

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6190170号
(P6190170)

(45) 発行日 平成29年8月30日(2017.8.30)

(24) 登録日 平成29年8月10日(2017.8.10)

(51) Int.Cl.		F I			
G06T	5/00	(2006.01)	G06T	5/00	700
G06T	3/40	(2006.01)	G06T	3/40	
H04N	1/393	(2006.01)	H04N	1/393	
H04N	1/40	(2006.01)	H04N	1/40	103B

請求項の数 4 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2013-120010 (P2013-120010)
 (22) 出願日 平成25年6月6日(2013.6.6)
 (65) 公開番号 特開2014-238657 (P2014-238657A)
 (43) 公開日 平成26年12月18日(2014.12.18)
 審査請求日 平成28年4月25日(2016.4.25)

特許権者において、実施許諾の用意がある。

(73) 特許権者 000004352
 日本放送協会
 東京都渋谷区神南2丁目2番1号
 (74) 代理人 100147485
 弁理士 杉村 憲司
 (74) 代理人 100161148
 弁理士 福尾 誠
 (72) 発明者 松尾 康孝
 東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日
 本放送協会放送技術研究所内
 (72) 発明者 境田 慎一
 東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日
 本放送協会放送技術研究所内

審査官 ▲広▼島 明芳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 空間・階調削減装置及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

原画像の階調削減処理及び空間縮小処理を行って空間・階調削減画像を生成する空間・階調削減装置であって、

原画像を j 個 ($j \geq 1$) のパラメータを用いて階調削減処理して j 枚の階調削減画像を生成する階調削減部と、

前記階調削減画像を k 個 ($k \geq 1$) のパラメータを用いて空間縮小処理して $j \times k$ 枚 (但し、 $j \times k \geq 2$) の空間・階調削減画像を生成する空間縮小部と、

前記 $j \times k$ 枚の空間・階調削減画像を前記原画像と比較して、最も劣化の少ない空間・階調削減画像を選択する最適化部と、

を備え、

前記階調削減部は、

j 個の雑音閾値を用いて、原画像から孤立点を除去した j 枚の雑音除去画像を生成するか、又は j 個のグラデーション閾値を用いて、原画像のグラデーション領域のみからなる j 枚のグラデーション画像を生成する画像生成部と、

前記雑音除去画像又は前記原画像のヒストグラムに対して、前記グラデーション画像の階調値の度数が高くなるように重み付けしたヒストグラムを訓練データとして用いるLloyd-Max法により、前記 j 枚の階調削減画像を生成する階調決定部と、

を備え、

前記雑音閾値又は前記グラデーション閾値は、空間縮小率又は階調削減率と対応付けた

対応表に基づいて決定され、

前記対応表は、前記空間縮小率が高くなるほど、前記雑音閾値又は前記グラデーション閾値が小さくなるように対応付けているか、あるいは、前記階調削減率が高くなるほど、前記雑音閾値又は前記グラデーション閾値が大きくなるように対応付けていることを特徴とする空間・階調削減装置。

【請求項 2】

前記空間縮小部は、解像度の縮小劣化過程を模擬した関数、又はウェーブレット分解を用いて前記空間・階調削減画像を生成することを特徴とする、請求項 1 に記載の空間・階調削減装置。

【請求項 3】

前記最適化部は、前記原画像に対する空間・階調削減画像のパワースペクトル差分値及びヒストグラム差分値を算出し、両者の合計値が最も小さい空間・階調削減画像を選択することを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の空間・階調削減装置。

【請求項 4】

コンピュータを、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の空間・階調削減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、原画像の解像度（標本化周波数）の縮小（空間縮小）及び階調数の削減（階調削減）を行い、空間・階調削減画像を生成する空間・階調削減装置及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、原画像の空間縮小処理を行う技術や、原画像の階調削減処理を行う技術が知られている。空間縮小処理は、例えば画素の単純間引きやウェーブレット分解などにより行うことができる。階調削減処理は、例えば階調数の単純削減やLloyd-Max法などにより行うことができる。Lloyd-Max法とは、画像の階調値（輝度値）ごとの度数を示すヒストグラムを調べ、階調削減を行う際に、度数が高い階調値ほど多くの階調を割り当てるようにする手法である（非特許文献 1 及び 2 参照）。

【0003】

その他、空間縮小した後でRGB空間からYIQ空間へ変換後、量子化及び符号化を行うことを特徴とし、色空間をRGBからYIQに変換することで、人の目につきにくい色差成分等の情報量を削減する方法が知られている（特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 3 - 267880 号公報

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献 1】S.P.Lloyd, "Least squares quantization in PCM", IEEE Trans. Information Theory, vol.IT-28, pp.129-136, March 1982

【非特許文献 2】J.Max, "Quantizing for minimum distortion", IEEE Trans. Information Theory, vol.IT-7, pp.7-12, March 1960

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、原画像の空間縮小処理及び階調削減処理を行うには、空間縮小処理と階調削減処理とを別々に適用する必要がある。このため、効率的な処理を行うことができず、また、空間縮小処理と階調削減処理とを一元的に最適化することはできなかった。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 7 】

かかる事情に鑑みてなされた本発明の目的は、効率的且つ高精度に空間・階調削減画像を得ることができる空間・階調削減装置及びプログラムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

上記課題を解決するため、本発明に係る空間・階調削減装置は、原画像の階調削減処理及び空間縮小処理を行って空間・階調削減画像を生成する空間・階調削減装置であって、原画像を j 個 ($j \geq 1$) のパラメータを用いて階調削減処理して j 枚の階調削減画像を生成する階調削減部と、前記階調削減画像を k 個 ($k \geq 1$) のパラメータを用いて空間縮小処理して $j \times k$ 枚 (但し、 $j \times k \geq 2$) の空間・階調削減画像を生成する空間縮小部と、前記 $j \times k$ 枚の空間・階調削減画像を前記原画像と比較して、最も劣化の少ない空間・階調削減画像を選択する最適化部と、を備え、前記階調削減部は、 j 個の雑音閾値を用いて、原画像から孤立点を除去した j 枚の雑音除去画像を生成するか、又は j 個のグラデーション閾値を用いて、原画像のグラデーション領域のみからなる j 枚のグラデーション画像を生成する画像生成部と、前記雑音除去画像又は前記原画像のヒストグラムに対して、前記グラデーション画像の階調値の度数が高くなるように重み付けしたヒストグラムを訓練データとして用いるLloyd-Max法により、前記 j 枚の階調削減画像を生成する階調決定部と、を備え、前記雑音閾値又は前記グラデーション閾値は、空間縮小率又は階調削減率と対応付けた対応表に基づいて決定され、前記対応表は、前記空間縮小率が高くなるほど、前記雑音閾値又は前記グラデーション閾値が小さくなるように対応付けているか、あるいは、前記階調削減率が高くなるほど、前記雑音閾値又は前記グラデーション閾値が大きくなるように対応付けていることを特徴とする。

10

20

【 0 0 1 2 】

さらに、本発明に係る空間・階調削減装置において、前記空間縮小部は、解像度の縮小劣化過程を模擬した関数、又はウェーブレット分解を用いて前記空間・階調削減画像を生成することを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

さらに、本発明に係る空間・階調削減装置において、前記最適化部は、前記原画像に対する空間・階調削減画像のパワースペクトル差分値及びヒストグラム差分値を算出し、両者の合計値が最も小さい空間・階調削減画像を選択することを特徴とする。

30

【 0 0 1 4 】

また、上記課題を解決するため、本発明に係るプログラムは、コンピュータを、上記空間・階調削減装置として機能させることを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 1 5 】

本発明によれば、効率的且つ高精度に空間・階調削減画像を得ることができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 6 】

【図 1】本発明に係る空間・階調削減処理の概要を説明する図である。

40

【図 2】本発明の第 1 の実施形態に係る空間・階調削減装置の構成例を示すブロック図である。

【図 3】本発明の第 1 の実施形態に係る空間・階調削減装置における階調削減部の構成例を示すブロック図である。

【図 4】本発明の第 1 の実施形態に係る空間・階調削減装置における周波数分解部の処理を説明する図である。

【図 5】本発明の第 1 の実施形態に係る空間・階調削減装置における雑音除去画像生成部の構成例を示すブロック図である。

【図 6】本発明の第 1 の実施形態に係る空間・階調削減装置における孤立点検出部の構成例を示すブロック図である。

50

【図 7】本発明の第 1 の実施形態に係る空間・階調削減装置におけるグラデーション画像生成部の構成例を示すブロック図である。

【図 8】本発明の第 1 の実施形態に係る空間・階調削減装置における階調削減初期情報生成部の第 1 の構成例を示すブロック図である。

【図 9】本発明の第 1 の実施形態に係る空間・階調削減装置における階調削減初期情報生成部の第 2 の構成例を示すブロック図である。

【図 10】本発明の第 1 の実施形態に係る空間・階調削減装置における階調削減初期情報生成部の第 3 の構成例を示すブロック図である。

【図 11】本発明の第 1 の実施形態に係る空間・階調削減装置における空間縮小部の処理例を説明する図である。

10

【図 12】本発明の第 1 の実施形態に係る空間・階調削減装置における最適化部の処理例を説明する図である。

【図 13】本発明の第 2 の実施形態に係る空間・階調削減装置の構成例を示すブロック図である。

【図 14】本発明の第 2 の実施形態に係る空間・階調削減装置における階調削減部の構成例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

まず、本発明の概要について説明する。以下の説明において、原画像を階調削減処理し、且つ空間縮小処理することを「空間・階調削減処理」といい、空間・階調削減処理された画像のことを「空間・階調削減画像」という。

20

【0018】

図 1 は、本発明に係る空間・階調削減処理の概要を説明する図である。図 1 に示す例では、「8K×4K 解像度、10bit 階調」の原画像から「4K×2K 解像度、8bit 階調」の空間・階調削減画像を生成する際の処理概要を示している。本発明に係る空間・階調削減装置は、原画像をまず階調削減処理して「8K×4K 解像度、8bit 階調」の複数の階調削減画像を生成する。次に、この複数の階調削減画像を「4K×2K 解像度、8bit 階調」の画像に空間縮小し、複数の空間・階調削減画像を生成する。そして、原画像を基準として、階調削減処理及び空間縮小処理に用いたパラメータを一元的に最適化し、最適な空間・階調削減画像を選択する。

30

【0019】

以下、本発明の実施形態について、詳細に説明する。

【0020】

(第 1 の実施形態)

図 2 は、本発明の第 1 の実施形態に係る空間・階調削減装置の構成例を示すブロック図である。図 2 に示すように、空間・階調削減装置 1 は、階調削減部 10 と、空間縮小部 20 と、最適化部 30 とを備える。

【0021】

[階調削減部について]

まず、階調削減部 10 について説明する。階調削減部 10 は、原画像を j 個 ($j \geq 1$) のパラメータを用いて階調削減処理して j 枚の階調削減画像を生成し、空間縮小部 20 に出力する。階調削減処理は、従来の階調数の単純削減や Lloyd-Max 法などにより行うことができる。ただし、階調数の単純削減では画像劣化が大きい。また、Lloyd-Max 法では度数が高い階調値に多くの階調を割り当てて階調削減を行うため、原画像と階調削減画像との誤差を最小化するという観点からは最適な階調削減方法といえるが、視覚的かつ信号処理の観点からは最適な階調削減とはいえない。なぜなら、Lloyd-Max 法では例えば雑音が支配的な階調値においても、その度数が高ければ多くの階調を割り当てて階調削減を行ってしまうからである。そこで、以下に説明するように雑音、グラデーション、又は双方を考慮して階調削減処理を行うのが好適である。

40

【0022】

50

図3は、階調削減部10の構成例を示すブロック図である。図3に示す例では、階調削減部10は、周波数分解部11と、雑音閾値決定部12と、雑音除去画像生成部13と、グラデーション閾値決定部14と、グラデーション画像生成部15と、階調削減初期情報生成部16と、階調決定部17とを備える。ここでは、雑音及びグラデーションの双方を考慮する場合について説明するが、雑音閾値決定部12及び雑音除去画像生成部13を備えないで原画像のグラデーションのみを考慮するようにしてもよく、また、グラデーション閾値決定部14及びグラデーション画像生成部15を備えないで原画像の雑音のみを考慮するようにしてもよい。

【0023】

周波数分解部11は、原画像を周波数分解（例えば、ウェーブレットパケット分解）して、複数の周波数帯域成分を生成し、雑音閾値決定部12、雑音除去画像生成部13、グラデーション閾値決定部14、及びグラデーション画像生成部15に出力する。周波数帯域成分を解析することにより、後述するように雑音閾値及びグラデーション閾値を決定する。以下では、説明の便宜上、周波数分解成分のように周波数帯域毎に分解された画像を構成する最小単位を「要素」と称し、原画像のように周波数分解されていない画像を構成する最小単位を「画素」と称して、両者を区別することとする。

【0024】

図4は、周波数分解部11による空間方向の周波数分解処理を説明する図である。図4では、原画像を空間方向に2階ウェーブレットパケット分解した場合の分解図を示しており、太線は1階ウェーブレットパケット分解の各周波数帯域を示している。図4に示すウェーブレットパケット分解の例では、低周波側、高周波側を空間方向に均等に周波数分解している。この分解図では空間周波数成分を、水平方向においては右側ほど高周波成分とし、垂直方向においては下側ほど高周波成分としている。よって、図4に示すように、左上は空間最低周波数帯域成分（周波数分解部11により生成された複数の周波数分解成分のうち最も周波数が低い帯域成分）となり、右下は空間最高周波数帯域成分（周波数分解部11により生成された複数の周波数分解成分のうち最も周波数が高い帯域成分）となる。なお、空間方向に加えて時間方向に周波数分解を行ってもよい。

【0025】

図4では説明の便宜上、デシメーション有りウェーブレットパケット分解を行った場合の分解図を示しているが、後述する孤立点検出部131にて原画像の画素単位で孤立点（雑音）を除去することができるようにするために、周波数分解部11はデシメーション無し（すなわち、周波数帯域成分の画像サイズの縮小無し）で周波数分解を行い、生成される各周波数帯域成分の画像サイズを同一としてもよい。

【0026】

雑音閾値決定部12は、周波数分解部11により生成された周波数分解成分の全帯域成分に対する空間最高周波数帯域成分のパワーの割合（以下、「空間最高周波数帯域成分の割合」という）を、各要素位置について算出する。そして、雑音閾値決定部12は、空間最高周波数帯域成分の割合の平均値を基準として、複数の空間最高周波数帯域成分の割合を雑音閾値として決定し、雑音除去画像生成部13に出力する。例えば、0%から、空間最高周波数帯域成分の割合の平均値までをa等分した複数の値を雑音閾値として決定する。この場合、空間最高周波数帯域成分の割合の平均値が10%、a=5とすると、2%、4%、6%、8%、10%が雑音閾値となる。雑音閾値決定部12により決定された雑音閾値は、補助情報（パラメータ情報）として最適化部30に出力される。

【0027】

雑音除去画像生成部13は、周波数分解部11により生成された周波数帯域成分、及び雑音閾値決定部12により決定された雑音閾値を用いて原画像の孤立点を検出し、該孤立点を雑音とみなす。そして、原画像から雑音が除去された雑音除去画像を生成し、階調削減初期情報生成部16に出力する。

【0028】

図5は、雑音除去画像生成部13の構成例を示すブロック図である。図5に示すように

10

20

30

40

50

、雑音除去画像生成部 1 3 は、孤立点検出部 1 3 1 と、再構成部 1 3 2 とを備える。

【 0 0 2 9 】

孤立点検出部 1 3 1 は、周波数分解部 1 1 により生成された周波数帯域成分を解析して原画像の孤立点を検出する。具体的には、孤立点検出部 1 3 1 は、空間最高周波数帯域成分の割合を各要素位置について算出する。そして、孤立点検出部 1 3 1 は、雑音閾値決定部 1 2 により決定された複数の雑音閾値のうちの一つを選択し、算出した空間最高周波数帯域成分の割合が選択した雑音閾値 Th_1 を超える要素の値を 1 とし、雑音閾値 Th_1 以下の要素の値を 0 とする 2 値化画像 B を生成する。

【 0 0 3 0 】

孤立点検出部 1 3 1 は、2 値化画像 B の要素値が 1 である要素について、該要素を中心とする所定の判定領域内の要素値の合計値と、所定の閾値 Th_2 とを比較する。2 値化画像 B の判定領域内の要素値の合計値が閾値 Th_2 を超える場合には、当該要素は孤立点要素ではないと判定し、2 値化画像 B の判定領域内の要素値の合計値が閾値 Th_2 以下である場合には、当該要素を孤立点要素と判定し、孤立点要素に対応する原画像の画素を孤立点と判定する。

【 0 0 3 1 】

図 6 は、孤立点検出部 1 3 1 による孤立点判定処理を説明する図である。図 6 に示す例では、判定領域は 3×3 要素である。閾値 Th_2 を 1 とすると、2 値化画像 B の要素値が 1 となる要素の周囲の 8 要素の要素値が 0 であるときのみ、2 値化画像 B の要素値が 1 である要素を孤立要素とみなす。よって、閾値 $Th_2 = 1$ の場合、図中の要素 P 1 は孤立点要素であると判定され、要素 P 2 と要素 P 3 は孤立点要素と判定されない。

【 0 0 3 2 】

そして、孤立点検出部 1 3 1 は、各周波数帯域成分について、孤立点要素であると判定した要素位置の要素値を 0 とし、再構成部 1 3 2 に出力する。ただし、直流成分に雑音が含まれる場合には孤立点要素として検出されないおそれがあるため、直流成分を有する空間最低周波数帯域成分については階調値を変更しないようにするのが好適である。

【 0 0 3 3 】

再構成部 1 3 2 は、孤立点検出部 1 3 1 から入力される孤立点検出後の周波数帯域成分を用いて再構成処理を行い、雑音除去画像を生成し、階調削減初期情報生成部 1 6 に出力する。例えば、周波数分解部 1 1 において n 階ウェーブレットパケット分解を行って周波数帯域成分を生成していた場合には、孤立点検出後の周波数帯域成分を n 階ウェーブレットパケット再構成する。

【 0 0 3 4 】

グラデーション閾値決定部 1 4 は、周波数分解部 1 1 により生成された周波数分解成分の全帯域成分に対する空間最低周波数帯域成分のパワーの割合（以下、「空間最低周波数帯域成分の割合」という）を、各要素位置について算出する。そして、グラデーション閾値決定部 1 4 は、空間最低周波数帯域成分の割合の平均値を基準として、複数の空間最低周波数帯域成分の割合をグラデーション閾値として決定し、グラデーション画像生成部 1 5 に出力する。例えば、空間最低周波数帯域成分の割合の平均値から 1 0 0 % までを b 等分した複数の値をグラデーション閾値として決定する。この場合、空間最低周波数帯域成分の割合平均値が 9 0 %、 $b = 5$ とすると、9 0 %、9 2 %、9 4 %、9 6 %、9 8 % がグラデーション閾値となる。グラデーション閾値決定部 1 4 により決定されたグラデーション閾値は、補助情報として最適化部 3 0 に出力される。

【 0 0 3 5 】

グラデーション画像生成部 1 5 は、周波数分解部 1 1 により生成された周波数帯域成分、及びグラデーション閾値決定部 1 4 により決定されたグラデーション閾値を用いて原画像のグラデーション領域を検出し、該グラデーション領域のみからなるグラデーション画像を生成する。そして、グラデーション画像を階調削減初期情報生成部 1 6 に出力する。

【 0 0 3 6 】

図 7 は、グラデーション画像生成部 1 5 の構成例を示すブロック図である。図 7 に示す

10

20

30

40

50

ように、グラデーション画像生成部 15 は、グラデーション領域検出部 151 と、再構成部 152 とを備える。

【0037】

グラデーション領域検出部 151 は、周波数分解部 11 により生成された周波数帯域成分を解析して原画像のグラデーション領域を検出する。具体的には、グラデーション領域検出部 151 は、空間最低周波数帯域成分の割合を各要素位置について算出する。そして、グラデーション領域検出部 151 は、グラデーション閾値決定部 14 により決定された複数のグラデーション閾値のうちの 1 つを選択し、算出した空間最低周波数帯域成分の割合が選択したグラデーション閾値を超える領域をグラデーション領域と決定する。そして、グラデーション領域のみからなる画像を、再構成部 152 に出力する。

10

【0038】

再構成部 152 は、グラデーション領域検出部 151 から入力されるグラデーション領域検出後の周波数帯域成分を用いて再構成処理を行い、グラデーション画像を生成し、階調削減初期情報生成部 16 に出力する。例えば、周波数分解部 11 において n 階ウェーブレットパケット分解を行って周波数帯域成分を生成していた場合には、グラデーション領域検出後の周波数帯域成分を n 階ウェーブレット再構成する。

【0039】

階調削減初期情報生成部 16 は、雑音除去画像生成部 13 により生成された雑音除去画像、及びグラデーション画像生成部 15 により生成されたグラデーション画像に基づいて訓練データを生成するとともに、階調削減率（階調削減ビット数）に基づく階調変換テーブルを生成する。そして、訓練データ及び階調変換テーブルを階調決定部 17 に出力する。

20

【0040】

図 8 は、階調削減初期情報生成部 16 の構成例を示すブロック図である。図 8 に示すように、階調削減初期情報生成部 16 は、ヒストグラム生成部 161 と、重み付け部 162 と、階調変換テーブル生成部 163 とを備える。

【0041】

ヒストグラム生成部 161 は、雑音除去画像生成部 13 により生成された雑音除去画像について階調値ごとの度数を示すヒストグラムを生成し、重み付け部 162 に出力する。

【0042】

重み付け部 162 は、グラデーション画像生成部 15 により生成されたグラデーション画像の階調値を検出し、ヒストグラム生成部 161 により生成された雑音除去画像のヒストグラムに対して、グラデーション画像の階調値の度数が高くなるように重み付けする。そして、重み付けしたヒストグラムを訓練データとして階調決定部 17 に出力する。例えば、グラデーション画像の階調値の度数を、所定の 1 を超える値（例えば、1.2）を乗じた値に変更する。なお、度数の高いグラデーション画像の階調値ほど重みを大きくするようにしてもよい。重み付けしたヒストグラムを訓練データとすることにより、階調決定部 17 にて階調削減を行う際に、グラデーション領域により多くの階調を割り当てることができる。

30

【0043】

階調変換テーブル生成部 163 は、階調削減率に応じて階調変換テーブルを生成し、階調決定部 17 に出力する。階調変換テーブルは、原画像の色深度が n ビット（階調数 2^n ）、階調削減ビット数が m ビットの場合、n ビットを (n - m) ビットに線形変換する階調変換テーブルである。

40

【0044】

図 9 は、階調削減部 10 がグラデーション閾値決定部 14 及びグラデーション画像生成部 15 を備えない場合の階調削減初期情報生成部 16 の構成例を示すブロック図である。この場合、ヒストグラム生成部 161 は、雑音除去画像生成部 13 により生成された雑音除去画像について階調値ごとの度数を示すヒストグラムを訓練データとして生成する。階調変換テーブル生成部 163 は、階調削減率に応じて階調変換テーブルを生成する。

50

【 0 0 4 5 】

図 1 0 は、階調削減部 1 0 が雑音閾値決定部 1 2 及び雑音除去画像生成部 1 3 を備えない場合の階調削減初期情報生成部 1 6 の構成例を示すブロック図である。この場合、ヒストグラム生成部 1 6 1 は、原画像について階調値ごとの度数を示すヒストグラムを生成し、重み付け部 1 6 2 に出力する。重み付け部 1 6 2 は、グラデーション画像生成部 1 5 により生成されたグラデーション画像の階調値を検出し、ヒストグラム生成部 1 6 1 により生成された原画像のヒストグラムに対して、グラデーション画像の度数が高くなるように重み付けし、重み付けしたヒストグラムを訓練データとする。階調変換テーブル生成部 1 6 3 は、階調削減率に応じて階調変換テーブルを生成する。

【 0 0 4 6 】

階調決定部 1 7 は、階調削減初期情報生成部 1 6 により生成された訓練データ及び階調変換テーブルを初期値として用いるLloyd-Max法により、原画像の階調を削減した階調削減画像を生成する。階調決定部 1 7 は、訓練データの度数に応じて各階調の量子化ステップを決定して階調削減画像を生成した後、階調削減画像を逆階調変換して原画像と同じ階調数の画像を生成する。そして、原画像と逆階調変換した画像との差分値が所定の閾値以下となるまで、訓練データ、及び階調変換テーブルを更新し、階調削減処理を繰り返す。Lloyd-Max法によれば、度数の高い階調ほど量子化ステップを小さくするため、原画像と階調削減画像との誤差を小さくすることができる。

【 0 0 4 7 】

また、階調決定部 1 7 は、生成した階調削減部を元の階調数に復元するための逆量子化テーブルを生成し、補助情報として最適化部 3 0 に出力する。ここで、逆量子化テーブルとは、階調削減画像を生成した際の階調変換テーブルの入力値を出力値とし、階調変換テーブルの出力値を入力値としたテーブルである。

【 0 0 4 8 】

雑音除去画像生成部 1 3 は、雑音閾値決定部 1 2 により決定された雑音閾値ごとに雑音除去画像を生成する。また、グラデーション画像生成部 1 5 は、グラデーション閾値決定部 1 4 により決定されたグラデーション閾値ごとにグラデーション画像を生成する。よって、雑音閾値決定部 1 2 により決定された雑音閾値が a 個、グラデーション閾値決定部 1 4 により決定されたグラデーション閾値が b 個の場合には、階調削減初期情報生成部 1 6 により $a \times b$ 種類の訓練データが生成され、階調決定部 1 7 により $j = a \times b$ 枚の階調削減画像（階調削減画像群）が生成される。

【 0 0 4 9 】

[空間縮小部について]

次に、空間縮小部 2 0 について説明する。空間縮小部 2 0 は、階調削減部 1 0 により生成された j 枚の階調削減画像をそれぞれ k 個 ($k \geq 1$) のパラメータを用いて空間縮小処理して $j \times k$ 枚 (但し、 $j \times k \geq 2$) の空間・階調削減画像を生成し、最適化部 3 0 に出力する。

【 0 0 5 0 】

図 1 1 は、空間縮小部 2 0 の構成例を示すブロック図である。図 1 1 に示す例では、空間縮小部 2 0 は、平滑化部 2 1 と、縮小部 2 2 とを備える。

【 0 0 5 1 】

平滑化部 2 1 は、階調削減画像群をそれぞれ平滑化処理して平滑化画像群を生成し、縮小部 2 2 に出力する。平滑化は、解像度の縮小劣化過程（ぼやけ）を模擬した関数を用いて階調拡大画像を畳み込むことで処理する。解像度の縮小劣化過程を模擬した関数として、例えば、点拡がり関数（PSF: Point spread function）又はガウシアン関数を用いることができる。平滑化部 2 1 は、タップ数、分散値、ゲイン情報などを変更した k 個の関数（パラメータ）を用いて平滑化処理を行う。また、平滑化部 2 1 は、用いた関数のタップ数、分散値、ゲイン情報を、補助情報として最適化部 3 0 に出力する。

【 0 0 5 2 】

縮小部 2 2 は、平滑化部 2 1 により生成された平滑化画像群をそれぞれ目標解像度にな

10

20

30

40

50

るように空間縮小処理し、空間・階調削減画像群を生成し、最適化部30に出力する。空間縮小処理は、単純間引きにより行ってもよいし、平滑化画像を目標解像度になるようウェーブレット分解し、その空間低周波数成分を空間・階調削減画像としてもよい。ウェーブレット分解を行った場合には、そのフィルタの情報も補助情報として最適化部30に出力される。

【0053】

[最適化部について]

次に、最適化部30について説明する。最適化部30は、空間縮小部20により生成された $j \times k$ 枚(但し、 $j \times k \geq 2$)の空間・階調削減画像から、原画像と比較して最も劣化の少ない(最も差分の少ない)画像を選択して出力する。例えば、原画像とパワースペクトルの概形、ヒストグラムの概形、又はその両者の概形が最も近い画像を最も劣化の少ない画像とすることができる。また、最適化部30は、階調削減部10及び空間縮小部20により生成された補助情報を入力し、選択した空間・階調削減画像に対応する補助情報を、最適補助情報として出力する。最適補助情報を出力することにより、該最適補助情報及び空間・階調削減画像を用いて、元の原画像を復元することができるようになる。

10

【0054】

図12は、最適化部30の処理の一例を説明する図である。図12に示す例では、最適化部30は、原画像に対する各空間・階調削減画像のパワースペクトル差分値及びヒストグラム差分値を算出し、両者の合計値が最も小さい空間・階調削減画像を最も劣化の少ない画像として選択する。

20

【0055】

具体的には、最適化部30は、パワースペクトル差分値を算出するために、原画像及び空間・階調削減画像群をそれぞれ n 階ウェーブレット分解する。そして、原画像及び空間・階調削減画像の組み合わせごとに、各 n 階帯域のRMS(Root Mean Square)パワー値の差分合計値の α 倍の値を算出する。なお、図12では空間・階調削減画像の水平方向の解像度が原画像の $1/2$ 倍の場合を示している。

【0056】

また、最適化部30は、ヒストグラム差分値を算出するために、原画像及び空間・階調削減画像群のヒストグラムを求め、各ヒストグラムのレベルを m レベルに量子化する。そして、原画像及び空間・階調削減画像の組み合わせごとに、各 m レベルの頻度の差分合計値の β 倍の値を計算する。なお、図12では空間・階調削減画像の階調数が原画像の $1/4$ 倍の場合を示している。ここで、 α 及び β は外部から設定可能であり、空間縮小処理の精度を重視する場合は α に大きな重みを与え、階調削減処理の精度を重視する場合は β に大きな重みを与えることができる。

30

【0057】

最後に、最適化部30は、パワースペクトル差分値及びヒストグラム差分値の和をパワースペクトル・ヒストグラム差分値として算出し、この値が最小となる空間・階調削減画像を選択する。

【0058】

以上説明したように、空間・階調削減装置1は、階調削減部10により原画像を j 個($j \geq 1$)のパラメータを用いて階調削減処理して j 枚の階調削減画像を生成し、空間縮小部20により j 枚の階調削減画像を k 個($k \geq 1$)のパラメータを用いて空間縮小処理して $j \times k$ 枚(但し、 $j \times k \geq 2$)の空間・階調削減画像を生成する。そして、最適化部30により $j \times k$ 枚の空間・階調削減画像を前記原画像と比較して、最も劣化の少ない空間・階調削減画像を選択する。このため、空間・階調削減装置1によれば、階調削減処理と空間縮小処理とを個別に行う場合よりも、効率的且つ高精度に空間・階調削減画像を得ることができる。

40

【0059】

また、前記階調削減部10は、 j 個の雑音閾値を用いて、原画像から孤立点を除去した j 枚の雑音除去画像を生成するか、又は j 個のグラデーション閾値を用いて、原画像のグ

50

レーション領域のみからなる j 枚のグラデーション画像を生成する画像生成部（雑音除去画像生成部 13 又はグラデーション画像生成部 15）と、雑音除去画像又は原画像のヒストグラムに対して、グラデーション画像の階調値の度数が高くなるように重み付けしたヒストグラムを訓練データとして用いる Lloyd-Max 法により、原画像の階調を削減した j 枚の階調削減画像を生成する階調決定部 17 と、を備えるのが好適である。雑音又はグラデーションを考慮して階調変換することにより、視覚的かつ信号处理的に優れ、画像ごとに最適化された階調削減を行うことができる。また、空間縮小前に階調削減を行うことで、不要な雑音成分が折り返し成分として空間削減画像に含まれるのを防止することができる。

【0060】

なお、雑音及びグラデーションの双方を考慮する場合には、雑音除去画像生成部 13 により a 個の雑音閾値を用いて、原画像から孤立点を除去した a 枚の雑音除去画像を生成し、 b 個のグラデーション閾値を用いて、原画像のグラデーション領域のみからなる b 枚のグラデーション画像を生成し、階調決定部 17 により $j = a \times b$ 枚の階調削減画像を生成する。

【0061】

（第 2 の実施形態）

次に、本発明による第 2 の実施形態について説明する。図 13 は、本発明の第 2 の実施形態に係る空間・階調削減装置の構成を示すブロック図である。図 13 に示すように、空間・階調削減装置 2 は、階調削減閾値決定部 40 と、階調削減部 100 と、空間縮小部 20 と、最適化部 30 とを備える。第 2 の実施形態の空間・階調削減装置 2 は、第 1 の実施形態の空間・階調削減装置 1 と比較して、階調削減閾値決定部 40 を更に設けて、第 1 の実施形態の空間・階調削減装置 1 と異なる方法で階調削減時の閾値を決定する。空間縮小部 20 及び最適化部 30 については第 1 の実施形態と同一であるため、説明を省略する。

【0062】

階調削減閾値決定部 40 は、空間縮小率及び / 又は階調削減率に基づいて、雑音閾値及び / 又はグラデーション閾値を決定し、階調削減部 100 に出力する。ここでは、空間縮小率及び階調削減率に基づいて、雑音閾値及びグラデーション閾値を決定する場合について説明する。

【0063】

階調削減閾値決定部 40 は、空間縮小率及び階調削減率と、雑音閾値及びグラデーション閾値とを対応付けた対応表を予め有する。対応表の例を表 1 に示す。空間縮小率と、雑音閾値及びグラデーション閾値との関係については、空間縮小率が高くなるほど、雑音閾値及びグラデーション閾値を小さくする。空間縮小率が高い場合は、雑音成分の折り返しによる影響は少なく、またグラデーション領域検出を高い精度で行う必要はないためである。また、階調削減率と、雑音閾値及びグラデーション閾値との関係については、階調削減率が高くなるほど、雑音閾値及びグラデーション閾値を大きくするのが好適である。階調削減率が高い場合は、雑音に階調を割り当てないように雑音除去閾値を高く設定する必要がある。また疑似輪郭防止のためにグラデーション領域検出閾値を高く設定する必要があるからである。つまり、表 1 では、 $N_1 < N_2 < N_3 < N_4$ 、 $G_1 < G_2 < G_3 < G_4$ とする。

【0064】

10

20

30

40

【表 1】

空間縮小率	1 / 2	1 / 4	1 / 8	1 / 16
雑音閾値	N_4	N_3	N_2	N_1
グラデーション閾値	G_4	G_3	G_2	G_1
階調削減率	1 / 2	1 / 4	1 / 8	1 / 16
雑音閾値	N_1	N_2	N_3	N_4
グラデーション閾値	G_1	G_2	G_3	G_4

10

【0065】

表 1 の対応表を用いて雑音閾値及びグラデーション閾値を決定する場合、空間縮小処理に対する重み、及び階調削減処理に対する重みを用いるのが好適である。例えば、空間縮小率が 1 / 2、階調削減率が 1 / 8 の場合に表 1 を用いて雑音閾値 N 及びグラデーション閾値 G を求めると、 $N = (N_4 + N_3) / 2$ 、 $G = (G_4 + G_3) / 2$ となる。空間縮小処理の精度を重視する場合は に大きな重みを与え、階調削減処理の精度を重視する場合は に大きな重みを与える。なお、雑音閾値及びグラデーション閾値の組を複数組選択するようにしてもよい。

【0066】

図 14 は、階調削減部 100 の構成例を示すブロック図である。図 14 に示す例では、階調削減部 10 は、周波数分解部 11 と、雑音除去画像生成部 13 と、グラデーション画像生成部 15 と、階調削減初期情報生成部 16 と、階調決定部 17 とを備える。各構成部の詳細な処理内容は第 1 の実施形態で説明した通りであるため、ここでは概略のみ述べる。

20

【0067】

雑音除去画像生成部 13 は、周波数分解部 11 により生成された周波数帯域成分、及び階調削減閾値決定部 40 により決定された雑音閾値を用いて原画像の孤立点を検出し、該孤立点を雑音とみなす。そして、原画像から雑音が除去された雑音除去画像を生成し、階調削減初期情報生成部 16 に出力する。

【0068】

グラデーション画像生成部 15 は、周波数分解部 11 により生成された周波数帯域成分、及び階調削減閾値決定部 40 により決定されたグラデーション閾値を用いて原画像のグラデーション領域を検出し、該グラデーション領域のみからなるグラデーション画像を生成する。そして、グラデーション画像を階調削減初期情報生成部 16 に出力する。

30

【0069】

階調削減初期情報生成部 16 は、雑音除去画像生成部 13 により生成された雑音除去画像、及びグラデーション画像生成部 15 により生成されたグラデーション画像に基づいて訓練データを生成するとともに、階調削減率に基づく階調変換テーブルを生成する。そして、訓練データ及び階調変換テーブルを階調決定部 17 に出力する。

【0070】

階調決定部 17 は、階調削減初期情報生成部 16 により生成された訓練データ及び階調変換テーブルを初期値として用いる Lloyd-Max 法により、原画像の階調を削減した階調削減画像を生成する。また、階調決定部 17 は逆量子化テーブルを生成し、補助情報として最適化部 30 に出力する。

40

【0071】

以上説明したように、空間・階調削減装置 2 は、階調削減閾値決定部 40 を更に備え、雑音閾値又は前記グラデーション閾値を、該閾値と、空間縮小率又は階調削減率とを対応付けた対応表に基づいて決定する。このため、空間・階調削減装置 2 によれば、第 1 の実施形態の空間・階調削減装置 1 と同様の効果に加え、雑音閾値又は前記グラデーション閾値を迅速に決定して処理時間を短縮することができるようになる。

50

【 0 0 7 2 】

なお、上述した空間・階調削減装置 1, 2 として機能させるためにコンピュータを用いることができ、そのようなコンピュータは、空間・階調削減装置 1, 2 の各機能を実現する処理内容を記述したプログラムを当該コンピュータの記憶部に格納しておき、当該コンピュータの CPU によってこのプログラムを読み出して実行させることで実現することができる。なお、このプログラムは、コンピュータ読取り可能な記録媒体に記録することができる。

【 0 0 7 3 】

上述の実施形態は、代表的な例として説明したが、本発明の趣旨及び範囲内で、多くの変更及び置換ができることは当業者に明らかである。したがって、本発明は上述の実施形態によって制限するものと解するべきではなく、特許請求の範囲から逸脱することなく、種々の変形や変更が可能である。例えば、実施形態に記載の複数の構成ブロックを 1 つに組み合わせたり、あるいは 1 つの構成ブロックを分割したりすることが可能である。

10

【産業上の利用可能性】

【 0 0 7 4 】

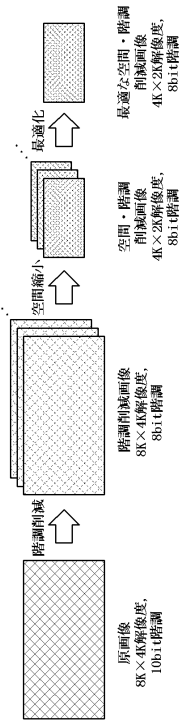
このように、本発明は原画像の階調削減処理及び空間縮小処理を行って空間・階調削減画像を生成する任意の用途に有用である。

【符号の説明】

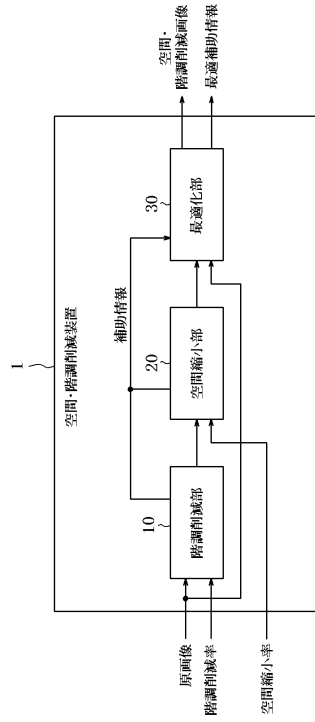
【 0 0 7 5 】

1, 2	空間・階調削減装置	20
1 0	階調削減部	
1 1	周波数分解部	
1 2	雑音閾値決定部	
1 3	雑音除去画像生成部	
1 4	グラデーション閾値決定部	
1 5	グラデーション画像生成部	
1 6	階調削減初期情報生成部	
1 7	階調決定部	
2 0	空間縮小部	
2 1	平滑化部	30
2 2	縮小部	
3 0	最適化部	
4 0	階調削減閾値決定部	
1 0 0	階調削減部	
1 3 1	孤立点検出部	
1 3 2	再構成部	
1 5 1	グラデーション領域検出部	
1 5 2	再構成部	
1 6 1	ヒストグラム生成部	
1 6 2	重み付け部	40
1 6 3	階調変換テーブル生成部	

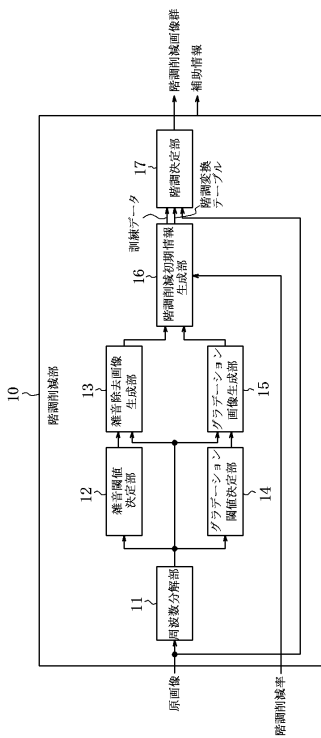
【図1】



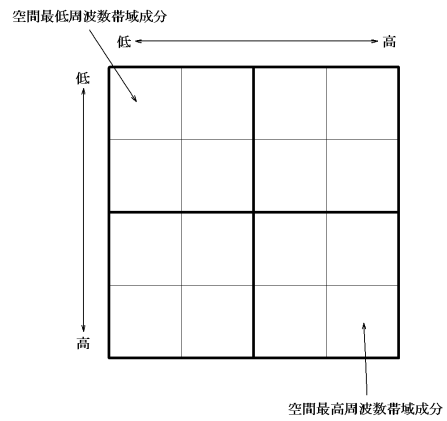
【図2】



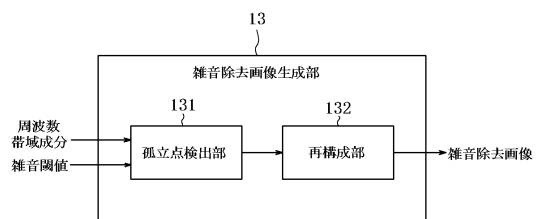
【図3】



【図4】



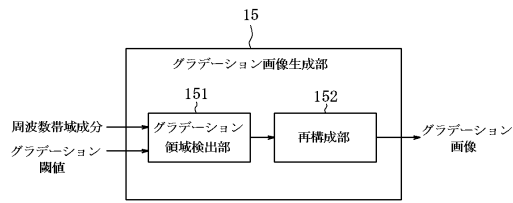
【図5】



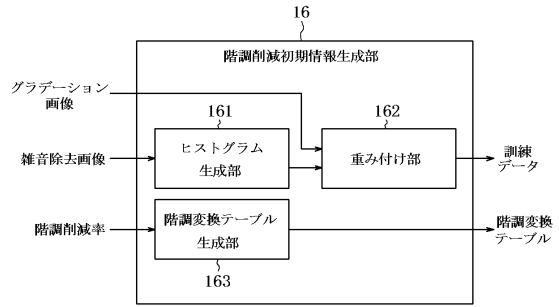
【図6】

						P1		P2			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

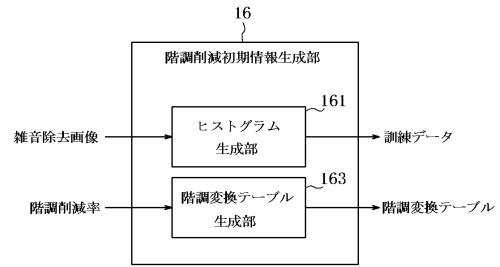
【図7】



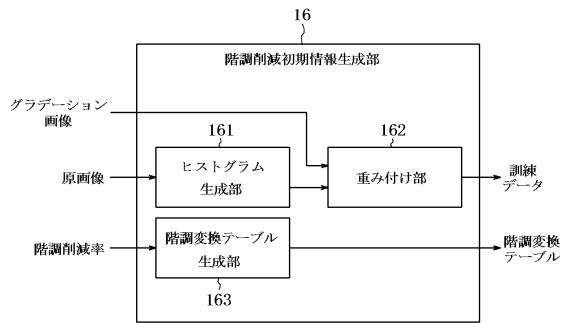
【図8】



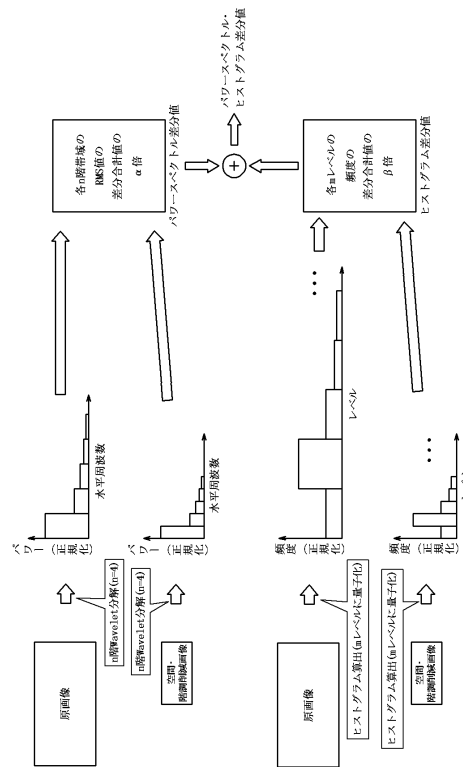
【図9】



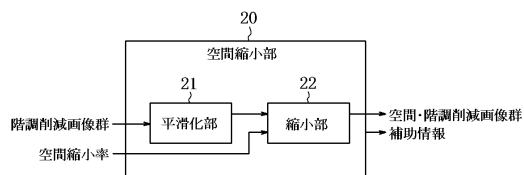
【図10】



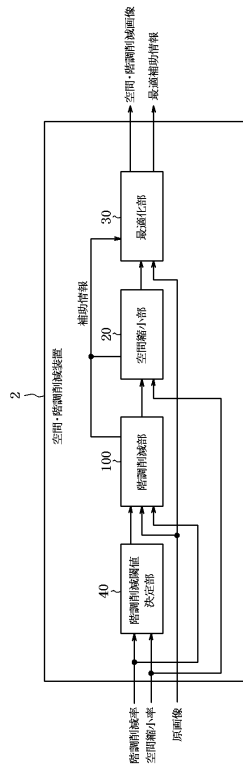
【図12】



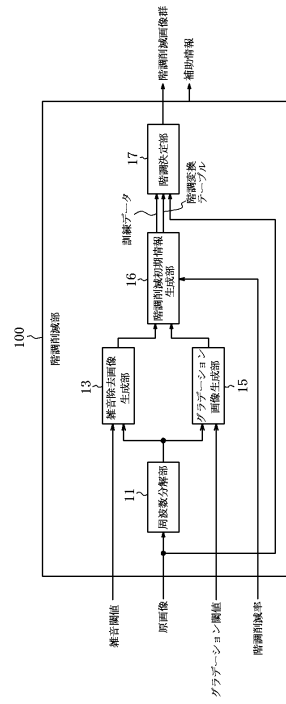
【図11】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2011-228974(JP,A)
特開2003-288585(JP,A)
松尾 康孝, 外3名, パラメータ最適化を伴う階調削減と階調復元を用いた超高精細映像符号化の検討, 画像符号化シンポジウム(PCSJ2012) 第27回シンポジウム資料 The Proceedings of the 27th Picture Coding Symposium of Japan, 日本, 2012年, pp.7-8

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 1/00 - 5/50
H04N 1/393 - 1/409