

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2012年2月9日(09.02.2012)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/017662 A1

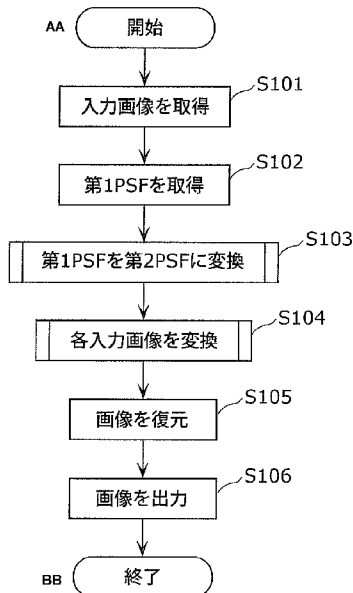
- (51) 国際特許分類:
H04N 5/232 (2006.01) H04N 1/409 (2006.01)
G06T 5/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/004426
- (22) 国際出願日: 2011年8月4日(04.08.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2010-176790 2010年8月5日(05.08.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): パナソニック株式会社(PANASONIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 石井 育規 (ISHII, Yasunori).
- (74) 代理人: 新居 広守(NII, Hiromori); 〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島5丁目3番10号タナカ・イトーピア新大阪ビル6階新居国際特許事務所内 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,

[続葉有]

(54) Title: IMAGE RECONSTRUCTION DEVICE AND IMAGE RECONSTRUCTION METHOD

(54) 発明の名称: 画像復元装置および画像復元方法

[図9]



S101 ACQUIRE INPUT IMAGE
S102 ACQUIRE FIRST PSF
S103 CONVERT FIRST PSF INTO SECOND PSF
S104 CONVERT EACH INPUT IMAGE
S105 RECONSTRUCT IMAGE
S106 OUTPUT IMAGE
AA START
BB END

(57) Abstract: The present invention reliably suppresses the occurrence of ringing while suppressing increase in processing load. The present invention is an image reconstruction device (10) which reduces motion blur generated in an image in which a plurality of input images which have been consecutively captured are combined, and is provided with a PSF acquisition unit (1200) for acquiring a first Point Spread Function (PSF) indicating motion blur occurring across the plurality of input images; a PSF conversion unit (1300) for generating a second PSF by processing the first PSF so that the amplitude value of each frequency in the frequency domain does not become less than a threshold; an image conversion unit (1400) for generating a plurality of converted images by converting each of the plurality of input images using a portion corresponding to each of the input images among portions of the second PSF; and an image reconstruction unit (1500) for generating a reconstructed image by applying reconstruction processing using the second PSF to a corrupted image in which a plurality of converted images have been combined.

(57) 要約: 処理負荷の増大を抑制しつつ、リングングの発生を安定して抑制する。連続して撮影された複数の入力画像が合成された画像に発生するブレを低減させる画像復元装置(10)であって、複数の入力画像にわたって発生しているブレを示す第1PSF(Point Spread Function)を取得するPSF取得部(1200)と、周波数領域において各周波数の振幅値が閾値未満とならないように第1PSFを加工することにより第2PSFを生成するPSF変換部(1300)と、第2PSFのうち各入力画像に対応する部分を用いて複数の入力画像をそれぞれ変換することにより、複数の変換画像を生成する画像変換部(1400)と、複数の変換画像が合成された劣化画像に対して、第2PSFを用いた復元処理を施すことにより、復元画像を生成する画像復元部(1500)とを備える。

WO 2012/017662 A1



NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI 添付公開書類:

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
NE, SN, TD, TG).

明 細 書

発明の名称：画像復元装置および画像復元方法

技術分野

[0001] 本発明は、連続して撮影された複数の入力画像が合成された画像に発生するブレを低減させる画像復元装置および画像復元方法に関する。

背景技術

[0002] デジタルカメラで画像を撮影した場合、CCD (Charge-Coupled Device) センサ、あるいはCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) センサの読み出し回路の特性や伝送路の特性により、画像にノイズが加えられることがある。

[0003] また、撮影時にフォーカスが合っていないこと（焦点外れ：out-of-focus）による画像のぼやけ（ブラー：blur）、あるいは手振れ（camera shake）などによる画像のぼやけが発生することもある。このように、デジタルカメラで撮影された画像は、撮像装置に固有の特性に起因するノイズに、撮影時の人為的な操作に起因するぼやけが加わることで劣化する。

[0004] なお、以下において、これらの「ぼやけ」のうち、撮影（露光）中におけるカメラの運動による画像のぼやけ（手振れ）を「ブレ（motion blur）」と称し、焦点外れによるぼやけ（out-of-focus blur）と区別することにする。

[0005] 近年、特に高感度撮影の需要が増大していることにより、ぼやけによって劣化した画像（以下、「劣化画像」という）を元の画像（以下、「理想画像」という）にできるだけ近い画像に復元することが要求されている。高感度撮影に要求される、明るく、かつノイズおよびぼやけのない画像を実現するための方法として、大別して、感度を高めるとする方法と、露光時間を長くするという方法とがある。

- [0006] 一般的に、感度を高めれば、ノイズも増幅されてしまう。そのため、感度を高める方法では、信号がノイズに埋もれてしまい、ノイズが大半を占める画像になることが多い。
- [0007] 一方、露光時間を長くすれば、被写体から入射した光を多く蓄積し、ノイズの少ない画像が得られる。したがって、信号がノイズで埋もれることはない。しかしながら、露光時間を長くする方法では、露光時間中における手振れによって画像にブレが生じるという問題がある。
- [0008] そこで、従来、露光時間を長くする場合における問題の対処法として2つの方法が提案されている。一つの方法は、レンズをシフトさせる方式である光学式手振れ補正である（例えば、特許文献1を参照）。もう一つの方法は、得られた画像からブレの方向および大きさを求め、求めたブレの方向および大きさに基づいて、信号処理によって画像を復元するという方法（信号処理による復元方法）である（例えば、特許文献2～4、非特許文献1～7を参照）。
- [0009] 暗い環境で十分な光量を確保するために露光時間を長くすると、大きな手振れが発生しやすくなる。そのような暗い環境において、光学式手振れ補正によってブレに対応するためには、レンズの稼動範囲を大きくする必要がある。しかし、稼動範囲が大きくなるとレンズの移動の際に時間遅れが生じるという問題がある。また、稼動範囲を大きくすることには物理的な限界がある。
- [0010] 手振れによって理想画像から劣化画像へと画像が劣化する現象は、以下のようにモデル化することができる。劣化画像における各画素の輝度を表す関数は、理想画像における各画素の輝度を表す関数と、画像のブレを表す点広がり関数（ $PSF: Point Spread Function$ ）との畳み込み（ $convolution$ ）によって得られる。逆に、得られた劣化画像を理想画像へと復元するためには、劣化画像と PSF との逆畳み込み（ $deconvolution$ ）を行えばよい。畳み込み演算は、周波数領域では乗算に相当する。そのため、周波数領域において劣化画像を PSF で除

算することにより、復元画像を得ることができる。

[0011] このように P S F が既知の場合、ノイズの影響を無視すれば、上記の逆畳み込み演算によって比較的容易に復元画像を得ることができる。一方、P S F が未知の場合、復元画像を得るためには劣化画像から P S F を推定する必要がある。

[0012] P S F の推定には、例えば非特許文献 1 に開示されたスパースコーディングによる方法などが知られている。この方法では、まず手動で与えた初期 P S F と劣化画像とから、第 1 の復元結果を得る。続いて第 1 の復元結果と劣化画像とを用いてより真の P S F に近いと考えられる P S F を推定し、推定された P S F で初期 P S F を修正する。修正された P S F を用いて劣化画像から第 2 の復元結果を得る。以降、第 (N - 1) の P S F と劣化画像とから第 N の復元画像を得て、第 N の復元画像と劣化画像とから第 N の P S F を推定する、という操作を繰り返すことにより、P S F の推定と劣化画像の復元を同時に行っていく。

[0013] しかし、この方法では、復元された画像にリングングなどのノイズが発生してしまうという問題がある。「リングング (ringing)」とは、画像において輝度などが一様な部分 (平坦部) に発生するノイズである。リングングが発生すれば、平坦部が平坦に見えないようになる。

[0014] 図 1 A は、輝度がステップ状に変化する画像 (エッジ付近の理想画像) を示す図である。また、図 1 B は、理想画像の輝度分布を模式的に示すグラフである。図 2 A は、図 1 A の画像をカメラで撮影することによって得られた、エッジ付近の劣化画像 (ぼやけ画像: blurred image) を示す図である。また、図 2 B は、劣化画像の輝度分布を模式的に示すグラフである。

[0015] ここで、カメラ撮影に際して、水平横方向に手振れが生じたと仮定する。図 2 A の劣化画像は、手振れによるぼやけ (ブレ) が発生したため、エッジのシャープネスが失われている。

[0016] 図 3 A は、図 2 A の劣化画像を信号処理によって復元した復元画像を示す

図である。また、図3Bは、復元画像の輝度分布を模式的に示すグラフである。図3Aの復元画像には、輝度が周期的に変化する部分が存在している。このような輝度変化が「リングング」と称されるノイズである。リングングは、周波数領域においてPSFの振幅値が0になる、または0に限りなく近い値になる周波数（以下、「ゼロ点」という）が存在することに起因して発生する。

[0017] このようなリングングの問題を解決する技術が、特許文献3、4、および非特許文献6、7に開示されている。これらの技術によれば、露光状態の間、シャッタを開放し続けるのではなく、ある決められた時間パターン（符号化パターン）に従って光を遮ることにより、周波数領域上でPSFの振幅値が0となる周波数を低減させることができる。そのため、リングングノイズの発生を防ぐことができる。特許文献3、4、および非特許文献6、7に開示された方法は、“Coded Exposure Photography”と呼ばれている。

先行技術文献

特許文献

- [0018] 特許文献1：特開2001-197357号公報
特許文献2：特開2006-129236号公報
特許文献3：特表2009-522825号公報
特許文献4：特開2008-310797号公報

非特許文献

- [0019] 非特許文献1：“High-quality Motion Deblurring from a Single Image”, Qi Shan, Jiaya Jia, and Aseem Agarwala, SIGGRAPH 2008
非特許文献2：米司・田中・奥富共著、「直線的手ぶれ画像復元のためのpsfパラメータ推定手法」，情報処理学会研究報告，第2005巻，第38号，p. 47-52，2005年

非特許文献3: J. Bioucas-Dias, "Bayesian wavelet-based image deconvolution: a gem algorithm exploiting a class of heavy-tailed priors", IEEE Trans. Image Proc., vol. 4, pp. 937-951, April 2006

非特許文献4: Levin, "Blind Motion Deblurring Using Image Statistics", Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS), Dec 2006

非特許文献5: Bob Fergus et al., "Removing camera shake from a single image", Barun Singh Aaron Hertzmann, SIGGRAPH 2006

非特許文献6: "Coded Exposure Photography: Motion Deblurring using Fluttered Shutter", Ramesh Raskar, Amit Agrawal, Fack Tumblin, SIGGRAPH 2006

非特許文献7: "Coded Exposure Deblurring: Optimized Codes for PSF Estimation and Invertibility", Amit Agrawal, Yi Xu, MITSUBISHI ELECTRIC RESEARCH LABORATORIES, <http://www.merl.com>

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0020] このように、特許文献3、4、または非特許文献6に開示された方法によれば、露光符号化を行なうことにより、復元画像におけるリングングの発生

を抑制することができる。

[0021] しかしながら、これらの方法では、撮影時に光を遮ることで符号化を行うため、撮影よりも先に符号化パターンを決めておく必要がある。具体的には、手振れが生じている特定の画像を用いて予め符号化パターンを決めておき、その符号化パターンを他のシーンにも適用する。そのため、撮影シーンによっては、予め決めた符号化パターンを適用しても、PSFにゼロ点が発生することを回避することができず、復元画像にリングングが生じる可能性がある。つまり、これらの方法では、リングングの発生を安定して抑制することができない。

[0022] また、非特許文献7に開示された方法では、符号化パターンを2値のバイナリパターンとして表現し、複数のバイナリパターンの中から画像の復元に最適なバイナリパターンを探索している。しかしながら、探索するパターンの数が多いため、実際に最適な符号化パターンをあらゆるPSFに対して算出することは現実的ではない。

[0023] 具体的には、非特許文献7の方法では、画像の復元に最適な符号化パターンを決定するために、符号化パターンを変えながら復元を行い、復元した画像のノイズ量を計測し、最適な復元が行えているか否かの判定を行っている。

[0024] したがって、非特許文献7の方法では、最適な符号化パターンを探索するために、撮影と復元処理とを多数回繰り返す必要がある。そのため、符号化パターン探索のための処理量が増大し、消費電力も増大するという課題がある。さらに、探索対象となる符号化パターンのパターン数が多いため、非特許文献7では、全てのパターンではなく一部のパターンの範囲内で最適なものを探索している。そのため、性能面でも最適なものを探索できるとは限らないという問題がある。

[0025] そこで、本発明は、上記従来課題を解決するものであって、処理負荷の増大を抑制しつつ、リングングの発生を安定して抑制することができる画像復元装置および画像復元方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0026] 上記目的を達成するために、本発明の一態様に係る画像復元装置は、連続して撮影された複数の入力画像が合成された画像に発生するブレを低減させる画像復元装置であって、前記複数の入力画像にわたって発生しているブレを示す第1 P S F (P o i n t S p r e a d F u n c t i o n) を取得する P S F 取得部と、周波数領域において各周波数の振幅値が閾値未満とならないように前記第1 P S F を加工することにより第2 P S F を生成する P S F 変換部と、前記第2 P S F のうち各入力画像に対応する部分を用いて、前記複数の入力画像をそれぞれ変換することにより、複数の変換画像を生成する画像変換部と、前記複数の変換画像が合成された劣化画像に対して、前記第2 P S F を用いた復元処理を施すことにより、復元画像を生成する画像復元部とを備える。

[0027] 本構成によれば、複数の入力画像にわたって発生しているブレを示す第1 P S F を加工することにより、周波数領域において各周波数の振幅値が閾値以上である第2 P S F を生成する。そして、第2 P S F の各部分を用いて、各入力画像を変換する。このように変換された複数の入力画像が合成された画像は、P S F にゼロ点が生じないように符号化されたときに得られる劣化画像（以下、「符号化された劣化画像」という）に相当する。つまり、本構成によれば、P S F にゼロ点が生じないように符号化された劣化画像を、複数の入力画像にわたって発生しているブレに適応して生成することができる。したがって、予め符号化パターンを決定する必要がないので、リングングの発生を安定して抑制することができる。さらに、P S F にゼロ点が生じないように符号化された劣化画像を生成するために復元処理を繰り返す必要もない。したがって、処理負荷の増大も抑制することができる。

[0028] また、前記 P S F 変換部は、周波数領域において前記第1 P S F の振幅値が前記閾値未満である周波数を特定し、特定した前記周波数において振幅値を前記閾値以上の所定値に変更することにより、前記第1 P S F を加工することが好ましい。

- [0029] 本構成によれば、第1 P S Fの振幅値が閾値未満となる周波数において振幅値を変更することにより、第2 P S Fを生成する。したがって、複数の入力画像にわたって発生しているブレにより適応した符号化された劣化画像を生成することができる。つまり、よりブレが少ない復元画像を生成することが可能となる。
- [0030] また、第1周波数の振幅値を変更するときに用いられる前記所定値は、前記第1周波数よりも高い周波数である第2周波数の振幅値を変更するときに用いられる前記所定値よりも大きいことが好ましい。
- [0031] 本構成によれば、振幅値が変更された周波数において、低周波数の振幅値を高周波数の振幅値よりも大きくすることができるので、低周波領域において生じるノイズであるリングングノイズを効率的に低減させることが可能となる。
- [0032] また、前記所定値は、前記入力画像に生じているノイズが大きいほど小さくなるように決定された値であることが好ましい。
- [0033] 本構成によれば、振幅値を変更することにより復元画像においてノイズが増幅されるという弊害を抑制することができる。
- [0034] また、第1周波数を特定するときに用いられる前記閾値は、前記第1周波数よりも高い周波数である第2周波数を特定するときに用いられる前記閾値よりも大きいことが好ましい。
- [0035] 本構成によれば、リングングノイズの原因となる小さな振幅値を低周波領域において効率的に排除することができるので、低周波領域において生じるノイズであるリングングノイズを効率的に低減させることが可能となる。
- [0036] また、前記閾値は、前記入力画像に生じているノイズが大きいほど小さくなるように決定された値であることが好ましい。
- [0037] 本構成によれば、振幅値を変更することにより復元画像においてノイズが増幅されるという弊害を抑制することができる。
- [0038] また、前記画像変換部は、前記第2 P S Fが示すブレが検出された時間と、前記各入力画像が撮影された時間とに基づいて、前記第2 P S Fのうち各

入力画像に時間的に対応する部分を決定し、決定した部分を用いて前記複数の入力画像をそれぞれ変換することが好ましい。

[0039] 本構成によれば、各入力画像に対応する第2 P S Fの部分をより適切に決定することが可能となる。

[0040] また、前記 P S F 変換部は、周波数領域において前記第1 P S Fの振幅値が前記閾値未満である周波数を特定し、特定した前記周波数の振幅値が前記閾値以上であるオフセット P S Fを生成し、前記オフセット P S Fと前記第1 P S Fとを加算することにより、前記第2 P S Fを生成することが好ましい。

[0041] 本構成によれば、オフセット P S Fを加算することによって、第2 P S Fを生成することが可能となる。

[0042] 本発明は、このような特徴的な処理部を備える画像復元装置として実現することができるだけでなく、画像復元装置に含まれる特徴的な処理部をステップとする画像復元方法として実現することもできる。また、画像復元方法に含まれる特徴的な各ステップをコンピュータに実行させるコンピュータプログラムとして実現することもできる。そして、そのようなコンピュータプログラムを、C D - R O M (C o m p a c t D i s c R e a d O n l y M e m o r y) 等のコンピュータ読取可能な記録媒体あるいはインターネット等の通信ネットワークを介して流通させることができるのは、言うまでもない。

[0043] また、本発明は、画像復元装置が備える特徴的な処理部を有する集積回路として実現することもできる。

発明の効果

[0044] 本発明によれば、P S Fにゼロ点が生じないように符号化された劣化画像を、連続して撮影された複数の入力画像を用いて、複数の入力画像にわたって発生しているブレに適応して生成することができる。したがって、処理負荷の増大を抑制しつつ、リングングの発生を安定して抑制することが可能となる。

図面の簡単な説明

- [0045] [図1A]図 1 Aは、エッジ付近の理想画像を示す図である。
- [図1B]図 1 Bは、理想画像の輝度分布を模式的に示すグラフである。
- [図2A]図 2 Aは、エッジ付近の劣化画像を示す図である。
- [図2B]図 2 Bは、劣化画像の輝度分布を模式的に示すグラフである。
- [図3A]図 3 Aは、劣化画像を信号処理によって復元した復元画像を示す図である。
- [図3B]図 3 Bは、復元画像の輝度分布を模式的に示すグラフである。
- [図4]図 4 は、露光符号化の説明図である。
- [図5]図 5 は、空間領域における P S F の模式図である。
- [図6]図 6 は、周波数領域に変換された P S F の模式図である。
- [図7]図 7 は、本発明の実施の形態に係る撮像装置の機能構成を示すブロック図である。
- [図8]図 8 は、本発明の実施の形態に係る信号処理部の機能構成を示すブロック図である。
- [図9]図 9 は、本発明の実施の形態に係る信号処理部における劣化画像の復元処理の流れを示すフローチャートである。
- [図10]図 1 0 は、本発明の実施の形態に係る P S F 変換部における P S F 変換処理の流れを示すフローチャートである。
- [図11]図 1 1 は、本発明の実施の形態に係る画像変換部における画像変換処理の流れを示すフローチャートである。
- [図12]図 1 2 は、理想画像の一例を示す図である。
- [図13]図 1 3 は、理想画像の周波数特性の一例を示す図である。
- [図14]図 1 4 は、第 1 P S F の一例を示す図である。
- [図15]図 1 5 は、第 1 P S F の周波数特性の一例を示す図である。
- [図16]図 1 6 は、劣化画像の一例を示す図である。
- [図17]図 1 7 は、劣化画像の周波数特性の一例を示す図である。
- [図18]図 1 8 は、従来の画像復元方法によって得られる復元画像の一例を示

す図である。

[図19]図19は、第2PSFの一例を示す図である。

[図20]図20は、第2PSFの周波数特性の一例を示す図である。

[図21]図21は、本発明の実施の形態に係る画像復元方法によって得られる復元画像の一例を示す図である。

[図22]図22は、本発明の一態様に係る画像復元装置の機能構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0046] 本発明の実施の形態について詳細を説明する前に、まず、本実施の形態における画像復元方法の基本的原理について説明する。

[0047] 本明細書では、撮像面に形成される画像の輝度分布を $m(x, y)$ で表すことにする。座標 (x, y) は、撮像面の画素（光感知セル）の位置を示す二次元座標である。画像が例えば行列状に配列された $M \times N$ 個の画素からなる場合において、 x および y が、それぞれ、 $0 \leq x \leq M-1$ 、 $0 \leq y \leq N-1$ の関係を満足する整数であるとする、画像を構成する個々の画素の位置を座標 (x, y) によって特定することができる。この画像上の座標 (x, y) における輝度を、適宜「画素値」と呼ぶ。

[0048] 座標の原点 $(0, 0)$ は、画像の左上隅に設定される。また、 x 軸は水平方向に延びる軸として設定され、 y 軸を垂直方向に延びる軸として設定される。ただし、座標は、必ずしもこのように設定される必要はなく、任意に設定されればよい。

[0049] ここで、ぼやけ（blur）のない画像（理想画像または元画像）の輝度分布を $s(x, y)$ と表わす。また、ぼやけを規定するPSFを $f(x, y)$ と表わす。この場合、ノイズの影響を無視すれば、以下の（式1）が成立する。

[0050] [数1]

$$m(x, y) = s(x, y) * f(x, y) \quad (\text{式1})$$

[0051] ここで、記号「 $*$ 」は、畳み込み演算（コンボリューション）を示している。（式1）の右辺は、一般に、以下の（式2）で表される。

[0052] [数2]

$$s(x, y) * f(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} s(i, j) f(x - i, y - j) di dj \quad (\text{式2})$$

[0053] 画像が、 $M \times N$ 個の画素からなる場合、上記の（式2）は、以下の（式3）で表すことができる。

[0054] [数3]

$$s(x, y) * f(x, y) = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} s(i, j) f(x - i, y - j) \quad (\text{式3})$$

[0055] ぼやけの特徴を示す点広がり関数 $f(x, y)$ が既知である場合、カメラ撮影によって得られた画像 $m(x, y)$ に対して逆畳み込み演算（デコンボリューション）を行なうことにより、ぼやけの無い画像 $s(x, y)$ を復元することができる。また、点広がり関数 $f(x, y)$ が既知でない場合は、画像 $m(x, y)$ から $f(x, y)$ を推定した上でぼやけの無い画像 $s(x, y)$ を求める必要がある。

[0056] 一般に、2つの関数の畳み込みは、各関数のフーリエ変換の積によって表される。このため、 $m(x, y)$ 、 $s(x, y)$ 、 $f(x, y)$ のフーリエ変換を、それぞれ、 $M(u, v)$ 、 $S(u, v)$ 、 $F(u, v)$ と表すと、（式1）から、以下の（式4）が導かれる。なお、 (u, v) は、周波数領域における座標であり、それぞれ、実画像における x 方向および y 方向の空間周波数に対応している。

[0057] [数4]

$$M(u, v) = S(u, v) \bullet F(u, v) \quad (\text{式4})$$

[0058] ここで、記号「 $\bullet$ 」は、周波数領域における関数の「積」を示している。（式4）を変形すると、以下の（式5）が得られる。

[0059]

[数5]

$$S(u, v) = \frac{M(u, v)}{F(u, v)} \quad (\text{式 5})$$

[0060] この(式5)は、カメラ撮影によって得られた画像 $m(x, y)$ のフーリエ変換 $M(u, v)$ を、点広がり関数 $f(x, y)$ のフーリエ変換 $F(u, v)$ で除算して得られた関数が、理想画像 $s(x, y)$ のフーリエ変換 $S(u, v)$ に相当することを示している。すなわち、 $M(u, v)$ および $F(u, v)$ が求まれば、 $S(u, v)$ を決定できる。 $M(u, v)$ は、カメラ撮影によって得られた画像(劣化画像)をフーリエ変換したものであるため、手振れの点広がり関数 $f(x, y)$ のフーリエ変換 $F(u, v)$ が求まれば、信号処理によって劣化画像から画像を復元する(真の画像に近づける)ことが可能になる。

[0061] 手振れの点広がり関数 $f(x, y)$ は、撮影(露光)中における手振れの軌道に依存する。言い換えると、手振れの軌道はカメラ撮影毎に異なるため、 $f(x, y)$ もカメラ撮影毎に変化する。 $f(x, y)$ は、カメラ撮影によって得られた1枚または複数枚の画像から推定することも可能であるが、撮影(露光)中におけるカメラの動き(手振れ軌跡)をセンサによって検出して推定することも可能である。しかし、 $f(x, y)$ は、推定または測定によって得られるものに過ぎず、何らかの誤差を含む。このため、理想画像 $s(x, y)$ を完全に復元することは困難である。

[0062] 非特許文献2は、短い露光時間中における手振れの軌道を「等速直線運動」と仮定することにより、その点広がり関数のフーリエ変換を sinc 関数で近似することを開示している。手振れの幅を W 、手振れの方角を x 軸方向とすると、(式5)の分母である $F(u, v)$ は、以下の(式6)で示される。

[0063] [数6]

$$F(u, v) = \frac{\sin(W\pi u)}{W\pi u} \quad (\text{式 6})$$

[0064] (式6)の右辺は、 sinc (ジंक) 関数であり、その振幅は一定周期毎にゼロ(0)となる。この周期は、手振れの幅 W の逆数($1/W$)である。なお、手振れの方向が x 軸に対して θ の角度を向く場合、 $F(u, v)$ は、(式6)の関数を角度 θ だけ回転させたものとなる。ただし、現実の手振れは、複雑な軌道を描くため、「等速直線運動」の仮定が十分に成立しない場合もある。

[0065] ここで、(式5)の分母である $F(u, v)$ が周期的にゼロとなることが、画像の平坦部におけるリングングの主たる発生原因であると考えられる。そこで、特許文献3、4、および非特許文献6、7では、撮影の際、露光時間中にシャッタを符号化パターンに従って開閉することにより、 $F(u, v)$ がゼロとなる点を少なくする方法を開示している。このとき周波数領域に変換されたPSFである $F(u, v)$ にゼロ点が生じないように、シャッタの符号化パターンは決められなければならない。

[0066] そこで、非特許文献6、7では、予め既知のPSFに対して、符号化パターンを様々に変えながら画像の復元を行うことで、特定のPSFに対して最適な符号化パターンを探索している。この方法では、特定のPSFに対して求めた符号化パターンが、様々なシーンの撮影において利用される。そのため、符号化パターンを決めたPSFとは異なるPSFが周波数領域に変換された $F(u, v)$ では、ゼロ点が生じる可能性がある。また、符号化パターンを探索するために、符号化パターンごとに撮影および復元処理を行なう必要があるので、符号化パターンの探索に要する計算量が多くなる。

[0067] そこで、以下に説明する本発明の実施の形態では、撮像装置は、露光時間中に複数の画像を連続して撮影する。そして、撮像装置は、連続して撮影した複数の画像におけるブレを示す第1PSFを取得する。さらに、撮像装置は、周波数領域に変換された第1PSFの振幅値を解析することで、第1PSFを、周波数領域においてゼロ点が存在しない第2PSFに変換する。撮像装置は、このようにして得られる第2PSFを用いて各画像に変換処理を施し、変換処理後の画像を合成することにより、ブレに適応した符号化パタ

ーンで符号化された劣化画像を得ることができる。そして、撮像装置は、このように得られた劣化画像に対して、第2 P S Fを用いた復元処理を行う。このように、本発明の実施の形態に係る撮像装置は、P S Fにゼロ点が生じないように符号化された劣化画像を、複数の入力画像にわたって発生しているブレに適応して生成することができる。したがって、処理負荷の増大を抑制しつつ、リングングの発生を安定して抑制することが可能となる。

[0068] なお、本明細書において「露光時間」とは、連写による撮影の開始から終了までの時間を示す。また、連続して撮影された複数の画像を、適宜、連写画像と記載する。

[0069] 以下に、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

[0070] まず、本実施の形態における符号化の概念について図4を用いて説明する。符号化とは、画像の露光情報を特定のパターン（符号化パターン）で変換する処理であり、露光符号化と呼ばれる。露光符号化とは、露光時間中に光を通す状態と、光を通さない状態という2つの状態を作り出すことで、入射する光を時間的に不連続な光信号に変換することである。このとき、光を通す状態と光を通さない状態とによって形成されるパターンを符号化パターンという。

[0071] 例えば、手振れが真横に等速で生じている場合を考える。露光時間がTであり、符号化パターンを構成する区間が9つである場合、各区間の時間は $T/9$ となる。このとき、光を通す区間を符号「1」で表わし、光を通さない区間を符号「0」で表わす。つまり、符号「1」は、撮像素子に光が入射するON状態を示す。また、符号「0」は、光が遮られることで撮像素子に光が入射しないOFF状態を示す。

[0072] ここで、符号化が行われない場合、図4（a）に示すように、露光時間中の各区間の符号は全て「1」（ON状態）であり、符号化パターンは{1 1 1 1 1 1 1 1 1}となる。このとき、撮像素子は、露光時間Tの全てにおいて光を受光する。

[0073] 一方、符号化が行われた場合、露光時間中の各区間の符号は、「1」と「0」とが切り替わる。このとき、撮像素子は、露光時間Tのうち符号「1」の区間においてのみ光を受光する。例えば、符号化パターンが{1 0 1 1 0 1 1 1 0}の場合、図4(b)に示すように、露光時間中にON状態とOFF状態とが切り替えられる。

[0074] このような露光時間中に撮像素子に光を通す状態と光を通さない状態とを切り替える符号化を、連写画像を利用して実現する場合を考える。符号化パターンが、図4(b)の例と同じ{1 0 1 1 0 1 1 1 0}であるとする。この場合、図4(c)に示すように、一回の露光時間に9枚の画像を連写するとき、撮影した9枚の画像のうち2枚目5枚目、および9枚目の画像（ハッチングされた画像）の画素値をすべて0に変換した後、9枚の画像を加算する。つまり、連続して撮影された複数の画像のうち、符号「1」の区間に対応する画像のみを加算する。このようにして得られる画像は、図4(b)のように露光時間中に光を遮ることにより得られる画像と本質的に同一となる。つまり、連続して撮影された複数の画像の組み合わせを変更することにより、撮影後に符号化パターンを変更することができる。

[0075] 次に、符号化がPSFに及ぼす影響について図5および図6を用いて説明する。

[0076] 図5は、空間領域におけるPSFの模式図である。具体的には、図5(a)は、符号化が行われていない場合の空間領域におけるPSFの一例を示す図である。また、図5(b)は、符号化が行われた場合の空間領域におけるPSFの一例を示す図である。なお、図5は、x軸方向に切断した一断面におけるPSFを図示したものである。

[0077] ブレの方向がx軸方向である場合、符号化が行われることにより、PSFは、図5(a)から図5(b)のように変換される。

[0078] 図6は、周波数領域に変換されたPSFの模式図である。具体的には、図6(a)は、図5(a)のPSFを空間領域から周波数領域に変換したときの振幅特性を示す模式図である。同様に、図6(b)は、図5(b)のPSF

Fを空間領域から周波数領域に変換したときの振幅特性を示す模式図である。なお、図6は、u軸方向に切断した一断面についてPSFを図示したものである。

[0079] 図6(a)に示すように、図5(a)のPSF(矩形波)を周波数領域に変換した場合、PSFは、sinc関数となる。したがって、周期的に振幅値が0になる点(ゼロ点)が存在する。

[0080] 一方、図6(b)に示すように、図5(b)の符号化により得られたPSFを周波数領域に変換した場合、PSFは、sinc関数とは異なり、振幅値が0になる点が存在しない。このように、符号化により、各周波数において振幅値が0とならないPSFを得ることができる。このように得られるPSFを用いて復元処理を行なうことにより、リングングノイズがない復元画像を得ることができる。

[0081] 以上のように、露光を符号化することによって周波数領域において振幅値が0にならないようなPSFを得ることができる。本実施の形態では、撮影時に光を遮ることで露光符号化を行うのではなく、連続して撮影された複数の入力画像のそれぞれにおいて画素値を変化させ、変化後の複数の入力画像を合成することで露光符号化を行う。具体的には、各入力画像をL倍(ただし、Lは0~1の実数)することで符号化を行う。このように、本実施の形態では、撮影中に露光を遮る撮影を行なう必要がないため、撮影終了後に様々な符号化パターンを選択することができる。

[0082] 次に、本実施の形態に係る撮像装置の機能構成について説明する。図7は、本発明の実施の形態に係る撮像装置100の機能構成を示すブロック図である。本実施の形態における撮像装置100は、デジタル式の電子カメラである。ただし、撮像装置100は、必ずしもデジタル式の電子カメラである必要はない。

[0083] 撮像装置100は、図7に例示するように、撮像部300と、各種信号処理および画像の復元処理を行う信号処理部200と、画像を表示する表示部600と、画像データを記録する記録部500と、各部を制御するシステム

制御部４００とを備える。

[0084] 撮像部３００は、連続して複数の画像を撮影する。具体的には、撮像部３００は、撮像面上に配列された複数の光感知セル（フォトダイオード）を備える撮像素子（イメージセンサ）３１０と、絞り機能を有するシャッタ３２５と、撮像素子３１０の撮像面上に像を形成するための撮影レンズ３２０とを有する。また、撮像部３００は、画像を連続して撮影（連写）する際に連続する画像データを一時的に格納する内部メモリ３５０を有する。

[0085] 撮像素子３１０は、典型的には、ＣＣＤセンサまたはＣＭＯＳセンサである。

[0086] 撮影レンズ３２０は、公知の構成を有しており、一般的には複数のレンズから構成されたレンズユニットである。シャッタ３２５および撮影レンズ３２０は、不図示の駆動機構によって駆動され、光学ズーム、自動露光（ＡＥ：Ａｕｔｏ Ｅｘｐｏｓｕｒｅ）、あるいはオートフォーカス（ＡＦ：Ａｕｔｏ Ｆｏｃｕｓ）に必要な動作が実行される。

[0087] 撮像部３００は、さらに、撮像素子３１０を駆動する撮像素子駆動部３３０を有する。撮像素子駆動部３３０は、例えばＣＣＤドライバなどの半導体集積回路から構成される。撮像素子駆動部３３０は、それぞれ撮像素子３１０を駆動することにより、撮像素子３１０からアナログ信号（光電変換信号）をそれぞれ読み出してデジタル信号に変換する。

[0088] 撮像部３００は、さらに、撮影時の手振れを検出する手振れ検出部３４５を備える。手振れ検出部３４５は、例えば公知のジャイロ스코プや加速度センサなどである。手振れ検出部３４５は、露光時間中における撮像装置１００の動きを検出し、手振れの軌跡を示す情報（手振れ情報）を生成する。生成された手振れ情報は、信号処理部２００に入力され、画像復元処理で利用する第１ＰＳＦを取得する処理に用いられる。

[0089] 信号処理部２００は、劣化画像の復元処理を実行する。つまり、信号処理部２００は、連続して撮影された複数の入力画像が合成された画像に発生するブレを低減させる。

[0090] また、信号処理部200は、色調補正、解像度変更、あるいはデータ圧縮などの各種信号処理を行ってもよい。なお、信号処理部200における劣化画像の復元処理の詳細は図8を用いて後述する。

[0091] 信号処理部200は、公知のデジタル信号処理プロセッサ（DSP：Digital Signal Processor）などのハードウェアと、画像処理を実行するためのソフトウェアとの組合せによって好適に実現される。

[0092] メモリ240は、DRAM（Dynamic Random Access Memory）などによって構成される。このメモリ240は、撮像部300から得られた画像データを記録するとともに、信号処理部200によって各種の画像処理を受けた画像データや、圧縮された画像データを一時的に記憶する。画像データは、アナログ信号に変換された後、表示部600によって表示され、あるいは、デジタル信号のまま記録部500に記録される。画像データは、不図示の通信装置を介して、無線または有線で他の装置（不図示）に送信されてもよい。

[0093] システム制御部400は、上記の撮像部300、信号処理部200、メモリ240、記録部500、および表示部600を制御する。システム制御部400は、不図示の中央演算処理ユニット（CPU：Central Processing Unit）およびフラッシュメモリを含む。

[0094] なお、本実施の形態の撮像装置は、光学ファインダ、電源（電池）、フラッシュライトなどの公知の構成要素を備え得るが、それらの説明は本発明の理解に特に必要でないため省略する。

[0095] 以下、図8を参照しながら本実施の形態における信号処理部200の構成をより詳細に説明する。

[0096] 図8は、本発明の実施の形態に係る信号処理部200の機能構成を示すブロック図である。信号処理部200は、画像入力部1100と、PSF取得部1200と、PSF変換部1300と、画像変換部1400と、画像復元部1500と、画像出力部1600とを備える。

- [0097] 画像入力部 1100 は、撮像部 300 によって連続して撮影された複数の入力画像を取得する。
- [0098] PSF 取得部 1200 は、ジャイロセンサや加速度センサなどのセンサ情報に基づいて、画像入力部 1100 が取得した複数の入力画像にわたって発生しているブレを示す第 1 PSF を取得する。具体的には、PSF 取得部 1200 は、例えば、複数の入力画像が撮影されたときに手振れ検出部 345 によって検出された手振れ情報を用いて第 1 PSF を算出する。
- [0099] PSF 変換部 1300 は、PSF 取得部 1200 から得られる第 1 PSF を第 2 PSF に変換する。具体的には、PSF 変換部 1300 は、周波数領域において各周波数の振幅値が閾値未満とならないように第 1 PSF を加工することにより第 2 PSF を生成する。つまり、PSF 変換部 1300 は、周波数領域において各周波数の振幅値が閾値以上となる第 2 PSF を第 1 PSF に基づいて生成する。
- [0100] 画像変換部 1400 は、第 2 PSF に基づいて、画像入力部 1100 が取得した複数の入力画像をそれぞれ変換する。具体的には、画像変換部 1400 は、第 2 PSF のうち各入力画像に対応する部分を用いて、複数の入力画像をそれぞれ変換することにより、複数の変換画像を生成する。
- [0101] 画像復元部 1500 は、複数の変換画像が合成された劣化画像（符号化された劣化画像）に対して、第 2 PSF を用いた復元処理を施すことにより、復元画像を生成する。なお、複数の変換画像が合成された画像は、各変換画像を構成する画素の画素位置ごとに、画素値を加算することにより得られる。
- [0102] 画像出力部 1600 は、生成された復元画像を出力する。画像出力部 1600 は、復元画像を、例えば、記録部 500 および表示部 600 の少なくとも一方に出力する。
- [0103] なお、図 8 に示す信号処理部 200 の構成は、一例であり、信号処理部 200 は、他の機能ブロックに分割され得る。信号処理部 200 は、例えば公知のハードウェアに画像処理のソフトウェアを組み込むことによっても好適

に実現される。

[0104] 次に、以上のように構成された信号処理部200における各種処理について説明する。

[0105] 図9は、本発明の実施の形態に係る信号処理部200における劣化画像の復元処理の流れを示すフローチャートである。また、図10は、本発明の実施の形態に係るPSF変換部1300におけるPSF変換処理の流れを示すフローチャートである。また、図11は、本発明の実施の形態に係る画像変換部1400における画像変換処理の流れを示すフローチャートである。

[0106] まず、画像入力部1100は、撮像部300において連写され、撮像部300の内部メモリ350に蓄えられた複数（ n 枚： n は2以上の整数）の入力画像 $m_i(x, y)$ （ i は1～ n の整数）を取得する（S101）。

[0107] 続いて、PSF取得部1200は、複数の入力画像が撮影されたときに手振れ検出部345によって検出された手振れ情報を取得する。さらに、PSF取得部1200は、取得した複数の入力画像の画素値を画素位置ごとに加算することにより劣化画像を生成する。そして、PSF取得部1200は、手振れ情報と劣化画像とに基づいて、複数の入力画像にまたがって発生したブレを示す第1PSF（ $f_1(x, y)$ ）を取得する（S102）。

[0108] なお、PSF取得部1200は、必ずしも手振れ情報と劣化画像との両方に基づいて、第1PSFを取得する必要はない。例えば、PSF取得部1200は、手振れ情報と劣化画像とのうち手振れ情報にのみ基づいて、第1PSFを取得してもよい。ただし、劣化画像を用いた信号処理によって算出したPSFも利用して第1PSFを取得することで、PSF取得部1200は、被写体ブレと手振れとの両方のブレを示す第1PSFを取得することができる。

[0109] 次に、PSF変換部1300は、周波数領域において各周波数の振幅値が閾値未満とならないように第1PSFを加工することにより、第2PSFを生成する（S103）。具体的には、PSF変換部1300では、図10に示す処理が行われる。

- [0110] PSF変換部1300は、まず、PSF取得部1200が取得した第1PSFを空間領域から周波数領域に変換することにより、周波数毎の振幅値を算出する(S201)。ここで、空間領域における第1PSFを $f_1(x, y)$ と表わし、周波数領域における第1PSFを $F_1(u, v)$ と表わす。
- [0111] 次に、PSF変換部1300は、周波数領域において第1PSFの振幅値が閾値 f_{th} 未満($|F_1(u, v)| < f_{th}$)となる周波数(u', v')を特定する(S202)。
- [0112] 次に、PSF変換部1300は、特定した周波数(u', v')において振幅値を閾値 f_{th} 以上の所定値に変更することにより第2PSFを生成する(S203)。ここで生成される第2PSFは、周波数領域における第2PSFであり、 $F_2(u, v)$ と表わす。
- [0113] 最後に、PSF変換部1300は、 $F_2(u, v)$ を周波数領域から空間領域に逆変換する(S204)。ここで、空間領域に変換された第2PSFを $f_2(x, y)$ と表わす。このように得られる第2PSFには、周波数領域においてゼロ点が存在しない。そのため、第2PSFを用いた復元処理によって得られる復元画像には、リングングノイズが発生しない。
- [0114] 図9のフローチャートの説明に戻る。
- [0115] 画像変換部1400は、第2PSFのうち各入力画像に対応する部分を用いて、複数の入力画像をそれぞれ変換することにより、変換画像を生成する(S104)。具体的には、画像変換部1400では、図11に示す処理が行われる。
- [0116] 画像変換部1400は、まず、第2PSFが示すブレが検出された時間と、各入力画像が撮影された時間とに基づいて、第2PSFのうち各入力画像に時間的に対応する部分を決定する(S301)。具体的には、画像変換部1400は、例えば、第2PSFを構成する複数の画素のうち入力画像に時間的に対応するブレを示す画素(例えば一画素)を入力画像に対応する部分と決定する。
- [0117] 続いて、画像変換部1400は、各入力画像に対応する部分を用いて複数

の入力画像をそれぞれ変換する（S302）。具体的には、画像変換部1400は、以下の（式7）に従って入力画像 $m_i(x, y)$ を変換画像 $m_i'(x, y)$ に変換する。例えば、画像変換部1400は、（式7）に示すように、入力画像と当該入力画像に対応する第2PSFの部分との畳み込みによって変換画像をそれぞれ生成する。なお、（式7）において、 $f2_i(x, y)$ は、入力画像 $m_i(x, y)$ に対応する第2PSFの部分を示す。

[0118] [数7]

$$m_i'(x, y) = f2_i(x, y) * m_i(x, y) \quad (\text{式7})$$

[0119] 次に、画像復元部1500は、劣化画像 $s'(x, y)$ に対して、第2PSFを用いた復元処理を施すことにより復元画像を生成する（S105）。ここで、劣化画像 $s'(x, y)$ は、変換画像 $m_i'(x, y)$ を単に合成した画像であり、以下の（式8）によって求められる。

[0120] [数8]

$$s'(x, y) = \sum_{i=1}^n m_i'(x, y) \quad (\text{式8})$$

[0121] この劣化画像 $s'(x, y)$ は、PSFにゼロ点が生じないように符号化された劣化画像に相当する。

[0122] なお、画像復元部1500が実行する復元処理のアルゴリズムは、特に限定されず、公知の画像復元処理のいずれであってもよい。画像復元部1500は、例えば、公知のリチャードソンルーシ（LR）法やウィーナフィルタ法などを用いて復元処理を実行することができる。また、画像復元部1500は、非特許文献1に開示されたスパースコーディング法を用いて復元処理を実行してもよい。また、画像復元部1500は、最も単純には、以下の（式9）により、復元画像 $r(x, y)$ を生成してもよい。

[0123] [数9]

$$R(u, v) = \frac{S'(u, v)}{F2(u, v)} \quad (\text{式9})$$

- [0124] なお、(式9)において、 $R(u, v)$ および $S'(u, v)$ は、周波数領域に変換された、復元画像および符号化された劣化画像を示す。つまり、(式9)によって算出される $R(u, v)$ を空間領域に逆変換することにより、復元画像 $r(x, y)$ が得られる。
- [0125] 次に、画像出力部1600は、以上のようにして得た復元画像を出力し(S106)、処理を終了する。これにより、復元画像は、例えば記録部500に記録され、あるいは表示部600によって表示される。
- [0126] 次に、本発明の実施の形態に係る信号処理部200における処理の説明を補足するために、復元処理のシミュレーション結果について説明する。なお、説明の便宜のため、以下において、 x 軸方向あるいは u 軸方向の一断面のみを示した図を用いて説明する。
- [0127] 図12は、理想画像の一例を示す図である。また、図13は、理想画像の周波数特性の一例を示す図である。また、図14は、第1PSFの一例を示す図である。また、図15は、第1PSFの周波数特性の一例を示す図である。また、図16は、劣化画像の一例を示す図である。図17は、劣化画像の周波数特性の一例を示す図である。
- [0128] 本シミュレーションでは、図12に示す信号を、手振れの存在しない画像信号(理想画像)と設定した。図12では、横軸が x 軸方向の画素番号を示し、縦軸が画素値を示す。また、図14に示すように第1PSFを設定した。図14では、横軸が x 軸方向の画素番号を示し、縦軸がPSF強度を示す。
- [0129] そして、図14に示す第1PSFを用いて、図12に示す理想画像にぼやけ処理を施すことにより、図16に示す劣化画像を得た。図13、図15および図17は、図12、図14および図16に示す画像またはPSFを周波数領域に変換したときの周波数特性を示す。図13、図15および図17では、横軸が u 軸方向の空間周波数を示し、縦軸が振幅値を示す。図15に示す第1PSFの周波数特性を見れば、第1PSFには、周波数領域において振幅値がゼロとなる空間周波数(ゼロ点)が存在することがわかる。

[0130] ここで、まず、従来の画像復元方法によるシミュレーション結果について説明する。最も単純な画像復元方法は、(式5)に示す方法である。したがって、本シミュレーションでは、(式5)による画像復元方法を従来の画像復元方法として扱う。

[0131] 図18は、従来の画像復元方法によって得られる復元画像の一例を示す図である。図18に示す復元画像は、図17に示す劣化画像の周波数成分を図に示す第1PSFの周波数成分を用いて周波数毎に割り算を行うことにより得た画像である。

[0132] ただし、図15に示すように、周波数領域において第1PSFの振幅値がゼロになる周波数が含まれる。そのため、従来の画像復元方法では、振幅値がゼロになる周波数では、(式5)に示す割り算を行うことができない。そこで、振幅値がゼロになる周波数では、一定値(本シミュレーションでは「10」としたが不定値であるため、値は実装・システムによって適宜自由に設定される)を割り算の結果として扱う。

[0133] 図18に示す復元画像から明らかなように、従来の画像復元方法では、画素値が変化する変化点において正しく画像を復元できず、リングングノイズが発生している。

[0134] 次に、本発明の実施の形態に係る画像復元方法によるシミュレーション結果について説明する。

[0135] 図19は、第2PSFの一例を示す図である。また、図20は、第2PSFの周波数特性の一例を示す図である。また、図21は、本発明の実施の形態に係る画像復元方法によって得られる復元画像の一例を示す図である。

[0136] まず、PSF変換部1300は、図15に示す第1PSFの周波数特性を参照して、振幅値が閾値 f_{th} より小さい周波数を探索する。本シミュレーションでは、閾値 f_{th} を「0.001」と設定した。そして、PSF変換部1300は、図20に示すように、探索した周波数の振幅値を所定値 p_v に変更することによって、第2PSFを算出した。ここでは、所定値 p_v を「0.5」と設定した。

[0137] 図20に示す第2PSFを周波数領域から空間領域に逆変換することで、図19に示す第2PSFが得られる。

[0138] なお、図19から、第2PSFは、従来とは異なり負の値にもなりうるということがわかる。特許文献3、特許文献4、非特許文献6、および非特許文献7に示されている“Coded Exposure Photography”では、符号化を行なうことにより、0～1で表されるPSFの値を一時的に0にしている。つまり、総和が1であるPSFを、部分的に0にすることで（すなわち光量を減らすことで）、周波数領域において振幅値がゼロにならない方法を示していた。本実施の形態では、PSFを実数倍することで、全体の光量を示すPSFの総和は1のままでリングングを無くすることができる。

[0139] 次に、画像変換部1400は、図19に示す第2PSFのうち各入力画像に対応する部分を用いて複数の入力画像のそれぞれに変換処理を施すことにより、複数の変換画像を生成する。このように生成された複数の変換画像が合成された劣化画像は、符号化されたときに得られる劣化画像に相当する。

[0140] 次に、画像復元部1500は、複数の変換画像が合成された劣化画像と図19に示す第2PSFを用いて復元処理を行うことにより、復元画像を生成する。図21は、このように生成された復元画像を示す。

[0141] 図21に示すように、本実施の形態に係る画像復元方法によって得られる復元画像は、図12に示す理想画像と同一となる。このことから、本実施の形態に係る画像復元方法によれば、リングングが無い復元画像を生成可能であることが確認できる。

[0142] なお、上記のシミュレーションにおいて、PSF変換部1300は、周波数領域における第1PSFの振幅値が閾値（ $f_{th}=0.001$ ）未満となる周波数において、振幅値を所定値（ $p_v=0.5$ ）に変更したが、閾値 f_{th} および所定値 p_v は、必ずしもこれらの値である必要はない。所定値 p_v を大きくすれば、特定の周波数の振幅値が大きくなるため、特定の周波数における第2PSFのPSF強度が増幅される。極端な例では、一周波数に

おいてのみ、第2 P S F の P S F 強度が強く増幅される場合もある。このような場合、複数の入力画像のうち、特定の1枚の入力画像の輝度が増幅され、他の入力画像の輝度が減衰されて、符号化された劣化画像が生成されることになる。複数の入力画像のそれぞれには、ブレは無いが、画像の明るさは暗い。そのため、過度に入力画像の輝度が増幅されれば、ノイズの増加につながる。したがって、所定値 p_v を過度に大きくすることは好ましくない。

[0143] また、閾値 f_{th} を大きくすれば、各画素における第2 P S F の絶対値（P S F 強度）が大きくなる。その結果、各入力画像の画素値の増幅量が増加する。したがって、閾値 f_{th} も過度に大きくすることは望ましくない。

[0144] 以上のことから、上記実施の形態において、P S F 変換部 1300 は、所定値 p_v と閾値 f_{th} とを変更しながら、P S F 強度が過度に大きくなりすぎない第2 P S F を探索することが好ましい。具体的には、P S F 変換部 1300 は、所定値 p_v と閾値 f_{th} とを仮設定し、第2 P S F の P S F 強度が過度に大きくなりすぎていないかを確認することを繰り返すことにより、第2 P S F の P S F 強度が過度に大きくなりすぎないときの所定値 p_v と閾値 f_{th} とを探索することが好ましい。このように所定値 p_v と閾値 f_{th} とを探索しても、従来の非特許文献7のようにP S F を用いた復元処理を繰り返し行う必要がないため、計算量の増加は抑制される。

[0145] なお、上記シミュレーションでは、所定値 p_v と閾値 f_{th} とは、全周波数帯域において一定値であったが、必ずしも一定値でなくてもよい。

[0146] リンギングノイズは、画像の平坦部分（低周波成分）に出現するノイズであると考えられる。そこで、所定値 p_v と閾値 f_{th} とは、周波数が小さいほど、値が大きくなるように設定されることが好ましい。つまり、第1周波数の振幅値を変更するときに用いられる所定値 p_v は、第1周波数よりも高い周波数である第2周波数の振幅値を変更するときに用いられる所定値 p_v よりも大きいことが好ましい。また、第1周波数を特定するときに用いられる閾値 f_{th} は、第1周波数よりも高い周波数である第2周波数を特定するときに用いられる閾値 f_{th} よりも大きいことが好ましい。これにより、低

周波部分で生じるノイズであるリングングノイズを効率的に低減させることが可能となる。

[0147] つまり、信号処理部200は、所定値 p_v を周波数に応じて変化させることにより、振幅値が変更された周波数において低周波数の振幅値を高周波数の振幅値よりも大きくすることができる。したがって、信号処理部200は、低周波領域において生じるノイズであるリングングノイズを効率的に低減させることが可能となる。

[0148] さらに、信号処理部200は、閾値 f_{th} を周波数に応じて変化させることにより、リングングノイズの原因となる小さな振幅値を低周波領域において効率的に排除することができる。したがって、信号処理部200は、低周波領域において生じるノイズであるリングングノイズを効率的に低減させることが可能となる。

[0149] また、入力画像の性質を考慮して閾値 f_{th} と所定値 p_v とを設定してもよい。(式5)に示すように、復元処理を行なう際の割り算では、分子が劣化画像の周波数成分であり、分母が第2PSFの周波数成分である。分子である劣化画像の周波数成分が0である場合、分母である第2PSFの周波数成分は0であるときを除いて、除算結果は0になる。したがって、周波数領域において劣化画像の振幅値が0となる周波数では、閾値 f_{th} と所定値 p_v とはできるだけ小さい値に設定されることが好ましい。これにより、閾値 f_{th} と所定値 p_v とが大きくなることで生じる、入力画像の輝度が増幅されることによるノイズ増加の影響を、低減させることが可能となる。

[0150] なお、閾値 f_{th} と所定値 p_v は、入力画像のノイズ量に応じて決定されてもよい。つまり、閾値 f_{th} と所定値 p_v とは、入力画像のS/N比によって決定されてもよい。具体的には、閾値 f_{th} と所定値 p_v とは、入力画像に生じているノイズが大きいほど小さくなるように決定された値であることが好ましい。

[0151] 例えば、PSF変換部1300は、撮影シーンの明るさに対応する閾値 f_{th} と所定値 p_v との組み合わせをメモリに格納しておき、入力画像が撮影さ

れたときに計測された明るさに対応する閾値 f_{th} と所定値 p_v との組み合わせをメモリから読み出すことにより、閾値 f_{th} と所定値 p_v とを決定すればよい。一般的に、撮影シーンの明るいほどノイズは小さくなる。

[0152] なお、PSF変換部1300は、撮影シーンの明るさの代わりに、撮影条件（例えば、ISO感度）、あるいは入力画像におけるS/N比を利用して、閾値 f_{th} と所定値 p_v とを決定してもよい。

[0153] このように、閾値 f_{th} と所定値 p_v とを、入力画像に生じているノイズが大きいほど小さくなるように決定することにより、信号処理部200は、振幅値を変更することにより復元画像においてノイズが増幅されるという弊害を抑制することができる。

[0154] 以上のように、本実施の形態に係る撮像装置100は、複数の入力画像にわたって発生しているブレを示す第1PSFを加工することにより、周波数領域において各周波数の振幅値が閾値以上である第2PSFを生成する。そして、撮像装置100は、第2PSFの各部分を用いて、各入力画像を変換する。このように変換された複数の入力画像が合成された画像は、PSFにゼロ点が生じないように符号化された劣化画像に相当する。つまり、撮像装置100は、PSFにゼロ点が生じないように符号化された劣化画像を、複数の入力画像にわたって発生しているブレに適応して生成することができる。したがって、撮像装置100は、予め符号化パターンを決定する必要がないので、リングングの発生を安定して抑制することができる。さらに、撮像装置100は、PSFにゼロ点が生じないように符号化された劣化画像を生成するために復元処理を繰り返す必要もない。したがって、撮像装置100は、処理負荷の増大も抑制することができる。

[0155] また、本実施の形態に係る撮像装置100は、第1PSFの振幅値が閾値未満となる周波数において振幅値を変更することにより、第2PSFを生成する。したがって、撮像装置100は、複数の入力画像にわたって発生しているブレにより適応した符号化された劣化画像を生成することができる。つまり、撮像装置100は、よりブレが少ない復元画像を生成することが可能

となる。

[0156] 以上、本発明の一態様に係る撮像装置 100 について、実施の形態に基づいて説明したが、本発明は、これらの実施の形態に限定されるものではない。本発明の趣旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を本実施の形態に施した形態も、本発明の範囲内に含まれる。

[0157] 例えば、上記実施の形態において、PSF変換部1300は、第1PSFの振幅値を所定値に変更することにより第2PSFを生成していたが、他の方法によって第2PSFを生成してもよい。具体的には、PSF変換部1300は、例えば、特定した周波数の振幅値が閾値以上となるオフセットPSFを生成し、オフセットPSFと第1PSFとを周波数領域において加算することにより、第2PSFを生成してもよい。オフセットPSFは、例えば、特定した周波数の振幅値のみが閾値以上の一定値となり、かつ、他の周波数の振幅値が0となる関数である。

[0158] また、上記実施の形態において、PSF変換部1300は、第1PSFの振幅値が閾値未満となる周波数においてのみ振幅値を変更していたが、第1PSFの振幅値が閾値以上となる周波数においても振幅値を変更してもよい。例えば、PSF変換部1300は、第1PSFの振幅値が閾値未満となる周波数の近傍において、振幅値の変化が滑らかになるように振幅値を変更してもよい。

[0159] また、本発明は、信号処理部200が有する特徴的な処理部を備える画像復元装置として実現されてもよい。具体的には、画像復元装置10は、例えば、図22に示すように構成されればよい。

[0160] 図22は、本発明の一態様に係る画像復元装置10の機能構成を示すブロック図である。図22に示す画像復元装置10は、PSF取得部1200と、PSF変換部1300と、画像変換部1400と、画像復元部1500とを備える。この画像復元装置10は、信号処理部200と同様に、PSFにゼロ点が生じないように符号化された劣化画像を、連続して撮影された複数の入力画像を用いて、複数の入力画像にわたって発生しているブレに適応し

て生成することができる。したがって、画像復元装置10は、処理負荷の増大を抑制しつつ、リングングの発生を安定して抑制することが可能となる。

[0161] また、図22に示す画像復元装置10が備える構成要素の一部または全部は、1個のシステムLSI (Large Scale Integration: 大規模集積回路) から構成されてもよい。例えば、画像復元装置10は、PSF取得部1200と、PSF変換部1300と、画像変換部1400と、画像復元部1500とを有するシステムLSI20から構成されてもよい。

[0162] システムLSI20は、複数の構成部を1個のチップ上に集積して製造された超多機能LSIであり、具体的には、マイクロプロセッサ、ROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory) などを含んで構成されるコンピュータシステムである。前記RAMには、コンピュータプログラムが記憶されている。前記マイクロプロセッサが、前記コンピュータプログラムに従って動作することにより、システムLSIは、その機能を達成する。

[0163] なお、ここでは、システムLSIとしたが、集積度の違いにより、IC、LSI、スーパーLSI、ウルトラLSIと呼称されることもある。また、集積回路化の手法はLSIに限るものではなく、専用回路又は汎用プロセッサで実現してもよい。LSI製造後に、プログラムすることが可能なFPGA (Field Programmable Gate Array)、あるいはLSI内部の回路セルの接続や設定を再構成可能なりコンフィギュラブル・プロセッサを利用してもよい。

[0164] さらに、半導体技術の進歩または派生する別技術によりLSIに置き換わる集積回路化の技術が登場すれば、当然、その技術を用いて機能ブロックの集積化を行ってもよい。バイオ技術の適用等が可能性としてありえる。

[0165] また、本発明は、このような特徴的な処理部を備える画像復元装置として実現することができるだけでなく、画像復元装置に含まれる特徴的な処理部をステップとする画像復元方法として実現することもできる。また、画像復

元方法に含まれる特徴的な各ステップをコンピュータに実行させるコンピュータプログラムとして実現することもできる。そして、そのようなコンピュータプログラムを、CD-ROM等のコンピュータ読取可能な記録媒体あるいはインターネット等の通信ネットワークを介して流通させることができるのは、言うまでもない。

産業上の利用可能性

[0166] 本発明の一態様に係る画像復元装置は、画像の撮影中に手振れが生じる場合あるいは被写体が動く場合であっても、ブレが少ない画像を生成することができ、デジタルカメラ、ムービー、あるいは監視カメラ等として有用である。

符号の説明

- [0167] 10 画像復元装置
- 20 システムLSI
- 100 撮像装置
- 200 信号処理部
- 240 メモリ
- 300 撮像部
- 310 撮像素子
- 320 撮影レンズ
- 325 シャッタ
- 330 撮像素子駆動部
- 345 手振れ検出部
- 350 内部メモリ
- 500 記録部
- 600 表示部
- 1100 画像入力部
- 1200 PSF取得部
- 1300 PSF変換部

1 4 0 0 画像変換部

1 5 0 0 画像復元部

1 6 0 0 画像出力部

請求の範囲

- [請求項1] 連続して撮影された複数の入力画像が合成された画像に発生するブレを低減させる画像復元装置であって、
- 前記複数の入力画像にわたって発生しているブレを示す第1PSF (Point Spread Function) を取得するPSF取得部と、
- 周波数領域において各周波数の振幅値が閾値未満とならないように前記第1PSFを加工することにより第2PSFを生成するPSF変換部と、
- 前記第2PSFのうち各入力画像に対応する部分を用いて前記複数の入力画像をそれぞれ変換することにより、複数の変換画像を生成する画像変換部と、
- 前記複数の変換画像が合成された劣化画像に対して、前記第2PSFを用いた復元処理を施すことにより、復元画像を生成する画像復元部とを備える
- 画像復元装置。
- [請求項2] 前記PSF変換部は、周波数領域において前記第1PSFの振幅値が前記閾値未満である周波数を特定し、特定した前記周波数において振幅値を前記閾値以上の所定値に変更することにより、前記第1PSFを加工する
- 請求項1に記載の画像復元装置。
- [請求項3] 第1周波数の振幅値を変更するときに用いられる前記所定値は、前記第1周波数よりも高い周波数である第2周波数の振幅値を変更するときに用いられる前記所定値よりも大きい
- 請求項2に記載の画像復元装置。
- [請求項4] 前記所定値は、前記入力画像に生じているノイズが大きいほど小さくなるように決定された値である
- 請求項2に記載の画像復元装置。

- [請求項5] 第1周波数を特定するときに用いられる前記閾値は、前記第1周波数よりも高い周波数である第2周波数を特定するときに用いられる前記閾値よりも大きい
- 請求項2に記載の画像復元装置。
- [請求項6] 前記閾値は、前記入力画像に生じているノイズが大きいほど小さくなるように決定された値である
- 請求項2に記載の画像復元装置。
- [請求項7] 前記画像変換部は、前記第2 P S F が示すブレが検出された時間と、前記各入力画像が撮影された時間とに基づいて、前記第2 P S F のうち各入力画像に時間的に対応する部分を決定し、決定した部分を用いて前記複数の入力画像をそれぞれ変換する
- 請求項1に記載の画像復元装置。
- [請求項8] 前記 P S F 変換部は、周波数領域において前記第1 P S F の振幅値が前記閾値未満である周波数を特定し、特定した前記周波数の振幅値が前記閾値以上であるオフセット P S F を生成し、前記オフセット P S F と前記第1 P S F とを加算することにより、前記第2 P S F を生成する
- 請求項1に記載の画像復元装置。
- [請求項9] 連続して撮影された複数の入力画像が合成された画像に発生するブレを低減させる集積回路であって、
- 前記複数の入力画像にわたって発生しているブレを示す第1 P S F (P o i n t S p r e a d F u n c t i o n) を取得する P S F 取得部と、
- 周波数領域において各周波数の振幅値が閾値未満とならないように前記第1 P S F を加工することにより第2 P S F を生成する P S F 変換部と、
- 前記第2 P S F のうち各入力画像に対応する部分を用いて前記複数の入力画像をそれぞれ変換することにより、複数の変換画像を生成す

る画像変換部と、

前記複数の変換画像が合成された劣化画像に対して、前記第2 PSFを用いた復元処理を施すことにより、復元画像を生成する画像復元部とを備える

集積回路。

[請求項10] 連続して撮影された複数の入力画像が合成された画像に発生するブレを低減させる画像復元方法であって、

前記複数の入力画像にわたって発生しているブレを示す第1 PSF (Point Spread Function) を取得するPSF取得ステップと、

周波数領域において各周波数の振幅値が閾値未満とならないように前記第1 PSFを加工することにより第2 PSFを生成するPSF変換ステップと、

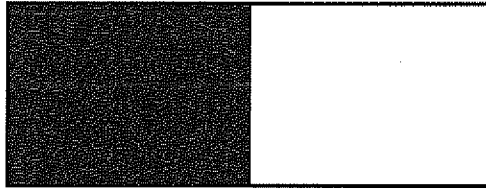
前記第2 PSFのうち各入力画像に対応する部分を用いて前記複数の入力画像をそれぞれ変換することにより、複数の変換画像を生成する画像変換ステップと、

前記複数の変換画像が合成された劣化画像に対して、前記第2 PSFを用いた復元処理を施すことにより、復元画像を生成する画像復元ステップとを含む

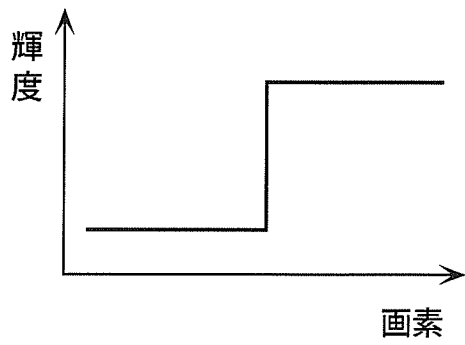
画像復元方法。

[請求項11] 請求項10に記載の画像復元方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

[図1A]



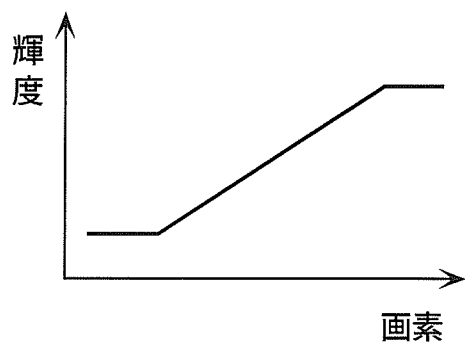
[図1B]



[図2A]



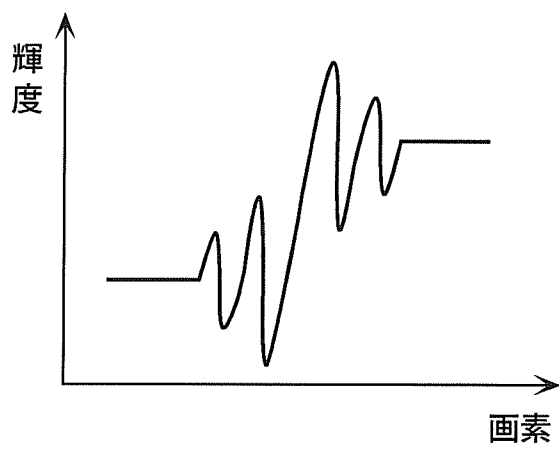
[図2B]



[図3A]

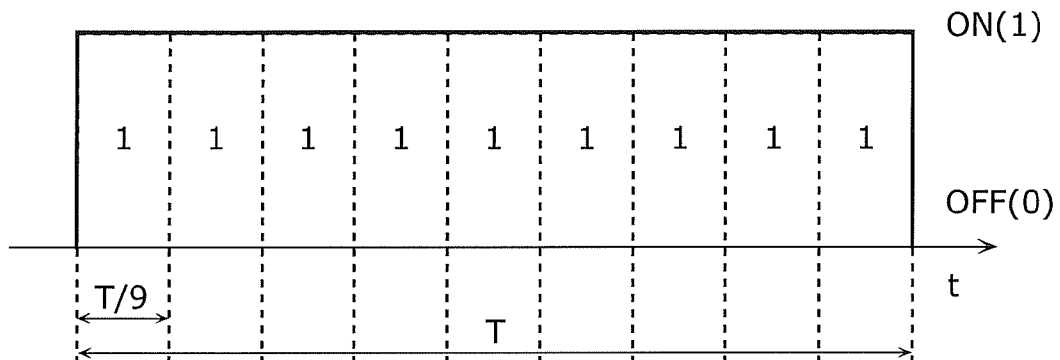


[図3B]

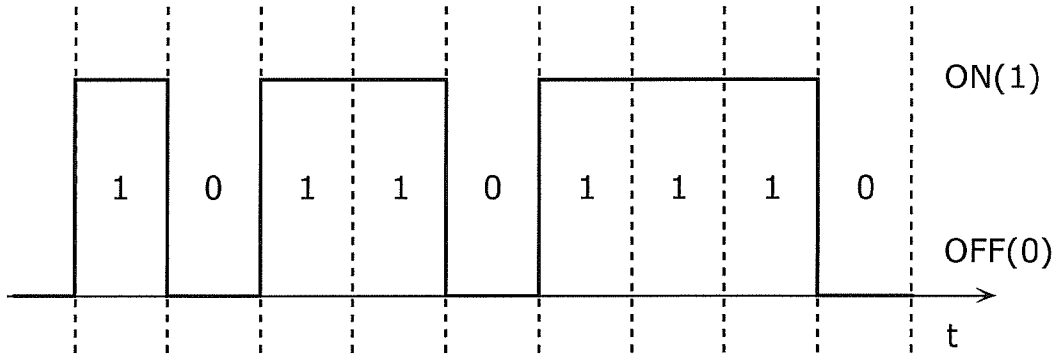


[図4]

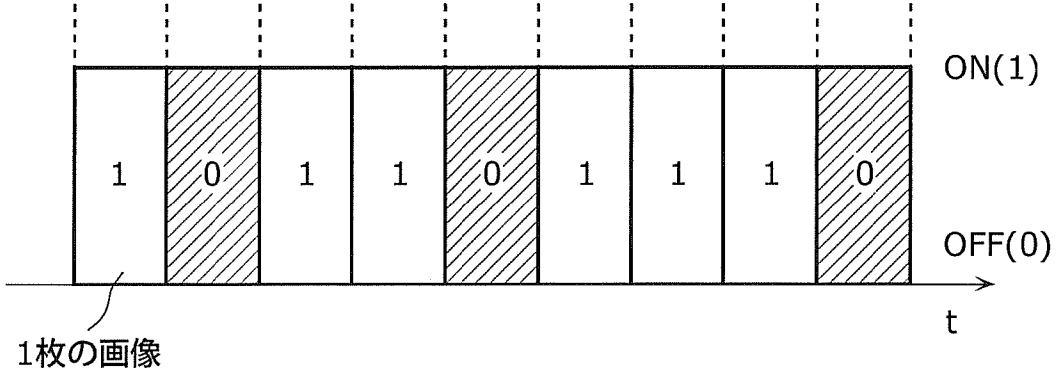
(a) {111111111}



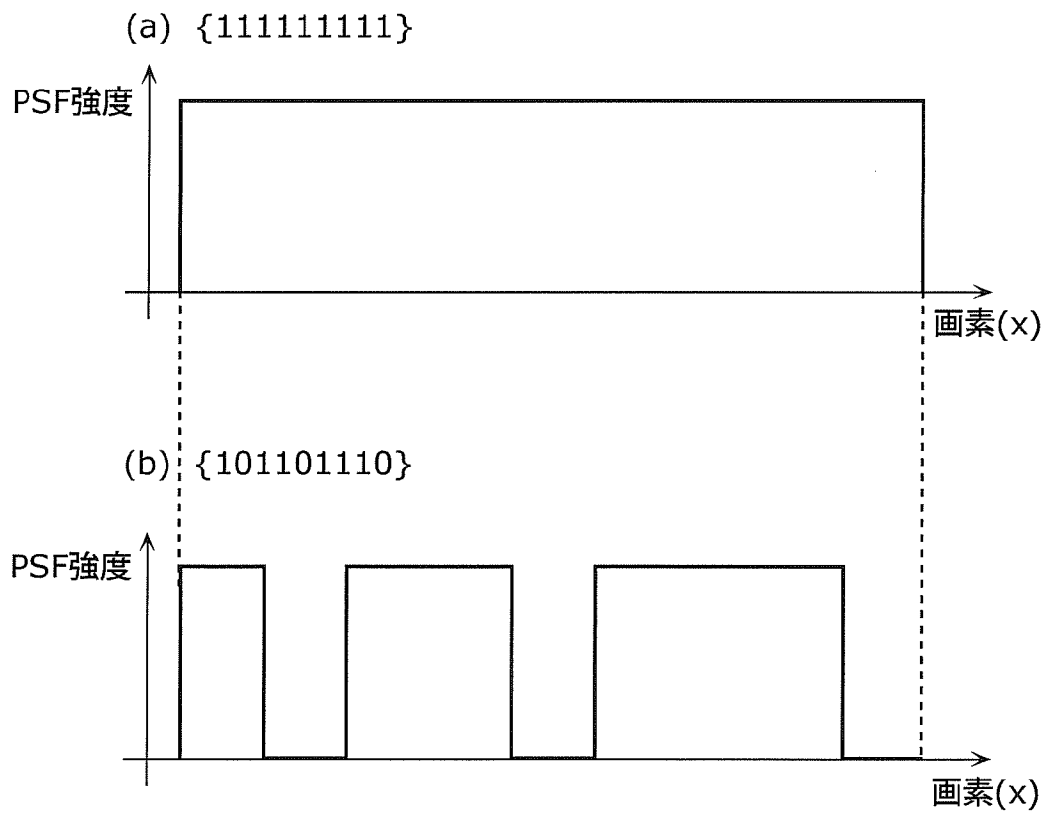
(b) {101101110}



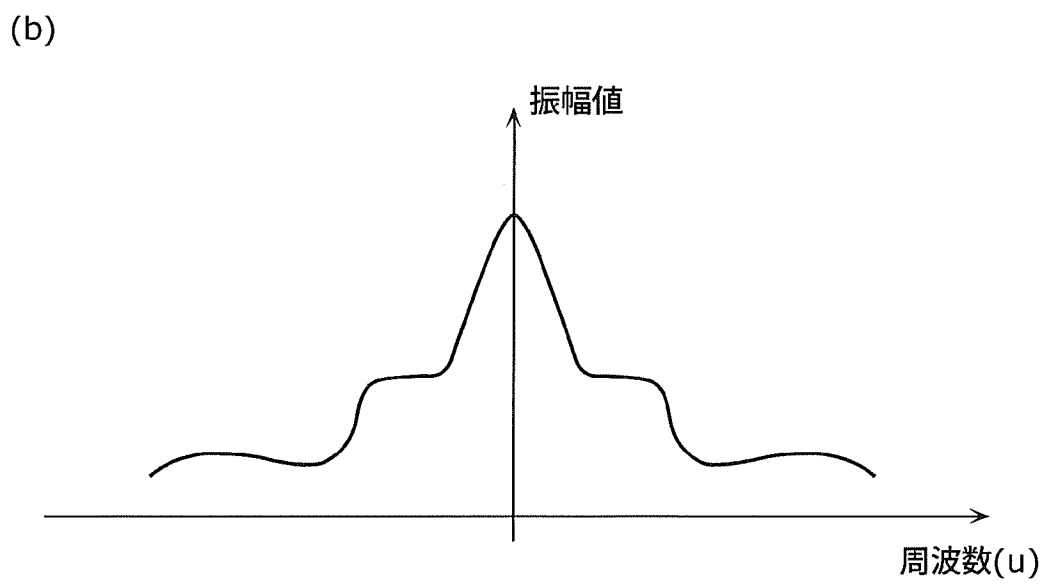
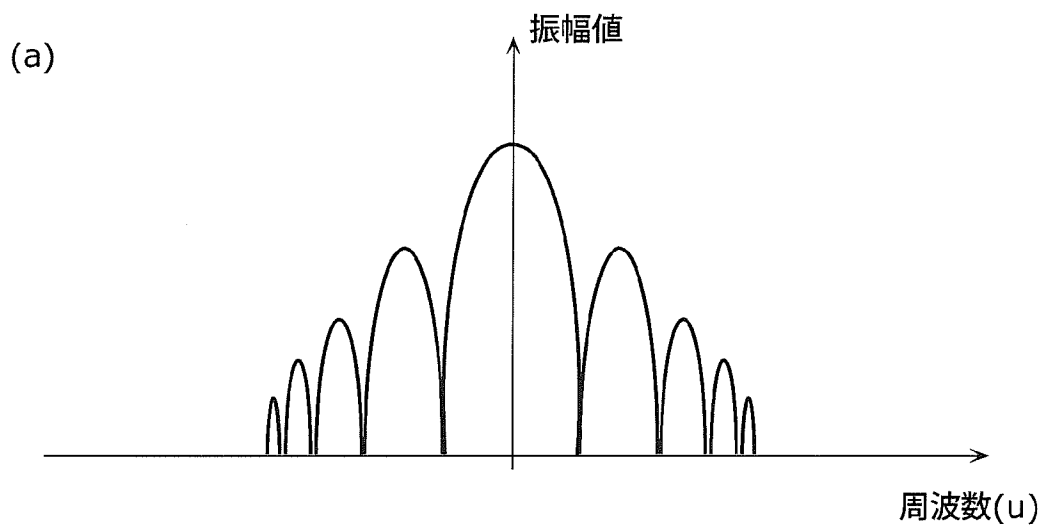
(c) {101101110}



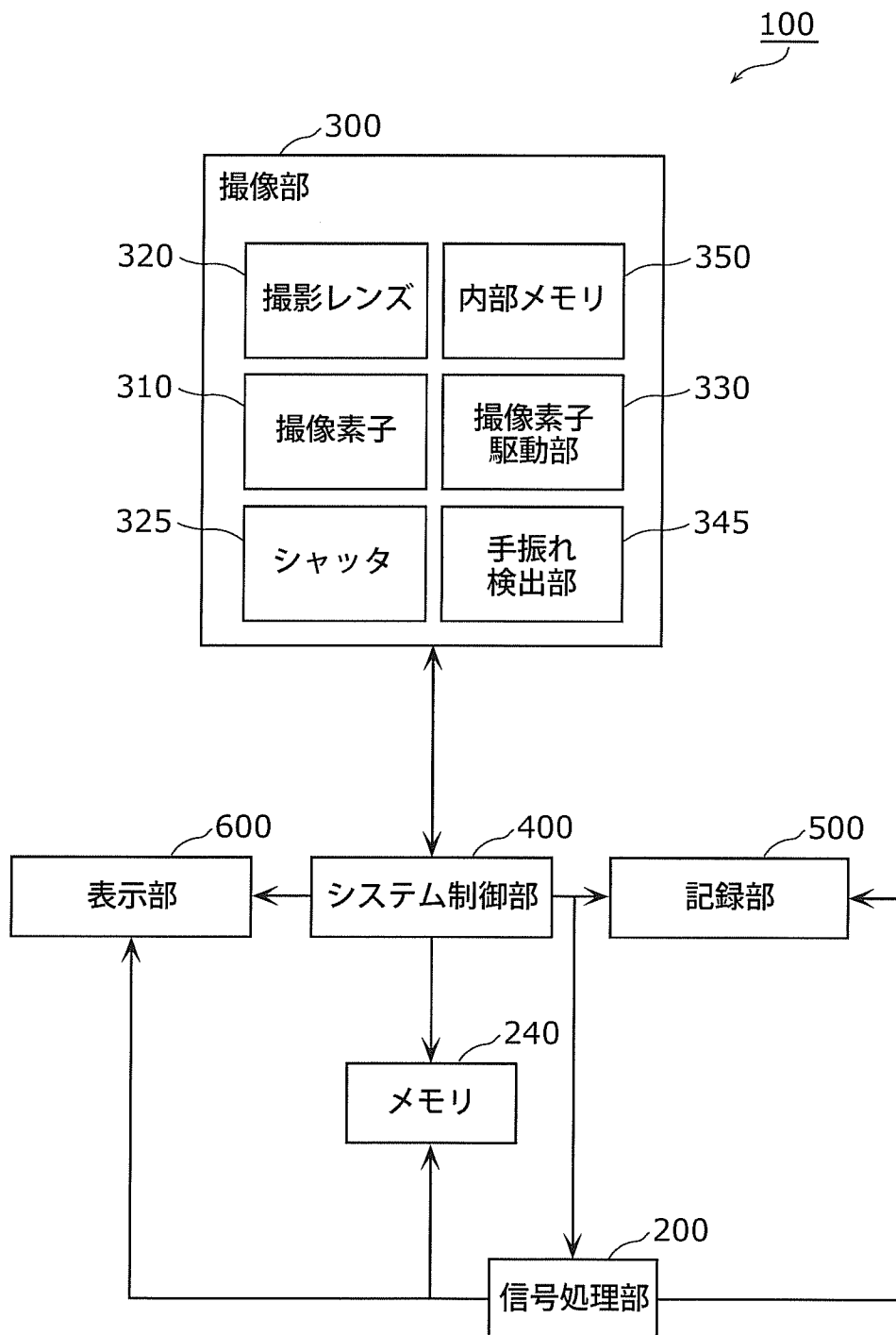
[図5]



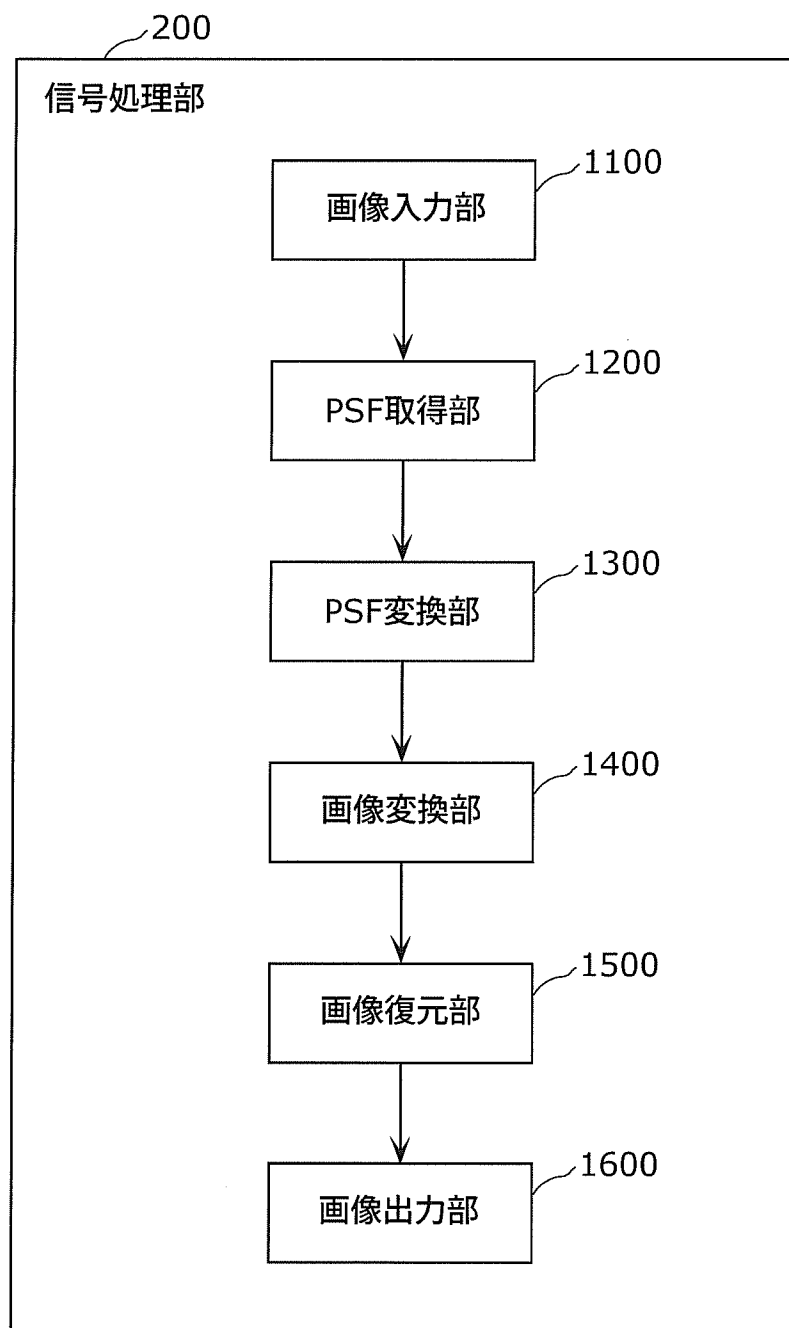
[図6]



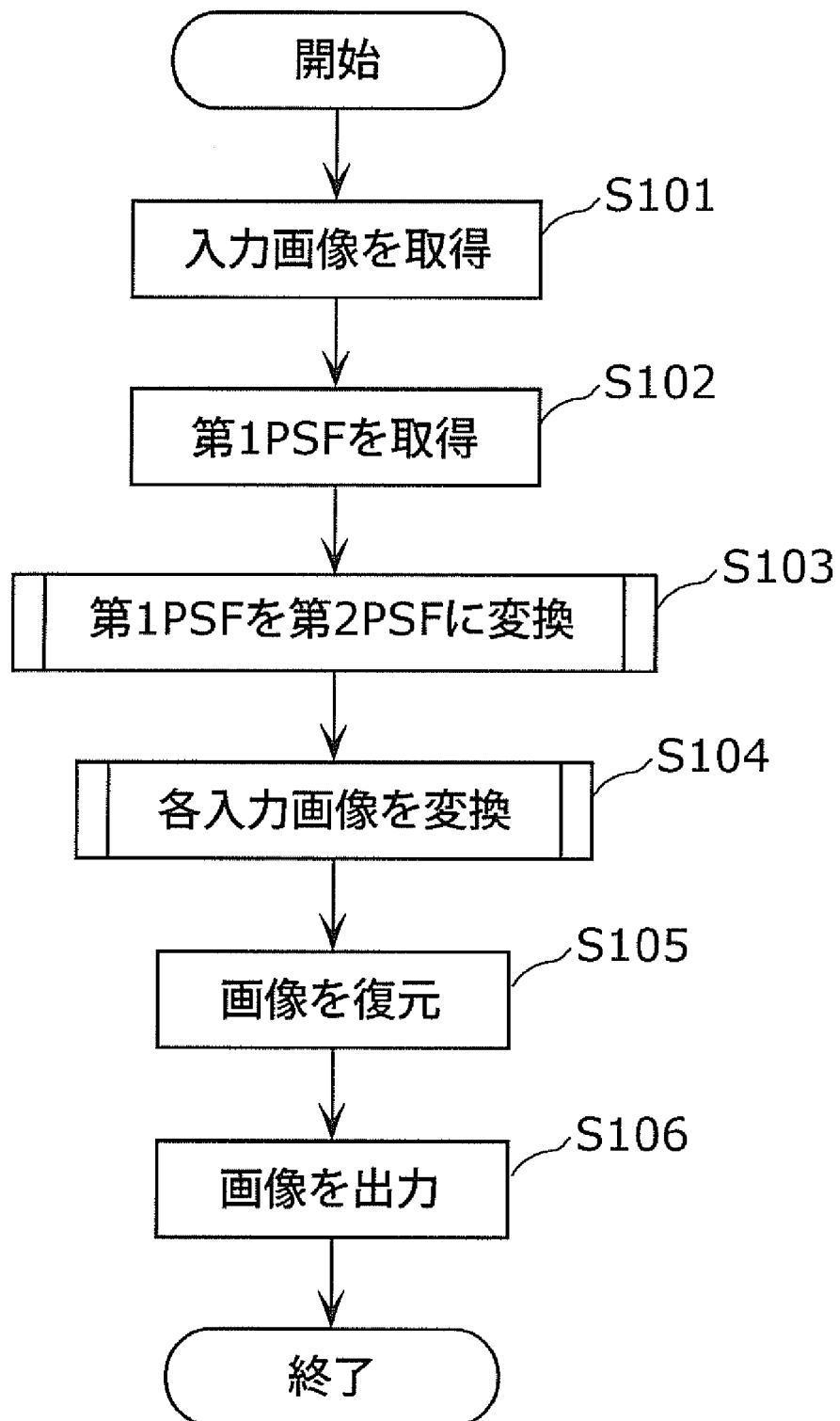
[図7]



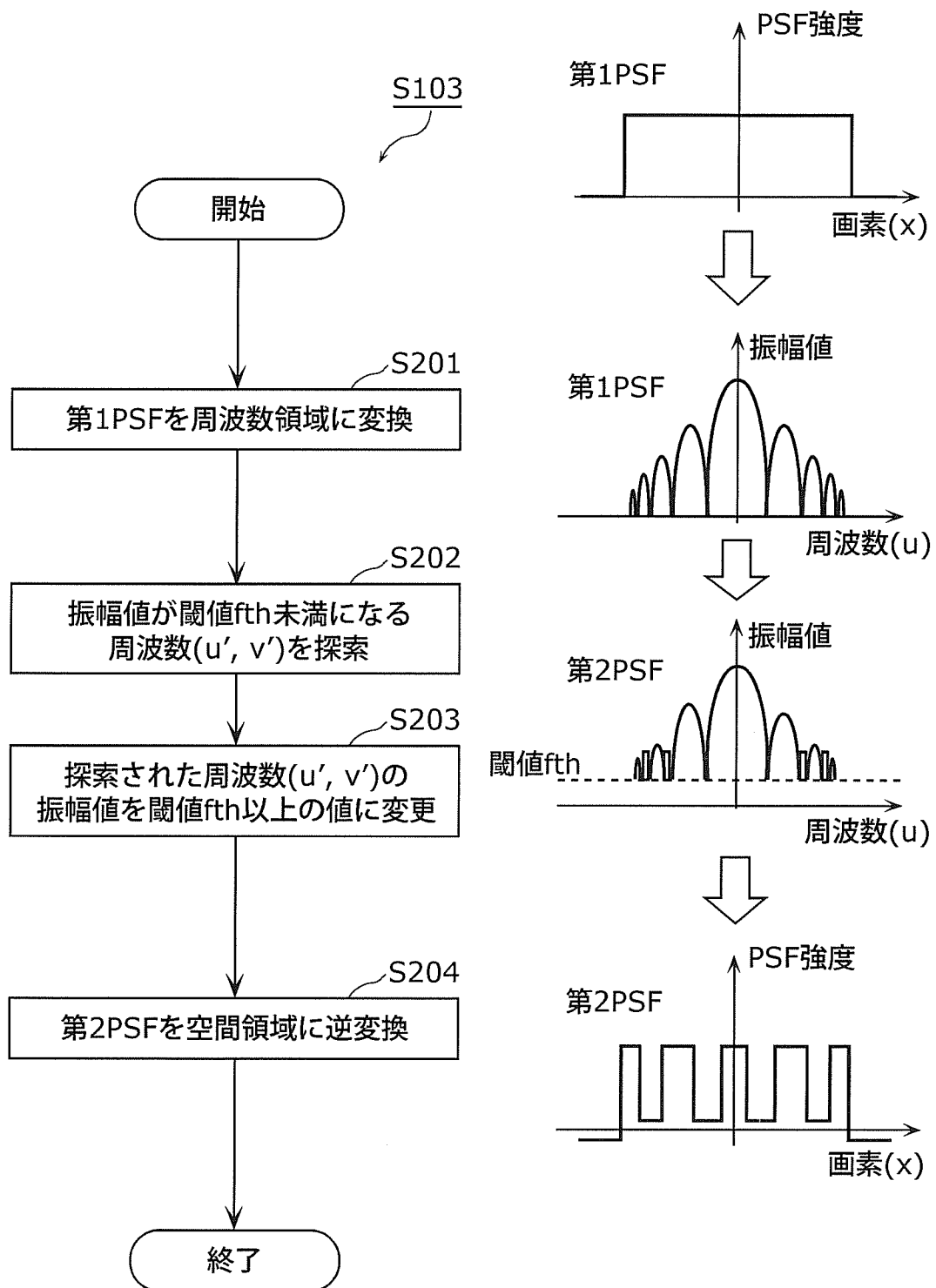
[図8]

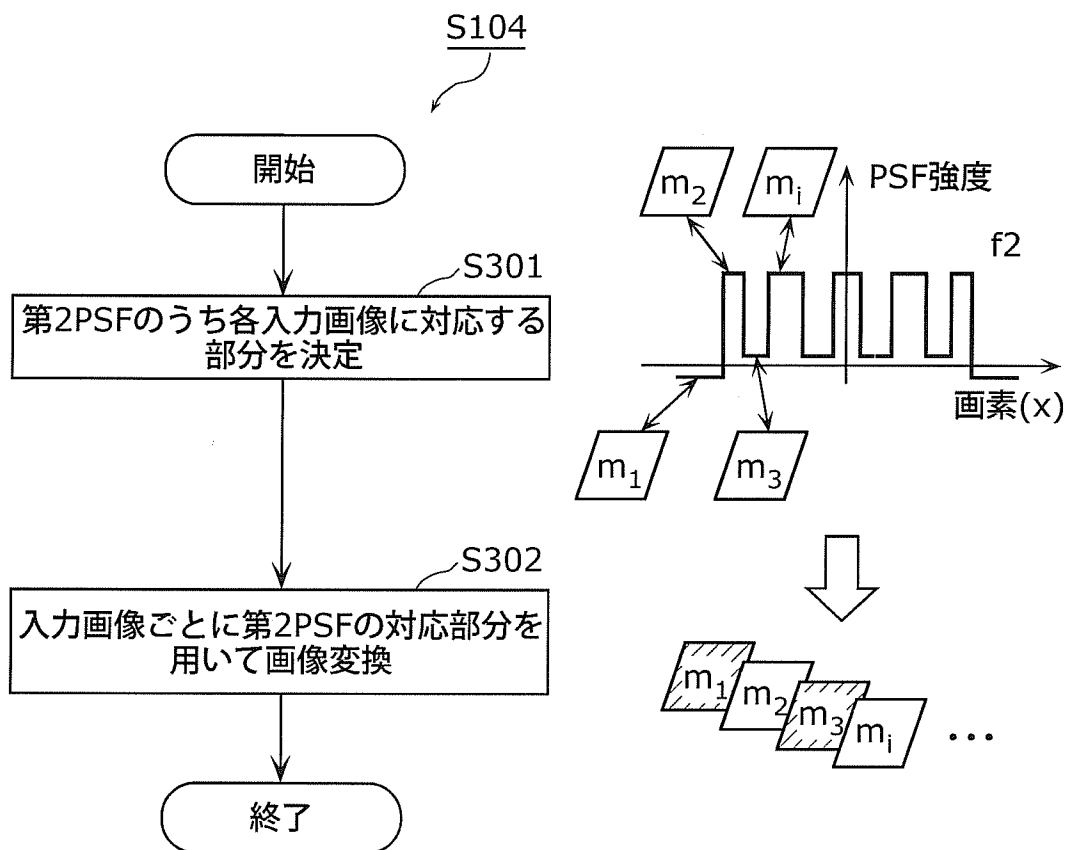


[図9]

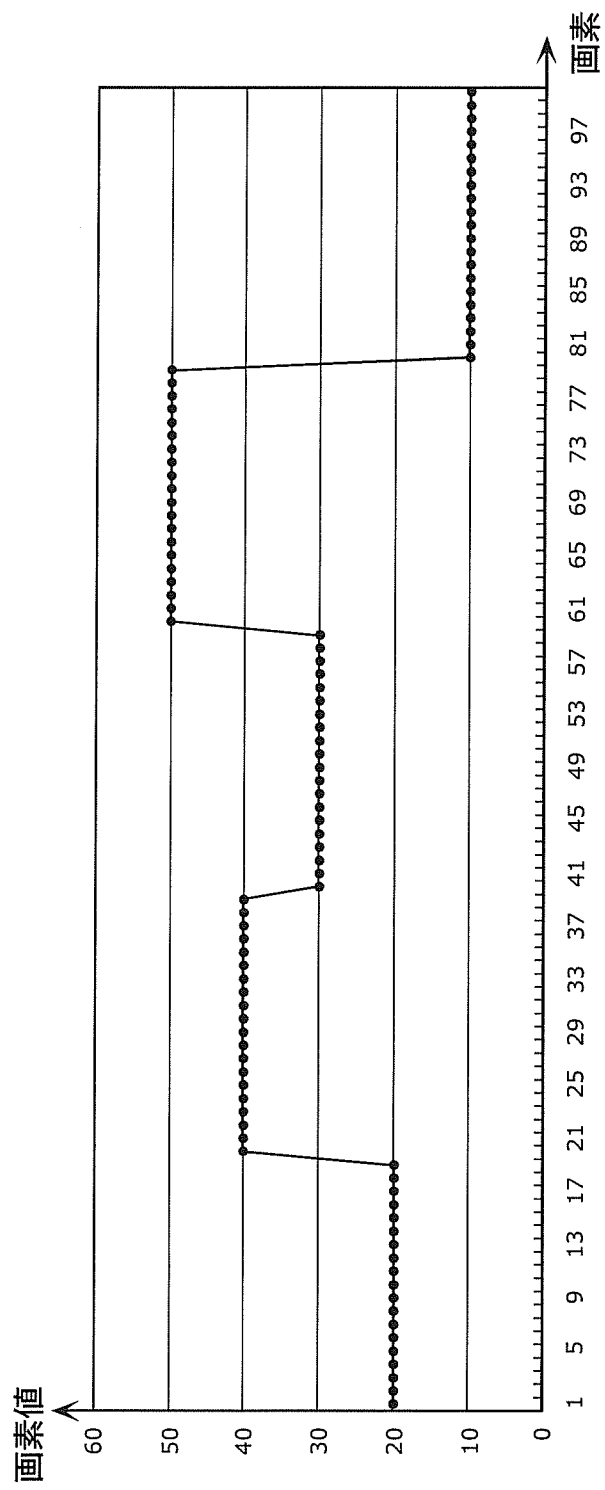


[図10]

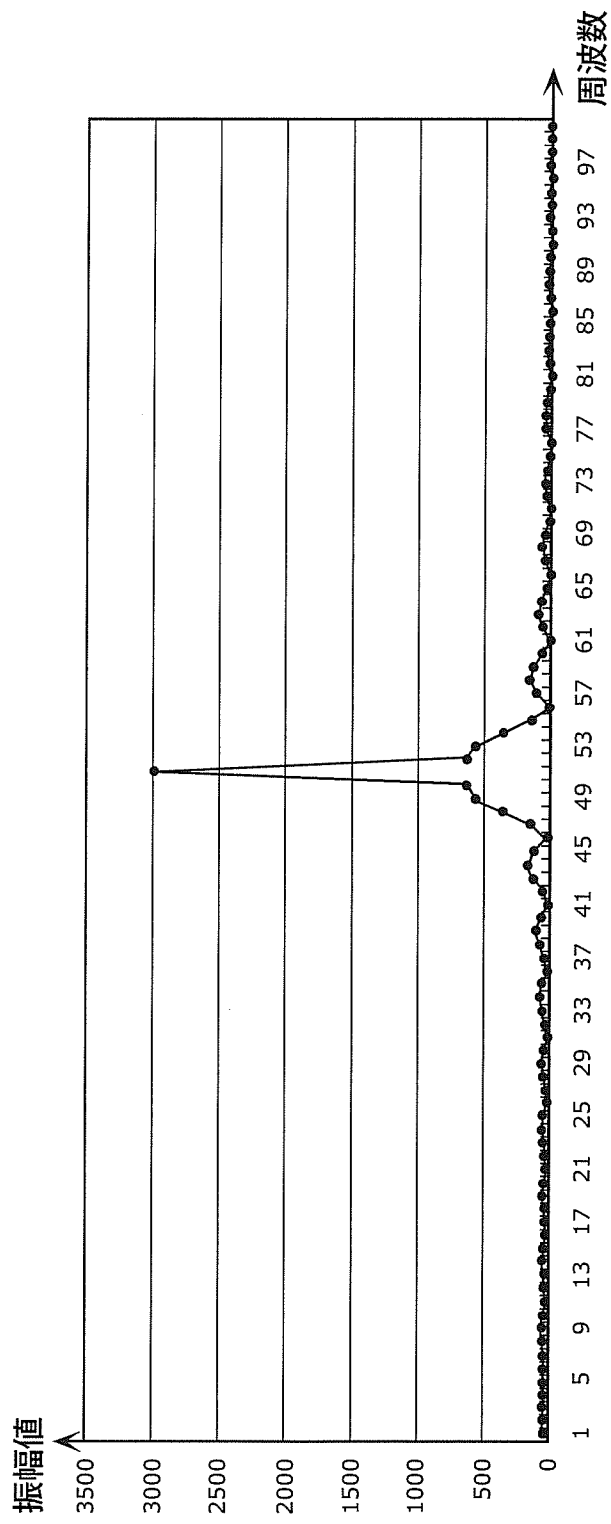




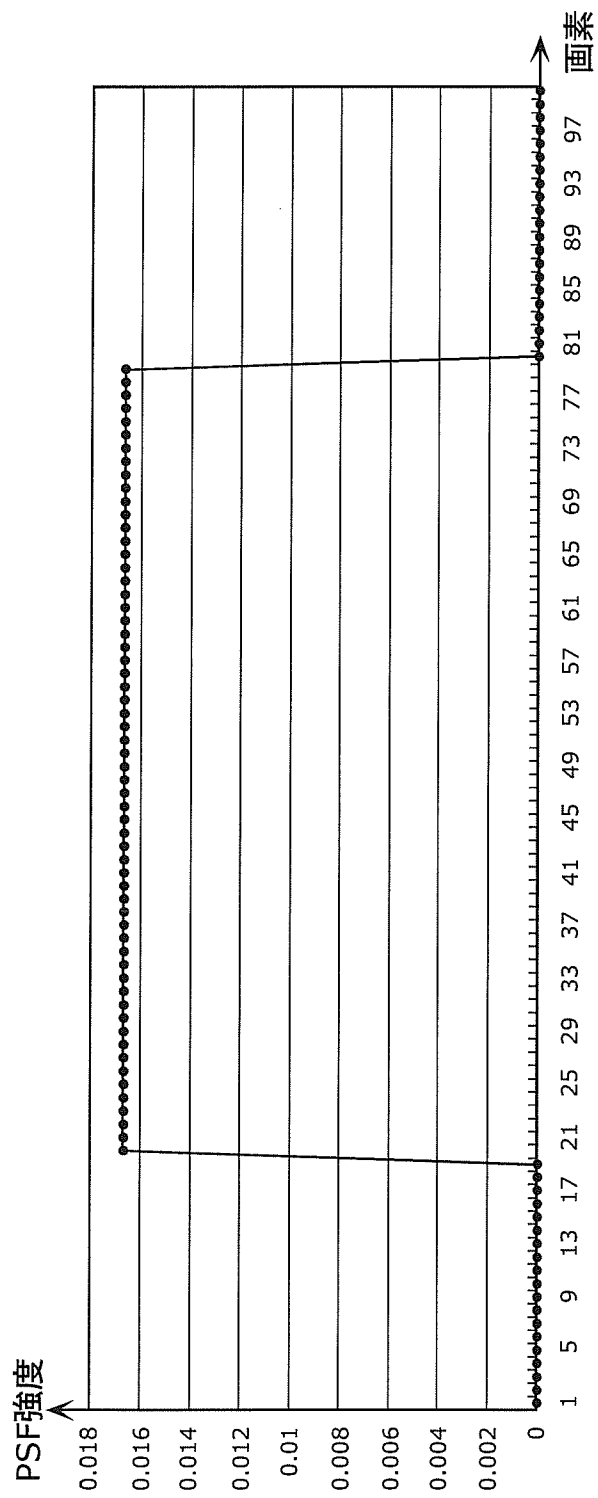
[図12]



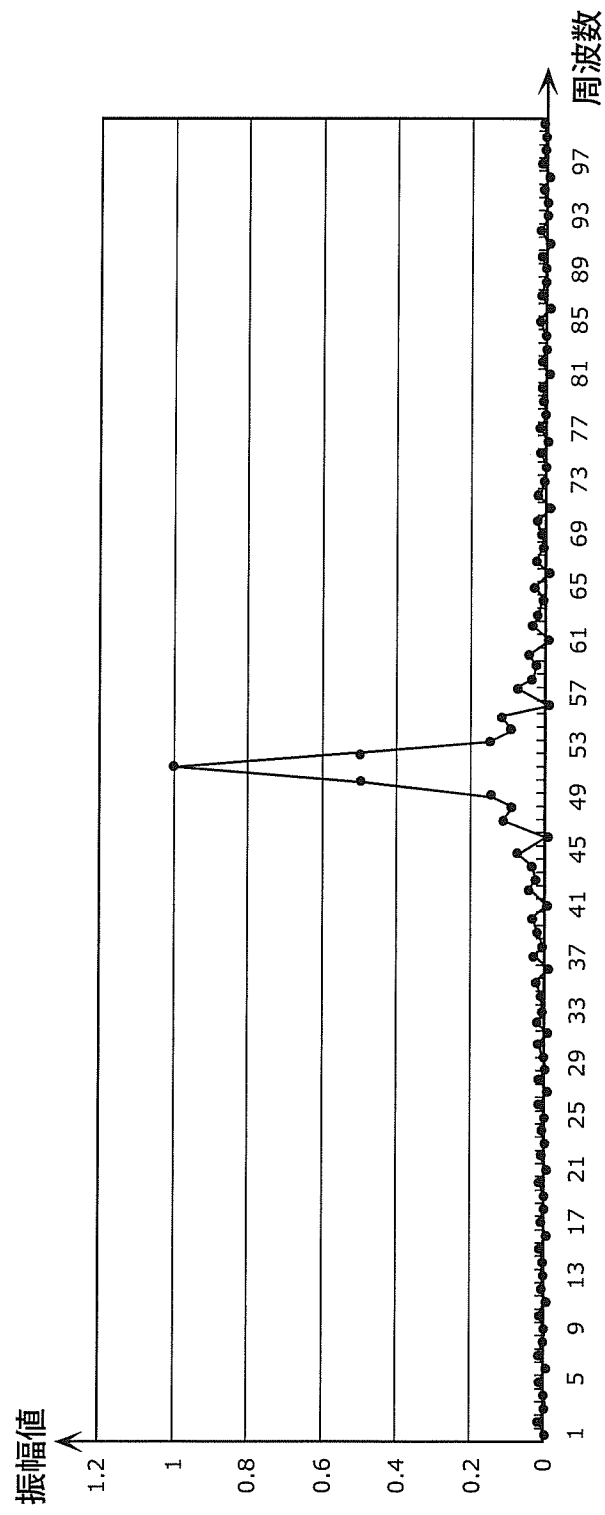
[図13]



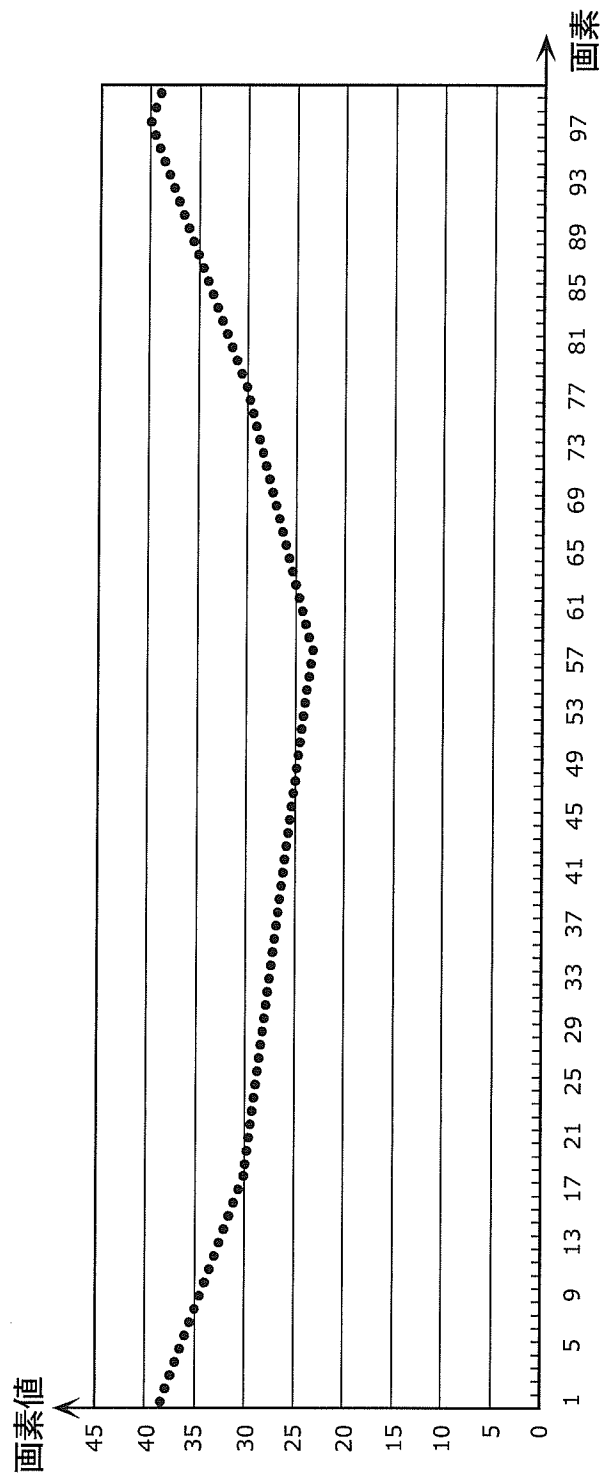
[図14]



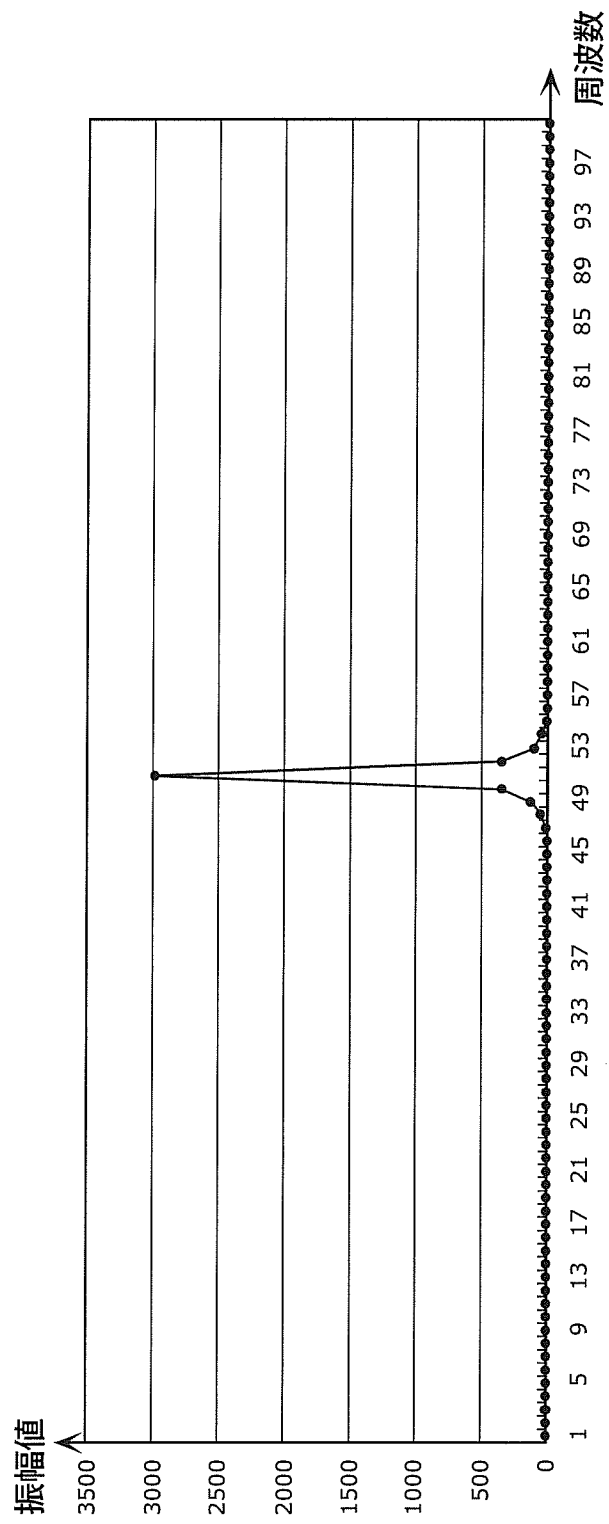
[図15]



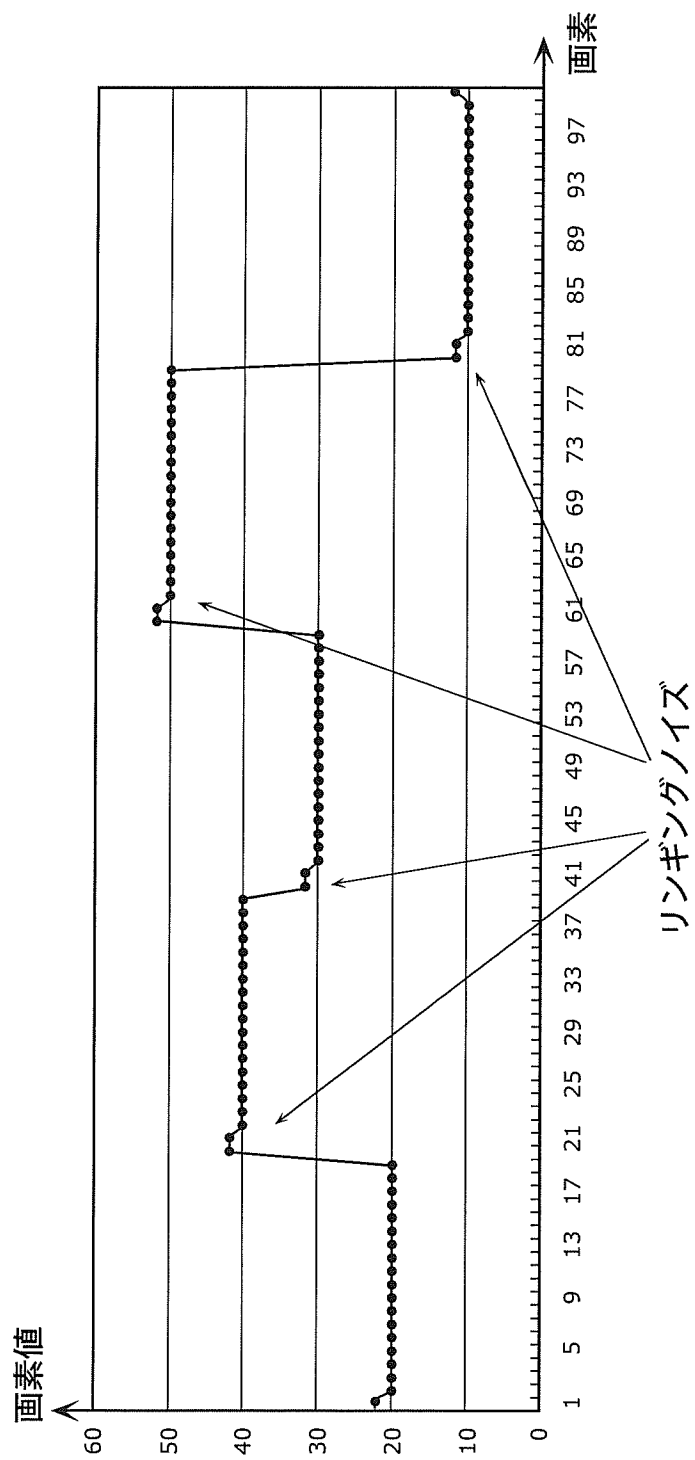
[図16]



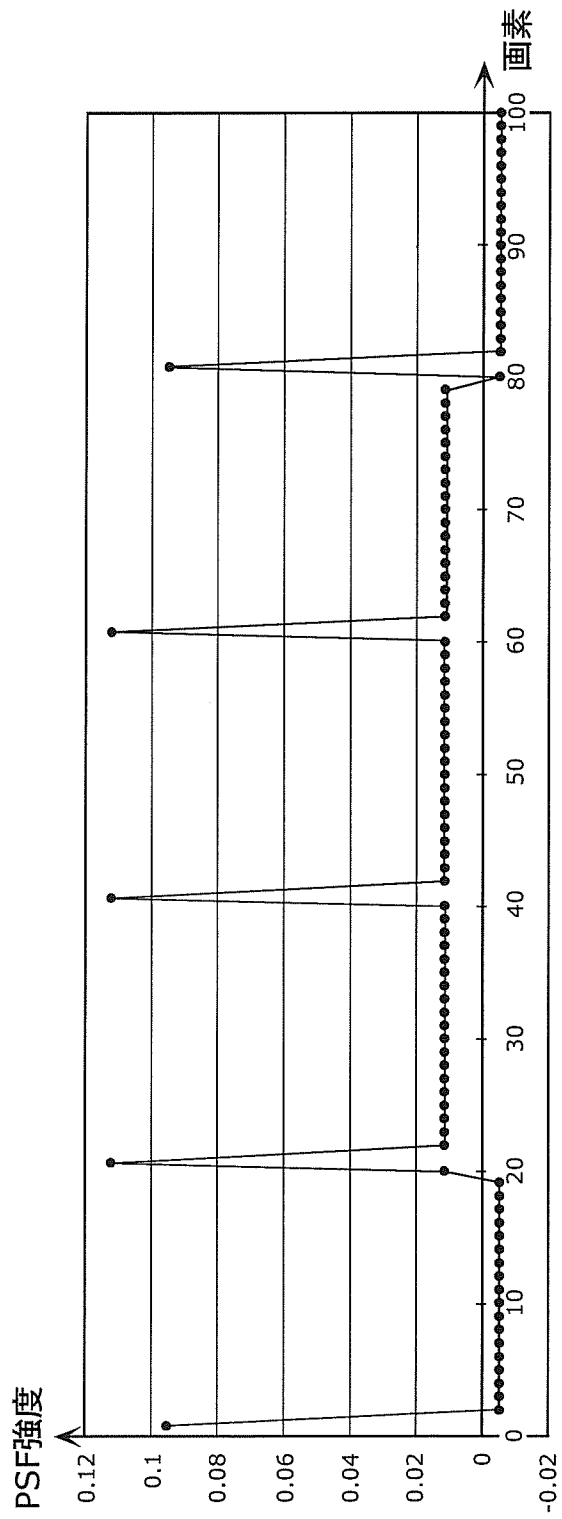
[図17]



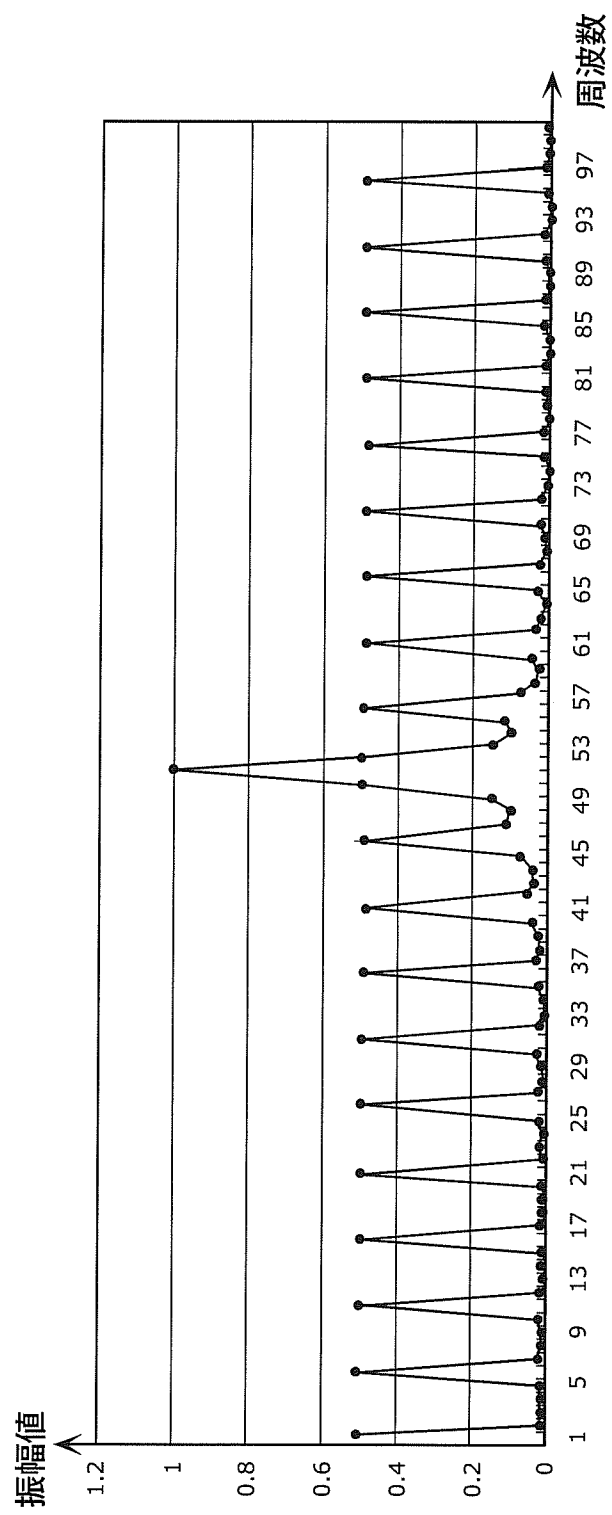
[図18]



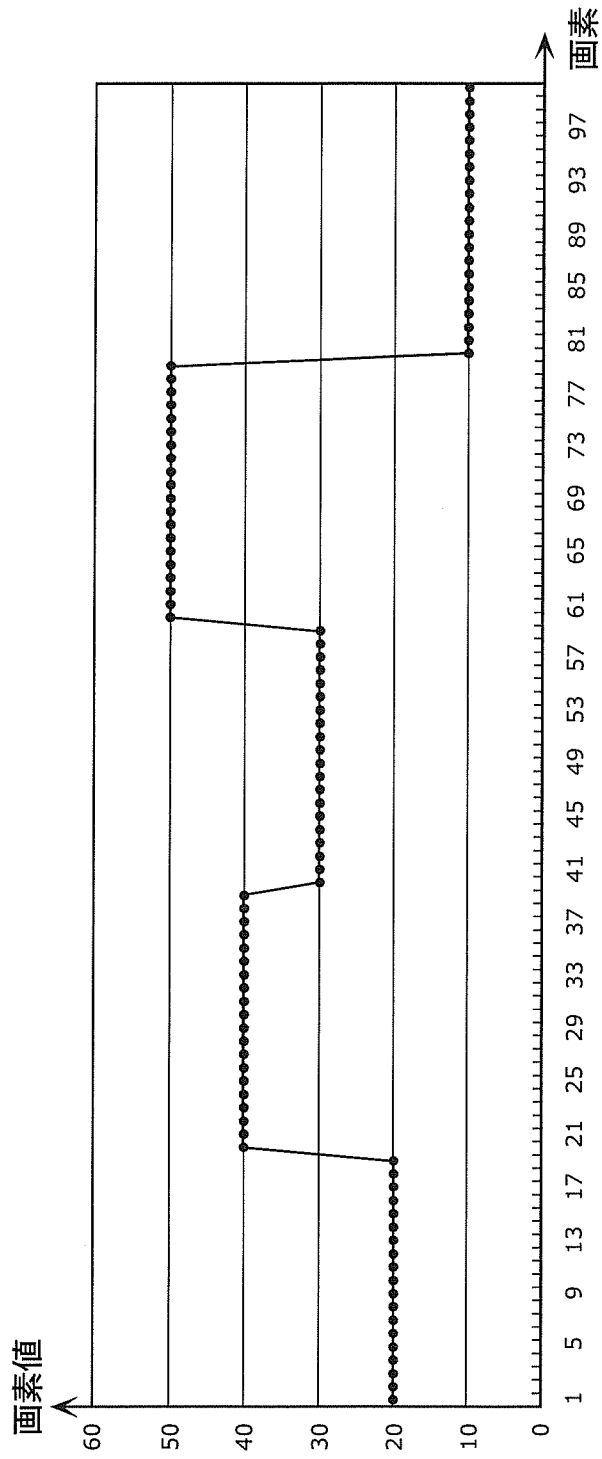
[図19]



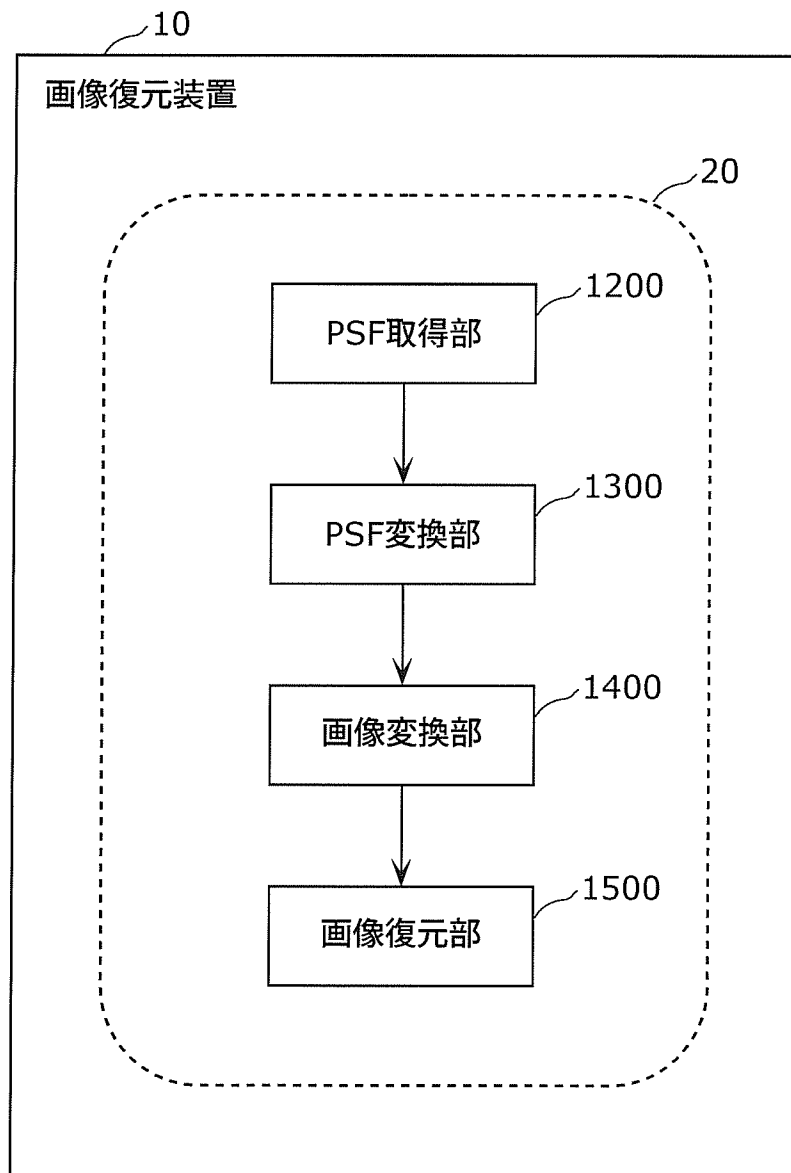
[図20]



[図21]



[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/004426

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04N5/232(2006.01) i, G06T5/20(2006.01) i, H04N1/409(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04N5/232, G06T5/20, H04N1/409

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-310797 A (Mitsubishi Electric Research Laboratories, Inc.), 25 December 2008 (25.12.2008), paragraph [0074] & US 2007/0258707 A1 & EP 2016558 A1 & WO 2007/129762 A2	1-11
A	JP 2009-522825 A (Mitsubishi Electric Research Laboratories, Inc.), 11 June 2009 (11.06.2009), entire text; all drawings & US 2007/0258706 A1 & EP 1987667 A1 & WO 2007/129766 A1	1-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 October, 2011 (14.10.11)

Date of mailing of the international search report

25 October, 2011 (25.10.11)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/004426

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-33292 A (Eastman Kodak Co.), 12 February 2009 (12.02.2009), paragraphs [0020] to [0025]; fig. 3, 4 & US 2009/0027508 A1	1-11
P, A	JP 2011-109619 A (Canon Inc.), 02 June 2011 (02.06.2011), paragraph [0081] (Family: none)	1-11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H04N5/232(2006.01)i, G06T5/20(2006.01)i, H04N1/409(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H04N5/232, G06T5/20, H04N1/409

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2008-310797 A（三菱・エレクトリック・リサーチ・ラボラトリーズ・インコーポレイテッド）2008.12.25, 段落【0074】 & US 2007/0258707 A1 & EP 2016558 A1 & WO 2007/129762 A2	1-11
A	JP 2009-522825 A（三菱・エレクトリック・リサーチ・ラボラトリーズ・インコーポレイテッド）2009.06.11, 全文, 全図 & US 2007/0258706 A1 & EP 1987667 A1 & WO 2007/129766 A1	1-11

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリ

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 4 . 1 0 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

2 5 . 1 0 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

佐藤 直樹

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 8 1

5 P

9 5 6 2

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-33292 A (イーストマン コダック カンパニー) 2009.02.12, 段落【0020】－【0025】, 図3, 4 & US 2009/0027508 A1	1-11
P, A	JP 2011-109619 A (キヤノン株式会社) 2011.06.02, 段落【0081】 (ファミリーなし)	1-11