

## BL40XU のコヒーレンスの検討

2000/3/4 ~ 3/6

### 1 データファイルのまとめ

- mesh1 から mesh7 までは, 8.0keV。それ以降は 12.4keV。
- 検出器はビームモニタ 3。20 倍の対物レンズ。1 ピクセルは 0.5 ミクロンくらい。蛍光体はカーボンの裏に貼り付けた LSO。CCD は C4880-10-14A。視野 0.5mm 角。
- ビームは集光しているが, BM3 の位置はフォーカスではなく, ビームは上下に少し割れている。
- アッテネータは入れず, 3/1000 回転シャッターを使う。
- CCD のシャッターは長めに開けておき, 露出時間はガルバノシャッターで制御する。
- ガードスリットから BM3 までは約 700mm。
- TC2 から BM3 まで約 4 . 5 m

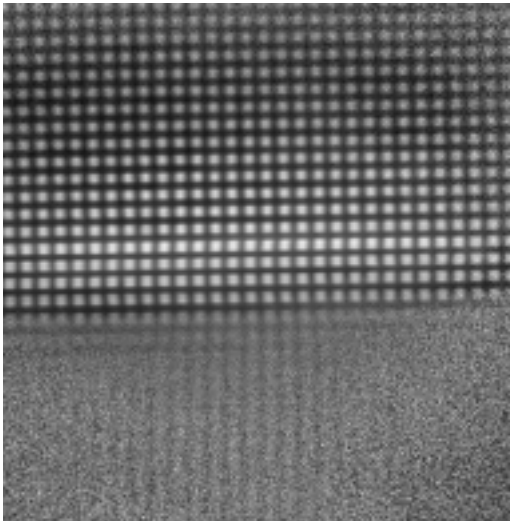
	gap	ミラーの位置。Y は 2 枚目のミラーの横位置, Z は 1 枚目の縦位置。書いてないところはどちらも 0。	FE slit 書いていないところは Vertical=-0.30, Height=0.165, Width=0.5		
mesh1	8.3			Au1500mes 約 70mm 前方	回折なし
mesh2				Au1500mes 約 70mm 前方	
blank1				ダイレクトビーム	
dark1				X 線なし	
mesh3		Y=5		Au1500mes 約 70mm 前方	回折なし
mesh4		Y=5, Z=1		Au1500mes 約 70mm 前方	回折なし
mesh5				Au1500mesh BM3 の直前	回折なし
mesh6				Au1500mesh 45mm 前方	回折なし
mesh7				Au1500mesh 180mm 前方	回折なし
mesh8	14.3			Au1500mesh 約 70mm 前方	少し回折?

mesh9	20.0			同上	少し回折
mesh10	14.3	Y=2		同上	mesh8 と同等
mesh11		Y=2, Z=-2		同上	少し良い？
mesh12			V=-0.4	同上	同じくらい？
mesh13			V=-0.6	同上	少し良い？
mesh14			V=-0.2	同上	同程度
mesh15			H=0.05	同上	あまり良くない
mesh16			H=0.02	同上	良いが上下広い
mesh17			H=0.02, V=-0.35	同上	良いが上下広い
mesh18			H=0.02	ダイレクトビーム	上下に広い
mesh19			H=0.02, V=-0.35	ダイレクトビーム	上と異なる
mesh20		Y=0.5	H=0.02, V=-0.35	ダイレクトビーム	上と異なる
mesh21			V=-0.35, H=0.02	ガードスリットのエッジ	フリンジ 3 本
mesh22			V=-0.35, H=0.02	ダイレクトビーム	
mesh23				X 線なし	
mesh24			H=0.05	ダイレクトビーム	
mesh25			H=0.05	ガードスリットのエッジ	フリンジ 1 本
mesh26			H=0.165	ガードスリットのエッジ	フリンジない
mesh27			H=0.165	ダイレクトビーム	
edge1			H=0.02	ダイレクトビーム	上下に広い
edge2			H=0.02	TC2 のエッジ(L=-0.65)	フリンジ 3 本
edge3				TC2 のエッジ(L=-0.65)	フリンジ 3 本だが コントラスト悪い
edge4				ダイレクトビーム	
edge5			W=0.02	TC2 のエッジ(Hall=0.80)	フリンジ 1 本？エ ッジの形悪い
edge6			W=0.02	ダイレクトビーム	
edge7			W=0.02	TC2 のエッジ(Lower=-0.61)	フリンジあり？エ ッジの形悪い
edge8			W=0.02	ダイレクトビーム	

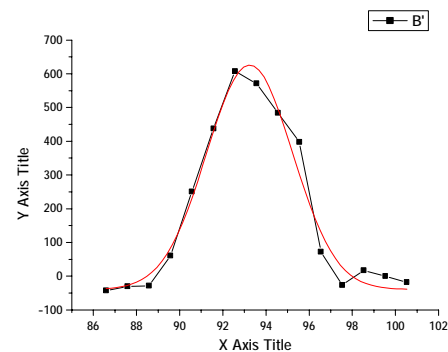
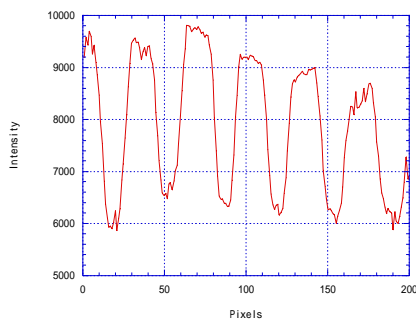
edge9		Z=1	W=0.02	ダイレクトビーム	edge8 とかなり異なる
edge10			H=0.1, W=0.1	ダイレクトビーム	
edge11			H=0.1, W=0.1	TC2 のエッジ(Lower=-0.62)	フリッジあるらしいがエッジの形悪い
edge12			H=0.1, W=0.1	TC2 のエッジ(Hall=0.80)	エッジの形悪い

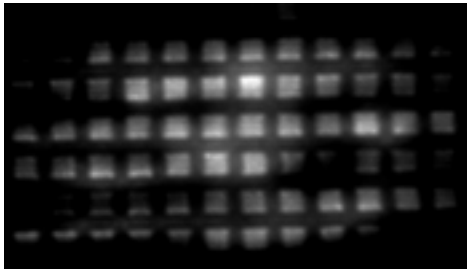
## 2 データから分かったと思われること

### 1 .BM3 の特性は BL47XU で測ったときと同じである



これは, mesh2 を blank1 と dark1 で規格化して作った mesh2a を見るとわかる(左図, これで全視野: 0.5mm 角)。この絵では, ビームが急激に弱くなる部分でメッシュが曲がって見える(なぜ?)。また, 上のほうにビームが広がっており, 下には広がりが少ないことも分かる。メッシュの上下方向の断面を切ってみると, 左下の図のように X 線の通っていない部分でも 60% の強度がある(金の 3 ミクロンなら透過率は 30% 程度)。これは BL47XU で調べたときと同程度である。これの一部を微分してガウス曲線でフィットすると, 下の図のように  $2\sigma$  が 4 になる。分解能  $2.5\mu\text{m}$  くらい。

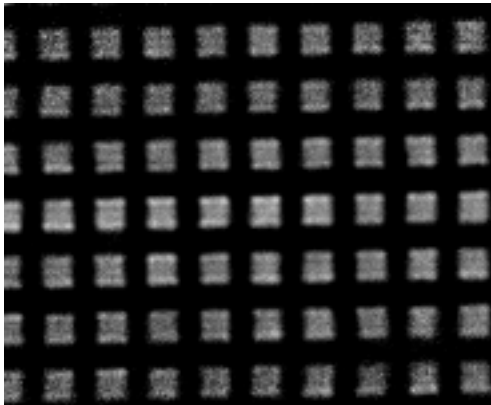




## 2. フロントエンドスリットの開口を垂直方向 20 ミクロンにするとコヒーレンスは良い。

左は mesh16 の拡大図。規格化していないのでビームのむらがひどいが、垂直方向にはメッシュの淵が明るい。フロントエンドスリットの垂直方向の開口が 20 ミクロンなのになぜこんなに

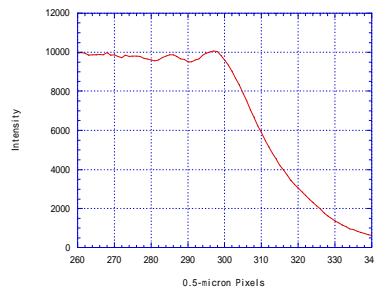
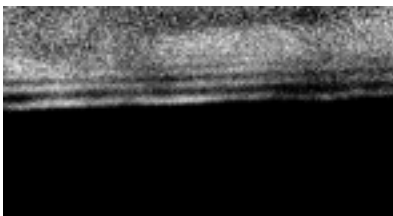
にビームの上下が広いかは、下で検討する。



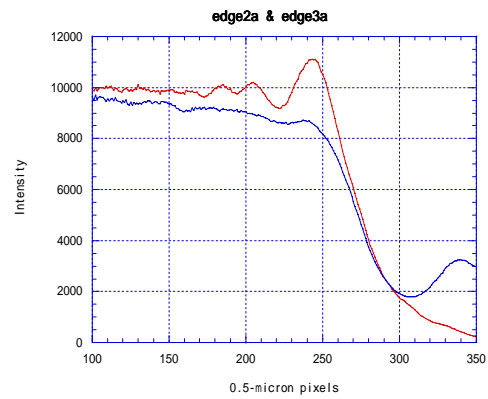
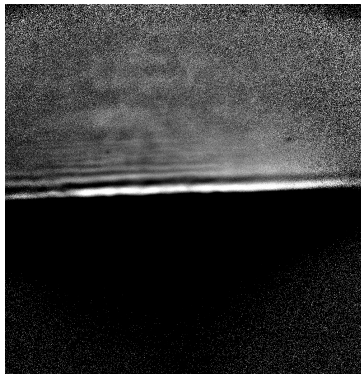
左はダイレクトビームで規格化した mesh17。X 線の強度が低いのでノイズが高いが、フリッジは見えている。

下は mesh21 の拡大図で、シグマ光機製のガードスリットの下側のエッジを観察したもの。フリッジが 3 本は見える。スリットから BM3 までの距離が 300mm、波長は 0.1nm なので、 $\lambda L = 8.4\mu\text{m}$ 。右のように干渉縞の間隔は 6 ~

7 $\mu\text{m}$  なので、だいたい計算は合っている。しかし、干渉縞のコントラストは低い。(光源サイズによるボケを考慮する必要あり?)

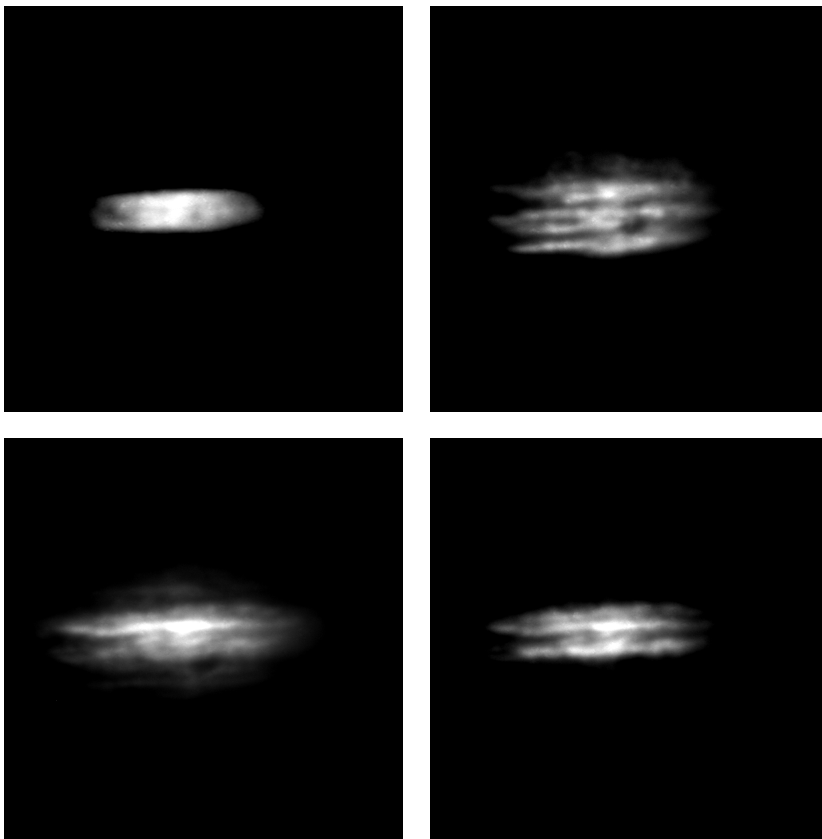


TC スリット 2 の下のエッジでビームを切った edge2a 場合には下のようになる (左の図は全画面、右のグラフは幅 10 ピクセルで縦長に領域を設定して強度分布を求めているが、幅を狭くしてもピークや谷は鋭くならない)。この場合の  $\lambda L$  は 19 ミクロン程度で実測の縞の間隔は 20 ミクロン程度なので、これも計算とだいたい合っている。フロントエンドスリットの垂直開口を 0.165mm に広げた edge3a では、フリッジは鈍ってしまっている (右図の青い線)。なお、edge3a の暗い部分 (スリットに覆われた部分) には幅広く明るい縞がある。原因は全く不明。



すべての X 線がフレネル回折していれば、エッジのピークの高さは 13700，その次の極小は 7800 くらいになるべきだが，実際にはこれの半分以下の振幅しかなく，すべての X 線がコヒーレントなわけではないらしい。

**3 . フロントエンドスリットを閉めるとビームは広がる。** 下の 4 枚はダイレクトビームだが，条件によって強度分布が異なっている。どれも視野は 0.5mm 角。

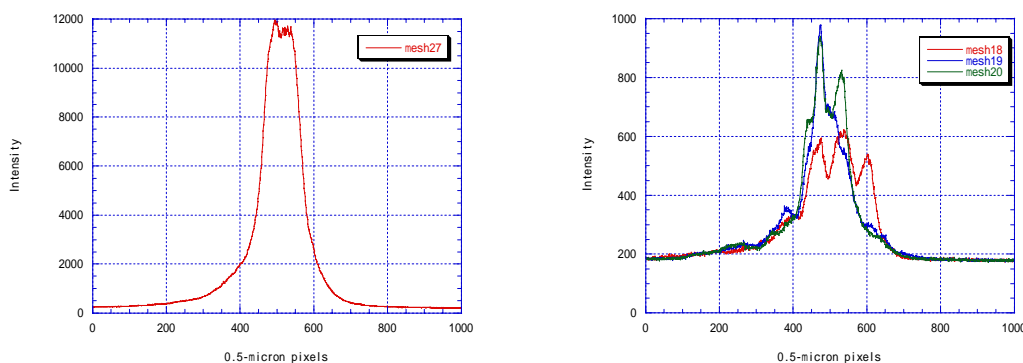


左上は mesh27 で，フロントエンドの垂直の開口が 0.165mm のとき。BM3 はフォーカ

ス位置よりも 2m ほど上流にあるので集束は完全ではないが、それでも垂直方向の幅は 50 ミクロン程度である。

右上は mesh18 で、フロントエンドスリットの垂直の開口を 0.02mm にしたとき。水平開口は 0.5mm のまま。ビームはかえって縦に広がっている。左下は mesh19 で mesh18 と異なる点はフロントエンドスリットの垂直方向の開口位置を 0.05mm 下げただけ。強度分布は変化している。右下は mesh20 で、mesh19 と異なるのは 2 枚目のミラー（垂直方向の集束ミラー）の Y 方向の位置を 0.5mm ずらしたことだけ。これも強度分布が変わっているが、どれを見ても mesh18 よりも垂直方向の幅が広い。

下は、上の 4 つのイメージの中央部分を垂直に切った強度分布。mesh18 と mesh19 はフロントエンドスリットの垂直方向の位置を変えただけ。mesh19 と mesh20 は 2 枚目のミラーのビームの当たる位置を変えただけなのに強度分布は大きく変わっている。ただ、mesh27 でピークになる部分にはどの場合でもピークはあり、これらが重なって mesh27 が作られていると思われる。



ここで問題なのは、この 0.02mm の開口がおそらく 0.02mm ではないということ。垂直開口を 0.02mm にして水平開口を閉めていくと、水平開口 0.2mm 程度でビームが消えてしまう。つまりフロントエンドスリットのブレードは並行ではなく、0.02mm の開口では端のほうの楔形に空いた隙間から X 線が来ていると想像される。

スリットの開口を狭くするとビームが縦に広がる原因としては、

- (i) フロントエンドスリットのエッジでの散乱がある：開口が狭ければエッジの散乱の寄与は相対的に増加するが、開口位置やミラーを動かして変化するのはおかしい。
- (ii) フロントエンドスリットからの回折。0.02mm のスリットの回折を 20m 後方で観察しているので、回折は顕著なはずである。回折の最初のピークは、 $\alpha = \pi a \sin\theta / \lambda = 1.43\pi$  の位置に来るはずで、 $a$  は 0.01mm であるから BM3 上ではビームから約 300 $\mu\text{m}$  の位置になる。ここで見られているピークはもっとずっと小角である。
- (iii) ミラー表面での散乱。ミラーを動かすと強度分布が変わることから、明らかにこれは重要な問題である。しかし、普段は使っていない位置にミラーを動かしてもビー

ムの幅は狭くはならず，X 線による損傷でミラーの表面が荒れているというのでもないらしい。例えば上の図の mesh12 (赤) の 3 つのピークの間隔は 40 ミクロン程度で，ミラーからの距離を 10m として 4 マイクロラジアンのスロープエラー (RMS にすれば多分 1 マイクロラジアン程度) となる。これは悪い値ではない。

### 3 . 結論のようなもの

BL40XU の X 線ビームのコヒーレンスは，そんなに悪くはない。しかし，すべての X 線がコヒーレントなわけではない。

BL47XU との比較 参考までに BL47XU で Au メッシュがどう見えるかといえば下左のようであり (ただしダイレクトビームで規格化してある)，BL40XU よりはずっときれいである。しかし，下右のようにスリットのフリンジはたくさん見えるものの振幅は小さく，コヒーレンスという点で言えば BL40XU と大きな違いは無いように思える (エッジから BM3 までの距離が少し違うので比較には注意が必要)。BL47XU では一様な照明が得られるのがメリットである。

#### 疑問点

- ( 1 ) BL40XU ではミラーでの散乱がこれほどにひどくてもコヒーレンスが保たれているのはなぜか？
- ( 2 ) フロントエンドスリットを開くとコヒーレンスが悪くなるのはなぜか？

