

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5343458号
(P5343458)

(45) 発行日 平成25年11月13日(2013.11.13)

(24) 登録日 平成25年8月23日(2013.8.23)

(51) Int.Cl. F I
H O 4 N 1/405 (2006.01) H O 4 N 1/40 B

請求項の数 6 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2008-224319 (P2008-224319)	(73) 特許権者	000002185
(22) 出願日	平成20年9月2日(2008.9.2)		ソニー株式会社
(65) 公開番号	特開2009-81848 (P2009-81848A)		東京都港区港南1丁目7番1号
(43) 公開日	平成21年4月16日(2009.4.16)	(74) 代理人	100082131
審査請求日	平成23年8月11日(2011.8.11)		弁理士 稲本 義雄
(31) 優先権主張番号	特願2007-229807 (P2007-229807)	(74) 代理人	100121131
(32) 優先日	平成19年9月5日(2007.9.5)		弁理士 西川 孝
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	塚本 信
			東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株 式会社内
		(72) 発明者	平井 純
			東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株 式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、画像処理方法およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

画像に、 変調を施すことにより、前記画像の階調を変換する 変調手段を備え、
前記 変調手段は、
量子化誤差をフィルタリングする演算手段と、
前記画像の画素値と、前記演算手段の出力とを加算する加算手段と、
前記加算手段の出力を量子化し、前記量子化誤差を含む量子化値を、 変調の結果
として出力する量子化手段と、
前記加算手段の出力と、前記加算手段の出力の前記量子化値との差分を演算すること
により、前記量子化誤差を求める減算手段と

を有し、

前記演算手段によるフィルタリングのフィルタ係数は、人の視覚の空間周波数特性のう
ちの、前記 変調が施された画像を表示する表示手段の解像度に対応する空間周波数以
下の特性に基づき、前記 変調手段によって行われるノイズシェーピングの振幅特性の
中域以上の特性が、人の視覚の空間周波数特性の逆の特性になるように決定され、

前記ノイズシェーピングの振幅特性は、前記表示手段が表示することができる画像の空
間周波数の最高周波数までの周波数帯域の低域又は中域で負になり、高域で、Floydフィ
ルタを用いた 変調によるノイズシェーピングの振幅特性よりも急峻に増加し、ゲイン
1を超える

画像処理装置。

【請求項 2】

前記演算手段によるフィルタリングのフィルタ係数は、負の値を含み、かつ、前記変調手段によって行われるノイズシェーピングの振幅特性が、高域で、Floydフィルタを用いた変調によるノイズシェーピングの振幅特性よりも急峻に増加するように決定される

請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 3】

前記演算手段は、1 2 タップの 2 次元の FIR フィルタであり、
左から x 番目で、上から y 番目のフィルタ係数 $g(x, y)$ は、

$g(1, 1) = -0.0317$, $g(2, 1) = -0.1267$, $g(3, 1) = -0.1900$, $g(4, 1) = -0.1267$, $g(5, 1) = -0.0317$, $g(1, 2) = -0.1267$, $g(2, 2) = 0.2406$, $g(3, 2) = 0.7345$, $g(4, 2) = 0.2406$, $g(5, 2) = -0.1267$, $g(1, 3) = -0.1900$, $g(2, 3) = 0.7345$ 、

$g(1, 1) = -0.0249$, $g(2, 1) = -0.0996$, $g(3, 1) = -0.1494$, $g(4, 1) = -0.0996$, $g(5, 1) = -0.0249$, $g(1, 2) = -0.0996$, $g(2, 2) = 0.2248$, $g(3, 2) = 0.6487$, $g(4, 2) = 0.2248$, $g(5, 2) = -0.0996$, $g(1, 3) = -0.1494$, $g(2, 3) = 0.6487$ 、

又は、 $g(1, 1) = -0.0397$, $g(2, 1) = -0.1586$, $g(3, 1) = -0.2379$, $g(4, 1) = -0.1586$, $g(5, 1) = -0.0397$, $g(1, 2) = -0.1586$, $g(2, 2) = 0.2592$, $g(3, 2) = 0.8356$, $g(4, 2) = 0.2592$, $g(5, 2) = -0.1586$, $g(1, 3) = -0.2379$, $g(2, 3) = 0.8356$

である

請求項 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】

画像の、注目している注目画素と、前記注目画素の周辺の画素との画素値の一致を検出する一致検出手段と、

ランダムノイズを発生するノイズ発生手段と、

前記画素値の一致が検出されている場合には前記注目画素の前記画素値に前記ランダムノイズを加算した値を前記注目画素の画素値として出力し、それ以外の場合には前記注目画素の画素値をそのまま出力する他の加算手段と

をさらに備え、

前記変調手段は、前記他の加算手段の出力に、変調を施す

請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項 5】

画像に、変調を施すことにより、前記画像の階調を変換する変調手段を備える画像処理装置の前記変調手段が、

量子化誤差をフィルタリングする演算手段と、

前記画像の画素値と、前記演算手段の出力とを加算する加算手段と、

前記加算手段の出力を量子化し、前記量子化誤差を含む量子化値を、変調の結果として出力する量子化手段と、

前記加算手段の出力と、前記加算手段の出力の前記量子化値との差分を演算することにより、前記量子化誤差を求める減算手段と

を有し、

前記加算手段が、前記画像の画素値と、前記演算手段の出力とを加算し、

前記量子化手段が、前記加算手段の出力を量子化し、前記量子化誤差を含む量子化値を、変調の結果として出力し、

前記減算手段が、前記加算手段の出力と、前記加算手段の出力の前記量子化値との差分を演算することにより、前記量子化誤差を求め、

前記演算手段が、前記量子化誤差をフィルタリングし、前記加算手段に出力する

ステップを含み、

前記演算手段によるフィルタリングのフィルタ係数は、人の視覚の空間周波数特性のうちの、前記変調が施された画像を表示する表示手段の解像度に対応する空間周波数以下の特性に基づき、前記変調手段によって行われるノイズシェーピングの振幅特性の

中域以上の特性が、人の視覚の空間周波数特性の逆の特性になるように決定され、

前記ノイズシェーピングの振幅特性は、前記表示手段が表示することができる画像の空間周波数の最高周波数までの周波数帯域の低域又は中域で負になり、高域で、Floydフィルタを用いた 変調によるノイズシェーピングの振幅特性よりも急峻に増加し、ゲイン1を超える

画像処理方法。

【請求項6】

画像に、 変調を施すことにより、前記画像の階調を変換する 変調手段として、コンピュータを機能させるためのプログラムであり、

前記 変調手段は、

量子化誤差をフィルタリングする演算手段と、

前記画像の画素値と、前記演算手段の出力とを加算する加算手段と、

前記加算手段の出力を量子化し、前記量子化誤差を含む量子化値を、 変調の結果として出力する量子化手段と、

前記加算手段の出力と、前記加算手段の出力の前記量子化値との差分を演算することにより、前記量子化誤差を求める減算手段と

を有し、

前記演算手段によるフィルタリングのフィルタ係数は、人の視覚の空間周波数特性のうちの、前記 変調が施された画像を表示する表示手段の解像度に対応する空間周波数以下の特性に基づき、前記 変調手段によって行われるノイズシェーピングの振幅特性の中域以上の特性が、人の視覚の空間周波数特性の逆の特性になるように決定され、

前記ノイズシェーピングの振幅特性は、前記表示手段が表示することができる画像の空間周波数の最高周波数までの周波数帯域の低域又は中域で負になり、高域で、Floydフィルタを用いた 変調によるノイズシェーピングの振幅特性よりも急峻に増加し、ゲイン1を超える

プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像処理装置、画像処理方法およびプログラムに関し、特に、例えば、階調変換後の画像の見た目の画質を向上させることができるようにする画像処理装置、画像処理方法およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、Nビットの画素値の画像（以下、Nビットの画像ともいう）を、Nビットよりも小さいMビットの画素値の画像を表示する表示装置で表示するには、Nビットの画像を、Mビットの画像に変換すること、つまり、画像の階調を変換する階調変換を行う必要がある。

【0003】

Nビットの画像を、Mビットの画像に階調変換する方法（階調変換方法）としては、例えば、Nビットの画素値の、下位N-Mビットを、単に切り捨てて、Mビットの画素値に量子化する方法がある。

【0004】

ここで、画像信号を表示装置に表示する際、その画像品質（画質）は画像信号の量子化によって大きな影響を受ける。画像信号の量子化とは、画像信号の各画素の画素値について一定の情報量で表現可能な値に近似することをいう。例えば、各画素の画素値が8ビットにより表現されている場合に、下位4ビットを切り捨てて、上位4ビットに量子化することにより、データ量を半減させることができる。

【0005】

図1、及び図2を参照して、Nビットの画素値の、下位N-Mビットを切り捨てて、Mビッ

10

20

30

40

50

トの画素値に量子化する階調変換方法について説明する。

【 0 0 0 6 】

図 1 は、グレースケールの 8 ビットの画像と、その画像のある水平ライン上の画素値とを示している。

【 0 0 0 7 】

図 1 A は、8 ビットのグレースケール画像の例を示している。垂直方向に対しては画素値が変わらないが、水平方向に対しては画素値が徐々に変化している。図 1 B は、図 1 A の画素値を示すグラフであり、横軸は水平方向の座標を表し、縦軸は各座標における画素値を表している。すなわち、この 8 ビットのグレースケール画像においては、水平方向について左から右に画素値のレベルが 1 0 0 から 2 0 0 に徐々に変化している。

10

【 0 0 0 8 】

図 2 は、図 1 の 8 ビットのグレースケール画像の、下位 4 ビットを切り捨てて 4 ビットに量子化した画像と、その画像のある水平ライン上の画素値とを示している。

【 0 0 0 9 】

図 2 A は、図 1 A の 8 ビットのグレースケール画像について、下位 4 ビットを切り捨てて、上位 4 ビットに量子化した画像の例を示している。この場合、画素値が急峻に変化する様子がグレースケール画像においてははっきり読み取れる状態になっている。図 2 B は、図 2 A の画素値を示すグラフであり、横軸は水平方向の座標を表し、縦軸は各座標における画素値を表している。この図 2 B のグラフからも、画素値が階段状に急峻に変化する様子がわかる。

20

【 0 0 1 0 】

ここで、8 ビットでは、 2^8 (= 256) 階調を表現することができるが、4 ビットでは、 2^4 (= 16) 階調しか表現することができない。このため、8 ビットのグレースケール画像の下位 4 ビットを切り捨てて上位 4 ビットに量子化する階調変換では、階調の変化が帯のように見えるバンディング(banding)が生じる。

【 0 0 1 1 】

このようなバンディングが生じるのを防止し、階調変換後の画像において、階調変換前の画像の階調を擬似的に表現する階調変換方法、すなわち、例えば、上述したように、256 階調の画像を階調変換して得られる 16 階調の画像において、人が画像を見たときに、視覚的に、16 階調で、256 階調を表現する方法として、例えば、誤差拡散法がある。

30

【 0 0 1 2 】

すなわち、下位ビットを単純に切り捨てただけでは、表示された画像において量子化誤差が目立ってしまい、画像品質を保つことが困難である。そこで、このような量子化誤差を、人間の視覚特性を考慮して、高域に変調する、画像の変調を行う方法が誤差拡散法として知られている。誤差拡散法では、量子化誤差をフィルタリングする 2 次元フィルタが用いられる。この 2 次元フィルタとしては、Jarvis, Judice & Nink のフィルタ(以下、Jarvis フィルタと称する。)や、Floyd & Steinberg のフィルタ(以下、Floyd フィルタと称する。)が知られている(例えば、非特許文献 1 参照。)

40

【 0 0 1 3 】

【非特許文献 1】貴家仁志著、「よくわかるデジタル画像処理」, 第 6 版, CQ 出版株式会社, 2000 年 1 月, p. 196 - 213

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 4 】

上述の Jarvis フィルタおよび Floyd フィルタは、表示装置等が十分な解像度を有する場合には量子化誤差を人間の視覚特性で知覚しにくい周波数帯域に変調することができる。しかしながら、表示装置等が十分な解像度を有していない場合、Jarvis フィルタや Floyd フィルタでは、量子化誤差を人間の視覚特性で知覚しにくい周波数

50

帯域に変調することが困難になる。

【 0 0 1 5 】

すなわち、図 3 は、人の視覚の空間周波数特性（視覚特性）と、J a r v i s フィルタおよび F l o y d フィルタのそれぞれを用いた 変調によるノイズシェーピングの特性（振幅特性）を示している。

【 0 0 1 6 】

ここで、図 3 において、特性 7 1 0 は、視覚特性を表す。また、特性 7 2 1 は、J a r v i s フィルタを用いたノイズシェーピングの特性を表し、特性 7 2 2 は、F l o y d フィルタを用いたノイズシェーピングの特性を表す。

【 0 0 1 7 】

人間の視覚特性を表現するためには、横軸に空間周波数 f [単位 : cpd (cycle/degree)]、縦軸にコントラスト感度を表すコントラスト感度曲線が用いられる。 cpd は、視野角に対する単位角度（視野角 1 度）あたりで表示できる縞の本数を表す。

例えば、 10cpd は、視野角 1 度の範囲に、白線と黒線のペアが 1 0 ペア見えることを意味し、 20cpd は、視野角 1 度の範囲に、白線と黒線のペアが 2 0 ペア見えることを意味する。

【 0 0 1 8 】

表示装置として例えば最高周波数が 120cpd 程度の解像度の高いプリンタを想定すると、図 3 A のように J a r v i s フィルタおよび F l o y d フィルタのいずれでも人間の視覚において知覚しにくい周波数帯域に量子化誤差を変調することができる。

【 0 0 1 9 】

しかしながら、表示装置として水平方向 1 9 2 0 画素 \times 垂直方向 1 0 8 0 画素の高精細ディスプレイを想定すると、視野角に対する単位角度あたりの最高周波数は約 30cpd となる。この場合、図 3 B のように J a r v i s フィルタや F l o y d フィルタでは、人間の視覚特性に対して十分感度が低い帯域に量子化誤差を変調することが困難となる。このような事態は、表示装置の解像度によってサンプリング周波数が決まってしまう一方で、人間の視覚特性は固有の値を有することに起因する。

【 0 0 2 0 】

以上のように、J a r v i s フィルタや F l o y d フィルタでは、人間の視覚特性に対して十分感度が低い帯域に量子化誤差を変調することが困難なことがあり、その結果、階調変換後の画像の見た目の画質が劣化することがある。

【 0 0 2 1 】

なお、人間の視覚特性に対して感度が低い帯域に量子化誤差を十分に变調させようとした場合、誤差拡散法に用いる 2 次元フィルタの出力が発散するハンチング現象 (hunting phenomena) を生じやすくなることがある。この場合、やはり、階調変換後の画像の見た目の画質が劣化することがある。

【 0 0 2 2 】

本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、階調変換後の画像の見た目の画質を向上させることができるようにするものである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 2 3 】

本発明の一側面の画像処理装置、又は、プログラムは、画像に、 変調を施すことにより、前記画像の階調を変換する 変調手段を備え、前記 変調手段は、量子化誤差をフィルタリングする演算手段と、前記画像の画素値と、前記演算手段の出力とを加算する加算手段と、前記加算手段の出力を量子化し、前記量子化誤差を含む量子化値を、変調の結果として出力する量子化手段と、前記加算手段の出力と、前記加算手段の出力の前記量子化値との差分を演算することにより、前記量子化誤差を求める減算手段とを有し、前記演算手段によるフィルタリングのフィルタ係数は、人の視覚の空間周波数特性のうちの、前記 変調が施された画像を表示する表示手段の解像度に対応する空間周波数以下の特性に基づき、前記 変調手段によって行われるノイズシェーピングの振幅特性の

10

20

30

40

50

中域以上の特性が、人の視覚の空間周波数特性の逆の特性になるように決定され、前記ノイズシェーピングの振幅特性は、前記表示手段が表示することができる画像の空間周波数の最高周波数までの周波数帯域の低域又は中域で負になり、高域で、Floydフィルタを用いた 変調によるノイズシェーピングの振幅特性よりも急峻に増加し、ゲイン1を超える画像処理装置、又は、画像処理装置として、コンピュータを機能させるためのプログラムである。

【0024】

本発明の一側面の画像処理方法は、画像に、 変調を施すことにより、前記画像の階調を変換する 変調手段を備える画像処理装置の前記 変調手段が、量子化誤差をフィルタリングする演算手段と、前記画像の画素値と、前記演算手段の出力とを加算する加算手段と、前記加算手段の出力を量子化し、前記量子化誤差を含む量子化値を、 変調の結果として出力する量子化手段と、前記加算手段の出力と、前記加算手段の出力の前記量子化値との差分を演算することにより、前記量子化誤差を求める減算手段とを有し、前記加算手段が、前記画像の画素値と、前記演算手段の出力とを加算し、前記量子化手段が、前記加算手段の出力を量子化し、前記量子化誤差を含む量子化値を、 変調の結果として出力し、前記減算手段が、前記加算手段の出力と、前記加算手段の出力の前記量子化値との差分を演算することにより、前記量子化誤差を求め、前記演算手段が、前記量子化誤差をフィルタリングし、前記加算手段に出力するステップを含み、前記演算手段によるフィルタリングのフィルタ係数は、人の視覚の空間周波数特性のうちの、前記 変調が施された画像を表示する表示手段の解像度に対応する空間周波数以下の特性に基づき、前記 変調手段によって行われるノイズシェーピングの振幅特性の中域以上の特性が、人の視覚の空間周波数特性の逆の特性になるように決定され、前記ノイズシェーピングの振幅特性は、前記表示手段が表示することができる画像の空間周波数の最高周波数までの周波数帯域の低域又は中域で負になり、高域で、Floydフィルタを用いた 変調によるノイズシェーピングの振幅特性よりも急峻に増加し、ゲイン1を超える画像処理方法である。

【0025】

以上のような一側面においては、前記加算手段が、前記画像の画素値と、前記演算手段の出力とを加算し、前記量子化手段が、前記加算手段の出力を量子化し、前記量子化誤差を含む量子化値を、 変調の結果として出力する。そして、前記減算手段が、前記加算手段の出力と、前記加算手段の出力の前記量子化値との差分を演算することにより、前記量子化誤差を求め、前記演算手段が、前記量子化誤差をフィルタリングし、前記加算手段に出力する。この場合において、前記演算手段によるフィルタリングのフィルタ係数は、人の視覚の空間周波数特性のうちの、前記 変調が施された画像を表示する表示手段の解像度に対応する空間周波数以下の特性に基づき、前記 変調手段によって行われるノイズシェーピングの振幅特性の中域以上の特性が、人の視覚の空間周波数特性の逆の特性になるように決定される。また、前記ノイズシェーピングの振幅特性は、前記表示手段が表示することができる画像の空間周波数の最高周波数までの周波数帯域の低域又は中域で負になり、高域で、Floydフィルタを用いた 変調によるノイズシェーピングの振幅特性よりも急峻に増加し、ゲイン1を超える。

【0029】

なお、画像処理装置は、独立した装置であっても良いし、1つの装置を構成している内部ブロックであっても良い。

【0030】

また、プログラムは、伝送媒体を介して伝送することにより、又は、記録媒体に記録して、提供することができる。

【発明の効果】

【0031】

本発明の一側面によれば、階調変換後の画像の見た目の画質を向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】**【0032】**

次に本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0033】

[画像処理装置の全体構成例]

図4は、本発明の実施の形態における画像処理装置の一構成例を示す図である。

【0034】

この画像処理装置は、信号線101から2次元画像信号を入力信号 $IN(x, y)$ として入力して、信号線209から出力信号 $OUT(x, y)$ を出力する階調変換装置であり、安定化器100および階調変調器200を備える。

10

【0035】

階調変調器200は、変調器を構成しており、量子化誤差（量子化ノイズ）を高周波領域に変調するノイズシェーピング効果を有する。本発明の実施の形態では、視野角に対する単位角度あたりの最高周波数が30cps程度の場合でも人間の目に知覚されにくい帯域に量子化誤差を十分に変調するように、変調器のノイズシェーピングの特性が決定される。このため、変調器が発散するハンチング現象が生じることがある。このハンチング現象は、同じデータが連続して入力された時に起こりやすい現象であるため、画像処理装置に、安定化器100を設けて、同じデータが連続した場合には変調器が発散しないような微小なノイズを付加することによりハンチング現象を回避する。

【0036】

20

安定化器100は、固定値検出部110と、ランダムノイズ発生部120と、スイッチ130と、加算器140とを備える。また、階調変調器200は、量子化部210と、逆量子化部220と、減算器230と、フィードバック演算部240と、加算器250とを備える。安定化器100の出力は修正信号 $F(x, y)$ として信号線109に出力され、階調変調器200に入力される。

【0037】

固定値検出部110は、入力信号 $IN(x, y)$ に対して、過去の修正信号 $F(x, y)$ と同じデータを有するものであるか否かを比較して、同じデータが固定値として連続して入力されていることを検出するものである。ここで、入力信号 $IN(x, y)$ は、階調変換の対象の画像の位置 (x, y) の画素の画素値である。

30

【0038】

ランダムノイズ発生部120は、ランダムノイズを発生するものである。このランダムノイズのノイズレベルは、階調変調器200のフィードバック演算部240のフィルタ係数に依存する。

【0039】

スイッチ130は、固定値検出部110によりオン/オフ制御されるスイッチである。スイッチ130は、固定値検出部110において固定値が検出された場合にランダムノイズ発生部120によって発生されたランダムノイズを加算器140に供給し、それ以外の場合には加算器140にランダムノイズを供給しない。

【0040】

40

加算器140は、入力信号 $IN(x, y)$ とスイッチ130の出力を加算する加算器である。加算器140は、スイッチ130からランダムノイズが供給されている場合には入力信号 $IN(x, y)$ に対してランダムノイズを加えて修正信号 $F(x, y)$ として出力する。また、加算器140は、スイッチ130からランダムノイズが供給されていない場合には入力信号 $IN(x, y)$ をそのまま修正信号 $F(x, y)$ として出力する。

【0041】

量子化部210は、加算器250の出力を量子化する量子化器である。この量子化部210は、例えば加算器250から12ビット幅のデータが入力され、階調変換後の画像を表示する図示せぬ表示装置が8ビットの画像を表示する場合、下位4ビットを切り捨てて、上位8ビットを出力信号 $OUT(x, y)$ として出力する。ここで、出力信号 $OUT(x, y)$

50

は、階調変換後の画像の位置(x,y)の画素の画素値である。

【 0 0 4 2 】

逆量子化部 2 2 0 は、量子化部 2 1 0 によって量子化された出力信号 O U T (x , y) を逆量子化する逆量子化器である。この逆量子化部 2 2 0 は、例えば量子化された出力信号 O U T (x , y) が 8 ビット幅である場合、下位 4 ビットに「 0 0 0 0 」を埋め込んで (padding)、入力信号 I N (x , y) と同様の 1 2 ビット幅データを出力する。

【 0 0 4 3 】

減算器 2 3 0 は、加算器 2 5 0 の出力と逆量子化部 2 2 0 の出力との差分を算出する減算器である。この減算器 2 3 0 は、加算器 2 5 0 の出力から逆量子化部 2 2 0 の出力を減算することにより、量子化部 2 1 0 において切り捨てられた量子化誤差 Q (x , y) を信号線 2 3 9 に出力する。

10

【 0 0 4 4 】

フィードバック演算部 2 4 0 は、減算器 2 3 0 から出力された過去の量子化誤差 Q (x , y) をフィルタリングする、例えば、2 次元フィルタであり、例えば、FIR (Finite Impulse Response) フィルタで構成することができる。

【 0 0 4 5 】

すなわち、フィードバック演算部 2 4 0 は、減算器 2 3 0 から出力された過去の量子化誤差 Q (x , y) に対して、例えば、予め定められたフィルタ係数を乗じてそれらを加算するものである。このフィードバック演算部 2 4 0 による積和演算によって算出された値つまり、量子化誤差のフィルタリングの結果は、フィードバック値として加算器 2 5 0 に供給される。

20

【 0 0 4 6 】

加算器 2 5 0 は、階調変調器 2 0 0 に入力された修正信号 F (x , y) に対して、フィードバック演算部 2 4 0 によって算出されたフィードバック値をフィードバックするための加算器である。この加算器 2 5 0 は、階調変調器 2 0 0 に入力された修正信号 F (x , y) と、フィードバック演算部 2 4 0 によって算出されたフィードバック値とを加算して、その結果を量子化部 2 1 0 および減算器 2 3 0 に出力する。

【 0 0 4 7 】

この画像処理装置において、階調変調器 2 0 0 への入力である修正信号 F (x , y) と、階調変調器 2 0 0 からの出力である出力信号 O U T (x , y) とは、以下の式で表される入出力関係を有する。

30

【 0 0 4 8 】

$$O U T (x , y) = F (x , y) - (1 - G) \times Q (x , y) \\ \cdot \cdot \cdot (1)$$

【 0 0 4 9 】

なお、式 (1) において、G は、フィードバック演算部 2 4 0 である 2 次元フィルタの伝達関数を表す。

【 0 0 5 0 】

式 (1) によれば、量子化誤差 Q (x , y) は、伝達関数 (1 - G) のノイズシェーピングにより、高域に変調される。

40

【 0 0 5 1 】

[画像処理装置による画素の処理順序]

図 5 は、本発明の実施の形態における画像信号の各画素の処理順序を示す図である。

【 0 0 5 2 】

ここでは、画像信号の各画素の位置 (座標) を、左上の画素 (の中心) を基準座標 (原点) (0 , 0) とし、かつ、横軸を x 軸とするとともに、縦軸を y 軸とする 2 次元座標系によって表す。なお、隣接する画素どうしの距離は、1 であることとする。

【 0 0 5 3 】

図 4 の画像処理装置は、同図の矢印のように、左から右、上から下へラスタスキャン順に、階調変換前の画像を構成する画素を、処理の対象である注目画素として注目し、処理

50

を行う。すなわち、画像処理装置には、入力信号 $IN(0, 0)$ 、 $IN(1, 0)$ 、 $IN(2, 0)$ 、 \dots 、 $IN(0, 1)$ 、 $IN(1, 1)$ 、 $IN(2, 1)$ 、 \dots が、その順に入力される。

【0054】

また、固定値検出部 110 やフィードバック演算部 240 では、他の画素を参照する際の所定の領域として、このラスタスキャンの順序が考慮される。例えば、固定値検出部 110 において入力信号 $IN(x, y)$ の固定値を検出する際には、点線で囲まれた領域の 12 個の修正信号 $F(x-2, y-2)$ 、 $F(x-1, y-2)$ 、 $F(x, y-2)$ 、 $F(x+1, y-2)$ 、 $F(x+2, y-2)$ 、 $F(x-2, y-1)$ 、 $F(x-1, y-1)$ 、 $F(x, y-1)$ 、 $F(x+1, y-1)$ 、 $F(x+2, y-1)$ 、 $F(x-2, y)$ および $F(x-1, y)$ 、すなわち過去の修正信号が参照される。同様に、フィードバック演算部 240 において修正信号 $F(x, y)$ に対応するフィードバック値を算出する際には、点線で囲まれた領域の 12 個の量子化誤差 $Q(x-2, y-2)$ 、 $Q(x-1, y-2)$ 、 $Q(x, y-2)$ 、 $Q(x+1, y-2)$ 、 $Q(x+2, y-2)$ 、 $Q(x-2, y-1)$ 、 $Q(x-1, y-1)$ 、 $Q(x, y-1)$ 、 $Q(x+1, y-1)$ 、 $Q(x+2, y-1)$ 、 $Q(x-2, y)$ および $Q(x-1, y)$ 、すなわち過去の量子化誤差が参照される。

10

【0055】

なお、階調変換前の画像が、輝度信号 Y 、色差信号 Cb および Cr 等からなるカラー画像信号の場合、各信号に対して階調変換処理が行われる。すなわち、輝度信号 Y は単独で階調変換処理が行われ、色差信号 Cb および Cr についても、それぞれ単独で階調変換処理が行われる。

20

【0056】

[固定値検出部 110 の構成例]

図 6 は、図 4 の固定値検出部 110 の一構成例を示す図である。

【0057】

この固定値検出部 110 は、修正画素値供給部 111 と、比較器 1161 乃至 1172 と、論理積演算器 118 とを備えている。

【0058】

修正画素値供給部 111 は、修正信号 $F(x, y)$ の過去の画素値を供給するものである。この例では、12 個の修正信号 $F(x-2, y-2)$ 、 $F(x-1, y-2)$ 、 $F(x, y-2)$ 、 $F(x+1, y-2)$ 、 $F(x+2, y-2)$ 、 $F(x-2, y-1)$ 、 $F(x-1, y-1)$ 、 $F(x, y-1)$ 、 $F(x+1, y-1)$ 、 $F(x+2, y-1)$ 、 $F(x-2, y)$ および $F(x-1, y)$ が供給されることを想定する。

30

【0059】

比較器 1161 乃至 1172 は、修正画素値供給部 111 から供給される修正信号 F の画素値のそれぞれと、入力信号 $IN(x, y)$ とを比較して両者の一致を検出するものである。

【0060】

論理積演算器 118 は、比較器 1161 乃至 1172 の出力の論理積を生成する AND ゲートである。すなわち、この論理積演算器 118 は、比較器 1161 乃至 1172 の全において一致が検出された場合には真値「1」を、何れかにおいて一致が検出されなかった場合には偽値「0」を、信号線 119 に出力する。

40

【0061】

[修正画素値供給部 111 の構成例]

図 7 は、図 6 の修正画素値供給部 111 の一構成例を示す図である。

【0062】

この修正画素値供給部 111 は、メモリ 1111 と、ライト部 1114 と、リード部 1115 および 1116 と、遅延素子 1121 乃至 1132 とを備える。

【0063】

50

メモリ 1 1 1 1 は、ラインメモリ # 0 (1 1 1 2) および # 1 (1 1 1 3) を備える。ラインメモリ # 0 (1 1 1 2) は、垂直方向 $Y = (y - 2)$ のラインの修正信号 F を保持するメモリである。ラインメモリ # 1 (1 1 1 3) は、垂直方向 $Y = (y - 1)$ のラインの修正信号 F を保持するメモリである。

【 0 0 6 4 】

ライト部 1 1 1 4 は、メモリ 1 1 1 1 に修正信号 $F(x, y)$ を書き込むものである。リード部 1 1 1 5 は、ラインメモリ # 0 (1 1 1 2) から垂直方向 $Y = (y - 2)$ のラインの修正信号 F を 1 つずつ読み出すものである。リード部 1 1 1 5 の出力である修正信号 $F(x + 2, y - 2)$ は、遅延素子 1 1 2 4 に入力されるとともに、信号線 1 1 4 5 を介して比較器 1 1 6 5 の一方の入力として供給される。また、リード部 1 1 1 6 は、ラインメモリ # 1 (1 1 1 3) から垂直方向 $Y = (y - 1)$ のラインの修正信号 F を 1 つずつ読み出すものである。リード部 1 1 1 6 の出力である修正信号 $F(x + 2, y - 1)$ は、遅延素子 1 1 2 9 に入力されるとともに、信号線 1 1 5 0 を介して比較器 1 1 7 0 の一方の入力として供給される。

【 0 0 6 5 】

遅延素子 1 1 2 1 乃至 1 1 2 4 は、リード部 1 1 1 5 の出力を遅延させるシフトレジスタを構成する。すなわち、遅延素子 1 1 2 4 の出力である修正信号 $F(x + 1, y - 2)$ は、遅延素子 1 1 2 3 に入力されるとともに、信号線 1 1 4 4 を介して比較器 1 1 6 4 の一方の入力として供給される。また、遅延素子 1 1 2 3 の出力である修正信号 $F(x, y - 2)$ は、遅延素子 1 1 2 2 に入力されるとともに、信号線 1 1 4 3 を介して比較器 1 1 6 3 の一方の入力として供給される。また、遅延素子 1 1 2 2 の出力である修正信号 $F(x - 1, y - 2)$ は、遅延素子 1 1 2 1 に入力されるとともに、信号線 1 1 4 2 を介して比較器 1 1 6 2 の一方の入力として供給される。また、遅延素子 1 1 2 1 の出力である修正信号 $F(x - 2, y - 2)$ は、信号線 1 1 4 1 を介して比較器 1 1 6 1 の一方の入力として供給される。

【 0 0 6 6 】

遅延素子 1 1 2 6 乃至 1 1 2 9 は、リード部 1 1 1 6 の出力を遅延させるシフトレジスタを構成する。すなわち、遅延素子 1 1 2 9 の出力である修正信号 $F(x + 1, y - 1)$ は、遅延素子 1 1 2 8 に入力されるとともに、信号線 1 1 4 9 を介して比較器 1 1 6 9 の一方の入力として供給される。また、遅延素子 1 1 2 8 の出力である修正信号 $F(x, y - 1)$ は、遅延素子 1 1 2 7 に入力されるとともに、信号線 1 1 4 8 を介して比較器 1 1 6 8 の一方の入力として供給される。また、遅延素子 1 1 2 7 の出力である修正信号 $F(x - 1, y - 1)$ は、遅延素子 1 1 2 6 に入力されるとともに、信号線 1 1 4 7 を介して比較器 1 1 6 7 の一方の入力として供給される。また、遅延素子 1 1 2 6 の出力である修正信号 $F(x - 2, y - 1)$ は、信号線 1 1 4 6 を介して比較器 1 1 6 6 の一方の入力として供給される。

【 0 0 6 7 】

遅延素子 1 1 3 1 および 1 1 3 2 は、修正信号 $F(x, y)$ を遅延させるシフトレジスタを構成する。すなわち、遅延素子 1 1 3 2 の出力である修正信号 $F(x - 1, y)$ は、遅延素子 1 1 3 1 に入力されるとともに、信号線 1 1 5 2 を介して比較器 1 1 7 2 の一方の入力として供給される。また、遅延素子 1 1 3 1 の出力である修正信号 $F(x - 2, y)$ は、信号線 1 1 5 1 を介して比較器 1 1 7 1 の一方の入力として供給される。

【 0 0 6 8 】

信号線 1 0 9 の修正信号 $F(x, y)$ は、ラインメモリ # 0 (1 1 1 2) のアドレス x に格納される。ラスタスキャンの順番で 1 ライン分の処理が終了すると、ラインメモリ # 0 (1 1 1 2) とラインメモリ # 1 (1 1 1 3) を交換することにより、ラインメモリ # 0 (1 1 1 2) に格納される修正信号は垂直方向 $Y = (y - 2)$ のラインに対応し、ラインメモリ # 1 (1 1 1 3) に格納される修正信号は垂直方向 $Y = (y - 1)$ のラインに対応するようになる。

【 0 0 6 9 】

10

20

30

40

50

〔フィードバック演算部 240 の構成例〕

図 8 は、図 4 のフィードバック演算部 240 の一構成例を示す図である。

【0070】

このフィードバック演算部 240 は、量子化誤差供給部 241 と、乗算器 2461 乃至 2472 と、加算器 248 とを備え、FIRフィルタを構成している。

【0071】

量子化誤差供給部 241 は、量子化誤差 $Q(x, y)$ の過去の値を供給するものである。この例では、12 個の量子化誤差 $Q(x-2, y-2)$ 、 $Q(x-1, y-2)$ 、 $Q(x, y-2)$ 、 $Q(x+1, y-2)$ 、 $Q(x+2, y-2)$ 、 $Q(x-2, y-1)$ 、 $Q(x-1, y-1)$ 、 $Q(x, y-1)$ 、 $Q(x+1, y-1)$ 、 $Q(x+2, y-1)$ 、 $Q(x-2, y)$ および $Q(x-1, y)$ が供給されることを想定する。

10

【0072】

乗算器 2461 乃至 2472 は、量子化誤差供給部 241 から供給される量子化誤差 Q と、フィルタ係数 g との乗算を行う乗算器である。この例では、12 個のフィルタ係数を想定し、乗算器 2461 は量子化誤差 $Q(x-2, y-2)$ とフィルタ係数 $g(1, 1)$ の乗算を、乗算器 2462 は量子化誤差 $Q(x-1, y-2)$ とフィルタ係数 $g(2, 1)$ の乗算を、乗算器 2463 は量子化誤差 $Q(x, y-2)$ とフィルタ係数 $g(3, 1)$ の乗算を、乗算器 2464 は量子化誤差 $Q(x+1, y-2)$ とフィルタ係数 $g(4, 1)$ の乗算を、乗算器 2465 は量子化誤差 $Q(x+2, y-2)$ とフィルタ係数 $g(5, 1)$ の乗算を、乗算器 2466 は量子化誤差 $Q(x-2, y-1)$ とフィルタ係数 $g(1, 2)$ の乗算を、乗算器 2467 は量子化誤差 $Q(x-1, y-1)$ とフィルタ係数 $g(2, 2)$ の乗算を、乗算器 2468 は量子化誤差 $Q(x, y-1)$ とフィルタ係数 $g(3, 2)$ の乗算を、乗算器 2469 は量子化誤差 $Q(x+1, y-1)$ とフィルタ係数 $g(4, 2)$ の乗算を、乗算器 2470 は量子化誤差 $Q(x+2, y-1)$ とフィルタ係数 $g(5, 2)$ の乗算を、乗算器 2471 は量子化誤差 $Q(x-2, y)$ とフィルタ係数 $g(1, 3)$ の乗算を、乗算器 2472 は量子化誤差 $Q(x-1, y)$ とフィルタ係数 $g(2, 3)$ の乗算を、それぞれ行う。

20

【0073】

加算器 248 は、乗算器 2461 乃至 2472 の出力を加算する加算器である。この加算器 248 による加算結果は、信号線 249 を介して加算器 250 の一方の入力にフィードバック値として供給される。

30

【0074】

〔量子化誤差供給部 241 の構成例〕

図 9 は、図 8 の量子化誤差供給部 241 の一構成例を示す図である。

【0075】

この量子化誤差供給部 241 は、メモリ 2411 と、ライト部 2414 と、リード部 2415 および 2416 と、遅延素子 2421 乃至 2432 とを備える。

【0076】

メモリ 2411 は、ラインメモリ #0 (2412) および #1 (2413) を備える。ラインメモリ #0 (2412) は、垂直方向 $Y = (y-2)$ のラインの量子化誤差 Q を保持するメモリである。ラインメモリ #1 (2413) は、垂直方向 $Y = (y-1)$ のラインの量子化誤差 Q を保持するメモリである。

40

【0077】

ライト部 2414 は、メモリ 2411 に量子化誤差 $Q(x, y)$ を書き込むものである。リード部 2415 は、ラインメモリ #0 (2412) から垂直方向 $Y = (y-2)$ のラインの量子化誤差 Q を 1 つずつ読み出すものである。リード部 2415 の出力である量子化誤差 $Q(x+2, y-2)$ は、遅延素子 2424 に入力されるとともに、信号線 2445 を介して乗算器 2465 の一方の入力として供給される。また、リード部 2416 は、ラインメモリ #1 (2413) から垂直方向 $Y = (y-1)$ のラインの量子化誤差 Q を 1 つずつ読み出すものである。リード部 2416 の出力である量子化誤差 $Q(x+2, y-$

50

1) は、遅延素子 2 4 2 9 に入力されるとともに、信号線 2 4 5 0 を介して乗算器 2 4 7 0 の一方の入力として供給される。

【 0 0 7 8 】

遅延素子 2 4 2 1 乃至 2 4 2 4 は、リード部 2 4 1 5 の出力を遅延させるシフトレジスタを構成する。すなわち、遅延素子 2 4 2 4 の出力である量子化誤差 $Q(x+1, y-2)$ は、遅延素子 2 4 2 3 に入力されるとともに、信号線 2 4 4 4 を介して乗算器 2 4 6 4 の一方の入力として供給される。また、遅延素子 2 4 2 3 の出力である量子化誤差 $Q(x, y-2)$ は、遅延素子 2 4 2 2 に入力されるとともに、信号線 2 4 4 3 を介して乗算器 2 4 6 3 の一方の入力として供給される。また、遅延素子 2 4 2 2 の出力である量子化誤差 $Q(x-1, y-2)$ は、遅延素子 2 4 2 1 に入力されるとともに、信号線 2 4 4 2 を介して乗算器 2 4 6 2 の一方の入力として供給される。また、遅延素子 2 4 2 1 の出力である量子化誤差 $Q(x-2, y-2)$ は、信号線 2 4 4 1 を介して乗算器 2 4 6 1 の一方の入力として供給される。

10

【 0 0 7 9 】

遅延素子 2 4 2 6 乃至 2 4 2 9 は、リード部 2 4 1 6 の出力を遅延させるシフトレジスタを構成する。すなわち、遅延素子 2 4 2 9 の出力である量子化誤差 $Q(x+1, y-1)$ は、遅延素子 2 4 2 8 に入力されるとともに、信号線 2 4 4 9 を介して乗算器 2 4 6 9 の一方の入力として供給される。また、遅延素子 2 4 2 8 の出力である量子化誤差 $Q(x, y-1)$ は、遅延素子 2 4 2 7 に入力されるとともに、信号線 2 4 4 8 を介して乗算器 2 4 6 8 の一方の入力として供給される。また、遅延素子 2 4 2 7 の出力である量子化誤差 $Q(x-1, y-1)$ は、遅延素子 2 4 2 6 に入力されるとともに、信号線 2 4 4 7 を介して乗算器 2 4 6 7 の一方の入力として供給される。また、遅延素子 2 4 2 6 の出力である量子化誤差 $Q(x-2, y-1)$ は、信号線 2 4 4 6 を介して乗算器 2 4 6 6 の一方の入力として供給される。

20

【 0 0 8 0 】

遅延素子 2 4 3 1 および 2 4 3 2 は、量子化誤差 $Q(x, y)$ を遅延させるシフトレジスタを構成する。すなわち、遅延素子 2 4 3 2 の出力である量子化誤差 $Q(x-1, y)$ は、遅延素子 2 4 3 1 に入力されるとともに、信号線 2 4 5 2 を介して乗算器 2 4 7 2 の一方の入力として供給される。また、遅延素子 2 4 3 1 の出力である量子化誤差 $Q(x-2, y)$ は、信号線 2 4 5 1 を介して比較器 2 4 7 1 の一方の入力として供給される。

30

【 0 0 8 1 】

信号線 2 3 9 の量子化誤差 $Q(x, y)$ は、ラインメモリ # 0 (2 4 1 2) のアドレス x に格納される。ラストスキャンの順番で 1 ライン分の処理が終了すると、ラインメモリ # 0 (2 4 1 2) とラインメモリ # 1 (2 4 1 3) を交換することにより、ラインメモリ # 0 (2 4 1 2) に格納される量子化誤差は垂直方向 $Y = (y-2)$ のラインに対応し、ラインメモリ # 1 (2 4 1 3) に格納される量子化誤差は垂直方向 $Y = (y-1)$ のラインに対応するようになる。

【 0 0 8 2 】

[階調変調器 2 0 0 のノイズシェーピングの特性、及びフィードバック演算部 2 4 0 によるフィルタリングのフィルタ係数]

40

図 1 0 は、人間の視覚特性、および階調変換後の画像を表示する表示装置が表示することができる画像の空間周波数の最高周波数を 3 0 c p d とした場合の、図 4 の階調変調器 2 0 0 の 変調によるノイズシェーピングの振幅特性を示す図である。

【 0 0 8 3 】

横軸は空間周波数 $f [c p d]$ を表しており、人間の視覚特性 7 1 0 については縦軸がコントラスト感度を表し、ノイズシェーピングの振幅特性 7 2 1、7 2 2 および 7 3 0 については縦軸がゲインを表している。

【 0 0 8 4 】

なお、振幅特性 7 2 1 と 7 2 2 は、それぞれ、図 3 と同様に、J a r v i s フィルタを用いたノイズシェーピングの振幅特性と、F l o y d フィルタを用いたノイズシェーピング

50

グの振幅特性を表す。また、振幅特性 730 は、2 次元フィルタとしてのフィードバック演算部 240 を用いたノイズシェーピングの振幅特性を表す。

【0085】

図 10 では、人間の視覚特性 710 は、空間周波数 f が 7 cpd 付近でピーク値となり、60 cpd 付近まで減衰していく。これに対し、図 4 の階調変調器 200 によるノイズシェーピングの振幅特性 730 は、空間周波数 f が 12 cpd 付近までマイナス方向に減衰し、その後急峻に立ち上がる曲線となっている。すなわち、振幅特性 730 は、表示装置が表示することができる画像の空間周波数の最高周波数の略 3 分の 2 までの低域成分の量子化誤差を減少させるようになっており、人間の視覚特性 710 に対して十分感度が低い帯域に量子化誤差を変調している。

10

【0086】

なお、従来の Jarvis フィルタおよび Floyd フィルタでは、振幅特性 721 および 722 から、人間の視覚特性 710 に対して十分感度が低い帯域に量子化誤差を変調しきれていないことがわかる。

【0087】

図 4 の階調変調器 200 を構成するフィードバック演算部 240 によるフィルタリングのフィルタ係数は、階調変調器 200 の変調によるノイズシェーピングの振幅特性が、図 10 の振幅特性 730 となるように決定される。

【0088】

すなわち、図 4 の画像処理装置による階調変換後の画像は、図示せぬ表示装置で表示される。したがって、表示装置に表示される画像の画質を向上させる観点からは、人の視覚の空間周波数特性（視覚特性）については、表示装置で表示される画像の最高の空間周波数までを考慮すればよい。

20

【0089】

そこで、フィードバック演算部 240 によるフィルタリングのフィルタ係数は、人の視覚の空間周波数特性（視覚特性）のうちの、表示装置の解像度に対応する空間周波数以下の特性に基づいて決定される。

【0090】

具体的には、表示装置で表示される画像の最高の空間周波数は、表示装置の解像度と、表示装置に表示された画像を視聴するときの、視聴者から表示装置までの距離（以下、視聴距離ともいう）とから、cpd を単位とする空間周波数で得ることができる。

30

【0091】

なお、表示装置の垂直方向（縦）の長さを H インチと表すこととすると、視聴距離としては、例えば、 $2.5H$ ないし $3.0H$ 程度が採用される。

【0092】

例えば、表示装置が、いわゆるフル HD (High Definition) の画像を表示する横 \times 縦が 1920×1080 画素の 40 インチのサイズを有する場合、表示装置で表示される画像の最高の空間周波数は、30cpd となる。

【0093】

ここで、表示装置で表示される画像の最高の空間周波数は、表示装置の解像度によって決まるので、以下、適宜、解像度に対応する空間周波数ともいう。

40

【0094】

図 10 では、表示装置の解像度に対応する空間周波数以下の視覚特性 710 が示されている。

【0095】

すなわち、図 10 では、表示装置の解像度に対応する空間周波数が、例えば、30cpd であるとして、30cpd 以下の視覚特性 730 が示されている。

【0096】

フィードバック演算部 240 によるフィルタリングのフィルタ係数は、図 10 の視覚特性 710 に基づき、表示装置の解像度に対応する空間周波数以下の周波数帯域において、

50

階調変調器 200 によるノイズシェーピングの中域以上の特性が、図 10 の視覚特性 710 の逆の特性になるように決定される。

【0097】

図 10 の振幅特性 730 は、そのようにしてフィルタ係数が決定されたノイズシェーピングの振幅特性を示している。

【0098】

図 10 の振幅特性 730、すなわち、階調変調器 200 によるノイズシェーピングの振幅特性 730 は、表示装置の解像度に対応する空間周波数である 30cpd において、利得が最大になり、さらに、(0cpd から) 表示装置の解像度に対応する空間周波数までの周波数帯域のうちの、中域以上の特性が、図 10 の視覚特性 710 の逆の特性(以下、適宜、逆特性ともいう)、いわば、HPF (High Pass Filter) の特性になっている。

10

【0099】

さらに、階調変調器 200 によるノイズシェーピングの振幅特性 730 は、高域で、Floyd フィルタを用いたノイズシェーピングの振幅特性 722 よりも急峻に増加する。

【0100】

したがって、図 10 の振幅特性 730 を有するノイズシェーピングによれば、階調変換後の画像の画素値(出力信号) $OUT(x,y)$ に含まれる量子化誤差のうちの、人の視覚の感度が低い、より高域の周波数成分は大となり、人の視覚の感度が高い 7cpd 付近を含む中域の周波数成分は小となる。

【0101】

20

その結果、階調変換後の画像に、ノイズとしての量子化誤差が視認されることを防止して、見た目の画質を向上させることができる。

【0102】

なお、ノイズシェーピングの中域以上の振幅特性は、人の視覚の逆特性に、完全に一致している必要はない。すなわち、ノイズシェーピングの中域以上の振幅特性は、人の視覚の逆特性に類似していればよい。

【0103】

また、ノイズシェーピングの振幅特性は、その全体を、視覚特性 710 の逆の特性とすることができる。

【0104】

30

すなわち、図 10 の視覚特性 710 によれば、人の視覚の感度が低い周波数成分としては、高域の周波数成分の他に、低域の周波数成分があり、ノイズシェーピングの振幅特性としては、高域と低域の周波数成分を通過させるような、いわゆるバンドパスフィルタの特性を採用することができる。

【0105】

但し、ノイズシェーピングの振幅特性として、バンドパスフィルタの特性を採用する場合には、ノイズシェーピングの振幅特性のタップ数が多くなり、装置が大規模化、高コスト化する。

【0106】

したがって、装置の規模、及びコストの観点等からは、ノイズシェーピングの振幅特性としては、図 10 に示した、中域以上の振幅特性が、人の視覚の逆特性の HPF の特性を採用することが望ましい。

40

【0107】

なお、図 10 において、階調変調器 200 によるノイズシェーピングの振幅特性 730 は、高域で、ゲイン 1 を大きく超えているが、これは、Jarvis フィルタや Floyd フィルタを用いる場合よりも、高域の量子化誤差を、大きく増幅していることを表す。

【0108】

また、図 10 では、階調変調器 200 によるノイズシェーピングの振幅特性 730 は、低域から中域にかけて、ゲインが負になっているが、これにより、フィードバック演算部 240 を、少ないタップ数の 2 次元フィルタで構成することができる。

50

【 0 1 0 9 】

すなわち、例えば、階調変調器 2 0 0 によるノイズシェーピングの振幅特性 7 3 0 として、低域及び中域のゲインが 0 で、高域だけ、ゲインが急峻に増加する振幅特性を実現するには、フィードバック演算部 2 4 0 を、多くのタップ数の 2 次元フィルタで構成する必要がある。

【 0 1 1 0 】

これに対して、階調変調器 2 0 0 によるノイズシェーピングの振幅特性 7 3 0 を、低域又は中域で、ゲインが負になるようにした場合には、少ないタップ数の 2 次元フィルタ、すなわち、例えば、図 8 に示した 12 タップの 2 次元フィルタ (12 個のフィルタ係数 $g(1,1)$, $g(2,1)$, $g(3,1)$, $g(4,1)$, $g(5,1)$, $g(1,2)$, $g(2,2)$, $g(3,2)$, $g(4,2)$, $g(5,2)$, $g(1,3)$, $g(2,3)$ のフィルタ) によって、高域のゲインを、Floyd フィルタを用いる場合よりも急峻に増加させることができる。

10

【 0 1 1 1 】

したがって、階調変調器 2 0 0 を小型に構成することができる。

【 0 1 1 2 】

[階調変換後の画像の説明]

図 1 1 は、図 4 の画像処理装置による階調変換後の画像の一例を示す図である。

【 0 1 1 3 】

図 1 1 A は、図 4 の画像処理装置によって、図 1 A の 8 ビットのグレースケール画像を、4 ビットの画像に階調変換した階調変換後の画像の例を示している。この例から、4 ビットの 1 6 階調により図 1 A と視覚的に同等の階調を表現できていることがわかる。

20

【 0 1 1 4 】

図 1 1 B は、図 1 1 A の画素値を示すグラフであり、横軸は水平方向の座標を表し、縦軸は各座標における画素値を表している。この例では、4 ビットに量子化されているため、図 2 B のグラフに近い階段形状を有しているが、画素値が遷移する部分はドット密度で表現されていることがわかる。

【 0 1 1 5 】

すなわち、8 ビットによれば、2 5 6 階調を表現することができるのに対して、4 ビットでは、1 6 階調しか表現することができない。しかしながら、階調変換後の 4 ビットの画像では、画素値が、ある量子化値 Q となる画素と、その量子化値 Q より 1 だけ大の量子化値 $Q+1$ (又は、1 だけ小の量子化値 $Q-1$) となる画素との粗密がある粗密領域、つまり、画素値が量子化値 Q の画素の割合が多い領域や、画素値が量子化値 $Q+1$ の画素が多い領域 (画素値が量子化値 $Q+1$ の画素の割合が少ない領域や、画素値が量子化値 Q の画素が少ない領域) が生じており、その粗密領域の画素値が、人の視覚の積分効果によって、滑らかに変化しているように見える。

30

【 0 1 1 6 】

その結果、4 ビットでは、1 6 階調しか表現できないのにもかかわらず、階調変換後の 4 ビットの画像では、階調変換前の 8 ビットの画像であるかのように、擬似的に、2 5 6 階調を表現することができる。

【 0 1 1 7 】

[画像処理装置の動作]

次に、図 4 の画像処理装置の動作について図面を参照して説明する。

40

【 0 1 1 8 】

図 1 2 は、図 4 の画像処理装置の動作 (画像処理方法) を説明するフローチャートである。

【 0 1 1 9 】

本発明の実施の形態では、図 5 により説明したように、画像信号の左から右、上から下の方向に各画素について処理を行う (ステップ S 9 1 1)。

【 0 1 2 0 】

すなわち、ステップ S 9 1 1 において、画像処理装置は、そこにラスタスキャン順に供

50

給される画素のうちの、ラストスキャン順で、まだ、注目画素としていない画素の1つを、注目画素として、安定化器100に供給して、処理は、ステップS912に進む。

【0121】

画像処理装置の全体の処理は、安定化器100による安定化処理（ステップS912）と、階調変調器200による階調変調処理（ステップS913）に大別される。これらの処理は1画素ずつ行われ、画像信号の最後の画素の処理が終わると、その画像信号に関する処理は終了する（ステップS914）。

【0122】

すなわち、ステップS912では、安定化器100が、注目画素（の画素値）を対象として、安定化処理を行い、その安定化処理後の注目画素を、階調変調器200に供給して、処理は、ステップS913に進む。

10

【0123】

ステップS913では、階調変調器200が、安定化器100からの注目画素に変調を施すことにより、注目画素について、階調変換後の画素値を求めて出力し、処理は、ステップS914に進む。

【0124】

ステップS914では、図4の画像処理装置は、注目画素が、安定化器100に供給された最後の画素であるかどうかを判定する。ステップS914において、注目画素が最後の画素でないと判定された場合、処理は、ステップS911に戻り、安定化器100に供給された画素のうちの、ラストスキャン順で、まだ、注目画素としていない画素が、新たに、注目画素とされ、以下、同様の処理が繰り返される。

20

【0125】

また、ステップS914において、注目画素が最後の画素であると判定された場合、図4の画像処理装置による画像処理は終了する。

【0126】

[安定化処理の説明]

図13は、図12の安定化処理（ステップS912）を説明するフローチャートである。

【0127】

固定値検出部110では、図6により説明したように、過去の修正信号Fの画素値と入力信号IN(x,y)の画素値とが比較される（ステップS921）。その結果、同じデータが固定値として連続して入力されていることが検出されると（ステップS922）、ランダムノイズ発生部120によって発生されたランダムノイズがスイッチ130を介して入力信号IN(x,y)に加算される（ステップS923）。これにより、階調変調器200におけるハンチング現象が回避される。

30

【0128】

すなわち、安定化処理では、ステップS921において、固定値検出部110（図4）が、注目画素の画素値（入力信号IN(x,y)）と、その注目画素の周辺の画素のうちの、既に注目画素となった画素（以下、処理済み周辺画素ともいう）の、加算器140からの画素値（修正信号F(x,y)）とを比較して、処理は、ステップS922に進む。

40

【0129】

ステップS922では、固定値検出部110が、ステップS921での画素値の比較の結果に基づき、注目画素と、処理済み周辺画素との画素値の一致を検出したかどうかを判定する。

【0130】

ステップS922において、注目画素と、処理済み周辺画素との画素値の一致を検出したと判定された場合、すなわち、例えば、処理済み周辺画素の画素値としての、図6で説明した12個の修正信号F(x-2,y-2), F(x-1,y-2), F(x,y-2), F(x+1,y-2), F(x+2,y-2), F(x-2,y-1), F(x-1,y-1), F(x,y-1), F(x+1,y-1), F(x+2,y-1), F(x-2,y), 及びF(x-1,y)のすべてが、注目画素の画素値としての入力信号IN(x,y)に一致している場合、処理は、ス

50

ステップS 9 2 3に進み、固定値検出部 1 1 0 は、スイッチ 1 3 0 をオンにし、処理は、リターンする。

【 0 1 3 1 】

この場合、ランダムノイズ発生部 1 2 0 が発生しているランダムノイズが、スイッチ 1 3 0 を介して加算器 1 4 0 に供給される。加算器 1 4 0 では、注目画素の画素値 ($IN(x,y)$) に、スイッチ 1 3 0 を介して供給されるランダムノイズが加算され、その結果得られる加算値が、注目画素の画素値 (修正信号 $F(x,y)$) として、固定値検出部 1 1 0 と、加算器 2 5 0 に出力される。

【 0 1 3 2 】

一方、ステップS 9 2 2において、注目画素と、処理済み周辺画素との画素値の一致を検出していないと判定された場合、固定値検出部 1 1 0 は、スイッチ 1 3 0 をオフにし、処理は、ステップS 9 2 3 をスキップしてリターンする。

【 0 1 3 3 】

この場合、ランダムノイズ発生部 1 2 0 が発生しているランダムノイズは、加算器 1 4 0 に供給されない。このため、加算器 1 4 0 では、注目画素の画素値 ($IN(x,y)$) が、そのまま、固定値検出部 1 1 0 と、加算器 2 5 0 に出力される。

【 0 1 3 4 】

[階調変調処理の説明]

図 1 4 は、図 1 2 の階調変調処理 (ステップS 9 1 3) を説明するフローチャートである。

【 0 1 3 5 】

加算器 2 5 0 において、安定化器 1 0 0 (の加算器 1 4 0) から供給される注目画素の画素値と、フィードバック演算部 2 4 0 の出力とが加算され、量子化部 2 1 0 と減算器 2 3 0 とに出力される (ステップS 9 3 0)。

【 0 1 3 6 】

加算器 2 5 0 の出力が量子化部 2 1 0 によって量子化され (ステップS 9 3 1)、出力信号 $OUT(x,y)$ として出力される。そして、この量子化された出力信号 $OUT(x,y)$ は逆量子化部 2 2 0 によって逆量子化される (ステップS 9 3 2)。

【 0 1 3 7 】

量子化部 2 1 0 による量子化前の信号と逆量子化部 2 2 0 によって逆量子化された信号との差分を、減算器 2 3 0 によって求めることによって、量子化誤差 $Q(x,y)$ が算出される (ステップS 9 3 3)。

【 0 1 3 8 】

このようにして算出された量子化誤差 $Q(x,y)$ は蓄積され、図 8 により説明したように、フィードバック演算部 2 4 0 においてフィードバック値の演算に用いられる (ステップS 9 3 4)。このようにして演算されたフィードバック値は、加算器 2 5 0 にフィードバックされる (ステップS 9 3 5)。

【 0 1 3 9 】

すなわち、ステップS 9 3 0では、加算器 2 5 0 が、安定化器 1 0 0 (の加算器 1 4 0) から供給される注目画素の画素値と、フィードバック演算部 2 4 0 が直前に行った、後述するステップS 9 3 4のフィルタリングで得られた値 (フィードバック演算部 2 4 0 の出力) とを加算し、その結果得られる加算値を、量子化部 2 1 0、及び減算器 2 3 0 に出力して、処理は、ステップS 9 3 1に進む。

【 0 1 4 0 】

ステップS 9 3 1では、量子化部 2 1 0 が、加算器 2 5 0 の出力である加算値を量子化し、量子化誤差を含む量子化値を、変調の結果 (変調による階調変換の結果) として出力して、処理は、ステップS 9 3 2に進む。

【 0 1 4 1 】

ステップS 9 3 2では、逆量子化部 2 2 0 が、量子化部 2 1 0 の出力である量子化値を逆量子化し、減算器 2 3 0 に出力して、処理は、ステップS 9 3 3に進む。

【 0 1 4 2 】

ステップ S 9 3 3 では、減算器 2 3 0 が、加算部 2 5 0 の出力である加算値と、逆量子化部 2 2 0 の出力、すなわち、加算部 2 5 0 の出力である加算値の量子化値の逆量子化結果との差分を演算することにより、量子化部 2 1 0 の量子化による量子化誤差を求める。さらに、減算器 2 3 0 は、量子化誤差を、フィードバック演算部 2 4 0 に供給して、処理は、ステップ S 9 3 3 からステップ S 9 3 4 に進む。

【 0 1 4 3 】

ステップ S 9 3 4 では、2次元フィルタであるフィードバック演算部 2 4 0 が、減算部 2 3 0 からの量子化誤差をフィルタリングし、処理は、ステップ S 9 3 5 に進む。

【 0 1 4 4 】

ステップ S 9 3 5 では、フィードバック演算部 2 4 0 が、直前に行ったステップ S 9 3 4 で得られた、量子化誤差のフィルタリングの結果を、加算器 2 5 0 に出力し（フィードバックし）、処理は、リターンする。

【 0 1 4 5 】

以上のように、図 4 の画像処理装置では、変調によるノイズシェーピングの振幅特性の中域以上の特性が、図 1 0 の振幅特性 7 3 0 のように、人間の視覚特性 7 1 0 の逆の特性になるように、フィードバック演算部 2 4 0 によるフィルタリングのフィルタ係数が決定される。したがって、ノイズとしての量子化誤差が視認しにくくなるので、階調変換後の画像の見た目の画質を向上させることができる。

【 0 1 4 6 】

さらに、図 4 の画像処理装置では、画像にランダムノイズを付加する安定化器 1 0 0 を設けることにより、階調変調器 2 0 0 におけるハンチング現象を回避することができる。

【 0 1 4 7 】

これにより、例えば、テレビジョン受像機等の表示装置において、その液晶パネルで表示可能な画素値のビット幅よりも多ビットの画素値の画像を、その多ビット相当の画質で表示することができる。

【 0 1 4 8 】

すなわち、例えば、液晶パネルで表示可能な画素値のビット幅が 8 ビットでも、12 ビット相当の画質を表現することができる。表示装置に対する入力信号が 8 ビットでも様々な画像処理によって、8 ビット以上のビット長になる。例えば、ノイズリダクションにより 8 ビットの画像が 12 ビットに拡張される。液晶パネルの各画素値のビット幅が 8 ビットの場合、12 ビットのデータを量子化して 8 ビットにする必要がある。このとき、図 4 の画像処理装置によって階調変換を行うことにより、8 ビットの液晶パネルで 12 ビット相当の画質を表現することができる。また、図 4 の画像処理装置による階調変換は、伝送路においても同様に適用することができる。例えば、ビデオ機器から表示装置への伝送路が 8 ビット幅の場合、ビデオ機器にある 12 ビットの画像信号を、図 4 の画像処理装置により 8 ビット化して、表示装置に転送すれば、表示装置では、12 ビット相当の画質の画像を表示することができる。

【 0 1 4 9 】

[ノイズシェーピングの特性と、フィルタ係数の例]

図 1 5 は、階調変換後の画像を表示する表示装置が表示することができる画像の空間周波数の最高周波数を 30 c p d とした場合の、図 4 の階調変調器 2 0 0 の変調によるノイズシェーピングの振幅特性とフィルタ係数の第 1 の例を示している。

【 0 1 5 0 】

すなわち、図 1 5 A は、階調変調器 2 0 0 の変調によるノイズシェーピングの振幅特性が、低域又は中域で負になり、高域で、Floyd フィルタを用いた変調によるノイズシェーピングの振幅特性よりも急峻に増加するように決定された、12 タップの 2 次元フィルタ（フィードバック演算部 2 4 0）のフィルタ係数の第 1 の例を示している。

【 0 1 5 1 】

図 1 5 A では、12 タップの 2 次元フィルタのフィルタ係数として、 $g(1,1) = -0.0317$

10

20

30

40

50

, $g(2,1) = -0.1267$, $g(3,1) = -0.1900$, $g(4,1) = -0.1267$, $g(5,1) = -0.0317$, $g(1,2) = -0.1267$, $g(2,2) = 0.2406$, $g(3,2) = 0.7345$, $g(4,2) = 0.2406$, $g(5,2) = -0.1267$, $g(1,3) = -0.1900$, $g(2,3) = 0.7345$ が採用されている。

【 0 1 5 2 】

図 1 5 B は、2 次元フィルタのフィルタ係数が図 1 5 A に示すようになっている場合の、階調変調器 2 0 0 の 変調によるノイズシェーピングの振幅特性を示している。

【 0 1 5 3 】

図 1 5 B のノイズシェーピングの振幅特性では、周波数 $f=0$ で、ゲインが 0 で、低域又は中域で、ゲインが負になり、高域で、ゲインが、Floyd フィルタを用いた 変調によるノイズシェーピングの振幅特性よりも急峻に増加している。

10

【 0 1 5 4 】

図 1 6 は、階調変換後の画像を表示する表示装置が表示することができる画像の空間周波数の最高周波数を 3 0 c p d とした場合の、図 4 の階調変調器 2 0 0 の 変調によるノイズシェーピングの振幅特性とフィルタ係数の第 2 の例を示している。

【 0 1 5 5 】

すなわち、図 1 6 A は、階調変調器 2 0 0 の 変調によるノイズシェーピングの振幅特性が、低域又は中域で負になり、高域で、Floyd フィルタを用いた 変調によるノイズシェーピングの振幅特性よりも急峻に増加するように決定された、1 2 タップの 2 次元フィルタ (フィードバック演算部 2 4 0) のフィルタ係数の第 2 の例を示している。

【 0 1 5 6 】

20

図 1 6 A では、1 2 タップの 2 次元フィルタのフィルタ係数として、 $g(1,1) = -0.0249$, $g(2,1) = -0.0996$, $g(3,1) = -0.1494$, $g(4,1) = -0.0996$, $g(5,1) = -0.0249$, $g(1,2) = -0.0996$, $g(2,2) = 0.2248$, $g(3,2) = 0.6487$, $g(4,2) = 0.2248$, $g(5,2) = -0.0996$, $g(1,3) = -0.1494$, $g(2,3) = 0.6487$ が採用されている。

【 0 1 5 7 】

図 1 6 B は、2 次元フィルタのフィルタ係数が図 1 6 A に示すようになっている場合の、階調変調器 2 0 0 の 変調によるノイズシェーピングの振幅特性を示している。

【 0 1 5 8 】

図 1 6 B のノイズシェーピングの振幅特性では、周波数 $f=0$ で、ゲインが 0 で、低域又は中域で、ゲインが負になり、高域で、ゲインが、Floyd フィルタを用いた 変調によるノイズシェーピングの振幅特性よりも急峻に増加している。

30

【 0 1 5 9 】

図 1 7 は、階調変換後の画像を表示する表示装置が表示することができる画像の空間周波数の最高周波数を 3 0 c p d とした場合の、図 4 の階調変調器 2 0 0 の 変調によるノイズシェーピングの振幅特性とフィルタ係数の第 3 の例を示している。

【 0 1 6 0 】

すなわち、図 1 7 A は、階調変調器 2 0 0 の 変調によるノイズシェーピングの振幅特性が、低域又は中域で負になり、高域で、Floyd フィルタを用いた 変調によるノイズシェーピングの振幅特性よりも急峻に増加するように決定された、1 2 タップの 2 次元フィルタ (フィードバック演算部 2 4 0) のフィルタ係数の第 3 の例を示している。

40

【 0 1 6 1 】

図 1 7 A では、1 2 タップの 2 次元フィルタのフィルタ係数として、 $g(1,1) = -0.0397$, $g(2,1) = -0.1586$, $g(3,1) = -0.2379$, $g(4,1) = -0.1586$, $g(5,1) = -0.0397$, $g(1,2) = -0.1586$, $g(2,2) = 0.2592$, $g(3,2) = 0.8356$, $g(4,2) = 0.2592$, $g(5,2) = -0.1586$, $g(1,3) = -0.2379$, $g(2,3) = 0.8356$ が採用されている。

【 0 1 6 2 】

図 1 7 B は、2 次元フィルタのフィルタ係数が図 1 7 A に示すようになっている場合の、階調変調器 2 0 0 の 変調によるノイズシェーピングの振幅特性を示している。

【 0 1 6 3 】

図 1 7 B のノイズシェーピングの振幅特性では、周波数 $f=0$ で、ゲインが 0 で、低域又は

50

中域で、ゲインが負になり、高域で、ゲインが、Floydフィルタを用いた 変調によるノイズシェーピングの振幅特性よりも急峻に増加している。

【 0 1 6 4 】

図 1 5 ないし図 1 7 に示した 1 2 タップの 2 次元フィルタのフィルタ係数は、負の値を含んでおり、そのために、ノイズシェーピングの振幅特性は、低域又は中域で負になる。このように、ノイズシェーピングの振幅特性を、低域又は中域で負にすることで、高域で急峻に増加するノイズシェーピングの振幅特性を、1 2 タップという少ないタップ数の 2 次元フィルタで実現することができる。

【 0 1 6 5 】

なお、図 1 5 ないし図 1 7 に示したフィルタ係数の 2 次元フィルタを、フィードバック 10
演算部 2 4 0 (図 4) に採用して行ったシミュレーションによれば、いずれの 2 次元フィルタについても、見た目の画質が良い、階調変換後の画像を得ることができた。

【 0 1 6 6 】

[コンピュータの構成例]

次に、上述した一連の処理は、ハードウェアにより行うこともできるし、ソフトウェアにより行うこともできる。一連の処理をソフトウェアによって行う場合には、そのソフトウェアを構成するプログラムが、汎用のコンピュータ等にインストールされる。

【 0 1 6 7 】

そこで、図 1 8 は、上述した一連の処理を実行するプログラムがインストールされるコン 20
ピュータの一実施の形態の構成例を示している。

【 0 1 6 8 】

プログラムは、コンピュータに内蔵されている記録媒体としてのハードディスク 5 0 5 やROM 5 0 3 に予め記録しておくことができる。

【 0 1 6 9 】

あるいはまた、プログラムは、フレキシブルディスク、CD-ROM(Compact Disc Read Only Memory)、MO(Magneto Optical)ディスク、DVD(Digital Versatile Disc)、磁気ディスク、半導体メモリなどのリムーバブル記録媒体 5 1 1 に、一時的あるいは永続的に格納(記録)しておくことができる。このようなリムーバブル記録媒体 5 1 1 は、いわゆるパッケージソフトウェアとして提供することができる。

【 0 1 7 0 】

なお、プログラムは、上述したようなリムーバブル記録媒体 5 1 1 からコンピュータにインストールする他、ダウンロードサイトから、デジタル衛星放送用の人工衛星を介して、コンピュータに無線で転送したり、LAN(Local Area Network)、インターネットといったネットワークを介して、コンピュータに有線で転送し、コンピュータでは、そのようにして転送されてくるプログラムを、通信部 5 0 8 で受信し、内蔵するハードディスク 5 0 5 にインストールすることができる。

【 0 1 7 1 】

コンピュータは、CPU(Central Processing Unit) 5 0 2 を内蔵している。CPU 5 0 2 には、バス 5 0 1 を介して、入出力インタフェース 5 1 0 が接続されており、CPU 5 0 2 は、入出力インタフェース 5 1 0 を介して、ユーザによって、キーボードや、マウス、マイク等で構成される入力部 5 0 7 が操作等されることにより指令が入力されると、それに従って、ROM(Read Only Memory) 5 0 3 に格納されているプログラムを実行する。あるいは、また、CPU 5 0 2 は、ハードディスク 5 0 5 に格納されているプログラム、衛星若しくはネットワークから転送され、通信部 5 0 8 で受信されてハードディスク 5 0 5 にインストールされたプログラム、またはドライブ 5 0 9 に装着されたリムーバブル記録媒体 5 1 1 から読み出されてハードディスク 5 0 5 にインストールされたプログラムを、RAM(Random Access Memory) 5 0 4 にロードして実行する。これにより、CPU 5 0 2 は、上述したフローチャートにしたがった処理、あるいは上述したブロック図の構成により行われる処理を行う。そして、CPU 5 0 2 は、その処理結果を、必要に応じて、例えば、入出力インタフェース 5 1 0 を介して、LCD(Liquid Crystal Display)やスピーカ等で構成される出力 40
50

部 5 0 6 から出力、あるいは、通信部 5 0 8 から送信、さらには、ハードディスク 5 0 5 に記録等させる。

【 0 1 7 2 】

ここで、本明細書において、コンピュータに各種の処理を行わせるためのプログラムを記述する処理ステップは、必ずしもフローチャートとして記載された順序に沿って時系列に処理する必要はなく、並列的あるいは個別に実行される処理（例えば、並列処理あるいはオブジェクトによる処理）も含むものである。

【 0 1 7 3 】

また、プログラムは、1のコンピュータにより処理されるものであっても良いし、複数のコンピュータによって分散処理されるものであっても良い。さらに、プログラムは、遠方のコンピュータに転送されて実行されるものであっても良い。

10

【 0 1 7 4 】

なお、本発明の実施の形態は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

【 0 1 7 5 】

すなわち、図4の画像処理装置において、例えば、ハンチング現象を問題としないならば、安定化器 1 0 0 は、設ける必要がない。

【 0 1 7 6 】

また、図4の画像処理装置のフィードバック演算部 2 4 0 であるフィルタとしては、JarvisフィルタやFloydフィルタを採用することが可能である。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 1 7 7 】

【図1】8ビットのグレースケール画像の例である。

【図2】8ビットのグレースケール画像を単純に4ビットに量子化した場合の例である。

【図3】人間の視覚特性および従来のフィルタによるノイズシェーピングの振幅特性を示す図である。

【図4】本発明を適用した画像処理装置の一実施の形態の構成例を示すブロック図である。

【図5】画像信号の各画素の処理順序を示す図である。

【図6】固定値検出部 1 1 0 の一構成例を示すブロック図である。

30

【図7】修正画素値供給部 1 1 1 の一構成例を示すブロック図である。

【図8】フィードバック演算部 2 4 0 の一構成例を示すブロック図である。

【図9】量子化誤差供給部 2 4 1 の一構成例を示す図である。

【図10】空間周波数の最高周波数を 3 0 c p d とした場合の人間の視覚特性およびフィルタの振幅特性を示す図である。

【図11】階調変換結果の一例を示す図である。

【図12】画像処理装置の処理手順例を示すフローチャートである。

【図13】安定化処理の処理手順例を示すフローチャートである。

【図14】階調変調処理の処理手順例を示すフローチャートである。

【図15】ノイズシェーピングの振幅特性と、フィルタ係数の第1の例を示す図である。

40

【図16】ノイズシェーピングの振幅特性と、フィルタ係数の第2の例を示す図である。

【図17】ノイズシェーピングの振幅特性と、フィルタ係数の第3の例を示す図である。

【図18】本発明を適用したコンピュータの一実施の形態の構成例を示すブロック図である。

【符号の説明】

【 0 1 7 8 】

1 0 0 安定化器， 1 1 0 固定値検出部， 1 1 1 修正画素値供給部， 1 1 8 論理積演算器， 1 2 0 ランダムノイズ発生部， 1 3 0 スイッチ， 1 4 0 加算器， 2 0 0 階調変調器， 2 1 0 量子化部， 2 2 0 逆量子化部， 2 3 0 減算器， 2 4 0 フィードバック演算部， 2 4 1 量子化誤差供給部， 2 4 8 ， 2

50

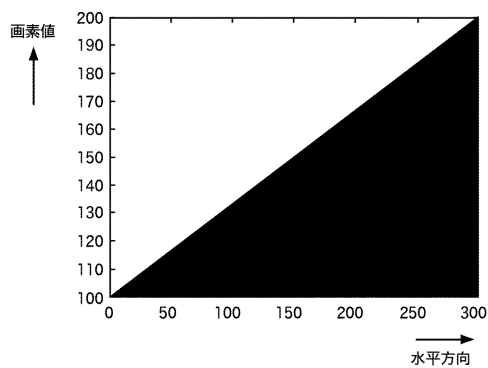
5 0 加算器, 5 0 1 バス, 5 0 2 CPU, 5 0 3 ROM, 5 0 4 RAM, 5
 0 5 ハードディスク, 5 0 6 出力部, 5 0 7 入力部, 5 0 8 通信部, 5
 0 9 ドライブ, 5 1 0 入出力インタフェース, 5 1 1 リムーバブル記録媒体,
 1 1 1 1 メモリ, 1 1 1 4 ライト部, 1 1 1 5, 1 1 1 6 リード部, 1 1
 2 1 ないし 1 1 3 2 遅延素子, 1 1 6 1 ないし 1 1 7 2 比較器, 2 4 1 1 メモ
 リ, 2 4 1 4 ライト部, 2 4 1 5, 2 4 1 6 リード部, 2 4 2 1 ないし 2 4 3
 2 遅延素子, 2 4 6 1 ないし 2 4 7 2 乗算器

【図 1】

図1



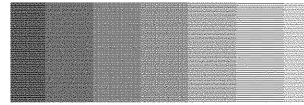
A



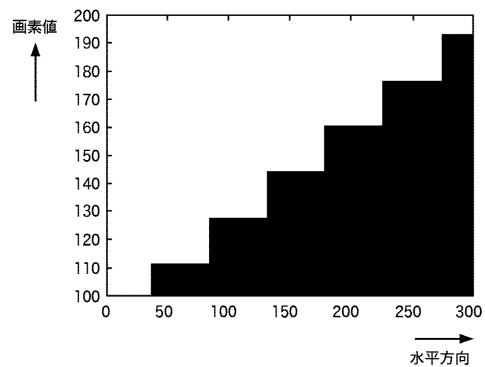
B

【図 2】

図2



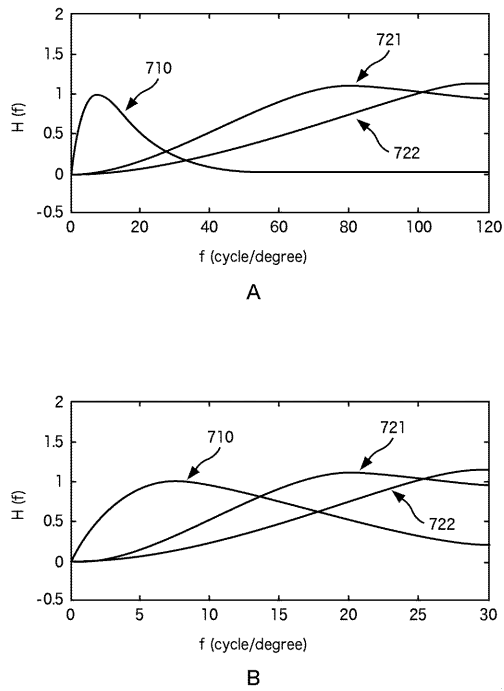
A



B

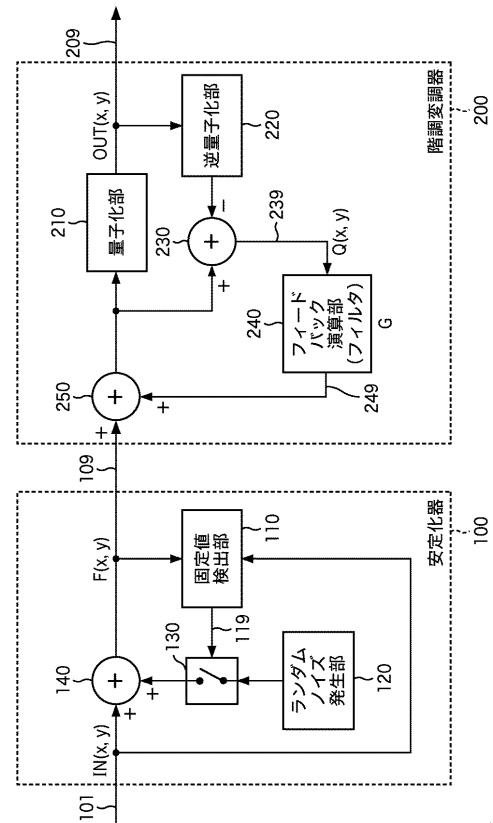
【図 3】

図 3



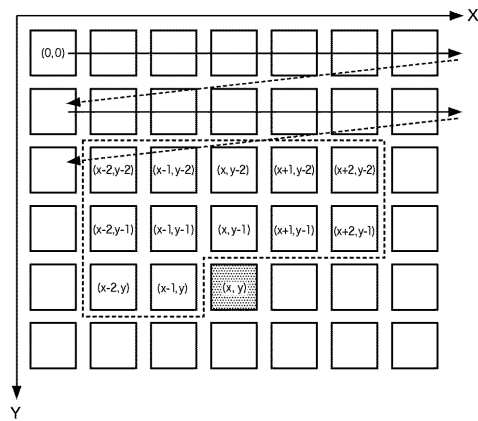
【図 4】

図 4



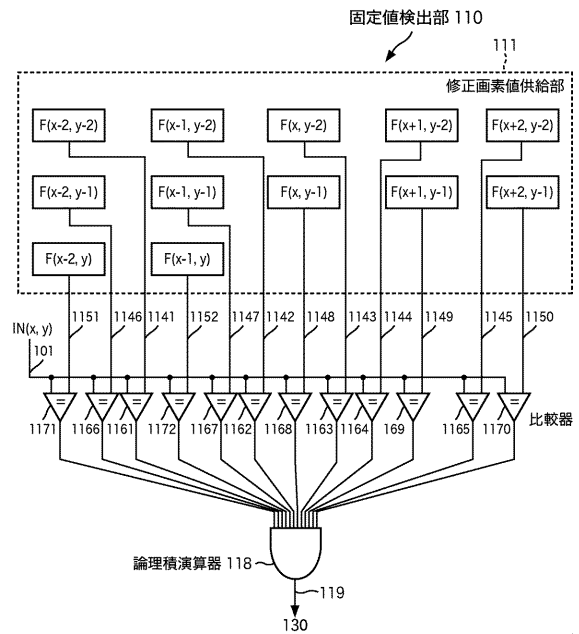
【図 5】

図 5



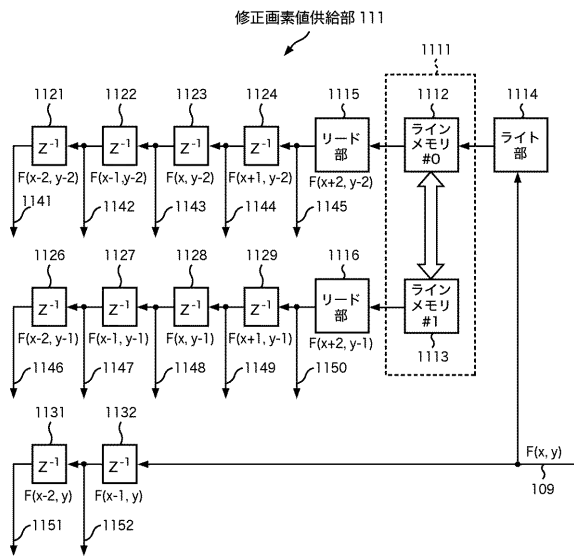
【図 6】

図 6



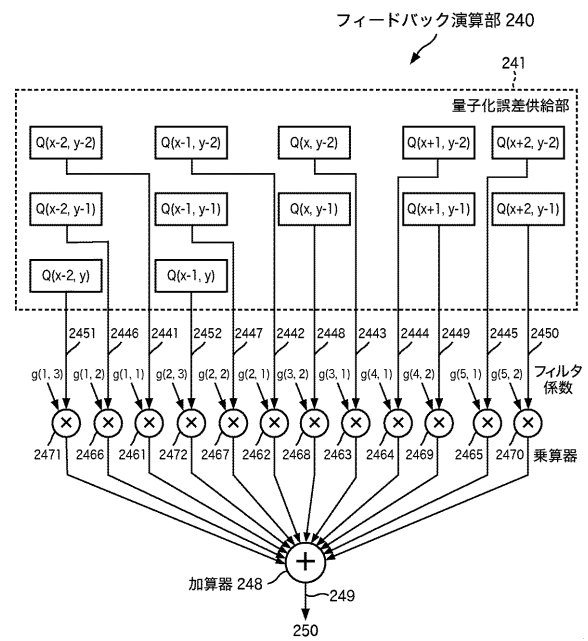
【図 7】

図 7



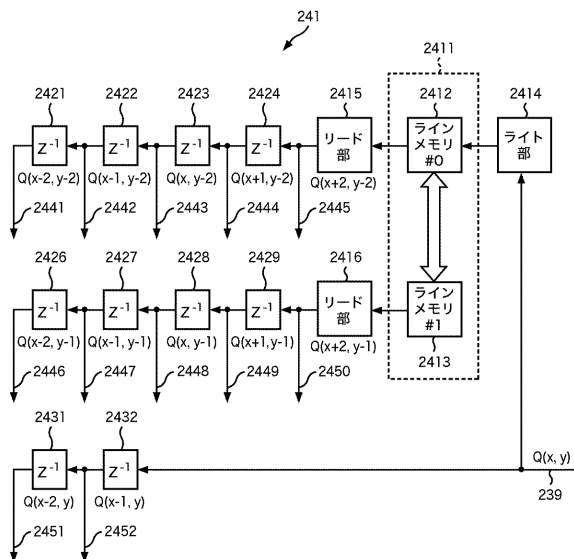
【図 8】

図 8



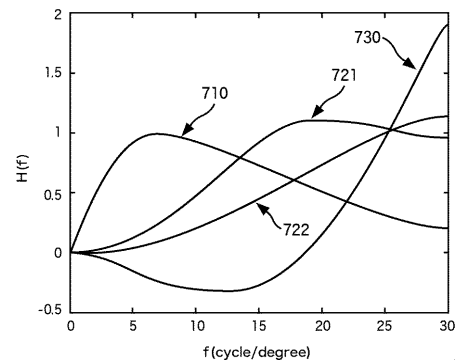
【図 9】

図 9



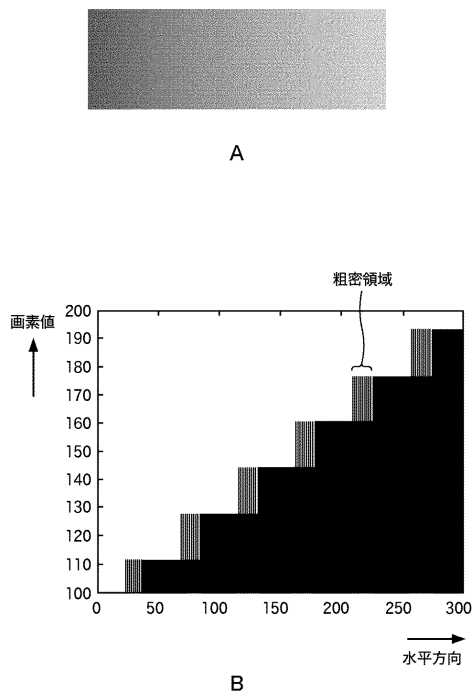
【図 10】

図 10



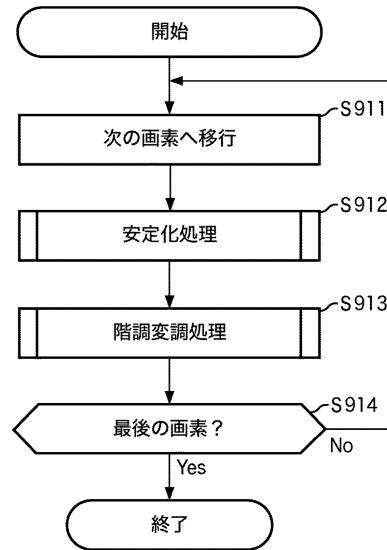
【図 1 1】

図 11



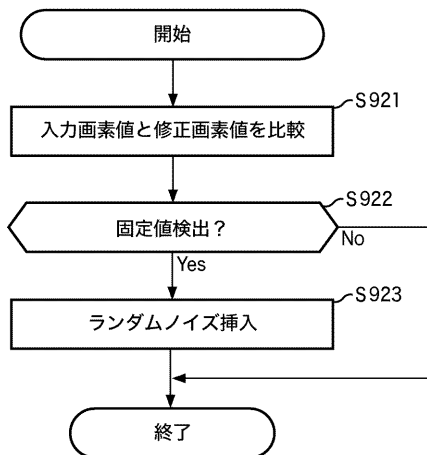
【図 1 2】

図 12



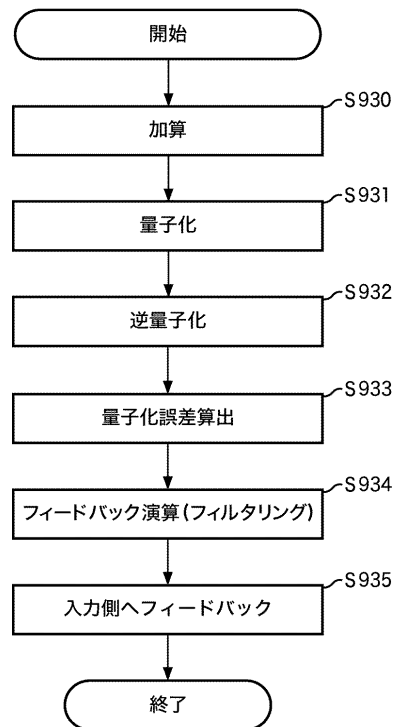
【図 1 3】

図 13



【図 1 4】

図 14

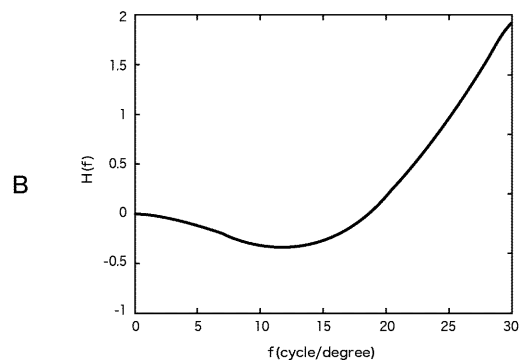


【図 15】

図 15

A

$g(1,1) = -0.0317$
 $g(2,1) = -0.1267$
 $g(3,1) = -0.1900$
 $g(4,1) = -0.1267$
 $g(5,1) = -0.0317$
 $g(1,2) = -0.1267$
 $g(2,2) = 0.2406$
 $g(3,2) = 0.7345$
 $g(4,2) = 0.2406$
 $g(5,2) = -0.1267$
 $g(1,3) = -0.1900$
 $g(2,3) = 0.7345$

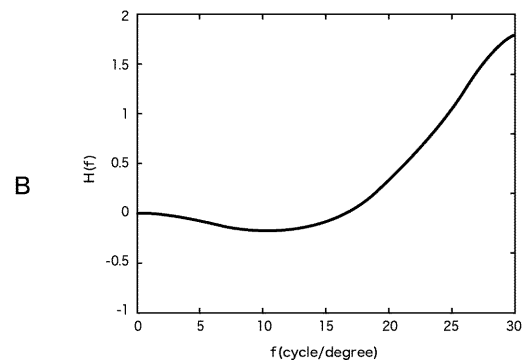


【図 16】

図 16

A

$g(1,1) = -0.0249$
 $g(2,1) = -0.0996$
 $g(3,1) = -0.1494$
 $g(4,1) = -0.0996$
 $g(5,1) = -0.0249$
 $g(1,2) = -0.0996$
 $g(2,2) = 0.2248$
 $g(3,2) = 0.6487$
 $g(4,2) = 0.2248$
 $g(5,2) = -0.0996$
 $g(1,3) = -0.1494$
 $g(2,3) = 0.6487$

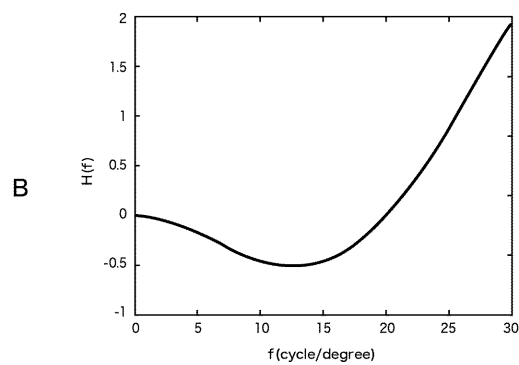


【図 17】

図 17

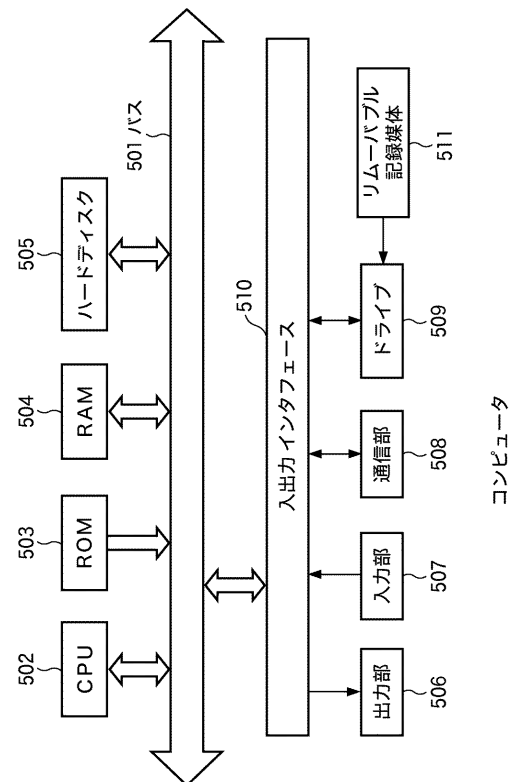
A

$g(1,1) = -0.0397$
 $g(2,1) = -0.1586$
 $g(3,1) = -0.2379$
 $g(4,1) = -0.1586$
 $g(5,1) = -0.0397$
 $g(1,2) = -0.1586$
 $g(2,2) = 0.2592$
 $g(3,2) = 0.8356$
 $g(4,2) = 0.2592$
 $g(5,2) = -0.1586$
 $g(1,3) = -0.2379$
 $g(2,3) = 0.8356$



【図 18】

図 18



フロントページの続き

- (72)発明者 西尾 文孝
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
- (72)発明者 高橋 巨成
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

審査官 秦野 孝一郎

- (56)参考文献 特開2002-247391(JP,A)
特開平10-327319(JP,A)
特開2005-190239(JP,A)
特開2004-304658(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04N 1/405