



外的要因による磁性薄膜の特性制御を目指した 軟X線XMCDを中心とする相補的研究

Complementary studies on magnetic thin films aiming at control of their properties by external factors mainly by means of soft X-ray XMCD

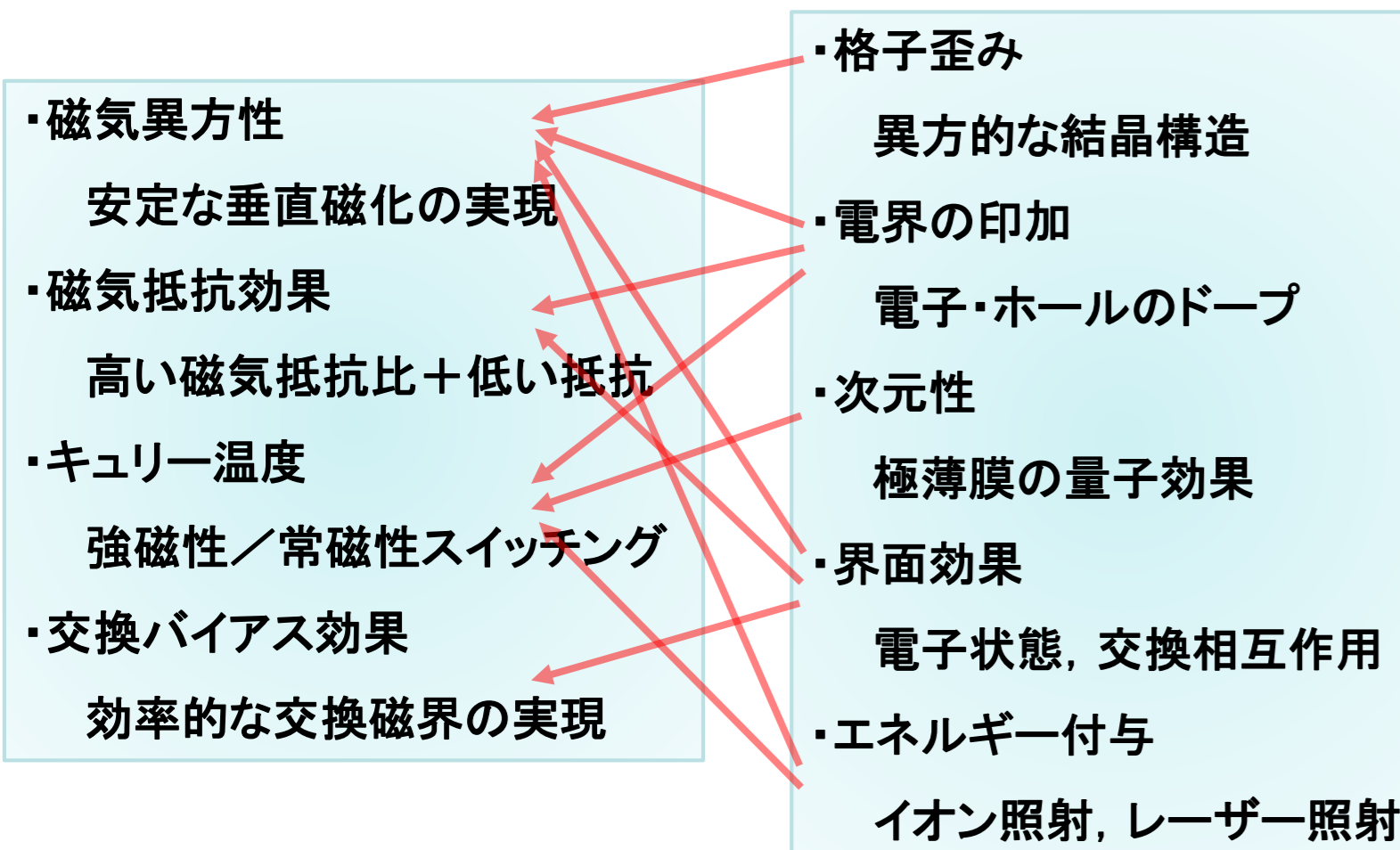
雨宮 健太 (KEK物構研)

本研究の全体としての目的は、構造歪み、界面効果、電界効果といった外的要因によって様々な興味深い特性を示す磁性薄膜に対して、軟X線XMCDを中心とした、EXAFS、偏極中性子反射率なども含めた相補的な実験を行うことで、スピン磁気モーメント、軌道磁気モーメント、電子状態、結晶構造を、それらの異方性や深さ方向の分布も含めて明らかにし、外的要因によって磁性薄膜が示す特異な性質がどのようにして発現しているのかを解明するとともに、その情報を新たな試料の作製にフィードバックして、磁性薄膜の特性を制御することである。

このS2課題は、その中で放射光を用いた測定の部分に相当する。したがって、単に測定を行って磁性や構造を調べて特性の発現機構を解明するだけでなく、その情報をもとに新たな物質をデザイン・作製し、予想したような特性が得られるかどうかを検証するとともに、その試料に対して再び各種の測定を行うことで、特性の発現についてのより深い理解を得たうえで、さらに新たな試料の作製へとつなげていくことを常に意識して研究を行った。

本研究のターゲットと実験手法

磁性薄膜の特性とそれを制御する外的要因



外的要因によって磁性薄膜が示す特性の発現機構の解明
⇒ 磁性薄膜の特性を制御

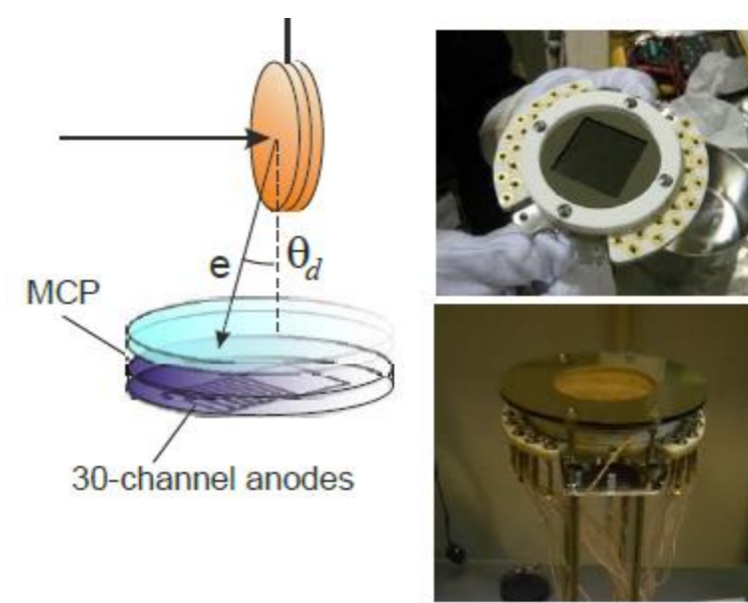
研究手法と研究対象



In situ実験, および物質開発を行う研究者との密接な連携により、測定結果を高速にフィードバック

実験手法の開発

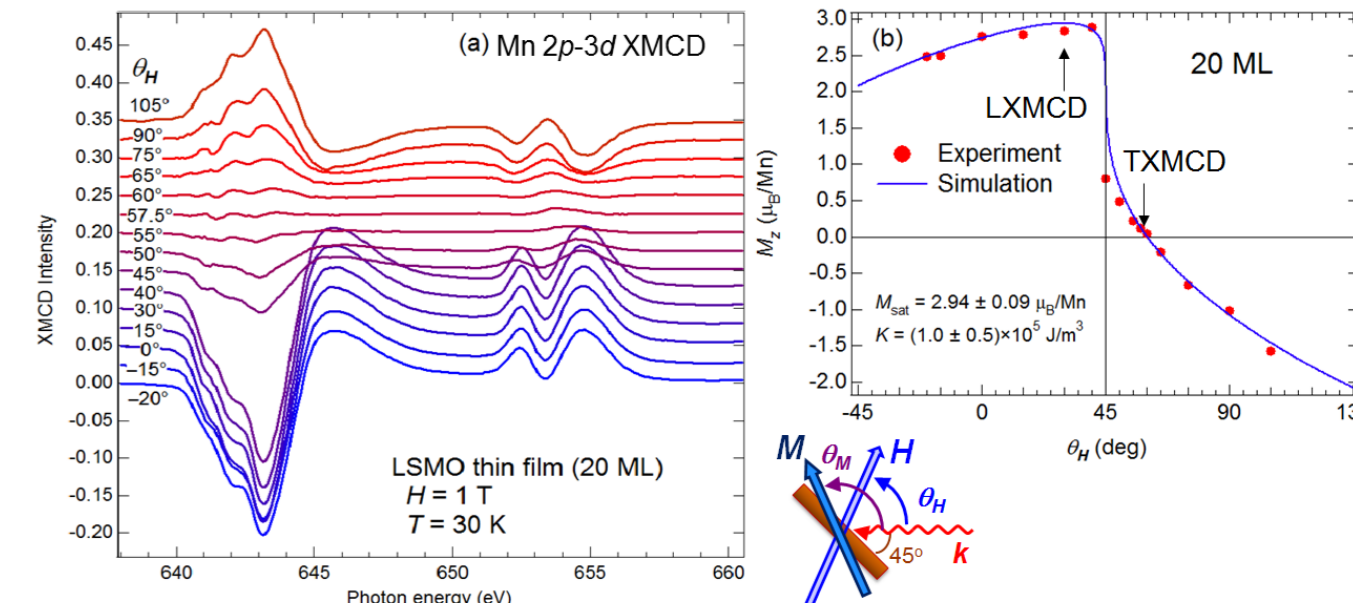
偏光スイッチング+深さ分解XMCD [6]



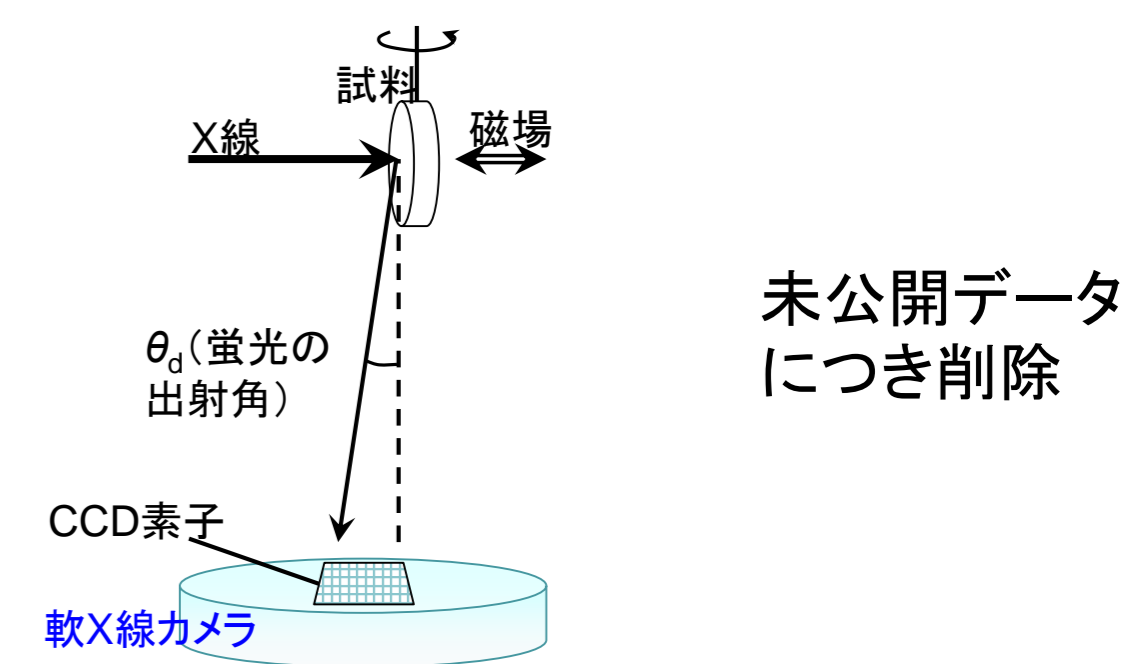
位置分解XAFS [8,10]

未公開データにつき削除

ベクトル磁場XMCD

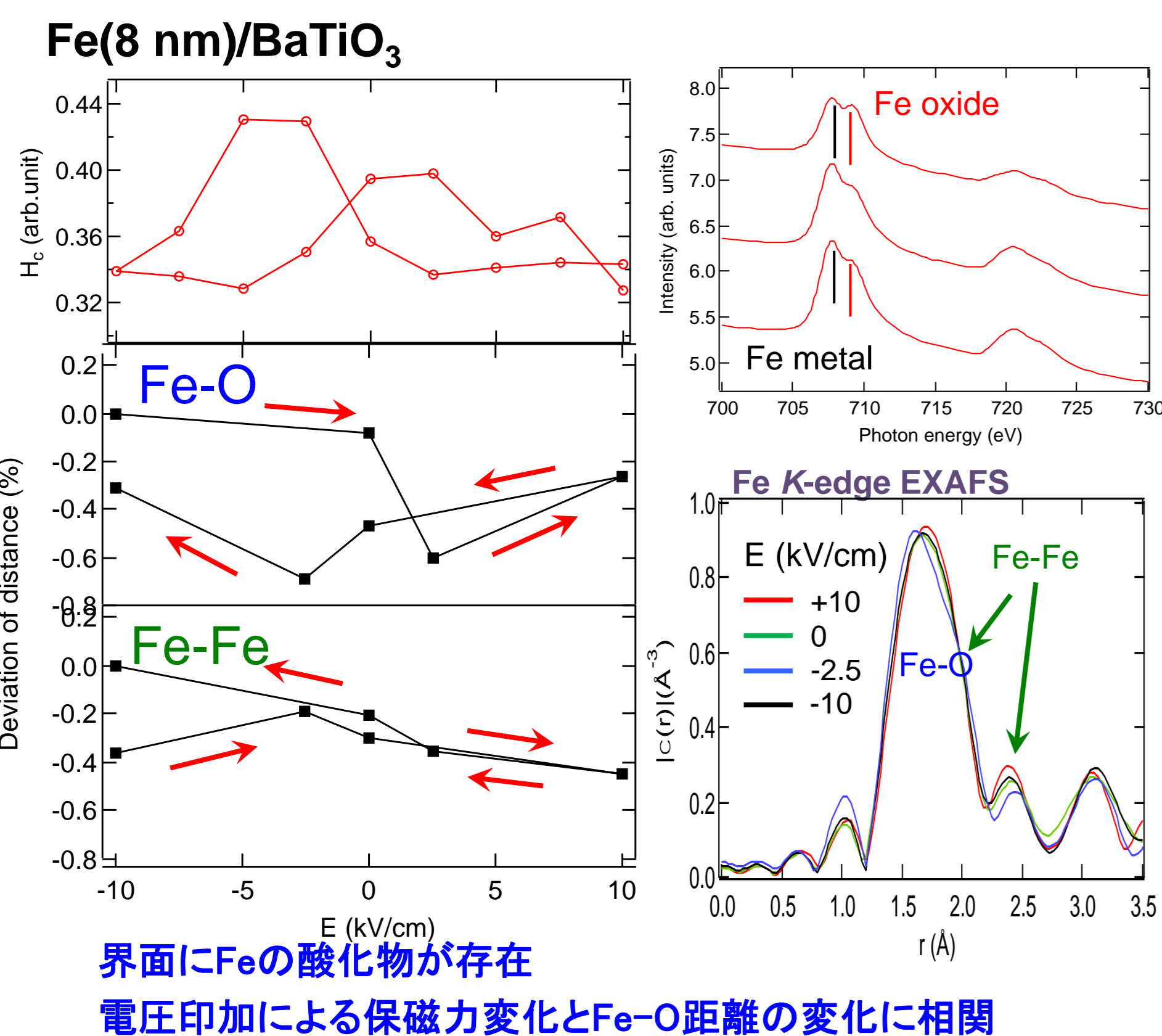


蛍光収量型深さ分解XMCD [9]



未公開データにつき削除

研究例(1): 電界印加による磁性の制御 [3,4,11]



未公開データにつき削除

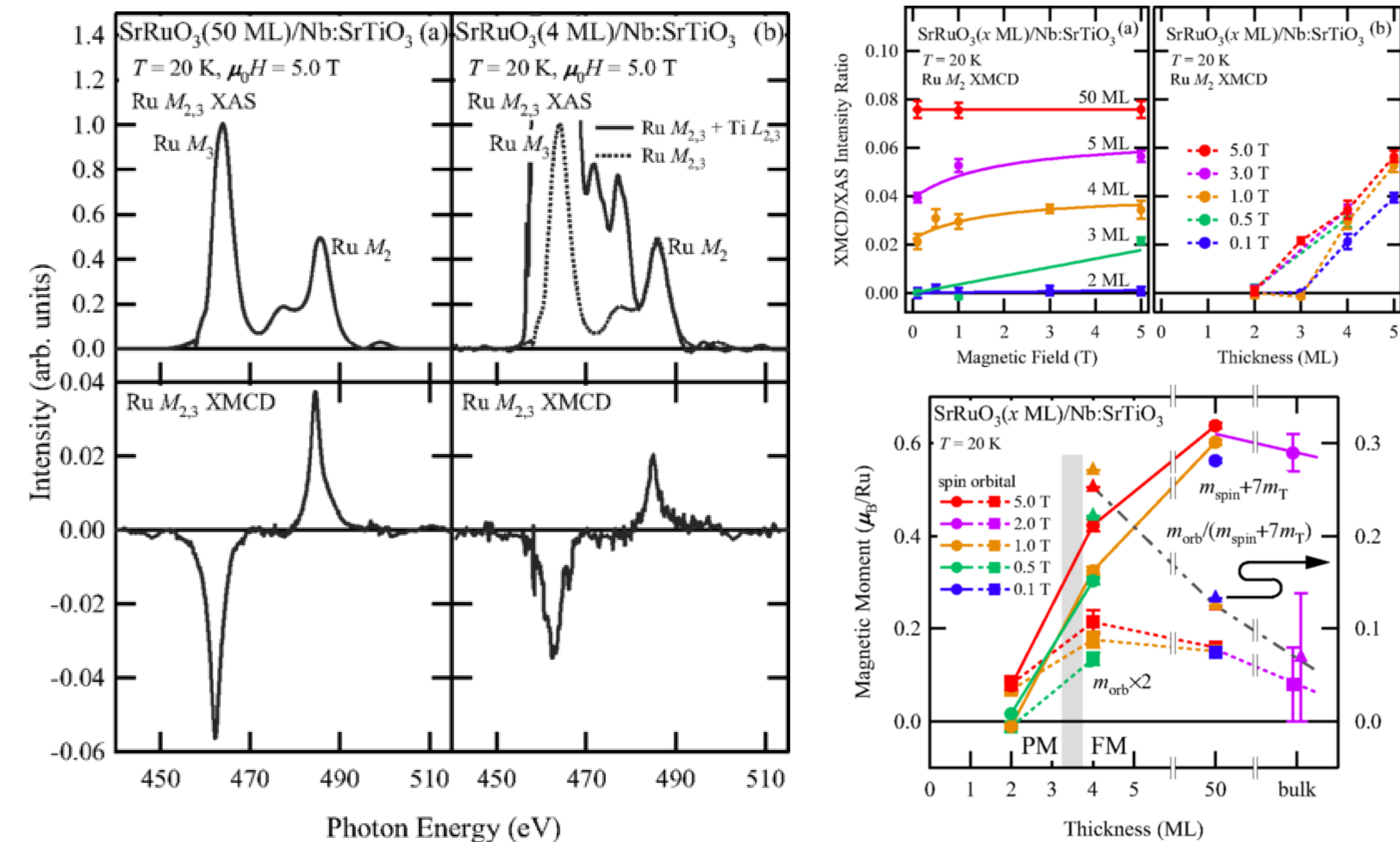
残留磁化は線形に増加

未公開データにつき削除

FeO_xを挿入すると、シフトが観察され、負の電界で大きい
⇒ FeO_xとFeの間の交換相互作用の電界依存?

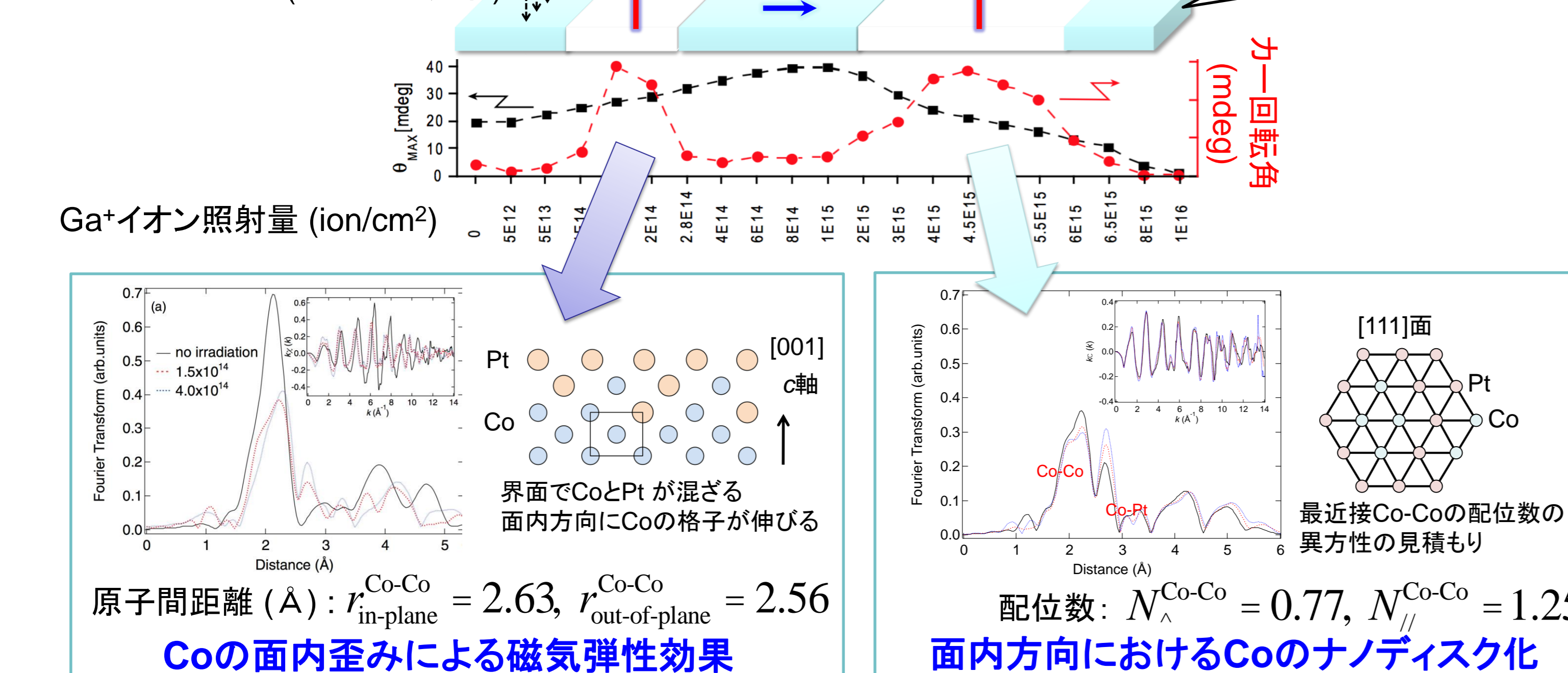
研究例(2): 歪みによる磁性の制御 [2]

歪みによる磁性の制御 [2]



膜厚が減少するのに従って、強磁性から常磁性へと転移
歪みの影響によって面直方向の軌道磁気モーメントが増加(スピン磁気モーメントとの比として)

研究例(3): イオン, 光照射による磁気異方性の制御 [7,10]



レーザー照射

未公開データにつき削除

レーザー照射(大気中)によるCoの部分的酸化
Co-Co結合距離の増大

まとめと発表論文

- 軟X線可変偏光ビームラインBL-16A, 硬X線XAFSライン等を用いて研究を実施
 - 電界の印加, 歪みの導入, イオンやレーザーの照射によって磁性を制御
 - 新たに開発したものを含む様々な実験手法を組み合わせることで界面の磁気状態, 構造を詳細に観察し, 磁性の制御機構を解明
- V.R.Singh, V.K.Verma, K.Ishigami, G.Shibata, A.Fujimori, T.Koide, Y.Miura, M.Shirai, T.Ishikawa, G.f.Li, M.Yamamoto, "Electronic and magnetic properties of off-stoichiometric Co₂MnSi/MgO interfaces studied by x-ray magnetic circular dichroism", J. Appl. Phys. 117 (2015) 203901.
 - K.Ishigami, K.Yoshimatsu, D.Toyota, M.Takizawa, T.Yoshida, G.Shibata, T.Harano, Y.Takahashi, T.Kadono, V.K.Verma, V.R.Singh, Y.Takeda, T.Okane, Y.Saitoh, H.Yamagami, T.Koide, M.Oshima, H.Kumigashira, and A.Fujimori, "Thickness-dependent magnetic properties and strain-induced orbital magnetic moment in SrRuO₃ thin films", Phys. Rev. B 92 (2015) 064402.
 - M.Sakamaki and K.Amemiya, "Observation of Fe/BaTiO₃ interface state by x-ray absorption spectroscopy", e-J. Surf. Sci. Nanotech. 13 (2015) 209.
 - K.Amemiya and M.Sakamaki, "Voltage-induced Changes in Magnetism of FeCo/BaTiO₃ Thin Films Studied by X-ray Absorption Spectroscopy", e-J. Surf. Sci. Nanotech., 13 (2015) 465.
 - S.Sakamoto, L.D.Anh, P.N.Hai, G.Shibata, Y.Takeda, M.Kobayashi, Y.Takahashi, T.Koide, M.Tanaka, and A.Fujimori, "Magnetization process of the n-type ferromagnetic semiconductor (In,Fe)As:Be studied by x-ray magnetic circular dichroism", Phys. Rev. B 93 (2016) 035203.
 - K.Amemiya, M.Sakamaki, S.Kishimoto, T.Kosuge, K.Nigorikawa, M.Tanaka, T.Uchida, M.Saito, M.Ikeno, and K.Nakayoshi, "Depth-resolved X-ray magnetic circular dichroism measurement by a multi-anode microchannel plate detector combined with polarization switching", J. Phys.: Conf. Ser. 712 (2016) 012033.
 - M.Sakamaki, K.Amemiya, I.Svecko, P.Mazalski, M.O.Liedke, J.Fassbender, Z.Kurant, A.Wawro, and A.Maziewski, "Formation of Co nanodisc with enhanced perpendicular magnetic anisotropy driven by Ga⁺ ion irradiation on Pt/Co/Pt films", Phys. Rev. B 94 (2016) 174422.
 - K.Amemiya and M.Sakamaki, "Demonstration of one-shot spatially-resolved X-ray absorption spectroscopy using wavelength-dispersed soft X rays", Chem. Lett. 46 (2017) 71.
 - M.Sakamaki and K.Amemiya, to be submitted to Rev. Sci. Instr.
 - K.Amemiya, M.Sakamaki et al., to be submitted to Phys. Rev. B.
 - M.Sakamaki and K.Amemiya, to be submitted to Phys. Rev. B.