

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6711612号  
(P6711612)

(45) 発行日 令和2年6月17日 (2020.6.17)

(24) 登録日 令和2年6月1日 (2020.6.1)

(51) Int. Cl.

F I

<b>HO4N</b>	<b>9/09</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>HO4N</b>	<b>9/09</b>	<b>A</b>
<b>GO6T</b>	<b>5/50</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>GO6T</b>	<b>5/50</b>	
<b>GO6T</b>	<b>1/00</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>GO6T</b>	<b>1/00</b>	<b>510</b>
<b>GO6T</b>	<b>3/40</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>GO6T</b>	<b>3/40</b>	<b>705</b>

請求項の数 17 (全 36 頁)

(21) 出願番号	特願2015-249036 (P2015-249036)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成27年12月21日 (2015.12.21)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2017-118197 (P2017-118197A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成29年6月29日 (2017.6.29)	(74) 代理人	100076428
審査請求日	平成30年11月19日 (2018.11.19)		弁理士 大塚 康德
		(74) 代理人	100115071
			弁理士 大塚 康弘
		(74) 代理人	100112508
			弁理士 高柳 司郎
		(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】 画像処理装置、画像処理方法、および撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1の画像データと、前記第1の画像データと撮影範囲が重複し、かつ前記第1の画像データより解像度の高い第2の画像データとを取得する取得手段と、

前記第2の画像データを参照して、前記第1の画像データの色補間処理を実行する補間手段と、を有し、

前記第1の画像データの各画素値は、前記第1の画像データを得るために用いた撮像素子が備えるカラーフィルタを構成する複数の色成分のうちの1つの色成分に対応し、

前記第2の画像データの各画素値は、前記第2の画像データを得るために用いた撮像素子が備えるカラーフィルタを構成する複数の色成分のうちの1つの色成分に対応し、

前記補間手段は、前記第2の画像データを構成する画素値のうち、前記第1の画像データにおける補間対象の画素の位置に対応する位置もしくは対応する位置に最も近い位置の画素値を参照して、前記第1の画像データの画素値を参照せずに、前記補間対象の画素の補間処理に用いるパラメータを算出し、前記第1の画像データの画素値に前記パラメータを適用することにより、前記補間対象の画素についての色補間処理を実行する、  
ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】

前記第2の画像データの解像度が、前記第1の画像データの解像度の2のn乗倍（nは整数）であることを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項 3】

前記第 2 の画像データの解像度が、前記第 1 の画像データの解像度の 2 の  $n$  乗倍 ( $n$  は整数) でない場合、前記第 2 の画像データから、前記第 1 の画像データの解像度の 2 の  $n$  乗倍の解像度を有する第 3 の画像データを生成する変換手段をさらに有し、

前記補間手段は前記第 3 の画像データが生成された場合には、前記第 3 の画像データを参照して前記第 1 の画像データの色補間処理を実行することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記第 2 の画像データまたは前記第 3 の画像データを記憶する記憶手段をさらに有し、

前記補間手段は、前記記憶手段に記憶された画像データを参照して前記第 1 の画像データの色補間処理を実行することを特徴とする請求項 3 に記載の画像処理装置。

10

【請求項 5】

前記補間手段は、前記第 1 の画像データの撮影時刻と、前記記憶手段に記憶された画像データの撮影時刻との差が所定値より大きい場合、前記記憶手段に記憶された画像データを参照せずに前記第 1 の画像データの色補間処理を実行することを特徴とする請求項 4 に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

前記補間手段は、前記記憶手段に記憶された画像データを参照して前記第 1 の画像データの色補間処理を実行する場合、前記第 1 の画像データのうち、前記補間対象の画素の周辺の画素の値と、前記記憶手段に記憶された画像データにおいて前記周辺の画素に対応する位置の画素の値との差の合計が所定値以下であれば、前記記憶手段に記憶された画像データを参照して前記補間対象の画素の色補間処理を実行することを特徴とする請求項 4 または請求項 5 に記載の画像処理装置。

20

【請求項 7】

第 1 の画像データと、前記第 1 の画像データと撮影範囲が重複し、かつ前記第 1 の画像データより解像度の高い第 2 の画像データとを取得する取得手段と、

前記第 2 の画像データを参照して、前記第 1 の画像データの色補間処理を実行する補間手段と、を有し、

前記第 1 の画像データの各画素値は、前記第 1 の画像データを得るために用いた撮像素子が備えるカラーフィルタを構成する複数の色成分のうちの 1 つの色成分に対応し、

前記第 2 の画像データの各画素値は、前記第 2 の画像データを得るために用いた撮像素子が備えるカラーフィルタを構成する複数の色成分のうちの 1 つの色成分に対応し、

30

前記補間手段は、前記第 2 の画像データを構成する画素値のうち、前記第 1 の画像データにおける補間対象の画素の位置に対応する位置もしくは対応する位置に最も近い位置の画素値を参照して前記補間対象の画素についての色補間処理を実行し、

前記第 2 の画像データの解像度が、前記第 1 の画像データの解像度の 2 の  $n$  乗倍 ( $n$  は整数) でない場合、前記第 2 の画像データから、前記第 1 の画像データの解像度の 2 の  $n$  乗倍の解像度を有する第 3 の画像データを生成する変換手段をさらに有し、

前記補間手段は前記第 3 の画像データが生成された場合には、前記第 3 の画像データを参照して前記第 1 の画像データの色補間処理を実行することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 8】

前記第 1 の画像データと前記第 2 の画像データが、並行して撮影された画像データであることを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

40

【請求項 9】

第 1 の撮像素子と、

第 2 の撮像素子と、

請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置と、を有し、

前記第 1 の画像データは前記第 1 の撮像素子を用いて取得され、前記第 2 の画像データは前記第 2 の撮像素子を用いて取得されることを特徴とする撮像装置。

【請求項 10】

前記第 2 の撮像素子は、前記第 1 の撮像素子よりも物理的な画素ピッチが小さいことを

50

特徴とする請求項 9 に記載の撮像装置。

【請求項 1 1】

前記第 1 の撮像素子の画素の光電変換領域の面積が、前記第 2 の撮像素子の画素の光電変換領域の面積よりも大きいことを特徴とする請求項 1 0 に記載の撮像装置。

【請求項 1 2】

前記第 1 の撮像素子にて蓄積された電荷に応じた電圧を A / D 変換して前記第 1 の画像データを生成する第 1 の A / D 変換手段と、

前記第 2 の撮像素子にて蓄積された電荷に応じた電圧を A / D 変換して前記第 2 の画像データを生成する第 2 の A / D 変換手段と、を有し、

前記第 2 の A / D 変換手段の分解能は、前記第 1 の A / D 変換手段の分解能よりも低いことを特徴とする請求項 1 0 または請求項 1 1 に記載の撮像装置。

10

【請求項 1 3】

前記第 1 の撮像素子および前記第 2 の撮像素子は物理的な画素ピッチが等しく、前記第 1 の撮像素子の読出画素ピッチが前記第 2 の撮像素子の読出画素ピッチより大きいことを特徴とする請求項 9 に記載の撮像装置。

【請求項 1 4】

前記第 1 の撮像素子および前記第 2 の撮像素子は物理的な画素ピッチが等しく、前記第 1 の画像データは、前記第 1 の撮像素子から加算読出を行って生成され、前記第 2 の画像データは、前記第 2 の撮像素子から非加算読出を行って生成されることを特徴とする請求項 9 に記載の撮像装置。

20

【請求項 1 5】

画像処理装置が実行する画像処理方法であって、

第 1 の画像データと、前記第 1 の画像データと撮影範囲が重複し、かつ前記第 1 の画像データより解像度の高い第 2 の画像データとを取得する工程と、

前記第 2 の画像データを参照して、前記第 1 の画像データの色補間処理を実行する工程と、を有し、

前記第 1 の画像データの各画素値は、前記第 1 の画像データを得るために用いた撮像素子が備えるカラーフィルタを構成する複数の色成分のうちの 1 つの色成分に対応し、

前記第 2 の画像データの各画素値は、前記第 2 の画像データを得るために用いた撮像素子が備えるカラーフィルタを構成する複数の色成分のうちの 1 つの色成分に対応し、

30

前記色補間処理を実行する工程では、前記第 2 の画像データを構成する画素値のうち、前記第 1 の画像データにおける補間対象の画素の位置に対応する位置もしくは対応する位置に最も近い位置の画素値を参照して、前記第 1 の画像データの画素値を参照せずに、前記補間対象の画素の補間処理に用いるパラメータを算出し、前記第 1 の画像データの画素値に前記パラメータを適用することにより、前記補間対象の画素についての色補間処理を実行する、

ことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 1 6】

画像処理装置が実行する画像処理方法であって、

第 1 の画像データと、前記第 1 の画像データと撮影範囲が重複し、かつ前記第 1 の画像データより解像度の高い第 2 の画像データとを取得する工程と、

40

前記第 2 の画像データの解像度が、前記第 1 の画像データの解像度の 2 の n 乗倍 ( n は整数 ) でない場合、前記第 2 の画像データから、前記第 1 の画像データの解像度の 2 の n 乗倍の解像度を有する第 3 の画像データを生成する工程と、

前記第 2 の画像データまたは前記第 3 の画像データを参照して前記第 1 の画像データの色補間処理を実行する工程と、を有し、

前記第 1 の画像データの各画素値は、前記第 1 の画像データを得るために用いた撮像素子が備えるカラーフィルタを構成する複数の色成分のうちの 1 つの色成分に対応し、

前記第 2 の画像データの各画素値は、前記第 2 の画像データを得るために用いた撮像素子が備えるカラーフィルタを構成する複数の色成分のうちの 1 つの色成分に対応し、

50

前記色補間処理を実行する工程では、

前記第3の画像データが生成されない場合には、前記第2の画像データを構成する画素値のうち、前記第1の画像データにおける補間対象の画素の位置に対応する位置もしくは対応する位置に最も近い位置の画素値を参照して前記補間対象の画素についての色補間処理を実行し、

前記第3の画像データが生成された場合には、前記第3の画像データを参照して前記第1の画像データの色補間処理を実行することを特徴とする画像処理方法。

【請求項17】

コンピュータを、請求項1から請求項8のいずれか1項に記載の画像処理装置の各手段として機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は画像処理装置、画像処理方法、および撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

現在、デジタルカメラ（スマートフォンやパーソナルコンピュータ等の電子機器に搭載されているものを含む）においては、単板式のカラー撮像素子が一般に用いられている。単板式のカラー撮像素子は、モザイクカラーフィルタ（以下、単にカラーフィルタという）を備え、色補間処理（デモザイキング）との組み合わせによりフルカラー画像の生成を実現する。

【0003】

カラーフィルタを構成する色成分や配置方法には様々なバリエーションが存在するが、原色ベイヤー配列のカラーフィルタが広く用いられている。原色ベイヤー配列は、赤と緑を交互に配列した行と、緑と青とを交互に配列した行とが列方向に交互に出現する配列である。原色ベイヤー配列のカラーフィルタを備えた撮像素子（以下、ベイヤー型撮像素子という）では、画素の各々は赤（R）、緑（G）、青（B）のいずれか1つの輝度に応じた信号を出力する。

【0004】

フルカラー画像は、画像を構成する各画素がRGB成分の値を有する画像である。従って、ベイヤー型撮像素子で得られる信号からフルカラー画像を生成するには、デモザイキングにより、各画素について2つの色成分の値を生成する必要がある。高画質の画像を得るためにデモザイキングに関して種々のアルゴリズムが提案されているが、他の位置の信号に基づいて補間を行うため、色モアレや偽色が発生しうる。

【0005】

一方で、複数の撮像素子を用いて、高画質のフルカラー画質を得る方法も提案されている。特許文献1には、同じ構成の2つの撮像素子を、カラー撮像素子（水平640RGB画素）およびモノクロ撮像素子（水平1920モノクロ画素）として用い、高解像度、高フレームレートの動画を得る技術が開示されている。具体的には、2つの撮像素子で交互に撮影を行ったのち、各撮像素子で得られた動画をフレーム補間して撮影時の2倍のフレームレートの動画に変換する。そして、同じ時刻に対応する2つのフレーム画像を合成し、輝度解像度が高い、撮影時の2倍のフレームレートを有するカラー動画を生成している。

【0006】

また特許文献2では、互いに1/2画素ずらして配置した第1および第2のベイヤー型撮像素子を用いて2つのフルカラー画像を生成し、画素を市松模様状に組み合わせて配置することにより、個々の撮像素子より高解像度の画像データを生成している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

10

20

30

40

50

【特許文献1】特開2009-105984号公報（段落0219～0235）

【特許文献2】特開2001-169301号公報（段落0037～0043）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

特許文献1の技術によれば、輝度情報と色情報とを交互に取得しているため、情報の取得タイミングが異なり、特に動画撮影において合成画像の画質が低下する要因になる。

また、特許文献2は、2つの撮像素子で得た画像を色補間処理後に合成しており、色補間処理の精度向上については考慮されていない。

【0009】

本発明はこのような従来技術の課題に鑑みてなされたものであり、複数の画像を用いて色補間処理の精度を向上させる画像処理装置および画像処理方法の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上述の目的は、第1の画像データと、第1の画像データと撮影範囲が重複し、かつ第1の画像データより解像度の高い第2の画像データとを取得する取得手段と、第2の画像データを参照して、第1の画像データの色補間処理を実行する補間手段と、を有し、第1の画像データの各画素値は、第1の画像データを得るために用いた撮像素子が備えるカラーフィルタを構成する複数の色成分のうちの1つの色成分に対応し、第2の画像データの各画素値は、第2の画像データを得るために用いた撮像素子が備えるカラーフィルタを構成する複数の色成分のうちの1つの色成分に対応し、補間手段は、第2の画像データを構成する画素値のうち、第1の画像データにおける補間対象の画素の位置に対応する位置もしくは対応する位置に最も近い位置の画素値を参照して、第1の画像データの画素値を参照せずに、補間対象の画素の補間処理に用いるパラメータを算出し、第1の画像データの画素値にパラメータを適用することにより、補間対象の画素についての色補間処理を実行する、ことを特徴とする画像処理装置によって達成される。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、複数の画像を用いて色補間処理の精度を向上させる画像処理装置および画像処理方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】実施形態に係わるデジタルカメラの機能構成例を示すブロック図

【図2】実施形態に係る撮像素子の構成例を示す模式図

【図3】第1および第2実施形態における画素の回路図

【図4】実施例に係る列AD部の“A D詳細”モードおよび“A D高速”モードの動作に関する図

【図5】第1実施形態における像の投影を説明する図

【図6】第1の撮像素子と第2の撮像素子の結像面のずれに関する図

【図7】第1実施形態における信号処理部の機能構成例を示すブロック図

【図8】実施形態における参照補間部のG画素の座標関係を説明した図

【図9】実施形態における参照補間部のR、B画素の第1の補間パターンでの座標関係を示す図

【図10】実施形態における参照補間部のR、B画素の第2の補間パターンでの座標関係を説明した図

【図11】実施形態における参照補間部のR、B画素の第3の補間パターンでの座標関係を説明した図

【図12】実施形態における参照補間処理のフローチャート

【図13】実施形態における補間パラメータ算出処理のフローチャート

【図14】第2実施形態における撮像素子の構成例を示す図

10

20

30

40

50

【図 1 5】第 2 実施形態における像の投影に関する図

【図 1 6】第 3 実施形態に係わる信号処理部の機能構成例を示すブロック図

【図 1 7】第 3 実施形態における撮像素子の読出制御を説明する図

【図 1 8】第 3 実施形態における信号処理部の動作に関するフローチャート

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の例示的な実施形態のいくつかを、添付図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下では本発明の実施形態に係る画像処理装置をデジタルカメラに適用した例に関して説明するが、本発明において撮影や撮像画像の記録に関する機能は必須でない。本発明は、並行して撮影された複数の画像を取得可能な任意の電子機器において実施可能である。このような電子機器の例には、デジタルスチルまたはビデオカメラ、パーソナルコンピュータ、ゲーム機、携帯電話機、携帯情報端末、カーナビゲーションシステム、ドライブレコーダ、ロボットなどが含まれるが、これらに限定されない。また、以下では動画像フレームの色補間処理（デモザイキング）に関して説明するが、静止画についても同様に適用可能である。

10

【0014】

（第 1 実施形態）

図 1 は本発明の実施形態に共通するデジタルカメラ 1000 の機能構成を模式的に示すブロック図である。

デジタルカメラ 1000 は、第 1 の撮像素子 1100 と、第 2 の撮像素子 1200 と、撮影レンズ 2000 からの入射光を二つの方向に分割する半透過ミラー 1300 と、カメラ制御部 1400 と、信号処理部 1500 と、操作部 1900 とを有する。

20

【0015】

また、撮影レンズ 2000 は、集光レンズ 2100 と、絞り 2200 と、フォーカスレンズ 2300 と、レンズ制御部 2400 とを有する。レンズ制御部 2400 とカメラ制御部 1400 とは、レンズ通信端子 1310 を介して通信可能である。撮影レンズ 2000 はデジタルカメラ 1000 に着脱可能であってもよいし、デジタルカメラ 1000 に固定されていてもよい。

【0016】

操作部 1900 はユーザがデジタルカメラ 1000 に指示を入力するための入力デバイス群をまとめて表している。操作部 1900 には、例えばスイッチ、ボタン、レバー、タッチパネル等の物理的な操作を必要とする入力デバイスだけでなく、音声入力や視線入力を受け付ける入力デバイスが含まれてもよい。本実施形態のデジタルカメラ 1000 では、操作部 1900 に含まれるリリースボタンのハーフストロークで ON になるスイッチ（SW1）と、フルストロークで ON になるスイッチ（SW2）を有している。なお、リリースボタンは静止画の撮影に用いられ、動画の撮影については動画記録ボタンが別途用意されているものとする。

30

【0017】

SW1 の ON は撮影準備動作の開始指示である。撮影準備動作には、AF（オートフォーカス）処理および AE（自動露出）処理が含まれる。AE 処理や AF 処理は、例えばライブビュー表示用の画像から得られる情報に基づいてカメラ制御部 1400 が実施することができる。

40

【0018】

また、SW2 の ON は記録用画像の撮影動作の開始指示である。記録用画像は表示用画像と解像度が異なる以外は同様に生成される。そして、カメラ制御部 1400 は、必要に応じて信号処理部 1500 で符号化処理を行ったのち、記録形式に応じたデータファイルに格納し、記録媒体 1910 に記録する。

【0019】

信号処理部 1500 は第 1 の撮像素子 1100 および第 2 の撮像素子 1200 が出力する画像信号に対し、相関 2 重サンプリングや 補正などの前処理、ホワイトバランス調整

50

やデモザイキングなどの現像処理を適用し、フルカラー画像を作成する。また、信号処理部1500は、ライブビュー画像など表示用の画像については画像の縮小処理を適用したり、記録用の画像については記録形式に応じた符号化処理を適用したりする。また、記録媒体1910に記録された画像を表示する場合に必要な復号処理についても信号処理部1500が実行する。表示用の画像は、電子ビューファインダ(EVF)1940や表示装置1950に表示することができる。また、記録媒体1910は例えば半導体メモリカードやSSDなどの不揮発性記憶装置である。記録媒体1910は着脱可能であっても内蔵されていてもよい。

#### 【0020】

信号処理部1500はさらに、RGB-YCbCr変換などの信号形式の変換、画像の合成、色調の調整、AF評価値の生成、特定被写体の検出および認識処理など、様々な画像処理を実行することができる。代表的な特定被写体は人物の顔であり、特定被写体の認識処理は表情や個人の認識であるが、これらに限定されない。

#### 【0021】

図2は第1の撮像素子1100の構成例を示す模式図である。多数の画素1120が行列状に2次元配列されている。画素1120には撮像に用いられる有効画素と、補正に使用する光学的黒画素(OB画素)とが含まれている。有効画素部1110には有効画素が、水平OB画素部1112と垂直OB画素部1111にはOB画素が、それぞれ配置されている。

#### 【0022】

有効画素には原色ペイヤー配列のカラーフィルタが設けられている。図2において、R画素は赤(R)のカラーフィルタが設けられた画素である。B画素には青(B)のカラーフィルタが設けられている。Gr画素およびGb画素はいずれも緑(G)のフィルタが設けられた画素であるが、R画素と水平方向に隣接するG画素をGr画素、B画素と水平方向に隣接するG画素をGb画素と呼ぶ。

#### 【0023】

なお、以降の説明において水平方向とは垂直転送線1140に直交する方向、垂直方向とは垂直転送線1140と平行な方向を示す。また、有効画素の水平方向の間隔 $x$ を水平画素ピッチ、垂直方向の間隔 $y$ を垂直画素ピッチと呼ぶ。本実施形態では、水平画素ピッチと垂直画素ピッチが等しい( $x = y$ )。

#### 【0024】

OB画素は、画素が有するフォトダイオード(光電変換部)がアルミ配線などにより遮光された構成を有する。垂直OB画素部1111には、フォトダイオードを持たない構成のOB画素が含まれることもある。

#### 【0025】

画素1120の一系列ごとに垂直転送線1140と列AD部1141とが設けられている。ランプ信号生成部1142が生成するランプ信号は列AD部1141のそれぞれに入力される。垂直読出制御部1160は、画素を行単位に選択する信号を出力する。水平転送部1170は、列AD部1141の出力する画素信号を水平方向に転送して出力する。タイミング制御部1150は、垂直読出制御部1160、ランプ信号生成部1142、および水平転送部1170の動作タイミング信号を生成する。

#### 【0026】

画素1120は、光を電荷に変換するフォトダイオードと、フォトダイオードが生成した電荷を蓄積して電圧に変換するフローティングディフュージョン(FD)を有する。列AD部1141は、ランプ信号生成部1142から出力される電圧を入力し、垂直転送線1140に接続された画素1120が有するFDの電圧値と比較することにより、FDの電圧をA/D変換する。

#### 【0027】

なお、画素1120の読み出しは、ノイズの影響を抑制するため、以下のサイクルで実行される。まずFDをリセットした状態で読み出しを行ってN信号を取得し、水平転送部

10

20

30

40

50

1170に保持する。その後、フォトダイオードで変換した電荷をFDに転送し、再度読み出しを行ってS信号を取得する。水平転送部1170で、N信号をS信号から減算した( $S - N$ )信号を求めることで、ノイズの影響を抑制することができる。

#### 【0028】

垂直読出制御部1160が画素行を順次選択し、選択された画素行に含まれる画素を読み出すことにより、全ての画素から信号を読み出すことができる。なお、A/D変換までの読み出し動作は、タイミング制御部1150が生成するタイミング信号によって制御される。電荷蓄積時間(露光時間)はカメラ制御部1400によるAE制御もしくは操作部1900を通じたユーザ設定によって決定される。カメラ制御部1400は、決定された電荷蓄積時間をタイミング制御部1150に通信する。タイミング制御部1150は、電

10

#### 【0029】

本実施形態において、第2の撮像素子1200は、第1の撮像素子1100と画素ピッチ $x$ 、 $y$ が異なる以外同じ構成であってよい。ここで、第1の撮像素子1100の水平画素ピッチを $x_1$ 、垂直画素ピッチを $y_1$ とし、第2の撮像素子1200の水平画素ピッチを $x_2$ 、垂直画素ピッチを $y_2$ とする。本実施形態では、 $x_1 > x_2$ 、 $y_1 > y_2$ 、 $x_1 = y_1$ 、 $x_2 = y_2$ とする。なお、画素ピッチが大きい第1の撮像素子1100は、画素のフォトダイオード(光電変換領域)の面積を第2の撮像素子の画素の光電変換領域の面積より大きくすることもできる。光電変換領域の面積が大きくなると、画素のダイナミックレンジが拡大するほか、SN比が向上する。

20

#### 【0030】

なお、上述の画素ピッチの関係を、画素の読みだし方法によって実現してもよい。つまり、第1の撮像素子1100よりも第2の撮像素子1200の方が、画素列および画素行を多く間引いて読み出したり、多く加算して読み出したりすることによっても、上述の画素ピッチの関係を實現できる。換言すれば、撮像素子上に投影された被写体像のサンプリング周期を異ならせることによっても上述の画素ピッチの関係を實現できる。

#### 【0031】

読み出し方法によって實現する画素ピッチを、物理的な画素ピッチと区別するために読出画素ピッチと呼ぶ。そして、第1の撮像素子1100の読出画素ピッチを $x'_1$ 、 $y'_1$ とし、第2の撮像素子1200の読出画素ピッチを $x'_2$ 、 $y'_2$ とする。

30

#### 【0032】

ただし、本実施形態では、第1の撮像素子1100と第2の撮像素子1200とは物理的な画素ピッチが異なり、どちらも全画素読出するものとする。従って、 $x'_1 = x_1$ 、 $y'_1 = y_1$ 、 $x'_2 = x_2$ 、 $y'_2 = y_2$ である。

#### 【0033】

図3(a)は、画素1120の回路図である。画素1120は、フォトダイオード1121、転送トランジスタ(Tr)1122、フローティングディフュージョン(FD)1123、リセットTr1124、画素アンプ1125、行選択Tr1126から構成される。垂直読出制御部1160が出力する制御信号pTX、FDリセット信号pRESおよび行選択信号pSELにより、画素信号の読出制御を行う。

40

#### 【0034】

画素1120の動作は以下の様に制御される。まず、pTX、pRESをアサートし、フォトダイオード1121およびFD1123をリセットする。リセット完了後にpTXをネゲートすると、蓄積期間が開始し、フォトダイオード1121は蓄積期間中に入射した光によって発生した電荷(光信号)を蓄積する。

#### 【0035】

所定の蓄積期間が経過すると、pRESをネゲート、pSELをアサートすることで、画素アンプ1125で増幅したリセット電圧を垂直転送線1140を介して列AD部1141に入力し、デジタル信号に変換する。この信号をN信号と呼ぶ。N信号は水平転送部1170に保存される。

50



## 【 0 0 3 6 】

次に p T X をアサートし、フォトダイオード 1 1 2 1 に蓄積された電荷を F D 1 1 2 3 に転送し、電圧に変換する。F D 1 1 2 3 の電圧は画素アンプ 1 1 2 5 で増幅された後に垂直転送線 1 1 4 0 を介して列 A D 部 1 1 4 1 に入力され、デジタル信号に変換される。この信号を S 信号と呼ぶ。S 信号は、フォトダイオード 1 1 2 1 に蓄積された電荷に応じたデジタル信号である。水平転送部 1 1 7 0 で S 信号から N 信号を減じることにより、ノイズの影響を抑制することができる。

## 【 0 0 3 7 】

次に、図 4 ( a ) のタイミングチャートを参照して列 A D 部 1 1 4 1 の動作を説明する

10

。列 A D 部 1 1 4 1 は、垂直転送線 1 1 4 0 の電圧とランプ信号生成部 1 1 4 2 が出力するランプ信号とが入力される比較器と、A D クロックが入力されるカウンタとを有する。比較器は、ランプ信号の電圧が垂直転送線 1 1 4 0 の電圧以下であれば L o w レベルを、ランプ信号の電圧が垂直転送線 1 1 4 0 の電圧より高くなると H i g h レベルを出力する

## 【 0 0 3 8 】

。ランプ信号生成部 1 1 4 2 は、タイミング制御部 1 1 5 0 からのランブイネーブル信号が H i g h となっている期間に、単位時間当たり所定の割合で電圧値が増加するランプ信号を出力する。また、ランプ信号生成部 1 1 4 2 は、ランブイネーブル信号が L o w の期間では基準電圧（例えば G N D ）を出力する。

20

## 【 0 0 3 9 】

リセット電圧の A / D 変換前、ランブイネーブル信号は L o w であり、垂直転送線 1 1 4 0 の電圧がリセット電圧であるため、比較器出力は L o w である。ランブイネーブル信号が H i g h になるとランプ信号の電圧が増加し、ランプ信号の電圧がリセット電圧を超えると比較器出力が H i g h になる。

## 【 0 0 4 0 】

ランブイネーブル信号が H i g h になってから比較器出力が H i g h になるまでの A D クロック数をカウンタによってカウントする。このカウント値が、垂直転送線 1 1 4 0 の電圧を表すデジタル値である。垂直転送線 1 1 4 0 の電圧がリセット電圧の場合、N 信号のデジタル値が得られる。

30

## 【 0 0 4 1 】

比較器出力が H i g h になると、カウント値（N 信号）が読み出される。また、タイミング制御部 1 1 5 0 はランブイネーブル信号を L o w にする。これにより、ランプ信号の電圧が再びリセット電圧以下になるため、比較器出力が L o w になる。

## 【 0 0 4 2 】

蓄積時間の経過後、F D で変換された光信号の電圧が垂直転送線 1 1 4 0 に転送されると、タイミング制御部 1 1 5 0 がランブイネーブル信号を H i g h にする。これにより、ランプ信号の電圧が増加し始め、カウンタによる A D クロックのカウントが開始される。ランプ信号の電圧が光信号の電圧を超えると、比較器出力が H i g h になる。ランブイネーブル信号が H i g h になってから比較器出力が H i g h になるまでの A D クロックのカ

40

## 【 0 0 4 3 】

ウント値が S 信号として読み出される。図 4 ( b ) は、図 4 ( a ) よりもランプ信号の電圧増加率（単位時間当たり電圧の増加量）が多い場合の列 A D 部 1 1 4 1 の動作例を示すタイミングチャートである。図 4 ( a ) と図 4 ( b ) とで列 A D 部 1 1 4 1 の動作は変わらないが、ランプ信号の電圧増加率が大きくなると、垂直転送線 1 1 4 0 の電圧の A / D 変換に要する時間が短縮される。

その一方で、カウント値あたりの電圧（量子化ステップ）が大きくなるため、A / D 変換の分解能、すなわち画像の階調数が少なくなる。

## 【 0 0 4 4 】

以下の説明においては便宜上、図 4 ( a ) に示した A / D 変換動作を「A D 詳細」モー

50

ド、図4(b)に示したA/D変換動作を「A/D高速」モードと呼ぶ。なお、この「詳細」および「高速」とは単に相対的な関係を示すにすぎないことに留意されたい。

【0045】

本実施形態では、第1の撮像素子1100は第2の撮像素子1200より画素ピッチが大きいので、第2の撮像素子1200より1フレームあたりの読出画素数が少ない。従って、第1の撮像素子1100の画素から読み出した信号についてはA/D詳細モードでA/D変換する。一方、第2の撮像素子1200の画素から読み出した信号についてはA/D高速モードでA/D変換する。

【0046】

なお、A/D詳細モードとA/D高速モードに用いるランプ信号の電圧増加率は、例えば第1および第2の撮像素子1100および1200から読み出す画素数の差による処理時間の差を考慮して決定することができる。例えば、第1および第2の撮像素子1100および1200から読み出したそれぞれの画像信号に対して実行すべき処理が所定時間内に終了するように決定することができる。例えば、第1の撮像素子1100と第2の撮像素子1200とで同じフレームレートで並行して動画撮影を行う場合、個々の撮像素子から読み出した画像信号に対する処理が1フレーム周期内に終わるようにランプ信号の電圧増加率を決定することができる。

【0047】

図5は、集光レンズ2100が形成する点像が第1および第2の撮像素子1100、1200の撮像面に投影された状態を模式的に表した図である。図5の点線は光束を模式的に表している。集光レンズ2100を通る光束は半透過ミラー1300によって、二つの光路に分割される。そして、集光レンズ2100が形成する点像は、第1の撮像素子1100では有効画素(1,4)を中心とした点像3100として、第2の撮像素子1200では有効画素(9,8)を中心とした点像3200として、それぞれ投影されている。ここでの画素の座標は(列番号, 行番号)である。

なお、図5は集光レンズ2100の光軸に対する第1の撮像素子と第2の撮像素子の位置ずれは無視しているが、実際には製造上の組み立て誤差による位置ずれが存在する。

【0048】

図6(a)は、第1の撮像素子1100の結像面(x-z平面)と、第2の撮像素子1200の結像面(x-y平面)との位置ずれ量を模式的に示した図である。以下では、図2の説明と同様に、撮像素子の垂直転送線と直交する方向を水平方向、垂直転送線と平行な方向を垂直方向とする。

【0049】

第1の撮像素子1100の有効画素中心から撮影レンズ2000の光軸と撮像面の交点(光軸中心)までの水平方向の距離を $D_{h1}$ 、垂直方向の距離を $D_{v1}$ とする。また、デジタルカメラ1000に対向させた物体が撮像面上に投影された場合の正立像方向と、第1の撮像素子1100の垂直方向との角度ずれを $D_{a1}$ とする。

同様に、第2の撮像素子1200の有効画素中心から、撮影レンズ2000の光軸中心までの水平方向の距離を $D_{h2}$ 、垂直方向の距離を $D_{v2}$ とする。また、デジタルカメラ1000に対向させた物体が撮像面上に投影された場合の正立像方向と、第2の撮像素子1200の垂直方向との角度ずれを $D_{a2}$ とする。

【0050】

有効画素中心と光軸の絶対的なずれ量、 $D_{h1}$ 、 $D_{v1}$ 、 $D_{a1}$ および、 $D_{h2}$ 、 $D_{v2}$ 、 $D_{a2}$ は、組立時に、目標誤差の範囲内で合致させる。

組立後のずれ量の差、 $D_{h2} - D_{h1}$ 、 $D_{v2} - D_{v1}$ 、 $D_{a2} - D_{a1}$ をパラメータとして、色成分ごとにアフィン変換処理をすることによって、第2の撮像素子1200と第1の撮像素子1100とで撮影された画像間の組み立て誤差を補正することができる。

パラメータ $D_{h2} - D_{h1}$ 、 $D_{v2} - D_{v1}$ 、 $D_{a2} - D_{a1}$ は、位置合わせ調整値として製造時に例えばカメラ制御部1400が有する不揮発性メモリに登録しておき、補正の際に読み出して使用することができる。上述のパラメータ(位置合わせ調整値)は、規

10

20

30

40

50

準チャートを第1の撮像素子1100と第2の撮像素子1200のそれぞれで撮影した画像から算出することができる。

【0051】

さらに図6(b)は、撮影レンズ2000の光軸と第1の撮像素子1100の結像面(x-z平面)と、第2の撮像素子1200の結像面(x-y平面)それぞれとの角度ずれ量を模式的に示した図である。

【0052】

第1の撮像素子1100の垂直軸(図2の垂直転送線1140と平行な軸)と光軸との角度を $D_1$ 、垂直軸に直交する水平軸と光軸との角度を $D_1$ とする。同様に、第2の撮像素子1200の垂直軸と光軸との角度を $D_2$ 、垂直軸と直交する水平軸と光軸との角度を $D_2$ とする。 $D_1$ 、 $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_2$ はいずれも $90^\circ$ が理想値である。

10

本実施形態では、図6(a)に示した、光軸に対する位置ずれに加え、第1の撮像素子1100と第2の撮像素子1200との相対的な角度ずれ、つまり $D_2 - D_1$ 、 $D_2 - D_1$ の影響についても補正する。

【0053】

相対的な角度ずれ量は、第1の撮像素子1100と第2の撮像素子1200のそれぞれに入射する光線方向にずれを生じさせ、撮像素子間で異なる、2次元の光学的シェーディングを生じさせる。この光学シェーディングの差は、製造時に校正用の光源で両撮像素子で撮影した画像の差分から求めたゲイン補正量を画素ごとに適用することで軽減できる。角度ずれによるゲイン補正量も調整値として、製造時に例えばカメラ制御部1400が有する不揮発性メモリに登録しておき、補正の際に読み出して使用することができる。

20

【0054】

図7は、本実施形態におけるデータ処理の概略を、信号処理部1500の機能構成例とともに模式的に示した図である。第1の撮像素子1100からは第1のRAW画像データ1510が、第2の撮像素子1200からは第2のRAW画像データ1520が、信号処理部1500に入力される。第1の画像データ1510と第2の画像データ1520は、並行に撮影された静止画または動画フレームのデータであってよい。

【0055】

なお、RAW画像データとは、カラーフィルタを備える撮像素子を用いて得られた画像データであり、かつ色補間処理されていない画像データを意味する。従って、第1のRAW画像データ1510および第2のRAW画像データ1520の各画素は、カラーフィルタを構成する複数の色成分のうち、1つの色成分のみを有している(欠陥画素もしくは欠陥画素として取り扱う画素を除く)。以下では、簡略化のために、第1のRAW画像データ1510および第2のRAW画像データ1520を、単に第1の画像データ1510および第2の画像データ1520と呼ぶ。なお、これらの画像データは各画素が色補間処理されていない状態であれば、複数の列AD部1141間の特性のばらつきの影響を低減するための補正や、色ごとの感度の違いを補償するための補正などが行われているものであってもよい。また、欠陥画素の補正や、撮像素子の入出力特性のリニアリティを改善するための補正が行われているものであってもよい。

30

40

【0056】

位置合わせ処理部1502は、図6で説明した、光軸中心に対する位置ずれと、光軸に対する角度ずれとを補正する。すなわち、位置合わせ処理部1502は、カメラ制御部1400内の不揮発性メモリに記憶されている位置合わせ調整値およびゲイン補正量を読み出して、第1および第2の画像データ1510、1520の1つをアフィン変換し、1つにゲイン補正量を適用する。アフィン変換およびゲイン補正量を適用する画像データは、記憶された位置合わせ調整値とゲイン補正量の算出方法によって決まる。図7の例では第2の画像データにアフィン変換およびゲイン補正量の両方を適用している。

【0057】

次に、解像度変換部1503が、第2の画像データ1520を、水平および垂直方向の

50

それぞれにおいて第1の画像データ1510の解像度のC倍（Cは2のべき乗）となるようにリサイズした第3の画像データ1525を作成する。水平および垂直方向のそれぞれの解像度をC倍にしたとき、水平および垂直方向のそれぞれの読出画素ピッチは1/C倍となる。

#### 【0058】

第2の画像データの読出画素ピッチ  $x'_2$  が目標の画素ピッチ（第1の画像データ1510の解像度のC倍に相当する画素ピッチ）より大きいとき、解像度変換部1503は第2の画像データ1520を縮小して第3の画像データ1525を作成する。また、第2の画像データの読出画素ピッチ  $x'_2$  が目標の画素ピッチ未満のとき、解像度変換部1503は、第2の画像データ1520を拡大して第3の画像データ1525を作成する。

10

#### 【0059】

なお、第2の画像データの読出画素ピッチ  $x'_2$  が目標の画素ピッチと等しいとき、第2の画像データ1520をリサイズする必要はなく、そのまま第3の画像データ1525とすればよい。画像データのリサイズは、バイリニア法、バイキュービック法など種々の公知の方法を用いて行うことができる。

#### 【0060】

本実施形態では図7に示すように、目標の画素ピッチを、第1の画像データ1510の解像度の2倍（ $C=2$ ）に相当する画素ピッチ  $1/2 \cdot x'_1$ 、 $1/2 \cdot y'_1$  とする。従って、第3の画像データ1525の読出画素ピッチを  $x'_3$ 、 $y'_3$  とすると、 $x'_3 = (x'_1)/2$ 、 $y'_3 = (y'_1)/2$  である。解像度変換部1503は、第2の画像データ1520をリサイズした第3の画像データ1525と、第1の画像データ1510とを参照補間部1501に入力する。

20

#### 【0061】

参照補間部1501は、第1の画像データ1510にデモザイキングを適用し、フルカラー画像1530を生成する。本実施形態においては、第1の画像データ1510のデモザイキングに、読出画素ピッチの異なる他の画像データを用いる。このデモザイキングを本明細書では「参照補間」と呼び、以下で具体的な方法について説明する。

#### 【0062】

図8を用いて、補間の対象画素と、対象画素の補間に用いられる画素の位置関係を説明する。

30

撮像素子に2次元状に規則的に配置された画素は、画素ピッチを1単位として、2組の整数を用いて（ $n, m$ ）で位置を表すことができる。本実施形態では、座標を（水平座標，垂直座標）とし、有効画素部に配置された左上端の画素の座標を（0, 0）とする。

#### 【0063】

図8（a）に、第1の撮像素子1100において、G画素を抜き出したGプレーンの一部を示している。ここで、4つのG画素に隣接する中央の領域は、BまたはR画素であるため、G成分が存在しない。以下では、この中央の領域を、補間対象の仮想的なG画素G<sub>補</sub>とする。また、G<sub>補</sub>の中心座標を（ $i_1, j_1$ ）とし、第1の撮像素子1100の読出画素ピッチを水平方向、垂直方向とも1とする。

#### 【0064】

これにより、G<sub>補</sub>の上、下、左、右に隣接するG画素はそれぞれG（ $i_1, j_1 - 1$ ）、G（ $i_1, j_1 + 1$ ）、G（ $i_1 - 1, j_1$ ）、G（ $i_1 + 1, j_1$ ）と表すことができる。

40

#### 【0065】

また、G<sub>補</sub>（ $i_1, j_1$ ）に対応する第3の画像データ1525の位置を座標（ $i_2, j_2$ ）とする。本実施形態の場合、第1の撮像素子1100の読出画素ピッチを1とすると、 $i_2 = 2 \times i_1$ 、 $j_2 = 2 \times j_1$  である。解像度変換部1503の解像度がC倍である場合は、 $i_2 = C \times i_1$ 、 $j_2 = C \times j_1$  となる。

#### 【0066】

参照補間部1501は、補間対象のG画素のそれぞれについて、第1の画像データ15

50

10の各画素の中心座標 $(i_1, j_1)$ と、第3の画像データ1525の座標 $(i_2, j_2)$ との対応関係を、信号処理部1500が有するメモリに記憶する。

【0067】

本実施形態では、図8(b)に示すように、座標 $(i_2, j_2)$ を中心に持つG画素は第3の画像データ1525に存在しない。第3の画像データ1525のG画素は、座標 $(i_2, j_2)$ から、第1の画像データの読出画素ピッチの $1/4$ だけ上下方向と左右方向にずれた位置にある。

【0068】

座標 $i_2$ から左方向に $1/4$ ずれた座標を $i_2 - 1/4$ 、右方向に $1/4$ ずれた座標を $i_2 + 1/4$ とする。また、座標 $j_2$ から上方向に $1/4$ ずれた座標を $j_2 - 1/4$ 、下方向に $1/4$ ずれた座標を $j_2 + 1/4$ とする。

【0069】

従って、座標 $(i_2, j_2)$ に最も近いG画素は、右に $1/4$ 、上に $1/4$ だけずれた、 $G'(i_2 + 1/4, j_2 - 1/4)$ と、左に $1/4$ 、下に $1/4$ だけずれた、 $G'(i_2 - 1/4, j_2 + 1/4)$ である。

【0070】

図8(b)において、点線で2画素ずつ囲んだ $G'$ 左上、 $G'$ 上、 $G'$ 右上、 $G'$ 左、 $G'$ 中央、 $G'$ 右、 $G'$ 左下、 $G'$ 下、 $G'$ 右下は、後述する補間処理に関するグループを示している。

【0071】

参照補間部1501は、R画素、B画素についても同様に第1の画像データと第3の画像データの対応関係を示す。

カラーフィルタが原色ベイヤー配列であるため、Rプレーンでは、B画素、Gr画素、Gb画素のそれぞれの画素位置を補間する必要がある。B画素の位置を第1の補間パターンで、Gr画素の位置を第2の補間パターンで、Gb画素の位置は第3の補間パターンでそれぞれ補間する。

同様に、Bプレーンでは、R画素、Gb画素、Gr画素の画素位置を補間する必要がある。R画素の位置を第1の補間パターンで、Gb画素の位置を第2の補間パターンで、Gr画素の位置を第3の補間パターンでそれぞれ補間する。

【0072】

図9は、第1の補間パターンについて、補間の対象画素と、対象画素の補間に用いられる画素の位置関係を示している。以下の説明においても、第1の撮像素子1100の水平方向および垂直方向の読出画素ピッチを1として画素の座標を表記する。

【0073】

まず、R画素の位置関係を説明する。

図9(a)の左側に示すように、第1の撮像素子1100においてB画素が配置されている場所の仮想R画素( $R^{補1}$ )の中心を座標 $(i_1, j_1)$ とする。従って、第1の画像データ1510の $R^{補1}$ の左上、左下、右上、右下に隣接するR画素はそれぞれ $R(i_1 - 1, j_1 - 1)$ 、 $R(i_1 - 1, j_1 + 1)$ 、 $R(i_1 + 1, j_1 - 1)$ 、 $R(i_1 + 1, j_1 + 1)$ である。これらは、実際に配置されているR画素である。

【0074】

また、 $R^{補}(i_1, j_1)$ に対応する第3の画像データ1525の位置を座標 $(i_2, j_2)$ とする。本実施形態の場合、G画素のときと同様に $i_2 = 2 \times i_1$ 、 $j_2 = 2 \times j_1$ である。

【0075】

参照補間部1501は、第1の補間パターンによる補間対象のR画素のそれぞれについて、第1の画像データ1510の各画素の中心座標 $(i_1, j_1)$ と、第3の画像データ1525の座標 $(i_2, j_2)$ との対応関係を、信号処理部1500が有するメモリに記憶する。

【0076】

10

20

30

40

50

本実施形態では、図9(b)の左側に示すように、座標 $(i_2, j_2)$ を中心に持つR画素は第3の画像データ1525に存在しない。第3の画像データ1525のR画素は、座標 $(i_2, j_2)$ から、第1の画像データの読出画素ピッチの $1/4$ だけ上下方向と左右方向にずれた位置にある。

従って、座標 $(i_2, j_2)$ に最も近いR画素は、左に $1/4$ 、上に $1/4$ だけずれた、 $R'(i_2 - 1/4, j_2 - 1/4)$ である。

【0077】

次に、B画素の位置関係を説明する。

図9(a)の右側に示すように、第1の撮像素子1100においてR画素が配置されている場所の仮想B画素( $B^{補1}$ )の中心を座標 $(i_1, j_1)$ とする。従って、第1の画像データ1510の $B^{補1}$ の左上、左下、右上、右下に隣接するB画素はそれぞれ $B(i_1 - 1, j_1 - 1)$ 、 $B(i_1 - 1, j_1 + 1)$ 、 $B(i_1 + 1, j_1 - 1)$ 、 $B(i_1 + 1, j_1 + 1)$ である。これらは、実際に配置されているB画素である。

【0078】

また、 $B^{補}(i_1, j_1)$ に対応する第3の画像データ1525の位置を座標 $(i_2, j_2)$ とする。本実施形態の場合、G画素のときと同様に $i_2 = 2 \times i_1$ 、 $j_2 = 2 \times j_1$ である。

【0079】

参照補間部1501は、第1の補間パターンによる補間対象のB画素のそれぞれについて、第1の画像データ1510の各画素の中心座標 $(i_1, j_1)$ と、第3の画像データ1525の座標 $(i_2, j_2)$ との対応関係を、信号処理部1500が有するメモリに記憶する。

【0080】

本実施形態では、図9(b)の右側に示すように、座標 $(i_2, j_2)$ を中心に持つB画素は第3の画像データ1525に存在しない。第3の画像データ1525のB画素は、座標 $(i_2, j_2)$ から、第1の画像データの読出画素ピッチの $1/4$ だけ上下方向と左右方向にずれた位置にある。

従って、座標 $(i_2, j_2)$ に最も近いB画素は、左に $1/4$ 、上に $1/4$ だけずれた、 $B'(i_2 - 1/4, j_2 - 1/4)$ である。

【0081】

図9(b)において、点線で囲んだ $R'$ 左上、 $R'$ 上、 $R'$ 右上、 $R'$ 左、 $R'$ 中央、 $R'$ 右、 $R'$ 左下、 $R'$ 下、 $R'$ 右下、および $B'$ 左上、 $B'$ 上、 $B'$ 右上、 $B'$ 左、 $B'$ 中央、 $B'$ 右、 $B'$ 左下、 $B'$ 下、 $B'$ 右下は、後述する補間処理に関するグループを示している。

【0082】

図10は、第2の補間パターンについて、補間の対象画素と、対象画素の補間に用いられる画素の位置関係を示している。以下の説明においても、第1の撮像素子1100の水平方向および垂直方向の読出画素ピッチを1として画素の座標を表記する。

【0083】

まず、R画素の位置関係を説明する。

図10(a)の左側に示すように、第1の撮像素子1100においてGr画素が配置されている場所の仮想R画素( $R^{補2}$ )の中心を座標 $(i_1, j_1)$ とする。従って、Rプレーンで第1の画像データ1510の $R^{補2}$ の左に隣接する画素は $R(i_1 - 1, j_1)$ 、右に隣接する画素は $R(i_1 + 1, j_1)$ である。 $R^{補2}$ の上と下に隣接する画素はB画素であるため、R画素は存在しない。しかし、第1の補間パターンによる補間の完了後であれば、補間された $R^{上}(i_1, j_1 - 1)$ と $R^{下}(i_1, j_1 + 1)$ を用いることができる。

【0084】

また、 $R^{補2}(i_1, j_1)$ に対応する第3の画像データ1525の位置を座標 $(i_2, j_2)$ とする。本実施形態の場合、G画素のときと同様に $i_2 = 2 \times i_1$ 、 $j_2 = 2 \times j_1$

$j_1$  である。

【0085】

参照補間部 1501 は、第 2 の補間パターンによる補間対象の R 画素のそれぞれについて、第 1 の画像データ 1510 の各画素の中心座標  $(i_1, j_1)$  と、第 3 の画像データ 1525 の座標  $(i_2, j_2)$  との対応関係を、信号処理部 1500 が有するメモリに記憶する。

【0086】

本実施形態では、図 10 (b) の左側に示すように、座標  $(i_2, j_2)$  を中心に持つ R 画素は第 3 の画像データ 1525 に存在しない。第 3 の画像データ 1525 の R 画素は、座標  $(i_2, j_2)$  から、第 1 の画像データの読出画素ピッチの  $1/4$  だけ上下方向と左右方向にずれた位置にある。

10

従って、座標  $(i_2, j_2)$  に最も近い R 画素は、左に  $1/4$ 、上に  $1/4$  だけずれた、 $R'(i_2 - 1/4, j_2 - 1/4)$  である。

【0087】

次に、B 画素の位置関係を説明する。

図 10 (a) の右側に示すように、第 1 の撮像素子 1100 において Gb 画素が配置されている場所の仮想 B 画素 ( $B^{補2}$ ) の中心を座標  $(i_1, j_1)$  とする。従って、第 1 の画像データ 1510 の  $B^{補2}$  の左に隣接する画素は  $B(i_1 - 1, j_1)$ 、右に隣接する画素は  $B(i_1 + 1, j_1)$  である。 $B^{補2}$  の上と下に隣接する画素は、R 画素であるため、B 画素は存在しない。しかし、第 1 の補間パターンによる補間の完了後であれば、補間された画素  $B^{上}(i_1, j_1 - 1)$  と  $B^{下}(i_1, j_1 + 1)$  を用いることができる。

20

【0088】

また、 $B^{補2}(i_1, j_1)$  に対応する第 3 の画像データ 1525 の位置を座標  $(i_2, j_2)$  とする。本実施形態の場合、G 画素のときと同様に  $i_2 = 2 \times i_1$ 、 $j_2 = 2 \times j_1$  である。

【0089】

参照補間部 1501 は、第 2 の補間パターンによる補間対象の B 画素のそれぞれについて、第 1 の画像データ 1510 の各画素の中心座標  $(i_1, j_1)$  と、第 3 の画像データ 1525 の座標  $(i_2, j_2)$  との対応関係を、信号処理部 1500 が有するメモリに記憶する。

30

【0090】

本実施形態では、図 10 (b) の右側に示すように、座標  $(i_2, j_2)$  を中心に持つ B 画素は第 3 の画像データ 1525 に存在しない。第 3 の画像データの B 画素は、座標  $(i_2, j_2)$  から、第 1 の画像データの読出画素ピッチの  $1/4$  だけ上下方向と左右方向にずれた位置にある。

従って、座標  $(i_2, j_2)$  に最も近い B 画素は、右に  $1/4$ 、下に  $1/4$  だけずれた、 $B'(i_2 + 1/4, j_2 + 1/4)$  である。

【0091】

図 10 (b) において、点線で囲んだ  $R'$  左上、 $R'$  上、 $R'$  右上、 $R'$  左、 $R'$  中央、 $R'$  右、 $R'$  左下、 $R'$  下、 $R'$  右下、および  $B'$  左上、 $B'$  上、 $B'$  右上、 $B'$  左、 $B'$  中央、 $B'$  右、 $B'$  左下、 $B'$  下、 $B'$  右下は、後述する補間処理に関するグループを示している。

40

【0092】

図 11 は、第 3 の補間パターンについて、補間の対象画素と、対象画素の補間に用いられる画素の位置関係を示している。以下の説明においても、第 1 の撮像素子 1100 の水平方向および垂直方向の読出画素ピッチを 1 として画素の座標を表記する。

【0093】

まず、R 画素の位置関係を説明する。

図 11 (a) の左側に示すように、第 1 の撮像素子 1100 において Gb 画素が配置さ

50

れている場所の仮想R画素( $R_{補3}$ )の中心を座標( $i_1, j_1$ )とする。従って、Rプレーンで第1の画像データ1510の $R_{補3}$ の上に隣接する画素は $R(i_1, j_1 - 1)$ 、下に隣接する画素は $R(i_1, j_1 + 1)$ である。 $R_{補3}$ の左と右に隣接する画素はB画素であるため、R画素は存在しない。しかし、第1の補間パターンによる補間の完了後であれば、補間された $R_{左}(i_1 - 1, j_1)$ と $R_{右}(i_1 + 1, j_1)$ を用いることができる。

#### 【0094】

また、 $R_{補3}(i_1, j_1)$ に対応する第3の画像データ1525の位置を座標( $i_2, j_2$ )とする。本実施形態の場合、G画素のときと同様に $i_2 = 2 \times i_1, j_2 = 2 \times j_1$ である。

10

#### 【0095】

参照補間部1501は、第3の補間パターンによる補間対象のR画素のそれぞれについて、第1の画像データ1510の各画素の中心座標( $i_1, j_1$ )と、第3の画像データ1525の座標( $i_2, j_2$ )との対応関係を、信号処理部1500が有するメモリに記憶する。

#### 【0096】

本実施形態では、図11(b)の左側に示すように、座標( $i_2, j_2$ )を中心に持つR画素は第3の画像データ1525に存在しない。第3の画像データ1525のR画素は、座標( $i_2, j_2$ )から、第1の画像データの読出画素ピッチの $1/4$ だけ上下方向と左右方向にずれた位置にある。

20

従って、座標( $i_2, j_2$ )に最も近いR画素は、左に $1/4$ 、上に $1/4$ だけずれた、 $R'(i_2 - 1/4, j_2 - 1/4)$ である。

#### 【0097】

次に、B画素の位置関係を説明する。

図11(b)の右側に示すように、第1の撮像素子1100においてGr画素が配置されている場所の仮想B画素( $B_{補3}$ )の中心を座標( $i_1, j_1$ )とする。従って、第1の画像データ1510の $B_{補3}$ の上に隣接する画素は $B(i_1, j_1 - 1)$ 、下に隣接する画素は $B(i_1, j_1 + 1)$ である。 $B_{補3}$ の左と右に隣接する画素は、R画素であるため、B画素は存在しない。しかし、第1の補間パターンによる補間の完了後であれば、補間された画素 $B_{左}(i_1 - 1, j_1)$ と $B_{右}(i_1 + 1, j_1)$ を用いることができる。

30

#### 【0098】

また、 $B_{補3}(i_1, j_1)$ に対応する第3の画像データ1525上の位置を座標( $i_2, j_2$ )とする。本実施形態の場合、G画素のときと同様に $i_2 = 2 \times i_1, j_2 = 2 \times j_1$ である。

#### 【0099】

参照補間部1501は、第3の補間パターンによる補間対象のB画素のそれぞれについて、第1の画像データ1510の各画素の中心座標( $i_1, j_1$ )と、第3の画像データ1525の座標( $i_2, j_2$ )との対応関係を、信号処理部1500が有するメモリに記憶する。

40

#### 【0100】

本実施形態では、図11(b)の右側に示すように、座標( $i_2, j_2$ )を中心に持つB画素は第3の画像データ1525に存在しない。第3の画像データ1525のB画素は、座標( $i_2, j_2$ )から、第1の画像データの読出画素ピッチの $1/4$ だけ上下方向と左右方向にずれた位置にある。

従って、座標( $i_2, j_2$ )に最も近いB画素は、右に $1/4$ 、下に $1/4$ だけずれた、 $B'(i_2 + 1/4, j_2 + 1/4)$ である。

#### 【0101】

図11(b)において、点線で囲んだ $R'$ 左上、 $R'$ 上、 $R'$ 右上、 $R'$ 左、 $R'$ 中央、 $R'$ 右、 $R'$ 左下、 $R'$ 下、 $R'$ 右下、および $B'$ 左上、 $B'$ 上、 $B'$ 右上、 $B'$ 左、

50



B' 中央、B' 右、B' 左下、B' 下、B' 右下は、後述する補間処理に関するグループを示す。

【0102】

図12に示すフローチャートを用いて、参照補間部1501による参照補間処理の動作について説明する。

S10で参照補間部1501は、G成分（Gプレーン）に関する第3の画像データ1525の前処理を行う。本実施形態において参照補間部1501は、後述するデモザイキングにおいて補間対象の画素の周囲8方向の画素値を考慮した適応的な補間を行う。

【0103】

参照補間部1501は、第1の画像データ1510の補間対象を画素 $G_{補}(i_1, j_1)$ とし、画素 $G_{補}$ の座標に対応する第3の画像データ1525の画素を $G'$  中央とする。そして参照補間部1501は、 $G'$  中央と、その周囲8方向の画素（ $G'$  左上、 $G'$  上、 $G'$  右上、 $G'$  左、 $G'$  右、 $G'$  左下、 $G'$  下、 $G'$  右下）の値を、第3の画像データ $G'(n, m)$ を用いて、以下の式（1）に従って算出する。

【数1】

$$\begin{aligned}
 G'_{\text{左上}} &= \left\{ G' \left( i_2 - \frac{5}{4}, j_2 - \frac{3}{4} \right) + G' \left( i_2 - \frac{3}{4}, j_2 - \frac{5}{4} \right) \right\} / 2 \\
 G'_{\text{上}} &= \left\{ G' \left( i_2 - \frac{1}{4}, j_2 - \frac{3}{4} \right) + G' \left( i_2 + \frac{1}{4}, j_2 - \frac{5}{4} \right) \right\} / 2 \\
 G'_{\text{右上}} &= \left\{ G' \left( i_2 + \frac{3}{4}, j_2 - \frac{3}{4} \right) + G' \left( i_2 + \frac{5}{4}, j_2 - \frac{5}{4} \right) \right\} / 2 \\
 G'_{\text{左}} &= \left\{ G' \left( i_2 - \frac{5}{4}, j_2 + \frac{1}{4} \right) + G' \left( i_2 - \frac{3}{4}, j_2 - \frac{1}{4} \right) \right\} / 2 \\
 G'_{\text{中央}} &= \left\{ G' \left( i_2 - \frac{1}{4}, j_2 + \frac{1}{4} \right) + G' \left( i_2 + \frac{1}{4}, j_2 - \frac{1}{4} \right) \right\} / 2 \quad \dots (1) \\
 G'_{\text{右}} &= \left\{ G' \left( i_2 + \frac{3}{4}, j_2 + \frac{1}{4} \right) + G' \left( i_2 + \frac{5}{4}, j_2 - \frac{1}{4} \right) \right\} / 2 \\
 G'_{\text{左下}} &= \left\{ G' \left( i_2 - \frac{5}{4}, j_2 + \frac{5}{4} \right) + G' \left( i_2 - \frac{3}{4}, j_2 + \frac{1}{4} \right) \right\} / 2 \\
 G'_{\text{下}} &= \left\{ G' \left( i_2 - \frac{1}{4}, j_2 + \frac{5}{4} \right) + G' \left( i_2 + \frac{1}{4}, j_2 + \frac{1}{4} \right) \right\} / 2 \\
 G'_{\text{右下}} &= \left\{ G' \left( i_2 + \frac{3}{4}, j_2 + \frac{5}{4} \right) + G' \left( i_2 + \frac{5}{4}, j_2 + \frac{1}{4} \right) \right\} / 2
 \end{aligned}$$

【0104】

S20で参照補間部1501は、S10で求めた9画素の値から、画素 $G_{補}$ のデモザイキングで使用する補正量に関する補正パラメータを算出する。参照補間部1501は、 $G'$  中央と、周囲8画素それぞれとの値の差分から、補正パラメータ $\gamma_1 \sim \gamma_8$ を以下の式（2）に従って算出する。

## 【数 2】

$$\begin{aligned}
\alpha_1 &= G' \text{ 左上} - G' \text{ 中央} \\
\alpha_2 &= G' \text{ 上} - G' \text{ 中央} \\
\alpha_3 &= G' \text{ 右上} - G' \text{ 中央} \\
\alpha_4 &= G' \text{ 左} - G' \text{ 中央} \\
\alpha_5 &= G' \text{ 右} - G' \text{ 中央} \\
\alpha_6 &= G' \text{ 左下} - G' \text{ 中央} \\
\alpha_7 &= G' \text{ 下} - G' \text{ 中央} \\
\alpha_8 &= G' \text{ 右下} - G' \text{ 中央}
\end{aligned} \quad \dots (2)$$

10

## 【0105】

S30で参照補間部1501は、S20で算出した $\alpha_k$  ( $k=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ )の大小に基づいて、 $G'$ 中央と周囲8画素との類似度を判定する。本実施形態では、 $\alpha_k$ は $G'$ 中央との値の差分なので、参照補間部1501は値が小さい画素ほど類似度が高いと判定し、類似度に応じて $\alpha_k$ を重み付けした補正パラメータ $\alpha'_k$ を算出する。

20

## 【0106】

この処理を図13を用いて説明する。

S1020で参照補間部1501は、補正対象画素の色に応じて処理を分岐する。まず、 $G$ の場合について説明する。

S1110で参照補間部1501は、 $\alpha'_k$ の算出に用いる閾値 $t_h$ を以下の式(3)に従って算出する。

## 【数 3】

$$t_h = \frac{|\alpha_1| + |\alpha_2| + |\alpha_3| + |\alpha_4| + |\alpha_5| + |\alpha_6| + |\alpha_7| + |\alpha_8|}{8} \quad \dots (3)$$

30

## 【0107】

式(3)は、中央の画素( $G'$ 中央)と周辺8画素それぞれとの値の差の絶対値を、中央の画素と周辺8画素それぞれとのユークリッド的距離とみなし、その平均値を求める式である。

## 【0108】

そして、参照補間部1501は、S1120～S1150の処理で、全ての $\alpha_k$ に対して、閾値 $t_h$ に応じた以下の式(4)の操作により、 $\alpha'_k$ を算出する。

## 【数 4】

$$\alpha'_k = \begin{cases} t_h - |\alpha_k| & (|\alpha_k| > t_h \text{ のとき}) \\ 0 & (|\alpha_k| \leq t_h \text{ のとき}) \end{cases} \quad \dots (4)$$

40

## 【0109】

$|\alpha_k| > t_h$ を満たす周辺画素の値は、補間対象である中央の画素値と類似度が低い。そのため、補間に用いる係数 $\alpha'_k = 0$ にして、補間処理から除外する。

$|\alpha_k| > t_h$ を満たさない周辺画素については、係数 $\alpha'_k = t_h - |\alpha_k|$ とする。これにより、中央の画素と値の類似度が高い周辺画素ほど、係数 $\alpha'_k$ の値が大きくなる。

## 【0110】

S1160で参照補間部1501は、係数 $\alpha'_k$ の総和 $\alpha'$ を以下の式(5)に従っ

50

て算出する。

【数 5】

$$\Sigma \alpha' = \alpha'_1 + \alpha'_2 + \alpha'_3 + \alpha'_4 + \alpha'_5 + \alpha'_6 + \alpha'_7 + \alpha'_8 \cdots (5)$$

式(5)の  $\alpha'$  がゼロとなると、後述する G 画素のデモザイキングでゼロ除算が発生するため、S 1 1 7 0 で参照補間部 1 5 0 1 は、S 1 1 6 0 で求めた  $\alpha'$  がゼロかどうかチェックする。

【0 1 1 1】

10

また、 $\alpha'$  がゼロの場合は、G' 左上、G' 上、G' 右上、G' 左、G' 右、G' 左下、G' 下、G' 右下の 8 画素が全て同じ値であり、式(4)の  $\alpha'_k = th - |\alpha'_k|$  が全ての  $\alpha'_k$  でゼロとなる。従って、 $\alpha'$  がゼロであるとき、最適な  $\alpha'$  は一意に決まり、参照補間部 1 5 0 1 は S 1 1 8 0 で以下の式(6)のように  $\alpha'$  を決定する。

【数 6】

$$\alpha'_1 = 1, \alpha'_2 = 1, \alpha'_3 = 1, \alpha'_4 = 1, \alpha'_5 = 1, \alpha'_6 = 1, \alpha'_7 = 1, \alpha'_8 = 1 \cdots (6)$$

$$\Sigma \alpha' = 8$$

これら一連の処理が図 1 2 の S 3 0 の処理であり、S 4 0 で用いるための補間パラメータ  $\alpha'_k$  と  $\alpha'$  が得られる。

20

【0 1 1 2】

S 4 0 で参照補間部 1 5 0 1 は、S 3 0 で得られたパラメータを用いて、補間対象の G 画素、G<sub>補</sub>を以下の式(7)に従って算出する。

【数 7】

$$G_{補} = \left\{ \begin{aligned} & G(i_1, j_1 - 1) \times \left( \frac{\alpha'_1}{2} + \alpha'_2 + \frac{\alpha'_3}{2} \right) \\ & + G(i_1 - 1, j_1) \times \left( \frac{\alpha'_1}{2} + \alpha'_4 + \frac{\alpha'_6}{2} \right) \\ & + G(i_1, j_1 + 1) \times \left( \frac{\alpha'_6}{2} + \alpha'_7 + \frac{\alpha'_8}{2} \right) \\ & + G(i_1 + 1, j_1) \times \left( \frac{\alpha'_3}{2} + \alpha'_5 + \frac{\alpha'_8}{2} \right) \end{aligned} \right\} / \Sigma \alpha' \cdots (7)$$

30

【0 1 1 3】

次に、R 画素の処理について説明する。

S 1 1 0 で参照補間部 1 5 0 1 は、第 3 の画像データ 1 5 2 5 において第 1 の画像データ 1 5 1 0 の補間対象の画素の座標に対応した画素を、図 8 ~ 図 1 1 で示したように R' 中央とする。そして参照補間部 1 5 0 1 は、R' 中央とその周囲 8 方向の画素の値を以下の式(8)に従って算出する。

## 【数 8】

$$\begin{aligned}
R'_{\text{左上}} &= R' \left( i_2 - \frac{5}{4}, j_2 - \frac{5}{4} \right) \\
R'_{\text{上}} &= R' \left( i_2 - \frac{1}{4}, j_2 - \frac{5}{4} \right) \\
R'_{\text{右上}} &= R' \left( i_2 + \frac{3}{4}, j_2 - \frac{5}{4} \right) \\
R'_{\text{左}} &= R' \left( i_2 - \frac{5}{4}, j_2 - \frac{1}{4} \right) \\
R'_{\text{中央}} &= R' \left( i_2 - \frac{1}{4}, j_2 - \frac{1}{4} \right) \cdots (8) \\
R'_{\text{右}} &= R' \left( i_2 + \frac{3}{4}, j_2 - \frac{1}{4} \right) \\
R'_{\text{左下}} &= R' \left( i_2 - \frac{5}{4}, j_2 + \frac{3}{4} \right) \\
R'_{\text{下}} &= R' \left( i_2 - \frac{1}{4}, j_2 + \frac{3}{4} \right) \\
R'_{\text{右下}} &= R' \left( i_2 + \frac{3}{4}, j_2 + \frac{3}{4} \right)
\end{aligned}$$

10

## 【0 1 1 4】

S 1 2 0 で参照補間部 1 5 0 1 は、S 1 1 0 で求めた 9 画素の値から、デモザイキング  
 20  
 で使用する補正量に係わる補正パラメータを算出する。参照補間部 1 5 0 1 は、R' 中央  
 と、周囲 8 画素それぞれの値との差分から、補正パラメータ  $\beta_1 \sim \beta_8$  を以下の式 (9)  
 に従って算出する。

## 【数 9】

$$\begin{aligned}
\beta_1 &= R'_{\text{左上}} - R'_{\text{中央}} \\
\beta_2 &= R'_{\text{上}} - R'_{\text{中央}} \\
\beta_3 &= R'_{\text{右上}} - R'_{\text{中央}} \\
\beta_4 &= R'_{\text{左}} - R'_{\text{中央}} \\
\beta_5 &= R'_{\text{右}} - R'_{\text{中央}} \\
\beta_6 &= R'_{\text{左下}} - R'_{\text{中央}} \\
\beta_7 &= R'_{\text{下}} - R'_{\text{中央}} \\
\beta_8 &= R'_{\text{右下}} - R'_{\text{中央}}
\end{aligned} \cdots (9)$$

30

## 【0 1 1 5】

S 1 3 0 で参照補間部 1 5 0 1 は、G 画素の処理 (S 3 0) と同様に、S 1 2 0 で算出  
 した  $\beta_k$  ( $k = 1 \sim 8$ ) の大小に基づいて、R' 中央と周囲 8 画素との類似度を判定し、  
 $\beta_k$  の大きさを算出する。S 1 3 0 の処理の説明を、再度図 1 3 を用いて行う。

## 【0 1 1 6】

S 1 0 2 0 で参照補間部 1 5 0 1 は、補正対象画素の色に応じて処理を分岐する。ここ  
 40  
 では R 画素のため、参照補間部 1 5 0 1 は処理を S 1 2 1 0 に進める。

S 1 2 1 0 で参照補間部 1 5 0 1 は、 $\beta_k$  の算出に用いる閾値  $t_h$  を以下の式 (10)  
 ) に従って算出し、処理を S 1 2 2 0 に進める。

## 【数 10】

$$t_h = \frac{|\beta_1| + |\beta_2| + |\beta_3| + |\beta_4| + |\beta_5| + |\beta_6| + |\beta_7| + |\beta_8|}{8} \cdots (10)$$

## 【0 1 1 7】

そして、参照補間部 1 5 0 1 は、S 1 2 2 0 ~ S 1 2 5 0 の処理で、全ての  $\beta_k$  に対し 50

て、閾値  $t_h$  に応じた以下の式 (11) の操作により、 $\beta'_k$  を算出する。

【数 1 1】

$$\beta'_k = \begin{cases} t_h - |\beta_k| & (|\beta_k| > t_h \text{ のとき}) \\ 0 & (|\beta_k| \leq t_h \text{ のとき}) \end{cases} \quad \dots (11)$$

【0 1 1 8】

$|\beta_k| > t_h$  を満たす周辺画素の値は、補間対象である中央の画素値と類似度が低い。そのため、補間に用いる係数  $\beta'_k = 0$  にして、補間処理から除外する。

$|\beta_k| > t_h$  を満たさない周辺画素については、係数  $\beta'_k = t_h - |\beta_k|$  とする。これにより、中央の画素と値の類似度が高い周辺画素ほど、係数  $\beta'_k$  の値が大きくなる。 10

【0 1 1 9】

S 1 2 6 0 で参照補間部 1 5 0 1 は、係数  $\beta'_k$  の総和  $\Sigma \beta'$  を以下の式 (12) に従って算出する。

【数 1 2】

$$\Sigma \beta' = \beta'_1 + \beta'_2 + \beta'_3 + \beta'_4 + \beta'_5 + \beta'_6 + \beta'_7 + \beta'_8 \quad \dots (12)$$

式 (12) の  $\Sigma \beta'$  がゼロとなると、後述する R 画素のデモザイキングでゼロ除算が発生するため、S 1 2 7 0 で参照補間部 1 5 0 1 は、S 1 2 6 0 で求めた  $\Sigma \beta'$  がゼロかどうかチェックする。 20

【0 1 2 0】

また、 $\Sigma \beta'$  がゼロの場合は、R' 左上、R' 上、R' 右上、R' 左、R' 右、R' 左下、R' 下、R' 右下の 8 画素が全て同じ値であり、式 (11) の  $\beta'_k = t_h - |\beta_k|$  が全ての  $\beta'_k$  でゼロとなる。従って、 $\Sigma \beta'$  がゼロであるとき、最適な  $\beta'$  は一意に決まり、参照補間部 1 5 0 1 は S 1 2 8 0 で以下の式 (13) のように  $\beta'$  を決定する。

【数 1 3】

$$\beta'_1 = 1, \beta'_2 = 1, \beta'_3 = 1, \beta'_4 = 1, \beta'_5 = 1, \beta'_6 = 1, \beta'_7 = 1, \beta'_8 = 1 \quad \dots (13)$$

$$\Sigma \beta' = 8$$

30

これら一連の処理が図 1 2 の S 1 3 0 の処理であり、S 1 4 0 で用いるための補間パラメータ  $\beta'_k$  と  $\Sigma \beta'$  が得られる。

【0 1 2 1】

S 1 4 0 で参照補間部 1 5 0 1 は、S 1 3 0 で得られたパラメータを用いて、補間対象の R 画素、R<sup>補</sup> を以下の式 (14) に従って算出する。

【数 1 4】

$$R^{\text{補}1} = \left\{ \begin{aligned} & R(i_1 - 1, j_1 - 1) \times \left( \beta'_1 + \frac{\beta'_2}{2} + \frac{\beta'_4}{2} \right) \\ & + R(i_1 + 1, j_1 - 1) \times \left( \frac{\beta'_2}{2} + \beta'_3 + \frac{\beta'_5}{2} \right) \\ & + R(i_1 - 1, j_1 + 1) \times \left( \frac{\beta'_4}{2} + \beta'_6 + \frac{\beta'_7}{2} \right) \\ & + R(i_1 + 1, j_1 + 1) \times \left( \frac{\beta'_5}{2} + \frac{\beta'_7}{2} + \beta'_8 \right) \end{aligned} \right\} / \Sigma \beta' \quad \dots (14)$$

40

【0 1 2 2】

参照補間部 1 5 0 1 は、補間対象画素 R<sup>補1</sup> の全てを算出した後、補間対象画素 R<sup>補2</sup> および R<sup>補3</sup> を以下の式 (15) および式 (16) に従って算出する。

## 【数 1 5】

$$R_{補2} = \left\{ \begin{array}{l} R^{*上}(i_1, j_1 - 1) \times \left( \frac{\beta'_1}{2} + \beta'_2 + \frac{\beta'_3}{2} \right) \\ + R(i_1 - 1, j_1) \times \left( \frac{\beta'_1}{2} + \beta'_4 + \frac{\beta'_6}{2} \right) \\ + R^{*下}(i_1, j_1 + 1) \times \left( \frac{\beta'_6}{2} + \beta'_7 + \frac{\beta'_8}{2} \right) \\ + R(i_1 + 1, j_1) \times \left( \frac{\beta'_3}{2} + \beta'_5 + \frac{\beta'_8}{2} \right) \end{array} \right\} / \Sigma \beta' \quad \dots (15)$$

## 【数 1 6】

$$R_{補3} = \left\{ \begin{array}{l} R(i_1, j_1 - 1) \times \left( \frac{\beta'_1}{2} + \beta'_2 + \frac{\beta'_3}{2} \right) \\ + R^{*左}(i_1 - 1, j_1) \times \left( \frac{\beta'_1}{2} + \beta'_4 + \frac{\beta'_6}{2} \right) \\ + R(i_1, j_1 + 1) \times \left( \frac{\beta'_6}{2} + \beta'_7 + \frac{\beta'_8}{2} \right) \\ + R^{*右}(i_1 + 1, j_1) \times \left( \frac{\beta'_3}{2} + \beta'_5 + \frac{\beta'_8}{2} \right) \end{array} \right\} / \Sigma \beta' \quad \dots (16)$$

10

## 【0 1 2 3】

ここで、 $R^{*上}(i_1, j_1 - 1)$ 、 $R^{*下}(i_1, j_1 + 1)$ 、 $R^{*左}(i_1 - 1, j_1)$ 、 $R^{*右}(i_1 + 1, j_1)$ は、 $R_{補1}$ として算出されている。

## 【0 1 2 4】

20

最後にB画素の処理について説明する。

S 2 1 0で参照補間部 1 5 0 1は、第3の画像データ 1 5 2 5において第1の画像データ 1 5 1 0の補間対象の画素の座標に対応した画素を、図 8 ~ 図 1 1で示したようにB'中央とする。そして参照補間部 1 5 0 1は、B'中央とその周囲8方向の画素の値を以下の式(17)に従って算出する。

## 【数 1 7】

$$\begin{aligned} B'_{左上} &= B' \left( i_2 - \frac{3}{4}, j_2 - \frac{3}{4} \right) \\ B'_{上} &= B' \left( i_2 + \frac{1}{4}, j_2 - \frac{3}{4} \right) \\ B'_{右上} &= B' \left( i_2 + \frac{5}{4}, j_2 - \frac{3}{4} \right) \\ B'_{左} &= B' \left( i_2 - \frac{3}{4}, j_2 + \frac{1}{4} \right) \\ B'_{中央} &= B' \left( i_2 + \frac{1}{4}, j_2 + \frac{1}{4} \right) \quad \dots (17) \\ B'_{右} &= B' \left( i_2 + \frac{5}{4}, j_2 + \frac{1}{4} \right) \\ B'_{左下} &= B' \left( i_2 - \frac{3}{4}, j_2 + \frac{5}{4} \right) \\ B'_{下} &= B' \left( i_2 + \frac{1}{4}, j_2 + \frac{5}{4} \right) \\ B'_{右下} &= B' \left( i_2 + \frac{5}{4}, j_2 + \frac{5}{4} \right) \end{aligned}$$

30

40

## 【0 1 2 5】

S 2 2 0で参照補間部 1 5 0 1は、S 2 1 0で求めた9画素の値から、デモザイキングで使用する補正量に係わる補正パラメータを算出する。参照補間部 1 5 0 1は、B'中央と、周囲8画素それぞれの値との差分から、補正パラメータ  $\beta_1 \sim \beta_8$ を以下の式(18)に従って算出する。

## 【数 1 8】

$$\begin{aligned}
 \gamma_1 &= B' \text{ 左上} - B' \text{ 中央} \\
 \gamma_2 &= B' \text{ 上} - B' \text{ 中央} \\
 \gamma_3 &= B' \text{ 右上} - B' \text{ 中央} \\
 \gamma_4 &= B' \text{ 左} - B' \text{ 中央} \\
 \gamma_5 &= B' \text{ 右} - B' \text{ 中央} \\
 \gamma_6 &= B' \text{ 左下} - B' \text{ 中央} \\
 \gamma_7 &= B' \text{ 下} - B' \text{ 中央} \\
 \gamma_8 &= B' \text{ 右下} - B' \text{ 中央}
 \end{aligned} \quad \dots (18)$$

10

## 【0 1 2 6】

S 2 3 0 で参照補間部 1 5 0 1 は、S 2 2 0 で算出した  $\gamma_k$  ( $k = 1 \sim 8$ ) の大小に基づいて、 $B'$  中央と周囲 8 画素との類似度を判定し、 $\gamma'_k$  の大きさを算出する。S 2 3 0 の処理の説明を、再度図 1 3 を用いて行う。

## 【0 1 2 7】

S 1 0 2 0 で参照補間部 1 5 0 1 は、補正対象画素の色に応じて処理を分岐する。ここでは B 画素のため、参照補間部 1 5 0 1 は処理を S 1 3 1 0 に進める。

S 1 3 1 0 で参照補間部 1 5 0 1 は、 $\gamma'_k$  の算出に用いる閾値  $t_h$  を以下の式 (19) に従って算出し、処理を S 1 3 2 0 に進める。

20

## 【数 1 9】

$$t_h = \frac{|\gamma_1| + |\gamma_2| + |\gamma_3| + |\gamma_4| + |\gamma_5| + |\gamma_6| + |\gamma_7| + |\gamma_8|}{8} \quad \dots (19)$$

## 【0 1 2 8】

そして、参照補間部 1 5 0 1 は、S 1 3 2 0 ~ S 1 3 5 0 の処理で、全ての  $\gamma_k$  に対して、閾値  $t_h$  に応じた以下の式 (20) の操作により、 $\gamma'_k$  を算出する。

## 【数 2 0】

$$\gamma'_k = \begin{cases} t_h - |\gamma_k| & (|\gamma_k| > t_h \text{ のとき}) \\ 0 & (|\gamma_k| \leq t_h \text{ のとき}) \end{cases} \quad \dots (20)$$

30

## 【0 1 2 9】

$|\gamma_k| > t_h$  を満たす周辺画素の値は、補間対象である中央の画素値と類似度が低い。そのため、補間に用いる係数  $\gamma'_k = 0$  にして、補間処理から除外する。

$|\gamma_k| > t_h$  を満たさない周辺画素については、係数  $\gamma'_k = t_h - |\gamma_k|$  とする。これにより、中央の画素と値の類似度が高い周辺画素ほど、係数  $\gamma'_k$  の値が大きくなる。

## 【0 1 3 0】

S 1 3 6 0 で参照補間部 1 5 0 1 は、係数  $\gamma'_k$  の総和  $\Sigma \gamma'$  を以下の式 (21) に従って算出する。

40

## 【数 2 1】

$$\Sigma \gamma' = \gamma'_1 + \gamma'_2 + \gamma'_3 + \gamma'_4 + \gamma'_5 + \gamma'_6 + \gamma'_7 + \gamma'_8 \quad \dots (21)$$

## 【0 1 3 1】

式 (21) の  $\Sigma \gamma'$  がゼロとなると、後述する B 画素のデモザイキングでゼロ除算が発生するため、S 1 3 7 0 で参照補間部 1 5 0 1 は、S 1 3 6 0 で求めた  $\Sigma \gamma'$  がゼロかどうかチェックする。

また、 $\Sigma \gamma'$  がゼロの場合は、 $B'$  左上、 $B'$  上、 $B'$  右上、 $B'$  左、 $B'$  右、 $B'$  左

50

下、B' 下、B' 右下の8画素が全て同じ値であり、式(11)の  $\gamma'_k = th - |k|$  が全ての  $\gamma'_k$  でゼロとなる。従って、 $\gamma'$  がゼロであるとき、最適な  $\gamma'$  は一意に決まり、参照補間部1501はS1380で以下の式(22)のように  $\gamma'$  を決定する。

【数22】

$$\gamma'_1=1, \alpha'_2=1, \alpha'_3=1, \alpha'_4=1, \gamma'_5=1, \gamma'_6=1, \gamma'_7=1, \gamma'_8=1 \dots (22)$$

$$\Sigma \gamma' = 8$$

【0132】

これら一連の処理が図12のS230の処理であり、S240で用いるための補間パラメータ  $\gamma'_k$  と  $\gamma'$  が得られる。

10

【0133】

S240で参照補間部1501は、S230で得られたパラメータを用いて、補間対象のB画素、B<sup>補</sup>を以下の式(23)に従って算出する。

【数23】

$$B^{\text{補}1} = \left\{ \begin{array}{l} B(i_1-1, j_1-1) \times \left( \gamma'_1 + \frac{\gamma'_2}{2} + \frac{\gamma'_4}{2} \right) \\ + B(i_1+1, j_1-1) \times \left( \frac{\gamma'_2}{2} + \gamma'_3 + \frac{\gamma'_5}{2} \right) \\ + B(i_1-1, j_1+1) \times \left( \frac{\gamma'_4}{2} + \gamma'_6 + \frac{\gamma'_7}{2} \right) \\ + B(i_1+1, j_1+1) \times \left( \frac{\gamma'_5}{2} + \frac{\gamma'_7}{2} + \gamma'_8 \right) \end{array} \right\} / \Sigma \gamma' \dots (23)$$

20

【0134】

参照補間部1501は、補間対象画素B<sup>補1</sup>の全てを算出した後、補間対象画素B<sup>補2</sup>およびB<sup>補3</sup>を以下の式(24)および式(25)に従って算出する。

【数24】

$$B^{\text{補}2} = \left\{ \begin{array}{l} B^{*\text{上}}(i_1, j_1-1) \times \left( \frac{\gamma'_1}{2} + \gamma'_2 + \frac{\gamma'_3}{2} \right) \\ + B(i_1-1, j_1) \times \left( \frac{\gamma'_1}{2} + \gamma'_4 + \frac{\gamma'_6}{2} \right) \\ + B^{*\text{下}}(i_1, j_1+1) \times \left( \frac{\gamma'_6}{2} + \gamma'_7 + \frac{\gamma'_8}{2} \right) \\ + B(i_1+1, j_1) \times \left( \frac{\gamma'_3}{2} + \gamma'_5 + \frac{\gamma'_8}{2} \right) \end{array} \right\} / \Sigma \gamma' \dots (24)$$

30

【数25】

$$B^{\text{補}3} = \left\{ \begin{array}{l} B(i_1, j_1-1) \times \left( \frac{\gamma'_1}{2} + \gamma'_2 + \frac{\gamma'_3}{2} \right) \\ + B^{*\text{左}}(i_1-1, j_1) \times \left( \frac{\gamma'_1}{2} + \gamma'_4 + \frac{\gamma'_6}{2} \right) \\ + B(i_1, j_1+1) \times \left( \frac{\gamma'_6}{2} + \gamma'_7 + \frac{\gamma'_8}{2} \right) \\ + B^{*\text{右}}(i_1+1, j_1) \times \left( \frac{\gamma'_3}{2} + \gamma'_5 + \frac{\gamma'_8}{2} \right) \end{array} \right\} / \Sigma \gamma' \dots (25)$$

40

【0135】

ここで、B<sup>上</sup>(i<sub>1</sub>, j<sub>1</sub>-1)、B<sup>下</sup>(i<sub>1</sub>, j<sub>1</sub>+1)、B<sup>左</sup>(i<sub>1</sub>-1, j<sub>1</sub>)、B<sup>右</sup>(i<sub>1</sub>+1, j<sub>1</sub>)は、B<sup>補1</sup>として算出されている。

【0136】

参照補間部1501は、S10～S240の処理を全ての補間対象画素に対して行う。これにより、全ての画素位置がRGB成分を有するフルカラー画像を得るデモザイキングが完了する。

【0137】

なお、本実施形態では、解像度変換部1503で、水平方向および垂直方向のそれぞれにおいて第1の画像データ1510の2倍の解像度を有する第3の画像データ1525を

50



生成した場合の参照補間部 1 5 0 1 の処理について説明した。しかし、第 3 の画像データ 1 5 2 5 の水平および垂直方向における解像度は、第 1 の画像データの 2 の  $n$  乗倍 ( $n$  は 2 以上の整数) としてもよい。

#### 【0138】

第 3 の画像データ 1 5 2 5 の水平および垂直方向における解像度を 4 倍、8 倍、・・・としたときでも、S 1 0、S 1 1 0、S 2 1 0 で、周囲画素の算出に用いる画素と重み付けを変更すればよい。

同様に、デモザイキングおよびデモザイキングパラメータについても、8 方向を考慮した適応補間を例示したが、第 3 の画像データの解像度がより高い場合には、より多くの方向の画素を考慮した補間を行うことで、補間精度を向上させることができる。

#### 【0139】

なお、第 2 の画像データの解像度が水平方向および垂直方向のそれぞれにおいて第 1 の画像データ 1 5 1 0 の 2 の  $n$  乗倍 ( $n$  は 2 以上の整数) の解像度を有する場合には、第 3 の画像データに変換せずに、参照補間に用いることができる。

#### 【0140】

また、上述の説明においては、第 1 および第 2 の画像データの撮影範囲が設計上は合致している状態を前提としているが、第 1 の画像データと第 2 の画像データは、撮影範囲の少なくとも一部が重複していればよい。そして、撮影範囲が重複している領域については参照補間によるデモザイキングを行い、重複していない領域については従前のデモザイキングを行う様に構成してもよい。また、実質的に経時変化がない被写体を撮影する場合には、第 1 の画像データと第 2 の画像データ必ずしも並列に撮影されなくてもよい。

#### 【0141】

また、撮像素子の数は 2 に限らず、互いに異なる画素ピッチを有する 3 以上の撮像素子を用いてもよい。この場合、いずれか 2 つの撮像素子で得られた画像データのうち、画素ピッチの広い方の撮像素子で得られた画像データのデモザイキングに、画素ピッチの狭い方の撮像素子で得られた画像データを用いることができる。

#### 【0142】

本実施形態によれば、画素ピッチの異なる複数の撮像素子を用いて得られた画像データのうち、第 1 の画素ピッチの撮像素子で得られた画像データのデモザイキングに、第 1 の画素ピッチより狭い第 2 の画素ピッチの撮像素子で得られた画像データを用いる。そのため、空間周波数の高いエッジ部分の補間精度が向上し、解像感が高く、また色モアレや偽色の発生を抑制された高画質のフルカラー画像を得ることができる。

#### 【0143】

また、第 1 の画素ピッチの撮像素子の画素の受光領域 (フォトダイオード) の面積を第 2 の画素ピッチの撮像素子の画素の受光領域の面積より大きくした場合、デモザイキングによる解像感の向上に加え、S/N 比やダイナミックレンジの向上が実現できる。例えば、動画撮影のように露出時間がフレームレートによって制限を受ける場合に特に有用である。

#### 【0144】

さらに、画像データの解像度に応じた A/D 変換の動作モードを選択することにより、動画撮影時のように処理時間がフレームレートによって制限を受ける場合でも、実時間処理を実現できる。

#### 【0145】

(第 2 実施形態)

次に、本発明の第 2 実施形態について説明する。本実施形態では物理的な画素ピッチが同じ 2 つの撮像素子の読出画素ピッチを異ならせて得られる、解像度の異なる画像データに関するデモザイキングについて説明する。

#### 【0146】

すなわち、第 2 実施形態における第 1 の撮像素子 1 1 0 0 ' の画素ピッチを  $x_1$  ,  $y_1$  とし、第 2 の撮像素子 1 2 0 0 の画素ピッチを  $x_2$  ,  $y_2$  としたとき、本実施形

10

20

30

40

50

態では  $x_1 = x_2$ 、 $y_1 = y_2$ 、 $x_1 = y_1$ 、 $x_2 = y_2$  である。

一方、第1の撮像素子1100'の読出画素ピッチを  $x'_1$ 、 $y'_1$  を  $x'_1 > x_1$ 、 $y'_1 > y_1$  とし、第2の撮像素子1200の読出画素ピッチ  $x'_2$ 、 $y'_2$  を  $x'_2 = x_2$ 、 $y'_2 = y_2$  として、解像度の異なる第1および第2の画像データを読み出す。

#### 【0147】

図14は、第2実施形態における第1の撮像素子1100'の構成例を示す模式図であり、第1実施形態(図2)と同様の構成については同じ参照数字を付してある。本実施形態では、所定の組み合わせの画素1120に対して、加算配線が設けられている。

例えば、画素1120(1)、画素1120(2)、画素1120(3)を接続する加算配線が設けられており、同様に画素1120(4)、画素1120(5)、画素1120(6)を接続する加算配線が設けられている。また、垂直OB画素部1112'においてもOB画素の加算配線が設けられている。加算配線で接続する画素(加算する画素)の組み合わせは、設計時に決められている。

#### 【0148】

また、図3(b)は、第2実施形態における画素1120の回路図であり、第1実施形態(図3(a))と同様の構成については同じ参照数字を付してある。本実施形態では、FD1123と画素アンプ1125との間と、加算配線とを接続し、加算信号pADDでオンオフ制御される加算Tr1127が追加されている。従って、加算信号pADDにより、加算配線とFD1123の接続、切断が制御可能である。加算信号pADDは例えば垂直読出制御部1160がタイミング制御部1150の制御に従って出力する。

#### 【0149】

第2実施形態での画素の動作は以下の様に制御される。まず、pADDをアサートし、FD1123を加算配線に接続する。本実施形態の場合、例えば、画素1120(1)、画素1120(2)、画素1120(3)が加算され、画素1120(4)、画素1120(5)、画素1120(6)が加算される。pADDの制御は全ての画素に同じ制御信号を用いることができる。

#### 【0150】

次にpTX、pRESをアサートし、フォトダイオード1121およびFD1123をリセットする。リセット完了後にpTXをネゲートすると蓄積期間が開始し、フォトダイオード1121は蓄積期間中に入射した光によって発生した電荷(光信号)を蓄積する。

#### 【0151】

所定の蓄積期間が経過すると、pRESをネゲート、pSELをアサートすることで、画素アンプ1125で増幅したりセット電圧を垂直転送線1140を介して列AD部1141に入力し、デジタル信号に変換する。この信号をN信号と呼ぶ。N信号は水平転送部1170に保存される。

#### 【0152】

次にpTXをアサートし、フォトダイオード1121に蓄積された電荷をFD1123に転送し、電圧に変換する。FD1123の電圧は画素アンプ1125で増幅された後に垂直転送線1140を介して列AD部1141に入力され、デジタル信号に変換される。この信号をS信号と呼ぶ。S信号は、フォトダイオード1121に蓄積された電荷に応じたデジタル信号である。水平転送部1170でS信号からN信号を減じることにより、ノイズの影響を抑制することができる。

#### 【0153】

このような加算読出を行うことで、垂直方向の画素信号を加算でき、見掛け上のフォトダイオード面積が増えるため、信号のダイナミックレンジやSN特性を改善することができる。

#### 【0154】

列AD部1141は、第1実施形態と同様の構成を有し、ランプ信号の制御によってAD詳細モードでの動作とAD高速モードでの動作を選択できる。

## 【 0 1 5 5 】

なお、水平方向についても複数の画素を接続する加算配線を設けてもよいが、配線数が増加すると画素の開口が小さくなり、フォトダイオードの実効面積が低下して信号のダイナミックレンジやS/N特性が悪化する。従って、本実施形態では水平方向に画素を加算する加算配線を設ける代わりに水平転送部 1 1 7 0 で加算平均を行い、加算配線と同様の効果を実現する。

## 【 0 1 5 6 】

水平方向の加算処理の一例について説明する。

前述の方法でF D 1 1 2 3の接続で加算した画素 1 1 2 0 ( 1 )、画素 1 1 2 0 ( 2 )、画素 1 1 2 0 ( 3 )を列A D部 1 1 4 1で変換したデジタル値を水平転送部 1 1 7 0 で記憶する。このとき、同様に画素 1 1 2 0 ( 7 )、画素 1 1 2 0 ( 8 )、画素 1 1 2 0 ( 9 )を加算したデジタル値、および画素 1 1 2 0 ( 1 3 )、画素 1 1 2 0 ( 1 4 )、画素 1 1 2 0 ( 1 5 )を加算したデジタル値を水平転送部 1 1 7 0 で記憶する。

その後、これら3つのデジタル値をさらに加算器で加算し、除算器もしくはビットシフト演算器によって1/9に除算することで最終的に9画素の平均値を取得できる。

## 【 0 1 5 7 】

また、p A D Dの制御方法および水平方向の加算処理の設定を変えることで、加算する画素の組み合わせを複数の選択肢から選択可能にすることもできる。加算する画素数を増やすほど読み出す画素数が少なくなるため、画像データの読出に要する時間は短くなる。以下の説明では、上述した加算制御による読み出しを”加算読出”と呼ぶ。

## 【 0 1 5 8 】

また、本実施形態の構成においても、最初に行うp A D Dのアサートを行わないこと、および水平転送部での水平方向の加算処理を行わないことで、第1実施形態と同様の読出が可能である。以下では、第1実施形態と同様の制御による読み出しを、加算読出と区別するために”非加算読出”と呼ぶ。

画素から信号を読み出すための制御動作として非加算読出、加算読出の一例を説明したが、他の制御動作によって読み出しを行ってもよい。

## 【 0 1 5 9 】

加算読出、非加算読出の設定と、A D詳細モードとA D高速モードの設定との組み合わせにより、第1および第2の撮像素子 1 1 0 0 '、1 2 0 0 を用途に応じて駆動することができる。

## 【 0 1 6 0 】

例えば、第1および第2の撮像素子 1 1 0 0 '、1 2 0 0 で並行して動画撮影を行い、各フレームに対して第1実施形態と同様に参照補間を用いたデモザイキングを行う場合を考える。この場合、適切なフレームレートで十分な諸調性を有する動画を撮影できるよう、第1の撮像素子 1 1 0 0 'は”加算読出”および”A D詳細モード”で駆動する。また、第2の撮像素子 1 2 0 0 は、第1の撮像素子よりも多くの画素数を有するフレームを第1の撮像素子 1 1 0 0 'と同様のフレームレートで読み出すために、”非加算読出”および”A D高速モード”で駆動する。

## 【 0 1 6 1 】

図15は、本実施形態において、集光レンズ 2 1 0 0 が形成する点像が第1および第2の撮像素子 1 1 0 0 '、1 2 0 0 の撮像面に投影された状態を模式的に表した図である。第1実施形態(図5)と同様の構成については同じ参照数字を付してある。図15の点線は光束を模式的に表している。集光レンズ 2 1 0 0 を通る光束は半透過ミラー 1 3 0 0 によって、二つの光路に分割される。そして、集光レンズ 2 1 0 0 が形成する点像は、第1の撮像素子 1 1 0 0 'では有効画素(2, 8)を中心とした点像 3 1 0 0 'として、第2の撮像素子 1 2 0 0 では有効画素(9, 8)を中心とした点像 3 2 0 0 として、それぞれ投影されている。ここでの画素の座標は(列番号, 行番号)である。

## 【 0 1 6 2 】

投影されている点像の半径は同じであるが、第1の撮像素子 1 1 0 0 'は加算読出を行

10

20

30

40

50

うので、第1の画像データ1510では、水平方向において  $x_1 / x'_1$  に縮小された画像となる。垂直方向においても同様である。

第1実施形態では撮像素子の物理的な画素ピッチが異ならせることで、第2の画像データ1520よりも低解像度の第1の画像データ1510を得た。本実施形態では撮像素子の読出画素ピッチを異ならせることで第1実施形態と同様の第1および第2の画像データ1510および1520を得ている。

【0163】

従って、第1実施形態と同様の処理を第1および第2の画像データ1510および1525に対して信号処理部1500が実行することで、フルカラー画像1530を得ることができる。

10

【0164】

本実施形態によれば、物理的な画素ピッチが同じ複数の撮像素子を用いる場合でも、第1実施形態と同様の効果を得ることができる。

なお、第1の画像データの形式は第1および第2実施形態において説明したものに限らず、物理的な画素ピッチと読出画素ピッチの組み合わせによって、解像度、アスペクト比などが異なる様々な画像データを得ることができる。

【0165】

(第3実施形態)

次に、本発明の第3実施形態について説明する。本実施形態は、信号処理部の構成以外は第1および第2実施形態と共通であってよいので、信号処理部に関して説明する。図16は本実施形態におけるデータ処理の概略を、信号処理部1500'の機能構成例とともに模式的に示した図である。図16において第1実施形態(図7)と共通の構成には同じ参照数字を付してある。なお、第1実施形態と同じ構成の第1の撮像素子1100を用いるものとして図示しているが、第2実施形態の構成としてもよい。本実施形態の信号処理部1500'では、解像度変換部1503の後段に参照画像記憶部1504が設けられている。

20

【0166】

第1、第2実施形態と同様にして、第2の画像データ1520を位置合わせ処理部1502と解像度変換部1503とで処理し、第1の画像データ1510に位置合わせされ、解像度が変換された第3の画像データ1525を作成する。そして、第3の画像データ1525は参照画像記憶部1504に記憶される。なお、解像度の変換が必要無い場合には、第2の画像データ1520がそのまま第3の画像データ1525として記憶される。

30

【0167】

本実施形態において参照補間部1501は、第1の画像データ1510と、参照画像記憶部1504に記憶されている第3の画像データ1525を用いて、第1または第2実施形態と同様にデモザイキングを行う。

【0168】

参照画像記憶部1504に記憶された第3の画像データ1525が参照補間処理に使用できるか否かは、例えば、第1の画像データ1510の取得時刻と、第3の画像データ1525の基となった第2の画像データ1520の取得時刻の差に基づいて決定できる。ただし、許容できる時間差は、例えば被写体の動きの大きさに依存しうる。例えば被写体の動きが小さい場合の方が、動きの大きい場合よりも許容できる時間差は長くなる。また、第3の画像データ1525の中でも、参照補間処理に使用できる部分とできない部分が存在しうる。

40

【0169】

図17を参照して、本実施形態における画像データ取得およびデモザイキングの動作制御について説明する。図17の上側に、第1の撮像素子1100の読出制御動作とその他ミングを示している。

【0170】

第1の撮像素子1100にフレーム同期信号が入力されると、Nフレーム目読出信号の

50

直線で記載されているように、有効画素部 1 1 1 0 の先頭の画素行から順番に信号を読み出す。また、各画素行の蓄積期間は、点線で示した N フレーム用リセット信号のタイミングで開始されており、リセット信号と読出時間の差が各画素行の蓄積期間である。

【 0 1 7 1 】

図 1 7 の下側に、第 2 の撮像素子 1 2 0 0 の読出制御動作とそのタイミングを示している。本実施形態では、第 1 の撮像素子 1 1 0 0 と第 2 の撮像素子 1 2 0 0 の読み出しは非同期であり、第 1 の撮像素子 1 1 0 0 に供給するフレーム同期信号とは独立した第 2 の撮像素子 1 2 0 0 用のフレーム同期信号に同期して読み出しを開始する。

【 0 1 7 2 】

第 2 の撮像素子 1 2 0 0 の読み出しは、第 2 の撮像素子 1 2 0 0 の撮影要求信号がアサートされた後に行われる。第 2 の撮像素子 1 2 0 0 の撮影要求信号をネゲートすることにより、カメラ制御部 1 4 0 0 は参照補間処理ならびに第 2 の撮像素子 1 2 0 0 での撮影を停止させることができる。例えばカメラ制御部 1 4 0 0 は、例えば所定値以上の撮影感度が設定されているときなど、参照補間に用いる画像の撮影条件として適していない設定がなされている際に撮影要求信号をネゲートすることができるが、他の以外の条件を用いてもよい。図 1 7 の例では、撮影要求信号はアサートを保持しているため、第 2 の撮像素子 1 2 0 0 での撮影および信号処理部 1 5 0 0 ' における参照補間処理は継続実施される。

【 0 1 7 3 】

信号処理部 1 5 0 0 ' は、第 1 の撮像素子 1 1 0 0 の N フレーム目の画像データのデモザイキングに、撮影済みの第 2 の撮像素子 1 2 0 0 の M フレーム目の画像データに基づいて生成され、参照画像記憶部 1 5 0 4 に記憶されている第 3 の画像データを用いる。なお、図 1 7 では第 2 の画像データと第 1 の画像データの取得タイミングに着目しているため、便宜上、第 2 の画像データがそのまま第 3 の画像データとして用いられる場合を記載している。

【 0 1 7 4 】

信号処理部 1 5 0 0 ' は、第 1 の撮像素子 1 1 0 0 の N + 1 フレーム目の画像データのデモザイキングについても、参照画像記憶部 1 5 0 4 に記憶されている第 2 の撮像素子 1 2 0 0 の M フレーム目の画像データを用いる。

【 0 1 7 5 】

しかしながら、古い画像データを参照すると、補間精度の低下を招きうるため、本実施形態の信号処理部 1 5 0 0 ' は、図 1 8 に示す制御を行う。

S 3 1 0 で信号処理部 1 5 0 0 ' は、第 1 の画像データを第 1 の撮像素子 1 1 0 0 から取得する。

そして、S 3 2 0 で信号処理部 1 5 0 0 ' は、第 1 の画像データと、参照画像記憶部 1 5 0 4 に記憶されている第 3 の画像データの元になった第 2 の画像データとの撮影開始時刻の差  $F$  が所定値（ライフタイム）より大きいかなかを判定する。 $F$  が所定値より大きいと判定されなければ、信号処理部 1 5 0 0 ' は処理を S 3 4 0 に進め、参照画像記憶部 1 5 0 4 に記憶されている第 3 の画像データを用いてデモザイキングを実行する。

【 0 1 7 6 】

一方、 $F$  が所定値より大きいと判定された場合、信号処理部 1 5 0 0 ' は処理を S 3 5 0 に進め、参照画像記憶部 1 5 0 4 に記憶されている第 3 の画像データを用いずにデモザイキングを実行する。

【 0 1 7 7 】

例えば第 2 の撮像素子 1 2 0 0 の M フレーム目と第 1 の撮像素子の N フレーム目の撮影開始時刻の差  $F(N)$  が所定値よりも大きい場合、信号処理部 1 5 0 0 ' は、第 2 の撮像素子 1 2 0 0 の M フレーム目に基づく第 3 の画像データをデモザイキングに用いない。

【 0 1 7 8 】

また、S 3 4 0 でデモザイキングを実行する際、参照補間部 1 5 0 1 は、第 1 の画像データ 1 5 1 0 と、参照画像記憶部 1 5 0 4 に記憶されている第 3 の画像データの対応する画素値の差が所定値以下の領域を参照に用いるようにする。例えば、参照補間部 1 5 0 1

10

20

30

40

50

は、第1の画像データのうち、補間対象の仮想画素の周辺に位置する実在する複数の画素の各々について、第3の画像データで対応する位置もしくは最も近くに存在する同色画素との値との差を求める。そして、参照補間部1501は、差の合計が所定値以下であれば上述した参照補間によるデモザイキングを実行し、差の合計が所定値を超える場合には補間対象の仮想画素について参照補間を用いないデモザイキングを実行する。

【0179】

以上の動作により、第1の画像データ1510と第2の画像データ1520の撮影時刻に差がある場合でも、少なくとも部分的には参照補間を用いたデモザイキングが可能となる。

【0180】

本実施形態によれば、参照補間時に用いる参照用の画像データを記憶するようにしたので、第1および第2の撮像素子の撮影タイミングに対する制限が緩和される。そのため、より多様な撮像装置で得られた画像データについて参照補間を実施することが可能になる。

【0181】

以上、本発明の例示的な実施形態をいくつか説明したが、上述の説明は単なる例示を目的としたものであり、いかなる意味においても本発明の範囲を限定するものと解釈すべきものではない。本発明の範囲は特許請求の範囲によって規定され、範囲に包含される変形物および等価物は本発明の範囲に含まれる。

【0182】

(その他の実施形態)

本発明は、上述の実施形態の1以上の機能を実現するプログラムを、ネットワーク又は記憶媒体を介してシステム又は装置に供給し、そのシステム又は装置のコンピュータにおける1つ以上のプロセッサがプログラムを読み出し実行する処理でも実現可能である。また、1以上の機能を実現する回路(例えば、ASIC)によっても実現可能である。

【符号の説明】

【0183】

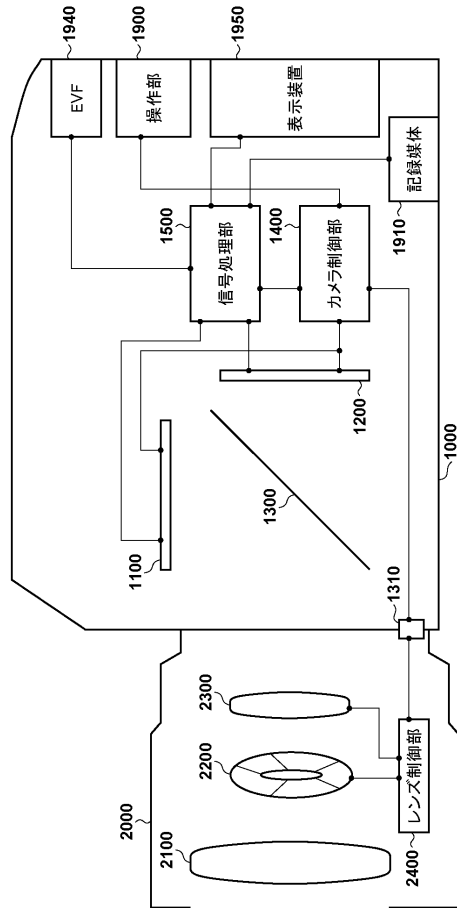
1100...第1の撮像素子、1200...第2の撮像素子、1400...カメラ制御部、1500...信号処理部、1501...参照補間部、1502...位置合わせ処理部、1503...解像度変換部、1504...参照画像記憶部

10

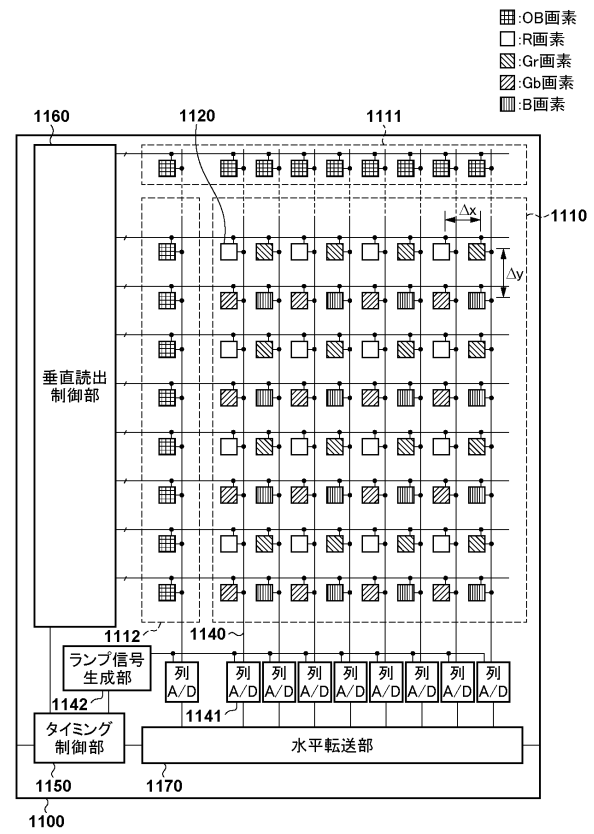
20

30

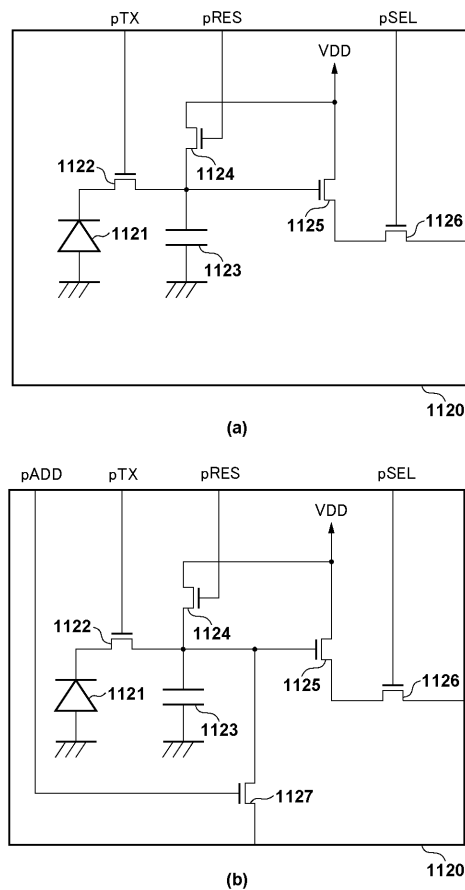
【図 1】



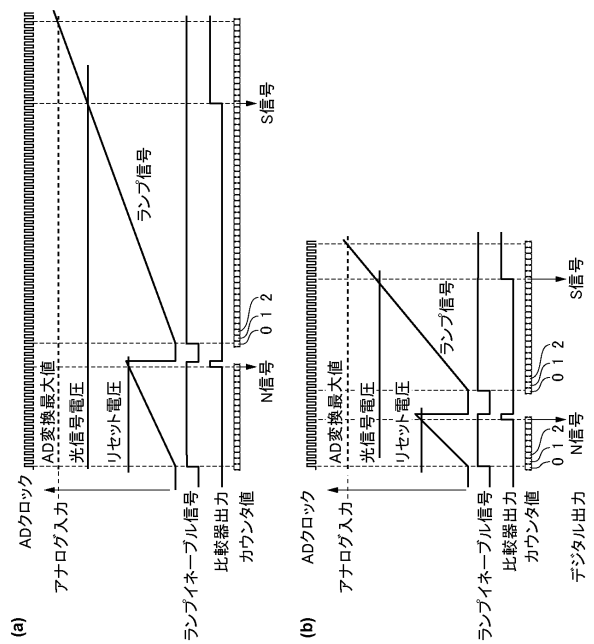
【図 2】



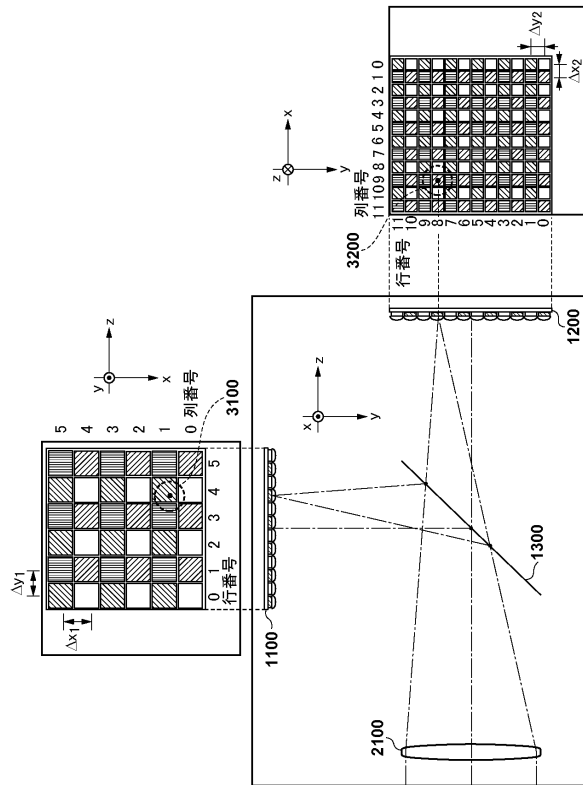
【図 3】



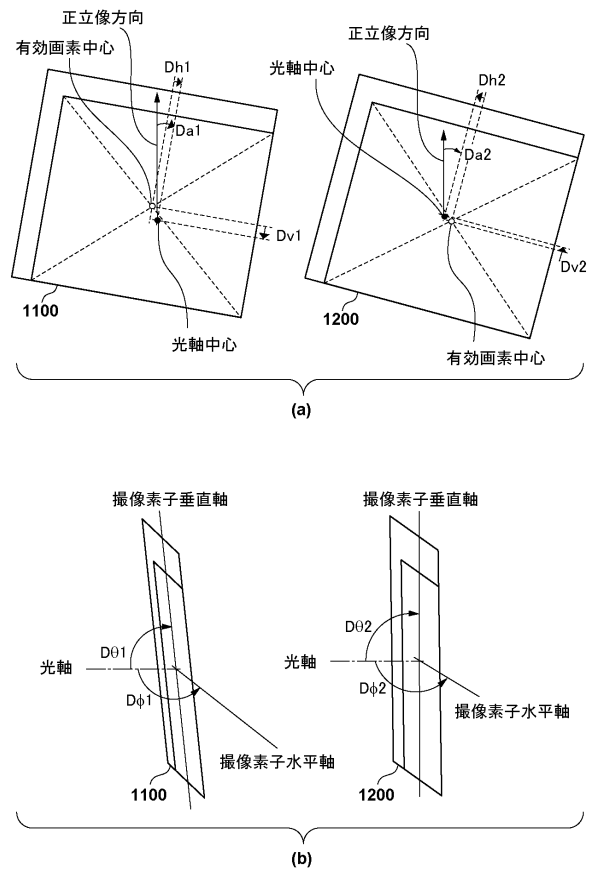
【図 4】



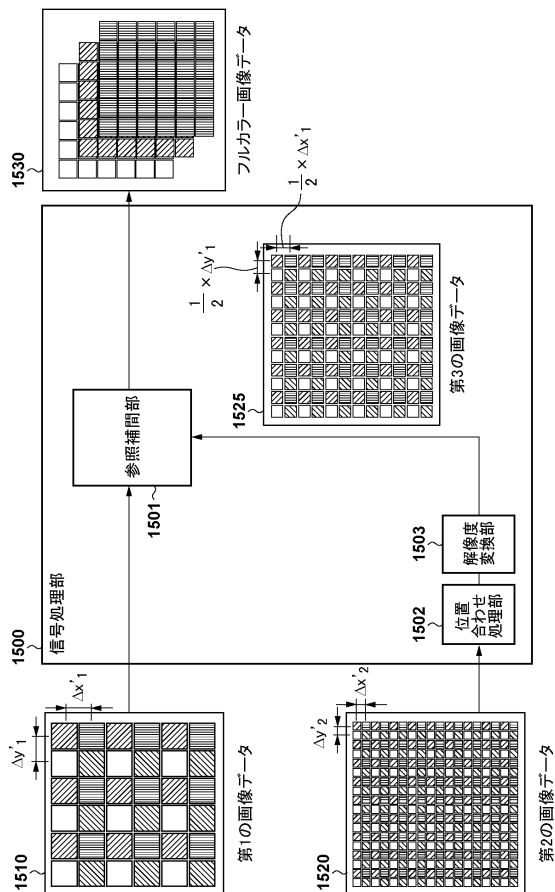
【図5】



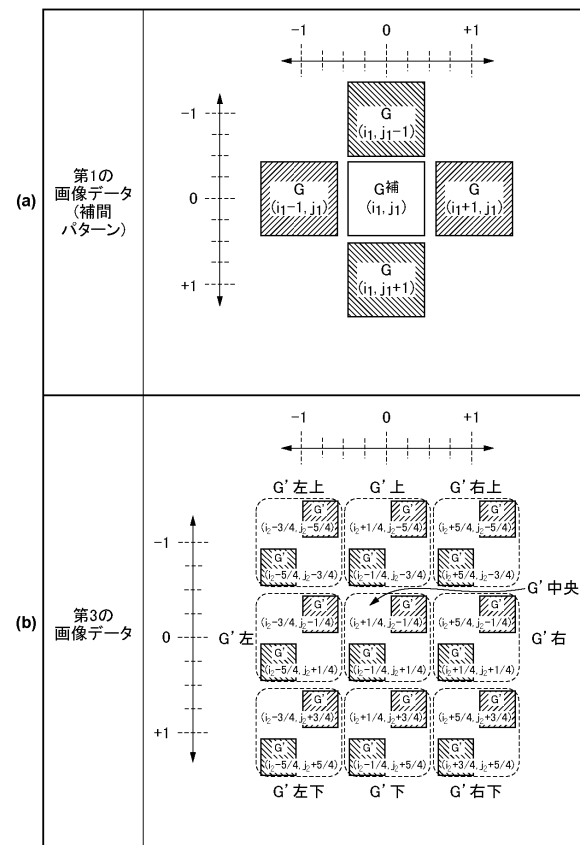
【図6】



【図7】

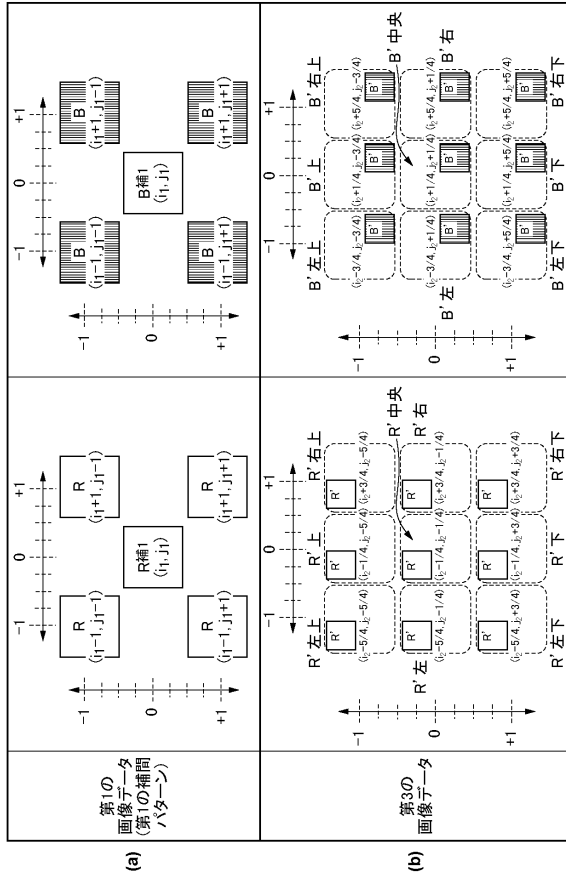


【図8】

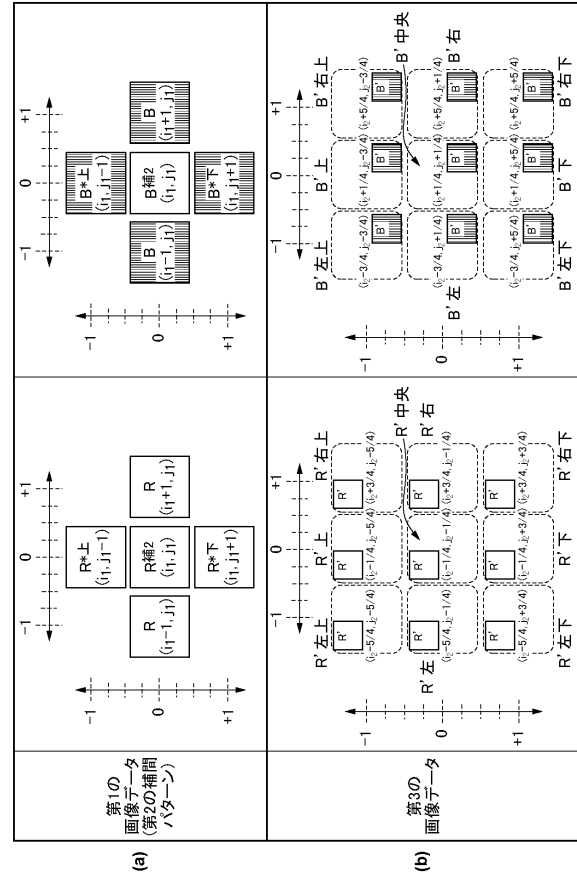




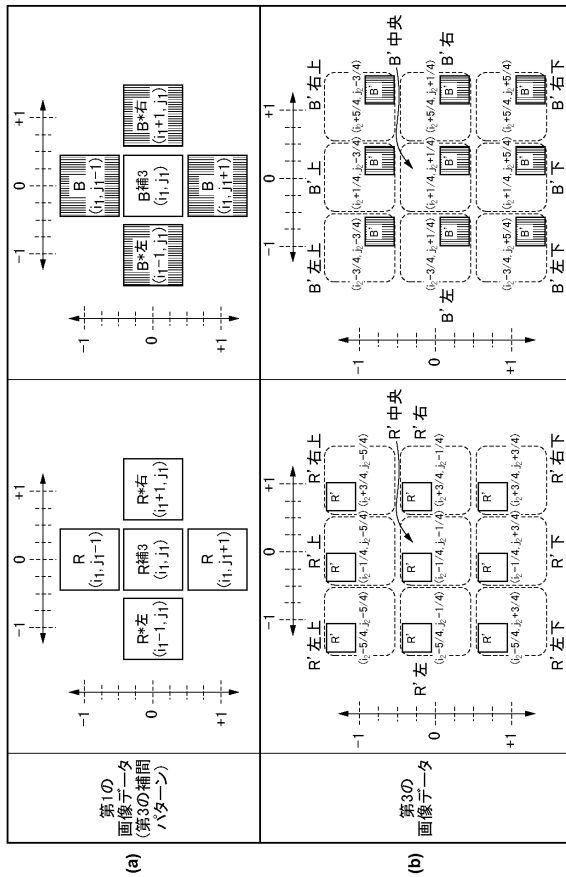
【図 9】



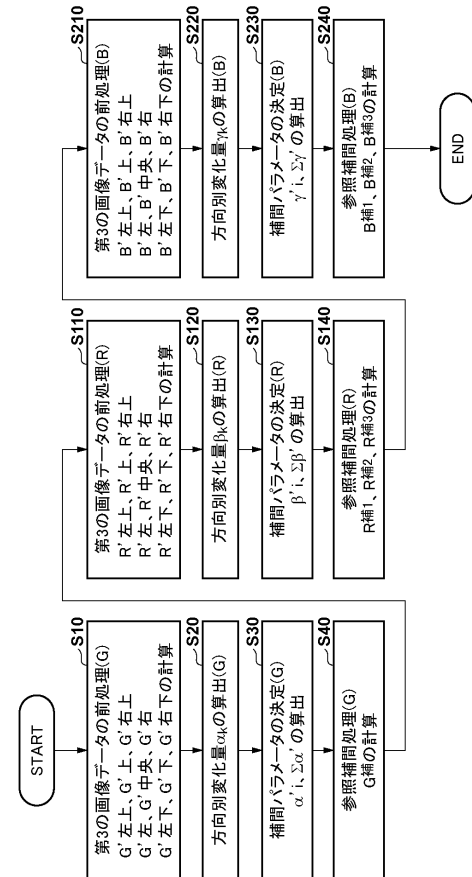
【図 10】



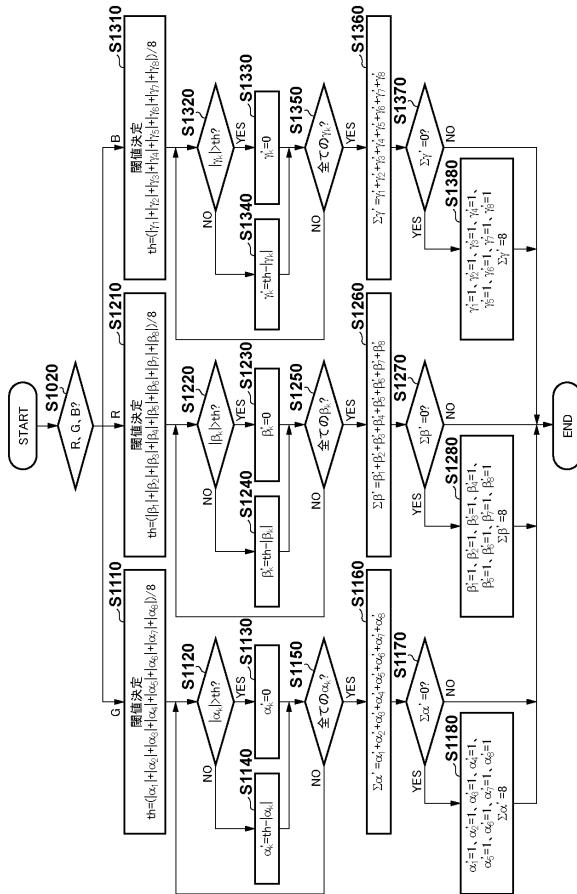
【図 11】



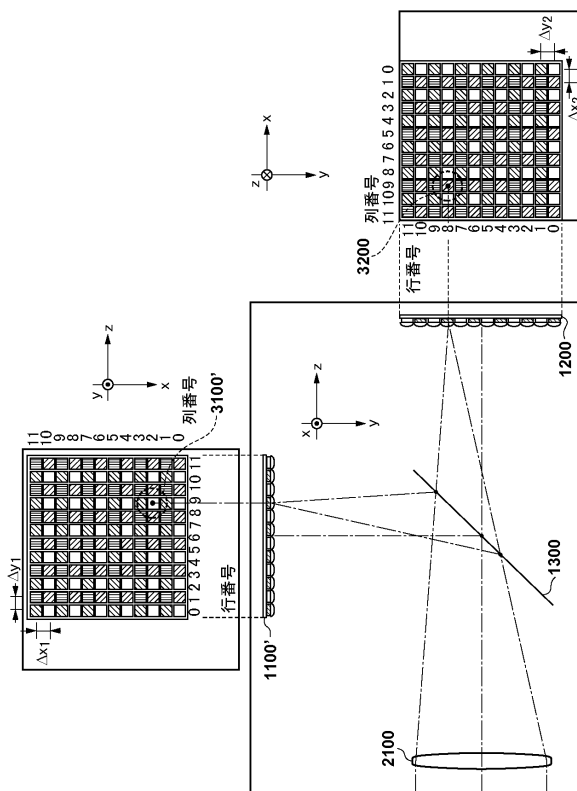
【図 12】



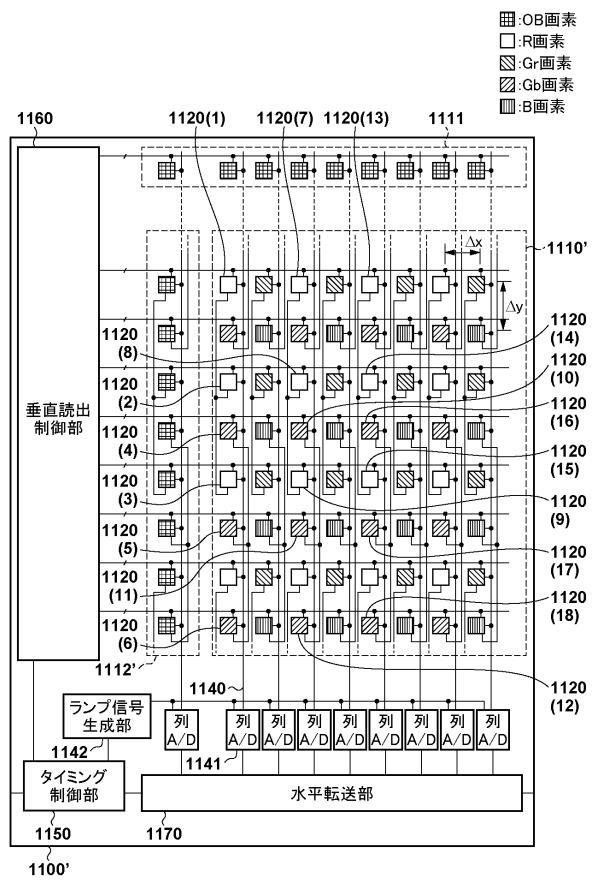
【 図 1 3 】



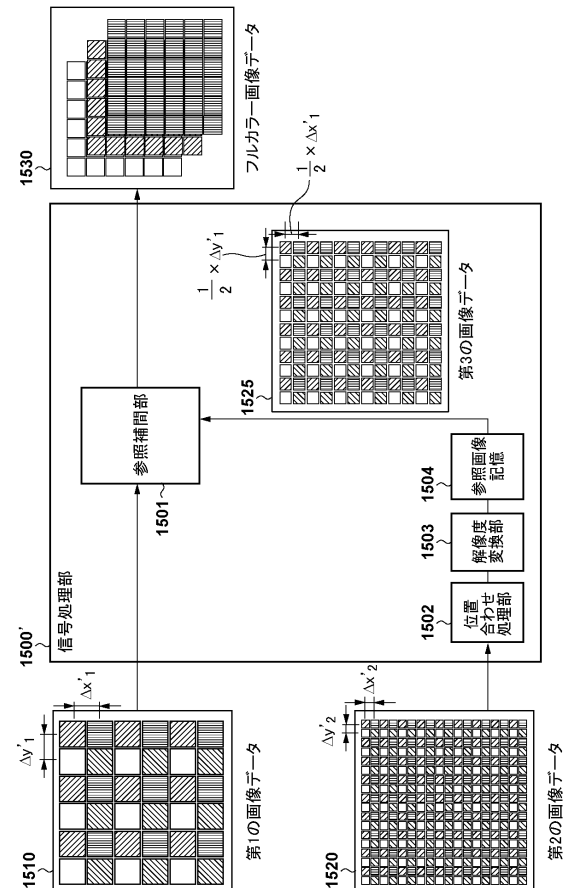
【 図 1 5 】



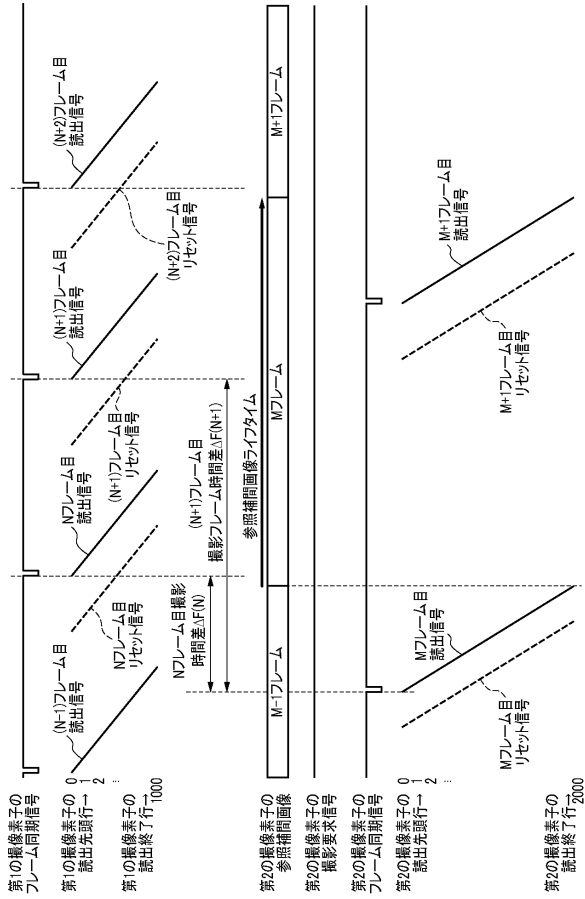
【 図 1 4 】



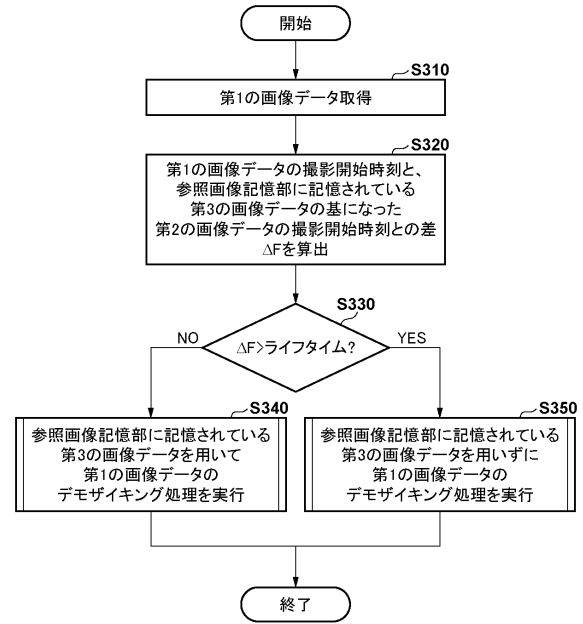
【 図 1 6 】



【図 17】



【図 18】



---

フロントページの続き

(72)発明者 沖田 正樹  
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 特開2003-101886(JP,A)  
特開2001-218099(JP,A)  
特開2000-078463(JP,A)  
特開2007-336561(JP,A)  
特開2011-223221(JP,A)  
米国特許出願公開第2010/0201831(US,A1)

(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 5/30 - 5/378  
H04N 9/04 - 9/11