

X線偏光撮像を目指した

湾曲 Si 結晶の反射率及び偏光検出能力評価

中央大学 理工学研究科 物理学専攻 坪井研究室

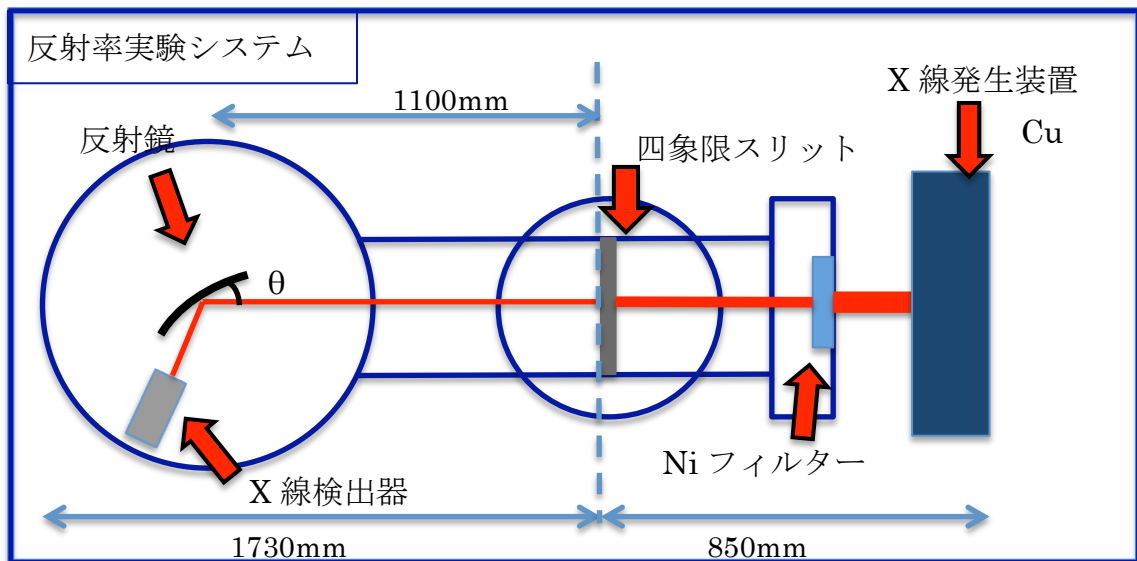
修士1年 岡田豪太

1. 概要

現在 X 線による天体観測は、エネルギー情報、位置情報、時間情報は研究が進められているが偏光情報は検出例も少なく研究が未だ十分に進められていない。高エネルギー天体現象のより詳細な物理過程の解明が飛躍的に進むと期待できるため、高性能 X 線偏光度検出器の開発が切望されている。偏光 X 線観測には光電効果、コンプトン散乱、ブラッグ反射などを利用した偏光計がある。我々の中でも Modulation Factor(MF、 $0 \leq MF \leq 1$)が高いブラッグ反射型偏光計に注目している。MF はどれだけ偏光を検出するかを示す(偏光検出能力)指標である。しかし、ブラッグ反射を利用した偏光計は反射できるエネルギー帯域が狭いという欠点がある。そこで Si 結晶を湾曲させることで、エネルギー帯域に幅を持たせ、小さい検出器に集光させ、S/N 比を上げ、その上撮像も可能な、偏光計の開発を行っている。本発表では湾曲 Si 結晶の X 線の反射率、偏光検出能力に重点を絞って報告する。

2. 反射率

銅の特性 X 線(8.05keV)を用いて湾曲 Si 結晶の反射率測定を行った。ブラッグ反射を利用するのでブラッグ反射の式($2d \sin \theta = n\lambda$)から、Si(400)の面格子間隔は $d = 1.358\text{\AA}$ 、X 線の波長は $\lambda = 1.542\text{\AA}$ なので $\theta = 34.55^\circ$ を求める。



図のようにセットし反射率測定を行った。

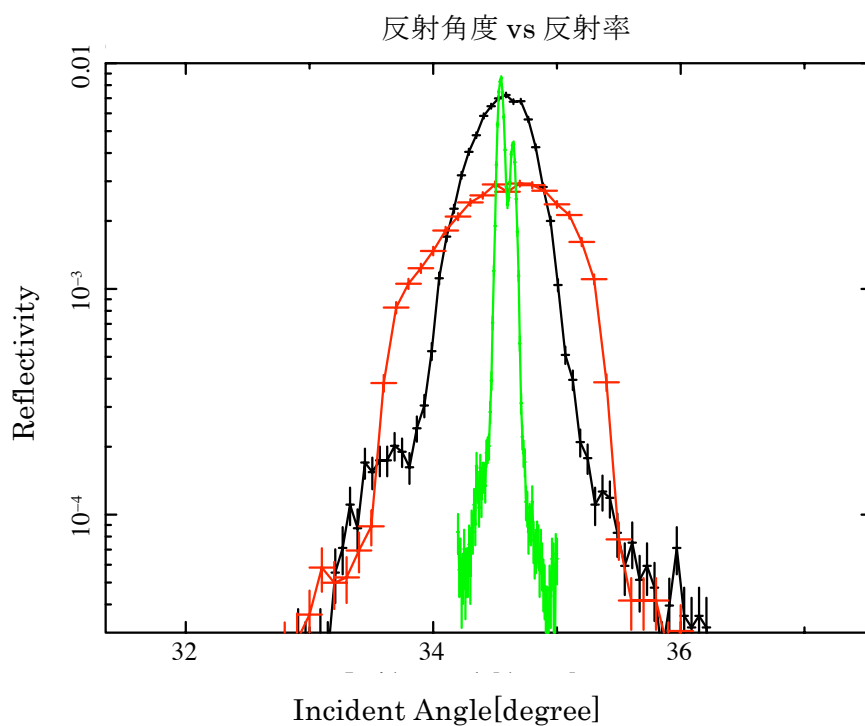


図 2.1:曲率に応じた反射幅

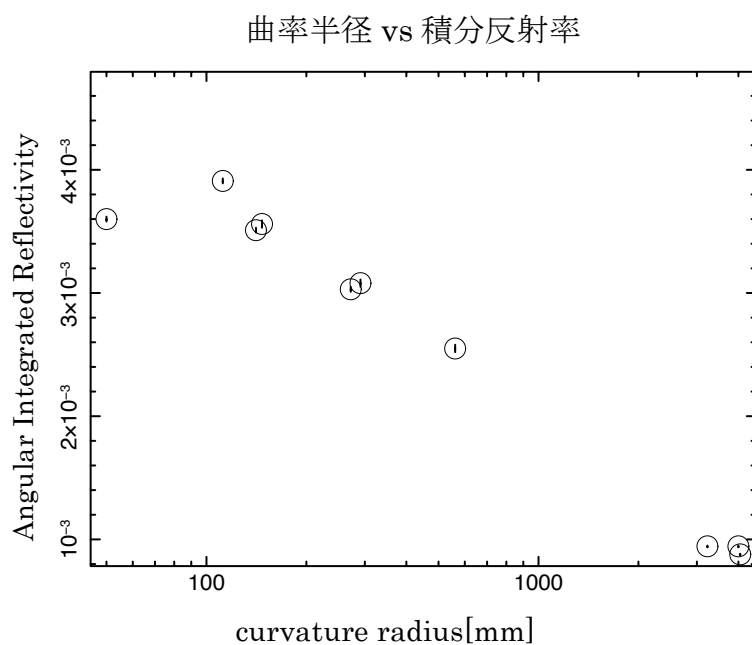


図 2.2:積分反射率と曲率半径の関係

図 2.1 から曲率に応じた反射幅が得られていることがわかる。次に図 2.2 では曲率に応じて積分反射率が上昇していることが分かる。これは湾曲させる事で完全結晶性による消衰効

果が薄れることにより反射率が上昇する事が原因ではないかと思われる。

3. 偏光検出能力

二結晶分光器 Ge(333)により直線偏光を作りだし、X線発生装置を 22.5° づつ回転させ各々の反射率から Modulation Factor(MF、 $0 \leq MF \leq 1$)を算出した。

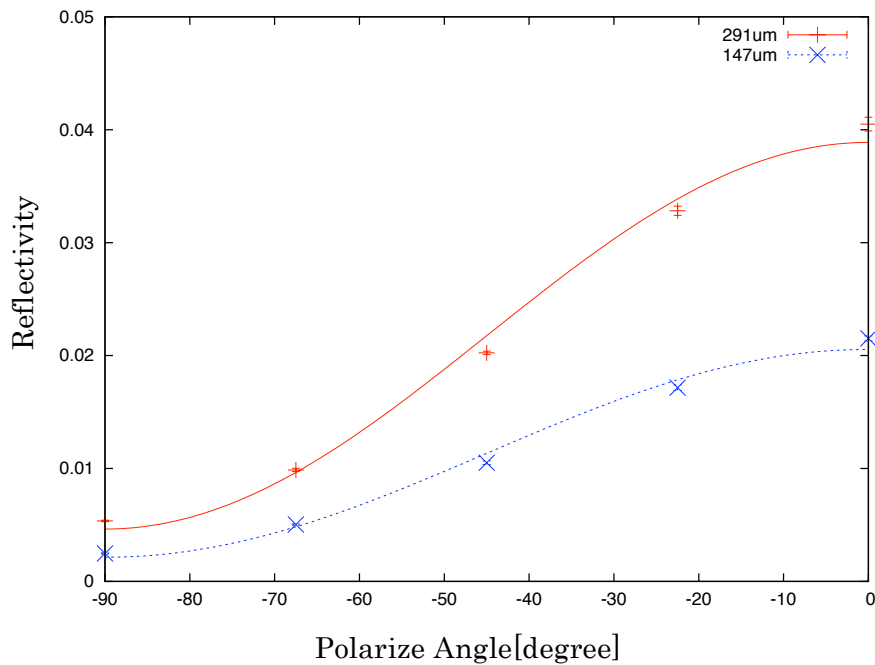
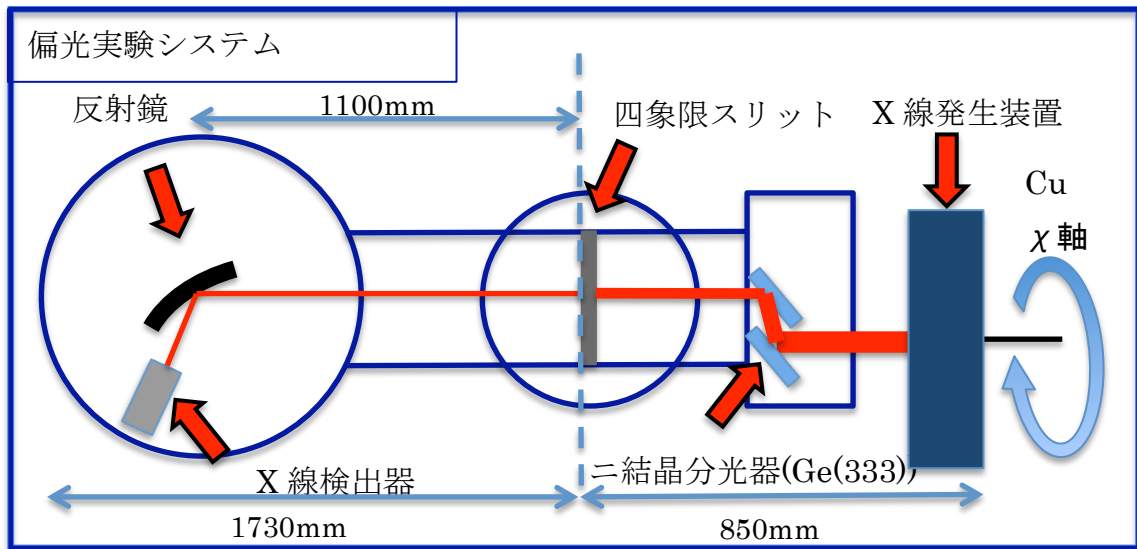


図 3.1:各偏光面に対する反射率

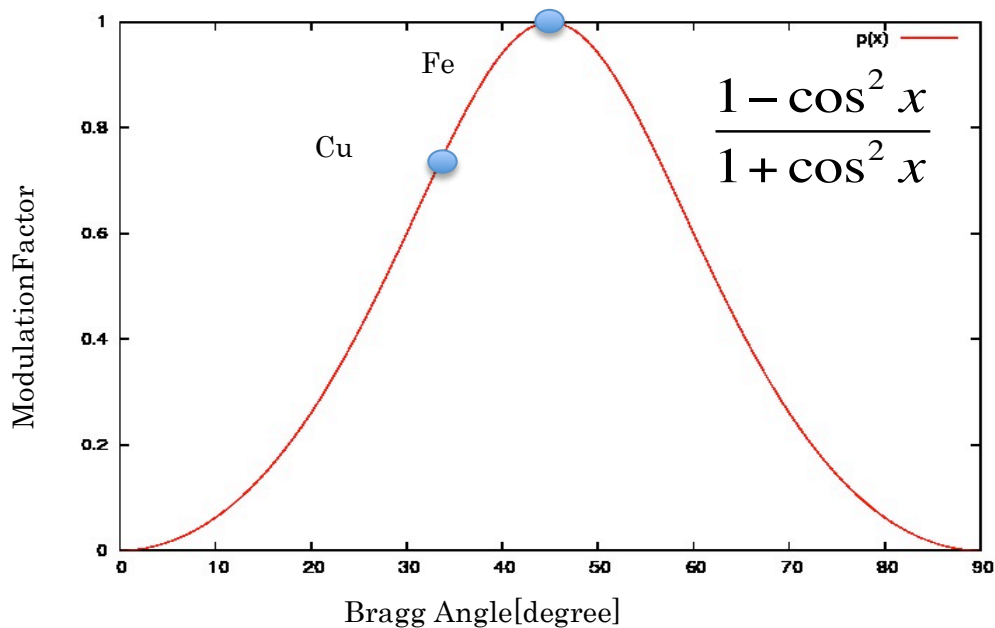


図 3.2:モジュレーションカーブ

$$P = \frac{R}{M} \quad R = \frac{R_0 - R_{-90}}{R_0 + R_{-90}} = \frac{\frac{N_0 - N_{-90}}{D_0 - D_{-90}}}{\frac{N_0 + N_{-90}}{D_0 + D_{-90}}} \quad \textcircled{1}$$

P : 偏光度

M : モジュレーションファクター

R : 実測偏光度

N_0 : $\chi=0^\circ$ での散乱光カウントレート

N_{-90} : $\chi=-90^\circ$ での散乱光カウントレート

D_0 : $\chi=0^\circ$ でのダイレクト

D_{-90} : $\chi=-90^\circ$ でのダイレクト

図 3.1 の値を①式に代入して MF を求めた。今回は銅の特性 X 線を使用して MF まで求めたが X 線天文学で重要である鉄の特性 X 線をもし使用した場合の MF も今回の結果から算出した。

曲率半径	Cu-Ka1	Fe-Ka
	34.5°	45°
291mm	0.79±0.05	1.02±0.07
147mm	0.81±0.05	1.05±0.07

鉄の特性 X 線に対して MF 約 1 という値が計算から求められた。これは非常に高い MF である。我々は当初から鉄の特性 X 線(6.4-6.9keV)においてエネルギー幅のある偏光計の開発をしておりこの結果は湾曲 Si 結晶が鉄の特性 X 線の偏光度測定に有効であることを立証できたといえる。

4. 今後の予定

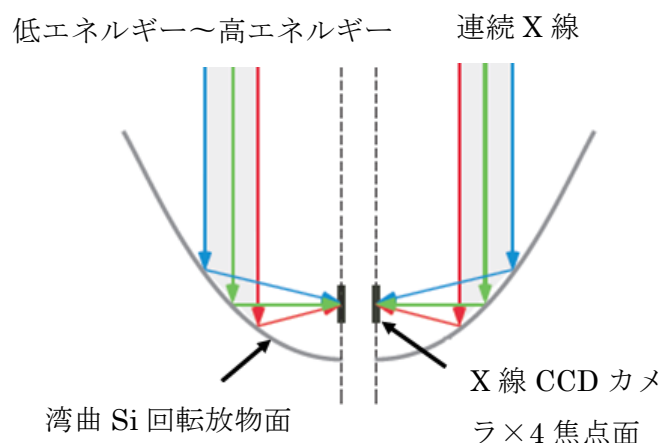
これからは

偏光計に Ge(333)結晶を使用して $\theta = 45^\circ$ 入射で反射率、MF を求める。Si での結果と比較してみる。

現在の湾曲結晶は円筒状なので放物面状での形成を目指す。

新たな光学系の提案

横から見た図



上から見た図

