

X線自由電子レーザー利用装置提案課題 平成23年度利用報告書

課題名「パルス状コヒーレントX線溶液散乱測定装置の開発」

(責任者) 西野吉則¹

(参画者) 木村隆志¹、城地保昌²、別所義隆²、竹内昌治³、磯部繁人¹、大貫惣明¹、西山宏昭¹、西井準治¹、三村秀和³、山内和人⁴

所属機関： ¹北海道大学、²理化学研究所、³東京大学、⁴大阪大学

1. 概要

パルス状コヒーレントX線溶液散乱測定のための試料ホルダ（マニピュレーター）などの装置開発を行った。仕様策定においては、接続を予定している MAXIC の開発者とも密に連絡をとり進めた。さらに、集光XFELを用いて高精度のコヒーレントX線回折実験を行うための、X線光学系の検討を行った。また、SACLA 利用実験に参加した。

2. 実施内容

2.1 試料ホルダ（マニピュレーター）の開発

開発した XFEL コヒーレントX線回折実験用試料マニピュレーター装置は、10 mm × 10 mm の試料チップにアレイ状に配置された試料窓を、パルス状に照射される X 線自由電子レーザーの照射位置に X-Y-Z ステージで移動させる機能を有する。図1にマニピュレーター装置の外観を示す。実験では、MAXIC 上部の ICF152 コンフラットフランジに本装置を取り付ける。XFEL コヒーレントX線回折実験装置全体の概念図を図2に示す。

本マニピュレーターは以下の特徴を備えている。

- ・試料チップは試料ホルダーに装着され、その試料ホルダーを汎用真空チャンバに取り付けたステージベース部に装着し使用する。

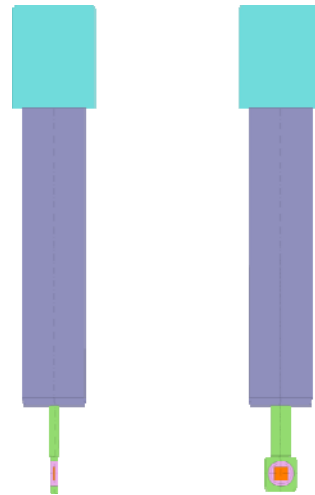


図1 XFEL コヒーレントX線回折実験用試料マニピュレーター装置の外観

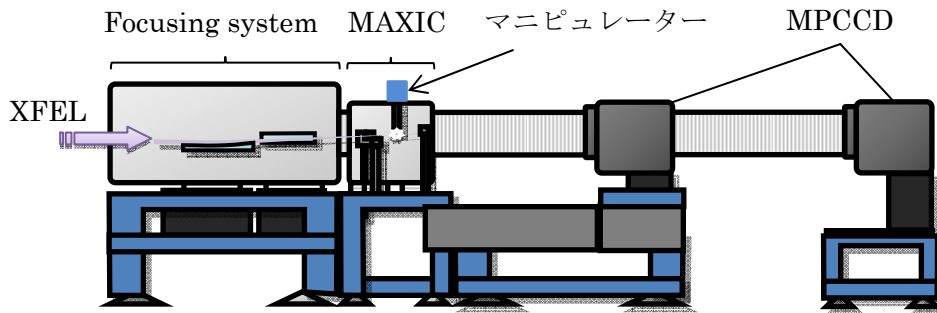


図 2 XFEL コヒーレント X 線回折実験の概念図

- ・ 10 mm × 10mm の試料チップを取付け、試料ホルダーの Z 動と高精度で平行になるように調整する機能を有する。

- ・ ステージベースは予備排気機能を有し、汎用真空チャンバをベントすることなく試料の着脱が可能である。

- ・ X 線自由電子レーザー照射パルスのトリガー信号に同期してステージを動作させることが可能である。

- ・ X-Y-Z ステージの制御はすべてコンピューターコントロールにより行う。

なお、本装置に必要な電源は単相 100V 3A である。

マニピュレーターの X-Y-Z ステージ動作は以下の特徴を備えている。

- ・ X 動

リニアアクチュエーター駆動(パルス駆動型ピエ素子使用)

移動範囲	±8 mm
最小移動距離	70 nm
最大速度	3 mm/sec
位置計測	静電型リニアゲージ (分解能 0.5 μm)
最小制御量	1 μm 以下

- ・ Y 動

DC モーター駆動

移動範囲	±10 mm
最小移動距離	1 μm
最大速度	50 μm/sec
位置計測	静電型リニアゲージ (分解能 0.5 μm)
最小制御量	1 μm 以下

- ・ Z 動

リニアアクチュエーター駆動(パルス駆動型ピエ素子使用)

移動範囲	±10 mm
最小移動距離	70 nm
最大速度	3 mm/sec
位置計測	静電型リニアゲージ (分解能 0.5 μm)
最小制御量	3 μm 以下

マニピュレーターの X-Y-Z ステージの制御について、X、Z 動については、目標値設定によるコンピュータ制御で行う。試料チップ上の試料窓の配置の座標値および移動順を指定し、X 線自由電子レーザーのタイミング信号と同期して指定順に試料窓を X 線照射位置に移動する。特に Z 方向の移動は、1/60 秒内に次の試料窓まで移動が可能であり、移動速度の設定ができる。Y 動については、コンピュータ制御による連続動作または目標位置への移動ができ、移動速度は任意に設定可能である。

2.2 集光光学系の検討

X 線回折顕微鏡による高分解能なイメージングを行うために必須となる K-B ミラー光学系を用いた XFEL 集光システム開発のための打ち合わせ及び立ち上げ実験に参加した。

SPring-8 で開かれた供用 XFEL 集光システムに関する打ち合わせに関しては、2011 年 8 月 1 日、9 月 9 日、2012 年 2 月 17 日の計 3 回、木村が参加した。集光実験に関しては 2011 年 7 月 12-15 日と 10 月 6-7 日の計 2 回木村が参加した。

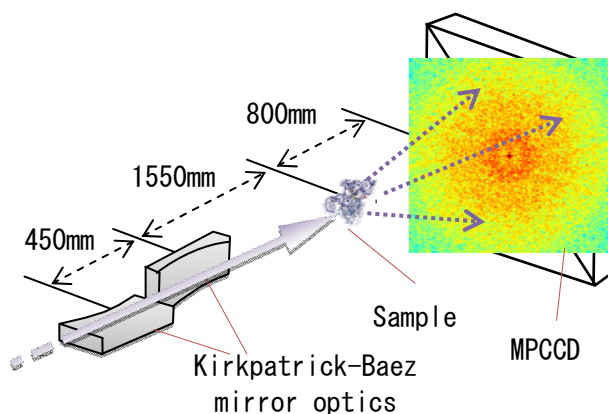


図3 検討により得られた XFEL コヒーレント X 線回折実験のための集光光学系のパラメータ

これらを通して集光システムの機構・取り扱いに習熟すると共に、XFEL 集光実験の結果を元に X 線回折顕微鏡用サンプルホルダの設計の最適化を図った。

2.3 MAXIC 実験

MAXIC を用いた SACLA 利用実験に向けた打ち合わせを、SPring-8 において、2011 年 7 月 26 日、12 月 22 日、2012 年 2 月 8 日、3 月 7 日の計 4 回行った。7 月 26 日の打ち合わせには西野が、12 月 22 日の打ち合わせには西野・別所・城地が、2 月 8 日と 3 月 7 日の打ち合わせには西野・別所・城地・木村が参加した。

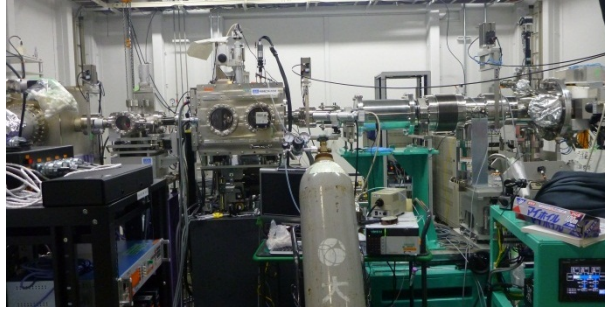


図4 MAXIC 実験 (2012年2月7-11日)

また、MAXIC の取り扱いを習得するため、2012年2月7-11日に、MAXIC を使った実験に西野・別所・城地・木村が参加した (図4)。また、2012年3月26-28日に、課題が採択された SACLA 利用実験を行う。