

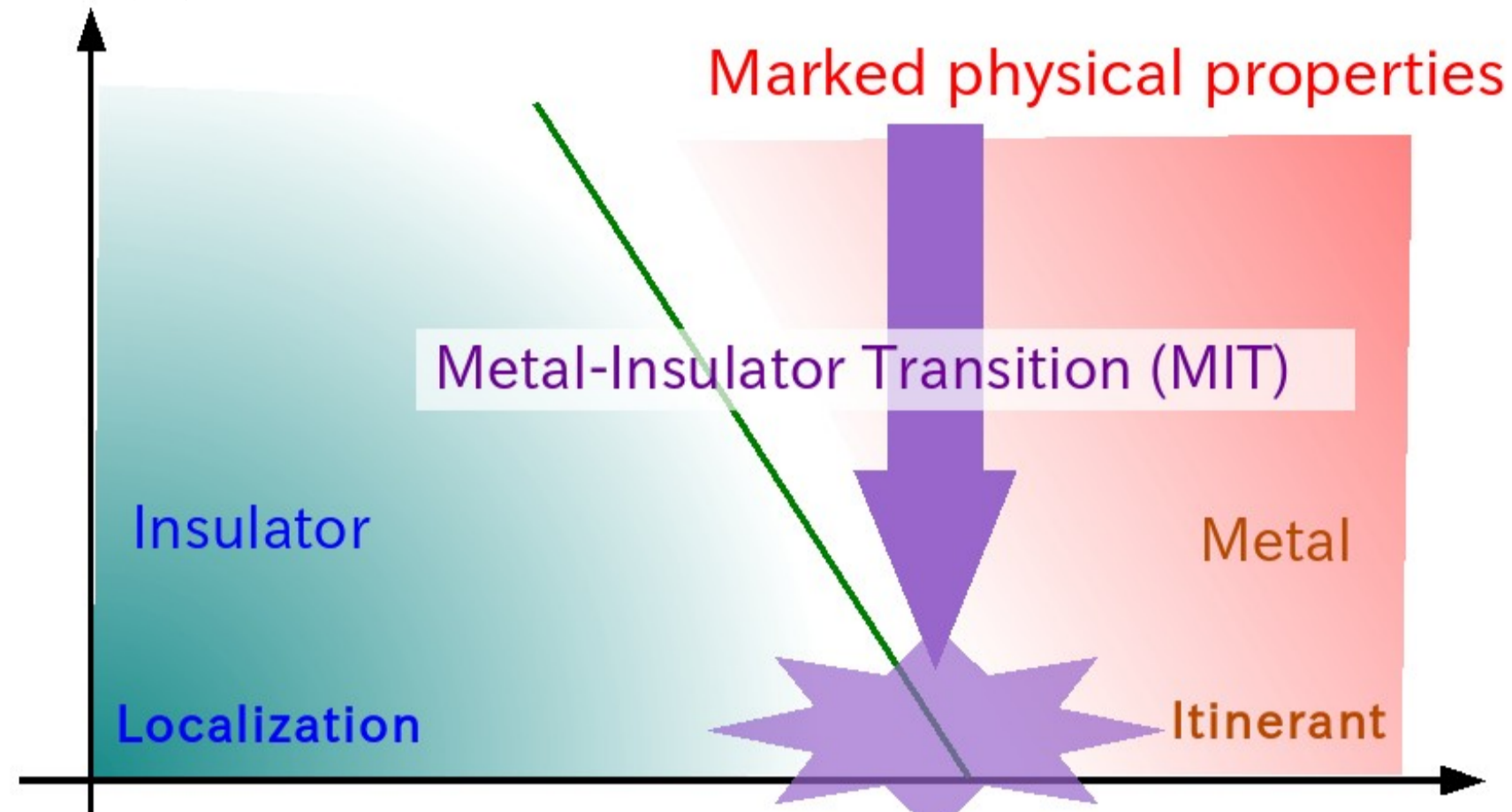
2009S2-008

研究代表者: 物質構造科学研究所、構造物性研究センター 中尾裕則 (発表: 村上洋一)
 実験グループ: 構造物性研究センターG (KEK)、山田G・熊井G (産総研)、岩佐G・有馬G (東北大)、宮坂G (阪大)、寺崎G (名大)、勝藤G (早大)、花咲・野上G (岡山大)、田口G (理研)、網塚G (北大)
 実験課題有効期間: 2009年10月 ~ 2012年9月
 実験ステーション: BL-3A, 4C, 8A, 8B, 16A, 11B (各期 2-3週間ずつ程度利用)

研究背景

強相関電子系では、電子の局在状態と遍歴状態の狭間で、通常の金属では出現しない高温超伝導、巨大磁気抵抗効果といった顕著な物性が頻りに発現する。従って、系の局在性と遍歴性の競合した電子状態の研究が、新奇物性発現メカニズムの解明の上で極めて重要な課題となっている。実際、このような局在と遍歴の競合状態は、「遷移金属酸化物の局在性の強い遷移金属3dと遍歴性の強い酸素2pの軌道混成効果」、「希土類金属化合物の局在した4f電子と伝導電子とのc-f混成効果」、「遷移金属を含む分子性半導体での分子の持つ遍歴的なπ電子と局在性の強い3d電子との間の軌道混成効果」のように、強相関電子系の共通の命題となっている。そこで本課題では、硬X線から軟X線までの広いX線エネルギーを利用した共鳴軟X線散乱(RXS)手法により、軌道混成に寄与している遍歴的電子と局在的な電子の状態を区別して観測すること、さらにその外場依存性を調べることで、「軌道混成」をパラメータとした物性発現機構の解明を目指している。

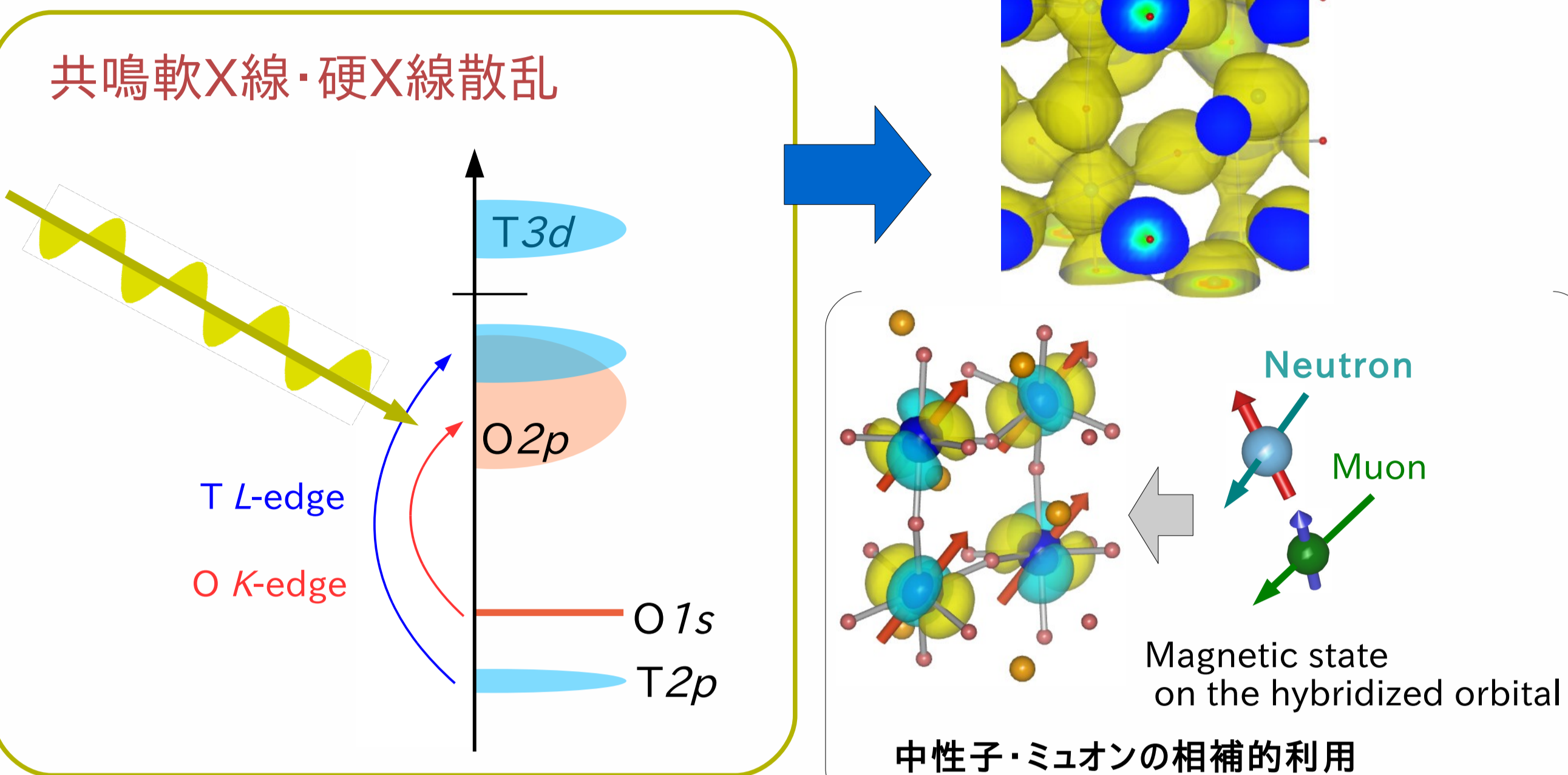
強相関電子系



遷移金属酸化物: T3d-O2p 軌道混成
 希土類金属化合物: p-f混成, c-f混成
 分子性半導体: π-d 軌道混成

局在性の強い電子 (遷移金属3d,4d, 希土類金属4f,5f)と
 遍歴性の強い電子 (酸素2pなど)の軌道混成状態が物性を支配

軌道混成秩序状態の解明を目指して



実験環境整備

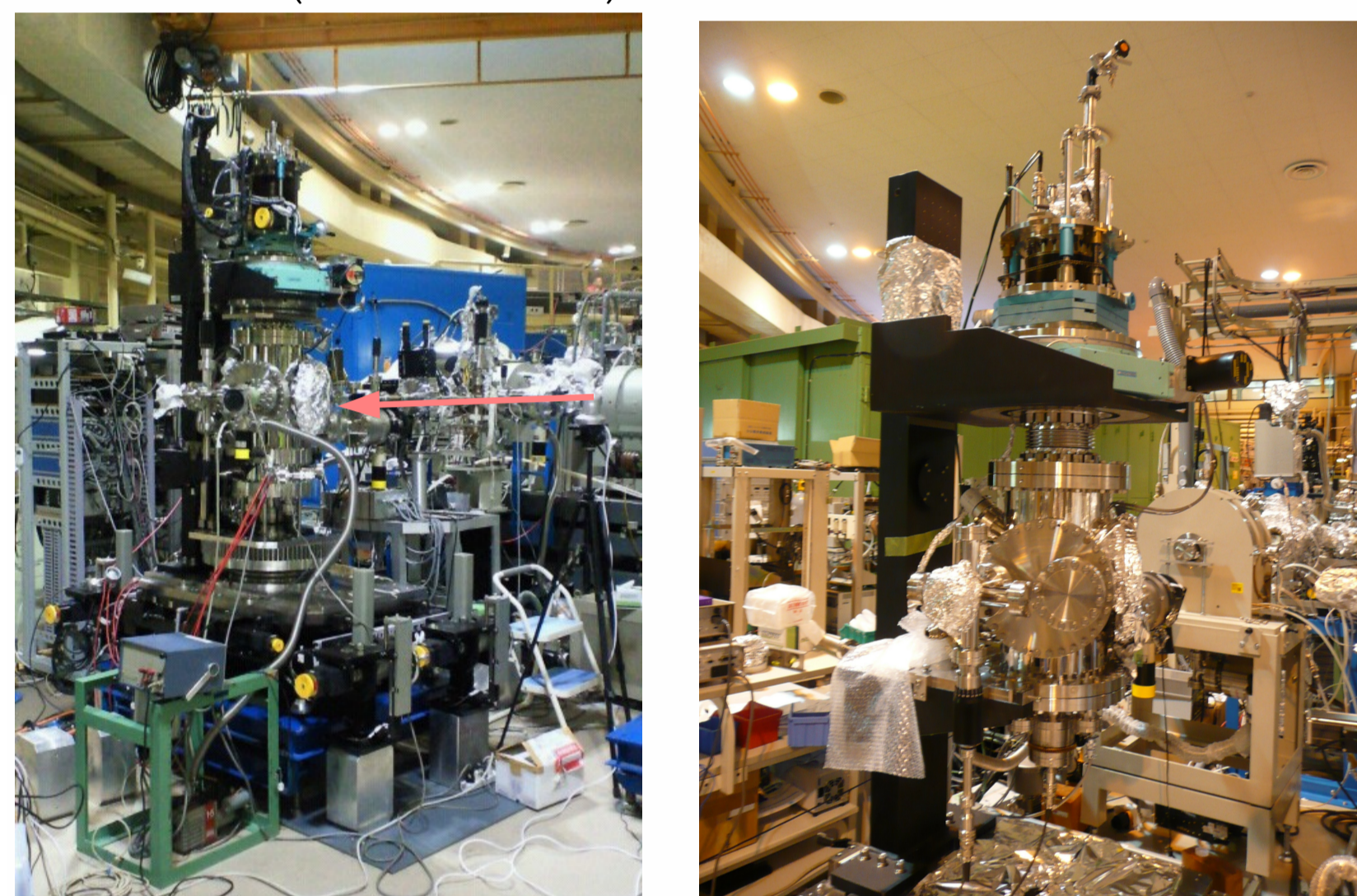
X線エネルギーによる制約を取り除く

磁場中 共鳴X線散乱: 軟・硬X線の相補的な利用を目指して

BL-3Aと同じ磁場条件での実験が可能に

3d遷移金属: L_{2,3}-edge(2p→3d)
 希土類金属: M_{4,5}-edge(3d→4f)
 軽元素(O, P, S...): K-edge

PF BL-16A (250-1800 eV)
 11B (1724-5000 eV)



H22年度 BL-11Bでの実験開始

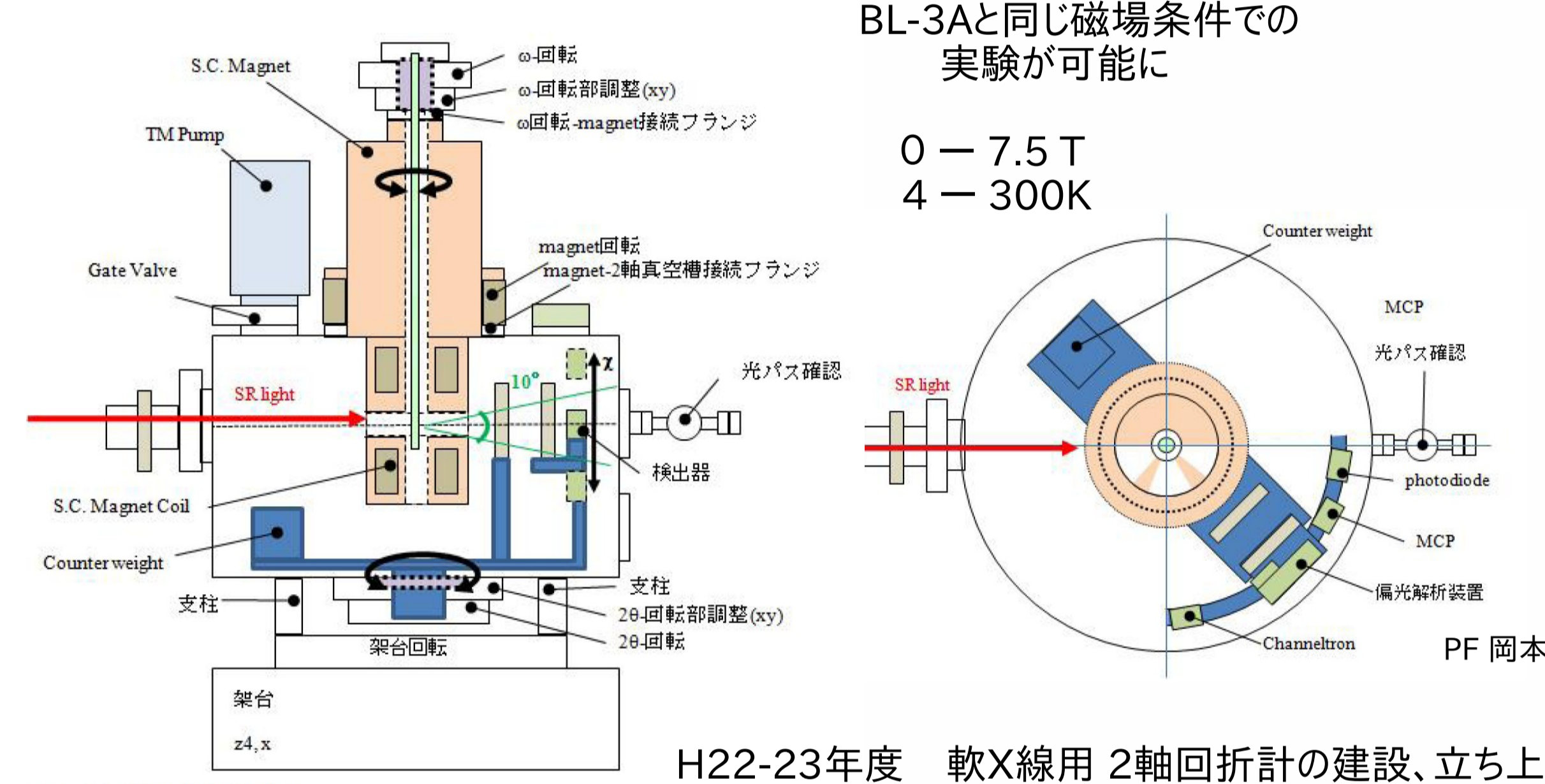


図1: 超伝導磁石搭載時概念図

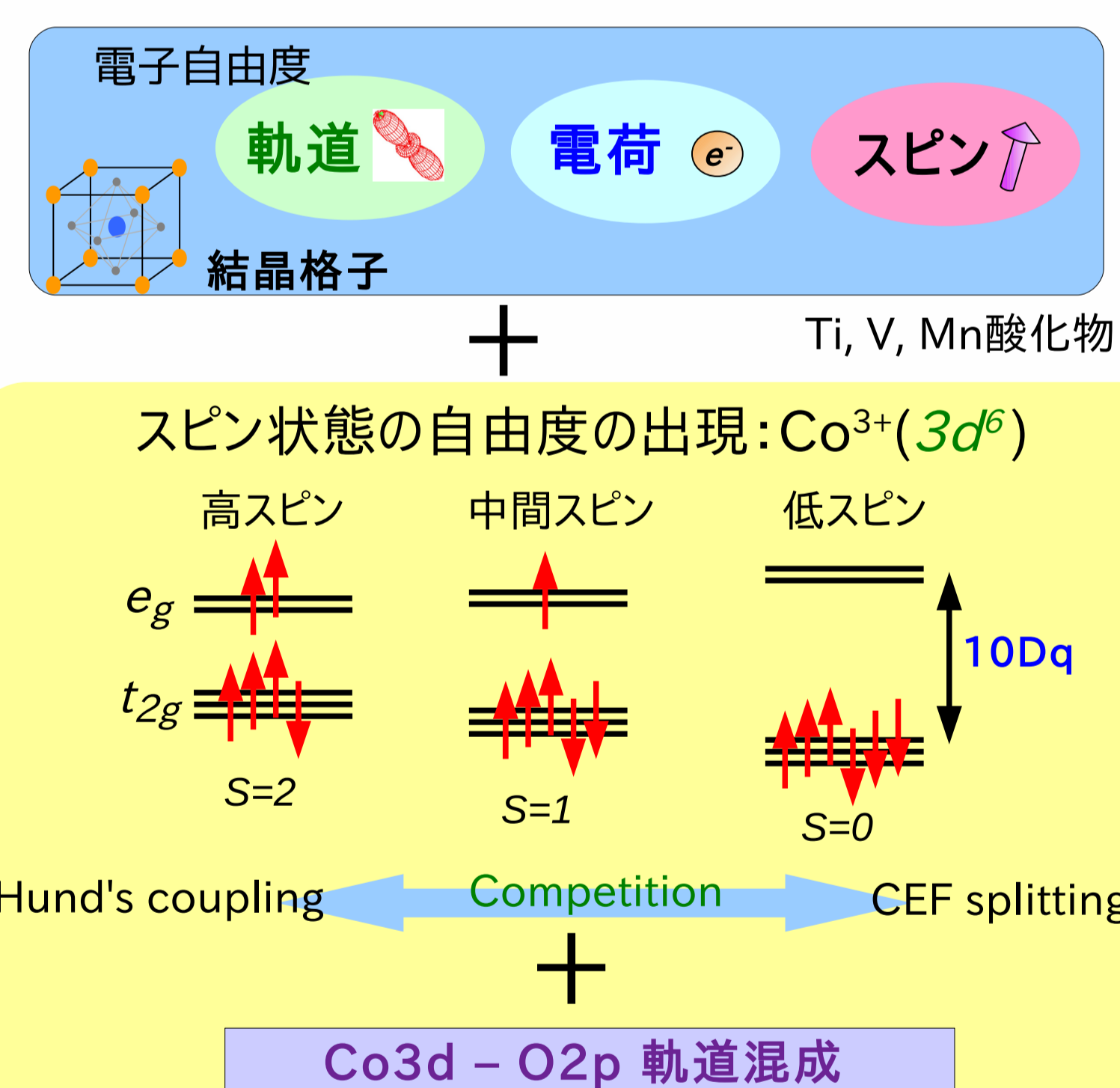
H22-23年度 軟X線用2軸回折計の建設、立ち上げ。
 H23年度 超伝導マグネット部を導入
 微弱信号検出のための検出器の開発

実験

本研究課題での重要な実験手段である軟X線領域での実験装置の改良を上述のように行ってきた。その結果、ようやく本格的な実験ができるようになり、以下のような研究ができてきたところであり、H23年度継続的に研究を推進する。また、最終的には、外場である磁場中での軌道混成状態の解明を目指しており、H23年度内の磁場中軟X線回折装置の立ち上げを目指している。

- 以下、代表的な研究プロジェクト
- 遷移金属酸化物: 遷移金属3d-酸素2p
 - Mn人工超格子 産総研 山田
 - 共鳴軟X線散乱+中性子 KEK 中尾(裕)
 - 共鳴軟X線散乱 KEK 久保田
 - (La,Ca)CoO₄の共鳴軟X線磁気散乱 KEK 岡本
 - Sr₃RCO₄O_{10.5}の構造とCoスピンの状態 筑波大 小林・名大 寺崎
 - Coスピニル化合物 東北大 富安
 - 層状ニッケル酸化物Nd_xSr_{1-x}NiO₄におけるホーリ軌道と電荷秩序の観測 東大 打田
 - RVO₃の軌道・磁気秩序 阪大 宮坂
 - ホーランド型K₂V₈O₁₆, K₂Cr₈O₁₆ 物性研 磯部, KEK 中尾(剛)
 - V3量体を形成するBaV₁₀O₁₅の共鳴軟X線散乱 早大 勝藤・田久保
 - マルチフェロイクス 東北大 佐賀山・有馬
 - (V,W)O₂のX線線起相転移 理研 奥山・浜谷
 - (Sr,Ce)MnO₃における軌道・磁気秩序 理研 酒井・奥山
 - (Ni人工格子における電場誘起相転移 産総研 浅沼・山田)
- 希土類金属化合物:p-f混成
- スクッテルライトPrRu₄P₁₂ 東北大 岩佐
 - URu₂Si₂の隠れた秩序相の研究 北大 網塚
- 分子性半導体: π-d 軌道混成
- θ-(BEDT-TTF)₂RbZn(SCN)₂の電荷秩序 KEK 小林
 - 鉄フタロシアニンの磁気抵抗効果 岡山大 花咲
 - TMTSeF等のSe K-edgeでの電荷秩序の観測 岡山大 野上

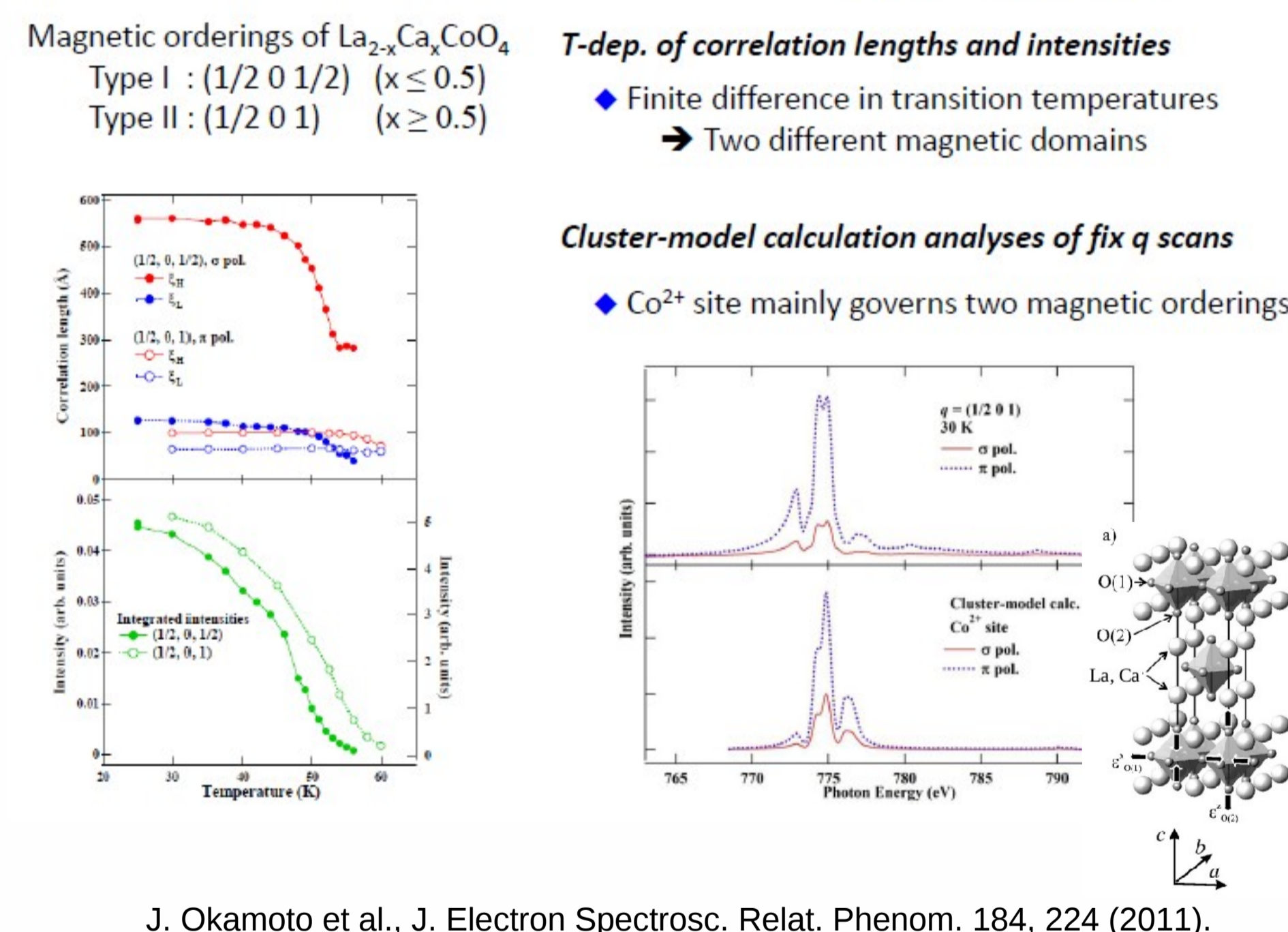
Co酸化物: スピン状態と軌道混成



Co酸化物では、これまでの遷移金属酸化物で議論されてきた軌道・電荷・スピンの自由度に加え、スピン状態の自由度が出現し、より多彩な物性の発現が期待される。一般にこのスピン状態の自由度は、結晶場(CEF)とフント結合とのエネルギーの競合によって変化するものと考えられているが、ここで示す中間スピン状態の出現は、これら2つのパラメータの変化だけでは説明できず、Co3dとO2pの軌道混成状態が重要な役割を担っていると期待されている。

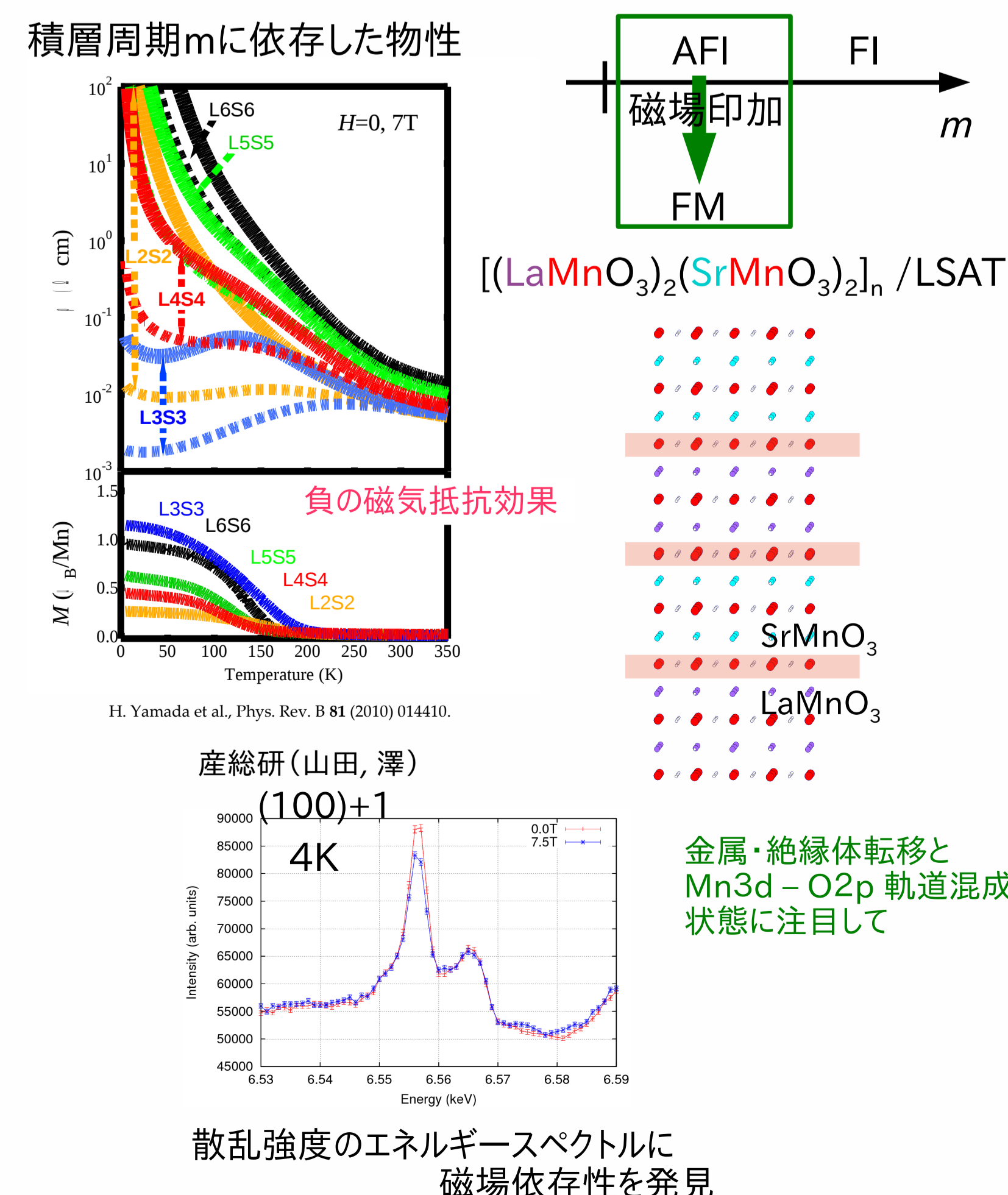
室温強磁性体 Sr₃YCo₄O_{10.5} (La,Ca)CoO₄

Co L_{2,3}-edge RSXS study of magnetic orderings in La_{1.5}Ca_{0.5}CoO₄



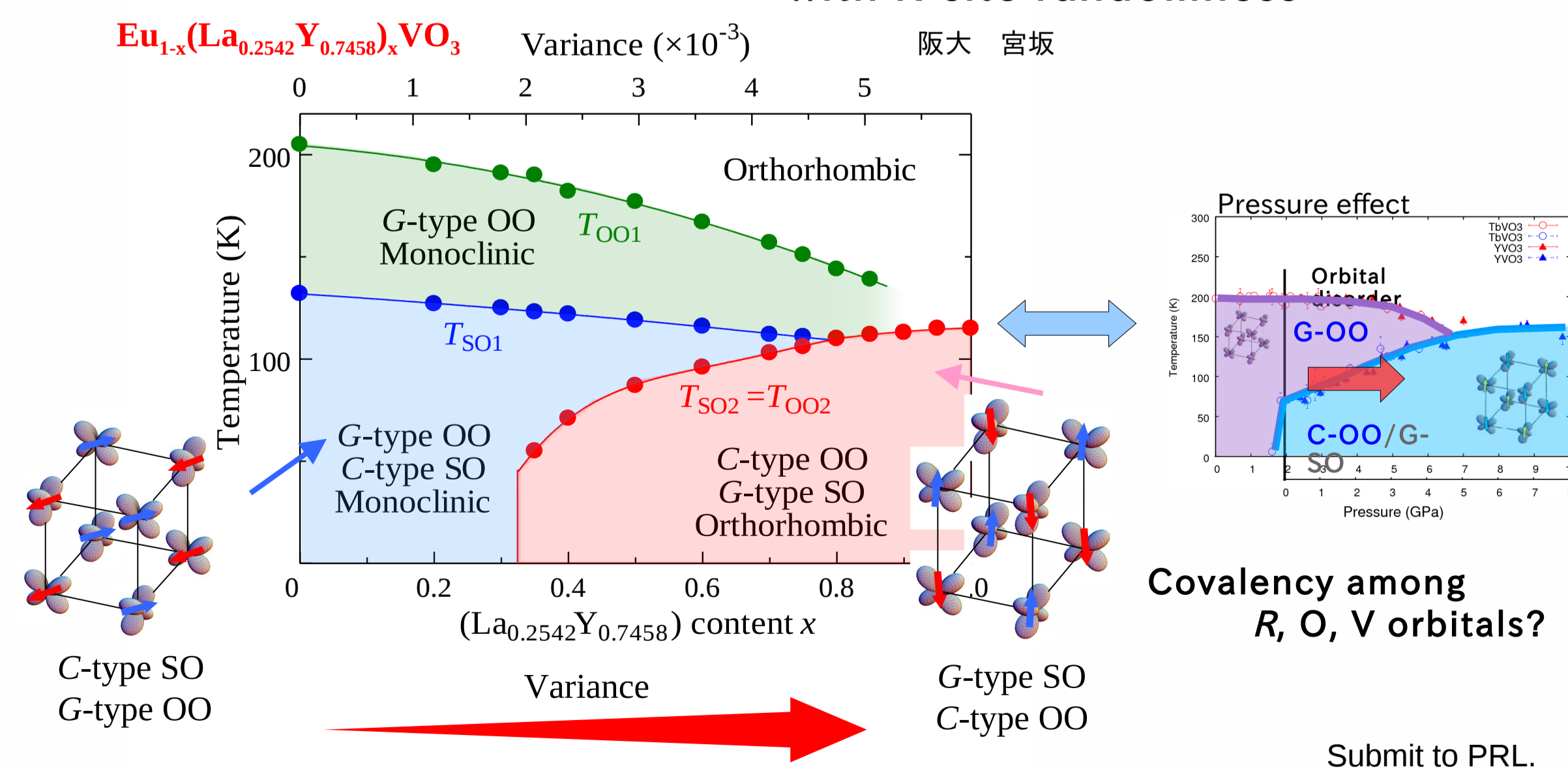
J. Okamoto et al., J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom. 184, 224 (2011).

人工超格子[(LaMnO₃)_m(SrMnO₃)_n]



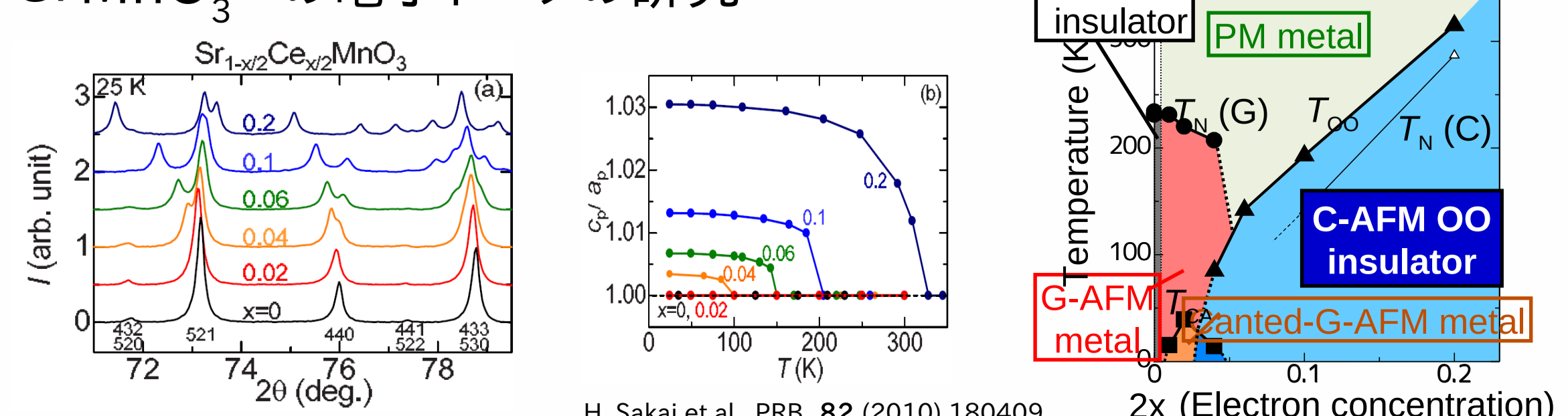
金属・絶縁体転移と Mn3d-O2p 軌道混成状態に注目して

Spin/orbital phase diagram of Eu_{1-x}(La,Y)_xVO₃ with R-site randomness

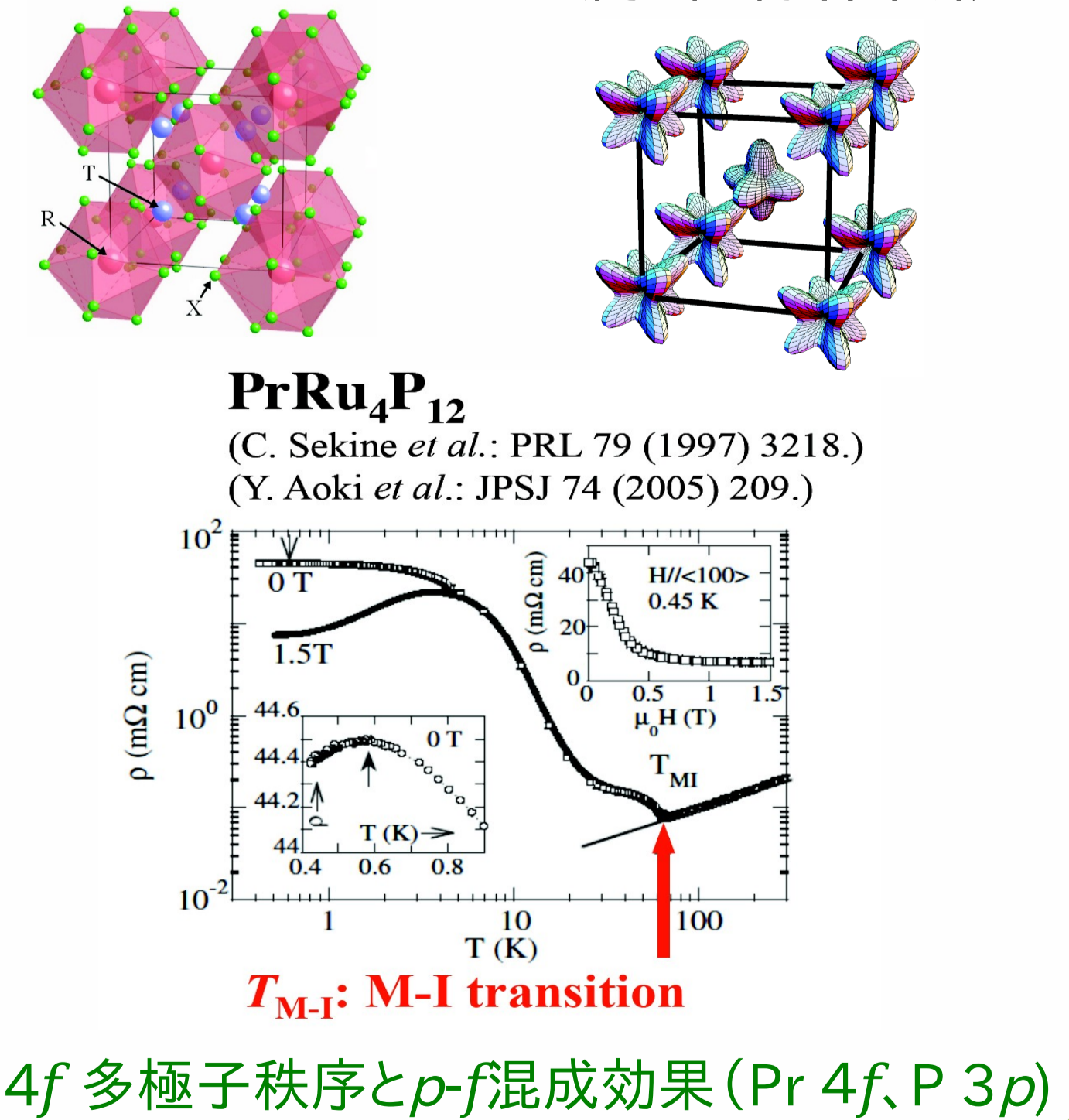


Covalency among R, O, V orbitals? Submit to PRL.

SrMnO₃への電子ドーピングの研究



充填スクッテルライト: PrRu₄P₁₂における金属・絶縁体転移



Pr 4f 多極子秩序とp-f混成効果 (Pr 4f, P 3p)

論文・学会発表等

- ・物理学会、応用物理学会、放射光学会、結晶学会、物性研シンポジウム等
- ・構造物性研究センター研究会: 本研究プロジェクト「強相関電子系における軌道混成秩序とその外場応答」の現状と今後の展開を議論
- ・発表論文: H. Sakai et al., PRB 82 (2010) 180409.
- ・J. Okamoto et al., J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom. 184, 224 (2011).
- その他、現在準備中。