

## BL40B2 構造生物学 II

ビームラインBL40B2は偏向電磁石を光源とし、タンパク質、生体膜などの生体分子、合成高分子、液晶、界面活性剤などのソフトマテリアルを対象としたX線小角散乱法が利用できる。計測できる構造体はおよそ0.15 nmから600 nmの範囲で、試料から検出器までの距離、すなわちカメラ長とX線波長を適切に選択し実験で利用できる。広角領域の散乱回折を小角散乱法と組み合わせた同時計測、微小角入射X線散乱回折法による高分子薄膜の解析も行われている。2016A期に45課題、2016B期に36課題が採択され、概ねトラブルなく実施された。2016年度は、X線検出器MODUPIXを用いたセットアップの迅速化と小角広角同時計測の高性能化の検討を行った。

### 1. 小角散乱セットアップ用X線検出器の検討

X線小角散乱法では、ビームストッパー周辺に生じる寄生散乱を低く抑えるための調整を、ユーザーセットアップやカメラ長の変更の度に行わなければならない。ビームラインBL40B2では、大面積イメージングプレート2次元検出器を小角散乱計測に用いており、この検出器のままではイメージングプレートの読み取りに時間を要するためにセットアップに多大な時間を掛けることになる。この調整を効率良く行うために、フラットパネルX線検出器を2010年に導入した<sup>[1]</sup>。しかしながら、真空カメラなどのバックグラウンドの低いセットアップでは、フラットパネルX線検出器での調整後、イメージングプレートで長時間露光を行うと必ずしも満足される調整に至っていないことがある。これは、フラットパネルX線検出器の最大露光時間が10秒に限られ、ダークカレントが変動することも加わるために1秒間に1カウント以下の寄生散乱の判別ができなくなることに起因する。したがって、ビームストッパー周辺を計測できるダークカレントの変動のないX線検出器を導入することが必要である。

このX線検出器には、前述の要件に加え、ビームストッパーが取まった真空パスと大面積イメージングプレート2次元検出器間隙間およそ20 mmに取まる必要がある。今回選定したX線検出器MODUPIX(ADVACAM S.R.O., Czech Republic)は筐体が15.3 mmと薄いので、これまで用いてきたフラットパネルX線検出器と置き換えることが可能である。またMODUPIXは、フォトンカウンティング型のX線検出器であるので、ダークカレン

トなく寄生散乱を観測することが可能であった。素子サイズが14.08 mm×14.08 mmと小さいことは欠点であるが、BL40B2でのビームストッパーのサイズが標準で直径3 mmであるので寄生散乱を検出する用途では十分であった。今回、フラットパネル検出器をMODUPIXに置き換えることで、フォトンカウンティング型検出器の特徴であるダークカウントがなくなり、安定して微弱な寄生散乱がリアルタイムに確認できるようになり、ユーザーセットアップに必要な調整時間が短縮された。

### 2. X線小角および広角同時計測の高速化の検討

2016年度は、X線小角および広角同時計測の高速化の検討を行った。これまで、BL40B2では、小角広角X線散乱同時計測における広角用検出器にフラットパネル検出器(C9728DK-10, Hamamatsu Photonics K. K.)が利用されている。この検出器は、ピクセルサイズが0.050 mm角で細かく、アクティブピクセルにより低ノイズを実現している。筐体のエッジ位置に検出面を配置しており、X線ビーム近傍まで検出面を近づけることが可能である点が同時計測に用いられる理由である。しかしながら、フレームレートが最大3 Hzであり、高速な実験に対応しきれていない。

MODUPIX(ADVACAM S.R.O., Czech Republic)は、筐体サイズ108.5 mm×70 mm×15.3 mmの小型なピクセルアレイ検出器で、素子は剥き出しでも利用できる。薄く狭い空間に設置でき、X線ビーム近傍まで素子を近づけることが可能な形状であり、小角広角同時計測にお

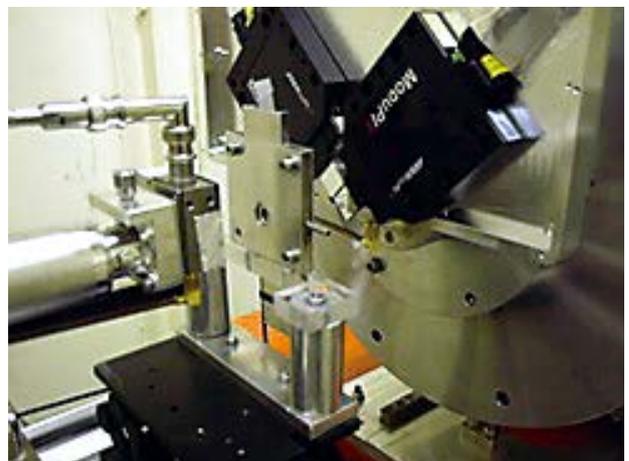


図1 広角用X線検出器としてMODUPIXを2台配置

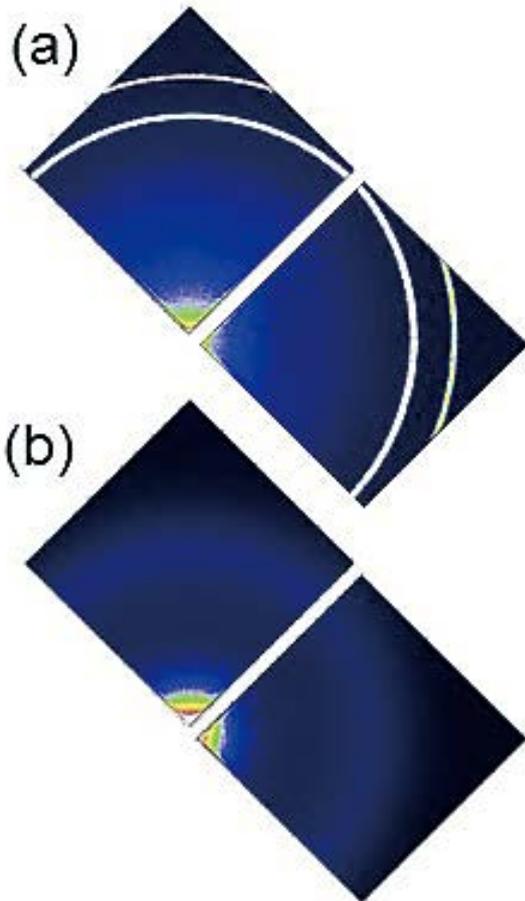


図2 MODUPIXにより取得した広角2次元像  
(a) 酸化セリウム (b) グラッシーカーボン

る広角散乱計測に利用可能な形状と考えられる。しかしながら、MODUPIXのピクセルサイズは0.055 mm角であるが、検出面積は14.08 mm×14.08 mmと小さいので、広い角度領域を高分解能で計測する利用は望めないが、リードアウト時間1.17 msで高速な計測が期待される。

小角広角同時計測の広角計測では、試料より約40 mmの位置に検出面積を広くとるためにMODUPIXを2台用い、鉛直方向と水平方向の広角散乱が検出できるように配置した(図1参照)。テスト試料として、酸化セリウムとグラッシーカーボンを計測した例を図2に示す。露光時間1 sおよび0.1 sで計測できることを確認し、MODUPIXは、フラットパネル検出器で計測できない3 Hzを上回り、X線小角および広角同時計測におけるダークカレントのない広角用X線検出器として利用可能と考えられる。

#### 参考文献

[1] SPring-8年報: 2010年度版, p89-90

利用研究促進部門  
バイオ・ソフトマテリアルグループ  
太田 昇、関口 博史