

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-155456

(P2012-155456A)

(43) 公開日 平成24年8月16日(2012.8.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G06T 5/20 (2006.01)	G06T 5/20 B	5B057
H04N 5/232 (2006.01)	H04N 5/232 Z	5C122

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2011-12964 (P2011-12964)	(71) 出願人	000005821
(22) 出願日	平成23年1月25日 (2011. 1. 25)		パナソニック株式会社
		(74) 代理人	100105050
			弁理士 鷲田 公一
		(72) 発明者	前田 友英
			福岡県福岡市博多区美野島四丁目1番62号 パナソニックシステムネットワークス株式会社内
		(72) 発明者	田部井 憲治
			福岡県福岡市博多区美野島四丁目1番62号 パナソニックシステムネットワークス株式会社内
		Fターム(参考)	5B057 AA20 CC02 CE03 CE06 DA07 DA12 DC22 5C122 EA61 EA68 FH09 FH22

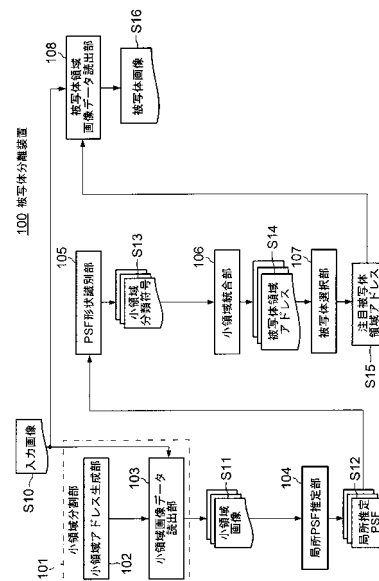
(54) 【発明の名称】 被写体分離装置、画像復元装置、被写体分離方法及び画像復元方法

(57) 【要約】

【課題】画像内にボケ方が異なる複数の被写体が存在する場合であっても、比較的少ない計算量で、各被写体画像のボケを修復して鮮鋭な画像を得ることができる装置を提供すること。

【解決手段】小領域分割部101は、入力画像S10を複数の小領域画像S11に分割する。局所PSF推定部104は、小領域毎にPSFを推定する。PSF形状識別部105は、推定された小領域毎のPSFの形状を識別し、類似性の高いPSF形状の小領域が同一グループに属するように、局所推定PSF S12を分類する。小領域統合部106は、同一グループに分類された隣接小領域を統合する。これにより、似通ったボケ方をしている被写体画像を、的確に分離することができる。この結果、複数のカメラや付加的な装置（距離センサ等）を用いることなくしに、入力画像1枚のみから、被写体の遠近分離や、動いている被写体の分離が可能となる。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

入力画像を複数の小領域画像に分割する小領域分割部と、
前記小領域画像の P S F を推定する局所 P S F 推定部と、
推定された前記 P S F の形状を識別し、類似性の高い P S F 形状の小領域画像が同一グループに属するように、前記小領域画像を分類する P S F 形状識別部と、
同一グループに分類され、かつ隣接する前記小領域画像をグループ毎に統合することで、各グループに分離された被写体画像を得る小領域統合部と、
を具備する被写体分離装置。

【請求項 2】

前記小領域分割部は、前記複数の小領域画像が互いにオーバーラップするように、前記入力画像を分割する、
請求項 1 に記載の被写体分離装置。

【請求項 3】

小領域画像の P S F を、自身の小領域画像を用いて推定するか、あるいは、周辺の小領域画像の P S F を用いて推定するかを、当該小領域画像の P S F の信頼性に基づいて選択する P S F 選択部を、さらに具備する、
請求項 1 に記載の被写体分離装置。

【請求項 4】

小領域画像の分類を、自身の小領域画像の P S F 推定結果を用いて行うか、あるいは、周辺の小領域画像の分類結果を用いて行うかを、当該小領域画像の P S F の信頼性に基づいて選択する分類選択部を、さらに具備する、
請求項 1 に記載の被写体分離装置。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の被写体分離装置と、
前記被写体分離装置によって分離された各被写体画像を用いて、各被写体画像の P S F を推定する被写体 P S F 推定部と、
前記被写体 P S F 推定部によって推定された P S F と、前記被写体画像と、を用いて、前記被写体画像の劣化を補正した復元画像を得る画像復元部と、
を具備する画像復元装置。

【請求項 6】

前記被写体 P S F 推定部は、M A P 法によって P S F 推定するものであり、初期値として、前記局所 P S F 推定部で既に推定されている P S F を流用する、
請求項 5 に記載の画像復元装置。

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の被写体分離装置と、
前記被写体分離装置によって分離された前記被写体画像と、前記局所 P S F 推定部で既に推定されている P S F と、を用いて、前記被写体画像の劣化を補正した復元画像を得る画像復元部と、
を具備する画像復元装置。

【請求項 8】

入力画像を複数の小領域に分割するステップと、
前記小領域毎に P S F を推定するステップと、
推定された前記小領域毎の P S F の形状を識別し、類似性の高い P S F 形状の小領域が同一グループに属するように、前記小領域を分類するステップと、
同一グループに分類された隣接小領域をグループ毎に統合することで、各グループに分離された被写体画像を得るステップと、
を含む被写体分離方法。

【請求項 9】

入力画像を複数の小領域に分割するステップと、

10

20

30

40

50

前記小領域毎に P S F を推定するステップと、
推定された前記小領域毎の P S F の形状を識別し、類似性の高い P S F 形状の小領域が同一グループに属するように、前記小領域を分類するステップと、
同一グループに分類された隣接小領域をグループ毎に統合することで、各グループに分離された被写体画像を得るステップと、
前記分離された各被写体画像を用いて、各被写体画像の P S F を推定するステップと、
前記推定された被写体画像の P S F と、前記被写体画像と、を用いて、前記被写体画像の劣化を補正した復元画像を得るステップと、
を含む画像復元方法。

【請求項 10】

入力画像を複数の小領域に分割するステップと、
前記小領域毎に P S F を推定するステップと、
推定された前記小領域毎の P S F の形状を識別し、類似性の高い P S F 形状の小領域が同一グループに属するように、前記小領域を分類するステップと、
同一グループに分類された隣接小領域をグループ毎に統合することで、各グループに分離された被写体画像を得るステップと、
前記被写体画像と、前記推定された P S F と、を用いて、前記被写体画像の劣化を補正した復元画像を得るステップと、
を含む画像復元方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば撮像過程で生じた画像のボケ（焦点ボケやカメラブレにより生じたボケ）等の画像劣化を補正して鮮鋭な画像を復元する画像復元装置、及び、その画像復元装置に用いて好適な被写体分離装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、画像劣化を修復（補正）する技術として、P S F（Point Spread Function；点拡がり関数）を用いた技術が知られている。この技術は、劣化画像が元の鮮鋭な画像に P S F を畳み込むことで表すことができることを利用し、劣化画像に対して P S F の逆畳み込み演算を施すことで元の鮮鋭な画像を復元する技術である。

【0003】

P S F を用いた画像復元技術は、大きく、Non - blind 法と、Blind 法に分類される。

【0004】

Non - blind 法は、P S F が既知であるとして、劣化画像から元の画像を復元するものである。この方法では、例えばinverse FilterやWiener Filterが用いられる。

【0005】

Blind 法は、未知の P S F を劣化画像から推定した後に、Non - blind 法で復元するものである。Blind 法については、例えば非特許文献 1 - 4 に記載されている。

【0006】

ところで、従来の P S F を用いた画像復元技術では、一般に、画像内で同一のボケが生じているということを前提としているので、画像内にボケ方が異なる複数の被写体が存在する場合には、画像復元の精度が低下する欠点がある。

【0007】

このようなことを考慮して、ボケ補正を行う画像補正装置が、特許文献 1 に記載されている。特許文献 1 に開示されている技術について簡単に説明する。特許文献 1 の画像補正

10

20

30

40

50

装置は、以下の手順で画像のボケを修復するようになっている。

【0008】

1. 入力画像の小領域を1つ基準にとり、これを基準領域とする。
2. 基準領域でPSF推定を行う。
3. 基準領域を拡大した領域でPSF推定を行う。
4. 上記3.の拡大前後の各推定PSFが類似しているかを判定する。類似している場合には、上記3の拡大領域を基準領域として、上記3に戻る。類似していない場合には、拡大前の基準領域を1つの適応的領域として決定し、上記1に戻る。
5. 上記1 - 4の処理により適応的領域毎に推定した、PSFを補間する。各適応的領域のPSF間で類似しているものがあれば、それらのPSFを用いて補間処理を行うこと
6. 算出したPSFを基に、Non-blind法で画像のボケを修復する。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】国際公開第2010/098054号

【非特許文献】

【0010】

【非特許文献1】Fergus, et al., "Removing camera shake from a single photograph", SIGGRAPH 2006 Papers, ACM, 2006, pp.787-794.

20

【非特許文献2】Shan, et al., "High-quality motion deblurring from a single image", SIGGRAPH 2008 Papers, ACM, 2008, Article No.73.

【非特許文献3】Cho, et al., "Fast motion deblurring", SIGGRAPH Asia 2009 Papers, ACM, 2009, Article No.145.

【非特許文献4】Cai, et al., "Blind motion deblurring from a single image using sparse approximation", 2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR, 2009, pp.104-111.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

30

ところで、特許文献1で開示されている技術においては、基準領域を徐々に広げていくことでPSFを推定しているので、画像全体を俯瞰したPSF推定を行う点で不十分であると考えられる。また、基準領域の設定の仕方に応じて、PSF推定のための計算量が不必要に増加したり、計算量を抑えるとPSFの推定精度が低下すると考えられる。

【0012】

つまり、限られたハードウェア資源で、かつ、高速に画像復元を行おうとすると、画像復元の精度が低下するおそれがある。

【0013】

本発明は、以上の点を考慮してなされたものであり、画像内にボケ方が異なる複数の被写体が存在する場合であっても、比較的少ない計算量で、各被写体画像のボケを修復して鮮鋭な画像を得ることができる画像復元装置、画像復元方法、及び、それに用いて好適な被写体分離装置、被写体分離方法を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明の被写体分離装置の一つの態様は、入力画像を複数の小領域画像に分割する小領域分割部と、前記小領域画像のPSFを推定する局所PSF推定部と、推定された前記PSFの形状を識別し、類似性の高いPSF形状の小領域画像が同一グループに属するように、前記小領域画像を分類するPSF形状識別部と、同一グループに分類され、かつ隣接する前記小領域画像をグループ毎に統合することで、各グループに分離された被写体画像を得る小領域統合部と、を具備する。

50

【 0 0 1 5 】

本発明の画像復元装置の一つの態様は、前記被写体分離装置と、前記被写体分離装置によって分離された各被写体画像を用いて、各被写体画像の P S F を推定する被写体 P S F 推定部と、前記被写体 P S F 推定部によって推定された P S F と、前記被写体画像と、を用いて、前記被写体画像の劣化を補正した復元画像を得る画像復元部と、を具備する。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 6 】

本発明によれば、画像内にボケ方が異なる複数の被写体が存在する場合であっても、比較的少ない計算量で、各被写体画像のボケを修復して鮮鋭な画像を得ることができる画像復元装置、画像復元方法、及び、それに用いて好適な被写体分離装置、被写体分離方法を
10 実現できる。また、本発明の被写体分離装置及び方法によれば、複数のカメラや付加的な装置（距離センサ等）を用いることなく、入力画像 1 枚のみから、被写体の遠近分離や動いている被写体の分離が可能となる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 7 】

【 図 1 】 実施の形態の被写体分離装置の構成を示すブロック図

【 図 2 】 画像分割の様子を示す図

【 図 3 】 局所 P S F 推定部によって行われる局所 P S F 推定の説明に供する図であり、図 3 A は局所 P S F 推定の処理手順を示すフローチャート、図 3 B は P S F 推定結果（推定された P S F の形状）の例を示す図
20

【 図 4 】 P S F の説明に供する図であり、図 4 A は理想的な点光源像を P S F に入力して得られる出力像を示す図、図 4 B は実際の画像を P S F に入力して得られる出力画像を示す図

【 図 5 】 P S F 形状の説明に供する図であり、図 5 A はボケている画像の P S F 形状の例を示す図、図 5 B は水平方向に動いている被写体像の P S F 形状の例を示す図

【 図 6 】 実施の形態の被写体分離装置によって分離された、被写体画像の例を示す図

【 図 7 】 実施の形態の被写体分離装置の構成を示すブロック図

【 図 8 】 互いにオーバーラップした小領域を示す図

【 図 9 】 実施の形態の被写体分離装置の構成を示すブロック図

【 図 1 0 】 補間処理のイメージを示す図
30

【 図 1 1 】 実施の形態の被写体分離装置の構成を示すブロック図

【 図 1 2 】 実施の形態の画像復元装置の構成を示すブロック図

【 図 1 3 】 実施の形態の画像復元装置の構成を示すブロック図

【 図 1 4 】 実施の形態の画像復元装置の構成を示すブロック図

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 8 】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【 0 0 1 9 】

[1] 被写体分離装置の構成 I

図 1 に、本実施の形態の被写体分離装置の構成を示す。
40

被写体分離装置 1 0 0 は、小領域分割部 1 0 1 に入力画像 S 1 0 を入力する。小領域分割部 1 0 1 は、小領域アドレス生成部 1 0 2 及び小領域画像データ読出部 1 0 3 を有する。小領域アドレス生成部 1 0 2 は、各小領域のアドレスを生成し、順次出力する。小領域画像データ読出部 1 0 3 は、入力画像 S 1 0 を格納するメモリを有しており、小領域アドレス生成部 1 0 2 で生成されたアドレスに基づく画像を読み出すことにより、1 枚の入力画像 S 1 0 を複数の小領域画像 S 1 1 に分割して出力する。図 2 に、小領域分割部 1 0 1 による画像分割の様子を示す。図中の点線で区切られた各領域が分割された小領域である。

【 0 0 2 0 】

小領域分割部 1 0 1 により得られた小領域画像 S 1 1 は、局所 P S F (Point Spread F
50

unction; 点拡がり関数) 推定部 104 に入力される。局所 P S F 推定部 104 は、小領域画像毎に P S F を推定する。

【0021】

図3は、局所 P S F 推定部 104 によって行われる局所 P S F 推定の説明に供する図である。図3Aは局所 P S F 推定の処理手順を示す。図3Aに示すように、局所 P S F 推定部 104 は、小領域画像 S 11 が入力されるとステップ S T 10 で処理を開始し、ステップ S T 11 で、推定する P S F と復元画像とを初期化する。ステップ S T 12 では P S F の最適解を探索し、ステップ S T 13 では復元画像の最適解を探索する。続く、ステップ S T 14 では最適解が収束したか否か判断し、収束した場合には(ステップ S T 14 ; Y E S)、ステップ S T 15 で局所 P S F 推定処理を終了する。最適解が収束しない場合には(ステップ S T 14 ; N O)、ステップ S T 12 に戻って、最適解が収束するまで、ステップ S T 12 - S T 13 - S T 14 の処理を繰り返す。局所 P S F 推定部 104 は、図3Aの処理を各小領域画像に対して行う。

10

【0022】

図3Bは P S F 推定結果(推定された P S F の形状)の一例を示す。図中の円は、大きいほどボケが大きい領域であることを示す。線状の棒は、移動を示す。具体的には、横棒は、その領域の被写体が水平移動したことを示し、縦棒は、垂直移動したことを示す。

【0023】

ここで、P S F、及び P S F 形状について、簡単に説明しておく。

【0024】

20

先ず、図4を用いて、P S F について説明する。図4Aは、理想的な点光源像(点像)を P S F (関数 f) に入力して得られる出力像を示す。関数 f を規定する P S F として、出力像が用いられる。図4Bは、実際の画像を P S F (関数 f) に入力して得られる出力画像を示す。関数 f の P S F の画像信号と入力画像信号とを畳み込み演算することで、関数 f を通してボケる出力画像を生成できる。

【0025】

次に、図5を用いて、P S F 形状について説明する。P S F の形状とは、P S F 画像内の個々の信号について信号レベルが一定以上の画素のみを抽出した際に、当該画素群が画像平面上に形成する図形である。図5Aは、ボケている画像の P S F 形状の例を示し、図5Bは、水平方向に動いている被写体像の P S F 形状の例を示す。

30

【0026】

図1に戻って、被写体分離装置 100 の構成の説明を続ける。P S F 形状識別部 105 は、推定された小領域毎の P S F の形状を識別し、類似性の高い P S F 形状の小領域が同一グループに属するように、小領域を分類する。P S F 形状識別部 105 は、分類結果に基づいて、各小領域の情報に分類符号を紐付けして小領域分類符号 S 13 として出力する。

【0027】

小領域統合部 106 は、同一グループに分類された隣接小領域を統合する。そして、小領域統合部 106 は、同一グループに分類され統合した小領域は同一の被写体画像であると判断し、統合された被写体領域アドレス S 14 を出力する。つまり、小領域統合部 106 は、同一の被写体であると判断した領域のアドレスを同一被写体のアドレスであることが分かる形で、被写体領域アドレス S 14 として出力する。

40

【0028】

被写体選択部 107 は、復元処理(補正処理と言ってもよい)の対象となる被写体を選択し、その被写体を形成する領域のアドレスを、注目被写体領域アドレス S 15 として出力する。なお、選択される被写体は、例えばユーザによって指定された被写体である。また、選択される被写体は、所定の順番で順次選択されたものであってもよい。

【0029】

被写体領域画像データ読出部 108 は、入力画像 S 10 を格納するメモリを有しており、注目被写体領域アドレスに基づく画像を読み出すことにより、被写体画像 S 16 を出力

50

する。

【 0 0 3 0 】

図 6 に、被写体分離装置 1 0 0 によって分離された、被写体画像の例を示す。近景 N の小領域同士の P S F 形状は似通っており、遠景 F の小領域同士の P S F 形状は似通っており、動き部 m の小領域同士の P S F 形状は似通っている。一方、近景 N と、遠景 F と、動き部 m との間では、P S F 形状は大きく異なる。その結果、P S F 形状識別部 1 0 5 及び小領域統合部 1 0 6 によって、図中の点線を境界にグループ分けする分類が行われ、同一グループ内の小領域は統合される。これにより、ボケ方の違いを基に被写体を的確に分離できる。

【 0 0 3 1 】

このように、本実施の形態の被写体分離装置 1 0 0 によれば、入力画像 S 1 0 を複数の小領域画像 S 1 1 に分割する小領域分割部 1 0 1 と、小領域毎に P S F を推定する局所 P S F 推定部 1 0 4 と、推定された小領域毎の局所推定 P S F S 1 2 の形状を識別し、類似性の高い P S F 形状の小領域が同一グループに属するように、局所推定 P S F S 1 2 を分類する P S F 形状識別部 1 0 5 と、同一グループに分類された隣接小領域を統合する小領域統合部 1 0 6 と、を有することにより、似通ったボケ方をしている被写体画像を、的確に分離することができる。この結果、複数のカメラや付加的な装置（距離センサ等）を用いることなしに、入力画像 1 枚のみから、被写体の遠近分離や、動いている被写体の分離が可能となる。また、被写体分離装置 1 0 0 は、その分離を比較的少ない演算量で行うことができる。

【 0 0 3 2 】

[2] 被写体分離装置の構成 II

図 1 との対応部分に同一符号を付して示す図 7 に、被写体分離装置の別の構成例を示す。図 7 の被写体分離装置 2 0 0 は、図 1 の被写体分離装置 1 0 0 と比較して、小領域分割部 2 0 1 の構成が異なる。

【 0 0 3 3 】

被写体分離装置 2 0 0 の小領域分割部 2 0 1 は、小領域アドレス拡幅部 2 0 2 を有する。小領域アドレス拡幅部 2 0 2 は、小領域アドレス生成部 1 0 2 からアドレスを用いて、小領域を拡幅するためのアドレスを生成する。具体的には、図 8 に示すように、互いにオーバーラップした小領域を形成する。このようにすることで、単純な格子分割よりも小領域内のサンプル数が増えるので、局所 P S F 推定部 1 0 4 における局所 P S F 推定の性能が向上する。この結果、最終的な被写体の分離も、よりの確に行うことができるようになる。

【 0 0 3 4 】

[3] 被写体分離装置の構成 III

図 1 との対応部分に同一符号を付して示す図 9 に、被写体分離装置の別の構成例を示す。被写体分離装置 3 0 0 は、P S F 推定の信頼性が低そうな小領域の P S F は、隣接小領域で推定した P S F を位置合わせし補間することで、求めるようになっている。

【 0 0 3 5 】

P S F 推定可否判定部 3 0 1 は、各小領域画像 S 1 1 が P S F 推定の信頼性が低くなりそうな小領域であるか否かを判定する。P S F 推定可否判定部 3 0 1 は、P S F の信頼性の指標として、(i) 飽和画素の数、又は、(i i) 輝度勾配、等に基づいて P S F 推定の可否を判定する。具体的には、P S F 推定可否判定部 3 0 1 は、飽和画素の数が閾値以上である場合や、輝度勾配がほぼゼロの場合には、その小領域は平坦で特徴がない (P S F 推定の信頼性は低い) と判定し、その小領域を用いて推定した P S F 推定は使わないと判定する。

【 0 0 3 6 】

隣接 P S F 取得部 3 0 2 は、各小領域について、隣接する小領域の局所推定 P S F S 1 2 を取得する。P S F 位置合わせ部 3 0 3 は、隣接する小領域の局所推定 P S F S 1 2 の重心位置を合わせる。P S F 補間部 3 0 4 は、位置合わせされた P S F を用いて、例えば

それらの平均を求めることにより、補間対象である小領域の P S F を求める。

【 0 0 3 7 】

図 1 0 に、隣接 P S F 取得部 3 0 2、P S F 位置合わせ部 3 0 3 及び P S F 補間部 3 0 4 による処理のイメージを示す。図中の実線の小領域が補間対象の小領域である。図中の矢印で示すように、補間対象の小領域に隣接する小領域の P S F が取得され、位置合わせされる。そして、位置合わせされた P S F を用いて補間対象の小領域の P S F が求められる。

【 0 0 3 8 】

局所 P S F 選択部 3 0 5 は、P S F 推定可否判定部 3 0 1 によって P S F 推定を行うと判定された小領域（つまり平坦でない小領域）については、局所 P S F 推定部 1 0 4 で推定された P S F をそのまま出力する。これに対して、局所 P S F 選択部 3 0 5 は、P S F 推定可否判定部 3 0 1 によって P S F 推定を行わないと判定された小領域（つまり平坦な小領域）については、局所 P S F 推定部 1 0 4 で推定された P S F に代えて、P S F 補間部 3 0 4 で求められた P S F を出力する。

【 0 0 3 9 】

このように、被写体分離装置 3 0 0 は、小領域画像の P S F を、自身の小領域画像を用いて求めるか、あるいは、周辺の小領域画像で求められた P S F を用いて求めるかを、小領域画像の平坦度に基づいて選択する。これにより、小領域を統合して抽出する被写体領域に、欠損が発生するのを防止できる。

【 0 0 4 0 】

[4] 被写体分離装置の構成 IV

図 1 及び図 9 との対応部分に同一符号を付して示す図 1 1 に、被写体分離装置の別の構成例を示す。被写体分離装置 4 0 0 は、P S F 推定の信頼性が低そうな小領域については、隣接小領域の分類結果を基に当該小領域の分類を決定するようになっている。

【 0 0 4 1 】

隣接分類符号取得部 4 0 1 は、各小領域について、隣接する小領域の分類符号を取得する。分類符号補間部 4 0 2 は、隣接する小領域の分類符号を用いて、補間対象である小領域の分類符号を求める。どのように補間するかについては、例えば隣接する小領域の分類符号の中で最も多い分類符号を補間分類符号として選択すればよい。

【 0 0 4 2 】

分類符号選択部 4 0 3 は、P S F 推定可否判定部 3 0 1 によって P S F 推定を行うと判定された小領域（つまり P S F の信頼性が高い小領域）については、P S F 形状識別部 1 0 5 で得られた分類符号をそのまま出力する。これに対して、分類符号選択部 4 0 3 は、P S F 推定可否判定部 3 0 1 によって P S F 推定を行わないと判定された小領域（つまり P S F の信頼性が低い小領域）については、P S F 形状識別部 1 0 5 で得られた分類符号に代えて、分類符号補間部 4 0 2 で求められた分類符号を出力する。

【 0 0 4 3 】

このように、被写体分離装置 4 0 0 は、小領域の分類を、自身の小領域画像の P S F 推定結果を用いて行うか、あるいは、周辺の小領域の分類結果を用いて行うかを、小領域画像の P S F の信頼性に基づいて選択する。これにより、被写体分離装置 3 0 0 と同様に、小領域を統合して抽出する被写体領域に、欠損が発生するのを防止できる。

【 0 0 4 4 】

[5] 画像復元装置の構成 I

図 1 2 に、画像復元装置の構成を示す。画像復元装置 5 0 0 は、被写体分離装置 1 0 0（図 1）と、被写体 P S F 推定部 5 1 0 と、劣化画像復元部 5 2 0 と、を有する。なお、被写体分離装置 1 0 0（図 1）に代えて、被写体分離装置 2 0 0（図 7）、3 0 0（図 9）又は 4 0 0（図 1 1）を用いてもよい。

【 0 0 4 5 】

上述したように、被写体分離装置 1 0 0、2 0 0、3 0 0、4 0 0 は、同程度のボケを有する小領域を集めて（統合して）構成した被写体画像 S 1 6 を出力する。よって、被写

10

20

30

40

50

体 P S F 推定部 5 1 0 には、被写体分離装置 1 0 0 から、同程度のボケを有する小領域が集まって構成された被写体画像 S 1 6 が入力される。

【 0 0 4 6 】

被写体 P S F 推定部 5 1 0 は、P S F 推定アルゴリズムを用いて、被写体の P S F を求める。この P S F 推定アルゴリズムは、既知のものを用いればよい。ここでは、その概要を簡単に説明する。

【 0 0 4 7 】

P S F 推定アルゴリズムは、自然画像（ボケのないもの）と P S F とについて一般的に成り立つ統計的性質を用いて、ボケのある入力画像（観測データ）を生成し得る元画像（未知数）・ P S F （未知数）の組み合わせの中で、最も尤もらしい両者をそれぞれ推定画像・推定 P S F とする。

10

【 0 0 4 8 】

まず、鮮鋭な画像（L とする）について仮定を置くと共に、P S F （K とする）について仮定を置く。ここで鮮鋭な画像については、事前分布 $p(L)$ として表現され、「L の輝度勾配分布がガウシアン（またはこれに類するもの）に従う」と仮定されることが多い。また、P S F については、事前分布 $p(K)$ として表現され、「K の要素が非負でありスパースな分布となる」と仮定されることが多い。

【 0 0 4 9 】

被写体 P S F 推定部 5 1 0 は、このような仮定の下、以下の手順で処理を行う。

【 0 0 5 0 】

20

ステップ 1 ; L と K の初期値を設定する。

L の初期値として入力画像（B とする）を、K の初期値としてデルタカーネル（中心のみ 1、それ以外は 0 の値をとる P S F ）又は単純形状（水平又は垂直線分）の P S F を、それぞれ設定することが多い。

【 0 0 5 1 】

ステップ 2 ; L を定数、K を未知数として、方程式「 $B = L \times K + N$ 」を M A P (Maximum A Posteriori) 法により K について解く。

事後分布 $p(L, K | B)$ を最大化する L , K を、 $p(L)$, $p(K)$, $p(B | L, K)$ を用いて確率統計的に求める。

【 0 0 5 2 】

30

ステップ 3 ; 導出した K を定数、L を未知数として、上記方程式を同様に L について解く。

【 0 0 5 3 】

ステップ 4 ; 導出した K , L がそれぞれ収束するまで、上記ステップ（2 ~ 3）を繰り返す。収束した K が推定 P S F である。

【 0 0 5 4 】

被写体 P S F 推定部 5 1 0 において、P S F ・復元画像初期化部 5 1 1 は、ステップ 1 を行うことで、被写体推定 P S F と被写体推定復元画像とを得る。P S F 最適解導出部 5 1 2 は、ステップ 2 を行う。また、復元画像最適解導出部 5 1 3 は、ステップ 3 を行う。推定結果収束判定部 5 1 4 は、ステップ 4 を行う。このようにして、推定結果収束判定部 5 1 4 から、推定された被写体 P S F S 2 0 が出力される。

40

【 0 0 5 5 】

劣化画像復元部 5 2 0 は、被写体 P S F S 2 0 と被写体画像 S 1 6 とを用いて、復元画像 S 2 1 を得る。具体的には、復元画像復元部 5 2 0 は、劣化した被写体画像 S 1 6 に対して被写体 P S F S 2 0 の逆畳み込み演算を施すことで、鮮鋭な画像である復元画像 S 2 1 を得る。

【 0 0 5 6 】

このように、画像復元装置 5 0 0 は、被写体分離装置 1 0 0（図 1）、2 0 0（図 7）、3 0 0（図 9）又は 4 0 0（図 11）を有し、この被写体分離装置 1 0 0、2 0 0、3 0 0 又は 4 0 0 によって、似通ったボケ方をしている小領域を的確に集めて形成された被

50

写体画像 S 1 6 を基に、被写体 P S F S 2 0 を求め復元画像 S 2 1 を得る。これにより、画像内にボケ方が異なる複数の被写体が存在する場合であっても、各被写体のボケを修復して鮮鋭な画像を得ることができる。

【 0 0 5 7 】

[6] 画像復元装置の構成 II

図 1 2 との対応部分に同一符号を付して示す図 1 3 に、画像復元装置の別の構成例を示す。画像復元装置 6 0 0 は、被写体 P S F 推定部 5 1 0 で用いる P S F の初期値として、既に被写体分離装置 1 0 0 (又は 2 0 0 、 3 0 0 、 4 0 0) で求めている P S F を流用するようになっている。これにより、被写体 P S F 推定部 5 1 0 での処理の高速化及び収束の安定化を図ることができる。

10

【 0 0 5 8 】

画像復元装置 6 0 0 において、被写体領域内局所 P S F 取得部 6 0 1 は、既に局所 P S F 推定部 1 0 4 で求められている局所推定 P S F S 1 2 のうち、注目被写体領域に相当する P S F を集める (取得する) 。 P S F 位置合わせ部 6 0 2 は、集めた各 P S F の重心の位置を合わせる。 P S F フィルタ部 6 0 3 は、例えば平均化フィルタであり、注目被写体についての代表 P S F (被写体局所代表 P S F) S 3 0 を得る。

【 0 0 5 9 】

この代表 P S F S 3 0 は、被写体 P S F 推定部 5 1 0 の P S F ・復元画像初期化部 5 1 1 に入力される。 P S F ・復元画像初期化部 5 1 1 は、入力された代表 P S F S 3 0 を P S F の初期値として設定する。

20

【 0 0 6 0 】

このようにすることで、上述したように、デルタカーネル又は単純形状の P S F を初期値として設定する場合と比較して、収束までの演算量 (繰り返し回数) が少なくなることが期待され、かつ、収束の安定化が期待される。

【 0 0 6 1 】

[7] 画像復元装置の構成 III

図 1 3 との対応部分に同一符号を付して示す図 1 4 に、画像復元装置の別の構成例を示す。画像復元装置 7 0 0 は、図 1 3 の画像復元装置 6 0 0 と比較して、被写体 P S F 推定部 5 1 0 が省略され、劣化画像復元部 5 2 0 において、 P S F フィルタ部 6 0 3 から出力される被写体局所代表 P S F S 3 0 を用いて画像復元処理を行うようになっている。

30

【 0 0 6 2 】

これにより、画像復元装置 7 0 0 においては、画像復元装置 6 0 0 と比較して、 M A P 法による P S F 推定を行わないので、画像復元に用いられる P S F の精度は低下するが、 M A P 法を行う回路 (被写体 P S F 推定部 5 1 0) が不要なので、構成を簡単化できる。

【 0 0 6 3 】

[8] 実施の形態の効果

以上説明したように、本実施の形態の被写体分離装置 1 0 0 、 2 0 0 、 3 0 0 、 4 0 0 によれば、似通ったボケ方をしている被写体画像 S 1 6 を、的確に分離することができる。この結果、複数のカメラや付加的な装置 (距離センサ等) を用いることなしに、入力画像 1 枚のみから、被写体の遠近分離や、動いている被写体の分離が可能となる。また、被写体分離装置 1 0 0 、 2 0 0 、 3 0 0 、 4 0 0 は、その分離を比較的少ない演算量で行うことができる。

40

【 0 0 6 4 】

また、本実施の形態の画像復元装置 5 0 0 、 6 0 0 、 7 0 0 は、被写体分離装置 1 0 0 、 2 0 0 、 3 0 0 又は 4 0 0 を有し、似通ったボケ方をしている小領域を的確に集めて形成された被写体画像 S 1 6 を基に、被写体 P S F S 2 0 を求め復元画像 S 2 1 を得るので、画像内にボケ方が異なる複数の被写体が存在する場合であっても、各被写体のボケを修復して鮮鋭な画像を得ることができる。

【 0 0 6 5 】

なお、上述の実施の形態の被写体分離装置 1 0 0 、 2 0 0 、 3 0 0 、 4 0 0 、 及び、画

50

像復元装置 500、600、700 は、メモリ・CPU を含むパソコン等のコンピュータによって構成することができる。そして、上記装置を構成する各構成要素の機能は、メモリ上に記憶されたコンピュータプログラムを CPU が読み出して実行処理することで実現できる。

【産業上の利用可能性】

【0066】

本発明は、例えば被写体間で異なるボケが生じている画像を補正する場合に適用して好適である。

【符号の説明】

【0067】

10

100、200、300、400 被写体分離装置

101 小領域分割部

102 小領域アドレス生成部

103 小領域画像データ読出部

104 局所 PSF 推定部

105 PSF 形状識別部

106 小領域統合部

107 被写体選択部

108 被写体領域画像データ読出部

20

202 小領域アドレス拡張部

301 PSF 推定可否判定部

302 隣接 PSF 取得部

303 PSF 位置合わせ部

304 PSF 補間部

305 局所 PSF 選択部

401 隣接分類符号取得部

402 分類符号補間部

403 分類符号選択部

500、600、700 画像復元装置

30

510 被写体 PSF 推定部

511 PSF・復元画像初期化部

512 PSF 最適解導出部

513 復元画像最適解導出部

514 推定結果収束判定部

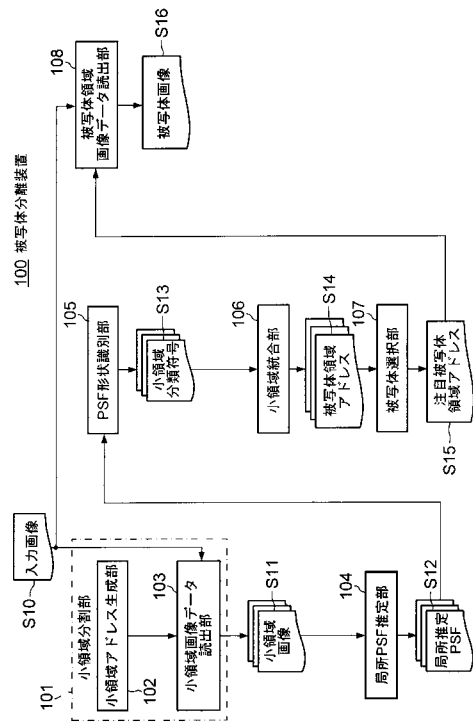
520 劣化画像復元部

601 被写体領域内局所 PSF 取得部

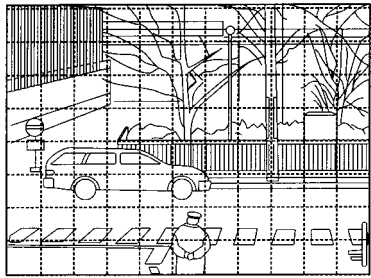
602 PSF 位置合わせ部

603 PSF フィルタ部

【図 1】



【図 2】



【図 3】

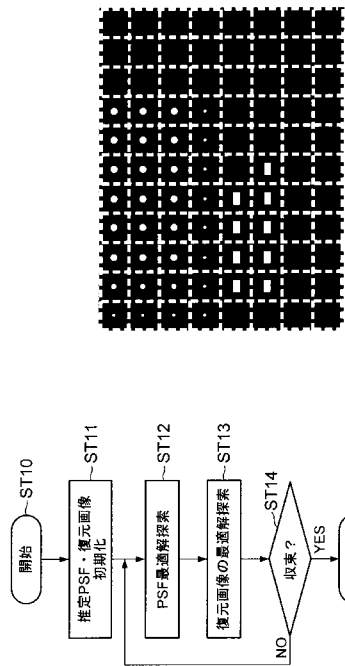


図 3A

図 3B

【図 4】

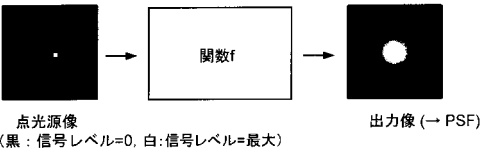


図4A



図4B

【図 5】

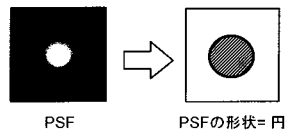


図5A

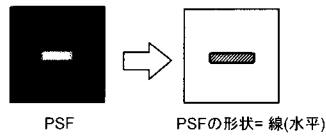
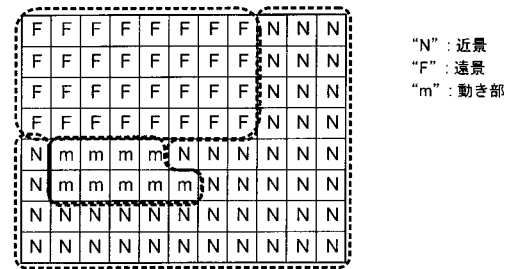
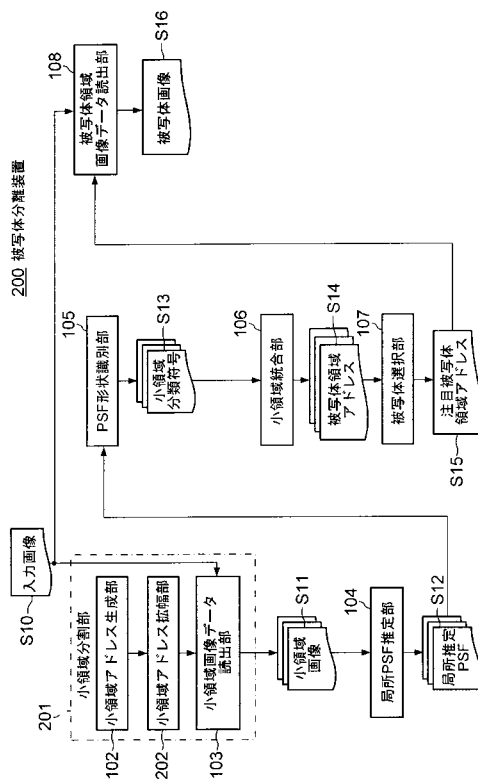


図5B

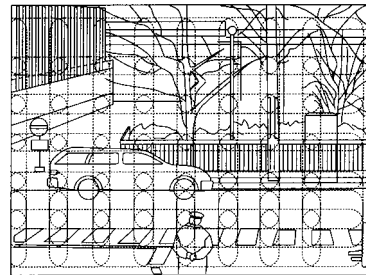
【図 6】



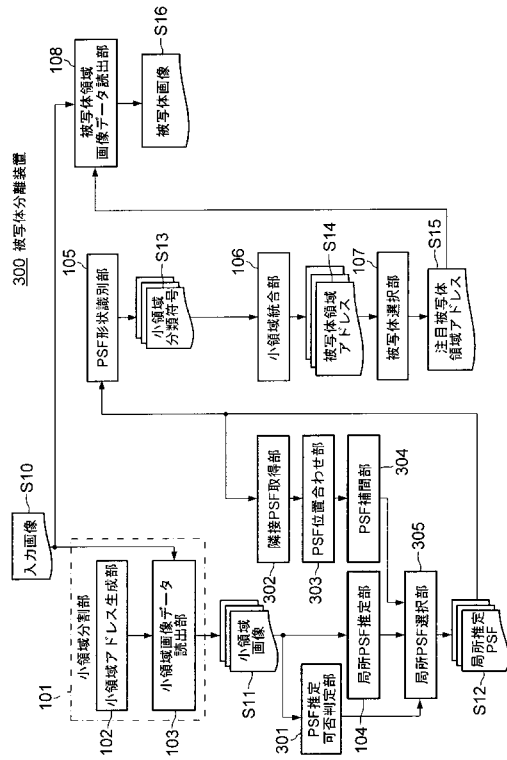
【図 7】



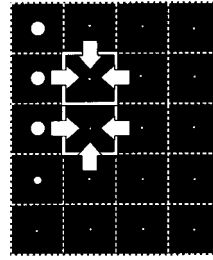
【図 8】



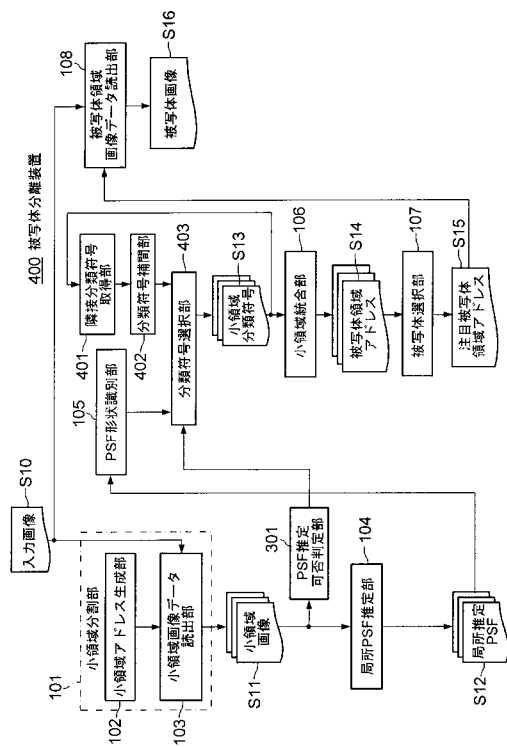
【図 9】



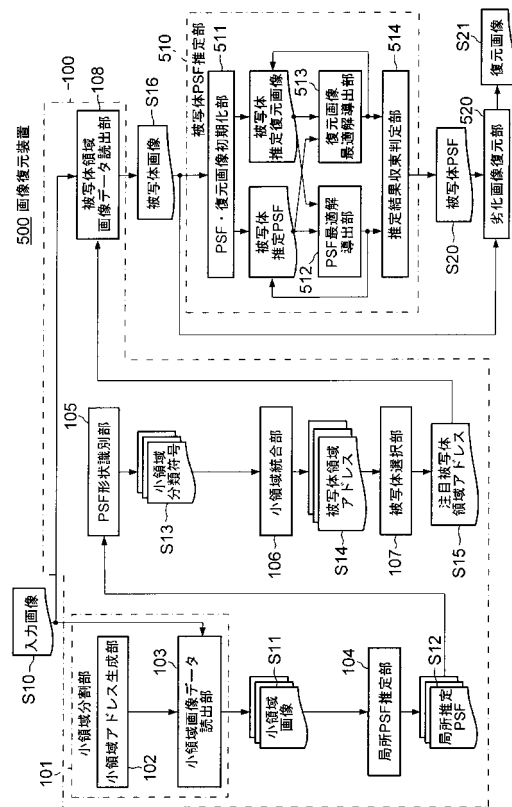
【図 10】



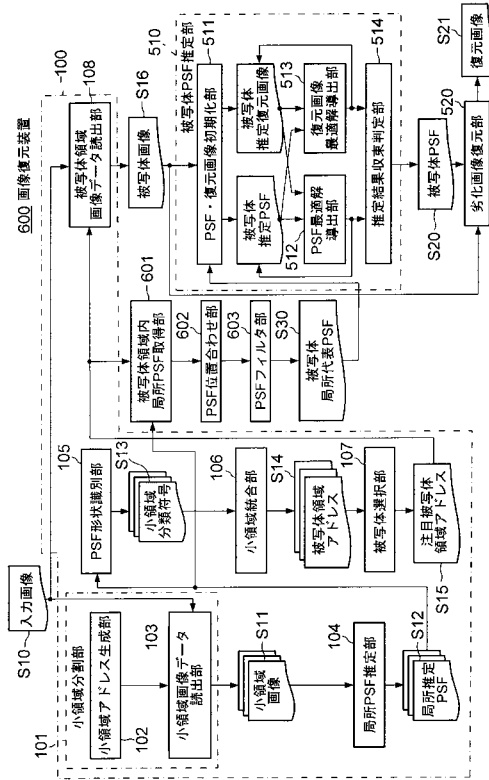
【図 11】



【図 12】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】

