

## BL24XU

## 兵庫県

## はじめに

兵庫県IDビームライン (BL24XU) は、8の字アンジュレーターを光源として使用し、薄板ダイヤモンド単結晶を分岐・分光素子に用いたトロイカ方式を採用しているため、3つの異なる実験ハッチで高輝度X線を利用した実験を行うことができる。それぞれの実験ハッチでは、蛋白質結晶の構造解析、有機化合物等の粉末構造解析、X線マイクロビーム・マイクロイメージングの応用研究のためのステーションを設けており、主に産業界ユーザーの利用支援を行っている。特に、X線マイクロビーム・マイクロイメージングにおいては、兵庫県立大X線光学講座による基礎研究が行われており、ユーザー光学系の高度化にも寄与している。本稿では、これらマイクロイメージング研究についての成果の一部を報告する。

## コヒーレンス評価

X線マイクロビーム・マイクロイメージングにおいて、X線のコヒーレンスは非常に重要な性質である。マイクロビーム等の光学設計をするにあたり、実験ハッチにおけるコヒーレンス度を把握しておくことは不可欠であるが、その評価は硬X線領域では容易ではない。我々は全反射ダブルスリットを開発し、ヤング干渉計を構築することで、空間コヒーレンスの定量評価を行った。全反射ダブルスリットは、平面ガラス基板に2本の金細線をV字状に蒸着した素子であり、基板に対して斜入射に使用する。金細線に対して垂直方向で、斜入射角のある条件 (7.5 mrad) にすると、2本の細線からの全反射のみを取り出すことができるために、ダブルスリットと等価に機能する。このときのスリット開口幅は、斜入射で見込んだサイズとなるため、極小の開口幅を実現できる。本実験で用いた素子では細線幅が200ミクロンであり、実効開口

幅は1.5ミクロンとなる。また、金細線がV字状であるために、入射位置を変えることにより実効的なダブルスリット間隔を変えることができる。この全反射ダブルスリットを用いてヤング干渉計を構築し、干渉縞の可視度測定よりコヒーレンス度を求めた。実験ハッチでの鉛直方向のコヒーレンス度を図1に示す。エネルギーはシリコン2結晶分光器で10 keVに単色化している。コヒーレンス度0.5を満たす空間コヒーレンス長は約50ミクロンであり、分光器等の波面乱れの影響により、理想的なアンジュレーター光源サイズからの放射に比べて3倍程度劣化していることがわかった。

## 高速X線CT

X線CT法は、物質内部構造を3次元で計測するための強力なツールとして、現在広く応用されている。放射光等、光源の高度化に伴いその性能は向上しており、空間分解能においては100 nmを上回る性能が達成されている。一方で、時間分解能についての向上もなされているが、CT法は多数の投影データを取得する必要があるため、早いものでも数秒程度の時間を必要としている。我々はこれまでに、高速CMOSカメラを利用した高速X線画像検出器を開発しており、高強度放射光を利用することで、時間分解能1msでの2次元像取得に成功している。本研究では、この検出器と試料高速回転ステージを用いたサブ秒オーダーでのCT撮像系を構築し、物質内部構造のダイナミクスを実空間、実時間でとらえることのできる4次元CT法への応用を行った。

X線高速カメラの仕様としては、アレイサイズ256×256、実効的画素サイズが10ミクロン、フレームレートが250 fpsである。視野は入射光のビームサイズにより、縦1.6 mm、横1.1 mmとなっている。試料回転ステージは最速3.125 rpsの

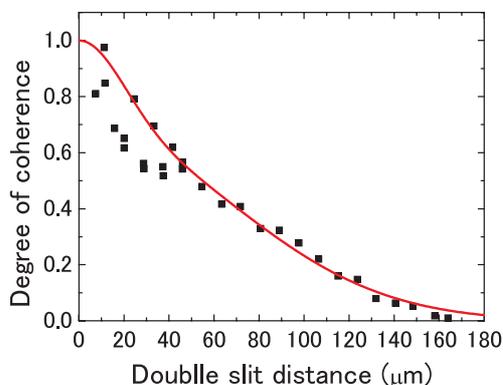


図1 実験ハッチにおけるコヒーレンス度

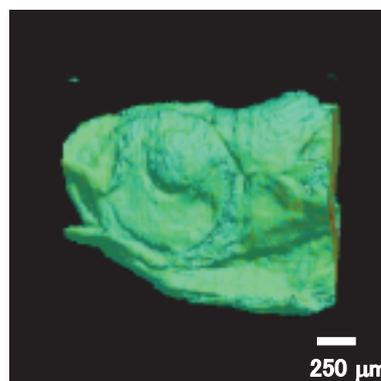


図2 小魚頭部の高速X線CT像

ものを使用し、フライングスキャンを適用することで最速0.16秒でのCT像取得が可能（投影数:40）である。取得した画像の一例として、図2に小魚頭部のCT再構成像を示す。投影数は900であり、CTの測定時間は3.6秒であった。さらに、CT像を連続取得することにより4次元CTへの応用を行い、気泡成長の様子や高分子吸収体の吸水過程を4次元でとらえることに成功している。

#### おわりに

本ビームラインは2007年度で運用開始10年を迎える。放射光利用における情勢やニーズの変化に対応するため、ビームラインの改造を予定している。新たに小角散乱ステーションを設置し、マイクロビーム分析と組み合わせることで、ナノ構造体に対して実空間、逆空間からのアプローチを可能とさせていく。

兵庫県立大学

高野 秀和、津坂 佳幸、籠島 靖