

構造物性Ⅱ 研究分野

BL08W

高エネルギー非弾性散乱

1. はじめに

高エネルギー非弾性散乱 (BL08W) ビームラインはコンプトン散乱と磁気コンプトン散乱によるフェルミ面、軌道状態、電子スピン状態の研究を主目的としている。実験ステーションAには楕円偏光175 keV X線を入射X線とする10素子Ge半導体磁気コンプトン散乱スペクトロメータが、実験ステーションBには直線偏光115 keV X線を入射X線とするCauchois型高分解能コンプトン散乱スペクトロメータが設置されている。コンプトン散乱と磁気コンプトン散乱のほかに、同ビームラインは液体・非晶質物質の構造解析を目的としたX線回折実験に利用されている。

BL08Wでは重点パワーユーザー課題「(磁気) コンプトン散乱における汎用解析手法の確立と極端条件下の測定技術の開発」(実験責任者: 櫻井浩 (群馬大学)) が進行中で、パワーユーザー・メンバーと共にデータ解析及び解釈支援プログラムの開発と高圧下磁気コンプトン散乱観測のための要素技術開発を行っている。

2. 2006A期と2006B期の利用実験の概要

2006A, B両期では、ウラン化合物、4f及び3d系化合物の磁気コンプトン散乱実験、Ce化合物、Ru系及びCu系酸化物の高分解能コンプトン散乱実験、Te化合物及び貴金属化合物液体のX線回折実験が行われた。また、コンプトン散乱では、新しい試みである10素子Ge半導体検出器を用いた水及び重水の比較実験や液体・過冷却液体での電子状態研究が軌道に乗り出してきた。さらに、高エネルギー X線を利用したゾーンプレート集光特性評価やX線望遠鏡用多層膜ミラーの性

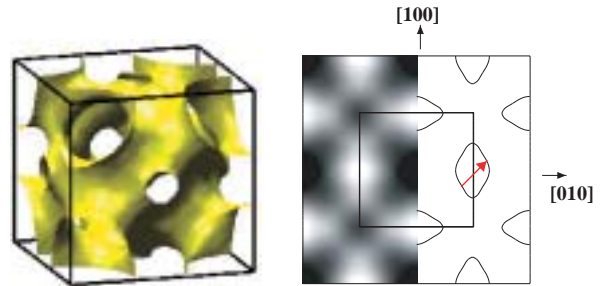


図1: (a) 高分解能コンプトン散乱実験で決定したNi_xAl_{1-x} (x=62.5) のフェルミ面と (b) マルテンサイト前駆現象に関連したフェルミ面ネスティング (b) [1]。

能評価も行われた。

コンプトン散乱 (磁気コンプトン散乱) を用いた利用実験では、2次元あるいは3次元電子運動密度 (スピン分極電子運動量密度) をコンプトン・プロファイル (磁気コンプトン・プロファイル) から再構成し、フェルミ面 [1] (図1) や軌道状態をより詳細かつ精密に議論するための研究課題が増えており、1課題あたりに必要なビームタイムが長くなる傾向にある。

重点パワーユーザー課題では、磁気コンプトン散乱手法の磁気多層膜のスピン構造解析 [2] (図2) への応用やキラル磁性体への応用が試みられている。

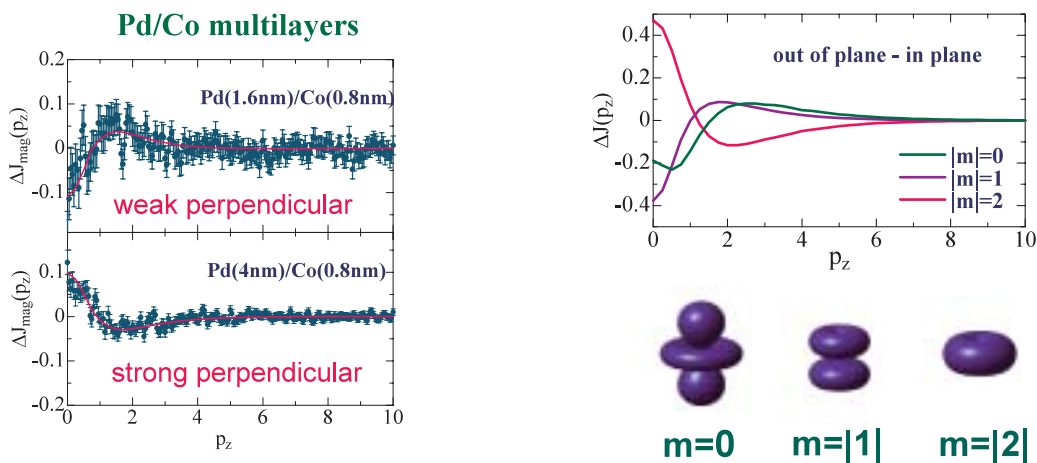


図2: (a) Pd/Co磁気多層膜の磁気コンプトン・プロファイルの異方性と (b) 磁気量子数 (m) 別のCo 3d軌道の磁気コンプトン・プロファイルの異方性。強い垂直磁気膜ではm=|2|の軌道の寄与が大きい [2]。

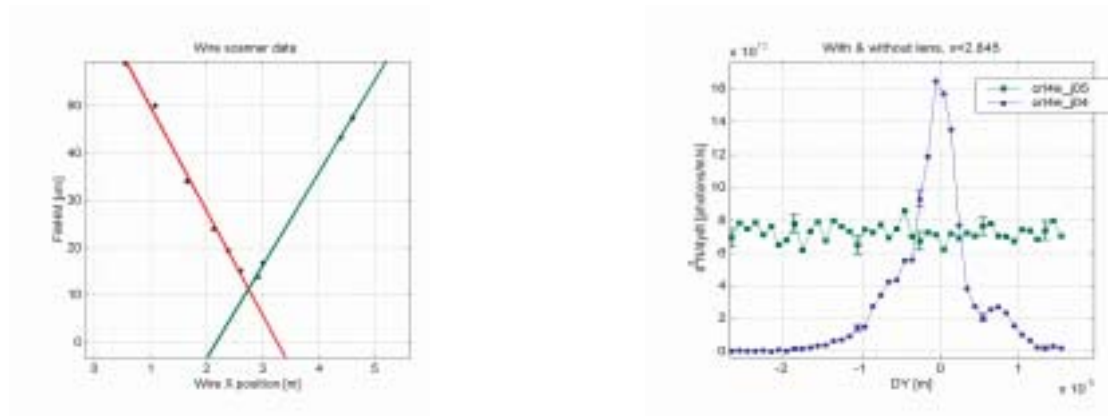


図3: (a) Ni複合屈折レンズによる175keV X線の集光特性。横軸はレンズからの距離、縦軸は集光X線ビームの半値幅。(b) レンズからの距離2.845m地点での、集光X線ビームプロファイル(青)とレンズを置かないときのX線ビームプロファイル(緑)。

3. ビームラインの高度化

(1) 複合屈折レンズの開発

BL08Wでの研究テーマを表面近傍の電子状態や磁性に拡張するために、重点パワーユーザー課題の一つのテーマとして、複合屈折レンズの開発を長峰製作所(香川県)と共同で行っている。プロトタイプは、バラボラ面を持つNi板を約500枚重ね、175keVのX線を1軸方向(縦方向)に約5マイクロンに集光するように設計されている。横方向はモノクロメータのみの集光で、そのサイズは約500マイクロンである。集光サイズの評価は、2.5マイクロン径のタングステンワイヤーのビームプロファイル・モニターで行い、10マイクロンの集光サイズを達成した(図3)。

(2) 原子のコンプトン・プロファイル計算プログラムの導入

磁気コンプトン散乱のデータ解析や解釈において、実験データへのフィテイングに用いる軌道状態別コンプトン・プロファイルは重要であり、一般ユーザーによる同実験手法の利用を促進する上で必要不可欠である。2006年度は、第1歩として、磁気量子数別軌道の原子コンプトン・プロファイルを計算するプログラムをみずほ情報総研株式会社の小玉祥生博士及びパワーユーザー・メンバーとの協力により導入した。このプログラムでは、以前に導入した第1原理バンド計算プログラム(BANDS01)の計算結果の一部を入力として利用し、より信頼性の高い原子コンプトン・プロファイルが得ることができる。

参考文献

- [1] S. B. Dugdale, R. J. Watts, J. Laverock, Zs. Major, M. A. Alam, M. Samsel-Czekala, G. Kontrym-Sznajd, Y. Sakurai, M. Itou and D. Fort, "Observation of a Strongly Nested Fermi Surface in the Shape-Memory Alloy Ni_{0.62}Al_{0.38}", Phys. Rev. Lett. 96, 046406 (2006).
- [2] H. Sakurai, M. Ota, F. Itoh, M. Itou,

Y. Sakurai and A. Koizumi, "Anisotropies of magnetic Compton profiles in Co/Pd multilayer system", Appl. Phys. Lett. 88, 062507 (2006).

利用研究促進部門 構造物性IIグループ
伊藤 真義
櫻井 吉晴