

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6584131号  
(P6584131)

(45) 発行日 令和1年10月2日(2019.10.2)

(24) 登録日 令和1年9月13日(2019.9.13)

(51) Int.Cl.

H04N 9/04 (2006.01)

F I

H04N 9/04

B

請求項の数 20 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2015-95406 (P2015-95406)  
 (22) 出願日 平成27年5月8日(2015.5.8)  
 (65) 公開番号 特開2016-213650 (P2016-213650A)  
 (43) 公開日 平成28年12月15日(2016.12.15)  
 審査請求日 平成30年5月7日(2018.5.7)

(73) 特許権者 000001007  
 キヤノン株式会社  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
 (74) 代理人 100094112  
 弁理士 岡部 譲  
 (74) 代理人 100101498  
 弁理士 越智 隆夫  
 (74) 代理人 100106183  
 弁理士 吉澤 弘司  
 (74) 代理人 100128668  
 弁理士 齋藤 正巳  
 (72) 発明者 高堂 寿士  
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像装置、撮像システム、および信号処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

緑に対応する波長帯域を少なくとも含む第1の波長帯域の光に基づく第1の画素信号を各々が出力する複数の画素を有する第1の画素群、および前記第1の波長帯域よりも狭い波長帯域の光、あるいは、前記第1の波長帯域とは別の波長帯域の光に基づく第2の画素信号を各々が出力する複数の画素を有する第2の画素群を備える撮像素子からの画素信号を信号処理する処理部とを有する撮像装置であって、

前記処理部は、

前記第1の画素群から出力された1フレームの前記第1の画素信号を用いて、前記第2の画素群における前記第1の波長帯域に相当する画素信号を補間した補間データを生成する処理を、各フレームの前記第1の画素信号に実行することによって複数フレームのそれぞれの前記補間データを得る第1の処理と、

複数フレームのそれぞれの前記第2の画素群からの第2の画素信号を用いて複数フレームのそれぞれのデータを得る第2の処理と、

前記複数フレームの前記データと、前記複数フレームの前記補間データとを用いて、色比情報を得る第3の処理と、

前記第1の画素群の各々の前記第1の画素信号と、前記色比情報とを用いて1枚の画像に対応する画像データを得る第4の処理とを行うことを特徴とする撮像装置。

【請求項 2】

前記第3の処理が、前記複数フレームの前記データの平均である平均データと、前記複

10

20

数フレームの前記補間データの平均である平均補間データとを得て、

前記平均データと、前記平均補間データとによって、前記色比情報を得ることを特徴とする請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 3】

前記第 3 の処理が、前記複数フレームのそれぞれの前記データと、前記複数フレームのそれぞれの前記補間データとを用いて、前記複数フレームのそれぞれの前記色比情報を得て、前記複数フレームのそれぞれの前記色比情報の平均を得る処理である請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 4】

前記第 4 の処理が、前記複数フレームよりも少ないフレーム数であって 2 以上のフレームの前記補間データの平均と、前記色比情報とを用いて 1 枚の画像に対応する画像データを得る処理であることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

10

【請求項 5】

前記複数フレームのそれぞれの前記データが、非巡回型フィルタを用いて得られることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 6】

前記複数フレームのそれぞれの前記データが、巡回型フィルタを用いて得られることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 7】

前記複数フレームのそれぞれの前記データが、移動平均を用いて得られることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

20

【請求項 8】

前記第 4 の処理において、各画素の信号を R、G、B の各値で表した画素信号を生成するデモザイク処理を行うことを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 9】

前記第 1 の画素群は前記第 2 の画素群よりも輝度への寄与度が高いことを特徴とする請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 10】

前記第 2 の画素群は、第 2 の画素信号が基づく光の波長帯域が互いに異なる画素を含むことを特徴とする請求項 1 ～ 9 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

30

【請求項 11】

前記第 1 の画素群の前記複数の画素の各々が白画素であることを特徴とする請求項 1 ～ 10 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 12】

前記第 2 の画素群の前記複数の画素の各々は、R 画素、G 画素、B 画素のいずれかであることを特徴とする請求項 1 ～ 11 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 13】

前記第 3 の処理に用いる前記データのフレーム数が、前記 R 画素、前記 G 画素、前記 B 画素である 3 つの画素のうちの 1 つの画素が他の 2 つの画素とは異なるフレーム数であることを特徴とする請求項 12 に記載の撮像装置。

40

【請求項 14】

前記第 2 の画素群の前記複数の画素の各々は、C 画素、M 画素、Y 画素のいずれかであることを特徴とする請求項 1 ～ 12 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 15】

前記第 1 の画素群の画素数は、前記第 2 の画素群の画素数より多いことを特徴とする請求項 1 ～ 14 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 16】

前記第 1 の画素群の画素数は、前記第 2 の画素群の画素数の 3 倍以上であることを特徴とする請求項 1 ～ 15 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

50

## 【請求項 17】

請求項 1 ~ 16 のいずれか 1 項に記載の撮像装置と、前記撮像装置が出力する信号を処理する出力信号処理部と、  
を有することを特徴とする撮像システム。

## 【請求項 18】

緑に対応する波長帯域を少なくとも含む第 1 の波長帯域の光に基づく第 1 の画素信号を各々が出力する複数の画素を有する第 1 の画素群、および前記第 1 の波長帯域よりも狭い波長帯域の光、あるいは、前記第 1 の波長帯域とは別の波長帯域の光に基づく第 2 の画素信号を各々が出力する複数の画素を有する第 2 の画素群を備える撮像素子からの画素信号を信号処理する信号処理方法であって、

10

前記第 1 の画素群から出力された 1 フレームの前記第 1 の画素信号を用いて、前記第 2 の画素群における前記第 1 の波長帯域に相当する画素信号を補間した補間データを生成する処理を、各フレームの前記第 1 の画素信号に実行することによって複数フレームのそれぞれの前記補間データを生成する第 1 のステップと、

複数フレームのそれぞれの前記第 2 の画素群からの第 2 の画素信号を用いて複数フレームのそれぞれのデータを生成する第 2 のステップと、

前記複数フレームの前記データと、前記複数フレームの前記補間データとを用いて、色比情報を得る第 3 のステップと、

前記第 1 の画素群の各々の前記第 1 の画素信号と、前記色比情報とを用いて 1 枚の画像に対応する画像データを得る第 4 のステップとを有することを特徴とする信号処理方法。

20

## 【請求項 19】

前記第 3 のステップが、前記複数フレームの前記データの平均である平均データと、前記複数フレームの前記補間データの平均である平均補間データとを得て、

前記平均データと、前記平均補間データとによって、前記色比情報を得る処理であることを特徴とする請求項 18 に記載の信号処理方法。

## 【請求項 20】

前記第 3 のステップが、前記複数フレームのそれぞれの前記データと、前記複数フレームのそれぞれの前記補間データとを用いて、前記複数フレームのそれぞれの前記色比情報を得て、前記複数フレームのそれぞれの前記色比情報の平均を得る処理である請求項 18 に記載の信号処理方法。

30

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は撮像装置、撮像システム、および信号処理方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

単板式の固体撮像装置では、カラー画像を得るために、特定の波長成分、たとえば赤 (R)、緑 (G)、青 (B) のそれぞれの色の光を透過させるカラーフィルタ (CF) が所定のパターンで画素上に配列されている。CF のパターンとして、いわゆるベイア配列を持つものが多く利用されている。以下、R の CF が配された画素を R 画素、G の CF が配された画素を G 画素、B の CF が配された画素を B 画素と表記し、CF が配されていない画素を W 画素と表記する。W 画素は、白画素、あるいはホワイト画素とも呼ばれる。さらに、R 画素、G 画素、B 画素を纏めて RGB 画素またはカラー画素と表記することがある。

40

## 【0003】

単板式の固体撮像装置の各画素からは、いずれかの色成分の信号が出力されるため、出力された信号に対して色補間処理を行い、全ての色成分の信号を生成する必要がある。例えば、ベイア配列においては、被写体の空間周波数が高い場合、色補間処理を施すことによってモアレ、偽色が発生し得る。特許文献 1 には、モアレや偽色の発生を抑えつつ、動画像における解像感の低下を防止する技術が開示されている。

50

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0004】

【特許文献1】特開2013-197613号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

特許文献1に記載の撮像装置においては、動画の間引きによる偽色の影響を緩和するために、空間的に色毎の加重加算の位置をずらす処理が行われている。しかしながら、RGB画素の空間配置の周期が粗いCF配列においては、偽色を十分に改善することは困難である。また、動画を撮像する際には、被写体が動くことにより、偽色の空間的パターンが時間とともに変化する。そのため、偽色がちらつきとなって現れ、画質低下を招いていた。

10

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

本発明の撮像装置は、緑に対応する波長帯域を少なくとも含む第1の波長帯域の光に基づく第1の画素信号を各々が出力する複数の画素を有する第1の画素群、および前記第1の波長帯域よりも狭い波長帯域の光、あるいは、前記第1の波長帯域とは別の波長帯域の光に基づく第2の画素信号を各々が出力する複数の画素を有する第2の画素群を備える撮像素子からの画素信号を信号処理する処理部とを有する撮像装置であって、前記処理部は、前記第1の画素群から出力された1フレームの前記第1の画素信号を用いて、前記第2の画素群における前記第1の波長帯域に相当する画素信号を補間した補間データを生成する処理を、各フレームの前記第1の画素信号に実行することによって複数フレームのそれぞれの前記補間データを得る第1の処理と、複数フレームのそれぞれの前記第2の画素群からの第2の画素信号を用いて複数フレームのそれぞれのデータを得る第2の処理と、前記複数フレームの前記データと、前記複数フレームの前記補間データとを用いて、色比情報を得る第3の処理と、前記第1の画素群の各々の前記第1の画素信号と、前記色比情報とを用いて1枚の画像に対応する画像データを得る第4の処理とを行う。

20

## 【0007】

本発明の信号処理方法は、緑に対応する波長帯域を少なくとも含む第1の波長帯域の光に基づく第1の画素信号を各々が出力する複数の画素を有する第1の画素群、および前記第1の波長帯域よりも狭い波長帯域の光、あるいは、前記第1の波長帯域とは別の波長帯域の光に基づく第2の画素信号を各々が出力する複数の画素を有する第2の画素群を備える撮像素子からの画素信号を信号処理する信号処理方法であって、前記第1の画素群から出力された1フレームの前記第1の画素信号を用いて、前記第2の画素群における前記第1の波長帯域に相当する画素信号を補間した補間データを生成する処理を、各フレームの前記第1の画素信号に実行することによって複数フレームのそれぞれの前記補間データを生成する第1のステップと、複数フレームのそれぞれの前記第2の画素群からの第2の画素信号を用いて複数フレームのそれぞれのデータを生成する第2のステップと、前記複数フレームの前記データと、前記複数フレームの前記補間データとを用いて、色比情報を得る第3のステップと、前記第1の画素群の各々の前記第1の画素信号と、前記色比情報とを用いて1枚の画像に対応する画像データを得る第4のステップとを有する。

30

40

## 【発明の効果】

## 【0008】

本発明によれば、画像におけるモアレ、偽色による画質低下を低減した撮像装置、撮像システム、および画像処理方法を提供することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0009】

【図1】第1の実施形態に係る撮像装置のブロック図である。

【図2】第1の実施形態に係る撮像素子のブロック図である。

50

- 【図 3】第 1 の実施形態に係る撮像素子および列増幅部の回路図である。
- 【図 4】R G B を用いたカラーフィルタ配列の例を示す図である。
- 【図 5】補色を用いたカラーフィルタ配列の例を示す図である。
- 【図 6】第 1 の実施形態に係る撮像装置における信号処理部のブロック図である。
- 【図 7】第 1 の実施形態に係るフレーム間処理の一例を示す図である。
- 【図 8】第 1 の実施形態に係るフレーム間処理の作用を説明するための図である。
- 【図 9】第 1 の実施形態に係る撮像装置の評価結果を示した図である。
- 【図 10】第 2 の実施形態に係る撮像装置の信号処理部のブロック図である。
- 【図 11】第 2 の実施形態に係る撮像装置の評価結果を示す図である。
- 【図 12】第 3 の実施形態に係る撮像装置の信号処理部のブロック図である。
- 【図 13】第 4 の実施形態に係る撮像装置の信号処理部のブロック図である。
- 【図 14】第 5 の実施形態に係る撮像装置の信号処理部のブロック図である。
- 【図 15】第 6 の実施形態に係る撮像装置の信号処理部のブロック図である。
- 【図 16】第 7 の実施形態に係る撮像装置の信号処理部のブロック図である。
- 【図 17】第 8 の実施形態に係る撮像システムの構成の一例を示した図である。
- 【発明を実施するための形態】

# 【 0 0 1 0 】

以下、図面を参照しながら各実施形態の撮像装置について説明する。

# 【 0 0 1 1 】

(第 1 の実施形態)

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る撮像装置のブロック図である。撮像装置は、撮像素子 1 と信号処理部 2 を備える。撮像素子 1 は、C M O S イメージセンサ、または C C D イメージセンサ上にカラーフィルタが配置された、いわゆる単板式のカラーセンサである。単板のカラーセンサでカラー画像を形成する際には、後述するように補間を行う必要がある。たとえば、R 画素の部分には G、B の情報 (画素値) が無い。このため、R 画素の周囲の G、B の画素値に基づき、R 画素の部分における G、B の画素値が補間処理により生成される。撮像素子 1 は、行列状に配列された複数の画素を備え、例えば列方向に 1 9 2 0 画素、行方向に 1 0 8 0 画素の合計 2 0 7 3 6 0 0 画素を備える。撮像素子 1 の画素数は限定されず、より多い画素数、若しくはより少ない画素数でもよい。撮像素子 1 および信号処理部 2 は同一チップに設けられても良く、または別のチップ、装置に設けられても良い。さらに、撮像装置は、必ずしも撮像素子 1 を備えなくても良く、撮像素子 1 からの画素信号 (R A W データ) を処理する信号処理部 2 を備えていれば良い。

# 【 0 0 1 2 】

本実施形態の C F は、図 1 に示された R G B W 1 2 配列を備えている。R G B W 1 2 配列においては、 $4 \times 4$  の画素配列が繰り返されており、各色の画素数の比は、 $R : G : B : W = 1 : 2 : 1 : 1$  である。R G B W 1 2 配列においては、カラー画素である R、G、B の各画素が 8 個の W 画素で囲まれており、W 画素の比率が全画素の  $3 / 4$  を占めている。換言すると、R G B W 1 2 配列は、第 1 の画素群として W 画素を有し、第 2 の画素群としてカラー画素 (R G B 画素) を有している。第 1 の画素群の画素数の総和は第 2 の画素群の画素数の総和の 3 倍以上 (2 倍より多い) であり、第 2 の画素群は第 1 の画素群よりも解像度情報が少ない。なお、撮像素子 1 には、有効な画素以外に、オプティカルブラック画素、光電変換部を有さないダミー画素などのように画像を出力しない画素が含まれる。但し、これらのオプティカルブラック画素、ダミー画素は第 1 の画素群、第 2 の画素群には含まれない。W 画素は R G B 画素と比べて広い分光感度特性および高い感度を有している。W 画素は、緑に対応する波長帯域を少なくとも含み、さらに赤、青の波長帯域も含む第 1 の波長帯域の光に基づく第 1 の画素信号を出力する。R G B 画素は、第 1 の波長帯域よりも狭い波長帯域の光に基づく第 2 の画素信号を出力する。また、第 2 の画素群は R G B の画素を含むことから、光の波長帯域が互いに異なる画素を含むといえる。

# 【 0 0 1 3 】

R G B W 1 2 配列においては、R G B 画素のそれぞれの周囲には W 画素が配されている

ため、R G B画素におけるWの画素値を高精度に補間することができる。また、W画素が全画素の3 / 4を占めているため、感度を向上させることが可能となる。本実施形態は、解像度情報を得るための画素が全画素の半数以上を占める撮像素子1に特に有効である。

#### 【0014】

信号処理部2は、前段処理部203、第1の信号処理部としての輝度信号処理部204、第2の信号処理部としての色信号処理部205、信号合成部206を備える。撮像素子1からの画素信号は前段処理部203に入力される。前段処理部203は画素信号のオフセット補正、ゲイン補正を含む様々な補正を実行する。撮像素子1から出力された画素信号がアナログ信号である場合には、A / D変換を前段処理部203で実行してもよい。

#### 【0015】

前段処理部203は、入力された画素信号Dinのオフセット(OFFSET)補正、ゲイン(GAIN)補正等の補正を適宜実施し、補正後の画素信号Doutを生成する。この処理は、典型的には以下の式で表わされる。

#### 【数1】

$$Dout = (Din - OFFSET) \cdot GAIN$$

#### 【0016】

この補正は様々な回路単位で行い得る。例えば、画素毎に補正を行ってもよく、さらには、列増幅器、アナログデジタル変換部(ADC)、出力増幅器のそれぞれの回路毎に補正を行ってもよい。補正を行うことで、いわゆる固定パターンノイズが低減され、より高品質な画像を得ることができる。前段処理部203は、解像度情報のためのWの画素信号(輝度信号)と色情報のためのR G Bの画素信号(色信号)を分離し、輝度信号を輝度信号処理部204に出力し、色信号を色信号処理部205に出力する。

#### 【0017】

輝度信号処理部204はR G B W 1 2配列において輝度信号を高精度に補間することができる。すなわち、R G B W 1 2配列においては、解像度情報を得るためのW画素が多いため、市松模様のC F配列に比べて、空間周波数の高い、すなわちピッチの細かい情報を得ることができる。以下、補間により生成されたW画素をi Wと表記する。

#### 【0018】

補間の信号処理後のi Wの画素値は色信号処理部205に入力される。色信号処理部205は、R G B画素のフレーム間平均処理、偽色補正を行い、輝度信号と色信号との合成に用いられる色比情報を生成する。偽色補正は、R G Bの画素値と、輝度信号処理部204によって処理された画素値、すなわち、補間されたi Wの画素値を用いて行われる。信号合成部206は、輝度信号処理部204によって生成された輝度信号と色信号処理部205によって生成された色信号とを合成し、各画素をR G Bの画素値で表した画像信号を生成する。

#### 【0019】

図2は本実施形態に係る撮像素子1のブロック図である。撮像素子1は、撮像領域101、垂直走査回路102、列増幅部103、水平走査回路104、出力部105を有する。撮像領域101は上述したように画素100が行列状に配されており、輝度信号のための第1の画素群、色信号のための第2の画素群を備える。垂直走査回路102は、画素100のトランジスタをオン(導通状態)またはオフ(非導通状態)に制御するための制御信号を供給する。垂直信号線106は、画素100の各列に設けられ、画素100からの信号を列ごとに読み出す。水平走査回路104は、各列の増幅器に接続されたスイッチと、該スイッチをオンまたはオフに制御するための制御信号を供給する。出力部105はバッファアンプ、差動増幅器などから構成され、列増幅部103からの画素信号を撮像素子1の外部の信号処理部2に出力する。出力された画素信号は信号処理部2によって、アナログ/デジタル変換、入力データの補正などの処理が行われる。なお、撮像素子1はアナログ/デジタル変換の回路を備えたいわゆるデジタルセンサであっても良い。画素100には、分光感度特性を制御するためにC Fが設けられており、本実施形態においてはR G

10

20

30

40

50

BW12のCFが配置されている。

【0020】

図3は本実施形態に係る撮像素子1の画素100、列増幅部103の回路図である。ここでは、説明を容易にするため、列増幅部103のうちの1列分の回路と、1つの画素100とが示されている。画素100はフォトダイオードPD、浮遊拡散容量FD、転送トランジスタM1、リセットトランジスタM2、増幅トランジスタM3、選択トランジスタM4を備える。なお、画素100は、複数のフォトダイオードPDが浮遊拡散容量FD、リセットトランジスタM2、増幅トランジスタM3、選択トランジスタM4を共有する構成を備えていても良い。また、トランジスタM2～M4はNチャネルMOSに限定されず、PチャネルMOSによって構成されても良い。

10

【0021】

フォトダイオードPDは照射された光を電子（電荷）に光電変換する。転送トランジスタM1のゲートには信号TXが供給され、信号TXがハイレベルになると、転送トランジスタM1はフォトダイオードPDに発生した電荷を浮遊拡散容量FDに転送する。浮遊拡散容量FDは、転送トランジスタM1のドレイン端子を兼ねており、転送トランジスタM1を介してフォトダイオードPDから転送される電荷を保持可能である。リセットトランジスタM2のゲートには信号RESが供給され、信号RESがハイレベルになると、リセットトランジスタM2は浮遊拡散容量FDの電圧をリセット電圧VDDにリセットする。転送トランジスタM1とリセットトランジスタM2を同時にオンにさせることにより、フォトダイオードPDの電子がリセットされる。増幅トランジスタM3のゲートは、浮遊拡散容量FDに接続される。

20

【0022】

増幅トランジスタM3のソースは、選択トランジスタM4を介して列ごとに共通の垂直信号線106のノードPDOUTに電氣的に接続され、ソースフォロアを構成する。選択トランジスタM4のゲートには信号SELが印加され、信号SELがハイレベルとなると、垂直信号線106と増幅トランジスタM3が電氣的に接続される。これにより、選択された画素100から画素信号が読み出される。

【0023】

画素100に供給される信号TX、信号RES、信号SELは垂直走査回路102から出力される。垂直走査回路102はこれらの信号レベルを制御することによって、画素100を行単位で走査する。電流源107は垂直信号線106を介して画素100に電流を供給し、垂直信号線106は信号PLによって駆動されるスイッチSW0を介して列増幅部103に接続されている。

30

【0024】

列増幅部103は、列増幅器112、入力容量C0、帰還容量C1、C2、スイッチSW1～SW7、容量CTN、CTSを有する。列増幅器112は反転入力ノード、非反転入力ノード、出力ノードを備える差動増幅回路から構成されている。列増幅器112の反転入力ノードは入力容量C0を介して垂直信号線106に電氣的に接続され、非反転入力ノードには基準電圧VREFが印加されている。反転入力ノードと出力ノードとは並列接続された3つの帰還回路を介して互いに接続されている。第1の帰還回路は直列に接続されたスイッチSW1および帰還容量C1から構成され、第2の帰還回路は直列に接続されたスイッチSW2および帰還容量C2から構成され、第3の帰還回路はスイッチSW3から構成されている。スイッチSW1～SW3のオン、オフを適宜制御することにより、列増幅器112の増幅率を変更することができる。すなわち、スイッチSW1のみがオンとなると、増幅率は $C0/C1$ となり、スイッチSW2のみがオンとなると、増幅率は $C0/C2$ となる。また、スイッチSW1、SW2がオンとなると、増幅率は $C0/(C1+C2)$ となり、スイッチSW3のみがオンとなると、列増幅器112はボルテージフォロアとして動作する。スイッチSW1～SW3は信号C1～C3によってそれぞれ制御される。

40

【0025】

50

列増幅器 112 の出力ノードは、信号 CTN によって制御されるスイッチ SW4 を介して容量 CTN に接続されている。同様に、列増幅器 112 の出力ノードは、信号 CTS によって制御されるスイッチ SW5 を介して容量 CTS に接続されている。浮遊拡散容量 FD のリセット時において、スイッチ SW4 がオン、スイッチ SW5 がオフとなり、リセット時の画素信号 (N 信号) が容量 CTN にサンプルホールドされる。光電変換された電荷が浮遊拡散容量 FD に転送された後、スイッチ SW4 がオフ、スイッチ SW5 がオンとなり、光電変換された電荷に基づく画素信号 (S 信号) が容量 CTS にサンプルホールドされる。

#### 【0026】

容量 CTN はスイッチ SW6 を介して出力部 105 の第 1 入力ノードに接続され、容量 CTS はスイッチ SW7 を介して出力部 105 の第 2 入力ノードに接続されている。水平走査回路 104 が各列の信号 Hn を順にハイレベルとすることにより、水平走査が行われる。すなわち、信号 Hn がハイレベルとなると、スイッチ SW6 は容量 CTN に保持された N 信号を出力部 105 の第 1 入力ノードに出力し、スイッチ SW7 は容量 CTS に保持された S 信号を出力部 105 の第 2 入力ノードに出力する。

#### 【0027】

出力部 105 は差動増幅回路から構成されており、入力された S 信号、N 信号の差分を増幅および出力することにより、リセット時のノイズ成分が除去された画素信号を出力する。なお、N 信号、S 信号をアナログ/デジタル変換した後に、相関二重サンプリングを行っても良い。

#### 【0028】

上述のように、撮像素子 1 に入力された光信号は、電気信号として読み出される。また、RGBW12 の CF 配列に応じた分光強度の 2 次元情報が得られる。本実施形態は RGBW12 の CF 配列に限定されることなく、様々な CF 配列に適用可能である。以下、本実施形態において適用可能な CF 配列の例を示す。

#### 【0029】

図 4 にカラー画素として RGB を用いたカラーフィルタ配列の例を示す。図 4 (a) はベイア配列の CF を示し、CF の数の比率が R : G : B = 1 : 2 : 1 となっている。ここで、G 画素 (第 1 の画素) が RB 画素 (第 2 の画素) に比して多く配置されているのは、人間の視覚特性が赤色、青色に比して、緑色の波長に対して高い感度を有し、画像の解像感も、赤色、青色に比して、緑色の波長の輝度に強く依存するからである。

#### 【0030】

図 4 (b) は RGBW12 の CF 配列を示している。上述したように、この配列では、4 × 4 の画素配列中、各 CF が R : G : B : W = 1 : 2 : 1 : 1 の比で配置されている。カラー画素である RGB の各画素 (第 2 の画素) に対して、平面視において上下方向、左右方向、斜め方向のそれぞれに W 画素 (第 1 の画素) が隣接して配されている。すなわち、RGB 画素の各々は 8 つの W 画素に囲まれている。W 画素は、全画素の 3 / 4 の比率を占めている。カラー画素である RGB 画素の各々が W 画素によって囲まれているため、図 4 (a) の CF 配列に比して、RGB 画素における W 画素の信号を高精度に補間することができる。

#### 【0031】

図 4 (c) は RGBW8 の CF 配列を示している。4 × 4 の画素配列中、各 CF が R : G : B : W = 2 : 4 : 2 : 8 の比で配列されている。W 画素 (第 1 の画素) は市松模様に配置されており、W 画素の間に RGB 画素 (第 2 の画素) が配置されている。W 画素の比率は全画素の 1 / 2 である。W 画素はベイア配列の G 画素と同様に市松模様に配置されているため、ベイア配列の G 画素の補間の方法をそのまま用いることができる。また、W 画素が配列されているため、感度を向上させることができる。

#### 【0032】

図 4 (d) は RGBG12 の CF 配列を示している。この配列では RGBW12 の W 画素が G 画素 (第 1 の画素) に置き換えられており、4 × 4 の画素配列中、各色の CF が R

10

20

30

40

50



: G : B = 2 : 1 2 : 2 の比で配置されている。R B 画素 (第 2 の画素) のそれぞれが G 画素で囲まれており、G 画素の比率が全画素の 3 / 4 を占めている。R B 画素が G 画素で囲まれているため、カラー画素の G の値の補間の精度が向上する。また、R B 画素に比較して感度の高い G 画素の割合が高いため、感度を向上させることができる。

#### 【 0 0 3 3 】

図 5 に、カラー画素として補色である C (シアン) ・ M (マゼンダ) ・ Y (イエロー) を用いた C F 配列の例を示す。図 5 ( a ) はベイヤ配列であり、各色の C F の比率が C : M : Y が 1 : 1 : 2 になる。ここで、Y 画素 (第 1 の画素) が多く配列されているのは、G 画素と同様に Y 画素の感度が高いからである。

#### 【 0 0 3 4 】

図 5 ( b ) は C M Y W 1 2 の C F 配列を示している。4 × 4 の画素配列中、各色の C F が C : M : Y : W = 1 : 1 : 2 : 1 2 の比で配列されている。配列の特徴としては、カラー画素である C、M、Y の画素 (第 2 の画素) は W 画素 (第 1 の画素) で囲まれており、W 画素の比率が全画素の 3 / 4 を占める。C M Y 画素が W 画素で囲まれているため、C M Y 画素の位置における W 画素値の補間の精度を向上させることができる。また、W 画素が配列されているため、感度が向上する。

#### 【 0 0 3 5 】

図 5 ( c ) は C M Y W 8 の C F 配列を示している。4 × 4 の画素配列中、各色の C F が C : M : Y : W = 2 : 2 : 4 : 8 の比で配列されている。W 画素 (第 1 の画素) が市松模様に配置されており、C M Y 画素 (第 2 の画素) は W 画素に囲まれている。W 画素の比率が全画素の 1 / 2 である。W 画素はベイヤ配列の G 画素と同様に市松模様に配列されているため、ベイヤ配列の G 画素の補間の方法をそのまま用いることができる。また、W 画素が配列されていることにより、感度が向上する。

#### 【 0 0 3 6 】

図 5 ( d ) は C M Y Y 1 2 の C F 配列を示している。C M Y W 1 2 の W 画素が Y 画素 (第 1 の画素) に置き換えられており、4 × 4 の画素配列中、各 C F が C : M : Y = 2 : 2 : 1 2 の比で配列されている。配列の特徴としては、C 画素、M 画素 (第 2 の画素) が Y 画素で囲まれており、Y 画素の比率が全画素の 3 / 4 配置されている。C 画素、M 画素が Y 画素によって囲まれているため、C 画素、M 画素の位置における Y の画素値の補間の精度を向上させることができる。また、C 画素と M 画素に対し比較的感度の高い Y 画素の割合が高いため、感度が向上する。

#### 【 0 0 3 7 】

上述のように、本実施形態において各種 C F 配列を採用し得るが、高解像度の画像を生成するためには、解像度に寄与する割合の高い画素 (第 1 の画素) をより多く配置することが好ましい。第 1 の画素群は第 2 の画素群と比較して解像度情報を多く含むとともに、第 2 の画素群は分光感度の異なる 2 種以上の画素を備えることが望ましい。また、第 1 の画素群は第 2 の画素群と比較して輝度への寄与度が高いことが望ましい。いずれの C F 配列においても、第 1 の画素群は緑に対応する波長帯域を少なくとも含む第 1 の波長帯域の光に基づく第 1 の画素信号を出力し、第 2 の画素群は第 1 の波長帯域よりも狭い波長帯域の光、あるいは、第 1 の波長帯域とは別の波長帯域の光に基づく第 2 の画素信号を出力する。

#### 【 0 0 3 8 】

なお、ベイヤ配列においては、解像度に寄与する G 画素が市松模様に配置されており、補間のエラーが生じ易い。発明者らは、市松模様に比べて高い解像度を作りだす C F 配列を用いることで、補間エラーを極力小さくできることを見出した。従って、図 4 ( b ) の R G B W 1 2、図 4 ( d ) の R G B G 1 2、図 5 ( b ) の C M Y W 1 2、図 5 ( d ) の C M Y Y 1 2 に例示される C F 配列を用いた場合に、本発明の効果が特に顕著となる。

#### 【 0 0 3 9 】

図 6 は、本実施形態に係る撮像装置の信号処理部 2 のブロック図である。信号処理部 2 は輝度信号処理部 2 0 4、色信号処理部 2 0 5、信号合成部 2 0 6 を備え、撮像素子 1 か

10

20

30

40

50

らの画素信号 3 a をデモザイク処理し、各画素が R G B の情報を有する画像信号 3 g を生成する。信号処理部 2 は画像処理プロセッサなどのハードウェアによって構成され得るが、汎用のプロセッサまたはコンピュータ上のソフトウェアを用いて同様の構成を実現することも可能である。

#### 【 0 0 4 0 】

輝度信号処理部 2 0 4 には、R G B W 1 2 の C F 配列を有するとともに、デジタルデータで表された画素信号 3 a が入力される。図 6 において、C F 配列の繰り返しの 1 単位となる  $4 \times 4$  画素が示されているが、実際の画素信号 3 a においては  $4 \times 4$  画素の配列が繰り返されている。入力された画素信号 3 a は図示されていない前段処理部 2 0 3 によって、W の画素信号 3 b と R G B の画素信号 3 e とに分離され、それぞれ輝度信号処理部 2 0 4、色信号処理部 2 0 5 に出力される。

10

#### 【 0 0 4 1 】

W の画素信号 3 b において R G B 画素を分離した位置には W の画素値は存在せず、図中、この位置は " ? " と表記されている。補間処理部 2 1 1 は " ? " の位置の画素値を周囲の W の画素値に基づき補間し、 $i W r$ 、 $i W g$ 、 $i W b$  の画素値を補間により生成する。例えば、画素信号 3 b における座標 ( 3 , 3 ) には W 画素が存在しないため、次式で表されるように、周囲の 8 個の W 画素値の平均値から、座標 ( 3 , 3 ) における  $i W b$  ( 3 , 3 ) の画素値が求められる。

#### 【 数 2 】

$$i W b_{(3,3)} = \frac{W_{(2,2)} + W_{(3,2)} + W_{(4,2)} + W_{(2,3)} + W_{(4,3)} + W_{(2,4)} + W_{(3,4)} + W_{(4,4)}}{8}$$

20

#### 【 0 0 4 2 】

なお、図 6 には  $4 \times 4$  の画素配列が記載されているが、実際には画素配列が繰り返されており、座標 ( 1 , 1 ) の R 画素、座標 ( 3 , 1 ) の G 画素、座標 ( 1 , 3 ) の G 画素のそれぞれは 8 個の W 画素に囲まれている。よって、 $i W r$ 、 $i W g$  の画素値も同様に周囲の 8 個の W の画素値を用いて補間により生成することができる。補間処理法としては、上述した方法の他、バイリニア法、バイキュービック法、縦、横、斜めの方向において変化率の少ない画素の平均を求める方法等を適宜用いることができる。このため、高い空間周波数を有する高精細な被写体においても、高精度な補間が可能となる。

30

#### 【 0 0 4 3 】

色信号処理部 2 0 5 はフレーム間処理部 2 1 2、色比生成部 2 1 3 を備えている。フレーム間処理部 2 1 2 は、輝度信号処理部 2 0 4 によって補間された画素信号 3 d と、R G B 画素からなる画素信号 3 e とを用いて色情報を生成する。すなわち、フレーム間処理部 2 1 2 は、輝度信号処理部 2 0 4 が複数フレームの第 1 のデータの生成に用いた各フレームにおける第 2 の画素信号を用いて、複数フレームの第 2 のデータを生成する。画素信号 3 d は、1 フレーム期間に、第 1 の画素群が出力する第 1 の波長帯域に対応する画素信号を用いて第 2 の画素群における第 1 の波長帯域に相当する画素信号を補間した第 1 のデータである。画素信号 3 e は、第 2 の画素群から 1 フレーム期間に出力された第 2 の画素信号を用いて生成した第 2 のデータである。また、第 2 のデータは、第 2 の画素群の画素の各々における第 1 のデータと第 2 の画素信号の比の情報を含む。第 1 の画素群が一般に、R G B 画素の存在しない局所領域において、色相はほぼ一定に保たれ、また、強い色相関がある。よって、本実施形態においては、R G B 画素値の存在する領域における色比が R G B 画素の存在しない周囲の色比と同じであるとみなし、R G B 画素の存在しない領域に R G B 画素の色比を割り当てる処理を行っている。

40

#### 【 0 0 4 4 】

フレーム間処理部 2 1 2 はフレームメモリを備え、補間を行った  $i W$  の画素信号 3 d、および R G B 画素の画素信号 3 e のそれぞれのフレーム間処理 ( 平均化処理 ) を行う。本実施形態の撮像素子 1 には、W 画素が設けられていることから、R G B の画素数の和は、図 4 ( a ) で示したベイア配列の R G B の画素数の和に比して少なくなっている。このた

50

め、RGB画素のランダムノイズ、フォトショットノイズがベイヤ配列に比して目立ち易くなり得る。以下、ランダムノイズ、フォトショットノイズを総称して色ノイズと表記する。この色ノイズを低減するために、本実施形態の撮像装置は、時間的に連続した複数のフレームに含まれる色信号を用いて、ノイズリダクション (NR: noise reduction) を行う。以下、フレーム間処理を用いたノイズリダクションの方法を説明する。

#### 【0045】

図7にフレーム間処理の一例を示す。図7(a)は、画素信号3dの座標(3, 3)における補間画素iWbの平均化処理を示している。フレーム間処理部212は、いわゆるIIRフィルタ(巡回型フィルタ)を含み、現在のフレーム、および時刻の異なる他のフレームのそれぞれの画素信号の重み付け加算を行う。フレーム間処理部212は、フレームメモリに蓄積されたiWbの画素値に係数 $(n-1)/n$ を乗じた値と、現在のiWbの画素値に係数 $1/n$ を乗じた値とを加算して、フレーム間処理後の $n\_iWb$ の画素値を得る。図7(b)は、画素信号3eの座標(3, 3)におけるB画素の画像情報の平均化処理を示している。B画素に対しても前述のフレーム間の平均化処理が行われる。フレーム間処理部212は、フレームメモリに蓄積されたBの画素値に係数 $(n-1)/n$ を乗じた値と、現在のBの画素値に係数 $1/n$ を乗じた値を加算し、フレーム間処理された $n\_B$ の画素値を得る。他のiWr、iWg、R、Gの各画素値についても同様にフレーム間処理が行われる。本実施形態において、補間画素のフレーム間処理におけるフレーム数 $n$ とRGB画素のフレーム間処理におけるフレーム数 $n$ は同一であり、フレームの重み付けは等しい。また、補間画素のフレーム間処理における $n$ 個のフレームの各々とRGB画素のフレーム間処理における $n$ 個のフレームの各々は同一フレームである。

#### 【0046】

以下、フレーム間処理部212の動作を詳細に説明する。まず、フレーム間処理部212は第1フレームのRGBの画素信号を予めフレームメモリに格納する。ここでは、第1フレームの画素信号には、後に説明する乗算、除算の処理は行われず。フレーム間処理部212は、第2フレームのRGBの画素値に係数 $1/n$ を乗じる。例えば、 $n$ が2である場合、RGBの画素値は $1/2$ となる。そして、色信号処理部205は、フレームメモリに格納された第1フレームのRGBの画素信号に、係数 $(n-1)/n$ を乗じる。 $n$ は2であるため、第1フレームのR、G、Bの画素値は、それぞれ $1/2$ となる。フレーム間処理部212は、 $1/2$ 倍された第1フレームのRGBの画素信号と、 $1/2$ 倍された第2フレームの画素値とを加算する。これにより、第1フレームと第2フレームのそれぞれのRGBの画素値を平均化した $n\_R$ 、 $n\_G$ 、 $n\_B$ の画素値を取得することができる。続いて、次のフレームにおいて、先行するフレームの $n\_R$ 、 $n\_G$ 、 $n\_B$ の画素値を $1/2$ 倍した値がさらに加算される。このようにして、先行するフレームの画素値が次のフレームの画素値にフィードバックされ、加算平均される。なお、 $n$ が3以上の場合には、フレーム間処理部212は、第1フレームと第2フレームの画素値を平均化した画素値を $2/3$ 倍し、この乗算結果と、最終フレームである第3フレームの画素値を $1/3$ 倍した画素値とを加算する。これにより、第3フレームに含まれる画素信号を平均化したデータを取得する。

#### 【0047】

色比生成部213は、第2の画素群の画素の各々における第1のデータと第2の画素信号の色比情報を算出する。すなわち、Rの色比情報は、座標(1, 1)における $n\_R/n\_iWr$ で表され、Bの色比情報は座標(3, 3)における $n\_B/n\_iWb$ で表される。また、Gの色比情報は、座標(3, 1)における画素値 $n\_G/n\_iWg$ と、座標(1, 3)における画素値 $n\_G/n\_iWg$ との平均値で表される。従って、各色の色比情報RGB\_ratioは次式で表される。

【数 3】

$$RGB\_ratio = \left[ \frac{n\_R}{n\_iWr} \quad \frac{n\_G}{n\_iWg} \quad \frac{n\_B}{n\_iWb} \right]$$

【0048】

信号合成部206は、それぞれの色比が4×4の領域で一定であるとみなして、画素毎にRGBの各色の情報を含む画像信号3gを生成する。すなわち、信号合成部206は、輝度信号処理部204によって生成されたW、iWの画素信号3cと、色信号処理部205によって生成された色比情報RGB\_ratioとを用いて、各画素のRGBの値を求め、画像信号3gを生成する。画素信号3cの画素がWである場合には、RGBの画素値は次式で求められる。

10

【数 4】

$$RGB = [R\_ratio \cdot W \quad G\_ratio \cdot W \quad B\_ratio \cdot W]$$

【0049】

また、画素信号3cの画素がiWである場合には、RGBの画素値は次式で求められる。

【数 5】

$$RGB = [R\_ratio \cdot iW \quad G\_ratio \cdot iW \quad B\_ratio \cdot iW]$$

20

【0050】

この処理により、各画素におけるRGBの各色の情報を含む画像信号3gが得られる。本実施形態においては、色情報を推定するために、局所領域においては輝度と色相の相関が強いと仮定して処理を行う。つまり、色情報は局所的に一定とみなすことができる。人間の視覚特性においては、解像度（輝度）と色（色相）のそれぞれの分解能は異なり、色の分解能は輝度の分解能に比べて低い。高解像感を得るためには、輝度信号の解像度を高めることが望ましい。本実施形態によれば、高解像度かつ高輝度のW画素と、4×4のブロック毎の色情報を用いることで、高解像感のカラー動画像を得ることができる。本実施形態において、4×4のブロックにおいて色比が一定であるとみなして処理したが、隣接するブロックの情報を用いて各画素における色比情報を補正してもよい。

30

【0051】

図8は本実施形態に係るフレーム間処理の作用を説明するための図である。図8(a)～(d)は白：黒＝3：1の縞模様がフレーム毎に水平方向に動く場合の画素信号を示している。図8(e)は、各フレームにおける座標(5, 1)のR画素の信号、および、フレーム間平均処理後の画素信号を示す。第(N-3)フレームから第(N-1)フレームにおいては、座標(5, 1)に白のパターンが存在するので、補間画素iWrとR画素との色比情報に基づき色信号を推定できる。一方、Nフレームにおいては座標(5, 1)に黒のパターンが存在するので、R画素の信号値が小さくなり、色比の推定が困難となる。このため、図8(a)～(d)のような被写体においては、第Nフレームにおいて偽色が発生してしまう。

40

【0052】

フレーム間の平均化処理を行った場合の第Nフレームの画素信号を、図8(e)のn\_iWrとn\_Rに示す。フレーム間の平均化処理を行わない場合はRの画素とiWrの画素の情報量が少ないため、色推定の精度が低下する。本実施形態によれば、フレーム間処理を行うことで、第(N-3)フレームから第(N-1)フレームの白パターンの情報を参照することができるので、色推定精度を向上させることが可能となる。

【0053】

図8においては、特定の被写体パターンを例示して説明したが、その他の縦、横、斜めの周期パターンなどの空間周波数の高いパターンにおいても本発明の効果を奏することは言うまでもない。また、被写体または撮像装置を意図的に動かす場合だけでなく、撮像装

50

置の意図しないブレ、大気の揺らぎなどによる画像のブレが存在する場合においても、同様の効果が得られる。

【0054】

なお、本実施形態においては、各画素当たりRGB値を出力しているが、後段の信号処理部2との親和性に鑑みて、ペイヤ配列にリモザイクした画像信号を出力してもよい。

【0055】

図9に本実施形態に係る撮像装置の評価結果を示す。画像の評価項目として、動画撮影時の偽色による妨害感を用いた。動画像の偽色による妨害感を、優れた評価から順に、「A」（ほぼなし）、「B」（許容できる）、「C」（不快）と表記した。評価条件として、明るさ、フレーム数 $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ を変化させ、評価を行った。ここで、フレーム数 $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ は、フレーム間処理における係数 $1/n$ 、 $(n-1)/n$ のフレーム数 $n$ を表し、本実施形態においては $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ は等しい。フレーム数 $n$ が大きいほど、フレーム間処理における他のフレームの重み付けが大きくなる。

【0056】

条件No1として、周囲明るさを1[1x]とし、フレーム数 $n=1$ とした。この条件においては、高周波の被写体パターンが動いた場合の偽色が多く、動画像における偽色のちらつきも非常に悪かった。よって、偽色による妨害感是不快なレベル「C」となった。条件No2として、周囲明るさを1[1x]とし、フレーム数 $n=2$ とした。この条件において、高周波の被写体パターンが動いた場合の偽色とちらつきも低減した。偽色は視認できるが、許容できるレベルであった。よって、偽色による妨害感は許容可能なレベル「B」となった。さらに、条件No3として、周囲明るさを1[1x]とし、フレーム数 $n=4$ とした。高周波の被写体パターンが動いた場合の偽色とちらつきは、ほぼ気にならないレベルであった。よって、偽色による妨害感はほぼ無いレベル「A」となった。

【0057】

なお、色信号処理部205は、フレーム間処理を行った後、色比情報を算出しているが、本実施形態はこの方法に限定されない。例えば、色比情報を算出した後、フレーム間処理を行ってもよい。つまり、色比情報 $R/iW_r$ 、 $B/iW_b$ 、 $G/iW_g$ の値をフレームメモリに格納し、色比情報のフレーム間の平均処理を行ってもよい。また、フレーム間処理は、IIRフィルタに限定されるものではなく、非巡回型フィルタ(FIR)を用いても良く、フレーム間移動平均を用いても良い。また、フレーム間のメディアンフィルタを用いてもよい。本実施形態においては、フレーム間処理のフレーム数 $n$ を1、2、4として説明したが、 $n$ の値を被写体の環境（明るさやコントラストや移動速度）に応じて変更する適応型フィルタを用いてもよい。

【0058】

本実施形態によれば、W画素を用いることで、高感度、高解像度の撮像装置を提供することが可能となる。また、カラー画素の位置における輝度信号を高精度に補間することで、色信号の推定精度を向上させることができる。さらに、補間したW画素と色画素のフレーム間処理を行うことで、動画像における偽色を抑制することができる。尚、本実施形態において、補間画素のフレーム間処理におけるフレーム数 $n$ とRGB画素のフレーム間処理におけるフレーム数 $n$ は同一としたが、この例に限定されるものではない。補間画素のフレーム間処理におけるフレーム数が2以上であり、RGB画素のフレーム間処理におけるフレーム数が2以上であれば良い。

【0059】

（第2の実施形態）

図10は、本実施形態に係る撮像装置の信号処理部2のブロック図である。以下、第2実施形態の撮像装置について、第1の実施形態とは異なる点を中心に説明する。本実施形態の色信号処理部205は、RGBの各色のフレーム間処理部212R、212G、212Bを備えている点において第1実施形態と異なる。このように、フレーム間処理部212R、212G、212BによってRGBの色毎にフレーム間処理におけるフレーム数を変えることができる。

## 【 0 0 6 0 】

フレーム間処理部 2 1 2 R は R 画素とその位置における  $iW_r$  の画素のフレーム間処理を行い、フレーム間処理部 2 1 2 B は B 画素とその位置における  $iW_b$  の画素のフレーム間処理を行う。フレーム間処理部 2 1 2 G は G 画素とその位置における  $iW_g$  の画素フレーム間処理を行う。また、フレーム間処理部 2 1 2 R、2 1 2 G、2 1 2 B は処理スループモードを備えており、フレーム間処理をしない設定も可能である。

## 【 0 0 6 1 】

R G B W 1 2 の C F 配列において、R : G : B の画素比率は 1 : 2 : 1 である。従って、画素数の少ない R、B 画素のフレーム間処理のフレーム数を多くする（重み付けを大きくする）ことで、偽色抑制の効果を高めることができる。一方、相対的に画素数の多い G 画素については、フレーム間処理を行わず、または、フレーム間処理のフレーム数を少なくする（重み付けを小さくする）ことで、回路規模を低減しつつ、動画像の偽色抑制の効果を高めることができる。

## 【 0 0 6 2 】

また、撮影時の光源の色温度（分光感度特性）に応じて、フレーム間処理のフレーム数を色毎に変更しても良い。光源の色温度によって固体撮像素子からの出力は変化し、例えば、白熱電球の光源は、太陽光に比べて、長波長（R 画素）の出力が相対的に大きく、短波長（B 画素）の出力が相対的に小さいという特性を有している。長波長が強く、短波長が弱い光源を使用する場合には、B 画素のフレーム処理数を G 画素、R 画素と比較して多くすることで、偽色低減の効果を高めることができる。色比生成部 2 1 3 は、各画素位置における色比を演算することで、色比情報  $RGB\_ratio$  を算出する。すなわち、第 2 のデータは、第 2 の画素群の画素の各々における複数の第 1 のデータの平均と第 2 の画素信号の比の情報を含む。

## 【 数 6 】

$$RGB\_ratio = \left[ \frac{n\_R}{n\_iWr} \quad \frac{k\_G}{k\_iWg} \quad \frac{m\_B}{m\_iWb} \right]$$

## 【 0 0 6 3 】

信号合成部 2 0 6 は、それぞれの色比が  $4 \times 4$  の領域で一定であるとみなして、画素毎に R G B の各色の情報を含む画像信号 3 g を生成する。すなわち、信号合成部 2 0 6 は、複数フレームの第 1 のデータである画素信号 3 d と、複数フレームの第 2 のデータである画素信号 3 e とを合成して画像信号 3 g を生成する。なお、第 1 実施形態において述べたように、隣接するブロックの情報を用いて補正処理を行い、各座標における色比情報を算出してもよい。信号合成部 2 0 6 は、輝度信号処理部 2 0 4 によって生成された W、 $iW$  の画素信号 3 c と、色比情報  $RGB\_ratio$  とを用いて、各画素の R G B の画素値を以下のように求める。当該画素が W、 $iW$  のそれぞれの場合に応じて、R G B の画素値は次式で求められる。

## 【 数 7 】

$$RGB = [R\_ratio \cdot W \quad G\_ratio \cdot W \quad B\_ratio \cdot W]$$

$$RGB = [R\_ratio \cdot iW \quad G\_ratio \cdot iW \quad B\_ratio \cdot iW]$$

## 【 0 0 6 4 】

図 1 1 に本実施形態に係る撮像装置の評価結果を示す。画像の評価項目として、動画撮影時の偽色による妨害感を用いた。動画像の偽色による妨害感を、優れた評価から順に「B」（許容できる）、「B'」（我慢できる）、「C」（不快）と表記した。明るさ、光源、フレーム数  $n$ 、 $m$ 、 $k$  を評価条件として変化させ、評価を行った。標準光源として D 6 5 光源、A 光源を用いた。D 6 5 光源は色温度 6 5 0 4 K であって自然な昼光に近い光源であり、A 光源は色温度 2 8 5 4 K を有する白熱タングステン電球の光源である。すな

わち、A光源は、D65光源と比較して、短波長（B画素）の強度が弱く、長波長（R画素）の強度が強いという特性を有している。フレーム数 $n$ 、 $m$ 、 $k$ はRGBの各画素のフレーム間処理の係数 $1/n$ 、 $(n-1)/n$ のフレーム数 $n$ に相当し、それぞれの値を変化させて評価を行った。

【0065】

条件No1において、光源をD65光源とし、周囲明るさを1[ lx ]とし、フレーム数を $n=m=k=1$ とした。評価結果は、高空間周波数の被写体パターンが動いた場合の偽色の程度が悪く、動画像における偽色のちらつきも非常に悪いものであった。よって、偽色による妨害感が不快なレベル「C」と評価された。

【0066】

条件No2において、光源をD65光源とし、周囲明るさを1[ lx ]とし、フレーム数を $n=m=2$ 、 $k=1$ とした。高空間周波数の被写体パターンが動いた際に、G画素の偽色がやや目立つものの、RB画素の偽色が低減し、動画像における偽色は我慢できる程度となった。G画素は画素配置の空間周波数が、RB画素の2倍であるため、G画素のフレーム処理数を少なくしても、偽色が目立たなくなったと考えられる。よって、評価結果は、偽色による妨害感が我慢できるレベル「B'」となった。

【0067】

条件No3において、光源をD65光源とし、周囲明るさを1[ lx ]とし、フレーム数を $n=m=4$ 、 $k=2$ とした。高空間周波数の被写体パターンが動いた際に、偽色は目立たなくなり、許容できる程度となった。よって、評価結果は、偽色による妨害感が許容できるレベル「B」となった。

【0068】

条件No4において、光源をA光源とし、周囲明るさを1[ lx ]とし、フレーム数を $n=m=4$ 、 $k=2$ とした。高空間周波数の被写体パターンが動いた際に、B画素の偽色がやや目立つものの、我慢できる程度となった。これは、A光源はD65光源と比較して、短波長（B画素）の強度が弱く、長波長（R画素）側の強度が強い特性を有するため、B画素の出力が低下し、偽色が発生し易くなったためと考えられる。よって、評価結果は、偽色による妨害感が我慢できるレベル「B'」となった。

【0069】

条件No5として、光源をA光源とし、周囲明るさを1[ lx ]とし、フレーム数を $n=2$ 、 $m=6$ 、 $k=2$ とした。高空間周波数の被写体パターンが動いた際に、偽色は目立たなくなり、許容できる程度となった。短波長の強度が弱いA光源が用いられているために、B画素の出力は小さくなる。ところが、B画素のフレーム処理数を増やし、出力の大きいR画素のフレーム処理数を減らすことで、良行な色バランスが得られたと考えられる。よって、評価結果は、偽色による妨害感が許容できるレベル「B」となった。

【0070】

本実施形態においても第1実施形態と同様の効果を奏することができる。すなわち、W画素を用いることで、高感度、高解像度の撮像装置を得ることができる。また、カラー画素の位置における輝度信号を高精度に補間することで、色信号の推定精度を向上させるとともに、補間したW画素と色画素にフレーム間の平均化処理を行うことで、動画像における偽色を抑制することができる。さらに、本実施形態においては、RGB画素のそれぞれの配置の違いを考慮してフレーム間処理を行うとともに、撮影条件を考慮して色毎にフレーム数（重み付け）を変えることで、偽色をさらに低減することができる。また、フレーム数を低減することにより、低消費電力化も同時に実現することが可能となる。

【0071】

なお、低照度下においては、ノイズリダクション効果を得るために、輝度信号処理部204においてW画素のフレーム間処理を行ってもよい。その際、解像感を保つため、W画素のフレーム間処理のフレーム数は色信号のフレーム間処理のフレーム数より少ないことが望ましい。

【0072】

## (第3の実施形態)

図12は、本実施形態に係る撮像装置の信号処理部2のブロック図である。以下、本実施形態の撮像装置について、第1の実施形態とは異なる点を中心に説明する。本実施形態は、色信号処理部205が色差生成部233を備える点、信号合成部236が色差情報に基づき画像信号3gを生成する点において、第1実施形態と異なる。フレーム間処理部212は、輝度信号処理部204によって補間された画素信号3dと、RGB画素からなる画素信号3eとのそれぞれのフレーム間処理を行う。色差生成部233は、フレーム間処理されたRGBの画素 $n\_R$ 、 $n\_G$ 、 $n\_B$ と、フレーム間処理されたRGBの補間画素 $n\_iWr$ 、 $n\_iWg$ 、 $n\_iWb$ の信号の色差情報 $RGB\_diff$ を算出する。すなわち、第2のデータは、第2の画素群の画素の各々における複数の第1のデータの平均と第2の画素信号との差を含む。

10

## 【数8】

$$RGB\_diff = [n\_R - n\_iWr, n\_G - n\_iWg, n\_B - n\_iWb]$$

## 【0073】

信号合成部236は、それぞれの色差が $4 \times 4$ の領域で一定であるとみなして、色差情報を用いてRGBの画素値を含む画像信号3gを生成する。すなわち、信号合成部236は、W、iWの画素信号3cと、色差情報 $RGB\_diff$ とを用いて、各画素のRGBの値を以下のように求め、画像信号3gを生成する。

## 【数9】

20

$$RGB = [R\_diff + W, G\_diff + W, B\_diff + W]$$

## 【0074】

ここで、各座標における色差情報の算出方法は上述の処理に限定されず、隣接するブロックの情報を用いて各画素の色差情報を補正してもよい。前述したように、局所領域においては輝度と色相の相関が強いことから、色情報は局所的に一定とみなすことができる。また、人間の視覚特性においては、輝度と色（色相）のそれぞれの分解能が異なり、色の分解能は輝度の分解能より低い。従って、高解像感を得るためには、輝度信号の解像度を高くすることが望ましい。本実施形態によれば、高解像度かつ高輝度のWの輝度信号と、 $4 \times 4$ のブロック毎の色信号とを用いることで、高解像感のあるカラー動画像を得ることができる。

30

## 【0075】

## (第4の実施形態)

図13は本実施形態に係る撮像装置の信号処理部2のブロック図である。以下、本実施形態において、第1の実施形態と異なる点を中心に説明する。本実施形態では、撮像素子1は図4(c)に表わされるRGBW8配列を備えており、信号処理部2はRGBW8配列の画素信号4aを処理する。RGBW8の配列のW画素はRGBW12に比べて少ないため、感度が低下し易い。一方、各W画素の周囲にRGBの画素が存在するため、偽色が発生し難くなる。

## 【0076】

40

図13に示されるように、撮像素子1からの画素信号4aは、輝度信号であるWの画素信号4bと、色信号であるRGBの画素信号4eとに分離される。輝度信号処理部204は、画素信号4bにおいてRGB画素を分離した部分の画素値を補間処理によって求め、補間後の画素信号4cを生成する。

## 【0077】

色信号処理部205は、補間を行ったiWの画素値と、RGBの画素値を用いて色比情報を生成する。フレーム間処理部212は、補間を行ったiWの画素値と、RGBの画素値のそれぞれについて、複数フレームを用いた平均化処理を行う。ここでのフレーム間処理は第1実施形態と同様である。よって、色比情報 $RGB\_ratio$ は画素毎に以下のように表される。

50



【数 1 0】

$$RGB\_ratio = \begin{bmatrix} \frac{n\_R}{n\_iWr} & \frac{n\_G}{n\_iWg} & \frac{n\_B}{n\_iWb} \end{bmatrix}$$

【0 0 7 8】

信号合成部 2 0 6 は、W、i W の画素信号 4 c と、色比情報 RGB\_\_ratio とを用いて、各画素の RGB の値を求め、画像信号 4 g を生成する。第 1 実施形態と同様に、画素が W、i W のそれぞれの場合について、RGB の画素値は次式で表される。

【数 1 1】

$$RGB = [R\_ratio \cdot W \quad G\_ratio \cdot W \quad B\_ratio \cdot W]$$

10

$$RGB = [R\_ratio \cdot iW \quad G\_ratio \cdot iW \quad B\_ratio \cdot iW]$$

【0 0 7 9】

本実施形態においては、RGBW 8 の配列を用いることにより、第 1 の実施形態に比べて、画像の感度、解像度が低くなったが、被写体の絵柄によっては動画像の偽色を低減することができた。

【0 0 8 0】

(第 5 の実施形態)

20

図 1 4 は本実施形態に係る撮像装置の信号処理部 2 のブロック図である。本実施形態の撮像装置について、第 1 の実施形態と異なる点を中心に説明する。撮像素子 1 は図 4 (d) で表わされる RGBG 1 2 配列の CF を用いている。RGBG 1 2 の配列においては、RGBW 1 2 の W 画素を G 画素に置き換えているため、感度が低下し易い。しかしながら、W の画素は RGB 画素に対して感度が高いため、高輝度の被写体を撮像した際に、W 画素が飽和し、ダイナミックレンジが低下し得る。本実施形態において、RGBG 1 2 配列の CF を用いることにより、信号の飽和と感度のバランスを取ることができる。この例では、G 画素は、緑に対応する波長帯域を含む第 1 の波長帯域の光に基づく第 1 の画素信号を出力する。RB 画素は、第 1 の波長帯域とは別の波長帯域に基づく第 2 の画素信号を出力する。

30

【0 0 8 1】

画素信号 5 a は G の画素信号 5 b と RB の画素信号 5 e とに分離される。輝度信号処理部 2 0 4 は画素信号 5 b において G の画素値が存在しない部分の補間処理を行い、画素値 i G を生成する。色信号処理部 2 0 5 は、補間された i G の画素値、および RB の画素値を用いて色比情報を生成する。

【0 0 8 2】

フレーム間処理部 2 1 2 は、補間された i G の画素値、および RB の画素値のそれぞれについて、複数フレームを用いた平均化処理を行う。ここでのフレーム間処理は第 1 実施形態と同様である。色比生成部 2 1 3 は、各画素における色比を演算することで、色比情報 RB\_\_ratio を算出する。

40

【数 1 2】

$$RB\_ratio = \begin{bmatrix} \frac{R}{iGr} & \frac{B}{iGb} \end{bmatrix}$$

【0 0 8 3】

信号合成部 2 0 6 は第 1 実施形態と同様に、それぞれの色比が 4 × 4 の領域で一定であるとみなして、G、i G の画素信号 5 c と、色比情報 RB\_\_ratio とを用いて、各画素の RGB の値を求める。画素が G、i G のそれぞれの場合について、RGB の画素値は以下のように求められる。

【数 1 3】

$$RGB = [R\_ratio \cdot G \quad G \quad B\_ratio \cdot G]$$

$$RGB = [R\_ratio \cdot iG \quad iG \quad B\_ratio \cdot iG]$$

【0084】

撮影した画像において、第1の実施形態に比べ、感度、解像度が低くなったが、RGB画素を用いることにより、飽和を抑えるとともに、動画撮影時の偽色を低減することが可能となった。このように、輝度信号は第1の実施形態のようにW画素の信号に限定されず、視覚特性において輝度情報が多く含まれる画素（本実施形態におけるG画素）の情報であればよい。また、色信号は、相対的に輝度情報の少ない画素（本実施形態におけるR画素、B画素）の信号であればよい。さらに、本実施形態は、画素信号5aをGの画素信号5bとRBの画素信号5eに分離しているが、輝度情報が多く含まれるデータと輝度情報の少ないデータとを演算によって分けても同様の効果を奏することができる。

10

【0085】

(第6の実施形態)

図15は本実施形態に係る撮像装置の信号処理部2のブロック図である。本実施形態の撮像装置について、第1の実施形態と異なる点を中心に説明する。本実施形態において、撮像素子1は、図4(a)で表わされるベイヤ(RGB)配列のCFを用いている。輝度信号処理部204はGの画素値を輝度信号として処理を行い、色信号処理部205はRBの画素値を色信号として処理を行う。ベイヤ配列においては、W画素を用いたCFに比べると感度が低く、また、輝度信号のための画素数が少ないことから解像感も劣る。しかしながら、色信号に用いる画素数が多いため、偽色を低減する効果が得られる。また、補間した輝度信号と色信号のフレーム処理数を一致させることで、色信号を算出する際の精度が良くなり、動画撮影時の偽色をさらに低減させることが可能となる。

20

【0086】

図15において、ベイヤ(RGB)配列の画素信号6aは、Gの画素信号6bと、R、Bの画素信号6eとに分離される。補間処理部211は、画素信号6bにおいてRB画素が分離された部分を補間処理し、iGの画素値を生成する。色信号処理部205は、輝度信号処理部204で補間を行ったiGの画素値と、RBの画素値とを用いて色比情報を生成する。フレーム間処理部212は、iGの画素値と、RBの画素値のそれぞれについて、複数フレームを用いた平均化処理を行う。ここでのフレーム間処理は第1実施形態と同様である。色比生成部213は、各画素位置における色比を演算することで、色比情報を算出する。

30

【数 1 4】

$$RB\_ratio = \left[ \frac{R}{iGr} \quad \frac{B}{iGb} \right]$$

【0087】

また、第1実施形態と同様に、信号合成部206は、それぞれの色比が4×4の領域で一定であると仮定して、Wの画素信号6c、色比情報RB\_ratioを用いて、各画素のRGBの画素値を求める。画素がG、iGのそれぞれの場合に応じて、RGBの画素値は次式で求められる。

40

【数 1 5】

$$RGB = [R\_ratio \cdot G \quad G \quad B\_ratio \cdot G]$$

$$RGB = [R\_ratio \cdot iG \quad iG \quad B\_ratio \cdot iG]$$

50

## 【 0 0 8 8 】

本実施形態における撮影結果において、第 1 の実施形態に比べると感度、解像度が低くなった。ところが、フレーム間処理を行わないベイア配列の動画像と比較すると、動画撮影時の偽色を低減する効果が得られた。

## 【 0 0 8 9 】

( 第 7 の実施形態 )

図 1 6 は本実施形態に係る撮像装置の信号処理部 2 のブロック図である。本実施形態の撮像装置について、第 1 の実施形態とは異なる点を中心に説明する。本実施形態の撮像素子 1 は、図 5 ( b ) で表わされる C M Y W 1 2 配列を用いている。C M Y W 1 2 配列は感度の高い補色 ( C , M , Y ) の画素に加えてさらに W の画素を用いていることから、感度を向上させることができる。

10

## 【 0 0 9 0 】

図 1 6 において、撮像素子 1 からの画素信号 7 a は、W の画素信号 7 b と、C、M、Y の画素信号 7 e とに分離される。輝度信号処理部 2 0 4 は、画素信号 7 b において C、M、Y の画素が分離された部分を補間処理し、i W の画素値を生成する。色信号処理部 2 0 5 は、補間された i W の画素値と、C M Y の画素値とを用いて色比情報を生成する。フレーム間処理部 2 1 2 は、補間された i W の画素値と、C M Y の画素値のそれぞれについて、複数フレームを用いた平均化処理を行う。ここでのフレーム間処理は第 1 実施形態と同様である。各画素における色比情報 C M Y \_ r a t i o は次式で表される。

【 数 1 6 】

20

$$CMY\_ratio = \left[ \frac{C}{iWc} \quad \frac{M}{iWm} \quad \frac{Y}{iWy} \right]$$

## 【 0 0 9 1 】

信号合成部 2 0 6 は、それぞれの色比が 4 × 4 の領域で一定であるとみなして、W の画素信号 7 c、色比情報 C M Y \_ r a t i o とを用いて、各画素の C M Y の値を求める。画素が W、i W のそれぞれの場合に応じて、C M Y の画素値は次式で求められる。

【 数 1 7 】

$$CMY = [C\_ratio \cdot W \quad M\_ratio \cdot W \quad Y\_ratio \cdot W]$$

30

$$CMY = [C\_ratio \cdot iW \quad M\_ratio \cdot iW \quad Y\_ratio \cdot iW]$$

## 【 0 0 9 2 】

C M Y / R G B 変換部 2 8 7 は、信号合成部 2 0 6 から出力された C M Y の画素値を R G B の画素値に変換し、画像信号 7 g を出力する。以上の処理を行った撮像装置を用いて評価撮影を行った。一部画像パターンにおいて色再現性が劣るものの、第 1 の実施形態に比べて感度が高くなり、動画撮影時の偽色が抑制された。なお、信号合成部 2 0 6 の処理を C M Y / R G B 変換部 2 8 7 の処理の後に実行してもよく、また、2 つの処理を一体として実行してもよい。

40

## 【 0 0 9 3 】

( 第 8 の実施形態 )

第 8 の実施形態に係る撮像システムを説明する。上述した第 1 ~ 第 7 の実施形態の撮像装置は種々の撮像システムに適用可能である。撮像システムは撮像装置を用いて画像、動画を取得する装置であり、その一例としては、デジタルスチルカメラ、デジタルカムコーダー、監視カメラ、携帯端末などがある。図 1 7 に、撮像システムの例としてデジタルスチルカメラに第 1 ~ 第 7 の実施形態の撮像装置を適用したシステムのブロック図を示す。

## 【 0 0 9 4 】

図 1 7 において、撮像システムは、被写体の光学像を撮像装置 3 0 1 に結像させるレンズ 3 0 2、レンズ 3 0 2 の保護のためのバリア 3 0 3 およびレンズ 3 0 2 を通った光量を

50

調整するための絞り 304 を有する。また、撮像システムは撮像装置 301 より出力される出力信号の処理を行う出力信号処理部 305 を有する。

【0095】

出力信号処理部 305 はデジタル信号処理部を有し、撮像装置 301 から出力される信号を、必要に応じて各種の補正、圧縮を行って信号を出力する。撮像装置 301 から出力される信号がアナログ信号である場合、出力信号処理部 305 はアナログ/デジタル変換回路をデジタル信号処理部の前段に備えてもよい。

【0096】

また、撮像システムは、バッファメモリ部 306、記録媒体制御インターフェース(I/F)部 307、外部インターフェース(I/F)部 308、記録媒体 309、全体制御・演算部 310、タイミング発生部 311 を備え得る。バッファメモリ部 306 は出力信号処理部 305 からの画像データを一時的に記憶する。記憶媒体制御 I/F 部 307 は記録媒体 309 への画像データの記録または読み出しを行う。記録媒体 309 は例えば半導体メモリによって構成され、撮像システムに着脱、若しくは内蔵され得る。外部 I/F 部 308 は外部のコンピュータ、ネットワークと通信することが可能である。全体制御・演算部 310 は、各種演算処理、デジタルスチルカメラ全体を制御する機能を備える。タイミング発生部 311 は出力信号処理部 305 に各種タイミング信号を出力する。なお、タイミング信号などの制御信号はタイミング発生部 311 ではなく外部から入力されてもよい。以上のように、本実施形態の撮像システムは、第 1 ~ 第 7 の実施形態で述べた撮像装置 301 を適用して撮像動作を行うことが可能である。

【0097】

(他の実施形態)

以上、本発明に係る撮像装置を説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜修正および変形することを妨げるものではない。例えば、上述の第 1 ~ 第 8 実施形態の構成を組み合わせることも可能である。また、撮像装置は必ずしも撮像素子を備えなくても良く、撮像素子から出力された画素信号を処理するコンピュータなどの画像処理システムであっても良い。

【符号の説明】

【0098】

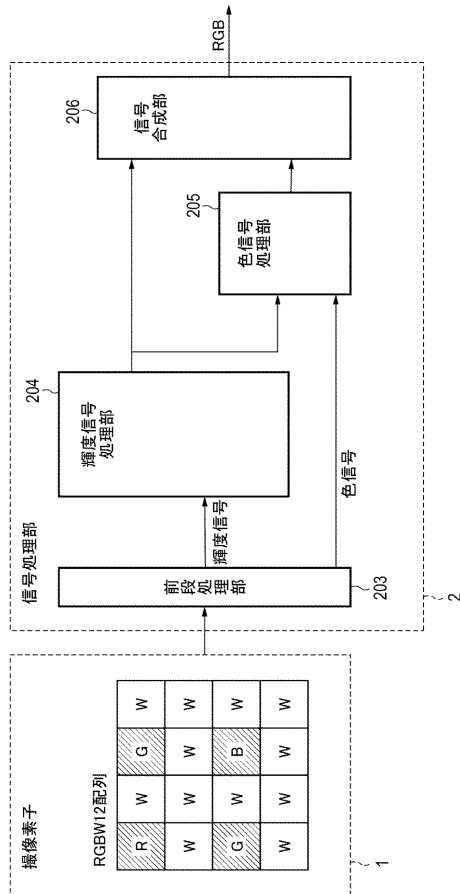
- 1 撮像素子
- 2 信号処理部
  - 100 画素
  - 204 輝度信号処理部
  - 205 色信号処理部
  - 206 信号合成部

10

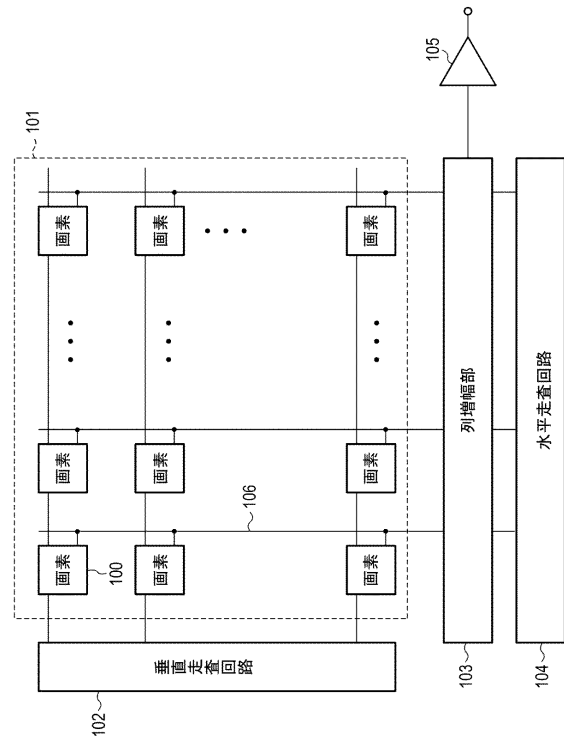
20

30

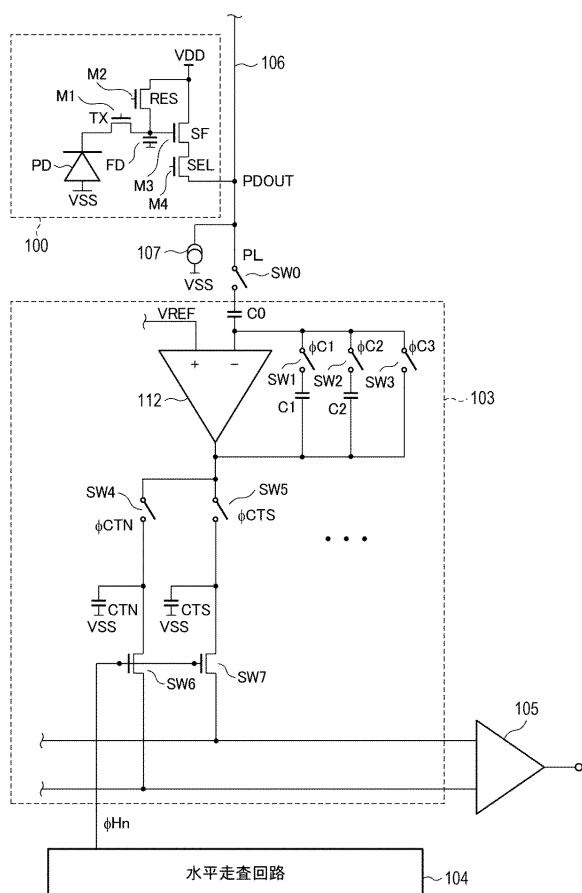
【図 1】



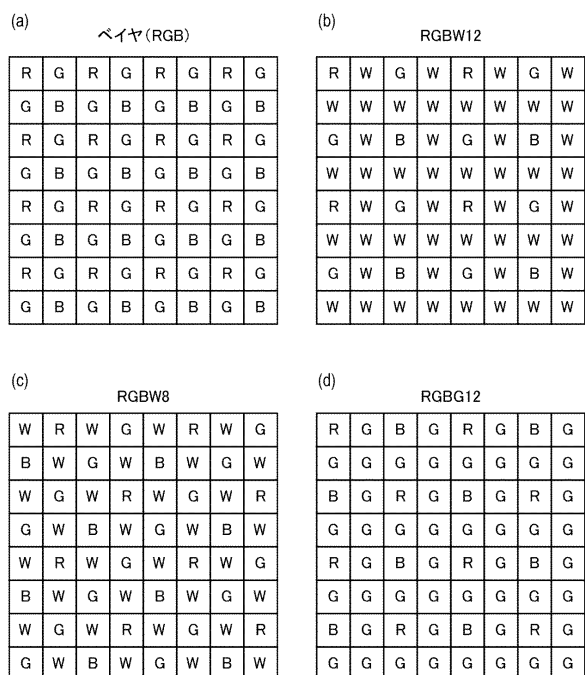
【図 2】



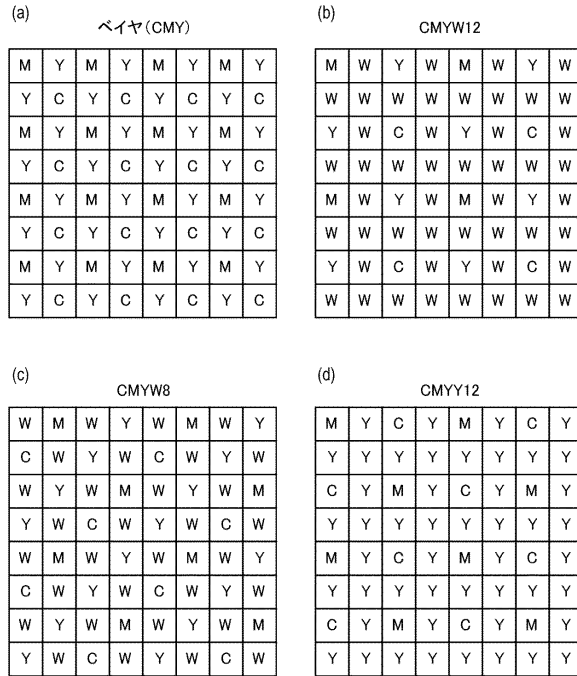
【図 3】



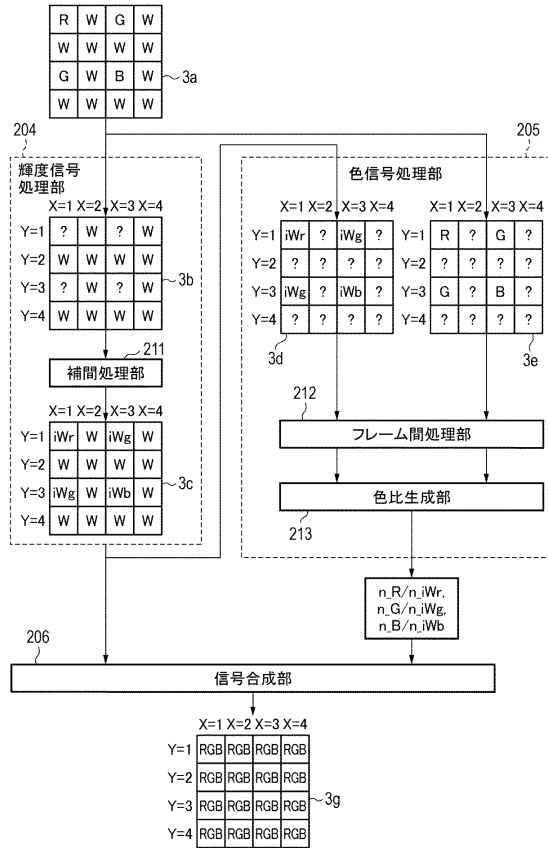
【図 4】



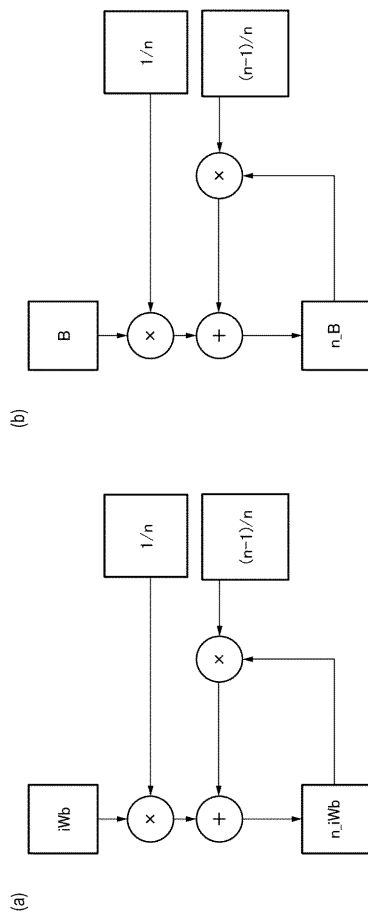
【図 5】



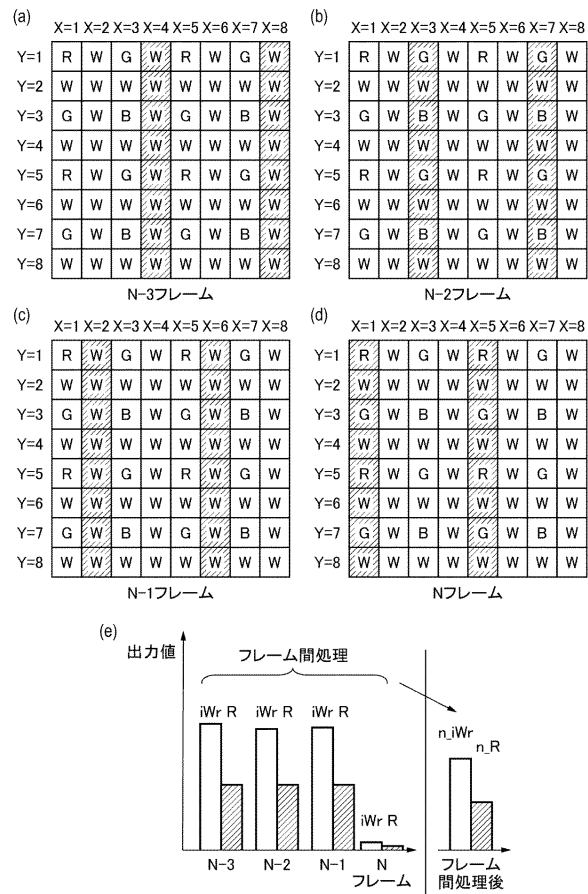
【図 6】



【図 7】



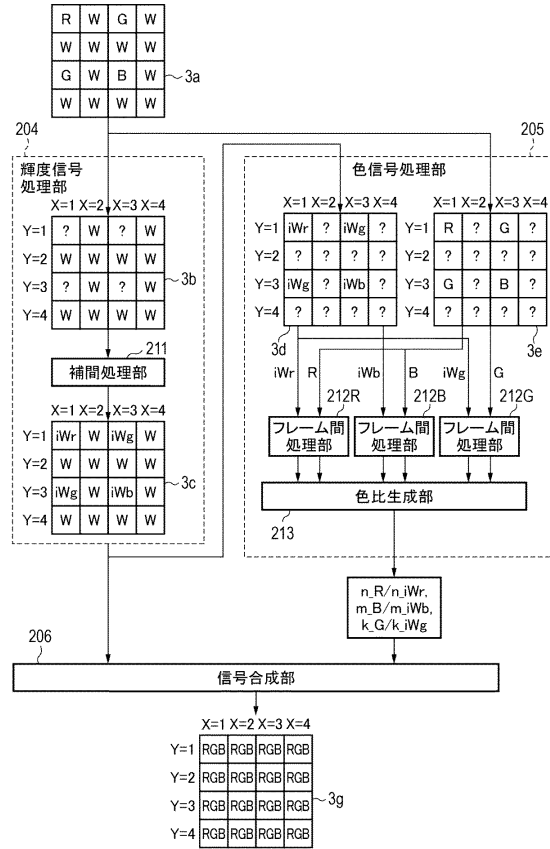
【図 8】



【図 9】

条件	明るさ	iWrとRの フレーム数 (n1)	iWbとBの フレーム数 (n2)	iWgとGの フレーム数 (n3)	動画像の 偽色による 妨害感
No1	1lx	1	1	1	C
No2	1lx	2	2	2	B
No3	1lx	4	4	4	A

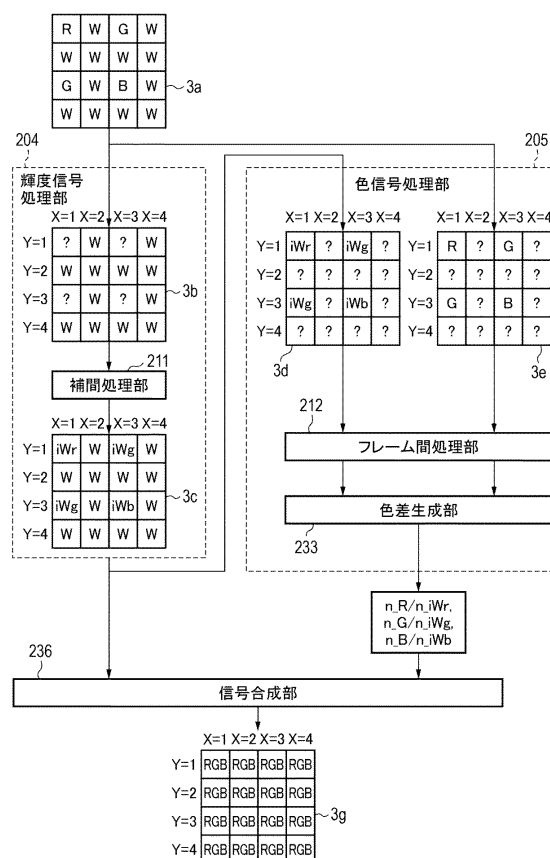
【図 10】



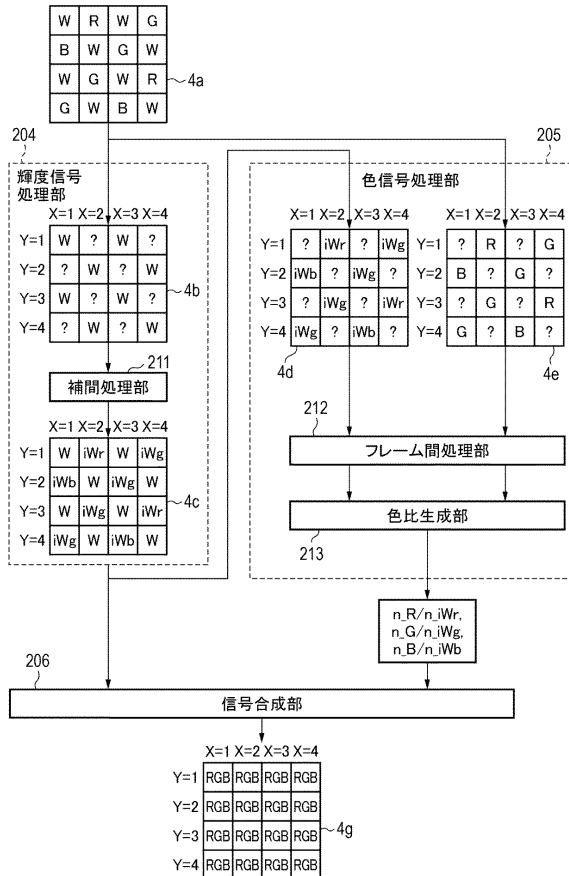
【図 11】

条件	明るさ	光源	iWrとRの フレーム数 (n1)	iWbとBの フレーム数 (n2)	iWgとGの フレーム数 (n3)	動画像の 偽色による 妨害感
No1	1lx	D65光源	1	1	1	C
No2	1lx	D65光源	2	2	1	B'
No3	1lx	D65光源	4	4	2	B
No4	1lx	A光源	4	4	2	B'
No5	1lx	A光源	2	6	2	B

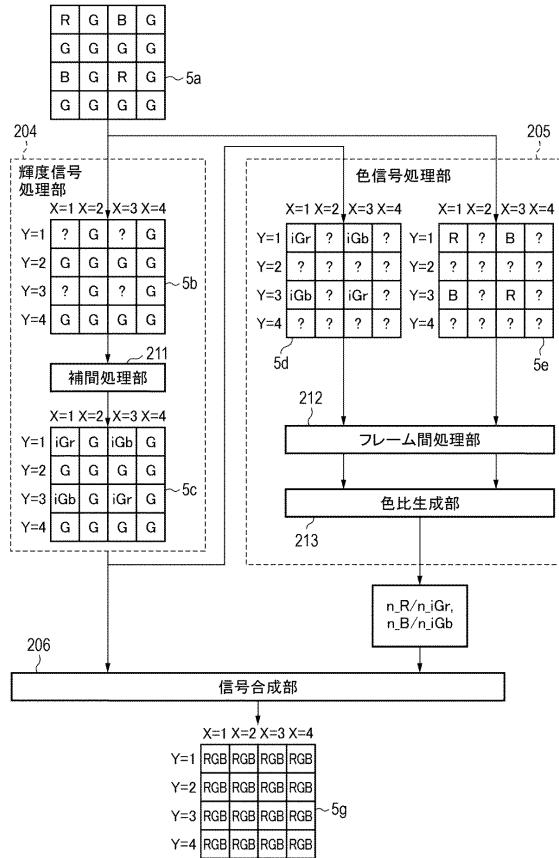
【図 12】



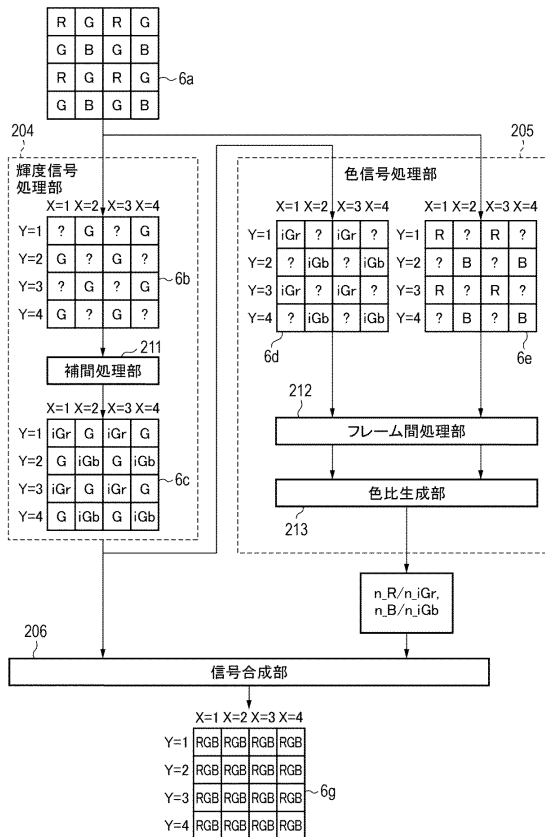
【 図 1 3 】



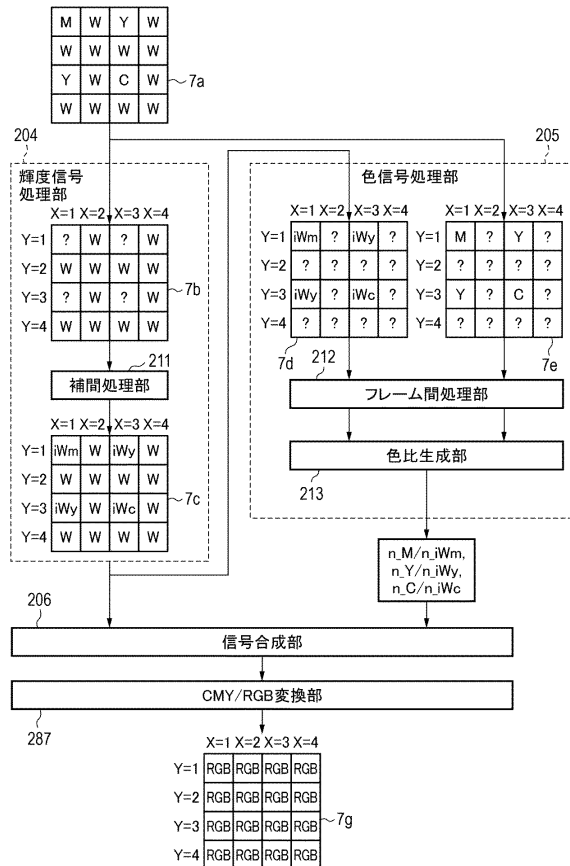
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】

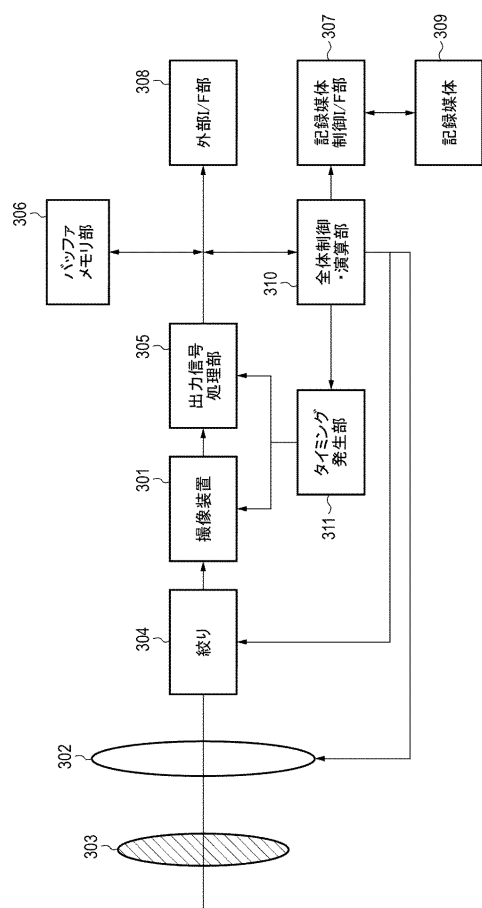


【 図 1 6 】





【图 17】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 海部 紀之  
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
- (72)発明者 川野 藤雄  
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
- (72)発明者 大西 智也  
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

審査官 大室 秀明

- (56)参考文献 国際公開第2013/145487(WO, A1)  
特表2009-504005(JP, A)  
特開2012-130078(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- G06T 1/00 - 1/40
  - G06T 3/00 - 5/50
  - G06T 9/00 - 9/40
  - H04N 5/222 - 5/257
  - H04N 9/04 - 9/11