

(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2015-76676

(P2015-76676A)

(43) 公開日 平成27年4月20日 (2015.4.20)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
<b>HO4N</b>	<b>5/21</b>	<b>(2006.01)</b>	HO4N	5/21		B	5B057	
<b>GO6T</b>	<b>5/00</b>	<b>(2006.01)</b>	GO6T	5/00	300		5C021	
<b>HO4N</b>	<b>1/409</b>	<b>(2006.01)</b>	HO4N	1/40	101C		5C077	

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2013-210320 (P2013-210320)  
 (22) 出願日 平成25年10月7日 (2013.10.7)

(71) 出願人 000001007  
 キヤノン株式会社  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
 (74) 代理人 110001243  
 特許業務法人 谷・阿部特許事務所  
 (72) 発明者 佐々木 良隆  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内  
 Fターム(参考) 5B057 CA08 CA12 CA16 CB08 CB12  
 CB16 CE02 CE05 CE06 CH11  
 CH18 DA16 DA17 DB02 DB09  
 DC19 DC22  
 5C021 PA58 PA66 PA67 PA77 RA12  
 RB08 YA03 YA08  
 5C077 LL02 MP01 PP02 PP68 PQ18  
 PQ19 PQ20

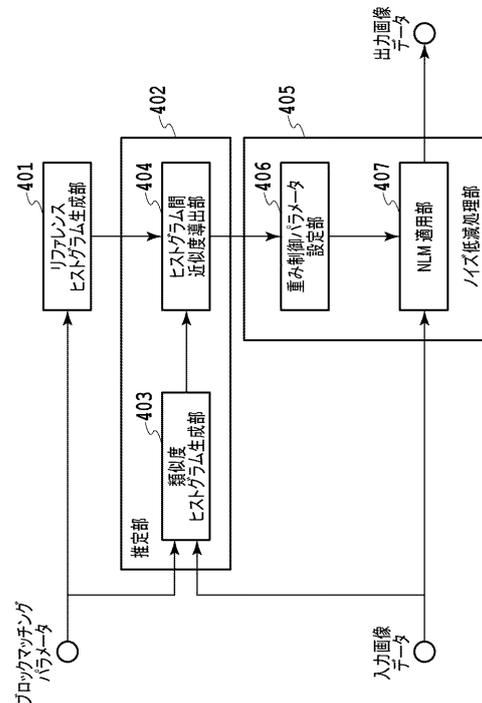
(54) 【発明の名称】 画像処理装置、画像処理方法及びプログラム

(57) 【要約】

【課題】従来のノイズ低減の手法では、画像の領域毎にノイズ低減効果にばらつきが生じるという問題がある。

【解決手段】画像処理装置が、ノイズ低減処理の対象とする着目画素と当該着目画素に対応する複数の参照画素との類似度のヒストグラムを生成し、当該生成された類似度ヒストグラムに基づいて前記着目画素の近傍領域の特性を推定する推定手段と、前記推定手段で推定された前記着目画素の近傍領域の特性に基づいて前記複数の参照画素についての重みを決定し、前記着目画素に対してノイズ低減処理を行うノイズ低減処理手段と、を備えることを特徴とする。

【選択図】 図4



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

ノイズ低減処理の対象とする着目画素と当該着目画素に対応する複数の参照画素との類似度のヒストグラムを生成し、当該生成された類似度ヒストグラムに基づいて前記着目画素の近傍領域の特性を推定する推定手段と、

前記推定手段で推定された前記着目画素の近傍領域の特性に基づいて前記複数の参照画素についての重みを決定し、前記着目画素に対してノイズ低減処理を行うノイズ低減処理手段と、

を備えることを特徴とする画像処理装置。

**【請求項 2】**

前記ノイズ低減処理手段は、

前記推定手段で推定された前記着目画素の近傍領域の特性に応じて、前記重みを制御する制御パラメータを設定するパラメータ設定手段を含み、

前記パラメータ設定手段で設定された制御パラメータに基づいて前記重みを決定して、前記着目画素に対してノイズ低減処理を行う

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】**

ブロックマッチングパラメータに応じた統計的分布に従ってリファレンスとなるヒストグラムを生成するリファレンスヒストグラム生成手段をさらに備え、

前記推定手段は、

前記類似度ヒストグラムと前記リファレンスヒストグラムとの間の近似度を導出するヒストグラム間近似度導出手段を含み、当該導出されたヒストグラム間の近似度を、前記着目画素の近傍領域の特性として推定する

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の画像処理装置。

**【請求項 4】**

前記パラメータ設定手段は、前記ヒストグラム間近似度導出手段で導出した近似度が高いほどノイズ低減効果が強くなるように、近似度が低いほどノイズ低減効果が弱くなるように、前記制御パラメータを設定することを特徴とする請求項 3 に記載の画像処理装置。

**【請求項 5】**

前記推定手段は、

前記類似度ヒストグラムの特徴を判定する特徴判定手段をさらに備え、

前記特徴判定手段で判定された類似度ヒストグラムの特徴と、前記ヒストグラム間近似度導出手段で導出されたヒストグラム間の近似度を、前記着目画素の近傍領域の特性として推定する

ことを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の画像処理装置。

**【請求項 6】**

前記特徴判定手段で判定される前記類似度ヒストグラムの特徴は、ピークの位置、ピークの大きさ、ピークの数いずれか或いはこれらの組み合わせであることを特徴とする請求項 5 に記載の画像処理装置。

**【請求項 7】**

前記ノイズ低減処理手段は、前記類似度ヒストグラムの特徴に基づいて前記注目画素の近傍領域が周期的なパターンの領域であるかどうかを判定し、周期的なパターンの領域であると判定された場合に、前記推定手段で推定された前記着目画素の近傍領域の特性に基づいて前記複数の参照画素についての重みを決定することなく所定の重みを用いて、前記着目画素に対してノイズ低減処理を行なうことを特徴とする 5 又は 6 に記載の画像処理装置。

**【請求項 8】**

前記ノイズ低減処理手段は、前記類似度ヒストグラムの特徴に基づいて前記注目画素の近傍領域がランダムテクスチャの領域であるかどうかを判定し、ランダムテクスチャの領域であると判定された場合に、前記推定手段で推定された前記着目画素の近傍領域の特性

10

20

30

40

50

に基づいて前記複数の参照画素についての重みを決定するときよりもノイズ低減効果が弱くなるような所定の重みを用いて、前記着目画素に対してノイズ低減処理を行なうことを特徴とする 5 又は 6 に記載の画像処理装置。

【請求項 9】

前記ノイズ低減処理は、Non-Local Means法によるノイズ低減処理であることを特徴とする 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 10】

ノイズ低減処理の対象とする着目画素と当該着目画素に対応する複数の参照画素との類似度のヒストグラムを生成し、当該生成された類似度ヒストグラムに基づいて前記着目画素の近傍領域の特性を推定する推定手段と、

前記着目画素に対しノイズ低減処理を行なう手段であって、前記推定手段で推定された前記着目画素の近傍領域の特性に応じて異なる内容のノイズ低減処理を行なう、ノイズ低減処理手段と、

を備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 11】

ノイズ低減処理の対象とする着目画素と当該着目画素に対応する複数の参照画素との類似度のヒストグラムを生成し、当該生成された類似度ヒストグラムに基づいて前記着目画素の近傍領域の特性を推定する推定手段と、

前記着目画素に対しノイズ低減処理を行なう手段であって、前記推定手段で推定された前記着目画素の近傍領域の特性に応じてノイズ低減処理を行なうかどうかを切り替える、

を備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 12】

ノイズ低減処理の対象とする着目画素と当該着目画素に対応する複数の参照画素との類似度のヒストグラムを生成し、当該生成された類似度ヒストグラムに基づいて前記着目画素の近傍領域の特性を推定する推定ステップと、

前記推定ステップで推定された前記着目画素の近傍領域の特性に基づいて前記複数の参照画素についての重みを決定し、前記着目画素に対してノイズ低減処理を行うノイズ低減処理ステップと、

を含むことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 13】

コンピュータを請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置として機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像データに含まれるノイズを低減する画像処理技術に関する。

【背景技術】

【0002】

デジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラなどのデジタル撮像装置が広く普及して一般に利用されている。これらのデジタル撮像装置は、CCDやCMOSセンサなどの光電荷変換素子（撮像素子）で受光した光をデジタル信号に変換することでデジタル画像データを生成する。

【0003】

デジタル画像データを生成する過程では、撮像素子や回路の特性により暗電流ノイズ、熱雑音、ショットノイズなどが発生し、デジタル画像データにノイズが混入する。近年の撮像素子の小型化、高画素化に伴い画素ピッチが極小化しているため、ノイズが目立ちやすくなっており、特に撮影感度を高くした場合などはノイズが顕著に発生し、画質劣化の大きな要因になっている。従って、高画質な画像を得るためには混入したノイズを低減する必要がある。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 4 】

従来、ノイズ周波数以下の信号成分を通すローパスフィルタを適用してノイズを低減する手法が知られている。しかしながら、このローパスフィルタを適用してノイズを低減する手法では、エッジ部分がぼけてしまうため高画質な画像を得ることが難しい。そこで、ノイズとエッジに関する情報を何らかの方法で判断し、適応的にノイズ低減を行う方法が数多く提案されている。

## 【 0 0 0 5 】

一般に、適応的なノイズ低減では、着目画素のノイズを低減するために、着目画素近傍の複数の画素を参照画素として選択し、当該選択した参照画素の適当な加重平均値により着目画素を置き換えている。また、適応的なノイズ低減方法の一つとして、着目画素を含む領域（着目領域）を定め、その領域単位で着目画素と参照画素の類似度を求め、この類似度に応じた加重平均値を用いてノイズ低減を実現する方法が提案されている（特許文献1、特許文献2）。

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 6 】

【 特許文献 1 】 特表 2 0 0 7 - 5 3 6 6 6 2 号 公 報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 1 1 - 3 9 6 7 5 号 公 報

## 【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 7 】

しかしながら、特許文献1及び特許文献2の方法では、画像の領域毎にノイズ低減効果にばらつきが生じるという問題がある。例えば、着目画素の近傍に類似画素が多ければノイズ低減効果は高くなるが、少なければ低くなる。また、格子など繰り返しパターンのある領域には効果的であるが、樹木などランダムなテクスチャを持つ領域はぼけやすいという問題がある。これは、ランダムなテクスチャを持つ領域では、着目画素と参照画素との類似度が高い参照画素が減少する一方、類似度が中程度の参照画素が増加し、加重平均処理において小さい重みで多くの画素が加算されるためである。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 0 8 】

本発明に係る画像処理装置は、ノイズ低減処理の対象とする着目画素と当該着目画素に対応する複数の参照画素との類似度のヒストグラムを生成し、当該生成された類似度ヒストグラムに基づいて前記着目画素の近傍領域の特性を推定する推定手段と、前記推定手段で推定された前記着目画素の近傍領域の特性に基づいて前記複数の参照画素についての重みを決定し、前記着目画素に対してノイズ低減処理を行うノイズ低減処理手段と、を備えることを特徴とする。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 0 9 】

本発明によれば、ノイズ低減処理を適用する着目画素の近傍領域の特性を推定し、推定結果に基づいてノイズ低減処理の内容を決定することによって、好適なノイズ低減画像を得ることが可能になる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 0 】

【 図 1 】 実施例 1 に係る、画像処理装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

【 図 2 】 参照画素の重みの算出方法を説明する図である。

【 図 3 】 参照画素の重みの算出方法を説明する図である。

【 図 4 】 実施例 1 に係る、画像処理装置の論理構成を示す模式図である。

【 図 5 】 実施例 1 における、ノイズ低減画像を生成する処理の流れを示すフローチャートである。

【 図 6 】 リファレンスヒストグラムの分布の一例を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 7】実施例 1 に係る、着目画素近傍領域の特性を推定する処理の詳細を示すフローチャートである。

【図 8】実施例 1 に係る、ノイズ低減処理の詳細を示すフローチャートである。

【図 9】実施例 2 に係る、画像処理装置の論理構成を示す模式図である。

【図 10】類似度ヒストグラムの特徴がどのようにして判定されるのかを示す図である。

【図 11】実施例 2 におけるノイズ低減画像を生成するメイン処理の流れを示すフローチャートである。

【図 12】実施例 2 に係る、着目画素近傍領域の特性を推定する処理の詳細を示すフローチャートである。

【図 13】実施例 2 に係る、ノイズ低減処理の詳細を示すフローチャートである。

10

【発明を実施するための形態】

【0011】

(実施例 1)

図 1 は、本実施例に係る、画像処理装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

【0012】

図 1 において、画像処理装置 100 は、CPU 101、RAM 102、HDD 103、汎用インターフェース (I/F) 104、モニタ 105、メインバス 106 を備える。汎用 I/F 104 は、カメラなどの撮像装置 111 や、マウス、キーボードなどの入力装置 112、メモリーカードなどの外部メモリ 113 をメインバス 106 に接続する。

【0013】

20

まず、CPU 101 は HDD 103 に格納されている画像処理アプリケーションを起動し、RAM 102 に展開するとともに、モニタ 105 にユーザインターフェース画面 (以下、UI 画面) を表示する。続いて、HDD 103 や外部メモリ 113 に格納されている各種データ、撮像装置 111 で撮影された画像データ、入力装置 112 からの指示などが RAM 102 に転送される。さらに、画像処理アプリケーション内の処理に従って、RAM 102 に格納されているデータは CPU 101 からの指令に基づき各種演算を行う。演算結果はモニタ 105 に表示したり、HDD 103、外部メモリ 113 に格納したりする。

【0014】

上記の構成に於いて、CPU 101 からの指令に基づき、画像処理アプリケーションに画像データを入力してノイズ低減処理の効果が高い領域と低い領域とを判定し、判定結果に基づいてノイズ低減処理で用いる重みを変更する方法について説明する。

30

【0015】

まず、本実施例におけるノイズ低減処理の手法である、Non-Local Means 法 (以下、NLM 法) について説明しておく。この手法は、ノイズ低減対象となる着目画素を中心とするブロックと、その周辺の参照画素を中心とするブロックとの類似度に基づいて重みを掛け、参照画素の加重平均で注目画素の値を置き換えることでノイズを低減する技術である。いま、加重平均に用いられる参照画素の画素数を  $N_s$ 、参照画素の画素値を  $I_j$  ( $j = 1 \sim N_s$ )、参照画素の重みを  $w_j$  ( $j = 1 \sim N_s$ ) とすると、ノイズ低減処理後の着目画素の画素値  $I_{new}$  は次の式 (1) で求められる。

40

【0016】

【数 1】

$$I_{new} = \frac{\sum_{j=1}^{N_s} w_j \times I_j}{\sum_{j=1}^{N_s} w_j} \cdots \text{式 (1)}$$

【0017】

次に、参照画素の重み  $w$  の算出方法について、図 2 及び図 3 を参照して説明する。

50

## 【 0 0 1 8 】

図 2 の ( a ) において、画像 2 0 0 は、左上の画素を原点として各画素の画素値を  $I(x, y)$  で表すものとする。ここで、黒の矩形は着目画素 2 0 1 を示し、その画素値は  $I(4, 4)$  であるとする。着目画素 2 0 1 を中心とした  $3 \times 3$  画素 ( $N_b = 9$ ) の矩形領域は着目領域 2 0 2 を示している。着目画素 2 0 1 を含む  $5 \times 5$  画素 ( $N_b = 25$ ) の矩形領域内にあるグレーの各矩形は参照画素 2 0 3 を示している。破線で示す矩形領域は参照画素 2 0 3 の参照領域 2 0 4 であり、画素値  $I(2, 2)$  の参照画素を中心とする  $3 \times 3$  画素の領域である。尚、参照領域はすべての参照画素 (図 2 の ( a ) の例では、25 個の参照画素) について存在するが、ここでは画素値が  $I(2, 2)$  の参照画素 2 0 3 の参照領域だけを示している。

10

## 【 0 0 1 9 】

いま、画素値  $I(2, 2)$  の参照画素 2 0 3 の重み  $w$  を求めるために、まず、着目領域 2 0 2 と参照領域 2 0 4 とを比較して類似度を算出する。尚、類似度は任意の方法で求めてよい。例えば、図 2 の ( b ) に示すように、着目領域 2 0 2 内の画素を  $b_s(p, q)$ 、参照領域 2 0 4 内の画素を  $b_j(p, q)$  ( $j = 1 \sim N_b$ ) とする。そして、着目領域 2 0 2 と参照領域 2 0 4 の空間的に対応する画素の差を類似度とすると、類似度  $C_j$  は次の式 ( 2 ) で求められる。

## 【 0 0 2 0 】

## 【 数 2 】

$$C_j = \sum_p \sum_q (b_j(p, q) - b_s(p, q))^2 \cdots \text{式 (2)}$$

20

## 【 0 0 2 1 】

類似度  $C_j$  は値が小さいほど着目領域と参照領域との類似度が高くなる。そこで、類似度に応じて、重み  $w$  を決定する。重み  $w$  は、図 3 に示す関数のように  $C_j$  の値が小さいほど重みが大きく、 $C_j$  の値が大きいくほど重みが小さくなるように決定すればよく、例えば次の式 ( 3 ) で定まる。

## 【 0 0 2 2 】

## 【 数 3 】

$$w_j = \exp\left(-\frac{C_j}{h^2}\right) \cdots \text{式 (3)}$$

30

## 【 0 0 2 3 】

ここで、 $h$  は重み  $w$  の大きさを制御するパラメータであり、 $h$  を大きくするとノイズ低減効果が高くなるが、エッジがぼけることになる。

## 【 0 0 2 4 】

そして、着目領域 2 0 2 と各参照画素の参照領域 2 0 4 とを順次比較していくことで、参照画素毎の重み  $w$  が得られる。

## 【 0 0 2 5 】

尚、本実施例におけるノイズ低減処理は、参照画素の重みが着目領域と参照領域の類似度に基づいて決まる処理であればよく、類似度や重みの算出方法などはここで説明した方法に限られるものではない。

40

## 【 0 0 2 6 】

( 画像処理装置の論理構成 )

図 4 は、本実施例に係る、画像処理装置 1 0 0 の論理構成を示す模式図であり、リファレンスヒストグラム生成部 4 0 1、推定部 4 0 2、ノイズ低減処理部 4 0 5 から構成される。

## 【 0 0 2 7 】

リファレンスヒストグラム生成部 4 0 1 は、ブロックマッチングパラメータを取得し、ブロックマッチングパラメータに応じた統計的分布に従ってリファレンスヒストグラムを

50

生成する。

【0028】

推定部402は、類似度ヒストグラム生成部403とヒストグラム間近似度導出部404で構成される。推定部402は、CPU101からの指示に基づいて、着目画素の近傍領域の特性をブロックマッチングパラメータと類似度ヒストグラムを用いて推定する。

【0029】

類似度ヒストグラム生成部403は、入力された画像データ及びブロックマッチングパラメータを用いて、着目画素と当該着目画素に対応する複数の参照画素との類似度を導出し、類似度ヒストグラムを生成する。ここで、画像データはCPU101からの指示に基づき、撮像装置111或いはHDD103や外部メモリ113から入力される。勿論、撮像装置111で撮影した画像データをHDD103などの記憶装置に一旦記憶した後で入力しても構わない。ブロックマッチングパラメータは、CPU101からの指示に基づき、HDD103や外部メモリ113から入力される。また、モニタ105上のUI画面を介し、キーボードやマウスなどの入力装置112で直接指定して入力してもかまわない。

10

【0030】

ヒストグラム間近似度導出部404は、類似度ヒストグラム生成部403で生成した類似度ヒストグラムと、リファレンスヒストグラム生成部401で生成したリファレンスヒストグラムを取得し、2つのヒストグラム間の近似度を導出する。

【0031】

ノイズ低減処理部405は、重み制御パラメータ設定部406とNLM適用部407で構成される。

20

【0032】

重み制御パラメータ設定部406は、推定部402で推定した着目画素近傍領域の特性の推定結果に基づいて、着目画素に適用するノイズ低減処理で用いる重み $w$ を制御するパラメータ $h$ の値を設定する。

【0033】

NLM適用部407は、重み制御パラメータ設定部407で設定・更新された重み制御パラメータ $h$ を取得して、NLM法によるノイズ低減処理を入力画像データに対して適用し、出力画像データを生成する。生成された出力画像データは、HDD103に出力される。尚、出力先はHDD103に限られるものではなく、例えば、汎用I/F104に接続した外部メモリ113に出力してもよい。

30

【0034】

次に、図4で説明した画像処理装置100の論理構成に従ってなされる処理について説明する。図5は、本実施例における、ノイズ低減画像を生成する処理の流れを示すフローチャートである。なお、この一連の処理は、以下に示す手順を記述したコンピュータ実行可能なプログラムをHDD103からRAM102上に読み込んだ後、CPU101によって該プログラムを実行することによって実施される。

【0035】

ステップ501において、画像処理装置100は、入力画像データを取得する。取得した入力画像データは、推定部402及びノイズ低減処理部405に送られる。

40

【0036】

ステップ502において、画像処理装置100は、ブロックマッチングパラメータを取得する。取得したブロックマッチングパラメータは、リファレンスヒストグラム生成部401及び推定部402に送られる。ここで、入力されるブロックマッチングパラメータは、前述のNLM法における着目領域の画素数 $N_b$ 及び参照画素数 $N_s$ である。以下では、 $3 \times 3$ 画素の矩形領域で画素数 $N_b = 9$ を着目領域とし、参照画素数は $5 \times 5$ 画素の矩形領域に含まれる画素数 $N_s = 25$ であるものとして説明する。

【0037】

ステップ503において、リファレンスヒストグラム生成部401は、取得したブロックマッチングパラメータに基づいてリファレンスヒストグラムを生成する。尚、リファレ

50

ンスヒストグラムは類似度  $C_j$  が取り得る値の統計的分布として決定すればよい。例えば、上述の式(2)が、分散1、自由度  $p \times q$  のカイ二乗分布であるとする。この場合、類似度  $C_j$  が取り得る値の統計的分布は、自由度  $p \times q$  のカイ二乗分布の確率密度関数として決定することが可能である。図6は、リファレンスヒストグラムの分布の一例を示す図である。図6の(a)は自由度9の場合のカイ二乗分布の確率密度関数、同(b)は自由度25の場合のカイ二乗分布の確率密度関数である。ここで、自由度  $p \times q$  は、ステップ502で取得した着目領域の画素数  $N_b$  と一致する。つまり、着目画素と、 $N_s$  個の参照画素それぞれとの類似度  $C_j$  が取り得る値の統計的分布からなるリファレンスヒストグラムは、 $N_b$  を自由度とするカイ二乗分布の確率密度関数に基づいて決まる。尚、リファレンスヒストグラムは類似度  $C_j$  が取り得る値の統計的分布として決定すればよく、これに限られるものではない。

【0038】

ステップ504において、推定部402は、着目画素近傍領域の特性を推定する処理を行なう。図7は、本実施例に係る、着目画素近傍領域の特性を推定する処理の詳細を示すフローチャートである。

【0039】

ステップ701において、推定部402は、ステップ501で取得した入力画像データからノイズ低減処理の対象とする画素(着目画素)を選択する。

【0040】

ステップ702において、類似度ヒストグラム生成部403は、選択した着目画素を中心とする  $3 \times 3$  画素の着目領域を用いて、 $5 \times 5$  画素の各参照画素に対して、ブロックマッチングにより類似度  $C_j$  を導出し、類似度ヒストグラムを生成する。仮に、入力画像データのノイズの分散が1であれば、類似度ヒストグラムは上述した図6の(a)に近い形状になる。

【0041】

ステップ703において、推定部402は、ステップ503で生成したリファレンスヒストグラムを取得する。

【0042】

ステップ704において、ヒストグラム間近似度導出部404は、ステップ703で取得したリファレンスヒストグラムと、ステップ702で求めた類似度ヒストグラムとの間の近似度を求める。例えば、ヒストグラムが  $n$  個の区間に分割されている場合、ヒストグラム間の近似度  $d$  は、次の式(4)で求めることができる。

【0043】

【数4】

$$d = \sum_n \min(H_{ref}[i], H_{calc}[i]) \cdots \text{式(4)}$$

【0044】

ここで、 $H_{ref}[i]$  はリファレンスヒストグラムの  $i$  番目の頻度、 $H_{calc}[i]$  はステップ702で求めた類似度ヒストグラムの  $i$  番目の頻度であり、 $\min$  は2つの要素のうち小さい値を返す関数である。そして、この  $d$  の値が最大 ( $d_{max}$ ) となるときに2つのヒストグラムが一致することになる。いま、参照画素が  $5 \times 5$  画素であるので  $d_{max} = 25$  である。すなわち、ヒストグラムが一致する場合(例えば、 $n=2$ ,  $H_{ref}[1]=5$ ,  $H_{ref}[2]=20$ ,  $H_{calc}[1]=5$ ,  $H_{calc}[2]=20$  の場合)の近似度  $d$  は、以下のようなになる。

【0045】

【数5】

$$d = \min(5,5) + \min(20,20) = 5 + 20 = 25$$

【0046】

また、ヒストグラムが一致しない場合(例えば、 $n=2$ ,  $H_{ref}[1]=5$ ,  $H_{ref}[2]=20$ ,  $H_{calc}[1]=20$ ,  $H_{calc}[2]=5$  の場合)の近似度  $d$  は、以下のようなになる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 7 】

【 数 6 】

$$d = \min(5,20) + \min(20,5) = 5 + 5 = 10$$

【 0 0 4 8 】

このように、ヒストグラムが一致しない場合の近似度  $d$  の値は、 $d_{\max}$  より小さくなる。尚、ヒストグラム間の近似度の導出方法は上記式 (4) を用いる方法に限られるものではなく、相関を求める方法や差分に基づく方法など、任意の方法を用いることが可能である。ヒストグラム間の近似度をどのように導出するのかによって導出結果の評価の仕方は変わり得る (例えば、導出された値が小さいほど近似度が高いと評価される場合もある) が、以下では、上記式 (4) を用いて近似度  $d$  を求める方法を前提に説明を続ける。本実施例の場合、ヒストグラム間の近似度  $d$  の値が大きいほど、例えば着目画素近傍領域が平坦領域であるなど、その特性は着目画素に類似している可能性が高くなる。一方、ヒストグラム間の近似度  $d$  の値が小さいほど、例えば着目画素近傍領域に着目画素とは異なるエッジ領域などが含まれるなど、その特性は着目画素と異なる可能性が高くなる。そこで、本実施例では、このようにして導出されたヒストグラム間の近似度  $d$  を、選択されている着目画素の近傍領域の特性を推定する指標として利用することとする。

10

【 0 0 4 9 】

ステップ 7 0 5 において、推定部 4 0 2 は、画像データ内の全画素について処理が終了したかどうかを判定する。未処理の画素があればステップ 7 0 1 に戻って処理を継続する。一方、全画素の処理が終了していれば、本処理を抜ける。

20

【 0 0 5 0 】

以上が、本実施例に係る、着目画素近傍領域の特性を推定する処理の内容である。

【 0 0 5 1 】

図 5 のフローチャートの説明に戻る。

【 0 0 5 2 】

ステップ 5 0 5 において、ノイズ低減処理部 4 0 5 は、ステップ 5 0 4 で推定された着目画素近傍領域の特性に応じて更新した重み制御パラメータに基づいて、入力画像データに対して NLM 法によるノイズ低減処理を適用する。図 8 は、本実施例に係る、ノイズ低減処理の詳細を示すフローチャートである。

30

【 0 0 5 3 】

ステップ 8 0 1 において、ノイズ低減処理部 4 0 5 は、基準となる重み制御パラメータ  $h_{\text{base}}$  を設定する。重み制御パラメータ  $h_{\text{base}}$  の値としては、例えば、標準的なノイズ低減効果が得られるような所定の値とすればよい。

【 0 0 5 4 】

ステップ 8 0 2 において、ノイズ低減処理部 4 0 5 は、ステップ 5 0 1 で取得した入力画像データから、ノイズ低減処理の対象となる画素 (着目画素) を選択する。

【 0 0 5 5 】

ステップ 8 0 3 において、ノイズ低減処理部 4 0 5 は、ステップ 5 0 4 で導出した着目画素近傍の領域の推定結果 (本実施例では、近似度  $d$ ) を取得する。

40

【 0 0 5 6 】

ステップ 8 0 4 において、重み制御パラメータ設定部 4 0 6 は、取得した推定結果としての近似度  $d$  に基づいて、NLM 法によるノイズ低減処理で用いる重み制御パラメータ  $h$  の値を更新する。ここで、推定結果 (近似度  $d$ ) の値が大きい場合は、上述のとおり着目画素近傍領域が平坦領域である可能性が高い。そのため、重み制御パラメータ  $h$  には高いノイズ低減効果が得られるような値が新たに設定されるようにする。一方、推定結果 (近似度  $d$ ) の値が小さい場合は、上述のとおり着目画素近傍領域にエッジ領域などが含まれる可能性が高い。そのため、重み制御パラメータ  $h$  には、より小さな値を設定することでノイズ低減効果を弱めてエッジを保存するようにする。具体的には、基準となるパラメータを  $h_{\text{base}}$ 、変更後のパラメータを  $h_{\text{new}}$ 、推定結果の最大値を  $d_{\max}$  とすると、設定すべ

50

き重み制御パラメータ  $h$  は、次の式 (5) によって求めることができる。

【0057】

【数7】

$$h_{new} = \frac{d}{d_{max}} h_{base} \dots \text{式(5)}$$

【0058】

ここで、参照画素が  $5 \times 5$  画素 ( $d_{max} = 25$ )、 $h_{base} = 5$ 、推定結果 (近似度  $d$ ) が大きい場合を  $d = 25$ 、小さい場合を  $d = 10$  とする。上記式 (5) に基づいて導出される  $h_{new}$  は、近似度  $d$  が大きい場合は  $h_{new} = 5$ 、近似度  $d$  が小さい場合は  $h_{new} = 2$  となる。このように、推定結果としての近似度  $d$  が大きい場合は  $h_{new}$  の値も大きくなり、推定結果としての近似度  $d$  が小さい場合は  $h_{new}$  の値も小さくなる。尚、重み制御パラメータ  $h$  の値を決定する方法は上述の例に限られるものではない。例えば、1つ以上の閾値を予め設けておき、当該閾値との大小関係から推定結果としての近似度  $d$  を分類して、重み制御パラメータ  $h$  の値を決定するようにしてもよい。

10

【0059】

ステップ805において、NLM適用部407は、ステップ804で更新された新たな重み制御パラメータ  $h_{new}$  に従って上記式 (3) によって重み  $w$  を導出し、ステップ802で選択された着目画素の置き換え後の画素値  $I_{new}$  を、上記式 (1) を用いて求める。

【0060】

ステップ806において、ノイズ低減処理部405は、入力画像データの全画素についてのNLM法によるノイズ低減処理が終了したかどうかを判定する。未処理の画素があればステップ802に戻り、処理を継続する。一方、全画素について処理が終了していれば本処理を抜ける。

20

【0061】

以上が、本実施例に係る、ノイズ低減処理の内容である。

【0062】

図5のフローチャートの説明に戻る。

【0063】

ステップ506において、画像処理装置100は、ステップ505で生成した画像データ (ノイズ低減処理が施された画像データ) を出力する。

30

【0064】

なお、本実施例で説明した図5のフローチャートでは、着目画素近傍領域の特性推定処理を入力画像データ内の全画素について行なった後に、ノイズ低減処理を実行しているが、このような方法に限定されるものではない。例えば、着目画素近傍領域の特性推定処理で選択された着目画素についての近傍領域の特性推定が完了した段階で、当該着目画素を対象としたノイズ低減処理を続けて行い、その後、次の着目画素についての近傍領域の特性推定処理に移行するようにしてもよい。

【0065】

本実施例によれば、着目画素の近傍領域の特性を推定し、当該推定結果に基づいてノイズ低減処理に用いる重み制御パラメータが設定される。これにより好適なノイズ低減効果を得ることが可能になる。

40

【0066】

(実施例2)

実施例1は、リファレンスヒストグラムと類似度ヒストグラムとの近似度を、着目画素近傍領域の特性として推定する態様であった。実施例1の方法では、着目画素とすべての参照画素が類似している場合は精度よく着目画素近傍領域の特性を推定することができる。しかしながら、入力画像データ内に例えば格子などの周期的なパターンが存在する場合は類似度ヒストグラムの形状が変化し、推定可能な着目画素近傍領域の特性が限定される。そこで、類似度ヒストグラムの特徴を判定し、これを利用することで、より詳細に着

50

目画素近傍領域の特性を推定する態様について、実施例 2 として説明する。なお、実施例 1 と共通する部分については説明を省略ないしは簡略化し、以下では差異点を中心に説明するものとする。

【0067】

図 9 は、本実施例に係る、画像処理装置 100 の論理構成を示す模式図であり、リファレンスヒストグラム生成部 401、推定部 402、ノイズ低減処理部 405 から構成される点は実施例 1 と同じである。ただし、本実施例に係る推定部 402 にはヒストグラム特徴判定部 901 が追加され、特徴判定情報が入力されるようになっている。特徴判定情報は、CPU 101 からの指示に基づき、HDD 103 や外部メモリ 107 から読み込まれる。また、UI 画面を介して、キーボードやマウスなどの入力装置 112 からユーザが直接入力してもよい。

10

【0068】

ヒストグラム特徴判定部 901 は、類似度ヒストグラム生成部 403 で着目画素毎に生成される類似度ヒストグラムの特徴を特徴判定情報に従って判定する。ここで、類似度ヒストグラムの特徴としては、前述の類似度  $C_j$  が取り得る値の統計的分布におけるピークの位置、ピークの大きさ、ピークの数のいずれか、又はこれらの組み合わせが挙げられる。図 10 の (a) 及び (b) は、類似度ヒストグラムの特徴がどのようにして判定されるのかを示す図であり、実線はリファレンスヒストグラムの分布、点線は類似度ヒストグラムの分布を示している。

【0069】

20

図 10 の (a) は、着目画素の近傍領域が格子パターンである場合の、類似度  $C_j$  が取り得る値の分布の一例である。格子パターンのような周期的なパターンが着目画素近傍領域にある場合、類似度ヒストグラムは周期パターンの数に応じて複数のピークを持ち、その内 1 つのピーク位置がリファレンスヒストグラムにおけるピーク位置と一致するという特徴を持つ。これは、着目画素との類似度が高い画素と低い画素に分かれるためである。従って、類似度ヒストグラムのピークの数の特徴判定情報として与えることで、着目画素の近傍領域が周期パターンであるかどうかを推定することが可能となる。

【0070】

図 10 の (b) は、着目画素の近傍領域がランダムテクスチャである場合の、類似度  $C_j$  が取り得る値の分布の一例である。ランダムテクスチャのように特定のパターンを持たない場合、類似度ヒストグラムとリファレンスヒストグラムとではピークの位置が異なり、類似度ヒストグラムの方がピークの大きさも大きくなるという特徴をもつ。これは、着目画素との類似度の高い参照画素が減少するためである。従って、リファレンスヒストグラムのピーク位置及びピークの大きさを特徴判定情報として与えることで、着目画素の近傍領域がランダムテクスチャであるかどうかを推定することが可能となる。

30

【0071】

以上のようにして、特徴判定情報を用いて類似度ヒストグラムの特徴を判定し利用することで、着目画素近傍領域の特性をより詳細に推定することが可能になる。尚、類似度ヒストグラムからどのような特徴を導出するかは上述の例に限られるものではなく任意に設定可能である。

40

【0072】

次に、図 9 で説明した画像処理装置 100 の論理構成に従ってなされる処理について説明する。図 11 は、本実施例におけるノイズ低減画像を生成するメイン処理の流れを示すフローチャートである。実施例 1 に係る図 5 のフローチャートとの大きな違いは、特徴判定情報を取得する処理 (ステップ 1104) が追加されている点である。本実施例では、リファレンスヒストグラムが生成された後に、上述の特徴判定情報が取得される。その余の点は実施例 1 と同じである。すなわち、ステップ 1101 ~ 1103 は図 5 のステップ 501 ~ 503 に相当し、ステップ 1105 ~ 1107 は図 5 のステップ 504 ~ 506 にそれぞれ対応している。ただし、以下に述べるとおり、着目画素近傍領域の特性推定処理とノイズ低減処理の中身は実施例 1 と異なっている。

50

## 【 0 0 7 3 】

( 着目画素近傍領域の特性推定処理 )

図 1 2 は、本実施例に係る、着目画素近傍領域の特性を推定する処理の詳細を示すフローチャートである。

## 【 0 0 7 4 】

ステップ 1 2 0 1 において、推定部 4 0 2 は、ステップ 1 1 0 1 で取得した入力画像データからノイズ低減処理の対象とする画素 ( 着目画素 ) を選択する。

## 【 0 0 7 5 】

ステップ 1 2 0 2 において、類似度ヒストグラム生成部 4 0 3 は、選択した着目画素を中心とする着目領域を用いて、各参照画素に対して、ブロックマッチングにより類似度  $C_j$  を導出し、類似度ヒストグラムを生成する。

10

## 【 0 0 7 6 】

ステップ 1 2 0 3 において、推定部 4 0 2 は、ステップ 1 1 0 3 で生成したリファレンスヒストグラムを取得する。

## 【 0 0 7 7 】

ステップ 1 2 0 4 において、ヒストグラム間近似度導出部 4 0 4 は、ステップ 1 2 0 3 で取得したリファレンスヒストグラムと、ステップ 1 2 0 2 で生成された類似度ヒストグラムとの間の近似度を求める。

## 【 0 0 7 8 】

ステップ 1 2 0 5 において、ヒストグラム特徴判定部 9 0 1 は、ステップ 1 2 0 2 で求めた類似度ヒストグラムの特徴を、ステップ 1 1 0 4 で取得した特徴判定情報に従って判定する。

20

## 【 0 0 7 9 】

このような処理によって本実施例においては、ステップ 1 2 0 4 で求めたヒストグラム間の近似度  $d$  及びステップ 1 2 0 5 で判定した類似度ヒストグラムの特徴が、選択中の着目画素の近傍領域の特性と推定されることになる。

## 【 0 0 8 0 】

ステップ 1 2 0 6 において、推定部 4 0 2 は、入力画像データ内の全画素について処理が終了したかどうかを判定する。未処理の画素があればステップ 1 2 0 1 に戻って処理を継続する。一方、全画素の処理が終了していれば、本処理を抜ける。

30

## 【 0 0 8 1 】

以上が、本実施例に係る、着目画素近傍領域の特性推定処理の内容である。

## 【 0 0 8 2 】

( ノイズ低減処理 )

図 1 3 は、本実施例に係る、ノイズ低減処理の詳細を示すフローチャートである。

## 【 0 0 8 3 】

ステップ 1 3 0 1 において、ノイズ低減処理部 4 0 5 は、基準となる重み制御パラメータ  $h_{base}$  を設定する。

## 【 0 0 8 4 】

ステップ 1 3 0 2 において、ノイズ低減処理部 4 0 5 は、ステップ 1 1 0 1 で取得した入力画像データからノイズ低減処理の対象となる画素 ( 着目画素 ) を選択する。

40

## 【 0 0 8 5 】

ステップ 1 3 0 3 において、ノイズ低減処理部 4 0 5 は、ステップ 1 1 0 5 で導出した着目画素近傍の領域の推定結果 ( 本実施例では、近似度  $d$  及び類似度ヒストグラムの特徴 ) を取得する。

## 【 0 0 8 6 】

ステップ 1 3 0 4 において、重み制御パラメータ設定部 4 0 6 は、選択中の着目画素についての近傍領域がランダムテクスチャ領域であるかどうかを、取得した類似度ヒストグラムの特徴に基づいて判定する。具体的には、リファレンスヒストグラムと比較してピーク位置のずれが存在していたり、類似度ヒストグラムのピークの方が大きい場合に、ラン

50

ダムテクスチャ領域であると判定する。着目画素近傍領域がランダムテクスチャ領域であると判定されれば、ステップ1305に進む。一方、ランダムテクスチャ領域ではないと判定されれば、ステップ1306に進む。

【0087】

ステップ1305において、重み制御パラメータ設定部406は、重み制御パラメータ $h$ に、ノイズ低減効果が小さくなるような所定の値（後述のステップ1307で設定される値よりも小さな値）の重み制御パラメータ $h_s$ を設定する。これは、ランダムテクスチャ領域では着目画素との類似度が高い参照画素が少ないために画像がぼけるのを軽減するためである。例えば、上述のステップ1301で設定される基準となる重み制御パラメータ $h_{base}$ の値が3であれば、その半分の値（ $3 \times 0.5$ ）である1.5を $h_s$ として設定する。

10

【0088】

ステップ1306において、重み制御パラメータ設定部406は、選択中の着目画素についての近傍領域が周期パターン領域であるかどうかを、取得した類似度ヒストグラムの特徴に基づいて判定する。具体的には、リファレンスヒストグラムと類似度ヒストグラムとでピーク位置が一致していたり、類似度ヒストグラムのピークの数複数であった場合に、周期パターン領域であると判定する。周期パターン領域であると判定されればステップ1308に進み、基準となる重み制御パラメータ $h_{base}$ の下でNLM法によるノイズ低減処理を行なう。これは、周期パターン領域では着目画素と参照画素との類似度の差が大きくなるため、パラメータ $h$ を更新しなくても好適なノイズ低減結果が得られるためである。一方、周期パターン領域でないと判定されれば、ステップ1307に進む。

20

【0089】

ステップ1307において、重み制御パラメータ設定部406は、取得した推定結果としての近似度 $d$ に基づいて、新たな重み制御パラメータ $h_{new}$ の値を前述の式(5)を用いて求め、更新する。前述のとおり、推定結果としての近似度 $d$ が大きい場合は $h_{new}$ の値も大きくなり、推定結果としての近似度 $d$ が小さい場合は $h_{new}$ の値も小さくなる。

【0090】

ステップ1308において、NLM適用部407は、更新された新たな重み制御パラメータ $h_{new}$ （又は $h_{base}$ ）に従って、前述の式(3)によって重み $w$ を導出し、選択中の着目画素の置き換え後の画素値 $I_{new}$ を前述の式(1)を用いて求める。

30

【0091】

ステップ1309において、ノイズ低減処理部405は、入力画像データの全画素についてのNLM法によるノイズ低減処理が終了したかどうかを判定する。未処理の画素があればステップ1301に戻り、処理を継続する。一方、全画素について処理が終了していれば本処理を抜ける。

【0092】

以上が、本実施例に係る、ノイズ低減処理の内容である。本実施例によれば、着目画素毎に生成される類似度ヒストグラムの特徴を判定し利用することで、着目画素近傍領域の特性をより詳細に推定することが可能になる。そして、推定結果に基づいてノイズ低減パラメータを更新することによって好適なノイズ低減効果を得ることが可能になる。

40

【0093】

（実施例3）

実施例1及び実施例2では、推定結果に応じてNLM法によるノイズ低減処理の重み制御パラメータの値を適宜変更していた。このような重み制御パラメータの値を変更する手法に代えて、推定結果に応じて異なる手法のノイズ低減処理（例えばガウシアンフィルタやメディアンフィルタを用いたノイズ低減処理）を適用するように構成しても構わない。さらには、実施例2で説明したランダムテクスチャ領域などぼけやすい領域などは、ノイズ低減処理自体を適用しない構成とすることも可能である。

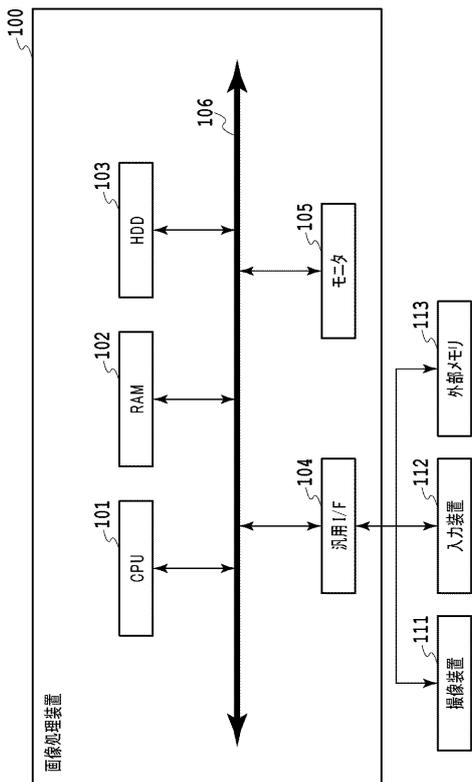
【0094】

50

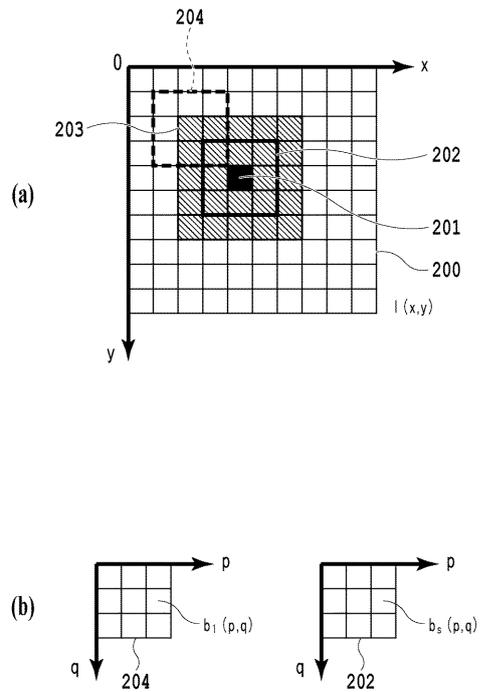
(その他の実施例)

本発明は、以下の処理を実行することによっても実現される。即ち、上述した実施例の機能を実現するソフトウェア（プログラム）を、ネットワーク又は各種記憶媒体を介してシステム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ（またはCPUやMPU等）がプログラムを読み出して実行する処理である。

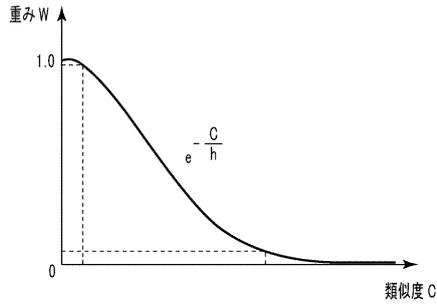
【図1】



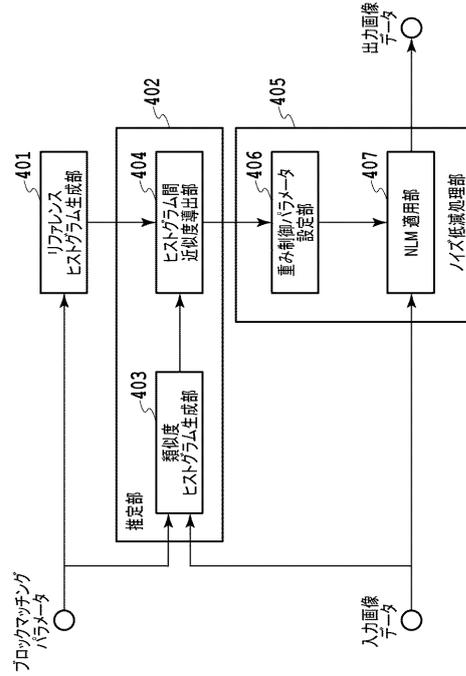
【図2】



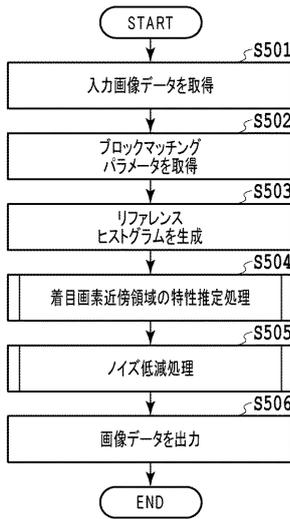
【 図 3 】



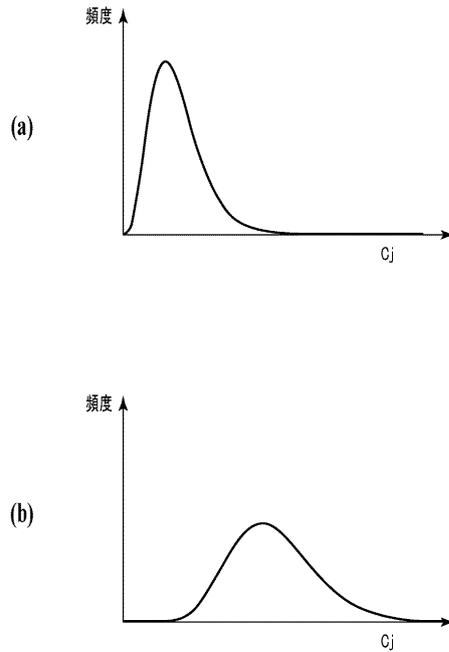
【 図 4 】



【 図 5 】

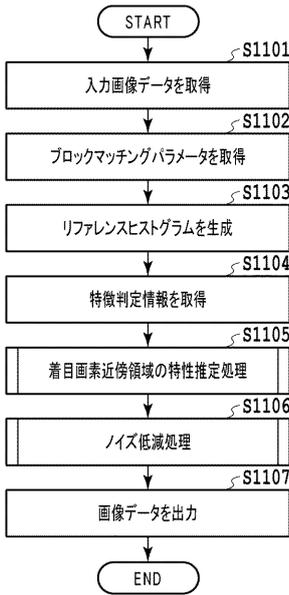


【 図 6 】

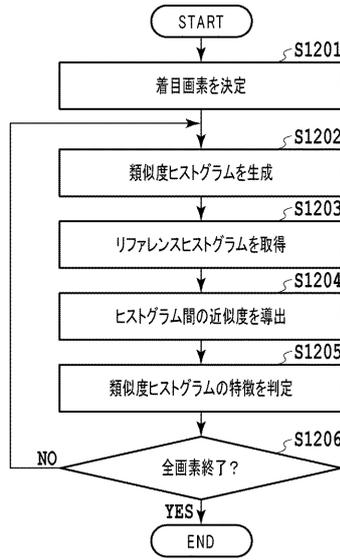




【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】

