

X線干渉望遠鏡に向けたコヒーレント光源の開発

武井大, 北本俊二, 坂田和也, 吉田裕貴, 村上弘志 (立教大学)

takei@ast.rikkyo.ac.jp

ABSTRACT

我々は、将来的な超高角度分解能による天体観測を目的とした、X線干渉望遠鏡の開発を進めている。開発のためには動作試験、すなわち、干渉性を調査するためのコヒーレント(可干渉)なX線光源が必要不可欠となる。そこで、大学などの実験室でも使用可能となる、コンパクトなコヒーレントX線光源の開発を行った。

1. X線干渉望遠鏡

天文学の発展において、望遠鏡の角度分解能の向上は、最も欠かせない項目のひとつである。現在、X線望遠鏡は鏡の形状制度や温度等の影響により、回折限界まで到達していない。しかし、これらの影響を小さくするのは極めて難しい。そこで、新たに干渉計の技術を応用した、超高角度分解能をもつX線干渉望遠鏡の開発が期待されている。

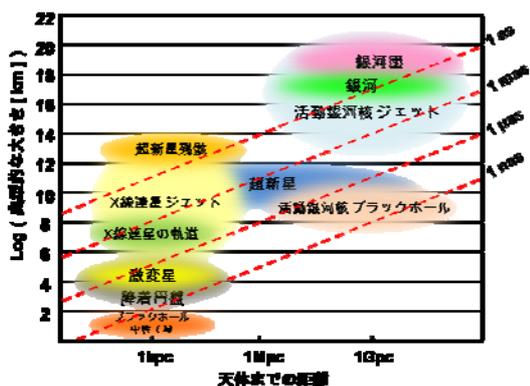


図1. 主なX線天体と撮像に必要な角度分解能

2. 新型X線干渉望遠鏡の開発

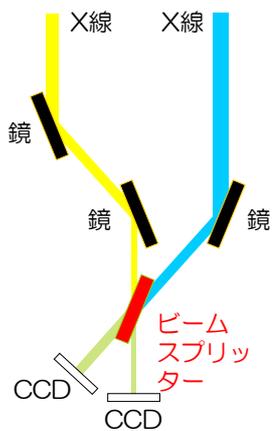


図2. 新型X線干渉計の概略図

そこで我々は、将来的な超高角度分解能によるX線天体観測に向けた、新型X線干渉望遠鏡の開発に取り組んでいる。ビームスプリッターを使用した光路差の無い光学系を用いて干渉縞を検出することで、小規模かつ干渉縞の間隔を設置した鏡の誤差角にまで抑えることができる。

試作機となる斜入射マッハツェンダー型干渉計の開発および、これらの開発に必要な不可欠となる可干渉(コヒーレント)なX線光源の開発を進めている。今回は、これらコヒーレントX線光源における開発の現状について紹介する。

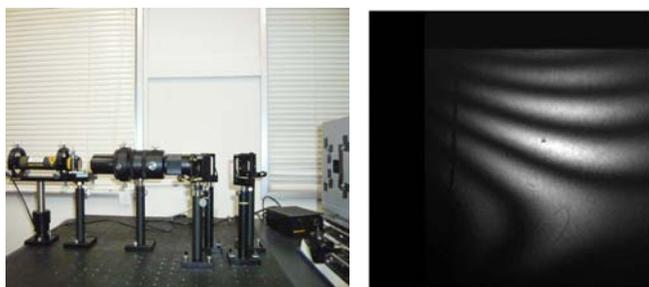


図3. 斜入射マッハツェンダー型干渉計

3. コヒーレントX線光源

原理は極めて単純で、ピンホールを使用して空間的に可干渉(コヒーレント)なX線を作るだけである。設置した電子衝突型のX線発生装置からは、酸素または炭素のK殻輝線を 10^{11} photon s^{-1} str^{-1} ほど発生させる事ができる。一方、使用するピンホールは直径1~100マイクロメートルのうち5種類を選択可能で、真空中で三軸方向に動かす事によりX線強度が最大となる場所に設置できる。



図4. 開発中のコヒーレントX線光源

ピンホールを通過した空間的にコヒーレント光は、十分に離れた平面上で観測すると、同心円状の回折パターン(エアリーディスク)を生じる。ここで、直径1マイクロメートルのピンホールを通せば、酸素のK殻輝線(2.36nm)ならば約 2.36×10^{-3} radの回折角を持つ。したがって、50cmの距離をあげれば、半径1.2mmほどのエアリーディスクが現れる。同様に、炭素のK殻輝線(4.48nm)では、半径2.2mmほどのエアリーディスクができる。これらはX線CCD検出器で十分に撮像することが可能である。

4. 動作試験

今回は装置の組み立て、および初の動作試験を行った。実際にX線発生装置によるX線をピンホールに通し、X線CCD検出器およびSSD分光器を用いてX線画像(図4)とエネルギースペクトル(図5)の取得に成功した。

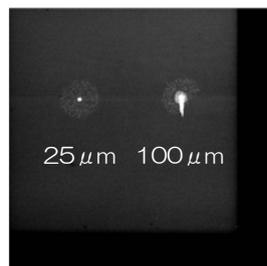


図5. X線写真

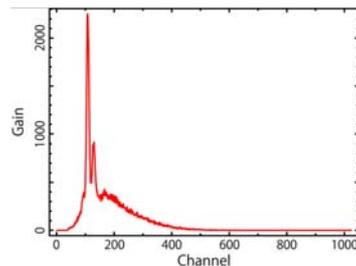


図6. X線スペクトル

X線発生装置から約30cmの距離に置いた直径1マイクロメートルのピンホールに光を通すため、現状では輝線の強度が1 photon s^{-1} ほどに減ってしまう。そこで、直径10mmの光を約80%の効率で直径20マイクロメートルまで集光するX線用のキャピラリーレンズを用意した。結果として、約 2×10^5 倍のX線強度が期待できる。今後は、このキャピラリーレンズを使用して十分な輝度を確保しつつ、エアリーディスクの撮像に取り組む。さらに、開発したコヒーレントX線光源を用いて、斜入射マッハツェンダー型干渉計によるX線干渉実験を目指す。