

## BL28B2 白色X線回折

### 1. 概要

BL28B2は、Spring-8偏向電磁石から得られる白色X線を、二結晶分光器やその他の光学素子を介することなくそのまま利用できるビームラインである。その用途は、小動物生体機能イメージング、放射線治療のための基礎研究、白色X線回折およびイメージングによる構造材料の評価、時間分解エネルギー分散型XAFSによる触媒や燃料電池材料などの化学反応過程における動的構造変化の観察、高エネルギーX線マイクロCTによる金属製試料の3次元非破壊観察など、多様な研究分野・研究対象に応用されている。白色X線を用いた計測手法の開発や利用研究、また白色X線に対する光学素子設計の自由度を活かした装置の導入とそれを用いた研究が展開されている。2017年度における主な活動状況は下記の

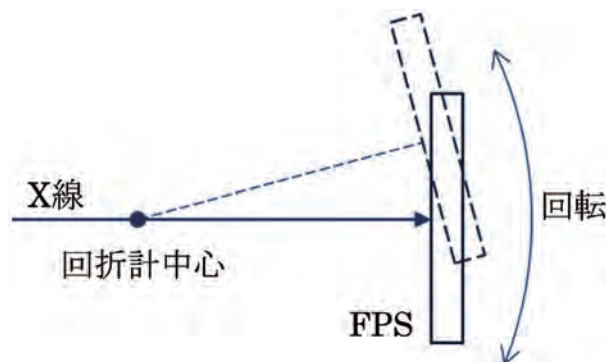


図1 フラットパネルセンサーと回折計中心の距離の測定方法

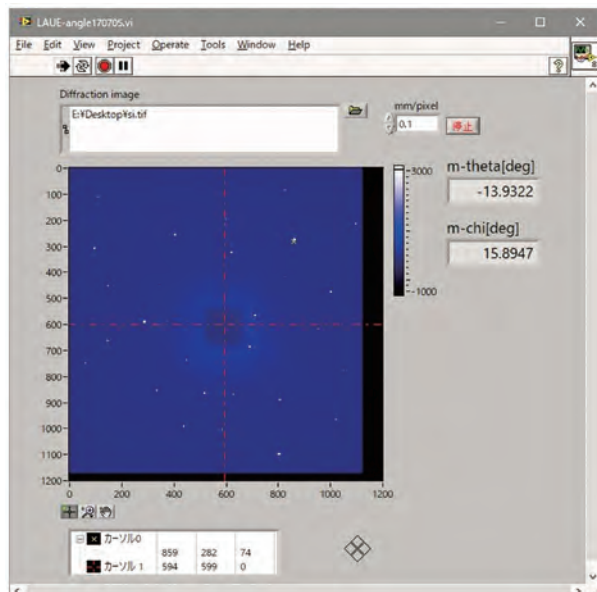


図2 回折スポットの角度表示ソフトウェア

通りである。

### 2. 高エネルギー白色X線回折実験

白色X線を使った回折実験では視野の広い画像検出器であるフラットパネルセンサー（FPS）と他の検出器を組み合わせて使用することが多い。例えばFPSで回折スポットの方位を確認した後に高分解能の画像検出器で一つの回折スポットを拡大してX線トポグラフィ観察を行ったり、半導体検出器で一つの回折スポットのX線エネルギーを測定してひずみの評価を行ったりなどする。これらの高分解能の画像検出器や半導体検出器は回折計の検出器アームに取り付けてあり、検出器を回折スポット位置に移動させるためには方位角と仰角を測定する必要がある。これまではFPSと試料との距離を測定し、FPS上の座標から回折スポットの方位角と仰角を計算する手順が煩雑であった。そこで手順を整理しこれらの操作を自動化する制御ソフトウェアを作製した。

図1に示すように、回折計の中心を通るX線の位置を、FPSの角度を変えながら測定することでFPSと試料（回折計の中心）の距離を算出することとし、制御ソフトウェアを作製した。図2は回折スポットの方位角と仰角を計算するソフトウェアである。FPS画像上のカーソルを移動させると随時自動的に角度が表示される。

### 3. ガス供給除害設備の高性能化

触媒や電池材料などの反応ガスを使用する *in-situ* DXAFS実験では、これまでは少流量の反応ガスを使用することが大半であったが、近年、より実用環境下に近い条件でのその場観察を行うために多流量のガス利用の要望が増加している。BL28B2では、反応器から排出される可燃性ガスを希釈処理装置によって爆発下限界の1/2以下に希釈処理した後、排気設備によって屋外に連続的に排気している。しかし、①排気設備の排気性能により処理可能なガス流量が制限される、②希釈処理に使用する窒素ガスをボンベから供給するため連続的に処理ができない、といった問題があった。2017年度はこれらを解決するため、これまでより2倍の排気性能をもつ排風機への変更および窒素発生装置の導入を行った。これにより、利用頻度の高い100%水素において、200 mL/minを連続的に処理することが可能となった。

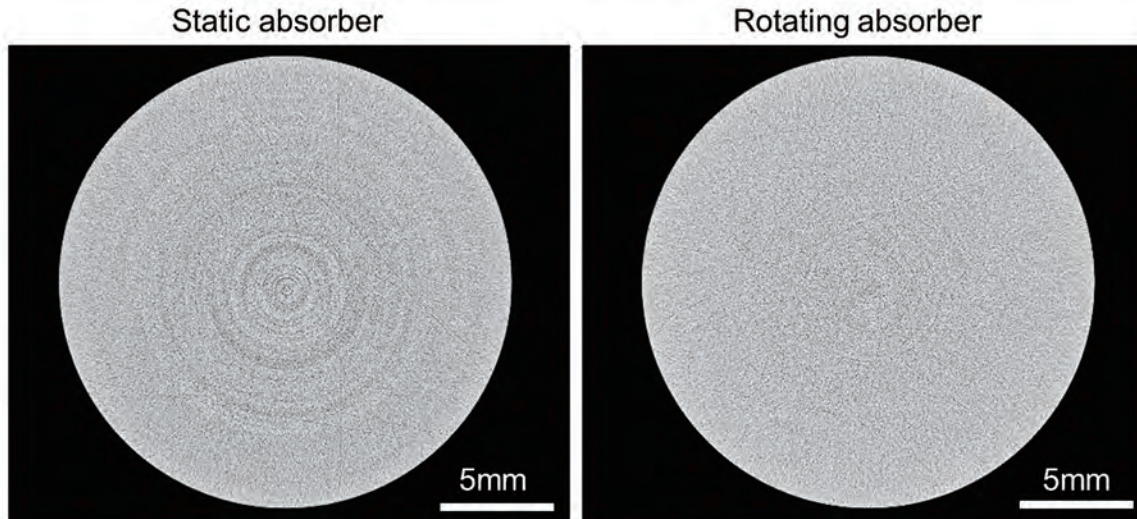


図3 直径20 mmのSUSロッドのX線マイクロCT像  
(左) アブソーバーを静止させて測定, (右) アブソーバーを回転 (600 rpm) させて測定.

#### 4. 200 keV-X線マイクロCTの画質向上に対する取り組み

偏向電磁石から得られる白色X線には、100 keV以上の高エネルギー成分も含まれているため、その高エネルギー成分を抽出することにより、高エネルギーX線画像計測へ応用することができる。BL28B2では、重金属アブソーバーを用いることにより、200 keVにピークを持った白色X線による高エネルギーX線マイクロCT計測が行われている<sup>[1]</sup>。高エネルギーX線マイクロCT計測の中で、しばしば問題となっていたのが、アブソーバーに起因するリングアーチファクトである。200 keVビームを取り出すために、アブソーバーには厚さ0.5 mmのタンゲステンと厚さ2 mmの鉛を用いている(ともに空冷している)。鉛を上流側に設置してしまうと、鉛への熱負荷により、CT計測中の透過強度パターンに揺らぎが生じてしまい、これにより強いリングアーチファクトが発生する。その対策としてタンゲステンを上流側に設置しているが、図3左に示すように、リングアーチファクトが残ってしまうのが課題となっていた。図は、直径20 mmのSUSロッドの測定を行ったものであり、ロッド内部の強度分布は均一になるはずである。そこで、この問題を解決するために、アブソーバー自体を高速回転させることにより、リングアーチファクトの低減を試みた<sup>[2]</sup>。回転アブソーバーを用いたときのSUSロッドのCT像を図3右に示す。このときの計測条件では、アブソーバーは600 rpm (10 rps) で回転させた。効果的にリングアーチファクトが低減されており、回転アブソーバーの有用性を確認することができた。今後は、画質を維持した上での、高効率計測やより高い空間分解能での測定への検討を実施していく予定である。

#### References:

- [1] 星野真人 他 : SPring-8・SACLA年報、2016年度、63-69.  
[2] M. Hoshino, K. Uesugi, R. Shikaku and N. Yagi, *AIP Advances*, 7 (2017) 105122.

JASRI 利用研究促進部門  
イメージンググループ

星野 真人、梅谷 啓二

分光解析Iグループ

加藤 和男

回折・散乱IIグループ、産業利用推進室

梶原 堅太郎