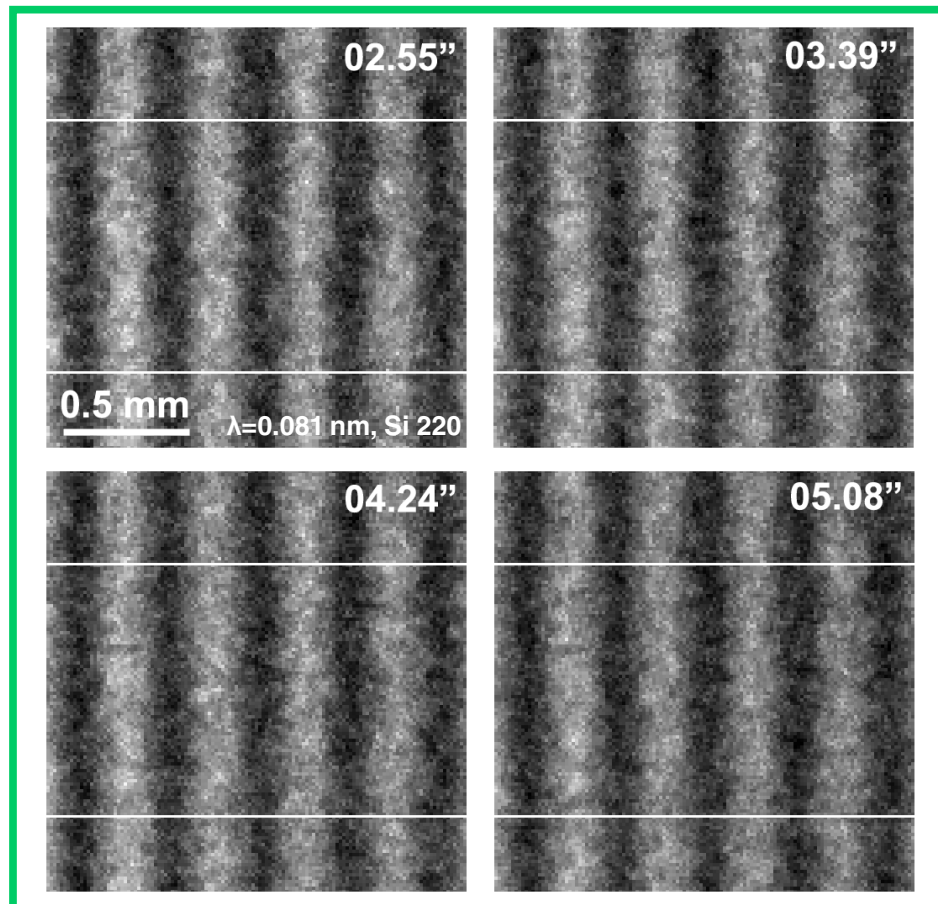


# X線ペンデル縞の異常時間振動

KEK 物構研 吉村順一

## Strange Temporal Oscillation of X-ray Pendellösung Fringes

KEK /IMSS /PF Jun-ichi YOSHIMURA



### X線モアレ縞の空間振動の観測

- 1) J. Yoshimura: *J. Phys. Soc. Jpn.* 58 (1989) 1283.
- 2) J. Yoshimura: *Acta Cryst.* A47 (1991) 139.
- 3) J. Yoshimura: *Acta Cryst.* A52 (1996) 312.

### X線ペンデル縞の空間振動の観測

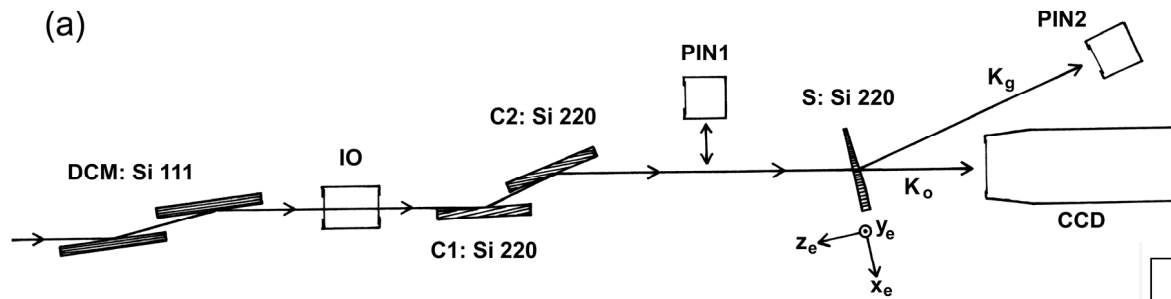
- 1) J. Yoshimura: *J. Synchrotron Rad.* 7 (2000) 374.

### 縞振動振幅と縞コントラストの逆相関性

- 1) J. Yoshimura: *J. Synchrotron Rad.* 11 (2004) 439.

### X線ペンデル縞の時間振動の観測

- 1) 吉村, 平野: 日本放射光学学会年会 2009, 2010, 2011
- 2) 吉村, 平野: 物理学会 2009春、2010春、2010秋
- 3) J. Yoshimura & K. Hirano: *J. Synchrotron Rad.* 16 (2009) 601.



Photonic Science Ltd.  
 XFDI 40 mm (24.2  $\mu\text{m}$ )  
 XFDI 11 mm (6.45  $\mu\text{m}$ )

**KEK-PF BL15C**

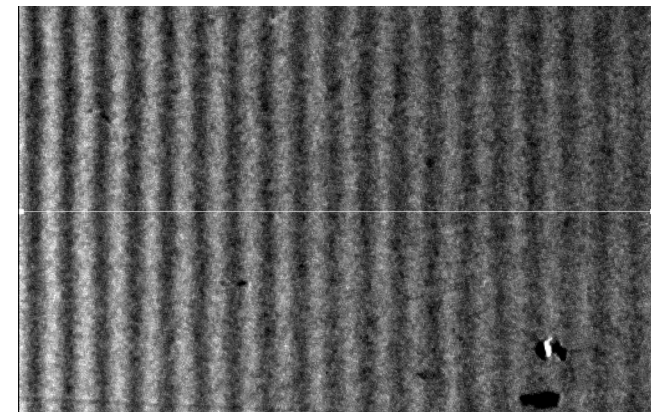
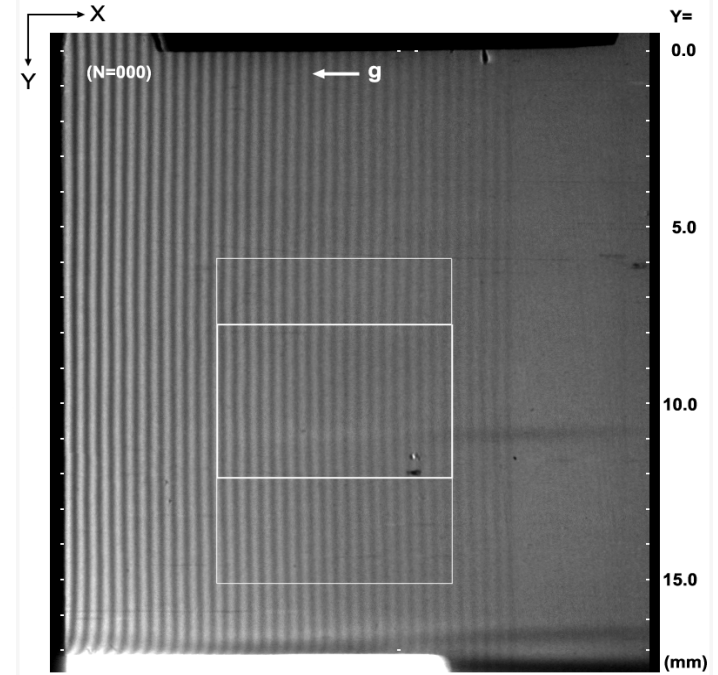
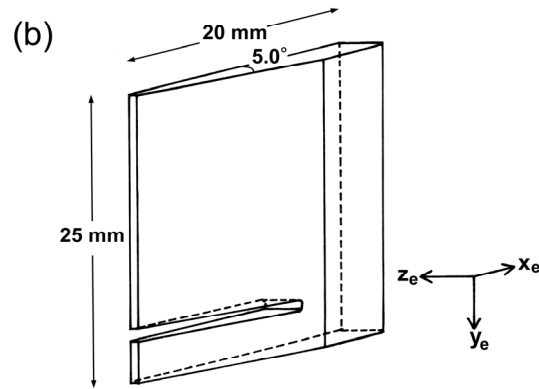
$\lambda = 0.81 \text{ \AA}$  ( $E = 15.3 \text{ KeV}$ )  
 $\Delta \lambda / \lambda = 4.3 \times 10^{-4}$   
 $\Delta \theta = 0.079^\circ$

**時間分解能と空間分解能**  
 Photonic Science Ltd.  
 XFDI 11 mm カメラ

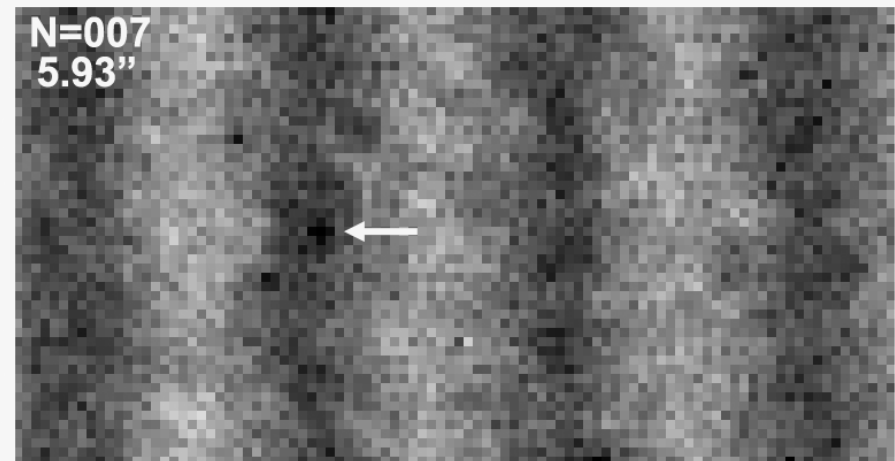
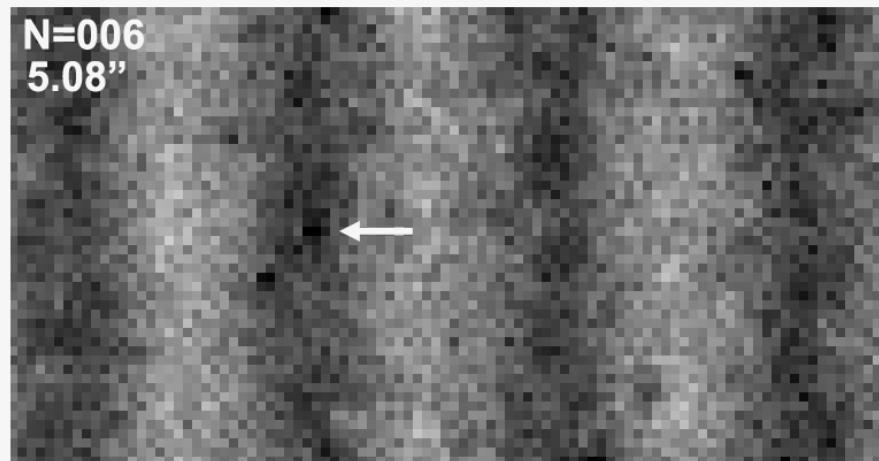
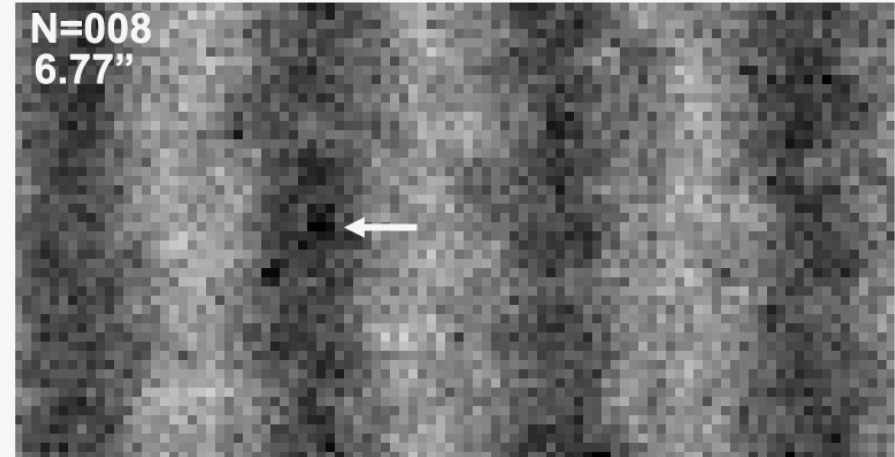
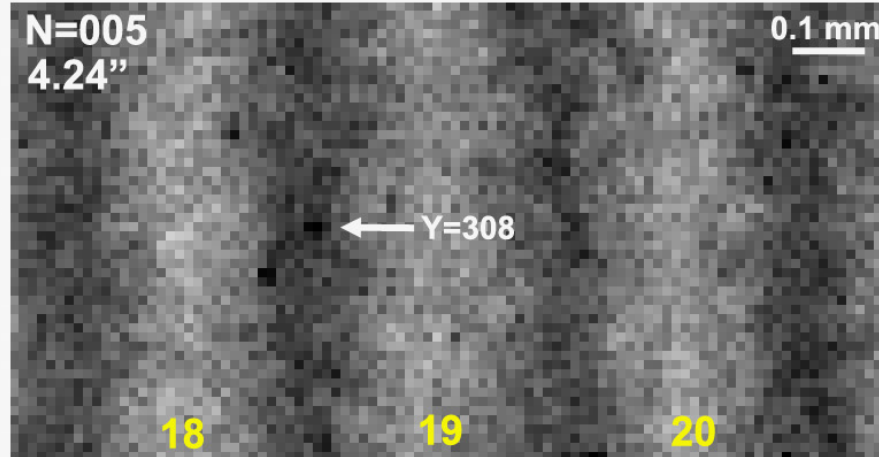
**Binning 4 x 4:** 露光 0.20 秒、  
 撮影時間間隔 0.28 秒、空間解像度 25.8  $\mu\text{m}$

**Binning 2 x 2:** 露光 0.70 秒、  
 撮影時間間隔 0.85 秒、空間解像度 12.9  $\mu\text{m}$

**Binning 1 x 1:** 露光 2.50 秒、  
 撮影時間間隔 2.91 秒、空間解像度 6.45  $\mu\text{m}$



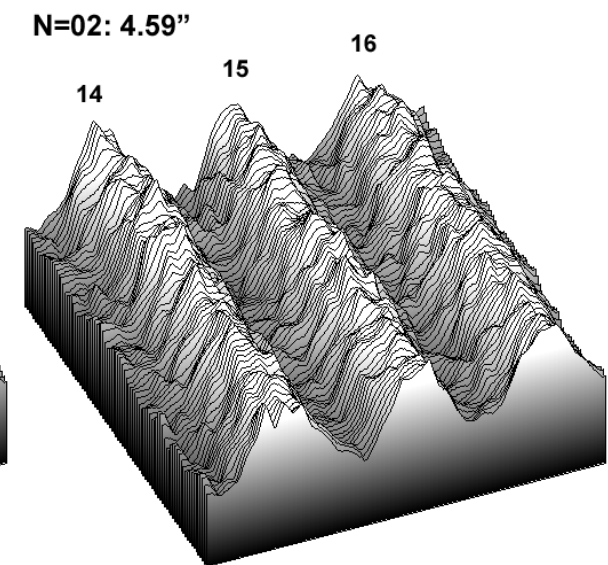
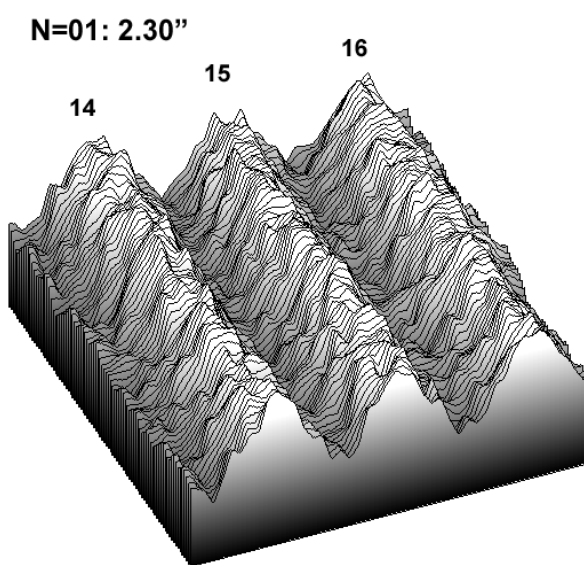
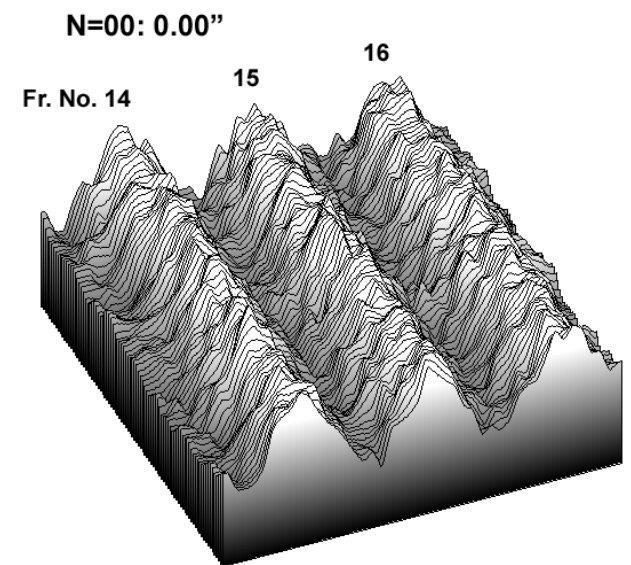
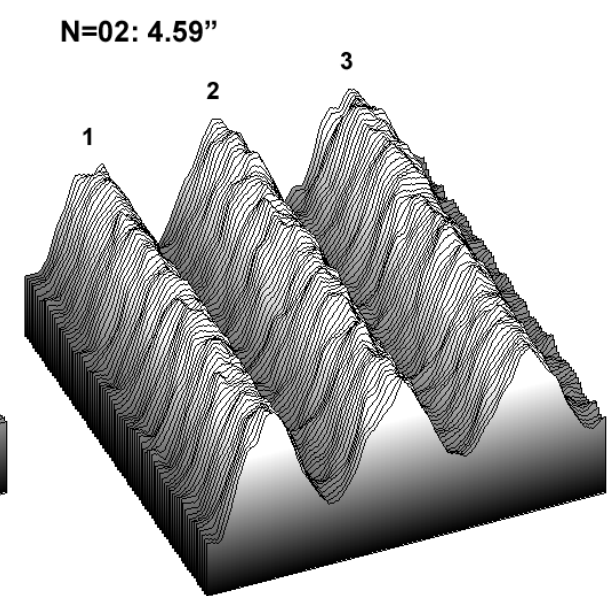
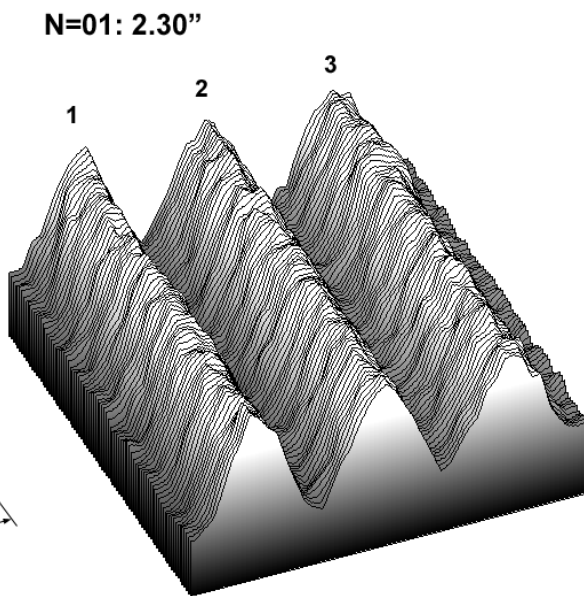
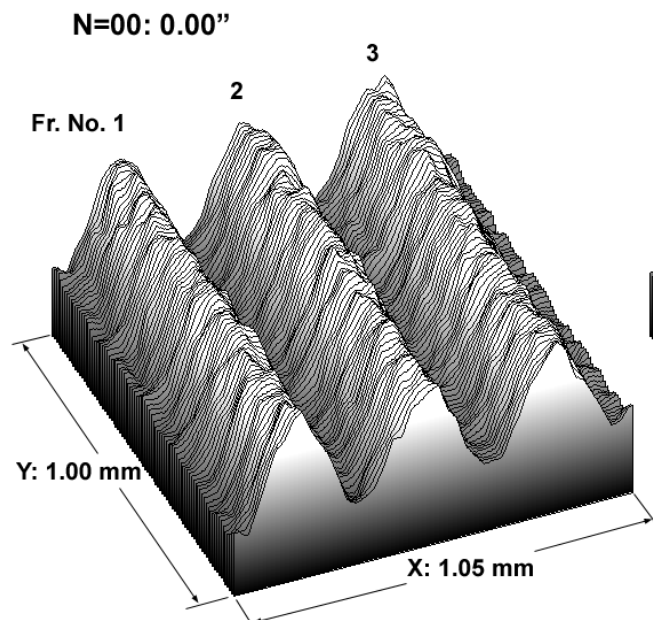
X線ペンデル縞回折像の多重連続撮影: (Pixel Size 12.9  $\mu\text{m}$ , Expo. Time 0.70")



微細副縞  
Fine Subsidiary Fringes

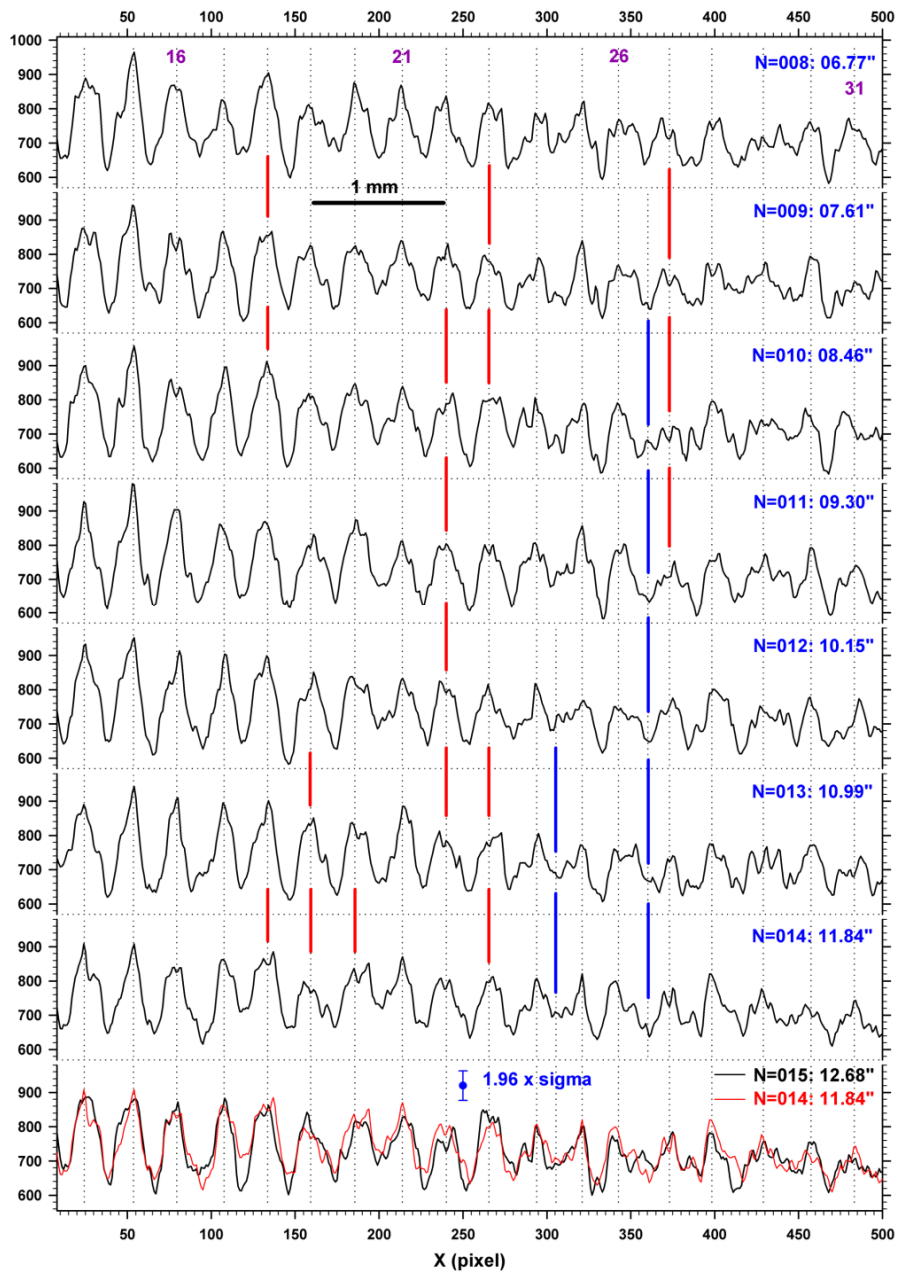


# 微細副縞：ペンデル縞強度振動の微細構造

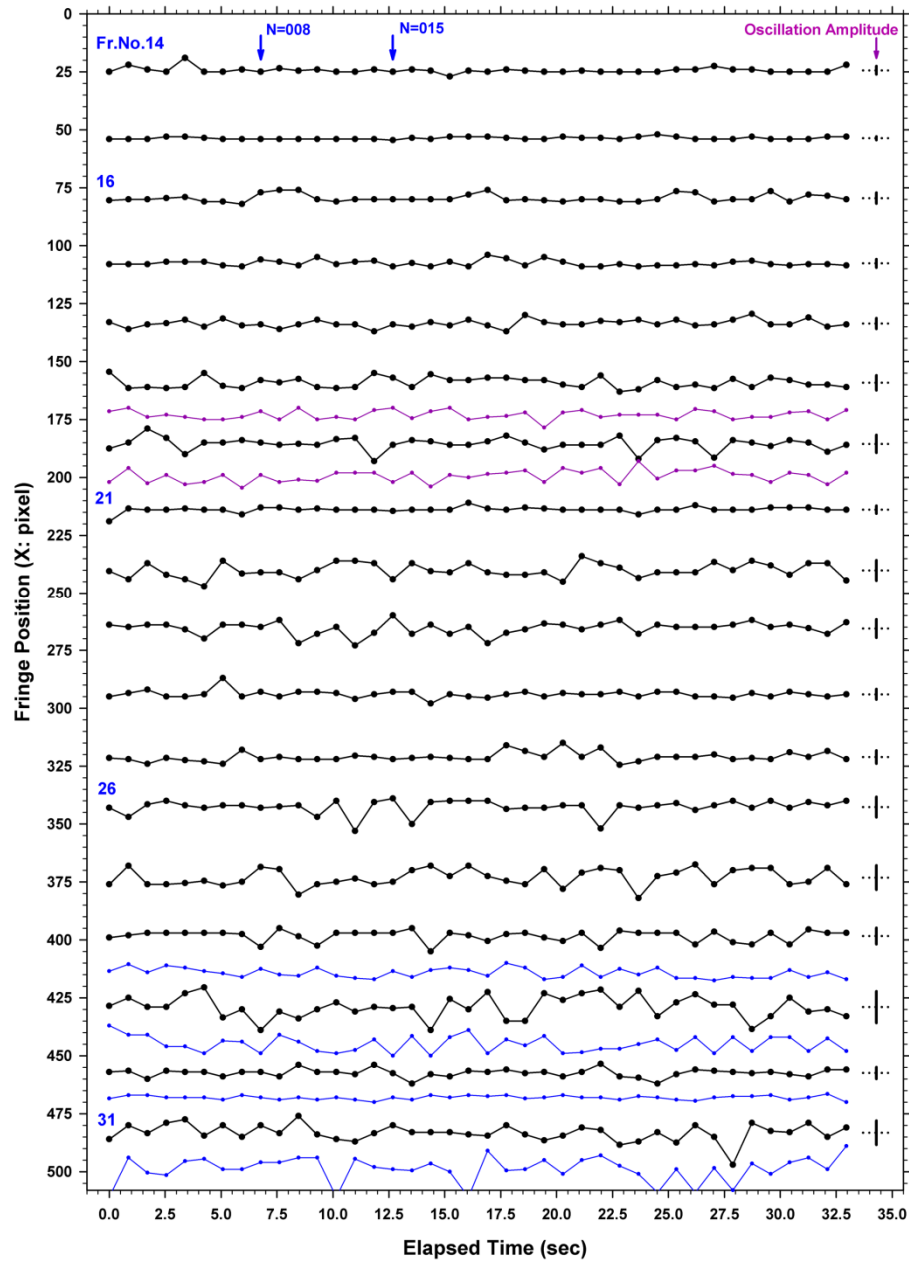


## 縞プロフィールとその解析結果としての縞位置(頂上位置)プロット

p0.4-0.70(40)-4. jnb GP 28: p0.4-07-0.70(2).tif (080517), Y=307 pixels, 1 pixel width  
 Pits-filled-in (a=70, b=30) and Smoothed (I) Profiles

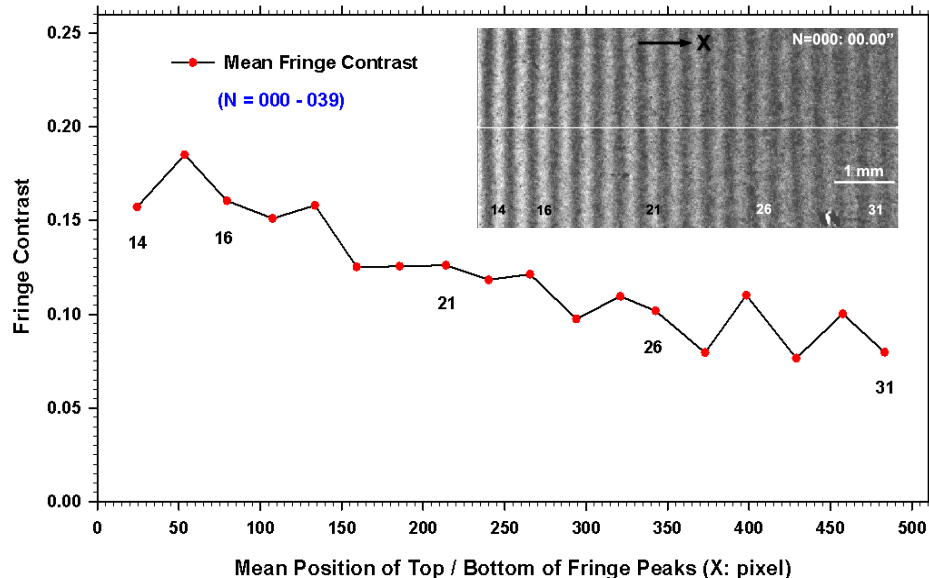
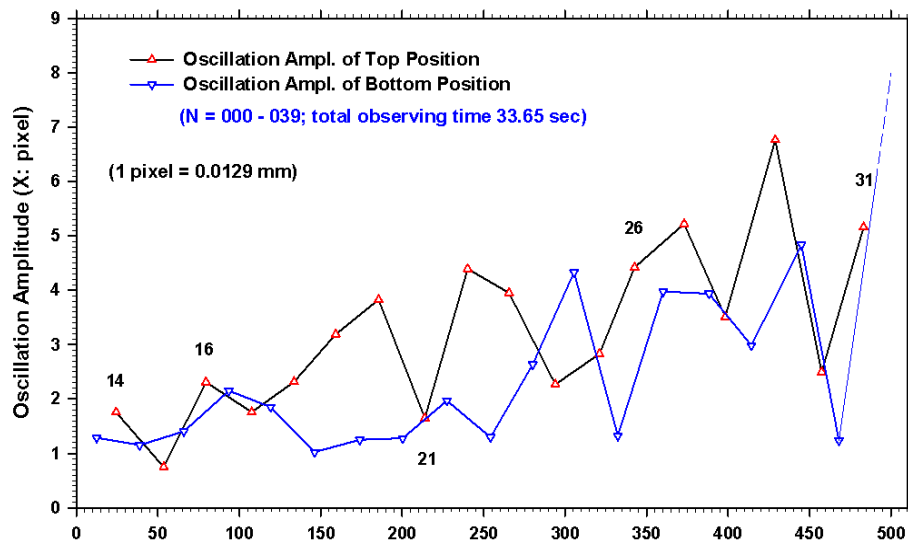


p0.4-0.70(40)-4-anls. jnb GP 01: p0.4-07-0.70(40). tif (080517), Y=307 pixels, 1 pixel width.  
 Top Position of Fringe Profiles (pp1(x)) vs Elapsed Time



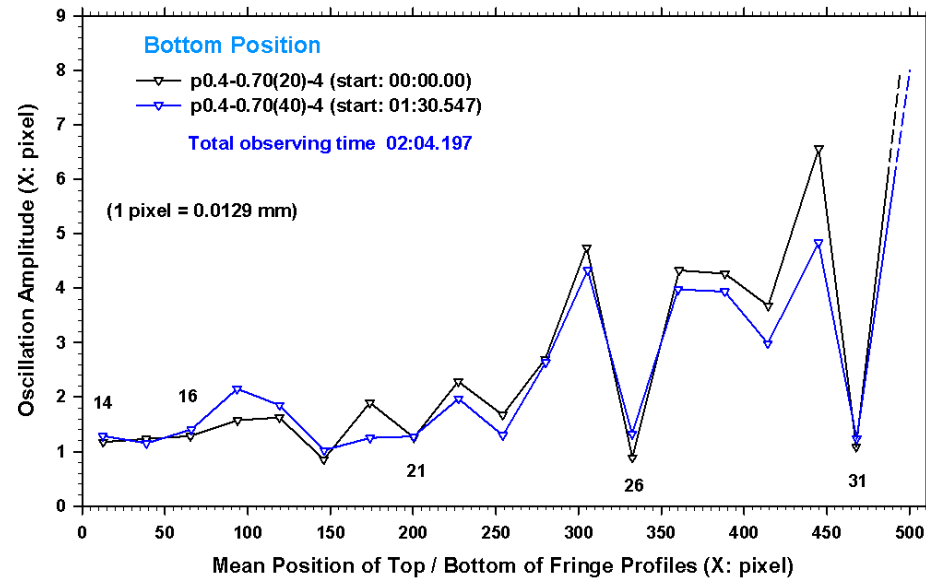
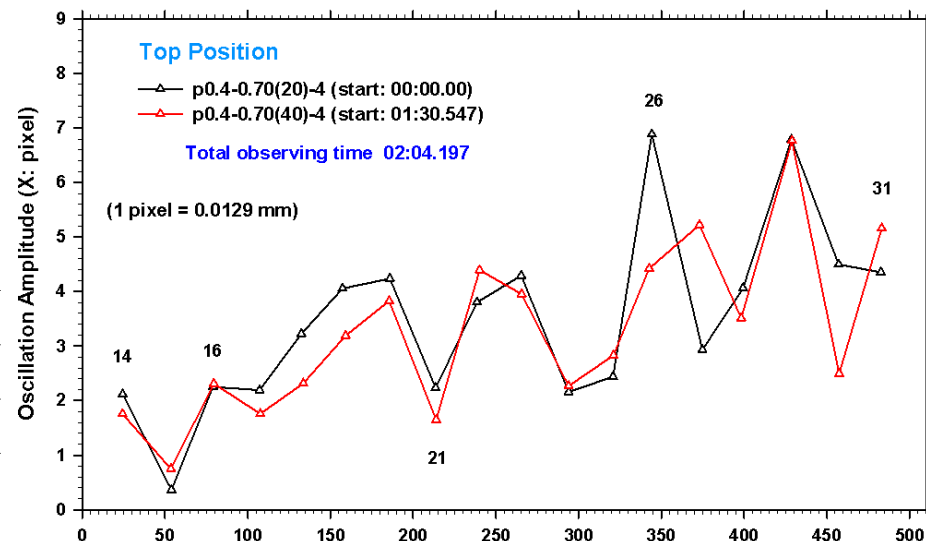
連続撮影実験 (40画像) の解析結果: 縞位置振動 (縞プロフィールの頂上及び底部) の振幅分布と縞コントラストの変化

p0.4-0.70(40)-4-anls. jnb GP 03: p0.4-07-0.70. tif, Y=307 pixels, 1 pixel width  
 (Top) Oscillation Amplitude of Top and Bottom Positions of Fringes  
 (Bottom) Mean Fringe Contrast



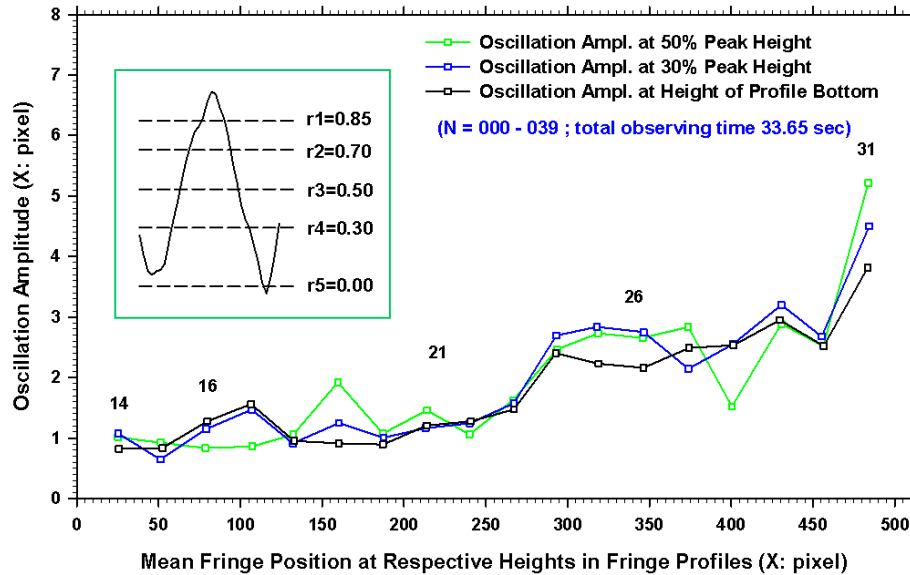
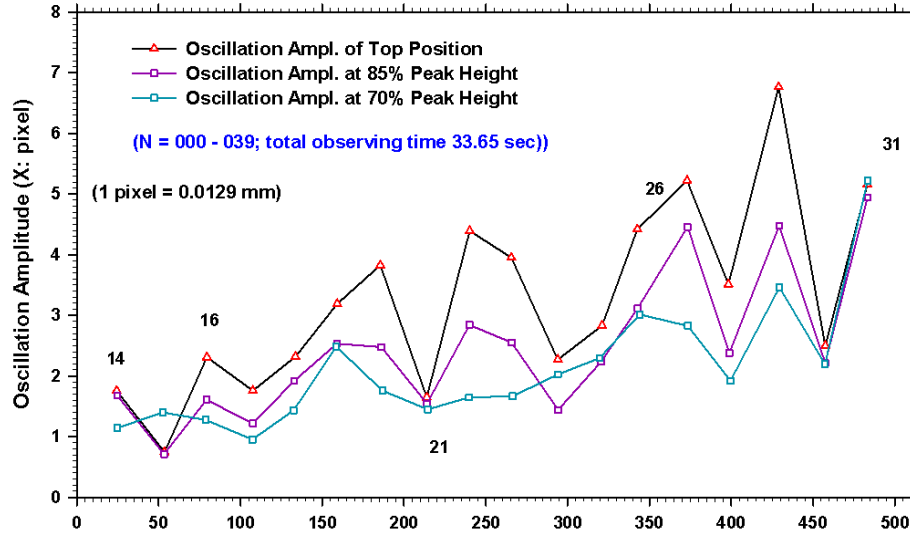
2回の連続撮影実験における縞振動振幅分布の再現性を視る

p0.4-0.70(40)-4-anls. jnb GP 06: p0.4-06/07-0.70. tif, Y=307 pixels, 1 pixel width  
 Comparison of Oscillation Amplitude in Top and Bottom Positions of Fringe Peaks between Two Successive Multiple Imaging Runs (20 and 40 pictures)



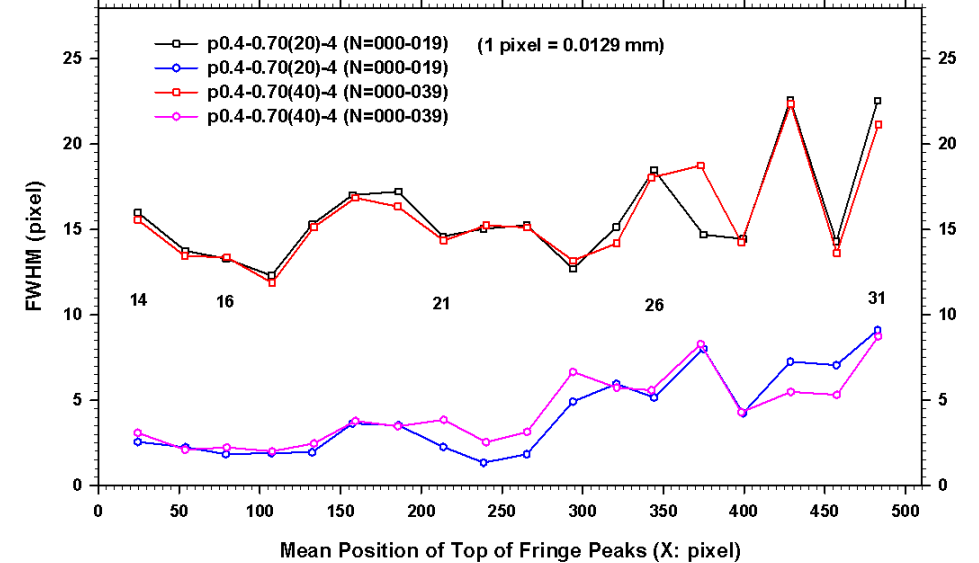
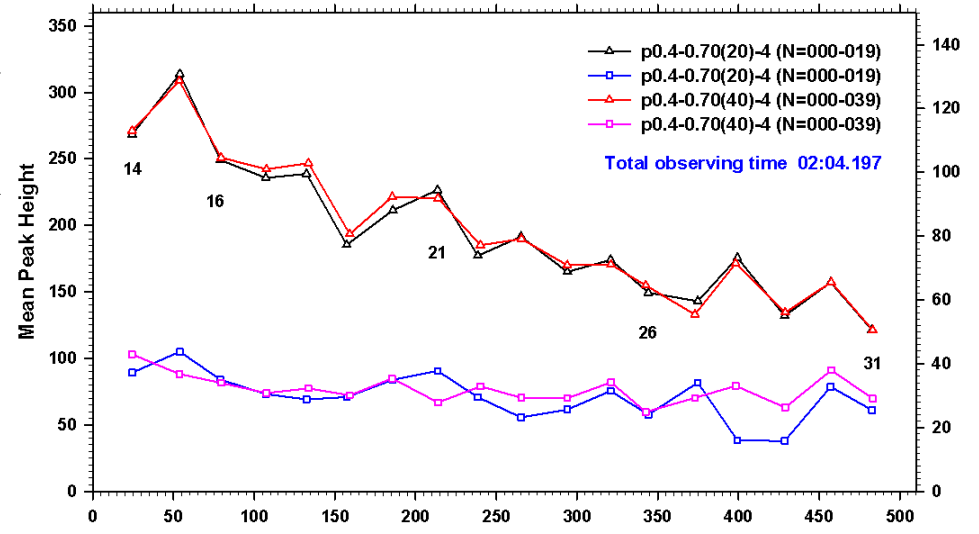
## 縞プロフィールの各部位における振動振幅

p0.4-0.70(40)-4-anls. jnb GP 04: p0.4-07-0.70. tif, Y=307 pixels, 1 pixel width  
 Oscillation Amplitude of Fringes at Top and Some Other Heights of Fringes Profiles



## 2回の連続撮影実験における縞ピーク高と半値幅の再現性を視る

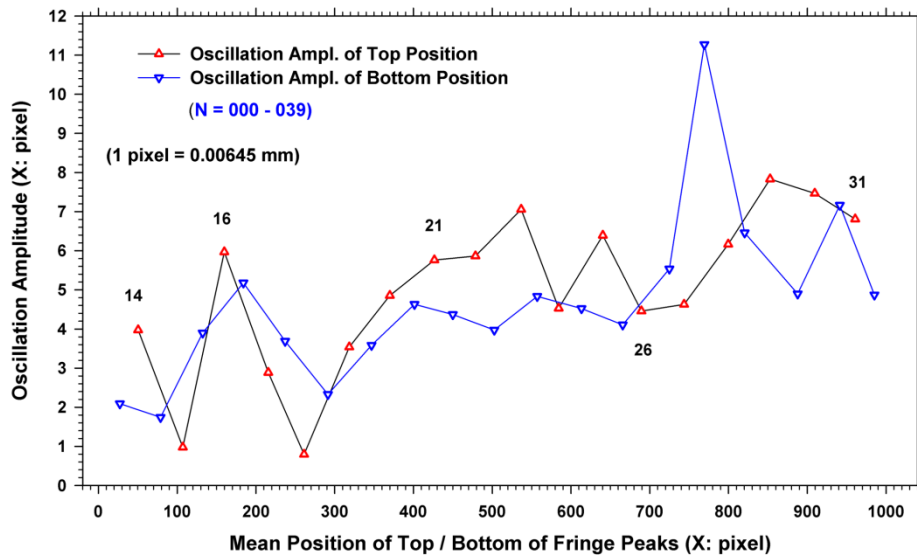
p0.4-0.70(40)-4-anls. jnb GP 10: p0.4-06/07-0.70. tif, Y=307 pixels, 1 pixel width  
 Comparison of (Top) Peak Height (above Baseline) and of (Bottom) Full Width at Half Maximum of Fringe Profiles between Two Successive Imaging Runs





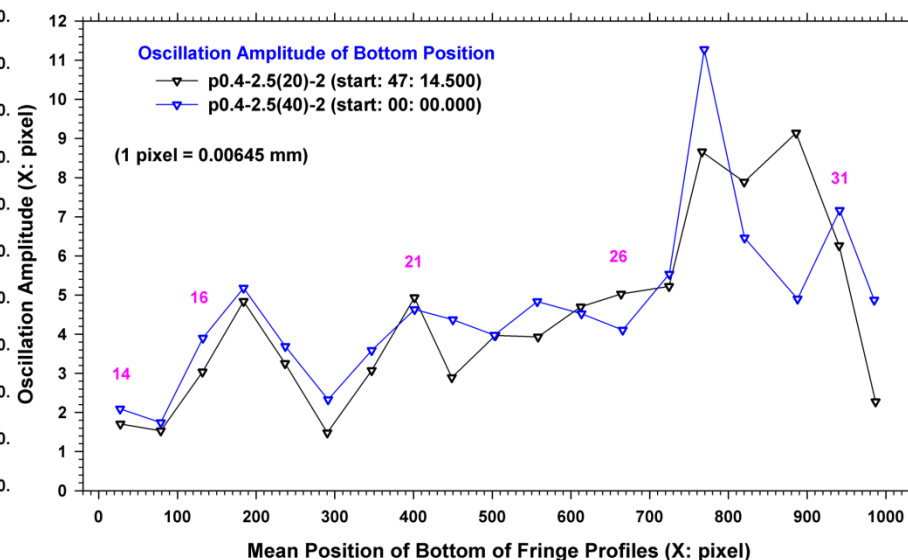
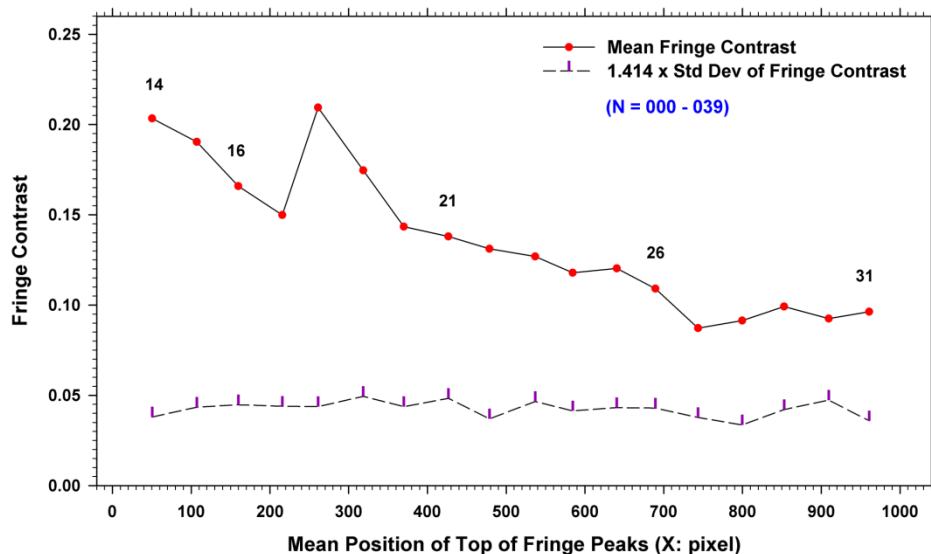
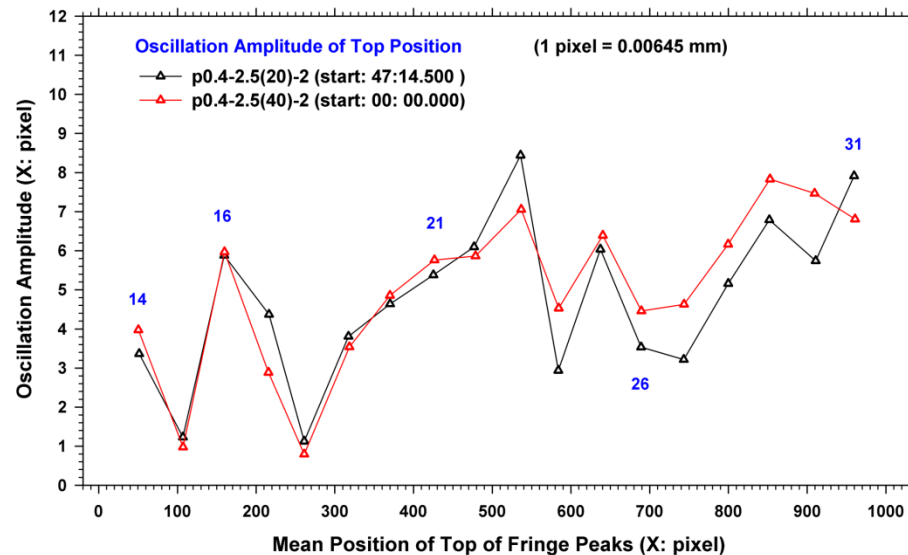
連続撮影実験 (40画像) の解析結果: 縞位置振動 (縞プロフィールの頂上及び底部) の振幅分布と縞コントラストの変化

p0.4-2.50(40)-2-anls. jnb GP 03: p0.4-09-2.50(2). tif, Y=628 pixels, 1 pixel width  
 (Top) Oscillation Amplitude of Top and Bottom Positions of Fringe Peaks  
 (Bottom) Mean and 1.414 x Std Dev of Fringe Contrast



2回の連続撮影実験における縞振動振幅分布の再現性を視る

p0.4-2.5(40)-2-anls. jnb GP 10: p0.4-09-2.5(2). tif, Y=628 pixels, 1 pixel width  
 Comparison in Oscillation Amplitude of Top and Bottom Positions of Fringe Peaks between Two Imaging Runs

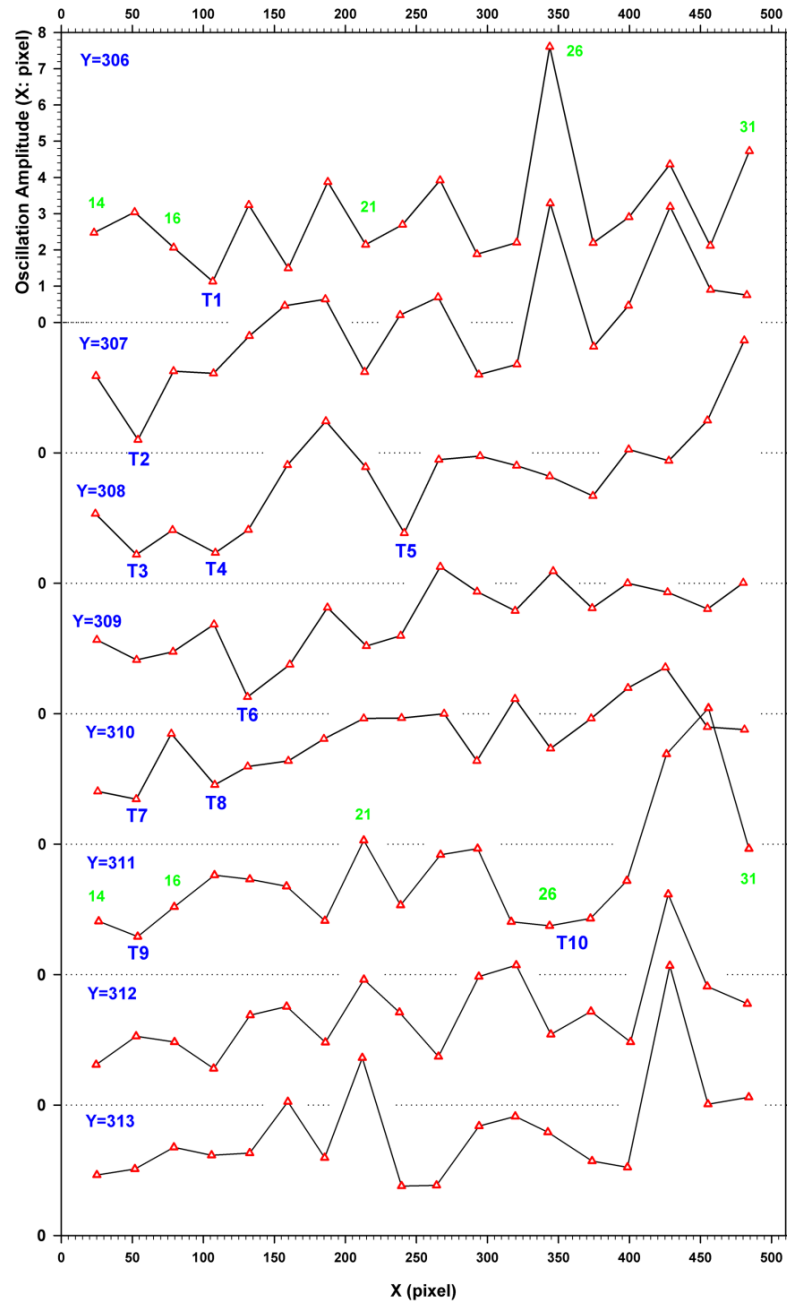




## 縞位置振動(頂上位置)振幅分布の極小点と縞プロフィール上の特徴点との対応

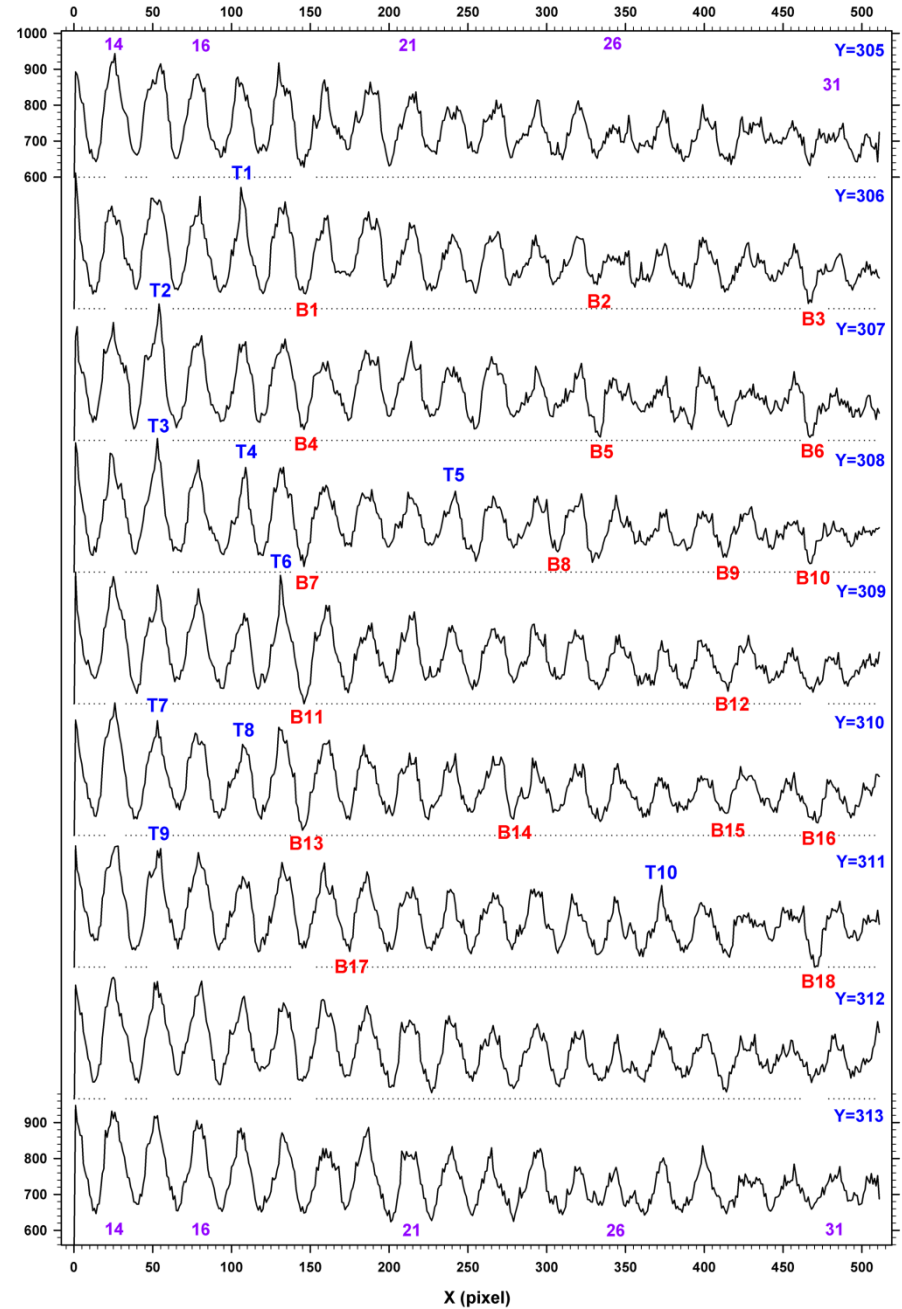
p0.4-0.70(20)-ampl. jnb GP01: p0.4-06-0.70(1). tif (080517)

**Oscillation Amplitude of Top Position of Fringe Peaks**

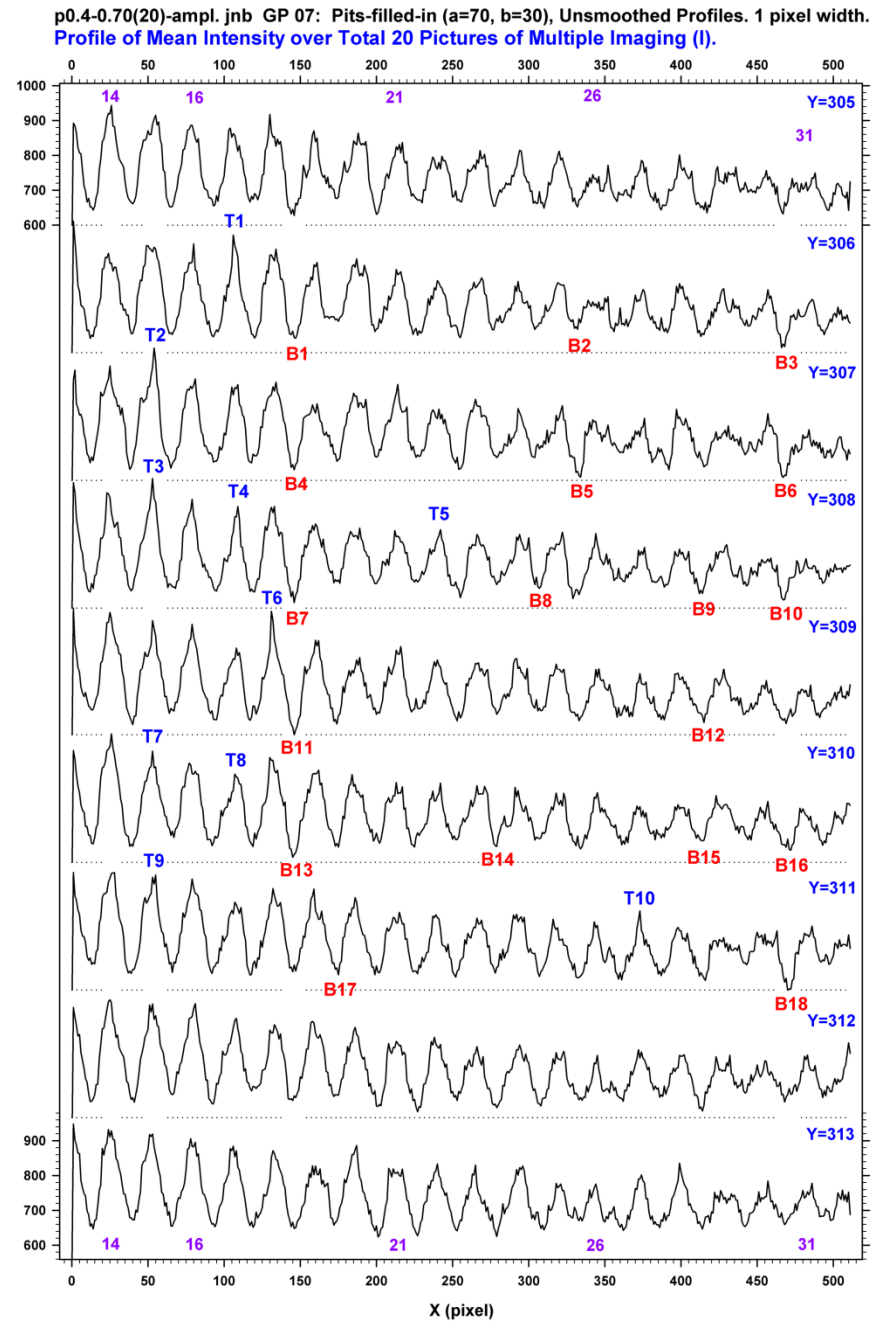
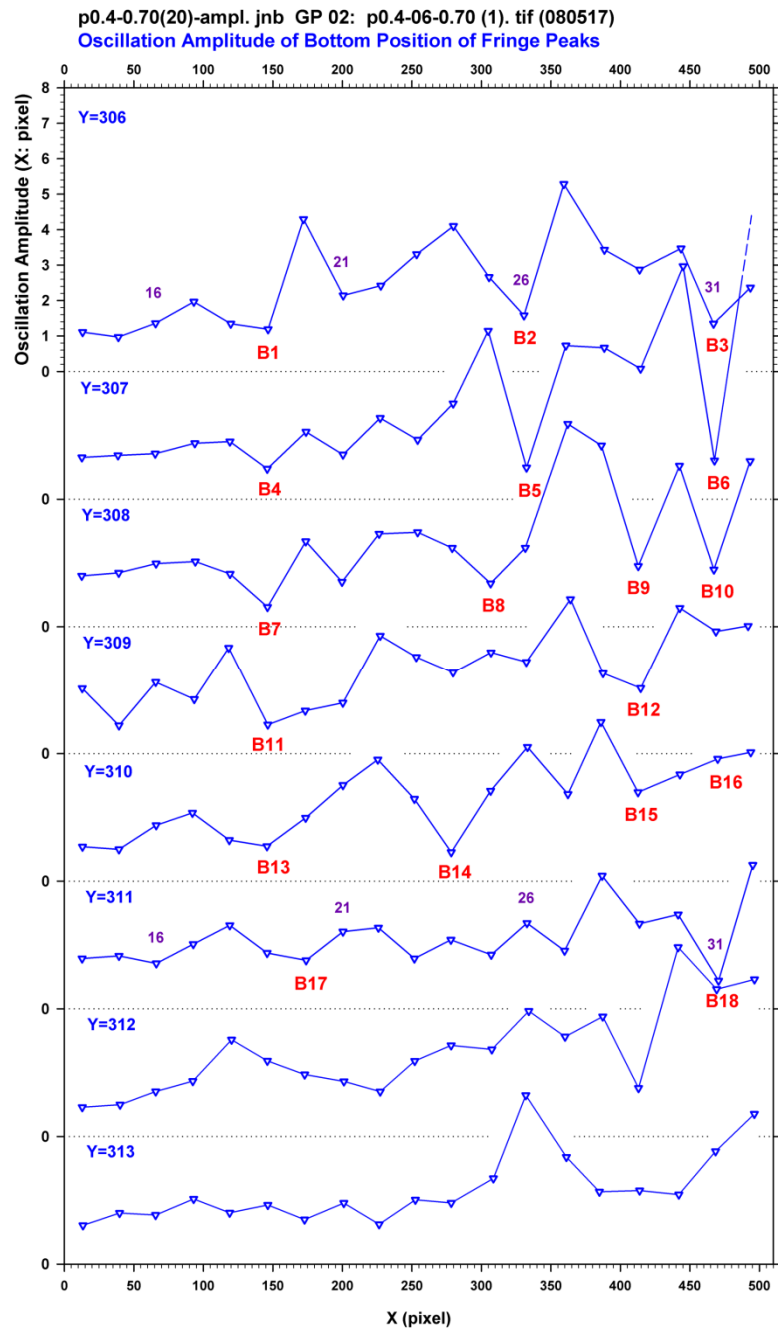


p0.4-0.70(20)-ampl. jnb GP 07: Pits-filled-in (a=70, b=30), Unsmoothed Profiles. 1 pixel width.

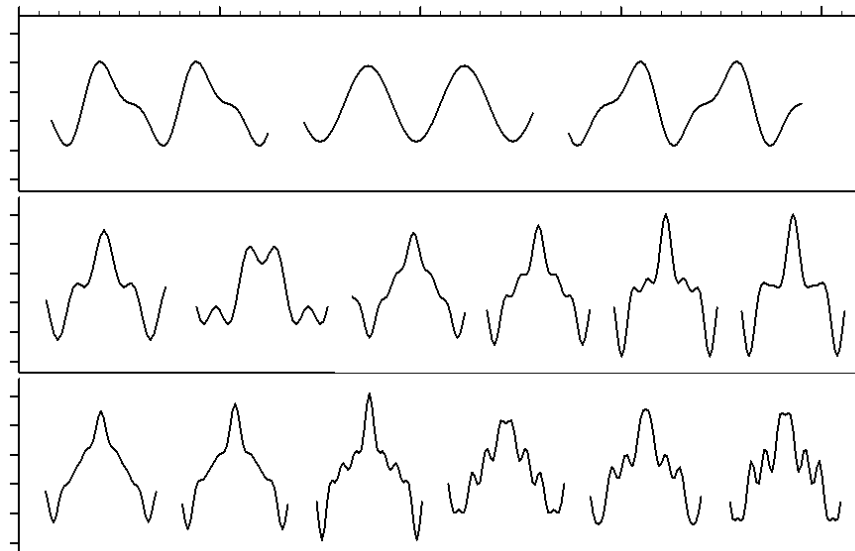
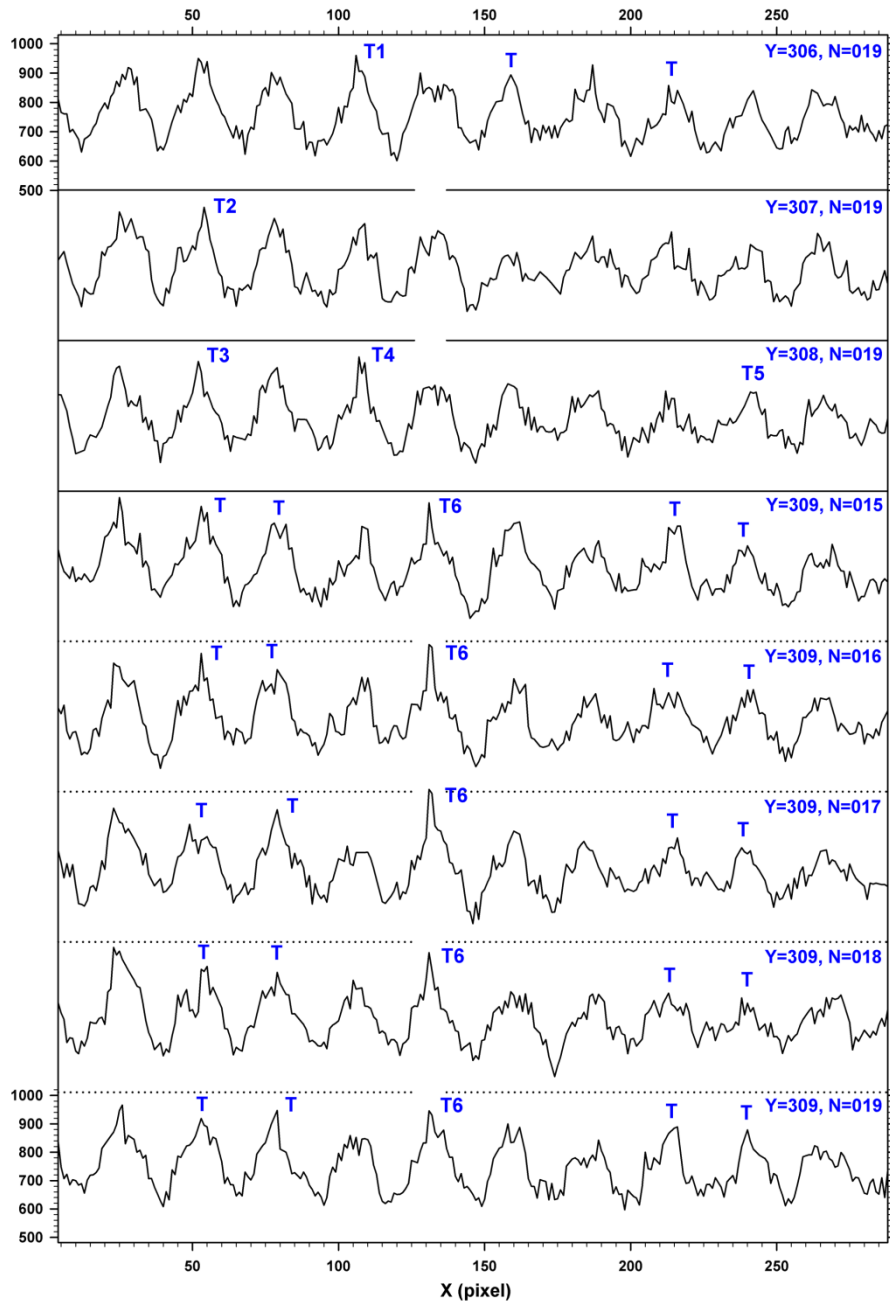
**Profile of Mean Intensity over Total 20 Pictures of Multiple Imaging (I).**



## 縞位置振動(底位置)振幅分布の極小点と縞プロフィール上の特徴点との対応



p0.4-0.70-ampl. jnb GP 09: p0.4-06-0.70(20). tif (080517), Y=306-309 pixels. 1 pixel width  
 Pits-Filled-In (a=70, b=30) Profiles



$$f(X) = \frac{1}{2}c + \frac{bd^2}{a(d-a)\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{t_n}{n^2} \left\{ \cos \frac{2n\pi}{d} \left[ X + \frac{1}{4}d + \frac{1}{2}(s_n + a) \right] - \cos \frac{2n\pi}{d} \left[ X + \frac{1}{4}d + \frac{1}{2}(s_n - a) \right] \right\}$$

$b$ : amplitude factor

$d$ : interpeak spacing

$a$ :

$s_n$ :

$t_n$ : amplitude factor

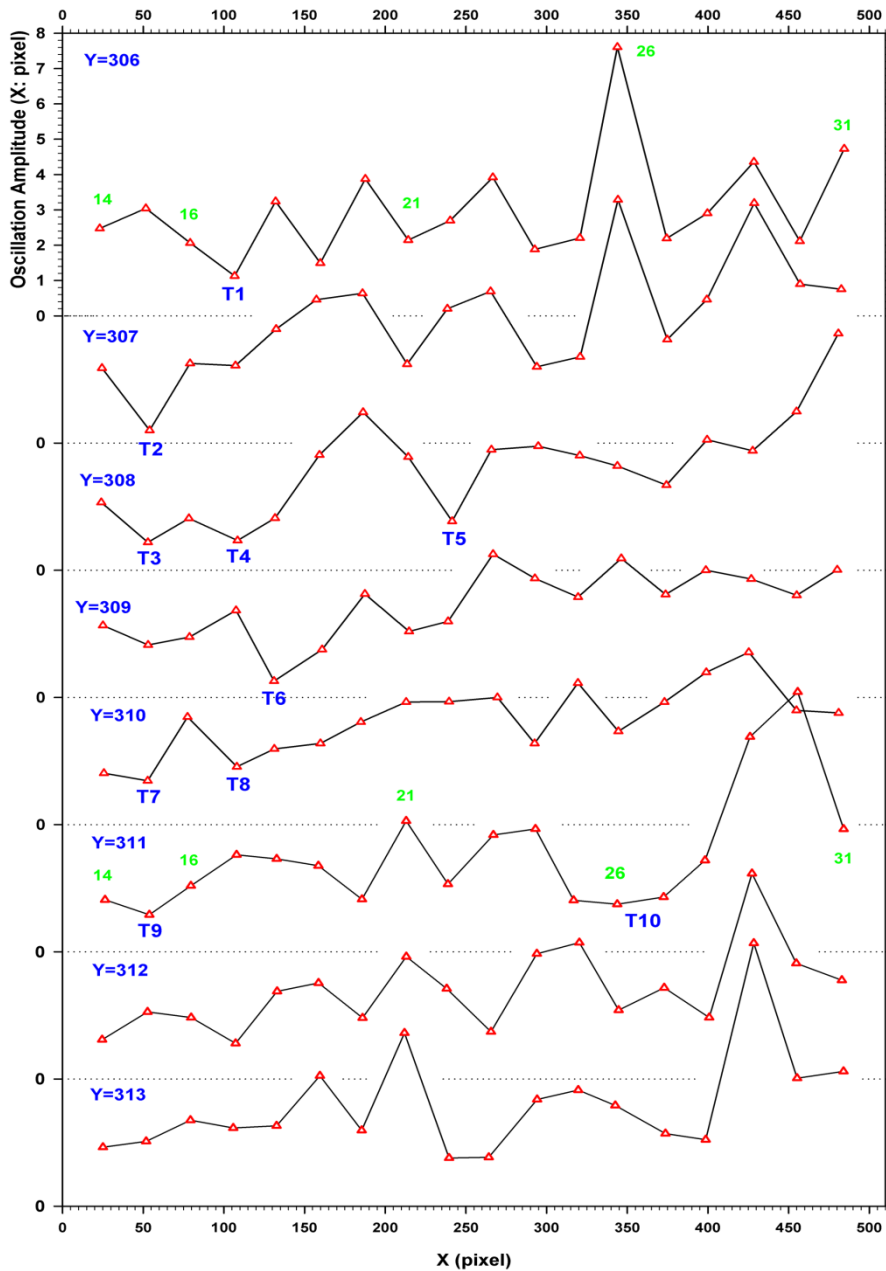
素性未知の副強度振動が主たるペンデル縞強度振動の上に重畳している(?)

フィルム法によるモアレ縞像の実験でも同様の特徴の縞プロフィールが観察されてきた。

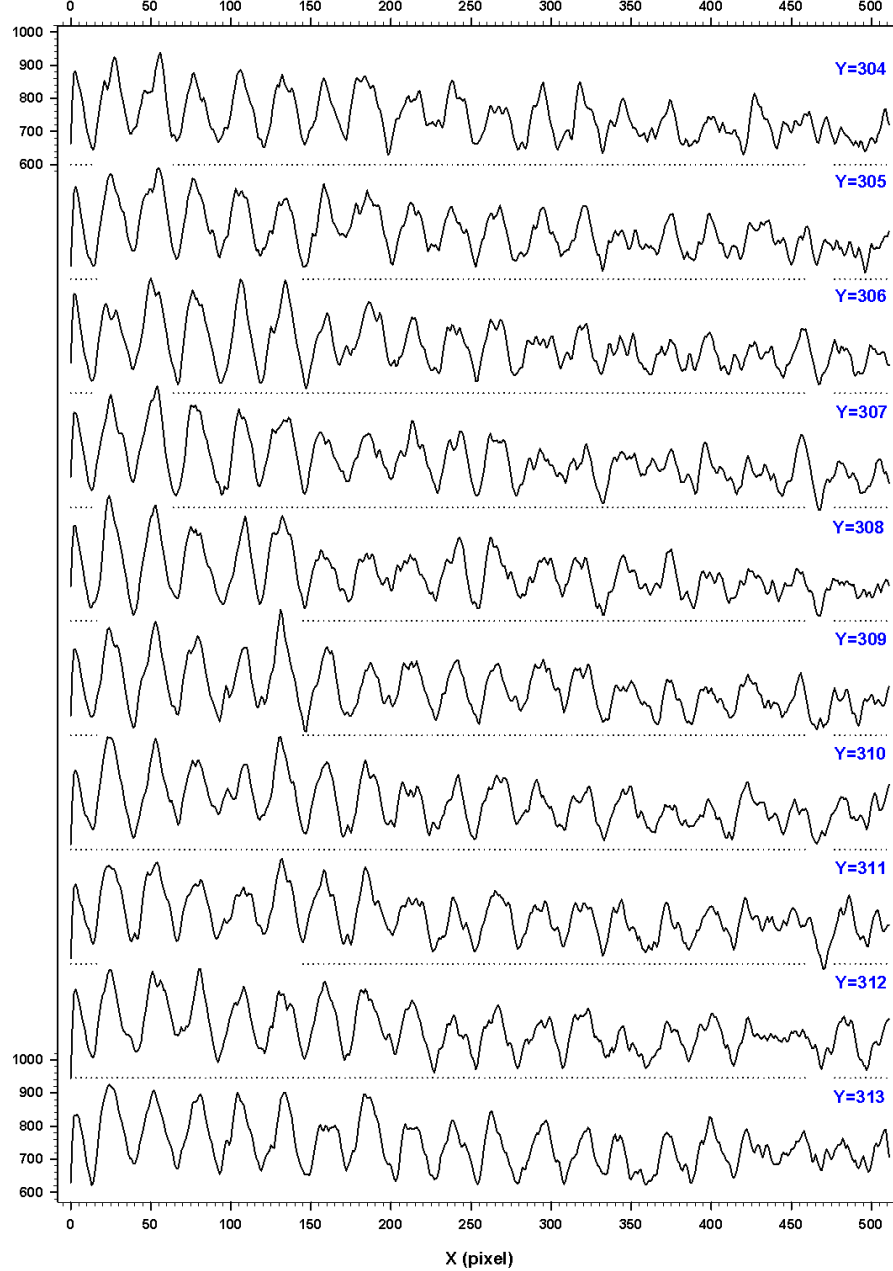
## Y方向(縞方向)の相関(連続変化性)

p0.4-0.70(20)-ampl. jnb GP01: p0.4-06-0.70(1). tif (080517)

Oscillation Amplitude of Top Position of Fringe Peaks



p0.4-0.70(20)-X-manyY-2. jnb GP 02: p0.4-06-0.70(20). tif (080517), Y=304-314 pixels, 1 pixel width  
Pits-Filled-In (a=70) and Smoothed (l) Profiles, N=016.





## まとめと展望

1. X線ペンデルレーシング干渉縞の異常時間振動がCCDカメラを使った実験で観測された。
2. 縞の位置振動の振幅の分布には、多少の強度変化や角度位置変化(10分の2, 3秒くらい?)では崩れない実験再現性がある。
3. この縞振動振幅分布の特徴(極小点等)と縞プロフィールとの関係の一端が明らかになった。
4. 振動する縞プロフィールの特徴ある形状はここに提示した数学関数によってよくシミュレート出来そうだ(モデル化の完成はまだ先のことであるが)。
5. 縞振幅分布(いわば、振幅スペクトル)は縞振動解明の手懸かりを与える。