(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3902265号
(P3902265)
(45)発行日　平成19年4月4日(2007.4.4)　(24)登録日　平成19年1月12日(2007.1.12)

(51)Int.Cl.　　F I
G06T 5/40 (2006.01)　　G06T 5/40
H04N 1/407 (2006.01)　　H04N 1/40 101E

請求項の数 2　(全 17 頁)

(21)出願番号　特願平8-156259
(22)出願日　平成8年5月28日(1996.5.28)
(65)公開番号　特開平8-329241
(43)公開日　平成8年12月13日(1996.12.13)
審査請求日　平成15年5月28日(2003.5.28)
(31)優先権主張番号　461913
(32)優先日　平成7年6月5日(1995.6.5)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者　596170170
ゼロックス　コーポレイション
ＸＥＲＯＸ　ＣＯＲＰＯＲＡＴＩＯＮ
アメリカ合衆国　コネチカット州　スタンフォード、ロング・リッジ・ロード　８００
(74)代理人　100079049
弁理士　中島　淳
(74)代理人　100084995
弁理士　加藤　和詳
(72)発明者　ウィリアム　エー．フス
アメリカ合衆国　１４６１２　ニューヨーク州　ロチェスター　ラッタ　ロード　７７７

最終頁に続く

(54)【発明の名称】コントラスト改良方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
電子信号のセットとして記録される自然景色イメージにおいてコントラストを改良するための方法であって、
自然景色イメージを形成する元の電子信号の少なくとも１つの構成要素は、イメージの強度を表す信号であり、
イメージを複数の部分領域に分割し、
イメージの強度を表す電子信号の構成要素から、各部分領域の局所ヒストグラム信号を導出し、
各局所ヒストグラム信号は、イメージの部分領域においてイメージ内の各可能な強度レベルでの信号の数を示し、
自然景色イメージの比較的低い分散を有する部分領域をメンバとして選択し、
イメージの電子信号内の黒点及び白点の位置を決定し、
黒点及び白点の前記位置はイメージの部分領域によって表され、
黒点及び白点が発生する部分領域が、前記メンバでなければ、該メンバに該部分領域を追加し、
前記メンバに含まれるイメージの部分領域の局所ヒストグラムに所定の重み付け関数を適用して中間ヒストグラムを生成し、
イメージの強度を表す電子信号を平坦化する特徴を有するフィルタによって前記中間ヒストグラムの信号を処理し、

フィルタ処理されたヒストグラム信号を用いて、入力信号の出力駆動信号への階調マッピングを導出し、
自然景色イメージを形成する各電子信号毎に、導出された階調マッピングを用いて、電子信号を出力駆動へとマッピングする、
コントラスト改良方法。
【請求項２】
電子信号によって表される自然景色イメージにおいてコントラストを改良するための方法であって、
イメージを複数の区域に分割し、
ａ）イメージの重要な区域を表すヒストグラムを生成するステップを備え、ここで、重要な区域が、
ｉ）イメージの分散が比較的低い区域と、
ｉｉ）イメージの黒点及びイメージの白点が発生する区域と、
の双方を含み、
ｂ）イメージを平坦化するために、フィルタによってイメージの重要な区域を表すヒストグラムをフィルタ処理するステップと、
ｃ）フィルタ処理されたヒストグラムに基づいて、入力信号を出力信号へマッピングして、イメージのための階調再現曲線を生成するステップと、
ｄ）生成された階調再現曲線を用いてイメージを再現するステップと、
を備えるコントラスト改良方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、自然景色絵画的イメージ（画像）を有するディジタルイメージの外観を改良するための方法及び装置に向けられ、特に、そのようなイメージ内でのコントラストを改良するための方法に向けられる。
【０００２】
【従来の技術】
イメージに対して行われる１つの特定の改良は、コントラストの強調（エンハンスメント）である。コントラストは、イメージのダイナミックレンジ、又はイメージが形成される可能な濃度内での濃度の範囲、の知覚に言及する。経験的に言うと、好ましいイメージは比較的コントラストが高い、即ち、イメージが可能なダイナミックレンジ全体を使用する。イメージのダイナミックレンジは、イメージ上でヒストグラムを形成することによって経験的に測定可能であり、そこで、イメージ内の幾つのピクセル（画素）が可能な強度の範囲内で特定の強度を有するかを決定する。好ましいイメージは、イメージのダイナミックレンジ全体が使用されることを示すヒストグラムによって特徴付けられる傾向があった。ダイナミックレンジ全体に及ぶヒストグラムを生成するようにイメージを変更するアルゴリズムがある。最も一般的なアルゴリズムはヒストグラム平坦化（flattening）／ヒストグラムイコライゼーションアルゴリズムであり、以下に記載される。ゴンザレス(R. C. Gonzales)及びフィッテス(B. A. Fittes)による「相互作用イメージ強調のためのグレーレベル変換(Gray level transformation for interactive image enhancement)」(Proc. Second Conference on Remotoly Manned Systems, 1975 年)、ホール(E. L. Hall)による「コンピュータイメージ強調のためのほぼ均一な分配(Almost uniform distributions for computer image enhancement)」(IEEE Trans. Comput. C-23, 207-208頁、1974年)、プラット(W. K. Pratt) 著「ディジタルイメージ処理(Digital Image Processing)」(Wiley, ニューヨーク、1978年)、エクストロム(M. P. Ekstrom) 著「ディジタルイメージ処理技術(Digital Image Processing Techniques)」(Academic Press, オーランド、1984年)、ルース(J. C. Russ)著「イメージ処理ハンドブック(The Image Processing Handbook)」(CRC Press, ボカラトン、1992年)。しかしながら、ヒストグラムが全体的に平坦であると、その使用が視覚的に楽しませるイメージを生成するためであった多くの場合

において、望ましくないイメージアーチファクト（人工生成物）が見られる。ヒストグラムイコライゼーション技術は、医学的使用又は遠隔探査使用のように、その使用がイメージでの特徴を検出する必要がある場合にうまくはたらく。ヒストグラムイコライゼーション技術の変形は、パイザー(S. M. Pizer) 他による「適応ヒストグラムイコライゼーション及びそのバリエーション(Adaptive histogram equalization and its variations)」(Comput. Vision graphics and Image Proc. 39, 355-368頁、1987年) 及びその引用にあるような、適応ヒストグラムイコライゼーション(AHE) として知られている。AHE はまた、イメージの美観は重要でないが、イメージの情報内容（即ち、詳細がどの程度よく見えるか）が重要なときにうまくはたらく傾向にある。これらの目的及び前提が適当でないならば、ヒストグラム平坦化とその既知の変形はうまくはたらかない。

【０００３】

また、ゴンザレス(R. C. Gonzales)及びウインツ(P. Wintz)著「ディジタルイメージ処理(Digital Image Processing)」における「ヒストグラム変更技術によるイメージ強調(Image Enhancement by Histogram Modification Techniques)」(Addison-Wesley Publishing, 1977年、118 頁以下参照) が示され、ここで公知のヒストグラム平坦化関数が説明されている。

【０００４】

特開平７－２２２００６では、自然景色イメージにおけるコントラストを改良するための方法が教示されており、そこで、イメージは、カラー座標の元のセットから、１つの項が全体のイメージ強度又は濃度と関係する表現へと変換される。イメージの全体ヒストグラムはその項に対して導出され、イメージにおける各可能なレベルの濃度でのピクセルの数をプロットする。そのヒストグラムは、強い山と谷を弱める機能を有するがヒストグラムの平坦な部分に影響を及ぼさない特徴を有するフィルタによって処理される。フィルタ処理されたヒストグラム信号は、イメージが出力される装置でのＴＲＣマッピングを制御するために用いられる。上記の方法を用い、更に、各々がイメージセグメントの局所ヒストグラム信号によって示される多数のセグメントへイメージを分割して、最も多くのイメージ情報を有する可能性の高い区域でコントラストが概算される。各局所ヒストグラム信号は全体ヒストグラムと比較されて、局所イメージのばらつきを決定する。局所ヒストグラムの全体ヒストグラムとの比較から、適切なヒストグラム信号が導出されて、適したヒストグラムフィルタに向けられる。適切なイメージヒストグラムから導出されたＴＲＣは、イメージのカラーチャネルへ使用される。

【０００５】

このように決定された対象となる領域が、イメージの外観を改良するのに必要な情報を十分に提供しない場合に問題が生じる。

【０００６】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

本発明に従って、自然景色イメージにおいてコントラストを改良するための方法が提供される。

【０００８】

【課題を解決するための手段】

本発明の１態様に従って、自然景色イメージのコントラストは、ａ）イメージの重要な区域を表すヒストグラムを生成し、ここで、重要な区域がイメージのダイナミックレンジの重要な部分で表された区域と、イメージの黒点及びイメージの白点が発生する区域の双方を含み、ｂ）イメージの強い山及び谷を小さくするためにフィルタによってヒストグラムをフィルタ処理し、ｃ）フィルタ処理されたヒストグラムに基づいて入力信号を出力信号へマッピングして、イメージのための階調再現曲線（トーンリプロダクションカーブ）を生成する、ことによって改良可能である。

【０００９】

本発明の１態様に従って、電子信号のセットとして記録される自然景色イメージにおいて

コントラストを改良するための方法が提供され、
自然景色イメージを形成する元の電子信号の少なくとも１つの構成要素が、イメージの強度を表す信号により定まることを保証するステップと、
電子信号の強度構成要素から、局所ヒストグラム信号のセットを導出するステップとを備え、各局所ヒストグラム信号はイメージの領域においてイメージ内の各可能な強度レベル信号の数を表し、
局所ヒストグラム信号のサブセットを、自然景色イメージの最大ダイナミックレンジを表すとして選択するステップと、
領域単位で、イメージの電子信号内の黒点及び白点の位置を決定するステップと、
黒点及び白点が発生する領域を表すヒストグラムが、局所ヒストグラム信号のサブセットのメンバであることを保証し、メンバでなければ、メンバを追加するステップと、
局所ヒストグラムのサブセットを選択された重み付け関数と組み合わせて適切なヒストグラムを生成するステップと、
信号における強い山及び谷を小さくする特徴を有するフィルタによって適切なヒストグラム信号を処理するステップと、
フィルタ処理されたヒストグラム信号を用いて、入力信号の出力駆動信号への階調マッピングを導出するステップと、
自然景色イメージを形成する各電子信号毎に、導出された階調マッピングを用いて、電子信号を出力駆動信号へとマッピングするステップと、
を備える。

【００１０】
ある一定の場合において、対象となる領域は、ダイナミックレンジを参照することによってのみ指定されるならば、イメージコントラストを改良するための十分な情報を提供しない。従って、イメージの黒点及び白点が決定されるシステムでは、そうした値がコントラストを強調するために使用されてもよいことが分かった。

【００１１】
自動イメージ強調システム内では、データは幾つかのイメージアナライザ同士の間の共用されたコンテキスト（文脈）として存在する。各アナライザは、必要なステップを実行し、共用されたコンテキストを介してダイナミックにアクセスされる解析データを記憶する。米国特許出願第０８／１３３、２３１号にあるように、選択された対象となる領域（ＲＯＩ）を用いて自動処理を実行する場合、関連するイメージ部分の単一のヒストグラムは、選択されたヒストグラムの重み付けされた和として生成される。これらの例で使用される重み付け係数は、全ての選択された局所ヒストグラムにおいて同一であった。次に、結果となるヒストグラムが、イメージ全体に使用される変更されたヒストグラム平坦化アルゴリズムを用いて、イメージ強調のためのＴＲＣを決定するために用いられる。

【００１２】
本発明の他の態様に従って、電子信号によって表される自然景色イメージにおいてコントラストを改良するための方法が提供され、
ａ）イメージの重要な区域を表すヒストグラムを生成するステップを備え、ここで、重要な区域が
ｉ）イメージのダイナミックレンジの重要な部分で表された区域と、
ｉｉ）イメージの黒点及びイメージの白点が発生する区域と、の双方を含み、
ｂ）イメージの強い山及び谷を小さくするためにフィルタによってヒストグラムをフィルタ処理するステップと、
ｃ）フィルタ処理されたヒストグラムに基づいて、入力信号を出力信号へマッピングして、イメージのための階調再現曲線を生成するステップと、
ｄ）生成された階調再現曲線を用いてイメージを再現するステップと、
を備える。

【００１３】
【発明の実施の形態】

図面は本発明の実施例を説明するためであって、これを制限するためではない図面を参照すると、本発明に使用されるのが好ましい図１の走査－印刷(scan-to-print) システムが参照される。

【００１４】

図１は、カラーイメージのためのＲＧＢ空間又は白黒イメージのための濃度空間に設けられるイメージ信号を生成する、白黒スキャナ又はカラースキャナになりうるスキャナ１０を示す。対象となるこれらのイメージは自然において絵画的である、即ち、これらのイメージが自然景色を表す。あるコンピュータが生成した結像(imagery) は自然景色を表すとみなされることもあるが、観察されるイメージは主に被走査写真である。イメージ自体はピクセルによって形成されるが、ここで各ピクセルは白レベルと黒レベルの間を可変するグレー値を有する。計算が８個のビットの情報で行われる現行上望ましいシステムにおいて、256 個のレベルのグレーが使用可能である。ピクセルはまた位置によって識別される、即ち、ピクセルが、走査線の位置によって識別されるイメージ内の独自の区域、及びページ（紙面）の走査線位置を形成する。従って、色はイメージにおける各カラーピクセル毎にグレーピクセルのトリプレットによって表され、グレーピクセルの各トリプレットが各分離で色を形成し、一体となってカラーピクセルを形成する。

【００１５】

スキャナ１０の出力は、ここで更に画定される自動イメージ強調システムに向けられる。本発明の目的のために、自動イメージ強調システムは、原稿内で、絵画的及び非絵画的イメージ区域を含むイメージのタイプを識別できる分割システムを含んでもよい。ここで記載される自動イメージ強調システムの出力は、プリンタ、ＣＲＴ、又は同様の装置に向けられると仮定される。これらの装置は多くの特徴を有し、レーザプリンタ、インクジェットプリンタ、ＬＥＤディスプレイ、或いは、ＣＲＴディスプレイであってもよい。しかしながら、これらの装置はグレイ絵画的イメージの表示を共に必要とする。これは、グレイ印刷又は擬似グレイ印刷によって行われる。

【００１６】

本発明のイメージ強調システムによって処理するためのデータを導出することによって、原稿イメージを表す信号を生成するために、複写プラテン上に置かれ、スキャナの電子光学システムによって走査された原稿上で前走査が行われてもよい。また、イメージは、予め走査された又は何らかの他のシステムから導出された、メモリから自動イメージ強調システムへ向けられてもよく、その場合、受信されたイメージは必要に応じてサンプリングされる。自動イメージ強調システムが、記載される方法に従って処理するために適切にプログラミングされた、パーソナルコンピュータ又はワークステーション上で行われてもよいことは明確である。

【００１７】

前走査はアンダーサンプリングされる(undersampled)、即ち、イメージはコントラストを強調する目的のために、システムの最高の解像度でサンプリングされる必要がない。実際、イメージ全体を表し、イメージ全体に分散された比較的少数のピクセルが、この目的のためにイメージを正確に表すことができると判断された。本実施例では、およそ512 x 512個のピクセルのイメージから導出されたピクセルのブロックを用いる。この選択の主な目的は、ソフトウェアイメージ強調システムが絵画的イメージを処理できる速度を上げることである。一般的なイメージ分析でのサンプリングは、ここに記載される本発明の処理で示される結果を実質的に改良せず、必要とされるソフトウェア処理時間を著しく増加する。記載される本発明の処理のハードウェアの実施例は、イメージをアンダーサンプリングしないと決定することもある。

【００１８】

概して、本発明が使用するシステムは図１にあるように示される。明らかになるように、ここでは、ＲＧＢ空間によって形成される自然景色イメージは、最初に、ＲＧＢ値を強調処理のための選択されたカラー空間へと変換するカラー空間変換器１２に向けられる。カラー空間変換器１２の出力は、より詳細に記載され、プリンタ１８等の出力装置のＴＲＣ

コントローラ１６を駆動する信号を生成する、自動イメージ強調装置１４によって処理される。ＴＲＣコントローラ１６は、処理されたデータを任意の出力バッファ２０へ伝達し、続いてプリンタ１８又は他の出力装置へ伝達する。以下により十分に記載されるように、本発明を実施するとイメージ毎にＴＲＣが変化する。ＴＲＣコントローラ１６は、装置独立データストリームを印刷又は表示するために使用される装置依存データへ調整するために一般的に用いられるＴＲＣコントローラと別個に又は一体的に作動してもよいことは明らかである。

【００１９】

作動される自動イメージ強調装置の各処理ステップを見ると、第１ステップにおいて、スキャナ１０等から最初に受信された最初のカラーイメージデータは、最初にＲＧＢ空間、即ち、赤－緑－青空間にあると仮定され、本発明の処理では、カラー空間変換器１２において最初に輝度空間（$YC_1C_2$）へ変換されなければならない。他のイメージ処理ではＲＧＢ値を輝度／クロミナンス（色）空間へ変換するのが一般的であるために、イメージが既に輝度空間にあることは可能である。$YC_1C_2$ 空間は、本発明の処理が実行される有用な空間であり、ゼロックス(Xerox) ＹＥＳ空間はこのような空間の内の１つの可能な実施例である。いかなる空間が使用されようとも、ゼロックスＹＥＳのＹ（「ゼロックスカラー符号化標準(Xerox Color Encoding Standard)」(XNSS 289005, 1989) 等の、人間の明るさ又は暗さの視覚的知覚に関する構成要素を有さなければならない。以下、本発明はゼロックスＹＥＳカラー空間を用いて説明される。

【００２０】

本発明の処理の残りを説明するために、図２のイメージが参照される。図２は、８ビットグレイピクセルによって実際のカラーイメージを白黒の線図で再現したものである。この使用のために線図によって表される元のイメージを再現するのは難しいが、以下の図面で示されるデータは実際のイメージのためである。

【００２１】

自動イメージ強調装置１４内で行われる次のステップは、イメージをあるシステムパラメータによって測定することである。本実施例では、絵画的イメージの輝度又はＹ構成要素の全体ヒストグラムが導出される。図３に示されるヒストグラムは、イメージで起こりうる各輝度値でのピクセル数のマップである。全体ヒストグラムは、図２のイメージ全体に関する。８ビット空間等の、マルチビット空間で処理するならば、輝度値は０から255 の間で分配されることが分かる。

【００２２】

次に、イメージ全体の全体ヒストグラムに加え、図４を参照すると、イメージは、寸法が必ずしも同じでなくあらゆる方法で順序付けられる局所区域のセットへと分割されて、各局所区域からのヒストグラムが導出される。複数の局所ヒストグラムは、処理のために望ましいことが判断されている。局所区域ヒストグラムは、視覚的コントラストが全体現象でなく、従って、全体測定と共に局所測定を必要とするために、導出される。つまり、イメージの局所パラメータ及び全体パラメータの双方がコントラストの一般的な知覚に影響を及ぼす。また、多数のイメージにおいて、局所性はイメージ部分の何らかの相対的重要性を示す。更に、コントラスト調整に関係のない広い背景区域は、コントラスト調整を困難にするように全体ヒストグラムを傾斜させる傾向にあることが示されている。これらの広い背景区域の影響は、全体ヒストグラムの他に局所ヒストグラムを用いることによって小さくすることが可能である。

【００２３】

強調処理の次のステップは、全体ヒストグラムを基準ヒストグラム、本例では平坦なヒストグラム、と比較する。ここで定義される平坦なヒストグラムとは、イメージ内に起こりうる各濃度又は輝度毎に均一な数のピクセルカウントを提供する基準信号である。全体ヒストグラムは、分散値(variance)の形でコントラストの全体測定を行うために平坦なヒストグラムと比較される。分散値Ｖは、以下の数式によって表される。

【００２４】

【数１】

$$V = c \times \sum_{i}^{n} [H(i)-R(i))]^2$$

【００２５】
ここで、"c" は再正規化定数である。
ここで、H(i)は考慮中のイメージのヒストグラム関数を表す。
【００２６】
R(i)は平坦なヒストグラム又は基準値を表す。
i はn 個のピクセルを有するイメージにおける特定の２次元ピクセル位置を表す。
【００２７】
概して、分散値を参照すると、値が小さいほど、ヒストグラムが平坦になる。平坦なヒストグラム信号が、「平坦(flat)」ではないが、むしろ望ましい基準を表すように作成されてもよいことは明確である。
【００２８】
図５（Ａ）乃至（Ｄ）、図６（Ａ）乃至（Ｄ）、図７（Ａ）乃至（Ｄ）、及び図８（Ａ）乃至（Ｄ）は、図４の局所ヒストグラムレイアウトを使用する局所ヒストグラムを示す。ここで、図５（Ａ）乃至（Ｄ）が１列目のヒストグラムを示し、図６（Ａ）乃至（Ｄ）が２列目を示し、図７（Ａ）乃至（Ｄ）が３列目を示し、図８（Ａ）乃至（Ｄ）が４列目を示す。ＡＵ（相対的関係だけが重要な任意の単位）における分散値もまた、イメージセグメントに対応する局所ヒストグラムの各々毎に以下のように決定される。

| 表　1 | 0 | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 188 | 181 | 70 | 90 |
| 1 | 67 | 54 | 39 | 29 |
| 2 | 64 | 58 | 90 | 134 |
| 3 | 380 | 447 | 134 | 171 |

全体ヒストグラムの分散値は、20.9 AU の値を有する。イメージセグメント（3,1 ）と（1,3 ）を比較することで分かるように、局所ヒストグラムの分散値は著しく異なり、29から447 までの数字に及ぶ。
【００２９】
次に、最小の分散値によって形成される、最も良くイコライゼーションされたヒストグラムを求めて、全体ヒストグラム分散値と局所ヒストグラム分散値が比較される。これを実行するために、定数αによって乗じられた全体分散値が局所ヒストグラム値と比較される。定数αは２つの分散値をイコライゼーションするために選択される。イメージを通して、全体ヒストグラム値が局所ヒストグラム値よりも平坦ならば、全体ヒストグラムは「適

切な(relevant)」ヒストグラムと称され、次の処理で使用される。また、１以上の局所分散値が

$V_l \leqq V_G \times T_V$

より小さいならば、局所ヒストグラムは適切なヒストグラムを形成するために用いられ、続く処理で使用される。（ここで、$V_l$ は局所分散値、$V_G$ は全体分散値、$T_V$ は分散スレショルド（しきい値）である。）図１０に示される例では、分散スレショルドに対する一定の乗数は、一般的イメージに良い結果を与えることが分かっている"2" と選択され、比較のための全体分散値の数字がおよそ42 AU (2 x 20.9)となる。図９では、42より小さい局所分散値の数をもつ全ての局所ヒストグラムが適切な局所ヒストグラムとしてマークされる。図９及びを図４を比較することによって分かるように、背景の広い断片（局所ヒストグラム(0,0), (0,1)等）はイメージに適さないと考えられる。適切な局所ヒストグラムの重み付けされた和は、図１０に示される適切な全体ヒストグラムを導出するために用いられる。この場合、単純化のために、全ての適切な局所ヒストグラムに均一の重み付けが用いられた。

【００３０】

なお、乗数"2" は、適切な局所ヒストグラムと適切でない局所ヒストグラムとを区別をする１つの形に過ぎなかった。もう１つの方法には、最も低い分散値を有する局所ヒストグラムの固定数を選択することがある。更にもう１つの方法には、分散値が増えるに従って重み付け因数（ファクタ）が減少する、全ての局所ヒストグラムの重み付けされた和を使用することがある。更にもう１つの方法では、少なくとも予め決定された数Ｔの局所ヒストグラムが、指定された適切な局所ヒストグラム又は前述の方法のあらゆる組み合わせである場合にのみ、局所ヒストグラムが適切であると考えられる。

【００３１】

この表から、上記処理によって選択された情報が空に位置することが分かる。これは特定のイメージでは正しいが、図１０で選択された領域の適切なヒストグラムの組み合わせは、全体としてイメージのダイナミックレンジを正確に反映しない。この処理は、ダイナミックレンジが小さいイメージの区域ではうまくはたらかない。

【００３２】

本発明に従って、選択された領域は、共用されたコンテキストからの他の情報を用いることによって、イメージのフルダイナミックレンジを表すのを保証するために検証される。新たに生成されたヒストグラムを、露光アナライザ（例えば、米国特許第５、４１４、５３８号参照）で生成される測定値と比較する必要がある。選択された局所ヒストグラムがイメージのフルダイナミックレンジを表さないと決定されるならば、追加の局所ヒストグラム領域がコントラスト解析へ加えられなければならない。

【００３３】

従って、適切なヒストグラムを選択するためのより適切な方法は、イメージの黒点及び白点が配置される局所ヒストグラム反映区域を含むことである。黒点及び白点は、それぞれ、イメージ内の実際の最も暗く測定された点及び／又は最も明るく測定された点、或いは、最も暗い点／最も明るい点として定義される値、とされる。前者の定義を用いるが、後者の定義は、特定のイメージ又はいかにイメージがデジタル化されたかについてより多くのことが知られるならば、これらのパラメータを調整する能力を許容する。

【００３４】

その例のイメージでは、黒点及び白点は、局所分散値の測定がそれぞれ90及び380 の領域(0,3) 及び(3,0) に配置される。なお、局所ヒストグラムの選択ではこれらの領域を最初に含まなかった。図１２は、図１１の強調表示された領域が適切なヒストグラムになる変更された領域選択を用いるヒストグラム値を示している。予め選択された領域と互換性をもつために、新たな領域のヒストグラムもまた重み付けされなければならない。

【００３５】

局所領域内の黒点及び白点を含んだイメージを処理することによって、イメージのダイナミックレンジがより良く表示される。強調された適切なヒストグラムはまた、次の整合性

検査のために、共用されたコンテキストで使用されてもよい。

【００３６】

次に標準ヒストグラムイコライゼーションルーチンの入力として用いられる最後の変更されたヒストグラムを得るために、適切なヒストグラムをフィルタ処理することによって、処理は続く。このようにして、ヒストグラム特性を維持すると共に、同時に標準ヒストグラムイコライゼーション処理の簡単さを維持する、所望の結果を達成することができる。

【００３７】

従って、ヒストグラム曲線は、

Ｈ（ｉ）β

の関数によって処理することによって平坦にされることが可能である。（ここでβは１より小さい。）実験により、βは５分の１で所望の結果を生じるのが可能なことが決定された。また、βはユーザ制御下であってもよい、即ち、ユーザがイメージを見て満足できる結果が得られるまでβを変化する。また、βをイメージから、或いは、予め決定された関数によって決定してもよい。

【００３８】

概して、元のヒストグラムの内の最も減少する非直線関数は、適切なヒストグラム上でフィルタ処理としてはたらく。フィルタ関数の主な属性は、ヒストグラムのばらつきを少なくし、元のイメージデータよりも平坦又は均一の分配を有する最後の変更されたヒストグラムを生じることである。これは、図３の元のヒストグラムを図１５の最後の変更されたヒストグラムと比較することで見られる。図１２に示されるヒストグラムは、図３に示されるヒストグラムよりもばらつきが少ないことが明らかである。この図１２の変更されたヒストグラムは、イメージ強調の階調再現曲線、即ち、ＴＲＣ、を計算するための、標準ヒストグラムイコライゼーションルーチンを用いて平坦にされる。図１２のヒストグラムから導出されるＴＲＣは、図１３に示される。ＴＲＣ曲線は、イメージ強調のために、システム内での入力対出力の関係を示す関数である。次に、この関数はフル入力イメージへ適用される。図１３に示されるＴＲＣは、図１２のヒストグラムを備えたイメージを平坦化又はイコライゼーションされたヒストグラムを有するイメージへと変形する。しかしながら、本発明において、導出されたＴＲＣは、図１２に対応するイメージ上で作用するために用いられるのでなく、むしろ図３に対応するイメージ上で作用するために用いられる。図１５は、図１３で示されるＴＲＣを用いて元の入力イメージを変更した結果となるヒストグラムを示す。図１５のヒストグラム（黒点、白点解析による）を図１４のヒストグラム（黒点、白点解析によらない）と比較すると、イメージのより暗い領域において詳細が維持されるのが示されている。この特定の場合には、白点の使用は殆ど影響を及ぼさなかった。

【００３９】

β＝0.33、β＝0.25、及びβ＝0.2 等の関数を使用することによって、イメージコントラスト強調において良好な成果が示された。概して、ヒストグラムをフィルタ処理するために用いられる関数は、ルート関数として容易に実施可能であると言われている。ここでは、β＝０は最後の変更されたヒストグラムを平坦にし、従って、結果となるＴＲＣがデータ上で処理を行わない、即ち、コントラスト強調がない。β＝１は最後の変更されたヒストグラムで処理を行わないので、結果となるＴＲＣがイメージヒストグラムをイコライゼーションする、即ち、強いコントラスト強調となる。

【００４０】

次に、決定されたＴＲＣ関数は、輝度／クロミナンス空間で形成されるイメージの輝度値へ使用され、許容される結果を生む。しかしながら、更に、同じＴＲＣ曲線は、元来形成されたようなイメージの赤、緑及び青のイメージ構成要素の各々に使用可能である。これにより、多少良好な結果を生むように見られる。

【００４１】

図１６に示されるフローチャートによってプロセスを再検討すると、ステップ４００において、R, G, B （赤緑青）データが入力データの源から受信される。ステップ４０２にお

いて、データが低い解像度で任意にサンプリングされ、ステップ４０４にて、ＲＧＢデータが$YC_1C_2$データへ変換される。ステップ４０４では、全体ヒストグラム及び幾つかの局所ヒストグラムを並列処理するための分岐を開始する。ステップ４０６において、イメージの全体ヒストグラムが導出され、ステップ４０７にて、全体ヒストグラムのために分散$V_G$が計算される。一方、ステップ４１０、４１２及び４１４では、イメージはＮ個の区域に分割され、各区域の局所ヒストグラムが導出され、各局所ヒストグラムのために分散値$V_n$が計算される。ステップ４２０、４２２、及び４２４において、各局所分散値が乗数αによって調整された全体分散値と比較され、調整された全体分散値より小さいならば、ヒストグラムｎがマークされる。プロセスは、Ｎ個の区域の各々が処理されるまで続く。ステップ４２６では、マークされたヒストグラムは、少なくともＴ個の局所ヒストグラムがマークされたかどうかを確かめるために再検討される。印付けられていないならば、ステップ４２８において、全体ヒストグラムが次の処理のために呼ばれる。次に、ステップ４２９にて、他の処理のコンテキストに対して局所ヒストグラムを検査するためにサブルーチンが入れられる。

【００４２】

本発明に従い、図１７を参照すると、ステップ５００において、イメージの黒点及び白点に関する情報が得られる。この情報はイメージ処理の露光制御部分から得られると仮定されるが、この処理専用に独立して導出されることも可能である。ステップ５０２において、黒点の領域及び白点の領域を反映する局所ヒストグラムが、それぞれ黒点の領域及び白点の領域のために得られる。次に、ステップ５０４及び５０８において、各局所ヒストグラムが、それぞれ、コントラスト調整のために既に選択されたかどうかを決定するためにテストされる。選択されていなければ、ステップ５０６及び５１０にて、局所ヒストグラムが確実に選択される。選択は選択された局所ヒストグラムのリストへ戻されて、ステップ５１２で次の処理が行われる。

【００４３】

次に、少なくともＴ個のヒストグラムが印付けられたならば、ステップ４３０において、印付けられた局所ヒストグラムの重み付けされた和が、適切なヒストグラムを生成するために形成される。ステップ４３２において、ヒストグラム平坦化関数がヒストグラムに使用される。結果となる最後のヒストグラム関数から、ステップ４３４において、新たなＴＲＣマッピングが計算され、そこからステップ４３６において、コントラストの補正されたイメージが補正されたＴＲＣマッピングを用いて印刷又は表示されることが可能になる。

【００４４】

もう１つの実施例では、図１６のステップ４２０の分散値乗数αは全体分散値$V_g$の関数とされる。低い全体分散値では、ステップ４２０に示されるような簡単な乗数が用いられる。ここで、$V_g < 50 = V_{low}$の値が、低い全体分散値を良く表示することが分かっている。適度の全体分散値では、$\alpha V_{low}$より少ない分散値を有する局所ヒストグラムの数が決定され、その数が少なくとも局所ヒストグラムの予め決定された数Ｔよりも大きいならば、それらのヒストグラムが適切なヒストグラムと称される。決定された数がＴ個の局所ヒストグラムよりも少ないならば、$\alpha V_{moderate}$よりも少ない分散値を備えた全ての局所ヒストグラムが適切であると考えられる。この場合、ステップ４３２のヒストグラム平坦化関数が増加される、即ち、より強い平坦化が行われる。ここで$50 \leqq V_g < 100 = V_{moderate}$の値は、適度な全体分散を良く示すことが分かっている。高い全体分散値では、$V_g > V_{moderate}$であり、適切な局所ヒストグラムの決定は、Ｔ個より少ない局所ヒストグラムが$\alpha V_{moderate}$より少ない分散値を有する場合を含むために増補される。この場合、ヒストグラム平坦化が更に増加される。$\beta = 0.2$のヒストグラム平坦化パラメータは、十分な数の$\alpha V_{low}$より少ない適切な局所ヒストグラムを有するイメージ上で良好にはたらく。$\beta = 0.1$のパラメータは、十分な数の$\alpha V_{moderate}$より少ない、適切な局所ヒストグラムを有するイメージ上で良好にはたらく。$\beta = 0.0$は残りのイメージ上で良好にはたらく。βの値のばらつきは、ヒストグラム平坦化の有効性における信頼性を減らして、分散値

が増加するにつれてヒストグラム平坦化関数を弱める。例外的に大きい分散値をもつある点では、平坦化はオフにされる（β＝0.0）。

【００４５】

本発明は、ディジタルコンピュータ又はマイクロプロセッサを作動するための、説明された関数を達成するアプリケーションソフトウェアを通じて、おそらく最適な速度を提供するハードウェア回路を通じて、或いは、ソフトウェアとハードウェアの何らかの組み合わせを通じて、達成されることが確実に理解される。

【００４６】

β＝0.0 の場合、単にイメージダイナミックレンジを引き延ばすのを許容することによって増補されることが確実に理解される。

【００４７】

【発明の効果】

本発明は上記より構成され、自然景色イメージにおいてコントラストを改良するための方法が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明を用いるシステムのブロック図を示す。

【図２】再現目的のためにラインイメージへ減少された一例のイメージを示す。

【図３】図２のために導出されたヒストグラムを示す。

【図４】複数のサブイメージに分割された図２の一例のイメージを示す。

【図５】（Ａ）乃至（Ｄ）は、図２の各サブイメージ毎のヒストグラムを示す。

【図６】（Ａ）乃至（Ｄ）は、図２の各サブイメージ毎のヒストグラムを示す。

【図７】（Ａ）乃至（Ｄ）は、図２の各サブイメージ毎のヒストグラムを示す。

【図８】（Ａ）乃至（Ｄ）は、図２の各サブイメージ毎のヒストグラムを示す。

【図９】ヒストグラムがイメージの適切なヒストグラムを形成する、局所領域の最初の選択を示す。

【図１０】図９の適切なヒストグラムを示す。

【図１１】ヒストグラムがイメージの他の適切なヒストグラムを形成する、局所領域の他の選択を示す。

【図１２】図１１の適切なヒストグラムを示す。

【図１３】イメージの再現のために導出されたＴＲＣ曲線を示す。

【図１４】図９の局所領域を用いてイメージを処理した後のイメージヒストグラムを示す。

【図１５】図１１の局所領域を用いて処理した後のイメージヒストグラムを示す。

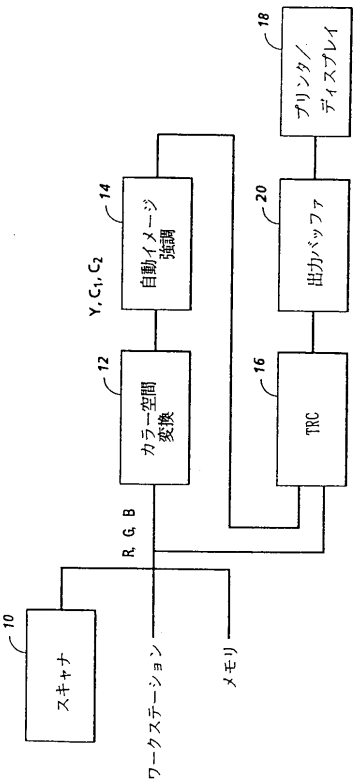
【図１６】本発明のプロセスのフローチャートを示す。

【図１７】本発明のプロセスのフローチャートを示す。

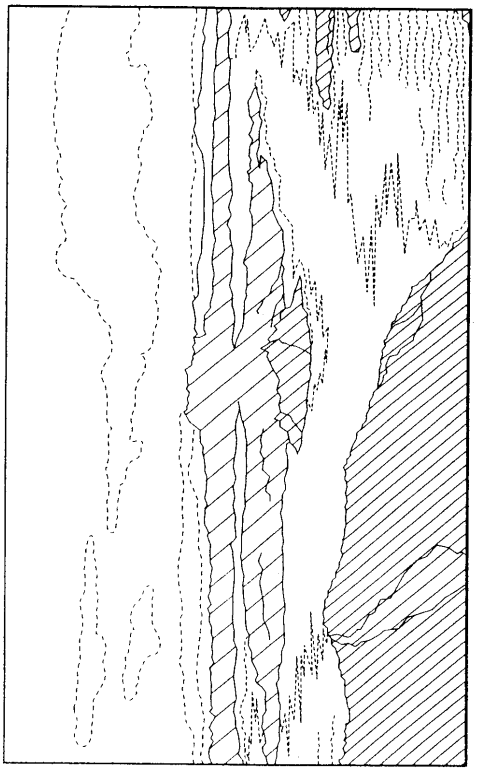
【符号の説明】

１０　スキャナ
１２　カラー空間変換器
１４　自動イメージ強調装置
１６　ＴＲＣコントローラ
１８　プリンタ／ディスプレイ
２０　出力バッファ

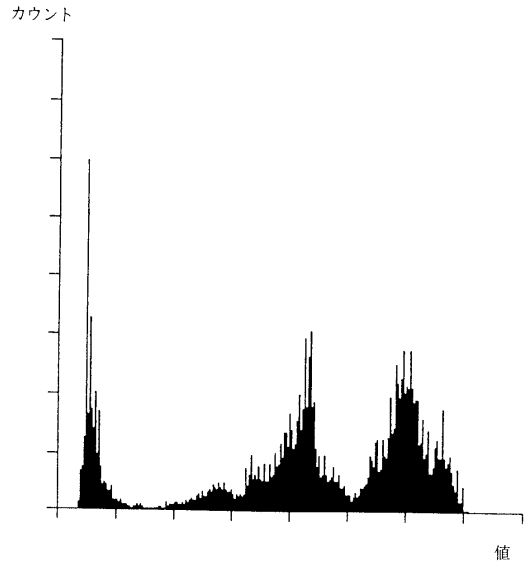
【図１】


18
プリンタ／ディスプレイ
14
自動イメージ強調
Y, C1, C2
20
出力バッファ
12
カラー空間変換
16
TRC
R, G, B
10
スキャナ
ワークステーション
メモリ

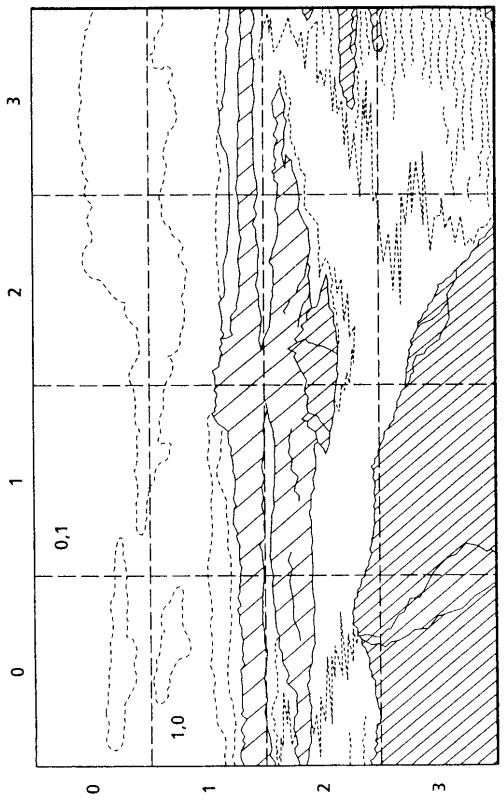
【図２】



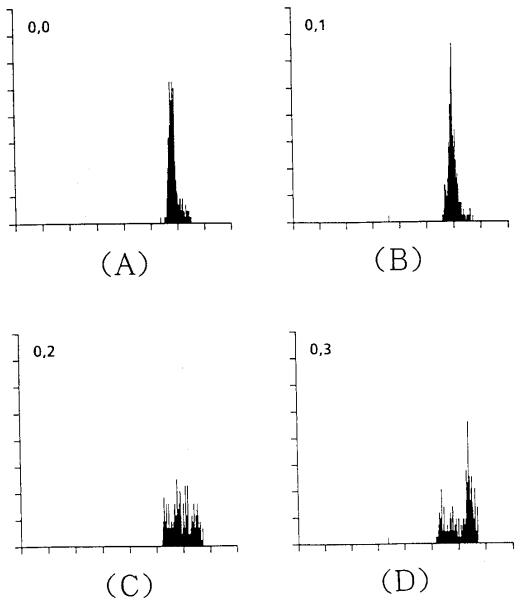
【図３】


カウント
値

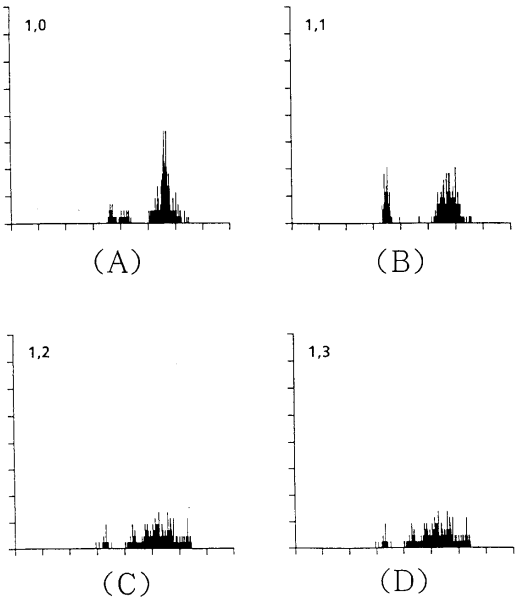
【図４】


0
1
2
3
0,1
1,0

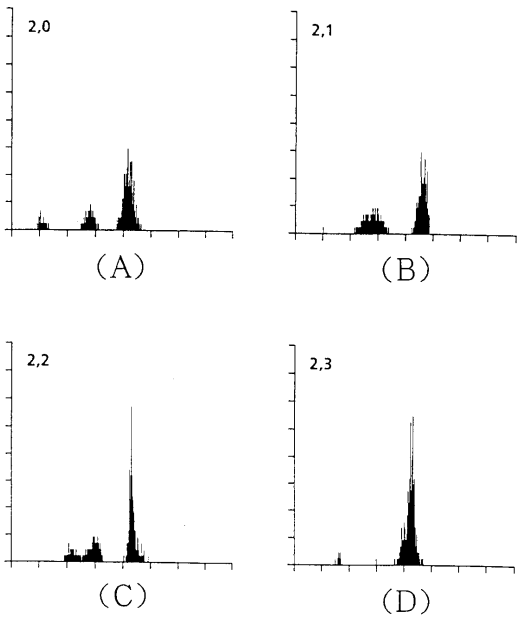
【図５】



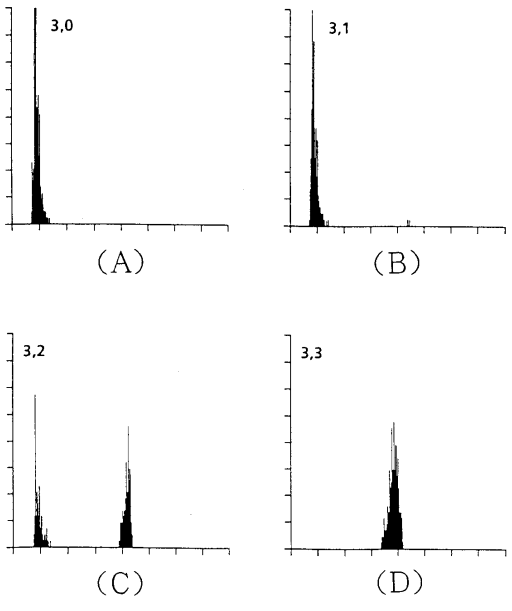

【図６】



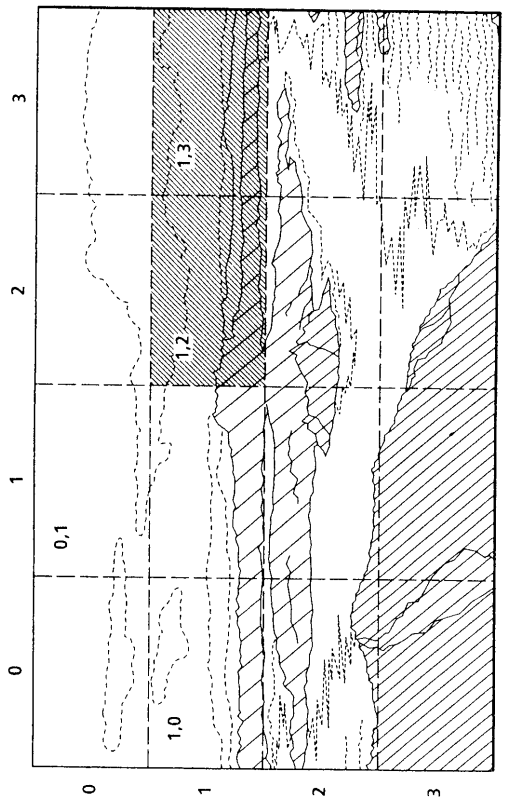

【図７】



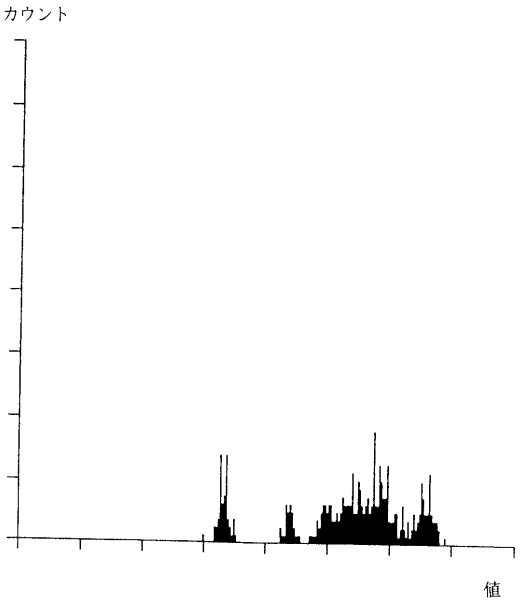

【図８】



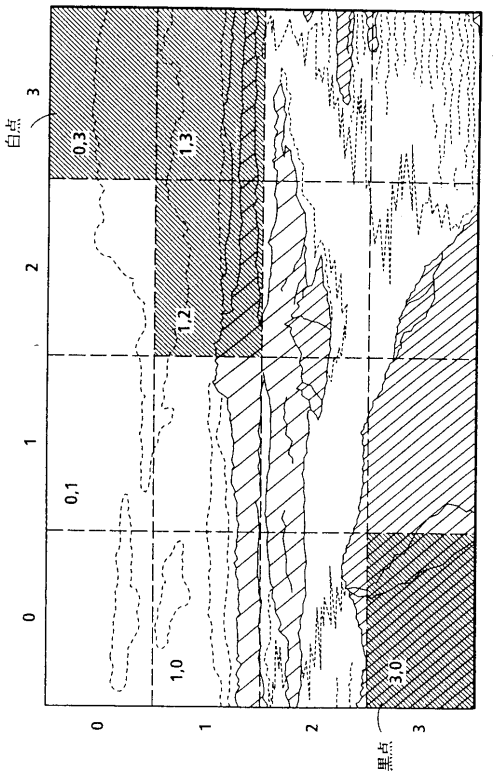
【図９】



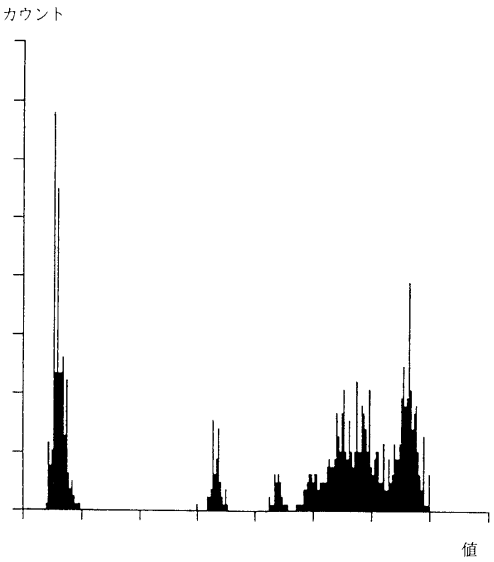

【図１０】



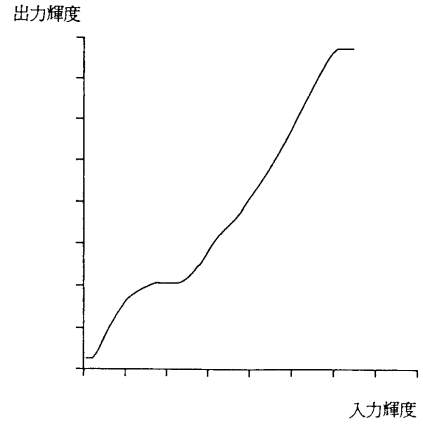

【図１１】



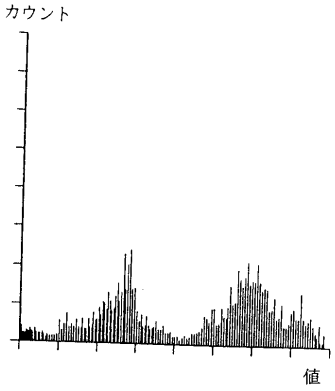

【図１２】



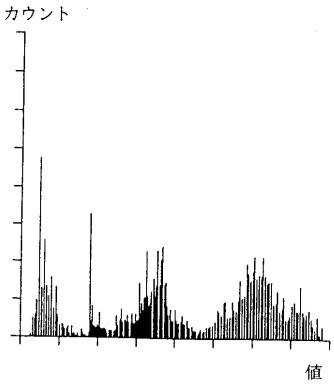
【図１３】



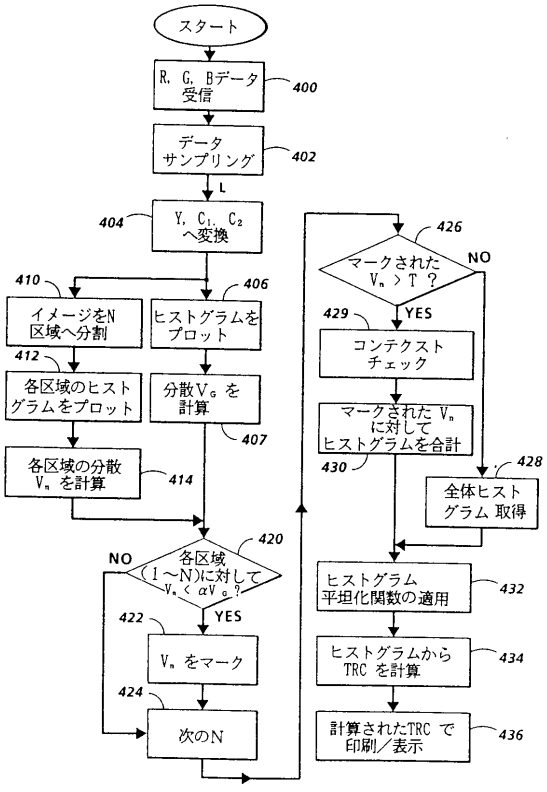

【図１４】



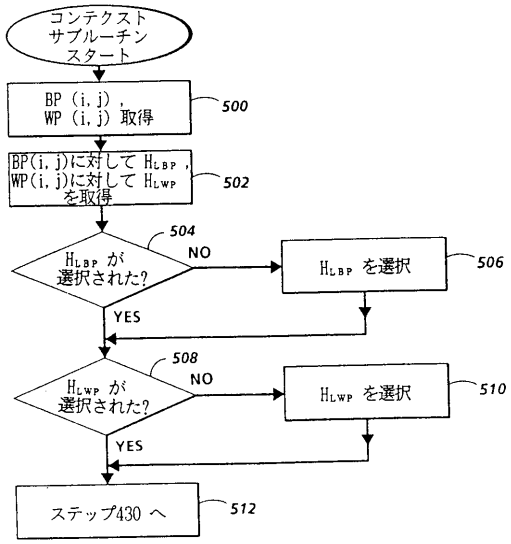

【図１５】




【図１６】



【図１７】


コンテクスト
サブルーチン
スタート
BP（i, j），
WP（i, j）取得
500
BP(i, j)に対して $H_{LBP}$，
WP(i, j)に対して $H_{LWP}$
を取得
502
504
$H_{LBP}$ が
選択された?
NO
$H_{LBP}$ を選択
506
YES
508
$H_{LWP}$ が
選択された?
NO
$H_{LWP}$ を選択
510
YES
ステップ430 へ
512

フロントページの続き

(72)発明者　ライネル　エシュバッハ
アメリカ合衆国　１４５８０　ニューヨーク州　ウェブスター　ウェストウッド　トレイル　８１２

審査官　岡本　俊威

(56)参考文献　特開平０５－０９１３２４（ＪＰ，Ａ）
米国特許第０５３４７３７４（ＵＳ，Ａ）
特開平０３－０７３６６８（ＪＰ，Ａ）
特開平０３－０６８２７１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G06T 5/00 - 5/40
H04N 1/407