

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-94152

(P2005-94152A)

(43) 公開日 平成17年4月7日(2005.4.7)

(51) Int.Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
HO4N 7/01	HO4N 7/01 J	5C057
HO4N 1/387	HO4N 1/387 101	5C063
HO4N 11/00	HO4N 11/00	5C076
HO4N 11/24		

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2003-322064 (P2003-322064)	(71) 出願人	000002185 ソニー株式会社 東京都品川区北品川6丁目7番35号
(22) 出願日	平成15年9月12日 (2003.9.12)	(74) 代理人	100067736 弁理士 小池 晃
		(74) 代理人	100086335 弁理士 田村 榮一
		(74) 代理人	100096677 弁理士 伊賀 誠司
		(72) 発明者	原田 茂 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
		Fターム(参考)	5C057 BB00 DC02 EA01 EA06 EC03 EF00 5C063 BA03 BA08 CA01 CA40 5C076 AA21 BA06 BB04

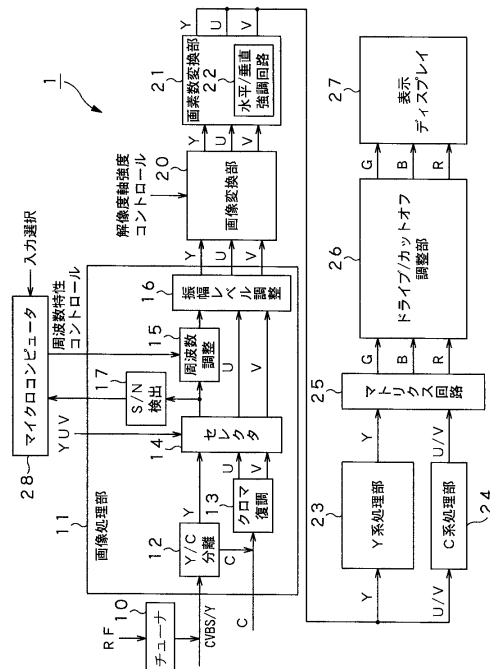
(54) 【発明の名称】 画像処理装置及び方法

(57) 【要約】

【課題】 S/Nやプリシュート/オーバーシュートの問題を防止しつつ、SD画像を水平垂直のエンハンスバランスがとられた任意の高解像度のHD画像に変換する。

【解決手段】 画像処理装置1において、周波数調整回路15は、入力された映像信号の帯域とS/Nとに応じて、周波数特性を高域成分ほど減衰させる。画像変換部20は、SD画像と所定の予測係数との線形結合により、HD画像の予測値を求める適応処理を行うことで、525i信号を例えばライン数が2倍の1050i信号に変換する。この際、画像変換部20では、出力段階での周波数特性はほぼ平坦になるように、解像度軸強度を変える。水平/垂直強調回路22は、全体として水平方向及び垂直方向のエンハンスバランスをとるため、水平方向/垂直方向のエンハンスを調整する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

入力された第 1 の画素数からなる第 1 の画像信号の種類及び / 又はその S / N に応じて、該第 1 の画像信号の水平方向の周波数特性を調整する第 1 の周波数特性調整手段と、

上記周波数特性調整手段によって周波数特性の調整された上記第 1 の画像信号を、上記第 1 の画素数よりも多い第 2 の画素数からなる第 2 の画像信号に変換する画像変換手段と

、
最終的な出力の周波数特性が水平方向と垂直方向とで略々同程度となるように、上記第 2 の画像信号の水平方向及び垂直方向の周波数特性を調整する第 2 の周波数特性調整手段とを備え、

上記画像変換手段は、該画像変換手段の出力段階における水平方向の周波数特性が略々平坦となるように上記第 2 の画素数を設定する

ことを特徴とする画像処理装置。

10

【請求項 2】

上記画像変換手段は、

注目している上記第 1 の画像信号の画素である注目画素を、その注目画素に対応する上記第 2 の画像信号の性質に応じて、所定のクラスに分類するクラス分類を行うクラス分類手段と、

上記注目画素の予測値を、その注目画素のクラスに対応して予測する予測手段と

を有することを特徴とする請求項 1 記載の画像処理装置。

20

【請求項 3】

上記予測手段は、

上記第 2 の画像信号の画素との線形結合により上記注目画素の予測値を算出するための予測係数を、上記クラス毎に記憶している予測係数記憶手段と、

上記注目画素についての上記予測係数と、上記第 2 の画像の画素とから、上記注目画素の予測値を求める予測値演算手段と

を有することを特徴とする請求項 2 記載の画像処理装置。

【請求項 4】

上記第 1 の画像信号は、S 信号、Y U V 信号、C V B S 信号又は R F 信号であり、

上記第 1 の周波数特性調整手段は、上記 S 信号及び上記 Y U V 信号、上記 C V B S 信号、上記 R F 信号の順に、周波数特性の減衰量を大きくすることを特徴とする請求項 1 記載の画像処理装置。

30

【請求項 5】

上記第 1 の周波数特性調整手段は、上記第 1 の画像信号の S / N が小さいほど周波数特性の減衰量を大きくすることを特徴とする請求項 4 記載の画像処理装置。

【請求項 6】

入力された第 1 の画素数からなる第 1 の画像信号の種類及び / 又はその S / N に応じて、該第 1 の画像信号の水平方向の周波数特性を調整する第 1 の周波数特性調整工程と、

上記周波数特性調整工程にて周波数特性の調整された上記第 1 の画像信号を、上記第 1 の画素数よりも多い第 2 の画素数からなる第 2 の画像信号に変換する画像変換工程と、

最終的な出力の周波数特性が水平方向と垂直方向とで略々同程度となるように、上記第 2 の画像信号の水平方向及び垂直方向の周波数特性を調整する第 2 の周波数特性調整工程とを有し、

40

上記画像変換工程では、該画像変換手段の出力段階における水平方向の周波数特性が略々平坦となるように上記第 2 の画素数を設定する

ことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 7】

上記画像変換工程は、

注目している上記第 1 の画像信号の画素である注目画素を、その注目画素に対応する上記第 2 の画像信号の性質に応じて、所定のクラスに分類するクラス分類を行うクラス分類

50

工程と、

上記注目画素の予測値を、その注目画素のクラスに対応して予測する予測工程とを有することを特徴とする請求項 6 記載の画像処理方法。

【請求項 8】

上記予測工程は、

上記クラス毎に予測係数記憶手段に記憶された、上記第 2 の画像信号の画素との線形結合により上記注目画素の予測値を算出するための予測係数と、上記第 2 の画像の画素とから、上記注目画素の予測値を求める予測値演算工程を有する

ことを特徴とする請求項 7 記載の画像処理方法。

【請求項 9】

上記第 1 の画像信号は、S 信号、Y U V 信号、C V B S 信号又は R F 信号であり、

上記第 1 の周波数特性調整工程では、上記 S 信号及び上記 Y U V 信号、上記 C V B S 信号、上記 R F 信号の順に、周波数特性の減衰量を大きくすることを特徴とする請求項 6 記載の画像処理方法。

【請求項 10】

上記第 1 の周波数特性調整工程では、上記第 1 の画像信号の S / N が小さいほど周波数特性の減衰量を大きくすることを特徴とする請求項 9 記載の画像処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、標準解像度又は低解像度の画像を任意の高解像度の画像に変換する場合などに用いて好適な画像処理装置及びその方法に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、標準解像度又は低解像度の画像（以下、適宜「SD (Standard Definition) 画像」という。）を高解像度の画像（以下、適宜「HD (High Definition) 画像」という。）に変換したり、画像を拡大したりする場合においては、いわゆる補間フィルタなどによって、不足している画素値の補間（補償）が行われるようになされている。

【0003】

しかしながら、補間フィルタによって画素の補間を行っても、SD 画像に含まれていない HD 画像の成分（高域成分）を復元することはできないため、高解像度の画像を復元することは困難であった。

【0004】

そこで、本件出願人は、SD 画像を、そこに含まれていない高域成分をも含む HD 画像に変換する画像変換装置を先に提案している（例えば下記特許文献 1～3 参照）。

【0005】

【特許文献 1】特開平 7 - 193789 号公報

【特許文献 2】特開平 11 - 55630 号公報

【特許文献 3】特開 2000 - 134586 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、この画像変換装置では、解像度軸強度を変えることにより、SD 画像を任意の高解像度の HD 画像に変換することができる。しかしながら、解像度軸強度を上げすぎると、中域から周波数特性が強調されることにより出力信号にプリシュート / オーバーシュートが発生するため、解像度軸強度を上げる程度は限られていた。また、入力信号に含まれる高域成分が強調されてくることから、S / N (Signal/Noise) の観点からも解像度軸強度を上げる程度は限られていた。さらに、従来解像度変換装置では、水平方向及び垂直方向のエンハンスバランスをとっていないため、得られる HD 画像は、水平垂直の鮮鋭度及び精細感のバランスがとれていないものであった。

10

20

30

40

50

【0007】

本発明は、このような従来の実情に鑑みて提案されたものであり、解像度軸強度を上げても、S/Nやプリシュート/オーバーシュートの点で問題が発生せず、さらに水平垂直のエンハンスバランスをとる画像処理装置及びその方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上述した目的を達成するために、本発明に係る画像処理装置は、入力された第1の画素数からなる第1の画像信号の種類及び/又はそのS/Nに応じて、該第1の画像信号の水平方向の周波数特性を調整する第1の周波数特性調整手段と、上記周波数特性調整手段によって周波数特性の調整された上記第1の画像信号を、上記第1の画素数よりも多い第2の画素数からなる第2の画像信号に変換する画像変換手段と、最終的な出力の周波数特性が水平方向と垂直方向とで略々同程度となるように、上記第2の画像信号の水平方向及び垂直方向の周波数特性を調整する第2の周波数特性調整手段とを備え、上記画像変換手段は、該画像変換手段の出力段階における水平方向の周波数特性が略々平坦となるように上記第2の画素数を設定するものである。

10

【0009】

また、上述した目的を達成するために、本発明に係る画像処理方法は、入力された第1の画素数からなる第1の画像信号の種類及び/又はそのS/Nに応じて、該第1の画像信号の水平方向の周波数特性を調整する第1の周波数特性調整工程と、上記周波数特性調整工程にて周波数特性の調整された上記第1の画像信号を、上記第1の画素数よりも多い第2の画素数からなる第2の画像信号に変換する画像変換工程と、最終的な出力の周波数特性が水平方向と垂直方向とで略々同程度となるように、上記第2の画像信号の水平方向及び垂直方向の周波数特性を調整する第2の周波数特性調整工程とを有し、上記画像変換工程では、該画像変換手段の出力段階における水平方向の周波数特性が略々平坦となるように上記第2の画素数を設定するものである。

20

【0010】

このような画像処理装置及びその方法では、入力された第1の画像信号の種類及び/又はそのS/Nに応じて、該第1の画像信号の水平方向の周波数特性を調整し、水平方向の周波数特性が略々平坦となるように、第1の画像信号を該第1の画像信号よりも画素数の多い第2の画像信号に変換し、さらに最終的な出力の周波数特性が水平方向と垂直方向とで略々同程度となるように、上記第2の画像信号の水平方向及び垂直方向の周波数特性を調整する。

30

【発明の効果】

【0011】

本発明に係る画像処理装置及びその方法によれば、入力された第1の画像信号の種類及び/又はそのS/Nに応じて、該第1の画像信号の水平方向の周波数特性を調整し、水平方向の周波数特性が略々平坦となるように、第1の画像信号を該第1の画像信号よりも画素数の多い第2の画像信号に変換し、さらに最終的な出力の周波数特性が水平方向と垂直方向とで略々同程度となるように、上記第2の画像信号の水平方向及び垂直方向の周波数特性を調整することにより、第1の画像信号を、水平方向及び垂直方向のエンハンスバランスがとれ、且つS/Nの改善された高精細な第2の画像信号に変換することが可能となる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、本発明を適用した具体的な実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。この実施の形態は、本発明を、入力された映像信号で構成される標準解像度又は低解像度の画像（以下、適宜「SD（Standard Definition）画像」という。）を任意の高解像度の画像（以下、適宜「HD（High Definition）画像」という。）に変換し、さらに表示ディスプレイの画素数に変換して表示させる画像処理装置に適用したものである。

【0013】

50

先ず、第1の実施の形態における画像処理装置の概略構成を図1に示す。図1に示すように、本実施の形態における画像処理装置1は、チューナ10と、画像処理部11と、画像変換部20と、画素数変換部21と、Y系処理部23と、C系処理部24と、マトリクス回路25と、ドライブ/カットオフ調整部26と、表示ディスプレイ27と、マイクロコンピュータ28とから構成されている。

【0014】

画像処理部11は、Y/C分離回路12と、クロマ復調回路13と、セクタ14と、周波数調整回路15と、振幅レベル調整回路16と、S/N検出回路17とを有し、チューナ10でCVBS(Composite Video Burst Signal)信号に復調されるRF信号、外部映像機器からのCVBS信号、YUV信号、S(Y及びC)信号等の各種映像信号が入力される。 10

【0015】

Y/C分離回路12は、CVBS信号及びS信号をYC信号にデコードし、Y信号をセクタ14に供給すると共に、C信号をクロマ復調回路13に供給する。クロマ復調回路13は、C信号をU信号及びV信号に復調し、それぞれセクタ14に供給する。セクタ14は、YUV信号にデコードされたCVBS信号及びS信号と、入力がYUV信号であるYUV信号とのうち、Y信号を周波数調整回路15及びS/N検出回路17に供給すると共に、U信号及びV信号を振幅レベル調整回路16に供給する。周波数調整回路15は、後段の画像変換部20における解像度軸強度に応じて、Y信号の水平方向の周波数特性を後述のように調整し、調整後のY信号を振幅レベル調整回路16に供給する。そして 20、振幅レベル調整回路16は、YUV信号の振幅レベルを調整し、525i信号(ライン数525本のインタレース方式の信号)として出力する。S/N検出回路17は、セクタ14から供給されたY信号のS/Nを検出し、この検出結果をマイクロコンピュータ28に供給する。マイクロコンピュータ28は、このS/Nの検出結果に応じて、周波数調整回路15における周波数特性の調整を制御する。また、マイクロコンピュータ28は、入力された映像信号の種類に基づき、周波数調整回路15における周波数特性の調整を制御する。なお、このマイクロコンピュータ28による制御についての詳細は後述する。

【0016】

画像変換部20は、SD画像と所定の予測係数との線形結合により、HD画像の予測値を求める適応処理を行うことで、525i信号を例えばライン数が2倍の1050i信号 30に変換する。この際、画像変換部20では、解像度軸強度を変えることにより、任意の高解像度のHD画像に変換することができる。画像変換部20は、変換後のYUV信号を画素数変換部21に供給する。なお、この画像変換部20における画像変換処理については、後で詳細に説明する。

【0017】

画素数変換部21は、画像変換部20から供給された1050i信号を例えば1050p信号(ライン数1050本のプログレッシブ方式の信号)に変換し、さらに表示ディスプレイ27の画素数に合うように、映像フォーマット(1画面の画素数)を変換する。また、画素数変換部21には水平/垂直強調回路22が内蔵されており、この水平/垂直強調回路22は、水平方向、垂直方向の周波数特性のエンハンスを後述のように行う。画素 40数変換部21は、以上の処理を行ったYUV信号のうち、Y信号をY系処理部23に供給し、UV信号をC系処理部24に供給する。

【0018】

Y系処理部23は、DC伝送率回路、黒伸張回路及びシャープネス回路(何れも図示せず)等を有し、Y信号に対してそれぞれ所定の処理を施す。一方、C系処理部24は、色レベル調整回路(図示せず)等を有し、UV信号に対して所定の処理を施す。Y系処理部23及びC系処理部24は、それぞれ処理後のY信号及びUV信号をマトリクス回路25に供給する。

【0019】

マトリクス回路25は、Y系処理部23及びC系処理部24から供給されたYUV信号 50

を RGB 信号に変換し、変換後の RGB 信号をドライブ/カットオフ調整部 26 に供給する。そして、ドライブ/カットオフ調整部 26 は、表示ディスプレイ 27 用にドライブレベルとカットオフレベルとを調整し、表示ディスプレイ 27 に表示させる。

【0020】

ここで、上述した画像変換部 20 においては、SD 画像と所定の予測係数との線形結合により、HD 画像の予測値を求める適応処理を行うことで、SD 画像には含まれていない高域成分が復元されるようになされている。

【0021】

すなわち、例えば、HD 画像を構成する画素（以下、適宜「HD 画素」という。）の画素値 y の予測値 $E[y]$ を、幾つかの SD 画素（SD 画像を構成する画素）の画素値（以下、適宜「学習データ」という。） x_1, x_2, \dots と、所定の予測係数 w_1, w_2, \dots との線形結合により規定される線形 1 次結合モデルにより求めることを考える。この場合、予測値 $E[y]$ は、以下の式（1）で表すことができる。

【0022】

【数 1】

$$E[y] = w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots \quad \dots (1)$$

10

20

【0023】

そこで、一般化するために、予測係数 w の集合でなる行列 W 、学習データの集合でなる行列 X 、及び予測値 $E[y]$ の集合でなる行列 Y' を以下の式（2）～（4）で定義すると、式（5）のような観測方程式が成立する。

【0024】

【数 2】

$$X = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \cdots & X_{mn} \end{pmatrix} \quad \cdots \cdots (2)$$

10

$$W = \begin{pmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \cdots \\ W_n \end{pmatrix} \quad \cdots \cdots (3)$$

$$Y' = \begin{pmatrix} E[y_1] \\ E[y_2] \\ \cdots \\ E[y_n] \end{pmatrix} \quad \cdots \cdots (4)$$

20

【0025】

【数 3】

30

$$XW = Y' \quad \cdots \cdots (5)$$

【0026】

そして、この観測方程式に最小自乗法を適用して、HD画素の画素値 y に近い予測値 $E[y]$ を求めることを考える。この場合、教師データとなるHD画素の真の画素値 y の集合でなる行列 Y 、及びHD画素の画素値 y に対する予測値 $E[y]$ の残差 e の集合でなる行列 E を以下の式(6)、(7)で定義すると、上記式(5)から、式(8)のような残差方程式が成立する。

40

【0027】

【数 4】

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{bmatrix} \quad \dots (6)$$

10

$$E = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \dots \\ e_m \end{bmatrix} \quad \dots (7)$$

20

【0028】

【数 5】

$$XW = Y + E \quad \dots (8)$$

【0029】

30

この場合、HD画素の画素値 y に近い予測値 $E[y]$ を求めるための予測係数 w_i は、例えば、式(9)に示すような自乗誤差を最小にすることで求めることができる。

【0030】

【数 6】

$$\sum_{i=1}^m e_i^2 \quad \dots (9)$$

40

【0031】

したがって、上述の自乗誤差を予測係数 w_i で微分したものが0になる場合、すなわち、以下の式(10)を満たす予測係数 w_i が、HD画素の画素値 y に近い予測値 $E[y]$ を求めるため最適値ということになる。

【0032】

【数 7】

$$e_1 \frac{\partial e_1}{\partial w_i} + e_2 \frac{\partial e_2}{\partial w_i} + \dots + e_m \frac{\partial e_m}{\partial w_i} = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad \dots (10)$$

【0033】

そこで、先ず、式(8)を予測係数 w_i で微分することにより、以下の式(11)が成立する。 10

【0034】

【数 8】

$$\frac{\partial e_1}{\partial w_i} = x_{i1}, \frac{\partial e_2}{\partial w_i} = x_{i2}, \dots, \frac{\partial e_m}{\partial w_i} = x_{in}, \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad \dots (11)$$

20

【0035】

そして、式(10)、(11)より、以下の式(12)が得られる。

【0036】

【数 9】

$$\sum_{i=1}^m e_i x_{i1} = 0, \sum_{i=1}^m e_i x_{i2} = 0, \dots, \sum_{i=1}^m e_i x_{in} = 0 \quad \dots (12)$$

30

【0037】

さらに、式(8)の残差方程式における学習データ x 、予測係数 w 、教師データ y 、及び残差 e の関係を考慮すると、式(12)から、以下の式(13)に示すような正規方程式を得ることができる。

【0038】

【数 10】

$$\begin{cases} \left(\sum_{i=1}^m X_{i1} X_{i1} \right) w_1 + \left(\sum_{i=1}^m X_{i1} X_{i2} \right) w_2 + \cdots + \left(\sum_{i=1}^m X_{i1} X_{in} \right) w_n = \left(\sum_{i=1}^m X_{i1} Y_i \right) \\ \left(\sum_{i=1}^m X_{i2} X_{i1} \right) w_1 + \left(\sum_{i=1}^m X_{i2} X_{i2} \right) w_2 + \cdots + \left(\sum_{i=1}^m X_{i2} X_{in} \right) w_n = \left(\sum_{i=1}^m X_{i2} Y_i \right) \\ \cdots \\ \left(\sum_{i=1}^m X_{in} X_{i1} \right) w_1 + \left(\sum_{i=1}^m X_{in} X_{i2} \right) w_2 + \cdots + \left(\sum_{i=1}^m X_{in} X_{in} \right) w_n = \left(\sum_{i=1}^m X_{in} Y_i \right) \end{cases}$$

10

・・・(13)

【0039】

この式(13)の正規方程式は、求めるべき予測係数 w の数と同じ数だけたてることができ、したがって、式(13)を解くことで(但し、式(13)を解くには、式(13)において、予測係数 w にかかる係数で構成される行列が正則である必要がある)、最適な予測係数 w を求めることができる。なお、式(13)を解くにあたっては、例えば、掃き出し法(Gauss-Jordanの消去法)などを適用することが可能である。

20

【0040】

以上のようにして、最適な予測係数 w を求めておき、さらに、その予測係数 w を用い、式(1)により、HD画素の画素値 y に近い予測値 $E[y]$ を求めるのが適応処理である。

【0041】

なお、適応処理は、SD画像には含まれておらずHD画像に含まれている成分が再現される点で、補間処理とは異なる。すなわち、適応処理では、式(1)を見る限りは、いわゆる補間フィルタを用いての補間処理と同一であるが、その補間フィルタのタップ係数に相当する予測係数 w が、教師データ y を用いての、いわば学習により求められるため、HD画像に含まれる成分を再現することができる。すなわち、容易に高解像度の画像を得ることができる。このことから、適応処理は、いわば画像(の解像度)の創造作用がある処理ということができる。

30

【0042】

図2は、以上のような適応処理により、SD画像をHD画像に変換する画像変換部の内部構成例を示している。

【0043】

SD画像は、クラス分類部101及び適応処理部104に供給されるようになされている。クラス分類部101は、クラスタップ生成回路102及びクラス分類回路103で構成され、そこでは、適応処理により予測値を求めようとするHD画素(注目しているHD画素)(以下、適宜「注目画素」という。)が、その注目画素に対応するSD画像の画素の性質に基づいて、所定のクラスにクラス分類される。

40

【0044】

すなわち、クラスタップ生成回路102では、注目画素のクラス分類を行うのに用いる。その注目画素に対応するSD画素(以下、適宜「クラスタップ」という。)として、例えば、注目画素に対して所定の位置関係にある複数のSD画素が、クラス分類部101に供給されるSD画像から抽出され、クラス分類回路103に供給される。クラス分類回路103では、クラスタップ生成回路102からのクラスタップを構成するSD画素の画素値のパターン(画素値の分布)が検出され、そのパターンに予め割り当てられた値が、注目画素のクラスとして、適応処理部104に供給される。

50

【0045】

具体的には、例えば、HD画像が、図3において、×印で示す画素（HD画素）で構成され、SD画像が、同図において、丸印で示す画素（SD画素）で構成されるとする。なお、図3では、SD画像が、HD画像の横又は縦の画素数をそれぞれ1/2にして構成されている。ここで、図3においては（後述する図4乃至図6においても同様）、左から $i + 1$ 番目で、上から $j + 1$ 番目のSD画素（図中、丸印で示す部分）を $X_{i, j}$ と表し、同様に、左から $i' + 1$ 番目で、上から $j' + 1$ 番目のHD画素（図中、×印で示す部分）を $Y_{i', j'}$ と表してある。この場合、SD画素 $X_{i, j}$ の位置と、HD画素 $Y_{2i, 2j}$ の位置とは一致する。

【0046】

いま、あるSD画素としての、例えば、 $X_{2, 2}$ の位置と一致するHD画素 $Y_{4, 4}$ を注目画素とすると、クラスタップ生成回路102では、そのHD画素 $Y_{4, 4}$ に対応するSD画素として、例えば、HD画素 $Y_{4, 4}$ との相関が高いと予想されるHD画素 $Y_{4, 4}$ の位置と一致するSD画素 $X_{2, 2}$ を中心とする 3×3 （横×縦）のSD画素 $X_{1, 1}$ 、 $X_{2, 1}$ 、 $X_{3, 1}$ 、 $X_{1, 2}$ 、 $X_{2, 2}$ 、 $X_{3, 2}$ 、 $X_{1, 3}$ 、 $X_{2, 3}$ 、 $X_{3, 3}$ （図3において点線で囲んである範囲のSD画素）が抽出され、それが注目画素（HD画素） $Y_{4, 4}$ のクラスタップとされる。

【0047】

また、例えば、 $X_{2, 2}$ の位置と一致するHD画素 $Y_{4, 4}$ の右隣のHD画素 $Y_{5, 4}$ が注目画素とされた場合には、クラスタップ生成回路102では、そのHD画素 $Y_{5, 4}$ に対応するSD画素として、例えば、図4において点線で囲んで示すように、HD画素 $Y_{4, 4}$ が注目画素とされた場合に形成されるクラスタップの中のSD画素 $X_{1, 2}$ に代えて、SD画素 $X_{4, 2}$ を含めたものが抽出され、その9個のSD画素が、注目画素（HD画素） $Y_{5, 4}$ のクラスタップとされる。

【0048】

さらに、例えば、 $X_{2, 2}$ の位置と一致するHD画素 $Y_{4, 4}$ の下に隣接するHD画素 $Y_{4, 5}$ が注目画素とされた場合には、クラスタップ生成回路102では、そのHD画素 $Y_{4, 5}$ に対応するSD画素として、例えば、図5において点線で囲んで示すように、HD画素 $Y_{4, 4}$ が注目画素とされた場合に形成されるクラスタップの中のSD画素 $X_{2, 1}$ に代えて、SD画素 $X_{2, 4}$ を含めたものが抽出され、その9個のSD画素が、注目画素（HD画素） $Y_{4, 5}$ のクラスタップとされる。

【0049】

また、例えば、 $X_{2, 2}$ の位置と一致するHD画素 $Y_{4, 4}$ の右斜め下に隣接するHD画素 $Y_{5, 5}$ が注目画素とされた場合には、クラスタップ生成回路102では、そのHD画素 $Y_{5, 5}$ に対応するSD画素として、例えば、図6において点線で囲んで示すように、HD画素 $Y_{4, 4}$ が注目画素とされた場合に形成されるクラスタップの中のSD画素 $X_{1, 1}$ に代えて、SD画素 $X_{4, 4}$ を含めたものが抽出され、その9個のSD画素が、注目画素（HD画素） $Y_{5, 5}$ のクラスタップとされる。

【0050】

そして、クラス分類回路203では、クラスタップ生成回路102で構成されたクラスタップとしての9個のSD画素（画素値）のパターンが検出され、そのパターンに対応する値が、注目画素のクラスとして出力される。

【0051】

このクラスは、適応処理部104における係数ROM（Read Only Memory）107のアドレス端子（AD）に供給される。

【0052】

ここで、画像を構成する画素には、一般的に、8ビットなどが割り当てられる。いま、SD画素に8ビットが割り当てられているとすると、例えば、図3に示した 3×3 画素の正方形のクラスタップだけを考えても、画素値のパターン数は、 $(2^8)^9$ 通りという莫大な数となり、その後の処理の迅速化が困難となる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 3 】

そこで、クラス分類を行う前の前処理として、クラスタップには、それを構成するSD画素のビット数を低減するための処理である、例えばADRC (Adaptive Dynamic Range Coding) 処理などが施される。

【 0 0 5 4 】

すなわち、ADRC処理では、まず、クラスタップを構成する9個のSD画素から、その画素値の最大のもの(以下、適宜「最大画素」という。)と最小のもの(以下、適宜「最小画素」という。)とが検出される。そして、最大画素の画素値MAXと最小画素の画素値MINとの差分DR (= MAX - MIN) が演算され、このDRをクラスタップの局所的なダイナミックレンジとし、このダイナミックレンジDRに基づいて、クラスタップを構成する各画素値が、元の割当ビット数より少ないKビットに再量子化される。つまり、クラスタップを構成する各画素値から最小画素の画素値MINが減算され、各減算値が、 $DR / 2^K$ で除算される。

10

【 0 0 5 5 】

その結果、クラスタップを構成する各画素値はKビットで表現されるようになる。したがって、例えばK = 1とした場合、9個のSD画素の画素値のパターン数は、 $(2^1)^9$ 通りになり、ADRC処理を行わない場合に比較して、パターン数を非常に少ないものとすることができる。

【 0 0 5 6 】

一方、適応処理部104は、予測タップ生成回路105、予測演算回路106、及び係数ROM107で構成され、そこでは、適応処理が行われる。

20

【 0 0 5 7 】

すなわち、予測タップ生成回路105では、適応処理部104に供給されるSD画像から、予測演算回路106において注目画素の予測値を求めるのに用いる、その注目画素に対して所定の位置関係にある複数のSD画素が抽出され、これが予測タップとして、予測演算回路106に供給される。

【 0 0 5 8 】

具体的には、例えば、HD画素 $Y_{4,4}$ が注目画素とされ、図3で説明したようなクラスタップが構成される場合、予測タップ生成回路105では、例えば、HD画素 $Y_{4,4}$ との相関が高いと予想されるSD画素として、同図に実線で囲んで示す範囲の、注目画素 $Y_{4,4}$ の位置に一致するSD画素 $X_{2,2}$ を中心とする 5×5 のSD画素が抽出され、これが注目画素(HD画素) $Y_{4,4}$ の予測タップとされる。

30

【 0 0 5 9 】

また、例えば、HD画素 $Y_{5,4}$ が注目画素とされた場合には、予測タップ生成回路105では、例えば、図4において実線で囲んで示すように、HD画素 $Y_{4,4}$ が注目画素とされた場合に形成される予測タップの中のSD画素 $X_{0,2}$ に代えて、SD画素 $X_{5,2}$ を含めたものが抽出され、その25個のSD画素が、注目画素(HD画素) $Y_{5,4}$ のクラスタップとされる。

【 0 0 6 0 】

さらに、例えば、HD画素 $Y_{4,5}$ が注目画素とされた場合には、予測タップ生成回路105では、例えば、図5において実線で囲んで示すように、HD画素 $Y_{4,4}$ が注目画素とされた場合に形成される予測タップの中のSD画素 $X_{2,0}$ に代えて、SD画素 $X_{2,5}$ を含めたものが抽出され、その25個のSD画素が、注目画素(HD画素) $Y_{4,5}$ の予測タップとされる。

40

【 0 0 6 1 】

また、例えば、HD画素 $Y_{5,5}$ が注目画素とされた場合には、予測タップ生成回路105では、例えば、図6において実線で囲んで示すように、HD画素 $Y_{4,4}$ が注目画素とされた場合に形成されるクラスタップの中のSD画素 $X_{0,0}$ に代えて、SD画素 $X_{5,5}$ を含めたものが抽出され、その25個のSD画素が、注目画素(HD画素) $Y_{5,5}$ の予測タップとされる。

50

【 0 0 6 2 】

そして、予測演算回路 1 0 6 には、予測タップ生成回路 1 0 5 から予測タップが供給される他、係数 ROM 1 0 7 から予測係数も供給される。

【 0 0 6 3 】

すなわち、係数 ROM 1 0 7 は、予め学習が行われることにより求められた予測係数をクラス毎に記憶しており、クラス分類回路 1 0 3 からクラスが供給されると、そのクラスに対応するアドレスに記憶されている予測係数を読み出し、予測演算回路 1 0 6 に供給する。

【 0 0 6 4 】

これにより、予測演算回路 1 0 6 には、注目画素に対応する予測タップと、その注目画素のクラスについての予測係数とが供給される。そして、予測演算回路 1 0 6 では、係数 ROM 1 0 7 からの予測係数 w_1, w_2, \dots と、予測タップ生成回路 1 0 5 からの予測タップ（を構成する SD 画素） x_1, x_2, \dots とを用いて、式（1）に示した演算が行われることにより、注目画素（HD 画素） y の予測値 $E[y]$ が求められ、これが HD 画素の画素値として出力される。

10

【 0 0 6 5 】

以上の処理が、全ての HD 画素を注目画素として行われ、これにより、SD 画像が HD 画像に変換される。なお、クラスタップ生成回路 1 0 2 及び予測タップ生成回路 1 0 5 では、同一の HD 画素を注目画素として処理が行われる。

【 0 0 6 6 】

次に、図 7 は、図 2 の係数 ROM 1 0 7 に記憶させる予測係数を算出する学習処理を行う学習装置の構成例を示している。

20

【 0 0 6 7 】

学習における教師データ y となるべき HD 画像が、間引き回路 2 0 1 及び教師データ抽出回路 2 0 4 に供給されるようになされており、間引き回路 2 0 1 では、HD 画像が、例えば、その画素数が間引かれることにより少なくされ、これにより SD 画像とされる。すなわち、間引き回路 2 0 1 では、HD 画像の横又は縦の画素数がそれぞれ $1/2$ にされ、これにより、SD 画像が形成される。この SD 画像は、クラス分類部 2 0 2 及び予測タップ生成回路 2 0 3 に供給される。

【 0 0 6 8 】

クラス分類部 2 0 2 又は予測タップ生成回路 2 0 3 では、図 2 のクラス分類部 1 0 1 又は予測タップ生成回路 1 0 5 における場合とそれぞれ同様の処理が行われ、これにより注目画素のクラス又は予測タップがそれぞれ出力される。クラス分類部 2 0 2 が出力するクラスは、予測タップメモリ 2 0 5 及び教師データメモリ 2 0 6 のアドレス端子（AD）に供給され、予測タップ生成回路 2 0 3 が出力する予測タップは、予測タップメモリ 2 0 5 に供給される。なお、クラス分類部 2 0 2 及び予測タップ生成回路 2 0 3 では、同一の HD 画素を注目画素として処理が行われる。

30

【 0 0 6 9 】

予測タップメモリ 2 0 5 では、クラス分類部 2 0 2 から供給されるクラスに対応するアドレスに、予測タップ生成回路 2 0 3 から供給される予測タップが記憶される。

40

【 0 0 7 0 】

一方、教師データ抽出回路 2 0 4 では、クラス分類部 2 0 2 及び予測タップ生成回路 2 0 3 において注目画素とされる HD 画素が、そこに供給される HD 画像から抽出され、教師データとして、教師データメモリ 2 0 6 に供給される。

【 0 0 7 1 】

そして、教師データメモリ 2 0 6 では、クラス分類部 2 0 2 から供給されるクラスに対応するアドレスに、教師データ抽出回路 2 0 4 から供給される教師データが記憶される。

【 0 0 7 2 】

以上の処理が、予め学習用に用意された全ての HD 画像を構成する全ての HD 画素を、順次、注目画素として行われる。

50

【0073】

その結果、教師データメモリ206又は予測タップメモリ205の同一のアドレスには、そのアドレスに対応するクラスのHD画素、又はそのHD画素について図3乃至図6において説明した予測タップを構成する位置にあるSD画素が、教師データ y 又は学習データ x として、それぞれ記憶される。

【0074】

なお、予測タップメモリ205及び教師データメモリ206においては、同一アドレスに複数の情報を記憶することができるようになされており、これにより、同一アドレスには、同一のクラスに分類される複数の学習データ x と教師データ y とを記憶することができるようになされている。

【0075】

その後、演算回路207は、予測タップメモリ205又は教師データメモリ206から、同一アドレスに記憶されている学習データとしての予測タップ又は教師データとしてのHD画素を読み出し、それらを用いて、例えば、最小自乗法によって、予測値と教師データとの間の誤差を最小にする予測係数を算出する。すなわち、演算回路207では、クラス毎に式(13)に示した正規方程式がたてられ、これを解くことにより予測係数が求められる。

【0076】

以上のようにして、演算回路207で求められたクラス毎の予測係数が、図2の係数ROM107における、各クラスに対応するアドレスに記憶されている。

【0077】

なお、以上のような学習処理において、予測係数を求めるのに必要な数の正規方程式が得られないクラスが生じる場合があるが、そのようなクラスについては、例えば、クラスを無視して正規方程式をたてて解くことにより得られる予測係数などが、いわばデフォルトの予測係数として用いられる。

【0078】

ここで、以上説明した画像変換部20における処理は、SD画像と所定の予測係数との線形結合によりHD画像の予測値を求める適応処理を行うことで、SD画像には含まれていない高域成分を復元するものであるため、画像変換部20からの出力信号は、入力信号と比較して高域成分が強調されたものとなる。すなわち、画像変換部20は、高域成分ほど増加した周波数特性を有する。この結果、図8に模式的に示すように、画像変換部20の入力信号が平坦なものであったとしても、画像変換部20からの出力信号は、高域成分ほど強調されたものとなる。

【0079】

しかしながら、このように高域成分が強調された場合、出力信号のプリシュート/オーバーシュートが目立つと共にS/Nが悪化し、画質の劣化を生じる虞がある。

【0080】

そこで、本実施の形態における画像処理装置1では、画像変換部20における周波数特性を考慮し、その前段の画像処理部11(詳しくは周波数調整回路15)において、その逆特性を示すように、具体的にはLPF(Low-Pass filter)の特性を示すように周波数特性を調整する。この結果、図9(A)に模式的に示すように、画像処理部11の入力信号が平坦なものであった場合、画像処理部11からの出力信号(画像変換部20の入力信号)は、高域成分ほど減衰したものとなり、画像変換部20からの出力信号は、平坦なものとなる。

【0081】

このとき、画像処理部11の入力信号のS/Nと比較して、出力信号でのS/Nは、高域成分の周波数特性を減衰させた分だけ改善されている。さらに、画像変換部20により新たに創造された周波数成分には、ランダムなパターンの信号が殆ど含まれていないため、画像変換部20からの出力信号においても、このS/Nの改善分は確保される。すなわち、図10に示すように、画像処理部11の周波数調整回路15において、高域成分ほど

10

20

30

40

50

減衰するような周波数特性とすることにより、図中斜線で示す部分の S / N が改善されることとなる。

【 0 0 8 2 】

なお、図 9 (A) にて画像変換部 2 0 の出力の周波数特性を平坦にするためには、画像変換部 2 0 の周波数特性を補償する周波数特性が前段の画像処理部 1 1 に要求される。しかしながら、厳密には画像変換部 2 0 が創造する高域の周波数領域まで前段の画像処理部 1 1 で周波数特性を補償することは困難である。そこで、実際的な方法として、図 9 (B) のような周波数特性のフィルタを画像処理部 1 1 で使用し、代用することもある。

【 0 0 8 3 】

さらに、周波数調整回路 1 5 で高域成分の減衰量を著しく (例えば 6 d B 近く) 大きくすることで、画像変換部 2 0 の入力信号に含まれているトランジェント部のリングングを削減することが可能となる。すなわち、一般的に帯域圧縮・復元処理において、トランジェント部でのビット配分は平坦部と比較して少ない。画像変換部 2 0 で S D 画像を H D 画像に変換するときにも同様の性質を有しており、高域成分の周波数特性を著しく減衰させると、高域成分の情報は一様に落ちるが、画像変換部 2 0 からの出力信号での落ち具合は、ビット配分の関係からトランジェント部の方が大きい。したがって、このように周波数調整回路 1 5 における周波数特性を高域成分ほど減衰させることにより、R F 信号で起きやすいトランジェント部でのリングングをかなりの程度まで軽減することが可能となる。

【 0 0 8 4 】

また、リングングに限らず、中振幅以上の信号波形 (特に文字信号等) の周辺に発生するモスキートノイズ (M P E G (Moving Picture Experts Group) デコード時に発生するノイズの一種) も同様に軽減することが可能である。なお、周波数調整回路 1 5 において高域成分の周波数特性を減衰させるほど、この軽減効果が増す。

【 0 0 8 5 】

ここで、以上の説明では、画像変換部 2 0 の周波数特性の逆特性を示すように、周波数調整回路 1 5 の周波数特性を調整するものとしたが、反対に、周波数調整回路 1 5 において、例えば入力された映像信号の帯域や S / N に応じて周波数特性を調整し、画像変換部 2 0 において、その調整分だけ解像度軸強度を変化させるようにしても構わない。

【 0 0 8 6 】

例えば、周波数調整回路 1 5 では高域成分ほど周波数特性を減衰させるが、入力された映像信号のうち、帯域が狭く高域成分の情報量が少ない映像信号ほど、周波数特性を減衰させることによる弊害が少ないと考えられる。そこで、本実施の形態におけるマイクロコンピュータ 2 8 は、入力された映像信号の種類に基づき、1) S 信号及び Y U V 信号、2) C V B S 信号、3) R F 信号、の順に、周波数調整回路 1 5 における周波数特性の減衰量を大きくするように制御する。具体的には、例えば帯域の広い S 信号及び Y U V 信号は 2 d B 程度、C V B S 信号は 2 ~ 3 d B 程度、帯域の狭い R F 信号は 6 d B 程度、それぞれ減衰させる。このとき、画像変換部 2 0 では、この周波数特性の減衰分だけ解像度軸強度を上げる。

【 0 0 8 7 】

また、上述の通り、周波数調整回路 1 5 で高域成分の減衰量を大きくし、画像変換部 2 0 で解像度軸強度を上げることで、映像信号の S / N を改善することができるため、入力された映像信号の S / N が悪い場合には、周波数調整回路 1 5 における周波数特性の減衰量を大きくし、且つ画像変換部 2 0 における解像度軸強度を上げることが有効であると考えられる。そこで、本実施の形態における S / N 検出回路 1 7 は、セレクタ 1 4 から供給された Y 信号の S / N を検出し、この検出結果をマイクロコンピュータ 2 8 に供給する。マイクロコンピュータ 2 8 は、この S / N の検出結果に応じて周波数調整回路 1 5 における周波数特性の減衰量を調節する。例えば、R F 信号は、S / N が悪いことが多いが、このように周波数調整回路 1 5 における周波数特性の減衰量を大きくし、画像変換部 2 0 における解像度軸強度を上げることで、S / N を大幅に改善することが可能である。

【 0 0 8 8 】

また、周波数調整回路 15 では、水平方向の周波数特性を調整するものとして説明したが、この場合、水平方向及び垂直方向のエンハンスバランスがとれないという問題がある。

【0089】

そこで、本実施の形態における画像処理装置 1 では、画素数変換部 21 に水平/垂直強調回路 22 が内蔵されており、全体として水平方向及び垂直方向のエンハンスバランスをとるため、以下のような処理を行う。

【0090】

例えば入力された映像信号が YUV 信号、S 信号又は CVBS 信号である場合、図 11 に模式的に示すように、画像処理部 11 の周波数調整回路 15 における水平方向の周波数特性の減衰量を 2 ~ 3 dB 程度とし、画像変換部 20 において、出力信号の周波数特性が平坦になるまで解像度軸強度を上げる。この結果、画像変換部 20 からの出力段階における水平方向の周波数特性はほぼ平坦になるが、周波数調整回路 15 において垂直成分の周波数特性を減衰させていないため、画像変換部 20 からの出力段階における垂直方向の周波数特性は、画像変換部 20 の解像度軸強度を上げた分だけ高域成分が強調されたものとなる。

10

【0091】

画像変換部 20 の後段では、画素数変換部 21 におけるプログレッシブ変換の際に垂直方向の周波数特性が劣化し、Y 系処理部 23 のシャープネス回路（図示せず）において水平方向の周波数特性が高域ほど増加する。そこで、画素数変換部 21 の水平/垂直強調回路 22 では、全体として水平方向及び垂直方向のエンハンスバランスをとるため、垂直方向の周波数特性を高域ほど増加させるようにする。

20

【0092】

一方、入力された映像信号が RF 信号である場合、図 12 に模式的に示すように、画像処理部 11 の周波数調整回路 15 における水平方向の周波数特性の減衰量を 6 dB 程度とし、画像変換部 20 において、出力信号の周波数特性が平坦になるまで解像度軸強度を上げる。この結果、画像変換部 20 からの出力段階における水平方向の周波数特性はほぼ平坦になるが、周波数調整回路 15 において垂直成分の周波数特性を減衰させていないため、画像変換部 20 からの出力段階における垂直方向の周波数特性は、画像変換部 20 の解像度軸強度を上げた分だけ高域成分が強調されたものとなる。

30

【0093】

画像変換部 20 の後段では、画素数変換部 21 及び Y 系処理部 23 のシャープネス回路において水平方向の周波数特性が高域ほど増加する。一方、垂直方向の周波数特性は、画像変換部 20 において十分に増加しているため、画素数変換部 21 の水平/垂直強調回路 22 では、これ以上のエンハンスを行わず、全体として水平方向及び垂直方向のエンハンスバランスをとる。

【0094】

このように、水平方向と垂直方向のエンハンスバランスをとる強調方法は、水平方向のみに頼った強調方法と比較して、水平方向のエンハンスを落としても通常の映像では鮮鋭度が変わらないことが多く、また見やすい映像表現となる。さらに、水平方向のエンハンスを落とせる分、高域での S/N は改善されることとなる。

40

【0095】

なお、入力された映像信号が HD 信号である場合、画像変換部 20 では変換処理が行われないため、周波数調整回路 15 における周波数特性の調整も行われない。したがって、エンハンスに寄与するのは、水平/垂直強調回路 22 における水平/垂直エンハンスと Y 系処理部 23 のシャープネス回路における水平エンハンスのみである。ここで、画素数変換部 21 におけるプログレッシブ変換の際には垂直方向の周波数特性が劣化し、Y 系処理部 23 のシャープネス回路においては水平方向の周波数特性が高域ほど増加する。そこで、画素数変換部 21 の水平/垂直強調回路 22 では、図 13 に模式的に示すように、全体として水平方向及び垂直方向のエンハンスバランスをとるため、垂直方向の周波数特性を

50

高域ほど増加させるようにする。これにより、水平方向のみに頼った強調方法と比較して水平方向のエンハンスを抑えられ、高域でのS/Nを改善することができる。また、垂直方向のエンハンスを強めることにより、画像の立体感を増すこともできる。

【0096】

以上、本発明を実施するための最良の形態について説明したが、本発明は上述した実施の形態のみに限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能であることは勿論である。

【産業上の利用可能性】

【0097】

以上説明した本発明によれば、S/Nやプリシュート/オーバーシュートの問題を防止しつつ、SD画像を、水平垂直の鮮鋭度及び精細感のバランスのとれた任意の高解像度のHD画像に変換することができる。

【図面の簡単な説明】

【0098】

【図1】本実施の形態における画像処理装置の概略構成を示すブロック図である。

【図2】同画像処理装置における画像変換部の内部構成例を示すブロック図である。

【図3】クラスタップ及び予測タップの形成方法を説明するための図である。

【図4】クラスタップ及び予測タップの形成方法を説明するための図である。

【図5】クラスタップ及び予測タップの形成方法を説明するための図である。

【図6】クラスタップ及び予測タップの形成方法を説明するための図である。

【図7】同画像変換部の係数ROMに記憶させる予測係数の学習を行う学習装置の内部構成例を示すブロック図である。

【図8】従来の画像変換部の前後の信号における周波数特性を示す模式図である。

【図9】本実施の形態における画像変換部の前後の信号における周波数特性を示す模式図であり、同図(A)は、画像処理部が理想的な周波数特性を有する場合の例を示し、同図(B)は、画像処理部が実際的な周波数特性を有する場合の例を示す。

【図10】同画像変換部で置き換えられる信号成分を示す図である。

【図11】入力された映像信号がYUV信号、S信号又はCVBS信号である場合の画像処理装置の各ブロックにおける周波数特性を示す模式図である。

【図12】入力された映像信号がRF信号である場合の画像処理装置の各ブロックにおける周波数特性を示す模式図である。

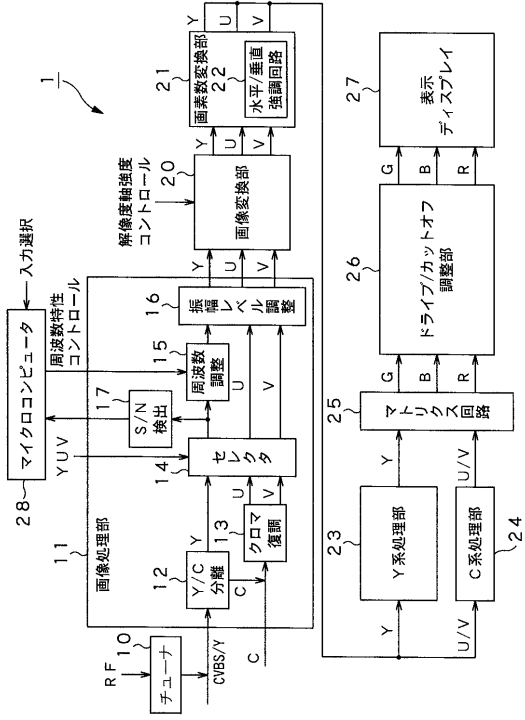
【図13】入力された映像信号がHD信号である場合の画像処理装置の各ブロックにおける周波数特性を示す模式図である。

【符号の説明】

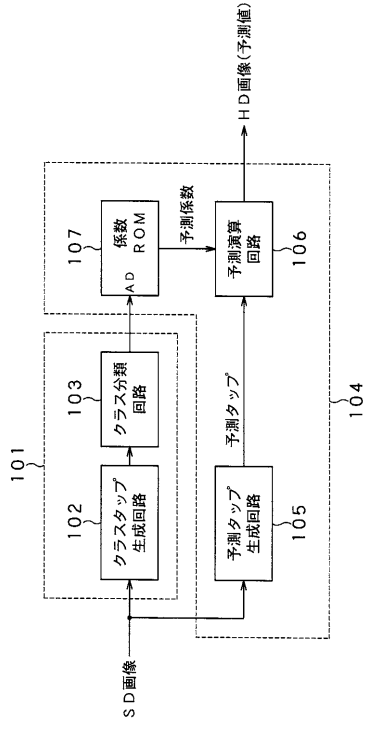
【0099】

1 画像処理装置、10 チューナ、11 画像処理部、12 Y/C分離回路、13 クロマ復調回路、14 セレクタ、15 周波数調整回路、16 振幅レベル調整回路、17 S/N検出回路、20 画像変換部、21 画素数変換部、22 水平/垂直強調回路、23 Y系処理部、24 C系処理部、25 マトリクス回路、26 ドライブ/カットオフ調整部、27 表示ディスプレイ、28 マイクロコンピュータ

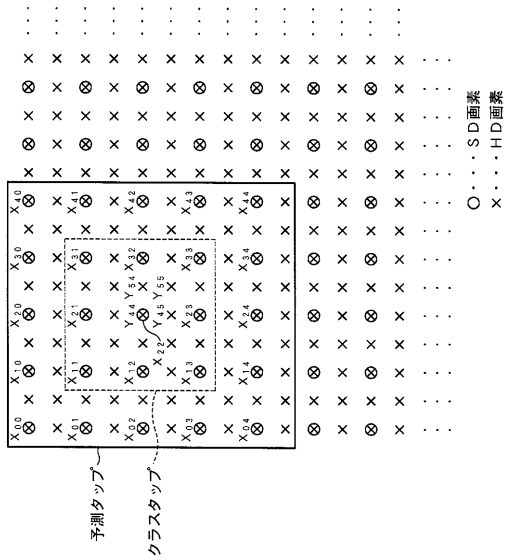
【 図 1 】



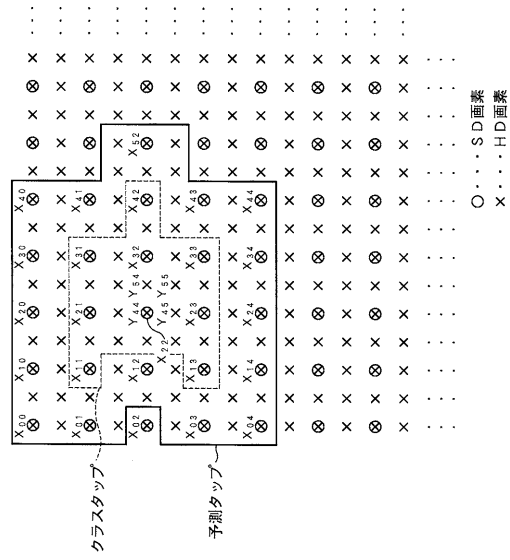
【 図 2 】



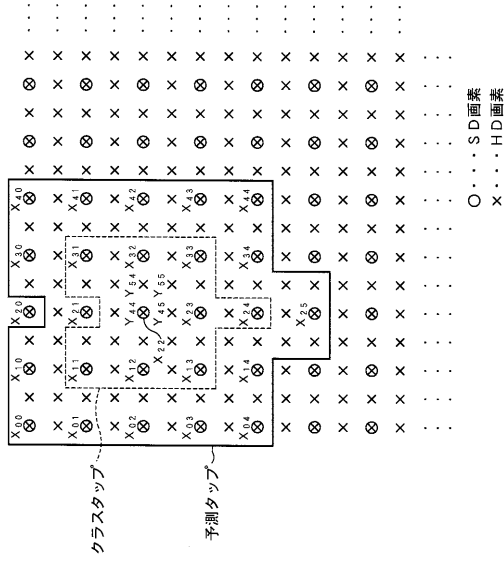
【 図 3 】



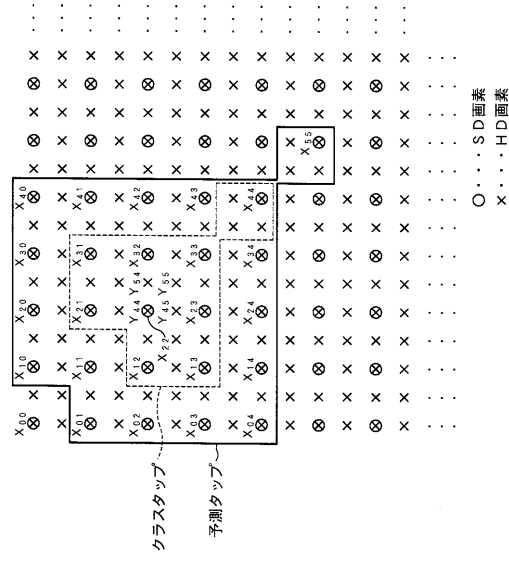
【 図 4 】



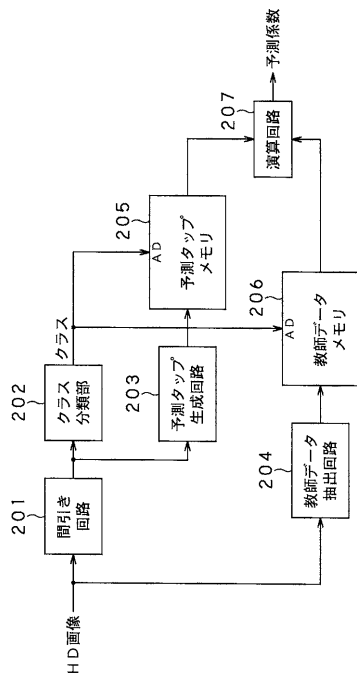
【 図 5 】



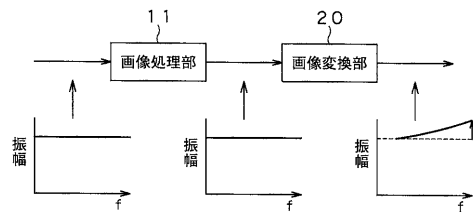
【 図 6 】



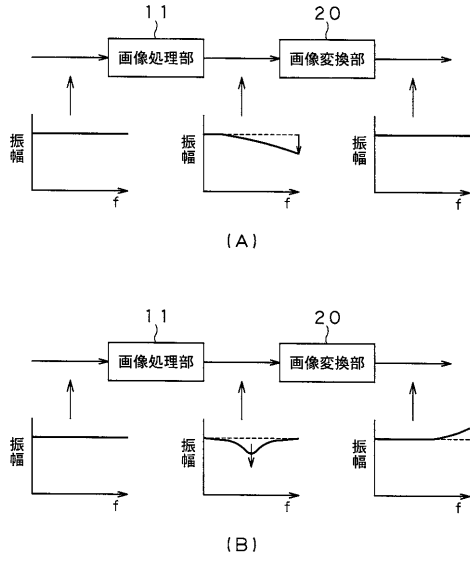
【 図 7 】



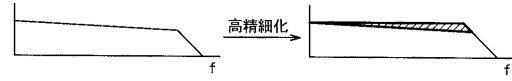
【 図 8 】



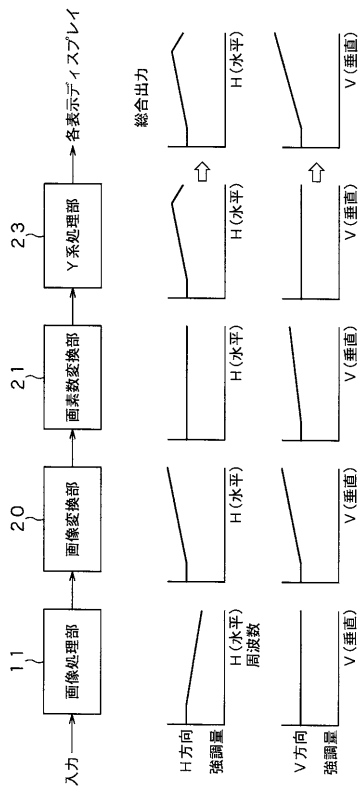
【 図 9 】



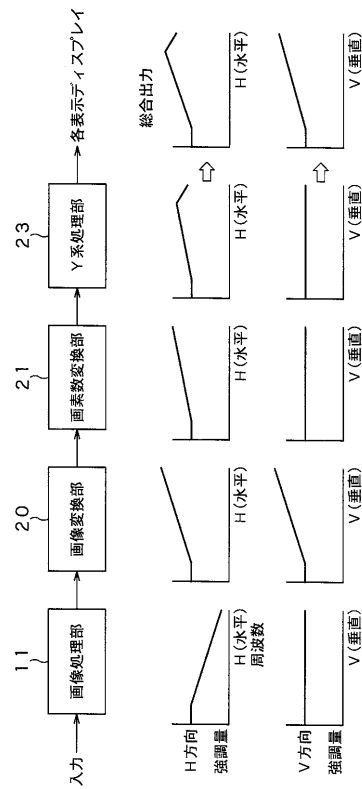
【 図 10 】



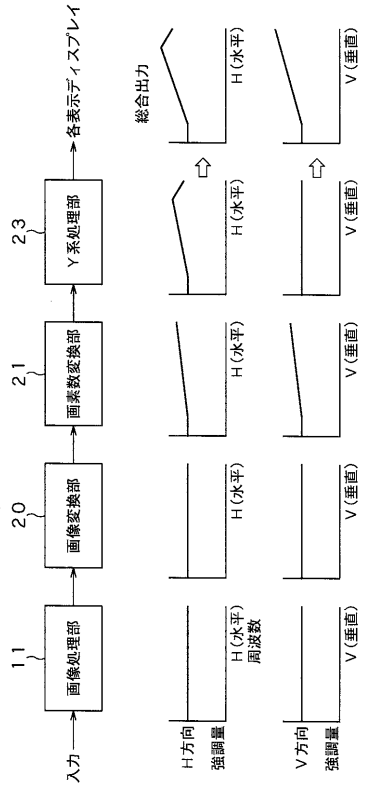
【 図 11 】



【 図 12 】



【 図 1 3 】



フロントページの続き

【要約の続き】