

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4012720号

(P4012720)

(45) 発行日 平成19年11月21日(2007.11.21)

(24) 登録日 平成19年9月14日(2007.9.14)

(51) Int. Cl.		F I		
<b>G06T</b>	<b>5/00</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G06T</b>	<b>5/00 300</b>
<b>G06T</b>	<b>7/00</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G06T</b>	<b>7/00 Q</b>
<b>H04N</b>	<b>1/409</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H04N</b>	<b>1/40 101C</b>

請求項の数 10 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2001-347438 (P2001-347438)	(73) 特許権者	590000846
(22) 出願日	平成13年11月13日(2001.11.13)		イーストマン コダック カンパニー
(65) 公開番号	特開2002-216127 (P2002-216127A)		アメリカ合衆国, ニューヨーク14650
(43) 公開日	平成14年8月2日(2002.8.2)		, ロチェスター, ステイト ストリート3
審査請求日	平成16年11月2日(2004.11.2)		43
(31) 優先権主張番号	09/712365	(74) 代理人	100062144
(32) 優先日	平成12年11月14日(2000.11.14)		弁理士 青山 稔
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	エドワード・ブルックス・ジンデル
			アメリカ合衆国14618ニューヨーク州
			ロチェスター、ボニー・プレイ・アベニュー394番
		(72) 発明者	ナビド・セラノ
			アメリカ合衆国14623ニューヨーク州
			ロチェスター、ウエスト・スクワイアー・ドライブ369番
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 最新の統計に利用するデジタルイメージのためのノイズ推定

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

デジタルイメージにおけるノイズ推定方法であって、

複数のデフォルト統計テーブルの中のデフォルト残余ヒストグラムである統計ノイズデータを蓄積するステップであって、各デフォルト統計テーブルは特定のフィルムタイプに関連するユニークなソース証明タグに対応し、かつ任意のデフォルト統計テーブルの中の統計ノイズデータは特定のフィルムタイプに関連づけられているステップと、

デジタルイメージからのイメージピクセルデータを利用して、該デジタルイメージに対応している統計ノイズデータテーブルを計算するステップと、

デジタルイメージに対応しているソース証明タグを利用して、複数のデフォルト統計テーブルから1つのデフォルト統計テーブルを選択するステップと、

統計ノイズデータテーブルに含まれる局所残余ヒストグラムと、デフォルト残余ヒストグラムとの加重平均により得られた更新された残余ヒストグラムから、ノイズ標準偏差値を計算し、計算結果ノイズ特性テーブルを生成するステップとを含んでいるノイズ推定方法。

【請求項2】

デジタルイメージが、フィルムをスキャンすることができ、かつデジタルイメージに対応しているイメージピクセルデータを生成することができるスキャンデバイスと、デジタルイメージに対応しているソース証明タグとによって生成される、請求項1に記載のノイズ推定方法。

10

20

## 【請求項 3】

デフォルト統計テーブル、統計ノイズデータテーブル及び計算結果ノイズ特性テーブルが、それぞれ、異なるレンジのスキナ強度に対する一連の標準偏差値を含んでいる、請求項 1 に記載のノイズ推定方法。

## 【請求項 4】

デフォルト統計テーブル、統計ノイズデータテーブル及び計算結果ノイズ特性テーブルが、それぞれ、少なくとも 1 つのヒストグラムを含んでいる、請求項 1 に記載のノイズ推定方法。

## 【請求項 5】

デフォルト統計テーブル、統計ノイズデータテーブル及び計算結果ノイズ特性テーブルが、それぞれ、異なるレンジのスキナ強度に対する一連のヒストグラムを含んでいる、請求項 1 に記載のノイズ推定方法。 10

## 【請求項 6】

計算結果ノイズ特性テーブルが、デジタルイメージの処理に用いられ、質が高められたデジタルイメージを生成する、請求項 3 に記載のノイズ推定方法。

## 【請求項 7】

質が高められたデジタルイメージを計算するのに空間フィルタが用いられる、請求項 6 に記載のノイズ推定方法。

## 【請求項 8】

計算結果ノイズ特性テーブルとノイズ削減フィルタとを用いて、質が高められたデジタルイメージを計算するステップをさらに含んでいる、請求項 6 に記載のノイズ推定方法。 20

## 【請求項 9】

計算結果ノイズ特性テーブルと空間鮮明化フィルタとを用いて、質が高められたデジタルイメージを計算するステップをさらに含んでいる、請求項 6 に記載のノイズ推定方法。

## 【請求項 10】

計算結果ノイズ特性テーブルとノイズ削減フィルタを空間鮮明化フィルタとを用いて、質が高められたデジタルイメージを計算するステップをさらに含んでいる、請求項 6 に記載のノイズ推定方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

30

## 【発明の属する技術分野】

本発明はデジタルイメージからの、そのようなデジタルイメージの質を高めるために用いることができるノイズ推定の作成に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

処理されたデジタルイメージの見かけの質を高めるためにデザインされたいくつかのデジタルイメージ処理アプリケーションは、ソースデジタルイメージに関連するノイズ特性のはっきりした利点を有する。例えば、米国特許第 6,118,906 号において Keys et al. はデジタルイメージをシャープにする方法を述べている。この方法は、ノイズ推定を生成するノイズ推定システムでデジタルイメージのノイズ成分を測定するステップと、ノイズ推定を用いるイメージをシャープにするシステムでデジタルイメージをシャープにするステップとを含む。同様に、デジタルイメージングアプリケーションは、米国特許第 5,809,178 号において Anderson et al. により述べられた方法におけるように、処理されたデジタルイメージのノイズを減少するための自動ノイズ推定方法を組み込んでいる。 40

## 【0003】

共通に譲渡された米国特許第 5,923,775 号において、Synder et al. はイメージ処理の方法を開示している。この方法は、デジタルイメージのノイズ特性を推定し、ノイズ除去システムと共に推定されたノイズ特性を用いてデジタルイメージのノイズの量を減少させるステップを含む。Synder et al. により述べられた方 50

法は、個々のデジタルイメージのためによく働くようにデザインされ、そしてノイズ特性推定手順のための多数のステップの処理を含む。まず、デジタルイメージに空間フィルタを適用して得られたデジタルイメージから余剰の信号が形成される。この最初の余剰を解析してデジタルイメージのどの領域がイメージの構造の内容をより多く、およびより少なく含んでいるらしいかを決定するマスク信号を形成する。最後のステップは、第2の余剰信号の形成およびノイズ特性推定を形成するためのイメージの構造の内容を含まないらしいイメージ領域における余剰のサンプリングを含む。

#### 【0004】

米国特許第6,069,982号において、Reuman et al. はデジタルイメージ獲得装置のノイズ特性の自動的推定方法を述べている。この装置は、デジタルイメージ獲得装置の空間ノイズ特性のための所定のデフォルト値を与え、デジタルイメージ獲得装置の空間ノイズ特性に関連する情報を収集し、収集した情報に応答して置換データを生成し、デジタルイメージ獲得装置に関係付けられる所定のデフォルト空間ノイズ特性を置換データで更新する。特に、Reuman et al. により開示された方法は、グレイ・レベル（ピクセル値）の関数としての（ばらつきから誘導された）標準偏差、およびノイズの空間周波数特性を推定する。グレイ・レベルの関数としての標準偏差値のテーブルのようなノイズ特性はデフォルト値として与えられる。処理されるべき各デジタルイメージは解析され、それは情報収集ステップにおける静的量の計算を含む。これらの静的量およびデフォルト値は更新された置換ノイズ特性値を計算するために組み合わせられる。

#### 【0005】

##### 【発明が解決しようとする課題】

Reuman et al. により述べられた方法は、統計の所定のテーブル間の選択、およびノイズ特性の推定のための関心の獲得されたデジタルイメージの使用の方法をさらに教えている。もし、統計の所定のテーブルが存在していなければ、Reuman et al. だけがノイズ特性推定のために獲得されたデジタルイメージを使用する。

本発明の目的は、特定のイメージ源または媒体により獲得されたデジタルイメージにおけるノイズ推定の改良された方法を提供することである。

#### 【0006】

本発明のさらなる目的は、獲得されたデジタルイメージにおけるノイズを利用してイメージ源の標本である統計を提供することである。

#### 【0007】

##### 【課題を解決するための手段】

これらの目的は以下のステップを含む、デジタルイメージにおけるノイズ推定の方法により達成される。

#### 【0008】

- a) デジタルイメージを受け取る、
- b) イメージ源により与えられるノイズに関連する第1の統計テーブルを与える、
- c) デジタルイメージのピクセルを使用して、イメージの獲得におけるイメージ源により与えられるノイズに関連する第2の統計テーブルを計算する、
- d) 第1の統計テーブルと第2の統計テーブルとを用いて、イメージの獲得におけるイメージ源により与えられるノイズに関連する更新された第3の統計テーブルを与える、そして
- e) デジタルイメージの質の向上に使用するために第3の統計テーブルからノイズ特性テーブルを計算する。

#### 【0009】

本発明の利点は、第3の統計テーブルが、処理されるべき最も最近のデジタルイメージにより与えられるノイズに基づいて更新できることである。本発明の特徴は、特定のイメージ獲得源においてオーバータイムを発生させる変化のために適合可能および、調整可能であることである。さらなる利点は、イメージノイズ特性テーブルを作成するために与えられるノイズ推定を各更新によるノイズのより正確な表示にできることである。

## 【 0 0 1 0 】

## 【 発明の実施の形態 】

以下の説明において、本発明の好ましい実施例はソフトウェアプログラムとして説明される。当業者はそのようなソフトウェアの等価物をハードウェアによっても構成できることを容易に認識することができる。なぜならば、イメージ操作アルゴリズムおよびシステムはよく知られており、本記述は特に、本発明にしたがう方法の部分を形成し、またはより直接に協働するアルゴリズムおよびシステムに向けられるからである。そのようなアルゴリズムおよびシステム、およびそこに含まれるイメージ信号を生成し、そうでなければ処理するための、ここに明確には示されずまたは記述されないハードウェアおよび/またはソフトウェアの他の見地は、この技術において知られているそのようなシステム、アルゴリズム、構成要素、および構成部分から選択してもよい。以下の明細書において明らかにされているような記述を仮定すれば、全てのソフトウェアのそこにおける実施は慣習的であり、そのような技術における通常の技術の範囲内である。

10

## 【 0 0 1 1 】

本発明はコンピュータハードウェアで実施することができる。図1を参照すれば、以下の説明はデジタルイメージングシステムに関する。デジタルイメージングシステムは、イメージ獲得装置10a、デジタルイメージプロセッサ20、イメージ出力装置30a、および汎用制御コンピュータ40を含む。そのシステムは、コンピュータコンソール、または紙プリンタのようなモニター装置50を含んでもよい。そのシステムはまた、キーボードおよびまたはマウスポインタ60のような、オペレータのための入力装置コントロールを含んでいてもよい。多数の獲得装置10a、10b、10cは示されており、本発明は種々のイメージング装置から引き出されたデジタルイメージのために用いられてもよいことを説明する。例えば、図1はデジタル写真判定システムを表現してもよい。そこにおいて、イメージ獲得装置10aは、カラーネガティブまたはリバーサルフィルム上にシーンを獲得するための従来の写真フィルムカメラ、およびフィルム上の現像されたイメージをスキャンしてデジタルイメージを生成するためのフィルムスキャナー装置である。デジタルイメージプロセッサ20は、デジタルイメージを処理して意図された出力装置またはメディア上に心地よさそうなイメージを生成するための手段を提供する。多数のイメージ出力装置30a、30bは示されており、本発明は種々の出力装置に関連して使用されてもよいことを説明する。出力装置はデジタル写真プリンタおよびソフトコピーディスプレイを含んでいてもよい。デジタルイメージプロセッサは、デジタルイメージを処理して、イメージ出力装置30aにより心地よさそうなイメージが生成されるように、デジタルイメージの全部の輝度、色調スケール、イメージ構造などを調整する。当業者は、本発明がこれらの言及されたイメージ処理モジュールに限定されないことを認める。

20

30

## 【 0 0 1 2 】

図1に示された一般の制御コンピュータ40は、コンピュータ読み出し可能な記憶媒体に格納されたコンピュータプログラムとして本発明を格納してもよい。コンピュータ読み出し可能な記憶媒体は、例えば、(フロッピー(登録商標)ディスクのような)磁気ディスクまたは磁気テープのような磁気記憶媒体；光ディスク、光テープ、または機械読み出し可能なバーコードのような光記憶媒体；ランダムアクセスメモリ(RAM)または読み出しのみのメモリ(ROM)のような半導体電子記憶装置からなるものであってもよい。本発明の関連するコンピュータプログラム実行はまた、オフラインメモリ装置70により指示されたコンピュータプログラムを格納するために採用される他の物理装置または媒体に格納されてもよい。本発明を説明する前に、パーソナルコンピュータのようによく知られたコンピュータシステム上で本発明が好ましく利用できることに注目することを容易に理解させる。

40

## 【 0 0 1 3 】

ソフトウェアおよび/またはハードウェアの組み合わせにおいて実施される本発明は物理的に接続されおよび/または同じ物理的位置内に置かれる装置に限定されないことに注目しなければならない。図1に示された1以上の装置は、遠くに置かれていてもよく、無線

50

接続により接続されていてもよい。

【0014】

デジタルイメージは1以上のデジタルイメージチャンネルからなる。各デジタルイメージチャンネルはピクセルの2次元アレイからなる。各ピクセル値は、ピクセルの幾何学的な領域に対応するイメージ獲得装置10により受けられた光量に関連する。カラーイメージングアプリケーションのために、デジタルイメージは一般に赤、緑、および青デジタルイメージチャンネルからなる。他の配置、例えば、シアン、マゼンダ、イエローデジタルイメージチャンネルもまた実施される。単色のアプリケーションのために、デジタルイメージは1つのデジタルイメージチャンネルからなる。動画アプリケーションはデジタルイメージの時系列として考えることができる。当業者は、本発明は上記のアプリケーションの何れかのためのデジタルイメージチャンネルに適用できるが限定されないことを認める。実際に本発明は、ノイズで損なわれたデータの何れかの2次元アレイに適用して推定されたノイズテーブルを得ることができる。しかしながら本発明は、デジタルイメージチャンネルを行および列により配列されたピクセル値の2次元アレイとして記述し、当業者は、本発明は等しい効果でモザイク（非直線の）アレイに適用できることを認める。

10

【0015】

図1に示されるデジタルイメージプロセッサ20は、図2により詳細に示される。本発明により採用されるデジタルイメージプロセッサ20の一般的なフォームは、イメージ処理モジュールのカスケードチェーンである。ソースデジタルイメージ201はデジタルイメージプロセッサ20により受けられる。デジタルイメージプロセッサ20は出力上に質を高めたデジタルイメージ204および推定されたノイズ特性テーブル207を生成する。ノイズ推定モジュール110はソースデジタルイメージ201およびデフォルトの残余のヒストグラム205を受け取って推定ノイズ特性テーブル207および更新された残余のヒストグラムを生成する。更新された残余のヒストグラムは処理されるべき次のソースデジタルイメージ201のためにデフォルトの残余のヒストグラム205を置換する。デジタルイメージプロセッサ20内に含まれる各イメージ処理モジュールはデジタルイメージを受け取り、デジタルイメージを修正し、処理されたデジタルイメージを生成し、処理されたデジタルイメージを次のイメージ処理モジュールに渡す。デジタルイメージプロセッサ20内に示される2つの高揚変換モジュールは、ノイズ削減モジュール22および空間鮮明化モジュール23である。これらの2つのモジュールはノイズ推定モジュール110により生成される推定ノイズ特性テーブル207を使用して質を高めたデジタルイメージ204を生成する。当業者は、推定ノイズ特性テーブル207を利用する他の何れかのイメージ処理モジュールが本発明に使用できることを認める。

20

30

【0016】

図2に示されたノイズ推定モジュールは、図3により詳細に示されている。残余変換モジュール120はソースデジタルイメージ201を受け取り、空間フィルタを残余デジタルイメージに帰着するソースデジタルイメージ201に適用する。残余統計アキュムレータ130は、残余デジタルイメージを受け取り、残余デジタルイメージのピクセルデータから局所残余ヒストグラムのセットを計算する。残余統計アキュムレータ130はまた、デフォルトの残余ヒストグラム205のセットを受け取り、局所残余ヒストグラムのセットとデフォルトの残余ヒストグラム205のセットとを組み合わせることで更新された残余ヒストグラムのセットを生成する。ノイズテーブル計算器140は、更新された残余ヒストグラムを受け取って、ノイズ特性テーブル207を生成する。

40

【0017】

残余変換モジュール120は、ソースデジタルイメージ201のピクセルデータ上で空間フィルタ処理を行う。すなわち、残余のピクセル値は、ソースデジタルイメージ201内の各元のピクセル値のために生成される。残余のピクセル値は残余のデジタルイメージを構成する。関心の各ピクセルのために、ピクセルの局所領域からサンプルされたピクセル値の組み合わせは残余のピクセル値を形成するために用いられる。もし、ソースデジタルイメージ201がカラーデジタルイメージであれば、残余変換モジュール120は各カラ

50

ーデジタルイメージチャンネル上に空間フィルタ処理を行い、各カラーデジタルイメージチャンネルの各ピクセルのための残余のピクセル値を形成する。本発明の好ましい実施例は、空間フィルタとして２次元ラプラシアン演算子を用いて残余のピクセル値を形成する。ラプラシアン演算子は関心のピクセルの周りのピクセルの局所領域からサンプルされたピクセルの値から局所算術平均値を計算し、局所算術平均値から関心のピクセルの値を減算する。３×３ピクセルの局所領域が使用される。ラプラシアン演算子は、(１)の関連する重畳カーネルを持つ重畳空間フィルタである。

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -4 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

10

しかしながら、本発明の好ましい実施例は、空間フィルタに基づく２次元ラプラシアンを使用し、当業者は、本発明は１次元ラプラシアン空間フィルタのような、しかし限定されない他の空間フィルタで実施できることを認める。

#### 【００１８】

本発明の代わりの実施例は、共通に譲渡された米国特許第５，９２３，７７５号において Synder et al. により開示された方法を使用する。この代わりに実施例において、残余のピクセル値を形成する同様な技術が実行される。次に、空間フィルタを用いて勾配信号が計算される。勾配信号は、マスク信号を形成するために解析される。マスク信号は、後の考慮からいくつかの残余のピクセル値を除くために用いられる。しかしながら、この代わりの実施例はより正確なノイズ推定に導く。これはまた、好ましい実施例よりもより評価的に強い。

20

#### 【００１９】

図３に示す残余統計アキュムレータ１３０をより詳細に説明する。ソースデジタルイメージ２０１のピクセルデータは、撮影された対象物およびノイズ要素に関連する２要素－単一要素を持つように概念化される。結果としての残余のピクセル値は、信号要素に比べてソースデジタルイメージ２０１のピクセルデータのノイズ要素に対するより近い関係を有する統計的な特質を有する。しかしながら、ノイズ要素はサブ要素を含むことができ、ノイズ要素の確率的なサブ要素は、零平均ガウシアン確率分布関数により良好にモデル化される。一次に、ソースデジタルイメージ２０１のピクセルデータのノイズ要素は標準偏差および零の平均値により特徴付けられる。二次に、ノイズ要素の標準偏差は、信号およびカラーチャンネルに従属するようにモデル化される。

30

#### 【００２０】

残余変換モジュール１３０は、残余のピクセル値を解析し、これらをカラーデジタルイメージチャンネルおよびピクセル値の関数としての局所残余ヒストグラムセットの形で記録する。したがって、与えられる局所残余ヒストグラム  $H_{ik}$  は、 $i$  ｔ ｈ カラーデジタルイメージチャンネルおよび  $k$  ｔ ｈ ピクセル値サブレンジに関連する。処理されるカラーデジタルイメージにおいて ( $m$  ｔ ｈ 列および  $n$  ｔ ｈ 行に対応する)  $P_{mn}$  で示される関心の各ピクセルのために、ヒストグラムビンインデックス  $k$  が計算される。例えば、もしピクセル値の数字で表したレンジが ０ から ２５５であれば、２５６ほどの有用なヒストグラム、換言すれば、各可能な数値で表したピクセル値のための１つのヒストグラムがあり得る。一般に、殆どのノイズ源は、ピクセル値の遅い関数であるノイズ標準偏差を有するように特徴付けられる。したがって、本発明の好ましい実施例は、数字で表したピクセル値の ０ から ２５５のレンジをカバーするため ８つのヒストグラムを用いる。したがって、計算されたヒストグラムインデックスビンおよび対応するサブレンジピクセル値は以下の表１で与えられる。

40

#### 【００２１】

#### 【表１】

ヒストグラムビン インデックス	サブレンジピクセル値	平均ピクセル値
0	0 to 31	16
1	32 to 63	48
2	64 to 95	80
3	96 to 127	112
4	128 to 159	144
5	160 to 191	176
6	192 to 233	208
7	234 to 255	240

10

当業者は、本発明はどのような数字で表されるレンジのデジタルイメージピクセルデータであっても実施できることを認める。各カラーデジタルイメージチャンネルのために用いられる局所残余ヒストグラムの数は特定のデジタルイメージングアプリケーションのために要求される結果の精度に依存する。

20

#### 【0022】

しかしながら、各局所残余ヒストグラムは、与えられるカラーデジタルイメージチャンネルのためのピクセル値のレンジのための統計的情報を記録し、局所残余ヒストグラムは、関心 P m n の各ピクセルに関連する残余ピクセル値の周波数を記録する。残余ピクセル値の偏差の期待される平均がゼロであるから、残余ピクセル値は正および負の値の両方を示す。したがって、局所残余ヒストグラムは、残余ピクセル値の全ての可能な事例の周波数、すなわち、残余ピクセル値の事例の数を記録しなければならない。上記の例のために、残余ピクセル値は - 255 から 255 に及ぶことができる。残余ピクセル値の可能な事例が存在する限り多い記録ビンで局所残余ヒストグラムを構成することが可能であるとはいえ、一般にこれは必要でない。殆どのデジタルイメージのために、少ないパーセンテージの残余ピクセル値のみが可能なレンジの極端に近い値を示す。本発明は各局所残余ヒストグラムのために 101 の総記録ビンを使用する。記録ビンの 1 つは 50 以上の残余ピクセル値に対応する。同様に、他の 1 つの記録ビンは - 50 以下の残余ピクセル値に対応する。たの 99 の記録ビンは、それぞれが - 49 から 49 の数字で表されたレンジの単一の残余ピクセル値に対応する。

30

#### 【0023】

残余統計アキュムレータ 130 は、局所残余ヒストグラムに含まれるデータをデフォルト残余ヒストグラム 205 に含まれるデータと組み合わせる。局所残余ヒストグラムが現在の処理されたソースデジタルイメージ 201 から引き出された残余ピクセル値を記録するとしても、デフォルト残余ヒストグラム 205 は前に処理されたデジタルイメージから引き出された残余ピクセル値を記録する。したがって、デフォルト残余ヒストグラム 205 は局所残余ヒストグラム、すなわち、各カラーデジタルイメージの各ピクセル値サブレンジのための 1 つの局所残余ヒストグラムと同じフォームを有する。

40

#### 【0024】

本発明は局所残余ヒストグラムをデフォルト残余ヒストグラム 205 と組み合わせる 1 つ以上の方法を使用する。しかしながら、各方法は単一の局所残余ヒストグラムに対応するデフォルト残余ヒストグラム 205 と組み合わせる。したがって、各組み合わせ方法が全ての対応するヒストグラムの組のために反復されると仮定して 2 つのヒストグラムの組み

50

合わせに関する方法を議論することが適当である。

#### 【 0 0 2 5 】

本発明の好ましい実施例は、局所残余ヒストグラムに含まれるデータとデフォルト残余ヒストグラム 2 0 5 に含まれるデータとを組み合わせる直接方法を使用する。すなわち、局所残余ヒストグラムの各記録セルに含まれる数はデフォルト残余ヒストグラム 2 0 5 の対応する記録セルに直接加算される。したがって、組み合わせステップが行われた後、各記録セルの更新された値は記録セルの前の値と局所残余ヒストグラムの対応する記録セルに含まれる値との合計により与えられる。

#### 【 0 0 2 6 】

デフォルト残余ヒストグラム 2 0 5 の記録セルは、前に処理されたデジタルイメージだけでなく、ソースデジタルイメージ 2 0 1 から引き出された残余ピクセル値の総和を含んでいるが、コンピュータ実行の数字で表したレンジは超過されることができる。数字のオーバーフロー状態を防止するために、デフォルト残余ヒストグラム 2 0 5 は再正規化されることができる。再正規化の処理は、最大値を決定するために記録セルの値をスキャンすること、この最大値を所定の許容値と比較することを含む。もし最大値が所定の許容値よりも大きければ、全ての記録セルの値は一定の数字因子で除算される。デフォルト残余ヒストグラム 2 0 5 のこの再正規化の処理は、局所残余ヒストグラムをデフォルト残余ヒストグラム 2 0 5 に組み合わせる処理の前または後に行われることができる。本発明の好ましい実施例は組み合わせ処理の前に再正規化処理を行う。

#### 【 0 0 2 7 】

本発明の代替の実施例は、デフォルト残余ヒストグラム 2 0 5 と局所残余ヒストグラムとの間の加重平均の計算により更新された残余ヒストグラムを生成する。デフォルト残余ヒストグラム 2 0 5 R C d の各記録セルおよび局所残余ヒストグラム R C 1 の対応する記録セルのために、更新された記録セル値 R C V は ( 2 ) 式を用いて計算される。

$$R C V = R C d + ( 1 - ) R C 1 \quad ( 2 )$$

ここで、変数 は数字で表した重み因子である。本発明は、デフォルト残余ヒストグラム 2 0 5 の寄与を重く重み付けする 0 . 9 9 の 値を用いる。

#### 【 0 0 2 8 】

図 3 を参照して、ノイズテーブル計算器 1 4 0 は、更新された残余ヒストグラムを受け取ってノイズ特性テーブル 2 0 7 を計算する。特定のカラーデジタルイメージチャンネルおよびピクセル値レンジに関連する更新された各残余ヒストグラムのために、ノイズテーブル計算器 1 4 0 は、更新された残余ヒストグラムの記録セルの値からノイズ標準偏差値を引き出す。本発明の好ましい実施例は、( 3 ) 式を用いて標準偏差値  $n$  を計算する。

$$n = ( ( 1 / N ) \sum_k R C V ( k ) ( x - x_m )^2 )^{1/2} \quad ( 3 )$$

ここで、変数  $x$  は、表 1 で与えられるように  $k$  t h 記録セルにおいて蓄積された残余ピクセル値の平均ピクセル値を表し、 $R C V ( k )$  は  $k$  t h 記録セルにより蓄積された残余ピクセル値の数を表す。

$$x = \sum_k V ( k ) \quad ( 4 )$$

変数  $x_m$  は ( 5 ) 式で与えられる対応する残余ピクセル値の算術平均を表し、

$$x_m = ( 1 / N ) \sum_k x \quad ( 5 )$$

変数  $N$  は ( 6 ) 式で与えられる更新された残余ヒストグラムにより記録される残余ピクセル値の総数を表す。

$$N = \sum_k R C V ( k ) \quad ( 6 )$$

本発明の代替の実施例は、調整された標準偏差計算を行う。この実施例において、標準偏差値  $e$  への第 1 の近似は上述の方法を用いて計算される。そして、 $n$  の計算はゼロの限定されたレンジ内にある対応する残余ピクセル値を持つ記録セルのみを用いて計算される。標準偏差値  $n$  のための式は ( 7 ) 式で与えられる。

$$n = ( ( 1 / N ) \sum_k R C V ( k ) ( x - x_m )^2 )^{1/2} \quad ( 7 )$$

ここで、変数 は ( 8 ) 式で与えられる。

$$= 1 \quad \text{if } | x | < * e \quad ( 8 )$$

10

20

30

40

50



$= 0 \text{ if } |x| \geq * e$

ここで、変数  $n$  は 3.0 にセットされている。本発明の代わりの実施例は、好ましい実施例よりもより評価的に強いが、標準偏差値  $n$  の計算の逆の寄与から遠い残余ピクセル値を除くことを通じてより正確な結果をもたらす。

【0029】

以下の表 2 は本発明で生成されたノイズ特性テーブルの一例である。

【0030】

【表 2】

平均ピクセル値	赤チャンネルの 標準偏差	緑チャンネルの 標準偏差	青チャンネルの 標準偏差
16	3.28	3.62	3.21
48	3.71	3.20	3.38
80	3.77	4.14	4.50
112	4.57	4.35	4.21
144	4.98	4.25	4.37
176	5.05	4.11	6.21
208	5.05	5.64	6.29
240	2.71	4.27	3.87

本発明は計算された統計を記録するために残余ヒストグラムのセットを使用する。ヒストグラムのセットは、ノイズ特性テーブルを引き出すことができる統計テーブルの一例である。したがって、局所残余ヒストグラムのセットは局所統計テーブルを構成し、デフォルト残余ヒストグラム 205 のセットはデフォルト統計テーブルを構成し、更新された残余ヒストグラムのセットは更新された統計テーブルを構成する。当業者は、本発明は統計テーブルの他のフォームで実行できることを認めるはずである。例えば、残余デジタルイメージは格納されることができ、統計テーブルとして働くことができる。

【0031】

本発明は、固有の計算および格納の簡単さに起因する統計テーブルのためのフォームとして残余ヒストグラムのセットを使用することに留意しなければならない。しかしながら、本発明は、残余ヒストグラムを記録する代わりにデフォルトノイズ特性テーブル 208 を記録することによって実行されることができる。図 4 はノイズ推定モジュール 110 の代わりの実施例の詳細を示す。残余変換モジュール 120 はソースデジタルイメージ 201 を受け取り、残余デジタルイメージを計算する。残余統計アキュムレータ 130 は、残余デジタルイメージを受け取り、上述のように残余デジタルイメージのピクセルデータから局所残余ヒストグラムのセットを計算する。ノイズテーブル計算器 140 は、局所残余ヒストグラムを受け取り、局所ノイズ特性テーブルを生成する。ノイズテーブル生成器 150 は、局所ノイズ特性テーブルおよびデフォルトノイズ特性テーブル 208 を受け取り、更新されたノイズ特性テーブル 207 を生成する。この更新されたノイズ特性テーブル 207 は、処理されるべき次のソースデジタルイメージ 201 のためのデフォルトノイズ特性テーブル 208 を置換する。局所ノイズ特性テーブルおよびデフォルトノイズ特性テーブル 208 は、要素単位でこれらの 2 つのテーブルの一次結合の計算により組み合わされる。一次結合係数の良好な値は、デフォルトノイズ特性テーブル 208 値のための 0.99 寄与および局所ノイズ特性テーブル値のための 0.01 である。本発明の代わりの実施例は強固なノイズ特性テーブルを生成するために使用されることができ、好ましい実施例は一般により正確な結果を生成する。

【0032】

計算されたノイズ特性テーブル 207 は、ソースデジタルイメージ 201 から質を高めた

10

20

30

40

50

デジタルイメージ 204 を生成するために、空間フィルタに関連して使用される。空間フィルタは、関心のピクセルを置換する質を高めたピクセル値を計算するために関心のピクセルの周りの局所領域からサンプルされたピクセル値を用いる任意の方法である。空間変調を削減する、処理されたデジタルイメージからノイズを除去しようと努力する少なくともいくつかのピクセルのための、これらの空間フィルタは、ノイズ削減フィルタと考えることができる。空間変調を増加する、処理されたデジタルイメージ内の空間のささいなノイズの質を高めようと努力する少なくともいくつかのピクセルのための、これらの空間フィルタは、空間鮮明化フィルタと考えることができる。単一の空間フィルタが、ノイズ削減フィルタとも空間鮮明化フィルタとも考えられることが可能であることを留意すべきである。本発明は、質を高めたデジタルイメージ 204 を生成するためにノイズ特性テーブルを使用する任意のデジタルイメージ処理方法で使用されることができる。

10

#### 【0033】

図3を参照して、本発明の好ましい実施例は、質を高めたデジタルイメージ 204 を生成するためのイメージ処理方法の部分としてのノイズ削減モジュール 22 を採用する。それとして、ソースデジタルイメージ 201 およびノイズ特性テーブル 207 は、出力上にノイズが削減されたデジタルイメージを生成するノイズ削減モジュール 22 により受け取られる。

#### 【0034】

多くの実用的なデジタルイメージングイメージシステムのために、他のイメージ処理プロセッサが含まれなければならないことに留意することが重要である。これらの他のイメージ処理プロセッサが入力としてデジタルイメージを受け付け、出力上にデジタルイメージを生成する限り、一多元的なこれらのタイプのイメージ処理プロセッサはイメージ処理チェーン内のノイズ削減モジュール 22 と空間鮮明化モジュール 23 との間に挿入されることができる。本発明は、ジャーナル記事 Digital Image Smoothing and the Sigma Filter, Computer Version, Graphics および Image Processing Vol 24, p. 255 - 269, 1983 において Jong - Sen Lee により説明された、処理されたデジタルイメージの外見の質を高めるためのノイズ削減フィルタとしてのシグマフィルタの修正された実行を用いる。サンプルされた局所領域、 $n \times n$  ピクセル、ここで  $n$  は行または列方向のどちらものピクセルの長さを示す、に含まれるピクセルの値は中央のピクセルまたは関心のピクセルの値と比較される。サンプルされた局所領域内の各ピクセルは、関心のピクセルの値と局所領域ピクセル値との間の絶対差に基づいて 1 または 0 の重み因子が与えられる。もし、ピクセル値差の絶対値が閾値 以下であれば、重み因子は 1 にセットされる。そうでなければ、重み因子は 0 にセットされる。数字で表す定数  $\alpha$  は、期待されるノイズ標準偏差の 2 倍にセットされる。数学的には、ノイズが削減されたピクセル値の計算のための式は次のように与えられる。

20

30

$$q_{mn} = \frac{\sum_{i,j} a_{ij} p_{ij}}{\sum_{i,j} a_{ij}} \quad (9)$$

および

$$a_{ij} = 1 \quad \text{if } |p_{ij} - p_{mn}| \leq \alpha$$

$$a_{ij} = 0 \quad \text{if } |p_{ij} - p_{mn}| > \alpha$$

40

ここで、 $p_{ij}$  はサンプルされた局所領域に含まれる  $i$   $j$   $t$  h ピクセルを表し、 $p_{mn}$  は列  $m$  および行  $n$  に位置する関心のピクセルの値を表し、 $a_{ij}$  は重み因子を表し、 $q_{mn}$  はノイズが削減されたピクセル値を表す。一般に、中心ピクセルの周りに中心を置く矩形のサンプリング領域は、局所ピクセル値をサンプルするために変化される指数  $i$  および  $j$  で使用される。

#### 【0035】

ノイズの特徴に依存する信号は、(11) 式で与えられる ための式に組み込まれる。

$$\sigma = S f a c \cdot n(p_{mn}) \quad (10)$$

ここで、 $\sigma$  は上記 (3) 式および (8) 式で述べられたように中心ピクセル値  $p_{mn}$  で評価されたソースデジタルイメージ 201 のノイズ標準偏差を表す。パラメータ  $S f a c$

50

は、スケールファクターと呼ばれ、ノイズ削減の程度を変化するために用いられることができる。2つの和の除算のようなノイズが削減されたピクセル値  $q_{mn}$  の計算は次いで計算される。デジタルイメージチャンネルに含まれるいくつかのまたは全てのピクセル、およびデジタルイメージに含まれるいくつかのまたは全てのデジタルイメージチャンネルのための処理は完了する。ノイズが削減されたピクセル値はノイズが削減されたデジタルイメージを構成する。シグマフィルタの修正された実行は、ノイズ特性テーブルを用いるノイズ削減方法の一例である。

#### 【0036】

図3を参照して、本発明の好ましい実施例は、質の高いデジタルイメージ204を生成するためのイメージ処理方法の一部としての空間鮮明化モジュール23を採用する。それとして、ノイズが削減されたデジタルイメージおよびノイズ特性テーブル207は、出力上に質を高めたデジタルイメージ204を生成する空間鮮明化モジュール23により受け取られる。

#### 【0037】

本発明は、ノイズ特性の従来知識を利用するどのような空間鮮明化フィルタでも使用されることができ、好ましい実施例は、米国特許第5,081,692号においてKwon et al.により説明された方法の修正された実現を用いる。この空間鮮明化フィルタは、入力デジタルイメージの、結果としてぼんやりしたデジタルイメージを生じさせる(2.0ピクセルの標準偏差により特徴付けられた)空間平均化2次元ガウシアンフィルタを用いるフィルタ処理による非鮮明マスキング処理を行う。ぼんやりしたデジタルイメージは、ハイパス残差を形成するための入力デジタルイメージから減算される。Kwon et al.により開示された方法において、関心のピクセルの周りの局所分散は、ハイパス残差からのピクセルデータを用いることにより計算される。局所分散の値に基づいて鮮明化因子は小振幅信号よりも大きい信号を増幅するように調整される。増幅因子は、したがって局所分散、すなわち( )の因子である。

#### 【0038】

本発明は、増幅因子( )を推定ノイズの関数、すなわち( , n)にするためにKwon et al.により教示された方法を修正する。増幅因子( )は、数1( (11)式)で与えられるように、ガンマ関数またはガウシアン確率関数の積分により与えられる。

#### 【0039】

#### 【数1】

$$\phi(v) = \frac{y_0 + y_{\max} \sum e^{-(v-v_0)^2/2\sigma^2}}{y_0 + y_{\max} \sum e^{-(v_{\max}-v_0)^2/2\sigma^2}}$$

ここで、 $y_0$ は最小増幅因子を示し、 $y_{\max}$ は最大増幅因子を示し、 $v_{\max}$ は変数の最大横座標値を示し、 $v_0$ は遷移パラメータを示し、 $\sigma$ は遷移レートパラメータを示す。変数 $v$ は(12)式によりノイズ標準偏差値 $n$ の関数である。

$$v = S f a c 2 \cdot n (p m n) \quad (12)$$

ここで、スケール因子 $S f a c 2$ はノイズに対する鮮明化感度の感度を決定する。標準偏差値 $n$ は(3)式および(8)式において上述されたとおりである。

(13)式において使用されている変数の最適値はデジタルイメージングアプリケーションに依存する。本発明は $y_0$ のために1.0の値を用いる。それはノイズっぽい領域のために空間鮮明化をもたらさない。 $y_{\max}$ のために3.0の値が使用される。しかしながら、この変数は、受け入れ可能な結果を生成する2.0から4.0のレンジの値でのユーザーパフォーマンスに敏感である。 $S f a c 2$ の値は1.0と2.0の間、最適値として1.5にセットされなければならない。変数 $s$ は、正当な結果のために $v_0/2$ から $v_0/10$ のレンジ内の値にセットされなければならない。変数 $v_{\max}$ は、期待されるノイズよりも十分に大きい値、例えば $n$ の値の20倍にセットされなければならない。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 0 】

上記の議論は、一般のタイプのソースデジタルイメージのための本発明の実行の詳細を含む。しかしながら、殆どのデジタルイメージングシステムは種々のソースからデジタルイメージを受け入れる。例えば、図 1 に示されるイメージ獲得装置 1 0 a、1 0 b は写真フィルムスキャナーであってもよく、一方イメージ獲得装置 1 0 c はデジタルカメラまたはデジタルカムコーダーであってもよい。イメージ獲得装置は、それが生成したデジタルイメージへのノイズの加算に寄与できる。獲得媒体における固有のノイズは通常、結果として生じるデジタルイメージの全体のノイズ特性に優位を占める。例えば、写真フィルムスキャナーはどのような写真フィルムサンプルからでもデジタルイメージを生成することができるとはいえ、一般に、いくつかの写真フィルムは他の写真フィルムよりも本質的にノイズが多い。写真フィルムサンプルは写真イメージの一例である。写真イメージの他の例は、C C D イメージング電子装置および写真プリントを含むことができるが、これには限定されない。

10

## 【 0 0 4 1 】

この代わりの実施例において、図 1 に示されるイメージ獲得装置 1 0 a、1 0 b、1 0 c は、特定のグループに属するとするソースデジタルイメージ 2 0 1 をユニークに見分けるソースタイプ証明タグ 2 0 2 の生成を行うことができる。上で与えられた例において、写真フィルムサンプル Kodak Generation 6 Gold 200 フィルムが、ソースデジタルイメージ 2 0 1 およびソースタイプ証明タグ 2 0 2 を生成するイメージ獲得装置 1 0 a によりスキャンされる。ソースタイプ証明タグ 2 0 2 はソースデジタルイメージ 2 0 1 を Kodak Generation 6 Gold 200 フィルムから引き出されたものとして見分ける。本発明のこの代わりの実施例において、デフォルト統計テーブルは、上述のようにソースデジタルイメージ 2 0 1 のためのノイズ特性テーブル 2 0 7 を生成するために、ソースデジタルイメージ 2 0 1 からのピクセルと関連して使用される。しかしながら、図 1 に示されるデジタルイメージングシステムは、各ユニークソースタイプ証明タグ 2 0 2 に対応するデフォルト統計テーブルを格納する。したがって、イメージ獲得装置 1 0 a で Kodak Generation 6 Gold 200 フィルムサンプルをスキャンすることから引き出されるソースデジタルイメージ 2 0 1 を処理するために、Kodak Generation 6 Gold 200 フィルムに対応するデフォルト統計テーブルが用いられる。もし Kodak Generation 6 Gold 200 フィルムの異なるサンプルがイメージ獲得装置 1 0 b によりスキャンされれば、Kodak Generation 6 Gold 200 フィルムに対応する同じデフォルト統計テーブルが用いられることに留意することが重要である。したがって、デフォルト統計テーブルは、イメージ獲得装置のタイプまたは個々のユニットイメージ獲得装置ではなく、写真フィルムタイプを基礎として選択される。本発明のこの特徴は、製造された写真フィルムのタイプを突き止め、または関わるためにデフォルト統計テーブルおよび、従って結果として計算されたノイズ特性テーブル 2 0 7 を許容する。本発明は自動的にデフォルト統計テーブルを更新し、デジタルイメージのピクセル値からデフォルト統計テーブルを引き出すことができるが、本発明は、統計テーブル、ノイズ特性テーブルの何れのばらまかれたデータベースも必要とせず、製造された写真フィルムの新しいタイプで使用される。

20

30

40

## 【 0 0 4 2 】

当業者は、本発明のこの特徴がデジタルイメージの他のソースを含むように簡単に拡張できることを認める。例えば、イメージ獲得装置 1 0 c は Kodak DCS 290 のようなデジタルスチルカメラであってもよい。この例のために、イメージ獲得装置 1 0 c はユニークなソースタイプ証明タグ 2 0 2 を生成する。この方法において、新しくユニークなソースタイプ証明タグ 2 0 2 を生成する任意の新たに製造されたデジタルカメラは本発明で効果的に処理されることができる。図 1 に示されたデジタルイメージングシステムが前に知られていないソースタイプ証明タグ 2 0 2 に遭遇した場合には、新しいデフォルト統計テーブルが作られる。

50

## 【 0 0 4 3 】

本発明の他の代わりの実施例において、図 1 に示されたデジタルイメージングシステムが、各イメージ獲得装置 1 0 a、1 0 b のためにデフォルト統計テーブルの別々のデータベース、各ソース証明タグのために 1 つ、を維持する。イメージ獲得装置はそれが生成するデジタルイメージにあるノイズを寄与できるが、各イメージ獲得装置のためのデフォルト統計テーブルの別々のデータベースを維持することはより正確なノイズ特性テーブルを結果としてもたらす。

## 【 0 0 4 4 】

本発明の好ましい実施例は、ノイズ特性テーブルを計算し、続いて質を高められたデジタルイメージ 2 0 4 を生成するためにノイズ特性テーブルを使用する。あるデジタルイメージングシステムは高揚フェーズから計算フェーズを分離するために選択を行うかもしれない。本発明の代わりの実施例において、計算されたノイズ特性テーブル 2 0 7 はメタデータ、すなわち非ピクセル情報としてのソースデジタルイメージ 2 0 1 と共に格納される。メタデータを伴うソースデジタルイメージ 2 0 1 は、後の時間または他のサイトで使用されるべく保管のために遠隔サイトに送られ、または格納されることができる。上記のノイズ特性テーブル（局所ノイズ特性テーブル、デフォルト特性テーブル、または更新された特性テーブル）の何れでもメタデータとして格納されることができる。一般に、ノイズ特性テーブルは残余ヒストグラムセットよりも少ないメモリ記憶装置を必要とする。本発明のさらに代わりの実施例において、残余ヒストグラムセットはメタデータとしてのソースデジタルイメージ 2 0 1 と共に格納される。

## 【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明を実行できる装置の構成パーツを示す機能的ブロック図である。

【 図 2 】 本発明の好ましい実施例により採用されるイメージプロセッサモジュールの方法の機能的ブロック図である。

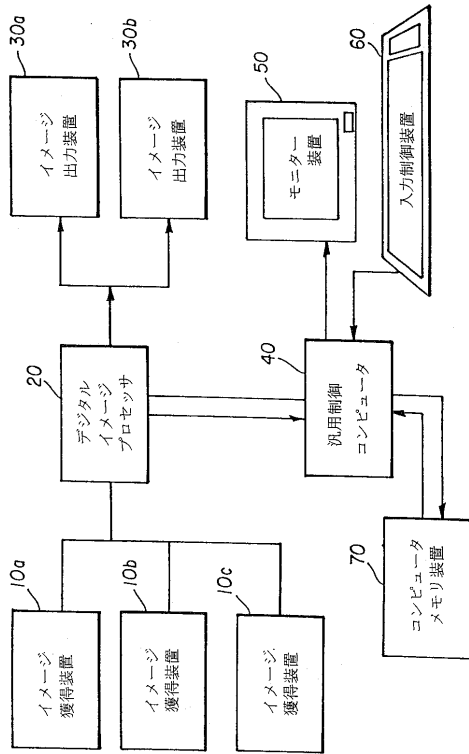
【 図 3 】 本発明の好ましい実施例により用いられるノイズ推定モジュールの機能ブロック図である。

【 図 4 】 本発明の代わりの実施例により用いられるノイズ推定モジュールの機能ブロック図である。

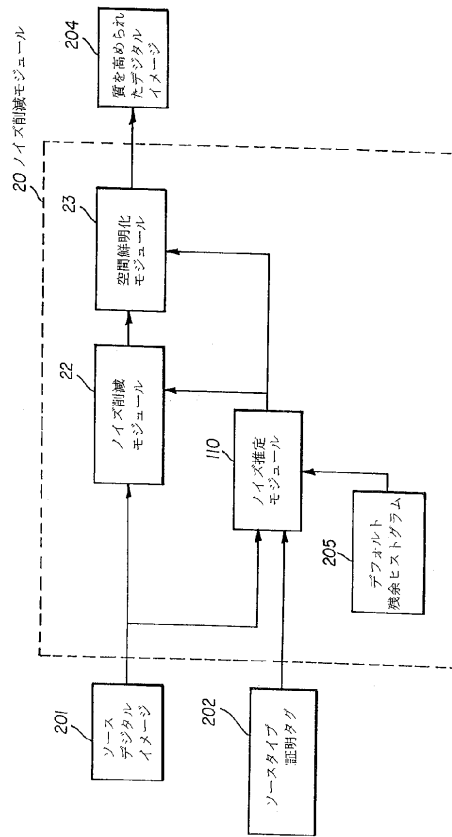
## 【 符号の説明 】

1 0 a ... イメージ獲得装置、1 0 b ... イメージ獲得装置、1 0 c ... イメージ獲得装置、2 0 ... デジタルイメージプロセッサ、3 0 a ... イメージ出力装置、3 0 b ... イメージ出力装置、4 0 ... 汎用制御コンピュータ、5 0 ... モニター装置、6 0 ... 入力制御装置、7 0 ... コンピュータメモリ装置。

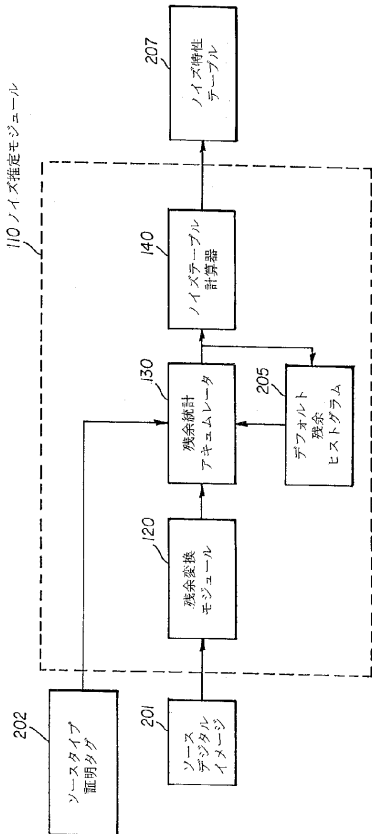
【図 1】



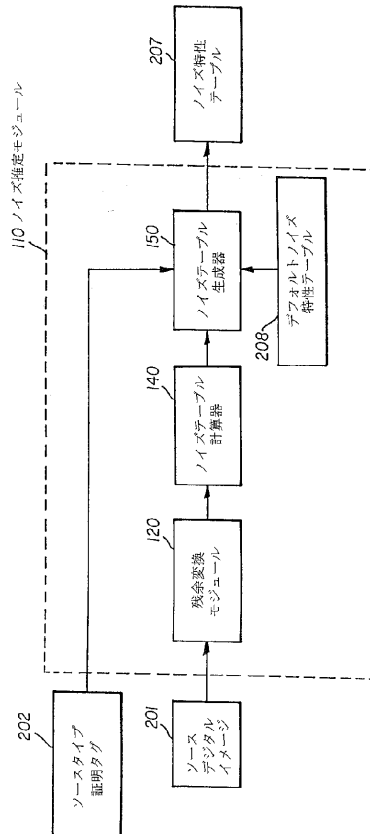
【図 2】



【図 3】



【図 4】



---

フロントページの続き

審査官 広 島 明芳

(56)参考文献 特表2001-527305(JP,A)  
特表2001-500647(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G06T 1/00 - 7/60  
H04N 1/409