



### 1. 研究背景と動機

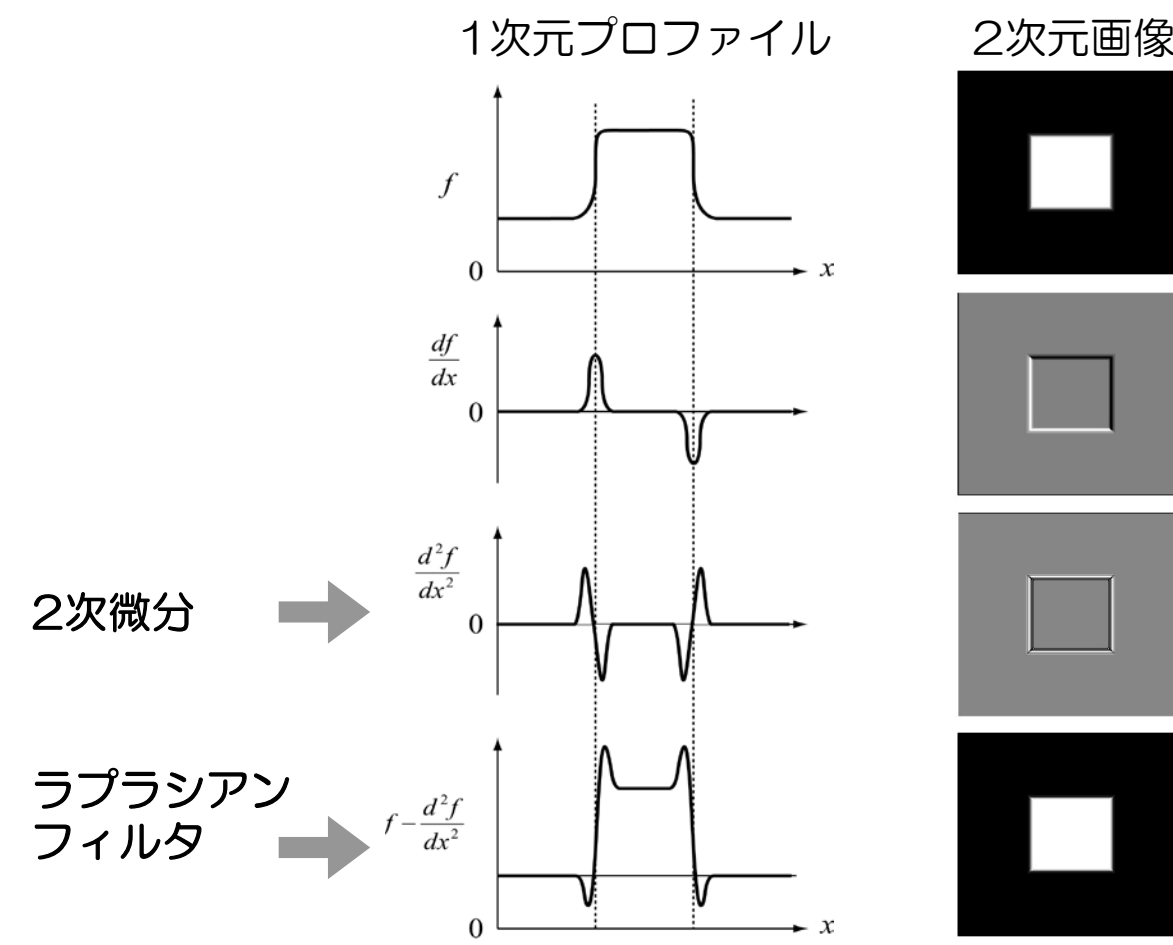
#### 画像の鮮鋭化と2次微分

$$\nabla^2 f = \frac{d^2 f}{dx^2} = \frac{d}{dx} \frac{f(x) - f(x - \Delta x)}{\Delta x}$$

$$= \frac{1}{\Delta x^2} [(f(x - \Delta x) - f(x)) + (f(x + \Delta x) - f(x))]$$

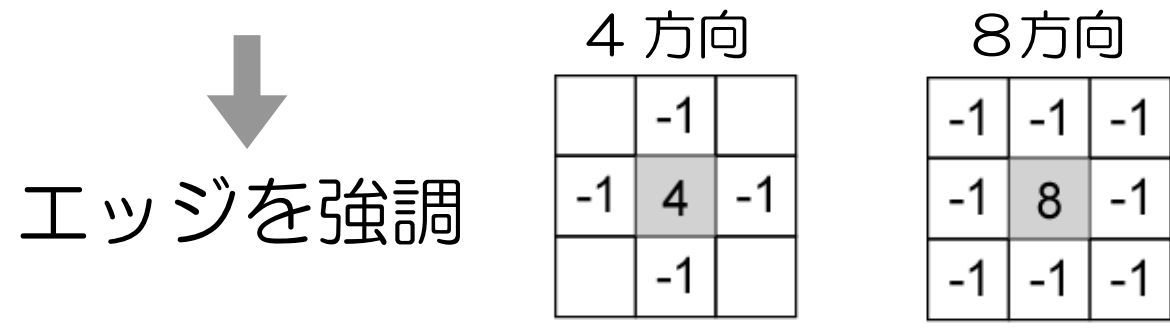
左の値との差分      右の値との差分

$f(x - \Delta x) - f(x)$        $f(x + \Delta x) - f(x)$

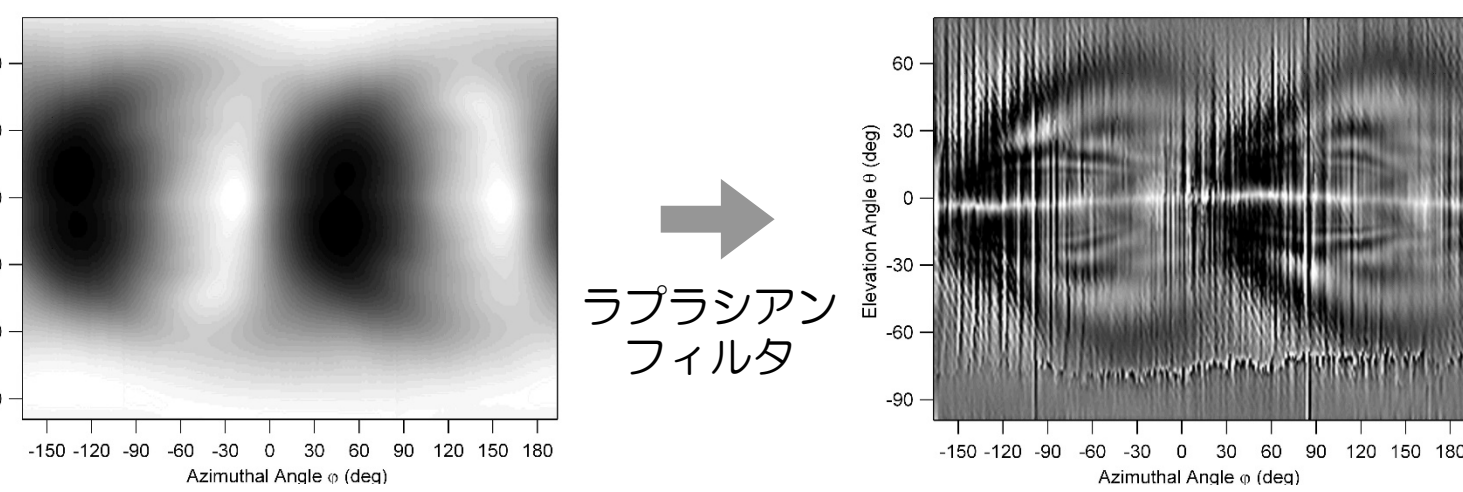


#### ラプラシアンフィルタ

数値演算による画像処理 (元画像 - 2次微分)



適用例: 低次元有機導体の角度依存磁気抵抗振動



ラプラシアンフィルタは隣の画素値を使う単なる数値演算！  
分解能が上がったように見えるだけ・・・

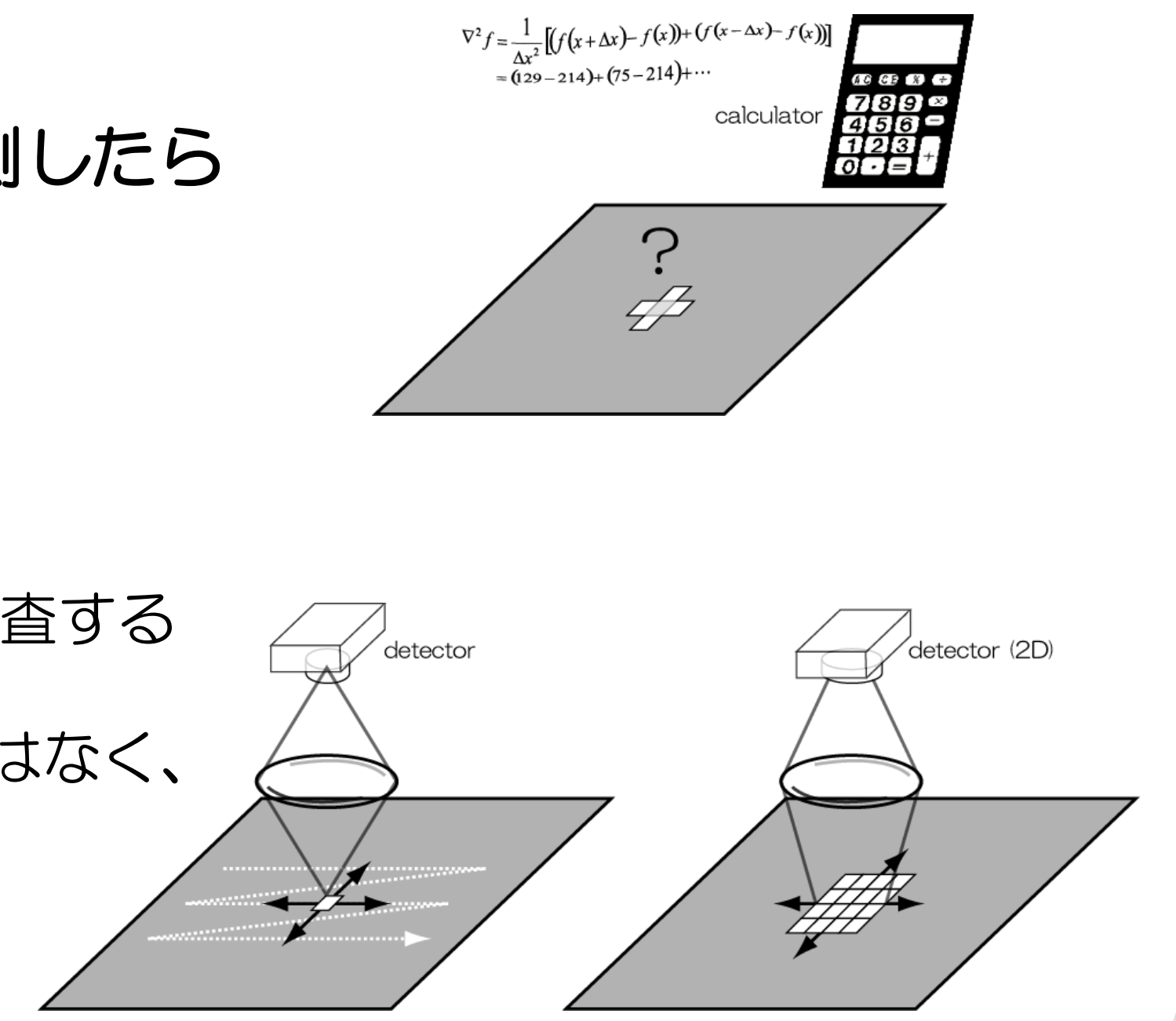
隣接画素を実際に同じ光学系で観測したらいいんじゃないか？

#### 空間領域差分計測法

画素一個一個がプローブとなり、周囲を探索する

2次元検出器の場合、光線を走査するのではなく、  
観察対象を結像面で微量シフトすればいい

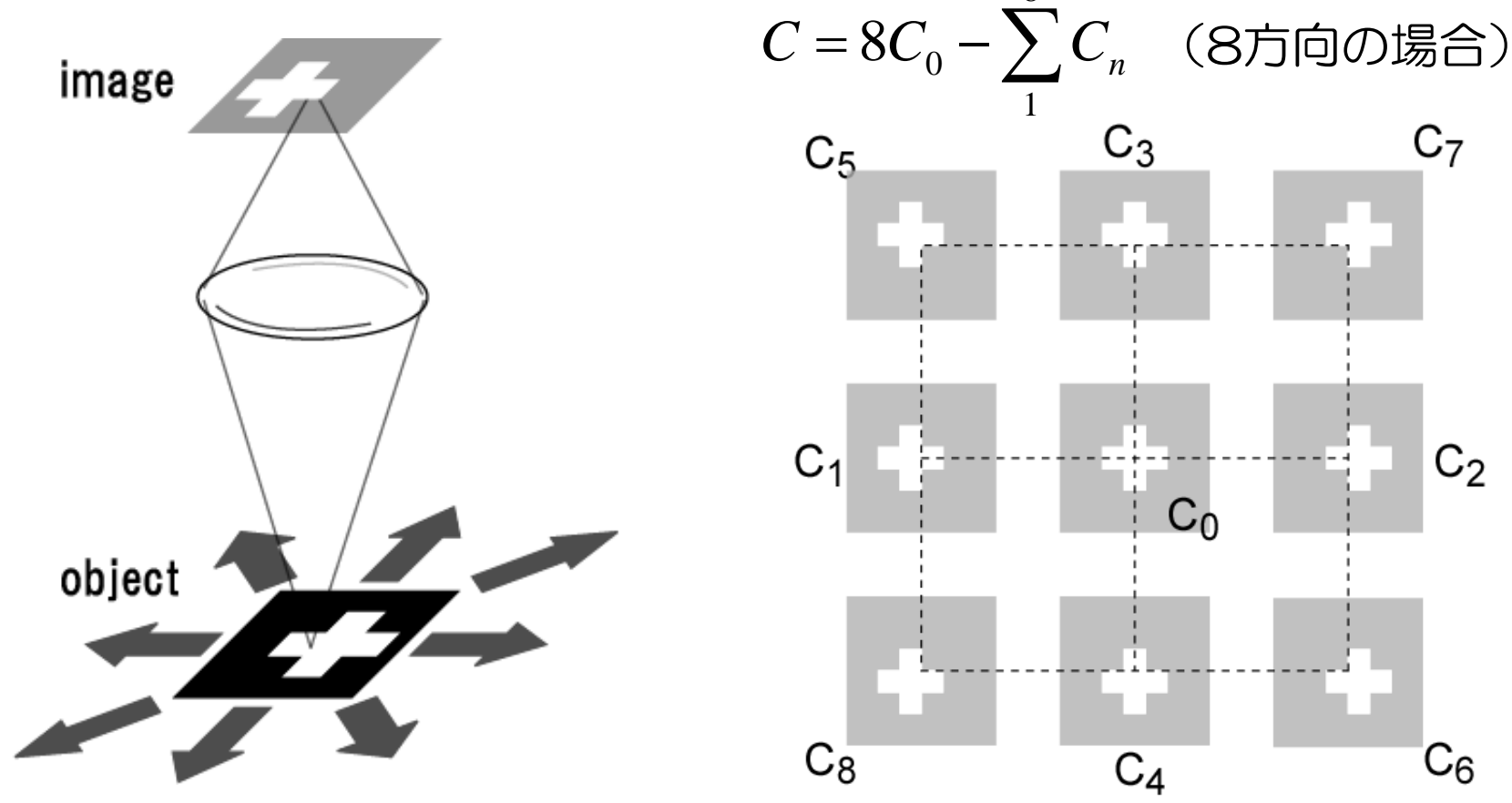
Q. どれくらいシフトさせたらいいか？



### 2. 空間領域差分計測法によるイメージング

#### 原理

光学系に対して、観察対象を装置の分解能程度シフトし、試料位置のみによる信号の差分情報を取得する

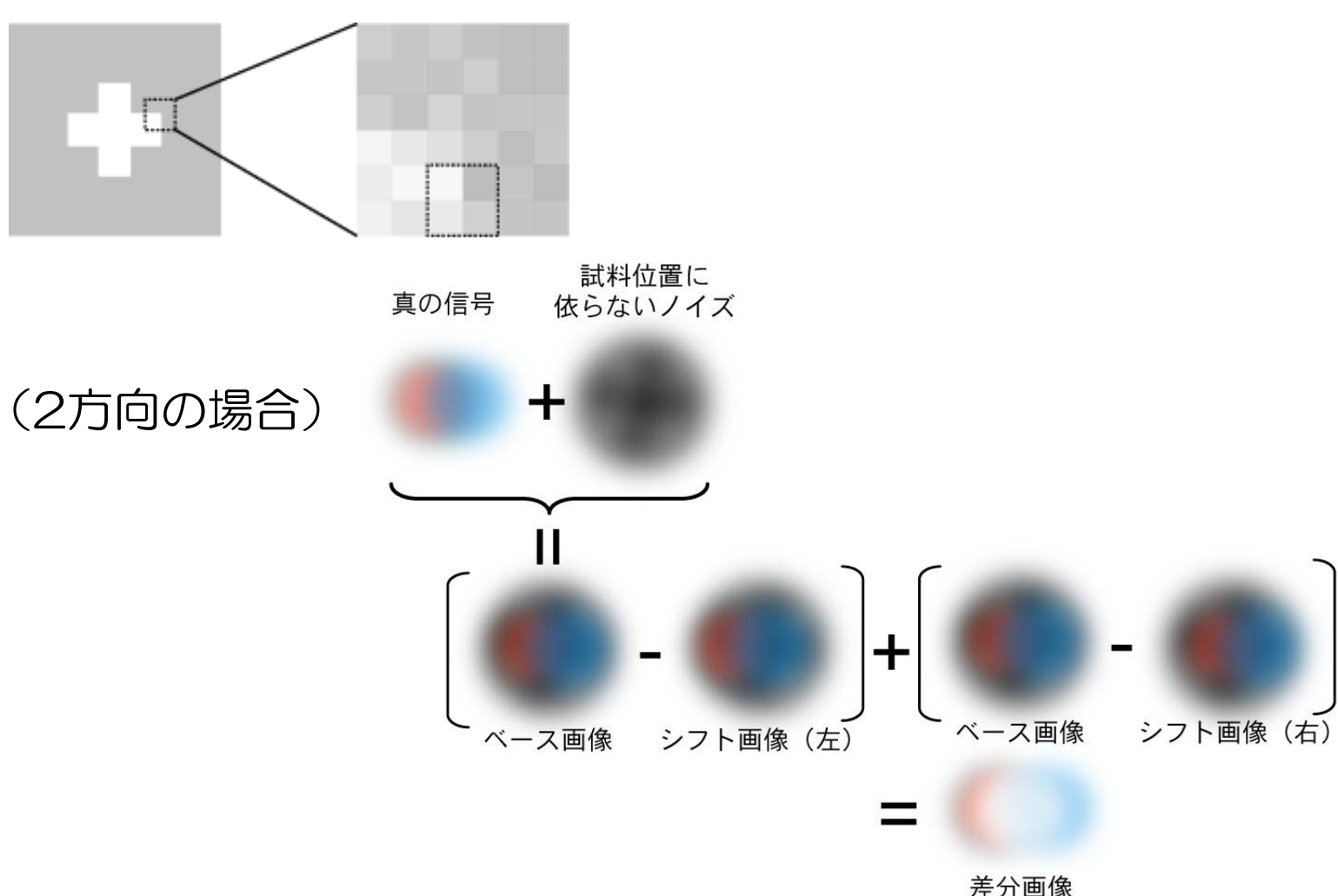


#### なぜ分解能が上がるのか

##### 分解能を決める要因

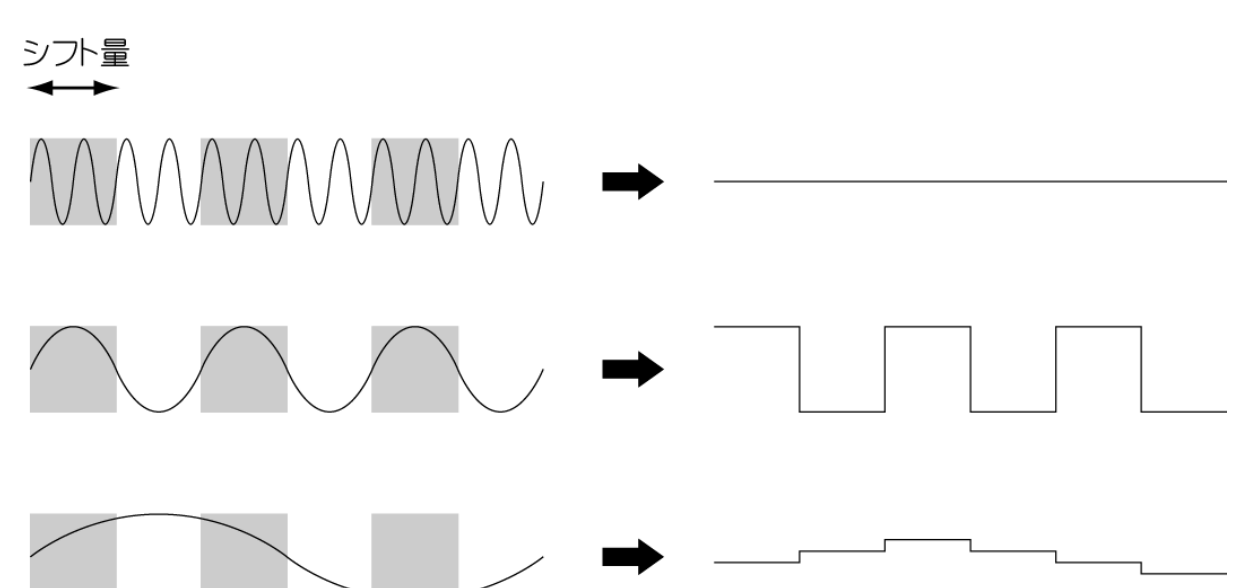
回折限界、迷光、CCDの固定パターンノイズ、感度のばらつき、照射ムラ等

試料の位置に依らないノイズを除去できる



#### シフト量と空間周波数

シフト量に相当する空間周波数成分のみを抽出



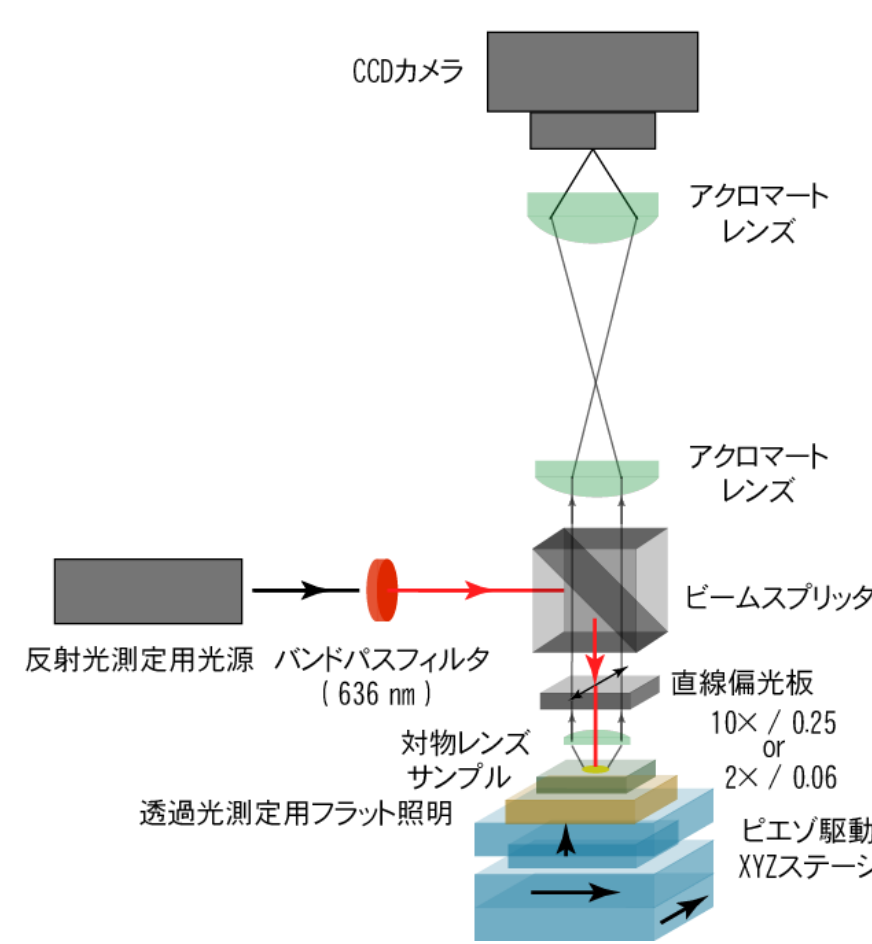
シフト量を空間分解能程度(あるいは以下)に設定することにより、装置の分解能が向上するはず！

#### 特長

- 差分法(空間領域)
- 空間2次微分イメージを生成
- モデル(推定)を用いない実測法

### 3. 実験方法

#### レンズ光学系



##### 光学系の分解能

$$D = 0.61\lambda / NA$$

( $\lambda$ : 観察波長  
NA: 対物レンズの開口数)

対物レンズ: 2×/0.06

→ 6.1 μm

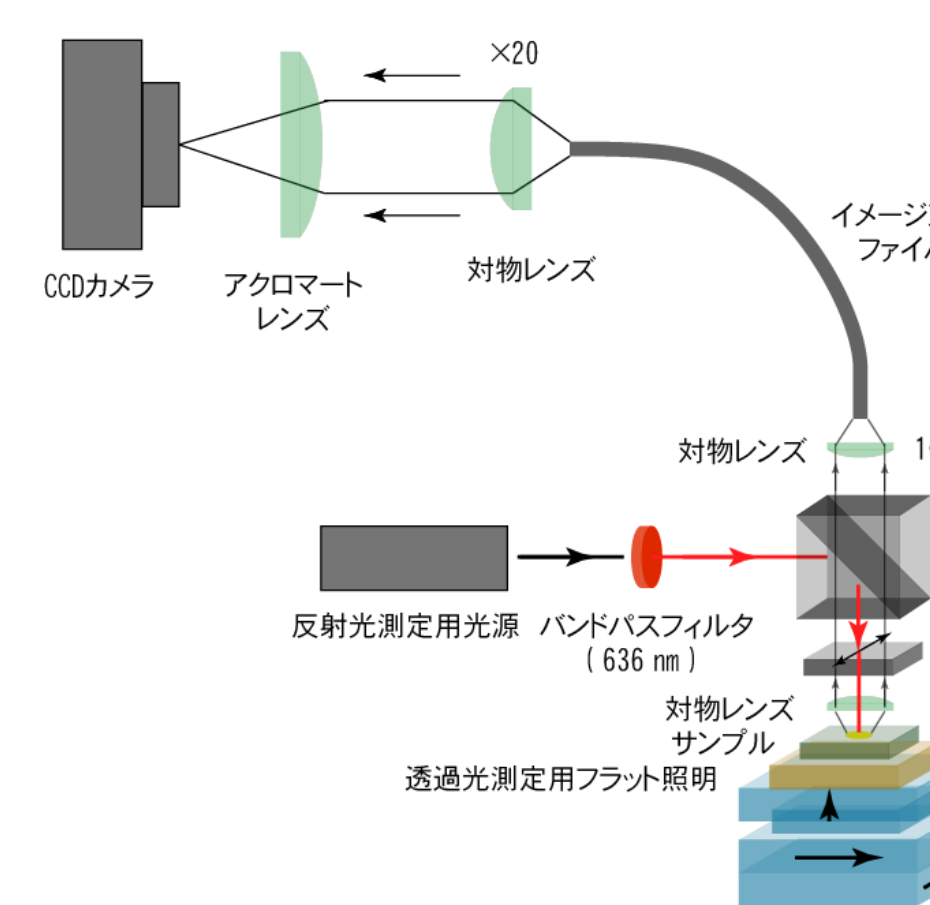
CCDの画素サイズ

→ 1.8 μm

理論分解能(回折限界)

6 μm程度

#### イメージファイバ光学系



対物レンズ: 10×/0.25

→ 1.5 μm

CCDの画素サイズ

→ 0.36 μm

イメージファイバ

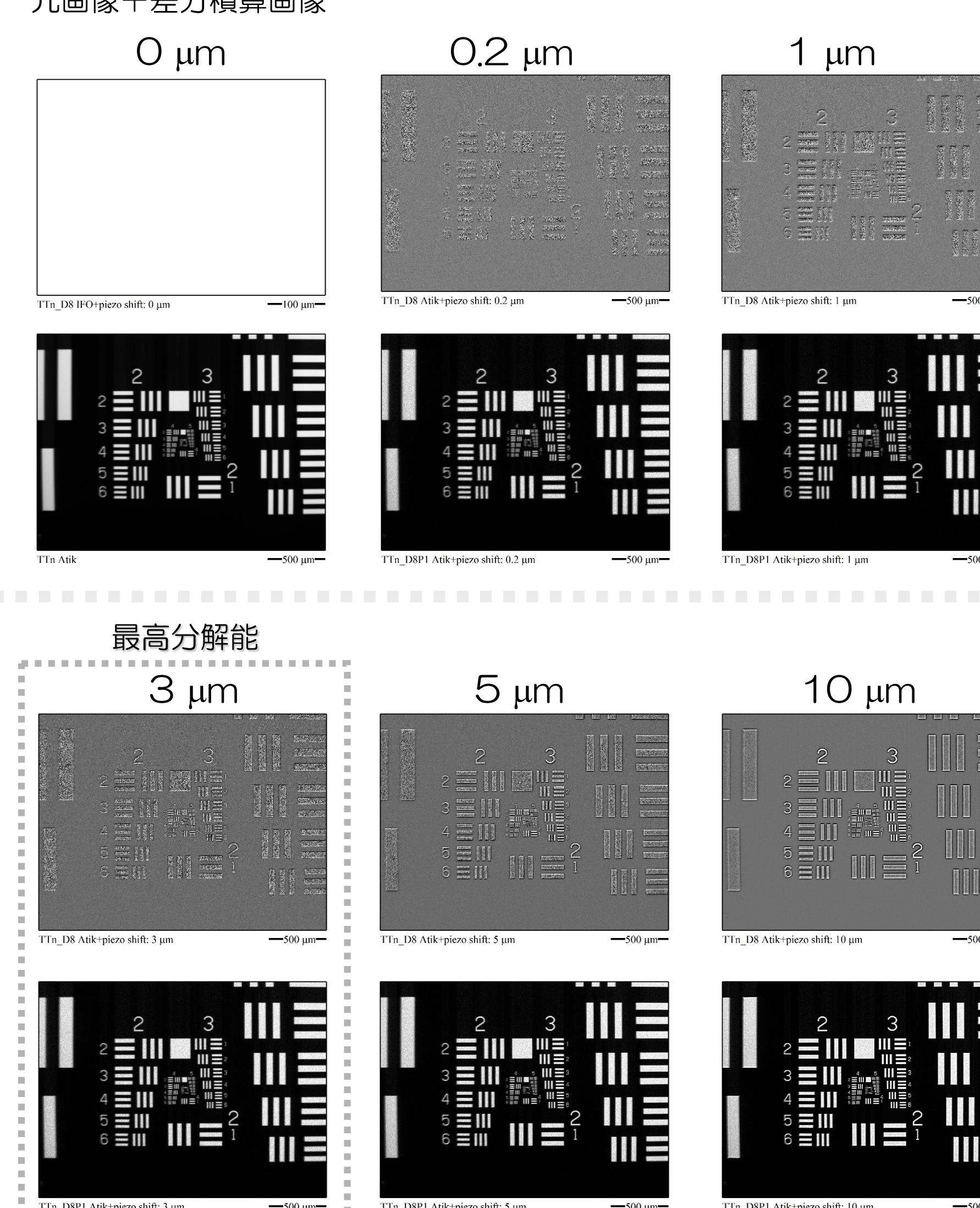
素線の直径: 2-3 μm

理論分解能(回折限界)

2-3 μm程度

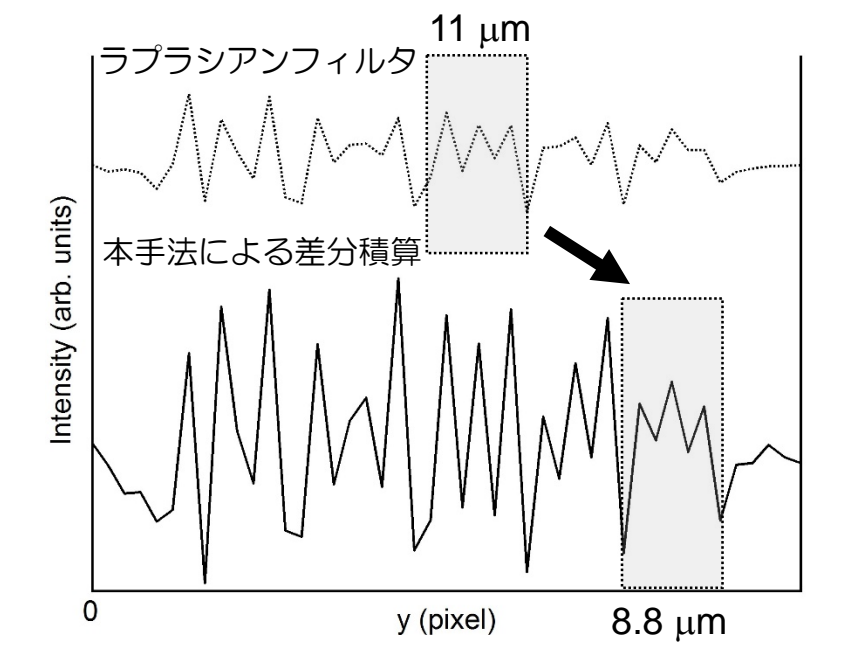
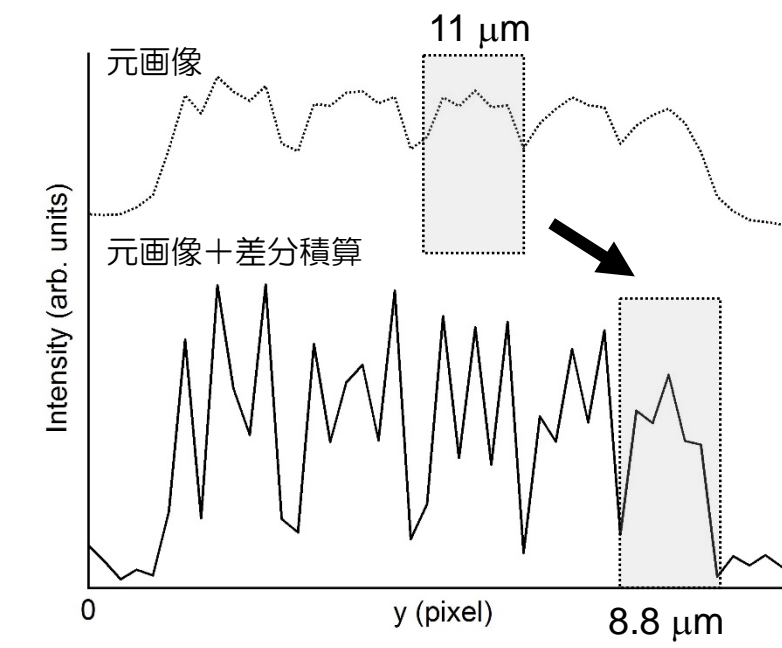
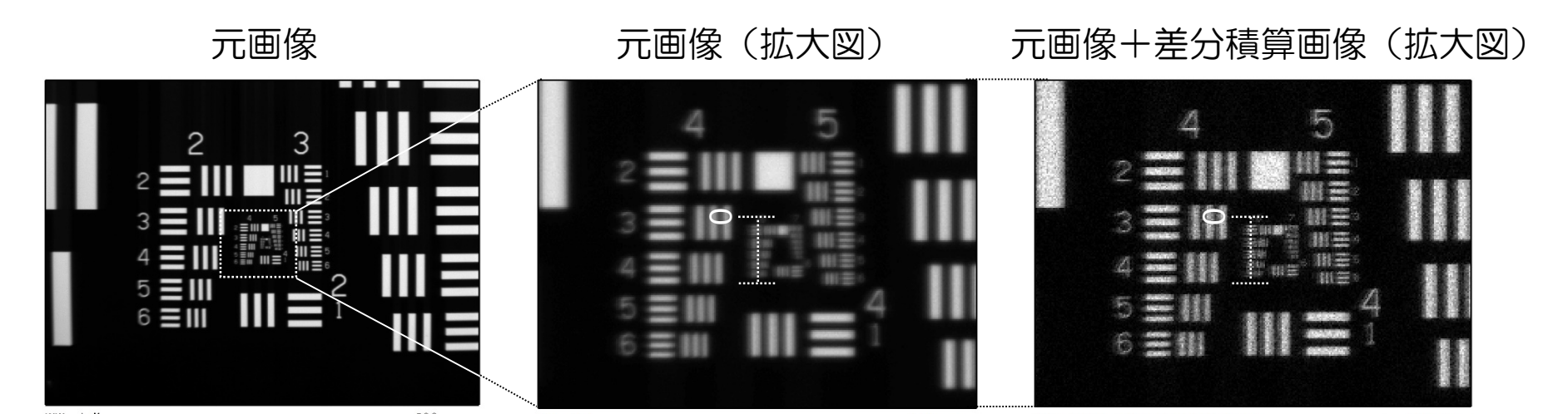
### 4. シフト量と差分信号の関係

#### 差分積算画像



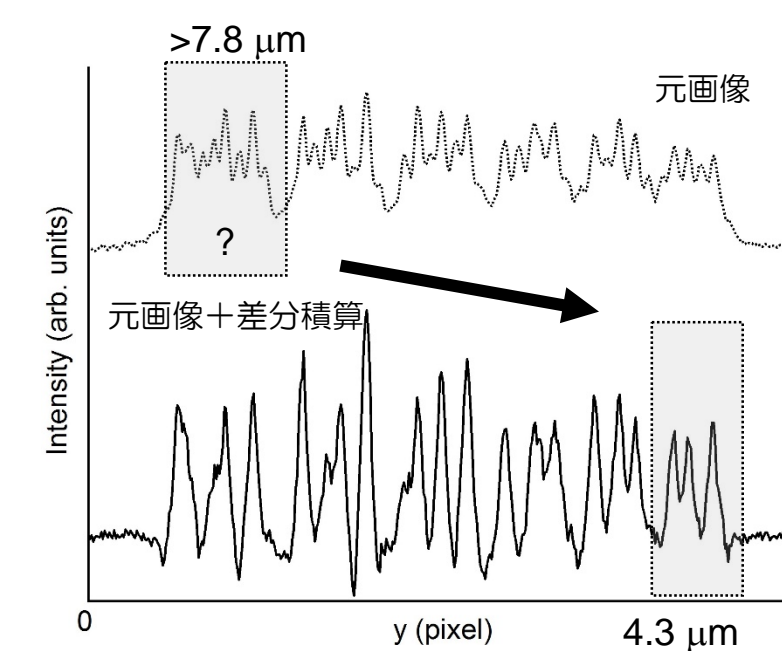
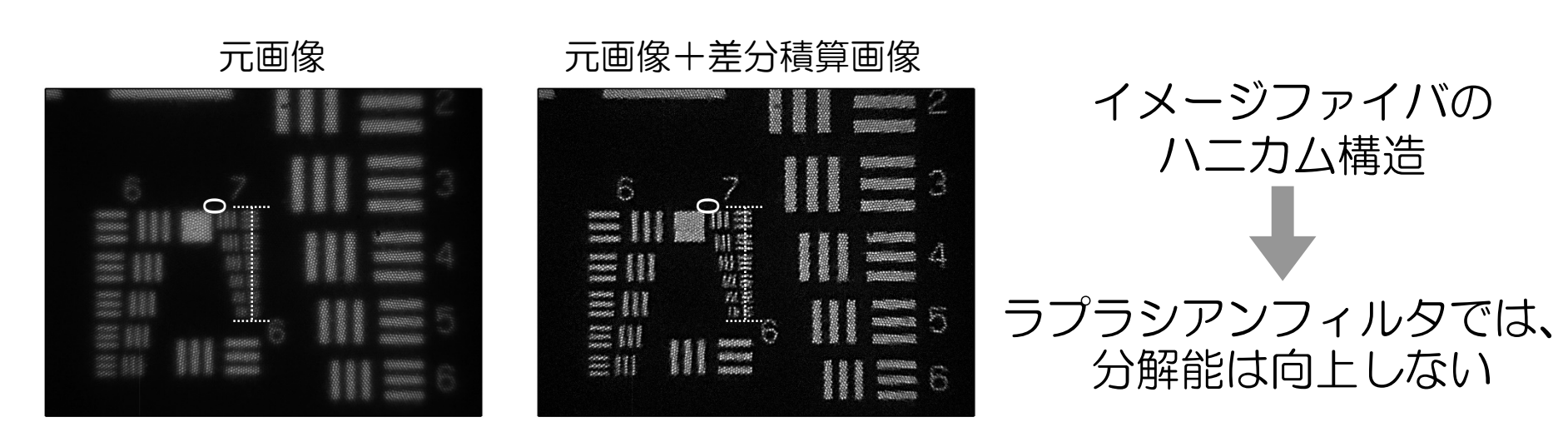
### 5. 分解能の評価

#### レンズ光学系



シフト量 3 μm → 約 25% の分解能の向上!

#### イメージファイバ光学系



シフト量 2 μm → 約 200% の分解能の向上!

### 6. まとめ

- 空間領域差分計測法によるイメージング手法
- 光学系に対して対象をシフトし、差分情報を取得
- いくつかの装置で分解能の向上を確認 (装置の空間分解能程度のシフトが最適)
- 画像処理(数値演算)では実現できない

本研究はJSPS科研費 21540316の助成を受けたものです。

本研究成果は特許出願中です。ご興味のある方は、

東京大学TLO

Tel: 03-5805-7661/ Mail: casti@casti.co.jp

へお問い合わせください。

