

中尺アンジュレータビーム ライン(BL20XU)を用いた 極小角 X 線散乱実験

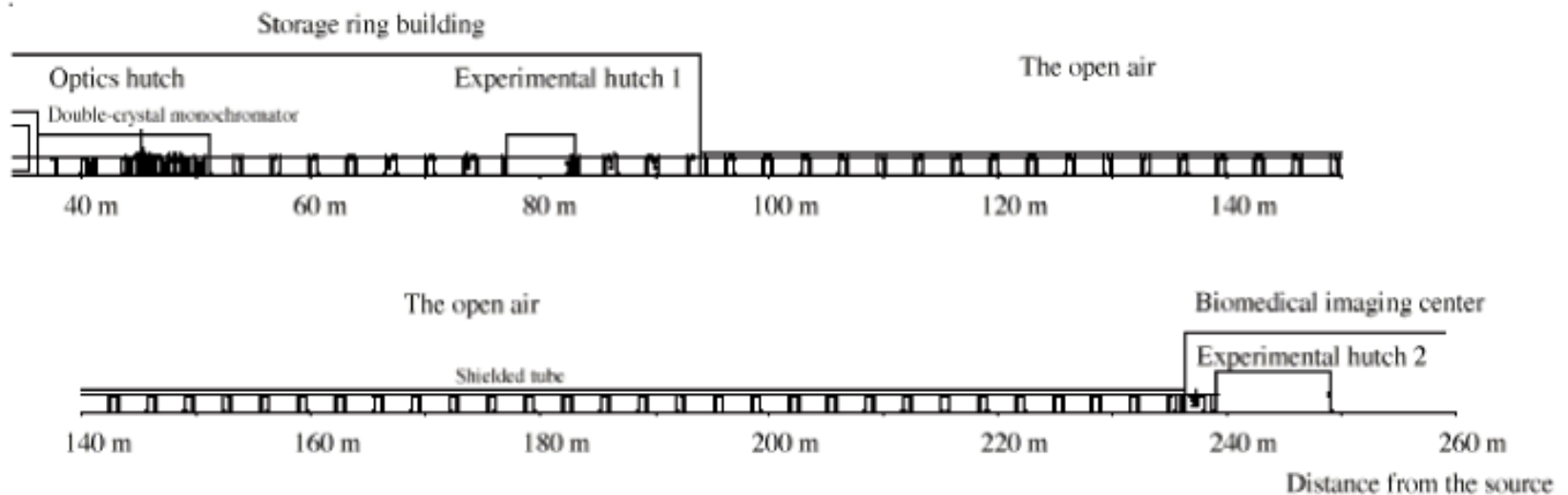
八木直人¹⁾、竹中幹人²⁾、井上勝晶¹⁾

1) SPring-8/JASRI

2) 京都大学大学院工学研究科

BL20XU

SPring-8のBL20XUは、実験ホールと医学利用棟に実験ハッチを持ち、その間を140mの真空パイプで繋いでおり、極小角散乱実験に最適の設計となっている。ただし、真空パイプの直径は10cmしかない！！したがって観測可能な散乱角は0.3mrad以下。



250 m-long Beamline 20XU at SPring-8

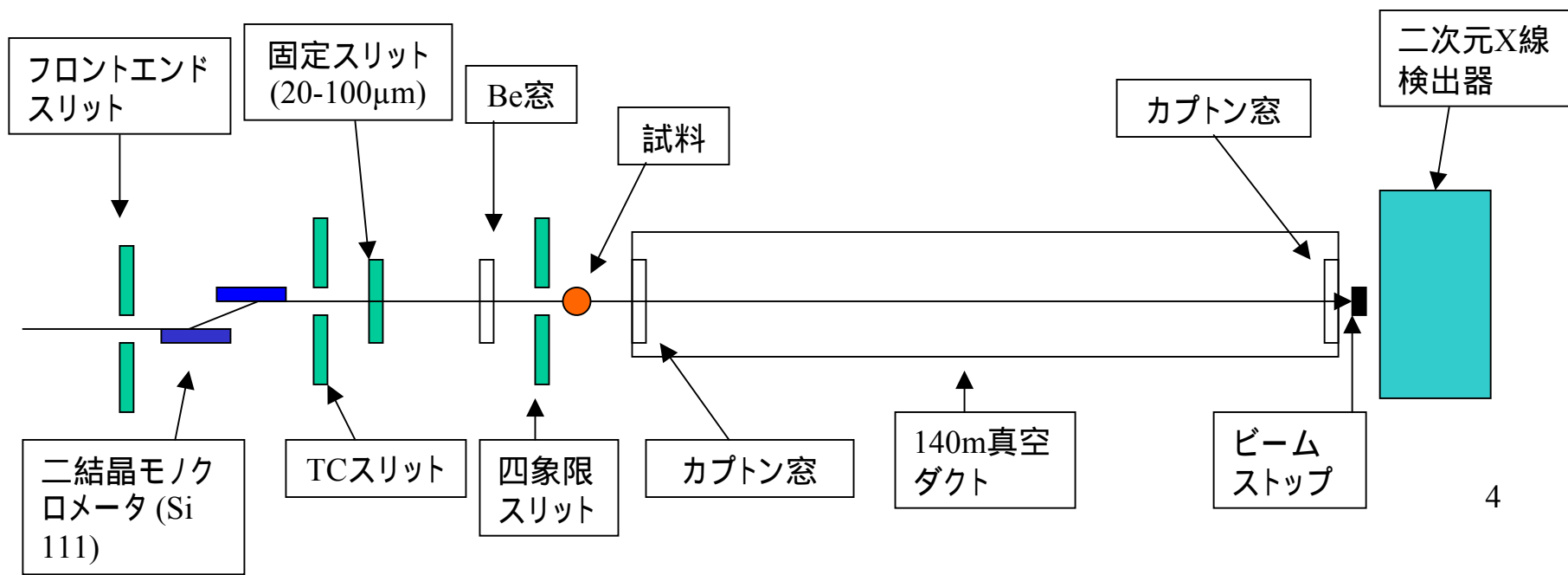
実験のセットアップ (I)

ハッチ1 (蓄積リング棟) に四象限スリットと試料を置き, ハッチ2 (医学利用棟) にX線検出器を置くことによって試料と検出器の距離を約140mとすることができる。スリット系を用いてビームサイズを適当な大きさに制限すれば, 数ミクロンまでの極小角領域の回折の観測が可能である。

**世界で唯一の二次元
極小角散乱カメラ!**

実験のセットアップ (II)

ビームサイズは、フロントエンドスリットとモノクロメータ直後の固定スリットで決める。バックグラウンドの散乱の発光点はモノクロメータの結晶の表面であり、ここからの散乱をTCスリットと試料直前のスリットで切るが、TCスリットはモノクロメータに近すぎて実際にはほとんど役に立たない。



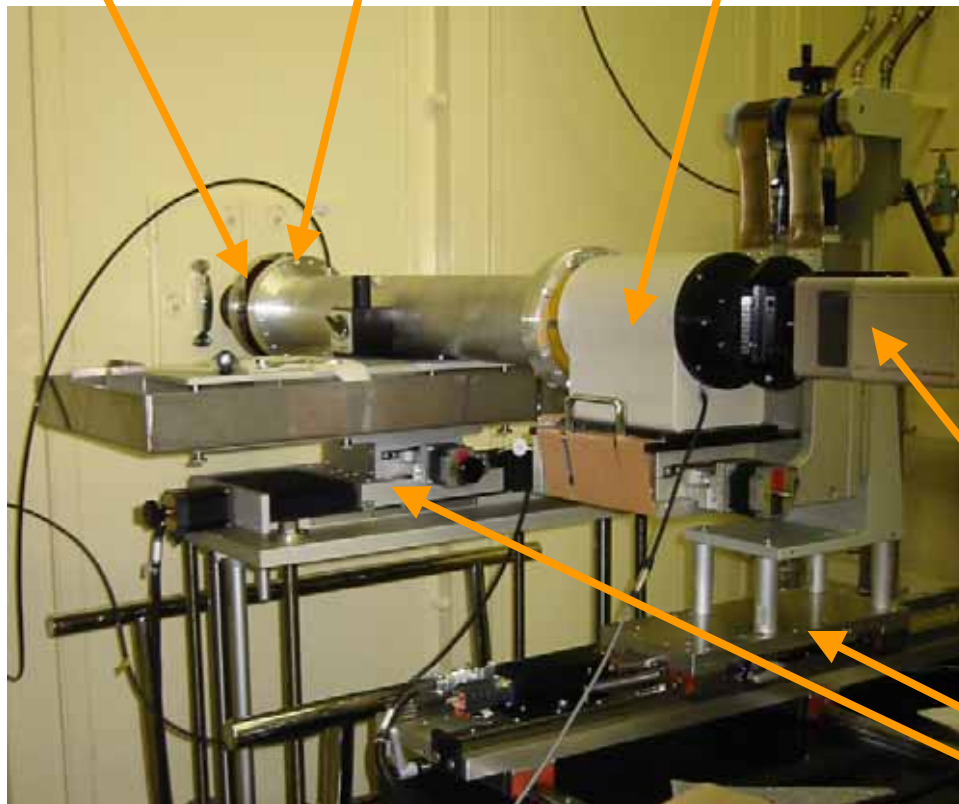
2002年4月の実験風景

140m真空
パイプ出口

ビームストップ(カ
プトンに張りつけ
た鉛板)はここに
ある

4インチBe窓X
線イメージイン
テンシファイア

X線検出器は、直径4イン
チのBe窓付きX線イメージ
インテンシファイア(浜松ホ
トニクス V7339P)で、冷却
CCDカメラ(浜松ホトニクス
C4880-50-24A)で画像を
記録した。



冷却CCDカメラ

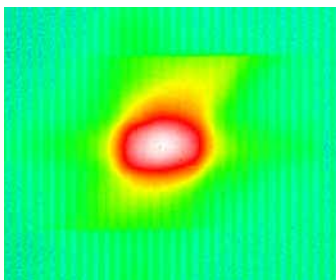
ビームストップと検出器は、ど
ちらも自動ステージに載っている

X線ビーム ($\lambda=0.1\text{nm}$ のとき)

フラックス 2×10^{12} cps

試料位置でのビームの大きさ
 $0.2\text{mm}(\text{Height}) \times 0.3\text{mm}(\text{Width})$

100ミクロンピンホール



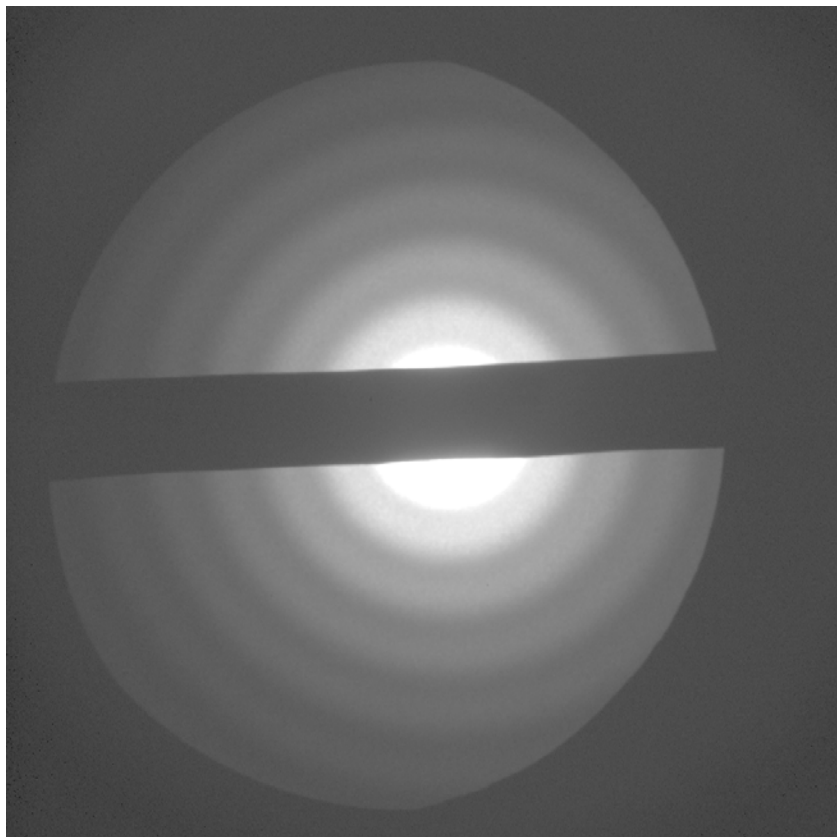
試料位置でのビーム
(ビームモニタ2で記録)

検出器上でのビームの大きさ
 $1\text{mm}(\text{Height}) \times 3\text{mm}(\text{Width})$

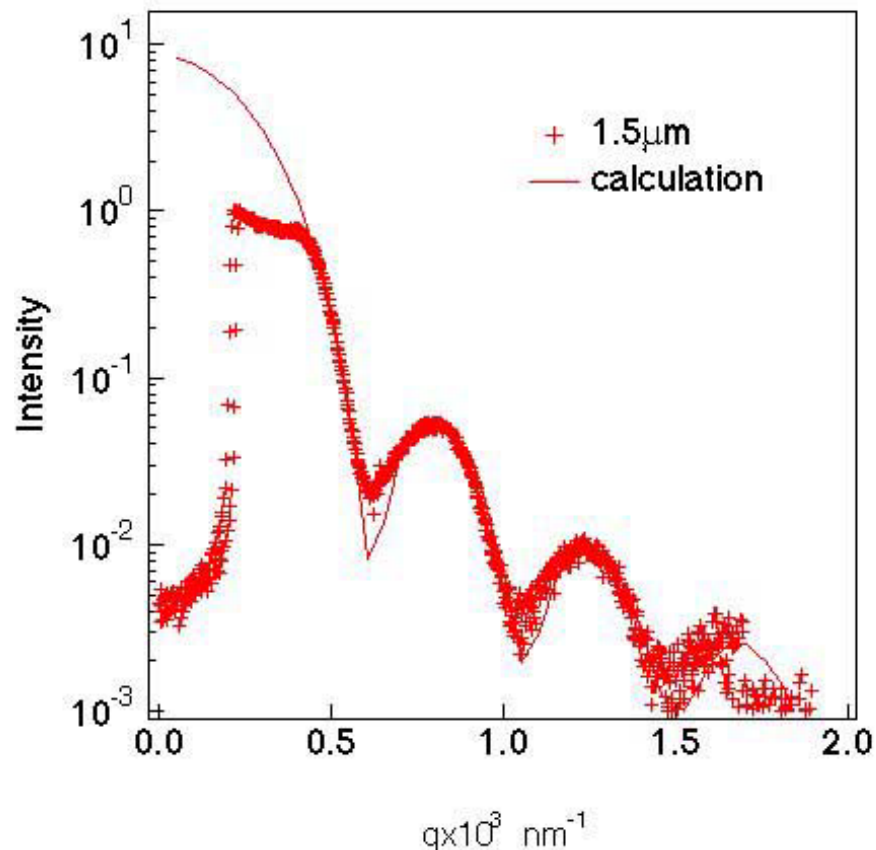
より小さいピンホールを使えば試料位置でのビームは小さくなるが、検出器上では回折のためかえってビームは大きくなる。また、20ミクロンピンホールでは、回折はスペckルだらけとなる。

シリカ粒子の小角散乱

直径2.5ミクロンのシリカ粒子からの散乱。140mの真空パイプはどこかで曲がっている？
露光時間は1秒以下。



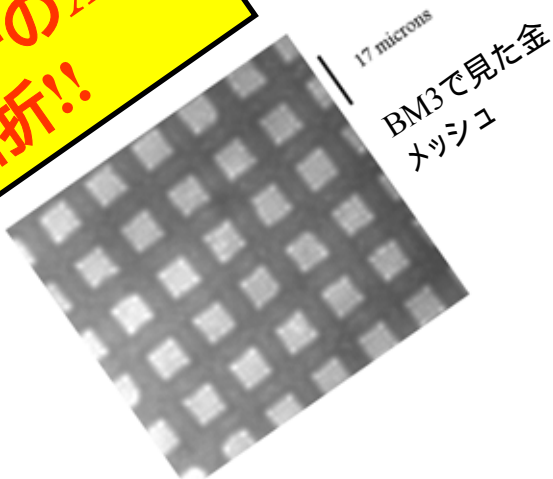
直径1.5ミクロンのシリカ粒子からの散乱。理論曲線とほぼ合っている。



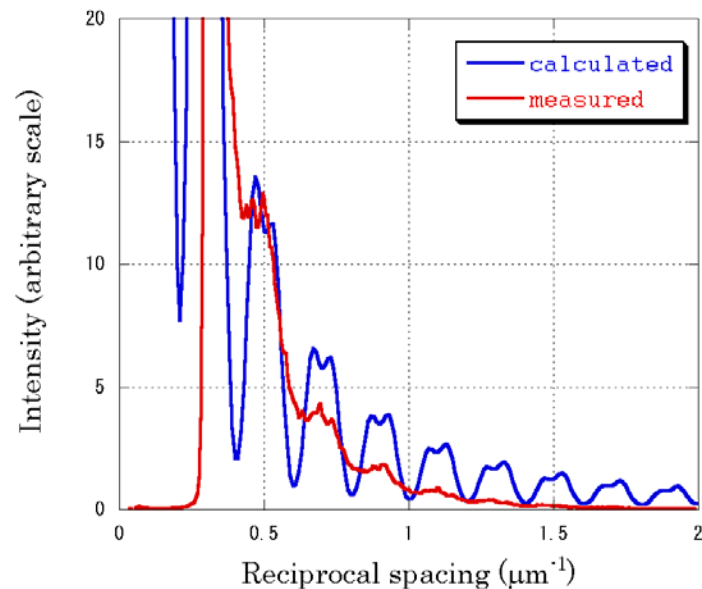
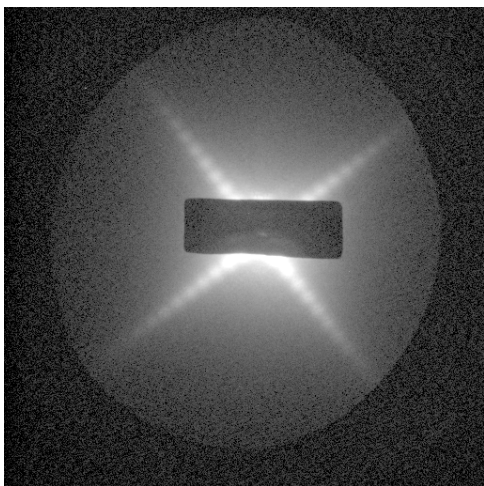


金メッシュのX線回折

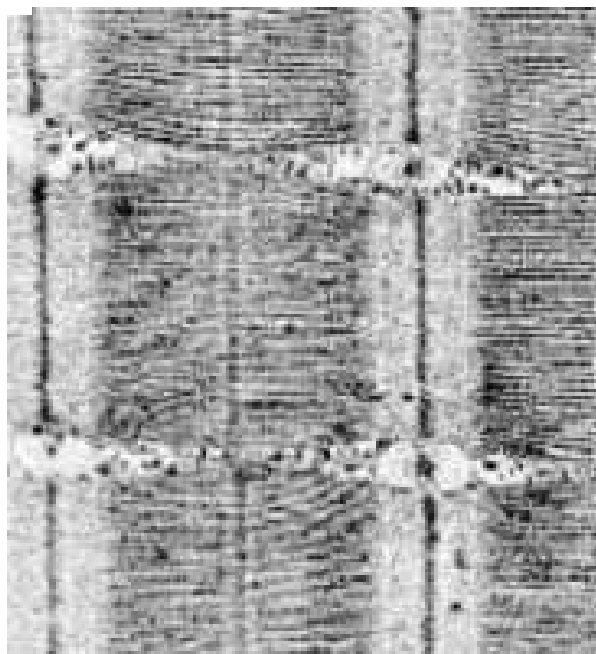
世界初!!
17マイクロ
格子のX線
回折!!



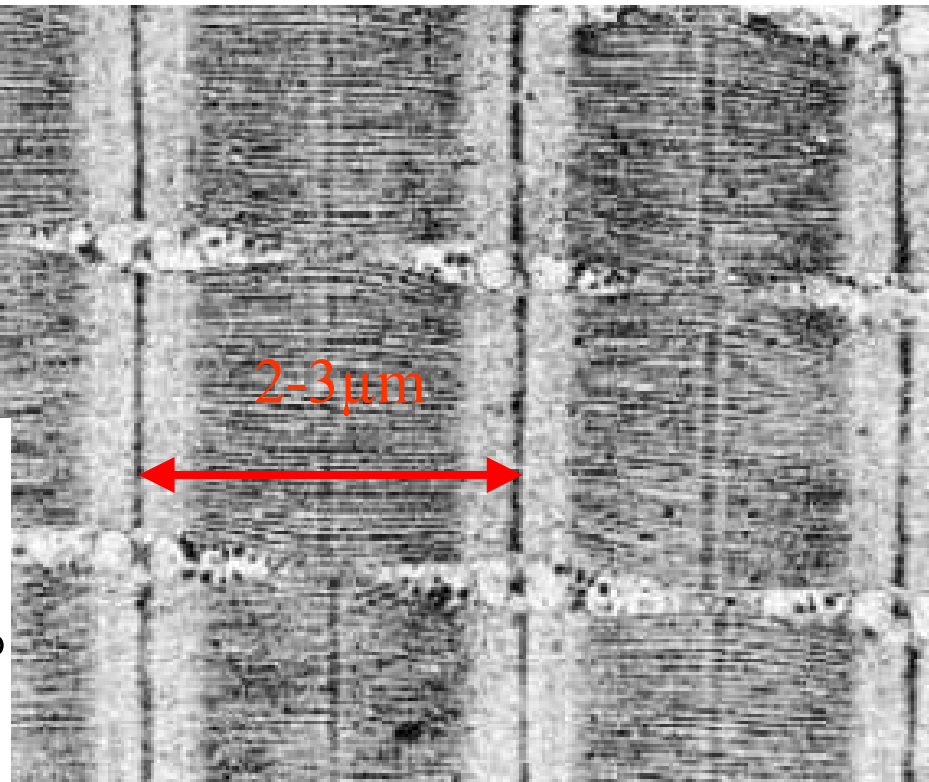
1500メッシュからの回折像は、開口部分のフーリエ変換で5マイクロン程度の周期に相当する強度変化が見られる。ピーク的位置は、計算とよく一致する。



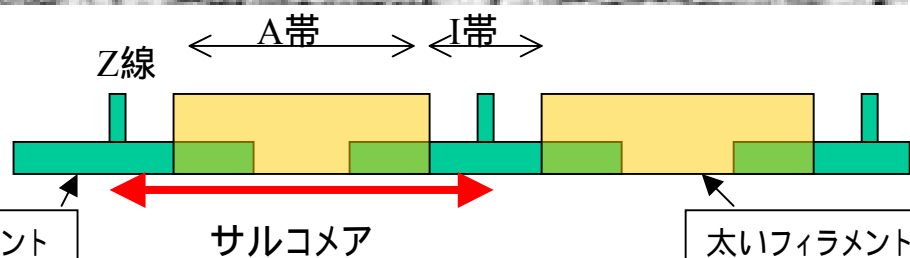
骨格筋のサルコメア回折



骨格筋(横紋筋)には,サルコメアという2-3ミクロンの周期構造があり,回折を生じる。



サルコメアを引き伸ばすと, I帯の細いフィラメントとA帯の太いフィラメントは形を変えずに引き離される。対称性があるため構造因子の位相は0か π で, 偶数次反射では $f=f_A+f_I$, 奇数次反射では $f=f_A-f_I$ となる。これを用いて位相付けが可能である。

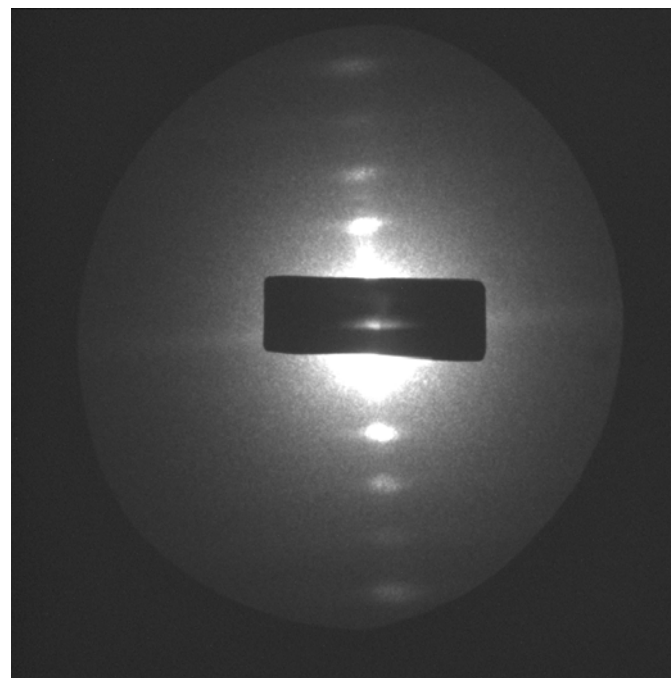


サルコメアの回折

レーザーの光回折は、
必ず層線となる。



X線回折は、層線が見える
ことは稀で、スポットとなる。



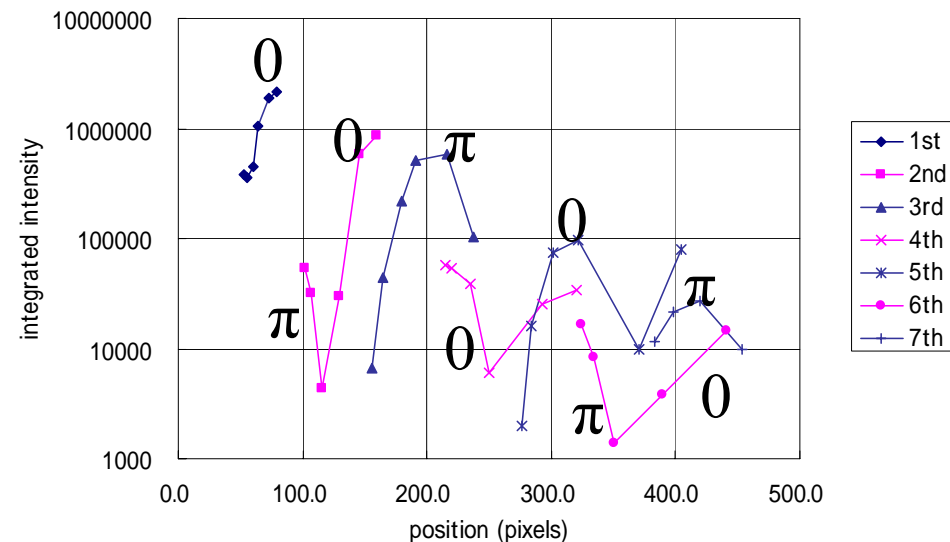
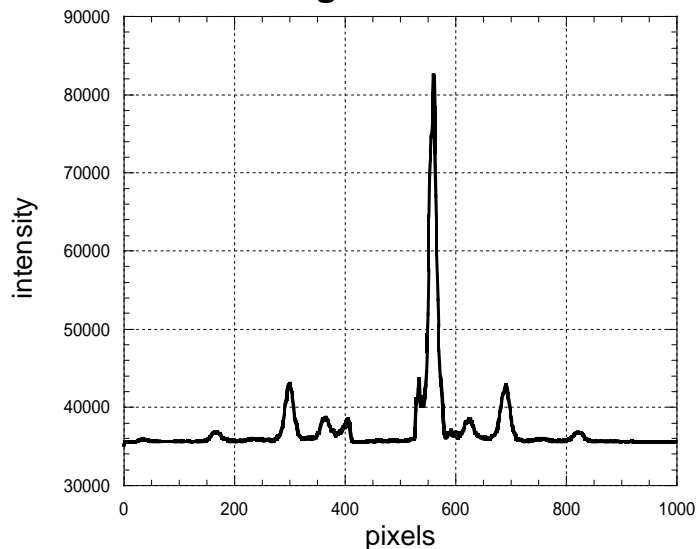
スポットの幅は、サルコメアの幅
(筋原線維の幅)よりも広め？

サルコメアの構造解析

バックグラウンドの散乱(主としてBe窓に起因する)を差し引く。

筋肉の長さを変えてサルコメア長を変えると、反射強度が変化する。これを用いて位相決定が可能である。

Sarcomere diffraction from frog skeletal muscle



今後の実験計画

- より広角までの測定
BL20XUでX線波長を短くする
ハッチ間距離の短いBL19LXUの利用
- 高分子材料など, より多くの試料を対象とする
- 時分割実験(ミリ秒)
- BL20XUでは, Be窓を前方へ移動してバックグラウンドを低減する