

カメラシステムにおける複合ぼやけ補正手法の検討

A Method for Removing Combined Blur of an Image

学生会員 上村 健二[†], 橋本 賢介^{††}, 伊東 ひとみ^{††},
正会員 津村 徳道^{††}, 中口 俊哉^{††}, 正会員 三宅 洋一^{†††}

Kenji Kamimura[†], Kensuke Hashimoto^{††}, Hitomi Ito^{††}, Norimichi Tsumura^{††}, Toshiya Nakaguchi^{††} and
Yoichi Miyake^{†††}

Abstract Many image processing methods have been developed for clearing up a blurred image. However, they cannot process an image that contains multiple kinds of blurs (e.g. camera shake, motion blur, out of focus, etc.), or what is called a combined blur image. Therefore, we propose a method for deblurring a combined blur image that contains two kinds of blurs, a system point spread function (PSF) and camera shakes. In addition, we take into account image enhancements, such as edge reinforcement and gamma correction, which is usually contained in images taken with consumer cameras, and that is not considered in conventional methods. The results show our method improved the deblurring performance for combined blur images.

キーワード：点広がり関数 (PSF), 手ぶれぼやけ, デコンボリューション, エッジ強調除去

1. ま え が き

デジタルカメラ技術の発達によりカメラの小型化・軽量化が進み、デジタルカメラやカメラ付き携帯電話は一般的なものとなっている。それに伴い、デジタルカメラの性能も飛躍的に向上しているが、撮影時に様々な要因によってぼやけた画像を撮影してしまうことは未だ少なくない。このようなぼやけた画像をPC上での画像処理によって鮮鋭な画像にする処理は劣化復元処理 (Image Restoration) と呼ばれており、古くから研究されてきた¹⁾。

画像中のぼやけは、その発生原因や特徴によっておおむね表1のように分類できる。システムのPSFによるぼやけは、撮像素子の解像度やレンズの特性、撮影時のフォーカスのズレなどによって引き起こされるものであり、手ぶれぼやけは撮影時にカメラが動くことによって引き起こさ

れるものである。これらの発生原因が主にカメラ側にあるのに対し、被写界深度やモーションブラーによるぼやけは、被写体の奥行きや運動が主たる原因となっている。一般に被写体に依存するぼやけは強い局所性を持っており、被写体の形状や運動に関する情報なしで除去するのは困難である。一方、カメラが原因のぼやけに関しては画像中でほぼ均質であるため、その劣化関数 (カーネル) が既知であれば、逆関数やデコンボリューションを画像全体で処理することで除去が可能である。しかしながら、実際には劣化関数は未知であることが多く、撮影画像そのものから推定・除去する手法が望まれる。

画像中の手ぶれぼやけを単一撮影画像から除去する手法としてはすでにFergusらによって提案された手法が存在する²⁾。また、PSFの推定としては坂野らの手法などが存在する³⁾。しかしながらこれらのぼやけ推定・除去手法は、ある1種類のぼやけに対しては効果的に働くが、複数のぼやけが含まれる画像では十分な精度でぼやけの推定・除去ができなかった。また、撮影画像がカメラ内部の画像処理 (エッジ強調など) を受けている場合、適切なぼやけの推定

2008年4月1日受付, 2008年8月27日最終受付, 2008年9月13日採録

[†] 千葉大学 大学院 自然科学研究科

(〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33, TEL 043-290-3882)

^{††} 千葉大学 大学院 融合科学研究科

(〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33, TEL 043-290-3885)

^{†††} 千葉大学 フロンティアメディカル工学研究開発センター

(〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33, TEL 043-290-3114)

[†] Graduate school of Science and Technology, Chiba University

(1-33, Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba 263-8522, Japan)

^{††} Graduate School of Advanced Integration Science

(1-33, Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba 263-8522, Japan)

^{†††} Research Center for Frontier Medical Engineering, Chiba University

(1-33, Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba 263-8522, Japan)

表1 ぼやけの種類
Type of blur in an image.

ぼやけの種類	発生要因	方向性	局所性
システムの点広がり関数 (PSF)	カメラ	弱	弱
手ぶれぼやけ	カメラ	強	弱
被写界深度	被写体	弱	強
モーションブラー	被写体	強	強

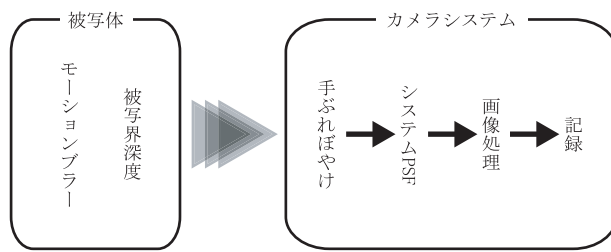


図1 デジタルカメラの撮影モデル
Model of the digital imaging.

ができないという問題が存在した。

そこで本論文では、

- (1) 内部画像処理を考慮した PSF の推定
- (2) 多段階処理によるぼやけ除去

の二つを実現することによって、複数のぼやけが含まれる画像についても効果的にぼやけを除去できることを示す。

2. カメラの撮影モデル

本研究では、デジタルカメラによる撮影を図1のモデルで扱う。一般的に撮影時のぼやけは、イメージセンサに到達した光を記録する際に発生するものであるが、ここでは、被写体に主たる原因があるものと、カメラ側に主たる原因があるものを表1の分類に従って分けるためにこのようにモデル化を行っている。

本モデルでは、被写体の運動によるモーションブラーと、被写界深度によるぼやけによって、カメラに入力する像はぼやけを含む像とする。この光がデジタルカメラに入力される際に、手ぶれによるカメラ自体の運動によってぶれ（ぼやけ）を生じ、さらにセンサへの入力行程においてレンズの焦点ずれや、センサ画素における離散化などで決定されるシステムの PSF でぼやける。これらのぼやけを受けたセンサからの出力は、デジタル情報として記録される前にカメラで様々な内部画像処理を受ける。

3. 複合ぼやけ除去手法

本論文では、図1のモデル後半部である、カメラに主たる原因があるぼやけの除去を考える。従来のぼやけ除去手法の多くは、手ぶれや PSF などの単一の問題を、内部画像処理を含まない画像で扱うことが多く、今回のような複合状態での処理法が明確ではない。そこで我々は、構築したモデルの逆順、すなわち (1) 内部画像処理の除去、(2) システム PSF の除去、(3) 手ぶれぼやけの除去の順で処理することによってこれらが複合された問題を解決する。

3.1 内部画像処理の影響除去

デジタルカメラ内部画像処理は、カメラ毎に固定であると考えられる。したがって、記録画像のメタデータなどから撮影機器の情報が取得可能であれば*、その機器を事後

(もしくは事前)に計測することで、内部画像処理を推定し除去することが可能であると考えられる。カメラ内部の画像処理としては一般的にガンマ処理、エッジ強調、色補正、画素補間処理（バイア配列画素）、ノイズリダクションなどが考えられるが、これらのうち色補正は本稿で着目するぼやけへの影響が少ない。また、補間処理やノイズリダクションは一般に画像をぼやけさせる方向に作用するため、図1のシステム PSF へ統合することが可能であると考えられる。一方、ガンマ処理は画像に非線形性を与えるため、従来開発されてきた様々な画像処理技術の適用を困難とし、エッジ強調によってエッジ部に付加された高周波成分は、提案手法のような劣化復元処理に悪影響を与える。そこで本項では、ガンマ処理とエッジ強調の除去について考える。

(1) エッジ強調

エッジ強調はエッジ部に局所的な高周波成分を付与することで知覚画質を向上するものであるが、ぼやけ除去は（ぼやけで失われた）高周波成分を復元（強調）する処理であるため、エッジ強調で与えられた高周波成分がぼやけ除去によって過剰に増幅され、本来存在しない不自然な高周波成分を発生させる。また、本手法ではぼやけを推定し除去するが、ぼやけの推定においてエッジ強調は見かけ上のエッジの鮮鋭度を増加させるため、ぼやけの推定値が過小評価されることが考えられる。そのためエッジ強調は事前に除去することが望まれる。

多くのカメラに含まれているエッジ強調は、ラプラシアン演算を用いて近似できると考え、以下の式でモデル化する。

$$g(x, y) = f(x, y) + \alpha (f(x, y) * l(x, y)) \quad (1)$$

ここで、 g はエッジ強調を受けた画像、 f はエッジ強調前の画像、 l は2次元のラプラシアンフィルタ、 α はラプラシアンの重み係数である。このときのラプラシアン演算は経験的に近隣2画素範囲内であり、水平方向 (x) と垂直方向 (y) で分離可能である。よって、水平方向に関して式(1)は、

$$\begin{aligned} g(x) = & f(x) + \alpha \{ f(x-1) + f(x+1) \\ & + \beta (f(x-2) + f(x+2)) \\ & - 2(1 + \beta)f(x) \} \end{aligned} \quad (2)$$

となる。ここで β は近隣1画素と近隣2画素の重みの比である。

パラメータ α や β は、ステップエッジを含むチャート**を撮影し、以下の手順で求める(図2)。(i) 水平(垂直)のステップエッジを切り出し、ノイズによる影響を除去するためにエッジに平行な方向で平均値を取得する。(ii) ステップエッジの前後の平滑領域の平均画素値(上部 H_c 、下部

* 例えば、多くのデジタルカメラは Exif にその機種情報を記録しているため、それから機種情報は取得可能である。

** FUJIFILM の ISO12233 解像度チャート: <http://fujifilm.jp/business/material/inspection/testchart/iso12233/index.html> など

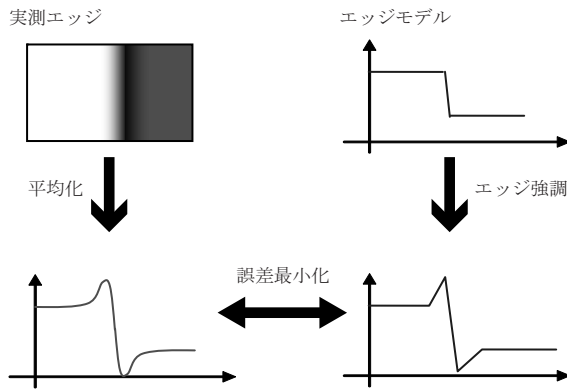


図2 ラプラシアンパラメータの決定
Estimation of Laplacian.

L_c) とエッジ部の傾き (ω) から、エッジ強調前のエッジモデルを以下の式で作成する。

$$f(x) = \begin{cases} H_c & x < H_{th} \\ H_c - \omega(x - H_{th}) & H_{th} \leq x \leq L_{th} \\ L_c & x > L_{th} \end{cases} \quad (3)$$

ここで H_{th} , L_{th} は傾き ω の直線と上部平滑領域、および下部平滑領域との交点である。(iii) 式 (3) のエッジモデルに対し式 (2) の演算を適用し、(i) のエッジとの誤差を最小化するようにパラメータの最適化を行う。このとき、観測エッジ g の傾きはラプラシアン演算をうけており、エッジ強調前の傾き ω は未知である。そのため、最適化は α , β , ω の3パラメータで行う。

得られた水平、垂直パラメータから2次元ラプラシアンフィルタ l を作成すれば、エッジ強調除去は式 (1) にフーリエ変換を適用することにより、

$$f(x, y) = \Psi^{-1} \left[\frac{\Psi[g(x, y)]}{1 + \alpha \Psi[l(x, y)]} \right] \quad (4)$$

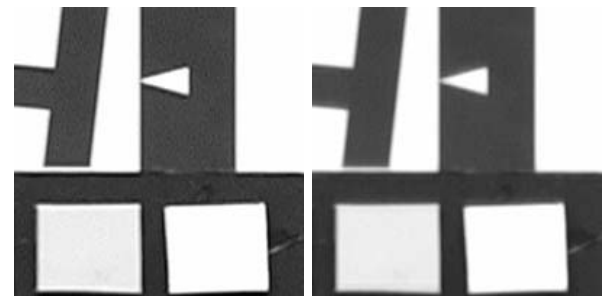
で実現される。このとき Ψ と Ψ^{-1} はそれぞれフーリエ変換および、逆フーリエ変換を表す。本手法によるエッジ除去の一例を図3に示す。

(2) ガンマ処理

一般的なディスプレイは入力信号に対し出力輝度が非線形となる特性をもつため、カメラはあらかじめガンマをかけて画像を保存することで、入力信号に対しディスプレイの出力を線形化している。しかし、画像処理でぼやけを除去する際にこのような非線形性が存在した場合、デコンボリューションのような線形性を仮定した処理が適用できない。そのため、まず画像をカメラの入力に対し線形に変換することが望ましい。

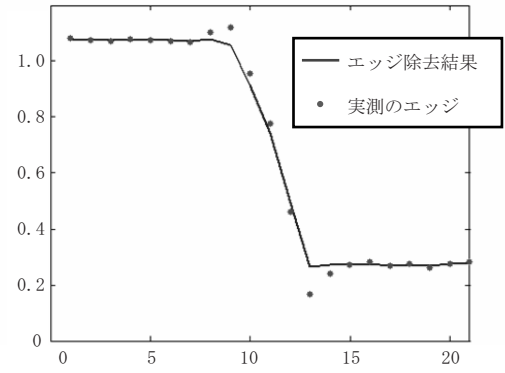
カメラのガンマを推定するためには、定常光源下で反射率が既知なグレースケールチャート*を撮影し、撮影された画素値と反射率が線形関係となるような逆ガンマ関数もし

* Edmund Optics の Large Grayscale Target: <http://www.edmundoptics.com/onlinecatalog/displayproduct.cfm?productID=1329> など



(a) エッジ強調除去前

(b) エッジ強調除去後



(c) エッジ除去の例

図3 エッジ強調の除去

Canceling of the edge enhancement.

くはLUTを作成する。取得された逆変換を利用して画像を処理することで線形化された画像を得ることができる。なお、このときのガンマ関数をぼやけを除去した最終的な処理結果にかけることで、ディスプレイ出力時に自然な出力結果を得ることができる。

3.2 PSF モデルの構築とぼやけ除去

システムのPSFは、カメラのズームやフォーカス位置などの内部パラメータと、レンズやCCDの物理的な特性で決定される。もし、カメラの内部パラメータがメタ情報として取得可能であれば、取得したパラメータ付近のパラメータに対するPSFを事前（もしくは事後）に計測することで、手動もしくはMAP推定のような確率モデルを用いて容易にPSFを推定可能だと考えられる。そのため、ここではPSFのモデル構築について考える。

3.1の手法により、エッジ強調などの内部画像処理が除去されているとすれば、PSFは単純な畳み込みとして以下のように記述できる。

$$f(x, y) = i(x, y) * psf(x, y) \quad (5)$$

このとき、 psf は2次元PSF、 i はPSFでぼやける前の画像である。PSFを2次元のガウス関数とすれば、その標準偏差 σ_x および σ_y はエッジ強調パラメータと同様な手法により、水平および垂直エッジから求めることができる。しかし、エッジ強調の場合と異なり、PSFはフォーカスやズーム、撮影距離等の影響で変化するため、様々な条件下で取得する必要がある。遠距離のチャートを低いズームで取得するような場合には、エッジ部分を十分な解像度で取

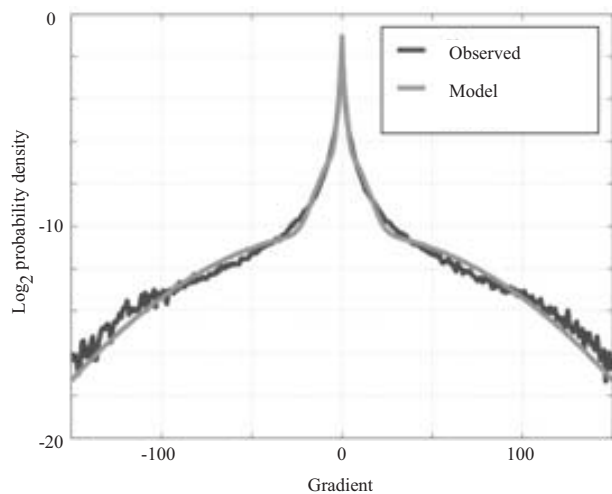


図 4 画像勾配モデル
Model of the image gradients.

得できないため、エッジ形状がサンプリングの影響を強く受け、PSF を精度良く推定することが困難となる。その場合には、プリサンプリング法を用いて近似的に画素数を増加させることで精度を向上する⁴⁾。

以上によって得られた PSF モデルに基づいて、撮影画像の PSF を決定した後、PSF の除去を行う。PSF は一種のローパスフィルタであるため、式 (4) と同様なフーリエ変換によって解くと高周波ノイズが増幅されてしまう。そこで、ここでは補正結果が高い評価を受けており、大画像に対しても処理時間が短い Richardson-Lucy のデコンボリューションアルゴリズムを用いる⁵⁾⁶⁾。

3.3 手ぶれぼやけの除去手法

基本的には Fergus らの手法²⁾ をそのまま用いるため、ここではその内容について概説する。

先の PSF のような一般的なぼやけと同様に、コンボリューションによってぼやけを以下のようにモデル化する。

$$i(x, y) = o(x, y) * k(x, y) + n(x, y) \quad (6)$$

ここで、 o は手ぶれを受ける前の原画像、 k は手ぶれぼやけのカーネル、 n はノイズである。この問題は、手ぶれでぼやけた取得画像 i から、ぼやけていない画像 o と、ぼやけカーネル k の二つを同時に推定する問題となるため、そのままでは求めることができない。そこで、解を限定するために事前情報を用いたベイズ推定を利用する。

事前情報として画像勾配のヒストグラムを考える。画像勾配は色分布等で変化するが、図 4 に示すようなヘビーテイル分布となることが知られている。そこで、以下の混合ガウスによるゼロ平均モデルで画像勾配分布をモデル化する。

$$\sum_{c=1}^c \pi_c N(\nabla o(x, y) | 0, \sigma_c) \quad (7)$$

ここで N は正規分布、 π は各ガウス分布の重み、 ∇ は勾配演算、 σ は各ガウス分布の標準偏差を表す。

実際に画像から手ぶれを除去する際は、

(1) ぼやけカーネル k の決定

(2) 求めたカーネルによるデコンボリューション

の 2 段階のステップにより実現する。カーネルの決定は式 (7) のモデルを利用したベイズ推定で、デコンボリューションは Richardson-Lucy 法⁵⁾⁶⁾ によって行う。また、ユーザーによって初期値として以下を与える。

(1) ぼやけた画像 i

(2) ぼやけた画像中の長方形パッチ

(3) ぼやけカーネルのサイズの最大値

(4) ぼやけの方向性に関する初期推定値

このときパッチを与えるのは、ぼやけカーネルの推定を局所的に行い、実行効率を上げるためである。

Fergus らは、この処理を RGB 各チャネルで行っているが、結果画像のバンド毎に異なるノイズが発生することによりカラーノイズが入ってしまうため、本論文では画像を輝度-色差信号に変換し、輝度信号のみを処理する。

4. 実験と考察

提案手法による多段階処理の有効性を確認するために、ぼやけ除去実験を行った。被写体として、図 5 に示す複合チャートを用い、カメラは Panasonic 製デジタルビデオカメラ AG-DVC30、および SONY 製デジタルビデオカメラ DCR-TRV950 を用いた。

まず、静止状態でチャートを測定し、3 節の手法によりエッジ強調、ガンマ処理、PSF モデルを作成する。続いて、カメラを電動スライダに固定し平行移動させることで単純な手ぶれぼやけをシミュレートする。得られた撮影画像に対し、

(1) 従来手法²⁾ による手ぶれぼやけ除去

(2) 提案の多段階処理による手ぶれぼやけ除去

の二つを実行する。なお、今回は従来の単一処理と多段階処理の比較が目的であるため、カメラの焦点ずれは一定とし、その PSF は静止状態で取得したものをを用いる (正しく PSF が推定できていると仮定する)。また、前述のようにこ

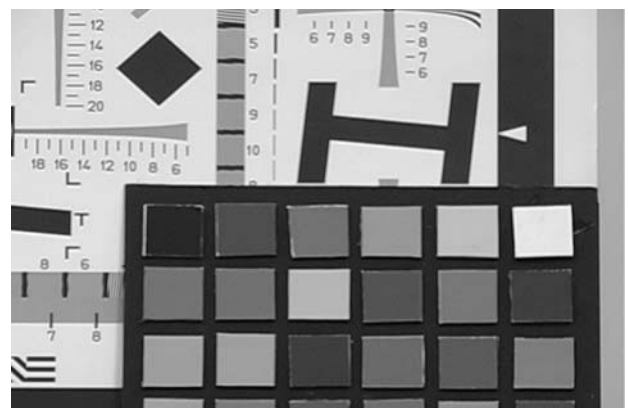


図 5 被写体のチャート
Subject chart.

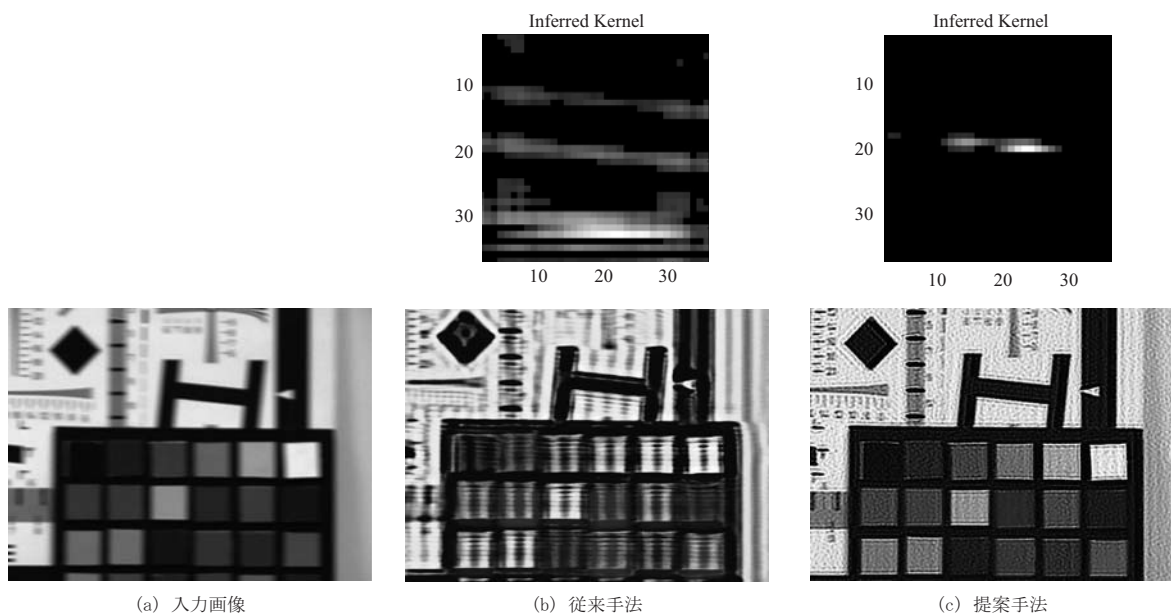


図 6 実験結果の一例
Example of experimental result.

表 2 実験条件
Experimental condition.

カメラ	AG-DVC30	DCR-TRV950
カメラ画素数 (画素)	720 × 480	720 × 480
画像解像度 (画素/cm)	約 33.5	約 34.5
露出時間 (sec)	1/15	1/15
スライド移動速度 (cm/sec)	10	5, 10, 15, 20
ぼやけ量 (画素)	約 22.3	約 11.5, 23.0, 34.5, 46.0

ここではカラー画像を輝度-色差信号へ変換し、輝度信号のみ処理している。実験条件を表 2 にまとめる。ここで画像解像度は既知のチャート上の 1cm に対するカメラの画素数、露出時間はカメラのシャッタースピードである。露出時間とスライドの速度より、露出時間内でのカメラの移動距離が計算できる。さらに移動距離と画像解像度に基づき、撮影画像中の 1 画素がスライドの移動によってぼやける範囲を画素数単位で計算したものが表中のぼやけ量である。

処理結果の例として、AG-DVC30 を用いたものを図 6 に示す。ここで (a) はスライドを用いて撮影された手ぶれのシミュレーション画像、(b) は従来手法で推定されたぼやけカーネルと、その除去結果であり、(c) は提案手法による結果である。

また、評価のためにチャートからエッジ領域を手動抽出し、静止状態（手ぶれなし）で撮影したチャートのエッジ領域に対する PSNR、およびエッジに沿う方向での画素値の標準偏差の平均を計算した。抽出したエッジの例を図 7 に、また計算結果を表 3 に示す。なお、ぼやけ除去処理は輝度画像で行っていることから、評価も輝度画像のみに対して行った。

図 7 および表 3 より、提案手法の方が画像の鮮鋭度が改善し、PSNR で示される画質も向上していることがわかる。一方、本来均質であるはずのエッジに沿う方向の画素値の

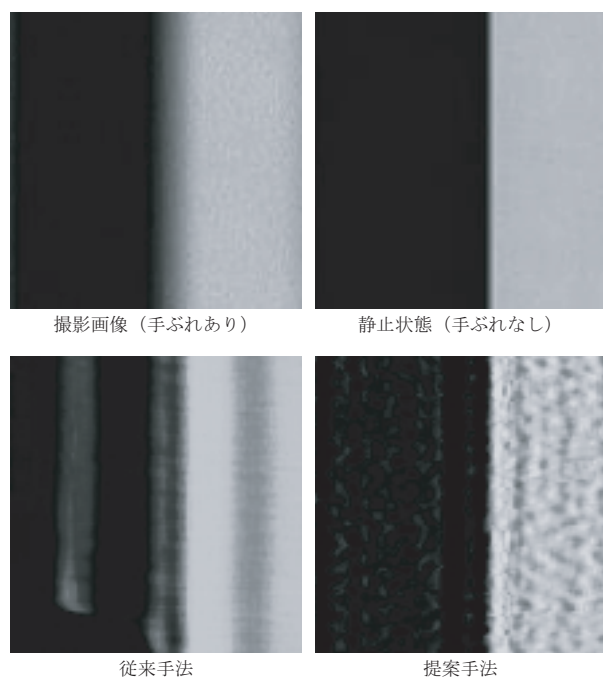


図 7 抽出したエッジ領域の比較
Comparison of edge region

標準偏差は大幅に増加しており、提案手法によって細かなノイズが増幅されてしまったことがわかる。

次に、手ぶれぼやけの量による処理結果の違いを比較するため、DCR-TRV950 において、電動スライドの速度を変えた処理結果を図 8 に示す。図 8 より、ぼやけの量が変化した場合においても、提案手法の有効性が確認できる。なお、速度 15 (cm/sec) の DCR-TRV950 では PSNR が従来手法の方が高くなっているが、図 8 (c) よりぼやけは提案手法の方が除去されており、PSNR の低下はノイズによるものと考えられる。

表 3 実験結果
Experimental results.

カメラ	スライダ速度 (cm/sec)	撮影画像		従来手法		提案手法		静止画像
		PSNR (dB)	標準偏差	PSNR (dB)	標準偏差	PSNR (dB)	標準偏差	
AG-DVC30	10	20.6	1.85	19.7	4.90	27.7	9.77	0.96
DCR-TRV950	5	25.4	1.12	26.5	2.54	28.5	10.20	1.45
	10	22.4	1.00	22.3	2.00	24.3	10.18	1.40
	15	20.2	1.00	24.7	3.30	21.9	12.69	1.44
	20	15.3	1.16	17.9	3.26	18.2	12.93	1.23

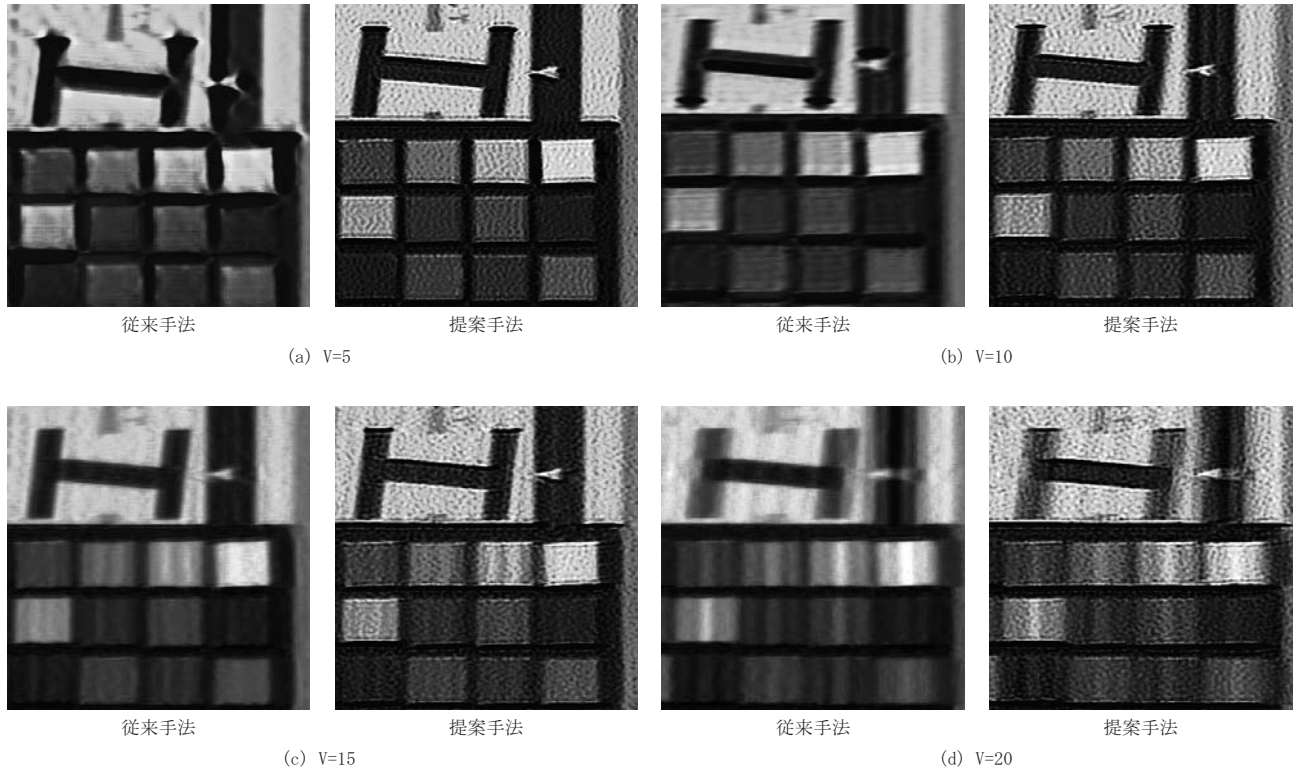


図 8 様々な手ぶれぼやけ量に対応する出力画像
Comparison of output on various amount of camera shake.

図 6 の例において電動スライダによって与えた手ぶれは、表 2 よりおよそ 22.3 画素相当である。ところが、従来手法ではぼやけカーネルは複数の直線で、かつ最も影響の大きい（強度の高い）カーネルが縦方向に幅広く、横方向にも大きめに推定されてしまった。その結果として出力画像に大きなアーティファクトが発生し、鮮鋭度も増加しなかった。一方、提案手法ではほぼ直線として推定され、大きさもおおむね妥当なものとなっている。このように提案手法のカーネル推定が成功した理由として、PSF を除去したことにより手ぶれぼやけカーネルの取り得る値の範囲が狭められたことが考えられる。一般に、同じぼやけを生じさせるカーネルは複数存在し、ぼやけの量が大きくなるほどそのバリエーションは増加するため、カーネルを安定に推定するためには制約が必要となるが、提案手法により PSF を除去することは、手ぶれカーネルの解の範囲に制約をつけることに相当すると考えられる。

提案手法では、出力画像のエッジ近辺にリングングのようなアーティファクトを、また画像全体に強いノイズを発生してしまった。リングングに関しては、従来手法を単純な

手ぶれ画像に適用した場合においても発生しており、本手法のぼやけ除去の複合化が引き起こしたものではない。ノイズは、多段階の処理を行っていることにより、PSF 除去段階で発生した高周波ノイズおよび、手ぶれぼやけカーネルに含まれるノイズによるものであると考えられる。

今後の課題として、出力画像中のアーティファクトやノイズの抑制があげられる。提案手法、従来手法に共通で適用可能な手法として、推定カーネル中に含まれるインパルスノイズのような成分を除去することで、デコンボリューションによるアーティファクトを抑制可能だと考える。また、動画像や連続写真のような複数画像、もしくは同一画像に対する複数回の処理結果を利用することで、ノイズ除去を行うことも考えられる。本手法においてノイズが従来手法より増幅された理由は、前述のようにデコンボリューション処理を多段階に適用したことによる原因があると考えられるため、多段階処理によって得られたカーネルを統合し、デコンボリューションはまとめて適用することで画質が改善する可能性がある。また、除去処理を多段階としたままでも、一つのぼやけを除去した段階でノイズを除去し、ノ

イズを抑制した画像を次段の入力画像とするというように、ノイズ処理の多段階化も可能である。これにより、各処理段階でぼやけの特性に合わせたノイズ除去が可能となり、より画質を改善できると考える。アーティファクトに関して、今回の手ぶれのような方向性があるぼやけに関しては、その方向の画素値変化に制約をかけるといったように、ぼやけの特性に合わせた抑制項を各段で適用可能である。

さらに、現在はPSFの推定にチャートを用いているが、画像のみからの推定手法を取り込み、より一般的な画像について適用可能とする予定である。

5. む す び

本研究では、カメラ側に主たる原因が存在する複数のぼやけに対し、多段階の処理を行うことで効果的に除去する手法を提案した。その際、カメラ固有の内部画像処理や特性を事前または事後に測定することで、従来では困難であった画像も処理対象とすることができた。

本研究を遂行するにあたり、撮影用機材をお貸しいたゞき、また貴重なアドバイスをくださった松下電器産業株式会社の本村秀人氏に感謝致します。なお、本研究の一部は特別研究員奨励費(20・275)の助成を受けたものである。

(文 献)

- 1) R.C. Gonzalez and R. E. Woods: "Digital Image Processing Second Edition", Addison-Wesley(2001).
- 2) R. Fergus, B. Singh, A. Hertzmann, S. T. Roweis and W. T. Freeman: "Removing Camera Shake from a Single Photograph", ACM Trans. on Graphics, Vol. 25, Issue 3, pp.787-794(2006).
- 3) 坂野 盛彦, 末竹 規哲, 内野 英治: "対数振幅スペクトル上の輝度勾配ベクトル分布を利用したノイズに頑健な焦点ずれPSF推定", 信学論, J90-D, 10, pp.2848-2857(2007).
- 4) H. Fujita, D. Tsai, T. Itoh, K. Doi, J. Morishita, K. Ueda and A. Ohtsuka: "A Simple Method for Determining the Modulation Transfer Function in Digital Radiography", IEEE Trans. Medical Imaging, Vol.11, pp.34-39(1992).
- 5) W. Richardson: "Bayesian-based iterative method of image restoration", J. Opt. Soc. Am.-A, vol.62, pp.55-59(1972).
- 6) L. Lucy: "An iterative technique for the rectification of observed distributions", The Astronomical Journal, vol.79, pp.745-754(1974).



かみむら けんじ
上村 健二 2004年、千葉大学工学部卒業。2006年、同大学大学院博士前期課程修了。2006年、同大学大学院博士後期課程進学。2008年、日本学術振興会特別研究員DC。主として動画像の劣化復元に関する研究に従事。学生会員。



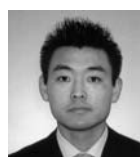
はしもと けんすけ
橋本 賢介 2008年、千葉大学工学部卒業。2008年、同大学大学院博士前期課程進学。主として物体の質感の記録と再現に関する研究に従事。



いとう
伊東ひとみ 2007年、千葉大学情報画像工学科卒業。現在、同大学大学院融合科学研究科修士課程在学中。デジタルカメラの画像ノイズに関する研究に従事。



つむら のりみち
津村 徳道 1995年、大阪大学大学院博士後期課程修了。博士(工学)。現在、千葉大学工学部情報画像工学科 助教授。医用画像工学、計測画像工学、色再現工学、質感再現工学の研究に従事。正会員。



なかぐち としや
中口 俊哉 2003年、上智大学大学院博士後期課程修了。博士(工学)。現在、千葉大学工学部情報画像工学科 助手。2001-2003年、日本学術振興会特別研究員。画像解析、画質評価、医用画像処理、組合せ最適化に関する研究に従事。



みやけ よういち
三宅 洋一 1968年、千葉大学大学院修士課程修了。京都工芸繊維大学助手、助教授、千葉大学工学部助教授を経て、1989年、同教授。1978-1979年スイス連邦工科大学研究員。1997年、ロチェスター大学客員教授。2003年よりフロンティアメディカル工学研究開発センター長。医用画像工学、画像評価、色再現工学の研究に従事。正会員。