(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3738788号
(P3738788)
(45)発行日　平成18年1月25日(2006.1.25)　(24)登録日　平成17年11月11日(2005.11.11)

(51)Int.Cl.			F I		
H04N	1/407	(2006.01)	H04N	1/40	101E
G06T	5/00	(2006.01)	G06T	5/00	100

請求項の数 36　(全 41 頁)

(21)出願番号	特願平8-182156
(22)出願日	平成8年7月11日(1996.7.11)
(65)公開番号	特開平10-75364
(43)公開日	平成10年3月17日(1998.3.17)
審査請求日	平成14年11月22日(2002.11.22)
(31)優先権主張番号	特願平7-252089
(32)優先日	平成7年9月29日(1995.9.29)
(33)優先権主張国	日本国(JP)
(31)優先権主張番号	特願平8-169062
(32)優先日	平成8年6月28日(1996.6.28)
(33)優先権主張国	日本国(JP)
(31)優先権主張番号	特願平8-169064
(32)優先日	平成8年6月28日(1996.6.28)
(33)優先権主張国	日本国(JP)

(73)特許権者　000005201
富士写真フイルム株式会社
神奈川県南足柄市中沼２１０番地
(74)代理人　100073184
弁理士　柳田　征史
(74)代理人　100090468
弁理士　佐久間　剛
(72)発明者　山田　雅彦
神奈川県足柄上郡開成町宮台７９８番地
富士写真フイルム株式会社内
(72)発明者　伊藤　渡
神奈川県足柄上郡開成町宮台７９８番地
富士写真フイルム株式会社内

審査官　松永　稔

最終頁に続く

(54)【発明の名称】画像のダイナミックレンジ圧縮処理方法および装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

原画像を表す原画像信号に、該原画像の低周波成分に関する信号を加算することにより、該原画像のダイナミックレンジを圧縮するダイナミックレンジ圧縮処理方法において、

前記原画像信号に基づいて、互いに周波数応答特性が異なる複数の非鮮鋭マスク画像信号を作成し、

前記原画像信号および前記複数の非鮮鋭マスク画像信号、または前記複数の非鮮鋭マスク画像信号に基づいて、前記原画像信号の複数の周波数帯域ごとの信号を表す複数の帯域制限画像信号を作成し、

該各帯域制限画像信号のうち少なくとも１つの信号について、該帯域制限画像信号の少なくとも一部を小さくするような変換処理を施して複数の変換画像信号を作成し、

該各変換画像信号を積算することにより積算信号を作成し、

該積算信号を前記原画像信号から減ずることにより差分信号を作成し、

該差分信号を変換することにより前記原画像信号に加算する前記低周波成分に関する信号を得ることを特徴とするダイナミックレンジ圧縮処理方法。

【請求項２】

前記複数の変換画像信号の作成を、前記帯域制限画像信号の絶対値が所定の閾値より大きい帯域制限画像信号については、該帯域制限画像信号の絶対値を小さくするように、該各帯域制限画像信号を変換することにより行うことを特徴とする請求項１記載のダイナミックレンジ圧縮処理方法。

【請求項３】
前記複数の変換画像信号の作成を、前記各帯域制限画像信号の絶対値が所定の閾値より大きいほど該帯域制限画像信号の絶対値を小さくするとともに、前記各帯域制限画像信号の絶対値が該所定の閾値よりも小さい他の閾値よりも小さいほど該帯域制限画像信号の絶対値を小さくするように、該各帯域制限画像信号を変換することにより行うことを特徴とする請求項２記載のダイナミックレンジ圧縮処理方法。
【請求項４】
前記複数の変換画像信号の作成を、前記各帯域制限画像信号の周波数帯域に応じて該各帯域制限画像信号の絶対値の大きさを変化させるように、該各帯域制限画像信号を変換することにより行うことを特徴とする請求項２または３記載のダイナミックレンジ圧縮処理方法。
【請求項５】
前記複数の変換画像信号の作成を、前記各帯域制限画像信号を、前記周波数帯域ごとに異なる複数の関数に基づいて、該帯域制限画像信号の絶対値に基づいて決まる該絶対値以下の値となるように変換することにより行うことを特徴とする請求項１記載のダイナミックレンジ圧縮処理方法。
【請求項６】
前記変換画像信号の作成に使用される各関数が、前記帯域制限画像信号の絶対値が所定の値より大きい帯域制限画像信号については、該変換画像信号の値がほぼ一定の値となるように該帯域制限画像信号を変換する関数であり、該関数が低周波帯域を処理する関数であるほど、前記所定の値が小さい値であることを特徴とする請求項５記載のダイナミックレンジ圧縮処理方法。
【請求項７】
前記変換画像信号の作成に使用される各関数が、該関数が低周波帯域を処理する関数であるほど、前記帯域制限画像信号の絶対値が０近傍の所定の範囲内の値である帯域制限画像信号を変換した際に得られる該変換画像信号の絶対値が小さい値であることを特徴とする請求項５または６項記載のダイナミックレンジ圧縮処理方法。
【請求項８】
前記帯域制限画像信号の作成、前記変換画像信号の作成、前記積算信号の作成、前記差分信号の作成、前記低周波成分に関する信号の作成、および該低周波成分に関する信号の前記原画像信号への加算を、下記の式

$$Sproc = Sorg + D\ (Sorg - Fdrc\ \ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN))$$

$$Fdrc\ \ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN) = \{f_1(Sorg - Sus1) + f_2(Sus1 - Sus2) + \cdots + f_k(Susk\text{-}1 - Susk) + \cdots + f_N(SusN\text{-}1 - SusN)\}$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～Ｎ）：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=1～Ｎ）：前記各帯域制限画像信号を変換する関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））
にしたがって行うことを特徴とする請求項１から７のいずれか１項記載のダイナミックレンジ圧縮処理方法。
【請求項９】
前記帯域制限画像信号の作成、前記変換画像信号の作成、前記積算信号の作成、前記差分信号の作成、前記低周波成分に関する信号の作成、および該低周波成分に関する信号の前記原画像信号への加算を、下記の式

$$Sproc = Sorg + D\ (Sorg - Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN))$$

$$Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN) = (1/N) \cdot \{f_1(Sorg - Sus1) + f_2(Sorg - Sus2) + f_k(Sorg - Susk) + \cdots + f_N(Sorg - SusN)\}$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～N）：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=1～N）：前記各帯域制限画像信号を変換する関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））
にしたがって行うことを特徴とする請求項１から７のいずれか１項記載のダイナミックレンジ圧縮処理方法。

【請求項１０】

前記帯域制限画像信号の作成、前記変換画像信号の作成、前記積算信号の作成、前記差分信号の作成、前記低周波成分に関する信号の作成、および該低周波成分に関する信号の前記原画像信号への加算を、下記の式

$$Sproc = Sorg + D\ (Sorg - Fdrc\ (Sus1, Sus2, \cdots SusN))$$

$$Fdrc\ (Sus1, Sus2, \cdots SusN) = \{f_2(Sus1 - Sus2) + f_3(Sus2 - Sus3) + \cdots + f_k(Susk\text{-}1 - Susk) + \cdots + f_N(SusN\text{-}1 - SusN)\}$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～N）：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=2～N）：前記各帯域制限画像信号を変換する関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））
にしたがって行うことを特徴とする請求項１から４のいずれか１項記載のダイナミックレンジ圧縮処理方法。

【請求項１１】

前記帯域制限画像信号の作成、前記変換画像信号の作成、前記低周波成分に関する信号の作成、および該低周波成分に関する信号の前記原画像信号への加算を、下記の式

$$Sproc = Sorg + D\ (Sorg - Fdrc\ (Sus1, Sus2, \cdots SusN))$$

$$Fdrc\ (Sus1, Sus2, \cdots SusN) = (1/N) \cdot \{f_2(Sus1 - Sus2) + f_3(Sus1 - Sus3) + \cdots + f_k(Sus1 - Susk) + \cdots + f_N(Sus1 - SusN)\}$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～N）：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=2～N）：前記各帯域制限画像信号を変換する関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））
にしたがって行うことを特徴とする請求項１から４のいずれか１項記載のダイナミックレンジ圧縮処理方法。

【請求項１２】

前記各変換画像信号の作成を、前記帯域制限画像信号を、該帯域制限画像信号の絶対値に基づいて決まる該絶対値以下の値となるように変換することにより抑制画像信号を作成し、
前記原画像信号および前記複数の非鮮鋭マスク画像信号に基づいて、前記抑制画像信号の作成に使用された帯域制限画像信号よりも低い周波数帯域の信号を含む補助画像信号を作成し、
該補助画像信号を、該補助画像信号の絶対値が小さいほど１に近く、大きいほど０に近い値となるように変換することにより前記抑制画像信号にそれぞれ対応する倍率信号を作成し、
前記抑制画像信号に、該抑制画像信号に対応する前記倍率信号を乗ずることにより行うことを特徴とする請求項１記載のダイナミックレンジ圧縮処理方法。

【請求項１３】
前記帯域制限画像信号の作成、前記変換画像信号の作成、前記積算信号の作成、前記差分信号の作成、前記低周波成分に関する信号の作成、および該低周波成分に関する信号の前記原画像信号への加算を、下記の式

$$Sproc = Sorg + D\ (Sorg - Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN))$$

$$Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN)$$
$$= \{ f_1(Sorg - Sus1) \cdot g\ (Sus1 - Sus2) + f_2(Sus1 - Sus2) \cdot g\ (Sus2 - Sus3) + \cdots + f_k(Susk\text{-}1 - Susk) \cdot g\ (Susk - Susk\text{+}1) + \cdots + f_N(SusN\text{-}1 - SusN) \cdot g\ (SusN - SusN\text{+}1) \}$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～N+1) ：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=1～N) ：前記各帯域制限画像信号を変換して前記抑制信号を作成するための関数
ｇ：前記各補助画像信号を変換して前記倍率信号を作成するための関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））
にしたがって行うことを特徴とする請求項１または１２記載のダイナミックレンジ圧縮処理方法。

【請求項１４】
前記帯域制限画像信号の作成、前記変換画像信号の作成、前記積算信号の作成、前記差分信号の作成、前記低周波成分に関する信号の作成、および該低周波成分に関する信号の前記原画像信号への加算を、下記の式

$$Sproc = Sorg + D\ (Sorg - Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN))$$

$$Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN)$$
$$= \{ f_1(Sorg - Sus1) \cdot g\ (Sorg - Sus2) + f_2(Sus1 - Sus2) \cdot g\ (Sorg - Sus3) + \cdots + f_k(Susk\text{-}1 - Susk) \cdot g\ (Sorg - Susk\text{+}1) + \cdots + f_N(SusN\text{-}1 - SusN) \cdot g\ (Sorg - SusN\text{+}1) \}$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～N+1) ：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=1～N) ：前記各帯域制限画像信号を変換して前記抑制信号を作成するための関数

ｇ：前記各補助画像信号を変換して前記倍率信号を作成するための関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））　にしたがって行うことを特徴とする請求項１または１２記載のダイナミックレンジ圧縮処理方法。

【請求項１５】
前記各変換画像信号の作成を、変換される帯域制限画像信号である被変換帯域制限画像信号よりも低い周波数帯域の帯域制限画像信号である低周波側帯域制限画像信号を、原点をとおり該原点における傾きがほぼ０で、処理される値が大きくなるにつれて該傾きが漸増する非線形関数に基づいて変換することにより前記被変換帯域制限画像信号の補助画像信号を作成し、
該補助画像信号を前記被変換帯域制限画像信号に加算することにより複合帯域制限画像信号を作成し、
該複合帯域制限画像信号を、該複合帯域制限画像信号の絶対値に基づいて決まる該絶対値以下の値となるように変換することにより行うことを特徴とする請求項１記載のダイナミックレンジ圧縮処理方法。

【請求項１６】
前記帯域制限画像信号の作成、前記変換画像信号の作成、前記積算信号の作成、前記差分信号の作成、前記低周波成分に関する信号の作成、および該低周波成分に関する信号の前記原画像信号への加算を、下記の式

$$Sproc = Sorg + D\left(Sorg - Fdrc\left(Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN\right)\right)$$

$$Fdrc\left(Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN\right) = \left[f_1\{(Sorg - Sus1) + g(Sus1 - Sus2)\} + f_2\{(Sus1 - Sus2) + g(Sus2 - Sus3)\} + \cdots + f_k\{(Susk\text{-}1 - Susk) + g(Susk - Susk\text{+}1)\} + \cdots + f_N\{(SusN\text{-}1 - SusN) + g(SusN - SusN\text{+}1)\} \right]$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～N+1）：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=1～N）：前記各複合帯域制限画像信号を変換するための関数
ｇ：前記各帯域制限画像信号を変換して前記補助画像信号を作成するための関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））
にしたがって行うことを特徴とする請求項１または１５記載のダイナミックレンジ圧縮処理方法。

【請求項１７】
前記複数の変換画像信号の作成を、前記原画像を撮影した際の撮影部位に応じて、前記各帯域制限画像信号を変換することにより行うことを特徴とする請求項１から１６のいずれか１項記載のダイナミックレンジ圧縮処理方法。

【請求項１８】
前記原画像が断層撮影により得られた流れ像を含むものであり、前記複数の非鮮鋭マスク画像信号の作成を、前記原画像信号に対して該流れ像の方向に沿う１次元非鮮鋭マスクによりマスク処理を施すことにより行うことを特徴とする請求項１から１７記載のダイナミックレンジ圧縮処理方法。

【請求項１９】
原画像を表す原画像信号に、該原画像の低周波成分に関する信号を加算することにより、該原画像のダイナミックレンジを圧縮するダイナミックレンジ圧縮処理装置において、
前記原画像信号に基づいて、互いに周波数応答特性が異なる複数の非鮮鋭マスク画像信号

を作成する非鮮鋭マスク画像信号作成手段と、
前記原画像信号および前記複数の非鮮鋭マスク画像信号、または前記複数の非鮮鋭マスク画像信号に基づいて、前記原画像信号の複数の周波数帯域ごとの信号を表す複数の帯域制限画像信号を作成する帯域制限画像信号作成手段と、
該各帯域制限画像信号のうち少なくとも１つの信号について、該帯域制限画像信号の少なくとも一部を小さくするような変換処理を施して複数の変換画像信号を作成する変換手段と、
該各変換画像信号を積算することにより積算信号を作成する積算手段と、
該積算信号を前記原画像信号から減算して差分信号を作成する減算手段と、
該差分信号を変換することにより前記原画像信号に加算する前記低周波成分に関する信号を得る圧縮処理手段を有することを特徴とするダイナミックレンジ圧縮処理装置。

【請求項２０】
前記変換手段が、前記複数の変換画像信号を、前記帯域制限画像信号の絶対値が所定の閾値より大きい帯域制限画像信号については、該帯域制限画像信号の絶対値を小さくするように、該各帯域制限画像信号を変換することにより作成する手段であることを特徴とする請求項１９記載のダイナミックレンジ圧縮処理装置。

【請求項２１】
前記変換手段が、前記複数の変換画像信号を、前記各帯域制限画像信号の絶対値が所定の閾値より大きいほど該帯域制限画像信号の絶対値を小さくするとともに、前記各帯域制限画像信号の絶対値が該所定の閾値よりも小さい他の閾値よりも小さいほど該帯域制限画像信号の絶対値を小さくするように、該各帯域制限画像信号を変換することにより作成する手段であることを特徴とする請求項２０記載のダイナミックレンジ圧縮処理装置。

【請求項２２】
前記変換手段が、前記複数の変換画像信号を、前記各帯域制限画像信号の周波数帯域に応じて該各帯域制限画像信号の絶対値の大きさを変化させるように、該各帯域制限画像信号を変換することにより作成する手段であることを特徴とする請求項２０または２１記載のダイナミックレンジ圧縮処理装置。

【請求項２３】
前記変換手段が、前記複数の変換画像信号を、前記各帯域制限画像信号を、前記周波数帯域ごとに異なる複数の関数に基づいて、該帯域制限画像信号の絶対値に基づいて決まる該絶対値以下の値となるように変換することにより作成する手段であることを特徴とする請求項１９記載のダイナミックレンジ圧縮処理装置。

【請求項２４】
前記変換画像信号の作成に使用される各関数が、前記帯域制限画像信号の絶対値が所定の値より大きい帯域制限画像信号については、該変換画像信号の値がほぼ一定の値となるように該帯域制限画像信号を変換する関数であり、該関数が低周波帯域を処理する関数であるほど、前記所定の値が小さい値であることを特徴とする請求項２３記載のダイナミックレンジ圧縮処理装置。

【請求項２５】
前記変換画像信号の作成に使用される各関数が、該関数が低周波帯域を処理する関数であるほど、前記帯域制限画像信号の絶対値が０近傍の所定の範囲内の値である帯域制限画像信号を変換した際に得られる該変換画像信号の絶対値が小さい値であることを特徴とする請求項２３または２４項記載のダイナミックレンジ圧縮処理装置。

【請求項２６】
前記帯域制限画像信号の作成、前記変換画像信号の作成、前記積算信号の作成、前記差分信号の作成、前記低周波成分に関する信号の作成、および該低周波成分に関する信号の前記原画像信号への加算を、下記の式

$$Sproc = Sorg + D\ (Sorg - Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN))$$

$$Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN) = \{f_1(Sorg - Sus1) + f_2(Sus1 - Sus2) + \cdots + f_k(Susk\text{-}1 - Susk) + \cdots + f_N(SusN\text{-}1 - SusN)\}$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～N）：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=1～N）：前記各帯域制限画像信号を変換する関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））
にしたがって行うことを特徴とする請求項１９から２５のいずれか１項記載のダイナミックレンジ圧縮処理装置。

【請求項２７】

前記帯域制限画像信号の作成、前記変換画像信号の作成、前記積算信号の作成、前記差分信号の作成、前記低周波成分に関する信号の作成、および該低周波成分に関する信号の前記原画像信号への加算を、下記の式

$$Sproc = Sorg + D\ (Sorg - Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN))$$

$$Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN) = (1/N) \cdot \{f_1(Sorg - Sus1) + f_2(Sorg - Sus2) + \cdots + f_k(Sorg - Susk) + \cdots + f_N(Sorg - SusN)\}$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～N）：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=1～N）：前記各帯域制限画像信号を変換する関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））
にしたがって行うことを特徴とする請求項１９から２５のいずれか１項記載のダイナミックレンジ圧縮処理装置。

【請求項２８】

前記帯域制限画像信号の作成、前記変換画像信号の作成、前記積算信号の作成、前記差分信号の作成、前記低周波成分に関する信号の作成、および該低周波成分に関する信号の前記原画像信号への加算を、下記の式

$$Sproc = Sorg + D\ (Sorg - Fdrc\ (Sus1, Sus2, \cdots SusN))$$

$$Fdrc\ (Sus1, Sus2, \cdots SusN) = \{f_2(Sus1 - Sus2) + f_3(Sus2 - Sus3) + \cdots + f_k(Susk\text{-}1 - Susk) + \cdots + f_N(SusN\text{-}1 - SusN)\}$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～N）：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=2～N）：前記各帯域制限画像信号を変換する関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））
にしたがって行うことを特徴とする請求項１９から２２のいずれか１項記載のダイナミックレンジ圧縮処理装置。

【請求項２９】
前記帯域制限画像信号の作成、前記変換画像信号の作成、前記積算信号の作成、前記差分信号の作成、前記低周波成分に関する信号の作成、および該低周波成分に関する信号の前記原画像信号への加算を、下記の式

$$Sproc = Sorg + D\ (Sorg - Fdrc\ (Sus1, Sus2, \cdots SusN))$$

$$Fdrc\ (Sus1, Sus2, \cdots SusN) = (1/N) \cdot \{f_2(Sus1 - Sus2) + f_3(Sus1 - Sus3) + \cdots + f_k(Sus1 - Susk) + \cdots + f_N(Sus1 - SusN)\}$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～N）：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=2～N）：前記各帯域制限画像信号を変換する関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））
にしたがって行うことを特徴とする請求項１９から２２のいずれか１項記載のダイナミックレンジ圧縮処理装置。
【請求項３０】
前記変換手段が、前記帯域制限画像信号を、該帯域制限画像信号の絶対値に基づいて決まる該絶対値以下の値となるように変換することにより抑制画像信号を作成する抑制画像信号作成手段と、
前記原画像信号および前記複数の非鮮鋭マスク画像信号に基づいて、前記抑制画像信号の作成に使用された帯域制限画像信号よりも低い周波数帯域の信号を含む補助画像信号を作成する補助画像信号作成手段と、
該補助画像信号を、該補助画像信号の絶対値が小さいほど１に近く、大きいほど０に近い値となるように変換することにより前記抑制画像信号にそれぞれ対応する倍率信号を作成する倍率信号作成手段と、
前記抑制画像信号に、該抑制画像信号に対応する前記倍率信号を乗ずる乗算手段とからなることを特徴とする請求項１９記載のダイナミックレンジ圧縮処理装置。
【請求項３１】
前記帯域制限画像信号の作成、前記変換画像信号の作成、前記積算信号の作成、前記差分信号の作成、前記低周波成分に関する信号の作成、および該低周波成分に関する信号の前記原画像信号への加算を、下記の式

$$Sproc = Sorg + D\ (Sorg - Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN))$$

$$Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN) = \{f_1(Sorg - Sus1) \cdot g\ (Sus1 - Sus2) + f_2(Sus1 - Sus2) \cdot g\ (Sus2 - Sus3) + \cdots + f_k(Susk\text{-}1 - Susk) \cdot g\ (Susk - Susk\text{+}1) + \cdots + f_N(SusN\text{-}1 - SusN) \cdot g\ (SusN - SusN\text{+}1)\}$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～N+1）：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=1～N）：前記各帯域制限画像信号を変換して前記抑制信号を作成するための関数
ｇ：前記各補助画像信号を変換して前記倍率信号を作成するための関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））

にしたがって行うことを特徴とする請求項１９または３０記載のダイナミックレンジ圧縮処理装置。

【請求項３２】

前記帯域制限画像信号の作成、前記変換画像信号の作成、前記積算信号の作成、前記差分信号の作成、前記低周波成分に関する信号の作成、および該低周波成分に関する信号の前記原画像信号への加算を、下記の式

$$Sproc = Sorg + D(Sorg - Fdrc(Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN))$$

$$Fdrc(Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN) = \{f_1(Sorg - Sus1) \cdot g(Sorg - Sus2) + f_2(Sus1 - Sus2) \cdot g(Sorg - Sus3) + \cdots + f_k(Susk\text{-}1 - Susk) \cdot g(Sorg - Susk+1) + \cdots + f_N(SusN\text{-}1 - SusN) \cdot g(Sorg - SusN+1)\}$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～N+1) ：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=1～N）：前記各帯域制限画像信号を変換して前記抑制信号を作成するための関数
ｇ：前記各補助画像信号を変換して前記倍率信号を作成するための関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数
（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））　にしたがって行うことを特徴とする請求項１９または３０記載のダイナミックレンジ圧縮処理装置。

【請求項３３】

前記変換手段が、変換される帯域制限画像信号である被変換帯域制限画像信号よりも低い周波数帯域の帯域制限画像信号である低周波側帯域制限画像信号を、原点をとおり該原点における傾きがほぼ０で、処理される値が大きくなるにつれて該傾きが漸増する非線形関数に基づいて変換することにより前記被変換帯域制限画像信号の補助画像信号を作成する補助画像信号作成手段と、
該補助画像信号を前記被変換帯域制限画像信号に加算することにより複合帯域制限画像信号を作成する復号帯域制限画像信号作成手段と、
該複合帯域制限画像信号を、該複合帯域制限画像信号の絶対値に基づいて決まる該絶対値以下の値となるように変換することにより前記変換画像信号を作成する変換画像信号作成手段とからなることを特徴とする請求項１９記載のダイナミックレンジ圧縮処理装置。

【請求項３４】

前記帯域制限画像信号の作成、前記変換画像信号の作成、前記積算信号の作成、前記差分信号の作成、前記低周波成分に関する信号の作成、および該低周波成分に関する信号の前記原画像信号への加算を、下記の式

Ｓproc＝Ｓorg ＋Ｄ（Ｓorg －Ｆdrc （Ｓorg,Ｓus1,Ｓus2,…ＳusN））Ｆdrc （Ｓorg,Ｓus1,Ｓus2,…ＳusN）＝［f_1｛（Ｓorg －Ｓus1)＋ｇ（Ｓus1－Ｓus2）｝＋f_2｛（Ｓus1 －Ｓus2)＋ｇ（Ｓus2－Ｓus3）｝＋…＋f_k｛（Ｓusk-1－Ｓusk)＋ｇ（Ｓusk－Ｓusk+1）｝＋…＋f_N｛（ＳusN-1－ＳusN)＋ｇ（ＳusN－ＳusN+1）｝］

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～N+1）：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=1～N）：前記各複合帯域制限画像信号を変換するための関数
ｇ：前記各帯域制限画像信号を変換して前記補助画像信号を作成するための関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められる
ダイナミックレンジ圧縮係数
（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））

にしたがって行うことを特徴とする請求項１９または３３記載のダイナミックレンジ圧縮処理装置。

【請求項３５】

前記変換手段が、前記複数の変換画像信号を、前記原画像を撮影した際の撮影部位に応じて、前記各帯域制限画像信号を変換することにより作成する手段であることを特徴とする請求項１９から３４のいずれか１項記載のダイナミックレンジ圧縮処理装置。

【請求項３６】

前記原画像が断層撮影により得られた流れ像を含むものであり、前記非鮮鋭マスク画像信号作成手段が、前記複数の非鮮鋭マスク画像信号を、前記原画像信号に対して該流れ像の方向に沿う１次元非鮮鋭マスクによりマスク処理を施すことにより作成する手段であることを特徴とする請求項１９から３５記載のダイナミックレンジ圧縮処理装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は原画像を表す原画像信号を処理して原画像よりもダイナミックレンジの狭い画像を担持する処理済画像信号を求める画像のダイナミックレンジ圧縮処理方法および装置に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】

画像を表す画像信号を得、この画像信号に適切な画像処理を施した後、画像を再生表示することが種々の分野で行われている。非鮮鋭マスク（以下ボケマスクという）を用いた画像処理は、このような画像処理の１つであり、例えば本出願人が特開昭55-163472 号公報、特開昭55-87953号公報等により提案している周波数強調処理などに適用されている。

【０００３】

このような画像処理では、非鮮鋭マスク画像信号（以下ボケ画像信号という）は、原画像信号に基づく所定の演算によって作成される。原画像信号Ｓorgに基づいてボケ画像信号Ｓusを作成する方法としては、例えばその原画像を構成する画素の１画素おきに、各画素の周囲のＭ×Ｎの範囲内の原画像信号Ｓorg について、

Ｓus＝Σ Ｓorg ／（Ｍ×Ｎ）　　…（１）

なる演算を行うといった方法が用いられている。

【０００４】

本出願人は、このボケ画像信号を用いて、原画像の最高濃度と最低濃度との差すなわちダイナミックレンジを狭めるように高濃度域もしくは低濃度域あるいは画像全体のコントラストを下げる画像のダイナミックレンジ圧縮処理方法を提案している（例えば特開平3-222577号）。この方法は、原画像に基づいてボケ画像信号Ｓusを求め、このボケ画像信号Ｓusの値が増大するにつれて単調減少する関数をｆ（Ｓus）としたとき、下記の式（２）

Ｓproc＝Ｓorg ＋ｆ（Ｓus）　　…（２）

にしたがって原画像よりもダイナミックレンジの狭い画像を担持する処理済画像信号Ｓprocを求めるものである。この方法によれば、低濃度領域のみならず高濃度領域のダイナミックレンジをも良好に圧縮でき、また関数ｆ（Ｓus）の微係数を連続させることにより、偽輪郭が生じる問題もなくなり、濃度域を圧縮することにより画像内の適正観察領域を広げるとともに、各領域内の微細構造の観察適正をも確保することができる。

【０００５】

また、いわゆる断層撮影法（たとえば、特開昭58-67245号公報参照）により得られた放射線画像（断層撮影画像）中の観察の対象となる中央領域において、撮影対象とされた断層面以外に存在する放射線透過量の大きく変化した部分の像が記録シートの移動方向に沿って生ずる障害陰影（以下これを流れ像と称する）を除去するための画像処理方法も行われている（たとえば特開平3-276265号等）。この方法は、断層撮影により得られた放射線画像の画像信号のうち、流れ像に対応する低空間周波数成分を除去することにより、流れ像が除去された画像を生成するようにしたものである。

【０００６】
【発明が解決しようとする課題】
上記ボケ画像信号を用いたダイナミックレンジ圧縮処理方法では、画像の濃度が急激に変化しているエッジ部の近傍においてボケ画像信号を作成する場合、図35に示すようにＭ×Ｎのマスク内にエッジ部が含まれてしまうため、そのボケ画像信号がエッジ部の濃度に影響されてしまい、このボケ画像信号により処理が行われた画像に、オーバーシュート、アンダーシュートあるいは偽輪郭などのアーチファクトが発生し、これにより画質が低下してしまうという問題がある。
【０００７】
本発明は上記事情に鑑み、エッジ部近傍にアーチファクトを発生させることなくダイナミックレンジ圧縮処理を行うことができるダイナミックレンジ圧縮処理方法および装置を提供することを目的とするものである。
【０００８】
【課題を解決するための手段】
本発明の画像のダイナミックレンジ圧縮処理方法および装置は、原画像を表す原画像信号に、該原画像の低周波成分に関する信号を加算することにより、該原画像のダイナミックレンジを圧縮するダイナミックレンジ圧縮処理方法において、前記原画像信号に基づいて、互いに周波数応答特性が異なる複数の非鮮鋭マスク画像信号を作成し、前記原画像信号および前記複数の非鮮鋭マスク画像信号、または前記複数の非鮮鋭マスク画像信号に基づいて、前記原画像信号の複数の周波数帯域ごとの信号を表す複数の帯域制限画像信号を作成し、該各帯域制限画像信号のうち少なくとも１つの信号について、該帯域制限画像信号の少なくとも一部を小さくするような変換処理を施して複数の変換画像信号を作成し、該各変換画像信号を積算することにより積算信号を作成し、該積算信号を前記原画像信号から減ずることにより差分信号を作成し、該差分信号を変換することにより前記原画像信号に加算する前記低周波成分に関する信号を得ることを特徴とするものである。
【０００９】
前記複数の変換画像信号の作成は、前記帯域制限画像信号の絶対値が所定の閾値より大きい帯域制限画像信号については、該帯域制限画像信号の絶対値を小さくするように、該各帯域制限画像信号を変換することが望ましい。この際、前記各帯域制限画像信号の絶対値が所定の閾値より大きいほど該帯域制限画像信号の絶対値を小さくするとともに、前記各帯域制限画像信号の絶対値が該所定の閾値よりも小さい他の閾値よりも小さいほど該帯域制限画像信号の絶対値を小さくするように、該各帯域制限画像信号を変換することにより行ってもよい。また、前記各帯域制限画像信号の周波数帯域に応じて該各帯域制限画像信号の絶対値の大きさを変化させるように、該各帯域制限画像信号を変換することにより行ってもよい。
【００１０】
また、前記複数の変換画像信号の作成は、前記各帯域制限画像信号を、前記周波数帯域ごとに異なる複数の関数に基づいて、該帯域制限画像信号の絶対値に基づいて決まる該絶対値以下の値となるように変換することにより行ってもよい。この際、前記変換画像信号の作成に使用される各関数は、前記帯域制限画像信号の絶対値が所定の値より大きい帯域制限画像信号については、該変換画像信号の値がほぼ一定の値となるように該帯域制限画像信号を変換する関数であり、該関数が低周波帯域を処理する関数であるほど、前記所定の値が小さい値であることが望ましい。さらに、前記変換画像信号の作成に使用される各関数は、該関数が低周波帯域を処理する関数であるほど、前記帯域制限画像信号の絶対値が０近傍の所定の範囲内の値である帯域制限画像信号を変換した際に得られる該変換画像信号の絶対値が小さい値であることが望ましい。
【００１１】
なお、前記帯域制限画像信号の作成、前記変換画像信号の作成、前記積算信号の作成、前記差分信号の作成、前記低周波成分に関する信号の作成、および該低周波成分に関する信号の前記原画像信号への加算は、具体的には、下記の式

$$Sproc = Sorg + D\ (Sorg - Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN))$$

$$Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN) = \{f_1(Sorg - Sus1) + f_2(Sus1 - Sus2) + \cdots + f_k(Susk\text{-}1 - Susk) + \cdots + f_N(SusN\text{-}1 - SusN)\}$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～N）：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=1～N）：前記各帯域制限画像信号を変換する関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））
にしたがって行うことが望ましい。

【００１２】

あるいは、下記の式

$$Sproc = Sorg + D\ (Sorg - Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN))$$

$$Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN) = (1/N) \cdot \{f_1(Sorg - Sus1) + f_2(Sorg - Sus2) + f_k(Sorg - Susk) + \cdots + f_N(Sorg - SusN)\}$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～N）：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=1～N）：前記各帯域制限画像信号を変換する関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））
にしたがって行ってもよい。

【００１３】

また、前記複数の変換画像信号を、前記帯域制限画像信号の絶対値が所定の閾値より大きい帯域制限画像信号について、該帯域制限画像信号の絶対値を小さくするように、該各帯域制限画像信号を変換することにより作成する場合には、前記帯域制限画像信号の作成、前記変換画像信号の作成、前記積算信号の作成、前記差分信号の作成、前記低周波成分に関する信号の作成、および該低周波成分に関する信号の前記原画像信号への加算を、下記の式

$$Sproc = Sorg + D\ (Sorg - Fdrc\ (Sus1, Sus2, \cdots SusN))$$

$$Fdrc\ (Sus1, Sus2, \cdots SusN) = \{f_2(Sus1 - Sus2) + f_3(Sus2 - Sus3) + \cdots + f_k(Susk\text{-}1 - Susk) + \cdots + f_N(SusN\text{-}1 - SusN)\}$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～N）：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=2～N）：前記各帯域制限画像信号を変換する関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））
にしたがって行ってもよい。

【００１４】

あるいは、同様に、前記複数の変換画像信号を、前記帯域制限画像信号の絶対値が所定の

閾値より大きい帯域制限画像信号について、該帯域制限画像信号の絶対値を小さくするように、該各帯域制限画像信号を変換することにより作成する場合には、上記処理を下記の式

$$Sproc = Sorg + D\ (Sorg - Fdrc\ (Sus1, Sus2, \cdots SusN))$$

$$Fdrc\ (Sus1, Sus2, \cdots SusN) = (1/N) \cdot \{f_2(Sus1 - Sus2) + f_3(Sus1 - Sus3) + \cdots + f_k(Sus1 - Susk) + \cdots + f_N(Sus1 - SusN)\}$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～N）：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=2～N）：前記各帯域制限画像信号を変換する関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））
にしたがって行ってもよい。

【００１５】

さらに、前記各変換画像信号の作成は、前記帯域制限画像信号を、該帯域制限画像信号の絶対値に基づいて決まる該絶対値以下の値となるように変換することにより抑制画像信号を作成し、前記原画像信号および前記複数の非鮮鋭マスク画像信号に基づいて、前記抑制画像信号の作成に使用された帯域制限画像信号よりも低い周波数帯域の信号を含む補助画像信号を作成し、該補助画像信号を、該補助画像信号の絶対値が小さいほど１に近く、大きいほど０に近い値となるように変換することにより前記抑制画像信号にそれぞれ対応する倍率信号を作成し、前記抑制画像信号に、該抑制画像信号に対応する前記倍率信号を乗ずることにより行ってもよい。

【００１６】

これは、具体的には、前記帯域制限画像信号の作成、前記変換画像信号の作成、前記積算信号の作成、前記差分信号の作成、前記低周波成分に関する信号の作成、および該低周波成分に関する信号の前記原画像信号への加算を、下記の式

$$Sproc = Sorg + D\ (Sorg - Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN))$$

$$Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN) = \{f_1(Sorg - Sus1) \cdot g\ (Sus1 - Sus2) + f_2(Sus1 - Sus2) \cdot g\ (Sus2 - Sus3) + \cdots + f_k(Susk-1 - Susk) \cdot g\ (Susk - Susk+1) + \cdots + f_N(SusN-1 - SusN) \cdot g\ (SusN - SusN+1)\}$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～N+1）：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=1～N）：前記各帯域制限画像信号を変換して前記抑制信号を作成するための関数
ｇ：前記各補助画像信号を変換して
前記倍率信号を作成するための関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））
にしたがって行うことが望ましい。

【００１７】

あるいは、下記の式

$$Sproc = Sorg + D\ (Sorg - Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN))$$

$$Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN) = \{ f_1(Sorg - Sus1) \cdot g\ (Sorg - Sus2) + f_2(Sus1 - Sus2) \cdot g\ (Sorg - Sus3) + \cdots + f_k(Susk\text{-}1 - Susk) \cdot g\ (Sorg - Susk+1) + \cdots + f_N(SusN\text{-}1 - SusN) \cdot g\ (Sorg - SusN+1) \}$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～N+1）：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=1～N）：前記各帯域制限画像信号を変換して前記抑制信号を作成するための関数
ｇ：前記各補助画像信号を変換して
前記倍率信号を作成するための関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））　にしたがって行ってもよい。

【００１８】

また、前記各変換画像信号の作成は、変換される帯域制限画像信号である被変換帯域制限画像信号よりも低い周波数帯域の帯域制限画像信号である低周波側帯域制限画像信号を、原点をとおり該原点における傾きがほぼ０で、処理される値が大きくなるにつれて該傾きが漸増する非線形関数に基づいて変換することにより前記被変換帯域制限画像信号の補助画像信号を作成し、該補助画像信号を前記被変換帯域制限画像信号に加算することにより複合帯域制限画像信号を作成し、該複合帯域制限画像信号を、該複合帯域制限画像信号の絶対値に基づいて決まる該絶対値以下の値となるように変換することにより行ってもよい。

【００１９】

これは、具体的には、前記帯域制限画像信号の作成、前記変換画像信号の作成、前記積算信号の作成、前記差分信号の作成、前記低周波成分に関する信号の作成、および該低周波成分に関する信号の前記原画像信号への加算を、下記の式

$$Sproc = Sorg + D\ (Sorg - Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN))$$

$$Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN) = [f_1 \{ (Sorg - Sus1) + g\ (Sus1 - Sus2) \} + f_2 \{ (Sus1 - Sus2) + g\ (Sus2 - Sus3) \} + \cdots + f_k \{ (Susk\text{-}1 - Susk) + g\ (Susk - Susk+1) \} + \cdots + f_N \{ (SusN\text{-}1 - SusN) + g\ (SusN - SusN+1) \}]$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～N+1）：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=1～N）：前記各複合帯域制限画像信号を変換するための関数
ｇ：前記各帯域制限画像信号を変換して前記補助画像信号を作成するための関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））
にしたがって行うことが望ましい。

【００２０】

また、上記変換画像信号の作成は、全て、前記原画像を撮影した際の撮影部位に応じて、前記各帯域制限画像信号を変換することにより行うことが望ましい。

【００２１】
さらに、前記原画像が断層撮影により得られた流れ像を含むものである場合には、前記複数の非鮮鋭マスク画像信号の作成を、前記原画像信号に対して該流れ像の方向に沿う１次元非鮮鋭マスクによりマスク処理を施すことにより行うことが望ましい。
【００２２】
【発明の効果】
本発明による画像のダイナミックレンジ圧縮方法および装置は、互いに周波数応答特性が異なる複数の非鮮鋭マスク画像信号を作成し、この非鮮鋭マスク画像信号から原画像信号の複数の周波数帯域ごとの信号を表す複数の帯域制限画像信号を作成する。この各帯域制限画像信号は、複数の非鮮鋭マスク画像信号の周波数特性に応じて、原画像をこの周波数特性に対応した周波数帯域の信号として表すものとなる。ここで、この帯域制限画像信号は、原画像の濃度変化が比較的小さいいわゆる平坦部においては、各周波数帯域において絶対値は小さくなるものである。これに対して、濃度が急激に変化するエッジ部近傍においては、帯域制限画像信号が比較的低周波数帯域である場合、すなわち非鮮鋭マスク画像信号を得る際の非鮮鋭マスクのサイズが比較的大きい場合は、そのエッジ部近傍の画素については、非鮮鋭マスクにエッジ部が含まれてしまうため、帯域制限画像信号がエッジ部の影響を受けて絶対値が比較的大きなものとなる。このように、本来エッジ部でない部分がエッジ部の濃度値の影響を受けることにより、ダイナミックレンジ圧縮処理を行うことにより得られた画像のエッジ部にはオーバーシュート、アンダーシュートなどのアーチファクトが発生してしまう。
【００２３】
本発明はこの点に鑑みてなされたものであり、帯域制限画像信号のうち少なくとも１つの信号について、その帯域制限画像信号の少なくとも一部を小さくするような変換処理を施し、この変換された各帯域制限画像信号の絶対値を積算し、これを原画像信号から減算することにより、原画像信号に加算するための低周波成分に関する信号を得るようにしたものである。このため、比較的絶対値の大きい帯域制限画像信号は、原画像信号に加算するための低周波成分に関する信号に対する影響力が小さくなり実質的の非鮮鋭マスクのサイズを小さくしたものと同様の信号となる。そしてこれにより、濃度が急激に変化するエッジ部近傍においても、アーチファクトの原因となる信号は影響力が弱められるため、ダイナミックレンジ圧縮処理を施すことにより得られる画像をアーチファクトのない良好なものとすることができる。
【００２４】
この際、帯域制限画像信号の変換方法として、帯域制限画像信号の絶対値が所定の閾値よりも大きい場合に、この絶対値が小さくなるように帯域制限画像信号を変換することにより、特に大きな信号の影響力を弱めることができる。あるいは帯域制限画像信号の絶対値が所定の閾値よりも小さい他の閾値よりも小さいほどこの帯域制限画像信号の絶対値を小さくするように補正する方法を用いれば、画像中においてノイズと見なせるような信号値の絶対値の小さい成分のレスポンスを小さくすることができ、これにより得られる画像のノイズを低減することができる。また、帯域制限画像信号の周波数帯域に応じて帯域制限画像信号の絶対値を変化させるように変換することにより、周波数帯域に応じたダイナミックレンジ圧縮処理を行うことも可能となる。
【００２５】
また、閾値よりも大きいか否かによらず、周波数帯域に応じて異なる非線形関数によって変換処理を施せば、より適切な処理を施すことが可能となり、これにより、画像処理により生成される処理済画像信号の全体の周波数特性を自在にコントロールすることもできる。これは、上記アーチファクトのみならず、周波数帯域の境界に発生する階段状のアーチファクトをも抑制するという効果を有する。
【００２６】
あるいは、変換する帯域制限画像信号よりも低い周波数帯域の画像信号を用いて、２種類の信号を加算あるいは乗算するなどして変換画像信号を作成することにより、上記階段状

のアーチファクトをさらに抑制し、より滑らかな画像信号を作成して良好な処理済画像を得ることができる。さらに、原画像を得た際の撮影部位に応じてこのような変換を行うことにより、各撮影部位に適した処理済画像を得ることができる。

【００２７】

また、上述したように断層撮影を行うことにより得られる流れ像を除去するために、非鮮鋭マスク処理を行う方法が提案されているが（特開平3-276265号）、この場合においても、急激に濃度が変化するエッジ部の近傍においてアーチファクトが発生するという問題がある。この場合、流れ像を除去するためには非鮮鋭マスクを１次元として非鮮鋭マスク画像信号を得て非鮮鋭マスク処理を行うものであるが、この非鮮鋭マスク画像信号を得る際に、互いに周波数応答特性が異なる複数の非鮮鋭マスク画像信号を得、これに基づいて上述したような帯域制限画像信号を得、この帯域制限画像信号の絶対値が比較的大きい場合は、その絶対値が小さくなるように変換してその後の処理を行うことにより、流れ像を除去するとともにアーチファクトのない良好な画像を得ることができる。

【００２８】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。図１は本発明によるダイナミックレンジ圧縮処理装置の概念を表す図である。図１に示すように本発明によるダイナミックレンジ圧縮処理装置は、入力された原画像信号Ｓorg に基づいて互いに周波数応答特性が異なる多重解像度のボケ画像信号Ｓusk （ｋ＝１～ｎ）を作成するボケ画像信号作成手段１と、ボケ画像信号作成手段１において作成されたボケ画像信号Ｓusk に基づいて複数の帯域制限画像信号を作成する帯域制限画像信号作成手段２と、帯域制限画像信号作成手段２において作成された複数の帯域制限画像信号のうち少なくとも１つの信号について、該帯域制限画像信号の少なくとも一部を小さくするような変換処理を施す変換手段３と、変換された帯域制限画像信号を積算して積算信号を作成する積算手段４と、この積算信号を原画像信号Ｓorg から減算して差分信号を作成する減算手段６と、この作成された差分信号を変換して原画像信号Ｓorg に加算して、原画像のダイナミックレンジが圧縮された処理済画像信号Ｓprocを得る圧縮処理手段７とからなる。

【００２９】

はじめに、ボケ画像信号作成手段１において行われる処理について説明する。図２はボケ画像信号作成手段１の処理を示すブロック図である。図２に示すように原画像を表すデジタルの原画像信号Ｓorgがフィルタリング処理手段10においてローパスフィルタによりフィルタリングされる。このローパスフィルタとしては、例えば図３に示すような５×１のグリッド状の１次元ガウス分布に略対応したフィルタＦを用いることができる。このフィルタＦは下記の式（３）

【００３０】

【数１】

$$f(t) = e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} \qquad \cdots(3)$$

【００３１】

において、σ＝１としたものである。ここで、フィルタＦとしてガウス信号を用いるのは、ガウス信号は周波数空間および実空間の双方において、局在性がよいためである。

【００３２】

そして、このフィルタＦにより原画像の画素のｘ方向およびｙ方向に対してフィルタリング処理を施すことにより、原画像信号Ｓorg 全体に対してフィルタリング処理が施される。

【００３３】

フィルタリング処理手段10においては、このようなフィルタＦにより以下のようにしてフ

ィルタリング処理が施される。図４はフィルタリング処理の詳細を表す図である。図４に示すように、原画像信号Ｓorg に対し、図３に示すフィルタＦにより１画素おきにフィルタリング処理が施される。そしてこのフィルタリング処理により、フィルタリング処理画像信号B_1が得られる。このフィルタリング処理画像信号B_1は、原画像に対するサイズが１／４（ｘ方向、ｙ方向にそれぞれ１／２）となっている。次いで、再度フィルタＦによりフィルタリング処理画像信号B_1に対して１画素おきにフィルタリング処理が施される。そしてこのようなフィルタＦによるフィルタリング処理が繰り返し施されることにより、ｎ個のフィルタリング処理画像信号B_k（k=1～n）が得られる。このフィルタリング処理画像信号B_kは、原画像に対してサイズが$1/2^{2k}$となっている。この際、フィルタリング処理画像信号B_kの周波数特性は図５に示されるようなものとなる。図５に示されるようにフィルタリング処理画像信号B_kのレスポンスはｋが大きいほど高周波成分が除去されたものとなっている（但し、図５においてはk=1～3としている）。

【００３４】

なお、上記実施の形態においては、図３に示す１次元フィルタＦにより、原画像のｘ方向およびｙ方向に対してフィルタリング処理が施されるようになっているが、図６に示すような５×５の２次元フィルタにより原画像信号Ｓorg およびフィルタリング処理画像信号に対して一度にフィルタリング処理が施されるようにしてもよい。

【００３５】

次いで、このようにして得られたフィルタリング処理画像信号B_kに対して図２に示される補間演算処理手段11において補間演算処理が施され、これにより原画像と同一の大きさの多重解像度のボケ画像が得られる。以下この補間演算処理について説明する。

【００３６】

補間演算の方法としては、Ｂスプラインによる方法など種々の方法が挙げられるが、本発明による実施の形態においては、ローパスフィルタとしてガウス信号に基づくフィルタＦを用いているため、補間演算を行うための補間係数としてもガウス信号を用いるものとする。ここで、ガウス信号を用いた補間係数とは、下記の式（４）

【００３７】

【数２】

$$I(t) = 2 \cdot \sigma \cdot e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} \quad \cdots(4)$$

【００３８】

において、$\sigma = 2^{k-1}$と近似したものを用いる。

【００３９】

フィルタリング処理画像信号B_1を補間する際には、ｋ＝１であるためσ＝１となる。上記式（４）において、σ＝１としたときの補間を行うためのフィルタは、図７に示すように５×１の１次元フィルタとなる。まずフィルタリング処理画像信号B_1に対して１画素おきに値が０の画素を１つずつ補間することによりフィルタリング処理画像信号B_1が原画像と同一のサイズに拡大される。このように値が０の画素が補間されたフィルタリング処理画像信号B_1を１次元的に図８に示す。そして、この補間されたフィルタリング処理画像信号B_1に対して上述した図７に示すフィルタF_1によりフィルタリング処理が施される。

【００４０】

ここで、図７に示すフィルタF_1は５×１のフィルタであるが、図８に示すようにフィルタリング処理画像信号B_1は１画素おきに値が０の画素が補間されている。したがって、フィルタリング処理画像B_1に対してフィルタF_1により施されるフィルタリング処理は、実質的には２×１のフィルタ（0.5，0.5）および３×１のフィルタ（0.1，0.8，0.1）

の２種類のフィルタにより、施されるフィルタリング処理と等価なものとなる。そしてこのフィルタリング処理により、原画像信号Ｓorg と同一データ数、すなわち原画像と同一サイズのボケ画像の信号$Ｓus_1$が得られる。

【００４１】

次いで、フィルタリング処理画像信号$Ｂ_2$ に対してフィルタリング処理が施される。フィルタリング処理画像信号$Ｂ_2$ を補間する際には、ｋ＝２であるため、σ＝２となる。上記式（４）において、σ＝２としたときの補間を行うためのフィルタは、図９に示すように１１×１の１次元フィルタとなる。そして、まずフィルタリング処理画像信号$Ｂ_2$ に対して図10のように１画素おきに値が０の画素を３つずつ補間することによりフィルタリング処理画像信号$Ｂ_2$ が原画像と同一のサイズに拡大される。値が０の画素が補間されたこのフィルタリング処理画像信号$Ｂ_2$ に対して上述した図９に示すフィルタ$Ｆ_2$ によるフィルタリング処理が施される。

【００４２】

ここで、図９に示すフィルタ$Ｆ_2$ は１１×１のフィルタであるが、図10に示すようにフィルタリング処理画像信号$Ｂ_2$ は１画素おきに値が０の画素が３つずつ補間されている。したがって、フィルタリング処理画像信号$Ｂ_2$ に対してフィルタ$Ｆ_2$ により施されるフィルタリング処理は、実質的には２×１のフィルタ（0.5，0.5）および３×１のフィルタ（0.3，0.65，0.05）、（0.13，0.74，0.13）および（0.05，0.65，0.3）の４種類のフィルタにより施されるフィルタリング処理と等価なものとなる。そしてこのフィルタリング処理により、原画像信号Ｓorg と同一データ数のボケ画像信号$Ｓus_2$が得られる。

【００４３】

そしてこのようなフィルタリング処理が全てのフィルタリング処理画像信号$Ｂ_k$ に対して行われる。フィルタリング処理画像信号$Ｂ_k$ を補間する際には、上記式（４）に基づいて、$３×２^k$ －１の長さのフィルタを作成し、フィルタリング処理画像信号$Ｂ_k$ の各画素の間に値が０の画素を２^k －１個ずつ補間することにより、原画像と同一サイズに拡大する。この値が０の画素が補間されたフィルタリング処理画像信号$Ｂ_k$ に対して$３×２^k$ －１の長さのフィルタにより、フィルタリング処理が行われる。

【００４４】

ここで、この$３×２^k$ －１の長さのフィルタにより施されるフィルタリング処理は、２^k 周期で長さが２または３のフィルタにより施されるフィルタリング処理と等価なものとなる。そしてこのフィルタリング処理により、ｎ個のボケ画像信号Ｓusk が得られる。このボケ画像信号Ｓusk を可視像として表すと、結果としてそれぞれ解像度が異なる、すなわち周波数応答特性が異なる多重解像度のボケ画像となる。このように、フィルタは長くなるものの、実質的には長さが２または３のフィルタによりフィルタリング処理を施していることと同様であるため、演算量は、フィルタが長くなろうともそれほど多くはならないものである。このため、演算量を減らして、多重解像度のボケ画像信号Ｓusk を高速に作成することが可能となる。

【００４５】

なお、本実施の形態においては、長さが$３×２^k$ －１の１次元のフィルタにより画像のｘ方向およびｙ方向にフィルタリング処理が施されるようになっているが、予め２次元状のフィルタを作成しておき、このフィルタによりフィルタリング処理画像に対するフィルタリング処理を施すことにより、ボケ画像信号Ｓusk が得られるようにしてもよい。この場合、フィルタリング処理画像に対して、補間演算を行うためのフィルタリング処理に使用するフィルタは、（$３×２^k$ －１）×（$３×２^k$ －１）のフィルタとなるが、上述した１次元のフィルタを用いる場合と同様に、これは２^k 周期で２×２または３×３のフィルタにより施されるフィルタリング処理と等価なものとなり、上述した１次元フィルタを用いる場合と同様に、フィルタのサイズが大きくなっても、フィルタリング処理を行うための演算量は実質的にはそれほど大きくならないものである。

【００４６】

このようにして得られたボケ画像信号Ｓusk の周波数特性を図11に示す。図11に示すよう

に、ボケ画像信号Ｓusk のｋの値が大きくなるほど、原画像信号Ｓorg の高周波成分が除去された信号となる。

【００４７】

図12は、上記図２のボケ画像信号作成手段を含む本発明のダイナミックレンジ圧縮処理装置の一実施の形態について、その全体の構成を示す図であるが、この図に示されるように、ボケ画像信号作成手段１において生成された各ボケ画像信号は、次に、帯域制限画像信号作成手段２および変換手段３において処理される。図12に示すように、まず、原画像信号Ｓorgおよびボケ画像信号作成手段１において作成された複数のボケ画像信号Ｓusk に基づいて帯域制限画像信号が作成されるが、この帯域制限画像信号は減算器21により、互いに隣接する周波数帯域同士のボケ画像信号Ｓusk の減算を行うことにより得られる。すなわち、Ｓorg －Sus_1 、Sus_1 －Sus_2 、…Sus_{N-1} －Sus_N を順次計算することにより、複数の帯域制限画像信号が求められる。この帯域制限画像信号の周波数特性を図13に示す。図13に示すように、帯域制限画像信号はボケ画像信号Ｓusk のｋの値が大きくなるほど、原画像信号Ｓorg の低周波数成分の帯域を表す信号となる。

【００４８】

次いで、変換手段３において、このようにして求められた帯域制限画像信号をこの帯域制限画像信号の信号に応じて変換する。この変換は変換器22において、例えば図14に示すような関数ｆにより行う。この関数ｆは、帯域制限画像信号の絶対値が閾値Ｔｈ１よりも小さい場合は傾きが１であり、閾値Ｔｈ１よりも大きい場合は傾きが１よりも小さくなるような関数である。この関数は、各帯域制限画像信号において同一のものであってもよいが、各信号ごとに異なるものであってもよい。

【００４９】

このような関数ｆにより変換された帯域制限画像信号は、上述した積算手段４、減算手段６、および圧縮処理手段７を内包する演算器23に入力される。この演算器23においては下記のような処理が行われる。まず、上述したように関数ｆにより変換された帯域制限画像信号は積算されて積算信号が求められる。そしてこの積算信号が求められると、減算手段６により原画像信号Ｓorg から積算信号が減算されて差分信号が求められ、さらに圧縮処理手段７により、この差分信号が変換され、原画像信号Ｓorg と加算されて処理済画像信号Ｓprocが得られる。ここで、差分信号を変換する関数Ｄとしては例えば図15に示すように単調減少関数を用いればよい。また、図16（ａ），（ｂ）に示すように、信号値の比較的小さい領域または信号値の比較的大きい領域のみを変化させるものであってもよい。さらに、この場合、図17に示すように微係数が連続する単調減少関数を用いるようにしてもよい。また、図18（ａ），（ｂ）に示すように、図17の場合も、信号値の比較的小さい領域または信号値の比較的大きい領域のみを変化させるものであってもよい。

【００５０】

以上の帯域制限画像信号作成手段２、変換手段３、積算手段４、減算手段６、および圧縮処理手段７において行われる処理を下記の式（５）に示す。

【００５１】

$$Sproc = Sorg + D\,(Sorg - Fdrc\,(Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN))$$

$$Fdrc\,(Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN) = \{f_1(Sorg - Sus1) + f_2(Sus1 - Sus2) + \cdots + f_k(Susk\text{-}1 - Susk) + \cdots + f_N(SusN\text{-}1 - SusN)\} \quad \cdots (5)$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～Ｎ）：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=1～Ｎ）：前記各帯域制限画像信号を変換する関数

Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））
ここで、積算手段４において得られた積算信号の周波数特性を図19に示す。図19において、実線がエッジ部が存在しない平坦部におけるボケ画像信号Ｓusk の周波数特性を示し、破線がエッジ部近傍領域でのボケ画像信号Ｓusk の周波数特性を示す。そして、原画像信号Ｓorg から積算信号を減算した差分信号の周波数特性を図20に示す。上述した帯域制限画像信号は、原画像の濃度変化が比較的小さいいわゆる平坦部においては、各周波数帯域において信号値の絶対値は小さくなるものである。これに対して、濃度が急激に変化するエッジ部近傍においては、帯域制限画像信号が比較的低周波数帯域である場合、すなわちボケ画像信号Ｓusk を得る際のマスクのサイズが比較的大きい場合は、図35に示すように、そのエッジ部近傍の画素についておかれたマスクにエッジ部が含まれてしまうため、帯域制限画像信号がエッジ部の影響を受けて信号値の絶対値が比較的大きなものとなる。このように、本来エッジ部でない部分がエッジ部の濃度値の影響を受けることにより、ダイナミックレンジ圧縮処理を行うことにより得られた画像のエッジ部近傍にはオーバーシュート、アンダーシュートなどのアーチファクトが発生してしまう。

【００５２】

そこで、帯域制限画像信号の絶対値が閾値Ｔｈ１よりも大きい場合に、上述した関数f_kによりこの絶対値が小さくなるように帯域制限画像信号を変換し、この変換された各帯域制限画像信号の絶対値を積算し、さらに原画像信号Ｓorg から減算することにより、上記式（２）のボケ画像信号Ｓusに相当する信号を得るようにしたものである。但し、本明細書においては「ボケ画像信号」という用語をより狭い意味で使用することとし、上記式（２）のボケ画像信号Ｓusに相当する信号は差分信号と称するものとする。

【００５３】

図20に示すように、エッジ部が存在しない平坦部における差分信号の周波数特性は実線で示すようなものとなるが、エッジ部近傍における差分信号については、図20の破線に示すように比較的高い周波数帯域までも含む特性を有するものとなる。これは、エッジ部近傍の領域においては、差分信号を得る際のマスクが実際のマスクよりも小さくされたことと同一の効果を奏するものである。

【００５４】

したがって、エッジ部近傍の領域に対応する比較的絶対値の大きい帯域制限画像信号の、原画像信号Ｓorg に加算する低周波成分に関する信号に対する影響力が小さくなる。このため、濃度が急激に変化するエッジ部近傍においても、アーチファクトの原因となる信号は影響力が弱められるため、ダイナミックレンジ圧縮処理を施すことにより得られる画像をアーチファクトのない良好な画像とすることができる。

【００５５】

なお、上記実施の形態においては、上記式（５）により処理済画像信号Ｓprocを得るようにしているが、下記式（６）により処理済画像信号Ｓprocを得るようにしてもよい。式（５）と式（６）とで異なるのは、帯域制限画像信号を得る際に、式（５）においては隣接する周波数帯域同士で減算を行っているが、式（６）においては、全ての周波数帯域のボケ画像信号Ｓusk と、原画像信号Ｓorg とで減算処理を行っている点が異なるものである。式（６）により得られる差分信号の周波数特性を図21に示す。図21に示すようにエッジ部が存在しない平坦部においては、差分信号の周波数特性は実線で示すようなものとなるが、エッジ部近傍の領域においては、差分信号は、図21の破線に示すように比較的高い周波数帯域までも含む特性を有するものとなる。これは、エッジ部近傍の領域においては、ボケ画像信号Ｓusを得る際のマスクが実際のマスクよりも小さくされたことと同一の効果を奏するものである。なお、図20と比較すると、図21の場合は全周波数帯域に亘ってレスポンスが低下したものとなっており、これにより、エッジ部の近傍でない平坦部においてもレスポンスを有するものとなってしまう。このため、式（５）にしたがって、処理済画像信号Ｓprocを求める方が平坦部のレスポンスは低下されることなくエッジ部近傍のみのレスポンスが低下されるため、より好ましいものである。

【００５６】

$$Sproc = Sorg + D(Sorg - Fdrc(Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN))$$

$$Fdrc(Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN) = (1/N) \cdot \{f_1(Sorg - Sus1) + f_2(Sorg - Sus2) + f_k(Sorg - Susk) + \cdots + f_N(Sorg - SusN)\} \quad \cdots (6)$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～N）：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=1～N）：前記各帯域制限画像信号を変換する関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））

さらに、上述した実施の形態においては、帯域制限画像信号を変換するための関数を図14に示すように、閾値Ｔｈ１よりも信号の絶対値が大きい場合に、この信号の絶対値を小さくするような関数を用いているが、例えば図22に示すように、帯域制限画像信号の信号の絶対値が閾値Ｔｈ１よりも大きい場合に、この信号の絶対値を小さくするとともに、閾値Ｔｈ２よりも小さい場合に、絶対値を小さくするような関数を用いるようにしてもよい。

【００５７】

このように、帯域制限画像信号の絶対値が閾値Ｔｈ１よりも小さい閾値Ｔｈ２よりも小さいほど、この帯域制限画像信号の絶対値を小さくするように補正することにより、画像中においてノイズと見なせるような信号値の絶対値の小さい成分のレスポンスを小さくすることができ、これにより処理済画像のノイズを低減することができる。

【００５８】

また、上述した実施の形態においては、上記式（５）または式（６）により処理済画像信号Ｓprocを得るようにしているが、下記式（７）により処理済画像信号Ｓprocを得るようにしてもよい。上述した式（６）においては、帯域制限画像信号を得るために、原画像信号Ｓorg からボケ画像信号Ｓusk を減算するようにしているが、式（７）においては、ボケ画像信号Ｓus1 からボケ画像信号Ｓusk （k=2～N）を減算するようにしている点が異なるものである。式（６）により処理を行うものにおいては、画像中のノイズと見なせる高周波成分をも含めて処理してしまうため、得られる処理済画像がノイズが目立つものとなってしまうことがある。これに対して式（７）により処理を行うものにおいては、高周波成分が除去されているため、ノイズが目立つことがなくなりより高画質の処理済画像を得ることができる。

【００５９】

$$Sproc = Sorg + D(Sorg - Fdrc(Sus1, Sus2, \cdots SusN))$$

$$Fdrc(Sus1, Sus2, \cdots SusN) = (1/N) \cdot \{f_2(Sus1 - Sus2) + f_3(Sus1 - Sus3) + \cdots + f_k(Sus1 - Susk) + \cdots + f_N(Sus1 - SusN)\} \quad \cdots (7)$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～N）：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=2～N）：前記各帯域制限画像信号を変換する関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数

（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））
さらに、下記の式（８）により処理を行うようにしてもよい。上述した式（５）においては、帯域制限画像信号（Ｓorg －Ｓus1 ）を用いているのに対して式（８）においては、帯域制限画像信号（Ｓorg －Ｓus1 ）を用いないものである。これにより図13における最高周波数成分が除去されることとなるため、式（７）により処理を行うものと同様に、処理済画像信号Ｓprocの高周波成分が除去されてノイズが目立つことがなくなりより高画質の処理済画像を得ることができる。
【００６０】

$$Sproc = Sorg + D\ (Sorg - Fdrc\ (Sus1, Sus2, \cdots SusN))$$

$$Fdrc\ (Sus1, Sus2, \cdots SusN) = \{f_2\ (Sus1 - Sus2) + f_3\ (Sus2 - Sus3) + \cdots + f_k(Susk\text{-}1 - Susk) + \cdots + f_N\ (SusN\text{-}1 - SusN)\} \quad \cdots (8)$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～Ｎ）：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=2～Ｎ）：前記各帯域制限画像信号を変換する関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数
（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））
なお、原画像を得る際の撮影部位によって、診断に必要な周波数帯域は異なるものである。したがって、原画像を得る際の撮影部位、あるいは帯域制限画像信号の周波数帯域に応じて図14に示す関数ｆの形状を変化させることが望ましい。
【００６１】
例えばマンモグラフィの場合、直接Ｘ線部と皮膚との境界部分、すなわちエッジ部分は、信号の変化が急峻でかつ大きいため、高周波帯域の信号を除いて低周波帯域の信号のみを用いて処理を施すとアーチファクトが発生してしまう。したがって、このような画像を処理する際には、高周波帯域の信号をも含めて処理するように変換処理を行わなければならない。また、胸部画像の場合には、マンモグラフィのような急峻かつ大きな信号変化が無いため、高周波成分の信号を前記変換処理しなくてもマンモグラフィのときのようなアーチファクトは発生しない。したがって、このような画像を処理する際には、低周波成分の信号のみ変換処理を行えばよい。このように、帯域制限画像信号の周波数帯域に応じて、あるいは撮影部位に応じて帯域制限画像信号の絶対値を変化させるように処理を行うことにより、撮影部位あるいは周波数帯域に応じたより観察に適した画像を得ることができる。
【００６２】
ここで、上記変換手段３における帯域制限画像信号の変換は、上述の閾値Ｔｈ１に制限されることなく、周波数帯域ごとに異なる複数の関数f_1～f_Nに基づいて、帯域制限画像信号の絶対値に基づいて決まる該絶対値以下の値となるように変換してもよい。この関数f_1～f_Nは、画像処理の目的に応じて適切な関数の組み合わせを設定することが望ましい。
【００６３】
この閾値にとらわれない実施の形態においては、得られる処理済画像信号Ｓproc の周波数特性は、変換手段３において使用される関数を周波数帯域ごとに異ならしめることにより任意の周波数特性になるように調整可能である。したがって、前記各装置においてそれぞれ処理対象である画像に求められる条件に応じて、処理済画像信号Ｓproc の周波数特性を調整することが可能となる。
【００６４】
以下、前記関数を周波数帯域ごとに異ならしめることにより得られる効果について説明す

る。図23は、関数f_1～f_Nを全て同一の関数とする、すなわち全周波数帯域の帯域制限画像信号を同じ変換方法で変換する従来の方法の問題点を示す図である。これは画像の濃度が急激に変化しているエッジ部の近傍における処理を段階的に示したものであるが、階段状の原画像信号とその原画像信号に基づいて作成されたボケ画像信号が(a)であり、これに関する帯域制限画像信号が(b)、変換画像信号が(c)およびこの変換画像信号を積算して得た信号が(d)としてそれぞれ示されている。

【００６５】

この図に示されるように、通常変換画像信号を積算して得た信号は周波数帯域の境界部において不自然なつなぎ目ができてしまい、これがすじ状のアーチファクトの原因となる。これを防止するためには、この境界部ができるだけ自然につながるよう考慮して変換画像信号を作成しなければならない。しかしながら、関数が一意に定められている場合には各帯域制限画像信号に対して境界部の影響を考慮した任意の変換を行うことができず、結果としてすじ状のアーチファクトを防止することができない。これに対し、本実施の形態は、前記関数を周波数帯域ごとに異なるものとし、これらの関数を前記周波数帯域の境界部を考慮して設定することにより、このすじ状のアーチファクトを防止することができる。

【００６６】

次に、このような周波数ごとに異なる関数について例を示して説明する。図24は、上述のように変換画像信号の作成に使用される関数の一例であり、横軸に処理される帯域制限画像信号が、縦軸にその帯域制限画像信号が処理された値がそれぞれ対応している。この関数は、帯域制限画像信号を、その帯域制限画像信号の絶対値に基づいて決まる、その絶対値以下の値となるように変換を行うもので、帯域制限画像信号の絶対値が所定の値より大きい帯域制限画像信号については、変換画像信号の値がほぼ一定の値となるように帯域制限画像信号を変換する関数であり、図24に示されるように低周波帯域を処理する関数であるほど、前記所定の値が小さい値であるような関数である。

【００６７】

言い換えれば、これらの関数はそれぞれ、原点を通り、関数の傾きがその関数により処理される帯域制限画像信号の値にかかわらず１以下であり、その関数により処理される帯域制限画像信号の値の絶対値の増加にともないその関数の傾きが０になるかまたは０に収束するような関数であって、その傾きが０または０に近い所定の値となるときの前記処理される値の絶対値が、低周波帯域を処理する関数であるほど小さい値であることを特徴とするものであり、より狭いダイナミックレンジにできるだけ多くのエッジ情報を残すようにするという効果がある関数である。

【００６８】

次に図25の関数について説明する。図25の関数は、帯域制限画像信号を、帯域制限画像信号の絶対値に基づいて決まる、その絶対値以下の値となるように変換を行うもので、この関数が低周波帯域を処理する関数であるほど、帯域制限画像信号の絶対値が０近傍の所定の範囲内の値である帯域制限画像信号を変換した際に得られる変換画像信号の絶対値が小さい値であることを特徴とするものである。

【００６９】

言い換えれば、これらの関数はそれぞれ、原点を通り、関数の傾きがその関数により処理される値にかかわらず１以下であり、その関数の０近傍における傾きが、低周波帯域を処理する関数であるほど小さいことを特徴とするものである。これらの関数は、図23に示される変換画像信号を積算して得られる信号(d)の立ち上がりをより自然なものとするという効果があり、これにより、より滑らかな処理済画像信号Ｓprocを得ることができる。

【００７０】

さらに、上記２種類の関数の特徴を兼ね備えるような関数を用いて上述の両方の効果を得ることも可能である。このように、各周波数帯域において使用される関数を目的に応じて異なるものとすれば、全体の周波数特性を任意のものとすることができる。

【００７１】

次に、本発明のダイナミックレンジ圧縮処理方法および装置の他の実施の形態について説

明する。但し、本実施の形態におけるボケ画像信号作成手段１、帯域制限画像信号作成手段２、積算手段４、減算手段６、圧縮処理手段７の処理は上記実施の形態と同じであるため、ここでは説明を省略し、変換手段３の処理についてのみ、以下説明する。

【００７２】

図26はこの実施の形態における本発明のダイナミックレンジ圧縮処理装置の全体の構成を示す図である。上記実施の形態と同様、原画像信号Ｓorgおよびボケ画像信号作成手段１において作成された複数のボケ画像信号Ｓusk に基づいて帯域制限画像信号が作成される。この帯域制限画像信号は減算器21により、互いに隣接する周波数帯域の２つのボケ画像信号Ｓusk （但し原画像信号ＳorgについてはＳorgとＳus_1)の減算を行うことにより得られる。すなわち、Ｓorg －Ｓus_1 、Ｓus_1 －Ｓus_2 、…Ｓus_{N-1} －Ｓus_N を順次計算することにより、複数の帯域制限画像信号が求められる。本実施の形態では、例えば帯域制限画像信号Ｓus_1 －Ｓus_2 に対し、これに対応する補助画像信号をＳus_2 －Ｓus_3 としている。したがって、帯域制限画像信号作成手段と補助画像信号作成手段は実質的に同一の手段を兼用するものとする。つまり、帯域制限画像信号作成手段により作成された信号は、帯域制限画像信号として処理されると同時に、隣接する帯域制限画像信号に対応する補助画像信号としても処理されるものとする。

【００７３】

上記のようにして求められた帯域制限画像信号は、変換手段３において変換される。この変換は各帯域制限画像信号に対して、図26に示される変換器22および変換器24により、周波数帯域ごとにそれぞれ、変換器22においては関数f_1～f_Nにより変換処理を施して抑制画像信号を得、変換器24においては関数ｇにより変換処理を施して倍率信号を得て、その抑制画像信号と倍率信号とを乗ずることにより行われる。この際、乗算は、図26に示されるように、例えば帯域制限画像信号Ｓus_1 －Ｓus_2 を変換して得た抑制画像信号と、補助画像信号Ｓus_2 －Ｓus_3 を変換して得た倍率信号というように、隣接した周波数帯域の信号どうしで行われる。ここで、関数f_kにより変換を行う変換器22が、前記抑制画像信号作成手段に相当し、関数ｇにより変換を行う変換器24が、前記倍率信号作成手段に相当し、それらの変換器の出力信号を乗ずる乗算器25が、前記乗算手段に相当する。

【００７４】

関数f_1～f_Nは、全て同じ関数であってもよいし、異なる関数であってもよく、画像処理の目的に応じて任意に設定可能なものとする。本実施の形態では、この関数f_1～f_Nとして、帯域制限画像信号をその帯域制限画像信号の絶対値よりも小さくなるように抑制する関数で、周波数帯域ごとに異なる関数を用いており、例えば図24に示されるような関数が使用される。

【００７５】

関数ｇとしては、例えば図27に示されるようなものが用いられる。この図は、この関数ｇによって補助画像信号を変換する場合、補助画像信号の絶対値が小さいときには、変換後の値として１に近い値が得られ、絶対値が大きいほど０に近い値が得られることを示している。なお、Ｋは変換後の値が０となる値のうち最小の値を示している。

【００７６】

上記変換手段３により得られた変換画像信号は、演算器23に入力される。演算器23は、積算手段４、減算手段６、および圧縮処理手段７を内包するものである。演算器23においては、上述の複数の変換画像信号が積算され、原画像信号Ｓorg からその積算値が減じられて差分信号が求められ、この差分信号の値に応じた圧縮係数Ｄが原画像信号Ｓorg と加算されて処理済画像信号Ｓproc が得られる。この処理を数式として表すと、下記の式（９）

$$Sproc = Sorg + D\ (Sorg - Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN))$$

$$Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN)$$
$$= \{ f_1(Sorg - Sus1) \cdot g\ (Sus1 - Sus2)$$
$$+ f_2(Sus1 - Sus2) \cdot g\ (Sus2 - Sus3) + \cdots$$
$$+ f_k(Susk\text{-}1 - Susk) \cdot g\ (Susk - Susk\text{+}1) + \cdots$$
$$+ f_N(SusN\text{-}1 - SusN) \cdot g\ (SusN - SusN\text{+}1) \}$$
$$\cdots (9)$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～N+1）：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=1～N）：前記各帯域制限画像信号を変換して前記抑制信号を作成するための関数
ｇ：前記各補助画像信号を変換して前記倍率信号を作成するための関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数
（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））
のようになる。

【００７７】

図28は、上記実施の形態においてエッジ付近の画像信号を処理した際の効果を示す図である。(1)はエッジ付近における階段状の原画像信号と、その原画像信号に基づいて作成されたボケ画像信号を示し、(2)は、(1)の信号の帯域制限画像信号を示し、(3)は(2)の帯域制限画像信号より１つ低い周波数帯域の信号を含む補助画像信号を示し、(4)は(3)の補助画像信号を関数ｇにより処理した際に得られる倍率信号を示し、(5)は(2)の信号を関数ｆで処理した抑制画像信号に(4)の倍率信号を乗じたものを示している。なお(3)に示されている値Ｋは、図27に示した値Ｋであり、(3)の補助画像信号がＫとなる時に(4)の倍率信号が０となることが図示されている。(2)の信号を単に絶対値が小さくなるように変換した場合には、信号のピークの形状は滑らかになるものの、立ち上がり部分は急峻なままとなる。これに対し、(5)に示される処理済信号は立ち上がり部分が滑らかになっている。このように各帯域制限画像信号の立ち上がり部分を滑らかにすることにより、これらの信号を積算して得られる信号の周波数帯域の境界に階段状に生じるアーチファクトを防止することができる。

【００７８】

なお、関数ｇにより処理される補助画像信号は、必ずしも上記のようなものでなくてもよく、例えば下記の式（10）

$$Sproc = Sorg + D\ (Sorg - Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN))$$

$$Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN)$$
$$= \{ f_1(Sorg - Sus1) \cdot g\ (Sorg - Sus2)$$
$$+ f_2(Sus1 - Sus2) \cdot g\ (Sorg - Sus3) + \cdots$$
$$+ f_k(Susk\text{-}1 - Susk) \cdot g\ (Sorg - Susk\text{+}1) + \cdots$$
$$+ f_N(SusN\text{-}1 - SusN) \cdot g\ (Sorg - SusN\text{+}1) \}$$
$$\cdots (10)$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～N+1）：非鮮鋭マスク画像信号

f_k(k=1～N）：前記各帯域制限画像信号を変換して前記抑制信号を作成するための関数
ｇ：前記各補助画像信号を変換して前記倍率信号を作成するための関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））　のような式にしたがってダイナミックレンジ圧縮処理を行ってもよい。

【００７９】

図29は、この式（10）を適用した実施の形態においてエッジ付近の画像信号を処理した際の効果を示す図であり、図28と同様に、(1)はエッジ付近における階段状の原画像信号と、その原画像信号に基づいて作成されたボケ画像信号を示し、(2)は、(1)の信号の帯域制限画像信号を示し、(3)は(2)の帯域制限画像信号より１つ低い周波数帯域の信号を含む補助画像信号を示し、(4)は(3)の信号を関数ｇにより処理した際に得られる倍率信号を示し、(5)は(2)の帯域制限画像信号を関数ｆで処理した抑制画像信号に(4)の倍率信号を乗じたものを示している。この図に示されるように、関数ｇにより処理する値としてＳorg－Ｓuskを用いる場合、コントラストの大きなエッジは、コントラストの小さなエッジに比べて、変換により得られる信号が小さくなる。

【００８０】

この信号が積算されたものが、原画像信号から減じられ、その減じられた値に応じて定まる圧縮係数Ｄが原画像信号に加算される。この場合、コントラストの大きなエッジは、コントラストの小さなエッジに比べ、処理済画像信号に与える影響が少なくなるという効果が得られる。

【００８１】

以上、２種類の式について説明したが、関数ｆおよびｇについて、あるいは関数ｇにより処理する帯域制限画像信号の作成方法については、様々な変更が可能である。

【００８２】

次に、本発明の画像処理方法および装置のさらに他の実施の形態について説明する。但し、この実施の形態についても、ボケ画像信号作成手段１、帯域制限画像信号作成手段２、積算手段４、減算手段６、圧縮処理手段７の処理は上記実施の形態と同じであるため説明を省略し、変換手段３の処理についてのみ、以下説明する。

【００８３】

図30は本実施の形態における画像処理装置の全体の構成を示す図である。上記実施の形態と同様、原画像信号Ｓorgおよびボケ画像信号作成手段１において作成された複数のボケ画像信号Ｓusk に基づいて帯域制限画像信号が作成される。この帯域制限画像信号は減算器21により、互いに隣接する周波数帯域の２つのボケ画像信号Ｓusk （但し原画像信号ＳorgについてはＳorgとSus_1)の減算を行うことにより得られる。すなわち、Ｓorg －Sus_1 、Sus_1 －Sus_2 、…Sus_{N-1} －Sus_N を順次計算することにより、複数の帯域制限画像信号が求められる。

【００８４】

上記のようにして求められた帯域制限画像信号は、変換手段３において変換される。この変換では、図30に示されるように、ある周波数帯域の帯域制限画像信号に、その周波数帯域よりも１つ低い周波数帯域の帯域制限画像信号を変換器24により関数ｇを用いて変換したものを加えて、さらにそれを変換器22により関数f_kを用いて変換する。ここで、関数ｇにより変換を行う変換器24が、前記補助画像信号作成手段に相当し、加算器26が前記複合帯域制限画像信号作成手段に相当する。

【００８５】

関数ｇとしては、例えば図31に示されるようなものが用いられる。図31に示される関数は原点をとおり原点における傾きはほぼ０であり、処理される値が大きくなるにつれて傾きが漸増し、最終的に傾きがほぼ１となるような関数である。すなわち、信号の大きさが小さいときには強く抑制し、大きくなるにつれて抑制の度合いを緩めるというものである。上述の処理において、この関数の、原点から徐々に傾きが増加する部分は、補助画像信号の立ち上がりの部分の波形に影響を与える。すなわち、この関数により変換を行うことで

、急峻な立ち上がり部分を滑らかにすることができる。ここで、実際の帯域制限画像信号の大きさには限度があるため、関数ｇは原点付近で傾きが０から徐々に増加するような関数であれば、どのようなものでもよく例えば、図32に示されるようなものであってもよい。また、本実施の形態では、信号の増幅は行わないため、傾きは最大１としているが、本発明の効果は関数の傾きが原点付近で漸増することにより得られるものであるため、この条件が満たされていれば、必ずしも傾きを最大１に限定する必要はない。

【００８６】

関数f_1～f_Nは、全て同じ関数であってもよいし、異なる関数であってもよく、画像処理の目的に応じて任意に設定可能なものとする。本実施の形態では、この関数f_1～f_Nとして、例えば図24のような関数を使用する。

【００８７】

上記変換手段３により得られた変換画像信号は、演算器23に入力される。演算器23は、積算手段４、減算手段６および圧縮処理手段７を内包するものである。演算器23においては、複数の変換画像信号が積算され、原画像信号Ｓorg からその積算値が減じられて差分信号が求められ、この差分信号が変換され、原画像信号Ｓorg と加算されて処理済画像信号Ｓproc が得られる。この処理を、他の処理とともに数式として表すと、下記の式（11）

$$Sproc = Sorg + D\ (Sorg - Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN))$$

$$Fdrc\ (Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN)$$

$$= [f_1\{(Sorg - Sus1) + g\ (Sus1 - Sus2)\} + f_2\{(Sus1 - Sus2) + g\ (Sus2 - Sus3)\} + \cdots + f_k\{(Susk\text{-}1 - Susk) + g\ (Susk - Susk\text{+}1)\} + \cdots + f_N\{(SusN\text{-}1 - SusN) + g\ (SusN - SusN\text{+}1)\}] \quad \cdots (11)$$

（但し、Ｓproc：ダイナミックレンジが圧縮された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～N+1）：非鮮鋭マスク画像信号
f_k(k=1～N）：前記各複合帯域制限画像信号を変換するための関数
ｇ：前記各帯域制限画像信号を変換して前記補助画像信号を作成するための関数
Ｄ（Ｓorg－Ｆdrc）：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数（ＤはＳorg－Ｆdrcを変換する関数））
のようになる。

【００８８】

図33は、この実施の形態においてエッジ付近の画像信号を処理した際の効果を示す図である。(1)はエッジ付近における階段状の原画像信号と、その原画像信号に基づいて作成されたボケ画像信号を示し、(2)および(3)は、(1)の信号にかかる帯域制限画像信号であって、(2)を被変換帯域制限画像信号とした場合の低周波側帯域制限画像信号が(3)である。(4)は(3)の低周波側帯域制限画像信号を関数ｇにより処理した際に得られる補助画像信号を示し、(5)は(2)の被変換帯域制限画像信号と(4)の補助画像信号を加算した複合帯域制限画像信号を示し、(6)は(5)の複合帯域制限画像信号を関数ｆにより処理して得られる変換画像信号を示している。この図において、(2)の信号を単に絶対値が小さくなるように変換した場合には、信号のピークの形状は滑らかになるものの、立ち上がり部分は急峻なままとなる。これに対し、(5)に示される処理済信号は立ち上がり部分が滑らかになっている。このように各帯域制限画像信号の立ち上がり部分を滑らかにすることにより、これらの信号を積算して得られる信号の周波数帯域の境界が階段状になることが原因で処理済画像信号に生じるアーチファクトを防止することができる。

【００８９】

以上、２つの式ついて説明したが、この実施の形態においても、例えば、関数ｆおよびｇについて、様々な変更が可能である。

【００９０】

なお、上記実施の形態においては、ボケ画像信号Ｓusk を用いてダイナミックレンジ圧縮処理を行うようにしているが、このダイナミックレンジ圧縮処理に加えて、このボケ画像信号Ｓusk を用いて原画像信号Ｓorg に対して周波数強調処理を施すようにしてもよい。

【００９１】

すなわち、上述したようにして作成された複数のボケ画像信号Ｓusk について、下記の式（12）により周波数強調処理を施す。

【００９２】

$$Sproc = Sorg + \beta(Sorg) \cdot Fusm(Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN)$$

$$Fusm(Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN) = \{f_{u1}(Sorg - Sus1) + f_{u2}(Sus1 - Sus2) + \cdots + f_{uk}(Susk-1 - Susk) + \cdots + f_{uN}(SusN-1 - SusN)\} \quad \cdots (12)$$

（但し、Ｓproc：高周波成分が強調された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～N）：非鮮鋭マスク画像信号
f_{uk}(k=1～N）：前記各帯域制限画像信号を変換する関数
β（Ｓorg）：原画像信号に基づいて定められる強調係数）

ここで、関数ｆukは、上述した関数ｆkと同様に、帯域制限画像信号の絶対値が閾値Ｔｈ１よりも小さい場合は傾きが１であり、閾値Ｔｈ１よりも大きい場合は傾きが１よりも小さくなるような関数である。この関数は、各帯域制限画像信号において同一のものであってもよいが、各信号ごとに異なるものであってもよい。また、関数ｆukと関数ｆkとを異なるものとしてもよい。

【００９３】

この式（12）にしたがって、原画像信号Ｓorg に周波数強調処理を施すことにより得られる処理済画像信号Ｓprocの周波数特性を図34に示す。上述した帯域制限画像信号は、原画像の濃度変化が比較的小さいいわゆる平坦部においては、各周波数帯域において信号値の絶対値は小さくなるものである。これに対して、濃度が急激に変化するエッジ部近傍においては、帯域制限画像信号が比較的低周波数帯域である場合、すなわちボケ画像信号Ｓusk を得る際のマスクのサイズが比較的大きい場合は、上述した図35に示すように、そのエッジ部近傍の画素についておかれたマスクにエッジ部が含まれてしまうため、帯域制限画像信号がエッジ部の影響を受けて絶対値が比較的大きなものとなる。このように、本来エッジ部でない部分がエッジ部の濃度値の影響を受けることにより、画像処理を行うことにより得られた画像のエッジ部にはオーバーシュート、アンダーシュートなどのアーチファクトが発生してしまう。

【００９４】

そこで、帯域制限画像信号の信号値の絶対値が閾値Ｔｈ１よりも大きい場合に、上述した関数ｆu によりこの絶対値が小さくなるように帯域制限画像信号を変換し、この変換された各帯域制限画像信号を加算し、さらに所定の強調度で強調することにより、原画像信号Ｓorg に加算するための高周波成分に関する信号を得るようにしたものである。

【００９５】

これにより、図34に示すように、エッジ部が存在しない平坦部においては処理済画像信号Ｓprocの周波数特性は実線で示すようなものとなるが、エッジ部近傍の領域においては、処理済画像信号Ｓprocは図34の破線に示すように比較的低い周波数帯域のレスポンスが低下されたような特性を有するものとなる。これは、エッジ部近傍の領域においては、式（

１）におけるボケ画像信号Ｓusを得る際のマスクが実際のマスクよりも小さくされたことと同一の効果を奏するものである。

【００９６】

したがって、エッジ部近傍の領域に対応する比較的絶対値の大きい帯域制限画像信号は、原画像信号Ｓorg に加算するための高周波成分に関する信号に対する影響力が小さくなる。このため、濃度が急激に変化するエッジ部近傍においても、アーチファクトの原因となる信号は影響力が弱められるため、周波数強調処理を施すことにより得られる画像をアーチファクトのない良好な画像とすることができる。

【００９７】

また、このようにダイナミックレンジ圧縮処理と周波数強調処理とを同時に行うことにより、処理に用いるボケ画像信号Ｓusk を共用することができるため、ダイナミックレンジ圧縮処理と周波数強調処理とを別々に行うものと比較して演算時間を短縮して、効率のよい処理を行うことが可能となる。

【００９８】

さらに、ダイナミックレンジ圧縮処理と周波数強調処理とを同時に行う場合において、ダイナミックレンジ圧縮処理においては原画像の比較的低周波成分の影響が大きく、周波数強調処理においては比較的高周波成分の影響が大きいため、ダイナミックレンジ圧縮処理を行う場合には、複数のボケ画像信号Ｓusk のうち比較的低周波帯域のボケ画像信号Ｓusk を用い、周波数強調処理を行う場合には比較的高周波帯域のボケ画像信号Ｓusk を用いるようにし、双方の処理に異なる周波数帯域のボケ画像信号Ｓusk を用いるようにしてもよい。

【００９９】

さらに、周波数強調処理を行う場合、上記式（12）による処理に限定されるものではなく、下記の式（13）にる処理を行うようにしてもよい。

【０１００】

$$Sproc = Sorg + \beta(Sorg) \cdot Fusm(Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN)$$

$$Fusm(Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN) = (1/N) \cdot \{f_{u1}(Sorg - Sus1) + f_{u2}(Sus1 - Sus2) + \cdots + f_{uk}(Susk\text{-}1 - Susk) + \cdots + f_{uN}(SusN\text{-}1 - SusN)\} \quad \cdots (13)$$

（但し、Ｓproc：高周波成分が強調された画像信号
Ｓorg ：原画像信号
Ｓusk(k=1～Ｎ）：非鮮鋭マスク画像信号
f_{uk}(k=1～Ｎ）：前記各帯域制限画像信号を変換する関数
β（Ｓorg）：原画像信号に基づいて定められる強調係数）

なお、上記実施の形態においては、ガウス信号のフィルタを用いて、補間演算処理を行うようにしているが、Ｂスプライン補間演算によりフィルタリング処理画像に対して補間演算処理を施すようにしてもよい。以下、このＢスプライン補間演算処理について説明する。

【０１０１】

Ｂスプライン補間演算は、比較的鮮鋭度の低い滑らかな２次画像を再生するための補間画像データを得るための補間演算方法である。このＢスプライン補間演算は、元のサンプル点（画素）を通ることは必要とされない代わりに、第１階微分係数および第２階微分係数（ｆ″（Ｘ）で表す）が各区間間で連続することが必要とされる。

【０１０２】

すなわち、

$$f_k(x) = A_k x^3 + B_k x^2 + C_k x + D_k \quad \cdots (14)$$

において（式（７）においてＢ$_k$ は便宜上用いられる係数であり、フィルタリング処理画像とは異なる。）、

$f_k'(X_k) = f_{k-1}'(X_k)$ …（15）

$f_k'(X_{k+1}) = f_{k+1}'(X_{k+1})$ …（16）

$f_k''(X_k) = f_{k-1}''(X_k)$ …（17）

$f_k''(X_{k+1}) = f_{k+1}''(X_{k+1})$ …（18）

が条件となる。ただし、画素Ｘ$_k$ における第１階微分係数が、その画素Ｘ$_k$ の前後の画素であるＸ$_{k-1}$ とＸ$_{k+1}$ とについて、これらの画像信号Ｙ$_{k-1}$ 、Ｙ$_{k+1}$ の勾配（Ｙ$_{k+1}$ －Ｙ$_{k-1}$ ）／（Ｘ$_{k+1}$ －Ｘ$_{k-1}$ ）に一致することが条件であるから、下記式（19）を満たす必要がある。

【０１０３】

$f_k'(X_k) = (Y_{k+1} - Y_{k-1}) / (X_{k+1} - X_{k-1})$ …（19）

同様に、画素Ｘ$_{k+1}$ における第１階微分係数が、その画素Ｘ$_{k+1}$ の前後の画素であるＸ$_k$ とＸ$_{k+2}$ とについて、これらの画像信号Ｙ$_k$ 、Ｙ$_{k+2}$ の勾配（Ｙ$_{k+2}$ －Ｙ$_k$ ）／（Ｘ$_{k+2}$ －Ｘ$_k$ ）に一致することが条件であるから、下記式（20）を満たす必要がある。

【０１０４】

$f_k'(X_{k+1}) = (Y_{k+2} - Y_k) / (X_{k+2} - X_k)$ …（20）

また関数ｆ（Ｘ）は一般に下記式（21）に示すもので近似される。

【０１０５】

$f(X) = f(0) + f'(0)\,X + \{f''(0)/2\}\,X^2$ …（21）

ここで、各区間Ｘ$_{k-2}$ ～Ｘ$_{k-1}$ ，Ｘ$_{k-1}$ ～Ｘ$_k$ ，Ｘ$_k$ ～Ｘ$_{k+1}$ ，Ｘ$_{k+1}$ ～Ｘ$_{k+2}$ の間隔（格子間隔という）を１とし、画素Ｘ$_k$ からの画素Ｘ$_{k+1}$ 方向への補間点Ｘ$_p$ の位置をｔ（０≦ｔ≦１）とすれば、式（15）～（18）および（21）より、

$f_k'(0) = C_k = (Y_{k+1} - Y_{k-1})/2$

$f_k'(1) = 3A_k + 2B_k + C_k = (Y_{k+2} - Y_k)/2$

$f_k''(0) = Y_{k+1} - 2Y_k + Y_{k-1} = 2B$

したがって、

$A_k = (Y_{k+2} - 3Y_{k+1} + 3Y_k - Y_{k-1})/6$

$B_k = (Y_{k+1} - 2Y_k + Y_{k-1})/2$

$C_k = (Y_{k+1} - Y_{k-1})/2$

ここで、Ｄ$_k$ は未知のため、

$D_k = (D_1 Y_{k+2} + D_2 Y_{k+1} + D_3 Y_k + D_4 Y_{k-1})/6$

とおく。また、スプライン補間関数ｆ$_k$ （ｘ）は上述の通り、Ｘ＝ｔなる変数変換をしているため、

$f_k(x) = f_k(t)$

となる。よって、

$$f_k(t) = \{(Y_{k+2} - 3Y_{k+1} + 3Y_k - Y_{k-1})/6\}\,t^3 + \{(Y_{k+1} - 2Y_k + Y_{k-1})/2\}\,t^2 + \{(Y_{k+1} - Y_{k-1})/2\}\,t + (D_1 Y_{k+2} + D_2 Y_{k+1} + D_3 Y_k + D_4 Y_{k-1})/6$$

となり、これを画像信号Ｙ$_{k-1}$ ，Ｙ$_k$ ，Ｙ$_{k+1}$ ，Ｙ$_{k+2}$ について整理すると、下記式（22）で表すことができる。

【０１０６】

$$f_k(t) = \{(-t^3+3t^2-3t+D_4)/6\}Y_{k-1} + \{(3t^3-6t^2+D_3)/6\}Y_k + \{(-3t^3+3t^2+3t+D_2)/6\}Y_{k+1} + \{(t^3+D_1)/6\}Y_{k+2} \quad \cdots (22)$$

ここで、ｔ＝１とおけば、

$$f_k(1) = \{(D_4-1)/6\}Y_{k-1} + \{(D_3-3)/6\}Y_k + \{(D_2+3)/6\}Y_{k+1} + \{(D_1+1)/6\}Y_{k+2}$$

次に区間X_{k+1}～X_{k+2}についての式（23）は、

$$f_{k+1}(t) = \{(-t^3+3t^2-3t+D_4)/6\}Y_k + \{(3t^3-6t^2+D_3)/6\}Y_{k+1} + \{(-3t^3+3t^2+3t+D_2)/6\}Y_{k+2} + \{(t^3+D_1)/6\}Y_{k+3} \quad \cdots (23)$$

ここで、ｔ＝０とおけば、

$$f_{k+1}(0) = (D_4/6)Y_k + (D_3/6)Y_{k+1} + (D_2/6)Y_{k+2} + (D_1/6)Y_{k+3}$$

連続性の条件（f_k（１）＝f_{k+1}（０））、および各フィルタリング処理画像信号に対応する係数同士が等しいという条件により、$D_4-1=0$，$D_3-3=D_4$，$D_2+3=D_3$，$D_1+1=D_2$，$D_1=0$、となり、したがって、

$D_k=(Y_{k+1}+4Y_k+Y_{k-1})/6$

となる。よって、

$$Y_p = f_k(t) = \{(-t^3+3t^2-3t+1)/6\}Y_{k-1} + \{(3t^3-6t^2+4)/6\}Y_k + \{(-3t^3+3t^2+3t+1)/6\}Y_{k+1} + \{t^3/6\}Y_{k+2} \quad \cdots (24)$$

したがって、フィルタリング処理画像信号Y_{k-1}、Y_k、Y_{k+1}、Y_{k+2}にそれぞれ対応する補間係数b_{k-1}、b_k、b_{k+1}、b_{k+2}は、

$b_{k-1}=(-t^3+3t^2-3t+1)/6$

$b_k=(3t^3-6t^2+4)/6$

$b_{k+1}=(-3t^3+3t^2+3t+1)/6$

$b_{k+2}=t^3/6$

となる。

【０１０７】

以上の演算を各区間X_{k-2}～X_{k-1}，X_{k-1}～X_k，X_k～X_{k+1}，X_{k+1}～X_{k+2}について繰り返すことにより、フィルタリング処理画像信号の全体についてフィルタリング処理画像信号とは間隔の異なる補間画像信号を求めることができる。

【０１０８】

したがって、このＢスプライン補間演算処理を各フィルタリング処理画像信号B_kに対して施すことにより、各フィルタリング処理画像信号B_kに対応したボケ画像信号Ｓusk を得ることができる。

【０１０９】

また、上述した実施の形態においては、原画像信号Ｓorg に対して１画素おきにフィルタリング処理を施し、さらに補間演算を施すことによりボケ画像信号Ｓusk を得るようにし

ているが、これに限定されるものではなく、複数のサイズのボケマスクを用いて、原画像信号Ｓorg にフィルタリング処理を施すことにより、複数の周波数応答特性が異なるボケ画像信号Ｓusk を得るようにしてもよい。

【０１１０】

さらに、上述した実施の形態におけるダイナミックレンジ圧縮処理を断層撮影により画像に現れる流れ像のダイナミックレンジ圧縮処理を行う場合にも適用できるものである。また、この場合、上述した周波数強調処理を合わせて行うことにより、流れ像の除去とともに、エッジ部近傍におけるアーチファクトの発生を防止することができる。

【０１１１】

すなわち、断層撮影を行うことにより得られる流れ像を除去するために、ボケマスクを用いた画像処理を行う方法が提案されているが（特開平3-276265号）、この場合においても、急激に濃度が変化するエッジ部の近傍において、アーチファクトが発生するという問題がある。この場合、流れ像を除去するためにはボケマスクを１次元としてボケ画像信号Ｓusk を得るが、上述した実施の形態における互いに周波数応答特性が異なるボケ画像信号を得る際に、流れ像を除去するための１次元ボケマスクによるフィルタリング処理を行い、これに基づいて上述したような帯域制限画像信号を得、この帯域制限画像信号の絶対値が比較的大きい場合は、その絶対値が小さくなるように変換して、その後の処理を行うことにより、流れ像を除去するとともに、アーチファクトのない良好な画像を得ることができる。

【０１１２】

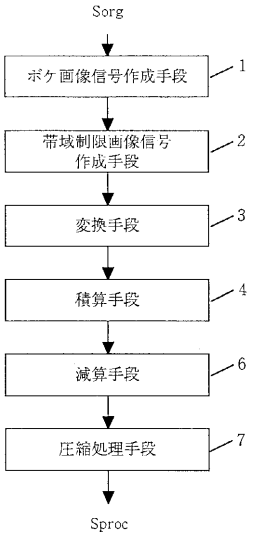
また、流れ像を除去するための１次元ボケマスクによる処理とともに、上述した２次元のボケマスク、あるいは１次元ボケマスクを２次元的に施す処理を同時に行うようにしてもよい。これにより、原画像から流れ像が除去されるとともに、エッジ部近傍のアーチファクトをより一層低減することができるため、より画質のよい処理済画像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

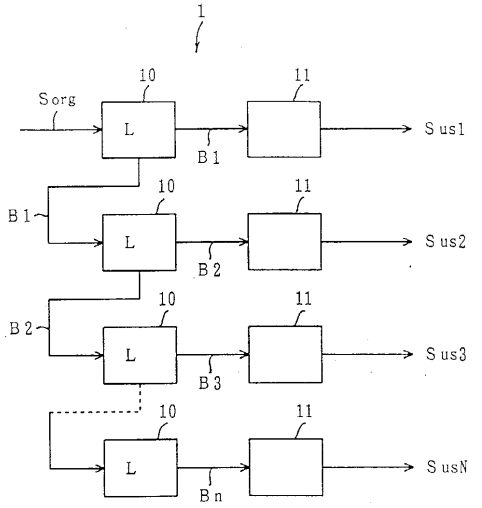
【図１】本発明によるダイナミックレンジ圧縮処理装置の概念を表す図
【図２】ボケ画像信号作成手段の詳細を表す図
【図３】ボケ画像信号作成手段において用いられるフィルタ（１次元）を表す図
【図４】フィルタリング処理の詳細を表す図
【図５】フィルタリング処理画像信号の周波数特性を表す図
【図６】フィルタリング処理手段において用いられるフィルタ（２次元）を表す図
【図７】フィルタリング処理画像信号B_1の補間演算に用いられるフィルタを表す図
【図８】補間演算の詳細を表す図
【図９】フィルタリング処理画像信号B_2の補間演算に用いられるフィルタを表す図
【図１０】補間演算の詳細を表す図
【図１１】ボケ画像信号の周波数特性を表す図
【図１２】本発明のダイナミックレンジ圧縮処理装置の一実施の形態における全体構成を示す図
【図１３】帯域制限画像信号の周波数特性を表す図
【図１４】変換手段における帯域制限画像信号の変換処理の一例を表す図
【図１５】差分信号を変換する単調減少関数の例を表す図
【図１６】差分信号を変換する単調減少関数の他の例を表す図
【図１７】差分信号を変換する単調減少関数のさらに他の例を表す図
【図１８】差分信号を変換する単調減少関数のさらに他の例を表す図
【図１９】積算信号の周波数特性を表す図
【図２０】差分信号の周波数特性を表す図
【図２１】差分信号の他の周波数特性を表す図
【図２２】変換手段における帯域制限画像信号の変換処理の他の例を表す図
【図２３】全ての帯域制限画像信号を１種類の関数で変換した際の問題点を示す図

【図２４】変換手段において変換処理に使用される関数の一例を示す図
【図２５】変換手段において変換処理に使用される関数の他の例を示す図
【図２６】本発明のダイナミックレンジ圧縮処理装置の他の実施の形態における全体構成を示す図
【図２７】倍率信号作成手段において使用される関数の一例を示す図
【図２８】図２６に示す実施の形態における効果を示す図
【図２９】図２６に示す実施の形態における効果を示す他の図
【図３０】本発明のダイナミックレンジ圧縮処理装置のさらに他の実施の形態における全体構成を示す図
【図３１】各帯域制限画像信号を変換して補助画像信号を作成するための関数の一例を示す図
【図３２】各帯域制限画像信号を変換して補助画像信号を作成するための関数の他の例を示す図
【図３３】図３０に示す実施の形態における効果を示す図
【図３４】周波数強調処理により得られる処理済画像信号の他の周波数特性を表す図
【図３５】エッジ部近傍のボケ画像信号の作成処理を示す図
【符号の説明】
1　ボケ画像信号作成手段
2　帯域制限画像信号作成手段
3　変換手段
4　積算手段
6　減算手段
7　圧縮処理手段
10　フィルタリング処理手段
11　補間演算処理手段
21　減算器
22　変換器
23　演算器
24　変換器
25　乗算手段
26　加算器

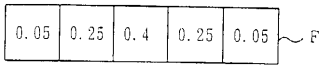
【図１】



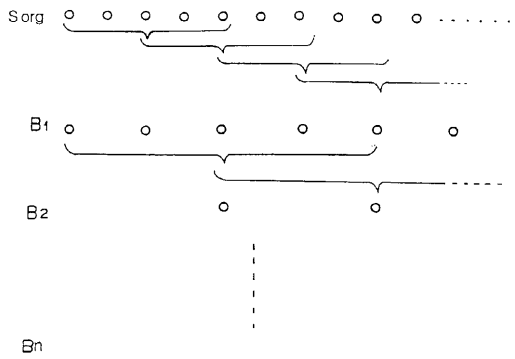
【図２】



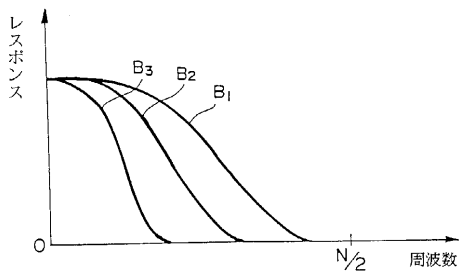
【図３】



【図４】



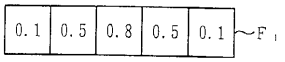
【図５】



【図６】

0.0025	0.0125	0.02	0.0125	0.0025
0.0125	0.0625	0.1	0.0625	0.0125
0.02	0.1	0.16	0.1	0.02
0.0125	0.0625	0.1	0.0625	0.0125
0.0025	0.0125	0.02	0.0125	0.0025

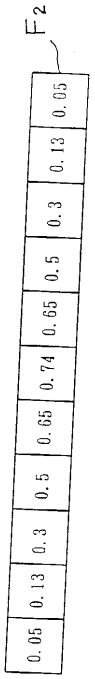
【図７】



【図８】



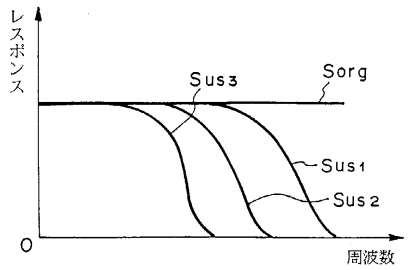
【図９】



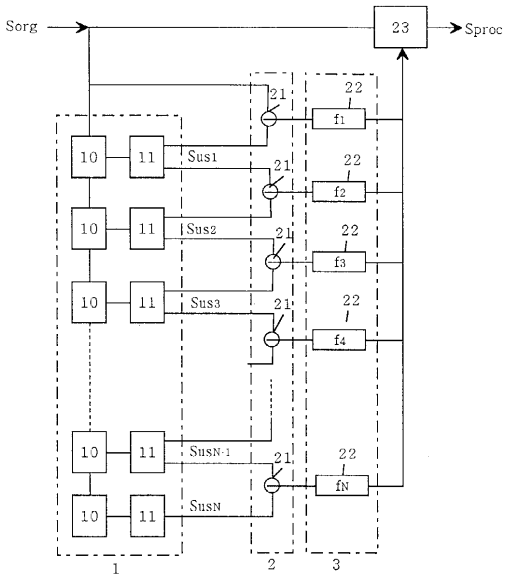
【図１０】



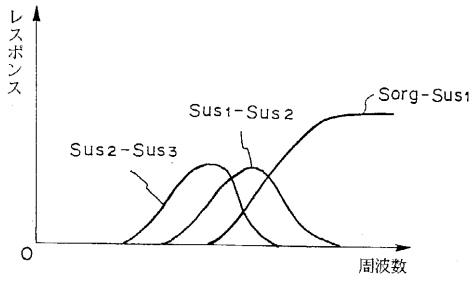
【図１１】



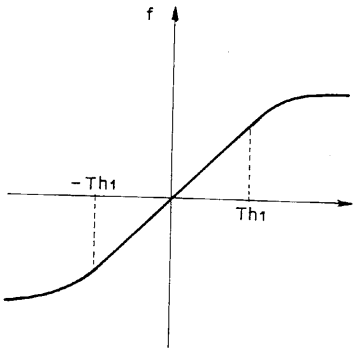
【図１２】



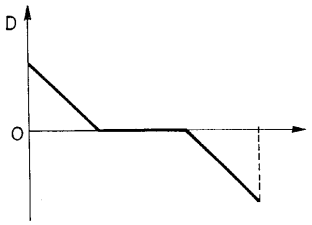
【図１３】



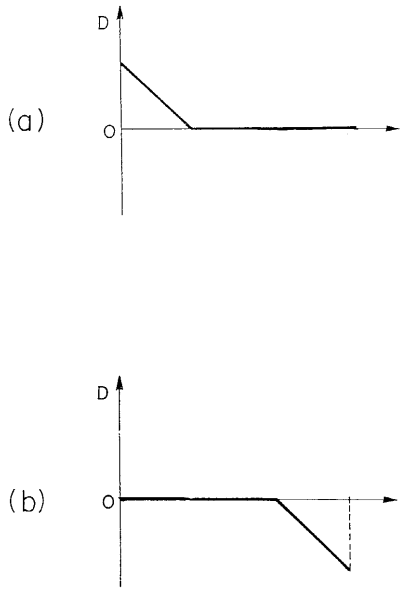
【図１４】



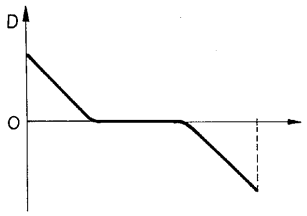
【図１５】



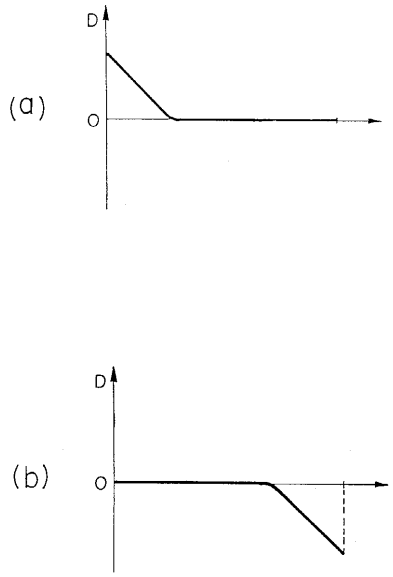
【図１６】



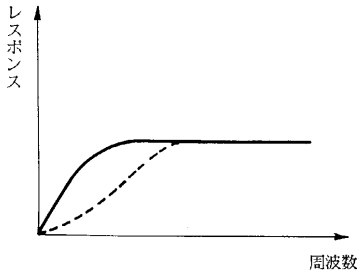
【図１７】



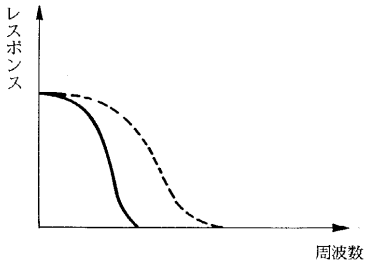
【図１８】



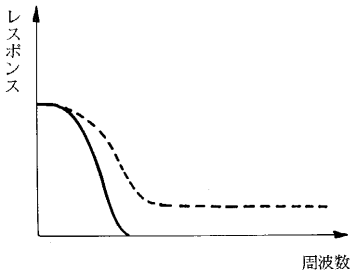
【図１９】



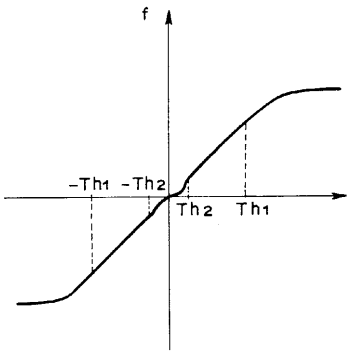
【図２０】



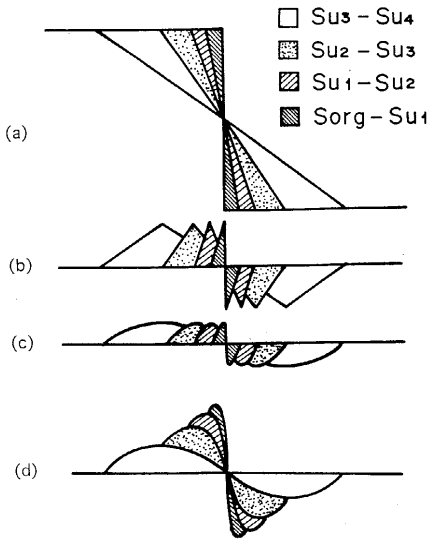
【図２１】



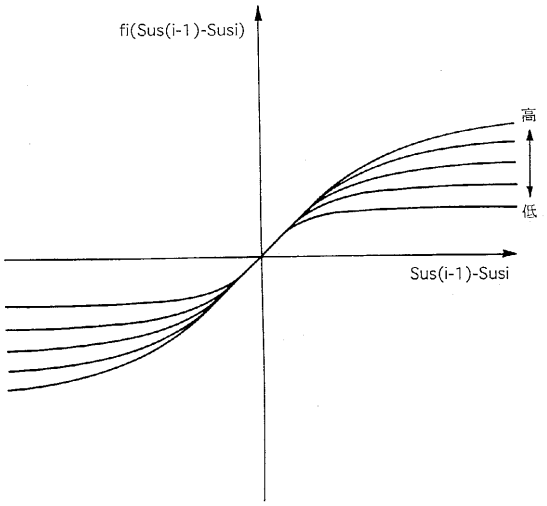
【図２２】



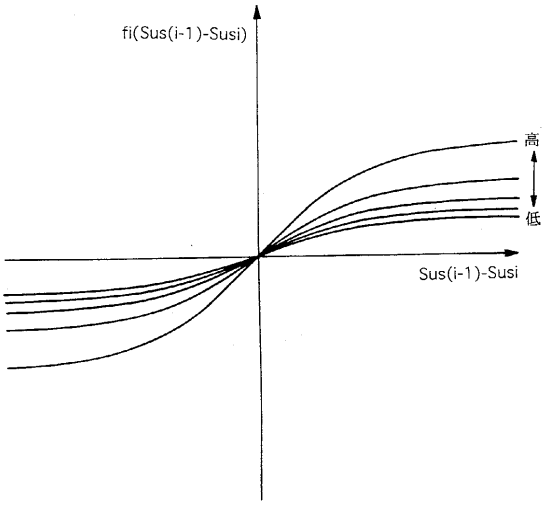
【図２３】



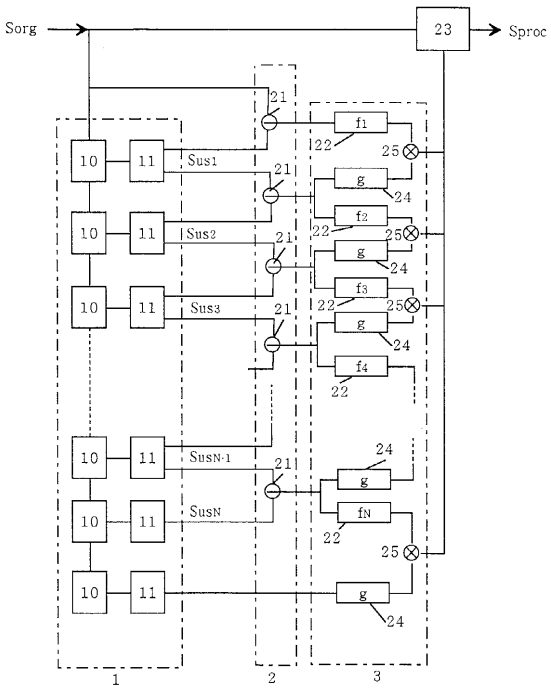
【図２４】



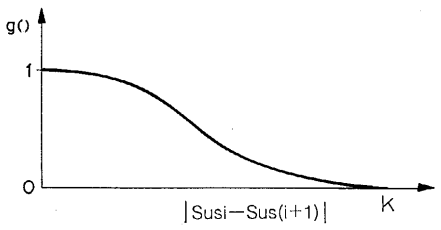
【図２５】



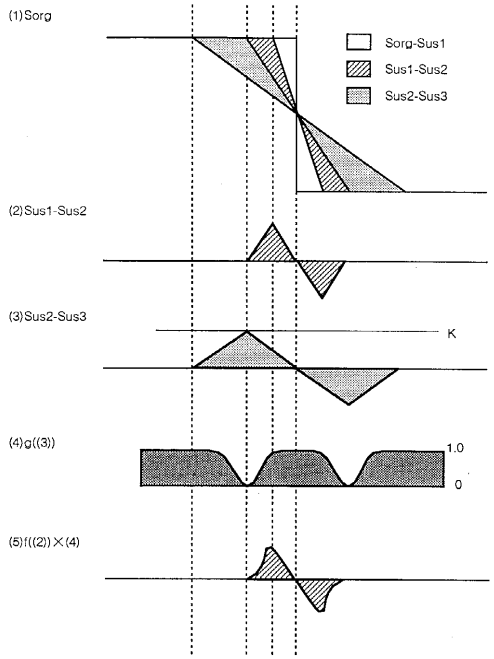
【図２６】



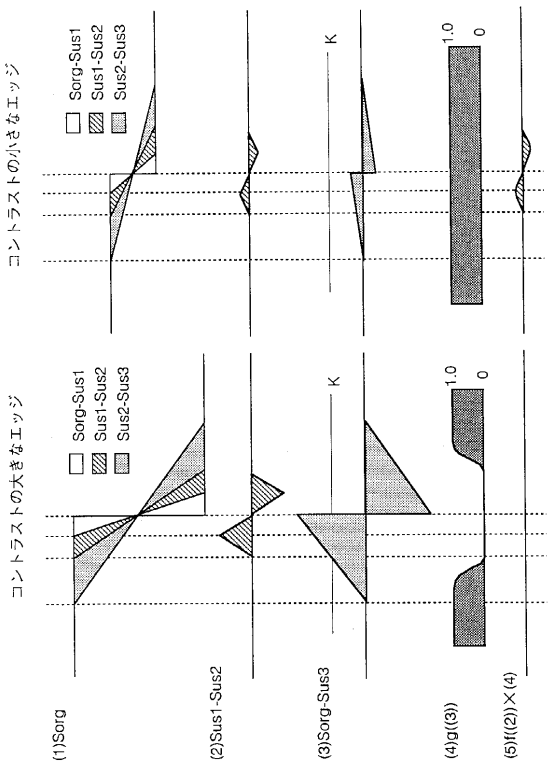
【図２７】



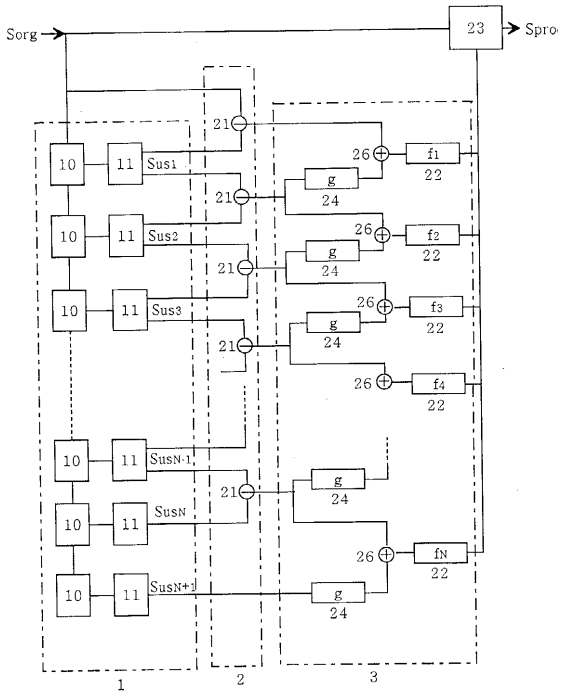
【図２８】



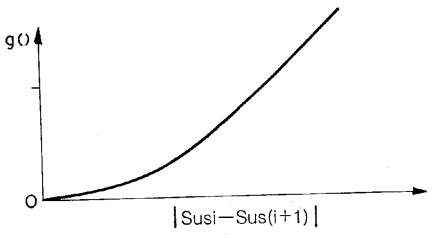
【図２９】



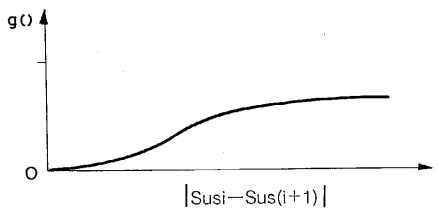
【図３０】



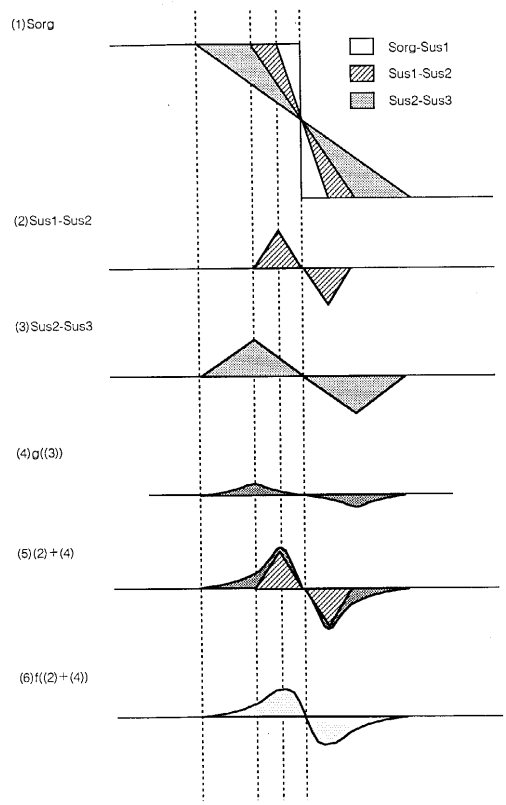
【図３１】



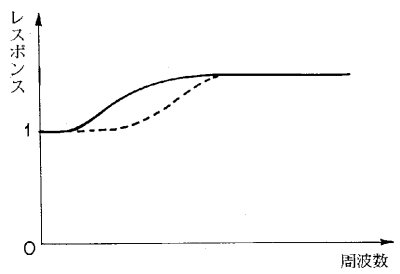
【図３２】



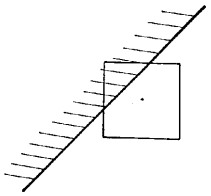
【図３３】


(1)Sorg
Sorg-Sus1
Sus1-Sus2
Sus2-Sus3
(2)Sus1-Sus2
(3)Sus2-Sus3
(4)g((3))
(5)(2)＋(4)
(6)f((2)＋(4))

【図３４】


レスポンス
1
0
周波数

【図３５】



フロントページの続き

(31)優先権主張番号　特願平8-169065
(32)優先日　平成8年6月28日(1996.6.28)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(56)参考文献　特開平５－２４４５０８（ＪＰ，Ａ）
特開平１－１０６２７５（ＪＰ，Ａ）
特開平９－１５３１３２（ＪＰ，Ａ）
特開平９－９８２９３（ＪＰ，Ａ）
特開平９－９１４２０（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H04N　1/407
G06T　5/00　100