

(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10月30日(30.10.2014)



(10) 国際公開番号  
WO 2014/174553 A1

- (51) 国際特許分類:  
A61B 6/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/002829
- (22) 国際出願日: 2013年4月25日(25.04.2013)
- (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: 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: ▲崎▼本 智則 (SAKIMOTO, Tomonori); 〒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11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, BN, 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, PA, 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.

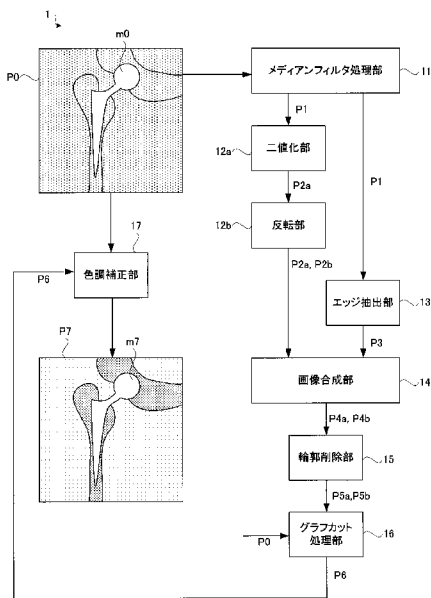
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロシヤ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: IMAGE PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称: 画像処理装置



(57) Abstract: According to an image processing device of the present invention, a binarized image with improved reliability can be generated by extracting metal pieces in an original image (P0) by a graph cut procedure. To minimize computational load of the graph cut procedure, this image processing device segments an image in a binarized image, in which metal pieces are roughly extracted, near the center of an intermediate zone which is difficult to determine whether or not it belongs to a metal piece, after which the image is pruned from near the center of the intermediate zone. Thus, the intermediate zone can be removed reliably while minimizing the range of the image to be pruned.

(57) 要約: 本発明に係る画像処理装置によれば、グラフカット処理で元画像P0の金属片を抽出することにより確実性が向上した二値化画像を生成することができる。グラフカット処理の演算負荷を軽減すべく、本発明に係る画像処理装置は、金属片が大まかに抽出された二値化画像上の像に対し、金属片に属するかどうかの判断が難しい中間帯の中央付近で分断された状態とした後、中間帯の中央付近から像の削り込みを実行する構成となっている。この様にする事で、像における削り込みが行われる範囲を極力小さくしながら中間帯を確実に除去することができる。

- 11 Median filter processing unit
- 12a Binarization unit
- 12b Inversion unit
- 13 Edge extraction unit
- 14 Image synthesis unit
- 15 Outline removal unit
- 16 Graph cut procedure unit
- 17 Color tone correction unit

WO 2014/174553 A1

## 明 細 書

**発明の名称**：画像処理装置

**技術分野**

[0001] 本発明は、放射線画像の視認性を向上させる画像処理装置に関し、特に、放射線画像に金属片が写り込んでいても視認性の高い画像を提供することができる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、元画像に画像処理を加えることにより表示モニタに視認性の高い画像を表示させる画像処理装置が備えられている。

[0003] 画像処理前の元画像は、撮影されたままの画像で未だ画像処理がなされていない。このような元画像をそのまま表示モニタに表示させても、表示モニタに元画像が視認性の高い状態で表示されるとは限らない。画像処理装置は、元画像に画像処理を加えることで表示モニタに映り込む画像の視認性を改善させる。画像処理装置は、元画像に対して、色調補正を施すことにより、画像の視認性を改善させることができる（例えば特許文献1参照）。

[0004] ところで、過去に被検体が骨を金属片で補強するような手術を受けた経験がある場合、この金属片が撮影された元画像に写り込んでしまう。体内に金属片が埋め込まれている被検体について撮影を行うと、放射線が透過しにくい金属片が元画像上にはっきりと写り込んでしまうのである。この元画像上の金属片は、元画像上において極端に暗く写り込んでいる。

[0005] この元画像に現れた金属片の存在を考慮しないで色調補正を施すと画像の視認性が十分に向上しない。画像処理装置は、元画像上にある極端に暗い部分を含んで画像全体の視認性を向上させようとするからである。そこで、元画像の視認性を確実に向上させるには、金属片に由来する極端に暗い部分を除外して色調補正を実行する必要がある。この方法によると元画像上の金属

片は色調補正がなされることはなくなり、元画像における金属片以外の部分の視認性が確実に向上する。

[0006] ここで、元画像において金属片でない部分にしか色調補正がなされないのに視認性が高まる理由について説明する。元画像上の金属片は、被検体内の生きた組織というわけではないので、診断の注目対象になり得ない。つまり、画像を診断する診断者からすれば、画像診断を行いたいのは、元画像における金属片以外の部分であるということなる。上述のように元画像における金属片以外の部分について色調補正を施すと、当該部分は元画像上の金属片に影響されることなく視認性が確実に向上する。また、この色調補正がなされた部分は、診断者にとって画像診断を行いたい部分と一致している。このように、元画像に金属片が写り込んでいる場合は、金属片を除外して色調補正を施した方が視認性が高まるのである。

[0007] 上述のように金属片を除外して色調補正を行うには、まず、元画像上のどの部分が金属片であるのかを指定しなければならない。この指定は、色調補正に先立って自動的に行われる。このとき使用されるのがグラフカット法である。グラフカット法とは、画像を構成する画素自体の明るさと、当該画素とそれに隣接する画素との間の画素値に見られる差を考慮して、当該画素が元画像上の金属片に属するかどうかを判断する手法である（例えば、非特許文献1参照）。

[0008] このグラフカット法は、操作に先立ち、元画像上の金属片の明るさを指定する必要がある。このときの指定は、元画像上の金属片の一部を選択することでなされる。この選択は、厳密さが要求される。選択範囲に金属片でない部分を含んでしまうと、グラフカット法による金属片の形状の認識が不正確となり、最終的に得られる色調補正後の画像の視認性に悪影響を与えるからである。

[0009] 従来手法では、上述した元画像上の金属片の明るさの指定に画像の二値化処理を利用している。元画像上の金属片は、画像の中でも極端に暗い。したがって、元画像上の暗い部分が浮かび上がるように二値化処理を施せば、

金属片の指定が実行できる。

[0010] 上述の説明では、元画像に対して色調補正を施す場合を例示していたが、画像の二値化処理は、色調補正以外の画像処理についても利用されている。元画像の二値化処理は、例えば、被検体の撮影位置を変えながら連写された元画像に画像再構成処理を施して生成される断層画像に写り込む金属片像の周りに偽像が現れることを防ぐのに利用されていたりする（特許文献2参照）。

### 先行技術文献

### 特許文献

[0011] 特許文献1：特開2007-289687

特許文献2：PCT/JP2012/003525

非特許文献1：(Yuri Y. Boykov, Marie-Pierre Jolly; Interactive Graph Cuts for Optimal Boundary & Region Segmentation of Objects in N-D Images. Proceedings of "International Conference on Computer Vision", July 2001 vol. 1, p. 105)

### 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0012] しかしながら、上述のような従来構成によれば、次のような問題点がある。すなわち、従来構成における二値化処理を用いた方法では、金属片の指定が不正確となる。

[0013] 従来方法は、まず、元画像上の暗い部分を抽出し、これに基づいて元画像全体における金属片の形状を認識している。これら処理のうち前半を担当するのが画像の二値化処理であり、後半を担当するのがグラフカット操作である。このうち二値化処理は、元画像を構成する画素の画素値と所定の閾値と

を比較することにより行われる。従って、閾値次第では元画像上の金属片以外の画素も金属片に位置すると誤認されることがありうる。いったんこのような誤認が起こってしまうと、続いて行われるグラフカット操作でこれが是正されることはない。したがって、二値化処理の時点で確実に上述の誤認が起こらないようにしなければならない。

[0014] しかし、従来の二値化処理のみでは、上述の誤認を回避するのは難しい。被検体の金属片の回りには、放射線を吸収しやすいセメントなどが位置している場合があり、二値化処理を行う際に元画像に写り込むセメントと金属片とを見分けるのは難しいからである。

[0015] このように元画像のそれぞれに合わせて好適な閾値を選択して二値化処理を行うのは難しい。そこで、従来構成では異なる元画像について同一の二値化処理を施すように構成されている。このような事情があるので従来方法における二値化処理では、元画像上の金属片を抽出する際に、元画像上の金属片でない部分が金属片を示す部分に含まれてしまう。これが、元画像上における金属片の認定の誤認を招き、元画像に施される色調補正や断層画像生成処理に悪影響を与える。

[0016] 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、金属片が写り込んでいる画像に対して金属片とそれ以外の部分とを正確に判別することで、画像に写り込む金属片以外の部分について視認性を確実に向上することが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

[0017] 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、内部に金属片が埋め込まれた被検体を放射線撮影することで得られる金属片を写し込んだ元画像に画像処理を施す画像処理装置であって、元画像を二値化することにより元画像に写り込む金属片の大まかな像を写し込んだ二値化画像を生成する二値化手段と、元画像にエッジ抽出処理を施すことにより、元画像における放射線の露光が多い部分と露光が少ない部分との間にある中間帯の中央付近の位置を示す境

界が抽出されたエッジ抽出画像を生成するエッジ抽出処理手段と、二値化画像とエッジ抽出画像とを重ね合わせることにより、二値化画像上の像が中間帯の中央付近で分断された合成画像を生成する画像合成手段と、合成画像上の像の輪郭を削除することにより合成画像上の像から中間帯が削除された輪郭削除金属マップを生成する輪郭削除処理手段と、輪郭削除金属マップ上の像が元画像に写り込んだ金属片の一部をなすものと認識して元画像に対しグラフカット処理を施すことにより、元画像に写り込む金属片の像が抽出された抽出画像を生成するグラフカット処理手段とを備えることを特徴とするものである。

[0018] [作用・効果] 本発明に係る画像処理装置によれば、正確な二値化画像を生成することができる。すなわち、本発明に係る画像処理装置は、元画像における放射線の露光が多い部分と露光が少ない部分との間にある中間帯についてグラフカット処理を施すことによりこの部分が金属片に属するかどうかの判断をするようにしている。これにより、元画像に写り込む金属片の輪郭は正確に抽出される。すなわち、本発明に係る画像処理装置は、元画像を二値化することにより元画像に写り込む金属片の大まかな像を写し込んだ二値化画像を生成する二値化手段と、元画像における中間帯の中央付近の位置を抽出するエッジ抽出処理手段と、二値化画像上の像が中間帯の中央付近で分断された合成画像を生成する画像合成手段と、合成画像上の像の輪郭を削除することにより中間帯を削除する輪郭削除処理手段とを備えている。これら各手段により、元画像に写り込む金属片の内部形状が確実に抽出される。

[0019] また、上述の画像処理装置において、元画像に対しメディアンフィルタを施すメディアンフィルタ処理手段を備え、二値化手段および、エッジ抽出手段およびグラフカット処理手段とが参照する元画像は、メディアンフィルタが施されたものであればより望ましい。

[0020] [作用・効果] 上述の構成は、本発明の画像処理装置をより具体的に表している。二値化手段および、エッジ抽出手段およびグラフカット処理手段とが参照する元画像にメディアンフィルタがかけられていれば、元画像に見ら

れたノイズ成分がフィルタ処理により除去されるので、元画像に写り込んだ金属片の抽出をより正確に行える。

[0021] また、上述の画像処理装置において、エッジ抽出処理手段は、元画像にラプラシアンフィルタを施すことで動作すればより望ましい。

[0022] [作用・効果] 上述の構成は、本発明の画像処理装置をより具体的に表している。エッジ抽出処理手段は、元画像にラプラシアンフィルタを施すことにより、中間帯の中央付近が確実に抽出できる。ラプラシアンフィルタは空間的微分フィルタだからである。

[0023] また、上述の画像処理装置において、二値化画像に対し反転処理を施すことにより、元画像に写り込む金属片以外の部分の大まかな像を写し込んだ反転二値化画像を生成する反転手段を備え、画像合成手段は、反転二値化画像とエッジ抽出画像とを重ね合わせることにより、反転二値化画像上の像が中間帯の中央付近で分断された反転に係る合成画像を生成し、輪郭削除処理手段は、反転に係る合成画像上の像の輪郭を削除することにより合成画像上の像から中間帯が削除された輪郭削除非金属マップを生成し、グラフカット処理手段は、輪郭削除非金属マップ上の像が元画像に写り込んだ金属片以外の部分の一部をなすものと認識して元画像に対しグラフカット処理を施せばより望ましい。

[0024] [作用・効果] 上述の構成は、元画像における金属片以外の部分についての動作を示している。すなわち、本発明に係る画像処理装置は、元画像に写り込む金属片以外の部分の大まかな像を写し込んだ反転二値化画像を生成し、これを元に反転二値化画像上の像が中間帯の中央付近で分断された反転に係る合成画像を生成し、その後この反転に係る合成画像上の像の輪郭を削除することにより合成画像上の像から中間帯を削除するように構成される。

これら各手段により、元画像に写り込む金属片以外の部分の内部形状が確実に抽出される。すなわちこれら手段により、金属境界において金属であると誤検出された金属以外の領域の指定を解除することができる。

[0025] また、上述の画像処理装置において、抽出画像を参照して元画像における

金属片以外の部分に対して色調の補正処理を施す色調補正処理手段を備えればより望ましい。

[0026] [作用・効果] 本発明の画像処理装置は、色調補正に用いることができる。

[0027] また、上述の画像処理装置において、被検体に対して撮影方向を変えながら連写された元画像の各々から金属片の像が抽出された抽出画像を参照して、元画像に写り込む金属片を元画像から消去して金属片除去画像を生成する金属片除去処理と、複数の金属片除去画像に画像再構成処理を施して金属片除去断層画像を生成する金属片除去断層画像生成処理と、抽出画像を参照して、元画像の各々から金属片に相当する部分を取り出したトリミング画像を生成する金属片トリミング処理と、複数のトリミング画像に画像再構成処理を施して金属片断層画像を生成する金属片断層画像生成処理と、金属片除去断層画像と金属片断層画像とを加算して合成断層画像を生成する断層画像加算処理とを実行する断層画像生成手段を備えればより望ましい。

[0028] [作用・効果] 本発明の画像処理装置は、金属片の周りに偽像が生じさせないように断層画像を生成する場合に用いることができる。

### 発明の効果

[0029] 本発明に係る画像処理装置によれば、グラフカット処理で元画像の金属片を抽出することにより確実性が向上した二値化画像を生成することができる。グラフカット処理の演算負荷を軽微にすべく、本発明に係る画像処理装置は、金属片が大まかに抽出された二値化画像上の像に対し、金属片に属するかどうかの判断が難しい中間帯の中央付近で分断された状態とした後、中間帯の中央付近から像の削り込みを実行する構成となっている。この様にするこことで、像における削り込みが行われる範囲を極力小さくしながら中間帯を確実に除去することができる。

### 図面の簡単な説明

[0030] [図1]実施例1に係る画像処理装置の全体構成を説明する機能ブロック図である。

[図2]実施例1に係るメディアフィルタ処理について説明する模式図である。

[図3]実施例1に係る二値化処理について説明する模式図である。

[図4]実施例1に係る中間帯について説明する模式図である。

[図5]実施例1に係る二値化処理について説明する模式図である。

[図6]実施例1に係るエッジ抽出処理について説明する模式図である。

[図7]実施例1に係るエッジ抽出処理について説明する模式図である。

[図8]実施例1に係るエッジ抽出処理について説明する模式図である。

[図9]実施例1に係るエッジ抽出処理について説明する模式図である。

[図10]実施例1に係る画像合成処理について説明する模式図である。

[図11]実施例1に係る画像合成処理について説明する模式図である。

[図12]実施例1に係る輪郭除去処理について説明する模式図である。

[図13]実施例1に係る輪郭除去処理について説明する模式図である。

[図14]実施例1に係る輪郭除去処理について説明する模式図である。

[図15]実施例1に係る輪郭除去処理について説明する模式図である。

[図16]実施例1に係る輪郭除去処理について説明する模式図である。

[図17]実施例1に係るマップについて説明する模式図である。

[図18]実施例1に係るグラフカット処理について説明する模式図である。

[図19]実施例1に係るグラフカット処理について説明する模式図である。

[図20]実施例1に係るグラフカット処理について説明する模式図である。

[図21]実施例1に係るグラフカット処理について説明する模式図である。

[図22]実施例1に係る色調補正処理について説明する模式図である。

[図23]実施例2に係るX線断層撮影装置の構成を説明する機能ブロック図である。

[図24]実施例2に係る断層画像の取得原理を説明する模式図である。

[図25]実施例2に係る断層画像の取得動作を説明する模式図である。

[図26]実施例2に係る断層画像の取得動作を説明する模式図である。

[図27]実施例2に係る断層画像の取得動作を説明する模式図である。

[図28]実施例2に係る断層画像の取得動作を説明する模式図である。

[図29]実施例2に係る断層画像の取得動作を説明する模式図である。

[図30]実施例2に係る断層画像の取得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

[0031] 本発明に係る画像処理装置は、内部に金属片が埋め込まれた被検体を放射線撮影することで得られる金属片を写し込んだ元画像P0に画像処理を施す画像処理装置である。以下、本発明を実施するための形態について説明する。

### 実施例 1

[0032] まず、本発明に係る画像処理装置1の実施例について説明する。本発明の画像処理装置1は、図1に示すように元画像P0を入力すると、元画像P0が色調補正された色調補正画像P7を出力する構成となっている。元画像P0には、様々な画像が考えられるが、本発明の特徴を最も効果的に表す目的で、元画像P0は、金属片が埋め込まれた被検体をX線撮影して得られた画像であるものとする。そして、この元画像P0には、被検体内にある金属片の像が写り込んでいるものとする。すなわち、図1の元画像P0には、人工関節を構成する金属片m0が示されている。更に、元画像P0における金属片m0以外の部分は、似通った画素値を有する画素から構成されており、視認性が高いとは言えないものとする。

[0033] この様な元画像P0を実施例1に係る画像処理装置1に入力されると、元画像P0に色調補正が施される。これにより、元画像P0を構成する画素の画素値は、一定の調整を受け、視認性が向上した色調補正画像P7に変換される。このとき、画像処理装置1において特徴的なのは、色調補正が元画像P0の全域にかけられるのではないということである。すなわち、画像処理装置1は、元画像P0に写り込む金属片m0を除外して、金属片m0以外の部分についてのみ画像処理を行う。したがって、元画像P0に写り込む金属片m0は、画像処理がなされることなく元画像P0から色調補正画像P7に複製された状態となっている。

[0034] 色調補正画像 P 7 の金属片 m 7 以外の部分は、診断者からすると、視認性が向上したものとなっている。すなわち、元画像 P 0 に写り込む金属片 m 0 は、被検体内における生きた組織ではなく、診断者にとって興味があるのは、むしろ元画像 P 0 における金属片 m 0 以外の部分である。この部分は、元画像 P 0 上では、似通った画素値を有する画素から構成されており、構造物がはっきりせず視認性が低い。しかし、この部分は、色調補正画像 P 7 において画素値のコントラストが調整がなされたものとなっており視認性が改善されている。診断者は、この色調補正画像 P 7 を診断に用いることで視認性が向上した金属片 m 0 以外の部分を的確に診断することができる。

[0035] このように画像処理装置 1 が元画像 P 0 に対して金属片 m 0 を除外して色調補正を行うように構成されているのは、金属片 m 0 以外の部分の視認性を確実に向上させる必要があるからである。画像処理装置 1 が金属片 m 0 を含んで元画像 P 0 に色調補正を施してしまうと、元画像 P 0 において極端に白っぽく写り込んでいる金属片 m 0 の画素値に影響されて元画像 P 0 上の金属片 m 0 以外の部分が全体的に黒っぽくなってしまい、金属片 m 0 以外の部分の視認性はさほど改善しない。そこで、実施例 1 に係る画像処理装置 1 は、色調補正の前に元画像 P 0 に写り込む金属片 m 0 の形状を認識して、金属片 m 0 以外の部分に色調補正を施すように動作する。

[0036] 画像処理装置 1 は、元画像 P 0 から金属片 m 0 を抽出する目的で、各部 1 1, 1 2, 1 2 a, 1 3, 1 4, 1 5, 1 6 を備えている。このうち、メディアンフィルタ処理部 1 1 は、元画像 P 0 にメディアンフィルタを施してフィルタ処理画像 P 1 を生成する。二値化部 1 2 a は、フィルタ処理画像 P 1 に対して二値化処理を施して、二値化画像 P 2 a を生成する。反転部 1 2 b は、二値化画像 P 2 a を反転して反転二値化画像 P 2 b を生成する。エッジ抽出部 1 3 は、フィルタ処理画像 P 1 に対してエッジ抽出処理を行いエッジ抽出画像 P 3 を生成する。画像合成部 1 4 は、二値化画像 P 2 a とエッジ抽出画像 P 3 とを重ね合わせて、合成画像 P 4 a を生成するとともに、反転二値化画像 P 2 b とエッジ抽出画像 P 3 とを重ね合わせて、反転に係る合成画

像P4bを生成する。輪郭削除部15は、合成画像P4aに対して輪郭削除処理を施すことにより輪郭削除金属マップP5aを生成するとともに、反転に係る合成画像P4bに対して輪郭削除処理を施すことにより輪郭削除非金属マップP5bを生成する。グラフカット処理部16は、元画像P0、輪郭削除金属マップP5aおよび輪郭削除非金属マップP5bに基づいて元画像P0から金属片m0が抽出された抽出画像P6を生成する。

[0037] このように、メディアンフィルタ処理部11は、本発明のメディアンフィルタ処理手段に相当し、二値化部12aは、本発明の二値化手段に相当し、反転部12bは、本発明の反転手段に相当する。また、エッジ抽出部13は、本発明のエッジ抽出処理手段に相当し、画像合成部14は、本発明の画像合成手段に相当する。また、輪郭削除部15は、本発明の輪郭削除処理手段に相当し、グラフカット処理部16は、本発明のグラフカット処理手段に相当する。

[0038] そして、画像処理装置1は、抽出画像P6に基づいて元画像P0上の金属片m0の位置・大きさ・範囲を認識し、元画像P0上の金属片m0以外の部分に色調補正を施して色調補正画像P7を生成する。この色調補正を行うのが色調補正部17である。以降、これら各部の具体的な動作について順を追って説明する。色調補正部17は、本発明の色調補正処理手段に相当する。

[0039] <メディアンフィルタ処理部11の動作>

図2は、メディアンフィルタ処理部11が元画像P0に対して行うフィルタ処理について説明している。元画像P0には、図2の左側に示すように、細かな粒上のノイズを含んでいる。この様なノイズは、元画像P0において極端に暗いか、または極端に明るいかのどちらかとなっている。この様なノイズは、これから行おうとする金属片m0の抽出の妨げとなる。そこで、メディアンフィルタ処理部11は、本発明によれば、抽出動作に先立ち元画像P0上の粒上ノイズを消去しておく。このノイズの消去は、具体的にはメディアンフィルタ処理部11が元画像P0にメディアンフィルタを施すことによりなされる。この処理により生成された画像をフィルタ処理画像P1と呼

ぶことにする。

[0040] メディアンフィルタ処理とは、画像処理で用いられる行列フィルタの一種で、画像を構成する画素の画素値を、その画素の周囲の画素に置き換える画像処理である。これにより、画素の画素値は、その周囲の画素が有する画素値のうちの中間的な画素値に置き換えられる。この動作で、元画像P0に現れていた粒上のノイズは除去される。このようにメディアンフィルタ処理部11は、元画像P0に対しメディアンフィルタを施す。後述の二値化部12aおよび、エッジ抽出手段およびグラフカット処理部16とが参照するフィルタ画像は、このメディアンフィルタが施されたものである。

[0041] <二値化部12aの動作>

フィルタ処理画像P1は、二値化部12aに送出される。二値化部12aは、予め設定された閾値に基づいて元画像P0上の金属片m0を暫定的に抽出する。すなわち、二値化部12aは、元画像P0を構成する画素の画素値と閾値とを比較することで、当該画素が元画像P0において放射線の露光が多い部分に属するか、それとも少ない部分に属するかを判定する。二値化部12aは、この判定を元画像P0上の全ての画素について行い、判定結果を図3に示すように二値化画像P2aとして出力する。図3の場合、黒い部分が放射線の露光が少ないと判定された部分である。また、図3の白い部分は放射線の露光が多いと判定された部分である。二値化画像P2aにおける黒い部分の画素の画素値は1であり、白い部分の画素値は0である。このように、二値化部12aは、元画像P0を二値化することにより元画像P0に写り込む金属片m0の大まかな像を写し込んだ二値化画像P2aを生成する。

[0042] なお、反転部12bは、二値化画像P2aを反転して反転二値化画像P2bを生成する。この反転二値化画像P2bについては後述のものとする。この反転部12bは、二値化画像P2aに対し反転処理を施すことにより、元画像P0に写り込む金属片m0以外の部分の大まかな像を写し込んだ反転二値化画像P2bを生成する。

[0043] この様にして得られた二値化画像P2aは、元画像P0における金属片m

0の位置を大まかに表している。金属は被検体を構成する骨などと比べ極端にX線を吸収する特性がある。従って、金属片m0は、元画像P0において、極端にX線の露光が少なくなっている。そして、元画像P0は、X線を露光することで得られた写真である。したがって、元画像P0の画素を画素値の大きさに従って2つのグループに分けるようにすれば、放射線の露光が少ないものとグループ分けされた画素群は、極端にX線の露光が少ない金属片m0を構成することにはなはずである。

[0044] しかし、二値化処理によっては、金属片m0の形状を正確に知ることはできない。図4は、その理由について説明している。フィルタ処理画像P1における一部を拡大すると、フィルタ処理画像P1上の金属片m1とそれ以外の部分との間にグラデーションが現れていることが分かる。すなわち、金属片m1とそれ以外の部分の間には、互いの部分のいずれに属するか一見して見分けが付きにくい中間帯Cが存在するのである。この中間帯Cには、上述の閾値が示す画素値に似通った画素値を有する画素が数多く見られる。従って、この中間帯Cに対して二値化処理を施すと、金属片m1に属するかどうかの判定に誤認が生じる。

[0045] 図3を参照すれば分かるように、二値化画像P2a上における金属片m2と、フィルタ処理画像P1上の金属片m1とは形状が互いに異なる。上述のような中間帯C上で起こる判定の誤認により、二値化画像P2a上における金属片m2の形状が乱されたからである。

[0046] 図5は、その様子を表す二値化画像P2aを部分的に拡大した図である。二値化画像P2a上の金属片m2は、破線内の確実に金属片と分かる部分を覆う中間帯Cにはみ出してしまっている。このような二値化画像P2a上における金属片m2の形状は、形状の境界において、不正確である。このような金属片に属するかどうか判断が難しい中間帯Cにおいて、金属片の認定を正確に行うには、二値化処理でなはい他の方法による必要がある。しかし、二値化画像P2aにおいては、独自の判断に基づいて金属片と金属片以外の部分との境界が不確実なまま決められてしまっている。そこで、まずは二値

化画像 P 2 a 上における中間帯 C に相当する部分を金属片 m 2 から除外し、その後この除外された部分についてはより確実性の高い方法で金属片であるかどうかを詳細に分析する必要がある。このような動作を行うには、まず中間帯 C の形状を知る必要がある。

[0047] <エッジ抽出部 1 3 の動作>

エッジ抽出部 1 3 は、上述の中間帯 C をフィルタ処理画像 P 1 から抽出する目的で設けられている。図 6 は、このエッジ抽出画像 P 3 がフィルタ処理画像 P 1 に行うエッジ抽出処理がいかなるものか説明している。まず、図 6 左側にあるように暗い画像の中に円形の明るい像が写り込んだ画像があるとする。このような画像にエッジ抽出を行うと、図 6 右側に示すように円環状の部分とそれ以外の部分とで色分けがされた画像が取得できる。なお、エッジ抽出処理により生成される画像は二値画像ということではないが、図 6 においては説明の便宜上、二値画像として説明している。このエッジ抽出処理は、画像にラプラシアンフィルタ処理を施すことにより実行される。ラプラシアンフィルタ処理は、画像に微分処理を施すことにより画像に写り込む像と背景との境界を強調することができる画像処理の一種である。

[0048] 図 7 は、エッジ抽出部 1 3 がフィルタ処理画像 P 1 にエッジ抽出処理を施してエッジ抽出画像 P 3 を生成する動作を表している。このとき、エッジ抽出画像 P 3 は、フィルタ処理画像 P 1 の金属片 m 1 と背景（金属片 m 1 以外の部分）との間の境界が抽出された画像となっている。

[0049] ここで図 3 のフィルタ処理画像 P 1 上の金属片 m 1 と図 7 におけるエッジ抽出画像 P 3 上に輪のように現れるエッジ E とを比較すると、それぞれの形状が若干異なることに気が付く。図 8 は、このような現象が生じる理由について説明している。図 8 左側は、フィルタ処理画像 P 1 の一部を拡大したものである。図 4 で説明したように、フィルタ処理画像 P 1 に写り込む金属片と金属片以外の部分との間には、二値化処理によってはどちらの領域に振り分けられればよいか判別できない中間帯 C が存在する。図 8 右側は、図 8 左側に示しているフィルタ処理画像 P 1 にエッジ抽出処理をして、得られたエッジ E

について説明している。図8右側は、エッジEとエッジ抽出処理の基になったフィルタ処理画像P1との二つを重ねて表している。エッジEは、画像処理の性質上、中間帯Cの中央付近に位置することになる。

[0050] 図9は、エッジEが中間帯Cの中央付近に位置する理由を説明している。図9のグラフは、画素値とフィルタ処理画像P1上の位置とが関連したグラフである。グラフの左側は、フィルタ処理画像P1上の金属片m1以外の部分が写り込んでいる部分に相当し、グラフの右側は、フィルタ処理画像P1上の金属片m1が写り込んでいる部分に相当する。その各部分の間にあるのが中間帯Cである。ここで、フィルタ処理画像P1にエッジ抽出処理を施すとエッジEが図9のグラフのどこに現れるかを考えてみる。エッジ抽出部13のエッジ抽出は、画素を空間的に微分することにより行われる。ということは、エッジEは、グラフを微分したときに最も傾きが大きい部分に現れるということになる。これを念頭に置いてもう一度図9のグラフをよく眺めてみる。グラフを左から右へと見ていくと、画素値があまり変わらない状態から、次第に画素値が大きく伸びるようになり、やがて画素値の伸びが小さくなりやがて画素値があまり変わらなくなる。X線画像上の画素値の位置に応じた変化は緩やかであり、突然には変わらない性質があるからである。ということは、図9のグラフにおいてエッジEが現れるのは、画素値の伸びが一番大きい矢印で示す中間帯Cの中央付近であることになる。

[0051] このように、エッジ抽出部13は、元画像P0にエッジ抽出処理を施すことにより、元画像P0における放射線の露光が多い部分と露光が少ない部分との間にある中間帯Cの中央付近の位置を示すエッジEが抽出されたエッジ抽出画像P3を生成する。これより、二値化画像P2aにおいて金属片m2が中間帯Cにはみ出している部分（はみ出し部：図5における破線より外側の部分）を二値化画像P2aから除外する動作の実行が可能となる。

[0052] <画像合成部14の動作>

画像合成部14には、二値化画像P2aとエッジ抽出画像P3とが送られてくる。画像合成部14は、二値化画像P2aとエッジ抽出画像P3を重ね

合わせることにより、エッジ抽出画像 P 3 でエッジ E が重ねられる二値化画像 P 2 a の画素値を 0 に置き換える。図 1 0 はこのときの動作を表している。この様にして得られた合成画像 P 4 a には、二値化画像 P 2 a 上の金属片 m 2 と一見同じような金属片 m 4 が写り込んでいるが、よく見るとそれらは互いに異なっている。すなわち、金属片 m 2 は一つのまとまった塊として画像上に現れていたのに対し、金属片 m 4 は、エッジ E に由来する切れ込みが入れている。このように金属片 m 4 は複数のパーツに分断されていることになる。このように、画像合成部 1 4 は、二値化画像 P 2 a とエッジ抽出画像 P 3 とを重ね合わせることにより、二値化画像 P 2 a 上の像が中間帯の中央付近で分断された合成画像 P 4 a を生成する。

[0053] 図 1 1 は、画像合成処理により二値化画像 P 2 a 上の金属片 m 2 のどの部分に切れ込みが入ったのかについて各画像の一部を拡大して説明している。金属片 m 2 は、中間帯 C にはみ出しており、エッジ E は、中間帯 C の中央に位置しているのであるから、合成画像 P 4 a における金属片 m 4 において明らかに金属片に属する部分（いいかえれば、中間帯 C に属しない部分）に切り込みは入らない。むしろ、金属片 m 4 において切り込みが入るのは、図 1 1 の A で示す、突起状の部分である。この突起状の部分は、金属片 m 2 においては、中間帯 C の中央を越えて中間帯 C のほぼ全域に跨って存在している大きなはみ出し部である。画像合成処理は、二値化画像 P 2 a 上の中間帯 C の中央に位置する画素の画素値が 0 に変換されるのであるから、この突起状の部分は、画素値の変換によって生じたチャンネルによって画像上の金属片から隔離される。したがって、図 1 1 における金属片 m 4 においては部分 A が孤島のように表されている。こうして、画像合成処理により二値化画像 P 2 a における中間帯 C の中央付近の位置にある画素は、金属片から除外される。しかしこの画像処理においては、図 1 1 の下側に示すように全てのはみ出し部（破線の外側に当たる部分）が金属片から除外されたわけではない。

[0054] <輪郭削除部 1 5 の動作：輪郭削除金属マップ P 5 a の作成>

輪郭削除部 1 5 は、合成画像 P 4 a において未だ残存しているはみ出し部

の画素値を0とする目的で設けられている。これにより、二値化画像P 2 a上の金属片m 2のうち中間帯Cにはみ出しているはみ出し部の全域が金属片m 2から除外されることになる。このように輪郭削除部1 5は、合成画像P 4 a上の像の輪郭を削除することにより合成画像P 4 a上の像から中間帯Cが削除された輪郭削除金属マップP 5 aを生成する。

[0055] 輪郭削除部1 5が実際に行う画像処理について説明する。輪郭削除部1 5は、合成画像P 4 a上の金属片m 4を所定の幅だけ削り込む。輪郭削除部1 5が行う削り込みとは、画像上に写り込む画素の塊に対し、その輪郭を構成する画素の画素値を0にする動作のことをいい、一般的な図形の縮小とは異なる概念になっている。

[0056] 図1 2は、輪郭削除部1 5が行う輪郭削除処理を表している。例えば、図1 1左側に示すような円環状の像が写り込んだ画像があったとする。この画像に輪郭削除処理をすると、図1 1右側に示すように、円環状の像の輪郭部が削り込まれて、円環が細くなる。図1 1右側の点線部は削り込み前の像の輪郭を表している。

[0057] 図1 3は、輪郭削除部1 5が合成画像P 4 aに対して行う輪郭削除処理を具体的に説明している。輪郭削除部1 5は、金属片m 4を構成する画素の塊を輪郭から削り込む動作を中間帯Cに属する画素（はみ出し部に属する画素）が無くなるまで続ける。したがって、この画像処理に先立って中間帯Cの幅を予め取得しておかなければならない。この中間帯Cの幅は、元画像P 0を観察することで容易に取得することができる。また、いったん中間帯Cの幅を取得しておけば、取得した幅を他のX線画像に対する輪郭削除処理に用いることができる。中間帯Cの幅は、X線画像の間でそれほど大きく変動しないからである。

[0058] この輪郭削除処理により金属片m 4における孤島Aはどうなったのか考える。輪郭削除処理は、金属片m 4の輪郭を削り込むような画像処理である。したがって、図1 3の点pで示す中間帯Cの中央付近の位置からすれば、二つの方向から輪郭の削り込みが実行されることになる。すなわち、一つは、

金属片 m 4 本体を削り込むような点 p から下側に向かう方向の削り込みである。もう一つは、孤島 A を削り込むような点 p から上側に向かう方向の削り込みである。この上側の削り込みによって孤島 A は、消滅する。

[0059] この理由について説明する。孤島 A の中間帯 C を跨ぐ方向の幅は、中間帯 C の幅の半分以下である。二値化画像 P 2 a に現れる突起 A は、二値化処理により露光が少ない画素として振り分けられた画素であり、そもそも中間帯 C の幅に収まっているからである。したがって、輪郭削除処理は、中間帯 C の中央付近から中間帯 C の幅の半分の厚さだけ金属片 m 4 を削り込むだけ施せばよいということになる。この輪郭削除処理の強度がこの程度であれば、中間帯 C の厚さの半分に満たない孤島 A は確実に消去されることになる。

[0060] この様に合成画像 P 4 a に対して輪郭削除処理を施せば、金属片の周囲を確実に削り込むことができる。図 1 4 は、輪郭削除処理を二値化画像 P 2 a に直接施した場合について説明している。このとき、二値化画像 P 2 a は、突起 A を有している。この突起 A は、合成画像 P 4 a の時のように孤島となっておらず、むしろ金属片本体から突き出た半島である。このような二値化画像 P 2 a に輪郭削除処理を施すと、図 1 4 の下側に示すのように、はみ出し部の一部が削り取られずに残ってしまう。輪郭削除処理は、画像上の像について一定の厚さの層をはぎ取るような画像処理である。したがって、突起 A が半島状となっていると、この部分のはみ出し部が矢印で示すように厚すぎて輪郭削除処理では全てを削除しきれないのである。このような事態は、画像処理の正確性の観点から言って望ましくない。

[0061] そこで突起 A を完全に削除できるように、相当の厚さを削り込むような輪郭削除処理をすればいいのではないかとも思える。しかし、このような処理を行ってしまうと、金属片における突起 A 以外の部分が必要以上に削り込まれすぎてしまい、後段のグラフカット処理部 1 6 の処理を施さなければならない画素の数が増大してしまう。このような事態は、画像処理の高速化の観点から言って望ましくない。

[0062] これに比べて、本発明のように、合成画像 P 4 a に対して輪郭削除処理を

施せば、エッジEの重ね合わせにより露出した中間帯Cの中央からはみ出し部の削り込みを行うことができる。つまり合成画像P4aにおいては、金属片の周囲におけるはみ出し部の厚さが一様となっているので、像から一様の厚さをはぎ取れば、はみ出し部を過不足無く削除できるのである。

[0063] この様にして、合成画像P4aに残存していたはみ出し部が取り除かれた輪郭削除金属マップP5aが生成される。このマップは、元画像P0における金属片の分布を表すものとなっており、金属片と認定された部分には、金属片以外の部分が混在してはいない。しかし、このマップは、元画像P0において確実に金属片と認定できる部分についてマッピングしたに過ぎない。輪郭削除金属マップP5aは、中間帯Cに位置する画素は、金属片を構成しないものとして取り扱っている。

[0064] 図15は、以上のような輪郭削除処理により合成画像P4aから輪郭削除金属マップP5aが生成される様子を示している。図15が示すように、削り込み動作によりマップ上の金属片m5は、金属m4よりも一回り小さくなっている。また、合成画像P4aが生成される際にエッジEで金属片m2が分断されて生まれた小さな孤島は、輪郭削除金属マップP5aでは消去されている。そして、図16は、生成された輪郭削除金属マップP5aの一部を拡大して説明する図である。図16が示すように、金属片m5には、中間帯Cを含んでいない。

[0065] <画像合成部14，輪郭削除部15の動作：輪郭削除金属マップP5aの作成>

画像合成部14，および輪郭削除部15は、反転二値化画像P2bについても同様の動作を行う。この反転二値化画像P2bは、X線の露光が多い金属片以外の部分が写り込んでいるはずである。しかし、二値化処理によっては、金属片以外部分の形状を正確に知ることはできない。この理由は図4を用いて説明した通りである。つまり、中間帯Cに対して二値化処理を施すと、金属片以外の部分に属するかどうかの判定に誤認が生じるのである。

[0066] そこで、画像合成部14，および輪郭削除部15は、反転二値化画像P2

bについても二値化画像P 2 aに施した動作と同じ動作を行い、反転二値化画像P 2 bにおける中間帯Cに位置する画素を金属片以外の部分から除外した輪郭削除非金属マップP 5 bを生成する。すなわち、画像合成部1 4は、反転二値化画像P 2 bとエッジ抽出画像P 3とを重ね合わせることにより、反転二値化画像P 2 b上の像が中間帯の中央付近で分断された反転に係る合成画像P 4 bを生成する。そして、輪郭削除部1 5は、反転に係る合成画像P 4 b上の像の輪郭を削除することにより当該画像上の像から中間帯Cが削除された輪郭削除非金属マップP 5 bを生成する。

[0067] このマップは、元画像P 0における金属片m 0以外の部分の分布を表すものとなっており、金属片m 0以外と認定された部分には、金属片m 0が混在してはいない。しかし、このマップは、元画像P 0において確実に金属片m 0以外の部分であるものと認定できる部分についてマッピングしたに過ぎない。輪郭削除非金属マップP 5 bにおける中間帯Cに位置する画素は、金属片m 0以外の部分を構成しないものとして取り扱っている。この様にして生成された輪郭削除非金属マップP 5 bは、図1 7の左側に示されている。

[0068] 図1 7の右側は、輪郭削除金属マップP 5 aと輪郭削除非金属マップP 5 bとを重ね合わせた時の図である。この重ね合わせの図をみると、金属片m 5と非金属領域n 5との間には、どちらにも属していない中間的な帯域が現れていることに気が付く。この図において白く現れている帯域こそ、金属片に属するかの判定が困難な中間帯Cなのである。この中間帯Cを構成する画素についての判定は、次なる画像処理によって行われる。

[0069] <グラフカット処理部1 6の動作>

グラフカット処理部1 6には、フィルタ処理画像P 1、輪郭削除金属マップP 5 aおよび輪郭削除非金属マップP 5 bが送られる。グラフカット処理部1 6はこれら画像を基にグラフカット処理により、中間帯Cに属する画素の解析を行う。グラフカット処理された画素は、金属片に属するのかそれとも非金属領域に属するのか正確に振り分けられることになる。グラフカット処理部1 6は、輪郭削除金属マップP 5 a上の像がフィルタ処理画像P 1に

写り込んだ金属片  $m_1$  の一部をなすものと認識してフィルタ処理画像  $P_1$  に対しグラフカット処理を施すことにより、フィルタ処理画像  $P_1$  に写り込む金属片  $m_1$  の像が抽出された抽出画像  $P_6$  を生成する。また、グラフカット処理部 16 は、同様に輪郭削除非金属マップ  $P_5 b$  上の像がフィルタ処理画像  $P_1$  に写り込んだ金属片  $m_1$  以外の部分の一部をなすものと認識してフィルタ処理画像  $P_1$  に対しグラフカット処理を施す。

[0070] 図 18 は、グラフカット法で用いるノード  $n$  の概念を説明している。図 18 の左側にあるような二次元的に配列された画素  $a$  から構成された画像があったとする。グラフカット法では、これら画素  $a$  を互いに接続されたノード  $n$  と解釈する。ノード  $n$  の各々は、画素  $a$  の各々に相当する。従って、ノード  $n$  は二次元的に配列されていることになる。二次元的配列されたノード  $n$  の各々は互いに隣り合うノード  $n$  と接続されている。互いに接続されたノード  $n$  同士は関連性が深く、一つの塊を構成する。これより、ノード  $n$  同士の接続の解除を次々に行うことにより、画像全体で一つとなっている塊を二つの塊に分解する。こうして分解された塊のうちの一つは、金属片に属する画素に相当するノード  $n$  のみで構成される。もう一つの塊は、非金属領域に属する画素に相当するノード  $n$  のみで構成される。

[0071] 図 19 は、グラフカット法の第一段階を表している。説明を簡単とするため、図 18 における符号  $R_1$  が付けられたノード  $n$  の列について抜き出して説明する。まず、画素  $a$  に相当するノード  $n$  に加えて 2 つのノード  $n_a$ ,  $n_b$  を追加する。ノード  $n_a$  は、金属片に属する画素を代表する仮想的なノードである。このノード  $n_a$  は、全てのノード  $n$  に接続される。同様に、ノード  $n_b$  は、非金属領域に属する画素を代表する仮想的なノードである。このノード  $n_b$  も全てのノード  $n$  に接続される。

[0072] 続いて、グラフカット処理部 16 は、輪郭削除金属マップ  $P_5 a$  および輪郭削除非金属マップ  $P_5 b$  を参照して、ノード  $n$  の振り分けを行う。これにより、輪郭削除金属マップ  $P_5 a$  において金属片に属するとされている画素に対応するノード  $n$  は、ノード  $n_a$  に強く結びつけられ、ノード  $n_b$  との接

続が解除される。同様に、輪郭削除非金属マップ P 5 b において非金属領域に属するとされている画素に対応するノード n は、ノード n b に強く結びつけられ、ノード n a との接続が解除される。この動作は、グラフカット法を実現する演算装置にとって負担とはならない。

[0073] 続いていよいよ中間帯 C に属する画素についての振り分け作業が開始される。図 20 に示すノード n 2 は、いずれのマップ P 5 a, P 5 b においても何の認定も受けていないいわゆる中間帯 C に属する画素である。グラフカット処理部 16 は、ノード n 2 に接続する接続線に注目する。これら接続線には、コストと呼ばれる評価値が割り当てられている。グラフカット処理部 16 は、このコスト同士を比較することで接続線の切断を行う。このコストは、ノード n に対応する画素の画素値で決定される。すなわち、隣り合う画素の画素値同士が似通っている場合、この隣り合う画素に対応するノード n の間にある接続線のコストは低く設定される。そして、ある画素の画素値が X 線の少露光を表す値である場合、この画素に対応するノード n とノード n a との間にある接続線のコストは低く設定される。同様に、ある画素の画素値が X 線の多露光を表す値である場合、この画素に対応するノード n とノード n b との間にある接続線のコストは低く設定される。このように、コストの低さは、ノード同士の関連性の深さを表している。

[0074] グラフカット処理部 16 は、コストの低い接続線が維持されるようにしながら、接続線の切断を繰り返す。例えば、図 20 の例では、ノード n 2 は、右隣のノード n とノード n b との接続が解除され、これに対応する画素 a が金属片に属するものとの判定を受けている。この様な接続線に対する処理は、グラフカット法を実現する演算装置に大きな負担をかける。

[0075] 図 21 は、グラフカット法により、区分けがされたノード n が画像として戻されたものを表している。この様に生成された図を元画像 P 0 に写り込む金属片が抽出された抽出画像 P 6 と呼ぶことにする。この抽出画像 P 6 を拡大してみると、滑らかな形状をしている金属片の形状を忠実に表している。この抽出画像 P 6 は、中間帯 C についても正しく金属片の抽出がなされた画

像となっている。

[0076] <色調補正部 17 の動作>

抽出画像 P6 は、色調補正部 17 に送付される。色調補正部 17 は、抽出画像 P6 を参照して元画像 P0 に色調補正を施して色調補正画像 P7 を生成する。このとき、色調補正部 17 は、元画像 P0 における金属片を除外した部分についてダイナミックレンジ処理やコントラスト調整処理を施すのである。図 22 はその様子を表している。図 22 に示すように、色調補正部 17 は、元画像 P0 における斜線で示す金属片以外の部分についてのみ動作する。このときの元画像 P0 に写り込む金属片は、元画像 P0 を構成しないものされる。従って、色調補正部 17 は、金属片について画素値の読み込みも行わないし画素値の変換も行わない。

[0077] 色調補正部 17 は、図 22 の左側に示す斜線部に位置する画素の画素値を視認性の高いものに変換する。元画像 P0 において、当該斜線部に位置する画素の画素値は似通っており、画素同士の違いがはっきりしない。このような状況にある斜線部に属する画素は、色調補正により、画素値の違いが強調される。したがって、色調補正によって生成された色調補正画像 P7 は、視認性が高いものとなる。確かに色調補正画像 P7 は、金属片について処理がなされていない。このことは、色調補正画像 P7 の視認性を高めるのに好都合である。金属片は、診断者からすれば関心のある部分ではないうえ、色調補正の際に金属片に由来する極端な画素値に影響されて金属片以外の部分の視認性が低下することがないからである。この様に、色調補正部 17 は、抽出画像 P6 を参照して元画像 P0 における金属片以外の部分に対して色調の補正処理を施す。

[0078] 以上のように、本発明に係る画像処理装置によれば、確実性と高速性とが両立された色調補正を施すことができる。すなわち、本発明に係る画像処理装置は、元画像 P0 における放射線の露光が多い部分と露光が少ない部分との間にある中間帯についてグラフカット処理を施すことによりこの部分が金属片に属するかどうかの判断をするようにしている。これにより、元画像 P

0に写り込む金属片の輪郭は正確に抽出される。このグラフカット処理は、信頼性が高いものの演算の負荷が大きいという難点がある。そこで本発明によれば、この演算負荷を極力少なくするような工夫がなされている。

[0079] すなわち、本発明に係る画像処理装置は、元画像P0を二値化することにより元画像P0に写り込む金属片の大まかな像を写し込んだ二値化画像P2aを生成する二値化部12aと、元画像P0における中間帯Cの中央付近の位置を抽出するエッジ抽出部13と、二値化画像P2a上の像が中間帯Cの中央付近で分断された合成画像P4aを生成する画像合成部14と、合成画像P4a上の像の輪郭を削除することにより中間帯を削除する輪郭削除部15とを備えている。これら各手段により、元画像P0に写り込む金属片の内部形状が確実に抽出される。この内部形状は、グラフカット処理をするまでもなく金属片を構成することは確実であるので、この部分のグラフカット処理は省くことができる。

[0080] この輪郭削除処理は、できるだけ軽微に抑えた方が画像処理の高速化の観点から望ましい。本発明によれば輪郭削除処理を軽微にすべく、二値化画像P2a上の像が中間帯の中央付近で分断された状態とした後、中間帯の中央付近から像の削り込みを実行する構成となっている。この様にする事で、像における削り込みが行われる範囲を極力小さくすることができる。結果として、元画像P0におけるグラフカット処理を行わなければならない画素の個数は減少し、画像処理が高速化する。

[0081] また、上述の構成のように二値化部12aおよび、エッジ抽出手段およびグラフカット処理部16とが参照する元画像P0にメディアンフィルタがかけられていれば、元画像P0に見られたノイズ成分がフィルタ処理により除去されるので、元画像P0に写り込んだ金属片の抽出をより正確に行える。

[0082] また、エッジ抽出部13が元画像P0にラプラシアンフィルタを施すことにより、中間帯の中央付近が確実に抽出できる。ラプラシアンフィルタは空間的微分フィルタだからである。

[0083] 上述の構成は、元画像P0における金属片以外の部分についての動作につ

いても示している。すなわち、本発明に係る画像処理装置は、元画像 P 0 に写り込む金属片以外の部分の大まかな像を写し込んだ反転二値化画像 P 2 b を生成し、これを元に反転二値化画像 P 2 b 上の像が中間帯の中央付近で分断された反転に係る合成画像 P 4 b を生成し、その後この反転に係る合成画像 P 4 b 上の像の輪郭を削除することにより反転に係る合成画像 P 4 b 上の像から中間帯を削除するように構成される。

[0084] これら各手段により、元画像 P 0 に写り込む金属片以外の部分の内部形状が確実に抽出される。この内部形状は、グラフカット処理をするまでもなく金属片以外の部分を構成することは確実であるので、この部分のグラフカット処理は省くことができる。

[0085] この輪郭削除処理は、できるだけ軽微に抑えた方が画像処理の高速化の観点から望ましい。本発明によれば輪郭削除処理を軽微にすべく、二値化画像 P 2 a 上の像が中間帯の中央付近で分断された状態とした後、中間帯の中央付近から像の削り込みを実行する構成となっている。この様にする事で、像における削り込みが行われる範囲を極力小さくすることができる。結果として、元画像 P 0 におけるグラフカット処理を行わなければならない画素の個数は減少し、画像処理が高速化する。

## 実施例 2

[0086] 続いて実施例 2 に係る画像処理について説明する。実施例 2 の構成は、本発明の画像処理装置により断層画像を鮮明にするように工夫がされている。ここでいう断層画像は、被検体 M をある裁断面で裁断したときに得られる像が写り込んだ画像のことであり、放射線撮影装置を用いて生成される。実施例 2 に係る画像処理装置 2 2 とは、実施例 1 における各部 1 1, 1 2 a, 1 2 b, 1 3, 1 4, 1 5, 1 6 から構成されている。実施例 1 とは異なり、実施例 2 に係る画像処理装置 2 2 は色調補正部 1 7 を含んでいないことには注意が必要である。

[0087] 実施例 2 に係る断層画像を生成することができる放射線断層撮影装置の実施例について図面を参照しながら説明する。なお、実施例における X 線は、

本発明の構成の放射線に相当する。なお、FPDは、フラットパネル型X線検出器（フラット・パネル・ディテクタ）の略である。本発明のX線撮影装置50は、人工関節置換手術後の経過観察用となっている。

[0088] 図23は、実施例1に係るX線撮影装置50の構成を説明する機能ブロック図である。図23に示すように、実施例1に係るX線撮影装置50は、X線断層撮影の対象である被検体Mを載置する天板2と、天板2の上部（天板2の1面側）に設けられた被検体Mに対してコーン状のX線ビームを被検体Mに向けて照射するX線管3と、天板2の下部（天板の他面側）に設けられ、被検体Mを透過したX線を検出するFPD4と、コーン状のX線ビームの中心軸とFPD4の中心点とが常に一致する状態でX線管3とFPD4との各々を被検体Mの関心部位を挟んで互いに反対方向に同期移動させる同期移動機構7と、これを制御する同期移動制御部8と、FPD4のX線を検出するX線検出面を覆うように設けられた散乱X線を吸収するX線グリッド5とを備えている。この様に、天板2は、X線管3とFPD4とに挟まれる位置に配置されている。

[0089] 同期移動機構7は、X線管3を被検体Mに対して体軸方向Aに移動させるX線管移動機構7aと、FPD4を被検体Mに対して体軸方向Aに移動させるFPD移動機構7bとを備えている。また、同期移動制御部8は、X線管移動機構7aを制御するX線管移動制御部8aとFPD移動機構7bを制御するFPD移動制御部8bとを備えている。同期移動制御部8は、元画像P0が連写される際に、X線管3およびFPD4を互いに反対方向に移動させる。

[0090] X線管3は、X線管制御部6の制御にしたがってコーン状でパルス状のX線ビームを被検体Mに対して繰り返し照射する構成となっている。このX線管3には、X線ビームを角錐となっているコーン状にコリメートするコリメータが付属している。そして、このX線管3と、FPD4はX線投影画像を撮像する撮像系3, 4を生成している。X線管制御部6は、X線管3を制御するときの管電流、管電圧、パルス幅などを示す設定値に従いX線管3を制

御する。

[0091] 同期移動機構 7 は、被検体 M に対して X 線管 3 と F P D 4 とを同期させて移動させる構成となっている。この同期移動機構 7 は、同期移動制御部 8 の制御にしたがって被検体 M の体軸方向 A に平行な直線軌道（天板 2 の長手方向）に沿って X 線管 3 を直進移動させる。この X 線管 3 と F P D 4 との移動方向は、天板 2 の長手方向に一致している。しかも、検査中、X 線管 3 の照射するコーン状の X 線ビームは、常に被検体 M の関心部位に向かって照射されるようになっており、この X 線照射角度は、X 線管 3 の角度を変更することによって、たとえば初期角度  $-20^\circ$  から最終角度  $20^\circ$  まで変更される。この様な X 線照射角度の変更は、X 線管傾斜機構 9 が行う。X 線管傾斜制御部 10 は、X 線管傾斜機構 9 を制御する目的で設けられている。

[0092] そして、さらに実施例 1 に係る X 線撮影装置 50 は、各制御部 6, 8, 10, 11, 12 を統括的に制御する主制御部 25 と、断層画像を表示する表示部 27 とを備えている。この主制御部 25 は、CPU によって構成され、各種のプログラムを実行することにより各制御部 6, 8, 10 および後述の各部 21, 22, 23 を実現している。記憶部 28 は、X 線管 3 の制御に関わるパラメータなどの X 線撮影装置 50 の制御に関するデータの一切を記憶する。操作卓 26 は、術者の X 線撮影装置 50 に対する各操作を入力させるものである。

[0093] また、同期移動機構 7 は、上述の X 線管 3 の直進移動に同期して、天板 2 の下部に設けられた F P D 4 を被検体 M の体軸方向 A（天板 2 の長手方向）に直進移動させる。そして、その移動方向は、X 線管 3 の移動方向と反対方向となっている。つまり、X 線管 3 が移動することによって X 線管 3 の焦点の位置と照射方向が変化するコーン状の X 線ビームは、常に F P D 4 の X 線検出面の全面で受光される構成となっている。このように、一度の検査において、F P D 4 は、X 線管 3 と互いに反対方向に同期して移動しながら、たとえば 74 枚の投影画像を取得するようになっており、具体的には、撮像系 3, 4 は、実線の位置を初期位置として、破線で示した位置を介して、図 2

3に示した一点鎖線で示す位置まで対向移動する。すなわち、X線管3とFPD4の位置を変化させながら複数のX線投影画像が撮影されることになる。ところで、コーン状のX線ビームは常にFPD4のX線検出面の全面で受光されるので、撮影中コーン状のX線ビームの中心軸は、常にFPD4の中心点と一致している。また、撮影中、FPD4の中心は、直進移動するが、この移動はX線管3の移動の反対方向となっている。つまり、体軸方向AにX線管3とFPD4とを同期的、かつ互いに反対方向に移動させる構成となっている。

[0094] <断層画像の取得原理>

続いて、実施例1に係るX線撮影装置50の断層画像の取得原理について説明する。実施例1の構成では、被検体Mを平面上で裁断したときの画像である断層画像を複数生成することにより断層画像を生成する。図24は、実施例1に係るX線撮影装置の断層画像の取得方法を説明する図である。例えば、天板2に平行な（鉛直方向に対して水平な）仮想平面（基準裁断面MA）について説明すると、図24に示すように、基準裁断面MAに位置する点P、Qが、常にFPD4のX線検出面の不動点p、qのそれぞれに投影されるように、X線管3によるコーン状のX線ビームBの照射方向に合わせてFPD4をX線管3の反対方向に同期移動させながら一連の元画像P1、P2が画像生成部21にて生成される。一連の元画像P1、P2には、被検体Mの投影像が位置を変えながら写り込んでいる。そして、この一連の元画像P1、P2を断層画像生成部23にて再構成すれば、基準裁断面MAに位置する像（たとえば、不動点p、q）が集積され、X線断層画像としてイメージングされることになる。一方、基準裁断面MAに位置しない点Iは、FPD4における投影位置を変化させながら一連の被検体M画像に点iとして写り込んでいる。この様な点iは、不動点p、qとは異なり、断層画像生成部23でX線投影画像を重ね合わせる段階で像を結ばずにボケる。このように、一連の投影画像の重ね合わせを行うことにより、被検体Mの基準裁断面MAに位置する像のみが写り込んだX線断層画像が得られる。このように、投影

画像を単純に重ね合わせると、基準裁断面MAにおける断層画像が得られる。断層画像生成部23は、本発明の断層画像生成手段に相当する。

[0095] さらに、断層画像生成部23は、基準裁断面MAに水平な任意の裁断面においても、同様な断層画像を得ることができる。撮影中、FPD4において上記点iの投影位置は移動するが、投影前の点Iと基準裁断面MAとの離間距離が大きくなるにしたがって、この移動速度は増加する。これを利用して、取得された一連の被検体M画像を所定のピッチで体軸方向Aにずらしながら再構成を行うようにすれば、基準裁断面MAに平行な裁断面における断層画像が得られる。このような一連の断層画像の再構成は、断層画像生成部23が行う。

[0096] <X線撮影装置50の動作>

次に、X線撮影装置の動作について説明する。X線撮影装置の動作としては、まず、被検体Mを天板2に載置する。その後、術者が操作卓26を通じて元画像P0の撮影開始の指示をX線撮影装置に与えると、X線管3からX線の照射が開始される。その際、撮像系3、4は、図1に示す実線の位置から破線の位置を介して一点鎖線の位置まで移動される。この間に74枚の元画像P0が取得され、これらは画像処理装置22に送信される。画像処理装置22は、実施例1で説明した各部11、12a、12b、13、14、15、16をまとめて表現した構成である。画像処理装置22は、74枚の元画像P0の各々を二値化処理して74枚の抽出画像P6を生成する（図25参照）。この抽出画像P6は、元画像P0に写り込む金属片が抽出された二値化画像となっている。

[0097] 図24を用いた断層画像の生成の原理についての説明によれば、74枚の元画像P0を断層画像生成部23で画像再構成処理を施せば、断層画像が生成されるとしている。従って、断層画像を生成するだけであれば画像処理装置22による抽出画像P6の生成は必要ない。しかしながら、元画像P0を単純に画像再構成したでは偽像が現れた断層画像しか得られない。元画像P0の各々には、金属片が写り込んでいるからである。この金属片は、画素値

が極端であるが故に元画像P0の重ね合わせでは十分にぼかしきれない。したがって、断層画像における金属片の周りには、画像の重ね合わせでは相殺しきれなかった金属片の残像が現れてしまう。この残像が断層画像に現れる偽像の正体である。

[0098] 実施例2のX線断層撮影装置においては、断層画像にこの様な偽像が生じないように工夫がされている。すなわち、実施例2のX線断層撮影装置は、画像処理装置22の機能により金属片の重ね合わせに工夫を施すことで断層画像に偽像が現れないように構成されているのである。すなわち、実施例2における断層画像は、元画像P0をそのまま重ねあせて生成されるのではない。すなわち、断層画像は、図25に示すように、元画像P0の各々から金属片が抽出された抽出画像P6参照しながら断層画像生成部23が生成したものとなっている。抽出画像P6は、画像処理装置22が74枚の元画像P0の各々について金属片の抽出処理を施すことによりなされる。したがって、抽出画像P6は、74枚生成されることになる。

[0099] <断層画像生成部23の動作：金属片除去処理>

実施例2の断層画像生成部23は、画像処理装置22が生成した抽出画像P6を参照しながら断層画像を生成する。この様子について具体的に説明する。断層画像生成部23は、まず、元画像P0の各々に写り込んでいる金属片の像を消去する画像処理を行う。すなわち、断層画像生成部23は、図26に示すように、抽出画像P6を参照して元画像P0に写り込んでいる金属片の位置・大きさ・範囲を把握する。そして、断層画像生成部23は、金属片内部の画素の画素値を金属片の周りの画素の画素値に変換する。このときの変換に係る画素値は、例えば、金属片の周りの画素の画素値の平均値である。この様にして、元画像P0に写り込んでいる金属片が周囲に同化したような金属片除去画像P8が生成される。この金属片除去画像P8は、74枚ある元画像P0の各々について生成される。このように、断層画像生成部23は、被検体Mに対して撮影方向を変えながら連写された元画像P0の各々から金属片の像が抽出された抽出画像P6を参照して、元画像P0に写り込

む金属片を元画像 P 0 から消去して金属片除去画像 P 8 を生成する金属片除去処理を行う。

[0100] <断層画像生成部 2 3 の動作 : 金属片除去断層画像の生成>

断層画像生成部 2 3 は、図 2 7 に示すように 7 4 枚ある金属片除去画像 P 8 に画像再構成処理を施して断層画像を生成する。このとき生成された画像を区別のため金属片除去断層画像 D 1 と呼ぶことにする。この金属片除去断層画像 D 1 は、金属片が金属片の周りと同化したような画像に画像再構成処理を施して生成されたものであるため、金属片の周りには、偽像が現れない。しかしながら、図 2 7 の金属片除去断層画像 D 1 における斜線部に示す金属片に相当する部分は、正しくない画素値で埋め尽くされている。金属片除去断層画像 D 1 の基になった金属片除去画像 P 8 における金属片内部の画素の画素値は、本来とは異なる画素値に変換されたからである。以降、断層画像生成部 2 3 は、この金属片除去断層画像 D 1 における金属片の部分の画素値を正しいものに近づけるような動作をする。このように断層画像生成部 2 3 は、複数の金属片除去画像 P 8 に画像再構成処理を施して金属片除去断層画像 D 1 を生成する金属片除去断層画像生成処理を行う。

[0101] <断層画像生成部 2 3 の動作 : 金属片トリミング処理>

すなわち、断層画像生成部 2 3 は、7 4 枚の元画像 P 0 に対して別の画像処理をする。断層画像生成部 2 3 は、図 2 8 に示すように元画像 P 0 の各々から対応する金属片除去画像 P 8 を減算する。元画像 P 0 と金属片除去画像 P 8 とは、金属片以外の部分は同じ画像であるから、減算処理によりこの同じ部分が相殺されて消去されることになる。つまり、断層画像生成部 2 3 の減算処理により、元画像 P 0 の各々から金属片に相当する部分がトリミングされたようなトリミング画像 P 9 が生成される。このトリミング画像 P 9 は、上述の抽出画像 P 6 とは似て非なるものである。抽出画像 P 6 は、二値化画像であり、元画像 P 0 上の金属片の形状を表しているのに対し、トリミング画像 P 9 は、金属片の形状のみならず、金属片の内部の濃淡をも表した画像となっている。ちなみに、トリミング画像 P 9 における金属片は、元画像

P0に写り込む金属片を薄くしたように見える。画像同士の減算処理の際、元画像P0の金属片上の画素の画素値から金属片除去画像P8の金属片の画素値（元画像P0における金属片の周りの画素の画素値）が減算されるからである。このように、断層画像生成部23は、抽出画像P6を参照して、元画像P0の各々から金属片に相当する部分を取り出したトリミング画像P9を生成する金属片トリミング処理を行う。

[0102] <断層画像生成部23の動作：金属片断層画像の生成>

断層画像生成部23は、図29に示すように74枚あるトリミング画像P9に画像再構成処理を施して断層画像を生成する。このとき生成された画像を区別のため金属片断層画像D2と呼ぶことにする。この金属片断層画像D2は、裁断面が金属片除去断層画像D1と共通となっている断層画像である。また、この金属片断層画像D2は、金属片のみが写り込んだ画像に画像再構成処理を施して生成されたものであるため、金属片の断層画像を写し込んだものとなっている。したがって、図29の金属片断層画像D2における斜線部に示す金属片の周りに相当する部分は、何ら画像化がされていない。このように、断層画像生成部23は、複数のトリミング画像P9に画像再構成処理を施して金属片断層画像D2を生成する金属片断層画像生成処理を行う。

[0103] <断層画像生成部23の動作：断層画像の加算>

このように、断層画像生成部23は、異なる2系統の断層画像を生成する。断層画像生成部23は、最後に図30に示すように、これら断層画像D1、D2を加算する処理を行う。この様に生成された断層画像を区別のため合成断層画像D3と呼ぶことにする。この合成断層画像D3は、視認性に優れたものとなっている。すなわち、合成断層画像D3における金属片以外の部分は、金属片除去断層画像D1に由来するので、偽像が現れていない。そして、合成断層画像D3における金属片の部分は金属片断層画像D2に由来するので、画素値の信頼性が高い。このように、断層画像生成部23は、金属片除去断層画像D1と金属片断層画像D2とを加算して合成断層画像D3を

生成する。合成断層画像D3が表示部27に表示されて実施例2に係る装置の動作は終了となる。

[0104] 以上のように、本発明の画像処理装置1は、断層画像を生成する際に用いることができる。

[0105] 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。

[0106] (1) 上述のエッジ抽出部13は、ラプラシアンフィルタに限られず、エッジ抽出用の微分フィルタにより動作することができる。

[0107] (2) 上述の輪郭削除部15は、削り込みの強度が中間帯Cの幅を実測することで求められていたが、この構成に代えて、合成画像P4aがに現れる孤島が全て削除されるまで輪郭削除処理を行うようにしてもよい。

### 産業上の利用可能性

[0108] 以上のように、上述の発明は、医用分野に適している。

### 符号の説明

[0109] P0 元画像

P2a 二値化画像

P2b 反転二値化画像

P3 エッジ抽出画像

P4a 合成画像

P4b 反転に係る合成画像

P5a 輪郭削除金属マップ

P5b 輪郭削除非金属マップ

P6 抽出画像

11 メディアンフィルタ処理部（メディアンフィルタ処理手段）

12a 二値化部（二値化手段）

12b 反転部（反転手段）

13 エッジ抽出部（エッジ抽出処理手段）

14 画像合成部（画像合成手段）

- 1 5 輪郭削除部（輪郭削除処理手段）
- 1 6 グラフカット処理部（グラフカット処理手段）
- 1 7 色調補正部（色調補正処理手段）
- 2 3 断層画像生成部（断層画像生成手段）

## 請求の範囲

- [請求項1] 内部に金属片が埋め込まれた被検体を放射線撮影することで得られる金属片を写し込んだ元画像に画像処理を施す画像処理装置であって、
- 前記元画像を二値化することにより前記元画像に写り込む金属片の大まかな像を写し込んだ二値化画像を生成する二値化手段と、
- 前記元画像にエッジ抽出処理を施すことにより、前記元画像における放射線の露光が多い部分と露光が少ない部分との間にある中間帯の中央付近の位置を示す境界が抽出されたエッジ抽出画像を生成するエッジ抽出処理手段と、
- 前記二値化画像と前記エッジ抽出画像とを重ね合わせることにより、前記二値化画像上の像が前記中間帯の中央付近で分断された合成画像を生成する画像合成手段と、
- 前記合成画像上の像の輪郭を削除することにより前記合成画像上の像から前記中間帯が削除された輪郭削除金属マップを生成する輪郭削除処理手段と、
- 前記輪郭削除金属マップ上の像が前記元画像に写り込んだ金属片の一部をなすものと認識して前記元画像に対しグラフカット処理を施すことにより、前記元画像に写り込む金属片の像が抽出された抽出画像を生成するグラフカット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、
- 前記元画像に対しメディアンフィルタを施すメディアンフィルタ処理手段を備え、
- 前記二値化手段および、エッジ抽出手段および前記グラフカット処理手段とが参照する前記元画像は、メディアンフィルタが施されたものであ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、

前記エッジ抽出処理手段は、前記元画像にラプラシアンフィルタを施すことで動作す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

、  
前記二値化画像に対し反転処理を施すことにより、前記元画像に写り込む金属片以外の部分の大まかな像を写し込んだ反転二値化画像を生成する反転手段を備え、

前記画像合成手段は、前記反転二値化画像と前記エッジ抽出画像とを重ね合わせることにより、前記反転二値化画像上の像が前記中間帯の中央付近で分断された反転に係る合成画像を生成し、

前記輪郭削除処理手段は、前記反転に係る合成画像上の像の輪郭を削除することにより前記合成画像上の像から前記中間帯が削除された輪郭削除非金属マップを生成し、

前記グラフカット処理手段は、前記輪郭削除非金属マップ上の像が前記元画像に写り込んだ金属片以外の部分の一部をなすものと認識して前記元画像に対しグラフカット処理を施す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

、  
前記抽出画像を参照して前記元画像における金属片以外の部分に対して色調の補正処理を施す色調補正処理手段を備えることを特徴とする画像処理装置。

[請求項6] 請求項1ないし請求項5のいずれかに記載の画像処理装置において

、  
被検体に対して撮影方向を変えながら連写された元画像の各々から金属片の像が抽出された抽出画像を参照して、前記元画像に写り込む金属片を前記元画像から消去して金属片除去画像を生成する金属片除去処理と、

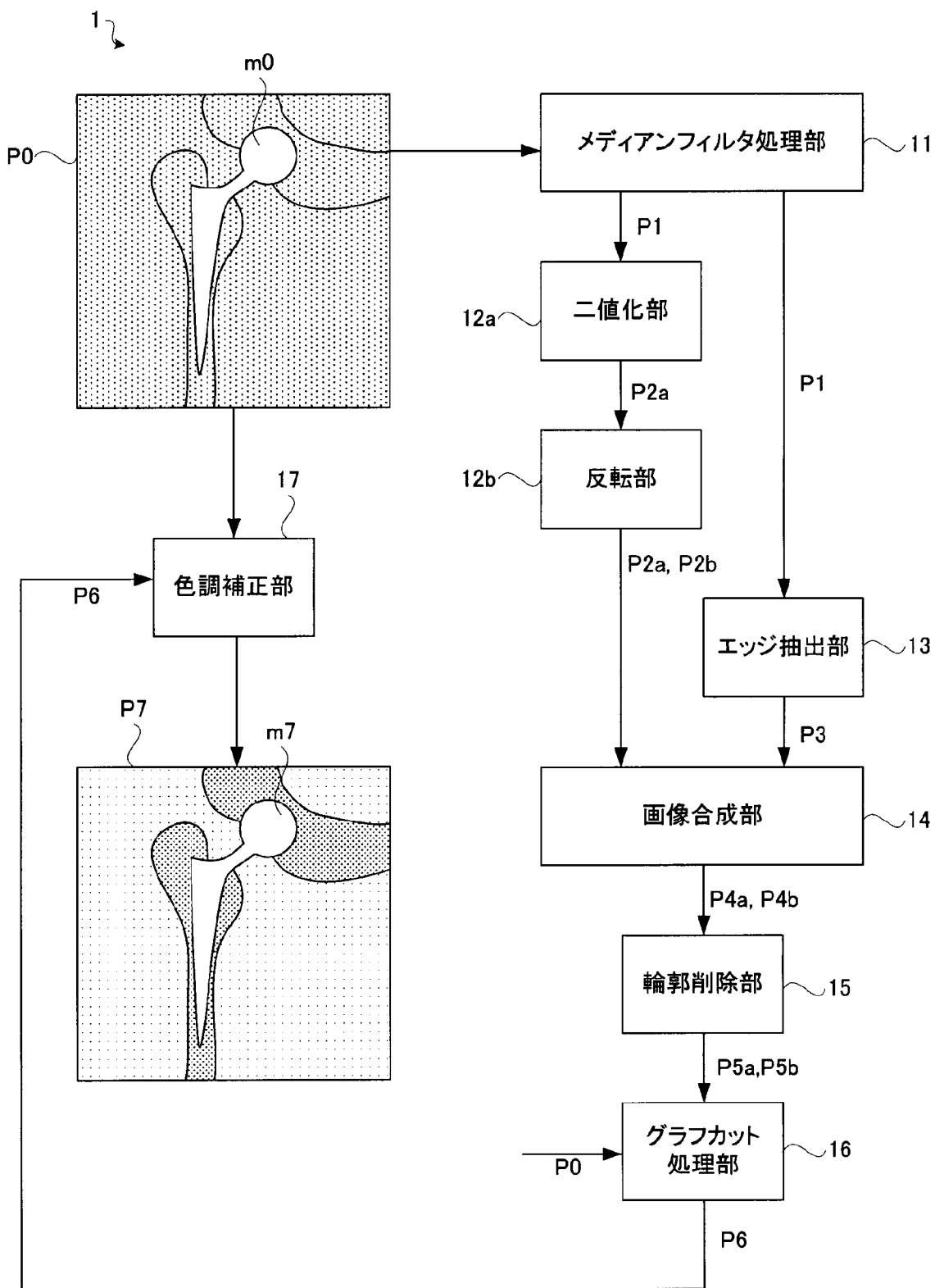
複数の前記金属片除去画像に画像再構成処理を施して金属片除去断層画像を生成する金属片除去断層画像生成処理と、

前記抽出画像を参照して、前記元画像の各々から金属片に相当する部分を取り出したトリミング画像を生成する金属片トリミング処理と、

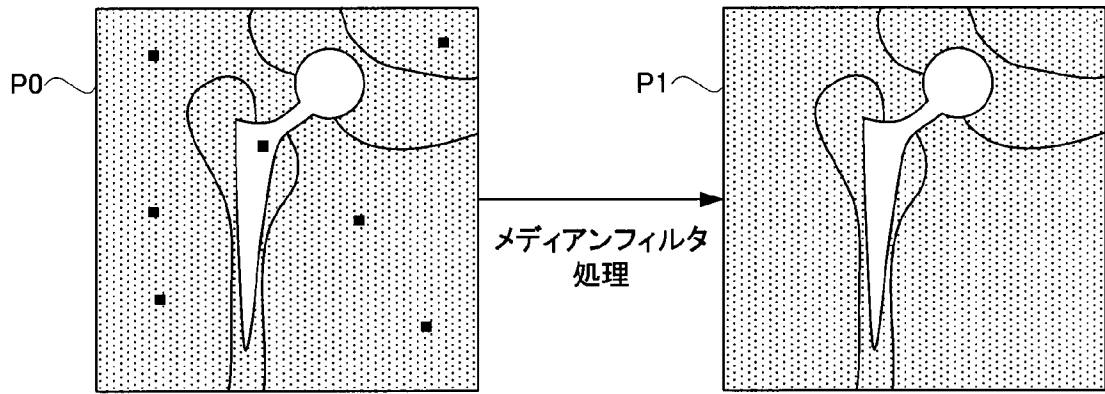
複数の前記トリミング画像に画像再構成処理を施して金属片断層画像を生成する金属片断層画像生成処理と、

前記金属片除去断層画像と金属片断層画像とを加算して合成断層画像を生成する断層画像加算処理とを実行する断層画像生成手段を備えることを特徴とする画像処理装置。

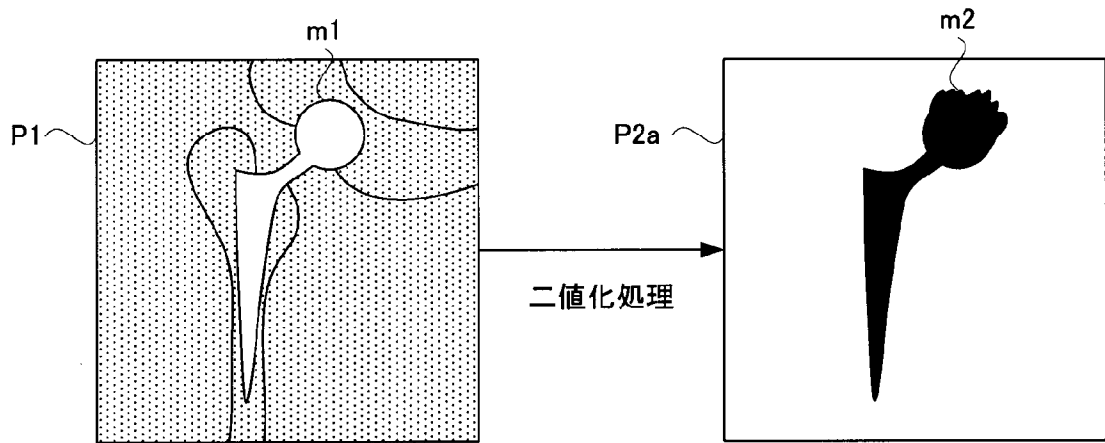
[図1]



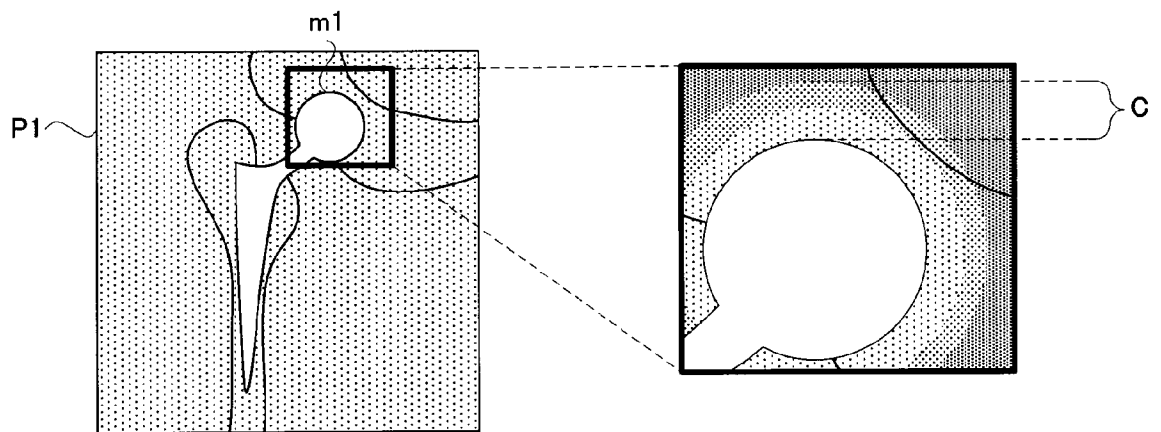
[図2]



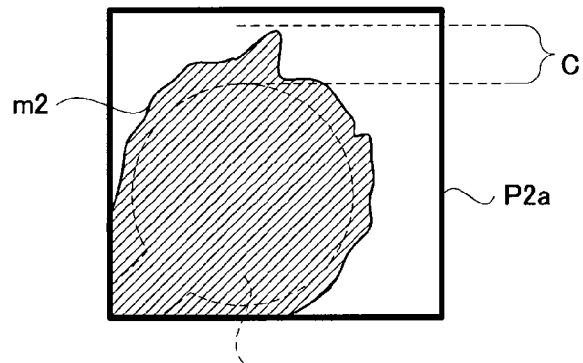
[図3]



[図4]

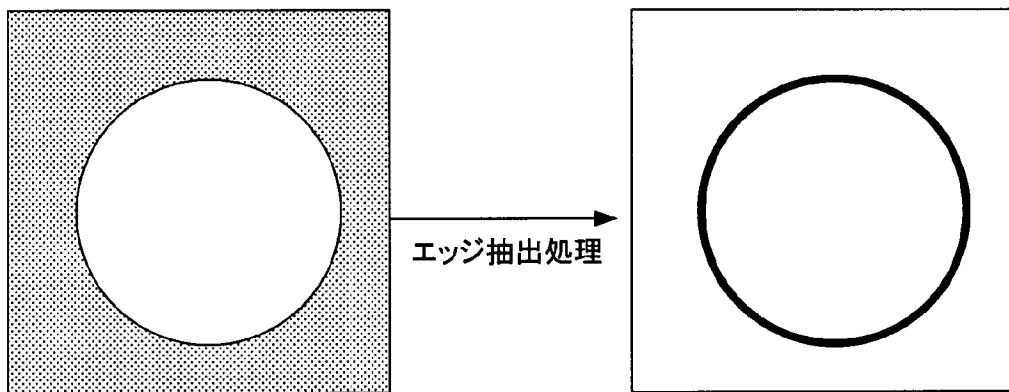


[図5]

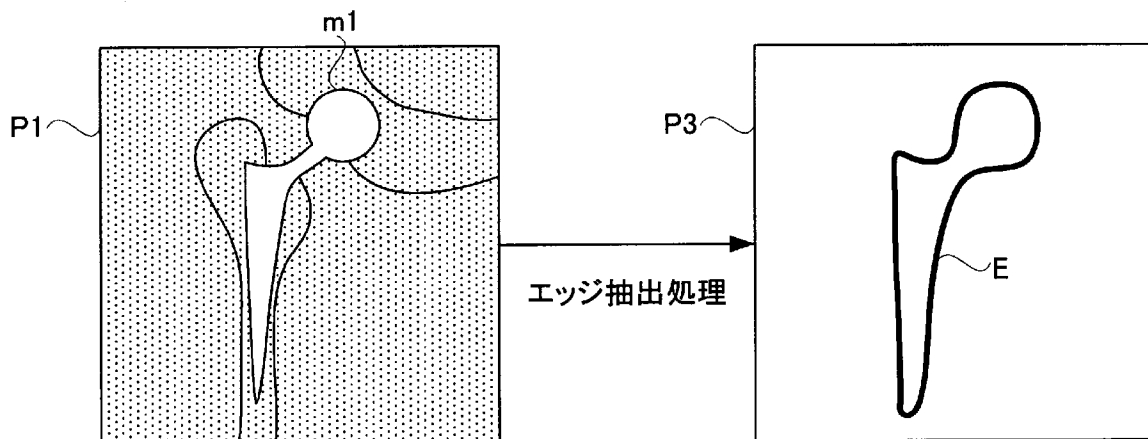


破線内: 確実に金属片と分かる部分

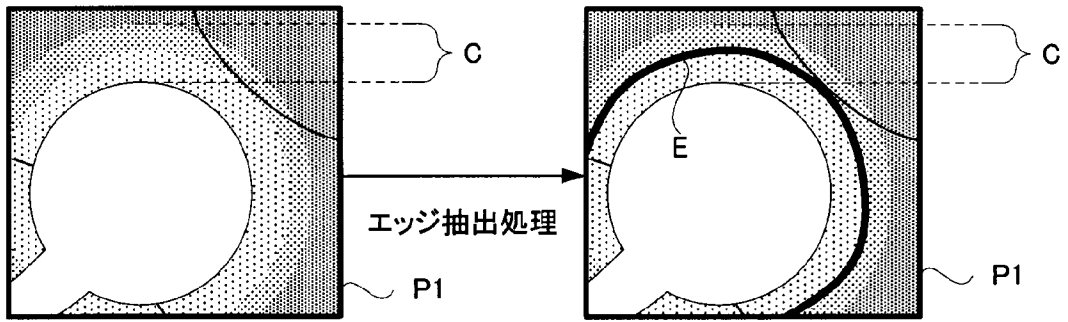
[図6]



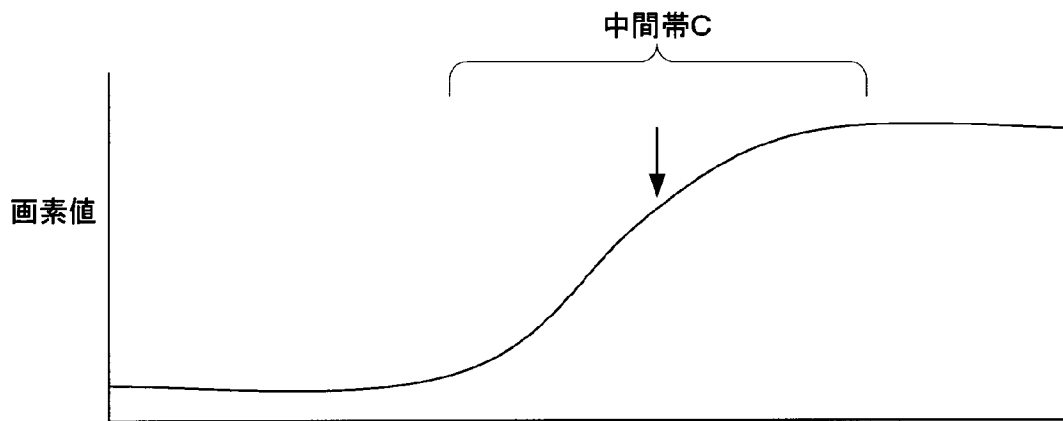
[図7]



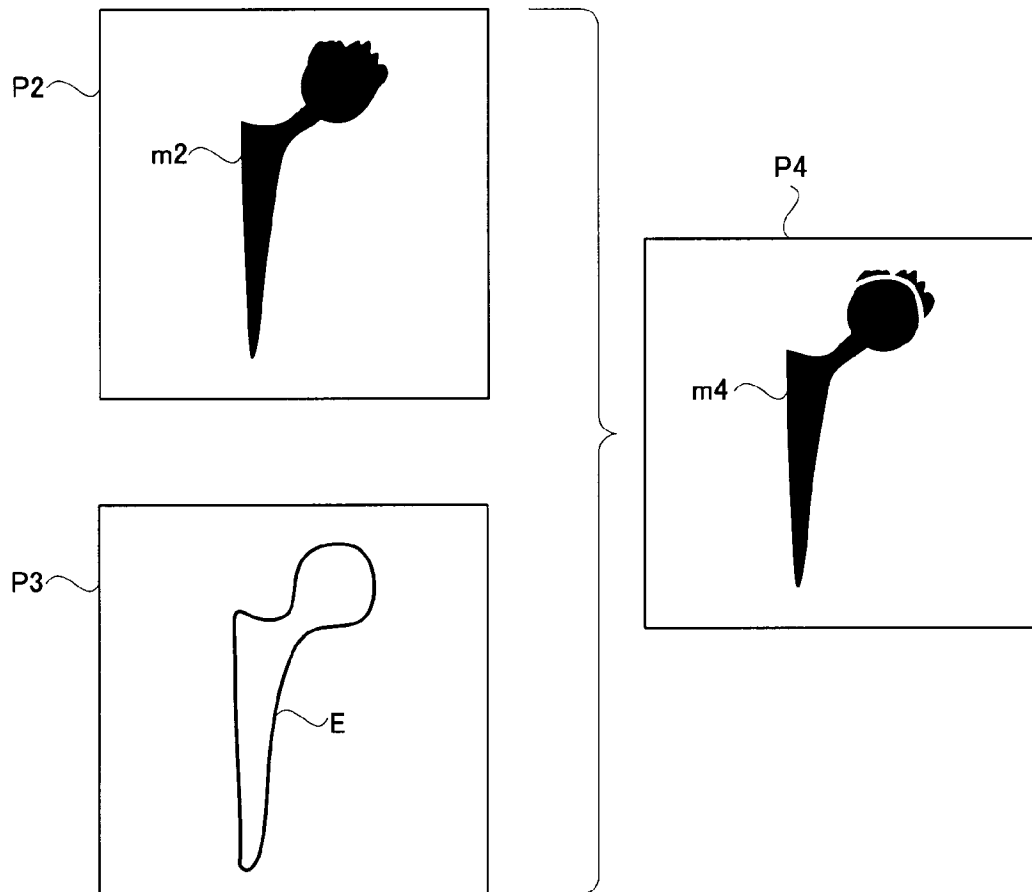
[図8]



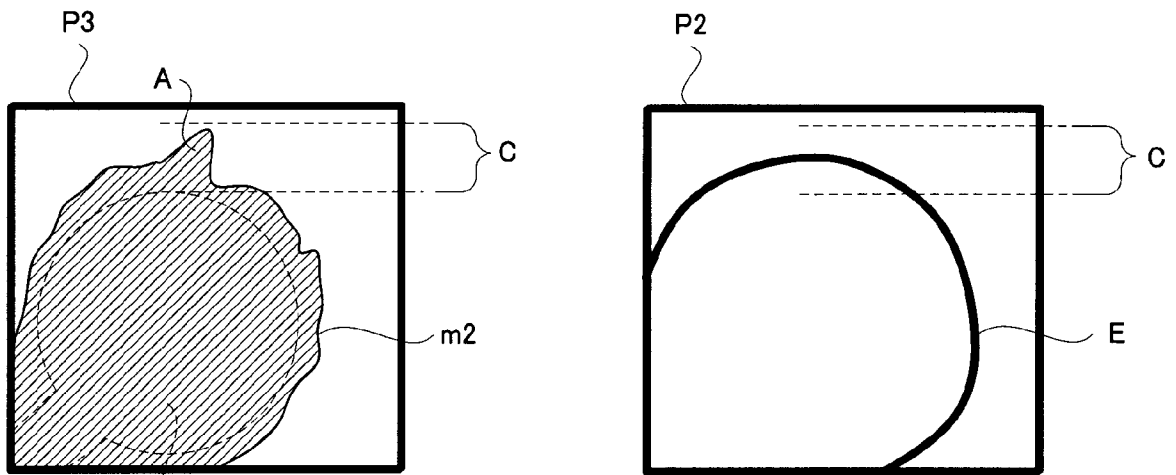
[図9]



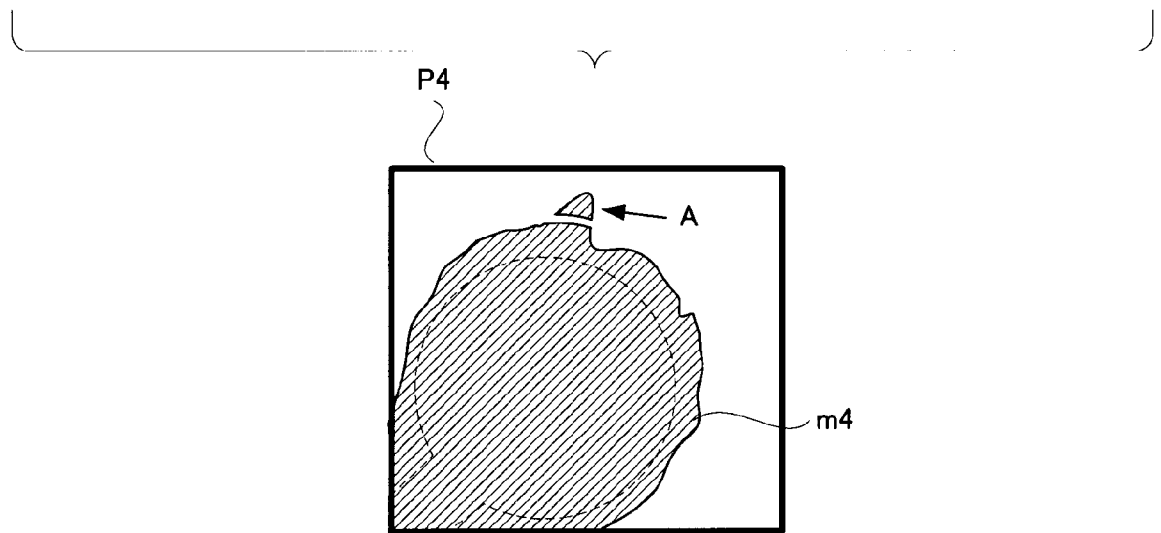
[図10]



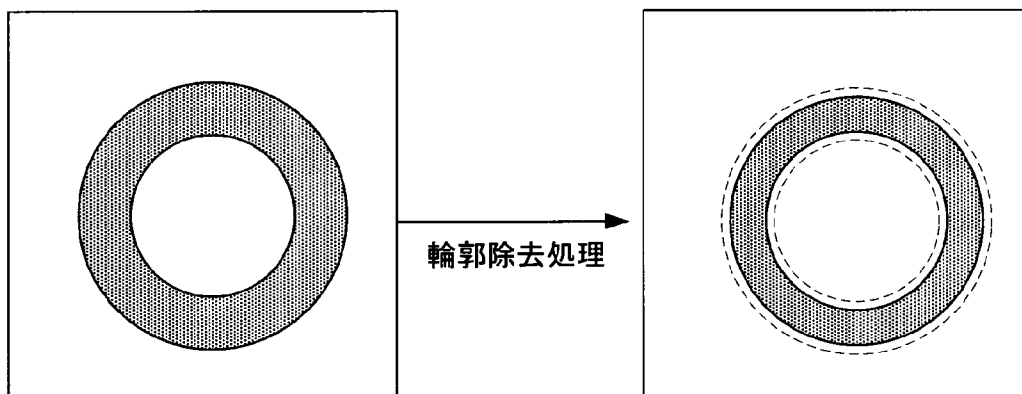
[図11]



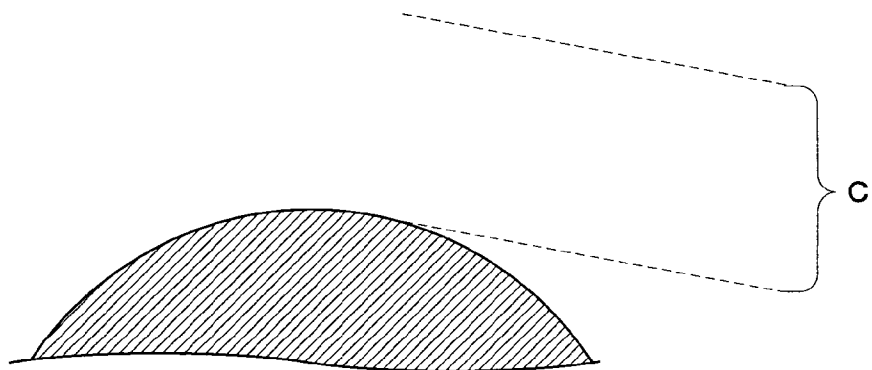
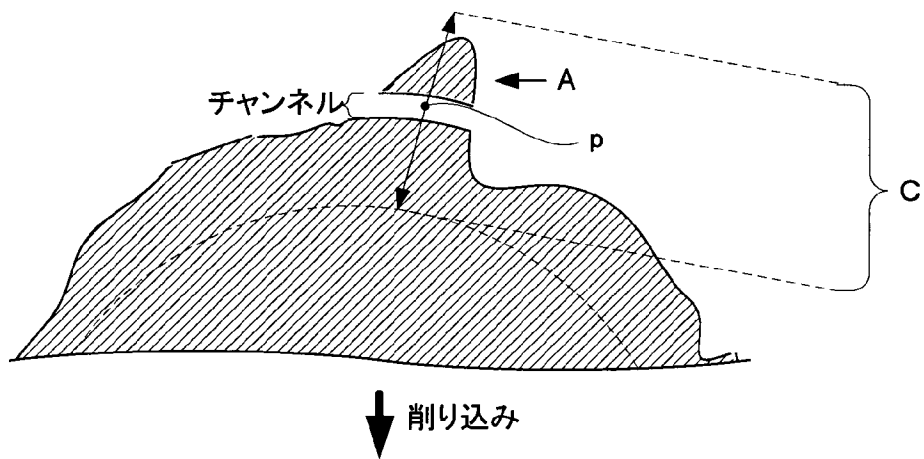
破線内: 確実に金属片と分かる部分



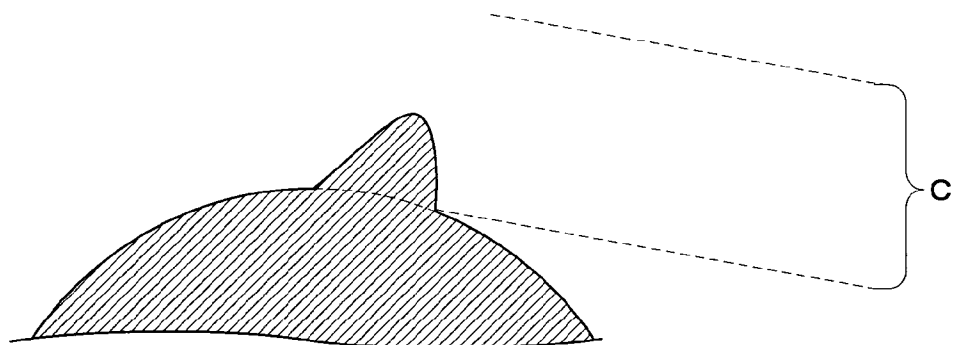
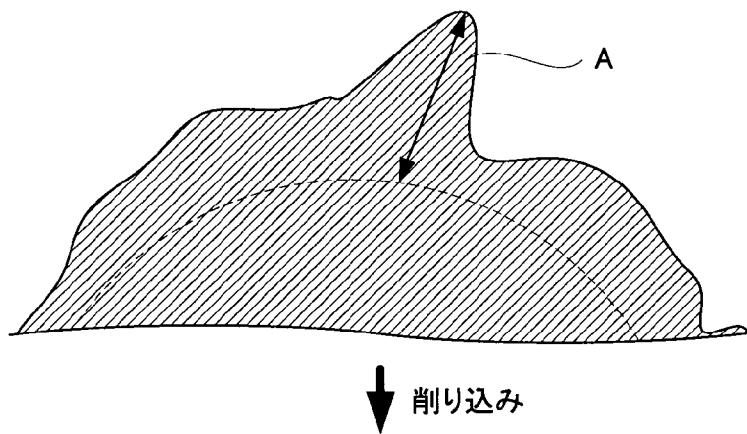
[図12]



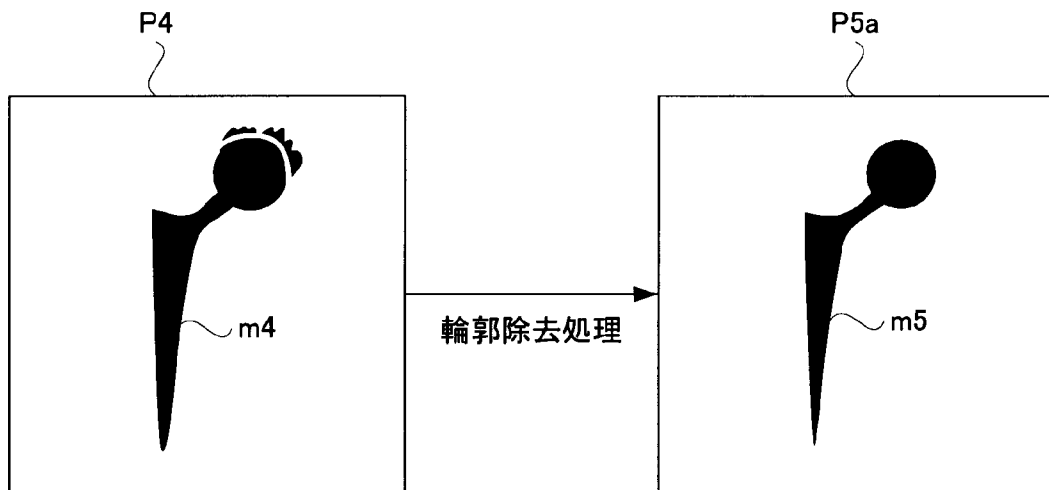
[図13]



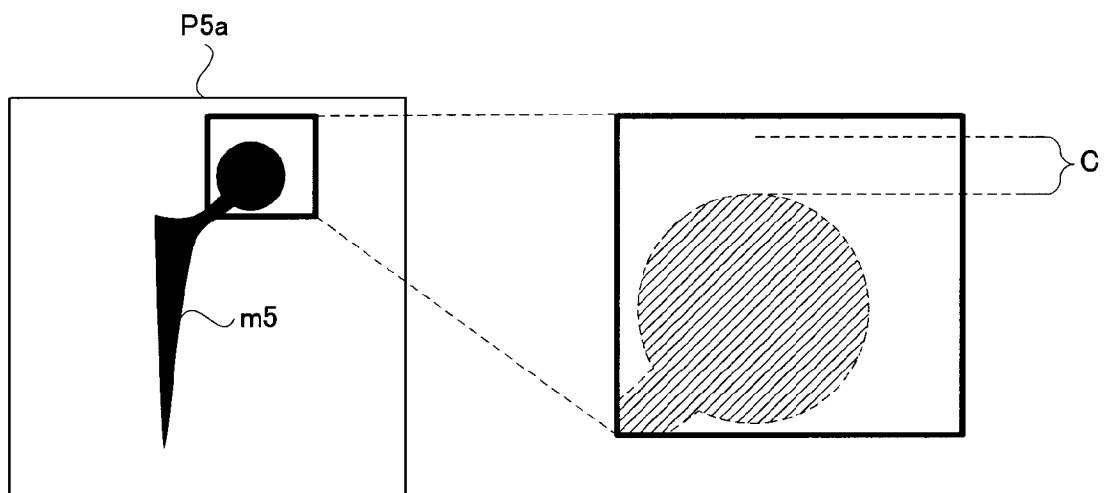
[図14]



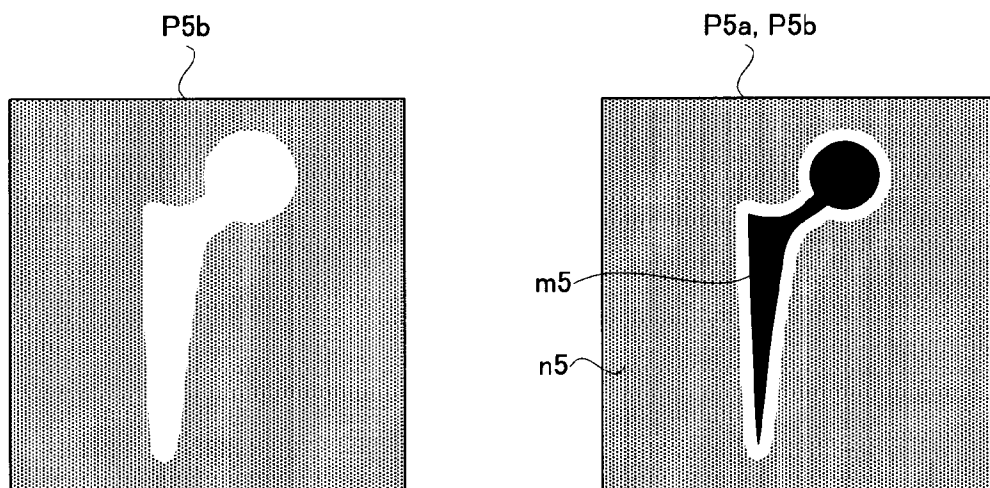
[図15]



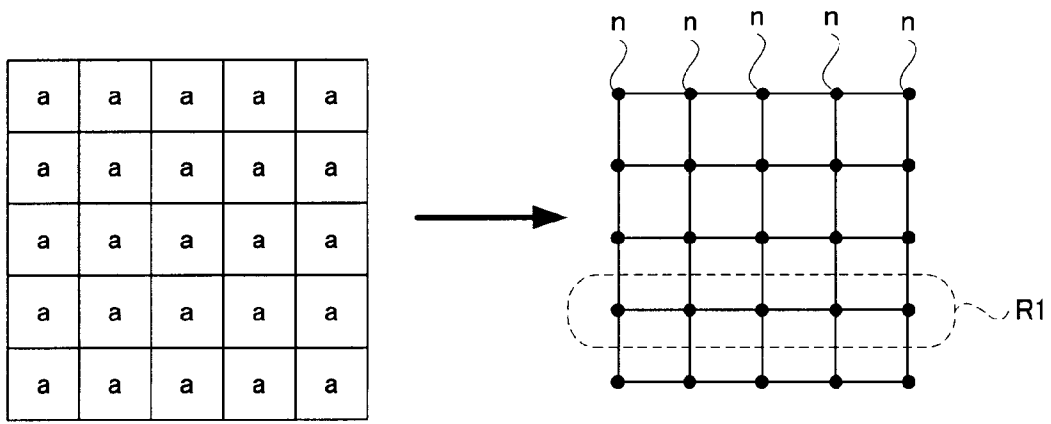
[図16]



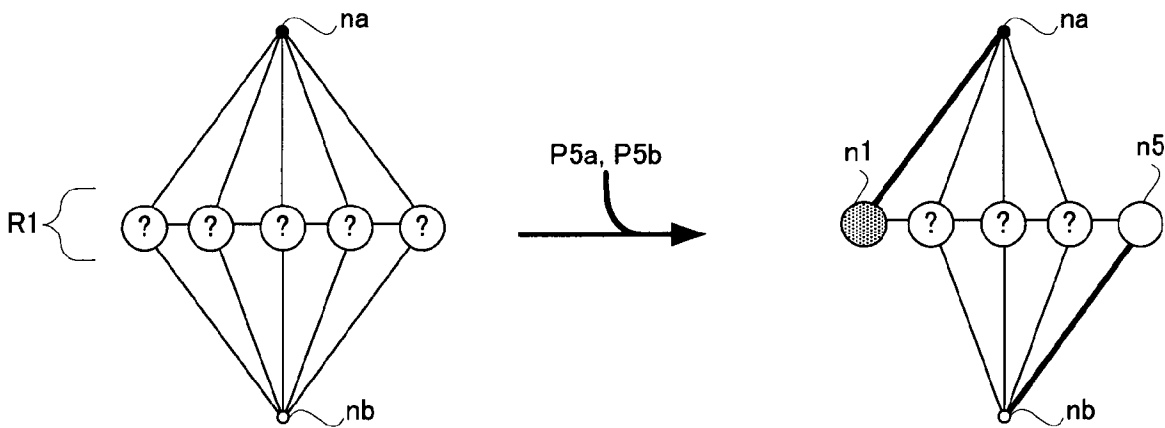
[図17]



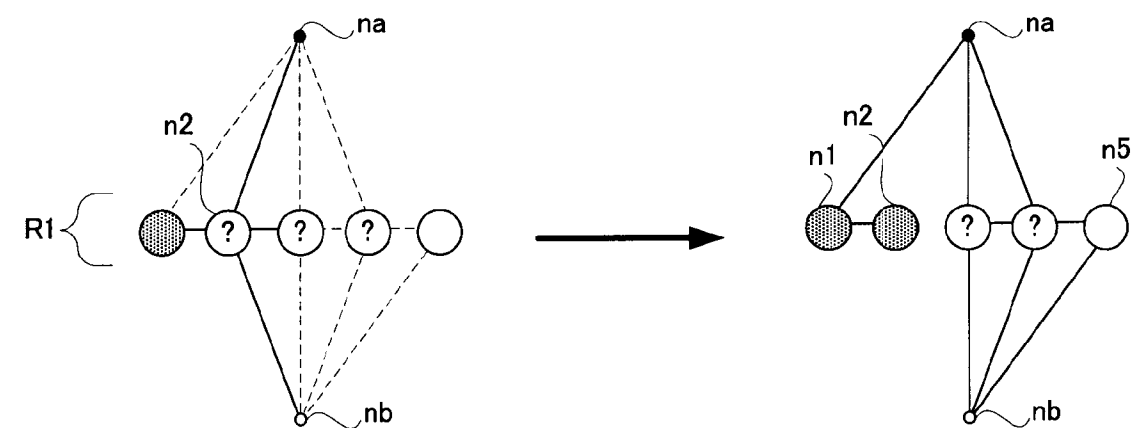
[圖18]



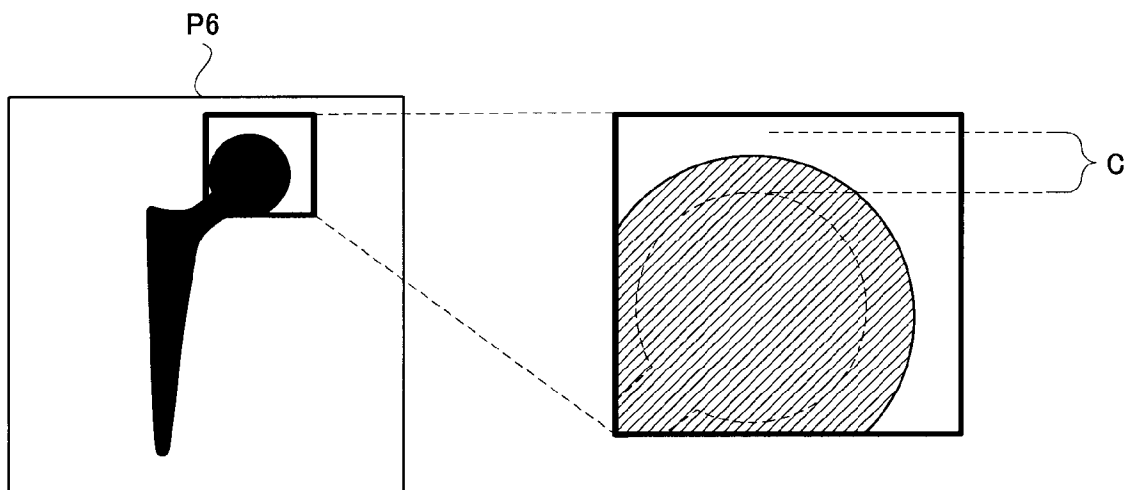
[圖19]



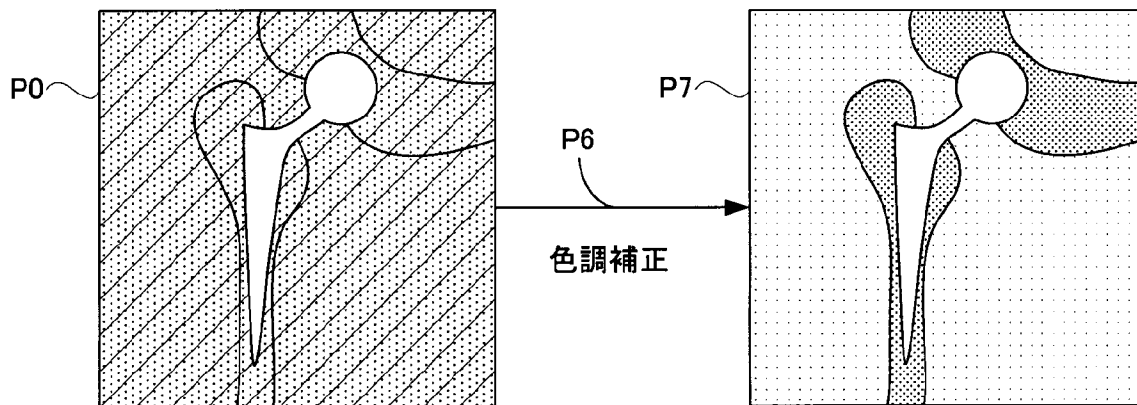
[圖20]



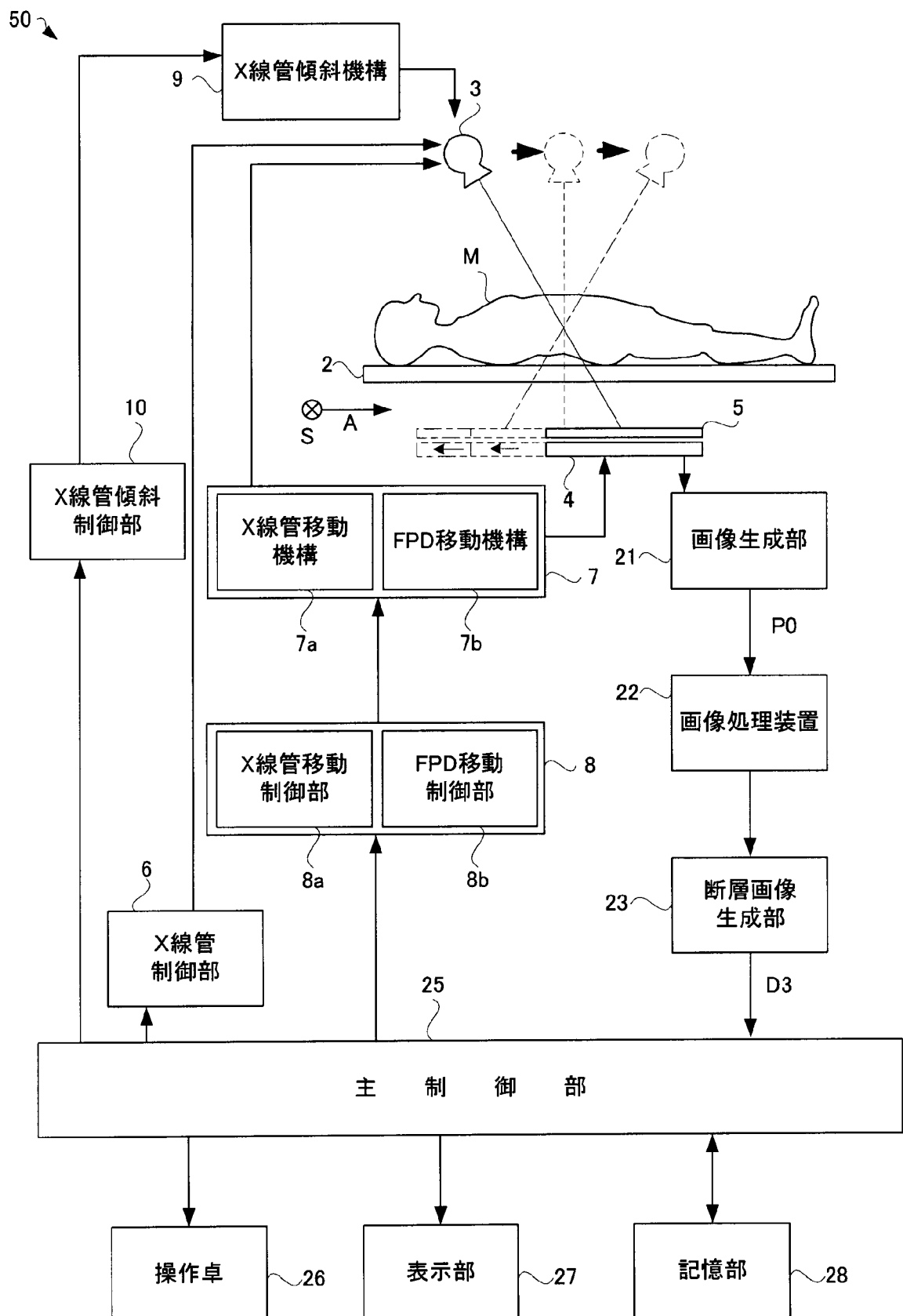
[図21]



[図22]

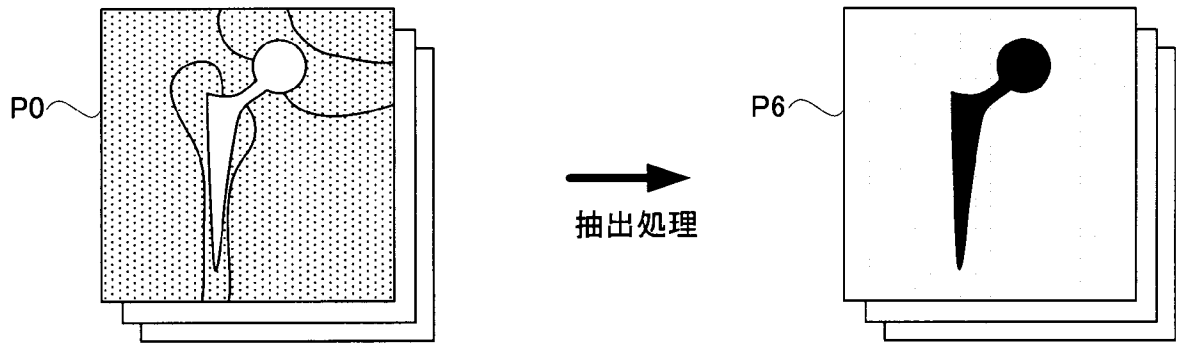


[図23]

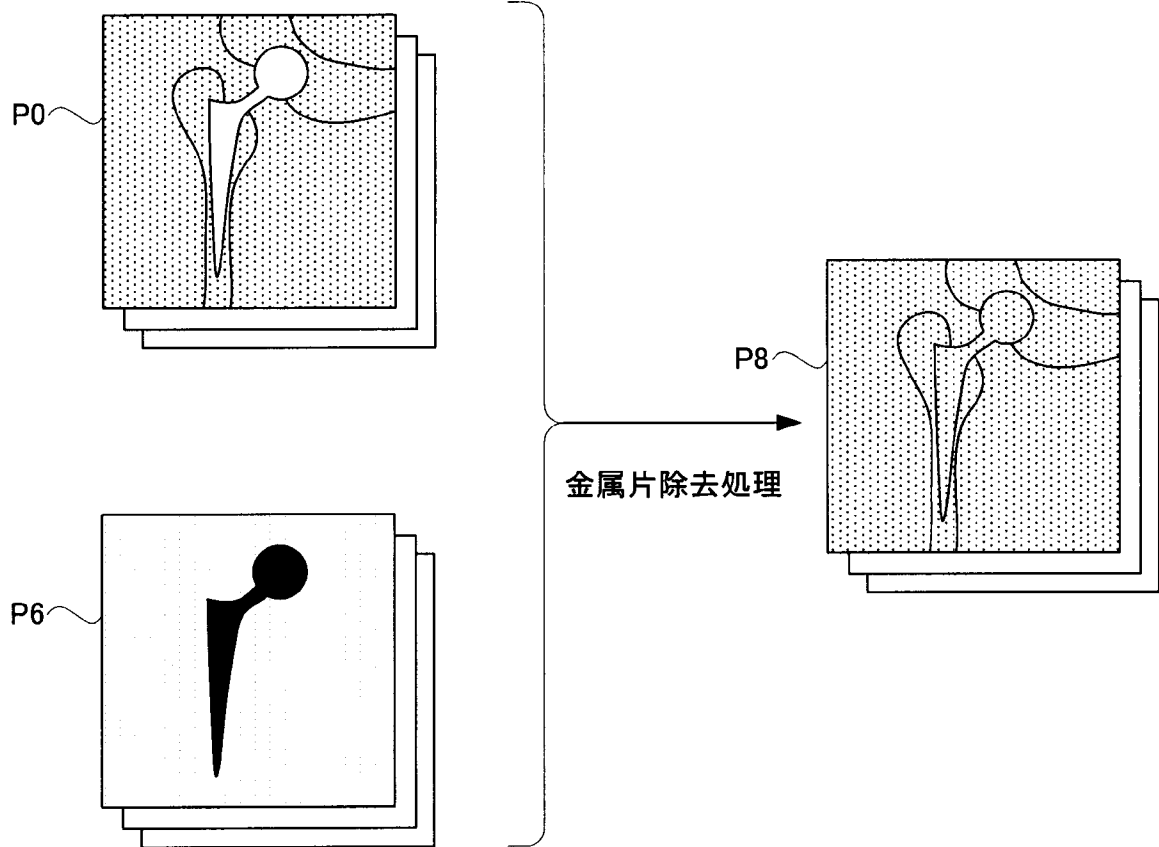




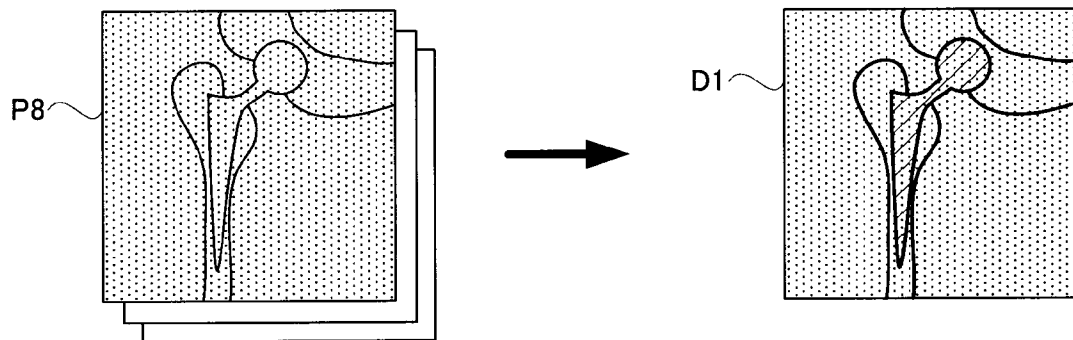
[图25]



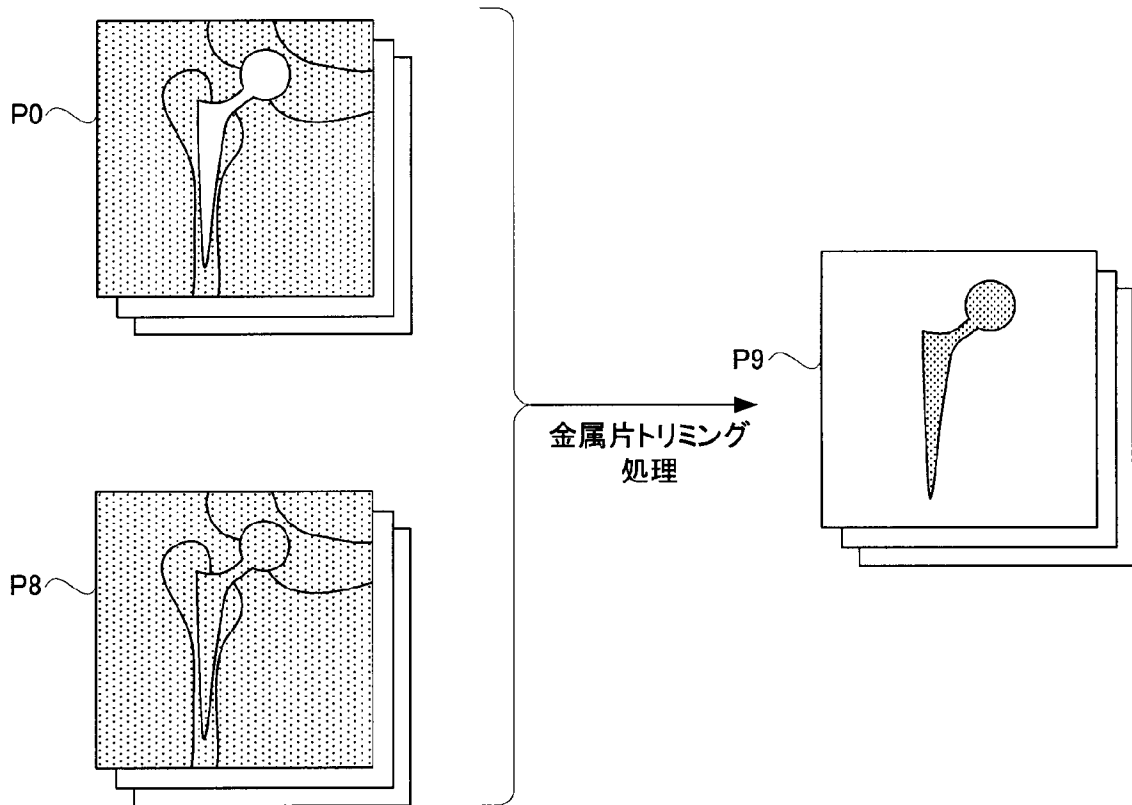
[图26]



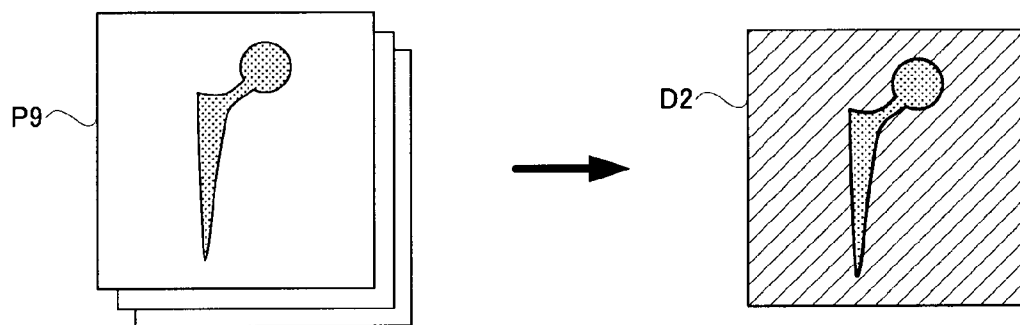
[图27]



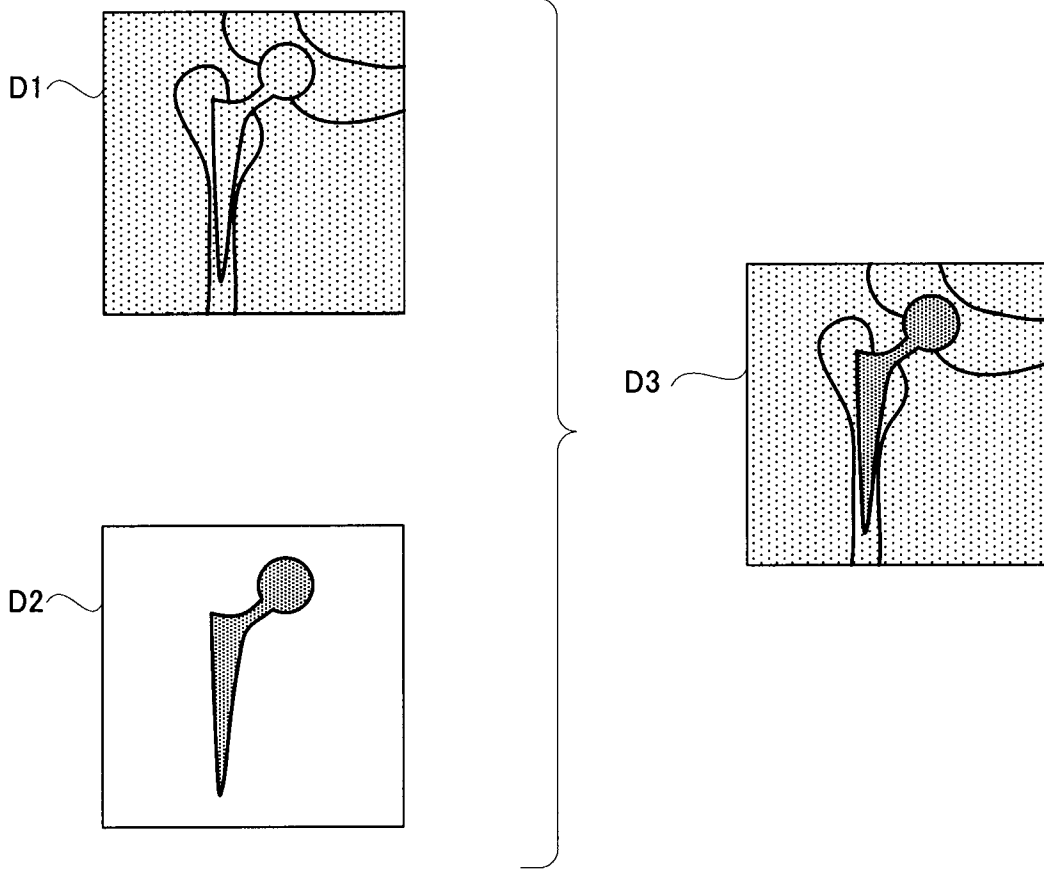
[図28]



[図29]



[図30]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/002829

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B6/00(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)

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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

IEEE Xplore

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	BOYKOV et al, Interactive graph cuts for optimal boundary & region segmentation of objects in N-D images, Computer Vision, 2001. ICCV 2001. Proceedings. Eighth IEEE International Conference on, 2001, pp.105-112	1-6
A	JP 2007-289687 A (Siemens Medical Solutions USA, Inc.), 08 November 2007 (08.11.2007), entire text; all drawings & US 2007/0248250 A1 & DE 102007018077 A	1-6
A	WO 2012/164921 A1 (Shimadzu Corp.), 06 December 2012 (06.12.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-6

 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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
28 June, 2013 (28.06.13)Date of mailing of the international search report  
09 July, 2013 (09.07.13)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2013/002829

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 8-140964 A (Hitachi Medical Corp.), 04 June 1996 (04.06.1996), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2012-27696 A (Canon Inc.), 09 February 2012 (09.02.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2001-22916 A (Hitachi Medical Corp.), 26 January 2001 (26.01.2001), entire text; all drawings (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. A61B6/00(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 (IPC)) Int.Cl. 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 <table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="border:none;">日本国実用新案公報</td> <td style="border:none;">1922-1996年</td> </tr> <tr> <td style="border:none;">日本国公開実用新案公報</td> <td style="border:none;">1971-2013年</td> </tr> <tr> <td style="border:none;">日本国実用新案登録公報</td> <td style="border:none;">1996-2013年</td> </tr> <tr> <td style="border:none;">日本国登録実用新案公報</td> <td style="border:none;">1994-2013年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2013年	日本国実用新案登録公報	1996-2013年	日本国登録実用新案公報	1994-2013年
日本国実用新案公報	1922-1996年									
日本国公開実用新案公報	1971-2013年									
日本国実用新案登録公報	1996-2013年									
日本国登録実用新案公報	1994-2013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) IEEE Xplore										
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								
A	BOYKOV et al, Interactive graph cuts for optimal boundary & region segmentation of objects in N-D images, Computer Vision, 2001. ICCV 2001. Proceedings. Eighth IEEE International Conference on, 2001, pp.105-112	1-6								
A	JP 2007-289687 A (シーメンス メディカル ソリューションズ ユーエスエー インコーポレイテッド) 2007. 11. 08, 全文、全図 & US 2007/0248250 A1 & DE 102007018077 A	1-6								
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <span style="margin-left: 200px;"><input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</span>										
<table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:50%; border:none;">                     * 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                 </td> <td style="width:50%; border:none;">                     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                      「&amp;」同一パテントファミリー文献                 </td> </tr> </table>			* 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						
* 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 28.06.2013	国際調査報告の発送日 09.07.2013									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 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) 南川 泰裕 電話番号 03-3581-1101 内線 3292	2Q 4843								

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
A	WO 2012/164921 A1 (株式会社島津製作所) 2012. 12. 06, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 8-140964 A (株式会社日立メディコ) 1996. 06. 04, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2012-27696 A (キヤノン株式会社) 2012. 02. 09, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2001-22916 A (株式会社日立メディコ) 2001. 01. 26, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-6