

# Si結晶のX線歪気楼縞の測定 による歪勾配の決定

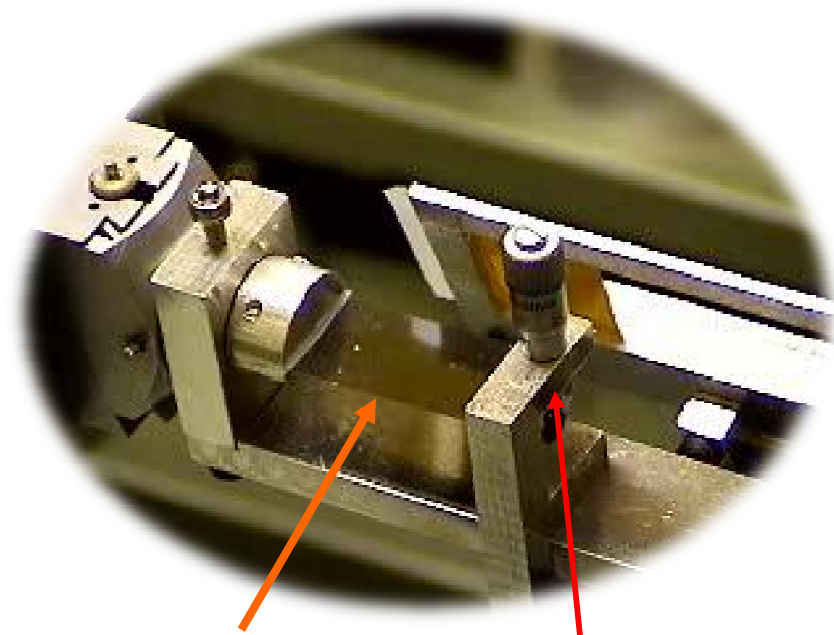
埼玉工大、KEK-PF<sup>A</sup>、山梨大学<sup>B</sup>

Jongsukswat Sukswat、金松喜信、遠山将彦、  
平野健二、深町共榮、根岸利一郎、巨東英、  
下条推幸、平野馨一<sup>A</sup>、川村隆明<sup>B</sup>

## はじめに

私たちは、カンチレバーでSiの結晶を曲げ、干渉縞を観測し、片持ち支持の梁における歪勾配を表すパラメータ $\beta$ を求めた結果について報告。

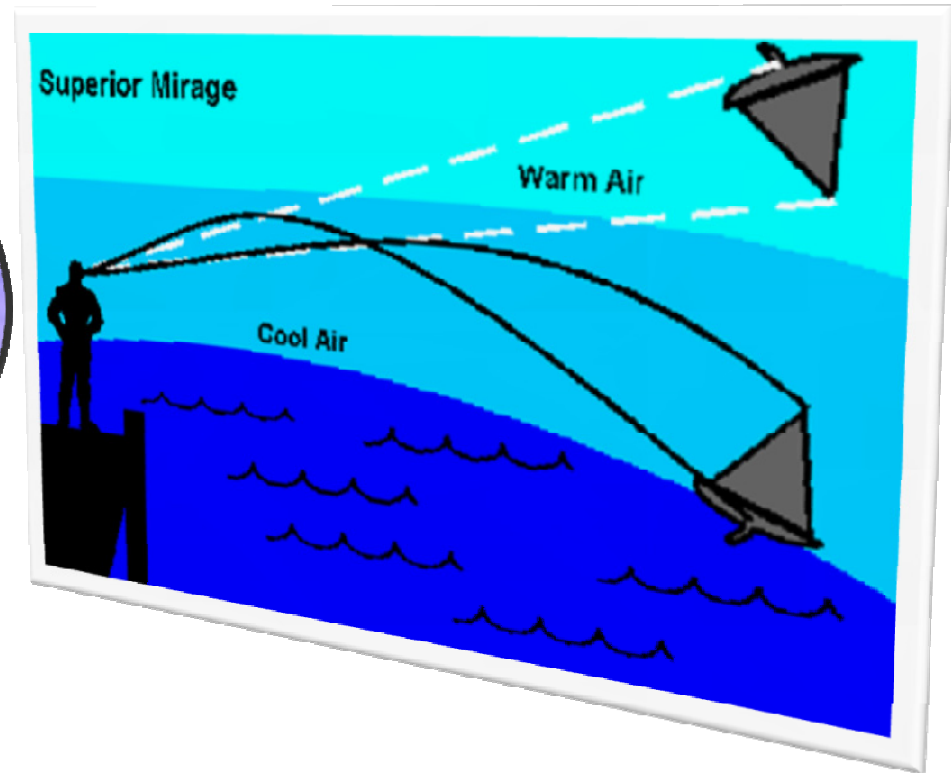
- 蟹気楼効果
- 実験系
- 実験結果
- $\beta$  決定
- X線軌跡
- まとめ、考察



Si試料結晶

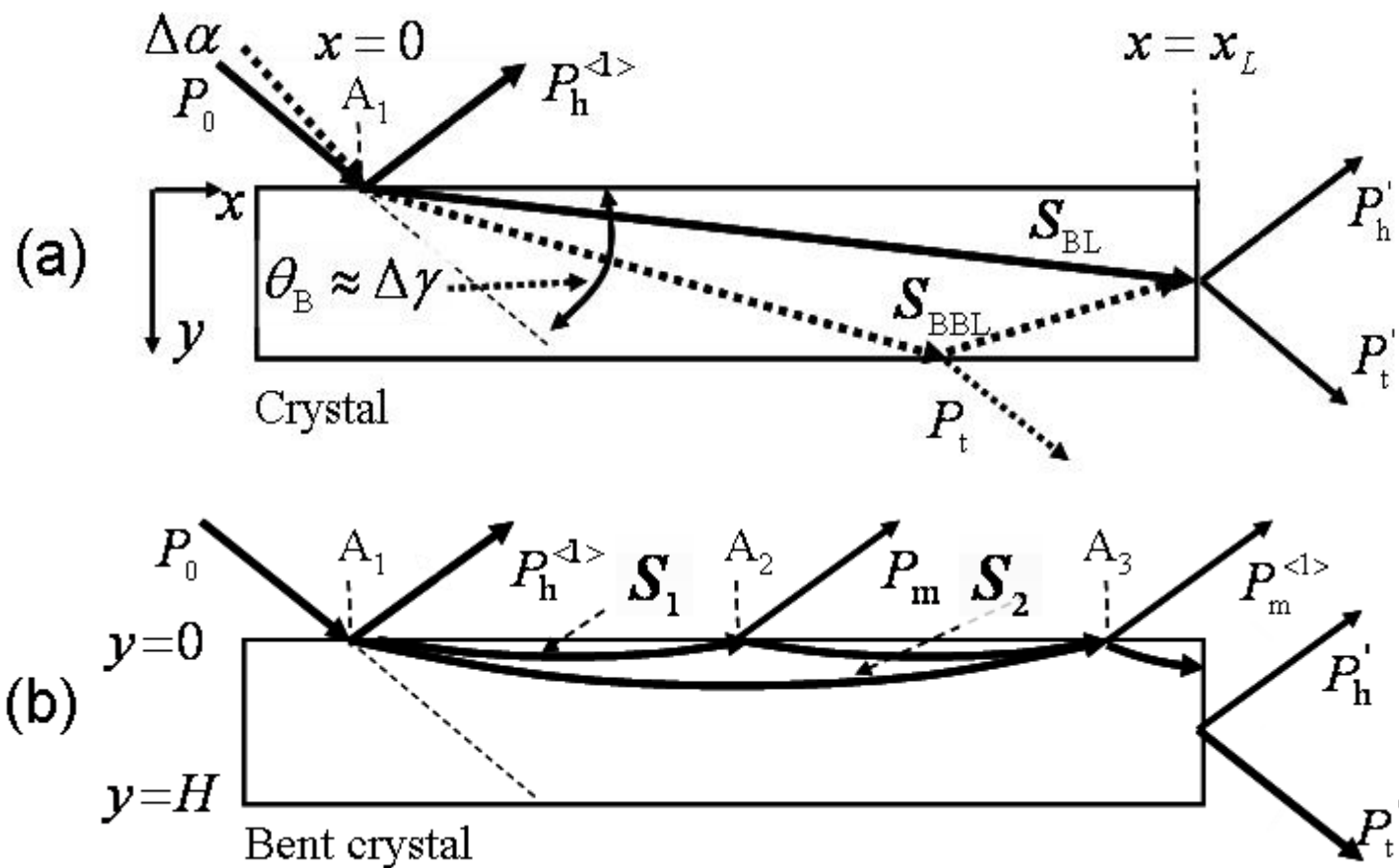
カンチレバー

## 光蜃気楼効果

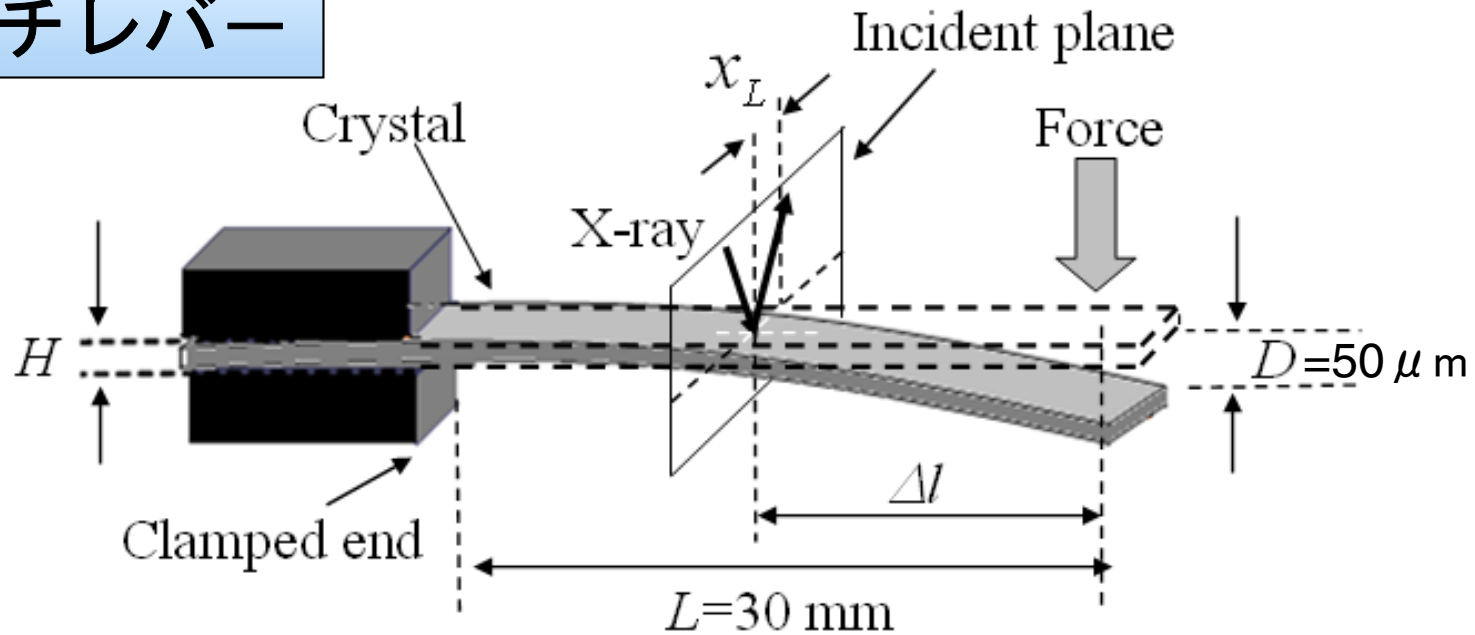


蜃気楼とは、密度の異なる大気中で光が屈折して起こる現象である。

# X線螢氣樓効果



# カンチレバー



カンチレバーによる歪  $\varepsilon$

$$\varepsilon = \frac{d - d_0}{d_0} = \frac{3\nu D \Delta l}{L^3} \left( y - \frac{H}{2} \right)$$

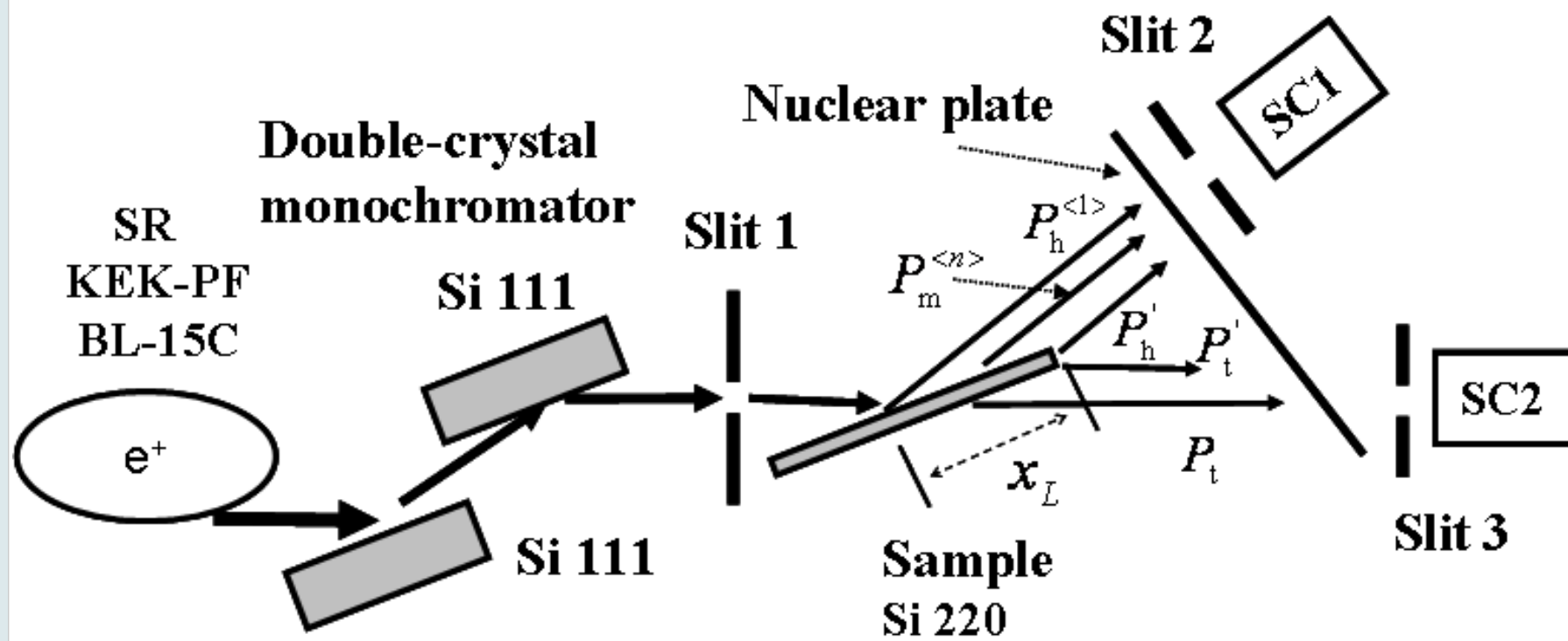
$$\beta \propto \varepsilon' = \frac{3\nu D \Delta l}{L^3}$$

Siのサイズは、長さ40mm、幅10mm、厚さ0.1mm。

$d$ は、面間隔、 $\nu$ は、Poisson比、  
 $\Delta l$  加圧位置から入射位置の間、  
 $D$ は、カンチレバーの変位

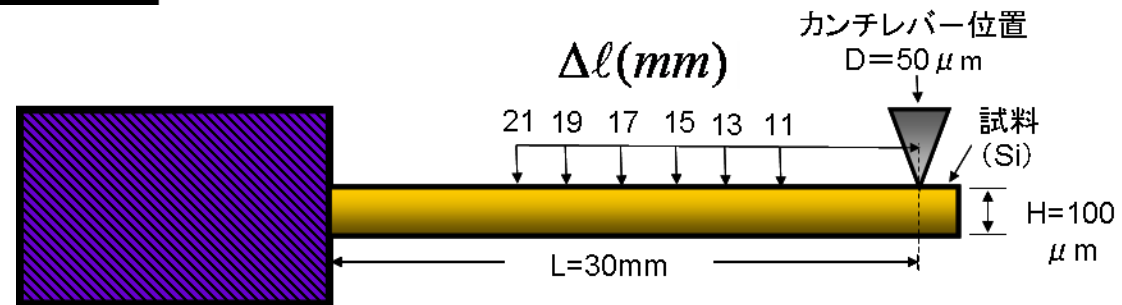
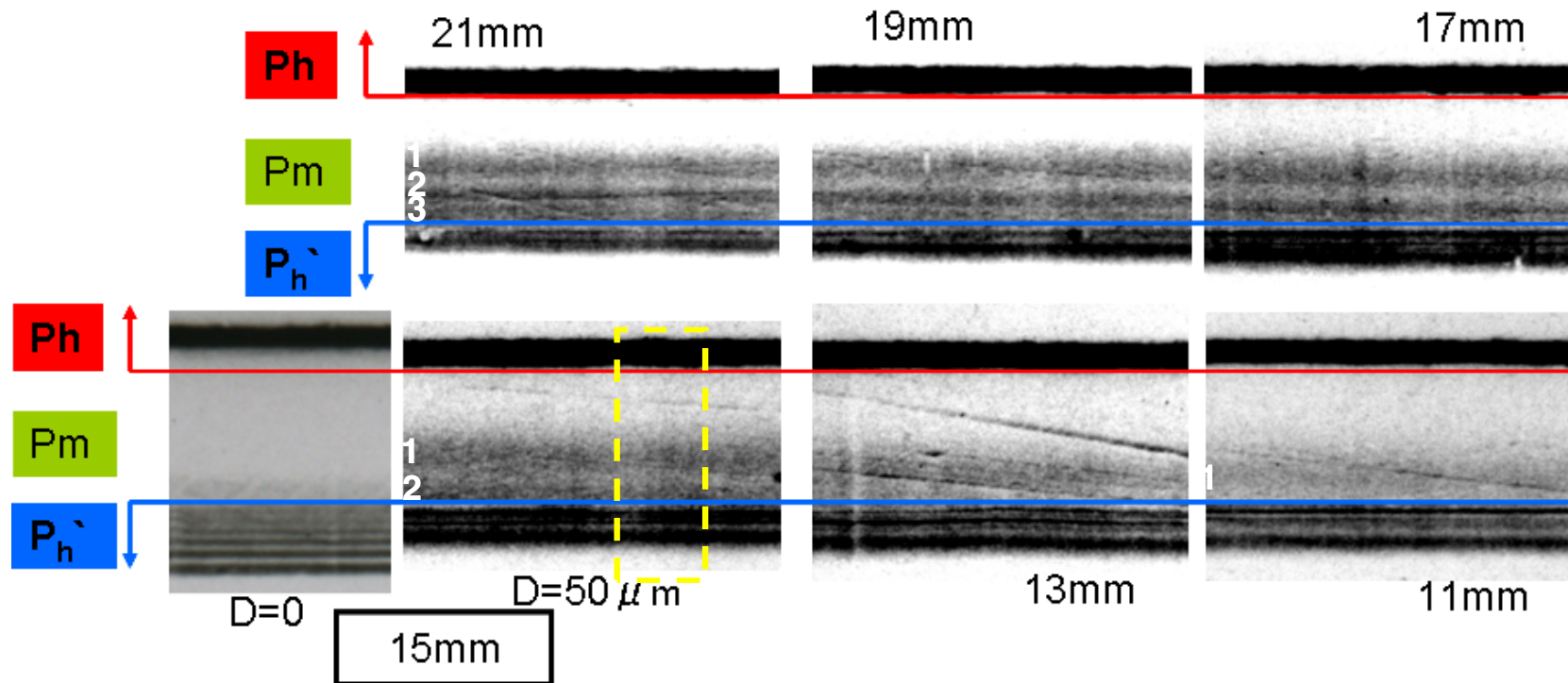
理論によると片持ち梁における $\beta$ は  $\Delta l$ に比例する。当研究は $\beta$ を蟹気楼干渉縞から求め、 $\beta$ が  $\Delta l$ に比例する関係を検証した。

# 実験系



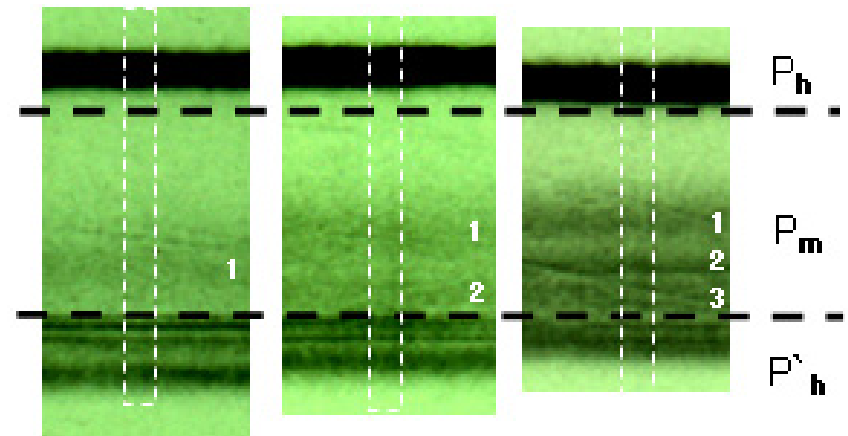
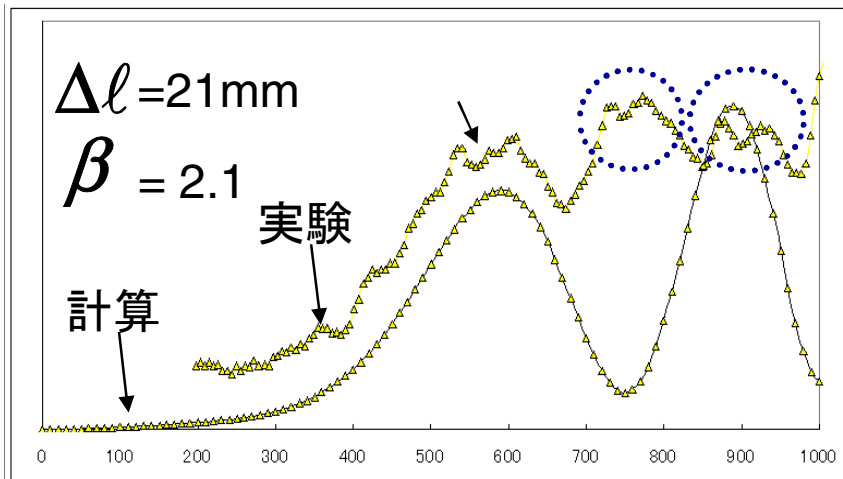
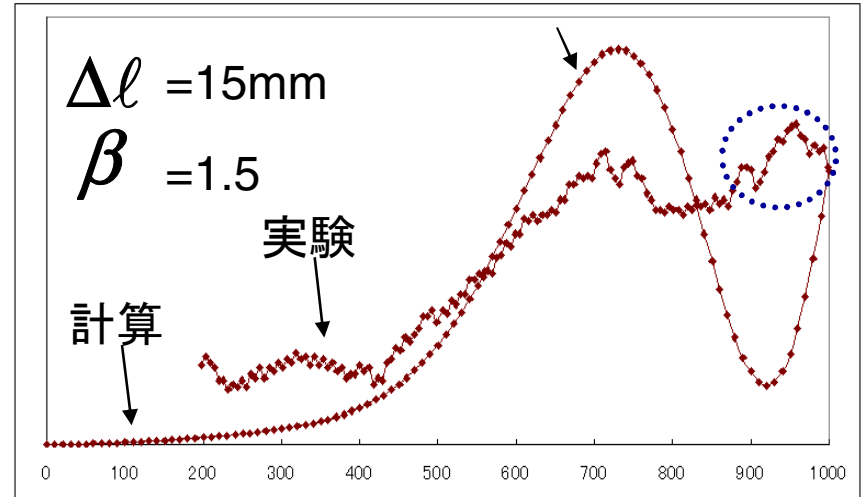
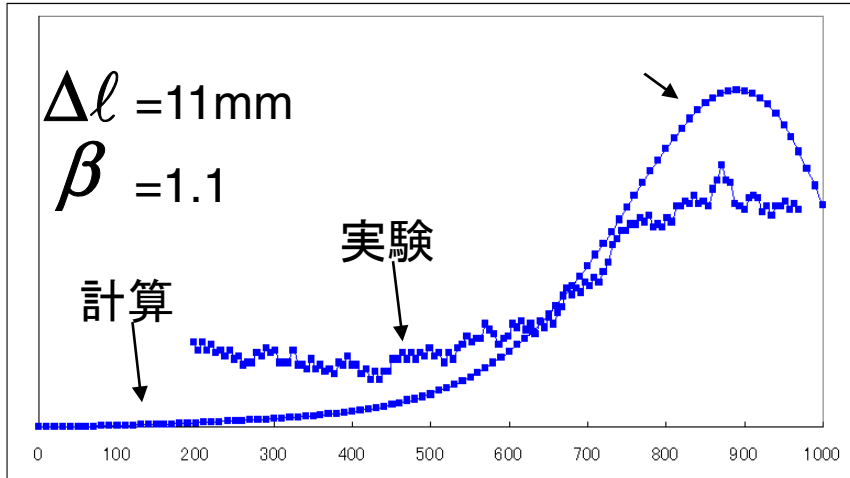
# 実験結果

**$D=50 \mu\text{m}$**



# プロファイル

$$I = R_1^2(W_1) + R_2^2(W_2) + 2R_1(W_1)R_2(W_2)\cos[2\pi(\Delta\theta_x + \Delta\theta_y)]$$



$\Delta l = 11\text{mm}$

15mm

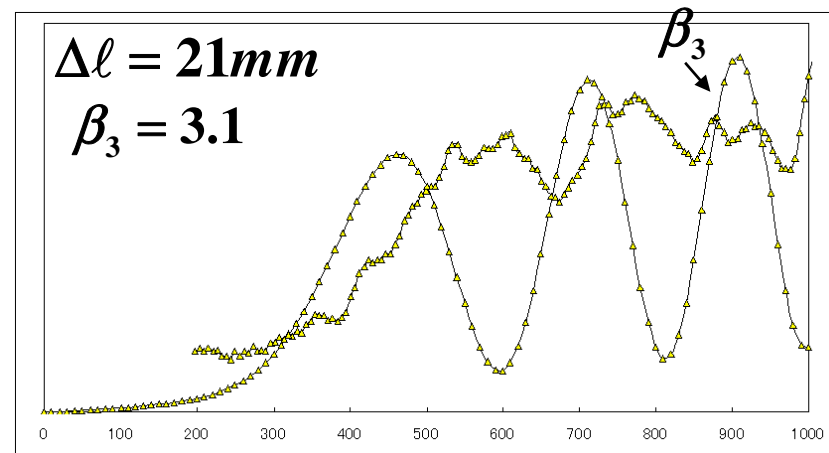
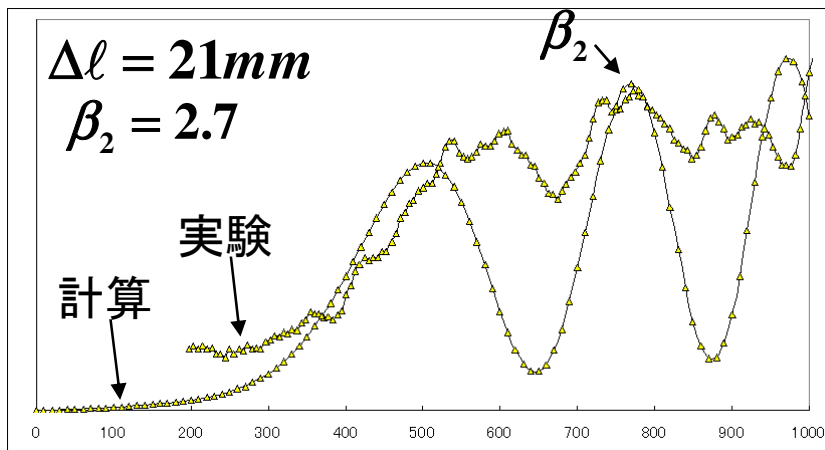
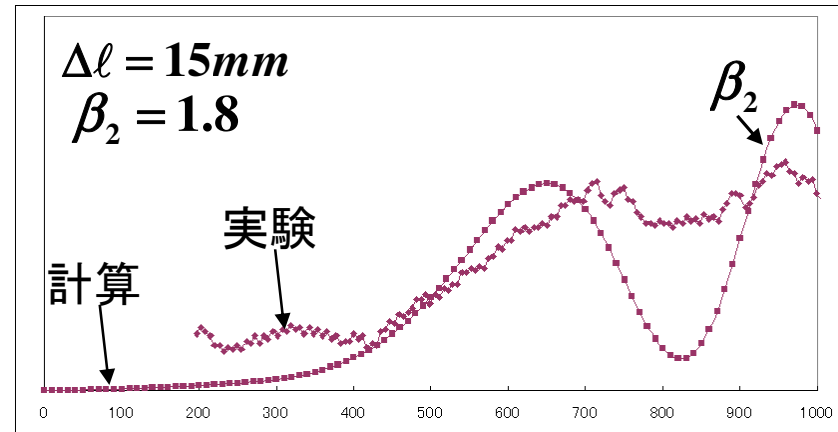
21mm



# $\beta$ の決定

$$I = R_1^2(W_1) + R_2^2(W_2) + 2R_1(W_1)R_2(W_2)\cos\left[2\pi(\Delta\theta_x + \Delta\theta_y)\right]$$

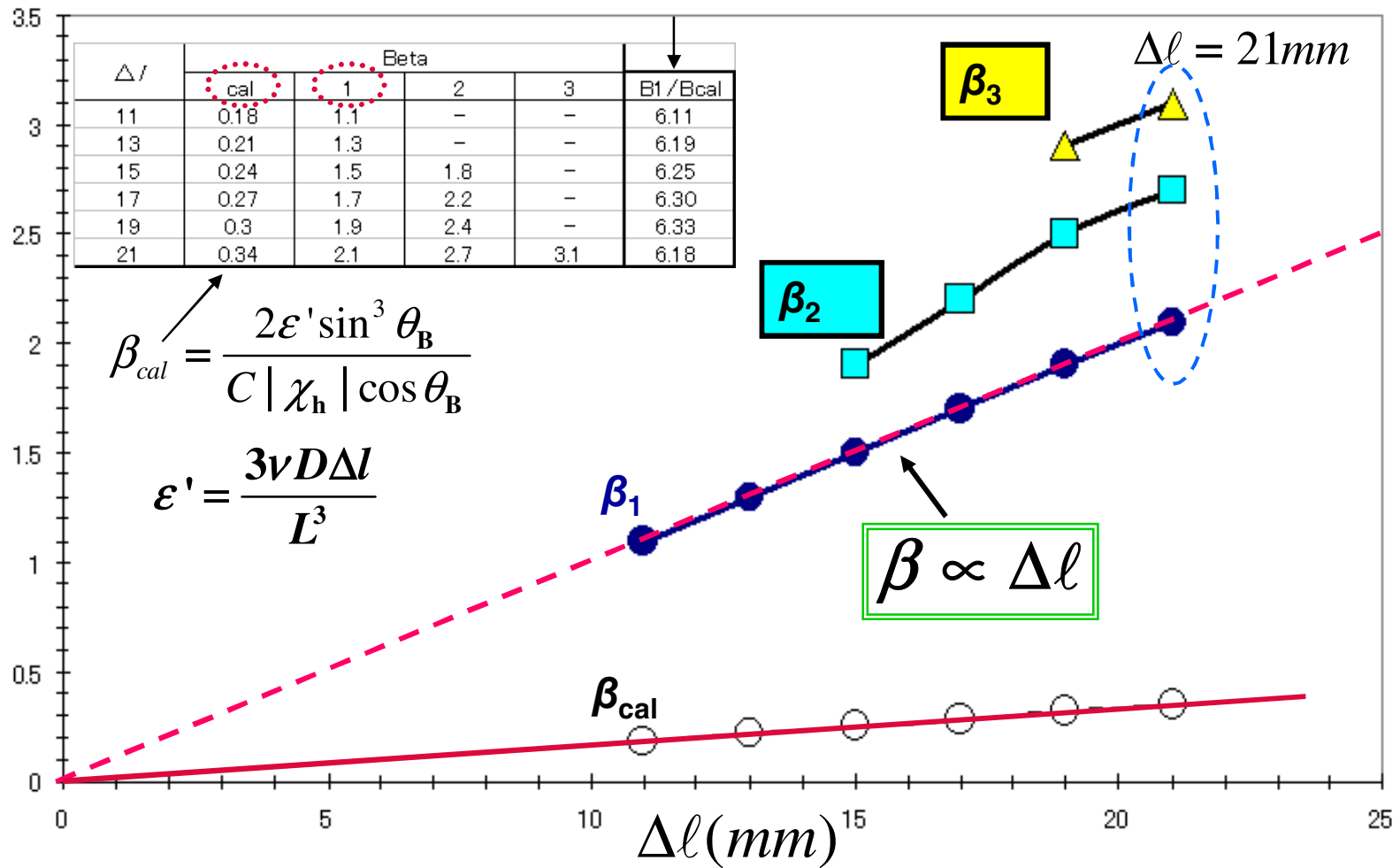
$\Delta l$	Beta		
	1	2	3
11	1.1	-	-
13	1.3	-	-
15	1.5	1.8	-
17	1.7	2.2	-
19	1.9	2.4	-
21	2.1	2.7	3.1



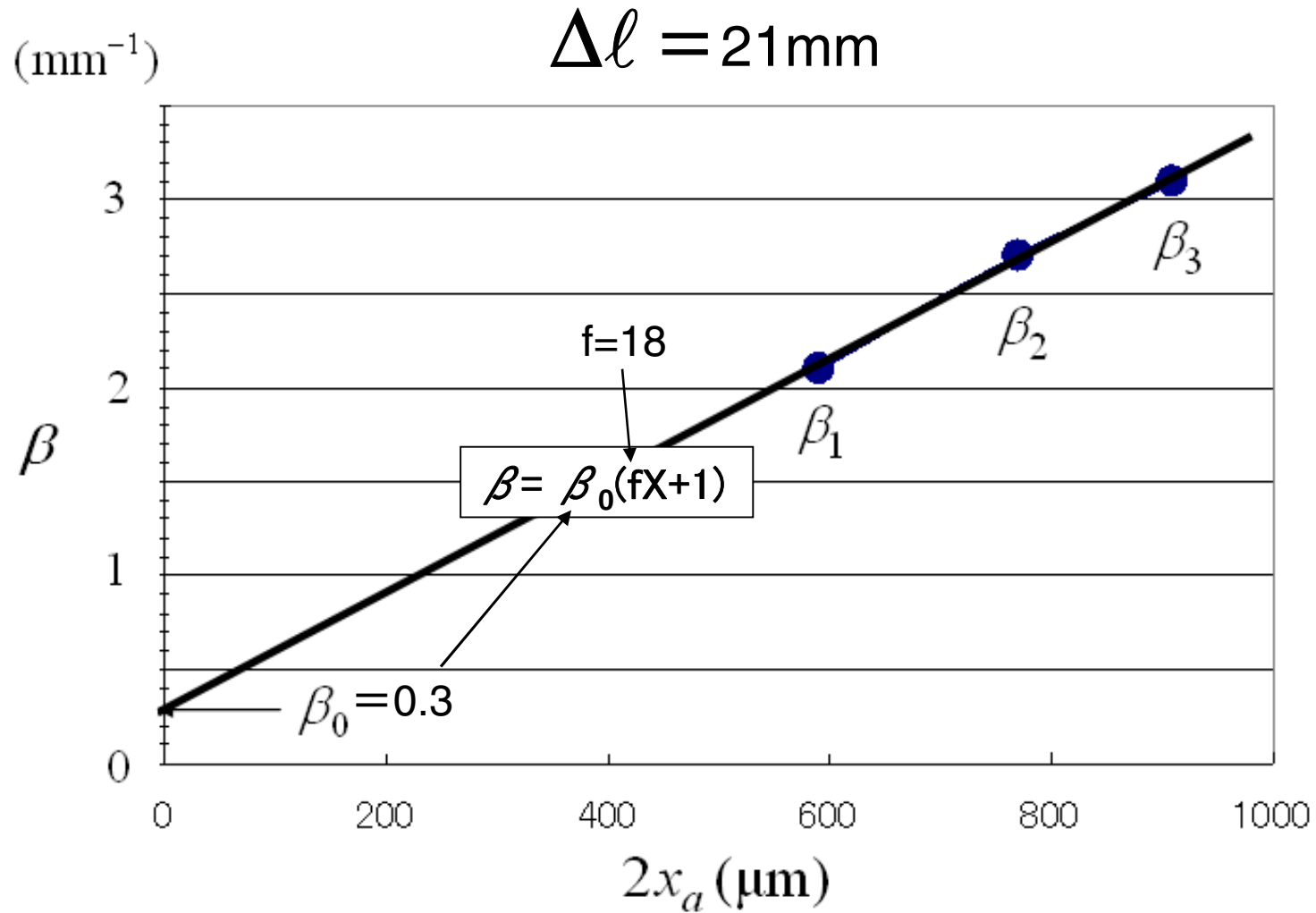
# βの決定

\*\*β<sub>1</sub>、β<sub>2</sub>、β<sub>3</sub>は、実験値。  
β<sub>cal</sub>は、理論計算値。

β(mm<sup>-1</sup>)

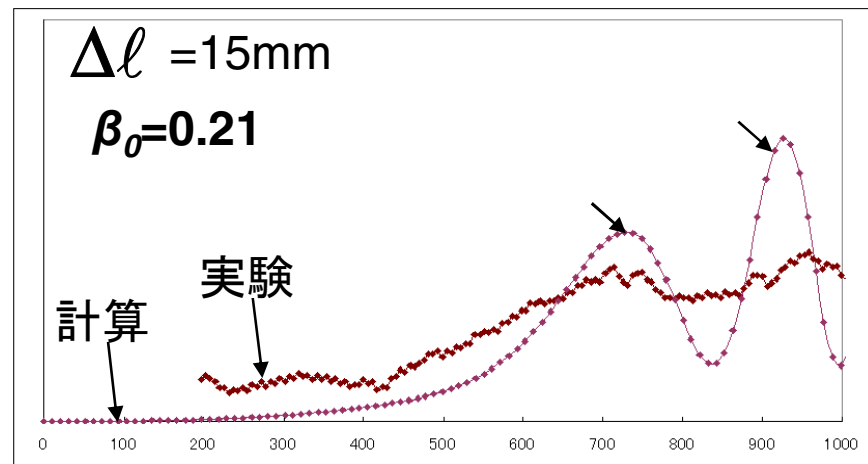
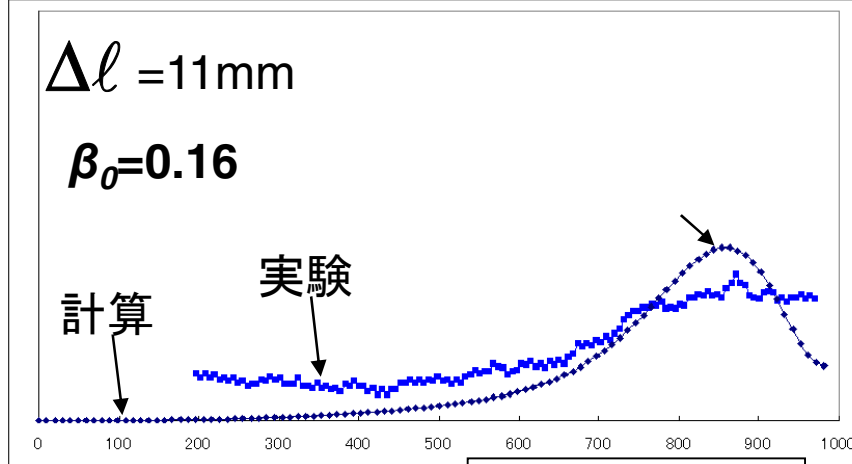


# $\beta$ の決定



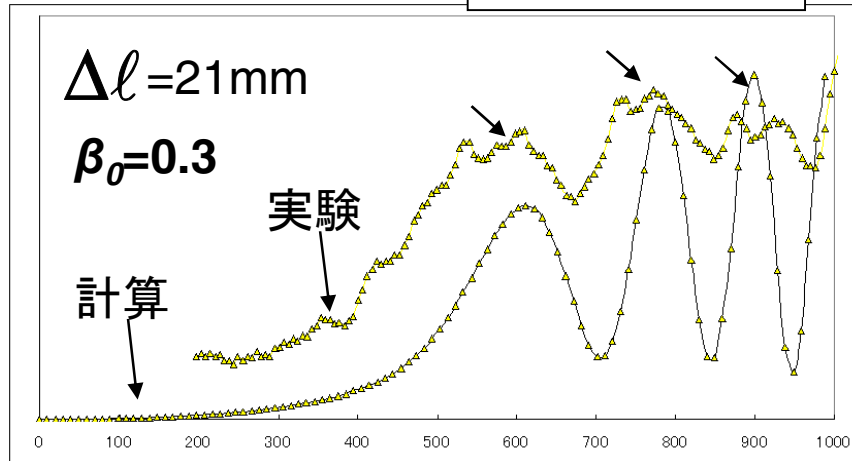
# $\beta$ の決定

$$I = R_1^2(W_1) + R_2^2(W_2) + 2R_1(W_1)R_2(W_2)\cos[2\pi(\Delta\theta_x + \Delta\theta_y)]$$



$$\beta = \beta_0(fX+1)$$

$f=18$



ピーク位置

$\Delta l(\text{mm})$	$\beta_0(\text{mm}^{-1})$		$P_m^{\text{obs}}(\mu\text{m})$		$P_m^{\text{cal}}(\mu\text{m})$		$P_m^{\text{obs}}(\mu\text{m})$		$P_m^{\text{cal}}(\mu\text{m})$	
	obs	cal	obs	cal	obs	cal	obs	cal	obs	cal
11	0.16	0.18	880	860	-	-	-	-	-	-
13	0.19	0.21	800	830	-	-	-	-	-	-
15	0.21	0.24	730	740	960	925	-	-	-	-
17	0.24	0.27	650	690	870	865	-	-	-	-
19	0.27	0.3	625	635	825	805	941	923	-	-
21	0.3	0.34	590	620	780	790	920	899	-	-

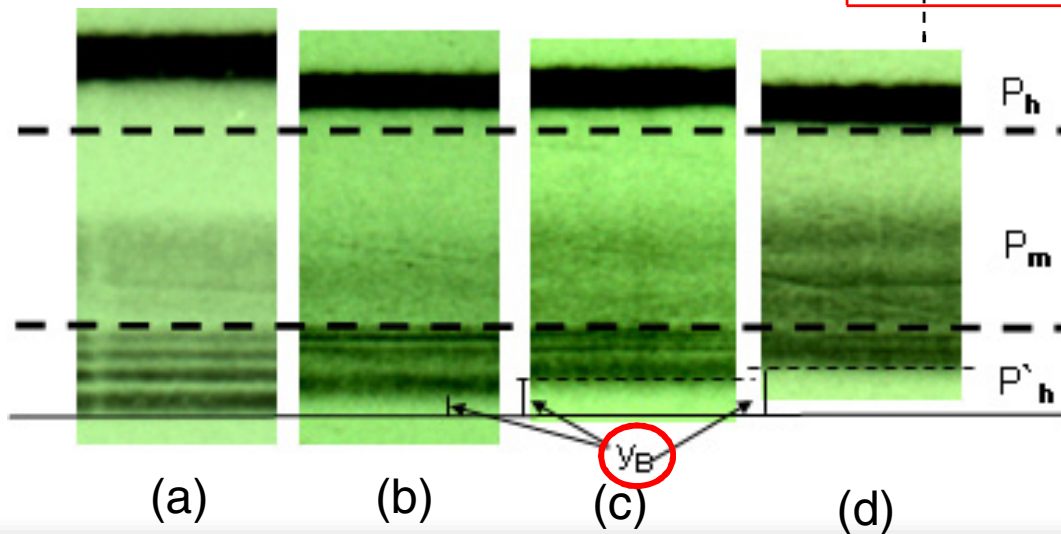
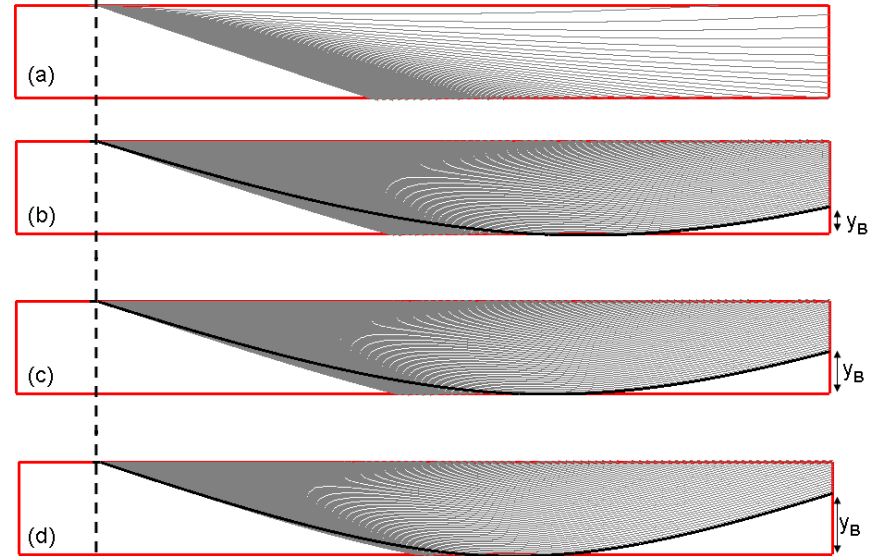
$\beta_0$     $\beta_{cal}$

# X線の軌跡

$$\left( \frac{\beta y}{\tan \theta_B} + W \right)^2 - \left[ \beta x + (W^2 - 1)^{\frac{1}{2}} \right]^2 = 1$$

$$\beta = \beta_0(fX+1) \quad f=18$$

- (a)  $\beta=0$  (完全結晶)
- (b)  $\Delta l = 11\text{mm}; \beta_0=0.16$
- (c)  $\Delta l = 15\text{mm}; \beta_0=0.24$
- (d)  $\Delta l = 21\text{mm}; \beta_0=0.3$



$$-2.3 < W < -1.0$$

← 実験結果

## まとめ

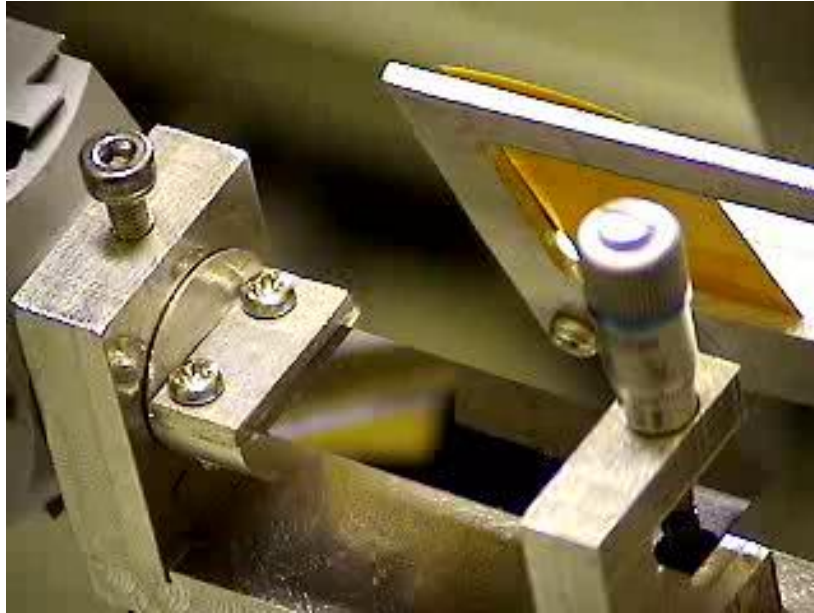
- ・歪勾配が一定な結晶において入射位置を変えてX線蜃気楼干渉縞を観測した。
- ・X線蜃気楼干渉縞の強度を求め、計算結果と測定結果の比較を行った。
- ・実験結果と計算結果から $\beta$ を求め、その $\Delta l$ 依存性を調べた。その結果は、歪の式で予測されたとおり、 $\beta$ は $\Delta l$ に比例した。
- ・決定した $\beta$ は、実験によるダークエリアを再現することができた。

\* $\beta$ は、 $\Delta l$ に比例した。

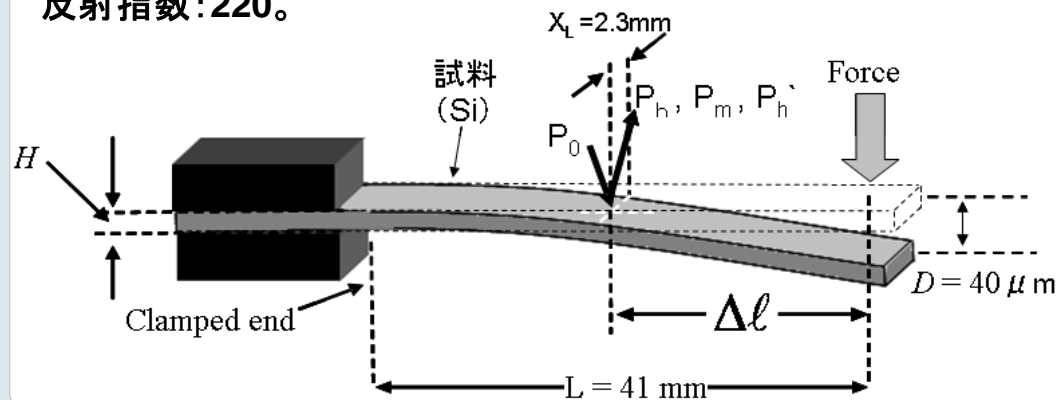
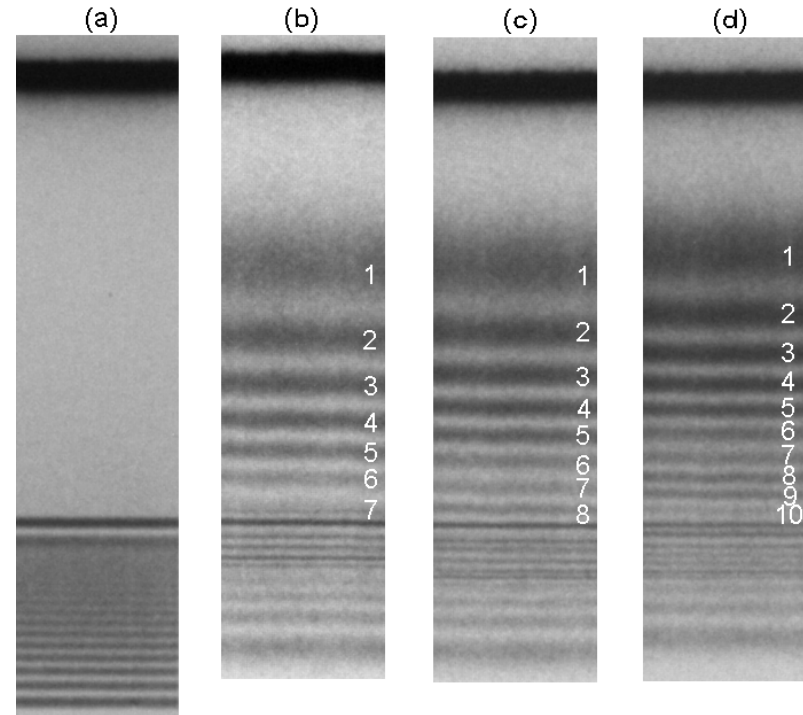
\*決定した $\beta$ は、実験結果を再現。

# 最近の実験結果

\*試料表面加工は、無擾乱研磨。



試料: Siのサイズ: 長さ50mm、幅15mm、厚さ(H) 0.3mm  
 反射指数: 220。



- (a) は、完全結晶の場合。
- (b) は、 $\Delta l = 19\text{mm}$ ; 蜃気楼縞7本。
- (c) は、 $\Delta l = 22\text{mm}$ ; 蜃気楼縞8本。
- (d) は、 $\Delta l = 25\text{mm}$ ; 蜃気楼縞10本。