

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5220777号  
(P5220777)

(45) 発行日 平成25年6月26日(2013.6.26)

(24) 登録日 平成25年3月15日(2013.3.15)

(51) Int.Cl.

F 1

HO4N 5/232 (2006.01)

HO4N 5/232

Z

G06T 3/00 (2006.01)

G06T 3/00

600B

HO4N 101/00 (2006.01)

HO4N 101:00

請求項の数 14 (全 39 頁)

(21) 出願番号

特願2010-10656 (P2010-10656)

(22) 出願日

平成22年1月21日(2010.1.21)

(65) 公開番号

特開2011-151569 (P2011-151569A)

(43) 公開日

平成23年8月4日(2011.8.4)

審査請求日

平成24年12月28日(2012.12.28)

(73) 特許権者 000000376

オリンパス株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(74) 代理人 100104710

弁理士 竹腰 昇

(74) 代理人 100124682

弁理士 黒田 泰

(74) 代理人 100090479

弁理士 井上 一

(72) 発明者 今出 慎一

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ  
リンパス株式会社内

審査官 横 一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、撮像装置、プログラム及び画像処理方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

受光値を取得する単位である受光単位が、カラー撮像素子が有する水平方向及び垂直方向に隣接する複数の画素毎に設定され、前記受光単位に含まれる複数の画素の画素値が加算されて前記受光単位の受光値として読み出され、低解像フレーム画像が取得される場合に、取得された前記低解像フレーム画像を記憶する記憶部と、

前記記憶部に記憶された複数の低解像フレーム画像に基づいて、前記受光単位に含まれる各画素の画素値を推定する推定演算部と、

前記推定演算部により推定された画素値に基づいて、前記低解像フレーム画像よりも高解像度の高解像フレーム画像を出力する画像出力部、

を備え、

前記記憶部は、

前記受光単位が1画素ずつ順次画素シフトされて取得された、前記受光単位を構成する画素数と同数の前記低解像フレーム画像を記憶し、

前記推定演算部は、

前記受光単位が順次画素シフトされることで得られた複数の前記低解像フレーム画像に基づいて、前記受光単位に含まれる各画素の画素値を推定することを特徴とする画像処理装置。

## 【請求項 2】

請求項 1において、

10

20

前記画素シフトにより、前記受光単位が、第1のポジションと、前記第1のポジションの次の第2のポジションに順次設定され、前記第1のポジションの受光単位と前記第2のポジションの受光単位が重畳する場合に、

前記推定演算部は、

前記第1、第2のポジションの受光単位の受光値の差分値を求め、

前記第1のポジションの受光単位から重畳領域を除いた第1の受光領域の受光値である第1の中間画素値と、前記第2のポジションの受光単位から前記重畳領域を除いた第2の受光領域の受光値である第2の中間画素値との関係式を、前記差分値を用いて表し、

前記関係式を用いて前記第1、第2の中間画素値を推定し、推定した前記第1の中間画素値を用いて前記受光単位の各画素の画素値を求ることを特徴とする画像処理装置。 10

### 【請求項3】

請求項2において、

前記推定演算部は、

前記第1、第2の中間画素値を含む連続する中間画素値を中間画素値パターンとする場合に、前記中間画素値パターンの中間画素値間の関係式を前記受光単位の受光値を用いて表し、

中間画素値間の関係式で表された前記中間画素値パターンと前記受光単位の受光値とを比較して類似性を評価し、

前記類似性の評価結果に基づいて、前記類似性が最も高くなるように前記中間画素値パターンの中間画素値の値を決定することを特徴とする画像処理装置。 20

### 【請求項4】

請求項1乃至3のいずれかにおいて、

前記受光単位の各画素値は、前記受光単位内での画素位置に応じた重み付け係数で重み付け加算されて前記受光単位の受光値として読み出され、

前記推定演算部は、

重み付け加算により得られた前記受光単位の受光値に基づいて、前記受光単位の各画素の画素値を推定することを特徴とする画像処理装置。

### 【請求項5】

請求項4において、

前記受光単位内での前記水平方向の画素位置をxとし、前記受光単位内での前記垂直方向の画素位置をyとし、前記受光単位内での前記水平方向の左端及び前記垂直方向の上端の画素位置を(x, y) = (0, 0)とし、前記水平方向の右方向をxの正方向とし、前記垂直方向の下方向をyの正方向とし、rを1より大きい実数とする場合に、 30

前記受光単位内での前記画素位置(x, y)に応じた前記重み付け係数C(x, y)は、 $C(x, y) = 1 / r^{(x+y)}$ であることを特徴とする画像処理装置。

### 【請求項6】

請求項1乃至4のいずれかにおいて、

前記画素シフトが各フレームで行われ、前記画素シフトにより設定される前記受光単位の各ポジションに対応して時系列に連続する前記低解像フレーム画像が取得される場合に、 40

補間対象のフレームの前記低解像フレーム画像での欠落したポジションの受光単位の受光値を、前記補間対象のフレームの前後のフレームの前記低解像フレーム画像での、前記欠落したポジションと同じポジションの受光単位の受光値を用いて時間軸補間する補間処理部と、

を備え、

前記推定演算部は、

前記時間軸補間ににより補間された前記低解像フレーム画像に基づいて、前記各フレームでの前記受光単位の各画素の画素値を推定することを特徴とする画像処理装置。

### 【請求項7】

請求項6において、 50

前記画像出力部は、

前記推定演算部により推定された前記各フレームでの前記受光単位の各画素の画素値に基づく各フレームでの前記高解像フレーム画像を、動画として出力することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 8】

請求項6または7において、

前記補間処理部は、

前記時間軸補間を時間軸補間フィルタにより行うことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 9】

請求項6または7において、

10

前記補間処理部は、

前記前後のフレームでの受光単位の受光値の差分値が所定の閾値より小さい場合には、前記補間対象のフレームでの前記欠落したポジションの受光単位の受光値を、前記前後のフレームでの、前記欠落したポジションと同じポジションの受光単位の受光値を用いて補間し、

前記前後のフレームでの受光単位の受光値の差分値が所定の閾値より大きい場合には、前記補間対象のフレームでの前記欠落したポジションの受光単位の受光値を、前記補間対象のフレームで取得された受光値を用いて補間することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 10】

請求項1乃至9のいずれかにおいて、

20

前記受光単位に含まれる画素数は、前記撮像素子により撮像された画像の明るさに応じて設定されることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 11】

請求項1のにおいて、

前記明るさは、前記画像の平均輝度であることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 12】

請求項1のにおいて、

前記受光単位の画素数は、前記平均輝度が所定の閾値よりも小さい場合に増加されることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 13】

30

カラー撮像素子と、

前記カラー撮像素子が有する水平方向及び垂直方向に隣接する複数の画素毎に受光単位を設定し、前記受光単位の複数の画素の画素値を加算して前記受光単位の受光値として読み出し、低解像度フレーム画像を取得する読み出制御部と、

前記読み出制御部により取得された前記低解像フレーム画像を記憶する記憶部と、

前記記憶部に記憶された複数の低解像フレーム画像に基づいて、前記受光単位の各画素の画素値を推定する推定演算部と、

前記推定演算部により推定された画素値に基づいて、前記低解像フレーム画像よりも高解像度の高解像フレーム画像を出力する画像出力部と、

を備え、

40

前記読み出制御部は、

前記受光単位を1画素ずつ順次画素シフトし、前記受光単位を構成する画素数と同数の前記低解像フレーム画像を取得し、

前記推定演算部は、

前記受光単位が順次画素シフトされることで得られた複数の前記低解像フレーム画像に基づいて、前記受光単位の各画素の画素値を推定することを特徴とする撮像装置。

【請求項 14】

カラー撮像素子が有する水平方向及び垂直方向に隣接する複数の画素毎に受光単位が設定され、前記受光単位の複数の画素の画素値が加算されて前記受光単位の受光値として読み出され、低解像フレーム画像が取得される場合に、

50

前記受光単位が1画素ずつ順次画素シフトされて取得された、前記受光単位を構成する画素数と同数の前記低解像フレーム画像を記憶し、

前記受光単位が順次画素シフトされることで得られた複数の前記低解像フレーム画像に基づいて、前記受光単位の各画素の画素値を推定し、

推定された画素値に基づいて、前記低解像フレーム画像よりも高解像度の高解像フレーム画像を出力することを特徴とする画像処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、画像処理装置、撮像装置、プログラム及び画像処理方法等に関する。

【背景技術】

【0002】

昨今のデジタルカメラやビデオカメラには、静止画撮影モードと動画撮影モードを切り替えて使用できるものがある。例えば、動画撮影中にユーザがボタン操作をすることで、動画よりも高解像の静止画を撮影できるものがある。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0003】

【特許文献1】特開2009-124621号公報

【特許文献2】特開2008-243037号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、静止画撮影モードと動画撮影モードを切り替える手法では、ユーザがシャッターチャンスに気付いたときには既に決定的瞬間を逃していることが多いという課題がある。

【0005】

この決定的瞬間の撮影を実現するために、本発明者は、画素シフトの手法を利用して動画から任意タイミングの高解像静止画を生成することを考えている。画素シフトの手法として、例えば特許文献1、2には、画素シフトにより取得された低解像画像から高解像画像を合成する手法が開示されている。しかしながら、特許文献1、2の手法では、処理負荷の増大や、画素値の推定が困難な場合があるという課題がある。

【0006】

本発明の幾つかの態様によれば、簡素な処理で低解像動画から高解像画像を取得できる画像処理装置、撮像装置、プログラム及び画像処理方法等を提供できる。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一態様は、受光値を取得する単位である受光単位が撮像素子の複数の画素毎に設定され、前記受光単位に含まれる複数の画素の画素値が加算されて前記受光単位の受光値として読み出され、低解像フレーム画像が取得される場合に、取得された前記低解像フレーム画像を記憶する記憶部と、前記記憶部に記憶された複数の低解像フレーム画像に基づいて、前記受光単位に含まれる各画素の画素値を推定する推定演算部と、前記推定演算部により推定された画素値に基づいて、前記低解像フレーム画像よりも高解像度の高解像フレーム画像を出力する画像出力部と、を含み、前記受光単位を重畠しながら順次画素シフトさせつつ前記受光単位の受光値が読み出されて、前記低解像フレーム画像が取得され、前記推定演算部は、前記受光単位が順次画素シフトされることで得られた複数の受光値に基づいて、前記受光単位に含まれる各画素の画素値を推定する画像処理装置に関する。

40

50

**【 0 0 0 8 】**

本発明の一態様によれば、受光単位に含まれる複数の画素の画素値が加算されて受光値が読み出され、低解像フレーム画像が取得される。この受光値は、受光単位を重畠しながら順次画素シフトさせつつ読み出される。受光単位が順次画素シフトされることで得られた複数の受光値に基づいて、受光単位に含まれる各画素の画素値が推定され、推定された画素値に基づいて高解像フレーム画像が出力される。これにより、簡素な処理で低解像動画から高解像画像を取得すること等が可能になる。

**【 0 0 0 9 】**

また、本発明の一態様では、前記画素シフトにより、前記受光単位が、第1のポジションと、前記第1のポジションの次の第2のポジションに順次設定され、前記第1のポジションの受光単位と前記第2のポジションの受光単位が重畠する場合に、前記推定演算部は、前記第1、第2のポジションの受光単位の受光値の差分値を求め、前記第1のポジションの受光単位から重畠領域を除いた第1の受光領域の受光値である第1の中間画素値と、前記第2のポジションの受光単位から前記重畠領域を除いた第2の受光領域の受光値である第2の中間画素値との関係式を、前記差分値を用いて表し、前記関係式を用いて前記第1、第2の中間画素値を推定し、推定した前記第1の中間画素値を用いて前記受光単位の各画素の画素値を求めてよい。

**【 0 0 1 0 】**

このようにすれば、受光単位が重畠しながら順次画素シフトさせつつ読み出された受光値から中間画素値を推定し、推定した中間画素値から最終的な推定画素値を求めることができる。これにより、高解像フレーム画像の画素値推定を簡素化できる。

**【 0 0 1 1 】**

また、本発明の一態様では、前記推定演算部は、前記第1、第2の中間画素値を含む連続する中間画素値を中間画素値パターンとする場合に、前記中間画素値パターンの中間画素値間の関係式を前記受光単位の受光値を用いて表し、中間画素値間の関係式で表された前記中間画素値パターンと前記受光単位の受光値とを比較して類似性を評価し、前記類似性の評価結果に基づいて、前記類似性が最も高くなるように前記中間画素値パターンの中間画素値の値を決定してもよい。

**【 0 0 1 2 】**

このようにすれば、受光単位が重畠されながら画素シフトされることで取得された複数の受光値に基づいて、中間画素値を推定できる。

**【 0 0 1 3 】**

また、本発明の一態様では、前記推定演算部は、中間画素値間の関係式で表された前記中間画素値パターンと前記受光単位の受光値との誤差を表す評価関数を求め、前記評価関数の値が最小となるように前記中間画素値パターンの中間画素値の値を決定してもよい。

**【 0 0 1 4 】**

このようにすれば、評価関数の値が最小となるように中間画素値の値を決定することで、中間画素値パターンと受光値の類似性が最も高くなるように中間画素値の値を決定できる。

**【 0 0 1 5 】**

また、本発明の一態様では、前記受光単位の受光値に対する前記中間画素値パターンの対応関係が、既知の高解像フレーム画像に基づいて、前記受光単位の受光値と前記中間画素値パターンの類似性をあらかじめ定める先見情報として取得され、前記推定演算部は、前記先見情報に基づいて、中間画素値間の関係式で表された前記中間画素値パターンと取得された前記受光単位の受光値との類似性を評価してもよい。

**【 0 0 1 6 】**

このようにすれば、既知の高解像フレーム画像に基づいて取得された先見情報に基づいて類似性を評価し、その評価結果に基づいて中間画素値を決定できる。

**【 0 0 1 7 】**

また、本発明の一態様では、前記推定演算部は、ノードの重み係数として、前記既知の

10

20

30

40

50

高解像フレーム画像に基づく学習によって前記先見情報として得られた係数を用いるニューラルネットワークを有し、前記ニューラルネットワークは、中間画素値パターンと前記受光単位の受光値を受けて、前記類似性の評価結果を出力し、前記推定演算部は、前記ニューラルネットワークからの前記類似性の評価結果に基づいて前記中間画素値パターンの中間画素値の値を決定してもよい。

【0018】

このようにすれば、ノードの重み係数を先見情報とするニューラルネットワークを用いることで、先見情報に基づく類似性評価を実現できる。

【0019】

また、本発明の一態様では、前記受光単位の各画素値が重み付け加算されて前記受光単位の受光値として読み出され、前記推定演算部は、重み付け加算により得られた前記受光単位の受光値に基づいて、前記受光単位の各画素の画素値を推定してもよい。 10

【0020】

このようにすれば、受光単位の各画素値を重み付け加算して低解像フレーム画像を取得し、取得した低解像フレーム画像から高解像フレーム画像の画素値を推定できる。

【0021】

また、本発明の一態様では、前記画素シフトが各フレームで行われ、前記画素シフトにより前記受光単位が複数のポジションに順次設定され、複数のフレーム毎に前記受光単位が同じポジションに設定され、前記低解像フレーム画像は、時系列に各ポジションに対応して取得された連続低解像フレーム画像である場合に、前記各フレームでの前記複数のポジションの受光単位の受光値を補間する処理を行う補間処理部を含み、前記補間処理部は、補間対象のフレームの前記連続低解像フレーム画像での欠落したポジションの受光単位の受光値を、前記補間対象のフレームの前後のフレームの前記連続低解像フレーム画像での、前記欠落したポジションと同じポジションの受光単位の受光値を用いて時間軸補間し、前記推定演算部は、前記時間軸補間により補間された前記連続低解像フレーム画像に基づいて、前記各フレームでの前記受光単位の各画素の画素値を推定してもよい。 20

【0022】

このようにすれば、画素シフトにより受光値が取得され、取得された受光値を用いて欠落したポジションの受光値を補間し、補間後の受光値から受光単位の各画素の画素値を求めることができる。 30

【0023】

また、本発明の一態様では、前記画像出力部は、前記推定演算部により推定された前記各フレームでの前記受光単位の各画素の画素値に基づく各フレームでの前記高解像フレーム画像を、静止画または動画として出力してもよい。

【0024】

このようにすれば、各フレームでの高解像フレーム画像を、静止画または動画として出力できる。

【0025】

また、本発明の一態様では、前記補間処理部は、前記時間軸補間を時間軸補間フィルタにより行ってもよい。 40

【0026】

このようにすれば、時間軸補間フィルタにより時間軸補間を行うことができる。

【0027】

また、本発明の一態様では、前記補間処理部は、前記前後のフレームでの受光単位の受光値の差分値が所定の閾値より小さい場合には、前記補間対象のフレームでの前記欠落したポジションの受光単位の受光値を、前記前後のフレームでの、前記欠落したポジションと同じポジションの受光単位の受光値を用いて補間し、前記前後のフレームでの受光単位の受光値の差分値が所定の閾値より大きい場合には、前記補間対象のフレームでの前記欠落したポジションの受光単位の受光値を、前記補間対象のフレームで取得された受光値を用いて補間してもよい。 50

## 【0028】

このようにすれば、補間対象のフレームの前後のフレームでの受光単位の受光値の差分値に応じて、補間対象のフレームでの受光値の時間軸補間を行うことができる。

## 【0029】

また、本発明の一態様では、第1の受光単位と第2の受光単位が隣接する受光単位であり、画素シフトにより前記第1、第2の受光単位が、第1のポジションと、前記第1のポジションの次の第2のポジションに順次設定され、前記第1、第2のポジションの前記第1の受光単位が第1の重畠領域で重畠し、前記第1、第2のポジションの前記第2の受光単位が第2の重畠領域で重畠する場合に、前記推定演算部は、前記第1のポジションの前記第1の受光単位から前記第1の重畠領域を除いた第1の受光領域の受光値である第1の中間画素値と、前記第2のポジションの前記第1の受光単位から前記第1の重畠領域を除いた第2の受光領域の受光値である第2の中間画素値とを推定し、前記第1のポジションの前記第2の受光単位から前記第2の重畠領域を除いた第3の受光領域の受光値である第3の中間画素値を未知数とし、前記第2のポジションの前記第2の受光単位から前記第2の重畠領域を除いた第4の受光領域の受光値である第4の中間画素値を前記未知数を用いた関係式で表し、前記第3の受光領域と同じ領域である前記第2の受光領域の中間画素値として求めた前記第2の中間画素値に基づいて前記未知数の探索範囲を設定し、設定した前記探索範囲において前記未知数を探索的に求めて前記第3の中間画素値を推定してもよい。10

## 【0030】

このようにすれば、先に求めた第2の中間画素値に基づいて、次に推定する未知数の探索範囲を設定できる。20

## 【0031】

また、本発明の一態様では、第1の受光単位と第2の受光単位が隣接する受光単位であり、画素シフトにより前記第1、第2の受光単位が、第1のポジションと、前記第1のポジションの次の第2のポジションに順次設定され、前記第1、第2のポジションの前記第1の受光単位が第1の重畠領域で重畠し、前記第1、第2のポジションの前記第2の受光単位が第2の重畠領域で重畠する場合に、前記推定演算部は、前記第1のポジションの前記第1の受光単位から前記第1の重畠領域を除いた第1の受光領域の受光値である第1の中間画素値と、前記第2のポジションの前記第1の受光単位から前記第1の重畠領域を除いた第2の受光領域の受光値である第2の中間画素値とを含む連続する中間画素値である第1の中間画素値パターンを推定し、前記第1のポジションの前記第2の受光単位から前記第2の重畠領域を除いた第3の受光領域の受光値である第3の中間画素値と、前記第2のポジションの前記第2の受光単位から前記第2の重畠領域を除いた第4の受光領域の受光値である第4の中間画素値とを含む連続する中間画素値である第2の中間画素値パターンを推定し、前記第2のポジションの前記第1の受光単位と前記第1のポジションの前記第2の受光単位との重畠領域である第5の受光領域の受光値である第5の中間画素値を含み、前記第1、第4の中間画素値を含まない連続する中間画素値である第3の中間画素値パターンを推定し、前記第3、第5の受光領域が前記第2の受光領域と同一の受光領域である場合に、前記同一の受光領域の中間画素値を、前記第1～第3の中間画素値パターンの推定により得られた前記第2、第3、第5の中間画素値に基づいて最終的に決定してもよい。30

## 【0032】

このようにすれば、同一の受光領域の中間画素値を3回推定することで求めた3つの推定値に基づいて、その受光領域の最終的な中間画素値を決定できる。

## 【0033】

また、本発明の一態様では、前記推定演算部は、推定により得られた画素値に対して、前記受光単位内での画素位置に応じて異なるフィルタ係数のフィルタ処理を行ってもよい。40

## 【0034】

50

このようにすれば、推定により得られた画素値に対して、受光単位内での画素位置に応じたフィルタ処理を行うことができる。

【0035】

また、本発明の一態様では、前記受光単位に含まれる画素数が、被写体の明るさが暗いほど多い画素数に設定され、前記画像出力部は、前記被写体の明るさが暗いほど高感度の前記高解像フレーム画像を出力してもよい。

【0036】

このようにすれば、被写体の明るさに応じて受光単位に含まれる画素数が設定され、被写体の明るさに応じた感度の高解像フレーム画像を出力できる。

【0037】

また、本発明の一態様では、前記撮像素子がカラー撮像素子であり、隣接する複数の画素が、画素の色に依らず前記受光単位に設定され、前記受光単位に設定された前記隣接する複数の画素の画素値が加算されて読み出され、前記低解像度フレーム画像が取得され、前記推定演算部は、取得された前記低解像度フレーム画像に基づいて前記受光単位の各画素の画素値を推定し、前記画像出力部は、前記推定演算部により推定された画素値に基づいて、カラーの前記高解像フレーム画像を出力してもよい。

【0038】

また、本発明の一態様では、前記撮像素子がカラー撮像素子であり、同じ色の複数の画素が前記受光単位に設定され、前記受光単位に設定された前記同じ色の複数の画素の画素値が加算されて読み出され、前記低解像度フレーム画像が取得され、前記推定演算部は、取得された前記低解像度フレーム画像に基づいて前記受光単位の各画素の画素値を推定し、前記画像出力部は、前記推定演算部により推定された画素値に基づいて、カラーの前記高解像フレーム画像を出力してもよい。

【0039】

これらの本発明の一態様によれば、カラー撮像素子を用いた場合にも、低解像フレーム画像を取得し、その低解像フレーム画像から画素値の推定を行って、カラーの高解像フレーム画像を取得できる。

【0040】

また、本発明の他の態様は、撮像素子と、前記撮像素子の複数の画素毎に受光単位を設定し、前記受光単位の複数の画素の画素値を加算して前記受光単位の受光値として読み出し、低解像度フレーム画像を取得する読出制御部と、前記読出制御部により取得された前記低解像フレーム画像を記憶する記憶部と、前記記憶部に記憶された複数の低解像フレーム画像に基づいて、前記受光単位の各画素の画素値を推定する推定演算部と、前記推定演算部により推定された画素値に基づいて、前記低解像フレーム画像よりも高解像度の高解像フレーム画像を出力する画像出力部と、を含み、前記読出制御部は、前記受光単位を重畳しながら順次画素シフトさせつつ前記受光単位の受光値を読み出して前記低解像フレーム画像を取得し、前記推定演算部は、前記受光単位が順次画素シフトされることで得られた複数の受光値に基づいて、前記受光単位の各画素の画素値を推定する撮像装置に関係する。

【0041】

また、本発明の他の態様は、受光値を取得する単位である受光単位が撮像素子の複数の画素毎に設定され、前記受光単位に含まれる複数の画素の画素値が加算されて前記受光単位の受光値として読み出され、低解像度フレーム画像が取得される場合に、取得された前記低解像フレーム画像を記憶する記憶部と、前記記憶部に記憶された複数の低解像フレーム画像に基づいて、前記受光単位に含まれる各画素の画素値を推定する推定演算部と、前記推定演算部により推定された画素値に基づいて、前記低解像フレーム画像よりも高解像度の高解像フレーム画像を出力する画像出力部として、コンピュータを機能させ、前記受光単位を重畳しながら順次画素シフトさせつつ前記受光単位の受光値が読み出されて、前記低解像フレーム画像が取得され、前記推定演算部は、前記受光単位が順次画素シフトされることで得られた複数の受光値に基づいて、前記受光単位に含まれる各画素の画素値を

10

20

30

40

50

推定するプログラムに関係する。

【0042】

また、本発明の他の態様は、撮像素子の複数の画素毎に受光単位が設定され、前記受光単位を重畠しながら順次画素シフトされつつ前記受光単位の複数の画素の画素値が加算されて前記受光単位の受光値として読み出され、低解像フレーム画像が取得される場合に、取得された前記低解像フレーム画像を記憶し、記憶された複数の低解像フレーム画像を構成する受光値である、前記受光単位が順次画素シフトされることで得られた複数の受光値に基づいて、前記受光単位の各画素の画素値を推定し、推定された画素値に基づいて、前記低解像フレーム画像よりも高解像度の高解像フレーム画像を出力する画像処理方法に関係する。

10

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】図1(A)は、推定処理ブロックの説明図であり、図1(B)は、受光単位の説明図。

【図2】図2(A)は、推定画素値の説明図であり、図2(B)は、中間画素値の説明図。

【図3】第1の推定手法における中間画素値の推定手法の説明図。

【図4】第1の推定手法における中間画素値の推定手法の説明図。

【図5】第1の推定手法における中間画素値の推定手法の説明図。

【図6】図6(A)、図6(B)は、第1の推定手法における推定画素値の推定手法の説明図。

20

【図7】第1の推定手法における推定画素値の推定手法の説明図。

【図8】第1の推定手法における推定画素値の推定手法の説明図。

【図9】第1の推定手法における推定画素値の推定手法の説明図。

【図10】第2の推定手法の説明図。

【図11】第2の推定手法の説明図。

【図12】第2の推定手法の説明図。

【図13】第2の推定手法の説明図。

【図14】第2の推定手法における探索範囲設定の説明図。

【図15】第2の推定手法の概要説明図。

30

【図16】第3の推定手法の説明図。

【図17】第3の推定手法の概要説明図。

【図18】第4の推定処理の説明図。

【図19】ノイズフィルタの構成例。

【図20】第5の推定処理における重み係数の説明図。

【図21】図21(A)、図21(B)は、第5の推定処理における中間画素値の推定手法の説明図。

【図22】第5の推定処理における中間画素値の推定手法の説明図。

【図23】第5の推定処理における中間画素値の推定手法の説明図。

【図24】第5の推定処理における中間画素値の推定手法の説明図。

40

【図25】図25(A)、図25(B)は、第5の推定処理における推定画素値の推定手法の説明図。

【図26】第5の推定処理における推定画素値の推定手法の説明図。

【図27】第5の推定処理における推定画素値の推定手法の説明図。

【図28】第5の推定処理における推定画素値の推定手法の説明図。

【図29】受光値の第1の補間手法の説明図。

【図30】補間処理のタイミングチャート例。

【図31】撮像装置と画像処理装置の第1の詳細な構成例。

【図32】フュージョンフレームに対する動き補償の説明図。

【図33】受光値の第2の補間手法の説明図。

50

- 【図34】受光値の第2の補間手法の説明図。  
 【図35】カラー画像の第1の推定手法の説明図。  
 【図36】カラー画像の第2の推定手法の説明図。  
 【図37】カラー画像の第3の推定手法の説明図。  
 【図38】カラー画像の第4の推定手法の説明図。  
 【図39】カラー画像の第5の推定手法の説明図。  
 【図40】明るさに適応した加算画素数の設定手法。  
 【図41】撮像装置と画像処理装置の第2の詳細な構成例。

【発明を実施するための形態】

【0044】

10

以下、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお以下に説明する本実施形態は特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではなく、本実施形態で説明される構成の全てが本発明の解決手段として必須であるとは限らない。

【0045】

1. 比較例

まず、本実施形態の比較例について説明する。デジタルカメラやビデオカメラの製品には、静止画撮影を主とするデジタルカメラに動画撮影機能をもたせたものや、動画撮影を主とするビデオカメラに静止画撮影機能をもたせたものがある。これらのカメラでは、静止画撮影モードと動画撮影モードを切り換えて使用するものが多い。中には、動画撮影並の高速フレームレートにより高精細静止画を撮影可能とするものがあり、短時間の高速連写が可能である。このような機器を使えば、静止画と動画の撮影を一つの機器でまかねるという利便さがある。

20

【0046】

しかしながら、これらの手法では、多くの人が求めるシャッターチャンスを逃さず高品位な静止画を得ることが難しいという課題がある。例えば、動画撮影中に高品位静止画を撮影するモードに瞬時に切り替える方法では、動画が途切れてしまったり、ユーザが気づいたときには既に決定的瞬間を逃してしまっているという課題がある。

【0047】

30

このシャッターチャンスを逃さないという課題を解決するには、動画撮影により全てのシーンをもれなく撮影しておいて、その中から自由に決定的瞬間を高品位な静止画として得る手法が考えられる。この手法を実現するためには、高精細画像を高速フレームレートにより撮影可能とすることが必要である。

【0048】

しかしながら、この手法の実現は容易ではない。例えば、1200万画素の画像を60fps (fps : フレーム/秒) で連続して撮影するためには、超高速撮像可能な撮像素子、撮像データを超高速処理する処理回路、超高速データ圧縮処理機能、莫大なデータを記録する記録手段が必要になる。このためには、複数撮像素子の使用、並列処理、大規模メモリー、高能力放熱機構などが必要になるが、小型化や低コストが求められる民生用機器においては非現実的である。動画撮影のハイビジョン (200万画素) 程度の解像度の高品位でない静止画であれば実現可能であるが、ハイビジョン程度の解像度では静止画としては不十分である。

40

【0049】

また、高フレームレートの動画撮影を行う手法として、多画素で高精細画像が撮影できる高画素イメージセンサを用い、画素の間引き読み出しあるいは隣接画素の加算読み出しによって低解像画像化し、1回の読み出しデータを低減することにより実現する手法が考えられる。しかしながら、この手法では、高精細画像を高フレームレートにより撮影することができない。

【0050】

この課題を解決するためには、高フレームレートで撮影された低解像画像から高解像画像を得る必要がある。低解像画像から高解像画像を得る手法として、例えば、画素ずらし

50

により撮影した低解像画像に対して所謂超解像処理を行い、高解像画像を生成する手法が考えられる。

【0051】

例えば、加算読み出しを用いた手法が考えられる。すなわち、低解像画像を順次位置ずらししながら読み出した後、それら複数の位置ずれ画像に基づいて高精細化画像を一旦仮定する。そして、仮定した画像を劣化させて低解像画像を生成し、元の低解像画像と比較し、その差異が最小になるように高精細画像を変形させ、高精細画像を推定する。この超解像処理として、ML (Maximum-Likelihood) 法、MAP (Maximum A Posterior) 法、POCS (Projection Onto Convex Set) 法、IBP (Iterative Back Projection) 法などが知られている。

10

【0052】

また、超解像処理を用いた手法として、上述の特許文献1に開示された手法がある。この手法では、動画撮影時に画素シフトさせた低解像画像を時系列的に順次撮影し、それらの複数低解像画像を合成することにより高解像画像を仮定する。そして、この仮定した高解像画像に対して上記の超解像処理を施し、尤度の高い高解像画像を推定する。

【0053】

しかしながら、これらの手法では、2次元フィルタを多用する繰り返し演算により推定精度を上げていく一般的な超解像処理を用いている。そのため、非常に処理の規模が大きくなったり、処理時間が増大したりしてしまい、処理能力やコストの制限がある機器への適用は困難であるという課題がある。例えば、デジタルカメラのような小型携帯撮像装置に適用すると、処理回路の規模が大きくなり、消費電力の増大、大量の熱の発生、コストの大幅アップなどの課題が生じてしまう。

20

【0054】

また、上述の特許文献2には、画素シフトさせた複数枚の低解像画像を使って高解像画像を生成する手法が開示されている。この手法では、求めたい高解像画像を構成する仮の画素を副画素とおき、その副画素の平均値が、撮影された低解像画像の画素値と一致するように副画素の画素値を推定する。この画素値の推定では、複数の副画素の初期値を設定し、算出したい副画素を除く副画素の画素値を低解像画像の画素値から差し引いて画素値を求め、それを順次隣接する画素に対して適用する。

30

【0055】

しかしながら、この手法では、初期値の特定が上手くいかないと推定誤差が非常に大きくなるという課題がある。この手法では、初期値を設定するために、副画素の画素値変化が小さく、ほぼそれらの平均値とそれらをカバーする低解像画素値が等しくなる部分を画像から見つけ出している。そのため、初期値の設定に適当な部分が撮影画像から見つけられないと、初期値の推定が困難になってしまう。また、初期値の設定に適当な部分を探索する処理が必要になってしまう。

【0056】

2. 第1の推定手法

そこで、本実施形態では、画素ずらしにより高フレームレートの低解像動画を撮影し、その低解像動画から簡素な画素推定手法で高解像画像を生成する。そして、生成した高解像画像を用いて、動画の中の任意タイミングの高解像静止画を取得したり、高フレームレートの高解像動画を取得する。

40

【0057】

以下では図面を用いて、このような本実施形態の手法について詳細に説明する。図1(A)、図1(B)に、画素推定に用いられる推定処理ブロックと受光単位の模式的な説明図を示す。図1(A)、図1(B)では、撮像素子上の画素を実線の四角で示し、水平方向(水平走査方向)の画素位置をiで示し、垂直方向の画素位置をjで示す(i、jは自然数)。

【0058】

図1(A)に示すように、m×n画素を1ブロックとする推定処理ブロックB<sub>k<sub>0</sub></sub>、

50

$B k_{10}, \dots$  を設定する。本実施形態では、この推定処理ブロック毎に、高解像画像の画素値の推定処理を行う。

#### 【0059】

図1(B)には、上記の推定処理ブロックのうちの1つを模式的に示す。図1(B)に示すように、4画素(広義には複数の画素)を1つの受光単位に設定し、その受光単位内の4画素の画素値を加算読み出し(混合読み出し)して、受光単位の受光値  $a_{00} \sim a_{(m-1)(n-1)}$ (加算画素値、4画素加算値)を取得する。この受光単位は4画素毎に設定され、受光値  $a_{00} \sim a_{(m-1)(n-1)}$  は、フレーム毎に受光単位を1画素ずつずらして設定することで順次取得される。例えば、第1フレームで  $a_{00}, a_{20}, \dots$  が取得され、第2フレームで  $a_{10}, a_{30}, \dots$  が取得され、第3フレームで  $a_{11}, a_{31}, \dots$  が取得され、第4フレームで  $a_{01}, a_{21}, \dots$  が取得される。

10

#### 【0060】

図2(A)～図9を用いて、本実施形態の画素推定手法について説明する。以下では、説明を簡単にするために、 $2 \times 2$ 画素毎に推定処理ブロックが設定される場合を例に説明する。なお、画素推定に用いられる受光値  $a_{00} \sim a_{11}$  は、加算読み出しにより取得された受光値そのものであってもよく、後述する時間軸補間により補間された受光値であってもよい。

#### 【0061】

図2(A)、図2(B)に、推定画素値と中間画素値の説明図を示す。図2(A)に示すように、受光値  $a_{00} \sim a_{11}$  を用いて、最終的に画素値  $v_{00} \sim v_{22}$ (推定画素値)を推定する。すなわち、撮像素子の画素ピッチを  $p$  とすると、画素ピッチ  $2p$  の受光単位により取得された低解像画像から、画素ピッチ  $p$  の撮像素子と同じ解像度(画素数)の高解像画像を推定する。

20

#### 【0062】

このとき、図2(B)に示すように、受光値  $a_{00} \sim a_{11}$  から中間画素値  $b_{00} \sim b_{21}$ (中間推定画素値、2画素加算値)を推定し、その中間画素値  $b_{00} \sim b_{21}$  から画素値  $v_{00} \sim v_{22}$ を推定する。この中間画素値の推定手法について、図3に示す水平方向の最初の行の中間画素値  $b_{00} \sim b_{20}$ を例に説明する。

#### 【0063】

30

受光値と中間画素値の間には、下式(1)の関係が成り立つ。

$$\begin{aligned} a_{00} &= b_{00} + b_{10}, \\ a_{10} &= b_{10} + b_{20} \quad \dots \quad (1) \end{aligned}$$

#### 【0064】

$b_{00}$ を未知数(初期変数、初期値)として上式(1)を変形すると、下式(2)に示すように、中間画素値  $b_{10}, b_{20}$ を  $b_{00}$ の関数として表すことができる。

$$\begin{aligned} b_{00} &= (\text{未知数}), \\ b_{10} &= a_{00} - b_{00}, \\ b_{20} &= b_{00} + i_0 = b_{00} + (a_{10} - a_{00}) \quad \dots \quad (2) \end{aligned}$$

#### 【0065】

40

ここで、下式(3)に示すように、 $i_0$ は1シフト離れた受光値の差分値であり、中間画素値  $b_{20}, b_{00}$ の差分値に対応する。

$$\begin{aligned} i_0 &= a_{10} - a_{00} \\ &= (b_{10} + b_{20}) - (b_{00} + b_{10}) \\ &= b_{20} - b_{00} \quad \dots \quad (3) \end{aligned}$$

#### 【0066】

このようにして、 $b_{00}$ を未知数とする高精細な中間画素値  $\{b_{00}, b_{10}, b_{20}\}$ の組合せパターンが求められる。この  $b_{00}$ の関数として表わされた中間画素値の絶対値(値、数値)を決定するためには、未知数  $b_{00}$ を求める必要がある。

#### 【0067】

50

図4に示すように、本実施形態では、重畠シフトサンプリングにより検出される画素値によるパターン $\{a_{0,0}, a_{1,0}\}$ と中間画素値によるパターン $\{b_{0,0}, b_{1,0}, b_{2,0}\}$ を比較する。そして、その誤差が最小になる未知数 $b_{0,0}$ を導出し、導出した未知数 $b_{0,0}$ を最終的な中間画素値 $b_{0,0}$ として設定する。

#### 【0068】

具体的には、下式(4)に示すように、誤差の評価関数 $E_j$ を未知数 $b_{0,0}$ の関数で表す。そして、図5に示すように、評価関数 $E_j$ を最小(極小値)にする未知数 $b_{0,0} =$ (初期値)を探索的に求める(最小二乗法)。

#### 【数1】

$$e_{ij} = \left( \frac{a_{ij}}{2} - b_{ij} \right)^2 + \left( \frac{a_{ij}}{2} - b_{(i+1)j} \right)^2, \\ E_j = \sum_{i=0}^1 e_{ij} \quad \dots \quad (4)$$

10

#### 【0069】

上式(4)に示すように、本実施形態では、中間画素値の平均値と、低域周波数成分をもつパターン $\{a_{0,0}, a_{1,0}\}$ の誤差評価を行う。これにより、中間画素値 $\{b_{0,0}, b_{1,0}, b_{2,0}\}$ の推定解として高域周波数成分を多く含むパターンが導出されることを抑止できる。すなわち、仮に未知数の推定が不正確となったとしても、低域周波数成分を多く含む画像を生成することになる。そのため、低域周波数成分よりも不自然さが強調され易い高域周波数成分に誤りを含むパターンを生成することを抑止でき、画像としては見た目の自然さを失うことがない。これにより、低域周波数成分に比べて高域周波数成分が小さい自然画像に対して、合理的な画素推定が可能になる。

20

#### 【0070】

このようにして、中間画素値 $b_{0,0}$ の値を推定し、推定した $b_{0,0}$ の値を上式(2)に代入して中間画素値 $b_{1,0}$ 、 $b_{2,0}$ の値を決定する。そして、同様に $b_{0,1}$ を未知数として2行目の中間画素値 $b_{0,1} \sim b_{2,1}$ を推定する。

#### 【0071】

次に、推定した中間画素値 $b_{i,j}$ を用いて最終的な推定画素値 $v_{i,j}$ を求める手法について説明する。図6(A)、図6(B)に、中間画素値と推定画素値の説明図を模式的に示す。図6(A)に示すように、上述の手法で推定した3列の中間画素値 $b_{0,0} \sim b_{2,1}$ のうち、2列の中間画素値 $b_{0,0} \sim b_{1,1}$ を用いて推定を行う。図6(B)に示すように、中間画素値 $b_{0,0} \sim b_{1,1}$ から画素値 $v_{0,0} \sim v_{1,2}$ が推定される。以下では、説明を簡単にするために、図7に示す1列目の画素値 $v_{0,0} \sim v_{0,2}$ を例に説明する。

30

#### 【0072】

画素値 $v_{0,0} \sim v_{0,2}$ の推定は、上述の中間画素値の推定手法と同様の手法で行う。具体的には、中間画素値 $b_{0,0}$ 、 $b_{0,1}$ は、画素値 $v_{0,0} \sim v_{0,2}$ を垂直方向に2画素単位で1画素ずつシフトさせながら重畠サンプリングした値と等価である。そのため、中間画素値と推定画素値の間には、下式(5)の関係が成り立つ。

$$b_{0,0} = v_{0,0} + v_{0,1}, \\ b_{0,1} = v_{0,1} + v_{0,2} \quad \dots \quad (5)$$

40

#### 【0073】

下式(6)に示すように、画素値 $v_{0,1}$ 、 $v_{0,2}$ を未知数 $v_{0,0}$ の関数として表すことができる。

$$v_{0,0} = (\text{未知数}), \\ v_{0,1} = b_{0,0} - v_{0,0}, \\ v_{0,2} = v_{0,0} + j_0 = v_{0,0} + (b_{0,1} - b_{0,0}) \quad \dots \quad (6)$$

#### 【0074】

ここで、下式(7)に示すように、 $j_0$ は1シフト離れた中間画素値の差分値であり、画素値 $v_{0,2}$ 、 $v_{0,0}$ の差分値に対応する。

50

$$\begin{aligned}
 i_0 &= b_{01} - b_{00} \\
 &= (v_{01} + v_{02}) - (v_{00} + v_{01}) \\
 &= v_{02} - v_{00}
 \end{aligned} \quad \cdots \quad (7)$$

## 【0075】

図8に示すように、中間画素値によるパターン $\{b_{00}, b_{10}\}$ と、推定画素値によるパターン $\{v_{00}, v_{01}, v_{02}\}$ の誤差が最小になる未知数 $v_{00}$ を導出する。すなわち、下式(8)に示すように、誤差を評価関数 $E_i$ で表し、図9に示すように、その評価関数 $E_i$ を最小にする未知数 $v_{00} =$ を探索的に求める。

## 【数2】

$$\begin{aligned}
 e_{ij} &= \left(\frac{b_{ij}}{2} - v_{ij}\right)^2 + \left(\frac{b_{ij}}{2} - v_{i(j+1)}\right)^2, \\
 E_i &= \sum_{j=0}^1 e_{ij}
 \end{aligned} \quad \cdots \quad (8)$$

10

## 【0076】

そして、同様の処理により2列目の画素値 $v_{10} \sim v_{12}$ を求め、最終的な推定画素値 $v_{00}、v_{01}、v_{10}、v_{11}$ を決定する。なお、本実施形態では、最終推定画素値により構成される画像データに適当なノイズ低減処理を施して表示画像としてもよい。

## 【0077】

ここで、上述の実施形態では、未知数 $b_{00}、v_{00}$ を探索的に求める場合について説明したが、本実施形態では、未知数 $b_{00}、v_{00}$ を直接的に求めてよい。すなわち、上式(4)に示す誤差 $E_j$ の式は $b_{00}$ の2次関数式であるので、下式(9)の形に式変形が可能である。そのため、 $E_j$ を最小にする $b_{00}$ の最小値を直接的に求められる。 $v_{00}$ の最小値についても同様に求められる。

$$E_j = (b_{00} - \dots)^2 + \cdots \quad (9)$$

20

## 【0078】

さて、上述のように、静止画撮影モードと動画撮影モードを切り替える手法では、ユーザがシャッターチャンスに気付いたときには既に決定的瞬間を逃していることが多いという課題がある。また、超解像処理により低解像動画から高解像静止画を合成する手法では、超解像処理が大負荷の処理であることから、処理回路の規模が増大してしまう等の課題がある。

30

## 【0079】

この点、本実施形態によれば、受光値(加算画素値、4画素加算値)を取得する単位である受光単位(受光値取得単位)が撮像素子の複数の画素毎に設定され、その受光単位に含まれる複数の画素の画素値が加算されて受光単位の受光値として読み出され、低解像フレーム画像が取得される。そして、取得された低解像フレーム画像が記憶され、記憶された複数の低解像フレーム画像に基づいて、受光単位に含まれる各画素の画素値が推定される。推定された画素値に基づいて、低解像フレーム画像よりも高解像度の高解像フレーム画像が出力される。このとき、低解像フレーム画像は、受光単位を重畠しながら順次画素シフトさせつつ受光単位の受光値が読み出されて取得される。そして、受光単位が順次画素シフトされることで得られた複数の受光値に基づいて、受光単位に含まれる各画素の画素値が推定される。

40

## 【0080】

例えば、図1(B)で上述のように、受光単位が4画素毎に設定される。第1フレームで受光値 $a_{00}、a_{20}、\dots$ が加算読み出しされ、 $a_{00}、a_{20}、\dots$ で構成される低解像フレーム画像が取得される。そして、 $a_{10}、a_{30}、\dots$ で構成される低解像フレーム画像、 $a_{11}、a_{31}、\dots$ で構成される低解像フレーム画像、 $a_{01}、a_{21}、\dots$ で構成される低解像フレーム画像が順次取得される。例えば、受光値 $a_{00}、a_{10}、a_{11}、a_{01}$ を取得する受光単位は、1画素分ずつ水平方向または垂直方向にシフトされ、2画素ずつ重畠しながら画素ずらしされている。これらの低解像フレー

50

ム画像は、例えば図31等で後述する撮像装置により取得される。取得された低解像フレーム画像は、例えば図31等で後述する画像処理装置に入力され、図示しないメモリー等の記憶部に記憶される。そして、画素値推定演算部（推定演算部）により、画素シフトで取得された複数の受光値  $a_{0,0} \sim a_{(m-1)(n-1)}$  に基づいて、受光単位に含まれる各画素値（推定処理ブロック内の各画素値）が推定される。推定された画素値から、撮像素子の解像度相当の高解像画像が出力される。

#### 【0081】

これにより、簡素な処理で動画から高解像画像を取得することが可能になる。例えば、上述の中間画素値の推定を用いて推定処理を簡素化できる。また、高解像静止画は、低解像動画の任意タイミングのものを生成できるため、ユーザは、決定的瞬間の高解像静止画を容易に得ることができる。また、撮影時には低解像動画（例えば3メガピクセル）を取得することで高フレームレート（例えば60フレーム）で撮影し、必要に応じて高解像静止画（12メガピクセル）やハイビジョン動画を表示できる。10

#### 【0082】

より具体的には、本実施形態では、画素シフトにより受光単位が、第1のポジションと第1のポジションの次の第2のポジションに順次設定される。第1、第2のポジションの受光単位は重畳する。そして、第1、第2のポジションの受光単位の受光値の差分値が求められる。第1のポジションの受光単位から重畳領域を除いた第1の受光領域の受光値である第1の中間画素値と、第2のポジションの受光単位から重畳領域を除いた第2の受光領域の受光値である第2の中間画素値との関係式が、差分値を用いて表される。その関係式を用いて第1、第2の中間画素値が推定され、推定された第1の中間画素値を用いて受光単位の各画素の画素値が求められる。20

#### 【0083】

例えば、図2(A)で上述のように、第1フレームでは、受光値  $a_{0,0}$  を取得する第1のポジションに受光単位が設定され、第2フレームでは、受光値  $a_{1,0}$  を取得する第2のポジションに受光単位が設定される。これらの受光単位は、推定画素  $v_{1,0}$ 、 $v_{1,1}$  を含む領域において重畳する。図2(A)、図2(B)で上述のように、推定画素  $v_{0,0}$ 、 $v_{0,1}$  を含む領域が第1の受光領域に対応し、その領域の中間画素値  $b_{0,0}$  が第1の中間画素値に対応する。また、推定画素  $v_{2,0}$ 、 $v_{2,1}$  を含む領域が第2の受光領域に対応し、その領域の中間画素値  $b_{2,0}$  が第2の中間画素値に対応する。そして、図3で上述のように、受光値  $a_{0,0}$ 、 $a_{1,0}$  の差分値  $i_0$  が求められ、関係式  $b_{2,0} = b_{0,0} + i_0$  が求められる。図4等で上述のように、未知数  $b_{0,0}$  が推定され、関係式を用いて  $b_{2,0}$  が推定される。図6(A)等で上述のように、 $b_{0,0}$  を用いて、推定画素値  $v_{0,0}$ 、 $v_{0,1}$  が求められる。30

#### 【0084】

このようにすれば、重畳シフトされた受光値から中間画素値を一旦推定し、その重畳シフトされた中間画素値から推定画素値を求めて、高解像画像の推定処理を簡素化できる。例えば、上述の比較例に比べて、2次元フィルタの繰り返し演算（特許文献1）や、初期値の設定に適当な部分を探索（特許文献2）する等の複雑な処理が不要となる。40

#### 【0085】

また、本実施形態では、第1、第2の中間画素値を含む連続する（連続する順番の）中間画素値を中間画素値パターンとする場合に、中間画素値パターンの中間画素値間の関係式が受光単位の受光値を用いて表される。そして、中間画素値パターンと受光値パターン（受光単位の受光値）とを比較して類似性が評価され、その評価結果に基づいて、類似性が最も高くなるように中間画素値パターンの中間画素値の値が決定される。

#### 【0086】

例えば、図4で上述したように、連続する中間画素値  $\{b_{0,0}, b_{1,0}, b_{2,0}\}$  が中間画素値パターンに対応し、上式(2)で上述のように、 $\{b_{0,0}, b_{1,0}, b_{2,0}\}$  間の関係式が受光値  $a_{0,0}$ 、 $a_{1,0}$  を用いて表される。そして、中間画素値パターン  $\{b_{0,0}, b_{1,0}, b_{2,0}\}$  と受光値パターン  $\{a_{0,0}, a_{1,0}\}$  を比較し、評価関数  $E_j$  で表50

される類似性が最も高くなるように  $\{b_{00}, b_{10}, b_{20}\}$  の値が決定される。ここで、受光値パターン  $\{a_{00}, a_{10}\}$  は、水平方向に連続する（連続する順番の）受光値である。

【0087】

このようにすれば、受光単位が重畠されながら画素シフトされることで取得された複数の受光値に基づいて、中間画素値を推定できる。

【0088】

より具体的には、本実施形態では、中間画素値間の関係式で表された中間画素値パターンと受光値パターン（受光単位の受光値）との誤差を表す評価関数が求められる。そして、その評価関数の値が最小となるように中間画素値パターンの中間画素値の値が決定される。

10

【0089】

例えば、上式（4）等で上述のように、中間画素値パターン  $\{b_{00}, b_{10}, b_{20}\}$  が未知数  $b_{00}$  の関数として表され、中間画素値パターン  $\{b_{00}, b_{10}, b_{20}\}$  と受光値パターン  $\{a_{00}, a_{10}\}$  との誤差が評価関数  $E_j$  で表される。図5で上述のように、評価関数  $E_j$  の値が最小となる未知数  $b_{00} =$  （初期値）が求められ、求められた  $b_{00}$  により  $b_{00} \sim b_{20}$  の値が決定される。

【0090】

このようにすれば、誤差を評価関数で表し、その評価関数の極小値に対応する中間画素値を求ることで、中間画素値の値を推定できる。例えば、上述のように最小二乗法を用いて未知数を求ることで、簡素な処理で中間画素推定の初期値を設定できる。すなわち、上述の比較例（特許文献2）と比べて、初期値設定に適当な画像部分の探索が不要である。

20

【0091】

3. 第2の推定手法

図2（B）等で上述のように、中間画素値  $b_{00}, b_{10}$  に設定された推定処理ブロックでは、中間画素値  $b_{20}$  まで推定される。この  $b_{20}$  は、中間画素値  $b_{20}, b_{30}$  に設定された次の推定処理ブロックでの未知数（初期変数）に当たる。本実施形態では、既に推定された中間画素値  $b_{20}$  を利用して、次に推定する未知数  $b_{20}$  の推定を高速化することができる。

30

【0092】

図10～図15を用いて、未知数の推定を高速化できる第2の推定手法について説明する。以下では、中間画素値（ $b_{20}$  等）の推定を例に説明するが、推定画素（ $v_{02}$  等）についても同様に推定できる。

【0093】

図10に示すように、重畠シフトサンプリングにより検出される水平方向の最初の行において、受光値  $a_{00}, a_{10}$  に注目すると下式（10）が成り立つ。

$$\begin{aligned} a_{00} &= b_{00} + b_{10}, \\ a_{10} &= b_{10} + b_{20} \quad \dots \quad (10) \end{aligned}$$

【0094】

40

$b_{00}$  を未知数として下式（11）が成り立つ。

$$\begin{aligned} b_{00} &= (\text{未知数}), \\ b_{10} &= a_{00} - b_{00}, \\ b_{20} &= b_{00} + i_0 = b_{00} + (a_{10} - a_{00}) \quad \dots \quad (11) \end{aligned}$$

【0095】

ここで、 $i_0$  は、下式（12）で表される。

$$\begin{aligned} i_0 &= a_{10} - a_{00} \\ &= (b_{10} + b_{20}) - (b_{00} + b_{10}) \\ &= b_{20} - b_{00} \quad \dots \quad (12) \end{aligned}$$

【0096】

50

図11に示すように、受光値パターン $\{a_{00}, a_{10}\}$ と中間画素値パターン $\{b_{00}, b_{10}, b_{20}\}$ を比較する。具体的には、下式(13)に示すように、誤差の評価関数 $E_j$ を未知数 $b_{00}$ の関数で表す。そして、図12に示すように、評価関数 $E_j$ を最小にする未知数 $b_{00} = 1$ を探索的に求め、上式(11)により中間画素値 $b_{10}, b_{20}$ の値を決定する。

## 【数3】

$$e_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{2} - b_{ij}\right)^2 + \left(\frac{a_{ij}}{2} - b_{(i+1)j}\right)^2,$$

$$E_j = \sum_{i=0}^1 e_{ij} \quad \dots \quad (13)$$

10

## 【0097】

同様に、水平方向における次の未知数 $b_{20}$ (初期変数)を求め、中間画素値パターン $\{b_{20}, b_{30}, b_{40}\}$ を求める。すなわち、図13に示すように、受光値 $a_{20}, a_{30}$ に注目すると下式(14)が成り立つ。

$$a_{20} = b_{20} + b_{30},$$

$$a_{30} = b_{30} + b_{40} \quad \dots \quad (14)$$

## 【0098】

$b_{20}$ を未知数として下式(15)が成り立つ。

$$b_{20} = (\text{未知数}),$$

$$b_{30} = a_{20} - b_{20},$$

$$b_{40} = b_{20} + i_2 = b_{20} + (a_{30} - a_{20}) \quad \dots \quad (15)$$

20

## 【0099】

ここで、 $i_2$ は1シフト離れた受光値の差分値であり、下式(16)で表される。

$$i_2 = a_{30} - a_{20}$$

$$= (b_{30} + b_{40}) - (b_{20} + b_{30})$$

$$= b_{40} - b_{20} \quad \dots \quad (16)$$

## 【0100】

図13に示すように、受光値パターン $\{a_{20}, a_{30}\}$ と中間画素値パターン $\{b_{20}, b_{30}, b_{40}\}$ を比較する。具体的には、下式(17)に示すように、誤差の評価関数 $E_j$ を未知数 $b_{20}$ の関数で表す。

30

## 【数4】

$$e_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{2} - b_{ij}\right)^2 + \left(\frac{a_{ij}}{2} - b_{(i+1)j}\right)^2,$$

$$E_j = \sum_{i=2}^3 e_{ij} \quad \dots \quad (17)$$

## 【0101】

上述のように、中間画素値 $b_{00} \sim b_{20}$ の推定により $b_{20}$ の値が既に求められている。図14に示すように、この既に求められた $b_{20}$ (= 1 +  $i_0$ )の近傍値の範囲を探索範囲に設定する。そして、その探索範囲内で未知数 $b_{20}$ を変化させ、評価関数 $E_j$ が最小となる $b_{00} = 2$ を求める。このようにすれば、上式(17)の演算回数を格段に低減し、推定処理の高速化を図ることができる。

40

## 【0102】

上記の本実施形態によれば、図15に示すように、第1の受光単位と第2の受光単位が隣接する受光単位である。そして、画素シフトにより第1、第2の受光単位が、第1のポジションと、第1のポジションの次の第2のポジションに順次設定される。第1、第2のポジションの第1の受光単位が第1の重畠領域で重畠し、第1、第2のポジションの第2の受光単位が第2の重畠領域で重畠する。

## 【0103】

50

このとき、第1のポジションの第1の受光単位から第1の重畠領域を除いた領域が、第1の受光領域である。また、第2のポジションの第1の受光単位から第1の重畠領域を除いた領域が、第2の受光領域である。そして、この第1、第2の受光領域の受光値である第1、第2の中間画素値（例えば、 $b_{00}$ 、 $b_{20}$ ）が推定される（ $b_{00} = 1$ 、 $b_{20} = 1 + i_0$ ）。

#### 【0104】

また、第1のポジションの第2の受光単位から第2の重畠領域を除いた領域が、第3の受光領域である。また、第2のポジションの第2の受光単位から第2の重畠領域を除いた領域が、第4の受光領域である。そして、この第3の受光領域の受光値である第3の中間画素値（ $b_{20}$ ）が未知数とされ、第4の受光値である第4の中間画素値（ $b_{40}$ ）が未知数（ $b_{20}$ ）を用いた関係式（ $b_{40} = b_{20} + i_2$ ）で表される。10

#### 【0105】

そして、第3の受光領域と第2の受光領域は同じ領域であり、第2の受光領域の中間画素値として先に求めた第2の中間画素値（ $b_{20} = 1 + i_0$ ）に基づいて、第3の中間画素値である未知数（ $b_{20}$ ）の探索範囲が設定される。設定された探索範囲において未知数（ $b_{20}$ ）が探索的に求められ、第3の中間画素値（ $b_{20} = 2$ ）が推定される。。

#### 【0106】

このようにすれば、中間画素値の高速推定が可能になる。すなわち、先に求めた第2の中間画素値（ $b_{20} = 1 + i_0$ ）に基づいて、次の推定処理ブロックで推定する未知数（ $b_{20}$ ）の探索範囲を設定できる。これにより、未知数（ $b_{20}$ ）を探索する範囲を限定し、探索回数を削減できる。20

#### 【0107】

##### 4. 第3の推定手法

上述の実施形態では、未知数（ $b_{00}$ 、 $b_{20}$ 等）を1回だけ推定するが、本実施形態では、未知数を複数回推定し、その複数の推定値に基づいて未知数の値を高精度に決定してもよい。図16、図17を用いて、複数の推定値から未知数の値を決定する第3の推定手法について説明する。以下では、中間画素値（ $b_{20}$ ）を例に説明するが、推定画素値（ $v_{02}$ 等）も同様に推定できる。

#### 【0108】

図16に示すように、重畠シフトサンプリングにより検出される水平方向の受光値において、まず $\{a_{00}, a_{10}\}$ から高精細な中間画素値 $0 = \{b_{00}, b_{10}, b_{20}\}$ を求める。この中間画素値 $0 = \{b_{00}, b_{10}, b_{20}\}$ は、上式（10）～（13）の手法と同様の手法により求める。30

#### 【0109】

上式（14）～（17）の手法と同様の手法により、 $\{a_{10}, a_{20}\}$ から高精細な中間画素値 $1 = \{b_{10}, b_{20}, b_{30}\}$ を求める。上式（14）～（17）の手法と同様の手法により、 $\{a_{20}, a_{30}\}$ から高精細な中間画素値 $2 = \{b_{20}, b_{30}, b_{40}\}$ を求める。

#### 【0110】

これら3回の推定において、中間画素値 $b_{20}$ は、集合 $0, 1, 2$ のそれぞれに表れる。そのため、3回の推定により中間画素値 $b_{20}$ の3つの推定値が得られることになる。本実施形態では、これら3つの推定値から最終的な中間画素値 $b_{20}$ の値を決定（判定）する。例えば、以下の第1～第4の決定手法により決定できる。40

#### 【0111】

第1の決定手法では、3つの $b_{20}$ の候補値の平均値を $b_{20}$ の最終決定値とする。

#### 【0112】

第2の決定手法では、3つの $b_{20}$ の候補値の内、差分が最も小さい2つの値を特定し、特定された2つの値の平均値を $b_{20}$ の最終決定値とする。この手法によれば、値の近い2つの推定値を確からしい推定値とし、未知数の推定精度を向上できる。50

## 【0113】

第3の決定手法では、既知の多数の高解像画像サンプルの画素値を加算し、受光値と中間画素値を求める。求めた受光値と中間画素値から、受光値パターンに対して発生確率が高い中間画素値パターンを予め特定しておく。そして、その予め特定した対応関係を参照して、撮影により取得された受光値パターンに対して発生確率が高い中間画素値パターンを求める。3つの中間画素値パターン  $i_0, i_1, i_2$  のうち、求めた中間画素値パターンに最も近いものを判定し、判定した中間画素値パターンの要素である  $b_{20}$  を最も確からしいものとして、 $b_{20}$  の最終決定値とする。この手法によれば、自然画像等の既知の画像を反映した画素値推定を行うことができる。

## 【0114】

第4の決定手法では、3つの  $b_{20}$  の導出に関わる近傍観測画素値  $a_{00} \sim a_{30}$  の差分値  $i_0, i_1, i_2$  の変化の度合いによって、最終的に採用する  $b_{20}$  を決定する。ここで、 $b_{20}$  の判定に適用する変化の度合いの組合せパターンを  $= \{ i_0, i_1, i_2 \}$  とする。既知の多数の高解像画像サンプルの画素値を加算し、 $i_0, i_1, i_2$  の要素パターンと組み合わせパターン  $= \{ i_0, i_1, i_2 \}$  を求める。求めた要素パターンと組み合わせパターン  $= \{ i_0, i_1, i_2 \}$  から、組合せパターン  $= \{ i_0, i_1, i_2 \}$  に対する  $b_{20}$  の発生確率分布を予め求めておく。最終判定では、予め求めた発生確率分布を参照して、撮像した画像から求めた差分値のパターン  $= \{ i_0, i_1, i_2 \}$  に対する  $b_{20}$  の発生確率分布を求める。そして、その発生確率分布を用いて、推定演算により得た3つの  $b_{20}$  の候補値のどれが最も発生する確率が高いかを判定し、 $b_{20}$  を特定する。すなわち、変化の度合いの組合せパターン  $= \{ i_0, i_1, i_2 \}$  に対する  $b_{20}$  の発生する値の確率が予め分っているため、推定処理における組合せパターン  $= \{ i_0, i_1, i_2 \}$  を用いて、推定によって得られた3つの  $b_{20}$  の候補値の中から最も確からしい  $b_{20}$  の値を決定できる。この手法によれば、自然画像等の既知の画像を反映した画素値推定を行うことができる。また、画素値の大きさに依らず、画素値の変化の度合いに応じた画素値推定を行うことができる。

## 【0115】

上記の本実施形態によれば、図17に示すように、第1の受光単位と第2の受光単位が隣接する受光単位である。そして、画素シフトにより第1、第2の受光単位が、第1のポジションと、第1のポジションの次の第2のポジションに順次設定される。第1、第2のポジションの第1の受光単位が第1の重畠領域で重畠し、第1、第2のポジションの第2の受光単位が第2の重畠領域で重畠する。

## 【0116】

このとき、第1のポジションの第1の受光単位から第1の重畠領域を除いた領域が、第1の受光領域である。また、第2のポジションの第1の受光単位から第1の重畠領域を除いた領域が、第2の受光領域である。そして、この第1、第2の受光領域の受光値である第1、第2の中間画素値（例えば、 $b_{00}, b_{20}$ ）を含む連続する中間画素値である第1の中間画素値パターン（ $= \{ b_{00}, b_{10}, b_{20} \}$ ）が推定される。

## 【0117】

第1のポジションの第2の受光単位から第2の重畠領域を除いた領域が、第3の受光領域である。また、第2のポジションの第2の受光単位から第2の重畠領域を除いた領域が、第4の受光領域である。そして、この第3、第4の受光領域の受光値である第3、第4の中間画素値（ $b_{20}, b_{40}$ ）を含む連続する中間画素値である第2の中間画素値パターン（ $= \{ b_{20}, b_{30}, b_{40} \}$ ）が推定される。

## 【0118】

第2のポジションの第1の受光単位と第1のポジションの第2の受光単位との重畠領域が、第5の受光領域である。そして、この第5の受光領域の受光値である第5の中間画素値（ $b_{20}$ ）を含み、第1、第4の中間画素値（ $b_{00}, b_{40}$ ）を含まない連続する中間画素値である第3の中間画素値パターン（ $= \{ b_{10}, b_{20}, b_{30} \}$ ）が推定される。

## 【0119】

10

20

30

40

50

上記の第3、第5の受光領域は、第2の受光領域と同一の受光領域である。そして、この同一の受光領域の中間画素値( $b_{2,0}$ )が、第1～第3の中間画素値パターン( $b_{0,0}$ 、 $b_{1,0}$ 、 $b_{2,0}$ )の推定により得られた第2、第3、第5の中間画素値( $b_{2,0}$ )に基づいて最終的に決定される。

【0120】

このようにすれば、画素値の高精度推定が可能になる。すなわち、3回(複数回)推定することで求めた3つ(複数)の推定値に基づいて、最終的な画素値を決定できる。例えば、上述のように既知の画像を利用した決定手法を用いることで、より実際の画像の画素値パターンに即した画素値推定が可能になる。

【0121】

5. 第4の推定手法

上述の推定手法では、最小二乗法を用いて画素値を推定するが、本実施形態では、ニューラルネットワーク(非線形の推定手法)を用いて画素値を推定してもよい。図18を用いて、この第4の推定手法について説明する。以下では、中間画素値( $b_{0,0}$ 等)の推定について説明するが、推定画素値( $v_{0,0}$ 等)も同様に推定できる。

【0122】

この推定手法では、既知の高解像画像の画素値を加算して、受光値 $\{a_{m,0}, a_{(m+1),0}\}$ と、この受光値に対応する中間画素値 $b_m = \{b_{m,0}, b_{(m+1),0}, b_{(m+2),0}\}$ を求める( $m$ はゼロ以上の整数)。これらを学習データとして、図18に示すニューラルネットワークの学習計算により重み係数 $W$ を予め算出しておく。具体的には、下式(18)に示す誤差評価値 $E$ がゼロ(略ゼロを含む。広義には所定値)になるように重み係数 $W$ を算出しておく。このニューラルネットワークの学習手法は、一般的なニューラルネットワーク学習法を用いればよい。

【0123】

そして、撮影画像から推定する際には、予め算出しておいた重み係数 $W$ を用いて推定を行う。すなわち、上式(2)等で説明した手法により中間画素値の関係式を表し、未知数 $b_{m,0}$ を変化させ、下式(18)に示す誤差評価値 $E$ が最小になる $b_{m,0}$ ( $=$ )を求める。

【数5】

$$\begin{pmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} W_{11} & W_{12} & W_{13} & W_{14} & W_{15} \\ W_{21} & W_{22} & W_{23} & W_{24} & W_{25} \\ W_{31} & W_{32} & W_{33} & W_{34} & W_{35} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_{m,0} \\ b_{(m+1),0} \\ b_{(m+2),0} \\ a_{m,0} \\ a_{(m+1),0} \end{pmatrix}.$$

$$E = W_{41}f_1 + W_{42}f_2 + W_{43}f_3 \quad \dots (18)$$

【0124】

本実施形態によれば、受光単位の受光値 $\{a_{m,0}, a_{(m+1),0}\}$ に対する中間画素値パターン $b_m = \{b_{m,0}, b_{(m+1),0}, b_{(m+2),0}\}$ の対応関係が、既知の高解像フレーム画像に基づいて、受光単位の受光値と中間画素値パターンの類似性をあらかじめ定める先見情報として取得される。そして、取得された先見情報に基づいて、中間画素値間の関係式で表された中間画素値パターン $b_m = \{b_{m,0}, b_{(m+1),0}, b_{(m+2),0}\}$ と、取得された受光単位の受光値 $\{a_{m,0}, a_{(m+1),0}\}$ との類似性が評価される。

【0125】

このようにすれば、既知の高解像フレーム画像に基づいて取得された先見情報に基づいて類似性が評価されるため、自然画像等の既知の画像に含まれる画像情報(例えば空間周波数特性)を反映した画素値推定を行うことができる。

【0126】

10

20

30

40

50

例えば、上記第4の推定手法によれば、画像処理装置は、ニューラルネットワークを有する。このニューラルネットワークは、先見情報として、既知の高解像フレーム画像に基づく学習によって得られたノードの重み係数Wを用いる。そして、ニューラルネットワークは、中間画素値パターン  $b_m = \{ b_{m0}, b_{(m+1)0}, b_{(m+2)0} \}$  と受光単位の受光値  $\{ a_{m0}, a_{(m+1)0} \}$  を受けて、類似性の評価結果Eを出力する。このニューラルネットワークからの類似性の評価結果Eに基づいて、中間画素値パターン  $b_m = \{ b_{m0}, b_{(m+1)0}, b_{(m+2)0} \}$  の各中間画素値の値が決定される。

【0127】

このようにすれば、学習によって得られたノードの重み係数Wを用いるニューラルネットワークにより、中間画素値パターンと受光単位の受光値との類似性を先見情報に基づいて評価できる。

10

【0128】

また、上述の第3の推定手法によれば、受光値パターンに対して発生確率が高い中間画素値パターンを先見情報として求める(第3の決定手法)。また、変化の度合いの組合せパターン  $= \{ i_0, i_1, i_2 \}$  に対する  $b_{20}$  の発生確率分布を先見情報として求めてよい(第4の決定手法)。

【0129】

このようにすれば、画素値の発生確率分布を先見情報として画素値を推定できる。これにより、自然画像等の既知の画像で発生確率の高い画素値を推定値にできる。

【0130】

20

#### 6. 適応ノイズ低減処理

本実施形態では、推定された画素値  $v_{ij}$  に対して、画素位置(例えば、受光単位内の画素位置)に応じたノイズフィルタ処理(広義にはフィルタ処理)を行ってもよい。図19に、ノイズフィルタの構成例を示す。

【0131】

例えば、隣接4画素の画素加算による重畠シフトサンプリングにより画素推定を行った場合、最終推定画素  $v_{ij} \sim v_{(i+1)(j+1)}$  の位置によってノイズの出方が異なる。図19に示すように、固定階調のベタ画像(固定階調チャート)を撮像し、その撮像画像に対して推定処理を行い、推定した異なる位置の最終推定画素  $v_{ij} \sim v_{(i+1)(j+1)}$  をノイズ比較部NHにより比較する。そして、比較した結果に基づいて、生成ノイズの大きい画素位置のノイズフィルタF1~F4のノイズ低減効果を強くするよう、フィルタ係数設定部FKによりフィルタ係数を設定する。結果的に、 $v_{ij} \sim v_{(i+1)(j+1)}$  の位置に依らずノイズの出方が同じ(ほぼ同様)になるように、フィルタ係数を設定する。このようにしてフィルタ係数を設定したフィルタ処理を行うことで、予測画素画像の画像品質を高めることができる。

30

【0132】

上記のノイズフィルタ処理によれば、推定により得られた画素値  $v_{ij} \sim v_{(i+1)(j+1)}$  に対して、受光単位内の画素位置に応じて異なるフィルタ係数のフィルタ処理が行われる。

【0133】

40

このようにすれば、受光単位内の画素位置によって異なるノイズが発生する場合でも、受光単位内の画素位置に応じたノイズフィルタ処理を行うことで、そのノイズを低減することができる。

【0134】

#### 7. 第5の推定手法(画素値の重み付け加算)

上述の推定手法では、受光単位内の画素値を単純加算して読み出しているが、本実施形態では、受光単位内の画素値を重み付け加算して読み出し、その受光値から推定画素値を求めてよい。図20~図28を用いて、この第5の推定手法について説明する。

【0135】

図20に示すように、加算読み出しの重み係数を  $c_1, c_2, c_3, c_4$  とする。

50

$c_1, c_2, c_3, c_4$  とする。

= 1 とすると、重み係数は下式 (19) に示す比率関係のルールをとる (r は、r > 1 の実数)。

$$c_1 = 1, c_2 = 1/r, c_3 = 1/r, c_4 = 1/r^2 \quad \dots \quad (19)$$

【0136】

以下では、説明を簡単にするために、r = 2 とおき、下式 (20) とする。

$$c_1 = 1, c_2 = 1/2, c_3 = 1/2, c_4 = 1/4 \quad \dots \quad (20)$$

【0137】

図 21 (A) に示すように、重み付け画素加算重畳シフトサンプリングにより検出される水平方向の最初の行に注目し、シフト順に重み付け画素加算値を  $a_{00}$ 、 $a_{10}$ 、 $a_{20}$  とする。このとき、下式 (21) が成り立つ。

$$\begin{aligned} a_{00} &= c_1 v_{00} + c_2 v_{01} + c_3 v_{10} + c_4 v_{11} \\ a_{10} &= c_1 v_{10} + c_2 v_{11} + c_3 v_{20} + c_4 v_{21} \quad \dots \end{aligned} \quad (21)$$

【0138】

また、下式 (22) に示すように  $b_{00}$ 、 $b_{10}$ 、 $b_{20}$  を定義し、上式 (20) を代入する。

$$\begin{aligned} b_{00} &= c_1 v_{00} + c_2 v_{01} = v_{00} + (1/2)v_{01} \\ b_{10} &= c_1 v_{10} + c_2 v_{11} = v_{10} + (1/2)v_{11} \\ b_{20} &= c_1 v_{20} + c_2 v_{21} = v_{20} + (1/2)v_{21} \quad \dots \end{aligned} \quad (22)$$

)

【0139】

次に、上式 (20)、(22) を用いて上式 (21) を変形すると、下式 (23) が成り立つ。

$$\begin{aligned} a_{00} &= v_{00} + (1/2)v_{01} + (1/2)v_{10} + (1/4)v_{11} \\ &= b_{00} + (1/2)b_{10} \\ a_{10} &= v_{10} + (1/2)v_{11} + (1/2)v_{20} + (1/4)v_{21} \\ &= b_{10} + (1/2)b_{20} \quad \dots \end{aligned} \quad (23)$$

)

【0140】

上式 (23) において、 $a_{00}$ 、 $a_{10}$  に所定の係数 (所定の重み係数) を掛けて差分  $i_0$  を取り、上式 (22) を使って変形すると、下式 (24) が成り立つ。

$$\begin{aligned} i_0 &= a_{10} - 2a_{00} \\ &= (1/2)v_{20} + (1/4)v_{21} - (2v_{00} + v_{01}) \\ &= (1/2)b_{20} - 2b_{00} \quad \dots \end{aligned} \quad (24)$$

)

【0141】

$b_{00}$  を未知数とすると、下式 (25) に示すように、中間画素値  $b_{10}$ 、 $b_{20}$  を  $b_{00}$  の関数として求めることができる。

$$\begin{aligned} b_{00} &= (\text{未知数}), \\ b_{10} &= 2(a_{00} - b_{00}), \\ b_{20} &= 4b_{00} + 2i_0 = 4b_{00} + 2(a_{10} - 2a_{00}) \quad \dots \end{aligned} \quad (25)$$

)

【0142】

このように、 $b_{00}$  を未知数 (初期変数) として高精細な中間画素値 { $b_{00}$ ,  $b_{10}$ ,  $b_{20}$ } の組合せパターンが求められる。同様にして、2 行目、3 行目においても  $b_0$ 、 $b_{02}$  を未知数として中間画素値 { $b_{01}$ ,  $b_{11}$ ,  $b_{21}$ }、{ $b_{02}$ ,  $b_{12}$ ,  $b_{22}$ } の組合せパターンが求められる。

【0143】

次に、未知数  $b_{00}$  を求める手法について説明する。図 22 に示すように、重み付け重畳シフトサンプリングにより検出されるサンプリング画素値によるパターン { $a_{00}$ ,  $a_{10}$ } と中間画素値 { $b_{00}$ ,  $b_{10}$ ,  $b_{20}$ } によるパターンを比較する。そして、そ

10

20

30

40

50

の誤差  $E$  が最小になる未知数  $b_{00}$  を導出し、中間画素値  $b_{00}$  として設定する。

【0144】

このとき、上式(23)に示すように、サンプリング画素値  $\{a_{00}, a_{10}\}$  は、中間画素値  $\{b_{00}, b_{10}, b_{20}\}$  の異なる重み付けによる隣接値の加算値となる。そのため、単純にこれらを比較しても正しい推定値が得られない。そこで、図23に示すように、中間画素値に重み付けをして比較を行う。具体的には、中間画素値  $\{b_{ij}, b_{(i+1)j}\}$  の重み付けが、 $c_3 = c_1 / 2$ 、 $c_4 = c_2 / 2$  であることを利用すると、下式(26)が成り立つことが分かる。

$$a_{ij} = b_{ij} + (1/2)b_{(i+1)j} \quad \dots \quad (26)$$

【0145】

この上式(26)による重み付けを考慮すると、下式(27)に示す評価関数  $E_j$  が求められる。そして、この評価関数  $E_j$  により、パターン  $\{a_{00}, a_{10}\}$  と中間推定画素値  $\{b_{00}, b_{10}, b_{20}\}$  の類似性評価を行う。

【数6】

$$e_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{2} - b_{ij}\right)^2 + \left(\frac{a_{ij}}{2} - \frac{b_{(i+1)j}}{2}\right)^2, \\ Ej = \sum_{i=0}^1 e_{ij} \quad \dots \quad (27)$$

【0146】

上式(25)を用いると、評価関数  $E_j$  は、 $b_{00}$  を初期変数とした関数で表される。したがって、図24に示すように、 $E_j$  を最小にする未知数  $b_{00}$  ( $=$ ) を求め、 $b_{00}$  の値を決定できる。そして、推定した  $b_{00}$  の値を上式(25)に代入し、 $b_{10}$ 、 $b_{20}$  が求められる。なお、 $b_{00}$  が取り得る値の範囲は  $0 \leq b_{00} \leq a_{00}$  であるので、この範囲にて評価関数  $E_j$  の最小値を求めればよい。同様に、2行目、3行目においても、中間画素値  $\{b_{01}, b_{11}, b_{21}\}$ 、 $\{b_{02}, b_{12}, b_{22}\}$  の組合せパターンを  $b_{01}$ 、 $b_{02}$  を未知数として求められる。

【0147】

次に、求めた中間画素値  $b_{ij}$  を用いて最終推定画素値  $v_{ij}$  を求める手法について説明する。以下では、図25(A)、図25(B)に示す左端垂直列( $i = 0$ 列)を例に説明する。図26に示すように、中間画素値  $\{b_{01}, b_{02}, b_{00}\}$  と最終推定画素値  $\{v_{00}, v_{01}, v_{02}\}$  の関係は、下式(28)で表される。

$$b_{00} = c_1 v_{00} + c_2 v_{01} = v_{00} + (1/2)v_{01}, \\ b_{01} = c_1 v_{01} + c_2 v_{02} = v_{01} + (1/2)v_{02} \quad \dots \quad (28)$$

)

【0148】

$b_{00}$ 、 $b_{01}$  に所定の係数を掛けて差分  $j_0$  を求めると、下式(29)が成り立つ。

$$j_0 = b_{01} - 2b_{00} \\ = (v_{01} + (1/2)v_{02}) - (2v_{00} + v_{01}) \\ = (1/2)v_{02} - 2v_{00} \quad \dots \quad (29)$$

【0149】

$v_{00}$  を未知数(初期変数)とすると、上式(28)、(29)を用いて、最終推定画素値  $v_{01}$ 、 $v_{02}$  が  $v_{00}$  の関数として求められる。その関数を下式(30)に示す。

$$v_{00} = (\text{未知数}), \\ v_{01} = 2(b_{00} - v_{00}), \\ v_{02} = 4v_{00} + 2j_0 = 4v_{00} + 2(b_{01} - 2b_{00}) \quad \dots \quad (30)$$

30)

【0150】

上式(30)の推定画素値パターン  $\{v_{00}, v_{01}, v_{02}\}$  と、中間画素値パター

10

20

30

40

50

ン {  $b_{0,0}$ ,  $b_{0,1}$  } を比較し、その誤差  $E_i$  が最小になる未知数  $v_{0,0}$  を導出する。このとき、最終推定画素値 {  $v_{i,j}$ ,  $v_{(i+1),j}$  } の重み付けが、 $c_2 = c_1 / 2$  であることを利用すると、下式(31)が成り立つ。

$$b_{i,j} = v_{i,j} + (1/2)v_{i,(j+1)} \quad \dots \quad (31)$$

【0151】

図27に示すように、上式(31)に示す重み付けを考慮して、パターンの比較を行う。具体的には、下式(32)に示す評価関数  $E_i$  を求める。

【数7】

$$e_{ij} = \left( \frac{b_{ij}}{2} - v_{ij} \right)^2 + \left( \frac{b_{ij}}{2} - \frac{v_{i(j+1)}}{2} \right)^2, \quad 10$$

$$Ei = \sum_{j=0}^1 e_{ij} \quad \dots \quad (32)$$

【0152】

そして、図28に示すように、評価関数  $E_i$  を最小にする未知数  $v_{0,0}$  (= ) を求め、求めた  $v_{0,0}$  を上式(30)に代入して最終推定画素値  $v_{0,1}$ 、 $v_{0,2}$  を求める。同様に、2列目においても、 $v_{1,0}$  を未知数として最終推定画素値 {  $v_{1,0}$ ,  $v_{1,1}$ ,  $v_{1,2}$  } の組合せパターンを求める。

【0153】

上記の本実施形態によれば、受光単位の各画素値(例えば、 $v_{0,0}$ 、 $v_{1,0}$ 、 $v_{0,1}$ 、 $v_{1,1}$ )が重み付け加算されて受光単位の受光値( $a_{0,0} = v_{0,0} + (1/2)v_{0,1} + (1/2)v_{1,0} + (1/4)v_{1,1}$ )として読み出される。そして、重み付け加算により得られた受光単位の受光値( $a_{0,0}$ 、 $a_{1,0}$ )に基づいて、受光単位の各画素の画素値( $v_{0,0}$ 、 $v_{1,0}$ 、 $v_{0,1}$ 、 $v_{1,1}$ )が推定される。

【0154】

このようにすれば、受光単位の各画素値を重み付け加算して低解像フレーム画像を取得し、取得した低解像フレーム画像から高解像フレーム画像の画素値を推定できる。これにより、推定処理において、被写体の持つ高周波成分の再現性を向上できる。すなわち、受光単位の画素値を単純加算した場合には、矩形の窓関数を結像にコンボリューションすることになる。一方、受光単位の画素値を重み付け加算した場合には、矩形よりも高周波成分を多く含む窓関数を結像にコンボリューションすることになる。そのため、被写体の持つ高周波成分をより多く含む低解像フレーム画像を取得でき、推定画像での高周波成分の再現性を向上できる。

【0155】

#### 8. 第1の補間手法

本実施形態では、画素値の推定に用いる受光値( $a_{0,0}$ 等)として、加算読み出しされた受光値をそのまま用いてもよく、補間により生成された受光値を用いてもよい。図29～図32を用いて、本実施形態における受光値の補間手法について説明する。図29には、第1の補間手法の説明図を示す。

【0156】

なお、以下の説明で用いるフレームとは、例えば撮像素子により1つの低解像フレーム画像が撮影されるタイミングや、画像処理において1つの低解像フレーム画像が処理されるタイミングである。あるいは、画像データにおける1つの低解像フレーム画像や高解像フレーム画像も適宜フレームと呼ぶ。

【0157】

本実施形態では、他のフレームで取得された受光値を用いて補間対象のフレームの受光値を補間する(時間軸補間)。

【0158】

具体的には、図29のA1に示すように、フレーム  $f_{x \sim f_{x+3}}$  において、受光値  $a_{i,j}$ 、 $a_{(i+1),j}$ 、 $a_{(i+1),(j+1)}$ 、 $a_{i,(j+1)}$  を順次取得する。フレ

10

20

30

40

50

一ム  $f \times + 4$  では、再び受光値  $a_{i,j}$  を取得する。A 2 に示すように、例えば受光値  $a_{i,j}$  で構成される低解像フレーム画像は、フレーム  $f \times$ 、 $f \times + 4$ 、 $f \times + 8$  で取得される。A 3 に示すように、受光値  $a_{i,j}$  の時系列データに対して時間軸補間フィルタ処理（フィルタ処理）を行う。A 4 に示すように、この時間軸補間フィルタ処理により、全フレーム（各フレーム）において受光値  $a'_{i,j}$  が生成される。

#### 【0159】

このようにして、各受光値を 4 フレーム毎に取得し、時間軸補間フィルタ処理を行って、全フレームにおいて受光値  $a'_{i,j}$ 、 $a'_{(i+1),j}$ 、 $a'_{(i+1),(j+1)}$ 、 $a'_{i,(j+1)}$  を生成する。

#### 【0160】

10

図 30 に、補間処理のタイミングチャート例を示す。図 30 の B 1 に示すように、各フレームにおいて、受光単位の設定位置を 1 画素ずつずらす。B 2 に示すように、各フレームでフュージョンフレーム F 1、F 2、…（低解像フレーム画像）を撮影する。B 3 に示すように、低解像動画フレームを生成し、ライブビュー表示や録画を行う。B 4 に示すように、受光値の時間軸補間を行い、補間後の受光値を用いて画素値推定を行い、高解像静止画フレームを生成する。B 5 に示すように、全受光値が補間される 9 フレーム目から高解像静止画や、高解像動画を出力する。

#### 【0161】

図 31 に、撮像装置と画像処理装置の第 1 の詳細な構成例を示す。図 31 に示す撮像装置 10 は、撮像光学系 100（レンズ）、光学ローパスフィルタ 110、撮像素子 120（イメージセンサ）、重畠シフトサンプリング部 130（読み出し制御部）、データ記録部 140（記憶部）、表示処理部 150（表示制御部）、モニター表示部 160（表示装置）を含む。画像処理装置 20 は、時間軸画素補間部 200（補間処理部）、画素値推定演算部 210（推定処理部）、画像出力部 300 を含む。

20

#### 【0162】

なお、本実施形態の撮像装置及び画像処理装置はこの構成に限定されず、その構成要素の一部を省略したり、他の構成要素を追加したりする等の種々の変形実施が可能である。また、図 31 では、画像処理装置 20 が撮像装置 10 の外部に設けられる例を図示するが、本実施形態では、画像処理装置 20 が撮像装置 10 の内部に設けられてもよい。

#### 【0163】

30

撮像装置 10 は、例えばデジタルカメラや、ビデオカメラである。撮像光学系 100 は、被写体を結像する。光学ローパスフィルタ 110 は、例えば撮像素子 120 の解像度に対応する帯域を通過させる。撮像素子 120（例えば 12 メガピクセル）は、例えばアナログ的に加算読み出し可能な CCD、CMOS センサにより構成される。重畠シフトサンプリング部 130 は、例えば受光単位の設定や加算読み出しを制御し、フュージョンフレーム（例えば 3 メガピクセル）を取得する。データ記録部 140 は、例えばメモリーカード等で実現され、フュージョンフレーム（fusion-frame）による動画を記録する。モニター表示部 160 は、動画のライブビュー表示や、再生された動画の表示を行う。

#### 【0164】

画像処理装置 20 は、例えば画像処理エンジン（IC）や、PC（コンピュータ）により実現される。時間軸画素補間部 200 は、フュージョンフレームの受光値の時間軸補間を行う。画素値推定演算部 210 は、最終推定画素値の推定を行う。画像出力部 300 は、アンチエリアシングフィルタ 220、250、ローパスフィルタ 230、アンダーサンプリング部 240 を含み、最終推定画素値から静止画や動画を出力する。アンチエリアシングフィルタ 220 は、最終推定画素値をアンチエリアシング処理し、高解像静止画（例えば 12 メガピクセル）を出力する。ローパスフィルタ 230 は、最終推定画素値をハイビジョンの帯域に制限する。アンダーサンプリング部 240 は、帯域制限された最終推定画素値を、ハイビジョンの画素数にアンダーサンプリングする。アンチエリアシングフィルタ 220 は、アンダーサンプリングされた画像をアンチエリアシング処理し、ハイビジョン動画（例えば 2 メガピクセル）を出力する。なお、アンダーサンプリングせずに、高

40

50

解像動画（例えば12メガピクセル）を出力してもよい。

【0165】

なお、上記第1の補間手法では、時間軸フィルタ処理による受光値の補間を行ったが、本実施形態では、動き補償による受光値の補間を行ってもよい。例えば、図32に示すように、高フレームレート（1/60秒）で撮影された連続するフュージョンフレームを4つ用い、各フュージョンフレームに対して動き補償を行って1枚の静止画（低フレームレート1/15秒で撮影した高精細画像相当）を生成してもよい。

【0166】

さて、低解像フレーム画像は画素ずらしにより順次取得されるため、画素値推定に用いる受光値が全て取得されるためには4フレーム必要となる。そのため、撮影された受光値をそのまま画素値推定に用いると、異なるフレームの受光値を推定に用いることになり、被写体が動いている場合に画質が劣化する可能性がある。

10

【0167】

この点、上記の実施形態によれば、画素シフトが各フレーム $f_x, f_x + 1, \dots$ で行われ、画素シフトにより受光単位が複数のポジション（4ポジション。上述の図29に示すP1～P4）に順次設定される。そして、複数のフレーム毎（4フレーム毎）に受光単位が同じポジションに設定される。このようにして、時系列に各ポジションに対応した受光値 $a_{i,j} \sim a_{(i+1)(j+1)}$ が取得され、取得された受光値により低解像フレーム画像が時系列に取得される（連続低解像フレーム画像）。

【0168】

20

取得された連続低解像フレーム画像に対して、複数のポジションP1～P4の受光単位の受光値 $a'_{i,j} \sim a'_{(i+1)(j+1)}$ を補間する処理が行われる。具体的には、補間対象のフレーム（例えば $f_x + 1$ ）の連続低解像フレーム画像での欠落したポジション（例えばP1）の受光単位の受光値（ $a'_{i,j}$ ）が時間軸補間される。すなわち、受光値（ $a'_{i,j}$ ）は、欠落したポジションと同じポジション（P1）の、補間対象のフレーム（ $f_x + 1$ ）の前後のフレーム（ $f_x, f_x + 4$ ）の連続低解像フレーム画像での受光単位の受光値（ $a_{i,j}$ ）を用いて時間軸補間される。

【0169】

そして、時間軸補間により補間された連続低解像フレーム画像に基づいて、各フレーム $f_x, f_x + 1, \dots$ での受光単位の各画素の画素値 $v_{i,j}$ が推定される。

30

【0170】

このようにすれば、画素シフトにより受光値が取得され、取得された受光値を用いて欠落したポジションの受光値を補間し、補間後の受光値から最終推定画素値を求めることができる。これにより、各フレームに全ポジションの受光値を補間できるため、同じフレームでの受光値から画素値推定を行い、被写体が動いている場合でも画質劣化を抑止できる。

【0171】

例えば、上記の実施形態では、時間軸補間が時間軸補間フィルタにより行われる。

これにより、各ポジション（例えばP1）の受光値（ $f_x, f_x + 4$ の $a_{i,j}$ ）をそれぞれ時間軸補間し、欠落ポジション（ $f_x + 1 \sim f_x + 3$ のP1）の受光値（ $a'_{i,j}$ ）を生成できる。

40

【0172】

また、上記の実施形態では、画像出力部300は、画素値推定演算部210により推定された各フレームでの最終推定画素値に基づいて、各フレームでの高解像フレーム画像を生成し、生成した高解像フレーム画像を静止画または動画として出力する。

【0173】

このようにすれば、撮影した動画から、任意のタイミングの高解像静止画を出力できる。これにより、シャッターチャンスを狙わなくても、事後的に決定的瞬間の高解像静止画を得ることができる。

【0174】

50

## 9. 第2の補間手法

本実施形態では、被写体の動きに応じた適応的な受光値の補間を行ってもよい。図33、図34を用いて、適応的な受光値の補間を行う第2の補間手法について説明する。

## 【0175】

第2の補間手法では、動きのない又は小さい部分（受光値）については、近隣前後のフレームの受光値を適用し、動きのある又は大きい部分については、同一フレーム内において近接受光値から重畠シフトした受光値を補間推定する。但し、パンニング（panning）などを行うと全画素が動きがあると判定されるため、事前に動き補償処理を行ってもよい。

## 【0176】

以下では、図33に示される低解像画像フレーム  $f_x \sim f_{x+4}$  の中からフレーム  $f_{x+1}$  に着目し、このフレームの高解像静止画像を生成する場合を例に説明する。図34には、説明を簡単にするために、フレーム  $f_{x+1}$  において撮像データとして取得した受光値の一部を示す。図34では、取得した受光値を、  $a_{1,0}(x+1)$ 、  $a_{(-1),0}(x+1)$ 、  $a_{(-1),2}(x+1)$ 、  $a_{1,2}(x+1)$  で示す。

## 【0177】

図34に示すように、例えば  $a_{1,0}(x+1)$  を構成する4つの高解像画素を求めるには、この  $a_{1,0}(x+1)$  を基準として画素ピッチ  $p$  だけシフトした3つの受光値  $a_{0,0}(x+1)$ 、  $a_{0,1}(x+1)$ 、  $a_{1,1}(x+1)$  を補間により求める必要がある。以下では、これらの3つの受光値を求める手法について説明する。

## 【0178】

まず、図33のD1に示すように、  $a_{0,0}(x+1)$  の対応位置で取得された、前後近隣フレーム  $f_x$ 、  $f_{x+4}$  の  $a_{0,0}(x)$  と  $a_{0,0}(x+4)$  を比較する。そして、その差が所定閾値 よりも小さい場合には、フレーム  $f_x$ 、  $f_{x+4}$  の間で、  $a_{0,0}(x+1)$  に対応する画素位置を被写体（動きのある被写体の一部）が通過しなかったと判断する。この場合は、D2に示すように、  $a_{0,0}(x+1)$  の値として  $a_{0,0}(x)$  または  $a_{0,0}(x+4)$  を割当てる。

## 【0179】

一方、  $a_{0,0}(x)$  と  $a_{0,0}(x+4)$  の差が所定閾値 よりも大きい場合には、フレーム  $f_x$ 、  $f_{x+4}$  の間で、  $a_{0,0}(x+1)$  に対応する画素位置を被写体が通過したと判断する。この場合は、D3に示すように、同一フレーム内で  $a_{0,0}(x+1)$  に近接する受光値  $a_{1,0}(x+1)$  と  $a_{(-1),0}(x+1)$  を用いて補間値を求め、  $a_{0,0}(x+1)$  の値とする。例えば、  $a_{1,0}(x+1)$  と  $a_{(-1),0}(x+1)$  の平均値を  $a_{0,0}(x+1)$  の値とする。但し、本実施形態では、近接した2つの受光値の平均でなく、より多くの周辺の受光値を用いて補間してもよい。

## 【0180】

上記の  $a_{0,0}(x+1)$  の補間手法をまとめると、下式（33）で表される。

$$|a_{0,0}(x) - a_{0,0}(x+4)| \quad \text{のとき、}$$

$$a_{0,0}(x+1) = a_{0,0}(x) = a_{0,0}(x+4)$$

$$|a_{0,0}(x) - a_{0,0}(x+4)| > \quad \text{のとき、}$$

$$a_{0,0}(x+1) = \{ a_{1,0}(x+1) + a_{(-1),0}(x+1) \} /$$

2

$$\dots \quad (33)$$

## 【0181】

同様に、D4、D5に示すように、  $a_{1,1}(x+1)$  は下式（34）で補間される。

$$|a_{1,1}(x-2) - a_{1,1}(x+2)| \quad \text{のとき、}$$

$$a_{1,1}(x+1) = a_{1,1}(x-2) = a_{1,1}(x+2)$$

$$|a_{1,1}(x-2) - a_{1,1}(x+2)| > \quad \text{のとき、}$$

$$a_{1,1}(x+1) = \{ a_{1,0}(x+1) + a_{1,2}(x+1) \} / 2$$

$$\dots \quad (34)$$

10

20

30

40

50

## 【0182】

D6、D7に示すように、 $a_{0,1}(x+1)$ は下式(35)で補間される。

$$\begin{aligned} & |a_{0,1}(x-1) - a_{0,1}(x+3)| \quad \text{のとき,} \\ & \quad a_{0,1}(x+1) = a_{0,1}(x-1) = a_{0,1}(x+3) \\ & |a_{0,1}(x-1) - a_{0,1}(x+3)| > \quad \text{のとき,} \\ & \quad a_{0,1}(x+1) = \{a_{1,0}(x+1) + a_{(-1),2}(x+1)\} / \\ & \quad 2 \\ & \quad \quad \quad \cdots \quad (35) \end{aligned}$$

## 【0183】

なお、閾値は、生成される画像品質を評価し、許容されるレベルの閾値を設定すればよい。例えば、静止画にも関わらず、ノイズにより動きがあると判定されないレベルに設定すればよい。

## 【0184】

上記第2の補間手法によれば、補間対象のフレーム(例えば $f_{x+1}$ )の前後のフレーム(例えば $f_x$ 、 $f_{x+4}$ )での受光単位の受光値の差分値( $a_{0,0}(x) - a_{0,0}(x+4)$ )が求められる。そして、差分値が所定の閾値より小さい場合には、補間対象のフレーム( $f_{x+1}$ )での欠落したポジション(位置)の受光単位の受光値( $a_{0,0}(x+1)$ )が、前後のフレーム( $f_x$ 、 $f_{x+4}$ )での、欠落したポジションと同じポジションの受光単位の受光値( $a_{0,0}(x)$ 、 $a_{0,0}(x+4)$ )を用いて補間される。一方、差分値が所定の閾値より大きい場合には、補間対象のフレーム( $f_{x+1}$ )での欠落したポジションの受光単位の受光値( $a_{0,0}(x+1)$ )が、補間対象のフレーム( $f_x+1$ )で取得された受光値( $a_{1,0}(x+1)$ 、 $a_{(-1),0}(x+1)$ )を用いて補間される。

## 【0185】

このようにすれば、被写体の動きに応じて適応的に受光値を補間できる。具体的には、動きが小さい受光単位では、同一位置で取得された受光値を用いるため、位置的な誤差を低減できる。一方、動きが大きい受光単位では、同一フレームで取得された受光値を用いるため、時間的な誤差を低減できる。例えば、フレーム $f_x$ と $f_{x+4}$ の間で、いつ被写体が通過したのかを、受光値 $a_{0,0}(x)$ 、 $a_{0,0}(x+4)$ から知ることはできない。そのため、 $a_{0,0}(x)$ 、 $a_{0,0}(x+4)$ から補間すると、被写体の通過タイミングより前のタイミングであっても被写体の動きの影響が出てしまう。本実施形態では、被写体が通過したと判断したときには、同一フレームの受光値で補間するため、被写体の通過タイミングを正確に反映できる。

## 【0186】

また、第2の補間手法によれば、動きの誤検出による画質劣化を抑止できる。例えば、4フレーム撮像の期間内に所定閾値を超える単なる明るさの変化があった場合、単なる明るさの変化を被写体の動きとして誤検出する可能性がある。この点、第2の補間手法によれば、誤検出された場合であっても、フレーム内補間に切り替わるだけなので著しく画質劣化してしまうことを抑止できる。

## 【0187】

## 10. カラー画像の第1の推定手法

上記の実施形態では、モノクロ画像の画素値推定について説明したが、本実施形態は、カラー画像の画素値推定にも適用できる。図35を用いて、カラー画像の第1の推定手法について説明する。

## 【0188】

この手法では、RGBを分離せずに加算読み出しし、RGBの最終画素値を推定する。例えば、図35に示すように、フレーム $f_{k+0} \sim f_{k+3}$ において、下式(36)に示す受光値 $a_{0,0}$ 、 $a_{1,0}$ 、 $a_{0,1}$ 、 $a_{1,1}$ を順次取得する。

$$\begin{aligned} a_{0,0} &= R_{1,0} + G_{1,0} + G_{2,1,1} + B_{0,1}, \\ a_{1,0} &= R_{1,0} + G_{1,2,0} + G_{2,1,1} + B_{2,1}, \end{aligned}$$

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned} a_{0,1} &= R_{1,2} + G_{1,0,2} + G_{2,1,1} + B_{0,1}, \\ a_{1,1} &= R_{1,2} + G_{1,2,2} + G_{2,1,1} + B_{2,1} \quad \dots \quad (36) \end{aligned}$$

## 【0189】

そして、これらの受光値に基づいて、図2(A)等で上述の推定手法と同様に画素値  $v_{0,0}$ 、  $v_{1,0}$ 、  $v_{0,1}$ 、  $v_{1,1}$  を推定する。推定画素値とRGBの対応関係は分かっているため、RGBの推定画素値  $G_{1,0,0} = v_{0,0}$ 、  $R_{1,0} = v_{1,0}$ 、  $B_{0,1} = v_{0,1}$ 、  $G_{2,1,1} = v_{1,1}$  を求めることができる。

## 【0190】

上記カラー画像の第1の推定手法によれば、撮像素子がカラー撮像素子 (RGB単板イメージセンサ) であり、隣接する複数の画素 (例えば、 $G_{1,0,0}$ 、  $R_{1,0}$ 、  $B_{0,1}$ 、  $G_{2,1,1}$ ) が、画素の色に依らず受光単位に設定される。受光単位に設定された隣接する複数の画素の画素値が加算されて読み出され ( $a_{0,0} = G_{1,0,0} + R_{1,0} + B_{0,1} + G_{2,1,1}$ )、低解像度フレーム画像が取得される。そして、取得された低解像度フレーム画像に基づいて受光単位の各画素の画素値 ( $G_{1,0,0}$ 、  $R_{1,0}$ 、  $B_{0,1}$ 、  $G_{2,1,1}$ ) が推定され、推定された画素値に基づいてカラーの高解像フレーム画像 (静止画または動画) が出力される。

## 【0191】

このようにすれば、カラー撮像においても、高フレームレートで低解像フレーム画像を撮影し、その低解像フレーム画像から画素値推定を行って、任意タイミングのカラーの高解像フレーム画像を取得できる。また、隣接4画素の画素値を加算して受光値を取得するため、ランダムノイズを低減できる。また、読み出し画素の位置が近いため、上述の第2の補間手法におけるフレーム内画素補間において、より相関性が高い周辺画素を用いることができる。

## 【0192】

## 1.1. カラー画像の第2の推定手法

本実施形態では、RGBを分離して加算読み出しし、RGBの最終画素値を推定してもよい。図36～図39を用いて、このカラー画像の第2の推定手法について説明する。

## 【0193】

図36に示すように、G1の画素について下式(37)に示す受光値を重畳サンプリングにより取得する。これらの受光値から、最終推定画素G1を推定する。

$$\begin{aligned} a_{0,0} &= G_{1,0,0} + G_{1,2,0} + G_{1,0,2} + G_{1,2,2}, \\ a_{1,0} &= G_{1,2,0} + G_{1,4,0} + G_{1,2,2} + G_{1,4,2}, \\ a_{0,1} &= G_{1,0,2} + G_{1,2,2} + G_{1,0,4} + G_{1,2,4}, \\ a_{1,1} &= G_{1,2,2} + G_{1,4,2} + G_{1,2,4} + G_{1,4,4} \quad \dots \quad (37) \end{aligned}$$

## 【0194】

同様に、図37に示すように、G2の画素について下式(38)に示す受光値を取得する。これらの受光値から、最終推定画素G2を推定する。

$$\begin{aligned} a_{0,0} &= G_{2,1,1} + G_{2,3,1} + G_{2,1,3} + G_{2,3,3}, \\ a_{1,0} &= G_{2,3,1} + G_{2,5,1} + G_{2,3,3} + G_{2,5,3}, \\ a_{0,1} &= G_{2,1,3} + G_{2,3,3} + G_{2,1,5} + G_{2,3,5}, \\ a_{1,1} &= G_{2,3,3} + G_{2,5,3} + G_{2,3,5} + G_{2,5,5} \quad \dots \quad (38) \end{aligned}$$

## 【0195】

図38に示すように、Rの画素について下式(39)に示す受光値を取得する。これらの受光値から、最終推定画素Rを推定する。

$$\begin{aligned} a_{0,0} &= R_{1,0} + R_{3,0} + R_{1,2} + R_{3,2}, \\ a_{1,0} &= R_{3,0} + R_{5,0} + R_{3,2} + R_{5,2}, \\ a_{0,1} &= R_{1,2} + R_{3,2} + R_{1,4} + R_{3,4}, \\ a_{1,1} &= R_{3,2} + R_{5,2} + R_{3,4} + R_{5,4} \quad \dots \quad (39) \end{aligned}$$

## 【0196】

図39に示すように、Bの画素について下式(40)に示す受光値を取得する。これら

10

20

30

40

50

の受光値から、最終推定画素 B を推定する。

$$\begin{aligned} a_{0,0} &= B_{0,1} + B_{2,1} + B_{0,3} + B_{2,3}, \\ a_{1,0} &= B_{2,1} + B_{4,1} + B_{2,3} + B_{4,3}, \\ a_{0,1} &= B_{0,3} + B_{2,3} + B_{0,5} + B_{2,5}, \\ a_{1,1} &= B_{2,3} + B_{4,3} + B_{2,5} + B_{4,5} \quad \dots \quad (40) \end{aligned}$$

#### 【0197】

上記カラー画像の第2の推定手法によれば、同じ色の複数の画素（例えば  $G_{1,0,0}$ 、 $G_{1,2,0}$ 、 $G_{1,0,2}$ 、 $G_{1,2,2}$ ）が受光単位に設定され、受光単位に設定された同じ色の複数の画素の画素値が加算されて読み出され（ $a_{0,0} = G_{1,0,0} + G_{1,2,0} + G_{1,0,2} + G_{1,2,2}$ ）、低解像度フレーム画像が取得される。そして、取得された低解像度フレーム画像に基づいて受光単位の各画素の画素値（G1、G2、R、B）が推定され、推定された画素値に基づいてカラーの高解像フレーム画像が出力される。

#### 【0198】

このようにすれば、色別に高フレームレートで低解像フレーム画像を撮影し、その低解像フレーム画像から画素値推定を行って、カラーの高解像フレーム画像を取得できる。

#### 【0199】

##### 12. 明るさに適応した加算画素数の設定手法

上述の実施形態では、受光単位を4画素毎に設定したが、本実施形態では、撮像画像の明るさに応じて受光単位の設定画素数を変化させてよい。図40、図41を用いて、この明るさに適応した加算画素数の設定手法について説明する。

#### 【0200】

図40に示すように、例えば隣接  $2 \times 2$  画素の画素加算撮像を基本とし、撮像画像の平均輝度値 L（広義には、明るさ）が閾値 L2 を下回った場合には、画素加算を行う画素を隣接  $3 \times 3$  画素にする。平均輝度値 L が閾値 L1（ $L1 < L2$ ）を下回った場合には、画素加算を行う画素を隣接  $4 \times 4$  画素に増やす。このようにして受光単位の画素数を設定し、重畠シフトサンプリングおよび画素推定を行い、高解像画像の画素値を求める。

#### 【0201】

図41に、明るさに適応して加算画素数を可変に設定する撮像装置と画像処理装置の第2の詳細な構成例を示す。図41に示す撮像装置10は、撮像光学系100、光学ローパスフィルタ110、撮像素子120、重畠シフトサンプリング部130、データ記録部140、表示処理部150、モニター表示部160、明るさ検出部170、加算画素数設定部180を含む。画像処理装置20は、時間軸画素補間部200、画素値推定演算部210、画像出力部300を含む。なお以下では、図31等で上述した構成要素と同じ要素には同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

#### 【0202】

明るさ検出部170は、撮像素子120（例えば16メガピクセル）により撮影された画像の平均輝度を算出する。加算画素数設定部180は、明るさ検出部170により算出された平均輝度に応じて、受光単位の加算画素数（例えば  $4 \times 4 = 16$  画素）を設定する。重畠シフトサンプリング部130は、設定された加算画素数でフュージョンフレーム（1メガピクセル）を取得する。画素値推定演算部210は、フュージョンフレームから最終推定画素値（16メガピクセル）を推定する。そして、画像出力部300は、最終推定画素値から静止画（16メガピクセル）やハイビジョン動画（2メガピクセル）を出力する。

#### 【0203】

上記実施形態によれば、受光単位に含まれる画素数が、被写体の明るさ（平均輝度）が暗いほど多い画素数に設定される。

#### 【0204】

このようにすれば、被写体の明るさが暗いほど加算画素数が増えることで、ランダムノイズのSN改善を図ることができる。また、暗いほど高感度に低解像フレーム画像を撮影し、推定される高解像フレーム画像の感度を向上できる。

10

20

30

40

50

## 【0205】

なお、上記のように本実施形態について詳細に説明したが、本発明の新規事項および効果から実体的に逸脱しない多くの変形が可能であることは当業者には容易に理解できるであろう。従って、このような変形例はすべて本発明の範囲に含まれるものとする。例えば、明細書又は図面において、少なくとも一度、より広義又は同義な異なる用語（受光単位、中間画素値、画素ずらし等）と共に記載された用語（受光値取得単位、中間推定画素値、重畠シフトサンプリング等）は、明細書又は図面のいかなる箇所においても、その異なる用語に置き換えることができる。また読み出し制御部、補間処理部、推定処理部、画像出力部、撮像装置、画像処理装置等の構成、動作も本実施形態で説明したものに限定に限定されず、種々の変形実施が可能である。

10

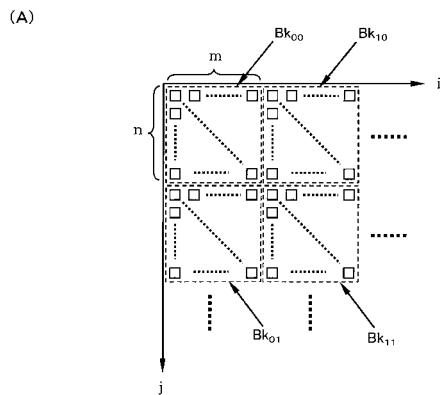
## 【符号の説明】

## 【0206】

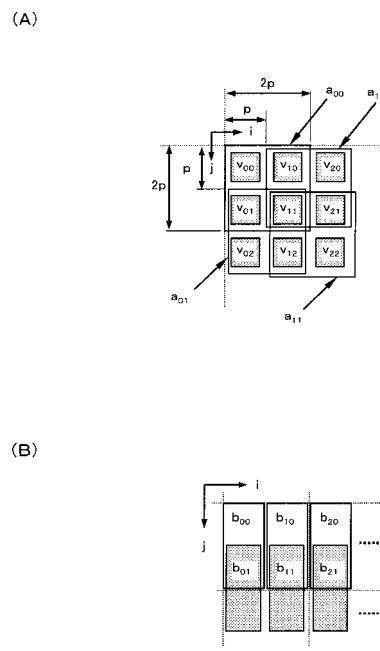
100 撮像装置、200 画像処理装置、1000 撮像光学系、  
 110 光学ローパスフィルタ、1200 撮像素子、  
 130 重畠シフトサンプリング部、1400 データ記録部、1500 表示処理部、  
 160 モニター表示部、1700 明るさ検出部、1800 加算画素数設定部、  
 2000 時間軸画素補間部、2100 画素値推定演算部、  
 2200, 2500 アンチエリアシングフィルタ、2300 ローパスフィルタ、  
 2400 アンダーサンプリング部、3000 画像出力部、  
 B<sub>k00</sub> 推定処理ブロック、a<sub>00</sub> 受光単位、v<sub>00</sub> 推定画素値、  
 b<sub>00</sub> 中間画素値、p 画素ピッチ、i, j 画素位置、i<sub>0</sub> 受光値の差分値、  
 E<sub>j</sub>, E<sub>i</sub> 評価関数、c<sub>1</sub> ~ c<sub>4</sub> 重み係数、P<sub>1</sub> ~ P<sub>4</sub> ポジション、  
 f<sub>x</sub> フレーム

20

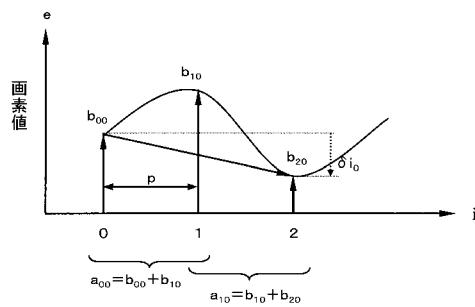
## 【図1】



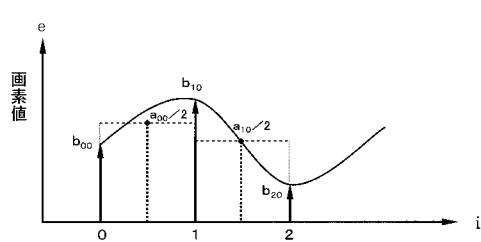
## 【図2】



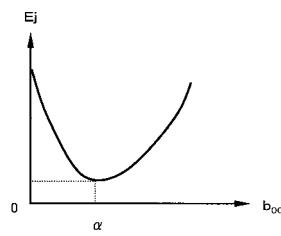
【図3】



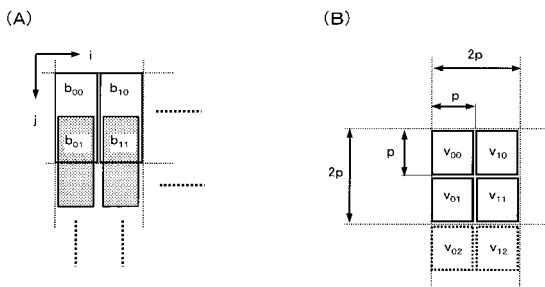
【図4】



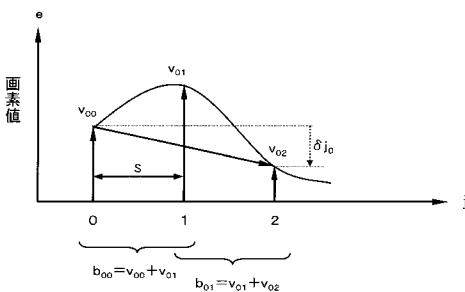
【図5】



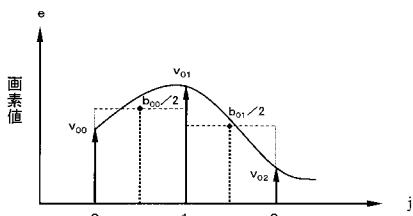
【図6】



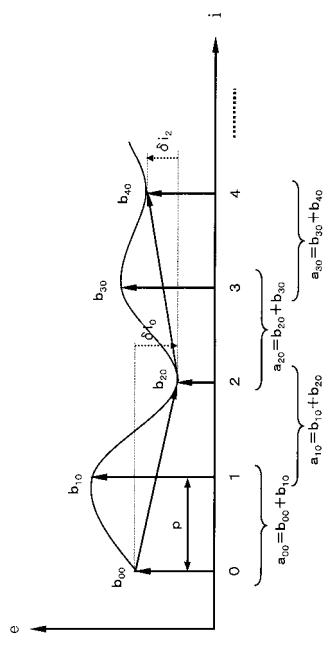
【図7】



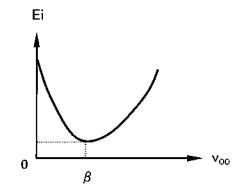
【図8】



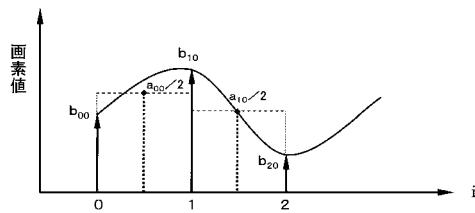
【図10】



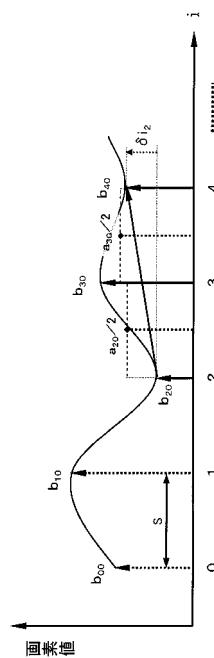
【図9】



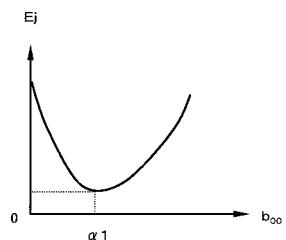
【図11】



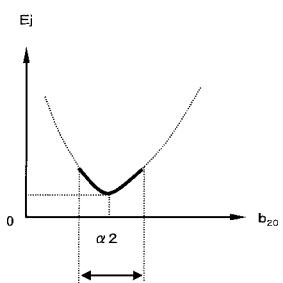
【図13】



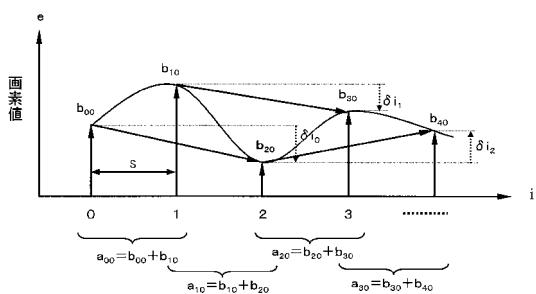
【図12】



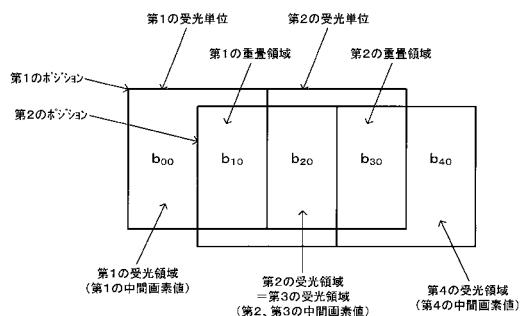
【図14】



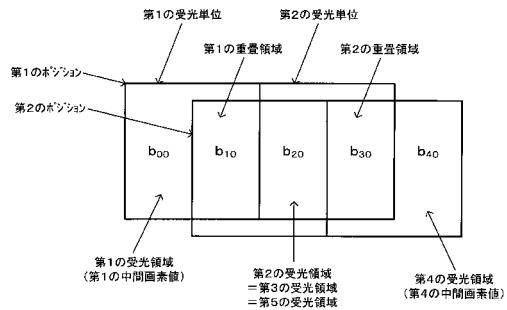
【図16】



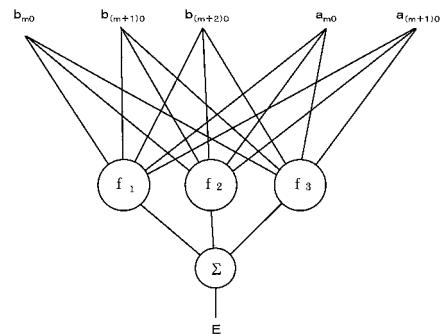
【図15】



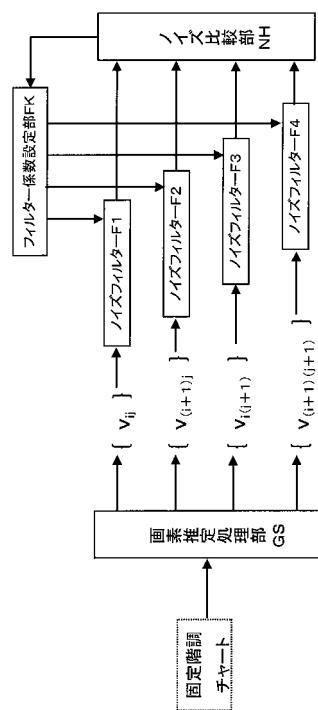
【図17】



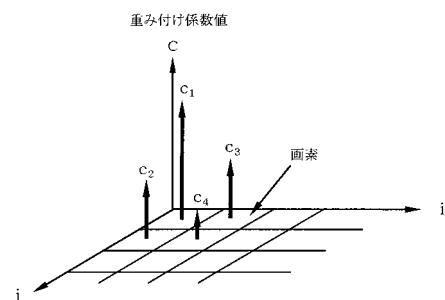
【図18】



【図19】

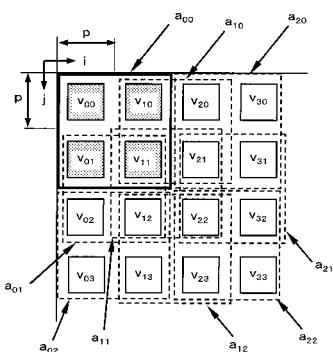


【図20】

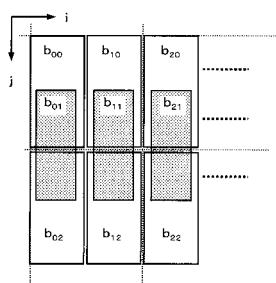


【図21】

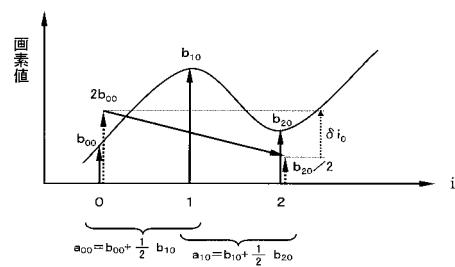
(A)



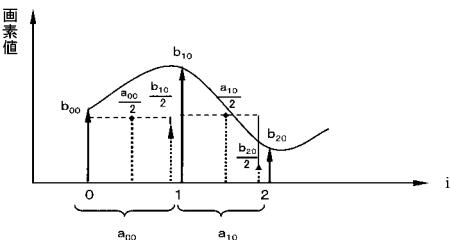
(B)



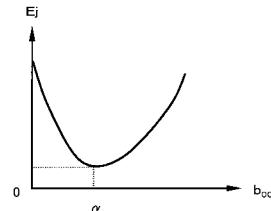
【図22】



【図23】

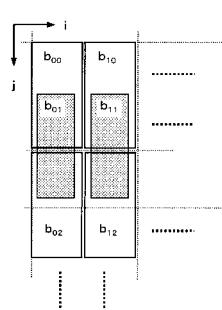


【図24】

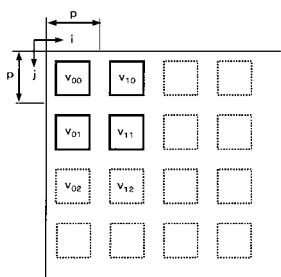


【図25】

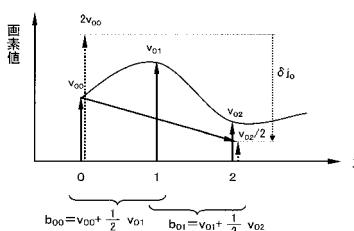
(A)



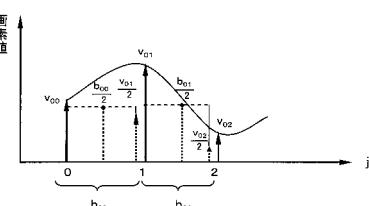
(B)



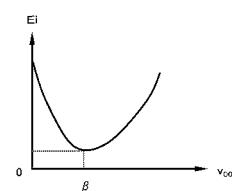
【図26】



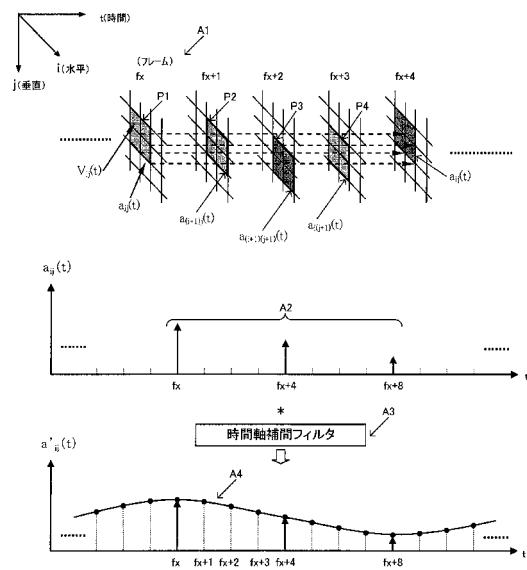
【図27】



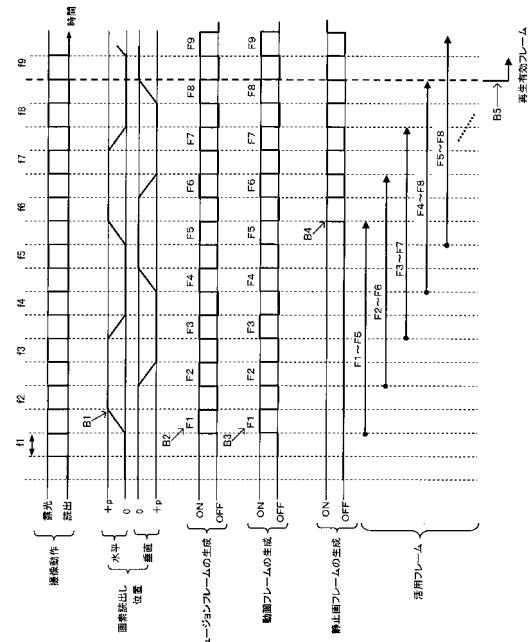
【図28】



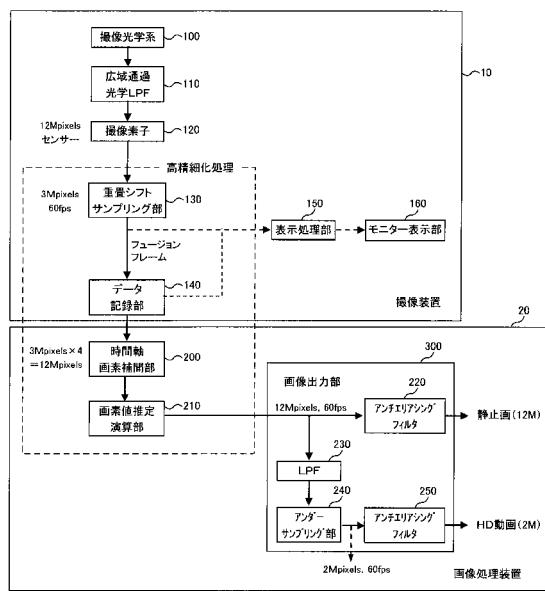
【図29】



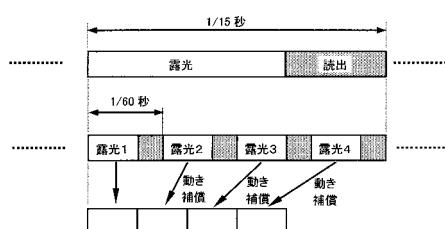
【図30】



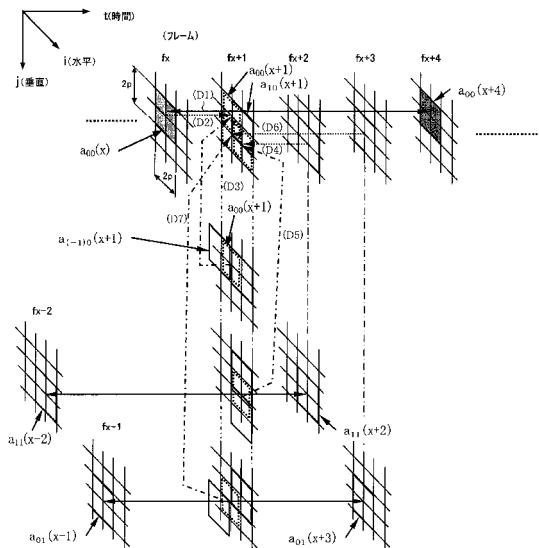
【図31】



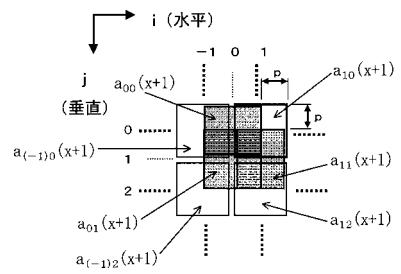
【図32】



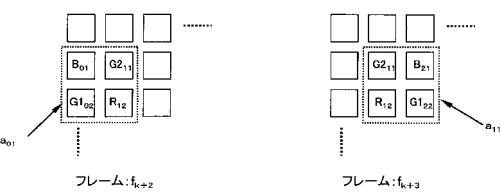
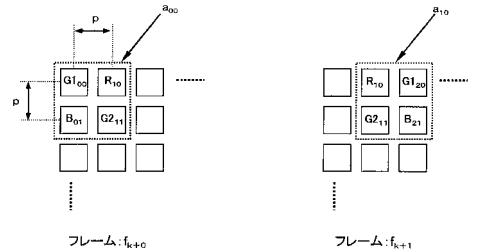
【図33】



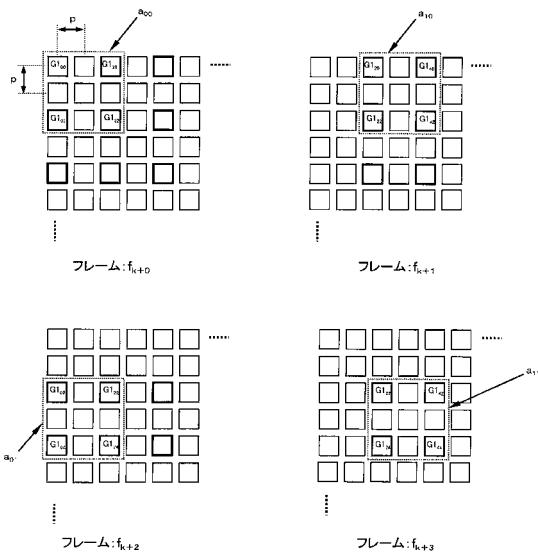
【図34】



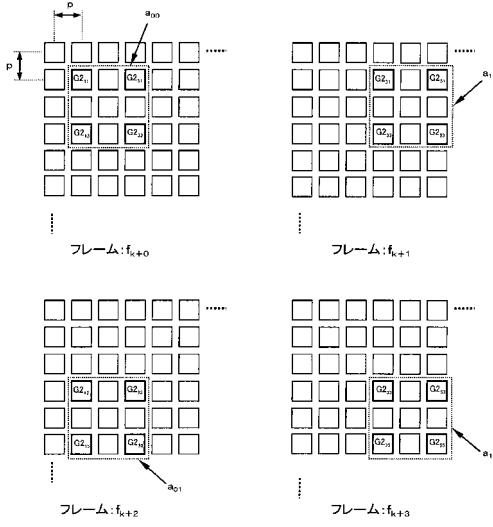
【図35】



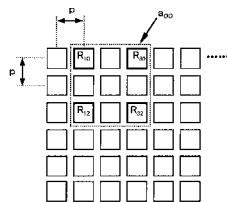
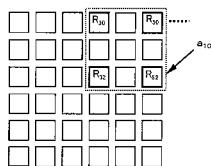
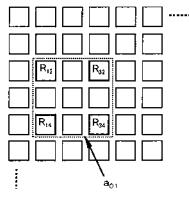
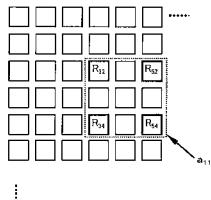
【図36】



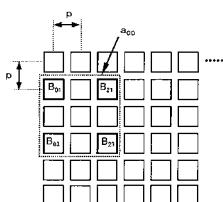
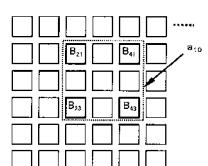
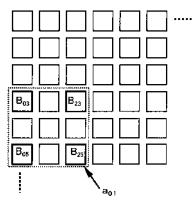
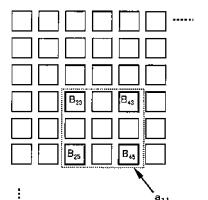
【図37】



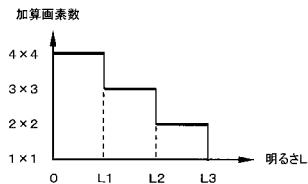
【図38】

フレーム:  $f_{k+0}$ フレーム:  $f_{k+1}$ フレーム:  $f_{k+2}$ フレーム:  $f_{k+3}$ 

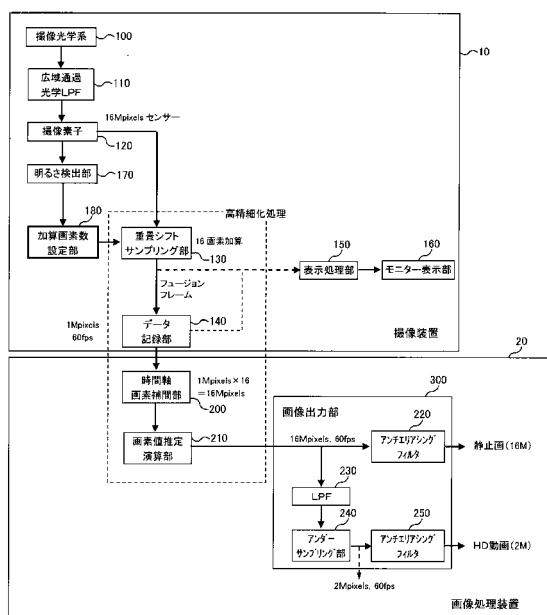
【図39】

フレーム:  $f_{k+0}$ フレーム:  $f_{k+1}$ フレーム:  $f_{k+2}$ フレーム:  $f_{k+3}$ 

【図40】



【図41】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2009-124621(JP,A)  
特開2005-149266(JP,A)  
特開2007-251343(JP,A)  
特開2009-181508(JP,A)  
特開2008-199581(JP,A)  
特開2009-284553(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 5/222~257  
G06T 3/00  
H04N 101/00