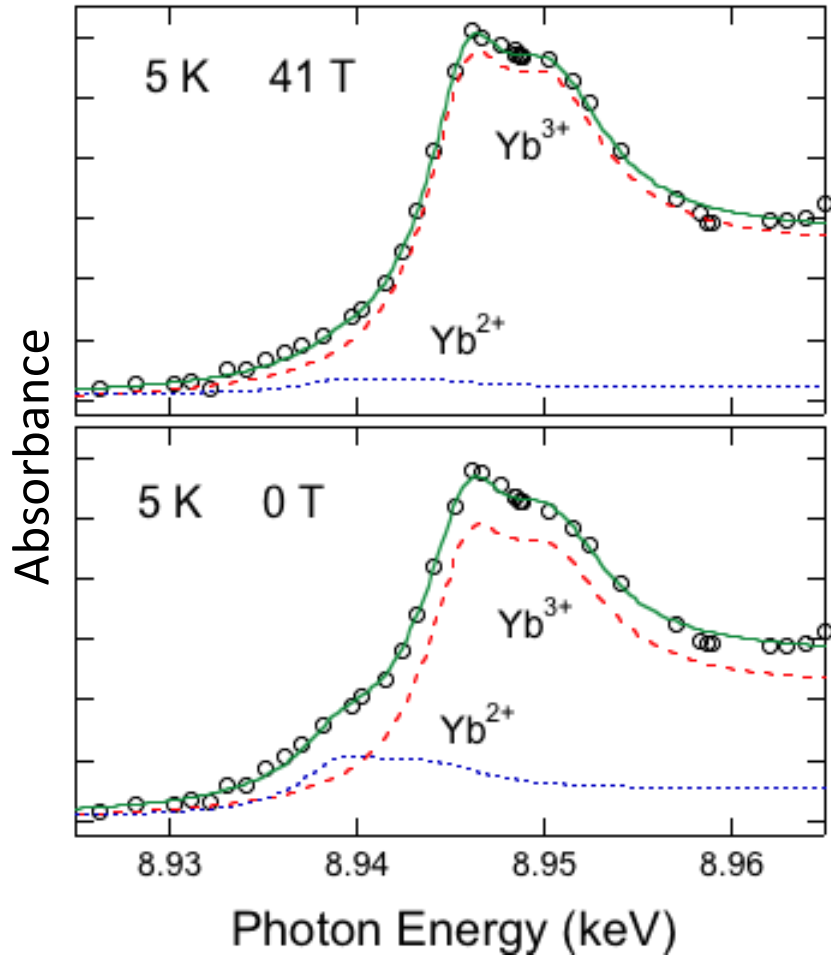
Experimental Setup

SPring-8
BL22XU
BL39XU



YbInCu₄

Yb L₃ 吸収 (2p_{3/2} → 5d)



低温強磁場中でのYb価数は高温相の値にほぼ完全に戻っている。

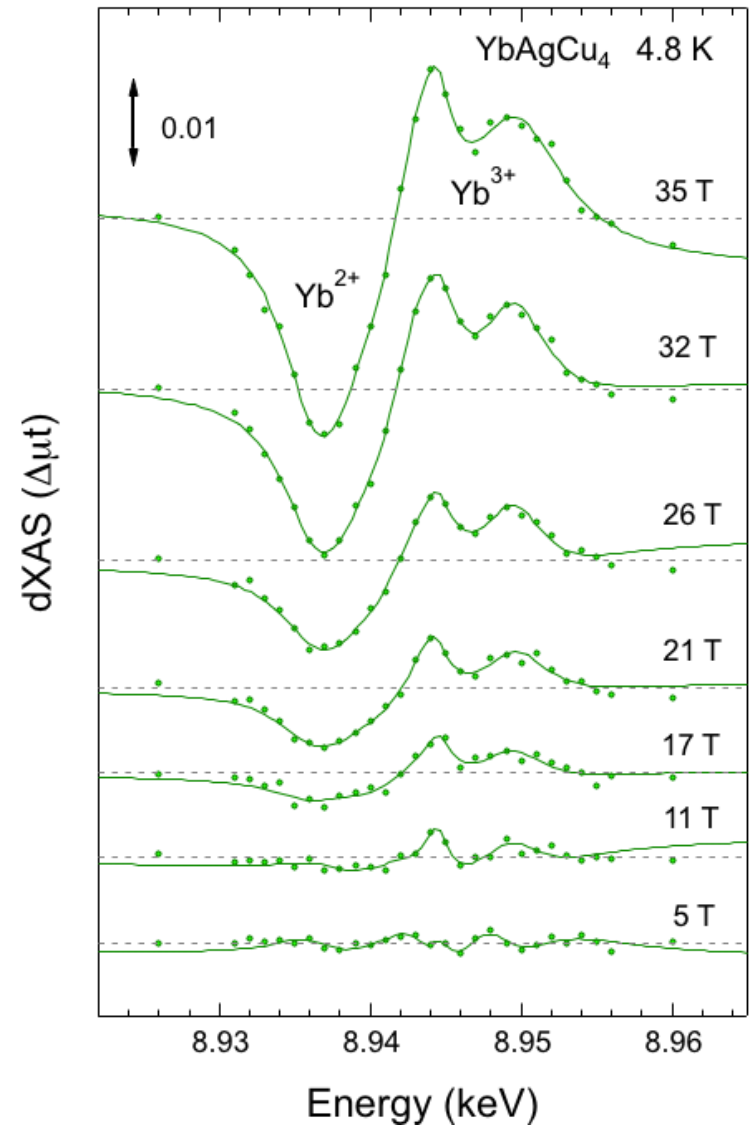
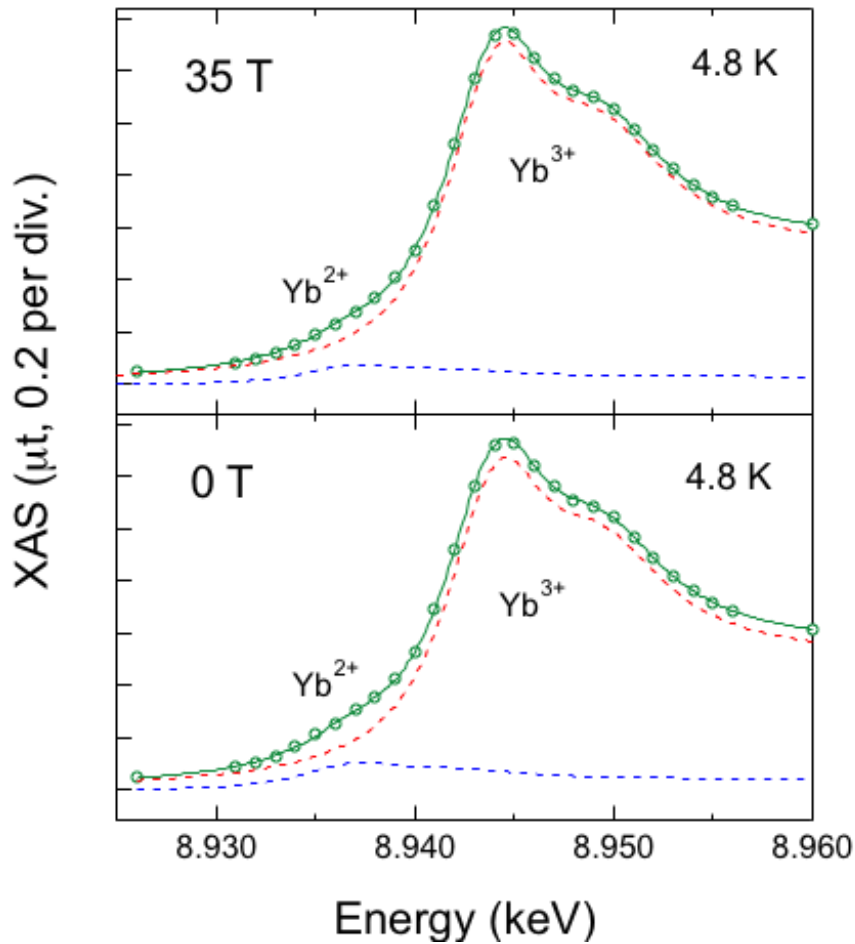
40 T 磁場中 f電子: 遍歴 → 局在

$$v^* = 2 + \frac{I(3+)}{I(2+) + I(3+)}$$

YbAgCu₄

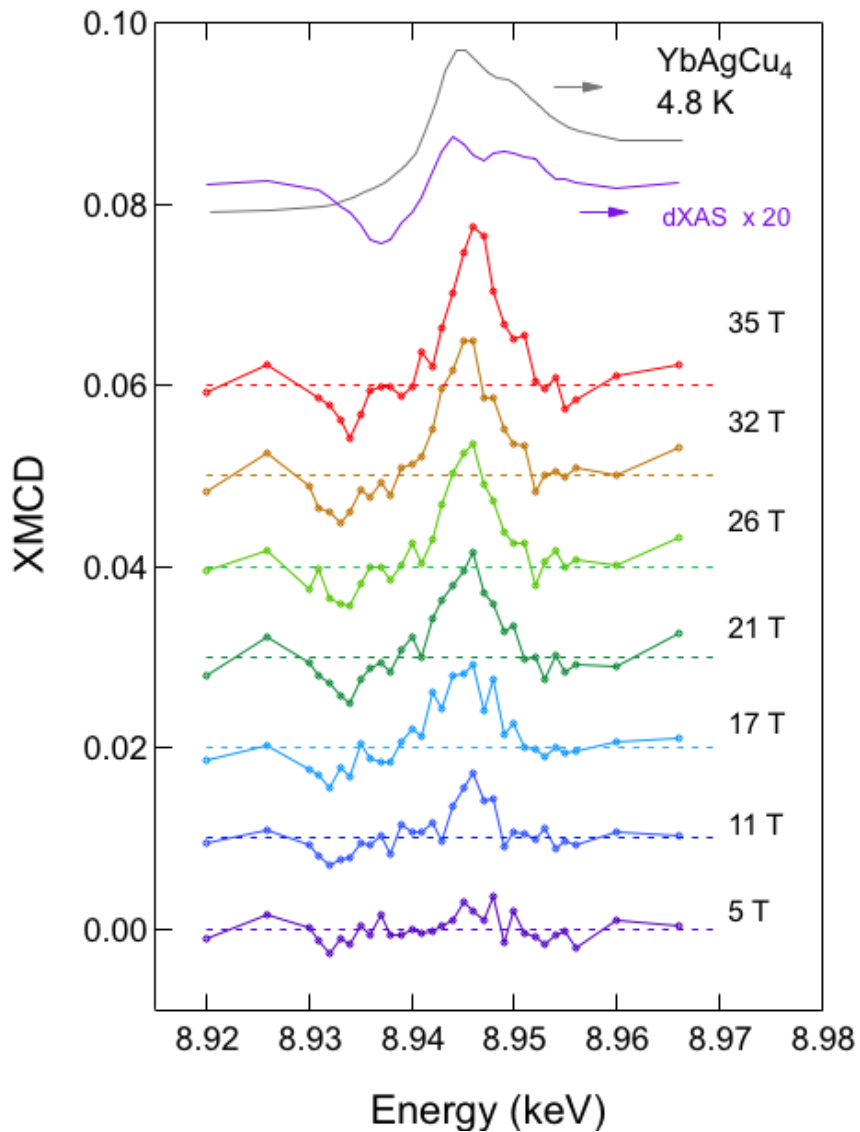
Yb L₃ 吸収 (2p_{3/2} → 5d)

差分スペクトル
磁場中XAS - ゼロ磁場XAS



YbInCu₄と比較して磁場による変化は小さい

YbAgCu₄ L₃-edge

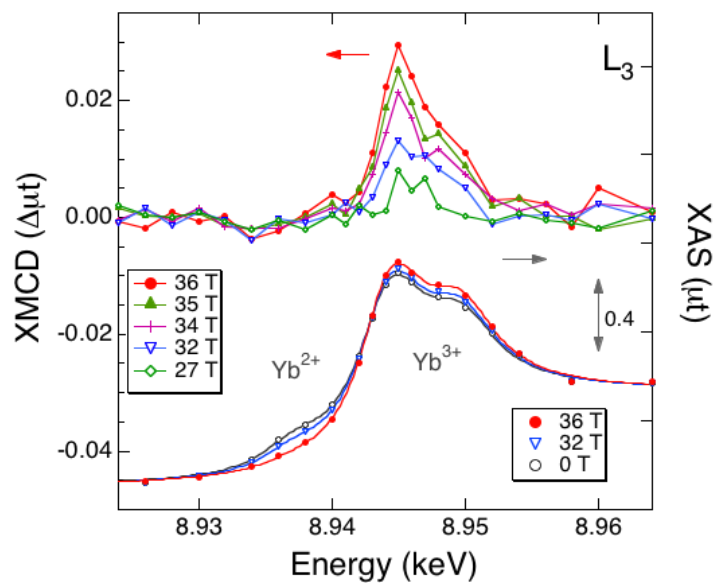


低エネルギー側の負のXMCD構造

- (1) cf混成効果によるYb²⁺(f_h⁰)由来の信号？
- (2) Yb³⁺(f_h¹)の四重極遷移(2p→4f)？

XAS, dXAS (arb. units)

XMCD in YbInCu₄



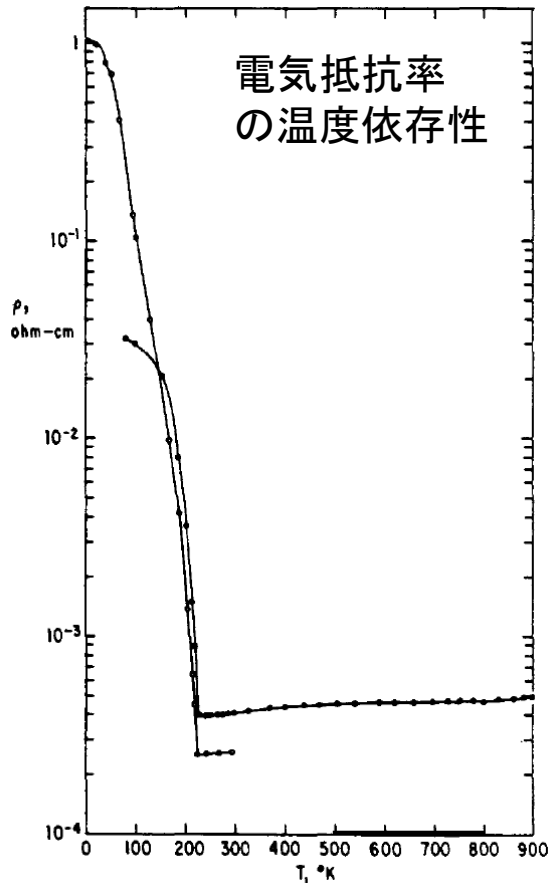
パイロクロア酸化物 $\text{Cd}_2\text{Os}_2\text{O}_7$

金属絶縁体 (MI) 転移 225 K

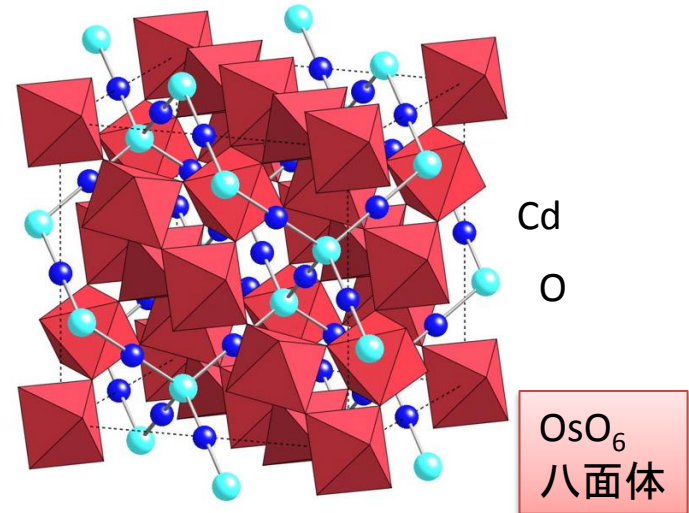


- ・5d電子は広がっている
- ・バンド計算からは半金属が期待

D. J. Singh et al.,
Phys. Rev. B **65** (2002) 155109



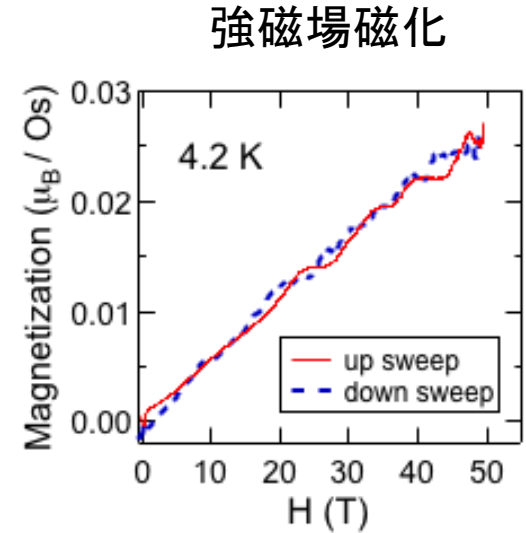
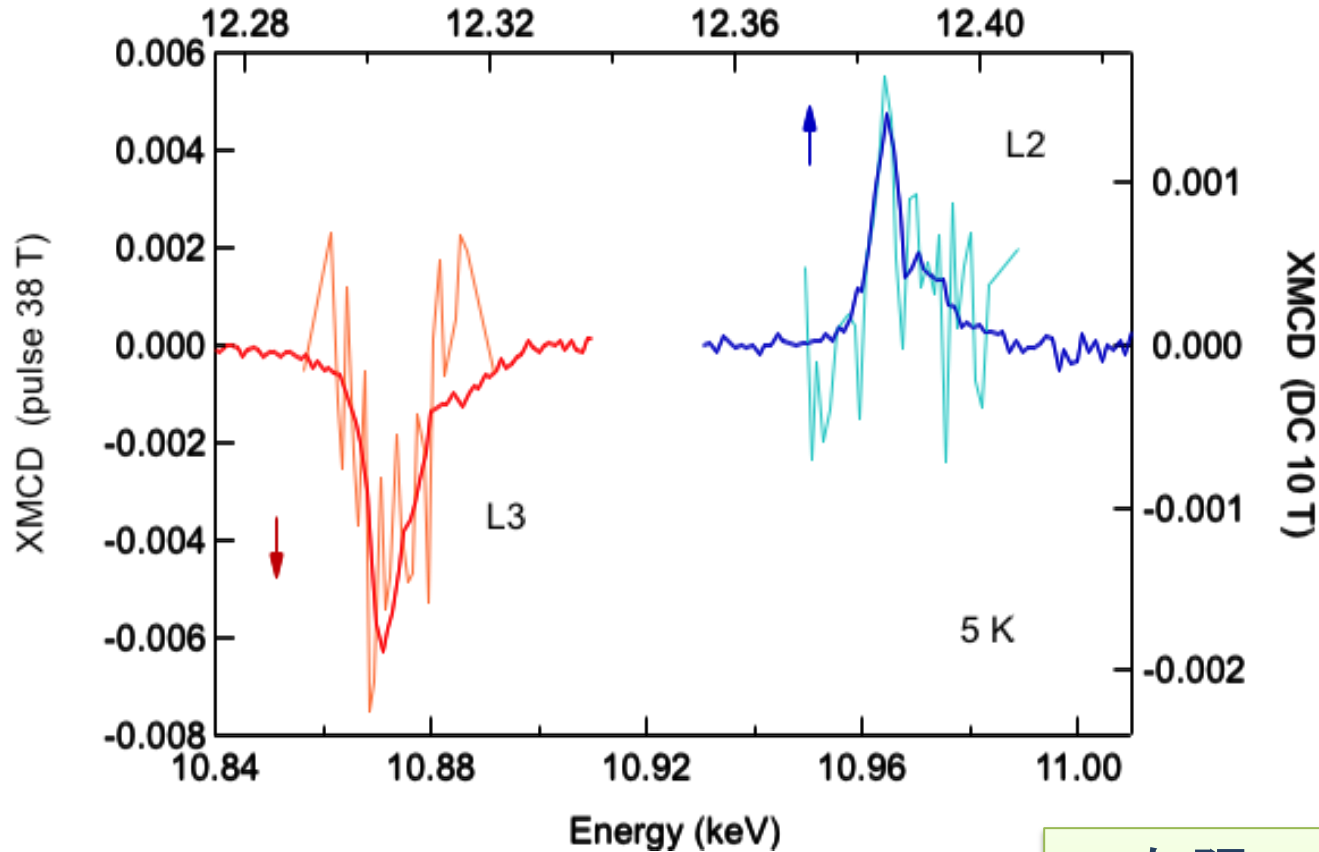
立方晶 $Fd\bar{3}m$
 $\text{Os}^{5+} (5d^3)$ パイロクロア格子を組む



<http://hiroi.issp.u-tokyo.ac.jp/>

A. W. Sleight et al.,
Solid State Commun. **14** (1974) 357

Os L吸収端 XMCD



DC 10 T

$$\frac{m_L}{m_S} = 0.162$$

pulse 38 T

$$\frac{m_L}{m_S} = 0.17 \pm 0.01$$

■ 有限の m_L

■ $m_L // m_S$ ($5d^3$, less than half)

→ Hund第3法則に合わない

Summary

- High Magnetic Field X-ray Experiments
 - Higher Fields (50 T), Lower Temperature
 - Soft X-ray, Advanced measurements
- YbXCu_4 (X=In, Ag) XAS, XMCD
 - Yb valence state \leftrightarrow meta magnetism, heavy fermion
 - unusual XMCD spectra \rightarrow electronic state in high fields
- $\text{Cd}_2\text{Os}_2\text{O}_7$ XMCD
 - magnetism of 5d electron system
 - effects of the spin-orbit interaction \leftrightarrow MI transition