

X線ペンデル縞の異常時間振動の観測

吉村順一、平野馨一・KEK-PF

X線のモアレ縞やペンデル縞(共にX線の干渉縞)は、その回折像が結晶から出射し空間伝播する際、異常な微小空間振動を伴っていることが実験観測により知られて来た。この空間振動とは、結晶から出射した縞回折トポグラフ像を多数枚の積層フィルム上に同時撮影するとき、その多層フィルム中に縞像の振動変化が見られるというものである。このような空間振動の観測に対しては、当然のことながら、時間的な振動もあるのだろうか?という問いかけが生ずる。この問いを検証するために、かつて、フィルム法によって縞像(ペンデル縞)の撮影実験が行われた。しかし、その方法では時間振動の有無について結論を出すことは出来なかった。そして、2008年になって、X線CCDカメラを使ってあらためてこの検証実験を行ったところ、明確な縞時間振動(ペンデル縞)の存在を観測することが出来た。この結果(第1報)は既に放射光学会等で報告したところである [1, 2]。本発表ではその後の、より高い時間・空間分解能で観測した結果を報告する。

実験は BL15C で、シリコン(FZ)の楔形結晶を試料とし、波長 0.081 nm、220 反射 ($\theta_B = 12.2^\circ$) を用いて行った。ビームの波長広がり $\Delta\lambda/\lambda = 4.3 \times 10^{-4}$ 、角度広がり $0.079''$ であった。試料の楔形結晶は上記波長で縞間隔が 0.345 mm となるものを用意し、それらの回折像(O 像) 20-40 枚を 0.28~2.91 秒の時間間隔(正味の露光時間はそれぞれ 0.20~2.50 秒)で CCDカメラに連続撮影した。CCD カメラは Photonic Science 製、XFDI11mm(解像度 6.5 μm)を用いた。

これまでのデータ解析の一例を図1に示す。縞プロフィールがそのピーク位置、底位置、

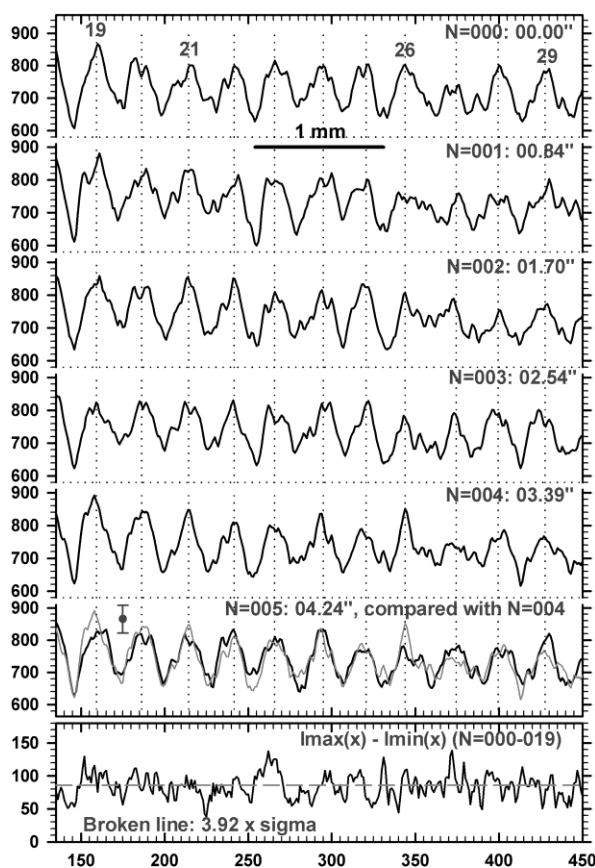


図1. 縦軸は強度。横軸は X (ピクセル)。

高さ、幅、形状を変えながら時間的に振動変化する様子が示されている。観測の時間間隔は 0.85 秒、画像強度スキャンの線幅は 13 μm (1pixel)である。上記最初の報告の論文投稿ではノイズ(光子統計変動)の問題を指摘されたが、今回のデータも画像強度との関連で、この点については厳しいところがある。しかしながら、今後のデータの取扱い方によってはノイズについて前より改善された結果をお示し出来るのではないかと考えている。図1の縞プロフィールでは、下から2番目のグラフが隣接する N 間の比較を示している。この比較では、 $\pm 1.96\sigma$ (σ は参照ブランク画像中の強度変動の標準偏差)を越える強度差のデータ点 (X) は少数であるが、連続多重撮影 20 画像中での最大と最小間の強度差 ($I_{\max}(X) - I_{\min}(X)$) では 512 の総データ点中 238 点で 3.92σ のレベルを越えている。

[1] 吉村、平野: 第22回日本放射光学会年会予稿集 (2009) p.127. [2] J. Yoshimura & K. Hirano: *J. Synchrotron Rad.* 16 (2009) 601.