

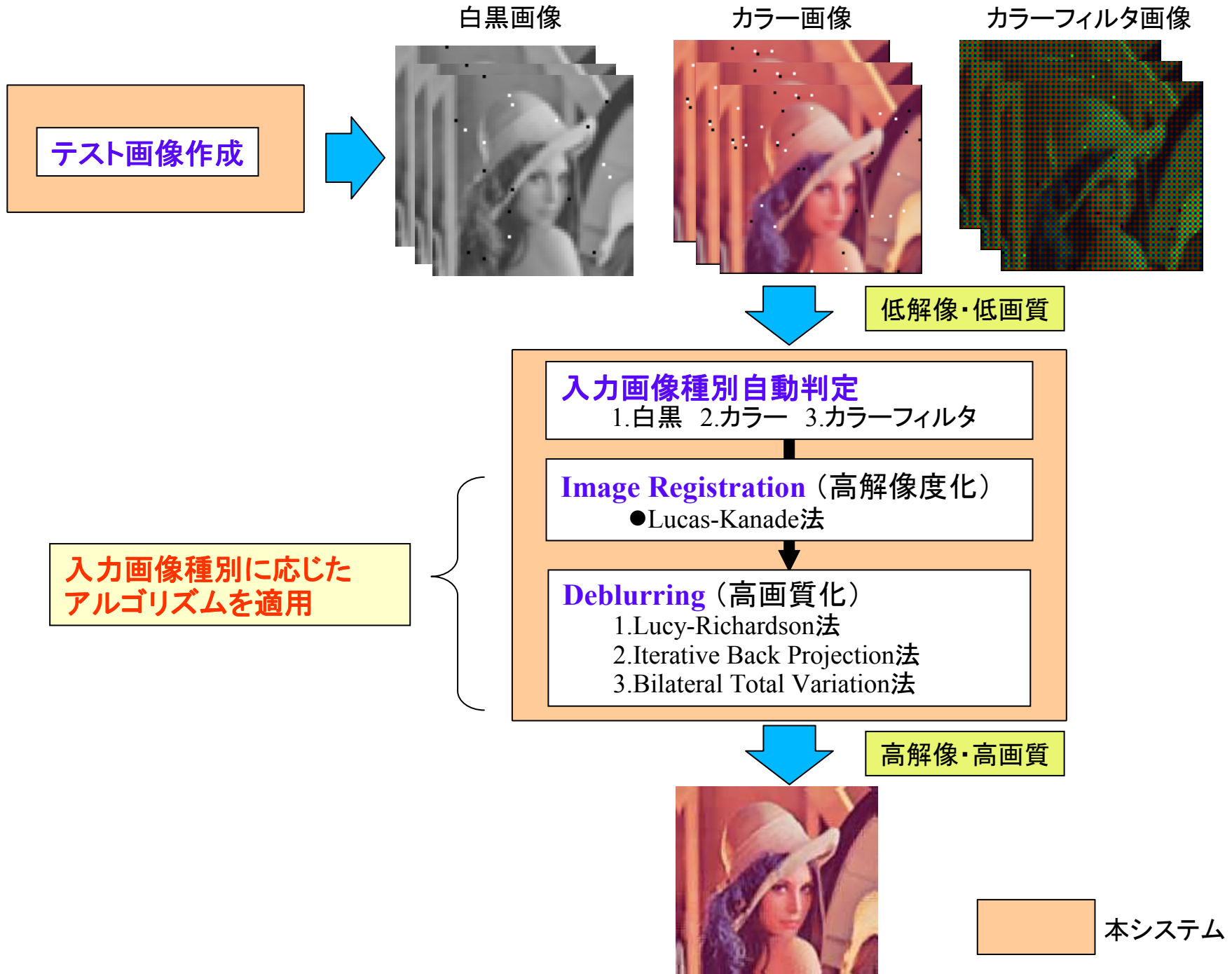
# カラーフィルタ対応超解像システムの開発

Advanced Algorithm & Systems

# システム概要

本システムの目的は、低解像・低画質の白黒画像およびカラー画像に対して超解像処理を行うことにより、高解像度・高画質画像を作成することである。本システムは、BayerFilterなどのカラーフィルタ処理を施された画像に対しても適用可能である。この意味で超解像機能とともにDemosaicing機能も有しているといえる。

# 処理概要



# メインフォーム画面 1/3

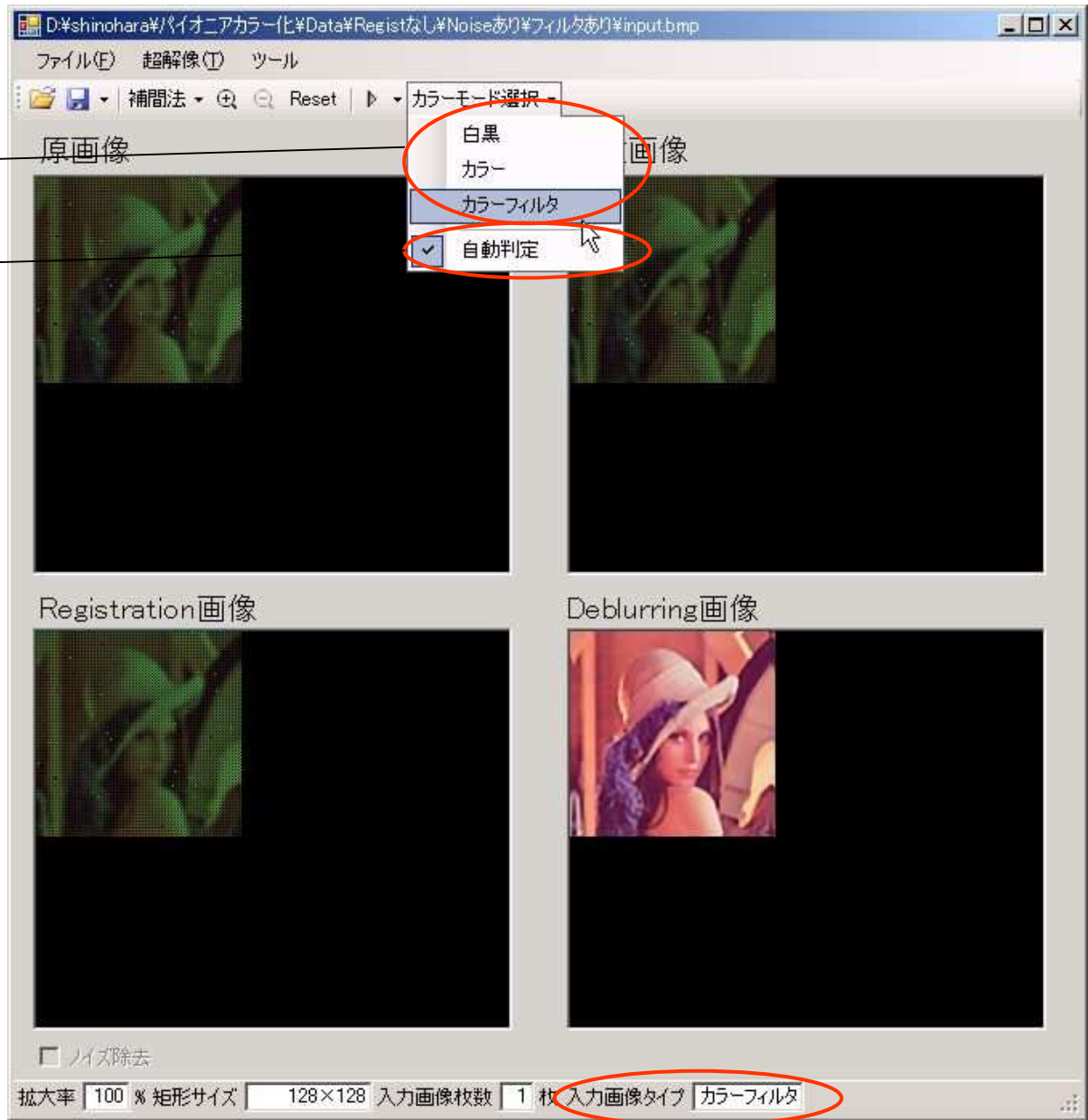
テスト画像作成画面立ち上げ



# メインフォーム画面 2/3

入力画像種別手動指定

入力画像種別自動判定



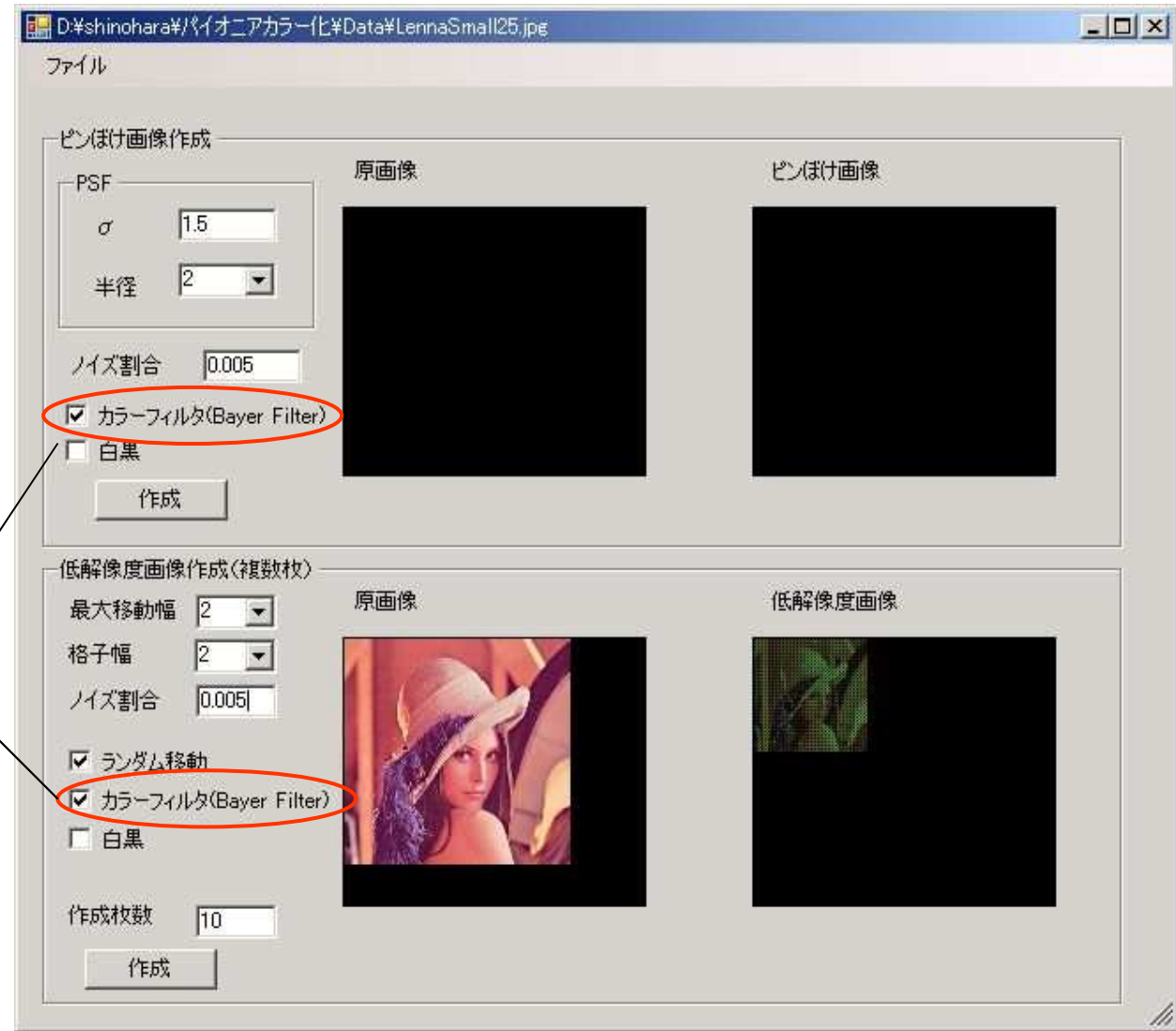
入力画像種別表示

# メインフォーム画面 3/3

超解像処理選択



# テストデータ作成画面



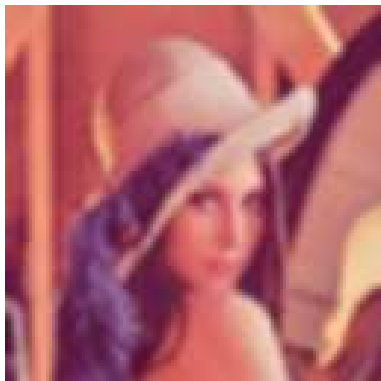
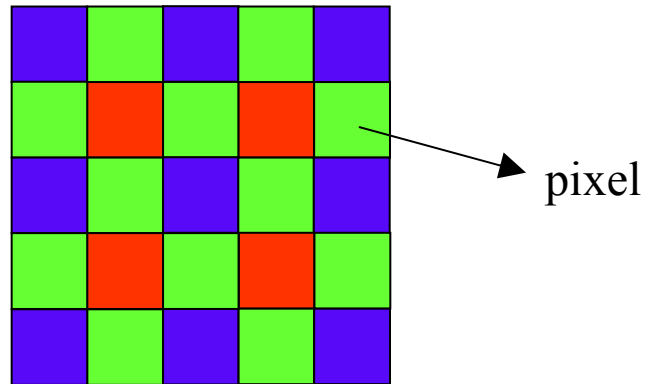
カラーフィルタ(BayerFilter)適用

# カラーフィルタ

## カラーフィルタ

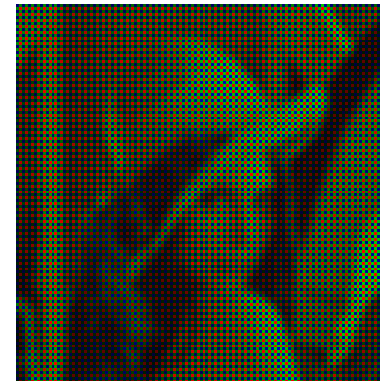
各pixel が, R,G,B成分の内どれか一つの値のみをもつようになるフィルタ.

### 例: Bayer Filter



Before

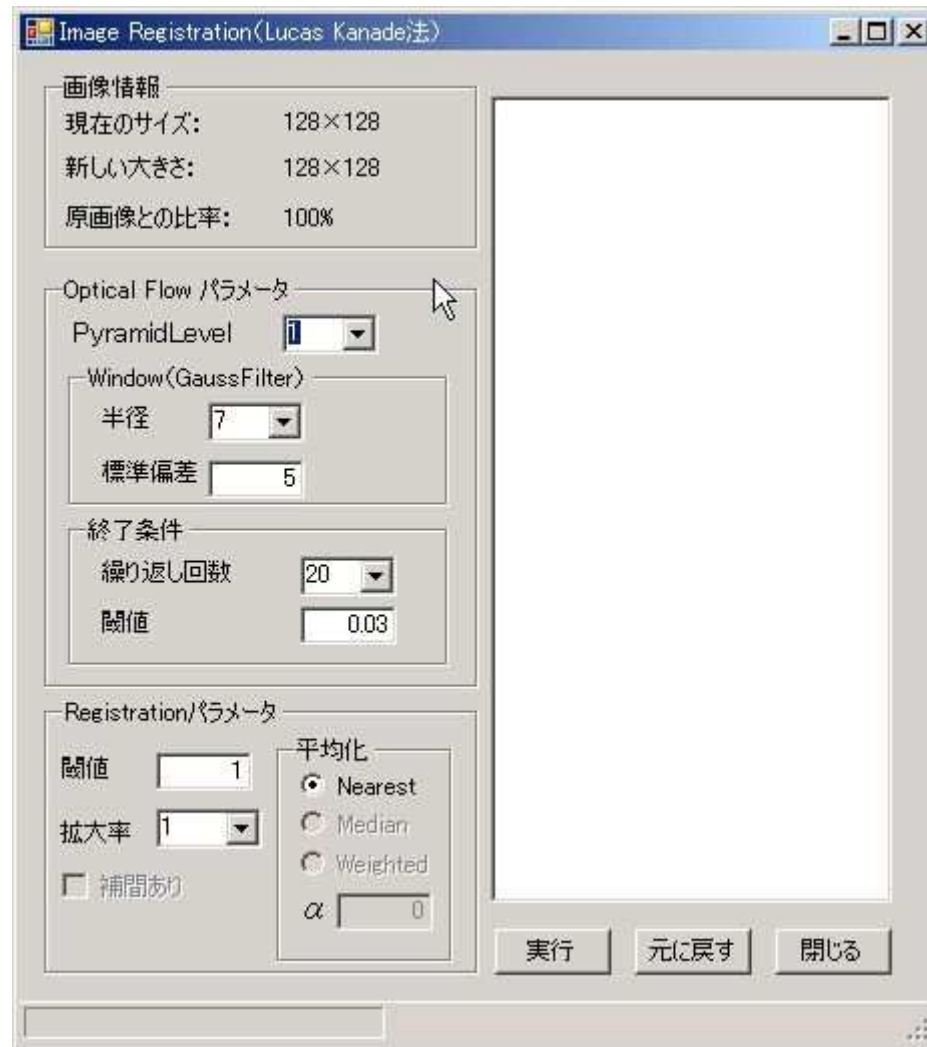
Bayer Filter



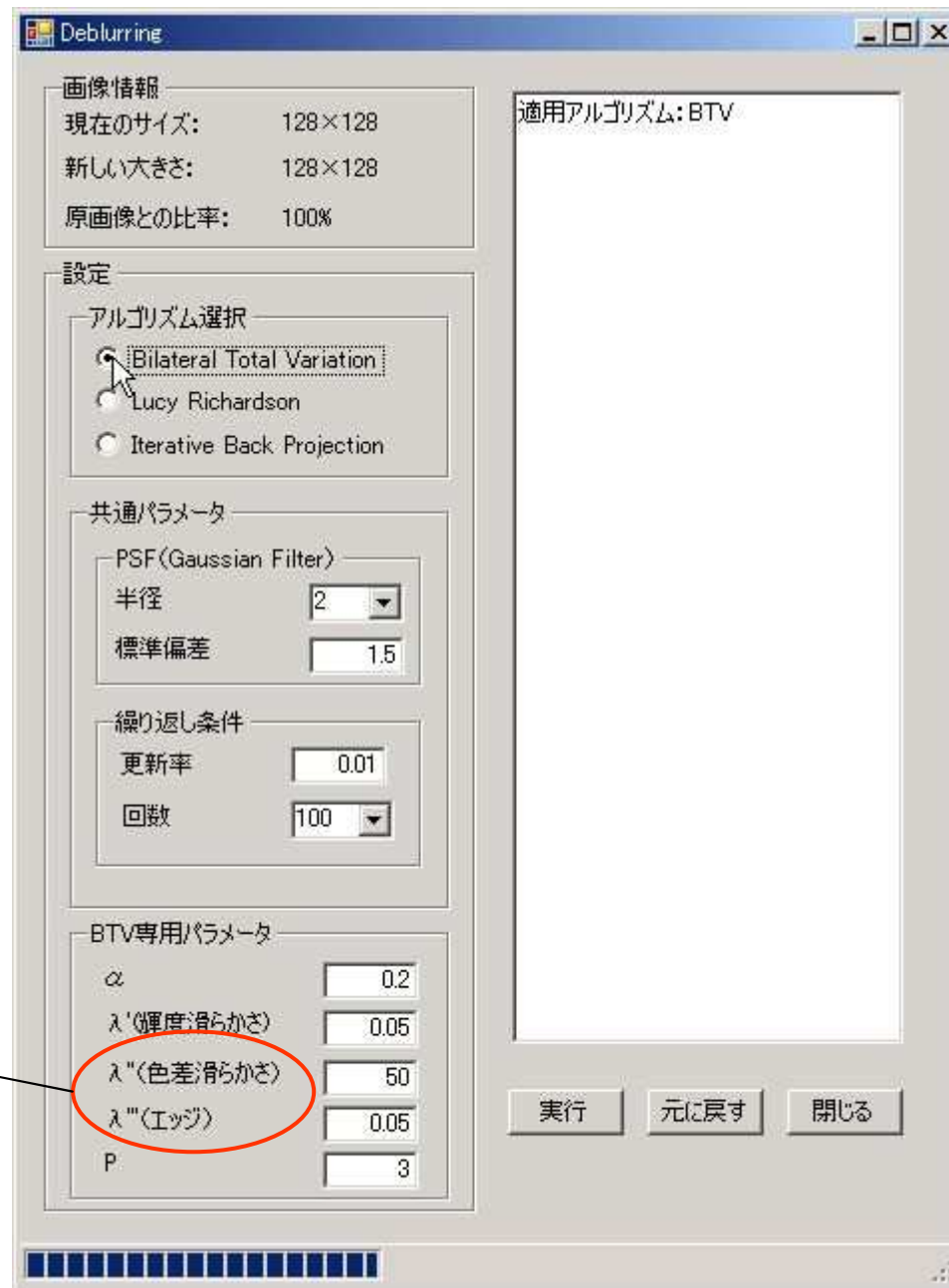
After



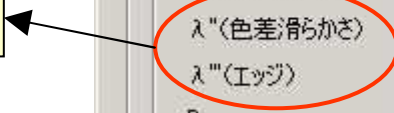
# Image Registration画面



# Deblurring画面



カラー化対応用パラメータ



# カラー化対応Deblurringアルゴリズム 1/3

- カラー化対応アルゴリズムとして3種の方法を実装.
  - ⇒ Lucy-Richardson法
  - ⇒ Iterative Back Projection法
  - ⇒ Bilateral Total Variation法
- Bayer Filterだけでなく**任意のカラーフィルタ**に適用可能.
- アルゴリズムを適用するためには, 入力がピンボケ画像である必要がある.

# カラー化対応Deblurringアルゴリズム 2/3

## Bilateral Total Variation

$$\hat{X} = \text{ArgMin}_X [(J_0(X) + \underbrace{\lambda' J_1(X) + \lambda'' J_2(X) + \lambda''' J_3(X)}_{\text{Regularization項}})]$$

ただし

**Regularization項**

$$J_0(X) = \sum_{i=R,G,B} \|A_i(HX_i - Y_i)\|_1$$

$$J_1(X) = \sum_{l=-P}^P \sum_{m=-P}^P \alpha^{|m|+|l|} \|X_L - S_x^l S_y^m X_L\|_1$$

$$J_2(X) = \|\Lambda X_{C1}\|_2^2 + \|\Lambda X_{C2}\|_2^2$$

$$J_3(X) = \sum_{l=-1}^1 \sum_{m=-1}^1 \left[ \|X_G \otimes S_x^l S_y^m X_B - X_B \otimes S_x^l S_y^m X_G\|_2^2 + \|X_B \otimes S_x^l S_y^m X_R - X_R \otimes S_x^l S_y^m X_B\|_2^2 \right. \\ \left. + \|X_R \otimes S_x^l S_y^m X_G - X_G \otimes S_x^l S_y^m X_R\|_2^2 \right]$$

$J_0$ :  $X$ にBlurring処理( $H$ )を施した画像 $HX$ を観測画像 $Y$ に近づける項

$J_1$ :  $X$ の輝度を滑らかにする(ただしエッジは保存)項

$J_2$ :  $X$ の色差を滑らかにする項

$J_3$ :  $X$ のR,G,B各成分毎にエッジ方向を揃える項

# カラー化対応Deblurringアルゴリズム 3/3

## Bilateral Total Variation

$Y_R, Y_G, Y_B$	Image Registration処理後画像のR,G,B成分
$X$	修正画像
$X_R, X_G, X_B$	修正画像のR,G,B成分
$A_i$	$Y_i$ に値が存在する時にのみ計算を行うようにするための対角行列
$S_x^l, S_y^m$	$x$ 方向に $l$ , $y$ 方向に $m$ 移動させるオペレータ
$\lambda', \lambda'', \lambda'''$	$J_1, J_2, J_3$ に対する重み付けパラメータ
$\alpha$	Bilateralフィルタに関するパラメータ
$\Lambda$	ラプラシアンフィルタ
$H$	ガウシアンフィルタ
$\otimes$	ベクトルの要素どうしを掛け合わせるオペレータ

$$X_L = 0.29891X_R + 0.58661X_G + 0.11448X_B \quad (\text{輝度: YIQのY})$$

$$X_{C1} = -0.16874X_R - 0.33126X_G + 0.5X_B \quad (\text{色差: YIQのI})$$

$$X_{C2} = 0.5X_R - 0.41869X_G - 0.0813X_B \quad (\text{色差: YIQのQ})$$

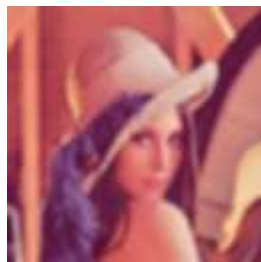
# 評価 (Deblurring) 1/2

Noiseなし



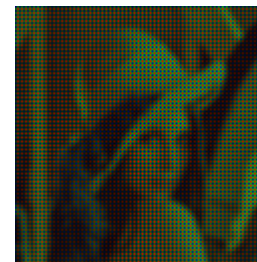
Original Image

Blurring  
→



Blurred Image

Color Filter  
→



Blurred + Filtered Image

↓ Deblurring



↓ Deblurring

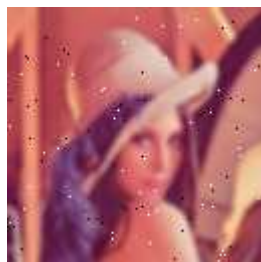


# 評価 (Deblurring) 2/2

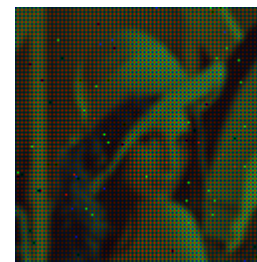
Noiseあり



Blurring  
→



Color Filter  
→



Original Image

Blurred Image

Blurred + Filtered Image

↓ Deblurring

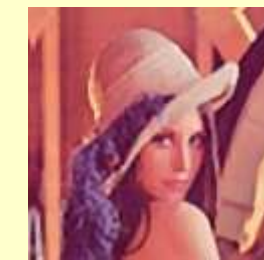
↓ Deblurring



LR

IBP

**BTV**



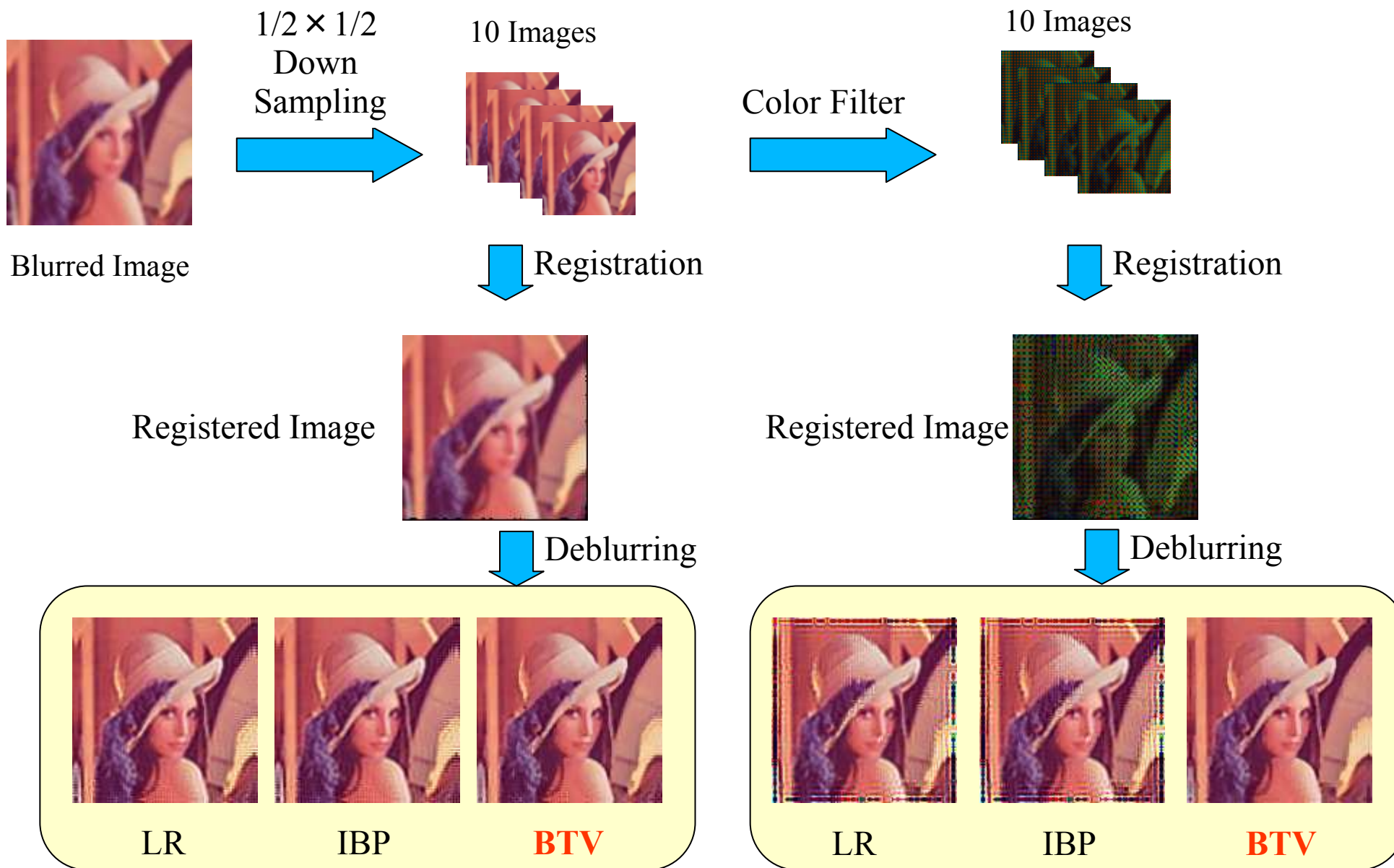
LR

IBP

**BTV**

# 評価 (Registration+Deblurring) 1/4

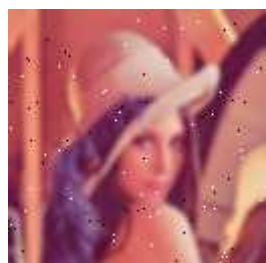
Noiseなし





# 評価 (Registration+Deblurring) 2/4

Noiseあり



Blurred Image

$1/2 \times 1/2$   
Down  
Sampling



10 Images



Registration



Registered Image



Deblurring



LR

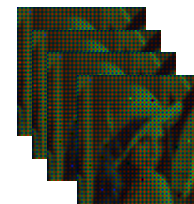


IBP



**BTV**

10 Images



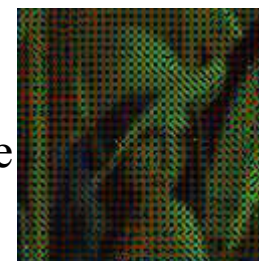
Color Filter



Registration



Registered Image



Deblurring



LR



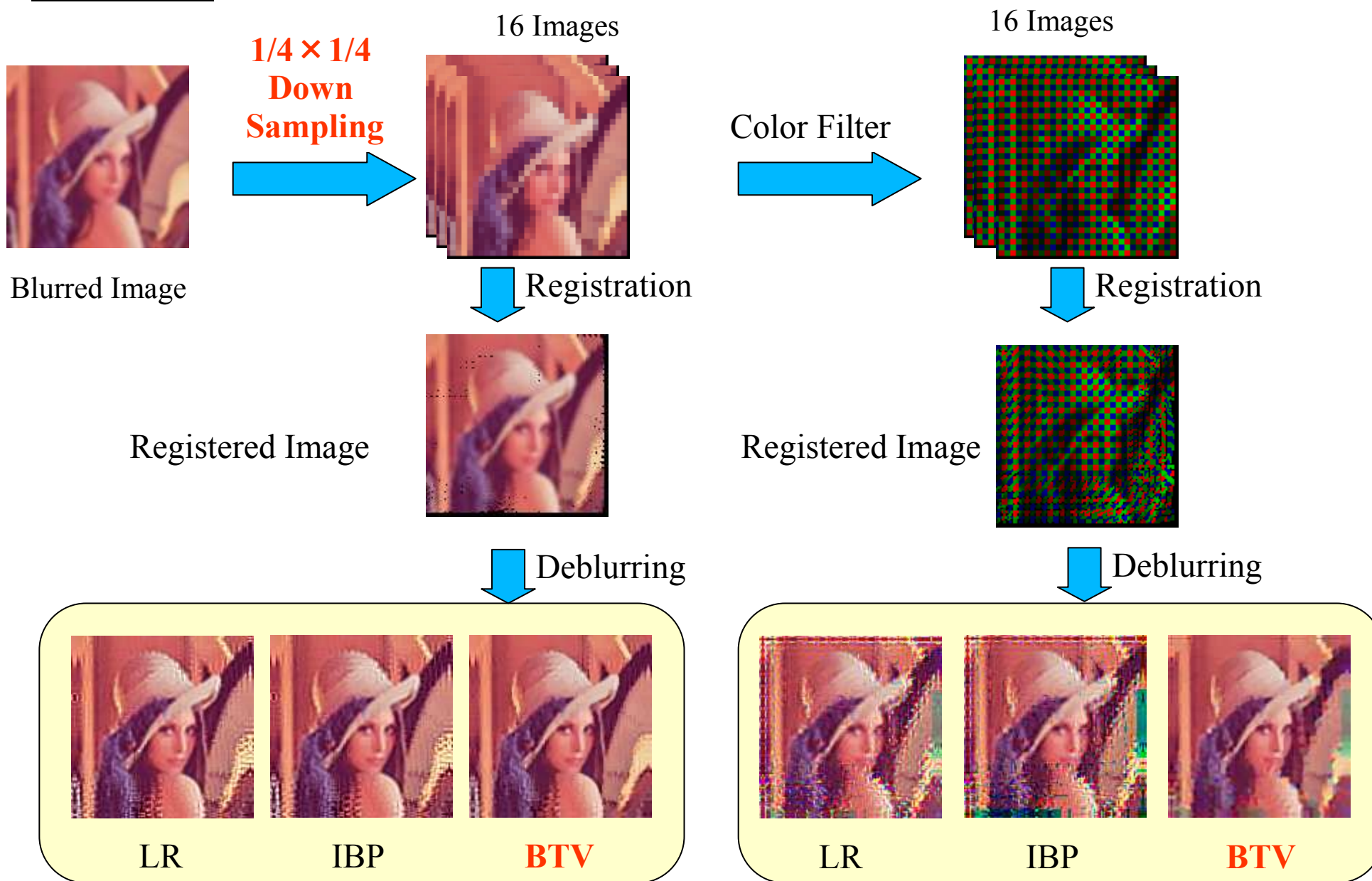
IBP



**BTV**

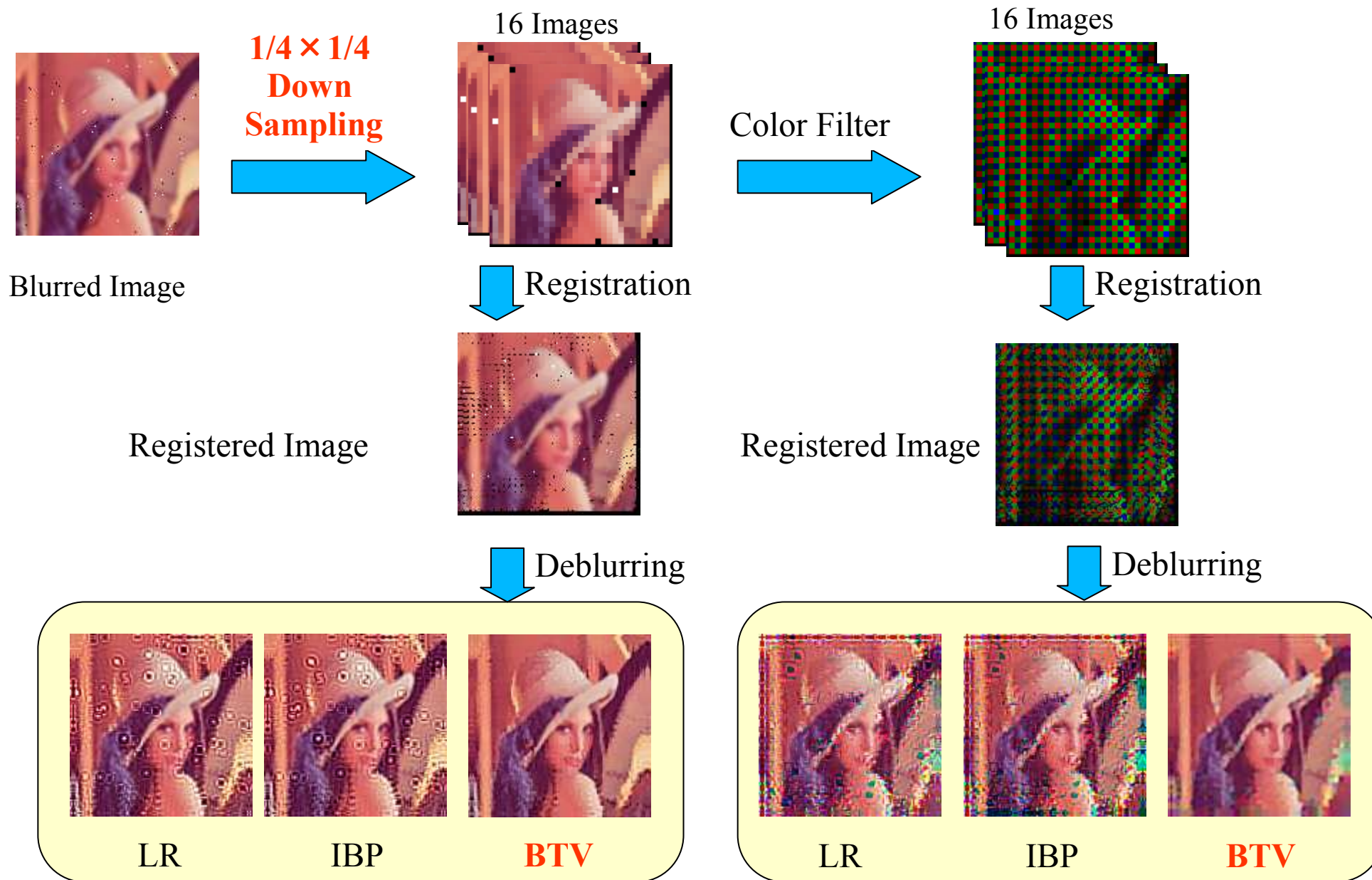
# 評価 (Registration+Deblurring) 3/4

Noiseなし



# 評価 (Registration+Deblurring) 4/4

Noiseあり



# まとめと今後の課題

- カラー画像, およびカラーフィルタ画像に適用可能な超解像処理システムを開発した.
- カラー化対応にあたって, 3種のアルゴリズム(LR法, IBP法, BTV法)を改良し, 実装した.
- 各手法ともにカラーおよびカラーフィルタ画像に対して適切なDeblurring処理が行える.  
⇒結果として, DeblurringとDemosaicingの二つの処理を遂行.
- BTV法はノイズが含まれる入力画像に対しても高い性能を発揮する.  
⇒LR法, IBP法は入力画像に含まれるノイズも忠実に再現してしまう.
- 高いDown Sampling Rateに対しては再現性能が低下.  
⇒前処理として, 適切なDemosaicing処理を導入し, Registration処理の性能を向上させることで対処可能.
- BTV法において処理時間が大.  
⇒BTV法の高速化.