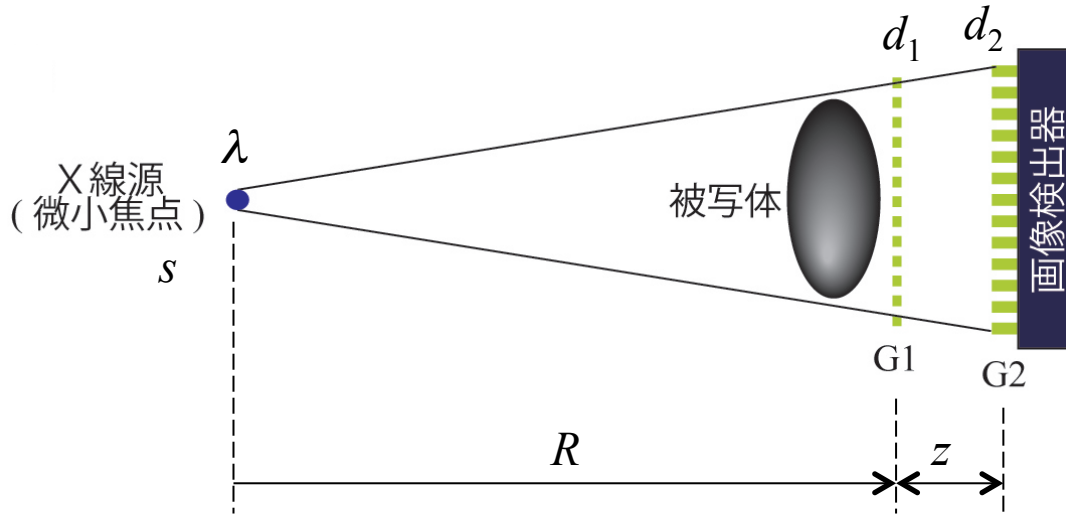


サブテーマ名
小型高輝度X線発生装置を用いた
X線位相イメージング法の開発

東北大学 多元物質科学研究所
百生 敦

X線Talbot干渉計の設計



G1が $\pi/2$ 位相格子の場合

$$z = p \frac{d_1^2}{\lambda} \frac{R}{R - pd_1^2/\lambda}$$

$d_1 : d_2 = R : (R + z)$ と相似関係を満たしていれば、

$$z = p \frac{d_1 d_2}{\lambda}$$

p : 半整数 (通常1/2)

光源サイズを s (ガウシアン) σ としたときの空間コヒーレンスの要請

G1位置における空間的コヒーレンス長 L :
$$L = \frac{\lambda R}{2\pi s}$$

$L > pd_1$ が望ましい

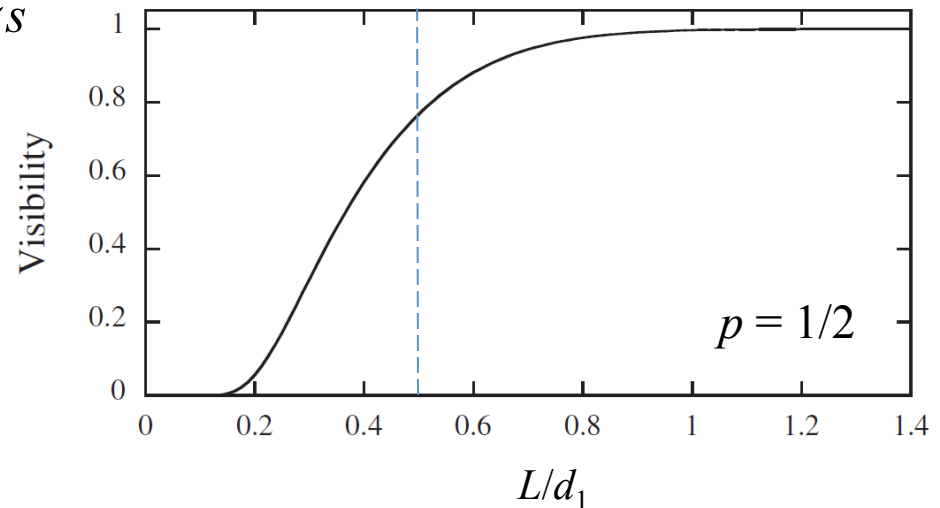
例)

光源サイズ (FWHM): $10 \mu\text{m}$, i.e., $s = 10 \mu\text{m} / 2.35$

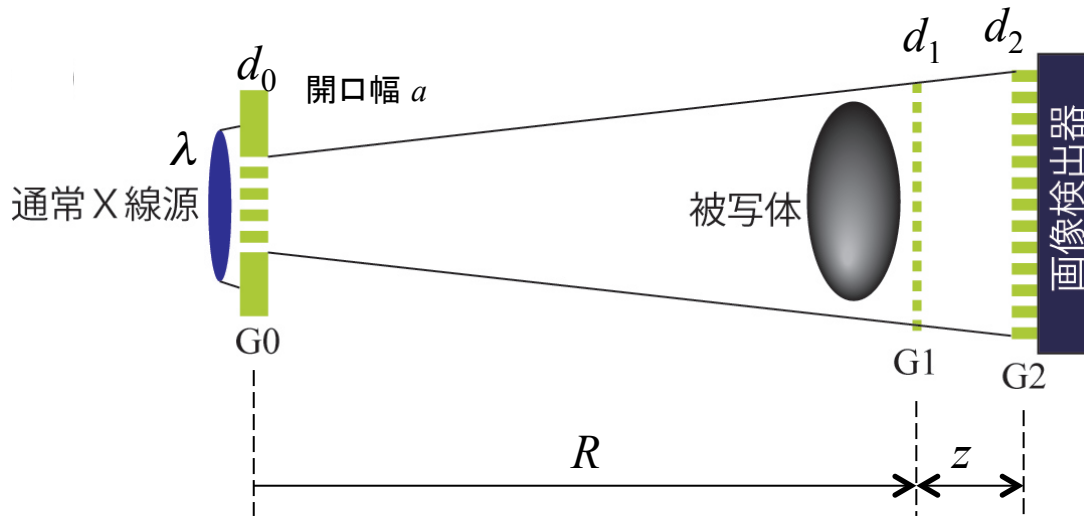
X線エネルギー: 25 keV (0.0496 nm)

$R = 2 \text{ m}$, $p = 1/2$

$L = 3.7 \mu\text{m}$



X線Talbot-Lau干渉計の設計



追加される設計条件

$$d_0 : d_2 = R : z$$

そうであれば、

$$R = p \frac{d_0 d_1}{\lambda}$$

- G0の開口幅 a はX線Talbot干渉計で求められる光源サイズ相当。

$$L = \frac{\lambda R}{2\pi(a/2.35)} = \frac{pd_0 d_1}{0.85\pi a} > pd_1 \Rightarrow d_0 > 2.67a$$

- その他の条件はX線Talbot干渉計のものと同じ。

産総研における実験のための検討

検討前提条件

光源サイズ:	40 μm ~100 μm
光源一真空窓距離:	2 m (1.7 m)
光源一実験室壁:	4.25 m
X線スペクトル:	30 keVで準単色を仮定

○真空窓出口における空間的コヒーレンス長

$$L = \frac{\lambda R}{2\pi s} = 0.33\mu\text{m}$$

※光源サイズ40 μm 、光源一真空窓距離2 mのとき



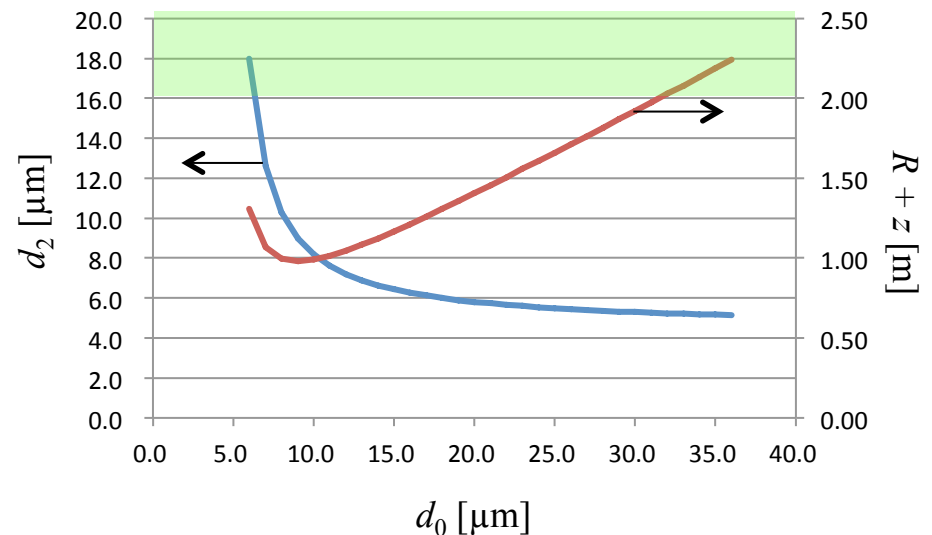
Talbot干渉計不可能

○X線Talbot-Lau干渉計構築(真空窓近くの大気側にG0を配置するとき)

$$R + z < 4 \text{ m} - 2 \text{ m}$$

※画像検出器を配置するスペース必要

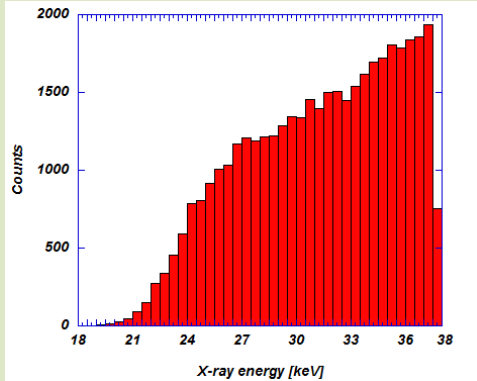
右のグラフは $d_1 = 4.5 \mu\text{m}$ (既存格子)を用いて計算したもの。



スペクトルの検討

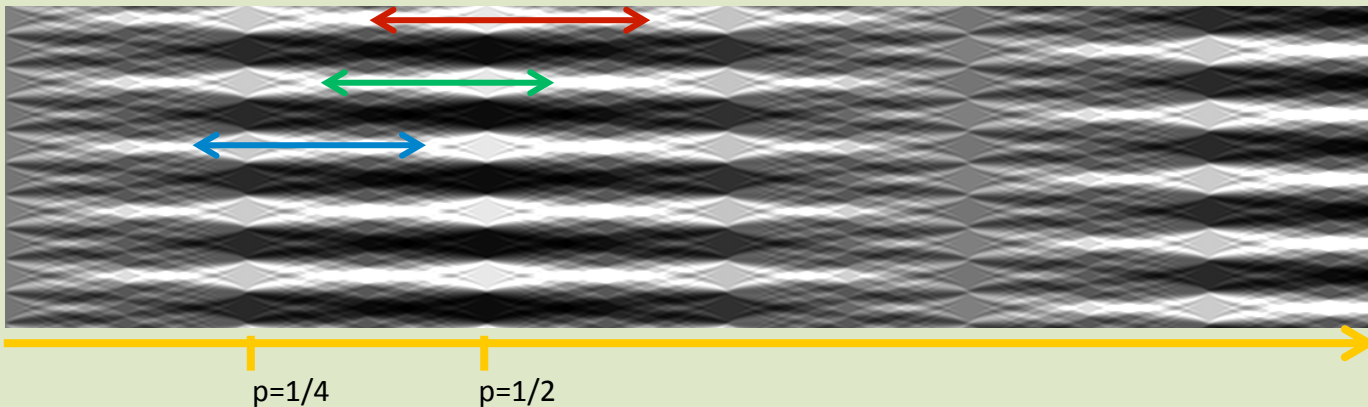
Tentative
By Margie P. Olbinado

Spectrum within $\pm 10\text{mrad}$



Because the intensity distribution of the source is not symmetric; that is, higher X-ray energies have higher intensities, it becomes more advantageous to utilize fractional Talbot orders that are less than $p = \frac{1}{2}$.

Talbot carpet for $\pi/2$ phase grating.

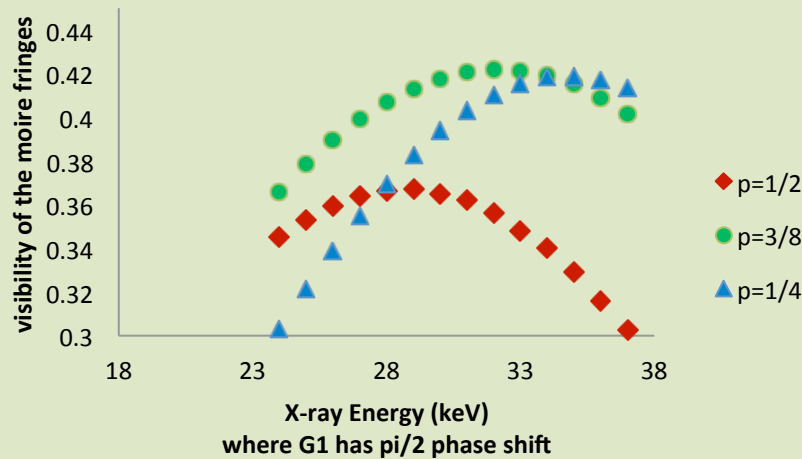


- ↔ Indicate the range of self-images generated by 38 keV to 20 keV X-rays that contribute to resultant moiré fringe when:
- $p=1/2$ (29keV) is utilized (red).
 - $p=3/8$ (32keV) is utilized (green).
 - $p=1/4$ (29keV) is utilized (blue).

スペクトルの検討

Tentative
By Margie P. Olbinado

Simulation of Moiré Fringe Visibility



Simulation parameters

Source standard deviation: 10 μm / 2.35
 G1: Au ($\pi/2$ phase grating)
 d1: 4.5 μm , opening: 2.25 μm
 G2: Au (height: 40 μm)
 d2: 5.3 μm , opening: 2.65 μm

X-ray attenuation of 200- μm Si substrates and air were accounted for

Detector: 40- μm Gd2OS scintillator

for $p = \frac{1}{2}$, the optimum setting is with gratings distances for 29 keV.

Visibility is 0.37. R2 is 1.848 m.

for $p = \frac{3}{8}$, the optimum setting is with gratings distances set for 32 keV.

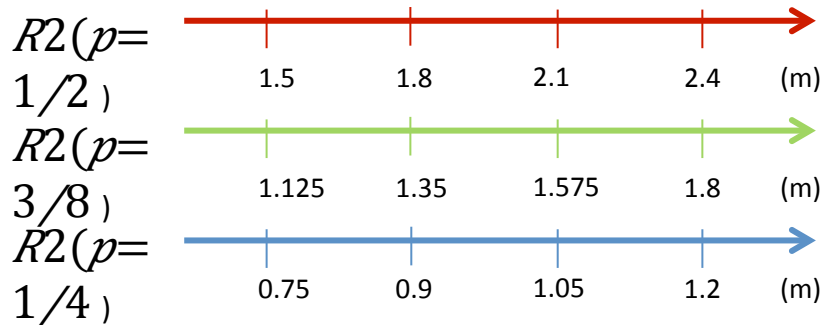
The visibility is 0.42.

R2= 1.526 m

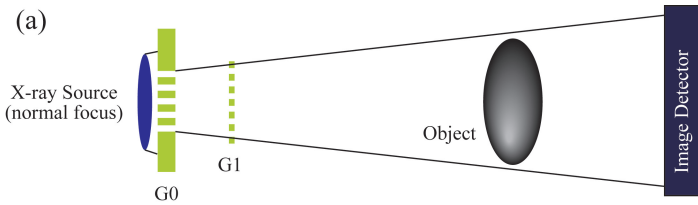
for $p = \frac{1}{4}$, the optimum setting is with gratings distances set for 35 keV.

The visibility is 0.42.

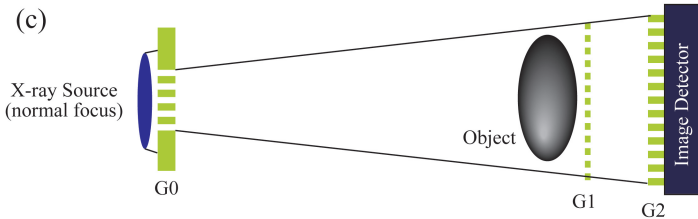
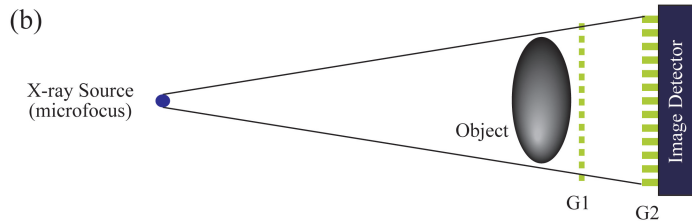
R2= 1.115 m (1.6 times shorter than optimum setting with $p = \frac{1}{2}$)



Striped LCSによって考えられる光学系



← X線Lau干渉計

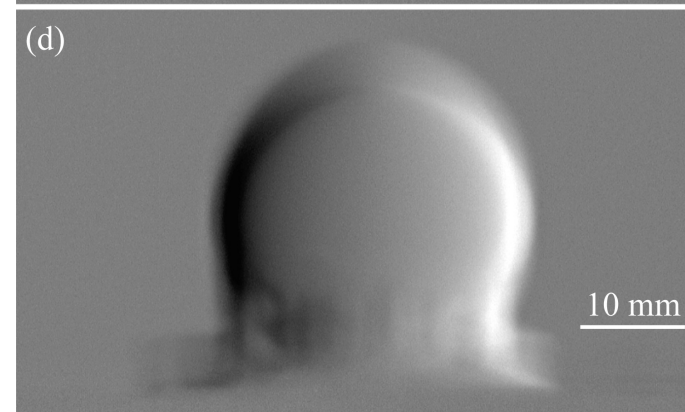
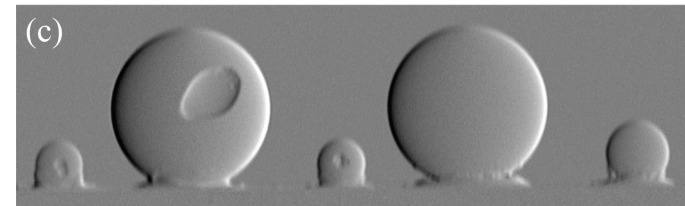
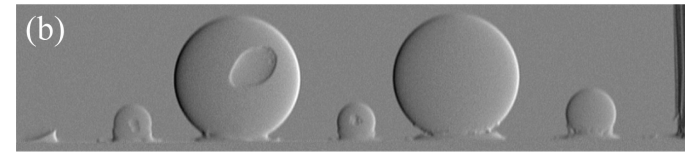
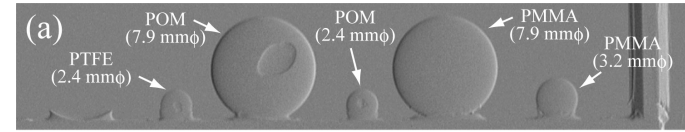


← X線Talbot-Lau干渉計

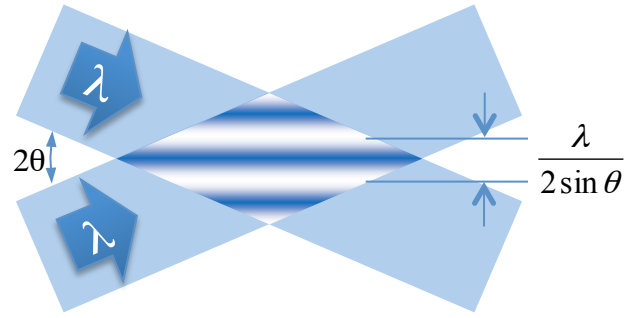
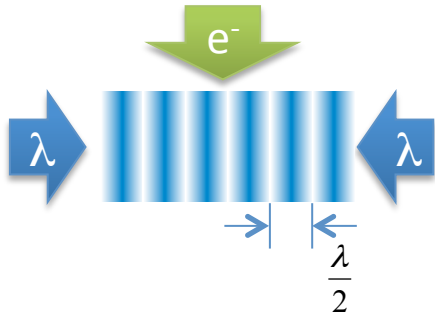
- G0を真空中に配置するのと同じ効果(光学系のコンパクト化)

- 製作が難しいG2が不要
- 大視野形成が容易
- 狭周期G0が全体をコンパクトにする鍵(←striped LCS)
- ✓ 光源近傍(真空中)にG1を設置する必要あり。

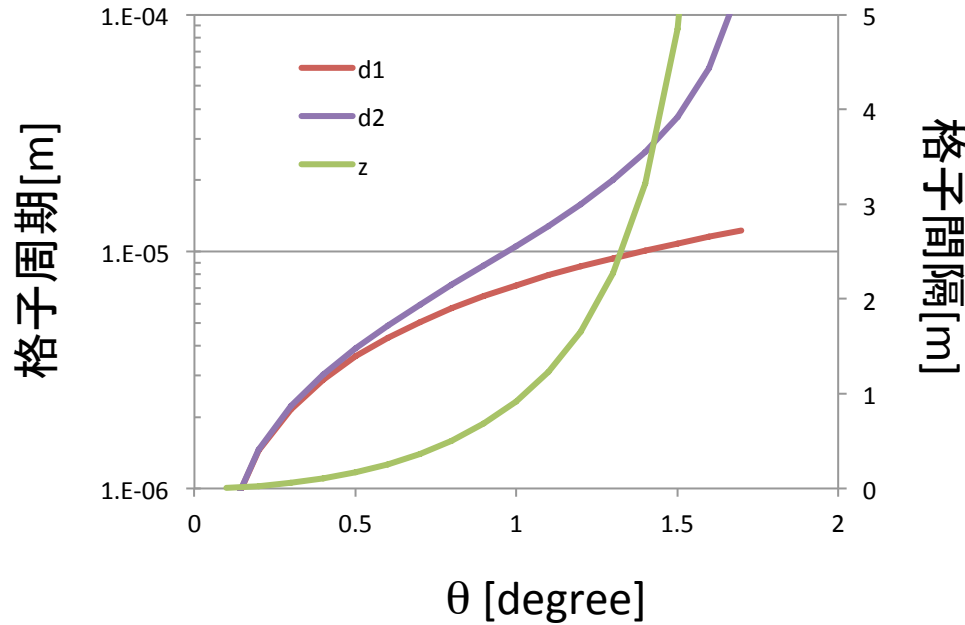
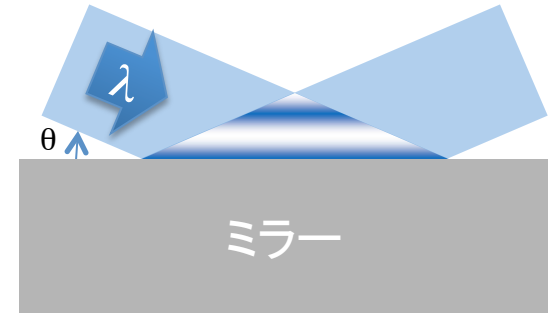
A. Momose et al., Appl. Phys. Express 4 (2011) 066603



Striped LCSを形成するには一定在波利用



電子線はスクリーン面に垂直



まとめと今後の予定

- 空間的コヒーレンスを考慮すると、X線Talbot-Lau干渉計の構築を前提にするのがよさそう。
- スペクトルを考慮した干渉計設計（格子設計）を進め、必要となる入手準備を急ぐ。
- Striped-LCSについては、新奇な可能性があるが、当面の開発上においては劇的なメリットが見いだせず、考察を続ける。