

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4968981号  
(P4968981)

(45) 発行日 平成24年7月4日(2012.7.4)

(24) 登録日 平成24年4月13日(2012.4.13)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>GO6T</b>	<b>1/00</b>	<b>(2006.01)</b>	GO6T	1/00	510
<b>HO4N</b>	<b>1/60</b>	<b>(2006.01)</b>	HO4N	1/40	D
<b>HO4N</b>	<b>1/46</b>	<b>(2006.01)</b>	HO4N	1/46	Z
<b>HO4N</b>	<b>9/68</b>	<b>(2006.01)</b>	HO4N	9/68	Z

請求項の数 3 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2000-318288 (P2000-318288)	(73) 特許権者	308009071
(22) 出願日	平成12年10月18日(2000.10.18)		アグファ・ヘルスケア・ナムローゼ・フ
(65) 公開番号	特開2001-175850 (P2001-175850A)		エンノートシャツ
(43) 公開日	平成13年6月29日(2001.6.29)		ベルギー・2640モルトセル・セプテス
審査請求日	平成19年10月10日(2007.10.10)		トラート27
(31) 優先権主張番号	99203430.6	(74) 代理人	110000741
(32) 優先日	平成11年10月19日(1999.10.19)		特許業務法人小田島特許事務所
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)	(72) 発明者	コーン・バン・デ・ベルデ
			ベルギー・ビー2640モルトセル・セプ
			テストラート27・アグファ・ゲヴェルト
			・ナムローゼ・フエンノートシャツ内
		(72) 発明者	パウル・スエテンス
			ベルギー・ビー2820ボンハイデン・ア
			カシアラーン22

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 カラー画像の強化法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

- 少なくとも1つの1組の色成分画像を、複数の解像度レベルにおけるバンドパスディテール画像を含むマルチ - 解像度画像表現と残りの画像に分解し、  
 - 該ディテール画像に少なくとも1つの非 - 線形修正関数を適用することにより、少なくとも1つの解像度レベルにおける少なくとも1つの色成分画像のマルチ - 解像度画像表現を修正して、単数もしくは複数の修正マルチ - 解像度画像表現を得、  
 - それぞれの単数もしくは複数の色成分画像の残りの画像ならびに修正及び非修正バンドパスディテール画像に再構築アルゴリズムを適用することにより該単数もしくは複数の色成分画像を再構築し、該再構築アルゴリズムは、それを色成分画像の残りの画像及び非修正バンドパスディテール画像に適用すると、色成分画像が得られるようなものである段階を含んでなり、  
 - 上記段階を該色成分画像のマルチ - 解像度表現の該ディテール画像の少なくとも1つに適用し、  
 - 該非 - 線形修正関数の独立変数が画素 i 及び解像度レベル j における色勾配のノルム (norm) であることを特徴とする、視覚的色空間における1組の色成分画像により示されるカラー画像の強化法。

【請求項2】

画素 i における且つ解像度レベル j におけるディテール画像の値に、該色成分のディテ

ール画像の画素値に依存する独立変数値において非 - 線形修正関数を評価することにより得られる因子を乗じることにより、該単数もしくは複数のマルチ - 解像度画像表現を修正する請求項 1 に従う方法。

【請求項 3】

該修正関数が

【数 1】

$$y(x) = \left(\frac{m}{c}\right)^p \quad |x| < c \text{ の場合}$$

$$y(x) = \left(\frac{m}{|x|}\right)^p \quad c \leq |x| < |m| \text{ の場合}$$

$$y(x) = 1 \quad |x| \geq m \text{ の場合}$$

10

により定義され、ここで

m は上限値であり、

且つここで、

$0 < p < 1$  である値 p は非線形の程度を決定する

請求項 1 に従う方法。

【発明の詳細な説明】

20

【0001】

【発明の分野】

本発明はカラー画像の強化法に関する。

【0002】

【発明の背景】

デジタル放射線写真画像は大きなダイナミックレンジ (dynamic range) を用いて取得される (通常は画素当たり 12 ビット)。人間の視覚系は、得られるすべてのグレーレベルの差を区別することができないので、そして印刷及びディスプレイのためには画像を画素当たり 8 ビットに戻さなければならないので、多くの場合に画像の後 - 処理が必要である。

30

【0003】

マルチ - 解像度画像強化は今日、デジタル放射線写真の処理に、すなわちグレートーン画像のために日常的に使用されている。放射線写真画像のためのマルチ - スケール画像強化法は、例えばヨーロッパ特許 5 2 7 5 2 5 及びヨーロッパ特許出願 1 0 0 1 3 7 0 に記載されている。

【0004】

上記の種類の反復処理法はヨーロッパ特許出願 6 1 0 6 0 3 に記載されている。

【0005】

すべての種類の画像のための取得法が進歩すると共に、有効な動的範囲圧縮に対する必要性がさらに増加する。

40

【0006】

カラー写真画像の場合、特に屋外の場面で撮られる画像の場合、非常に広い動的範囲に直面することが非常に多い。再現されると、これは暗すぎるか、又は明るすぎる領域を有する画像を生ずることが多い。

【0007】

その場合、重要な情報を失うことのない有効な動的範囲圧縮が必要である。可能な限り多種の色を視覚化しなければならない。

【0008】

特に写真画像の場合、適用される画像処理が処理されるカラー画像の不自然な外観を生ずることは、さらに許容され得ない。

50

## 【0009】

Pattern Recognition Letters, NL, North Holland Publ. Amsterdam, Vol. 13, No. 3, (1992-03-01)中のToet A.による文献“Multiscale color image enhancement”において、カラー画像への適用のためのマルチスケール画像分解法が開示されている。

## 【0010】

この方法では、画像の輝度及び彩度成分が最初に種々の空間的スケールのコントラストディテール画像(contrast detail images)に分解される。本明細書で、コントラストは、画像もしくは画像の低解像度バージョンと画像の連続的なより低解像度のバージョンの比率として定義される。次に、画像におけるすべての位置及びすべての空間スケールにおいてもとの輝度原値(primitive)をその対応する彩度コントラスト原値により変調することにより、新しい1組のマルチ-スケール輝度コントラスト原値を構築する。得られるマルチスケール原値の組からのカラー画像の再構築は、局部的輝度コントラストがすべての解像度レベルで強化されている原稿画像の表現を与える。

10

## 【0011】

## 【発明の目的】

本発明の目的は、カラー画像の画質を強化するための方法を提供することである。

## 【0012】

## 【発明の概略】

上記の目的は、請求項1に記載した画像処理法により実現される。本発明の好ましい実施態様に関する特定的特徴を従属クレームにおいて開示する。

20

## 【0013】

本発明の方法は、微妙な特徴の強化(subtle feature enhancement)と組み合わせて、有効なダイナミックレンジ圧縮を得ることができる点で有利である。

## 【0014】

本発明の方法は、

- カラー画像の少なくとも1つの色成分画像(colour component images)を、複数の解像度レベルにおけるバンドパスディテール画像(bandpass detail images)を含むマルチ-解像度画像表現と残りの画像に分解し、
- 少なくとも1つの解像度レベルにおける少なくとも1つの色成分画像のマルチ-解像度画像表現を修正して単数もしくは複数の修正マルチ-解像度画像表現を得、
- それぞれの単数もしくは複数の色成分画像の残りの画像ならびに修正及び非修正バンドパスディテール画像に再構築アルゴリズムを適用することにより、単数もしくは複数のマルチ-解像度表現から該単数もしくは複数の色成分画像を再構築し、該再構築アルゴリズムは、それを色成分画像の残りの画像及び非修正バンドパスディテール画像に適用すると、色成分画像又はその近似が得られるようなものである

30

段階を含む。

40

## 【0015】

好ましくは、修正は非-線形である。少なくとも1つの非-線形修正関数を単数もしくは複数のディテール画像に適用する。

## 【0016】

特定的実施態様の場合、画素 $i$ における、且つ解像度レベル $j$ におけるディテール画像の値に、画素 $i$ 及び解像度レベル $j$ における該色成分のディテール画像の画素値に依存する独立変数値において非-線形修正関数を評価することにより得られる因子を乗じることにより、単数もしくは複数のマルチ-解像度画像表現を修正する。

## 【0017】

例えば画素 $i$ における、且つ解像度レベル $j$ におけるディテール画像の値に、解像度レベ

50

ル  $j$  及び画素  $i$  における該色成分のディテール画像の画素値に依存する独立変数値において非 - 線形修正関数を評価することにより得られる因子を乗じることにより、単数もしくは複数のマルチ - 解像度画像表現を修正する。

【 0 0 1 8 】

1つの実施態様の場合、マルチ - 解像度表現は方向性バンドパスディテール画像を含む。マルチ - 解像度表現は、例えばマルチ - 解像度勾配表現(multi-resolution gradient representation)である。

【 0 0 1 9 】

ある特定の実施態様においては、修正関数の独立変数は特定の画素及び特定の解像度レベルにおける色勾配のノルム (norm) である。

10

【 0 0 2 0 】

修正関数は、例えば請求項 8 に示す形 (form) を有することができる。それは原画における画素値に依存し得る。

【 0 0 2 1 】

修正関数に関するさらなる詳細は、もっと先で記載する。

【 0 0 2 2 】

色成分画像は、L、u、v 色空間のような視覚的な色空間において定義されることができる。

【 0 0 2 3 】

ある全域を定義することができ、再構築の後に色成分画像をその定義された全域に再 - 縮小 (拡大) (re-scaled) することができる。該全域は原画の全域であることができる。

20

【 0 0 2 4 】

本発明ならびにその特定の及び / 又は好ましい実施態様を添付の図面に言及して詳細に説明する。

【 0 0 2 5 】

【発明の詳細な記述】

グレー - レベル画像のグレーレベルは通常 1つの数字により表される。しかしながらカラー画像の画素は通常 3つの数字により特定される。これらの数字は特定の色空間における座標軸に対する各画素の座標を示す。

30

【 0 0 2 6 】

下記において、カラー画像のすべての画素に関するある特定の軸に属する座標のひとつを「色成分」と言う。カラー画像の単独の色成分は、グレー - 色価 (grey-value) 画像として理解され得る。

【 0 0 2 7 】

いわゆる R (赤) G (緑) B (青) 色空間においては、各画素の複合色中に存在する赤 (R)、緑 (G) 及び青 (B) 一次色の量により色が特定される。この表現は、加色再現系 (additive colour reproduction systems) とのその適合性の故に、多く用いられる。

【 0 0 2 8 】

40

HSV、Lab、Luv のようなもっと視覚的な色空間の場合、明るさ成分 (HSV における V = 色価 (value) 及び Lab、Luv における L = 明度 (lightness)) ならびに色度をコードする (encode) 他の 2つの追加の成分 (例えば HSV 色空間において “H” により示される色相及び “S” により示される彩度) により色が表される。

【 0 0 2 9 】

色空間及び色表現についてのさらに詳細な情報は、以下の参照文献において見いだすことができる: Pratt W.K., Digital Image Processing, Wiley, New York, (1991) 及び Wyseszcki G., Stiles W.S., Color Science: concepts and meth

50

ods, quantitative data and formulae, Wiley, New York (1982)。

【0030】

強化目的のためには、RGB画像表現は好ましくは視覚的色空間におけるその座標に変換される。視覚的色差を修正することが目的であり、それは視覚的表現を用いるとより容易なので、これが好ましい。

【0031】

Lab及びLuvはHSVより視覚的に均一であると思われ(すなわち数値的な差が視覚的な差により良く対応する)、従ってそれらが本発明の目的のために優れている。

【0032】

HSV色空間はその単純性及び、この色空間においては色度が色相と彩度に分けられるとことこの故に有利である。

【0033】

しかしながらこの分割は、Lab色空間の場合はab-面において、あるいはLuv色空間が用いられる場合にはuv-面において極座標を用いることによっても実現され得る。

【0034】

図1は本発明の一般的概念を示す。

【0035】

処理されるべきカラー画像は、1組の一次色成分画像、例えばR、G、B成分画像により表される。

【0036】

任意である第1段階に、画像の色成分の表現をLuv色空間のような視覚的色空間における対応する表現に変換する。

【0037】

この例では、カラー画像が最初はR、G、B画像として与えられると仮定した。次いでR、G、B画像表現をLuv画像に変換する。

【0038】

次に、L、u、v成分画像、あるいはもっと先でL、u及びv色面(colour plane)と呼ばれるものの少なくとも1つを、種々の解像度レベルにおける1組のバンドパスディテール画像(bandpass detail images)及び残りの画像を含むマルチ-解像度表現(マルチ-スケール表現とも呼ばれる)に分解する。

【0039】

ディテール画像はそれぞれ、ある解像度レベルにおける画像中に存在するディテールを示す。解像度レベルjにおける画像のディテールは、解像度レベルjにおけるその近似(approximation)と、より低い解像度レベルj+1におけるその近似の間の情報の差として説明され得る。

【0040】

ディテール画像は、解像度レベルjにおける画像ディテールを含有する。各解像度レベルは空間的周波数バンドと対応し、ある解像度レベルにおけるディテール画像はその解像度レベルと対応する周波数バンドにおける画像ディテールを含有し、すなわちすべてのディテール画像はバンド-パス画像である。

【0041】

記載する実施態様では、マルチ-解像度画像表現は、もっと先で説明する通り、マルチ-スケール勾配表現である。画像分解は、それぞれ水平及び垂直勾配成分から成る1組のディテール画像を含む。画像勾配は、画像の局部的変動をとらえる。それは、2つの方向性ハイパスフィルター(directional high pass filters)を用いて画像をたたみ込む(convolving)ことにより計算される。最も簡単な実行は、水平方向のために2-要素フィルター、 $g = (1, -1)$ を用い、垂直方向のためにその転座形(transpose)を用いる。

【0042】

10

20

30

40

50

ラプラシアン（ピラミッド）表現のような他の種類のマルチ - 解像度表現を用いることができることは明らかである。

【 0 0 4 3 】

次の段階に、選ばれる色空間における画像の少なくとも1つの成分のマルチ - 解像度表現を修正する。この目的のために、この色成分画像のマルチ - 解像度表現を画素 - 様式で、少なくとも1つの修正関数に従う修正に供する。

【 0 0 4 4 】

修正関数はマルチ - 解像度表現のすべての解像度レベルに関して同じであることができる。あるいは又、それは同じマルチ - 解像度表現の解像度レベルの間で異なっていることができる。

10

【 0 0 4 5 】

同様に、選ばれた色空間におけるそれぞれの色成分画像のマルチ - 解像度表現に適用するために、同じ修正関数又は同じ修正関数の組を用いる必要はない。

【 0 0 4 6 】

図1は、画像成分L、u及びvのそれぞれに修正が適用される特定の実施例を示している。しかしながらこれは必要ではない。画像の1つの成分のみ、例えばL成分を修正し、他の色成分画像を改変しないで残すか、あるいはその逆も可能である。

【 0 0 4 7 】

マルチ - 解像度表現の最も細かいレベルにおいてL色成分画像のマルチ - 解像度表現の要素のみを修正し、u及びv色成分画像の最も細かい解像度レベルを改変せずに残すのが有利である。この方法で、色ノイズのさらなる発生又は助長が避けられる。

20

【 0 0 4 8 】

修正関数は非 - 線形関数であり、それは、小さい振幅のディテールがより大きな振幅を有するディテールを犠牲にして拡大されることを許す ( p r o v i d e s ) 。

【 0 0 4 9 】

この修正の結果として、修正が適用された色成分画像のそれぞれに関して1組の修正ディテール画像が得られる。

【 0 0 5 0 】

第4段階に、色成分画像のそれぞれの修正マルチ - 解像度表現を再構築処理に供し、修正色成分画像L'、u'、v'を得る。

30

【 0 0 5 1 】

必要なら、再構築された視覚的色空間成分を再びR、G、B成分に変換することができる。

【 0 0 5 2 】

以下は、本発明の種々の段階の詳細な記載である。第1段階を図2において示す。この段階は、色成分画像を対応するマルチ - スケール勾配表現に分解し、それによりディテールを水平及び垂直方向における別個の勾配により表すことから成る。

【 0 0 5 3 】

以下の説明をカラー画像の色成分の1つ、例えば“L” - 成分に関して示す。しかしながら、この実施例において、選ばれた色空間におけるカラー画像の他の色成分画像に、従って記載するこの特定の実施態様におけるu及びv成分の場合にも、類似の手順が適用されることが理解されるべきである。

40

【 0 0 5 4 】

下記において、色成分画像をIの名称により示す。かくしてIは、例えばL u v色空間におけるカラー画像表現のL - 成分を示す。カラー画像成分は画素の格子 $P \times Z^2$ からRまでの地図 ( a m a p f r o m a g r i d o f p i x e l s  $P \times Z^2$  t o R ) である。

【 0 0 5 5 】

連続的により粗くなるスケールにおけるディテール画像への画像の分解を図2に示す。

【 0 0 5 6 】

50

分解は、最初に、連続的により粗くなるスケールにおいて原画の近似画像を形成することを含む。より粗いスケールで画像を見ることは、画像のスムージング (smoothing) 及びサブサンプリング (subsampling) により数学的に公式化される。

【0057】

さらに特定的には、一次元的ロウ - パスフィルター (low-pass filter)  $h$ 、例えば  $h = 1 / 16 (1, 4, \underline{6}, 4, 1)$  (下線の要素はゼロ番目の要素である) を最初に選択する。

【0058】

【外4】

この一次元的ロウ - パスフィルターを用いて二次元的ロウ - パスフィルター  $h$

10

⊗  $h$  を構築する。

【0059】

この一次元的ロウ - パスフィルターを用いて二次元的ロウ - パスフィルター  $h \times h$  を構築する。

【0060】

このフィルターは、 $h$  を用いて水平方向に画像をたたみ込み、次いで垂直方向にたたみ込むことにより画像に働く。

【0061】

次に、スケール  $j$ 、 $0 \leq j < K$  において画像  $I$  の 1 組の近似画像  $S_j I$  を形成する。画像  $I$  の、 $0 \leq j < K$  であるスケール  $j$  における近似画像  $S_j I$  は次式

20

【0062】

【数2】

$$S_0 I = I$$

$$S_j I = \downarrow(h \otimes h) * S_{j-1} I \quad (1)$$

【0063】

により循環的に定義される。

30

【0064】

ここでは、画像を水平及び垂直方向において 2 の因子によりサブサンプリングし、原画格子における  $(x, y)$  に関して画素  $(2x, 2y)$  のみを保つことを示す。

【0065】

次いで、式

【0066】

【数3】

$$\vec{G}_j I = ((g \otimes \delta) * S_j I, (\delta \otimes g) * S_j I) \quad (2)$$

40

【0067】

[ 式中、 $g$  は勾配フィルターであり (例えば  $g = (1/2, -1/2)$  )、 $\delta$  はクロネッカーのデルタ又は単位フィルター (unity filter) である ]

【0068】

【外5】

を適用することにより、それぞれの近似画像の別個の勾配  $\vec{G}_j \underline{I}$  を算出する。

( $g \otimes \underline{\delta}$ ) は水平方向で  $g$  を用いてたたみ込み、( $\underline{\delta} \otimes g$ ) は垂直方向で  $g$  を用いてたたみ込む。

【0069】

【数4】

組  $\{\vec{G}_0 I, \vec{G}_1 I, \dots, \vec{G}_n I, S_K I\}$

10

【0070】

は、 $\underline{I}$  のマルチスケール勾配表現と呼ばれる。

【0071】

記載する特定の実施態様の場合、画像中に存在する画像ディテールを複数の解像度レベルで記述するために二次元的勾配表現を選択した。

【0072】

勾配表現の代わりにラプラシアン表現のような他の表現を用いることもできたはずである。

【0073】

20

分解プロセスが可逆である場合、すなわち画像の分解された表現から画像を再構築できる場合のみに、ある表現が画像強化の問題のために有用であり得る。言い換えると、分解変換形 (transform) の逆変換形が存在することが必要である。

【0074】

再構築を図3に示す。

【0075】

この必要条件を満たすために、以下の条件 (constraints) が満足されねばならない：

【0076】

【数5】

30

$$\bullet p * h + q * g = \delta \quad (3)$$

【0077】

・  $p$  の奇数要素はゼロである  
 ような2つの追加のフィルター  $p$ 、 $q$  が存在しなければならない。

【0078】

この最後の性質は、いずれの画像  $\underline{I}$  に関しても

【0079】

【数6】

40

$$\downarrow(p \otimes p) * I = (r \otimes r) * (\downarrow I) \quad (4)$$

【0080】

であるような他のフィルター  $r$  が存在することを保証する。

【0081】

関係(3)は

【0082】

【数7】

$$\begin{aligned}
\delta \otimes \delta &= (p^*h + q^*g) \otimes (p^*h + q^*g) \\
&= (p^*h) \otimes (p^*h) + (q^*g) \otimes (p^*h) + (p^*h) \otimes (q^*g) + (q^*g) \otimes (q^*g) \\
&= (p^*h) \otimes (p^*h) + (q^*g) \otimes (p^*h + \frac{1}{2}q^*g) + (p^*h + \frac{1}{2}q^*g) \otimes (q^*g) \\
&= (p^*h) \otimes (p^*h) + (q^*g) \otimes (\frac{\delta + p^*h}{2}) + (\frac{\delta + p^*h}{2}) \otimes (q^*g) \\
&= (p^*h) \otimes (p^*h) + (q^*g) \otimes l + l \otimes (q^*g) \\
&= (p \otimes p)^*(h \otimes h) + (q \otimes l)^*(q \otimes \delta) + (l \otimes q)^*(\delta \otimes g) \quad (5)
\end{aligned}$$

【 0 0 8 3 】

として 2 次元に拡張され得、ここでフィルター  $\underline{1}$  は関係

【 0 0 8 4 】

【 数 8 】

$$l = \left( \frac{\delta + p^*h}{2} \right)$$

20

【 0 0 8 5 】

により定義され、従って ( 5 ) 及び ( 4 ) を用いて :

【 0 0 8 6 】

【 数 9 】

$$\begin{aligned}
\downarrow S_j I &= \downarrow (p \otimes p)^*(h \otimes h)^* S_j I + \downarrow (q \otimes l)^*(g \otimes \delta)^* S_j I + \downarrow (l \otimes q)^*(\delta \otimes g)^* S_j I \\
&= (r \otimes r)^* \downarrow (h \otimes h)^* S_j I + \downarrow (q \otimes l)^*(g \otimes \delta)^* S_j I + \downarrow (l \otimes q)^*(\delta \otimes g)^* S_j I \\
&= (r \otimes r)^* S_{j+1} I + \downarrow (q \otimes l)^* G_j^{(h)} I + \downarrow (l \otimes q)^* G_j^{(v)} I \quad (6)
\end{aligned}$$

30

【 0 0 8 7 】

である。

【 0 0 8 8 】

上付き文字 ( h ) 及び ( v ) は勾配の水平及び垂直成分を指す。

【 0 0 8 9 】

この最後の式は、近似画像  $\underline{S}_j \underline{I}$  のサブサンプリングされたバージョン  $\underline{S}_j \underline{I}$

【 0 0 9 0 】

【 外 6 】

を、より粗い近似画像  $\underline{S}_{j+1} \underline{I}$  及び  $\underline{S}_j \underline{I}$  の勾配  $\vec{G}_j \underline{I}$  から再生させることができ  
ることを表している。

40

【 0 0 9 1 】

完全な近似画像  $\underline{S}_j \underline{I}$  をそのサブサンプリングされたバージョンから見いだすために、再び勾配を用いて正確な内挿を行うことができる : 2 つのサンプル画素 ( 2 x , 2 y ) と ( 2 x + 2 , 2 y ) の真ん中にある画素 ( 2 x + 1 , 2 y ) に関して、

【 0 0 9 2 】

【 数 1 0 】

$$S_j I(2x+1, 2y) = \frac{1}{2} [S_j I(2x, 2y) - 2G_j^{(h)} I(2x, 2y) + S_j I(2x+2, 2y) + 2G_j^{(h)} I(2x+1, 2y)] \quad (7)$$

【 0 0 9 3 】

であることがわかる。

【 0 0 9 4 】

2つのサンプル画素(2x, 2y)と(2x, 2y+2)の真ん中にある画素(2x, 2y+1)に関して、

【 0 0 9 5 】

【数11】

$$S_j I(2x, 2y+1) = \frac{1}{2} [S_j I(2x, 2y) - 2G_j^{(v)} I(2x, 2y) + S_j I(2x, 2y+2) + 2G_j^{(v)} I(2x, 2y+1)] \quad (8)$$

【 0 0 9 6 】

であることがわかる。

【 0 0 9 7 】

次いで、4つのサンプル画素(2x, 2y)、(2x+2, 2y)、(2x+2, 2y+2)、(2x, 2y+2)及び(2x+2, 2y+2)の真ん中にある画素(2x+1, 2y+1)に関して、

【 0 0 9 8 】

【数12】

$$S_j I(2x+1, 2y+1) = \frac{1}{4} [S_j I(2x+1, 2y) - 2G_j^{(v)} I(2x+1, 2y) + S_j I(2x, 2y+1) - 2G_j^{(h)} I(2x, 2y+1) + S_j I(2x+1, 2y+2) + 2G_j^{(v)} I(2x+1, 2y+1) + S_j I(2x+2, 2y+1) + 2G_j^{(h)} I(2x+1, 2y+1)] \quad (9)$$

【 0 0 9 9 】

であることがわかる。

【 0 1 0 0 】

上記の手順(式(7)、(8)及び(9)を参照されたい)は勾配に基づく内挿(gradient based interpolation)(GBI)と呼ばれる。

【 0 1 0 1 】

従ってj = k - 1から下に0までに関して、式(6)~(9)を循環的に適用することにより、画像をそのマルチスケール勾配表現から再構築することができる(図3を参照されたい)。

【 0 1 0 2 】

近似画像のサブサンプリングの代わりに、いずれの2つの要素の間にも、及び中心にゼロを挿入することによりフィルターを延ばし：

【 0 1 0 3 】

【数13】

10

20

30

40

$$h_0 = \frac{1}{16} (1, 4, \underline{6}, 4, 1) \quad g_0 = \frac{1}{2} (\underline{1}, -1)$$

$$h_1 = \frac{1}{16} (1, 0, 4, 0, \underline{6}, 0, 4, 0, 1) \quad g_1 = \frac{1}{2} (1, \underline{0}, -1)$$

$$h_2 = \frac{1}{16} (1, 0, 0, 0, 4, 0, 0, 0, \underline{6}, 0, 0, 0, 4, 0, 0, 0, 1) \quad g_2 = \frac{1}{2} (1, 0, \underline{0}, 0, -1)$$

...

...

10

【 0 1 0 4 】

を定義すると、この表現をサブサンプリングなしで実行することもできる。

【 0 1 0 5 】

同じ定義を  $q_j$ 、 $p_j$ 、 $\underline{l}_j$ 、 $0 \leq j \leq K$  に関して成し得る。

【 0 1 0 6 】

サブサンプリングなしの実行は以下の通りに系統立てられる（図 4 を参照されたい）：

【 0 1 0 7 】

【 数 1 4 】

$$S_0 I = I$$

20

$$S_j I = (h_{j-1} \otimes h_{j-1}) * S_{j-1} I$$

$$\bar{G}_j I = ((g_j \otimes \delta) * S_j I, (\delta \otimes g_j) * S_j I)$$

$$S_j I = (p_j \otimes p_j) * S_{j+1} I + (q_j \otimes l_j) * G_j^{(h)} I + (l_j \otimes q_j) * G_j^{(v)} I \quad (10)$$

【 0 1 0 8 】

画像におけるコントラストを強化するために、小さい振幅のディテールがより大きい振幅を有するディテールを犠牲にして拡大されるような方法で、マルチ - 解像度画像表現を修正する。この実施態様では、この修正がすべてのスケールに及んで均一に行われる。

30

【 0 1 0 9 】

この目的のために、画像分解から生ずるもとの ( o r i g i n a l ) 変換係数を連続的モノトーンの非 - 線形的 ( c o n t i n u o u s , m o n o t o n o u s n o n - l i n e a r ) 方法で、修正された係数中にマッピングする。

【 0 1 1 0 】

色成分はそれぞれ個別にそのマルチ - 解像度表現に分解されるが、修正は結合された方法で ( i n a c o u p l e d w a y )、すなわちそれぞれの色成分の修正のために 3 つのすべての色成分に関する情報を用いて、行われるのが好ましい。

【 0 1 1 1 】

各色成分 I に関して、解像度レベル j における勾配

40

【 0 1 1 2 】

【 数 1 5 】

$$(G_j^{(h)} I, G_j^{(v)} I)$$

【 0 1 1 3 】

が計算された。

【 0 1 1 4 】

3 つの成分 L、u、v は得られる色を構成するので、解像度レベル j 及び画素  $\underline{i}$  における色勾配を 6 重項

50

【 0 1 1 5 】

【数 1 6】

$$(G_j^{(h)} L(i), G_j^{(v)} L(i), G_j^{(h)} u(i), G_j^{(v)} u(i), G_j^{(h)} v(i), G_j^{(v)} v(i))$$

【 0 1 1 6 】

として定義することは意味を成す。

【 0 1 1 7 】

L u v 色空間の場合、色間の距離はユークリッド距離により記述され得る。

【 0 1 1 8 】

3重項 ( L 1 , u 1 , v 1 ) により示される C 1 と 3重項 ( L 2 , u 2 , v 2 ) により示される C 2 の 2 つの色の間の距離は、

10

【 0 1 1 9 】

【数 1 7】

$$\Delta = \left( (L_1 - L_2)^2 + (u_1 - u_2)^2 + (v_1 - v_2)^2 \right)^{1/2}$$

【 0 1 2 0 】

により与えられる。

【 0 1 2 1 】

解像度レベル j 及び画素  $\underline{i}$  における色勾配のノルムは、従って

20

【 0 1 2 2 】

【数 1 8】

$$\Gamma_j(i) = \left( \left\| \vec{G}_j L(i) \right\|^2 + \left\| \vec{G}_j u(i) \right\|^2 + \left\| \vec{G}_j v(i) \right\|^2 \right)^{1/2}$$

$$\left\| \vec{G}_j I(i) \right\| = \left( (G_j^{(h)} I(i))^2 + (G_j^{(v)} I(i))^2 \right)^{1/2}$$

【 0 1 2 3 】

である。

30

【 0 1 2 4 】

色勾配ノルムのみを変え、方向を変えないままにすると、再構築されるカラー画像における望ましくない色シフトならびに空間的変形を避けることができる。

【 0 1 2 5 】

これは、カラー画像のマルチ - スケール表現の修正のための以下の方法を生ずる。

【 0 1 2 6 】

【数 1 9】

$$\vec{G}_{Lj}^{\cdot}(i) = \vec{G}_j L(i) \cdot \gamma(\Gamma_j(i))$$

40

$$\vec{G}_{uj}^{\cdot}(i) = \vec{G}_j u(i) \cdot \gamma(\Gamma_j(i))$$

$$\vec{G}_{vj}^{\cdot}(i) = \vec{G}_j v(i) \cdot \gamma(\Gamma_j(i))$$

【 0 1 2 7 】

図 6 に示されている関数  $\gamma$  を、変換係数の代わりに ( a g a i n s t ) 乗ずるために用いた。この関数は以下の通りに定義され、

【 0 1 2 8 】

【数 2 0】

50

$$y(x) = \left(\frac{m}{c}\right)^p \quad |x| < c \text{ の場合} \quad (12)$$

$$y(x) = \left(\frac{m}{|x|}\right)^p \quad c \leq |x| \leq m \text{ の場合}$$

$$y(x) = 1 \quad |x| \geq m \text{ の場合}$$

【 0 1 2 9 】

mは変換係数に関する上限であり、  
mより大きな変換係数は修正されない。

10

【 0 1 3 0 】

0 < p < 1である値 p は、非線形性の程度を決定する。

【 0 1 3 1 】

値 c はクロスオーバーパラメータ ( c r o s s - o v e r p a r a m e t e r ) である。cより大きい値に関して修正は非線形であり、cより小さい値に関して修正は線形である。これは画像におけるノイズの不必要な過剰強化を防ぐために行われる。

【 0 1 3 2 】

従ってcの値は好ましくは画像のノイズ含有量に関連し、それは好ましくは画像におけるノイズの見積もり標準偏差に等しい。

20

【 0 1 3 3 】

パラメータ m は、レベル依存性であるように選ばれることができる。

【 0 1 3 4 】

関数はさらに画像における画素値に依存することができ、従って修正は画像容量 ( i m a g e c o n t e n t ) に依存することができる。

【 0 1 3 5 】

これらの式を適用することにより、3つのすべての成分において小さいような色差のみが拡大される。

【 0 1 3 6 】

この種の拡大は常に色差の方向で起こる；すなわち色勾配の方向は決して変わらずに、その大きさのみが変化する。

30

【 0 1 3 7 】

かくして適応させた3つのマルチ - スケール勾配ピラミッド表現に、上記で示した再構築アルゴリズムを適用することにより、強化されたカラー画像 ( L ' , u ' , v ' ) が得られる。

【 0 1 3 8 】

色差のみを適応させることにより、出力範囲は制御されなかった。結果として、再構築の後に動的範囲をあらかじめ限定された範囲もしくは全域に正しく再縮尺 ( 拡大 ) することが必要となり得る。

【 0 1 3 9 】

もとの L 、 u 、 v 範囲への L ' 、 u ' 、 v ' 値のそれぞれの線形再縮尺 ( 拡大 ) を適用することにより、良い結果が得られる。

40

【 0 1 4 0 】

再縮尺 ( 拡大 ) の後に以下の追加のマッピング手順を適用することにより、色をもとの色により近づけることがさらに可能である：

各画素  $i$  に関して：

【 0 1 4 1 】

【 外 7 】

$u' (i)$  を  $u' (i) + \{\bar{u} - \bar{u}'\}$  上にマッピングし、  
 $v' (i)$  を  $v' (i) + \{\bar{v} - \bar{v}'\}$  上にマッピングする。

【0142】

これらの式において、上線は画像の画素の全部に及んでの画像の平均値を示す。この平均値を画素  $i$  の近辺に及ぶ重量平均により置き換えることができる。

【0143】

画像のどの部分を他の部分より大きな程度まで強化するかを選択することがさらに可能である。

【0144】

【外8】

この目的のために、強化処理の前に、各画素  $i$  に関して値  $L (i)$  を非線形的にマッピングすることができ、例えば強化処理の前に  $L (i)$  を  $\tilde{L} = L (i)^{1-q} 100^q$  上にマッピングすることができる。この処理の後に  $\tilde{L}'$  に逆変換を適用する。逆変換形  $\tilde{L}' (i)$  を  $\tilde{L}' (i)^{1/(1-q)} 100^{q/(1-q)}$  上にマッピングする

。

【0145】

$q > 0$  の場合、画像のより暗い部分が延び、より明るい部分が圧縮される。その効果は、より明るい部分がより暗い部分より強化されることである（本発明の方法により、小さい差が拡大されるから）。

【0146】

$q < 0$  の場合、より暗い部分がより明るい部分より強化されるであろう。この場合、強化は4つのパラメーター、 $p$ 、 $c$ 、 $m$ 及び $q$ により制御される。 $0.25 \leq p \leq 0.5$  の場合に非常に満足すべき結果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の方法に従う画像分解、修正及び再構築の一般的順序を図示するものである。

【図2】サブサンプリングを用いる、種々の解像度レベルにおける1配列のディテール画像への画像の分解を図示するものである。

【図3】図2に示した方法に従う分解により得られ、続いて修正された修正ディテール画像からの画像の再構築を図示するものである。

【図4】サブサンプリングを用いない、種々の解像度レベルにおける1配列のディテール画像への画像の分解を図示するものである。

【図5】図4に示した方法に従って分解され、続いて修正された画像の再構築を図示するものである。

【図6】関数  $y (x)$  を示す。

【図7】修正関数の例である。

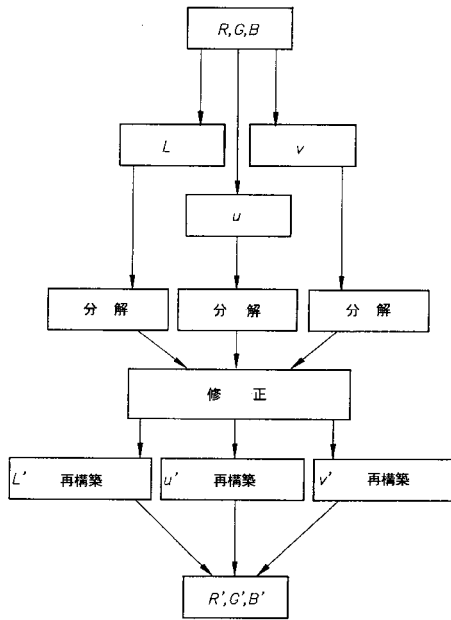
10

20

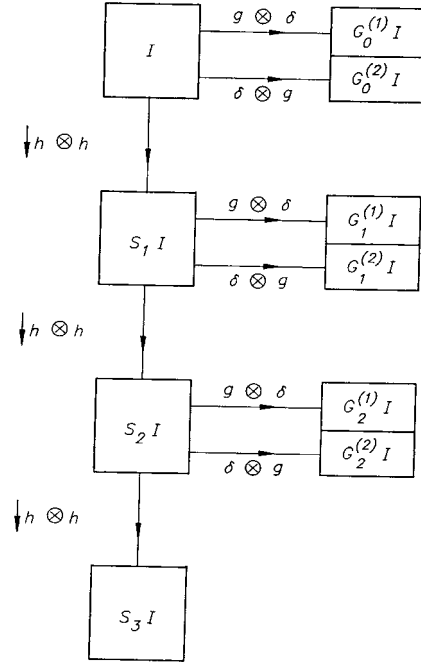
30

40

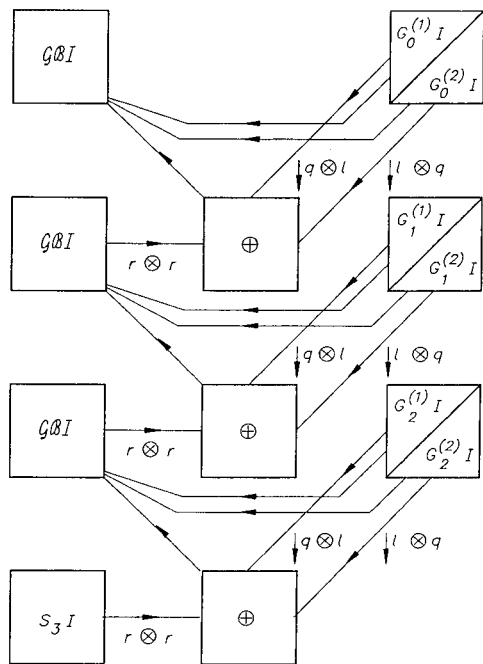
【図1】



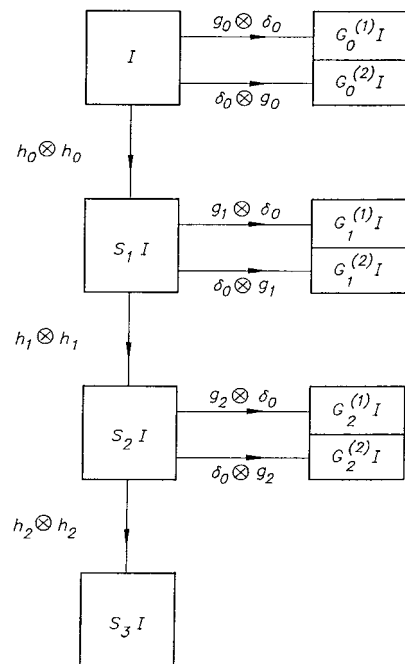
【図2】



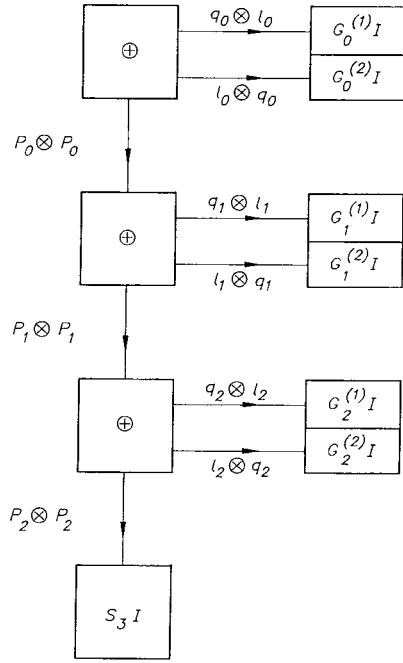
【図3】



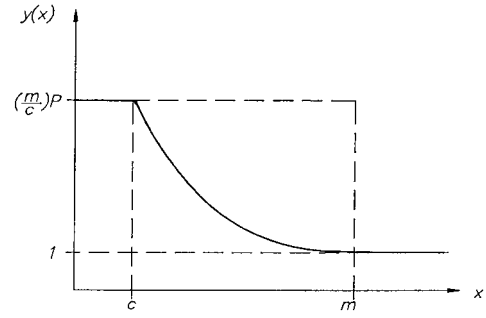
【図4】



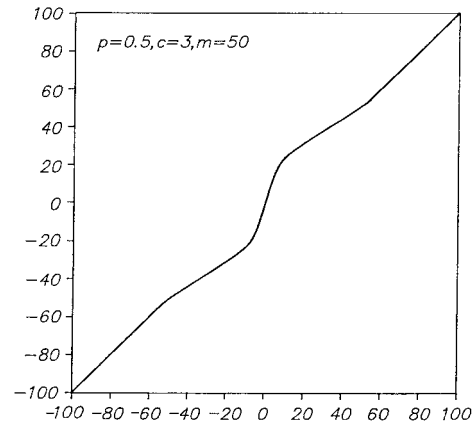
【 5 】



【 6 】



【 7 】



---

フロントページの続き

審査官 鹿野 博嗣

(56)参考文献 特開平06-301778(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 1/00

H04N 1/46

H04N 1/60

H04N 9/68