(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3816151号

(P3816151)

(45)発行日　平成18年8月30日(2006.8.30)　(24)登録日　平成18年6月16日(2006.6.16)

(51)Int.Cl.　F I

H04N 5/208 (2006.01)　H04N 5/208

G06T 5/20 (2006.01)　G06T 5/20

請求項の数 40　(全 41 頁)

(21)出願番号　特願平8-182155
(22)出願日　平成8年7月11日(1996.7.11)
(65)公開番号　特開平10-75395
(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7-252088
(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7-323121
(32)優先日　平成7年12月12日(1995.12.12)
(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)

(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　佐藤　直樹

最終頁に続く

(54)【発明の名称】画像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、該原画像の高周波成分に関する信号を加算することにより、該原画像の高周波成分を強調する画像処理方法において、

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絶対値が所定範囲の値であるときに、該絶対値が前記所定範囲の値でないときよりも大きな抑制度合いで該帯域制限画像信号が抑制され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前記原画像信号に加算する前記高周波成分に関する信号を得ることを特徴とする画像処理方法。

【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、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記載の画像処理方法。

【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記載の画像処理方法。
【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記載の画像処理方法。
【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記載の画像処理方法。
【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、該関数が高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記載の画像処理方法。
【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記載の画像処理方法。
【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、前記高周波成分に関する信号の作成、および該高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

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

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

（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_k(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）
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項記載の画像処理方法。
【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、前記高周波成分に関する信号の作成、および該高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

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

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

（但し、Ｓproc：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_k(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）
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項記載の画像処理方法。
【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、前記高周波成分に関する信号の作成、および該高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

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

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

（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_k(k=2～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）
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項記載の画像処理方法。
【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、前記高周波成分に関する信号の作成、および該高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

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

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

（但し、Ｓproc：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_k(k=2～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）
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項記載の画像処理方法。
【請求項１２】
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に対して、前記強調係数に応じた変換処理を施すことにより行うことを特徴とする請求項８から１１のいずれか１項記載の画像処理方法。
【請求項１３】
前記変換処理が、前記各周波数帯域ごとに異なる変換処理であって、前記帯域制限画像信号の周波数帯域が低周波帯域であるほど、該帯域制限画像信号を強く抑制するような変換処理であり、
前記強調係数が大きいときほど、高周波帯域の帯域制限画像信号に対する抑制の度合いと、低周波帯域の帯域制限画像信号に対する抑制の度合いの差が大きいことを特徴とする請求項１２記載の画像処理方法。
【請求項１４】
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記載の画像処理方法。
【請求項１５】
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、および該積算信号の前記原画像信号への加算を、下記の式

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

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

（但し、Ｓproc：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+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
β（Ｓorg）：原画像信号に基づいて定められる強調係数）
にしたがって行うことを特徴とする請求項１または１４記載の画像処理方法。
【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、および該積算信号の前記原画像信号への加算を、下記の式

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

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

（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+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
β（Ｓorg）：原画像信号に基づいて定められる強調係数）
にしたがって行うことを特徴とする請求項１または１４記載の画像処理方法。
【請求項１７】
前記複数の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記載の画像処理方法。
【請求項１８】
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、および該積算信号の前記原画像信号への加算を、下記の式

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

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

（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+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
β（Ｓorg）：原画像信号に基づいて定められる強調係数）
にしたがって行うことを特徴とする請求項１または１７記載の画像処理方法。
【請求項１９】
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１８のいずれか１項記載の画像処理方法。
【請求項２０】
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１９記載の画像処理方法。
【請求項２１】
原画像を表す原画像信号に、該原画像の高周波成分に関する信号を加算することにより、該原画像の高周波成分を強調する画像処理装置において、
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絶対値が所定範囲の値であるときに、該絶対値が前記所定範囲の値でないときよりも大きな抑制度合いで該帯域制限画像信号が抑制され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前記原画像信号に加算する前記高周波成分に関する信号を得る周波数強調処理手段とからなることを特徴とする画像処理装置。
【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手段であることを特徴とする請求項２１記載の画像処理装置。

【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２２記載の画像処理装置。

【請求項２４】

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２２または２３記載の画像処理装置。

【請求項２５】

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２１記載の画像処理装置。

【請求項２６】

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、該関数が高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２５記載の画像処理装置。

【請求項２７】

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２５または２６記載の画像処理装置。

【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、前記高周波成分に関する信号の作成、および該高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

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

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

（但し、Ｓproc：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_k(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）
にしたがって行うことを特徴とする請求項２１から２７のいずれか１項記載の画像処理装置。

【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、前記高周波成分に関する信号の作成、および該高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

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

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

（但し、Ｓproc：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_k(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）
にしたがって行うことを特徴とする請求項２１から２７のいずれか１項記載の画像処理装置。

【請求項３０】
前記帯域制限画像信号の作成、前記変換画像信号の作成、前記高周波成分に関する信号の作成、および該高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

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

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

（但し、Ｓproc：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_k(k=2～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）
にしたがって行うことを特徴とする請求項２１から２４のいずれか１項記載の画像処理装置。

【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、前記高周波成分に関する信号の作成、および該高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

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

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

（但し、Ｓproc：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_k(k=2～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）
にしたがって行うことを特徴とする請求項２１から２４のいずれか１項記載の画像処理装置。

【請求項３２】
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に対して、前記強調係数に応じた変換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２８から３１のいずれか１項記載の画像処理装置。

【請求項３３】

前記変換処理が、前記各周波数帯域ごとに異なる変換処理であって、前記帯域制限画像信号の周波数帯域が低周波帯域であるほど、該帯域制限画像信号を強く抑制するような変換処理であり、
前記強調係数が大きいときほど、高周波帯域の帯域制限画像信号に対する抑制の度合いと、低周波帯域の帯域制限画像信号に対する抑制の度合いの差が大きいことを特徴とする請求項３２記載の画像処理装置。
【請求項３４】
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２１記載の画像処理装置。
【請求項３５】
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、および該積算信号の前記原画像信号への加算を、下記の式

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

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

（但し、Ｓproc：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+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
β（Ｓorg）：原画像信号に基づいて定められる強調係数）
にしたがって行うことを特徴とする請求項２１または３４記載の画像処理装置。
【請求項３６】
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、および該積算信号の前記原画像信号への加算を、下記の式

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

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

（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+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
β（Ｓorg）：原画像信号に基づいて定められる強調係数）
にしたがって行うことを特徴とする請求項２１または３４記載の画像処理装置。
【請求項３７】
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２１記載の画像処理装置。
【請求項３８】
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、および該積算信号の前記原画像信号への加算を、下記の式

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

$$\begin{aligned} Fusm(Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN) &= [f_1\{(Sorg - Sus1) + g(Sus1 - Sus2)\} \\ &\quad + f_2\{(Sus1 - Sus2) + g(Sus2 - Sus3)\} + \cdots \\ &\quad + f_k\{(Susk\text{-}1 - Susk) + g(Susk - Susk\text{+}1)\} + \cdots \\ &\quad + f_N\{(SusN\text{-}1 - SusN) + g(SusN - SusN\text{+}1)\}] \end{aligned}$$

（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+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
β（Ｓorg）：原画像信号に基づいて定められる強調係数）
にしたがって行うことを特徴とする請求項２１または３７記載の画像処理装置。
【請求項３９】
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２１から３８のいずれか１項記載の画像処理装置。
【請求項４０】
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２１から３９記載の画像処理装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は画像信号に対して、この画像信号の高周波成分を強調する非鮮鋭マスク処理（いわゆるボケマスク処理）を行う画像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。例えば、放射線画像の診断性能を向上させるために、画像信号に対して非鮮鋭マスク（以下ボケマスクという）を用いて周波数強調処理を施す方法が本出願人により提案されている（特開昭55-163472 号公報、特開昭55-87953号公報等）。この周波数強調処理は、読み取った原画像信号Ｓorg に、この原画像信号Ｓorg から非鮮鋭マスク画像信号（以下ボケ画像信号という）Ｓusを引いたものに強調係数βを乗じたものを加える処理を施すもので、これにより、画像において所定の空間周波数成分を強調するようにしたものである。これを式で表すと下記の式（１）のようになる。

【０００３】
Ｓproc＝Ｓorg ＋β×（Ｓorg －Ｓus）　…（１）
（Ｓproc：周波数強調処理された信号、Ｓorg ：原画像信号、Ｓus：ボケ画像信号、β：強調係数）
ここで、ボケ画像信号Ｓusは、例えば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）　…（２）
なる演算を行うことにより求められる。

【０００４】
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。

【０００５】
【発明が解決しようとする課題】
上記周波数強調処理では、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42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。これは、上述した断層撮影により画像に発生する流れ像を除去するためにボケマスク処理を行う場合にも同様に発生する問題である。

【０００６】
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が発生することなく、良好な処理済画像を得るボケマスク処理を行うことができる画像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。

【０００７】
【課題を解決するための手段】
本発明の画像処理方法および装置は、原画像を表す原画像信号に、該原画像の高周波成分に関する信号を加算することにより、該原画像の高周波成分を強調する画像処理方法において、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前記原画像信号に加算する前記高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。

【０００８】
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、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が望ましい。この際、前記各帯域制限画像信号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。

【０００９】
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、該関数が高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。

【００１０】
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、前記高周波成分に関する信号の作成、および該高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

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

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

（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_k(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）
にしたがって行うことが望ましい。

【００１１】
あるいは、下記の式

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

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

（但し、Ｓproc：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_k(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）

にしたがって行ってもよい。

【００１２】

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、前記高周波成分に関する信号の作成、および該高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

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

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

（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_k(k=2～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）
にしたがって行ってもよい。

【００１３】

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

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

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

（但し、Ｓproc：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_k(k=2～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）
にしたがって行ってもよい。

【００１４】

さらには、上記の変換画像信号の作成は、全て、前記各帯域制限画像信号に対して、前記強調係数に応じた変換処理を施すことにより行ってもよい。この際、この変換処理は、前記各周波数帯域ごとに異なる変換処理であって、前記帯域制限画像信号の周波数帯域が低周波帯域であるほど、該帯域制限画像信号を強く抑制するような変換処理であり、前記強調係数が大きいときほど、高周波帯域の帯域制限画像信号に対する抑制の度合いと、低周波帯域の帯域制限画像信号に対する抑制の度合いの差が大きいことが望ましい。

【００１５】

さらに、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、および該積算信号の前記原画像信号への加算を、下記の式

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

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

（但し、Ｓproc：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+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
β（Ｓorg）：原画像信号に基づいて定められる強調係数）
にしたがって行うことが望ましい。

【００１７】

あるいは、下記の式

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

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

（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+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
β（Ｓorg）：原画像信号に基づいて定められる強調係数）
にしたがって行ってもよい。

【００１８】

さらに、前記複数の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】

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、および該積算信号の前記原画像信号への加算を、下記の式

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

$$\begin{aligned} Fusm(Sorg, Sus1, Sus2, \cdots SusN) &= [f_1\{(Sorg - Sus1) + g(Sus1 - Sus2)\} \\ &\quad + f_2\{(Sus1 - Sus2) + g(Sus2 - Sus3)\} + \cdots \\ &\quad + f_k\{(Susk\text{-}1 - Susk) + g(Susk - Susk\text{+}1)\} + \cdots \\ &\quad + f_N\{(SusN\text{-}1 - SusN) + g(SusN - SusN\text{+}1)\}] \end{aligned}$$

（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+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
β（Ｓorg）：原画像信号に基づいて定められる強調係数）
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】

本発明による画像処理方法および装置は、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、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。

【００２３】

本発明はこの点に鑑みてなされたものであり、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、この変換された各帯域制限画像信号を積算することにより、原画像信号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。このため、比較的信号値の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高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、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強調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高周波成分の強調を行うことができる。

【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は本発明による画像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画像処理装置は、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、積算信号に所定の強調係数を乗じて原画像信号Ｓorg と加算することにより、原画像の高周波成分が強調された処理済画像Ｓprocを得る周波数強調処理手段５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】

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

【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$\sigma = 1$となる。上記式（４）において、$\sigma = 1$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、$\sigma = 2$となる。上記式（４）において、$\sigma = 2$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11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、$3 \times 2^k - 1$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$3 \times 2^k - 1$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画像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および周波数強調処理手段５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る。そしてこの積算信号が求められると、周波数強調処理手段５において原画像信号Ｓorg の値に応じた強調度βが乗じられ、さらにこの強調度βが乗じられた積算信号が原画像信号Ｓorg と加算されて処理済画像信号Ｓprocが得られる。

【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および周波数強調処理手段５において行われる処理を下記の式（５）に示す。
【００５１】

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

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

（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_k(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）
このようにして得られた処理済画像信号Ｓprocは、例えば図15に示すような周波数応答特性を有するものとなる。すなわち、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42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、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。
【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積算し、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。
【００５３】
このため、図15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15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、ボケ画像信号（式（１）における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。
【００５４】
したがって、エッジ部近傍の領域に対応する比較的信号値の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、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）により得られる処理済画像信号Ｓprocの周波数特性を図16に示す。図16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16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、ボケ画像信号Ｓusk 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15と比較すると、図16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いる。このため、エッジ部の近傍でない平坦部においてもレスポンスが低下したものとなっている。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】

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

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

（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) ：ボケ画像信号
f_k(k=1～Ｎ)：前記各帯域制限画像信号を変換する関数
β（Ｓorg）：原画像信号に基づいて定められる強調係数）

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よりも絶対値が大きい場合に、こ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17に示すように、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、こ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（７）により得られる処理済画像信号Ｓprocの周波数特性を図18に示す。図18に示すように式（７）により得られる処理済画像信号Ｓprocの周波数特性は高周波成分が除去された特性を有するものとなっている。

【００５９】

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強調してしまうため、得られる処理済画像に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、図18に示すように処理済画像

信号Ｓprocの高周波成分が除去されているため、ノイズが強調される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 ＋β（Ｓorg）・Ｆusm （Ｓus1,Ｓus2,…ＳusN）

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

（但し、Ｓproc：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_k(k=2～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）

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強調される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。

【００６１】

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

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

（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_k(k=2～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、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。例えば、肺と胃の二重造影の画像とにおいて、肺は比較的低周波成分を強調するのが好ましく、胃は胃壁のヒダの観察を行うため比較的高周波成分を強調することが好ましい。一方、骨や人工骨等の金属を含む画像においては、これらのエッジ部分が強調すぎることによるアーチファクトを防止する必要があるが、例えばマンモグラフィのように骨などのエッジ部分を含まない画像に対しては、アーチファクトは発生しにくく、骨を含む画像と同様に周波数成分の強調を行うと、観察に必要な部分が逆に見にくくなるという問題もある。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。

【００６２】

例えば、図19に示すように、骨を含む画像においては関数ｆをＢのようにして帯域制限画像信号の高周波成分を抑制してエッジ部分にアーチファクトを発生しにくくすることが好ましい。逆に、マンモグラフィのように骨を含まない画像においては関数ｆをＡのようにして高周波成分をも強調し、略全周波数帯域に亘って帯域制限画像信号の絶対値が大きくなるように変換処理を行うことが好ましい。

【００６３】
また、胸部画像の場合、全周波数帯域に亘って帯域制限画像信号が強調されることが好ましいため、帯域制限画像信号の周波数帯域に応じて関数ｆを図20に示すように変化させることが好ましい。一方、胃の二重造影像の場合は帯域制限画像信号の高周波成分を強調し、低周波成分を抑制した方が好ましいため、帯域制限画像信号の周波数帯域に応じて関数ｆを図21に示すように変化させることが好ましい。帯域制限画像信号を図20に示す関数ｆにしたがって変換することにより得られた処理済画像信号Ｓprocの周波数特性を図22に、帯域制限画像信号を図21に示す関数ｆにしたがって変換することにより得られた処理済画像信号Ｓprocの周波数特性を図23にそれぞれ示す。図22の胸部の撮影の場合は、略全周波数帯域に亘ってレスポンスが強調されているのに対して、図23の胃の二重造影像の場合は、高周波帯域のレスポンスが他の周波数帯域よりも大きく強調されていることが分かる。

【００６４】
このように、胸部画像の場合に全周波数帯域に亘ってレスポンスが強調されるように処理を施すことにより、肺野がより観察し易いものとなり、胃の二重造影像において高周波帯域のレスポンスが強調されるように処理を施すことにより、胃壁のヒダがより観察し易いものとなる。そしてこのように、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こととなる。

【００６５】
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。

【００６６】
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。

【００６７】
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28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。

【００６８】
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かった。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ものである。

【００６９】
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。これらの関数は、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するもので、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変換を行う関数であり、関数が高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ものである。

【００７０】

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、高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。

【００７１】

この図24の関数は、振幅の大きな帯域制限画像信号を抑制するような変換を行うものであり、周波数帯域の高い帯域制限画像信号の抑制の度合いを、周波数帯域の低い帯域制限画像信号よりも強くするものであるが、これは実際の放射線画像のエッジに含まれている高周波成分が、低周波成分に比べてその振幅が小さいということを考慮したものである。すなわち図29に示されるように、実際の放射線画像においては、かなり急峻なエッジでさえも、図29(a)のように正確な階段状にはなっておらず、同図(b)のように高周波成分になるほどその振幅が小さくなっていることが多い。このため、各周波数成分の振幅に合わせて、周波数の高い帯域制限画像信号ほど小さい振幅から抑制を行うことが望ましく、本関数によりそれを実現することができる。

【００７２】

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。

【００７３】

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。

【００７４】

これらの関数は、図28に示される変換画像信号を積算して得られる信号(d)を、原画像信号Ｓorg に加えた場合、原画像信号Ｓorg と加算された信号とのつなぎ目、すなわち信号の立ち上がりをより自然なものとするという効果がある。

【００７５】

図26に示される関数は、周波数強調処理装置において使用される関数で、図24および図25の関数の両方の特徴を兼ね備えたものであり、両方の関数の効果を得ることができるものである。

【００７６】

以上のように本発明の画像処理方法および装置により、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らしめて全体の周波数特性を任意のものとすることが可能となる。図27はその効果の一例を示すものであるが、この図には本発明の画像処理装置により作成された各周波数帯域ごとの信号の周波数特性(a-1)、(b-1)、(c-1)と、それに対応する全体の周波数特性(a-2)、(b-2)、(c-2)が示されている。(a-1)、(a-2)は全ての周波数帯域で傾き１の関数を設定した場合、(b-1)、(b-2)は低周波帯域ほど傾きを小さく設定した場合、(c-1)、(c-2)は特定の周波数帯域のみ関数の傾きを１とし、それ以外を１より小さくすることにより全体としてバンドパスの周波数特性を得た場合であり(c)の例は、ある

特定の周波数帯域の情報のみを得たい場合などに有用である。

【００７７】

なお、上記閾値より大きい値を抑制する実施の形態および閾値によらず全体を抑制する実施の形態の２つの実施の形態では、変換手段３により行う変換処理を強調係数βに応じて異なる処理としてもよい。以下、その効果を閾値によらない関数を用いる場合を例に説明する。

【００７８】

この関数f_1～f_Nとして、上記強調係数βが比較的小さい場合には図30に示されるような関数を、また強調係数βが大きい場合には図31に示すような関数を用いている。ここで、図中の「高」「低」はそれぞれ、高周波帯域の帯域制限画像信号の変換に使用される関数、低周波帯域の帯域制限画像信号の変換に使用される関数を示している。

【００７９】

これらの関数はいずれも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ものであるが、本実施の形態では、図30および図31とを比較することによりわかるように、強調係数βが大きいときほど、高周波帯域を処理する関数による抑制の度合いと、低周波帯域を処理する関数による抑制の度合いとの差が大きくなるように関数の組み合わせを定義している。具体的には、高周波帯域を処理する関数は強調係数に拘わらず一定とし、低周波帯域を処理する関数の抑制の度合いを強調係数が大きくなるほど強くすることにより差を広げている。但し、これは低周波帯域を処理する関数を一定として高周波帯域を処理する関数の抑制の度合いを緩めてもよく、また全ての関数を抑制の度合いの差が広がるように変化させてもよい。

【００８０】

以上説明したような関数により高周波成分を強調された画像信号を、レスポンスとして示したものが図32および図33である。図32は、上記図30に示される関数の組み合わせを使用した場合であり、図33は図31に示される関数の組み合わせを使用した場合である。これらの図によれば、強調係数を大きくした際に高周波成分のみ強調の度合いが強くなり、低周波成分の強調の度合いは強調係数が小さい場合とそれほど変わらないようになっていることがわかる。

【００８１】

強調係数βによらずに関数の組み合わせを決定する場合には、強調係数を大きくすると全ての周波数帯域において強調の度合いが強くなる。一般に強調係数を大きくするのは、情報量が少ない高周波成分を強調するためであるが、これでは、低周波成分までもが強調されてしまうことになり、その結果コントラストがつきすぎ、アーチファクトとなることがある。したがって、図31に示されるように、強調係数βを大きくしても低周波成分の強調の度合いはあまり変化させないようにすることにより、このアーチファクトの発生を防止することができる。

【００８２】

なお、上記説明においては、強調係数βが小さい場合と大きい場合用に１組ずつ関数の組み合わせを示したが、これは関数の組み合わせが２組であることを意味するものではなく、強調係数βの変化に応じて関数の特徴をどのように変えればよいかを示すための例にすぎない。したがって、強調係数βの変化の度合いを何段階かのレベルに分類し、各レベルに応じて関数の組み合わせを決定するといったことも可能であり、そのような段階をより細かく設定することにより、より高画質な画像が得られることはいうまでもない。

【００８３】

また、上記実施の形態では、強調係数を大きくするのは高周波成分のみを強調したいためであるとの解釈に基づいて非線形関数を決定しているが、強調係数を変化させる目的はこれに限られるものではなく、したがって非線形関数としては目的に応じて様々なものが適用可能である。この際、上記例では非線形関数は各周波数帯域ごとに異なる複数の非線形関数の組としているが、達成したい目的によっては、全ての周波数帯域に同一の非線形関数を用いても本発明の効果を得ることができる。

【００８４】
次に、本発明の画像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、周波数強調処理手段５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。
【００８５】
図34はこの実施の形態における本発明の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。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。
【００８６】
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34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34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。
【００８７】
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。
【００８８】
関数ｇとしては、例えば図35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。
【００８９】
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および周波数強調処理手段５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、この積算により得られた積算値に原画像信号Ｓorgに応じて決定される強調係数βが乗じられ、さらにこの強調係数βが乗じられた積算値が原画像信号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、上述した他の処理とともに数式として表すと、下記の式（９）
Ｓproc＝Ｓorg ＋β（Ｓorg）・Ｆusm （Ｓorg,Ｓus1,Ｓus2,…ＳusN）

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

（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+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
β（Ｓorg）：原画像信号に基づいて定められる強調係数）
のようになる。

【００９０】

図36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35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。

【００９１】

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、本発明の他の実施の形態では、周波数強調処理装置では、下記の式（10）

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

（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+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
β（Ｓorg）：原画像信号に基づいて定められる強調係数）

のような式にしたがって画像処理を行っている。

【００９２】

図37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36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については、変換により得られる信号は小さくなり、コントラストの小さなエッジについては変換により得られる信号はもとの帯域制限画像信号に近い大きさとなる。

【００９３】

この信号は積算された後に、強調のために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ほとんど強調されないのに対し、コントラストの小さなエッジはコントラストの大きなエッジに比べると相対的に強く強調されるという効果が得られる。

【００９４】

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。

【００９５】

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、周波数強調処理手段５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。

【００９６】

図38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S_{org}とS_{us_1}）の減算を行うことにより得られる。すなわち、$S_{org} - S_{us_1}$、$S_{us_1} - S_{us_2}$、…$S_{us_{N-1}} - S_{us_N}$ 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。

【００９７】

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38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。

【００９８】

関数ｇとしては、例えば図39に示されるようなものが用いられる。図39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40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。

【００９９】

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。

【０１００】

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および周波数強調処理手段５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、この積算により得られた積算値に原画像信号Ｓorgに応じて決定される強調係数βが乗じられ、さらにこの強調係数βが乗じられた積算値が原画像信号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、上述した他の処理とともに数式として表すと、下記の式（11）

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

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

（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+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
β（Ｓorg）：原画像信号に基づいて定められる強調係数）
のようになる。

【０１０１】

図41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。

【０１０２】

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。

【０１０３】

なお、本明細書において説明したいくつかの実施の形態は全て、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。

【０１０４】

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。

【０１０５】

すなわち、

$$f_k(x) = A_k x^3 + B_k x^2 + C_k x + D_k \quad \cdots (12)$$

において（式（12）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。）、

$$f_k'(X_k) = f_{k-1}'(X_k) \quad \cdots (13)$$

$$f_k'(X_{k+1}) = f_{k+1}'(X_{k+1}) \quad \cdots (14)$$

$$f_k''(X_k) = f_{k-1}''(X_k) \quad \cdots (15)$$

$$f_k''(X_{k+1}) = f_{k+1}''(X_{k+1}) \quad \cdots (16)$$

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（17）を満たす必要がある。

【０１０６】

$$f_k'(X_k) = (Y_{k+1} - Y_{k-1}) / (X_{k+1} - X_{k-1}) \quad \cdots (17)$$

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（18）を満たす必要がある。

【０１０７】

$$f_k'(X_{k+1}) = (Y_{k+2} - Y_k) / (X_{k+2} - X_k) \quad \cdots (18)$$

また関数ｆ（Ｘ）は一般に下記式（19）に示すもので近似される。

【０１０８】

$$f(X) = f(0) + f'(0)\,X + \{f''(0)/2\}\,X^2 \quad \cdots (19)$$

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（13）～（16）および（19）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（20）で表すことができる。

【０１０９】

$$f_k(t) = \{(-t^3 + 3t^2 - 3t + D_4) / 6\} Y_{k-1} + \{(3t^3 - 6t^2 + D_3) / 6\} Y_k + \{(-3t^3 + 3t^2 + 3t + D_2) / 6\} Y_{k+1} + \{(t^3 + D_1) / 6\} Y_{k+2} \quad \cdots (20)$$

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（17）は、

$$f_{k+1}(t) = \{(-t^3 + 3t^2 - 3t + D_4) / 6\} Y_k + \{(3t^3 - 6t^2 + D_3) / 6\} Y_{k+1} + \{(-3t^3 + 3t^2 + 3t + D_2) / 6\} Y_{k+2} + \{(t^3 + D_1) / 6\} Y_{k+3} \quad \cdots (21)$$

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、

$$Y_p = f_k(t) = \{(-t^3 + 3t^2 - 3t + 1) / 6\} Y_{k-1} + \{(3t^3 - 6t^2 + 4) / 6\} Y_k + \{(-3t^3 + 3t^2 + 3t + 1) / 6\} Y_{k+1} + \{t^3 / 6\} Y_{k+2} \quad \cdots (22)$$

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。

【０１１０】

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。

【０１１１】

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。

【０１１２】

また、上記全ての実施の形態では、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、フィルタリング処理についても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。

【０１１３】

さらに、上述した全ての実施の形態における画像処理方法および装置は、断層撮影により画像に現れる流れ像を除去する場合にも適用できる。

【０１１４】

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 を得てボケマスク処理を行うものであるが、上述した実施の形態における画像処理における互いに周波数応答特性が異なるボケ画像信号Ｓusk 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。

【０１１５】

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次元的の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。

【０１１６】

また、上記一実施の形態において、帯域制限画像信号に対して撮影部位ごとに異なる変換処理を施すことにより得られる効果について説明したが、この撮影部位ごとに処理を変えるという思想は上記全ての実施の形態に適用できるものである。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明による画像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

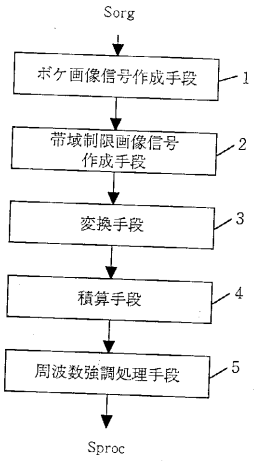
【図１１】ボケ画像信号の周波数特性を表す図

【図１２】本発明の画像処理装置の一実施の形態における全体構成を示す図

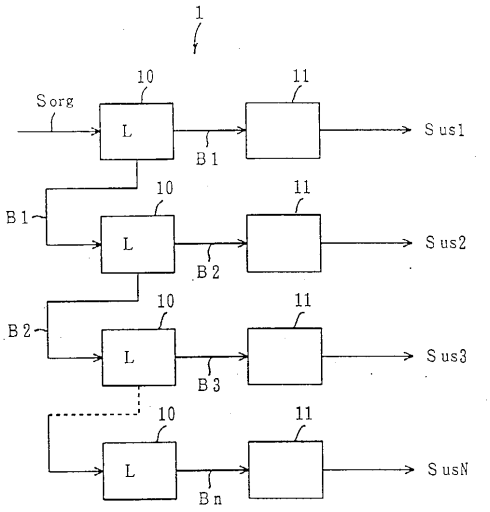
【図１３】帯域制限画像信号の周波数特性を表す図

【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】処理済画像信号の周波数特性を表す図
【図１６】処理済画像信号の他の周波数特性を表す図
【図１７】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１８】帯域制限画像信号の他の周波数特性を表す図
【図１９】撮影部位に応じた帯域制限画像信号の変換処理を表す図
【図２０】周波数帯域に応じた帯域制限画像信号の変換処理を表す図
【図２１】周波数帯域に応じた帯域制限画像信号の他の変換処理を表す図
【図２２】図２０に示す関数により得られる処理済画像信号の周波数特性を表す図
【図２３】図２１に示す関数により得られる処理済画像信号の周波数特性を表す図
【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一例を示す図
【図２６】図２４の関数と図２５の関数の特徴を兼ね備えた関数の一例を示す図
【図２７】周波数帯域ごとの周波数特性と全体の周波数特性とを示す図
【図２８】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２９】理想のエッジと実際のエッジを示す図
【図３０】強調係数が小さい場合に各帯域制限画像信号を変換する関数の一例を示す図
【図３１】強調係数が大きい場合に各帯域制限画像信号を変換する関数の一例を示す図
【図３２】図３０の関数を変換に用いることにより得られる画像信号のレスポンスを示す図
【図３３】図３１の関数を変換に用いることにより得られる画像信号のレスポンスを示す図
【図３４】本発明の画像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３５】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３６】図３４に示す実施の形態における効果を示す図
【図３７】図３４に示す実施の形態における効果を示す他の図
【図３８】本発明の画像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３９】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４０】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４１】図３８に示す実施の形態における効果を示す図
【図４２】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
5　周波数強調処理手段
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

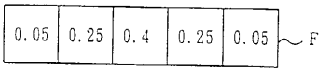
【図１】



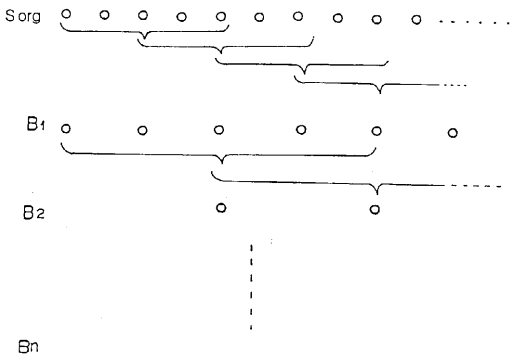
【図２】



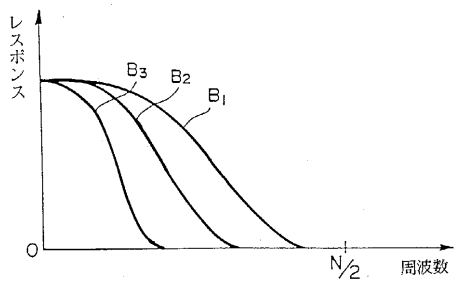
【図３】



【図４】



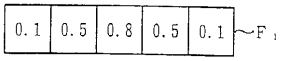
【図５】



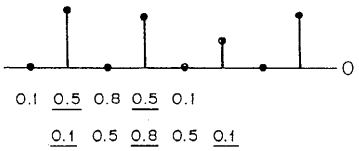
【図６】

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

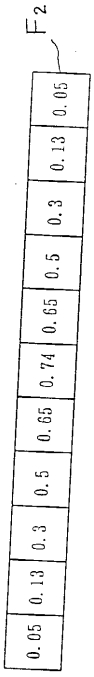
【図７】



【図８】



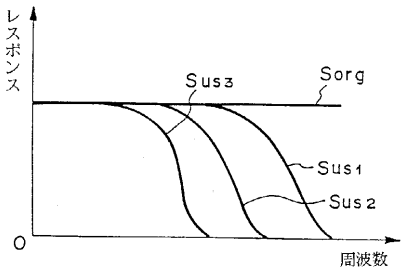
【図９】



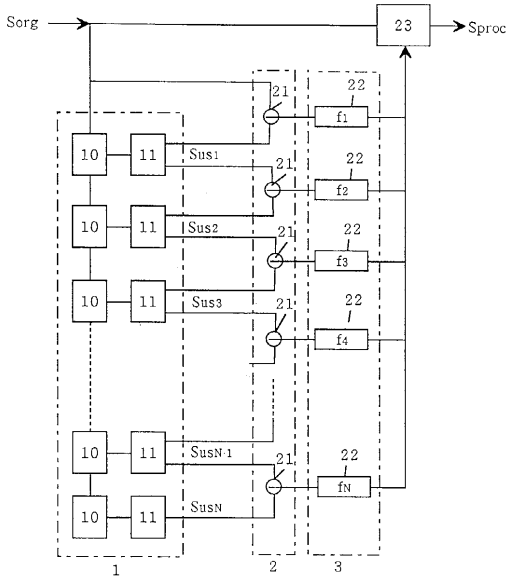
【図１０】



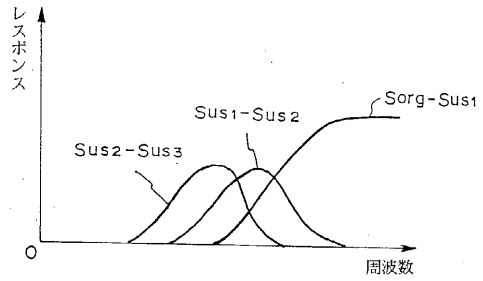
【図１１】



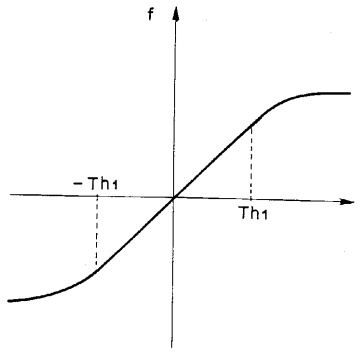
【図１２】



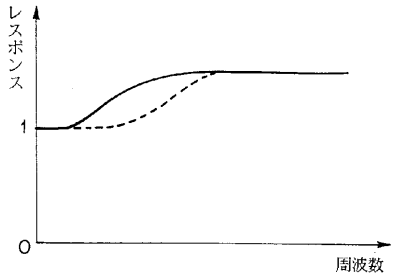
【図１３】



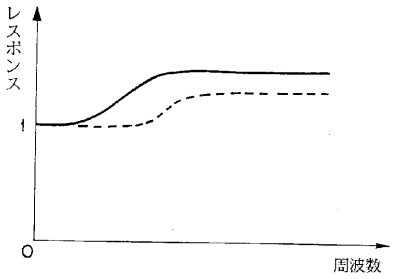
【図１４】



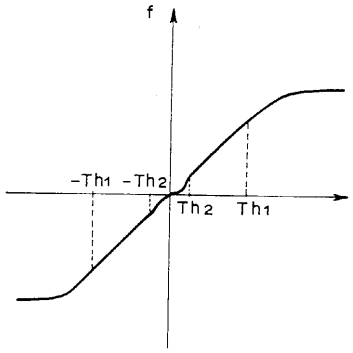
【図１５】



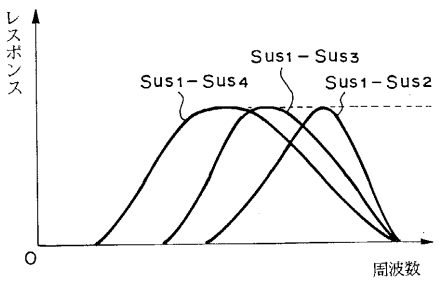
【図１６】



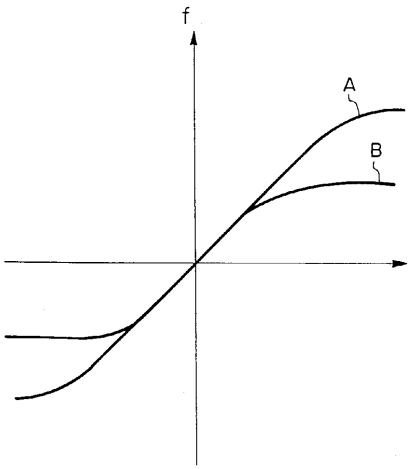
【図１７】



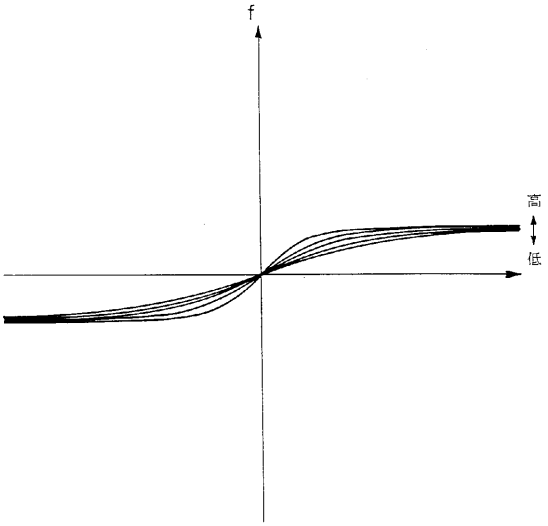
【図１８】



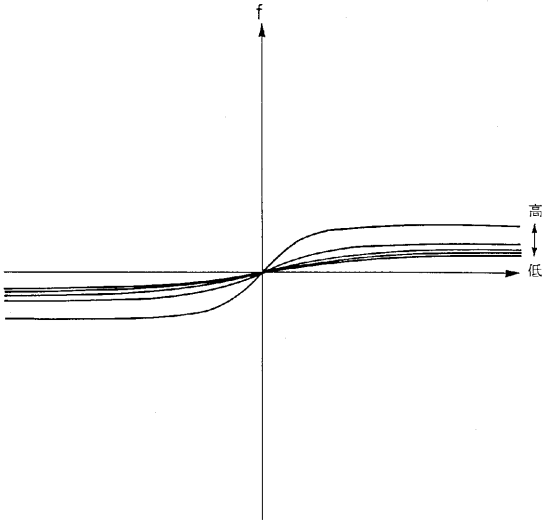
【図１９】



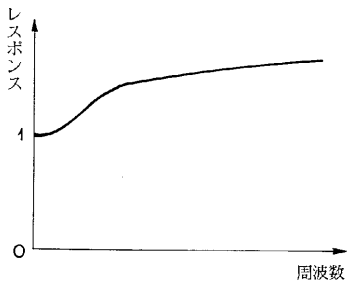
【図２０】



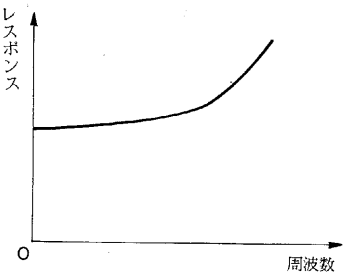
【図２１】



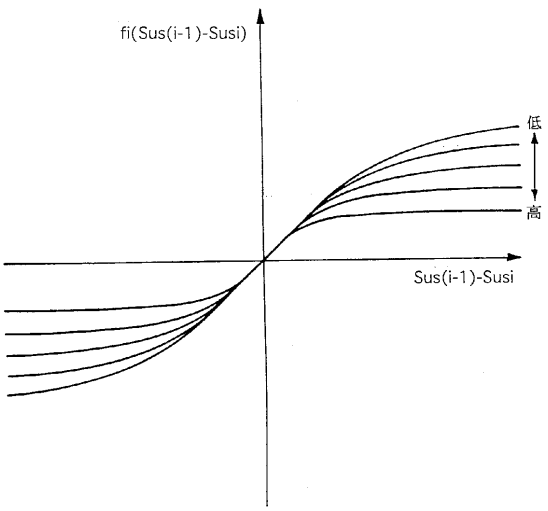
【図２２】



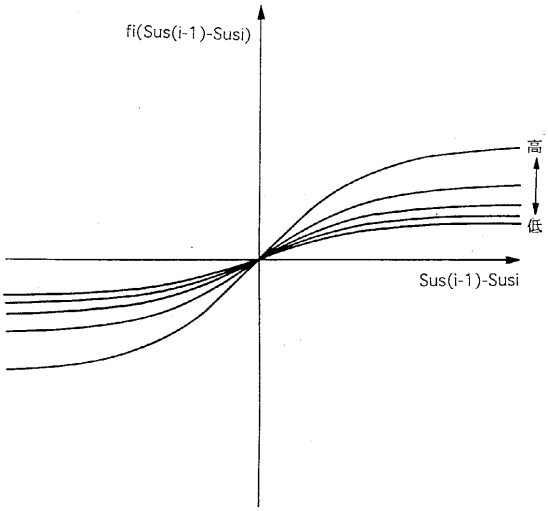
【図２３】



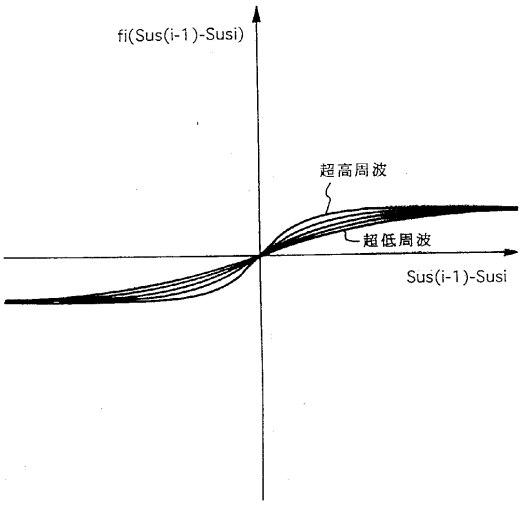
【図２４】



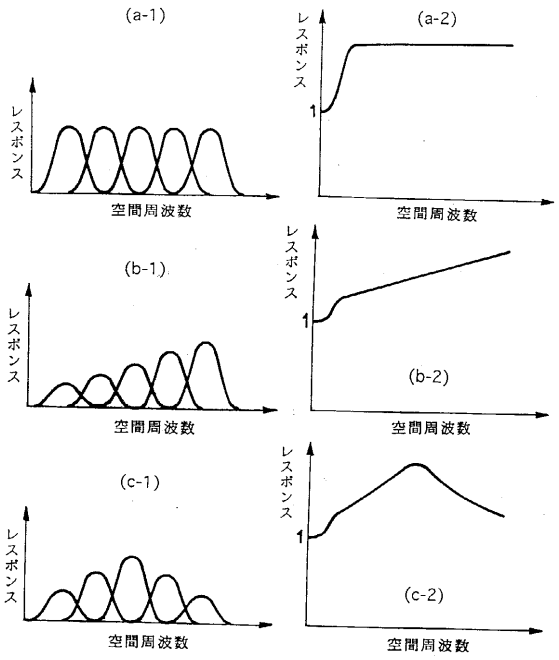
【図２５】



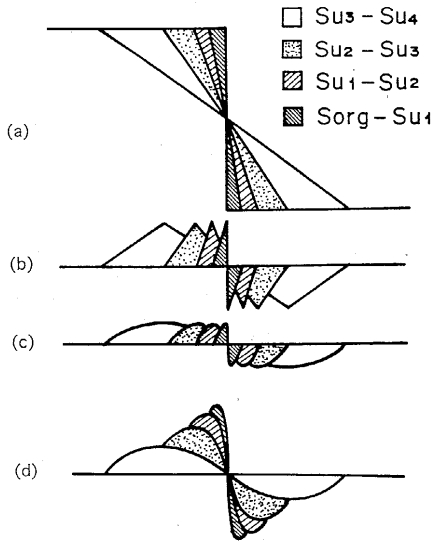
【図２６】



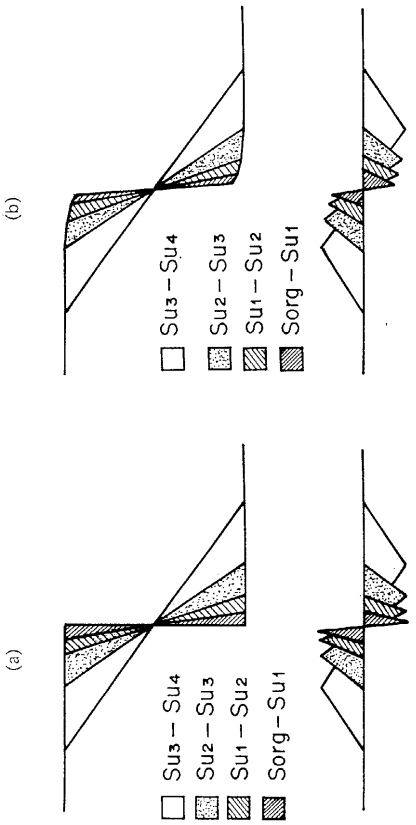
【図２７】



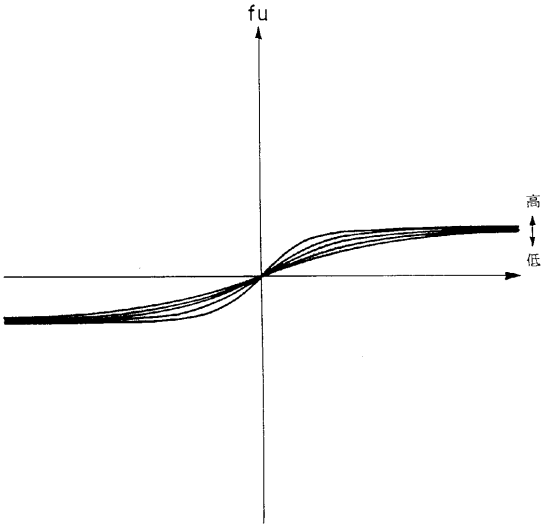
【図２８】



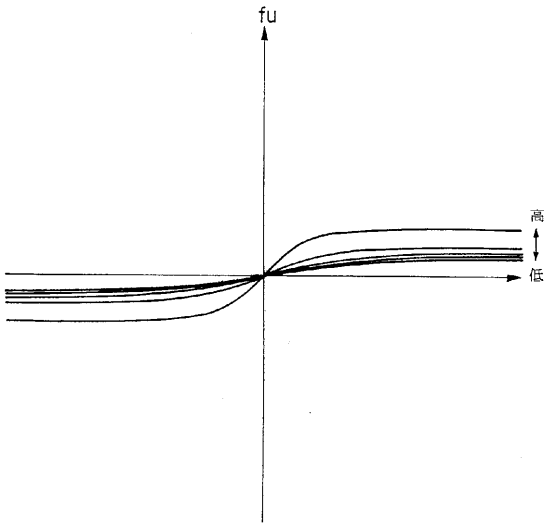
【図２９】



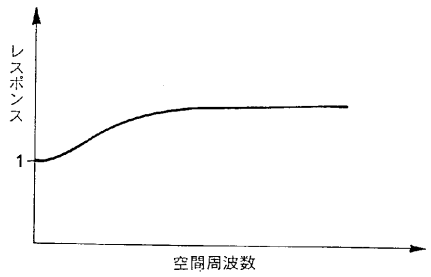
【図３０】



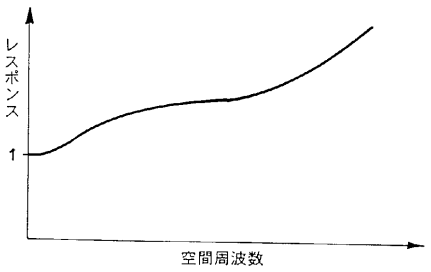
【図３１】



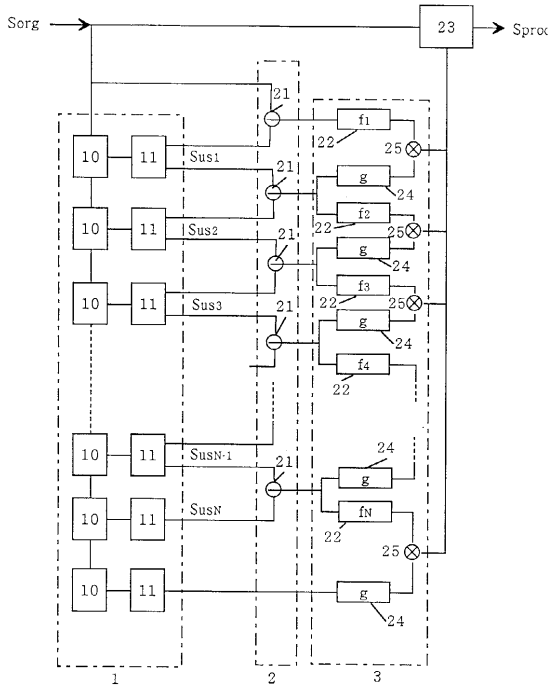
【図３２】



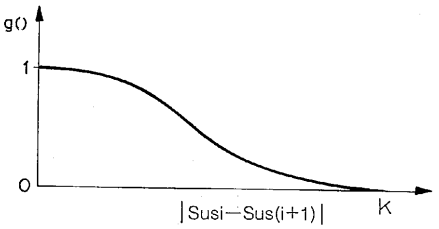
【図３３】



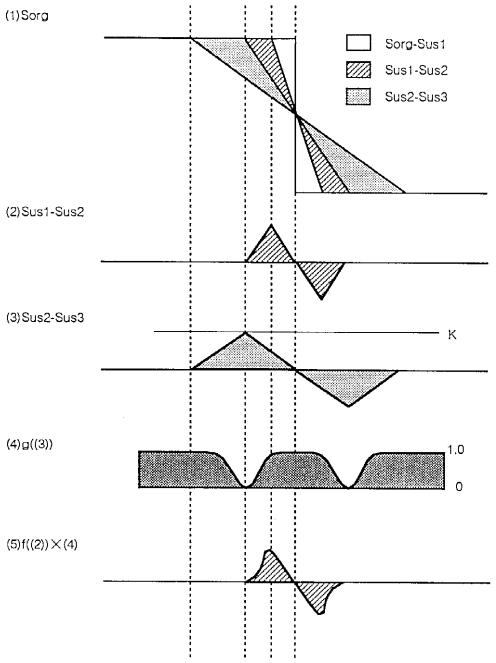
【図３４】



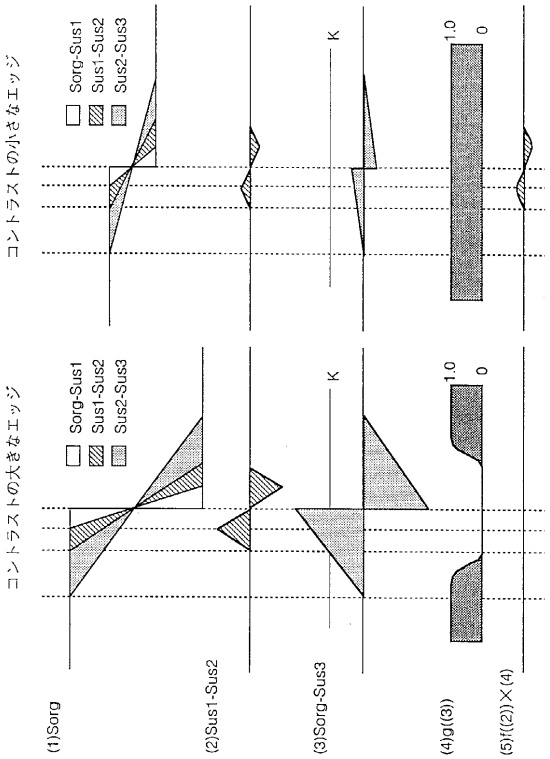
【図３５】



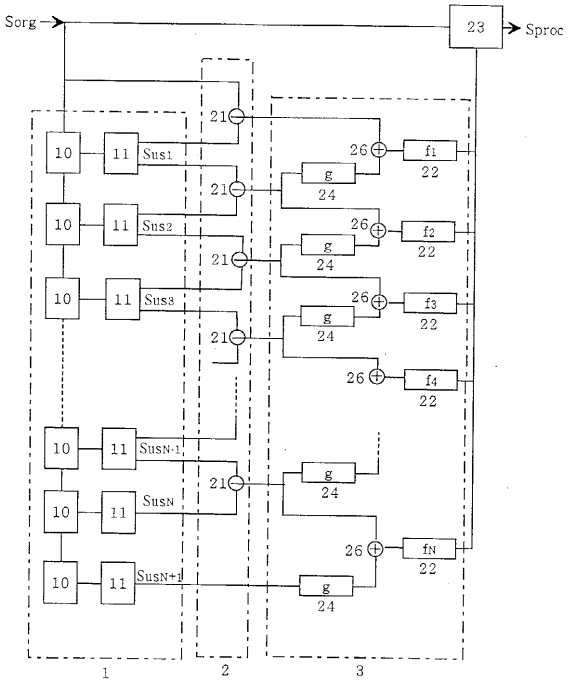
【図３６】



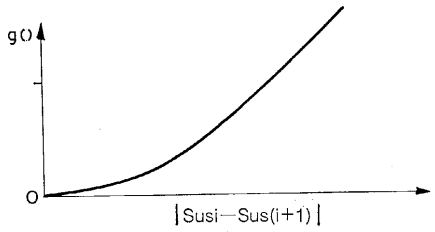
【図３７】



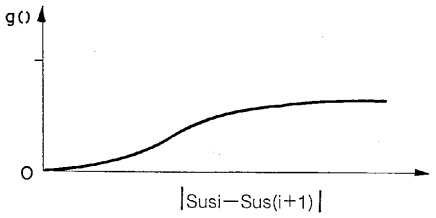
【図３８】



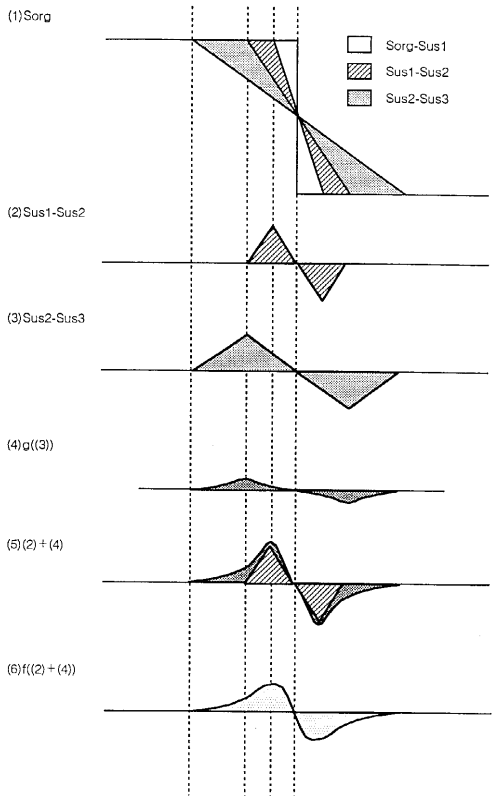
【図３９】



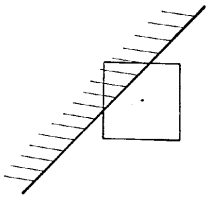
【図４０】



【図４１】



【図４２】



フロントページの続き

(31)優先権主張番号 特願平8-169063
(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)
(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０３－０６６２６６（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－３３６４１１（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－３２１３７９（ＪＰ，Ａ）
特開平０１－１０６２７５（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－２８４０６９（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－２４４５０８（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－２６０３４８（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－３０３４６２（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－０９２５８８（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－１７７３８６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
H04N 5/208
G06T 5/20