

(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
2011 年 10 月 6 日(06.10.2011)

PCT

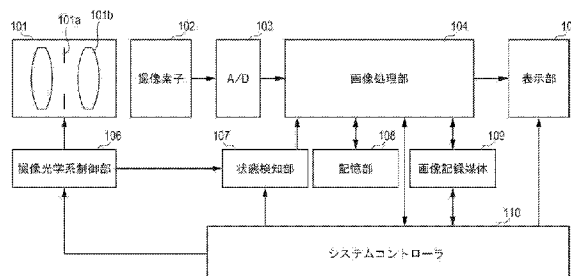
(10) 国際公開番号
WO 2011/121763 A1

- (51) 国際特許分類:
G06T 5/20 (2006.01) H04N 5/225 (2006.01)
H04N 1/409 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/055865
- (22) 国際出願日: 2010 年 3 月 31 日(31.03.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): キヤノン株式会社 (CANON KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒1468501 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 畠山 弘至 (HATAKEYAMA Koshi) [JP/JP]; 〒1468501 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号 キヤノン株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 阿部 琢磨, 外 (ABE, Takuma et al.); 〒1468501 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号 キヤノン株式会社内 Tokyo (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, JP, 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, 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 (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, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: IMAGE PROCESSING APPARATUS AND IMAGE CAPTURING APPARATUS USING SAME

(54) 発明の名称: 画像処理装置、およびそれを用いた撮像装置

【図5】



102 IMAGE CAPTURING DEVICE
104 IMAGE PROCESSING UNIT
105 DISPLAY UNIT
106 IMAGE-CAPTURE OPTICAL-SYSTEM CONTROL UNIT
107 STATUS DETECTING UNIT
108 STORING UNIT
109 IMAGE RECORDING MEDIUM
110 SYSTEM CONTROLLER

(57) Abstract: This invention is directed to provision of an image processing apparatus capable of obtaining high definition of images, while correcting the asymmetry of aberration. An image processing apparatus comprises: an image acquiring means for acquiring an input image; and an image recovering means for recovering the input image by use of an image recovery filter, which is generated or selected based on the transfer function of an image capturing system used for forming, as the input image, a subject image, thereby generating a recovered image. The image recovery filter causes the difference in absolute value of transfer function between two azimuthal directions used when obtaining the recovered image from the subject to be smaller than the difference in absolute value of transfer function between the two azimuthal directions of the image capturing system.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2011/121763 A1



収差の非対称性を補正しつつ、高精細な画像を得ることが可能な画像処理装置を提供することを課題とする。本発明の画像処理装置は、入力画像を取得する画像取得手段と、被写体像を前記入力画像として形成するために用いた撮像系の伝達関数に基づいて生成または選択された画像回復フィルタを用いて前記入力画像を回復し、回復画像を生成する画像回復手段とを有し、前記画像回復フィルタは、被写体から回復画像を得る際の2つのアジマス方向間の伝達関数の絶対値の差が、前記撮像系の該2つのアジマス方向間の伝達関数の絶対値の差よりも小さくすることを特徴とする画像処理装置。

明 細 書

発明の名称： 画像処理装置、およびそれを用いた撮像装置

技術分野

[0001] 本発明は画像処理を行う画像処理装置に関する発明であり、特に画像回復（復元）を行う画像処理装置に関する。

背景技術

[0002] デジタルカメラ等の撮像装置により得られた画像は、ぼけによって画像が劣化している。画像のボケは、撮像光学系の球面収差、コマ収差、像面湾曲、非点収差などが原因である。これら収差は、点像分布関数（PSF、Point Spread Function）により表すことができる。点像分布関数（以下、PSF）をフーリエ変換して得られる光学伝達関数（OTF、Optic Transfer Function）は、収差の周波数空間での情報であり、複素数で表される。光学伝達関数（以下、OTF）の絶対値、即ち振幅成分はMTF（Modulation Transfer Function）、位相成分はPTF（Phase Transfer Function）と呼ばれる。撮像光学系のOTFは画像の振幅成分と位相成分に影響（劣化）を与える。このため、OTFの影響により劣化した画像（以下、劣化画像）は、被写体の各点がコマ収差のように非対称にボケた画像になる。

[0003] これについて図13を用いて説明する。図13（A）、（B）、（C）は、主光線（光学系の瞳の中心を通る光線）と垂直に交わる面における、点像分布関数（PSF）の拡がりを表した模式図である。図13に示した面内において、光軸を通り互いに垂直な線を軸 x_1 、軸 x_2 とし、図13に示した面内において光軸を通る任意の直線と軸 x_1 が成す角 θ をアジマス角とする。また、図13の座標軸の原点を主光線の結像位置としたときに、アジマス角 θ が表す方向をアジマス方向とする。アジマス方向とは、サジタル方向およびメリジオナル方向を含み、それ以外の角度 θ 方向も含む全方向の総称である。

[0004] 既に述べたように、収差の位相成分（PTF）の劣化はPSFに非対称性

を発生させる。また、振幅成分（MTF）の劣化はアジマス方向ごとのPSFの広がり大きさに影響する。図13（A）は、コマ収差の発生しているPSFを模式的に表した図である。光軸の偏芯が無く、回転対称形状のレンズからなる光学系の場合の光軸上以外の画角のPSFは、像面上で光軸と主光線を通る直線に関して対称であるので、線対称形状をしている。図13（A）では、PSFが軸×2に対して線対称となっている。

[0005] 図13（B）は、位相ずれの無い状態のPSFを示している。各アジマス方向において対称な形状をしているが、振幅（MTF）の差異があるため、軸×1方向と軸×2方向ではPSFの広がり異なった非対称なPSFとなっている。ちなみに、光軸上のPSFは、製造誤差を無視すると位相ずれが無く、振幅劣化のアジマス依存性も無いので図13（C）のように回転対称な形状になる。つまり図13（A）、（B）に示したように、PSFはアジマス方向ごとの位相（PTF）のずれと、アジマス方向間の振幅（MTF）の差異により非対称な形状となり、画像のボケとして、高精細な画像生成を阻害する要因となっている。

[0006] このような画像のボケを補正する技術として、特許文献1は、画像回復フィルタを設計する際のパラメータ α を式1のように設けている。調整パラメータ α を調整することにより、画像回復フィルタは何も作用しないフィルタ（ $\alpha=0$ ）から逆フィルタ（ $\alpha=1$ ）に変化する。これにより、もとの撮影画像から最大に回復した画像までの範囲で画像の回復度合いをパラメータ1つで調整することができる。

[0007] [数1]

(式1)

$$F(u,v) = \frac{\alpha H(u,v)^* + 1 - \alpha}{\alpha |H(u,v)|^2 + 1 - \alpha} \times G(u,v)$$

ここで、 $F(u, v)$ 、 $G(u, v)$ はそれぞれ、回復画像および劣化画像のフーリエ変換である。

[0008] その他に、画像のボケを補正し、鮮鋭度を向上させるフィルタとしてウィ

ナーフィルタが知られている。式2にウィナーフィルタの周波数特性 $M(u, v)$ を示す。

[0009] [数2]

(式2)

$$M(u, v) = \frac{1}{H(u, v)} \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + SNR^2}$$

ここで、 $H(u, v)$ は光学伝達関数(OTF)である。 $|H(u, v)|$ はOTFの絶対値(MTF)である。SNRはノイズ信号の強度比である。

[0010] 以下、ウィナーフィルタや特許文献1に記載されているような、光学伝達関数(OTF)に基づいた画像回復フィルタを用いて画像の回復を行う処理を画像回復処理と称する。

先行技術文献

特許文献

[0011] 特許文献1：特開2007-183842号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0012] しかしながら、上記のウィナーフィルタや特許文献1の画像回復フィルタは、撮像光学系による振幅成分および位相成分の劣化を補正することはできるが、アジマス方向間の振幅成分の相違を補正することはできない。ウィナーフィルタは、回復前のMTFがアジマス方向間で差異があると、回復後のMTFのアジマス方向の差異は拡大してしまう。これを図14を用いて説明する。

[0013] 図14は画像回復処理を行う前のMTFとウィナーフィルタを用いて画像回復処理を行った後のMTFを表した図である。破線(a)、実線(b)はそれぞれ回復前の第1アジマス方向、第2アジマス方向のMTFである。破線(c)、実線(d)はそれぞれ回復後の前記第1アジマス方向、前記第2アジマス方向のMTFである。第1、第2アジマス方向とは、例えば、サジ

タル方向およびメリジナル方向である。ウィナーフィルタはMTFが高ければ回復ゲイン（回復度合い）を低くし、MTFが低ければ回復ゲイン（回復度合い）を高くする画像回復フィルタである。従って、MTFの低いアジムス方向である破線（a）は、MTFの高いアジムス方向（b）よりも回復ゲインが低くなる。そのため、回復前の第1アジムス方向のMTF（a）、第2アジムス方向のMTF（b）の差よりも、回復後の第1アジムス方向のMTF（c）、第2アジムス方向のMTF（d）の差が拡大されてしまう。つまり、画像回復処理を行ったにも関わらず、非対称な収差が画像に現れてしまう。これは、特許文献1に開示されている画像回復フィルタに関しても同様である。

- [0014] 本発明は以上の課題を鑑みてなされたものであり、画像回復処理により生じ得る非対称な収差を低減させ、より高精細な画像を得ることができる画像処理装置を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

- [0015] 上記課題を解決するために本発明は、
入力画像を取得する画像取得手段と、
被写体像を前記入力画像として形成するために用いた撮像系の伝達関数に基づいて生成または選択された画像回復フィルタを用いて前記入力画像を回復し、回復画像を生成する画像回復手段とを有し、
前記画像回復フィルタは、被写体から回復画像を得る際の2つのアジムス方向間の伝達関数の絶対値の差が、前記撮像系の該2つのアジムス方向間の伝達関数の絶対値の差よりも小さくすることを特徴とする。

発明の効果

- [0016] 本発明の効果は、非対称な収差が低減された高精細な回復画像を生成することが可能な点である。

図面の簡単な説明

- [0017] [図1] 本発明の実施例である画像処理方法の説明図
[図2] 実施例の画像処理方法にて用いられる画像回復フィルタの説明図

- [図3] 各アジマス方向間のMTFの補正量に関する第1説明図
- [図4] 各アジマス方向間のMTFの補正量に関する第2説明図
- [図5] 撮像装置の基本構成を示すブロック図
- [図6] 実施例1における画像回復フィルタの選択、補正に関する説明図
- [図7] 実施例1の画像処理手順を示すフローチャート
- [図8] 実施例1の画像処理前後のMTF変化を示す図
- [図9] エッジ強調フィルタの説明図
- [図10] エッジ強調フィルタを適用した場合のエッジ断面図
- [図11] 本発明の実施例2の画像処理システムの説明図
- [図12] 本発明の実施例2の補正情報の説明図
- [図13] アジマス方向の説明図
- [図14] 従来の画像回復処理前後のMTF変化を示す図
- [図15] 点像分布関数（PSF）の説明図
- [図16] 画像の振幅成分（MTF）と位相成分（PTF）の説明図

発明を実施するための形態

- [0018] はじめに、本発明の画像処理の流れを図1を用いて説明する。図1に画像の入力から出力までの処理工程を示す。まずステップS11の画像取得工程において、撮像系により生成された画像を取得する。以下、画像取得工程において取得された画像を入力画像と記す。
- [0019] 次にステップS12において、ステップS11で取得された入力画像の撮影された条件に対応する画像回復フィルタを生成する。尚、このステップS12は、予め用意された複数の画像回復フィルタの中から適当なフィルタを選択する工程であってもよいし、フィルタを選択後、適宜そのフィルタを補正する工程であってもよい。ステップS13の画像回復処理工程では、ステップS12において、撮像系の伝達関数（撮像光学系の光学伝達関数）に基づいて生成、あるいは選択された画像回復フィルタを用いて画像回復処理（補正処理）を実行する。より詳しく説明すれば、入力画像の位相成分（PTF）については零を目標値に補正し、振幅成分（MTF）については2つの

アジムス方向間でその差が減少するように補正する。そしてステップS 1 4において、ステップS 1 3で補正された補正画像を出力画像として出力する。

[0020] 尚、図1の工程の前後、あるいは途中で他の画像処理に関する工程を挿入しても構わない。他の画像処理とは、例えば歪曲収差補正、周辺光量補正などの電子収差補正やデモザイキング、ガンマ変換、画像圧縮などの処理である。次に、図1に示した各工程についてより詳細に説明する。

[0021] 尚、MTFは撮像系の伝達関数（撮像光学系の光学伝達関数）の振幅成分（絶対値）であるが、被写体（被写界内の物体）が白色点光源の場合、MTFを画像のスペクトルと捉えることができる。

[0022] （画像取得工程）

画像取得工程により取得される画像（以下、入力画像）は、撮像光学系を介して撮像素子で撮像することで得られたデジタル画像である。ここで得られたデジタル画像は、撮像光学系（レンズ）と各種の光学フィルタ類を含む撮像光学系の収差等に基づく光学伝達関数（OTF）により、被写界内での物体と比較して劣化している。この光学伝達関数（OTF）は、上記のような撮像光学系の光学素子の収差やその他の撮像装置の特性に基づいた伝達関数であることが望ましい。撮像光学系はレンズの他にも曲率を有するミラー（反射面）を用いることもできる。

[0023] また、入力画像は色空間により表される。色空間の表し方には、例えばRGBがあるが、RGB以外にもLCHで表現される明度、色相、彩度や、YCbCrで表現される輝度、色差信号などがある。その他の色空間として、XYZ、Lab、Yuv、JChや色温度がある。これら一般に用いられている色空間により表される値を、色成分として本発明を適用することができる。

[0024] また、入力画像は各画素に一つの色成分の信号値を有するモザイク画像でも良いし、このモザイク画像を色補間処理（デモザイキング処理）して各画素に複数の色成分の信号値を有したデモザイク画像でも良い。モザイク画像

は色補間処理（デモザイキング処理）やガンマ変換やJ P E G等の画像圧縮などの画像処理を行う前の画像として、R A W画像とも呼ぶ。例えば単板の撮像素子で複数の色成分の情報を得る場合には、各画素に分光透過率の異なるカラーフィルタを配置して、各画素に一つの色成分の信号値を有するモザイク画像を取得する。このモザイク画像に色補間処理を行うことで各画素に複数の色成分の信号値を有した画像を取得することができる。また、多板、例えば3板の撮像素子を用いる場合には各撮像素子ごとに分光透過率の異なるカラーフィルタを配置して、撮像素子ごとに異なる色成分の画像信号値を有したデモザイク画像を取得することになる。この場合、各撮像素子間で、対応する画素に対してそれぞれの色成分の信号値を有しているので、特に色補間処理を行わなくとも各画素に複数の色成分の信号値を有した画像を取得することができる。

[0025] また入力画像には、入力画像を補正するための各種の補正情報を付帯することができる。補正情報には、レンズの焦点距離（ズーム位置）、絞り値、撮影距離（合焦距離）、露光時間、I S O感度などの撮像状態に関する情報（撮像状態情報）が含まれる。撮像から画像の出力までの一連の処理を一つの撮像装置で行う場合には、入力画像に撮像状態情報や補正情報を付帯しなくとも装置内で取得することもできる。しかし、撮像装置からR A W画像を取得し、撮像装置とは別体の画像処理装置で画像回復処理や現像処理等を行う場合には、上記のように画像に撮像状態情報や補正情報を付帯することが好ましい。ただしこれに限られず、画像処理装置に予め補正情報を記憶させ、入力画像に付帯された撮像状態情報から補正情報を選択可能なシステムを構成すれば、必ずしも画像に補正情報を付帯する必要はない。

[0026] 尚、入力画像は撮像光学系を介して撮像素子で撮像することで得られたデジタル画像と記述したが、入力画像は撮像光学系を含まない撮像系により得られたデジタル画像でも良い。例えば、被写体面に撮像素子を密着させて撮像を行うスキャナ（読み取り装置）やX線撮像装置はレンズのような撮像光学系を持たない撮像装置により得られた画像であってもよい。これら、撮像

光学系を持たないが、撮像素子による画像サンプリングによって生成された画像は少なからず劣化する。この場合の劣化特性は、撮像光学系の光学伝達関数（狭義の光学伝達関数）によるものではないが、撮像系のシステム伝達関数によるものであり、このシステム伝達関数は光学伝達関数に相当するものと言える。このため、本発明の実施例にいう「光学伝達関数」は、このような撮像光学系を含まない撮像系のシステム伝達関数を含む広義の光学伝達関数である。

[0027] （画像回復フィルタ生成工程）

次に、画像回復フィルタの生成について図2（A）、（B）を参照しながら説明する。図2（A）は実空間において入力画像の画素に対してコンボリューション処理が行われる画像回復フィルタの模式図である。画像回復フィルタのタップ（セル）数は、撮像系の収差特性や要求される回復精度に応じて決めることができ、画像が2次元のときは、一般的に画像の各画素に対応したタップ数を有する2次元の画像回復フィルタとなる。図2（A）には、例として 11×11 タップの2次元画像回復フィルタを示した。また、画像回復フィルタのタップ数に関しては、一般的に多いほど回復精度が向上するので、タップ数は要求画質、画像処理能力、収差の特性等に応じて設定される。

[0028] 図2（A）では各タップ内の値を省略しているが、この画像回復フィルタの1断面を図2（B）に示す。この画像回復フィルタの各タップのもつ値（係数値）の分布が、コンボリューション処理の際に、収差によって空間的に広がった信号値を理想的には元の1点に戻す役割を果たしている。

[0029] この画像回復フィルタを生成するためには、まず、撮像光学系の光学伝達関数（OTF）を計算若しくは計測する。元画像（劣化画像）が撮像光学系を持たないシステムにより得られた画像である場合には、その劣化特性は撮像システム伝達関数で表すことができるので、撮像システムの伝達関数を光学伝達関数（OTF）として画像回復フィルタを生成すればよい。以下で使用する光学伝達関数（OTF）という表現は、この撮像光学系を有しない撮

像システムの伝達関数も含む。

[0030] 本発明で用いる画像回復フィルタは、従来の画像回復フィルタとは異なり、MTFのアジマス方向間の差異を補正する機能を有している。本発明の画像回復フィルタの作成工程について説明する前に、従来のウィナーフィルタについて図15を用いて説明する。

[0031] 画像上のある位置でのある色成分の点像分布関数(PSF)のメリジオナル方向の断面を図15(A)に、その周波数特性を図16に示す。図16(M)は振幅成分であるMTFを、図16(P)は位相成分であるPTFを示している。また、図15(A)、(B)、(C)のPSFに対応した周波数特性が、図16の破線(a)、2点鎖線(b)、1点鎖線(c)である。

[0032] 図15(A)に示す補正前のPSFは、コマ収差等により非対称な形状をしており、図16(M)の破線(A)のように高周波ほど振幅応答の低いMTF特性を持ち、図16(P)の破線(a)のように位相ずれが発生している。これを光学伝達関数(OTF)の逆数($1/OTF(u, v)$)を逆フーリエ変換して作成した画像回復フィルタを用いて補正すると、理想的には図15(B)のようにPSFが広がりをもたないデルタ関数のように補正される。

[0033] 尚、OTFの逆数は逆フィルタと呼ばれ、該逆フィルタ(画像回復フィルタ)による回復度合いを本明細書では最大回復度合いと定義する。

[0034] 図15(B)に対応するMTFは図16(M)の2点鎖線(b)のように全周波数に渡って1になり、PTFは図16(P)の2点鎖線(b)のように全周波数に渡って0になっている。

[0035] しかしながら、前記したように、画像回復フィルタの作成にあたっては、ノイズ増幅の影響を制御する必要がある。図15(A)のPSFを、式1に示したウィナーフィルタで回復したPSFは図15(C)のように、位相が補正されることで対称形状になり、振幅が向上されることでPSFの広がりが小さく先鋭な形状になる。図15(C)に対応するMTFは図16(M)の1点鎖線(c)のように回復ゲインを抑制したものになり、PTFは図1

6 (P) の 1 点鎖線 (c) のように全周波数に渡って 0 になっている。回復ゲインを抑制したにも関わらず、PTF が 0 に補正される理由を式 3 を用いて説明する。

[0036] 被写体として白色点光源を仮定すると、被写体の周波数特性は位相ずれが無く、振幅特性が全周波数に渡って 1 となる。これを撮像光学系を通して得られる画像の周波数特性は光学伝達関数 (OTF) そのものとなり、画像としては PSF 形状の画素値分布になる。即ち、入力画像の周波数特性を OTF として、これに画像回復フィルタの周波数特性を掛け合わせれば回復画像の周波数特性を知ることができる。これを式で表現すると、式 3 のように、OTF である $H(u, v)$ は相殺され、回復画像の周波数特性は右辺のようになる。

[0037] [数3]

(式 3)

$$H(u, v)M(u, v) = \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + SNR^2}$$

右辺の $|H(u, v)|$ は OTF の絶対値 (MTF) であるため、回復度合いを決定するパラメータ SNR の値に関わらず位相成分は消滅することになる。従って、位相劣化成分が補正されることで、PSF は対称な形状に補正される。

[0038] しかしながら、各アジムス方向ごと位相劣化成分が補正されることで PSF はアジムス方向ごとには対称に補正されるものの、各アジムス方向ごとに振幅成分が異なるため回転対称には補正されない。例えば、図 13 (A) の線対象であるコマ収差が点対称に補正されることで図 13 (B) の非点収差のような PSF に補正される。即ち、各アジムス方向ごとに、位相が補正され振幅が異なっている PSF は点対称な状態にまでしか補正されない。従来の画像回復方法において、アジムス方向間の MTF の差異が補正されず、むしろ拡大されてしまうことは図 14 を用いて上述したとおりである。したがって、従来の画像回復方法では、非対称収差を十分に補正することができな

い。

[0039] 次に、本発明の非対称な収差を補正する機能を有した本発明の画像回復フィルタについて説明する。式1と式3から分かるように、式4の $rOTF$ の部分が白色点光源を撮影した画像の回復後の周波数特性になる。

[0040] [数4]

(式4)

$$M(u, v) = \frac{1}{H(u, v)} [rOTF]$$

ここで、 $rOTF$ は、任意の関数である。回復画像の位相劣化成分は零であることが望ましいので、 $rOTF$ は位相成分を持たないようにすれば良く、 $rOTF$ は実数部のみを有するため実質的には $rMTF$ と等しい。 $rOTF$ は実部のみを有することが好ましいが、許容可能な範囲で虚数部に値を持たせたとしても本発明の変形の範囲内であることはいうまでも無い。つまり式4に表した画像回復フィルタとすることで、点光源に関わらずどのような被写体でも、あたかも光学伝達関数 (OTF) が $rOTF$ の特性を持った撮像光学系で撮影された画像のようにすることができるということである。

[0041] 従って、アジマス方向間で共通な OTF ($rH(u, v)$) を用いた式5のようにすることで、あたかもアジマス方向間に MTF 差の無い撮像光学系で撮影した画像を得ることができる。つまり、本実施例に用いる画像回復フィルタは、撮像系の2つのアジマス方向間の MTF の差を減少させるフィルタである。

[0042] [数5]

(式5)

$$M(u, v) = \frac{1}{H(u, v)} \frac{|rH(u, v)|^2}{|rH(u, v)|^2 + SNR^2}$$

[0043] これを図3を用いて説明する。図3は被写体が点光源の場合に本発明の画像回復フィルタを用いて処理した場合の、回復前と回復後の2つのアジマス

方向におけるMTFの変化を示した図である。破線（a）、実線（b）はそれぞれ第1、第2のアジムス方向における回復前のMTFを、破線（c）、実線（d）はそれぞれ第1、第2のアジムス方向における回復後のMTFを表している。回復前のMTFは図3（a）、（b）のようにアジムス方向ごとに異なっているが、回復後のMTFは（c）、（d）のようにアジムス方向間で揃っている。図3の（a）、（b）は、例えばメリジオナル方向、サジタル方向のMTFに相当する。このように、上記画像回復フィルタによりアジムス方向間のMTFの差異を補正しながら回復することが可能となる。

[0044] また、式5ではアジムス方向間で共通なOTF（ $r_H(u, v)$ ）を用いたが、 $r_H(u, v)$ をアジムス方向ごとのOTFの差が回復前のOTFの差よりも低減するように補正することで回転対称性を制御することができる。一例を図4に示す。図4（c）、（d）のように2つのアジムス方向間の回復後のMTFが一致しなくとも、図14（c）、（d）に対してアジムス方向間のMTF差が低減し、PSFの非対称性が低減されることになる。非対称性の補正効果を得るためには、少なくとも回復前のアジムス方向間のMTFの差よりも小さくなるように回復するフィルタにすることが望ましい。

[0045] 本実施例の画像回復フィルタは、被写体から回復画像を得る際の2つのアジムス方向間のMTF（伝達関数の絶対値）の差が、撮像系の該2つのアジムス方向間のMTFの差よりも小さくなるように構成する。

[0046] 言い換えれば、本実施例の画像回復フィルタは、被写体が白色点光源である場合、回復画像における2つアジムス方向のスペクトルの差が、入力画像における該2つのアジムス方向のスペクトルの差よりも減少するように回復する。

[0047] 言い換えれば、本実施例の画像回復フィルタは、2つのアジムス方向で異なる周波数特性を有する伝達関数と、該2つのアジムス方向間の伝達関数の絶対値の差が減少するように補正した補正伝達関数に基づいて生成される。

[0048] 以上説明したとおり、本発明の画像回復フィルタを用いた画像回復処理を実行することにより、収差のアジムス方向ごとの位相成分とアジムス方向間

の振幅成分の差異を補正することができ、収差の非対称性を低減させより高精細な画像を得ることが可能となる。

[0049] 尚、画像回復フィルタは、式5の $H(u, v)$ の部分がアジムス方向ごとに異なるため、 $rH(u, v)$ がアジムス方向間で共通であろうが、異なっていようが、非対称な係数配列を有する。即ち、図2の断面図がアジムス方向ごとに異なる。

[0050] 尚、光学伝達関数(OTF)は撮像光学系のみならず、撮像の過程で光学伝達関数(OTF)を劣化させる要因を含めることができる。例えば、複屈折を有する光学ローパスフィルタは光学伝達関数(OTF)の周波数特性に対して高周波成分を抑制するものである。また、撮像素子の画素開口の形状や開口率も周波数特性に影響している。他にも光源の分光特性や各種波長フィルタの分光特性が挙げられる。これらを含めた広義の光学伝達関数(OTF)に基づいて、画像回復フィルタを作成することが望ましい。

[0051] (画像回復処理工程(補正工程))

次に、生成した画像回復フィルタを用いて、補正画像を得る方法について説明する。

[0052] 既に説明しているが、補正工程においては劣化画像に画像回復フィルタをコンボリューションすることにより、補正画像(回復画像)を得ることができる。ここでは、画像回復フィルタのタップ内に含まれる各画素に対してコンボリューション(畳み込み積分、積和)処理が行われる。コンボリューションは、ある画素の信号値を改善するために、その画素を画像回復フィルタの中心と一致させる。そして、画像と画像回復フィルタの対応画素ごとに画像の信号値と画像回復フィルタの係数値の積をとり、その総和を中心画素の信号値として置き換える処理である。

[0053] 入力画像に対して画像回復フィルタを作用させたり、コンボリューション処理を行ったりすることの利点は、画像回復処理で画像のフーリエ変換や逆フーリエ変換を行うことなく画像を回復することができる。一般的にコンボリューション処理の負荷は、フーリエ変換を行う負荷に比べると小さい。し

たがって、画像回復処理を行うにあたって、処理負担を軽減することができる。

[0054] 尚、画像回復フィルタの縦横のタップ数について既に述べたが、縦横のタップ数が必ずしも同じである必要はなく、コンボリューションの処理を行う際に考慮するようにすれば任意に変更することができる。

[0055] その他、本発明の画像回復処理は、画像の劣化過程が線形である方が劣化前の元画像に回復するための逆過程を高精度に処理できるため、入力画像は諸々の適応的な非線形処理が行われていないことが好ましい。つまり、モザイク画像（RAW画像）に対して行うことがより好ましい。しかし、入力画像がモザイク画像であってもデモザイク画像であっても本発明の画像回復処理を適用することができる。理由は、色補間処理による劣化過程が線形であれば、画像回復フィルタの生成において、この劣化関数を考慮することで画像回復処理を行うことができるからである。また、回復の要求精度が低い場合や諸々の画像処理が行われた画像しか入手できない場合には、デモザイク画像に対して画像回復処理を行ってもボケの非対称性を低減するという効果を得ることができる。

[0056] （画像出力工程）

以上の処理により取得した補正画像（回復画像）を、所望のデバイスに出力する。撮像装置であれば表示部あるいは記録媒体等に出力する。画像回復処理を行った画像に対して、その他の画像処理などを行うのであれば、後の工程を実行するデバイスに画像を出力すればよい。

[0057] 以上、本発明の画像処理について各工程に分けて順に説明してきたが、各工程のうち、いくつかの工程を同時に処理できる場合はまとめて処理することができる。また、各工程の前後に適宜必要な処理工程を追加することも可能である。さらに、説明に用いた式や等号記号は本発明の画像処理の具体的なアルゴリズムをこれに限定するものではなく、目的を達成しうる範囲で必要に応じた変形が可能である。

[0058] 以下、上述した画像処理を適用した実施例について図面を用いて説明する

。

実施例 1

- [0059] 図5は実施例1における撮像装置の構成概略図である。不図示の被写体像を撮像光学系101で撮像素子102に結像する。撮像素子102は、結像した光を電気信号に変換（光電変換）し、該電気信号をA/Dコンバータ103がデジタル信号に変換する。そして画像処理部104は、該デジタル信号（入力画像）に対して所定の処理と併せて画像処理を行う。ここでの所定の処理とは、例えば、倍率色収差補正、歪曲収差補正、周辺光量補正などの電子収差補正やデモザイキング、ガンマ変換、画像圧縮などの処理である。
- [0060] まず、状態検知部107から撮像装置の撮像状態情報を得る。状態検知部107はシステムコントローラ110から直接、撮像状態の情報を得ても良いし、例えば撮像光学系101に関する撮像状態情報は撮像系制御部106から得ることもできる。次に撮像状態に応じた画像回復フィルタを記憶部108から選択し、画像処理部104に入力された画像に対して画像回復処理を行う。画像回復フィルタは撮像状態に応じて記憶部108から選択したものをそのまま用いても良いし、予め用意した画像回復フィルタを補正して、より撮像状態に適した画像回復フィルタに補正したものをを用いることもできる。
- [0061] そして、画像処理部104で処理した出力画像を画像記録媒体109に所定のフォーマットで保存する。この出力画像は収差の非対称性が補正され鮮鋭度が向上した画像である。また、表示部105には、画像回復処理後の画像に表示のための所定の処理を行った画像を表示しても良いし、高速表示のために補正処理を行わない、又は簡易的な補正処理を行った画像を表示しても良い。
- [0062] 上述した一連の制御はシステムコントローラ110で行われ、撮像系の機械的な駆動はシステムコントローラ110の指示により撮像系制御部106で行う。絞り101aは、Fナンバーの撮影状態設定として開口径が制御される。フォーカスレンズ101bは、撮影距離に応じてピント調整を行うた

めに不図示のオートフォーカス（A F）機構や手動のマニュアルフォーカス機構によりレンズの位置が制御される。

[0063] この撮像系にはローパスフィルタや赤外線カットフィルタ等の光学素子を入れても構わない。ローパスフィルタ等の光学伝達関数（O T F）の特性に影響を与える素子を用いる場合には画像回復フィルタを作成する時点でこの素子の影響を考慮すれば、より高精度に回復処理を行うことが可能である。赤外カットフィルタにおいても、分光波長の点像分布関数（P S F）の積分値であるR G Bチャンネルの各P S F、特にRチャンネルのP S Fに影響するため、画像回復フィルタを作成する時点で考慮するとより好ましい。

[0064] また、撮像光学系 1 0 1 は撮像装置の一部として構成されているが、一眼レフカメラにあるような交換式のものであっても良い。絞りの開口径制御やマニュアルフォーカスなどの機能は撮像装置の目的に応じて用いなくても良い。

[0065] また、光学伝達関数（O T F）は 1 つの撮影状態においても撮像系の像高（画像の位置）に応じて変化するので、本発明の画像回復処理を像高に応じて変更して行うことが望ましい。

[0066] また、画像処理部 1 0 4 は少なくとも演算部と一時的記憶部（バッファ）を有する。上記の画像処理の各工程ごとに必要に応じて一時的に記憶部に対して画像の書き込み（記憶）および読み出しを行う。また、一時的に記憶するための記憶部は前記一時的記憶部（バッファ）に限定せず、記憶部 1 0 8 でも良く、記憶機能を有する記憶部のデータ容量や通信速度に応じて好適なものを適宜選択して用いることができる。その他、記憶部 1 0 8 には画像回復フィルタ、補正情報などのデータが記憶されている。

[0067] 図 6 を用いて、画像回復フィルタの選択と補正について説明する。図 6 には、撮像状態情報と該撮像状態情報に基づいて記憶部 1 0 8 に格納された複数の画像回復フィルタ（黒丸）を模式的に示す。記憶部 1 0 8 に格納された画像回復フィルタは、焦点位置（状態 A）、絞り値（状態 B）および被写体距離（合焦距離）（状態 C）の 3 つの撮像状態を軸とした撮像状態空間中に

離散的に配置されている。撮像状態空間中の各点（黒丸）の座標が、記憶部 108 に記憶されている画像回復フィルタを示す。尚、図 6 では、画像回復フィルタを各撮像状態に対して直交した線上の格子点に配置しているが、画像回復フィルタを格子点から外して配置しても構わない。また、撮像状態の種類は、焦点距離、絞り値および被写体距離に限らず、その数も 3 つでなくともよく、4 つ以上の撮像状態による 4 次元以上の撮像状態空間を構成して、その中に画像回復フィルタを離散的に配置してもよい。

[0068] 図 6 において、大きな白丸で示した撮像状態が、状態検知部 107 により検知された実際の撮像状態であるとする。実際の撮像状態位置に対応する位置、またはその近傍に予め格納された画像回復フィルタが存在する場合には、その画像回復フィルタを選択して画像回復処理に用いることができる。実際の撮像状態に対応する位置の近傍の画像回復フィルタを選択する際の 1 つの方法は、実際の撮像状態と画像回復フィルタが格納された複数の撮像状態との間の撮像状態空間で距離（撮像状態の相違量）を算出する。そして、最も距離の短い位置の画像回復フィルタを選択する方法である。この方法により、図 6 に小さな白丸で示した位置の画像回復フィルタが選択される。

[0069] また、他の方法として、画像回復フィルタ選択に撮像状態空間中の方向による重み付けをする方法がある。すなわち、撮像状態空間中の距離と重み付けした方向の積を評価関数として、該評価関数の値が最も高い画像回復フィルタを選択する方法である。

[0070] 次に、選択された画像回復フィルタを補正することで、新たな画像回復フィルタを生成する方法について説明する。画像回復フィルタを補正するにあたり、まず実際の撮像状態と画像回復フィルタが格納された撮像状態との間の撮像状態空間での距離（状態相違量）を算出し、最も距離の短い（状態相違量が最も小さい）位置の画像回復フィルタを選択する。状態相違量が最も小さい画像回復フィルタを選択することで、画像回復フィルタの補正量も少なくすることができ、撮像状態での本来の画像回復フィルタに近い画像回復フィルタを生成することができる。

- [0071] 図6では、小さな白丸で示した位置の画像回復フィルタが選択される。この選択された画像回復フィルタに対応する撮像状態と、実際の撮像状態との状態相違量 ΔA 、 ΔB 、 ΔC を算出する。この状態相違量に基づいて状態補正係数を算出し、該状態補正係数を用いて選択された画像回復フィルタを補正する。これにより、実際の撮像状態に対応した画像回復フィルタを生成することができる。
- [0072] また、他の方法として、実際の撮像状態の近傍に位置する複数の画像回復フィルタを選択し、該複数の画像回復フィルタと実際の撮像状態との状態相違量に応じて補間処理することで、撮像状態に適した画像回復フィルタを生成することができる。ここでの補間処理は、2次元の画像回復フィルタ同士の対応タップの係数値を線形補間、多項式補間およびスプライン補間等を用いて補間すれば良い。
- [0073] また、画像回復フィルタの生成に用いる光学伝達関数（OTF）は、光学設計ツールや光学解析ツールを用いて計算により求めることができる。さらに、撮像光学系単体や撮像装置の実際の状態における光学伝達関数（OTF）を、計測して求めることもできる。
- [0074] 図7に画像処理部104で実行される本実施例の画像回復処理の具体的なフローチャートを示す。図中の●印は画像等の画素データを少なくとも一時的に記憶するステップを表す。
- [0075] 画像処理部104は画像取得工程で入力画像を取得する。次に状態検知部107から撮像状態情報を得る（ステップS72）。そして、記憶部108から撮像状態に応じた画像回復フィルタを選択し（ステップS73）、画像回復処理工程（補正工程）でこの画像回復フィルタを用いて入力画像に対して回復処理を行う（ステップS74）。
- [0076] 次に画像形成に必要なその他の処理を行い回復された画像を出力する（ステップS76）。ここでのその他の処理としては、前記の補正画像がモザイク画像の状態であれば、色補間処理（デモザイキング処理）、シェーディング補正（周辺光量補正）、歪曲収差補正などがある。また、ここで説明した

その他の処理を含めた諸々の画像処理は、上記フローの前後や中間に必要なに応じて挿入することもできる。

[0077] ここで、画像回復処理の流れとしてより好ましい例について図8を用いて説明する。図8は、回復処理を行う前と後のMTFの変化を表す。破線(a)、実線(b)はそれぞれ画像回復処理を行う前の第1アジマス方向、第2アジマス方向のMTFであり、破線(c)、実線(d)は回復処理を行った後の第1アジマス方向、第2アジマス方向のMTFである。図8に示すように、回復前の2つのアジマス方向のMTF(a)、(b)に対して、画像回復処理を低い回復度合いで行う。これにより、(c)、(d)のように、MTFは低い状態で、アジマス方向の差異は補正された状態になる。この状態は、収差の位相成分および収差の非対称性は補正されているが、鮮鋭度は低い状態である。言い換えれば、画像回復フィルタが逆フィルタであるときの回復画像の回復度合いを最大回復度合いとすると、最大回復度合いよりも低い回復度合いの回復画像である。好ましくは、ナイキスト周波数内において、2つのアジマス方向の回復後のMTFの周波数平均が、回復前の最大のMTFの1.5倍以下とすることが好ましい。さらに好ましくは1.2倍以下とすることが好ましい。さらに好ましくは、2つのアジマス方向のうち、MTFのより高い第1のアジマス方向は位相のみを回復し、MTFは実質的に変化させない。そして、MTFのより低い第2のアジマス方向は位相を回復し、該第2のアジマス方向のMTFは第1のアジマス方向のMTFに揃えることが好ましい。このような回復処理を行った回復画像に対してエッジ強調処理を行う。

[0078] これにより、エッジ部のみの鮮鋭度を向上することができるので、画像全体に対して回復処理を行うよりも、ノイズ増幅を抑制することができる。

[0079] エッジ強調処理については図9を用いて説明する。エッジ強調フィルタの一例を図9に示す。エッジ強調を行うためのフィルタは、図9に示すように、入力画像をそのまま出力するフィルタと微分フィルタの差分によって生成することができる。微分フィルタは1次微分を行うソーベルフィルタや2次

微分を行うラプラシアンフィルタなどがよく知られている。図9の微分フィルタはラプラシアンフィルタである。エッジ強調フィルタは隣接画素との画素値の関係により処理を行うため、図のようにタップ数が 3×3 程度のフィルタがよく用いられている。

[0080] 図10に図9に示したエッジ強調フィルタを用いた場合のエッジ部分の強調効果を示す。図10(A)、(B)、(C)は画像中のエッジ部の輝度のある断面で見たとき図である。横軸は座標、縦軸は振幅を表している。図10の(A)は、画像中のエッジ部分の輝度断面であり、これに微分フィルタでエッジ部を抽出して符号反転したものが(B)である。元の画像(A)に(B)を足し合わせることで(C)のように、エッジの傾きを急峻に強調することができる。エッジ強調処理は特にエッジの急峻な部分にのみ作用し、先鋭化するので画像全体に対してはノイズ増幅の影響が少ないという利点やフィルタのタップ数が比較的小さいため高速な処理が可能であるという利点がある。よって、低い回復度合いの画像回復処理を行った後に、エッジ強調処理をするのがより好ましい。このようにエッジ強調処理と組み合わせる場合には、図7のその他必要な処理にエッジ強調処理を含めれば良い。画像のエッジ部が強調処理が可能なその他の処理としては、シャープネス処理等が挙げられる。

[0081] 以上、各処理工程の好ましい前後関係や考慮すべき処理について説明したが、処理工程の順序に対して別の観点での制約がある場合にはこれに限るものではなく、処理上の制約条件や要求画質に応じて変更しても構わない。また、撮像装置に関する実施例を示したが、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

実施例 2

[0082] 図11(A)には、本発明の実施例2である画像処理システムの構成図を示した。画像処理装置111は、情報処理装置により構成され、実施例1にて説明した画像処理方法を該情報処理装置に実行させるための画像処理ソフトウェア(画像処理プログラム)112を搭載している。

- [0083] 撮像装置 113 は、カメラ、顕微鏡、内視鏡、スキャナ等を含む。記憶媒体 114 は、半導体メモリ、ハードディスク、ネットワーク上のサーバー等、撮像により生成された画像（撮影画像データ）を記憶する。
- [0084] 画像処理装置 111 は、撮像装置 113 または記憶媒体 114 から画像データを取得して、所定の画像処理を行った出力画像（補正画像）データを出力機器 116、撮像装置 113 および記憶媒体 114 の少なくとも 1 つに出力する。また、出力先を画像処理装置 111 に内蔵された記憶部にし、該記憶部に出力画像データを保存しておくこともできる。出力機器 116 としては、プリンタ等が挙げられる。画像処理装置 111 には、モニタである表示機器 115 が接続されており、ユーザはこの表示機器 115 を通して画像処理作業を行うとともに、回復調整画像（出力画像）を評価することができる。画像処理ソフトウェア 112 は、画像回復処理機能および回復度合い調整機能の他に、必要に応じて現像機能やその他の画像処理機能を有している。
- [0085] また、図 11（B）には、別の画像処理システムの構成を示している。実施例 1 のように、撮像装置 118 単体で実施例 1 の画像処理を行う場合は、撮像装置 118 から直接、出力機器 119 に回復調整画像を出力することができる。
- [0086] また、出力機器 119 に、実施例 1 の画像処理方法を実行する画像処理装置を搭載することで、出力機器 119 で画像の特徴量に応じて調整係数を設定し、回復度合いの調整を行うことも可能である。さらに、出力機器 119 の出力画像の劣化特性に応じて回復度合いを調整することで、より高画質な画像を提供することができる。
- [0087] ここで、画像回復処理および回復度合いの調整を含む画像処理を行うための補正情報の内容と、その受渡しについて説明する。図 12 に補正情報の一例を示し、この複数の補正情報を補正情報セットと記す。各補正情報について以下に説明する。
- [0088] 「補正制御情報」
- 補正制御情報は、撮像装置 113、画像処理装置 111 および出力機器 1

１６のどれかで回復処理および回復度合い調整処理を行うかを示す設定情報と、該設定情報に応じて他の機器に伝送するデータを選択するための選択情報である。例えば、撮像装置１１３で回復処理のみを行い、画像処理装置１１１で回復度合いの調整を行う場合、画像回復フィルタを画像処理装置１１１に伝送する必要は無いが、少なくとも撮影画像と回復画像あるいは回復成分情報（差分情報）を伝送する必要がある。

[0089] 「撮像装置情報」

撮像装置情報は、製品名称に相当する撮像装置１１３の識別情報である。レンズとカメラ本体が交換可能な場合はその組み合わせを含む識別情報である。

[0090] 「撮像状態情報」

撮像状態情報は、撮影時の撮像装置１１３の状態に関する情報である。例えば、焦点距離（ズーム位置）、絞り値、被写体距離（合焦距離）、ＩＳＯ感度、ホワイトバランス設定等等である。

[0091] 「撮像装置個別情報」

撮像装置個別情報は、上記の撮像装置情報に対して、個々の撮像装置の識別情報である。製造誤差のばらつきにより撮像装置の光学伝達関数（ＯＴＦ）は個体ばらつきがあるため、撮像装置個別情報は個々に最適な回復度合い調整パラメータを設定するために有効な情報である。回復度合い調整パラメータとは、回復強度調整係数 μ や色合成比調整係数 ω である。

[0092] 「画像回復フィルタ群」

画像回復フィルタ群は、画像回復処理で用いる画像回復フィルタのセットである。画像回復処理を行う装置が画像回復フィルタを有していない場合、別の装置（機器）から画像回復フィルタを伝送する必要がある。

[0093] 「ユーザ設定情報」

ユーザ設定情報は、ユーザの好みに応じた回復度合いに調整するための調整パラメータまたは調整パラメータの補正関数である。ユーザは調整パラメータを可変に設定可能であるが、ユーザ設定情報を用いれば、常に初期値と

して好みの出力画像を得ることができる。また、ユーザ設定情報は、ユーザが調整パラメータを決定した履歴から、最も好む鮮鋭度を学習機能により更新することが好ましい。

[0094] さらに、撮像装置の提供者（メーカー）がいくつかの鮮鋭度パターンに応じたプリセット値をネットワークを介して提供することもできる。

[0095] 上記の補正情報セットは、個々の画像データに付帯させることが好ましい。必要な補正情報を画像データに付帯させることで、実施例 2 の画像処理装置を搭載した機器であれば画像回復処理を行うことができる。また、補正情報セットの内容は必要に応じて、自動および手動で取捨選択可能である。

[0096] 本発明は上記実施の形態に制限されるものではなく、本発明の精神及び範囲から離脱することなく、様々な変更及び変形が可能である。従って、本発明の範囲を公にするために以下の請求項を添付する。

符号の説明

- [0097] 1 0 1 撮像光学系
 1 0 2 撮像素子
 1 0 4 画像処理部
 1 0 6 撮像系制御部
 1 0 8 記憶部
 1 1 0 システムコントローラ

請求の範囲

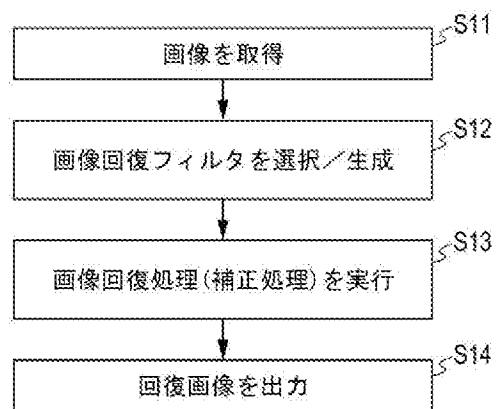
- [請求項1] 入力画像を取得する画像取得手段と、
 被写体像を前記入力画像として形成するために用いた撮像系の伝達関数に基づいて生成または選択された画像回復フィルタを用いて前記入力画像を回復し、回復画像を生成する画像回復手段とを有し、
 前記画像回復フィルタは、被写体から回復画像を得る際の2つのアジムス方向間の伝達関数の絶対値の差が、前記撮像系の該2つのアジムス方向間の伝達関数の絶対値の差よりも小さくすることを特徴とする画像処理装置。
- [請求項2] 前記画像回復手段は、取得された画像の画素に対して前記画像回復フィルタを畳み込み積分することにより画像回復を行うことを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。
- [請求項3] 前記画像回復フィルタは、2つのアジムス方向で異なる周波数特性を有する伝達関数と、該2つのアジムス方向間の伝達関数の絶対値の差が減少するように補正した補正伝達関数に基づいて生成されることを特徴とする請求項1または2に記載の画像処理装置。
- [請求項4] 撮像系により形成された被写体像を光電変換して撮影画像を生成する撮像素子と、
 前記撮影画像を前記入力画像として処理する請求項1乃至3いずれか1項に記載の画像処理装置とを有することを特徴とする撮像装置。
- [請求項5] 撮像系により生成された画像を入力画像として取得する工程と、
 前記撮像系の伝達関数に基づいて生成または選択された画像回復フィルタを用いて前記入力画像を回復し、回復画像を生成する工程とを有し、
 前記画像回復フィルタは、被写体から回復画像を得る際の2つのアジムス方向間の伝達関数の絶対値の差が、前記撮像系の該2つのアジムス方向間の伝達関数の差よりも小さくすることを特徴とする画像処理方法。

[請求項6] 撮像系により生成された画像を入力画像として取得する画像取得工程と、

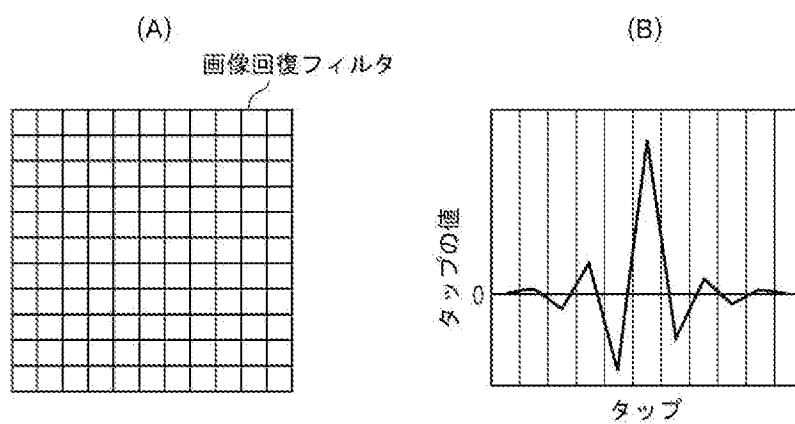
 前記撮像系の伝達関数に基づいて生成または選択された画像回復フィルタを用いて前記入力画像を回復し、回復画像を生成する画像回復工程とを情報処理装置に実行させる画像処理プログラムであって、

 前記画像回復フィルタは、被写体から回復画像を得る際の2つのアジムス方向間の伝達関数の絶対値の差が、前記撮像系の該2つのアジムス方向間の伝達関数の絶対値の差よりも小さくすることを特徴とする画像処理プログラム。

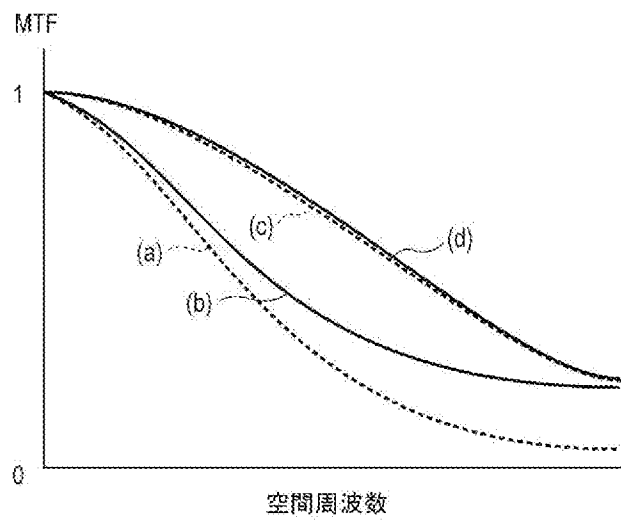
[図1]



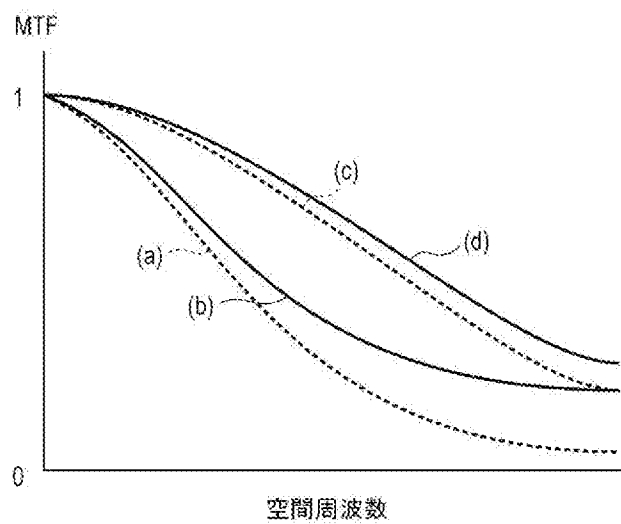
[図2]



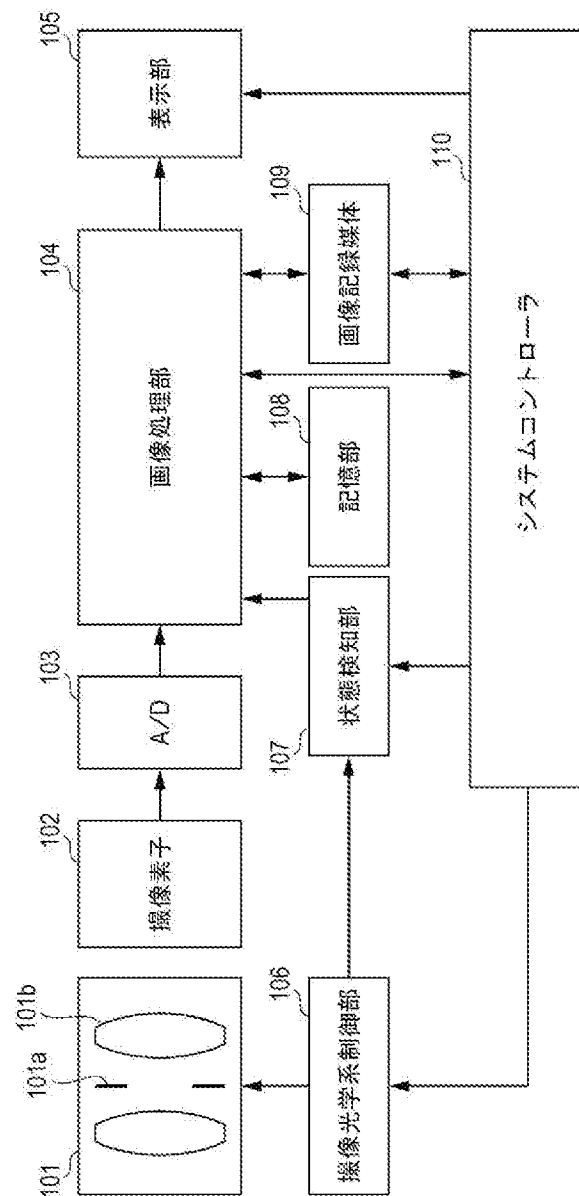
[図3]



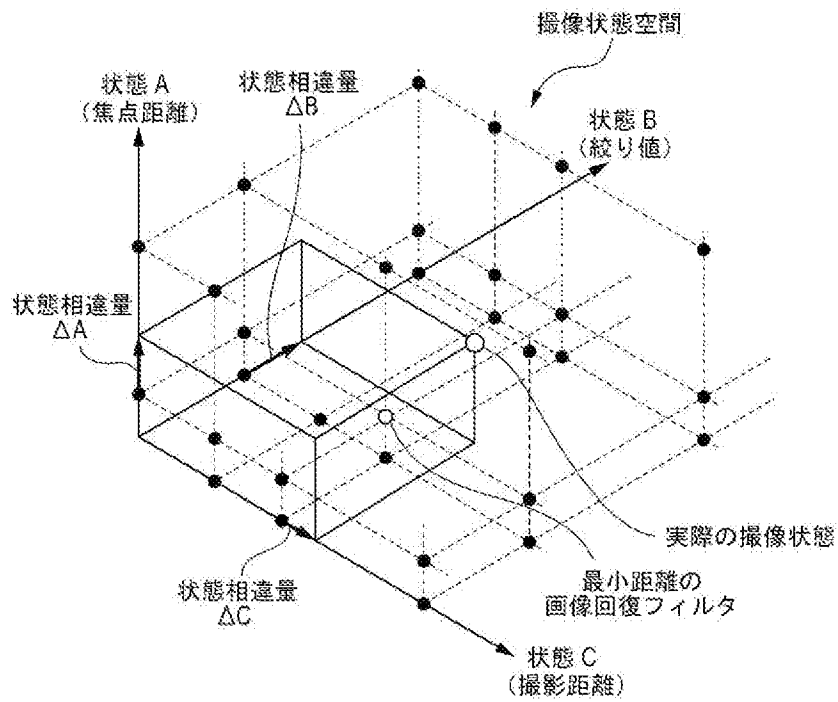
[図4]



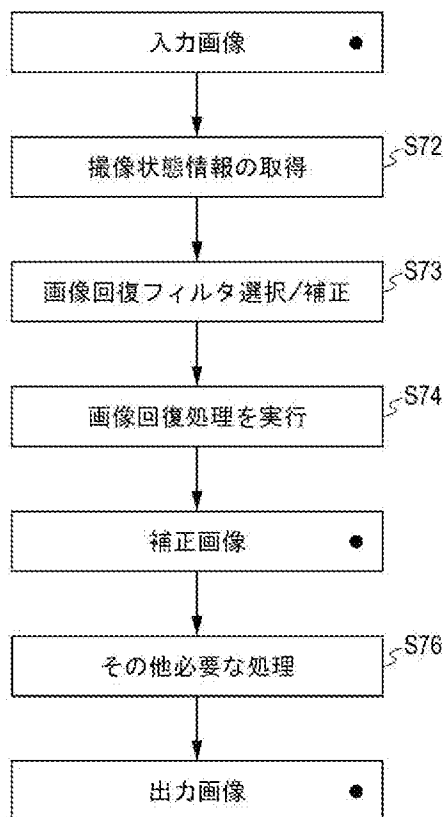
[図5]



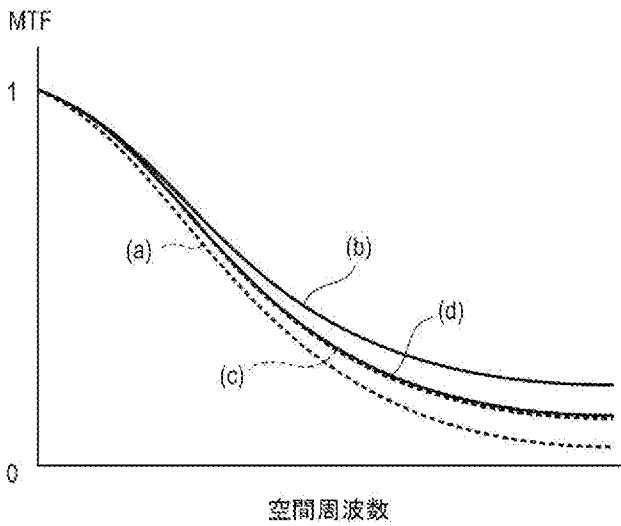
[図6]



[図7]



[図8]



[図9]

無処理フィルタ 微分フィルタ エッジ強調フィルタ

0	0	0
0	1	0
0	0	0

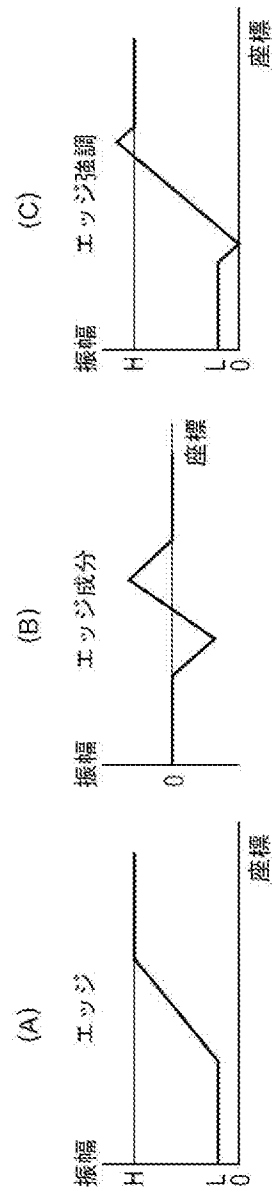
−

0	1	0
1	−4	1
0	1	0

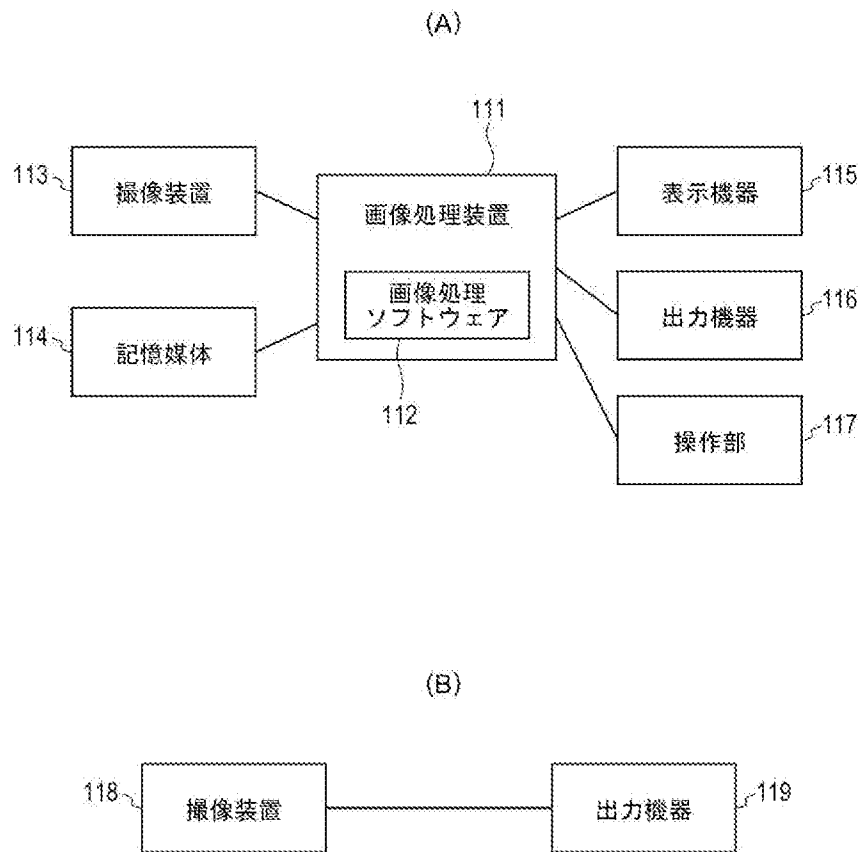
=

0	−1	0
−1	5	−1
0	−1	0

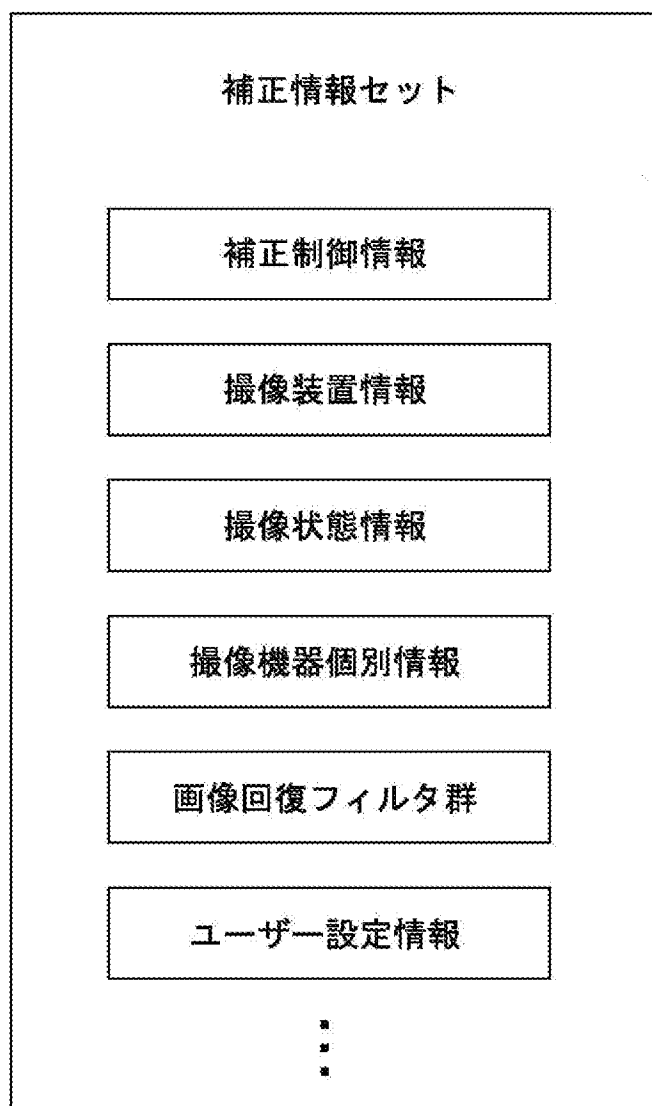
[図10]



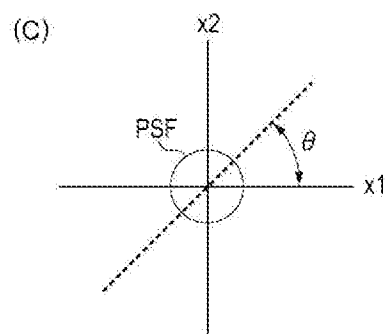
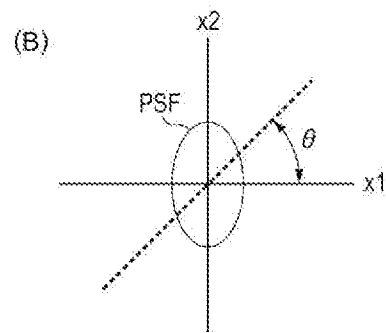
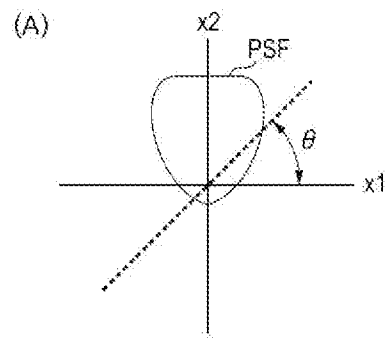
[図11]



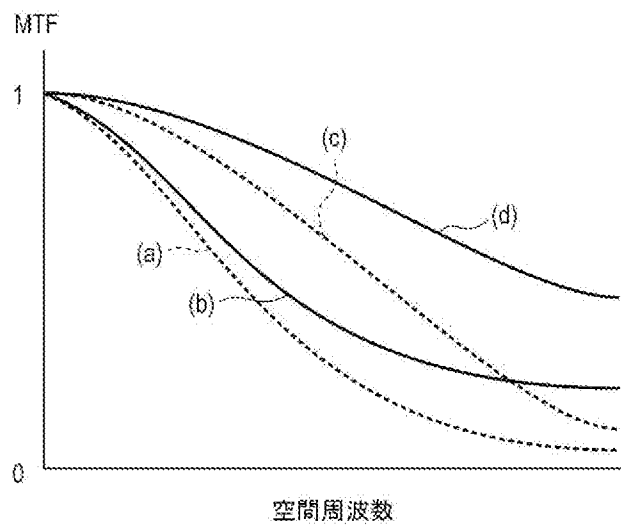
[図12]



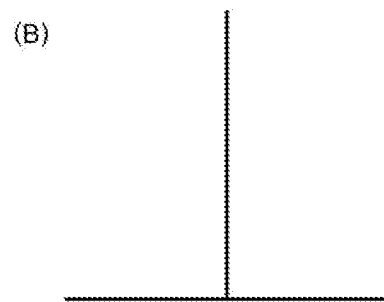
[図13]



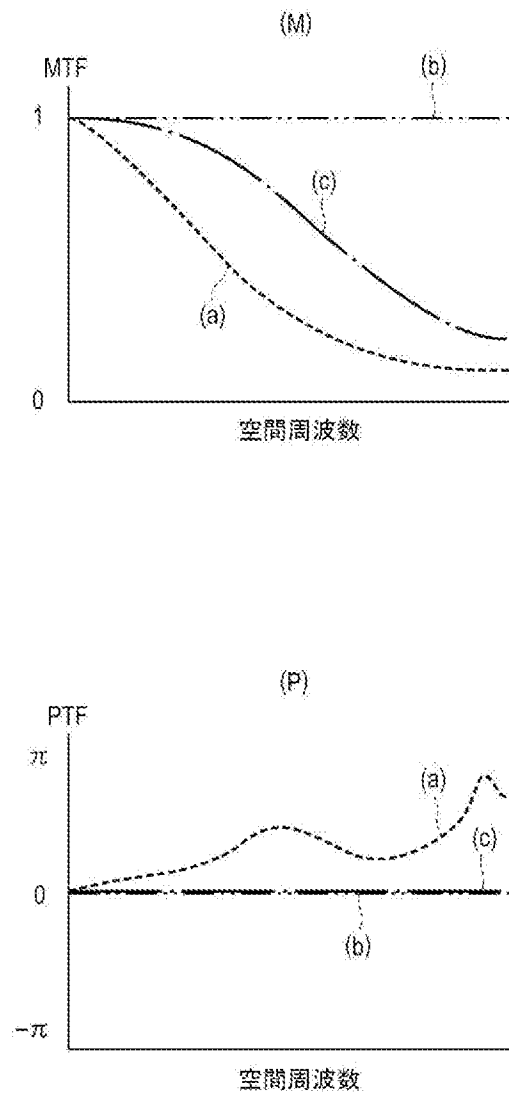
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/055865

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T5/20(2006.01) i, H04N1/409(2006.01) i, H04N5/225(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)

G06T5/20, H04N1/409, H04N5/225

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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.
Y	JP 2007-36799 A (Kyocera Corp.), 08 February 2007 (08.02.2007), paragraphs [0014], [0020], [0034] (Family: none)	1-6
Y	JP 2003-78812 A (Hewlett-Packard Co.), 14 March 2003 (14.03.2003), paragraphs [0058] to [0060] & US 2003/0011717 A1 & US 2005/0243178 A1	1-6

☐ 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
10 May, 2010 (10.05.10)

Date of mailing of the international search report
18 May, 2010 (18.05.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G06T5/20(2006.01)i, H04N1/409(2006.01)i, H04N5/225(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. G06T5/20, H04N1/409, H04N5/225

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 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 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
Y	JP 2007-36799 A（京セラ株式会社）2007.02.08, 段落【0014】、【0020】、【0034】（ファミリーなし）	1 - 6
Y	JP 2003-78812 A（ヒューレット・パカード・カンパニー） 2003.03.14, 段落【0058】 - 【0060】 & US 2003/0011717 A1 & US 2005/0243178 A1	1 - 6

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ー

「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 0 . 0 5 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

1 8 . 0 5 . 2 0 1 0

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）

松尾 俊介

5 H

4 4 5 2

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