

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 1 月 3 日(03.01.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/002148 A1

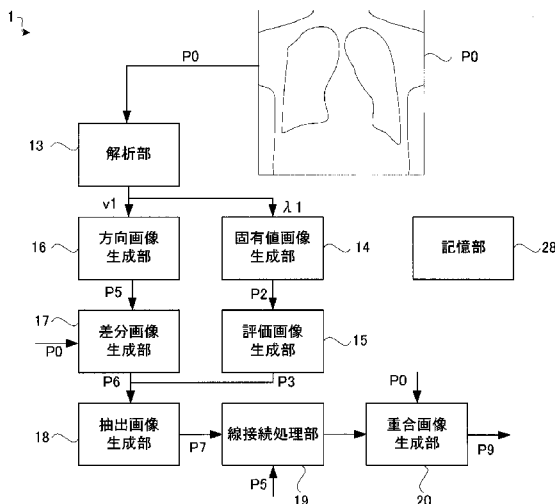
- (51) 国際特許分類:
G06T 1/00 (2006.01) **H04N 1/409** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/004263
- (22) 国際出願日: 2012 年 6 月 29 日(29.06.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社島津製作所 (SHIMADZU CORPORATION) [JP/JP]; 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): ▲高▼橋渉 (TAKAHASHI, Wataru) [JP/JP]; 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 杉谷 勉 (SUGITANI, Tsutomu); 〒5300047 大阪府大阪市北区西天満 1 丁目 10 番 8 号 西天満第 1 1 松屋ビル Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: IMAGE PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称: 画像処理装置

[図1]



- 13 Analysis unit
14 Eigenvalue image generator
15 Evaluation image generator
16 Direction image generator
17 Difference image generator
18 Extraction image generator
19 Line-connecting processor
20 Overlapping-image generator
28 Storage unit

(57) Abstract: This image processing device has a configuration for performing image processing on an extraction image (P7), which is an image obtained by extracting a linear structure embedded in an original image (P0). That is, the image processing device is provided with a line-connecting processor (19) for generating a defragmented image (P8) by connecting linear structures embedded in the extraction image (P7) in disjointed manner due to noise and the like. The line-connecting processor (19) interpolates pixels in the extraction image (P7) in the direction of extension of the linear structures while acquiring the direction in which the linear structures are embedded in the extraction image (P7) on the basis of a direction image (P5), thereby extending the linear structures in the extension direction. The linear structures embedded in a disjointed manner in the extraction image (P7) are linked together in a natural manner in accordance with this operation, making it possible to provide a more highly visible image.

(57) 要約:

[続葉有]

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本発明の画像処理装置は、元画像 P 0 に写り込んだ線状構造物を抽出した画像である抽出画像 P 7 に画像処理を施す構成を有している。すなわち、抽出画像 P 7 においてノイズ等によって途切れて写り込んだ線状構造物を接続して断片化解消画像 P 8 を生成する線接続処理部 1 9 を備えている。線接続処理部 1 9 は、方向画像 P 5 を基に抽出画像 P 7 に写り込む線状構造物の伸びる方向を取得しながら抽出画像 P 7 における線状構造物の伸びる方向に画素の補間を行うので、線状構造物がその伸びる方向に延伸する。この動作をすることにより、抽出画像 P 7 に途切れて写り込んでいる線状構造物が自然につながるのので、視認性が更に高い画像が提供できる。

明 細 書

発明の名称：画像処理装置

技術分野

[0001] 本発明は、放射線撮影において画像に対し線状の構造物が視認しやすいように処理を施す画像処理装置に関する。

背景技術

[0002] 医療機関には放射線で被検体の画像を取得する放射線撮影装置が備えられている。このような放射線撮影装置には、被検体の血管に挿入されたガイドワイヤを撮影する目的で使用されるものがある。このような画像処理を行うものとして例えば、特許文献1に記載の装置がある。

[0003] 放射線撮影装置により被検体の透視画像を取得したとしても、ガイドワイヤが画像上にはっきりと写り込むとは限らない。そこで、従来の放射線撮影装置は、画像上のガイドワイヤの視認性を向上させるように画像処理を施すようにしている。この従来の画像処理の具体的な処理について説明する。特許文献1に記載の画像処理においては、統計処理により画像に写り込むノイズを除去する構成となっている。このノイズ除去処理ではガイドワイヤは除去されない。したがって、従来構成によればノイズが除去されることにより、ガイドワイヤがよりはっきりした画像が取得できるのである。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2001-111835号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、従来の画像処理においては、次のような問題点がある。

すなわち、従来の画像処理においては、視認性の低い画像しか取得できない。すなわち、従来の画像処理においては、ガイドワイヤを強調するような処理ではできない。

[0006] ガイドワイヤが画像上で不鮮明となっているのは、画像上のノイズが原因であるとは限らない。ガイドワイヤがそもそも画像上で薄く写り込んでいることにより画像上のガイドワイヤが見えづらいという場合もある。従来構成においては、ガイドワイヤを強調するような画像処理は行えない。したがって、従来構成の画像処理を行っても画像上において薄く写り込んでいるガイドワイヤはそのままである。つまり、従来の画像処理においては、視認性の低い画像しか取得できないのである。

[0007] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、その目的は、視認性の高い画像が取得できる画像処理装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明は上述の課題を解決するために次のような構成をとる。

すなわち、本発明に係る画像処理装置は、被検体を透視することで得られる元画像を処理する画像処理装置であって、元画像を基に、元画像上の線状構造物であるかどうかを画素の各々について評価する評価画像を生成する評価画像生成手段と、元画像を基に、画素の各々が元画像上の線状構造物であるとしたときの線の伸びる方向を示す方向画像を生成する方向画像生成手段と、方向画像を基に、線状構造物の部分の画素値から線状構造物以外の画素値が減算された差分画像を生成する差分画像生成手段と、評価画像および差分画像を基に、元画像上の線状構造物が抽出された抽出画像を生成する抽出画像生成手段と、方向画像を基に抽出画像に写り込む線状構造物の伸びる方向を取得し、抽出画像上で線状構造物の伸びる方向に配列した始点画素と終点画素とを定めて、2つの画素の間を補間することにより、抽出画像に途切れて写り込んだ線状構造物を接続して断片化解消画像を生成する線接続処理手段とを備えることを特徴とするものである。

[0009] [作用・効果] 上述の構成によれば、元画像に写り込んだ線状構造物を強調するような画像処理をすることができる。具体的には、元画像に写り込む線状構造物を2つの手法で識別する。第1の手法は、元画像上の線状構造物であるかどうかを画素の各々について評価する評価画像を作成することであ

る。これにより、元画像上の線状構造物の位置が特定される。第2の手法は、元画像に写り込む線状構造物と線状構造物以外の部分の差分をとり、線状構造物が写り込んだ差分画像を生成することである。これにより、元画像において線状構造物が線状構造物以外の画素に比べてどの程度異なる画素値で写り込んでいるかが分かる。評価画像は、元画像における線状構造物の位置に関する情報しか有していない。一方、差分画像は、元画像の全域に方向性の差分処理を施すことに伴う偽像を含んでしまっている。このような短所を有する2つの画像を用いて線状構造物の抽出を行えば、2つの手法が有する短所を互いに補うことができる。したがって、取得された抽出画像は、元画像から線状構造物のみを濃淡を保ったまま抜き出したものとなっており、視認性の高いものとなっている。

[0010] さらに、上述の構成によれば、ノイズ等によって抽出画像に途切れて写り込んだ線状構造物を接続して断片化解消画像を生成する線接続処理手段を更に備える。線接続処理手段は、方向画像を基に抽出画像に写り込む線状構造物の伸びる方向を取得しながら抽出画像上で線状構造物の伸びる方向に画素の補間を行うので、線状構造物がその伸びる方向に延伸する。この動作をすることにより、抽出画像に途切れて写り込んでいる線状構造物が自然につながるので、視認性が更に高い画像が提供できる。

[0011] また、上述の画像処理装置において、線接続処理手段は、抽出画像上の画素の中から始点画素を定める際に、閾値以上の画素値を有する画素を始点画素と定めればより望ましい。

[0012] [作用・効果] 上述の構成は、本発明の構成のより具体的な構成を示すものとなっている。線接続処理手段が抽出画像上の画素の中から始点画素を定める際に、絶対値が閾値以上となっている画素値を有する画素を始点画素と定めれば、抽出画像上で目立っている線状構造物について線接続処理を確実にすることができる。

[0013] また、上述の画像処理装置において、線接続処理手段は、抽出画像上の候補画素の中から終点画素を定める際に、候補画素と予め定められた始点画素

とを結ぶ方向を取得するとともに、始点画素が属する画素線状構造物の伸びる方向を方向画像から取得し、取得した2つの方向の一致度が高いと判定された候補画素を優先的に終点画素と定めればより望ましい。

[0014] [作用・効果] 上述の構成は、本発明の構成のより具体的な構成を示すものとなっている。すなわち、線接続処理手段が線接続の終点となる終点画素の候補画素と予め定められた始点画素とを結ぶ方向を取得するとともに、始点画素が属する線状構造物の伸びる方向を方向画像から取得し取得した2つの方向の一致度が高いと判定された候補画素を優先的に終点画素と定めるようにすれば、候補画素の中から適切な終点画素を選択することができる。2つの方向の一致度が高い候補画素に向けて始点画素から線状構造物を延伸するようにすれば、線状構造物の伸びる方向に線状構造物が延ばされることになる。すなわち、上述の判定に基づいて線接続処理を行うようにすれば、より自然に線上構造物の線接続処理をすることができる。

[0015] また、上述の画像処理装置において、線接続処理手段は、抽出画像上の候補画素の中から終点画素を定める際に、候補画素の画素値の絶対値を抽出画像より取得することにより、画素値の絶対値が高いと判定された候補画素を優先的に終点画素と定めればより望ましい。

[0016] [作用・効果] 上述の構成は、本発明の構成のより具体的な構成を示すものとなっている。すなわち、画素値の絶対値が高いと判定された候補画素を優先的に終点画素と定めれば、抽出画像上で目立っている線状構造物について線接続処理を確実に行うことができる。

[0017] また、上述の画像処理装置において、線接続処理手段は、始点画素と終点画素とに挟まれる位置にある画素の画素値を変更することにより線接続処理を行えばより望ましい。

[0018] [作用・効果] 上述の構成は、本発明の構成のより具体的な構成を示すものとなっている。すなわち、始点画素と終点画素とに挟まれる位置にある画素の画素値を変更することで線接続処理を行うようにすれば、僅かな画素に対して変更処理をすることによって線接続処理を完了することができる。

[0019] また、上述の画像処理装置において、線接続処理手段は、画素値変更処理に先立って変更後の画素値を求める際に、始点画素と画素値置換処理対象の画素との間の距離と、終点画素と画素値置換処理対象の画素との間の距離とを算出することにより、始点画素および終点画素のうち画素値置換処理対象の画素から距離が遠い方の画素の画素値よりも距離が近い方の画素の画素値に近づくように変更後の画素値を求めればより望ましい。

[0020] [作用・効果] 上述の構成は、本発明の構成のより具体的な構成を示すものとなっている。線接続処理実行中における画素値の変更を始点画素および終点画素のうち画素値置換処理対象の画素から距離が遠い方の画素の画素値よりも距離が近い方の画素の画素値に近づくように行えば、始点画素と終点画素とがより滑らかにつながる。すなわち、線接続処理後における始点画素から終点画素までの間における画素値の変化を見ていくと、始点画素の画素値が次第に変化して終点画素の画素値に移り変わる。このように始点画素と終点画素がその間に画素値の大きな段差を設けないようにして線接続処理を行えば、より視認性に優れた断片化解消画像を取得することができる。

[0021] また、上述の画像処理装置において、線接続処理手段は、画素値変更処理に先立って変更後の画素値を求める際に、変更後の画素値が抽出画像上の同じ位置について複数算出された場合には、より絶対値の大きいものを変更処理に用いればより望ましい。

[0022] [作用・効果] 上述の構成は、本発明の構成のより具体的な構成を示すものとなっている。線接続処理手段が画素値変更処理に先立って変更後の画素値を求める際に、変更後の画素値が抽出画像上の同じ位置について複数算出されたときに、より絶対値の大きいものを変更処理に用いるように動作すれば、より視認性に優れた断片化解消画像を取得できる。すなわち、ある画素の画素値を変更する場合において、その画素が濃い線と薄い線とが交差する位置に属する場合に、濃い線が優先されて線接続処理が施される。このようにすることで、線接続処理手段は、元画像において目立って写り込んでいる濃い線を確実につなぐようにして線接続処理を実行することができる。

[0023] また、上述の画像処理装置において、元画像と断片化解消画像とを重ね合わせて重合画像を生成する重合画像生成手段を備え、線接続処理手段は、変更後の画素値を求た後、変更後の画素値の絶対値が始点画素の画素値の絶対値よりも大きくなるとともに、終点画素の画素値の絶対値よりも大きくなるように変更後の画素値を調整して、断片化解消画像において線が延長された部分を強調すればより望ましい。

[0024] [作用・効果] 上述の構成は、本発明の構成のより具体的な構成を示すものとなっている。断片化解消画像と元画像とを重ね合わせれば、元画像における被検体の微細な構造と、断片化解消画像におけるはっきりとした線状構造物とが集合して視認性に優れた重合画像を生成できる。そのときに、断片化解消画像における線接続処理が施された画素と同一位置にある元画像上の画素には、線状構造物は写り込んでいない。したがって、断片化解消画面上の線接続処理が施された画素と、これと同一位置にある元画像上の画素とが重ねられて生成された画素の濃度は、元画像上の画素の濃度が薄かった分だけ薄くなる。そこで、上述の構成によれば、変更後の画素値の絶対値をより大きくするように調整を施す。このような構成とすることにより、重合画像に写り込む線状構造物が部分的に薄くなることなく、視認性に優れた重合画像を生成できる。

発明の効果

[0025] 本発明の画像処理装置は、元画像に写り込んだ線状構造物を抽出した画像である抽出画像に画像処理を施す構成を有している。すなわち、抽出画像において途切れて写り込んだ線状構造物を接続して断片化解消画像を生成する線接続処理手段を備えている。線接続処理手段は、方向画像を基に抽出画像に写り込む線状構造物の伸びる方向を取得しながら抽出画像上で線状構造物の伸びる方向に画素の補間を行うので、線状構造物がその伸びる方向に延伸する。この動作をすることにより、抽出画像に途切れて写り込んでいる線状構造物が自然につながるので、視認性が更に高い画像が提供できる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]実施例1に係る画像処理装置の構成を説明する機能ブロック図である。

[図2]実施例1に係る画像処理装置の動作を説明する模式図である。

[図3]実施例1に係る画像処理装置の動作を説明する模式図である。

[図4]実施例1に係る画像処理装置の動作を説明する模式図である。

[図5]実施例1に係る画像処理装置の動作を説明する模式図である。

[図6]実施例1に係る画像処理装置の動作を説明する模式図である。

[図7]実施例1に係る画像処理装置の動作を説明する模式図である。

[図8]実施例1に係る画像処理装置の動作を説明する模式図である。

[図9]実施例1に係る画像処理装置の動作を説明する模式図である。

[図10]実施例1に係る画像処理装置の動作を説明する模式図である。

[図11]実施例1に係る線接続処理部の動作を説明する模式図である。

[図12]実施例1に係る線接続処理部の動作を説明する模式図である。

[図13]実施例1に係る線接続処理部の動作を説明する模式図である。

[図14]実施例1に係る線接続処理部の動作を説明する模式図である。

[図15]実施例1に係る線接続処理部の動作を説明する模式図である。

[図16]実施例1に係る線接続処理部の動作を説明する模式図である。

[図17]実施例1に係る線接続処理部の動作を説明する模式図である。

[図18]実施例1に係る線接続処理部の動作を説明する模式図である。

[図19]実施例1に係る線接続処理部の動作を説明する模式図である。

[図20]実施例1に係る線接続処理部の動作を説明する模式図である。

[図21]実施例1に係る線接続処理部の動作を説明する模式図である。

[図22]実施例1に係る線接続処理部の動作を説明する模式図である。

[図23]実施例1に係る線接続処理部の動作を説明する模式図である。

[図24]実施例1に係る線接続処理部の動作を説明する模式図である。

[図25]実施例1に係る線接続処理部の動作を説明する模式図である。

[図26]実施例1に係る線接続処理部の動作を説明する模式図である。

[図27]実施例1に係る線接続処理部の動作を説明する模式図である。

[図28]実施例1に係る線接続処理部の動作を説明する模式図である。

[図29]実施例 1 に係る線接続処理の効果を説明する模式図である。

[図30]本発明の 1 変形例に係る線接続処理部の動作を説明する模式図である

。

[図31]本発明の 1 変形例に係る線接続処理部の動作を説明する模式図である

。

[図32]本発明の 1 変形例に係る線接続処理部の動作を説明する模式図である

。

[図33]本発明の 1 変形例に係る線接続処理部の動作を説明する模式図である

。

[図34]本発明の 1 変形例に係る線接続処理部の動作を説明する模式図である

。

[図35]本発明の 1 変形例に係る線接続処理部の動作を説明する模式図である

。

発明を実施するための形態

[0027] 以降、発明を実施するための形態として具体的な実施例について説明する

。

実施例 1

[0028] 以降、本発明の実施例を説明する。実施例における X 線は本発明の放射線に相当する。また、画像に写り込むガイドワイヤ像などの暗線は本発明の線状構造物に相当する。

[0029] 実施例 1 に係る画像処理装置 1 は、図 1 に示すように、X 線で被検体の撮影をすることによって取得される画像（元画像 P 0 と呼ぶ）を入力すると、この元画像 P 0 に写り込んでいるガイドワイヤ像などの暗線の輝度が視認しやすいように調整された処理画像（重合画像 P 9）が出力される構成となっている。

[0030] <画像処理装置の全体構成>

実施例 1 に係る画像処理装置 1 は、図 1 に示すように、2 次元ヘッセ行列を用いて元画像 P 0 を解析する解析部 1 3 と、元画像 P 0 上の線状構造物で

あるかどうかを画素の各々について評価する評価画像 P 3 を生成する評価画像生成部 1 5 と、元画像 P 0 を基に、画素の各々が元画像 P 0 上の線状構造物であるとしたときの線の伸びる方向を示す方向画像 P 5 を生成する方向画像生成部 1 6 と、方向画像 P 5 を基に、線状構造物の部分の画素値から線状構造物以外の画素値が減算された差分画像 P 6 を生成する差分画像生成部 1 7 と、評価画像 P 3 および差分画像 P 6 を基に、元画像 P 0 上の線状構造物が元画像 P 0 上の濃淡を保ったまま元画像 P 0 から抽出された抽出画像 P 7 を生成する抽出画像生成部 1 8 とを備えている。評価画像生成部 1 5 は、本発明の評価画像生成手段に相当し、方向画像生成部 1 6 は、本発明における方向画像生成手段に相当する。また、差分画像生成部 1 7 は、本発明の差分画像生成手段に相当し、抽出画像生成部 1 8 は、本発明の抽出画像生成手段に相当する。

[0031] また、実施例 1 に係る画像処理装置 1 は、方向画像 P 5 を基に抽出画像 P 7 に途切れて写り込んでいる線状構造物を接続して断片化解消画像 P 8 を生成する線接続処理部 1 9 を備えている。線接続処理部 1 9 は、本発明の線接続処理手段に相当する。

[0032] また、画像処理装置 1 は、断片化解消画像 P 8 と元画像 P 0 とを重ね合わせて重合画像（重合画像 P 9）を生成する重合画像生成部 2 0 とを備えている。また、画像処理装置 1 は、元画像 P 0 を解析部 1 3 が解析を行った結果である固有値が配列された固有値画像 P 2 を生成し固有値画像 P 2 を評価画像生成部 1 5 に出力する固有値画像生成部 1 4 を備えている。重合画像生成部 2 0 は、本発明の重合画像生成手段に相当する。

[0033] 記憶部 2 8 は、各部 1 3, 1 4, 1 5, 1 6, 1 7, 1 8, 1 9, 2 0 が動作する際のフィルターやパラメータが記憶された記憶装置となっている。各部 1 3, 1 4, 1 5, 1 6, 1 7, 1 8, 1 9, 2 0 は、必要に応じて記憶部 2 8 にアクセスすることができる。

[0034] <画像処理装置の主な動作>

次に、画像処理装置 1 の主な動作について説明する。画像処理装置 1 は、

主に解析部 1 3, 固有値画像生成部 1 4, 評価画像生成部 1 5, 方向画像生成部 1 6, 差分画像生成部 1 7, 抽出画像生成部 1 8, 線接続処理部 1 9 の各部により動作する。このうちまずは、各部 1 3, 1 4, 1 5, 1 6, 1 7 についての動作説明をまとめて行い、次に、線接続処理部 1 9 についての動作説明をするものとする。

[0035] <解析部の動作>

画像処理装置 1 に入力された元画像 P 0 は、解析部 1 3 に入力される。解析部 1 3 の微分動作について説明する。元画像 P 0 は、画像上の位置と画素値が関連している。すなわち、元画像 P 0 における x 方向、および y 方向の位置を指定すればそこに位置する画素の画素値が取得できるということである。つまり、元画像 P 0 は、図 2 に示すように、x 方向（横方向）、y 方向（縦方向）の 2 変数について画素値が関連した 2 変数関数と捉えることができる。画素値を d とすると、 $d = f(x, y)$ という関係が成り立つことになる。

[0036] 解析部 1 3 は、微分フィルタを用いて、元画像 P 0 を x 方向に偏微分し、このとき得られる微分関数を更に x 方向に偏微分する。また、解析部 1 3 は、元画像 P 0 を x 方向に偏微分し、このとき得られる微分関数を更に y 方向に偏微分する。同様に解析部 1 3 は、元画像 P 0 を y 方向に偏微分し、このとき得られる微分関数を更に y 方向に偏微分する。解析部 1 3 は、これらを用いてヘッセ行列 H を生成する。ヘッセ行列 H とは次のような行列である。

[0037] [数 1]

$$H = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial y \partial x} & \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \end{pmatrix}$$

[0038] ここで、x 方向に偏微分したあと y 方向に偏微分した 2 次微分関数と、y 方向に偏微分したあと x 方向に偏微分した 2 次微分関数とは同じ関数となる。したがって、ヘッセ行列は対称行列であり、2 つの固有値 λ_1 , λ_2 とそ

れに対応する固有ベクトルを有することになる。このとき、固有値 λ_1 の絶対値は固有値 λ_2 の絶対値よりも大きいものとする。解析部13は、固有値と固有ベクトルをヘッセ行列Hより求める。

[0039] 次に、解析部13は、固有値 λ_1 に対応する固有ベクトル v_1 を算出する。固有ベクトル v_1 は、 x 方向および y 方向の要素を有するベクトルとなっている。

[0040] <固有値画像生成部の動作>

解析部13は、絶対値が最大の固有値 λ_1 を固有値画像生成部14に送出する。ヘッセ行列Hは、元画像P0の位置に応じた関数が行列化したものである。従って、固有値 λ_1 は、元画像P0の位置に応じて値が変化するはずである。固有値画像生成部14は、固有値 λ_1 を元画像P0の位置に対応させて配列し、固有値 λ_1 が2次元マトリックス状に配列された固有値画像P2を生成する。

[0041] <評価画像生成部の動作>

固有値画像生成部14は、固有値画像P2を評価画像生成部15に送出する。評価画像生成部15は、固有値 λ_1 の各々に所定の関数を作用させることにより、固有値 λ_1 の値を調整する。すなわち、評価画像生成部15は、固有値画像P2における正の高い値の固有値 λ_1 を全てほぼ1に近い値に変換する。そして、評価画像生成部15は、固有値画像P2における低い値の固有値 λ_1 を全てほぼ0に近い値に変換する。また、評価画像生成部15は、固有値画像P2における中間的な値の固有値 λ_1 を、例えば0.1~0.9までのいずれかの値に変換する。この様にすることにより固有値画像P2において-1.6, 3.84から1.6, 3.83までのいずれかの値となっていた固有値 λ_1 は、変換により0から1までのいずれかの値をとるようになる。

[0042] 評価画像生成部15が変換に用いる関数としては、単調増加で非線形の関数が選択される。具体的には、ロジスティック関数などが用いられる。評価画像生成部15は、図3に示すように、固有値画像P2における正の中間的な固有値 λ_1 のスケールを保つとともに、極端な固有値 λ_1 や負の固有値 λ_1

1のスケールを圧縮して数値の変換を行う。このようにして、評価画像生成部15は、固有値画像P2を変換して評価画像P3を生成する。なお、負の固有値 λ_1 は、すべて0に変換される。

[0043] 固有値 λ_1 の意味について説明する。固有値 λ_1 の絶対値が大きいと言うことは、元画像P0における2次偏微分値の絶対値が大きいということである。また、固有値 λ_1 の符号は、2次偏微分値の符号にそのまま対応する。2次偏微分値の絶対値の大きさは、関数におけるU型のカーブがどの程度急となっているかを表している。また、2次偏微分値の符号は、関数におけるU型のカーブの凹凸に対応している。例えば、図4に示すような位置と画素値の関係があったとする。図4における矢印は、グラフにおいて大きく凹んだ場所を表している。このような場所は、周りと比べて画素値が極端に小さくなっている部分であり、画像上の暗線を表している。図4のグラフを位置に沿って2回微分すると、微分値は矢印の部分で正の高い値をとる。つまり、固有値がスケーリングされた変換値が配列した評価画像P3は、元画像P0を位置と画素値が関連した関数と見たときの極小の位置を表している。評価画像P3における値が1に近い部分は、元画像P0において暗線が写り込んだ部分となっており、値が0に近い部分は、元画像P0において暗線が写り込んでいない平坦な部分となっている。

[0044] 逆に、元画像P0において明線が写り込んだ部分では、微分値は負の小さな値をとる。すなわち、明線を抽出したい場合には、評価画像生成部15が変換に用いる関数としては、単調減少で非線形の関数が選択される。つまり、固有値がスケーリングされた変換値が配列した評価画像P3は、元画像P0を位置と画素値が関連した関数と見たときの極大の位置を表している。評価画像P3における値が1に近い部分は、元画像P0において明線が写り込んだ部分となっており、値が0に近い部分は、元画像P0において明線が写り込んでいない平坦な部分となっている。

[0045] <方向画像生成部の動作>

解析部13は、固有ベクトル v_1 を方向画像生成部16に送出する。方向

画像生成部 16 は、固有ベクトル v_1 と x 軸とがなす角 θ_1 を算出する。そして、解析部 13 は、この角 θ_1 と 90° とを足し合わせて角 θ_2 を算出する。ヘッセ行列 H は、元画像 P_0 の位置に応じた関数が行列化したものである。従って、角 θ_2 は、元画像 P_0 の位置に応じて値が変化するはずである。方向画像生成部 16 は、角 θ_2 を元画像 P_0 の位置に対応させて配列し、角 θ_2 が 2 次元マトリックス状に配列された方向画像 P_5 を生成する。

[0046] 実際の方向画像 P_5 における角 θ_2 は、 $0^\circ \sim 360^\circ$ の間で自由な値をとるようにはなっていない。すなわち、角 θ_2 は、離散化処理により 0° 、 18° 、 36° 、 54° 、 72° 、 90° 、 108° 、 126° 、 144° 、 162° のいずれかの角度に近い角度に振り分けられている。従って、方向画像 P_5 は、 $0^\circ \sim 162^\circ$ の 10 通りの角度のいずれかを示す値が 2 次元マトリックス状に配列された画像となっている。このように、方向画像生成部 16 は、角度を 10 通りに絞って方向画像 P_5 を生成することで、後段の演算処理を単純なものとしている。なお、角 θ_2 が 360° までの値をとらず、 162° が最大となっている理由は後述する。

[0047] 角 θ_2 の意味について説明する。角 θ_2 は、固有ベクトル v_1 と x 方向とのなす角を 90° 回転させた角度となっている。この固有ベクトル v_1 の方向の意味について考える。図 5 に示すように、元画像 P_0 における暗線上にある画素 p について考える。この画素 p に対する固有ベクトルは図 5 において v_1 で表されている。固有ベクトル v_1 は、絶対値が大きい方の固有値 λ_1 についての固有ベクトルである。したがって、固有ベクトル v_1 が示す方向は、元画像 P_0 の画素 p における暗線の接続方向と直交する方向を意味している。すなわち、角 θ_2 は、暗線に沿う方向と直交する方向を 90° 回転させたときの方向と x 方向とのなす角を表していることになる。これを簡単に言うと、角 θ_2 は、元画像 P_0 に写り込んだ暗線に沿う方向と x 方向とのなす角を表しているということである。ここでの暗線に沿う方向とは、画素 p で暗線に接する接線の伸びる方向を意味している。

[0048] 角 θ_2 が 162° が最大となっている理由について説明する。角 θ_2 が 1

8° であるとする、 x 軸と暗線 B とのなす角は図 6 の左側に示すように、18° であることになる。同様に、角 $\theta 2$ が 198° であったとする、 x 軸と暗線 B とのなす角は図 6 の右側に示すように、198° であることになる。図 6 の左側と右側とを比較すれば分かるように、角 $\theta 2$ が 18° であるときの暗線 B の方向と、198° であるときの暗線 B の方向は一致する。つまり、角 $\theta 2$ に 180° を足しても、この角度が示す暗線 B の方向はもとの角 $\theta 2$ の示す方向と同じとなる。ということは、角 $\theta 2$ を 0° 以上 180° 未満としても、暗線 B の方向を全方向に亘って表現できることになる。実際には、角 $\theta 2$ は、離散化処理が施されているので、取り得る最大の角度は 162° である。

[0049] <差分画像生成部の動作>

方向画像 P 5 は、差分画像生成部 17 に送出される。差分画像生成部 17 は、方向画像 P 5 を参照しながら、元画像に写り込む線状構造物と線状構造物以外の部分の差分をとり、線状構造物が写り込んだ差分画像を生成する。以降、この差分画像生成部 17 の動作について説明する。

[0050] 図 7 左側は、差分画像生成部 17 が生成するフィルタを表している。図 7 左側のフィルタ f は、3つの領域からなり、中心の領域の画素値と斜線で示す周辺の領域の画素値との差分を取る差分フィルタとなっている。このフィルタ f を元画像 P 0 に施せば、注目画素の画素値が周辺画素の画素値と比べてどの程度の違いがあるかを知ることができる。フィルタ f の大きさは、例えば縦横に 15 × 15 ピクセルとなっている。

[0051] 差分画像生成部 17 が使用するフィルタ f は方向性を有する異方性フィルタ（異方性平滑化フィルタ）でもある。例えば、図 7 左側に示すフィルタ f は、暗線が縦方向に写り込んでいる元画像 P 0 に適したフィルタとなっている。実際元画像 P 0 には暗線が湾曲して写り込んでいる。したがって、差分画像生成部 17 が元画像 P 0 に対してフィルタを施すときは、暗線の部分によって変化する暗線の伸びる方向に応じてフィルタを切替えなければならない。そこで、記憶部 28 は、図 7 左側に示すフィルタを 18° ずつ回転さ

せた例えば図7右側のようなフィルタを複数記憶している。差分画像生成部17は、元画像P0を構成する画素の各々に対し記憶部28に記憶されたフィルタのいずれかを作用させて差分画像を生成する。この動作に用いられるフィルタは、暗線が伸びる方向に応じて10種類が用意されている。

[0052] 差分画像生成部17は、動作に際し、元画像P0の各画素に10種類のうちのどのフィルタを施すのかを決定しなければならない。そこで差分画像生成部17は、方向画像P5を参照しながらフィルタの選択を行う。方向画像P5は、各画素に写り込んでいる暗線の伸びる方向を表した画像となっている。したがって、差分画像生成部17が元画像P0を構成する各画素に対して、方向画像P5が示す10通りの方向に応じたフィルタを選択して、このフィルタをかけることにより差分画像P6を生成するのである。差分画像P6は、元画像P0に対して暗線の伸びる方向に平滑化処理が施されるとともに、暗線の画素値が暗線以外の部分の画素値を減算されたものとなっている。

[0053] 図8は、差分画像生成部17が元画像P0上の画素pについて動作している状態を表している。差分画像生成部17は、元画像P0上の画素pと同じ位置にある方向画像P5の画素（対応画素）の画素値を取得する。方向画像P5の画素値は、暗線の伸びる方向を表す値となっている。対応画素が90°を表す画素値であったとする。すると、差分画像生成部17は、図7左側で説明した縦方向のフィルタfを記憶部28から読み出してこれを元画像P0の画素pに作用させる。このとき画素pはフィルタfの中心に位置することになる。差分画像生成部17は、元画像P0を構成する各画素に対して同様の動作を行い、図9に示すような差分画像P6を生成する。

[0054] 差分画像P6は、図9に示すように、元画像P0に写り込んでいた被検体像が消え去り、元画像P0に写り込んでいた暗線が抜き出された状態となっている。元画像P0上の被検体像は、図8において網掛けで示されている。差分画像P6に現れる暗線は、元画像P0の画素値に関する情報を保持したものである。したがって、差分画像P6に写り込む暗線をよく見ると

、部分的に暗線の濃さが異なっている。この暗線の濃さの部分的な相違は、暗線が元画像P0に写り込んでいたときに見られた部分的な濃さの相違をそのまま表している。

[0055] また、図9に示すように、差分画像P6には、暗線以外に細かい線状のノイズが現れる。これは、元画像P0の全域に方向性のフィルタを施すことによって生じた偽像である。この偽像は取り除かれなければならない。この偽像の除去は、抽出画像生成部18によって行われる。

[0056] <抽出画像生成部の動作>

差分画像P6および評価画像P3は、抽出画像生成部18に送出される。抽出画像生成部18は、評価画像P3と差分画像P6とを積算処理することにより、元画像P0から暗線が抽出された抽出画像P7を生成する。評価画像P3は、元画像P0に暗線が現れている部分を1とし、現れていない部分を0としている。評価画像P3は、0から1までの間の画素値を含むものの、元画像P0における暗線の位置を表した二値画像に近い画像である。したがって、評価画像P3は、元画像P0において暗線がどのような濃度で写り込んでいるかを示す情報を有していない。差分画像P6は、方向性フィルタを元画像P0に施した画像であるので、暗線の濃度情報は保持している。しかし、方向性フィルタを施すことによって偽像を含んでしまっている画像である。

[0057] そこで、図10に示すように、評価画像P3と差分画像P6とを積算処理すれば、元画像P0において暗線となっていない部分では、差分画像P6の画素値に評価画像P3の画素値である0が積算され、この部分の画素値は0となる。このようにして、差分画像P6に現れていた偽像は、消去されるのである。生成された抽出画像P7は、元画像P0に写り込んでいる暗線をそのまま抽出したような画像となっている。抽出画像P7においては暗線の視認は容易である。

[0058] <線接続処理部の動作>

次に、本発明において最も特徴的な構成である線接続処理部19の動作に

ついて説明する。線接続処理部 19 は、図 11 に示すように、ノイズ等によって線状構造物が途切れ途切れに写り込んでいる抽出画像 P7 に線接続処理を加えて、線状構造物の断片化が解消された断片化解消画像 P8 を生成するものである。このとき、線接続処理部 19 は、方向画像 P5 を参照する。より具体的には、線接続処理部 19 は、抽出画像 P7 における線を接続する始点の画素と終点の画素の 2 つを決定する。そして、これら 2 点の間に短い線を書き足すことにより線接続処理を実現するのである。図 11 においては、線接続の始点をフロンティア画素 F、終点を終点画素 G として表している。線接続処理部 19 は、方向画像 P5 を基に抽出画像 P7 に写り込む線状構造物の伸びる方向を取得し、抽出画像 P7 における線状構造物の伸びる方向に配列したフロンティア画素 F と終点画素 G とを定めて、2 つの画素の間を補間することにより、抽出画像 P7 に途切れて写り込んだ線状構造物を接続して断片化解消画像 P8 を生成する。フロンティア画素 F は、本発明の始点画素に相当する。

[0059] 図 12 は、線接続処理部 19 の動作を表したフローチャートである。図 12 に示すように線接続処理部 19 は、まず抽出画像 P7 に前処理を施し、後段の画像処理の下準備をする（前処理ステップ S1）。そして、線接続処理部 19 は抽出画像 P7 を構成する画素の各々に画素ラベルを付し、ラベル画像 Q1 を生成する（ラベル画像生成ステップ S2）。そして、線接続処理部 19 は、ラベル画像 Q1 において線状構造物を構成する画素を示すラベルが付されたフロンティア画素 F のうちの 1 つを処理対象とし（処理対象フロンティア画素設定ステップ S3）、処理対象フロンティア画素について補間画素 IP を検索する（補間画素検索ステップ S4）。そして、補間画素 IP の各々について後述の新画素値を取得する（新画素値取得ステップ S5）。線接続処理部 19 は、処理対象のフロンティア画素 F を変更しながら補間画素検索ステップ S4、および新画素値取得ステップ S5 を繰り返す。最後に、線接続処理部 19 は、補間画素 IP の画素値を変更して断片化解消画像 P8 を生成する（画素値変更ステップ S6）。以降、これらの詳細について順を

追って説明する。

[0060] <前処理ステップS 1>

まず、線接続処理部 19 は、記憶部 28 より設定値を読み出して、抽出画像 P 7 における絶対値が設定値よりも低い部分の画素値について符号を反転させない状態で絶対値が更に低くなるように変更する。具体的には、画素値を 0 に変更する。これにより、抽出画像 P 7 に含まれていたノイズや細かな被検体像が除かれ、線状構造物がより際立った簡略化抽出画像 P 7 a が生成される。この様にすることで、後段の画像処理が単純なものとなる。

[0061] <ラベル画像生成ステップS 2>

次に、線接続処理部 19 は、簡略化抽出画像 P 7 a の各画素を 2 種類に種類分けをして分類を示すラベルを各画素について取得する。すなわち、線接続処理部 19 は、記憶部 28 より閾値を読み出して、読み出した閾値よりも絶対値が高い画素をフロンティア画素 F と分類し、絶対値が低い画素を非フロンティア画素 N と分類する。このフロンティア画素 F は、これから線接続をしようとするときの始点となる画素である。線接続処理部 19 は、抽出画像 P 7 (簡略化抽出画像 P 7 a) 上の画素の中からフロンティア画素 F を定める際に、閾値以上の画素値を有する画素をフロンティア画素 F であると定める。

[0062] 図 13 は、線接続処理部 19 が簡略化抽出画像 P 7 a の各画素を分類して、この分類の分布を示すラベル画像 Q 1 を生成する様子を示している。簡略化抽出画像 P 7 a における画素値の絶対値が小さい画素は全て非フロンティア画素 N とされ、画素値の絶対値が大きい画素は、フロンティア画素 F とされる。以降、線接続処理部 19 は、フロンティア画素 F の各々について同じ処理を繰り返す。図 13 における簡略化抽出画像 P 7 a に暗い画素 (画素値の絶対値が大きい画素) は 8 個あるので、線接続処理部 19 は、以降に説明するステップ S 4 およびステップ S 5 を 8 回繰り返すことになる。

[0063] <処理対象フロンティア画素設定ステップS 3>

線接続処理部 19 は、ラベル画像 Q 1 を参照してこれから画像処理をしよ

うとする処理対象のフロンティア画素Fを選択する。図14において、選択されたフロンティア画素Fを符号F0で表すことにする。

[0064] <補間画素検索ステップS4：候補画素Tの設定>

次に、線接続処理部19は、画素値の補間を行う補間画素IPOの検索を開始する。補間画素IPOとは、これから画素値が変更される画素であり、フロンティア画素F0とこれから取得する終点画素G0との間に位置している。フロンティア画素F0とは、線接続処理部19が簡略化抽出画像P7aにおける途切れた線を接続するときの始点となる画素である。同様に、終点画素G0とは、線接続処理部19が簡略化抽出画像P7aにおける途切れた線を接続するときの終点となる画素である。つまり、線接続処理部19は、フロンティア画素F0を始点とし、終点画素G0を終点とする線を抽出画像P7に書き足すことで線接続処理を実現するのである。まずは、この終点画素G0の取得方法について説明する。この終点画素G0が決定されないと補間画素IPOの探索ができないからである。

[0065] 図14は、線接続処理部19が終点画素G0の候補となる候補画素Tを指定する様子を示している。線接続処理部19は、フロンティア画素F0を中心とした正方形の領域を設定して、この領域に属する画素の全てを候補画素Tと設定する。ただし、フロンティア画素F0自体は候補画素Tから除外される。簡略化抽出画像P7aにおける候補画素Tの位置は、候補画素マッピング画像Q2（F0）に保持される。正方形領域としては例えば5×5ピクセルの大きさが好ましい。

[0066] なお、実施例1においては、フロンティア画素F0を中心とした正方形領域に含まれる画素の全てを候補画素Tに設定するように構成する必要はない。すなわち、線接続処理部19が正方形領域に属するフロンティア画素Fのみを候補画素Tと設定するようにしてもよい。

[0067] <補間画素検索ステップS4：候補画素Tの判定>

線接続処理部19は、まず、候補画素Tのうち判定対象となる候補画素T0を決定し、これについて終点画素G0かどうかの判定を行う。候補画素T

は、図 1 4 右側に示すように、24 個あることからすると線接続処理部 19 は、判定動作を 24 回繰り返すことになる。

[0068] 図 1 5 は、候補画素 T0 が終点画素 G0 であるかどうか判定される様子を示している。線接続処理部 19 は、フロンティア画素 F0 の中心と候補画素 T0 と中心とを通過する線分の伸びる方向をベクトルとして取得する。具体的には、線接続処理部 19 は、フロンティア画素 F0 と候補画素 T0 との位置関係に応じて、これに対応するベクトルを記憶部 28 から読み出して動作する。つまり、記憶部 28 には、画素の位置関係とベクトルとが対応したテーブルが用意されていることになる。このベクトルを説明上の区別のため画素配列方向ベクトルと呼ぶことにする。図 1 5 右側においては、画素配列方向ベクトルを実線で表している。すなわち、画素配列方向ベクトルはフロンティア画素 F0 を起点とし、候補画素 T0 方向に向けて伸びるベクトルである。

[0069] 線接続処理部 19 は、今度は、記憶部 28 に記憶された方向画像 P5 を参照して、フロンティア画素 F0 にどのようなベクトルが割り当てられているかを取得する。方向画像 P5 は、ベクトルが画素と関連づけられて配列された画像であり、ベクトルの方向は、元画像 P0 において、線状構造物がどの方向に伸びているかを各画素ごとに示したものとなっている。このベクトルを説明上の区別のため構造物延伸方向ベクトルと呼ぶことにする。図 1 5 右側においては、構造物延伸方向ベクトルを破線で表している。すなわち、構造物延伸方向ベクトルはフロンティア画素 F0 を起点とし、画像上の線状構造物のうちフロンティア画素 F0 が属するものの延伸方向に伸びるベクトルである。

[0070] 線接続処理部 19 は、画素配列方向ベクトルと構造物延伸方向ベクトルとのなす角 θ を取得する。取得された角 θ と候補画素 T0 の位置との関係は、角マッピング画像 Q3 (F0) に保持される (図 1 7 左側参照)。角 θ は、そもそもはフロンティア画素 F を起点とする二つのベクトルのなす角である。しかし、角マッピング画像 Q3 において角 θ がマッピングされる位置は、

角マッピング画像Q 3上のフロンティア画素Fと同一の位置ではなく、候補画素Tと同一の位置である。この点は、本発明を理解する上で留意が必要である。例えば、図1 7左側において斜線の枠で囲んで示す候補画素T 1と同一の位置にある角 θ は、図1 6で説明した動作で得られた候補画素T 1についてのものである。

[0071] この角 θ は、ある有益な特性を有している。すなわち、この角 θ が十分に小さいと、候補画素Tは、終点画素Gであると判定できる。この点についてより詳細に説明する。図1 6は、簡略化抽出画像P 7 aにおける暗線に属する候補画素T 1が線接続処理部1 9により判定をされている様子を示している。候補画素T 1における画素配列方向ベクトルの方向は、フロンティア画素F 0から見た候補画素T 1の方向と一致し、右斜め下方向である。一方、候補画素T 1における構造物延伸方向ベクトルの方向は、フロンティア画素F 0が属する線状構造物の延伸方向と一致し、下方向である。

[0072] 図1 6の例では、画素配列方向ベクトルの方向と構造物延伸方向ベクトルの方向とが一致しているとは言えないが、極端な例として一致していたとする。このときフロンティア画素F 0と候補画素T 1との間に線を書き足せば確実に簡略化抽出画像P 7 aの視認性は向上する。この理由について説明する。線接続処理部1 9は、フロンティア画素Fと終点画素Gとを繋ぐように簡略化抽出画像P 7 aに線を書き足すことで動作する。仮に、図1 6の例において候補画素T 1がフロンティア画素F 0の下に位置していたとし、フロンティア画素F 0と候補画素T 1との間に線を書き足したものとする。すると、この書き足された線の伸びる方向は、画素配列方向ベクトルの方向の方向と一致し、下方向である。一方、フロンティア画素F 0は縦方向に伸びた線状構造物の一員である。フロンティア画素F 0の構造物延伸方向ベクトルは、下方向に伸びているからである。すなわち、線の書き足しにより、下方向に伸びた線状構造物が更に下方向に延伸するように延ばされることになる。このように線状構造物の伸びる方向が保存されるように線を書き足す動作を行えば、より自然で視認性の高い画像が提供できるのである。

[0073] 以降、候補画素 T 1 における角 θ は、十分に小さいものとして説明を続ける。線接続処理部 19 は、図 17 に示すように生成した角マッピング画像 Q 3 (F0) から角 θ を読み出すとともに簡略化抽出画像 P 7 a から画素値を読み出して候補画素 T の各々が線接続処理の対象にふさわしいかを示す接続信頼値 R を取得する。すなわち、ある候補画素 T の接続信頼値 R は、その候補画素 T の角 θ と、その候補画素 T の画素値とにより算出される。具体的には、接続信頼値 R は、角 θ の小ささを示す項と画素値の絶対値の大きさを示す項を掛け合わせるにより算出される。したがって、角 θ が小さいほど接続信頼値 R は増加し、画素値の絶対値が大きいほど接続信頼値 R は増加する。取得された接続信頼値 R と画素の位置との関係は、接続信頼値マッピング画像 Q 4 (F0) に保持される (図 17 右側参照)。

[0074] 接続信頼値 R が角 θ が小さいほど増加するようにしているのは、上述のように線状構造物の伸びる方向とこれから書き足す線の伸びる方向が一致するからである。ここでは、画素値の絶対値が大きいほど接続信頼値 R が高いようにしている理由について説明する。簡略化抽出画像 P 7 a において目立つ線状構造物が途切れていると、これが画像を視認する際に目立ってしまう。ところで、簡略化抽出画像 P 7 a において目立っている線状構造物とは、極端に明るいか極端に暗いものである。そこで、このような画素値が極端に大きいか極端に小さい画素から構成される線状構造物に対して優先的に線接続処理を実行するようにする必要がある。具体的には、画素値の絶対値が大きいほど接続信頼値 R は増加するようにしている。

[0075] 線接続処理部 19 は、記憶部 28 より設定値を読み出して、候補画素 T の接続信頼値 R がある値以上となっている場合は、その候補画素 T を後続の線接続処理対象とする。そして、線接続処理部 19 は、候補画素 T の接続信頼値 R がある値未満となっている場合は、その候補画素 T を後続の線接続処理対象とはしない。図 18 左側においては、線接続処理対象とされた候補画素 T をプラス記号、線接続処理対象とされなかった候補画素 T をマイナス記号で表している。この接続信頼値 R を用いた評価結果は、接続信頼値マッピング

グ画像Q5（F0）に保持されるものとする。

[0076] このように、線接続処理部19は、抽出画像上の候補画素Tの中から終点画素Gを定める際に、候補画素Tと予め定められたフロンティア画素Fとを結ぶ方向を取得するとともに、候補画素Tが属する画素線状構造物の伸びる方向を方向画像P5から取得し、取得した2つの方向の一致度が高いと判定された候補画素Tを優先的に終点画素Gと定める。

[0077] また、線接続処理部19は、抽出画像上の候補画素Tの中から終点画素Gを定める際に、候補画素Tの画素値の絶対値を抽出画像P7（簡略化抽出画像P7a）より取得することにより、画素値の絶対値が高いと判定された候補画素Tを優先的に終点画素Gと定める。

[0078] 線接続処理部19は、接続信頼値Rを基に線接続処理の対象とされた候補画素Tを線接続の終点画素Gであると認定する。以降、このうちの終点画素G0について線接続処理部19が行う動作について説明する。

[0079] ＜補間画素検索ステップS4：補間画素IPの特定＞

線接続処理部19は、図18に示すようにフロンティア画素F0と終点画素G0とを結ぶ直線が通過する画素を補間画素IPと特定する。ただし、フロンティア画素Fは補間画素IPから除外される。簡略化抽出画像P7aにおける補間画素IPの位置は、補間画素マッピング画像Q6（F0，G0）に保持される。図18においては、フロンティア画素F0と終点画素G0とが画素1つぶんだけしか離間していないので、補間画素IPは1つしかない。しかし、図19左側に示すように補間画素IPの特定に係るフロンティア画素Fと終点画素Gとのペアが互いに離れていれば、それだけ多くの補間画素IPが特定されることになる。線接続処理部19は、この補間画素IPの画素値を変更することで線接続処理を実現する。すなわち、線接続処理部19は、フロンティア画素Fと終点画素Gとに挟まれる位置にある画素の画素値を変換することにより線接続処理を行う。

[0080] ＜新画素値取得ステップS5＞

補間画素IPの画素値を具体的にどのような画素値に変更するかについて

説明する。線接続処理部 19 は、補間画素 I P、フロンティア画素 F 0 および終点画素 G の位置関係を基に変更後の画素値を算出する。線接続処理部 19 がこれから求めようとする変更後の画素値を新画素値 n と呼ぶことにする。

[0081] 図 19 右側は、補間画素 I P の新画素値 n を求める方法について説明している。線接続処理部 19 は、フロンティア画素 F の中心から補間画素 I P の中心までの距離 A と、補間画素 I P の中心から終点画素 G 0 までの距離 B とを求める。次に線接続処理部 19 は、フロンティア画素 F および終点画素 G 0 の画素値を簡略化抽出画像 P 7 a より読み出す。そして、線接続処理部 19 は、距離 A, B を基に互いの画素値に重み付けを加えて新画素値 n を算出する。すなわちフロンティア画素 F の画素値を V_f とし、終点画素 G の画素値を V_g とすると、新画素値 n は、次のように求められる。新画素値 n は、本発明の変更後の画素値に相当する。

$$n = V_f \cdot B / (A + B) + V_g \cdot A / (A + B)$$

[0082] すなわち、線接続処理部 19 は、画素値変換処理に先立って新画素値 n を求める際に、フロンティア画素 F と画素値置換処理対象の画素との間の距離 A と、終点画素 G と画素値置換処理対象の画素との間の距離 B とを算出することにより、フロンティア画素 F および終点画素 G のうち画素値置換処理対象の補間画素 I P から距離が遠い方の画素の画素値よりも距離が近い方の画素の画素値に近づくように新画素値 n を求める。

[0083] 新画素値 n と画素の位置との関係は、新画素値マッピング画像 Q 7 に保持される。図 20 は、補間画素マッピング画像 Q 6 (F 0, G 0) より新画素値マッピング画像 Q 7 が生成される様子を示している。

[0084] <画素値変更ステップ S 6>

図 21 は、線接続処理部 19 が抽出画像 P 7 に対し画素値変更を行い線接続処理を実行する様子を示している。すなわち、線接続処理部 19 は、新画素値マッピング画像 Q 7 における新画素値 n が算出されている新画素値算出済画素の位置を特定して、この画素と同一位置にある抽出画像 P 7 上の画素

を特定する。そして、線接続処理部 19 は、抽出画像 P 7 上で特定された画素の画素値を同一位置の新画素値算出済画素の画素値に変更する。この様にして図 21 に示すように、抽出画像 P 7 に線接続処理がなされ、断片化解消画像 P 8 が生成されるのである。一方、線接続処理部 19 は、新画素値マッピング画像 Q 7 における新画素値 n が算出されていない新画素値非算出画素と同一位置にある抽出画像 P 7 上の画素については画素値の変更を行わない。

[0085] <動作の繰り返しについて>

以上の説明は、簡略化抽出画像 P 7 a が有している 8 つのフロンティア画素 F のうちの 1 つである F 0 についての動作である。線接続処理部 19 は、他のフロンティア画素 F 1 ~ F 7 についても同様な動作を行う。すなわち、図 14 で説明した候補画素 T の特定は、フロンティア画素 F 0 ~ F 7 の各々について 8 回行われ、図 15, 図 16, 図 17, 図 18 を用いて説明した終点画素 G の判定はフロンティア画素 F 0 ~ F 7 の各々について 8 回行われることになる。その度に複数の終点画素 G が特定される。すなわち、フロンティア画素 F 0 ~ F 7 には、図 22 に示すように、それぞれに対応する終点画素グループ [G 0] ~ [G 7] が存在することになる。

[0086] そして線接続処理部 19 は、今度は、フロンティア画素 F 0 と対応する終点画素グループ [G 0] 内の終点画素 G 0 a, G 0 b, ……のいずれかとをペアにして、補間画素 I P を特定する。例えば、フロンティア画素 F 0 に対して終点画素 G 0 が 5 つあるとすれば、線接続処理部 19 は、図 19, 図 20 で説明した動作を 5 回繰り返すことになる。その度に複数の補間画素 I P が特定される。このようにして終点画素 G 0 a, G 0 b, ……には、図 23 に示すようにそれぞれに対応する補間画素グループ [I P 0 a], [I P 0 b], ……が特定される。線接続処理部 19 は、フロンティア画素 F 0 についての補間画素 I P の特定が終了すると、他のフロンティア画素 F 1 ~ F 7 についても補間画素 I P の特定を続ける。したがって、終点画素 G の各々について補間画素グループ [I P 0 a], [I P 0 b], ……が特定される事

情は他のフロンティア画素F 1～F 7に対応した終点画素グループ[G 1]～[G 7]においても同様である。

[0087] <新画素値マッピング画像生成時における新画素値nの上書き>

このような事情からすると簡略化抽出画像P 7 aには相当に多数の補間画素I Pが認定されるようにも思われるが、実はそうではない。線接続処理部1 9が補間画素検索ステップS 4を繰り返していくと、簡略化抽出画像P 7 aにおける同じ位置の画素が何度も補間画素I Pとして特定されるからである。線接続処理部1 9は、補間画素I Pを特定する度に新画素値nを算出するので、簡略化抽出画像P 7 a上の同じ位置の画素に対して複数の新画素値nが算出されることになる。そこで、図2 1で説明した画素値変更処理において、これら新画素値nのうちどれを用いるかという問題がある。

[0088] 実施例1の構成によれば、新画素値マッピング画像Q 7の値を上書きすることでこの問題を解決している。図2 4は新画素値マッピング画像Q 7の値が上書きされていく様子を示している。図2 4においては、線接続処理部1 9が処理を繰り返していくうちに、簡略化抽出画像P 7 aにおける同じ位置の画素が補間画素I P 0～I P 7として重複して特定されてしまった場合を示している。線接続処理部1 9は、補間画素I P 0～I P 7を特定するごとに新画素値nを算出するのであるから、補間画素I P 0～I P 7の各々には対応する新画素値nが存在することになる。線接続処理部1 9は、新画素値マッピング画像Q 7を生成する際に、最も絶対値が大きい新画素値nが残るように上書き処理を繰り返す。この様子を図2 4で説明すると、まず線接続処理部1 9が補間画素I P 0を特定したとき、これに対応する新画素値3 3 2を新画素値マッピング画像Q 7に配置する。その後、線接続処理部1 9は、補間画素I P 1、補間画素I P 2を順に特定していくが、このとき算出される新画素値は3 3 2より低いので、新画素値マッピング画像Q 7を変更しない。そして、線接続処理部1 9が補間画素I P 3を特定したときに算出される新画素値1 0 4 5は、新画素値マッピング画像Q 7上の新画素値3 3 2よりも高い。そこで、線接続処理部1 9は、新画素値nを1 0 4 5に上書き

する。その後、線接続処理部 19 は、補間画素 I P 4 ~ I P 7 を順に特定していくが、算出される新画素値は 1045 より低いので新画素値マッピング画像 Q 7 を変更しない。

[0089] すなわち、線接続処理部 19 は、画素値変換処理に先立って新画素値 n を求める際に、新画素値 n が抽出画像 P 7 (簡略化抽出画像 P 7 a) 上の同じ位置について複数算出された場合には、より絶対値の大きいものを変換処理に用いる。したがって、補間画素 I P 0 ~ I P 7 がどの順番で特定されても最終的な新画素値 n は変わらない。

[0090] なお、図 24 は、新画素値マッピング画像 Q 7 の画素値が補間画素 I P の画素値のいずれかに変更される様子を説明している。しかし、線接続処理部 19 の実際の処理としては、必ずしも図 24 で説明したような画素値の変更をするとは限らない。具体的には、線接続処理部 19 は、絶対値の最も大きい補間画素 I P の画素値と、簡略化抽出画像 P 7 a におけるこの補間画素 I P と同一位置の画素の画素値とを比較する。そして、線接続処理部 19 は、簡略化抽出画像 P 7 a の画素の画素値の絶対値が補間画素 I P の画素値の絶対値よりも大きい場合、新画素値マッピング画像 Q 7 の同一位置に新画素値 n を設定しない。このような動作により、線接続処理部 19 は、簡略化抽出画像 P 7 a 上の画素値の絶対値が大きい画素を線接続処理に伴う画素変換処理の対象外にする。

[0091] このように新画素値マッピング画像 Q 7 を更新する構成とする効果について説明する。いま図 25 のような抽出画像 P 7 を考える。抽出画像 P 7 には、縦方向および横方向に伸びる 2 本の線状構造物が写り込んでいる。そして抽出画像 P 7 においてはこの 2 本の線状構造物の交わる部分が欠損しており、ここで線が 2 本とも途切れている。このような抽出画像 P 7 に対して線接続処理を行うものとする。

[0092] 図 26 は、図 25 の抽出画像 P 7 を簡略化した簡略化抽出画像 P 7 a を基に新画素値マッピング画像 Q 7 が生成される様子を示している。図 26 は、新画素値マッピング画像 Q 7 の生成途中を表しており、これで新画素値マッ

ピング画像Q 7が完成したわけではない。図26の状態においては、左側図の太線で囲まれた2つの画素について補間画素I Pを探索している。従って、太線で囲まれた2つの画素のうち、一方は、フロンティア画素Fでありもう一方は終点画素Gであることになる。線接続処理部19は、この2つの画素に挟まれた縦3つ分の画素を補間画素I Pと特定してそれぞれについて新画素値nを算出する。このとき算出された新画素値nは、図左側において太線で囲まれた2つの画素の画素値に似通っている。新画素値nは、フロンティア画素Fおよび終点画素Gを基に算出されるからである。新画素値nの実際の算出の様子は図19を用いて既に説明済みである。

[0093] 図27は、線接続処理部19が画像処理を更に進めた状態を示している。図27の状態においては、左側図の太線で囲まれた2つの画素について補間画素I Pを探索している。従って、太線で囲まれた2つの画素のうち、一方は、フロンティア画素Fであり、もう一方は終点画素Gであることになる。線接続処理部19は、この2つの画素に挟まれた横3つ分の画素を補間画素I Pと特定してそれぞれについて新画素値nを算出する。このとき算出された新画素値nもやはり、図左側において太線で囲まれた2つの画素の画素値に似通っている。

[0094] ここで、図27の新画素値マッピング画像Q 7において丸印で示した画素に注目する。この画素における新画素値nは、2回算出されている。具体的には、新画素値nは、図26を用いて説明した1回目の処理と、図27を用いて説明した2回目の処理との両方で算出されている。このとき算出された2つの新画素値nの絶対値を比較すると、2回目の処理で算出された新画素値nの絶対値の方が1回目のものよりも大きい。したがって、線接続処理部19は、丸印の画素について2回目の処理のときに新画素値nの上書きを行ったのである。図27の状態で新画素値マッピング画像Q 7は完成する。

[0095] 図28は、線接続処理部19が上述の過程を通じて完成した新画素値マッピング画像Q 7を用いて画素値の変更を実行している様子を示している。生成された断片化解消画像P 8を参照すると次のようなことが分かる。すなわ

ち、抽出画像 P 7 に写り込んでいた 2 本の線状構造物のうち、より暗く写り込んでいる横方向に伸びる線状構造物が優先して接続されているのである。抽出画像 P 7 において目立って写り込んでいる線状構造物は、周辺と比べて極端に明るい極端に暗いかのどちらかである。実施例 1 の構成によれば、新画素値 n の上書き処理を工夫することで抽出画像 P 7 において目立ち、かつ途切れて写り込んでいる線状構造物がより自然に接続された断片化解消画像 P 8 が生成できる。

[0096] <重合画像生成部の動作>

重合画像生成部 20 は、断片化解消画像 P 8 と元画像 P 0 とを重み付けを加えて加算し、両者が重ね合わせられた重合画像 P 9 を生成する。これにて、画像処理装置 1 の動作は終了となる。断片化解消画像 P 8 には、元画像 P 0 に写り込んだ線状構造物が濃淡を保った状態で写り込んでいる。しかも、線状構造物は、線接続処理により途切れることなく自然に接続されている。したがって、このような断片化解消画像 P 8 と元画像 P 0 とを重ね合わせれば、視認性の高い重合画像 P 9 が生成できる。

[0097] <線接処理部が有する他の効果>

上述のように線接続処理部 19 は、抽出画像 P 7 において途切れて写り込んでいる線状構造物を連結することで、重合画像 P 9 の視認性を向上させる。しかし、線接続処理部 19 は、別異の理由によって重合画像 P 9 の視認性を向上させてもいる。そこで、実施例 1 の構成が有する別異の効果について説明する。

[0098] いま図 29 のような抽出画像 P 7 を考える。抽出画像 P 7 には、斜め方向に伸びる線状構造物が写り込んでいる。しかし、この線状構造物の太さは部位によってまちまちとなっている。すなわち、本来一様な太さに抽出されるべき線状構造物が、ノイズ等によって部分的にくびれて抽出されている。抽出画像 P 7 をこの状態のまま元画像 P 0 に重ね合わせたのでは、視認性の高い重合画像 P 9 を取得することができない。重合画像 P 9 に写りこむ線状構造物の太さがまちまちで、不自然な画像だからである。

- [0099] この抽出画像 P 7 を基に新画素値マッピング画像 Q 7 を生成すると、図 29 になる。すなわち、新画素値マッピング画像 Q 7 には、抽出画像 P 7 上の線状構造物におけるくびれた部分を埋め戻すように新画素値 n が配列されているのである。このくびれ部分 S a は、線状構造物に属する部分 S b 1, S b 2 に挟まれている。したがって、くびれ部分 S a を構成する画素は、補間画素検索ステップ S 4 において補間画素 I P と特定されるのである。
- [0100] この様にして生成された新画素値マッピング画像 Q 7 を用いて画素値変更処理を行うと、図 29 に示すように線状構造物が同じ太さで写り込んだ断片化解消画像 P 8 が生成される。このような断片化解消画像 P 8 と元画像 P 0 とを重ね合わせれば、視認性の高い重合画像 P 9 が生成できる。
- [0101] 以上のように、上述の構成によれば、元画像に写り込んだ線状構造物を強調するような画像処理をすることができる。具体的には、元画像 P 0 に写り込む線状構造物を 2 つの手法で識別する。第 1 の手法は、元画像上の線状構造物であるかどうかを画素の各々について評価する評価画像 P 3 を作成することである。これにより、元画像上の線状構造物の位置が特定される。第 2 の手法は、元画像 P 0 に写り込む線状構造物と線状構造物以外の部分の差分をとり、線状構造物が写り込んだ差分画像 P 6 を生成することである。これにより、元画像 P 0 において線状構造物が線状構造物以外の画素に比べてどの程度異なる画素値で写り込んでいるかが分かる。評価画像 P 3 は、元画像 P 0 における線状構造物の位置に関する情報しか有していない。一方、差分画像 P 6 は、元画像 P 0 の全域に方向性の差分処理を施すに伴う偽像を含んでしまっている。このような短所を有する 2 つの画像を用いて線状構造物の抽出を行えば、2 つの手法が有する短所を互いに補うことができる。したがって、取得された抽出画像 P 7 は、元画像 P 0 から線状構造物のみを濃淡を保ったまま抜き出したものとなっており、視認性の高いものとなっている。
- [0102] さらに、上述の構成によれば、抽出画像 P 7 に途切れて写り込んだ線状構造物を接続して断片化解消画像 P 8 を生成する線接続処理部 19 を更に備え

る。線接続処理部 19 は、方向画像 P5 を基に抽出画像 P7 に写り込む線状構造物の伸びる方向を取得しながら抽出画像 P7 における線状構造物の伸びる方向に画素の補間を行うので、線状構造物はその伸びる方向に延伸する。この動作をすることにより、抽出画像 P7 に途切れて写り込んでいる線状構造物が自然につながるので、視認性が更に高い断片化解消画像 P8 が提供できる。

[0103] また、線接続処理部 19 が抽出画像上の画素の中からフロンティア画素 F を定める際に、絶対値が閾値以上となっている画素値を有する画素を始点画素と定めれば、抽出画像上で目立っている線状構造物について線接続処理を確実に行うことができる。

[0104] そして、線接続処理部 19 が線接続の終点となる終点画素 G の候補画素 T と予め定められたフロンティア画素 F とを結ぶ方向を取得するとともに、フロンティア画素 F が属する線状構造物の伸びる方向を方向画像 P5 から取得し取得した 2 つの方向の一致度が高いと判定された候補画素 T を優先的に終点画素 G と定めるようにすれば、候補画素 Tの中から適切な終点画素 G を選択することができる。2 つの方向の一致度が高い候補画素 T に向けてフロンティア画素 F から線状構造物を延伸するようにすれば、線状構造物の伸びる方向に線状構造物が延ばされることになる。すなわち、上述の判定に基づいて線接続処理を行うようにすれば、より自然に線上構造物の線接続処理をすることができる。

[0105] そして、実施例 1 に示すように、画素値の絶対値が高いと判定された候補画素 T を優先的に終点画素 G と定めれば、抽出画像上で目立っている線状構造物について線接続処理を確実に行うことができる。

[0106] また、フロンティア画素 F と終点画素 G とに挟まれる位置にある画素の画素値を変更することで線接続処理を行うようにすれば、僅かな画素に対して変更処理をすることによって線接続処理を完了することができる。

[0107] そして、線接続処理実行中における画素値の変更をフロンティア画素 F および終点画素 G のうち画素値置換処理対象の画素から距離が遠い方の画素の

画素値よりも距離が近い方の画素の画素値に近づくように行えば、フロンティア画素Fと終点画素Gとがより滑らかにつながる。すなわち、断片化解消画像P8におけるフロンティア画素Fから終点画素Gまでの間における画素値の変化を見ていくと、フロンティア画素Fの画素値が次第に変化して終点画素Gの画素値に移り変わる。このようにフロンティア画素Fと終点Gの間に画素値の大きな段差を設けないようにして線接続処理を行えば、より視認性に優れた断片化解消画像P8を取得することができる。

[0108] 上述のように、線接続処理部19が画素値変更処理に先立って新画素値nを求める際に、新画素値nが抽出画像上の同じ位置について複数算出されたときに、より絶対値の大きいものを変更処理に用いるように動作すれば、より視認性に優れた断片化解消画像P8を取得できる。すなわち、ある画素の画素値を変更する場合において、その画素が濃い線と薄い線とが交差する位置に属する場合に、濃い線が優先されて線接続処理が施される。このようにすることで、線接続処理部19は、元画像P0において目立って写り込んでいる濃い線を実際に繋ぐようにして線接続処理を実行することができる。

[0109] 上述のように、断片化解消画像P8と元画像P0とを重ね合わせれば、元画像P0における被検体の微細な構造と、断片化解消画像P8におけるはっきりとした線状構造物とが集合して視認性に優れた重合画像P9を生成できる。そのときに、断片化解消画像P8における線接続処理が施された画素と同一位置にある元画像上の画素には、線状構造物は写り込んでいない。したがって、線接続処理が施された画素と、これと同一位置にある元画像上の画素とが重ねられて生成された画素の濃度は、元画像上の画素の濃度が薄かった分だけ薄くなる。そこで、上述の構成によれば、新画素値nの絶対値をより大きくするように調整を施す。このような構成とすることにより、重合画像P9に写り込む線状構造物が部分的に薄くなることなく、視認性に優れた重合画像P9を生成できる。

[0110] 本発明は、上述の構成に限られず、下記のように変形実施することができる。

[0111] (1) 上述の構成では、断片化解消画像 P 8 は、線が延長された部分が強調された画像となっていなかったが、延長部分を強調して断片化解消画像 P 8 を生成するようにしてもよい。このような構成とすると、より視認性が向上した重合画像 P 9 が生成できる。以降、上述の実施例からの改善点について説明する。

[0112] まず、上述の実施例における問題点について説明する。いま、図 30 左側のような元画像 P 0 を考える。元画像 P 0 には、横に伸びる一本の線状構造物が画像中央部で寸断された状態で写り込んでいる。このような元画像 P 0 を基に抽出画像 P 7 を生成すると、抽出画像 P 7 は、元画像 P 0 と同様な画像となる。抽出画像 P 7 は、元画像 P 0 から線状構造物を抽出した画像に過ぎないからである。

[0113] 図 30 右側は、抽出画像 P 7 における線状構造物が写り込んでいる行についてのプロファイルを棒グラフで表したものである。このプロファイルによれば、3 画素分の幅で画素値が 0 となっている。プロファイルにおける他の部分は、抽出画像 P 7 において線状構造物が写り込んでいる部分に相当し、正の値をとっている。

[0114] 図 31 は、上述で説明した実施例において断片化解消画像 P 8 が生成される様子をプロファイルで表している。抽出画像 P 7 を基に生成された新画素値マッピング画像 Q 7 のプロファイルは、図 31 のようになる。すなわち、新画素値マッピング画像 Q 7 には、抽出画像 P 7 上で画素値が 0 となっている 3 画素分の領域に、新画素値取得ステップ S 5 で算出された新画素値 n が用意されている。このような抽出画像 P 7 および新画素値マッピング画像 Q 7 を基に断片化解消画像 P 8 を生成すると、抽出画像 P 7 において途切れていた横線が接続された断片化解消画像 P 8 が取得される（図 35 右側参照）。

[0115] 図 31 で生成された断片化解消画像 P 8 における画素の画素値について注目する。上述の構成によれば、抽出画像 P 7 上の画素の画素値が新画素値マッピング画像 Q 7 上の画素の画素値の基になっている。図 31 における抽出

画像 P 7 は、同じ画素値が 5 つの画素にわたって並んでいるので、新画素値マッピング画像 Q 7 上の画素の画素値もこの画素値と同じとなる（詳細は新画素値取得ステップ S 5 参照）。このような抽出画像 P 7 および新画素値マッピング画像 Q 7 から断片化解消画像 P 8 を生成すると、断片化解消画像 P 8 は、図 3 5 右側に示すように同じ画素値がすき間無く 8 つの画素にわたって配列した画像となる。

[0116] 図 3 2 は、図 3 1 で得られた断片化解消画像 P 8 を基に重合画像 P 9 が生成される様子をプロファイルで表している。元画像 P 0 のプロファイルは、上述の抽出画像 P 7 のプロファイルと同様となる。区別のため、元画像 P 0 のプロファイルは網掛けで表している。このよう元画像 P 0 および断片化解消画像 P 8 を重ね合わせて重合画像 P 9 を生成すると、重合画像 P 9 のプロファイルは、図 3 2 のようになる。

[0117] 図 3 2 で生成された重合画像 P 9 における画素の画素値について注目する。重合画像 P 9 のプロファイルは、3 画素分だけ凹んだ領域が存在している。つまり、重合画像 P 9 には、図 3 5 左側に示すように、元画像 P 0 に写り込む 3 画素幅の明るい部分が薄く現れてしまうのである。

[0118] 図 3 2 における重合画像 P 9 のプロファイルに、このような凹んだ領域が如何にして発生したかを考える。図 3 2 における断片化解消画像 P 8 のプロファイルを見ると、この時点では線接続が理想通りに完了している。すなわち、このときの断片化解消画像 P 8 は、図 3 5 右側に示すように横一列に配列した 8 つ画素の画素値は同じであり、どこが線接続処理により延長された部分なのか判別できない。一方、元画像 P 0 には、図 3 0 左側に示すように線が写り込んだ暗い部分と線が途切れている明るい部分とが存在する。したがって、元画像 P 0 に断片化解消画像 P 8 を重ね合わせたとしても、断片化解消画像 P 8 は、元画像 P 0 における画素 3 つ分の明るい部分を打ち消すことができない。したがって、元画像 P 0 における線が途切れた明るい部分が画素 3 つ分の凹みとなって重合画像 P 9 のプロファイルに現れるのである。このような線接続は理想通りとは言えず、画像の視認性を悪化させる。

[0119] 本変形例では、この様な不具合を改善する目的で、新画素値マッピング画像Q 7を生成する際に工夫が施されている。すなわち、線接続処理部1 9は、新画素値取得ステップS 5で画素値を算出した際、フロンティア画素F、終点画素Gを基に算出された新画素値nに所定の値を足して、新画素値nを暗めに調整するのである。すると、図3 3のように新画素値マッピング画像Q 7は、抽出画像P 7上の画素値よりも高い画素値が配列されることになる。

[0120] すなわち、線接続処理部1 9は、新画素値nを求めた後、新画素値nの絶対値がフロンティア画素Fの画素値の絶対値よりも大きくなるとともに、終点画素Gの画素値の絶対値よりも大きくなるように新画素値nを調整して、断片化解消画像P 8において線が延長された部分を強調する。

[0121] 新画素値取得ステップS 5で算出された新画素値nにどのような演算を施して新画素値nを暗めに調節するかについては、所定の値を新画素値nに加えるようにしてもよいし、フロンティア画素Fと同一位置となっている元画像P 0上の画素値を参照して、この画素値の絶対値が大きくなるにしたがって絶対値の大きな値を新画素値nに加えるようにしてもよい。また、終点画素Gと同一位置となっている元画像P 0上の画素値を参照して、この画素値の絶対値が大きくなるにしたがって絶対値の大きな値を新画素値nに加えるようにしてもよい。なお、参照されるフロンティア画素F等の画素値が負の場合、新画素値nに足し合わせられる値は負であり、参照されるフロンティア画素F等の画素値が正の場合、新画素値nに足し合わせられる値は正である。

[0122] 本変形例で生成された断片化解消画像P 8は、線接続が施された部分が線接続処理前からある線状構造物より暗く強調された状態となっている。すなわち、断片化解消画像P 8のプロファイルは、3画素分だけ盛り上がった領域が存在するのである。このように生成された断片化解消画像P 8を見ると、線状構造物が滑らかに接続されているようには見えない。しかし、断片化解消画像P 8は、画像処理に生成される中間画像に過ぎず、これが診断に用

いられるという性格のものではない。

[0123] 図34は、本変形例における重合画像P9が生成される様子をプロファイルで表している。図34における画素の画素値について注目する。重合画像P9のプロファイルは、盛り上がった部分も凹んだ部分もなく理想通りとなっている。すなわち、このときの重合画像P9は、図35右側に示すように横一列に配列した8つ画素の画素値は同じであり、どこが線接続処理により延長された部分なのか判別できなくなっているのである。このような理想通りの線接続がなされるのには重合画像P9の生成過程に理由がある。すなわち、重合画像P9を生成する際に、断片化解消画像P8のプロファイルが有する盛り上がりと、元画像P0のプロファイルが有する凹みとが相殺して消滅したのである。重合画像P9は、視認性に優れた画像であり、これを基に適切な診断を下すことができる。

[0124] 本発明において生成される断片化解消画像P8における線接続処理が施された画素と同一位置にある元画像上の画素には、線状構造物は写り込んでいない。したがって、断片化解消画像上の線接続処理が施された画素と、これと同一位置にある元画像上の画素とが重ねられて生成された画素の濃度は、元画像上の画素の濃度が薄かった分だけ薄くなる。そこで、上述の構成によれば、変更後の画素値の絶対値をより大きくするように調整を施す。このような構成とすることにより、重合画像P9に写り込む線状構造物が部分的に薄くなることなく、視認性に優れた重合画像P9を生成できる。

[0125] 本発明の構成は上述の構成に限られず、下記のように変形実施をすることができる。

[0126] (1) 上述の実施例では、構造物延伸方向ベクトルは、フロンティア画素Fに割り当てられたベクトルであったが本発明はこの構成に限られない。すなわち、これを候補画素Tの各々に割り当てるように構造物延伸方向ベクトルを求めて接続信頼値Rを算出してもよい。この場合、角 θ は、候補画素Tを起点とする構造物延伸方向ベクトルおよび画素配列方向ベクトルとのなす角となる。この角 θ は、角マッピング画像Q3において、構造物延伸方向ベ

クトルの起点となった候補画素Tと同一の位置に配置される。また、候補画素Tに係る構造物延伸方向ベクトルとフロンティア画素Fに係る構造物延伸方向ベクトルとを求めるようにしてもよい。この場合、各々の構造物延伸方向ベクトルについて角 θ が求められることになる。そして、これらから接続信頼値Rを算出するようにしてもよい。

[0127] (2) 上述の実施例では、接続信頼値Rは、角 θ と候補画素Tの画素値とにより算出されるようになっていたが本発明はこの構成に限られない。すなわち、接続信頼値Rは、候補画素Tの画素値に代えてフロンティア画素Fの画素値により算出するようにしてもよい。また、候補画素Tの画素値とフロンティア画素Fの画素値から接続信頼値Rを算出するようにしてもよい。

産業上の利用可能性

[0128] 以上のように、本発明に係る画像処理装置は、医療分野に適している。

符号の説明

- [0129] n 新画素値（変更後の画素値）
F フロンティア画素（始点画素）
G 終点画素
P 0 元画像
P 3 評価画像
P 5 方向画像
P 6 差分画像
P 7 抽出画像
P 8 断片化解消画像
P 9 重合画像
T 候補画素
1 5 評価画像生成部（評価画像生成手段）
1 6 方向画像生成部（方向画像生成手段）
1 7 差分画像生成部（差分画像生成手段）
1 9 線接続処理部（線接続処理手段）

1 8 抽出画像生成部（抽出画像生成手段）

2 0 重合画像生成部（重合画像生成手段）

請求の範囲

- [請求項1] 被検体を透視することで得られる元画像を処理する画像処理装置であって、
- 前記元画像を基に、元画像上の線状構造物であるかどうかを画素の各々について評価する評価画像を生成する評価画像生成手段と、
- 前記元画像を基に、画素の各々が元画像上の線状構造物であるとしたときの線の伸びる方向を示す方向画像を生成する方向画像生成手段と、
- 前記方向画像を基に、線状構造物の部分の画素値から線状構造物以外の画素値が減算された差分画像を生成する差分画像生成手段と、
- 前記評価画像および前記差分画像を基に、元画像上の線状構造物が抽出された抽出画像を生成する抽出画像生成手段と、
- 前記方向画像を基に前記抽出画像に写り込む線状構造物の伸びる方向を取得し、前記抽出画像上で線状構造物の伸びる方向に配列した始点画素と終点画素とを定めて、2つの画素の間を補間することにより、前記抽出画像に途切れて写り込んだ線状構造物を接続して断片化解消画像を生成する線接続処理手段とを備えることを特徴とする画像処理装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の画像処理装置において、
- 前記線接続処理手段は、前記抽出画像上の画素の中から前記始点画素を定める際に、
- 絶対値が閾値以上となっている画素値を有する画素を前記始点画素と定めることを特徴とする画像処理装置。
- [請求項3] 請求項1または請求項2に記載の画像処理装置において、
- 前記線接続処理手段は、前記抽出画像上の候補画素の中から前記終点画素を定める際に、
- 前記候補画素と予め定められた前記始点画素とを結ぶ方向を取得するとともに、

前記始点画素が属する画素線状構造物の伸びる方向を前記方向画像から取得し、

取得した2つの方向の一致度が高いと判定された前記候補画素を優先的に前記終点画素と定めることを特徴とする画像処理装置。

[請求項4] 請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の画像処理装置において、

前記線接続処理手段は、前記抽出画像上の候補画素の中から前記終点画素を定める際に、

前記候補画素の画素値の絶対値を前記抽出画像より取得することにより、

画素値の絶対値が高いと判定された前記候補画素を優先的に前記終点画素と定めることを特徴とする画像処理装置。

[請求項5] 請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の画像処理装置において、

前記線接続処理手段は、前記始点画素と前記終点画素とに挟まれる位置にある画素の画素値を変更することにより線接続処理を行うことを特徴とする画像処理装置。

[請求項6] 請求項5に記載の画像処理装置において、

前記線接続処理手段は、画素値変更処理に先立って変更後の画素値を求める際に、

前記始点画素と画素値置換処理対象の画素との間の距離と、前記終点画素と画素値置換処理対象の画素との間の距離とを算出することにより、

前記始点画素および前記終点画素のうち画素値置換処理対象の画素から距離が遠い方の画素の画素値よりも距離が近い方の画素の画素値に近づくように変更後の画素値を求めることを特徴とする画像処理装置。

[請求項7] 請求項5に記載の画像処理装置において、

前記線接続処理手段は、画素値変更処理に先立って変更後の画素値を求める際に、

変更後の画素値が抽出画像上の同じ位置について複数算出された場合には、より絶対値の大きいものを変更処理に用いることを特徴とする画像処理装置。

[請求項8]

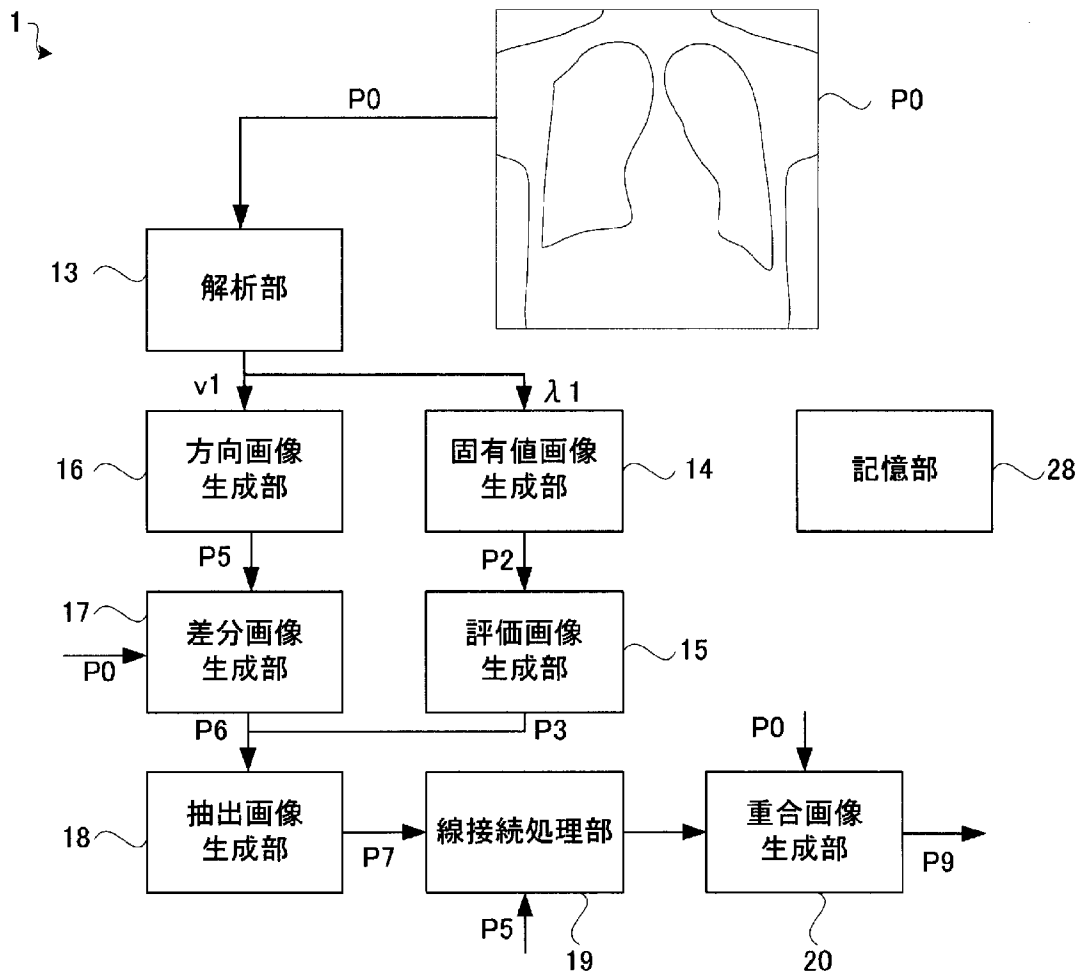
請求項5ないし請求項7のいずれかに記載の画像処理装置において、

前記元画像と前記断片化解消画像とを重ね合わせて重合画像を生成する重合画像生成手段を備え、

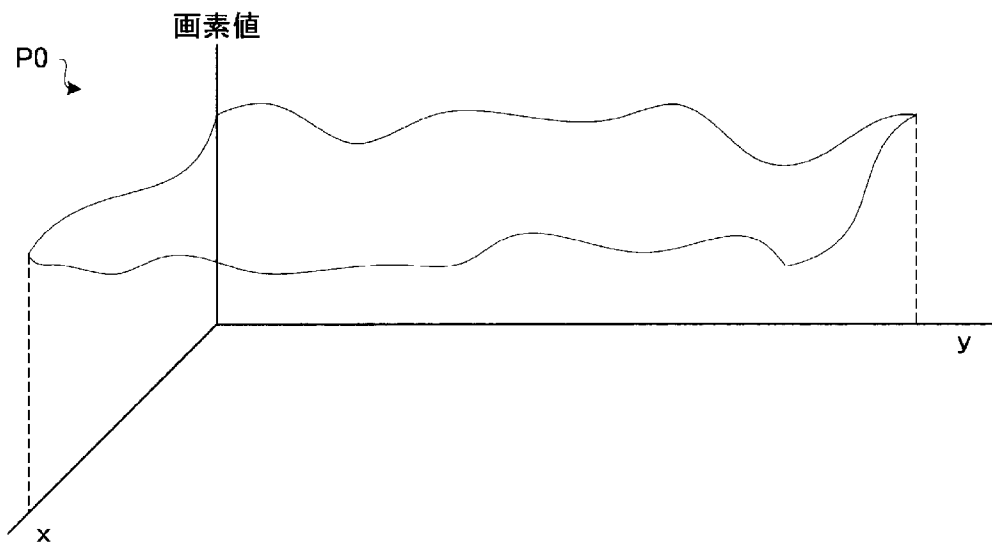
前記線接続処理手段は、変更後の画素値を求めた後、

変更後の画素値の絶対値が前記始点画素の画素値の絶対値よりも大きくなるとともに、前記終点画素の画素値の絶対値よりも大きくなるように変更後の画素値を調整して、前記断片化解消画像において線が延長された部分を強調することを特徴とする画像処理装置。

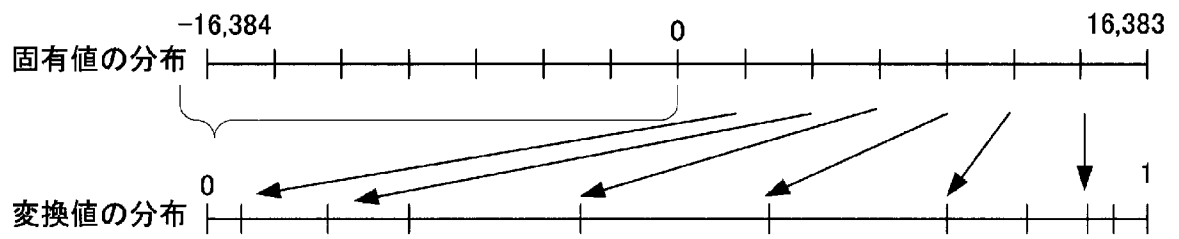
[図1]



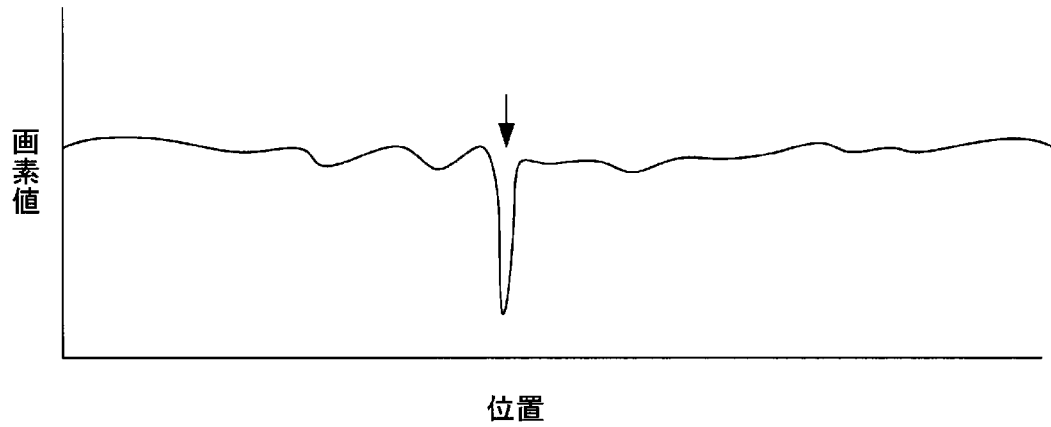
[図2]



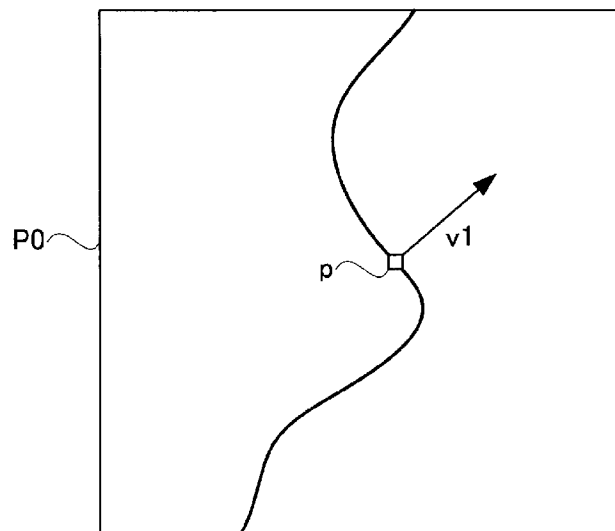
[図3]



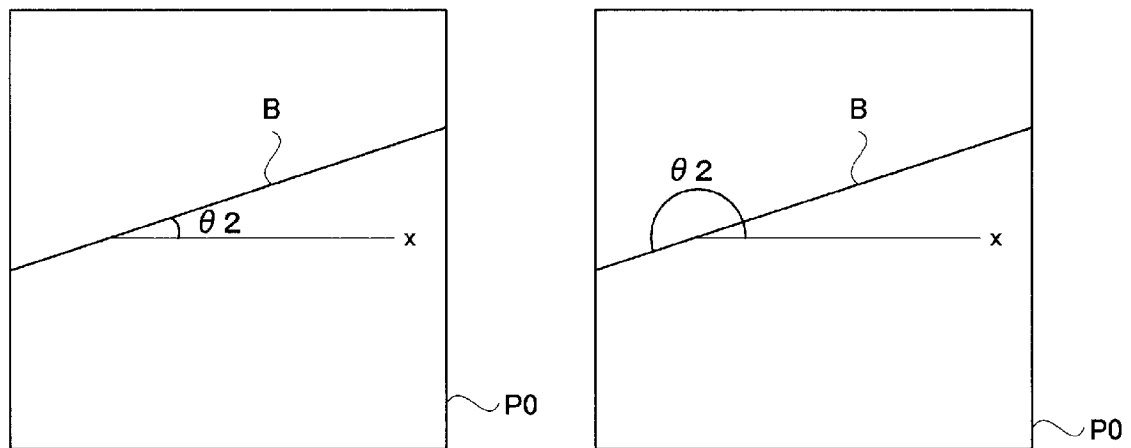
[図4]



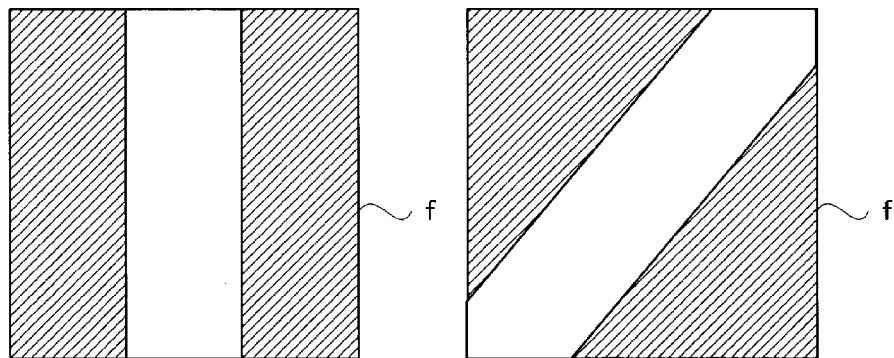
[図5]



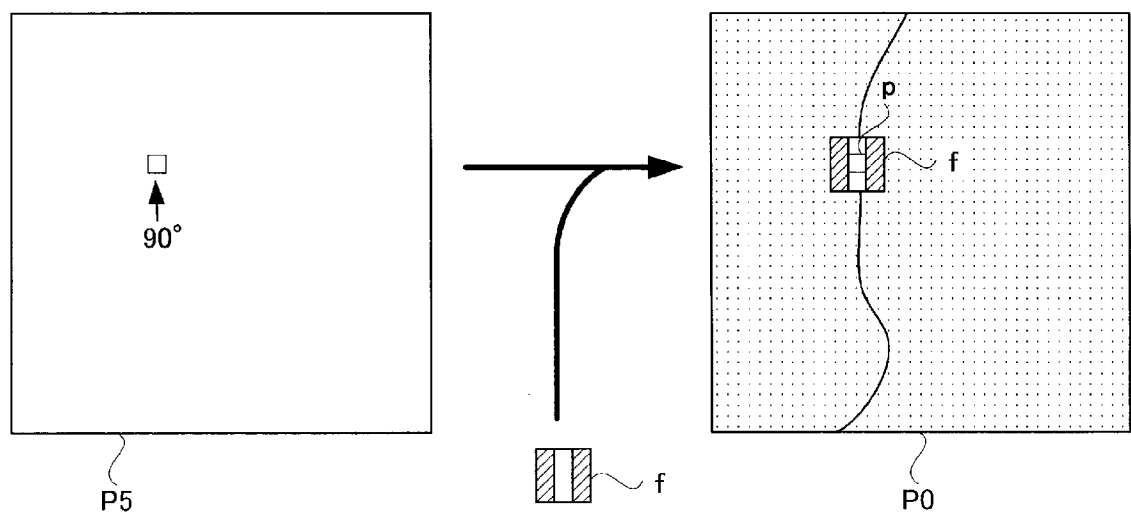
[図6]



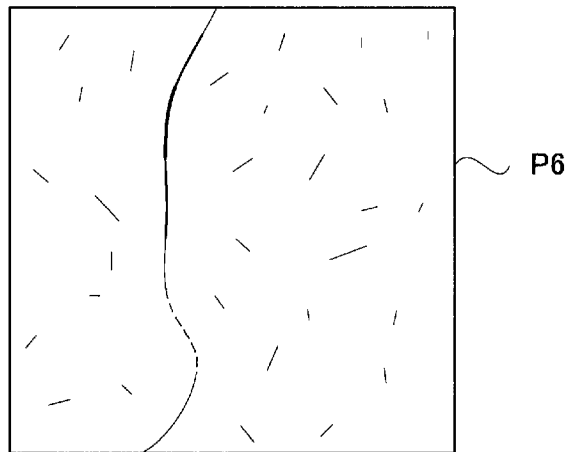
[図7]



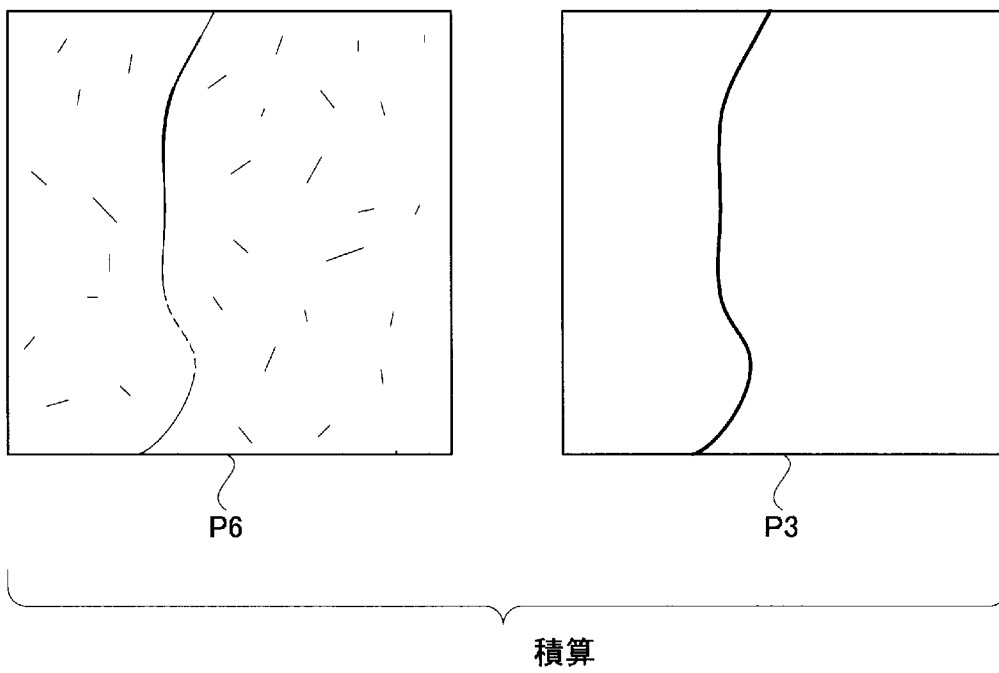
[図8]



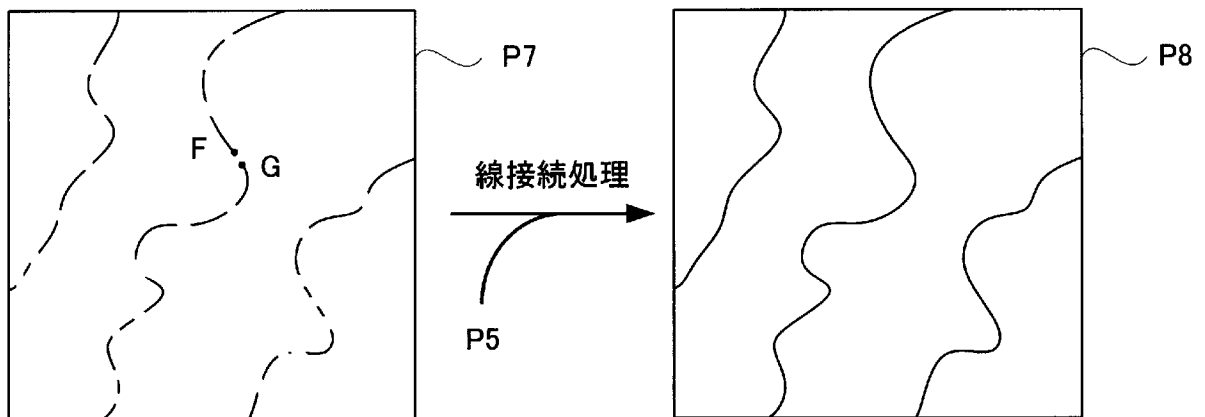
[図9]



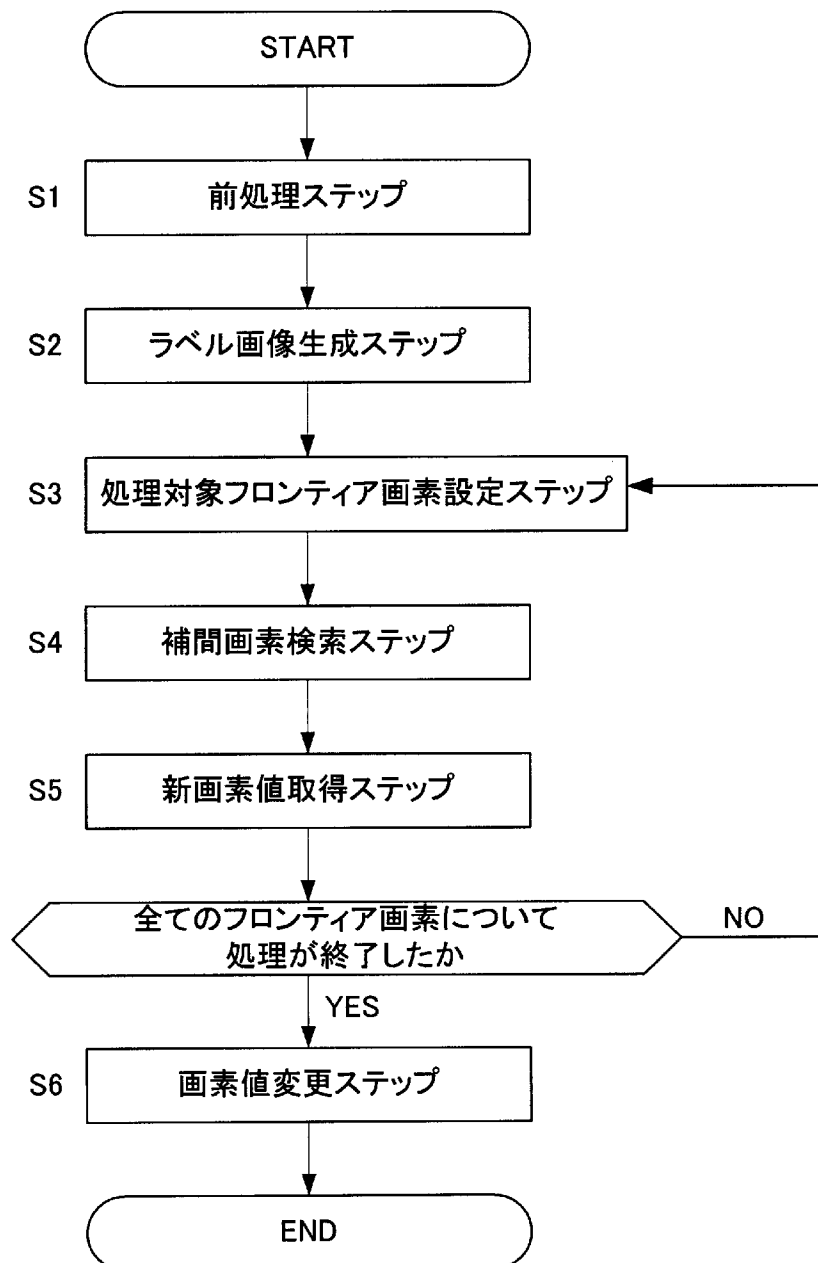
[図10]



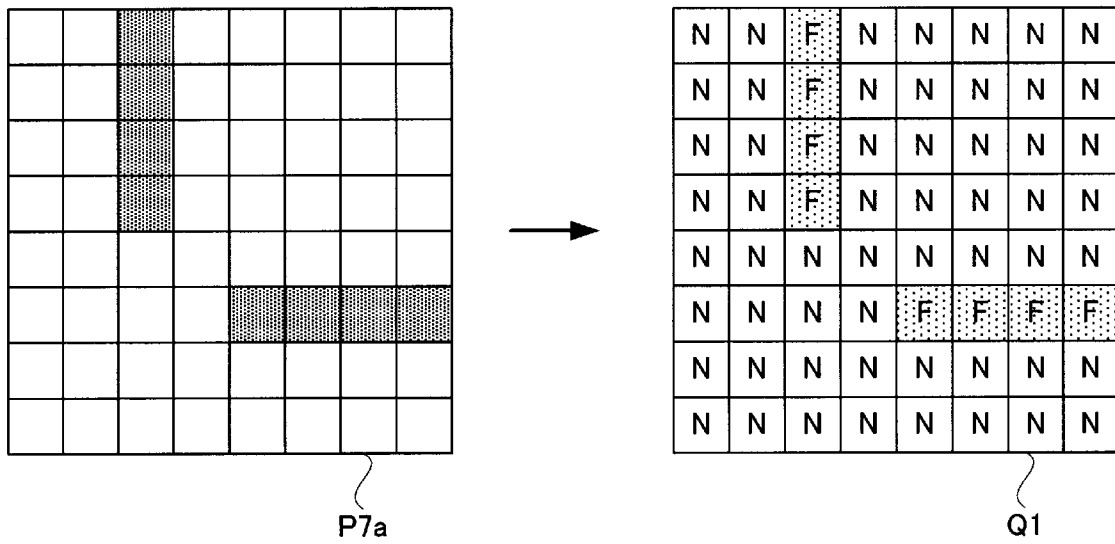
[図11]



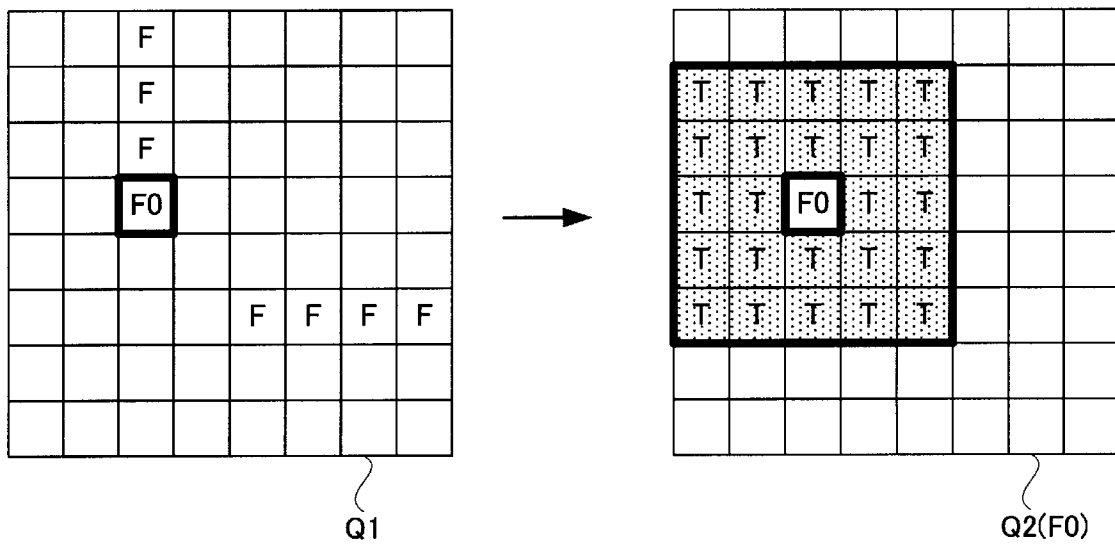
[図12]



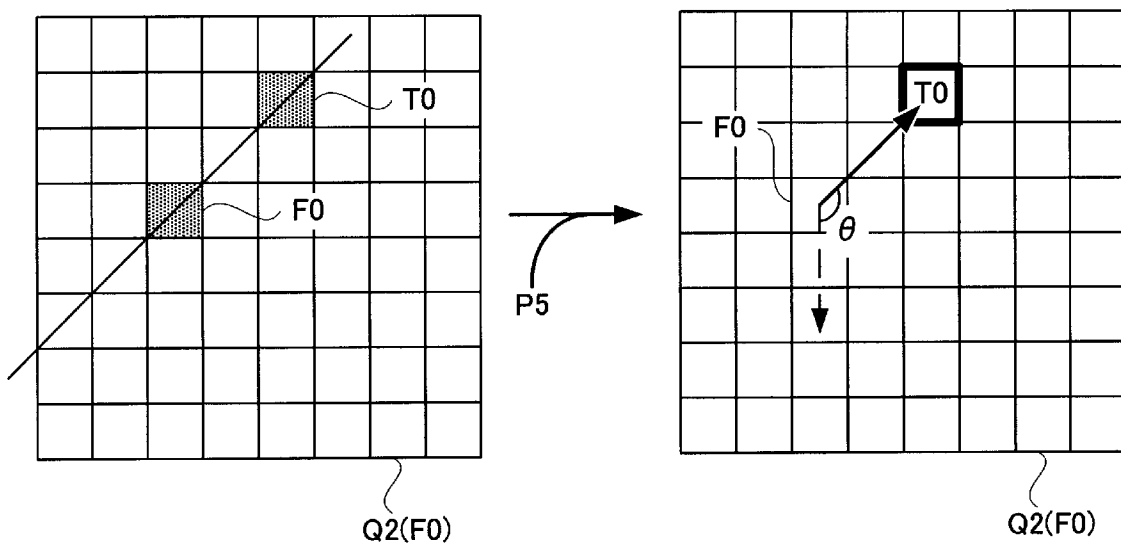
[図13]



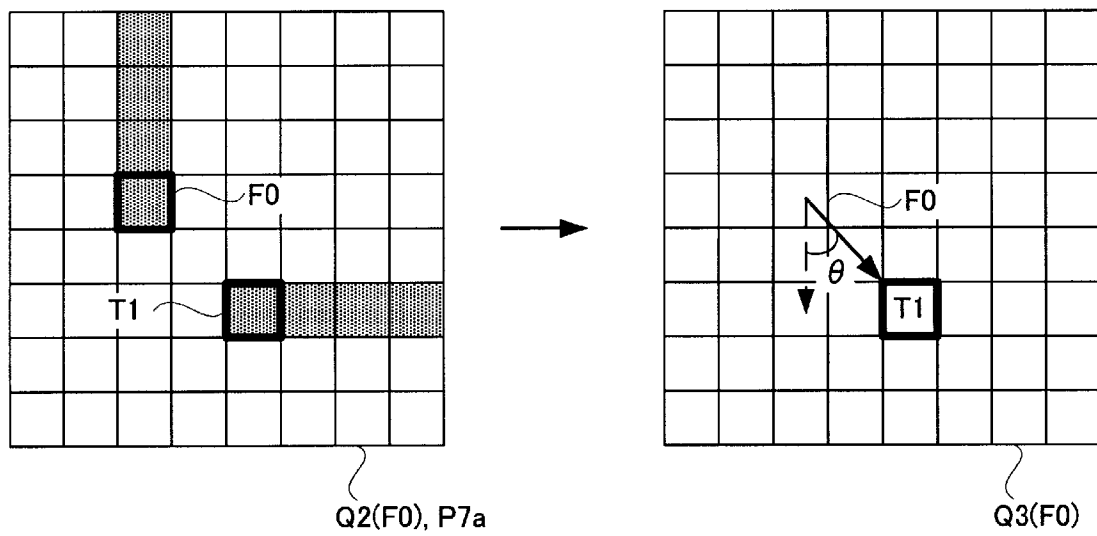
[図14]



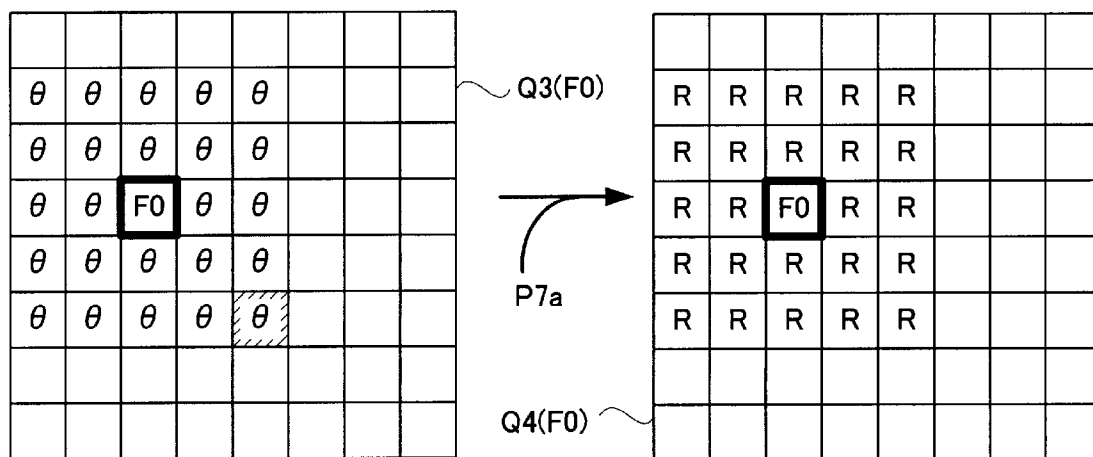
[図15]



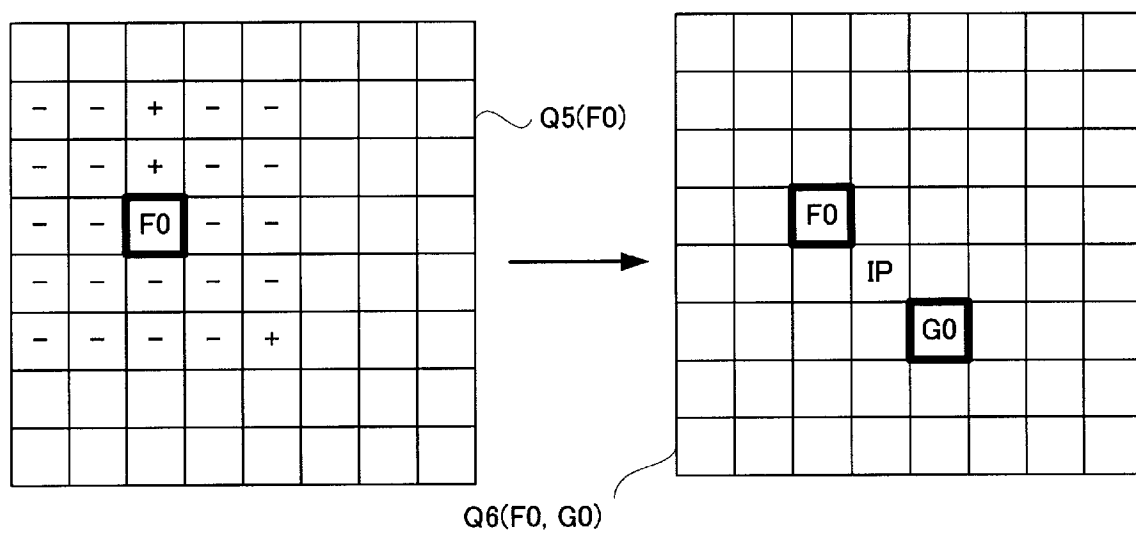
[図16]



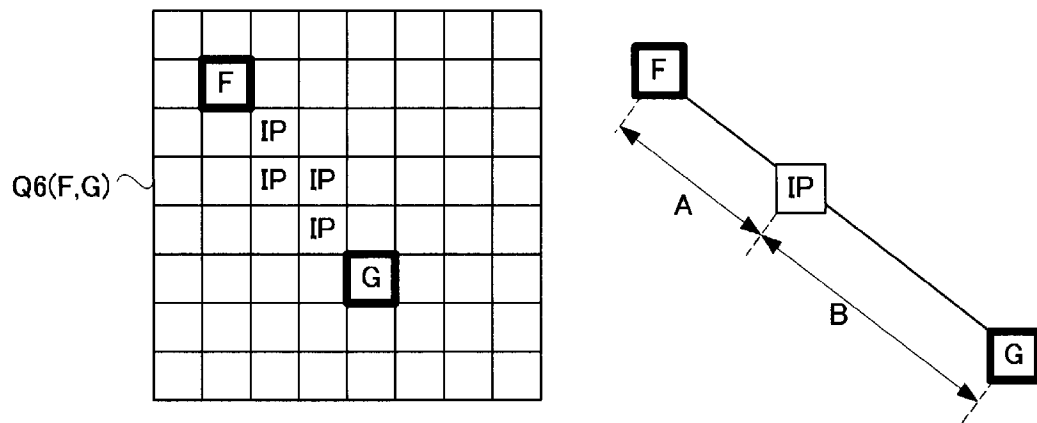
[図17]



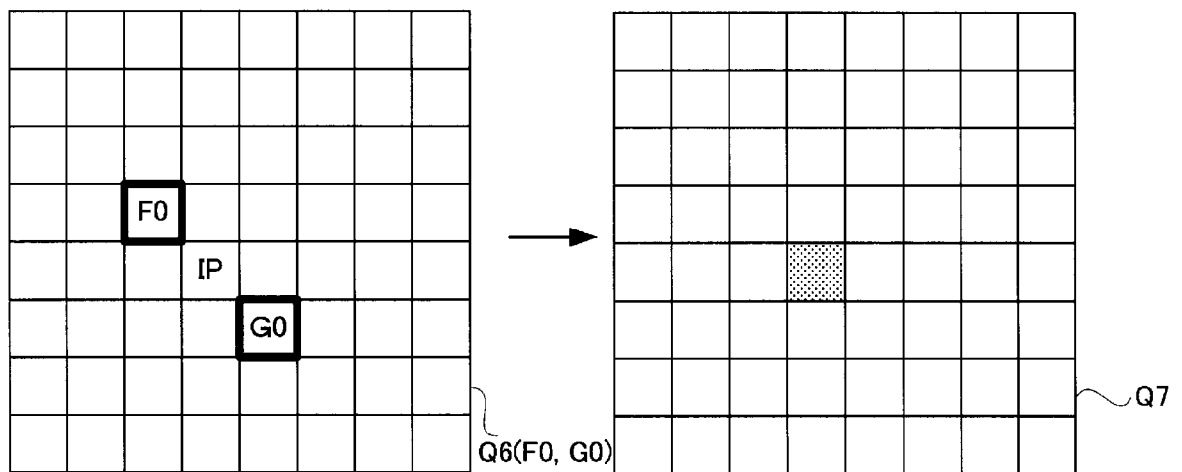
[図18]



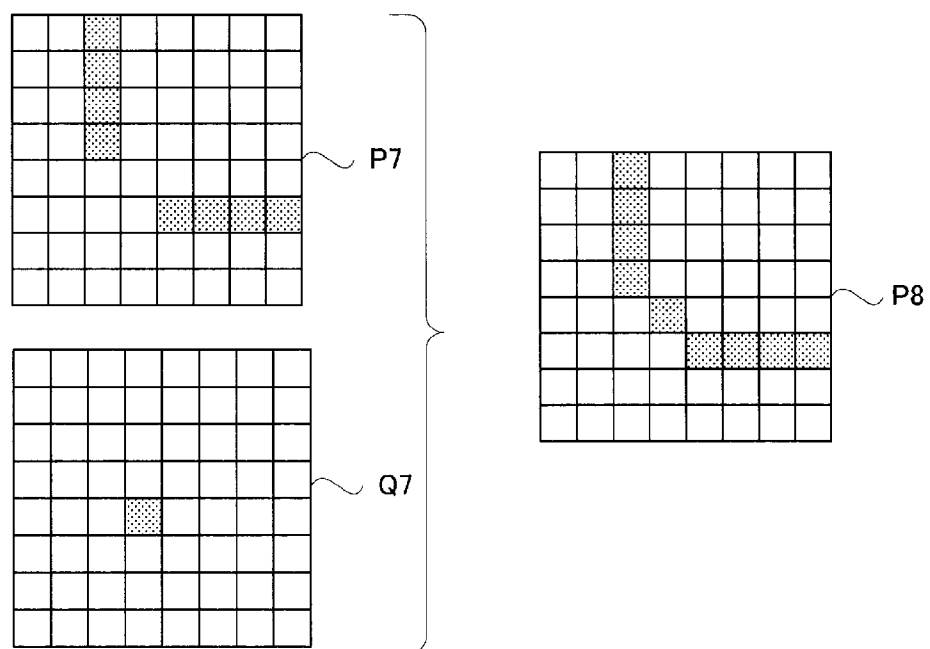
[図19]



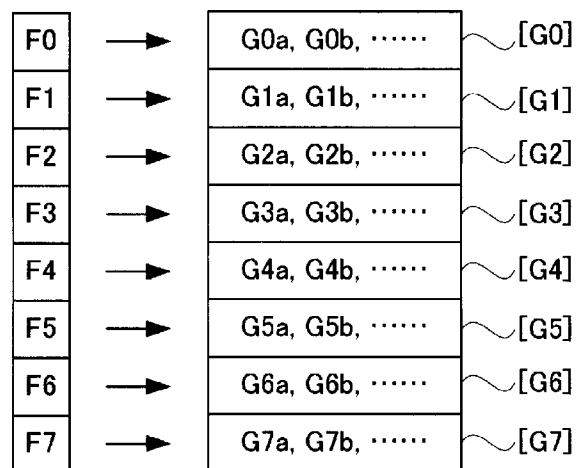
[図20]



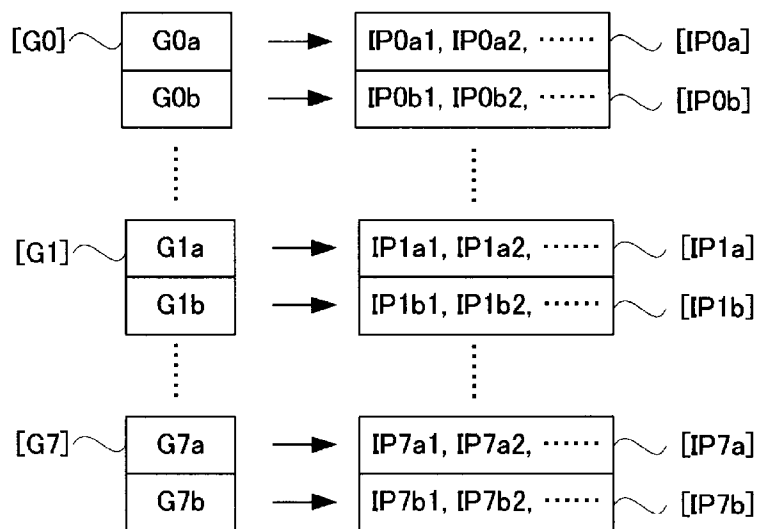
[図21]



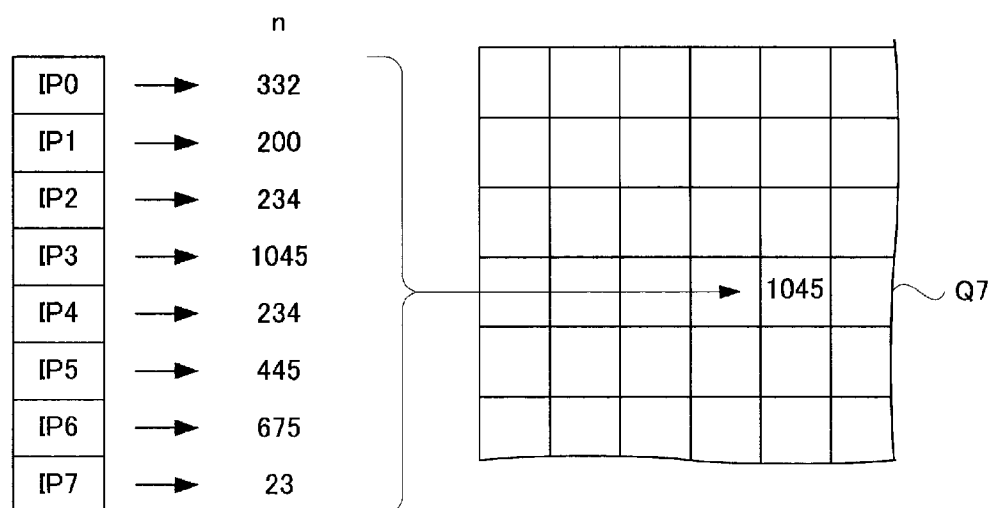
[図22]



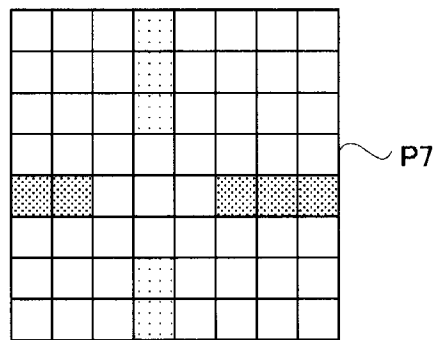
[図23]



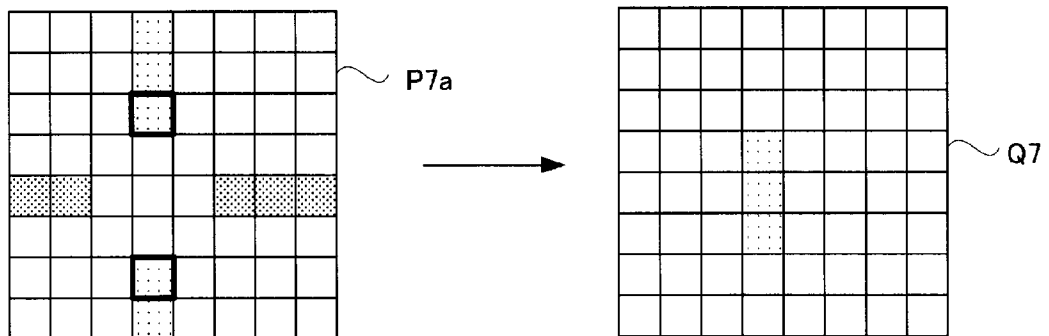
[図24]



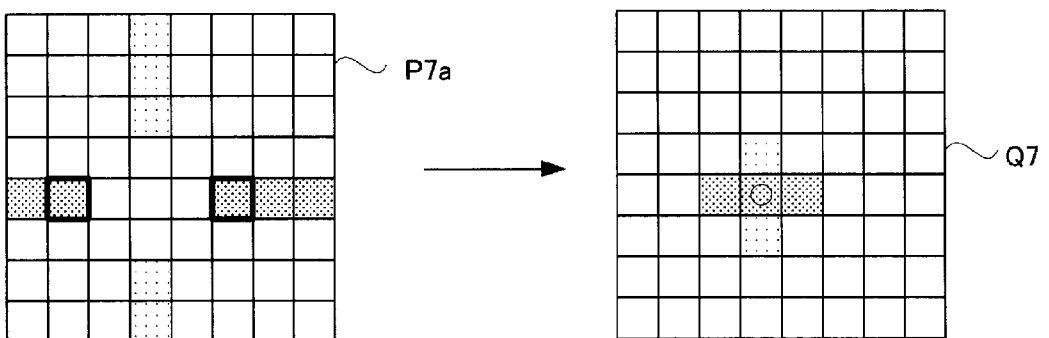
[図25]



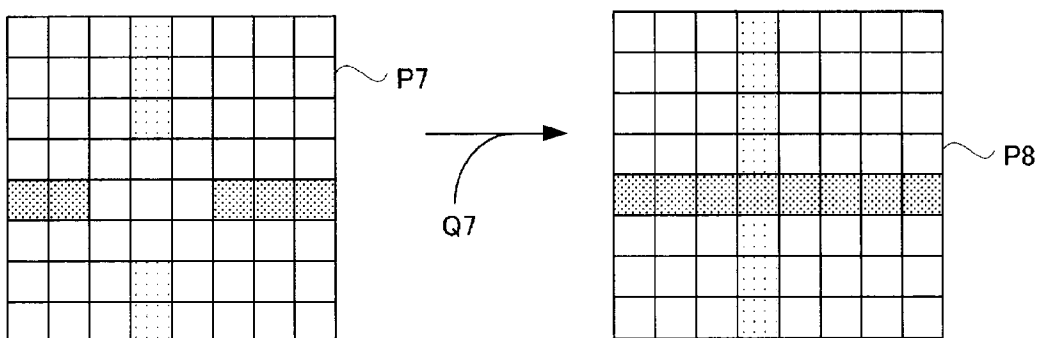
[図26]



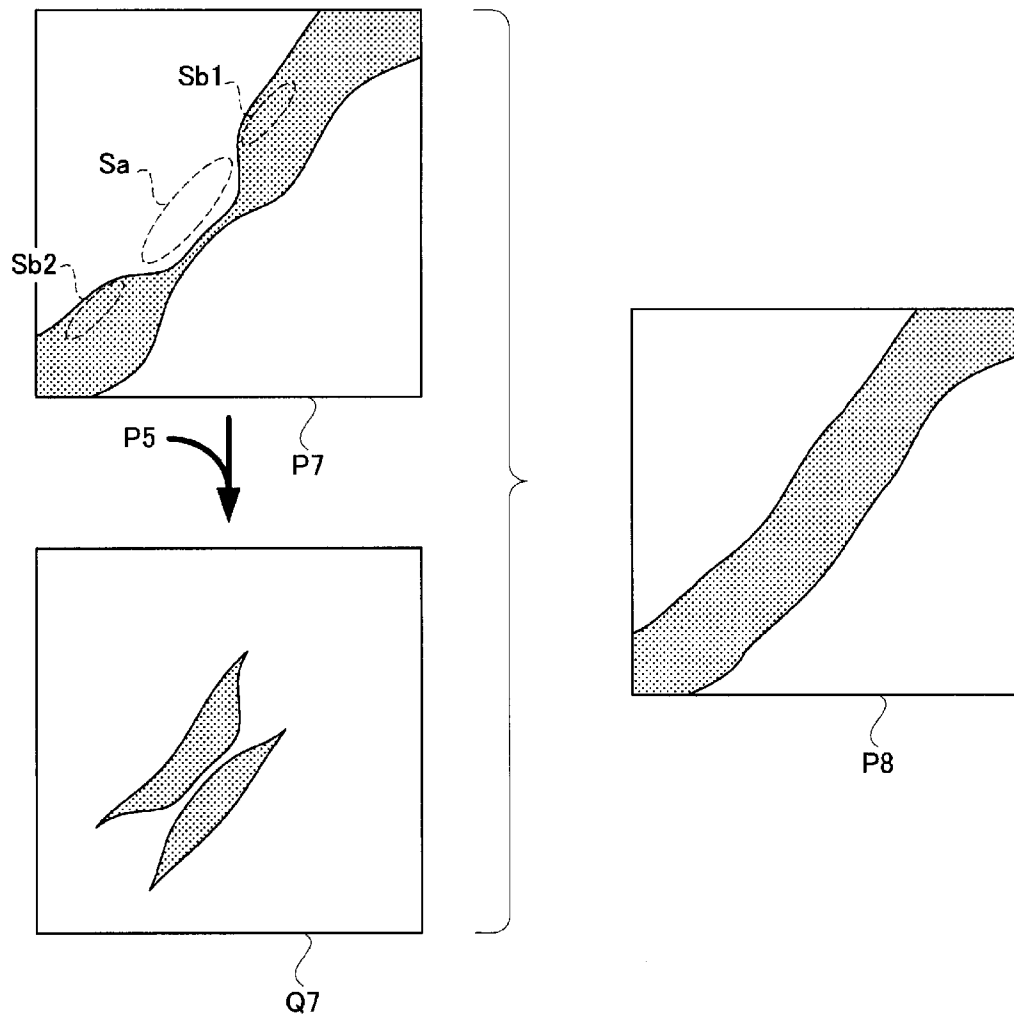
[図27]



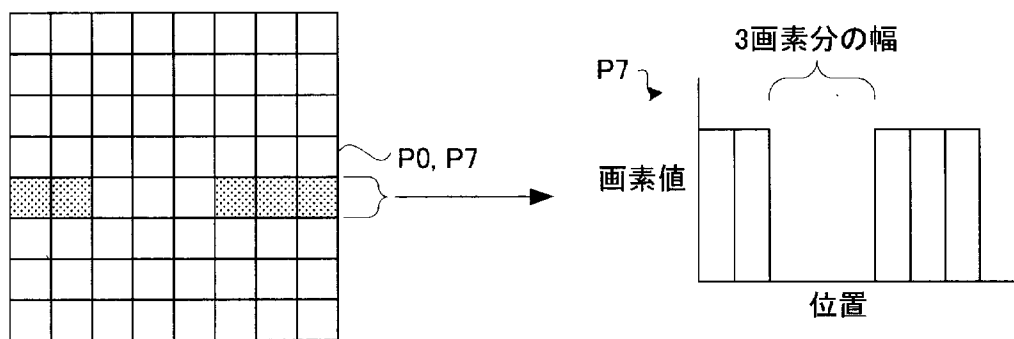
[図28]



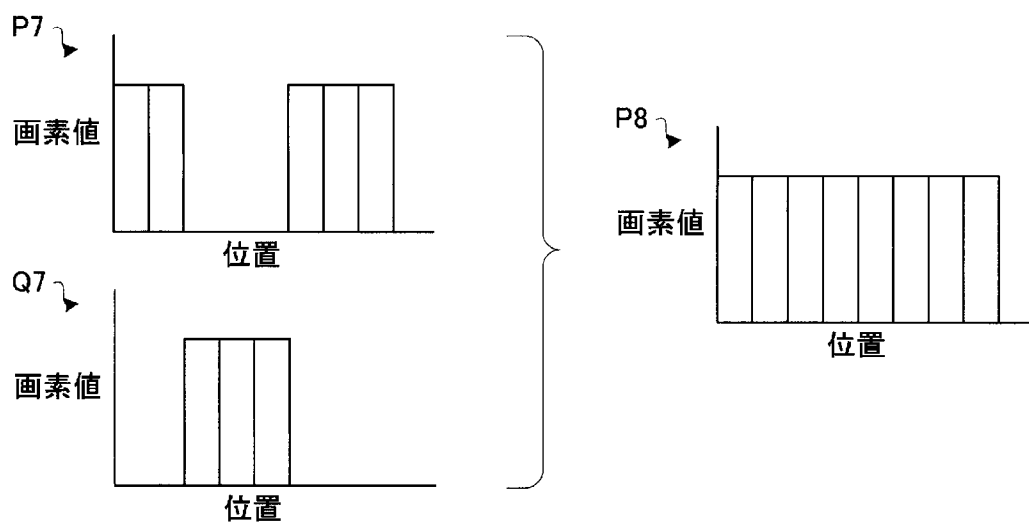
[図29]



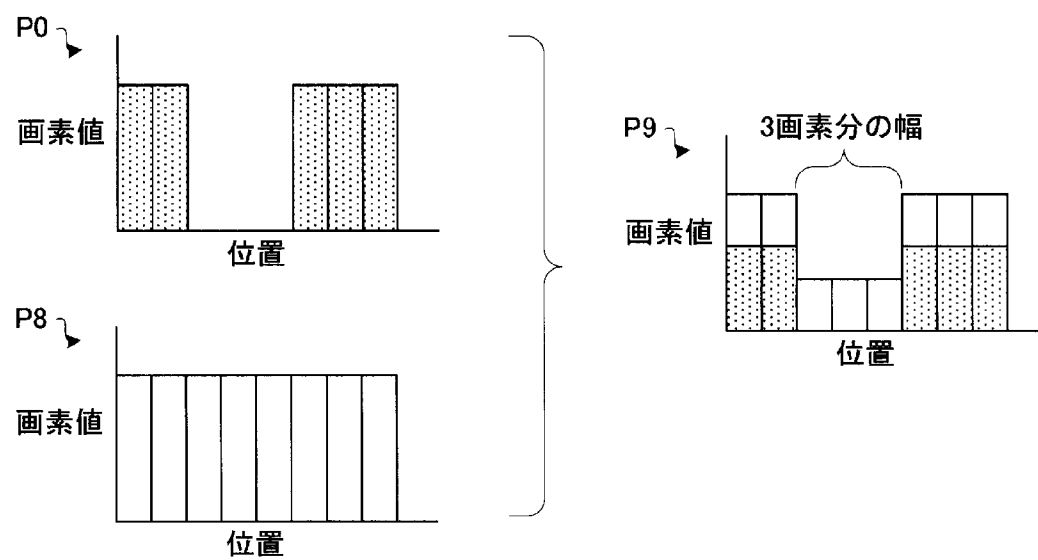
[図30]



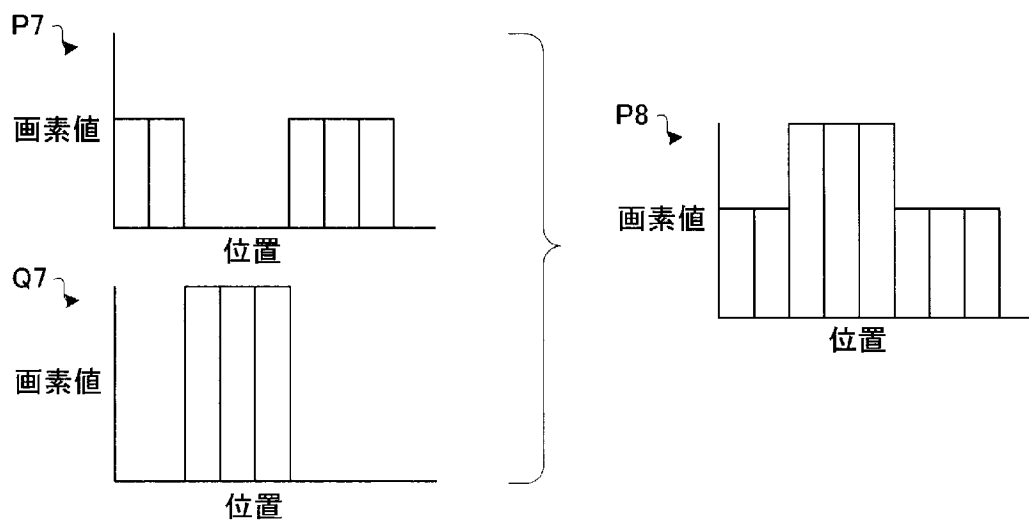
[図31]



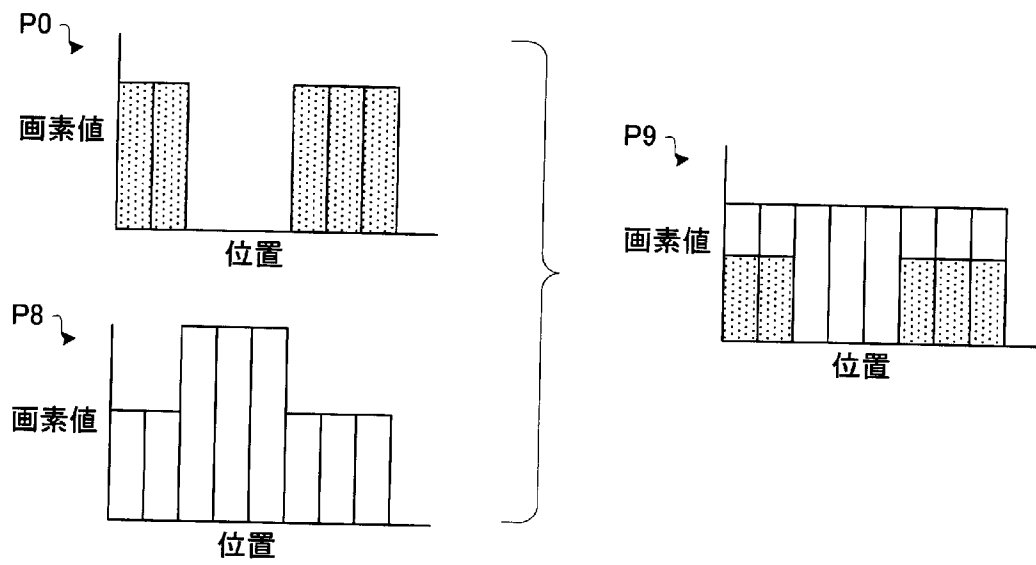
[図32]



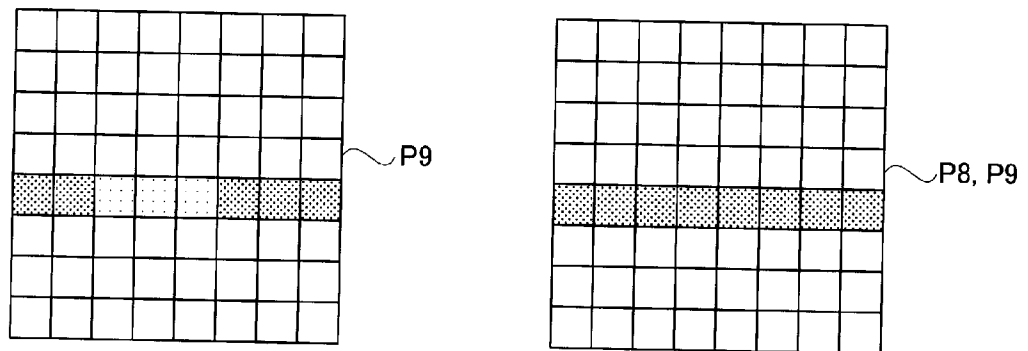
[図33]



[図34]



[図35]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/004263

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T1/00(2006.01) i, H04N1/409(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06T1/00, H04N1/409, A61B6/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2009-226141 A (Institute of National Colleges of Technology, Japan), 08 October 2009 (08.10.2009), paragraphs [0001] to [0009], [0014], [0045] to [0054], [0066], [0069] (Family: none)	1-5 6-8
Y A	JP 2001-111835 A (Toshiba Corp.), 20 April 2001 (20.04.2001), paragraph [0084] & US 6763129 B1	1-5 6-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
24 September, 2012 (24.09.12)Date of mailing of the international search report
02 October, 2012 (02.10.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/004263

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2003-533307 A (Koninklijke Philips Electronics N.V.), 11 November 2003 (11.11.2003), paragraphs [0024] to [0030] & US 2002/0054707 A1 & EP 1290637 A1 & WO 2001/088851 A1	1-5 6-8
Y	JP 62-208178 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 12 September 1987 (12.09.1987), page 3, upper left column, line 2 to upper right column, line 9 (Family: none)	3-5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G06T1/00(2006.01)i, H04N1/409(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G06T1/00, H04N1/409, A61B6/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2009-226141 A (独立行政法人国立高等専門学校機構)	1 - 5
A	2009.10.08, 【0 0 0 1】 - 【0 0 0 9】、【0 0 1 4】、 【0 0 4 5】 - 【0 0 5 4】、【0 0 6 6】、【0 0 6 9】 (ファミリーなし)	6 - 8
Y	JP 2001-111835 A (株式会社東芝) 2001.04.20, 【0 0 8 4】	1 - 5
A	& US 6763129 B1	6 - 8

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 4 . 0 9 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 2 . 1 0 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

板垣 有紀

5 H

4 4 5 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 3 1

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2003-533307 A (コーニンクレッカ フィリップス エレクトロ ニクス エヌ ヴィ) 2003.11.11, 【0024】－【0030】 & US 2002/0054707 A1 & EP 1290637 A1 & WO 2001/088851 A1	1－5
A		6－8
Y	JP 62-208178 A (松下電器産業株式会社) 1987.09.12, 第3頁左上欄第2行－右上欄第9行 (ファミリーなし)	3－5