

入門 超解像処理アルゴリズム

超解像技術を用いた画像鮮明化
～ その原理からアルゴリズムの実戦的選択法まで

篠原修二

1. なぜ／どうやれば画像を鮮明化・高解像度化ができるのか

- (1) 超解像とは？
- (2) 画像劣化の要因と超解像
- (3) 超解像における二つの技術: 高解像度化 (Image Registration) と高画質化 (Deblurring)
 - (3-1) Image Registrationとは
 - (3-2) Deblurringとは

2. 実現するための具体的アルゴリズムの紹介

- (1) Image Registrationアルゴリズム
 - (1-1) Lucas-Kanade法
 - (1-2) Phase Correlation法
- (2) Deblurringアルゴリズム
 - (2-1) Lucy Richardson法
 - (2-2) Iterative Back Projection法
 - (2-3) Bilateral Total Variation法

3. 処理例と各アルゴリズムの長所短所

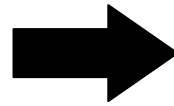
- (1) Image Registration
 - (1-1) 大きい平行移動の場合
 - (1-2) 回転+拡大・縮小の場合
 - (1-3) Affine変換の場合
 - (1-4) 一部のみ変化する場合
 - (1-5) Elasticな変形の場合
 - (1-6) 曲面による歪みがある場合
 - (1-7) まとめ: 各手法の長所と短所
- (2) Deblurring
 - (2-1) ノイズなしの場合
 - (2-2) ノイズありの場合
 - (2-3) まとめ: 各手法の長所と短所

4. 今後の課題と文献紹介

超解像とは？



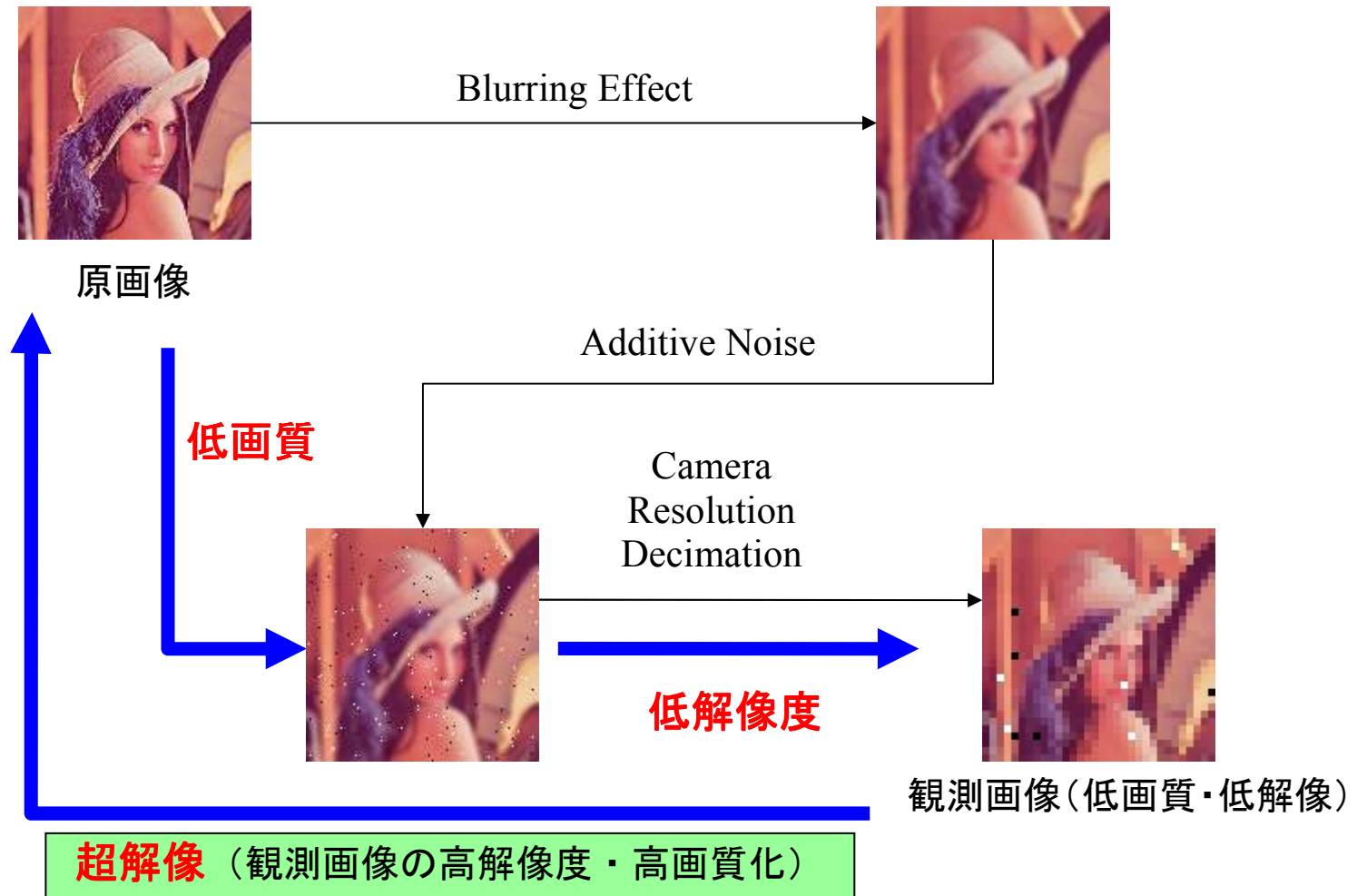
Low-Resolution(LR) images



High-Resolution(HR) image

ビデオなどから得られた複数枚の低解像度画像を用いて一枚の鮮明な高解像度画像を作成すること

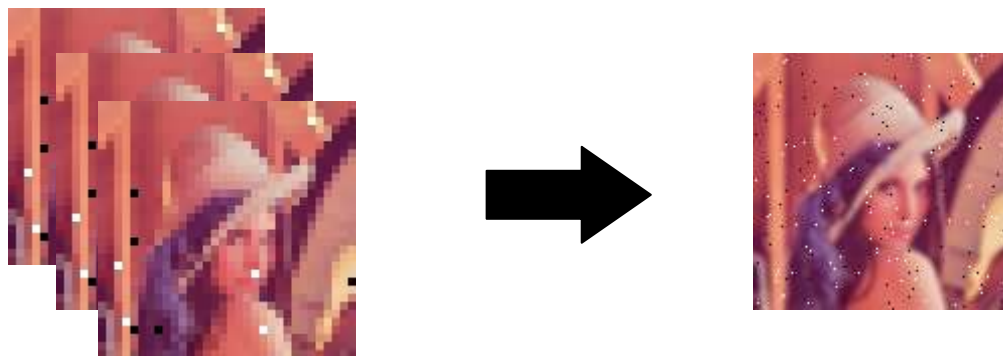
画像劣化の要因と超解像



超解像における二つの技術： 高解像度化と高画質化

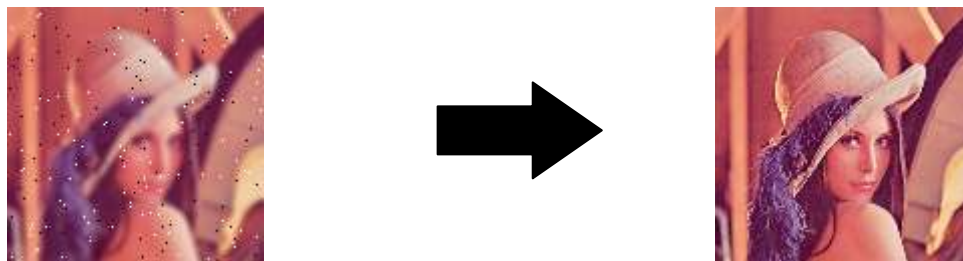
1. Image Registration(高解像度化)

変形/移動する被写体を捉えた複数枚の画像を重ね合わせることで、1枚の高解像度画像を作成

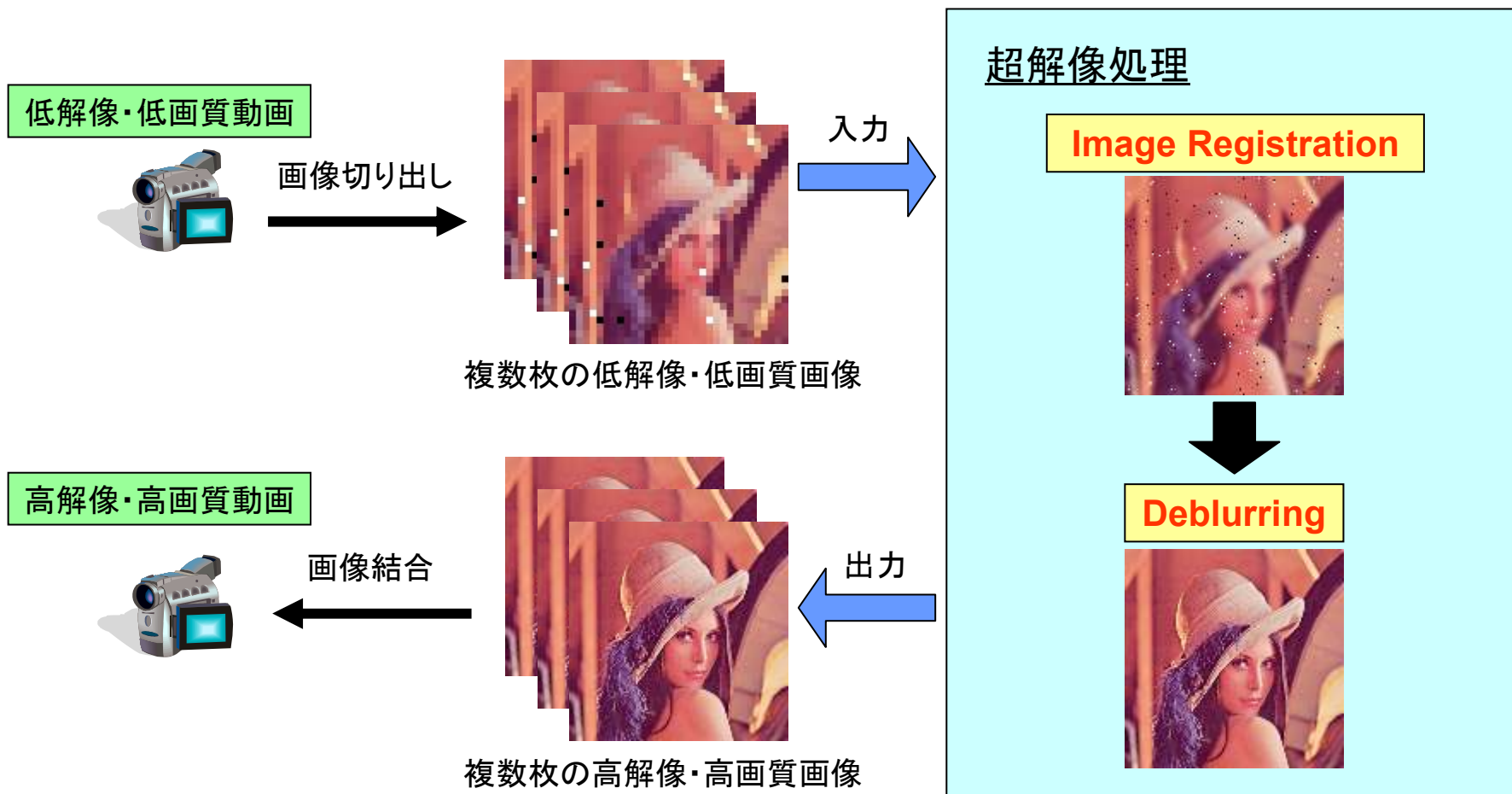


2. Deblurring(高画質化)

ピンぼけ、手ぶれ、被写体ぶれ、ノイズなどによって生じた画質の劣化を復元



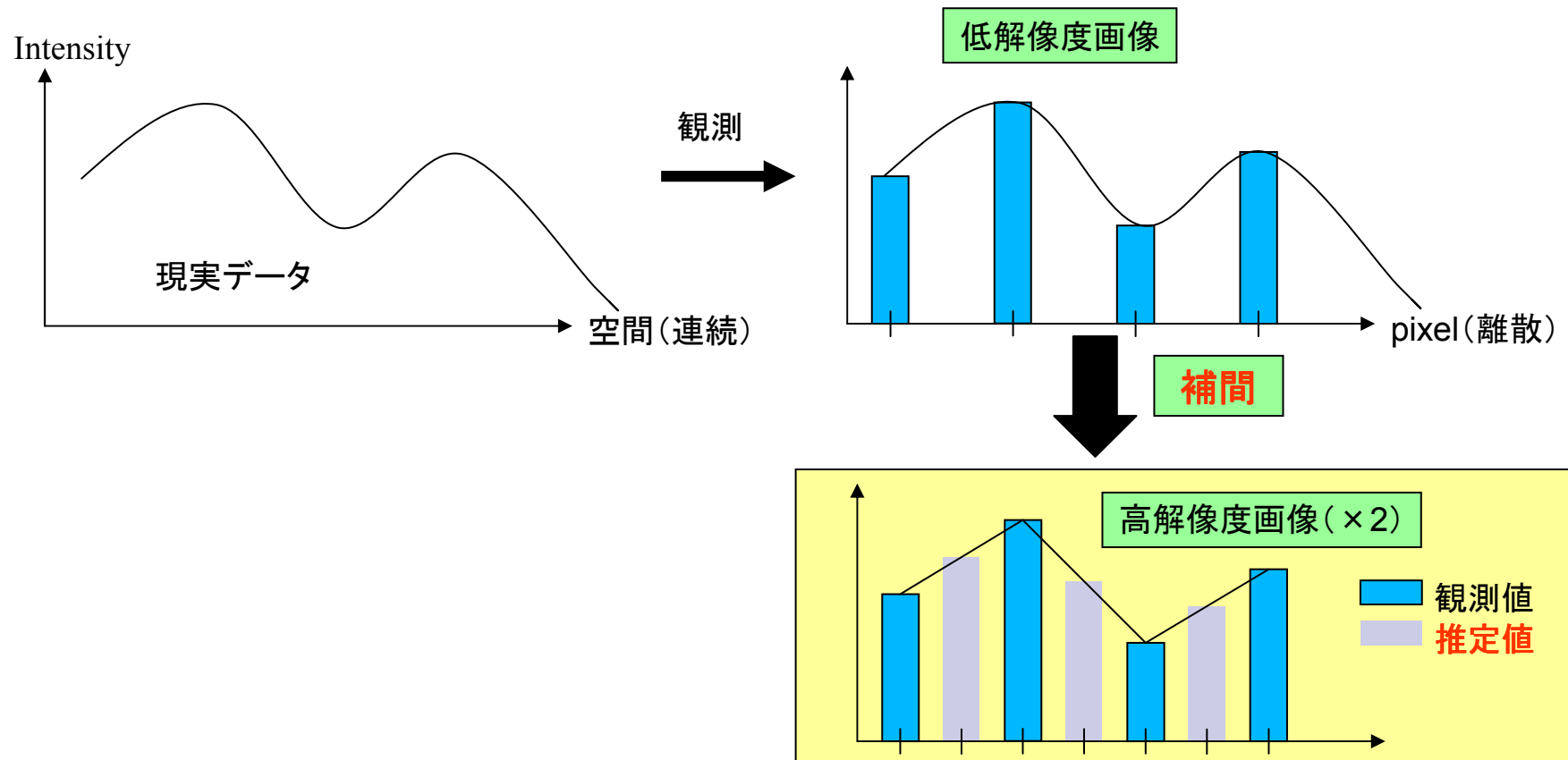
超解像処理を用いてできること



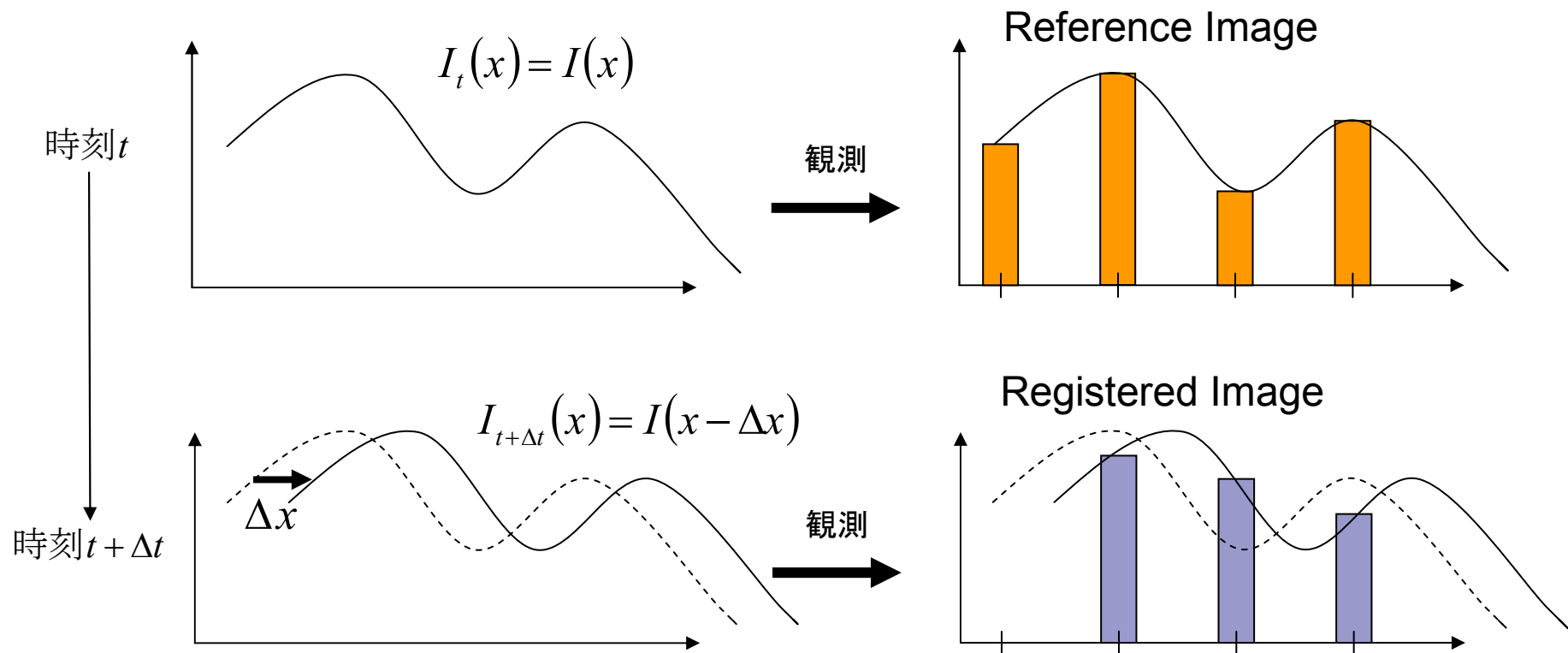
切り出し区間をずらしていき、高解像・高画質動画の作成が可能

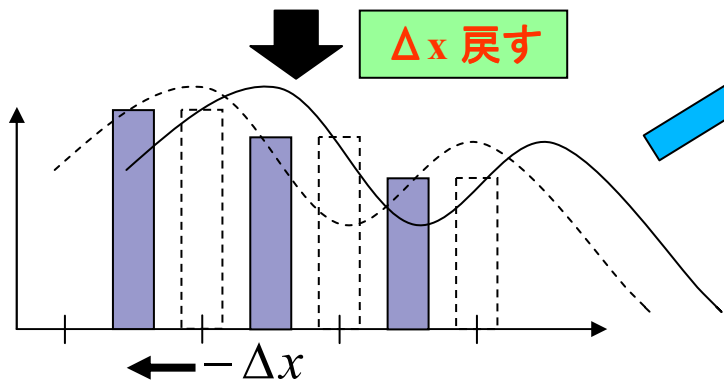
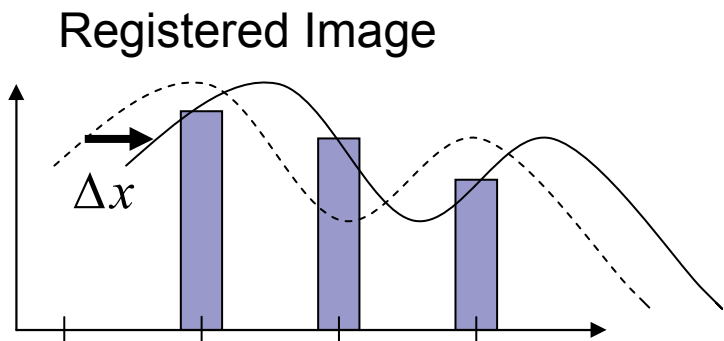
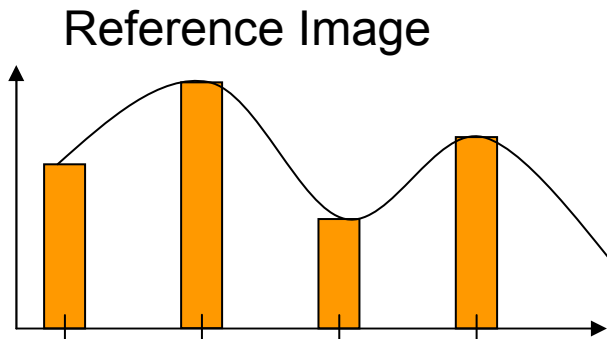
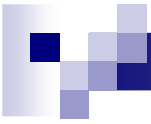
Image Registrationとは

1枚の入力画像の場合 (補間)



2枚の入力画像の場合（Image Registration）





重ね合わせ

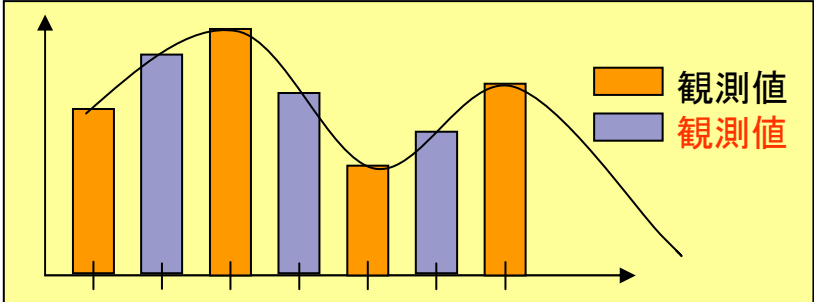
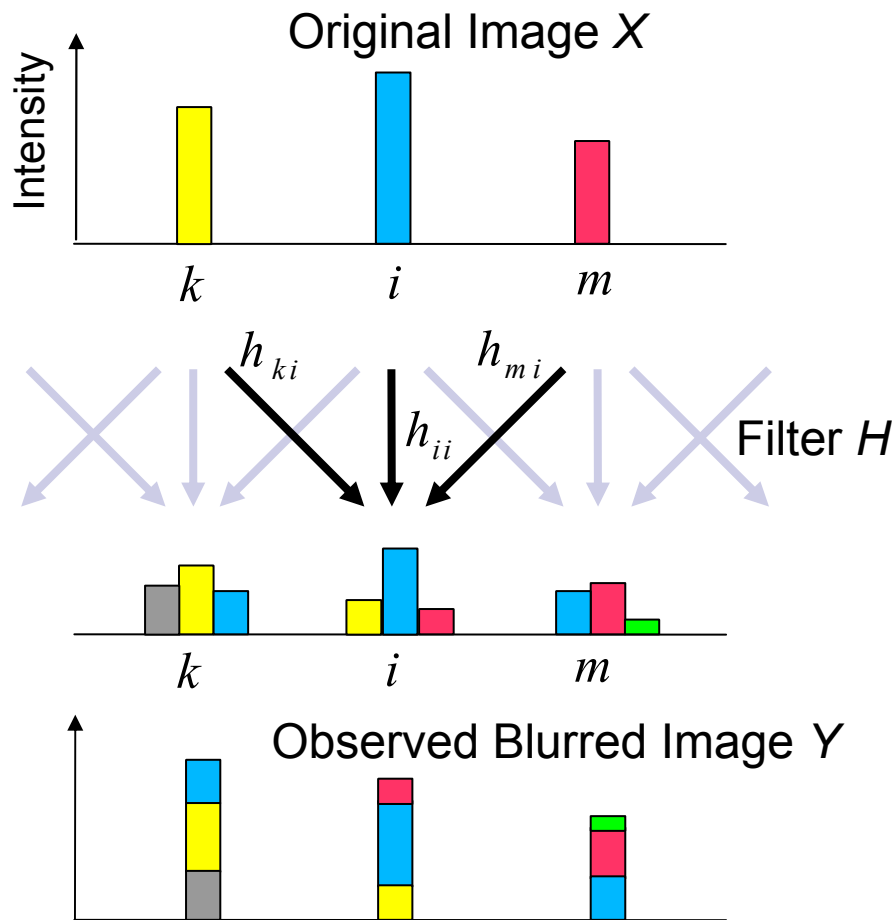


Image Registrationの課題
移動量を**実数レベル**で推定すること

Deblurringとは

Blurringのモデル



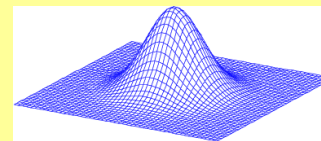
Convolution

$$Y = H * X$$

$$y_i = \sum_k h_{ki} x_k$$

$$\text{ただし、} \sum_k h_{ki} = \sum_i h_{ki} = 1$$

例: Gaussian Filter (2次元, $r=1$ の場合)

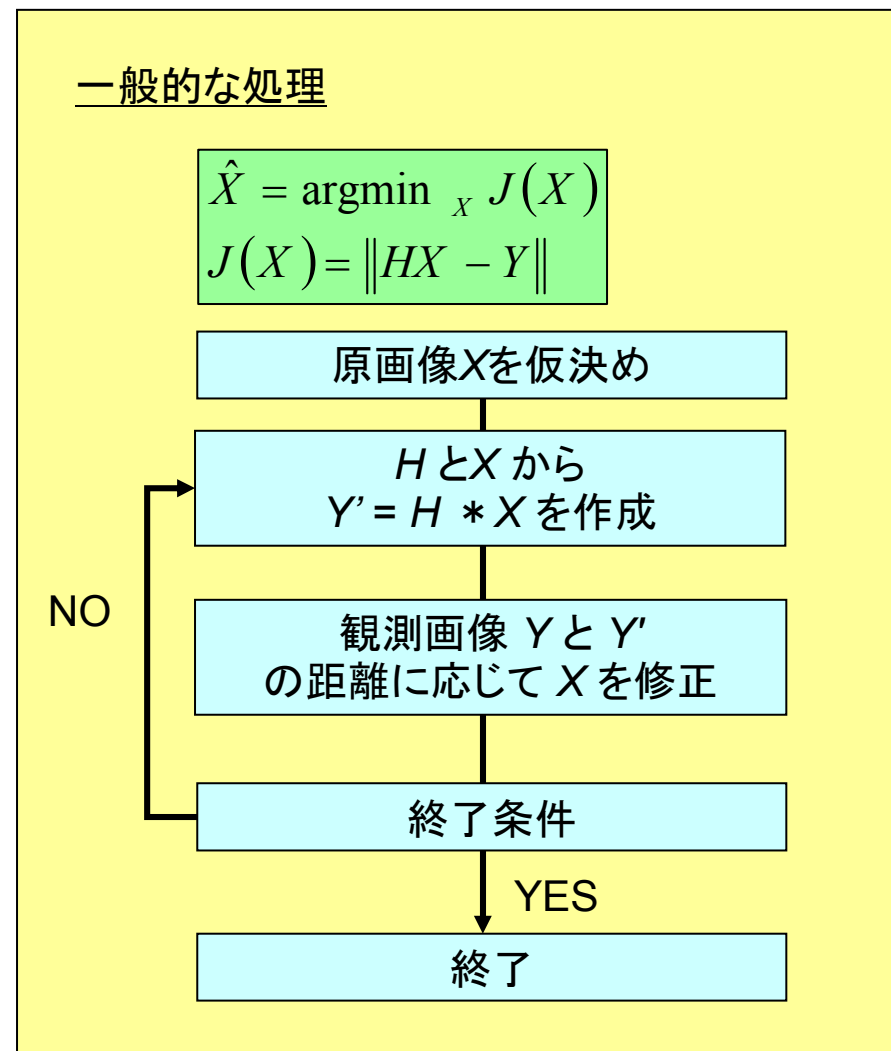
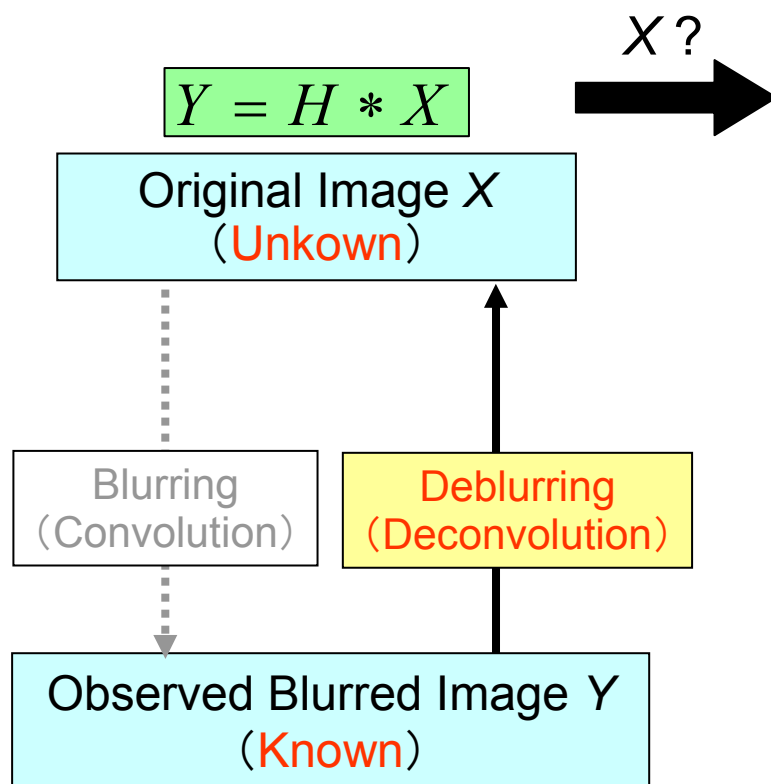


$$H = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 1 & 2 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \\ 2 \end{matrix} & \begin{matrix} 0.07 & 0.12 & 0.07 \\ 0.12 & 0.20 & 0.12 \\ 0.07 & 0.12 & 0.07 \end{matrix} \end{matrix}$$

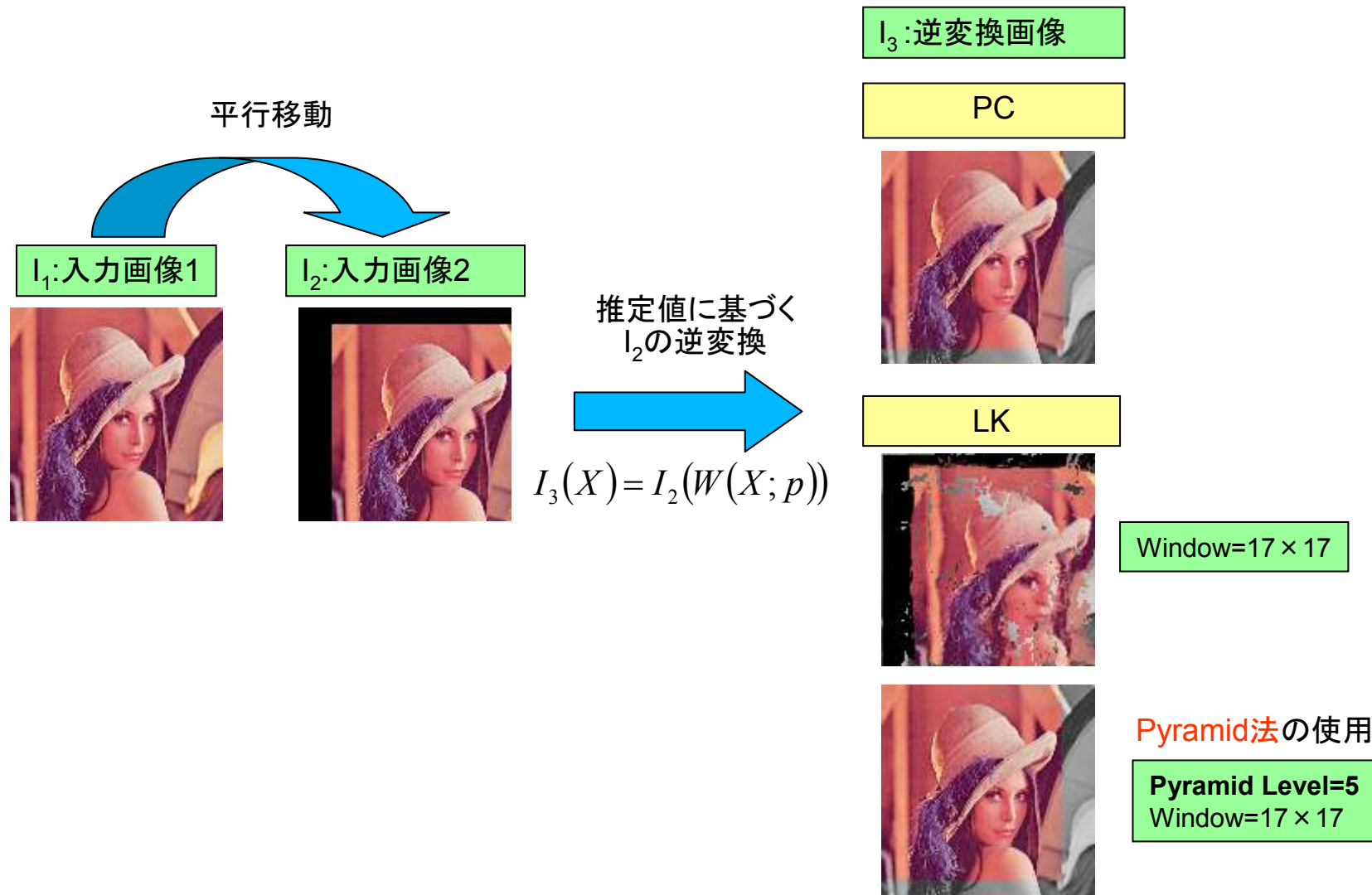
$$y(i, j) = (h * x)(i, j)$$

$$= \sum_{k=i-r}^{i+r} \sum_{l=j-r}^{j+r} h(k+r-i, l+r-j) x(k, l)$$

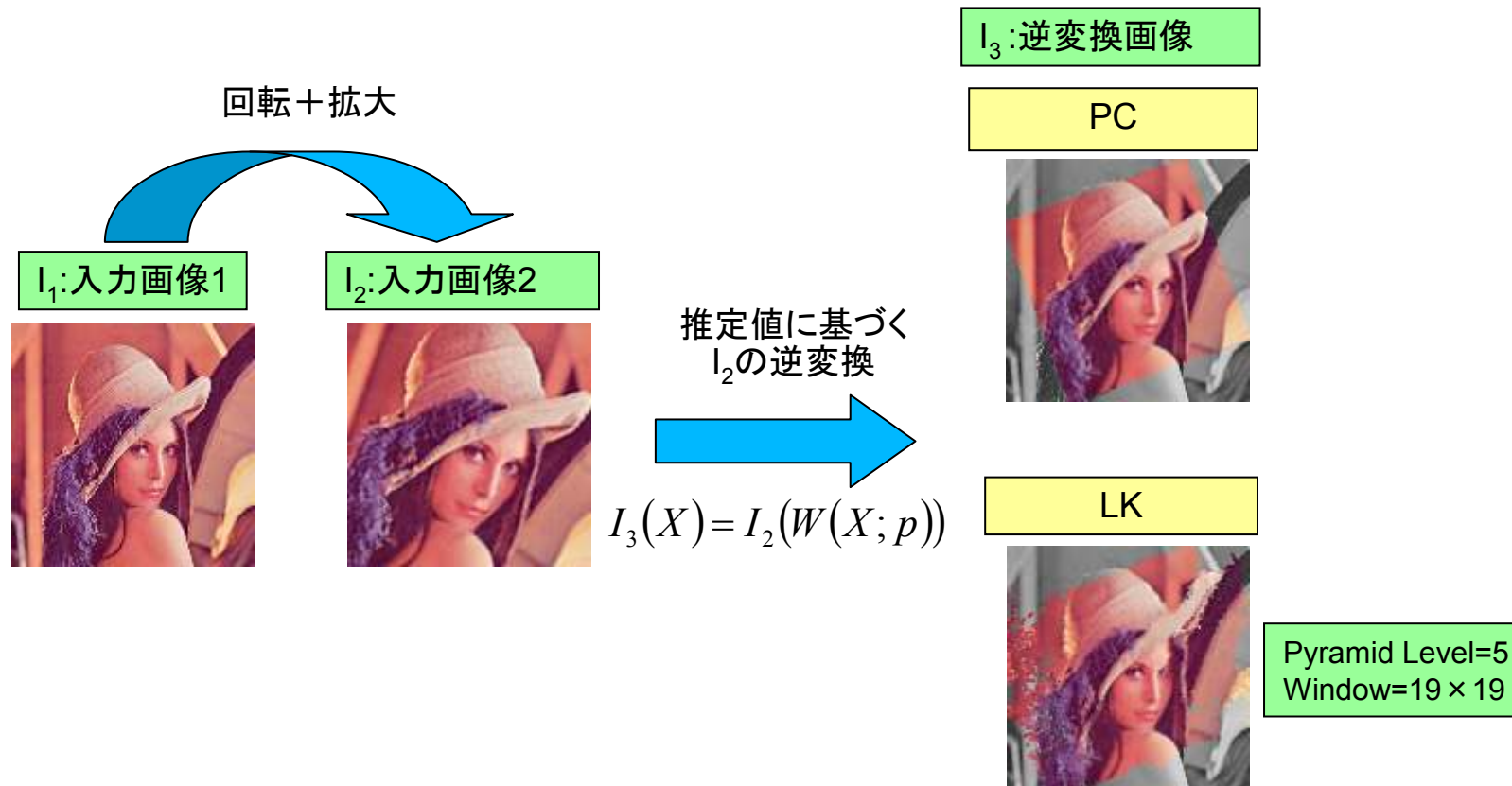
逆問題としてのDeblurring



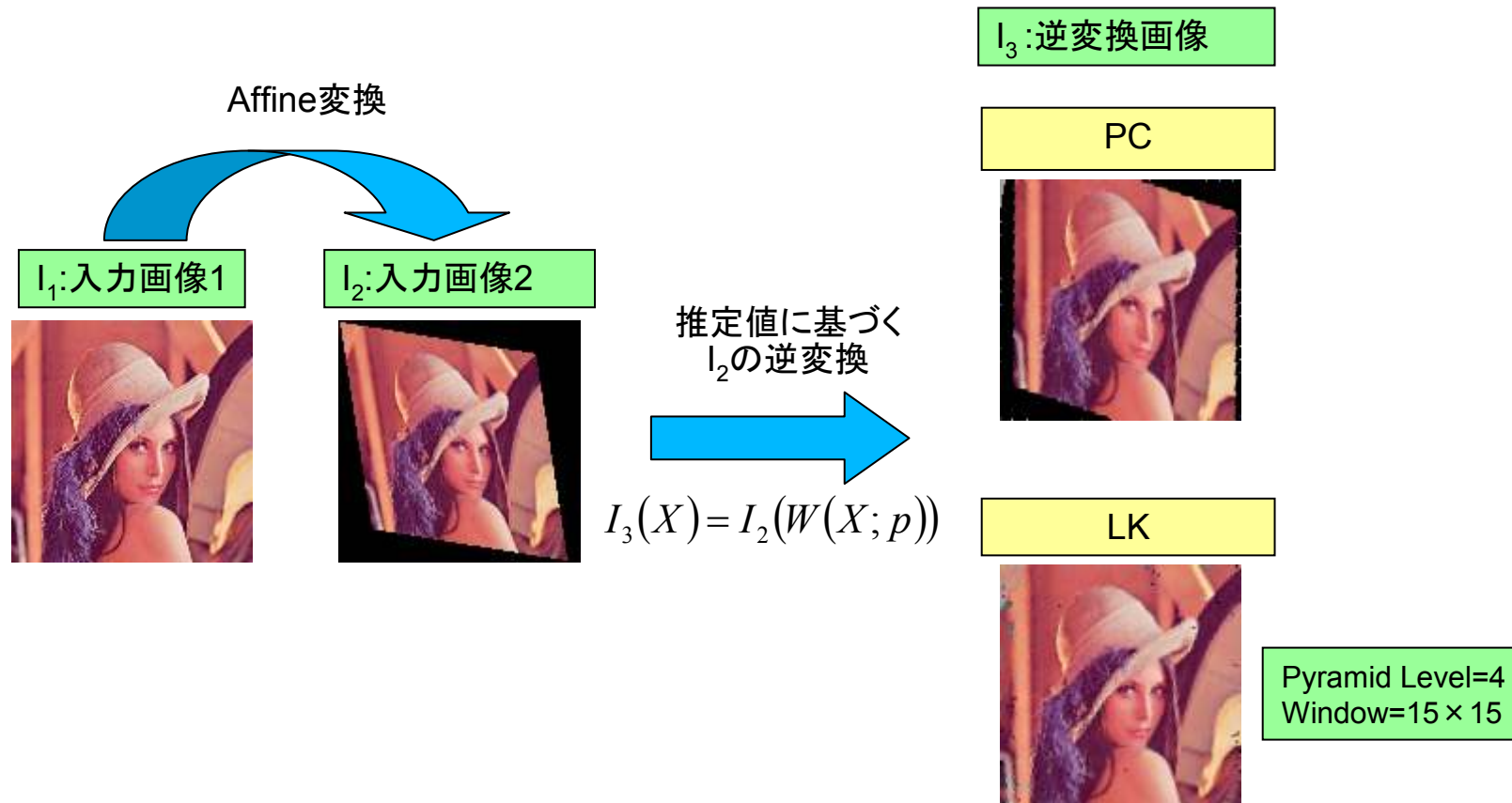
大きい平行移動の場合



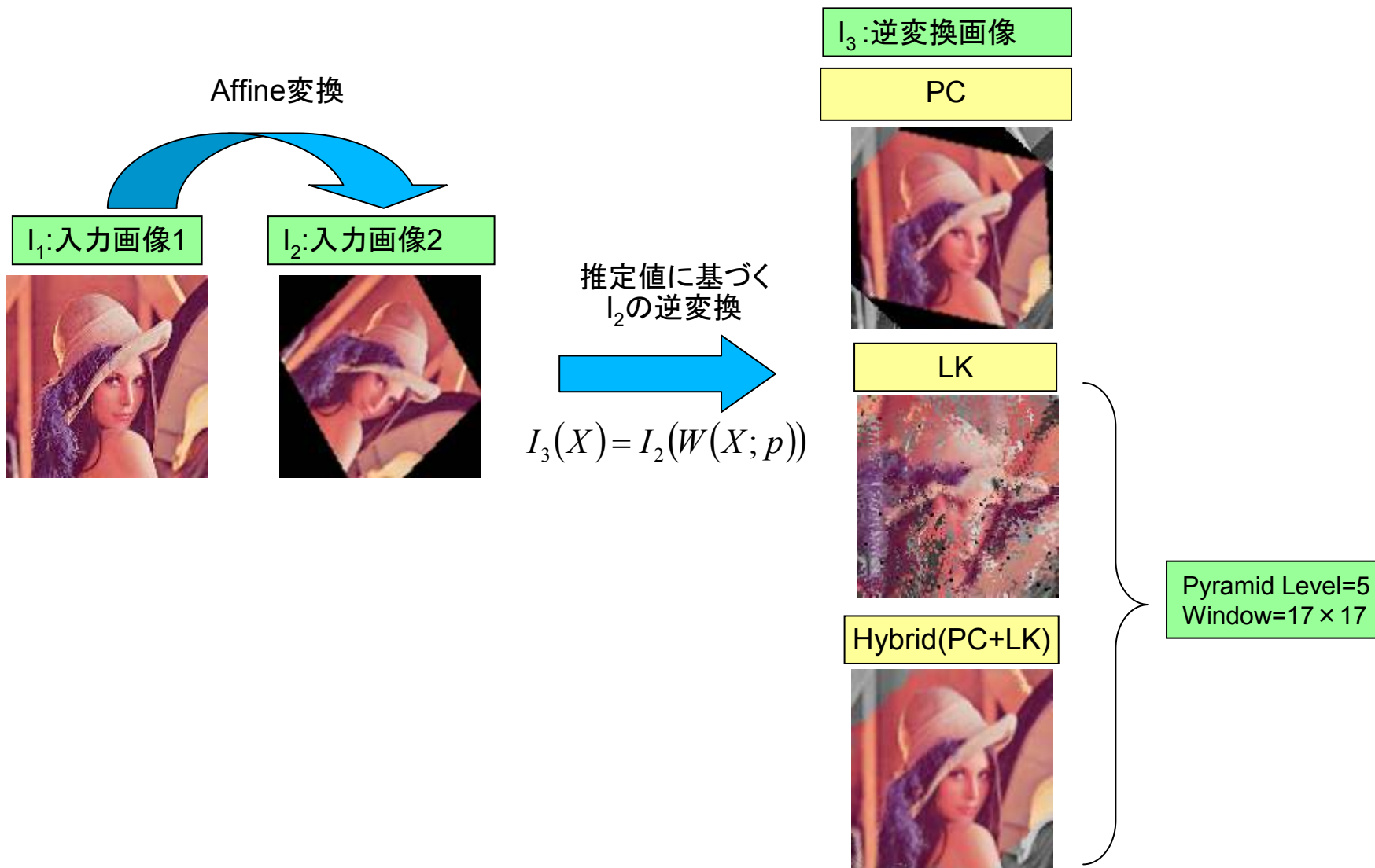
回転＋拡大・縮小の場合



Affine変換の場合



大きいAffine変換の場合



一部のみ変化する場合

I_1 : 入力画像1



I_2 : 入力画像2



推定値に基づく
 I_2 の逆変換



$$I_3(X) = I_2(W(X; p))$$

I_3 : 逆変換画像

PC

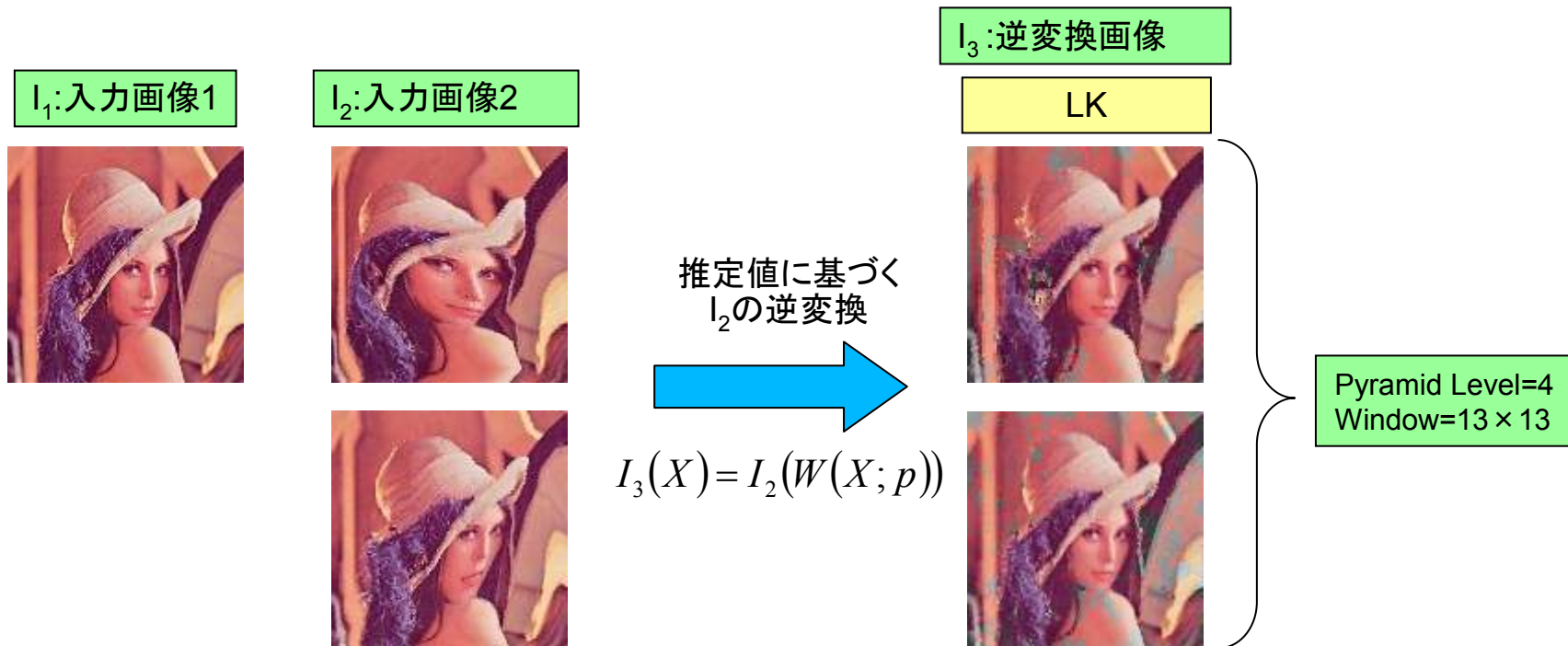


LK



Pyramid Level=5
Window=19 × 19

Elastic (nonrigid) な変形の場合



曲面による歪みがある場合



I_1 :入力画像1



I_2 :入力画像2



I_3 :逆変換画像

LK



推定値に基づく
 I_2 の逆変換



$$I_3(X) = I_2(W(X; p))$$

Pyramid Level=5
Window=17 × 17



I_1 : 入力画像1



I_2 : 入力画像2



推定値に基づく
 I_2 の逆変換



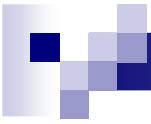
$$I_3(X) = I_2(W(X; p))$$

I_3 : 逆変換画像

LK



Pyramid Level=5
Window=15 × 15



I_1 : 入力画像1



I_2 : 入力画像2



推定値に基づく
 I_2 の逆変換



$$I_3(X) = I_2(W(X; p))$$

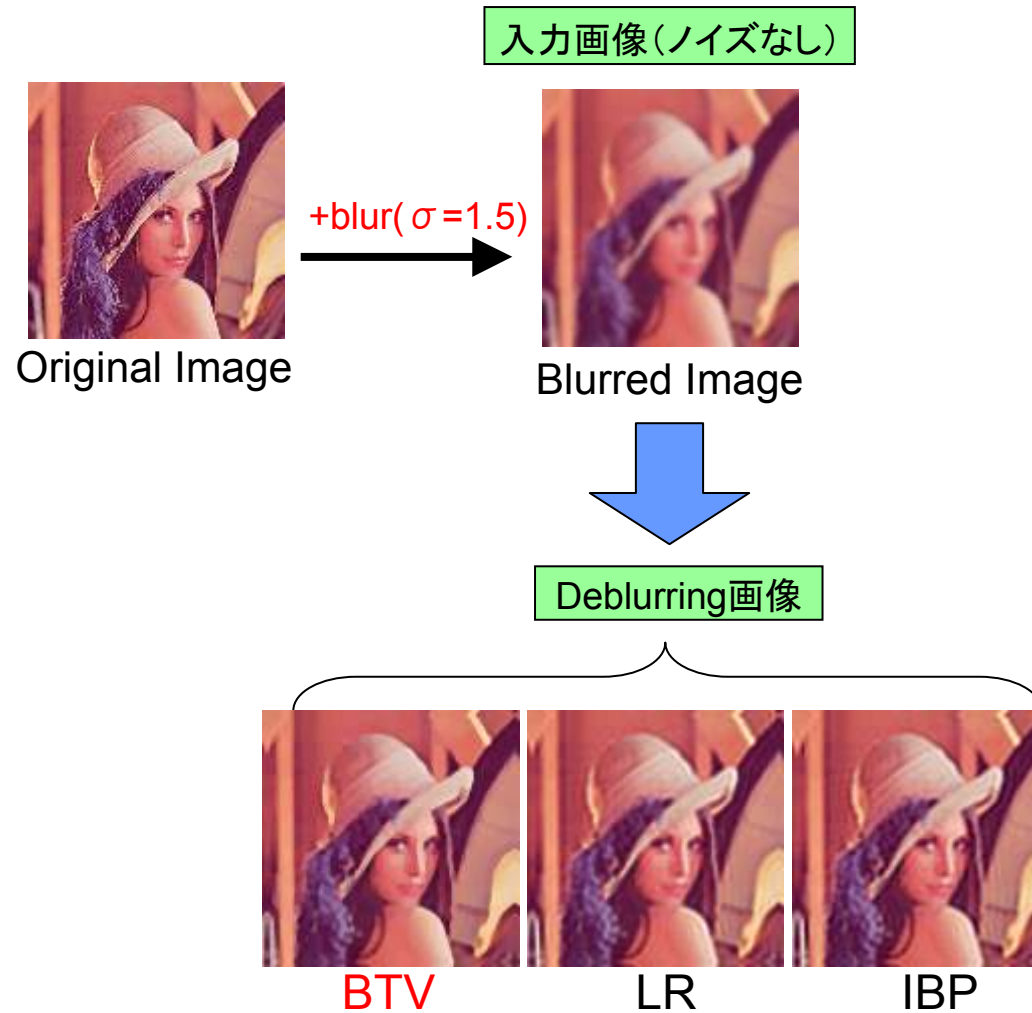
I_3 : 逆変換画像

LK

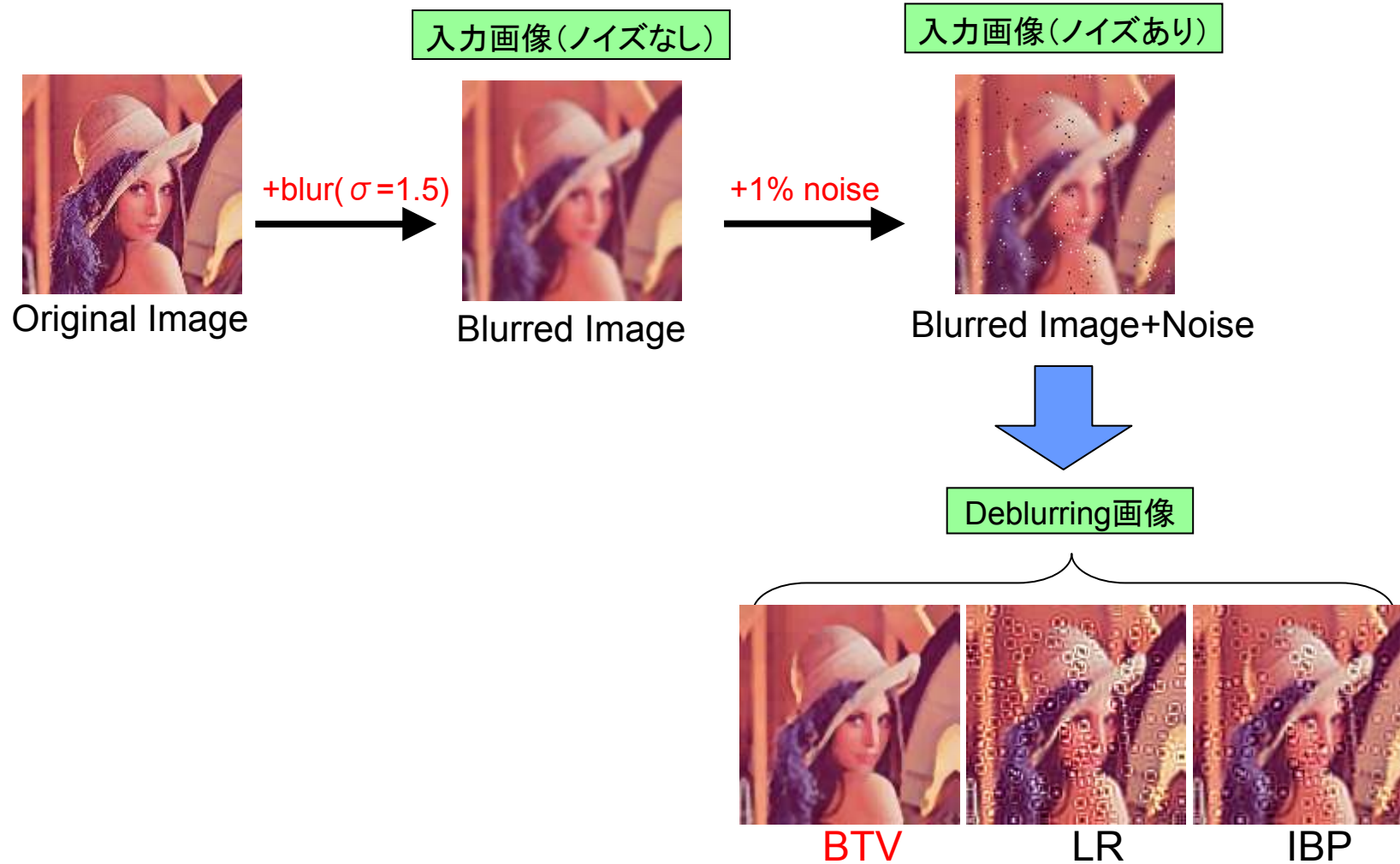


Pyramid Level=5
Window=15 × 15

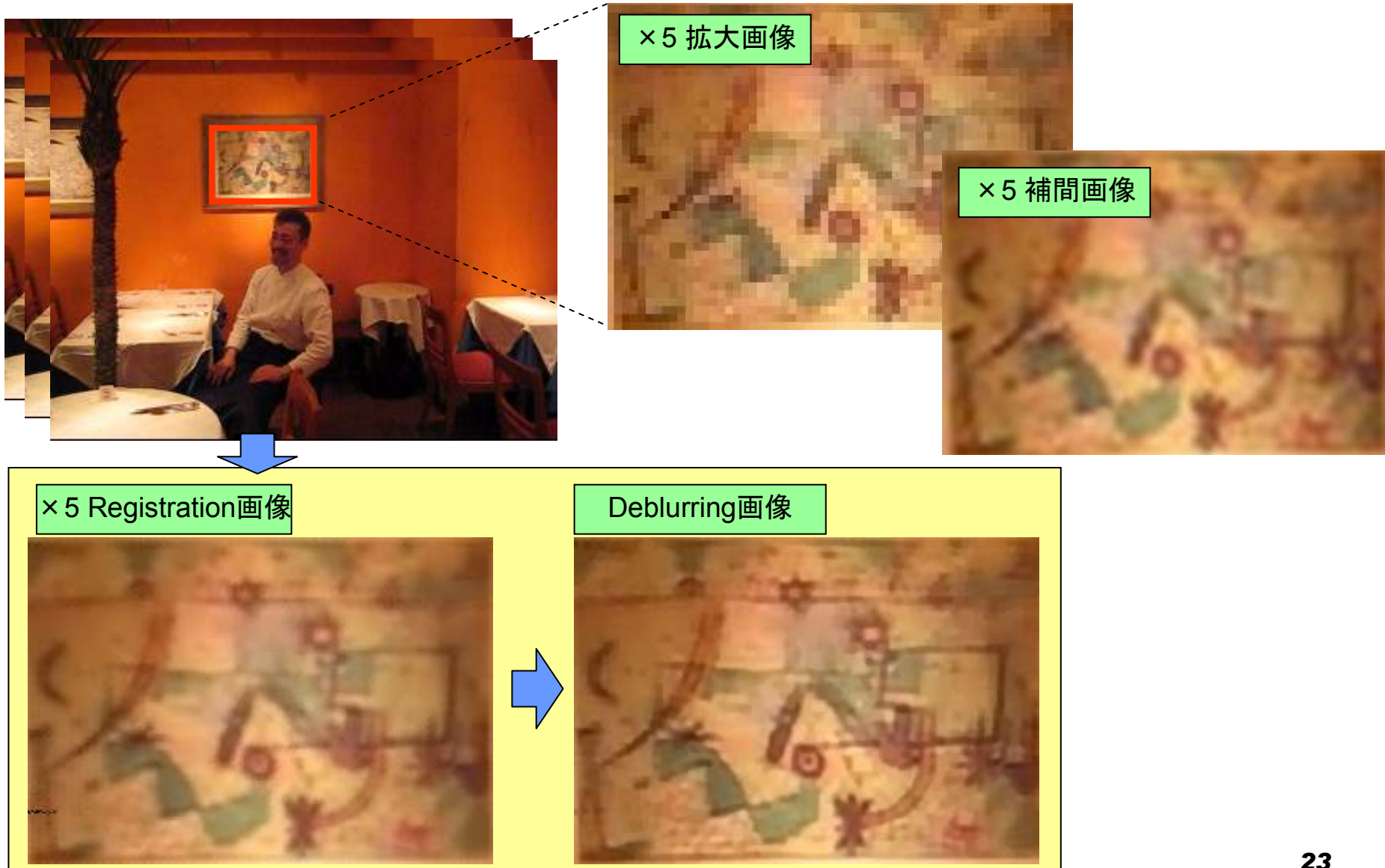
ノイズなしの場合



ノイズありの場合



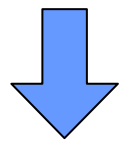
対象固定カメラ移動の場合



対象固定カメラ移動の場合

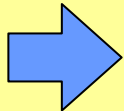
×5 拡大画像

×5 補間画像



×5 Registration画像

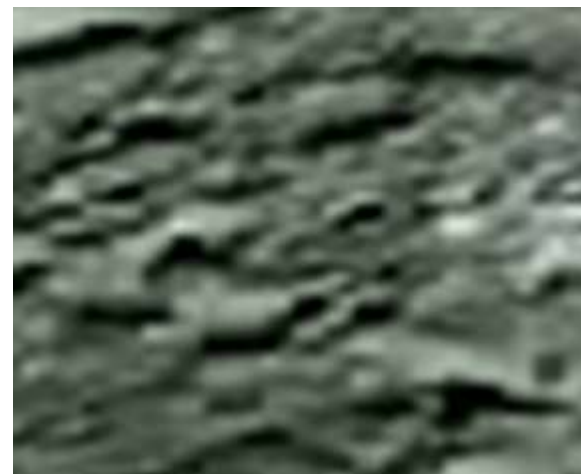
Deblurring画像



対象固定カメラ移動(歪みあり)の場合

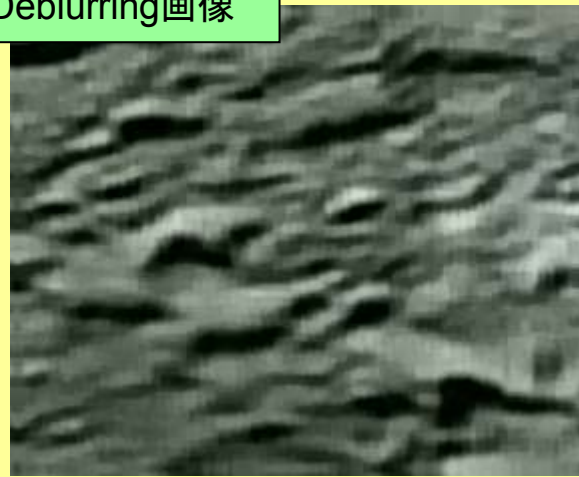
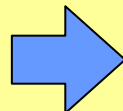
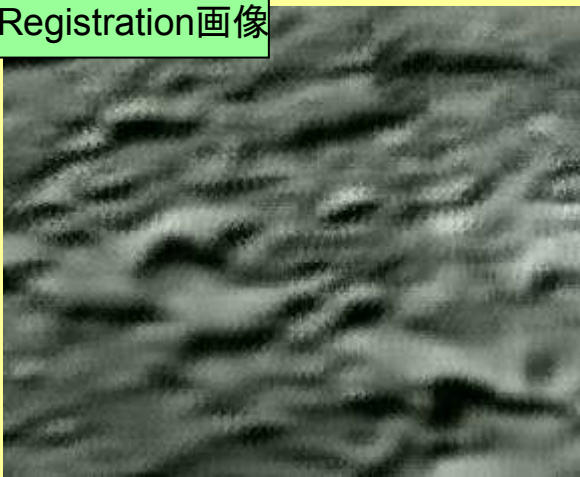
×5 拡大画像

×5 補間画像

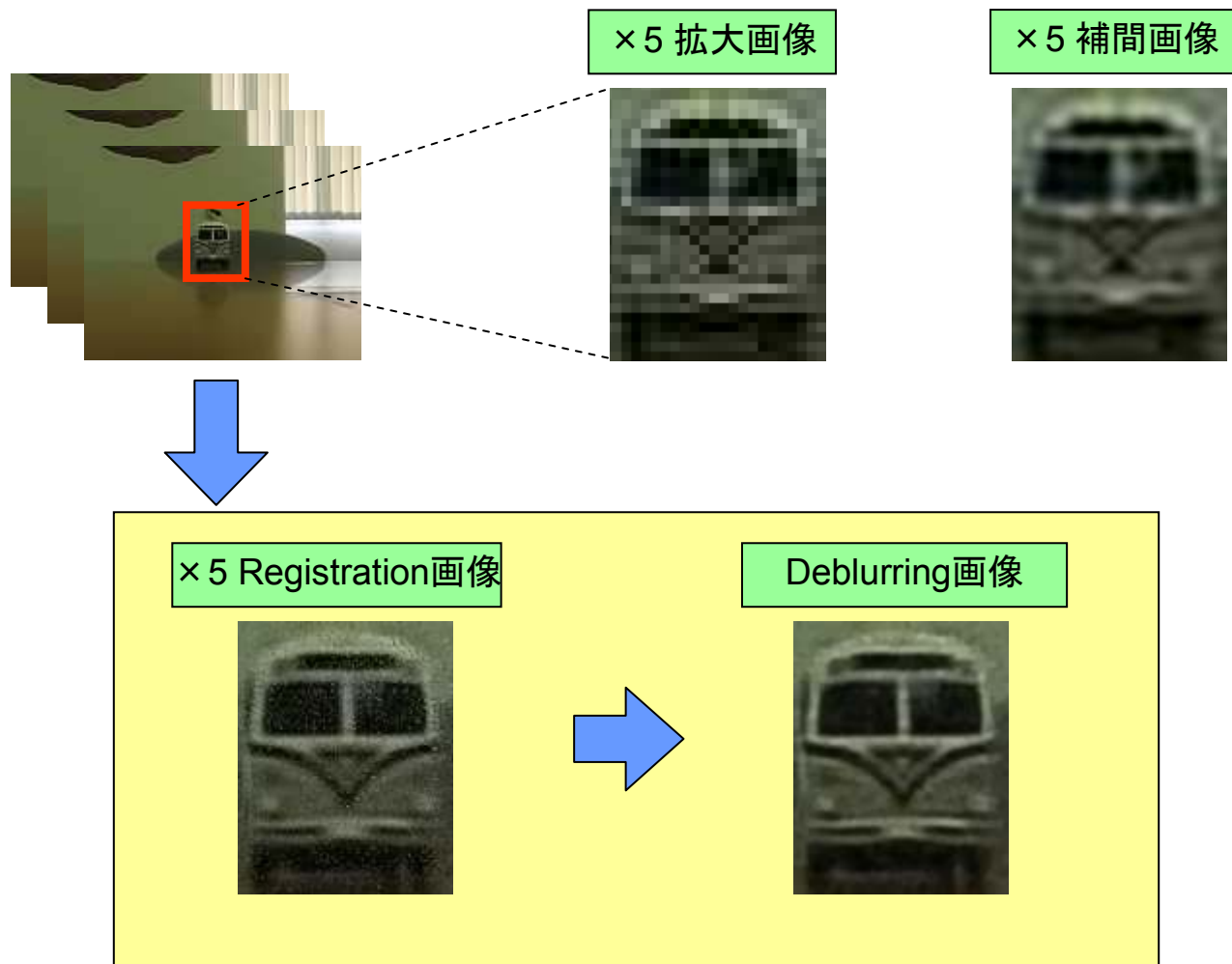


×5 Registration画像

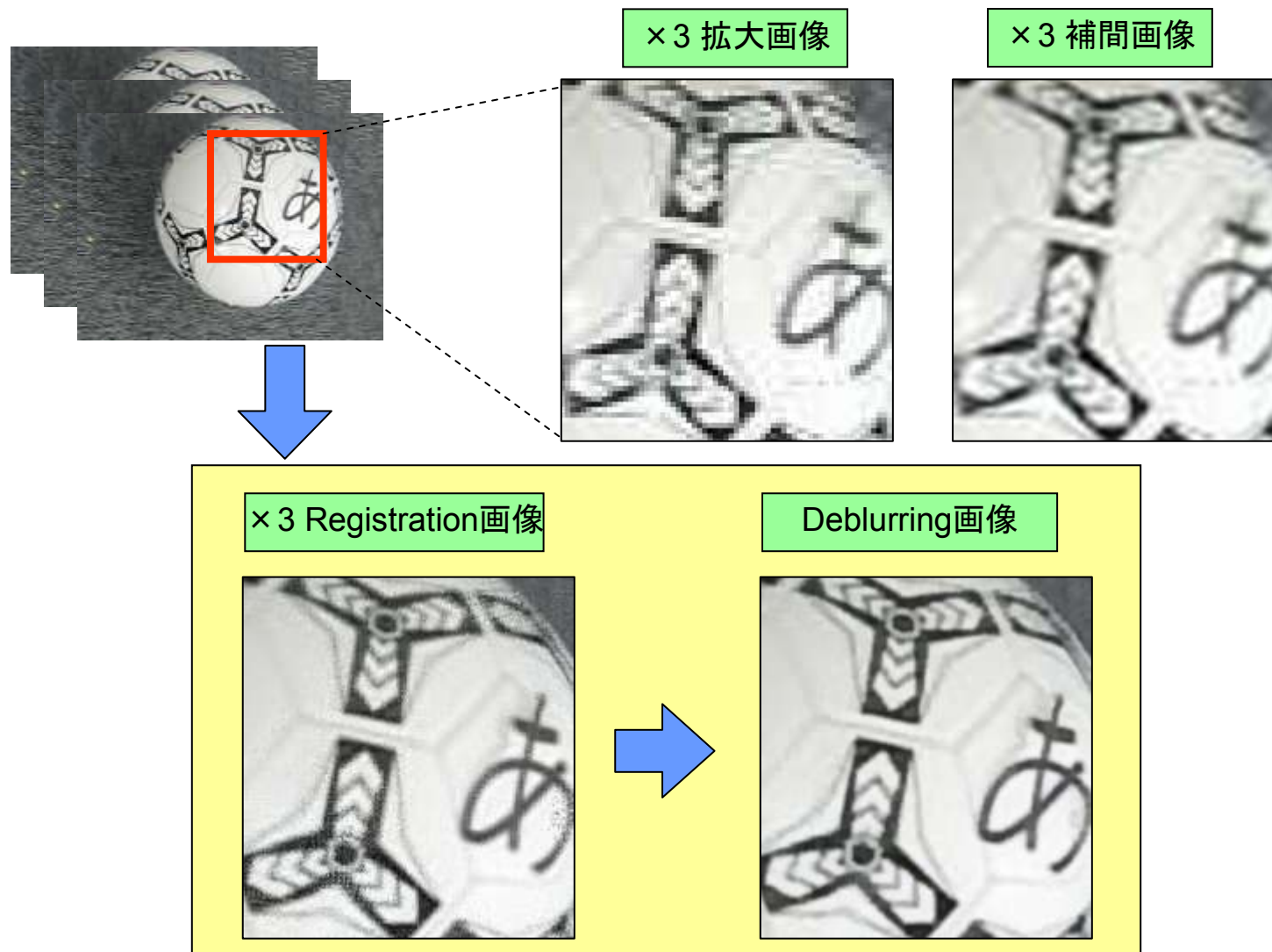
Deblurring画像



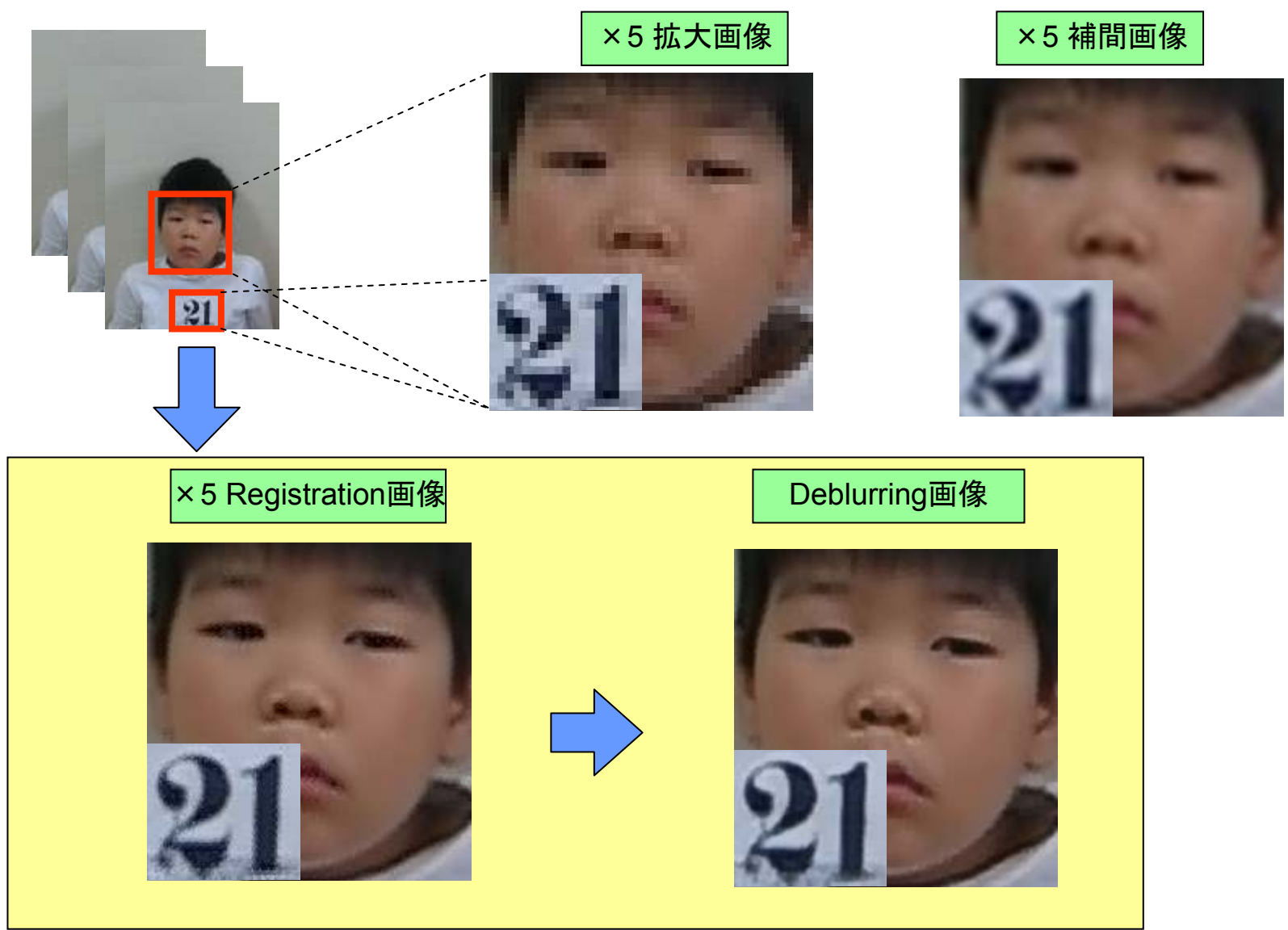
カメラ固定対象移動(車前進)の場合



カメラ固定対象移動(ボール回転)の場合

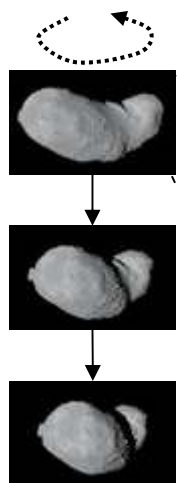


対象・カメラ移動の場合



小惑星画像

入力画像
(対象横回転)



拡大(×4)



超解像



拡大(×3)



超解像

