

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4595330号
(P4595330)

(45) 発行日 平成22年12月8日(2010.12.8)

(24) 登録日 平成22年10月1日(2010.10.1)

(51) Int.Cl.		F I			
HO4N	5/20	(2006.01)	HO4N	5/20	
G06T	5/00	(2006.01)	G06T	5/00	100
G06T	5/20	(2006.01)	G06T	5/20	A

請求項の数 15 (全 50 頁)

(21) 出願番号	特願2004-10124 (P2004-10124)	(73) 特許権者	000002185 ソニー株式会社 東京都港区港南1丁目7番1号
(22) 出願日	平成16年1月19日(2004.1.19)	(74) 代理人	100082131 弁理士 稲本 義雄
(65) 公開番号	特開2005-204195 (P2005-204195A)	(72) 発明者	増野 智経 東京都品川区東五反田1丁目14番10号 株式会社ソニー木原研究所内
(43) 公開日	平成17年7月28日(2005.7.28)	(72) 発明者	光永 知生 東京都品川区東五反田1丁目14番10号 株式会社ソニー木原研究所内
審査請求日	平成19年1月17日(2007.1.17)	(72) 発明者	小野 博明 東京都品川区東五反田1丁目14番10号 株式会社ソニー木原研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置および方法、記録媒体、並びにプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

画像の平均輝度値を計算する平均輝度値計算手段と、

前記平均輝度値計算手段により計算された、平滑化しようとするフレームの平均輝度値と、前記フレームと時系列的に所定の前後関係となる複数のフレームの平均輝度値、または平滑化平均輝度値とに対して所定の重みを用いた積和演算を施すことにより前記画像の平均輝度値を時系列に平滑化し、平滑化平均輝度値として出力する平均輝度時系列平滑化手段と、

前記平均輝度時系列平滑化手段により出力された平滑化平均輝度値に基づいて、前記画像の明るさを補正する明るさ補正手段と、

前記補正手段により明るさが補正された画像の輝度分布の幅を表す輝度域情報を算出する輝度域情報算出手段と、

前記輝度域情報算出手段により算出される輝度域情報を時系列に平滑化し、平滑化輝度域情報として出力する輝度域情報平滑化手段と、

前記輝度域情報平滑化手段により出力された平滑化輝度域情報に基づいて、前記画像を表示する表示装置の輝度域に合わせて、前記画像の輝度を正規化する輝度域正規化手段とを備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項2】

前記輝度域情報算出手段は、前記輝度域情報として、前記画像の輝度分布の低輝度端と高輝度端の輝度値を算出する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 3】

前記輝度域情報平滑化手段は、平滑化しようとするフレームの輝度域情報と、前記フレームと時系列的に所定の前後関係となる複数のフレームの輝度域情報とに対して、所定の重みを用いた積和演算を施すことにより、前記平滑化しようとするフレームの輝度域情報を時系列に平滑化し、前記平滑化輝度域情報として時系列に出力する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記輝度域情報平滑化手段は、平滑化しようとするフレームの輝度域情報と、前記フレームと時系列的に所定の前後関係となる複数のフレームの平滑化輝度域情報とに対して、所定の重みを用いた積和演算を施すことにより、前記平滑化しようとするフレームの輝度域情報を時系列に平滑化し、前記平滑化輝度域情報として時系列に出力する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記平均輝度値計算手段は、前記画像を $m \times n$ のブロックに分割し、前記ブロック毎の輝度の平均を求め、前記ブロック毎の輝度の平均に対して所定の重みを用いた積和演算を施すことにより前記画像の平均輝度値を計算する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

前記画像の輝度値を対数変換する対数変換手段と、
対数逆変換する対数逆変換手段をさらに備え、
前記平均輝度値計算手段は、前記対数変換手段により対数変換された画像の平均輝度値を計算し、

前記対数逆変換手段は、前記明るさ補正手段により補正されている前記画像の輝度値を対数逆変換する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 7】

画像の平均輝度値を計算する平均輝度値計算ステップと、
前記平均輝度値計算ステップの処理により計算された、平滑化しようとするフレームの平均輝度値と、前記フレームと時系列的に所定の前後関係となる複数のフレームの平均輝度値、または平滑化平均輝度値とに対して所定の重みを用いた積和演算を施すことにより前記画像の平均輝度値を時系列に平滑化し、平滑化平均輝度値として出力する平均輝度時系列平滑化ステップと、

前記平均輝度時系列平滑化ステップの処理により出力された平滑化平均輝度値に基づいて、前記画像の明るさを補正する明るさ補正ステップと、

前記補正ステップの処理により明るさが補正された画像の輝度分布の幅を表す輝度域情報を算出する輝度域情報算出ステップと、

前記輝度域情報算出ステップの処理で算出される輝度域情報を時系列に平滑化し、平滑化輝度域情報として出力する輝度域情報平滑化ステップと、

前記輝度域情報平滑化ステップの処理で出力された平滑化輝度域情報に基づいて、前記画像を表示する表示装置の輝度域に合わせて、前記画像の輝度を正規化する輝度域正規化ステップと

を含むことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 8】

画像の平均輝度値を計算する平均輝度値計算ステップと、
前記平均輝度値計算ステップの処理により計算された、平滑化しようとするフレームの平均輝度値と、前記フレームと時系列的に所定の前後関係となる複数のフレームの平均輝度値、または平滑化平均輝度値とに対して所定の重みを用いた積和演算を施すことにより前記画像の平均輝度値を時系列に平滑化し、平滑化平均輝度値として出力する平均輝度時系列平滑化ステップと、

10

20

30

40

50

前記平均輝度時系列平滑化ステップの処理により出力された平滑化平均輝度値に基づいて、前記画像の明るさを補正する明るさ補正ステップと、

前記補正ステップの処理により明るさが補正された画像の輝度分布の幅を表す輝度域情報の算出する輝度域情報算出ステップと、

前記輝度域情報算出ステップの処理で算出される輝度域情報を時系列に平滑化し、平滑化輝度域情報として出力する輝度域情報平滑化ステップと、

前記輝度域情報平滑化ステップの処理で出力された平滑化輝度域情報に基づいて、前記画像を表示する表示装置の輝度域に合わせて、前記画像の輝度を正規化する輝度域正規化ステップと

を含むことを特徴とするコンピュータが読み取り可能なプログラムが記録されている記録媒体。

10

【請求項 9】

画像の平均輝度値を計算する平均輝度値計算ステップと、

前記平均輝度値計算ステップの処理により計算された、平滑化しようとするフレームの平均輝度値と、前記フレームと時系列的に所定の前後関係となる複数のフレームの平均輝度値、または平滑化平均輝度値とに対して所定の重みを用いた積和演算を施すことにより前記画像の平均輝度値を時系列に平滑化し、平滑化平均輝度値として出力する平均輝度時系列平滑化ステップと、

前記平均輝度時系列平滑化ステップの処理により出力された平滑化平均輝度値に基づいて、前記画像の明るさを補正する明るさ補正ステップと、

20

前記補正ステップの処理により明るさが補正された画像の輝度分布の幅を表す輝度域情報の算出する輝度域情報算出ステップと、

前記輝度域情報算出ステップの処理で算出される輝度域情報を時系列に平滑化し、平滑化輝度域情報として出力する輝度域情報平滑化ステップと、

前記輝度域情報平滑化ステップの処理で出力された平滑化輝度域情報に基づいて、前記画像を表示する表示装置の輝度域に合わせて、前記画像の輝度を正規化する輝度域正規化ステップと

をコンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。

【請求項 10】

画像の平均輝度値を計算する平均輝度値計算手段と、

30

前記平均輝度値計算手段により計算された、平滑化しようとするフレームの平均輝度値と、前記フレームと時系列的に所定の前後関係となる複数のフレームの平均輝度値とに対して所定の重みを用いた積和演算を施すことにより前記画像の平均輝度値、または、平滑化平均輝度値を時系列に平滑化し、前記平滑化平均輝度値として出力する平均輝度時系列平滑化手段と、

前記平均輝度時系列平滑化手段により出力された平滑化平均輝度値に基づいて、前記画像の明るさを補正する明るさ補正手段と

を備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 11】

平均輝度値計算手段は、前記画像を $m \times n$ のブロックに分割し、前記ブロック毎の輝度の平均を求め、前記ブロック毎の輝度の平均に対して所定の重みを用いた積和演算を施すことにより前記画像の平均輝度値を計算する

40

ことを特徴とする請求項 10 に記載の画像処理装置。

【請求項 12】

前記画像の輝度値を対数変換する対数変換手段と、

対数逆変換する対数逆変換手段をさらに備え、

前記平均輝度値計算手段は、前記対数変換手段により対数変換された画像の平均輝度値を計算し、

前記対数逆変換手段は、前記明るさ補正手段により補正されている前記画像の輝度値を対数逆変換する

50

ことを特徴とする請求項 10 に記載の画像処理装置。

【請求項 13】

画像の平均輝度値を計算する平均輝度値計算ステップと、

前記平均輝度値計算ステップの処理で計算された、平滑化しようとするフレームの平均輝度値と、前記フレームと時系列的に所定の前後関係となる複数のフレームの平均輝度値とに対して所定の重みを用いた積和演算を施すことにより前記画像の平均輝度値、または、平滑化平均輝度値を時系列に平滑化し、前記平滑化平均輝度値として出力する平均輝度時系列平滑化ステップと、

前記平均輝度時系列平滑化ステップの処理で出力された平滑化平均輝度値に基づいて、前記画像の明るさを補正する明るさ補正ステップと

を含むことを特徴とする画像処理方法。

10

【請求項 14】

画像の平均輝度値を計算する平均輝度値計算ステップと、

前記平均輝度値計算ステップの処理で計算された、平滑化しようとするフレームの平均輝度値と、前記フレームと時系列的に所定の前後関係となる複数のフレームの平均輝度値とに対して所定の重みを用いた積和演算を施すことにより前記画像の平均輝度値、または、平滑化平均輝度値を時系列に平滑化し、前記平滑化平均輝度値として出力する平均輝度時系列平滑化ステップと、

前記平均輝度平滑化ステップの処理で出力された平滑化平均輝度値に基づいて、前記画像の明るさを補正する明るさ補正ステップと

を含むことを特徴とするコンピュータが読み取り可能なプログラムが記録されている記録媒体。

20

【請求項 15】

画像の平均輝度値を計算する平均輝度値計算ステップと、

前記平均輝度値計算ステップの処理で計算された、平滑化しようとするフレームの平均輝度値と、前記フレームと時系列的に所定の前後関係となる複数のフレームの平均輝度値とに対して所定の重みを用いた積和演算を施すことにより前記画像の平均輝度値、または、平滑化平均輝度値を時系列に平滑化し、前記平滑化平均輝度値として出力する平均輝度時系列平滑化ステップと、

前記平均輝度平滑化ステップの処理で出力された平滑化平均輝度値に基づいて、前記画像の明るさを補正する明るさ補正ステップと

をコンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像処理装置および方法、記録媒体、並びにプログラムに関し、特に、動画のフレーム毎の輝度変動に対応した階調変換を実現できるようにした画像処理装置および方法、記録媒体、並びにプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、CCD(Charge Coupled Device)などの固体素子で撮像されたデータを、より低ダイナミックレンジなメディアに表示もしくは印刷するために階調を圧縮し、より見栄えの良くなるようにコントラストを強調するといった処理(階調変換)については、さまざまな方法が提案されてきた。例えば、撮像データからヒストグラムを作成し、ヒストグラムの最大値、最小値、分布全体の代表値を元にヒストグラムに対して適当な変形を施した後にLUT(Look Up Table)を構成し、このLUTを用いて階調変換を行うというものがある(例えば、特許文献1参照)。

40

【特許文献1】特開平10-283470号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

50

【0003】

しかしながら、既存の階調変換処理は静止画を前提として考えられているため、画像の輝度のヒストグラムの両端点を基準として階調変換を行なう場合、フレーム毎に大きなヒストグラムの変動があると、それに合わせて階調変換のカーブも変化するため、シーン全体の明るさがフレーム単位で頻繁に変化してしまい、非常に見苦しいものになってしまう。

【0004】

より具体的に、例を挙げて説明する。図1乃至図3の各図の上部は、動画の連続した3フレームを示しており、さらに、図1乃至図3の各図の下部は、それぞれのフレームに対応する輝度値のヒストグラムを示している。

10

【0005】

このフレーム単位の撮像データは、ある程度のダイナミックレンジを持ったデータであり、ここでは説明のため、単純に8bitにダイナミックレンジが圧縮された画像1として表示するものとする。

【0006】

また、各フレーム中の輝度は、図2の物体21a、図3の物体21bで示される飛行機の機体部分が最も輝度が高く、次いで図1乃至図3の雲11、空12が順に明るく、屋根13が最も暗いものとする。

【0007】

このような撮像データに対して、ヒストグラムの上下5%点を出力画像の最高輝度値、最低輝度値に割り当てるといった、一般的なコントラスト強調処理を行なうものとする。図1乃至図3の各下部のそれぞれのフレームのヒストグラムにおいて、点線は、その幅にヒストグラム上下5%以内の画素が存在することを示しており、この部分が出力画像のダイナミックレンジ幅に割り当てられる。

20

【0008】

従って、図1では、ヒストグラムの範囲R1が出力画像のダイナミックレンジに割り当てられるので、高コントラストの画像出力が期待される。一方、図2では、物体21aが画面内に入ることにより、ヒストグラムに高輝度成分が多く含まれることになり、出力画像に割り当てる輝度のダイナミックレンジ幅が広がる。そのため、最も輝度の高い物体21aが白レベルに割り当てられるので、図1の上部の画像で写っていた部分は、屋根13を除いて全体的に暗めで、コントラストが多少失われたような画像となる。

30

【0009】

同様に、図3の上部では、物体21aが移動した物体21bが、高輝度な領域が減少し、出力画像に割り当てる輝度のダイナミックレンジ幅が狭まる。そのため、物体21b以外の画像領域が、多少明るく、コントラストが上昇したような階調変換結果となる。

【0010】

このような、図1乃至図3の上部に示される階調変換結果を動画として見た場合、フレーム毎に明るさが変化し、それがちらつきとして感じられるため、非常に見苦しいものになってしまうという課題があった。

【0011】

以上で、階調変換処理によって起こりうる問題点について述べたが、その改善方法として、例えば過去数フレームの階調変換結果を保持しておき、現フレームの結果との平均を取ることによって、フレーム単位で発生する、シーン輝度の著しい変動を緩和する、といった方法が考えられるが、計算コストやメモリ量が大きくなってしまおうという課題があった。

40

【0012】

本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、特に、階調変換処理において、各フレーム毎の輝度をコントロールしているパラメータを時間方向に平滑化することで、計算量、および、メモリ容量の低コスト化を図りつつ、フレーム毎のちらつきを抑制できるようにするものである。

50

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明の第1の画像処理装置は、画像の平均輝度値を計算する平均輝度値計算手段と、平均輝度値計算手段により計算された、平滑化しようとするフレームの平均輝度値と、フレームと時系列的に所定の前後関係となる複数のフレームの平均輝度値、または平滑化平均輝度値とに対して所定の重みを用いた積和演算を施すことにより画像の平均輝度値を時系列に平滑化し、平滑化平均輝度値として出力する平均輝度時系列平滑化手段と、平均輝度時系列平滑化手段により出力された平滑化平均輝度値に基づいて、画像の明るさを補正する明るさ補正手段と、補正手段により明るさが補正された画像の輝度分布の幅を表す輝度域情報を算出する輝度域情報算出手段と、輝度域情報算出手段により算出される輝度域情報 10
を時系列に平滑化し、平滑化輝度域情報として出力する輝度域情報平滑化手段と、輝度域情報平滑化手段により出力された平滑化輝度域情報に基づいて、画像を表示する表示装置の輝度域に合わせて、画像の輝度を正規化する輝度域正規化手段とを備えることを特徴とする。

【0014】

前記輝度域情報算出手段には、輝度域情報として、画像の輝度分布の低輝度端と高輝度端の輝度値を算出させるようにする。

【0015】

前記輝度域情報平滑化手段には、平滑化しようとするフレームの輝度域情報と、フレームと時系列的に所定の前後関係となる複数のフレームの輝度域情報とに対して、所定の重みを用いた積和演算を施すことにより、平滑化しようとするフレームの輝度域情報を時系列に平滑化し、平滑化輝度域情報として時系列に出力させるようにすることができる。 20

【0016】

前記輝度域情報平滑化手段には、平滑化しようとするフレームの輝度域情報と、フレームと時系列的に所定の前後関係となる複数のフレームの平滑化輝度域情報とに対して、所定の重みを用いた積和演算を施すことにより、平滑化しようとするフレームの輝度域情報を時系列に平滑化し、平滑化輝度域情報として時系列に出力させるようにすることができる。

【0018】

前記平均輝度値計算手段には、画像を $m \times n$ のブロックに分割し、ブロック毎の輝度の平均を求め、ブロック毎の輝度の平均に対して所定の重みを用いた積和演算を施すことにより画像の平均輝度値を計算させるようにすることができる。 30

【0021】

前記画像の輝度値を対数変換する対数変換手段と、対数逆変換する対数逆変換手段をさらに設けるようにさせることができ、平均輝度値計算手段には、対数変換手段により対数変換された画像の平均輝度値を計算させるようにすることができ、対数逆変換手段には、明るさ補正手段により補正されている画像の輝度値を対数逆変換させるようにすることができる。

【0022】

本発明の第1の画像処理方法は、画像の平均輝度値を計算する平均輝度値計算ステップと、平均輝度値計算ステップの処理により計算された、平滑化しようとするフレームの平均輝度値と、フレームと時系列的に所定の前後関係となる複数のフレームの平均輝度値、または平滑化平均輝度値とに対して所定の重みを用いた積和演算を施すことにより画像の平均輝度値を時系列に平滑化し、平滑化平均輝度値として出力する平均輝度時系列平滑化ステップと、平均輝度時系列平滑化ステップの処理により出力された平滑化平均輝度値に基づいて、画像の明るさを補正する明るさ補正ステップと、補正ステップの処理により明るさが補正された画像の輝度分布の幅を表す輝度域情報を算出する輝度域情報算出ステップと、輝度域情報算出ステップの処理で算出される輝度域情報を時系列に平滑化し、平滑化輝度域情報として出力する輝度域情報平滑化ステップと、輝度域情報平滑化ステップの処理で出力された平滑化輝度域情報に基づいて、画像を表示する表示装置の輝度域に合わ 40
合わせる。 50

せて、画像の輝度を正規化する輝度域正規化ステップとを含むことを特徴とする。

【0023】

本発明の第1の記録媒体のプログラムは、画像の平均輝度値を計算する平均輝度値計算ステップと、平均輝度値計算ステップの処理により計算された、平滑化しようとするフレームの平均輝度値と、フレームと時系列的に所定の前後関係となる複数のフレームの平均輝度値、または平滑化平均輝度値とに対して所定の重みを用いた積和演算を施すことにより画像の平均輝度値を時系列に平滑化し、平滑化平均輝度値として出力する平均輝度時系列平滑化ステップと、平均輝度時系列平滑化ステップの処理により出力された平滑化平均輝度値に基づいて、画像の明るさを補正する明るさ補正ステップと、補正ステップの処理により明るさが補正された画像の輝度分布の幅を表す輝度域情報の算出する輝度域情報算出ステップと、輝度域情報算出ステップの処理で算出される輝度域情報を時系列に平滑化し、平滑化輝度域情報として出力する輝度域情報平滑化ステップと、輝度域情報平滑化ステップの処理で出力された平滑化輝度域情報に基づいて、画像を表示する表示装置の輝度域に合わせて、画像の輝度を正規化する輝度域正規化ステップとを含むことを特徴とする。

10

【0024】

本発明の第1のプログラムは、画像の平均輝度値を計算する平均輝度値計算ステップと、平均輝度値計算ステップの処理により計算された、平滑化しようとするフレームの平均輝度値と、フレームと時系列的に所定の前後関係となる複数のフレームの平均輝度値、または平滑化平均輝度値とに対して所定の重みを用いた積和演算を施すことにより画像の平均輝度値を時系列に平滑化し、平滑化平均輝度値として出力する平均輝度時系列平滑化ステップと、平均輝度時系列平滑化ステップの処理により出力された平滑化平均輝度値に基づいて、画像の明るさを補正する明るさ補正ステップと、補正ステップの処理により明るさが補正された画像の輝度分布の幅を表す輝度域情報の算出する輝度域情報算出ステップと、輝度域情報算出ステップの処理で算出される輝度域情報を時系列に平滑化し、平滑化輝度域情報として出力する輝度域情報平滑化ステップと、輝度域情報平滑化ステップの処理で出力された平滑化輝度域情報に基づいて、画像を表示する表示装置の輝度域に合わせて、画像の輝度を正規化する輝度域正規化ステップとをコンピュータに実行させることを特徴とする。

20

【0025】

本発明の第2の画像処理装置は、画像の平均輝度値を計算する平均輝度値計算手段と、平均輝度値計算手段により計算された、平滑化しようとするフレームの平均輝度値と、フレームと時系列的に所定の前後関係となる複数のフレームの平均輝度値とに対して所定の重みを用いた積和演算を施すことにより画像の平均輝度値、または、平滑化平均輝度値を時系列に平滑化し、平滑化平均輝度値として出力する平均輝度時系列平滑化手段と、平均輝度時系列平滑化手段により出力された平滑化平均輝度値に基づいて、画像の明るさを補正する明るさ補正手段とを備えることを特徴とする。

30

【0026】

前記平均輝度値計算手段には、画像を $m \times n$ のブロックに分割し、ブロック毎の輝度の平均を求め、ブロック毎の輝度の平均に対して所定の重みを用いた積和演算を施すことにより画像の平均輝度値を計算させるようにすることができる。

40

【0029】

前記画像の輝度値を対数変換する対数変換手段と、対数逆変換する対数逆変換手段をさらに設けるようにさせることができ、平均輝度値計算手段には、対数変換手段により対数変換された画像の平均輝度値を計算させるようにすることができ、対数逆変換手段には、明るさ補正手段により補正されている画像の輝度値を対数逆変換させるようにすることができる。

【0030】

本発明の第2の画像処理方法は、画像の平均輝度値を計算する平均輝度値計算ステップと、平均輝度値計算ステップの処理で計算された、平滑化しようとするフレームの平均輝

50

度値と、フレームと時系列的に所定の前後関係となる複数のフレームの平均輝度値とに対して所定の重みを用いた積和演算を施すことにより画像の平均輝度値、または、平滑化平均輝度値を時系列に平滑化し、平滑化平均輝度値として出力する平均輝度時系列平滑化ステップと、平均輝度時系列平滑化ステップの処理で出力された平滑化平均輝度値に基づいて、画像の明るさを補正する明るさ補正ステップとを含むことを特徴とする。

【0031】

本発明の第2の記録媒体のプログラムは、画像の平均輝度値を計算する平均輝度値計算ステップと、平均輝度値計算ステップの処理で計算された、平滑化しようとするフレームの平均輝度値と、フレームと時系列的に所定の前後関係となる複数のフレームの平均輝度値とに対して所定の重みを用いた積和演算を施すことにより画像の平均輝度値、または、平滑化平均輝度値を時系列に平滑化し、平滑化平均輝度値として出力する平均輝度時系列平滑化ステップと、平均輝度時系列平滑化ステップの処理で出力された平滑化平均輝度値に基づいて、画像の明るさを補正する明るさ補正ステップとを含むことを特徴とする。

10

【0032】

本発明の第2のプログラムは、画像の平均輝度値を計算する平均輝度値計算ステップと、平均輝度値計算ステップの処理で計算された、平滑化しようとするフレームの平均輝度値と、フレームと時系列的に所定の前後関係となる複数のフレームの平均輝度値とに対して所定の重みを用いた積和演算を施すことにより画像の平均輝度値、または、平滑化平均輝度値を時系列に平滑化し、平滑化平均輝度値として出力する平均輝度時系列平滑化ステップと、平均輝度時系列平滑化ステップの処理で出力された平滑化平均輝度値に基づいて、画像の明るさを補正する明るさ補正ステップとをコンピュータに実行させることを特徴とする。

20

【0033】

本発明の第1の画像処理装置および方法、並びにプログラムにおいては、画像の輝度分布の幅を表す輝度域情報が算出され、算出される輝度域情報が時系列に平滑化され、平滑化輝度域情報として出力され、出力された平滑化輝度域情報に基づいて、画像を表示する表示装置の輝度域に合わせて、画像の輝度が正規化され、画像の平均輝度値が計算され、計算された、平滑化しようとするフレームの平均輝度値と、フレームと時系列的に所定の前後関係となる複数のフレームの平均輝度値、または平滑化平均輝度値とに対して所定の重みが用いられた積和演算が施されることにより画像の平均輝度値が時系列に平滑化されて、平滑化平均輝度値として出力され、出力された平滑化平均輝度値に基づいて、画像の明るさが補正される。

30

【0034】

本発明の第2の画像処理装置および方法、並びにプログラムにおいては、画像の平均輝度値が計算され、計算された、平滑化しようとするフレームの平均輝度値と、フレームと時系列的に所定の前後関係となる複数のフレームの平均輝度値とに対して所定の重みが用いられた積和演算が施されることにより画像の平均輝度値、または、平滑化平均輝度値が時系列に平滑化され、平滑化平均輝度値として出力され、出力された平滑化平均輝度値に基づいて、画像の明るさが補正される。

【0035】

本発明の画像処理装置は、独立した装置であっても良いし、画像処理を行うブロックであっても良い。

40

【発明の効果】

【0036】

本発明によれば、階調圧縮処理における計算量、および、メモリ容量の低コスト化を図りつつ、動画のフレーム毎の輝度変動に対応してちらつきを抑制することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0047】

以下、本発明の一実施の形態であるデジタルビデオカメラについて、図面を参照して説

50

明する。

【 0 0 4 8 】

図 4 は、本発明の一実施の形態であるデジタルビデオカメラの構成例を示している。このデジタルビデオカメラ 1 0 1 は、被写体を撮影して、画素値のダイナミックレンジが通常よりも広い広DR画像を生成し、所定の記憶媒体に記録するとともに、構図決定のファインダや映像モニタを兼ねる内蔵されたディスプレイ、あるいは外部機器に対しては、広DR画像を、画素値のダイナミックレンジがより狭い狭DR画像に変換して出力すると共に、フレーム間のちらつきを抑制するものである。

【 0 0 4 9 】

デジタルビデオカメラ 1 0 1 は、大別して光学系、信号処理系、記録系、表示系、および制御系から構成される。

10

【 0 0 5 0 】

光学系は、被写体の光画像を集光するレンズ 1 1 1、光画像の光量を調整する絞り 1 1 2、および集光された光画像を所定のフレームレートで光電変換して広DR画像を生成する CCDイメージセンサ 1 1 3 から構成される。なお、以下においては、CCDイメージセンサ 1 1 3 が生成する広DR画像に関しては、1チャンネルの輝度信号からなるモノクロ画像である場合と、多チャンネル（例えば、3チャンネル）の輝度信号からなるカラー画像である場合の 2 通りについて説明する。

【 0 0 5 1 】

信号処理系は、CCDイメージセンサ 1 1 3 から出力された広DR画像をサンプリングすることによってノイズを低減させる相関 2 重サンプリング回路 (CDS) 1 1 4、相関 2 重サンプリング回路 1 1 4 によってノイズが除去された広DR画像を、例えば 1 4 乃至 1 6 ビット程度のビット幅を有する値に AD 変換する A/D コンバータ 1 1 5、A/D コンバータ 1 1 5 が出力する広DR画像に対して階調圧縮処理を施す DSP (Digital Signal Processor) 1 1 6 から構成される。

20

【 0 0 5 2 】

A/D コンバータ 1 1 5 が出力する 1 4 乃至 1 6 ビットのビット幅を有する広DR画像のように、階調が多い画像信号は、輝度 Y、色差 C r、C b 等の通常のビデオ信号では再現しきれないが、DSP 1 1 6 による階調圧縮処理により、輝度 Y、色差 C r、C b 等の通常のビデオ信号では再現できる範囲に階調を圧縮されるようになされている。DSP 1 1 6 につ

30

【 0 0 5 3 】

デジタルビデオカメラ 1 0 1 の記録系は、DSP 1 1 6 から入力される広DR画像または狭DR画像をエンコードしてメモリ 1 2 2 に記録したり、メモリ 1 2 2 に記憶されている符号データを読み出してデコードし、DSP 1 1 6 に供給したりする CODEC (Compression/Decompression) 1 2 1、および、エンコードされた広DR画像または狭DR画像を記憶する、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、半導体などよりなるメモリ 1 2 2 から構成される。

【 0 0 5 4 】

表示系は、DSP 1 1 6 から供給される狭DR画像を DA 変換する D/A コンバータ 1 1 8、D/A コンバータ 1 1 8 が出力するアナログの狭DR画像を、輝度 Y、色差 C r、C b 等の通常のビデオ信号に変換してディスプレイ 1 2 0 に出力するビデオエンコーダ 1 1 9、およびビデオ信号に対応する画像を表示することによってファインダやビデオモニタとして機能する LCD (Liquid Crystal Display) 等よりなるディスプレイ 1 2 0 から構成される。

40

【 0 0 5 5 】

制御系は、CCDイメージセンサ 1 1 3 乃至 DSP 1 1 6 の動作タイミングを制御するタイミングジェネレータ (TG) 1 1 7、ユーザからの各種の操作を受け付けるインプットデバイス 1 2 4、およびデジタルビデオカメラ 1 0 1 の全体を制御する CPU (Central Processing Unit) 1 2 3 から構成される。

【 0 0 5 6 】

50

次に、デジタルビデオカメラ 101 の動作の概要について説明する。被写体の光学画像（入射光）は、レンズ 111 および絞り 112 を介して CCD イメージセンサ 113 に入射され、CCD イメージセンサ 113 によって光電変換され、得られた広 DR 画像の画素となる電気信号は、相関 2 重サンプリング回路 114 によってノイズが除去され、A/D コンバータ 115 によってデジタル化された後、DSP 116 に供給される。

【0057】

DSP 116 は、A/D コンバータ 115 から入力された広 DR 画像に対して階調圧縮処理を施し、狭 DR 画像を生成して、D/A コンバータ 118 または CODEC 121、あるいは両方に出力する。D/A コンバータ 118 に供給された狭 DR 画像は、DA 変換され、ビデオエンコーダ 119 により通常のビデオ信号に変換されて、その画像がディスプレイ 120 に表示される。一方、CODEC 121 に供給された狭 DR 画像は、符号化されてメモリ 122 に記録される。

10

【0058】

次に、本発明の主眼となる DSP 116 について説明する。

【0059】

図 5 は、モノクロ画像である広 DR 画像に対応した DSP 116 の第 1 の構成例を示している。以下、DSP 116 に入力されるモノクロの広 DR 画像を、広 DR 輝度画像 L と記述する。また、広 DR 輝度画像の画素値（すなわち、輝度値）を、 $L(p)$ と記述する。ここで、 p は、 $p = (x, y)$ のように、画像における画素位置を示すベクトルまたは座標である。したがって、 $L(p)$ は、画素位置と輝度値の両方の情報を含むものとして、広 DR 輝度画像を表す L とは区別して用いることとする。後述するその他の画像とその画素値についても同様である。

20

【0060】

DSP 116 には、広 DR 輝度画像 L の輝度 $L(p)$ がラスタスキャン順に入力されるものとする。

【0061】

DSP 116 の第 1 の構成例において、対数変換部 141 は、入力される輝度 $L(p)$ を対数変換し、得られる対数輝度 $\log L(p)$ をトーンカーブ補正部 142 に出力する。トーンカーブ補正部 142 は、入力される対数輝度 $\log L(p)$ に対し、予め用意されているトーンカーブを適用して階調を圧縮する方向に変換し、得られる対数輝度 $\log L_c(p)$ を縮小画像生成部 143 およびコントラスト補正部 145 に出力する。また、トーンカーブ補正部 142 は、適用したトーンカーブの傾きを示す代表値 α をコントラスト補正部 145 に出力する。以下、適用したトーンカーブの傾きを示す代表値 α を、単に代表値 α とも記述する。

30

【0062】

縮小画像生成部 143 は、トーンカーブ補正部 142 から入力される 1 フレーム分の対数輝度 $\log L_c(p)$ に基づき、縮小画像 $\log L_{c1}$ を生成して、縮小画像メモリ 144 に保持させる。

【0063】

コントラスト補正部 145 は、トーンカーブ補正部 142 から入力される現フレームの対数輝度 $\log L_c(p)$ のトーンカーブ補正によって弱められているコントラストを、代表値 α および縮小画像メモリ 144 に保持されている 1 フレーム前の縮小画像 $\log L_{c1}$ に基づいて補正し、得られる対数輝度 $\log L_u(p)$ を対数逆変換部 146 に出力する。対数逆変換部 146 は、コントラストが補正された対数輝度 $\log L_u(p)$ を、対数逆変換して、得られる通常軸の輝度 $L_u(p)$ をガンマ補正部 147 に出力する。

40

【0064】

ガンマ補正部 147 は、対数逆変換部 146 から入力される輝度 $L_u(p)$ に対して、再生デバイス（例えば、ディスプレイ 120）のガンマ特性を考慮したガンマ補正を施し、得られるガンマ補正後の輝度 $Y(p)$ を輝度域情報算出部 148 および輝度域正規化部 151 に出力する。

50

【 0 0 6 5 】

輝度域情報算出部 1 4 8 は、ガンマ補正部 1 4 7 から入力される 1 フレーム分の輝度 $Y(p)$ に対して、それぞれ、輝度の分布を示す輝度域情報を算出して輝度域情報平滑化部 1 4 9 に供給する。輝度域情報平滑化部 1 4 9 は、平滑化しようとするフレームの輝度域情報と、時間方向に所定の関係となるフレームの輝度域情報（または、平滑化された輝度域情報）を利用して、輝度域情報を平滑化し、輝度域情報メモリ 1 5 0 に保持させる。ここで、輝度域情報とは、1 フレームにおける輝度の分布の範囲を示す情報であって、例えば、最も暗い方に近い輝度 Y_d と、最も明るい方に近い輝度 Y_b を輝度域情報 $[Y_d, Y_b]$ として算出するようにする。

【 0 0 6 6 】

輝度域正規化部 1 5 1 は、輝度域情報メモリ 1 5 0 に保持されている 1 フレーム前の輝度域情報 $[Y_d, Y_b]$ に基づき、ガンマ補正部 1 4 7 から入力される現フレームの輝度 $Y(p)$ を、その分布範囲が再生デバイス（例えば、ディスプレイ 1 2 0）が表現可能な範囲に合致するように変換し、得られる輝度 $Y_n(p)$ を、狭 DR 画像の画素値として後段に出力する。

【 0 0 6 7 】

以上、説明したように、DSP 1 1 6 の第 1 の構成例による階調圧縮処理の過程において、縮小画像生成部 1 4 3 により縮小画像 $\log L_{c1}$ が生成され、輝度域情報算出部 1 4 8 により輝度域情報 $[Y_d, Y_b]$ が算出される。この縮小画像 $\log L_{c1}$ および輝度域情報 $[Y_d, Y_b]$ を以下、中間情報と記述する。

【 0 0 6 8 】

DSP 1 1 6 によれば、入力される広 DR 輝度画像の各フレームに対して中間情報が算出され、算出された中間情報が、1 フレーム後の広 DR 輝度画像を処理するために用いられる。

【 0 0 6 9 】

一般に、階調圧縮を効果的に施すためには、画像全体または画像上で広域な範囲の輝度値に基づいて算出された情報が必要であるが、当該情報を算出するまでのタイムラグが大きくなることが実装上の問題となる。そこで、DSP 1 1 6 では、当該情報として、時間的に非常に変化し難いものを選ぶことによって、1 フレーム前の中間情報を現フレームに対する階調圧縮に利用する。このような構成をとることにより、実装してもメモリ使用量や回路規模が大きくなることを回避することができる。

【 0 0 7 0 】

次に、DSP 1 1 6 の第 1 の構成例の各部の詳細について、図面を参照して説明する。

【 0 0 7 1 】

図 6 は、トーンカーブ補正部 1 4 2 の第 1 の構成例を示している。上述の第 1 の構成例において、LUT メモリ 1 7 1 には、図 7 に示すような単調増加のトーンカーブに相当するルックアップテーブル（以下、LUT と記述する）とトーンカーブの傾きを示す代表値 α が予め保持されている。なお、LUT の代わりに、トーンカーブに相当する関数を保持するようにしてもよい。テーブル参照部 1 7 2 は、LUT メモリ 1 7 1 に保持されている LUT に基づいて対数輝度 $\log L(p)$ を対数輝度 $\log L_c(p)$ に補正する。

【 0 0 7 2 】

図 7 は、トーンカーブの一例を示しており、横軸が入力輝度 $L(p)$ を、縦軸がトーンカーブ補正後の輝度 $L_c(p)$ を、それぞれ $[0, 1]$ に正規化して対数軸で表示している。この例のように、単調増加であって、緩やかな逆 S 字形のトーンカーブを適用すると、高輝度領域と低輝度領域では、階調圧縮があまり強く作用しないので、階調圧縮後でも白ツブレや黒ツブレが少ない良好な色調が得られる。逆に中間輝度域は階調圧縮が強く作用するが、その分だけ、中間輝度域に対しては、後述するコントラスト補正が十分に適用されるので、中間輝度域でもコントラスト劣化のない良好な狭 DR 画像が得られる。

【 0 0 7 3 】

なお、トーンカーブの傾きを示す代表値 α は、例えば、輝度全域の傾きをそれぞれ求めて、それらの平均値を代表値 α とすればよい。図 7 に示されたトーンカーブの場合、代表

10

20

30

40

50

値 = 0.67である。

【0074】

図8は、トーンカーブ補正部142の第2の構成例を示している。第2の構成例は、第1の構成例のように予め用意されているLUTを用いるのではなく、フレーム毎に代表値を算出して、対数輝度 $\log L(p)$ を、対数輝度 $\log L_c(p)$ に補正するものである。第2の構成例において、平均輝度算出部191は、1フレーム分の対数輝度 $\log L(p)$ の平均輝度値 μ を算出し、平均輝度平滑化部192に出力する。

【0075】

平均輝度平滑化部192は、平均輝度算出部191より供給された平均輝度値 μ を、前後のフレームの平均輝度値 μ 、または、前後のフレームの平滑化された平均輝度値 μ を用いて平滑化し、除算器193に供給する。除算器193は、所定の定数 $\log L_T$ を平均輝度値 μ で除算し、代表値を算出する。メモリ194は、除算器193から入力された代表値を保持する。乗算器195は、現フレームの対数輝度 $\log L(p)$ に、メモリ194に保持されている1フレーム前の代表値を乗算して、トーンカーブ補正後の対数輝度 $\log L_c(p)$ を算出する。

【0076】

ここで、所定の定数 $\log L_T$ を、中央レベルの対数輝度と定めておけば、1フレーム分の対数輝度 $\log L(p)$ の平均値が、 $\log L_T$ と等しい値のトーンカーブ補正後の対数輝度 $\log L_c(p)$ に変換されることになる。

【0077】

代表値はフレーム毎に算出されるが、現実的には各フレームの対数輝度 $\log L(p)$ の平均輝度値 μ に基づいて決定されるので、前後のフレームではあまり変化がないことが期待できる。したがって、この代表値も、上述した縮小画像 $\log L_{c1}$ および輝度域情報 $[Y_d, Y_b]$ と同様に、1フレーム前のものを、現フレームに対するトーンカーブ補正に用いるようにしている。以下、代表値も、中間情報に含めることにする。

【0078】

図9は、トーンカーブ補正部142の第3の構成例を示している。第3の構成例は、いわば、第1の構成例と第2の構成例を組み合わせたものである。第3の構成例において、LUTメモリ211には、図7に示されたようなトーンカーブに相当するLUTと、トーンカーブの傾きを示す代表値 γ_1 が予め保持されている。テーブル参照部212は、LUTメモリ211に保持されているLUTに基づいて対数輝度 $\log L(p)$ を、対数輝度 $\log L_{c1}(p)$ に補正して平均輝度算出部213および乗算器217に出力する。

【0079】

平均輝度算出部213は、1フレーム分の対数輝度 $\log L_{c1}(p)$ の平均輝度値 μ を算出して、平均輝度平滑化部214に出力する。平均輝度平滑化部214は、平均輝度算出部213より供給された平均輝度値を、前後のフレームの平均輝度値、または、前後のフレームの平滑化された平均輝度値を用いて平滑化し、除算器215に供給する。

【0080】

除算器215は、所定の定数 $\log L_T$ を平均輝度値 μ で除算し、代表値 γ_2 を算出し、 γ_2 メモリ388に保持させる。乗算器217は、現フレームの対数輝度 $\log L_{c1}(p)$ に、 γ_2 メモリ388に保持されている1フレーム前の代表値 γ_2 を乗算して、トーンカーブ補正後の対数輝度 $\log L_c(p)$ を算出する。乗算器218は、代表値 γ_1, γ_2 の積を代表値 $(= \gamma_1 \cdot \gamma_2)$ として後段のコントラスト補正部145に出力する。

【0081】

次に、図10を参照して、平均輝度平滑化部214の構成について説明する。平滑化計算部231は、平滑化しようとする時刻 t のフレームの平均輝度値 $\mu(t)$ と、直前の時刻 $(t-1)$ のフレームに対応する平滑化されている平均輝度値 $\mu(t-1)$ に、それぞれの重みを乗じた和を求めることにより、平滑化し、時刻 (t) に対応するフレームの平滑化された平均輝度値 $u'(t)$ として、出力すると共に、バッファ232に供給する。バッファ232は、平均輝度値 $u'(t)$ を平均輝度値 $\mu(t-1)$ として上書きして記

10

20

30

40

50

憶し、上述のように、平滑化計算部 2 3 1 に供給する。この処理を順次繰り返すことにより、平滑化計算部 2 3 1 は、各フレームに対応する平均輝度値を順次平滑化する。

【 0 0 8 2 】

次に、図 1 1 を参照して、縮小画像生成部 1 4 3 の構成について説明する。縮小画像生成部 1 4 3 のソート部 2 5 1 は、前段のトーンカーブ補正部 1 4 2 から入力された 1 フレーム分の対数輝度 $\log L_c(p)$ を、画像全体を $m \times n$ 個のブロックに分割したときに属するブロックに応じて分類し、平均値計算部 2 5 2 - 1 乃至 2 5 2 - N ($= m \times n$) に供給する。例えば、1 番目のブロックに分類されるものは平均値計算部 2 5 2 - 1 に供給され、2 番目のブロックに分類されるものは平均値計算部 2 5 2 - 2 に供給される。以下同様であり、N 番目のブロックに分類されるものは平均値計算部 2 5 2 - N に供給される。以下、平均値計算部 2 5 2 - 1 乃至 2 5 2 - N を個々に区別する必要がない場合、単に平均値計算部 2 5 2 と称する。

10

【 0 0 8 3 】

平均値計算部 2 5 2 - i ($i = 1, 2, \dots, N$) は、1 フレーム分の対数輝度 $\log L_c(p)$ のうち、i 番目のブロックに分類される対数輝度 $\log L_c(p)$ の平均値を算出して、合成部 2 5 3 に出力する。合成部 2 5 3 は、平均値計算部 2 5 2 - i からそれぞれ入力される対数輝度 $\log L_c(p)$ の平均値を画素値とする $m \times n$ 画素の縮小画像 $\log L_{c1}$ を生成し、後段の縮小画像メモリ 1 4 4 に保持させる。

【 0 0 8 4 】

図 1 2 は、平均値計算部 2 5 2 の構成例を示している。平均値計算部 2 5 2 の加算器 2 7 1 は、前段のソート部 2 5 1 から入力される対数輝度 $\log L_c(p)$ に、レジスタ (r) 2 7 2 が保持する値を加算して、レジスタ (r) 2 7 2 が保持する値を更新する。除算器 2 7 3 は、レジスタ 2 7 2 が最終的に保持している値を、1 個のブロックを構成する画素数 Q で除算することにより、1 個のブロックに分類された Q 個の対数輝度 $\log L_c(p)$ の平均値を算出する。

20

【 0 0 8 5 】

次に、図 1 3 を参照して、コントラスト補正部 1 4 5 の構成について説明する。コントラスト補正部 1 4 5 の補間位置指定部 2 9 1 は、前段のトーンカーブ補正部 1 4 2 から入力された対数輝度 $\log L_c(p)$ の画素位置 p (以下、補間位置 p とともに記述する) を取得して、補間部 2 9 2 に出力する。補間部 2 9 2 は、縮小画像メモリ 1 4 4 に保持されている 1 フレーム前の縮小画像 $\log L_{c1}$ を用いて、補間位置 p に対応する画素 $\log L_{c1}(p)$ を補間により算出してコントラスト強調部 2 9 4 に出力する。

30

【 0 0 8 6 】

ゲイン値設定部 2 9 3 は、トーンカーブ補正部 1 4 2 からの前フレームに対する代表値と、現在フレームの対数輝度 $\log L_c(p)$ に基づいて、現在フレームの対数輝度 $\log L_c(p)$ のコントラスト強調量を決めるゲイン値 $g(p)$ を算出する。コントラスト強調部 2 9 4 は、現在フレームの対数輝度 $\log L_c(p)$ を、ゲイン値 $g(p)$ および縮小画像の補間値 $\log L_{c1}(p)$ に基づき、低周波数成分以外のコントラストが強調された対数輝度 $\log L_u(p)$ を算出する。

【 0 0 8 7 】

次に、図 1 4 を参照して、補間部 2 9 2 の構成を説明する。補間部 2 9 2 は、1 フレーム前の縮小画像 $\log L_{c1}$ の補間位置 p の近傍の 4×4 画素を用いた双 3 次補間により、補間位置 p に対応する画素 $\log L_{c1}(p)$ を補間するものである。

40

【 0 0 8 8 】

近傍選択部 3 0 1 は、補間位置 p の入力を受けて、縮小画像メモリ 1 4 4 に保持されている 1 フレーム前の $m \times n$ 画素の縮小画像 $\log L_{c1}$ から、補間位置 p の近傍の 4×4 画素の画素値 $a[4][4]$ を取得して、積和部 3 0 4 に出力する。ここで $a[i][j]$ の表記は、画素値 a が $i \times j$ の 2 次元配列データであることを示す。また、近傍選択部 3 0 1 は、取得した画素値 $a[4][4]$ と補間位置 p との水平方向の位置ずれ量 d_x 、垂直方向の位置ずれ量 d_y を、それぞれ、水平係数算出部 3 0 2 または垂直係数算出部 3 0 3 に出力する。

50

【 0 0 8 9 】

ここで、補間位置 p、近傍の画素値 a [4][4]、位置ずれ量 dx、dy の関係について、
図 1 5 を参照して説明する。

【 0 0 9 0 】

図 1 5 の m x n のマス目は、m x n 画素の縮小画像 log L_{c1} を表している。いま、補間
位置 p = (px, py) が与えられたとすると、補間位置 p に対応する縮小画像 log L_{c1}
上の位置 q は、q = (qx, qy) = (px / bx - 0.5, py / by - 0.5) であ
る。ただし、(bx, by) = (画像 log L_c の水平画素数 / m, 画像 log L_c の垂直画素数
/ n) である。

【 0 0 9 1 】

補間位置 p に対応する縮小画像上の位置 q から近傍画素を得るには、図 1 5 においては
斜線で示された qx - 2 < x < qx + 2、qy - 2 < y < qy + 2 の範囲に位置する縮小
画像 log L_{c1} の画素を取得すればよい。斜線で示された領域内の 4 x 4 の “ + ” マークで
示された位置が取得される画素の位置である。近傍画素と補間位置 p のずれ量 (dx, d
y) は、補間位置 q の左下方向の最も近い画素との差分とする。すなわち、ずれ量 (dx
, dy) = (qx の小数部, qy の小数部) である。

【 0 0 9 2 】

図 1 4 に戻る。水平係数算出部 3 0 2 は、近傍選択部 3 0 1 から入力された水平方向ず
れ量 dx に基づき、水平方向の 3 次補間係数 k_x[4] を計算する。同様に、垂直係数算出部
3 0 3 は、近傍選択部 3 0 1 から入力された垂直方向ずれ量 dy に基づき、垂直方向の 3
次補間係数 k_y[4] を計算する。

【 0 0 9 3 】

例えば、水平方向の 3 次補間係数 k_x[4] は、次式 (1) を用いて計算する。

【 数 1 】

z = |dx - i + 2|

$$k_x[i] = \begin{cases} (3z^3 - 6z^2 + 4) / 6 & (z < 1) \\ (-z^3 + 6z^2 - 12z + 8) / 6 & (1 \leq z < 2) \\ 0 & \text{その他} \end{cases}$$

・・・ (1)

また、例えば、垂直方向の 3 次補間係数 k_y[4] は、次式 (2) を用いて計算する。

【 数 2 】

z = |dy - j + 2|

$$k_y[j] = \begin{cases} (3z^3 - 6z^2 + 4) / 6 & (z < 1) \\ (-z^3 + 6z^2 - 12z + 8) / 6 & (1 \leq z < 2) \\ 0 & \text{その他} \end{cases}$$

・・・ (2)

【 0 0 9 4 】

なお、3 次補間係数 k_x[4]、k_y[4] の計算には、上述した式 (1)、(2) の他、十分
に滑らかな補間が得られるならば、任意の計算式を用いることができる。

【 0 0 9 5 】

積和部 3 0 4 は、近傍の画素値 a [4][4] と、水平方向の補間係数 k_x[4] および垂直方向
の補間係数 k_y[4] との積和計算により、縮小画像 log L_{c1} の補間位置 p の補間値 L_{c1} (p
) を、次式 (3) を用いて算出する。

【 数 3 】

$$\log L_{c1}(p) = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 a[i][j] \cdot k_x[i] \cdot k_y[j]$$

10

20

30

40

50

・・・(3)

【0096】

次に、ゲイン値設定部293について説明する。ゲイン値設定部293は、上述したように、後段のコントラスト強調部294により低周波数域以外が強調される際の強調量を調節するゲイン値g(p)を設定するものである。ゲイン値g(p)=1である場合、コントラスト強調部294においてコントラストは強調も抑制も行われぬ。ゲイン値g(p)>1である場合、その値に対応してコントラストが強調される。また、ゲイン値g(p)<1である場合、その値に対応してコントラストが抑制される。

【0097】

ゲイン値設定の概略を説明する。画像のコントラストは、トーンカーブ補正による階調圧縮によって既に抑制されているが、その抑制量はトーンカーブの傾きに依存している。例えば、強い階調圧縮を行うように傾きの小さなトーンカーブが適用されていれば、コントラストの抑制も強くなされていることになる。また、例えばトーンカーブとして傾き1の直線が適用されていれば、画像が変化しない、すなわち、コントラストの抑制は行われていないことになる。

10

【0098】

そこで、ゲイン値設定部293では、トーンカーブの傾きの代表値が1よりも小さい場合には、ゲイン値が1より大きくなるように、トーンカーブの傾きの代表値の逆数1/をゲイン値として採用する。

【0099】

また、入力される対数輝度logLc(p)が白レベルまたは黒レベルに近い場合には、中間輝度域と同じようなコントラスト強調を行うとクリッピングが生じて逆に画像のディテールを失う結果となるので、入力される対数輝度logLc(p)が白レベルまたは黒レベルに近くなるにしたがって、ゲイン値が1に近づくようする。

20

【0100】

すなわち、代表値の逆数1/g0として、ゲイン値g(p)を次式(4)のように算出する。

g(p) = 1 + (g0 - 1) * attn(p) (4)

ここで、attn(p)は、減衰する係数であって、次式(5)を用いて計算される。

30

【数4】

attn(p) = attn(logLgray, logLwhite, logLc(p))

= { (|logLc(p) - logLgray| / |logLwhite - logLgray|) * (2logLgray - logLwhite <= logLc(p) <= logLwhite) / 1 } その他

.....(5)

【0101】

なお、式(5)において、logLgrayは、中庸なグレイレベルの対数輝度を示し、logLwhiteは、白クリップレベル(最大の白レベル)の対数輝度を示しており、どちらも予め設定されている定数である。

40

【0102】

図16は、ゲイン値設定部293の構成例を示している。除算器311は、前段から入力される代表値の逆数1/g0を算出して減算器312に出力する。減算器312は、(g0 - 1)を演算して乗算器318に出力する。

【0103】

減算器313は、対数輝度logLc(p)と、中庸なグレイレベルの対数輝度logLgrayの差(logLc(p) - logLgray)を演算して、除算器315に出力する。減算器314は、白クリップレベルの対数輝度logLwhiteと、対数輝度logLgrayの差(logLwhite - logLgray)を演算して、乗算器317に出力する。

50

$\log L_{gray}$) を演算して、除算器 315 に出力する。除算器 315 は、減算器 313 の出力 ($\log L_c(p) - \log L_{gray}$) を、減算器 314 の出力 ($\log L_{white} - \log L_{gray}$) で除算して、絶対値計算器 316 に出力する。絶対値計算器 316 は、除算器 315 の出力の絶対値を計算してクリップ器 317 に出力する。クリップ器 317 は、絶対値計算器 316 の出力が 1 を超過する場合、その値を 1 にクリッピングし、絶対値計算器 316 の出力が 1 を超過しない場合、その値をそのまま、 $atn(p)$ として乗算器 318 に出力する。

【0104】

乗算器 318 は、減算器 312 の出力に、クリップ器 317 の出力を乗算して、加算器 319 に出力する。加算器 319 は、乗算器 318 の出力に 1 を加算し、演算結果をゲイン値 $g(p)$ として後段に出力する。

10

【0105】

次に、図 17 を参照して、コントラスト強調部 294 の構成について説明する。減算器 321 は、対数輝度 $\log L_c(p)$ と、縮小画像の補間値 $\log L_{c_l}(p)$ との差 ($\log L_c(p) - \log L_{c_l}(p)$) を演算して、乗算器 322 に出力する。乗算器 322 は、減算器 321 の出力とゲイン値 $g(p)$ との積を演算して、加算器 323 に出力する。加算器 323 は、乗算器 322 の出力に、縮小画像の補間値 $\log L_{c_l}(p)$ を加算して、コントラスト補正がなされた対数輝度 $\log L_u(p)$ を後段に出力する。

【0106】

なお、縮小画像の補間値 $\log L_{c_l}(p)$ は、 $m \times n$ 画素の縮小画像を元にして補間された値であるから、縮小前の画像 $\log L_c$ のごく低周波域成分だけをもつものである。

20

【0107】

つまり、減算器 321 の出力 ($\log L_c(p) - \log L_{c_l}(p)$) は、元の対数輝度 $\log L_c(p)$ からごく低域成分だけを差し引いたものである。このように輝度信号をごく低周波域の成分とそれ以外の成分の 2 つに分離し、そのうち、低周波域成分以外をゲイン値 $g(p)$ を乗算して強調した後、再び加算器 323 により合成したものが、コントラスト補正がなされた対数輝度 $\log L_u(p)$ である。

【0108】

このように、コントラスト強調部 294 では、ごく低周波域を除く、低中周波域から高周波域の成分が同じゲイン値 $g(p)$ で強調されるようになっている。したがって、コントラスト補正がなされた対数輝度 $\log L_u(p)$ は、高周波域だけを強調したときに目立つ、エッジ部分の局所的なオーバーシュートは発生せず、見た目にもごく自然にコントラストが強調された画像が得られるようになっている。

30

【0109】

次に、輝度域情報算出部 148 および輝度域正規化部 151 について説明する。

【0110】

まず、輝度域正規化処理の概要を説明する。DSP 116 による階調圧縮処理の目的は広 DR 輝度画像を、ディスプレイ 120 などの再生デバイスのダイナミックレンジに適合した狭 DR 画像に変換することであり、そのために、再生デバイスのダイナミックレンジにあわせたトーンカーブがトーンカーブ補正部 142 に予め用意されている。これにより、撮影された大多数の広 DR 輝度画像を、適切に階調圧縮することができる。

40

【0111】

しかしながら、撮影する被写体によっては、入射光のダイナミックレンジが元々それほど大きくないこともあり得るので、その画像に階調圧縮処理を施した場合、必要以上に階調圧縮が行われてしまい、再生デバイスの再生可能なダイナミックレンジよりも狭いレンジに、輝度が押し込められてしまうこともあり得る。

【0112】

これを抑止するために、輝度域正規化部 151 では、階調圧縮処理の最終段階の処理として、ガンマ補正後の輝度信号 $Y(p)$ のダイナミックレンジが、再生デバイスが再生可能なダイナミックレンジに一致するように、ガンマ補正後の輝度信号 $Y(p)$ を正規化する。

50

【 0 1 1 3 】

図 1 8 は、輝度域正規化部 1 5 1 による輝度域正規化処理の様子を示している。同図の折れ線グラフは、横軸に輝度域正規化前のガンマ補正された輝度 Y を示し、縦軸に輝度域正規化後の輝度 Y_n を示しており、階調変換曲線 は、輝度 Y を Y_n に変換するとき用いる変換テーブルを示している。

【 0 1 1 4 】

階調変換曲線 の求め方について説明する。折れ線グラフの下に示された斜線の図形 F 1 は、輝度域正規化前の輝度画像 Y のヒストグラムの一例である。この例においては、ガンマ補正が行われた輝度域正規化前の段階で、デジタルビデオカメラ 1 0 1 が生成し得る最低輝度 Y_{min} から最高輝度 Y_{max} までのダイナミックレンジよりも狭いダイナミックレンジに階調圧縮された輝度画像が得られている。

10

【 0 1 1 5 】

このダイナミックレンジのまま再生デバイスに出力すると、再生デバイスの再生可能なダイナミックレンジが有効に使われないので、輝度域正規化前の輝度画像 Y の輝度分布が、再生デバイスのダイナミックレンジの全域に亘って分布するように正規化を実行する。

【 0 1 1 6 】

そのためにまず、輝度域正規化前の輝度画像 Y の図形 F 1 のようなヒストグラム形状が分布する範囲 $[Y_d, Y_b]$ を、輝度域正規化前の輝度画像 Y の輝度域情報として算出する。そして、再生デバイスの輝度域 $[Y_{nb}, Y_{nc}]$ の上下端よりも若干内側の輝度 Y_{na}, Y_{ns} を設定し、横軸の輝度 $\{Y_{min}, Y_d, Y_b, Y_{max}\}$ が縦軸の輝度 $\{Y_{nb}, Y_{na}, Y_{ns}, Y_{nc}\}$ に対応するように階調変換曲線 を決定する。

20

【 0 1 1 7 】

この階調変換曲線 を用いて階調変換を行えば、折れ線グラフの左に示された斜線の図形 F 2 のようなヒストグラム形状をもつ輝度画像 Y_n を得ることができる。

【 0 1 1 8 】

なお、輝度域正規化前の輝度域 $[Y_d, Y_b]$ を、再生デバイスの輝度域 $[Y_{nb}, Y_{nc}]$ よりも若干狭い輝度域 $[Y_{na}, Y_{ns}]$ に写像するように、階調変換曲線 を決定したが、その理由は、輝度 Y_{nb}, Y_{nc} 付近での急激な輝度クリッピングが画像上に現れないようにするためである。

30

【 0 1 1 9 】

ここで、輝度 Y_{na}, Y_{ns} は、輝度 Y_{nb}, Y_{nc} に基づいて予め適切な値を設定されているものとする。

【 0 1 2 0 】

なお、輝度域正規化前の輝度域 $[Y_d, Y_b]$ の取得は、輝度域情報算出部 1 4 8 が行き、階調変換曲線 の決定および輝度 $Y_n(p)$ の算出は、輝度域正規化部 1 5 1 が実行する。また、輝度域正規化前の輝度域情報は、後述する輝度域情報平滑化部 1 4 8 により平滑化されている。

【 0 1 2 1 】

次に、図 1 9 を参照して、輝度域情報算出部 1 4 8 の構成について説明する。輝度域情報算出部 1 4 8 において、間引き部 3 4 1 は、ガンマ補正部 1 4 7 から入力された輝度 $Y(p)$ を、その画素位置 p に基づいて選別する。すなわち、予め設定された画素位置の画素の輝度だけを後段の MIN ソート部 3 4 2 および MAX ソート部 3 4 5 に供給する。

40

【 0 1 2 2 】

MIN ソート部 3 4 2 は、比較部 3 4 3 とレジスタ 3 4 4 の組み合わせが k 組直列に配置されており、入力された輝度 $Y(p)$ を小さい順にレジスタ 3 4 4 - 1 乃至 3 4 4 - k に保持するようになされている。

【 0 1 2 3 】

例えば、比較部 3 4 3 - 1 は、間引き部 3 4 1 からの輝度 $Y(p)$ とレジスタ 3 4 4 - 1 の値を比較し、間引き部 3 4 1 からの輝度 $Y(p)$ がレジスタ 3 4 4 - 1 の値よりも小

50

さい場合、間引き部 3 4 1 からの輝度 $Y(p)$ を用いてレジスタ 3 4 4 - 1 の値を更新する。反対に、間引き部 3 4 1 からの輝度 $Y(p)$ がレジスタ 3 4 4 - 1 の値よりも小さい場合、間引き部 3 4 1 からの輝度 $Y(p)$ は後段の比較部 3 4 3 - 2 に供給される。

【 0 1 2 4 】

比較部 3 4 3 - 2 は、比較部 3 4 3 - 1 からの輝度 $Y(p)$ とレジスタ 3 4 4 - 2 の値を比較し、比較部 3 4 3 - 1 からの輝度 $Y(p)$ がレジスタ 3 4 4 - 2 の値よりも小さい場合、比較部 3 4 3 - 1 からの輝度 $Y(p)$ を用いてレジスタ 3 4 4 - 2 の値を更新する。反対に、比較部 3 4 3 - 1 からの輝度 $Y(p)$ がレジスタ 3 4 4 - 2 の値よりも小さい場合、比較部 3 4 3 - 1 からの輝度 $Y(p)$ は後段の比較部 3 4 3 - 3 に供給される。

10

【 0 1 2 5 】

比較部 3 4 3 - 3 以降においても同様であり、1 フレーム分の輝度 $Y(p)$ が入力された段階で、レジスタ 3 4 4 - 1 に輝度 $Y(p)$ の最小値 Y_{min} が保持され、レジスタ 3 4 4 - 2 乃至 3 4 4 - k に、輝度 $Y(p)$ が小さい順に保持されることになり、レジスタ 3 4 4 - k に保持された輝度 $Y(p)$ が、輝度域情報の輝度 Y_d として後段に出力される。

【 0 1 2 6 】

MAXソート部 3 4 5 は、比較部 3 4 6 とレジスタ 3 4 7 の組み合わせが k 組直列に配置されており、入力された輝度 $Y(p)$ を大きい順にレジスタ 3 4 7 - 1 乃至 3 4 7 - k に保持するようになされている。

【 0 1 2 7 】

例えば、比較部 3 4 6 - 1 は、間引き部 3 4 1 からの輝度 $Y(p)$ とレジスタ 3 4 7 - 1 の値を比較し、間引き部 3 4 1 からの輝度 $Y(p)$ がレジスタ 3 4 4 - 1 の値よりも大きい場合、間引き部 3 4 1 からの輝度 $Y(p)$ を用いてレジスタ 3 4 7 - 1 の値を更新する。反対に、間引き部 3 4 1 からの輝度 $Y(p)$ がレジスタ 3 4 7 - 1 の値よりも大きくない場合、間引き部 3 4 1 からの輝度 $Y(p)$ は後段の比較部 3 4 6 - 2 に供給される。

20

【 0 1 2 8 】

比較部 3 4 6 - 2 は、比較部 3 4 6 - 1 からの輝度 $Y(p)$ とレジスタ 3 4 7 - 2 の値を比較し、比較部 3 4 6 - 1 からの輝度 $Y(p)$ がレジスタ 3 4 7 - 2 の値よりも大きい場合、比較部 3 4 6 - 1 からの輝度 $Y(p)$ を用いてレジスタ 3 4 7 - 2 の値を更新する。反対に、比較部 3 4 6 - 1 からの輝度 $Y(p)$ がレジスタ 3 4 7 - 2 の値よりも大きくない場合、比較部 3 4 6 - 1 からの輝度 $Y(p)$ は後段の比較部 3 4 6 - 3 に供給される。

30

【 0 1 2 9 】

比較部 3 4 6 - 3 以降においても同様であり、1 フレーム分の輝度 $Y(p)$ が入力された段階で、レジスタ 3 4 7 - 1 に輝度 $Y(p)$ の最大値 Y_{max} が保持され、レジスタ 3 4 7 - 2 乃至 3 4 7 - k に、輝度 $Y(p)$ が大きい順に保持されることになり、レジスタ 3 4 7 - k に保持された輝度 $Y(p)$ が、輝度域情報の輝度 Y_b として後段に出力される。

【 0 1 3 0 】

なお、MINソート部 3 4 2 およびMAXソート部 3 4 5 に入力される輝度 $Y(p)$ は、間引き部 3 4 1 により間引きされたものであるため、間引きの間隔と、MINソート部 3 4 2 およびMAXソート部 3 4 5 の段数 k を適切に調整すれば、1 フレームの全画素のうち、例えば、上限および下限のそれぞれ 1 % 等に相当する輝度 Y_d 、 Y_b を得ることが可能になる。

40

【 0 1 3 1 】

次に、図 20 を参照して、輝度域情報平滑化部 1 4 9 の構成について説明する。尚、輝度域平滑化処理の説明においては、輝度域情報を規定する時刻 t における輝度 Y_d 、 Y_b は、統一して $Y(t)$ として表現するものとする。従って、輝度域平滑化部 1 4 9 は、輝度域情報を規定する画素 p の時刻 t における輝度 Y_d 、 Y_b に対して、それぞれについて同様に平滑化処理を行った後、後段の輝度域情報メモリ 1 5 0 に平滑化した輝度域情報として出力するものとする。

【 0 1 3 2 】

50

平滑化計算部 351 は、平滑化しようとする時刻 t のフレームの輝度域情報 $Y(t)$ と、直前の時刻 $(t - 1)$ のフレームに対応する輝度域情報 $Y(t - 1)$ に、それぞれの重みを乗じた和を求めることにより、輝度域情報 $Y(t)$ を平滑化し、時刻 (t) に対応するフレームの輝度域情報 $Y'(t)$ として、出力すると共に、バッファ 352 に供給する。バッファ 352 は、輝度域情報 $Y'(t)$ を輝度域情報 $Y(P, t - 1)$ として上書きして記憶し、上述のように、平滑化計算部 351 に供給する。この処理を順次繰り返すことにより、平滑化計算部 351 は、各フレームに対応する平均輝度値を順次平滑化する。

【0133】

図 21 は、輝度域正規化部 151 の構成例を示している。輝度域正規化部 151 は、上述したように、階調変換曲線 を決定し、階調変換曲線 を用いてガンマ補正後の輝度 $Y(p)$ を輝度域正規化後の輝度 $Y_n(p)$ に変換するものである。

10

【0134】

図 18 に示されたように、階調変換曲線 は 5 本の線分で構成されているので、輝度域正規化部 151 では、入力された輝度 $Y(p)$ がどの線分の範囲であるかを判別し、入力された輝度 $Y(p)$ に階調変換曲線 を構成する 5 本の線分のうちの 1 つを適用して、輝度域正規化後の輝度 $Y_n(p)$ に変換する。

【0135】

輝度域正規化部 151 のセクタ 361 は、入力端子 i に入力される輝度 $Y(p)$ に基づき、入力端子 a 乃至 h にそれぞれ入力される輝度 $Y_{max}, Y_b, Y_d, Y_{min}, Y_{nc}, Y_{ns}, Y_{na}, Y_{nb}$ のうちの 4 つの輝度を、出力端子 j 乃至 m から出力する。この対応関係は、以下の通りである。

20

【数 5】

$$[j, k, l, m] = \begin{cases} [h, h, c, d] & i < d \\ [h, g, c, d] & d \leq i < c \\ [g, f, b, c] & c \leq i < b \\ [f, e, a, b] & b \leq i < a \\ [e, e, a, b] & a \leq i \end{cases}$$

【0136】

減算器 362 は、出力端子 k の出力と出力端子 j の出力の差を演算して、除算器 365 1 に出力する。減算器 363 は、出力端子 l の出力と減算器 364 の出力の差を演算して、除算器 365 に出力する。減算器 364 は、輝度 $Y(p)$ と出力端子 m の出力との差を演算して、乗算器 366 に出力する。除算器 365 は、減算器 362 の出力と減算器 363 の出力の比を演算して乗算器 366 に出力する。乗算器 366 は、除算器 365 の出力と減算器 364 の出力の積を演算して、加算器 367 に出力する。加算器 367 は、出力端子 j の出力と乗算器 366 の出力を加算して出力する。

30

【0137】

加算器 367 の出力 $Y_n(p)$ は、ガンマ補正後の輝度 $Y(p)$ に基づいて判別された階調変換曲線 の線分を示す次式 (6) に示すとおりとなる。

【数 6】

40

$$Y_n(p) = \frac{k-j}{l-m} (Y(p) - m) + j$$

・・・ (6)

【0138】

ところで、図 9 に示されたトーンカーブ補正部 142 の平均輝度算出部 213 と、図 11 に示された縮小画像生成部 143 の平均値計算部 252 が同様の計算を実行することに着目すれば、よりシンプルな回路構成で演算量を減少させることが可能である。具体的には、図 5 のトーンカーブ補正部 142、縮小画像生成部 143、縮小画像メモリ 144、およびコントラスト補正部 145 を組み合わせて、図 22 に示すような複合部 371 を設

50

ければよい。

【0139】

この複合部371は、図5に示されたトーンカーブ補正部142、縮小画像生成部143、縮小画像メモリ144、およびコントラスト補正部145と置換可能なものである。

【0140】

複合部371のLUTメモリ381には、図7に示されたようなトーンカーブに相当するLUTと、トーンカーブの傾きを示す代表値 γ_1 が予め保持されている。テーブル参照部382は、上段から入力された対数輝度 $\log L_c(p)$ を、LUTメモリ381に保持されているLUTに基づいて対数輝度 $\log L_{c'}(p)$ に補正して縮小画像生成部383および乗算器392に出力する。

10

【0141】

縮小画像生成部383は、対数輝度画像 $\log L_{c'}$ を $m \times n$ 個のブロックに分割し、各ブロックに属する画素の対数輝度 $\log L_{c'}(p)$ の平均値を算出して、 $m \times n$ 画素の第1の縮小画像を生成し、第1の縮小画像メモリ384に保持させる。

【0142】

平均輝度算出部385は、第1の縮小画像メモリ384に保持されている1フレーム前の第1の縮小画像の画素値の平均輝度値 μ を算出して、平均輝度平滑化部386に出力する。

【0143】

平均輝度平滑化部386は、平均輝度算出部385より供給された平均輝度値を、前後のフレームの平均輝度値、または、前後のフレームの平滑化された平均輝度値を用いて平滑化し、除算器387に供給する。

20

【0144】

除算器387は、所定の定数 $\log L_T$ を平滑化された平均輝度値 μ で除算し、代表値 γ_2 を算出し、 γ_2 メモリ388に保持させる。乗算器389は、第1の縮小画像メモリ384に保持されている第1の縮小画像の各画素に、 γ_2 メモリ388に保持されている代表値 γ_2 を乗算して、第2の縮小画像 $\log L_{c_1}$ を生成し、第2の縮小画像メモリ390に持たせる。

【0145】

乗算器391は、テーブル参照部382から入力された現フレームの対数輝度 $\log L_{c'}(p)$ に、 γ_2 メモリ388に保持されている1フレーム前の代表値 γ_2 を乗算して、トーンカーブ補正後の対数輝度 $\log L_c(p)$ を算出する。乗算器392は、代表値 γ_1 、 γ_2 の積を代表値 $\gamma = \gamma_1 \cdot \gamma_2$ としてゲイン値設定部393に出力する。

30

【0146】

ゲイン値設定部393は、乗算器392から入力された前フレームに対する代表値 γ と、乗算器391から入力された現在フレームの対数輝度 $\log L_c(p)$ に基づいて、現在フレームの対数輝度 $\log L_c(p)$ のコントラスト強調量を決めるゲイン値 $g(p)$ を算出する。

【0147】

補間位置指定部394は、乗算器391から入力された現在フレームの対数輝度 $\log L_c(p)$ の画素位置 p (以下、補間位置 p とも記述する)を取得して、補間部174に出力する。補間部174は、第2の縮小画像メモリ390に保持されている1フレーム前の第2の縮小画像 $\log L_{c_1}$ を用いて、補間位置 p に対応する画素 $\log L_{c_1}(p)$ を補間により算出してコントラスト強調部394に出力する。

40

【0148】

コントラスト強調部394は、乗算器391から入力された現在フレームの対数輝度 $\log L_c(p)$ について、ゲイン値 $g(p)$ および縮小画像の補間値 $\log L_{c_1}(p)$ に基づき、低周波数成分以外のコントラストが強調された対数輝度 $\log L_u(p)$ を算出する。

【0149】

この複合部371を用いれば、平均輝度算出部385は、第1の縮小画像の $m \times n$ 画素

50

の平均値を算出することになるので、本来の画像サイズの対数輝度画像 $\log L_c$ の画素の平均値を算出する図 9 の平均輝度算出部 2 1 3 に比較して、演算量を削減することができる。したがって、演算に起因する遅延時間を短縮することができる。

【 0 1 5 0 】

次に、図 2 2 に示された複合部 3 7 1 が適用された DSP 1 1 6 の第 1 の構成例による総合的な階調圧縮処理について、図 2 3 のフローチャートを参照して説明する。

【 0 1 5 1 】

ステップ S 1 において、DSP 1 1 6 は、入力された現フレームの広 DR 輝度画像 L を、1 フレーム前の広 DR 輝度画像に対して算出され、保持されている中間情報（第 2 の縮小画像 $\log L_c(p)$ 、代表値、輝度域情報 $[Y_d, Y_b]$ ）を基づいて狭 DR 輝度画像 Y_n に変換する。また、DSP 1 1 6 は、現フレームの広 DR 輝度画像 L に対する中間情報を算出する。

10

【 0 1 5 2 】

ステップ S 2 において、DSP 1 1 6 は、算出した現フレームの広 DR 輝度画像 L に対する中間情報を用いて、保持していた 1 フレーム前の広 DR 輝度画像に対する中間情報を更新する。

【 0 1 5 3 】

ステップ S 3 において、DSP 1 1 6 は、入力された現フレームの広 DR 輝度画像に、後続するフレームが存在するか否かを判定し、後続するフレームが存在すると判定した場合、ステップ S 1 に戻り、それ以降の処理を繰り返す。反対に、後続するフレームが存在しないと判定された場合、この階調圧縮処理は終了される。

20

【 0 1 5 4 】

ステップ S 1 における画素単位の処理の詳細を、図 2 4 のフローチャートを参照して説明する。以下に説明する各ステップの処理は、ラスタスキャン順に入力される注目画素（画素位置 p ）に対して実行される。

【 0 1 5 5 】

ステップ S 1 1 において、DSP 1 1 6 に注目画素（画素位置 p ）の輝度 $L(p)$ が入力される。ステップ S 1 2 において、対数変換部 1 4 1 は、入力された輝度 $L(p)$ を対数変換し、得られた対数輝度 $\log L(p)$ を複合部 3 7 1 に出力する。ステップ S 1 3 において、複合部 3 7 1 のテーブル参照部 3 8 2 は、対数変換部 1 4 1 から入力された対数輝度 $\log L(p)$ を、LUT メモリ 3 8 1 に保持されている LUT に基づいて対数輝度 $\log L_c(p)$ に補正して縮小画像生成部 3 8 3 および乗算器 3 9 2 に出力する。これと同時に、LUT メモリ 3 8 1 は、トーンカーブの傾きの代表値 γ_1 を乗算器 3 9 2 に出力する。乗算器 3 9 2 は、代表値 γ_1 と γ_2 メモリ 3 8 8 に保持されている 1 フレーム前の第 1 の縮小画像に基づいて算出された γ_2 の積を代表値 γ としてゲイン値設定部 3 9 3 の出力する。

30

【 0 1 5 6 】

ステップ S 1 4 において、縮小画像生成部 3 8 3 は、トーンカーブ補正後の 1 フレーム分の対数輝度 $\log L_c'(p)$ を元に、第 1 の縮小画像を生成する。ここで、生成された第 1 の縮小画像に基づき、代表値 γ_2 が算出される。また、生成された第 1 の縮小画像に算出された代表値 γ_2 が乗算されて、第 2 の縮小画像 $\log L_{c1}$ が生成される。

【 0 1 5 7 】

ステップ S 1 5 において、乗算器 3 9 1 は、テーブル参照部 3 8 2 から入力された現フレームの対数輝度 $\log L_c(p)$ に、 γ_2 メモリ 3 8 8 に保持されている 1 フレーム前の代表値 γ_2 を乗算して、トーンカーブ補正後の対数輝度 $\log L_c(p)$ を算出する。

40

【 0 1 5 8 】

ステップ S 1 6 において、ゲイン値設定部 3 9 3 は、乗算器 3 9 2 から入力された前フレームに対する代表値 γ と、乗算器 3 9 1 から入力された現在フレームの対数輝度 $\log L_c(p)$ に基づいて、現在フレームの対数輝度 $\log L_c(p)$ のコントラスト強調量を決めるゲイン値 $g(p)$ を算出する。

【 0 1 5 9 】

ステップ S 1 7 において、補間部 1 7 4 は、第 2 の縮小画像メモリ 3 9 0 に保持されて

50

いる1フレーム前の第2の縮小画像 $\log L_{c1}$ を用いて、補間位置 p に対応する画素 $\log L_{c1}(p)$ を補間により算出してコントラスト強調部394に出力する。ステップS18において、コントラスト強調部394は、第2の縮小画像の補間値 $\log L_{c1}(p)$ およびゲイン値 $g(p)$ に基づき、トーンカーブ補正後の対数輝度 $\log L_c(p)$ の低周波域成分以外を強調し、その結果得られたコントラスト補正された対数輝度 $\log L_u(p)$ を後段の対数逆変換部146に出力する。

【0160】

ステップS19において、対数逆変換部146は、コントラスト補正された対数輝度 $\log L_u(P)$ を、通常軸の輝度 $L_u(P)$ に変換し、ガンマ補正部147に出力する。ステップS20において、ガンマ補正部147は、所定のガンマ補正を行い、得られた輝度 $Y(p)$ を輝度域情報算出部148および輝度域正規化部151に出力する。

10

【0161】

ステップS21において、輝度域情報算出部148は、1フレーム分の輝度 $Y(p)$ を元にして、輝度域情報 $[Y_d, Y_b]$ を生成する。

【0162】

ステップS22において、輝度域情報平滑化部149は、輝度域情報平滑化処理を実行し、輝度域情報 $[Y_d, Y_b]$ を平滑化して、輝度域情報メモリ150に格納させる。尚、輝度域情報平滑化処理については、図25のフローチャートを参照して、後述する。

【0163】

ステップS23において、輝度域正規化部151は、輝度域情報メモリ150に保持されている1フレーム前の平滑化されている輝度域情報 $[Y_d, Y_b]$ に基づき、ガンマ補正部147から入力された輝度 $Y(p)$ を正規化して、輝度 $Y_n(p)$ を算出する。ステップS24において、輝度域正規化部151は、輝度 $Y_n(p)$ を、階調圧縮された狭DR輝度画像の画素値として出力する。

20

【0164】

ここで、図25のフローチャートを参照して、図24のフローチャートにおけるステップS23の処理である、輝度域情報平滑化処理について説明する。尚、以下の輝度域情報平滑化処理の説明において、時刻 t における輝度域情報 $[Y_d, Y_b]$ の輝度 Y_d, Y_b は、 $Y(t)$ として統一して説明するものとする。

【0165】

ステップS31において、輝度域情報平滑化部149の平滑化計算部351は、入力された、フレームの時刻 t が0で有るか否かを判定する。すなわち、最初のフレームであるか否かを判定する。ステップS31において、時刻 $t=0$ であると判定された場合、ステップS32において、平滑化計算部351は、所定の定数 $V1$ を、時刻 t に対応する平滑化した輝度域情報 $Y'(t)$ として出力すると共に、バッファ352に供給する。

30

【0166】

ステップS33において、バッファ352は、平滑化された輝度域情報 $Y'(t)$ を1フレーム前の平滑化された輝度域情報 $Y'(t-1)$ として上書き記憶する。

【0167】

ステップS31において、時刻 $t=0$ ではない、すなわち、最初のフレームではなく、いずれかのフレームに対応する輝度域情報 $Y(t)$ がそれ以前に供給されている状態であると判定された場合、ステップS34において、平滑化計算部351は、時刻 $t=1$ であるか、すなわち、2フレーム目の輝度域情報 $Y(t)$ ($t=1$)であるか否かを判定し、例えば、2フレーム目の輝度域情報 $Y(t)$ ($t=1$)である場合、その処理は、ステップS35に進む。

40

【0168】

ステップS35において、平滑化計算部351は、バッファ352に記憶されている直前のフレーム目の輝度域情報 $Y(t-1)$ (2フレーム目なので輝度域情報 $Y(t)$ ($t=0$))を、輝度域情報 $Y(t)$ の平滑化した結果として出力し、その処理は、ステップS33に進む。

50

【0169】

ステップS34において、時刻 $t = 1$ ではない、すなわち、3フレーム目以降であると判定された場合、その処理は、ステップS36に進む。

【0170】

ステップS36において、平滑化計算部351は、今入力されたフレームの輝度域情報 $Y(t)$ と、バッファ352に記憶されている直前のフレームの平滑化された輝度域情報 $Y'(t-1)$ に基づいて、 $C1 \times Y(t) + (1 - C1) \times Y'(t-1)$ を演算し、今入力されたフレームの平滑化された輝度域情報 $Y'(t)$ として出力し、その処理は、ステップS33に進む。ここで、重み係数 $C1$ は、0より大きく1よりも小さい任意の値である。

10

【0171】

以上の処理が繰り返されることにより、直前のフレームの平滑化された輝度域情報を考慮して、輝度域情報が順次平滑化されるので、動画像のフレーム毎の輝度変動に対応した階調変換を実現することが可能となる。尚、重み係数 $C1$ は、例えば、今の場合、1に近い値ほど、今現在のフレームの輝度域情報の値が考慮された状態で平滑化され、逆に、0に近い値ほど、直前のフレームの輝度域情報が考慮された状態で平滑化されることになる。また、今の例においては、直前に平滑化された輝度域情報と、今、入力された輝度域情報に基づいて、輝度域情報を平滑化する例について説明してきたが、さらに、多くのタイミングで平滑化された輝度域情報と今、入力された輝度域情報を用いて、平滑化するようにしても良い。

20

【0172】

次に、図23のステップS2の処理の詳細を、図26のフローチャートを参照して説明する。ステップS41において、縮小画像生成部383は、トーンカーブ補正後の1フレーム分の対数輝度 $\log L_c'(p)$ を元に生成した第1の縮小画像を用いて、第1の縮小画像メモリ384に保持されている第1の縮小画像を更新する。

【0173】

ステップS42において、平均輝度算出部385は、第1の縮小画像メモリ384の各画素の画素値に基づいて、平均輝度値 μ を計算し平均輝度平滑化部386に供給する。

【0174】

ステップS43において、平均輝度平滑化部386は、平均輝度平滑化処理を実行し、供給された平均輝度値 μ を平滑化して、除算器387に供給する。尚、平均輝度平滑化処理については、図27のフローチャートを参照して、詳細を後述する。

30

【0175】

ステップS44において、除算器387は、所定の定数 $\log L_T$ を、平均輝度算出部385から入力された平滑化されている平均輝度値 μ で除算して代表値 μ_2 を算出し、算出した代表値 μ_2 を用いて、 μ_2 メモリ388に保持されている代表値 μ_2 を更新する。

【0176】

ステップS45において、乗算器389は、ステップS41の処理で更新された第1の縮小画像メモリ384に保持されている第1の縮小画像の各画素に、ステップS44の処理で更新された μ_2 メモリ388に保持されている代表値 μ_2 を乗算して、第2の縮小画像 $\log L_{c1}$ を生成し、第1の縮小画像メモリ390に保持されている第2の縮小画像 $\log L_{c1}$ を更新する。

40

【0177】

ステップS46において、輝度域情報算出部148は、1フレーム分の輝度 $Y(p)$ を元にして算出した輝度域情報 $[Y_d, Y_b]$ を用いて、輝度域情報メモリ150に保持されている1フレーム前の輝度域情報 $[Y_d, Y_b]$ を更新する。

【0178】

ここで、図27のフローチャートを参照して、図26のフローチャートにおけるステップS43の処理である、平均輝度平滑化処理について説明する。尚、以下の説明において、時刻 t の平均輝度 μ を $\mu(t)$ として説明する。

50

【0179】

ステップS51において、平均輝度平滑化部214の平滑化計算部231は、入力された、フレームの時刻 t が0で有るか否かを判定する。すなわち、最初のフレームであるか否かを判定する。ステップS51において、時刻=0であると判定された場合、ステップS52において、平滑化計算部231は、所定の定数 $V2$ を、時刻 t に対応する平滑化した平均輝度 $\mu'(t)$ として出力すると共に、バッファ232に供給する。

【0180】

ステップS53において、バッファ232は、平滑化された平均輝度値 $\mu'(t)$ を1フレーム前の平滑化された平均輝度値 $\mu'(t-1)$ として上書き記憶する。

【0181】

ステップS51において、時刻 $t=0$ ではない、すなわち、最初のフレームではなく、いずれかのフレームに対応する平均輝度値 $\mu(t)$ がそれ以前に供給されている状態であると判定された場合、ステップS54において、平滑化計算部231は、時刻 $t=1$ であるか、すなわち、2フレーム目の平均輝度値 $\mu(1)$ であるか否かを判定し、例えば、2フレーム目の平均輝度値 $\mu(1)$ である場合、その処理は、ステップS55に進む。

【0182】

ステップS55において、平滑化計算部231は、バッファ232に記憶されている直前のフレーム目の平均輝度値 $\mu(t-1)$ (2フレーム目なので平均輝度値 $\mu(0)$)を、平均輝度値 $\mu(t)$ の平滑化した結果として出力し、その処理は、ステップS53に進む。

【0183】

ステップS54において、時刻 $t=1$ ではない、すなわち、3フレーム目以降であると判定された場合、その処理は、ステップS56に進む。

【0184】

ステップS56において、平滑化計算部231は、今入力されたフレームの平均輝度値 $\mu(t)$ と、バッファ232に記憶されている直前のフレームの平滑化された平均輝度値 $\mu'(t-1)$ に基づいて、 $C2 \times \mu(t) + (1 - C2) \times \mu'(t-1)$ を演算し、今入力されたフレームの平滑化された平均輝度値 $\mu'(t)$ として出力し、その処理は、ステップS53に進む。ここで、重み係数 $C2$ は、0より大きく1よりも小さい任意の値である。

【0185】

以上の処理が繰り返されることにより、直前のフレームの平滑化された平均輝度値を考慮して、平均輝度値が順次平滑化されるので、動画像のフレーム毎の輝度変動に対応した階調変換を実現することが可能となる。尚、重み係数 $C2$ は、例えば、今の場合、1に近い値ほど、今現在のフレームの平均輝度値の値が考慮された状態で平滑化され、逆に、0に近い値ほど、直前のフレームの平均輝度値が考慮された状態で平滑化されることになる。また、今の例においては、直前に平滑化された平均輝度値と、今、入力された平均輝度値に基づいて、平均輝度値 μ を平滑化する例について説明してきたが、さらに、多くのタイミングで平滑化された平均輝度値と今、入力された平均輝度値を用いて、平滑化するようによい。

【0186】

以上の処理においては、処理する以前の処理結果を使用して次フレームの平均輝度値を平滑化する手法について説明してきたが、この処理は、いわゆる無限インパルス応答(IIR)フィルタの一種であるため、計算に使用する係数によっては結果が不安定になる可能性が考えられる。

【0187】

そこで、有限インパルス応答(FIR)型フィルタのように、過去の一定の入力フレームに対応する平均輝度値を利用して平滑化するようにして、結果を安定できるようにしてもよい。

【0188】

10

20

30

40

50

図 28 は、FIR型の平均輝度平滑化部 214 の構成を示している。

【0189】

バッファ 411-1 乃至 411-N は、それぞれ基本的に同様のものである。バッファ 411-1 は、時刻 t において、平均輝度値 $\mu(t)$ が供給されると、それ以前のタイミングである時刻 $(t-1)$ において記憶した平均輝度値 $\mu(t-1)$ を積和計算部 412 に供給すると共に、バッファ 411-2 に供給する。同様にして、バッファ 411-n は、バッファ 411-(n-1) より供給された平均輝度値 $\mu(t)$ を、記憶すると共に、バッファ 411-(n+1) に直前に記憶した平均輝度値 $\mu(t-1)$ を供給すると共に、積和計算部 412 に供給する。

【0190】

結果として、バッファ 411-1 乃至 411-N は、今の時刻 t から見て、時刻 $t-N$ までの平均輝度値 $\mu(t-1)$ 乃至 $\mu(t-N)$ をそれぞれ積和計算部 412 に供給する。

【0191】

積和計算部 412 は、入力される平均輝度値 $\mu(t)$ 乃至 $\mu(t-N)$ に基づいて、所定の重み係数を用いて、積和演算することにより、平均輝度値 $\mu(t)$ を平滑化して、平滑化された平均輝度値 $\mu'(t)$ として出力する。

【0192】

次に、図 29 のフローチャートを参照して、図 28 の平均輝度平滑化部 214 による平均輝度平滑化処理について説明する。

【0193】

ステップ S71 において、図 28 の平均輝度平滑化部 214 の積和計算部 412 は、入力された、フレームの時刻 t が 0 で有るか否かを判定する。すなわち、最初のフレームであるか否かを判定する。ステップ S71 において、時刻 = 0 であると判定された場合、ステップ S72 において、積和計算部 412 は、所定の定数 $V2$ を、時刻 t に対応する平滑化した平均輝度値 $\mu'(t)$ として出力すると共に、バッファ 411-1 が、入力された平均輝度値 $\mu(t)$ (= 平均輝度値 $\mu(0)$) を記憶する。

【0194】

ステップ S73 において、バッファ 411-n ($n=1, 2, 3 \dots N$) は、バッファ 411-(n+1) に記憶している平均輝度値 $\mu(t-n)$ を供給し、バッファ 411-(n-1) より供給された平均輝度値 $\mu(t)$ を平均輝度値 $\mu(t-n)$ として上書きして記憶する。

【0195】

ステップ S71 において、時刻 $t=0$ ではない、すなわち、最初のフレームではなく、いずれかのフレームに対応する平均輝度値 $\mu(t)$ がそれ以前に供給されている状態であると判定された場合、ステップ S74 において、積和計算部 412 は、時刻 $t-N$ であるか、すなわち、バッファ 411-1 乃至 411-N の全てに平均輝度値 $\mu(t)$ が記憶されていない状態であるか否かを判定し、例えば、全てに平均輝度値が記憶されていない場合、その処理は、ステップ S75 に進む。

【0196】

ステップ S75 において、積和計算部 412 は、バッファ 411-1 乃至 411-N のうち、既に平均輝度値 μ が記憶されているバッファ 411-1 乃至 411-t の直前のフレームと今のフレームの平均輝度値 $\mu(t)$ 乃至 $\mu(0)$ に、それぞれ重み係数 a_0 乃至 a_t を乗じて、平均輝度値 $\mu(t)$ を平滑化した平均輝度値 $\mu'(t)$ として出力し、その処理は、ステップ S73 に進む。より詳細には、積和計算部 412 は、 $a_0\mu(t) + a_1\mu(t-1) + a_2\mu(t-2) + \dots + a_t\mu(0)$ を演算し、平滑化した平均輝度値 $\mu'(t)$ として出力する。ここで、重み係数は、 $a_0 + a_1 + a_2 + \dots + a_t = 1$ となり、それぞれ任意の値である。

【0197】

ステップ S74 において、時刻 $t-N$ ではない、すなわち、N フレーム目以降であると

10

20

30

40

50

判定された場合、その処理は、ステップS 7 6に進む。

【0 1 9 8】

ステップS 7 6において、積和計算部4 1 2は、バッファ4 1 1 - 1乃至4 1 1 - Nに記憶されているフレームと今のフレームの平均輝度値 $\mu(t)$ 乃至 $\mu(0)$ に、それぞれ重み係数 a_0 乃至 a_N を乗じて、平均輝度値 $\mu(t)$ を平滑化した平均輝度値 $\mu'(t)$ として出力し、その処理は、ステップS 7 3に進む。より詳細には、積和計算部4 1 2は、 $a_0\mu(t) + a_1\mu(t-1) + a_2\mu(t-2) + \dots + a_n\mu(t-n)$ を演算し、平滑化した平均輝度値 $\mu'(t)$ として出力する。ここで、重み係数は、 $a_0 + a_1 + a_2 + \dots + a_n = 1$ となり、それぞれ任意の値である。

【0 1 9 9】

以上の処理が繰り返されることにより、直前のフレームの平滑化された平均輝度値を考慮して、平均輝度値が順次平滑化されるので、動画像のフレーム毎の輝度変動に対応した階調変換を実現することが可能となる。また、この処理は、有限インパルス応答(FIR)型フィルタのように、過去の一定の入力フレームに対応する平均輝度値を利用して平滑化するようにしているので、結果を安定させるようにすることができる。

【0 2 0 0】

以上においては、FIR型の平均輝度平滑化処理について説明してきたが、輝度域情報平滑化処理をFIR型とするようにしてもよい。

【0 2 0 1】

図30は、FIR型の輝度域情報平滑化部1 4 9の構成を示している。

【0 2 0 2】

バッファ4 3 1 - 1乃至4 3 1 - Mは、それぞれ基本的に同様のものである。バッファ4 1 1 - 1は、時刻 t において、輝度域情報 $Y(t)$ が供給されると、それ以前のタイミングである時刻 $(t-1)$ において記憶した輝度域情報 $Y(t-1)$ を積和計算部4 3 2に供給すると共に、バッファ4 3 1 - 2に供給する。同様にして、バッファ4 3 1 - n は、バッファ4 3 1 - $(n-1)$ より供給された輝度域情報 $Y(t)$ を、記憶すると共に、バッファ4 3 1 - $(n+1)$ に直前に記憶した輝度域情報 $Y(t-1)$ を供給すると共に、積和計算部4 3 2に供給する。

【0 2 0 3】

結果として、バッファ4 3 1 - 1乃至4 3 1 - Mは、今の時刻 t から見て、時刻 $t-N$ までの輝度域情報 $Y(t-1)$ 乃至 $Y(t-N)$ をそれぞれ積和計算部4 3 2に供給する。

【0 2 0 4】

積和計算部4 3 2は、入力される輝度域情報 $Y(t)$ 乃至 $Y(t-M)$ に基づいて、所定の重み係数を用いて、積和演算することにより、輝度域情報 $Y(t)$ を平滑化して、平滑化された輝度域情報 $Y'(t)$ として出力する。

【0 2 0 5】

次に、図31のフローチャートを参照して、図30の輝度域情報平滑化部1 4 9による平均輝度平滑化処理について説明する。

【0 2 0 6】

ステップS 9 1において、図30の輝度域情報平滑化部1 4 9の積和計算部4 3 2は、入力された、フレームの時刻 t が0で有るか否かを判定する。すなわち、最初のフレームであるか否かを判定する。ステップS 9 1において、時刻=0であると判定された場合、ステップS 9 2において、積和計算部4 3 2は、所定の定数 $V1$ を、時刻 t に対応する平滑化した輝度域情報 $Y'(t)$ として出力すると共に、バッファ4 3 1 - 1が、入力された輝度域情報 $Y(t)$ (=輝度域情報 $Y(t)(t=0)$)を記憶する。

【0 2 0 7】

ステップS 9 3において、バッファ4 3 1 - n ($n=1, 2, 3 \dots M$)は、バッファ4 3 1 - $(n+1)$ に記憶している輝度域情報 $Y(t-1)$ を供給し、バッファ4 3 1 - $(n-1)$ より供給された輝度域情報 $Y(t)$ を輝度域情報 $Y(t-1)$ として上書き

10

20

30

40

50

して記憶する。

【0208】

ステップS91において、時刻 $t = 0$ ではない、すなわち、最初のフレームではなく、いずれかのフレームに対応する輝度域情報 $Y(t)$ がそれ以前に供給されている状態であると判定された場合、ステップS94において、積和計算部432は、時刻 $t = M$ であるか、すなわち、バッファ431-1乃至431-Mの全てに輝度域情報 $Y(t)$ が記憶されていない状態であるか否かを判定し、例えば、全てに輝度域情報 Y が記憶されていない場合、その処理は、ステップS95に進む。

【0209】

ステップS95において、積和計算部432は、バッファ431-1乃至431-Mのうち、既に輝度域情報 Y が記憶されているバッファ431-1乃至431- t の直前のフレームと今のフレームの輝度域情報 $Y(t)$ 乃至 $\mu(0)$ に、それぞれ重み係数 b_0 乃至 b_t を乗じて、輝度域情報 $Y(t)$ を平滑化した輝度域情報 $Y'(t)$ として出力し、その処理は、ステップS93に進む。より詳細には、積和計算部432は、 $b_0 Y(t) + b_1 Y(t-1) + b_2 Y(t-2) + \dots + b_t Y(0)$ を演算し、平滑化した輝度域情報 $Y'(t)$ として出力する。ここで、重み係数は、 $b_0 + b_1 + b_2 + \dots + b_t = 1$ となり、それぞれ任意の値である。

【0210】

ステップS94において、時刻 $t = M$ ではない、すなわち、 M フレーム目以降であると判定された場合、その処理は、ステップS96に進む。

【0211】

ステップS96において、積和計算部432は、バッファ431-1乃至431-Mに記憶されているフレームと今のフレームの輝度域情報 $Y(t)$ 乃至 $Y(0)$ に、それぞれ重み係数 b_0 乃至 b_M を乗じて、輝度域情報 $Y(t)$ を平滑化した輝度域情報 $Y'(t)$ として出力し、その処理は、ステップS93に進む。より詳細には、積和計算部432は、 $b_0 Y(t) + b_1 Y(t-1) + b_2 Y(t-2) + \dots + b_M Y(t-M)$ を演算し、平滑化した輝度域情報 $Y'(t)$ として出力する。ここで、重み係数は、 $b_0 + b_1 + b_2 + \dots + b_M = 1$ となり、それぞれ任意の値である。

【0212】

以上の処理が繰り返されることにより、直前のフレームの平滑化された輝度域情報を考慮して、輝度域情報が順次平滑化されるので、動画のフレーム毎の輝度変動に対応した階調変換を実現することが可能となる。また、この処理は、有限インパルス応答(FIR)型フィルタのように、過去の一定の入力フレームに対応する輝度域情報を利用して平滑化するようにしているので、結果を安定させるようにすることができる。

【0213】

次に、図32は、カラー画像である広DR画像に対応したDSP116の構成例を示している。なお、DSP116にラスタスキャン順に入力される広DR画像は、全ての画素がそれぞれ R 、 G 、 B 成分の全てを有しているのではなく、 R 、 G 、 B 成分のうちのいずれか1つを有しているものとする。以下、DSP116の第2の構成例に入力されるカラー画像である広DR画像を、広DR色モザイク画像と記述する。なお、広DR色モザイク画像の各画素が R 、 G 、 B 成分のうちのいずれかを有しているかは、画素位置によって決定されている。

【0214】

DSP116にラスタスキャン順に入力される広DR色モザイク画像の画素値を、 $L(p)$ と記述する。

【0215】

DSP116の当該第2の構成例において、デモザイク部451は、画素毎に異なる色成分を有する1フレーム分の画素値 $L(p)$ を元に対し、全て画素が R 、 G 、 B 成分を全て有するようにデモザイク処理を施して、色信号 $[R(p), G(p), B(p)]$ を生成し、色バランス調整部452に出力する。以下、デモザイク部451から出力される色信号からなる画像を広DRカラー画像と記述する。

10

20

30

40

50

【0216】

色バランス調整部452は、画像全体の色バランスが適切になるように、R、G、B成分それぞれを調整して、色信号 $[R_b(p), G_b(p), B_b(p)]$ を生成する。なお、デモザイク部451および色バランス調整部452は、単板式CCDイメージセンサが搭載された一般的なデジタルビデオに実装されているものである。

【0217】

対数変換部453は、色バランス調整部452から入力される色信号 $[R_b(p), G_b(p), B_b(p)]$ を対数変換し、得られる対数色信号 $[\log R_b(p), \log G_b(p), \log B_b(p)]$ をトーンカーブ補正部454に出力する。トーンカーブ補正部454は、入力される対数色信号 $[\log R_b(p), \log G_b(p), \log B_b(p)]$ に対し、予め用意されているトーンカーブを適用して階調を圧縮する方向に変換し、得られる対数色信号 $[\log R_c(p), \log G_c(p), \log B_c(p)]$ を縮小画像生成部455およびコントラスト補正部457に出力する。また、トーンカーブ補正部454は、適用したトーンカーブの傾きを示す代表値をコントラスト補正部457に出力する。

10

【0218】

縮小画像生成部455は、トーンカーブ補正部454から入力される1フレーム分の対数色信号 $[\log R_c(p), \log G_c(p), \log B_c(p)]$ を元に、縮小画像 $\log L_{c1}$ を生成して、縮小画像メモリ456に保持させる。

【0219】

コントラスト補正部457は、トーンカーブ補正部454から入力される現フレームの対数色信号 $[\log R_c(p), \log G_c(p), \log B_c(p)]$ のトーンカーブ補正によって弱められているコントラストを、代表値および縮小画像メモリ456に保持されている1フレーム前の縮小画像 $\log L_{c1}$ に基づいて補正し、得られる対数色信号 $[\log R_u(p), \log G_u(p), \log B_u(p)]$ を対数逆変換部458に出力する。対数逆変換部458は、コントラストが補正された対数色信号 $[\log R_u(p), \log G_u(p), \log B_u(p)]$ を、対数逆変換して、得られる通常軸の色信号 $[R_u(p), G_u(p), B_u(p)]$ をガンマ補正部459に出力する。

20

【0220】

ガンマ補正部459は、対数逆変換部458から入力される色信号 $[R_u(p), G_u(p), B_u(p)]$ に対して、再生デバイス(例えば、ディスプレイ120)のガンマ特性を考慮したガンマ補正を施し、得られるガンマ補正後の色信号 $[R_g(p), G_u(p), B_g(p)]$ を輝度情報算出部460および輝度域正規化部463に出力する。輝度情報算出部460は、ガンマ補正部459から入力される1フレーム分の色信号 $[R_g(p), G_u(p), B_g(p)]$ を輝度 $Y(p)$ に変換した後、輝度 $Y(p)$ の分布を示す輝度域情報を算出して輝度域情報平滑化部461に供給する。

30

【0221】

輝度域情報平滑化部461は、輝度域情報を平滑化しようとするフレームと、時間方向に所定の関係となるフレームの輝度域情報(または、平滑化された輝度域情報)を利用して、輝度域情報を平滑化し、輝度域情報メモリ461に保持させる。ここで、輝度域情報とは、1フレームにおける輝度 $Y(p)$ の分布の範囲を示す情報であって、例えば、最も暗い方に近い輝度 Y_d と、最も明るい方に近い輝度 Y_b を輝度域情報 $[Y_d, Y_b]$ として算出するようにする。

40

【0222】

輝度域正規化部463は、輝度域情報メモリ461に保持されている1フレーム前の輝度域情報 $[Y_d, Y_b]$ に基づき、ガンマ補正部459から入力される現フレームの色信号 $[R_g(p), G_u(p), B_g(p)]$ を、その分布範囲が再生デバイス(例えば、ディスプレイ120)が表現可能な範囲に合致するように変換し、得られる色信号 $[R_n(p), G_n(p), B_n(p)]$ を、カラー画像である狭DR画像の画素値として後段に出力する。

【0223】

50

以下説明したように、カラー画像に対応するDSP 1 1 6の第2の構成例は、デモザイク部 4 5 1および色バランス部 2 0 2が追加されていること以外、図5に示されたモノクロ画像に対応する第1の構成例とほぼ同様であるが、各部の内部の構成がカラー画像に対応するために若干変更されている。

【 0 2 2 4 】

図33は、トーンカーブ補正部 4 5 4の第1の構成例を示している。第1の構成例において、輝度生成部 4 8 1は、入力される対数色信号 $[\log R_b(p), \log G_b(p), \log B_b(p)]$ の線形和を演算することにより対数輝度 $\log L_b(p)$ を生成し、減算器 4 8 2 - R乃至 4 8 2 - Bおよびテーブル参照部 4 8 4に出力する。

【 0 2 2 5 】

減算器 4 8 2 - Rは、対数色信号 $\log R_b(p)$ から対数輝度 $\log L_b(p)$ を減算して、乗算器 4 8 5 - Rに出力する。LUTメモリ 4 8 3には、図4に示されたようなトーンカーブに相当するLUTとトーンカーブの傾きを示す代表値 γ が予め保持されている。テーブル参照部 4 8 4は、LUTメモリ 4 8 3に保持されているLUTに基づいて対数輝度 $\log L(p)$ を対数輝度 $\log L_c(p)$ に補正し、加算器 4 8 6 - R乃至 4 8 6 - Bに出力する。

【 0 2 2 6 】

乗算器 4 8 5 - Rは、減算器 4 8 2 - Rの出力に、LUTメモリ 4 8 3から入力される代表値 γ を乗算して、加算器 4 8 6 - Rに出力する。加算器 4 8 6 - Rは、乗算器 4 8 5 - Rの出力と、対数輝度 $\log L_c(p)$ との和を演算して、トーンカーブ補正後の対数色信号 $\log R_c(p)$ として後段に出力する。

【 0 2 2 7 】

なお、G、B成分をそれぞれ処理する構成要素については、上述したR成分を処理する構成要素と同様であるので、その説明は省略する。

【 0 2 2 8 】

図34は、トーンカーブ補正部 4 5 4の第2の構成例を示している。第2の構成例において、輝度生成部 5 0 1は、入力される対数色信号 $[\log R_b(p), \log G_b(p), \log B_b(p)]$ の線形和を演算することにより対数輝度 $\log L_b(p)$ を生成し、平均輝度算出部 5 0 2に出力する。平均輝度算出部 5 0 2は、1フレーム分の対数輝度 $\log L(p)$ の平均輝度値 μ を算出して、平均輝度平滑化部 5 0 3に供給する。平均輝度平滑化部 5 0 3は、平均輝度算出部 5 0 2より供給された平均輝度値を、前後のフレームの平均輝度値、または、前後のフレームの平滑化された平均輝度値を用いて平滑化し、除算器 5 0 4に出力する。除算器 5 0 4は、所定の定数 $\log L_T$ を平均輝度値 μ で除算して代表値 γ を算出し、メモリ 5 0 5に保持させる。

【 0 2 2 9 】

乗算器 5 0 6 - Rは、現フレームの対数色信号 $\log R_b(p)$ に、メモリ 5 0 5に保持されている1フレーム前の代表値 γ を乗算して、トーンカーブ補正後の対数色信号 $\log R_c(p)$ を算出する。

【 0 2 3 0 】

なお、G、B成分をそれぞれ処理する構成要素については、上述したR成分を処理する構成要素と同様であるので、その説明は省略する。

【 0 2 3 1 】

図35は、トーンカーブ補正部 4 5 4の第3の構成例を示している。第3の構成例は、いわば、第1の構成例と第2の構成例を組み合わせたものである。第3の構成例において、輝度生成部 5 2 1は、入力される対数色信号 $[\log R_b(p), \log G_b(p), \log B_b(p)]$ の線形和を演算することにより対数輝度 $\log L_b(p)$ を生成し、減算器 5 2 2 - R乃至 5 2 2 - Bおよびテーブル参照部 5 2 4に出力する。

【 0 2 3 2 】

減算器 5 2 2 - Rは、対数色信号 $\log R_b(p)$ から対数輝度 $\log L_b(p)$ を減算して、乗算器 5 3 1 - Rに出力する。LUTメモリ 5 2 3には、図4に示されたようなトーンカーブに相当するLUTとトーンカーブの傾きを示す代表値 γ_1 が予め保持されている。テーブル

10

20

30

40

50

参照部 5 2 4 は、LUTメモリ 5 2 3 に保持されている LUT に基づいて対数輝度 $\log L_c(p)$ を、対数輝度 $\log L_{c'}(p)$ に補正して平均輝度算出部 5 2 5 および乗算器 5 3 0 に出力する。

【 0 2 3 3 】

平均輝度算出部 5 2 5 は、1 フレーム分の対数輝度 $\log L_{c'}(p)$ の平均輝度値 μ を算出して、平均輝度平滑化部 5 2 6 に供給する。平均輝度平滑化部 5 2 6 は、平均輝度算出部 5 2 5 より供給された平均輝度値を、前後のフレームの平均輝度値、または、前後のフレームの平滑化された平均輝度値を用いて平滑化し、除算器 5 2 7 に供給する。

【 0 2 3 4 】

除算器 5 2 7 は、所定の定数 $\log L_T$ を平均輝度値 μ で除算して代表値 μ_2 を算出し、メモリ 5 2 8 に保持させる。乗算器 5 2 9 は、代表値 μ_1 、 μ_2 の積を代表値 $(= \mu_1 \cdot \mu_2)$ として後段のコントラスト補正部 4 5 7 に出力する。 10

【 0 2 3 5 】

乗算器 5 3 0 は、現フレームの対数輝度 $\log L_{c'}(p)$ に、メモリ 5 2 8 に保持されている 1 フレーム前の代表値 μ_2 を乗算してトーンカーブ補正後の対数輝度 $\log L_c(p)$ を算出し、加算器 5 3 2 - R 乃至 5 3 2 - B に出力する。

【 0 2 3 6 】

乗算器 5 3 1 - R は、減算器 5 2 2 - R の出力に、乗算器 5 2 9 から入力される代表値を乗算して、加算器 5 3 2 - R に出力する。加算器 5 3 2 - R は、乗算器 5 3 1 - R の出力と、乗算器 5 3 0 の出力の積を演算し、トーンカーブ補正後の対数色信号 $\log R_c(p)$ 20

【 0 2 3 7 】

なお、G、B 成分をそれぞれ処理する構成要素については、上述した R 成分を処理する構成要素と同様であるので、その説明は省略する。

【 0 2 3 8 】

次に、図 3 6 は、縮小画像生成部 4 5 5 の構成例を示している。縮小画像生成部 4 5 5 の輝度生成部 5 5 1 は、入力されるトーンカーブ補正後の対数色信号 $[\log R_c(p), \log G_c(p), \log B_c(p)]$ の線形和を演算することにより対数輝度 $\log L_c(p)$ を生成し、ソート部 5 5 2 に出力する。

【 0 2 3 9 】

ソート部 5 5 2 は、対数輝度 $\log L_c(p)$ を、画像を $m \times n$ 個のブロックに分割したときに属するブロックに応じて分類し、平均値計算部 5 5 3 - 1 乃至 5 5 3 - N ($= m \times n$) に供給する。例えば、1 番目のブロックに分類されるものは平均値計算部 5 5 3 - 1 に供給され、2 番目のブロックに分類されるものは平均値計算部 5 5 3 - 2 に供給される。以下同様であり、N 番目のブロックに分類されるものは平均値計算部 5 5 3 - N に供給される。 30

【 0 2 4 0 】

平均値計算部 5 5 3 - i ($i = 1, 2, \dots, N$) は、1 フレーム分の対数輝度 $\log L_c(p)$ のうち、i 番目のブロックに分類される対数輝度 $\log L_c(p)$ の平均値を算出して、合成部 2 6 4 に出力する。合成部 2 6 4 は、平均値計算部 5 5 3 - i からそれぞれ 40

【 0 2 4 1 】

次に、図 3 7 は、コントラスト補正部 4 5 7 の構成例を示している。コントラスト補正部 4 5 7 の輝度生成部 5 7 0 は、入力されるトーンカーブ補正後の対数色信号 $[\log R_c(p), \log G_c(p), \log B_c(p)]$ の線形和を演算することにより対数輝度 $\log L_c(p)$ を生成し、補間位置指定部 5 7 1 およびゲイン値設定部 5 7 3 に出力する。

【 0 2 4 2 】

補間位置指定部 5 7 1 は、対数輝度 $\log L_c(p)$ の画素位置 p (以下、補間位置 p とも記述する) を取得して、補間部 5 7 2 に出力する。補間部 5 7 2 は、縮小画像メモリ 4 5 50

6に保持されている1フレーム前の縮小画像 $\log L_{c1}$ を用いて、補間位置 p に対応する画素 $\log L_{c1}(p)$ を補間により算出して、減算器574-R乃至574-Bおよび加算器576-R乃至576-Bに出力する。

【0243】

ゲイン値設定部573は、トーンカーブ補正部454から入力される前フレームに対する代表値 γ_1 と、現在フレームの対数輝度 $\log L_c(p)$ に基づいて、現在フレームの対数輝度 $\log L_c(p)$ のコントラスト強調量を決めるゲイン値 $g(p)$ を算出し、乗算器575-R乃至575-Bに出力する。

【0244】

減算器574-Rは、対数色信号 $\log R_c(p)$ から補間値 $\log L_{c1}(p)$ を減算して、乗算器575-Rに出力する。乗算器575-Rは、減算器574-Rの出力に、ゲイン値 $g(p)$ を乗算して、加算器576-Rに出力する。加算器576-Rは、乗算器575-Rの出力に、補間値 $\log L_{c1}(p)$ を加算して、得られたコントラスト補正後の対数色信号 $\log R_u(p)$ を後段に出力する。

10

【0245】

なお、G、B成分をそれぞれ処理する構成要素については、上述したR成分を処理する構成要素と同様であるので、その説明は省略する。

【0246】

次に、図38は、図32のトーンカーブ補正部454、縮小画像生成部455、縮小画像メモリ456、およびコントラスト補正部457と置換することができる複合部591の構成例を示している。

20

【0247】

複合部591の輝度生成部601は、入力される対数色信号 $[\log R_b(p), \log G_b(p), \log B_b(p)]$ の線形和を演算することにより対数輝度 $\log L_b(p)$ を生成し、減算器602-R乃至602-Bおよびテーブル参照部604に出力する。減算器602-Rは、対数色信号 $\log R_b(p)$ から、対数輝度 $\log L_b(p)$ を減算して乗算器616-Rに出力する。

【0248】

LUTメモリ603には、図7に示されたようなトーンカーブに相当するLUTと、トーンカーブの傾きを示す代表値 γ_1 が予め保持されている。テーブル参照部604は、輝度生成部601から入力された対数輝度 $\log L(p)$ を、LUTメモリ603に保持されているLUTに基づいて対数輝度 $\log L_{c1}(p)$ に補正し乗算器605および縮小画像生成部606に出力する。

30

【0249】

乗算器605は、テーブル参照部604から入力された現フレームの対数輝度 $\log L_{c1}(p)$ に、 γ_2 メモリ611に保持されている1フレーム前の代表値 γ_2 を乗算して、トーンカーブ補正後の対数輝度 $\log L_c(p)$ を算出し、加算器618-R乃至618-Bに出力する。

【0250】

縮小画像生成部606は、対数輝度画像 $\log L_{c1}$ を $m \times n$ 個のブロックに分割し、各ブロックに属する画素の対数輝度 $\log L_{c1}(p)$ の平均値を算出して、 $m \times n$ 画素の第1の縮小画像を生成し、第1の縮小画像メモリ607に保持させる。

40

【0251】

平均輝度算出部608は、第1の縮小画像メモリ607に保持されている1フレーム前の第1の縮小画像の画素値の平均輝度値 μ を算出して、平均値平滑化部609に供給する。平均輝度平滑化部609は、平均輝度算出部608より供給された平均輝度値を、前後のフレームの平均輝度値、または、前後のフレームの平滑化された平均輝度値を用いて平滑化し、除算器610に供給する。除算器610は、所定の定数 $\log L_T$ を平均輝度値 μ で除算し、代表値 γ_2 を算出し、 γ_2 メモリ611に保持させる。乗算器612は、代表値 γ_1 、 γ_2 の積を代表値 γ_2 ($= \gamma_1 \cdot \gamma_2$)として求め、ゲイン値設定部616および乗算器6

50

16 - R乃至616 - Bに出力する。

【0252】

乗算器613は、第1の縮小画像メモリ607に保持されている第1の縮小画像の各画素に、 γ_2 メモリ611に保持されている代表値 γ_2 を乗算して、第2の縮小画像 $\log L_{c1}$ を生成し、第2の縮小画像メモリ614に持させる。

【0253】

補間部615は、第2の縮小画像メモリ614に保持されている1フレーム前の第2の縮小画像 $\log L_{c1}$ を用いて、乗算器605から入力された現在フレームの対数輝度 $\log L_c(p)$ の画素位置 p (以下、補間位置 p とも記述する)に対応する画素 $\log L_{c1}(p)$ を補間により算出して、減算器619 - R乃至619 - Bおよび加算器621 - R乃至621 - Bに出力する。

10

【0254】

ゲイン値設定部616は、乗算器612から入力された前フレームに対する代表値 γ_1 と、乗算器605から入力された現在フレームの対数輝度 $\log L_c(p)$ に基づいて、現在フレームの対数輝度 $\log L_c(p)$ のコントラスト強調量を定めるゲイン値 $g(p)$ を算出し、乗算器620 - R乃至620 - Bに出力する。

【0255】

乗算器616 - Rは、減算器602 - Rの出力と代表値 γ_1 の積を演算して、加算器618 - Rに出力する。加算器618 - Rは、乗算器616 - Rの出力と、乗算器605の出力との和を演算して、減算器619 - Rに出力する。減算器619 - Rは、加算器618 - Rの出力から、補間値 $\log L_{c1}(p)$ を減算して、乗算器620 - Rに出力する。乗算器620 - Rは、減算器619 - Rの出力にゲイン値 $g(p)$ を乗算して、加算器621 - Rに出力する。加算器621 - Rは、乗算器620 - Rの出力と、補間値 $\log L_{c1}(p)$ の和を演算して、を加算して、得られたコントラスト補正後の対数色信号 $\log R_u(p)$ を後段に出力する。

20

【0256】

なお、G, B成分をそれぞれ処理する構成要素については、上述したR成分を処理する構成要素と同様であるので、その説明は省略する。

【0257】

この複合部591を用いれば、平均輝度算出部608は、第1の縮小画像の $m \times n$ 画素の平均輝度値を算出することになるので、本来の画像サイズの対数輝度画像 $\log L_c$ の画素の平均輝度値を算出する図35の平均輝度算出部525に比較して、演算量を削減することができる。したがって、演算に起因する遅延時間を短縮することができる。

30

【0258】

次に、図39は、輝度域情報算出部460の構成例を示している。輝度域情報算出部460において、輝度生成部631は、ガンマ補正後の色信号 $[R_g(p), G_g(p), B_g(p)]$ の線形和を演算することにより輝度 $Y(p)$ を生成し、間引き部632に出力する。間引き部632は、輝度生成部631から入力された輝度 $Y(p)$ を、その画素位置 p に基づいて選別する。すなわち、予め設定された画素位置の画素の輝度だけを後段のMINソート部633およびMAXソート部636に供給する。

40

【0259】

MINソート部633は、比較部634とレジスタ635の組み合わせが k 組直列に配置されており、入力された輝度 $Y(p)$ を小さい順にレジスタ635 - 1乃至635 - k に保持するようになされている。

【0260】

例えば、比較部634 - 1は、間引き部632からの輝度 $Y(p)$ とレジスタ635 - 1の値を比較し、間引き部632からの輝度 $Y(p)$ がレジスタ635 - 1の値よりも小さい場合、間引き部632からの輝度 $Y(p)$ を用いてレジスタ635 - 1の値を更新する。反対に、間引き部632からの輝度 $Y(p)$ がレジスタ635 - 1の値よりも小さい場合、間引き部632からの輝度 $Y(p)$ は後段の比較部634 - 2に供給される。

50

【0261】

比較部634-2以降においても同様であり、1フレーム分の輝度 $Y(p)$ が入力された段階で、レジスタ635-1に輝度 $Y(p)$ の最小値 Y_{min} が保持され、レジスタ635-2乃至335-kに、輝度 $Y(p)$ が小さい順に保持されることになり、レジスタ635-kに保持された輝度 $Y(p)$ が、輝度域情報の輝度 Y_d として後段に出力される。

【0262】

MAXソート部636は、比較部637とレジスタ638の組み合わせがk組直列に配置されており、入力された輝度 $Y(p)$ を大きい順にレジスタ638-1乃至338-kに保持するようになされている。

【0263】

例えば、比較部637-1は、間引き部632からの輝度 $Y(p)$ とレジスタ638-1の値を比較し、間引き部632からの輝度 $Y(p)$ がレジスタ638-1の値よりも大きい場合、間引き部632からの輝度 $Y(p)$ を用いてレジスタ638-1の値を更新する。反対に、間引き部632からの輝度 $Y(p)$ がレジスタ638-1の値よりも大きくない場合、間引き部632からの輝度 $Y(p)$ は後段の比較部637-2に供給される。

【0264】

比較部637-2以降においても同様であり、1フレーム分の輝度 $Y(p)$ が入力された段階で、レジスタ638-1に輝度 $Y(p)$ の最大値 Y_{max} が保持され、レジスタ638-2乃至638-kに、輝度 $Y(p)$ が大きい順に保持されることになり、レジスタ638-kに保持された輝度 $Y(p)$ が、輝度域情報の輝度 Y_b として後段に出力される。

【0265】

なお、MINソート部633およびMAXソート部636に入力される輝度 $Y(p)$ は、間引き部632により間引きされたものであるため、間引きの間隔と、MINソート部633およびMAXソート部636の段数kを適切に調整すれば、1フレームの全画素のうち、例えば上下1%や0.1%などに相当する輝度値 Y_d 、 Y_b を得ることが可能になる。

【0266】

次に、図38に示された複合部591が適用されたDSP116の第2の構成例による総合的な階調圧縮処理について、図40のフローチャートを参照して説明する。

【0267】

ステップS111において、DSP116(デモザイク部451)は、広DR色モザイク画像にデモザイク処理を施して、広DRカラー画像を生成し、その画素値、すなわち、色信号 $[R(p), G(p), B(p)]$ をラスタスキャン順に色バランス調整部452に出力する。ステップS112において、DSP116(色バランス調整部452)は、画像全体の色バランスが適切になるように、R、G、B成分それぞれを調整して、色信号 $[R_b(p), G_b(p), B_b(p)]$ を生成する。

【0268】

ステップS113において、DSP116は、入力される現フレームの広DRカラー画像の色信号を、1フレーム前の広DRカラー画像に対して算出され、保持されている中間情報(第2の縮小画像 $\log L_c(p)$ 、代表値、輝度域情報 $[Y_d, Y_b]$)に基づいて狭DRカラー画像 Y_n に変換する。また、DSP116は、現フレームの広DRカラー画像Lに対する中間情報を算出する。

【0269】

ステップS114において、DSP116は、算出した現フレームの広DRカラー画像Lに対する中間情報を用いて、保持していた1フレーム前の広DRカラー画像に対する中間情報を更新する。

【0270】

ステップS115において、DSP116は、入力された現フレームの広DRカラー画像に、後続するフレームが存在するか否かを判定し、後続するフレームが存在すると判定した場合、ステップS41に戻り、それ以降の処理を繰り返す。反対に、後続するフレームが存在しないと判定された場合、この階調圧縮処理は終了される。

10

20

30

40

50

【0271】

ステップS112における画素単位の処理の詳細を、図41のフローチャートを参照して説明する。以下に説明する各ステップの処理は、ラスタスキャン順に入力される注目画素（画素位置 p ）に対して実行される。

【0272】

ステップS131において、色バランス調整部452は、生成した色信号 $[R_b(p), G_b(p), B_b(p)]$ を、対数変換部453に出力する。ステップS132において、対数変換部453は、入力された色信号 $[R_b(p), G_b(p), B_b(p)]$ を対数変換し、得られた対数色信号 $[\log R_b(p), \log G_b(p), \log B_b(p)]$ を複合部591に出力する。

10

【0273】

ステップS133において、複合部591の輝度生成部601は、入力された対数色信号 $[\log R_b(p), \log G_b(p), \log B_b(p)]$ の線形和を演算することにより対数輝度 $\log L_b(p)$ を生成し、減算器602 - R乃至602 - Bおよびテーブル参照部604に出力する。ステップS134において、テーブル参照部604は、入力された対数輝度 $\log L_b(p)$ を、LUTメモリ603に保持されているLUTに基づいて対数輝度 $\log L_c(p)$ に補正して、乗算器605および縮小画像生成部606に出力する。

【0274】

ステップS135において、縮小画像生成部606は、トーンカーブ補正後の1フレーム分の対数輝度 $\log L_{c'}(p)$ を元に、第1の縮小画像を生成する。ここで、生成された第1の縮小画像に基づき、代表値 γ_2 が算出される。また、生成された第1の縮小画像に算出された代表値 γ_2 が乗算されて、第2の縮小画像 $\log L_{c1}$ が生成される。

20

【0275】

ステップS136において、乗算器605は、テーブル参照部604から入力された現フレームの対数輝度 $\log L_{c'}(p)$ に、 γ_2 メモリ611に保持されている1フレーム前の代表値 γ_2 を乗算して、トーンカーブ補正後の対数輝度 $\log L_c(p)$ を算出する。

【0276】

ステップS137において、R成分については減算器602 - R、乗算器616 - R、および加算器618 - Rの演算により、トーンカーブ補正後の対数色信号 $\log R_c(p)$ が生成される。G成分については減算器602 - G、乗算器616 - G、および加算器618 - Gの演算により、トーンカーブ補正後の対数色信号 $\log G_c(p)$ が生成される。B成分については減算器602 - B、乗算器616 - B、および加算器618 - Bの演算により、トーンカーブ補正後の対数色信号 $\log B_c(p)$ が生成される。

30

【0277】

ステップS138において、ゲイン値設定部616は、乗算器612から入力された前フレームに対する代表値 γ と、乗算器605から入力された現在フレームの対数輝度 $\log L_c(p)$ に基づいて、現在フレームの対数輝度 $\log L_c(p)$ のコントラスト強調量を決めるゲイン値 $g(p)$ を算出する。ステップS139において、補間部615は、第2の縮小画像メモリ614に保持されている1フレーム前の第2の縮小画像 $\log L_{c1}$ を用いて、補間位置 p に対応する画素 $\log L_{c1}(p)$ を補間により算出する。

40

【0278】

ステップS140において、R成分については減算器619 - R、乗算器620 - R、および加算器621 - Rの演算により、コントラスト補正後の対数色信号 $\log R_u(p)$ が生成される。G成分については減算器619 - G、乗算器620 - G、および加算器621 - Gの演算により、コントラスト補正後の対数色信号 $\log G_u(p)$ が生成される。B成分については減算器619 - B、乗算器620 - B、および加算器621 - Bの演算により、コントラスト補正後の対数色信号 $\log B_u(p)$ が生成される。

【0279】

ステップS141において、対数逆変換部458は、コントラスト補正後の対数色信号 $[\log R_u(p), \log G_u(p), \log B_u(p)]$ を、対数逆変換して、通常軸の色信号 $[$

50

$R_u(p)$, $G_u(p)$, $B_u(p)$] を生成し、ガンマ補正部 459 に出力する。ステップ S142 において、ガンマ補正部 459 は、所定のガンマ補正を行い、得られたガンマ補正後の色信号 $[R_g(p), G_g(p), B_g(p)]$ を輝度情報算出部 460 および輝度域正規化部 463 に出力する。

【0280】

ステップ S143 において、輝度域情報算出部 460 の輝度生成部 631 は、ガンマ補正後の色信号 $[R_g(p), G_g(p), B_g(p)]$ を元にして輝度 $Y(p)$ を生成する。ステップ S144 において、輝度域情報算出部 460 の MIN ソート部 633 および MAX ソート部 636 は、1 フレーム分の輝度 $Y(p)$ を元にして、輝度域情報 $[Y_d, Y_b]$ を生成する。

10

【0281】

ステップ S145 において、輝度域情報平滑化部 461 は、輝度域情報平滑化処理を実行し、輝度域情報 $[Y_d, Y_b]$ を平滑化して、輝度域情報メモリ 462 に格納させる。尚、輝度域情報平滑化処理については、図 25 のフローチャートを参照して、説明した処理と同様であるので、その説明は省略する。

【0282】

ステップ S146 において、輝度域正規化部 463 は、輝度域情報メモリ 461 に保持されている 1 フレーム前の輝度域情報 $[Y_d, Y_b]$ に基づき、ガンマ補正部 459 から入力された色信号 $[R_g(p), G_g(p), B_g(p)]$ を正規化して、色信号 $[R_n(p), G_n(p), B_n(p)]$ を算出する。ステップ S147 において、輝度域正規化部 463 は、算出した色信号 $[R_n(p), G_n(p), B_n(p)]$ を、階調圧縮された狭 DR カラー画像の画素値として出力する。

20

【0283】

次に、図 40 のステップ S114 の処理の詳細を、図 42 のフローチャートを参照して説明する。ステップ S161 において、縮小画像生成部 606 は、トーンカーブ補正後の 1 フレーム分の対数輝度 $\log L_{c1}(p)$ を元にして生成した第 1 の縮小画像を用いて、第 1 の縮小画像メモリ 607 に保持されている第 1 の縮小画像を更新する。

【0284】

ステップ S162 において、平均輝度算出部 608 は、第 1 の縮小画像メモリ 607 の各画素の画素値に基づいて、平均輝度値 μ を計算し平均輝度平滑化部 609 に供給する。

30

【0285】

ステップ S163 において、平均輝度平滑化部 609 は、平均輝度平滑化処理を実行し、供給された平均輝度値 μ を平滑化して、除算器 610 に供給する。尚、平均輝度平滑化処理については、図 27 のフローチャートを参照して、説明した処理と同様であるので、その説明は省略する。

【0286】

ステップ S164 において、除算器 610 は、所定の定数 $\log L_T$ を、平均輝度平滑化部 609 から入力された平滑化されている平均輝度値 μ で除算して代表値 μ_2 を算出し、算出した代表値 μ_2 を用いて、 μ_2 メモリ 611 に保持されている代表値 μ_2 を更新する。

【0287】

ステップ S165 において、乗算器 613 は、ステップ S161 の処理で更新された第 1 の縮小画像メモリ 607 に保持されている第 1 の縮小画像の各画素に、ステップ S164 の処理で更新された μ_2 メモリ 611 に保持されている代表値 μ_2 を乗算して、第 2 の縮小画像 $\log L_{c1}$ を生成し、第 1 の縮小画像メモリ 614 に保持されている第 2 の縮小画像 $\log L_{c1}$ を更新する。

40

【0288】

ステップ S166 において、輝度域情報算出部 460 は、1 フレーム分の $[R_g(p), G_g(p), B_g(p)]$ を元にして生成した輝度域情報 $[Y_d, Y_b]$ を用いて、輝度域情報メモリ 461 に保持されている 1 フレーム前の輝度域情報 $[Y_d, Y_b]$ を更新する。

【0289】

50

なお、例えば、図 8 に示された平均輝度算出部 1 9 1、図 9 に示された平均輝度算出部 2 1 3、図 2 2 の平均輝度算出部 3 8 5、図 3 4 に示された平均輝度算出部 5 0 2、図 3 5 に示された平均輝度算出部 5 2 5 のそれぞれにおいては、輝度値の平均値を算出するようにしたが、平均値を求める演算に、重み付き平均を用いるようにしてもよい。例えば、画像の中央部分の重みを周辺部分の重みよりも大きくすることによって、画像の中央部分に存在する被写体の反射率に重点をおいた明るさ補正を行うことが可能になる。

【 0 2 9 0 】

図 2 2 に示された複合部 3 7 1 および図 3 8 に示された複合部 5 9 1 においては、生成された第 1 の縮小画像を保持するメモリと、生成された第 1 の縮小画像に代表値 μ_2 を乗算して生成された第 2 の縮小画像を保持するメモリが設けられているが、第 2 の縮小画像が生成された時点で、第 1 の縮小画像を保持する必要がなくなるので、この 2 つのメモリを 1 つにまとめることも可能である。

10

【 0 2 9 1 】

本実施の形態のように、本発明を、広 DR 画像を撮影し、その階調を圧縮して、狭いダイナミックレンジのディスプレイに表示可能な画像として出力するデジタルビデオカメラに適用すれば、従来の階調圧縮技術に必要であった大量のメモリ（フレームメモリや画素系列データのディレイラインとして使用される）を大幅に削減した構成で階調圧縮処理を実現でき、かつ、従来大きなフィルタ処理をもって実現されていた階調圧縮処理と遜色のない出力画像を得ることができるようになる。

【 0 2 9 2 】

このことによって、いままで実現できなかった高品質、かつ、安価なデジタルビデオカメラを実現することができる。

20

【 0 2 9 3 】

なお、本発明は、デジタルビデオカメラの他、デジタルスチルカメラのような撮影装置や、画像データを処理する AV 装置やソフトウェアに適用することが可能である。

【 0 2 9 4 】

また、本実施の形態においては、広 DR 画像を、ディスプレイ 1 2 0 を再現デバイスに想定して、階調圧縮処理を施すようにしたが、例えば、デジタルビデオカメラ 1 0 1 に外部接続するにモニタやプリンタの表現可能なダイナミックレンジに適合させて階調圧縮処理を施すことも可能である。

30

【 0 2 9 5 】

さらに、以上においては、直前のフレームの平滑化された平均輝度値、および、平滑化された輝度域情報を考慮して、平均輝度値、および、輝度域情報が順次平滑化するようにしてきたが、平均輝度値、または、輝度域情報のいずれか一方のみを平滑化するようにしてもよい。

【 0 2 9 6 】

また、以上においては、画像データの生成に、CCD イメージセンサを用いる場合について説明してきたが、これ以外のイメージセンサであってもよく、例えば、CCD イメージセンサ 1 1 3 の代わりに、CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) イメージセンサを用いるようにしても良い。

40

【 0 2 9 7 】

以上によれば、直前のフレームの平滑化された平均輝度値、若しくは、平滑化された輝度域情報、または、その何れもが順次平滑化されるので、動画像のフレーム毎の輝度変動に対応した階調変換を実現することが可能となる。

【 0 2 9 8 】

ところで、上述した一連の画像処理は、ハードウェアにより実行させることもできるが、ソフトウェアにより実行させることもできる。一連の処理をソフトウェアにより実行させる場合には、そのソフトウェアを構成するプログラムが、専用のハードウェアに組み込まれているコンピュータ、または、各種のプログラムをインストールすることで、各種の機能を実行することが可能な、例えば汎用のパーソナルコンピュータなどに、記録媒体か

50

らインストールされる。

【0299】

図43は、汎用のパーソナルコンピュータの構成例を示している。このパーソナルコンピュータは、CPU(Central Processing Unit)1001を内蔵している。CPU1001にはバス1004を介して、入出力インタフェース1005が接続されている。バス1004には、ROM(Read Only Memory)1002およびRAM(Random Access Memory)1003が接続されている。

【0300】

入出力インタフェース1005には、ユーザが操作コマンドを入力するキーボード、マウスなどの入力デバイスよりなる入力部1006、処理操作画面や処理結果の画像を表示デバイスに出力する出力部1007、プログラムや各種データを格納するハードディスクドライブなどよりなる記憶部1008、LAN(Local Area Network)アダプタなどよりなり、インターネットに代表されるネットワークを介した通信処理を実行する通信部1009が接続されている。また、磁気ディスク1021(フレキシブルディスクを含む)、光ディスク1022(CD-ROM(Compact Disc-Read Only Memory)、DVD(Digital Versatile Disc)を含む)、光磁気ディスク1023(MD(Mini Disc)を含む)、もしくは半導体メモリ1024などの記録媒体に対してデータを読み書きするドライブ1010が接続されている。

【0301】

CPU1001は、ROM1002に記憶されているプログラム、または磁気ディスク1021乃至半導体メモリ1024から読み出されて記憶部1008にインストールされ、記憶部1008からRAM1003にロードされたプログラムに従って各種の処理を実行する。RAM1003にはまた、CPU1001が各種の処理を実行する上において必要なデータなども適宜記憶される。

【0302】

尚、本明細書において、記録媒体に記録されるプログラムを記述するステップは、記載された順序に沿って時系列的に行われる処理は、もちろん、必ずしも時系列的に処理されなくとも、並列的あるいは個別に実行される処理を含むものである。

【図面の簡単な説明】

【0303】

【図1】画像と、その輝度値のヒストグラムを示す図である。
 【図2】画像と、その輝度値のヒストグラムを示す図である。
 【図3】画像と、その輝度値のヒストグラムを示す図である。
 【図4】本発明の一実施の形態であるデジタルビデオカメラの構成例を示すブロック図である。

【図5】図4のDSPの第1の構成例を示すブロック図である。

【図6】図5のトーンカーブ補正部の第1の構成例を示すブロック図である。

【図7】トーンカーブの一例を示す図である。

【図8】図5のトーンカーブ補正部の第2の構成例を示すブロック図である。

【図9】図5のトーンカーブ補正部の第3の構成例を示すブロック図である。

【図10】図5の輝度域情報平滑化部の構成例を示すブロック図である。

【図11】図5の縮小画像生成部の構成例を示すブロック図である。

【図12】図11の平均値計算部の構成例を示すブロック図である。

【図13】図5のコントラスト補正部の構成例を示すブロック図である。

【図14】図13の補間部の構成例を示すブロック図である。

【図15】図13の補間部の処理を説明するための図である。

【図16】図13のゲイン値設定部の構成例を示すブロック図である。

【図17】図13のコントラスト強調部の構成例を示すブロック図である。

【図18】図5の輝度域正規化部の処理を説明するための図である。

【図19】図5の輝度域情報算出部の構成例を示すブロック図である。

10

20

30

40

50

【図 2 0】図 5 の輝度域情報平滑化部の構成例を示すブロック図である。

【図 2 1】図 5 の輝度域正規化部の構成例を示すブロック図である。

【図 2 2】図 5 のトーンカーブ補正部乃至コントラスト補正部と置換可能な複合部の構成例を示すブロック図である。

【図 2 3】DSPの第 1 の構成例による階調圧縮処理を説明するフローチャートである。

【図 2 4】図 2 3 のステップ S 1 の処理の詳細を説明するフローチャートである。

【図 2 5】図 2 4 のステップ S 2 2 の処理の詳細を説明するフローチャートである。

【図 2 6】図 2 3 のステップ S 2 の処理の詳細を説明するフローチャートである。

【図 2 7】図 2 6 のステップ S 4 3 の処理の詳細を説明するフローチャートである。

【図 2 8】図 5 の輝度域情報平滑化部のその他の構成例を示すブロック図である。

10

【図 2 9】図 2 6 のステップ S 4 3 のその他の処理の詳細を説明するフローチャートである。

【図 3 0】図 5 の輝度域情報平滑化部のその他の構成例を示すブロック図である。

【図 3 1】図 2 4 のステップ S 2 2 のその他の処理の詳細を説明するフローチャートである。

【図 3 2】図 1 の DSP の第 2 の構成例を示すブロック図である。

【図 3 3】図 3 2 のトーンカーブ補正部の第 1 の構成例を示すブロック図である。

【図 3 4】図 3 2 のトーンカーブ補正部の第 2 の構成例を示すブロック図である。

【図 3 5】図 3 2 のトーンカーブ補正部の第 3 の構成例を示すブロック図である。

【図 3 6】図 3 2 の縮小画像生成部の構成例を示すブロック図である。

20

【図 3 7】図 3 2 のコントラスト補正部の構成例を示すブロック図である。

【図 3 8】図 3 2 のトーンカーブ補正部乃至コントラスト補正部と置換可能な複合部の構成例を示すブロック図である。

【図 3 9】図 3 2 の輝度域情報算出部の構成例を示すブロック図である。

【図 4 0】DSPの第 2 の構成例による階調圧縮処理を説明するフローチャートである。

【図 4 1】図 4 0 のステップ S 1 1 3 の処理の詳細を説明するフローチャートである。

【図 4 2】図 4 0 のステップ S 1 1 4 の処理の詳細を説明するフローチャートである。

【図 4 3】汎用のパーソナルコンピュータの構成例を示すブロック図である。

【符号の説明】

【 0 3 0 4 】

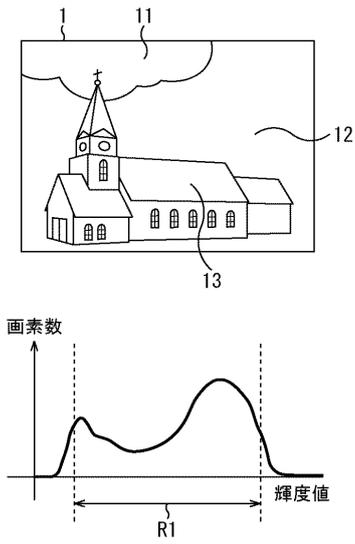
30

7 DSP, 1 4 1 対数変換部, 1 4 2 トーンカーブ補正部, 1 4 3 縮小画像生成部, 1 4 4 縮小画像メモリ, 1 4 5 コントラスト補正部, 1 4 6 対数逆変換部, 1 4 7 ガンマ補正部, 1 4 8 輝度域情報算出部, 1 4 9 輝度域情報平滑化部, 1 5 0 輝度域情報メモリ, 1 5 1 輝度域正規化部, 2 3 1 平滑化計算部, 2 3 2 バッファ, 3 5 1 平滑化計算部, 3 5 2 バッファ, 3 7 1 複合部, 3 8 6 平均輝度平滑化部, 4 1 1, 4 1 1 - 1 乃至 4 1 1 - N バッファ, 4 1 2 積和演算部, 4 3 1, 4 3 1 - 1 乃至 4 3 1 - M バッファ, 4 3 2 積和演算部, 4 5 1 デモザイク部, 4 5 2 色バランス調整部, 4 5 3 対数変換部, 4 5 4 トーンカーブ補正部, 4 5 5 縮小画像生成部, 4 5 6 縮小画像メモリ, 4 5 7 コントラスト補正部, 4 5 8 対数逆変換部, 4 5 9 ガンマ補正部, 4 6 0 輝度域情報算出部, 4 6 1 輝度域情報平滑化部, 4 6 2 輝度域情報メモリ, 4 6 3 輝度域正規化部, 5 9 1 複合部

40

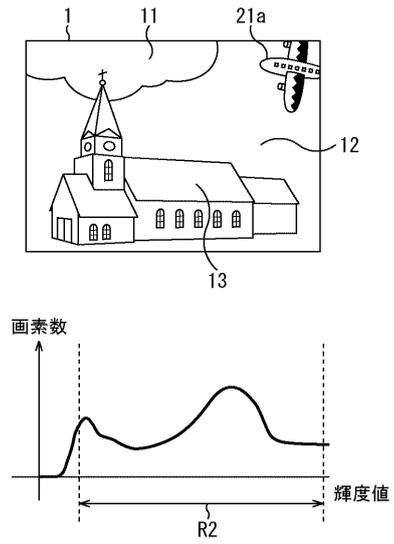
【図1】

図1



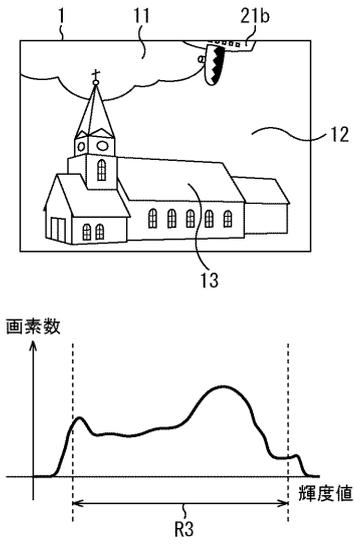
【図2】

図2



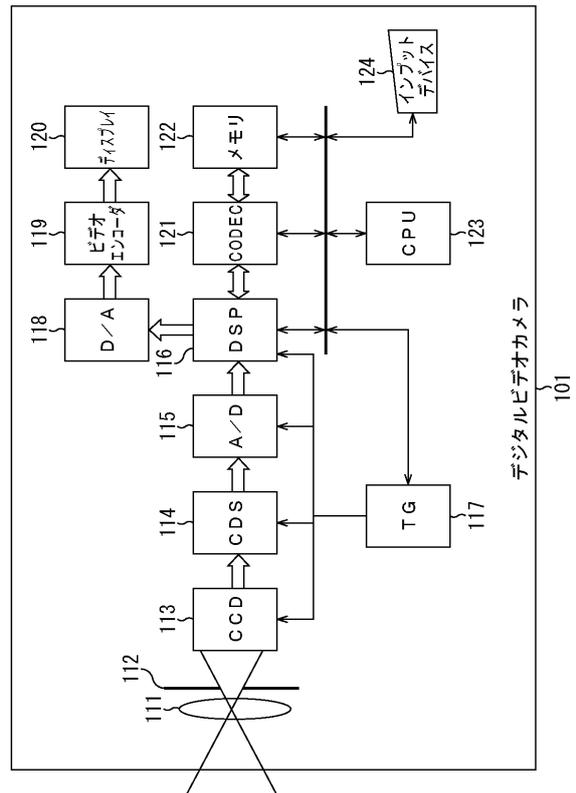
【図3】

図3



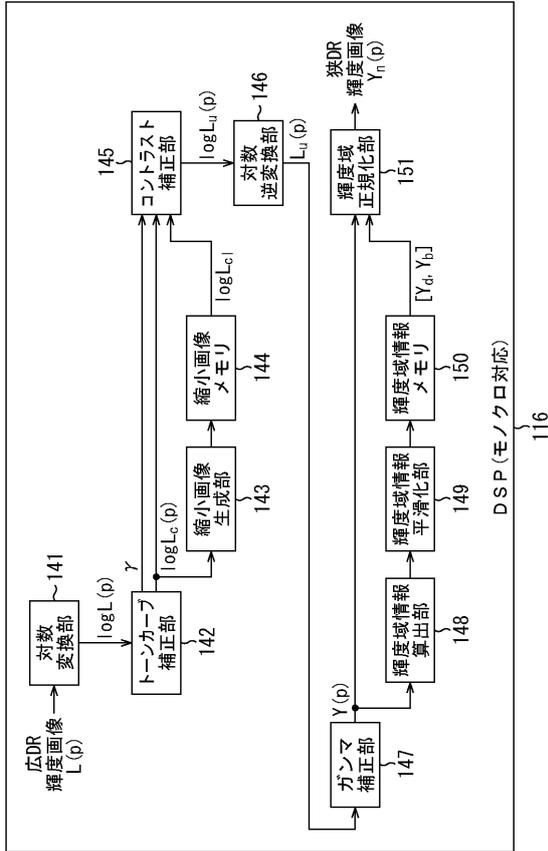
【図4】

図4



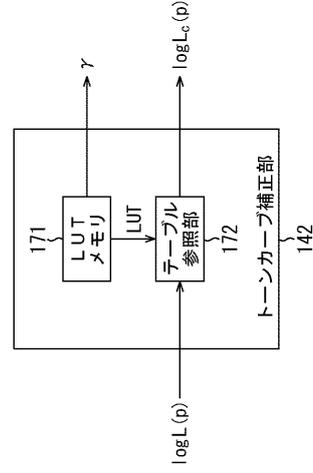
【図5】

図5



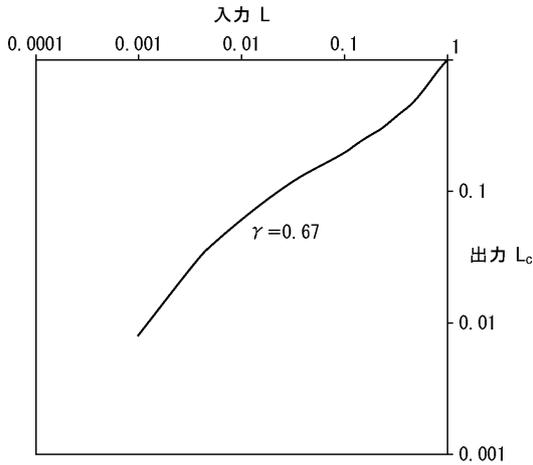
【図6】

図6



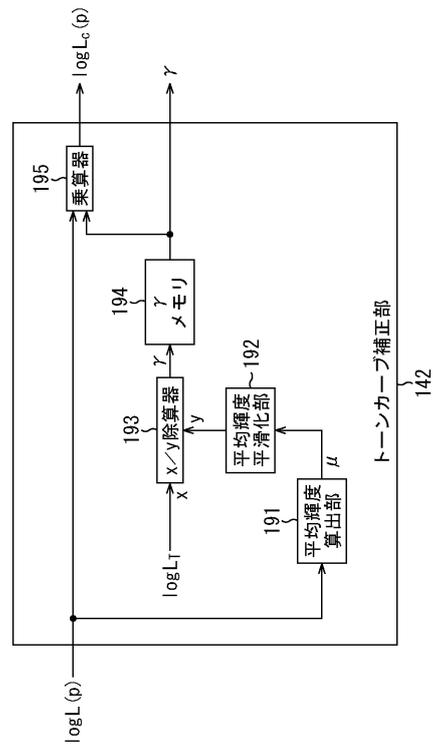
【図7】

図7

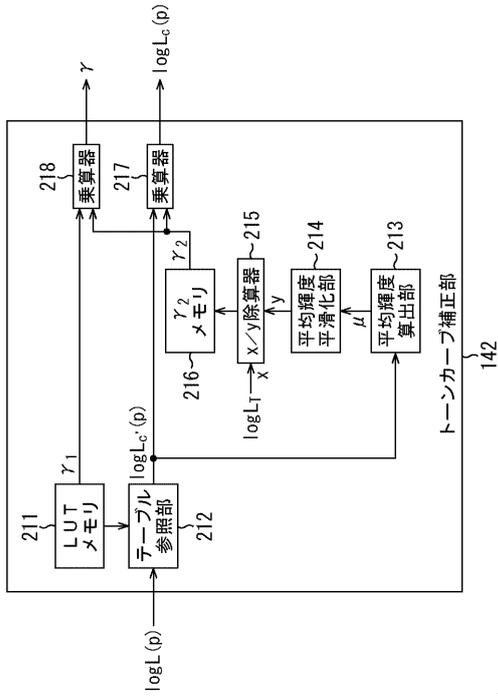


【図8】

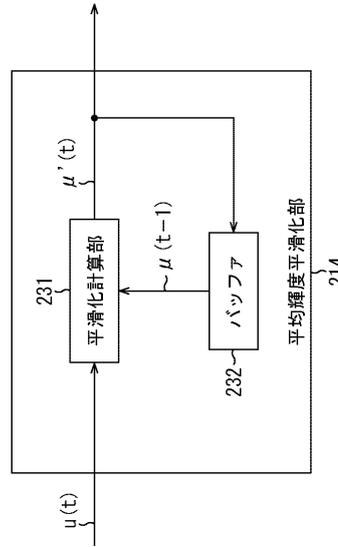
図8



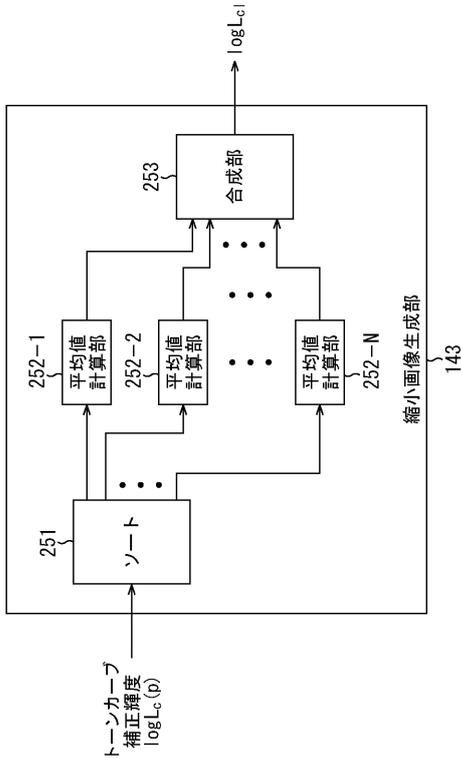
【図9】
図9



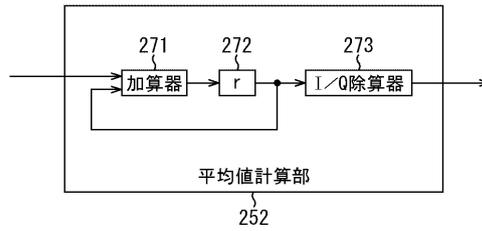
【図10】
図10



【図11】
図11

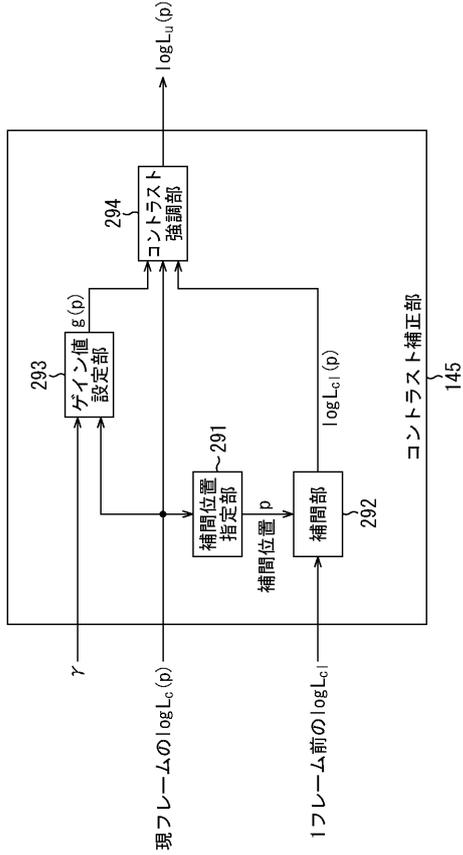


【図12】
図12



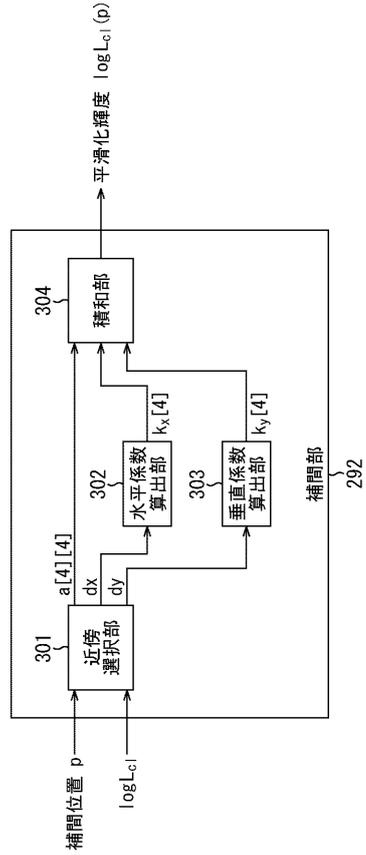
【図13】

図13



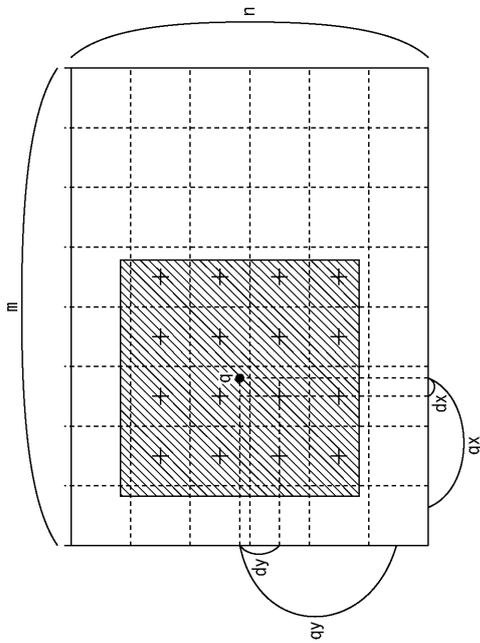
【図14】

図14



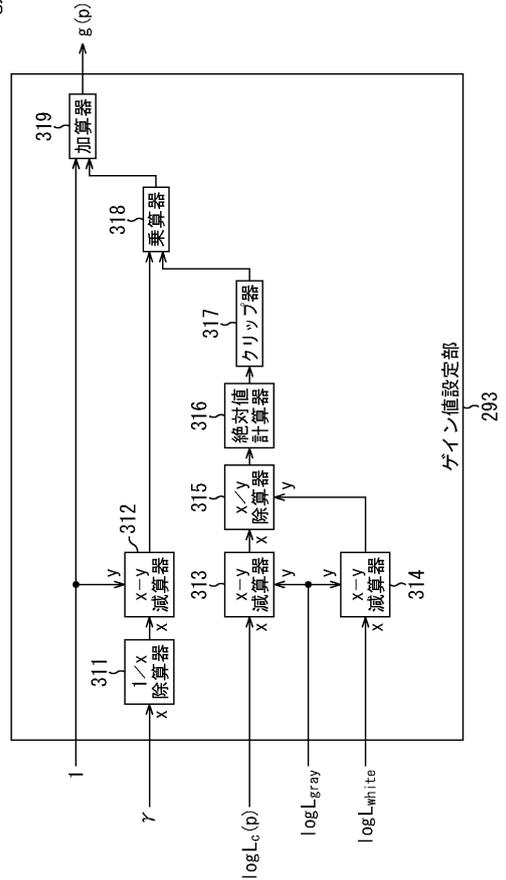
【図15】

図15



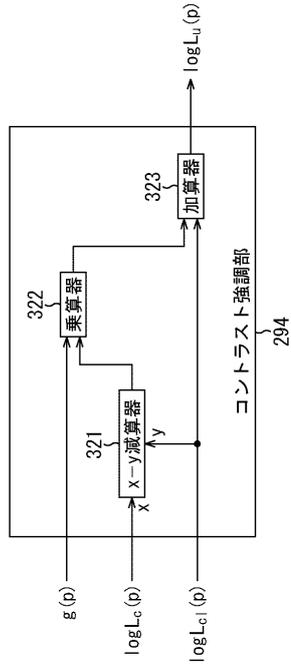
【図16】

図16



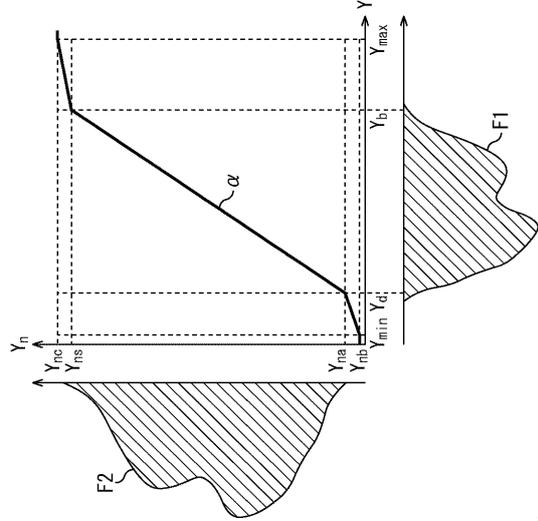
【 図 17 】

図17



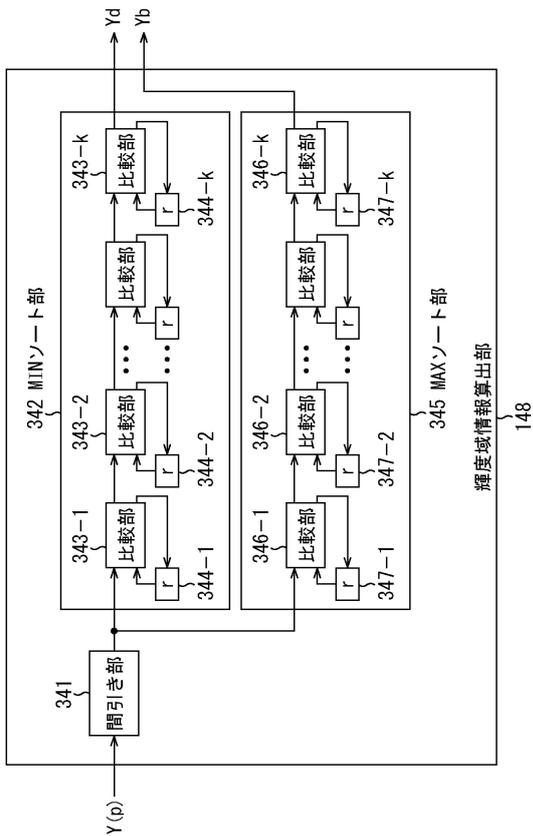
【 図 18 】

図18



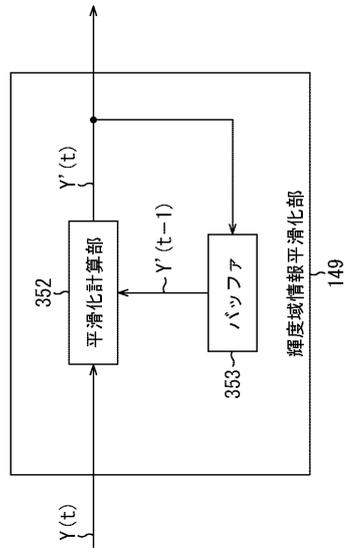
【 図 19 】

図19

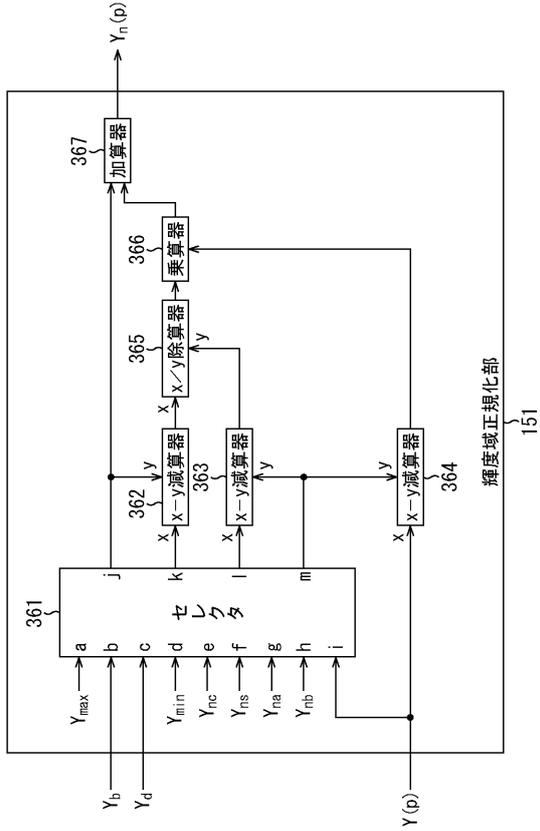


【 図 20 】

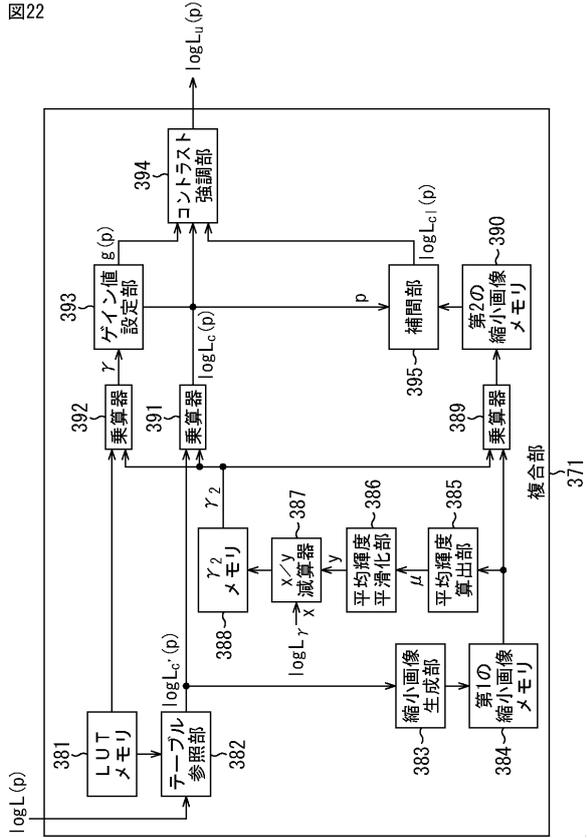
図20



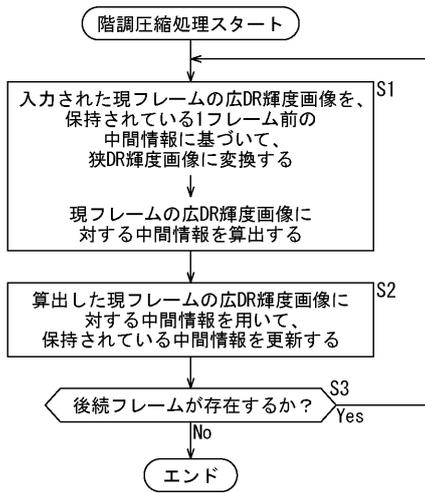
【図21】
図21



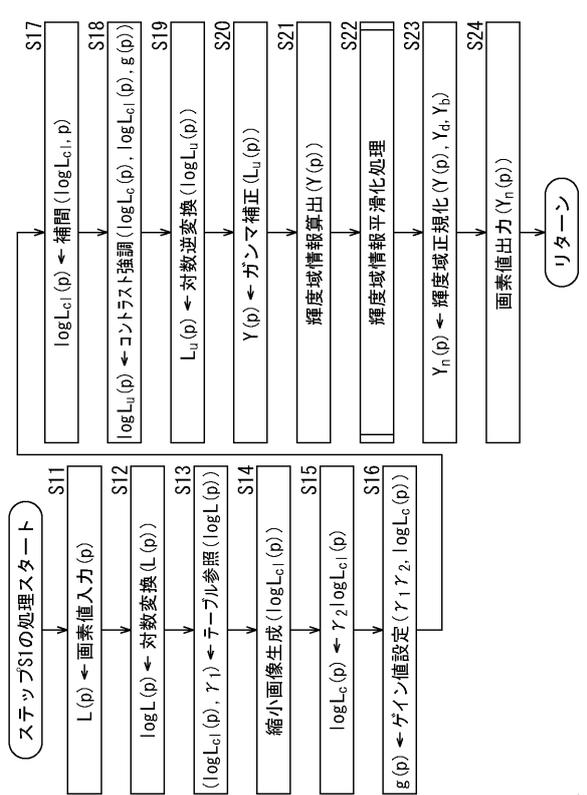
【図22】
図22



【図23】
図23

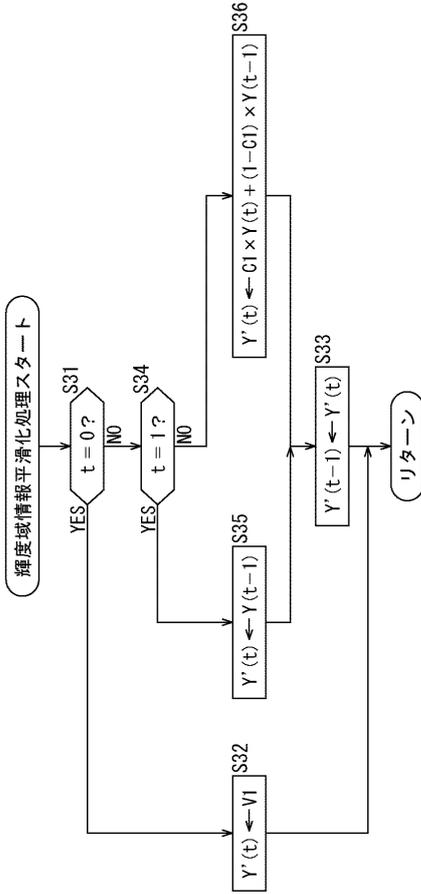


【図24】
図24



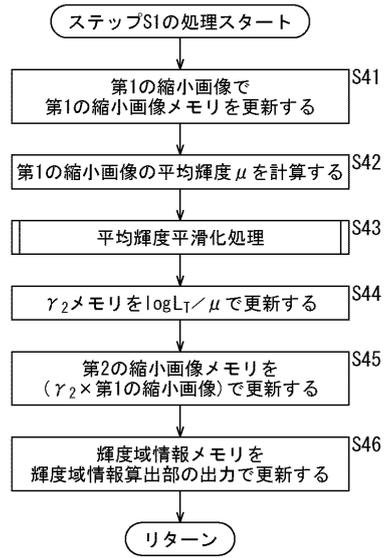
【図25】

図25



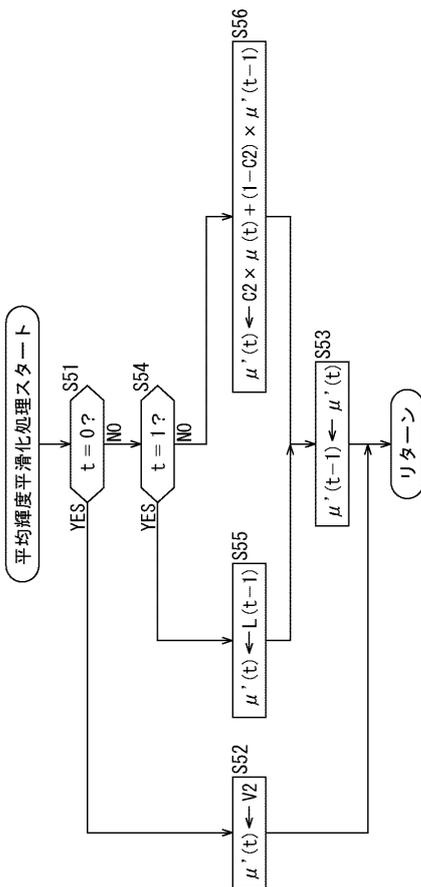
【図26】

図26



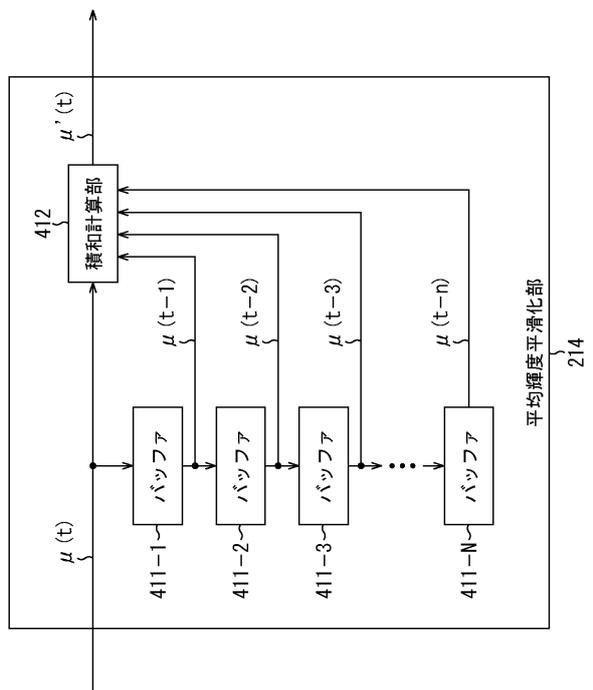
【図27】

図27



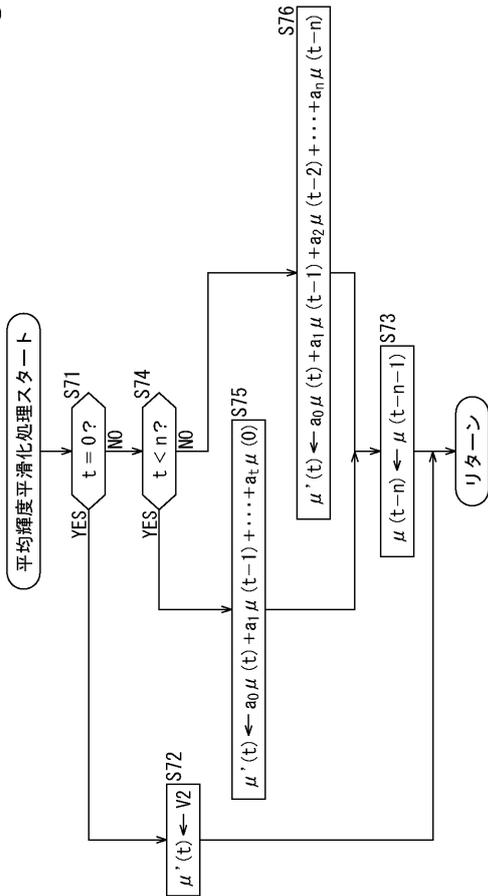
【図28】

図28



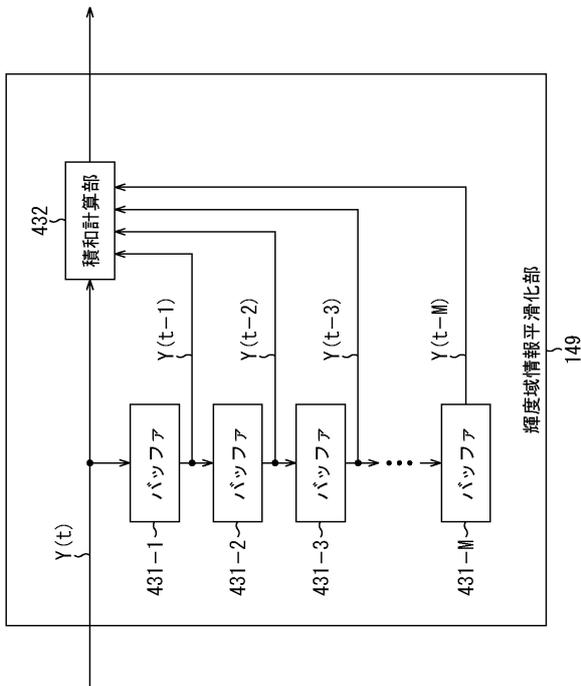
【図 29】

図29



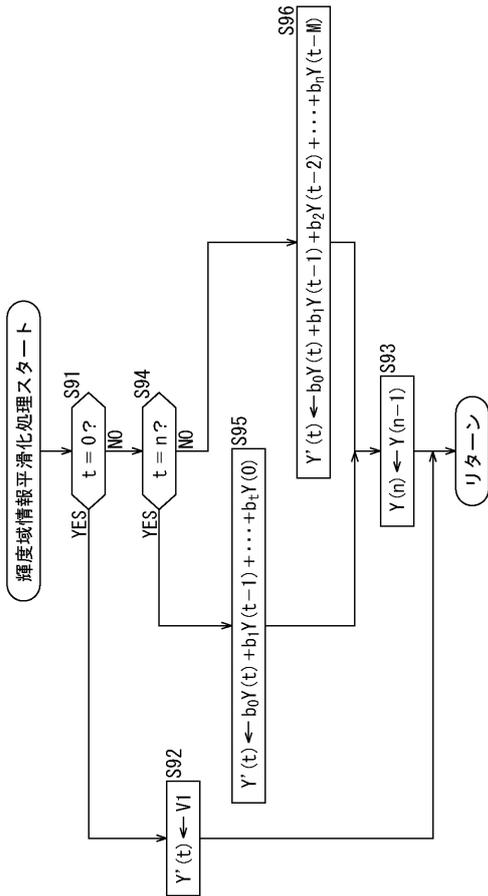
【図 30】

図30



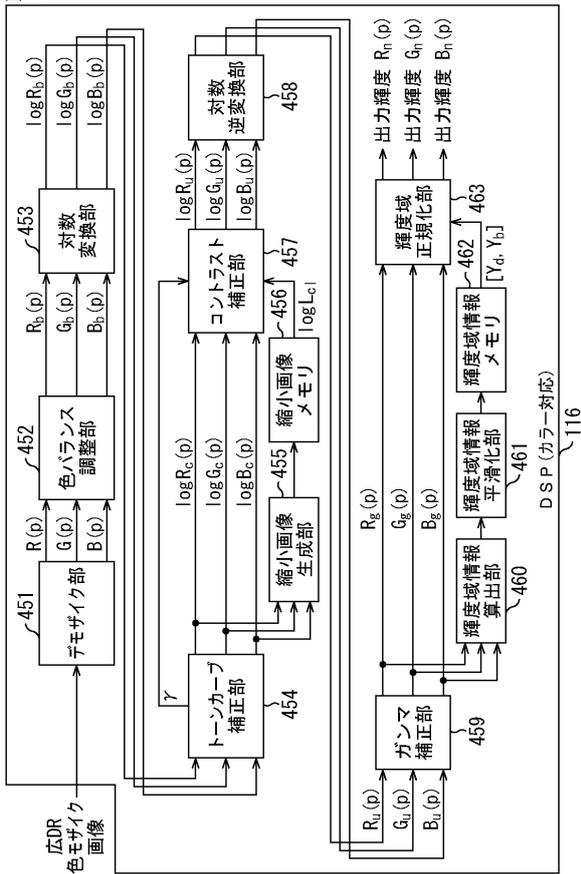
【図 31】

図31



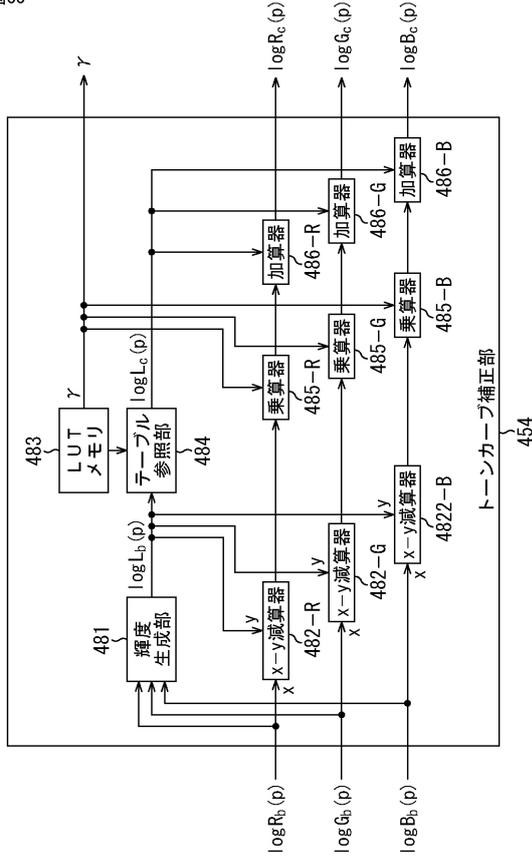
【図 32】

図32



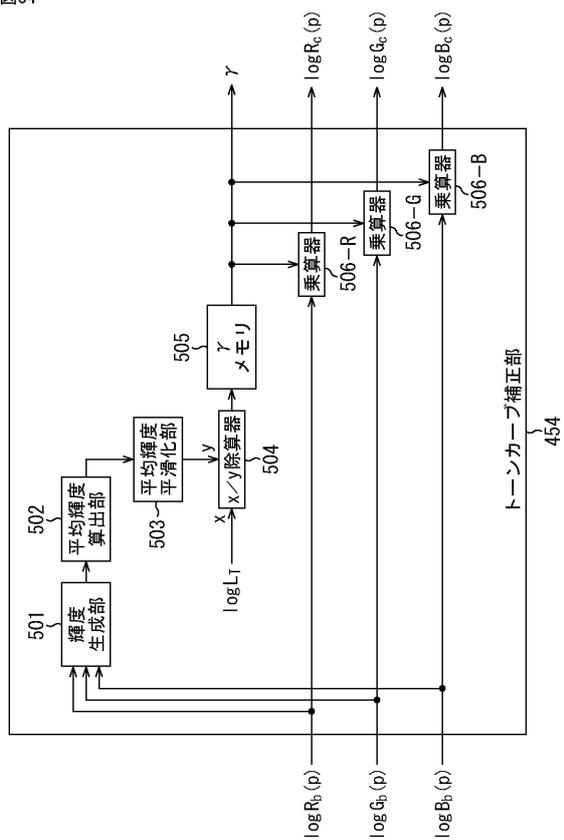
【 図 3 3 】

図33



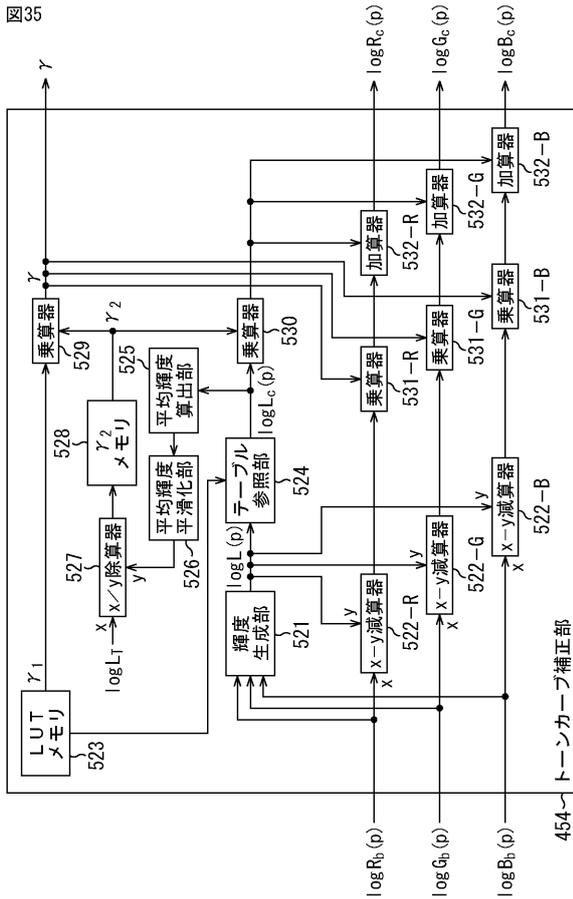
【 図 3 4 】

図34



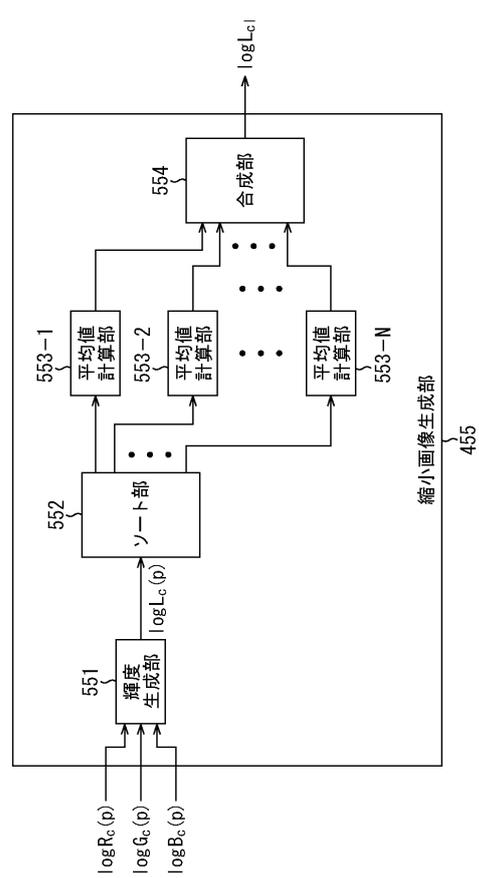
【 図 3 5 】

図35

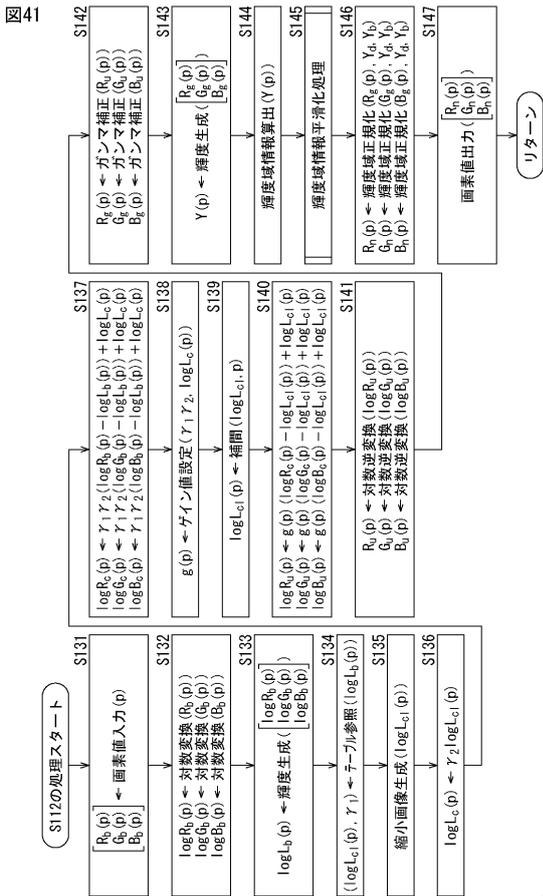


【 図 3 6 】

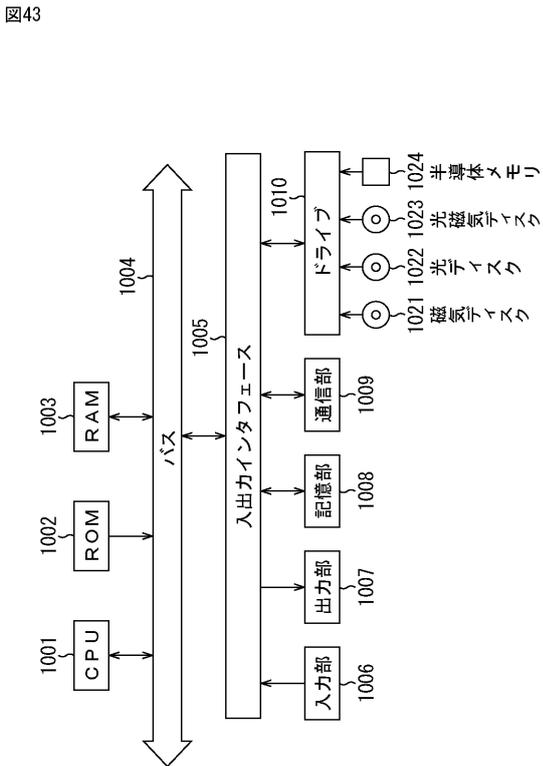
図36



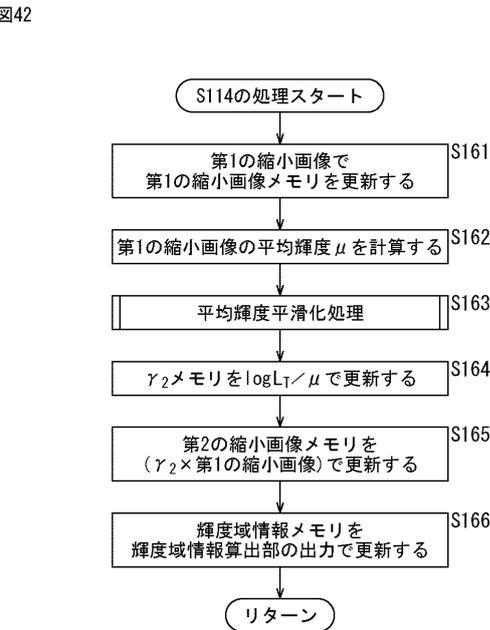
【図41】



【図43】



【図42】



フロントページの続き

審査官 西谷 憲人

- (56)参考文献 特開平07 - 099619 (JP, A)
特開2003 - 323608 (JP, A)
特開2003 - 134418 (JP, A)
特開2002 - 262130 (JP, A)
特開2000 - 338922 (JP, A)
特開2001 - 346129 (JP, A)
特開平06 - 253176 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 5/14 - 5/217

G06T 5/00, 5/20