

(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27日(27.10.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/132279 A1

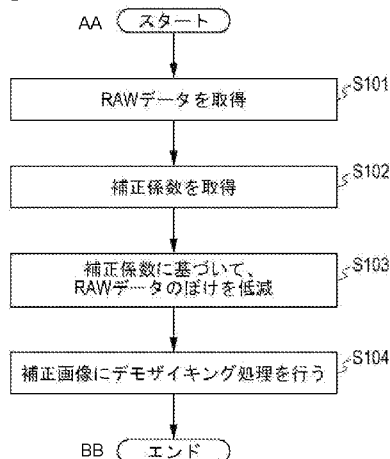
- (51) 国際特許分類:
H04N 9/07 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/057083
- (22) 国際出願日: 2010年4月21日(21.04.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): キヤノン株式会社(CANON KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒1468501 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 田村 信彦(TAMURA Nobuhiko) [JP/JP]; 〒1468501 東京都大田区下丸子3丁目30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30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).

[続葉有]

- (54) Title: IMAGE PROCESSING DEVICE, METHOD, AND RECORDING MEDIUM
- (54) 発明の名称: 画像処理装置、方法、及び記録媒体

[図2]



AA START
S101 OBTAIN RAW DATA
S102 OBTAIN CORRECTION COEFFICIENT
S103 REDUCE RAW DATA BLURRING, BASED
ON CORRECTION COEFFICIENT
S104 DEMOZAIC CORRECTED IMAGE
BB END

(57) Abstract: Good blurring correction is not achieved when image optical system blurring is corrected, because demosaicing changes the blurring characteristics of a captured image. Disclosed is an image processing device wherein RAW data is input, a correction coefficient for correcting blurring of RAW images displayed using RAW data is obtained for each of a plurality of colors, blurring of the RAW images displayed using RAW data is corrected based on the correction coefficients obtained for each of the plurality of colors, corrected images are obtained, a plurality of obtained corrected images are demosaiced, and output data is generated.

(57) 要約: 撮像光学系のぼけ補正の際にデモザイクによって撮像画像のぼけ特性が変わる結果、良好なぼけ補正が行えない。RAWデータを入力し、複数の色それぞれに対して、RAWデータで示されるRAW画像のぼけを補正するための補正係数を取得し、複数の色それぞれに対して取得された補正係数に基づいてRAWデータで示されるRAW画像のぼけを補正し、補正画像を取得し、取得された複数の補正画像をデモザイク処理し、出力画像データを生成する。



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 画像処理装置、方法、及び記録媒体

技術分野

[0001] 本発明は、撮影画像のぼけを補正する画像回復処理に関する。

背景技術

[0002] デジタルカメラ、デジタルビデオカメラなどの撮像装置において、被写体からの光は、レンズ等で構成される撮像光学系を介して、CCDやCMOS等の複数の素子を有するセンサに入射される。センサにおいて、撮像光学系を通った光は電気信号に変換される。この電気信号に対して、A/D変換処理やデモザイク処理などの画像化するために必要な処理を施すことで、撮影画像を得る事ができる。

[0003] さて、この撮影画像の画質は撮像光学系の影響を受ける。一般的に、高性能なレンズを使用した場合は、ぼけの小さい、くっきりとした画像を得ることが出来る。逆に、性能が良くないレンズを使用した場合に得られる撮像画像はぼけている。例として、星空を撮影した場合、ぼけの小さいレンズを用いて撮影した画像は、星の一つ一つがくっきりとした点のようになる。逆に、ぼけの大きいレンズを用いて撮影した画像は、星が一点ではなく広がりをもってぼけている。

[0004] 以下、撮像光学系に起因する撮像画像のぼけを補正する画像処理方法を説明する。この方法では、点像分布関数（PSF：Point Spread Function）に基づいて撮像画像のぼけを補正する。このPSFは、被写体の一点がどの様にぼけるかを表したものである。例えば、暗黒下で体積が非常に小さい発光体（点光源）を撮影した場合のセンサ面上での光の2次元的分布が、かかる撮像光学系のPSFに該当する。

[0005] ぼけの小さい理想的な撮像光学系ではPSFは一点であり、ぼけの大きい撮像光学系ではPSFは小さな一点ではなく、ある程度の広がりを持っている。

[0006] このPSFに係るデータを用いてぼけを補正する方法に、逆フィルタによる方法がある。以下、逆フィルタの構成方法について説明する。ぼけを生じさせない理想的な撮像光学系を用いて撮影した撮影画像を $f(x, y)$ とする。 x, y は撮像画像の二次元上の位置を示す変数であり、 $f(x, y)$ は位置 x, y での画素値を表している。一方で、ぼけを生じさせる撮像光学系で撮影した撮影画像を $g(x, y)$ とする。また、前記のぼけを生じさせる撮像光学系のPSFを $h(x, y)$ とする。この $h(x, y)$ は、例えば、レンズの特性、撮影パラメータ（絞り径、物体位置、ズーム位置など）、センサのカラーフィルターの透過率などによって決定される。また、点光源を撮像した場合のセンサ面上での光の二次元分布を測定することによって $h(x, y)$ を決定しても良い。 $f(x, y), g(x, y), h(x, y)$ には次の関係が成り立つ。

$$g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) \quad \cdots (1)$$

* はコンボリューション（畳込積分）を意味している。ぼけを補正することは、ぼけを生じさせる撮像光学系で撮影した撮像画像 $g(x, y)$ と、かかる撮像光学系のPSFである $h(x, y)$ とから、理想的な撮像光学系で取得した $f(x, y)$ を推定することと言い換えることもできる。

[0007] 実面で表現されている式1をフーリエ変換して空間周波数面での表示形式に変換すると、以下の式のように周波数ごとの積の形式になる。

$$G(u, v) = H(u, v) \cdot F(u, v) \quad \cdots (2)$$

$H(u, v)$ はPSFである $h(x, y)$ をフーリエ変換したものであり、光学伝達関数（OTF: Optical Transfer Function）と呼ばれている。 u, v は2次元周波数面での座標、即ち周波数を示す。 $G(u, v)$ は $g(x, y)$ のフーリエ変換したもの（フーリエ表示）であり、 $F(u, v)$ は $f(x, y)$ のフーリエ変換したものである。

[0008] ぼけのある撮影画像から、ぼけのない理想的な画像を得るためには、以下のように両辺を H で除算すればよい。

$$G(u, v) / H(u, v) = F(u, v) \quad \cdots (3)$$

この $F(u, v)$ を逆フーリエ変換して実面に戻すことで、ぼけのない理想的な画像 $f(x, y)$ を回復画像として得ることができる。

[0009] ここで、式 3 における H の逆数 (H^{-1}) を逆フーリエ変換したものを R とすると、以下の式のように実面での画像に対するコンボリューションを行うことで同様にぼけのない画像が得られる。

$$g(x, y) * R(x, y) = f(x, y) \quad \cdots (4)$$

この $R(x, y)$ を逆フィルタと呼ぶ。実際には、 $H(u, v)$ が 0 になる周波数 (u, v) が存在する場合がある。 $H(u, v)$ が 0 となる周波数においては、式 (3) においてゼロでの除算が発生し、計算が不能となる。

[0010] また、通常、OTF は高周波ほど値が小さくなるため、その逆数である逆フィルタ $R(x, y)$ は高周波ほど値が大きくなる。従って、逆フィルタを用いてぼけのある撮影画像にコンボリューション処理を行うと、撮影画像の高周波成分が強調されることとなる。実際の撮像画像ではノイズも含まれており、かつ、ノイズは一般的に高周波であるため、逆フィルタではノイズを強調してしまう場合がある。

[0011] 以上のようなゼロでの除算が発生してしまうことによる計算の不能を解消したり、高周波ノイズを強調しすぎないように、逆フィルタ $R(x, y)$ を式変形したウィナーフィルタが提案されている。以降では、逆フィルタやウィナーフィルタ等のぼけの補正で用いるフィルタを画像回復フィルタと呼ぶ。

[0012] さて、デジタルカメラやデジタルビデオカメラなどの撮像装置の多くは、CCD や CMOS 等の複数の素子を有するセンサの前に特定の複数の色からなるカラーフィルタを配置し、色情報を取得している。この方式を単版式と呼ぶ。単版式デジタルカメラ、単版式デジタルビデオカメラに用いる典型的なカラーフィルタ配列としてベイヤー配列がある。単版式の撮像装置の場合、特定の色のカラーフィルタに対応する素子からは他の色の信号を得ることはできない。そのため、他の色の信号は近隣の素子からの信号からの補間によって求めている。この補間処理をデモザイク処理（デモザイキング処理）

と呼ぶ。以降ではデモザイク処理前の画像をRAWデータと呼ぶ。

先行技術文献

特許文献

[0013] 特許文献1：特開2002-199410

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0014] 絞り径やズーム位置などの撮影状態に応じてOTFは変動する。従って、画像回復処理に用いる画像回復フィルタも、撮影状態に応じて変更する必要がある。撮像装置によって取得された画像データに対して、画質向上のために、ガンマ処理や色変換処理などの各種画像処理が施されるが、画像回復処理とその他の処理の順序によって、画像回復処理の効果が低減する場合がある。

[0015] 例えば、画像回復処理の前に、色変換処理を施すと、実質的に入力画像のぼけ特性が変化する。特にRチャンネルがぼけるような撮像光学系で撮影された画像を色変換処理すると、チャンネル間で画像が混合され、Rチャンネル以外のG、Bチャンネルの画像もぼける。その結果、G、Bチャンネルに対する光学特性から想定されるぼけ量に基づき画像回復処理を行なえば、回復が不足することになる。

[0016] また、通常、撮像光学系は高周波での応答が小さくなる傾向がある。換言すれば、細やかな被写体ほどぼける。しかし、デモザイク後では撮影画像に含まれる高周波の応答が高くなってしまう場合がある。この現象はモアレ現象と呼ばれている。つまり、デモザイク後では撮像光学系のぼけ特性が実質的に変わってしまう。

[0017] これらの現象を鑑みずにデモザイク後の画像に対して撮像光学系のぼけ特性を用いてぼけ補正を行うと、デモザキング後の画像においてすでに応答の高い高周波成分をさらに高くしてしまう。その結果、ぼけ補正後の補正画像ではエッジの周辺に波のような紋様が発生する（リングング等のアーチファ

クト)。

[0018] 特許文献 1 は、画像回復処理を、色変換処理よりも前に適用することで、効果的な画像回復処理ができるとする。しかし、特許文献 1 による画像回復処理（画像劣化補正処理）はデモザイクされた後の画像に対してなされる。

[0019] 以上の通り、本願発明の解決しようとする課題は、撮像光学系のぼけ補正の際にデモザイクによって撮像画像のぼけ特性が変わる結果、良好なぼけ補正が行なえない事である。

課題を解決するための手段

[0020] 上記の課題を解決するために、本発明の画像処理装置は、複数の色を有するカラーフィルターとセンサとからなる撮像装置に入射される光を、前記カラーフィルターを介して前記センサでサンプリングすることにより得られるデータに基づいて取得される、前記複数の色それぞれに対応する RAW データを入力する入力手段と、前記複数の色それぞれに対して、前記 RAW データで示される RAW 画像のぼけを補正するための補正係数を取得する取得手段と、前記複数の色それぞれに対して、前記取得手段で取得された補正係数に基づいて、前記 RAW データで示される RAW 画像のぼけを補正し、補正画像を取得する補正手段と、前記補正手段により取得された複数の補正画像をデモザイク処理し、出力画像データを生成するデモザイク手段と、を有する。

発明の効果

[0021] 本発明によれば、撮像光学系により生じる撮像画像中のぼけに対して、良好なぼけの補正を行うことができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1] 実施例 1 にかかる撮像装置の構成図

[図2] 実施例 1 にかかる処理のフロー図

[図3] 実施例 1 におけるセンサのカラーフィルターの配列の一例

[図4] 実施例 1 にかかるカラープレーン分割、ゼロ挿入の一例を示す図

[図5] 実施例 1 にかかるぼけ補正処理のフロー図

[図6]実施例1の機能を実現する装置構成の一例

[図7]実施例1にかかる周波数特性を表す図

[図8]実施例1にかかる2次元での周波数特性を表す図

[図9]実施例1のデモザイクに用いるフィルタの一例

[図10]実施例1のデモザイクを説明する図

発明を実施するための形態

[0023] [実施例1]

以下、実施例1の撮像光学系により生ずる撮像画像のぼけを補正する撮像装置を説明する。

[0024] 図1は、本実施例の撮像装置の基本構成を示している。不図示の被写体から撮像装置に入射される光を撮像光学系101を介してセンサ102で結像する。センサ102で結像された光（像）が電気信号に変換され、A/Dコンバータ103でデジタル信号に変換される。このデジタル信号は、RAWデータとして画像処理部104に入力される。なお、センサ102は、受光面上に結像された像による光信号を、位置対応する画素ごとに電気信号に変換する光電変換素子により構成される。また、センサ102は、その受光面上の画素に図3に示す市松模様の配列で配置されたRGBフィルタにより色分解を行う機能を有している。図3のRGBフィルタの配置方法や色分解はあくまで一例であり、例えばCMYやその他の色分解を行うフィルタについても本発明が適用できることは言うまでもない。

[0025] 画像処置部104は、RAWデータに対してぼけ補正を行う画像回復部104aと、ぼけ補正がなされたRAWデータに対しデモザキングを行うデモザイク部104bを含む。

RAWデータに対するぼけ補正処理では、まず状態検知部107から、撮影時（入射された光をセンサ102がサンプリングした際）における撮像装置の撮像状態情報（ズーム位置の状態や、絞り径の状態）を得る。

[0026] 状態検知部107は、システムコントローラ110から撮影状態情報を得ても良いし、撮像光学系制御部106から得ても良い。

[0027] 次に、撮像状態情報に応じた補正係数を記憶部 108 から取得し、画像処理部 104 に入力された RAW データで示される RAW 画像に対してぼけ補正処理を行う。

[0028] 記憶部 108 は、撮像状態情報それぞれに対応する画像回復フィルタの補正係数を記憶している。なお、記憶部 108 に記憶されている撮像状態それぞれに対応する補正係数は、撮像装置の撮像光学系の光学特性によって決定される。また、記憶部 108 におけるデータ量削減の目的で、画像回復フィルタをモデル化し、そのモデルパラメータを係数として記憶しておいても良い。この場合、後述する画像回復処理の際に、適宜、このモデルパラメータの係数に基づいて画像回復フィルタを生成する。

[0029] ぼけ補正がなされた RAW 画像を示す RAW データに対してデモザキング部 104b によってデモザイク処理を行う。

[0030] なお、前記の画像回復フィルタの構成方法及び画像処理部 104 の処理内容の詳細は後述する。画像処理部 104 により撮像光学系 101 のぼけが補正された補正画像データは画像記録媒体 109 に保存されたり、表示部 105 により表示される。

[0031] <画像処理部 104 の処理フロー>

図 2 に画像処理部 104 に関する処理のフローを示す。

ステップ S101 では A/D コンバータ 103 でデジタル信号化された RAW データを取得する。RAW データは撮像光学系 101 の特性を忠実に反映するよう、輝度に対して線形である事が望ましい。しかし、センサ 102 や A/D コンバータ 103 が非線形特性を有する場合など輝度に対して非線形な値を有する RAW データが取得される場合がある。その際はハードウェアの非線形特性をキャンセルして、輝度に対して線形となるような処理がステップ S101 でデータ取得に伴って施される事が望ましい。また、欠落画素の補償など画像特性を大きく変更しない範囲で多少の非線形処理が施されてもよい。

[0032] ステップ S102 では、記憶部 108 から撮影状態情報に対応した画像回

復フィルタの係数（又はモデルパラメータの係数）を取得する。画像回復フィルタの係数はRGB各カラーによって異なる。これは、RGB各カラープレーンごとに、ぼけ特性が異なるためである。この点については、後述する。

[0033] ステップS103では、RGB各カラープレーンについて、画像回復フィルタを用いてRAWデータに対して撮像光学系のぼけを補正する処理を行う。ぼけ補正処理の詳細は後述する。

[0034] ステップS104ではぼけ補正がなされたRAWデータに対してデモザイク処理を行う。デモザイク処理の詳細は後述する。

[0035] <ぼけ補正処理の詳細>

ぼけ補正処理の詳細を図5のフローチャートを用いて説明する。

ステップS201では、図4に示すカラーフィルタの配列に従い、入力されたRAWデータを各色フィルタ毎に独立したRAWデータ（各色フィルタ毎に独立したカラープレーン）に分割する。単版式の場合、各カラープレーンで値を持たない画素が存在する。例えば、Rプレーン画像においてG、Bに相当する画素位置でのRの値は不明である。そこで、ステップS202では、図4に示すように値を持たない画素にゼロを割り当てる。

[0036] ステップS203では、カラープレーン毎に画像回復フィルタを適用することにより補正画像を取得する。具体的には、ゼロ挿入された各カラープレーンのRAWデータと各カラープレーンの画像回復フィルタとの間でコンボリューション演算を行う。なお画像回復フィルタは、後述するように各カラープレーンごとに異なる。

[0037] ステップS204では、コンボリューション後の各カラープレーンのRAWデータにステップS202と同様にゼロ挿入を行う。この処理は、ステップS202においてゼロ挿入された画素はコンボリューション後に0とは異なる値を有する場合があるため、本ステップであらためてゼロ挿入を行う。

[0038] ステップS205ではステップS104でゼロ挿入した各カラープレーンのRAWデータを単一プレーンの出力画像データとして合成する。ステップ

S 2 0 5 のカラープレーン合成が行われた時点での画像データは、図 3 に示すデモザイクが行われていない RAW データの形式となる。

[0039] <画像回復フィルタ構成方法>

画像回復部 1 0 4 a において用いられる画像回復フィルタの構成法を説明する。説明のためベイヤール配列を例にとり、画像回復フィルタの構成法を R プレーンについて述べる。配列としては R プレーンも B プレーンも垂直水平方向で一画素おきにサンプリングするため同様の議論は B プレーンについても成立する。ステップ S 2 0 1 において、カラープレーン分割された R プレーンの画像 g_R は次式で表される。

$$g_R = m_R \times (h_R * f_R) \quad \dots (5)$$

ここで、 f_R は被写体像 f の R 成分、 h_R は R プレーンに対応する P S F、 m_R は、マスク関数（R フィルタの位置で 1、G 及び B フィルタの位置で 0 となる関数）である。

[0040] ステップ S 2 0 3 において、R プレーン用の画像回復フィルタを適用後の画像 g_R' は次式で表される。

$$g_R' = R_R * \{m_R \times (h_R * f_R)\} \quad \dots (6)$$

ここで、 R_R は、R プレーン用の画像回復フィルタである。

ステップ S 2 0 4 において、マスク処理後の画像 G_R'' 次式で表される。

$$G_R'' = m_R \times [R_R * \{m_R \times (h_R * f_R)\}] \quad \dots (7)$$

画像 G_R'' が、被写体像 f をマスク関数 m_R でマスクした画像 $m_R \times f_R$ に一致すれば、撮像光学系 1 0 1 によるぼけ（画像劣化）が回復していることとなる。そこで、 g_R'' と $m_R \times f_R$ の差分が最小になるように、R プレーンの画像回復フィルタ R_R を数学的に計算する。B プレーン、G プレーンについても同様に、B プレーン用の画像回復フィルタ R_B 、 R_G を求めることができる。図 7 を用いて、画像回復フィルタの構成方法を説明する。

[0041] 図 7 (a) はカラーフィルタ配列を考慮しない場合の撮像光学系の O T F である。これはカラーフィルタを全て取り払った場合の撮像光学系の周波数特性を意味していると考えれば分かりやすい。センサでサンプリングが行わ

れるため、ナイキスト周波数以上の周波数は存在しない。

[0042] 逆フィルタではこの図7 (a) の逆数をとって図7 (b) に示すような回復フィルタを構成する。一般的には、撮像光学系のOTFは高周波ほど小さいため、回復フィルタは高周波ほど強調する作用を持つ。さて、カラーフィルタ配列によって、例えばRでは一画素おきにサンプリングがなされる。するとサンプリング後の撮像光学系のOTFは、Rのナイキスト周波数に関して図7 (c) のように撮像光学系のOTFが折り返った形になる。回復フィルタの周波数特性は図7 (c) の逆数であるから図7 (d) のようにRのナイキストでピークをもつ形になる。

[0043] ここでカラーフィルタ配列によるサンプリングを考慮せずに、図7 (b) の回復フィルタを実際のぼけ特性である図7 (c) のOTFに適用した場合を考える。すると、得られる画像は図7 (e) のような高周波が強調されすぎた画像になってしまう。つまり、デモザイク前にぼけ補正をする際には、カラーフィルタ配列から導かれる各色のナイキスト周波数を考慮した回復フィルタを用いる必要がある。

[0044] 説明の簡単のために一次元で解説を行ったが、実際にはフィルタ配列は二次元であるため、二次元的にナイキスト周波数による折り返いを考慮する必要がある。二次元の処理について、図8を用いて説明する。カラーフィルタ配列を考慮しない場合のOTFを図8 (a) に示す。縦軸横軸はそれぞれ縦方向、横方向の周波数を意味している。また、周波数応答を等高線で表示する。等高線上では周波数応答は等しいとする。センサでサンプリングが行われるため、縦方向横方向ともナイキスト周波数以上の周波数は存在しない。逆フィルタは図8 (a) の各周波数についてOTFの逆数を取り、逆フーリエ変換をすることで求める事が出来る。Rプレーンでの折り返いを考慮した場合の周波数応答を図8 (b) に示す。すると図8 (a) のフィルタ配列を考慮しない場合に比べて、図8 (b) では折り返りによって高周波の応答が高くなっている事が分かる。

[0045] 本実施例の画像回復フィルタ構成法は図8 (b) の周波数特性の逆数をと

ってフーリエ変換を行い回復フィルタを求める事が特徴である。フィルタ配列によってサンプリングされた後のRの周波数特性は図8（b）であるから、フィルタ配列を考慮せずに図8（a）の逆数を図8（b）に掛け合わせると高周波が過剰に強調されてしまう。従来法によって強調されすぎた高周波はリングング等のアーチファクトの発生要因となってしまう。本発明ではサンプリング後の周波数特性の逆数をとるため、高周波が強調されすぎることはない。フィルタ配列によって画像回復フィルタの構成法を変える必要がある事を述べる。図8（c）にベイヤール配列でサンプリングした後のGプレーンの周波数特性を示す。図8（c）のGプレーン周波数特性と図8（b）のRプレーン周波数特性を比べると、折り返りの様子が異なる事が分かる。つまり、Rプレーンでは周波数面上で中央の四角形の形で折り返りが発生していたのに対し、Gプレーンではひし形の形で折り返りが発生している。従って、本発明で折り返りを考慮して回復フィルタを求める際、折り返りの方法は各フィルタの配置によって変わるため、回復フィルタはフィルタ配列によって構成方法を変える必要がある。

[0046] <デモザイクの詳細>

ぼけ補正後のRAWデータに対してデモザイクを行う詳細を述べる。

まずは簡単な線形演算によるデモザイクを説明する。説明のためベイヤール配列を例にとる。RGBカラープレーンのそれぞれにおけるRAWデータは、値を持たない画素を有する。値を持たない画素に対して0挿入を行った後の各カラープレーンの状態を図4に示す。線形演算によるデモザイクでは図9に示す各フィルタを各カラープレーンにコンボリューション処理を行えば良い。具体的にはR、Bプレーンについては図9（a）に示すフィルタ、Gプレーンについては図9（b）に示すフィルタを用いればよい。

[0047] この処理によって画素が補間される様子を図10に示す。図10（a）はデモザイク処理前のGプレーンの状態の例であって図10（a）中央部は不明な画素であるため0挿入がなされている。図10（b）にコンボリューション後の状態を示す。図10（a）において不明であった画素に対して上下

左右の画素の平均が割り当てられている事が分かる。R、Bプレーンについても同様にコンボリューション後に不明な画素が周囲の画素によって補間される。

[0048] 次に、非線形処理を含むデモザイク処理の例として適応的なデモザイク処理を述べる。適応的なデモザイク処理では前述のように単純に周囲の平均をとるのではなく、上下、左右あるいは対角方向で周囲の画素値の差分をとり、変化の少ない方向の画素を用いて不明な画素値を計算する。変化のゆるやかな方向の画素値を用いたほうが、より信頼性のある補間が行えるためである。本発明ではデモザイクの前にぼけ補正を行うが、仮に適応的な処理の後にぼけ補正をすることを考えると以下のような問題が発生する。撮像光学系の一例としてレンズを挙げると、レンズの中には特定方向には大きくぼけるが、それとは垂直な方向にはぼけが少ない特性をもつものがある。そのようなレンズを用いて撮影した画像に対して適応的なデモザイクを行うと、より変化の少ない方向、すなわちぼけが大きい方向で補間が行いがちになる。ぼけが大きい方向で平均処理に類する演算を行うため、元来ぼけが大きかった方向でさらにぼける結果になる。そのような画像に対してぼけ補正を行った場合、前述した折り返りの問題の他に、デモザイクによるぼけが補正しきれないという問題がある。さらに、例えばレンズの特性が横方向にぼける場合であっても、被写体が縦縞など横方向にくっきりとしたものがあると、方向判定の結果は縦方向となる場合もある。従って、デモザイクでぼけた分だけを、後から他の処理によって鮮鋭化するという処理を行うにしても、画像の場所ごとにどのような方向判定を行ったかによって処理を切り替える必要がある。本発明ではデモザイク前にぼけを補正するため、上記のような煩雑な問題を回避することができるのである。

[0049] 次に非線形処理を含むデモザイクの例として、色間の相関を用いるデモザイクを述べる。図3から明らかなようにベイヤー配列の場合にはR、Bの画素に比べてGの画素数が多い。換言すると、Gプレーンのほうがより解像度が高く、R、Bプレーンに比べて細かな画像情報を取得できる。さらにGプ

レーンは、R、Bプレーンとも相関が高いことが知られている。高度なデモザイクではGプレーンの情報を積極的に利用してR、Bプレーンにおいて不明な画素の補間を行う。例えば不明なRの値を補間するために、近隣画素のRの値を用いるだけでなく、近隣のGの画素値も用いて不明なRの画素値を決定する。そのためRプレーンの画像のぼけ特性にGプレーンの画像のぼけ特性が混入することになる。

[0050] 仮に、撮像光学系がG、Bプレーンに比べRプレーンのぼけが大きい特性を有する場合を考える。すると、本来ぼけが大きいRプレーンの画像がぼけの少ないGプレーンの画像情報を用いる事で多少なりともぼけが低減される事が分かる。つまりデモザイク後の画像のぼけ特性は、必ずしも撮像光学系のぼけ特性を反映しているとは言えない。

[0051] この点を鑑みずに撮影光学系のPSFから求めた回復フィルタによってぼけ補正を行うと、補正画像に望ましくないアーチファクトを発生させてしまう。先の例ではRプレーンが撮像光学系のぼけ特性から予想されるほどぼけていないため、ぼけ補正を行うと過補正となってしまう、リングング等のアーチファクトを発生させる要因となる。本発明では、デモザイク前のRAWデータに対してぼけ補正を行うことで上記の問題を回避している。

[0052] 以上、デモザイク前にぼけ補正を行うことで、デモザキングによって画像のぼけ特性が影響を受ける前に、撮像光学系に起因するぼけを小さくするように補正することができる。

[0053] [実施例2]

本発明の目的は前述した実施例の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記録した記録媒体を、システムあるいは装置に供給し、そのシステムあるいは装置のコンピュータ（またはCPUまたはMPU）が実行することによっても、達成される。装置構成の一例を図6に示す。この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が前述した実施形態の機能を実現することとなり、そのプログラムコードを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。

- [0054] 具体的には、上記のシステムあるいはコンピュータは、入力装置又はネットワークを介して図2に示すステップS101のRAWデータを取得する。また、S102に対応する光学撮像系の補正係数を記録媒体やネットワークなどを介してコンピュータに提供する。そして、上記のシステムあるいはコンピュータの演算装置により画像回復処理ならびにデモザイク処理・その他の処理を行えばよい。
- [0055] プログラムコードを供給するためのコンピュータ読取可能な記憶媒体としては、例えば、フレキシブルディスク、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、CD-R、磁気テープ、不揮発性のメモリカード、ROM、DVDなどを用いることができる。
- [0056] また、コンピュータが読み出したプログラムコードを実行することにより、前述した実施例の機能が実現されるだけでない。つまり、そのプログラムコードの指示に基づき、コンピュータ上で稼動しているOperating System（OS）などが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施例の機能が実現される場合も含まれる。
- [0057] さらに、記憶媒体から読み出されたコードが、コンピュータに挿入された機能拡張ユニットの処理によって前述した実施形態の機能が実現される場合も含まれることは言うまでもない。
- [0058] 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。

請求の範囲

- [請求項1] 複数の色を有するカラーフィルターとセンサとからなる撮像装置に入射される光を、前記カラーフィルターを介して前記センサでサンプリングすることにより得られるデータに基づいて取得される、前記複数の色それぞれに対応するRAWデータを入力する入力手段と、
- 前記複数の色それぞれに対して、前記RAWデータで示されるRAW画像のぼけを補正するための補正係数を取得する取得手段と、
- 前記複数の色それぞれに対して、前記取得手段で取得された補正係数に基づいて、前記RAWデータで示されるRAW画像のぼけを補正し、補正画像を取得する補正手段と、
- 前記補正手段により取得された複数の補正画像をデモザイク処理し、出力画像データを生成するデモザイク手段と、
- を有することを特徴とする画像処理装置。
- [請求項2] 前記補正手段は、前記複数の色それぞれに対して、前記取得手段で取得された補正係数と前記カラーフィルターの配列とに基づいて、前記RAWデータで示されるRAW画像のぼけを補正し、補正画像を取得する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] 前記補正手段は、前記補正係数により生成される画像回復フィルタによりRAW画像のぼけを補正し、補正画像を取得することを特徴とする請求項1又は2に記載の画像処理装置。
- [請求項4] 前記デモザイク手段は、前記複数の補正画像に対して線形、又は非線形のデモザイク処理することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の画像処理装置。
- [請求項5] 前記補正手段は、前記複数の色それぞれに対して、前記RAWデータで示されるRAW画像のナイキスト周波数における周波数応答を高めることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の画像処理装置。
- [請求項6] 前記補正係数は、前記撮像装置の光学特性に基づいて決定されるこ

とを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。
。

[請求項7]

複数の色を有するカラーフィルターとセンサとからなる撮像装置に入射される光を、前記カラーフィルターを介して前記センサでサンプリングすることにより得られるデータに基づいて取得される、前記複数の色それぞれに対応するRAWデータを入力する入力手段と、

前記複数の色それぞれに対して、前記RAWデータで示されるRAW画像のぼけを補正するための補正係数を取得する取得工程と、

前記複数の色それぞれに対して、前記取得工程で取得された補正係数に基づいて、前記RAWデータで示されるRAW画像のぼけを補正し、補正画像を取得する補正工程と、

前記補正工程で取得された複数の補正画像をデモザイク処理し、出力画像データを生成するデモザイク工程と、
を有することを特徴とする画像処理方法。

[請求項8]

コンピュータを、

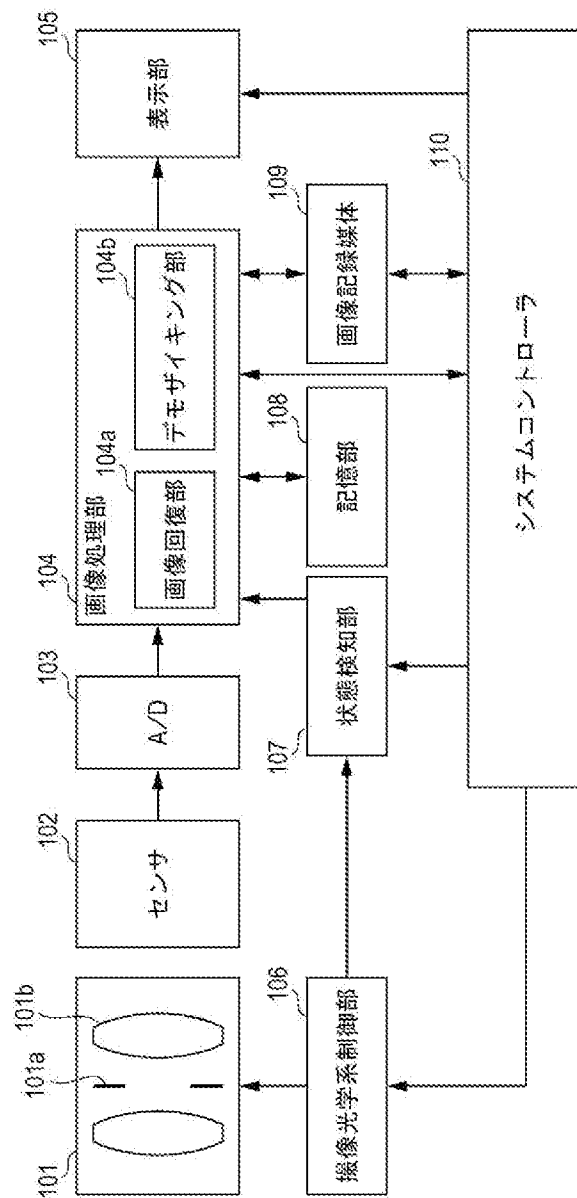
複数の色を有するカラーフィルターとセンサとからなる撮像装置に入射される光を、前記カラーフィルターを介して前記センサでサンプリングすることにより得られるデータに基づいて取得される、前記複数の色それぞれに対応するRAWデータを入力する入力手段と、

前記複数の色それぞれに対して、前記RAWデータで示されるRAW画像のぼけを補正するための補正係数を取得する取得手段と、

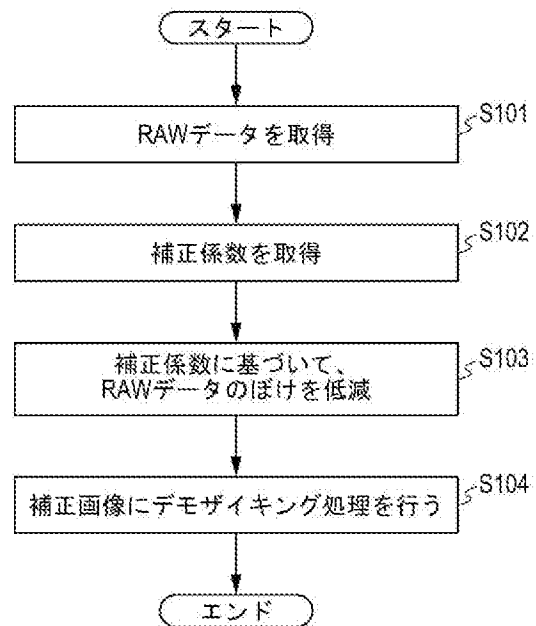
前記複数の色それぞれに対して、前記取得手段で取得された補正係数に基づいて、前記RAWデータで示されるRAW画像のぼけを補正し、補正画像を取得する補正手段と、

前記補正手段により取得された複数の補正画像をデモザイク処理し、出力画像データを生成するデモザイク手段と、
として機能させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取可能な記録媒体。

[図1]



[図2]



[図3]

R	G	R	G	R
G	B	G	B	G
R	G	R	G	R
G	B	G	B	G
R	G	R	G	R

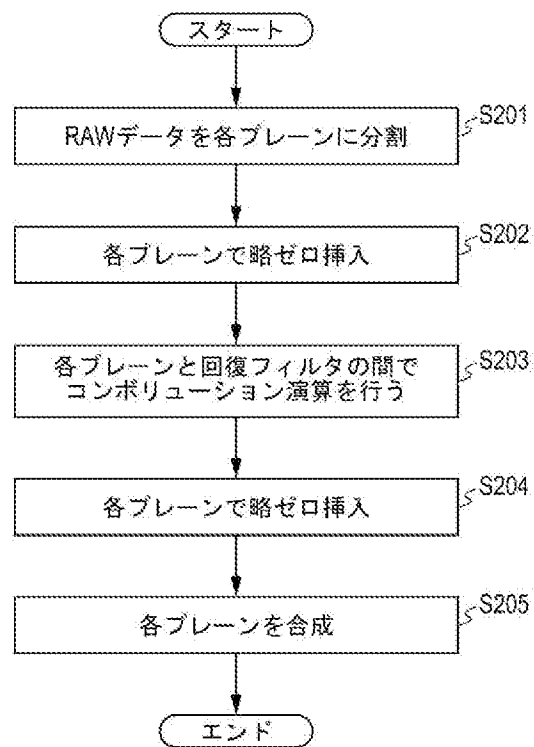
[図4]

R	0	R	0	R
0	0	0	0	0
R	0	R	0	R
0	0	0	0	0
R	0	R	0	R

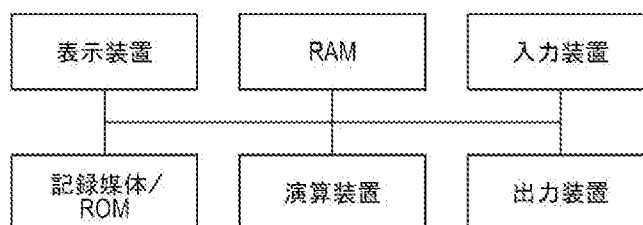
0	G	0	G	0
G	0	G	0	G
0	G	0	G	0
G	0	G	0	G
0	G	0	G	0

0	0	0	0	0
0	B	0	B	0
0	0	0	0	0
0	B	0	B	0
0	0	0	0	0

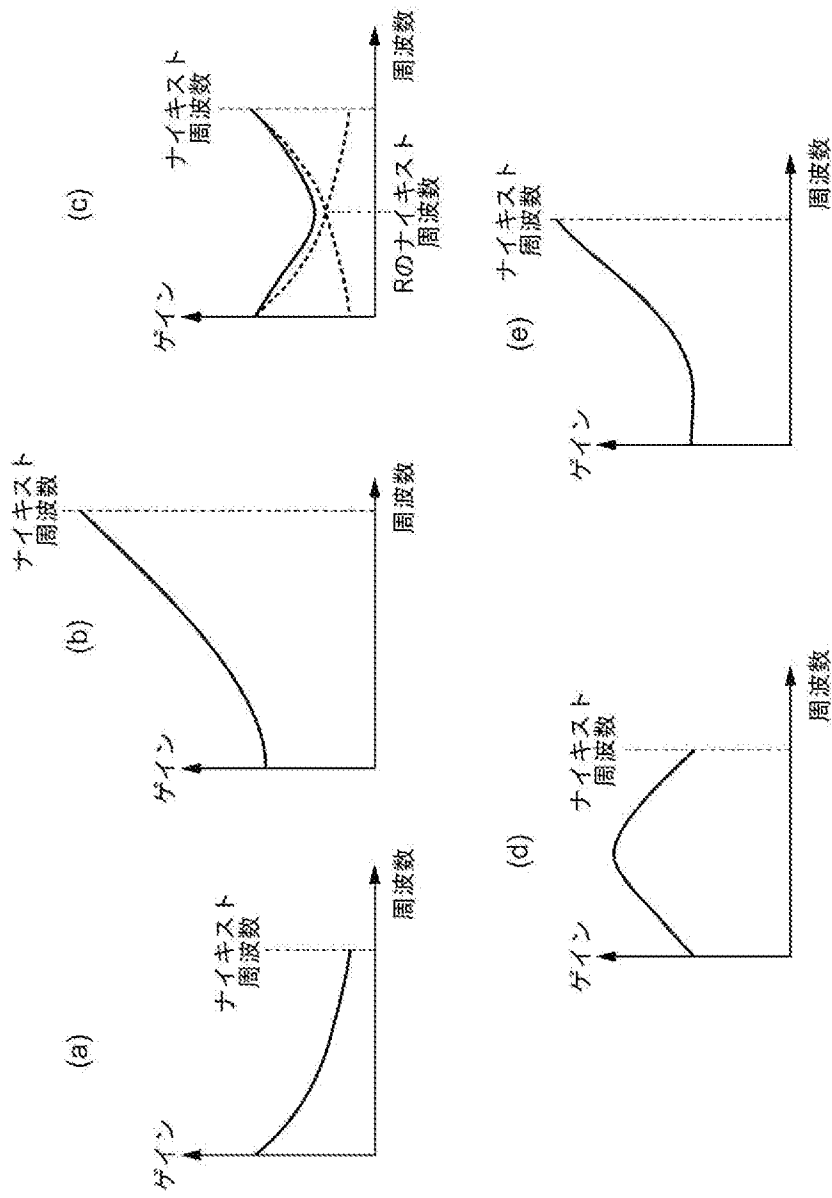
[図5]



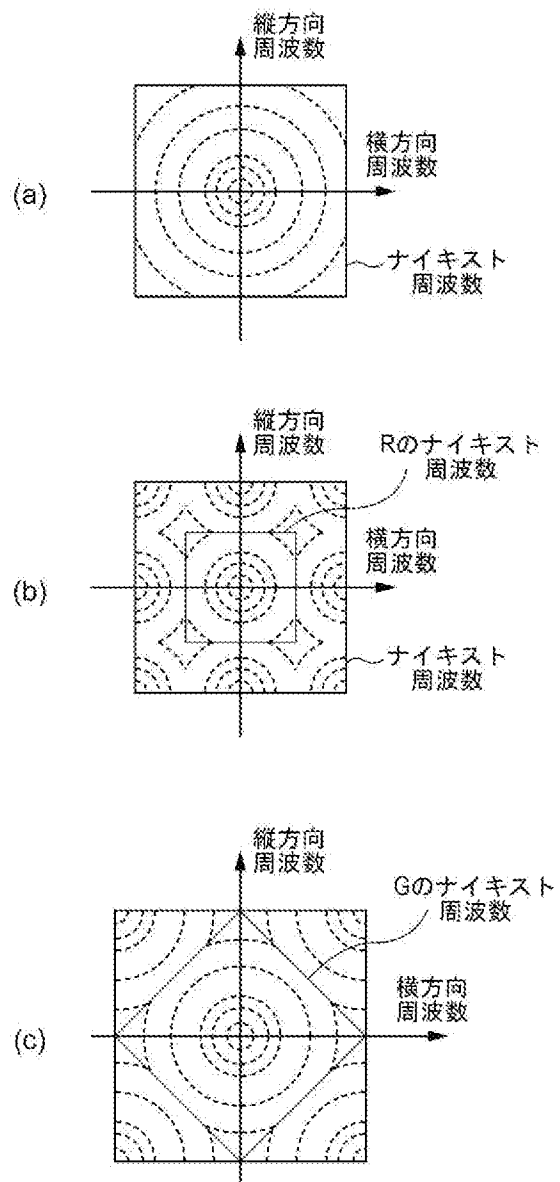
[図6]



[図7]



[図8]



[図9]

(a)

$1/4$	$1/2$	$1/4$
$1/2$	1	$1/2$
$1/4$	$1/2$	$1/4$

(b)

0	$1/4$	0
$1/4$	1	$1/4$
0	$1/4$	0

[図10]

(a)

	G1	
G4	0	G2
	G3	

(b)

	G1	
G4	$(G1+G2+G3+G4)/4$	G2
	G3	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/057083

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04N9/07(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)

H04N9/07

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.
X	JP 2010-87614 A (Toshiba Corp.), 15 April 2010 (15.04.2010), paragraphs [0015] to [0094]; fig. 1, 6, 11, 12 (Family: none)	1-8
A	JP 2008-211679 A (Kyocera Corp.), 11 September 2008 (11.09.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-8

☐ 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
27 July, 2010 (27.07.10)

Date of mailing of the international search report
10 August, 2010 (10.08.10)

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. H04N9/07(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. H04N9/07

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
X	JP 2010-87614 A（株式会社東芝）2010.04.15, 段落【0015】～【0094】、図1、図6、図11、図12等（ファミリーなし）	1-8
A	JP 2008-211679 A（京セラ株式会社）2008.09.11, 全文、全図（ファミリーなし）	1-8

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

2 7 . 0 7 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

1 0 . 0 8 . 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100-8915

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）

内田 勝久

5 P

3 7 9 9

電話番号 03-3581-1101 内線 3581