

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6595161号
(P6595161)

(45) 発行日 令和1年10月23日(2019.10.23)

(24) 登録日 令和1年10月4日(2019.10.4)

(51) Int.Cl.

F 1

H04N	9/07	(2006.01)	H04N	9/07	A
H01L	27/146	(2006.01)	H01L	27/146	D
G02B	5/20	(2006.01)	H04N	9/07	D
G06T	1/00	(2006.01)	GO2B	5/20	1 O 1
			GO6T	1/00	4 2 O D

請求項の数 4 (全 20 頁)

(21) 出願番号

特願2014-155662 (P2014-155662)

(22) 出願日

平成26年7月31日 (2014.7.31)

(65) 公開番号

特開2016-34055 (P2016-34055A)

(43) 公開日

平成28年3月10日 (2016.3.10)

審査請求日

平成29年7月25日 (2017.7.25)

(73) 特許権者 316005926

ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社

神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号

100121131

弁理士 西川 孝

100082131

弁理士 稲本 義雄

(72) 発明者 唯野 隆一

東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

審査官 大室 秀明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、画像処理方法、及び、撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被写体からの光を集光するレンズ部と、

前記レンズ部の開口部に配置され、所定の特性を有する第1のカラーフィルタと、

前記レンズ部からの光を光電変換して、画像信号として出力するイメージセンサと、

前記イメージセンサの前面に配置され、前記第1のカラーフィルタと異なる特性を有するとともに、各色がランダムに配列された第2のカラーフィルタと、

前記イメージセンサから出力される前記画像信号に対して圧縮センシングを適用することで、前記被写体の画像を復元する画像処理部と

を備え、

前記第1のカラーフィルタは、シアン(Cy)、マゼンタ(Mg)、黄(Ye)、白(W)の各色からなるフィルタであり、

前記第2のカラーフィルタは、赤(R)、緑(G)、青(B)の各色と、赤外線光を透過させることが可能なIR(Infrared Ray)パスフィルタからなるフィルタあり、前記圧縮センシングにおいては、前記第1のカラーフィルタと前記第2のカラーフィルタを通る過程が観測行列とされ、色チャンネルごとの前記観測行列と観測画像を用いて、各色チャンネルにおける前記被写体の画像の復元処理が行われ、

前記観測画像は、

前記シアン(Cy)のフィルタを透過した光が、前記緑(G)、前記青(B)のフィルタと前記IRパスフィルタをさらに透過することで得られる第1の観測画像と、

10

20

前記マゼンタ（Mg）のフィルタを透過した光が、前記赤（R）、前記青（B）のフィルタと前記IRバスフィルタをさらに透過することで得られる第2の観測画像と、

前記黄（Ye）のフィルタを透過した光が、前記赤（R）、前記緑（G）のフィルタと前記IRバスフィルタをさらに透過することで得られる第3の観測画像と、

前記白（W）のフィルタを透過した光が、前記赤（R）、前記緑（G）、前記青（B）のフィルタと前記IRバスフィルタをさらに透過することで得られる第4の観測画像とを含む

画像処理装置。

【請求項2】

前記画像処理部は、前記イメージセンサから出力される画像信号に対して所定の画像処理を施すことで得られる視差情報を用いて、奥行き情報を算出する 10

請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項3】

画像処理装置の画像処理方法において、

前記画像処理装置が、

所定の特性を有する第1のカラーフィルタが開口部に配置されるレンズ部であって被写体からの光を集光する前記レンズ部からの光が、前記第1のカラーフィルタと異なる特性を有するとともに各色がランダムに配列された第2のカラーフィルタが前面に配置されるイメージセンサにより光電変換されることで得られる画像信号に対して圧縮センシングを適用することで、前記被写体の画像を復元する 20

ステップを含み、

前記第1のカラーフィルタは、シアン（Cy）、マゼンタ（Mg）、黄（Ye）、白（W）の各色からなるフィルタであり、

前記第2のカラーフィルタは、赤（R）、緑（G）、青（B）の各色と、赤外線光を透過させることができ可能なIRバスフィルタからなるフィルタであり、

前記圧縮センシングにおいては、前記第1のカラーフィルタと前記第2のカラーフィルタを通る過程が観測行列とされ、色チャンネルごとの前記観測行列と観測画像を用いて、各色チャンネルにおける前記被写体の画像の復元処理が行われ、

前記観測画像は、

前記シアン（Cy）のフィルタを透過した光が、前記緑（G）、前記青（B）のフィルタと前記IRバスフィルタをさらに透過することで得られる第1の観測画像と、 30

前記マゼンタ（Mg）のフィルタを透過した光が、前記赤（R）、前記青（B）のフィルタと前記IRバスフィルタをさらに透過することで得られる第2の観測画像と、

前記黄（Ye）のフィルタを透過した光が、前記赤（R）、前記緑（G）のフィルタと前記IRバスフィルタをさらに透過することで得られる第3の観測画像と、

前記白（W）のフィルタを透過した光が、前記赤（R）、前記緑（G）、前記青（B）のフィルタと前記IRバスフィルタをさらに透過することで得られる第4の観測画像とを含む

画像処理方法。

【請求項4】

被写体からの光を集光するレンズ部と、

前記レンズ部の開口部に配置され、所定の特性を有する第1のカラーフィルタと、

前記レンズ部からの光を光電変換して、画像信号として出力するイメージセンサと、

前記イメージセンサの前面に配置され、前記第1のカラーフィルタと異なる特性を有するとともに、各色がランダムに配列された第2のカラーフィルタと、

前記イメージセンサから出力される前記画像信号に対して圧縮センシングを適用することで、前記被写体の画像を復元する画像処理部と

を備え、

前記第1のカラーフィルタは、シアン（Cy）、マゼンタ（Mg）、黄（Ye）、白（W）の各色からなるフィルタであり、

10

20

30

40

50

前記第2のカラーフィルタは、赤(R)、緑(G)、青(B)の各色と、赤外線光を透過させることが可能なIRパスフィルタからなるフィルタであり、

前記圧縮センシングにおいては、前記第1のカラーフィルタと前記第2のカラーフィルタを通る過程が観測行列とされ、色チャンネルごとの前記観測行列と観測画像を用いて、各色チャンネルにおける前記被写体の画像の復元処理が行われ、

前記観測画像は、

前記シアン(Cy)のフィルタを透過した光が、前記緑(G)、前記青(B)のフィルタと前記IRパスフィルタをさらに透過することで得られる第1の観測画像と、

前記マゼンタ(Mg)のフィルタを透過した光が、前記赤(R)、前記青(B)のフィルタと前記IRパスフィルタをさらに透過することで得られる第2の観測画像と、

前記黄(Ye)のフィルタを透過した光が、前記赤(R)、前記緑(G)のフィルタと前記IRパスフィルタをさらに透過することで得られる第3の観測画像と、

前記白(W)のフィルタを透過した光が、前記赤(R)、前記緑(G)、前記青(B)のフィルタと前記IRパスフィルタをさらに透過することで得られる第4の観測画像とを含む

撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本技術は、画像処理装置、画像処理方法、及び、撮像装置に関し、特に、受光面への十分な入射光量を確保してS/N比を改善しつつ、モアレを軽減することができるようになした画像処理装置、画像処理方法、及び、撮像装置に関する。 20

【背景技術】

【0002】

従来、イメージセンサを使用して、被写体の画像を取得しつつ、パッシブに奥行き情報を得る方法として、レンズ部の開口部にカラーフィルタを設けたColor-Filtered Apertureと呼ばれる技術が提案されている（例えば、非特許文献1参照）。特許文献1には、Color-Filtered Apertureの原理を利用して、シーンの奥行きを推定する方法が開示されている。

【先行技術文献】 30

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2009-276294号公報

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献1】Extracting Depth and Matte using a Color-Filtered Aperture by Yosuke Bando, Bing-yu Chen, Tomoyuki Nishita

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】 40

ところで、従来の技術であると、レンズ部に入射した光が、当該レンズ部の開口部に設けられたカラーフィルタの4分割された領域のうち、1つの領域しか透過しないため、その光量が1/4となって、S/N比(Signal to Noise Ratio)が悪化していた。同様にまた、レンズ部に入射した光が、カラーフィルタの1つの領域しか透過しないため、その解像度が縦横で半分になって、モアレが発生する恐れがあった。

【0006】

そのため、Color-Filtered Apertureの原理を利用した場合において、受光面への十分な入射光量を確保してS/N比を改善しつつ、モアレを軽減するための技術が求められていた。

【0007】 50

本技術はこのような状況に鑑みてなされたものであり、受光面への十分な入射光量を確保してS/N比を改善しつつ、モアレを軽減することができるようとするものである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本技術の一側面の画像処理装置は、被写体からの光を集光するレンズ部と、前記レンズ部の開口部に配置され、所定の特性を有する第1のカラーフィルタと、前記レンズ部からの光を光電変換して、画像信号として出力するイメージセンサと、前記イメージセンサの前面に配置され、前記第1のカラーフィルタと異なる特性を有するとともに、各色がランダムに配列された第2のカラーフィルタと、前記イメージセンサから出力される前記画像信号に対して圧縮センシングを適用することで、前記被写体の画像を復元する画像処理部とを備え、前記第1のカラーフィルタは、シアン(Cy)、マゼンタ(Mg)、黄(Ye)、白(W)の各色からなるフィルタであり、前記第2のカラーフィルタは、赤(R)、緑(G)、青(B)の各色と、赤外線光を透過させることができ可能なIR(Infrared Ray)バスフィルタからなるフィルタであり、前記圧縮センシングにおいては、前記第1のカラーフィルタと前記第2のカラーフィルタを通る過程が観測行列とされ、色チャンネルごとの前記観測行列と観測画像を用いて、各色チャンネルにおける前記被写体の画像の復元処理が行われ、前記観測画像は、前記シアン(Cy)のフィルタを透過した光が、前記緑(G)、前記青(B)のフィルタと前記IRバスフィルタをさらに透過することで得られる第1の観測画像と、前記マゼンタ(Mg)のフィルタを透過した光が、前記赤(R)、前記青(B)のフィルタと前記IRバスフィルタをさらに透過することで得られる第2の観測画像と、前記黄(Ye)のフィルタを透過した光が、前記赤(R)、前記緑(G)のフィルタと前記IRバスフィルタをさらに透過することで得られる第3の観測画像と、前記白(W)のフィルタを透過した光が、前記赤(R)、前記緑(G)、前記青(B)のフィルタと前記IRバスフィルタをさらに透過することで得られる第4の観測画像とを含む画像処理装置である。10

【0013】

前記画像処理部は、前記イメージセンサから出力される画像信号に対して所定の画像処理を施すことで得られる視差情報を用いて、奥行き情報を算出することができる。

【0014】

前記画像処理装置は、独立した装置であってもよいし、1つの装置を構成している内部ブロックであってもよい。30

【0015】

本技術の一側面の画像処理方法は、画像処理装置の画像処理方法において、前記画像処理装置が、所定の特性を有する第1のカラーフィルタが開口部に配置されるレンズ部であって被写体からの光を集光する前記レンズ部からの光が、前記第1のカラーフィルタと異なる特性を有するとともに各色がランダムに配列された第2のカラーフィルタが前面に配置されるイメージセンサにより光電変換されることで得られる画像信号に対して圧縮センシングを適用することで、前記被写体の画像を復元するステップを含み、前記第1のカラーフィルタは、シアン(Cy)、マゼンタ(Mg)、黄(Ye)、白(W)の各色からなるフィルタであり、前記第2のカラーフィルタは、赤(R)、緑(G)、青(B)の各色と、赤外線光を透過させることができ可能なIRバスフィルタからなるフィルタであり、前記圧縮センシングにおいては、前記第1のカラーフィルタと前記第2のカラーフィルタを通る過程が観測行列とされ、色チャンネルごとの前記観測行列と観測画像を用いて、各色チャンネルにおける前記被写体の画像の復元処理が行われ、前記観測画像は、前記シアン(Cy)のフィルタを透過した光が、前記緑(G)、前記青(B)のフィルタと前記IRバスフィルタをさらに透過することで得られる第1の観測画像と、前記マゼンタ(Mg)のフィルタを透過した光が、前記赤(R)、前記青(B)のフィルタと前記IRバスフィルタをさらに透過することで得られる第2の観測画像と、前記黄(Ye)のフィルタを透過した光が、前記赤(R)、前記青(B)のフィルタと前記IRバスフィルタをさらに透過することで得られる第3の観測画像と、前記白(W)のフィルタを透過した光が、前記赤(R)、前記緑(G)のフィルタと前記IRバスフィルタをさらに透過することで得られる第4の観測画像とを含む。40

50

(R)、前記緑(G)、前記青(B)のフィルタと前記IRパスフィルタをさらに透過することで得られる第4の観測画像とを含む画像処理方法である。

【0016】

本技術の一側面の撮像装置は、被写体からの光を集光するレンズ部と、前記レンズ部の開口部に配置され、所定の特性を有する第1のカラーフィルタと、前記レンズ部からの光を光電変換して、画像信号として出力するイメージセンサと、前記イメージセンサの前面に配置され、前記第1のカラーフィルタと異なる特性を有するとともに、各色がランダムに配列された第2のカラーフィルタと、前記イメージセンサから出力される前記画像信号に対して圧縮センシングを適用することで、前記被写体の画像を復元する画像処理部とを備え、前記第1のカラーフィルタは、シアン(Cy)、マゼンタ(Mg)、黄(Ye)、白(W)の各色からなるフィルタであり、前記第2のカラーフィルタは、赤(R)、緑(G)、青(B)の各色と、赤外線光を透過させることができ可能なIRパスフィルタからなるフィルタであり、前記圧縮センシングにおいては、前記第1のカラーフィルタと前記第2のカラーフィルタを通る過程が観測行列とされ、色チャンネルごとの前記観測行列と観測画像を用いて、各色チャンネルにおける前記被写体の画像の復元処理が行われ、前記観測画像は、前記シアン(Cy)のフィルタを透過した光が、前記緑(G)、前記青(B)のフィルタと前記IRパスフィルタをさらに透過することで得られる第1の観測画像と、前記マゼンタ(Mg)のフィルタを透過した光が、前記赤(R)、前記青(B)のフィルタと前記IRパスフィルタをさらに透過することで得られる第2の観測画像と、前記黄(Ye)のフィルタを透過した光が、前記赤(R)、前記緑(G)のフィルタと前記IRパスフィルタをさらに透過することで得られる第3の観測画像と、前記白(W)のフィルタを透過した光が、前記赤(R)、前記緑(G)、前記青(B)のフィルタと前記IRパスフィルタをさらに透過することで得られる第4の観測画像とを含む撮像装置である

。

【0017】

本技術の一側面の画像処理装置、画像処理方法、及び、撮像装置においては、所定の特性を有する第1のカラーフィルタが開口部に配置されるレンズ部であって被写体からの光を集め前記レンズ部からの光が、前記第1のカラーフィルタと異なる特性を有するとともに各色がランダムに配列された第2のカラーフィルタが前面に配置されるイメージセンサにより光電変換されることで得られる画像信号に対して圧縮センシングを適用することで、前記被写体の画像が復元される。また、前記第1のカラーフィルタは、シアン(Cy)、マゼンタ(Mg)、黄(Ye)、白(W)の各色からなるフィルタとされ、前記第2のカラーフィルタは、赤(R)、緑(G)、青(B)の各色と、赤外線光を透過させることができ可能なIR(Infrared Ray)パスフィルタからなるフィルタとされる。さらに、前記圧縮センシングにおいては、前記第1のカラーフィルタと前記第2のカラーフィルタを通る過程が観測行列とされ、色チャンネルごとの前記観測行列と観測画像を用いて、各色チャンネルにおける前記被写体の画像の復元処理が行われ、前記観測画像には、前記シアン(Cy)のフィルタを透過した光が、前記緑(G)、前記青(B)のフィルタと前記IRパスフィルタをさらに透過することで得られる第1の観測画像と、前記マゼンタ(Mg)のフィルタを透過した光が、前記赤(R)、前記青(B)のフィルタと前記IRパスフィルタをさらに透過することで得られる第2の観測画像と、前記黄(Ye)のフィルタを透過した光が、前記赤(R)、前記緑(G)のフィルタと前記IRパスフィルタをさらに透過することで得られる第3の観測画像と、前記白(W)のフィルタを透過した光が、前記赤(R)、前記緑(G)、前記青(B)のフィルタと前記IRパスフィルタをさらに透過することで得られる第4の観測画像とが含まれる。

【発明の効果】

【0018】

本技術の一側面によれば、受光面への十分な入射光量を確保してS/N比を改善しつつ、モアレを軽減することができる。

【0019】

10

20

30

40

50

なお、ここに記載された効果は必ずしも限定されるものではなく、本開示中に記載されたいずれかの効果であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本技術を適用した画像処理装置の一実施の形態の構成を示す図である。

【図2】レンズ部の開口部に配置される1次カラーフィルタの構成例を示す図である。

【図3】イメージセンサの前面に配置される2次カラーフィルタの構成例を示す図である。

【図4】各経路を透過した光から得られる観測画像を模式的に表した図である。

【図5】波長域ごとのCMYの各フィルタを透過する光の光量を示す図である。 10

【図6】波長域ごとのRGBの各フィルタを透過する光の光量を示す図である。

【図7】本技術を適用したカラーフィルタの配置により得られる観測画像を説明する図である。

【図8】従来のカラーフィルタの配置により得られる観測画像を説明する図である。

【図9】圧縮センシングを利用した被写体画像の復元処理の原理を説明する図である。

【図10】圧縮センシングを利用した被写体画像の復元処理の原理を説明する図である。

【図11】Rチャンネルに注目した場合の1次カラーフィルタを透過する色成分を模式的に表した図である。

【図12】Rチャンネルに注目した場合の2次カラーフィルタを透過する色成分を模式的に表した図である。 20

【図13】画像処理装置により実行される画像処理の流れを説明するフローチャートである。

【図14】本技術を適用した撮像装置の一実施の形態の構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、図面を参照しながら本技術の実施の形態について説明する。なお、説明は以下の順序で行うものとする。

【0022】

1. 画像処理装置の構成

2. 入射光量確保の原理

3. 圧縮センシングを利用した復元処理

4. 画像処理の流れ

5. 撮像装置の構成

【0023】

<1. 画像処理装置の構成>

【0024】

図1は、本技術を適用した画像処理装置の一実施の形態の構成を示す図である。

【0025】

図1の画像処理装置10は、レンズ部の開口部にカラーフィルタを配置して、Color-Filtered Apertureの原理を利用した構成を採用している。図1において、画像処理装置10は、レンズ部111、1次カラーフィルタ112、イメージセンサ113、2次カラーフィルタ114、及び、画像処理部115から構成される。なお、図1においては、説明の都合上、レンズ部111と1次カラーフィルタ112は別々に図示されているが、実際には、1次カラーフィルタ112は、レンズ部111の内部に設けられる。また、2次カラーフィルタ114は、イメージセンサ113と一緒に構成される。 40

【0026】

レンズ部111は、1又は複数のレンズ群等から構成され、背景2の手前に位置する被写体1からの光(像光)を、イメージセンサ113の受光面上に入射させる。また、レンズ部111の内部には、1次カラーフィルタ112が配置されている。

【0027】

10

20

30

40

50

ここで、図2には、レンズ部111の外観が示されている。図2において、レンズ部111の開口部(絞りの部分)には、1次カラーフィルタ112が配置されており、被写体1からの光は、1次カラーフィルタ112を介して、後段のイメージセンサ113に入射されることになる。また、図2において、1次カラーフィルタ112は、その菱形形状が4つの領域に分割されており、各領域はそれぞれ、シアン(Cy)、マゼンタ(Mg)、黄(Ye)、又は白(W)の各色のフィルタからなる。

【0028】

図1の説明に戻り、イメージセンサ113は、CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)イメージセンサやCCD(Charge Coupled Device)イメージセンサ等の固体撮像装置である。イメージセンサ113は、光電変換素子(フォトダイオード)を有する複数の画素が行列状に2次元配置される画素アレイ部と、画素の駆動やA/D(Analog/Digital)変換などを行う周辺回路部から構成される。
10

【0029】

イメージセンサ113は、レンズ部111からの光を光電変換して、画像信号として画像処理部115に出力する。また、イメージセンサ113の前面には、2次カラーフィルタ114が配置されている。

【0030】

ここで、図3には、2次カラーフィルタ114の外観が示されている。図3において、2次カラーフィルタ114は、赤(R)、緑(G)、青(B)の各色のフィルタからなる。また、2次カラーフィルタ114には、赤外線光を透過させることができないIR(Infrared Ray)パスフィルタ(IR)が含まれている。この2次カラーフィルタ114においては、赤(R)、緑(G)、青(B)の各色からなるフィルタと、IRパスフィルタ(IR)がランダムに配列されている。
20

【0031】

すなわち、レンズ開口部に配置される1次カラーフィルタ112と、センサ画素上に配置される2次カラーフィルタ114は、異なる特性を有しており、1次カラーフィルタ112が透過させる色(減法混合の場合における三原色である、シアン(Cy)、マゼンタ(Mg)、黄(Ye))は、2次カラーフィルタ114が透過させる色(加法混合の場合における三原色である、赤(R)、緑(G)、青(B))と、補色の関係にある。

【0032】

なお、以下の説明では、1次カラーフィルタ112における、シアン(Cy)、マゼンタ(Mg)、黄(Ye)、白(W)の各フィルタをそれぞれ、Cyフィルタ、Mgフィルタ、Yeフィルタ、Wフィルタと称する。また、2次カラーフィルタ114における、赤(R)、緑(G)、青(B)の各フィルタをそれぞれ、Rフィルタ、Gフィルタ、Bフィルタと称する。
30

【0033】

さらに、以下の説明では、シアン(Cy)、マゼンタ(Mg)、黄(Ye)からなるカラーフィルタを、CMYフィルタとも称する。また、赤(R)、緑(G)、青(B)からなるカラーフィルタを、RGBフィルタとも称する。

【0034】

図1の説明に戻り、画像処理部115は、イメージセンサ113から出力される画像信号に対する所定の画像処理を行う。この画像処理としては、例えば、イメージセンサ113から出力される画像信号に対して圧縮センシングを適用して、被写体1の画像(被写体画像)を復元する処理が行われる。なお、圧縮センシングを利用した被写体1の画像(被写体画像)の復元処理の詳細な内容は後述する。
40

【0035】

図1の画像処理装置10は、以上のように構成される。この画像処理装置10においては、その開口部に1次カラーフィルタ112が配置されるレンズ部111により集光された被写体1からの光が、その前面に2次カラーフィルタ114が配置されるイメージセンサ113により光電変換されて、それにより得られる画像信号が、画像処理部115によ
50

り処理される。

【0036】

<2. 入射光量確保の原理>

【0037】

次に、図1の画像処理装置10において、イメージセンサ113の受光面が、十分な入射光量を確保する原理について説明する。

【0038】

図4に示すように、図1の画像処理装置10において、イメージセンサ113は、画像信号として、レンズ部111の開口部に配置される1次カラーフィルタ112の各色のフィルタを透過する光の経路に応じた観測画像を出力することになる。

10

【0039】

ここでは、1次カラーフィルタ112の各色のフィルタを透過する光の経路ごとに、Ye フィルタを透過した光から得られる経路Ye の観測画像、Cy フィルタを透過した光から得られる経路Cy の観測画像、Mg フィルタを透過した光から得られる経路Mg の観測画像、及び、W フィルタを透過した光から得られる経路W の観測画像の4つの観測画像が出力されることになる。なお、実際には、画像処理部115においては、これらの4つの観測画像を、重ね合わせて(足し合わせて)得られる画像が観測されることになる。また、以下の説明では、この観測結果を、yとして説明するものとする。

【0040】

具体的には、1次カラーフィルタ112において、Ye フィルタを透過する経路を通った光が、2次カラーフィルタ114を介してイメージセンサ113により受光されて得られる観測画像(図4の経路Ye の観測画像)は、2次カラーフィルタ114にランダムに配置されたR、G フィルタを透過した光から得られる赤(R)、緑(G)の画素と、IR パスフィルタを透過した光から得られる黄(Ye)の画素とから構成される。

20

【0041】

ここで、図5は、減法混合の場合における三原色である、シアン(Cy)、マゼンタ(Mg)、及び、黄(Ye)の各フィルタの特性を示している。一方、図6には、加法混合の場合における三原色である、赤(R)、緑(G)、青(B)の各フィルタの特性を示している。ただし、図5及び図6においては、横軸は各色の波長を示し、縦軸は各色のフィルタを透過する光量を示している。

30

【0042】

これらのフィルタの特性によれば、図5の黄(Ye)の波長域と、図6の赤(R)及び緑(G)の波長域とが対応する関係となっている。したがって、1次カラーフィルタ112のYe フィルタが、赤(R)の成分と、緑(G)の成分を透過するフィルタとしても機能して、2次カラーフィルタ114にランダムに配列されたR、G フィルタを透過した光から、赤(R)、緑(G)の画素が得られる。一方、1次カラーフィルタ112のYe フィルタは、青(B)の成分を透過するフィルタとしては機能しないので、図中の黒い四角で表すように、青(B)の画素は得られない。

【0043】

また、これらのフィルタの特性によれば、図5のシアン(Cy)の波長域と、図6の緑(G)及び青(B)の波長域とが対応する関係となっているので、1次カラーフィルタ112のCy フィルタは、緑(G)の成分と、青(B)の成分を透過するフィルタとしても機能することになるが、赤(R)の成分を透過するフィルタとしては機能しないことになる。

40

【0044】

このようなCy フィルタの特性から、経路Cy の観測画像(図4)は、2次カラーフィルタ114にランダムに配列されたG、B フィルタを透過した光から得られる緑(G)、青(B)の画素と、IR パスフィルタを透過した光から得られるシアン(Cy)の画素とから構成される。なお、経路Cy の観測画像(図4)の場合、Cy フィルタが赤(R)の成分を透過させないため、図中の黒い四角で表すように、赤(R)の画素は得られない。

50

【0045】

また、これらのフィルタの特性によれば、図5のマゼンタ(Mg)の波長域と、図6の赤(R)及び青(B)の波長域とが対応する関係となっているので、1次カラーフィルタ112のMgフィルタは、赤(R)の成分と、青(B)の成分を透過するフィルタとしても機能することになるが、緑(G)の成分を透過するフィルタとしては機能しないことになる。

【0046】

このようなMgフィルタの特性から、経路Mgの観測画像(図4)は、2次カラーフィルタ114にランダムに配列されたR、Bフィルタを透過した光から得られる赤(R)、青(B)の画素と、IRバスフィルタを透過した光から得られるマゼンタ(Mg)の画素とから構成される。なお、経路Mgの観測画像(図4)の場合、Mgフィルタが緑(G)の成分を透過させないため、図中の黒い四角で表すように、緑(G)の画素は得られない。
10

【0047】

さらに、1次カラーフィルタ112の白(W)のフィルタは、赤(R)、緑(G)、及び、青(B)の全ての成分を透過するフィルタとして機能するので、経路Wの観測画像(図4)は、2次カラーフィルタ114にランダムに配列されたR、G、Bフィルタを透過した光から得られる赤(R)、緑(G)、及び、青(B)の画素と、IRバスフィルタを透過した光から得られる画素とから構成される。

【0048】

このように、レンズ部111の開口部に、減法混合の場合の三原色(シアン(Cy)、マゼンタ(Mg)、黄(Ye))の各色からなる1次カラーフィルタ112を配置し、イメージセンサ113の前面に、加法混合の場合の三原色(赤(R)、緑(G)、青(B))の各色からなる2次カラーフィルタ114を配置する構成を採用することで、図4に示すような、4つの観測画像(観測結果y)が得されることになる。
20

【0049】

以上をまとめると、図7の上段に示すように、レンズ部111から、イメージセンサ113の受光面に入射される被写体1からの光は、1次カラーフィルタ112のYeフィルタによって、赤(R)の成分と緑(G)の成分が透過され、さらに、2次カラーフィルタ114のRフィルタにより赤(R)の成分が、Gフィルタにより緑(G)の成分がそれぞれ透過される。これにより、経路Yeの観測画像(図4)として、赤(R)及び緑(G)の画素を含む画像が得られる。
30

【0050】

また、図7の中段に示すように、被写体1からの光は、1次カラーフィルタ112のCyフィルタによって、緑(G)の成分と青(B)の成分が透過され、さらに、2次カラーフィルタ114のGフィルタにより緑(G)の成分が、Bフィルタにより青(B)の成分がそれぞれ透過される。これにより、経路Cyの観測画像(図4)として、緑(G)と青(B)の画素を含む画像が得られる。

【0051】

また、図7の下段に示すように、被写体1からの光は、1次カラーフィルタ112のMgフィルタによって、赤(R)の成分と青(B)の成分が透過され、さらに、2次カラーフィルタ114のRフィルタにより赤(R)の成分が、Bフィルタにより青(B)の成分がそれぞれ透過される。これにより、経路Mgの観測画像(図4)として、赤(R)及び青(B)の画素を含む画像が得られる。
40

【0052】

なお、ここで、比較のために、レンズ部111の開口部と、イメージセンサ113の前面の両方に、加法混合の場合の三原色(赤(R)、緑(G)、青(B))の各色からなるカラーフィルタが配置される構成を採用した場合に取得される観測画像についてまとめると、図8に示すようになる。

【0053】

10

20

30

40

50

すなわち、図 8 の上段に示すように、レンズ部 111 から、イメージセンサ 113 の受光面に入射される被写体 1 からの光は、レンズ部 111 の開口部に配置された 1 次カラーフィルタ 112 の R フィルタによって、赤 (R) の成分のみが透過され、さらに、イメージセンサ 113 の前面に配置された 2 次カラーフィルタ 114 の R フィルタにより赤 (R) の成分のみが透過される。これにより、経路 R の観測画像として、赤 (R) の画素のみを含む画像が得られる。

【0054】

また、図 8 の中段に示すように、被写体 1 からの光は、1 次カラーフィルタ 112 の G フィルタによって、緑 (G) の成分のみが透過され、さらに、2 次カラーフィルタ 114 の G フィルタにより緑 (G) の成分のみが透過される。これにより、経路 G の観測画像として、緑 (G) の画素のみを含む画像が得られる。10

【0055】

また、図 8 の下段に示すように、被写体 1 からの光は、1 次カラーフィルタ 112 の B フィルタにより青 (B) の成分のみが透過され、さらに、2 次カラーフィルタ 114 の B フィルタにより青 (B) の成分のみが透過される。これにより、経路 B の観測画像として、青 (B) の画素のみを含む画像が得られる。

【0056】

このように、1 次カラーフィルタ 112 と 2 次カラーフィルタ 114 として、共に RG B フィルタを用いてその特性を同一にした場合、各色のフィルタごとに、単一の色成分しか透過されないため、RGB フィルタと補色の関係にある CMY フィルタを用いてその特性を異ならせた場合と比べて、イメージセンサ 113 の受光面で受光される光量が減少してしまい、S/N 比が悪化することになる。20

【0057】

これに対して、図 1 の画像処理装置 10においては、レンズ部 111 の開口部に配置される 1 次カラーフィルタ 112 として、RGB フィルタと補色の関係のある CMY フィルタを用いる一方、イメージセンサ 113 の前面に配置される 2 次カラーフィルタ 114 として RGB フィルタを用いることで、1 次カラーフィルタと 2 次カラーフィルタの特性を異ならせている。このような構成を採用した場合、CMY フィルタは、RGB フィルタに対して複数の色成分を透過させることができるので、RGB フィルタのみを用いている場合と比べて、フィルタの組み合わせによる光量のロスを低減して、イメージセンサ 113 の受光面で受光される光量を確保し、S/N 比を改善させることができる。30

【0058】

<3. 圧縮センシングを利用した復元処理>

【0059】

次に、図 1 の画像処理装置 10 により実行される、圧縮センシングを利用した復元処理について説明する。

【0060】

上述したように、図 1 の画像処理装置 10 においては、画像処理部 115 によって、イメージセンサ 113 から出力される画像信号（観測画像）に対して圧縮センシングが適用されることで、被写体 1 の画像（被写体画像（自然画像））を復元する処理が行われる。40

【0061】

圧縮センシング（Compressed Sensing, Compressive Sampling）とは、スパース性（零要素が多いという性質）を有する高次元の信号を、少ない観測数から復元する枠組みである。ここでは、復元される高次元の信号が、被写体 1 の画像（被写体画像）に相当し、観測数が、観測画像を重ね合わせて得られる観測結果 y に相当している。

【0062】

すなわち、図 9 に示すように、イメージセンサ 113 から出力される画像信号（図 4 の 4 つの観測画像を重ね合わせて得られる画像）を観測結果 y とし、被写体 1 の画像（被写体画像）を原信号 x とし、レンズ部 111 の開口部に配置された 1 次カラーフィルタ 112 と、イメージセンサ 113 の前面に配置された 2 次カラーフィルタ 114 を通る過程を50

観測行列 A とすると、下記の式(1)が成立することになる。

【0063】

【数1】

$$y = Ax \quad \dots (1)$$

⋮ (1)

【0064】

この式(1)の連立方程式を解くことで、観測結果 y と観測行列 A から、原信号 x を求めることができる。

【0065】

なお、図10に示すように、観測結果 y の観測数 M は、 N 次元の原信号 x よりも低次元となるため、一般に解を一意に定めることはできないが、ここでは、 N 次元の原信号 x が、 k -スパースであって、非零要素の個数が k 個とされることを利用する。つまり、自然画像の特性として、零要素が多いことが知られており、例えば、観測結果 y の次元よりも、原信号 x の非零要素の数が小さいときに、ランダム性を有する観測行列 A を用いて L1 復元法 (L1再構成法) を適用することにより、ある確率で、原信号 x が復元されることになる。換言すれば、自然画像は、空間周波数方向に対して冗長であるため、サンプリング量を間引いたとしても復元することが可能であるので、ここではそれを利用している。

10

【0066】

ここで、Rチャンネルに注目した場合、図11に示すように、レンズ部111の開口部に配置される1次カラーフィルタ112において、Mgフィルタ、Yeフィルタ、及びWフィルタは、赤(R)の成分を透過するが、Cyフィルタは、図中の黒い四角で表すように、赤(R)の成分は透過させないことになる。ここでは、この1次カラーフィルタ112を光が透過する過程を B_R と定義する。ただし、この B_R は、フォーカス位置に依存することになる。

20

【0067】

また、図12に示すように、イメージセンサ113の前面に配置される2次カラーフィルタ114において、Rチャンネルに注目した場合には、Rフィルタは、赤(R)の成分を透過するが、図中の黒い四角で表すように、GフィルタとBフィルタは、赤(R)の成分は透過させないことになる。ここでは、この2次カラーフィルタ114を光が透過する過程を C_R と定義する。

30

【0068】

このようにして、 B_R と C_R を定義すれば、1次カラーフィルタ112と2次カラーフィルタ114を通る過程を表す観測行列 A は、 B_R と C_R により表すことができるので、Rチャンネルにおける被写体画像の復元処理は、下記の式(2)の連立方程式を解くことで実現される。

【0069】

【数2】

$$y_R = C_R B_R x \quad \dots (2)$$

40

⋮ (2)

【0070】

なお、図12の2次カラーフィルタ114の配列からも明らかなように、Rチャンネルに注目した場合に、Rフィルタがランダムに配列されているため、サンプリングにランダム性を持たせることができるとなる。また、この復元処理は、局所的な情報を用いるのではなく、画像全体の情報を用いて行われるため、通常のデモザイク処理を行った場合と比べて、モアレを軽減することができる。

【0071】

また、ここでは、Rチャンネルに注目した場合を説明したが、Gチャンネル又はBチャンネルに注目した場合も同様に、観測行列 A を、 B_G と C_G 又は B_B と C_B により表すこ

50

とができる。

【0072】

すなわち、Gチャンネルにおける被写体画像の復元処理は、下記の式(3)の連立方程式を解くことで表現される。

【0073】

【数3】

$$y_G = C_G B_G X \quad \dots \quad (3)$$

$$\dots \quad (3)$$

【0074】

10

また、Bチャンネルにおける被写体画像の復元処理は、下記の式(4)の連立方程式を解くことで表現される。

【0075】

【数4】

$$y_B = C_B B_B X \quad \dots \quad (4)$$

$$\dots \quad (4)$$

【0076】

20

以上のように、図1の画像処理装置10は、レンズ部111の開口部に1次カラーフィルタ112を設けたColor-Filtered Apertureの原理を利用した構成を採用しているが、当該1次カラーフィルタ112として、RGBフィルタと補色の関係のあるCMYフィルタを用いる一方、イメージセンサ113の前面に配置される2次カラーフィルタ114としてRGBフィルタを用いることで、1次カラーフィルタと2次カラーフィルタの特性を異ならせている。このようなCMYフィルタとRGBフィルタの組み合わせを用いることで、RGBフィルタのみを用いる場合と比べて、フィルタの組み合わせによる光量のロスを低減することができるため、イメージセンサ113の受光面への十分な入射光量を確保して、S/N比を改善させることができる。

【0077】

20

また、画像処理装置10において、イメージセンサ113の前面に配置される2次カラーフィルタ114には、赤(R)、緑(G)、青(B)の各色からなるフィルタと、IRパスフィルタ(IR)がランダムに配列されているため、復元処理により復元される被写体画像におけるモアレを軽減することができる。その結果、画像処理装置10では、イメージセンサ113の受光面への十分な入射光量を確保してS/N比を改善しつつ、モアレを軽減することができる。

30

【0078】

なお、上述した説明では、1次カラーフィルタ112と2次カラーフィルタ114の組み合わせとして、CMYフィルタとRGBフィルタの組み合わせを説明したが、カラーフィルタの組み合わせはこれに限らず、例えば、同一の色で波長域を異ならせるなど、特性の異なるカラーフィルタの組み合わせであれば、他の組み合わせを採用するようにしてもよい。

40

【0079】

また、イメージセンサ113の前面に配置される2次カラーフィルタ114には、赤外線光を透過させることが可能なIRパスフィルタが含まれているため、例えば暗い場所等においては、赤外線画像が生成されるようにして、切り替えるようにしてもよい。ただし、2次カラーフィルタ114において、RGBフィルタ以外に、IRパスフィルタを含めるかどうかは任意である。

【0080】

<4. 画像処理の流れ>

【0081】

次に、図13のフローチャートを参照して、図1の画像処理装置10により実行される

50

画像処理の流れについて説明する。

【0082】

ステップS101において、画像処理部115は、イメージセンサ113から出力される画像信号を取得する。

【0083】

ステップS102において、画像処理部115は、イメージセンサ113からの画像信号に対する所定の画像処理を行う。上述したように、この画像処理としては、イメージセンサ113からの画像信号（観測画像）に対して圧縮センシングを適用することで、被写体1の画像（被写体画像）を復元する処理が行われる。

【0084】

なお、画像処理としては、被写体画像の復元処理のみならず、例えば、Color-Filtered Apertureの原理を利用して得られる視差情報（色ごとのずれ量）を用いて、奥行き情報などが求められるようにしてもよい。また、奥行き情報は、上述した圧縮センシングを利用して算出されるようにしてもよい。

【0085】

ステップS103において、画像処理部115は、ステップS102の画像処理の結果を、後段の回路等に出力する。ステップS103の処理が終了すると、図13の画像処理は終了する。

【0086】

以上、図1の画像処理装置10により実行される画像処理について説明した。この画像処理においては、その開口部に1次カラーフィルタ112が配置されるレンズ部111により集光された被写体からの光が、その前面に2次カラーフィルタ114が配置されるイメージセンサ113により光電変換されて、それにより得られる画像信号が、画像処理部115によって、処理されることになる。

【0087】

<5. 撮像装置の構成>

【0088】

図14は、本技術を適用した撮像装置の一実施の形態を示す図である。

【0089】

図14において、撮像装置300は、レンズ部301、イメージセンサ302、画像処理部303、フレームメモリ304、表示部305、記録部306、操作部307、及び、電源部308から構成される。また、撮像装置300において、画像処理部303、フレームメモリ304、表示部305、記録部306、操作部307、及び、電源部308は、バスライン309を介して相互に接続されている。

【0090】

レンズ部301は、上述したレンズ部111（図1）に相当するものである。レンズ部301は、1又は複数のレンズ群等から構成され、被写体からの光（像光）を、イメージセンサ302の受光面上に入射させる。なお、図示はしていないが、レンズ部301の開口部には、4つの領域に分割された各領域がそれぞれ、シアン（C_y）、マゼンタ（M_g）、黄（Y_e）、又は白（W）の各色のフィルタからなる1次カラーフィルタ（図1の1次カラーフィルタ112）が配置されている。

【0091】

イメージセンサ302は、例えばCMOSイメージセンサ等からなる上述のイメージセンサ113（図1）に相当するものである。イメージセンサ302は、光電変換素子を有する複数の画素が行列状に2次元配置される画素アレイ部とその周辺回路部とを有する。イメージセンサ302は、レンズ部301によって受光面上に結像された入射光の光量を、画素単位で電気信号に変換して、画像信号として、画像処理部303に出力する。なお、図示はしていないが、イメージセンサ302の前面には、赤（R）、緑（G）、青（B）の各色のフィルタからなる2次カラーフィルタ（図1の2次カラーフィルタ114）が配置されている。

10

20

30

40

50

【0092】

画像処理部303は、上述した画像処理部115(図1)に相当するものである。画像処理部303は、イメージセンサ113から出力される画像信号に対する所定の画像処理を行う。この画像処理としては、例えば、イメージセンサ113から出力される画像信号に対して圧縮センシングを適用することで、被写体画像を復元する処理が行われる。

【0093】

また、画像処理部303は、イメージセンサ302から出力される画像信号に対してカメラ信号処理を施す。当該信号処理により得られる画像データは、フレームメモリ304に一時的に格納され、表示部305又は記録部306に供給される。

【0094】

表示部305は、例えば、液晶パネルや有機EL(Electro Luminescence)パネル等から構成され、イメージセンサ302で撮像された動画又は静止画を表示する。記録部306は、イメージセンサ302で撮像された動画又は静止画の画像データを、半導体メモリやビデオテープ等の記録媒体に記録する。

【0095】

操作部307は、ユーザからの操作に従い、撮像装置300が有する各種の機能についての操作指令を発する。電源部308は、画像処理部303、フレームメモリ304、表示部305、記録部306、及び、操作部307の動作に必要となる電力を、これらの供給対象に対して適宜供給する。

【0096】

なお、本技術を適用した撮像装置は、上述した構成に限らず、他の構成であってもよい。例えば、デジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラだけでなく、携帯電話機、スマートフォン、タブレット型デバイス、又はパーソナルコンピュータ等の、撮像機能を有する情報処理装置であってもよい。また、本技術を適用した撮像装置は、他の情報処理装置に装着して使用される(又は組み込みデバイスとして搭載される)カメラモジュールであってもよい。

【0097】

また、上述した一連の処理(例えば、図13の画像処理)は、ハードウェアにより実行させることもできるし、ソフトウェアにより実行させることもできる。当該一連の処理をソフトウェアにより実行させる場合には、そのソフトウェアを構成するプログラムが、専用のハードウェアに組み込まれているコンピュータ、又は、各種のプログラムをインストールすることで、各種の機能を実行することが可能な、例えば汎用のパーソナルコンピュータ等に、記録媒体からインストールされる。

【0098】

この記録媒体は、コンピュータとは別に、ユーザにプログラムを提供するために配布される、プログラムが記録されている磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、若しくは半導体メモリ等よりなるリムーバブルメディアにより構成されるだけでなく、コンピュータに予め組み込まれた状態でユーザに提供される、プログラムが記録されているROMや記録部等で構成される。

【0099】

また、上述した一連の処理を実行させるプログラムは、必要に応じてルータ、モデム等のインターフェースを介して、ローカルエリアネットワーク、インターネット、デジタル衛星放送といった、有線又は無線の通信媒体を介してコンピュータにインストールされるようにしてもよい。

【0100】

なお、本技術の実施の形態は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本技術の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

【0101】

また、本技術は、以下のような構成をとることができる。

【0102】

10

20

30

40

50

(1)

被写体からの光を集光するレンズ部と、
 前記レンズ部の開口部に配置され、所定の特性を有する第1のカラーフィルタと、
 前記レンズ部からの光を光電変換して、画像信号として出力するイメージセンサと、
 前記イメージセンサの前面に配置され、前記第1のカラーフィルタと異なる特性を有す
 るとともに、各色がランダムに配列された第2のカラーフィルタと、
 前記イメージセンサから出力される前記画像信号を処理する画像処理部と
 を備える画像処理装置。

(2)

前記第1のカラーフィルタが透過させる色は、前記第2のカラーフィルタが透過させる 10
 色と補色の関係にある

(1) に記載の画像処理装置。

(3)

前記第1のカラーフィルタは、シアン(C y)、マゼンタ(M g)、黄(Y e)の各色
 からなるフィルタであり、

前記第2のカラーフィルタは、赤(R)、緑(G)、青(B)の各色からなるフィルタ
 である

(2) に記載の画像処理装置。

(4)

前記第2のカラーフィルタは、赤外線光を透過させることができ可能な I R (Infrared Ray 20
) パスフィルタを含んでいる

(3) に記載の画像処理装置。

(5)

前記画像処理部は、前記イメージセンサから出力される画像信号に対して圧縮センシングを適用することで、前記被写体の画像を復元する

(1) 乃至 (4) のいずれかに記載の画像処理装置。

(6)

前記圧縮センシングにおいては、前記第1のカラーフィルタと前記第2のカラーフィルタを通る過程が観測行列とされ、色チャンネルごとの前記観測行列を用いて、各色チャンネルにおける前記被写体の画像の復元処理が行われる 30

(5) に記載の画像処理装置。

(7)

画像処理装置の画像処理方法において、

前記画像処理装置が、

その開口部に所定の特性を有する第1のカラーフィルタが配置され、被写体からの光を集め
 るレンズ部からの光が、その前面に前記第1のカラーフィルタと異なる特性を有す
 るとともに各色がランダムに配列された第2のカラーフィルタが配置されるイメージセン
 サにより光電変換されることで得られる画像信号を処理する

ステップを含む画像処理方法。

(8)

被写体からの光を集光するレンズ部と、
 前記レンズ部の開口部に配置され、所定の特性を有する第1のカラーフィルタと、
 前記レンズ部からの光を光電変換して、画像信号として出力するイメージセンサと、
 前記イメージセンサの前面に配置され、前記第1のカラーフィルタと異なる特性を有す
 るとともに、各色がランダムに配列された第2のカラーフィルタと、
 前記イメージセンサから出力される前記画像信号を処理する画像処理部と
 を備える撮像装置。

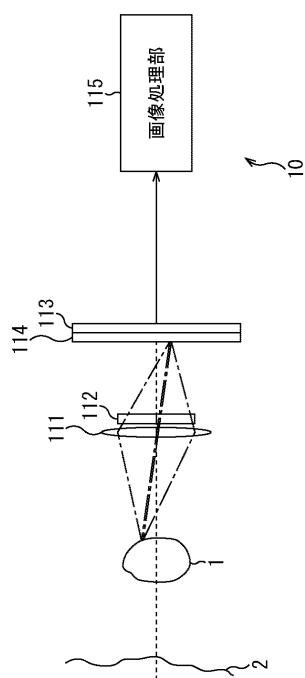
【符号の説明】

【 0 1 0 3 】

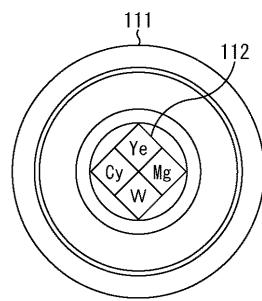
1 0 画像処理装置 , 1 1 1 レンズ部 , 1 1 2 1 次カラーフィルタ , 1 1 3 50

イメージセンサ , 114 2次カラーフィルタ , 115 画像処理部 , 300
 撮像装置 , 301 レンズ部 , 302 イメージセンサ , 303 画像処理部

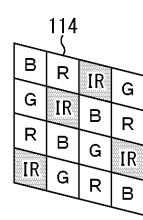
【図1】
図1



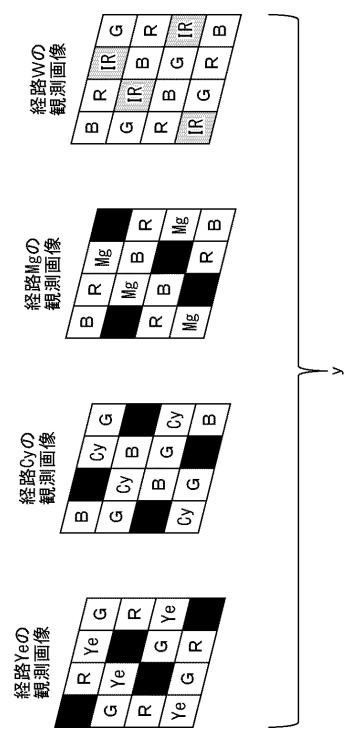
【図2】
図2



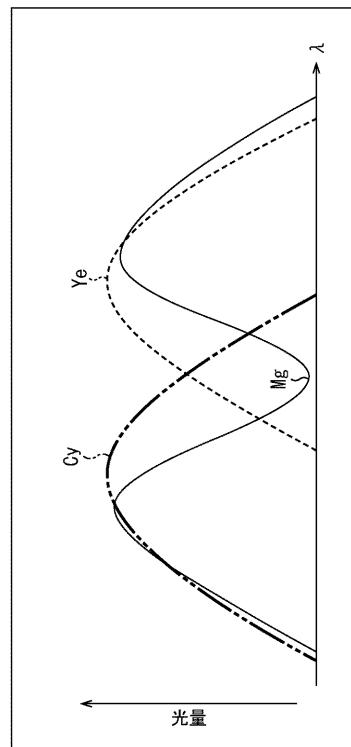
【図3】
図3



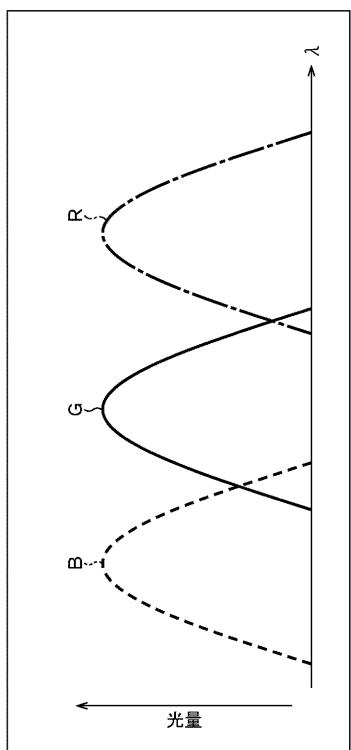
【図4】
図4



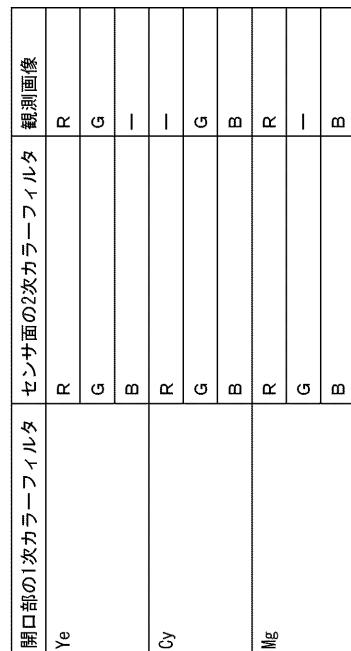
【図5】
図5



【図6】
図6



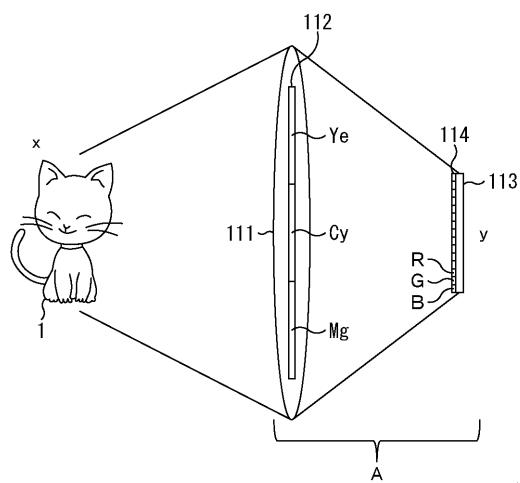
【図7】
図7



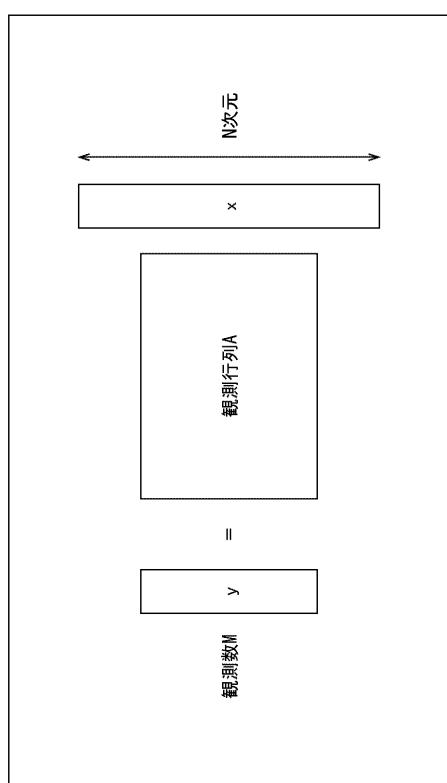
【図8】
図8

開口部の1次カラーフィルタ	センサ面の2次カラーフィルタ	観測画像
R	R	R
G	I	I
B	I	I
	G	G
	B	B
	R	R
	G	G
	B	B

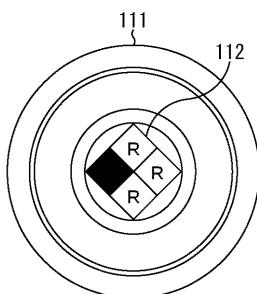
【図9】
図9



【図10】
図10

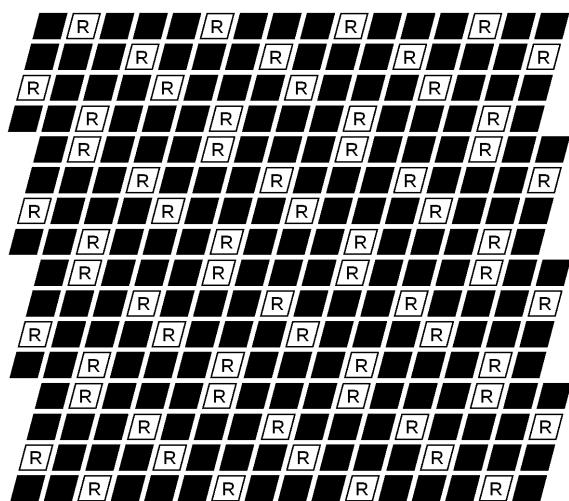


【図11】
図11



【図12】

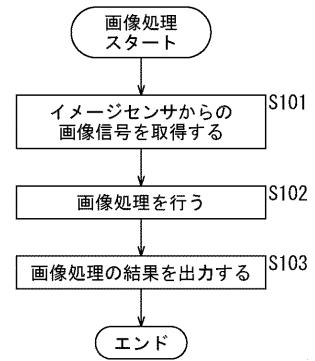
図12



114

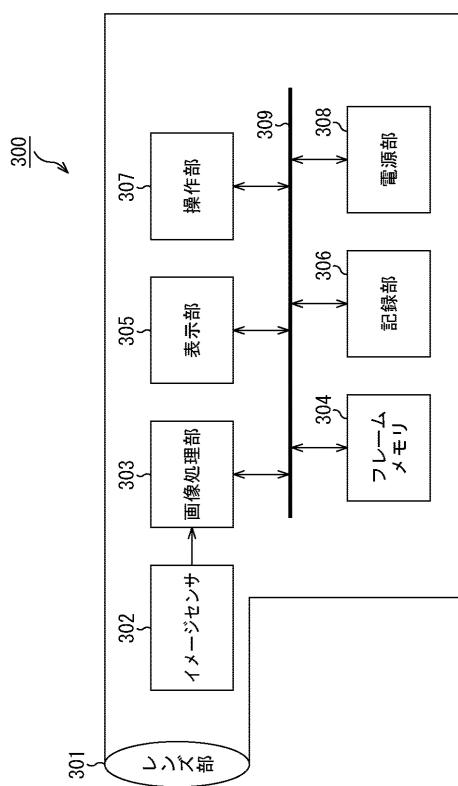
【図13】

図13



【図14】

図14



フロントページの続き

(56)参考文献 特表2008-518229(JP,A)
国際公開第2012/137485(WO,A1)
特表2013-511924(JP,A)
特開平09-168157(JP,A)
特開2009-276294(JP,A)
特開2005-354610(JP,A)
米国特許出願公開第2014/0374573(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 5/20 - 5/28
G06T 1/00
G06T 1/60
H01L 21/339
H01L 27/14 - 27/148
H01L 27/30
H01L 29/762
H04N 9/04 - 9/11