

単一レンズ系からの多様なボケ味の実現

Virtual 'Bokeh' : Various Blur Shapes from a Single System of Lenses

コンテンツ科学研究系

Digital Content and Media Sciences Research Division

児玉 和也

Kazuya Kodama

何がわかる？

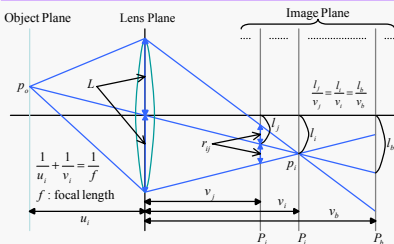
レンズを交換したり、特殊な形状の絞りを手作りする等して、様々なボケ味を楽しむカメラユーザは多い。特に日本人は熱心で、「Bokeh」は「ボケの雰囲気」を表す単語として世界的にも認知されている。ここでは、多次元信号処理技術の力を活用して単一のレンズ系のみから多様なボケ味を実現する手法を紹介する。

どんな研究？

まず、焦点合わせを変化させながら連続撮影しておいた画像群を「金太郎飴」のように3次元的に並べる。興味深いことに、この3次元情報の中には「撮影現場が仮想的に再現され」ている。すなわちこれに適切な「3次元フィルタ」を施せば、ユーザは自在なボケ味の画像を、「計算機上で」何度でも撮り直すことができる。

研究の概要

焦点ぼけ画像群の構造化



▷ 面 P_i で合焦していた対象が面 P_j において生じるぼけ半径 r_{ij}

$$r_{ij} = \frac{|v_i - v_j|}{v_i} L \quad \text{基準面 } P_i \text{ へ} \quad \tilde{r}_{ij} = \frac{v_k}{v_i} r_{ij} = \frac{v_k}{v_i} \frac{|v_i - v_j|}{v_i} L$$

画像サイズの補正

▷ 面 P_j で合焦していた対象が面 P_i において生じるぼけ半径 r_{ji}

$$r_{ji} = \frac{|v_j - v_i|}{v_j} L \quad \text{基準面 } P_j \text{ へ} \quad \tilde{r}_{ji} = \frac{v_k}{v_j} r_{ji} = \frac{v_k}{v_j} \frac{|v_j - v_i|}{v_j} L$$

画像サイズの補正

▷ 3つの撮像面 P_i, P_j, P_k ($v_i \geq v_j \geq v_k$) の間で生じるぼけ半径

$$\tilde{r}_{ik} = \frac{v_k}{v_k} \frac{v_i - v_k}{v_i} L, \quad \tilde{r}_{jk} = \frac{v_k}{v_j} \frac{v_j - v_k}{v_j} L, \quad \tilde{r}_{ik} = \frac{v_k}{v_i} \frac{v_i - v_k}{v_i} L$$

よって 適当な $r (\geq 0)$ を用いて

$$\tilde{r}_{ij} = |j - i| r \quad \text{の条件で構造化された焦点ぼけ画像群が撮像可能}$$

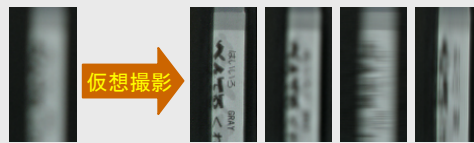
実際に撮影した
焦点ぼけ画像群



仮想撮影

多様な
ぼけ味へ変更

一部拡大画像

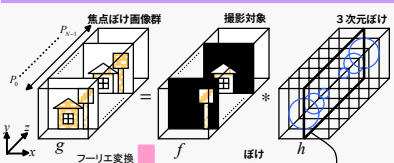


仮想撮影

撮影画像

3次元フィルタで「ぼけ味」を変更

焦点ぼけ画像群と撮影対象を結ぶ3次元ぼけ



$G(u, v, w) = H(u, v, w; r) F(u, v, w)$

$h(x, y, z; r) = b(x, y; r) / \sqrt{2}$

$b(x, y; \sigma)$: 分散 σ^2 の2次元ガウス関数

$|H(r)| > 0$

$r = 1.0$

$r = 0.0$

$r < 1.0$

$r > 1.0$

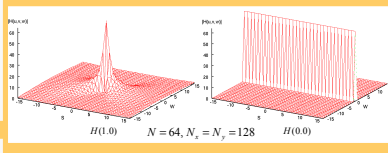
3次元ぼけの特性解析

$$H(u, v, w; r) = Nb(w; r) |s| / \sqrt{2} \quad (s^2 = K_x^2 u^2 + K_y^2 v^2)$$

$b(x, \sigma)$: 分散 σ^2 の1次元ガウス関数

(N_x, N_y) : 補正後の画像サイズ $(K_x, K_y) = (N_x / N_y, N_x / N_y)$

あらためて $H(r) = H(u, v, w; r)$ と書く



$r \propto (\text{絞り半径})$

3次元ぼけ $H(u, v, w; r)$ は

レンズ/絞りの特性を表す

仮想撮影を実現する3次元フィルタ

▷ 仮想的なレンズ/絞りで撮影した焦点ぼけ画像群: $a(x, y, z)$

$$A(u, v, w) = H(r_s) F(u, v, w) \\ = H(r_s) H^{-1}(r) G(u, v, w)$$

3次元フィルタ $H(r_s) H^{-1}(r)$ の安定条件は $r_s \leq r$

撮影に用いた絞りの範囲内なら

$H(r_s)$ は異なるぼけ味のレンズ/絞りに変更可能

今後の課題

理論的検討

◆ 任意視点への拡張

◆ モデルからのずれへの対応

◆ 光線空間との統合処理

システム化

◆ 理想的なレンズ・カメラの設計

◆ 多眼・レンズアレイの活用

◆ 動画像対応センサ