

X線ペンデル縞の異常時間振動

KEK物構研 吉村順一

本講演では最近発見されたX線ペンデル縞の異常時間振動の現象を紹介する [1]。このようなX線干渉縞の異常振動については、ペンデル縞に先立ってモアレ縞の異常振動が報告されて来たが [2]、ここではこのペンデル縞の異常時間振動の話題に絞ってお話する。周知のように、ペンデル縞の強度振動は結晶動力学回折の波動場1と2の干渉により生ずるもので動力学回折の核心的現象である。これまで理論的実験的に多くの研究がなされて来た [3]。その公認の理解では、結晶から出て観測されるペンデル縞とは結晶出射表面上のペンデル縞干渉図形の最終像が、その先は全く変化なしに静止した投影像として記録媒体に撮影されたもの、とされてきた。ところが実際はこれといささか異なり、結晶出射後の光路上で光路距離とともに小さく位置振動していることが、2000年に、多層フィルム上にペンデル縞を記録する実験で見出された [4]。これは謂わば、ペンデル縞の空間振動と言える。この空間振動に加えて時間的振動もあるのではないかとという問いはこのときからの宿題であった。そして、2008年、KEK-PFにおけるX線CCDカメラを撮像手段とする実験でその時間振動の存在が確認された [1]。空間振動といい、時間振動といい、それを説明・基礎付ける理論はなく、これまでのところ「異常振動」である。自分がやるべきことは、まずはその実態をもっとよく明らかにすべく観測実験を続けることであると考えている。

実験・解析結果の一例として、CCDカメラで40枚連続撮影したペンデル縞回折像(0像)の強度プロフィールとそれを解析して得た縞位置時間振動のプロットをそれぞれ図1と2に示す。実験はKEK-PFのBL15Cで、シリコン(FZ)の楔形結晶を試料とし、波長0.081nm、220反射($\theta_B = 12.2^\circ$)を用いて行われ、図示のデータは解像度0.0129mm、露光時間0.70"で撮影された画像(縞間隔0.345mm)のものである。

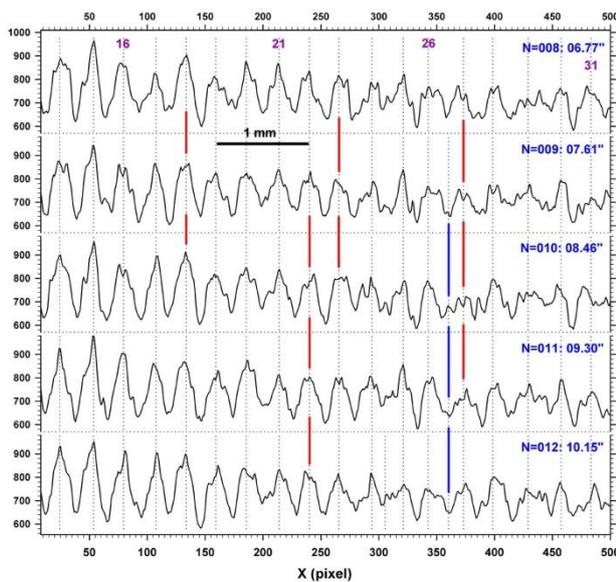


図1. ペンデル縞の縞プロフィール

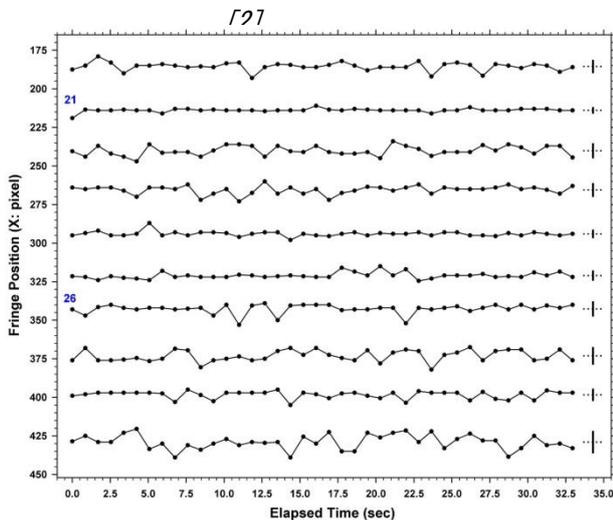


図2. 縞位置プロット

縞プロフィールは既存理論の計算では、正弦波形に近い対称形状を示すはずであるが、実際には非対称で、様々な程度の不規則性をもち、その非対称の向きや、高さ、横幅が時間的に振動変化している。理論の想定に無い何かがここで起こっている。非対称の向きが変化すれば縞プロフィールの頂上が左右に首振り振動をするが、プロフィール頂上位置を縞位置と定義すれば、これが即ち縞位置振動である。見た通りの不規則な振動であるが、この点はこれまでのモアレ縞・ペンデル縞の空間振動と同様である。振動する縞位置の変化の標準偏差を $\sqrt{2}$ 倍したものを振幅 a_p とする。グラフ右端の太線はそれぞれの縞について $\pm a_p$ の振動の範囲を示している。各縞についてのこのような振幅の大きさをグラフで俯瞰したものが図3の振幅分布図である。このような振幅分布の特性に縞振動の原因・メカニズムが反映されていると診ている。

[1] J. Yoshimura & K. Hirano: *J. Synchrotron Rad.* 16 (2009) 601.

[2] J. Yoshimura: *J. Phys. Soc. Jpn.* 58 (1989)

[3] N. Kato: *X-Ray Diffraction*, ch. 3-5. Ed. by Azaroff *et al.* (New York, McGraw-Hill).

[4] Yoshimura: *J. Synchrotron Rad.* 7 (2000) 374.

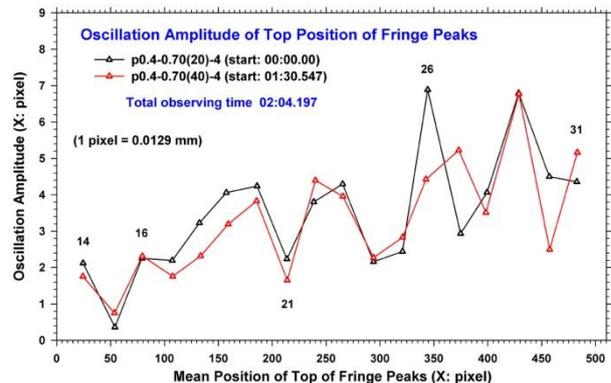


図3. 縞振動の振幅分布