

奥行き変化のあるシーンに対する高精細画像の反復再構成
Reconstructing a super-resolution image for depth-varying scenes

横山 あみ[†] 久保田 彰[†] 羽鳥 好律[†]
Ami Yokoyama Akira Kubota Yoshinori Hatori

1. はじめに

近年、通信環境の発展で、ブロードバンド常時接続の環境が家庭にも浸透してきた。これによりビデオチャットが急速に普及し、それに特化した低価格なカメラも販売されている。しかしながら、PC モニタ中心へのカメラ設置は不可能なため視線が一致せず不自然であるという問題がある。さらに、ビデオチャット用のカメラは低解像度であり、画質が悪いという問題もある。そこで本稿では、これらの課題を解決し、より自然なコミュニケーションを実現するため、円周配置したカメラの低解像度画像から、中心視点画像を高精細に合成する手法を論じる。

複数の低解像度画像から高解像度画像を生成する手法に Irani らの反復法がある[1]。この手法では、高解像度から低解像度への劣化過程を経て得られた画像と実際の取得画像とを比較し、その誤差を反復処理により最小化する。この手法は高速に収束する手法であるが、写真や文書など奥行き変化のないものを対象としているため、あまり現実的でない。本稿では、Irani らの枠組みを奥行き方向に拡張し、奥行きを陽に推定することなく高精細画像を生成する手法を提案する。

2. 提案手法

図1に提案手法の処理の流れを示す。 $\{g_d\}$ は比較の元となる低解像度の画像列で、カメラで観測された画像から合成される。 $\{f_n\}$ は仮定した高解像度の画像列、 $\{\hat{g}_d\}$ は2.2節で述べるシーン設定と劣化モデルに基づきシミュレートされた低解像度の画像列である。それぞれ仮定した奥行きの数だけ存在する。

2.1 仮定した奥行きに基づく中心視点画像の生成

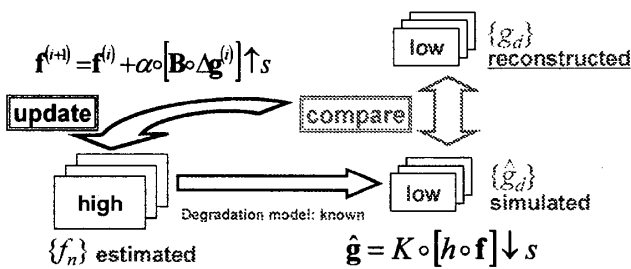


図1. 提案手法のアウトライン

仮定した奥行きに基づいて中心視点からの画像を図2のように合成する。このとき、カメラで実際に取得した画像 $c_j(x)$ は各奥行きに分散して保持される。本手法ではこの画

像列 $\{g_d\}$ を比較の元データとする。ここで d は仮定する奥行きの位置で、 $d=1,2,\dots,N$ とする。

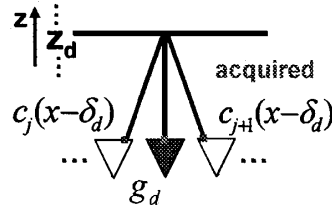


図2. 各奥行きで合成される画像

2.2 画像の劣化モデル

次に、全ての奥行きのテクスチャを足し合わせてシーンを表現する[2]。簡単のため、図3のように二つの奥行き z_1, z_2 を仮定する。そのテクスチャを f_1, f_2 とすると、このシーンは(1)式で表される。

$$f = f_1 + f_2 \dots (1)$$

奥行きを z_1 と仮定したときの中心視点画像を(2)式のように表現する。

$$g'_1 = f_1 + k_{12} * f_2 \dots (2)$$

ここで、 k_{12} は奥行きが合わないことによる対応点ずれの劣化を表す。ただし、 f_n と g' の解像度は同じである。同様に、奥行きを z_2 と仮定したときの中心視点画像は(3)式のように表現できる。

$$g'_2 = k_{21} * f_1 + f_2 \dots (3)$$

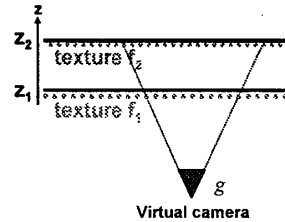


図3. シーン設定

これに基づいて、高解像度から低解像度への劣化を(4)式で表す。

$$\hat{g} = K o [h o f] \downarrow s \dots (4)$$

ここに、

$$\hat{g} = [\hat{g}_1 \ \hat{g}_2 \ \dots \ \hat{g}_d \ \dots \ \hat{g}_N]^T$$

$$f = [f_1 \ f_2 \ \dots \ f_n \ \dots \ f_N]^T$$

$\downarrow s$: down sampling operator

h : Gaussian filter

[†] 東京工業大学 大学院総合理工学研究科物理情報システム専攻 羽鳥研究室 Tokyo Institute of Technology, Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Department of Information Processing, Hatori Lab.

$$K = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \cdots & k_{1N} \\ k_{21} & k_{22} & \cdots & k_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ k_{N1} & k_{N2} & \cdots & k_{NN} \end{bmatrix}$$

である。

2.3 反復操作による画像の高精細化

(5) 式で表される反復操作により誤差を最小化することで奥行きを考慮した高解像度画像を再構成する。ここで i は反復回数である

$$\mathbf{f}^{(i+1)} = \mathbf{f}^{(i)} + \alpha \left[\mathbf{B} \circ \Delta \mathbf{g}^{(i)} \right] \uparrow s \quad \cdots (5)$$

ここに、

$$\mathbf{B} = \bar{K}^T = K$$

$$\Delta \mathbf{g} = [\Delta g_1 \quad \Delta g_2 \quad \cdots \quad \Delta g_d \quad \cdots \quad \Delta g_N]^T$$

$$\Delta g_d = g_d - \hat{g}_d$$

である。

3. シミュレーション

3.1 実験条件

CG シーンを用い、提案手法の有効性を評価する実験を行った。図4のように、標準画像 Lenna と Mandrill を奥行き 7,10 にそれぞれ配置し、原点中心の半径 0.2 の円周に配置したカメラから観測した画像を入力とし、円中心からの画像を再構成した。カメラ台数は 5 台と 11 台の場合について行った。ただし、入出力の解像度はそれぞれ、 160×120 および 320×240 、仮想の奥行きを 5、反復回数は 40 回とした。

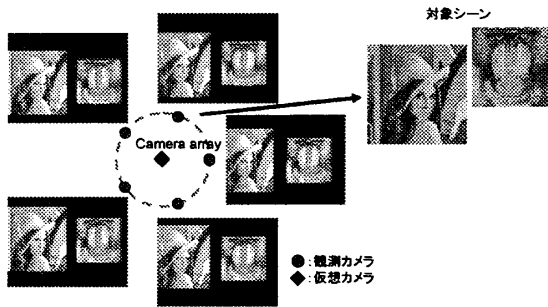


図4. 実験条件

3.2 実験結果および考察

係数 $\alpha=0.05$ で反復操作を行ったところ、図7に示す結果を得た。(a)は正解画像、(b)は更新操作を行っていない初期画像で、 g_d の解像度を 320×160 にした上で平均した画像である。(c)はカメラ台数 5 台、(d)はカメラ台数 11 台の結果である。Lenna にはアーティファクトが見えるが、反復操作によって全体的に解像度の向上が確認できた。またカメラ台数を増やすことによって、より高解像になることが確認できた。また、PSNR を G 成分のみで評価したところ、カメラ 5 台とき 20.45[dB]、11 台のとき 20.97[dB]と、カメラ台数の増加とともに向上した。

4. まとめ

本稿では、奥行き変化のあるシーンに対して、複数の低解像度画像から任意視点画像を高精細に再構成する方法について提案した。誤差を最小化する枠組みを奥行き方向に拡張することによって、陽には奥行きを推定することなく高精細化を試みた。シミュレーションの結果、円周に配置したカメラ画像から、比較的良好に中心視点画像を再構成することができた。今後は、より複雑なシーンでの実験を行い、各種パラメータを検討して、自然画像での実現を目指す。

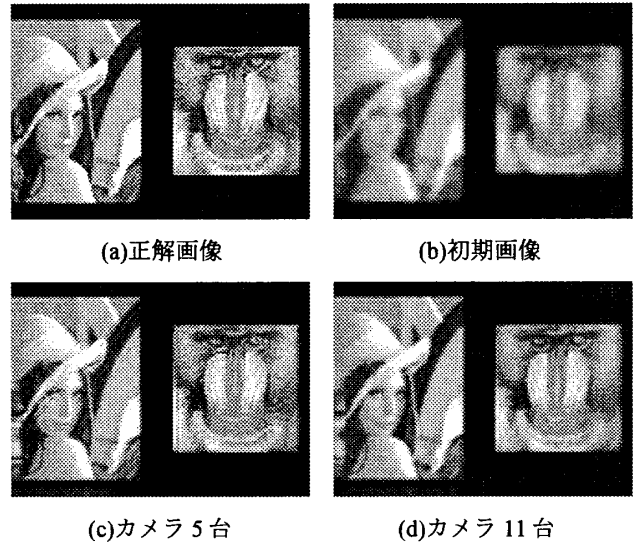


図7. 実験結果

参考文献

- [1] Michal Irani et al., "Improving Resolution by Image Registration," CVGIP: GRAPHICAL MODELS AND IMAGE PROCESSING, Vol.53, No.3, May, pp.231-239(1991).
- [2] Akira Kubota, Keita Takahashi, Kiyoharu Aizawa, and, Tsuhan Chen, "All-Focused Light Field Rendering," Eurographics Symposium on Rendering (EGSR2004), pp. 235-242, (2004).