

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-57529

(P2005-57529A)

(43) 公開日 平成17年3月3日(2005.3.3)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
HO4N 9/07	HO4N 9/07 C	5B057
GO6T 1/00	HO4N 9/07 A	5C065
GO6T 3/40	GO6T 1/00 510	5C076
HO4N 1/387	GO6T 3/40 F	5C077
HO4N 1/46	HO4N 1/387 101	5C079
審査請求 未請求 請求項の数 6 OL (全 21 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2003-286787 (P2003-286787)
 (22) 出願日 平成15年8月5日(2003.8.5)

(71) 出願人 000005821
 松下電器産業株式会社
 大阪府門真市大字門真1006番地
 (74) 代理人 100090446
 弁理士 中島 司朗
 (72) 発明者 西岡 伸一郎
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
 (72) 発明者 永石 裕二
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
 Fターム(参考) 5B057 BA02 CA01 CA08 CA12 CA16
 CB01 CB08 CB12 CB16 CD06
 CD09 CE06 CE17 CE18

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理方法、画像処理装置およびプログラム

(57) 【要約】

【課題】

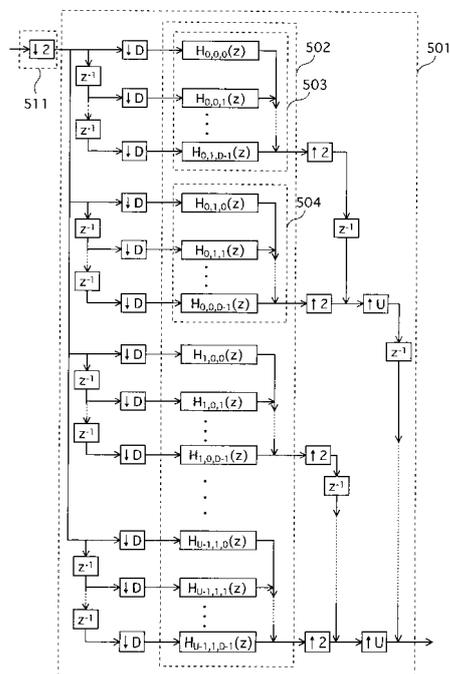
デジタルカメラ等によるカラー撮像においてリサイズ処理が縮小のとき、色補間でいったんデータを増大させてリサイズで再び減少させるという演算冗長性を回避するとともに処理後の画像品位も保つ。

【解決手段】

本発明は、色補間処理とリサイズ処理とを従来のように別処理として行なうことに伴う演算冗長性を回避し、しかもリサイズが縮小の場合でも、ローデータ損失を回避して高品位の画像を保持する画像処理の装置、方法、プログラムを提供する。

そのために色補間処理とリサイズ処理を図5に示すようにフィルタも含めて画像変換に統合し、1本化した画像変換フィルタ502に対してアップサンプリング処理はその後へ、ダウンサンプリング処理はその前へ移行することにより演算冗長性をなくした。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

色フィルタを備えた複数のカラー撮像素子により撮像された原画像データに対し撮像素子に配置された色以外の色の値を補間する色補間と、

色補間で補間された画像データに対し画像サイズを変更するリサイズとを一括して行う画像変換手段を備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】

前記色補間は前記原画像データに対する色分離と、

色補間のためにデータ拡張を行う第 1 アップサンプリングと、補間値算出のための色補間フィルタ処理とに相当するデータ変換であり、

前記リサイズは前記色補間処理後の画像データに対するデータ拡張を行う第 2 アップサンプリングと、

画像サイズ変更データ算出のためのリサイズフィルタの処理と、データ縮小を行うダウンサンプリングと

に相当するデータ変換であって、

前記画像変換手段は、

該色補間フィルタ処理と該リサイズフィルタ処理とを一括して処理する画像変換フィルタと、

該第 1 アップサンプリングを行うひとつ以上の第 1 アップサンブラと

該第 2 アップサンプリングを行うひとつ以上の第 2 アップサンブラと、

該ダウンサンプリングを行うひとつ以上のダウンサンブラと

を備え、

該第 1 アップサンブラと該第 2 アップサンブラとは

該画像変換フィルタの後段に配置し、

該ダウンサンブラは該画像変換フィルタの前段に配置する

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】

前記色フィルタの色はベイヤ配列であって、

前記画像変換手段は

ベイヤ配列の配列単位 4 画素のうち 2 画素に配置される G の色を別色の G1、G2 とみなして 4 色の原画像データに対し色別に前記画像変換を行い、

前記画像処理装置はさらに、

前記画像変換で得られた G1 色、G2 色の画像変換データをもとにして低域 G 色と高域 G 色の各画像データとを生成する帯域分割手段と、

該高域 G 色をもとにして R 色、該低域 G 色、B 色の各画像変換データの低域補償を行う低域補償手段と、

を備えることを特徴とする請求項 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記色フィルタの色はベイヤ配列であって、

前記画像変換手段は、

R と B の 2 色については前記画像変換により処理し、

G の色については、ベイヤ配列 4 要素のうち 2 画素に配置される G の色を別色の G1、G2 とみなして 4 色の原画像データに対し水平または垂直いずれか一方の方向に画像変換し、該画像変換された G1、G2 データをマージしたデータに対して、もうひとつの方向にリサイズのみを行うことにより処理する、

ことを特徴とする請求項 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 5】

色フィルタを備えた撮像素子により撮像された原画像データに対し行う色補間とリサイズ

10

20

30

40

50

の処理の方法であって、

該色補間と該リサイズの各データ変換を画像変換として一括して行い

該画像変換は、

該色補間のためのフィルタである色補間フィルタと該リサイズのためのフィルタであるリサイズフィルタとを統合した画像変換フィルタの処理ステップと、

該色補間のための第1アップサンプリングステップと、

該リサイズのための第2アップサンプリングステップとダウンサンプリングステップと

、

を含み、

該第1アップサンプリングステップと該第2アップサンプリングのステップと

を該画像変換フィルタの処理ステップの後に行い、

該ダウンサンプリングステップ

を該画像変換フィルタの処理ステップの前に行う

ことを特徴とする画像変換の方法。

10

【請求項6】

色フィルタを備えた撮像素子により撮像された原画像データに対し行う色補間とリサイズの処理をコンピュータに実行させるプログラムであって、

該色補間と該リサイズの各データ変換を画像変換として一括して行い、

該画像変換は、該色補間のためのフィルタである色補間フィルタと該リサイズのためのフィルタであるリサイズフィルタとを統合した画像変換フィルタの処理と、

20

該色補間のための第1アップサンプリングの処理と、

該リサイズのための第2アップサンプリング処理とダウンサンプリング処理と、

を含み、

該第1アップサンプリングの処理と該第2アップサンプリングの処理と

を該画像変換フィルタ処理の後に行い、

該ダウンサンプリング処理

を該画像変換フィルタ処理の前に行う

ことを特徴とする画像変換のプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

撮像画像データの変換を効率的に行う画像処理の装置、方法およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

デジタルカメラ機器、たとえばデジタルカメラや携帯電話付属カメラなどにより被写体を動画や静止画としてカラー撮像しそれを記録、表示するとき、通常は撮像したデータを縮小して、つまり撮像装置が有している解像度で撮像したデータよりも低い解像度で下げてデータ量を少なくしてから、記録あるいはプレビュー表示する。図12に示すように、カメラ機器での撮像可能画素数に比較して表示の画素数あるいは動画記録の画素数は通常は十分の1前後とかなり小さい。またカラー撮像素子(画素)から得られる撮像データは画素に配置した色フィルタの色の輝度の値しか得られないので、他の色値を得るには色補間する処理が必要である。

40

【0003】

したがってデジタルカラー画像処理において、撮像から記録あるいは表示までの処理の途中で、色補間と縮小リサイズの処理が必要となる。

図13は従来一般的な画像処理装置の構成例である。図中の撮像手段1301では、色フィルタ、たとえば図14(a)に示すR、G、Bの配列からなる原色フィルタ、あるいは同図(b)に示すYe、Cy、Mg、Grの配列からなる補色フィルタがCCD(Charge-Coupled Devices)からなる撮像素子を覆っているため、撮像素子に配置された色の輝度値をその画素の色の値として得る。これをローデータ(Raw Data)あるいは原画像データと呼ぶ。ここ

50

では説明の便宜上、色フィルタが原色フィルタであって、その色の配列が図14(a)に示した、広く使われているバイア(Bayer)配列とする。バイア配列では、G色は他のR色、B色と異なって配列単位を構成する4画素のうち2画素を占め市松状に配置されている。

【0004】

こうして撮像した原画像データに対して、図13の撮像処理部分1302内の色補間手段1303で色補間し、その結果の画像に対してリサイズ手段1304でリサイズを行う。原画像データは各画素1色から成る画像データであり、画素のそれ以外の色の値を仮に0値としてその色値を推定、算出するための演算処理が狭義の色補間処理である。図15に示すように、空間処理的にみれば、色補間はR、B、G各色ごとに原画像と同じサイズの画像データを実記憶域または仮想のデータプレーン上に得ることである。

10

【0005】

また図16に示すように信号処理的にみれば、色補間は原画像であるローデータの水平または垂直方向のデータを順次入力し、そのデータに対して2のダウンサンプリングによる指定色分離、抽出のための間引き(データ量は2分の1に)と、2のアップサンプリングによるデータ間へのひとつの0値挿入(データ量は2倍に)とを行う処理のことである。この図の例では、水平方向の画像データが間引かれて、その代わりにダミーとして0値のデータが挿入され、後で補間値が与えられる様子を示している。この色補間の処理を模式的に示したものが図17(a)の1701である。ここでHcは色補間フィルタである。なお原画像データに対する色分離と0値挿入の過程は、元来は撮像手段1301で行うべき処理とも考えられるが、ここでは色補間処理の一部とみなす。ただし原画像データから特定の色分離後のデータも原画像データと呼ぶことがあり、この場合の原画像データに対しては色分離は必要ないので、色補間にも色分離は含めない。今後特に断りがなければ原画像データは色分離前の画像データを言う。

20

【0006】

次に、図13のリサイズ手段1304は、色補間された画像データのサイズ変更であるリサイズ(サイズ変更)を行う。リサイズを模式的に表現したものが図17(a)のリサイズ処理1702である。これは画像の水平、垂直方向のリサイズがともにU/Dの時のリサイズの処理部分を表している。UはデータをU倍に増加するアップサンプリングを、DはD分の1に間引くダウンサンプリングを表している。詳しく言うと、Uはデータひとつのデータに対して、そのデータの直後に、色補間の場合と同様にU-1個の0値のデータを挿入する。またDはD個のデータに対してそのうちたとえば最初の1個だけを抽出し他は捨てる処理を行う。

30

【0007】

さて、ここでデータ量に注目すると、色補間は2でローデータから当該色値のみ抽出した後は2で当該色のデータ量を2倍に増加させる処理であり、一方で縮小リサイズは当該色のデータ量を削減する処理である。このように色補間処理でいったん増加させたデータをリサイズでまた縮小するということは、これらの処理に冗長性があることを意味している。

【0008】

従来技術における色補間、リサイズの冗長性をなくすための先行技術が特許文献1に開示されている。この先行技術では、画素のバイア配列のパターンを維持したまま、リサイズを先に行い、その後色補間を行うので、縮小リサイズの場合にも上記のような冗長性はなく演算量は大幅に削減できる。

40

【特許文献1】特開2002-84547号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら特許文献1では縮小でのリサイズ処理を色補間処理よりも先に行うため、原画像データの縮小に伴うローデータの損失が発生し、その後に行う色補間処理による画像の復元品位の低下をきたすことになる。このローデータの損失による復元品位の低下は

50

、色補間を先に行う従来技術では生じなかったものである。

本発明は、上記の問題点に鑑み、色補間処理とリサイズ処理とを従来技術のように別処理として行なうことに伴う演算冗長性をなくし、しかもローデータ損失による画質劣化のない画像処理の装置、方法、プログラムを提供する。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記問題を解決するため、

(1) 本発明の画像処理装置は、色フィルタを備えた複数のカラー撮像素子により撮像された原画像データに対し撮像素子に配置された色以外の色の値を補間する色補間と、色補間で補間された画像データに対し画像サイズを変更するリサイズとを一括して行う画像変換手段を備える、ことを特徴とする。

10

【0011】

(2) また、前記色補間は前記原画像データに対する色分離と、色補間のためにデータ拡張を行う第1アップサンプリングと、補間値算出のための色補間フィルタ処理とに相当するデータ変換であり、前記リサイズは前記色補間処理後の画像データに対するデータ拡張を行う第2アップサンプリングと、画像サイズ変更データ算出のためのリサイズフィルタの処理と、データ縮小を行うダウンサンプリングとに相当するデータ変換であって、前記画像変換手段は、該色補間フィルタ処理と該リサイズフィルタ処理とを一括して処理する画像変換フィルタと、該第1アップサンプリングを行うひとつ以上の第1アップサンブラと該第2アップサンプリングを行うひとつ以上の第2アップサンブラと、該ダウンサンプリングを行うひとつ以上のダウンサンブラと、を備え、該第1アップサンブラと該第2アップサンブラとは該画像変換フィルタの後段に配置し、該ダウンサンブラは該画像変換フィルタの前段に配置することを特徴とする。

20

【0012】

なおこの構成で色分離の処理部がなければ、処理対象は色分離後の原画像データであり、色分離の処理部が構成にあれば、処理対象は色分離前の原画像データである。

(3) さらに、前記色フィルタの色はベイヤ配列であって、前記画像変換手段は、ベイヤ配列の配列単位4画素のうち2画素に配置されるGの色を別色のG1、G2とみなして4色の原画像データに対し色別に前記画像変換を行い、前記画像処理装置はさらに、前記画像変換で得られたG1色、G2色の画像変換データをもとにして低域G色と高域G色の各画像データとを生成する帯域分割手段と、該高域G色をもとにしてR色、該低域G色、B色の各画像変換データの帯域補償を行う帯域補償手段と、を備えることを特徴とする

30

としてもよい。

【0013】

(4) また前記色フィルタの色はベイヤ配列であって、前記画像変換手段は、RとBの2色については前記画像変換により処理し、Gの色については、ベイヤ配列4要素のうち2画素に配置されるGの色を別色のG1、G2とみなして4色の原画像データに対し水平または垂直いずれか一方の方向に画像変換し、該画像変換されたG1、G2データをマージしたデータに対して、もうひとつの方向にリサイズのみを行うことにより処理することを特徴とする、としてもよい。

40

【0014】

(5) 上記問題を解決するため、本発明の画像変換の方法は、色フィルタを備えた撮像素子により撮像された原画像データに対し行う色補間とリサイズの処理の方法であって、該色補間と該リサイズの各データ変換を画像変換として一括して行い、該画像変換は、該色補間のためのフィルタである色補間フィルタと該リサイズのためのフィルタであるリサイズフィルタとを統合した画像変換フィルタの処理ステップと、該色補間のための第1アップサンプリングステップと、該リサイズのための第2アップサンプリングステップとダウンサンプリングステップと、を含み、該第1アップサンプリングステップと該第2アップサンプリングのステップとを該画像変換フィルタの処理ステップの後に行い、該ダウンサンプリングステップを該画像変換フィルタの処理ステップの前に行うことを特徴とする

50

。

【0015】

(6) 上記問題を解決するため、本発明の画像変換のプログラムは、色フィルタを備えた撮像素子により撮像された原画像データに対し行う色補間とリサイズの処理をコンピュータに実行させるプログラムであって、該色補間と該リサイズの各データ変換を画像変換として一括して行い、該画像変換は、該色補間のためのフィルタである色補間フィルタと該リサイズのためのフィルタであるリサイズフィルタとを統合した画像変換フィルタの処理と、該色補間のための第1アップサンプリングの処理と、該リサイズのための第2アップサンプリング処理と、ダウンサンプリング処理と、を含み、該第1アップサンプリングの処理と該第2アップサンプリングの処理とを該画像変換フィルタの処理の後に行い、該

10

【発明の効果】

【0016】

本発明の画像処理装置は、色フィルタを備えた複数のカラー撮像素子により撮像された原画像データに対し撮像素子に配置された色以外の色の値を補間する色補間と、色補間で補間された画像データに対し画像サイズを変更するリサイズとを一括して行う画像変換手段を備える。

【0017】

この構成により、色補間とリサイズの処理は従来技術では別々のハードモジュールにおいてそれぞれのフィルタ演算回路などにより処理されてきたが、本発明のこの構成により、色補間とリサイズの2つの処理モジュールが画像変換モジュールに1本化、簡素化される。

20

さらに色補間とリサイズの両処理の全体での演算最適化をして冗長性をなくすための前提条件が整う。

【0018】

また、本発明の画像処理装置は、その画像変換手段が、色補間フィルタ処理とリサイズフィルタ処理とを一括して処理する画像変換フィルタと、色補間のための第1アップサンプリングを行うひとつ以上の第1アップサンブラと、リサイズのための第2アップサンプリングを行うひとつ以上の第2アップサンブラと、リサイズのためのダウンサンプリングを行うひとつ以上のダウンサンブラとを備え、第1アップサンブラと第2アップサンブラとは画像変換フィルタの後段に配置し、ダウンサンブラは画像変換フィルタの前段に配置することを特徴とする。

30

【0019】

この構成は、色補間とリサイズの処理に関して文献1で開示された技術を除く従来技術における場合と機能的に等価な処理であり、しかも演算の冗長性のない最適化された構成である。したがって画像品位を落とすことがなく、しかも従来に比べて演算量を大幅に軽減できる。

さらに、本発明の画像処理装置は、撮像素子の色フィルタがベイア配列であり、その配列単位4画素のうち2画素に配置されるGの色を別色のG1、G2とみなして4色の原画像データに対し色別に前記画像変換を行い、前記画像変換で得られたG1色、G2色の画像変換データをもとにして低域G色と高域G色の各画像データとを生成する帯域分割手段と、該高域G色をもとにしてR色、該低域G色、B色の各画像変換データの低域補償を行う低域補償手段とを備える、としてもよい。

40

【0020】

この構成によれば、画像変換の後でさらに画像データの低域化の処理も行うので、後の記録・再生レベルの要求に対応できる。

また、本発明の画像処理装置は、撮像素子の色フィルタがベイア配列であり、画像変換

50

手段は、RとBの2色については前記画像変換により処理し、Gの色については、ベイヤ配列4要素のうち2画素に配置されるGの色を別色のG1、G2とみなして4色の原画像データに対し水平または垂直いずれか一方の方向に画像変換し、該画像変換されたG1、G2データをマージしたデータに対して、もうひとつの方向にリサイズのみを行うことにより処理する、としてもよい。

【0021】

この構成によれば、画像データの生成は低域に限定される。したがって高域補正の演算が不要であり、G1、G2データ生成の演算も前述の場合の約半分で済む。後の工程で独自の高域補償をする場合や、低域データによるプレビュー表示の場合にも利用できる。

本発明の画像変換の方法は、色フィルタを備えた撮像素子により撮像された原画像データに対し行う色補間とリサイズの処理の方法であって、該色補間と該リサイズの各データ変換を画像変換として一括して行い、該画像変換は、該色補間のためのフィルタである色補間フィルタと該リサイズのためのフィルタであるリサイズフィルタとを統合した画像変換フィルタの処理ステップと、該色補間のための第1アップサンプリングステップと、該リサイズのための第2アップサンプリングステップとダウンサンプリングステップと、を含み、該第1アップサンプリングステップと該第2アップサンプリングのステップとを該画像変換フィルタの処理ステップの後に行い、該ダウンサンプリングステップを該画像変換フィルタの処理ステップの前に行うことを特徴とする。

10

【0022】

本発明の画像変換のプログラムは、色フィルタを備えた撮像素子により撮像された原画像データに対し行う色補間とリサイズの処理をコンピュータに実行させるプログラムであって、該色補間と該リサイズの各データ変換を画像変換として一括して行い、該画像変換は、該色補間のためのフィルタである色補間フィルタと該リサイズのためのフィルタであるリサイズフィルタとを統合した画像変換フィルタの処理と、該色補間のための第1アップサンプリングの処理と、該リサイズのための第2アップサンプリング処理とダウンサンプリング処理と、を含み、該第1アップサンプリングの処理と該第2アップサンプリングの処理とを該画像変換フィルタの処理の後に行い、該ダウンサンプリング処理を該画像変換フィルタの処理の前に行うものであり、コンピュータ上で実行させる。

20

【0023】

本発明のプログラムを実行すれば、カメラ機器で画像処理専用の論理回路に代わりマイクロプロセッサのもとで動作させることができる。またあらかじめ記録しておいた撮像データを汎用のコンピュータで高速処理することにも使える。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

(実施の形態1)

実施の形態1における画像処理装置の全体構成を図1に示す。実施の形態1の特徴的な部分は図の画像変換手段103とその後処理を行う帯域分割手段104、エッジ検出手段105、高域補償手段106である。次にこれらについて手段毎に説明する。

まず画像変換手段103は、従来技術の図13の色補間手段1303とリサイズ手段1304を統合したものである。したがって色補間手段とリサイズ手段の統合の結果だけではなくその過程も説明する。

40

【0025】

画像変換フィルタの元となる色補間フィルタHc、リサイズフィルタHRはともに線形であり、また水平方向、垂直方向に分離可能とする。これらのフィルタは伝達関数で表現できる。伝達関数の例を、色補間フィルタのタップ数が7の場合、およびリサイズフィルタのタップ数が12の場合について図19の(a)と(b)にそれぞれ示す。

今後特に断りのない限り、フィルタはどれも水平あるいは垂直の方向に関するものとする。なお水平、あるいは垂直の方向は便宜的なものであり、画像データの画素の並びが行列状であるので、行あるいは列のどちらかを水平、もう一方を垂直方向とみなせばよい。

50

【0026】

画像変換フィルタを作成するための前処理として、リサイズフィルタHRを周知のポリフェーズ分解の方法によってU個に分割し、アップサンブラ (U) をリサイズフィルタの前段から後段に移動する。ここで前段とは処理の流れのなかで上流側を、後段とは下流側を意味する。この移動結果を図4(a)に示す。同図の402がリサイズフィルタである。そして色補間フィルタ401とリサイズフィルタ402とを統合して画像変換フィルタ403を作成する。色補間フィルタ、リサイズフィルタとその分割フィルタは線形であることから、画像変換フィルタのU分割フィルタ (U 個の部分フィルタHi) は、次式のようにそれらの積として与えられる。この様子を図4(b)に示す。

【0027】

$$H_i = H_c \cdot R R_i \quad \text{ここで } i=0, 1, \dots, U-1$$

ここでフィルタ演算の項数であるタップ数について述べる。統合前のリサイズフィルタHRのタップ数をMとするとU個のRRiのそれぞれのタップ数はM/Uとなる。ここでM/Uが割り切れないで商がm、余りがnのときは、ポリフェーズ分解の定義により、iが大きい順にn個までの分割フィルタRRiは (m + 1) タップ、それ以外はmタップとなる。したがってポリフェーズ分解してもタップ総数は分割前と変わらない。Hcのタップ数をN とすると、RRiのタップ数はM/UなのでHiの部分フィルタのタップ数は (N - 1 + M/U) となる。

【0028】

次に、図4(b)の画像変換手段の最適な構成を求める。そのためにアップサンブラ、ダウンサンブラの一般的な振舞いを見てみたい。フィルタの前段にアップサンブラ n があるときを考える。アップサンブラ n は入力されたデータひとつに対して (n - 1) 個の0値データを生成、付加して出力する処理を行う。つまりアップサンブラによりデータはn倍になるが殆どが0値である。これらのデータがフィルタに入ったとき、フィルタはその伝達関数に相当する積和の演算を行うが、0値のデータに対する演算は無駄となる。したがってフィルタの前にアップサンブラがあるときは演算の冗長性を避けるためにはそれをフィルタの後段に移動すればよい。

【0029】

次は逆にフィルタの後段にダウンサンブラ n があるときを考える。ダウンサンブラ n は入力されたデータ n 個に対してひとつだけ採用して出力し、残りはすべて捨てる間引き処理を行う。つまりフィルタで演算した結果のデータの大部分は無駄になってしまう。したがってフィルタの後にダウンサンブラがあるときは演算の冗長性を避けるためにはそれをフィルタの前段に移動すればよい。

【0030】

なおアップサンブラやダウンサンブラのこれらの移動の前と後の構成においては、入力データが同じなら出力データも同じとなる。

上記の理由から、図4(b)の画像変換手段の構成を最適化するために色補間のアップサンブラ 2 を画像変換フィルタ403の後段に、またリサイズのダウンサンブラ D を前段に移動する。画像変換のU分割フィルタHiをそれぞれさらに2個づつにポリフェーズ分解 (2分割フィルタHi, j (j=0, 1) ができる) してから、色補間のアップサンブラ 2 を各部分フィルタの後段に移動する。そして2U個のHi, j フィルタをさらにそれぞれD個にポリフェーズ分解 (D分割フィルタHi, j, k (k=0, 1, ..., D-1) ができる) してから、リサイズのダウンサンブラ D を前段に移動する。こうして水平方向あるいは垂直方向の画像変換を行う2DU個の部分フィルタHi, j, k からなる画像変換フィルタを得る。これを図5の502に示す。この部分フィルタHi, j, k のタップ数は平均で (N - 1 + M/U) / 2 D となる。

【0031】

さて、アップサンブラ、ダウンサンブラの移動の結果、画像変換フィルタで行う演算は、従来のように色補間、リサイズの処理順で行ったときと同じ画像データの出力をするのにもかわらず、これらの出力データを生成するのに必要かつ十分な処理あるいは演算だけになる。

したがって従来技術のように「色補間で拡大してからリサイズで縮小」での冗長性、あ

10

20

30

40

50

るいは「ローデータの縮減後に色補間」での画質劣化がない、演算的に最適化された構成を得る。この図5の構成が、リサイズがU/D倍での実施の形態1での、水平または垂直の画像変換を行う部分の画像変換手段における構成である。色補間フィルタ、リサイズフィルタの伝達関数が固定していても、リサイズのパラメタであるU、Dが異なると図5の構成も異なる。したがって、実際的にはあらかじめU、Dのいくつかの値の対のそれぞれについての図5の画像変換の構成を用意しておくことになる。なお図5の画像変換部501は、水平用と垂直用の2種類がある。

【0032】

画像変換の構成の例として、リサイズフィルタの伝達関数がタップ数(演算項数)12、リサイズが2/3倍、つまりアップサンプリング 2、ダウンサンプリング 3でリサイズする場合について、図4(b)のリサイズフィルタ402の2分割フィルタの各伝達関数を図7(a)に示す。同じ条件で図5の2分割フィルタ503内の各D分割フィルタの伝達関数を図7(b)に示す。

【0033】

フィルタを実現する演算回路の設計方法は、従来技術と同様であるので、ここでは簡単に述べる。たとえば、各部分フィルタの伝達関数が図7の(b)のときの図5の2分割フィルタ503に対応する回路図の例を、図6(a)の604に示す。この図6の601が図5のD分割フィルタH0,0,0の、602がH0,0,1の、603がH0,0,2の演算回路である。たとえば601は1データクロック前に入力されたデータをレジスタ0にストアしておきそれと係数a7との積と、最新の入力データと係数a1の積との和を出力する。602, 603もそれぞれ同様に演算出力し、それぞれの出力データの総和を604の出力値としていることを示している。なお図のDFF(D-フリップフロップ)は1遅延素子である。

【0034】

図6(a)ではひとつの部分フィルタでひとつの演算回路が対応しているが、実際には必ずしも1対1対応である必要はない。たとえば図6(b)は同図(a)の部分フィルタごとの演算回路をひとつの演算回路611にして3個の部分フィルタ間で共有し、セレクタとレジスタの使用により同図(a)と等価な演算処理を行っている。セレクタ613, 614, 615はセレクト信号SelをSel=2,1,0の演算サイクル順に制御することによりフィルタ係数の切替えとデータ格納先のレジスタの選択を行う。ひとつのSelで指定された積和の結果を累積レジスタ加算部612で和しておき、3サイクル目のSelが0で演算を終えたとき、累積レジスタの出力イネーブル信号oeをオンにして出力し、累積レジスタをクリアする。

【0035】

このようにすると、上記3サイクル分の演算は、6タップフィルタを3サイクルに1回演算するのと等価であり、もとの2分割フィルタ6タップに必要な乗算器6個が2個に、加算器5個が2個に節減できる。これまで図5の2分割フィルタ503を実行する回路の例を説明してきたが、同じく2分割フィルタである504のデータ入力が503と全く同じであることに注目して、両者で回路を共有し、可変部分のデータと係数をレジスタにおくことにより部分フィルタごとの演算をレジスタ内容の置き換えで行うことができ、さらに回路の簡素化、節減を図ることができるが、回路最適化は本題ではないのでこれ以上の説明は省略する。

【0036】

画像変換手段103は、ベイヤ配列のG色のうち上側をG1、下側をG2と記して別色扱いし、R、B、G1、G2の4色のデータごとに、以下の順で水平方向または垂直方向にR、B、G1、G2の画像変換データを生成する。

ある色について画像変換したい場合、当該色は色分離前の原画像データにおいては1行おき、あるいは1列おきに存在するので、画像変換手段103は当該色が存在する行または列をひとつおきに選択する。原画像の水平方向(行)または垂直方向(列)のある当該色のデータの列を、画像変換手段103はまず図5で示した構成で処理するが、同図の2のダウンサンプラ511により当該色だけがデータの列から分離される。ここで画像変換手段で処理する対象の原画像データがすでに色分離済みである場合には、図5の色分離

10

20

30

40

50

のダウンサンブラ5 1 1は必要がない。

【0037】

色分離済みの当該色のデータの列は基準のタイミング(クロック)で図5の画像変換部501に順次入力され、いくつかのルートをとって画像変換の部分フィルタに入っていく。あるルートでは1/Dに間引かれて、ここで抽出された場合はすぐに部分フィルタに、また同じデータが別ルートでは1遅延(図のzマイナス1乗の記号部分)の箇所を次のデータタイミングのときに通過し、同じように1/Dに間引かれるが、ここで抽出された場合は当該の部分フィルタに入力される、という具合に処理されていく。これらの部分フィルタでは、伝達関数で決められたフィルタ係数とそのフィルタ入力(あるいは入力済み)データとの積和の演算が行われる。

10

【0038】

既述の数値例では従来技術でのリサイズの分割された部分フィルタも実施の形態1での画像変換の部分フィルタもどちらも2タップの演算であることは同じである。図5の画像変換部501では2分割フィルタ $H_{i,j}$ の単位で演算データ出力を行う。つまりD分割フィルタ $H_{i,j,k}$ の演算値の $k = 0, 1, \dots, D-1$ についての総和が画像変換部の出力データのひとつとなる。

【0039】

以上のようにして、処理したい色のある原画像データのすべての行データについて画像変換することで、原画像データの水平画像変換を行い、水平画像変換されたデータに対してさらに垂直画像変換を行う。この画像変換の様子を図8に示す。図8ではまず水平画像変換により、水平方向のサイズ(画素数)がH、垂直方向のサイズがVの原画像データを入力して、当該色の色分離後、図5の水平変換用の構成全体により水平画像変換を行う。こうして得られた水平方向のサイズが $H(U/D)$ 、垂直方向のサイズが $V/2$ の当該色データに対して、垂直方向だけの色補間とリサイズとを図5の垂直変換用の画像変換部501の構成による垂直画像変換により行う。

20

【0040】

なお水平と垂直の変換順序は逆でも同じ結果を得るが、その場合も同様にして垂直画像変換では、原画像データが色分離前なら図5の色分離のダウンサンブラ5 1 1を含む垂直用の構成全体を、色分離後なら図5の垂直用の画像変換部501を使用し、水平画像変換では図5の水平用の画像変換部501を使用する。

30

色補間やリサイズのフィルタはどちらもLPF(Low Pass Filter:低域通過フィルタ)の特性を有しているため、画像変換フィルタ502も同様の特性を継承する。そのため上述の画像変換手段で水平・垂直画像変換処理された画像変換データも高域部分が欠落しているので、ここでは低域色データと呼び、RL、BL、G1、G2データと記すことにする。

【0041】

実施の形態1では、まずRとB色に関して画像変換手段で上述の画像変換を行って、低域のRLデータ、BLデータを得る。次にG1、G2についても別色とみなして、それぞれR、Bデータと同様にして画像変換を行う。ここでG1の画像変換データをG1データ、G2の変換データをG2データと記すことにする。

G1の画像変換データであるG1データを図9(a)に、またG2データを同図(b)に示す。

40

次に図1の帯域分割手段104によりG1、G2データをもとに、低域GであるGLデータ、高域GであるGHデータを生成する。

GLデータは

$$GL = (G1 + G2) / 2$$

の式で求める。

【0042】

ここで、上の式はある画素のGLの値は、同じ画素位置のG1とG2の各色値の平均値と定義している。こうしてR、G、Bのローデータはいずれも低域データとして画像変換された。

次に画像変換データの後処理として図1の高域補償手段106により高域補償を行なう。まずG高域データであるGHをG1、G2各変換データからGLと同じように同じ画素位置の値

50

を使って次式で求める。

【0043】

$$GH = G1 - G2 \text{ または } G2 - G1$$

上記右辺のどちらを選ぶかは図1のエッジ検出手段105によりエッジを算出して決める。図10(a)に示すようにGHを求めたい画素A1の位置で水平方向のエッジ H、垂直方向のエッジ Vを算出する。ここで図10のA1、A2等の意味は、AがRL、GL、BL、G1、G2の各色のうちあらかじめ決めておいた任意の1色のことであり、添え字の番号は画素の相対位置を指し、1がエッジ算出対象の画素を、2がその上、3が左等を意味する。そして $H > V$ なら水平強調となるようにG1 G2を採用し、それ以外は垂直強調の $G2 > G1$ を採用する。

【0044】

次に図1の高域補償手段106により高域補償を行う。GHが画素ごとに決まれば図10(b)に示すように、次の式により高域補償を色ごとの補正值(色係数とGHの積)を加えることにより行い、広域化されたR、G、Bである広域色データR、G、B データを得る。

$$\text{広域色データ} = \text{低域色データ} + \text{色係数} \cdot GH$$

ここで色係数は色ごとに定義されるGHデータのゲインであり、固定値を用意してもよいし、エッジ情報に応じて調整してもよい。

【0045】

以上が実施の形態1に固有な部分であり、図1の構成のうち残りの手段は従来技術と同様である。なお画像変換について説明の便宜上、水平または垂直方向の1次元画像変換としたが、水平・垂直の画像変換はそれと等価な2次元の画像変換でも同様な結果が得られるので2次元による方法でもよい。その場合はフィルタ計算も2次元(面積)データに対する演算となる。図1で示すその他の手段は従来技術と同様である。以上が本発明の第1の実施の形態である。

【0046】

次に同じ画像データを処理した場合、従来技術に比べて画像変換への統合により演算がどれだけ軽減できるかを説明する。

比較のため、従来技術での最適化構成を求めておく。まず色補間処理とリサイズ処理のアップサンブラである 2 と U を対応する各フィルタの後に移行するために、色補間フィルタを2個に、またリサイズフィルタをU個にそれぞれポリフェーズ分解する。その結果を図17(b)に示す。さらにリサイズフィルタの各部分フィルタをD分割し、リサイズ処理のアップサンブラである D をリサイズフィルタの前に移行する。移行した結果が従来技術として演算的に最適化された構成であり、これを図18に示す。先ほど説明した画像変換の数値例の場合リサイズフィルタをD分割した各部分フィルタのタップ数は同じく2となり、リサイズの伝達関数も係数など画像変換フィルタと異なる値ではあるものの、画像変換フィルタのD分割フィルタと同様な2項積和の演算式となる。

【0047】

次に演算量の重要な因子となるデータレートについて述べる。一般にポリフェーズ分解の際にダウンサンブラ n をフィルタの前に、あるいはアップサンブラ n を後にすると、フィルタへの入力データレートは1/nになる。データレートが1/nになるとは単位時間あたりのデータ量、あるいは入力データ総数が1/nになるということであり、演算(乗算と加算)量も比例してほぼ1/nになることを意味する。

【0048】

データレート倍率は、色分離 2 の直後を基準1とする。演算回数は、基準データレートでの入力データのクロック(データ間周期)あたりの値として示す。

またフィルタのタップ数を、色補間フィルタがNタップ、リサイズフィルタがMタップ、リサイズはU/D倍とする。

乗算回数は分割フィルタ数とそのタップ数とデータレート倍率の積で決まり、加算回数はフィルタタップ総数から1減じた数値に対してデータレート倍率を掛けたものに等しい。

。

10

20

30

40

50

従来の一般的な技術の場合、
色補間処理で

分割フィルタ数： 2
分割フィルタタップ数： $N/2$
データレート倍率： 1
乗算回数： $2(N/2)$
加算回数： $N-1$

リサイズ処理で

分割フィルタ数： DU
分割フィルタタップ数： $M/(DU)$
データレート倍率： $2/D$
乗算回数： $2/D(M/(DU))DU = 2M/D$
加算回数： $(2/D)((DU)M/(DU) - 1) = 2(M-1)/D$

10

したがって合計では

乗算回数： $N + 2M/D$
加算回数： $N-1 + 2(M-1)/D$

一方、本発明では

分割フィルタ数： $2DU$
分割フィルタタップ数： $(N-1 + M/U)/(2D)$
データレート倍率： $1/D$
乗算回数： $2DU(N-1 + M/U)/(2D)(1/D) = (N-1)U/D + M/D$

20

加算回数： $(1/D)((2DU)(N-1 + M/U)/(2D) - 1) = (N-1)U/D + (M-1)/D$

演算量は対応項を見ると、乗算、加算ともに半分近くまで減少することがわかる。

【0049】

数値の例として、以下に $N=7$ 、 $M=12$ 、 $U=2$ 、 $D=3$ の場合について両者を比較する。

従来技術では

乗算回数： 15
加算回数： 14

本発明では

乗算回数： 8
加算回数： 8

30

このように1本化されたフィルタによって、演算回路が簡素化されるだけでなく、アップサンプラ、ダウンサンプラの移動が容易にでき、その結果画像変換フィルタの構築が容易にできる。しかもフィルタ入力データレートが大幅に低減できるので、演算回路もそれに比例して低減できることになり、ひいては回路規模や消費電力を削減できる。

【0050】

(実施の形態2)

実施の形態2における画像処理装置の構成を図2に示し、画像変換手段の詳細を図3に示す。実施の形態2では低域R、Bの各データは実施の形態1で述べた低域のR、Bと同様に水平・垂直画像変換301で画像変換して得るが、G1、G2を使った高域補償はしない。またG色については、G1、G2を別色扱いしない。1プレーンのGデータを作成するために、まず低域のRまたはBの変換データをもとに画像中央付近の任意に選択した画素を対象として図3のエッジ検出部302によりエッジを算出し、その方向により以下の処理を行う。

40

【0051】

エッジが水平方向の場合、G1、G2の水平(行)方向の画像変換を行い、その画像変換データの各行をインターリーブでマージする。このインターリーブでマージするとは、まずG1データの第1行、ついでG2データの第1行、G1データの第2行、ついでG2データの第2行と上から順にG1、G2データの各行を交互に選んで合成していくことである。

こうしてマージしたデータに対して、次は垂直(列)方向のリサイズ処理のみを行う。その様子を図3の(a)と(b)に示す。

50

【0052】

エッジが垂直方向の場合、垂直方向の画像変換を行い、その画像変換データの各列をインターリーブでマージしたデータにたいし、水平方向のリサイズ処理のみを行う。実施の形態2は実施の形態1のようにG1、G2の水平、垂直の画像変換を両方行う必要はなく、また低域GデータであるGLの生成、高域GデータであるGHの生成、およびGHデータによる高域補償のどれも行わないので、実施の形態1よりも演算量をさらに大幅に軽減できる。以上が実施の形態2に固有な手段の説明であり、図1の構成のうち残りの手段は従来技術と同様である。

【0053】

(その他の変形例)

本発明に関する2つの実施の形態に基いてこれまで説明してきたが、本発明は上記の実施の形態に限定されないのはもちろんである。以下のような場合も本発明に含まれる。

発明は、色配列がベイヤ配列のかわりに他の原色配列あるいは補色配列としてもよい。これらの配列でも画像変換手段はベイヤ配列のときと同様である。

【0054】

発明は、実施の形態で説明したステップを含む方法であるとしてもよい。

またこれらの方法を、コンピュータシステムを用いて実現するためのコンピュータプログラムであるとしてもよいし、前記プログラムを表すデジタル信号であるとしてもよい。

図1の画像変換手段103を画像変換のプログラムで実現するための処理のフローを図11に示す。図11(a)は画像変換のプログラムのメイン部であり、4色の色ごと(図中のS101)に水平(S102)、垂直(S103)の画像変換により画像変換を行う。

【0055】

同図(b)の水平画像変換ルーチンは、指定色の水平画像変換を行う。指定色のデータを含む行ごと(S201)に色データだけ間引いたデータ列を作成し(S202)、データ変換ルーチン呼び出して(S203)、このデータ列の画像変換を行い変換データを出力する。

同図(c)はデータ変換ルーチンは、図5に示したようにU分割(S302)、2分割(S303)と順に分割した2分割フィルタ $H_{i,j}$ の演算値を画像変換データとして出力(S307)する。ここで2分割フィルタ $H_{i,j}$ は、D分割フィルタ $H_{i,j,k}$ ($k = U-1, U-2, \dots, 0$)の集合なので、その演算値はこれらのD分割フィルタ演算値の合計により得られる(S304、S305、S306)。

【0056】

なお同図(c)のダウンサンプルデータサイクル(S301)の意味は、色データ列の処理を進める際に、最初0番目のデータ開始でサイクル0とし、その0番目データが図5の2分割フィルタ内の1番下にあるD分割フィルタ $H_{i,j,U-1}$ に入力したタイミングで、図5の一番下のD分割フィルタから順に2分割フィルタ $H_{i,j}$ のすべてのD分割フィルタの演算値の和を求め、それを上述した2分割フィルタ $H_{i,j}$ の演算値として出力する。そして次に駒を進めてサイクル1(データ列D番目)で同様な処理、サイクル2(同2D番目)、と以下同様にサイクルが

データ数/D (を超えない最大整数)

に至るまで同様な処理を繰り返して、水平画像変換データを順次出力する。なお垂直画像変換ルーチンの処理は、入力が水平画像変換データのすべての列のデータであることを除き水平画像変換の処理と同様なので図示していない。以上が本発明のプログラムによる実施例である。

【0057】

また、本発明は、電気通信回線、無線又は有線通信回線、若しくはインターネットに代表されるネットワーク等を経由して伝送される前記プログラム又は前記デジタル信号であるとしてもよい。

また、本発明は、CPU及びメモリを備えたコンピュータシステムであり、前記メモリは前記プログラムを記憶しており、前記CPUは前記メモリに記憶されている前記プログラム

10

20

30

40

50

に従って動作することにより、前記方法を実現するとしてもよい。

【0058】

また、前記プログラムは、前記記録媒体に記録されて移送され、若しくは、前記ネットワーク等を経由して移送され、独立した他のコンピュータシステムにおいて実施されるとしてもよい。

【産業上の利用可能性】

【0059】

本発明はカラーデジタルカメラ機器類に利用でき、またプログラムとしてデジタルカメラによりあらかじめ撮像しておいた原画像データの処理にも利用できる。

【図面の簡単な説明】

【0060】

【図1】本発明の実施の形態1の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の実施の形態2の構成を示すブロック図である。

【図3】本発明の実施の形態2の画像変換手段の詳細ブロック図である。

【図4】従来技術の色補間フィルタとリサイズフィルタから本発明の画像変換フィルタの統合の様子を示す図である。

【図5】本発明の画像変換手段の構成図である。

【図6】本発明の画像変換フィルタを実現する回路の例である。

【図7】本発明の画像変換フィルタの伝達関数の例である。

【図8】本発明の水平・垂直画像変換フィルタによるデータ変換の様子を示す図である。

【0061】

【図9】G1、G2データ、低域と高域のGデータの各々を示す図である。

【図10】エッジの算出と高域補償処理の様子を示す図である。

【図11】本発明のプログラムの処理のフローチャートである。

【図12】カメラ撮像時、記録時、表示時のそれぞれの画像サイズ例を示す図である。

【図13】従来一般的な画像処理の構成を示すブロック図である。

【図14】カラーフィルタ配列を示す図である。

【図15】原色フィルタでの色補間の2次元の処理図である。

【図16】色補間、リサイズの流れを信号処理的に示す図である。

【図17】従来技術における色補間とリサイズの処理の構成を示す図である。

【図18】従来技術における色補間とリサイズのそれぞれの処理の最適化された構成を示す図である。

【図19】従来技術における色補間とリサイズのフィルタの伝達関数の例である。

【符号の説明】

【0062】

101 撮像手段

102 撮像処理部

103 画像変換手段

104 帯域分割手段

105 エッジ検出手段

106 高域補償手段

201 画像処理部

202 画像変換手段

301 水平・垂直画像変換

302 エッジ検出部

401 色補間フィルタ

402 リサイズフィルタ

403 画像変換フィルタ

501 画像変換部

10

20

30

40

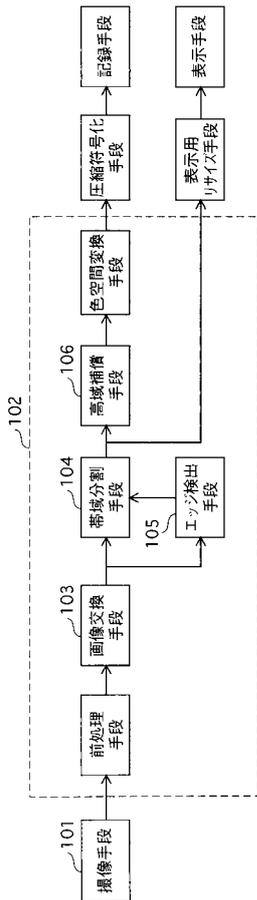
50

- 5 0 2 画像変換フィルタ
- 5 0 3 2分割フィルタ
- 5 0 4 2分割フィルタ
- 5 1 1 色分離のダウンサンブラ
- 6 0 1 D分割フィルタH0,0,0実現回路例
- 6 0 2 D分割フィルタH0,0,1実現回路例
- 6 0 3 D分割フィルタH0,0,2実現回路例
- 6 1 1 2分割フィルタH0,0実現回路例
- 6 1 2 2分割フィルタH0,0演算結果
- 6 1 3 第1項係数セクタ
- 6 1 4 データレジスタセクタ
- 6 1 5 第2項係数セクタ
- 1 3 0 1 撮像手段
- 1 3 0 2 撮像処理部
- 1 3 0 3 色補間手段
- 1 3 0 4 リサイズ手段
- 1 7 0 1 色補間処理部
- 1 7 0 2 リサイズ処理部
- 1 8 0 1 色補間処理部
- 1 8 0 2 リサイズ処理部

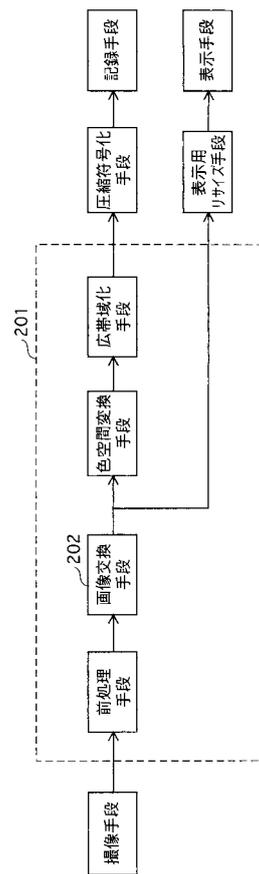
10

20

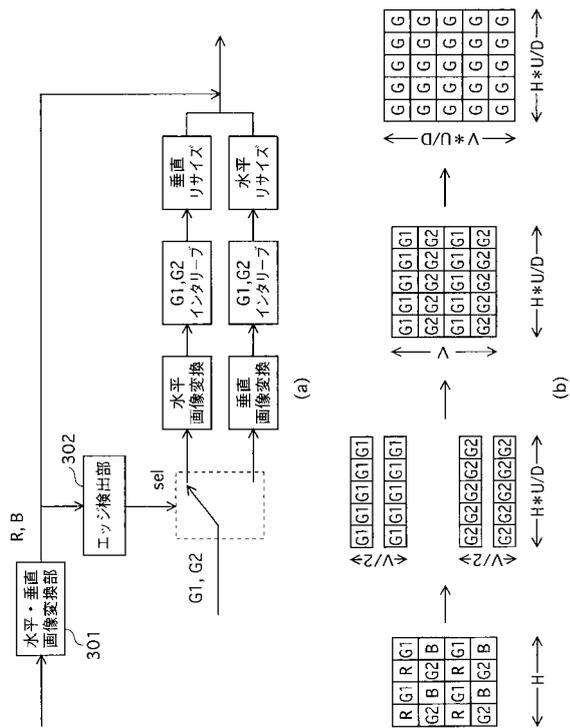
【 図 1 】



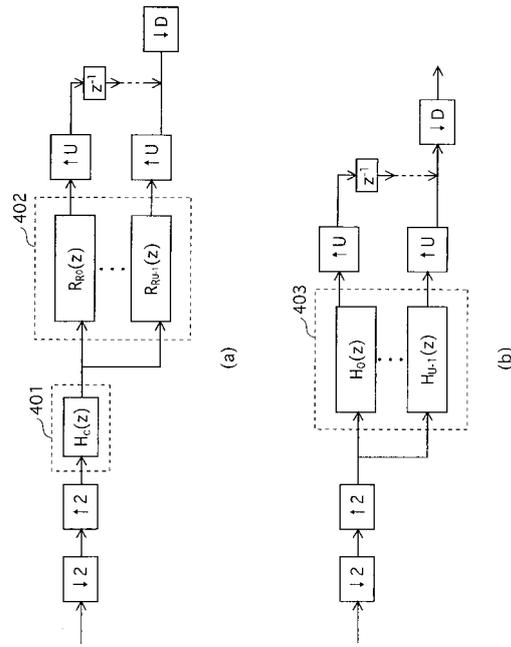
【 図 2 】



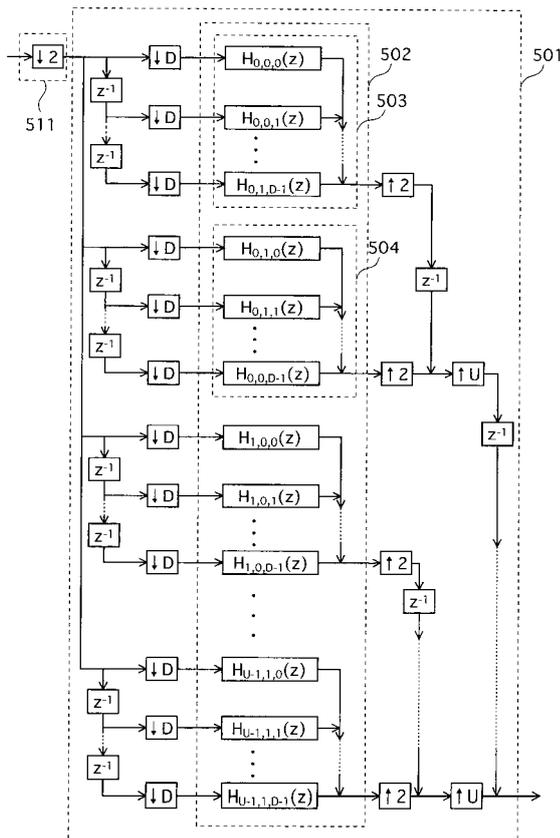
【 図 3 】



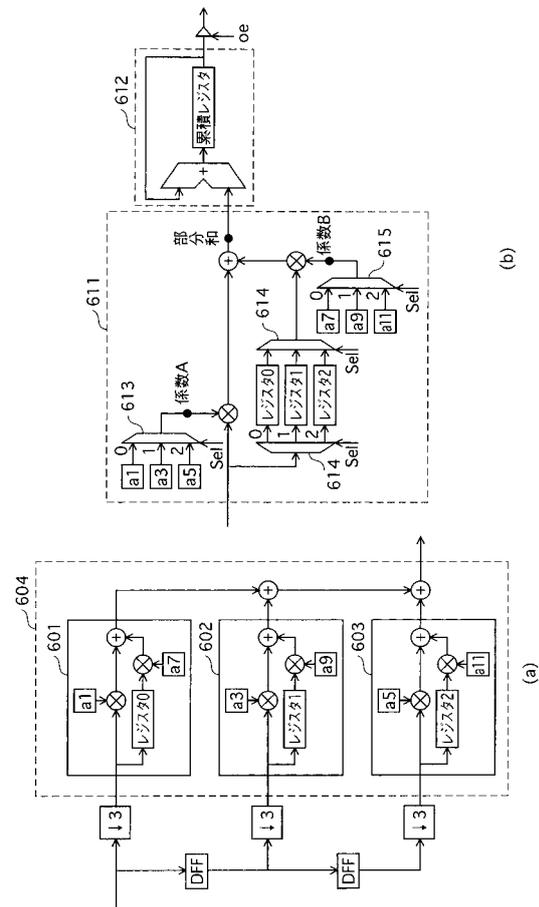
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】

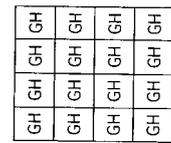
$$\begin{aligned}
 H_0(z) &= H_c(z) \cdot R_{R0}(z) \\
 &= (c_0 + c_1 z^{-1} + c_2 z^{-2} + \dots + c_6 z^{-6}) \times \\
 &\quad (r_1 + r_3 z^{-1} + r_5 z^{-2} + \dots + r_{11} z^{-5}) \\
 &= c_0 r_1 + (c_0 r_3 + c_1 r_1) z^{-1} + \dots + c_6 r_{11} z^{-11} \\
 &\quad \text{ここで } a_0 = c_0 r_1, a_1 = c_0 r_3 + c_1 r_1, \dots, a_{11} = c_6 r_{11} \text{ とすると} \\
 H_0(z) &= a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \dots + a_{11} z^{-11} \\
 H_1(z) &= H_c(z) \cdot R_{R1}(z) \quad \text{も同様にタップ数12の多項式}
 \end{aligned}$$

(a)

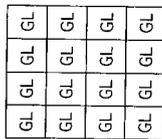
$$\begin{aligned}
 H_{0,0,0} &= a_1 + a_7 z^{-1} \\
 H_{0,0,1} &= a_3 + a_9 z^{-1} \\
 H_{0,0,2} &= a_5 + a_{11} z^{-1}
 \end{aligned}$$

(b)

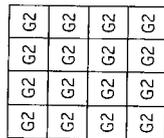
【 図 9 】



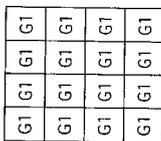
(d)



(c)

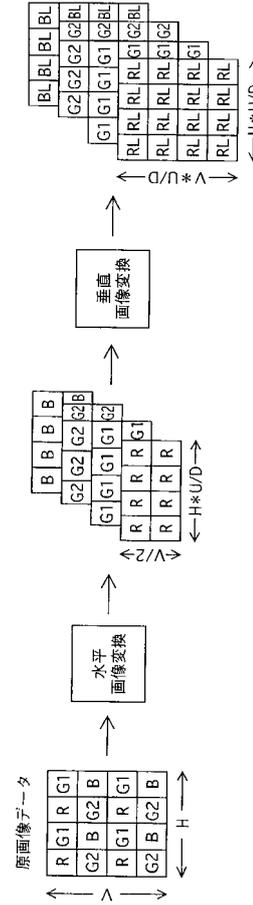


(b)



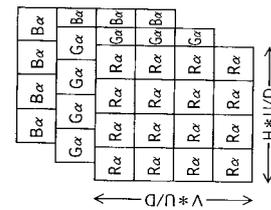
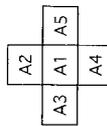
(a)

【 図 8 】

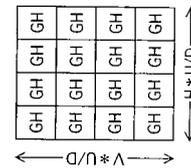


【 図 10 】

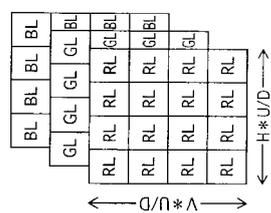
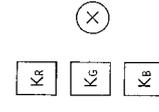
$$\begin{aligned}
 \Delta H &= |2A1 - (A3 + A5)| \\
 \Delta V &= |2A1 - (A2 + A4)|
 \end{aligned}$$



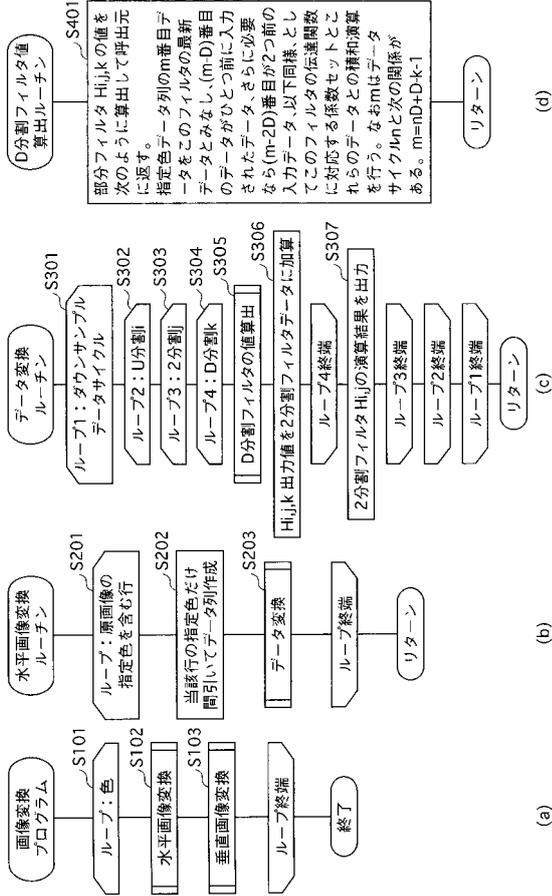
(a)



(b)



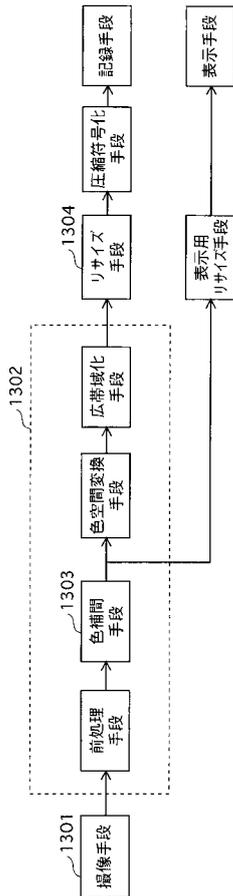
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】

カメラ付き携帯電話	撮像素子画素数 30~130万画素	LCD表示画素数 ~7.7万画素(QVGA)	動画記録画素数 ~2.5万画素(QCIF)
カメラ機器	200万画素~	11~30万画素(CIF~VGA)	~30万画素(VGA)

【 図 1 3 】



【 図 1 4 】

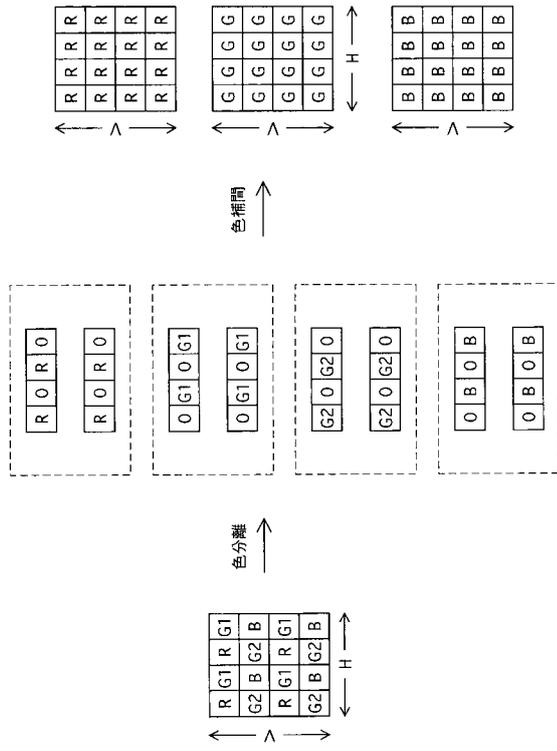
R	G	R	G
G	B	G	B
R	G	R	G
G	B	G	B

(a)

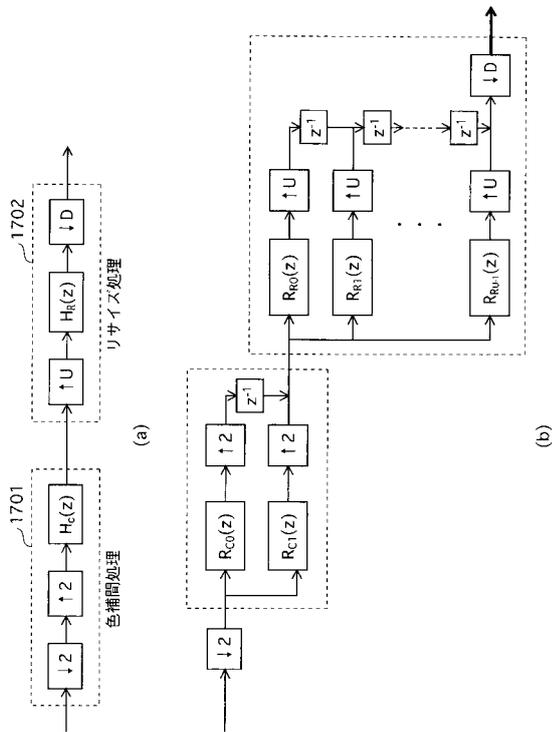
Ye	Cy	Ye	Cy
Gr	Mg	Gr	Mg
Ye	Cy	Ye	Cy
Gr	Mg	Gr	Mg

(b)

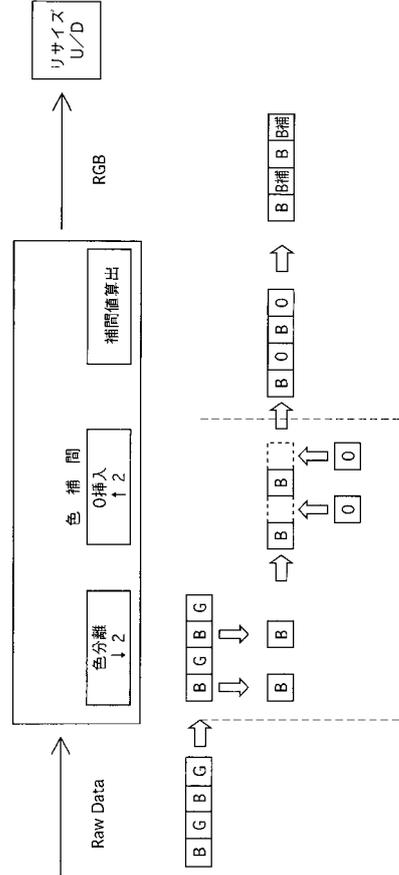
【図 15】



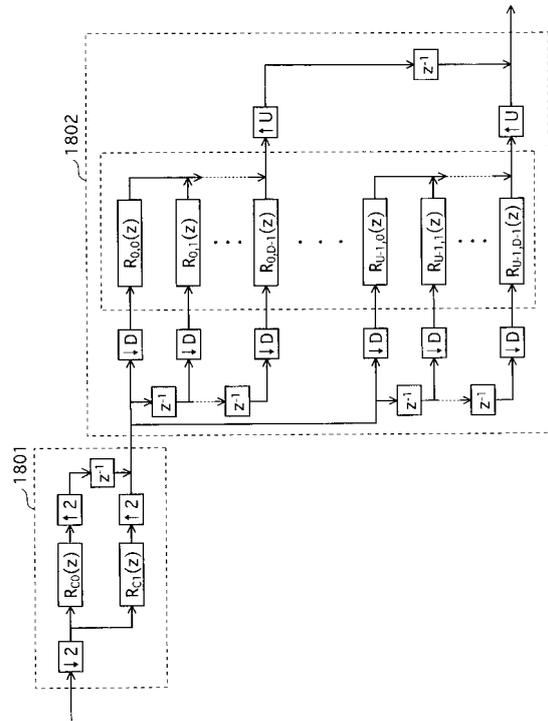
【図 17】



【図 16】



【図 18】



【 図 19 】

$$H_c = c_0 + c_1 z^{-1} + c_2 z^{-2} + \dots + c_6 z^{-6}$$

(a)

$$H_r = r_0 + r_1 z^{-1} + r_2 z^{-2} + \dots + r_{11} z^{-11}$$

(b)

フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	F I	テーマコード(参考)
H 0 4 N 1/60	H 0 4 N 1/46	Z
// H 0 4 N 101:00	H 0 4 N 1/40	D
	H 0 4 N 101:00	

Fターム(参考) 5C065 EE05 EE06 EE07 GG05 GG13 GG49
5C076 AA21 AA22 BB01 BB04 BB22
5C077 LL19 MP08 PP03 PP20 PP37 RR18 RR19 TT02 TT09
5C079 HB01 LA37 LB01 NA03 NA13 PA03