

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6494301号  
(P6494301)

(45) 発行日 平成31年4月3日 (2019.4.3)

(24) 登録日 平成31年3月15日 (2019.3.15)

(51) Int. Cl.	F I
HO 4 N 5/378 (2011.01)	HO 4 N 5/378
HO 4 N 5/357 (2011.01)	HO 4 N 5/357
HO 4 N 5/374 (2011.01)	HO 4 N 5/374

請求項の数 21 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2015-10677 (P2015-10677)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成27年1月22日 (2015.1.22)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2016-134909 (P2016-134909A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成28年7月25日 (2016.7.25)	(74) 代理人	100076428
審査請求日	平成30年1月17日 (2018.1.17)		弁理士 大塚 康德
		(74) 代理人	100112508
			弁理士 高柳 司郎
		(74) 代理人	100115071
			弁理士 大塚 康弘
		(74) 代理人	100116894
			弁理士 木村 秀二
		(74) 代理人	100130409
			弁理士 下山 治
		(74) 代理人	100134175
			弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像装置及びその制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の画素が2次元に配置された画素部と

互いに異なる傾きを有する複数の参照信号を用いてアナログ信号をデジタル信号に変換するアナログデジタル変換手段と、

予め決められた複数の異なる出力レベルのアナログ信号を前記アナログデジタル変換手段に供給する電圧供給手段と、

前記電圧供給手段により供給される前記複数の異なる出力レベルのアナログ信号を前記アナログデジタル変換手段により前記複数の参照信号を用いてそれぞれ変換することで検出値を取得し、取得した前記検出値に対するフィルタリング処理を行い、該フィルタリング処理後の検出値に基づいて、前記複数の参照信号を用いて前記画素部から出力されるアナログ信号を前記アナログデジタル変換手段により変換して得られるデジタル信号を補正するための補正値をフレーム毎に算出する算出手段と、を有し、

前記フィルタリング処理は、前記フィルタリング処理前の検出値と、前のフレームにおける前記フィルタリング処理後の検出値を、巡回係数により重み付け加算する処理であり、

前記算出手段は、前記フィルタリング処理前の検出値と、前記前のフレームにおける前記フィルタリング処理後の検出値との差分が閾値よりも大きい場合に、前記巡回係数を0に設定することを特徴とする撮像装置。

【請求項 2】

10

20

複数の画素が２次元に配置された画素部と、

互いに異なる傾きを有する複数の参照信号を用いてアナログ信号をデジタル信号に変換するアナログデジタル変換手段と、

予め決められた複数の異なる出力レベルのアナログ信号を前記アナログデジタル変換手段に供給する電圧供給手段と、

前記電圧供給手段により供給される前記複数の異なる出力レベルのアナログ信号を前記アナログデジタル変換手段により前記複数の参照信号を用いてそれぞれ変換することで検出値を取得し、取得した前記検出値に対するフィルタリング処理を行い、該フィルタリング処理後の検出値に基づいて、前記複数の参照信号を用いて前記画素部から出力されるアナログ信号を前記アナログデジタル変換手段により変換して得られるデジタル信号を補正するための補正値をフレーム毎に算出する算出手段と、を有し、

前記フィルタリング処理は、前記フィルタリング処理前の検出値と、前のフレームにおける前記フィルタリング処理後の検出値を、巡回係数により重み付け加算する処理であり、

前記フィルタリング処理前の検出値は、前記複数の異なる出力レベルのアナログ信号を前記複数の参照信号によりそれぞれ変換して得られた複数のデジタル信号を用いて前記補正値を求めるための演算の途中に得られる複数の中間値の各々に対応することを特徴とする撮像装置。

#### 【請求項 3】

前記算出手段は、前記フィルタリング処理前の検出値を  $V(n)$ 、前記フィルタリング処理後の検出値を  $V_f(n)$ 、前記前のフレームにおける前記フィルタリング処理後の検出値を  $V_f(n-1)$ 、前記巡回係数を  $p$  とした場合に、

$$V_f(n) = V(n) \times p + V_f(n-1) \times (1-p), \quad (0 \leq p \leq 1)$$

により前記フィルタリング処理を行うことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の撮像装置。

#### 【請求項 4】

前記フィルタリング処理前の検出値は、前記複数の異なる出力レベルのアナログ信号を前記複数の参照信号によりそれぞれ変換して得られた複数のデジタル信号の各々に対応することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

#### 【請求項 5】

前記フィルタリング処理前の検出値と、前記前のフレームにおける前記フィルタリング処理後の検出値との差分の絶対値が予め決められた範囲内にある場合に、該範囲より小さい場合よりも、大きい値を前記巡回係数に設定することを特徴とする請求項 2 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

#### 【請求項 6】

温度を測定する温度検出手段を更に有し、

前記温度検出手段により測定された温度の変化率の絶対値が予め決められた範囲内にある場合に、該範囲より小さい場合よりも、大きい値を前記巡回係数に設定することを特徴とする請求項 2 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

#### 【請求項 7】

前記画素部から出力された 1 フレーム分の画像のコントラストが低い程、より小さい値を前記巡回係数に設定することを特徴とする請求項 2 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

#### 【請求項 8】

前記画素部を読み出す際のフレームレートが予め決められた範囲内にある場合に、該範囲より高い場合よりも、大きい値を前記巡回係数に設定することを特徴とする請求項 2 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

#### 【請求項 9】

前記画素部を読み出して得られた画像を、映像出力として用いるフレームと用いないフレームとを含み、

前記映像出力として用いるフレームで算出された前記フィルタリング処理後の検出値と、前記映像出力として用いないフレームを含めて算出された前記フィルタリング処理後の検出値との差分の絶対値が予め決められた範囲内にある場合に、該範囲より大きい場合よりも、より大きい値を前記巡回係数に乗ずることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 10】

被写体の動き量を検出する動き量の検出手段を更に有し、

前記動き量の検出手段により検出された動き量が予め決められた範囲内にある場合に、該範囲より小さい場合よりも、大きい値を前記巡回係数に乗ずることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

10

【請求項 11】

前記画素部は、ベイヤー配列の原色カラーフィルタにより覆われ、

赤または青のフィルタにより覆われた画素に対応するデジタル信号を補正するための補正值は、緑のフィルタにより覆われた画素に対応するデジタル信号を補正するための補正值よりも大きい値を前記巡回係数に乗じて算出することを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 12】

前記アナログデジタル変換手段は、前記画素部を構成する各画素から出力されるアナログ信号の出力レベルが予め決められた判定レベルより小さい場合に、第一の参照信号を用いて変換したデジタル信号を出力し、前記判定レベル以上の場合に、前記第一の参照信号よりも傾きの大きい第二の参照信号を用いて変換したデジタル信号を出力することを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

20

【請求項 13】

前記画素部を構成する各画素から出力されるアナログ信号を、前記アナログデジタル変換手段により変換する前に増幅する増幅手段を更に有し、

前記増幅手段による増幅率が変化した場合に、前記判定レベルを前記増幅率の変化に対応するように変更した値が予め決められた範囲内にある場合に、該範囲より小さい場合よりも、大きい値を前記巡回係数に乗ずることを特徴とする請求項 12 に記載の撮像装置。

【請求項 14】

前記算出手段により算出された前記補正值を用いて、前記画素部から出力されたアナログ信号をアナログデジタル変換して得られた前記デジタル信号を補正する補正手段を更に有することを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

30

【請求項 15】

前記画素部は、光電変換素子を含まないダミー画素を有し、前記電圧供給手段は、前記ダミー画素の読み出し期間に、前記予め決められた複数の異なる出力レベルのアナログ信号を供給することを特徴とする請求項 1 乃至 14 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 16】

前記画素部は複数の領域に分割され、前記算出手段は、前記分割した複数の領域それぞれについて前記補正值を算出することを特徴とする請求項 1 乃至 15 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

40

【請求項 17】

前記アナログデジタル変換手段が、前記画素部の各列にそれぞれ配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 16 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 18】

複数の画素が 2 次元に配置された画素部を有する撮像装置の制御方法であって、

電圧供給手段が、予め決められた複数の異なる出力レベルのアナログ信号をアナログデジタル変換手段に供給する電圧供給工程と、

前記アナログデジタル変換手段が、前記複数の異なる出力レベルのアナログ信号を、互いに異なる傾きを有する複数の参照信号を用いて複数のデジタル信号に変換するアナログデジタル変換工程と、

50

算出手段が、前記電圧供給手段により供給される前記複数の異なる出力レベルのアナログ信号を前記アナログデジタル変換手段により前記複数の参照信号を用いてそれぞれ変換することで検出値を取得し、取得した前記検出値に対してフィルタリング処理を行うフィルタリング工程と、

前記算出手段が、前記フィルタリング処理後の前記検出値に基づいて、前記複数の参照信号を用いて前記画素部から出力されるアナログ信号を前記アナログデジタル変換手段により変換して得られるデジタル信号を補正するための補正値をフレーム毎に算出する算出工程と、を有し、

前記フィルタリング処理は、前記フィルタリング処理前の検出値と、前のフレームにおける前記フィルタリング処理後の検出値を、巡回係数により重み付け加算する処理であり

10

、  
前記フィルタリング処理前の検出値と、前記前のフレームにおける前記フィルタリング処理後の検出値との差分が閾値よりも大きい場合に、前記巡回係数を0に設定することを特徴とする撮像装置の制御方法。

【請求項19】

複数の画素が2次元に配置された画素部を有する撮像装置の制御方法であって、

電圧供給手段が、予め決められた複数の異なる出力レベルのアナログ信号をアナログデジタル変換手段に供給する電圧供給工程と、

前記アナログデジタル変換手段が、前記複数の異なる出力レベルのアナログ信号を、互いに異なる傾きを有する複数の参照信号を用いて複数のデジタル信号に変換するアナログデジタル変換工程と、

20

算出手段が、前記電圧供給手段により供給される前記複数の異なる出力レベルのアナログ信号を前記アナログデジタル変換手段により前記複数の参照信号を用いてそれぞれ変換することで検出値を取得し、取得した前記検出値に対してフィルタリング処理を行うフィルタリング工程と、

前記算出手段が、前記フィルタリング処理後の前記検出値に基づいて、前記複数の参照信号を用いて前記画素部から出力されるアナログ信号を前記アナログデジタル変換手段により変換して得られるデジタル信号を補正するための補正値をフレーム毎に算出する算出工程と、を有し、

前記フィルタリング処理は、前記フィルタリング処理前の検出値と、前のフレームにおける前記フィルタリング処理後の検出値を、巡回係数により重み付け加算する処理であり

30

、  
前記フィルタリング処理前の検出値は、前記複数の異なる出力レベルのアナログ信号を前記複数の参照信号によりそれぞれ変換して得られた複数のデジタル信号を用いて前記補正値を求めるための演算の途中に得られる複数の中間値の各々に対応することを特徴とする撮像装置の制御方法。

【請求項20】

前記画素部は複数の領域に分割され、前記算出工程では、前記分割した複数の領域それぞれについて前記補正値を算出することを特徴とする請求項18または19に記載の撮像装置の制御方法。

40

【請求項21】

前記算出工程で算出された前記補正値を用いて、前記画素部から出力されたアナログ信号をアナログデジタル変換して得られた前記デジタル信号を補正する補正工程を更に有することを特徴とする請求項18乃至20のいずれか1項に記載の撮像装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像装置及びその制御方法に関し、特に、撮像素子から読み出したアナログ信号をデジタル信号に変換する撮像装置及びその制御方法に関する。

【背景技術】

50

## 【0002】

従来、テレビジョンの規格として、水平1920画素、垂直1080画素のフルハイビジョンと呼ばれる規格が一般的によく用いられていた。しかし近年では、水平3840画素、垂直2160画素の4K2Kと呼ばれるテレビジョン規格への移行が進んでいる。さらに今後、水平7680画素、垂直4320画素の8K4K（スーパーハイビジョン）と呼ばれる、次世代テレビジョン規格への移行が予定されている。また、多画素化と共に、フレームレートにおいても高速化の一途を辿っている。

## 【0003】

このようなテレビジョン規格の移行に伴い、テレビジョン映像を撮影する撮像装置に対して多画素化・高フレームレート化が要求されており、これを満足するために、撮像素子が映像を読み出す速度を高速化していくことが一つの課題となっている。読み出し速度を高速化するためには、撮像素子が有するAD変換器の処理速度を高速化することが必要不可欠であり、AD変換器の高速化に関する様々な技術が提案されている。

10

## 【0004】

また、読み出し速度の高速化に加え、S/N比の改善とダイナミックレンジの拡大を目的とした、階調精度の向上に対する要求も高い。そのため、回路規模が増大したり、処理時間が延びるようなこと無く階調精度を向上させることが、今後の画像性能を向上させる上で、重要な課題となっている。

## 【0005】

このような課題に対し、特許文献1では、次のような構成を有する撮像装置を開示している。すなわち、撮像素子内にある列アンプ回路を用いて、画素信号を第1のゲインで増幅した第1の画素信号と、第1のゲインより大きい第2のゲインで増幅した第2の画素信号とを、それぞれ異なるADコンバータ回路を用いてアナログデジタル（AD）変換する。そして、画素信号のレベルに応じて、AD変換後の第1の画素信号と第2の画素信号のうち、いずれか一方を選択的に出力させる。このような構成にすることで、ダイナミックレンジの拡大と、S/N比の改善を実現することが可能となる。

20

## 【0006】

更に、特許文献1では、選択的に読み出した第1の画素信号と第2の画素信号を同じゲインレベルにレベルシフトした後に、ゲイン誤差もしくはオフセット誤差を検出し、この検出値に基づいて画素信号を補正する技術についても提案している。このような処理を行うことで、選択的に読み出した第1の画素信号と第2の画素信号とから1枚の画像を合成した際に生じる、信号レベルの段差を低減させることができる。

30

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0007】

【特許文献1】特開2012-080252号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0008】

しかしながら、特許文献1では、ゲイン誤差、及びオフセット誤差を算出するための検出値の時間的なばらつき（変動）については考慮されていない。検出値が変動する主な要因としては、急激な温度変化、撮像素子の駆動方法の切替え、列アンプに供給している電源のノイズ、配線ノイズ、外乱ノイズ（例えば、モーター駆動等で発生する磁気ノイズの飛び込み）などがある。検出値が変動した状態でゲイン誤差、及びオフセット誤差を算出し、その算出値を用いて有効画素の補正を行うと、特許文献1に開示されているように第1の画素信号及び第2の画素信号とから1枚の画像を合成した場合、信号レベルの段差が見えてしまう。

40

## 【0009】

例えば、フレーム毎に補正値を算出し、更新していくような補正方法を用いた場合、信号レベルの段差が発生するフレームと、信号レベルの段差が発生しないフレームが存在す

50

ると、見た目上違和感のある映像となってしまう。

【 0 0 1 0 】

また、1フレーム分の画像を分割した領域毎に別々の検出値を取得し、その検出値により算出された補正値を用いて領域毎に補正を行った場合、領域毎に段差が発生する領域と発生しない領域が存在すると、見た目上違和感のある映像となってしまう。特に、被写体のコントラストが低く、徐々に輝度レベルが変化するような映像では、顕著に目立つ。

【 0 0 1 1 】

本発明は上記問題点を鑑みてなされたものであり、フレーム間、もしくは画面内の領域間で、信号レベルの段差が発生したり、段差のレベルが変化するような不自然な映像となることを防ぐことを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

上記目的を達成するために、本発明の撮像装置は、複数の画素が2次元に配置された画素部と、互いに異なる傾きを有する複数の参照信号を用いてアナログ信号をデジタル信号に変換するアナログデジタル変換手段と、予め決められた複数の異なる出力レベルのアナログ信号を前記アナログデジタル変換手段に供給する電圧供給手段と、前記電圧供給手段により供給される前記複数の異なる出力レベルのアナログ信号を前記アナログデジタル変換手段により前記複数の参照信号を用いてそれぞれ変換することで検出値を取得し、取得した前記検出値に対するフィルタリング処理を行い、該フィルタリング処理後の検出値に基づいて、前記複数の参照信号を用いて前記画素部から出力されるアナログ信号を前記アナログデジタル変換手段により変換して得られるデジタル信号を補正するための補正値をフレーム毎に算出する算出手段と、を有し、前記フィルタリング処理は、前記フィルタリング処理前の検出値と、前のフレームにおける前記フィルタリング処理後の検出値を、巡回係数により重み付け加算する処理であり、前記算出手段は、前記フィルタリング処理前の検出値と、前記前のフレームにおける前記フィルタリング処理後の検出値との差分が閾値よりも大きい場合に、前記巡回係数を0に設定することを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 1 3 】

本発明によれば、フレーム間、もしくは画面内の領域間で、信号レベルの段差が発生したり、段差のレベルが変化するような不自然な映像となることを防ぐことができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 4 】

【図1】本発明の実施形態における撮像装置で用いられる撮像素子の概略構成を示すブロック図。

【図2】撮像素子の列アンプ群の概略構成及び動作タイミングを示す図。

【図3】第1の実施形態におけるAD変換の動作を説明するためのタイミング図。

【図4】信号レベルに応じて傾きの異なるランブ信号を用いる場合の、出力レベルとAD変換結果との関係を示す図。

【図5】第1の実施形態における撮像素子の画素部の構成例を示す図。

【図6A】第1の実施形態のダミー画素の読み出し期間における固定電圧V1を第一のランブ信号VRAMP(小)でAD変換処理する場合のタイミング図。

【図6B】第1の実施形態のダミー画素の読み出し期間における固定電圧V1を第二のランブ信号VRAMP(大)でAD変換処理する場合のタイミング図。

【図6C】第1の実施形態のダミー画素の読み出し期間における固定電圧V2を第一のランブ信号VRAMP(小)でAD変換処理する場合のタイミング図。

【図6D】第1の実施形態のダミー画素の読み出し期間における固定電圧V2を第二のランブ信号VRAMP(大)でAD変換処理する場合のタイミング図。

【図7】第1の実施形態における検出値V1Hの変動の一例を示す図。

【図8】第1の実施形態における外乱ノイズ発生時における検出値V1Hのフィルタリング処理を説明する図。

10

20

30

40

50

【図 9】第 1 の実施形態における電源起動時、及び撮像素子の駆動方法切替え時における巡回係数の設定値を説明する図。

【図 10】第 1 の実施形態における温度変化に対する巡回係数の設定値を示す図。

【図 11】第 1 の実施形態における 1 フレーム分の画像の輝度分布の例を示す図。

【図 12】第 1 の実施形態におけるコントラストに応じて巡回係数を決定する場合の重み付け係数と巡回係数を示す図。

【図 13】第 1 の実施形態におけるフレームレートに応じて巡回係数を決定する場合の巡回係数を示す図。

【図 14】第 1 の実施形態における検出値の安定度に応じて巡回係数を決定する場合の巡回係数の設定値を示す図。

【図 15】第 1 の実施形態における被写体の動き量に応じて巡回係数を変更する場合の巡回係数に関する図である。

【図 16】第 1 の実施形態におけるカラーフィルタの色に応じて巡回係数を変更する場合の巡回係数に関する図。

【図 17】第 1 の実施形態における列アンプのゲイン切替えに応じて基準信号レベルを変更する場合の巡回係数に関する図。

【図 18】本発明の撮像素子における領域ごとにオフセット補正値を算出する場合の説明図。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、添付図面を参照して本発明を実施するための形態を詳細に説明する。

【0016】

< 第 1 の実施形態 >

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態における撮像装置で用いられる撮像素子 1 の構成を示すブロック図であり、撮像素子 1 と、撮像素子 1 により得られた画像データの出力先である画像処理部 2 とを示している。第 1 の実施形態における撮像素子 1 は、並列型 A/D 変換器を実装した CMOS イメージセンサである。画像処理部 2 は、撮像素子 1 が出力する画像データに対し、ホワイトバランス処理や、ガンマ処理などの現像処理を行い、最終的に記録媒体に記録する。また、画像処理部 2 は CPU を内蔵しており、この CPU により、撮像装置の動作モードに応じて撮像素子 1 と通信（例えばシリアル通信）し、制御を行う。

【0017】

撮像素子 1 において、タイミング制御部 100 は撮像素子 1 の各ブロックに対して動作クロック信号及びタイミング信号を供給し、動作を制御する。

【0018】

画素部 110 は、2 次元に配置された複数の画素を含み、各画素の光電変換素子において入射光量に応じて光電変換して得られた電荷を、電圧に変換して出力する。各々の画素には、カラーフィルタとマイクロレンズが実装されている。なお、カラーフィルタとして、R（赤）、G（緑）、B（青）の 3 色の、いわゆる RGB 原色カラーフィルタによるベイヤー配列の周期構造をとっているのが一般的であるが、必ずしもこの限りではない。

【0019】

垂直走査回路 120 は、画素部 110 の各画素により得られた画素信号を 1 フレーム期間内に順次読み出すためのタイミング制御を行う。一般的に読み出しは、1 フレーム中の上部の行から下部の行にかけて、行単位で順次行われる。

【0020】

列アンプ群 130 は、各列にそれぞれ設けられた複数の列アンプから成り、画素部 110 から読みだされた画素信号を電氣的に増幅するために用いられる。列アンプ群 130 で画素信号を増幅することにより、後段のランブ回路 140 や列アナログデジタル変換器群（列 ADC 群）150 が出すノイズとの S/N 比を改善させる。ただし、画素部 110 の出すノイズに対し、ランブ回路 140 や列 ADC 群 150 が出すノイズが十分小さい回路

10

20

30

40

50

構造においては、列アンプ群 130 は必ずしも必須ではない。

【0021】

定電圧回路 400 は、画素部 110 と列アンプ群 130 とを繋ぐ信号線に、固定の電圧を供給する電圧供給手段として動作する。なお、第 1 の実施形態では定電圧回路 400 を用いるが、ある一定の電圧で信号をクリップするようなクリップ回路などに応用できる回路を用いても良い。

【0022】

ランプ回路 140 は、時間方向に一定のスロープ（傾き）を持つランプ形状の電圧信号（ランプ信号）を発生する信号発生器である。列 ADC 群 150 は、列毎に比較部 151 とカウンタ・ラッチ回路 152 とからなる列 ADC を有する。比較部 151 は、列アンプ群 130 により増幅された画素信号（アナログ信号）と、ランプ回路 140 からのランプ信号とを比較して、信号の大小関係を示す信号を出力する。そしてカウンタ・ラッチ回路 152 が、比較部 151 からの信号に応じてカウンタ値をラッチすることで、アナログ・デジタル変換が行われる。なお、比較部 151 とカウンタ・ラッチ回路 152 の詳細な動作は後述する。カウンタ・ラッチ回路 152 に保持された 1 行分のデジタル画像データは、水平転送回路 160 により端の行から順に読みだされる。

【0023】

水平転送回路 160 により読み出された画像データは信号処理回路 170 に入力される。信号処理回路 170 はデジタル的に信号処理を行う回路であり、デジタル処理で一定量のオフセット値を加える他に、シフト演算や乗算を行うことで、簡易にゲイン演算を行うことができる。また、画素部 110 に、遮光した画素領域（OB 画素部）を形成し、OB 画素部の画素から得られる信号を利用したデジタルの黒レベルクランプ動作を行っても良い。更に、入力された画像データに基づいて、後述するように、ランプ回路 140 から出力されるランプ信号を、タイミング制御部 100 を介して制御する。

【0024】

信号処理回路 170 により処理された画像データは、外部出力回路 180 に渡される。外部出力回路 180 は、シリアルライザー機能を有し、信号処理回路 170 からの多ビットの入力パラレル信号をシリアル信号に変換する。また、このシリアル信号を、例えば LVS 信号等に変換し、画像処理部 2 に出力する。

【0025】

コントローラ回路 300 は、画像処理部 2 との I/F 部であり、シリアル通信回路などを用いて、画像処理部 2 の CPU から撮像素子 1 への制御を受ける。

【0026】

次に、撮像素子 1 の列 ADC 群 150 を用いた基本的な AD 変換の原理について、図 2 を用いて説明する。列 ADC 群 150 は、上述したように、列毎に比較部 151 とカウンタ・ラッチ回路 152 を有しており、図 2（a）に示すように、比較部 151 は、列アンプ群 130 から出力される画素信号 VAMP と、ランプ回路 140 から出力されるランプ信号 VRAMP とを比較し、その結果を出力する。

【0027】

図 2（b）に示すように、画素部 110 からの画素信号 VAMP の読み出し開始に先立って比較部 151 の動作を開始する（時刻 t1）。列アンプ群 130 の各列アンプの動作が安定すると、時刻 t2 において、カウンタ・ラッチ回路 152 のカウンタ値をリセットする。このカウンタ・ラッチ回路 152 のカウンタリセットタイミングと同期して、ランプ回路 140 から出力されるランプ信号 VRAMP の信号レベルは、時刻 t2 から時間の経過とともに増加する。比較部 151 の出力は、列アンプ群 130 から出力される画素信号 VAMP の信号レベルをランプ回路 140 から出力されるランプ信号 VRAMP の信号レベルが超えた時に反転する（時刻 t3）。カウンタ・ラッチ回路 152 は、カウンタ値をリセットしてから、比較部 151 の出力が反転するまでの期間（時刻 t2～時刻 t3）、カウンタ動作を行う。この動作により、列アンプ群 130 により増幅された画素信号の出力レベルに比例したカウンタ値が得られるため、こうして得られたカウンタ値が AD 変

10

20

30

40

50



換結果となる。なお、ここで説明した画素信号とランプ信号の比較方法、カウンタ・ラッチ回路によるカウント方法などはあくまで一例であり、カウント値をリセットしてから比較部 151 の出力が反転するまでの期間を検出できれば、他の方法で実施してもかまわない。

#### 【0028】

図 3 は、第 1 の実施形態におけるランプ回路 140 及び列 ADC 群 150 の動作を説明する図である。図 3 において、横軸は時間、グラフ上部の縦軸は出力レベル、グラフ下部は、比較部 151 の出力を示している。図 3 を参照して、列アンプ群 130 の出力信号 VAMP の信号レベルに応じて、ランプ回路 140 から出力されるランプ信号 VRAMP のスロープを変える例について説明する。

10

#### 【0029】

一般的に、単位画素からの信号の読み出し処理においては、まず N 信号（ノイズレベル）の読み出し及び AD 変換を行い、その後に S 信号（ノイズレベル + 信号レベル）の読み出し及び AD 変換を行う。そして、信号処理回路 170 で変換された S 信号と N 信号との差分をとることでノイズ成分を打ち消すことで、S/N の良い信号を得る。

#### 【0030】

まず、N 信号の AD 変換を行うために、時刻  $t_{11}$  で比較部 151 の動作を開始し、時刻  $t_{12}$  でカウンタ・ラッチ回路 152 のカウントをリセットすると共に、ランプ回路 140 から出力されるランプ信号 VRAMP の信号レベルを変化させる。ここで、ノイズレベルである N 信号の信号レベルは小さいため、N 信号の AD 変換には、傾きが小さい第一のランプ信号 VRAMP（小）（第一の参照信号）を用いる。そして、カウンタ・ラッチ回路 152 のカウントをリセットしてから、比較部 151 の出力が反転するまでの期間（時刻  $t_{12}$  ~ 時刻  $t_{13}$ ）、カウント動作を行うことで、N 信号を AD 変換する。

20

#### 【0031】

次に、画素部 110 に蓄積された電荷に応じた信号を読み出して列アンプ群 130 により増幅された出力信号である S 信号に対し、レベル判定期間に、ランプ回路 140 はある一定の判定レベル  $V_s$  を最大レベルとする判定用ランプ信号を比較部 151 に出力する。そして、S 信号との比較を行う。ここでは、時刻  $t_{14}$  においてカウンタ・ラッチ回路 152 のカウント値をリセットすると共に、ランプ回路 140 は所定の判定レベル  $V_s$  を最大レベルに持つ判定用ランプ信号の出力を開始する。S 信号の信号レベルが判定レベル  $V_s$  以上であれば（ $S \geq V_s$ ）、比較部 151 の出力は反転しないため、時刻  $t_{16}$  でレベル判定期間が終了するまでカウント値が増え続ける。これに対し、S 信号の信号レベルが判定レベル  $V_s$  より小さければ（ $S < V_s$ ）、例えば時刻  $t_{15}$  で比較部 151 の出力が反転するため、カウント値の増加が終了する。このように、カウンタ・ラッチ回路 152 のカウント値により、信号処理回路 170 では、S 信号の信号レベルが判定レベル  $V_s$  よりも大きい小さいかを判断することができる。なお、カウンタ・ラッチ回路 152 のカウント値をリセットするタイミングを、ランプ回路 140 の出力が判定レベル  $V_s$  に安定した時点とし、S 信号の信号レベルが判定レベル  $V_s$  より小さい（ $S < V_s$ ）場合に、カウント値が 0 となるように制御してもよい。

30

#### 【0032】

S 信号の信号レベルが判定レベル  $V_s$  よりも小さい場合は、時刻  $t_{17}$  から、N 信号と同じ第一のランプ信号 VRAMP（小）を用いて S 信号の AD 変換を行う。これにより、図 3 に示す例では、時刻  $t_{17}$  から時刻  $t_{18}$  の間のカウント値が得られる。一方、S 信号の信号レベルが判定レベル  $V_s$  以上である場合は、第一のランプ信号 VRAMP（小）よりもスロープが 2 倍の第二のランプ信号 VRAMP（大）（第二の参照信号）を用いて、S 信号の AD 変換を行う。これにより、図 3 に示す例では、時刻  $t_{17}$  から時刻  $t_{19}$  の間のカウント値が得られる。

40

#### 【0033】

図 4 は、出力レベルに応じて傾きの異なるランプ信号を用いる場合の、出力信号の信号レベルと AD 変換結果との関係を示す図である。図 4 の横軸は列アンプ群 130 から出力

50

される信号の出力レベル、縦にはS信号のAD変換後のデジタル値を示している。実線は、比較部151及びカウンタ・ラッチ回路152でAD変換され、水平転送回路160を経て、信号処理回路170に入力されるデジタル値(AD変換値)を表している。上述したように、判定レベルVsより信号レベルが小さいS信号は第一のランプ信号VRAMP(小)を用いて、また、判定レベルVs以上の信号レベルを持つS信号は第二のランプ信号VRAMP(大)を用いてAD変換される。そのため、図4(a)に示すように、判定レベルVsの前後で、AD変換後のS信号の整合が取れていないことになる。

#### 【0034】

そのため、判定レベルVsよりも信号レベルが大きいS信号のAD変換値に対しては、まず、信号処理回路170にて、第一のランプ信号VRAMP(小)と第二のランプ信号VRAMP(大)の傾きの比を乗算する。更に、判定レベルVsで段差が無くなるようにオフセット量を加算することで、入射光量に応じた画素信号の信号レベルとAD変換値が一次的な関係になるように補正を行う。

#### 【0035】

上述した補正を行わない状態で、有効画素の映像を出力すると、ある輝度で段差が残ったような違和感のある映像となってしまう。この補正に用いる補正值は、撮像素子の温度、撮像素子の駆動タイミング(列アンプ群130のゲインや動作状態等)、駆動設定(電源設定等)によって理想的な補正目標値が変わるため、これらの条件に変化が起きた際には、補正值の再取得が必要である。

#### 【0036】

また、電源起動時、及び撮像素子1の駆動方法の切替え直後に生じる補正值の急激な変化や、列アンプ群130に供給している電源のノイズ、配線ノイズ、外乱ノイズによって生じる、一時的な補正值の変動を、可能な限り低減させる必要がある。この補正值の変動は、後述するように、ダミー画素を用いて取得した補正值算出用の検出値の変動に起因する。なお、補正值を算出するために取得する検出値の変動を低減する方法については後述する。

#### 【0037】

次に、第一のランプ信号VRAMP(小)と第二のランプ信号VRAMP(大)の傾きの比と、オフセット量を算出する処理の一例について説明する。

#### 【0038】

図5は、画素部110の構成例を示している。画素構成として、最も上部にフォトダイオードを持たないダミー画素領域を配置し、順に、遮光されたオプティカルブラック(OB)画素領域、光電変換して得られた信号を出力する有効画素領域を配している。第1の実施形態では、ダミー画素を傾きの比とオフセット量を算出するために使用する。ここでは、ダミー画素の画素信号読み出し期間に、定電圧回路400から固定電圧を入力し、列アンプ群130から比較部151に入力される電圧がある固定電圧になるように制御する。なお、第1の実施形態においては、固定電圧として、判定レベルVsより小さい電圧V1及びV2を用いる。

#### 【0039】

ダミー画素の読み出し期間におけるAD変換処理について、図6を参照して説明する。図6Aでは、固定電圧V1をAD変換する。なお、図3で説明した処理とは異なり、N信号をAD変換するための期間は設ける必要がない。図6Aに示すように、レベル判定期間のランプ回路140から出力されるランプ信号VRAMPを最大値VRAMP(MAX)まで上げることで、傾きが小さい第一のランプ信号VRAMP(小)で固定電圧V1のAD変換を行う。AD変換した結果をV1Lとする。

#### 【0040】

続いて図6Bに示すように、レベル判定期間のランプ回路140から出力されるランプ信号VRAMPを最小値VRAMP(MIN)とすることで、傾きの大きい第二のランプ信号VRAMP(大)で固定電圧V1をAD変換する。AD変換した結果をV1Hとする。

#### 【0041】

その後、図 6 C 及び図 6 D に示すように、固定電圧を電圧 V 1 よりも大きい電圧 V 2 に変え、図 6 A 及び図 6 B と同様に A D 変換を行う。この結果をそれぞれ V 2 L、V 2 H とする。

#### 【 0 0 4 2 】

これらは、横軸を出力レベル、縦軸を A D 変換値とすると、図 4 ( b ) のように表される。図 4 ( b ) は図 4 ( a ) の出力信号レベルが判定レベル V s よりも小さい部分を拡大したものである。これら 4 点の座標から、傾きの比 とオフセット量 は、それぞれ式 ( 1 ) 及び式 ( 2 ) で求めることができる。

$$= ( V 2 L - V 1 L ) / ( V 2 H - V 1 H ) \quad \dots ( 1 )$$

$$= ( V 2 L - V 1 L ) / ( V 2 - V 1 ) \times V s$$

$$- ( V 2 H - V 1 H ) / ( V 2 - V 1 ) \times V s \quad \dots ( 2 )$$

上記補正值、の算出は、撮像素子 1 の内部で行っても良いし、画像処理部 2 で行っても良い。なお、V 1 L、V 1 H、V 2 L、V 2 H は、ダミー画素領域からダミー画素の画素信号を読み出す際にそれぞれ複数得られるため、式 ( 1 ) 及び式 ( 2 ) により傾きの比 とオフセット量 を求める際には、それぞれの平均値を用いる。

#### 【 0 0 4 3 】

ここで、上記補正值、を算出するために取得する検出値 V 1 H、V 1 L、V 2 H、V 2 L に着目する。例えば、固定電圧 V 1 のアナログ信号を傾きの大きい第二のランプ信号 V A M P ( 大 ) を用いて A D 変換した検出値 V 1 H は、電源起動時、及び撮像素子の駆動方法を切替えた直後、または外乱ノイズの発生時などにおいて、レベルが大きく変動することがある。このように、取得した検出値 V 1 H、V 1 L、V 2 H、V 2 L のうち、1 つでも変動が生じると、これらの検出値に基づいて算出された、傾きの比 とオフセット量 が、本来目標とする理想値に対してずれてしまう。その結果、S 信号判定レベル付近の信号レベルにおいてレベルの段差が生じ、不自然な映像となってしまう。

#### 【 0 0 4 4 】

つまり、S / N 比の改善とダイナミックレンジの拡大を目的として階調精度を向上させつつ、信号レベルの段差による画質劣化を抑えるためには、検出値 V 1 H、V 1 L、V 2 H、V 2 L の変動を出来る限り抑える必要がある。そして、検出値から算出されたオフセット補正值 の変動を、レベル段差が画像として見えないレベル ( 限界値 ) 以下まで低減させなければならない。

#### 【 0 0 4 5 】

以下、検出値 V 1 H、V 1 L、V 2 H、V 2 L の変動を低減させる方法について詳述する。なお、本第 1 の実施形態では、上記検出値のうち V 1 H についてのみ説明するが、V 1 L、V 2 H、V 2 L についても同様に低減することができる。

#### 【 0 0 4 6 】

図 7 は、検出値 ( V 1 H、V 1 L、V 2 H、V 2 L ) の変動要因となるノイズが発生している条件下において、フレーム毎にこれらの検出値を取得したときの、検出値 V 1 H の変動を示すグラフである。同図において、横軸はフレーム数 ( 時間に対応する )、縦軸は検出値 V 1 H を示しており、検出値 V 1 H のフレーム毎の変化をグラフ A で示している。また、ノイズによる影響が無い状態の理想的な検出値 V 1 H ( 理想値 ) を、グラフ C で示している。理想値は、不定期に発生するノイズ成分等による変動は発生しないが、撮像素子の駆動設定や、撮像素子の温度変化により変化する。第 1 の実施形態においては、撮像素子の駆動設定は同じままで、かつ温度も十分に安定した状態を想定している。

#### 【 0 0 4 7 】

第 1 の実施形態においては、説明の便宜上、グラフ C に示すように、検出値 V 1 H の値が 1 ~ 1 0 0 フレームまでの間、常に - 5 L S B となるのが理想的であるものとする。また、グラフ A の値が、理想値であるグラフ C の値に対して ± 5 L S B を超えた場合 ( - 1 0 L S B 以下、もしくは 0 L S B 以上 )、検出値を用いて算出されたオフセット補正值 の値が画像上に信号レベルの段差が見え始めるものとする。

#### 【 0 0 4 8 】

図 7 に示す例では、グラフ A の値が、理想値であるグラフ C の値に対して、 $\pm 5 \text{ LSB}$  を超えるフレームが多く存在する。つまり、あるフレームにおいては段差が見え、次のフレームでは段差が見えなくなるような映像が、何度も繰り返されていることになる。ここで、検出値  $V1H$  の変動を低減させる方法について具体的に説明する。

【0049】

検出値  $V1H$  の変動を低減させる一つの方法として、下記の式 (3) を用いてフィルタリング処理を行う方法がある。

$$V1Hf(n) = V1H(n) \times p + V1Hf(n-1) \times (1-p) \quad (0 \leq p < 1) \quad \dots (3)$$

式 (3) において、 $V1Hf(n)$  は、 $n$  フレーム目におけるフィルタリング処理後の検出値である。また、 $n$  フレーム目に取得したダミー画素の読み出し期間中に取得された、新たな検出値を  $V1H(n)$ 、 $n-1$  フレーム目におけるフィルタリング処理後の検出値を  $V1Hf(n-1)$ 、巡回係数を  $p$  ( $0 \leq p < 1$ ) と定義している。 $n$  の取り得る範囲は、 $n \geq 0$  であり、かつ、 $n=0$  の場合、前のフレームの検出値  $V1Hf(-1)$  が存在しないため、 $p=1.0$  に設定した状態で、かつ、 $V1Hf(n-1)=0$  となるように設定する。

【0050】

上記式 (3) において巡回係数  $p=0.1$  としたときのフィルタリング処理後の検出値  $V1Hf(n)$  の値の変化を、図 7 のグラフ B で示している。同グラフから分かるように、グラフ A に対してフィルタリング処理を行うことで、フィルタリング処理前の検出値  $V1Hf(n)$  の値が、補正値を算出した際に画像にレベル段差が発生し得る限界値であるグラフ C から  $\pm 5 \text{ LSB}$  の範囲内に収まっている。

【0051】

なお、図 7 に示す例では、巡回係数  $p=0.1$  としたが、必ずしも  $0.1$  である必要は無く、ノイズに起因して発生する、検出値  $V1H(n)$  の変動の大きさに合わせて、巡回係数を決定すれば良い。また、フィルタリング処理を行うための手段として、プログラムを用いて処理を行っても良いし、撮像素子 1 の内部もしくは画像処理部 2 にフィルタリング処理用の回路を追加で設けても良い。

【0052】

上述したようにして得られた検出値に基づいて式 (1) 及び (2) により傾きの比  $\alpha$  及びオフセット値  $\beta$  を求める。そして求めた傾きの比  $\alpha$  及びオフセット値  $\beta$  を補正係数として用いて、以下の式 (4) により、第二のランプ信号  $V_{RAMP}(大)$  により AD 変換された第  $n$  フレームの S 信号のデジタル信号  $S_D(n)$  を補正し、補正後のデジタル信号  $S'_D(n)$  を得る。

$$S'_D(n) = S_D(n) \times \alpha + \beta \quad \dots (4)$$

【0053】

以上説明したように、ダミー画素の読み出し期間に固定電圧を読み出して得られる信号を用いて得られた検出値に対してフィルタリング処理を行う。これにより、検出値の変動を、レベル段差が見える限界値以下まで低減させることが可能となり、信号レベルの段差による画質劣化を低減することができる。

【0054】

以下、好適なフィルタリング処理方法について、いくつかの例を挙げて説明する。

【0055】

(1) 検出値が、瞬間的に大きく変動する場合

前述したように、列アンプ群 130 に供給している電源のノイズ、配線ノイズ、外乱ノイズにより検出値が変動した場合、巡回係数を小さくしてフィルタリング処理を行うことで、検出値の安定化を実現することができる。しかし、巡回係数  $p$  の値を小さくし過ぎると、次のような問題が生じる。すなわち、急激な温度変化や、撮像素子の駆動方法の切替えにより、理想値 (検出値として取得される理想的な値) が急激に変化した場合、フィルタリング処理後の検出値  $V1Hf(n)$  の値が理想値付近まで収束するのに時間を要して

しまう。また、巡回係数を大きくすると、フィルタリング処理による検出値の変動の低減効果が薄れてしまい、信号レベルの段差が見えるフレームが存在してしまう。

【 0 0 5 6 】

そこで、新たに取得したフィルタリング処理前の検出値  $V1H(n)$  が前のフレームにおけるフィルタリング処理後の検出値  $V1Hf(n-1)$  に対して、明らかに大きく変動している場合は、巡回係数  $p = 0$  に設定する。これにより、巡回係数  $p$  は理想値の変動に対して十分に追従できる設定値となり、かつ外乱ノイズ等による検出値  $V1H$  の急激な変化も抑えることができ、ノイズによる影響を低減させることができる。特に外乱ノイズは、瞬間的に非常に大きなレベルの変動が発生することがあるため、フィルタリング処理後の検出値  $V1Hf(n)$  が理想値付近まで収束する時間の最適化と、外乱ノイズ等に対する検出値の安定化が両立できない場合が出てくる。

10

【 0 0 5 7 】

図 8 ( a ) は、外乱ノイズが発生した場合における、検出値  $V1H(n)$  の変動を示すグラフである。同図に示す例では、図 7 に示す例に対して外乱ノイズが 3 フレーム分発生している場合を示しているが、それ以外は図 7 と同じであるため、図の詳細説明については省略する。

【 0 0 5 8 】

図 8 ( a ) は、グラフ A の値が、理想値であるグラフ C の値に対して、約 60 LSB 程度高くなるフレームが 3 フレーム ( 13、43、73 フレーム目 ) 存在する。そのため、グラフ B に示すように、フィルタリング処理を行ったにも関わらず、処理後の結果が、限界値であるグラフ C から  $\pm 5$  LSB を超えるフレームが発生する。つまり、100 フレームの中で、段差が見えるフレームが数フレーム間だけ発生し、その後、段差が見えなくなるような映像が定期的に繰り返されることになる。

20

【 0 0 5 9 】

そこで、第 1 の実施形態では、上記式 ( 3 ) を用いてフィルタリング処理を行う前に、新たに取得した検出値  $V1H(n)$  と、前フレームまでの検出値のフィルタリング処理結果  $V1Hf(n-1)$  との差分を求める。そして、その差分が閾値を超えたかどうかを判定し、閾値を超えていた場合には、巡回係数  $p = 0$  に設定する制御を行う。第 1 の実施形態においては、閾値を  $\pm 30$  LSB に設定するが、外乱ノイズが発生しない時のノイズレベル ( 電源電圧やパターン配線起因のランダムな変動 ) と、巡回係数の設定値に応じて閾値を決定すると良い。理想的には、外乱ノイズが発生した場合でも、フィルタリング処理後の検出値  $V1Hf(n)$  を用いて算出されたオフセット補正值が、画像上に信号レベルの段差が見え始める限界値を超えないような閾値にするのが好ましい。

30

【 0 0 6 0 】

図 8 ( b ) のグラフ B に、閾値判定を追加した場合における、フィルタリング処理結果を示している。同図では、閾値を  $\pm 30$  LSB としており、外乱ノイズが発生した 3 フレームについては、巡回係数  $p = 0$  となり、前フレームにおけるフィルタリング処理後の検出値  $V1H(n-1)$  が引き継がれる。本処理を追加することにより、フィルタリング処理後の検出値  $V1Hf(n)$  が全て画像上に信号レベルの段差が見え始める限界値以下の範囲に収まる。

40

【 0 0 6 1 】

以上説明したように、フィルタリング処理を行う前に、前フレームにおけるフィルタリング処理後の検出値  $V1H(n-1)$  と、新たに取得した検出値  $V1H(n)$  との差分を求める。そして、その差分値が閾値を超えたかどうかを判定し、閾値を超えていた場合には巡回係数  $p = 0$  にする。これにより、外乱ノイズ等により瞬間的に大きな変動が生じた場合に、フィルタリング処理後の検出値  $V1Hf(n)$  が影響を受けるのを抑えることができる。更に、フィルタリング処理後の検出値  $V1Hf(n)$  が理想値付近まで収束するまでの時間の最適化と、外乱ノイズ等に対する検出値の安定化を両立させることができる。

【 0 0 6 2 】

50

また、本実施形態においては外乱ノイズを扱ったが、同様のノイズを発生させるもの全てについて適用可能である。

【0063】

(2) 電源起動時、及び撮像素子の駆動方法を切替えた場合

電源起動時は、映像信号の出力が安定していないことや、起動時における各種処理を行うために撮像素子1の駆動方法の切替えが発生することがあるため、理想値が大きく変化する可能性がある。また、電源起動後においても撮像素子の駆動方法が切替えられた場合、切替え直後に理想値が瞬間的に大きく変わる。上記要因により、フィルタリング処理後の検出値  $V1Hf(n)$  と理想値との差が瞬間的に大きくなってしまう。

【0064】

フィルタリング処理を行わなければ、理想値付近に収束するまでの時間を最短にすることが可能である。しかしながら、フィルタリング処理を行わなければ、検出値  $V1Hf(n)$  が理想値付近に収束した後、電源ノイズなどによる  $V1H(n)$  検出値の変動を低減することができなくなる。

【0065】

そこで、本実施形態においては、フィルタリング処理を行う前に、新たに取得した検出値  $V1H(n)$  と、前フレームにおけるフィルタリング処理後の検出値  $V1Hf(n-1)$  との差分を求め、その差分値の大きさに応じて巡回係数を変更する。具体的には、差分値が大きい場合は巡回係数を高めに設定し、差分値が小さい場合は巡回係数を低めに設定する。差分値に対する巡回係数の決め方として、理想値の変化の大きさや、電源ノイズ等による検出値の変動の大きさに応じて決定すれば良い。

【0066】

本実施形態においては、図9(a)に示すテーブルデータを予め設け、これを参照して、新たに取得した検出値  $V1H(n)$  と、前フレームにおけるフィルタリング処理後の検出値  $V1Hf(n-1)$  との差分値に対応する巡回係数  $p$  を決定する。図9(a)のテーブルデータに示した差分値は、理想的(電源ノイズ等による検出値の変化が無い場合)には、フィルタリング処理後の検出値が1フレーム以内に、補正値を算出した際に画像上に信号レベルの段差が発生し得る限界値以下に収束するような設定値にしている。また、図9(a)においては説明の便宜上、正の差分値のみをテーブルデータとして設けたが、負の差分値も同様であり、厳密には絶対値  $|V1H(n) - V1Hf(n-1)|$  となる。

【0067】

図9(b)は、撮像素子1の駆動方法を切替える前後における、図9(a)のテーブルデータに基づいた巡回係数の設定値と、検出差分値  $V1H(n) - V1Hf(n-1)$  の変化について表した図である。同図において、オフセット補正差分値に応じて、巡回係数の設定値を変更した場合のグラフを実線、巡回係数の設定値を変更しない場合のグラフを破線で示している。また、補正値を算出した際に画像上に信号レベルの段差が発生し得る限界値  $10LSB$  についても参考として記載している。

【0068】

同図において、撮像素子1の駆動方法を切替える前は、検出差分値がほぼ  $0LSB$  に近い状態(厳密には、電源ノイズ等に起因する変動が重畳している)なので、巡回係数  $p = 0.1$  に設定している。撮像素子1の駆動方法を切替えるまでの期間は、巡回係数  $p$  は常に  $0.1$  に設定されたままである。

【0069】

撮像素子1の駆動方法を切替える際の制御について説明する。切替え直後のフレーム(1フレーム目)では、 $60LSB$  の検出差分値が発生しているため、図9(a)のテーブルデータに基づき、巡回係数  $p = 0.9$  に設定する。そうすることで、駆動方法の切替え直後のフレームでも、駆動方法切替え後の理想値に近い検出値を取得することができる。本実施形態においては、巡回係数を変更することにより、理想的(電源ノイズ等による検出値の変化が無い場合)には、 $10LSB$  以下まで低減することができる。

【0070】

駆動方法の切替え後、2フレーム目において、検出差分値が10LSBとなったため、図9(a)のテーブルデータに基づいて、巡回係数 $p = 0.1$ に設定する。これ以降のフレームについても、検出差分値が10LSB以下の場合には巡回係数 $p$ を常に0.1に設定することになる。

#### 【0071】

これに対し、巡回係数 $p = 0.1$ の設定を維持した状態で駆動方法を切替えた場合、検出差分値を画像上に信号レベルの段差が見え始める限界値以下に収束させるためには、18フレーム必要であった。しかし、検出差分値を求め、その大きさに応じて巡回係数 $p$ を変えることにより、1フレーム後には限界値以下となり、さらに理想値付近に収束した後は、電源ノイズ等による検出値の変動を低減させることができる。

10

#### 【0072】

以上説明したように、電源起動時、及び撮像素子の駆動方法を切替えた場合に、フィルタリング処理を行う前に、新たに取得した検出値 $V1H(n)$ と、前フレームまでの検出値のフィルタリング処理結果 $V1Hf(n-1)$ との差分を求める。そして、その差分値の大きさに応じて巡回係数を変更する。これにより、フィルタリング処理後の検出値 $V1Hf(n)$ と理想値との差が瞬間的に大きくなっても、検出値 $V1Hf(n)$ の収束時間を短縮することができる。また、検出値 $V1Hf(n)$ が理想値付近に収束した後は、電源ノイズ等に起因する検出値の変動を低減させることができる。

#### 【0073】

##### (3) 温度が変化した場合

20

検出値の理想的な値が変化する要因の一つとして、撮像素子1の温度変化がある。特に、電源起動後に撮像素子1が駆動し始めた際に、電力が撮像素子1内で消費し始めることにより急激に温度が上昇したり、この温度上昇を抑えるために、ファンやペルチェ素子などの冷却装置を用いて冷却が行われることで急激に温度が降下することがある。このような急激な温度変化により、フィルタリング処理後の検出値の理想値が急激に変化する可能性がある。

#### 【0074】

このように理想値が急激に変化した場合、前述したように、電源電圧変動やパターン配線ノイズなどに起因する検出値 $V1Hf(n)$ の変動を抑えるために巡回係数を低めに設定してフィルタリング処理を行った場合、理想値に追従できない可能性がある。

30

#### 【0075】

そこで実施形態においては、サーミスタや温度検出センサ等を用いて測定した温度から、フレーム間の温度変化を検出し、温度の変化率に応じて巡回係数を変える処理を行う。具体的には、温度の変化率が大きい場合には巡回係数を高めに設定し、温度の変化率が小さい場合には巡回係数を低めに設定する。これにより、急激な温度変化により理想値が急激に変化した場合でも、フィルタリング処理後の検出値 $V1Hf(n)$ が理想値に対して追従させることができる。また、理想値が急激に変化することが無い場合においては、電源ノイズ等による検出値 $V1H(n)$ の変動を低減させることができる。

#### 【0076】

図10は、時間(フレーム)変化に対する、温度、温度変化率、巡回係数の設定値を表したイメージ図である。同図において、温度とは、サーミスタや温度検出センサにより取得された温度の値を示している。温度変化率とは、単位時間(本実施形態では、フレーム)あたりに増加した温度変化量(温度のグラフの微分値)を表している。本実施形態においては、温度変化率が高い順に、A~Eの領域に分けているが、実際に制御を行う場合は、温度変化量を単位時間で除算した数値を用いると良い。巡回係数の設定値は、温度変化率A~Eに対する巡回係数の設定値を示している。本実施形態においては、温度変化率A = 0.5、温度変化率B = 0.4、温度変化率C = 0.3、温度変化率D = 0.2、温度変化率E = 0.1が対応している。

40

#### 【0077】

図10において、起動直後から $t_1$ までの期間は、温度変化率がBの領域であるので、

50

巡回係数の設定値を 0.4 に設定する。t 1 から t 2 までの期間は、温度変化率が C の領域であるので、巡回係数の設定値を 0.3 に設定する。t 2 から t 3 までの期間は、温度変化率が D の領域であるので、巡回係数の設定値を 0.2 に設定する。t 3 以降は、温度変化率が E の領域であるので、巡回係数の設定値を 0.1 にする。

#### 【0078】

このように、温度の変化率が大きい場合には巡回係数を高くし、温度の変化率が小さい場合には巡回係数を低くする。これにより、急激な温度変化により理想値が急に変化した場合でも、フィルタリング処理後の検出値  $V1Hf(n)$  が理想値に対して追従する。また、理想値が急激に変化することが無い場合においては、電源ノイズ等による検出値  $V1Hf(n)$  の変動を低減させることができる。

10

#### 【0079】

なお、図 10 に示す例では、温度が上昇する場合について示しているが、温度が下降する場合も同様であり、厳密には、温度変化率の絶対値に応じて循環係数の設定値を設定する。

#### 【0080】

##### (4) 被写体のコントラスト

検出値  $V1H(n)$  が変動した場合に画像上に信号レベルの段差が見えるが、被写体のコントラストと明るさによって、目立ち易さが変わる。図 11 は、1 フレーム分の画像の輝度分布を表すヒストグラムを示しており、横軸は信号レベル、縦軸は 1 フレームの画面内において発生した輝度の頻度（画素数）を示している。また、判定レベル  $Vs$  とは、前述したとおり、第一のランプ信号  $VRAMP$ （大）と第二のランプ信号  $VRAMP$ （小）の切替えが行われる信号レベルを表している。

20

#### 【0081】

図 11 (a) のようなヒストグラムになる画像には、判定レベル  $Vs$  近傍の輝度を有する画素が多く存在している。つまり、コントラストが低く、判定レベル  $Vs$  近傍の輝度レベルを中心に、徐々に明るさが変化する被写体である可能性が高いことが推測される。よって、このような画像は、判定レベル  $Vs$  近傍の輝度を有する画素の発生頻度が高く、信号レベルの段差が見え易い画像であることが分かる。このような画像に対しては、フィルタリング処理後の検出値  $V1Hf(n)$  をできるだけ安定させるために、巡回係数を低めに設定するのが好ましい。

30

#### 【0082】

一方、図 11 (b) のようなヒストグラムになる画像は、判定レベル  $Vs$  近傍の画素が、突出して多く存在している訳では無い。つまり、コントラストが高く、画面全体に万遍なく様々な輝度が存在するような被写体であることが推測される。このような画像は、判定レベル  $Vs$  近傍の輝度を有する画素の発生頻度が低く、信号レベルの段差が見え難い画像であることが分かる。このような画像に対しては、フィルタリング処理後の検出値  $V1Hf(n)$  を安定化させる必要性は低く、巡回係数を高めに設定することで、理想値への追従性を良くするのが好ましい。

#### 【0083】

本実施形態においては、ヒストグラム（輝度分布）に応じて、最適な巡回フィルタの係数を決定する。具体的には、判定レベル  $Vs$  近傍の信号レベルの画素に対して重み付けを行い、重み付けされた画素の発生数だけ積算した、重み付け積算値を算出することで、判定レベル  $Vs$  近傍の画素がどれだけ存在したかを求める。そして、重み付け積算値の値に応じてフィルタリング処理における巡回係数の設定値を決定する。

40

#### 【0084】

図 12 (a) は、重み付けを行う際に用いる重み付け係数の一例を示す。横軸が信号レベルで、縦軸が重み付け係数を示している。同図において、判定レベル  $Vs$  の信号レベルの係数を 1.0 とし、判定レベル  $Vs$  に対して信号レベルの差分が大きくなるにつれて、重み付け係数を小さくしていく。判定レベル  $Vs$  の重み付係数に対する信号レベルの差がある程度大きい場合は、信号レベルの段差が影響する可能性が低いいため、重み付係数を 0

50



に設定する。なお、重み付け係数を 0 に設定する信号レベルを決定する際には、S 信号レベル近傍で発生し得る電源ノイズ等による検出値  $V1H(n)$  の変動の大きさを考慮すれば良い。

【0085】

上記方法にて重み付けされた各画素に対して、画素数分だけ積算していくことで、重み付け積算値が算出される。この算出された積算値に応じて、フィルタリング処理における巡回係数の設定値を決定する。

【0086】

図 12 (b) は、重み付け積算値に対する巡回係数の設定値を示したイメージ図である。横軸が重み付け積算値を示しており、縦軸が巡回係数の設定値を示している。同図に示すように、重み付け積算値が大きくなるにつれて、巡回係数の設定値は低くなる。

10

【0087】

上記処理を行うことで、信号レベルの段差が被写体として見え易いものであるかどうかを判定し、判定結果に応じて巡回係数の設定値を変更する。これにより、撮影した被写体の輝度分布に応じて、フィルタリング処理後の検出値  $V1Hf(n)$  の安定化と、理想値への追従性を最適化することができる。

【0088】

また、本実施形態においては、画面全体のヒストグラムを用いて説明したが、画面内の複数の領域に分割してヒストグラムを作成しても良い。そうすることで、画面内のある領域では段差が発生しやすく、ある領域では発生し難いような被写体においても、上記した最適化をより精度良く実現することができる。

20

【0089】

以上説明したように、判定レベル近傍の信号レベルの画素に対して重み付けを行い、重み付けされた画素の発生数だけ積算した重み付け積算値を算出し、その積算値の結果に応じて巡回係数の設定値を変更する。これにより、撮影した被写体の輝度分布に応じて、検出値の安定化と、理想値への追従性を最適化することができる。

【0090】

(5) フレームレート

前述したように、理想値は、温度変化に応じて変化する。その理想値に対してフィルタリング処理後の検出値  $V1Hf(n)$  を追従させるためには、検出値  $V1H(n)$  を頻繁に取得し、更新していく必要がある。

30

【0091】

しかし、低フレームレート時には、検出値  $V1H(n)$  の取得が頻繁に行えないため、フレームレートによっては、フィルタリング処理後の検出値  $V1Hf(n)$  が理想値の変化に追従するのが遅れてしまう可能性がある。特に、電源ノイズ等による検出値  $V1H(n)$  の変動が大きい場合、巡回係数を低めに設定する必要があるため、急激な温度変化による理想値の変動に対して、検出値  $V1Hf(n)$  の追従が遅れてしまう。そこで、本実施形態では、フレームレートに応じて、巡回係数の設定値を変更する。

【0092】

図 13 は、フレームレートに対する巡回係数  $p$  の設定値を示している。フレームレートが低いほど、巡回係数  $p$  の設定値は大きくなり、フレームレートが高くなるにつれて巡回係数  $p$  の設定値は小さくなる。つまり、単位時間あたりに取得できる検出値  $V1H(n)$  の数が少ないほど、新たに取得した検出値  $V1H(n)$  がフィルタリング処理後の検出値  $V1Hf(n)$  に与える影響度が大きくなる。よって、フレームレートが低いほど、温度変化による理想値の変動に対して追従し易くなる。各巡回係数に対するフレームレートの範囲は、温度変化率と、電源ノイズ等による検出値  $V1H(n)$  の変動を考慮して決めればよい。

40

【0093】

以上説明したように、フレームレートに応じて巡回係数の設定値を変更することで、検出値の更新頻度が少ない低フレームレート時においても、フィルタリング処理後の検出値

50

が理想値の変動に対して追従する速度と、検出値の安定化を最適化することができる。

【0094】

(6) 映像として使用しないフレームがある場合

フレームレートに応じて巡回係数を変更する場合について前述したが、撮像素子1の処理によっては、撮像素子1から画像を読み出すが、実際に出力画像としては用いない場合がある。例えば、120fpsで撮像素子1から画像を読み出し、30fpsで映像出力されたとする。この場合、4フレーム分の画像のうち、1枚の画像しか実際の画像としては使用されない。

【0095】

前述したように、できるだけ高い頻度で検出値を取得した方が、フィルタリング処理による検出値の安定化を実現できるため、映像出力として使用しないフレームの画像についても検出値 $V1H(n)$ を求め、フィルタリング処理に用いる。具体的には、映像出力として用いるフレームの検出値 $V1H(n)$ のみを用いてフィルタリング処理した結果と、検出値 $V1H(n)$ に加えて、映像出力として用いないフレームの検出値 $V1H(n)$ も用いてフィルタリング処理した結果の差分を取る。これにより、検出値 $V1H(n)$ の安定度を判定する。上記差分が大きければ安定していないと判定され、上記差分が小さければ安定していると判定される。

【0096】

上記判定結果により、安定度が高い場合には、電源ノイズ等による検出値の変動が小さいため、追従性を早くするために巡回係数を高めに設定する。一方、安定度が低い場合には、電源ノイズ等による検出値の変動が大きいため、巡回係数を低めに設定する。

【0097】

本実施形態では、映像出力するフレームのみを用いてフィルタリング処理を行ったときの検出値を $V1Hf(n)$ とし、映像出力しないフレームも用いてフィルタリング処理を行ったときの検出値を $V1Hf'(n)$ とする。そして、安定度を判定するために、 $V1Hf(n) - V1Hf'(n)$ を算出する。

【0098】

図14(a)は、時間(フレーム)変化に対する、検出値 $V1H(n)$ と、映像出力する画像のみを用いてフィルタリング処理を行ったときの検出値 $V1Hf(n)$ と、映像出力しない画像も用いてフィルタリング処理を行ったときの検出値 $V1Hf'(n)$ と、安定度を表す $V1Hf(n) - V1Hf'(n)$ を示したグラフである。

【0099】

同図において、横軸は時間(フレーム表記で、期間は1~100フレーム)を示し、縦軸は検出値 $V1H(n)$ 、 $V1Hf(n)$ 、 $V1Hf'(n)$ 、及び差分値 $V1Hf(n) - V1Hf'(n)$ を示している。本実施形態においては、映像出力する画像のみを用いてフィルタリング処理を行った時の検出値 $V1Hf(n)$ は、巡回係数を高めに設定している。一方、映像出力しない画像も用いてフィルタリング処理を行ったときの検出値 $V1Hf'(n)$ は、できるだけ安定した検出値を取得するために(安定度を判定するための基準となるため)、巡回係数を最も低い設定にしている。このときの差分値 $V1Hf(n) - V1Hf'(n)$ が大きければ大きいほど、検出値 $V1Hf(n)$ が安定していないことになる。

【0100】

本実施形態では、図14(b)に示すように、差分値 $V1Hf(n) - V1Hf'(n)$ の大きさに応じた、巡回係数 $p$ に乗算するための乗算値 $q$ の値をテーブルデータとして持ち、このテーブルデータに基づいて、巡回係数 $p$ に乗算値 $q$ を乗算する処理を行う。こうすることで、映像出力する画像のみを用いてフィルタリング処理を行ったときの検出値 $V1Hf(n)$ を算出するために用いる巡回係数が、安定度の観点から適正でない場合に、巡回係数を最適化させることができる。なお、図14(b)においては説明の便宜上、正の差分値のみをテーブルデータとして設けたが、負の差分値も同様であり、厳密には絶対値 $|V1Hf(n) - V1Hf'(n)|$ となる。

10

20

30

40

50

## 【0101】

上記の通り、映像出力として用いるフレームの検出値  $V1H(n)$  のみを用いてフィルタリング処理した結果と、フレームの検出値  $V1H(n)$  に加えて、映像出力として用いないフレームの検出値  $V1H(n)$  も用いてフィルタリング処理した結果の差分を取る。そして、映像出力として用いるフレームの検出値の安定度を求め、安定度に応じて巡回係数を変更することにより、巡回係数を最適化することができる。

## 【0102】

## (7) 被写体の動き

電源ノイズ等による検出値  $V1H(n)$  の変動に起因して発生するレベル段差の見え方は、被写体によって目立ち方が変わる。特に、動画の場合は、被写体に動きが無い状態だと見え易いが、被写体に動きがあると、各画素の信号レベルが常に変化していることが多いため、目立ち難くなる。

10

## 【0103】

そこで、本実施形態においては、被写体の動き量に応じて巡回係数を決定する処理を行う。動き量を検出するには、一般的に用いられている、ジャイロセンサを用いる方法や、取得した画像から動きベクトルを算出し、動き量を検出する方法などがある。被写体の動き量の検出については、既知の技術を用いて検出するものとし、詳細については説明を省略する。

## 【0104】

図15は、被写体の動き量に対する、巡回係数に乗算する乗算値  $q$  を表したテーブルデータである。本実施形態においては、被写体の動き量が小さい場合を基準(1.0倍)として、被写体の動き量が大きくなるにつれて巡回係数を高くし、検出値  $V1Hf(n)$  が理想値に対して追従し易くなるような処理を行う。なお、本実施形態においては、被写体の動き量が大い時の乗算値  $q$  を4.0倍としているが、巡回係数  $p$  と乗算値  $q$  との乗算結果が1.0よりも大きくなった場合は、乗算結果を1.0とする。なお、図15では動き量を「大」、「中」、「小」と表しているが、動き量を検出する方法に応じて、動き量の範囲を適宜分ければ良い。

20

## 【0105】

これにより、被写体として信号レベルの段差が見え難い条件においては、フィルタリング処理後の検出値  $V1Hf(n)$  が理想値に対して追従し易くし、かつ被写体として段差が見え易い条件においては、検出値  $V1Hf(n)$  の変動を低減させることができる。従って、検出値  $V1Hf(n)$  の理想値への追従性と、電源ノイズ等に起因する検出値の変動の低減効果を、最適化することができる。

30

## 【0106】

以上説明したように、被写体の動き量を検出し、検出した動き量に応じて巡回係数を変更する。これにより、被写体に応じてフィルタリング処理後の検出値  $V1Hf(n)$  の理想値への追従性と、電源ノイズ等に起因する検出値の変動の低減効果を、最適化することができる。

## 【0107】

## (8) カラーフィルタの分光特性

40

前述したように、撮像素子で用いられるカラーフィルタは、R、G、Bの3色の原色カラーフィルタを用いたベイヤー配列の周期構造をとっているのが一般的である。上述したR、G、Bの3色のカラーフィルタを備えた各々の画素から出力される画素信号のうち、人間の視覚特性として、G画素に対して非常に敏感であるのに対し、RB画素に対してはG画素ほどは敏感で無いという特徴がある。つまり、信号レベルの段差がG画素に対しては目立って見えるのに対し、RB画素は、G画素ほどは目立ち難い。例として、G画素は信号レベルの段差が $\pm 10LSB$ を超えたときに目立ち始めるが、RB画素については、 $\pm 20LSB$ までは目立たないといった、視覚的なレベル段差の見え方(限界値)の違いが生じる。

## 【0108】

50

そこで、本実施形態においては、G画素を基準(1.0)として、R画素、B画素の巡回係数pに対して、乗算値qを乗算することで、RGB画素毎に異なる巡回係数を設定する。具体的には、G画素に対して、RB画素の乗算値qを1.0よりも大きくすることで、フィルタリング処理後の検出値 $V1Hf(n)$ の変動が画像上に信号レベルの段差が見え始める限界値以下の状態を維持しつつ、かつ理想値への追従を早めることが可能となる。特に、電源起動時や撮像素子の駆動方法の切替え時などに急激に検出値 $V1H(n)$ が変化することがあるが、急激な変化に対しては感度の低いRB画素でも、信号レベルの段差として見えてしまう。つまり、RB画素の巡回係数を、補正値を算出した際に画像としてレベル段差が発生し得る限界値( $\pm 20LSB$ )以下に抑えつつ、理想値への追従速度はできるだけ早くしておくことがRB画素の巡回係数として好ましい。

10

#### 【0109】

図16は、カラーフィルタの各色に対する、巡回係数への乗算値qを示している。G画素が基準となるため、G画素の乗算値qは1.0倍としている。また、本実施形態では、R画素、B画素については、乗算値qを2.0倍としている。なお、本実施形態においては、RB画素の乗算値qを2.0倍としているが、巡回係数pと乗算値qとの乗算結果が1.0よりも大きくなった場合は、乗算結果を1.0とする。

#### 【0110】

こうすることで、フィルタリング処理後の検出値 $V1Hf(n)$ の変動を、補正値を算出した際に画像としてレベル段差が発生し得る限界値以下に抑えつつ、急激な理想値の変化に対しても、検出値 $V1Hf(n)$ を迅速に追従させることができる。

20

#### 【0111】

以上説明したように、R画素、G画素、B画素毎に異なる巡回係数を設定し、各々の画素に対して巡回係数を最適化する。これにより、各色の画素の検出値 $V1Hf(n)$ の変動を、補正値を算出した際に画像としてレベル段差が発生し得る限界値以下に抑えつつ、急激な理想値の変化に対してもフィルタリング処理後の検出値 $V1Hf(n)$ を迅速に追従させることができる。

#### 【0112】

(9)列アンプ群130のゲイン切替えに応じて判定レベルを変更した場合

低照度時において、画像信号のS/N比を改善するために、撮像素子1の列アンプ群130のゲインを切替えることがある。列アンプ群130のゲインを切替えることで、列アンプ群130以降の回路にて発生するノイズ成分を、画素信号に対して相対的に小さくすることが可能となり、S/N比を改善することができる。

30

#### 【0113】

本実施形態においては、列アンプ群130のゲインは、アナログゲインを想定しており、離散的なゲイン設定を持つ。具体的には、 $\times 2$ 、 $\times 4$ の設定を持ち、通常は $\times 2$ の設定となっており、低照度時には $\times 4$ の設定に切替える。

#### 【0114】

判定レベルVs近傍の信号レベルを有する画素信号が、列アンプ群130のゲイン設定の切替えにより増幅された場合、判定レベルVsをゲイン切替えによる増幅率に対応するように高いレベルに変更する必要がある。これは、万が一レベル段差が生じていた場合に、画面内における信号レベルの段差の発生位置が瞬時に変わってしまうからである。特に、列アンプ群130のゲインの切替え後において、信号レベルの段差が発生する画素が多い場合、画像として目立ってしまう。本実施形態では、列アンプ群130のゲイン切替えに応じて判定レベルVsを変更する際における、巡回係数の設定方法について説明する。

40

#### 【0115】

本第1の実施形態では、列アンプ群130のゲイン切替え後に変更された判定レベルVsに応じて、巡回係数pに乘算するための乗算値qの設定値を変更する。図17は、列アンプ群130のゲイン切替え後の判定レベルVsに対する、巡回係数に乘算する乗算値qを示している。ここでは、AD変換のレンジが最大で12bit(0~4095LSB)であって、乗算値qの基準値( $\times 1.0$ )は、列アンプ群130のゲイン切替え後の判定

50

レベル  $V_s$  が、段差レベルが最も目立ち難い  $0 \sim 511LSB$  の範囲であった場合とする。

#### 【0116】

上記基準値に対し、列アンプ群 130 のゲイン切替え後の判定レベル  $V_s$  が  $2048 \sim 4095LSB$  の場合は乗算値  $q = 4.0$  倍、判定レベル  $V_s$  が  $512 \sim 2047LSB$  の場合は乗算値  $q = 2.0$  倍となるようにする。つまり、段差レベルが目立ち易くなるにつれて、巡回係数が高くなるように設定し、追従性を向上させる。なお、本実施形態においては、列アンプ切替え後の信号レベルが  $2048 \sim 4095LSB$  の場合、乗算値  $q$  を  $4.0$  倍としているが、巡回係数  $p$  と乗算値  $q$  との乗算結果が  $1.0$  よりも大きくなった場合は、乗算結果を  $1.0$  とする。

10

#### 【0117】

これにより、列アンプ群 130 のゲイン切替え後の判定レベル  $V_s$  が大きい場合、すなわち  $S$  信号の信号レベルの段差が目立ち易い場合は、巡回係数を一時的に高くすることでフィルタリング処理後の検出値  $V_{1Hf}(n)$  を迅速に理想値付近に収束させる。一方、列アンプ群 130 のゲイン切替え後の判定レベル  $V_s$  が小さい場合、すなわち  $S$  信号の信号レベルの段差が目立ち難い場合は、巡回係数を低いまま維持することでフィルタリング処理後の検出値  $V_{1Hf}(n)$  の変動を低減させる。また、列アンプ群 130 のゲイン切替え直後のみ、この乗算値を適用しても良い。

#### 【0118】

以上説明したように、列アンプ群 130 のゲイン切替えに応じて判定レベルを変更する際に、列アンプ群 130 のゲイン切替え後に設定した判定レベル  $V_s$  の大きさに応じて、巡回係数の設定値を変更する。これにより、画像として段差が見え難い状態を維持しつつ、フィルタリング処理後の検出値  $V_{1Hf}(n)$  が理想値付近に収束するまでの時間と、ノイズによる検出値の変動の低減効果を、最適化させることができる。

20

#### 【0119】

以上、好適なフィルタリング処理方法について、いくつかの例を挙げて説明したが、これら複数を考慮して巡回係数を決定しても良い。また、本実施形態においては一つの例として巡回係数を示してきたが、各条件に対する巡回係数の設定方法としては必ずしもこの限りでなく、ノイズの発生条件や、温度変化率、撮像素子の駆動切り替えによる理想値の変化量などに応じて決定すると良い。

30

#### 【0120】

また、本実施形態においては、フィルタリング処理を行う対象として、検出値  $V_{1H}$  を用いて説明したが、前述したように、 $V_{1L}$ 、 $V_{2H}$ 、 $V_{2L}$  についても同様の処理を行う必要がある。これらの検出値  $V_{1H}$ 、 $V_{1L}$ 、 $V_{2H}$ 、 $V_{2L}$  を安定化させることで、補正值、の値の安定化を実現することができる。なお、検出値  $V_{1L}$ 、 $V_{2H}$ 、 $V_{2L}$  に対しても、上記式 (3) に示すようなフィルタリング処理を行うが、式 (3) を検出値  $V_{1H}$ 、 $V_{1L}$ 、 $V_{2H}$ 、 $V_{2L}$  に対して一般化すると、以下の式 (5) のように表すことができる。

$$V_f(n) = V(n) \times p + V_f(n-1) \times (1-p) \quad (0 \leq p < 1) \quad \dots (5)$$

40

式 (5) において、 $V_f(n)$  は、 $n$  フレーム目におけるフィルタリング処理後の検出値、 $V(n)$  は  $n$  フレーム目に取得したダミー画素の読み出し期間中に取得された新たな検出値である。また、 $V_f(n-1)$  は  $n-1$  フレーム目におけるフィルタリング処理後の検出値であり、巡回係数を  $p$  ( $0 \leq p < 1$ ) としている。

#### 【0121】

また、上記方法以外で、補正值、を求めるための演算の途中に得られる、式 (1)、式 (2) に記載した項ごとに巡回フィルタをかけても良い。具体的には、 $V_{2H} - V_{1H}$  の算出結果 (中間値) と、 $V_{2L} - V_{1L}$  の算出結果 (中間値) に対してフィルタリング処理を行うこともできる。このような処理を行うことで、 $V_{2H}$  と  $V_{1H}$  に同じレベルの外乱ノイズが発生した場合は、打ち消し合って巡回係数を高めに設定することができる。

50

ため、フィルタリング処理後の検出差分値  $V2H - V1H$  が理想値付近まで収束する速度を早めることができる。

【0122】

どの方法を用いるかは、検出値を取得するためのダミー画素の配置や、外乱ノイズの発生仕方などを考慮して決めれば良い。

【0123】

< 第2の実施形態 >

以下、本発明の第2の実施形態について説明する。第2の実施形態において用いられる撮像装置は、第1の実施形態で図1を参照して説明した撮像装置と同様の構成を有するため、説明は省略し、差異についてのみ説明する。

【0124】

第2の実施形態では、図5に示す第1の実施形態の画素部110の構成に対して、図18に示すように、有効画素領域を水平方向に4分割している。画面左から順に、有効画素領域A、有効画素領域B、有効画素領域C、有効画素領域Dとする。また、有効画素領域に対応させて、ダミー画素も水平方向に4分割し、画面左から順に、ダミー画素領域A、ダミー画素領域B、ダミー画素領域C、ダミー画素領域Dとする。このように、水平方向に対していくつかの領域に分割することで、AD変換器の性能が水平方向にばらついた場合でも、より理想値に近い補正を行うことができる。

【0125】

上述した第1の実施形態では、画面全体のダミー画素を用いて検出値  $V1H$ 、 $V1L$ 、 $V2H$ 、 $V2L$  を取得したが、本実施形態においては、分割されたA～Dの領域毎に検出値を取得する。上記領域ごとに算出された検出値  $V1H$ 、 $V1L$ 、 $V2H$ 、 $V2L$  については、上述した第1の実施形態と同様の処理を行うことで、信号レベルの段差が見えないようにする。

【0126】

以上説明したように、水平方向に対して複数の領域に分割し、各々の領域についてフィルタリング処理後の検出値を取得する。これにより、AD変換器の性能が水平方向にばらついた場合でも、より理想値に近い検出値の取得を行うことが可能となり、さらに、第1の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0127】

なお、第1及び第2の実施形態では、異なる傾きの2種類のランプ信号について記載したが、3種類以上の傾きについても同様の扱いができるため、ランプ信号の種類の数により本願発明が制限されるものではない。また、ダミー画素領域を用いて算出された検出値に対してフィルタリング処理を行うことが必須であり、補正值の取得方法及び演算方法などは、第1の実施形態に記載したものが代表的なものであるが、これに限られるものではない。

【0128】

また、本第1及び第2の実施形態においては、撮像素子1として、回路規模の小さい列ADCを列毎に1つ備えた構成をとっているが、本発明はこれに限られるものではない。例えば、各列に複数の列ADCを備え、それぞれが異なるスロープのランプ信号を用いてAD変換し、いずれかを選択する構成や、特開2013-009087号公報に記載されている構成を有するものであってもよい。特開2013-009087号公報には、撮像素子内にある列アンプ回路において、画素信号のレベルに応じて画素毎に、第1のランプ信号と、第1のランプ信号よりも傾きが小さい第2のランプ信号のいずれかを選択的に用いてAD変換を行うことが開示されている。即ち、異なる傾きを有する複数のランプ信号のいずれかによりAD変換された画素信号を選択的に用いて各フレームの画像を構成するものであれば、本発明を適用することが可能である。

【符号の説明】

【0129】

1：撮像素子、2：画像処理部、100：タイミング制御部、110：画素部、120

10

20

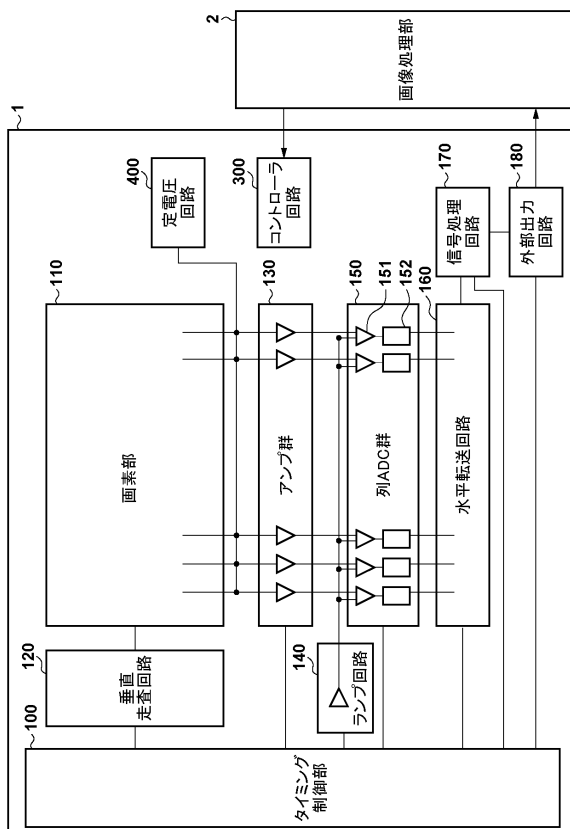
30

40

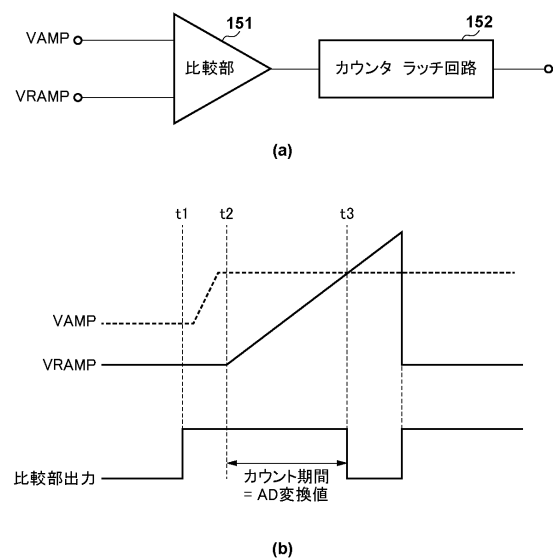
50

：垂直走査回路、130：列アンプ群、140：ランプ回路、150：列アナログデジタル変換器群（列ADC群）、151：比較部、152：カウンタ・ラッチ回路、160：水平転送回路、170：信号処理回路、180：外部出力回路、400：定電圧回路

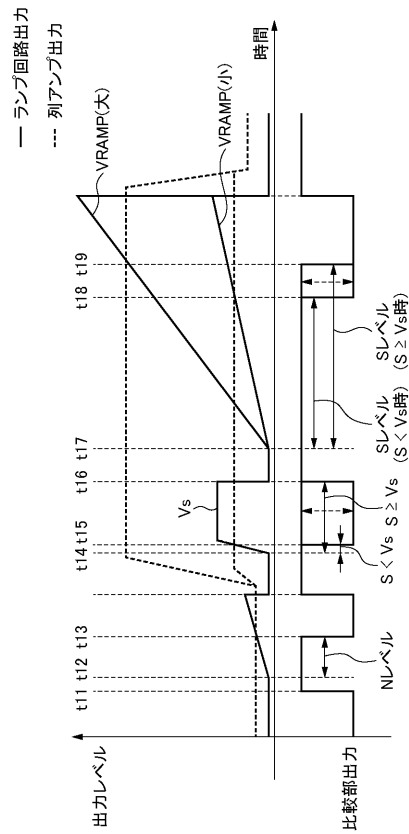
【図1】



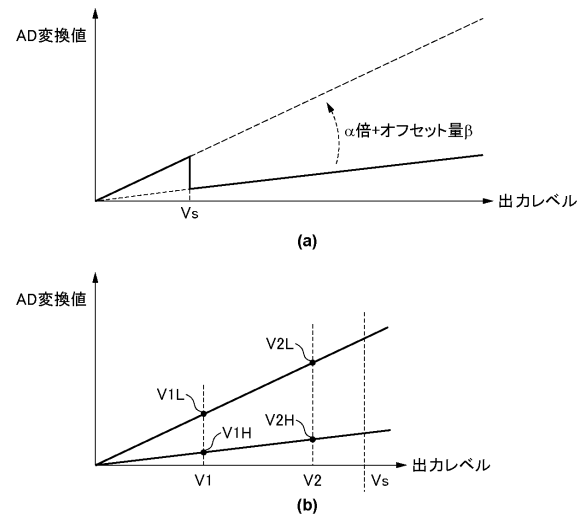
【図2】



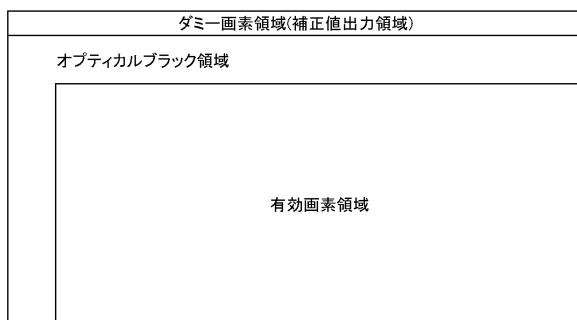
【図 3】



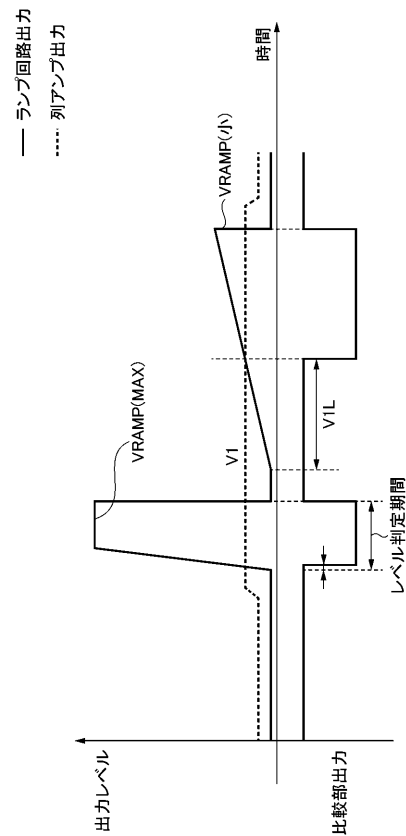
【図 4】



【図 5】

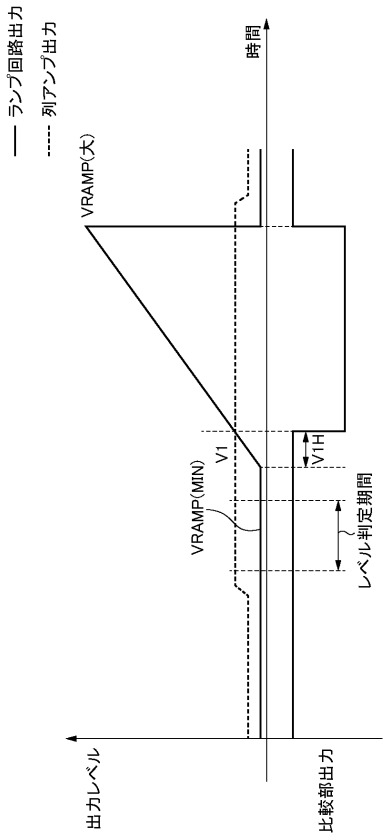


【図 6 A】

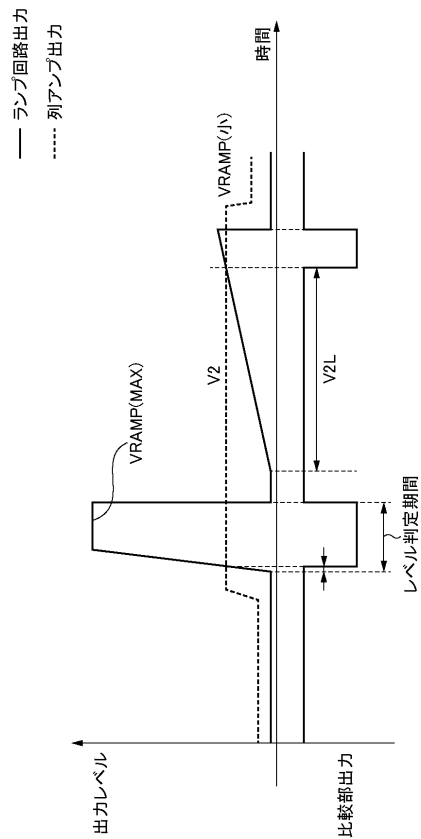




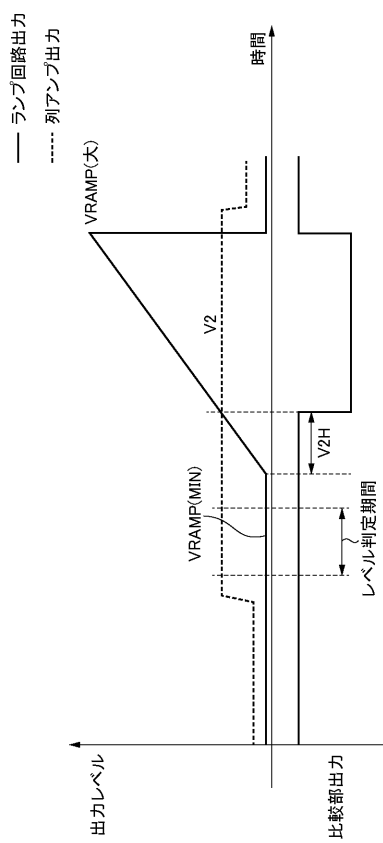
【図 6 B】



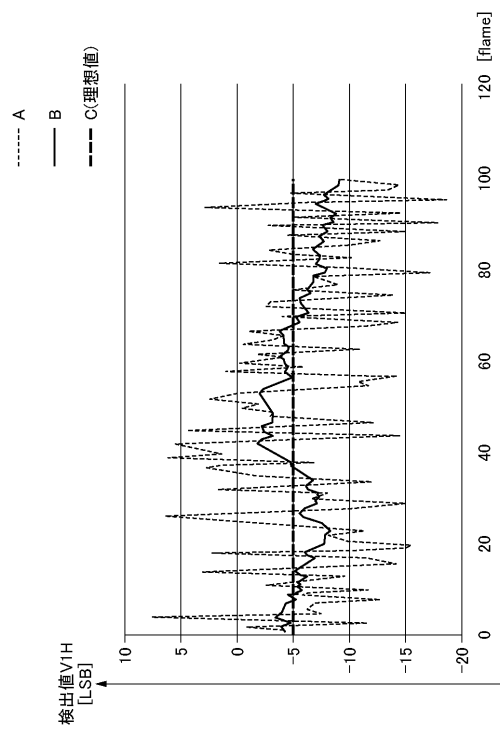
【図 6 C】



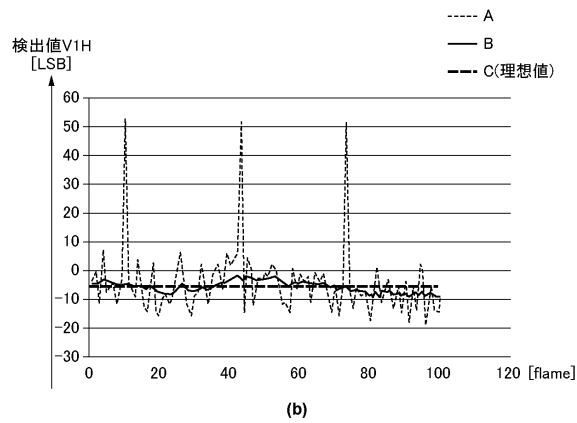
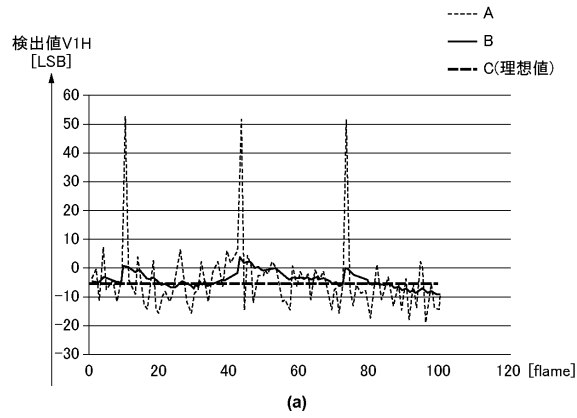
【図 6 D】



【図 7】



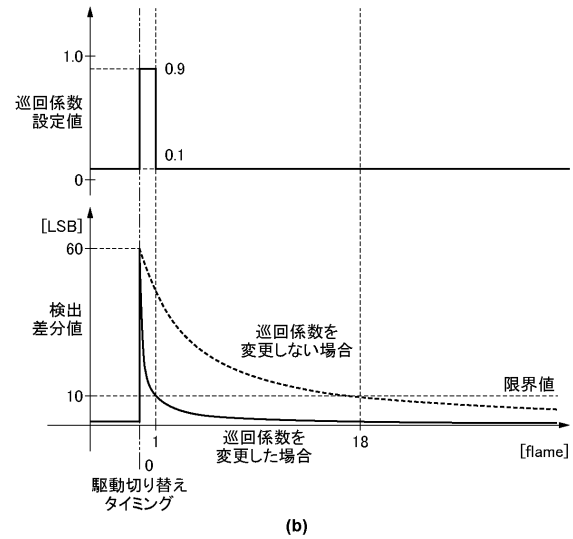
【図 8】



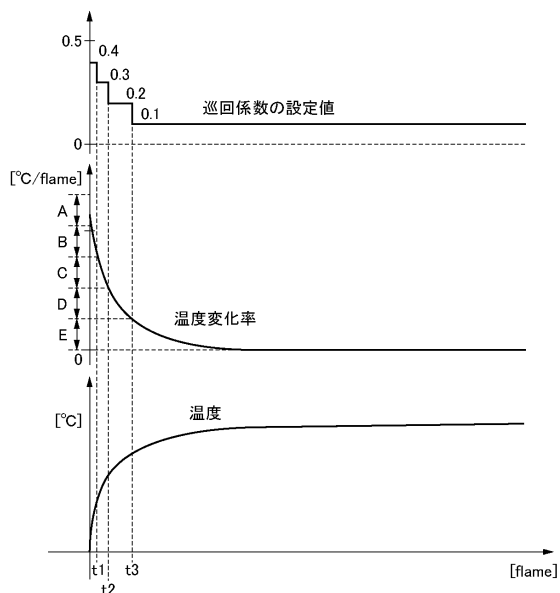
【図 9】

検出差分値 $V1H(n) - V1H(n-1)$ [LSB]	巡回係数 $p$
0 ~ 10	0.1
11 ~ 12	0.2
13 ~ 14	0.3
15 ~ 16	0.4
17 ~ 20	0.5
21 ~ 25	0.6
26 ~ 33	0.7
34 ~ 50	0.8
51 ~ 100	0.9
101 ~	1.0

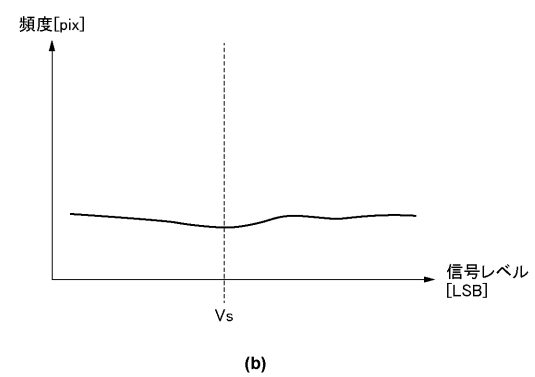
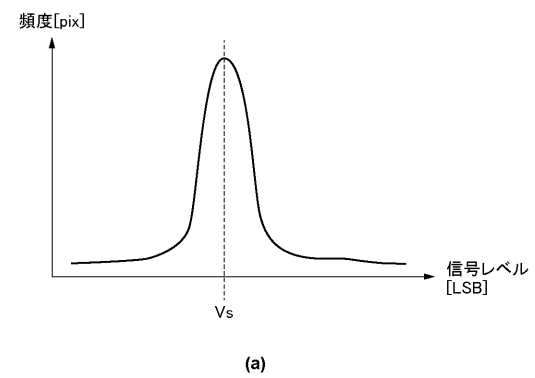
(a)



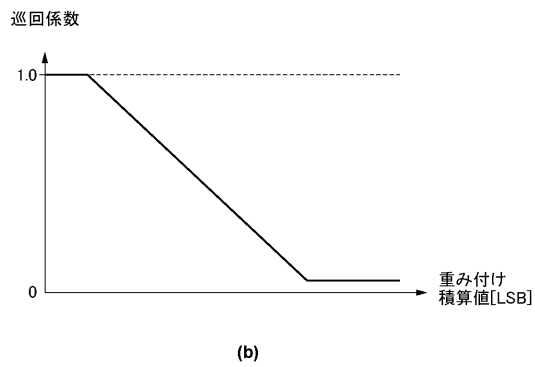
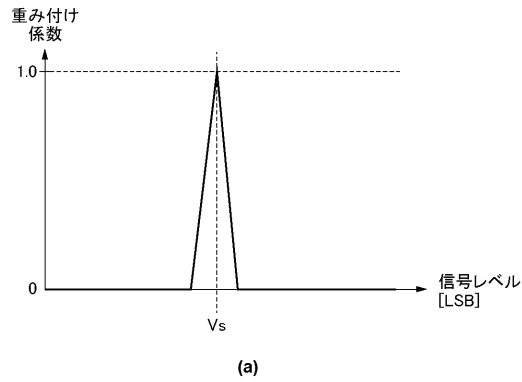
【図 10】



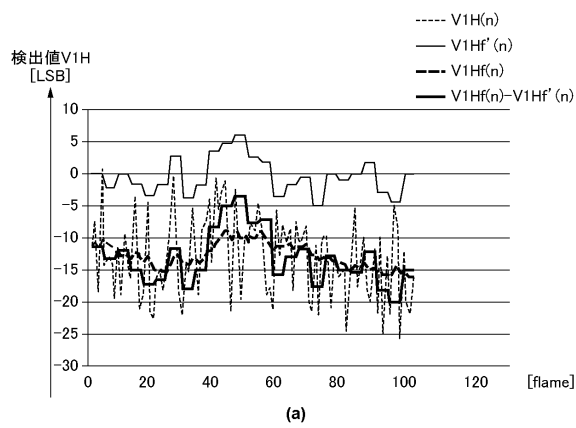
【図 11】



【図 1 2】



【図 1 4】



$V1Hf(n) - V1Hf'(n)$	巡回係数への乗算値 $q$ [倍]
0~10	1.0
15~30	0.5
31~	0.2

(b)

【図 1 3】

フレームレート [fps]	巡回係数 $p$
0.1~0.9	0.9
1~24	0.4
24~59	0.2
60~	0.1

【図 1 5】

被写体の動き量	巡回係数への乗算値 $q$ [倍]
大	4.0
中	2.0
小	1.0

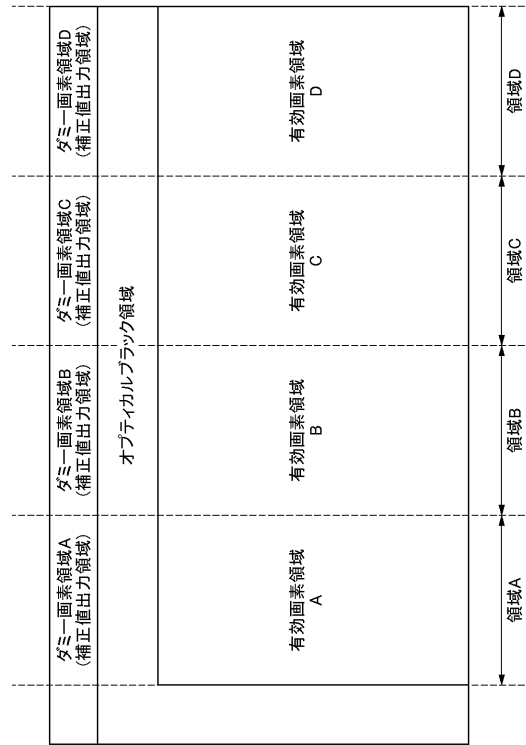
【図 1 6】

カラーフィルタの色	巡回係数への乗算値 $q$ [倍]
R(赤)	2.0
G(緑)	1.0
B(青)	2.0

【図 1 7】

列アンプ切替え後 信号レベル [LSB]	巡回係数への乗算値 $q$ [倍]
0~511	1.0
512~2047	2.0
2048~4095	4.0

【図 18】



---

フロントページの続き

(72)発明者 木村 孝行  
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 橘 高志

(56)参考文献 特開2014-220663(JP,A)  
特開2014-212450(JP,A)  
特開2012-235306(JP,A)  
特開2007-208832(JP,A)  
特開2014-103626(JP,A)  
特開2004-289559(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H04N 5/378  
H04N 5/357  
H04N 5/374