

(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
2015 年 7 月 2 日(02.07.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/098243 A1

- (51) 国際特許分類:
H04N 9/07 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/077286
- (22) 国際出願日: 2014 年 10 月 14 日(14.10.2014)
- (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 2013-265472 2013 年 12 月 24 日(24.12.2013) JP
- (71) 出願人: オリンパス株式会社(OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 菊地 直(KIKUCHI, Sunao).
- (74) 代理人: 竹腰 昇, 外(TAKEKOSHI, Noboru et al.); 〒1010063 東京都千代田区神田淡路町 2 - 8 プロステック淡路町 3 階 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, BN, 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, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

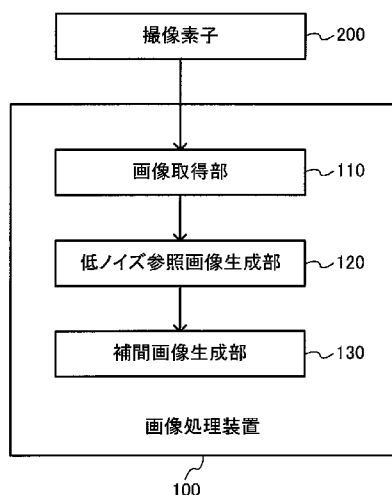
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: IMAGE PROCESSING DEVICE, IMAGE CAPTURING DEVICE, PROGRAM, AND IMAGE PROCESSING METHOD

(54) 発明の名称: 画像処理装置、撮像装置、プログラム及び画像処理方法

[図1]



- 100 Image processing device
110 Image acquiring unit
120 Low-noise-reference-image generating unit
130 Interpolated-image generating unit
200 Image capturing element

(57) Abstract: An image processing device (100) includes an image acquiring unit (110) for acquiring a capture image captured with an image capturing element (200) having a multiband color filter array of four or more color filters arranged in an array pattern, a low-noise-reference-image generating unit (120) for generating, as a reference image used for interpolation of pixel values of the capture image, a low-noise-reference image subjected to noise reduction processing, and an interpolated-image generating unit (130) for generating an interpolated image where pixel values of missing pixels are interpolated by interpolation for each of the multiple bands on the basis of the generated low-noise-reference image.

(57) 要約: 画像処理装置 100 は、4 バンド以上のカラーフィルタがアレイ状に配置されたマルチバンドのカラーフィルタアレイを有する撮像素子 200 を用いて撮像された撮像画像を取得する画像取得部 110 と、撮像画像の画素値の補間処理で用いる参照画像として、ノイズ低減処理が行われた低ノイズ参照画像を生成する低ノイズ参照画像生成部 120 と、生成された低ノイズ参照画像に基づいて、マルチバンドのバンド毎に補間処理を行って、欠落画素の画素値が補間された補間画像を生成する補間画像生成部 130 と、を含む。

明 細 書

発明の名称：

画像処理装置、撮像装置、プログラム及び画像処理方法

技術分野

[0001] 本発明は、画像処理装置、撮像装置、プログラム及び画像処理方法等に関する。

背景技術

[0002] フルカラー画像を撮像するために、R (Red) G (Green) B (Blue) の3バンドのカラーフィルタを撮像素子前面に設けた撮像装置が知られている。

[0003] 近年、被写体の忠実な色再現を目的として、マルチバンド撮像が注目されている。そして、マルチバンド撮像装置としては、後述する図3 (A) 及び図3 (B) に示すような4バンド以上（その値を含む）のカラーフィルタを撮像素子前面に設けた単板のマルチバンド撮像素子を用いるものがある。このようなマルチバンド撮像素子を用いることで、1枚の画像を撮像するだけでマルチバンド画像を取得可能であり、装置の小型化、フレームレートの保持等のメリットがある。

[0004] このようなマルチバンド撮像素子を有する撮像装置では、撮像された単板画像からマルチバンド画像を生成するために補間処理を行う必要がある。この際には、高周波成分を多く含む解像感が高い補間画像を生成するために、例えば特許文献1において開示されるように、高周波成分を精度良く取得可能なバンドの情報を参照して補間画像を生成する手法が有効である。

[0005] また、マルチバンド画像にノイズが多く含まれる場合には、RGB画像と同様にノイズ低減処理を行う必要がある。前述した特許文献1では、マルチバンド画像のバンド毎にノイズ低減処理を行う手法が開示されている。さらに、特許文献2では、従来のRGB画像用のノイズ低減処理を流用するために、4バンドのマルチバンド画像を3バンドのRGB画像へ変換した後にノ

イズ低減処理を行う手法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2012-239038号公報

特許文献2：特開2002-77928号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、特許文献1で開示されているノイズ低減処理では、バンド毎にノイズ低減処理を行うために、バンド数の増加に伴い、ノイズ低減処理の回数も増加し、処理時間が増えてしまう。さらに、ノイズを含んだままのバンドの情報を参照して補間画像を生成するために、高精度な補間処理が出来ないという問題がある。

[0008] また、特許文献2で開示されているノイズ低減処理では、マルチバンド画像の段階ではノイズ低減効果は得られず、更にマルチバンド画像を3バンドに変換した際に各バンドのノイズが混合されてしまい、高精度なノイズ低減効果を得ることが難しいという問題がある。

[0009] 本発明の幾つかの態様によれば、ノイズ低減処理の負担を抑えながら、単板マルチバンド撮像素子から得たノイズを含んだ撮像画像から、ノイズが低減されたマルチバンド画像を生成することができる画像処理装置、撮像装置、プログラム及び画像処理方法等を提供することができる。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明の一態様は、4バンド以上（その値を含む）のカラーフィルタがアレイ状に配置されたマルチバンドのカラーフィルタアレイを有する撮像素子を用いて撮像された撮像画像を取得する画像取得部と、前記撮像画像の画素値の補間処理で用いる参照画像として、ノイズ低減処理が行われた低ノイズ参照画像を生成する低ノイズ参照画像生成部と、生成された前記低ノイズ参照画像に基づいて、前記マルチバンドのバンド毎に前記補間処理を行って、

欠落画素の画素値が補間された補間画像を生成する補間画像生成部と、を含む画像処理装置に係る。

[0011] 本発明の一態様では、マルチバンドのうちの各バンドの補間画像を生成する前に、参照バンドの画素値に対してノイズ低減処理を行い、ノイズが低減された低ノイズ参照画像に基づいて、参照バンド以外のバンドの画素値の補間処理を行う。

[0012] よって、ノイズ低減処理の負担を抑えながら、単板マルチバンド撮像素子から得たノイズを含んだ撮像画像から、ノイズが低減されたマルチバンド画像を生成することが可能となる。

[0013] また、本発明の一態様では、前記低ノイズ参照画像生成部は、前記撮像画像の画素値のうち、前記参照画像の参照バンドに対応するカラーフィルタを用いて得られた画素値に対して、前記ノイズ低減処理を行って、前記低ノイズ参照画像を生成してもよい。

[0014] これにより、補間処理により欠落画素にまでノイズ成分が広がることを抑えること等が可能になる。

[0015] また、本発明の一態様では、前記補間画像生成部は、前記撮像画像において画素値を有する画素に対しても、前記低ノイズ参照画像に基づいて、新たな画素値を算出して、前記補間画像を生成してもよい。

[0016] これにより、元々、画素値を有していた画素と、補間処理を行った画素とにおいて、画素値の差が比較的小さい滑らかな補間画像（マルチバンド画像）を生成すること等が可能になる。

[0017] また、本発明の一態様では、前記低ノイズ参照画像生成部は、前記マルチバンドのうちの第1のバンドを、前記参照画像の参照バンドとして選択し、前記撮像画像において、前記第1のバンドに対応する前記カラーフィルタを用いて得られた画素値に対して、前記ノイズ低減処理を行って、前記低ノイズ参照画像を生成し、前記補間画像生成部は、前記撮像画像において、前記低ノイズ参照画像に基づいて、前記マルチバンドのうちの第2のバンドに対応する前記カラーフィルタを用いて得られる画素値の前記補間処理を行い、

前記第2のバンドの前記補間画像を生成し、前記撮像画像において、前記第2のバンドの前記補間画像に基づいて、前記マルチバンドのうちの第3のバンドに対応する前記カラーフィルタを用いて得られる画素値の前記補間処理を行い、前記第3のバンドの前記補間画像を生成してもよい。

[0018] これにより、分光感度特性に応じて参照画像を切り替えること等が可能である。

[0019] また、本発明の一態様では、前記低ノイズ参照画像生成部は、前記撮像画像において、前記参照画像の参照バンドに対応する前記カラーフィルタを用いて得られた各画素に対して、第1の座標系から第2の座標系に画素座標を座標変換し、座標変換後の前記参照バンドの前記各画素の画素値に対して、前記ノイズ低減処理を行い、前記ノイズ低減処理後の前記各画素に対して、前記第2の座標系から前記第1の座標系へ前記画素座標を座標変換して、前記低ノイズ参照画像を生成してもよい。

[0020] これにより、参照バンドの画素の補間処理を行っていない状態でノイズ低減処理を行うこと等が可能になる。

[0021] また、本発明の一態様では、前記低ノイズ参照画像生成部は、前記第1の座標系から前記第2の座標系への座標変換として、前記画素座標を原点周りで所与の角度だけ回転させる座標変換を行ってもよい。

[0022] これにより、カラーフィルタアレイを、参照バンドの画素値を有する画素が隣り合うようなカラーフィルタアレイに変換すること等が可能になる。

[0023] また、本発明の一態様では、前記低ノイズ参照画像生成部は、前記マルチバンドの中でサンプル密度が最も高いバンドを、前記参照画像の参照バンドとして選択してもよい。

[0024] これにより、高周波成分を最も多く含む解像感が高い参照画像を生成すること等が可能になる。

[0025] また、本発明の一態様では、前記低ノイズ参照画像生成部は、前記マルチバンドのうち、前記撮像画像に映る被写体の色特性と最も相関の強いバンドを、前記参照画像の参照バンドとして選択してもよい。

- [0026] これにより、被写体の色特性に依らず高周波成分を多く含む解像感が高い補間画像を生成すること等が可能となる。
- [0027] また、本発明の一態様では、前記低ノイズ参照画像生成部は、前記撮像画像において、前記マルチバンドのうちの各バンドと前記撮像画像に映る被写体の色特性との相関と、前記各バンドにおけるノイズ量の少なくとも一方の評価処理を行うことにより、前記マルチバンドの中から前記参照画像の参照バンドを選択してもよい。
- [0028] これにより、撮影する光源により特定のバンドのノイズが増大してしまうシーンでも、高周波成分を多く含む解像感が高い補間画像を生成すること等が可能となる。
- [0029] また、本発明の一態様では、前記低ノイズ参照画像生成部は、前記撮像画像において、高周波成分及び輝度の少なくとも一方の評価処理を行うことにより、前記マルチバンドの中から前記参照画像の参照バンドを選択してもよい。
- [0030] これにより、被写体の色特性と相関が強いバンドを精度良く選択すること等が可能になる。
- [0031] また、本発明の一態様では、前記低ノイズ参照画像生成部は、前記撮像画像の画素値のうち、前記参照画像の参照バンドに対応するカラーフィルタを用いて得られた画素値の前記補間処理を行い、前記補間処理後の前記参照バンドの画素値に対して、前記ノイズ低減処理を行って、前記低ノイズ参照画像を生成してもよい。
- [0032] これにより、より簡便な処理によりノイズ低減を行うこと等が可能になる。
- [0033] また、本発明の一態様では、前記マルチバンドのうちの少なくとも一つのバンドの画素値を、波長帯域が異なる他のバンドの画素値に変換するバンド変換部を含み、前記低ノイズ参照画像生成部は、バンド変換されたバンドの中から、前記参照画像の参照バンドとして使用するバンドを選択し、バンド変換により得られた前記参照バンドの画素値に対して、前記ノイズ低減処理

を行って、前記低ノイズ参照画像を生成してもよい。

[0034] これにより、撮像素子から直接取得することができないバンドの画素値を参照バンドの画素値として利用すること等が可能となる。

[0035] また、本発明の一態様では、前記バンド変換部は、前記撮像画像に基づいて、前記バンド変換を行って、R G B画像を生成し、前記低ノイズ参照画像生成部は、前記ノイズ低減処理として、R G B画像用のノイズ低減処理を行ってもよい。

[0036] これにより、R G B画像用のノイズ低減処理を用いた高精度なノイズ低減を行うこと等が可能となる。

[0037] また、本発明の一態様では、前記撮像画像の各画素値を、輝度信号及び色差信号に変換する信号変換部を含み、前記低ノイズ参照画像生成部は、前記輝度信号及び前記色差信号に対してそれぞれ異なる前記ノイズ低減処理を行って、前記低ノイズ参照画像を生成してもよい。

[0038] これにより、Y画像（輝度画像）及びC b C r画像（色差画像）用のノイズ低減処理を用いた高精度なノイズ低減を行うこと等が可能となる。

[0039] また、本発明の他の態様では、前記画像処理装置を含む撮像装置に関する。

[0040] また、本発明の他の態様では、上記各部としてコンピュータを機能させるプログラムに関する。

[0041] また、本発明の他の態様では、4バンド以上（その値を含む）のカラーフィルタがアレイ状に配置されたマルチバンドのカラーフィルタアレイを有する撮像素子を用いて撮像された撮像画像を取得し、前記撮像画像の画素値の補間処理で用いる参照画像として、ノイズ低減処理が行われた低ノイズ参照画像を生成し、生成された前記低ノイズ参照画像に基づいて、前記マルチバンドのバンド毎に前記補間処理を行って、欠落画素の画素値が補間された補間画像を生成する画像処理方法に関する。

図面の簡単な説明

[0042] [図1]図1は、第1の実施形態のシステム構成例。

[図2]図2は、第1の実施形態の撮像装置のシステム構成例。

[図3]図3(A)、図3(B)は、カラーフィルタアレイの例。

[図4]図4は、第1の実施形態の処理の流れを説明するフローチャート。

[図5]図5(A)～図5(C)は、座標変換処理とノイズ低減処理の説明図。

[図6]図6(A)、図6(B)は、参照バンドの補間処理の説明図。

[図7]図7は、全バンドの補間処理の説明図。

[図8]図8は、ガイドドフィルタの説明図。

[図9]図9は、分光感度特性の説明図。

[図10]図10は、全バンドの他の補間処理の説明図。

[図11]図11は、第1の実施形態における変形例の処理の流れを説明するフローチャート。

[図12]図12は、分光感度特性の他の説明図。

[図13]図13は、第2の実施形態のシステム構成例。

[図14]図14は、第2の実施形態における補間処理の説明図。

[図15]図15は、第2の実施形態の処理の流れを説明するフローチャート。

[図16]図16は、第3の実施形態のシステム構成例。

発明を実施するための形態

[0043] 以下、本実施形態について説明する。なお、以下で説明する本実施形態は、請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではない。また、本実施形態で説明される構成の全てが、本発明の必須構成要件であるとは限らない。

[0044] 1. 概要

本実施形態では、マルチバンドのうちの各バンドの補間画像を生成する前、すなわち参照画像を生成する際に、参照バンドの画素値に対してノイズ低減処理を行い、ノイズが低減された低ノイズ参照画像に基づいて、その他のバンドの画素値の補間処理を行う。

[0045] これにより、マルチバンド画像を生成する際に、ノイズ低減処理を行う回数を削減する。さらに、補間処理を行う際に、元の撮像画像に含まれるノイ

ズが周囲の画素に拡散してしまうことを抑制する。

[0046] 次に、本実施形態の画像処理装置１００及びこれを含む撮像装置３００の構成例を、図１に示す。画像処理装置１００は、画像取得部１１０と、低ノイズ参照画像生成部１２０と、補間画像生成部１３０と、を含む。画像処理装置１００において、画像取得部１１０は、低ノイズ参照画像生成部１２０に接続されており、低ノイズ参照画像生成部１２０は、補間画像生成部１３０に接続されている。また、撮像装置３００は、画像処理装置１００と、撮像素子２００と、を含む。なお、画像処理装置１００及びこれを含む撮像装置３００は、図１の構成に限定されず、これらの一部の構成要素を省略したり、他の構成要素を追加したりするなどの種々の変形実施が可能である。

[0047] 次に各部で行われる処理について説明する。まず、画像取得部１１０は、４バンド以上（その値を含む）のカラーフィルタがアレイ状に配置されたマルチバンドのカラーフィルタアレイを有する撮像素子２００を用いて撮像された撮像画像を取得する。例えば、後述する図３（Ａ）の５バンド（Ｃ１～Ｃ５）のカラーフィルタアレイＣＦＡ１を有する撮像素子２００を用いて撮像された撮像画像を取得する。なお、マルチバンドとは、４つ以上（その値を含む）のバンドのことを指す。

[0048] ここで、撮像画像とは、撮像素子２００から取得された画像であり、例えばRAW画像（未加工画像）である。また本実施形態の撮像画像は、画素値の情報だけでなく、撮像画像を表すその他の情報も含み、例えば撮像画像の画素値に変換される前の信号データなどであってもよい。さらに、撮像画像は、既に他の画像処理が施された画像であってもよい。

[0049] 次に、低ノイズ参照画像生成部１２０は、撮像画像の画素値の補間処理で用いる参照画像として、ノイズ低減処理が行われた低ノイズ参照画像を生成する。

[0050] ここで、参照画像とは、撮像画像の画素値の補間処理において参照する画像のことであり、例えば参照バンドの画素値のみが、全ての画素に対して求められた画像である。なお、参照バンドとは、参照画像を生成するために用

いられるバンドのことである。言い換えれば、参照バンドは、参照画像を構成する画素の画素値に対応するカラーフィルタのバンドである。参照バンドの設定（選択）方法については、後に詳述する。

[0051] そして、低ノイズ参照画像とは、ノイズ低減処理が行われた参照画像のことをいう。また、低ノイズ参照画像は、後述するように、ノイズ低減処理が行われた後に画素値の補間処理を行って生成された画像であってもよいし、画素値の補間処理が行われた後にノイズ低減処理を行って生成された画像であってもよい。

[0052] 例えば、まず、後述する図6（A）に示すような画像IM1を、撮像画像から抽出する。この画像IM1は、画像取得部110が取得した撮像画像の画素値のうち、後述する図3（A）のC1バンドに対応するカラーフィルタを用いて得られた画素値を有する画素のみから構成される画像である。そして、画像IM1に対して、ノイズ低減処理と、C1バンドの画素値の補間処理とを行って、後述する図6（B）に示すような低ノイズ参照画像RIMを生成する。なお、ノイズ低減処理及び補間処理の詳細については、後述する。

[0053] そして、補間画像生成部130は、生成された低ノイズ参照画像に基づいて、マルチバンドのバンド毎に補間処理を行って、欠落画素の画素値が補間された補間画像を生成する。例えば、後述する図7に示すように、低ノイズ参照画像RIMを用いて、C2～C5のバンド毎に補間処理を行って、各バンドに対応する補間画像（SIM2～SIM5）を生成する。なお、低ノイズ参照画像生成部120と、補間画像生成部130との機能は、各種プロセッサ（CPU等）、ASIC（ゲートアレイ等）などのハードウェアや、プログラムなどにより実現できる。また、本実施形態の画像処理装置及び撮像装置の一部又は全部の機能は、画像処理装置又は撮像装置と通信により接続されたサーバーにより実現されてもよい。

[0054] ここで、補間画像とは、カラーフィルタアレイに配置されるカラーフィルタに対応する複数のバンドのうち、一つのバンドの画素値のみが、全ての画

素に対して求められた画像のことをいう。例えば、図7では、画像S1M2はC2バンドの補間画像であり、画像S1M3はC3バンドの補間画像である。

[0055] 以上のように、ノイズ低減処理を行った低ノイズ参照画像を用いることで、バンド毎にノイズ低減処理を行わなくても、ノイズが低減された補間画像を生成することが可能となる。そして、生成された補間画像を合成すれば、ノイズが低減されたマルチバンド画像を取得することができる。

[0056] これにより、ノイズ低減処理の負担を抑えながら、単板マルチバンド撮像素子から得たノイズを含んだ撮像画像から、ノイズが低減されたマルチバンド画像を生成することが可能となる。

[0057] ここで、比較例として、前述した特許文献1の発明では、バンド毎にノイズ低減処理を行う。そのため、例えば後述する図3(A)の5バンドのカラーフィルタの撮像素子を用いる場合には、ノイズ低減処理を5回行う必要があった。これに対して、本実施形態では、ノイズ低減処理を参照バンドの画素値に対して1回行うだけでよい。よって、処理時間を短縮すること等が可能になる。また、ノイズが低減された参照画像を用いて、補間処理を行うため、高精度の補間処理を行うことも可能である。

[0058] また、前述した特許文献2の発明では、ノイズが低減されたマルチバンド画像を取得することはできないが、本実施形態では、マルチバンドのカラーフィルタを用いて、色再現性を向上した上で、ノイズが低減されたマルチバンド画像を得ることが可能である。そのため、観察対象物がマルチバンド画像でなければ観察できない場合などにおいて、本実施形態の方が特に優位である。

[0059] 2. 第1の実施形態

次に、第1の実施形態について説明する。まず、第1の実施形態における画像処理装置100を含む撮像装置300の詳細なシステム構成例を図2に示す。

[0060] 図2に示す撮像装置300は、各種レンズ（撮像レンズ）から構成される

撮像レンズ系202と、撮像レンズ系202の伸縮駆動や撮像レンズ系202内のズームレンズ及びフォーカスレンズの駆動を行うためのレンズ駆動機構203と、レンズ駆動機構203を制御するためのレンズドライバ204と、撮像レンズ系202の絞り及びシャッタ内を制御するための露出制御機構205と、露出制御機構205を制御するための露出制御ドライバ206と、被写体像を光電変換するための4種類以上（その値を含む）の異なる分光感度特性を有するカラーフィルタを内蔵した撮像素子200と、撮像素子200を駆動するための撮像素子ドライバ207と、アナログアンプ及びA/D変換器等を含むプリプロセス回路208と、前述した画像処理装置100と、外部の記録媒体であるメモリカード209とのインタフェースであるカードインタフェース（カードI/F）210と、LCD画像表示系211と、リリーススイッチ、設定ボタンなど各種スイッチからなる操作スイッチ系212と、操作状態及びモード状態等を表示するための操作表示系213と、各種設定情報等を設定するための不揮発性メモリ（EEPROM）214と、各部を統括的に制御するためのシステムコントローラ（CPU）215と、を含む。

[0061] そして、システムコントローラ215が全ての制御を統括的に行っている。具体的には、まずレンズドライバ204、露出制御ドライバ206及び撮像素子ドライバ207により、撮像素子200の駆動を制御して露光（電化蓄積）及び信号の読み出しを行う。次に、読み出した露光及び信号を、プリプロセス回路208を介してA/D変換した後に、画像処理装置100に取り込み、画像処理装置100内の各部で各種信号処理を施して、カードインタフェース210を介してメモリカード209に記録する。

[0062] 次に、4バンド以上（その値を含む）の異なる分光感度特性を有するカラーフィルタアレイの例を、図3（A）及び図3（B）に示す。このカラーフィルタアレイは、撮像素子200を構成する各画素のカラーフィルタの配置を表す。まず、図3（A）には、5バンドの分光感度特性を有するカラーフィルタアレイCFA1の例を示す。カラーフィルタアレイCFA1では、C

1バンドが他のバンドに比べてサンプル密度が高く、3バンドベイヤー配列におけるGバンドと同様に市松状に配置されている。ただし、本実施形態で用いるカラーフィルタアレイは、図3（A）に示すような5バンドのものに限定されない。例えば、図3（B）に示す9バンドのカラーフィルタアレイCFA2を用いても同様の処理が可能である。

[0063] また、本実施形態の説明では、原則として、低ノイズ参照画像生成部120は、マルチバンドの中でサンプル密度が最も高いバンドを、参照画像の参照バンドとして選択する。つまり、図3（A）及び図3（B）のカラーフィルタアレイにおいては、C1バンドを参照バンドとして使用する。

[0064] これにより、高周波成分を最も多く含む解像感が高い参照画像の生成が可能となり、全バンドの補間精度も向上させること等が可能になる。ただし、後述する例のように、C1バンド以外のバンドを参照バンドとして用いても良い。

[0065] 次に、画像処理装置100内で行われる各種信号処理について、図4のフローチャートを用いて詳細に説明する。

[0066] まず、撮像を行い（S101）、画像取得部110が、撮像素子200からRAWデータを読み込む（S102）。なお、RAWデータとは、RAW画像（撮像画像）を表すデータである。また、撮像素子200から出力された信号は、プリプロセス回路208によりA/D変換された後に、黒レベル補正処理、ホワイトバランス補正処理等の各種信号処理が施されている。ここでは、このような各種信号処理が行われた後のデータを、RAWデータと呼ぶ。

[0067] 次に、低ノイズ参照画像生成部120が、C1バンドを参照バンドとして設定し（又はC1バンドの画素を参照バンドの画素として、RAWデータから抽出し）（S103）、C1バンドの画素値に対してノイズ低減処理を行う（S104）。例えばノイズ低減処理は、コアリング処理やメディアンフィルタ処理等により行う。

[0068] そして、低ノイズ参照画像生成部120は、ノイズ低減されたC1バンド

の画素の補間処理を行い、C 1 バンドの画素により構成される参照画像を生成する（S 1 0 5）。なお、補間処理は、後に詳述するガウシアン補間などにより行う。

[0069] 最後に、補間画像生成部 1 3 0 が、ステップ S 1 0 5 で生成された参照画像を用いて各バンド（C 2 バンド～C 5 バンド）の補間処理を行い（S 1 0 6）、処理を終了する。

[0070] このように、低ノイズ参照画像生成部 1 2 0 は、撮像画像の画素値のうち、参照画像の参照バンドに対応するカラーフィルタを用いて得られた画素値に対して、ノイズ低減処理を行って、低ノイズ参照画像を生成する。この際に、低ノイズ参照画像生成部 1 2 0 は、ノイズ低減処理を行った後に、撮像画像における参照バンドの画素値の補間処理を行って、低ノイズ参照画像を生成する。すなわち、本実施形態では、参照バンドの画素値の補間処理を行っていない状態で、参照バンドの画素値に対してノイズ低減処理を行う。

[0071] よって、補間処理により欠落画素にまでノイズ成分が広がることを抑えること等が可能になる。

[0072] 次に、各ステップの具体的な内容について詳細に説明する。まず、ステップ S 1 0 4 の参照バンドの画素に対するノイズ低減処理について、図 5（A）～図 5（C）を用いて説明する。

[0073] 例えば、図 5（A）において、図 3（A）のカラーフィルタアレイ C F A 1 で参照バンドとして設定されている C 1 バンドの画素の配置を示す。このように、C 1 バンドの画素は、市松状に配置されており、この状態でノイズ低減処理を行うことは非常に困難である。

[0074] そこで、低ノイズ参照画像生成部 1 2 0 は、撮像画像において、参照画像の参照バンドに対応するカラーフィルタを用いて得られた各画素に対して、第 1 の座標系から第 2 の座標系に画素座標の座標変換を行う。例えば、図 5（B）のように x y 座標系で配置されている画素を、図 5（C）のように u v 座標系で配置されるように、下式（1）を用いて画素座標の変換を行う。なお、図 5（A）～図 5（C）の例では、第 1 の座標系が x y 座標系であり

、第2の座標系がu v座標系である。

[0075] [数1]

$$\begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos 45^\circ & -\sin 45^\circ \\ \sin 45^\circ & \cos 45^\circ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad \dots \quad (1)$$

[0076] この座標変換を行うことにより、例えば、画素座標 (x_1 , y_1) の画素は、画素座標 (u_3 , v_1) に配置され、画素座標 (x_1 , y_3) の画素は、画素座標 (u_2 , v_2) に配置され、画素座標 (x_1 , y_5) の画素は、画素座標 (u_1 , v_3) に配置される。

[0077] そして、低ノイズ参照画像生成部120は、座標変換後の参照バンドの各画素の画素値に対して、ノイズ低減処理を行う。例えば、ノイズ低減処理として、u v座標系の画素値に対してコアリング処理やメディアンフィルタ処理を行う。

[0078] さらに、低ノイズ参照画像生成部120は、ノイズ低減処理後の各画素に対して、第2の座標系から第1の座標系へ画素座標を座標変換する。つまり、ノイズ低減された画素について、u v座標系から再びx y座標系へと、画素座標の変換を行う。

[0079] そして、後に詳述するように、参照バンドの画素値の補間処理を行って、低ノイズ参照画像を生成する。

[0080] これにより、参照バンドの画素の補間処理を行っていない状態でノイズ低減処理を行うこと等が可能になる。その結果、前述したように、補間処理によりノイズ成分が周辺画素に広がることを抑えること等が可能になる。

[0081] 具体的には、低ノイズ参照画像生成部120は、第1の座標系から第2の座標系への座標変換として、画素座標を原点周りで所与の角度だけ回転させる座標変換を行う。

[0082] 例えば、図5 (B) 及び図5 (C) の例では、画素座標を45度回転させることにより、x y座標系からu v座標系へ座標変換を行う。

[0083] これにより、カラーフィルタアレイを、参照バンドの画素値を有する画素

が隣り合うようなカラーフィルタアレイに変換すること等が可能になる。

[0084] 次に、ステップS105の参照バンドの画素の補間処理（参照画像の生成処理）について説明する。

[0085] 本実施形態では、参照画像の生成処理においてガウシアン補間（G1）を用いる。G1は、画素値を推定したい画素位置周辺の局所的な情報の重み付き平均を、欠落画素の画素値として推定する方法であり、画素位置 x_p に対する推定画素値 $S^{G1}(x_p)$ は下記の式（2）のように表される。

[0086] [数2]

$$S^{G1}(x_p) = \frac{1}{\omega^{G1}(x_p)} \sum_{x_i \in N_{xp}} k(x_i - x_p) M(x_i) S(x_i) \quad \cdots \quad (2)$$

[0087] ここで、 N_{xp} は画素位置 x_p の周辺画素の画素位置集合を、 x_i は画素位置集合 N_{xp} 内の任意の画素位置を、 $S(x_i)$ は画素位置 x_i の画素値を、 $M(x_i)$ は画素位置 x_i のバイナリマスクを、 $k(x_i - x_p)$ は画素位置 x_p からの距離に基づく重みを、 $\omega^{G1}(x_p)$ は正規化係数、すなわち重みの和を表す。なお、バイナリマスク $M(x_i)$ は画素値が存在する場所で1、それ以外で0となる。

[0088] 例えば、図6（A）の撮像画像IM1に対して上記の補間処理を行うことにより、図6（B）のように、全画素位置にC1バンドの画素値を有する参照画像RIMを生成する。

[0089] 次に、ステップS106の各バンドの補間処理について説明する。

[0090] 本実施形態では、参照画像を用いた補間処理として、ガイドドフィルタ（Guided Filter、ガイドドイメージフィルタ）を用い、補間処理前の画像に対して補間処理を行って出力画像を生成する。ガイドドフィルタでは、出力画像は参照画像の線形変換で表され则认为。そして、下記の式（3）に示すように、画素値を推定したい画素位置周辺での局所領域 k のコスト関数 $E(a_k, b_k)$ を最小化するように、最小二乗法により係数 a_k 及び b_k が算出される。

[0091] [数3]

$$E(a_k, b_k) = \frac{1}{\omega_k} \sum_i M_i \{ (a_k I_i + b_k - p_i)^2 + \varepsilon a_k^2 \} \quad \cdots \quad (3)$$

[0092] ここで、 i は画素の番号を、 k は局所領域の番号を、 I_i は参照画像における画素 i の画素値を、 p_i は補間処理前の画像における画素 i の画素値（信号成分）を、 ω_k は、補間処理前の画像の局所領域 k 内において信号成分を有する画素の画素数を、 ε は所与の平滑化パラメータを、 M_i は、画素 i におけるバイナリマスクを表す。具体的に、 M_i は、補間処理前の画像において信号成分を有する画素に対しては 1 となり、信号成分を有しない画素に対しては 0 となる。また、 a_k 、 b_k は、下式（4）で用いるために算出されるべき係数パラメータであり、計算開始時には適当な初期値が用いられる。

[0093] そして、全局所領域に対する係数 a_k 及び b_k が算出されると、補間対象の画素に対して、下式（4）により出力画素値 q_i が算出される。本実施形態では、信号成分を有さない画素だけではなく、元々、信号成分（画素値）を有する画素についても、補間対象とする。なお、下式（4）において、 $|\omega|$ は、局所領域内の全画素数（局所領域数）である。

[0094] [数4]

$$q_i = \frac{1}{|\omega|} \sum_{k: i \in \omega_k} (a_k I_i + b_k) \quad \cdots \quad (4)$$

[0095] 本実施形態では、図 7 に示すように、ステップ S 105 で得られた参照画像 RIM を使用し、参照バンドである C1 バンドとは異なるバンド（C2 バンド～C5 バンド）の補間前の画像（IM2～IM5）を、1 つずつ補間対象の画像として使用する。このように、参照画像 RIM を用いた補間処理を行うことで、ノイズを低減しつつ、参照画像 RIM の高周波成分を保持した補間画像（SIM2～SIM5）を生成することが可能である。なお、ステップ S 106 において、C1 バンドの補間前の画像 IM1 についても、同様に補間処理を行って、補間画像 SIM1 を出力してもよい。ただし、この補

間画像 $SIM1$ は、ステップ $S105$ において生成した参照画像 $RI M$ と同じ画像になる。よって、処理量削減を図るため、後の処理では、参照画像 $RI M$ を補間画像 $SIM1$ として用いることが望ましい。

[0096] また、撮像画像において元々、画素値を有する画素については、ステップ $S106$ で新たな画素値を算出しないことも可能ではある。しかし、その場合には、元々、画素値を有していた画素と、補間処理を行った画素とにおいて、画素値の差が大きくなり、あたかもノイズが残っているかのような補間画像が生成されてしまうことがある。つまり、斑な補間画像になってしまう。

[0097] そこで、前述したように、補間画像生成部 130 は、撮像画像において画素値を有する画素に対しても、低ノイズ参照画像に基づいて、新たな画素値を算出して、補間画像を生成する。

[0098] これにより、元々、画素値を有していた画素と、補間処理を行った画素とにおいて、画素値の差が比較的小さい滑らかな補間画像（マルチバンド画像）を生成すること等が可能になる。

[0099] 以上のように、ノイズが低減された低ノイズ参照画像を用いることで、出力される補間画像もノイズが低減された画像となる。このことを、図8を用いて説明する。前述した通り、ガイドドフィルタによる出力画像は、参照画像の線形変換により出力される。例えば、図8の参照画像 $RI M1$ が、太枠で区切られる2つの平坦領域（ $AR1$ 及び $AR2$ ）から構成されるものとする。具体的には、平坦領域 $AR1$ が第1の色で塗りつぶされた領域であり、平坦領域 $AR2$ が、第1の色と異なる第2の色で塗りつぶされた領域であるものとする。そのため、ノイズが含まれていなければ、平坦領域 $AR1$ 及び平坦領域 $AR2$ 内の画素の画素値は、各平坦領域内でそれぞれ同じ値になる。しかし、参照画像 $RI M1$ にはノイズが含まれているため、平坦領域内の画素値が一定でない。この場合には、入力画像（ RAW 画像） IIM に対して、ガイドドフィルタによる補間処理を行うと、補間画像（出力画像） $OIM1$ が得られるが、補間画像（出力画像） $OIM1$ 内の画素値 q_i は、ノ

イズを引き継いだ値となってしまうている。これは、上式（４）で、参照画像の画素値 I_i を定数倍し、さらに定数を加算することにより、出力画素値 q_i を算出しているためである。

[0100] 一方で、図８の低ノイズ参照画像 $RIM2$ のように、ノイズが無く平坦領域（ $AR3$ 及び $AR4$ ）内の画素値が一定である場合には、補間対象となる入力画像 IIM に関わらず、補間画像 $OIM2$ のように、平坦領域（ $AR3$ 及び $AR4$ ）内の画素値が（ほぼ）一定のまま出力されることとなる。このようにして、補間対象となる入力画像にノイズが含まれている場合であっても、ノイズが低減された低ノイズ参照画像 $RIM2$ を用いることで、ノイズが低減された補間画像 $OIM2$ を生成することができる。

[0101] 以上の処理により、ノイズ低減処理の負担を増やすことなくノイズが低減されたマルチバンド画像を生成することが可能となる。本実施形態では、ノイズが低減された低ノイズ参照画像を用いて、全バンドの補間処理を行うため、ノイズ低減処理を行っていないバンドを補間処理した際でも、参照画像と同様にノイズが低減された補間画像を得ることができ、バンド毎にノイズ低減処理を行う必要がない。さらに、バンド毎にノイズ低減処理を行う場合には、高周波成分を含む領域のボケ具合にバンド間で差が発生し、偽色等のアーティファクトが発生する原因となる場合があるが、本実施形態では高周波成分は参照画像の情報を共有するため、偽色の発生も抑制することが可能となる。

[0102] また、前述した例では、ステップ $S105$ の補間処理で用いる参照画像として、全てのバンドで同一の画像（例えば 7 の低ノイズ参照画像 RIM ）を用いていたが、バンド毎に異なる参照画像を用いてもよい。

[0103] 例えば、図９に示すような分光感度特性を持つカラーフィルタアレイを使用する場合について説明する。図９のグラフは、横軸が波長を表し、縦軸が相対感度を表す。まず、図１０に示すように、 RAW 画像から $C1$ バンドの画素値が抽出された画像 $IIM1$ に対して、ガウシアン補間を行うことにより、 $C1$ バンドの参照画像 RIM を生成する。

- [0104] 次に、C 1 バンドと分光感度特性が近い C 3 バンドの画像 I M 3 と、C 4 バンドの画像 I M 4 に対しては、C 1 バンドの参照画像 R I M を用いて、補間処理を行って、C 3 バンドの補間画像 S I M 3 と、C 4 バンドの補間画像 S I M 4 を生成する。
- [0105] さらに、C 3 バンドと分光感度特性が近い C 2 バンドの画像 I M 2 に対しては、C 3 バンドの補間画像 S I M 3 を参照画像として用い、補間処理を行って、C 2 バンドの補間画像 S I M 2 を生成する。C 4 バンドと分光感度特性が近い C 5 バンドの画像 I M 5 に対しては、C 5 バンドの補間画像 S I M 5 を参照画像として用いて、補間処理を行って、C 5 バンドの補間画像 S I M 5 を生成する。
- [0106] このように、低ノイズ参照画像生成部 1 2 0 は、マルチバンドのうちの第 1 のバンドを、参照画像の参照バンドとして選択し、撮像画像において、第 1 のバンドに対応するカラーフィルタを用いて得られた画素値に対して、ノイズ低減処理を行い、ノイズ低減処理後の第 1 のバンドの画素値に対して補間処理を行うことにより、低ノイズ参照画像を生成してもよい。前述した図 1 0 の例では、第 1 のバンドは C 1 バンドであり、低ノイズ参照画像は画像 R I M である。
- [0107] そして、補間画像生成部 1 3 0 は、撮像画像において、低ノイズ参照画像に基づいて、マルチバンドのうちの第 2 のバンドに対応するカラーフィルタを用いて得られる画素値の補間処理を行い、第 2 のバンドの補間画像を生成してもよい。前述した図 1 0 の例では、第 2 のバンドは C 3 バンド及び C 4 バンドであり、第 2 のバンドの補間画像は画像 S I M 3 及び S I M 4 である。
- [0108] さらに、補間画像生成部 1 3 0 は、撮像画像において、第 2 のバンドの補間画像に基づいて、マルチバンドのうちの第 3 のバンドに対応するカラーフィルタを用いて得られる画素値の補間処理を行い、第 3 のバンドの補間画像を生成してもよい。前述した図 1 0 の例では、第 3 のバンドは C 2 バンド及び C 5 バンドであり、第 3 のバンドの補間画像は画像 S I M 2 及び S I M 5

である。

[0109] このように、分光感度特性に応じて参照画像を切り替えること等が可能である。C 1バンドの画像を全バンドの補間処理において参照画像として使用するよりも、分光感度特性に応じて参照画像を切り替える方が効果的である。また、このように参照画像を切り替える場合でも、ノイズが低減されたC 1バンドの参照画像R 1 Mを用いて補間処理を行っているために、C 3バンドの補間画像S 1 M 3と、C 4バンドの補間画像S 1 M 4もノイズが低減されており、同様にC 2バンドとC 5バンドについてもノイズが低減された補間画像を生成することが可能である。

[0110] また、前述した例では、図4のフローチャートに示す通り、参照バンドの画素値に対するノイズ低減処理（S 1 0 4）は、参照バンドの画素の補間処理（S 1 0 5）の前に行ったが、図11のフローチャートに示すように、先に参照バンドの画素の補間処理を行ってもよい。

[0111] すなわち、低ノイズ参照画像生成部120は、撮像画像の画素値のうち、参照画像の参照バンドに対応するカラーフィルタを用いて得られた画素値の補間処理を行い（S 2 0 4）、補間処理後の参照バンドの画素値に対して、ノイズ低減処理を行って（S 2 0 5）、低ノイズ参照画像を生成してもよい。なお、ステップS 2 0 1～ステップS 2 0 3及びステップS 2 0 6については、図4のステップS 1 0 1～ステップS 1 0 3及びステップS 1 0 6と同様であるため、説明を省略する。

[0112] これにより、前述した上式（1）を用いる座標変換処理を行う必要がなくなり、より簡便な処理によりノイズ低減を行うこと等が可能になる。ただし、図4のフローチャートの流れで各処理を行った方が、よりノイズを低減した補間画像を生成することが可能である。

[0113] また、本実施形態では、図4のステップS 1 0 3において、予め記憶されているバンドの画素値を参照バンドの画素値として抽出したが、撮像素子200から得られた信号（RAWデータ）から適応的に参照バンドを選択してもよい。参照バンドを適応的に選択することで、より精度の高い補間画像を

得ることが可能となる。

[0114] 例えば、低ノイズ参照画像生成部120は、マルチバンドのうち、撮像画像に映る被写体の色特性と最も相関の強いバンドを、参照画像の参照バンドとして選択してもよい。

[0115] 具体的には、図3(A)のカラーフィルタアレイCFA1において、サンプル密度が最も高いC1バンドと、被写体の色との相関が低い場合には、C2バンド～C5バンドのうち、被写体の色と相関が最も高いバンドを参照バンドとして選択することで、高周波成分が再現できる。例えば、被写体の色と相関が高いバンドの選択方法としては、ラプラシアンフィルタ等のハイパスフィルタを用いて高周波成分を最も多く含むバンドを選択する方法等がある。

[0116] これにより、被写体の色特性に依らず高周波成分を多く含む解像感が高い補間画像を生成すること等が可能となる。

[0117] また他にも、撮像画像における輝度値の総和や平均値等が最も高いバンドを選択する方法等もある。すなわち、低ノイズ参照画像生成部120は、撮像画像において、高周波成分及び輝度の少なくとも一方の評価処理を行うことにより、マルチバンドの中から参照画像の参照バンドを選択してもよい。

[0118] これにより、被写体の色特性と相関が強いバンドを精度良く選択すること等が可能になる。

[0119] また、ノイズ量を考慮する方法でもよい。すなわち、低ノイズ参照画像生成部120は、撮像画像において、マルチバンドのうちの各バンドと撮像画像に映る被写体の色特性との相関と、各バンドにおけるノイズ量の少なくとも一方の評価処理を行うことにより、マルチバンドの中から参照画像の参照バンドを選択してもよい。

[0120] 例えば、図12のグラフに示すような分光感度特性の照明下で撮像された撮像画像の場合、低ノイズ参照画像生成部120に送られる前のホワイトバランス補正処理により、短波長側に感度を有するバンド（例えばBバンド）のノイズが増幅されてしまう。この場合、被写体の色と相関が高いバンドが

Bバンドであっても、他のバンドを参照バンドとして選択できるように、被写体の色との相関を評価する相関評価値と、ノイズ量を評価するノイズ評価値との両方を、参照バンドの選択における評価値とする。より具体的には、ノイズ量が予め設定された閾値よりも多いバンドは、被写体の色との相関評価値に関わらず、参照バンドとして選択しないようにする。これにより、高周波成分を最も多く含むバンドを、参照バンドとして選択することができる。

[0121] 以上のように、撮影する光源により特定のバンドのノイズが増大してしまうシーンでも、高周波成分を多く含む解像感が高い補間画像を生成すること等が可能となる。

[0122] 3. 第2の実施形態

次に、第2の実施形態では、バンド変換部140で3バンド画像を生成し、低ノイズ参照画像生成部120で3バンド画像用のノイズ低減処理を行う例について説明する。

[0123] まず、第2の実施形態における画像処理装置100は、図13に示すように、第1の実施形態の構成に加えて、バンド変換部140を含む。

[0124] そして、バンド変換部140は、マルチバンドのうちの少なくとも一つのバンドの画素値を、波長帯域が異なる他のバンドの画素値に変換する。

[0125] 次に、低ノイズ参照画像生成部120は、バンド変換されたバンドの中から、参照画像の参照バンドとして使用するバンドを選択し、バンド変換により得られた参照バンドの画素値に対して、ノイズ低減処理を行って、低ノイズ参照画像を生成する。

[0126] 具体的には、バンド変換部140は、撮像画像に基づいて、バンド変換を行って、RGB画像を生成する。そして、低ノイズ参照画像生成部120は、ノイズ低減処理として、RGB画像用のノイズ低減処理を行う。

[0127] さらに、詳細な具体例を、図13、図14及び図15のフローチャートを用いて説明する。まず、バンド変換部140は、図13に示すようにGバンド補間処理部141と、RBバンド補間処理部142とを含む。

- [0128] そして、第1の実施形態と同様に、撮像を行い（S301）、RAWデータを取得する（S302）。次に、RAWデータから、RGBバンドの画素値の抽出処理を行う（S303）。なお、マルチバンドの中にRGBに該当するバンドが無い場合には、全バンドの中からRGBのそれぞれに最も近い分光感度特性を有するバンドを、予めバンド変換部140に記憶しておき、分光感度特性が近いバンドの画素値をRGBの画素値に変換して用いる。例えば、図3（A）に示す5バンドのカラーフィルタアレイCFA1の場合には、Gバンドの画素値をC1バンドの画素値から求め、Rバンドの画素値をC5バンドの画素値から求め、Bバンドの画素値をC2バンドの画素値から求める。
- [0129] そして、図14に示すように、Gバンド補間処理部141では、図4のステップS105と同様に、ガウシアン補間により、画像IM1におけるGバンドの画素値の補間処理を行い、補間画像SIM1を生成する（S304）。
- [0130] 次に、RBバンド補間処理部142では、Gバンド補間処理部141が生成したGバンドの補間画像SIM1を参照画像として、ガイドドフィルタにより補間処理を行い、画像IM2からRバンドの補間画像SIM2を、画像IM5からBバンドの補間画像SIM5を生成する（S305）。そして、バンド変換部140は、これらの補間画像（SIM1、SIM2及びSIM5）から、RGB画像を生成する。
- [0131] 次に、低ノイズ参照画像生成部120は、バンド変換部140で得られたRGB画像を用いて、RGB画像用のノイズ低減処理を行う（S306）。なお、RGB画像用のノイズ低減処理は、例えば特開2009-49482号公報で開示される手法などを初めとして、様々な手法が開示されており、高精度なノイズ低減効果を得ることが可能である。
- [0132] そして、補間画像生成部130は、RGBバンドの中から参照バンドとして用いるバンドを選択する（S307）。例えば、低ノイズ参照画像生成部120で、RGBの3バンドの全ての情報を用いるノイズ低減処理を行った

場合には、補間画像生成部 130 は、RGB の 3 バンドの画素値全てを、参照バンドの画素値として抽出する。

[0133] 本例では、例えばノイズが低減された G バンドの補間画像を参照画像 RIM として、残りの C3 バンドと C4 バンドの画素の補間処理を行い (S308)、取得した全ての補間画像 (SIM1 ~ SIM5) に基づいて、マルチバンド画像を生成して、処理を終了する。なお、前述した図 7 のケースと同様に、本処理においても、C1 バンド ~ C5 バンドの全てについて、補間処理をやり直してもよい。

[0134] また、バンド変換部 140 は、必ずしも補間処理前の画像の画素値を、他のバンドの画素値に変換するとは限らない。例えば、マルチバンドのうち RGB に近いバンドの画素を、変換せずに、RGB の画素として用いて、RGB 画像用のノイズ低減処理を行ってもよい。例えば、図 3 (A) に示す 5 バンドのカラーフィルタアレイ CFA1 の場合には、G バンドの画素として C1 バンドの画素を、R バンドの画素として C5 バンドの画素を、B バンドの画素として C2 バンドの画素を用いる。

[0135] このように、バンド変換処理を行うことにより、撮像素子から直接取得することができないバンドの画素値を参照バンドの画素値として利用すること等が可能となる。

[0136] さらに、バンド変換処理により、RGB 画像を生成することで、RGB 画像用のノイズ低減処理を用いた高精度なノイズ低減を行うこと等が可能となる。

[0137] 4. 第 3 の実施形態

次に、第 3 の実施形態について説明する。

[0138] 本実施形態の画像処理装置 100 は、図 16 に示すように、第 2 の実施形態のバンド変換部 140 の代わりに、信号変換部 150 を含む。

[0139] 信号変換部 150 は、撮像画像の各画素値を、輝度信号 Y 及び色差信号 CbCr に変換する。

[0140] そして、低ノイズ参照画像生成部 120 は、輝度信号 Y 及び色差信号 Cb

C_rに対してそれぞれ異なるノイズ低減処理を行って、低ノイズ参照画像を生成する。

[0141] 例えば、輝度信号Yについては、第1のノイズ低減処理を行い、色差信号C_bC_rについては、第1のノイズ低減処理よりもノイズ低減効果の高い第2のノイズ低減処理を行う。そして、このように第1のノイズ低減処理と、第2のノイズ低減処理とを行う場合には、信号変換部150でY画像（輝度画像）、C_bC_r画像（色差画像）を生成し、低ノイズ参照画像生成部120で輝度Y、色差C_bC_rを参照バンドとして抽出する。

[0142] さらに、補間画像生成部130は、ノイズ低減されたY画像及びC_bC_r画像を、再びGバンドの画像へと変換し、参照画像として使用することが可能である。この場合、低ノイズ参照画像生成部120で、輝度Yのみを参照バンドとして抽出することも可能である。また、ノイズ低減されたY画像を参照画像として使用することも可能である。

[0143] これにより、Y画像及びC_bC_r画像用のノイズ低減処理を用いた高精度なノイズ低減を行うこと等が可能となる。さらに、輝度信号を参照バンドとして使用することで、被写体の色特性に依らず、高周波成分を多く含む解像感が高い補間画像を生成することが可能となる。

[0144] なお、本実施形態の画像処理装置及び撮像装置等は、その処理の一部または大部分をプログラムにより実現してもよい。この場合には、CPU等のプロセッサがプログラムを実行することで、本実施形態の画像処理装置及び撮像装置等が実現される。具体的には、非一時的な情報記憶装置に記憶されたプログラムが読み出され、読み出されたプログラムをCPU等のプロセッサが実行する。ここで、情報記憶装置（コンピュータにより読み取り可能な装置）は、プログラムやデータなどを格納するものであり、その機能は、光ディスク（DVD、CD等）、HDD（ハードディスクドライブ）、或いはメモリ（カード型メモリ、ROM等）などにより実現できる。そして、CPU等のプロセッサは、情報記憶装置に格納されるプログラム（データ）に基づいて本実施形態の種々の処理を行う。即ち、情報記憶装置には、本実施形態

の各部としてコンピュータ（操作部、処理部、記憶部、出力部を備える装置）を機能させるためのプログラム（各部の処理をコンピュータに実行させるためのプログラム）が記憶される。

[0145] また、本実施形態の画像処理装置及び撮像装置等は、プロセッサとメモリを含んでも良い。ここでのプロセッサは、例えばCPU（Central Processing Unit）であってもよい。ただし、プロセッサはCPUに限定されるものではなく、GPU（Graphics Processing Unit）、或いはDSP（Digital Signal Processor）等、各種プロセッサを用いることが可能である。また、プロセッサはASIC（Application Specific Integrated Circuit）によるハードウェア回路でもよい。また、メモリはコンピュータにより読み取り可能な命令を格納するものであり、当該命令がプロセッサにより実行されることで、本実施形態に係る画像処理装置及び撮像装置等の各部が実現されることになる。ここでのメモリは、SRAM（Static Random Access Memory）、DRAM（Dynamic Random Access Memory）などの半導体メモリであってもよいし、レジスタやハードディスク等でもよい。また、ここでの命令は、プログラムを構成する命令セットの命令でもよいし、プロセッサのハードウェア回路に対して操作を指示する命令であってもよい。

[0146] 以上のように本実施形態について詳細に説明したが、本発明の新規事項および効果から実体的に逸脱しない多くの変形が可能であることは当業者には容易に理解できるであろう。従って、このような変形例はすべて本発明の範囲に含まれるものとする。例えば、明細書又は図面において、少なくとも一度、より広義または同義な異なる用語と共に記載された用語は、明細書又は図面のいかなる箇所においても、その異なる用語に置き換えることができる。また、画像処理装置、撮像装置及びプログラムの構成、動作も本実施形態で説明したものに限定されず、種々の変形実施が可能である。

符号の説明

[0147] 100 画像処理装置、110 画像取得部、
120 低ノイズ参照画像生成部、130 補間画像生成部、

140 バンド変換部、141 Gバンド補間処理部、
142 RBバンド補間処理部、150 信号変換部、200 撮像素子、
202 撮像レンズ系、203 レンズ駆動機構、204 レンズドライバ
、
205 露出制御機構、206 露出制御ドライバ、
207 撮像素子ドライバ、208 プリプロセス回路、
209 メモリカード、210 カードインタフェース（カードI/F）、
211 画像表示系（LCD）、212 操作スイッチ系（操作SW）、
213 操作表示系、214 不揮発性メモリ（EEPROM）、
215 システムコントローラ（CPU）、300 撮像装置

請求の範囲

- [請求項1] 4バンド以上（その値を含む）のカラーフィルタがアレイ状に配置されたマルチバンドのカラーフィルタアレイを有する撮像素子を用いて撮像された撮像画像を取得する画像取得部と、
- 前記撮像画像の画素値の補間処理で用いる参照画像として、ノイズ低減処理が行われた低ノイズ参照画像を生成する低ノイズ参照画像生成部と、
- 生成された前記低ノイズ参照画像に基づいて、前記マルチバンドのバンド毎に前記補間処理を行って、欠落画素の画素値が補間された補間画像を生成する補間画像生成部と、
- を含むことを特徴とする画像処理装置。
- [請求項2] 請求項1において、
- 前記低ノイズ参照画像生成部は、
- 前記撮像画像の画素値のうち、前記参照画像の参照バンドに対応するカラーフィルタを用いて得られた画素値に対して、前記ノイズ低減処理を行って、前記低ノイズ参照画像を生成することを特徴とする画像処理装置。
- [請求項3] 請求項1又は2において、
- 前記補間画像生成部は、
- 前記撮像画像において画素値を有する画素に対しても、前記低ノイズ参照画像に基づいて、新たな画素値を算出して、前記補間画像を生成することを特徴とする画像処理装置。
- [請求項4] 請求項1又は2において、
- 前記低ノイズ参照画像生成部は、
- 前記マルチバンドのうちの第1のバンドを、前記参照画像の参照バンドとして選択し、
- 前記撮像画像において、前記第1のバンドに対応する前記カラーフィルタを用いて得られた画素値に対して、前記ノイズ低減処理を行っ

て、前記低ノイズ参照画像を生成し、

前記補間画像生成部は、

前記撮像画像において、前記低ノイズ参照画像に基づいて、前記マルチバンドのうちの第2のバンドに対応する前記カラーフィルタを用いて得られる画素値の前記補間処理を行い、前記第2のバンドの前記補間画像を生成し、

前記撮像画像において、前記第2のバンドの前記補間画像に基づいて、前記マルチバンドのうちの第3のバンドに対応する前記カラーフィルタを用いて得られる画素値の前記補間処理を行い、前記第3のバンドの前記補間画像を生成することを特徴とする画像処理装置。

[請求項5]

請求項1又は2において、

前記低ノイズ参照画像生成部は、

前記撮像画像において、前記参照画像の参照バンドに対応する前記カラーフィルタを用いて得られた各画素に対して、第1の座標系から第2の座標系に画素座標を座標変換し、

座標変換後の前記参照バンドの前記各画素の画素値に対して、前記ノイズ低減処理を行い、

前記ノイズ低減処理後の前記各画素に対して、前記第2の座標系から前記第1の座標系へ前記画素座標を座標変換して、前記低ノイズ参照画像を生成することを特徴とする画像処理装置。

[請求項6]

請求項5において、

前記低ノイズ参照画像生成部は、

前記第1の座標系から前記第2の座標系への座標変換として、前記画素座標を原点周りで所与の角度だけ回転させる座標変換を行うことを特徴とする画像処理装置。

[請求項7]

請求項1又は2において、

前記低ノイズ参照画像生成部は、

前記マルチバンドの中でサンプル密度が最も高いバンドを、前記参

照画像の参照バンドとして選択することを特徴とする画像処理装置。

[請求項8]

請求項 1 又は 2 において、

前記低ノイズ参照画像生成部は、

前記マルチバンドのうち、前記撮像画像に映る被写体の色特性と最も相関の強いバンドを、前記参照画像の参照バンドとして選択することを特徴とする画像処理装置。

[請求項9]

請求項 1 又は 2 において、

前記低ノイズ参照画像生成部は、

前記撮像画像において、前記マルチバンドのうちの各バンドと前記撮像画像に映る被写体の色特性との相関と、前記各バンドにおけるノイズ量の少なくとも一方の評価処理を行うことにより、前記マルチバンドの中から前記参照画像の参照バンドを選択することを特徴とする画像処理装置。

[請求項10]

請求項 1 又は 2 において、

前記低ノイズ参照画像生成部は、

前記撮像画像において、高周波成分及び輝度の少なくとも一方の評価処理を行うことにより、前記マルチバンドの中から前記参照画像の参照バンドを選択することを特徴とする画像処理装置。

[請求項11]

請求項 1 において、

前記低ノイズ参照画像生成部は、

前記撮像画像の画素値のうち、前記参照画像の参照バンドに対応するカラーフィルタを用いて得られた画素値の前記補間処理を行い、前記補間処理後の前記参照バンドの画素値に対して、前記ノイズ低減処理を行って、前記低ノイズ参照画像を生成することを特徴とする画像処理装置。

[請求項12]

請求項 1 において、

前記マルチバンドのうちの少なくとも一つのバンドの画素値を、波長帯域が異なる他のバンドの画素値に変換するバンド変換部を含み、

前記低ノイズ参照画像生成部は、
バンド変換されたバンドの中から、前記参照画像の参照バンドとして使用するバンドを選択し、バンド変換により得られた前記参照バンドの画素値に対して、前記ノイズ低減処理を行って、前記低ノイズ参照画像を生成することを特徴とする画像処理装置。

[請求項13] 請求項12において、
前記バンド変換部は、
前記撮像画像に基づいて、前記バンド変換を行って、RGB画像を生成し、
前記低ノイズ参照画像生成部は、
前記ノイズ低減処理として、RGB画像用のノイズ低減処理を行うことを特徴とする画像処理装置。

[請求項14] 請求項1において、
前記撮像画像の各画素値を、輝度信号及び色差信号に変換する信号変換部を含み、
前記低ノイズ参照画像生成部は、
前記輝度信号及び前記色差信号に対してそれぞれ異なる前記ノイズ低減処理を行って、前記低ノイズ参照画像を生成することを特徴とする画像処理装置。

[請求項15] 請求項1又は2に記載の画像処理装置を含むことを特徴とする撮像装置。

[請求項16] 4バンド以上（その値を含む）のカラーフィルタがアレイ状に配置されたマルチバンドのカラーフィルタアレイを有する撮像素子を用いて撮像された撮像画像を取得する画像取得部と、
前記撮像画像の画素値の補間処理で用いる参照画像として、ノイズ低減処理が行われた低ノイズ参照画像を生成する低ノイズ参照画像生成部と、

生成された前記低ノイズ参照画像に基づいて、前記マルチバンドの

バンド毎に前記補間処理を行って、欠落画素の画素値が補間された補間画像を生成する補間画像生成部として、

コンピュータを機能させることを特徴とするプログラム。

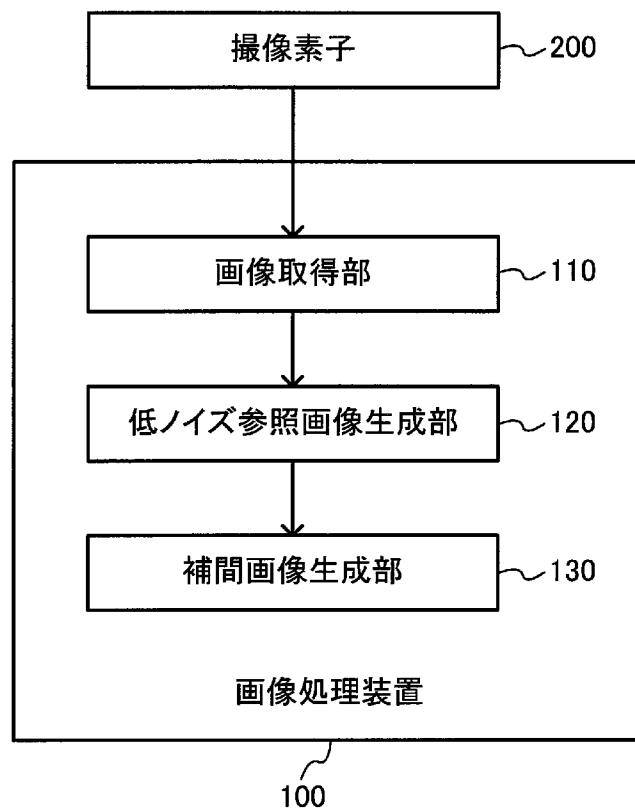
[請求項17]

4バンド以上（その値を含む）のカラーフィルタがアレイ状に配置されたマルチバンドのカラーフィルタアレイを有する撮像素子を用いて撮像された撮像画像を取得し、

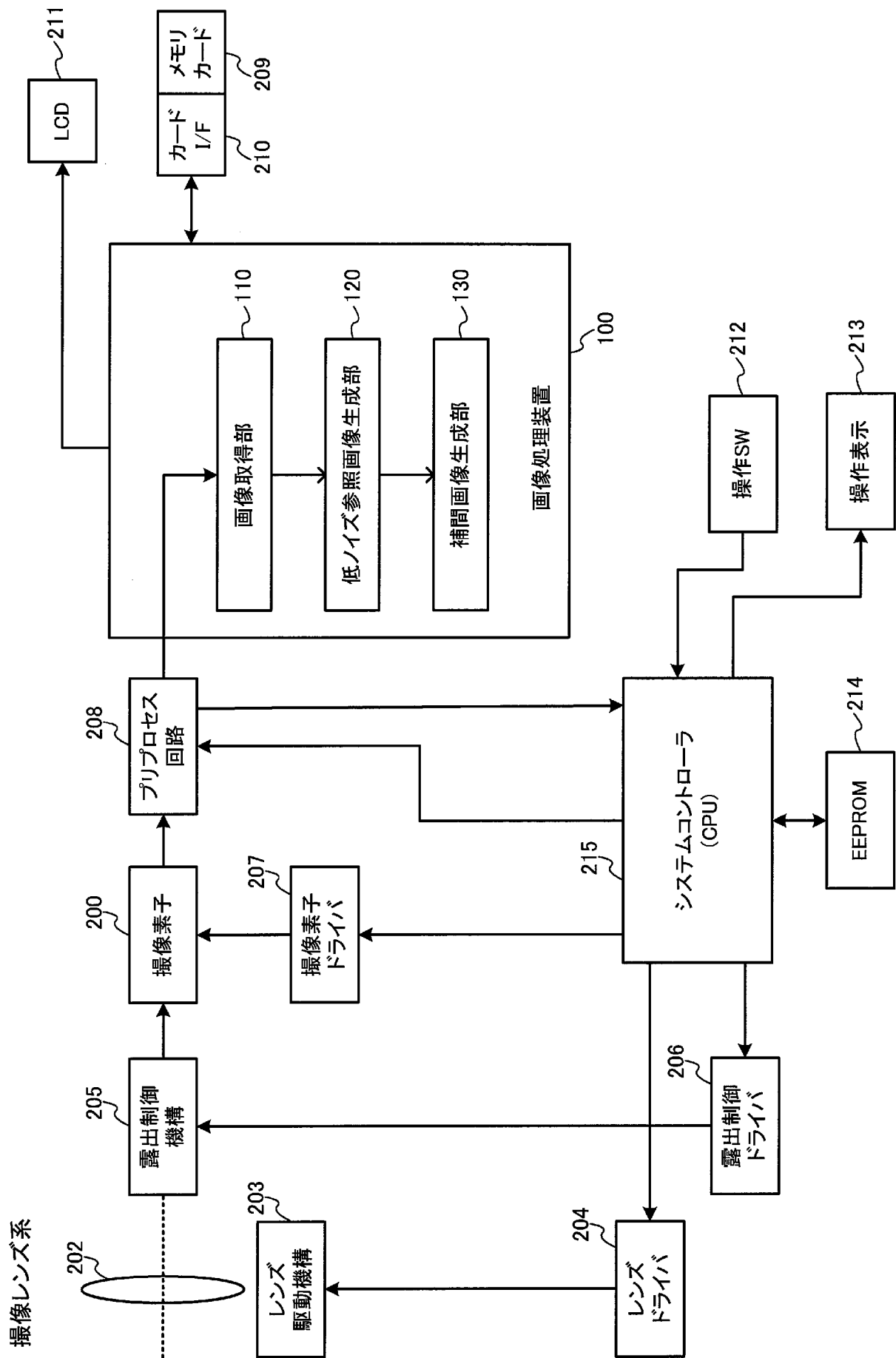
前記撮像画像の画素値の補間処理で用いる参照画像として、ノイズ低減処理が行われた低ノイズ参照画像を生成し、

生成された前記低ノイズ参照画像に基づいて、前記マルチバンドのバンド毎に前記補間処理を行って、欠落画素の画素値が補間された補間画像を生成することを特徴とする画像処理方法。

[図1]

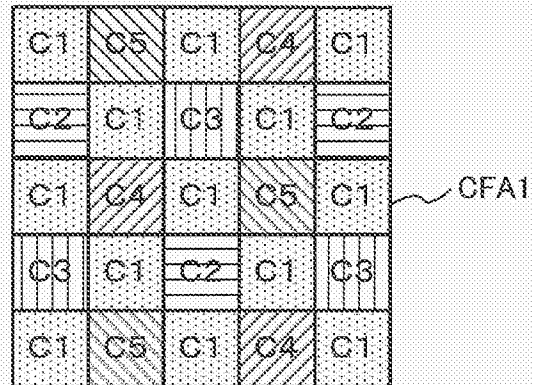


[図2]

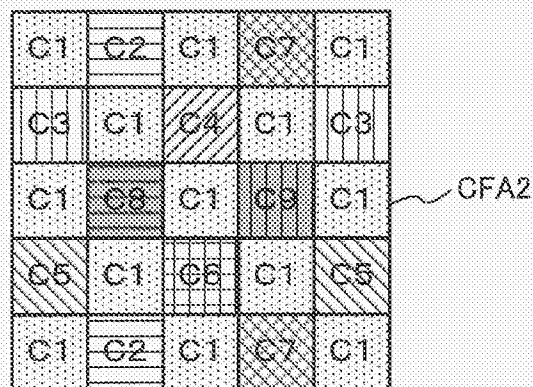


[図3]

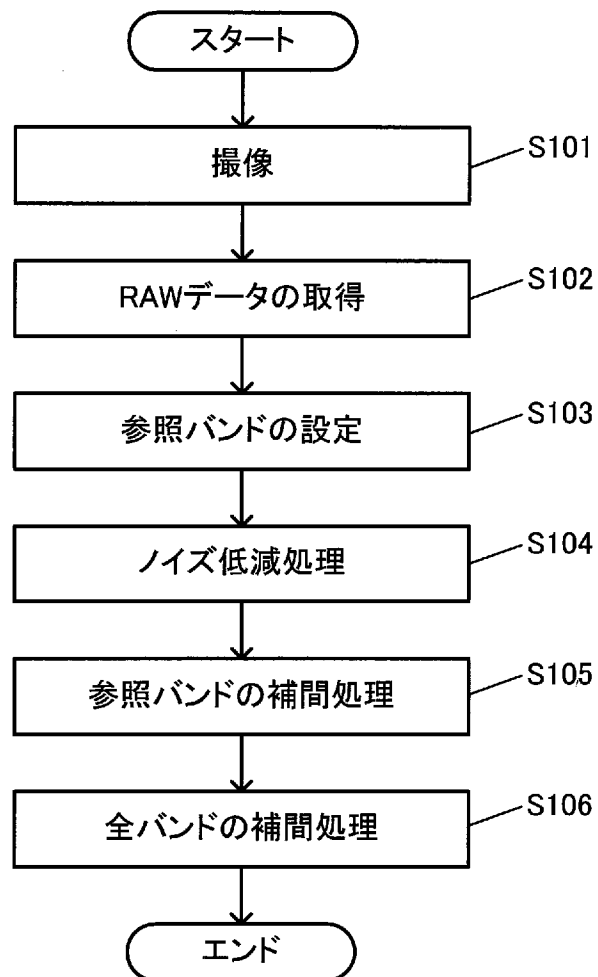
(A)



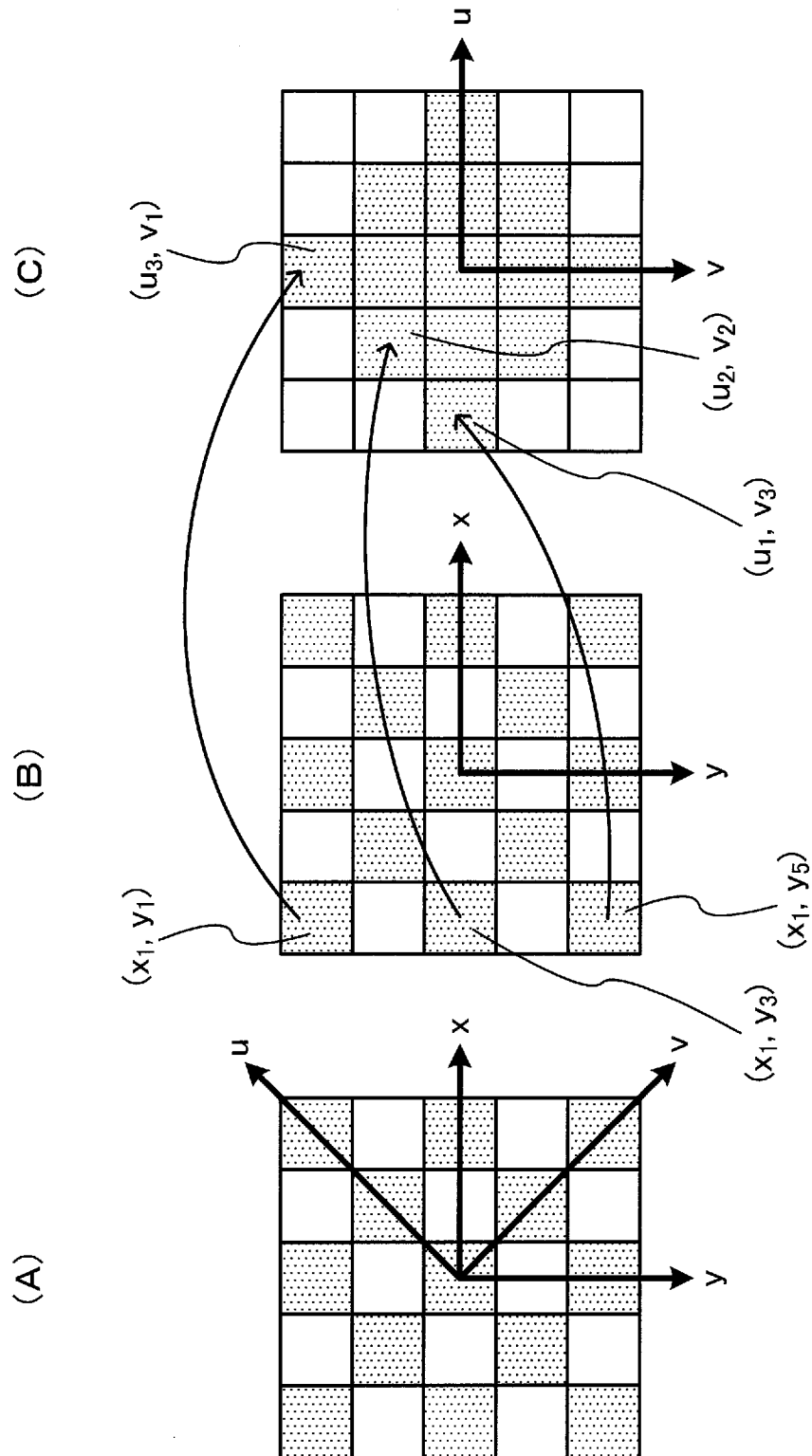
(B)



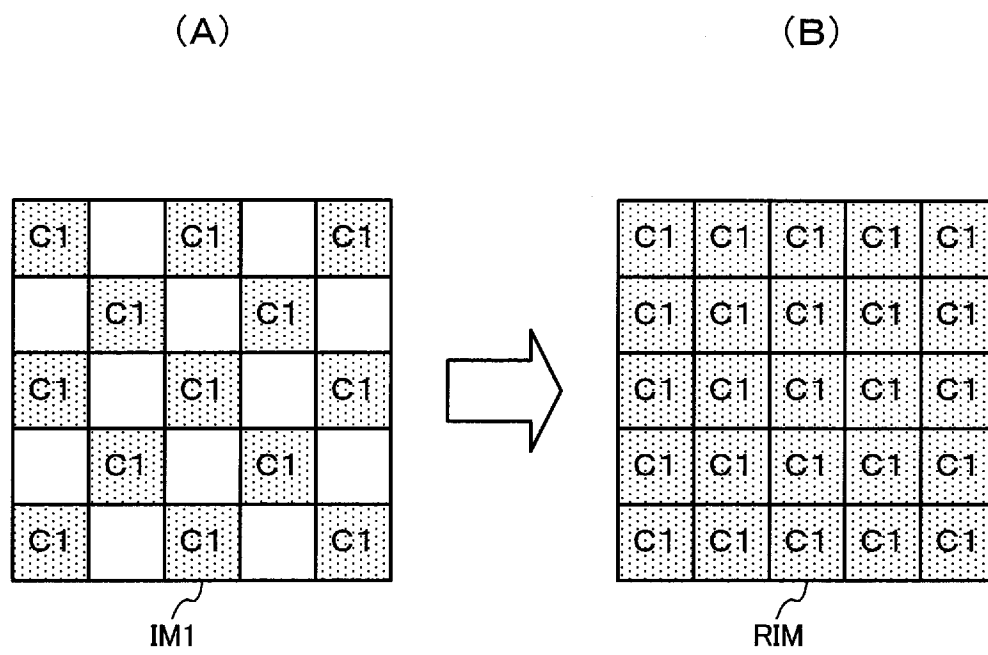
[図4]



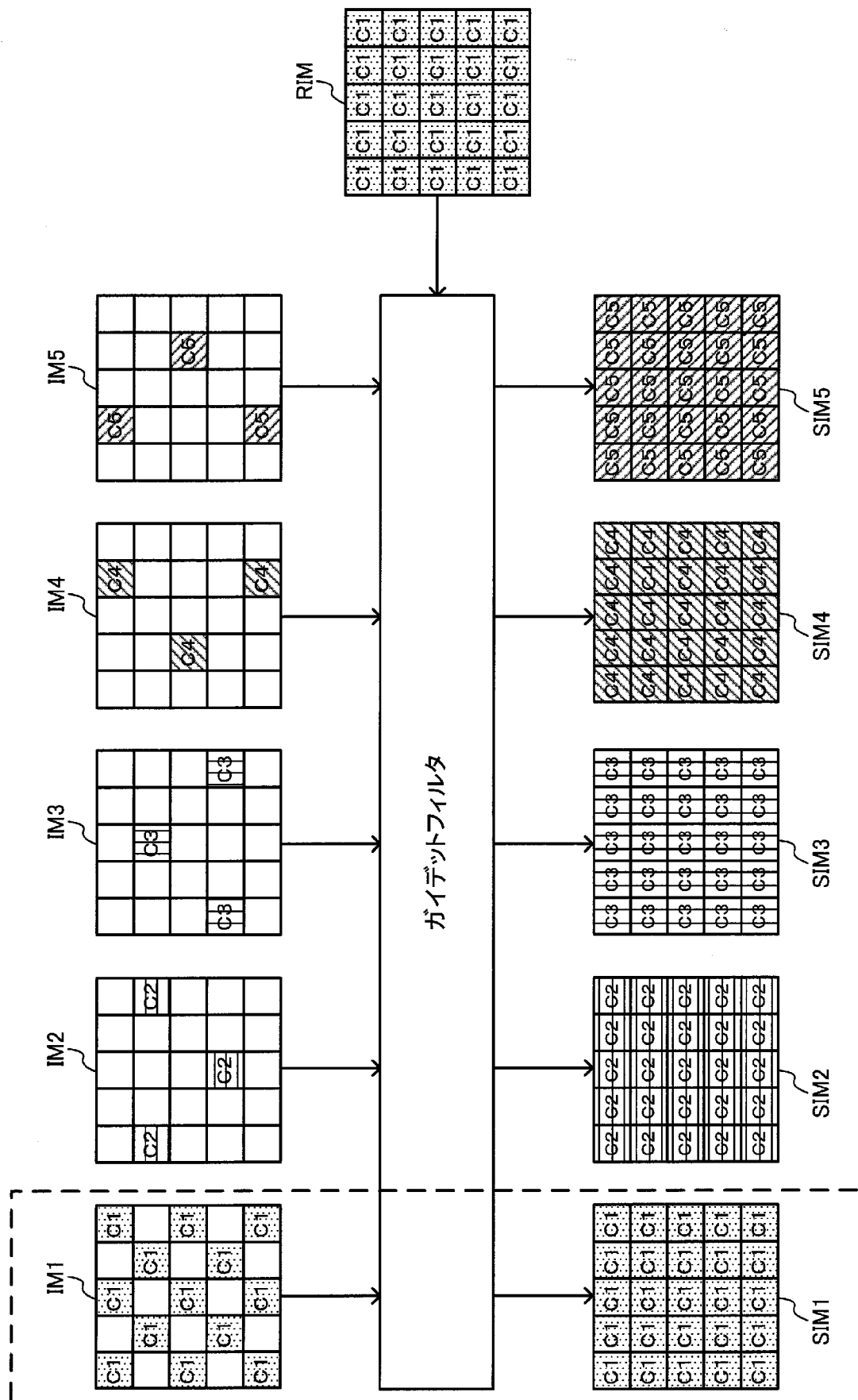
[図5]



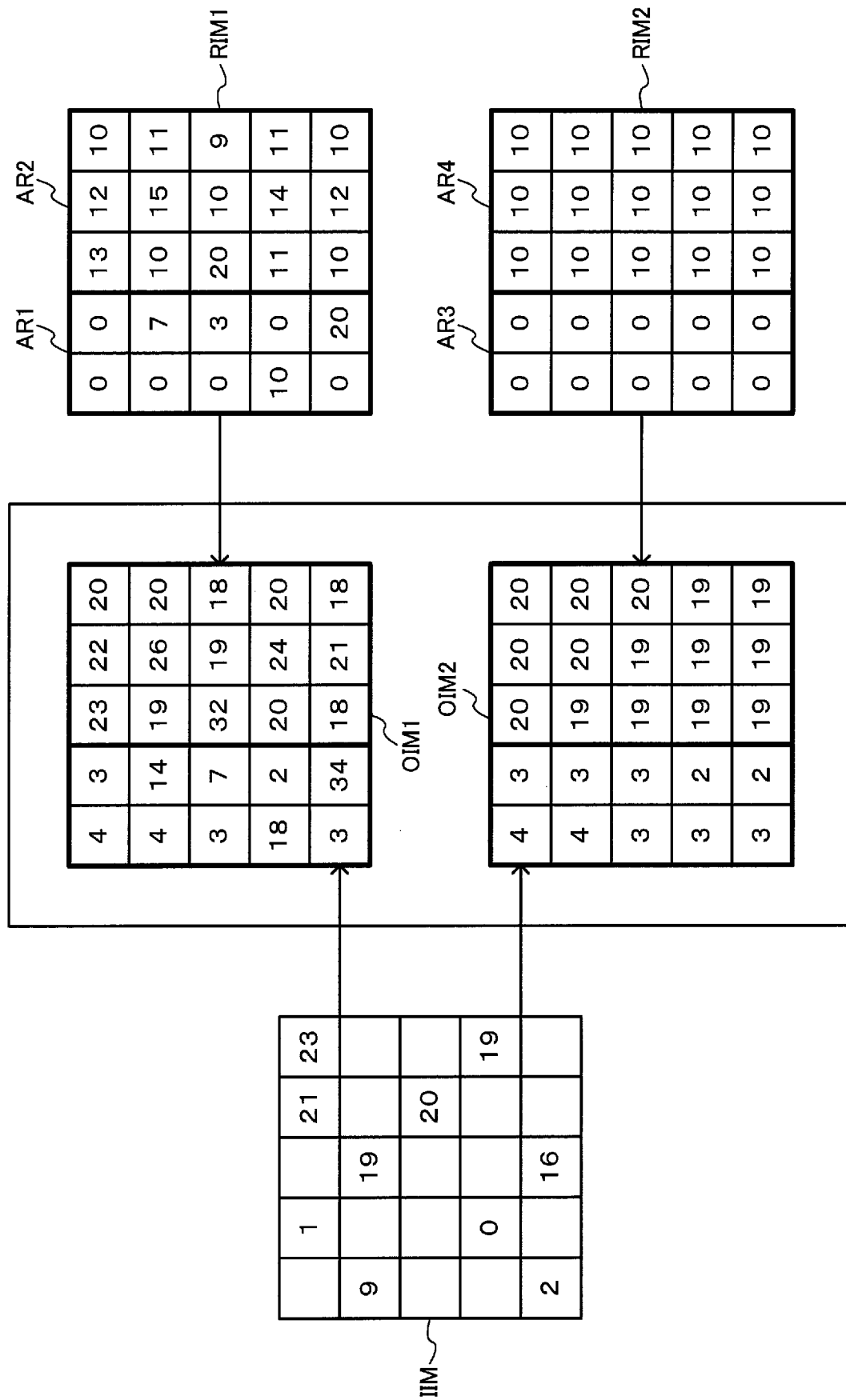
[図6]



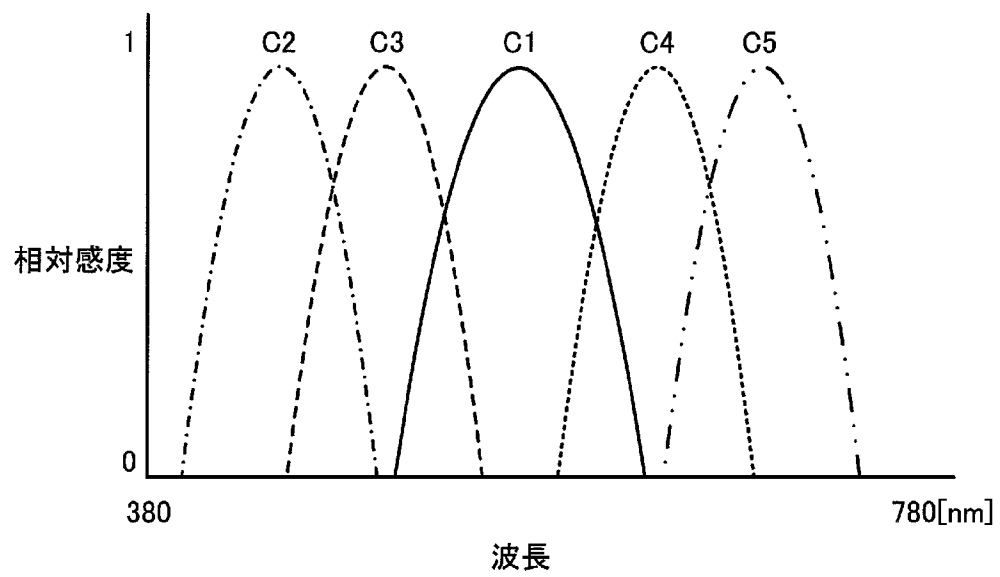
[図7]



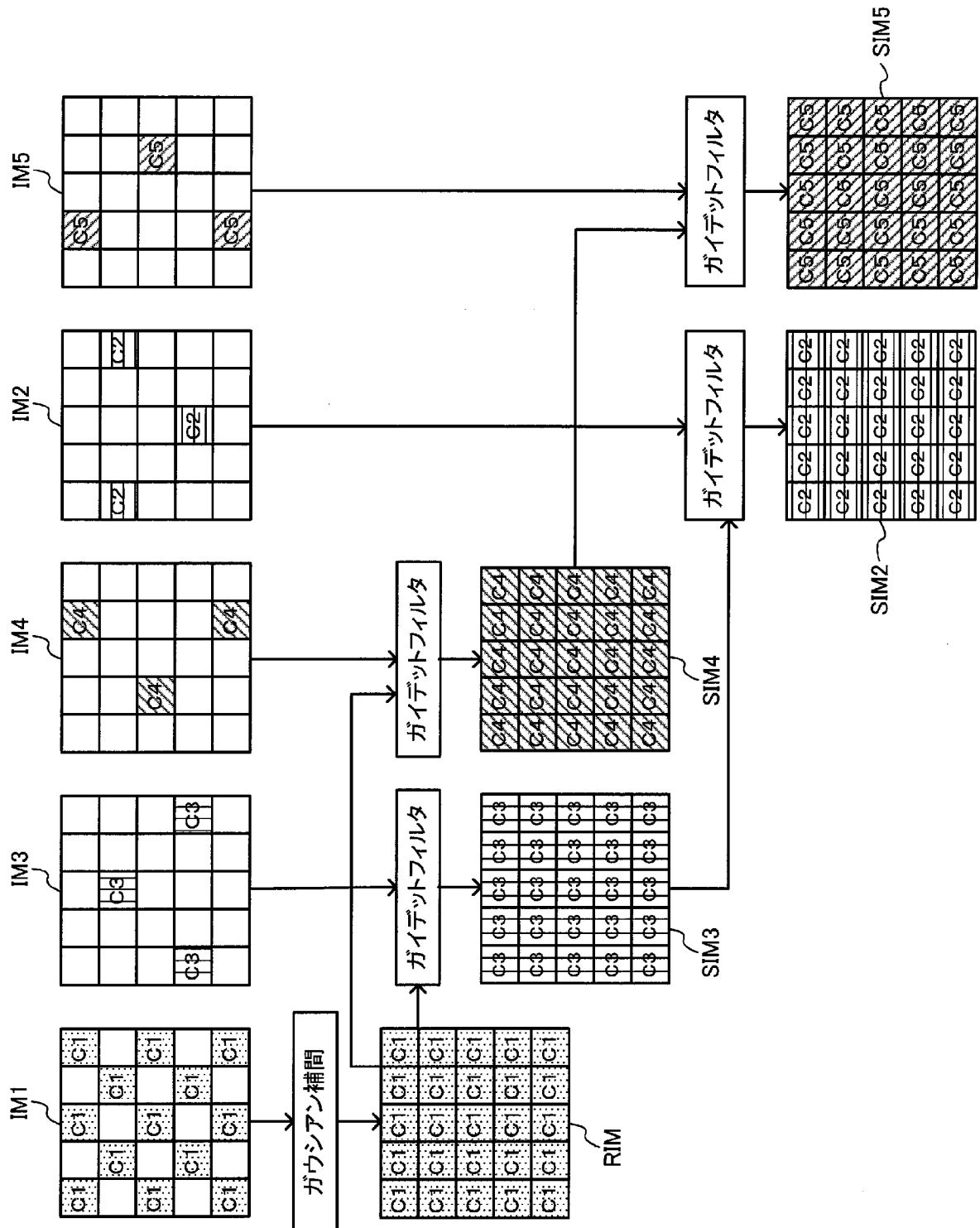
[図8]



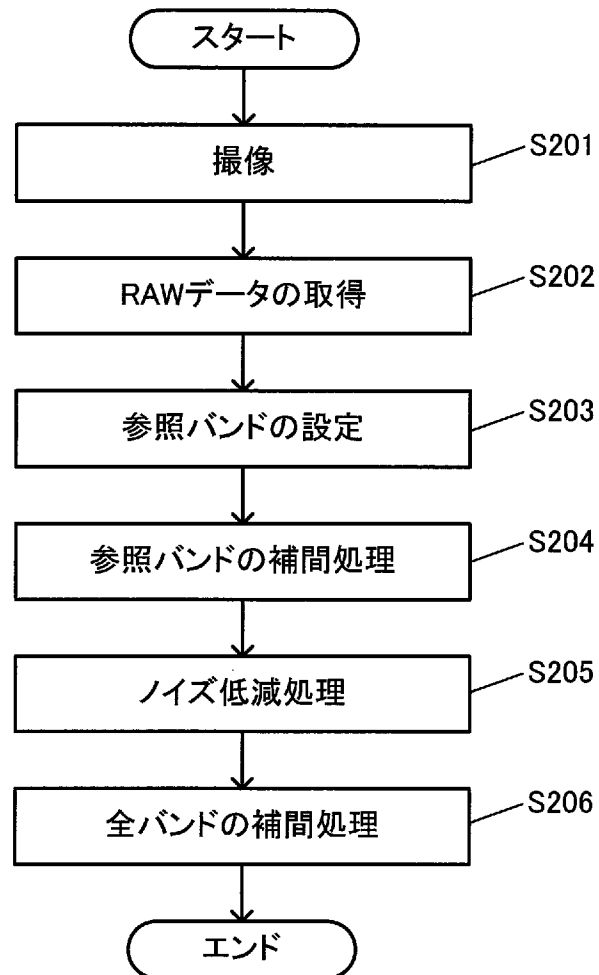
[図9]



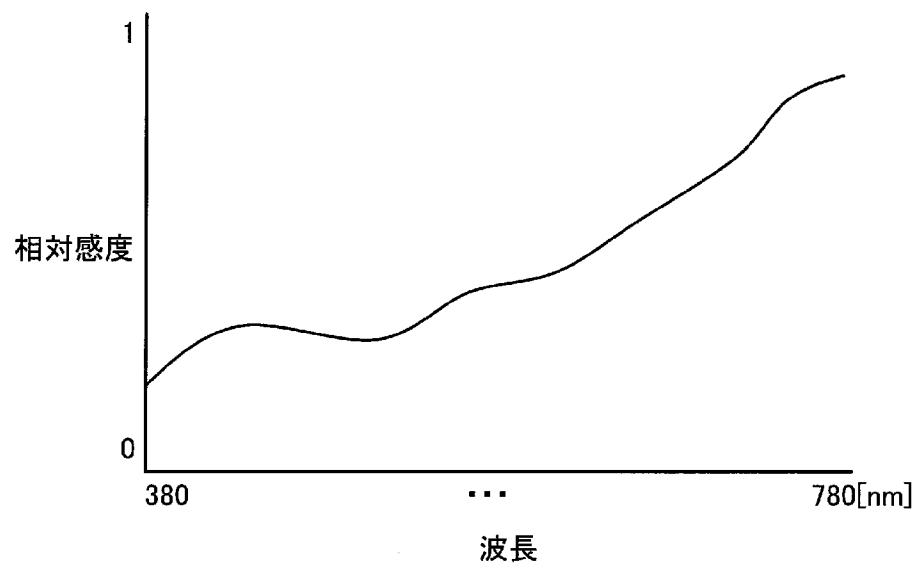
[図10]



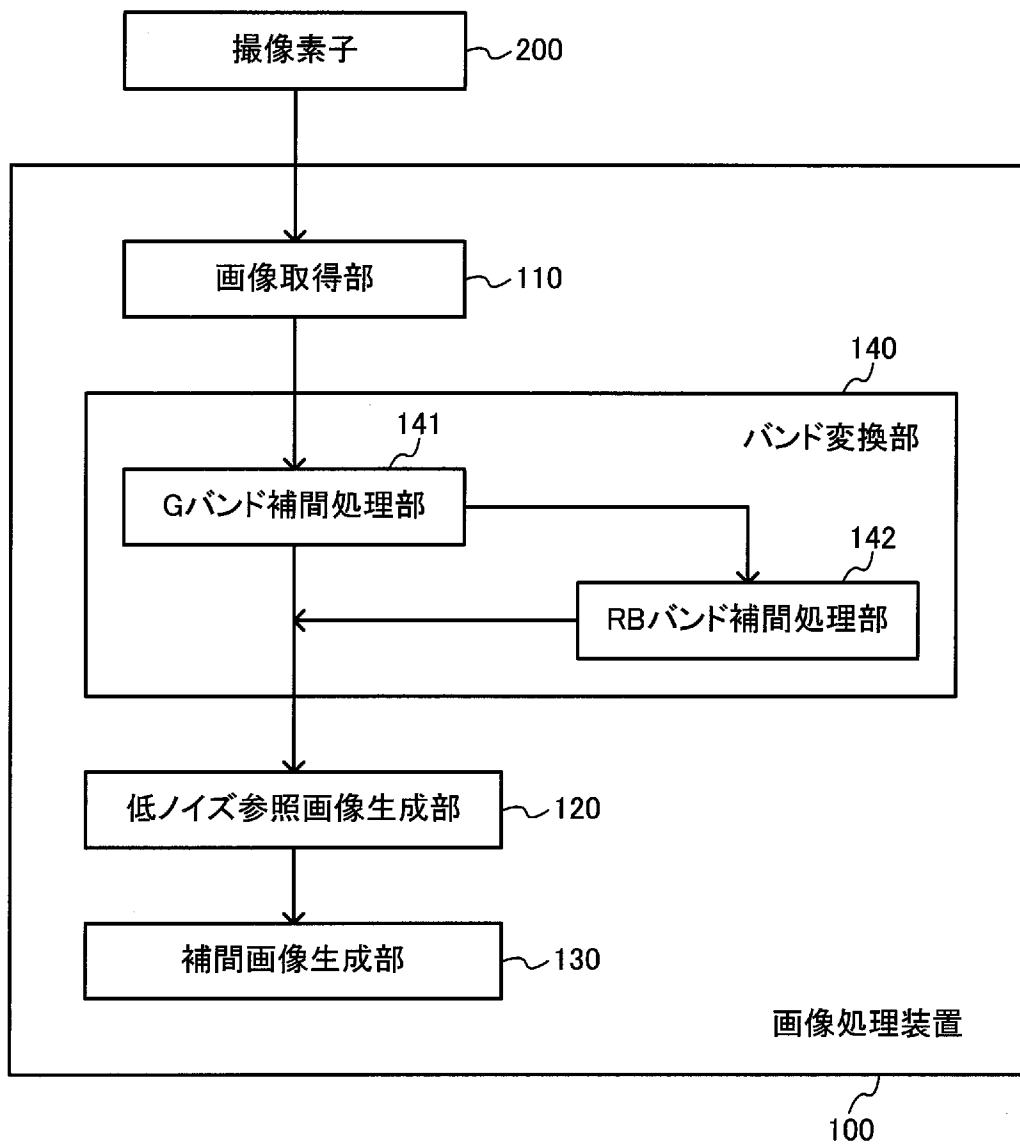
[図11]



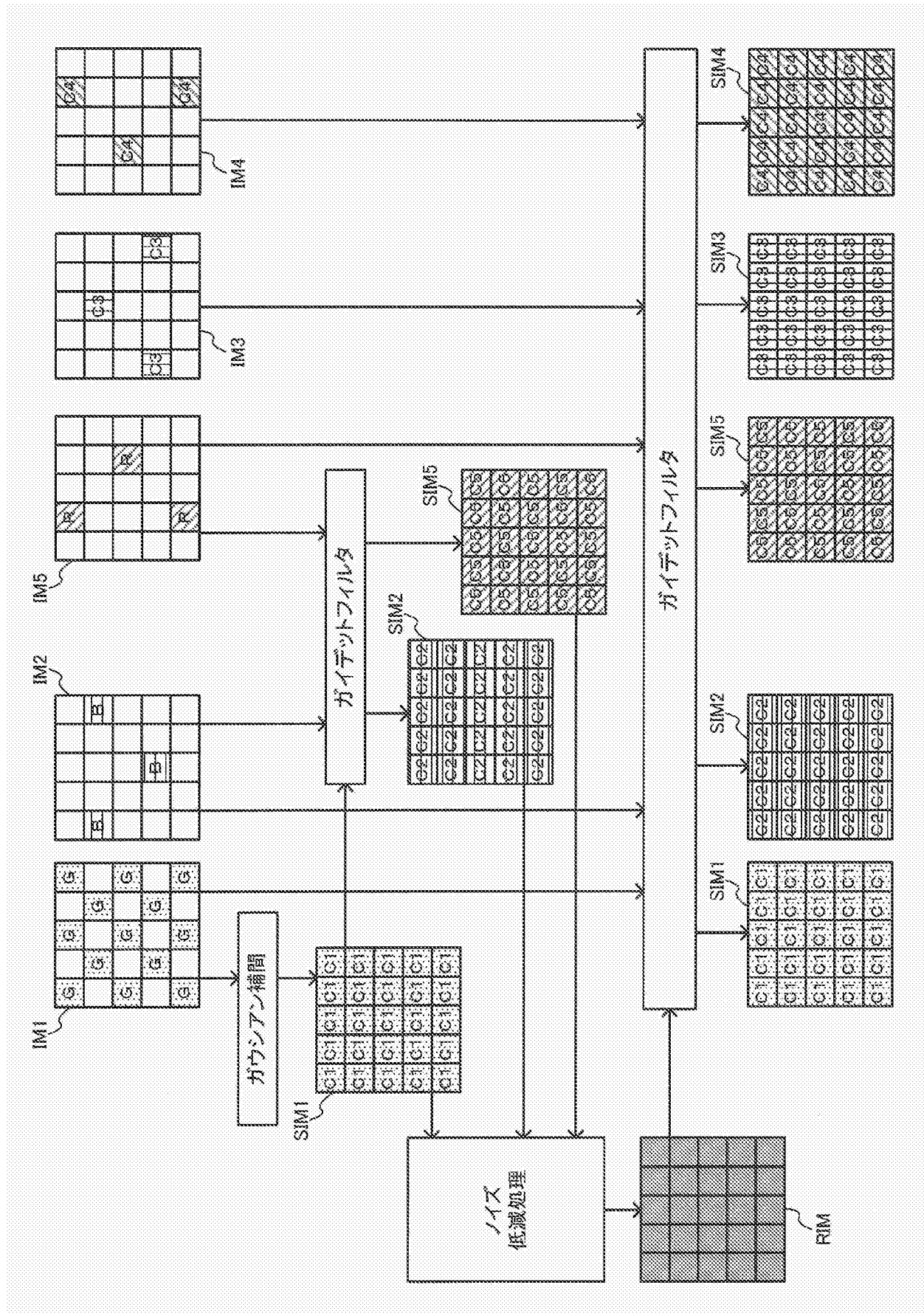
[図12]



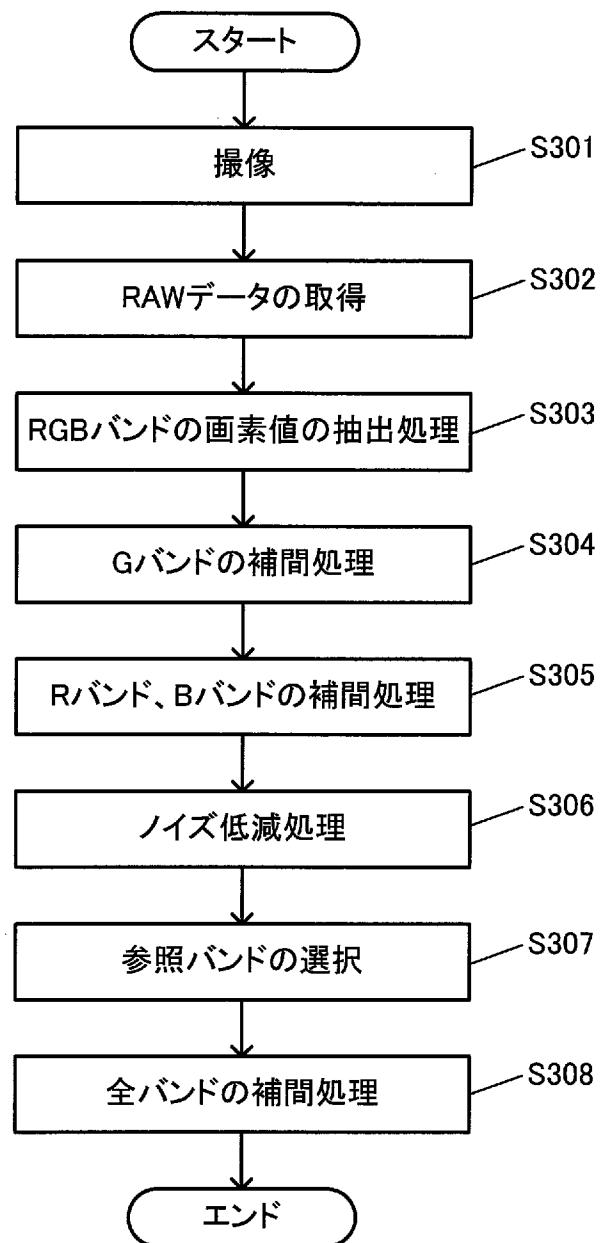
[図13]



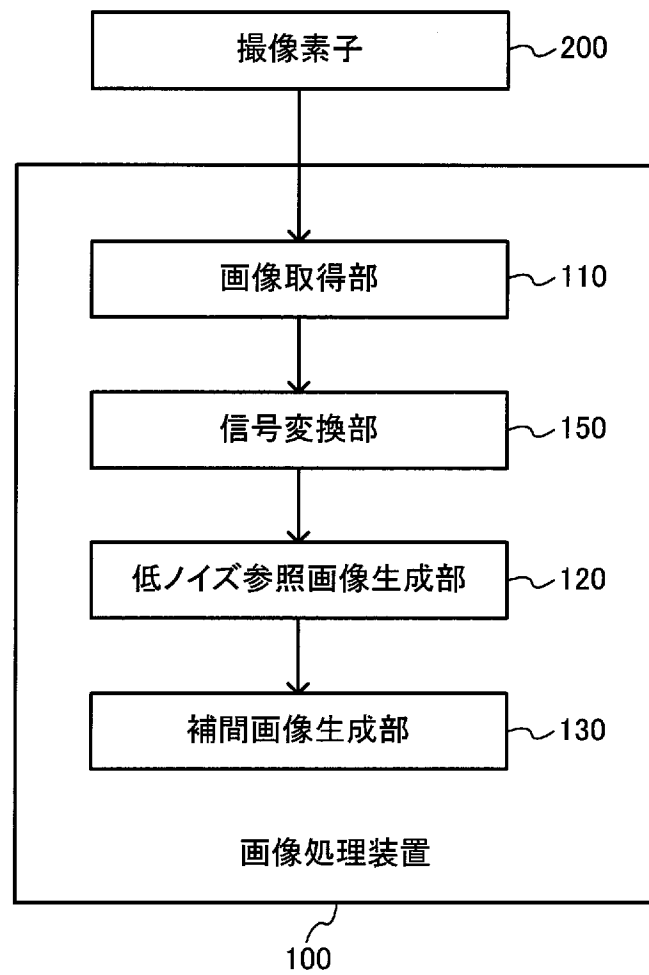
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/077286

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 2012-239038 A (Tokyo Institute of Technology), 06 December 2012 (06.12.2012), paragraphs [0009] to [0158] & US 2014/0072214 A1 & WO 2012/153489 A1	1-4, 7, 11, 15-17
X	JP 2013-93754 A (Olympus Corp.), 16 May 2013 (16.05.2013), paragraphs [0051] to [0058] & US 2013/0107002 A1	1, 16, 17
A	JP 2012-222704 A (Olympus Corp.), 12 November 2012 (12.11.2012), paragraphs [0061] to [0108] (Family: none)	1-17

☐ 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
07 January 2015 (07.01.15)

Date of mailing of the international search report
20 January 2015 (20.01.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan 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 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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 2012-239038 A（国立大学法人東京工業大学）2012.12.06, 段落【0009】 - 【0158】 & US 2014/0072214 A1 & WO 2012/153489 A1	1-4, 7, 11, 15-17
X	JP 2013-93754 A（オリンパス株式会社）2013.05.16, 段落【0051】 - 【0058】 & US 2013/0107002 A1	1, 16, 17
A	JP 2012-222704 A（オリンパス株式会社）2012.11.12, 段落【0061】 - 【0108】（ファミリーなし）	1-17

☐ 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

0 7 . 0 1 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 0 . 0 1 . 2 0 1 5

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）

松永 隆志

5 V

4 2 2 8

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 7 1