

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 6 部門第 3 区分

【発行日】平成24年1月5日 (2012.1.5)

【公開番号】特開2010-9583(P2010-9583A)

【公開日】平成22年1月14日 (2010.1.14)

【年通号数】公開・登録公報2010-002

【出願番号】特願2009-101310(P2009-101310)

【国際特許分類】

G 0 6 T 5/00 (2006.01)

H 0 4 N 1/407 (2006.01)

H 0 4 N 5/243 (2006.01)

【F I】

G 0 6 T 5/00 1 0 0

H 0 4 N 1/40 1 0 1 E

H 0 4 N 5/243

【手続補正書】

【提出日】平成23年11月14日 (2011.11.14)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】ダイナミックレンジ圧縮装置、ダイナミックレンジ圧縮方法、プログラム、集積回路および撮像装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、ダイナミックレンジ圧縮装置、ダイナミックレンジ圧縮方法、プログラム、集積回路および撮像装置に関する。特に、可変のダイナミックレンジの画像信号が入力されるダイナミックレンジ圧縮装置、ダイナミックレンジ圧縮方法、プログラム、集積回路および撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

静止画を撮影するデジタルカメラや動画を撮影するデジタルビデオカメラといった撮像装置は、いずれも、光学系で露光制御を行い、光学系により結像された像をCCD型イメージセンサやCMOS型イメージセンサ等を用いて、光電変換により電気信号に変換し、アナログ画像信号として取得する。そして、従来の撮像装置は、取得したアナログ画像信号を、アナログフロントエンド処理等を実行する回路により処理し、A/D変換器によりデジタル画像データに変換する。このデジタル画像データは、映像ガンマ補正処理（例えば、 $\gamma = 0.45$ によるガンマ補正処理）、Knee処理、輝度色差変換処理等が施されさらに、静止画データの場合はJPEG（Joint Photographic Experts Group）方式等の規格化されたフォーマットに変換され、動画データの場合はMPEG（Moving Picture Experts Group）方式、DV（Digital Video）方式等の規格化されたフォーマットに変換される。そして、規格化されたフォーマットに変換されたデジタル画像データは、各種メモリカードやハードディスク、光ディスク、磁気テープなどに記録される。

【0003】

このような従来の撮像装置では、上記のような規格化されたフォーマット（画像（映像

フォーマット)で決められている最白点(すなわちディスプレイ装置に表示する際の最大明度値)を「100%」とした場合、通常100%~500%の明度のダイナミックレンジ(以下、「Dレンジ」という。)が撮影できるように設定される。なお、ここで、「100%のダイナミックレンジ」とは、信号値(例えば、明度値)のとり得る範囲が0%~100%の範囲であることをいう。つまり、「100%のダイナミックレンジ」とは、信号値の最小値が「0%」であり、信号値の最大値が「100%」であることをいう。また、撮像装置の撮像素子は、光電変換により、200%~500%程度の広いDレンジの映像(画像)信号に変換される光の強度変化に十分対応することができるだけの感度(受光感度)を有している。撮像装置の撮像素子は、例えば、空や雲などの高輝度信号に変換される光に対しても十分な感度(受光感度)を有している。

【0004】

一般に、ユーザは、撮像装置を用いて、夜の薄暗い室内から晴天の屋外まで、様々な撮影シーンを撮影する。撮像装置で撮影されるシーンが異なると、撮像装置の撮像素子により取得される映像(画像)信号のピーク値が異なることになる。つまり、撮像素子により取得される映像(画像)信号により形成される1枚の画像(例えば、1フレームの画像)内における画素値(画像を形成する画素の値(映像(画像)信号の信号値に対応する値))のピーク値が異なることになる。例えば、夜の薄暗い室内のシーンを撮像装置により撮影した場合、撮像画像(撮像装置の撮像素子により取得された画像)の画素値のピーク値は小さい値となり、逆に、晴天の屋外のシーンを撮像装置により撮影した場合、撮像画像の画素値のピーク値は大きな値となる。撮像装置の撮像素子により取得された、撮影シーンによりピーク値が異なる映像(画像)信号は、撮像素子の後段にある撮像装置の信号処理部に入力されることになる。つまり、撮像装置の信号処理部には、可変のDレンジの映像(画像)信号が入力されることになる。

【0005】

撮像装置は、撮像装置の信号処理部により、このような可変の広いDレンジの映像(画像)信号を100%以下のDレンジを持つ映像(画像)信号に圧縮して、表示機器へ出力、または、記録媒体に保存している。撮像装置のこのような圧縮処理をDレンジ圧縮処理という。なお、通常、撮像装置において、Dレンジ圧縮処理前に補正(例えば、 $\gamma = 0.45$ によるガンマ補正処理)が行われるので、例えば、500%のDレンジの映像(画像)信号は、 $\gamma = 0.45$ の処理により約200%のDレンジの映像(画像)信号に変換される。以下、「DレンジX%」(Xは任意の数字)、または、単に「X%」(Xは任意の数字)と表記した場合、補正処理後の映像(画像)信号のDレンジを表すものとする。

従来のDレンジ圧縮処理として、よく知られているオートニー(Auto Knee)処理および特許文献1・2等に記載の視覚処理装置によるDレンジ圧縮処理の2つの処理について、以下説明する。

【0006】

オートニー処理について

図1に、オートニー処理の入出力特性を示す。

オートニー処理は、入力画像の各画素の輝度に相当する入力輝度信号 Y_{in} (入力画像の各画素の画素値に対応する信号)を、図1に示すような折れ線形状の入出力特性を有する変換により入力Dレンジを圧縮し、出力輝度信号 Y_{out} を出力することで実行される。

図1に示すように、この折れ線形状の入出力特性は、折れ点(ニーポイント: Knee Point、通常85%程度)を介し、低輝度変換部LR(傾き1)(図1のグラフでは、 Y_{in} が0~85%の領域がこの「低輝度変換部」に相当する。)と、高輝度変換部HR(ニースロープ: Knee Slope、傾き可変)(図1のグラフでは、 Y_{in} が85%以上の領域がこの「高輝度変換部HR」に相当する。)から成る。一般に、オートニー処理では、撮影シーンにより変動する入力ピーク値(入力輝度信号 Y_{in} のピーク値)が、常に出力輝度信号 Y_{out} のDレンジの最大値として出力されるように、高輝度変

換部 H R の傾きを入力ピーク値に連動して変化させる。例えば、図 1 に示すように、入力ピーク値 P_{in} が A 1 である場合、D レンジ圧縮処理の入出力特性における高輝度変換部 H R の特性曲線（図 1 の場合直線）を、直線 L 1 とする。入力ピーク値 P_{in} が A 2 である場合、D レンジ圧縮処理の入出力特性における高輝度変換部 H R の特性曲線（図 1 の場合直線）を、直線 L 2 とする。そして、入力ピーク値 P_{in} が A 3 である場合、D レンジ圧縮処理の入出力特性における高輝度変換部 H R の特性曲線（図 1 の場合直線）を、直線 L 3 とする。このようにして、オートニー処理では、高輝度変換部 H R の傾きを入力ピーク値 P_{in} に連動させて変化させる。

【0007】

オートニー処理では、人物などの主要な被写体が存在する中輝度以下（0%～85%）の入力輝度信号 Y_{in} は、低輝度変換部 L R（傾き 1）の特性曲線（図 1 では直線）により変換され、明るさが維持された出力輝度信号 Y_{out} に変換される。

しかしながら、被写体における空や雲などの領域に対応する高輝度信号（85%～入力ピーク値）は、高輝度変換部 H R（傾き 1 以下）により出力輝度信号の D レンジが 85%～100% の 15% の範囲となるように圧縮されるので、出力輝度信号により形成される画像の階調性が著しく劣化する。このため、図 5（a）のように、オートニー処理を行った輝度信号により形成される画像において、空や雲などの陰影（コントラスト）が極端に低下してしまうという課題がある。

【0008】

特許文献 1・2 等に記載の視覚処理装置による D レンジ圧縮処理（視覚的ニー処理）

そこで、このコントラスト低下の課題を解決するための、人間の視覚特性に基づいた D レンジ圧縮処理が、特許文献 1・2 等に関連されている。これについて、図 2～4 を用いて説明する。

【0009】

まず、図 2 に視覚特性の 1 つである明暗対比特性の説明図を示す。

左右の大きい円の内側にある小さな円は、ともに同じ輝度値であるが、左の中心の円は周辺が暗いので明るく見え、右の中心の円は周辺が明るいので暗く見える。このように、人間は、輝度値そのものではなく、周辺との対比で明るさ・コントラストを知覚している。これを明暗対比特性という。

【0010】

次に、この明暗対比特性に基づいて階調変換処理を行う、特許文献 1・2 等に記載の視覚処理装置 10 について説明する。

図 3 に、視覚処理装置 10 のブロック図を示す。視覚処理装置 10 は、空間処理部 101 と、2 次元 LUT で実現された視覚処理部 102 と、から構成される。

まず、空間処理部 101 により、入力輝度（信号） Y_{in} に対し、その周辺平均輝度（信号） Y_{ave} を算出する。

【0011】

ここで、「周辺平均輝度」とは、入力輝度信号 Y_{in} が形成する画像において、処理対象である着目画素を中心として形成される所定の面積を有する画像領域に含まれる画素の輝度平均値のことをいい、例えば、画像サイズが 1920 画素×1080 画素の場合、着目画素を中心とする 400 画素×240 画素程度の領域（画像領域）に含まれる画素の輝度平均値が、「周辺平均輝度」に相当する。

【0012】

次に、視覚処理部 102 には、周辺平均輝度（信号） Y_{ave} ごとに異なる複数の階調変換カーブ（階調変換特性を決定する階調変換特性曲線データ）が格納されており、入力輝度（信号） Y_{in} を、2D-LUT（2次元ルック・アップ・テーブル）からその周辺平均輝度（信号） Y_{ave} に対応する階調変換カーブにより階調変換する。そして、視覚処理部 102 は、階調変換することで取得した出力輝度（信号） Y_{out} を出力する。

【0013】

視覚処理部 102 の入出力特性を様々に変えることにより（視覚処理部 102 を 2D-LUT（2次元ルックアップテーブル）で実現する場合は、その 2D-LUT の入出力特性データを様々に変えることにより）、視覚処理装置 10 では、コントラストを維持した Dレンジ圧縮処理や暗部補正処理、また、全体の明るさ感を維持したコントラスト強調処理などの様々な階調変換処理が可能となる。

【0014】

このうち、視覚処理部 102 を Dレンジ圧縮処理に用いる場合について詳細に説明する。以下、視覚処理部 102 により行う Dレンジ圧縮処理のことを、視覚特性に基づいたニー（Knee）処理という意味で、「視覚的ニー処理」と称することとする。

図 4 に、視覚的ニー処理における視覚処理部 11 の入出力特性を示す。

視覚的ニー処理では、明暗対比特性に基づき、入力輝度（信号） Y_{in} を、その周辺平均輝度（信号） Y_{ave} が高いほど低い値に変換する階調変換曲線（階調変換曲線 $C_1 \sim C_n$ から選択）を用いて Dレンジを圧縮し、出力輝度（信号） Y_{out} を出力する。ここで、階調変換曲線 C_1 は、周辺平均輝度 Y_{ave} が 85% 以下の場合に選択される Dレンジ圧縮曲線を示し、階調変換曲線 C_2 、階調変換曲線 C_m 、階調変換曲線 C_n は、図 4 に示すグラフにおいて、下方にあるほど、周辺平均輝度 Y_{ave} が高い場合に選択される Dレンジ圧縮特性曲線（階調変換曲線）を示している。このような視覚的ニー処理について、オートニー処理と比較しながら、図 5 を用いて説明する。

【0015】

図 5（a）に、オートニー処理による処理画像の説明図を示す。また、図 5（b）に、視覚的ニー処理による処理画像の説明図を示す。

オートニー処理では、入力輝度（信号） Y_{in} に対して、1 種類の曲線（折れ線）（図 4 の折れ線 A_K ）（階調変換曲線）により処理を行い、出力輝度（信号） Y_{out} を取得する。つまり、オートニー処理では、入力画像全体（図 5（a）に示す画面全体）に対して、1 種類の階調変換曲線（折れ線）による処理がなされる。オートニー処理では、入力輝度（信号） Y_{in} が形成する画像において人物などの中輝度以下の明るさとなる画像領域が、オートニー処理後の出力輝度信号 Y_{out} により形成される画像においても十分な明るさを維持させるために、入力輝度（信号） Y_{in} の輝度値（信号値）が高い信号（高輝度信号）に対して強く圧縮処理を行っている。このため、図 5（a）に示すように、高輝度信号により形成される画像領域である空の部分のコントラストが低下している。

【0016】

一方、視覚的ニー処理では、図 5（b）に示すように、周辺平均輝度に応じて、画像領域が明るい領域であるのか、それとも暗い領域であるのかによって、異なる階調変換曲線による階調変換処理が実行される。つまり、視覚的ニー処理では、画像上の明暗領域ごとに異なる階調変換曲線が選択される。中輝度以下の人物などの主要被写体の部分（画像領域）に対しては、階調変換曲線 C_1 が選択されて階調変換が実行される。これにより、視覚的ニー処理後の画像において、中輝度以下の人物などの主要被写体の部分（画像領域）の明るさは保たれる。一方、空や雲などの高輝度信号により形成される画像領域は、周辺平均輝度が高いため、例えば階調変換曲線 C_m が選択されて階調変換が実行される。階調変換曲線 C_m は、入力輝度信号 Y_{in} の値が大きい領域（図 4 の Y_{in} が 85% ~ 200% の領域）の殆どの領域において、オートニー処理に用いられる階調変換曲線における高輝度変換部の曲線（図 4 では直線）の傾きよりも傾きが大きく、かつ、階調変換後の値（ Y_{out} の値）（出力値）が低い。このため、入力高輝度信号（例えば、85% ~ 200% の入力輝度信号 Y_{in} ）は、より広い出力 Dレンジ（例えば、50% ~ 100%）の出力輝度信号 Y_{out} に圧縮される。これにより、視覚的ニー処理により取得される画像において、コントラスト低下が抑制される。

【0017】

例えば、視覚的ニー処理では、着目画素の入力輝度信号 Y_{in} が B_1 であり、当該着目画素の周辺輝度が高い場合、当該着目画素に相当する入力輝度信号 Y_{in} は、階調変換曲線 C_m により、出力輝度信号 Y_{out} の値 D_1 に変換される。一方、オートニー処理では

、上記と同じ場合、着目画素に相当する入力輝度信号 Y_{in} ($= B_1$) は、折れ線による階調変換曲線 A_K により、出力輝度信号 Y_{out} の値 E_1 に変換される。つまり、この場合、視覚的二ー処理による変換後の値 (Y_{out} の値) の方が小さくなるので、視覚的二ー処理により、オート二ー処理よりも広い出力 D レンジの出力輝度信号 Y_{out} を取得することができる。また、図 4 の R_1 で示した部分の折れ線 A_K の傾きよりも、図 4 の R_2 で示した部分の階調変換曲線 C_m の傾きの方が大きい。このため、視覚的二ー処理により取得される画像は、オート二ー処理により取得される画像に比べて、よりコントラスト低下が抑制されたものとなる。

【0018】

このように、視覚的二ー処理では、オート二ー処理のように画面 (画像) 全体に、単一の D レンジ圧縮曲線 (直線) (階調変換曲線) による D レンジ圧縮処理 (階調変換処理) を行うのではなく、着目画素の周辺平均輝度に基づいて、複数の D レンジ圧縮曲線 (階調変換曲線) の中から所定の出力 D レンジ圧縮曲線 (階調変換曲線) を選択して、 D レンジ圧縮処理 (階調変換処理) を行う。このため、視覚的二ー処理では、輝度領域 (画像領域) ごとに (例えば、明るい領域や暗い領域ごとに)、独立に明るさをコントロールすることができる D レンジ圧縮処理 (階調変換処理) を実現することができる。つまり、視覚的二ー処理では、主要被写体の明るさを保ったまま、周辺平均輝度が高い高輝度領域のみに適用させる階調変換曲線の傾きをより大きくすることが可能である。これにより、視覚的二ー処理による取得画像において、高輝度領域 (高輝度画像領域) の階調性を大幅に改善させることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0019】

【特許文献 1】特許第 4 1 2 6 2 9 7 号

【特許文献 2】国際公開第 $W O 2 0 0 7 / 0 4 3 4 6 0$ 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0020】

しかしながら、視覚的二ー処理は、 LUT (ルック・アップ・テーブル) による固定処理なので、オート二ー処理のように、入出力特性を入力ピーク値に連動させる機能 (以下、「オート二ー機能」と称する) がなかった。このため、以下の課題が生じる。

図 6 は、オート二ー機能がない場合に生じる課題について説明するための図である。

ここでは、視覚処理部 102 の $2D-LUT$ (2次元ルック・アップ・テーブル) の最大入力 D レンジを 200% (補正後) で設計した場合を想定し、図 6 (a) および (b) は、それぞれ、入力ピーク値 (入力輝度信号 Y_{in} のピーク値) が 200% 以上および 200% 以下の場合の視覚処理装置 10 の動作および処理画像について説明するための図である。

(1) 入力ピーク値 P_{in} 200% の場合、図 6 (a) に示すように、入力輝度 (信号) Y_{in} を、あらかじめ 200% で制限 (クリップ) しておく必要がある。これにより、200% 以上の階調が全て失われてしまうので、図 6 (a) の処理画像 Img_1 のように、空の部分 (画像領域) が白飛びしてしまうという課題がある。

(2) 一方、入力ピーク値 P_{in} 200% の場合、図 6 (b) に示すように、入力輝度 (信号) Y_{in} の入力ピーク値 P_{in} は、階調変換曲線 $C_1 \sim C_n$ の中のいずれかの階調変換曲線により変換される。いずれの階調変換曲線を用いた場合でも、入力ピーク値 P_{in} の視覚処理部 102 による階調変換後の出力 (出力ピーク値) P_{out} は、100% 未満の値となり、出力 D レンジを使い切ることができない。つまり、この場合、高輝度信号 (高輝度画像領域に相当する入力輝度信号 Y_{in}) に対して、必要以上に圧縮処理を行うことになるので、視覚処理部 102 から出力される出力輝度信号 Y_{out} により形成される画像において、高輝度部 (例えば図 6 (b) の空の部分) の階調が失われる。このため、図 6 (b) の処理画像 Img_2 のように、空の部分が暗い画像 (いわゆる眠い画) とな

ってしまうという課題がある。

【 0 0 2 1 】

なお、この課題を解決する手法として、例えば、最大入力Dレンジ（視覚処理部102に入力される輝度信号 Y_{in} の最大Dレンジに相当）100%用、200%用、400%用、800%用、・・・、に設計された複数のLUTを作成しておき、入力ピーク値 P_{in} に合わせて各LUTを動的に差し替えるという手法が考えられる。しかしながら、この場合、800%用の2次元LUTの回路が必要となり、回路規模が非常に大きくなる問題や、LUTの差し替えに伴うタイムラグなどの問題もあるので、この手法を採用することは、現実的ではない。

【 0 0 2 2 】

本発明は、このような課題を解決するものであり、視覚的二ー処理に、オート二ー機能を設けることで、可変のDレンジの画像信号が入力される場合であっても、入力画像信号により形成される画像内のピーク値に基づいて、常に出力フルレンジに圧縮された画像信号を取得することができる（すなわち、画像内のピークに連動して動的にDレンジ圧縮処理を行うことができる）ダイナミックレンジ圧縮装置、ダイナミックレンジ圧縮方法、プログラム、集積回路および撮像装置等を提供することを目的とする。

【 0 0 2 3 】

さらに、本発明は、周辺平均輝度信号を用いてゲイン制御することで、コントラストを維持したまま、オート二ー機能を実現することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 2 4 】

第1の発明は、可変のダイナミックレンジ（Dレンジ）の画像信号が入力されるDレンジ圧縮装置であって、空間処理部と、視覚処理部と、ピーク検出部と、増幅部と、を備えるDレンジ圧縮装置である。空間処理部は、画像信号に対して周辺平均輝度信号を算出する。視覚処理部は、画像信号を周辺平均輝度信号に応じて決定される階調変換特性により変換することにより、画像信号のDレンジが所定の出力Dレンジ以下となるようにDレンジ圧縮処理を行う。ピーク検出部は、画像信号が形成する画像内のピーク値を検出する。増幅部は、視覚処理部から出力される画像信号をピーク値に基づいて決定される増幅用入出力変換特性により変換することで、視覚処理部から出力される画像信号のDレンジが所定の出力Dレンジとなるように、ピーク値に連動した動的増幅処理を行う。

【 0 0 2 5 】

このDレンジ圧縮装置では、視覚処理部により、画像信号が周辺平均輝度信号に応じて決定される階調変換により、画像信号のDレンジが所定の出力Dレンジ以下となるようにDレンジ圧縮処理される。さらに、このDレンジ圧縮装置では、ピーク検出部により検出された画像内のピーク値に基づいて決定される増幅用入出力変換特性により、画像信号の増幅処理を行う。

【 0 0 2 6 】

視覚処理部は、通常、非線形な変換も行うことができるようにするため、ルックアップテーブル（LUT）で構成される。このため、動的な処理を行えず、入力ピーク値に K_{nee} 特性（Dレンジ圧縮特性）を連動させる機能（オート二ー機能）を実現できない。そこで、後段に入力ピーク値を用いた増幅回路（増幅部）を設ける。

これにより、視覚処理部から出力される画像信号のDレンジが所定の出力Dレンジとなるように、ピーク値に連動した動的増幅処理を行うことができる。これにより、Dレンジ圧縮装置で処理された画像信号により形成される画像は、常に出力フルレンジの画像となる。なお、LUTに限らず、視覚処理部の非線形変換を複雑な回路（ハードウェア）により実現する場合であっても、このDレンジ圧縮装置では、簡易にオート二ー機能を実現することができる。

【 0 0 2 7 】

なお、「周辺平均輝度信号」とは、画像信号が形成する画像における注目画素および注目画素周辺の画素から導かれる情報をいう。例えば、周辺画素を中心としたM画素×N画

素の画像領域の平均の明るさ（階調値、画素値）等がこの一例である。また、着目画素の周辺画像領域（周辺平均輝度信号を求めるための画像領域）は、矩形領域に限らず、円形領域・楕円形領域などでもよく、また、輝度平均値とは、単純平均値・加重平均値などを含む概念である。また、周辺画像情報を取得するために、必ずしも画素単位での処理を行う必要はなく、複数の画素からなるブロック単位での処理を行うことで周辺画像情報を取得してもよい。

【 0 0 2 8 】

また、「所定の出力Dレンジ」とは、Dレンジ圧縮装置の出力信号のDレンジのことをいい、出力信号のフルレンジを含む概念である。ここで、出力信号のフルレンジとは、表示機器や記録媒体における画像フォーマットで定められた最大値のことを指すが、これに限定されることはなく、例えば、当該最大値付近の値を含む概念である。

ここで、「画像フォーマット」とは、J P E G、B M P、T I F F、R A Wなど、一般にカメラで用いられている記録フォーマットである。そして、「画像フォーマットで定められた最大値」とは、例えばB M P（R，G，B各8ビット）の場合、「255」である。

なお、「ピーク値」とは、入力画像（幅W×高さH）の画面（画像）内に含まれる画素の画素値（画像信号の信号値に相当。）の最大値のことであり、厳密な最大値の他に、最大値付近の値を含む概念である。

【 0 0 2 9 】

第2の発明は、第1の発明であって、画像フォーマットで決められている最大値を「100%」とした場合、所定の出力Dレンジは、90%～100%程度である。

通常、所定の出力Dレンジ＝100%とする。すなわち、視覚処理部（2D-LUTで構成）により入力Dレンジを100%以下に圧縮し、増幅部により圧縮しすぎた分を増幅して100%（＝出力フルレンジ＝画像フォーマットで定められた最大値）まで拡大する。しかし、厳密に100%にする必要はなく、90%～100%程度の範囲内の値としてもよい。

なお、動画の場合、「画像フォーマットで定められた最大値」＝255を109%などとみなす場合がある。これは、16を0%、235を100%とみなすためであり、この場合、255は約109%となるが、「所定の出力Dレンジ」は、この概念を含む。

【 0 0 3 0 】

第3の発明は、第1または第2の発明であって、画像信号をピーク値に基づいて決定される圧縮用入出力変換特性により変換することで、画像信号のDレンジが視覚処理部の最大入力Dレンジ以下となるように、ピーク値に連動した動的圧縮処理を行うプレ圧縮部をさらに備える。視覚処理部は、プレ圧縮部から出力される画像信号を、周辺平均輝度信号に応じて決定される階調変換特性によりお変換することにより、プレ圧縮部から出力される画像信号のDレンジが所定の出力Dレンジ以下となるようにDレンジ圧縮処理を行う。

【 0 0 3 1 】

このDレンジ圧縮装置では、「ピーク値 視覚処理部の最大入力Dレンジ」の場合においても、視覚処理部前段のプレ圧縮部により、視覚処理部の最大入力Dレンジまで事前に画像内のピーク値に合わせて動的に圧縮することができる。したがって、このDレンジ圧縮装置に、あらゆる可変のDレンジの画像信号が入力される場合であっても、入力画像信号により形成される画像内のピーク値に連動したDレンジ圧縮処理を行うことができる。その結果、このDレンジ圧縮装置により処理された画像信号は、常に所定の出力Dレンジ（出力フルレンジ）を有する画像信号に圧縮することができる。

【 0 0 3 2 】

第4の発明は、第1から第3のいずれかの発明であって、増幅部は、周辺平均輝度信号をさらに用いて、ピーク値に連動した動的増幅処理を行う。

これにより、コントラストを維持したまま、オートニー機能を実現することができる。

コントラストが維持される理由は後述するが、図14を用いて簡単に説明する。図14の画素Poが含まれる点線内の画像領域において、各画素における周辺平均輝度信号は（

ほぼ) 同一であるので、この明るい画像領域内の全画素の画素値は、(画素 P_o に対応する画像信号 $Y_{in}(P_o)$ を含め) 同一のゲイン(「1」以上)により増幅される。このため、変換後の画像における画素 P_o の周辺平均輝度信号 $Y_{ave}(P_o)$ もまた、同じ比率で変化する。したがって、画素 P_o の明るさ対比量($Y_{in}(P_o) / Y_{ave}(P_o)$)は、増幅前後で変化しない。これにより、画素 P_o における局所的なコントラストが維持される(Dレンジ拡大された場合であってもコントラストが過剰に強調されない)。

【0033】

また、周辺平均輝度信号によりゲイン制御を行うことは、視覚処理部の2次元LUTの対角成分を外部から動的制御することに相当する。2次元LUTの対角成分は、画像信号と周辺平均輝度信号(低周波成分)とが同じ値になる場合の出力輝度であり、これは周辺平均輝度信号の変換特性(低周波変換特性)を意味する。増幅部において、周辺平均輝度信号を用いてゲイン制御を行うことで、対角成分(周辺輝度変換特性)を外部から動的に制御するのと、同等の機能を実現できる。

【0034】

また、次のように解釈することもできる。視覚処理部に格納された複数の階調変換カーブは、周辺平均輝度ごとに異なる。これに周辺平均輝度を用いたゲイン制御を行うことは、各カーブの傾きを個別に調整することに相当する。これにより、視覚処理部がLUTで構成された場合であっても、視覚処理部の各階調変換カーブを動的に制御するのと同等のことができる。

【0035】

第5の発明は、第3または第4の発明であって、ブレ圧縮部は、周辺平均輝度信号をさらに用いて、ピーク値に連動した動的圧縮処理を行う。

これにより、コントラストを維持したまま、「ピーク値 視覚処理部の最大入力Dレンジ」の場合においても、オートニー機能を実現することができる。

【0036】

第6の発明は、第4の発明であって、増幅部は、ピーク値が小さいほど、大きい値を出力する増幅用入出力変換特性により動的増幅処理を行う。

【0037】

第7の発明は、第4または第6の発明であって、増幅部は、周辺平均輝度信号が大きいほど、大きい値を出力する増幅用入出力変換特性により動的増幅処理を行う。

【0038】

第8の発明は、第6または第7の発明であって、増幅部は、増幅用入出力変換特性を、ピーク値および周辺平均輝度信号から算出した折れ線特性のゲインを乗算することで実現する。

これにより、簡易に、増幅部を実現させることができる。特に、増幅部をハードウェアで構成する場合、回路規模を縮小することができる。

【0039】

第9の発明は、第6または第7の発明であって、増幅部は、増幅用入出力変換特性を折れ線特性で実現する。

これにより、簡易に、増幅部を実現させることができる。特に、増幅部をハードウェアで構成する場合、回路規模を縮小することができる。

【0040】

第10の発明は、第4の発明であって、周辺平均輝度信号を Y_{ave} とし、ピーク値を P_{in} とし、ピーク値 P_{in} に対する視覚処理部の出力値を P_{out} とし、二ポイントの値を K_p とし、増幅部に入力される画像信号を Y_{out} とし、増幅部から出力される画像信号を Y_{out}' とし、画像フォーマットで決められている最白点を「100%」を「1」と表現する場合において、増幅部は、

$$k_4(P_{out}) = (1 / P_{out} - 1) / (P_{out} - K_p)$$

$$g_2(Y_{ave}, P_{in}) = k_4(P_{out}) * \max(Y_{ave} - K_p, 0) + 1$$

$$Y_{out}' = g_2(Y_{ave}, P_{in}) * Y_{out}$$

により増幅部から出力される画像信号 Y_{out}' を求めることで、動的増幅処理を行う。

【0041】

第11の発明は、第5の発明であって、プレ圧縮部は、ピーク値が大きいほど、小さい値を出力する圧縮用入出力変換特性により動的圧縮処理を行う。

これにより、簡易に、プレ圧縮部を実現させることができる。特に、プレ圧縮部をハードウェアで構成する場合、回路規模を縮小することができる。

【0042】

第12の発明は、第5または第11の発明であって、プレ圧縮部は、周辺平均輝度信号が大きいほど、小さい値を出力する圧縮用入出力変換特性により動的圧縮処理を行う。

【0043】

第13の発明は、第11または第12の発明であって、プレ圧縮部は、圧縮用入出力特性を、ピーク値および周辺平均輝度信号から算出した折れ線特性のゲインを乗算することによって実現する。

【0044】

第14の発明は、第11または第12の発明であって、プレ圧縮部は、圧縮用入出力特性を折れ線特性で実現する。

これにより、簡易に、プレ圧縮部を実現させることができる。特に、プレ圧縮部をハードウェアで構成する場合、回路規模を縮小することができる。

【0045】

第15の発明は、第5の発明であって、周辺平均輝度信号を Y_{ave} とし、ピーク値を P_{in} とし、二ポイントの値を K_p とし、プレ圧縮部に入力される画像信号を Y_{in} とし、プレ圧縮部から出力される画像信号を Y_{in}' とし、画像フォーマットで決められている最白点を「100%」を「1」と表現する場合において、プレ圧縮部は、

$$k_3(P_{in}) = (2 / P_{in} - 1) / (P_{in} - K_p)$$

$$g_1(Y_{ave}, P_{in}) = k_3(P_{in}) * \max(Y_{ave} - K_p, 0) + 1$$

$$Y_{in}' = g_1(Y_{ave}, P_{in}) * Y_{in}$$

によりプレ圧縮部から出力される画像信号 Y_{in}' を求めることで、動的圧縮処理を行う。

【0046】

第16の発明は、第1から第15のいずれかの発明であって、視覚処理部は、周辺平均輝度信号が大きいほど、小さい値を出力する。

【0047】

第17の発明は、第1から第16のいずれかの発明であって、視覚処理部は、階調変換特性を実現する2次元LUTを有し、2次元LUTによりDレンジ圧縮処理を行う。

これにより、視覚処理部では、2次元LUTにより、Dレンジ圧縮処理を実現させることができる。

【0048】

第18の発明は、第17の発明であって、視覚処理部の2次元LUTのデータを登録するLUTデータ登録部をさらに備える。

これにより、視覚処理部に入力される画像信号のDレンジが変更された場合であっても、そのDレンジに対応した2次元LUTのデータを登録することができるので、このDレンジ圧縮装置では、様々なDレンジの画像信号に対してDレンジ圧縮処理を行うことができる。

【0049】

第19の発明は、第3から第18のいずれかの発明であって、空間処理部は、プレ圧縮部から出力される信号から周辺平均輝度信号を算出する。

【0050】

第20の発明は、第1から第19のいずれかの発明であって、画像信号にゲインを乗算するゲイン乗算部をさらに備える。視覚処理部は、画像信号を周辺平均輝度信号に応じて

決定される階調変換特性により変換することにより、画像信号のDレンジが所定の出力Dレンジ以下となるようにDレンジ圧縮処理を行うためのゲインである第1ゲインを出力する。増幅部は、第1ゲインをさらに増幅させた第2ゲインを出力する。ゲイン乗算部は、第2ゲインを画像信号に乗算する。

このDレンジ圧縮装置では、視覚処理部により、特に、暗部の階調表現能力（ビット精度）を向上させることができるので、このDレンジ圧縮装置で取得される画像（映像）において、暗部の階調表現能力（ビット精度）を向上させることができる。

【0051】

第21の発明は、第1から第20のいずれかの発明であって、視覚処理部は、画像信号および周辺平均輝度信号を入力とする2次元のルックアップテーブルにより構成される。

【0052】

なお、視覚処理部の出力は、視覚処理後の画像信号、または、画像信号に視覚処理を行うためのゲイン信号にしてもよい。

これにより、きめ細かな画質チューニングを行った、非線形な階調変換処理が可能となる。

【0053】

第22の発明は、可変のダイナミックレンジ（Dレンジ）の画像信号を入力とするDレンジ圧縮方法であって、空間処理ステップと、視覚処理ステップと、ピーク検出ステップと、増幅ステップと、を備えるDレンジ圧縮方法である。空間処理ステップでは、画像信号に対して周辺平均輝度信号を算出する。視覚処理ステップでは、画像信号を周辺平均輝度信号に応じて決定される階調変換特性により変換することにより、画像信号のDレンジが所定の出力Dレンジ以下となるようにDレンジ圧縮処理を行う。ピーク検出ステップは、画像信号が形成する画像内のピーク値を検出する。増幅ステップでは、視覚処理ステップから出力される画像信号をピーク値に基づいて決定される増幅用入出力変換特性により変換することで、視覚処理ステップから出力される画像信号のDレンジが所定の出力Dレンジとなるように、ピーク値に連動した動的増幅処理を行う。

これにより、第1の発明と同様の効果を奏するDレンジ圧縮方法を実現することができる。

【0054】

第23の発明は、可変のダイナミックレンジ（Dレンジ）の画像信号を入力とするDレンジ圧縮処理をコンピュータに実行させるプログラムである。このプログラムは、コンピュータに、空間処理ステップと、視覚処理ステップと、ピーク検出ステップと、増幅ステップと、を実行させる。空間処理ステップでは、画像信号に対して周辺平均輝度信号を算出する。視覚処理ステップでは、画像信号を周辺平均輝度信号に応じて決定される階調変換特性により変換することにより、画像信号のDレンジが所定の出力Dレンジ以下となるようにDレンジ圧縮処理を行う。ピーク検出ステップでは、画像信号が形成する画像内のピーク値を検出する。増幅ステップでは、視覚処理ステップから出力される画像信号をピーク値に基づいて決定される増幅用入出力変換特性により変換することで、視覚処理ステップから出力される画像信号のDレンジが所定の出力Dレンジとなるように、ピーク値に連動した動的増幅処理を行う。

これにより、第1の発明と同様の効果を奏するプログラムを実現することができる。

【0055】

第24の発明は、可変のダイナミックレンジ（Dレンジ）の画像信号が入力されるDレンジ圧縮装置に用いられる集積回路であって、空間処理部と、視覚処理部と、ピーク検出部と、増幅部と、を備える。空間処理部は、画像信号に対して周辺平均輝度信号を算出する。視覚処理部は、画像信号を周辺平均輝度信号に応じて決定される階調変換特性により変換することにより、画像信号のDレンジが所定の出力Dレンジ以下となるようにDレンジ圧縮処理を行う。ピーク検出部は、画像信号が形成する画像内のピーク値を検出する。増幅部は、視覚処理部から出力される画像信号をピーク値に基づいて決定される増幅用入出力変換特性により変換することで、視覚処理部から出力される画像信号のDレンジが所

定の出力Ｄレンジとなるように、ピーク値に連動した動的増幅処理を行う。

これにより、第１の発明と同様の効果を奏する集積回路を実現することができる。

【００５６】

第２５の発明は、可変のダイナミックレンジ（Ｄレンジ）の画像信号が入力されるＤレンジ圧縮装置を備える撮像装置であって、空間処理部と、視覚処理部と、ピーク検出部と、増幅部と、を備える。空間処理部は、画像信号に対して周辺平均輝度信号を算出する。視覚処理部は、画像信号を周辺平均輝度信号に応じて決定される階調変換特性により変換することにより、画像信号のＤレンジが所定の出力Ｄレンジ以下となるようにＤレンジ圧縮処理を行う。ピーク検出部は、画像信号が形成する画像内のピーク値を検出する。増幅部は、視覚処理部から出力される画像信号をピーク値に基づいて決定される増幅用入出力変換特性により変換することで、視覚処理部から出力される画像信号のＤレンジが所定の出力Ｄレンジとなるように、ピーク値に連動した動的増幅処理を行う。

これにより、第１の発明の機能を有する撮像装置を実現することができる。

【発明の効果】

【００５７】

本発明によれば、可変のＤレンジの画像信号が入力される場合であっても、入力画像信号により形成される画像内のピーク値に基づいて、出力フルレンジに圧縮された画像信号を取得することができる（すなわち、画像内のピークに連動して動的にＤレンジ圧縮処理を行うことができる）ダイナミックレンジ圧縮装置、ダイナミックレンジ圧縮方法、プログラム、集積回路および撮像装置を提供することができる。

【００５８】

また、周辺平均輝度信号を用いてゲイン制御することで、コントラストを維持したまま、オートニー機能を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【００５９】

【図１】オートニー処理の入出力特性

【図２】明暗対比特性（明るさ対比特性）の説明図

【図３】視覚処理装置１０のブロック図

【図４】視覚的ニー処理における視覚処理部１０２の入出力特性

【図５】オートニー処理および視覚的ニー処理の動作および処理画像についての説明図

【図６】オートニー機能がない場合に生じる課題についての説明図

【図７】第１実施形態におけるＤレンジ圧縮装置１０００の構成を示すブロック図

【図８】Ｄレンジ圧縮装置１０００の動作についての説明図

【図９】第２実施形態におけるＤレンジ圧縮装置２０００の構成を示すブロック図

【図１０】Ｄレンジ圧縮装置２０００の動作についての説明図

【図１１】Ｄレンジ圧縮装置２０００の動作についての説明図

【図１２】Ｄレンジ圧縮装置２０００の動作についての説明図

【図１３】第３実施形態におけるＤレンジ圧縮装置３０００の構成を示すブロック図

【図１４】Ｄレンジ圧縮装置２０００での処理の一例を説明するための模式図

【図１５】他の実施形態におけるＤレンジ圧縮装置２０００Ａの構成を示すブロック図

【図１６】視覚処理部１０２（輝度型）および視覚処理部１０３（ゲイン型）の入出力特性

【図１７】第４実施形態におけるＤレンジ圧縮装置４０００の構成を示すブロック図

【発明を実施するための形態】

【００６０】

以下、本発明の実施形態について、図面を用いて詳細に説明する。

なお、本発明の実施形態では、ＹＣｂＣｒ色空間、ＹＵＶ色空間、Ｌａｂ色空間、Ｌｕｖ色空間、ＹＩＱ色空間、ＹＰｂＰｒ色空間の輝度成分Ｙまたは明度成分Ｌを輝度信号と定義する。なお、ＲＧＢ別に処理を行ってもよく、ＲＧＢ別の処理を行う場合、ＲＧＢの各信号が輝度信号と読み替えられる。以下では、輝度信号を画像信号として説明する。

【 0 0 6 1 】

[第 1 実施形態]

本発明の第 1 実施形態である D レンジ圧縮装置 1 0 0 0 について、図 7 および図 8 を用いて説明する。

< 1 . 1 : D レンジ圧縮装置の構成 >

図 7 は、本発明の第 1 実施形態における D レンジ圧縮装置 1 0 0 0 の構成を示すブロック図である。

図 7 に示すように、本発明の第 1 実施形態による D レンジ圧縮装置 1 0 0 0 は、画像信号 Y_{in} の画面内（画像信号により形成される画像内）のピーク値 P_{in} を検出するピーク検出部 2 0 と、画像信号 Y_{in} の D レンジを、ピーク値 P_{in} を用いて、視覚処理部 1 0 2 の最大入力 D レンジ以下まで動的に圧縮するプレ圧縮部 3 0 と、を備える。また、D レンジ圧縮装置 1 0 0 0 は、プレ圧縮部 3 0 の出力信号 Y_{in}' に対して視覚処理を行う視覚処理装置 1 0 と、視覚処理装置 1 0 の出力信号 Y_{out} の D レンジを、ピーク値 P_{in} を用いて、所定の出力 D レンジまで動的に拡大する増幅部 4 0 を備える。

【 0 0 6 2 】

すなわち、D レンジ圧縮装置 1 0 0 0 は、図 3 に示した視覚処理装置 1 0（特許文献 1・2 等の開示されている視覚処理装置）に、ピーク検出部 2 0、プレ圧縮部 3 0 および増幅部 4 0 を、さらに追加した構成となっている。

ピーク検出部 2 0 は、画像信号 Y_{in} を入力とし、画像信号 Y_{in} により形成される画像内において、画像信号 Y_{in} のピーク値 P_{in} を検出し、検出したピーク値 P_{in} をプレ圧縮部 3 0 および増幅部 4 0 に出力する。

【 0 0 6 3 】

なお、ピーク検出部 2 0 が検出するピーク値 P_{in} として、単に画面内（画像信号 Y_{in} により形成される画像内）の最大値（画像信号 Y_{in} により形成される画像を構成する画素の画素値の最大値）をそのまま用いてもよいが、これに限定されない。例えば、ノイズなどの影響を低減するために、画像信号 Y_{in} を空間的にぼかした信号（周辺平均輝度信号でもよい）の画面内（空間的にぼかした信号が形成する画像内）におけるピーク値を、上記ピーク値 P_{in} として用いてもよい。また、D レンジ圧縮装置 1 0 0 0 において動画を処理対象とする場合、時系列に並ぶ複数のフレーム画像の各フレーム画像における画像信号 Y_{in} のピーク値を平均した値（時間方向の複数フレームにおける各フレームのピーク値の時間平均値）を、上記ピーク値 P_{in} としてもよい。また、ピーク検出部 2 0 は、ピーク値 P_{in} を検出するために、画像信号 Y_{in} により形成される画像の全画素をスキャンする必要があるので、1 V 遅延（1 フレーム遅延）が発生する。これを避けるために、1 フレーム前のフレーム画像におけるピーク値を、上記ピーク値 P_{in} として用いるようにしてもよい。これは動画に限らず、静止画でも採用することができる。例えば、撮像装置（カメラ）等の液晶モニタに映し出されたライブビュー映像（画像）を用いて 1 フレーム前のピーク値を取得し、その取得したピーク値を、上記ピーク値 P_{in} として用いることができる。ただし、静止画を処理対象とする場合、フラッシュ光を発光させて撮影したときは、1 フレーム前のフレーム画像内のピーク値と現フレームのフレーム画像内のピーク値とが大きく異なる場合がある。したがって、可能な限り、現フレームのフレーム画像内のピーク値を、上記ピーク値 P_{in} として用いることが望ましい。

【 0 0 6 4 】

プレ圧縮部 3 0 は、画像信号 Y_{in} およびピーク検出部 2 0 から出力されるピーク値 P_{in} を入力とし、画像信号 Y_{in} の D レンジを、ピーク値 P_{in} を用いて、視覚処理部 1 0 2 の最大入力 D レンジ以下まで動的に圧縮する。そして、プレ圧縮部 3 0 は、D レンジ圧縮処理を行った画像信号 Y_{in}' を視覚処理装置 1 0 の空間処理部 1 0 1 および視覚処理部 1 0 2 に入力する。

【 0 0 6 5 】

視覚処理装置 1 0 は、図 7 に示すように、空間処理部 1 0 1 および視覚処理部 1 0 2 を有する。

空間処理部 101 は、プレ圧縮部 30 から出力される画像信号 Y_{in}' を入力とし、プレ圧縮部 30 からの出力される画像信号 Y_{in}' に対する周辺平均輝度信号 Y_{ave} を算出し、算出した周辺平均輝度信号 Y_{ave} を視覚処理部 102 に出力する。つまり、空間処理部 101 は、画像信号 Y_{in} (または Y_{in}') により形成される画像において、画像信号 Y_{in}' に相当する画素 (着目画素) の周辺の複数の画素 (周辺画素) の画素値を平均 (重み付き平均等の演算を含む。) した値を算出することで、周辺平均輝度信号 Y_{ave} を取得する。なお、空間処理部 101 は、着目画素の画素値および当該着目画素の周辺画素の画素値の加算平均処理 (加算重み付き平均処理等を含む。) を行うことで、周辺平均輝度信号 Y_{ave} を算出するようにしてもよい。また、空間処理部 101 は、LPF (2次元 LPF) により実現してもよい。

【0066】

視覚処理部 102 は、2次元 LUT を有し、プレ圧縮部 30 から出力される画像信号 Y_{in}' および空間処理部 101 から出力される周辺平均輝度信号 Y_{ave} を入力とする。視覚処理部 102 は、プレ圧縮部 30 の出力信号 Y_{in}' の Dレンジを、周辺平均輝度信号 Y_{ave} に応じて異なる入出力特性を有する 2次元 LUT による変換 (階調変換) により、所定の出力 Dレンジ以下まで圧縮する。そして、視覚処理部 102 は、画像信号 Y_{in}' を Dレンジ圧縮した画像信号を、画像信号 Y_{out} として増幅部 40 に出力する。

【0067】

増幅部 40 は、視覚処理部 102 から出力される画像信号 Y_{out} およびピーク検出部 20 から出力されるピーク値 P_{in} を入力とし、画像信号 Y_{out} の Dレンジを、ピーク値 P_{in} を用いて、所定の出力 Dレンジまで拡大する。そして、増幅部 40 は、Dレンジ拡大した画像信号を、画像信号 Y_{out}' として出力する。例えば、上記「所定の出力 Dレンジ」を 100% とし (つまり、増幅部 40 から出力する画像信号の Dレンジを 100% とし)、視覚処理部 102 から出力される画像信号 Y_{out} のピーク値が P_{out} とした場合、増幅部 40 は、画像信号 Y_{out} のピーク値 P_{out} が、100% の画像信号となるように、Dレンジ拡大処理を行うことで、画像信号 Y_{out}' を取得する。

【0068】

< 1.2 : Dレンジ圧縮装置の動作 >

以上のように構成された Dレンジ圧縮装置 1000 の動作について、以下、図面を参照しながら説明する。

なお、上記で説明した視覚処理装置 10 と同様の部分については、同一符号を付し、その詳細な説明は省略する。

また、視覚処理部 102 の最大入力 Dレンジを 200%、所定の出力 Dレンジを 100% (出力フルレンジ) として説明する。

画像信号 Y_{in} は、ピーク検出部 20 およびプレ圧縮部 30 に入力される。

ピーク検出部 20 では、画像信号 Y_{in} により形成される画像内において、画像信号 Y_{in} のピーク値 P_{in} が検出される。そして、検出されたピーク値 P_{in} は、プレ圧縮部 30 および増幅部 40 に出力される。

【0069】

なお、上記で説明したように、ピーク値 P_{in} としては、単に画面内 (画像信号 Y_{in} により形成される画像内) の最大値をそのまま用いてもよいし、ノイズなどの影響を低減するために、画像信号 Y_{in} により形成される画像を空間的にぼかした画像内のピーク値を用いてもよい。また、現フレームを含む時系列に並ぶ複数のフレーム画像における各ピーク値の平均値をピーク値 P_{in} として用いてもよい。さらに、現画像の 1 フレーム前のフレーム画像内のピーク値をピーク値 P_{in} として用いてもよい。この場合、1 フレーム分の遅延がないので、ピーク検出部 20 での処理時間を短くすることができる。

【0070】

プレ圧縮部 30 に入力された画像信号 Y_{in} は、プレ圧縮部 30 により、ピーク値 P_{in} に基づいて視覚処理部 102 の最大入力 Dレンジ以下まで動的に圧縮され、画像信号 Y_{in}' として、視覚処理装置 10 の空間処理部 101 および視覚処理部 102 に出力され

る。

これについて、図 8 を用いて、具体的に説明する。

図 8 (a) に、 $P_{in} = 200\%$ の場合の D レンジ圧縮装置 1000 の動作を説明するための図を示す。また、図 8 (b) に、 $P_{in} = 200\%$ の場合の D レンジ圧縮装置 1000 の動作を説明するための図を示す。

プレ圧縮部 30 では、画像信号 Y_{in} の D レンジが、ピーク値 P_{in} を用いて、視覚処理部 102 の最大入力 D レンジ (200%) 以下まで動的に圧縮される。

【0071】

プレ圧縮部 30 の入出力特性 $f_1(Y_{in}, P_{in})$ は、例えば、次式で示される特性に設定される。

$$Y_{in}' = f_1(Y_{in}, P_{in}) = \min(Y_{in}, k_1(P_{in}) * (Y_{in} - P_{in}) + 2)$$

$$k_1(P_{in}) = (2 - K_p) / (P_{in} - K_p)$$

$$P_{in} = \max(P_{in}, 2)$$

ここで、 K_p は二ポイント ($K_p = 0.85$) を表す。

【0072】

$P_{in} = 200\%$ の場合、プレ圧縮部 30 の入出力特性 $f_1(Y_{in}, P_{in})$ は、図 8 (a) に示すような折れ線で示される特性となる。そして、プレ圧縮部 30 では、 $K_p \sim P_{in}$ である高輝度信号 (画像信号 Y_{in}) のみに対して、出力画像信号 Y_{in}' の D レンジが $K_p \sim 200\%$ となるように D レンジ圧縮処理を行う。この際、プレ圧縮部 30 では、入力画像信号 Y_{in} のピーク値 P_{in} が 200% で出力されるよう、折れ線の傾きが動的に制御される。これにより、視覚処理部 102 に入力される D レンジは、常に、最大入力 D レンジ (200%) に動的に正規化される。つまり、このようなプレ圧縮部 30 での D レンジ圧縮処理により、視覚処理部 102 に入力される画像信号 Y_{in}' の D レンジが最大 200% であることが保証される。

【0073】

$P_{in} = 200\%$ の場合、プレ圧縮部 30 の入出力特性 $f_1(Y_{in}, P_{in})$ は、図 8 (b) に示すような傾き「1」の直線で示される特性となる。そして、入力画像信号 Y_{in} が、プレ圧縮部 30 から、そのまま出力される。

空間処理部 101 では、プレ圧縮部 30 から出力された画像信号 Y_{in}' に対して周辺平均輝度信号 Y_{ave} が算出される。

【0074】

例えば、空間処理部 101 は、画像信号 Y_{in}' をローパスフィルタ (低域空間フィルタ) により処理することで周辺平均輝度信号 (アンシャープ信号) Y_{ave} を取得する。周辺平均輝度信号 (アンシャープ信号) Y_{ave} は、以下のような演算により生成する。

$$Y_{ave} = ([W_{ij}] \times [A_{ij}]) \div ([W_{ij}])$$

ここで、 $[W_{ij}]$ は、対象画素 (着目画素) および周辺画素において、画像信号 Y_{in}' が形成する画像上において、 i 行 j 列目に位置する画素の重み係数であり、 $[A_{ij}]$ は、対象画素および周辺画素において、 i 行 j 列目に位置する画素の値である。また、「 \div 」は、対象画素および周辺画素のそれぞれの画素についての合計を算出することを意味している。

【0075】

なお、画素値の差の絶対値が大きいほど小さい値の重み係数が与えられてもよいし、対象画素から距離が大きいほど小さい重み係数を与えるようにしてもよい。また、周辺画素の領域サイズ (画像領域サイズ) は効果に応じてあらかじめ設定される大きさであり、所定のサイズより大きくすると視覚効果を高めることができる。例えば、対象とする画像の大きさが横 1024 画素および縦 768 画素であれば、縦横がそれぞれ 80 画素以上の領域 (画像領域) から周辺平均輝度信号 Y_{ave} を生成するようにすればよい。

【0076】

また、空間処理部 101 では、周辺平均輝度信号 Y_{ave} を算出するための低域空間フ

フィルタとして、FIR (Finite Impulse Response) 型の低域空間フィルタ、あるいはIIR (Infinite Impulse Response) 型の低域空間フィルタなどを用いてもよい。

視覚処理部102では、プレ圧縮部30から出力された画像信号 Y_{in}' のDレンジが、周辺平均輝度信号 Y_{ave} に応じて異なる入出力特性を有する2次元LUTによる変換

$$Y_{out} = lut(Y_{in}', Y_{ave})$$

により、所定の出力Dレンジ以下まで圧縮される。LUTの入出力特性 $lut(Y_{in}', Y_{ave})$ は、図4に示した特性と同様である。

【0077】

$P_{in} = 200\%$ の場合、視覚処理部102により、200%に正規化されたプレ圧縮部30の出力画像信号 Y_{in}' のDレンジが、さらに100%にコントラストの低下なく圧縮される。

$P_{in} = 200\%$ の場合、視覚処理部102により、プレ圧縮部30をそのまま通過してきた入力画像信号 Y_{in} (= 画像信号 Y_{in}')のDレンジが、100%以下に圧縮される。このとき、 $P_{in} = 200\%$ であるので、入力ピーク値 P_{in} に対する視覚処理部102の出力値 P_{out} は、

$$P_{out} = lut(P_{in}, P_{in}) < 1$$

となり、出力レンジ100%を使い切ることができない。そのため、この画像信号 $Y_{out}(P_{in} = 200\%$ の場合に視覚処理部102により出力される画像信号 $Y_{out})$ により形成される画像は、図6(b)に示した画像と同様に暗い画像になってしまう。つまり、このままでは、図6(b)で課題として指摘した不本意に暗い画像が、Dレンジ圧縮装置1000から出力されてしまう。

【0078】

なお、「視覚処理」とは、人間の目の見え方に近い特性を持たせた処理であり、入力された画像信号の対象画素の値とその周辺画素の値(明るさ)との対比に応じて出力信号の値を決定する処理である。視覚処理は、逆光補正、ニー処理、Dレンジ圧縮処理、色処理、または、明るさ調整(階調処理、コントラスト調整を含む)などに適用される。

なお、視覚処理部102は、演算回路によって視覚処理を行うようにしてもよい。特に、視覚処理部102の2次元LUTに、簡易な直線によって近似可能な特性であるプロファイルが設定される場合、2次元LUTのテーブルをなくすことができ、視覚処理装置10の回路規模を削減することができる。

【0079】

増幅部40では、視覚処理部102から出力される画像信号 Y_{out} のDレンジが、ピーク値 P_{in} がどのような値であっても所定の出力Dレンジ(出力フルレンジ)となるように、視覚処理部102からの出力画像信号 Y_{out} に対して、Dレンジ拡大処理(動的Dレンジ拡大処理)が実行される。つまり、増幅部40により、視覚処理部102の出力画像信号 Y_{out} は、ピーク値 P_{in} に連動した動的Dレンジ拡大処理が実行される。これにより、増幅部40から出力される画像信号 Y_{out}' は、出力フルレンジ(本実施例の場合は、「100%」)のDレンジを有する画像信号となる。これについて、数式を用いて具体的に説明する。

【0080】

増幅部40の入出力特性 $f_2(Y_{out}, P_{in})$ は、例えば、次式で示される特性に設定する。

$$Y_{out}' = f_2(Y_{out}, P_{in}) = \max(Y_{out}, k_2(P_{in}) * (Y_{out} - K_p) + K_p)$$

$$k_2(P_{in}) = (1 - K_p) / (P_{out} - K_p)$$

$$P_{out} = lut(P_{in}, P_{in})$$

$$P_{in} = \max(1, \min(P_{in}, 2))$$

ここで、 $\max(1, \min(P_{in}, 2))$ としたのは、通常、オートニー処理は、 $1 \leq P_{in} \leq 2$ である画像(画像信号 Y_{in} により形成される画像)に対してのみ行われ

るので、増幅部 40 の増幅処理 (DR 拡大処理) も P_{in} 1 である場合のみ動作させれば十分であるからである。また、出力ピーク値 P_{out} を、LUT の対角成分 (つまり、LUT の 2 つの入力が同一である場合の LUT の出力値。上式の場合では、LUT の 2 つの入力をともに P_{in} とした場合の出力値を P_{out} としている。) とみなしたのは、通常、多くの画像は低周波成分が多く、 $Y_{in} = Y_{ave}$ であることが多いからである。

【0081】

$P_{in} = 200\%$ の場合、増幅部 40 の入出力特性 $f_2(Y_{out}, P_{in})$ は、図 8 (a) に示すような傾き「1」の直線で示される特性となり、視覚処理部 102 の出力信号 Y_{out} が、そのまま増幅部 40 から出力される。この場合、増幅部 40 で増幅処理 (Dレンジ拡大処理) を行わないのは、視覚処理部 102 により、画像信号 Y_{out} が既に出力フルレンジ (100%) に圧縮されているからである。つまり、この場合、視覚処理部 102 からの出力画像信号 Y_{out} が出力フルレンジ (100%) の画像信号となっている。

【0082】

$P_{in} = 200\%$ の場合、増幅部 40 の入出力特性 $f_2(Y_{out}, P_{in})$ は、図 8 (b) に示すような折れ線で示される特性となり、視覚処理部 102 による処理で必要以上に暗くなってしまった高輝度信号 $K_p \sim P_{out}$ のレンジの画像信号 Y_{out} を、 $K_p \sim 100\%$ のレンジの画像信号 Y_{out}' に拡大 (Dレンジ拡大) する。これにより、増幅部 40 から出力される画像信号 Y_{out}' は、出力フルレンジ (100%) の画像信号となる。

【0083】

以上により、本発明の第 1 実施形態における Dレンジ圧縮装置 1000 では、可変の Dレンジの画像信号が入力される場合であっても、常に出力フルレンジに動的に圧縮することができる。つまり、Dレンジ圧縮装置 1000 では、画像信号により形成される画像内のピーク値 P_{in} がどのような値であっても、常に、出力フルレンジの画像信号を取得することができる。言い換えれば、Dレンジ圧縮装置 1000 では、ピーク値 P_{in} に連動した Dレンジ圧縮処理を適切に行うことができる。

なお、プレ圧縮部 30 および増幅部 40 は、コントラストを変化させる場合があるが、通常よくある入力ピーク値が 200% に近い場合には、コントラスト変化も無視できるレベルであり、ピーク値 P_{in} に連動した Dレンジ圧縮を適切に行うことができる。

【0084】

[第 2 実施形態]

本発明の第 1 実施形態では、プレ圧縮部 30 および増幅部 40 を、ピーク値 P_{in} のみを用いて制御するようにしたが、本発明の第 2 実施形態では、ピーク値 P_{in} に加えて、さらに周辺平均輝度信号 Y_{ave} を用いて制御することで、プレ圧縮処理および増幅処理においてもコントラスト (処理画像のコントラスト) を維持できる Dレンジ圧縮装置 2000 について、図 9 ~ 図 12 を用いて説明する。

【0085】

< 2.1 : Dレンジ圧縮装置の構成 >

図 9 は本発明の第 2 実施形態における Dレンジ圧縮装置 2000 の構成を示すブロック図である。

図 9 に示すように、本発明の第 2 実施形態による Dレンジ圧縮装置 2000 は、画像信号 Y_{in} の画面内 (画像信号により形成される画像内) のピーク値 P_{in} を検出するピーク検出部 20 と、画像信号 Y_{in} に対して周辺平均輝度信号 Y_{ave} を算出する空間処理部 101 と、画像信号 Y_{in} の Dレンジを、ピーク値 P_{in} および周辺平均輝度信号 Y_{ave} を用いて、視覚処理部 102 の最大入力 Dレンジ以下まで動的に圧縮するプレ圧縮部 50 と、を備える。また、Dレンジ圧縮装置 2000 は、プレ圧縮部 50 の出力画像信号 Y_{in}' の Dレンジを、周辺平均輝度信号 Y_{ave} に応じて異なる入出力特性を有する 2 次元 LUT による変換により、所定の出力 Dレンジ以下まで圧縮する視覚処理部 102 と、視覚処理部 102 の出力画像信号 Y_{out}' の Dレンジを、ピーク値 P_{in} および周辺

平均輝度信号 Y_{ave} を用いて、最大でも所定の出力 D レンジまで動的に拡大する増幅部 60 と、を備える。

【0086】

ここで、第 1 実施形態の D レンジ圧縮装置 1000 と同様の部分については、同一符号を付し、その詳細な説明は省略する。

空間処理部 101 は、画像信号 Y_{in} を入力とし、画像信号 Y_{in} から周辺平均輝度信号 Y_{ave} を取得し、取得した周辺平均輝度信号 Y_{ave} を、プレ圧縮部 50、視覚処理部 102 および増幅部 60 に出力する。なお、空間処理部 101 は、第 1 実施形態に係る D レンジ圧縮装置 1000 とは、入出力関係（接続関係）が異なるだけ、機能は同一である。

【0087】

プレ圧縮部 50 は、画像信号 Y_{in} 、ピーク検出部 20 から出力されるピーク値 P_{in} 、および空間処理部 101 から出力される周辺平均輝度信号 Y_{ave} を入力とし、画像信号 Y_{in} の D レンジを、ピーク値 P_{in} および周辺平均輝度信号 Y_{ave} を用いて、視覚処理部 102 の最大入力 D レンジ以下まで動的に圧縮する。そして、プレ圧縮部 50 は、圧縮処理を行った画像信号 Y_{in}' を視覚処理部 102 に出力する。

視覚処理部 102 は、機能的には、第 1 実施形態に係る D レンジ圧縮装置 1000 の視覚処理部 102 と同じである。空間処理部 101 から出力された周辺平均輝度信号 Y_{ave} およびプレ圧縮部 50 から出力された画像信号 Y_{in}' を入力とし、2 次元 LUT により階調変換した画像信号 Y_{out}' を増幅部 60 に出力する。

増幅部 60 は、視覚処理部 102 から出力された画像信号 Y_{out}' 、空間処理部 101 から出力された周辺平均輝度信号 Y_{ave} 、およびピーク検出部 20 から出力されたピーク値 P_{in} を入力とし、視覚処理部 102 の出力画像信号 Y_{out}' の D レンジを、ピーク値 P_{in} および周辺平均輝度信号 Y_{ave} を用いて、所定の出力 D レンジまで動的に拡大する。

【0088】

増幅部 60 では、視覚処理部 102 から出力される画像信号 Y_{out}' の D レンジが、ピーク値 P_{in} がどのような値であっても所定の出力 D レンジ（出力フルレンジ）となるように、周辺平均輝度信号 Y_{ave} に基づいて、視覚処理部 102 からの出力画像信号 Y_{out} に対して、D レンジ拡大処理（動的 D レンジ拡大処理）が実行される。つまり、増幅部 60 により、視覚処理部 102 の出力画像信号 Y_{out}' は、周辺平均輝度信号 Y_{ave} に基づき、ピーク値 P_{in} に連動した動的 D レンジ拡大処理が実行される。これにより、増幅部 60 から出力される画像信号 Y_{out}' は、出力フルレンジ（本実施例の場合は、「100%」）の D レンジを有する画像信号となる。

【0089】

< 2.2 : D レンジ圧縮装置の動作 >

以上のように構成された D レンジ圧縮装置 2000 の動作について、以下、図 10 ~ 図 12 を参照しながら説明する。

図 10 ~ 12 に、D レンジ圧縮装置 2000 の動作の説明するための図を示す。

図 10 ~ 12 において、(a) は $P_{in} = 200\%$ の場合の D レンジ圧縮装置 2000 の動作の説明するための図であり、(b) は $P_{in} = 200\%$ の場合の D レンジ圧縮装置 2000 の動作の説明するための図である。具体的には、図 10 ~ 12 は、プレ圧縮部 50 および増幅部 60 の 3 パターンの構成を示している。図 10 は、ゲイン乗算によりプレ圧縮部 50 および増幅部 60 の機能を実現させる場合についての説明図である。図 11 は、ゲイン折れ線近似によりプレ圧縮部 50 および増幅部 60 の機能を実現させる場合についての説明図である。図 12 は、傾き制御によりプレ圧縮部 50 および増幅部 60 の機能を実現させる場合についての説明図である。

【0090】

プレ圧縮部 50 では、画像信号 Y_{in} の D レンジが、ピーク値 P_{in} および周辺平均輝度信号 Y_{ave} を用いて、視覚処理部 102 の最大入力 D レンジ以下まで動的に圧縮され

る。

ここで、プレ圧縮部50での処理を、 $P_{in} = 200\%$ である画像（画像信号 Y_{in} により形成される画像）に対してのみで実行させるために、プレ圧縮部50では、入力ピーク値 P_{in} を 200% で制限した値 P_{in} を用いて処理を行う。つまり、

$$P_{in} = \max(P_{in}, 2)$$

により求められる値 P_{in} を用いて、プレ圧縮部50での処理を行う。

【0091】

以下、プレ圧縮部50の圧縮用入出力変換特性 $f_3(Y_{in}, Y_{ave}, P_{in})$ の例を3つ、説明する。

第1の圧縮用入出力変換特性は、例えば、次式で示される特性に設定する。（図10（a）に図示）

$$Y_{in}' = f_3(Y_{in}, Y_{ave}, P_{in}) = Y_{in} * g_1(Y_{ave}, P_{in})$$

$$g_1(Y_{ave}, P_{in}) = f_1(Y_{ave}, P_{in}) / Y_{ave}$$

すなわち、プレ圧縮部50では、プレ圧縮部30の入出力特性 $f_1(Y_{in}, P_{in})$ をゲイン形式で表現した、

$$g_1(Y_{in}, P_{in}) = f_1(Y_{in}, P_{in}) / Y_{in}$$

において、入力を画像信号 Y_{in} から周辺平均輝度信号 Y_{ave} に変更したゲイン $g_1(Y_{ave}, P_{in})$ を算出する。そして、プレ圧縮部50では、この算出したゲイン $g_1(Y_{ave}, P_{in})$ を、入力画像信号 Y_{in} に乗算することで画像信号 Y_{in}' を取得する。

これにより、画像全体の明るさ感は、プレ圧縮部30と同様のまま、周辺平均輝度に応じて画像上の輝度領域ごとに異なるゲインを用いて、画像信号 Y_{in} を画像信号 Y_{in}' に変換するので、画像信号 Y_{in}' により形成される画像においてコントラストが維持される。

【0092】

第2の圧縮用入出力変換特性は、除算回路を用いない簡易版である。すなわち、上記ゲインの曲線部（図10（a）のプレ圧縮部50の部分に示したプレ圧縮ゲイン曲線の Y_{ave} が $K_p \sim P_{in}$ である部分の曲線部）を折れ線で近似してもよく、この場合、例えば、図11（a）に示すような2つの折れ線により、プレ圧縮部50のプレ圧縮ゲイン特性を実現させるようにしてもよい。すなわち、

$$g_1(Y_{ave}, P_{in}) = k_3(P_{in}) * \max(Y_{ave} - K_p, 0) + 1$$

$$k_3(P_{in}) = (2 / P_{in} - 1) / (P_{in} - K_p)$$

により決定されるプレ圧縮ゲイン特性により、プレ圧縮部50での処理を実現させるようにしてもよい。

【0093】

第3の圧縮用入出力変換特性は、図12（a）に示すように、プレ圧縮部30における二ポイント K_p を周辺平均輝度信号 Y_{ave} に応じて変化させることで、プレ圧縮部50の入出力特性（ $Y_{in} - Y_{in}'$ 入出力特性）を実現させる。つまり、例えば、変化させた二ポイント K_p' を、

$$K_p' = K_p * (P_{in} - Y_{ave}) / (P_{in} - K_p)$$

とすることにより、プレ圧縮部50での処理を実現させるようにしてもよい。

【0094】

増幅部60では、視覚処理部102の出力画像信号 Y_{out} のDレンジが、周辺平均輝度信号 Y_{ave} に基づいて、ピーク値 P_{in} がどのような値であっても所定の出力Dレンジ（出力フルレンジ）となるように、視覚処理部102からの出力画像信号 Y_{out} に対して、Dレンジ拡大処理（動的Dレンジ拡大処理）が実行される。つまり、増幅部60により、視覚処理部102の出力画像信号 Y_{out} は、周辺平均輝度信号 Y_{ave} に基づいて、ピーク値 P_{in} に連動した動的Dレンジ拡大処理が実行される。これにより、増幅部60から出力される画像信号 Y_{out}' は、出力フルレンジ（本実施例の場合は、「100%」）のDレンジを有する画像信号となる。これについて、数式を用いて具体的に説明

する。

【0095】

ここで、通常、オートニー処理は、 $P_{in} = 100\%$ である画像（画像信号 Y_{in} により形成される画像）に対して動作させればよいと同様に、増幅部60での処理は、 $P_{in} = 100\%$ である画像に対してのみ動作させればよい。また、増幅部60は $P_{in} = 200\%$ のときのみ動作させればよい。そのため、増幅部60では、入力ピーク値 P_{in} を $1 \leq P_{in} \leq 2$ に制限して処理を行う。つまり、増幅部60では、

$$P_{in} = \max(1, \min(P_{in}, 2))$$

により求められる値 P_{in} を用いて処理を行う。

【0096】

また、入力ピーク値 P_{in} に対する視覚処理部102の出力値 P_{out} を、

$$P_{out} = \text{lut}(P_{in}, P_{in})$$

とする。つまり、出力ピーク値 P_{out} を、LUTの対角成分（つまり、LUTの2つの入力が同一である場合のLUTの出力値。上式の場合では、LUTの2つの入力をともに P_{in} とした場合の出力値を P_{out} としている。）とみなして近似している。なお、通常、多くの画像は低周波成分が多く、 $Y_{in} = Y_{ave}$ であることが多いので、このように近似しても問題ない。

【0097】

以下、増幅部60の増幅用入出力変換特性 $f_4(Y_{out}, Y_{ave}, P_{in})$ の例を3つ、説明する。

第1の増幅用入出力変換特性は、例えば、次式で示される特性に設定する。（この特性は、図10（b）に図示した特性である。）

$$Y_{out}' = f_4(Y_{out}, Y_{ave}, P_{in}) = Y_{out} * g_2(Y_{ave}, P_{in})$$

$$g_2(Y_{ave}, P_{in}) = f_2(Y_{ave}, P_{in}) / Y_{ave}$$

すなわち、増幅部60では、増幅部40の入出力特性 $f_2(Y_{in}, P_{in})$ をゲイン形式で表現した、

$$g_2(Y_{in}, P_{in}) = f_2(Y_{in}, P_{in}) / Y_{in}$$

において、入力を画像信号 Y_{in} から周辺平均輝度信号 Y_{ave} に変更したゲイン $g_2(Y_{ave}, P_{in})$ を算出する。そして、増幅部60では、この算出したゲイン $g_2(Y_{ave}, P_{in})$ を、入力画像信号 Y_{in} に乗算することで画像信号 Y_{out}' を取得する。

これにより、画像全体の明るさ感は、増幅部40と同様のまま、周辺平均輝度に応じて画像上の輝度領域ごとに異なるゲインを用いて、画像信号 Y_{out} を画像信号 Y_{out}' に変換するので、画像信号 Y_{out}' により形成される画像においてコントラストが維持される。

【0098】

第2の増幅用入出力変換特性は、除算回路を用いない簡易版である。すなわち、上記ゲインの曲線部（図10（b）の増幅部60の部分に示した増幅ゲイン曲線の Y_{ave} が $K_p \sim P_{out}$ である部分の曲線部）を折れ線で近似してもよく、この場合、例えば、図11（b）に示すような2折れ線により、増幅部60の増幅ゲイン特性を実現させるようにしてもよい。すなわち、

$$g_2(Y_{ave}, P_{in}) = k_4(P_{out}) * \max(Y_{ave} - K_p, 0) + 1$$

$$k_4(P_{out}) = (1 / P_{out} - 1) / (P_{out} - K_p)$$

により決定される増幅ゲイン特性により、増幅部60での処理を実現させるようにしてもよい。

【0099】

第3の増幅用入出力変換特性は、図12（a）に示すように、プレ圧縮部50におけるニーポイント K_p を周辺平均輝度信号 Y_{ave} に応じて変化させることで、増幅部60の入出力特性（ $Y_{out} - Y_{out}'$ 入出力特性）を実現させる。つまり、例えば、変化さ

せた二ポイント K_p ” を、

$$K_p'' = K_p * (P_{out} - Y_{ave}) / (P_{out} - K_p)$$

とすることにより、増幅部 60 での処理を実現させるようにしてもよい。

【0100】

以上により、本発明の第2実施形態におけるDレンジ圧縮装置2000では、ピーク値 P_{in} および周辺平均輝度信号 Y_{ave} を用いてプレ圧縮部50および増幅部60を制御するので、可変のDレンジの画像信号が入力される場合であっても、コントラストを維持したまま、常に出力フルレンジに動的に圧縮することができる。つまり、Dレンジ圧縮装置2000では、可変のDレンジの画像信号が入力される場合であっても、常に出力フルレンジの画像信号を取得することができるとともに、コントラストが維持された画像を形成する画像信号を取得することができる。

【0101】

例示説明

なお、ここで、Dレンジ圧縮装置2000での処理の一例について、図14を用いて、説明する。

図14は、Dレンジ圧縮装置2000で処理する画像 Img_3 を模式的に示した図である。

画像 Img_3 は、画像信号 Y_{in} から形成される画像であるものとする。図14の点 P_o で示す画素は、明るい領域に存在する明るい画素であるものとする。そして、点 P_o で示す画素（「画素 P_o 」という。）の画素値（入力画像信号 Y_{in} に相当。）および周辺平均輝度信号 Y_{ave} は、以下の通りであるものとする。

$$Y_{in}(P_o) \quad K_p$$

$$Y_{ave}(P_o) \quad K_p$$

なお、上記において、 $Y_{in}(X)$ は、画素 X の画像信号 Y_{in} の値（画素値）を、 $Y_{ave}(X)$ は、画素 X の周辺平均輝度信号 Y_{ave} の値を示すものとする。また、 K_p は二ポイントを表している。

【0102】

(1) まず、ピーク値 P_{in} 200%の場合について説明する。

まず、プレ圧縮部50により、入力Dレンジが、 P_{in} から200%に圧縮される。

ここで、図14の画素 P_o が含まれる点線内の画像領域において、各画素における周辺平均輝度信号は（ほぼ）同一であるので、この明るい画像領域内の全画素の画素値は、（ $Y_{in}(P_o)$ を含め）同一のゲイン（「1」以下）により圧縮される。このため、変換後の画像における画素 P_o の周辺平均輝度信号 $Y_{ave}(P_o)$ もまた、同じ比率で変化する。したがって、画素 P_o の明るさ対比量（ $Y_{in}(P_o) / Y_{ave}(P_o)$ ）は、圧縮前後で変化しない。これにより、画素 P_o における局所的なコントラストが維持される（Dレンジ圧縮された場合であってもコントラスト低下が抑制される）。

【0103】

ちなみに、Dレンジ圧縮装置1000におけるプレ圧縮部30による圧縮処理では、同じ点線内の画像領域において、 $Y_{in} \quad K_p$ の画素のみ圧縮されるので、画素 P_o における明るさ対比量（ $Y_{in}(P_o) / Y_{ave}(P_o)$ ）が低下する。つまり、Dレンジ圧縮装置1000で処理した場合、Dレンジ圧縮装置2000により処理した場合よりコントラストが低くなる場合がある。

【0104】

次に、視覚処理部102により、さらにDレンジが、200%から100%に圧縮される。ここでも、周辺平均輝度信号を用いた圧縮処理により、コントラスト低下なく、100%に圧縮される。

最後に、増幅部60では、 P_{in} 200%であるので、スルー出力される。

以上により、Dレンジ圧縮装置2000では、入力Dレンジが、コントラスト低下なく、100%（出力フルレンジ）に圧縮される。

【0105】

(2) 次に、ピーク値 P_{in} 200% の場合について説明する。

まず、プレ圧縮部では、 P_{in} 200% であるので、スルー出力される。

次に、視覚処理部 102 により、入力 D レンジが、 P_{in} から P_{out} (100%) に圧縮される。ここで、周辺平均輝度信号を用いた圧縮処理により、コントラスト低下なく、 P_{out} (100%) に圧縮される。

最後に、増幅部 60 により、D レンジが、 P_{out} から 100% に拡大される。

ここで、図 14 の画素 P_o が含まれる点線内の画像領域において、各画素における周辺平均輝度信号は (ほぼ) 同一であるので、この明るい画像領域内の全画素の画素値は、($Y_{in}(P_o)$ を含め) 同一のゲイン (「1」以上) により増幅される。このため、変換後の画像における画素 P_o の周辺平均輝度信号 $Y_{ave}(P_o)$ もまた、同じ比率で変化する。したがって、画素 P_o の明るさ対比量 ($Y_{in}(P_o) / Y_{ave}(P_o)$) は、増幅前後で変化しない。これにより、画素 P_o における局所的なコントラストが維持される (D レンジ拡大された場合であってもコントラストが過剰に強調されることがない)。

【0106】

ちなみに、D レンジ圧縮装置 1000 における増幅部 40 による増幅処理では、同じ点線内の画像領域において、 $Y_{in} K_p$ の画素のみ増幅されるので、画素 P_o における明るさ対比量 ($Y_{in}(P_o) / Y_{ave}(P_o)$) が増加する。つまり、D レンジ圧縮装置 1000 で処理した場合、D レンジ圧縮装置 2000 により処理した場合よりコントラストが過剰に強調される場合がある。

以上により、D レンジ圧縮装置 2000 では、入力 D レンジが、コントラスト低下なく、100% (出力フルレンジ) に圧縮される。

【0107】

[第3実施形態]

本発明の第2実施形態に係る D レンジ圧縮装置 2000 では、周辺平均輝度信号 Y_{ave} に対してはプレ圧縮処理を行わない構成となっているが、本発明の第3実施形態に係る D レンジ圧縮装置 3000 では、空間処理部 101 の入力信号にプレ圧縮処理を行うことで、視覚処理部 102 における2次元 LUT の2つの入力信号の D レンジを揃え、2次元 LUT のルックアップテーブルデータを正方向列にできるようにしている。本実施形態について、図 13 を用いて説明する。

【0108】

図 13 は、本発明の第3実施形態における D レンジ圧縮装置 3000 の構成を示すブロック図である。

図 13 において、本発明の第3実施形態に係る D レンジ圧縮装置 3000 は、第2実施形態に係る D レンジ圧縮装置 2000 において、空間処理部 101 の前段にプレ圧縮部 30 をさらに追加した構成となっている。それ以外については、第2実施形態に係る D レンジ圧縮装置 2000 と同様であるので、詳細な説明を省略する。

【0109】

プレ圧縮部 30 は、実施形態 1 におけるプレ圧縮部 30 と同様の入出力特性を有する。

プレ圧縮部 50 では、図 12 (a) に示すように、プレ圧縮部 30 における二点 K_p を周辺平均輝度信号 Y_{ave} に応じて変化させることで、プレ圧縮部 50 の入出力特性 ($Y_{in} - Y_{in}'$ 入出力特性) を実現させる構成とすることが好ましい。例えば、変化させた二点 K_p' を、

$$K_p' = K_p * (2 - Y_{ave}) / (2 - K_p)$$

とすることにより、プレ圧縮部 50 での処理を実現させるようにすることが好ましい。

【0110】

増幅部 60 は、実施形態 2 における増幅部 60 と同様の入出力特性を有する。

これにより、本発明の第3実施形態に係る D レンジ圧縮装置 3000 では、空間処理部 101 の入力信号 $Y_{ave_{in}}$ にプレ圧縮処理を行うことで、視覚処理部の2次元 LUT の2つの入力信号の D レンジを揃えることができる。その結果、2次元 LUT のルックアップテーブルデータを正方向列とすることができる。これにより、D レンジ圧縮装置をハ

ードウェアで実現する場合、回路規模を削減することができる。

【 0 1 1 1 】

[第 4 実施形態]

第 1 ～ 3 実施形態に係る D レンジ圧縮装置 1 0 0 0 ～ 3 0 0 0 における視覚処理部 1 0 2 では、変換後の「輝度」を出力する構成（以下、「輝度型」という。）にしたが、第 4 実施形態に係る D レンジ圧縮装置 4 0 0 0 では、視覚処理部を、入力輝度に対する「ゲイン」を出力する構成（以下、「ゲイン型」という。）にする。

【 0 1 1 2 】

ゲイン型構成の利点を、図 1 6 を用いて説明する。視覚処理部 1 0 2 (2 D - L U T) に格納された階調変換特性は、通常、事前に様々な画質チューニングを行うので、図 1 6 (1) に示すように非線形の特性となる。この際、特に、暗部（例えば、図 1 6 において A で示した領域。以下、図 1 6 において A で示した領域を「暗部 A」という。）の微調整が画質にとって非常に重要となることが多く、出力画像信号（出力輝度信号）Y o u t のビット精度が少ない場合、暗部 A の階調表現能力が著しく低下してしまう。

【 0 1 1 3 】

一方、図 1 6 (2) に示したゲイン型 L U T では、図 1 6 (1) に示す暗部 A と同等の特性を実現する場合、図 1 6 (2) に示す特性となる。すなわち、図 1 6 に示すように、曲線 C A 1 が曲線 C G 1 に、曲線 C A 2 が曲線 C G 2 に、曲線 C A 1 が曲線 C G 3 に、それぞれ、対応しており、図 1 6 (1) および (2) に示した特性により、同等の階調変換が実現される。なお、図 1 6 (1) および (2) に示した特性曲線は、説明便宜のために、概略的に示したものであり、厳密なものではない。また、図 1 6 (1) および (2) に示した特性曲線に限定されないことは言うまでもない。

【 0 1 1 4 】

図 1 6 に示す特性から分かるように、例えば、図 1 6 (2) の暗部 B (図 1 6 (1) の暗部 A に対応する領域) における入力輝度信号の変化量に対する出力ゲイン信号の変化量が、図 1 6 (1) の暗部 A における入力輝度信号の変化量に対する出力輝度信号の変化量より大きい。このため、ゲイン型 L U T では、暗部に多くのビットを割り当てることができ、これにより、ゲイン型 L U T を用いる D レンジ圧縮装置により取得される画像（映像）において、暗部の階調表現能力を向上させることができる。

【 0 1 1 5 】

本実施形態について、図 1 7 を用いて説明する。

図 1 7 は、第 4 実施形態における D レンジ圧縮装置 4 0 0 0 の構成を示すブロック図である。

図 1 7 に示すように、第 4 実施形態に係る D レンジ圧縮装置 4 0 0 0 は、第 1 実施形態に係る D レンジ圧縮装置 1 0 0 0 において、視覚処理部 1 0 2 を視覚処理部 1 0 3 (ゲイン型) に、増幅部 4 0 を増幅部 6 0 に、それぞれ、置換し、さらに、乗算部 9 0 を備える。これらの点において、本実施形態の D レンジ圧縮装置 4 0 0 0 は、第 1 実施形態の D レンジ圧縮装置 1 0 0 0 と異なる。それ以外については、第 1 および第 2 実施形態に係る D レンジ圧縮装置 1 0 0 0、2 0 0 0 と同様である。また、前述の実施形態と同様の部分については、同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。

【 0 1 1 6 】

視覚処理部 1 0 3 は、例えば、前述した、図 1 6 (2) のようなゲイン型 2 次元 L U T により構成される。このゲイン型 2 次元 L U T は、図 1 6 (1) の輝度型 2 次元 L U T と同特性になるように、等価変換して作成するとよい。

視覚処理部 1 0 3 (ゲイン型) は、ゲイン型 2 次元 L U T を有し、プレ圧縮部 3 0 から出力される画像信号 Y i n ' および空間処理部 1 0 1 から出力される周辺平均輝度信号 Y a v e を入力とする。視覚処理部 1 0 3 は、例えば、図 1 6 (2) に示すような（入力輝度信号 Y i n ） - （ゲイン Y g a i n ）入出力特性（ゲイン型階調変換特性）により、入力輝度信号 Y i n および周辺平均輝度信号 Y a v e から、ゲイン Y g a i n を取得する。そして、視覚処理部 1 0 3 は、取得したゲイン Y g a i n を増幅部 6 0 に出力する。

【 0 1 1 7 】

なお、視覚処理部 1 0 3 (ゲイン型) で用いられるゲイン型 2 次元 L U T は、例えば、前述の実施形態の視覚処理部 1 0 2 における 2 次元 L U T (輝度型) と同様の特性を実現させるものである。すなわち、この場合、視覚処理部 1 0 3 (ゲイン型) で用いられるゲイン型 2 次元 L U T により取得されるゲイン Y g a i n は、下式に示すように、ゲイン Y g a i n を画像信号 Y i n ' に乗じることで、出力画像信号 Y o u t を導出することができるゲインである。

【 0 1 1 8 】

$$(\text{出力画像信号 } Y o u t) = (\text{画像信号 } Y i n') * (\text{ゲイン } Y g a i n)$$

増幅部 6 0 は、第 2 実施形態に係る D レンジ圧縮装置 2 0 0 0 における増幅部 6 0 と同一の機能部である。増幅部 6 0 は、視覚処理部 1 0 3 から出力されるゲイン Y g a i n と、空間処理部 1 0 1 から出力される周辺平均輝度信号 Y a v e と、ピーク検出部 2 0 から出力されるピーク値 P i n と、を入力とする。増幅部 6 0 は、周辺平均輝度信号 Y a v e およびピーク値 P i n に基づいて、ゲイン Y g a i n からゲイン Y g a i n ' を取得し、取得したゲイン Y g a i n ' (ゲイン Y g a i n をさらに増幅させたゲイン Y g a i n ') を乗算部 9 0 に出力する。

【 0 1 1 9 】

乗算部 9 0 は、画像信号 Y i n および増幅部 6 0 から出力されるゲイン Y g a i n ' を入力とし、増幅部 6 0 により増幅されたゲイン Y g a i n ' を画像信号 Y i n に乗算することで、出力画像信号 Y o u t を取得する。そして、乗算部 9 0 は、取得した出力画像信号 Y o u t を出力する。

以上のように、本実施形態に係る D レンジ圧縮装置 4 0 0 0 では、空間処理部をゲイン型に変更することで、特に、D レンジ圧縮装置 4 0 0 0 で取得される画像 (映像) の暗部の階調表現能力を向上させることができる。

【 0 1 2 0 】

[他の実施形態]

上記実施形態の D レンジ圧縮装置において、視覚処理部 1 0 2 の 2 次元 L U T は固定のものであるとして説明した。しかし、これに限定されることはなく、視覚処理部 1 0 2 の 2 次元 L U T データを入れ替えることができるようにし、2 次元 L U T データを入れ替えることで、視覚処理部 1 0 2 に入力される画像信号 Y i n ' の D レンジが変更された場合にも対応させるようにしてもよい。具体的な構成について、D レンジ圧縮装置 2 0 0 0 の構成を変更する場合について説明する。なお、D レンジ圧縮装置 1 0 0 0 および 3 0 0 0 の場合も同様に構成を変更することができる。

【 0 1 2 1 】

図 1 5 に示すように、D レンジ圧縮装置 2 0 0 0 A は、D レンジ圧縮装置 2 0 0 0 に L U T データ登録部 7 0 をさらに追加した構成を有している。

L U T データ登録部 7 0 は、D レンジ圧縮装置 2 0 0 0 A の外部にある R O M 8 0 からの 2 次元 L U T データを入力とし、R O M 8 0 から入力された 2 次元 L U T データを視覚処理部 1 0 2 の 2 次元 L U T に登録する。

【 0 1 2 2 】

R O M 8 0 は、複数の種類の 2 次元 L U T データを記憶しており、L U T データ登録部 7 0 に複数の種類の 2 次元データのうちから任意の 1 つの 2 次元 L U T データを出力する。例えば、R O M 8 0 には、画像信号 Y i n ' の D レンジが 2 0 0 %、3 0 0 %、4 0 0 %、5 0 0 %、・・・である場合の 2 次元 L U T データが記憶されており、L U T データ登録部 7 0 を介して、画像信号 Y i n ' の D レンジに応じた 2 次元 L U T データが、視覚処理部 1 0 2 に登録される。

【 0 1 2 3 】

このようにして、D レンジ圧縮装置 2 0 0 0 A では、画像信号 Y i n ' の D レンジに応じた 2 次元 L U T データを視覚処理部 1 0 2 に登録することができるので、画像信号 Y i n ' の D レンジが変更された場合であっても、上記実施形態と同様の効果を奏する D レン

ジ圧縮装置を簡単に実現させることができる。

また、上記実施形態で説明した視覚処理装置 10 の視覚処理部 102 は、2 次元 LUT により処理を実現するものであったが、これに限定されることはなく、例えば、演算等により視覚処理部 102 の処理を実現させるようにしてもよい。また、視覚処理部 102 において、代表的な階調変換曲線（例えば、10 本の階調変換曲線）の 2 次元 LUT データのみを保持しておき、補間処理により、代表的な階調変換曲線の間の階調変換曲線（必要な階調変換曲線の数 が 256 本である場合、例えば、246 本（ $= 256 - 10$ ）の階調変換曲線）に相当するデータを求めるようにしてもよい。この場合、視覚処理部 102 で保持される 2 次元 LUT データ量を削減することができる。

【0124】

また、上記実施形態において、Dレンジ圧縮装置 1000 では、プレ圧縮部 30 および増幅部 40 を用いた構成として説明し、Dレンジ圧縮装置 2000 では、プレ圧縮部 50 および増幅部 60 を用いて構成として説明したが、これに限定されることはなく、プレ圧縮部および増幅部の組合せを変更した構成とすることもできる。例えば、Dレンジ圧縮装置をプレ圧縮部 30 と増幅部 60 とを用いた構成としてもよい。なお、Dレンジ圧縮装置において、周辺平均輝度信号 Yave を算出するのに時間がかかるので、Dレンジ圧縮装置のプレ圧縮部を、周辺平均輝度信号 Yave を用いないプレ圧縮部 30 とし、増幅部を、周辺平均輝度信号 Yave を用いる増幅部 60 とすることで、第 2 実施形態で説明した本発明の効果をある程度維持しながら、処理遅延時間のない Dレンジ圧縮装置を実現させることができる。

【0125】

また、上記実施形態で説明した Dレンジ圧縮装置において、各ブロックは、LSI などの半導体装置により個別に 1 チップ化されてもよいし、一部または全部を含むように 1 チップ化されてもよい。

なお、ここでは、LSI としたが、集積度の違いにより、IC、システム LSI、スーパー LSI、ウルトラ LSI と呼称されることもある。

【0126】

また、集積回路化の手法は LSI に限るものではなく、専用回路または汎用プロセッサで実現してもよい。LSI 製造後に、プログラムすることが可能な FPGA (Field Programmable Gate Array) や、LSI 内部の回路セルの接続や設定を再構成可能なりコンフィギュラブル・プロセッサを利用してよい。

さらには、半導体技術の進歩または派生する別技術により LSI に置き換わる集積回路化の技術が登場すれば、当然、その技術を用いて機能ブロックの集積化を行ってもよい。バイオ技術の適用等が可能性としてあり得る。

【0127】

また、上記実施形態の各処理をハードウェアにより実現してもよいし、ソフトウェアにより実現してもよい。さらに、ソフトウェアおよびハードウェアの混在処理により実現してもよい。なお、上記実施形態に係る撮像装置をハードウェアにより実現する場合、各処理を行うためのタイミング調整を行う必要があるのは言うまでもない。上記実施形態においては、説明便宜のために、実際のハードウェア設計で生じる各種信号のタイミング調整の詳細については省略している。

なお、本発明の具体的な構成は、前述の実施形態に限られるものではなく、発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更および修正が可能である。

【産業上の利用可能性】

【0128】

本発明に係るダイナミックレンジ圧縮装置、ダイナミックレンジ圧縮方法、プログラム、集積回路および撮像装置によれば、可変のダイナミックレンジの画像信号が入力される場合であっても、入力ピーク値が出力フルレンジに圧縮されるよう、動的に圧縮することができるので、映像・画像処理装置関連分野において有用であり、当該分野において実施することができる。

【符号の説明】**【0129】**

1000、2000、2000A、3000、4000 Dレンジ圧縮装置

10 視覚処理装置

101 空間処理部

102、103 視覚処理部

20 ピーク検出部

30、50 プレ圧縮部

40、60 増幅部

70 LUTデータ登録部

90 乗算部

【手続補正2】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

可変のダイナミックレンジ(Dレンジ)の画像信号が入力されるDレンジ圧縮装置であって、

前記画像信号に対して周辺平均輝度信号を算出する空間処理部と、

前記画像信号を前記周辺平均輝度信号に応じて決定される階調変換特性により変換することにより、前記画像信号のDレンジが所定の出力Dレンジ以下となるようにDレンジ圧縮処理を行う視覚処理部と、

前記画像信号が形成する画像内のピーク値を検出するピーク検出部と、

前記視覚処理部から出力される画像信号を前記ピーク値に基づいて決定される増幅用入出力変換特性により変換することで、前記視覚処理部から出力される画像信号のDレンジが前記所定の出力Dレンジとなるように、前記ピーク値に連動した動的増幅処理を行う増幅部と、

を備えるDレンジ圧縮装置。

【請求項2】

画像フォーマットで決められている最大値を「100%」とした場合、前記所定の出力Dレンジは、90%～100%程度である、

請求項1に記載のDレンジ圧縮装置。

【請求項3】

前記画像信号を前記ピーク値に基づいて決定される圧縮用入出力変換特性により変換することで、前記画像信号のDレンジが前記視覚処理部の最大入力Dレンジ以下となるように、前記ピーク値に連動した動的圧縮処理を行うプレ圧縮部、

をさらに備え、

前記視覚処理部は、前記プレ圧縮部から出力される前記画像信号を、前記周辺平均輝度信号に応じて決定される階調変換特性により変換することにより、前記プレ圧縮部から出力される前記画像信号のDレンジが前記所定の出力Dレンジ以下となるようにDレンジ圧縮処理を行う、

請求項1または2に記載のDレンジ圧縮装置。

【請求項4】

前記増幅部は、前記周辺平均輝度信号をさらに用いて、前記ピーク値に連動した前記動的増幅処理を行う、

請求項1から3のいずれかに記載のDレンジ圧縮装置。

【請求項5】

前記プレ圧縮部は、前記周辺平均輝度信号をさらに用いて、前記ピーク値に連動した前

記動的圧縮処理を行う、

請求項 3 または 4 に記載の D レンジ圧縮装置。

【請求項 6】

前記増幅部は、前記ピーク値が小さいほど、大きい値を出力する前記増幅用入出力変換特性により前記動的増幅処理を行う、

請求項 4 に記載の D レンジ圧縮装置。

【請求項 7】

前記増幅部は、前記周辺平均輝度信号が大きいほど、大きい値を出力する前記増幅用入出力変換特性により前記動的増幅処理を行う、

請求項 4 または 6 に記載の D レンジ圧縮装置。

【請求項 8】

前記増幅部は、前記増幅用入出力変換特性を、前記ピーク値および前記周辺平均輝度信号から算出した折れ線特性のゲインを乗算することで実現する、

請求項 6 または 7 に記載の D レンジ圧縮装置。

【請求項 9】

前記増幅部は、前記増幅用入出力変換特性を折れ線特性で実現する、

請求項 6 または 7 に記載の D レンジ圧縮装置。

【請求項 10】

前記周辺平均輝度信号を Y_{ave} とし、前記ピーク値を P_{in} とし、前記ピーク値 P_{in} に対する視覚処理部の出力値を P_{out} とし、ニーポイントの値を K_p とし、前記増幅部に入力される前記画像信号を Y_{out} とし、前記増幅部から出力される前記画像信号を Y_{out}' とし、前記画像フォーマットで決められている最白点を「100%」を「1」と表現する場合において、

前記増幅部は、

$$k_4(P_{out}) = (1 / P_{out} - 1) / (P_{out} - K_p)$$

$$g_2(Y_{ave}, P_{in}) = k_4(P_{out}) * \max(Y_{ave} - K_p, 0) + 1$$

$$Y_{out}' = g_2(Y_{ave}, P_{in}) * Y_{out}$$

により前記増幅部から出力される前記画像信号 Y_{out}' を求めることで、前記動的増幅処理を行う、

請求項 4 に記載の D レンジ圧縮装置。

【請求項 11】

前記プレ圧縮部は、前記ピーク値が大きいほど、小さい値を出力する前記圧縮用入出力変換特性により前記動的圧縮処理を行う、

請求項 5 に記載の D レンジ圧縮装置。

【請求項 12】

前記プレ圧縮部は、前記周辺平均輝度信号が大きいほど、小さい値を出力する前記圧縮用入出力変換特性により前記動的圧縮処理を行う、

請求項 5 または 11 に記載の D レンジ圧縮装置。

【請求項 13】

前記プレ圧縮部は、前記圧縮用入出力特性を、前記ピーク値および前記周辺平均輝度信号から算出した折れ線特性のゲインを乗算することで実現する、

請求項 11 または 12 に記載の D レンジ圧縮装置。

【請求項 14】

前記プレ圧縮部は、前記圧縮用入出力特性を折れ線特性で実現する、

請求項 11 または 12 に記載の D レンジ圧縮装置。

【請求項 15】

前記周辺平均輝度信号を Y_{ave} とし、前記ピーク値を P_{in} とし、ニーポイントの値を K_p とし、前記プレ圧縮部に入力される前記画像信号を Y_{in} とし、前記プレ圧縮部から出力される前記画像信号を Y_{in}' とし、前記画像フォーマットで決められている前記最白点を「100%」を「1」と表現する場合において、

前記ブレ圧縮部は、

$$k3(Pin) = (2 / Pin - 1) / (Pin - Kp)$$

$$g1(Yave, Pin) = k3(Pin) * \max(Yave - Kp, 0) + 1$$

$$Yin' = g1(Yave, Pin) * Yin$$

により前記ブレ圧縮部から出力される前記画像信号 Yin' を求めることで、前記動的圧縮処理を行う、

請求項 5 に記載の D レンジ圧縮装置。

【請求項 16】

前記視覚処理部は、前記周辺平均輝度信号が大きいほど、小さい値を出力する、

請求項 1 から 15 のいずれかに記載の D レンジ圧縮装置。

【請求項 17】

前記視覚処理部は、前記階調変換特性を実現する 2 次元 LUT を有し、前記 2 次元 LUT により前記 D レンジ圧縮処理を行う、

請求項 1 から 16 のいずれかに記載の D レンジ圧縮装置。

【請求項 18】

前記視覚処理部の前記 2 次元 LUT のデータを登録する LUT データ登録部をさらに備える、

請求項 17 に記載の D レンジ圧縮装置。

【請求項 19】

前記空間処理部は、前記ブレ圧縮部から出力される信号から前記周辺平均輝度信号を算出する、

請求項 3 から 18 のいずれかに記載の D レンジ圧縮装置。

【請求項 20】

前記画像信号にゲインを乗算するゲイン乗算部をさらに備え、

前記視覚処理部は、前記画像信号を前記周辺平均輝度信号に応じて決定される階調変換特性により変換することにより、前記画像信号の D レンジが所定の出力 D レンジ以下となるように D レンジ圧縮処理を行うためのゲインである第 1 ゲインを出力し、

前記増幅部は、前記第 1 ゲインをさらに増幅させた第 2 ゲインを出力し、

前記ゲイン乗算部は、前記画像信号に前記第 2 ゲインを乗算する、

請求項 1 からの 19 のいずれかに記載の D レンジ圧縮装置。

【請求項 21】

前記視覚処理部は、前記画像信号および前記周辺平均輝度信号を入力とする 2 次元のルックアップテーブルにより構成される、

請求項 1 から 20 のいずれかに記載の D レンジ圧縮装置。

【請求項 22】

可変のダイナミックレンジ (D レンジ) の画像信号を入力とする D レンジ圧縮方法であって、

前記画像信号に対して周辺平均輝度信号を算出する空間処理ステップと、

前記画像信号を前記周辺平均輝度信号に応じて決定される階調変換特性により変換することにより、前記画像信号の D レンジが所定の出力 D レンジ以下となるように D レンジ圧縮処理を行う視覚処理ステップと、

前記画像信号が形成する画像内のピーク値を検出するピーク検出ステップと、

前記視覚処理ステップから出力される画像信号を前記ピーク値に基づいて決定される増幅用入出力変換特性により変換することで、前記視覚処理ステップから出力される画像信号の D レンジが前記所定の出力 D レンジとなるように、前記ピーク値に連動した動的増幅処理を行う増幅ステップと、

を備える D レンジ圧縮方法。

【請求項 23】

可変のダイナミックレンジ (D レンジ) の画像信号を入力とする D レンジ圧縮処理をコンピュータに実行させるプログラムであって、

コンピュータに、

前記画像信号に対して周辺平均輝度信号を算出する空間処理ステップと、

前記画像信号を前記周辺平均輝度信号に応じて決定される階調変換特性により変換することにより、前記画像信号のDレンジが所定の出力Dレンジ以下となるようにDレンジ圧縮処理を行う視覚処理ステップと、

前記画像信号が形成する画像内のピーク値を検出するピーク検出ステップと、

前記視覚処理ステップから出力される画像信号を前記ピーク値に基づいて決定される増幅用入出力変換特性により変換することで、前記視覚処理ステップから出力される画像信号のDレンジが前記所定の出力Dレンジとなるように、前記ピーク値に連動した動的増幅処理を行う増幅ステップと、

を実行させるプログラム。

【請求項 24】

可変のダイナミックレンジ(Dレンジ)の画像信号が入力されるDレンジ圧縮装置に用いられる集積回路であって、

前記画像信号に対して周辺平均輝度信号を算出する空間処理部と、

前記画像信号を前記周辺平均輝度信号に応じて決定される階調変換特性により変換することにより、前記画像信号のDレンジが所定の出力Dレンジ以下となるようにDレンジ圧縮処理を行う視覚処理部と、

前記画像信号が形成する画像内のピーク値を検出するピーク検出部と、

前記視覚処理部から出力される画像信号を前記ピーク値に基づいて決定される増幅用入出力変換特性により変換することで、前記視覚処理部から出力される画像信号のDレンジが前記所定の出力Dレンジとなるように、前記ピーク値に連動した動的増幅処理を行う増幅部と、

を備える集積回路。

【請求項 25】

可変のダイナミックレンジ(Dレンジ)の画像信号が入力されるDレンジ圧縮装置を備える撮像装置であって、

前記画像信号に対して周辺平均輝度信号を算出する空間処理部と、

前記画像信号を前記周辺平均輝度信号に応じて決定される階調変換特性により変換することにより、前記画像信号のDレンジが所定の出力Dレンジ以下となるようにDレンジ圧縮処理を行う視覚処理部と、

前記画像信号が形成する画像内のピーク値を検出するピーク検出部と、

前記視覚処理部から出力される画像信号を前記ピーク値に基づいて決定される増幅用入出力変換特性により変換することで、前記視覚処理部から出力される画像信号のDレンジが前記所定の出力Dレンジとなるように、前記ピーク値に連動した動的増幅処理を行う増幅部と、

を備える撮像装置。