

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5330258号
(P5330258)

(45) 発行日 平成25年10月30日(2013.10.30)

(24) 登録日 平成25年8月2日(2013.8.2)

(51) Int.Cl.

HO4N 9/07 (2006.01)
HO4N 5/347 (2011.01)

F 1

HO 4 N 9/07 A
HO 4 N 9/07 C
HO 4 N 5/335 470

請求項の数 6 (全 42 頁)

(21) 出願番号 特願2009-539257 (P2009-539257)
 (86) (22) 出願日 平成19年11月15日 (2007.11.15)
 (65) 公表番号 特表2010-512049 (P2010-512049A)
 (43) 公表日 平成22年4月15日 (2010.4.15)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2007/023823
 (87) 國際公開番号 WO2008/066699
 (87) 國際公開日 平成20年6月5日 (2008.6.5)
 審査請求日 平成22年11月11日 (2010.11.11)
 (31) 優先権主張番号 11/565,140
 (32) 優先日 平成18年11月30日 (2006.11.30)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 510188975
 オムニビジョン テクノロジーズ, イン
 コーポレイテッド
 アメリカ合衆国 カリフォルニア, サン
 タ クララ, バートン ドライブ 42
 75
 (74) 代理人 100099759
 弁理士 青木 篤
 (74) 代理人 100077517
 弁理士 石田 敏
 (74) 代理人 100087413
 弁理士 古賀 哲次
 (74) 代理人 100102990
 弁理士 小林 良博

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】カラー画素およびパンクロマティック画素を有する画像の処理

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

画像キャプチャ装置によってキャプチャされた画素のアレイを処理する方法であって、
 (a) 該画像キャプチャ装置からの第1の画素の二次元アレイを用意する工程であつて、該画素のいくつかはカラー画素であり、また画素のいくつかはパンクロマティック画素であり、

(i) 行および列を成すように配列された、第1および第2の画素群を有する二次元アレイを用意する工程であつて、該第1画素群の画素は、該第2画素群の画素よりも狭いスペクトル光応答を有しており、該第1画素群は、少なくとも2色の組に対応するスペクトル光応答を有する画素を有している工程、ならびに

(ii) 最小反復ユニットの少なくともいくつかの行または列が該第2群に由来する画素からのみで構成され、該最小反復ユニットの少なくともいくつかの行または列が該第1群に由来する画素からのみで構成されるように、少なくとも6つの画素を含む最小反復ユニットを有するパターンを画定するため、該第1および第2の画素群を位置決めする工程であつて、該第1群に由来する画素からのみで構成される行または列が、該第1群に由来する多くとも2つの色の画素から成っている工程を含む工程と、

(b) 周囲照明条件に応じて、パンクロマティック画素がカラー画素と結合されるべきか否かを決定する工程と、

(c) 工程(b)から決定された画素を結合することにより、前記第1の画素の二次

10

20

元アレイよりも少ない画素を有する第2の画素の二次元アレイを生成する工程と、
 (d) 工程(c)で生成されたカラー画素を補正する工程と
 を含む方法。

【請求項2】

該第1二次元アレイが、下記最小反復単位：

P	P
A	B
P	P
B	C

を有し、Pは、該第2群の画素を表し、

Aは、該第1群の画素の第1の色の画素を表し、

Bは、該第1群の画素の第2の色の画素を表し、

Cは、該第1群の画素の第3の色の画素を表す、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

該第1二次元アレイが、下記最小反復単位：

P	P
A	B
P	P
P	P
B	C
P	P

10

を有し、Pは、該第2群の画素を表し、

Aは、該第1群の画素の第1の色の画素を表し、

Bは、該第1群の画素の第2の色の画素を表し、

Cは、該第1群の画素の第3の色の画素を表す、請求項1に記載の方法。

20

【請求項4】

該第1二次元アレイが、下記最小反復単位：

P	A	P	B
P	B	P	C

を有し、Pは、該第2群の画素を表し、

30

Aは、該第1群の画素の第1の色の画素を表し、

Bは、該第1群の画素の第2の色の画素を表し、

Cは、該第1群の画素の第3の色の画素を表す、請求項1に記載の方法。

【請求項5】

該第1二次元アレイが、下記最小反復単位：

P	A	P	P	B	P
P	B	P	P	C	P

を有し、Pは、該第2群の画素を表し、

Aは、該第1群の画素の第1の色の画素を表し、

Bは、該第1群の画素の第2の色の画素を表し、

Cは、該第1群の画素の第3の色の画素を表す、請求項1に記載の方法。

40

【請求項6】

電子センサによってキャプチャされた高解像度カラーデジタル画像を、より低解像度の
 カラーデジタル画像に変換する方法であって、

(a) 該電子センサを使用することにより、第1の画素の二次元アレイをキャプチャ
 する工程であって、

(i) 行および列を成すように配列された、第1および第2の画素群を有する二次
 元アレイを用意する工程であって、該第1画素群の画素は、該第2画素群の画素よりも狭
 いスペクトル光応答を有しており、該第1画素群は、少なくとも2色の組に対応するスペ
 フトル光応答を有する画素を有している工程、ならびに

50

(i i) 最小反復ユニットの少なくともいくつかの行または列が該第2群に由来する画素からのみで構成され、該最小反復ユニットの少なくともいくつかの行または列が該第1群に由来する画素からのみで構成されるように、少なくとも6つの画素を含む最小反復ユニットを有するパターンを画定するために、該第1および第2の画素群を位置決めする工程であって、該第1群に由来する画素からのみで構成される行または列が、該第1群に由来する多くとも2つの色の画素から成っている工程を含む工程と、

(b) 該第1の画素の二次元アレイ内の画素をアナログ結合することにより、少なくともいくつかの複合画素を含み且つ不規則な間隔をも含む第2の二次元アレイを生成する工程と、10

(c) 規則的な間隔を有する第3の画素の二次元アレイを計算する工程と、

(d) 規則化された該第3の画素の二次元アレイを補正することにより、アーチファクトが低減された補正画像を生成する工程とを含む方法。10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、カラー画素およびパンクロマティック画素を有する二次元画像を提供し、そして更なる使用のために画像を低減して処理することに関する。

【背景技術】

【0002】

電子撮像システムは、視覚的画像の電子表示を形成するために、電子画像センサに依存する。このような電子画像センサの例は、電荷結合素子(CCD)画像センサ、およびアクティブ画素センサ(APS)装置(APS装置は、相補型金属酸化膜半導体(Complementary Metal Oxide Semiconductor)プロセスにおいてこれらを製作することができるから、CMOSセンサとしばしば呼ばれる)を含む。典型的には、これらの画像センサは、しばしば行および例の規則的なパターンを成して配列された数多くの感光性画素を含む。カラー画像をキャプチャするために画素パターン上にフィルタのパターンが典型的には製作され、この場合、可視光スペクトルの一部だけに対して個々の画素を感光性にするために、種々異なるフィルタ材料を使用する。カラーフィルタは、各画素に達する光量を必然的に低減し、これにより、各画素の感光性を低減する。電子カラー画像センサの感光性、すなわち写真スピードを改善するために、画像がより低い光レベルでキャプチャされるのを可能にすること、または光レベルがより高い場合には画像がより短い露出時間でキャプチャされるのを可能にすることが依然として必要である。30

【0003】

画像センサは線形または二次元である。一般に、これらのセンサは2つの異なるタイプの用途を有している。二次元センサは典型的には、画像キャプチャ装置、例えばデジタルカメラ、携帯電話機、およびその他の用途に適している。線形センサはしばしば、文書を走査するために使用される。いずれの場合にも、カラーフィルタが採用されると、画像センサは感光性が低減される。

【0004】

Eastman Kodak Company製の線形画像センサであるKLI-4104は、4つの線形の单一画素幅の画素アレイを含み、この場合、赤、緑、または青に対して各アレイを全体的に感光性にするためにアレイのうちの3つにはカラーフィルタが適用されているが、第4のアレイにはカラーフィルタは適用されていない。さらに、3つのカラーアレイは、カラーフィルタに起因する感光性の低減を補償するために、より大型の画素を有しており、そして第4のアレイは、高解像度モノクローム画像をキャプチャするために、より小型の画素を有している。この画像センサを使用して画像がキャプチャされると、画像は、概ね同じ写真感光性を有する3つの低解像度画像と一緒に、高解像度の高写真感光性モノクローム画像として表され、そして3つの画像のそれぞれは、その画像からの赤、緑、または青の光に対4050

応しており、従って、電子画像内の各点は、モノクローム値、赤値、緑値、および青値を含む。しかし、これは線形画像センサなので、4つの線形画素アレイを横切って画像を走査するためには、画像センサと画像との間の相対的な機械運動を必要とする。このことは、画像が走査されるスピードを制限し、また、手持ち式カメラ内で、または動いている被写体を含むシーンをキャプチャする際にこのセンサの使用を妨げる。

【0005】

Akira Muramatsuによる米国特許第4,823,186号明細書に記載された、2つのセンサを含む電子撮像システムも当業者に知られている。このシステムの場合、センサのそれぞれが二次元画素アレイを含んでいるが、しかし一方のセンサは、カラーフィルタを含んでおらず、他方のセンサは、画素に付属するカラーフィルタのパターンを含み、さらに、画像センサに画像を提供するための光ビームスプリッタを有している。カラーセンサが、適用されるカラーフィルタのパターンを有しているので、カラーセンサ内の各画素は単一の色だけを提供する。このシステムを用いて画像がキャプチャされると、電子画像内の各点は、モノクローム値と1つのカラー値とを含み、カラー画像は、隣接カラーから補間された各画素位置に欠損カラーを有さなければならない。このシステムは単一のコンベンショナルな画像センサを凌ぐように感光性を改善しはするものの、システムの全体的な複雑さ、サイズ、およびコストは、2つのセンサとビームスプリッタの必要性のためにより大きいものになる。さらにビームスプリッタは、画像から各センサへ光を半分しか向けず、写真スピードの改善を制限する。

【0006】

上述の線形画像センサに加えて、適用されるカラーフィルタを有していない画素を含む二次元画素アレイを有する画像センサが当業者に知られている。例えば、米国特許第4,390,895号明細書(Sato他)、同第5,323,233号明細書(Yamagami他)、および同第6,476,865号明細書(Gindele他)を参照されたい。引用した特許明細書のそれぞれにおいて、フィルタリングされていない画素またはモノクローム画素の感光性は、カラー画素よりも著しく高く、画素アレイからのカラー信号とモノクローム信号とを一致させるために、カラー画素にゲインを加えることを必要とする。ゲインが増大するにつれて雑音および信号も増大し、結果としての画像の信号対雑音比全体を劣化させる。米国特許出願公開第2003/0210332号明細書においてFrameは、画素のほとんどがフィルタリングされない画素アレイを開示しているが、しかしカラー画素は、上述のものと同じ感光性欠損を被る。

【0007】

欧州特許第0138074号明細書においてNodaは、カラー画素およびパンクロマティック画素の両方を使用するビデオカメラ・システムについて記述している。具体的には、Nodaは、W、Ye、Cyカラーフィルタ・アレイ・パターンおよびW、Ye、Cy、Gカラーフィルタ・アレイ・パターンを有する画像センサのための画像処理技術を開示している。ここで、W(パンクロマティック)、Ye(イエロー)、およびCy(シアン)、およびG(グリーン)は、標準的な赤、緑、および青カラー画像を提供するために使用される。種々のタイプの画素の重み付けは、結果としての画像内のモアレ・パターンを最小にするように選ばれる。

【0008】

米国特許第5,172,220号明細書においてBeisは、グレースケール(パンクロマティック)モードとカラーモード(カラー画素を使用)との間に切り換える監視カメラを開示している。この事例において、周囲照明レベルは、グローバル・スイッチとして使用され、周囲光レベルが低いときには、出力画像を生成するためにパンクロマティック画素を単純に選択する。

【0009】

米国特許第6,246,865号明細書において、Leeは、パンクロマティック画素がクリッピングされた画像部分内の補間輝度信号を推定するためにカラー画素を使用して、カラー画素またはパンクロマティック画素単独でキャプチャする場合よりも高いダイナミ

10

20

30

40

50

ツク・レンジを有する画像を生成するように、パンクロマティック画素とカラー画素とを結合することを開示している。

【0010】

多くの画像キャプチャ装置の場合、最大センサ解像度が、標準的なビデオ・フレーム・レートで読み取ることができる画素の数を上回り、ひいては、ビデオ・フレーム・レートに達するために、何らかの形のサブサンプリングを使用しなければならない。データを低減する1つの方法は、例えば米国特許第5,493,335号明細書に記載されているような、 2×2 画素ブロックに基づく1つのパターンを含む、生CFAデータを直接的にサンプリングすることである。データを低減する別の方法は、センサからCFAデータを読み取る前に2つまたは3つ以上の画素からの信号をアナログ結合することである。

10

【0011】

米国特許第6,366,318号明細書において、Smithは、より大型のCFAカラー画素アレイから直接的にサブサンプリングされた不規則なアレイを使用して、規則的なCFAカラー値アレイを生成することを開示している。

【0012】

或る従来技術、例えば米国特許第6,246,865号明細書は、パンクロマティック画素がクリップされ、カラー画素が良好な信号対雑音比を有するときの、高輝度条件に対処する。或る従来技術、例えば米国特許第5,172,220号明細書は、極めて低い輝度条件に対処する。これらの条件下で、パンクロマティック画素は、使用し得る信号対雑音比を有し、カラー画素は、許容できない低い信号対雑音比を有する。広範囲の条件全体にわたって、改善された画質の低解像度画像を二次元センサから提供する画像キャプチャ・システムを提供することが依然として必要である。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

従って、本発明の目的は、パンクロマティック画素とカラー画素とを有する画像キャプチャ装置によってキャプチャされた二次元画像を補正する改善された方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0014】

30

この目的は、画像キャプチャ装置によってキャプチャされた画素アレイを処理する方法であって：

- (a) 該画像キャプチャ装置からの第1の画素の二次元アレイを用意する工程、該画素のいくつかはカラー画素であり、また画素のいくつかはパンクロマティック画素である；
- (b) 周囲照明条件に応じて、パンクロマティック画素がカラー画素と結合されるべきか否かを決定する工程；
- (c) 工程(b)から決定された画素を結合することにより、前記第1の画素の二次元アレイよりも少ない画素を有する第2の画素の二次元アレイを生成する工程；そして
- (d) 工程(c)で生成されたカラー画素を補正する工程

40

を含んで成る方法によって達成される。

【発明の効果】

【0015】

本発明の利点は、広範囲の周囲照明レベル全体にわたって、パンクロマティック画素とカラー画素とを有する画像センサによってキャプチャされた画像の画質が改善されることである。

【0016】

本発明のこのようなそしてその他の観点、目的、特徴、および利点は、下記好ましい態様の詳細な説明、および添付の特許請求の範囲を考察し、また添付の図面を参照することによって、より明らかに理解し正しく推定されることになる。

50

【図面の簡単な説明】**【0017】**

【図1】図1は、本発明による方法を採用するデジタルスチルカメラ・システムを示すブロック・ダイヤグラムである。

【図2】図2は、最小反復単位と非最小反復単位とを示すコンベンショナルな従来技術のBayerカラーフィルタ・アレイ・パターンである。

【図3】図3は、赤、緑、および青画素に対応する代表的なスペクトル量子効率曲線、ならびに、より広いスペクトルのパンクロマティック量子効率を、全て赤外線カットフィルタの透過特性で乗じて示す図である。

【図4A】図4Aは、行または列を成して配列された同じカラー光応答を有するカラー画素を有する、本発明のカラーフィルタ・アレイ・パターンのいくつかの変更形に対応する最小反復単位を示す図である。 10

【図4B】図4Bは、行または列を成して配列された同じカラー光応答を有するカラー画素を有する、本発明のカラーフィルタ・アレイ・パターンのいくつかの変更形に対応する最小反復単位を示す図である。

【図4C】図4Cは、行または列を成して配列された同じカラー光応答を有するカラー画素を有する、本発明のカラーフィルタ・アレイ・パターンのいくつかの変更形に対応する最小反復単位を示す図である。

【図4D】図4Dは、行または列を成して配列された同じカラー光応答を有するカラー画素を有する、本発明のカラーフィルタ・アレイ・パターンのいくつかの変更形に対応する最小反復単位を示す図である。 20

【図5】図5は、図4Aに示した最小反復単位のセル構造を示す図である。

【図6A】図6Aは、図4Aに対応する補間パンクロマティック画像である。

【図6B】図6Bは、図4Aおよび図5に示したセルに対応する低解像度カラー画像を示す図である。

【図7A】図7Aは、図4Aの画素を結合するいくつかの方法を示す図である。

【図7B】図7Bは、図4Aの画素を結合するいくつかの方法を示す図である。

【図7C】図7Cは、図4Aの画素を結合するいくつかの方法を示す図である。

【図8A】図8Aは、最小反復単位のいくつかのタイル張り配列および別の配向を含む、本発明のカラーフィルタ・アレイ・パターンのための6つの画素から成る最小反復単位を示す図である。 30

【図8B】図8Bは、最小反復単位のいくつかのタイル張り配列および別の配向を含む、本発明のカラーフィルタ・アレイ・パターンのための6つの画素から成る最小反復単位を示す図である。

【図8C】図8Cは、最小反復単位のいくつかのタイル張り配列および別の配向を含む、本発明のカラーフィルタ・アレイ・パターンのための6つの画素から成る最小反復単位を示す図である。

【図8D】図8Dは、最小反復単位のいくつかのタイル張り配列および別の配向を含む、本発明のカラーフィルタ・アレイ・パターンのための6つの画素から成る最小反復単位を示す図である。 40

【図8E】図8Eは、最小反復単位のいくつかのタイル張り配列および別の配向を含む、本発明のカラーフィルタ・アレイ・パターンのための6つの画素から成る最小反復単位を示す図である。

【図9A】図9Aは、図8の最小反復単位の変更形である本発明のカラーフィルタ・アレイ・パターンのためのいくつかの最小反復単位を示す図である。

【図9B】図9Bは、図8の最小反復単位の変更形である本発明のカラーフィルタ・アレイ・パターンのためのいくつかの最小反復単位を示す図である。

【図9C】図9Cは、図8の最小反復単位の変更形である本発明のカラーフィルタ・アレイ・パターンのためのいくつかの最小反復単位を示す図である。

【図10A】図10Aは、タイル張り配列、および別のカラー光応答特性を有するカラー 50

画素を含むバリエーション、例えば原色、補色、三色、および四色変更形を含む、本発明のカラーフィルタ・アレイ・パターンのための8つの画素から成る最小反復単位を示す図である。

【図10B】図10Bは、タイル張り配列、および別のカラー光応答特性を有するカラー画素を含むバリエーション、例えば原色、補色、三色、および四色変更形を含む、本発明のカラーフィルタ・アレイ・パターンのための8つの画素から成る最小反復単位を示す図である。

【図10C】図10Cは、タイル張り配列、および別のカラー光応答特性を有するカラー画素を含むバリエーション、例えば原色、補色、三色、および四色変更形を含む、本発明のカラーフィルタ・アレイ・パターンのための8つの画素から成る最小反復単位を示す図である。
10

【図10D】図10Dは、タイル張り配列、および別のカラー光応答特性を有するカラー画素を含むバリエーション、例えば原色、補色、三色、および四色変更形を含む、本発明のカラーフィルタ・アレイ・パターンのための8つの画素から成る最小反復単位を示す図である。

【図10E】図10Eは、タイル張り配列、および別のカラー光応答特性を有するカラー画素を含むバリエーション、例えば原色、補色、三色、および四色変更形を含む、本発明のカラーフィルタ・アレイ・パターンのための8つの画素から成る最小反復単位を示す図である。

【図10F】図10Fは、タイル張り配列、および別のカラー光応答特性を有するカラー画素を含むバリエーション、例えば原色、補色、三色、および四色変更形を含む、本発明のカラーフィルタ・アレイ・パターンのための8つの画素から成る最小反復単位を示す図である。
20

【図11A】図11Aは、半数を上回る画素がパンクロマティック光応答を有する、本発明のカラーフィルタ・アレイのための最小反復単位を示す図である。

【図11B】図11Bは、半数を上回る画素がパンクロマティック光応答を有する、本発明のカラーフィルタ・アレイのための最小反復単位を示す図である。

【図12A】図12Aは、45度回転させた方形格子上に画素があり、またタイル張り配列を含む、本発明のカラーフィルタ・アレイのための最小反復単位を示す図である。

【図12B】図12Bは、45度回転させた方形格子上に画素があり、またタイル張り配列を含む、本発明のカラーフィルタ・アレイのための最小反復単位を示す図である。
30

【図13A】図13Aは、画素が六角形パターンを成して配列されており、またタイル張り配列を含む、本発明のカラーフィルタ・アレイのための最小反復単位を示す図である。

【図13B】図13Bは、画素が六角形パターンを成して配列されており、またタイル張り配列を含む、本発明のカラーフィルタ・アレイのための最小反復単位を示す図である。

【図14】図14は、図13の変形である本発明のカラーフィルタ・アレイのための最小反復単位を示す図である。

【図15】図15は、図13の変形である本発明のカラーフィルタ・アレイのための最小反復単位を示す図である。

【図16】図16は、図4の最小反復単位を、最小反復単位内の個々の画素に添字を付けた状態で示す図である。
40

【図17A】図17Aは、図16の1つのセルのパンクロマティック画素およびカラー画素と、カラー画素が結合される種々の方法とを示す図である。

【図17B】図17Bは、図16の1つのセルのパンクロマティック画素およびカラー画素と、カラー画素が結合される種々の方法とを示す図である。

【図17C】図17Cは、図16の1つのセルのパンクロマティック画素およびカラー画素と、カラー画素が結合される種々の方法とを示す図である。

【図17D】図17Dは、図16の1つのセルのパンクロマティック画素およびカラー画素と、カラー画素が結合される種々の方法とを示す図である。

【図17E】図17Eは、図16の1つのセルのパンクロマティック画素およびカラー画
50

素と、カラー画素が結合される種々の方法とを示す図である。

【図18】図18は、本発明のセンサからのカラー画素およびパンクロマティック画素のデータを処理する方法を示す本発明のプロセス図である。

【図19A】図19Aは、図18の低解像度部分カラー画像における欠損カラーを補間するための本発明の方法を示す図である。

【図19B】図19Bは、図18の低解像度部分カラー画像における欠損カラーを補間するための本発明の方法を示す図である。

【図19C】図19Cは、図18の低解像度部分カラー画像における欠損カラーを補間するための本発明の方法を示す図である。

【図19D】図19Dは、図18の低解像度部分カラー画像における欠損カラーを補間するための本発明の方法を示す図である。 10

【図20】図20は、隣接する最小反復単位間の画素の結合を示す、図8Aの最小反復単位の2つを表す図である。

【図21】図21は、隣接する最小反復単位間、ならびに最小反復単位のセル内部の画素の結合を示す、本発明の別のカラーフィルタ・アレイのための2つの最小反復単位を表す図である。 20

【図22A】図22Aは、特定のカラーフィルタ・アレイ・パターンのための画素を結合する上でのいくつかの工程を示す図である。

【図22B】図22Bは、特定のカラーフィルタ・アレイ・パターンのための画素を結合する上でのいくつかの工程を示す図である。 20

【図22C】図22Cは、特定のカラーフィルタ・アレイ・パターンのための画素を結合する上でのいくつかの工程を示す図である。

【図23A】図23Aは、特定のカラーフィルタ・アレイ・パターンのための画素を結合する上でのいくつかの工程を示す図である。

【図23B】図23Bは、特定のカラーフィルタ・アレイ・パターンのための画素を結合する上でのいくつかの工程を示す図である。 30

【図23C】図23Cは、特定のカラーフィルタ・アレイ・パターンのための画素を結合する上でのいくつかの工程を示す図である。

【図24A】図24Aは、特定のカラーフィルタ・アレイ・パターンのための画素を結合する上でのいくつかの工程を示す図である。 30

【図24B】図24Bは、特定のカラーフィルタ・アレイ・パターンのための画素を結合する上でのいくつかの工程を示す図である。

【図24C】図24Cは、特定のカラーフィルタ・アレイ・パターンのための画素を結合する上でのいくつかの工程を示す図である。

【図25A】図25Aは、特定のカラーフィルタ・アレイ・パターンのための画素を結合する上でのいくつかの工程を示す図である。

【図25B】図25Bは、特定のカラーフィルタ・アレイ・パターンのための画素を結合する上でのいくつかの工程を示す図である。

【図25C】図25Cは、特定のカラーフィルタ・アレイ・パターンのための画素を結合する上でのいくつかの工程を示す図である。 40

【発明を実施するための形態】

【0018】

撮像装置、および信号キャプチャおよび補正のため、および露出制御のための関連回路を採用するデジタルカメラはよく知られているので、ここでの説明は、特に、本発明による方法および装置の部分を形成する要素、または本発明による方法および装置とより直接的に協働する要素に向けることにする。本明細書に具体的には図示または記載されていない要素は、当該技術分野の公知のものから選択される。説明しようとする態様の一定の構成はソフトウェアで提供される。下記材料において本発明に基づいて示され説明されるシステムを考えると、本発明の実施に有用な、具体的には図示、記載または示唆されていないソフトウェアはコンベンショナルなものであり、当業者の技術範囲に含まれる。 50

【0019】

ここで図1を参照すると、本発明を具体化するデジタルカメラとして示される画像キャプチャ装置のブロック・ダイヤグラムが示されている。以下にデジタルカメラについて説明するが、本発明は、他のタイプの画像キャプチャ装置に明らかに適用することができる。開示されるカメラの場合、被写体シーンからの光10が撮像段11に入力され、この撮像段において、光をレンズ12によってフォーカシングすることにより、固体二次元画像センサ20上に画像を形成する。画像センサ20は入射光を、ピクチャ要素（画素）毎に電気信号に変換する。好ましい態様の画像センサ20は、電荷結合素子（C C D）タイプまたはアクティブ画素センサ（A P S）タイプ（A P S装置は、相補型金属酸化膜半導体（Complementary Metal Oxide Semiconductor）法で製作することができることからC M O Sセンサとしばしば呼ばれる）である。二次元画素アレイを有する他のタイプの画像センサを、これらが本発明のパターンを採用するならば、使用することができる。本発明はまた、図1の説明後に本明細書において明らかになるように、カラー画素とパンクロマティック画素との二次元アレイを有する画像センサ20を利用する。画像センサ20と一緒に使用される本発明のカラー画素およびパンクロマティック画素の例は、図4 A～D、図8 A、図8 E、図9 A～C、図10 A、図10 C～F、図11 A～B、図12、および図15で見ることができるが、他のパターンも本発明の思想の範囲内で使用される。

【0020】

センサ20に達する光量は、アーチャを変化させるアイリス・ブロック14、および光路内に挿入された1つまたは2つ以上のN Dフィルタを含むニュートラル・デンシティ（N D）フィルタ・ブロック13によって調節される。光レベル全体は、シャッタ18が開いている時間によっても調節される。露出コントローラ・ブロック40は、明るさセンサ・ブロック16によって計測されたシーン内で利用可能な光量に応答し、これらの調節機能の3つ全てを制御する。

【0021】

特定のカメラ形態に関するこのような説明は当業者にはよく知られており、多くの変更形および追加の特徴が存在することは明らかである。例えば、オートフォーカス・システムが追加され、或いはレンズは、取り外し可能且つ交換可能である。本発明が任意のタイプのデジタルカメラに適用されることは明らかである。この場合、同様の機能性が別の構成部品によって提供される。例えば、デジタルカメラは、より複雑な焦点面配列の代わりに、比較的シンプルな全自動デジタルカメラ（この場合、シャッタ18は比較的シンプルな可動ブレード・シャッタである）などであってよい。本発明は、カメラ以外の装置、例えば携帯電話機および自動車内に含まれる撮像構成部品において実施することもできる。

【0022】

画像センサ20からのアナログ信号は、アナログ信号プロセッサ22によって処理され、そしてアナログ・デジタル（A / D）変換器24に印加される。タイミング発生器26は、種々のクロック信号を生成することにより、行および画素を選択し、そしてアナログ信号プロセッサ22およびA / D変換器24の動作を同期する。画像センサ段28は、画像センサ20、アナログ信号プロセッサ22、A / D変換器24、およびタイミング発生器26を含む。画像センサ段28の構成部品は、別個に製作された集積回路であるか、或いはこれらは、C M O S画像センサとともに一般に製作されるように、单一集積回路として製作される。結果として生じる、A / D変換器24からのデジタル画素値流は、デジタル信号プロセッサ（D S P）36と連携するメモリ32内に記憶される。

【0023】

デジタル信号プロセッサ36は、システム・コントローラ50および露出コントローラ40に加えられた、この態様では3つのプロセッサまたはコントローラのうちの1つである。複数のコントローラおよびプロセッサの中のカメラ機能コントロールのこのような分割は典型的であるが、これらのコントローラまたはプロセッサは、カメラの機能動作および本発明の用途に影響を及ぼすことなしに、種々の方法で組み合わされる。これらのコントローラおよびプロセッサは、1つまたは2つ以上のデジタル信号プロセッサ装置、マイ

クロコントローラ、プログラミング可能な論理装置、またはその他のデジタル論理回路を含むことができる。このようなコントローラまたはプロセッサの組み合わせについて説明してきたが、1つのコントローラまたはプロセッサが、所要の機能の全てを実施するよう指定されてもよいことは明らかである。これらの変化形の全ては同じ機能を実施することができ、本発明の範囲に含まれ、そして「処理段」という用語は、例えば図1の処理段38におけるように、1つの語句の中にこの機能性の全てを含むために必要に応じて使用されることになる。

【0024】

図示の態様の場合、DSP36は、プログラム・メモリ54内に永久記憶されて画像キャプチャリング中の実行のためにそのメモリ32に複写されたソフトウェア・プログラムに従って、メモリ32内のデジタル画像データを操作する。DSP36は、図18に示された画像処理を実施するために必要なソフトウェアを実行する。メモリ32は、任意のタイプのランダム・アクセス・メモリ、例えばSDRAMを含む。アドレスおよびデータ信号のための経路を含むバス30は、DSP36をその関連メモリ32、A/D変換器24、およびその他の関連装置に接続する。

10

【0025】

システム・コントローラ50は、フラッシュEEPROMまたはその他の不揮発性メモリを含むことができるプログラム・メモリ54内に記憶されたソフトウェア・プログラムに基づいて、カメラの動作全体を制御する。このメモリは、画像センサ較正データ、ユーザー設定選択、およびカメラがオフにされたときに保存しなければならない他のデータを記憶するために使用することもできる。前記のようなレンズ12、NDフィルタ13、アイリス14、およびシャッタ18を操作するように露出コントローラ40を導き、画像センサ20および関連要素を操作するようにタイミング発生器26を導き、そしてキャプチャリングされた画像データを処理するようにDSP36を導くことにより、システム・コントローラ50は、画像キャプチャのシーケンスを制御する。画像がキャプチャリングされ処理された後、メモリ32内に記憶された最終画像ファイルは、インターフェイス57を介してホスト・コンピュータに転送され、取り外し可能なメモリカード64またはその他の記憶装置上に記憶され、そして画像ディスプレイ88上でユーザーのために表示される。

20

【0026】

システム・コントローラ・バス52は、アドレス、データ、および制御信号のための経路を含み、システム・コントローラ50を、DSP36、プログラム・メモリ54、システム・メモリ56、ホスト・インターフェイス57、メモリカード・インターフェイス60、およびその他の関連装置に接続する。ホスト・インターフェイス57は、表示、記憶、操作、または印刷のために画像データを転送する際の、パーソナル・コンピュータ(PC)またはその他のホスト・コンピュータへの高速接続を提供する。このインターフェイスはIEEE1394またはUSB2.0シリアル・インターフェイスまたは任意のその他の好適なデジタル・インターフェイスである。メモリカード64は典型的には、メモリカード・ソケット62に挿入されメモリカード・インターフェイス60を介してシステム・コントローラ50に接続されたコンパクト・フラッシュ(CF)カードである。利用されるその他のタイプの記憶装置の一例としては、PCカード、マルチメディア・カード(MMC)、またはセキュア・デジタル(SD)カードが挙げられる。

30

【0027】

処理済の画像は、システム・メモリ56内の表示バッファに複写され、そしてビデオ信号を生成するために、ビデオ・エンコーダ80を介して連続して読み取られる。この信号は、外部モニタ上で表示するためにカメラから直接的に出力されるか、または表示コントローラ82によって処理され、そして画像表示88上で提供される。この表示は典型的にはアクティブ・マトリックス・カラー液晶ディスプレイ(LCD)であるが、その他のタイプのディスプレイも使用される。

40

【0028】

50

ビューファインダ表示 70、露出表示 72、状態表示 76、画像表示 88、およびユーザー入力 74 の全てまたは任意の組み合わせを含むユーザ・インターフェイス 68 は、露出コントローラ 40 およびシステム・コントローラ 50 上で実行されるソフト・プログラムの組み合わせによって制御される。ユーザー入力 74 は典型的には、ボタン、ロッカースイッチ、ジョイスティック、回転ダイアル、またはタッチスクリーンの何らかの組み合わせを含む。露出コントローラ 40 は、光計測、露出モード、オートフォーカス、およびその他の露出機能を操作する。システム・コントローラ 50 は、ディスプレイのうちの 1 つまたは 2 つ以上、例えば画像表示 88 上に提供されるグラフィカル・ユーザ・インターフェイス (G U I) を管理する。G U I は典型的には、種々のオプション選択肢を形成するためのメニュー、およびキャプチャリングされた画像を検査するためのレビュー モードを含む。

10

【 0 0 2 9 】

露出コントローラ 40 は、露出モード、レンズ口径、露出時間 (シャッタ・スピード)、および露出指数または I S O スピード等級を選択するユーザー入力を受け入れ、これに応じて、続いてキャプチャを行うようにレンズおよびシャッタを導く。シーンの明るさを測定し、そして I S O スピード等級、レンズ口径、およびシャッタ・スピードを手動で設定するときにユーザーが参照するための露出計機能を提供するために、明るさセンサ 16 が採用される。この場合、ユーザーが 1 つまたは 2 つ以上の設定を変えるのに伴って、ビューファインダ・ディスプレイ 70 上に提供される露出計インジケータは、画像がどの程度露出過剰または露出不足となるかをユーザーに教える。自動露出モードでは、ユーザーは 1 つの設定を変え、そして露出コントローラ 40 は正しい露出を維持するために、別の設定を自動的に変更する。例えば所与の I S O スピード等級の場合、ユーザーがレンズ口径を低減すると、露出コントローラ 40 は、同じ全体的な露出を維持するために自動的に露出時間を長くする。

20

【 0 0 3 0 】

I S O スピード等級は、デジタルスチルカメラの重要な属性である。露出時間、レンズ口径、レンズ透過率、シーン照明のレベルおよびスペクトル分布、およびシーン反射率は、デジタルスチルカメラの露出レベルを決定する。デジタルスチルカメラからの画像が不十分な露出を用いて得られる場合、電子ゲインまたはデジタルゲインを増大させることにより、適正なトーン再現を一般に維持することはできるが、しかし、画像は、許容できない量の雑音を含有することになる。露出が増大するのに伴って、ゲインは減少し、従って、画像ノイズを通常は許容し得るレベルまで低減することができる。露出が過度に増大すると、明るい画像領域内に結果として生じる信号は、画像センサまたはカメラ信号処理の最大信号レベル容量を超えるおそれがある。このことにより、画像ハイライトがクリッピングされることにより均一な明るい領域を形成することになるか、または画像ハイライトが周囲画像領域内にブルーミングを生じさせことがある。適切な露出を設定する上でユーザーを案内することが重要である。I S O スピード等級は、このようなガイドとして役立つように意図されている。撮影者が容易に理解するようにするために、デジタルスチルカメラのための I S O スピード等級は、写真フィルムカメラのための I S O スピード等級に直接に関連するべきである。例えば、デジタルスチルカメラの I S O スピード等級が I S O 200 である場合、同じ露出時間およびアーチャが、I S O 200 等級のフィルム / プロセス・システムに適しているべきである。

30

【 0 0 3 1 】

I S O スピード等級は、フィルム I S O スピード等級と調和するように意図されている。しかし、電子撮像システムとフィルム・ベースの撮像システムとの間には、正確な等価性を排除する差異がある。デジタルスチルカメラは、可変のゲインを含むことができ、そして画像データがキャプチャリングされた後で、デジタル処理を行うことができ、カメラ露出範囲全体にわたってトーン再現が達成されるのを可能にする。従って、デジタルスチルカメラにとっては、所定の範囲のスピード等級を有することが可能である。この範囲は、I S O スピード・ラチチュードとして定義される。混同を防止するために、単一の値が

40

50

固有 ISO スピード等級として指定されており、これとともに ISO スピード・ラチチュードの上限および下限は、スピード範囲、すなわち、固有 ISO スピード等級とは異なる有効スピード等級を含む範囲を示す。このことを念頭に置いて、固有 ISO スピードは、特定のカメラ出力信号特性をもたらすためにデジタルスチルカメラの焦点面に提供された露出から計算された数値である。固有スピードは普通、通常のシーンに対して所与のカメラ・システムのピーク画質を生成する露出指數値であり、露出指數は、画像センサに提供される露出に対して反比例する数値である。

【 0 0 3 2 】

デジタルカメラの前記説明内容は当業者にはよく知られている。コストを軽減し、特徴を加え、またはカメラの性能を改善するために選択されるこの様態の多くの変更形が可能であることは明らかである。下記説明によって、本発明による画像をキャプチャするためのこのようなカメラの動作を詳細に開示する。この説明はデジタルカメラに関して行うが、カラー画素とパンクロマティック画素とを備えた画像センサを有する任意のタイプの画像キャプチャ装置とともに使用するために本発明が適用されることを言うまでもない。10

【 0 0 3 3 】

図 1において示された画像センサ 20 は典型的には、シリコン基板上に製作された二次元感光性画素アレイを含む。これらの感光性画素は、各画素における入射光を、測定される電気信号に変換する方法を提供する。画像センサ 20 が露光されるのに伴って、自由電子が発生し、そしてこれらは各画素における電子構造内部に捕捉される。所定の時間にわたってこれらの自由電子を捕捉し、次いで捕捉された電子の数を測定するか、または自由電子が発生する速度を測定することによって、各画素における光レベルを測定することができる。前者の事例の場合、電荷結合素子 (C C D) におけるように、蓄積電荷が画素アレイから電荷対電圧測定回路にシフトさせられるか、またはアクティブ画素センサ (A P S または C M O S センサ) におけるように、各画素に近接した領域が電荷対電圧測定回路の要素を含有することができる。20

【 0 0 3 4 】

以下の説明では画像センサに全般的に言及するときにはいつでも、言うまでもなくこれは図 1 の画像センサ 20 を表す。さらに、本明細書中に開示された本発明の画像センサ・アーキテクチャおよび画素パターンの全ての例およびこれらの等価物が、画像センサ 20 に対して使用されることも明らかである。30

【 0 0 3 5 】

画像センサとの関連において、画素 (pixel : “ picture element ” の短縮形) は、不連続な光感知領域、および光感知領域と連携する電荷シフト回路または電荷測定回路を意味する。デジタルカラー画像との関連において、画素という用語は一般に、関連カラー値を有する画像における特定位置を意味する。

【 0 0 3 6 】

カラー画像を生成するために、画像センサ内の画素アレイは典型的には、画素上に配置されたカラーフィルタ・アレイ・パターンを有する。図 2 は、一般に使用される赤、緑、または青カラーフィルタのパターンを示す。この特定のパターンは、米国特許第 3,971,065 号明細書に開示されているように、その発明者 Bryce Bayer にちなんで Bayer カラーフィルタ・アレイ (C F A) として一般に知られている。このパターンは、二次元カラー画素アレイを有する画像センサ内に効果的に使用される。結果として、各画素は特定のカラー光応答を有している。このカラー光応答は、この場合には赤、緑、または青の光に対して主要感光性を有する。別の有用な種々のカラー光応答は、マゼンタ、イエロー、またはシアンの光に対して主要感光性を有する。それぞれの事例において、特定のカラー光応答は、或る可視スペクトル部分に対しては感光性が高いのに対して、同時に他の可視スペクトル部分に対しては感光性が低い。カラー画素という用語は、カラー光応答を有する画素を意味するものとする。40

【 0 0 3 7 】

センサ内で使用するために選択されるカラー光応答の組は、Bayer CFA に示さ50

れているように3色を有するが、しかし、この組は4色または5色以上を含むこともできる。本明細書中に使用されるように、パンクロマティック光応答は、選択されたカラー光応答の組内に示されるスペクトル感光性よりも広いスペクトル感光性を有する光応答を意味する。パンクロマティック感光性は、可視スペクトル全体にわたって高い感光性を有することができる。パンクロマティック画素という用語は、パンクロマティック光応答を有する画素を意味するものとする。パンクロマティック画素がカラー光応答の組よりも広いスペクトル感光性を有してはいるが、各パンクロマティック画素は、連携するフィルタを有することができる。このようなフィルタはNDフィルタまたはカラーフィルタである。

【0038】

いくつかのカラー画素群を有する電子画像センサは、特定のスペクトル感光性の組、特定のトーンスケール（通常は線形）、およびこのセンサの構成から生じる信号対雑音特性を有するカラー画像をキャプチャする。センサからの生画像データは、観察するのに適した画像を提供するための種々の方法で補正しなければならない。本明細書中に用いるように、補正は、ホワイト・バランシング、センサ原色から所期出力原色への変換のためのカラー処理、トーンスケールおよびガンマ補正、そしてまた空間的処理、例えば補間、雑音低減および鮮鋭化を含む。

【0039】

カラー画素およびパンクロマティック画素のパターンが画像センサ上にある場合、それぞれのこのようなパターンは、基本構成単位として作用する、隣接する画素サブアレイである反復単位を有している。複数部の反復単位を並置することにより、センサ・パターン全体が生成される。複数部の反復単位を並置することは、対角線方向、ならびに水平方向および鉛直方向で行われる。

【0040】

最小反復単位は、これよりも少ない画素を有する他の反復単位がないような反復単位である。例えば、図2のCFAは、図2の画素ブロック100によって示されるような2画素×2画素の最小反復単位を含む。複数部のこの最小反復単位が、画像センサ内の画素アレイ全体を覆うようにタイル張りされる。最小反復単位は、右上コーナーに緑画素を有するように示されているが、しかし、太線を引いた部分を1画素分だけ右側へ、1画素分だけ下方へ、または1画素分だけ対角線方向に右下へ動かすことにより、3つの別の最小反復単位を容易に識別することができる。画素ブロック102が反復単位であるが、これは最小反復単位ではない。なぜならば、画素ブロック100が反復単位であり、画素ブロック100は、画素ブロック102よりも少ない画素を有しているからである。

【0041】

図2のCFAを有する二次元アレイを有する画像センサを使用してキャプチャされた画像は、各画素毎に唯1つのカラー値を有している。フルカラー画像を生成するために、各画素毎に欠損カラーを推測または補間する数多くの技術がある。これらのCFA補間技術が当業者によく知られており、米国特許第5,506,619号、同第5,629,734号、および同第5,652,621号の各明細書を参照されたい。

【0042】

図3は、典型的なカメラ用途における、赤、緑、および青カラーフィルタを有する画素の相対スペクトル感光性を示している。図3のX軸は、光波長をナノメートルで表し、Y軸は効率を表す。図3において、曲線110は、赤外線および紫外線が画像センサに達するのをブロックするのに使用される典型的なフィルタのスペクトル透過特性を表す。このようなフィルタが必要とされるのは、画像センサのために使用されるカラーフィルタが典型的には赤外線をブロックしないからであり、従って画素は、赤外線と、連携するカラーフィルタの通過帯域内にある光とを区別することはできない。曲線110によって示された赤外線ブロック特性は、赤外線が可視線信号を破損するのを防止する。赤、緑、および青フィルタが適用される典型的なシリコンセンサの場合、スペクトル量子効率、すなわち、キャプチャされ測定可能な電気信号に変換された入射光子の比率を、曲線110によって表される赤外線ブロックフィルタのスペクトル透過特性で乗じることにより、赤の曲線

10

20

30

40

50

114、緑の曲線 116、および青の曲線 118 によって表される組み合わせシステム量子効率を生成する。これらの曲線から判るように、各カラー光応答が可視スペクトルの一部だけに対して感光性である。これに対して、カラーフィルタが適用されない（ただし赤外線プロックフィルタ特性を含む）同じシリコンセンサの光応答が、曲線 112 によって示されている。これはパンクロマティック光応答の一例である。カラー光応答曲線 114, 116 および 118 とパンクロマティック光応答曲線 112 とを比較することにより、パンクロマティック光応答が、カラー光応答のいずれよりも、広帯域スペクトル光に対して 3 ~ 4 倍高い感光性を有することが明らかである。

【0043】

図 3 に示されたより高いパンクロマティック感光性は、カラーフィルタを含む画素とカラーフィルタを含まない画素とを混合することにより、画像センサの感光性全体を改善するのを可能にする。しかしながら、カラーフィルタ画素は、パンクロマティック画素よりも著しく低い感光性を有することになる。このような状況において、シーンからの光強度範囲がパンクロマティック画素の全測定範囲に及ぶように適正にパンクロマティック画素を光に当てるとき、カラー画素は著しく露出不足になる。従って、カラーフィルタ画素の感光性を、これらがパンクロマティック画素と概ね同じ感光性を有するように調節することが有利である。カラー画素の感光性は、例えばカラー画素のサイズをパンクロマティック画素に対して増大させることにより、カラー画素の感光性が高められ、これに伴って空間画素が関連して低減される。

【0044】

図 4A は、2 つの群を有する二次元画素アレイを示している。第 1 画素群の画素は、第 2 画素群の画素よりも狭いスペクトル光応答を有する。第 1 画素群は、少なくとも 2 つのカラーフィルタに対応する少なくとも 2 つの異なるスペクトル光応答に関連する個々の画素を含む。これらの 2 つの画素群は、センサの感光性全体を改善するために混合される。本明細書中で明らかになってくるように、第 1 画素群および第 2 画素群の配置は、少なくとも 12 個の画素を含む最小反復単位を有するパターンを画定する。最小反復単位は、異なる照明条件下でキャプチャされたカラー画像の再現を可能にするように配列された第 1 画素群および第 2 画素群を含む。

【0045】

図 4A に示された完全なパターンは、画素アレイ全体をカバーするようにタイル張りされた最小反復ユニットを示している。図 2 と同様に、カラー画素およびパンクロマティック画素のこのような配列全体を記述するために使用される最小反復単位は他にもいくつもあるが、しかしこれらは全て特徴が事実上同等であり、またそれぞれは画素サブアレイであり、このサブアレイの大きさは 8 画素 × 8 画素である。このパターンの重要な特徴は、パンクロマティック画素行とカラー画素行とが交互に成っており、この場合、カラー行の画素が、一緒にグループに入れられた同じカラー光応答を有していることである。同じ光応答を有する画素群は、隣接するパンクロマティック画素のうちのいくつかと一緒に、最小反復単位を構成する 4 つのセルを形成すると考えられ、セルは、最小反復単位よりも少ない画素を有する、隣接する画素サブアレイである。

【0046】

図 4A では太線で描き、そして図 5 ではセル 120, 122, 124 および 126 として示すこれらの 4 つのセルは、それぞれ 4 つの 4 × 4 画素群を取り囲んでおり、符号 120 は左上セルを、符号 122 は右上セルを、符号 124 は左下セルを、そして符号 126 は右下セルを示している。4 つのセルのそれぞれは、8 つのパンクロマティック画素と、同じカラー光応答の 8 つのカラー画素とを含んでいる。セル内のカラー画素を結合することにより、そのセル全体のカラーを表す。従って、図 5 のセル 120 は緑セルであると考えられ、セル 122 は赤セルである、というように考えられる。各セルは同じカラーの少なくとも 2 つの画素を含み、これにより、同じカラーの画素を結合して、カラー画素とパンクロマティック画素との間の感光性の差を克服することが可能になる。

【0047】

10

20

30

40

50

それぞれのセルが同色の 2 つのカラー画素と 2 つのパンクロマティック画素とを含む、4 つの非オーバラップ・セルを有する最小反復単位の場合、最小反復単位が 16 個の画素を含むことは明らかである。それぞれのセルが同色の 2 つのカラー画素と 2 つのパンクロマティック画素とを含む、3 つの非オーバラップ・セルを有する最小反復単位の場合、最小反復単位が 12 個の画素を含むことは明らかである。

【 0 0 4 8 】

本発明によれば、図 4 の最小反復単位は、図 5 に特定したセル構造に照らして考えると、種々異なる照明条件でキャプチャされたカラー画像の再現を可能にするように配列された、高解像度パンクロマティック画像と低解像度 B a y e r パターン・カラー画像との組み合わせを示すことができる。B a y e r パターン画像の個々の要素は、対応セル内のカラー画素の組み合わせを示す。第 1 画素群は、低解像度カラーフィルタ・アレイ画像を画定し、そして第 2 画素群は、高解像度パンクロマティック画像を画定する。図 6 A および図 6 B を参照されたい。図 6 A は、図 4 A に対応する高解像度パンクロマティック画像を表し、図 4 A のパンクロマティック画素 P 、ならびに補間されたパンクロマティック画素 P' の両方を含んでおり、図 6 B は、低解像度 B a y e r パターン・カラー画像を示し、R' 、G' 、および B' は、図 5 に示されたセルのそれぞれに対応して、セル内の結合カラー画素と連携するセル・カラーを表す。

【 0 0 4 9 】

下記論議において、図 4 B ~ D における全てのセルは、図 4 A と同様に太線によって示される。

【 0 0 5 0 】

図 4 A の別の最小反復単位に加えて、パターンの各セルを 90 度回転させることにより、図 4 B に示されているパターンを生成する。これは実質的に同じパターンではあるが、水平方向の代わりに鉛直方向に最高パンクロマティック・サンプリング周波数を配置している。図 4 A を使用するか図 4 B を使用するかの選択は、より高いパンクロマティック空間サンプリングをそれぞれ水平方向または鉛直方向に有することが望まれるか否かに応じて行われる。しかしながら、両パターン内の最小反復単位を構成する、結果として生じるセルが、両パターンに対して同じ低解像度カラー画像を生成することは明らかである。従って図 4 A および図 4 B は、色の観点からは等価である。一般に、図 4 A および図 4 B は、パンクロマティック画素が行または列において線形に配列された状態で、本発明を実施する例である。さらに、図 4 A は、単独のパンクロマティック画素行を有していて、それぞれの行がカラー画素行によって隣接パンクロマティック画素行から分離されており、図 4 B は、列方向に同じ特性を有している。

【 0 0 5 1 】

図 4 C は、図 4 A とはさらに別の最小反復単位であって、図 4 A と事実上同じセル・カラー特性を有するものを示している。しかし図 4 C は、セル毎に互い違いに配置されたパンクロマティック行とカラー行とを示す。これは、鉛直方向のパンクロマティック解像度を改善することができる。図 4 A とはさらに別の最小反復単位が図 4 D に示されており、ここでは、パンクロマティック行とカラー行とは列の対を単位として互い違いに配置されている。これも、鉛直方向のパンクロマティック分解法を改善することができる。図 4 A ~ D の最小反復単位の全ての特徴は、2 つまたは 3 つ以上の同じカラー画素から成る群が、行または列を成して並置されていることである。

【 0 0 5 2 】

図 4 A ~ D は全て、低解像度 B a y e r パターンを表す最小反復単位を構成するセルを有する同じカラー構造を有している。これにより明らかなように、パンクロマティック画素と、グループ化されたカラー画素との種々の配列が、本発明の思想の範囲内で構成される。

【 0 0 5 3 】

パンクロマティック感光性とカラー感光性との間の差異を克服するようにカラー感光性を高めるために、各セル内部のカラー画素は種々の方法で結合される。例えば、同色画素

10

20

30

40

50

からの電荷が、 C C D 画像センサ内、またはビニングを可能にするタイプのアクティブ画素センサ内で結合またはビニングされる。或いは、同色画素内の測定電荷量に対応する電圧が、例えばこれらの電圧まで荷電されたキャパシタを並列接続することにより平均される。さらに別のアプローチでは、同色画素における光レベルのデジタル表示が合計または平均される。2つの画素からの電荷を結合またはビニングは信号レベルを2倍にするのに対し、結合された信号をサンプリングして読み取ることに伴う雑音は同じままであり、これにより、信号対雑音比を2倍だけ増大させ、これに相応して、結合画素の感光性を2倍だけ増大させる。2つの画素からの光レベルのデジタル表示を合計する場合、結果として生じる信号は2倍だけ増大するが、しかし、2つの画素を読み出すことから生じる対応雑音レベルは二乗的に組み合わされ、これにより雑音を2の平方根だけ増大させる。結合画素の結果として生じた信号対雑音比はこれにより、未結合信号を2の平方根だけ上回る。同様の分析が電圧またはデジタル平均にも当てはまる。

【 0 0 5 4 】

本発明の説明に際して、用語「結合」とは、複数の画素からの信号を使用して1つの出力画素を生成するための任意のメカニズムを意味する。例えば、両画素はセンサから読み取ることができ、そして信号レベルのデジタル表示は、デジタルで合計または平均される。別の例は、ビニングを可能にする C C D 画像センサ内でビニングを用いることである。ビニングは、電荷を電圧に変化する前に、複数の画素から電荷を結合して1つの電荷パケットにする、 C C D 画像センサに特有の技術である。第3の例において、測定電荷量に対応する電荷は、例えばこれらの電圧まで荷電されたキャパシタを並列接続することにより平均される。

【 0 0 5 5 】

セル内部の同色画素からの信号を結合するための前述のアプローチは、単独または組み合わせで用いられる。例えば、図4 A の同色画素2つ一組からの電荷を鉛直方向に結合することにより、図7 A に示す結合信号 R' 、 G' および B' を有する結合画素が生成される。この事例において、各 R' 、 G' および B' は、未結合画素の2倍の感光性を有する。或いは、図4 A の同色画素4つ一組からの測定値（電圧またはデジタル）を水平方向に結合することにより、図7 B に示す結合信号 R' 、 G' および B' を有する結合画素が生成される。この事例において、信号は4倍だけ増大するが、しかし雑音は2倍だけ増大するので、各 R' 、 G' および B' は、未結合画素の2倍の感光性を有する。別の結合スキームにおいて、図7 A におけるように同色画素2つ一組からの電荷を鉛直方向に結合し、そして図7 A の結合画素4つ一組の測定値を水平方向に合計または平均することにより、図7 C の最終結合カラー画素を生成する。この場合、 R'' 、 G'' 、および B'' は、同色画素の最終的な結合を表す。この結合配列において、図7 C の最終結合カラー画素はそれぞれ、未結合画素の4倍の感光性を有する。いくつかのセンサ・アーキテクチャ、特に或る種の C C D 装置が、各セル内部の8つ全ての同色画素からの電荷が図7 C のように結合されるのを可能にし、結合カラー画素の感光性を8倍だけ増大させることになる。

【 0 0 5 6 】

上記のことから明らかになるように、カラー画素の感光性を調節する目的でカラー画素を結合する際に、いくつかの自由度がある。よく知られた結合スキームはそれ自体当業者に明らかであり、シーンの内容、シーンの光源、光レベル全体、または他の基準に基づいている。さらに、結合スキームは、結合画素がパンクロマティック画素よりも低いまたは高い感光性を有するのを意図的に可能にするように選択される。

【 0 0 5 7 】

ここまで、赤および青の画素毎に2つの緑画素があるように赤、緑、および青フィルタを採用するものとして、画像センサを説明してきた。本発明はまた、図8 A に示されているような等しい比率の赤、緑、および青フィルタで実施される。図8 A の最小反復単位は、いくつかの種々異なる方法でセンサ・アレイをタイル張りするために使用することができ、これらの方法のいくつかが、図8 B ~ D に示されている。言うまでもなく、これらのパターンの幾何学的に類似の変形、例えば図8 A の最小反復単位を使用することができ

10

20

30

40

50

る。図 8 E は、図 8 A の最小反復単位の回転させた形を示している。

【 0 0 5 8 】

本発明はまた、4つ以上のカラー光応答を有する画素と一緒に利用することができる。図 9 A は、パンクロマティック画素に加えて4つの色を使用する、図 8 A の最小反復の変更形を示す。図 9 B ~ C は、これらのパターンの両方の追加の変更形を示しており、ここでは、單一行のパンクロマティック画素の代わりに二重行のパンクロマティック画素が配置されている。これらのパターンの全ては、同じカラーの複数の画素を有していない。このような事実、およびこののようなパターンを使用する好ましい方法は後で論じる。

【 0 0 5 9 】

1つの赤画素、2つの緑画素、および1つの青画素を含有する別の最小反復単位が、図 10 A に示されている。このパターンを使用するタイル張りの一例が、図 10 B に示されている。10

【 0 0 6 0 】

シアン、マゼンタ、イエローのセンサを採用する画像センサが当業者に知られており、本発明はシアン、マゼンタ、およびイエローのカラーフィルタを用いて実施される。図 10 C は、図 10 A のシアン、マゼンタ、およびイエロー等価物を示し、この場合、C はシアン画素、M はマゼンタ画素、そして Y はイエロー画素を表す。

【 0 0 6 1 】

図 10 D は、シアン画素 (C で示される)、マゼンタ画素 (M で示される)、イエロー画素 (Y で示される)、緑画素 (G で示される) を含む、本発明の最小反復単位を示す。20 図 10 E は、赤画素 (R で示される)、青画素 (B で示される)、1つのカラー光応答を有する緑画素 (G で示される)、および、別のカラー光応答を有する別の緑画素 (E で示される) を含むさらに別の四色配列を示している。図 10 F は、さらに別の四色配列を示しており、ここでは、図 10 A の緑セルのうちの1つの代わりにはイエローセルが使用されており、イエロー画素は Y によって表される。

【 0 0 6 2 】

図 11 A は、図 10 A のパターンの変更形を示しており、ここでは各行のパンクロマティック画素の代わりに二重行のパンクロマティック画素が使用される。図 11 B に示されている追加の例は、図 10 E のパターンに適用されたものと同じ変更形である。

【 0 0 6 3 】

本発明は、方形アレイ以外の画素アレイを用いても実施される。図 12 A は、図 8 A のパターンの変更形を示しており、ここでは画素は八角形であり、対角線方向の行上に配列されている。画素の幾何形状は八角形なので、水平方向および鉛直方向の隣接部分間には、小さな正方形の空間が位置しており、これらの空間は所要のセンサ機能、例えばデータ転送回路のために使用することができる。図 12 B は、図 12 A の最小反復単位を使用するタイル張りパターンの一例を示す。図 12 B では、パンクロマティック画素は、事実上対角線方向の行を成すように現れる。同様にカラー画素も、対角線方向に配向された行を成すように現れる。

【 0 0 6 4 】

図 13 A は、図 8 A のパターンの別の変更形を示しており、ここでは画素は六角形であり鉛直方向に配列されている。図 13 B は、図 13 A の最小反復単位を使用するタイル張りパターンの一例を示す。図 13 B では、パンクロマティック画素は列を成すように現れる。同様にカラー画素も列を成すように現れる。40

【 0 0 6 5 】

図 14 は、カラー画素よりも少ないパンクロマティック画素を使用する別の最小反復単位を示しており、ここでは、画素は六角形状に充填されており、パンクロマティック画素は、事実上対角線方向の行を成すように現れる。また図 14 では、カラー画素も、対角線方向に配向された行を成すように現れる。図 15 は、図 13 A のパターンの別の変更形を示している。本発明の範囲内で、画素の行および列は、図 12 A ~ 15 に示されているように、必ずしも互いに直角でなくてもよいことに留意すべきである。50

【0066】

ここで図16に目を転じると、図5の最小反復単位が4つのセルにさらに分割された状態で示されており、セルは、最小反復単位よりも少ない画素を有する、隣接する画素サブアレイである。下記処理を提供するために必要となるソフトウェアは、図1のDSP36に含まれている。セル220、224、226、および228は、セルの一例であり、これらのセルは、それぞれ緑、赤、青、および緑の光応答を有する画素を含有する。このような例において、セル220は、パンクロマティック画素と緑画素とを含有し、緑画素は、画素群222として識別される。最終的な目標は、画素群222内の緑画素からの8つの緑信号を結合することにより、セル220に対する単一の緑信号を生成することである。画像センサの動作様式に応じて、8つ全ての信号のアナログ領域を結合する（例えば電荷ビニングによる）ことにより、単一の緑信号が生成されるか、或いは、画素群222から取られたより小さな画素群を結合することにより、複数の緑信号が生成される。セル220のパンクロマティック画素が図17Aに示されている。下記例において、これらのパンクロマティック画素からの8つ全ての信号が、個々にデジタル化される。セル220の緑画素が、図17B～17Eに示されており、これらの画素は、それらの信号がアナログ領域でどのように結合されるかに応じて、一緒にグループに入れられる。図17Bは、8つ全ての緑画素を結合することによりセル220（図16）に対して単一の緑信号を生成する事例を示している。センサは、例えば図17Cに示されているように、先ず画素G21, G22, G23, およびG24からの信号を結合し、次いで画素G41, G42, G43, およびG44からの信号を結合することにより、2つの緑信号を生成することができる。2つの信号は他の方法でも生成される。センサは、図17Dに示されているように、先ず画素G21, G22, G41, およびG42からの信号を結合し、次いで画素G23, G24, G43, およびG44からの信号を結合することができる。センサは、4対の信号を結合することにより、例えば図17Eに示されているように、先ず画素G21とG22とを結合し、次いでG23とG24とを結合し、次いで画素G41とG42とを結合し、そして最後にG43とG44とを結合することにより、セル220に対して4つの緑信号を生成することもできる。セル220（図16）内部の緑信号対を結合する数多くの異なる方法があることが明らかである。センサが全く結合を行わない場合には、8つ全ての信号がセル220に対して個別に報告される。こうして、セル220の場合、センサは、セル220に対して1つ、2つ、4つ、または8つの緑値を生成することができ、そして、その動作様式に応じて種々異なる方法で、これらの値を生成することができる。

【0067】

セル224, 226および228（図16）に対して、同様のカラー信号が、センサによってその動作様式に応じて生成される。セル224, 226および228に対するカラー信号はそれぞれ、赤、青、および緑である。

【0068】

セル220の事例に戻ると、いくつの信号がこのセルに対してデジタル化されるかには無関係に、本発明の画像処理アルゴリズムはさらに、デジタル化緑値を結合することにより、セルに対して単一の緑値を生成する。単一の緑値が得られる1つの方法は、セル220に対して生成される全てのデジタル化緑値を平均することである。セルが、異なる光応答のカラー画素を含有する場合には、セル内部に表される各カラー光応答に対して単一の値があるように、セル内部のカラーデータ全てが同様に結合される。

【0069】

生画像データをキャプチャした元のセンサ内の画素に関するカラー画素と、元のセンサ内部のセルに関するカラー画素とを区別することが重要である。カラー画像を生成するために両タイプのカラー値が使用されるが、しかし、その結果生じるカラー画像は、異なる解像度を有している。元のセンサ内の画素と連携する画素値を有する画像を、高解像度画像と呼び、そして、元のセンサ内のセルと連携する画素値を有する画素を、低解像度画像と呼ぶ。

【0070】

10

20

30

40

50

ここで図18に目を転じると、データバス30(図1)からのキャプチャされた生画像データを受信するデジタル信号プロセッサ・ブロック36(図1)が示される。生画像データは、低解像度部分カラー ブロック202および高解像度パンクローム・ブロック204の両方に渡される。画像センサの最小反復単位の一例が既に図5および図16に示されている。セル220(図16)の場合、キャプチャされた生画像データは、図17Aに示されているような個々のパンクロマティック画素によって生成されたパンクロマティック・データを含む。また、セル220(図16)に対して、例えば図17B～Eに示されている結合からの、1つまたは2つ以上の緑(カラー)値も含まれる。

【0071】

低解像度部分カラー ブロック202(図18)において、キャプチャされた生画像データから部分カラー画像が生成される。部分カラー画像は、各画素が少なくとも1つのカラー値を有しており、そして各画素がまた少なくとも1つのカラー値において欠損している、カラー画像である。画像センサの動作様式に応じて、キャプチャされた生画像データは、各セル内部のカラー画素によって生成されるいくつかのカラー値を含有している。低解像度部分カラー ブロック202内部には、これらのカラー値は、セル内部で表される各カラーに対して单一の値に低減される。セル220(図16)に対して、一例として、单一の緑カラー値が生成される。同様に、セル224, 226および228に対しても、单一の赤、青、および緑カラー値がそれぞれ生成される。

【0072】

低解像度部分カラー ブロック202は各セルを同様に処理し、その結果、各セルに対して1つのカラー値アレイをもたらす。結果として生じた画像アレイは元のセンサ内の画素ではなく、セルに基づいているので、この画像アレイは各寸法が、元のキャプチャされた生画像データ・アレイの4分の1である。結果として生じたアレイがセルに基づいており、また各画素が全てのカラー値を有しているのではなくいくつかのカラー値を有しているので、結果として生じた画像は低解像度部分カラー画像である。この時点で、低解像度部分カラー画像はカラー・バランシングされる。

【0073】

ここで高解像度パンクローム・ブロック204を見ると、同じ生画像データが図16に示されているように使用される。但しパンクロマティック値だけが使用されることになる(図17A)。この時のタスクは、パンクロマティック値をまだ有していない画素においてパンクロマティック値を推定することにより、完全の高解像度パンクロマティック画像を補間することである。セル220(図16)の場合、パンクロマティック値は、画素群222内の緑画素(図16)に対して推定しなければならない。欠損パンクロマティック値を推定する1つのシンプルな方法は、鉛直方向に平均することである。このように例えば、我々は、画素22におけるパンクロマティック値を下記のように推定することができる：

【0074】

【数1】

$$P22 = (P12 + P32)/2$$

【0075】

適応的方法を用いることもできる。例えば1つの適応的方法は、3つの勾配値を計算し、そしてこれらの絶対値：

【0076】

10

20

30

40

【数2】

$$\begin{aligned} \text{SCLAS} &= \text{ABS}(P31 - P13) \\ \text{VCLAS} &= \text{ABS}(P32 - P12) \\ \text{BCLAS} &= \text{ABS}(P33 - P11) \end{aligned}$$

【0077】

を、図17Aに示すようなパンクロマティック値を使用して求めることである。同様に3 10つの予測子を計算する。

【0078】

【数3】

$$\begin{aligned} \text{SPRED} &= (P31 + P13)/2 \\ \text{VPRED} &= (P32 + P12)/2 \\ \text{BPRED} &= (P33 + P11)/2 \end{aligned}$$

【0079】

20

最小分類子値に対応する予測子に等しいP22を設定する。同値の場合には、指示された予測子の平均に等しいP22を設定する。パンクロマティック補間は、セル境界とは関係なしに、画像全体を通して続けられる。高解像度パンクローム・ブロック204の処理が行われるときには、その結果生じるデジタル・パンクロマティック画像は、元のキャプチャされた生画像と同じサイズであり、このことは、デジタル・パンクロマティック画像を高解像度パンクロマティック画像にする。

【0080】

低解像度パンクローム・ブロック206は、高解像度パンクローム・ブロック204によって生成された高解像度パンクロマティック画像アレイを受信し、低解像度部分カラー ブロック202によって生成された低解像度部分カラー画像と同じサイズである低解像度パンクロマティック画像アレイを生成する。所与のセル内部で、カラーフィルタを有する画素に対して、推定されたパンクロマティック値を平均することにより、各低解像度パンクロマティック値が得られる。セル220(図16)の場合、画素群222(図16)における緑画素に関して前に推定された高解像度パンクロマティック値をここで一緒に平均することにより、そのセルに対して单一の低解像度パンクロマティック値を生成する。同様に、赤フィルタを有する画素において推定された高解像度パンクロマティック値を使用して、セル224に対して单一の低解像度パンクロマティック値が計算される。このように、各セルは最終的には、单一の低解像度パンクロマティック値になる。

30

【0081】

低解像度色差ブロック208は、低解像度部分カラー ブロック202から低解像度部分カラー画像を、そして低解像度パンクローム・ブロック206から低解像度パンクロマティック・アレイを受信する。次いで、低解像度パンクロマティック画像からのガイダンスによって低解像度部分カラー画像をカラー補間することにより、低解像度中間カラー画像を形成する。後で詳述する色補間アルゴリズムの正確な性質は、元の生画像データをキャプチャするために画素光応答のどのパターンを使用したかに依存する。

40

【0082】

低解像度中間カラー画像が形成された後、これをカラー補正する。低解像度中間カラー画像がカラー補正されたら、低解像度パンクロマティック画像を、低解像度カラー平面のそれぞれから個別に差し引くことにより、色差の低解像度画像を計算する。高解像度色差ブロック210は、低解像度色差ブロック28から低解像度色差画像を受信し、そして双

50

線形補間を用いて低解像度色差画像をアップサンプリングすることにより、元の生画像データのサイズと一致させる。この結果得られるのが、高解像度パンクローム・ブロック 204 によって生成される高解像度パンクロマティック画像と同じサイズの高解像度色差画像である。

【0083】

高解像度最終画像ブロック 212 は、高解像度色差ブロック 210 から高解像度色差画像を、そして高解像度パンクローム・ブロック 204 から高解像度パンクロマティック画像を受信する。次いで、高解像度パンクロマティック画像を高解像度色差平面のそれぞれに加えることにより、高解像度最終カラー画像を形成する。結果として生じた高解像度最終カラー画像を次いでさらに処理することができる。例えばこれを DSP メモリーブロック 32 (図 1) 内に記憶し、次いで鮮鋭化し、そしてメモリーカード・ブロック 64 (図 1) に記憶するために圧縮する。

【0084】

図 4 A ~ D に示されたセンサ・フィルタ・パターンは、低解像度部分カラー ブロック 202 で生成された、結果としての低解像度部分カラー画像が、カラーフィルタのための反復 Baye r パターンを示すように、最小反復単位を有している：

【0085】

【数4】

G R
B G

10

20

【0086】

低解像度部分カラー画像によって与えられる單一カラー値に加えて、いかなるセルも低解像度パンクロマティック画像によって提供されたパンクロマティック値を有している。

【0087】

Baye r パターンが低解像度部分カラー画像内に存在する事例を考えて、低解像度色差ブロック 208 (図 18) 内のカラー補間のタスクについて、さらに詳細にここで説明する。カラー補間は、図 19 A における画素 234 として示されているような、緑値をまだ有していない画素における緑値を補間することで始まる。画素 230, 232, 236 および 238 のような 4 つの隣接画素は全て緑値を有している。中心画素 234 は、パンクロマティック値を有しているが、しかしクエスチョンマークによって示されているように、緑値を有してはいない。

30

【0088】

第 1 工程は、2 つの分類子値、すなわち水平方向に関する第 1 の分類子値と、鉛直方向に関する第 2 の分類子値とを計算することである：

【0089】

【数5】

40

$$\begin{aligned} \text{HCLAS} &= \text{ABS}(P4 - P2) + \text{ABS}(2*P3 - P2 - P4) \\ \text{VCLAS} &= \text{ABS}(P5 - P1) + \text{ABS}(2*P3 - P1 - P5) \end{aligned}$$

【0090】

次いで、2 つの予測子値、すなわち水平方向に関する第 1 の予測子値と、鉛直方向に関する第 2 の予測子値とを計算する：

【0091】

【数6】

$$\begin{aligned} \text{HPRED} &= (G4 + G2)/2 + (2*P3 - P2 - P4)/2 \\ \text{VPRED} &= (G5 + G1)/2 + (2*P3 - P1 - P5)/2 \end{aligned}$$

【0092】

最後に、THRESHを経験的に決定された閾値として、我々は：

【0093】

【数7】

10

```

IF MAX( HCLAS, VCLAS ) < THRESH
    G3    = ( HPRED + VPRED )/2
ELSEIF VCLAS < HCLAS
    G3    = VPRED
ELSE
    G3    = HPRED
END

```

20

【0094】

に従って、欠損値G3を適応的に計算することができる。

【0095】

このように、両分類子が閾値よりも小さい場合には、両予測子値の平均をG3に対して計算する。そうでない場合には、どの分類子HCLASまたはVCLASがより小さいかに応じて、HPREDまたはVPREDを使用する。

【0096】

30

欠損緑値全てが推定されたら、欠損赤値および欠損青値を補間する。図19Bに示すように、画素242は赤値を欠損しているが、しかし2つの水平方向隣接画素、すなわち画素240および244は、それぞれ赤値R2およびR4を有している。3つ全ての画素は緑値を有している。これらの条件下で、画素242に対応する赤値(R3)に関する推定値を下記のように計算する：

【0097】

【数8】

$$R3 = (R4 + R2)/2 + (2*G3 - G2 - G4)/2$$

40

【0098】

欠損青値が、同様の条件下で同様に計算される。この時点では、欠損赤値および欠損青値をいまだに有する画素だけが、鉛直方向補間を必要とする。図19Cに示されているように、画素252は赤値を欠損しているが、しかし2つの鉛直方向隣接画素、すなわち画素250および254は、それぞれ赤値R1およびR5を有している。これらの条件下で、画素252に対応する赤値(R3)に関する推定値を下記のように計算する：

【0099】

【数9】

$$R3 = (R5 + R1)/2 + (2*G3 - G1 - G5)/2$$

【0100】

欠損青値が、同様の条件下で同様に計算される。これにより、低解像度部分カラー画像の補間が完成し、結果として低解像度中間カラー画像が得られる。前述のように、低解像度パンクロマティック画像を、各カラー平面、すなわち今論じている例における赤、緑、および青の平面から差し引くことにより、低解像度色差を今や計算することができる。

10

【0101】

図20に目を転じると、図8Aの4部の最小反復単位を使用したセンサの部分タイル張りが示されている。4つの隣接する最小反復単位310, 312, 314および316はそれぞれ、赤、緑、および青画素を含有している。同じ最小反復単位内部の同色画素に限定して画素の結合を上で論じたが、本発明は、近隣の最小反復単位からの画素を結合することによって実施することもできる。図20に示されているように、赤画素R21およびR41は、鉛直方向に結合された画素対318を構成する。同様に、緑画素G42およびG45も、水平方向に結合された画素対320を構成する。図20に使用されている図8Aのパターンのように、最小反復が比較的小さいときには、隣接最小反復単位からの同色画素を結合することが有用である。画素の結合プロセスに関しては上述した通りであり、このプロセスは図20および図21に示された画像センサ上に用いることができる。

20

【0102】

ここで図21に目を転じると、16個の画素を有する最小反復単位が2部示されている。上側最小反復単位330は2つのセル332および334に小さく分割されている。セル332は、4つのパンクロマティック画素P11, P12, P13およびP14から成る水平方向の行、2つの青画素B21およびB23、ならびに2つの緑画素G22およびG24を含有する。セル334は、4つのパンクロマティック画素P15, P16, P17およびP18から成る水平方向の行、2つの赤画素B25およびB27、ならびに2つの緑画素G26およびG28を含有する。下側最小反復単位336は2つのセル338および340に小さく分割されている。これらのセル338および340は、それぞれセル332および334と同じ画素パターンを含有している。図21に示されているように、青画素B21およびB41は、隣接最小反復単位332および336から取られて鉛直方向で結合された画素対342を構成している。同様に、緑画素G42およびG44も、同じ最小反復単位336から取られて水平方向で結合された画素対344を構成している。

30

【0103】

画素対の結合は有用であるが、本発明は、单一最小反復単位内部、および複数の隣接最小反復単位間の双方における任意の数の画素を結合することを含む。図21に示されているように、緑画素G26, G28, G46およびG48は、4つ1組の画素346を構成し、これらの画素の全ては結合することにより单一のカラー値を生成する。この4つ1組の結合は同時に、画素を水平方向および鉛直方向に結合すること、ならびに单一の最小反復単位内部からの複数の画素、および複数の隣接最小反復単位から取られた画素を結合することを含む。

40

【0104】

例の全ては、同色画素が結合されることを示しているが、しかし、写真スピードが2倍のパンクロマティック値を生成するために、パンクロマティック画素を結合することもできる。加えて、極端に低光量の条件下でカラー情報を提供するために、カラー画素をパンクロマティック画素と結合することもできる。このような結合のためのパターンは、既に示した例と極めて類似している。

【0105】

全てのセンサが、カラー値の反復Baye rパターンを示す低解像度部分カラー画像を

50

生成するわけではない。例えば、図21に示されたセンサ・パターンは、2つの隣接最小反復単位が2対のカラー値を生成することを決める。それぞれの事例において、隣接最小反復単位からのセル対は、画像の低解像度カラー表示のためのカラー値を生成する。セル対332および338は、青値に関して画素B21, B23, B41およびB43を結合することにより、そして緑値に関して画素G22, G24, G42およびG44を結合することにより、青カラー値と緑カラー値とを生成する。同様に、セル対334および340も、赤値に関して画素R25, R27, R45およびR47を結合することにより、そして緑値に関して画素G26, G28, G46およびG48を結合することにより、赤カラー値と緑カラー値とを生成する。隣接最小反復単位からのセル間の画素を結合することにより、センサ全体にわたって反復される。その結果、画像の低解像度表示が生じ、各低解像度画素は緑色値と、赤または青色値とを有している。この時点で、低解像度色差ブロック208(図18)内部のカラー補間タスクは、各画素毎に赤の損失値または青の損失値を推定する。図19Dを参照すると、緑値(G3)を有しているが、しかし赤値(R3)を有してはしない画素264が示されている。4つの隣接画素260, 262, 266および268は緑値と赤値とを有している。画素264(図19D)に対して赤値を補間する方法は、画素234(図19A)に対して緑値を補間するために用いられる方法と同様である。10

【0106】

第1工程は、2つの分類子値、すなわち水平方向に関する第1の分類子値と、鉛直方向に関する第2の分類子値とを計算することである：20

【0107】

【数10】

$$\begin{aligned} \text{HCLAS} &= \text{ABS}(G4 - G2) + \text{ABS}(2*G3 - G2 - G4) \\ \text{VCLAS} &= \text{ABS}(G5 - G1) + \text{ABS}(2*G3 - G1 - G5) \end{aligned}$$

【0108】

次いで、2つの予測子値、すなわち水平方向に関する第1の予測子値と、鉛直方向に関する第2の予測子値とを計算する：30

【0109】

【数11】

$$\begin{aligned} \text{HPRED} &= (R4 + R2)/2 + (2*G3 - G2 - G4)/2 \\ \text{VPRED} &= (R5 + R1)/2 + (2*G3 - G1 - G5)/2 \end{aligned}$$

【0110】

最後に、THRESHを経験的に決定された閾値として、

【0111】

10

20

30

40

【数12】

```

IF MAX( HCLAS, VCLAS ) < THRESH
    R3      = ( HPRED + VPRED )/2
ELSEIF VCLAS < HCLAS
    R3      = VPRED
ELSE
    R3      = HPRED
END

```

10

【0112】

に従って、欠損値 R 3 を適応的に計算することができる。

【0113】

このように、両分類子が閾値よりも小さい場合には、両予測子値の平均を R 3 に対して計算する。そうでない場合には、どの分類子 H C L A S または V C L A S がより小さいかに応じて、 H P R E D または V P R E D を使用する。

【0114】

20

欠損青値は、赤の代わりに青を使用して全く同様に補間される。完了したら、低解像度中間カラー画像が生成されている。そこから、低解像度色差が前記のように形成される。

【0115】

画像キャプチャ装置はしばしば、低解像度画像を提供するための要件を有する。低解像度画像に関する画像センサ上の画素を、第1の画素の二次元アレイと呼ぶことにする。この第1の画素の二次元アレイは、センサ上のアクティブ画素全体であってよく、或いは、アレイは、より小さなセンサ領域から形成することである。いずれの場合にも、第1の画素の二次元アレイ内の画素は、画素センサ上の実際の画素に対応する。

【0116】

30

画像キャプチャ装置からの低解像度画像はしばしば、最大センサ解像度のわずかな割合、例えば最大解像度の 1 / 2 ~ 1 / 10 にすぎない。低解像度画像のための 1 つの一般的な用途は、分析のため、およびシーンのプレビューのために画像ストリームまたは画像シーケンスを提供することである。例えば、これらの低解像度画像から成る画像ストリームは、カメラの背面または電子ビューファインダ内に表示することができる。この種類のプレビュー・ストリームは、2 つの重要な特性を有している。すなわち、画像は最大解像度未満であり、そして処理は、標準的なビデオ・フレーム・レート、例えば 1 秒当たり 30 フレームのレートで画像を供給しなければならない。このような要件の別の例は、これらの低解像度画像から成る画像ストリームであるビデオの作成である。

【0117】

40

複数の画素からの信号を結合するいくつかの方法は、低解像度画像を生成するために用いることができるが、ほとんどの結合技術は、結合されるべき画像のサンプリングおよび変換を必要とするので、これらの技術は画素読み取り速度全体を低減することはない。ビニングよりも一般的な動作を意味するように、結合という用語をここでは用いる。この結合という用語は、画素を結合するための 1 つの特定の方法としてビニングを含む。複数の画素からの電荷を結合することにより、低解像度画像内のアライアシングも低減される。それというのも、より多くの空間的サンプルが、ビニングされた各画素内に含まれるからである。アナログ結合という用語は、結合信号をアナログ形態からデジタル形態へ変換する前に、複数の画素からの信号を結合する任意のアプローチを意味する。この一例はビニング（電荷領域内の信号の結合）である。

【0118】

50

第1の画素の二次元アレイ内の複数の画素からの信号をアナログ結合することにより生成された画素を、複合画素と呼ぶ。

【0119】

この二次元画素アレイから低解像度画像を生成する上で、1つの方法は、最大解像度画素を単純にサブサンプリングすることである。例えば、図10Bを参照すると、我々は各カラー画素行上で第3画素毎に選択することができる。このことは、Bayerパターンを有するカラー画像を生成する。このカラー画像は、Bayerパターン・センサとともに働くように構成されたハードウェアを使用して補正を行うのに好都合である。このような画像は複合画素を含んでいない。

【0120】

このアプローチは、相当な画質の問題を有している。すなわちこのアプローチはアライアシングを極めて被りやすく、個々の画素内の信号レベルに限定される。複数の画素からの信号を、例えばビニングによって結合することにより、信号対雑音比が改善され、アライアシングの傾向が軽減される。

【0121】

読み出し前の画素信号のアナログ結合は、3つの必要性に取り組む。1つの必要性は、ビデオ・フレーム・レートに達するようにデータを低減することであり、第2の必要性は、写真スピードを高くすることであり、そして第3の必要性は、最大解像度画像のより良好なサンプリングを達成すること、例えばアライアシング・アーチファクトを低減することである。しかしながら、CFAデータに均一な間隔を設けるという第4の必要性もある。ビデオ処理のためのハードウェアは、規則的な間隔を置いた入力データのために最適化される。規則的ではない間隔を置いたCFA画像データがその代わりに使用されるならば、補正画像内でアーチファクトが生成される。

【0122】

第1の画素の二次元アレイから導出された低解像度画像を生成するために少なくともいくつかの複合画素を使用するとき、その結果として生じる画像を、第2の画素の二次元アレイと呼ぶ。この第2アレイにおける画素は、規則的な間隔を有さないいくつかの画素を含むことがある。この問題を解決するためには、第2の画素の二次元アレイを使用することにより、均一な間隔を有する、種々異なる画素位置に対応する画素を計算する。その結果生じる画像を、第3の画素の二次元アレイと呼ぶことにする。

【0123】

図22A～Cは、2つの群を有する二次元画素アレイを示す。第1画素群に由来する画素はカラー画素であり、そして第2画素群に由来する画素よりも狭いスペクトル光応答を有する。第1画素群は、少なくとも2つのカラーフィルタに対応する少なくとも2つの異なるスペクトル光応答に関連する個々の画素を含む。これらの2つの画素群を混合することにより、センサの感光性全体を改善する。

【0124】

図22を参照すると、CFAパターンを有する第1の画素の二次元アレイの一部が、パンクロマティック画素行とカラー画素行とを交互に含有している状態が示されている。Pはパンクロマティック画素を表し、そしてR, GおよびBはそれぞれ赤、緑、および青画素を表す。一般に、このパターンは下記最小反復単位：

【0125】

10

20

30

40

【数13】

P	P
A	B
P	P
B	C

【0126】

10

を有しており、ここで、Pは第2群の画素を表し、Aは第1群の画素の第1の色の画素を表し、Bは第1群の画素の第2の色の画素を表し、そしてCは第1群の画素の第3の色の画素を表す。例えば、一般的な最小反復単位内の第2カラーの画素Bは、図22Aにおける緑画素に対応するが、他のカラーの組も本発明とともに使用される。

【0127】

20

図22Aでは、カラー画素対が、カラー値のアナログ結合が行われることを示す太線によって繋がれて示されている。図22Aにおける画素は、第1の画素の二次元アレイの一部である。結果として生じる複合画素が図22Bに示されており、ここではこれらの複合画素は、関与画素の平均位置に従って配置されている。例えば、第2行では、値G11は、図22Aで第2行および列1および3に示された2つの関与緑画素の平均位置である第2列に示されている。同様に、図22Bの列3におけるカラー値R12は、図22Aの列2および4に示された2つの赤カラー値を結合する結果である。図22Bにおける画素は、第2の画素の二次元アレイの一部である。

【0128】

しかし、これらの複合画素の間隔はまだ理想的ではない。なぜならば、水平方向の複合画素間の距離が等しくないからである。図22Bのカラー値に付けられた小さな円は、カラー値の好ましい位置を示す。シフトされた有効位置を有する新しいカラー値は、例えば：

【0129】

【数14】

30

$$R12' = (7*R12 + R14)/8$$

および

$$G13' = (G11 + 7*G13)/8$$

【0130】

のように計算することができる。結果として生じるカラー値R12'およびG13'は、図22Cにおいて、適正な位置に他のものと一緒に示されている。なお、R12'に関する等式は、カラー値を右へどのようにシフトさせるかを示しており、またR13'に関する等式は、カラー値を左へどのようにシフトさせるかを示している。これらと同じ等式が、残りの青および緑カラー値を計算するために使用することができる。図22Cに示されている画素は、可視画像に対する補正に適した第3の画素の二次元アレイ部分である。

40

【0131】

図22Cにおける各画素は、同じカラーの3つの最大解像度画素に基づいている。これは、各複合画素が顕著に改善された信号対雑音比を有するという利点を有する。なお、結合画素の画像内のカラーのパターンは、標準的な処理によってさらに補正するのに好都合なBaye'rパターンである。

【0132】

50

図22A～Cにおいて説明されたアナログ結合は、周囲照明レベル範囲、大抵は、良好な信号対雑音比を達成するために必要とされるゲインが比較的少ない高周囲照明レベルに適している。

【0133】

周囲照明レベルがより低いときには、信号対雑音比は低下する。こうして、異なる画素を結合することにより、信号対雑音比を高くすることが好ましい。図23Aを参照すると、図示の画素は、第1の画素の二次元アレイの一部である。CFAパターンが示されており、ここでは画素対が、第1二次元アレイ内の画素のアナログ結合が行われることを示す太線によって繋がれている。パンクロマティック画素およびカラー画素の両方が結合されているので、結合カラー値は、センサ内の個々の画素によっては達成されない複合スペクトル応答に対応する。結果として生じた複合画素は図23Bに示されており、ここでは複合画素は、関与画素の平均位置に従って配置されている。例えば、第2列では、値G11は、図23Aの左上コーナーに示された2つの関与画素、すなわち1つのパンクロマティック画素および1つの緑画素の平均位置に示されている。同様に、図23Bの列3におけるカラー値R12は、図23Aの列3に示された、繋がれたパンクロマティック画素と赤画素とを結合する結果である。図23Bにおける複合画素は、第2の画素の二次元アレイの一部である。10

【0134】

複合カラー値の相対間隔は図22Aにおけるパターンに対するものと同じなので、図23Cに示すようなR12'およびG13'を計算するために、同じ等式が適用される。前と同様に、図23Cも、第3の画素の二次元アレイの一部を示している。20

【0135】

周囲照明レベルがより低いときには、さらにより多くの画素を結合することにより、信号対雑音比を高くすることが好ましい。図24Aを参照すると、CFAパターンが示されており、ここでは4つ一組の画素が、これらのカラー値のアナログ結合が行われることを示す太線によって繋がれている。これらの画素のうちのいくつかはパンクロマティック画素であり、またいくつかはカラー画素であるので、結合カラー値は、センサ内の個々の画素によっては達成されない複合スペクトル応答に対応する。前と同様に、図24Aに示されている画素も、第1の画素の二次元アレイの一部である。結果として生じた複合画素は図24Bに示されており、ここでは複合画素は、関与画素の平均位置に従って配置されている。例えば、値G11は、第2列において、図22Aの左上コーナーに示された4つの関与画素、すなわち2つのパンクロマティック画素および2つの緑画素の平均位置に示されている。同様に、図24Bの列3におけるカラー値R12は、図24Aの列2および4に示された、4つの関与画素、すなわち2つのパンクロマティック画素と2つの赤画素とを結合する結果である。図24Bにおける複合画素は、第2の画素の二次元アレイの一部である。30

【0136】

複合カラー値の相対間隔は図22Aにおけるパターンに対するものと同じなので、図24Cに示すようなR12'およびG13'を計算するために、同じ等式が適用される。前と同様に、図24Cも、第3の画素の二次元アレイの一部を示している。40

【0137】

図22A～24Cは、特定の最小反復単位を有するCFAに適用されるものとして本発明を記述している。他の最小反復単位を有するCFAパターンも、本発明で実施される。例えば本発明とともに使用される別の最小反復単位は：

【0138】

【数15】

P	P
A	B
P	P
P	P
B	C
P	P

10

【0139】

であり、ここで、Pは第2群の画素を表し、Aは第1群の画素の第1の色の画素を表し、Bは第1群の画素の第2の色の画素を表し、そしてCは第1群の画素の第3の色の画素を表す。

【0140】

本発明とともに使用される別の最小反復単位は、下記反復単位：

【0141】

【数16】

20

P	A	P	B
P	B	P	C

【0142】

であり、ここで、Pは第2群の画素を表し、Aは第1群の画素の第1の色の画素を表し、Bは第1群の画素の第2の色の画素を表し、そしてCは第1群の画素の第3の色の画素を表す。このパターンは本質的に、図22A～24Cのパターンであるが、しかし行ではなく列を成して配置されている。

30

【0143】

更なる例は、下記反復単位：

【0144】

【数17】

P	A	P	P	B	P
P	B	P	P	C	P

40

【0145】

であり、ここで、Pは第2群の画素を表し、Aは第1群の画素の第1の色の画素を表し、Bは第1群の画素の第2の色の画素を表し、そしてCは第1群の画素の第3の色の画素を表す。

【0146】

図25Aを参照すると、図示の画素は、第1の画素の二次元アレイの一部である。CF Aパターンが示されており、ここでは8つの画素のうちの5つがパンクロマティック画素であり、残りの画素は、赤、緑、および青カラー画素として等しく示されている。いくつかの画素対が、カラー値のアナログ結合が行われることを示す太線によって繋がれている。それぞれの事例において、カラー画素がパンクロマティック画素と結合されている。結

50

果として生じた結合カラー値は図 25 B に示されており、ここでは結合カラー値は、閾与画素の平均位置に従って配置されている。例えば、値 G 12 は第 4 列において、図 25 A の第 4 列に示された 2 つの閾与画素、すなわち 1 つのパンクロマティック画素および 1 つの緑画素の平均位置に示されている。同様に、図 25 B の列 5 におけるカラー値 B 13 は、図 25 A の列 5 に示された、2 つの閾与画素、すなわち 1 つのパンクロマティック画素と 1 つの青画素とを結合する結果である。図 25 B における複合画素は、第 2 の画素の二次元アレイの一部である。

【 0 1 4 7 】

結果として生じるカラー位置は規則的な間隔を有していないので、調節することが好ましい。この場合、赤結合値および青結合値の位置を、図 25 B に示された小さな円まで動かす。緑値は既に適正な位置にあり、動かす必要はない。赤および青のカラー値に対応する、シフトされた有効位置を有する新しいカラー値は、例えば：

【 0 1 4 8 】

【 数 1 8 】

10

$$B13' = (3*B13 + B15)/4$$

および

$$R22' = (R20 + 3*R22)/4$$

20

【 0 1 4 9 】

のように計算することができる。結果として生じるカラー値 B 13' および R 22' は、図 25 C において、適正な位置に他のものと一緒に示されている。これらと同じ等式が、残りの青および緑カラー値を計算するために適用することができる。前と同様に、図 25 C も、第 3 の画素の二次元アレイの一部を示している。

【 0 1 5 0 】

結合画素の画像を補正するときには、図 22 C に示された結合画素を、個々の画素と同様にバランスングし補正することができる。結合画素のスペクトル感光性は、これらの画素を結合することにより効果的に不变のままにされる。図 23 C に示された結合画素は異なる補正を必要とする。なぜならば、パンクロマティック画素とカラー画素とを結合することにより、有効スペクトル感光性が変えられるからである。補正の当業者に明らかに、図 23 C の結合画素は、図 22 C の結合画素よりも一般に飽和度が低い（スペクトル感光性においてより多くのオーバラップを有する）。このように、図 23 C に対応する補正是、図 22 C から生成された画像と類似する補正画像を提供するために、色飽和を増大させなければならないことになる。より多くの画素を結合することにより信号対雑音比がかなり改善されるので、色飽和の増大から生じる雑音増幅は許容範囲にある。色飽和の増大から生じるこのような雑音増幅は、雑音低減、鮮鋭化、およびその他の動作に変化を与えることによって、緩和することができる。これは、周囲照明レベルにも依存する補正の一例である。

30

【 0 1 5 1 】

図 23 C および 24 C における結合画素は、カラー画素の線形結合ではないので、図 23 C および 24 C から得られる補正画像は、図 22 C の結合画素から得られる補正画像に正確に一致することはできない。それでもなお、補正のために何らかの調節を行うことにより、差異を緩和することができる。極めて低い周囲照明レベルで、結合画素の脱飽和、および結合画素の貧弱な信号 / 雑音特性は、カラー画像の供給を望ましくないものにする。例えば、大量の有色雑音を有する画像を供給するよりも、グレースケール画像を供給する方が好ましい。単にパンクロマティック画素を使用することへ切り換えることが、これらの極めて低い信号レベルにおいて効果的であることが、従来技術によって明らかにされ

40

50

ている。

【0152】

好みい態様は、画像を完全に脱饱和し、さらにプロセスにおけるノイズを低減する補正を用いて、グレースケール画像を提供する。図22C, 23Cおよび24Cに示されている例において、結合画素は、カラー画素の結合から、カラー画素とパンクロマティック画素との結合へ切り換えると、色再現が著しく变化する。周囲照明の変化に伴う画像特性の突然の移行は望ましくないので、好みい態様は、色再現におけるこれらの移行を平滑化する。例えば、補正画像は、高い周囲光レベルにおける最大饱和から極めて低い光レベルにおけるグレースケールへ、突然の移行なしに徐々に变化するべきである。このことは典型的には、光レベルにおける補正の急激なシフトを必要とすることになる。この場合、我々は、カラー画素と混合されるパンクロマティック画素の比率を変える。

10

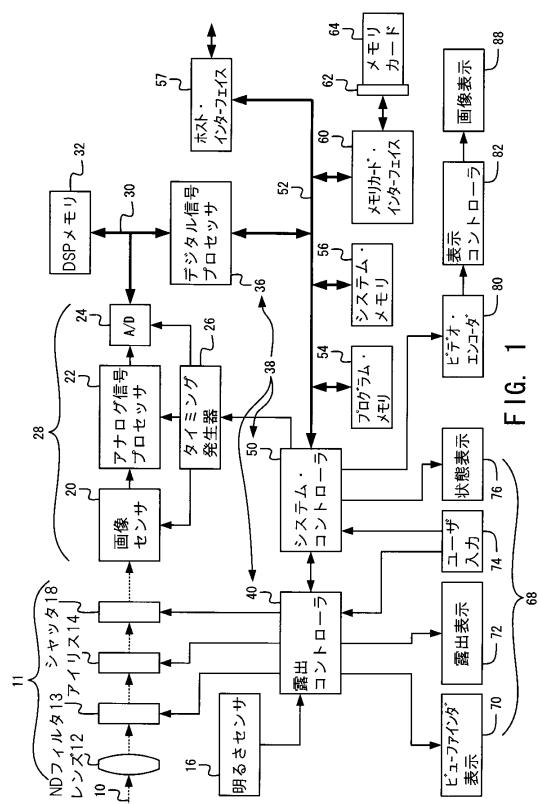
【符号の説明】

【0153】

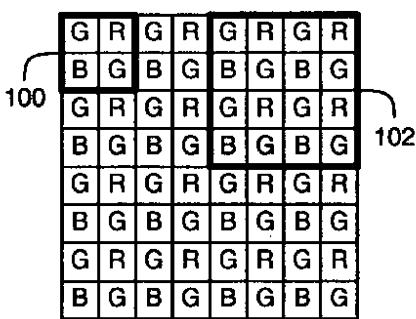
1 0	被写体シーンからの光	
1 1	撮像段	
1 2	レンズ	
1 3	N D フィルタ	
1 4	アイリス	
1 6	明るさセンサ	
1 8	シャッタ	20
2 0	画像センサ	
2 2	アナログ信号プロセッサ	
2 4	アナログ・デジタル(A / D)変換器	
2 6	タイミング発生器	
2 8	画像センサ段	
3 0	デジタル信号プロセッサ(D S P)・バス	
3 2	デジタル信号プロセッサ(D S P)・メモリ	
3 6	デジタル信号プロセッサ(D S P)	
3 8	処理段	
4 0	露出コントローラ	30
5 0	システム・コントローラ	
5 2	システム・コントローラ・バス	
5 4	プログラム・メモリ	
5 6	システム・メモリ	
5 7	ホスト・インターフェイス	
6 0	メモリカード・インターフェイス	
6 2	メモリカード・ソケット	
6 4	メモリカード	
6 8	ユーザー制御・状態インターフェイス	
7 0	ビューファインダ表示	40
7 2	露出表示	
7 4	ユーザー入力	
7 6	状態表示	
8 0	ビデオ・エンコーダ	
8 2	表示コントローラ	
8 8	画像表示	
1 0 0	B a y e r パターンのための最小反復単位	
1 0 2	最小でないB a y e r パターンのための反復単位	
1 1 0	赤外線ブロックフィルタのスペクトル透過曲線	
1 1 2	センサの、フィルタリングされていないスペクトル光応答曲線	50

1 1 4	センサの赤光応答曲線	
1 1 6	センサの緑光応答曲線	
1 1 8	センサの青光応答曲線	
1 2 0	第1の緑セル	
1 2 2	赤セル	
1 2 4	青セル	
1 2 6	第2の緑セル	
2 0 2	低解像度部分カラーブロック	
2 0 4	高解像度パンクローム・ブロック	
2 0 6	低解像度パンクローム・ブロック	10
2 0 8	低解像度色差ブロック	
2 1 0	高解像度色差ブロック	
2 1 2	高解像度最終画像ブロック	
2 2 0	第1の緑セル	
2 2 2	画素群 - 第1の緑セル内の緑画素	
2 2 4	赤セル	
2 2 6	青セル	
2 2 8	第2の緑セル	
2 3 0	欠損緑値を補間するための上側の画素値	
2 3 2	欠損緑値を補間するための左側の画素値	20
2 3 4	欠損緑値を有する画素	
2 3 6	欠損緑値を補間するための右側の画素値	
2 3 8	欠損緑値を補間するための下側の画素値	
2 4 0	欠損赤値を補間するための左側の画素値	
2 4 2	欠損赤値を有する画素	
2 4 4	欠損赤値を補間するための右側の画素値	
2 5 0	欠損赤値を補間するための上側の画素値	
2 5 2	欠損赤値を有する画素	
2 5 4	欠損赤値を補間するための下側の画素値	30
2 5 6	欠損赤値を補間するための上側の画素値	
2 6 2	欠損赤値を補間するための左側の画素値	
2 6 4	欠損赤値を有する画素	
2 6 6	欠損赤値を補間するための右側の画素値	
2 6 8	欠損赤値を補間するための下側の画素値	
3 1 0	左上の最小反復単位	
3 1 2	右上の最小反復単位	
3 1 4	左下の最小反復単位	
3 1 6	右下の最小反復単位	
3 1 8	鉛直方向に隣接する最小反復単位からの赤画素の結合例	
3 2 0	水平方向に隣接する最小反復単位からの緑画素の結合例	40
3 3 0	上側の最小反復単位	
3 3 2	上側の最小反復単位内の左側のセル	
3 3 4	上側の最小反復単位内の右側のセル	
3 3 6	下側の最小反復単位	
3 3 8	下側の最小反復単位内の左側のセル	
3 4 0	下側の最小反復単位内の右側のセル	
3 4 2	鉛直方向に隣接する最小反復単位からの青画素の結合例	
3 4 4	最小反復単位のセル内部の緑画素の結合例	
3 4 6	最小反復単位のセル内部、および鉛直方向に隣接する最小反復単位間双方の緑画素の結合例	50

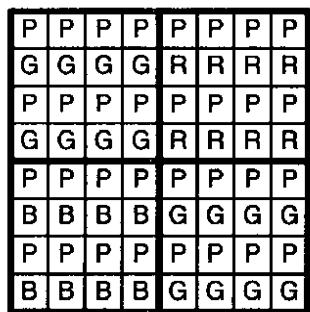
【図1】



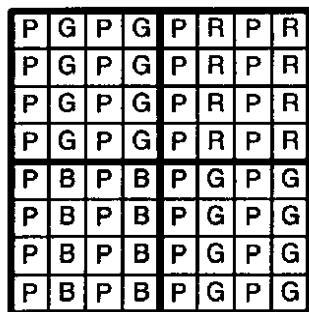
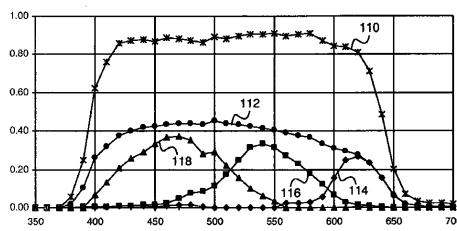
【図2】

**FIG. 2
(PRIOR ART)**

【図4A】

**FIG. 4A**

【図4B】

**FIG. 4B****FIG. 3**

【図4C】

G	G	G	G	P	P	P	P
P	P	P	P	R	R	R	R
G	G	G	G	P	P	P	P
P	P	P	P	R	R	R	R
B	B	B	B	P	P	P	P
P	P	P	P	G	G	G	G
B	B	B	B	P	P	P	P
P	P	P	P	G	G	G	G

FIG. 4C

【図4D】

P	P	G	G	P	P	R	R
G	G	P	P	R	R	P	P
P	P	G	G	P	P	R	R
G	G	P	P	R	R	P	P
P	P	B	B	P	P	G	G
B	B	P	P	G	G	P	P
P	P	B	B	P	P	G	G
B	B	P	P	G	G	P	P

FIG. 4D

【図5】

P	P	P	P	P	P	P	P
G	G	G	G	R	R	R	R
P	P	P	P	P	P	P	P
G	G	G	G	R	R	R	R
P	P	P	P	P	P	P	P
B	B	B	B	G	G	G	G
P	P	P	P	P	P	P	P
B	B	B	B	G	G	G	G

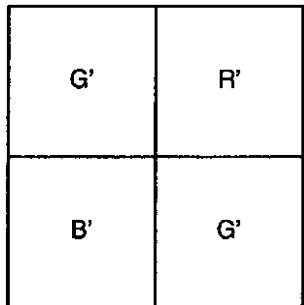
FIG. 5

【図6A】

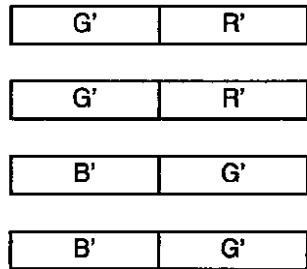
P	P	P	P	P	P	P	P
P'							
P	P	P	P	P	P	P	P
P'							
P	P	P	P	P	P	P	P
P'							
P	P	P	P	P	P	P	P
P'							

FIG. 6A

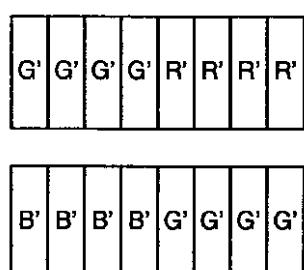
【図 6 B】

**FIG. 6B**

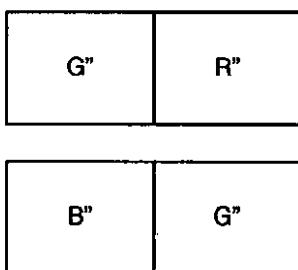
【図 7 B】

**FIG. 7B**

【図 7 A】

**FIG. 7A**

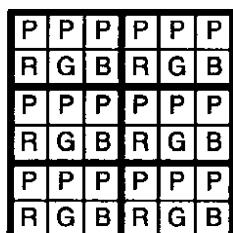
【図 7 C】

**FIG. 7C**

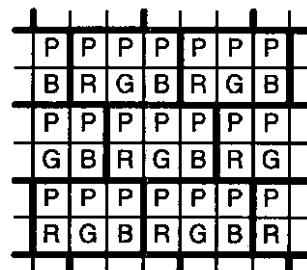
【図 8 A】

**FIG. 8A**

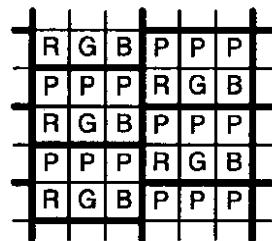
【図 8 B】

**FIG. 8B**

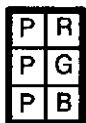
【図 8 C】

**FIG. 8C**

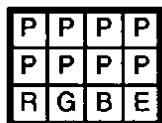
【図 8 D】

**FIG. 8D**

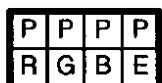
【図 8 E】

**FIG. 8E**

【図 9 C】

**FIG. 9C**

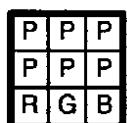
【図 9 A】

**FIG. 9A**

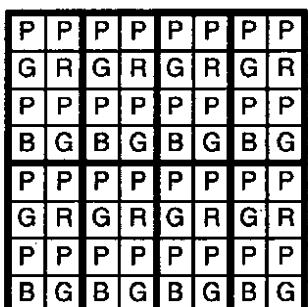
【図 10 A】

**FIG. 10A**

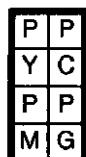
【図 9 B】

**FIG. 9B**

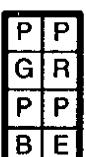
【図 10 B】

**FIG. 10B**

【図 10 D】

**FIG. 10D**

【図 10 C】

**FIG. 10C****FIG. 10E**

【図 10 F】

**FIG. 10F**

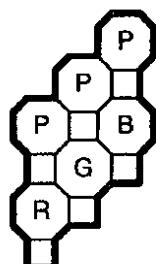
【図 11 B】

**FIG. 11B**

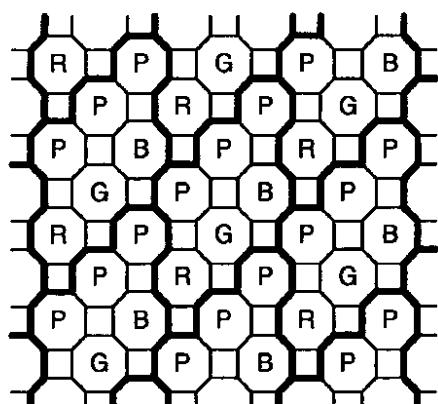
【図 11 A】

**FIG. 11A**

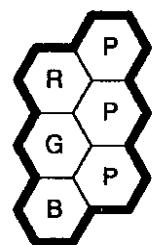
【図 12 A】

**FIG. 12A**

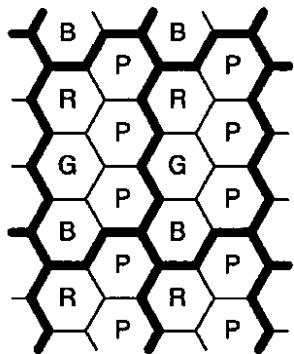
【図 12 B】

**FIG. 12B**

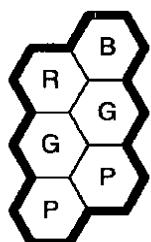
【図 13 A】

**FIG. 13A**

【図13B】

**FIG. 13B**

【図14】

**FIG. 14**

【図17A】

P11	P12	P13	P14
•	•	•	•
P31	P32	P33	P34
•	•	•	•

FIG. 17A

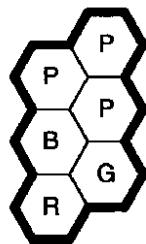
【図17B】

•	•	•	•
G21	G22	G23	G24
•	•	•	•

G41	G42	G43	G44
-----	-----	-----	-----

FIG. 17B

【図15】

**FIG. 15**

【図16】

220	P11	P12	P13	P14	224
222	G21	G22	G23	G24	
P31	P32	P33	P34		
G41	G42	G43	G44		
				R45	R46 R47 R48
226	P51	P52	P53	P154	228
B61	B62	B63	B64		
P71	P72	P73	P74		
B81	B82	B83	B84		
	P55	P56	P57	P58	
G65	G66	G67	G68		
P75	P76	P77	P78		
G85	G86	G87	G88		

FIG. 16

【図17C】

•	•	•	•
G21	G22	G23	G24
•	•	•	•
G41	G42	G43	G44

FIG. 17C

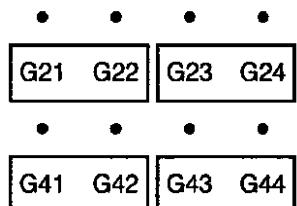
【図17D】

•	•	•	•
G21	G22	G23	G24
•	•	•	•

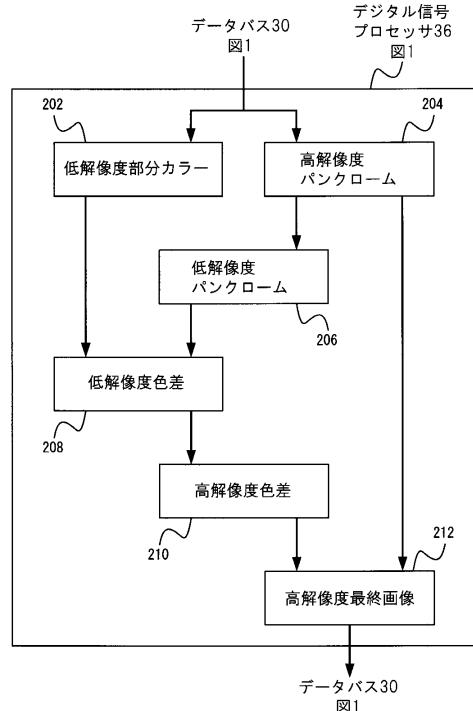
G41	G42	G43	G44
-----	-----	-----	-----

FIG. 17D

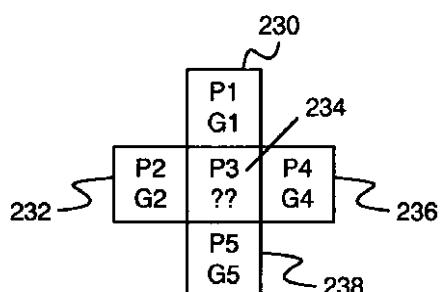
【図 17 E】

**FIG. 17E**

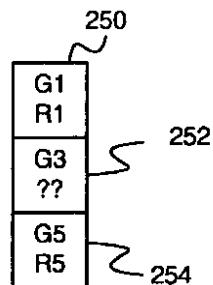
【図 18】

**FIG. 18**

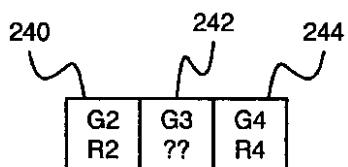
【図 19 A】

**FIG. 19A**

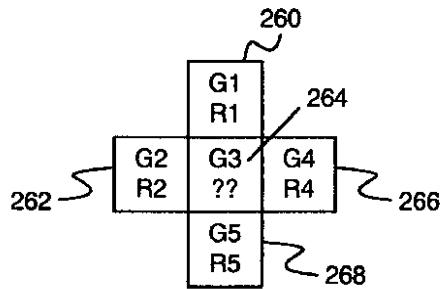
【図 19 C】

**FIG. 19C**

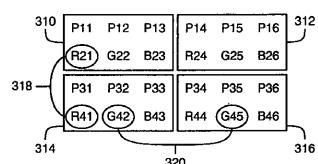
【図 19 B】

**FIG. 19B**

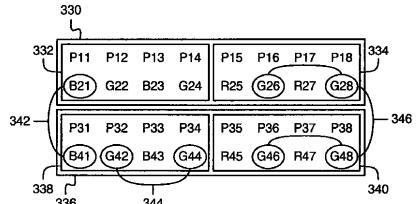
【図 19D】

**FIG. 19D**

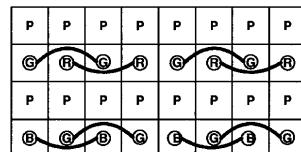
【図 20】

**FIG. 20**

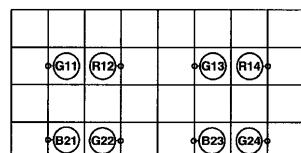
【図 21】

**FIG. 21**

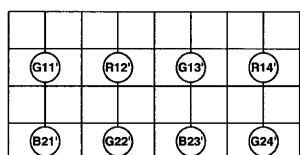
【図 22A】

**FIG. 22A**

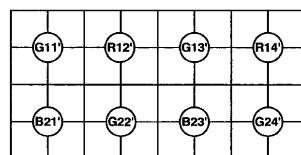
【図 22B】

**FIG. 22B**

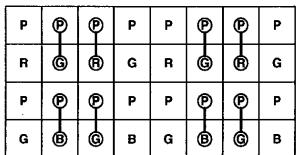
【図 22C】

**FIG. 22C**

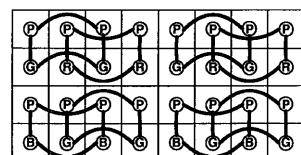
【図 23C】

**FIG. 23C**

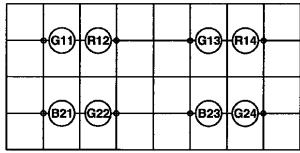
【図 23A】

**FIG. 23A**

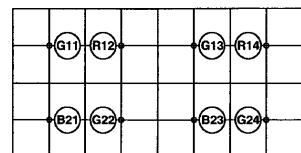
【図 24A】

**FIG. 24A**

【図 23B】

**FIG. 23B**

【図 24B】

**FIG. 24B**

【図 2 4 C】

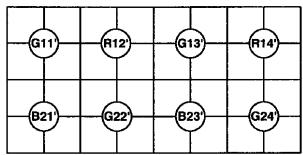


FIG. 24C

【図 2 5 C】

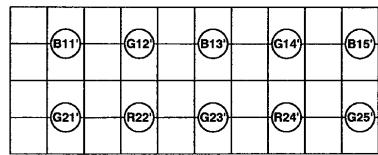


FIG. 25C

【図 2 5 A】

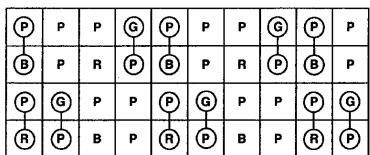


FIG. 25A

【図 2 5 B】

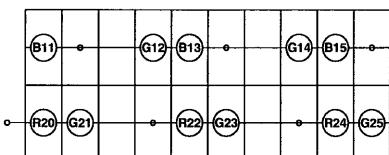


FIG. 25B

フロントページの続き

(74)代理人 100128495
弁理士 出野 知
(74)代理人 100093665
弁理士 蛭谷 厚志
(72)発明者 オプライエン, ミシェル
アメリカ合衆国, ニューヨーク 14620, ロチェスター, ハウランド アベニュー 156
(72)発明者 ピルマン, ブルース ハロルド
アメリカ合衆国, ニューヨーク 14616, ロチェスター, ウェイククリフ ドライブ 97
(72)発明者 ハミルトン, ジョン フランクリン, ジュニア
アメリカ合衆国, ニューヨーク 14617, ロチェスター, オークビュー ドライブ 2537
(72)発明者 エンゲ, エイミー ドーン
アメリカ合衆国, ニューヨーク 14559, スペンサーポート, ギレット ロード 44
(72)発明者 ディウェーゼ, トマス イー.
アメリカ合衆国, ニューヨーク 14617, ロチェスター, トーテム トレイル 239

審査官 内田 勝久

(56)参考文献 特開2006-157600(JP, A)
特開2003-319407(JP, A)
特開2003-092764(JP, A)
特開2004-312140(JP, A)
特開2001-016597(JP, A)
特開2006-165975(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 9/04 ~ 9/11
H04N 5/30 ~ 5/378